

環境省 御中

**平成27年度低炭素社会の実現に向けた中長期的
再生可能エネルギー導入拡大方策検討調査委託業務**

報告書

2016年3月31日

MRI 株式会社三菱総合研究所

はじめに

中長期的な温室効果ガスの削減については、2050年80%削減目標や気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第5次評価報告書で示された2100年までにほぼゼロ又はマイナス排出といった中長期の時間軸に沿った検討が必要であり、その中で再生可能エネルギーが重要な役割を果たしている。このため、将来の再生可能エネルギー等分散型エネルギーの大量導入の実施可能性を検証しつつ、それを実現するための方策を明らかにすることが必要である。

本業務では、諸外国における先進事例や再生可能エネルギー事業者の状況を踏まえ、再生可能エネルギーの導入による温室効果ガス削減効果を推計するとともに、地域レベルでの影響の把握や大量導入に向けて必要な対策・施策の検討を行うものである。

目次

1. 諸外国における再生可能エネルギーの普及動向に関する調査及び我が国に必要な対策・施策等の検討	1
1.1 諸外国における再生可能エネルギーの導入実績と普及見通し	1
1.2 諸外国における再生可能エネルギーに関する動向	28
1.3 我が国に必要な対策・施策等の検討	57
2. 再生可能エネルギー大量導入時の電力需給対策	62
2.1 再生可能エネルギー大量導入に伴う課題とその対策	62
2.2 米国の電力市場における需給対策	105
2.3 我が国における再生可能エネルギー大量導入時の電力需給分析	145
2.4 まとめと今後の課題	172
3. 地域貢献型再生可能エネルギー事業導入拡大方策	174
3.1 地域貢献型再生可能エネルギー事業の定義	174
3.2 地域貢献型再エネ事業の事例調査	179
3.3 地域貢献型再エネ事業に必要な資源・事業環境	226
3.4 地域貢献型再エネ事業の支援施策案	229
4. 住宅・建築物における再生可能エネルギー熱の活用に関する検討	235
4.1 検討の背景	235
4.2 住宅・建築物の低炭素化における再生可能エネルギー熱の役割	246
4.3 再生可能エネルギー熱の普及施策案	307
4.4 まとめと今後の課題	331
4.5 (参考) 再生可能エネルギー熱に関するその他の動向	333
5. 再生可能エネルギーの導入による低炭素化効果の精査	342
5.1 2050年における再生可能エネルギーの導入推計量	342
5.2 再生可能エネルギーの導入に伴う効果・影響分析	377
5.3 まとめと今後の課題	395

参考資料

参考資料1 諸外国の再生可能エネルギー政策の調査成果報告書

参考資料2 過渡安定度を考慮した再生可能エネルギー大量導入時の系統影響分析

参考資料3 再生可能エネルギーに関する条例・特区制度

図目次

図 1-1	再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（世界全体）	1
図 1-2	再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（世界全体）	2
図 1-3	再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（OECD 加盟国）	2
図 1-4	再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（OECD 加盟国）	2
図 1-5	再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（日本）	3
図 1-6	再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（日本）	3
図 1-7	再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（EU）	4
図 1-8	再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（ドイツ・英国・スペイン・イタリア・デンマーク）	5
図 1-9	再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（ドイツ・英国・スペイン・イタリア・デンマーク）	6
図 1-10	再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（米国）	7
図 1-11	再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（米国）	7
図 1-12	再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（中国）	8
図 1-13	再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（中国）	8
図 1-14	再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（インド）	9
図 1-15	再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（インド）	9
図 1-16	再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（韓国）	9
図 1-17	再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（韓国）	10
図 1-18	各国の再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給実績	10
図 1-19	世界の再生可能エネルギー発電設備容量	11
図 1-20	世界の再生可能エネルギーによる発電電力量	11
図 1-21	OECD 加盟国の再生可能エネルギーによる設備容量	12
図 1-22	OECD 加盟国の再生可能エネルギーによる発電電力量	12
図 1-23	日本の再生可能エネルギーによる設備容量	13
図 1-24	日本の再生可能エネルギーによる発電電力量	13
図 1-25	EU の再生可能エネルギー等による設備容量	15
図 1-26	EU の再生可能エネルギーによる発電電力量	15
図 1-27	EU の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合	16
図 1-28	ドイツの再生可能エネルギーによる設備容量	17
図 1-29	ドイツの再生可能エネルギーによる発電電力量	17
図 1-30	英国の再生可能エネルギーによる設備容量	18
図 1-31	英国の再生可能エネルギーによる発電電力量	18
図 1-32	スペインの再生可能エネルギーによる設備容量	19
図 1-33	スペインの再生可能エネルギーによる発電電力量	19
図 1-34	イタリアの再生可能エネルギーによる設備容量	20
図 1-35	イタリアの再生可能エネルギーによる発電電力量	20
図 1-36	デンマークの再生可能エネルギーによる設備容量	21
図 1-37	デンマークの再生可能エネルギーによる発電電力量	21

図 1-38	米国の再生可能エネルギーによる設備容量	22
図 1-39	米国の再生可能エネルギーによる発電電力量.....	22
図 1-40	各国の再生可能エネルギーによる発電実績	23
図 1-41	欧米主要国の電気の排出係数の推移	23
図 1-42	欧米主要国の発電電力量構成の推移	24
図 1-43	New Policies Scenario における世界の燃料別一次エネルギー需要の見通し...25	
図 1-44	New Policies Scenario における世界の電源種別設備容量の見通し	25
図 1-45	New Policies Scenario における世界の地域別再生可能エネルギー発電の見通し	26
図 1-46	EU の再生可能エネルギーによる設備容量の見通し (EU Energy Roadmap 2050)	26
図 1-47	EU の再生可能エネルギーによるエネルギー生産量の見通し (EU Energy Roadmap 2050)	27
図 1-48	FIT と FIP の比較	28
図 1-49	パイロット入札における事業者別参加者数 (左) と落札者数 (右)	31
図 1-50	パイロット入札における容量別参加者数 (左) と落札者数 (右)	31
図 1-51	パイロット入札に再度参加する事業者の割合 (容量)	32
図 1-52	イギリス : CfD FIT 対象プロジェクトのスケジュールイメージ	40
図 1-53	高い残余需要と低い残余需要の例	45
図 1-54	ヨーロッパの容量市場等の導入状況	46
図 1-55	電力市場改革における各関係団体の意見 (電力市場 2.0 か容量市場の導入か)	48
図 1-56	電力市場改革における州政府の意見 (電力市場 2.0 か容量市場の導入について)	48
図 1-57	過剰容量によるプライスパイクの不発生と先物市場における取引価格の低下	50
図 1-58	電力市場改革に伴い改廃・制定される法規	53
図 1-59	容量リザーブ	55
図 1-60	見直し後の認定制度のイメージ	59
図 2-1	顕在化しているローカルな系統制約	63
図 2-2	負荷変動の特性	64
図 2-3	ランプの事例 (カリフォルニアの Duck Curve)	65
図 2-4	再生可能エネルギーの電力需給対策オプション	67
図 2-5	東北電力の風力発電出力予測システム	68
図 2-6	電力系統出力変動対応技術研究開発事業の概要	70
図 2-7	ドルトムント工科大学のシミュレーション結果	71
図 2-8	予測技術の重要性 (技術向上がもたらす恩恵)	71
図 2-9	太陽光発電のならし効果のイメージ図	72
図 2-10	広域運用の概念図	73
図 2-11	東日本での広域制御への取り組み	74
図 2-12	中西日本での広域制御への取り組み	74
図 2-13	ならし効果の長周期上の課題	75

図 2-14 エネルギー貯蔵種別ごとの特徴	77
図 2-15 北海道電力の大型蓄電システム実証事業	78
図 2-16 東北電力の大型蓄電システム実証事業	78
図 2-17 蓄電池以外のエネルギー貯蔵の開発事例	79
図 2-18 日本の揚水発電所	80
図 2-19 北海道電力の京極発電所	81
図 2-20 カレンダー方式の出力抑制の概要	83
図 2-21 次世代双方向通信出力制御緊急実証事業の概要（九州電力）	83
図 2-22 ピッチ角制御の概要	85
図 2-23 ウィンドファームの出力制御の考え方	85
図 2-24 オンライン出力抑制制御システムのイメージ	86
図 2-25 「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」におけるピッチ角制御	87
図 2-26 デマンドレスポンスの概要	88
図 2-27 インセンティブベースのデマンドレスポンスの例	89
図 2-28 北九州で実施された家庭需要家を対象としたデマンドレスポンスの概要	91
図 2-29 Grid Friendly Appliances Controller™	93
図 2-30 HEMS による自動 DR のコンセプト	93
図 2-31 YSCP の自動 DR 対応エアコンとヒートポンプ給湯機	94
図 2-32 「SENRITO よみうり」における自動 DR	95
図 2-33 電動車両の活用のイメージ	97
図 2-34 デラウェア大学の V2G に関する研究の成果例	98
図 2-35 需要側エネルギー貯蔵導入の事例	99
図 2-36 リソースアグリゲーションのビジネススキーム	100
図 2-37 Power to Gas のコンセプト	100
図 2-38 東芝の H ₂ One™	101
図 2-39 ベースオプションと補償オプション	102
図 2-40 北米における ISO/RTO	105
図 2-41 PJM における DR のレベニューと内訳：2008-2015 年（1-9 月）	113
図 2-42 エネルギー市場における DR の参加状況	115
図 2-43 アンシラリー市場の DR 資源	118
図 2-44 ペナルティの計算方法	120
図 2-45 容量市場における DR のレベニュー	121
図 2-46 RPM のレベニューと DR 資源の参加状況（金額ベース）	121
図 2-47 RPM のレベニュー推移	122
図 2-48 DR のプレイヤー	123
図 2-49 PJM の容量市場における DR 資源	124
図 2-50 BGE の供給エリア	126
図 2-51 BGE における DR サービスの変遷	126
図 2-52 BGE の Peak Rewards で用いられるデバイス	127
図 2-53 BGE Smart Energy Rewards の仕組み	129
図 2-54 Viridity Energy のソフトウェアのイメージ	133
図 2-55 SEPTA 蓄電池プロジェクトの概要	134

図 2-56	SEPA 蓄電池プロジェクトの周波数市場での利用実績(2014年1月5日の例)	135
図 2-57	EnerNOC のステークホルダー	136
図 2-58	EnerNOC のポートフォリオ管理のイメージ	137
図 2-59	SMUD の時間帯別電気料金	139
図 2-60	電力システムにおける社会費用	151
図 2-61	モデルの入出力	153
図 2-62	推計した再生可能エネルギー出力の例	158
図 2-63	部分負荷効率	159
図 2-64	火力発電のモード遷移図	160
図 2-65	各エリアの需要規模と地域間連系線の送電容量	161
図 2-66	家庭用ヒートポンプ式給湯機の負荷の基本パターンと需要上限・下限	163
図 2-67	電気自動車の負荷の基本パターンと需要上限・下限	164
図 2-68	あるエリアの電力需給評価モデルの出力例(上図:電力量、下図:調整力)	166
図 2-69	デマンドレスポンス参加の家庭用ヒートポンプ式給湯機の負荷	169
図 2-70	デマンドレスポンス参加の電気自動車の負荷	169
図 2-71	一般の需要とデマンドレスポンス対象機器の需要	170
図 3-1	再生可能エネルギー事業のステークホルダーと事業主体との関連性	175
図 3-2	地域貢献型再エネ事業の定義の観点	175
図 3-3	合志農業活力プロジェクト太陽光発電所事業スキーム	183
図 3-4	コナン市民共同発電所事業スキーム(参号機・四号機の場合)	186
図 3-5	秋田国見山第二風力発電所事業スキーム	191
図 3-6	羽川風力発電所事業スキーム	194
図 3-7	別海バイオガス発電所の事業スキーム	198
図 3-8	士幌町バイオガスプラントの事業スキーム	201
図 3-9	(株)グリーン発電大分 天ヶ瀬発電所の事業スキーム	204
図 3-10	土湯温泉東鴉川水力発電所事業スキーム	208
図 3-11	落合平石小水力発電所事業スキーム	211
図 3-12	寺山ダム ESCO 事業スキーム	214
図 3-13	寺山ダム ESCO 事業における効果	214
図 3-14	土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所事業スキーム	218
図 3-15	湯山地熱発電所事業スキーム	221
図 3-16	再生可能エネルギー事業を支える資源・事業環境	226
図 3-17	必要となる資源・事業環境と既存施策の関係	230
図 3-18	必要となる資源・事業環境と新規施策案の関係	231
図 4-1	家庭・業務部門のエネルギー消費構成	235
図 4-2	太陽熱温水器・ソーラーシステム設置実績	237
図 4-3	地中熱利用ヒートポンプ設備の国内設置件数	238
図 4-4	ZEB・ZEH ロードマップ検討委員会におけるとりまとめの目次	240
図 4-5	建築物省エネ法の概要	242
図 4-6	現行省エネ法との関係	242

図 4-7	2050 年▲80%に向けた再生可能エネルギー熱の役割の検討の前提	246
図 4-8	熱需要を満たすエネルギー供給が目指す CO2 排出量	246
図 4-9	住宅における熱需要原単位（世帯あたり熱需要）	248
図 4-10	住宅における熱需要（総量）	248
図 4-11	業務用建物における熱需要原単位（延床面積あたり熱需要）	249
図 4-12	業務用建物における熱需要（総量）	250
図 4-13	2013 年の住宅の熱需要と 熱需要を満たすエネルギー供給に由来する CO2 排出の構造	251
図 4-14	住宅の断熱性能の向上とストック平均での冷暖房エネルギー需要の変化	252
図 4-15	断熱性能の向上と機器効率の向上の効果（2013 年）（図 4-13 再掲）	254
図 4-16	断熱性能の向上と機器効率の向上の効果（2050 年）	254
図 4-17	再生可能エネルギー熱利用による追加的効果（排出係数 0.2kgCO ₂ /kWh）	259
図 4-18	再生可能エネルギー熱利用による追加的効果（排出係数 0.1kgCO ₂ /kWh）	259
図 4-19	再生可能エネルギー熱利用による追加的効果（寒冷地、排出係数 0.2kgCO ₂ /kWh）	260
図 4-20	再生可能エネルギー熱利用による追加的効果（寒冷地、排出係数 0.1kgCO ₂ /kWh）	260
図 4-21	2013 年の建物の熱需要と	261
図 4-22	冷暖房用エネルギー需要の変化	262
図 4-23	断熱性能の向上と機器効率の向上の効果（2013 年）	264
図 4-24	断熱性能の向上と機器効率の向上の効果（2050 年）	264
図 4-25	年度別の交付決定先建物用途	270
図 4-26	年度別の交付決定先地域	270
図 4-27	年度別の 1 件あたり設備区分別導入率	271
図 4-28	用途別の 1 件あたり設備区分別導入率	271
図 4-29	地域別の 1 件あたり設備区分別導入率	272
図 4-30	用途別の再生可能エネルギー熱導入率	273
図 4-31	地域別の再生可能エネルギー熱導入率	273
図 4-32	再生可能エネルギー熱種類別の熱利用用途比率	273
図 4-33	年度別の再生可能エネルギー熱の活用件数、活用率	274
図 4-34	用途別の再生可能エネルギー熱の活用件数、活用率	274
図 4-35	再生可能エネルギー熱種類別の熱供給量	278
図 4-36	再生可能エネルギー熱種類別の熱利用用途（N 数不明）	279
図 4-37	再生可能エネルギー熱種類別の CO2 削減コスト	279
図 4-38	再生可能エネルギー熱種類別の CO2 削減コストの分布	280
図 4-39	新築住宅に設置された暖房構成の推移	310
図 4-40	省エネ・再エネ東京仕様の達成イメージ（庁舎 3,000m ² ）	312
図 4-41	京都府特定建築物排出量計画・報告・公表制度に基づく平成 25・26 年度提出件数の建物用途別内訳（左）、再生可能エネルギー種別導入件数（右）	313
図 4-42	京都市地球温暖化対策条例に基づく平成 25・26 年度提出件数の建物用途別内訳（左）、再生可能エネルギー種別導入件数（右）	314
図 4-43	「建築物自然エネルギー導入マニュアル」の目次と検討フローの例	316

図 4-44	各施策事例における義務の対象や内容	317
図 4-45	図 中国の太陽光発電・太陽熱利用の新規導入量.....	318
図 4-46	中国の太陽熱利用の新規導入内訳（2013年、集熱面積ベース）	318
図 5-1	2050年の再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給量.....	346
図 5-2	2050年の再生可能エネルギー電気の発電設備容量.....	347
図 5-3	2050年の再生可能エネルギー電気の発電電力量.....	348
図 5-4	ゾーニング調査における導入ポテンシャルと本検討における 2050年の導入推計量	349
図 5-5	陸上風力発電の推計方法の概略	351
図 5-6	各種資料中のバイオマス区分の把握範囲	359
図 5-7	2014年のバイオマス使用量の推計	363
図 5-8	地中熱利用の導入推計量の考え方	372
図 5-9	再生可能エネルギー事業のバリューチェーン.....	379
図 5-10	各再生可能エネルギー技術地域経済付加価値分配（投資段階：2014年） .	380
図 5-11	各再生可能エネルギー技術地域経済付加価値分配（事業運営段階：2014年）	381
図 5-12	波及効果の経済フロー	382

表目次

表 1-1	固定価格買取制度開始後の状況について	14
表 1-2	Energy Concept of 2010 で設定された目標	27
表 1-3	パイロット入札制度の概要	29
表 1-4	パイロット入札の結果（2015 年）	30
表 1-5	建設時期についてのアンケート	32
表 1-6	太陽光・陸上風力・洋上風力設備を対象とする入札制度の概要	35
表 1-7	入札制度設計の遷移（参考）	37
表 1-8	イギリス：差額契約型（CfD）FIT 制度における入札制度概要	41
表 1-9	フランス：地上設置型、250kW 超の屋根設置型太陽光対象の入札制度概要	42
表 1-10	オランダ：SDE+（2015 年）の入札制度概要	43
表 1-11	エネルギーコンセプト 2010 による目標	44
表 1-12	電力市場設計における検討案	46
表 1-13	電力市場 2.0 と容量市場導入の比較	47
表 1-14	電力市場 2.0 の支持者と容量市場導入の支持者の意見	49
表 1-15	市場メカニズム強化のための施策	51
表 1-16	柔軟で効率的な電力供給のための施策	52
表 1-17	安定供給の強化のための施策	53
表 1-18	電力部門における CO ₂ 排出量削減のための追加措置	56
表 1-19	総合資源エネルギー調査会における固定価格買取制度関連の動向	57
表 2-1	再生可能エネルギーに起因する電力システム上の課題	62
表 2-2	電力システムの需給制御の区分	64
表 2-3	太陽光発電出力予測技術開発実証事業で検討された太陽光発電出力予測技術	69
表 2-4	代表的なエネルギー貯蔵の種別	77
表 2-5	PCS による出力制御の方法	82
表 2-6	風力発電の出力制御の方法	84
表 2-7	電気料金型デマンドレスポンスの種類と内容	89
表 2-8	インセンティブ型デマンドレスポンスの種類と内容	90
表 2-9	北九州実証のデマンドレスポンスのピークカット効果	91
表 2-10	各補償オプションの特徴	103
表 2-11	北米 ISO/RTO における卸電力市場の構造	106
表 2-12	米国 ISO/RTO が提供するアンシラリー・サービス	107
表 2-13	米国の ISO/RTO における DR プログラムの実施状況（2013 年時点）	109
表 2-14	米国 ISO/RTO の DR プログラムでの需要抑制ポテンシャル（2013-2014 年）	110
表 2-15	PJM の概要	111
表 2-16	PJM の卸電力市場と DR の投入可能性	112
表 2-17	PJM のエネルギー市場及び容量市場向け DR プログラムの概要	113
表 2-18	FERC オーダー745 を巡る動向	115
表 2-19	PJM のエネルギー市場における Economic プログラムへの DR 登録状況（上表）とゾーンごとの参加状況（下表）	116

表 2-20	運用予備力市場の DR キャパシティ (2015 年)	117
表 2-21	周波数調整市場の DR キャパシティ (2015 年)	117
表 2-22	容量市場の DR プログラムの概要	119
表 2-23	容量市場のイベントパフォーマンス	119
表 2-24	PJM の容量市場に参加する DR プレイヤー	122
表 2-25	地域別/プロダクトごとの DR 登録量 (MW、運用年 2015/16)	123
表 2-26	米国における DR サービスの事例	125
表 2-27	BGE の PeakRewards の制御内容、報酬：エアコンプログラム	128
表 2-28	BGE の PeakRewards の制御内容、報酬：電気温水器プログラム	128
表 2-29	BGE の Smart Energy Rewards の利用実績	130
表 2-30	Viridity Energy が対象とするデマンドレスポンスのサービス (PJM の例)	132
表 2-31	SEPA 蓄電池プロジェクトのスケジュール	134
表 2-32	EnerNOC の主な需要家、設備	137
表 2-33	再生可能エネルギーの大量導入時の電力需給対策の評価事例の文献	146
表 2-34	再生可能エネルギーの大量導入時の電力需給対策の評価事例	147
表 2-35	構築するモデルの特徴	152
表 2-36	主な制約式の種類	154
表 2-37	本モデルで考慮している事項	155
表 2-38	電力需給バランス	156
表 2-39	調整力の必要量	156
表 2-40	調整能力	157
表 2-41	電力需要実績の公開状況	158
表 2-42	火力発電の起動時等の燃料消費	160
表 2-43	地域間連系線の送電容量と運用計画	162
表 2-44	デマンドレスポンスの対象機器	162
表 2-45	デマンドレスポンスの対象機器の台数想定	165
表 2-46	モデル挙動の確認における想定	165
表 2-47	発電電力量構成	166
表 2-48	デマンドレスポンスに関する分析における想定	167
表 2-49	デマンドレスポンスに関する分析結果 (出力抑制による費用なし)	168
表 2-50	デマンドレスポンスに関する分析結果 (出力抑制による費用 30 円/kWh)	168
表 3-1	地域貢献型再エネ事業を構成する要素	176
表 3-2	地域貢献型再エネ事業に想定されるリスク・留意点	178
表 3-3	過年度の環境省事業において調査を実施した事例	179
表 3-4	地域貢献型再エネ事業を構成する要素と各事例の特徴	180
表 3-5	調査候補の選定方法 (太陽光発電)	181
表 3-6	合志農業活力プロジェクト太陽光発電所の概要	182
表 3-7	合志農業活力プロジェクト太陽光発電所 (熊本県合志市) 調査結果まとめ	184
表 3-8	コナン市民共同発電所の概要	185
表 3-9	コナン市民共同発電所 (初号機～四号機) (滋賀県湖南市) 調査結果まとめ	187

表 3-10	事例調査候補の選定方法（風力発電）	188
表 3-11	秋田国見山第二風力発電所の概要	190
表 3-12	秋田国見山第二風力発電所（秋田県秋田市）調査結果まとめ	192
表 3-13	羽川風力発電所の概要	193
表 3-14	羽川風力発電所（秋田県秋田市）調査結果まとめ	195
表 3-15	事例調査候補の選定方法（バイオマス発電）	196
表 3-16	別海バイオガス発電所の概要	197
表 3-17	別海バイオガス発電所（北海道野付郡別海町）調査結果まとめ	199
表 3-18	士幌町バイオガスプラントの概要	200
表 3-19	士幌町バイオガスプラント（北海道河東郡士幌町）調査結果まとめ	202
表 3-20	(株)グリーン発電大分 天ヶ瀬発電所の概要	203
表 3-21	(株)グリーン発電大分 天ヶ瀬発電所（大分県日田市）調査結果まとめ	205
表 3-22	事例調査候補の選定方法（中小水力発電）	206
表 3-23	土湯温泉東鴉川水力発電所の概要	207
表 3-24	土湯温泉東鴉川水力発電所（福島県福島市）調査結果まとめ	209
表 3-25	落合平石小水力発電所の概要	210
表 3-26	落合平石小水力発電所（岐阜県中津川市）調査結果まとめ	212
表 3-27	寺山ダムの概要	213
表 3-28	寺山ダムにおけるダム ESCO 事業（栃木県矢板市）調査結果まとめ	215
表 3-29	事例調査候補の選定方法（地熱発電）	216
表 3-30	土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所の概要	217
表 3-31	土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所（福島県福島市）調査結果まとめ	219
表 3-32	湯山地熱発電所の概要	220
表 3-33	湯山地熱発電所（大分県別府市）調査結果まとめ	222
表 3-34	各事例の成功要因	224
表 3-35	各事例における地域貢献型再エネ事業のリスク・留意点に対する対応策	225
表 3-36	地域貢献型再エネ事業に必要となる資源・事業環境	228
表 3-37	施策案の概要（地域貢献型再エネ事業認定制度）	234
表 3-38	施策案の概要（建設・O&Mに係る地域関係者の人材育成支援事業）	234
表 4-1	過去の再生可能エネルギー熱に関する検討	236
表 4-2	過去の再生可能エネルギー熱に対する有識者意見	236
表 4-3	ZEH ロードマップ検討委員会開催概要	239
表 4-4	ZEB ロードマップ検討委員会開催概要	240
表 4-5	合同会議の開催概要と今後の法施行スケジュール	241
表 4-6	ZEH ロードマップと建築物省エネ法における水準値の比較	243
表 4-7	ZEB ロードマップと建築物省エネ法における水準値の比較	243
表 4-8	ZEB・ZEH ロードマップと建築物省エネ法のスケジュール	244
表 4-9	熱需要推計における地域区分	247
表 4-10	住宅の熱需要の推計に用いたデータ	247
表 4-11	業務用建物の熱需要の推計に用いたデータ	249
表 4-12	住宅の断熱性能の向上の想定	252
表 4-13	各機器の効率向上の想定	253

表 4-14	各機器の省エネ率の想定	253
表 4-15	断熱性能の向上・機器効率の向上・電気の低炭素化・熱需要の電化の効果	255
表 4-16	再生可能エネルギー熱の利用の想定	256
表 4-17	太陽熱利用給湯システムによる再生可能エネルギー熱利用量.....	257
表 4-18	太陽熱利用給湯システムによる追加的 CO2 削減効果.....	257
表 4-19	地中熱等による再生可能エネルギー熱利用量.....	257
表 4-20	地中熱等システムによる追加的 CO2 削減効果.....	257
表 4-21	地中熱等による再生可能エネルギー熱利用量.....	258
表 4-22	地中熱等システムによる追加的 CO2 削減効果.....	258
表 4-23	断熱性能の向上・機器効率の向上・電気の低炭素化・熱需要の電化に加えて 再生可能エネルギー熱を利用したときの効果.....	259
表 4-24	業務用建物の断熱性能向上の想定	262
表 4-25	各機器の効率向上の想定	263
表 4-26	各機器の省エネ率の想定	263
表 4-27	電気の低炭素化・熱需要の電化の効果	265
表 4-28	再生可能エネルギー熱利用等による効果の想定.....	265
表 4-29	太陽熱利用による再生可能エネルギー熱利用.....	266
表 4-30	太陽熱利用による追加的 CO2 削減効果.....	266
表 4-31	太陽熱利用による再生可能エネルギー熱利用.....	266
表 4-32	太陽熱利用による追加的 CO2 削減効果.....	267
表 4-33	地中熱利用による再生可能エネルギー熱利用.....	267
表 4-34	地中熱利用による追加的 CO2 削減効果.....	267
表 4-35	再生可能エネルギー熱による効果	268
表 4-36	調査対象とした補助事業	269
表 4-37	病院における再生可能エネルギー熱の導入事例.....	275
表 4-38	学校における再生可能エネルギー熱の導入事例.....	275
表 4-39	戸建住宅における再生可能エネルギー熱の導入事例.....	276
表 4-40	事務所における再生可能エネルギー熱の導入事例.....	276
表 4-41	複合用途における再生可能エネルギー熱の導入事例.....	277
表 4-42	共同住宅における再生可能エネルギー熱の導入事例.....	277
表 4-43	ヒアリング対象と主な質問項目	280
表 4-44	再生可能エネルギー熱の普及に向けた課題	281
表 4-45	太陽熱利用に関するヒアリング結果	283
表 4-46	バイオマス熱に関するヒアリング結果	283
表 4-47	地中熱利用に関するヒアリング結果	284
表 4-48	雪氷熱に関するヒアリング結果	284
表 4-49	再生可能エネルギー熱全般に関するヒアリング結果.....	285
表 4-50	導入可能性の評価項目と得点配分の考え方	286
表 4-51	導入可能性評価における区分	287
表 4-52	再生可能エネルギー熱の種類別の有望分野の特徴.....	287
表 4-53	導入可能性評価結果（北日本）	288

表 4-54	導入可能性評価結果（中日本）	289
表 4-55	導入可能性評価結果（南日本）	290
表 4-56	有望分野の特定結果	291
表 4-57	建物用途別の延床面積の設定	294
表 4-58	住宅における最大熱負荷の設定	294
表 4-59	再生可能エネルギー熱別の採熱量の設定	295
表 4-60	建物用途・熱利用用途別の年間運転時間の設定	296
表 4-61	建物用途別の再生可能エネルギー熱供給可能比率の特徴	297
表 4-62	事務所（10,000m ² ）における供給可能比率	299
表 4-63	商業施設（14,000m ² ）における供給可能比率	300
表 4-64	学校（15,000m ² ）における供給可能比率	301
表 4-65	病院（20,000m ² ）における供給可能比率	302
表 4-66	ホテル（10,000m ² ）における供給可能比率	303
表 4-67	福祉施設（3,000m ² ）における供給可能比率	304
表 4-68	戸建住宅（1世帯）における供給可能比率	305
表 4-69	集合住宅（100世帯）における供給可能比率	306
表 4-70	建物に着目した再生可能エネルギー熱普及施策に関する事例調査の対象	307
表 4-71	再生可能エネルギー熱法の概要	308
表 4-72	2014年に建築承認された新築建築物の義務履行に関する報告	309
表 4-73	再生可能エネルギー熱法に関する進捗報告書（2015年）における提言（抜粋）	310
表 4-74	新エネルギーと再生可能エネルギーの開発・利用・普及促進法の概要	311
表 4-75	「省エネ・再エネ東京仕様」の概要	312
表 4-76	京都府の「特定建築物排出量計画・報告・公表制度」の概要	313
表 4-77	京都市の「京都市地球温暖化対策条例」の概要	314
表 4-78	建築物環境エネルギー性能検討制度・自然エネルギー導入検討制度の概要	315
表 4-79	再生可能エネルギー熱普及の要件と支援施策案	320
表 4-80	再生可能エネルギー熱の特徴	321
表 4-81	再生可能エネルギー熱を、再生可能エネルギーとして支援することと、建物に対する省エネ対策の1つとして支援することの比較	322
表 4-82	再生可能エネルギー熱種類別の訴求可能性	323
表 4-83	再生可能エネルギー熱を、再生可能エネルギー熱として一体的に支援することと、それぞれの特徴に応じて個別に支援することの比較	324
表 4-84	熱源システムの選択を所与とした施策と、熱源システムの選択を	325
表 4-85	再生可能エネルギー熱普及施策案の抽出	326
表 4-86	有望分野の提示による意識啓発	327
表 4-87	再生可能エネルギー熱を活用したライフスタイルモデル事業	328
表 4-88	再生可能エネルギー熱の導入検討義務付け	329
表 4-89	普及啓発事項と主なターゲット	330
表 4-90	再生可能エネルギー熱利用の最新技術に関する調査概要	333
表 4-91	NEDO事業による太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発（1）	334

表 4-92	NEDO 事業（太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発）（2）	334
表 4-93	NEDO 事業（太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発）（3）	335
表 4-94	NEDO 事業（太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発）（4）	335
表 4-95	NEDO 事業（太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発）（5）	336
表 4-96	NEDO 事業（太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発）（6）	336
表 4-97	NEDO 事業（再生可能エネルギー熱利用技術開発・地中熱）（1）	337
表 4-98	NEDO 事業（再生可能エネルギー熱利用技術開発・地中熱）（2）	337
表 4-99	NEDO 事業（再生可能エネルギー熱利用技術開発・地中熱）（3）	338
表 4-100	NEDO 事業（再生可能エネルギー熱利用技術開発・雪氷熱）（1）	338
表 4-101	平成 26 年度マスタープラン策定自治体の事業	340
表 4-102	平成 27 年度マスタープラン策定自治体の事業	341
表 5-1	2050 年における再生可能エネルギー電気の導入推計量の試算方針	342
表 5-2	導入推計量のケース設定の基本的な考え方	343
表 5-3	再生可能エネルギー電気の種類別の前提条件（1/2）	343
表 5-4	再生可能エネルギー電気の種類別の前提条件（2/2）	344
表 5-5	再生可能エネルギー熱の種類別の前提条件	344
表 5-6	2050 年の再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給量	345
表 5-7	2050 年の再生可能エネルギー電気の発電設備容量	346
表 5-8	2050 年の再生可能エネルギー電気の発電電力量	347
表 5-9	ゾーニング調査における導入レベルの前提条件	349
表 5-10	2050 年の太陽光発電の導入推計量	350
表 5-11	陸上風力発電の導入推計量の考え方	351
表 5-12	IRR に対する陸上風力発電のポテンシャル	351
表 5-13	洋上風力発電の導入推計量の考え方	352
表 5-14	IRR に対する洋上風力発電のポテンシャル	352
表 5-15	2050 年の風力発電の導入推計量	352
表 5-16	中小水力発電の導入推計量の考え方	353
表 5-17	中小水力発電の設備認定後の顕在化率の想定	353
表 5-18	我が国の出力別包蔵水力データ（一般水力）	354
表 5-19	我が国の包蔵水力データ	355
表 5-20	2050 年の水力発電の導入推計量	356
表 5-21	地熱発電の導入推計量の考え方	356
表 5-22	2050 年の地熱発電の導入推計量	357
表 5-23	バイオマスのポテンシャルや利用実績の調査	358
表 5-24	バイオマスの種類と利用方法、発熱量	360
表 5-25	現在のバイオマス利用量の推計方法	362
表 5-26	バイオマス利用率	364
表 5-27	バイオマス発生量の将来推計[PJ]	365
表 5-28	2050 年の国内バイオマス資源の利用想定	365
表 5-29	バイオマスの利用率の想定	366
表 5-30	海外バイオマス資源の利用想定	366
表 5-31	バイオマスの利用方法の想定	367

表 5-32	2050年のバイオマス発電の導入推計量	367
表 5-33	海洋エネルギー発電の導入推計量の考え方	368
表 5-34	波力発電（沿岸固定式）の試算条件	369
表 5-35	波力発電（沖合浮体式）の試算条件	369
表 5-36	2050年の海洋エネルギー発電の導入推計量	370
表 5-37	太陽熱利用の導入推計量試算の考え方	370
表 5-38	2050年の太陽熱利用の導入推計量	371
表 5-39	2050年のバイオマス熱利用の導入推計量	371
表 5-40	地中熱利用の導入推計量の考え方	372
表 5-41	家庭部門の熱需要原単位（再掲）	373
表 5-42	家庭部門の地中熱利用の導入可能性評価（暖房または冷房）	373
表 5-43	業務用建物用途別熱需要原単位	374
表 5-44	業務部門の地中熱利用の導入可能性評価（暖房または冷房）（再掲）	375
表 5-45	採熱量の設定（再掲）	375
表 5-46	地中熱利用の年間運転時間の設定（再掲）	376
表 5-47	2050年の地中熱利用の供給可能熱量と導入推計量（今年度推計）	376
表 5-48	再生可能エネルギー導入による効果・影響分析に関する既存研究の例	377
表 5-49	（太陽光発電：1MW）ケース設定	383
表 5-50	（太陽光発電：1MW）ケース①の経済波及効果（単位：百万円）	384
表 5-51	（太陽光発電：1MW）ケース②の経済波及効果（単位：百万円）	384
表 5-52	（太陽光発電：1MW）ケース③の経済波及効果（単位：百万円）	384
表 5-53	（風力発電：7.5MW）ケース設定	385
表 5-54	（風力発電：7.5MW）ケース①の経済波及効果（単位：百万円）	386
表 5-55	（風力発電：7.5MW）ケース②の経済波及効果（単位：百万円）	386
表 5-56	（風力発電：7.5MW）ケース③の経済波及効果（単位：百万円）	386
表 5-57	（中小水力発電：150kW）ケース設定	387
表 5-58	（中小水力発電：150kW）ケース①の経済波及効果（単位：百万円）	388
表 5-59	（中小水力発電：150kW）ケース②の経済波及効果（単位：百万円）	388
表 5-60	（地熱発電：100kW）ケース設定	389
表 5-61	（地熱発電：100kW）ケース①の経済波及効果（単位：百万円）	390
表 5-62	（地熱発電：100kW）ケース②の経済波及効果（単位：百万円）	390
表 5-63	（木質バイオマス発電：5.75MW）ケース設定	391
表 5-64	（木質バイオマス発電：5.75MW）ケース②の経済波及効果（単位：百万円）	392
表 5-65	（バイオガス発電：1.8MW）ケース設定	393
表 5-66	（バイオガス発電：1.8MW）ケース②の経済波及効果（単位：百万円）	393

要約

1章では、諸外国における再生可能エネルギーの導入実績を整理した。また、特に太陽光発電に対する入札制度の概要、ドイツの電力市場改革の概要を整理した。さらに、我が国の固定価格買取制度を巡る動向を整理した。

2章では、再生可能エネルギー大量導入時の電力システム対策オプションを整理した。具体的には、オプションの1つであるデマンドレスポンスに着目し、米国を対象にデマンドレスポンスの取組状況を調査した。ついで、電力需給評価モデルを用いて、我が国で再生可能エネルギーが大量に導入された場合に、デマンドレスポンスの活用効果を定量的に検証した。

3章では、地域社会に貢献する再生可能エネルギー事業とは何か、を定義し、地域社会に貢献する再生可能エネルギー事業の優良事例を調査した。また、そうした事業を実施する上で必要な資源と事業環境を整理し、必要となる支援施策の案を提示した。

4章では、再生可能エネルギー由来の熱エネルギー（再生可能エネルギー熱）に着目し、建物のゼロエネルギー化に対して再生可能エネルギー熱が貢献出来るかどうか、検討を行った。具体的には、再生可能エネルギー熱エネルギーの導入事例を調査し、将来導入が期待される分野を特定した。さらに、再生可能エネルギー熱エネルギーを普及させるための施策事例を調査し、有望と考えられる施策オプションを提示した。

5章では、我々は我が国に再生可能エネルギーが大量に導入されたことによる効果を精査した。まず、2050年における再生可能エネルギーの導入推計量を試算した。次いで、再生可能エネルギーの導入による効果・影響分析に関する既往研究を整理した。特に、再生可能エネルギープロジェクトの地域経済効果分析に着目して整理を行った。

Summary

In Chapter 1, it has been described the introduction of renewable energy in the major countries.

Also, it was organized overview of the tender system particularly for solar power generation, and of the German electricity market reform. In addition, we organize the trend over the Japanese feed-in tariff system.

In Section 2, we sorted out the power system protection options at the time of renewable energy mass deployment. Then, focus on demand response, which is one of the power system protection options, we investigated the general approaches of demand response in the United States. Using a power system model, in case that renewable energy would be introduced in large quantities in Japan, we quantitatively evaluated whether demand response were to support a large amount of renewable energy.

In Section 3, we defined the characteristic of the renewable energy businesses that contribute to the local community. We sorted out what resources and business environment in order to implement such a business is required, and presented a draft of the support measures.

In Section 4, focusing on the renewable heat energy, it was examined whether such an energy can contribute to zero energy of the building. Specifically, we investigated the case study of the renewable heat energy, and we identified the areas to be expected to deploy near future.

In Section 5, we have reviewed the effect by the large deployment of renewable energy in Japan. First, we evaluated how much renewable energy is introduced in 2050. Next, we investigated the previous studies on the positive and negative effects analysis by deploying renewable energy. In particular, we investigated the case of analysis how much impact the renewable energy project bring on the regional economy.

1. 諸外国における再生可能エネルギーの普及動向に関する調査及び我が国に必要な対策・施策等の検討

1.1 諸外国における再生可能エネルギーの導入実績と普及見通し

1.1.1 諸外国における再生可能エネルギーの導入実績

(1) 一次エネルギー供給実績

1) 世界全体・OECD加盟国・日本の実績

世界全体、OECD加盟国及び我が国において、一次エネルギー供給全体に対する再生可能エネルギー供給の割合は、それぞれ2013年時点で13.5%、9.0%、4.4%である。世界全体ではこの数値は経年で概ね横ばいであり、OECD加盟国では近年増加の傾向にある。また、供給されている再生可能エネルギーの中では、特にバイオ燃料（固体・液体）・廃棄物の割合が高い（図1-1、図1-3及び図1-5）。世界全体において特にその傾向は顕著である。これは途上国における薪等の非商業用バイオマスの利用が大きな割合を占めるためと推測される。

太陽光発電と風力発電については、世界全体のエネルギー供給量において、過去5年間で毎年およそ2割から3割の増加を記録している（図1-1）。

一方、地熱発電は、太陽光発電、風力発電によるエネルギー供給量が比較的小さい2000年代前半より比較的大きな割合を占めている。特に我が国においてその傾向は顕著である。しかし、地熱によるエネルギー供給は概ね横ばい、もしくは微減傾向にある。

我が国においては2013年において太陽光発電の導入量が前年度から大きく増加している（図1-5）。これはFIT制度の導入により、急激に太陽光発電の普及が進んだためと推測される。

再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量を見ると、世界全体では化石燃料の占める割合がまだまだ高い（図1-2）。これは、OECD加盟国や日本のみで見ても同様である（図1-4及び図1-6）。

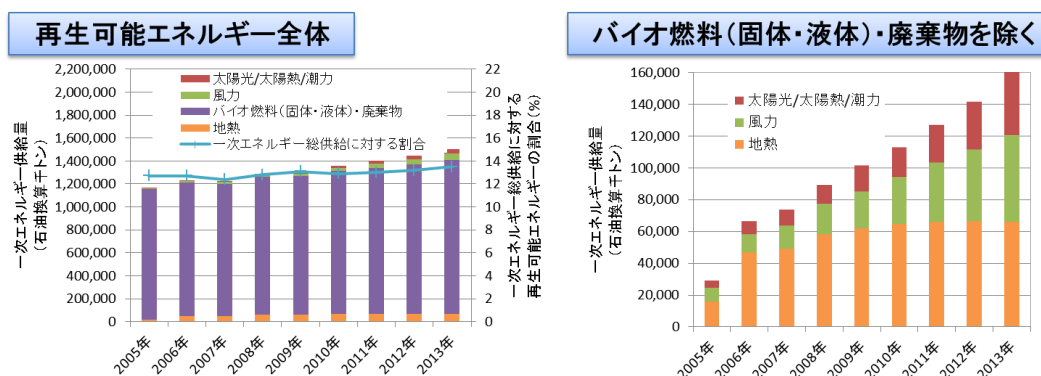


図 1-1 再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（世界全体）

注) エネルギー種の区分は出典に準ずる。再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

出典) Renewables Information (IEA)の統計値より作成

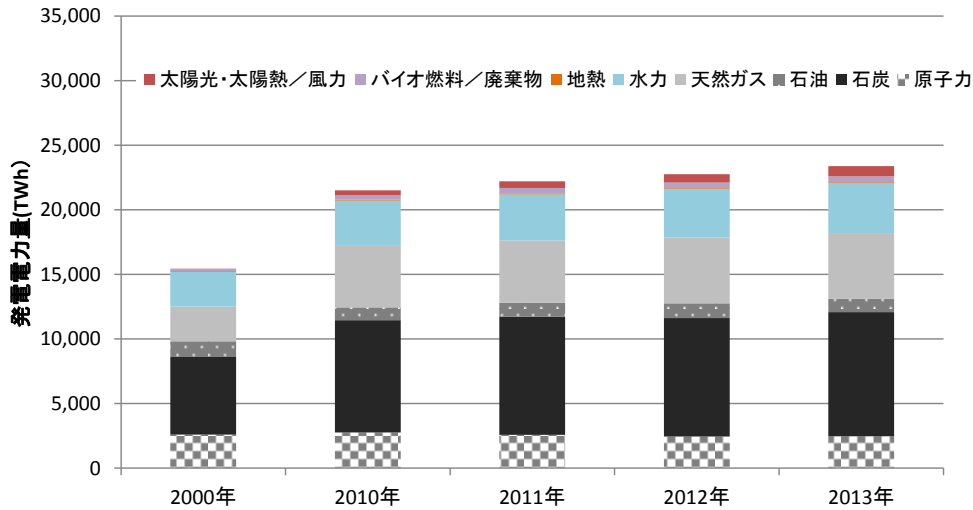


図 1-2 再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（世界全体）

出典) Electricity Information (IEA)の統計値より作成

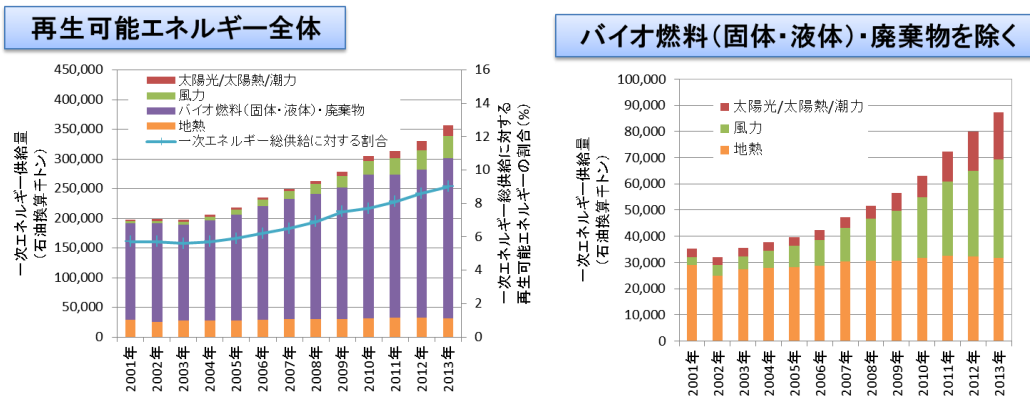


図 1-3 再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（OECD 加盟国）

注) エネルギー種の区分は出典に準ずる。再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

出典) Renewables Information (IEA)の統計値より作成

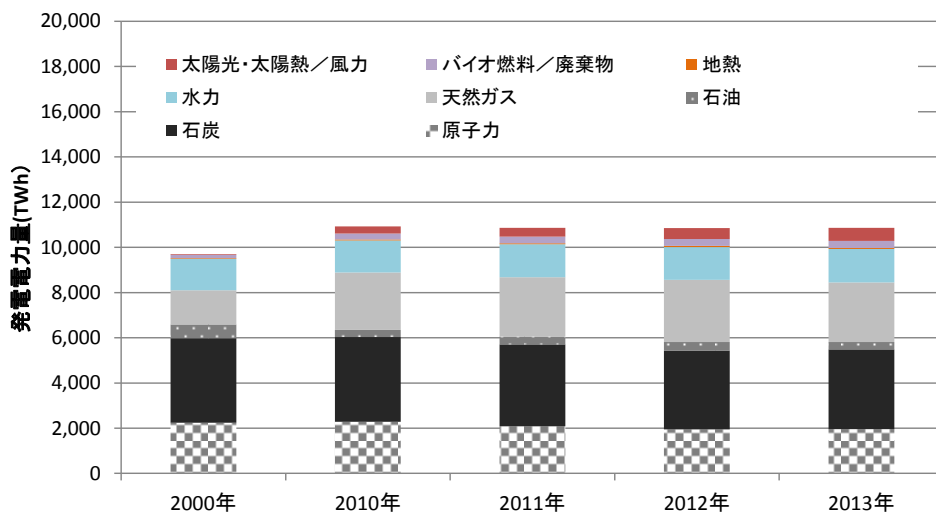
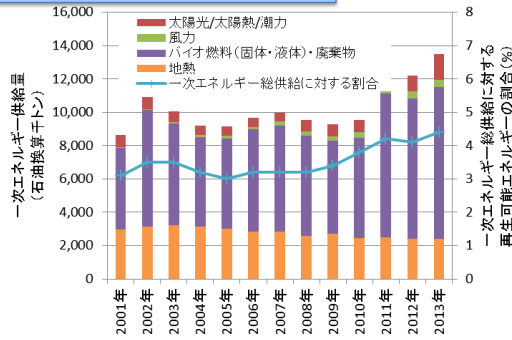


図 1-4 再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（OECD 加盟国）

出典) Electricity Information (IEA)の統計値より作成

再生可能エネルギー全体



バイオ燃料(固体・液体)・廃棄物を除く

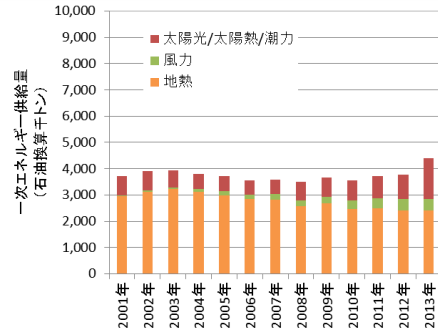


図 1-5 再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績 (日本)

注) エネルギー種の区分は出典に準ずる。再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。
出典) Renewables Information (IEA)の統計値より作成

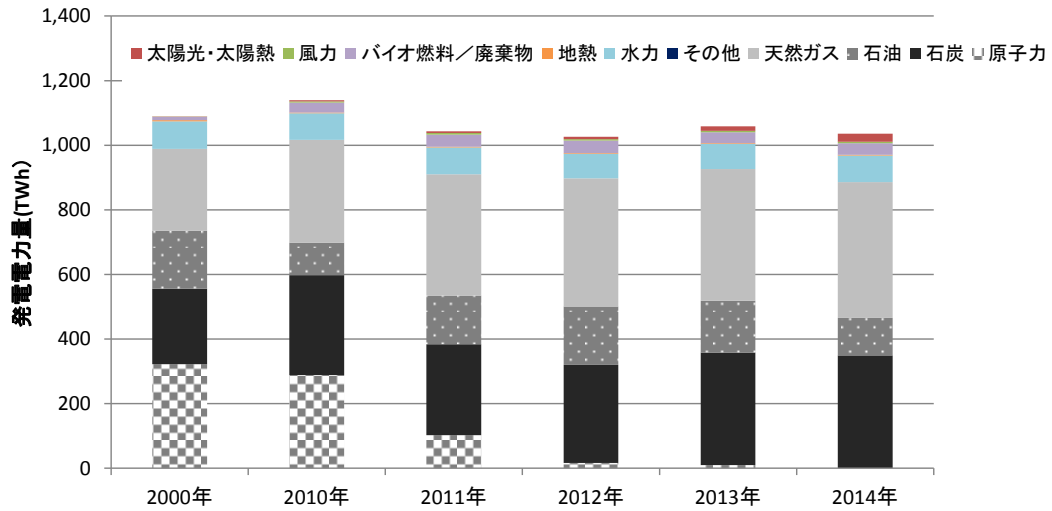


図 1-6 再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量 (日本)

出典) Electricity Information (IEA)の統計値より作成

2) 欧州の実績

EU 全体においては、再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給量は増加を続けており、2014年には12.2%に達している。

特にバイオマス・廃棄物が大きな割合を占めるが、近年は太陽光発電、風力発電による一次エネルギー供給の増加が顕著である（図 1-7）。

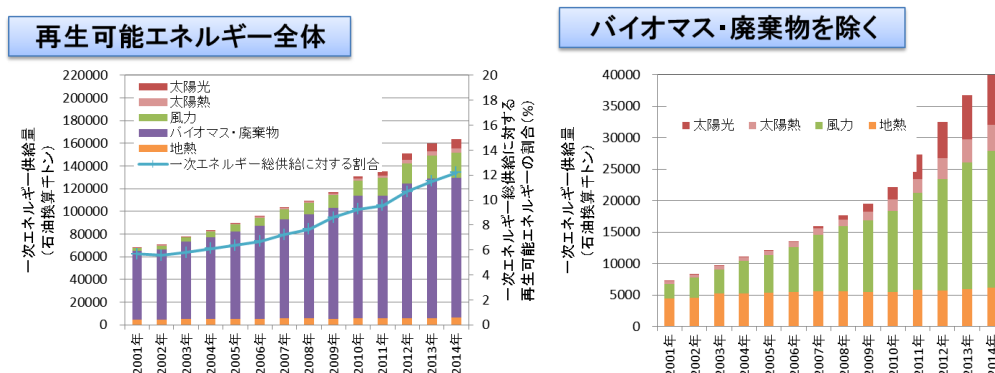


図 1-7 再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（EU）

注) エネルギー種の区分は出典に準ずる。再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

出典) Eurostat の統計値より作成

欧州諸国では、各国ともに再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給量は増加傾向にあり、ドイツ、英国、スペイン及びイタリアではいずれも過去 10 年で 2 倍以上に増加している。一方でイタリア、デンマークにおいては再生可能エネルギーによる一次エネルギーの供給割合は増加しているものの、供給量自体は減少している。これは両国における一次エネルギーの総供給量が横ばいか減少傾向にあることの影響であると推測される。

また、再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給において、バイオマス・廃棄物の割合が高く、ドイツ、英国では特にその傾向が顕著である（図 1-8）。ドイツ、英国、スペイン、イタリアは太陽光発電、風力発電による一次エネルギー供給が近年増加を始めた点で共通している。スペイン、デンマークでは風力発電が、イタリアでは地熱発電の供給量が 2000 年代において大きな割合を占める点に特徴がある。なお、各国とも太陽光発電による一次エネルギー供給量の割合は小さいが、近年増加傾向にある。

再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量を見ると、特にドイツでは石炭火力の比率が高く、天然ガス火力が少ないことが分かる（図 1-9）。イタリアは原子力発電に依存しない代わりに、天然ガス火力の比率が高い。

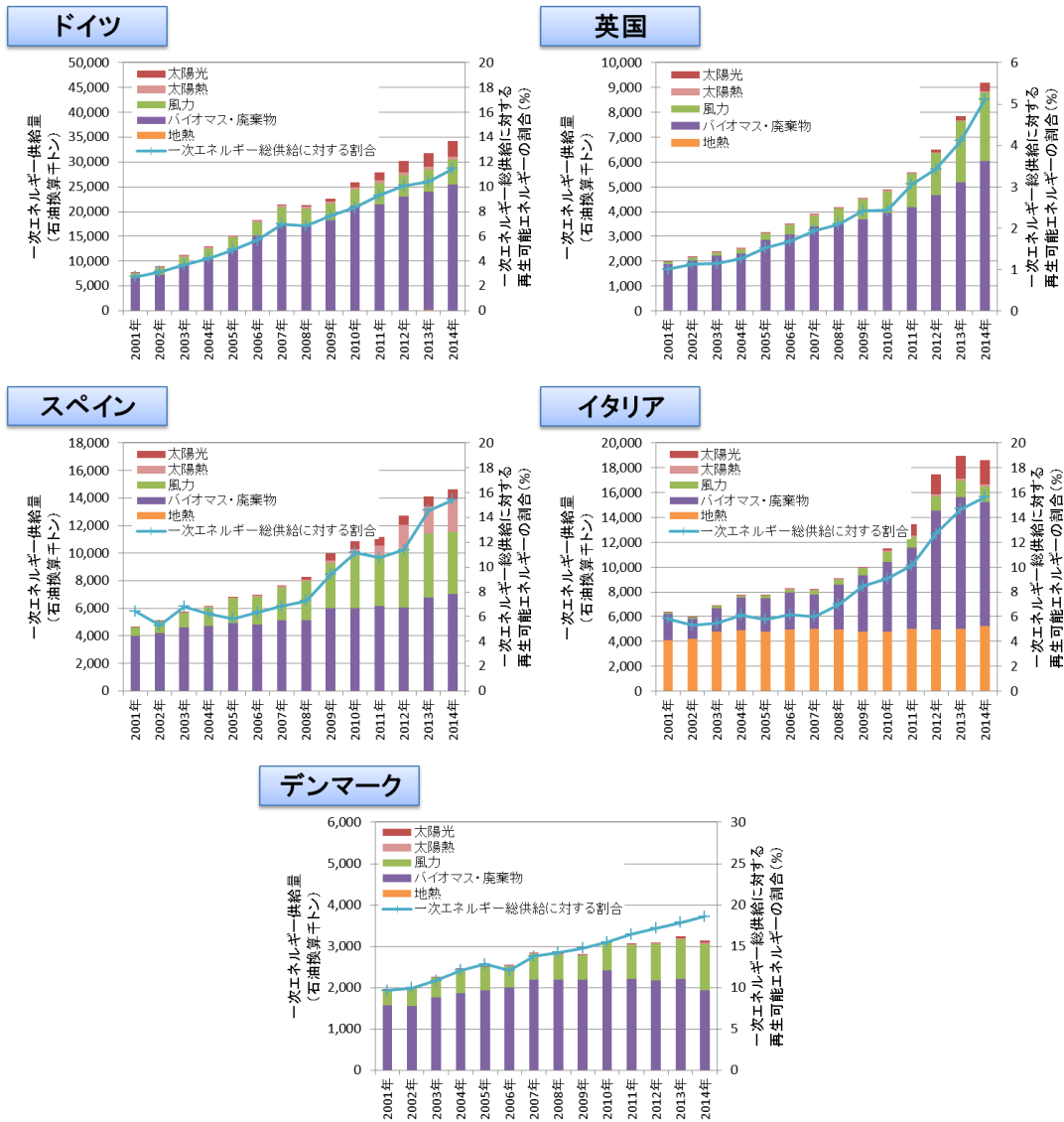


図 1-8 再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績
(ドイツ・英国・スペイン・イタリア・デンマーク)

注) エネルギー種の区分は出典に準ずる。再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

注) デンマークのバイオマスの数値は昨年公表されていた数値から更新されているため、留意。

出典) Eurostat の統計値より作成

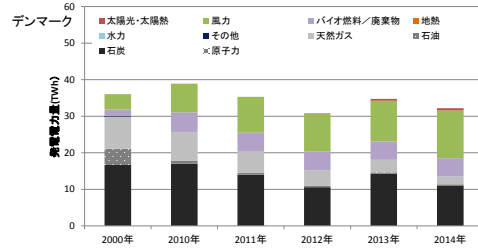
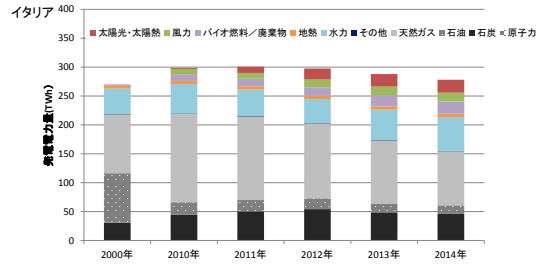
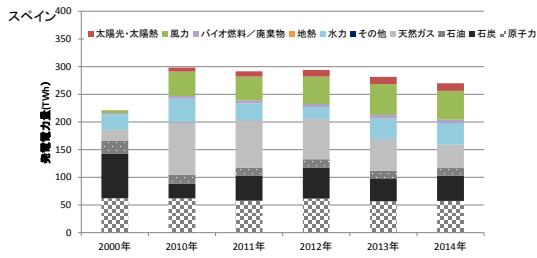
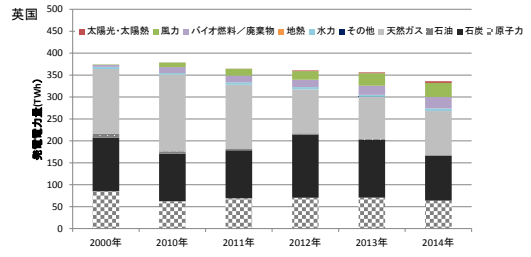
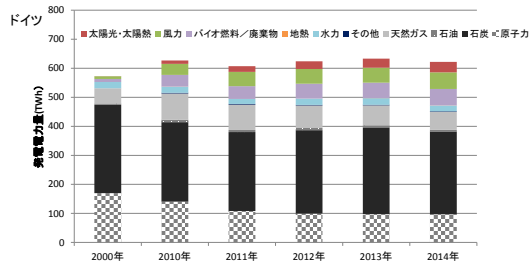


図 1-9 再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量
(ドイツ・英国・スペイン・イタリア・デンマーク)

出典) Electricity Information (IEA)の統計値より作成

3) 米国の実績

米国においては、再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給量は増加を続けており、2013年の再生可能エネルギーの占める割合は6.4%である。

特にバイオ燃料（固体・液体）・廃棄物が大きな割合を占めるが、近年は風力発電による一次エネルギー供給の増加が顕著である（図 1-10）。化石燃料等も含めた電源構成に大きな変化はなく、石炭火力と天然ガス火力に依存した電源構成となっている（図 1-11）。

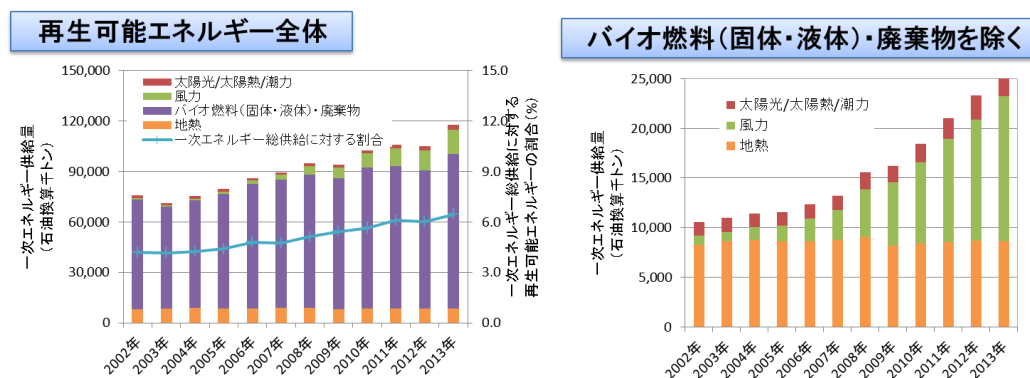


図 1-10 再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（米国）

注) エネルギー種の区分は出典に準ずる。再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

出典) Renewables Information (IEA)の統計値より作成

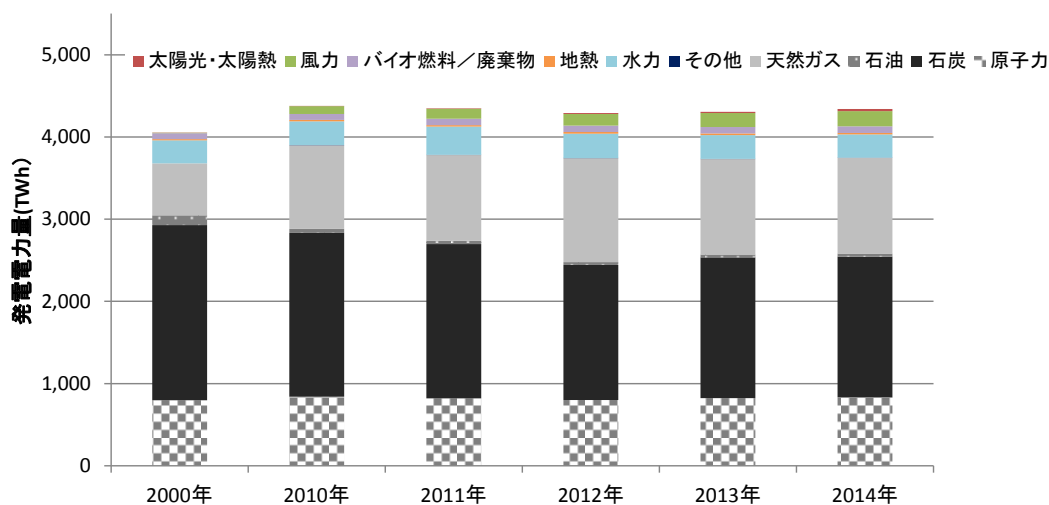


図 1-11 再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（米国）

出典) Electricity Information (IEA)の統計値より作成

4) アジアの実績

アジア諸国については、再生可能エネルギーによる一次エネルギーの供給量は増加傾向にある。一方で中国、インドの両国においては再生可能エネルギーによる一次エネルギーの供給量の増加率に対して総供給が大きく増加しているため、総供給に対する割合については減少しているが、太陽光発電、風力発電、地熱発電等による一次エネルギー供給が急増している（図 1-12 及び図 1-14）。再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量を見ると、中

国、インドどちらも総量の増加が続いており、石炭火力への依存度が高い状態が続いている（図 1-13 及び図 1-15）。

また、韓国については、再生可能エネルギーによる供給量の割合は小さいものの、近年他の OECD 加盟国と同様に太陽光発電、風力発電による供給量が増加している（図 1-16）。再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量を見ると、石炭火力、原子力及び天然ガス火力が支配的となっている（図 1-17）。

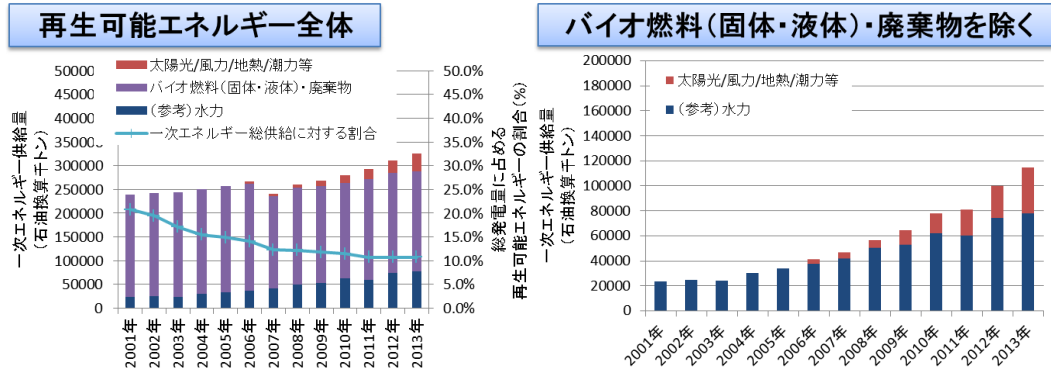


図 1-12 再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（中国）
 注）エネルギー種の区分は出典に準ずる。再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。
 出典）Renewables Information (IEA)の統計値（OECD 非加盟国）より作成

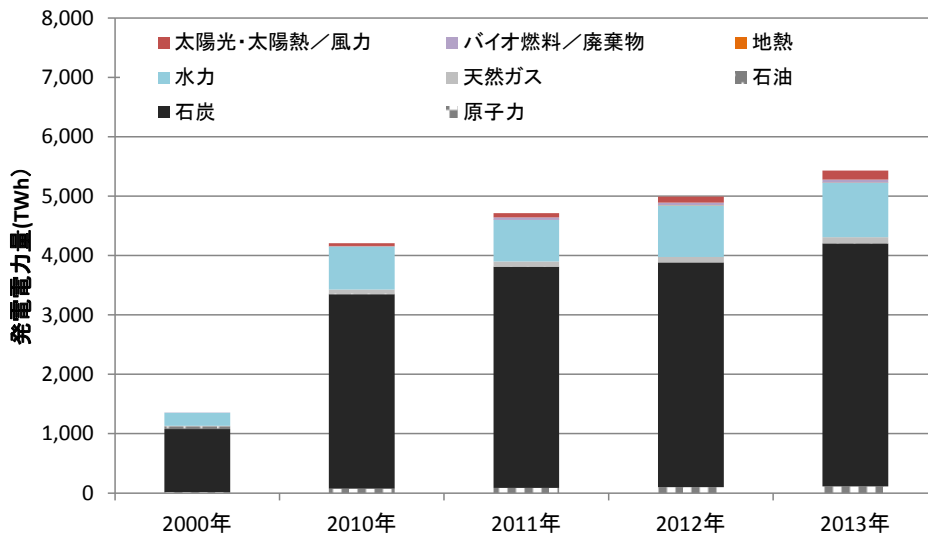


図 1-13 再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（中国）
 出典）Electricity Information (IEA)の統計値より作成

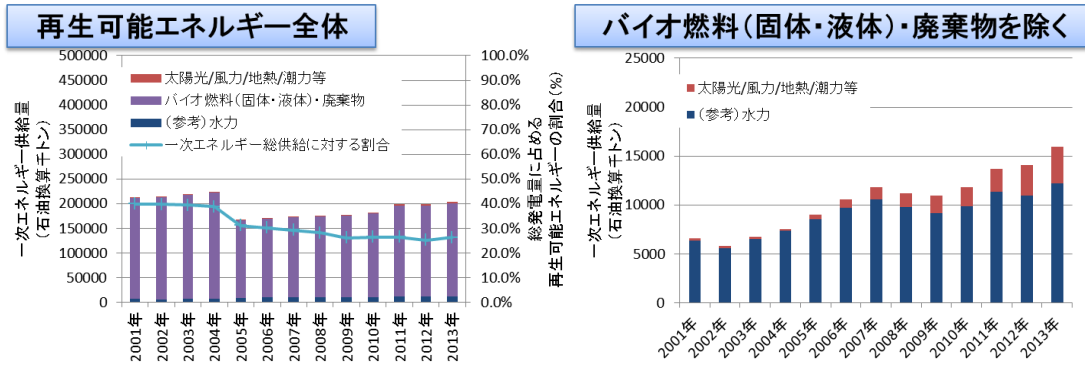


図 1-14 再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（インド）
 注）エネルギー種の区分は出典に準ずる。再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。
 出典）Renewables Information (IEA)の統計値（OECD 非加盟国）より作成

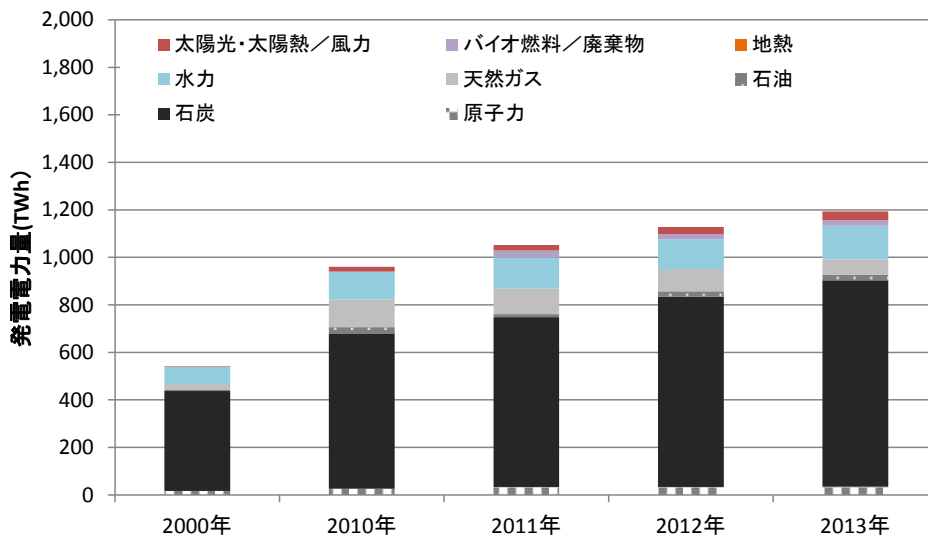


図 1-15 再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量（インド）
 出典）Electricity Information (IEA)の統計値より作成

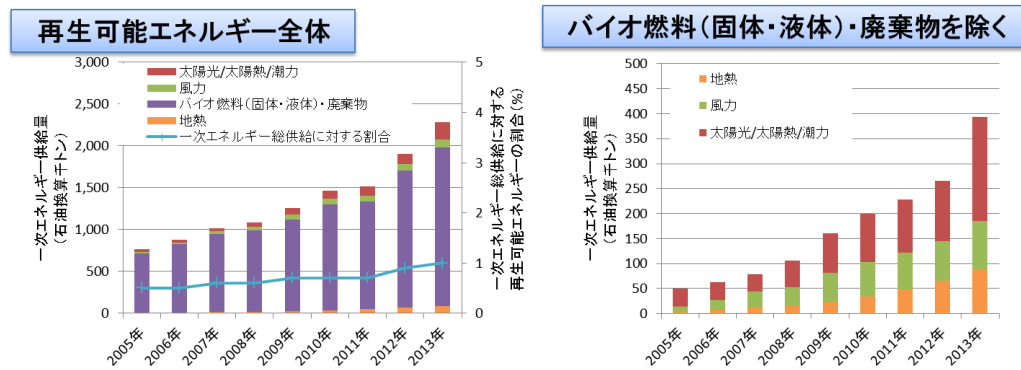


図 1-16 再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の供給実績（韓国）
 注）エネルギー種の区分は出典に準ずる。再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。
 出典）Renewables Information (IEA)の統計値より作成

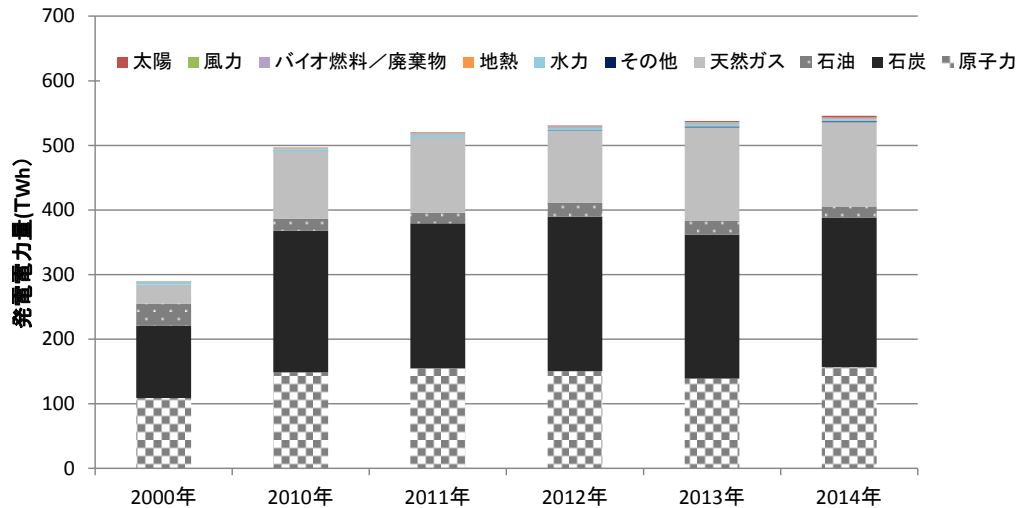


図 1-17 再生可能エネルギー以外も含めた発電電力量 (韓国)

出典) Electricity Information (IEA)の統計値より作成

5) 各国の再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給実績の比較

各国の一次エネルギー総供給に対する再生可能エネルギーの割合を図 1-18 に示す。欧州諸国の中でも特にドイツ、スペイン、イタリア、デンマークでは一次エネルギー総供給に対する再生可能エネルギーの割合が高い。また、各国とも再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給の中ではバイオマス・廃棄物の割合が高い。

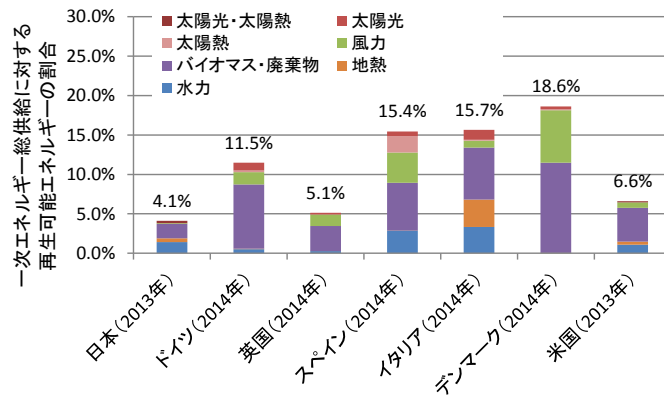


図 1-18 各国の再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給実績

出典) Eurostat、Renewables Information (IEA)の統計値より作成

(2) 再生可能エネルギー電気導入実績

1) 世界の再生可能エネルギー電気導入実績

世界全体の総発電量に占める再生可能エネルギーの割合は、年毎の増加率は小さいものの近年着実に増加しており、2013年には21.9%に達した。

世界における再生可能エネルギー電気の導入割合は2006年以降増加を続けている。太陽光発電の設備容量、発電量は近年大きく増加しており、2011年から2012年の間には発電量が約1.4倍に増加している（図1-19及び図1-20）。

風力発電の発電量は、2000年代前半より堅調な伸びを示し、過去5年では毎年2割～4割ずつ増加している。

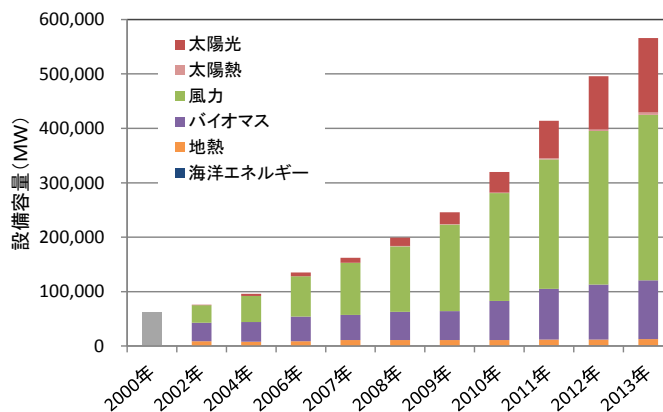


図 1-19 世界の再生可能エネルギー発電設備容量

注) 設備容量の2000年のみ水力以外の再生可能エネルギー設備容量で表示
出典) World Energy Outlook (IEA)の統計値より作成

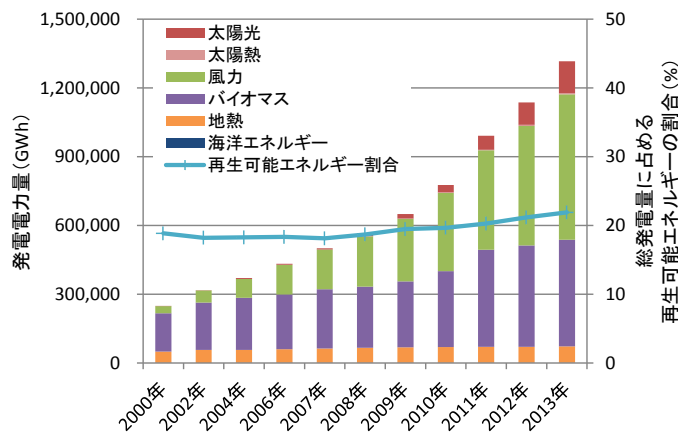


図 1-20 世界の再生可能エネルギーによる発電電力量

注) 再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。
出典) World Energy Outlook (IEA)の統計値より作成

2) OECD 加盟国の再生可能エネルギー電気導入実績

OECD 加盟国では総発電量に占める再生可能エネルギー割合が近年増加の傾向にあり、2000 年代中盤の 16%程度から 2013 年には約 21%に増加している。太陽光発電の伸びが世界全体と比べても顕著であり、2012 年から 2013 年の間には設備容量が約 1.3 倍、発電電力量が 1.3 倍に増加している（図 1-21 及び図 1-22）。風力発電は、世界全体の傾向と同様に 2000 年代前半より堅調な伸びを示し、毎年設備容量について約 1 割～3 割、発電電力量について 2 割～4 割ずつ増加している。

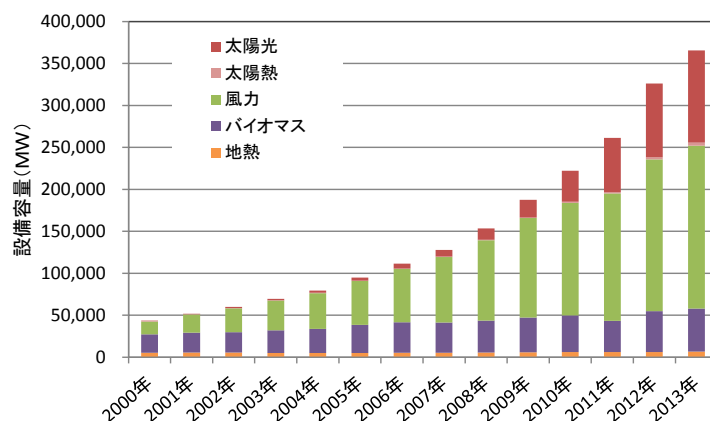


図 1-21 OECD 加盟国の再生可能エネルギーによる設備容量
出典) Renewables Information (IEA)の統計値より作成

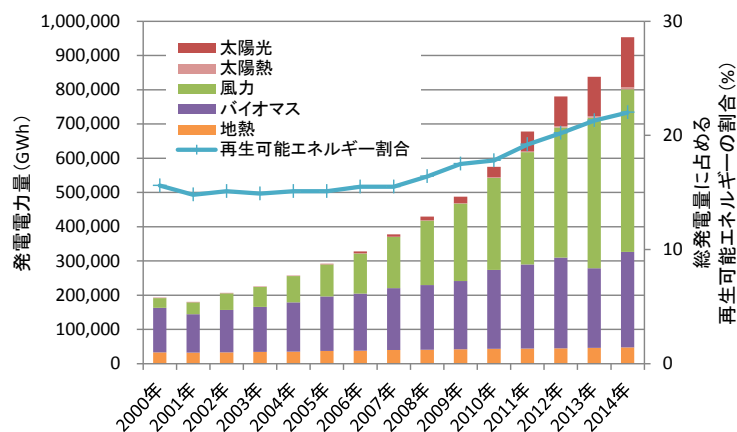


図 1-22 OECD 加盟国の再生可能エネルギーによる発電電力量
注) 再生可能エネルギー割合は水力発電を含む
注) 2012 年発電量、再生可能エネルギー割合は IEA 推計値
出典) Renewables Information (IEA)の統計値より作成

3) 日本の再生可能エネルギー電気導入実績

総発電量に占める再生可能エネルギー比率は10%程度の水準を維持している(図 1-24)。

設備容量の増加率は風力発電で低下の傾向にあり、伸びが鈍化している(図 1-23)。一方、太陽光発電は2002年の約40%から2008年にかけて約20%まで低下したが、2010年に再び約40%に回復して、2012年まで同水準を保っている。

また、経済産業省は2012年7月の固定価格買取制度開始後の再生可能エネルギー電気設備の認定状況を表 1-1 のように公表している。これまでのところ、太陽光発電の伸びが顕著である一方、風力発電、中小水力発電、バイオマス発電及び地熱発電の伸びは大きくない。制度開始後から2015年6月末時点で新たに運転を開始した設備は約2,156.0万kWである。

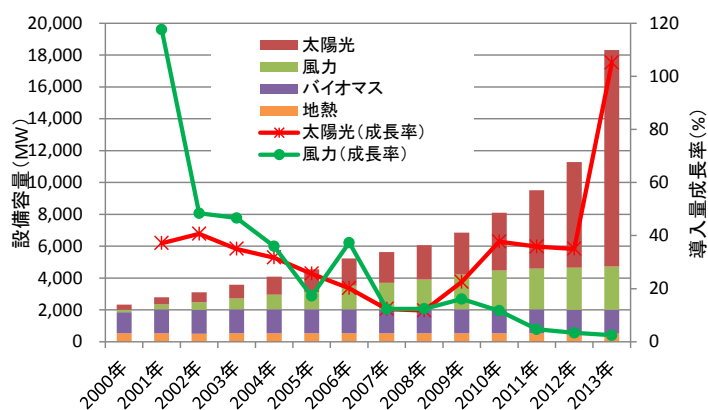


図 1-23 日本の再生可能エネルギーによる設備容量

出典) Renewables Information (IEA)の統計値、

IEA-PVPS : 「Trends in photovoltaic applications. Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2013」、2014

NEDO : 「日本における風力発電設備・導入実績」、2015 より作成

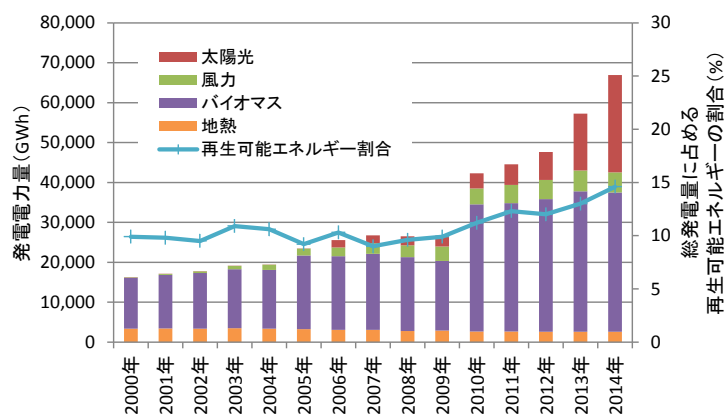


図 1-24 日本の再生可能エネルギーによる発電電力量

注) 再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

注) 2014年発電量、再生可能エネルギー割合はIEA推計値

出典) Renewables Information (IEA)の統計値より作成

表 1-1 固定価格買取制度開始後の状況について

設備導入量(運転を開始したもの)		
	固定価格買取制度導入前	固定価格買取制度導入後
	平成24年6月末までの 累積導入量	平成24年度7月～平成27年度6月末まで の導入量
太陽光(住宅)	約470万kW	332.4万kW
太陽光(非住宅)	約90万kW	1,745.3万kW
風力	約260万kW	34.8万kW
中小水力	約960万kW	0.9万kW
バイオマス	約230万kW	10.5万kW
地熱	約50万kW	32.1万kW
合計	約2,060万kW	2,156.0万kW

出典) 経済産業省:「総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会」第3回資料1、2015、

http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/kihonseisaku/saisei_kanou/pdf/003_01_00.pdf より作成

4) EUの再生可能エネルギー電気導入実績

再生可能エネルギーによる設備容量、発電電力量ともに2000年代前半以降急激に拡大している(図1-25、図1-26)。再生可能エネルギー電気の中でも特に風力発電の導入拡大が顕著であり、次いで太陽光・太陽熱、バイオガス・液体バイオマスによる発電が拡大している。

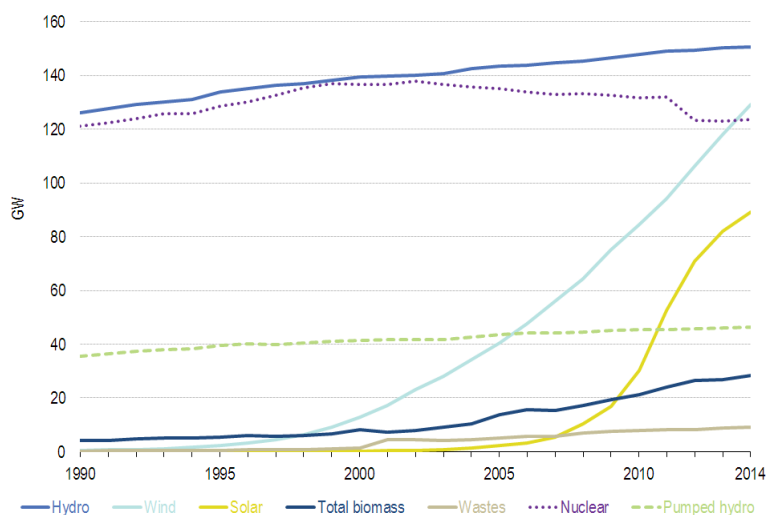


図 1-25 EUの再生可能エネルギー等による設備容量

出典) Eurostat

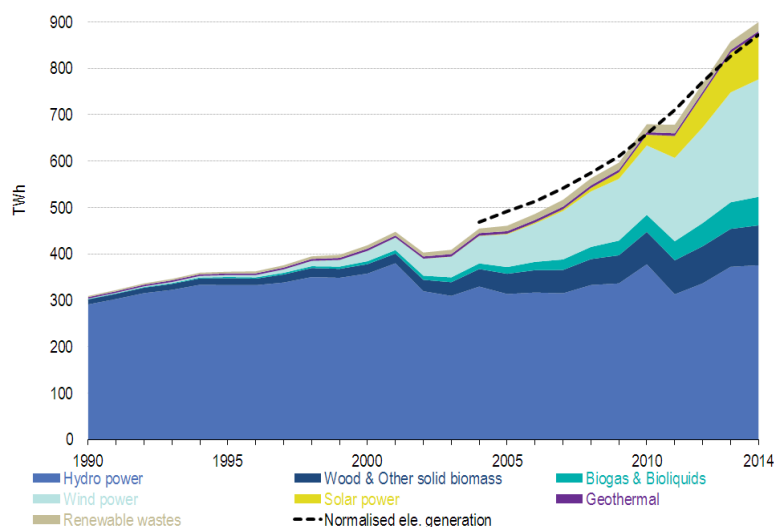


図 1-26 EUの再生可能エネルギーによる発電電力量

注) 調整後の発電量とは、水力及び風力の発電電力量をEUの再生可能エネルギー指令¹で指示する算出方法に従って調整した発電量

出典) Eurostat

¹ European Commission : 「Directive 2009/28/EC」、2009、<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?aj=MyqTHQW42xG1VK9VvRWpz6nlnrQVW79hxZJt6gwyCPfk2T1ggyL!1575249101?uri=CELEX:32009L0028>

EUは2009年、2020年にEUの最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を20%にまで引き上げると目標に定めた。2014年までの最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合は図1-27の通りであり、2014年には16.0%まで増加している。

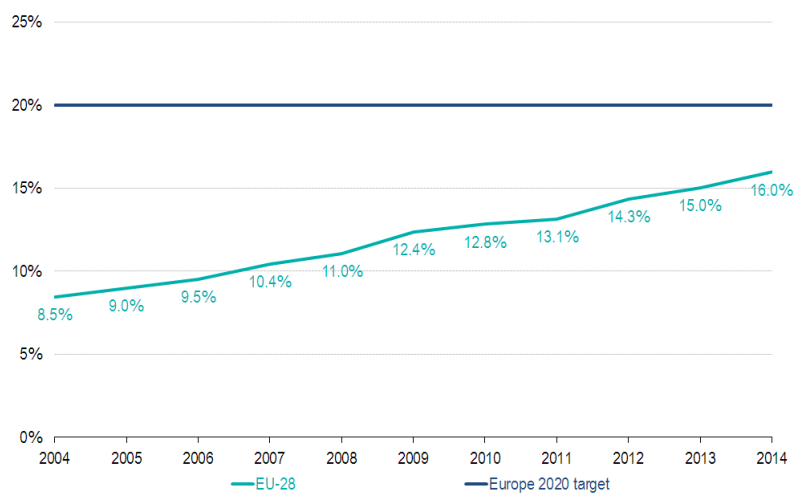


図 1-27 EU の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合
出典) Eurostat

5) ドイツの再生可能エネルギー電気導入実績

総発電量に占める再生可能エネルギー割合は増加を続けており、2013年に25%を超えている（図 1-29）。

ドイツは National Renewable Energy Action Plan（NREAP）において2020年に消費電力に占める再生可能エネルギーの割合を38.6%とする目標を掲げている。²また、エネルギーコンセプト2010（連邦政府 Bundesregierung）では総発電量に占める再生可能エネルギー電気の割合を2020年に35%、2030年に50%、2040年に65%、2050年に80%とする見通しが示されている³。

太陽光発電の設備容量増加が顕著であり、40%以上の増加を継続してきたが、近年伸びが鈍化傾向にある（図 1-28）。風力発電は設備容量の伸びが鈍化しており、導入量成長率は2001年の約40%から2014年には約13%に減少している。

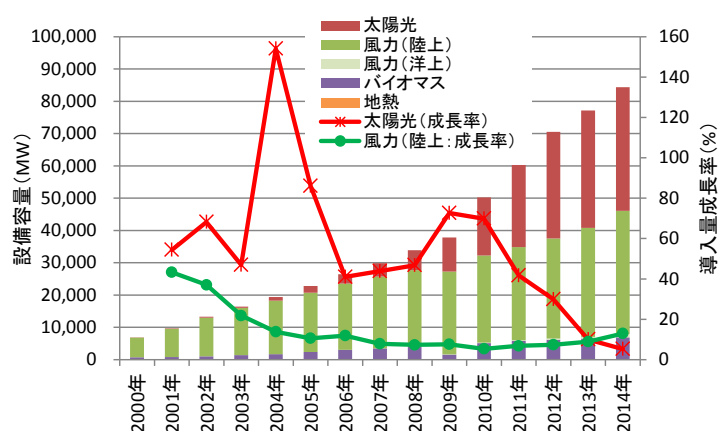


図 1-28 ドイツの再生可能エネルギーによる設備容量

出典) BMWi : 「Renewable Energy Sources in Figures」、2015 より作成

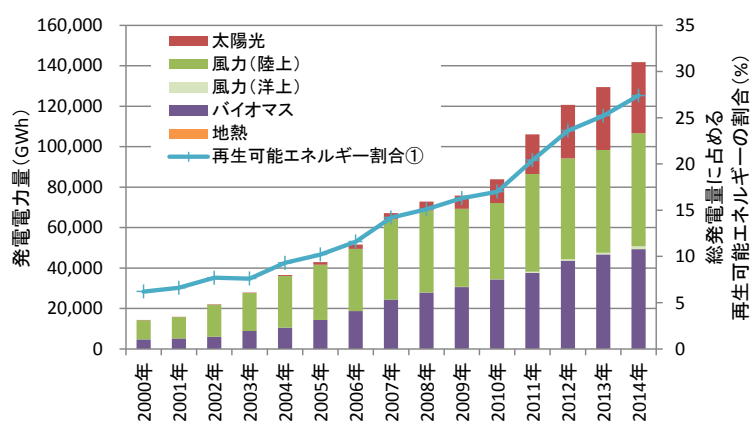


図 1-29 ドイツの再生可能エネルギーによる発電電力量

注) 再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

出典) BMWi : 「Renewable Energy Sources in Figures」、2015 より作成

² ドイツ政府 : 「National Renewable Energy Action Plan」、2010

³ ドイツのエネルギーヴェンデ (Energiewende) 政策については 0 を参照のこと。

6) 英国の再生可能エネルギー電気導入実績

総発電量に占める再生可能エネルギー割合は 2000 年代中盤から 2013 年まで増加を続けている（図 1-31）。英国は National Renewable Energy Action Plan（NREAP）において、2020 年の再生可能エネルギーによる発電量の割合を 31%とする目標を掲げている。⁴

太陽光発電は近年急激に伸びており、設備容量・発電電力量ともに増加している。2013 年に 2,851MW だった設備容量は 2014 年に 5,377MW へと拡大している（図 1-30）。

風力発電の拡大も続いており、2014 年においても陸上・洋上を併せた設備容量の導入量成長率は 16%を記録している。発電電力量ベースでは 2013 年から 2014 年に約 13%の増加を記録した。

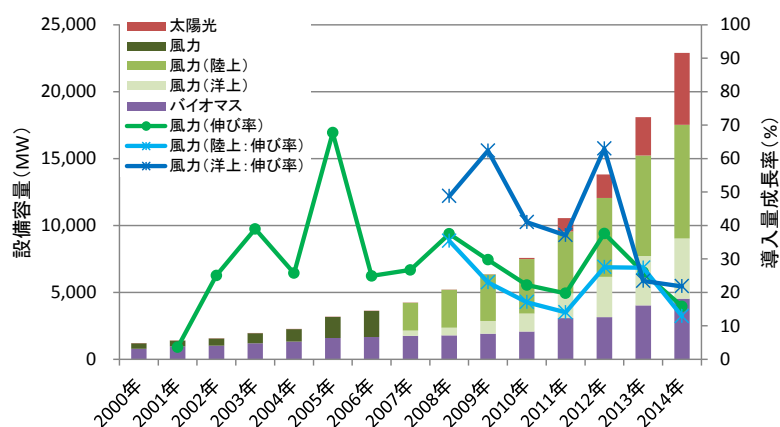


図 1-30 英国の再生可能エネルギーによる設備容量

出典) 英国エネルギー・気候変動省統計値より作成

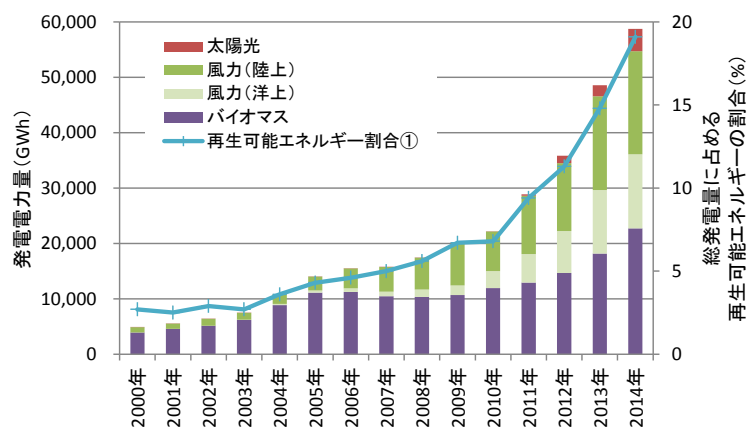


図 1-31 英国の再生可能エネルギーによる発電電力量

注) 再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

出典) 英国エネルギー・気候変動省統計値より作成

⁴ 英国政府：「National Renewable Energy Action Plan」、2010、
http://ec.europa.eu/energy/renewables/action_plan_en.htm

7) スペインの再生可能エネルギー電気導入実績

総発電量に占める再生可能エネルギーの割合は近年上昇の傾向にあり、2014年には約40%である。スペインは National Renewable Energy Action Plan (NREAP) において、2020年の消費電力に占める再生可能エネルギーの割合を40%とする目標を掲げている⁵。

風力発電は過去10年間増加の傾向が続き、設備容量、発電電力量ともに再生可能エネルギー導入量の中で大きな割合を占める(図1-32及び図1-33)。太陽光発電は設備容量が2007年と2008年に300%以上の伸びを示したが、2008年末の世界金融危機と買取価格の引き下げの影響、さらに2009年の発電電力の買取対象の発電設備に対する年間上限枠の設定を受け、増加率が大幅に低下している。2008年の単年導入量が約2,700MWであるのに対し、2011年、2012年、2013年の単年導入量はそれぞれ約430MW、約290MW、約120MWである。

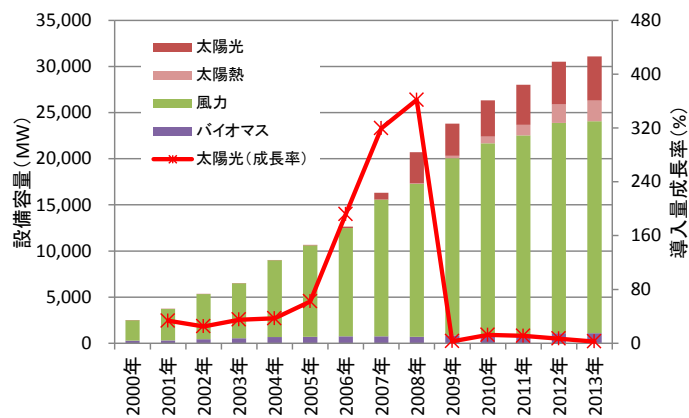


図 1-32 スペインの再生可能エネルギーによる設備容量

出典) Renewables Information (IEA)統計値より作成

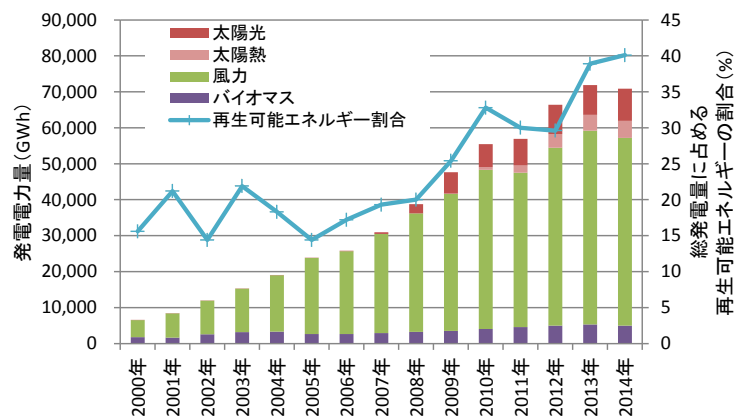


図 1-33 スペインの再生可能エネルギーによる発電電力量

注) 再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

注) 2014年発電量、再生可能エネルギー割合はIEA推計値

出典) Renewables Information (IEA)統計値より作成

⁵ スペイン政府：「National Renewable Energy Action Plan」、2010、
http://ec.europa.eu/energy/renewables/action_plan_en.htm

8) イタリアの再生可能エネルギー電気導入実績

総発電量に占める再生可能エネルギー割合は近年増加の傾向にあり 2012 年には約 30% である (図 1-35)。イタリアは National Renewable Energy Action Plan (NREAP) において、2020 年の消費電力に占める再生可能エネルギーの割合を 26.39% とする目標を掲げており、すでに目標達成に十分な再生可能エネルギー電気の供給が実現されている⁶。

太陽光発電の設備容量は 2007 年以降 90% 以上の増加を続け、2011 年に 9,303MW の急激な伸びを示したが、2012 年には急激に伸びが鈍化した (図 1-34)。これは、2010 年末までに設置され、2011 年半ばまでに系統連系された太陽光発電システムに対して固定価格買取制度の価格が優遇されたことが要因である。2011 年の太陽光発電設備が予想以上に大量導入された結果、2012 年以降太陽光発電に対する支援が手薄になったことが、2012 年以降の伸びの鈍化の背景であると考えられる。

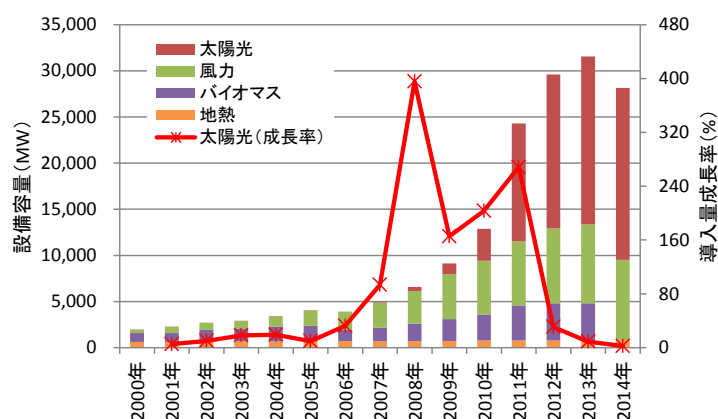


図 1-34 イタリアの再生可能エネルギーによる設備容量

出典) GSE : 「Energia da fonti rinnovabili in Italia」、2016 より作成

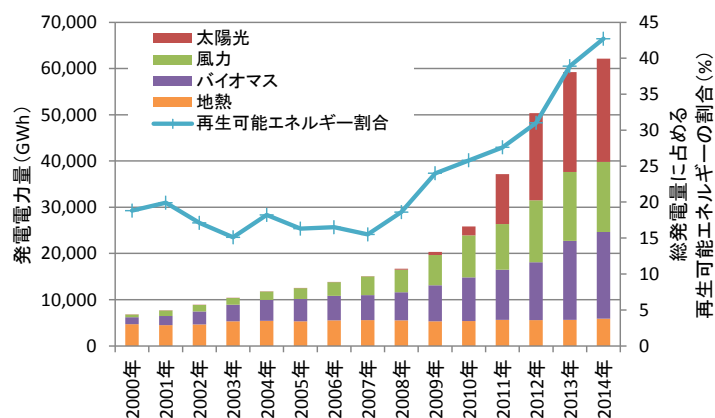


図 1-35 イタリアの再生可能エネルギーによる発電電力量

注) 再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

注) 2011 年のバイオマス発電量、再生可能エネルギー割合は IEA 推計値

出典) GSE : 「Energia da fonti rinnovabili in Italia」、2016、Renewables Information (IEA) 統計値より作成

⁶ イタリア政府 : 「National Renewable Energy Action Plan」、2010

9) デンマークの再生可能エネルギー電気導入実績

総発電量に占める再生可能エネルギー割合は近年増加の傾向にあり 2012 年には約 50% である (図 2-26)。デンマークは National Renewable Energy Action Plan (NREAP) において、2020 年の消費電力に占める再生可能エネルギーの割合を 51.9% とする目標を掲げており、既に目標達成に近い水準で再生可能エネルギー電気の供給が実現されている⁷⁾。

デンマークにおける再生可能エネルギー電気のほとんどは風力発電によるものであり、2000 年代前半から設備容量、発電電力量ともに再生可能エネルギー導入量の中で大きな割合を占める (図 1-36、図 2-26)。風力発電の導入量は 2000 年代前半から 2013 年に至るまで増加を続けている。

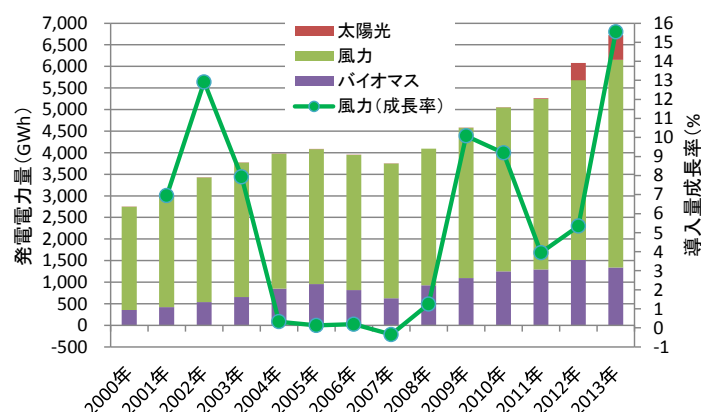


図 1-36 デンマークの再生可能エネルギーによる設備容量

出典) Renewables Information (IEA)統計値より作成

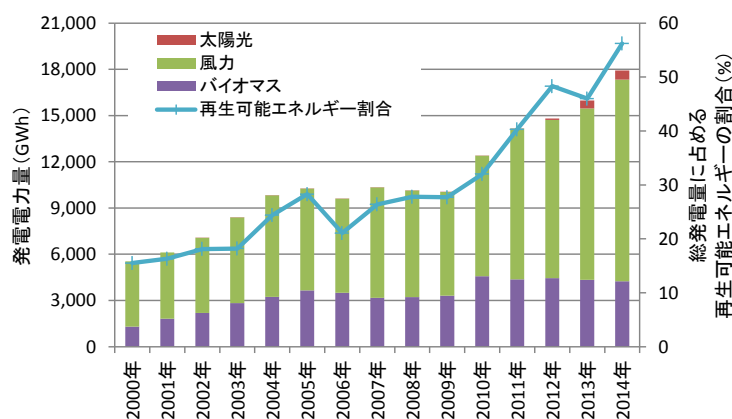


図 1-37 デンマークの再生可能エネルギーによる発電電力量

注) 再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

注) 2014 年発電量、再生可能エネルギー割合は IEA 推計値

出典) Renewables Information (IEA)統計値より作成

⁷⁾ デンマーク政府：「National Renewable Energy Action Plan」、2010

10) 米国の再生可能エネルギー電気導入実績

総発電量に占める再生可能エネルギー割合は近年増加の傾向にあり 2014 年には約 13% である (図 1-39)。

米国では特に再生可能エネルギーの中でも風力発電の占める割合が設備容量、発電電力量ともに高い (図 1-38、図 1-39)。設備容量については 2000 年代を通して、概ね 20% 以上の増加を継続していたが、2012 年以降は横ばいである。また、2000 年代後半以降、特に太陽光発電の設備容量が急激に増加しており、2014 年における増加率は 75% を超えていたが、2015 年における増加率は 30% と鈍化している。

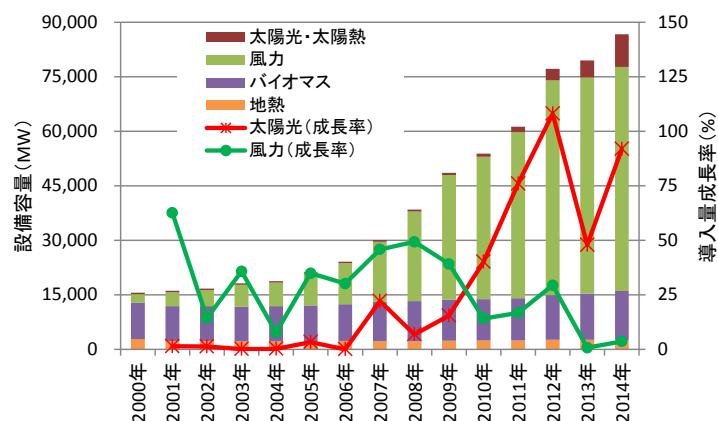


図 1-38 米国の再生可能エネルギーによる設備容量

出典) EIA (U.S. Energy Information Administration) 統計値より作成

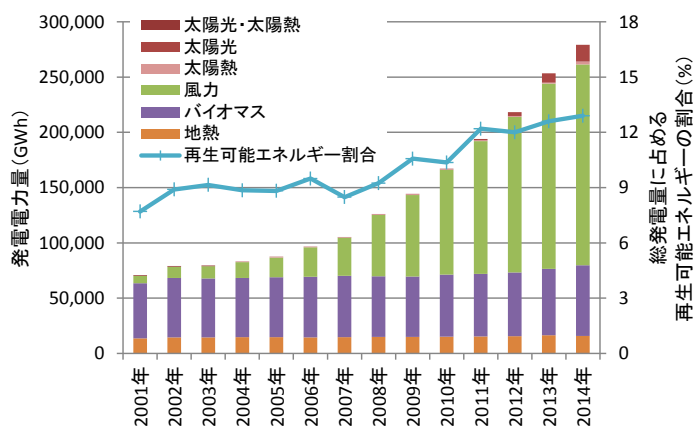


図 1-39 米国の再生可能エネルギーによる発電電力量

注) 再生可能エネルギー割合は水力発電を含む。

出典) EIA (U.S. Energy Information Administration) 統計値より作成

11) 各国の再生可能エネルギー電気導入実績の比較

各国の総発電量に対する再生可能エネルギーの割合を図 1-40 に示す。我が国においては、従来から存在する水力発電の比率が大きく、太陽光発電や風力発電の比率は比較的小さい現状にある。一方、欧州諸国及び米国では、太陽光発電や風力発電が高い割合を占めている。

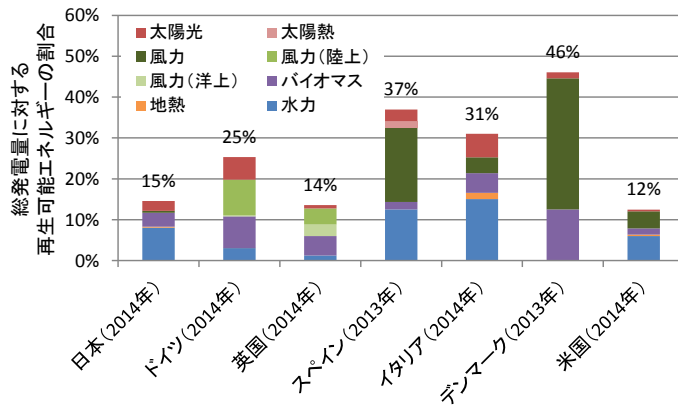


図 1-40 各国の再生可能エネルギーによる発電実績

出典) Renewables Information (IEA) 統計値、英国エネルギー・気候変動省統計値、EIA (U.S. Energy Information Administration) 統計値

BMW: 「Renewable Energy Sources in Figures」、2015、

GSE: 「Energia da fonti rinnovabili in Italia」、2016、より作成

(3) 電力分野における CO2 排出量の近年の推移とその要因分析

欧米主要国における電力分野における排出係数の推移をみると、イタリア、スペイン、米国では 2000 年と比較して近年低下傾向が見られる。

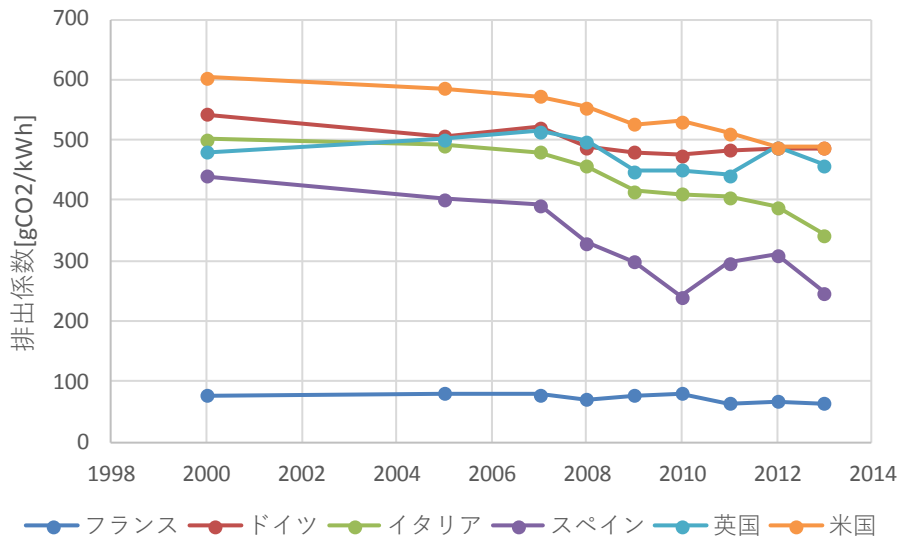


図 1-41 欧米主要国の電気の排出係数の推移

出典) CO2 emissions from fuel combustions (IEA) 統計値

これらの国の発電電力量構成の推移をみると、イタリアは石油から天然ガスへのシフト

を進め、かつ近年は再生可能エネルギーを拡大させていることで改善を進めていると考えられる。スペインも急増する電力需要に対して天然ガスと再生可能エネルギーを拡大させている。米国はシェールガスの開発が進んだことで、石炭から天然ガスへのシフトが進んでいることが、排出係数の改善に繋がっていると考えられる。

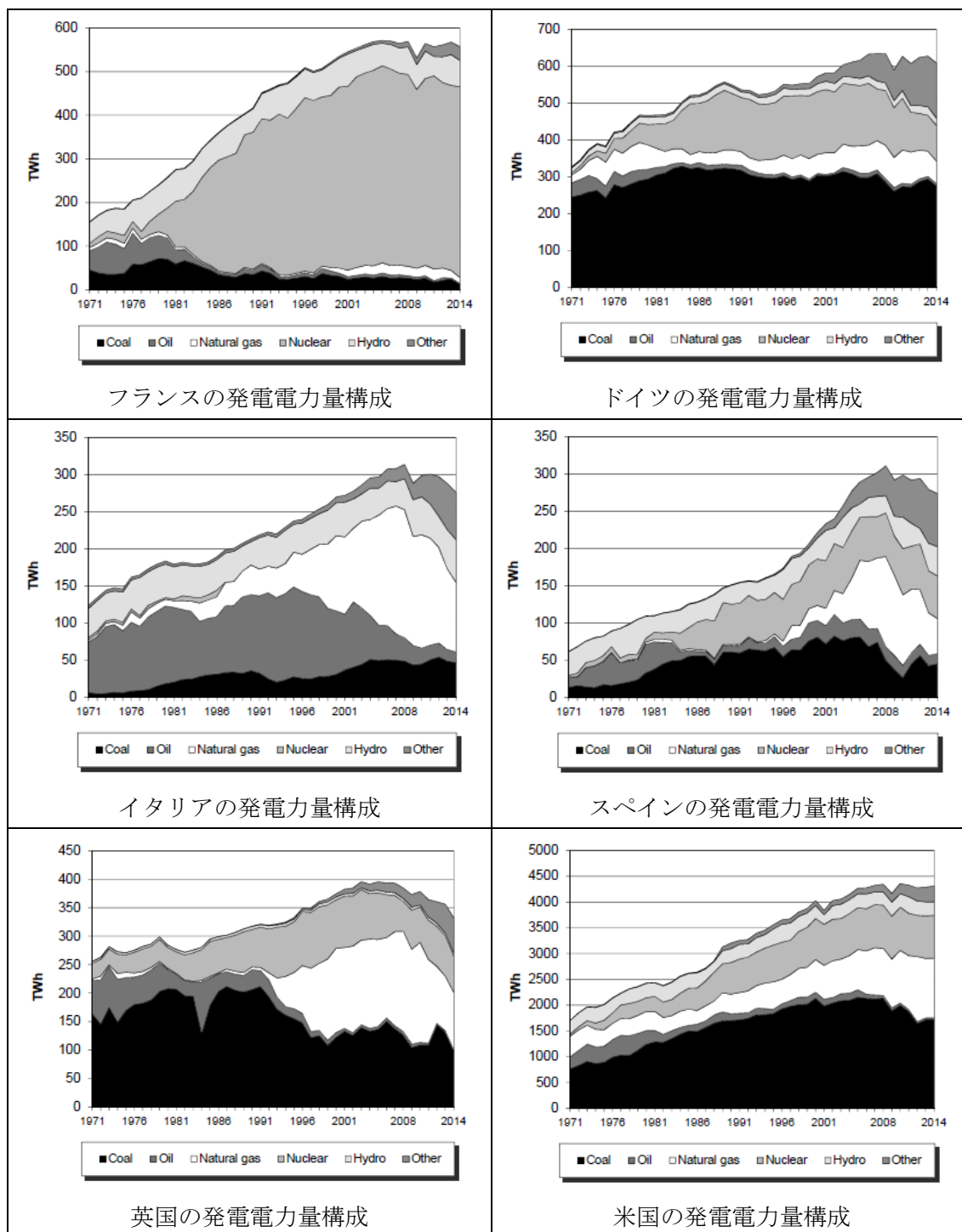


図 1-42 欧米主要国の発電電力量構成の推移

出典) Electricity Information (IEA) 統計値

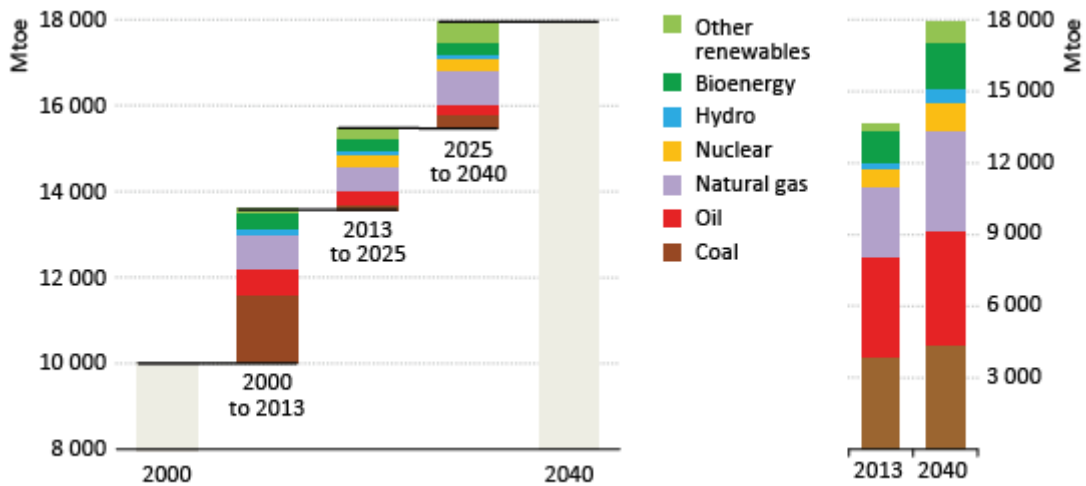
1.1.2 諸外国における再生可能エネルギーの普及見通し

(1) 世界全体の見通し

IEA の World Energy Outlook 2015 の New Policies Scnario では、2040 年に向けた一次エネルギー需要の増加のうち、再生可能エネルギーは 34% と最も比率が高い (図 1-43)。水力以外の再生可能エネルギーと天然ガスは 2025 年以降導入が加速化するとされている。

発電設備容量ベースで今後最も導入が進むのは再生可能エネルギー発電であり、New Policies Scnario では 2014 年時点でのシェア 30% から 2040 年には 44% まで拡大する (図 1-44)。

発電電力量ベースでは、2040 年には総発電電力量のうちおよそ 1/3 が再生可能エネルギー由来になるとされている (図 1-45)。風力と太陽光による発電は、2013 年には 3% のシェアであるが、2040 年には 15% まで増えるとされている。



Note: The level of nuclear in 2013 was slightly lower than in 2000.

図 1-43 New Policies Scenario における世界の燃料別一次エネルギー需要の見通し

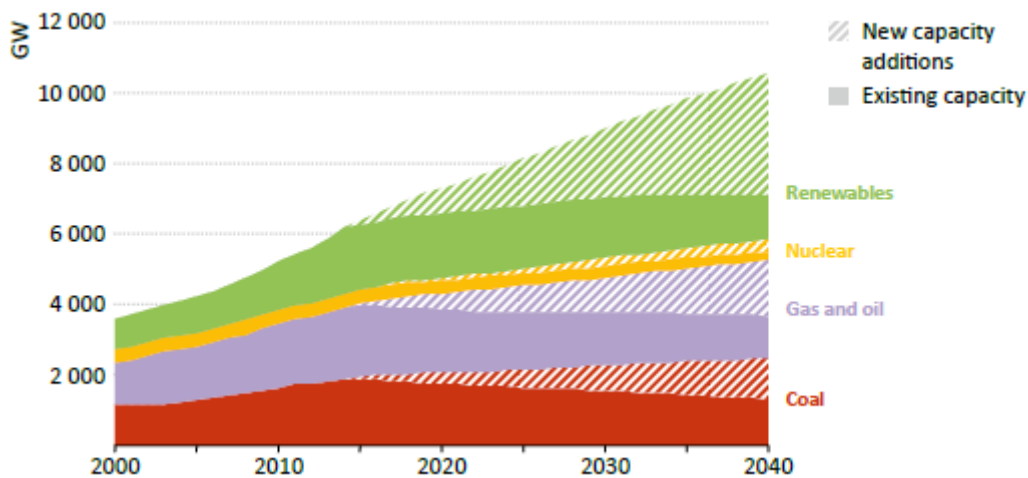


図 1-44 New Policies Scenario における世界の電源種別設備容量の見通し

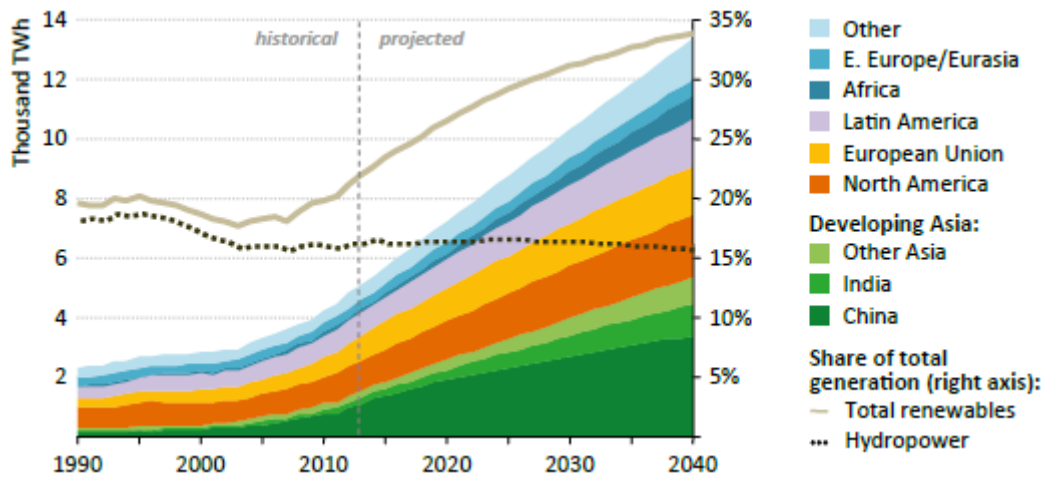


図 1-45 New Policies Scenario における世界の地域別再生可能エネルギー発電の見通し

(2) 欧州の見通し

EU では、EU 再生可能エネルギー指令にて 2020 年までに EU における再生可能エネルギー比率を全設備容量の 20%とする目標が示されており、目標達成に向けた各国の再生可能エネルギーの導入目標、導入見通しが欧州委員会の 2011 年 12 月発効のロードマップ（EU Energy Roadmap 2050）内で示されている。

EU Energy Roadmap 2050 では、2050 年に向けて想定される政策シナリオ毎にエネルギーの供給構造の見通しが示されている。図 1-46 に Reference scenario（リファレンスシナリオ）、High RES scenario（再生可能エネルギー高比率シナリオ）における再生可能エネルギーによる設備容量の見通しを示す。また、再生可能エネルギーによる発電電力量についてはシナリオ毎の詳細は示されていないため、エネルギー生産量⁸の見通しを図 1-47 に示す。Reference scenario、High RES scenario とともに太陽光、風力を中心に再生可能エネルギーの設備容量、エネルギー生産量ともに 2050 年までに大きく増加することが見込まれている。

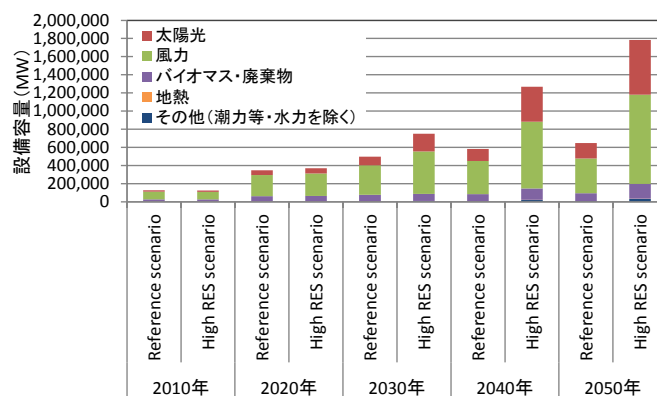


図 1-46 EU の再生可能エネルギーによる設備容量の見通し（EU Energy Roadmap 2050）
出典）EU Energy Roadmap 2050

⁸ エネルギー生産量とは、エネルギー供給量のうち輸入分を除いた量。

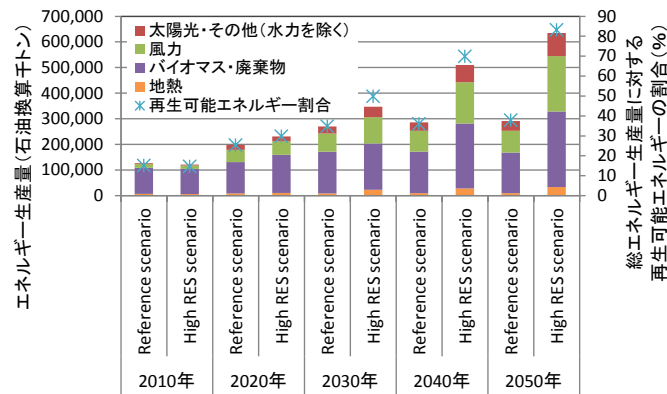


図 1-47 EU の再生可能エネルギーによるエネルギー生産量の見通し (EU Energy Roadmap 2050)

出典) EU Energy Raodmap 2050

(3) ドイツの見通し

ドイツでは、ドイツのエネルギー供給構造の改革に向け、2050年までのドイツのエネルギー政策を設定する Energy Concept of 2010 を 2010 年に策定している。Energy Concept of 2010 の設定する目標は表 1-2 のとおりである。送電力消費量に対する再生可能エネルギーのシェアとしては 2030 年に 50%、2050 年には 80% を目標に掲げている。

表 1-2 Energy Concept of 2010 で設定された目標

	2020年	2030年	2040年	2050年
気候に悪影響を及ぼす温室効果ガスの削減割合 (1990年比)	40%	55%	70%	80-95%
一次エネルギー供給の削減割合	20%	—	—	50%
電力消費量の削減割合(2008年比)	10%	—	—	25%
建物における熱需要の削減割合※(2008年比)	20%	—	—	—
最終エネルギー消費に対する再生可能エネルギーのシェア	18%	30%	45%	60%
総電力消費量に対する再生可能エネルギーのシェア	35%	50%	65%	80%
最終エネルギー消費に対するエネルギー変換効率	年2.1%向上させる			

出典) Energy Concept of 2010

1.2 諸外国における再生可能エネルギーに関する動向

1.2.1 再生可能エネルギー電気の入札に関する動向

(1) ドイツの再生可能エネルギー法の動向と入札制度概要

1) 再生可能エネルギー法改正の経緯

ドイツでは、再生可能エネルギーの開発推進のため、1991年に「電力買取法」、更に2000年に「再生可能エネルギー法（Erneuerbare-Energien-Gesetz: EEG）」を制定している。同法により、「固定価格買取制度（Feed-in Tariff: FIT）」が導入され、電力会社に対して再生可能エネルギー電源からの発電電力を高い価格で買い取るのが義務付けられた。

再生可能エネルギー法2009年改正法から、太陽光発電設備についてのみ、前年の新規導入設備容量に応じて、適用する買取価格を調整する仕組みが導入された。さらに、2012年の再生可能エネルギー法改正（EEG2012）において、それまでの固定価格買取制度（FIT）に加え、市場プレミアム制度（FIP）を導入し、事業者はFITかFIPを選択出来る仕組みとしていた。具体的には、再生可能エネルギー発電事業者には、従来どおりの固定価格での売電に加えて、発電電力を直接市場で販売し、規定の計算式に従って算出される市場プレミアムを受け取るオプションが導入された。

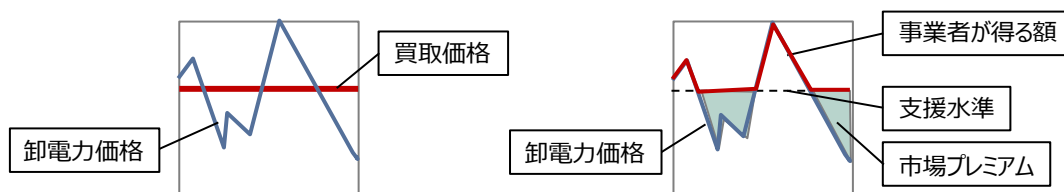


図 1-48 FIT と FIP の比較

さらに、2014年の再生可能エネルギー法改正（EEG2014）において、2017年までに再生可能エネルギーの買取価格を入札制度により決定することを策定した。入札制度に関する経験を積むため、2015年4月から、パイロットプロジェクトとして、地上設置型太陽光設備を対象とした入札を実施している。

2) パイロット入札制度の概要

地上設置型太陽光設備を対象としたパイロット入札は、下記の要点に従い設計された。

- 再生可能エネルギーの増加目標を、高い容認度と多様な参加者のもと経済的に達成する
- 地上設置型太陽光設備の増設を継続的に進める
- 今後導入する他の再生可能エネルギーの入札制度設計のために経験を積む

また、現行の買取価格との比較を容易にするために、買取価格の決定方法のみ変更し、送電網・システム効率を上げることや地理的配分を考慮に入れた規定は設けなかった。

表 1-3 パイロット入札制度の概要

項目	概要		
	2015 年	2016 年	2017 年
入札量	1 回目：150 MW	1 回目：125 MW	1 回目：100 MW
	2 回目：150 MW	2 回目：125 MW	2 回目：100 MW
	3 回目：200 MW	3 回目：150 MW	3 回目：100 MW
	合計：500 MW	合計：400 MW	合計：300 MW
設備容量	100kW～10MW (約 20 ヘクタール (1 ヘクタール=100m×100m) 以内の土地に相応)		
設置場所	EEG2014 の規定を適応(2016 年入札より設置場所を追加) ・高速道路又は鉄道の沿線で、かつ、その軌道の外縁から 110m 以内 ・既に舗装されている敷地(駐車場等) ・産業用地、交通用地、住宅用地又は軍用地から転用された土地		
調達期間	20 年		
応札	1 回の入札につき、1 回のみ(手数料:715€)		
入札方式	Pay-as-bid: 低価の参加者から順番に入札量に達するまで。応札した価格での支払いを実施。 Uniform-pricing: 最後に(一番高く)落札した参加者の応札価格を、他の落札者にも適用。(2015 年第 2、3 回のみ)		
買取価格上限額	公表		
落札権利の譲渡 (設置するまで)	不可		
他の土地への転用	可。応札時に提示した場所と異なる場所に設置した場合、買取価格が 0.3ct/kWh 減少。		
保証金	1 回目 (応札時) : 4€/kW 2 回目 (落札時) : 50€/kW		
補欠審査 (次点以降の者の繰り上げ)	2 回目の保証金を入金しない場合、権利失効。罰金として、送電事業者が 1 回目の保証金を徴収。また、該当容量が 30MW 以上の場合、入札時に次点意向の者に対して審査を実施。		

出所) BMWi、BNetzA

3) 2015 年のパイロット入札結果

ドイツ連邦ネットワーク庁（BNetzA）が公表した 2015 年のパイロット入札結果を下記に示す（表 1-4）。

表 1-4 パイロット入札の結果（2015 年）

	第 1 回	第 2 回	第 3 回
応札締切日	2015/4/15	2015/8/1	2015/12/1
入札量	150MW	150MW	200MW
入札方式	Pay-as-bid	Uniform-pricing	Uniform-pricing
買取価格上限額	11.29ct/kWh	11.18ct/kWh	11.09ct/kWh
応札数(書類不備による失格者数)	170 件(37 件)	136 件(15 件)	127 件(13 件)
応札容量	715MW	558MW	562MW
落札数	25 件	33 件(最終的に 32 件)	43 件
落札容量	157MW	159 MW	204MW
落札価格	平均 9.17ct/kWh (8.48~9.43ct/kWh)	8.49ct/kWh	8.00ct/kWh
応札価格	8.48~11.29ct/kWh (平均 8.65ct/kWh)	1.00~10.98ct/kWh	0.09~10.98ct/kWh
その他	入札量の 40%以上を Sybac Solar 社の複数の子会社が落札。	第 1 回と同じ設置場所での応札が 55 件(約 213MW)。内、大半が前回と同じ事業者。	今回初めて、個人、協同組合が数件落札した。
応札時の市場プレミアムによる買取価格 (2015 年 8 月 31 日以前の稼働設備は入札に参加しなくてもよい)	9.02ct/kWh	8.93ct/kWh	

出所) BNetzA

4) ドイツ連邦経済・エネルギー省（BMWi）による入札の経験に関する報告書

BMWi は、EEG2014 第 99 条に基づき、入札の経験に関する報告書を公表した。報告書では、競争性、参加者の多様性、費用（買取価格や業務費用）、増加目標の達成、設置場所の観点から、パイロット入札結果を評価している。また、BnetzA による報告を踏まえ、今後の変更点についても提示した。以下に、BMWi の評価の内容を示す。

- 競争性

2012 年から 2014 年の間、地上設置型太陽光設備の設置が 40%減少しており、準備段階では、十分な参加者を得られるか不明であったが、3 回の入札とも高い競争率で行われ、入札

制度が機能すると分かった。しかし、長期的に競争が成立するかは、現時点では、不明である。

● 参加者の多様性

個人から株式会社まで、多様な参加者を得た。落札者の多くは、入札のために設立した有限会社や有限合資会社であった（図 1-49、図 1-50 参照）。地上設置型太陽光発電設備は、大抵、専門事業者が計画を立てて建設し、建設後は、運営事業者の手に移る。

また、複数のプロジェクトを同時に計画し、複数の子会社を参加させる企業が多く参加し、第1、2回では、比較的、入札量の多くを競り落とした。しかし、これらの企業は、入札を行う前から、この市場において優勢であった。

1MW 以下の参加者（最少参加者 200kW、最少落札者 499kW）は合計 58 件あった。

小規模な事業者が入札へ参加しやすくなるよう、計画が進展している場合には、保証金を半減させた。その結果、個人や組合の参加者の 80%が、計画を進展させて入札に参加した。反対に、計画を進展させている企業の参加者は、50%未満であった。

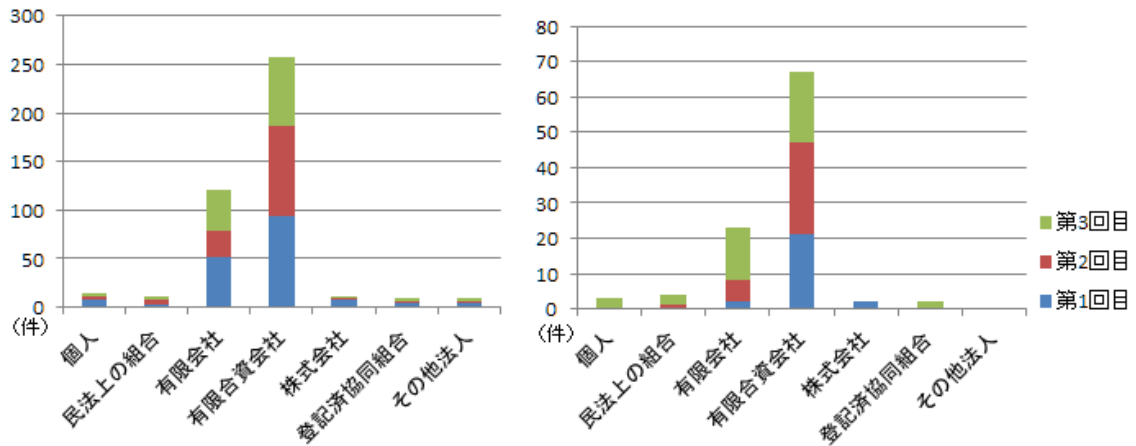


図 1-49 パイロット入札における事業者別参加者数（左）と落札者数（右）
出所）BNetzA より作成

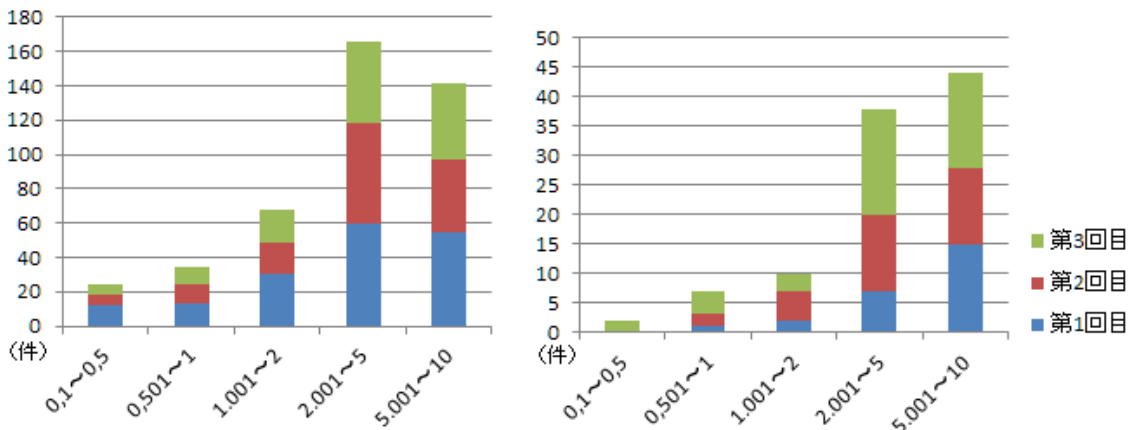


図 1-50 パイロット入札における容量別参加者数（左）と落札者数（右）
出所）BNetzA 資料より作成

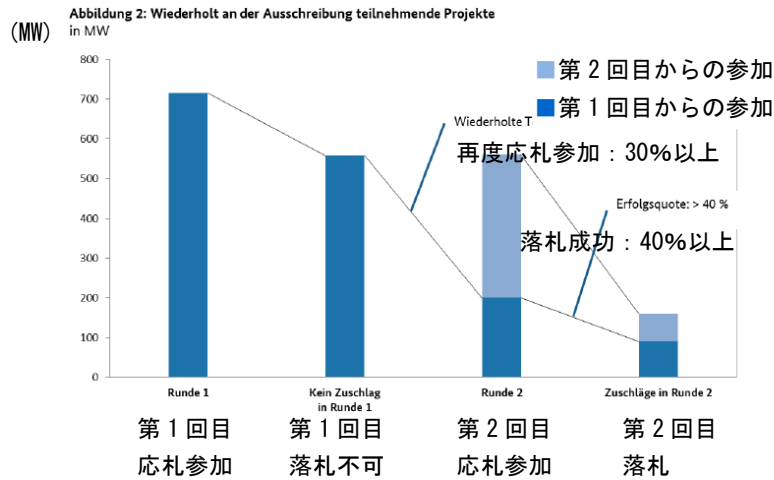


図 1-51 パイロット入札に再度参加する事業者の割合（容量）

出所) BNetzA

● 買取価格

第1回と第2、3回の入札を、異なる方式で行った。第2、3回の Uniform-pricing 方式では、1ct/kWh で応札する等、落札の可能性を高めるための戦略的な行動が見られた。この行動は、非経済的な買取価格や実現率の低下につながるリスクを高める。また、この方式では、複数のプロジェクトを計画している参加者が多いため、実費での応札ではなく一方で低額で応札して落札を得ておき、もう一方で最終的に決定される買取価格が高くなるよう高額で応札する等の戦略的な行動も起こりやすい。

買取価格については、現行の制度による買取価格と比較した場合、第1回の平均は、稼働時の買取価格（市場プレミアムが逡減した15か月後の価格とする）より0.3ct/kWh 高く、第3回は稼働時の買取価格を下回る結果となった。

● 増加目標の達成

目標達成は実現率次第である。現時点で実現率は予想出来ないが、落札者へのアンケート調査の結果、設備の建設時期を下記のとおり回答している。

表 1-5 建設時期についてのアンケート

2015年 第4四半期	2016年 第1四半期	2016年 第2四半期	2016年 第3四半期	2016年 第4四半期	2017年	無回答
20	9	6	18	0	2	2

また、増加目標を達成するための今後の検討課題として、期限内に設置されなかった設備容量（MW）を、今後の入札量に新たに追加することや、設備の実現率が100%でないことを予め考慮し、常に入札量を割増しておくことが挙げられる。

● 設置場所の傾向

入札参加者が提示した設置場所は、3分の2が転用地、3分の1が高速道路・鉄道の沿線であった。ブランデンブルグ州（ベルリン周辺）のように、産業・交通・住宅・軍用地から

の転用地を多く保有する州の落札率が高い。太陽光の強さではなく、使用できる土地の多さが落札の決め手となっている。

● 入札制度において奨励される変更点

入札の経験（パイロット入札）に関する評価を踏まえ、以下の制度変更を推奨する。

- ・ 価格分析と Uniform-pricing 方式に見られた戦略的な行動に鑑み、今後の入札は pay-as-bid 方式で行う。時と場合により、Uniform-pricing 方式で行うことも考え得る。
- ・ 補欠審査（2 回目の保証金の未払者の設備容量が合計 30MW 以上の場合）は、最終結果公表を遅らせるため廃止する。不足容量は今後の入札に追加する。
- ・ 委任状を廃止する。
- ・ 公的土地台帳の証明書提出を廃止し、参加者は土地所有者から土地使用許可を得ていることについて言及をおこなう。
- ・ 利用土地について、建造施設（滑走路、ゴミ処分場等）と商工業地域の定義を明確にする。
- ・ 複数設備の前提条件を EEG と一致させる。
- ・ 保証金半減措置は、多様な参加者を得るのに効果的であったため、今後も続ける。また、更に多様な参加者を得るための措置を検討する。

5) 各関係団体によるパイロット入札結果の評価

パイロット入札結果について、各関係団体は自己のサイトに評価を掲載した。下記にその概要を示す。

☆ 第 1 回入札結果の評価

- ・ ドイツ連邦エネルギー・水道連合会（BDEW）
増加量を管理し、費用対効果を高めるには入札形式が適している。今回、再生可能エネルギーの買取価格を入札で決定することが機能すると明白になった。しかし、初回の入札への多数参加は、既に以前から計画していたプロジェクトの参加に起因する。今後の入札を分析してみないと、長期に渡り競争が持続するか推測できない。高い競争性を維持するには、今後、対象となる土地を拡大することが必要である。
- ・ ドイツ連邦再生可能エネルギー連合会（BEE）
事前に計画されていたプロジェクトが加わることにより、多数の参加者になったと推測されるため、現時点では評価できない。また、入札による買取価格の平均は 9.17ct/kWh で、現行の買取制度におけるプロジェクト実現時（2 年後）の買取価格 8.5ct/kWh よりも明らかに高い。
- ・ ドイツ連邦太陽光産業連合会（BSW-Solar）
多数の入札参加者が、ドイツの太陽光設備への投資準備があることと、このテクノロジーが低い価格基準に達したことを証明している。参加者の約 20%のみが落札出来たことを大変残念に思う。また、BNetzA の公表によると、一企業が全体容量の 40% を落札したそうだが、他にもそのようなケースがあるのか、参加者の多様性について

解明して欲しい。

◇ 第2・3回入札結果の評価

- ・ PV Magazine

経験豊富な Wattner、IBC Solar、Enerparc や、薄利でも経営が成り立つ大手電力会社 EnBW、E.ON が落札に成功している。また、非現実的な価格で応札した参加者も多数いる。各自が応札価格に責任を持ち、思惑が制限される Pay-as-bid 方式のほうが Uniform-pricing 方式より適している。

- ・ ドイツ連邦再生可能エネルギー連合会（BEE）

建設しない際の罰金を設定しなければ、投げ売り状態で落札を得、結局建設しないという問題が常に起こる。また、入札により参加者の多様性が失われる、と IZES の研究が示しており、市民団体の参加しないエネルギーヴェンデは受け入れられなくなるだろう。諸外国の例からも、入札制度は成功していない。イギリス、アイルランド、ポルトガル、ルクセンブルグは既に入札制度を廃止している。

※イギリスは現在 CfD 制度のもと、再生可能エネルギーの入札を行っている。過去に行っていた NFFO（Non-Fossil Fuel Obligation）の入札制度は廃止された。

6) 2016年の再生可能エネルギー法改正（EEG2016）において導入される入札制度

2015年12月と2016年2月、BMWは、再生可能エネルギーの買取価格を2017年までに入札制度により決定するために、2016年に改正する再生可能エネルギー法（EEG2016）の概要について公表した。

EEG2016は、2016年の夏に成立し、2016年末頃から実施される予定である。

a. 入札制度の目的

入札制度を導入する目的は、高い容認度のもと、再生可能エネルギーを経済的に増加させていくことである。よって、下記の3点を主要点として、入札制度を設計する。

- ・ 再生可能エネルギーの成長目標を守る
- ・ 再生可能エネルギーの買取費用を削減する
- ・ 以前同様、多様な参加者を確保する

b. 入札制度の概要

入札制度に移行するのは、太陽光、陸上風力、洋上風力の1MW以上の設備で、年間に増設される再生可能エネルギー設備による発電量の約80%にあたる。また、バイオマス設備については、中期的に、新設設備と既存設備（2000年から買取制度が始まっており、2020年以降に買取期間終了となる設備）を対象とした入札制度を導入することを検討している。

表 1-6 太陽光・陸上風力・洋上風力設備を対象とする入札制度の概要

	太陽光	陸上風力	洋上風力
買取価格	スライド式の市場プレミアム(事業者が電力を卸市場に直接販売し、卸電力価格に市場プレミアムが上乗せされる方式)		
入札方式	Pay-as-bid		
参加要件	1MW~10MW ・地上設置型 ・建物屋上 ・その他施設(ごみ処理場等)	1MW 以上 アイミッション(公害・汚染)防止法に基づく認可を得た設備	1MW 以上 2021 年より稼働する設備
対象外		・2016 年末までに汚染防止法に基づく認可を得、2018 年末までに稼働する設備は EEG2014 の買取価格を選択可能(2017/3/15 までに選択) ・プロトタイプ(年間 100MW まで)	2016 年末までに系統接続許可もしくは接続容量を得、2020 年までに稼働する設備 ・プロトタイプ(年間 50MW まで)
設置場所	・高速道路、又は鉄道沿線の外縁から 110m 以内 ・既に舗装されている敷地(駐車場等) ・産業、交通、住宅、軍用地からの転用地 ・自然環境条件の悪い農地(年間 10 件まで落札可) ・連邦不動産庁の所有地		2021-2024 年の稼働設備: 水深によりボーナス追加 2025 年以降の稼働設備: BSH と BNetzA が土地開発計画で指定した土地での、中央型(デンマーク)モデルの入札をおこなう。
入札量	500MW/年	成長計画に合わせて調整 初回は約 2,900MW/年(グロス) 最低 2,000MW/年(グロス)	2017 年:2.5GW 2020 年以降:平均 800 MW/年
入札回数	3 回/年 2018 年より 2/1、6/1、10/1	2017 年:2 回 (初回:2017/5/1) 2018 年:4 回 2019 年以降:3 回 (太陽光と同じ)	2017 年:2 回 2020 年以降:未定
買取価格上限額	規定	7,0cent/kWh (100%基準立地換算値)	規定
優遇措置		市民エネルギー団体への優遇措置として、入札参加までの費用を軽減するため、アイミッション防止法に基づく認可を得る前に参加可能。(年間 6 基、18MW まで)	
入札保証金	1 回目(応札参加)の保証金を少し増額予定	2 回目(落札後)の保証金のみ:30€/kWh (太陽光より低額)	
罰則	落札後、一定の期間内に実現しない場合、罰金を徴収。	設備を 2 年以内に建設しない場合、罰則。権利は落札後 30 か月後に失効するが、訴状により一回延長可。	落札後、一定の期間内に実現しない場合、罰金を徴収。
落札した設備設置権利の譲渡	権利=プロジェクト	不可	不可

	太陽光	陸上風力	洋上風力
	前提条件を満たしている場合、譲渡可能。その際は買取価格削減。稼働時には、プロジェクトを応札時に提示した場所に設置、又は、譲渡条件の順守等の証明が必要		
その他		設備の高さ 100 m、風力 6.45m/s を基準値として、設備の高さ、風力に応じて買取価格を計算。また、買取価格は年間、自動的に 1% ずつ減少。	

注) BSH : ドイツ連邦海運・水路庁

出所) BMWi

表 1-7 入札制度設計の遷移 (参考)

	学術的提案書を踏まえた BMWi の原案 (パイロット入札制度設計の検討案)	パイロット入札制度	EEG2016 で検討している入札制度		
			太陽光	陸上風力	洋上風力
入札対象	設備容量(MW)	設備容量(MW)	設備容量(MW)		
調達価格	導入・比較のし易さを考慮し、現在の直接販売に付与するスライド式の市場プレミアム。(容量へのプレミアム、固定プレミアムも検討)	直接販売に付与するスライド式の市場プレミアム	直接販売に付与するスライド式の市場プレミアム		
設備容量	25MW 以下に拡大(EEG2014 の対象は 10MW 以下) 長所:費用効率 短所:景観・環境保護	100kW~10MW 大規模にしないことで、設置が一地域に集中しないよう考慮。	1MW~10MW	1MW 以上 (年間 100MW までのプロットタイプは対象外)	1MW 以上 (年間 50MW 以内のプロットタイプは対象外)
設置場所	十分な参加者を得るには、土地利用の自由度による。よって、競争力と効率の観点から、場所制限の緩和を学術的提案書は奨励。 一方、EEG2014 では、景観・環境保護の観点から、設置場所をより厳しく制限した。 (2010 年以降、農地設置は買取対象外)	2015 年(EEG2014 と同じ) ・高速道路と鉄道の外縁 110m まで ・産業、交通、住宅、軍用地からの転用地 ・舗装された土地(駐車場等) 2016 年以降追加 ・連邦不動産庁所有地 ・自然環境条件の悪い農地(年間 10 件まで落札可能)	左記以外に、以下の地上設置型以外も追加 ・建物屋上 ・その他施設(ゴミ処分場等)		2020 年以降の入札から、中央機関が事前調査した土地。
入札量	非実現の可能性を考慮し、成長目標より多めに設定。 最低成長目標 400MW を達成するよう 600MW/年。	2015 年 500MW 2016 年 450MW 2017 年 300MW	地上設置型以外も含む 500MW/年	再エネの成長目標に合わせて調整 最低 2,000MW/年(グロス)	2020 年以降:800MW/年 (2017 年:2.5GW)
入札回数	継続的に増加するよう、年 2~4 回。	3 回/年	3 回/年	2~4 回/年	
オークション方式	パイロット入札には、単純で理解しやすい Pay-as-bid	通常: Pay-as-bid 第 2、3 回目: Uniform-pricing	Pay-as-bid		
買取価格上限額	低い競争率の場合、参加者が最高値に近い価格をつける可能性があるため、適度な割増(固定買取価格と比べた入札による追加費用やリスク)を加えた LCOE(均等化発電原価)ベースの設定(=野心的な上限額)を学術的提案書は奨励。	野心的な上限額(左記)を採用。 実際の価格は、居住建物屋上と遮音壁設置 PV 設備(40kWh 超え~1MW)の市場プレミアム価格(市場プレミアム同様に逡減)	規定	7.0ct/kWh (100%基準立地換算値)	規定

	学術的提案書を踏まえた BMWi の原案 (パイロット入札制度設計の検討案)	パイロット入札制度	EEG2016 で検討している入札制度		
			太陽光	陸上風力	洋上風力
	地上設置型 PV の LCOE: 南ドイツ:0.079~0.098 €/kWh 北ドイツ:0.093~0.116 €/kWh	第 1 回目: 11.29ct/kWh			
参加資格	下記書類提出 ・ 地区詳細計画の太陽光発電施設設置等を目的として作成・変更する決定書 ・ 配電事業者の配送電網接続承諾書	少なくとも、地区計画の太陽光発電施設の設置等を目的として作成・変更する決定書が必要。		アイミッション防止法に基づく認可が必要。市民エネルギー団体への優遇措置として、認可を得る前に参加可能	
入札保証金	1 回目(入札参加)の保証金:2~5€/kWh 2 回目(落札後)の保証金:25~50€/kWh 地区詳細計画における計画が進展している場合、保証金半減。 (プロジェクトの実現性を高め、かつ、小規模な参加者も負担可能な範囲は?)	1 回目の保証金:4€/kWh 2 回目の保証金:50€/kWh 地区計画における計画が進展している場合、保証金半減。	入札参加の保証金を少し増額予定。	2 回目の保証金のみ: 30€/kWh (太陽光より低額) 市民団体は 1 回目:15€/kWh、 2 回目:15€/kWh	
罰則	2 段階に分けた罰則。 例えば、18 か月を超えた建設遅延の場合、買取期間削減、買取価格削減、罰金等。 24 か月を超えた建設遅延の場合、権利失効、罰金。 落札した権利を早期返還した場合は低い罰金。	・ 2 回目の保証金を平日 10 日以内に納めず、権利失効の場合、1 回目の保証金を徴収。 ・ 9 か月以内の権利返還は、2 回目の保証金の半額を徴収。 ・ 18 か月以内に稼働しない場合、買取価格 0.3ct/kWh 削減。 ・ 2 年以内に応札量の 5%以上が未設置の場合、該当量の権利失効、罰金 50€/kWh。(落札時の保証金が半減されている場合、罰金も半減。)	落札後、一定の期間内に実現しない場合、罰金を徴収。	落札後、一定の期間内に実現しない場合、罰金を徴収。 権利は落札後 30 か月後に失効するが、訴状により一回延長可。	落札後、一定の期間内に実現しない場合、罰金を徴収。
落札した設備設置権利の譲渡	1.権利=プロジェクト(第三者にプロジェクトを売れる)	第三者へ譲渡不可。 権利=落札者	権利=プロジェクト	不可	不可

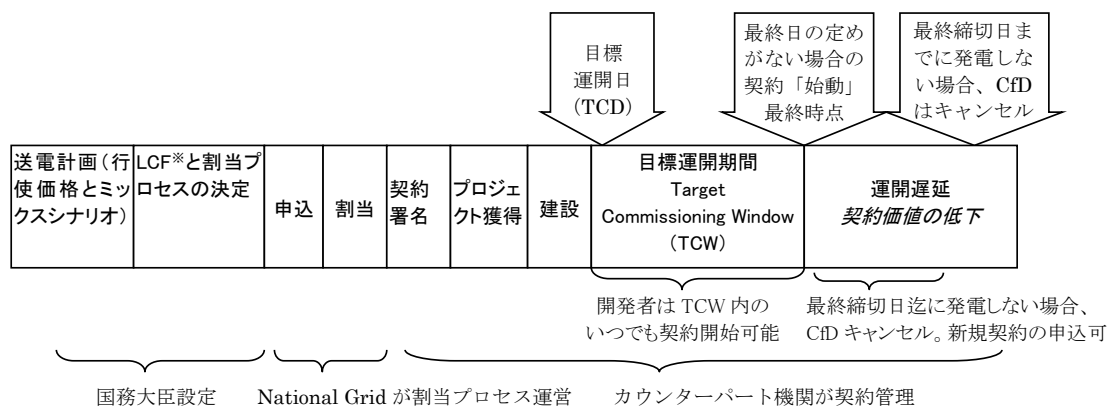
	学術的提案書を踏まえた BMWi の原案 (パイロット入札制度設計の検討案)	パイロット入札制度	EEG2016 で検討している入札制度		
			太陽光	陸上風力	洋上風力
	2.権利＝落札者(適応プロジェクトを選べる) 3.権利＝売買、譲渡できる証明書 上記 1、2 が好ましい。 戦略的な参加者がひそむ可能性があり、セカンダリー市場は認められない。	落札者が他の場所に設置することも可能だが、買取価格は 0.3ct/kWh 減少。 (また、落札者は設備を稼働し、補償権利を得た後、設備、会社、運営事業者の権利を売ることができる。)	調達価格削減で譲渡可能。稼働時には、プロジェクトを応札時に提出した場所に設置、又は、譲渡条件の順守等の証明が必要。		

出所) BMWi、地上設置型 PV の LCOE : Fraunhofer ISE

(2) イギリスの入札制度概要⁹

イギリスでは、「2013年エネルギー法（Energy Act 2013）」に基づき、2014年度から低炭素発電事業者を対象とした差額決済契約型（CfD：Contracts for Difference）FIT という形の長期契約システムが導入されている。この CfD FIT は、低炭素発電事業者と CfD カウンターパートとなる Low Carbon Contracts 社（政府所有の有限責任会社）との間で、個別の差額決済契約（CfD）を締結する。本契約のもと、レファレンス・プライス（参照価格）がストライクプライス（行使価格）を下回る場合には、発電事業者が差分を受け取り、上回った場合には、発電事業者が Low Carbon Contracts 社に差分を支払う仕組みとなっている。CfD FIT 契約を締結する低炭素発電事業者を選定する際に、割当（アロケーション）プロセスの中で、よりストライクプライスの低いプロジェクトを入札方式で選定している。

プロジェクトの開発者は、送電系統運用者（National Grid 社）による「割当（アロケーション）」を受ける段階と実際の投資契約を締結する段階の二段階にわたって支援を受ける。



※LCF（Levy Control Framework）：賦課金管理枠組み

図 1-52 イギリス：CfD FIT 対象プロジェクトのスケジュールイメージ
出所）エネルギー・気候変動省（DECC）資料をもとに作成

上記の割当（アロケーション）手続きの中で、申請プロジェクトが、あらかじめ定められた CfD 予算を超過した場合に入札が行われる。入札制度の制度設計の概要は下表のとおり。

⁹ 入札制度の詳細は参考資料「平成 27 年度諸外国の再生可能エネルギー政策の調査成果報告書」を参照されたい。

表 1-8 イギリス：差額契約型（CfD）FIT 制度における入札制度概要

根拠法令	2013 年エネルギー法（Enrgy Act 2013 Chapter 32）
制度開始年	2014 年度～
対象設備	・5MW 以下の太陽光、風力、嫌気性消化、水力発電は、別途 FIT 制度の対象のため入札制度対象から除外
実施主体	・National Grid 社（送電系統運用者）：入札実施・運営 ・Low Carbon Contracts 社※：落札後の契約管理 ※政府が 100%株式を保有している民間事業者
支援期間	・15 年間
支援枠 （入札容量）	・募集容量の設定なし。 ・賦課金管理枠組み（Levy Control Framework）で設定された低炭素発電への補助金に年間上限額を設定しており、その上限額の範囲内で設定された年度別 CfD 予算内となるように落札プロジェクトを決定。
年間入札回数	・年 1 回（予定）
入札上限価格	・向こう 5 年間のエネルギー源別、運開年度別の行使価格（ストライクプライス）が公表されており、これを上限価格として入札を実施
入札下限価格	・なし
落札者決定方式	・エネルギー源別の管理上のストライクプライス、稼働年度等のパラメーターをもとに評価して、落札者を決定
導入担保手法	・民間事業者が契約業務、申請計画通り進んでいるかをチェック ・契約調印時から 12 ヶ月以内に開発事業者にプロジェクトの具体的な進捗を求め、達成できない場合、契約解約 ・開発事業者が一定の期間までに運開しない場合は支援額が減額され、過度の供給遅延時には契約解除

(3) フランスの入札制度概要

フランスの再生可能電力分野の導入促進施策としては、これまで、原則として固定価格買取制度（特定地域に立地する風力発電設備を除いて 12MW 以下を対象）を主要促進制度としている。但し、「2000 年電力自由化法」の第 6 条に基づき政府が策定する「発電への投資複数年計画」の目標設備容量の未達成分については、補完的にエネルギー源別に競争入札制度を実施している。

また、2011 年 3 月の命令（アレテ）に基づき、それ以降に新規設置される新規太陽光発電設備のうち、100kW 超の設備は、競争入札制度により対象設備を選定することとなった。この命令に基づき導入された地上設置型及び 250kW 超の屋根設置型太陽光発電を対象とした入札制度の概要は、下表のとおり。

表 1-9 フランス：地上設置型、250kW 超の屋根設置型太陽光対象の入札制度概要

根拠法令	2000 年電力自由化法 2011 年 3 月 4 日付アレテ、2013 年 1 月 7 日付アレテ
制度開始年	2011 年
対象設備	・12MW 以下の地上設置型太陽光 ・250kW～12MW の屋根設置型太陽光
実施主体	・エネルギー規制委員会(CRE)：一次審査 ・エコロジー・持続可能開発・エネルギー省(MEDDE)：二次審査
支援期間	・20 年間
支援枠 (入札容量)	・少なくとも年間 400MW
年間入札回数	・年 1 回
入札上限価格	・募集カテゴリーごとに設定
入札下限価格	・募集カテゴリーごとに設定
落札者決定方式	・総合評価方式(支援価格、環境影響、産業リスク、モジュールのカーボンフットプリント等をもとに総合評価点を算出)
導入担保手法	・プロジェクトごとに 1MW あたり 50,000 ユーロの建設保証を提供するが、一定条件を満たすと段階的にリリース ・落札決定通知の受領から 22 ヶ月経過後、遅延した期間に 2 倍を乗じた期間、落札価格での支援期間が 20 年から短縮 ※系統運用者の工事遅延による場合は、連系工事完了後 2 ヶ月以内に設置すれば免責

(4) オランダの入札制度概要

オランダでは、再生可能エネルギーの導入支援策として、競争入札によりプレミアム価格（FIP）制度の支援額を決定する制度（通称 SDE+）が、2011 年 7 月より実施されている。再生可能エネルギー発電事業者を対象に、卸電力市場価格と再生可能エネルギー発電価格の差額を補填する形で、プレミアムを支給する制度となる。入札制度の概要は下表のとおり。

表 1-10 オランダ：SDE+（2015 年）の入札制度概要

根拠法令	再生可能エネルギー生産インセンティブ制度決定 (Besluit stimulerend duurzame energieproductie)
制度開始年	2011 年 7 月
対象設備	新規再生可能エネルギー設備(陸上/洋上風力、太陽光、水力、バイオマス、バイオガス、地熱、波力) ※再生可能熱生産設備、コジェネを含む
実施主体	オランダ企業庁(Rijksdienst voor Ondernemend Nederland) ¹⁰ : 申請受付 オランダ経済省(Minister of Economic Affairs): 予算上限・支援額決定
支援期間	風力・太陽光・水力・地熱: 15 年 バイオマスは対象技術、設備に応じて設定(5~12 年)
支援枠 (入札容量)	・募集容量の設定なし ・オランダ経済省が、前年の予算消化状況、落札したプロジェクトの実現状況、電力価格見通しのシナリオの変化等を踏まえて毎年決定する予算上限に基づき、支援枠を決定
年間入札回数	・2015 年は年 9 回開催(但し、予算上限に達した時点で終了) ※2011~14 年は年 4~6 回実施
入札上限価格	・エネルギー源、入札回ごとに基準価格(上限価格)を設定
入札下限価格	・設定なし
落札者決定方式	・年間数次(2015 年は 9 回)にわたり開催される入札時期ごとに、エネルギー源別の基準価格(上限価格)が設定されており、年間予算上限に達するまで基準価格以下で入札した者が落札 ・予算以上の申請があった場合は、基本額が低い分類が優先
導入担保手法	・落札後 1 年以内に設備を受注し、エネルギー源別に定められた一定期間内(1.5 年~5 年)に稼働開始しなかった場合、罰則規定あり

¹⁰ 2014 年、NL Agency と National Service for the Implementation of Regulations が合併して発足した、経済省傘下の企業庁。特に海外市場や新興市場での拡大を目指す国内企業への情報、財政支援を行う。

1.2.2 ドイツの電力市場等に関する動向

(1) 電力市場及び気候変動対策に関する動向

ドイツは、現在、持続可能なエネルギー供給システムに転換するためのエネルギーヴェンデ（Energiewende）政策を進めている。その目標は、国家の気候保護目標の達成、2022年の原子力利用の廃止、エネルギー安定供給と競争力の確保にある。そのために、再生可能エネルギーを拡大し、また、エネルギー効率を高めてエネルギー消費量を減らす戦略を立てている。

表 1-11 エネルギーコンセプト 2010 による目標

		2020 年	2030 年	2040 年	2050 年
気候保護	温室効果ガス排出量 (1990 年比)	-40%	-55%	-70%	-80～-95%
再生可能エネルギー	総電力消費量に占める割合	35%	50%	65%	80%
	最終エネルギー消費量に占める割合	18%	30%	45%	60%
省エネルギー	一次エネルギー消費 (2008 年比)	-20%	—	—	-50%
	総電力消費量 (2008 年比)	-10%	—	—	-25%
	建物部門	-20% (熱需要)	—	—	-80% (一次エネルギー)
	交通部門 最終エネルギー消費 (2005 年比)	-10%	—	—	-40%

出所) エネルギーコンセプト 2010 (連邦政府 Bundesregierung)

国家の目標に従い再生可能エネルギーが増加するにつれて、それに応じた電力市場へと改革する必要性が出てきた。そこで、2014年10月、ドイツ連邦経済・エネルギー省 (BMWi) は、グリーンブックを公表して、電力市場改革のために検討すべき課題を提示した。そして、様々な形での検討を重ねた後に、ホワイトブックを公表して、電力市場改革の方針について最終的な結論を出した。現在 (2016年3月時点)、ホワイトブックで示された電力市場改革の基本方針と施策を実行すべく、電力市場法草案、容量リザーブ指令等の立法手続きを行っている。

1) グリーンブック

2014年10月、BMWi は、電力市場改革のディスカッションペーパー「エネルギーヴェンデのための電力市場 (グリーンブック)」を公表した。グリーンブックでは、ドイツの電力市場の概要や、市場情勢の変化が整理され、今後の改革方針について検討すべき課題が挙げ

られている。

a. ドイツの電力市場情勢の変化

1998年、ドイツの電力市場が自由化されて以降、効率的な発電、取引が行われるようになり、容量が過剰な傾向にあった。そこに、再生可能エネルギー設備の増加、化石燃料を使用する火力発電所の新設、ヨーロッパの経済危機による景気減速が加わり、その状況に拍車がかかった。2014年には、ドイツに關係する電力市場全体で、約60GWの過剰容量となっている。また、景気減速でCO₂排出量が減り、欧州排出量取引制度（EU-ETS）の排出権価格も低迷している。過剰容量と低いCO₂排出権価格の結果、卸電力価格が下がり、従来の火力発電所の経済性が悪化した。現在、多くの火力発電所が停止中である。

また、ドイツの政策においては、2020年までに原子力発電所を段階的に閉鎖することを決定している。その反対に、再生可能エネルギーについては、再生可能エネルギー法（EEG）で一層増加させていくことを定めている。

再生可能エネルギーの増加に伴い、柔軟なピークロード電源やデマンド・サイド・マネジメント（DSM）の需要が高まる一方、ベースロード、ミドルロード電源の需要が減少してきている。今後は、コントロール可能な発電所を中心とした電力システムから、風力と太陽光による変動的な再生可能エネルギーの発電量に合わせて、柔軟な発電、柔軟な需要、蓄電システムで応じる電力システムへと移行する。

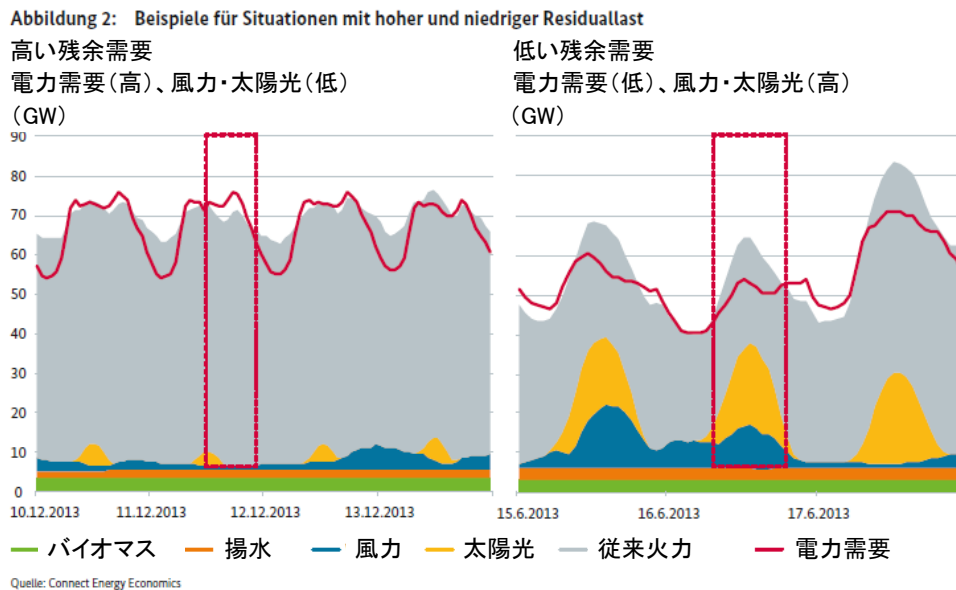


図 1-53 高い残余需要と低い残余需要の例

注) 残余需要：需要から変動的な再生可能エネルギー（太陽光・風力）による発電量を引いた残りの需要
出所) グリーンプック (BMWi)

b. 今後の電力市場設計における検討課題

風力、太陽光による変動的な再生可能エネルギーが増加する中、十分な容量を確保する、容量を必要時に必要な場所に活用するという電力市場の2つの重要な役割を、今後、どのように機能させるか検討が必要である。その際、システムの柔軟性（柔軟な発電、柔軟な需要、

蓄電設備、送配電網の拡張)が鍵となる。

また、十分な容量を確保するための手段として、現在の電力市場を最適化した電力市場 2.0 か、容量市場の導入か、基本方針の選択が必要である。どちらを採用するにしても、過渡期の安定供給のために、補足的に容量リザーブを導入する。

表 1-12 電力市場設計における検討案

電力市場の役割	検討案
十分な容量の確保	<p>どちらの選択が必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 現在の電力市場を最適化した電力市場 2.0 ● 容量市場の導入
現存する容量を最適化して活用	<ul style="list-style-type: none"> ・ スポット市場・予備力市場の改善 ・ バランシンググループ(同時同量義務が課されている単位主体)の改善 ・ 送配電網の拡張 等

出所) グリーンブック (BMW)

容量の確保については、ヨーロッパの様々な国でも議論されている。欧州委員会の見解では、容量市場の設立は最終手段であり、市場に容量が少なく、少しの介入では不十分な場合のみ調整介入すべきとしている。

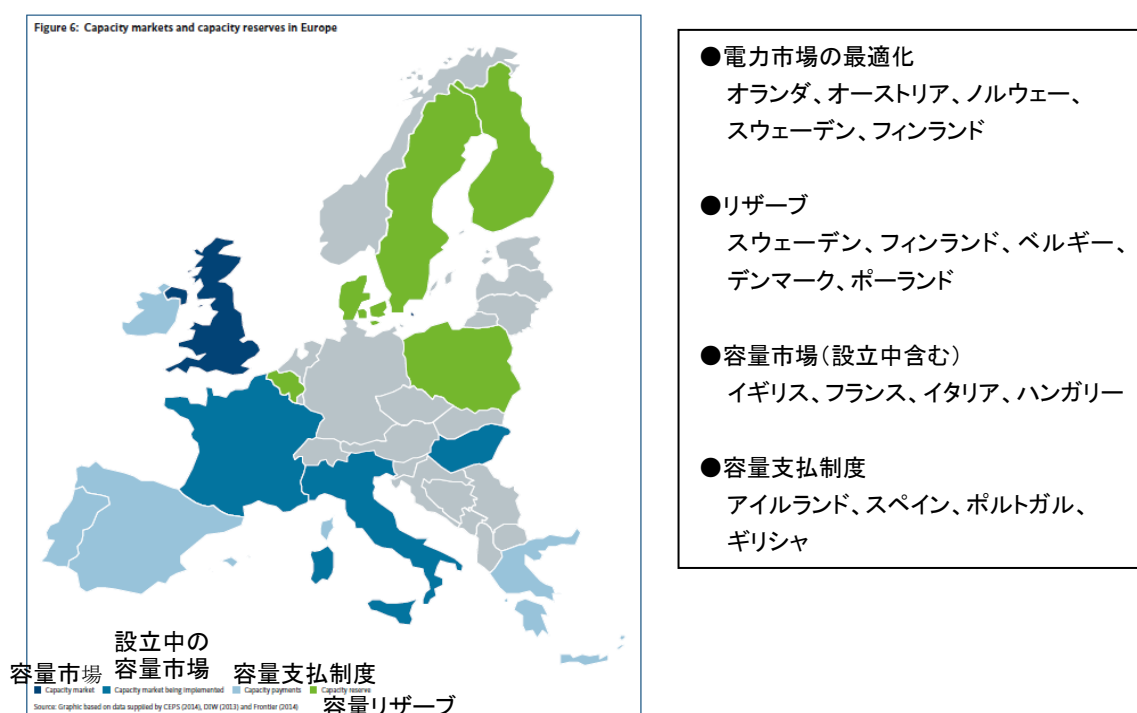


図 1-54 ヨーロッパの容量市場等の導入状況

出所) グリーンブック (BMW)

表 1-13 電力市場 2.0 と容量市場導入の比較

	電力市場 2.0	容量市場の導入
	最適化された電力市場が安定供給を実現。	安定供給を実現するために、国家が行動しなくてはならない。
機能方法	<ul style="list-style-type: none"> 電力市場が容量用意のインセンティブになる。必要な設備投資は電力市場から資金を得る。 国家が市場規則を定める。電力消費者自身が、需要を通して、容量基準を決める。 容量は電力市場で暗示的に報酬を受け、予備力市場やオプション契約、供給契約等で明示的に報酬を受ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 容量市場が容量用意のインセンティブになる。必要な設備投資は、補足的な容量市場から資金を得る。 国家が電力市場よりも多い容量基準を用意する。 容量は容量市場で明示的に報酬を受ける。
支持者の考え	<ul style="list-style-type: none"> 電力市場が十分な容量を用意する。 柔軟なオプション(DSM、電力網補助設備(蓄電等))が十分に用意され、経済的に開発される。 スポット市場でプライスパイクが起こる。これは、平均的な電力価格にほとんど影響を与えず、流動的な価格が柔軟性を促進する。 電力市場のプライスパイクが、十分な投資、また、ピーク電源への投資を促進する。 一般の電力消費者はプライスパイクから保全されている。企業は保全するか電力市場に積極的に参加するか自由に決断できる。 残りのリスクから保全するために、リザーブで、高い容量基準を経済的に準備する。 	<ul style="list-style-type: none"> 電力市場は十分な容量を用意しない。 柔軟なオプション(DSM、電力網補助設備(蓄電等))が十分用意されない、もしくは、電力市場では十分に開発されない。 補足的な調整介入が必要。容量市場が必要。 高い容量基準が追加費用を正当化する。(電力消費者への割当金) スポット市場でのプライスパイクは社会的に容認されない。 プライスパイクが十分な投資を促進するか不確か。 容量市場の多い容量基準により、スポット市場でのプライスパイクが減少する。
必要な措置	<ul style="list-style-type: none"> バランスグループマネージメントの改善、送配電網拡張、予備力市場の改善等を実施する。 価格の上限を設定しないことを法律で明言する。 マークアップ(仕入原価に利潤を加えて販売価格を決めること)が禁止されてはならない。 容量リザーブを導入する。 安定供給に関するモニタリングを継続的に実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> バランスグループマネージメントの改善、送配電網拡張、予備力市場の改善等を実施する。 容量市場のモデル、容量市場の設計、用意する容量を決める。 ヨーロッパ域内市場と両立できなくてはならない。 容量リザーブを導入する。 安定供給に関するモニタリングを継続的に実施する。

注) プライスパイク：需給が特にタイトな時に、電源の限界費用を大きく超えて市場価格が上昇すること

出所) グリーンブック (BMW)

2) ホワイトブック

BMWは、グリーンブック発表後、コンサルテーション（意見の募集）を行い、2015年7月、電力市場改革方針の最終的な結論を示すホワイトブックを公表した。

ホワイトブックでは、コンサルテーション、専門家の研究、近隣国や関係者とのディスカッション等を踏まえた上で、十分な容量を確保するための手段として、容量市場の導入ではなく、電力市場 2.0 を選択したことが記載されている。また、電力市場 2.0 と容量リザーブ

の導入に際して実行する施策も 20 項目挙げられた。

a. コンサルテーションの結果

コンサルテーションの結果、各関係団体や国民から約 700 通の意見書が集まった。

大多数の意見書が、グリーンブックで挙げた現在の容量の最適化と容量リザーブの導入に賛成していた。また、各団体や州政府、近隣国においては、電力市場 2.0 を求める声が多かった（図 1-55、図 1-56）。

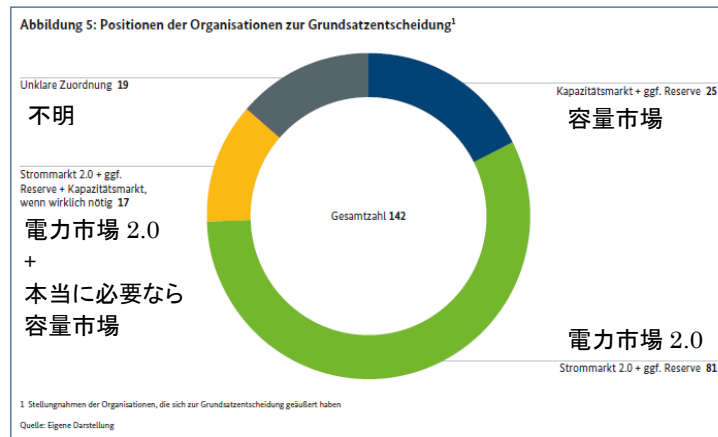


図 1-55 電力市場改革における各関係団体の意見（電力市場 2.0 か容量市場の導入か）
出所）ホワイトブック（BMWi）

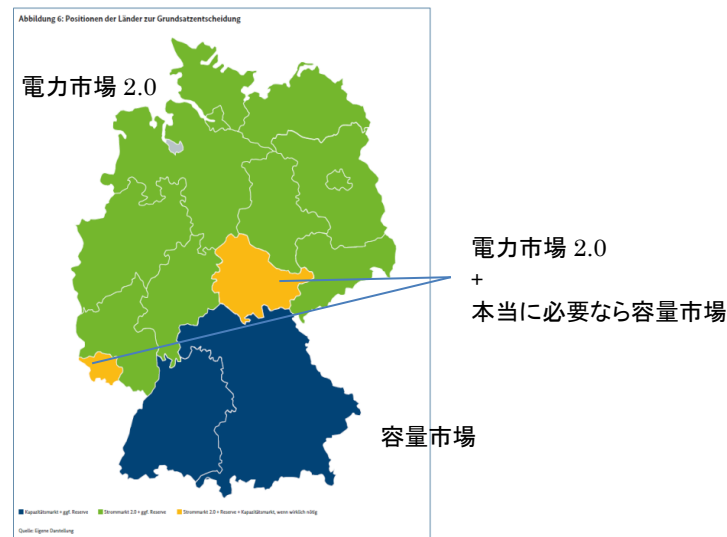


図 1-56 電力市場改革における州政府の意見（電力市場 2.0 か容量市場の導入について）
出所）ホワイトブック（BMWi）

コンサルテーションで寄せられた電力市場 2.0 の支持者と容量市場の支持者の意見を、安定供給の実現（固定費回収）、経済性、イノベーションと持続性の 3 つの観点から整理した。

表 1-14 電力市場 2.0 の支持者と容量市場導入の支持者の意見

	電力市場 2.0 の支持者	容量市場導入の支持者
安定供給の実現 (固定費回収)	<ul style="list-style-type: none"> 電力市場 2.0 の市場メカニズムでも、安定供給の実現は可能。 現在の低い卸電力価格は過剰容量による。 先物市場では、容量に対しても支払っている。 プライスパイクは消費者へ影響を与えない。 	<ul style="list-style-type: none"> 電力市場 2.0 では、発電所や DSM に必要な投資を促すインセンティブにはならない。 電力価格のプライスパイクについて、社会は容認しない。又、市場支配力悪用の可能性も孕んでいる。
経済性	<ul style="list-style-type: none"> 容量市場は、電力市場の競争性を侵害する。 容量市場は、多額の費用、複雑さ、市場支配力、リスク等をもたらしかねない。 容量市場の導入により、ヨーロッパ市場との調和が難しくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 容量市場の導入は、多額の費用にはならない。 投資の不確実性や市場支配力の濫用も電力市場 2.0 の費用として考慮すべき。
イノベーションと 持続性	<ul style="list-style-type: none"> 容量市場は柔軟な市場への変革を妨げる。 容量市場は、電力市場の価格シグナルを弱める。 容量市場は CO2 排出量を増やす。 	<ul style="list-style-type: none"> 容量市場は、柔軟な発電設備や他の柔軟性への資金提供を可能にする。

出所) ホワイトブック (BMW)

b. BMWi が電力市場 2.0 を選択した理由

上記の 3 点（安定供給の実現、経済性、イノベーションと持続性）について、コンサルテーション、専門家の研究、近隣国や関係者とのディスカッション等を踏まえた結果、BMWi は、電力市場 2.0 への改革を選択することを決定した。

① 安定供給の実現（固定費回収）

- ・ ドイツはヨーロッパの中央に位置しており、ピーク時や再生可能エネルギーを調整するには、国境を越えた電力取引により経済的な安定供給が可能である。
- ・ ドイツとヨーロッパの電力市場では、現在、60GW の過剰容量になっている。BMWi の委託研究によると、ドイツと近隣国の電力市場を活用することで、2025 年までの電力需要を 100% 近くカバーすることができる。また、今後 10 年、現在建設中の発電所、一時停止中の発電所を使用することで、投資費用の少ないコジェネレーションやガスタービン等のピーク電源の建設のみ必要とされるという結果も出ている。
- ・ 過剰容量が解消されれば、低い卸電力価格も解消され、再び、プライスパイクが定期的に出現する。風力と太陽光による再生可能エネルギーの変動に伴い、電力価格も頻繁に変動する。
- ・ 発電事業者は、スポット市場、先物取引、その他オプション契約、予備力市場等、様々な方法で利益を得る可能性がある。
- ・ 電力市場 2.0 で市場メカニズムにより固定費を捻出し、安定供給を実現するには、卸電力価格が自由に形成されること、電力供給者が供給義務を必ず果たすことが重要な前提条件となる。
- ・ 電力市場 2.0 と合わせて容量リザーブを導入することで、更に安定性を高められる。容量リザーブで利用される発電所は、容量市場と異なり、電力市場に参加しないため、競争性や価格形成をゆがめることなく、需給逼迫時に、需給バランスをとることが出来る。

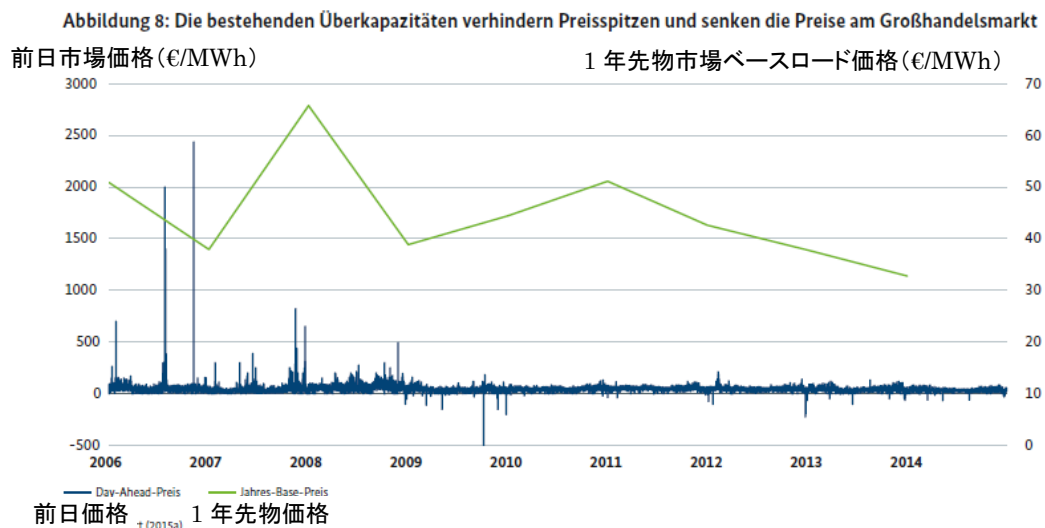


図 1-57 過剰容量によるプライスパイクの不発生と先物市場における取引価格の低下 (出所) ホワイトブック (BMWi)

② 経済性

- ・ 容量市場は高い容量基準になる傾向があり、そのため費用も高くなる。
- ・ PJM の例を見ても、容量市場は設計が複雑で、多額の追加費用が生じる可能性がある。
- ・ 電力市場 2.0 では、風力と太陽光による発電を調整するための技術を問わない柔軟なオプションを効率よく取り入れることが可能である。また、幅広い柔軟なオプション間での競争が激しくなれば、費用を下げることも出来る。
- ・ 容量市場の設計者は、柔軟なオプションの経済性やポテンシャルを把握するのが難しい。また、後に改善が必要になった場合に、迅速な反応も出来ない。

③ イノベーションと持続可能性

- ・ 風力と太陽光による発電が増えれば増えるほど、柔軟な電力システムが必要になってくる。IT でコントロールされた産業界、スマートグリッド技術による企業、商工業、一般家庭の管理、蓄電技術等、様々な分野でイノベーションが起こり得る。そのためには、市場のシグナルを重視して投資を促す電力市場 2.0 の方が適している。
- ・ 電力市場 2.0 に比べて、容量市場は、高い発電量と電力輸出量により、CO2 排出量を増やす傾向がある。

c. 電力市場 2.0 で実行する施策

電力市場 2.0 で安定供給を実現するためには、①市場メカニズムの強化、②柔軟で効率的な電力供給、③安定供給の強化、の 3 点が重要なポイントとなる。また、それを実行するための施策として 20 項目挙げた。

① 市場メカニズムの強化

表 1-15 市場メカニズム強化のための施策

	措置	内容
1	自由な価格形成を保障	電力価格は重要な投資シグナルで、電力システムの柔軟性を促進する。 価格の信頼性のために、エネルギー事業法に電力市場の目標を規定する。
2	市場支配的地位の濫用監視	自由な価格形成を保障するため、ドイツ連邦カルテル庁は市場支配的地位の濫用監視の手引を作成し、定期的に市場権力について報告書を作成する。
3	balancing group の需給維持のインセンティブ強化	balancing group は、今後、需給バランスが取れず、予備力を使用した場合、予備力を用意（容量）する費用も負担する。また、調整電力価格の計算方法を変更する。
4	balancing group を 15 分単位で責任追及	balancing group が 15 分単位で供給義務を遂行することを法的に明記する。

② 柔軟で効率的な電力供給

表 1-16 柔軟で効率的な電力供給のための施策

	措置	内容
5	ヨーロッパ域内市場との融合	2015年6月、ドイツと電力近隣諸国で「域内エネルギー市場の枠組みにおける電力安定供給に係る地域協力共同宣言」に調印したのを始まりとして、今後の安定供給をヨーロッパ大で考えていく。
6	予備力市場をすべての提供者に開放	予備力市場を改善(事前時間短縮、商品の小型化等)し、蓄電設備・柔軟な消費者・再エネ設備等の参加を可能にする。
7	託送料・国税の目標作成	電力価格に託送料・国税が上乘せされており、これが価格シグナルを弱める。よって、託送料・国税の目標モデル案を作成し、今後の改革の方向性を事前に示す。
8	柔軟な大規模消費者への託送料減免要件を見直し	電力大口消費者の柔軟性ポテンシャルは高いが、託送料減免規則のため、行動を制限されている。将来的には、大口消費者が予備力市場に参加する等できるよう減免規則を精査する。
9	託送料体系の改善	現在、地域により託送料が異なるが、公平な費用負担になるよう、出来る限り差を減らす。
10	柔軟な電力消費者の集合体の規則を明白にする	今まで、大口消費者のみ DSM で役割を果たしてきたが、今後、中・小規模の柔軟な電力消費者をグループ化して活用出来るよう規則を定める。まずは、集合体の予備力市場の算入が容易になるよう検討する。
11	電気自動車の普及	電気自動車は持続可能な乗り物であり、将来的には電力市場で柔軟な役割を果たす。そのために、充電インフラ整備の枠組みを改善する。
12	非常用電力供給設備の市場参入	非常用電力供給設備が電力需要ピーク時に電力供給出来るようにする。また、新規設備の電力市場への参加が可能になるよう法的に定める。
13	スマートメーターの導入	「エネルギーヴェンデのデジタル化法」制定(下記3)d参照)電力部門をデジタル化し、柔軟な需給をコントロールする。また、データ保護の観点から、厳しいセキュリティ基準を採用する。
14	再生可能エネルギーの出力規制	送配電網整備の費用を削減できるよう、再生可能エネルギー設備の年間発電量3%以内の出力規制を可能にする。
15	最低出力評価	現在、システム安定のために常に20GW以上の出力があるが、再生可能エネルギーが増える中、非効率でないか、今後、定期的に連邦ネットワーク庁が評価し報告書を作成する。
16	コジェネレーションの電力市場参入	「コジェネレーション法」を改正する。(下記3)d参照)柔軟で効率よいコジェネレーションを活用する。
17	電力市場データの透明性強化	透明性のある最新の電力データを公開するための、電力市場データのオンラインプラットフォームを構築する。

③ 安定供給の強化

表 1-17 安定供給の強化のための施策

	措置	内容
18	モニタリング	BMWi は、ヨーロッパの電力市場との関係を考慮に入れた、ドイツの安定供給に関する報告書を定期的に発行する。
19	容量リザーブ	「容量リザーブ指令」制定。(下記 3)b 参照) 電力市場 2.0 に伴い、容量リザーブを導入する。需給逼迫時に容量リザーブで確保した発電所を使用する。容量市場と違い、容量リザーブ用の発電所は電力市場に参加しない。
20	系統リザーブ	送配電網拡張計画が完了するまで、送配電網の安定のために、送電事業者は系統リザーブを必要とする。よって、系統リザーブを 2017 年末から 2023 年末まで延長する。

3) 電力市場改革における法規の改廃・制定（ホワイトブックの施策実行）

ホワイトブックで決定された電力市場改革の基本方針と施策を実行するために、様々な法規の改廃や制定が行われる。その中心として、電力市場法と容量リザーブ指令が制定される。

電力市場法は、概則的法規であり、関連する複数の法令の改廃・制定をこの法に包み込んで一括して行う（いわゆる束ね法に相当）。この中で、主に、エネルギー事業法（EnWG）、再生可能エネルギー法（EEG）、リザーブ発電所指令が改正される。

また、その他には、エネルギーヴェンデのデジタル化法が制定され、コジェネレーション法が改正される（図 1-58）。

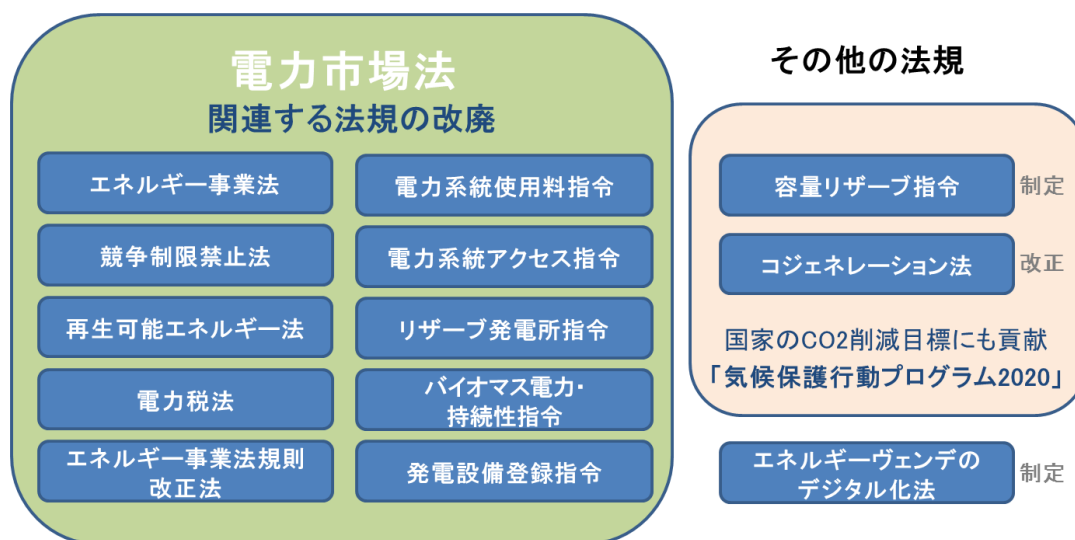


図 1-58 電力市場改革に伴い改廃・制定される法規

出所) 電力市場法草案、ホワイトブック（BMWi）より作成

a. 電力市場法草案

2015年11月、ドイツ連邦内閣は、電力市場改革の中心となる電力市場法草案を決議した。現在、2016年春の成立を目指して、立法手続きを行っている最中である。

この法において、ホワイトブック及び2015年7月に連立政権で合意した施策が実行される。具体的には、市場メカニズムを強化し、全ての電力供給者及び柔軟なオプションが相互に競争する枠組み作りを進める。また、需給バランスを調整するバランシンググループ責任者の役割を強化する。これらの施策で、今後、再生可能エネルギーが更に増えた場合においても、安定供給を維持する。

また、国境を越えて容量を利用する方が、国内に必要な容量を用意するより経済的であるため、電力市場2.0をヨーロッパ域内市場に統合させていく。

以上を反映した電力市場の原則が、エネルギー事業法第1条に追記される予定である。

【エネルギー事業法 第1条】

1. 電力価格は市場での競争原則に基づき自由に決められる。価格の制限はない。
2. バランシンググループと調整電力システムは電力安定供給のために重要である。よってバランシンググループは使命を確実に遂行しなければならない。
3. 柔軟な需給が大切である。効率的かつ柔軟な発電設備、蓄電設備、需要間の競争及び電力部門と熱・交通部門の連携によりエネルギー供給費用を下げ、環境にやさしいシステムへの変換と安定供給を実現する。
4. 再生可能エネルギーの増加を考慮し、送配電網を拡張する。
5. 電気自動車の充電インフラストラクチャを電力供給システムへ取り入れ、環境にやさしく、確実で、価値のあるシステムを作り上げる。
6. 電力市場の透明性を高め、電力市場のデータを活用できるよう改善する。
7. ドイツと隣接する国々及びノルウェーとの電力市場の連携を強化する。市場連結・電力取引の強化、予備力市場と前日・当日スポット市場の統合を促進する。

b. 容量リザーブ指令（ホワイトブックの措置19に関連）

電力市場改革において、電力市場2.0による安定供給を更に確実にするために、容量リザーブを導入する。2015年10月、その枠組みとなる容量リザーブ指令草案が公表された。

容量リザーブとして待機する発電所は、自由な価格形成にも関わらず、予想に反した需給逼迫時のみ、送電事業者の指示により利用される。これに該当する発電所は、入札により調達され、維持費用が手当される。容量市場と異なり、電力市場には参加することが出来ない。また、容量リザーブの契約期間が終了後、再び、リザーブの入札には参加出来るが、電力市場に戻ることは認められない。よって、入札には、電力市場において経済的な運営が成り立たない発電所が参加することになる。

また、容量リザーブは、一時的に、CO₂を削減するための気候保護対策にも貢献する。

2014年の「気候保護行動プログラム2020」（下記(2)1参照）により、電力部門はCO₂を追加で2200万トン削減しなければならない。その具体策の一つとして、現存する褐炭発電所の13%にあたる2.7GWの老朽化した褐炭発電所を容量リザーブへ移行し、4年後に閉鎖することで1,100~1,250万トンのCO₂を削減する。既に、RWEやVattenfall等の所有する8つの褐炭発電所を2016年10月から段階的に容量リザーブへ移行することが決定してい

る。

また、2022 年以降に、系統リザーブ用（送配電網の安定のために活用）に南ドイツに起動の速い 2GW の発電所を新設し、容量リザーブとしても活用する。

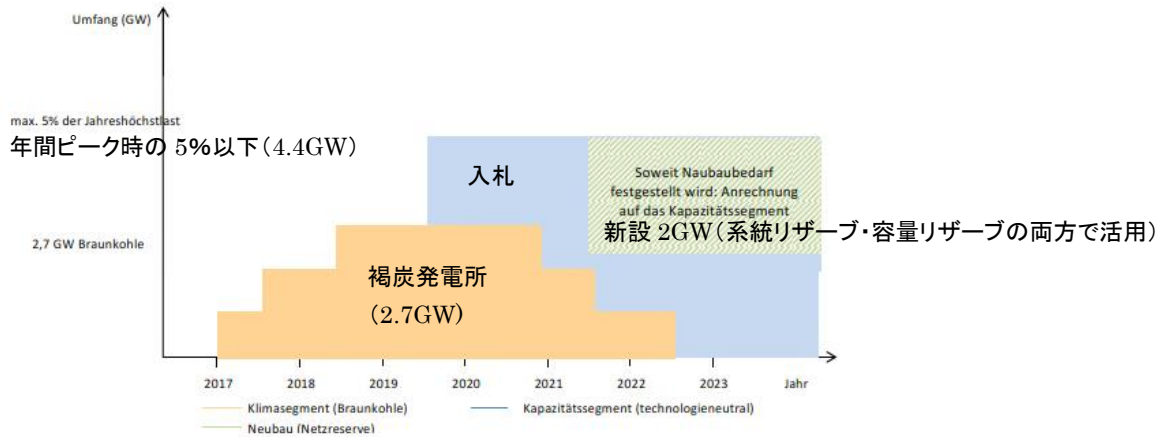


図 1-59 容量リザーブ

出所) BMWi

c. コージェネレーション法の改正（ホワイトブックの措置 16 に関連）

コージェネレーション（CHP）は、柔軟な運転が可能で、エネルギーヴェンデで重要な役割を果たすポテンシャルを持っているが、現在の低い卸電力価格により、CHP の経済性が脅かされている。この状況を踏まえて、CHP の維持と増加の観点からコージェネレーション法が改正され、2016 年 1 月 1 日から施行されている。

主な改正点としては、一般供給用の CHP や蓄熱施設・配管への助成の増額、2022 年まで助成期間の延長、自家消費用の CHP の助成削減もしくは廃止、100kW 以上の CHP からの電力に対する市場直接販売の義務化、賦課金負担要件の変更等が挙げられる。

また、今回の改正では、国家の CO₂ 削減目標に貢献するよう、「気候保護行動プログラム 2020」（下記（2）1）参照）による CO₂ 削減策の一つとして、CO₂ 排出量の少ないガス火力 CHP の支援を通して、400 万トンの CO₂ を削減することも盛り込まれた。具体的には、2016 年以降に新設・改修される石炭・褐炭火力の CHP は助成対象外となる。また、既存の石炭・褐炭火力からガス火力等に改修した場合には、助成額に 0.6ct/kWh のボーナスが上乘せされる。

その他、年間の助成費用の上限が、7 億 5000 万ユーロから 15 億ユーロに引き上げられた。助成費用は、コージェネレーション賦課金として、電力消費者に転嫁される。

d. エネルギーヴェンデのためのデジタル化法草案（ホワイトブックの措置 13 に関連）

エネルギーヴェンデのためのデジタル化法において、電力セクターをデジタル化するための技術的、データ保護法的な枠組みを作る。スマートテクノロジーで、需要をコントロールし、多数の分散型の再生可能エネルギー発電設備を安定して取り入れ、柔軟かつ効率的な電力システムを実現する。

スマートメーターは、費用対効果のある場所にだけに導入する。また、スマートメーター

のデータに関しては、ドイツ連邦情報技術安全局のプロファイル保護及び技術基準による安全性の高い技術で保護される。

(2) 中・長期的な気候変動対策

1) 気候保護行動プログラム 2020 (Aktionsprogramm Klimaschutz 2020)

2014年12月、ドイツ連邦内閣は、2020年までに温室効果ガスを40%削減(1990年比)する目標を強化し達成するために、「気候保護行動プログラム2020」を決定した。

この行動プログラムには、CO₂排出削減量を現行計画と比べ、6,200万から7,800万トン増やす施策が盛り込まれ、その実現のために各部門が協力する。

電力部門は、追加措置により2,200万トンのCO₂を削減する。電力市場改革において制定される容量リザーブ指令(上記(1)3)b.参照)、コジェネレーション法改正(上記の(1)3)c.参照)により、これに基づく措置が実行される。

その他、国家行動計画(NAPE)によるエネルギー効率改善で、2,500万から3,000万トンの削減を目指す。

表 1-18 電力部門におけるCO₂排出量削減のための追加措置

措置	CO ₂ 削減量	費用負担
「容量リザーブ指令」 褐炭発電所2.7GWを容量リザーブへ移行、4年後に閉鎖	1,100~1,250万トン	賦課金
状況により、2018年以降、褐炭発電所による追加削減	150万トン	未定
「コジェネレーション法」改正 ガス火力CHPへの置換促進	400万トン	コジェネレーション賦課金
建物の省エネ化	250万トン	公的資金 年間11.6億€以内 (2020年まで)
共同体の省エネ化	100万トン	
産業の省エネ化	100万トン	
鉄道の省エネ化	100万トン	

出所) BMWi

2) 気候保護計画 2050 (Klimaschutzplan 2050)

欧州連合は、2050年までに温室効果ガス排出量を1990年比80%から95%削減することを目標としており、ドイツはそれを達成するために、「気候保護計画2050」の策定を進めている。既に、ドイツ連邦環境省は策定に向けた国民との対話プロセスを始めている。ヘンドリックス環境大臣は、エネルギー供給や交通・建築、農業、廃棄物経済、都市開発、産業、商工業など幅広い部門での変革が不可欠だとしている。

ドイツ連邦内閣は、2016年夏に「気候保護計画2050」を承認する予定である。

1.3 我が国に必要な対策・施策等の検討

1.3.1 固定価格買取制度を巡る動向

我が国の固定価格買取制度については、総合資源エネルギー調査会の中で表 1-19 に示す動きがあった。また、こうした一連の審議を受け、固定価格買取制度の根拠法である再エネ特措法改正案が 2016 年 2 月 9 日に閣議決定された。

ここでは、これらの中で主要なテーマに関して整理を行った。

表 1-19 総合資源エネルギー調査会における固定価格買取制度関連の動向

会合名称	平成 27 年度の主な検討テーマ
省エネルギー新エネルギー分科会新エネルギー小委員会	<ul style="list-style-type: none"> ● 電源の特性や実態を踏まえた、バランスの取れた再生可能エネルギーの導入拡大 ● 再生可能エネルギーの導入拡大と国民負担の抑制の両立 ● 長期安定的に電力供給の一翼を担う、低コスト・自立電源化の実現 ● 再生可能エネルギー導入拡大に向けた広域的な系統利用システム・ルールの構築について
買取制度運用ワーキンググループ	<ul style="list-style-type: none"> ● 回避可能費用の算定方法の見直しについて ● 小売全面自由化に向けた固定価格買取制度の運用見直しについて
系統ワーキンググループ	<ul style="list-style-type: none"> ● 接続可能量の算定について
基本政策分科会再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会	<ul style="list-style-type: none"> ● 認定制度の見直しと未稼働案件への対応 ● 長期安定的な発電を促す仕組み ● コスト効率的な導入 ● リードタイムの長い電源の導入促進 ● 電力システム改革を活かした導入拡大

(1) 回避可能費用単価の算出方法の見直しについて

回避可能費用単価については、主に買取制度運用ワーキンググループで議論され、見直しの方針が新エネルギー小委員会（第 12 回）にて報告されている。以下に、その報告の概要を示す。

1) 見直しの必要性

現行のルールでは、「垂直一貫体制を前提として、再生可能エネルギー電気の調達が増加することにより、買取義務者である一般電気事業者が自社電源を調整する（短期的な焚き減らしから長期的な電源構成まで含む）ことを前提として回避可能費用を算定し、その結果を

加重平均することにより、同じく買取義務者である新電力及び特定電気事業者の回避可能費用を算定する」としている。

しかし、電力システム改革によって小売全面自由化となった後は、「①事業者概念が変わり、ライセンス制の導入により垂直一貫体制がなくなる、②経過措置があるものの、総括原価方式が廃止され、発電原価の算定が困難となる、③卸電力市場の活性化が期待され、制度上もインバランス料金が市場価格連動となる」等の変化が生じるため、回避可能費用の算定方法の考え方そのものを再設定すべき、との前提で見直しに向けた議論が行われた。

2) 見直し後の回避可能費用の算定方法

買取制度運用ワーキンググループの議論を踏まえ、小売全面自由化後には、スポット市場と1時間前市場の加重平均(30分値をそのまま用いる)を使用すべき、となった。また、回避可能費用が買取価格を上回る場合は、原則、買取義務者が費用負担調整機関に対し、回避可能費用と買取価格の差分を支払うこととしている。

ここで、回避可能費用が今後市場価格に連動することになった場合、現行の回避可能費用より高値になると想定される。その際、回避可能費用が市場価格より安いことに着目して、買取価格に例えば1円のプレミアムを付して再エネ電気を調達していた事業スキームが成り立たなくなるという懸念が示された。

そのため、回避可能費用の算定方法の変更について、激変緩和措置が盛り込まれることとなった。具体的には、5年程度の間は現状の回避可能費用を適用することとなった。

なお、回避可能費用が市場価格連動になった場合、基本的に国民負担(買取価格と会費可能費用の差分に近い)は減る方向に寄与すると考えられている。

(2) 認定制度の見直しについて

現行の認定制度は、事業者が設備認定を取得してから、系統への接続申込を行い、接続契約の締結を結び、設置工事が行われて運転を開始する流れであった。このとき、接続申込をした時点での買取価格が適用されていた(太陽光発電は2015年度から、接続契約時または接続申込から270日経過後のいずれか早い方の時点に変更となった)。

その結果として、適用される買取価格が決定したあと、長期間未稼働状態が続く案件が多数発生してしまった(実際に設備を調達するタイミングを遅らせることで、設備価格の低下を期待する事業者が存在した)。

そこで、再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会において、認定制度の見直しが議論され、以下のとおりとなった。すなわち、まず認定の時期を系統接続の締結後とすることで、事業確度の高い案件のみを認定することとした。さらに、認定後に安全性の確保や発電能力の維持、発電事業の継続性、地域との共生を求めることとした。

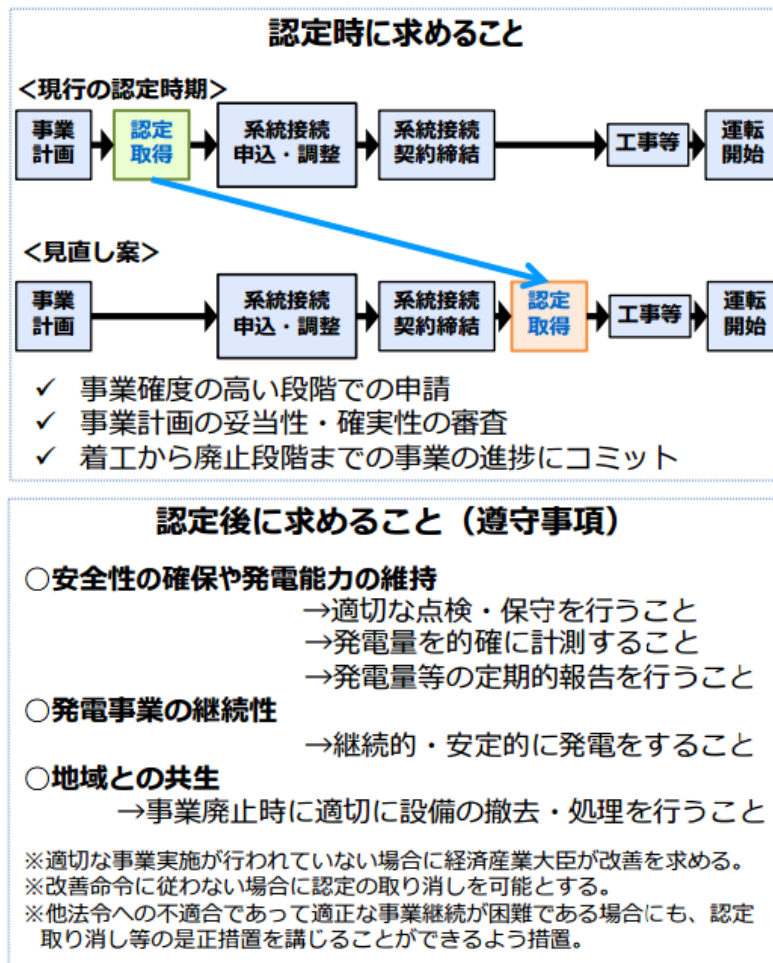


図 1-60 見直し後の認定制度のイメージ

(3) コスト効率的な導入とリードタイムの長い電源の導入促進について

いずれも再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会にて議論されたものであり、コスト効率的な導入については、太陽光発電の導入拡大が進む中で、欧米に比べて依然として我が国のコストが高く、買取価格水準も欧州の約2倍と高い水準にあることから、コスト効率的な導入を促す価格決定方式に移行することが適切とした。具体的には、以下の4つのオプションが提示された。

- 特に効率的に発電できる事業者のコストを基準として毎年決定する方式（いわゆる「トップランナー方式」）
- 買取価格の低減スケジュールを複数年にわたり予め決定する方式
- 買取価格の低減率を導入量に連動させて変更させる方式
- 買取価格を入札により決定する方式

また、「将来の買取価格についての予見可能性を向上させるとともに、その目標に向けた事業者の努力やイノベーションによるコスト低減を促す観点から、電源毎に中長期的な買取価格の目標を示すことが必要」であるとした。

一方で、太陽光以外の風力発電・地熱発電・水力発電といったリードタイムの長い電源の導入が進んでいないことが課題として挙げられている。そのため、毎年翌年度価格を決定する現行方式を見直し、事業収益の予見可能性をより高める観点から、リードタイムに応じて数年先（2～5年程度）の認定案件の買取価格をあらかじめ決定する方式を採用すべきとした。

(4) 再エネ特措法改正案について

先に挙げた検討の方向性を踏まえて、2016年2月9日には再エネ特措法の一部を改正する法律案が閣議決定された。法案の概要としては以下の4点が示されている。

- 新認定制度の創出
 - ✓ 再生可能エネルギー発電事業者の事業計画について、その実施可能性（系統接続の確保等）や内容等を確認し、適切な事業実施が見込まれる場合に経済産業大臣が認定を行う制度を創設する。
- 買取価格の決定方式の見直し
 - ✓ 調達価格の決定について、電源の特性等に応じた方式をとることができるようにするため、電気の使用者の負担の軽減を図る上で有効である場合には、入札を実施して買取価格を決定することができる仕組みを導入する。
 - ✓ 開発期間に長期を要する電源などについては、あらかじめ、複数年にわたる調達価格を定めることを可能とする。
- 買取義務者の見直し等
 - ✓ 広域運用等を通じた再生可能エネルギー電気の更なる導入拡大を図るため、買取義務者を小売電気事業者等から一般送配電事業者等に変更する。
 - ✓ 買い取った電気を卸電力取引市場において売買すること等を義務づけるとともに、供給条件を定めた約款について、経済産業大臣への届出を義務づける等の措置を講じる。
- 賦課金減免制度の見直し
 - ✓ 電気を大量に消費する事業所における賦課金の減免制度について、我が国の国際競争力を強化するという制度趣旨を明確化するとともに、この制度の対象となる事業者の省エネルギーに向けた取組を確認することができるように制度を見直す。

なお、入札制度については、事業用太陽光を対象として大規模な案件から実施することとされている。

また、実際に入札を実施するにあたっては、以下の内容を含む入札実施指針を定めることとしている。

- 入札対象とする再生可能エネルギー発電設備の区分等
- 入札に付する再生可能エネルギー発電設備の出力量（入札量）
- 入札参加者資格に関する基準
- 参加に当たっての保証金の額等
- 入札価格の上限額（これは非公表となる場合がある）
- 入札に基づく調達価格の決定方法（pay as bid か uniform pricing か）

- 入札に付する再生可能エネルギー発電設備の調達期間
- 落札者の認定の申請期限 など

1.3.2 安定的な再生可能エネルギー導入に向けた方策

1.3.1 で示したとおり、今後は我が国でも大規模太陽光を対象とした入札制度が導入される見込となった。これは、1.2.1 でも示したとおり、欧州各国でも導入が進んでいる制度である。

ここでは、欧州における入札制度の実態を踏まえ、今後入札制度の詳細を検討する上でポイントとなる点を整理しておく。

対象規模	<ul style="list-style-type: none"> ● ドイツでは、パイロット入札制度では 100kW 以上の設備を対象としたところ、落札案件のほとんどは 2MW 以上であり、数百 kW 台の案件はほとんど落札に至らなかった。 ● 多様な事業者が再エネ事業に参加することを優先するならば、数百 kW 台の案件については、入札対象外とするか、入札枠そのものを別に用意することが考えられる。
買取価格決定方式	<ul style="list-style-type: none"> ● ドイツでは pay as bid と uniform pricing の 2 とおりが試されたが、uniform pricing の場合非常に低価格で入札する戦略的な行動が見られた。 ● この場合、非経済的な買取価格や実現率の低下に繋がるリスクがあるとして、EEG2016 では pay as bid 方式が採用された。 ● 我が国においても同様の理由から、決定方式は pay as bid 方式が適切と考えられる。
上限額設定	<ul style="list-style-type: none"> ● ドイツ、イギリス、フランス、オランダいずれの制度でも、上限額は設定されている。 ● 効率的な事業を促す観点からは上限額を設定しておくことが望ましいと考えられるが、その場合は対象規模は大型な設備に限定されていることが望ましいと考えられる。
実現率の担保	<ul style="list-style-type: none"> ● 落札決定後などから一定期間を経ても運開しない場合には、契約を解除するなどの方式を採用しているケースが多い。また、その際には保証金が罰金として回収されることが多い。 ● 欧州でも落札後の実現率についてはまだ不透明なところもあるが、オランダの実績を見る限りではある程度離脱する可能性がある。離脱を防ぐための実現率の担保措置を検討するとともに、実際に離脱があった場合の対応についても想定しておく必要がある。

2. 再生可能エネルギー大量導入時の電力需給対策

太陽光発電や風力発電といった、出力変動のある再生可能エネルギーが大量に導入されたとき、電力システムに生じる課題やその対策を整理した。また、そうした状況に対し、米国の電力市場における対応状況について調査を行った。さらに、これらの対策について、評価モデルを用いて効果の定量評価を試算した。

2.1 再生可能エネルギー大量導入に伴う課題とその対策

2.1.1 再生可能エネルギーに起因する電力システム上の課題

(1) 再生可能エネルギーに起因する電力システム上の課題

現在我が国では、太陽光発電や風力発電といった再生可能エネルギーの導入拡大が進んでいる状況にあり、特に2012年7月の固定買取価格制度（FIT）の導入以降、太陽光発電を中心にその導入量は大きく伸びている。この再生可能エネルギーの導入拡大に合わせて、再生可能エネルギーの出力変動等に起因する電力システム上の諸課題が一層浮き彫りになり、早急の対応が必要となってきた。

再生可能エネルギーの導入拡大に伴って生じる電力システム上の課題を、表 2-1 に示す。いずれの課題も太陽光発電を始めとする再生可能エネルギーの FIT 制度による導入が拡大する以前より可能性が指摘されており、研究や実証試験が行われてきた。

表 2-1 再生可能エネルギーに起因する電力システム上の課題

区分		電力システム上の課題	概要
平常時	全系	需給の問題 (周波数変動を含む)	● 再生可能エネルギーの導入増加や急な出力変動により、電力システム全体の需要と供給のバランスが崩れる
		線路過負荷の課題	● 特定の送電線/配電線に多く電力潮流が流れてしまい、線路過負荷が生じる
	ローカル	電圧の課題	● 再生可能エネルギーの出力により、電圧変動が生じ、逆潮流などを招く
		高調波・フリッカ等の発生	● 非線形要素を含むPCSからの出力が、高調波・フリッカ等の電力品質上の悪影響をもたらす
事故時	全系	過渡安定度の問題	● PCS電源の増加に伴い、電力システム全体の同期特性(同期化力、慣性)が低下する恐れがある
		一斉解列の問題	● 再生可能エネルギーの不要解列により、波及的に解列が生じてしまう可能性がある
	ローカル	単独運転の問題	● 事故時において、意図していないにも関わらず、単独運転が発生する可能性がある
		短絡容量増加の問題	● 既設遮断器の定格遮断電流を超過するなど、短絡容量が増加する恐れがある

しかし、FIT の導入以降、特に社会的課題として浮き彫りになったのは、全系の需給の問題（特に太陽光発電の余剰電力）である。2014年9月には、九州電力を始めとする4つの電力会社が、当該課題からの制約により計算される接続可能量を上回る接続申込みを受けていることを理由に、10kW以上の再生可能エネルギーの接続申込みの回答を一時保留する

ことを公表した。その後、後述する再生可能エネルギーの出力制御に関するルールの整備により、現在では接続のための技術検討及び回答は再開されているものの、依然として需給の問題は解決されいない状況にある。

また、FIT 制度による導入拡大に伴い、上記の需給の問題の他に、線路過負荷等のローカルな問題が顕在化しつつある（図 2-1 エラー! 参照元が見つかりません。）。このような課題に対し、例えば東京電力は、群馬県北部で入札制度を試行的に実施するなどの対応を行ってきており、引き続き当該課題への対応を進めていく必要がある。

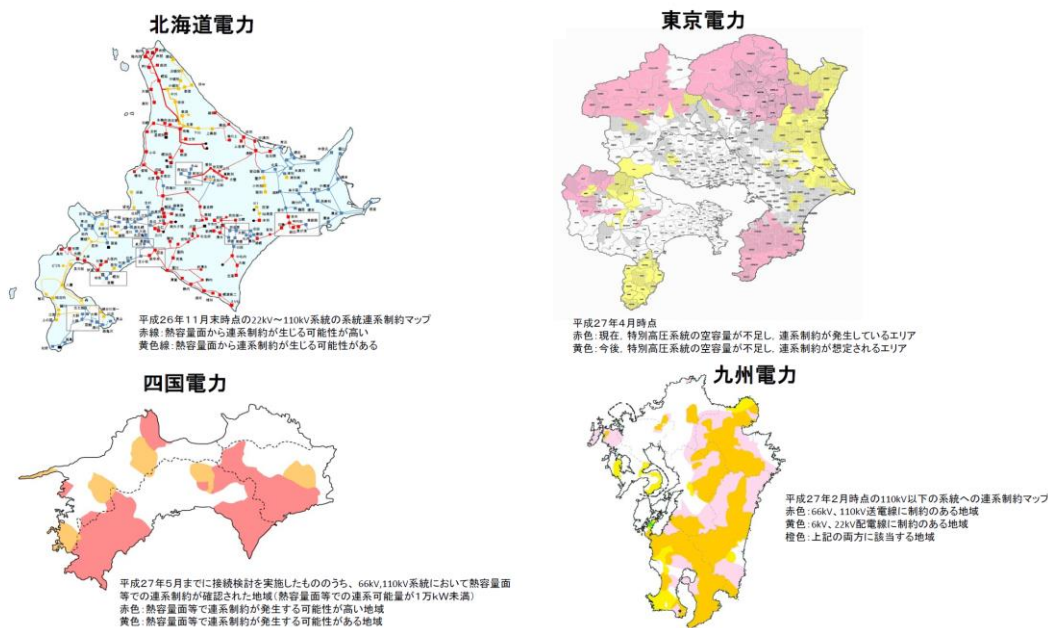


図 2-1 顕在化しているローカルな系統制約

出所) 資源エネルギー庁：「再生可能エネルギーの導入促進に向けた制度の現状と課題」
(第12回新エネルギー小委員会資料)

また、事故時の問題についても、単独運転や一斉解列については、それぞれ新型能動方式や FRT (Fault Ride Through)要件として、PCS の機能の一部として標準化されているに至っているが、新たな課題が顕在化しつつあるという点が様々な文献で指摘されている¹¹。

(2) 本調査で主に扱う電力システム上の課題

本調査では、ローカルな課題や事故時の課題が顕在化しており、再生可能エネルギーの中長期的な導入拡大の方策を検討する上ではこれらの課題を含めた包括的な検討の必要性を認識しつつも、現在もなお社会的な論点となっている需給の問題を中心に取り扱い、導入拡大に向けた方策の検討を行っている¹²。

電力の需給制御では、表 2-2 に示す 3 つの時間領域ごとに、それぞれ異なる発電機制御

¹¹ 例えば、NEDO の「再生可能エネルギー技術白書 第 2 版」などに当該課題が記載されている。

¹² 従って、本調査ではあくまで需給という一側面にスコープを置いた検討を行っているために、本報告書において示される結果が、電力システムにおける再生可能エネルギー対策の全てを十分に表現しているものではない点に留意する必要がある。

を行っており、それぞれの時間成分は「ガバナフリー領域」、「LFC 領域」、「ELD 領域」と呼ばれる。

表 2-2 電力システムの需給制御の区分

方式	対応する周期	概要
GF (ガバナフリー)	数分以内	発電機が回転数の変動を感知し、適正周波数のための回転数を維持するように自動的かつ瞬時の回転数を制御
LFC (負荷周波数制御)	数分～十数分	需給不均衡に起因する周波数変動を感知し、需給不均衡を解消するために給電システムからの自動的な発電機出力を制御
ELD (経済負荷配分制御)	十数分以上	周期の長い変動への対応は、その変動幅も大きいことから対応する発電機の経済性を考慮し負荷配分を制御

負荷変動については、一般的に、図 2-2 に示すように変動周期が大きくなるにつれて変動が大きくなるという特徴がある。再生可能エネルギーの出力変動特性については、負荷変動同様の特性ではないが、短い周期の変動量が小さく、長い周期の変動量大きいという傾向は同じである。この理由としては、短い周期の変動については、1 地点の変動が大きくても、複数地点の出力を合計すると相殺されるような「平滑化効果」より大きく働くことがあると言われている。本調査では、表 2-2 に示す時間領域のうち、LFC 領域及び ELD 領域を対象とした検討を行っている。

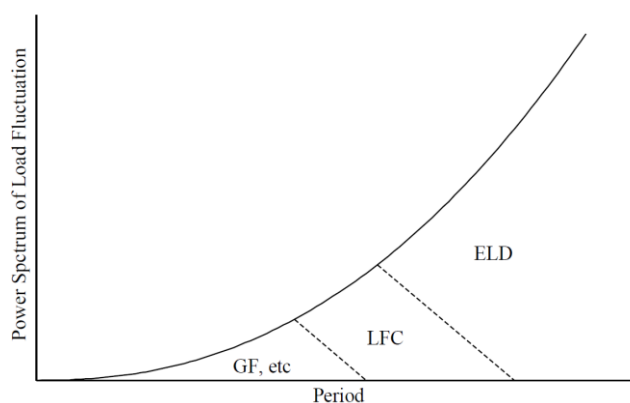


図 2-2 負荷変動の特性

また、カリフォルニアでは、将来にかけて、太陽光発電の大量普及等に伴い、電力システム内のネット需要が朝方から日中にかけて落ち込み、その後夕方から日没にかけて急増するという「ダックカーブ現象」(図 2-3 参照)の発生が懸念されている。このような急激かつ大きな変動を、「ランプ変動」と呼ぶが、急峻かつ大きな変動に対する追従性の検討も必要となってきた。

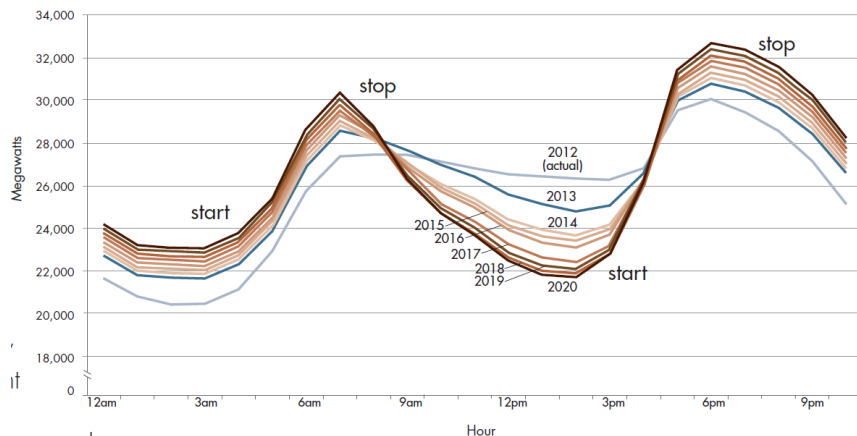


図 2-3 ランプの事例 (カリフォルニアの Duck Curve)

出所) CAISO: “What the duck curve tells us about managing a green grid”

2.1.2 再生可能エネルギーの電力需給対策オプション

前項において示される、再生可能エネルギーの電力需給上の課題に対する対策としては、以下の要素技術が考えられる (図 2-4 も参照)。本項では、これらの対策オプションそれぞれについて、その内容を概観するとともに、現在の取り組みや、オプションの統合に向けた課題等の整理を行っている。

<再生可能エネルギーの電力需給対策オプション>

- 電力システム側の取組
 - 再生可能エネルギー出力の予測技術
 - 広域運用による出力平滑化及び調整力融通
 - 従来電源の調整力の Flexibility 向上
 - 系統側エネルギー貯蔵の導入
 - 揚水発電の最大限の活用
- 再生可能エネルギーの出力制御
 - 太陽光発電の出力制御
 - 風力発電の出力制御
- 需要側の取組
 - 価格シグナルに基づくデマンドレスポンス
 - 自動制御によるデマンドレスポンス
 - 電動車両の充・放電制御活用
 - 需要家側エネルギー貯蔵 (蓄電池) の活用
 - 水素エネルギー貯蔵

なお、ここに示されるオプション以外にも、国内外では、例えばスマートグリッド/スマートコミュニティや HEMS (Home Energy Management System)/ BEMS (Building Energy Management System)、マイクログリッド、VPP (Virtual Power Plant) といった、いわゆる「システム技術」に関する検討が進められている。これらのシステム技術は、再生可能エネルギー

一への対処を始め、省エネルギー、コミュニティレベルでのエネルギー利用の高度化等、複数の目的を実現するために、様々なエネルギーソリューションを統合するシステムとなっている。しかし、本調査の検討スコープである「再生可能エネルギーの電力需給課題」という切り口で見れば、これまでに考えられてきたこれらのシステム技術は、上述の要素技術を組み合わせたソリューションとなっている。

いくつかのソリューションを組み合わせるためには、それらの技術を統合的・最適に運用していくシステム技術の検討が必要となる。そのために、このようなシステム技術の開発及び実証は依然として重要であるが、ここでは本調査の趣旨に鑑み、上述の要素技術を「再生可能エネルギーの電力需給対策オプション」として捉え、これに基づいた分類を行っており、必要に応じてこれらのシステム技術にも言及している。

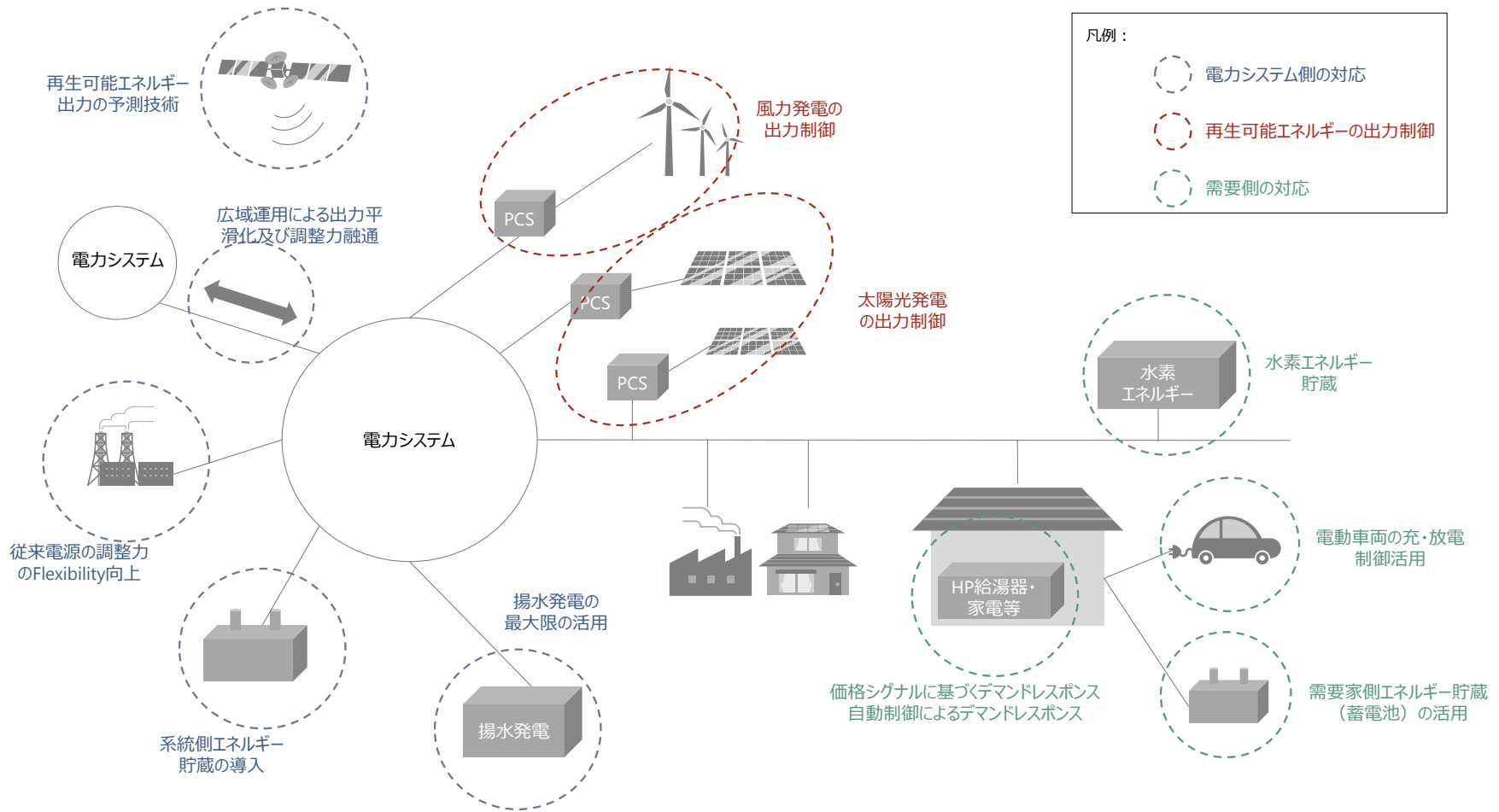


図 2-4 再生可能エネルギーの電力需給対策オプション

(1) 電力システム側の対応

1) 再生可能エネルギー出力の予測技術

a. 概要

太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーは、その出力が天候等の気象環境に大きく依存する。これらの再生可能エネルギーの出力を予め予測し、それに基づいて適切な運用を行うことで、出力変動が与える影響の緩和が見込める。そのため、再生可能エネルギーの出力予測を行うという技術は、再生可能エネルギーの電力需給対策の有効なオプションの一つである。

b. 対策活用の動向

出力予測技術の例として、東北電力の風力発電の出力予測システムを図 2-5 に示す。気象庁が発表している気象予測データをもとに、各風力発電の発電出力を予測し、過去の発電実績データ等をもとに、予測誤差を補正することで、発電出力の予測値を導出するシステムとなっている¹³。

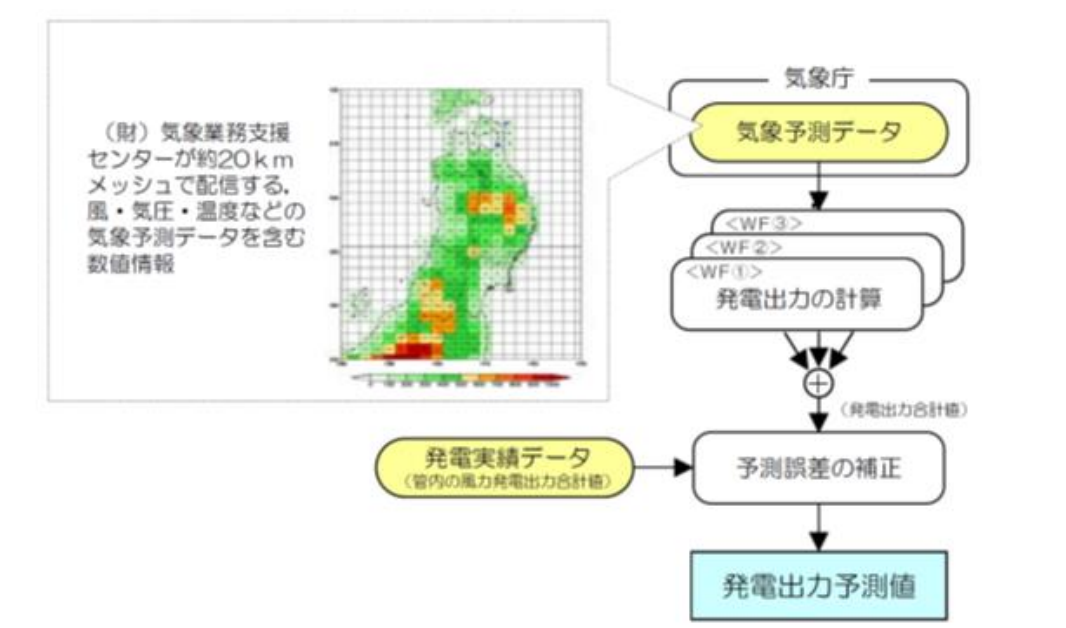


図 2-5 東北電力の風力発電出力予測システム

出所) 東北電力：「風力発電の出力予測技術の開発・導入について」

<http://www.tohoku-epco.co.jp/ICSFiles/afieldfile/2010/10/01/as1.pdf>

¹³ この他に、気象庁等の気象予測データを用いずに、過去の発電実績等から統計的に予測を行う「統計的予測モデル」などが考えられている。現在までに検討・利用されてきている出力予測技術の詳細については、以下の文献を参照のこと。

「再生可能エネルギーの出力変動特性と予測」電気学会技術報告、1316号

この他にも、我が国では出力予測に関する技術開発を多数進めてきている。太陽光発電についての国家プロジェクトとしては、2010年度から2014年度のNEDO「太陽エネルギー技術研究開発 太陽光発電システム次世代高性能技術の開発 発電量評価技術等の開発」、2011年度～2013年度の資源エネルギー庁事業「太陽光発電出力予測技術開発実証事業」などが挙げられる。前者では気象予報の向上、電力システム大とより狭いエリアを対象とした幅広い研究がなされ、後者では、太陽光発電大量導入時の安定的な電力システムの需給運用を速やかに確立するため、太陽光発電出力の現在把握と事前予測について、表 2-3 の内容の技術の高度化と実証が行われた。

表 2-3 太陽光発電出力予測技術開発実証事業で検討された太陽光発電出力予測技術

区分	テーマ	内容	実施主体
日射量の把握	気象衛星データや日射量観測データからの日射量推定	気象衛星データや日射量観測データからの日射量推定技術を用いて、全国規模の実況日射量分布推定モデルを開発	日本気象協会
	空間線形回帰法（クリギング）に基づく空間補間による日射量推定	リアルタイムの日射量マップの作成を目指し、地球統計学の空間線形回帰法（クリギング）に基づく日射の空間補間法を太陽光発電出力把握に適した手法に改良	電力中央研究所
	気象衛星データを用いた日射量推定	衛星データ等を用いて日射量分布の推定を行う手法を構築	伊藤忠テクノソリューションズ
日射量の予測	時間スケールに応じた日射量予測	数値予報モデル（SYNFOS-3D）や実況日射量分布推定モデルなどを用いて週間・翌日・当日・数時間先などの時間スケールに応じた日射量予測手法を開発	日本気象協会
	気象モデルによる日射量の予測	気象予測・解析システム（NuWFAS）をベースとして、翌日・当日の気温・日射量を予測	電力中央研究所
	気象予測モデルおよび統計手法を用いた日射量の予測	数値予報（GPV）データを利用した統計的手法により日射量を予測するモデルを構築	伊藤忠テクノソリューションズ
太陽光発電出力の推定	地域の太陽光発電導入状況に対応した太陽光発電出力推定	設置条件による補正手法を検証評価し、地域ごとの太陽光発電設置状況の違いに対応可能な太陽光発電出力推定手法を開発	電力中央研究所
	統計手法を用いた太陽光発電出力推定	日射量推定・予測値をもとに、過去の実測データによる学習および補正などを適用し太陽光発電出力を推定する手法を開発	伊藤忠テクノソリューションズ
	日射量推定結果からの太陽光発電出力推定	設置地点、パネルの方位・角度・温度・種類やPCSの変換効率など、様々な要因が日射量から発電出力の推定に与える影響を整理	日立製作所
	各種統計モデルと配電線潮流を用いた配電-全体系統の太陽光発電出力推定	配電線レベルの広さの太陽光発電出力の推定を行う手法を開発	三菱電機
	統計処理による太陽光発電量推定 日射量の分析	簡易的な手法により、地域の日射強度から発電電力量を推定する手法を開発	ソーラーフロンティア
日射量の分析	日射量データ分析	新たな太陽光発電出力の予測手法の開発、変動特性の分析、用途・目的に応じて必要となる日射量や太陽光発電の発電量データの空間密度、計測サンプリングの仕様の検討	東京大学

出所) 資源エネルギー庁：「太陽光発電出力予測技術開発実証事業事後評価の概要について」より作成

風力発電については、NEDOが2005年度～2010年度で実施した開発事業「風力発電電力系統安定化等技術開発－気象予測に基づく風力発電量予測システムの開発」において作成

された「風力発電出力予測技術ガイドブック¹⁴」に示される通り、これまでに様々な出力予測技術が検討、利用されてきている。直近では、2014年度よりNEDOが開始した「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」において、風力発電の出力予測技術の高度化が検討されている。本事業は、電力の需給運用に影響を与える風力発電の急激な出力変動（ランプ）に着目し、再生可能エネルギーの予測技術や出力の変動を抑制する出力制御技術を高度化させ、予測と出力制御を踏まえた需給運用の基本的な手法を確立することを目的に、ランプ予測技術の開発や予測技術系統運用シミュレーションといった研究開発を進めるという内容となっている。



図 2-6 電力系統出力変動対応技術研究開発事業の概要

出所) NEDO 資料

c. 特徴と課題

以上のように、技術の高度化が進められてきた再生可能エネルギーの出力予測については、再生可能エネルギーの導入拡大に伴う電力システムへの影響の拡大に伴い、今後も予測精度の向上や、実際の運用と統合するためのアプリケーションの開発といった検討を引き続き行っていく必要がある。図 2-7 はドイツのドルトムント工科大学の研究報告書¹⁵に示されている検討結果である。これによれば、再生可能エネルギーの出力変動に伴って増加する系統の必要調整力は、予測精度の向上によって抑えられることが示されている。

¹⁴ <http://www.nedo.go.jp/content/100139524.pdf>

¹⁵ Stefan Kippelt, Thorsten Schlüter, “Impact of Future Renewable Energy Generation on Control Reserve Markets”

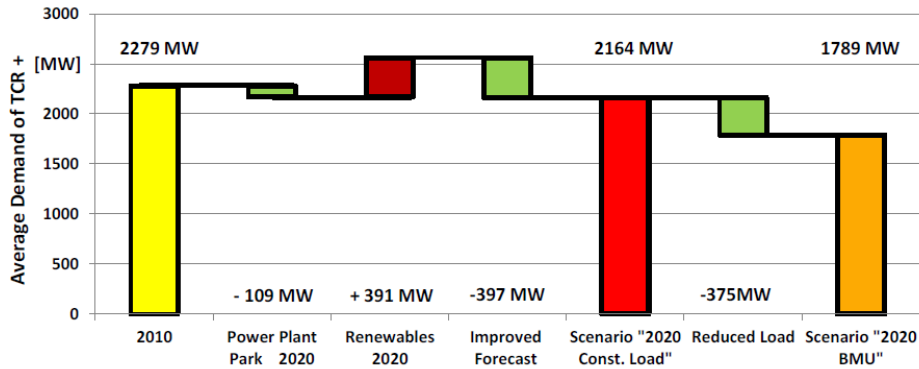


図 2-7 ドルトムント工科大学のシミュレーション結果

出所) Stefan Kippelt, Thorsten Schlüter, “Impact of Future Renewable Energy Generation on Control Reserve Markets”

このように、予測技術が将来的に更に向上していけば、再生可能エネルギー対策として電力システム側が用意しなくてはならない需給調整能力の低減につながることを期待される。出力予測技術の向上が必要であるもう一つの理由として、予測技術が、電力システム全体で必要となる需給調整能力の量を決めるということが挙げられる。電力システムの運用は、予測から得られる変動量（再生可能エネルギーの他、負荷変動なども対象である）をもとに、必要となる調整能力の量が決定される。予測技術が不完全である場合には、その不確実性に対応するために、より多くの調整能力を必要とするが、予測技術の向上により、予測誤差が小さくなればなるほど、不確実性のために必要となる調整能力は少なくなる。

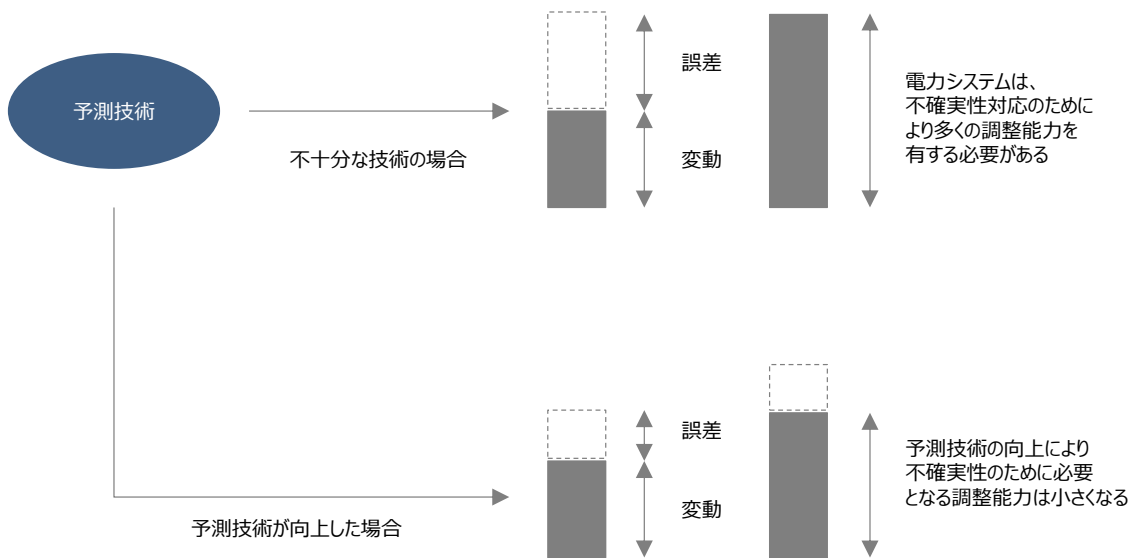


図 2-8 予測技術の重要性（技術向上がもたらす恩恵）

従って、予測精度の向上（予測誤差の低減）を始め、今後も予測技術の技術開発を継続的に行っていく必要がある。既存の予測技術は、前日予測といったソリューションが主である。予測誤差を少なくするための方策として、例えばより実時間に近い時点での予測手法の検

討、及びこれらの予測を電力システム運用に統合するアプリケーションの検討を深めていくことで、よりきめ細かい予測技術を確立することができる可能性がある。

また、予測誤差を最小化することで他の対策オプションの制御パフォーマンスを向上させるという位置づけにあり、実際に生じた変動量等に対する対策が別途必要となる点も留意が必要である。予測技術のこのような特性を十分に理解し、以降に示される他の再生可能エネルギー対策オプションと連携を図りながら、電力システム運用への応用を検討していく必要がある。

2) 広域運用による出力平滑化及び調整力融通

a. 概要

太陽光発電、風力発電等の再生可能エネルギー発電の出力変動は、個々で見ると激しく変動するが、その変動は必ずしも同一ではなく、複数の発電設備からの出力を重ねあわせると、図 2-9 に示すような平滑化効果（ならし効果）が生じてくる。この効果は特に短い周期の変動成分に対して効果が高く、かつエリアが広いほど大きい。

この平滑化効果により、電力システムとして対応しなくてはならない制御量が軽減されることが期待される。広域運用による出力平滑化は、この平滑化効果に着目し、再生可能エネルギーの出力変動を広域的に捉えることで影響を緩和するように、広域連系の拡大といった取り組みを行うものである。

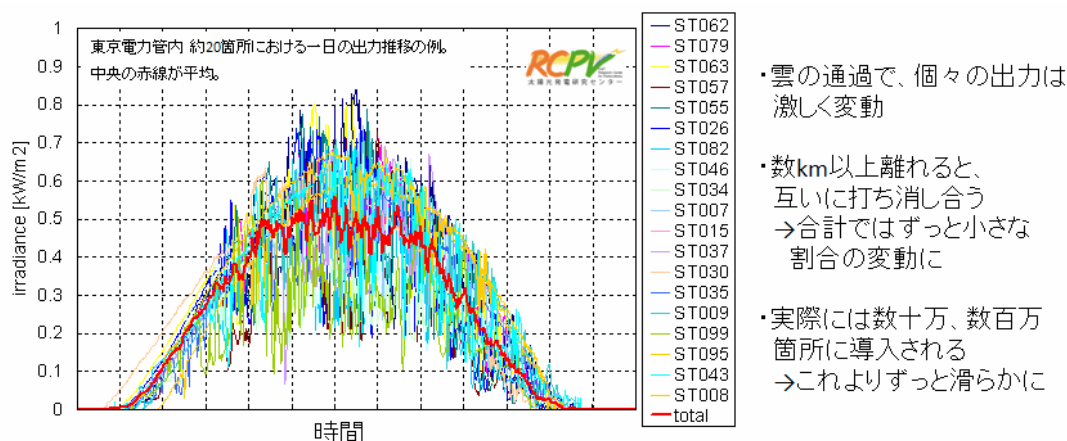


図 2-9 太陽光発電のならし効果のイメージ図

出所) 産業技術総合研究所：「出力変動と緩和策」

https://unit.aist.go.jp/rcpvt/ci/about_pv/output/fluctuation.html

また、広域運用という観点で現在検討されている再生可能エネルギーの対策オプションとして、電力システム間で調整力を融通するという方策が挙げられる。例えば図 2-10 のように、再生可能エネルギー電気の受入に余裕がない地域において再生可能エネルギーが余剰となり出力制御が必要となる場合には、地域間連系線を利用して余った電気を送電することで、再エネ電気の受入に余裕がある他地域において余剰電気を受け入れて活用することが可能となる。



図 2-10 広域運用の概念図

出所) 資源エネルギー庁：「再生可能エネルギー導入拡大に向けた広域的な系統利用システム・ルールの構築について」

b. 対策活用の動向

連系線運用の高度化の一つである調整力融通の取り組みの例として、東京電力と東北電力、東京電力と北海道電力の「連系線を活用した風力発電導入拡大実証試験」がある。北海道エリア、東北エリアは風力発電の適地が多いが、系統容量が小さく連系可能量に制約があるという特徴がある。一方で、東京エリアは、系統容量が大きいが風力発電の適地が少ないという特徴がある。当実証試験ではこの三つのエリアの特徴に応じて、3社間での協調した運用として、既設地域間連系線を活用し、以下の二つの方策を取るというものである。

- 風力発電出力予測に基づいて、風力発電の出力変動（長周期）に相当する電力（最大 20 万 kW）を北海道電力から東京電力へと送電することにより、東京電力の調整力を利用する
- 東北エリアで調整力（下げ代）に余裕がない時間帯（軽負荷の夜間）に、東北系統の火力発電出力を増加させ、下げ代に余裕がある東京電力に一定電力（最大 24 万 kW）を送電する

- 課題
- 北海道、東北：風力発電の適地が多いが、系統容量が小さく、連系可能性に制約
 - 東京電力：系統容量が大きい風力発電の適地が少ない
- 実証試験
- 地域間連系線を使用。系統規模の大きい東京の調整力を活用
- [出所]東京電力プレス(2011)

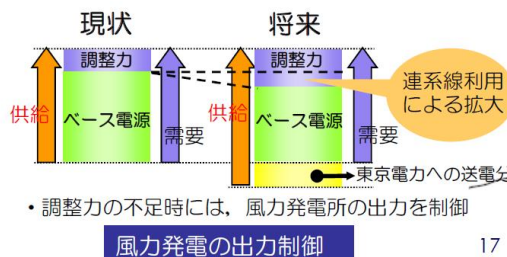
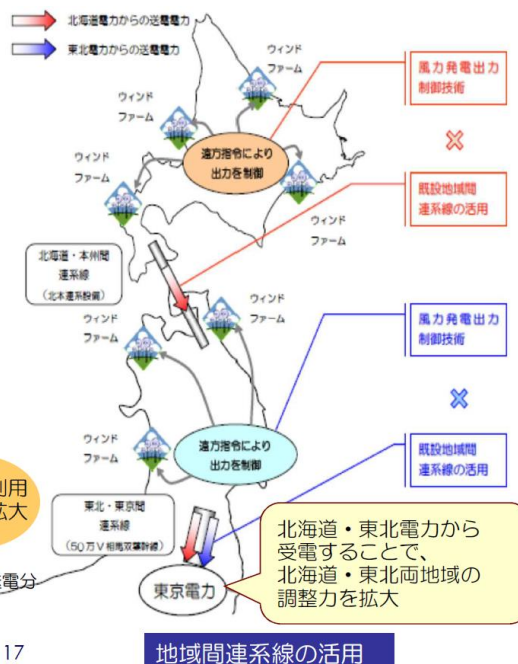


図 2-11 東日本での広域制御への取り組み

出所) 岡本：「再生可能エネルギーの統合拡大に向けた需給調整力（フレキシビリティ）確保への取り組みの方向性と課題」

https://www.energy.iis.u-tokyo.ac.jp/html_seminar/20150511/20150511_3.pdf

同様の取り組みは、中西日本でも実施されている。図 2-12 に示されるとおり、東日本同様、風力発電等が大量に連系されている北陸エリア・四国エリアから、中部エリア・関西エリアへ電力を送電することにより、北陸エリア・四国エリアの調整力を拡大し、同地域における風力発電の連系を拡大していくということが志向されている。

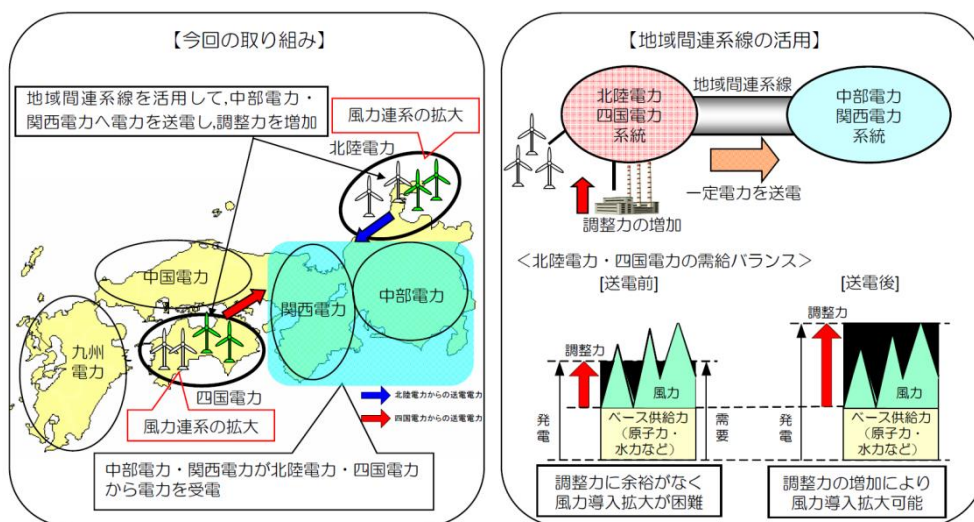


図 2-12 中西日本での広域制御への取り組み

出所) 関西電力：「中西日本における風力発電導入拡大に向けた取り組みの概要」

http://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2012/pdf/0525_1j_01.pdf

c. 特徴と課題

以上のように、広域連系は、再生可能エネルギーの大規模導入時の電力システムへの影響を緩和する対策オプションとして有望であるが、ならし効果は短周期の変動に効果的であり、図 2-13 に示すように、太陽光発電、風力発電とも、長周期の変動においては過度には期待できないという課題が挙げられる。前項の予測と同様に、他の対策オプションと組み合わせる必要がある。

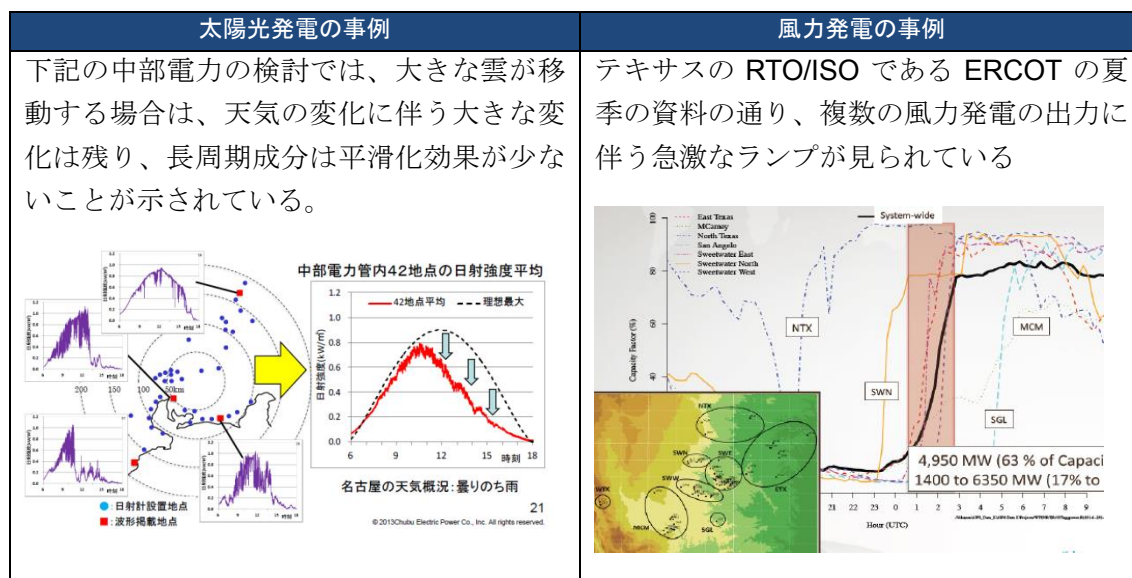


図 2-13 ならし効果の長周期上の課題

出所) 中部電力資料、及び ERCOT 資料より作成

調整力の融通についても、先に述べたような取り組みを引き続き検討する必要があるが、連系線のマージンの考え方の整理と制度化が、今後の技術開発と並行した課題として挙げられる。電力システムの連系線は、一般に、安定供給のために、運用容量を全て利用しているわけではなく、事故時のエリア間の相互救済の観点から、一定の空き容量（マージン）を確保している。このマージンを有効活用し、再生可能エネルギーの送電枠を拡大することは、電力システム全体の信頼性とトレードオフとなりうることもあるために、その利用にあたっては、今後信頼度維持の考え方も踏まえた検討が必要となる。また、連系線容量の計算として、電力システムの安定度計算等をリアルタイムで行い、利用可能な容量を拡大する可能性があるが、このような計算を含めた運用手法についても今後検討が必要となる¹⁶。このように、本対策オプションは、電力システム側の設備形成や運用と協調を取りながら進めていく必要がある。

3) 従来電源の調整力の柔軟性向上

従来電源、特に負荷追従能力の高い火力発電（ガスタービンやガスエンジンなども含まれる）や揚水発電は、多様な調整力を電力システムに提供してきた。近年、このような従来電

¹⁶ 海外では、これと似た考え方として、Dynamic Rating が採用されている例もある。

源による調整力をより柔軟なものにしていこうという考え方が生まれつつある。

この考え方については、現在 NEDO の「エネルギー・環境新技術先導プログラム」において、「再生可能エネルギー大量導入時代の系統安定化対応先進ガスタービン発電設備の研究開発」というテーマで当該領域の検討が進められている。本プロジェクトでは、始動性や負荷追従性を重視し、過渡応答性に優れ、繰返し負荷に耐えるガスタービン発電設備の実現に向けて、開発課題の明確化を行っている。以下のような課題が出されている。

<「再生可能エネルギー大量導入時代の系統安定化対応先進ガスタービン発電設備の研究開発」で抽出された検討テーマ>

- 急速負荷変動のガスタービンプラントへの影響検討・評価
- 負荷変動を吸収するもしくは負荷変動に対するマージンを拡大する技術
- 負荷変動に急速に追従する技術、急速起動を可能にする技術
- 負荷変動を予測して発電量を変化させる技術
- 過渡応答、繰返し負荷による材料劣化への対応技術

従来電源の調整力としての柔軟性が向上することにより、再生可能エネルギーへの対応の能力が上がるのが期待される。しかし、当然出力を上げ下げすれば、発電の効率は下がる。従来電源の発電を行うという本来の目的を考慮すれば、なるべく一定で運転を行うことが望ましく、当該オプションは、緊急時等の対策として位置付けることが望ましいのではないかと考えられる。

4) 系統側エネルギー貯蔵の導入

a. 概要

再生可能エネルギーの大量導入に係る対策オプションとして、次項で述べる従来の揚水発電に加え、蓄電池を始めとするエネルギー貯蔵の活用が検討されている¹⁷。本対策オプションは、太陽光発電や風力発電の出力が大きい場合にはエネルギー貯蔵に充電を行い、出力が少ない場合には放電を行うことで、需給バランスを維持するというものであるが、定常的な下げ代対策に加え、系統周波数制御、事故時周波数維持など様々な時間領域での活用が含まれることに注意が必要である。

表 2-4 に示すように、電力システム側で利用することが想定されているエネルギー貯蔵には、蓄電池、フライホイール、SMES（超電導電力貯蔵システム）、CAES（圧縮空気貯蔵ガスタービン発電）などの利用がこれまでに検討されている¹⁸。それぞれのエネルギー貯蔵

¹⁷ ここでは、電力システム側（送電系統・配電系統）に導入されるエネルギー貯蔵についての記述を行う。この他に需要側のエネルギー貯蔵を有効利用するという考え方が存在するが、それについては、別途「需要側の取組」において記述する。また、揚水発電は、再生可能エネルギーの導入される以前に電力システムにおいて利用されてきた技術であるため、この項とは別に次項において記述している。

¹⁸ この他、水素貯蔵なども検討されているが、この技術についても、「需要側の取組」において記述を行う。また、電気二重層キャパシタ（EDLC: Electrical Double Layer Capacitor / スーパーキャパシタ）などの利活用も検討されているが、ここでは割愛する。

の特性を図 2-14 に示すが、フライホイールや SMES などはコストの関係上、小エネルギー容量での設計事例が多く、無停電電源などのように極めて早い対応が求められる場合にその適用は限られる。CAES は、経済的な導入を行うためには地質など特殊な条件が成り立つ必要があり、適用性は限られる。

表 2-4 代表的なエネルギー貯蔵の種別

種別	概要
蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> 繰り返し充放電が可能な蓄電池（二次電池）を利用し、化学反応を利用して蓄電する。蓄電池の種類としては、リチウムイオン電池、NaS 電池、レドックスフロー電池等が挙げられる。 用途に応じたシステム規模（容量）や放出エネルギー時間率（エネルギー用途／パワー用途）によって、最適な蓄電池の種類は異なる。近年、特にエネルギー密度および充放電効率が高く汎用的に適用出来るリチウムイオン二次電池が注目されている。
フライホイール	<ul style="list-style-type: none"> 電気エネルギーを回転するフライホイールの運動エネルギーに変換して貯蔵する装置。回転軸から遠い位置に適度な質量配置を持ったコマのような形状をした「はずみ車（フライホイール）」と、フライホイールを支えるための軸受や、電力を出し入れするための発電電動機などから構成される。 他のエネルギー貯蔵装置・化学電池よりも高い出力密度を供給できることが最大の利点。また構造が単純で保守が容易、温度変化による性能劣化がない、貯蔵エネルギー量の把握が容易、といった特徴もある。
SMES	<ul style="list-style-type: none"> 超電導体の電気抵抗がゼロであるという特性を利用し、電気を直接超電導コイルに磁気エネルギーとして貯蔵する。電気を直接貯蔵することで、高い貯蔵効率にて大電力を素早く供給することができる。 大電流を高速（20msec 以下）で出し入れできるとともに、繰り返し動作に強く貯蔵効率も 80～90%程度と高い。一方で、実用化に向けてはコスト面での課題が大きい。
CAES	<ul style="list-style-type: none"> ガスタービンに必要な高圧空気を夜間やオフピーク時の安価な電気で作成し、昼間等にその貯蔵した圧縮空気と燃料とでガスタービンを駆動し発電する技術。 大容量のエネルギー貯蔵が可能となるが、国内では空気を貯蔵するために適した岩塩層が少ないという事情がある。

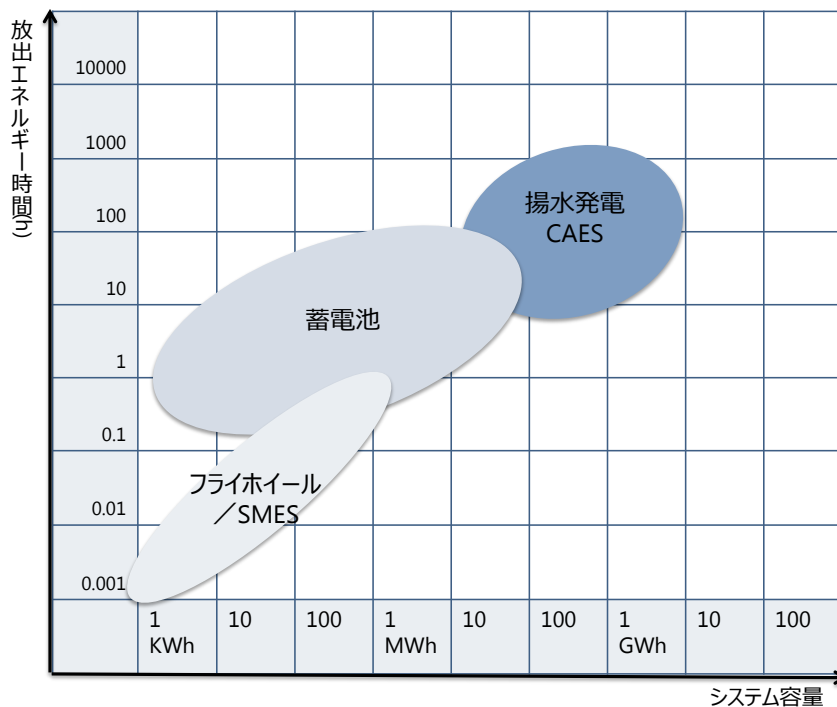


図 2-14 エネルギー貯蔵種別ごとの特徴

b. 対策活用の動向

エネルギー貯蔵の電力システム側での利用検討は、以前より様々な技術実証で進められてきた。近年の取り組みとしては、資源エネルギー庁の平成24年度「大型蓄電システム実証事業」が挙げられる(図2-15)。本実証事業は、再生可能エネルギーの大量導入に対して、蓄電池を用いて系統制御能力を向上させることを目的に、北海道エリア、東北エリアにそれぞれレドックスフロー電池、リチウムイオン電池を導入するというものである。

北海道における取り組みは、北海道電力と住友電気工業が共同で275kV基幹系統の南早来変電所にレドックスフロー電池(15MW×4時間容量)を設置し、再生可能エネルギーの出力変動に対する調整力としての性能実証および最適な制御技術を開発するというものである。

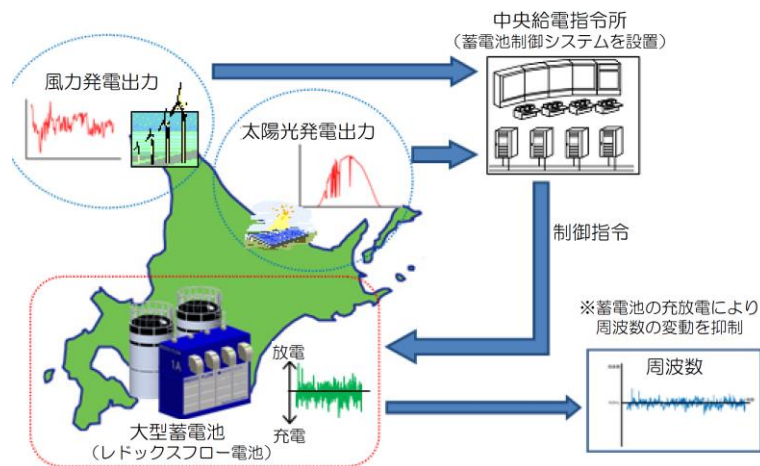


図 2-15 北海道電力の大型蓄電システム実証事業

出所) 北海道電力：「南早来変電所 大型蓄電システム実証事業について」

東北地方における取組は、風力発電や太陽光発電の導入拡大に伴い発生する周波数変動への対策として最大出力40MW/容量20MWhのリチウムイオン電池を導入するものであり、蓄電池システムと火力発電機を組み合わせた周波数制御ロジックの構築や実機による周波数調整力拡大の効果などが検証される(図2-16 エラー! 参照元が見つかりません。)

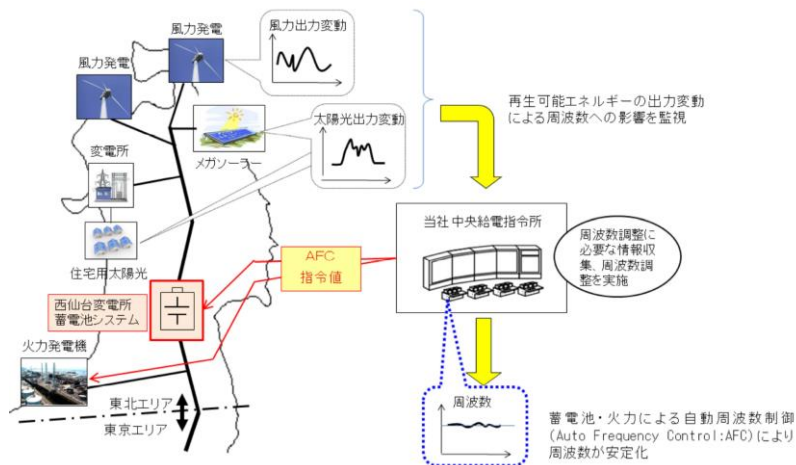


図 2-16 東北電力の大型蓄電システム実証事業

出所) 平成24年度大型蓄電システム緊急実証事業 進捗概要報告

また、資源エネルギー庁では、平成 26 年度の補正予算で、「大容量蓄電システム需給バランス改善実証事業」として、東北電力（南相馬変電所、出力 4 万 kW 程度、容量 4 万 kWh 程度の蓄電システム）と九州電力（豊前火力発電所、出力：5 万 kW、容量 30 万 kWh 程度）にそれぞれ実証試験設備を建設している。

我が国では、エネルギー貯蔵の中でも、蓄電池を用いた電力システム制御という事例が多いが、他のエネルギー貯蔵についても、図 2-17 に示すように、NEDO の「安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発」において鉄道総合技術研究所等が開発したフライホイールや、先述の「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」において神戸製作所等が開発している CAES などが挙げられる。

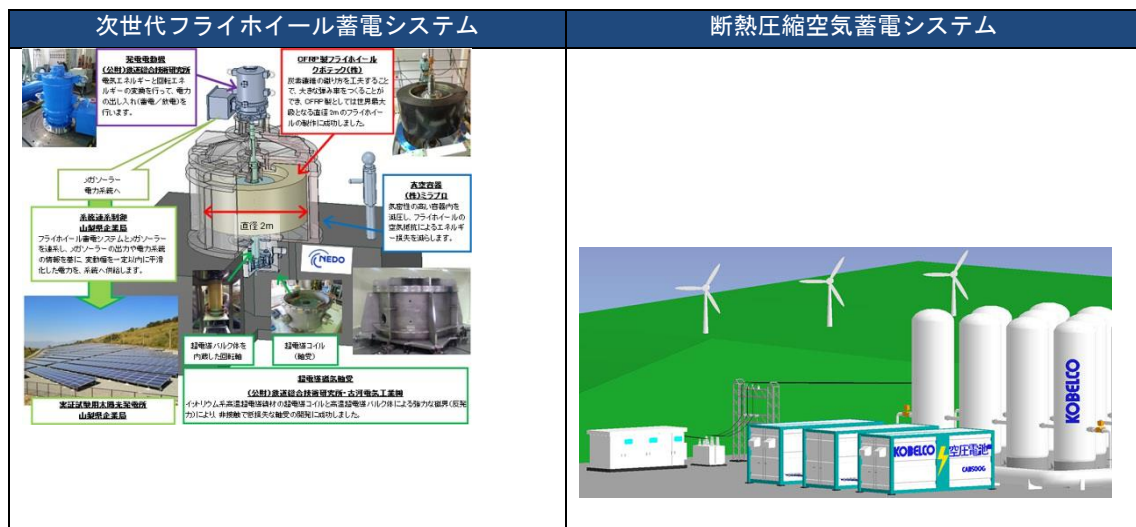


図 2-17 蓄電池以外のエネルギー貯蔵の開発事例

出所) NEDO ホームページ (http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100443.html)、及び
神戸製作所ホームページ (http://www.kobelco.co.jp/releases/2015/1191385_14507.html)

c. 特徴と課題

エネルギー貯蔵の導入については、依然としてコストの課題がある。SMES やフライホイールといった技術は従来コストの高い対策であると言われており、蓄電池についても、NAS 電池で約 4 万円/kWh、鉛蓄電池が約 5 万円/kWh、ニッケル水素電池で約 10 万円/kWh、リチウムイオン電池で約 20 万円/kWh という水準にあり、更なるコスト低減に向けた取組が必要となっている。

エネルギー貯蔵では、充放電に伴う電力損失も課題として挙げられる。先に示した西仙台変電所に設置された蓄電池システムの総合効率は、最高で 86.2% であり、これ自体はエネルギー貯蔵としては極めて高い数字であるが、充放電で 14% 弱のエネルギーを逸失していることになる。

大型の蓄電池などの大規模システムを導入する適地があるかという課題も挙げられる。今後の再生可能エネルギー対策として有望視されているエネルギー貯蔵であるが、以上のような点に留意し、引き続き技術開発を行っていく必要がある。

内の周波数が低下した場合に、自動的に発電運転を開始し周波数調整を行う機能（緊急起動機能）や、需要が少ない際は電力系統の電圧調整を行う機能（調相運転機能）も付加しており、北海道系統の電力システム安定化に貢献する設計が行われている。



図 2-19 北海道電力の京極発電所

出所) 北海道電力ホームページ

http://www.hepco.co.jp/energy/water_power/kyogoku_ps/summary.html

c. 特徴と課題

再生可能エネルギーの変動対策としての揚水発電は、可変速とすることで、長周期から短周期まで幅広い需給変動に対応可能となることが期待できる。一方で、課題としては、揚水時の効率が低いため、ラウンドトリップ効率はおよそ70%であり、約30%のエネルギーロスが発生する点や、新規に建設するためには、調査から着工まで10年程度、着工から運転開始まで10年程度かかる点が課題として挙げられる。また、電力会社は現在ピークシフト対応を念頭に揚水発電を導入していることを考慮すれば、再生可能エネルギーの需給対応という新たな目的を入れた際の最適な運用方法を今後検討していくことが必要であろう。

(2) 再生可能エネルギーの発電出力制御

1) 太陽光発電の出力制御

a. 概要

再生可能エネルギーの出力制御は、本来可能な最大出力より少ない値に出力を制御することであり、発電電力が過剰となっている場合に、出力を抑制するという方策などで用いられる。一般に太陽光発電の出力制御の方法は、表 2-5 の方法に大別される。後に示すように、日本では余剰電力対策として、自律制御という点ではいわゆる「カレンダー方式」が検討されてきたが、再生可能エネルギーの導入量増加に伴い、現在は「次世代双方向通信出力制御緊急実証事業」において、通信制御を用いた手法が検討されている。

表 2-5 PCS による出力制御の方法

制御方法	概要
自律制御	<ul style="list-style-type: none">● 予め PCS に出力制御計画や方法等を内蔵しておく方法であり、スケジュールで決められた時間が来たら制御を行う。● 通信なしで行うことができるというメリットがあるが、制御のスケジュール等が固定的になってしまう。
通信制御	<ul style="list-style-type: none">● 電力会社等の再生可能エネルギー発電所の外部から制御信号等を送り、遠隔制御を行う方法。● 硬直的な自律制御の手法に比べて、予期しないイベントへの対応といったことが可能となる。● 各発電設備に個別の信号を送ることも可能であるが、制御サーバ側の処理に負荷がかかる。
インタラクティブ制御	<ul style="list-style-type: none">● 上記の二つを組み合わせた方法。例えば自律制御のファンクションを、外部からの通信により柔軟に変更していくなどの方策が考えられる。

b. 対策活用の動向

太陽光発電の出力抑制機能付き PCS の必要性は、資源エネルギー庁の 2009 年の検討「次世代送配電ネットワーク研究会」の中でも指摘され、その成果として、図 2-20 に示すカレンダー方式の出力抑制機能付き PCS の検討が行われ、その後資源エネルギー庁の「次世代型双方向通信出力制御実証事業（FY2011-2015）」に引き継がれた。

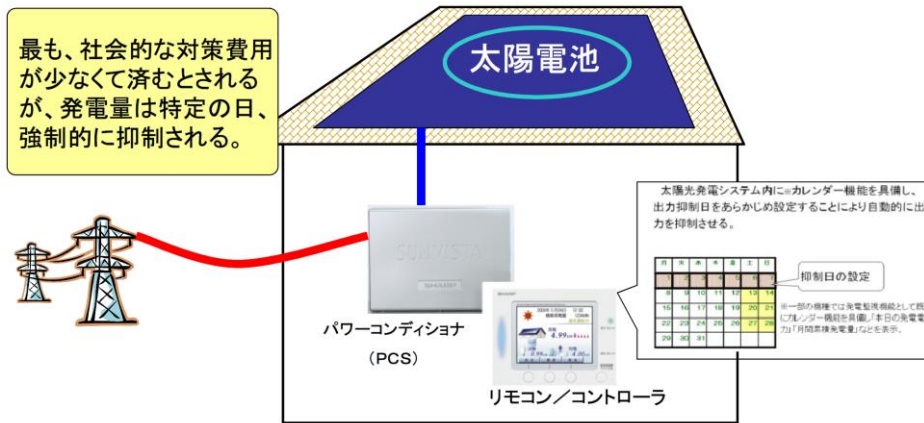


図 2-20 カレンダー方式の出力抑制の概要

出所)「出力抑制機能の具体的な方策(技術論の検討)」(「出力抑制合同検討会」検討結果最終報告)

再生可能エネルギー発電の固定価格買取制度 FIT の導入の効果として、太陽光発電の導入が拡大したことに伴い、太陽光発電の出力制御(抑制)の必要性が顕在化した。この状況を踏まえて、2015年度の資源エネルギー庁の「次世代双方向通信出力制御緊急実証事業」において、九州電力や東京電力・関西電力・北陸電力等が通信による出力抑制技術の確立に向けた取り組みが新たに開始された(図 2-21)。

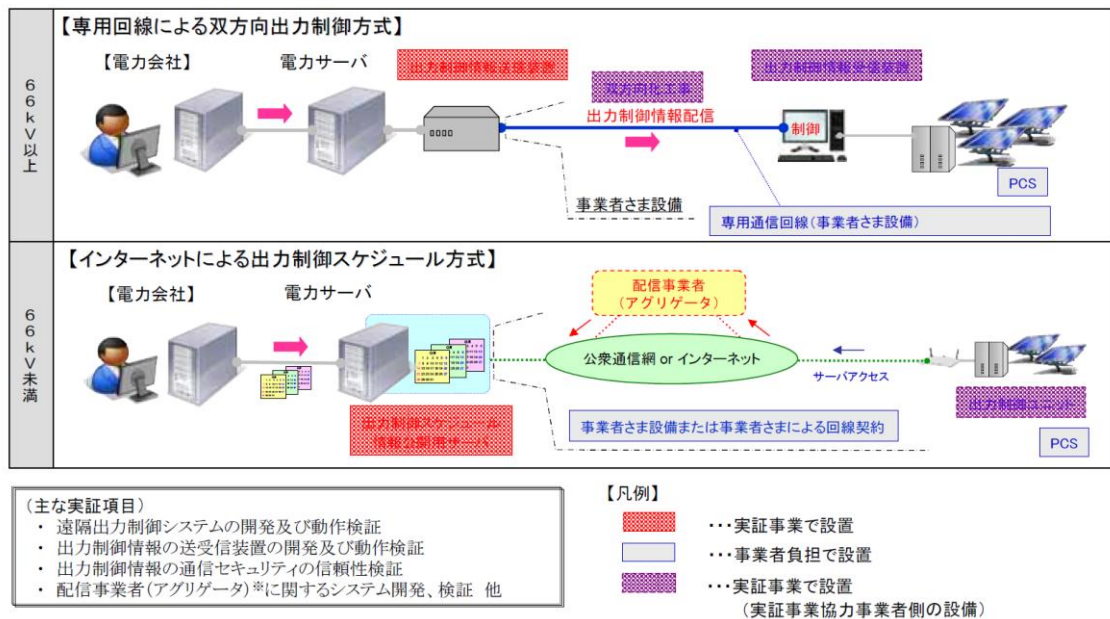


図 2-21 次世代双方向通信出力制御緊急実証事業の概要(九州電力)

出所)次世代双方向通信出力制御緊急実証事業(平成26年度再生可能エネルギー継続保留緊急対策補助金)

c. 特徴と課題

出力制御は、太陽光発電からの出力変動自体を減らすという観点から、再生可能エネルギーの電力需給対応としては非常に有効な対策であると言える。また、表 2-5 に示したインタラクティブな制御を行うことを将来的に考えれば、電力システムの状態に応じたリアル

タイムに近い制御が可能になるという点で、短周期から長周期までの柔軟な制御が可能となるであろうと考えられる。

しかし、同時に出力制御は、太陽光発電からの発電量を減らすものであり、太陽光発電由来の電気を最大限有効利用するという観点からは、頻繁に出力抑制を発動する対策は、できるだけ避けた方がよい。従って、将来太陽光発電が大量導入された時点においても、この出力制御だけに頼ることなく、他の有効な需給対策オプションと組み合わせた方法を考えることが望ましい。

また、出力制御を実施するためには、予め出力制御に関わる個別システムの機能とインフラストラクチャを整備しておく必要がある。従来の PCS には、このような出力制御に関わる機能は具備されてこなかった経緯があり、出力制御機能を実施できない PCS がいったん広まってしまうと、後から当該機能を付与するにはコストが大きい。上記の「次世代双方向通信出力制御緊急実証事業」では、機能や通信に関する仕様が検討されているが、今後早急な対応が必要となる。

2) 風力発電の出力制御

a. 概要

太陽光発電同様、風力発電についても、出力制御を行うという方策がある。日本風力発電協会は、風力発電の出力制御方法を、下表の「ウィンドファーム側対策」として整理している。

表 2-6 風力発電の出力制御の方法

課題	ウィンドファーム側対策	電力システム側対策
短周期調整力不足	<ul style="list-style-type: none"> 出力上昇率制限運転 出力変動緩和蓄電池の活用（グループ制御） 	<ul style="list-style-type: none"> 電力システムの広域運用 持ち替え運転（機種と台数） ⇒経済負荷配分運転が犠牲となる
長周期調整力不足 ランプ変動等対応	<ul style="list-style-type: none"> 最大出力抑制運転 出力上昇率制限運転 	<ul style="list-style-type: none"> 電力システムの広域運用 気象予測システムの活用
下げ代不足	<ul style="list-style-type: none"> 最大出力抑制運転 周波数上昇時の出力抑制運転 	<ul style="list-style-type: none"> 電力貯蔵設備（揚水発電所）の活用 変電所設置蓄電池システムの活用 火力機の最低運転可能領域の低減 火力機の出力調整速度と量の増加
送電線熱容量不足	<ul style="list-style-type: none"> 最大出力抑制運転 	<ul style="list-style-type: none"> 地域内送電線の新增設 地域間送電線の新增設

出所) 日本風力発電協会「風力発電の遠隔出力制御システム」

上表で赤字で示されているもののうち、「最大出力抑制運転」とは、風力発電の出力が過剰なケースにおいて、風力発電のブレードの取り付け角度（ピッチ角）を制御することにより、風をなまらせ、風力発電の出力を落とすという方法である（図 2-22）。この最大出力抑制運転が最大の出力を上限値として設定して制御を行うのに対し、出力上昇率制限運転

は、制御幅と出力変化率に関する上限値を設定して制御を行うものである。

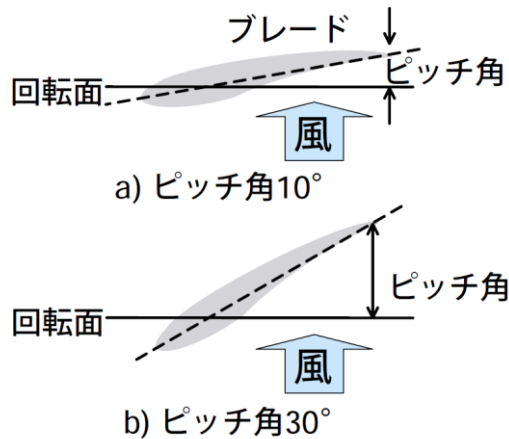


図 2-22 ピッチ角制御の概要

出所) エネルギア総合研究所「風力発電における運転制御方法 (ピッチ制御・ストール制御)」

一般に風力発電システムは、ウィンドファームとして、あるサイトにおいて複数台設置される。ウィンドファームにおける最大出力の制御では、抑制量を最小化するために、各風力発電機の出力を監視・制御し、各風力発電機の抑制量を調整することで、ウィンドファーム全体で必要となる出力抑制量を達成するという方法が考えられている (下図中の 75%抑制の場合を参照)。

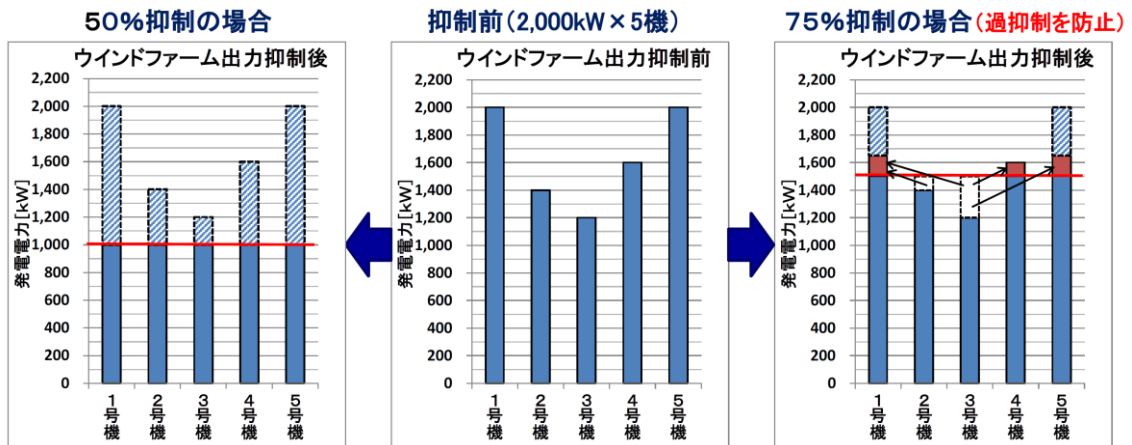


図 2-23 ウィンドファームの出力制御の考え方

出所) 日本風力発電協会「風力発電の遠隔出力制御システム」

以上の風力発電の出力制御を実装する方法として、下図に示す遠隔の出力抑制制御システムなどが考えられている。

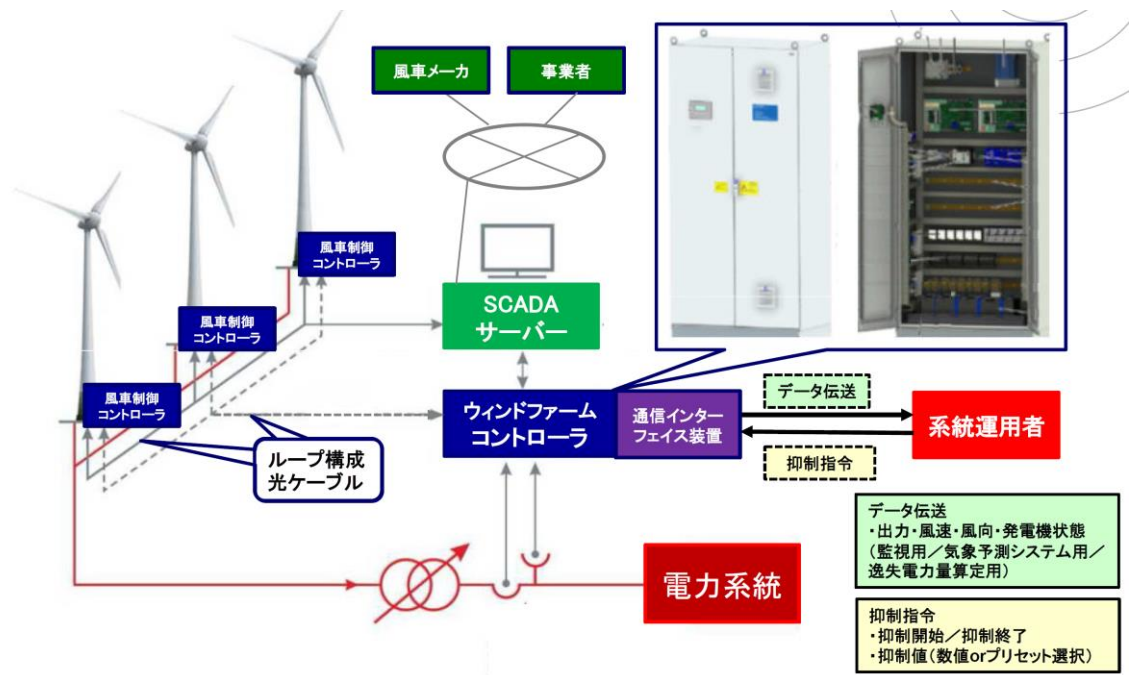


図 2-24 オンライン出力抑制制御システムのイメージ

出所) 日本風力発電協会「風力発電の遠隔出力制御システム」

b. 対策活用の動向

2015年10月に実施された資源エネルギー庁の「新エネルギー小委員会 第6回系統ワーキンググループ」では、風力発電の出力制御について、日本風力発電協会から実施方法に関する検討結果が出された²⁰が、実施方法の更なる検討を深めるために、現在我が国では当該技術に関する研究開発も進められている。先に示した NEDO の「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」の研究開発項目 (I)「風力発電予測・制御高度化」の実施項目 (2) ランプ予測着技術の開発では、多数のウィンドファームの出力制御による系統周波数安定化技術の開発を、実施項目 (3) 出力変動制御技術の開発では、計画電源化に向け実用化コストを踏まえた風車制御と蓄エネルギー制御の最適な組合せの構築に向けて、予測技術を活用した風車制御技術と蓄エネルギー制御技術を開発することとなっており、その研究開発スコープにピッチ角制御の活用が掲げられている (図 2-25)。

風力発電の場合、メーカーによりタービン制御、ウィンドファーム制御などが階層的に標準化されており、新しく標準化するに値する機能あるいは標準化された機能を活用した制御などを意識した出力制御方式の検討が重要である²¹。

²⁰ 風力発電協会, “風力発電の出力制御の実施における対応方針”, 資源エネルギー庁 新エネルギー小委員会 第6回系統ワーキンググループ資料(2015)

²¹ 齊藤哲夫, 占部千由 “風力発電の最大出力抑制制御と出力上昇率制限制御.”JWEA 会誌 No.114 号 (2015)

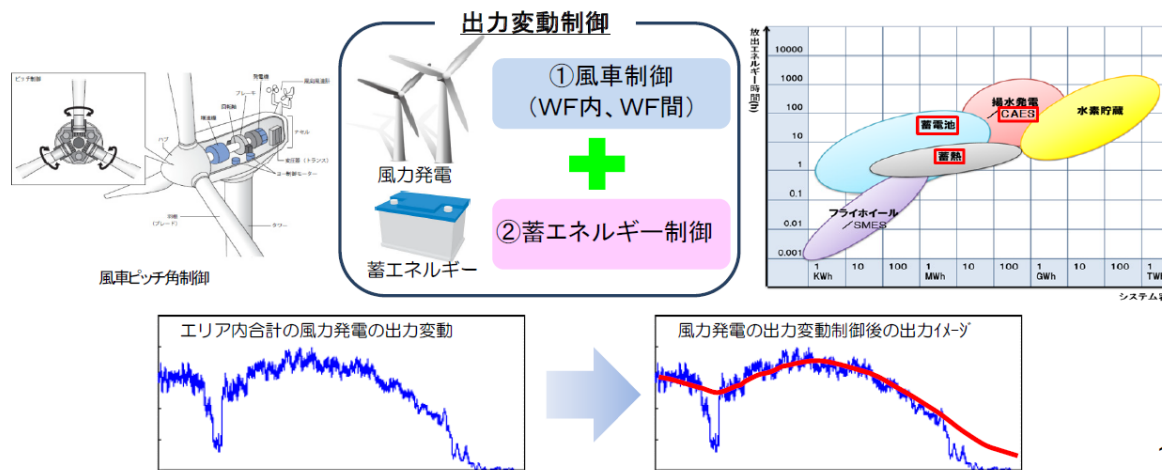


図 2-25 「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」におけるピッチ角制御
 出所) 出力予測技術を使った変動電源の安定化対策
 ～電力系統出力変動対応技術研究開発事業について～

c. 特徴と課題

前項の太陽光発電の出力制御同様、電力需給という観点では制御性に優れるオプションであると言えるが、風力発電の発電機会逸失となる点が留意点として挙げられる。また、ピッチ角制御については、機械系の制御によって実現されるが、電力システムの状況に応じて頻繁に制御を行うと、故障に至るリスクなどが考えられ、風車の機械系へ影響が懸念される。

(3) 需要側での対応

1) 価格シグナルに基づくデマンドレスポンス

a. 概要

「デマンドレスポンス」は、米国において実用化が進められ、現在、欧州、日本などでも導入が進められている。デマンドレスポンスは、当初、火力を始めとする従来型発電の供給力の不足を回避するための仕組みとして導入が考えられ、米国においては、「卸市場価格の高騰時または系統信頼性の低下時において、電気料金価格の設定またはインセンティブの支払に応じて、需要家側が電力の使用を抑制するよう電力消費パターンを変化させること」と定義されている²²。

我が国においても、震災後の供給力不足の懸念のもと導入が模索されており、図 2-26 のように、①時間帯別料金等の電気料金ベースのものと、②需給調整契約等のインセンティブベース²³のものに大別される。

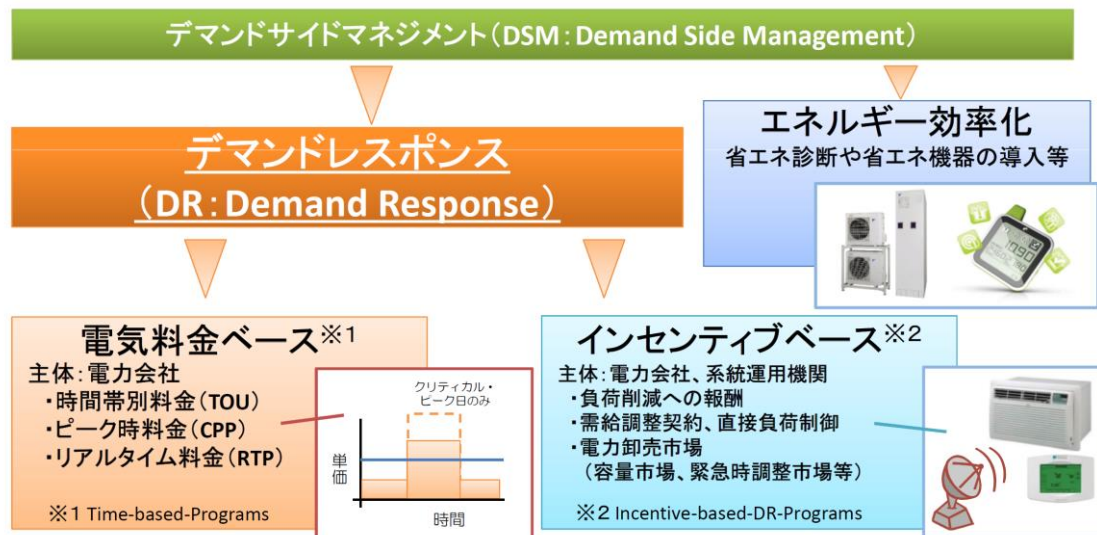


図 2-26 デマンドレスポンスの概要

出所) 資源エネルギー庁：「デマンドレスポンスについて」
(第2回電力システム改革専門委員会資料)

電気料金ベースのデマンドレスポンスは、電気事業者が時間帯（又は時間）別に料金を設定することで、需要家に自らの判断で、割高な料金が設定された高負荷時に需要抑制、割安な料金が設定された低負荷時に需要シフトを促す仕組みである。この電気料金ベースのデ

²² U.S. Department of Energy, Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them: A Report to the United States Congress Pursuant to Section 1252 of the Energy Policy Act of 2005, February, 2006

²³ インセンティブベースのデマンドレスポンスの一つの実装方法として、直接負荷制御が含まれる。直接負荷制御については、人がマニュアルで行動をするようなデマンドレスポンスと分けるという趣旨で、本報告書では、別のオプションとして記載を行っている。詳しくは次項を参照のこと。

マンドレスポンスで設定される料金メニューには、表 2-7 のようなものが挙げられる。

表 2-7 電気料金型デマンドレスポンスの種類と内容

名称	内容
時間帯別料金 (TOU: Time-of-use Pricing)	時間帯別の平均卸費用・託送費用を反映した電気料金
リアルタイム・プライシング (RTP: Real Time Pricing)	時間別に形成される卸電力市場価格(一日前市場ないしリアルタイム市場)を反映した電気料金
ピーク帯リベート (Peak Time Rebate)	特定の高需要日の特定時間においてベースラインからの電力消費削減に対し割引を適用する電気料金
系統ピーク応答型託送料金 (System Peak Response Transmission Tariff)	インターバルメータを付けて、料金を含む特定の条件の下で高需要期に電力需要を削減して託送料金を削減する方式
重要 (critical)ピーク・プライシング (CPP: Critical Peak Pricing)	平常時は時間帯別料金であるが、特定条件 (緊急時ないし卸電力価格高騰時)により高い単価が適用される電気料金
制御付き重要ピーク・プライシング (Critical Peak Pricing with Load Control)	平常時は時間帯別料金であるが、特定条件 (緊急時ないし卸電力価格高騰時)に直接制御が実施されつつ、より高い単価が適用される電気料金

出所) 日本エネルギー経済研究所: 「需要反応 (デマンドレスポンス) とは何か③ 電気料金型デマンドレスポンス」

また、インセンティブベースのデマンドレスポンスとは、プログラム設置者 (電気事業者、系統運用者) が需要家と契約を締結し、卸電力価格が高騰又は電力需給が逼迫した際に、負荷抑制・遮断を要請又は実施する枠組みである (図 2-27)。ネガワット取引と呼ばれる、需要家による需要削減量を供給量と見立て、市場等で取引する事業形態もあり、アメリカ等においては、複数の需要家の調整量をまとめて取引するアグリゲータが新たなサービスを提供している。

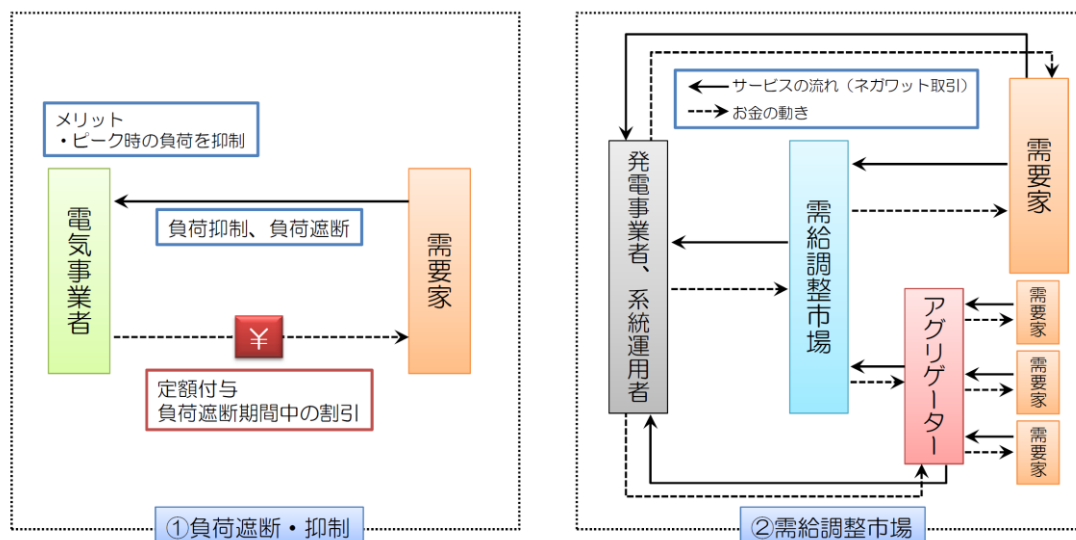


図 2-27 インセンティブベースのデマンドレスポンスの例

出所) 資源エネルギー庁: 「デマンドレスポンスについて」

(第2回電力システム改革専門委員会資料)

このインセンティブベースのデマンドレスポンスの種類は、表 2-8 に示すものが挙げられる。これらの取り組みは、基本的に電力システムのピーク時に需要を下げるということが念頭に置かれたサービスとなっているのが一般的である。

表 2-8 インセンティブ型デマンドレスポンスの種類と内容

名称	内容
① 需要入札・買戻し (Demand Bidding and Buyback)	卸市場価格ないし特定価格で卸電力市場ないし小売市場で需要削減を可能とするプログラム
② 直接負荷制御 (Direct Load Control)	短い時間の通知でプログラム運用者が(例えばエアコン、温水器のような)需要家の電気機器を遠隔で止める又はサイクル化するプログラム。直接負荷制御プログラムは主として家庭又は商業用需要家に提供される。
③ 緊急時需要応答 (Emergency Demand Response)	緊急時において達成された負荷削減に対しインセンティブ支払を提供するプログラム
④ 遮断可能負荷 (Interruptible Load)	事前の取り決めに従って緊急時に負荷削減・遮断を行う契約。系統運用者が契約の規定に従って通知を行う。
⑤ 供給力負荷 (Load as Capacity Resource)	緊急時に事前に特定化された負荷削減を約束する需要側供給力
⑥ 運転予備力 (Non-Spinning Reserves)	通知後 10 分以上かかって需給インバランス解消のための需要削減等を提供できる需要側供給力
⑦ 周波数制御サービス (Regulation Service)	系統運用者の提供する周波数維持のためのリアルタイム・シグナルに従って需要を増減することが可能な需要応答サービス。
⑧ 瞬動予備力 (Spinning Reserves)	緊急事態発生後、数分で需給インバランス解消のための需要削減等を提供できる需要側供給力

出所) 日本エネルギー経済研究所：「需要反応 (デマンドレスポンス) とは何か④ インセンティブ型デマンドレスポンス」

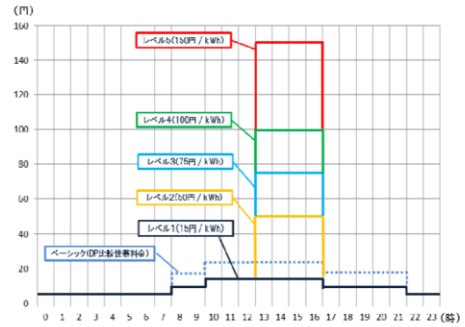
b. 対策活用の動向

我が国では、これまでにデマンドレスポンスが注目を集めた 2009 年頃以降、デマンドレスポンスに関する実証試験が多くなされてきた。大規模なデマンドレスポンスを展開した事例として、「次世代エネルギー・社会システム実証事業」が挙げられる。この事業では、デマンドレスポンス以外にも様々なエネルギーソリューションを組み合わせた「スマートコミュニティ」の検討がなされているが、北九州の実証試験 (北九州スマートコミュニティ創造事業) を例に挙げると、家庭部門、事業者部門の双方におけるデマンドレスポンスに関する実証試験が行われている。

家庭部門においては、夏季、冬季それぞれの期間について、図 2-28 のような料金設定 (ダイナミックプライシング) を設定して、温度条件が下記に示されるトリガーを超えた場合にダイナミックプライシングが発動されるという仕組みとなっている。

住民向け実証条件（夏期）

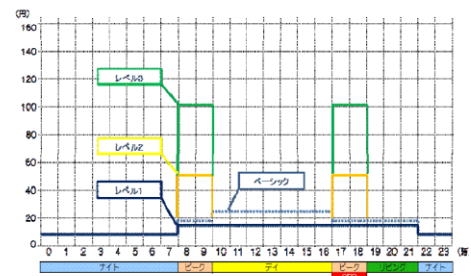
- 実施期間2013年6月～2013年9月
- 電力料金の変更は、**午後**
- 電力料金変更の通知は、**前日夕方**
- DRの発動は、**翌日最高気温予報が30℃以上の平日**
- DR発動日数は、合計45日



電力価格（夏季）

住民向け実証条件（冬期）

- 実施期間2013年12月～2014年2月
- 電力料金の変更は、**午前と夕方の2回**
- 電力料金変更の通知は、**前日夕方**
- ※2014年2月に当日昼通知のCPP実証実施
- DR発動は、**翌日最低気温予報が-1℃以上9℃以下の平日**
- DR発動日数は、合計38日（CPP発動6回）



電力価格（冬季）

図 2-28 北九州で実施された家庭需要家を対象としたデマンドレスポンスの概要
出所「北九州スマートコミュニティ創造事業の実証成果と今後の展開」

上記のプログラムを適用した結果、得られたピークカット効果を表 2-9 に示す。実証期間を通じて、20%前後のピークカット効果が得られていることがわかる。

表 2-9 北九州実証のデマンドレスポンスのピークカット効果

レベル (単価)	2012年度 (夏季)	2012年度 (冬季)	2013年度 (夏季)	2013年度 (冬季)
2 (50円)	-18.1%	-20.1%	-20.2%	-16.2%
3 (75円)	-18.7%	-19.8%	-19.2%	-
4 (100円)	-21.7%	-18.1%	-18.8%	-16.6%
5 (150円)	-22.2%	-21.1%	-19.2%	-
当日通知	-	-	-	-13.8%
発動回数	40回	42回	45回	38回

出所「北九州スマートコミュニティ創造事業の実証成果と今後の展開」

c. 特徴と課題

デマンドレスポンスは、スマートグリッドの議論が沸き起こって以降、その有効活用が検討されてきており、様々な実証試験の展開がなされてきた。しかし、これまでの取り組みは、基本的に上記に示した北九州スマートコミュニティ実証事業のような、ピーク対応のための需要を抑制するというものであった。

これに対し、本調査で検討すべき、「再生可能エネルギーの需給対策としてデマンドレスポンスを活用する」というコンセプトに基づいた実証試験等は未だ行われていないように見受けられる。このような考え方は、近年研究がなされつつある²⁴が、そのフィージビリティに関する検証を今後行っていく必要があると考えられる。

また、需要家のマニュアル行動によるデマンドレスポンスは、人の意志に関わるために、制御パフォーマンスに関わる不確実性を伴う。再生可能エネルギー出力変動の対策オプションとして活用するためには、従来のピークカットに比べ、必要な時間、規模の予測が難しい中で確実に制御パフォーマンスを得られる必要がある。このため、再生可能エネルギーの変動対策としてデマンドレスポンスを活用するためには、次項に示す「自動制御によるデマンドレスポンス」の優位性は大きい。

2) 自動制御によるデマンドレスポンス

a. 概要

自動制御によるデマンドレスポンスとは、以上に示したデマンドレスポンスについて、機器やシステムの自動制御で対応することでデマンドレスポンスを実現するという技術を目指す。上述の通り、デマンドレスポンスを自動化することで、マニュアル行動によるデマンドレスポンスに比べて、確実性の向上が期待できる。自動制御の方法は様々な方策が考えられる。

一つはデマンドレスポンスの対象となる需要家機器に取り付けられた制御チップなどが、周波数などの電力システムの状態量を検出し、それに応じて制御を行うという方法であり、例えば下図に示す米国 PNNL の「Grid Friendly Appliances Controller™」などが挙げられる(図 2-29)。この制御チップが取り付けられた家電は、電力システムの周波数に応じて消費電力を制御することができる。

²⁴ 例えば高橋：「再生可能エネルギー電源大量連系に対応するアンシラリーサービス型デマンドレスポンスの導入可能性の検討」（電力中央研究所報告）など。

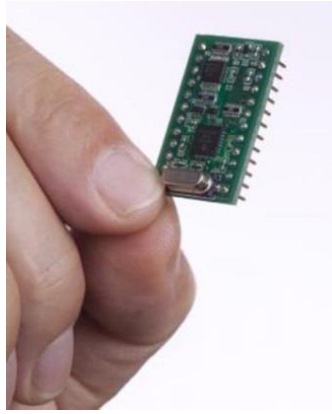


図 2-29 Grid Friendly Appliances ControllerTM

出所) PNNL ホームページ

自動制御のもう一つの方法は、需要家内のエネルギーマネジメントシステム(家庭:HEMS、ビル:BEMS など)が、それぞれの需要家のニーズを反映した自律的な制御を行う方策である²⁵。HEMS/BEMS のアプリケーションは様々提案されているが、CEMS などの上位システムからの指令に基づいて自動 DR を達成する方策や、電気料金に基づいて、HEMS/BEMS が家庭内/ビル内における需要機器の運転計画を作成する方策などが考えられている(図 2-30)。

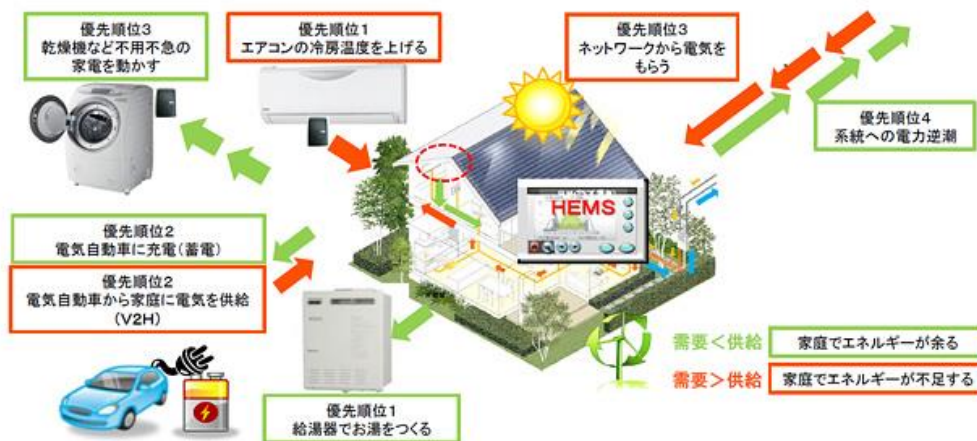


図 2-30 HEMS による自動 DR のコンセプト

出所) 経済産業省スマートハウス標準化検討会資料

自動制御によるデマンドレスポンスの対象機器としては、家庭部門ではヒートポンプ給湯機、エアコン、冷蔵庫、照明などが、産業部門では空調負荷、照明、冷蔵冷凍システム、給水ポンプ等が考えられている²⁶。これらの中でも、特に我が国ではヒートポンプ給湯機な

²⁵ 荻本和彦 ”エネルギーインテグレーション—集中・分散のエネルギーマネジメントの協調。” IEEJ, C 部門大会発表論文集, TC9-7, pp304-309 (2010)

²⁶ この他に、電気自動車 (EV) やプラグインハイブリッド車 (PHEV) といった電動車両も対象と考えられる。これらの電動車両の活用については、次項にて改めて示す。

どが有望なリソースとして、様々な研究、技術実証などが行われている。

b. 対策活用の動向

自動制御によるデマンドレスポンスの取り組み事例は、需要家のマニュアル行動によるデマンドレスポンス同様、実証試験等がなされてきており、家庭部門については、例えば「次世代エネルギー・社会システム実証事業」の横浜のプロジェクト（YSCP: Yokohama Smart City Project）における取り組みが挙げられる。本取り組みでは、CEMS からの節電要請があると、エアコンの温度設定やヒートポンプ給湯機の稼働時間を同マンション内の EMS が自動的に変更するというシステムが実装されており、検証が進められた（図 2-31）。



図 2-31 YSCP の自動 DR 対応エアコンとヒートポンプ給湯機
出所「住民の快適性を損なわない自動節電策を実証へ」(Japan Smart City Portal)

<http://jscp.nepc.or.jp/article/jscp/20121019/327428/index2.shtml>

大口需要家の事例については、読売新聞大阪本社と読売テレビ、関電グループなどが実施している、「SENRITO」という取組が例として挙げられる（図 2-32）。本取組は、関西電力から需要抑制の要請が発動された際に、商業施設における空調設備の設定温度を自動的に調整することにより、テナントの運営に影響を与えない範囲で電力需要の抑制を行うものである。自動 DR の制御機器は、米国の Converge 社の製品を採用するとしている。



図 2-32 「SENRITO よみうり」における自動 DR

出所) 関西電力資料

http://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2015/_icsFiles/afiedfile/2015/06/29/0629_2j_02.pdf

c. 特徴と課題

以上のように、欧米、日本を通じて自動制御によるデマンドレスポンスの検討事例は多いが、価格シグナルに基づくもの同様、再生可能エネルギー対策というよりは、ピーク対応などを想定した検討が進められてきている。太陽光発電による余剰電力を、需要家のヒートポンプ給湯機で吸収するために、ヒートポンプ給湯機を昼間に運転させるための方法の検討を行っている論文等がある²⁷が、このようなシステムの実社会への適用が可能かなどの検討が今後必要となろう。

自動制御によるデマンドレスポンスは、マニュアル行動によるデマンドレスポンスに比べて、確実性が高く、またピーク対応といったアプリケーションについては、既に複数の実証試験を通じて展開されてきている。再生可能エネルギーの需給対策としての自動制御によるデマンドレスポンスも、研究レベルでは提案されており、技術的な成熟度は高い

一方で、再生可能エネルギーの需給対策として取り扱っていくためには、デマンドレスポンス特有の課題が見受けられる。以下に考えられる課題を列挙する。

²⁷ 例えば、以下の論文などが挙げられる。

池上貴志,岩船由美子,荻本和彦 “電力需給調整力確保に向けた家庭内機器最適運転計画モデルの開発.”

IEEJ Journal Vol.130-B, No.10_p877-887 (2010)

富田泰志, 小林朗, and 鶴貝満男. "太陽光発電の余剰電力吸収のためのヒートポンプ給湯機群制御方式の開発." 電気学会論文誌. C 133.8 (2013): 1607-1615.

＜デマンドレスポンスを再生可能エネルギーの需給対策として利用する際の主な課題＞

- 実施タイミングの任意性の課題
 - 再生可能エネルギーの需給対策を行う必要のあるタイミングで、その機器を用いる/もしくは電力を下げるということを行わなくてはならないが、常に対応できるかという点についての検討が必要となる。
- 「需要を上げる」という取り組みの難しさ
 - デマンドレスポンスは元来需要を低減するという方向の取り組みであるが、現在課題となっている太陽光発電を始めとする再生可能エネルギーの余剰電力に対しては、需要をシフトあるいは創生することで増加させる取り組みが必要となる。
- 持続時間等についての検討の必要性
 - 長周期の再生可能エネルギー対応ができるかという点については、ヒートポンプ給湯機以外の多様な機器の適用可能性の検討が必要となる。機器側への影響ということも考慮する必要がある。
- 本来の需要家機器の利便性逸失の課題
 - 再生可能エネルギーの需給対策として用いることで、本来の需要家機器としての機能（利便性）を損なわないか、機器の性能に対して影響を与えないかといったことを検討する必要がある。
- マネタイズの仕組みの検討の必要性
 - 自動制御を行うに当たっては、コントローラ、ないし HEMS/BEMS といったシステムが必要となる。この分、導入を行う需要家としてはコスト増となり、このインシヤルコストを踏まえたマネタイズの仕組みの検討が必要となるであろう。

3) 電動車両の充・放電制御活用

a. 概要

電気自動車（EV）等の電動車両に内蔵されている蓄電池の充電のマネジメントを行うことで、電力システムのマネジメントに有効に使うという方策が検討されている。広い意味で捉えれば、先述の「自動制御によるデマンドレスポンス」の一種であるが、電動車両については電力システムに対する放電（いわゆる V2G: Vehicle to Grid）も可能であり、本項にて別に整理を行っている。

電動車両を利用する対策オプションは、図 2-33 のように整理される。EV 内のエネルギー貯蔵を活用するために、早期より再生可能エネルギーの需給対策としての検討がなされてきた。

(EVインフラの現状)
 現在では、主要各国の政府および企業は、普通充電器および急速充電器といった充電インフラ(V0G)の構築に注力。将来的には、EVをスマートグリッドの“社会的価値”を高めるために活用する案も検討

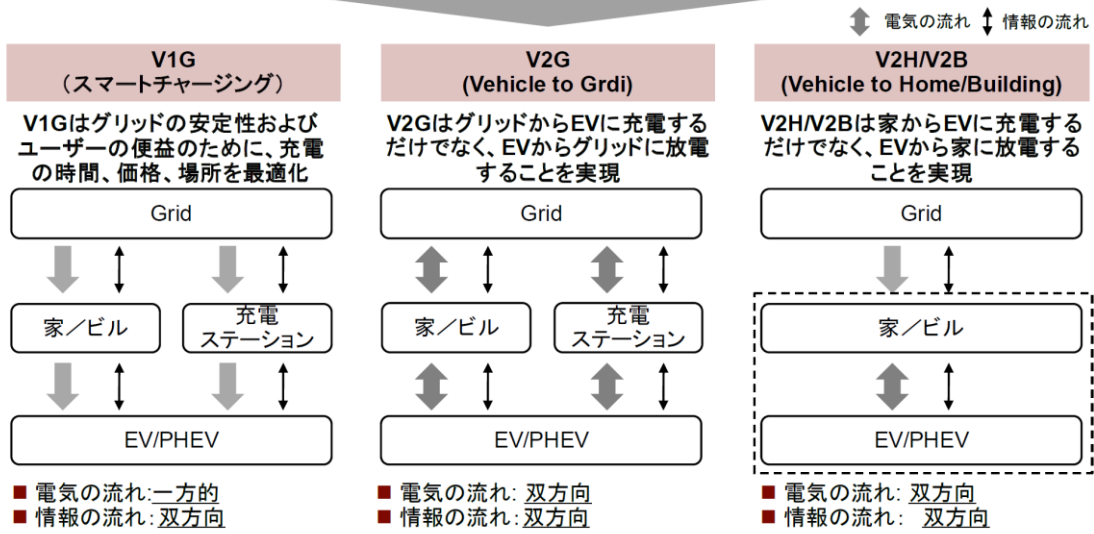


図 2-33 電動車両の活用のイメージ

出所) 平成 22 年度中小企業支援調査(電気自動車・V2G を巡る各国の動向に関する調査) 調査報告書

b. 対策活用の動向

スマートチャージングや V2G、V2H/V2B に関わる実証試験は、先述の「次世代エネルギー・社会システム実証事業」等において実施されてきたが、再生可能エネルギーへの対応というアプリケーションに応用できるような技術に関する検討としては、米国デラウェア大学の研究が有名である。デラウェア大学の研究「A Test of Vehicle-to-Grid (V2G) for Energy Storage and Frequency Regulation in the PJM System」では、PJM の Regulation 市場(周波数調整市場)において、PJM から各発電機に対して送られる制御信号である「AGC (Automatic Generation Control)」を電気自動車が受け取り、その信号通りに制御を行うという実証試験が行われている(図 2-34)。また、同大学の他の研究では、V2G を風力発電の出力変動対策として活用するためのフィージビリティスタディを行っている²⁸。

²⁸ 例えば、以下のペーパーなどにこの研究成果がまとめられている。

<http://www.udel.edu/V2G/docs/KemptonDhanju06-V2G-Wind.pdf>

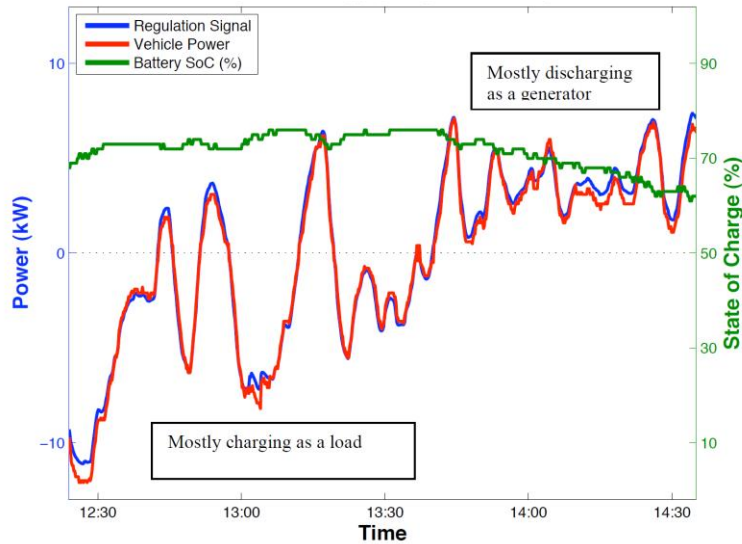


図 2-34 デラウェア大学の V2G に関する研究の成果例

出所) A Test of Vehicle-to-Grid (V2G) for Energy Storage and Frequency Regulation in the PJM System

c. 特徴と課題

以上のような電気車両の活用については、先述の「自動制御によるデマンドレスポンス」の項に示した課題が同様に存在する。

特に電気自動車の場合、移動体であるため、常に充電器に接続されていないという点に留意が必要であり、再生可能エネルギーのイベント時に、どの程度の電気自動車を利用可能か、逆にデマンドレスポンスの適用が車両としての効用を落とさないか、さらには、充放電によるバッテリーの劣化の技術的、制度的対応という点などについて、今後更なる検討が必要となってくるであろう。

また、再生可能エネルギーに対して有効な対策オプションとして位置付けられるためには、ある程度の電気自動車の普及が行われていなければならない。今後の普及の進展具合にも注目していく必要がある。

4) 需要家側エネルギー貯蔵（蓄電池）の活用

a. 概要

電力システム側が蓄電池などのエネルギー貯蔵を導入するという再生可能エネルギー需給対策オプションについては既に「(1)4 系統側エネルギー貯蔵の導入」において述べたが、一方で需要家側にエネルギー貯蔵を導入する選択肢もある。近年、HEMS を備えたスマートハウス、もしくは BEMS を備えたビル等において、エネルギー貯蔵を搭載したソリューションが市場投入される事例が出てきており（図 2-35）、需要家が自身のエネルギーマネジメントのためにエネルギー貯蔵を導入するという考え方も広まりつつある。

米国 TESLA 社が発表した「Power Wall²⁹」は、5 万円/kWh という低価格の水準であり、このような低価格のエネルギー貯蔵装置が今後市場に浸透すれば、需要家のエネルギー貯

²⁹ <https://www.teslamotors.com/jp/powerwall>

蔵利用に対するハードルを下げるのが予想される。

これらの需要側でのエネルギー貯蔵は、需要家が、自身のエネルギーマネジメントのために導入するものであり、自身の電気料金の最適化や、停電時のエネルギー供給継続などの、需要家自身にとって利益となる利用のために導入されているものである。これらのエネルギー貯蔵を、再生可能エネルギーの電力需給対策に利用できれば、有効なソリューションとなりうるであろう。

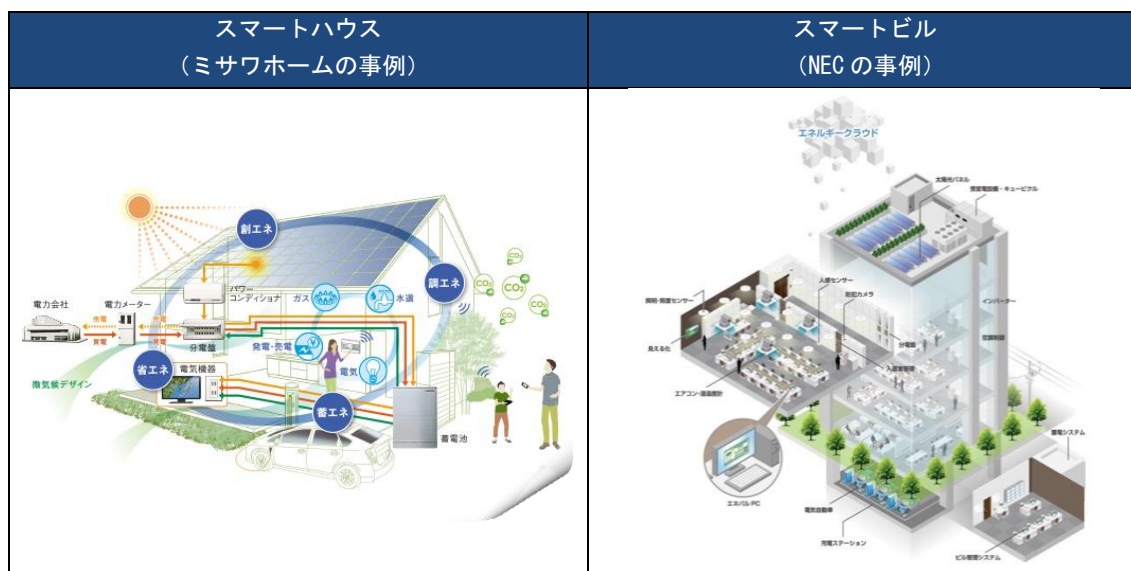


図 2-35 需要側エネルギー貯蔵導入の事例

出所) ミサワホームホームページ (<http://www.misawa.co.jp/smarthouse/tokuyou/index.html>)、及び
NEC ホームページ (<http://jpn.nec.com/energy/building.html>)

b. 特徴と課題

需要側でのエネルギー貯蔵のコンセプトは、これまでも提唱されてきた考え方³⁰であるが、先の通り、需要家がエネルギー貯蔵を導入するのは、需要家にとってメリットがある場合のみである。この点について、需要家を含めた各ステークホルダに対してメリットのある形で、再生可能エネルギー対策として需要側エネルギー貯蔵を有効に活用するために、「リソースアグリゲーション」というビジネスモデルが検討されている(図 2-36)³¹。このモデルは今後も引き続き検討されていくことが想定されるが、需要側エネルギー貯蔵の活用のためには、明確なインセンティブ付けを需要家に対して行うための市場設計や、ビジネススキームを入念に検討する必要がある。

³⁰ 例えば、資源エネルギー庁の「次世代送配電ネットワーク研究会」においても、このような方法が一つのオプションとしてありうるということが明記されている。

³¹ COCN : 「ゼロエミッションの実現を目指すリソースアグリゲーター」

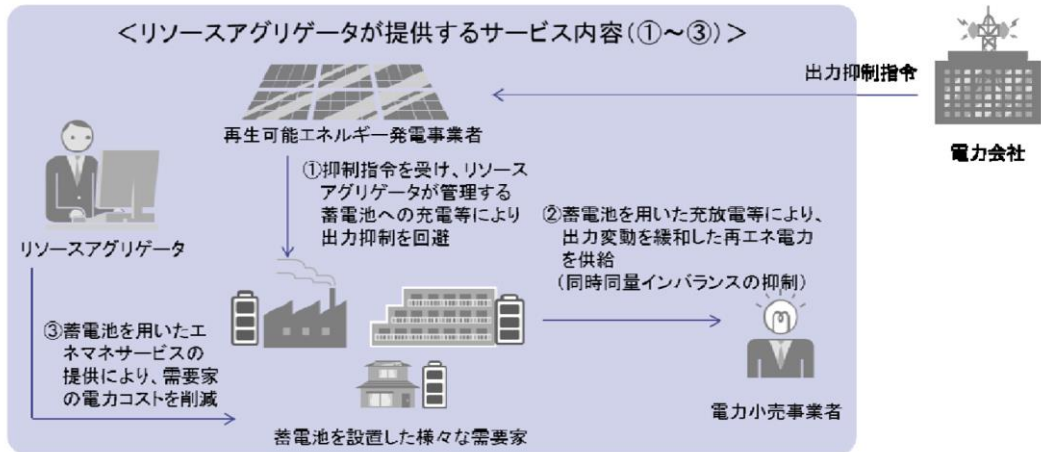


図 2-36 リソースアグリゲーションのビジネススキーム

出所) COCN : 「ゼロエミッションの実現を目指すリソースアグリゲーター」

5) 水素エネルギー貯蔵

a. 特徴

上記のエネルギー貯蔵に関連して、再生可能エネルギーの有効利用のために、一度水素として貯蔵を行うというシステムが近年注目されている。太陽光発電や風力発電で発電した電気を用い、水を電気分解することで発生させた水素をタンクに貯蔵し、水素エネルギーとして利用するというこのコンセプトは、「Power to Gas」と呼ばれており、欧州のドイツやデンマーク等においても実証試験や研究が進められているところである (図 2-37)。

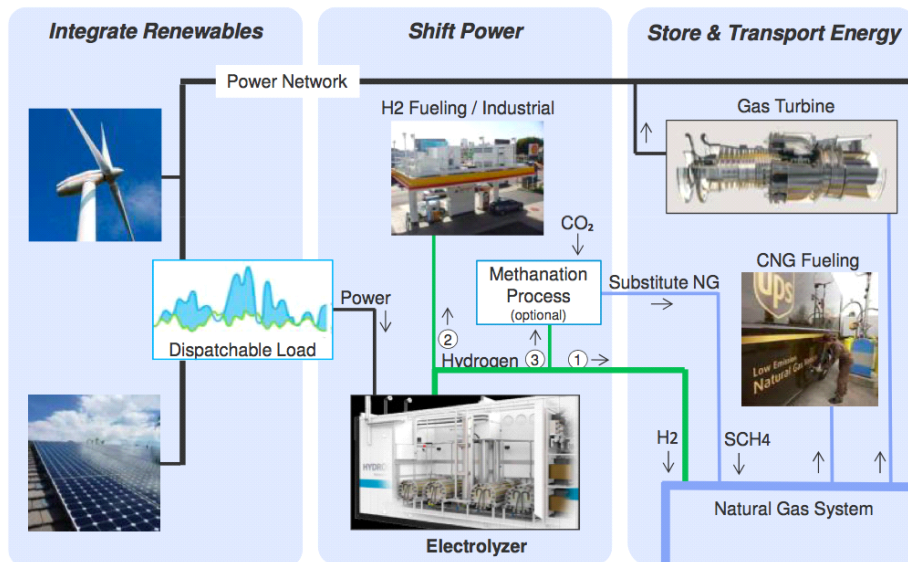


図 2-37 Power to Gas のコンセプト

出所) Smeets, Filip. "Advances in hydrogen water electrolysis for renewable energy storage applications"

b. 対策活用の動向

我が国においても、東芝が再生可能エネルギーと水素を用いた自立型エネルギー供給システム「H₂One™」を提供している（図 2-38）。当該システムは、平常時は通常の電力供給、緊急時は非常用電源という利用シーンが想定されたものであるが、今後再生可能エネルギーの出力マネジメントといったアプリケーションへの活用が期待されている。

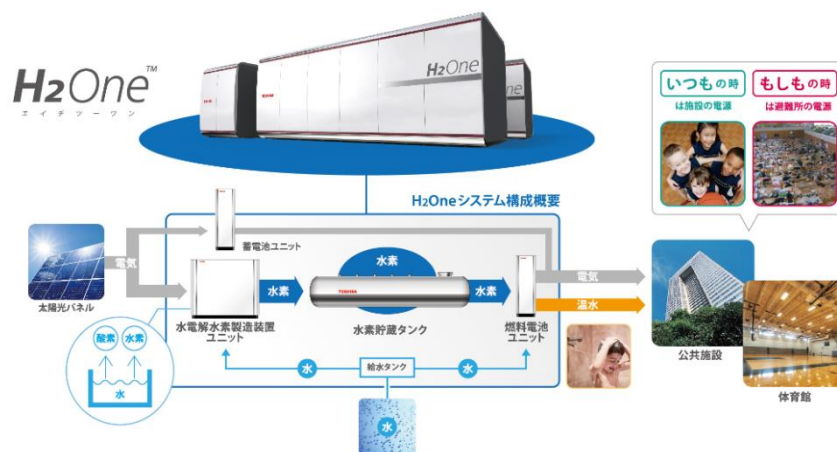


図 2-38 東芝の H₂One™

出所) 東芝プレスリリース (http://www.toshiba.co.jp/about/press/2015_04/pr_j2002.htm)

c. 特徴と課題

水素エネルギーの利活用は、水素自動車を始めとして、様々検討がなされている状況にあるが、課題としては、まず再生可能エネルギーの発電電力を一旦水素に変換し、水素として利用するために、エネルギーの損失が大きいこと、および製造、貯蔵設備の資本費が大きく、現状では経済的にペイしないことが挙げられる。将来、(2) 1) 「太陽光発電の出力制御」に示したような再生可能エネルギーの出力制御（特に出力抑制）が大量に行われるようなケースを想定した際、本来抑制されてしまう再生可能エネルギー発電電力を水素エネルギーとして貯蔵するというシナリオが考えられるが、本報告書に示される他の再生可能エネルギー電力需給対策オプションが講じられ、必要となる抑制量が削減される間は、水素エネルギー貯蔵設備は稼働率が低く経済性が成立しないことにも留意が必要である。

その他、エネルギー貯蔵同様、ラウンドトリップの損失低減や、高コストへの対処、有効に利用するための水素エネルギーインフラの構築等、様々な課題に対し、将来にかけて、課題を整理し、解決に向けた検討が望まれる。

2.1.3 対策オプションの整理からの示唆

ここまでに、再生可能エネルギーに起因する電力需給問題の対策オプションとして考えられてきている技術について、その特徴などを整理してきた。これらはいずれも、今後の再生可能エネルギーの電力需給対策のために研究開発、実証試験や実展開が進められているところである。それぞれ今後の展開に向けた課題が存在しており、その課題解決に向けた取組を引き続き行っていくことにより、再生可能エネルギーの電力需給問題の解決に資することが期待されるが、これらの対策オプションを俯瞰することで、以下のような示唆が得られる。

(1) ベースオプションと補償オプション

今後の対応に当たっては、これまでに述べたオプションを部分的に選択するのではなく、社会の便益が最大化される形で、再生可能エネルギー導入の進展に伴う諸課題を見越してこれらのオプションを組み合わせて適用することが必要となってくる。

「再生可能エネルギー出力の予測技術」、「広域運用による出力平滑化」³²の2つは、再生可能エネルギー対応としての調整力の絶対量を低減させる技術であるという点に着目すれば、再生可能エネルギーの電力需給対策オプション上のベースとなるものであると言える。従って、これら2つのオプションを「ベースオプション」と呼ぶこととする。一方で、他のオプション（エネルギー貯蔵や需要側の取り組みなど）は、上記のベースオプションによる対策を講じてもおこぼる需給インバランスを補償する技術として、「補償オプション」と呼ぶことができる。「再生可能エネルギーの出力制御」は、インバランス発生見込み時に抑制を行うというからは補償オプションに区分されるが、同時に再生可能エネルギーの出力変動そのものを減らす効果があるという意味で、ベースオプションの性質も有する。

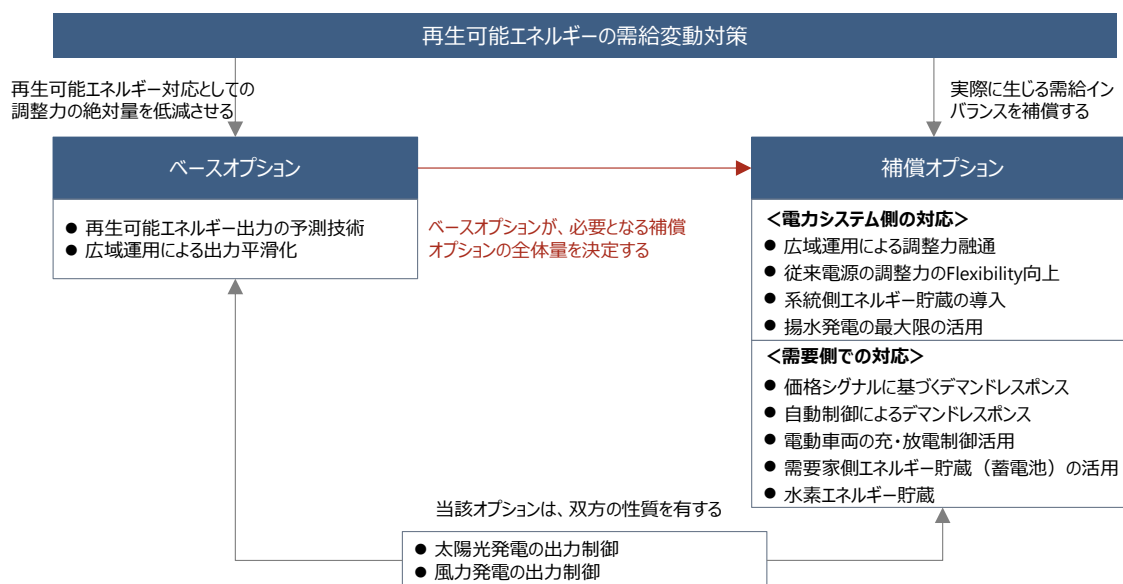


図 2-39 ベースオプションと補償オプション

³² 2.1.2(1)2) のオプションの整理では、「出力平滑化及び調整力融通」という整理を行っているが、ベースオプションに該当するのは、このうち出力平滑化であり、調整力融通は補償オプションに区分される。

ベースオプションは、再生可能エネルギー対応としての調整力の絶対量を低減させるため、社会全体としてのコスト最適化に寄与する技術である。それぞれの項目において示した通り、電力会社や研究機関、メーカー等のステークホルダが、目下これらの技術の更なるブラッシュアップに努めているが、今後も継続して技術開発を行っていくことが望まれる技術であると言える。

しかし、「再生可能エネルギーの出力予測」は、予測誤差が完全になくなることはなく、また、予測精度が向上したとしても、再生可能エネルギーの出力変動には依然として対応する必要がある。「広域運用による出力平滑化」も変動が全て平滑化されるわけではない。「再生可能エネルギーの出力制御」についても、頻繁且つ大量に出力を抑制することは、電力市場における混乱をもたらすであろう。つまり、それぞれのベースオプションについて十分に検討を行い、最大限これらを利用することを想定しても、再生可能エネルギーによる電力需給の課題は完全にはなくなるならない。再生可能エネルギーの導入が、将来にかけて拡大していくにつれ、その課題は拡大していき、ベースオプションに加えて、補償オプションを活用する必要性が生じると考えられる。

(2) デマンドレスポンスを始めとする需要側取組の位置づけ

図 2-39 に示される通り、電力システム全体としてどの程度の調整力を保有するべきかは、ベースオプションによる対策を講じてもなお残る需給インバランスによって決定される。この全体の調整力のうち、どのオプションがどの程度担うかという点については、表 2-10 に示すそれぞれの補償オプションの特徴に鑑み他、技術成熟度やコスト、利用可能量、社会制度やビジネススキームなどの多面的な検討を行っていくことが必要である。

表 2-10 各補償オプションの特徴

区分	補償オプション	担うことが適切だと考えられる時間領域		特徴
		短周期	長周期	
電力システム側の対応	従来電源の調整力の Flexibility 向上	←————→		<ul style="list-style-type: none"> ● Flexibility が増すことにより、短周期から長周期の対応が可能となる ● 効率に留意する必要がある
	系統側エネルギー貯蔵の導入	←————→		<ul style="list-style-type: none"> ● 技術的に利用可能性が高まりつつある ● コストや、充放電ロス発生その他、大容量については設置個所の検討が必要
	揚水発電の最大限の活用	←————→		<ul style="list-style-type: none"> ● 大規模なエネルギー貯蔵であり、古くから利活用されている ● 新たな発電所建設は難しく、ピークシフト対応などの協調が必要
再生可能エネルギーの出力制御 (太陽光発電・風力発電)		←————→		<ul style="list-style-type: none"> ● 短周期から長周期まで幅広く、柔軟に対応できることが期待される ● 頻繁且つ大量の出力抑制は好ましくなく、一定程度の利用に限定される
需要側での対応	価格シグナルに基づくデマンドレスポンス	←————→		<ul style="list-style-type: none"> ● インシャルコストという観点では最も優れる方法である可能性が高い ● 人のマニュアル行動に依存するために、不履行リスクが大きい
	自動制御によるデマンドレスポンス	←————→		<ul style="list-style-type: none"> ● マニュアルに比べて確実性が高く、ヒートポンプ等の有効な機器が存在する ● 常に発動できるか、需要家の利便性を損なわないかなどの検討が必要
	電動車両の充・放電制御活用	←————→		<ul style="list-style-type: none"> ● マニュアルのデマンドレスポンスに比べて確実性が高い ● 常に電力システムに連系しているわけではない
	需要家側エネルギー貯蔵 (蓄電池) の活用	←————→		<ul style="list-style-type: none"> ● インシャルコストは需要家負担のとなる可能性が高い ● 充放電ロス等の他、ビジネススキームを検討する必要がある
	水素エネルギー貯蔵	←————→		<ul style="list-style-type: none"> ● 未来のエネルギーとして期待されているところである ● 経済性に難点の他、貯蔵によるエネルギー損失、インフラが課題である

ここで、先に示したベースオプションについて、「再生可能エネルギーの出力予測技術」は、常に一定の範囲内の予測誤差に収まるというわけではなく、時には予測が大きく外れる可能性がある。このようなベースオプション上のリスクに対処するために、電力システムとしてはある程度の余裕をみた調整力の保有を行う必要がある。上記のような緊急時対応として用意しておく調整力については、電力システムの供給側で設備として常に全量を確保しておくよりは、デマンドレスポンスなどを始めとする需要側リソースを活用することで、社会全体のコストは最小化される可能性がある。これに対し、緊急時には信頼度の高い補償オプションで対応すべきという考え方もあるが、需要側の対応を再生可能エネルギーの需給対策オプションにうまく組み込むことができれば、社会全体として最適なポートフォリオを組める可能性がある。

そのため、再生可能エネルギーの電力需給対策として、デマンドレスポンスなどの需要側の取組を統合していくことについて、今後詳細な検討を行っていくことが重要であると考えられるが、一方でこのようなリソースを対策として組み込むためには、各項目において示したような課題（特に「自動制御によるデマンドレスポンス」の項目を参照）が挙げられる。この点について、デマンドレスポンスなどの市場統合がいち早く進んでいる米国におけるステークホルダの視点を収集するために、本調査では米国現地訪問調査を実施している。次節では、その結果を示している。

2.2 米国の電力市場における需給対策

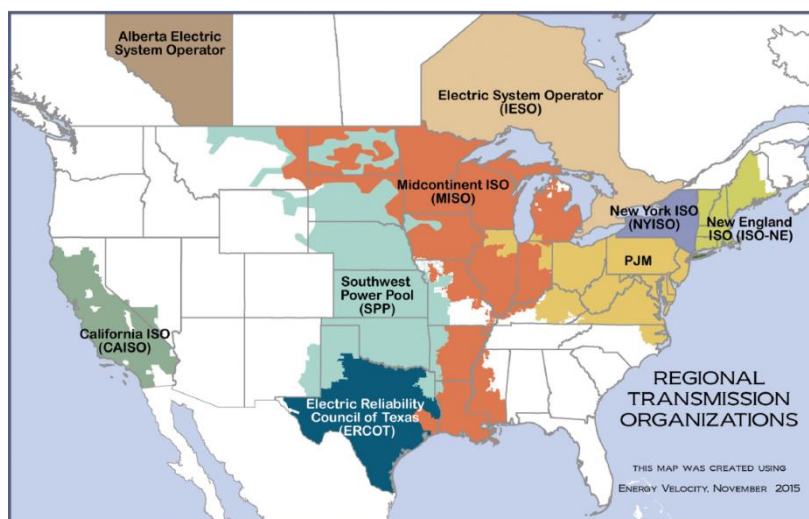
2.2.1 電力市場の概要とデマンドレスポンスプログラム

(1) 電力市場の概要

米国では、1992年のエネルギー政策法施行による卸電力市場の自由化及び米国連邦エネルギー規制委員会（FERC）のオーダー888による系統へのオープンアクセス化を背景に、独立系統運営機関（以下、ISO）が設立され、卸電力市場参加者による発電分野の競争が促進された。

こうした流れの中で、米国では系統を所有する事業者グループにより複数のISOが設立され、更にFERCオーダー2000において電力会社の広域系統運用機関（以下、RTO）への加入が推進された。

現在、米国の電力システムは、地理的にみると過半数が伝統的な市場構造（垂直統合型）で運用されている。他方、電力負荷で見ると3分の2がISO/RTO地域で提供されている³³。



出所) FERC³⁴

図 2-40 北米における ISO/RTO

米国の卸電力市場は、相対取引をベースとする市場と、ISO または RTO によって組織的な運用がされている市場に大別される。

相対取引をベースとする卸電力市場は Southeast、Southwest 及び Northeast において運営されている（図 2-40 参照）。これら地域の電力システムは電力会社が発電、系統及び発送電システムを運営する垂直統合型であり、産業分野の大口需要家が相対及び電力プール契約で取引を行う。

北米電力信頼度協議会（NERC）が管轄する北米地域（米国及びカナダ）では、9社のISO/RTOが存在する（図 2-40）。ISO/RTOは系統の運用及び系統の公平性確保とそのため先進的なサービスの開発を担う機関である。ISO/RTOが提供しているサービスと運営する

³³ <http://www.ferc.gov/market-oversight/mkt-electric/overview.asp>

³⁴ <https://www.ferc.gov/industries/electric/indus-act/rto/elec-ovr-rto-map.pdf>

卸電力市場との関係を下表に示す（表 2-11）。

表 2-11 北米 ISO/RTO における卸電力市場の構造

サービス	市場	機能
エネルギー市場	前日エネルギー市場 (Day-Ahead Energy Market)	1 日前価格において前日時点で取引量を確定させる機能を担う。
	リアルタイムエネルギー市場 (Real-Time Energy Market)	前日市場や相対取引における計画量と、当日の実際の需要電力量との差分を調整する機能を担う。
アンシラリー・サービス市場	周波数調整市場 (Regulation)	変動調整としての数秒の応答を担う。
	瞬動予備力市場 (Spinning Reserves)	緊急時における数分間の対応を担う。
	運転予備力市場 (Non-spinning Reserves)	緊急時における約 10 分以内の応答を担う。
容量市場 (Capacity Market)		発電容量確保の機能を担う。
金融的送電権市場 (Financial Transmission Rights Market)		送電混雑料金の負担に係るリスクをヘッジする機能を担う。

出所) NREL³⁵等資料より作成

1) エネルギー市場

エネルギー市場には、需給日の前日に確定する需給計画に沿って電力の取引を行う前日市場 (Day-Ahead Energy Market) と、需給のインバランスを調整するために ISO/RTO が電力供給の 1 時間前等に出す給電指令に基づき取引を行うリアルタイム市場 (Real-Time Energy Market) がある。系統の制約を考慮した経済負荷配分に基づき地点間限界価格 (LMP : Locational Marginal Price) が算出され、kWh 単位での取引やインバランスの清算が行われる。

2) アンシラリー・サービス市場

アンシラリー・サービス市場とは、系統システムの電圧及び周波数の安定性を確保するために、供給の増加もしくは削減のための能力を ISO/RTO が調達する市場である。アンシラリー・サービス市場において提供されるプログラムの具体的な定義や内容は、一般的には NERC や、西部電力調整委員会 (Western Electricity Coordinating Council) 等の地域の Coordinating Council が定める信頼性基準に基づき決定される³⁶。

ISO/RTO がアンシラリー市場において展開するサービスはシグナルへの応答時間に応じて以下のように分類される。

- 周波数調整サービス (Frequency regulation service) : 電力システムの負荷にお

³⁵ <http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/61765.pdf>

³⁶ Argonne National Laboratory ‘Survey of U.S. Ancillary Services Markets’ January 2016

(<http://www.ipd.anl.gov/anlpubs/2016/01/124217.pdf>)。米国エネルギー省 (DOE) の助成を受け Argonne National Laboratory が行った調査。

けるランダムな変動の調整を目的として、ISO/RTO のシグナルに対し即時（数秒程度）の応答が求められるサービス。

- 瞬動予備力サービス（Spinning reserve service）：大規模発電事業者や送電線のロス等の緊急時の最初の数分間において、需給のインバランス解消のために需要抑制を行うサービス。
- 運用予備力サービス（Non-Spinning reserve）：瞬動予備力電源の代替もしくは補完を目的に 10 分以内で応答するサービス。

なおエネルギー市場及びアンシラリー・サービス市場での落札は相互に独立しているものの、発電事業者はそれぞれに配分したキャパシティが重複しない限りにおいて、相互に補完することが認められている。

米国の ISO/RTO が提供するアンシラリー・サービスの種類と名称を表 2-12 に示す。

表 2-12 米国 ISO/RTO が提供するアンシラリー・サービス

ISO/RTO	周波数調整	瞬動予備力	運用予備力
CAISO	Regulation-up、Regulation-down, Regulation Mileage-up Regulation Mileage-down	Spinning	Non-Spinning
ERCOT	Regulation-up Regulation-down	Responsive	Non-Spinning
ISO-NE	Regulation	Ten-minute Synchronized	Ten-minute Non-synchronized Thirty-minute Operating
MISO	Regulation	Spinning	Supplemental
NYISO	Regulation	Ten-minute Spinning Thirty-minute Spinning	Ten-minute Non-synchronized Thirty-minute Non-synchronized
PJM	Regulation	Synchronized	Primary
SPP	Regulation-up Regulation-down	Spinning	Supplemental

出所) Argonne National Laboratory ‘Survey of U.S. Ancillary Services Markets’ January 2016

3) 容量市場

容量市場とは、ISO/RTO が、システムの信頼性を（場合によっては向こう数年間にわたって）担保するために、入札によって十分なキャパシティを確保することを目的とした市場である。

システム運営者である ISO/RTO が想定される将来のピーク需要を満たす容量の入札を行う。ピーク時間帯への対応に合意した電源等のリソースは、市場ベースの報酬を受け取り、更に決済時には入札時の価格（US ドル/MW 日、US ドル/kW 月等）で報酬を得る。

4) 金融的送電権市場

金融的送電権市場とは、卸電力市場参加者が系統混雑時に地点間限界価格（LMP）に上乗せして発生する混雑料金の負担をヘッジする送電権³⁷を売買する市場である。参加者は市場において事前にこの権利を取得しておくことで、実際に混雑料金が発生した際に、権利を行使すれば、混雑料金の支払いを回避もしくは負担を軽減することができる。

(2) デマンドレスポンスプログラムの概要

デマンドレスポンス（以下、DR）は、一時的な電力需要のシフトもしくはピーク時需要の抑制によって需要家側の柔軟性を高めることで、わずかな時間の需要を満たすためだけに発生するエネルギー調達コストや設備投資を回避する手段として開発されてきた。

米国では1970年代に中央空調機器の普及を一つのきっかけとして、DRの活用が検討され始めた。当初は、電力会社が提供する時間帯料金等の多様な料金体系や需要抑制への協力に対するインセンティブプログラム等が中心であったが³⁸、その後ISO/RTOの運営する卸電力市場においてDRサービスは多様化していった。

各ISO/RTOにおけるDRプログラムの実施状況の概要を表2-13に示す。なお実際に各ISO/RTOにより提供されるプログラムには、参加可能なDR資源の規模、提供する時間帯、抑制量等の点で多少の違いはある。

³⁷ PJMの場合、市場参加者が送電権を得るために次の4通りの手段を用意している：①長期（1～3年間）の送電権を取得するための入札、②1年間の送電権を取得するための入札、③1か月間の送電権を取得するための入札、及び④他の市場参加者との相対取引。（出所）PJM Market, Jan.2016

³⁸ Synapse Energy Economics, Inc "Demand Response as a Power System Resource – Program Designs, Performance, and Lessons Learned in the United States", May 2013

表 2-13 米国の ISO/RTO における DR プログラムの実施状況 (2013 年時点)

DR プログラムの名称	サービス種類
CAISO (California Independent System Operator)	
Proxy Demand Resource Product	エネルギー
Proxy Demand Resource Product	アンシラリー (Reserve)
ERCOT (Electric Reliability Council of Texas)	
Emergency Response Service -10 分	キャパシティ
Emergency Response Service - 30 minutes	キャパシティ
ERS-10 or ERS-30 (different type of resource)	キャパシティ
Non-Controllable Load Resources providing Responsive Reserve Service - Under Frequency Relay Type	アンシラリー (Reserve)
Controllable Load Resources providing Responsive Reserve Service	アンシラリー (Reserve)
Controllable Load Resources providing Non-Spinning Reserve Service	アンシラリー (Reserve)
Controllable Load Resources providing Regulation Service	アンシラリー (Regulation)
Controllable Load Resources providing Energy via SCED Dispatch	エネルギー
ISO-NE (New England ISO)	
Real Time Demand Response Resource	キャパシティ
FCM: On-Peak Demand Resources	キャパシティ
FCM: Seasonal Peak Demand Resources	キャパシティ
Real Time Emergency Generation Resource	キャパシティ
Dispatchable Asset Related Demand	アンシラリー (Reserve)
Transitional Price Responsive Demand	エネルギー
MISO (Midcontinent ISO)	
Demand Response Resource Type I (Energy)	エネルギー
Demand Response Resource Type-I (Reserve)	アンシラリー (Reserve)
Demand Response Resource Type II (Energy)	エネルギー
Demand Response Resource Type-II (Reserve)	アンシラリー (Reserve)
Demand Response Resource Type-II (Regulation)	アンシラリー (Regulation)
Emergency Demand Response	エネルギー
Load Modifying Resource	キャパシティ
NYISO (New York ISO)	
Day-Ahead Demand Response Program	エネルギー
DSASP-10 : Demand Side Ancillary Services Program	アンシラリー (Reserve)
DSASP-30 : Demand Side Ancillary Services Program	アンシラリー (Reserve)
DSASP-Reg : Demand Side Ancillary Services Program	アンシラリー (Regulation)
Emergency Demand Response Program	エネルギー
Installed Capacity Special Case Resources (Capacity Component)	キャパシティ+エネルギー
PJM (Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection)	
Economic Load Response (Energy)	エネルギー
Economic Load Response (Synchronized Reserve)	アンシラリー (Reserve)
Economic Load Response (Day Ahead Scheduling Reserve)	アンシラリー (Reserve)
Economic Load Response (Regulation)	アンシラリー (Regulation)
Emergency Load Response -Energy Only	エネルギー
Full Emergency Load Response (Limited DR - Capacity Component)	キャパシティ
Full Emergency Load Response (Extended Summer DR - Capacity Component)	キャパシティ
Full Emergency Load Response (Annual DR - Capacity Component)	キャパシティ
Full Emergency Load Response (Energy Component)	エネルギー
SPP (South West Power Pool)	
Demand Resource Load	エネルギー
Controllable Load for Reserve	アンシラリー (Reserve)
Controllable Load for Regulation	アンシラリー (Regulation)

出所) IRC,2013 North American Demand Response Characteristics Comparison

(3) DR の需要抑制ポテンシャル

米国内の IST/RTO における 2013 年及び 2014 年の DR プログラムの需要抑制ポテンシャルとピーク需要を表 2-14 に示す。

全体での 2014 年の需要抑制ポテンシャルは前年から 0.5%程度増加し 28,934MW であり、ピーク時の需要に対する割合は 6.2%であった。2009 年以降、卸電力市場における DR の需要抑制ポテンシャルは 6%程度増加したが、ピーク時の需要の増加も同程度であったため、需要に対する抑制ポテンシャルの割合に大きな変化はなかった。

地域別にみると、DR への参加は ISO/RTO7 社の内、5 社 (CAISO、ERCOT、ISO-NE、MISO 及び PJM) で増加した。増加幅が最も大きかったのは MISO (前年比+560MW) で、次いで PJM (同+500MW) となっている。

表 2-14 米国 ISO/RTO の DR プログラムでの需要抑制ポテンシャル (2013-2014 年)

ISO/RTO	2013 年		2014 年	
	MW ^(注1)	% ^(注2)	MW ^(注1)	% ^(注2)
CAISO (California Independent System Operator)	2,180	4.8	2,316	5.1
ERCOT (Electric Reliability Council of Texas)	1,950	2.9	2,100	3.2
ISO-NE (New England ISO)	2,100	7.7	2,487	10.1
MISO (Midcontinent ISO)	9,797	10.2	10,356	9.0
NYISO (New York ISO)	1,307	3.8	1,211	4.1
PJM (Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection)	9,901	6.3	10,416	7.4
SPP (South West Power Pool)	1,563	3.5	48	0.1
合計	28,798	6.1	28,934	6.2

(注1) 容量市場。PJM の場合、負荷応答プログラムの 2012-2013 年分入札への active participant の総量である。2013 年の場合、具体的には緊急時 DR³⁹に登録している容量と、経済的 DR と緊急時 DR の両方に登録している DR から経済的 DR⁴⁰を差し引いた容量が含まれている。

(注2) ピーク時の需要に対する割合

出所) FERC, 'Demand Response & Advanced Metering Staff Report', December 2015

なお、需要抑制ポテンシャルが最も高いのは PJM であり、この状況は比較可能なデータが公表されている 2009 年以降変わっていない。

以上を踏まえ、多様な DR プログラムを有しかつ市場規模の大きな PJM に注目し、次項では具体的な DR プログラムの実施状況を整理する。

³⁹ 緊急時負荷応答プログラム (Emergency Load Response Program) : 系統の信頼性と安定性の確保を目的とした DR プログラム。需給逼迫時に緊急の負荷調整を行う。

⁴⁰ 経済的負荷応答プログラム (Economic Load Response Program) : 従来型の発電用電源と同様の使途で、系統運用への利用を目的とした DR プログラム。

2.2.2 PJMにおけるDRプログラムの展開

(1) PJMの事業概要

PJM（正式名称はPJM Interconnection）は、1927年にペンシルバニア州とニュージャージー州の電力会社間の電力広域融通を目的として設立された。1956年にメリーランド州の電力会社2社が加わり、現在の名称へと社名が変更された。

1997年にPJMは入札による価格決定の仕組みと地点別料金（LMP）を導入した市場を開設した。更に2001年にはRTOに指定され、現在では米国北東部地域13州とワシントンDCにおける送電システムの信頼性維持及び運用、並びに卸電力市場を運営するISO/RTOとなっている。

PJMの事業規模等の概要を表2-15に示す。

表 2-15 PJMの概要

加盟事業者数（Membership）	約 940 社
発電能力	183,604MW
ピーク時需要	165,492MW
送電網	62,556 マイル
Annual Energy	837,796GWh
Annual Billings	約 500.3 億 US ドル
事業地域	13 州及びワシントン D.C.
電力供給面積	243,417 m ²
電力供給人口	61 万人

出所) PJM2014 年度アニュアルレポート⁴¹

⁴¹ <http://www.pjm.com/~media/about-pjm/newsroom/annual-reports/2014-annual-report.ashx>

(2) PJM の DR プログラム

1) PJM の卸電力市場と DR プログラムの概要

PJM が提供するエネルギー、キャパシティ及びアンシラリーの各サービスとその調達先及び DR の投入可能性を表 2-16 に示す。

表 2-16 PJM の卸電力市場と DR の投入可能性

サービス		調達先		DR の投入
エネルギー		前日市場（スポット市場、Day-ahead market）		○
		リアルタイム市場（Real time market）		○
キャパシティ		容量市場（Capacity market）		○
アンシラリー	一次 （Primary）	瞬動予備力 （Synchronized）	ティア 1	○
			ティア 2 市場	○
		運転予備力市場（Non-synchronized market）		×
	二次 （Secondary）	前日計画予備力 DASR（Day ahead scheduling reserve）		○
	周波数調整 （Regulation）	周波数調整市場	RegA	○
	RegD		○	

出所) PJM 資料⁴²より三菱総合研究所作成

PJM では、DR 資源は DR に特化した市場があるわけではなく、発電事業者等のリソースと同じ条件で卸電力市場（エネルギー市場、容量市場及びアンシラリー・サービス市場）に参加している。これらの市場に DR が参加する際には、DR サービスプロバイダ（Curtailement Service Provider : CSP）が DR 資源を集約し、PJM のシグナルにもとづき需要抑制を行う役割を果たしている。

エネルギー市場と容量市場に参加可能な DR プログラムとして緊急時／プレ緊急時負荷応答プログラムと経済的負荷応答プログラムの 2 種類がある（表 2-17）⁴³。

- 経済的プログラム：エネルギー市場向けのプログラムで、DR 資源はエネルギー価格変動に反応する。DR プロバイダ収入の 1.0%程度（2015 年実績）を占める。
- 緊急時プログラム：容量市場向けのプログラム⁴⁴。登録された容量に対する支払いのほか、PJM のシグナルに回答した際にエネルギー価格に応じた報酬を受け取る。DR プロバイダ収入の 98.4%（2015 年実績）を占める。また緊急時プログラムに登録されている DR 容量（MW）の 65.3%は DR プロバイダ上位 4 社が占めている。

⁴² Monitoring Analytics, LLC , ‘State of the Market Report for PJM 2015’,13/10/2016

http://www.monitoringanalytics.com/reports/PJM_State_of_the_Market/2015/2015-som-pjm-volume2.pdf

⁴³ Monitoring Analytics,LLC（PJM 市場のモニタリング／評価を行っている機関）が PJM の委託により作成し、PJM のウェブサイト上で公表されている報告書（“State of the Market Report for PJM”）における分類。

⁴⁴ 緊急時プログラムには PJM がイベント発生前に回答可能な資源を対象としたプレ緊急時負荷応答プログラムも含まれる。

表 2-17 PJM のエネルギー市場及び容量市場向け DR プログラムの概要

項目	緊急時/プレ緊急時負荷応答プログラム			経済的負荷応答プログラム
	負荷管理			
市場	容量市場のみ	キャパシティ及びエネルギー市場	エネルギー市場のみ (Energy Only)	エネルギー市場のみ (Energy Only)
応答の要件	抑制義務あり	抑制義務あり	任意の抑制	任意の抑制
ペナルティ	RPM イベントもしくはテスト適合において発生	RPM イベントもしくはテスト適合において発生	適用なし	適用なし
料金	キャパシティ	RPM の決済価格にもとづく	RPM の決済価格にもとづく	適用なし
	エネルギー	支払なし	最低応答価格と LMP のいずれか高い方にもとづく支払。PJM による緊急時イベントの発動に対する義務的抑制に対し支払われる。	最低応答価格と LMP のいずれか高い方にもとづく支払。任意の抑制のみに対し支払われる。
図 2-41 の区分との関連性	Capacity		Energy Emergency	Energy Economic

2008 年から 2015 年までの PJM の市場ごとの DR プログラムでの収入を図 2-41 に示す⁴⁵。容量市場の新たな仕組みとして信頼度価格モデル (RPM) が導入された 2007 年以降は同市場が DR プログラムでの収入の大半を占めるようになってきている。

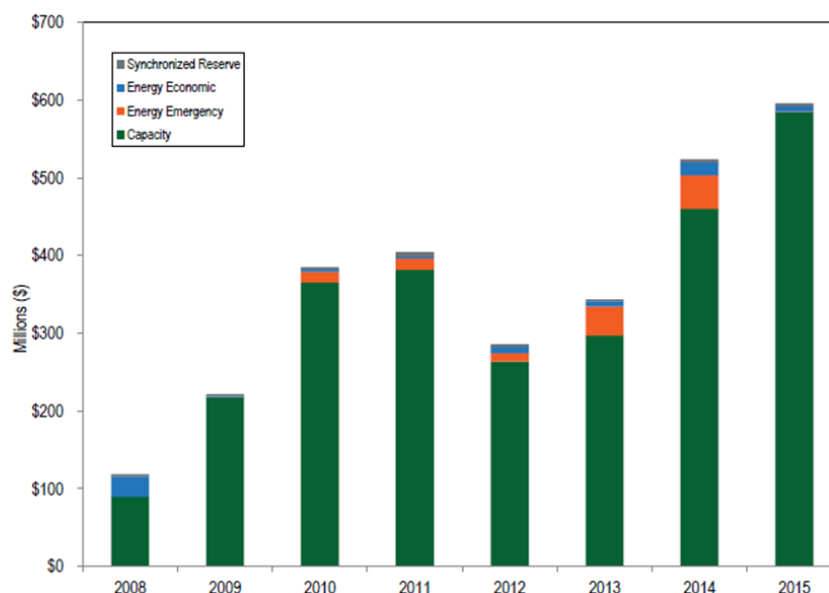


図 2-41 PJM における DR のレベニューと内訳：2008-2015 年 (1-9 月)

出所) Monitoring Analytics, LLC, State of the Market Report for PJM11.12.2015

⁴⁵ 対象となる月は 1 月から 9 月までである。

2) 各市場における DR の利用実態

a. エネルギー市場

PJM のエネルギー市場は前日市場とリアルタイムエネルギー市場の 2 つの市場で構成されている。これらの市場での取引には相対、先物、自己調達 (self-supply) をはじめ、あらゆる種類のエネルギー取引が含まれる。

前日市場及びリアルタイムエネルギー市場の価格は市場参加者にとって、PJM の他の市場の取引の参照となる重要な市場である。

PJM では、2002 年以降、DR 資源がエネルギー市場に参加している。2002 年に最初の DR プログラムが 3 年間の予定で FERC により承認され、その後、更にプログラムの有効期間が 2007 年末までの 3 年分延長された⁴⁶。これら初期の DR プログラムは電力取引価格が 75US ドル/MWh を上回った場合、DR 資源の提供者は市場価格と同額の報酬を受け取れるという仕組みであった (電力市場価格は地点別限界価格 (LMP))。他方、電力取引価格が 75US ドル/MWh を下回った場合には、含まれる発電、系統運用、送電費用相当分を割り引いた金額が適用された。

その後、PJM はエネルギー市場における報酬体系の見直しを FERC に申請し、2008 年に承認された。2008 年以降は LMP (地点別限界価格) から想定される発電費用を割り引いた金額が適用されるようになった。

この報酬体系の見直しを契機に、PJM のエネルギー市場 (前日エネルギー市場及びリアルタイムエネルギー市場) における DR 資源の参加は大幅に減少し、その後も低い水準で推移した (図 2-42 参照)。

更に 2011 年 3 月に出示された DR 資源への支払い方法を規定した FERC オーダー 745 とその後の訴訟問題もエネルギー市場への DR 資源の参加を阻む要因となっていた (表 2-19 参照)。FERC オーダー 745 は、DR 資源に対して電源同様に LMP を適用することを要請するものであるが、訴訟問題へと発展し、2014 年 5 月に高裁で無効判決が下された。その後 2016 年 1 月に、最高裁において同オーダーは FERC に付与された権限の範囲内であるとの結論が得られたところである。この最高裁判決により、エネルギー市場 (前日市場及びリアルタイム市場) に投入される DR 資源については、電源と等価に扱われていくこととなる。

⁴⁶ Synapse Energy Economics Inc., 'Demand Response as a Power System Resource – Program Designs, Performance, and Lessons Learned in the United States', May 2013

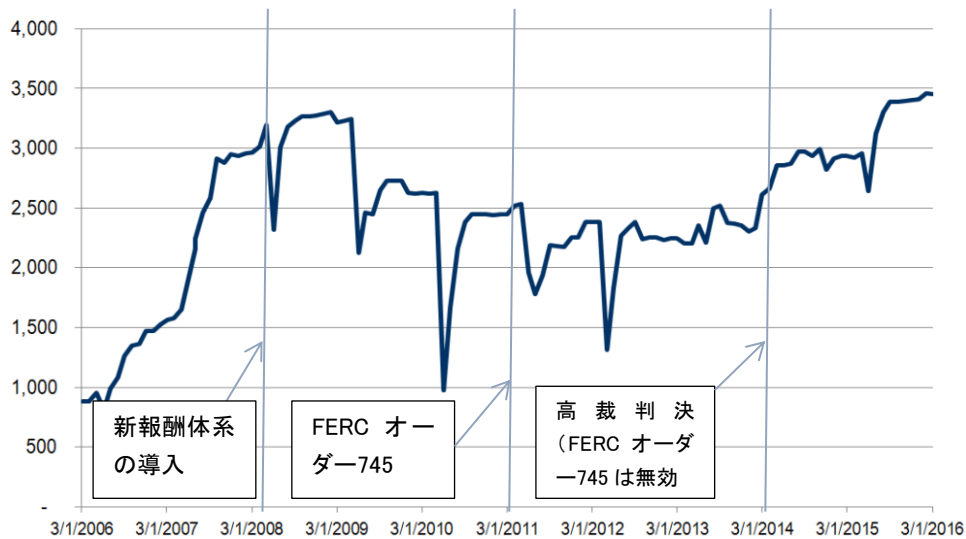


図 2-42 エネルギー市場における DR の参加状況

出所) PJM, 2015 Load Response Activity Report: January 2016

表 2-18 FERC オーダー745 を巡る動向

年月	内容
2011年3月	FERC オーダー745 を制定 (FERC は、ISO/RTO が DR 資源に対して電源同様に LMP を適用するよう要請)。
2014年5月	ワシントン DC の高等裁判所は、FERC オーダー745 は FERC に付与された権限外であるとして、同オーダーは無効と判決。
2016年1月25日	米国連邦最高裁判所はこの高裁判決の再審理を行い、FERC オーダー745 は、連邦電力法 (Federal Power Act) の下で FERC に付与された権限の範囲内であると結論。

出所) 各種資料より作成

表 2-19 PJM のエネルギー市場における Economic プログラムへの DR 登録状況（上表）とゾーンごとの参加状況（下表）

Month	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	Registrations	Registered MW	Registrations	Registered MW	Registrations	Registered MW	Registrations	Registered MW	Registrations	Registered MW	Registrations	Registered MW
Jan	1,841	2,623	1,609	2,432	1,993	2,385	841	2,314	1,180	2,325	1,078	2,960
Feb	1,842	2,624	1,612	2,435	1,995	2,384	843	2,327	1,174	2,330	1,076	2,956
Mar	1,845	2,623	1,612	2,519	1,996	2,356	788	2,284	1,185	2,692	1,075	2,949
Apr	1,849	2,587	1,611	2,534	189	1,318	970	2,346	1,194	2,827	1,076	2,938
May	1,875	2,819	1,687	3,166	371	1,669	1,375	2,414	745	2,511	980	2,846
Jun	813	1,608	1,143	1,912	803	2,347	1,302	2,144	928	2,943	871	2,614
Jul	1,192	2,159	1,228	2,062	942	2,323	1,315	2,443	1,036	3,006	870	2,609
Aug	1,616	2,398	1,987	2,194	1,013	2,373	1,299	2,527	1,080	3,033	869	2,609
Sep	1,609	2,447	1,962	2,183	1,052	2,421	1,280	2,475	1,077	2,919	867	2,608
Oct	1,606	2,444	1,954	2,179	828	2,269	1,210	2,335	1,060	2,943		
Nov	1,605	2,444	1,988	2,255	824	2,267	1,192	2,307	1,063	2,995		
Dec	1,598	2,439	1,992	2,259	846	2,283	1,192	2,311	1,071	2,923		
Avg. (Jan-Sep)	1,609	2,432	1,606	2,382	1,150	2,175	1,113	2,364	1,067	2,732	974	2,788

Zones	Credits			MWh Reductions			Credits per MWh Reduction		
	2014	2015	Percent Change	2014	2015	Percent Change	2014	2015	Percent Change
AECO, JCPL, PECO, Pepco, RECO	\$2,417,455	\$478,687	(80.2%)	9,336	4,417	(52.7%)	\$258.93	\$108.38	(58.1%)
AEP, AP	\$315,236	\$125,561	(60.2%)	3,403	1,767	(48.1%)	\$92.64	\$71.05	(23.3%)
ATSI, ComEd, DAY, DEOK, DLCO, EKPC	\$934,835	\$648,638	(30.6%)	7,933	15,491	95.3%	\$117.84	\$41.87	(64.5%)
BGE, DPL, Met-Ed, PENELEC	\$1,128,016	\$700,797	(37.9%)	10,310	17,277	67.6%	\$109.41	\$40.56	(62.9%)
Dominion	\$9,211,386	\$4,121,876	(55.3%)	74,154	50,717	(31.6%)	\$124.22	\$81.27	(34.6%)
PPL, PSEG	\$2,503,350	\$769,620	(69.3%)	16,130	11,679	(27.6%)	\$155.20	\$65.90	(57.5%)
Total	\$16,510,277	\$6,845,179	(58.5%)	121,266	101,348	(16.4%)	\$136.15	\$67.54	(50.4%)

出所) PJM 資料

b. アンシラリー・サービス市場

ア) 市場の仕組み

PJMにおいてDR資源が参加可能なアンシラリー・サービス市場は以下のとおりである。

- 前日予備力調達市場 (Day Ahead Scheduling Reserves) : PJMの指令に基づき30分以内に予備力を提供することのできるDR資源が参加可能な市場 (応答時間30分以内)。
- 運用予備力調達市場 (Synchronized Reserves Market) : 応答時間10分以内で対応できるDR資源が参加可能な市場。
- 周波数調整 (Regulation) : リアルタイム市場であり、エリアコントロールエラー (ACE) に対して、より迅速に対応するために、2012年10月以降は既存のシグナルRegAに加え、より早いシグナルのRegDが導入された。電源とDE資源ともにどちらのシグナルにも応答することができる⁴⁷。

イ) DRの参加状況

2015年にアンシラリー市場に参加したDR資源は、運用予備力調達市場 (Synchronized Reserves Market) では月平均139件(457MW)、周波数調整市場では月平均294件(16MW)であった (表2-20及び表2-21参照)。

表 2-20 運用予備力市場のDRキャパシティ (2015年)

Synch Reserves	Zone	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Locations	MAD	138	141	142	143	142	118	121	122	128	132	134	135
	Non-MAD	2	2	3	3	3	8	8	9	10	10	10	10
RTO		140	143	145	146	145	126	129	131	138	142	144	144
Average Number of Unique Participating Locations per Month:		139											
MWs	MAD	344	345	351	351	351	351	354	354	362	373	375	377
	Non-MAD	14	14	24	24	24	73	73	159	198	198	198	198
RTO		358	358	374	375	374	424	427	513	560	571	574	574
Average MWs per Month:		457											

出所) PJM,2015 Load Response Activity Report: January 2016

表 2-21 周波数調整市場のDRキャパシティ (2015年)

Regulation	Zone	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Locations	RTO	274	274	274	297	298	299	302	304	304	321	286	292
Average Number of Unique Participating Locations per Month:		294											
MWs	RTO	12	12	12	12	13	15	16	18	18	19	21	22
Average MWs per Month:		16											

出所) PJM,2015 Load Response Activity Report: January 2016

電力利用の短期の変動を調整する周波数制御市場 (Regulation Market) では、電気温水

⁴⁷電源及びDR資源の内訳としては、RegAシグナルに応答するものとして、燃焼タービン (CT)、DR、水力 (Hydro)、汽力発電 (Steam) が挙げられている。他方、RegDについては内訳は示されていない。

(出所) State of the Market Report for PJM

器、蓄電池、空調機器等のデバイスが PJM の周波数調整シグナルに応答し、需要サイドのリソースとなっている。

他方、運用予備力市場（Synchronized Reserve Market）では、生産設備（機械）や自家発電が主なリソースとなっている（図 2-43 参照）。

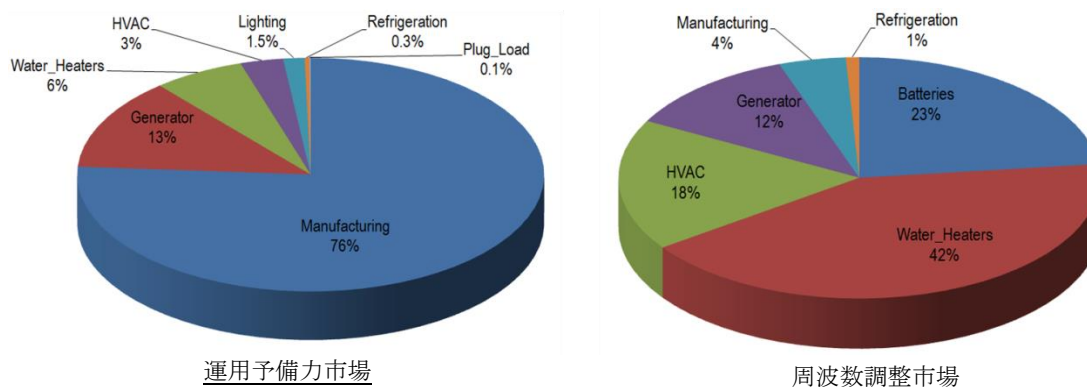


図 2-43 アンシラリー市場の DR 資源

出所) PJM,2015 Load Response Activity Report: January 2016

c. 容量市場

ア) 市場の仕組み

PJM は過去 10 年以上にわたり容量市場の運用を行っており、DR プログラムの導入にも積極的に取り組んでいる。

2007 年 6 月 1 日以降、PJM は容量市場の仕組みとして信頼度価格モデル（RPM）を採用している。RPM では、PJM が市場全体の適正予備率を決定し、すべての小売電気事業者（Load Serving Entity : LSE）に保有すべき義務量を割り当てる（需要規模×[1 + PJM が定める適正予備率]⁴⁸）。対象となるリソースには発電容量、系統の更新、負荷管理（プレ緊急時及び緊急時 DR）及び省エネの 4 種類がある。PJM は実際の運用年までに計 4 回の入札を行い、必要な容量を確保する。入札のスケジュールは、実際の運用年の 3 年前（Annual Base Auction）、20 か月前（First Incremental Auction）、10 か月前（Second Incremental Auction）及び 3 か月前（Third Incremental Auction）となっている。

RPM の入札では、最も安いものから必要量が調達され、最終的には、求められる予備力を自前の発電所や相対契約で調達できない LSE や CSP が PJM から容量を調達するため、調達コストが小売事業者に転嫁される仕組みとなっている。

<DR 資源の容量市場への参加要件>

PJM は現在、Limited DR、Extended Summer DR 及び Annual DR の 3 種類の要件（表 2-22 左 3 件）が適用されているが、2020 年以降は Base Capacity DR 及び Capacity Performance DR に変更される予定である。導入予定の要件では、ディスパッチは年間を通じて回数に上限はなく、電力供給時間は、夏季（6～10 月と 5 月）は最大 1 日 12 時間、冬

⁴⁸ LSE は割り当てられた義務量を PJM 以外から調達（自己供給もしくは相対契約）により確保することができるが、この方法を選んだ場合、最低 5 年間継続しなければならない。

期は最大 15 時間となる。

表 2-22 容量市場の DR プログラムの概要

要件	Limited DR (~2017/18)	Extended Summer DR (~2017/18)	Annual DR (~2017/18)	Base Capacity DR(2018/19・ 2019/20 のみ)	Capacity Performance DR (2020 以降)
対象期間	6~9 月までの NERC の休日 以外の平日	6~10 月、5 月	運用年であれ ばいつでも	6-9 月	運用年であれば いつでも
最大応答回数	10 回	無制限	無制限	無制限	無制限
応答時間帯	12:00~8:00pm	10am~10pm	6~10 月、5 月: 10am~10pm 11~4 月: 6am~9pm	10am~10pm	6~10 月、5 月: 10am~10pm 11~4 月: 6am~9pm
最長応答時間	6 時間	10 時間	10 時間	10 時間	6~10 月、5 月: 12 時間 11~4 月:15 時間

出所) PJM 資料

PJM では、2014 年 1 月の寒波 (“Polar Vortex”) の際に、負荷が大きく高まり、確約された容量が不足するという事態が発生した。

表 2-23 容量市場のイベントパフォーマンス

Delivery year	Event performance	Test performance
2009/10	No Events	118%
2010/11	100%	111%
2011/12	91%	107%
2012/13	104%	116%
2013/14	94%	129%
2014/15	No Events	144%
2015/16	No Events	133%

出所) PJM, 2015 Load Response Activity Report: January 2016

この事態について、PJM は次のように分析し、結論付けている⁴⁹。

- まず背景要因として、電力業界は、老朽化した多数の石炭火力発電設備を天然ガスや DR といった新たなリソースに代替するという大きな転換点に差し掛かっている。
- 電源構成が変化しているにもかかわらず、天然ガス市場及び州間のパイプライン計画と電力市場との調和はいまだ進んでいないため、PJM は利用可能な DR 資源にアクセスする緊急事態に直面することになった⁵⁰。
- 信頼性の高い電力システム運営を確保するためには、パフォーマンスへのインセンティブ強化と同時に応答しなかったことへのペナルティの強化を図り、キャパシティ商

⁴⁹ PJM, ‘Problem Statement on PJM Capacity Performance Definition’, August 1, 2014

<http://www.pjm.com/~media/documents/reports/20140801-problem-statement-on-pjm-capacity-performance-definition.ashx>

⁵⁰ この要因は発電側にあり、燃料である天然ガスの不足などから発電所の事故停止率 (outage) が 22~24%へと増加した (通常同時期の事故停止率は 7~10%)。天然ガスの不足はその際、緊急の DR を実施し、DR の規模は過去最大の 9,000MW となった。応答義務のない冬季であったにもかかわらず、1 回あたり数千 MW の DR 資源が応答した。PJM ヒアリングより。

品の定義を一層明確化する必要がある。

PJMはこの事態の分析を行ったうえで、DR資源だけでなく、発電設備も含む容量市場における市場参加者全体のパフォーマンス要件（ディスインセンティブの強化を含む）の見直しを行った。

- パフォーマンス要件：
 - キャパシティ・パフォーマンスへのコミットメントを有するすべての電源を対象に、non-emergencyとして前日エネルギー市場で提供可能なUCAP（電源の計画外停止率等を考慮した実効容量：Unforced Capacity）を少なくともキャパシティ・パフォーマンスへのコミットメントと同量提供しなければならない。
 - キャパシティ・パフォーマンスプロダクトは、電力システムの信頼性を確保するための電源を年間を通して提供できるようにしなければならない。
- ペナルティ要件：
 - シグナルに対し応答しなかった（パフォーマンスを出さなかった）際のペナルティの計算方法を明確化した（図 2-44）。

$$\text{Hourly Non-Performance Penalty} = \frac{\text{Non-Shortage Hours (Net CONE * 365 days)}}{350 \text{ hours}} + \text{Shortage Hours (\$2,700)}$$

注) Net CONE: 正味新規参入コスト

図 2-44 ペナルティの計算方法

- ペナルティの適用が除外されるのは、PJMのシステムへとつながる送配電設備に不具合が発生した場合、及びPJM側の都合による場合のみである。

イ) DRの参加状況

PJMの容量市場におけるDR資源の参加状況は増加傾向にあるものの、レベニュー全体に占めるDRの比率は6%弱に過ぎない（図 2-45 及び図 2-46）。

他方、価格の推移をみると、PJMの容量市場は価格変動が大きく、こうした流動的な市場を担保に巨額の設備投資費用を伴う投資も難しい状況にある（図 2-47）。これは設備投資の必要性が比較的低いDR資源には市場参加のインセンティブとなることから、DRの容量の着実な増加につながっていると考えられる。

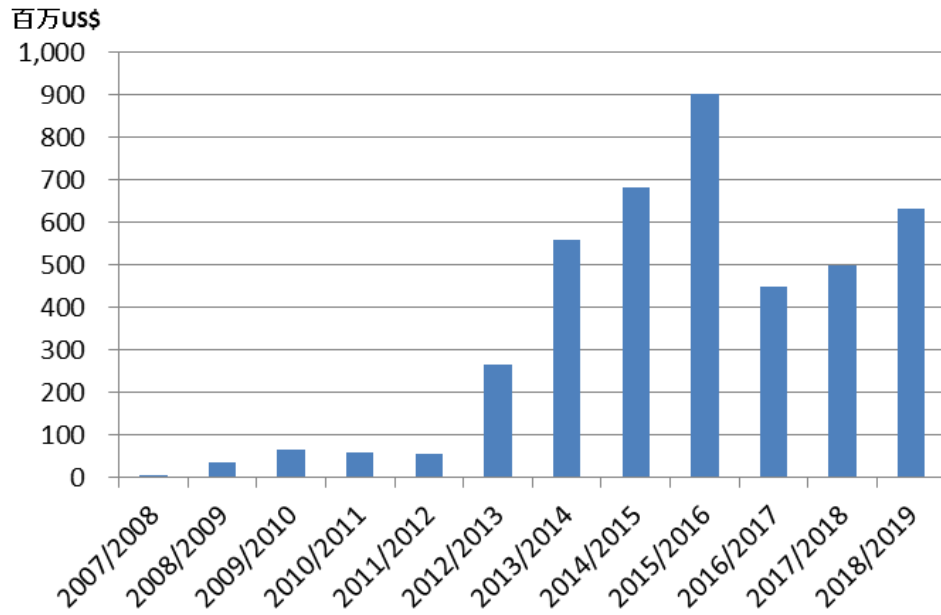


図 2-45 容量市場における DR のレベニュー

出所) PJM, 2015 Load Response Activity Report: January 2016

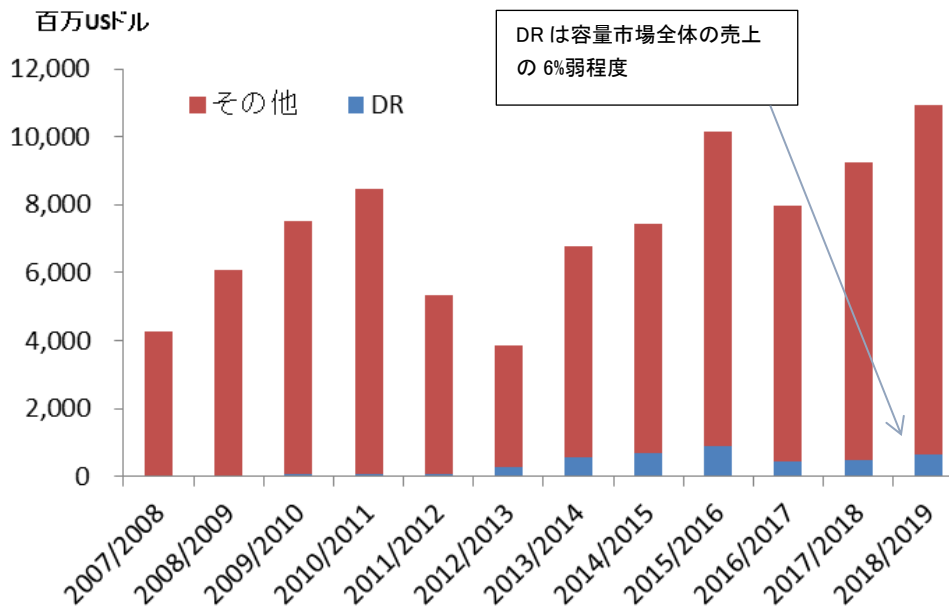


図 2-46 RPM のレベニューと DR 資源の参加状況 (金額ベース)

出所) PJM, 2015 Load Response Activity Report: January 2016

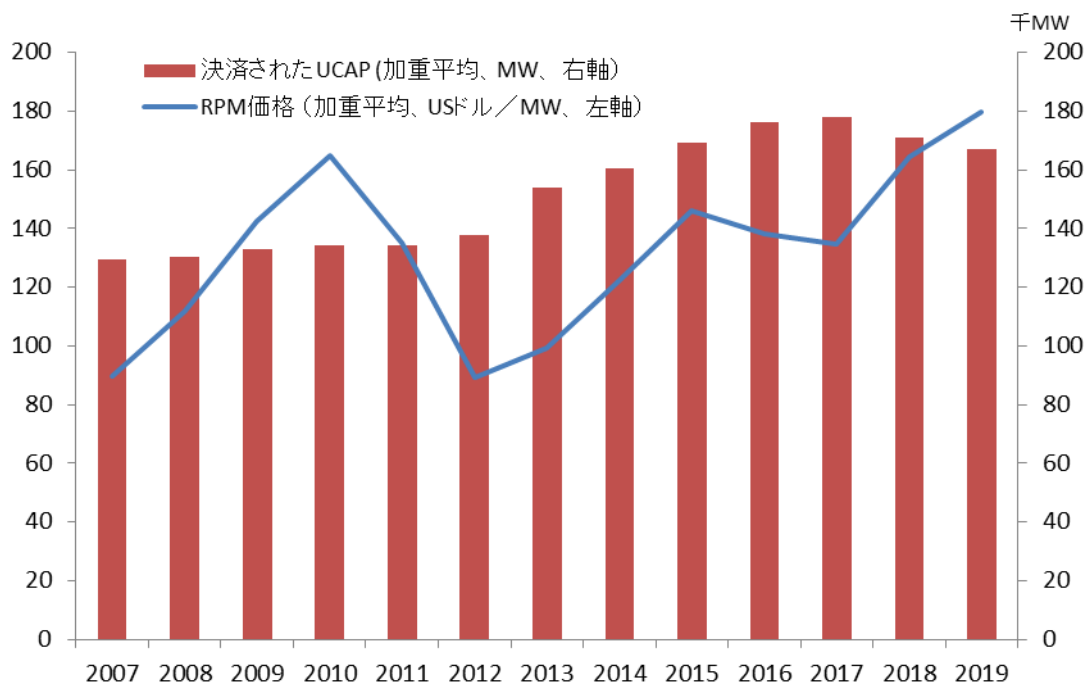


図 2-47 RPM のレベニュー推移

出所) PJM, 2015 Load Response Activity Report: January 2016

<DR プレイヤー>

2007 年以降、PJM では、小売電気事業者 (LSE) と配電会社 (Electric Distribution Company : EDC) だけではなく、従来は LSE や EDC のコントラクターとして間接的に参加していた DR サービスプロバイダ (CSP) も市場に直接参加できるようになった。各プレイヤーの PJM 市場での役割は下表のとおりである (表 2-24 参照)。

表 2-24 PJM の容量市場に参加する DR プレイヤー

プレイヤー(DR 資源提供者)	概要
CSP(Curtailment Service Provider)	PJM のメンバー。PJM の負荷応答プログラムに参加を希望する最終需要家の代理として、PJM からのシグナルへの応答及び報酬の配分を行う。
LSE(Load Serving Entity)	PJM のメンバー。負荷アグリゲータや、最終需要家に配電する小売事業者。
EDC(Electric Distribution Company)	PJM のメンバー。配電設備を所有し、PJM の管理区域で託送サービスを行う事業者。
最終需要家	PJM のメンバーとならない限り、直接的に市場に参加することはできない。CSP 等を通じて PJM に DR を提供する。

出所) PJM 資料

たとえば、PJM のキャパシティ市場では、CSP は DR の容量の 82%を占めている（図 2-48）。PJM は CSP 約 70 社と契約しているものの、取引の大半は EnerNOC や Viridity をはじめとする大手 CSP に集中している（表 2-25）⁵¹。

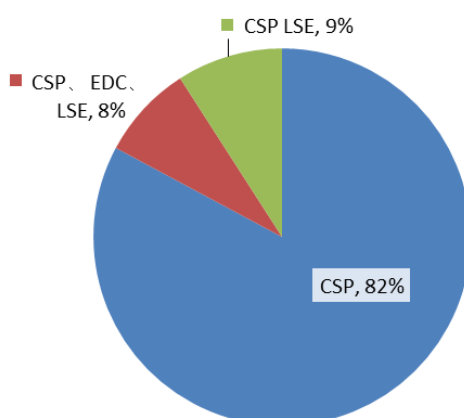


図 2-48 DR のプレイヤー

出所) PJM 資料

表 2-25 地域別/プロダクトごとの DR 登録量 (MW、運用年 2015/16)

Zone	Annual DR	Extended Summer DR	Limited DR	Total
Atlantic City Electric (AECO)		72	58	130
American Electric Power (AEP)	82	84	1571	1737
Allegheny Power (APS)	13	184	550	746
American Transmissions Systems Inc. (ATSI)	52	440	554	1046
Baltimore Gas and Electric (BGE)	5	63	694	762
Commonwealth Edison (COMED)	16	534	1053	1603
Dayton Power & Light (DAY)	15	15	145	175
Duke Energy Ohio & Kentucky (DEOK)		96	210	306
Dominion Virginia Power (DOM)	57	90	740	887
Delmarva Power & Light (DPL)		91	207	298
Duquesne Light (DUQ)	1	34	135	171
East Kentucky Power Cooperative (EKPC)			132	132
Jersey Central Power & Light (JCPL)		48	126	173
Metropolitan Edison (METED)		82	190	271
PECO (PECO)		161	316	476
Pennsylvania Electric Company (PENELEC)		59	228	287
Pepco (PEPCO)		205	330	535
Pennsylvania Power & Light (PPL)	0	240	533	774
Public Service Enterprise Group (PSEG)	24	108	252	384
Rockland Electric Company (RECO)		0	7	7
Total	266	2603	8033	10902

出所) PJM, 'Load Management Performance Report 2015/2016' January 2016

⁵¹ 2015 年 11 月 3 日 PJM ヒアリング。

<DR 資源の内訳>

DRに参加する需要家はコスト削減・利益拡大を目指す大口需要家と、州の補助金プログラムで参加する家庭用が多かったが、2007年以降は商業ビルや小売店（Home Depot）等の商業セクターを含む新たな層の参加が増え、多様化したため、現在は PJM の容量市場における DR 資源は、製造業、オフィスビル、住宅、学校等の空調、発電機、製造機械等が中心である（図 2-49）⁵²。

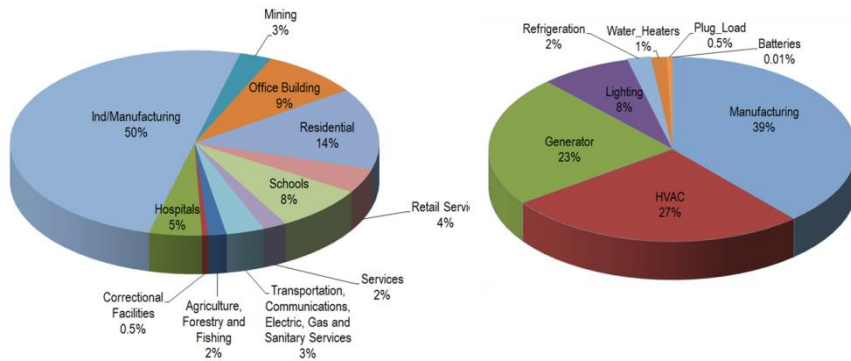


図 2-49 PJM の容量市場における DR 資源

出所) PJM, 2015 Load Response Activity Report: January 2016

⁵² なお、容量市場では、DRに参加する需要家の種類や負荷調整のリソースの内訳等のデータは、アグリゲータ等が調査して PJM に報告している。PJM はこれらのデータを直接確認することはないが、これらのデータ収集と報告は FERC の規定に基づき義務化されているため、一定の信頼性があると考えられている。

2.2.3 デマンドレスポンスに関する取組事例

PJM エリアを中心に、米国の主要事業者の DR に関する取組み事例の調査を行った（表 2-26 参照）。

表 2-26 米国における DR サービスの事例

事業者・サービス		BGE		Viridity Energy	EnerNOC
		Peak Rewards	Smart Energy Rewards		
仕 組 み	主なサービス	● キャパシティ	● キャパシティ	● アンシラリー ● エネルギー	● キャパシティ
	対象需要家、機器	● 家庭需要家 ● セントラルエアコン、電気温水器	● 家庭需要家	● 大口産業・業務需要家	● 大口産業・業務需要家
	制御方法	● 直接制御	● 間接制御	● 直接制御	● 直接制御、間接制御
	報酬	● 発動回数によらず定額 ● エアコン：50～100ドル/年 ● 電気温水器：25ドル/年	● 削減実績に応じて1.25ドル/kWh		
	その他	● 非緊急時イベントに対しては2回/年までの拒否権			● 削減目標未達の場合 EnerNOC がペナルティ支払い
利用実績		● 登録需要家 32 万件 (2015 年)	● 登録需要家 110 万件 (2015 年) ● 削減需要家 7～9 割 (2015 年) ● 削減率約 3 割 (2015 年)	● 周波数調整市場でのパフォーマンス 70～90% (SEPTA 蓄電池プロジェクト 2014 年)	

出所) 各社資料より作成

(1) Baltimore Gas & Electric (BGE)

1) BGE の概要

BGE は 1816 年にガス会社として創業したメリーランド州最大のユーティリティであり、同州内に電力とガスを供給している (図 2-50 参照)。現在は Exelon Corporation の傘下にある。顧客数は電力が約 120 万件、ガスは約 65 万件である。

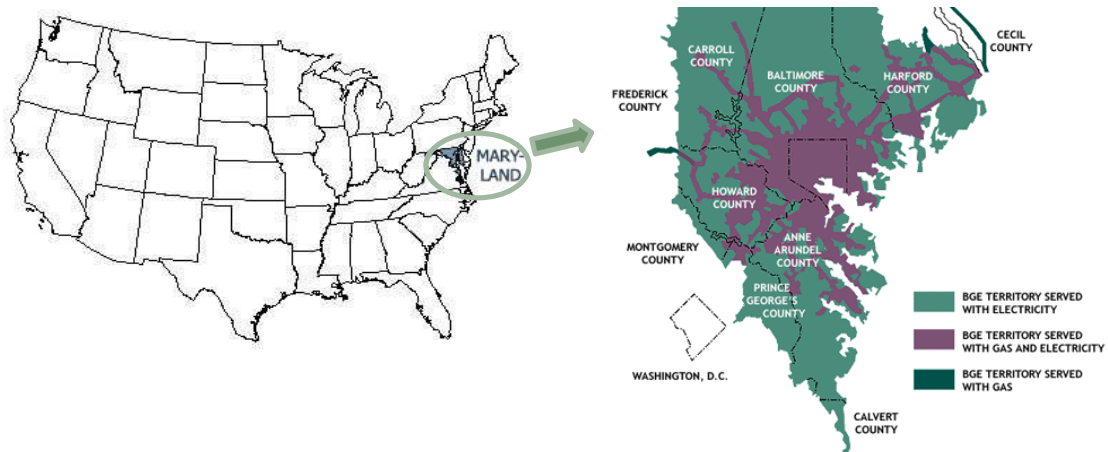


図 2-50 BGE の供給エリア

出所) BGE 資料より作成

2) 家庭用 DR の導入事例

BGE では、セントラルエアコンや電気温水器を制御する直接制御型の DR プログラム「Peak Rewards」および、情報提供に基づき需要家の行動変容を促す間接制御型の DR プログラム「BGE Smart Energy Rewards」が展開されている。また、顧客による自主的な節電への取組みを促す取組みとして、電力使用量の実績や各種省エネ情報等を記載したレポートをフィードバックする取組み「Smart Energy Manager」も実施されている (図 2-51)。

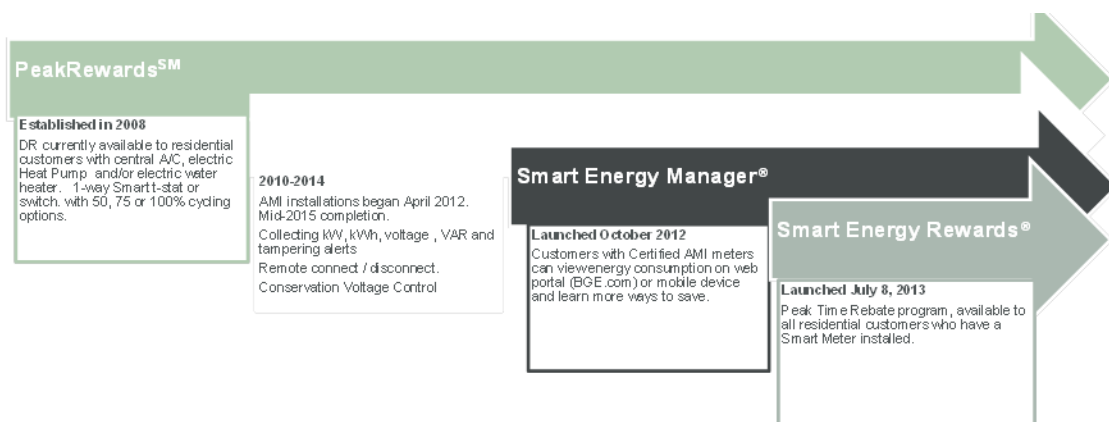


図 2-51 BGE における DR サービスの変遷

出所) BGE 資料

a. Peak Rewards 型 DR サービス（直接制御）

BGE では、サービスを提供するボルティモア地域周辺の気候条件（夏の高温多湿）から、平年で 60 時間程度（夏季）はこの時期以外のピーク時の負荷を 2000MW 以上も超えるピークが発生する。そのため、主に夏季ピーク時の需要抑制を目的に、20 年前から給湯器とエアコンのサーモスタットやスイッチの集中管理による DR を実施している。これは Peak Rewards SM という中部大西洋地区における電力需要のピーク緩和のために設計された直接負荷制御プログラムであり、省エネ、節約及び環境保護を目的とした同社の BGE Smart Energy Savers Program の一部である。

2008 年以降、住宅顧客向けにセントラルエアコンと給湯器を対象に単方向通信可能なスマートサーモスタットもしくは屋外スイッチを無償で設置している（図 2-52）。2012 年の新型サーモスタット導入により参加者は増加傾向にあり、2015 年現在の参加世帯は 31.8 万件で、BGE の住宅顧客（約 100 万件）の約 3 割となっている。

今後は、電力価格等の情報を各家庭に送信し、スマート家電が自動で反応する（冷蔵庫で氷を作らない、霜取り機能を使わないなどの反応）といったサービスの展開の可能性もあるとしている。



(a) サーモスタット



(b) スイッチ

図 2-52 BGE の Peak Rewards で用いられるデバイス

出所) BGE ウェブサイト

ア) エアコンプログラム

PeakRewards プログラムにおけるセントラルエアコンを対象とした制御内容及び報酬の体系を表 2-27 に示す。

このプログラムは、家庭のセントラルエアコンを制御対象としており、主に夏期の負荷抑制を狙ったものである。非緊急時イベント（Non-emergency cycling event）と緊急時イベント（emergency cycling event）の 2 種類のイベントで発動し、15 分間隔で対象機器の ON/OFF を制御することで負荷を調整する。

非緊急時イベントは、卸売価格の急騰時やローカル系統の信頼性維持のために発動されるイベントであり、イベント発生時には対象機器は最大 50%の稼働へと抑制される。プログラム参加者はひと夏につき 2 回まで抑制指令を無効にすることができ、不参加日・期間等はスマートフォンや PC で簡単に登録することができる。実際にこのオプションを利用する人は少ないが、消費者は参加を拒否できる選択肢が与えられていることで安心するため、

BGE はマーケティング戦略としては非常に有用と評価している。

緊急時イベントは、電力供給の逼迫による停電や輪番停電などを防ぐために PJM からの要請に従って実施されるもので、需要家が予め選択した需要抑制率（50% Cycling、75% Cycling、100% Cycling）に応じて負荷抑制が実施される。緊急時及びその後の回復期間において、参加者は抑制指令を無効にすることはできない。

同プログラムに参加する需要家は、DR 実施の有無や回数に関わらず、選択した需要抑制率のオプションに応じて定額で年間 50～100 ドルの報酬（1 年目はその 2 倍）を受け取る。

表 2-27 BGE の PeakRewards の制御内容、報酬：エアコンプログラム

項目	内容			
	50% Cycling の場合	75% Cycling の場合	100% Cycling の場合	
制御対象	家庭のセントラルエアコン			
制御方法	直接制御（サーモスタット、スイッチ）			
制御量	非緊急イベント時	上限 50%		
	緊急イベント時	上限 50%	上限 25% 停止	
拒否権	非緊急イベント時	2 回/夏まで無効化可能		
	緊急イベント時	無効化不可		
報酬	初年度	\$25.00/月（6～9 月）	\$37.50/月（6～9 月）	\$50.00/月（6～9 月）
	2 年目以降	\$12.50/月（6～9 月）	\$18.75/月（6～9 月）	\$25.00/月（6～9 月）

出所) BGE ウェブサイトより作成

イ) 電気温水器プログラム

PeakRewards プログラムにおける電気温水器を対象とした制御内容及び報酬の体系を表 2-28 に示す。

家庭の電気温水器を制御対象としており、主に夏期と冬期の負荷抑制を狙ったプログラムである。非緊急時イベント（Non-emergency cycling event）と緊急時イベント（emergency cycling event）の 2 種類のイベントで発動し、対象機器を一定時間 OFF にすることで負荷を調整する。

緊急時、非緊急時ともに、イベント発生時には対象機器は停止する。エアコンプログラムと同様に、非緊急時イベントについては年間 2 回まで抑制指令を無効にすることができるが、緊急時イベントについては抑制指令を無効化することはできない。

同プログラムに参加する需要家は、DR 実施の有無や回数に関わらず、定額で年間 25 ドルの報酬（1 年目はその 2 倍）を受け取る。

表 2-28 BGE の PeakRewards の制御内容、報酬：電気温水器プログラム

項目	内容	
制御対象	家庭の電気温水器	
制御方法	直接制御（スイッチ）	
制御量	非緊急イベント時	停止
	緊急イベント時	停止
拒否権	非緊急イベント時	2 回/夏まで無効化可能
	緊急イベント時	無効化不可
報酬	初年度	\$6.25/月（11～2 月） + \$25.00/年
	2 年目以降	\$6.25/月（11～2 月）

出所) BGE ウェブサイトより作成

b. BGE Smart Energy Rewards (間接制御)

ア) 仕組み

参加者による自主的な行動変容による夏期の需要抑制を目的とした家庭向けのプログラムであり、事前通知されたイベント発生日 (Energy Savings Day) の需要抑制実績に応じて報酬を払う仕組みとなっている (図 2-53)。本プログラムでは、Opower 社のソリューションが利用されている。

2013 年に開始され、参加者数は 2013 年の 31.5 万件から 2014 年は 85 万件、2015 年は BGE の住宅顧客の総数に相当する 110 万件へと急増している。

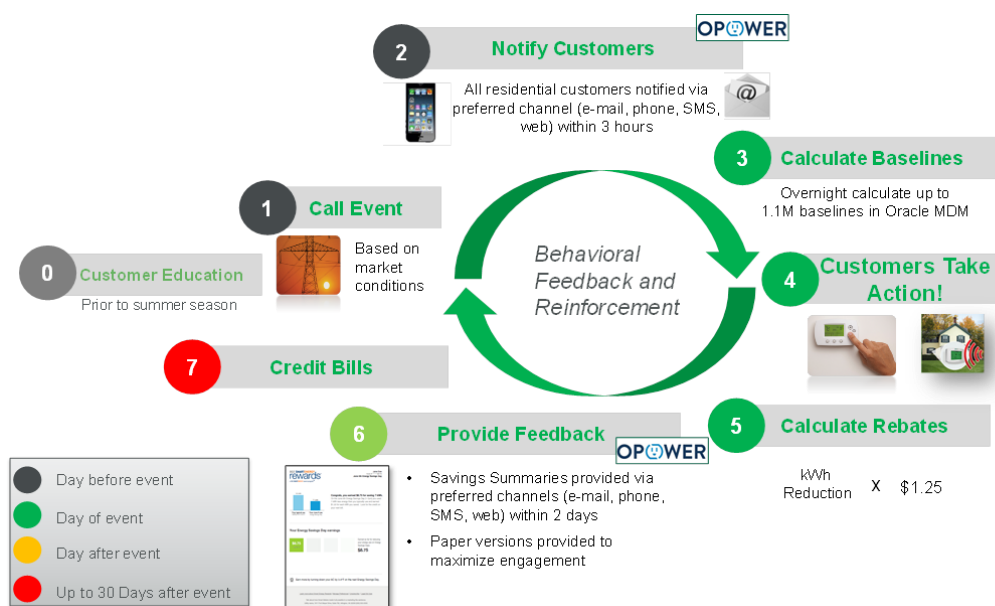


図 2-53 BGE Smart Energy Rewards の仕組み

出所) BGE 資料

市場状況に基づき DR が起動し、3 時間以内にすべての需要家に対して需要抑制に関する通知を行う。通常は前日午後 5 時までに通知される。通知手段は、メール、電話、SMS、ウェブから各需要家が選択する。最も多くの人を選択している手段は電子メールであるが、最も積極的な参加がみられ、媒体として効果が高いのは SMS である。

イベント当日には、需要家は、例えば洗濯乾燥機、食洗機、アイロン等の使用を控えるなどの負荷削減行動を実施する。

報酬は、イベント発生日のピーク時間帯 (午後 1 時～7 時) における需要削減実績に応じて支払われる。削減実績の算定根拠となるベースラインは、各需要家の過去 14 日間の平日の同じ時間帯に最も多く電力を使用した 3 日間の平均値としており、実施前日の夜に算定される。報酬単価は 1.25 ドル/kWh であり、これは通常時の電力料金 (0.14 ドル/kWh) の 10 倍程度の単価水準となっている。

需要削減実績は、イベント発生から 2 日以内に通知することとなっており、現在は概ね翌日に通知している。

これらのシステムには Opower 社のシステムを利用している。

イ) 利用実績

実績の推移を表 2-29 に示す。イベント発生日数は年間数回程度であり、ベースラインより需要を削減し報酬を獲得した需要家はプログラム登録需要家の7～9割程度、ベースラインからの削減率は3割程度である。低所得者層も他の所得層と同等レベルの参加状況であった。

表 2-29 BGE の Smart Energy Rewards の利用実績

	2013 年	2014 年	2015 年
イベント発生日数	4 回 (7/10、7/17、7/18、 9/11)	2 回 (7/23、9/5)	4 回 (6/23、7/21、7/29、 9/3)
登録需要家数	31.5 万件	86.7 万件	100 万件以上
削減需要家数	75～93%	76%	平均 78% (7/29 は 91%)
報酬額	\$8.00/イベント ～\$11.00/イベント	\$6.55/イベント	\$6.00/イベント ～\$7.60/イベント
削減率 (Peak Rewards 以外の需要家)	低所得者層：30%削減 それ以外：30%削減	低所得者層：32%削減 それ以外：31%削減	低所得者層：32%削減 それ以外：33%削減

出所) BGE ウェブサイトより作成

3) 実証プログラム

a. Smart Grid Initiative

BGE は、米国再生・再投資法 (ARRA) に基づく DOE プログラム「Smart Grid Grant」から 2 億ドルの助成金を獲得し、2013 年からスマートグリッド導入プロジェクト「スマートグリッドイニシアチブ」を実施している (同プロジェクトの予算は 4 億 9,900 万ドル)。

ピーク時の負荷抑制プログラムと、年間の使用電力削減を目標とするプログラムの 2 種類を実施しており、500MW のピークカット、2013 年から 2015 年にかけて累積 250 万 MW 時の電力使用量を削減した。

BEG が展開するスマートグリッド設備の概要と経緯は以下のとおりである。

- 190 万件のガス/電力用 AMI を導入 (現在 170 万件導入済み)
- 双方向の無線ネットワーク (900MHz) 整備 (Silver Spring Network 社の技術を採用)
- ベライゾンの光ファイバー通信網をバックボーンに活用
- Meter Data Management (MDM) システム導入
- BGE Smart Energy Manager (SEM) の導入：年間を通じた自主的な電力消費の削減を促進するためのプログラム。Opower 社のソリューションを採用。
- Data Analytics Solution の導入

なお、スマートメーターの導入は 2013 年から開始され、2015 年 9 月までにほぼ完了している。導入したスマートグリッドを活用し、以下のような多様なサービスや機能の実現が可

能となった。

- スマート街灯 (Smart Street Lights) : 点灯/消灯状況で地域の停電状況がわかるほか、無線通信の基地局として使用可能。従来より高い位置から通信できるため、カバー範囲が広がると期待されている。
- 料金前払い制度 (Pre-pay billing) : 低所得者向けの施策で、加入時の条件である2か月分の一時金の支払いが不要になり、電力サービスを受けやすくなる。
- Conservation Voltage Reduction (CVR) の拡張 : リアルタイムでの電圧モニターによる効率化 (詳細後述)。
- データ分析の拡張

b. Wi-Fi 機能付きサーモスタットを利用した Peak Rewards プログラム

現状の Peak Rewards プログラムは単方向通信のサーモスタットを利用しているが、その発展形として、新たに Wi-Fi 機能付き双方向通信のサーモスタットで Peak Rewards に参加できるようにするパイロットプログラムを2015年から実施している。利用するサーモスタットは Ecobee と Honeywell の製品であるが、Bring Your Own Thermostat (BYOT) オプションも提供している。

双方向通信付きのサーモスタットでは、対象機器の運転状況が把握できるほか、DR 実施時以外の時にも、ユーザーが用途に合わせて省エネに利用することも可能となる。

現在は、約1,000件が参加しているが、DR のコントロールを BGE が行うか需要家が自ら行うか選択できるようにしたところ、参加需要家のうち90~92%は、BGE による制御を選択しており、緊急時イベントの需要抑制率オプションは50%が選択されている。

(2) Viridity Energy

1) Viridity Energy の概要

2008年に設立されたエネルギーマネジメントシステムのソフトウェアベンダーである。同社は、デマンドレスポンス、分散電源、蓄電池など顧客の経済価値に変換が可能な柔軟性負荷の活用方法と市場投入方法を特定することで、価値の最大化を図ることを目的とし、電力市場価格や需要ピークなどの予測、電力の使用方法が与える影響の可視化を行い、消費電力の節減や経済価値の拡大につながる行動を促すためのソフトウェアの開発およびサービス提供を行っている。

事業エリアはPJMが中心であるが、米国内ではERCOT(テキサス)、NYISO(ニューヨーク)、CAISO(カリフォルニア)、ISO-NE(ニューイングランド)の市場にも参加しており、またオーストラリアなど米国外でも事業展開を行っている。

2) DR 事業の概要、顧客層

一般にデマンドレスポンスはキャパシティサービスの提供が中心となっているが、Viridity Energyは主にアンシラリー・サービスの提供に注力している(表 2-30)。デマンドレスポンスは、いつ何をどれだけ削減するかという点で高い選択の自由があり、どのような効果があるかが見えることが重要と考え、高度で複雑な制御が可能なサービスを提供している(図 2-54)。

表 2-30 Viridity Energy が対象とするデマンドレスポンスのサービス (PJM の例)

	"Traditional" DR		Viridity			
	Capacity	PLC Management	Utility Demand Management (UDM)	Economic	Synchronized Reserve	Regulation
Notification Time	2 hours	1 week	30 minute intervals or up to day/week ahead	Up to previous day	< 10 minutes	< 5 minutes
Duration	Up to 6-10 hours	1-3 hours	15-30 minutes	Typically 1-3 hours; determined by customer & market	< 30 minutes	Continuous, if available
Frequency	Up to 6-10 times/yr, potentially unlimited	5-10 times/yr	1-5 times/day	Determined by customer	~35 times/yr	As many hours as possible
Automation	Low-Medium	Low-Medium	High	Low-Medium	High	Very high
Gross Financial Benefit Potential*	*\$54,000-\$65,000/MW/yr	*\$54,000-\$65,000/MW/yr	*\$25,000-150,000/MW/yr	*\$45,000/MW/yr	*\$45,000/MW/yr	*\$300,000/MW/yr
P&L Risk	Timing of curtailment determined by outside party	Low – voluntary savings strategy	Low – attached to asset that can vary its load while still completing operational goals	Low – voluntary market	Low – voluntary market	Low – attached to asset that can vary its load while still completing operational goals

出所) Viridity Energy 資料

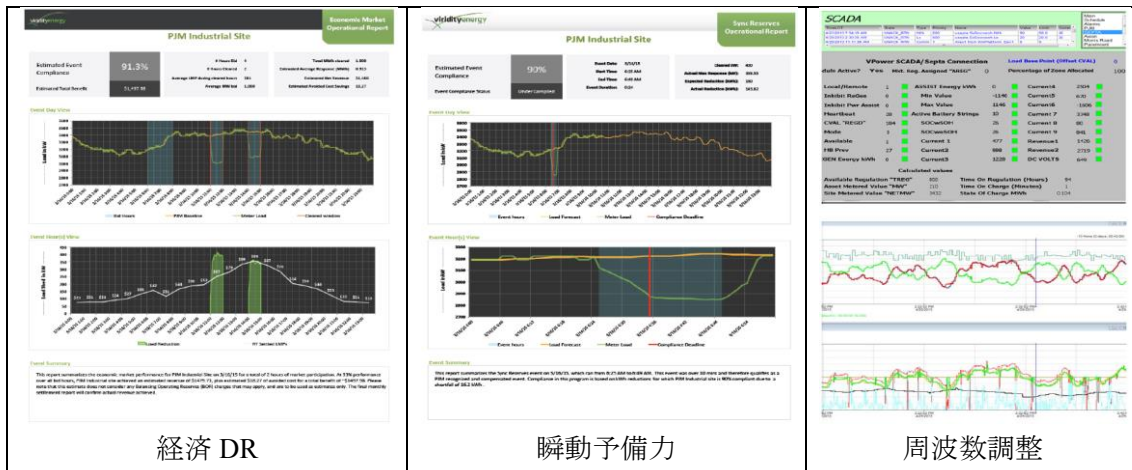


図 2-54 Viridity Energy のソフトウェアのイメージ

出所) Viridity Energy 資料より作成

主なサービスの提供方法は、エンドユーザーと直接契約して機器の制御まで行う場合と、GDF SUEZ Energy、ConEdison Solutions、CPower 等の CSP や電力会社と契約する場合に大別される。

制御対象となる主な需要家は、産業、軍隊、大規模ビル・商業施設、研究所・大学等の大口需要家である。産業部門で高い DR 効果が期待されるのは、金属精錬、リサイクル、製紙などである。

3) 製品、サービス

Viridity は大口顧客向けの需要管理ツールである VPower 「Deeper Diver Support」及び全顧客セグメントを対象とする価格アラートや需給の収斂 (Supply Demand Convergence) などを予測するツールである「Low Touch」を提供している。これらは VPower Dashboard という同社のフロントエンド・ソフトウェアで統合されている。

制御対象機器は多様で、冷却器、ファン、ポンプ、ドライヤ、冷蔵庫、自家発電機など、顧客である需要家側の優先順位に応じて設定している。製造業の場合は、製造過程に直接の影響のないファンや炉といったものを利用するが多い。

通常は、顧客との間で柔軟性負荷の利用戦略について合意し、これをもとに必要なタイミングで自動的に需要制御を実行している。主な特徴は以下のとおり。

- 負荷の自動制御が可能
- ON/OFF だけではなく、「50%」「60%」などの中間の稼働が可能
- 冷蔵庫の予備冷却による負荷シフトなどスケジューリングが可能
- 蓄電池や自家発電も含めた制御が可能
- 緊急時予備力として使用されることの多い ON/OFF のみの DR と異なり、年間を通して頻繁に DR を起動できる

4) Regulation 市場における蓄電池利用

ピーク時の負荷削減を行う容量市場では、実際の発動回数は夏季の数日間に限られるのに対して、周波数調整市場 (Regulation 市場) の場合単価は安いものの年間を通して 150～

250 時間にわたり実施される。PJM では周波数調整サービスの単価が高い水準にあるため、周波数調整市場での活用を主目的として蓄電池を導入する事例も出てきている。

フィラデルフィアの公共交通機関 SEPTA(Southeastern Pennsylvania Transportation Authority)の鉄道システムの事例では、電車の回生ブレーキによって発生する余剰電力を蓄電池に充電し、PJM の周波数調整市場に提供するシステムを 2012 年に構築し、実運用を行っている (図 2-55 及び表 2-31)。

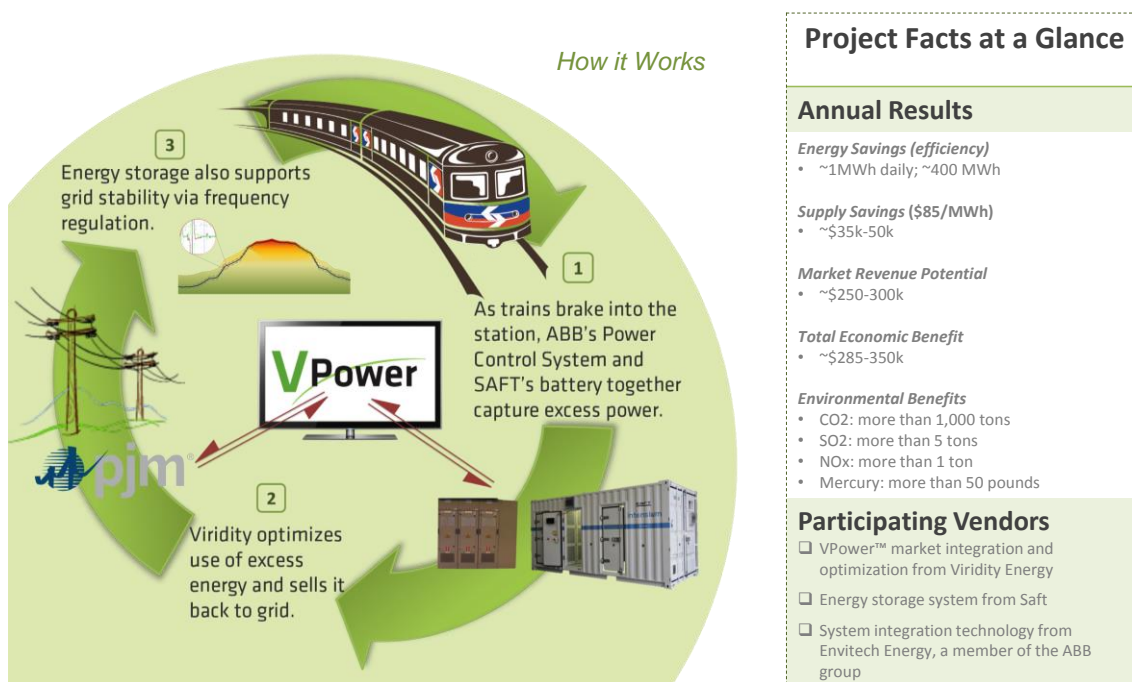


図 2-55 SEPTA 蓄電池プロジェクトの概要

出所) Viridity Energy 資料

表 2-31 SEPA 蓄電池プロジェクトのスケジュール

年	内容	サイト数	蓄電池容量
2012	Letterly 変電所への蓄電池の導入、PJM 周波数市場への提供	1 ヶ所	0.8MW
2015	Griscom 変電所への蓄電池の導入、PJM 周波数市場への提供	1 ヶ所	1.0MW
2016	新システム導入予定	7 ヶ所	8.8MW
合計		9 ヶ所	10.6MW

出所) Viridity Energy 資料より作成

同プロジェクトにおける周波数市場での利用実績の例を図 2-56 に示す。鉄道が休止している深夜時間帯では回生ブレーキによる充電が存在しないため、市場投入は 100kW 程度の水準であるが、5~23 時頃では平日は 800kW 程度、休日は 500kW 程度の水準である。パフォーマンスは概ね 70~90%程度である。

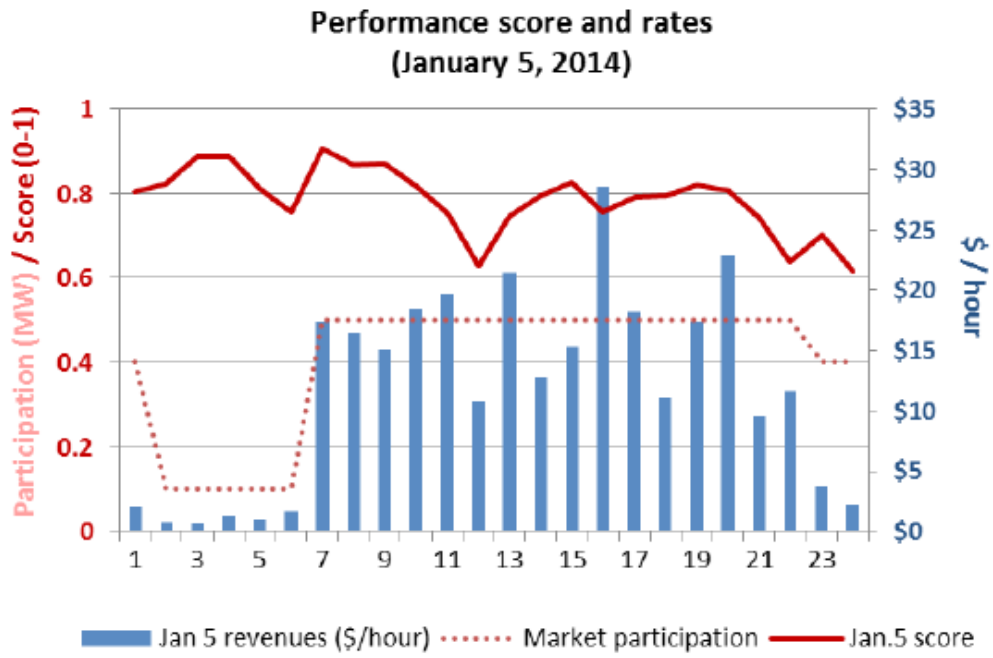


図 2-56 SEPA 蓄電池プロジェクトの周波数市場での利用実績 (2014年1月5日の例)
出所) White paper: SEPTA's (Southeastern Pennsylvania Transit Authority) Wayside Energy Storage Project

(3) EnerNOC

1) EnerNOC の概要

DR サービスプロバイダであり、2003 年の DR サービス開始の後、現在は系統運用事業者やユーティリティ向けの DR ソリューションを、北米、欧州、豪州、アジア等 12 ヶ国で展開している。

米国では、電力会社や ISO など 20 機関に対して DR を提供しており、PJM 市場が MW 規模ベースで最も取引量が多い。PJM 市場では、容量、エネルギー、アンシラリーの各市場に参加しているが、取引価格が比較的高い容量市場への参加が中心となっている。

2) DR の仕組み

多種多様な需要家を組み合わせることで DR 資源のポートフォリオを組み立て、DR サービスを提供している（図 2-57）。DR の契約需要家は、産業部門および業務部門の需要家である。

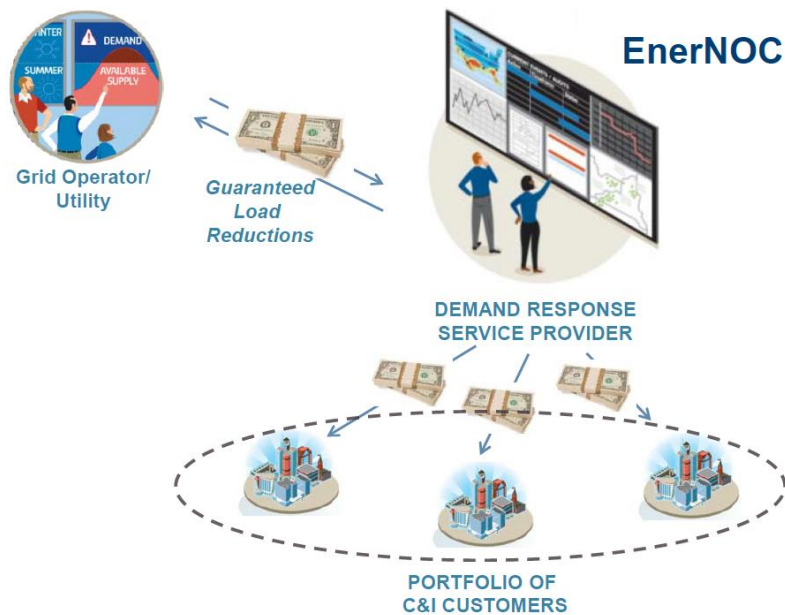


図 2-57 EnerNOC のステークホルダー

出所) EnerNOC 資料

3) 制御方法

需要家の電力消費量データのリアルタイム送信および負荷制御の機能を有する専用デバイスを需要家施設に設置している。

オペレーションセンターにてネットワーク状況や需要家施設の負荷を常時監視しており、DR が発動されると、必要とされるネガワットを提供できる需要家施設を選択して制御を行う。主には、オペレーションセンターからの直接制御と間接制御（シグナルに基づく需要家によるマニュアルでの制御）の組合せが中心となっている（表 2-32）。

ポートフォリオが削減目標値に到達していない場合、パフォーマンスが良くない需要家に対して積極的に連絡を取り、必要に応じて既に削減している需要家から追加容量の供給を要請し、需要家間で負荷削減量を調整する。削減目標値に到達しない場合は EnerNOC がペナルティ支払リスクを負い、個々の DR 契約需要家は予め約束した需要削減を行えなくてもペナルティを支払わなくてよい仕組みとしている（図 2-58）。

表 2-32 EnerNOC の主な需要家、設備

	直接制御	間接制御
応答速度	～10分	30分～
主な需要家	事務所、宿泊施設、小売店、冷凍倉庫、福祉施設、食料品店、学校	軽工業、製造業、冷凍倉庫、化学、水道
主な DR 資源	BEMS 制御対象負荷、照明、空調、冷凍システム	プロセスライン、製造装置、モーター、ポンプ

出所) EnerNOC 資料より作成

Performance Through Portfolio Management



図 2-58 EnerNOC のポートフォリオ管理のイメージ

出所) EnerNOC 資料

(4) Sacramento Municipal Utility District (SMUD)

1) SMUD の概要

SMUD は、カリフォルニア州サクラメントに拠点を構える公営電気事業者であり、同州の PG&E、SCE、SDG&E などのカリフォルニア州公益事業委員会 (CPUC) の管轄下にある投資家所有電力会社 (IOU) とは異なり、SMUD はサービスエリアの顧客 (一般市民) が所有し、住民が選出した 7 名の理事会 (Board of Directors) によって運営されている。また、料金構造も IOU とは異なり、理事会の決定や初期投資 (capital investment) のコスト回収に基づき設定されるのではなく、市政府が予算配分に応じて決定する。

SMUD は現在、約 60 万件の顧客を有し、ピーク負荷は 3,300MW である。CAISO には属しておらず、地域内の需給調整を自ら行っている。SMUD は、周辺地域の系統を管理し、5,000MW の電源を有する北部カリフォルニア需給調整機関 (Balancing Authority of Northern California: BANC) に参加している。

SMUD は再生可能エネルギー資源の導入、炭素排出削減、省エネ促進に積極的に取り組んでいる。

● 再生可能エネルギー資源の導入

- ✓ カリフォルニア州では再生可能ポートフォリオ基準 (Renewable Portfolio Standard: RPS) が設定されており、SMUD は現時点で全発電源に占める再生可能エネルギーの割合は 27% に達している。再生可能エネルギー資源の割合 27% の内訳は、メタンガスや埋立地ガスなどのバイオガスが 14%、太陽光や風力などの出力変動する発電源である。
- ✓ 同社は、カリフォルニア州の PRS 到達目標である、2020 年までに 33%、2050 年までに 50% を達成させる取り組みをしている。
- ✓ 垂直統合型電力会社である SMUD は、水力発電 (680MW) などのクリーンエネルギー源を有しているが、カリフォルニア州の RPS では、30MW 以上の水力発電は対象外であることから、SMUD はそれ以外の再生可能エネルギー源の導入を積極的に進めている。再生可能エネルギー源のうち半数は、バイオガスなどの出力が安定した発電で整備することを目指している。
- ✓ SMUD は、顧客側へ設置するルーフトップ PV の導入促進を目的として、フィードインタリフ (FIT) 制度を導入している。しかし、同サービスエリアで顧客側に導入されている PV は 9,000 台、80MW と少ないのが状況である。新規 PV 導入申請件数は月当たりわずか 350 件程度、10MW 程度にとどまる。サクラメント地域でルーフトップ PV の導入量が少ない理由として、他の民間投資電力会社と比較して SMUD の電力料金は約 3 割低く (夏場の平均電気料金は平均 18 セント/kWh)、経済性が低いことが挙げられる。

● 炭素排出量の削減

- ✓ カリフォルニア州では、州指令 (executive order) により、2050 年までに 1990 年比 80% の炭素排出量の削減が義務付けられている。
- ✓ SMUD は、同目標値を 10% 上回る目標を立て、炭素排出削減に積極的に取り組んでいる。

- 省エネ促進
 - ✓ カリフォルニア州では、エネルギー消費量の削減として、2007年から2016年までの10年間で合計10%（1年に1%減）の負荷削減の目標が設定されている。
 - ✓ SMUDは、過去5年間で同目標値を上回る年間1.5%の負荷削減を省エネにより達成するなど、エネルギー消費量の削減に取り組んでいる。

2) 時間帯別（TOU）料金への移行

SMUDの家庭用電気料金は、従量料金制から時間帯別料金制度（Time-of-Use: TOU）へと移行する。2年間のパイロットプログラムの結果、2017年までに家庭用顧客に対してTOUを選択制で提供し、2018年までに同料金をデフォルト料金として提供することが決定された。時間帯別料金への移行に向けて、クリティカルピーク価格、ピーク価格、オフピーク価格の3種類の時間帯別料金を提供することが提示されている（図 2-59 参照）。

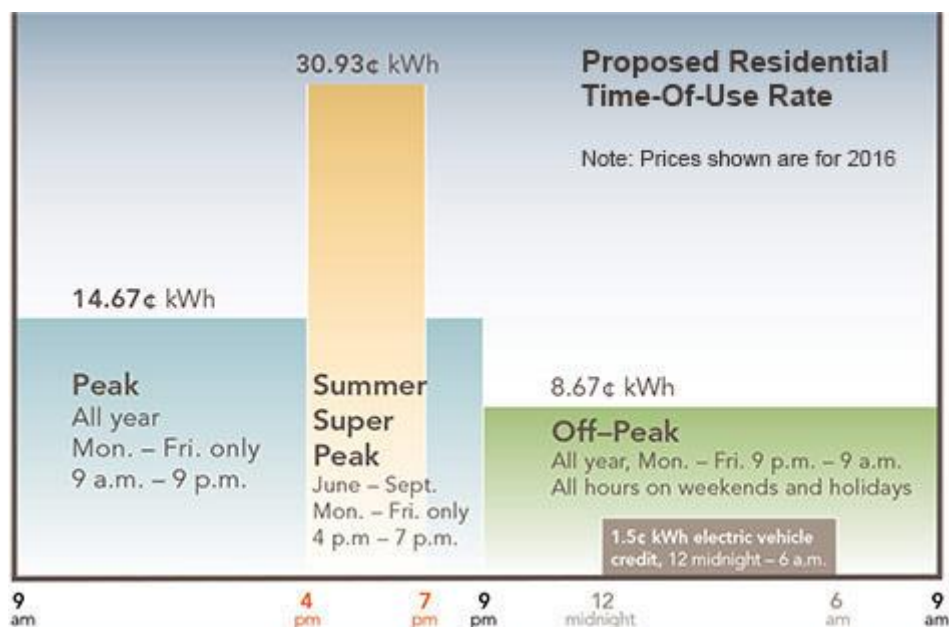


図 2-59 SMUD の時間帯別電気料金

出所) SMUD ウェブサイト

3) DR に係る動向

SMUD は家庭用顧客及び商業用顧客の双方に対し、ピークシフト及びピークカットを主な目的としてDRプログラムを提供してきた。例えば、家庭用顧客向けのDRプログラムには、エアコンの負荷制御などがあるが、従来はシグナルの送信を通じて、エアコンの電源をオン・オフにするなどの基本的な操作に留まり、プレクーリングなどの高度なDR機能は使用してこなかった。

近年の技術進展に伴い高度なDRサービス提供が可能となり、DRサービスを一つのリソース（供給源）として活用するといった、DRサービスの新たな利用方法を検討中である。

a. Energy-Smart Community Project

SMUD は Sunverge と共同で、家庭を対象としたネット・ゼロ・エネルギー・プロジェクト「Energy-Smart Community Project」を展開している。本プロジェクトでは、サクラメント市繁華街に、2.5kW の太陽光発電と蓄電システム、デマンドレスポンス対応サーモスタット等を導入したスマートホームが 34 軒建設されている。

プロジェクトの実施目的は、多様な技術を統合、デマンドレスポンスを提供し、ピークシェイピングや再生可能エネルギー源の出力調整など、様々なユースケースやテストシナリオに基づき、統合された技術の性能・能力や価値を検証することである。

その一例として、蓄電システムを活用した周波数調整の実験、検証が行われ、結果として、デバイス間の統合に成功し、4 秒毎の周波数調整に反応するなど、蓄電システムを活用した周波数調整に潜在能力があるとの結論が得られた。蓄電システムの導入コストは現時点で高額であるものの、今後コストが低減すれば、同システムを活用した周波数調整や瞬時予備力（Spinning reserve）などのアンシラリー・サービスの活用がより高まるものと SMUD は捉えている。デマンドレスポンスを再生可能エネルギー源の出力変動へ活用できれば、電力会社と顧客の双方に利益をもたらすものとして期待が寄せられている。

SMUD は、電気温水器やプールポンプを利用した周波数調整の実験も行っているが、信頼性の観点で、プールポンプは電気温水器ほどの効果はないとしている。

なお、ヒートポンプ給湯機を対象とした周波数調整の実験は実施していない。その理由として、ヒートポンプ給湯機は、エネルギー削減の観点から技術的には優れているものの、既に省エネ効果が高いことから、DR による電力消費量の大幅な削減能力は限定的とみており、周波数調整に同デバイスを活用することは効果が少ないと捉えている。

b. その他の実証プロジェクト

DR に関する最近のパイロットプロジェクトとしては、商業用顧客を対象とした Open ADR を利用した負荷制御や、数時間にわたるサーモスタットの操作による温度調整などが挙げられる。

また、時間帯別料金等のダイナミックプライシングの提供を含めた DR 実証プログラムも実施している。同プログラムでは、電力需要が最も高い日にクリティカルピークプライシングを適用し（年間最大 12 日）、75 セント/kWh（通常料金の 10 倍高額）の電気料金を設定し、クリティカルピークプライシングの実施開始 24 時間前に顧客へ通知する仕組みとし、サーモスタットによる制御も実施した。

その他に、SMUD は 2015 年夏、DR を信頼性の高いリソースとして利用することを検証するために、顧客が DR プログラムから「オプトアウト」することを妨げる実証プログラムを実施した。通常の DR プログラムでは、IPO/RTO からのシグナルに対する DR 資源の応答は任意であり、応答しない「オプトアウト」を選ぶことも可能であるが、実証プログラムでは、DR 資源リソースの信頼性・確実性の確保を目的として、顧客による「オプトアウト」を阻止すべく、「オプトアウト」した場合には電力料金を引き上げるといった電力料金で差別化を図ることの影響などの実験を行っている。

将来的な DR の活用に向けては、以下のような技術的及び経済的課題があると認識されて

いる。

- 技術的課題
 - ✓ デバイス間で同一の通信プロトコルが使用されていないなど、通信規格の互換性などの技術的課題が存在する。
 - ✓ SMUD がピークシフトを目的として提供するデマンドレスポンス管理システムは、シグナル送信後の機器の状態や顧客側の配電系統の状況が把握できない。高度かつ価値の高い DR を提供するためには、DR シグナル送付後の可視化や詳細な制御を行う機能など、更に高度なデマンドレスポンス管理システムが必要である。
- 経済的課題
 - ✓ DR の潜在的活用に関して、DR の価値が認識されていない。

4) EV の活用検討

SMUD は、電気自動車への充電を、太陽光発電の導入拡大に伴う収入源の損失を補填する手段のみならず、負荷シフトやダックカーブの解決手段の一つとして位置づけている。過去に、サービスエリアにおいて、電気自動車の普及台数に応じた、様々なシナリオを策定し、負荷シフトやダックカーブの解決における潜在的利用を検証した。その結果、夜間に発電量が増える風力発電源の出力調整に電気自動車を活用できると結論付けた。

ただし、電気自動車を系統運用に利用することによる蓄電池の劣化への懸念の声もある。SMUD は、自動車メーカーとのパートナーシップを通じて、電気自動車の蓄電池の活用を検証している。

5) 電力貯蔵システムの実証

カリフォルニア州では蓄電システムの導入を促進しており、民間投資会社（IOU）3社に対して2020年までに合計1,325MWの蓄電導入が義務付けられている。

SMUD は、送配電系統と顧客側の双方への導入を対象として電力貯蔵の実証プロジェクトを過去5年間にわたり実施している。同社では、ピーク負荷削減、電圧支援、再生可能エネルギー源の出力調整といった、様々な用途に応じたユースケースを検証している段階であり、現時点で合計50件に及ぶ電力貯蔵実証プロジェクトを有している。

例えば、3MWのPVシステムへの500kWの蓄電池併設システムや、400MWの揚水発電、枯渇ガス田を利用した圧縮エネルギー貯蔵システム（Compressed Air Energy Storage）などが挙げられる。また直近では、ルーフトップPVが設置された一般住宅への蓄電池システムの統合や大容量のPVが設置されている大規模の商業用顧客への蓄電池システムの統合など、需要家側設置蓄電池プロジェクトに係る様々な実証プロジェクトを実施している。

蓄電システムを統合する上では、通信プロトコルの標準化にかかる問題や高額なコスト等の課題が指摘されている。

2.2.4 再生可能エネルギーの導入量増加に伴う DR の活用ポテンシャル

東海岸を中心とした米国における DR は、ピークカットが主目的となっているが、再エネ対応を目的とした DR は実施されていないものの、今後の可能性として以下のような見解を得た。

(1) 再エネ対応としての DR の要件

現在の主な DR の利用先である容量市場においては、DR の稼働は年間 6~7 回程度と多くないが、再生可能エネルギー対応となればもっと頻繁に稼働する必要が出てくる。

(2) 再エネ対応としての DR 適用の可能性

現時点では各種アンシラリー市場における DR の活用実績は少ないが、今後再生可能エネルギー対応としてはこの活用が重要であり、自動化された DR であれば対応できると思われる。

既に、多くの需要家を集めてポートフォリオ化し、常にモニタリングした上で需要家の状況に応じて最適に DR を稼働するビジネスも登場している。自動化によって、回数や時間など DR の確実性を確保することにより、頻繁な DR 稼働と管理を効率的に行うことができると思われる。

再生可能エネルギーの種類によって、DR による対応の適性が異なる。風力発電に対しては、瞬間的な制御機能が求められるため、給湯器などが利用可能である。また、蓄電池も利用可能であることが多い。一方、太陽光発電に対しては、ランプ特性への対応や余剰電力吸収としての何時間継続する抑制が数日間にわたり必要になるため、給湯器や蓄電池での対応は現実的ではない。変動性の高い再生可能エネルギーの増加によって、より早い変化に対応していく必要がある。現在蓄電池が様々なところで試されているが、まだ価格が高い。今後、価格が下がり、手ごろな価格で十分な電力を蓄える蓄電池が登場すれば、既存の技術を応用してこのような対応をするための手段になりうる。

2.2.5 我が国への示唆

米国現地調査及び文献調査の結果、DRの活用可能性に関しては以下のような示唆が得られた。

- 東海岸を中心とした米国におけるDRは、ピークカットを目的とした大口向けのDRが大半を占めるが、予備力や周波数制御を目的としたDR、家庭用の自動DRも実ビジネスとして実施されている。
 - ✓ 産業・業務では、複数の需要家を束ねて、産業プロセス機器、空調、自家発電等の直接制御を行うことで、予備力や周波数制御を実施している事業者が存在する。
 - ✓ 家庭では、空調、電気式蓄熱給湯等の直接制御により、ピークカットの実績を挙げている事業者も存在する。例えば、OnOffではない部分負荷制御の実施、需要家への対応拒否権の付与（拒否回数は限定）、経済インセンティブの付与等の工夫によって参加需要家を拡大している。
- 他方、再生可能エネルギーの普及が進むカリフォルニア州においては、ダックカーブ対策としての電気自動車の活用を見据えた取り組み等も行われつつある。
- 今後必要となる再エネ対応用DRのコンセプトは理解されており、再エネ対応用DRの実現に向けた素地がある。具体的なニーズと市場が出てくれば、再エネ対応用DRを実現できると思われる。

米国でのDRの利用実態を踏まえると、DRは、将来の再生可能エネルギー大量導入時の系統対策として機能しうると言える。

- 再生可能エネルギー大量導入時には需給調整やアンリラリーへのニーズが高まる。
- 現時点では、ピークカットや、高い信頼性が要求される周波数制御において、DRは成果を上げている。調整力市場には資本費を伴う蓄電池等が参加しているが、緊急時対応としてはDRも有効となる可能性がある。
- 下げ代不足対策としての需要創出のためのDRは、ニーズが顕在化しておらず実施されていないが、将来的には、制御対象や制御方法の工夫（例：電気自動車の充電制御等）により、下げ代不足への対応としてもDRは活用できるのではないかと。

そのためには、再エネ対応用DRのモデル検討及び受容性の検証が必要となる。

- 再生可能エネルギー大量導入時には、電力需給バランス確保やLFC調整力確保が必要とされる時間帯や継続時間が日々変化する可能性がある。
- これに対応できる柔軟性の高い再エネ対応用DRの仕組みを実現するためには、制御対象や制御方法等の工夫が必要となる。例えば、複数の需要家を束ねた負荷の自動制御が有用ではないか。
- 再エネ対応用DRのモデルを検討する上では、再エネ対応用DRに対する需要家の受容性に対する検証も必要ではないか。

また、米国ではDR資源の参加可能な複数の市場が存在するが、信頼性担保等の観点からは、試行錯誤で市場整備が進められている状況である。特にDRをマネタイズするための市場の検討が重要である。

- 柔軟性を高める市場設計

- ✓ 異なる周波数領域ごとにアンシラリーや需給調整に対応できるような市場設計が必要ではないか。その中で、DR を市場に統合していくことが重要である。また、需要削減に加えて需要創出も対象とした市場設計が必要ではないか。
- DR の経済価値に関する評価
 - ✓ DR は経済合理性の観点から、どの時間領域に活用するのが適切か。蓄電池等のオプションとの比較を踏まえ検討すべきである。
 - ✓ DR の経済価値をどのように評価すべきか。

2.3 我が国における再生可能エネルギー大量導入時の電力需給分析

2.3.1 分析の狙い

(1) 分析の目的

2.1 項において、再生可能エネルギー電力の大量導入時の電力需給対策オプションを整理したが、ここで述べたように、各対策オプションの役割は、その技術の特性、技術成熟度やコスト、利用可能量、市場を始めとする社会制度やビジネススキームなどの多面的な検討を行っていくことが必要である。

本節では、対策オプションの役割について、電力需給の物理的側面からの評価を行うことを検討した。具体的には、複数の対策オプションを含めた電力需給を模擬する計算機モデル（「電力需給評価モデル」と呼ぶ）を構築し、解析を実施した。

一般に、このような電力需給モデルを用いることで、どのような特性のある対策オプションが選択されるのか、どのような季節・時間帯にその必要性が高まるのか、対策オプションの活用により燃料費や CO2 排出の低減にどの程度貢献するのか、といったことを、定量的に評価できる。

(2) 既存の類似研究

再生可能エネルギーの大量導入時の電力需給の課題に関する対策オプションの評価について、既往文献の調査を行った。調査対象の文献は、「日本を対象とした分析を行っていること」「電力需給を少なくとも 1 時間単位で分析していること」を条件とした。

対象となった文献を表 2-33 に示す。各文献における評価対象やモデルの特徴、扱われている対策オプション等を表 2-34 にまとめる。

表 2-33 再生可能エネルギーの大量導入時の電力需給対策の評価事例の文献

番号	タイトル	著者、論文誌等
1-1	再生可能エネルギーの大量導入が電源の設備量運転モードに及ぼす影響評価-揚水式水力の精緻化と全国大での試算-	山本・矢部他, 電中研報告書, 2014.12
2-1	太陽光、風力発電の出力変動と地域間電力融通を考慮した最適電源構成に関する分析	小宮山・柴田他, 2012 電気学会論文誌 B, Vol.133.No3, pp263-270
2-2	日本の電源構成の展望と電気自動車, プラグインハイブリッド自動車の省エネ, CO2 削減効果に関する分析	小宮山・藤井, 2012 電気学会論文誌 B, Vol.133 No1, pp10-18
2-3	再生可能エネルギー余剰電力の水素貯蔵を考慮に入れた最適電源構成の検討	小宮山・大槻他, 2014 電気学会論文誌 B, Vol.134 No10, pp885-895
3-1	長期エネルギー需給見通しに基づく我が国の 2030 年の電力需給解析	荻本・片岡・占部・斉藤, エネルギー・資源学会, 第 32 回コンファレンス講演論文集 1-2, 2016
3-2	太陽光発電の予測誤差が需給運用と発電コストに与える影響	宇田川・荻本・池上・大関・福留, 2013 電気学会新エネルギー・環境メタボリズム社会・環境システム合同研究会資料, pp85-95
4-1	電源構成モデルによる再生可能エネルギー大量導入時の電力需給運用評価	高尾, 東京大学修士論文, 2013

表 2-34 再生可能エネルギーの大量導入時の電力需給対策の評価事例

番号・年		1-1・2014	2-1・2012	2-2・2012	2-3・2014	3-1・2013	3-2・2013	4-1・2013
論文誌・所属等 著者		電中研報告書 山本・矢部 他	電気学会論文誌 小宮山・柴田他	電気学会論文誌 小宮山・藤井	電気学会論文誌 小宮山・大槻他	エネルギー資源学 会コンファレンス 荻本他	電気学会研究会 宇田川・荻本他	東京大学修論 高尾
目的		・再エネ大量導入によるコスト増分の概略把握 ・周波数調整力不足と発電余剰の発生を考慮した評価	・太陽光風力の大量導入の可能性を分析し、それに伴う地域間の需給バランスを巨視的視点で把握	・EV・PhEV の導入が、日本の省エネ・CO2 排出量に与える影響分析	・再エネ余剰電力の水素貯蔵を考慮に入れた最適電源モデルを構築し、水素貯蔵の導入可能性を検討	・再エネ大量導入下での蓄電、DR、を含めた分析 ・連系線運用が経済性と再エネ出力抑制に与える影響に着目した解析	・太陽光の予測誤差が需給運用と発電コストに与える影響の分析	・再エネ大量導入における安定した需給運用を、周波数調整力を考慮して評価 ・高効率火力発電の導入効果を検討
対象	地域	全国（沖縄除く） 東日本・西日本に分割し個別計算	全国（沖縄除く） 事業エリアで9分割	全国 一地域モデル	北海道	全国 10 地域モデル	東京	全国 一地域モデル
	期間	2020・2030	明示なし	2005・2030・2050	明示なし	2030年	2030年	2030年
	時間解像度	1時間	10分	10分	10分	1時間	30分	15分
モデル化の方法		線形計画 コスト最小化	線形計画 コスト最小化	線形計画 コスト最小化	線形計画 コスト最小化	混合整数線形計画 運用費最小化	混合整数線形計画 コスト最小化	線形計画 コスト最小化
分散型・系統電源の前提	再エネ容量	・太陽光・風力（外生） ・大規模水力（外生）	・太陽光・風力（内生） ・大規模水力・地熱・バイオマス（外生）	・太陽光・風力（内生） ・大規模水力・地熱（外生）	・太陽光・風力（内生） ・大規模水力・地熱・バイオマス（外生）	・太陽光・風力（外生） ・大規模水力（外生） ・地熱、バイオマス	・太陽光・風力（外生） ・大規模水力（外生）	・太陽光・風力（外生） ・大規模水力・地熱・バイオマス・海洋（外生）
	火力発電の新設	新設考慮 ・設備容量の上下限値は資源エネルギー庁、電源開発の概要及び電力会社資料から作成	考慮しない ・各地域の火力発電の設備容量は現状値を外生値として固定	既報告（小宮山・柴田他（2011）電学論 C 及び小宮山・藤井（2012）電学論 B）に従い設定	考慮しない ・石炭火力、石油火力の発電設備は現状値で固定して計算	考慮しない ・火力発電は、供給計画、エネルギー長期需給見通しなどから想定	考慮しない ・火力発電は供給計画、エネルギー長期需給見通しなどから想定	新設考慮 ・2030年政府シナリオ（原発ゼロシナリオ追加対策前）から設定
	火力発電の起動停止	「運転モード」を導入して近似	—	—	—	ユニット単位の起動・停止をモデル化	ユニット単位の起動・停止をモデル化	—

番号・年		1-1・2014	2-1・2012	2-2・2012	2-3・2014	3-1・2013	3-2・2013	4-1・2013
	再エネ出力の想定	太陽光風力ともに全国794の2010年アメダスデータから8760時間の出力パターン作成	全国686の2007年アメダスデータから各地域365日10分間隔での出力パターン作成	全国686の2007年アメダスデータから各地域365日10分間隔での出力パターン作成	2007年アメダスデータから365日10分間隔での出力パターン作成	・太陽光出力の予測値は高島・萩本の1時間値 ・風力出力の予測値は萩本他の1時間値	・太陽光：エリア内気象官署データから作成	浮島太陽光発電所の曲線を東京換算設備量に適用し、2030年の全国の太陽光出力パターンを天候ごとに作成
	出力予測誤差	—	—	—	—	— 太陽光風力の出力予測誤差は間接的に考慮	考慮 太陽光の出力予測誤差を考慮	考慮 太陽光風力の出力予測誤差を考慮した短周期の周波数調整力を評価
需給対策オプション	電力システム側	従来電源による調整	考慮	考慮	考慮	考慮	考慮	考慮
		揚水発電の活用	考慮	考慮	考慮	考慮	考慮	考慮
		広域連系線運用	— (東・西を独立に計算)	考慮	— (一地域モデルのため)	— (一地域モデルのため)	考慮	— (一地域モデルのため)
	再生可能エネルギーの出力抑制	考慮	考慮	考慮せず	考慮 ケース設定	考慮	考慮	—
	需要側	デマンドレスポンス	—	—	考慮(電気駆動自動車)	—	考慮(HP 給湯、EV)	—
需要側エネルギー貯蔵		—	—	—	・定置用蓄電池 ・余剰電力での水素製造・貯蔵	考慮	—	—
その他	CO2	—	CO2 制約	CO2 制約	CO2 制約	—	—	CO2 制約

出所) 各文献から作成

(3) モデル構築の方針

1) モデルで扱う問題の範囲

a. 設備計画と運用計画

電力システムにおいては従来、電力会社による最小費用分析に基づいて、短期の運用計画や長期の設備計画が行われてきた。電力自由化後においては電力システムの計画を担う主体が様々になるが、社会全体としては「社会費用」（詳細後述）が最小となることが望ましいことには変わりはない。

ただし、再生可能エネルギーに係る問題を従来の長期の最小費用需給計画（設備計画）で考慮するには、計算量・解析時間等の制約があると同時に、低炭素化のオプションが当面経済性が劣ることで最小費用計画問題になじまないという問題がある。一方で、再生可能エネルギーの大量導入に対応するための火力発電の運用は、ユニット単位で火力発電の部分負荷における効率低下などを考慮しなければ、現実との乖離が大きくなる。

このため、電力システムに対する分析においては、長期の設備計画（発電設備容量、その他需給対策の設備量）についてはシナリオとしての評価が行われることが多く、その上で、火力発電所の短期の運用計画（起動停止計画：Unit Commitment）を詳細に扱うことが主流となっている。

そこで、ここで構築する電力需給モデルは、電源ユニットの起動停止計画を含む、設備の運用計画に特化したものとした。再生可能エネルギーを含む発電設備容量やその他需給対策の設備量、また電力需要については、評価の対象とせず、既存の計画や見通しを参考に設定した。

b. 再生可能エネルギー出力の変動性と不確定性

また、再生可能エネルギーを大量に電力システムに導入するためには、その出力の変動性・不確定性から、様々な時間領域における調整力の確保の制約、各種予測のタイミングと組み合わせたシステム運用プロセスの確立、さらには実運用を可能にするための市場設計・価値のマネタイズの検討が必要となる。

ここで構築するモデルでは、まず、再生可能エネルギーの出力変動に対する LFC（負荷周波数制御時間帯）調整力の確保制約に着目することとした。

すなわち、今回のモデルでは、これ以外の時間帯での調整力や緊急時対応の予備力の確保については考慮しなかった。また、再生可能エネルギーの出力は既知であるものとして取り扱った。さらに、電力システム内の全ての主体（デマンドレスポンスに参加しない需要家を除く）は系統運用者からの指示に確実に従うものとし、その運用を実現するための市場・対価等のメカニズムについては考慮しなかった。

c. モデルで扱う問題の範囲

以上より、本モデルでは、再生可能エネルギーが大量導入された電力システムにおいて、

その出力変動に対する LFC 調整力の確保を制約とし、電力需給に関する対策オプションの選択を含めた電力システムの運用計画を取り扱うこととした。

2) 社会費用について

電力システムの運用にあたっては、生産される電力の価値⁵³には差がないため、その「社会費用」が可能な限り小さいことが望ましい。ここで、「社会費用」とは、『対策を導入することによって、社会が負担することになる「機会費用」の合計』⁵⁴である。なお、「機会費用」とは、『対策を行うために社会が資源を費やしたことで、もしその対策がなかったならば別の有益な用途に使っていたものが使えなくなることによって失われる価値』⁵⁵である。

具体的には、電力システムの運用に対する資源（燃料、労働・手間等）の投下は、別の有益な生産活動への資源の投下量を減少させる。このときの機会費用の単価は、燃料費単価・人件費単価等に顕れているものと考えることが適当であり、すなわち電力システムの運用における社会費用とは、運用に係る燃料費・人件費等にほかならない。また、発電により排出される二酸化炭素への対応も電力システムの運用の範囲に含まれていると考えられるが、このときの機会費用単価は CO2 価格に顕れていると考えれば、CO2 費用も社会費用の一部と見ることができる。

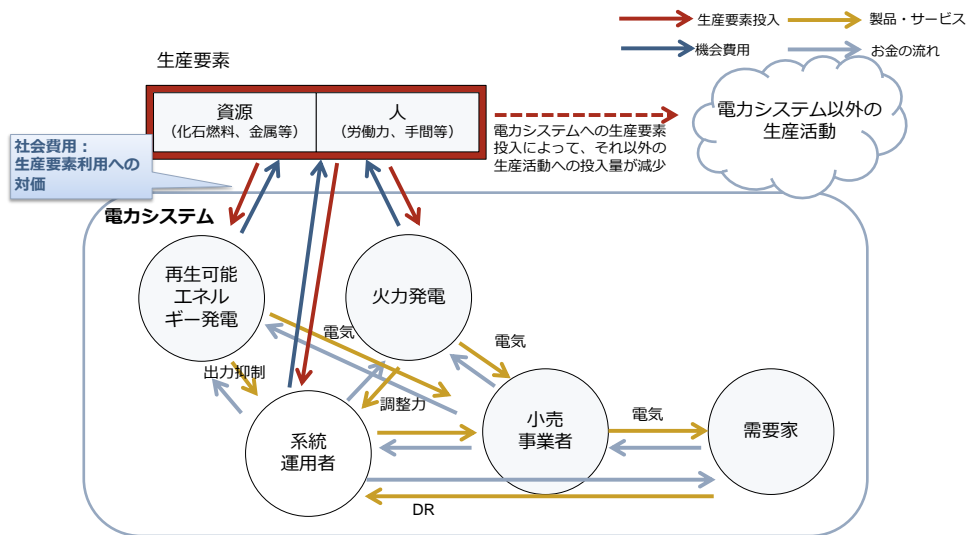
一方、社会費用には、社会内部での所得移転を含まない。例えば、再生可能エネルギーの出力抑制において、現在は一定の範囲内で系統運用者から発電事業者へ補償費が支払われるが、補償費は、資源を費やしたことに対する機会費用ではないため、社会費用に含まれない（補償費支払に関する事務人件費等は、社会費用である）。同様に、アンシラリー・サービスを提供する火力発電への対価の支払い、デマンドレスポンスを行う需要家に対する協力金の支払い等も、社会費用に含まれない（アンシラリー・サービスを提供するために必要な追加燃料費・人件費等、デマンドレスポンスに必要な通信費等は社会費用である）。

これらの費用の関係のイメージを、図 2-60 に示す。

⁵³ 電力の消費により需要家に生じる効用のことを指す。産業波及効果・地域振興効果等は含まない。

⁵⁴ 産業技術研究所 安全科学研究部門「社会経済分析ガイドライン」

⁵⁵ 脚注 54 と同じ。



イメージを示したものであり、電力システム中の活動を全て図示したものではありません。

図 2-60 電力システムにおける社会費用

社会費用は、電力システム内での金銭のやり取りには何ら影響しないため、社会費用が最小化された電力システムの運用の姿を、どのようにして実現するかという市場設計・マネタイズの問題は、別途の議論が必要である。

なお、多くの労働の投下が必要であることは雇用創出効果が大きいことでもあるから、必ずしも社会費用が小さい電力システムが社会的に望ましいとは限らないとの解釈もあることには、留意が必要である。ただし、そのような労働は、電力システムによる電力生産よりも価値のある生産活動に対して投下すべきであるとも言える。

2.3.2 電力需給評価モデル構築

(1) モデルの基本構造

1) モデルの特徴

以上のように、構築した電力需給評価モデルは、電力システムの設備の運用計画を取り扱うものである。構築したモデルの特徴を、表 2-35 にまとめる。なお、表の表側は表 2-34 と整合している。

評価の目的や計算量・解析時間の制約を鑑み、日本の 10 電力エリアを同時に扱うものとし、エリア間の連系線による電力授受を考慮した。また、評価対象を特定の 1 年とし、時間解像度を 1 時間とした。1 週間毎に運用計画を行い、これを 53 週分繰り返すこととした。

社会費用が可能な限り小さい運用計画を求めるために、「最適化問題」という数学的手法を用いている。最適化問題では、電力システムに関する「制約式」（設備容量以下の出力しかできない等の物理的な条件）を満たす範囲内で、「目的関数」（運用に関する社会費用）が最も小さくなる運用を計算する。制約式や目的関数については詳細を後述する。本モデルが解く問題は、最適化問題の中の「混合整数線形計画」という種類になっており、表 2-34 の事例でも使用例が多かった「線形計画」では扱えない火力発電の起動停止・部分負荷運転な

どの要素を取り扱うことができる⁵⁶。

上述したように、再生可能エネルギーや火力発電等の設備容量は、運用計画の対象外である。なお、大規模水力発電や原子力発電については、その発電量についても運用計画の対象外とした。太陽光発電・風力発電の出力パターンはアメダスデータを用いて設定している。

火力発電の運転を含めて、各需給対策オプションを、いつどのように使用するかが、運用計画の範囲の事項である。火力発電の運転調整、揚水発電の活用、広域連系線による他エリアとの電力量融通、再生可能エネルギーの出力抑制、デマンドレスポンス等がこれに含まれる。

表 2-35 構築するモデルの特徴

観点		本モデル	
対象	地域	全国 10 エリア（各エリア内は同様であるとし、送配電系統等は考慮しない）	
	期間	1 年（1 週間単位の逐次計算）	
	時間解像度	1 時間	
モデル化の方法		混合整数線形計画 運用に関する社会費用最小化	
分散型・ 系 統 電 源 の 前 提	再エネ等容量	太陽光・風力・大規模水力（外生）	
	火力発電の新設	新設考慮（各種計画・報道等より積み上げ）	
	火力発電の起動停止	ユニット単位の起動・停止をモデル化	
	再エネ出力の想定	太陽光・風力ともに都道府県別代表地のアメダスデータから 8760 時間の出力パターン作成	
	出力予測誤差	考慮しない	
需 給 対 策 オ プ シ ョ ン	電力シ ス テ ム 側	従来電源による調整	考慮
		揚水発電の活用	考慮（可変速機は調整能力あり）
		広域連系線運用	考慮（電力量の融通のみ、調整力の融通は考慮しない）
	再生可能エネルギーの出力抑制	考慮	
	需要側	デマンドレスポンス	考慮（家庭用ヒートポンプ式給湯機、電気自動車）
		需要側エネルギー貯蔵	考慮（需要側蓄電池。ただし評価対象としない）
その他	CO2	炭素税	

2) モデルの入出力データ

モデルにおける入出力データの概要を図 2-61 に示す。

⁵⁶ 「線形計画」は、全ての変数が連続値であり、またそれらの間の関係が一次関数であることを想定している。例えば、燃料消費量は発電量に比例するといった関係である。しかし、部分負荷による効率低下は、例えば燃料消費量＝ $A \times \text{発電量} + B$ （ A 、 B は定数）と近似できたとしても（切片 B の分だけ、発電量が小さいほど燃料消費量が相対的に大きい（＝部分負荷による効率低下）が表現されている）、発電量が 0 のときの燃料消費量は 0 であることが表現できない。このような関係を近似的に表現するために、発電量が 0 のときに 0、そうでないときに 1 を取る整数変数（この場合は二値のためバイナリ変数とも呼ぶ）を導入し、燃料消費量＝ $A \times \text{発電量} + B \times \text{整数変数}$ とすれば、発電量が 0 のときも燃料消費量が 0 であることが表現できる。このように変数の中に整数変数を含むが、変数間の関係が一次関数であることを想定しているものを、「混合整数線形計画」と呼ぶ。

各発電種類別（火力発電はユニット別）の容量や効率等パラメータ、1時間毎の太陽光発電・風力発電の出力（出力抑制前）需要が、モデルへの入力データ（これを「外生」という）となる。

モデルで社会費用が最小になるよう運用計画を作成することで、毎時の、火力発電の出力や揚水発電の運用、エリア間の連系線潮流、太陽光発電・風力発電の出力抑制量やデマンドレスポンス量が得られる。

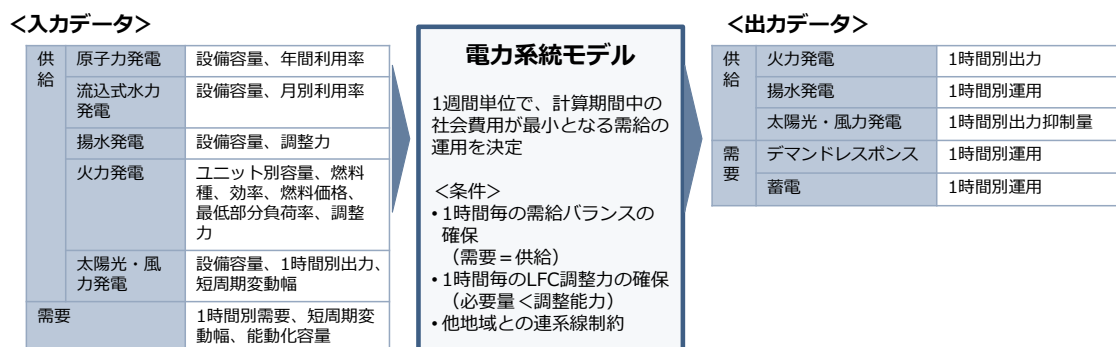


図 2-61 モデルの入出力

3) 目的関数

本モデルの目的関数は、運用に関する社会費用であり、これを最小化することとしている。社会費用は、燃料費と CO2 費用の和とした。運用に関する人件費等は、運用に依存して可変的に発生する部分は小さいと見なして含めなかった。

なお、電力需給バランスや LFC 調整力確保を前提としているが、万一これが満たされなかった時には、十分高額のパナルティが発生するものとしてこれを目的関数に加えた⁵⁷。

4) 制約式

本モデルで使用している主な制約式を表 2-36 に示す。主要な制約式に関しては、(2) 以降で詳述する。

⁵⁷ これは主に最適化問題を解く上でのテクニカルな措置である。なお、これを正しく評価するためには、電力需給バランスや LFC 調整力確保が行えなかった結果発生する停電による、経済的損失・効用損失を評価して計上すべきであるが、その評価方法自体に不確実性が高いため、この考え方は採用しなかった。

表 2-36 主な制約式の種類

制約式の種類		式のイメージ
電力需給バランス		電力供給=電力需要
LFC 確保制約		LFC 調整能力>LFC 必要量
再生可能エネルギー 出力抑制	出力抑制上限	出力抑制量<出力抑制量上限
揚水・蓄電設備	蓄電量バランス	蓄電量=前時間の蓄電量+充電量×効率-放電量
	蓄電量上限	蓄電量<kWh 容量
	充放電量上限	充電量+放電量<kW 容量
地域間連系	容量	地域間送電量<送電線容量
デマンドレスポンス	需要増加量上限	需要増加量<需要増加量上限
	需要減少量上限	需要減少量<需要減少量上限
	需要バランス	Σ 需要減少量= Σ 需要増加量
火力発電	発電用燃料消費	発電用燃料消費=発電量×係数+運転中フラグ×係数
	起動用燃料消費	起動用燃料消費=起動フラグ×係数
	最低出力	発電量>最低出力
	容量	発電量<設備容量
	稼働率上限	期間中稼働率<期間中稼働率上限

5) モデルでの考慮事項

平成 26 年度までの環境省委託事業「2050 年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討」で検討された「電力システム影響分析モデル」は、電力システムに関する物理的状況の表現において、いくつかの課題が指摘されていた。これらの課題のうち、本モデルで考慮した事項、依然考慮していない事項について、表 2-37 にまとめた。

表 2-37 本モデルで考慮している事項

課題	課題を考慮することの重要性	考慮	備考
地域間連系線の容量制約	各エリア内のみで考慮すると再生可能エネルギー導入によるバランス確保を過度に困難に見積もることになり、容量制約を考えずに全国一体であるとする再生可能エネルギー導入によるバランス確保を過度に容易に見積もることになる	考慮	系統の安定度も考慮した使用可能な容量をどう設定するかは今後の課題
火力発電の部分負荷効率	火力発電は部分負荷運転の際に効率が低下するため、これを考慮しなければ、再生可能エネルギーの導入による化石燃料代替効果を過大に見積もることになる	考慮	パラメータ精査は今後の課題
火力発電の最低出力	火力発電には最低出力や LFC 最低出力（LFC を供給するための最低出力）があり、これを考慮しなければ、再生可能エネルギーの導入による火力発電の運用を楽観的に見積もることになる	考慮	同上
火力発電の LFC 最低出力	火力発電には最低出力や LFC 最低出力（LFC を供給するための最低出力）があり、これを考慮しなければ、再生可能エネルギーの導入による火力発電の運用を楽観的に見積もることになる	考慮していない	計算時間の制約で今回は適用を見送った
火力発電の起動コスト	火力発電はいったん停止させると予熱のための燃料が必要となるため、これを考慮しなければ、再生可能エネルギーの導入による化石燃料代替効果を過大に見積もることになる	考慮	パラメータ精査は今後の課題
予測誤差	需要や再生可能エネルギー発電量の予測が外れたときのために、一般に火力発電等が部分負荷運転で待機しており、これを考慮しなければ再生可能エネルギーの導入効果を過大に見積もることになる	考慮していない	近似的に考慮できる可能性がある
設備計画	運転費のみを考慮していると、運転費が安価であっても、設備投資自体が過剰になっている可能性がある	考慮していない	上記を全て考慮した上での設備計画は、計算機資源的に非常に困難であり、設備容量は外生として扱う

(2) 電力需給バランス確保と LFC 調整力確保のモデル化とパラメータ設定

1) 電力需給バランスのモデル化

本モデルでは、1 時間毎の電力需給バランスを確保することを前提としている。電力需給バランスはエリア毎に確保する必要があるが、系統連系線が使用できる範囲においてエリア間での電力授受も可能である。

電力需給の要素を表 2-35 に示す。

表 2-38 電力需給バランス

需要	供給
一般需要	原子力・大規模水力発電出力
デマンドレスポンス対象機器の需要基本パターン	火力発電出力
デマンドレスポンスによる需要の増加	太陽光・風力発電出力（出力抑制前）
揚水・蓄電設備への充電	揚水・蓄電設備からの放電
太陽光・風力発電の出力抑制	デマンドレスポンスによる需要減少

2) LFC 調整力確保のモデル化

本モデルでは、エリア毎に、再生可能エネルギーの出力変動に対する LFC（負荷周波数制御）調整力の確保を行うことを前提としている。

LFC 調整力とは、数分～十数分程度の短周期の需給不均衡に起因する周波数変動を感知し、需給不均衡を解消するために給電システムからの自動的な発電機出力を制御する機能のことであるが、本モデルの時間解像度は 1 時間であり、LFC 調整力は以下に述べるように近似的に扱っている。

なお、本モデルでは、LFC 調整力のエリア間での融通は未考慮である。

a. 調整力の必要量

短周期の需給不均衡には、太陽光発電・風力発電の出力変動に加え、電力需要の変動も影響する。短周期で生じる変動の大きさを、表 2-39 のように近似した。

これらの出力変動が独立に生じるとすれば、出力変動の合成はベクトル和（各出力変動の二乗を合計し平方根をとったもの）になる。ただし、ベクトル和を取り扱うことは、モデルとしての計算量を増加させるため、今回の設定では単純合計であるとしたが、これは、調整力の必要量を過大に見積もっていることになる。なお、計算量を大幅に増加させない方法として、ベクトル和を一次式で近似する方法も考えられる。

また、太陽光発電・風力発電の出力変動の大きさについては、まだ十分な知見が得られていない。導入量が増えるに従って、出力平滑化効果も生じてくるためである。今後の学術研究等の成果を注視する必要がある。

表 2-39 調整力の必要量

	考え方	使用した比例係数
需要	当該時刻（1 時間単位）の需要に比例 （デマンドレスポンスで需要が増減した分も考慮する。）	3%
太陽光発電	当該時刻（1 時間単位）の出力に比例	10%
風力発電	系統に連系されている容量に比例 （出力抑制は解列と考え、出力抑制量に比例して容量が減少すると見なす。）	10%

出所) K. Ogimoto etc. (2014). Impacts of variable renewable energy source integration into power system operation and implications for Japan's future power market. CIGRE2014.

b. 調整能力

短周期の需要・再生可能エネルギー出力変動に対して、火力発電等の出力を調整することで、需給の不均衡を解消することができる。短周期での出力調整可能性を、表 2-40 のように近似した。

運転中の火力発電は、定格容量に比例する調整能力を持つとしている。このため、発電電力量が同じでも、負荷率を下げた運転中の火力発電の台数を増やすことで、調整能力を増やすことができる。ただし、火力発電の台数を増やそうとすると低効率のものも運転させることになり、また部分負荷運転を行うことはそれぞれの発電効率の低下にもつながる。このため、発電電力量が同じでも、必要な調整能力が大きくなれば、燃料使用量や CO2 排出量が増加する場合がある（ただし、石炭火力が部分負荷運転になりガス火力の出力が増えるなどで、CO2 排出量は減少する場合もある）。

本モデルでは、需要側機器やエネルギー貯蔵設備の LFC 調整能力としての活用は未考慮である。

表 2-40 調整能力

	考え方	使用した比例係数
火力 (石炭、天然ガス、石油)	運転中に限り、定格容量に比例 (最低負荷率は考慮するが、LFC 最低負荷率の考慮は省略した。)	5%
揚水	当該時刻 (1 時間単位) の発電時出力に比例	16.5%
揚水 (可変速機)	当該時刻 (1 時間単位) の揚水時消費電力に比例	10%
流達水力、原子力	調整力なし	—

出所) K. Ogimoto etc. (2014). Impacts of variable renewable energy source integration into power system operation and implications for Japan's future power market. CIGRE2014 を参考に設定

3) 需要と再生可能エネルギー出力の設定

電力需要と再生可能エネルギー出力は、いずれも天候に依存する部分があるため、整合した数値をおく必要がある。そこで、2014 年度 (2014 年 4 月 1 日～2015 年 3 月 31 日) を対象として、電力需要と再生可能エネルギー出力のデータを統合的に設定することとした。

a. 電力需要

電力需要については、一般電気事業者各社がウェブサイトで時刻別のデータを公開している。この状況を表 2-41 に示す。一部の事業者については休日のデータが得られなかったため 2010 年のデータで代用した。

ただし、2014 年度の電力会社のデータを用いることは、東日本震災後の節電実績が反映されている反面、普及が拡大した太陽光発電の自家消費分が不明である、一般電気事業者以外から電力供給を受けている需要家の需要が含まれていないといった点で、電力需要を正確に反映しているとは言えない。前者については自家消費分を推計する研究事例もあるこ

と、後者については電力広域的運営推進機関が需要実績データを保有していること⁵⁸から、データの補正が考えられる。さらに、本来は、本モデルが対象としている将来において、生じる負荷曲線の変形についても考慮しなければならない。これらについては今後の検討事項である。

表 2-41 電力需要実績の公開状況

事業者	URL	データ開始日	備考
北海道電力	http://denkiyoho.hepco.co.jp/download.html	2012.1.1	
東北電力	http://setsuden.tohoku-epco.co.jp/download.html	2008.4.1	
東京電力	http://www.tepco.co.jp/forecast/html/download-j.html	2008.1.1	
中部電力	http://denki-yoho.chuden.jp/	2010.4.1	
北陸電力	http://www.rikuden.co.jp/denki-yoho/csv/juyo-rikuden-2012.csv	2012.7.2	休日のデータ無し
関西電力	http://www.kepco.co.jp/corporate/energy/supply/denkiyoho/download.html	2011.6.30	
中国電力	http://www.energia.co.jp/jukyuu/sys/juyo-2014.csv	2012.4.2	休日のデータ無し
四国電力	http://www.yonden.co.jp/denkiyoho/download.html	2012.7.2	
九州電力	http://www.kyuden.co.jp/power_usages/history201111.html	2011.11.30	
沖縄電力	http://www.okiden.co.jp/denki/index.html	2015.4.1	

b. 再生可能エネルギー出力

気象庁のアメダスデータを用いて、太陽光発電・風力発電 1kW 導入に対する時刻区別の出力推計を行った。

太陽光発電出力は全天日射量に比例、風力発電出力は風速の3乗に比例（ただしカットイン・カットアウト風速を考慮）するとして、都道府県庁所在地で代表させた都道府県別の日射量・風速を取得し、全国単純平均の稼働率が太陽光発電は約 13%、風力発電は約 23%となるよう、比例定数を設定した。これらをエリア別に単純平均してエリア別の出力としたデータを用いた。推計結果の例を図 2-62 に示す。このような推計方法であるため、出力のならし効果、風速の局所性等の要素は反映されていない。

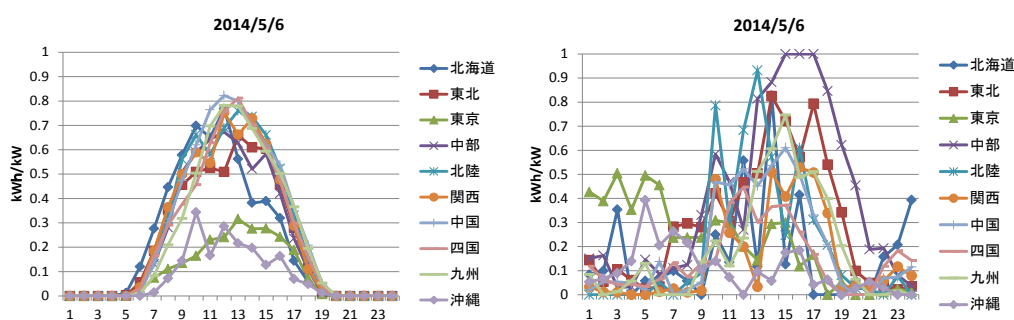


図 2-62 推計した再生可能エネルギー出力の例
(左図：太陽光発電 2014/5/6、右図：風力発電 2014/5/6)

⁵⁸ ただし、2016年3月時点での需要に関する公開情報は、9エリア合計の5分毎総需要と、エリア毎の日別の最大電力・日需要合計のみである。

4) 電源の想定

一般電気事業者、卸電気事業者における現状設備に加え、その他 IPP や PPS の電源、今後の新設計画等を、各種資料等をもとに想定した。なお、原子力発電は全国での発電電力量比が約 2 割になるよう、エリア別に想定を置いた。

大規模水力と、太陽光・風力発電以外の再生可能エネルギーについては、今回想定をおいていない。

(3) 需給対策オプションのモデル化とパラメータ設定

1) 従来電源による調整

従来電源の出力調整を表現する場合には、火力発電の部分負荷運転による効率低下や、起動コストを考慮することが重要である。火力発電は部分負荷運転の際に効率が低下し、またいったん停止させると予熱のための燃料が必要となるため、するため、これらを考慮しなければ、再生可能エネルギーの導入による化石燃料代替効果を過大に見積もることになるためである。

a. 部分負荷運転による効率低下

火力原子力発電技術協会資料による火力の部分負荷効率の値（図 2-63）をもとにパラメータを設定した。

負荷率と燃料消費量の関係に置き換えてみると、これらはほぼ一次関数の関係にあるが、負荷率がゼロのときには燃料消費量はゼロになるべきであるから、単純な一次関数では表現できないことになる。このため、1 か 0 かをとる「運転中フラグ」を導入した上で、負荷率（発電量に比例）と燃料消費量の関係を式で表した。

図 2-63 では、LNG 複合発電と、その他の発電で部分負荷による効率低下の様相が異なることが示されているが、ここでは共通のパラメータとして、負荷率と燃料消費量の関係式において、切片 0.1、傾き 0.9 を用いることとした。この設定については、今後精査が必要である。

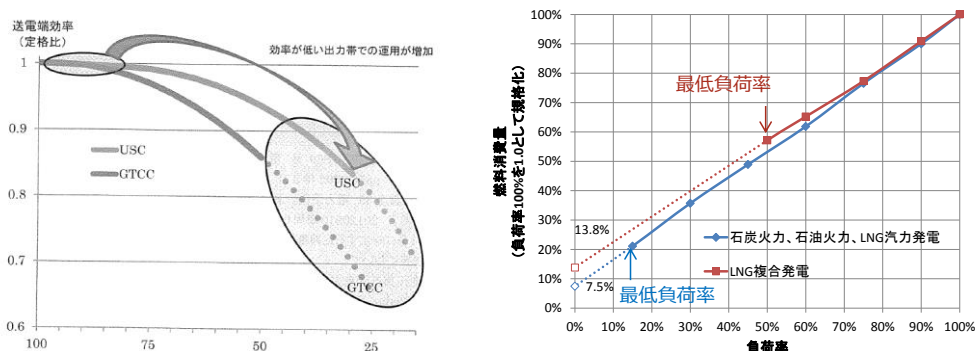


図 2-63 部分負荷効率

出所) 左図：一般社団法人火力原子力発電技術協会「再生可能エネルギー時代の火力発電」新たな役割と価値」2014年7月、右図：左図より作成

b. 起動コスト

電力中央研究所の電力システムモデルに関する研究⁵⁹で使用されていたパラメータを参照した。同研究では、火力発電の運転を図 2-64 に示すようなモード間の状態遷移として表現しており、電力を出力していない、バンキング、ホットスタートプレヒーティング、コールドスタートプレヒーティングの際にも燃料の消費が行われるとして、その燃料消費量を表 2-42 のように想定している。

本モデルでは、再生可能エネルギーの出力変動に合わせた発電所の起動停止は短時間でされるものとし、ホットスタートに相当する燃料消費量を考慮した（バンキングの燃料消費は考慮していない）。すなわち本モデルでは、いったん停止した火力発電は、起動時には定格発電量（ジュール熱換算）の 76% に相当する燃料が必要となると設定している。この設定については、今後精査が必要である。

表 2-42 火力発電の起動時等の燃料消費

モード	燃料消費率 (1時間の定格発電量（ジュール熱換算）に対する比率)
バンキング	2.4%/時間
ホットスタート	76%
コールドスタート	190%
停止	0

出所) 山本博巳（電力中央研究所）他「再生可能エネルギーの大量導入が電源の設備量と運転モードに及ぼす影響評価－揚水式水力の精緻化と全国大での試算－」電中研報告 Y14002

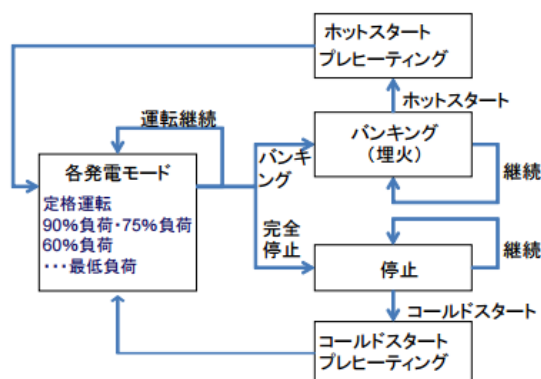


図 2-64 火力発電のモード遷移図

原注) バンキングとは、埋火（まいか）とも呼ばれ、火力ユニットを停止後、あまり時間がたたないうちに再起動するためにボイラ・タービンを加温し続ける状態である。ホットスタートプレヒーティングとは、バンキング状態からボイラ点火して並列に至るまでの状態と定義する。コールドスタートプレヒーティングとは、冷機状態からボイラ点火して並列に至るまでの状態と定義する。

出所) 山本博巳（電力中央研究所）他「再生可能エネルギーの大量導入が電源の設備量と運転モードに及ぼす影響評価－揚水式水力の精緻化と全国大での試算－」電中研報告 Y14002

⁵⁹ 脚注エラー! ブックマークが定義されていません。と同じ。

2) 広域運用

広域運用の考慮においては、エリア間の連系線の容量制約を考慮する必要がある。電力需給バランスや LFC 調整力確保は、各エリア内のみで考慮すると再生可能エネルギー導入による影響を過度に困難に見積もることになり、一方で連系線容量を考えずに全国一体であるとする再生可能エネルギー導入による影響を過度に容易に見積もることになるためである。ただし本モデルでは、連系線による融通は電力量のみを考慮し、LFC 調整力については未考慮である。

系統連系線容量は、今回の分析においては、2030 年を対象としているため、既存連系線の送電容量(図 2-65)に加えて、「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会 中間報告書(平成 24 年 4 月)」に記載されている、以下 2 つの増強計画を追加した。その上で、これらの熱容量のうち 50%は予備とし、残り 50%までを利用可能と想定した。

- ・ FC(周波数変換)容量: 2020 年度を目標に 210 万 kW(90 万 kW 増強)、それ以降、デマンドレスポンスの普及状況等も見つつ、できるだけ早期に 300 万 kW まで増強する
- ・ 北本連系線: 現行の増強計画(既設 60 万 kW から 90 万 kW への増強)については、可能な限り早期に実現する

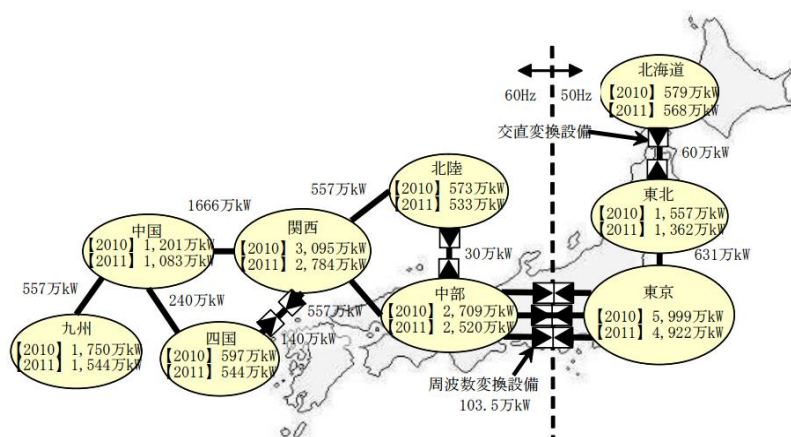


図 2-65 各エリアの需要規模と地域間連系線の送電容量

原注) 送電容量の数値は、会社間連系設備としての設計上の送電能力を表したもの。実際の系統運用における送電可能量(運用容量)は、設備故障を考慮した通過電流制約、安定度制約等により制約され得る。

出所) 地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会 中間報告書(平成 24 年 4 月)

この設定については、今後精査が必要である。

まず、電力広域的運営推進機関(OCCTO)「広域系統長期方針中間報告書」(平成 28 年 3 月)では、「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会 中間報告書」には含まれない増強計画として、電気供給事業者より提起を受けて東北東京間連系線の増強が計画している。7~11 年程度の工期を目標として、550 万 kW を増強して 1120 万 kW とすることが示されている。なお、「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会 中間報告書」で示された 2 つの増強計画については、北本連系線の増強は平成 31 年(2019 年)3 月運転開始予定であること、東京中部間の周波数変換容量も、10 年程度の工期を目標として、300 万 kW まで増強することが示されている。

また、送電容量のうち、系統の安定度も考慮した上で実際に使用可能な量(運用容量)に

については、同じく電力広域的運営推進機関が平成 28 年 3 月に、平成 30～37 年（2018 年～2025 年）度分についての長期計画を公表している（表 2-43）。このような値を踏まえて設定を行う必要がある。

表 2-43 地域間連系線の送電容量と運用計画

	送電容量		運用計画（2025 年）	
	現在	増強完了後	←左のエリア向	→右のエリア向
北海道－本州	60	90	90	90
東北－東京	631	1120	66 【51】	573 【380】
東京－中部	103.5	300	210	210
中部－関西	557	557	250 【200】	192 【118】
中部－北陸	30	30	30	30
北陸－関西	557	557	130 【60】	162
関西－中国	1666	1666	405	278
関西－四国	140	140	140	140
中国－四国	240	240	120	120
中国－九州	557	557	278 【174】	54 【37】

原注) 【 】内の数字は、最大需要時以外など空容量が小さくなると予想される値を示す。

出所) 電力広域的運営推進機関「長期計画（平成 30 年度～37 年度）の連系線の運用容量の値」平成 28 年 3 月より作成

3) 再生可能エネルギーの出力抑制

再生可能エネルギーの出力抑制については様々なルールが存在するが、出力抑制を行うこと自体が運用上の大きな社会費用を発生させるものでもない。

ここでは、再生可能エネルギーは、社会費用なしで、無制限に出力抑制できるものとする⁶⁰。これによる補償費支払もしくはその他の措置による再生可能エネルギー発電事業者への配慮は基本的には社会費用ではなく、別途に適切に行われるとする。

4) デマンドレスポンス

デマンドレスポンスの対象機器として、家庭用ヒートポンプ給湯機と電気自動車（EV、PHEV）を想定した。これら 1 台あたりの消費電力と消費電力量の想定を、表 2-44 に示す。

このうち「デマンドレスポンス」に参加する機器は、電力システムからの指令に従って貯湯タイミングや蓄電タイミングを変更し、電力システムにとって望ましい適切な時間帯に電力需要を発生する。このタイミングの変更は、需要家に不便を来さないよう、各機器が待機している時間中に行われるものとする。

表 2-44 デマンドレスポンスの対象機器

	消費電力	消費電力量
家庭用ヒートポンプ式給湯機	0.9kW	4.5kWh/日
電気自動車	3kW・1.5kW（平均 1.9kW）	平均 8.7kWh/日

⁶⁰ ただし後に述べるように、感度分析として、出力抑制に関する社会的制約を、費用の形で表現して目的関数に加えた場合の結果を示す。

a. ヒートポンプ式給湯機のモデル化

図 2-66 に、家庭用ヒートポンプ式給湯機についての電力需要発生条件を示す。この図は、特定の 1 台の機器に対するものではなく、使用時刻や貯湯時刻について 3 パターンを想定した上での 1 台あたりの期待値を示したものである。

まず、デマンドレスポンスに参加しない機器の負荷の「基本パターン」として、0 時から 6 時までの間で順次貯湯が行われると想定した。一方、給湯機の待機時間は、0 時から 15 時まで続く想定した。このため、デマンドレスポンスに参加する給湯機は、0 時から 15 時の間に貯湯時刻をシフトさせることができる。同図には、デマンドレスポンスの参加率別に、シフト後の電力需要の下限と上限についても示しており、これらと基本パターンとの差が、各時刻における基本パターンからの電力需要減少・電力需要増加の上限となる。さらになお当然、一定の時間範囲では、基本パターンからの需要減少・需要増加の合計は等しくならなければならない。

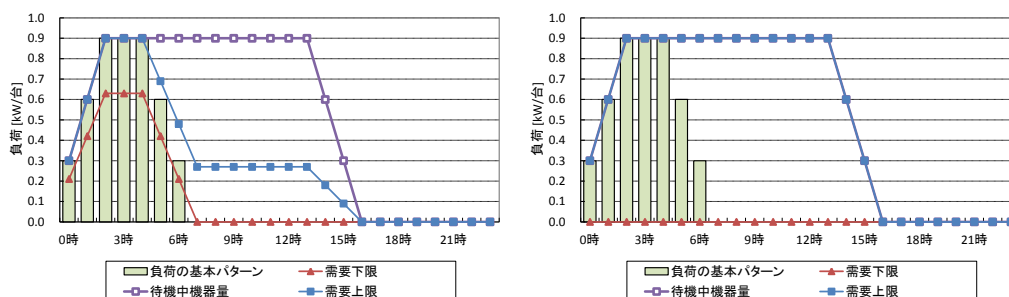


図 2-66 家庭用ヒートポンプ式給湯機の負荷の基本パターンと需要上限・下限
(左図：参加率 30%、右図：参加率 100%)

出所)「負荷の基本パターン」は「低炭素電力供給システムに関する研究会 新エネルギー大量導入に伴う系統安定化対策・コスト負担検討小委員会」第 2 回資料 4、資源エネルギー庁「電気自動車及びヒートポンプ式給湯機の導入による需要創出の効果について」(平成 20 年 10 月)より。「待機中機器量」は想定。需要上限・下限は、これらと参加率の想定から計算したもの。

b. 電気自動車のモデル化

電気自動車についても同様に、図 2-67 に、電力需要発生条件を示す。この図は、特定の 1 台の機器に対するものではなく、走行時刻や充電時刻について 9 パターンを想定した上での 1 台あたりの期待値を示したものである。負荷の「基本パターン」では、電気自動車の充電は 0 時から 7 時までの間で順次行われると想定した。また、24 時間いつでも、待機している自動車がある比率で存在すると想定した。

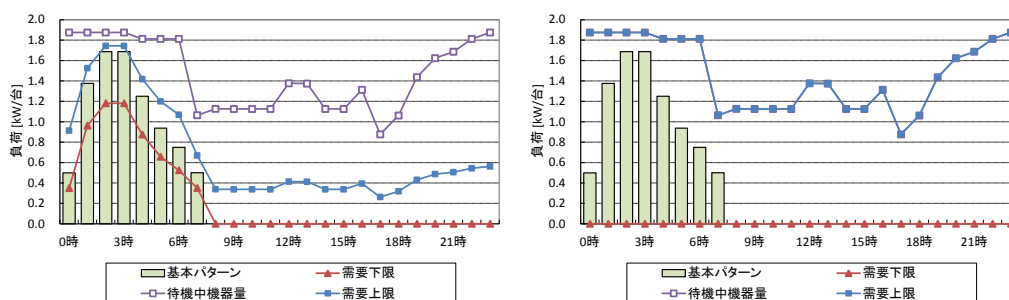


図 2-67 電気自動車の負荷の基本パターンと需要上限・下限
(左図：参加率 30%、右図：参加率 100%)

出所) 同上

c. 導入量の想定

2030 年におけるヒートポンプ式給湯機・電気自動車の台数は、長期エネルギー需給見通しを参考に、それぞれ 1400 万台、960 万台と想定した。表 2-44 で想定した 1 台あたりの消費電力、消費電力量を乗じた、全体の消費電力と消費電力量と合わせて表 2-45 に示す。

表 2-45 デマンドレスポンスの対象機器の台数想定

	台数	消費電力 [万 kW]	消費電力量 [億 kWh/年]
家庭用ヒートポンプ式給湯機	1400 万	1260	230
電気自動車	960 万	1632	305

出所) 経済産業省「長期エネルギー需給見通し」(2015)より作成

(4) モデルの挙動の確認

以下の主要前提のもと、モデルの挙動を確認した。

表 2-46 モデル挙動の確認における想定

再生可能エネルギー 導入見込量	「長期エネルギー需給見通し」より、太陽光 64GW、風力 10GW 2015 年 10 月現在の設備認定量で地域へ配分
CO2 単価	\$40/tCO2 (発電コスト等検証委員会では、WEO2014 における 2030 年見通しの約\$38/tCO2 を利用)
デマンドレスポンス	家庭用ヒートポンプ式給湯機、電気自動車の 30%が参加
需要側エネルギー貯 蔵	なし

図 2-68 に、モデルの計算結果としての設備運用の例を示す。このように、1 時間別の、火力発電所の出力や揚水発電の運用、エリア間の電力量授受、出力抑制量やデマンドレスポンス量が得られる。

また、表 2-47 に、全国の発電電力量の年間構成比を、長期エネルギー需給見通しと比較する。

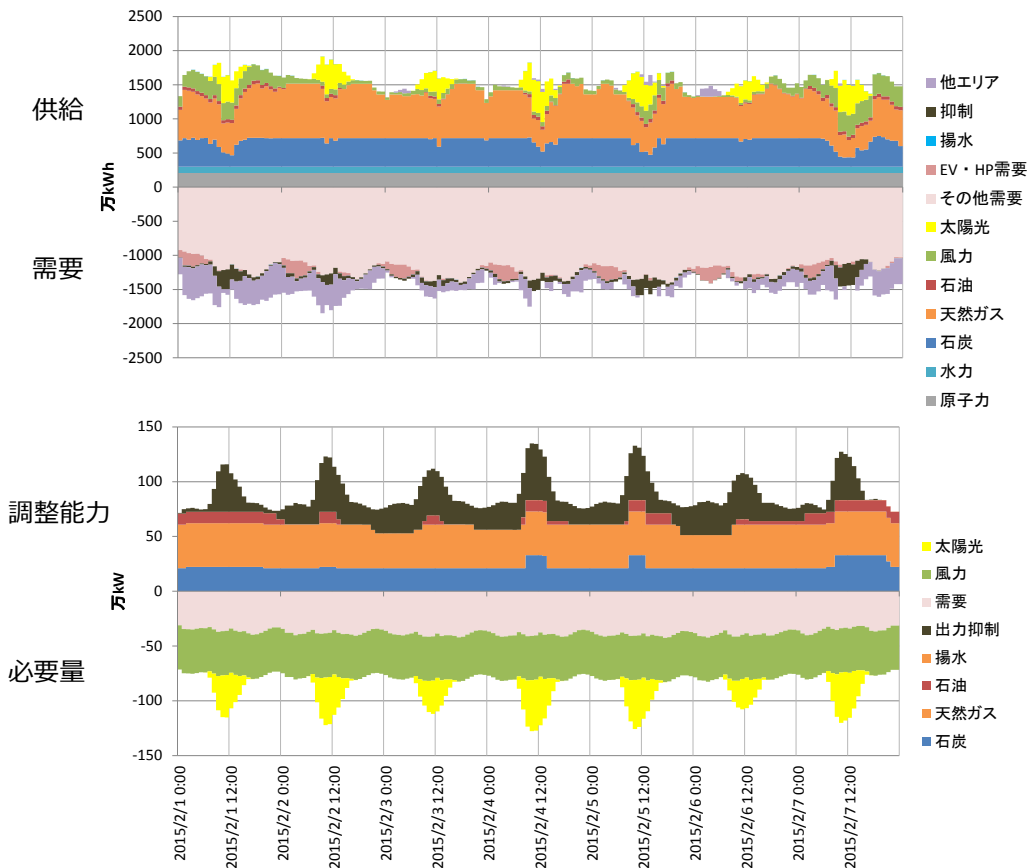


図 2-68 あるエリアの電力需給評価モデルの出力例（上図：電力量、下図：調整力）
 注) EV：電気自動車、HP：ヒートポンプ式給湯機。
 太陽光・風力は、出力抑制が行われる前の出力・調整力必要量と、抑制後の減少量を分けて示している。

表 2-47 発電電力量構成

	原子力	水力	石炭	ガス	石油	風力	太陽光	その他
計算結果	20%	5%	30%	37%	0%	1%	6%	0%
長期エネルギー需給見通し(2015)	22～20%	9%	26%	27%	3%	1.7%	7.0%	5%

2.3.3 デマンドレスポンスに関する分析

(1) 主要な想定

2030 年を想定し、デマンドレスポンスを中心とした電力需給の対策オプションの役割について評価を行った。

評価における主要な想定を表 2-48 に示す。対象年や再生可能エネルギーの導入量、CO2 単価の想定は、表 2-46 に示したものと同一である。

デマンドレスポンスへの家庭用ヒートポンプ式給湯機、電気自動車の参加率を、0%（デマンドレスポンスなし）、30%、100%と変化させており、これらの結果を比較することで、

デマンドレスポンスによる影響を分析した。

また再生可能エネルギーの出力抑制については、上述したとおり、基本は社会費用は生じないと置くが、出力抑制が受け入れられにくい状態を反映して、1kWh 抑制あたり仮に 30 円の費用が発生するケースについても計算を行った。

なお、系統側対策である、従来電源による調整や揚水発電の活用、広域連系線運用、いずれも考慮しており、これらや再生可能エネルギーの出力抑制、デマンドレスポンスの組み合わせの中から、最も社会費用が小さくなる対策が選択される。需要側エネルギー貯蔵については、今回はデマンドレスポンスに着目したため、導入を考慮していない。

表 2-48 デマンドレスポンスに関する分析における想定

再生可能エネルギー 導入見込量	「長期エネルギー需給見通し」より、太陽光 64GW、風力 10GW 2015 年 10 月現在の設備認定量で地域へ配分
CO2 単価	\$40/tCO2
出力抑制による費用	なし/30 円/kWh
デマンドレスポンス	家庭用ヒートポンプ式給湯機、電気自動車の 0%/30%/100%が参加
需要側エネルギー貯蔵	なし

(2) 結果

1) デマンドレスポンスの導入による効果

デマンドレスポンスの対策が全くとられない場合（参加率 0%）を基準として、再生可能エネルギーの出力抑制率、CO2 排出量、燃料費の差を表 2-49 に示す。再生可能エネルギーの出力抑制率はいずれもほぼ変化がなかったが、その中でも、デマンドレスポンスへの参加率が高いほど、CO2 排出量や燃料費が小さくなる結果となった。

出力抑制が受け入れられにくい状態を反映して 1kWh 抑制あたり仮に 30 円の費用が発生するとした場合の、同様の比較を表 2-50 に示す。ここでは、デマンドレスポンスの参加率が高いほど、再生可能エネルギーの出力抑制率、CO2 排出量や燃料費が小さくなる結果となった。なお、出力抑制の社会費用を勘案しない表 2-49 と比較すると、燃料費の絶対額は大きくなる。

デマンドレスポンスへの参加率が高いほど燃料費が小さくなるのは、電力供給側から望ましい形で需要を発生させることで、火力発電の起動停止や部分負荷運転といった発電効率が低下する運転が回避できたためである。CO2 排出量は、今回の試算ではデマンドレスポンスへの参加率が高いほど小さくなるという結果になったが、条件が異なれば需要の平準化による石炭火力稼働率の増加につながる場合もあると考えられ、別途適切な CO2 排出抑制施策が必要である。

表 2-49 デマンドレスポンスに関する分析結果（出力抑制による費用なし）

デマンドレスポンス参加率	再生可能エネルギーの出力抑制率	CO2 排出量の差	燃料費の差
0%	11.5%	—	—
30%	11.5%	−39 万 tCO2	−140 億円
100%	11.5%	−51 万 tCO2	−206 億円

注) 再生可能エネルギーの出力抑制率：電力系統における制約がなければ発電していたであろう年間の電力量に対する、電力系統における制約のために抑制された年間電力量の比率。

表 2-50 デマンドレスポンスに関する分析結果（出力抑制による費用 30 円/kWh）

デマンドレスポンス参加率	再生可能エネルギーの出力抑制率	CO2 排出量の差	燃料費の差
0%	4.5%	—	—
30%	4.4%	−36 万 tCO2	−139 億円
100%	4.4%	−51 万 tCO2	−202 億円

注) 同上

2) デマンドレスポンスの活用状況

出力抑制による費用が生じず、またデマンドレスポンスの参加率を 30%としたケースについて、デマンドレスポンスの活用状況の詳細を見た。

図 2-69、図 2-70 にはそれぞれ、デマンドレスポンス対象となった家庭用ヒートポンプ式給湯機、電気自動車の負荷の発生状況（全国）を、月別に示す。

デマンドレスポンスに参加していない 70%の機器は、想定した負荷の基本パターン（図 2-66、図 2-67 参照）に従って深夜時間帯に負荷を発生させるが、デマンドレスポンスに参加する機器も、一部はこれらを補完するように、真夜中 0 時付近や早朝 5 時ごろに稼働していた。また、太陽光発電の出力を吸収するために、日中への稼働シフトも生じているが、正午付近の時刻は、需要自体の増加や再生可能エネルギーの出力抑制もあるために、これらの機器も稼働していなかった。ヒートポンプ式給湯機は、電気自動車の接続率が低い朝や昼間の時間帯に活用され、電気自動車は、ヒートポンプ式給湯機が利用中である夕方や夜間に活用されていた。季節によって再生可能エネルギー発電の出力や負荷の形状が異なるため、デマンドレスポンス対象機器の稼働にも違いが見られた。

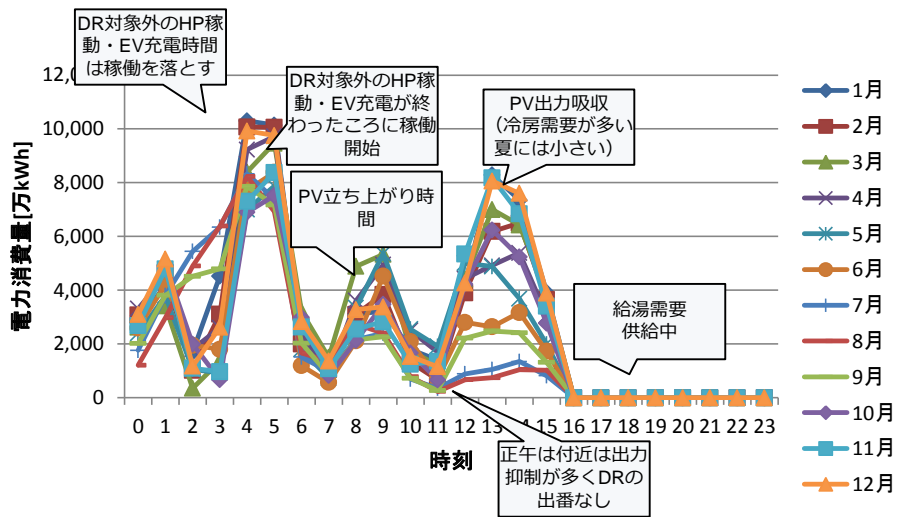


図 2-69 デマンドレスポンス参加の家庭用ヒートポンプ式給湯機の負荷

注) DR : デマンドレスポンス、EV : 電気自動車、HP : ヒートポンプ式給湯機。

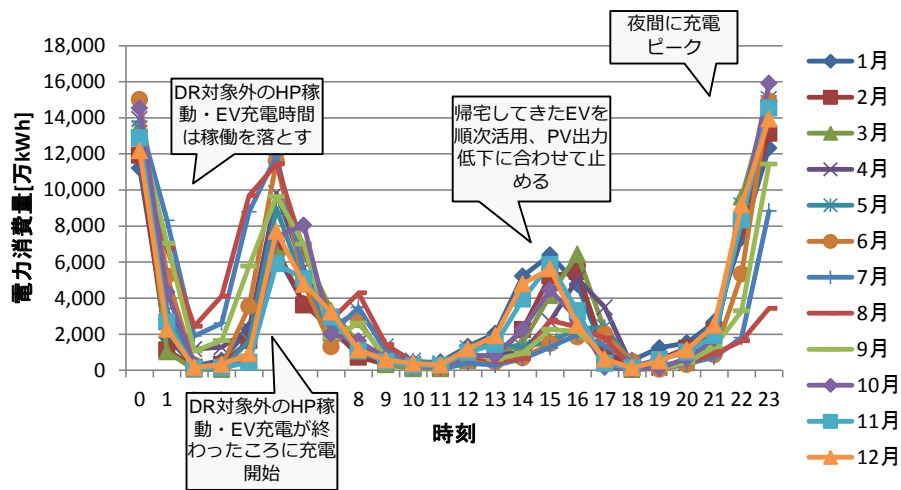


図 2-70 デマンドレスポンス参加の電気自動車の負荷

注) 同上

図 2-71 には、1 月と 5 月について、時刻別の家庭用ヒートポンプ式給湯機・電気自動車の需要と、その他の電力需要から太陽光発電・風力発電出力を差し引いた需要（ダックカーブに相当するもの）を示す。想定した家庭用ヒートポンプ式給湯機・電気自動車の導入量は、年間の電力需要約 1 兆 kWh に対して、表 2-45 に示したように 600 億 kWh 弱であるため、その 30% のデマンドレスポンスでは負荷形状に大きな影響を与えるものではない。

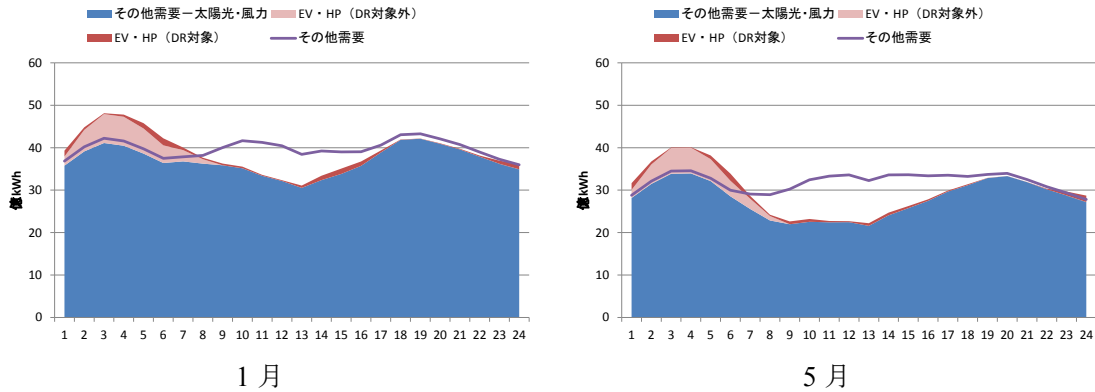


図 2-71 一般の需要とデマンドレスポンス対象機器の需要

注) 同上

2.3.4 定量評価における今後の課題

本項では、電力需給対策オプションの役割について、電力システムの物理的側面からの評価を行うための、計算機モデル（「電力需給評価モデル」）を構築した。また、将来を対象にシミュレーションを実施し、デマンドレスポンスに着目した分析を行った。

本モデルの構造については概ね挙動の確認を行ったが、用いている様々なデータについては精査の余地がある。本文中で述べたことも含め、以下に列挙する。

- ・ データの精査
 - 電力需要
 - ◇ 自家消費分、一般電気事業者供給分以外の考慮
 - ◇ 将来の需要の想定方法
 - 再生可能エネルギー
 - ◇ 実測データに基づく出力の設定
 - ◇ 出力抑制の特性の考慮
 - ◇ 太陽光発電・風力発電以外の設定
 - ◇ 太陽光発電、風力発電の変動特性に基づく必要な調整力の再検討
 - その他設備
 - ◇ 最新の新設計画、原子力発電の再稼働状況等の反映
 - ◇ 火力発電、揚水発電のユニット模擬
 - ◇ 水力発電の模擬
 - 系統側対策
 - ◇ 火力発電の部分負荷効率、起動コストの設定値の精査
 - ◇ 連系線制約の見直し

- 需要側対策
 - ◇ デマンドレスポンス対象機器の動作の精査
 - ◇ 需要側エネルギー貯蔵の考慮
- モデル挙動の確認・比較
 - 他の分析結果・研究事例等との比較
 - 結果に大きな影響を与えない要素の省略、計算時間の短縮

2.4 まとめと今後の課題

2.4.1 まとめ

再生可能エネルギー大量導入時に必要となる対策オプションを俯瞰的に整理し、ベースオプションと補償オプションに分類した。ベースオプション（出力予測、広域運用）は再エネ対応としての調整力の絶対量低減に寄与するものである。補償オプションは、ベースオプションによる対策を講じてもお生じる需給インバランスを補償する技術であるが、ベースオプションが有効に機能しないケース（予測が外れる、連系線が十分に利用できない等）では、設備投資の不要なデマンドレスポンス等の需要側リソースの活用が、社会費用の削減に資する可能性があると考えられた。ただし、需要側対策を有効なオプションとして捉えるには、様々な課題が想定されるため、デマンドレスポンスの電力市場統合が進んでいる米国の情報収集を行った。

米国ではピークカット目的のデマンドレスポンスを行っている事例が多いが、予備力や周波数制御を目的としたデマンドレスポンスが存在し、実ビジネスとして成立している。デマンドレスポンス（特に Auto DR）は、将来の再生可能エネルギー大量導入時の需給対策として機能しうる可能性が高いと考えられた。ただし、デマンドレスポンスを再生可能エネルギー対策として有効に機能させるためには、需要の柔軟性を高める市場設計、デマンドレスポンスの経済価値評価が必要であり、また、実証試験等を通じて、デマンドレスポンスの技術的信頼性及び需要家からの信用性を検証する必要がある。

デマンドレスポンスを含む補償オプションが果たしうる役割を、電力需給評価モデルにより定量評価を行った。社会的費用最小化のもとでは、需要側対策として、家庭のヒートポンプ式給湯機や電気自動車を活用される結果となった。また、同じ再生可能エネルギーの出力抑制率の中で、デマンドレスポンス対象の需要が増加すると、燃料費や CO2 排出量の低減に繋がる可能性が確認された。

2.4.2 今後の課題

(1) ベースオプションの重要性

今回ベースオプションとして整理した、出力予測の精度向上、広域運用による調整力融通について、海外を含めた動向を調査する必要がある。また、電力需給評価モデルによる評価において、これらのベースオプションの効果の反映、定量化が可能か検討する必要がある。

(2) 補償オプションにおけるデマンドレスポンスの位置づけ

デマンドレスポンスによる需要側リソースの活用により、社会費用が低減できる可能性が示唆されたが、今後、デマンドレスポンスによる需要シフトポテンシャルをより詳細に把握する必要がある。このとき、デマンドレスポンスに対する需要家の受容性・信用性、緊急時における対応の信頼性についても検討する必要がある。また、電力需給評価モデルへ反映し、評価を行う必要がある。

(3) デマンドレスポンスの有効性と必要な条件

再生可能エネルギー大量導入時のデマンドレスポンスが有効である場合には、その実現に向けて、需要家の効用を下げない範囲の特定や、機器の自動制御の有効性の確認のため、家庭を対象とした実証等を通じた検討が必要である。なお、大口の場合は需給調整契約の活用がオプションの1つとなると考えられる。

引き続き国内外の情報を調査し、デマンドレスポンスの電力市場への統合に関して、今後の我が国における展開に向けた検討を行う必要がある。

3. 地域貢献型再生可能エネルギー事業導入拡大方策

3.1 地域貢献型再生可能エネルギー事業の定義

3.1.1 地域貢献型再生可能エネルギー事業とは

環境省では、地域が主体となったいくつかの先進的な再生可能エネルギープロジェクトに焦点を当て、地域主体型の事業が地域に与える経済的な効果・影響、課題、必要な方策等についてこれまでも整理している。（例えば「平成 25 年度 2050 年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討事業」、「平成 26 年度地域における再生可能エネルギービジネス普及方策検討事業」など）

この「地域主体型の再生可能エネルギー事業」という考え方の具体的要件としては、様々なものが考えられる。例えば、世界風力エネルギー協会では、地域貢献型事業の定義の一つとして以下の 3 つの基準を満たす『コミュニティパワー三原則』を提唱しており、そのうち、少なくとも 2 つを満たすプロジェクトを、地域主導の取り組み（コミュニティパワー）の要件としている。このように、『コミュニティパワー三原則』は、事業の「所有関係」、「意思決定権」、「社会的・経済的利益の分配」に着目しており、「事業主体が誰であるか」、「受益者が誰であるか」が論点となっている。

<コミュニティパワー三原則（世界風力エネルギー協会）>

- 地域の利害関係者がプロジェクトの大半もしくはすべてを所有している
- プロジェクトの意思決定はコミュニティに基礎をおく組織によっておこなわれる
- 社会的・経済的便益の多数もしくはすべては地域に分配される

図 3-1 に再生可能エネルギー事業の主要なステークホルダーと事業主体との一般的な関係性を示す。再生可能エネルギー事業には、地域関係者をはじめ、金融・保険業者、建設段階における関連事業者（EPC 業者等、コンサルティング業者等）、運用段階における関連事業者（O&M 業者等）、行政（地方自治体、国）等がステークホルダーとして存在する。

再生可能エネルギー事業の開発・運用には、各主体による「資金面」、「関連事業」等での参画が必要であり、ここに経済活動が発生する。この際、主体が地域事業者であれば、地域に経済的便益が生まれることとなる。また、円滑な事業の開発・運用のためには、継続的に地域関係者の協力・支援を得ることが重要であり、運用段階においては「事業の利益を何らかの形で地域に還元」することで、地域に経済的便益が生まれることとなる。また、再生可能エネルギー事業が地域の状況に応じた課題解決（エネルギーセキュリティの向上や公共サービスの拡充、地域産業・商業振興、地域環境の改善など）につながることも想定される。

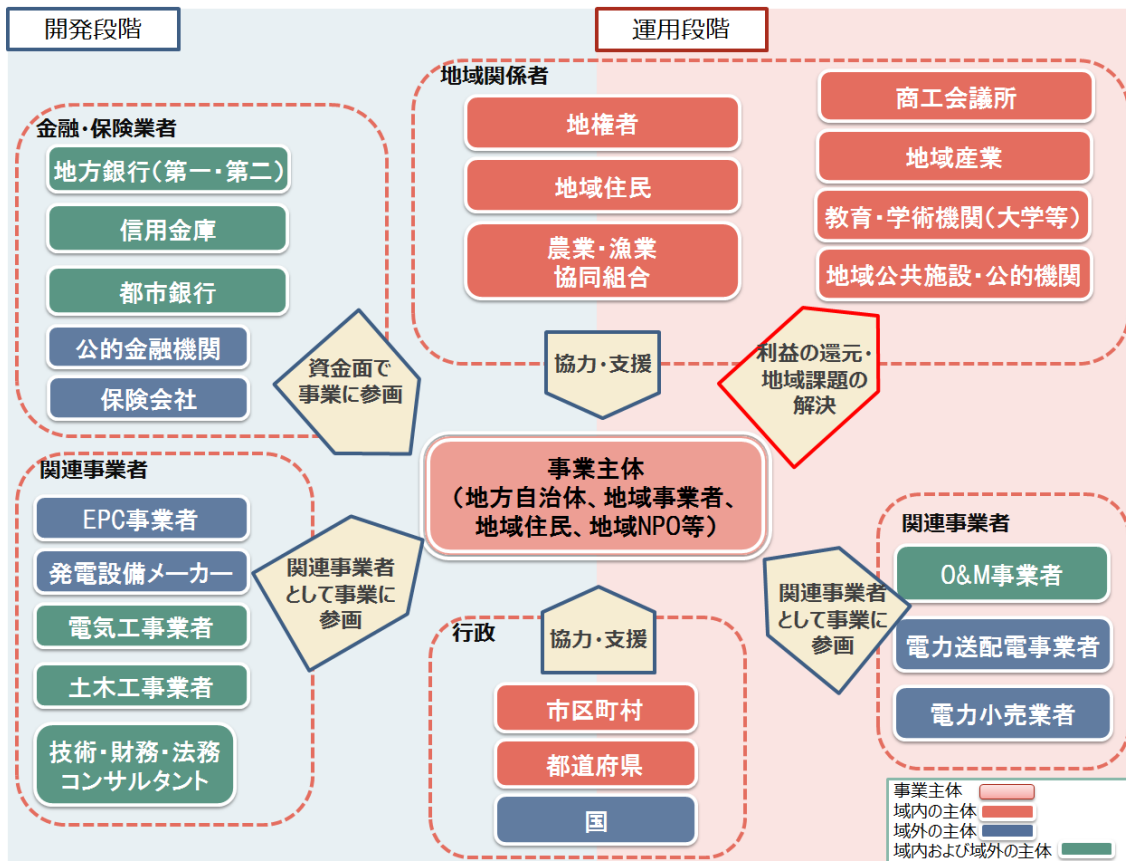


図 3-1 再生可能エネルギー事業のステークホルダーと事業主体との関連性

これまでの環境省調査の結果や、コミュニティパワー三原則、図 3-1 に整理した事項を踏まえ、今年度の調査では、地域主体型の再生可能エネルギー事業（以下、地域貢献型再エネ事業）を、以下の 4 つの特徴を少なくとも 1 つ以上有する事業として定義し、より詳細な調査を実施することとした。

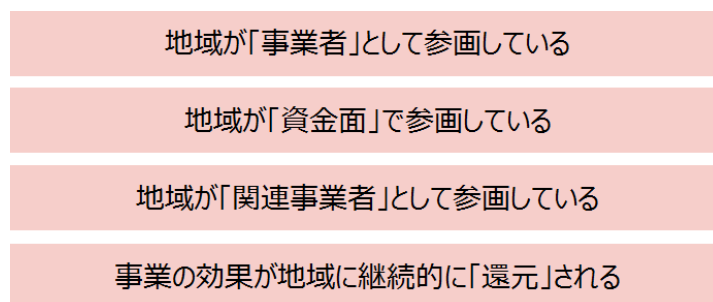


図 3-2 地域貢献型再エネ事業の定義の観点

3.1.2 地域貢献型再エネ事業のモデルケースの定義

前述の4つの切り口から、地域貢献型再エネ事業を構成する要素を整理したものを表 3-1 に示す。地域が「事業者」として参画する主な要素としては、「自治体が主体」、「地域関係者が主体」、「自治体と地域関係者が主体」、「自治体・地域関係者と域外事業者が主体」が想定される。

地域が「資金面」で参画する主な要素としては、「地域金融機関による投融資」、「地域金融機関と都市銀行による投融資」、「地域ファンド（市民出資、自治体のファンド等）」が想定される。

地域が「関連事業者」として参画する主な要素としては、「開発業務における地域事業者の参画」、「O&M 業務における地域事業者の参画」が想定される。

また、地域への継続的な「事業効果の還元」については、事業効果を「直接的効果」と「間接的効果」に分けた場合、前者については「電力利用（売電収入）」、「熱利用」、「CO2 削減」が主な効果として想定される。また後者については、非常用電源の確保等による「エネルギーセキュリティの向上」、土地や道路・水路等の整備等による「地域インフラ・環境整備」、売電収入を活用した「公共サービスの拡充」、再生可能エネルギー事業による「地域産業・商業振興」や、事業を通じた地域の「人材育成」が主な効果として想定される。

本調査では、表 3-1 に示す要素を勘案しつつ、実際の再生可能エネルギー事業を分類し、その事業概要や成功要因、課題等を調査・分析することとした。

表 3-1 地域貢献型再エネ事業を構成する要素

地域の関わり方	地域貢献型再エネ事業を構成する要素	
地域が「事業者」として参画 ※いずれか一つに該当	自治体が主体	
	地域関係者が主体	
	自治体と地域関係者が主体	
	自治体・地域関係者と域外事業者が主体	
地域が「資金面」で参画 ※いずれか一つに該当	地域金融機関による投融資	
	地域金融機関と都市銀行による投融資	
	地域ファンド（市民出資、自治体のファンド等）	
	その他（自治体予算、地方債等）	
地域が「関連事業者」として参画 ※複数該当可	発電所の建設に地域事業者が参画	
	O&M に地域事業者が参画	
	地域関係者が事業を協力・支援	
地域への継続的な 「事業効果の還元」 ※複数該当可	直接的効果	電力利用（売電収入）
		熱利用
		輸送用燃料利用※
		雇用の創出
		税収増加
	CO2 削減	
	間接的効果	エネルギーセキュリティの向上
		地域インフラ・環境整備
		公共サービスの拡充
		地域経済の活性化、地域産業・商業振興
		地域環境の改善
人材育成・環境意識の醸成		
地域コミュニティの強化		

※「輸送用燃料」は、本調査では検討対象外とする。

3.1.3 地域貢献型再エネ事業実施時のリスク・留意点

前述の定義に基づく地域貢献型再エネ事業において、想定されるリスクや留意点を表3-2に示す。地域貢献型再エネ事業を実施するにあたっては、下記のリスク・留意点を認識し、適切な対応を図ることが求められる。

具体的には、地域が「事業者」として参画する際のリスク・留意点としては、地域貢献型再エネ事業であっても、事業により得られる効果（売電収入やその他波及効果）を享受できる主体が一部に限られる場合は、その他の地域主体（近隣住民や、近隣事業者等）にとっては、必ずしも地域貢献型再生可能エネルギー事業とは捉えられず、事業への理解が示されない可能性が挙げられる（公平性の課題）。また、地域貢献型再エネ事業であっても、騒音の発生や景観への影響、防災面への影響（斜面設置等）など、地域環境に影響を及ぼす可能性がある。また、特に事業規模が大きい場合は事故や故障による事業損失が大きくなるため、リスクを地域のみで負いきれない可能性がある。さらに、人材不足等から、地域のみでは技術的知見や情報が不足する可能性も挙げられる。

地域が「関連事業者」として参画する際のリスク・留意点としては、技術力・ノウハウ不足により、事故や故障リスクが高まる可能性が挙げられる。

地域が「資金面」で参画する際のリスク・留意点としては、事故や故障等により大きな事業損失が発生した場合に、地域の投融资主体に大きな損害が発生する可能性が挙げられる。

地域への継続的な「事業効果の還元」におけるリスク・留意点としては、地域が「事業者」として参画する観点からのリスク・留意点と同様に、地域全体にとってのメリットを認識していない主体からは、事業への理解が示されない可能性や、地域貢献型再エネ事業であっても、地域環境に影響を及ぼす可能性が挙げられる。

これらのリスク・留意点への対応としては、地域の理解を得る観点では、地域の幅広い主体がメリットを享受できるような事業スキームをデザインすることが有効と考えられる。また、事業が地域にもたらす効果について、事業形成の段階から地域と密にコミュニケーションを取ることで、より多くの地域関係者の理解を得ることが重要と考えられる。さらに、事業損失リスクや、技術的知見不足への対応については、資金力やノウハウを持った大手事業者と連携する等の対応策が考えられる。

表 3-2 地域貢献型再エネ事業に想定されるリスク・留意点

地域の関わり方	想定されるリスク・留意点
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域貢献型再エネ事業であっても、特に事業と関係のない主体からは、事業への理解が示されない可能性がある。 ・ 地域貢献型再エネ事業であっても、地域環境に影響を及ぼす可能性がある（騒音の発生、景観への影響、防災面への影響（斜面設置等）等） ・ 特に事業規模が大きい場合、事故や故障等による事業損失を地域のみで負いきれない可能性がある。 ・ 地域のみでは技術的知見や情報が不足する可能性がある。
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 技術力・ノウハウ不足により、事故や故障リスクが高まる可能性がある。
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事故や故障等により大きな事業損失が発生した場合に、地域に大きな損害が発生することとなる。
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域貢献型再エネ事業であっても、地域全体にとってのメリットを認識していない主体からは、事業への理解が示されない可能性がある。 ・ 地域貢献型再エネ事業であっても、地域環境に影響を及ぼす可能性がある（騒音の発生、景観への影響、防災面への影響（斜面設置等）等）

3.2 地域貢献型再エネ事業の事例調査

3.2.1 地域貢献型再エネ事業の選定

地域貢献型再エネ事業の定義に基づき、地域貢献型再エネ事業に該当すると考えられる事例を選定し、ヒアリング調査により、その成功要因と課題について詳細調査を行った。なお、過年度の環境省事業において、表 3-3 の事例については調査済であるため、今年度の調査対象からは除外しているが、地域貢献型再エネ事業の成功要因分析や導入方策等の検討にあたっては、これらの事例から得られた知見も含めて整理・分析を行っている。

表 3-3 過年度の環境省事業において調査を実施した事例⁶¹

エネルギー種類	事例
太陽光発電	<ul style="list-style-type: none"> ● うどん県電力(株) (香川県) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 香川県高松市を中心に地域資本共同出資型再エネ事業を実施。機器調達、設計施工、運用監視まで域内産業の協力のもと事業を実施。 ● あいとう福祉モール市民共同発電 (あいとうふくしモール市民共同発電所組合/滋賀県東近江市) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 組合形式として出資を募ることで市民参加型のスキームを形成。売電収入の2割を福祉施設に寄付、7割を組合員に地域商品券の形で分配。 ● 小田原メガソーラープロジェクト (ほうとくエネルギー(株)/小田原市) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 小田原市の地域事業者38社が出資し、「ほうとくエネルギー(株)」を設立。市民出資を募り、メガソーラー事業を実施。
風力発電	<ul style="list-style-type: none"> ● 風の王国プロジェクト (秋田県) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 地域事業者が中心となって複数の風力発電事業を実施。事業の所有権、意思決定権、社会的経済的利益の配分の地域への分配を原則とする。 ● 市民風力発電(株) (北海道札幌市、秋田県秋田市等) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 市民出資による風力発電設備を全国に先駆けて実施。全ての市民風車を含む、計16か所の風力発電所の運転保守管理業務を実施。
中小水力発電	<ul style="list-style-type: none"> ● 那須野ヶ原発電所 (那須野ヶ原土地改良区連合/栃木県那須塩原市) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 農業用水路に潜在している未利用エネルギーを活用して水力発電を行い、土地改良施設の電源を確保。 ● 元気くん1・2・3号 (都留市) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 市役所庁舎前を流れる家中川に、市役所庁舎の自家発電設備として、小水力発電設備を設置。市民参加型ミニ公募債を活用。

表 3-4 に、今年度調査対象とした事例と、地域貢献型再エネ事業の観点から各事例の特徴を整理したものを示す。調査にあたっては、地域による支援（特に行政との関与、行政が担った役割）にも着目し、情報収集を行った。

⁶¹ 各事例の詳細は、以下の環境省報告書を参照のこと。

「2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書」(平成25年3月)

「低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化検討会報告書」(平成23年3月)

(URL) <https://funtoshare.env.go.jp/roadmap/report.html>

表 3-4 地域貢献型再エネ事業を構成する要素と各事例の特徴

◎：当該事例において地域貢献の観点で特に注目すべき要素

地域の関わり方	地域貢献型再エネ事業を構成する要素	太陽光発電		風力発電		バイオマス発電		中小水力発電			地熱発電			
		事例①	事例②	事例①	事例②	事例①	事例②	事例①	事例②	事例③	事例①	事例②	事例③	
地域が「事業者」として参画	自治体が主体						○							
	地域関係者が主体				○			○			○		○	
	自治体と地域関係者が主体		○							○				
	自治体・地域関係者と域外事業者が主体	○		○		○						○		
	域外事業者が主体								○					
地域が「資金面」で参画	地域金融機関による投融資	○	○	○	○	○		○				○		
	地域金融機関と都市銀行による投融資										○			
	地域ファンド [※] （市民出資、自治体のファンド [※] 等）		○		○	○							○	
	その他（自治体予算、地方債等）						○			○				
地域が「関連事業者」として参画	発電所の建設に地域事業者が参画	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○		
	O&Mに地域事業者が参画	○	○			○		○	○	○	○	○	○	
	地域関係者が事業を協力・支援	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	
地域への継続的な「事業効果の還元」	直接的効果	電力利用（売電収入）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		熱利用					○	○				◎		◎
		輸送用燃料利用												
		雇用の創出	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		税収増加	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		CO2削減	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	間接的効果	エネルギーセキュリティの向上		◎	◎									
		地域インフラ・環境整備								◎	◎			
		公共サービスの拡充			◎	◎								
		地域経済の活性化、地域産業・商業振興	◎	◎		○	○	○	◎			◎	○	◎
		地域環境の改善					○	○						
		人材育成・環境意識の醸成	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○

※事例凡例

エネルギー種	事例①	事例②	事例③
太陽光発電	合志農業活力プロジェクト（熊本県合志市）	コナン市民共同発電所プロジェクト（滋賀県湖南市）	—
風力発電	秋田国見山第二風力発電（秋田県秋田市）	羽川風力発電所（秋田県秋田市）	—
バイオマス発電	別海町バイオガス発電（北海道野付郡別海町）	土幌町バイオガスプラント（北海道河東郡土幌町）	グリーン発電大分（大分県日田市）
中小水力発電	土湯温泉東鴉川水力発電所（福島県福島市）	落合平石小水力発電所（岐阜県中津川市）	栃木県寺山ダム ESCO 事業（栃木県矢板市）
地熱発電	土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所（福島県福島市）	湯山地熱発電所（大分県別府市）	—

3.2.2 事例調査結果

(1) 太陽光発電

1) 調査対象の選定

表 3-5 に、太陽光発電の調査対象の選定方法を示す。太陽光発電については、資源エネルギー庁の「再生可能エネルギー発電事業を通じた地域活性化モデル開発支援調査事業」採択案件一覧を元に調査候補をリストアップし、地域貢献型再エネ事業の定義に基づき、より多くの条件を満たすものとして、以下の2件を選定した。

- ✓ 合志農業活力プロジェクト太陽光発電所（合志農業活力プロジェクト合同会社、熊本県合志市）
- ✓ コナン市民共同発電所（一般社団法人コナン市民共同発電所プロジェクト、滋賀県湖南市）

表 3-5 調査候補の選定方法（太陽光発電）

項目	概要
調査対象の抽出に用いた資料・リスト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新エネルギー等共通基盤整備促進事業（再生可能エネルギー発電事業を通じた地域活性化モデル開発支援調査事業）採択者一覧（平成 24 年度、平成 25 年度）（33 件）
調査対象の選定方法	<p><絞り込み条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 当該事業が継続していることが、ウェブ情報等から確認できた案件(8件) <p><選定条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地域の事業者のみでなく、地域住民、地元企業を含む幅広い地域の主体に対してメリットがある案件 ・ 地域への貢献効果の創出方法が、構想レベルではなく、具体的なスキームとして確立されている案件 ・ 地域への貢献効果が短期ではなく、発電期間全体にわたって持続する案件
調査対象選定結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 合志農業活力プロジェクト太陽光発電所（合志農業活力プロジェクト合同会社、熊本県合志市） ・ コナン市民共同発電所（一般社団法人コナン市民共同発電所プロジェクト、滋賀県湖南市）

2) 事例調査結果：事例①合志農業活力プロジェクト太陽光発電所

<実現している地域貢献（地域課題の解決）>

- ・ 基金を通じて配当収入の一部を農業を中心とした域内産業へ拠出するとともに、農業インフラの改善のため、土地改良区に売電収入の一部を還元

合志農業活力プロジェクト太陽光発電所の概要と事業スキームを表 3-6、図 3-3 に示す。本発電所は自然電力ファーム(株)が中心となり、熊本製粉(株)、熊本県合志市とともに、合志農業活力プロジェクト(同)を設立し、1,000kW の太陽光発電所を運用している事例である。

本事業は自然電力(株)が 2012 年 7 月に熊本製粉(株)よりメガソーラーの案件を受注したつながりをきっかけに推進された。本事業では、合志市の行政面の支援、熊本製粉(株)の持つ地域関係者との信頼関係、自然電力ファーム(株)の持つ発電所建設・運営ノウハウを活かした案件であり、2013 年 5 月に農林水産省の無利子融資が始まったことを受け、事業計画が進められるに至った。

本事業では、発電所の建設段階で地域事業者が積極的に活用されるとともに、運用段階では、売電収入と配当の一部が地域の農業振興に還元される事業スキームとなっている。このように、建設段階のみではなく、再生可能エネルギー事業全体を通じて、地域に経済的メリットを生む点が、大きな地域貢献となっている。

表 3-6 合志農業活力プロジェクト太陽光発電所の概要

項目	概要
プラント名	合志農業活力プロジェクト太陽光発電所
事業者名	合志農業活力プロジェクト合同会社
所在地	熊本県合志市
発電出力	1,000kW
運転開始年月	2014 年 2 月
外観等	

出典) 自然電力グループホームページ (<http://www.shizenenergy.net/>)

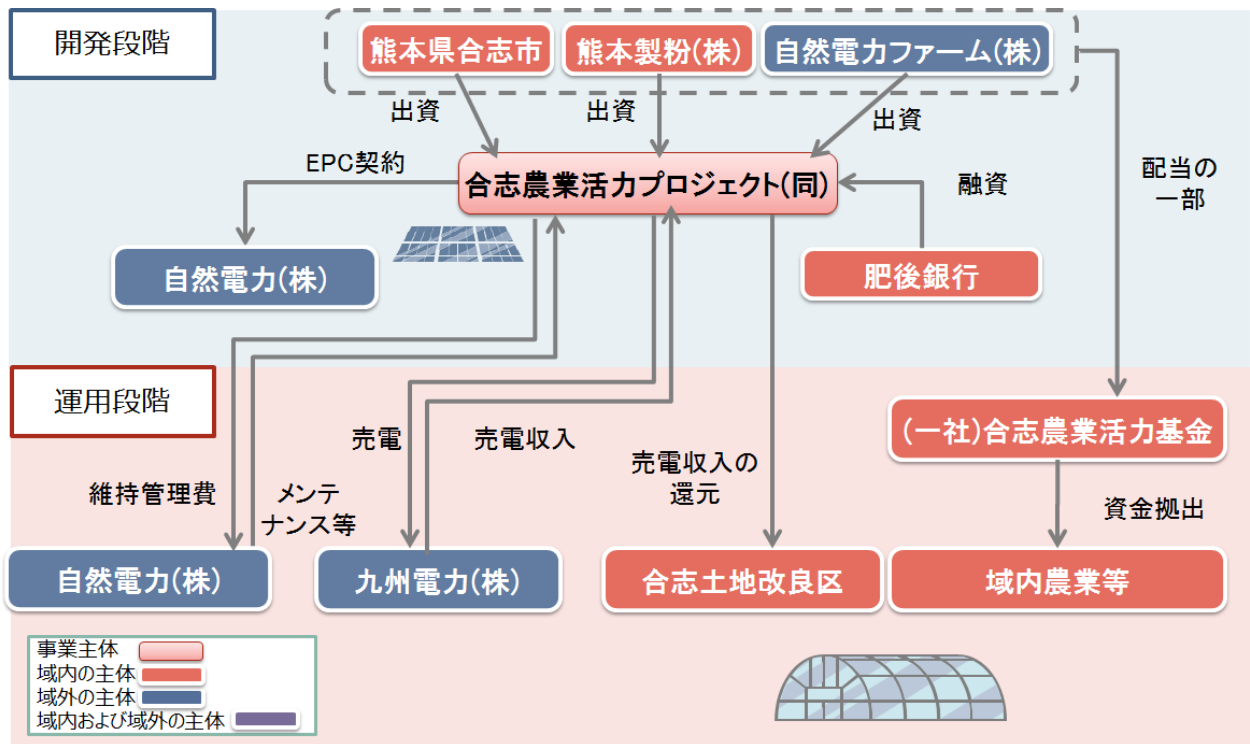


図 3-3 合志農業活力プロジェクト太陽光発電所事業スキーム

地域貢献型再エネ事業としての合志農業活力プロジェクト太陽光発電所の特徴と成功要因及び課題を、表 3-7 に示す。

合志農業活力プロジェクト太陽光発電所の大きな特徴としては、配当と売電収入の一部が主に地域の農業振興に還元されることが挙げられる。熊本県合志市、熊本製粉(株)、自然電力ファーム(株)に還元される配当収入の一部が「(一社)合志農業活力基金」に移され、毎年農業を中心とした地域の産業振興の取り組みに活用される（本プロジェクトでは「攻めの農業」の取り組みと称されている）。また、売電収入の一部は合志土地改良区における用水路等の農業インフラの改善に利用される（本プロジェクトでは「守りの農業」の取り組みと称されている）。これにより、発電事業期間全体を通じて主に地域の農業を振興する形で、地域への貢献が実現されている。

本事業の成功要因としては、特に自然電力ファーム(株)が地元合志市と事業に関する包括協定を結ぶとともに、地域における信頼度の高い熊本製粉(株)と密な関係を結んで事業を推進したことにある。これにより、地域金融機関の融資審査にあたり、十分な信用補完がなされた。また、合志市が事業収益の地域への還元方法に関する検討や、事務手続き、地域関係者への説明等、様々な局面で本事業を積極的に支援したことにより、事業の円滑な推進が可能になった。このように、自然電力ファーム(株)の地域貢献に対する理念の下に、地域の事業者や行政から積極的な支援を得て事業を推進できたことが大きな成功要因となっている。

一方、今後の課題としては、事業収益の地域への還元方法に関する検討が挙げられている。配当と売電収入の一部という限られた資金源の中で、より効果的な地域貢献を行っていくための枠組みづくり（例えば、拠出した資金により実現した地域貢献へのインパクトの大きさの評価方法など）が今後の課題として挙げられている。

表 3-7 合志農業活力プロジェクト太陽光発電所（熊本県合志市）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 地元企業である熊本製粉(株)と地元自治体である合志市が事業に参画 	<ul style="list-style-type: none"> 2者への配当金の発生（本事業では全て基金として地域還元） 	<ul style="list-style-type: none"> 自然電力グループと熊本製粉(株)の地域貢献に対する企業理念の合致 既存のメガソーラー案件における自然電力グループ、熊本製粉(株)、合志市のつながり 地域における熊本製粉の評価、信頼性の高さ 	—
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> 発電所建設前のブリッジローンを地域金融機関である肥後銀行より調達 	<ul style="list-style-type: none"> 金利支払いにより地域金融機関への収入が発生 	<ul style="list-style-type: none"> 熊本製粉と合志市の事業参画による信用補完 	<ul style="list-style-type: none"> 金融機関にブリッジローンのメリットは大きくないため、通常の融資交渉は困難
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 発電所建設を地域の電気工事会社に発注、同社をO&Mにおけるトラブル発生時のローカルパートナーに採用 草刈をシルバー人材センターに発注 	<ul style="list-style-type: none"> 地域の電気工事会社1社に5千万円の発注 シルバー人材センターに20万円/回の草刈収入が発生（草刈は年に5回程度） 	<ul style="list-style-type: none"> 自然電力における地域事業者の活用に対する意識 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電では運営・管理に要する仕事が多く、O&Mによる大規模な地域経済効果の創出は困難（事業収益の地域還元を主と考えるべき）
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 配当の一部を合志農業活力基金に集約し、農業を中心とした地元産業振興に活用 売電収入の5%を合志土地改良区に提供し、農業インフラ整備に活用 	<ul style="list-style-type: none"> 予定として、合志市農業関係者の研修費用拠出、市場へのフォークリフトの寄付がある 土地改良区への還元は用水路等の修繕に活用 	<ul style="list-style-type: none"> 農林水産省の無利子融資により投資回収が容易（事業期間中の配当金のほとんどを地域に還元する意思決定が可能に） 	<ul style="list-style-type: none"> 地域還元される資金の用途に関する検討が必要 地域貢献の定義と、拠出した資金による地域貢献効果の評価基準の検討が必要
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 合志市事務手続き、地域関係者への説明等で協力 	—	<ul style="list-style-type: none"> 本プロジェクトに対する合志市の積極的な姿勢 	—

3) 事例調査結果：事例②コナン市民共同発電所

＜実現している地域貢献（地域課題の解決）＞

- ・ 市民出資に対して地域商品券による元本償還、配当を行うことにより地元商業を活性化、また、寄付者に対して地元特産品を提供することで地域産業の活性化にも貢献

コナン市民共同発電所の概要と事業スキームを表 3-8、図 3-4 に示す。本発電所は(一社)コナン市民共同発電所プロジェクトが、湖南市地域エネルギー課の協力の下、20.88kW、105.6kW の屋根上の太陽光発電を運用している事例である。なお、現在参号機、四号機についても稼動に向けた準備が進められている⁶²。

本事業は、エネルギー、福祉、食の分野を中心とした地域発展を目指して湖南市で設置している「こにゃん支え合いプロジェクト推進協議会」の検討の下で、エネルギー分野の取り組みの主体として(一社)コナン市民共同発電所プロジェクトが設立されたことをきっかけに推進された。

本事業では、主に地域住民を中心とする市民からの出資に基づく資金調達（一口 10 万円）を行っている。出資に対する配当や元本償還により、域内の消費活動の活性化が見込まれる。また、特に参号機・四号機の事業では地域の事業者や金融機関が活用されている。このように、再生可能エネルギー事業を通じ様々な面から、地域に経済的メリットを生む点が、大きな地域貢献となっている。

表 3-8 コナン市民共同発電所の概要

項目	概要
プラント名	コナン市民共同発電所
事業者名	一般社団法人コナン市民共同発電所プロジェクト
所在地	滋賀県湖南市
発電出力	20.88kW/105.6kW（参号機、四号機準備中）
運転開始年月	2013年2月/2013年9月
外観等	

出典) 湖南市地域自然エネルギー地域活性化戦略プラン

(<http://www.city.konan.shiga.jp/konan1/shinshi/pdf/151210energy.pdf>)

⁶² 2016年1月末時点

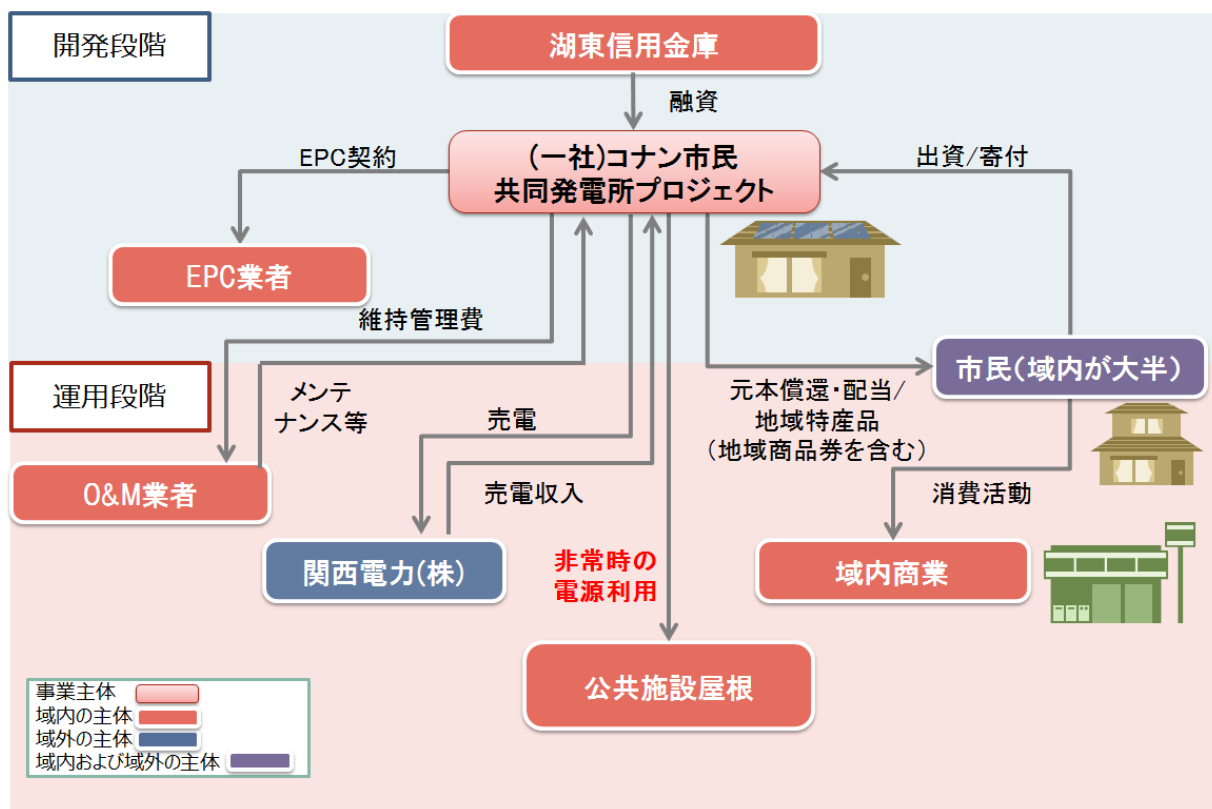


図 3-4 コナン市民共同発電所事業スキーム（参号機・四号機の場合）

地域貢献型再エネ事業としてのコナン市民共同発電所の特徴と成功要因及び課題を、表 3-9 に示す。コナン市民共同発電所の大きな特徴としては、市民出資と寄付のスキーム導入が挙げられる。出資に対する元本償還及び配当は、その一部または全てが湖南市内の商店、商業施設等で利用可能な地域商品券の形で還元される。また、寄付者に対しては地元の特産品が提供される。これにより、発電事業における売電の収益を地域の市民に還元し、地域の商業を中心とした地域内の資金循環の活性化に貢献している。また、参号機、四号機の事例では、発電設備の設置工事、保守・管理を地域の事業者が発注するとともに、資金調達面では地域の金融機関を活用するなど、売電収入の地域還元以外の面でも地域経済の活性化に貢献している。これにより、発電事業期間を通じて主に地域の商業振興や事業者活用の形で、地域への貢献が実現されている。

本事業の成功要因としては、特に湖南市の地域エネルギー課が事業に積極的に関与したことが挙げられる。各種事務手続きや出資者の募集、運営状況の広報に至るまで、幅広い側面で湖南市地域エネルギー課が事業に関与したことにより、地域の市民の間で本事業は社団法人とともに行政が推進する事業として、高い信頼を獲得している。これにより、市民による積極的な出資参加が実現されたことが大きな成功要因となっている。

一方、今後の課題としては、参号機、四号機を含め、さらに発電所件数を増やす際の資金集めが挙げられる。初号機、弐号機の出資を募る際、既存の人脈は活用済みである。このため今後の事業では、これまで出資に積極的でなかった若年層等も含め、幅広い主体から出資を募るための工夫が必要となる。例えば、参号機、四号機では、小さな額から事業参画が可能となるよう、一口1万円の寄付の受け付けも行っている。

表 3-9 コナン市民共同発電所（初号機～四号機）（滋賀県湖南市）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 地域の関係団体、行政担当者から成る協議会の検討の下で設立した一般社団法人コナン市民共同発電所プロジェクトが事業主体 	<ul style="list-style-type: none"> 地域関係者の理解の上での発電事業実施 	<ul style="list-style-type: none"> こにゃん支え合いプロジェクト推進協議会の理念（エネルギー、福祉、食の分野を中心とした地域発展） 	<ul style="list-style-type: none"> 事業主体の役員の平均年齢が高いことが事業の弱さに繋がる可能性
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> 市民出資による資金調達（出資者は市民が大半） 参号機、四号機では、市民出資、寄付による資金調達とともに地元の湖東信用金庫から融資を受けている 	<ul style="list-style-type: none"> 市民出資参加者への元本償還、配当を地域商品券で還元 湖東信用金庫への金利支払い 	<ul style="list-style-type: none"> 湖南市地域エネルギー課の積極的関与により、市民が本事業を市の認める事業として信頼 市民の地域発展への意識の高さ（福祉等、エネルギー以外の側面も含む） 	<ul style="list-style-type: none"> 参号機、四号機における出資、寄付参加者の開拓（初号機、式号機で既存の人脈には依頼済み）
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 市内の企業と公共施設の屋根を利用 参号機、四号機では地元業者に設置・運営管理を発注 	<ul style="list-style-type: none"> 屋根の管理者への賃借料の支払い 地元業者への設置・運営管理費用の支払い 	<ul style="list-style-type: none"> 地域の人脈、行政担当者の支援による屋根の紹介 地域からの地元企業への発注に対する要望 	—
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 出資者への配当を地域商品券で還元 参号機、四号機では寄付参加者に地元特産品を提供 	<ul style="list-style-type: none"> 地域商品券の地元店舗での利用による資金循環 地元特産品生産者への発注増加 防災時の電源利用（公共施設の屋根の場合） 	<ul style="list-style-type: none"> 商品券利用可能店舗の拡大（コンビニ、スーパー、ショッピングモール含む） 	<ul style="list-style-type: none"> 地域商品券の使い勝手に対する懸念により、市民が出資参加しない可能性
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 湖南市地域エネルギー課による積極的関与（出資者集め、各種手続き支援、広報誌での事業紹介、屋根の紹介） 	<ul style="list-style-type: none"> 地域関係者の理解の上での発電事業実施 	<ul style="list-style-type: none"> 湖南市地域自然エネルギー基本条例の存在 	<ul style="list-style-type: none"> 市役所の担当者や上層部の異動に伴う状況変化の可能性

(2) 風力発電

1) 事例調査対象の選定

表 3-10 に、風力発電の調査対象の選定方法を示す。風力発電については、NEDO が公表している発電所リスト及びウェブ調査結果を元に調査候補をリストアップし、地域貢献型再エネ事業の定義に基づき、より多くの条件を満たすものとして、以下の 2 件を選定した。

- ✓ 秋田国見山第二風力発電（秋田国見山風力発電(株)、秋田県秋田市）
- ✓ 羽川風力発電所（コープ東北グリーンエネルギー(株)、秋田県秋田市）

なお、風力発電導入初期は、運用の不備により故障が多発し、事業採算が取れず廃止に至る案件が多く発生した経緯がある。従って、本調査では事業運営体制の信頼性の高さを重視し、固定価格買取制度が開始された 2012 年以降に運転開始された案件に絞って、調査対象を選定した。また、現在主流となっている大型風車（2,000kW 以上）を導入している案件に絞って、調査対象を選定した。

表 3-10 事例調査候補の選定方法（風力発電）

項目	概要
調査対象の抽出に用いた資料・リスト	<ul style="list-style-type: none"> ・ NEDO 「日本における風力発電設備・導入実績（2015 年 3 月末現在）」
調査対象の選定方法	<p><絞り込み条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 固定価格買取制度が開始された 2012 年以降に事業化された案件であること ・ 発電出力が 2,000kW 以上であること <p><選定条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 事業主体に地域が関与している ・ 継続的に地域への利益還元・メリットがある ・ 事業運営体制の信頼性が高い
調査対象選定結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事例①：秋田国見山第二風力発電所（秋田国見山風力発電(株)） ・ 事例②：羽川風力発電所（コープ東北グリーンエネルギー(株)）

2) 事例調査結果：事例①秋田国見山第二風力発電所（秋田県秋田市）

<実現している地域貢献（地域課題の解決）>

- ・ 地域の風資源を活かした防災対応型電源供給システムを導入し、非常時に送電先を浄水場に切り替えることにより、災害時における継続的な水供給体制を実現

秋田国見山第二風力発電所の概要と事業スキームを表 3-11、図 3-5 に示す。本発電所は、秋田市上下水道局、地域事業者 2 社、くろしお風力発電(株)、地域金融機関 2 行の出資からなる SPC（特定目的会社）である秋田国見山風力発電(株)を事業主体とし、秋田市豊岩浄水場の近くに位置する山地で 1,870kW×4 基の風力発電所（秋田国見山第二風力発電所）を運営している事例である。

本 SPC の資本金は地域で 51%を賄い、くろしお風力発電(株)で 49%を賄っている。地域からは、秋田市上下水道局、地域事業者 2 社、地域金融機関として秋田銀行と北都銀行の 2 行が出資している。また、事業費は同 2 行から融資を受け調達している。



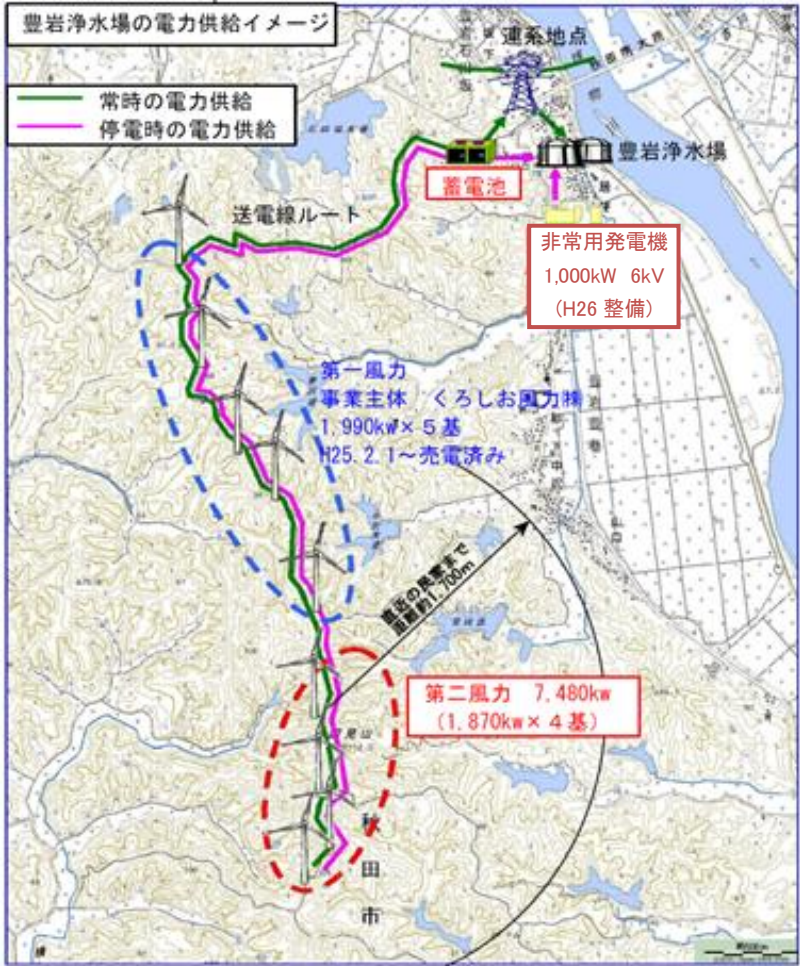
秋田国見山第二風力発電所では、5,760kWh の容量の鉛蓄電池を備え、強風時に充電、弱風時に放電を行うことで、系統へ流れる電力量の変動が任意の 20 分で±10%以内におさまるように調整している。この蓄電設備を防災対応型電源供給システムとして活用し、非常時に電力供給先を豊岩浄水場に切り替えるための専用送電線を通して、非常時には風車と蓄電池から豊岩浄水場へ直接給電するシステムを備えている。

秋田市上下水道局は、東日本大震災の時に断水の危機に直面しており、その経験から非常用電源の重要性を認識しており、特に資源制約のない再生可能エネルギー事業に注目していた。その中でくろしお風力発電(株)が豊岩浄水場に隣接するエリアで風力発電事業を計画していたことから、秋田市上下水道局とくろしお風力発電(株)の協議により、防災対応型電源供給システムの検討が開始された。

くろしお風力発電(株)並びに元請である(株)日立パワーソリューションズとしても、蓄電池を備えたシステムを変動抑制に用いるのみでなく、地域に貢献できる取組みに利用したいと考え、豊岩浄水場への非常時給電を含めた風力発電設備の設置の計画が具体化するに至ったものである。

豊岩浄水場では、秋田市の約 10 万 m³/日の配水量のうち、沿岸地区に配水する約 5 分の 1 の量を扱っている。本システムにより、非常時においても風況次第で連続的に 1 週間程度の電力供給が可能となっており、非常時の地域のライフラインの確保という点で、大きな地域貢献となっている。

表 3-11 秋田国見山第二風力発電所の概要

項目	概要
プラント名	秋田国見山第二風力発電所
事業者名	秋田国見山風力発電(株)
所在地	秋田県秋田市
発電出力	7,480kW (1,870kW×4基)
蓄電設備容量	5,760kWh (鉛蓄電池)
運転開始年月	2015年3月
外観等	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">(左：風力発電設備 右：蓄電設備)</p> 

出典) (株)日立パワーソリューションズ提供写真、秋田市上下水道局資料

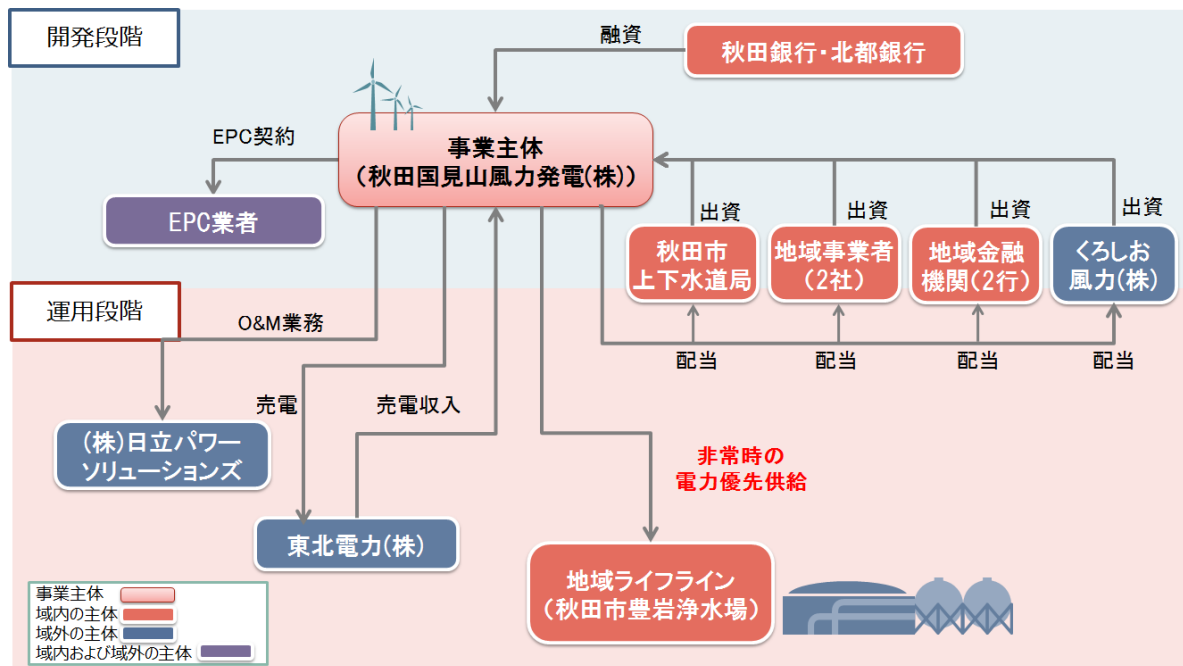


図 3-5 秋田国見山第二風力発電所事業スキーム

地域貢献型再エネ事業としての秋田国見山第二風力発電所の特徴と成功要因及び課題を、表 3-12 に示す。

秋田国見山第二風力発電所の大きな特徴としては、前述のとおり、防災対応型電源供給システムとして、非常時に風車と蓄電池から豊岩浄水場へ直接給電するシステムを備えている点が挙げられる。本システムにより、災害時においても風況次第で連続的に1週間程度の電力供給が可能となっている。

本事業の成功要因としては、再生可能エネルギーを利用した非常用電源の重要性に関する秋田市上下水道局の意識の高さと、くろしお風力発電(株)並びに(株)日立パワーソリューションズにおける、地域貢献に対する高い意識が挙げられる。秋田市上下水道局では、資源制約のない再生可能エネルギーによる非常用電源の確保に注目しており、秋田市上下水道局とくろしお風力発電(株)の協議により、本事業の実現に至った。風力発電建設地が豊岩浄水場に比較的近く、専用送電線の敷設コストを抑えられたことも、重要な成功要因となった。風力発電所の存在が市のエネルギーセキュリティ向上、災害時の対応力強化につながることから、地域住民における事業への理解・協力が得られている。

また、(株)日立パワーソリューションズにおける、蓄電池を用いた風力発電の出力制御技術も重要な成功要因となった。(株)日立パワーソリューションズでは、15年前から離島等において、蓄電池による風力発電の出力制御技術に関する実証試験を実施しており、その技術力を活かして、防災対応型電源供給システムの構築が可能であった。

加えて、行政側では、本事業に対する秋田県、秋田市の協力体制があったことが挙げられる。秋田県、秋田市は、風力発電の導入を重要施策として推進しており、建設時の市の林道の使用許可等、各種許認可の円滑な手続きが可能であった。

本事業を他地域に横展開する際の課題としては、蓄電池の設置費用に対する補助金の活用など、事業性を確保するための工夫が必要な点が挙げられる。また、専用送電線の敷設コストを抑えるため、発電所と非常時の電力供給先の距離等を考慮する必要がある。

表 3-12 秋田国見山第二風力発電所（秋田県秋田市）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 秋田市上下水道局、地域事業者2社、くろしお風力発電(株)、地域金融機関2行が出資する秋田国見山風力発電(株)が事業主体 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者における売電収入の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーを利用した非常用電源の重要性に関する秋田市上下水道局の意識の高さ 民間事業者における蓄電池を用いた風力発電の出力制御技術力 風力発電所建設地の立地のよさ（豊岩浄水場の近く） 	<ul style="list-style-type: none"> 専用送電線の敷設コストを抑えるため、発電所と非常時の電力供給先の距離等を考慮する必要あり（他地域に横展開する際の課題）
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> 秋田銀行、北都銀行が融資。 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電池の設置費用がかかるため、補助金の活用など、事業性を確保するための工夫が必要（他地域に横展開する際の課題）
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 土地造成、基礎工事等において地域事業者を活用 メンテナンス業務（草刈・除雪等）において地域事業者を活用 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者への工事費用の支払い 地域事業者へのメンテナンス費用の支払い 	—	<ul style="list-style-type: none"> 風力発電事業の建設、メンテナンスにおいて、地域事業者が実施できる業務が限定的
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 非常時には風車と蓄電池から豊岩浄水場へ優先的に給電 地域のイベントに協賛 	<ul style="list-style-type: none"> 災害等の非常時における、水道ライフラインの維持 各種イベントへの協賛による地域経済活性化 	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーを利用した非常用電源の重要性に関する秋田市上下水道局の意識の高さ 発電事業者の地域貢献に対する高い意識 	—
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 秋田県・秋田市による各種行政手続きの円滑化に関する協力 秋田市地球温暖化対策実行計画を策定 	—	<ul style="list-style-type: none"> 秋田県・秋田市では、風力発電の導入を重要施策として推進 	—

3) 事例調査結果：事例②羽川風力発電所（秋田県秋田市）

＜実現している地域貢献（地域課題の解決）＞

- ・ 生活協同組合が事業主体となり、地域における再生可能エネルギーの導入普及に貢献するとともに、売電収入を地域の生活サービスに還元

羽川風力発電所の概要と事業スキームを表 3-13、図 3-6 に示す。本発電所は、みやぎ生活協同組合、いわて生活協同組合、生活協同組合コープあきたと(株)ウエンティ・ジャパン（本社秋田市）、(株)市民風力発電、北都銀行の出資からなるコープ東北グリーンエネルギー(株)を主体とし、秋田市において2,500kW 基を3基、合計7,500kWの風力発電事業（羽川風力発電所）を運営している事例である。

総事業費25億円の約3分の2をみやぎ生活協同組合が、約3分の1をいわて生活協同組合が拠出ししており、みやぎ生活協同組合が風車を2本、いわて生活協同組合が風車を1本の風車を保有する形態となっている。事業費用の一部は生協債を利用する予定となっており、地域の組合員も資金面で参画可能なスキームとなっている。

主な事業主体が生活協同組合（以下、生協）や域内事業者であることから、売電収入の多くが域内に入るとともに、生協の活動を通して、広く地域の組合員にその利益が還元される点が注目される事例である。

表 3-13 羽川風力発電所の概要

項目	概要
プラント名	羽川風力発電所
事業者名	コープ東北グリーンエネルギー(株)
所在地	秋田県秋田市
発電出力	7,490kW（2,500kW×3基）
運転開始年月	2016年10月運転開始予定

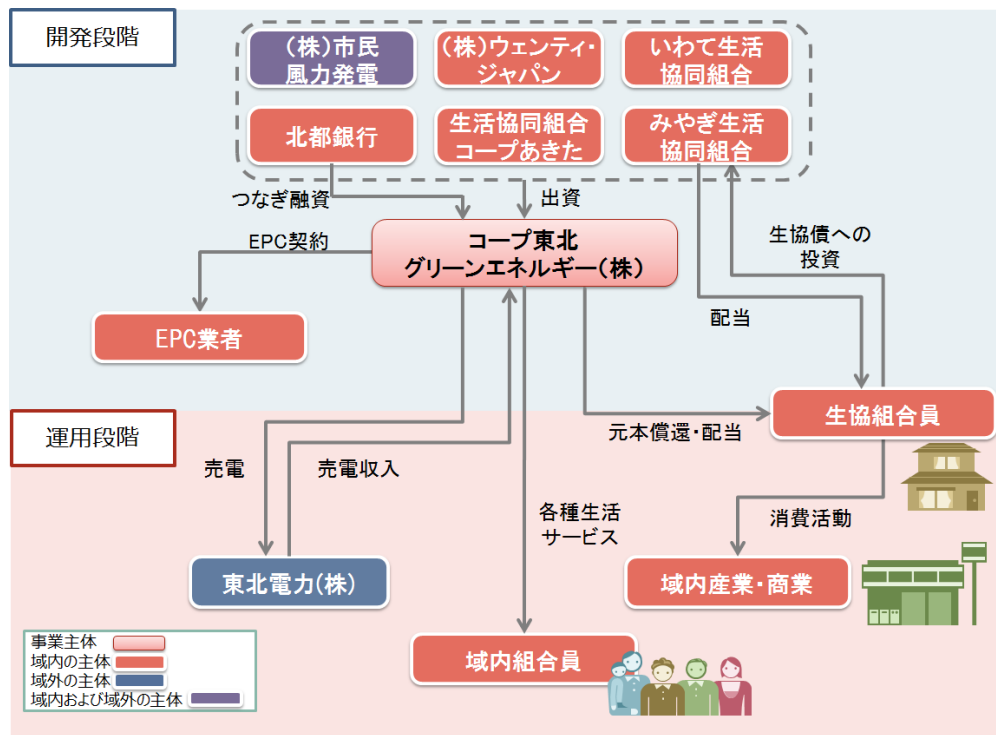


図 3-6 羽川風力発電所事業スキーム

地域貢献型再エネ事業としての羽川風力発電所の特徴と成功要因及び課題を、表 3-14 に示す。

羽川風力発電所の大きな特徴としては、前述のとおり、主な事業主体が生協であることから、売電収入が地域事業者に入るとともに、生協による各種生活サービスを通して、広く地域の組合員にその利益が還元される点が挙げられる。また、生協債に投資した組合員には配当金が還元されることや、秋田県内の事業として資金の循環があることから、地域経済効果が期待される。

本事業の成功要因としては、事業主体として、地域の生活環境の向上を目的とする生協が中心となって事業化に取り組んだ点が挙げられる。地域の生活を守る組織として、かねてより環境活動への意識が高かったことに加え、東日本大震災の経験による再生可能エネルギーへの関心の高まりが、生協主体の再生可能エネルギー事業を実施するきっかけとなった。

また、風力発電事業のノウハウを持った地域事業者である(株)ウェンティ・ジャパンや、地域主体の再生可能エネルギーの導入普及を目指す(株)市民風力が事業に参画したことも、成功要因の一つに挙げられる。風力発電は大型機器であり、設計や施工、運用面で専門知識が必要となることから、ノウハウを持った地域事業者との連携できたことが成功要因となった。

加えて、行政側では、本事業に対する秋田県、秋田市の協力体制があったことが挙げられる。秋田県、秋田市は、風力発電の導入を重要施策として推進しており、環境アセスメントを含め各種許認可の円滑な手続きが可能であった。

現状では、大きな課題なく事業を進めているが、今後は本事業で得られた収益に基づく、さらなる再生可能エネルギー事業への再投資が期待されている。

表 3-14 羽川風力発電所（秋田県秋田市）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> みやぎ生活協同組合、いわて生活協同組合、生活協同組合コープあきたと(株)ウエンティ・ジャパン（本社秋田市）、北都銀行、(株)市民風力発電が出資するコープ東北グリーンエネルギー(株)が事業主体 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者における売電収入の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 生協における再生可能エネルギーへの強い関心 風力発電事業のノウハウを持つ地域事業者が参画 	—
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> 北都銀行が融資（つなぎ融資） 事業開始後は、みやぎ生協とiwate生協から融資 組合員から募る生協債を活用 	<ul style="list-style-type: none"> 生協債に投資した組合員に配当金を還元 	<ul style="list-style-type: none"> 北都銀行の再生可能エネルギー事業への融資に対する積極性 生協という事業主体の信頼性 	—
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 土地造成、基礎工事等において地域事業者を活用 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者への工事費用の支払い 	—	<ul style="list-style-type: none"> 風力発電所の建設、メンテナンスにおいて、地域事業者が実施できる業務が限定的
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者における売電収入の獲得 	<ul style="list-style-type: none"> 売電収入の多くが域内事業者に入ることによる地域活性化効果 生協の活動を通して、広く地域の組合員にその利益を還元 生協債に投資した組合員に配当金を還元 	<ul style="list-style-type: none"> 地域の生活を支える生協が事業を主導 	—
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 秋田県・秋田市による各種行政手続きの円滑化に関する協力 秋田市地球温暖化対策実行計画を策定 	—	<ul style="list-style-type: none"> 秋田県・秋田市では、風力発電の導入を重要施策として推進 	—

(3) バイオマス発電

1) 事例調査対象の選定

表 3-15 に、バイオマス発電の事例調査対象の選定方法を示す。バイオマス発電については、固定価格買取制度の設備認定を取得しており、かつ運転開始済みの案件を対象に調査候補をリストアップし、地域貢献型再エネ事業の定義に基づき、より多くの条件を満たすものとして、以下の3件を調査対象として選定した。

- ✓ 別海町バイオガス発電所（別海バイオガス発電(株)、北海道野付郡別海町）
- ✓ 士幌町バイオガスプラント（士幌町・士幌町農業協同組合、北海道河東郡士幌町）
- ✓ グリーン発電大分 天ヶ瀬発電所（(株)グリーン発電大分、大分県日田市）

なお、事業内容と稼働状況が確認でき、かつできるだけ地場の原料を用いており、他地域での展開可能性の高い事業スキームであることを条件に絞り込んだ。バイオマス発電は原料の種類によって事業スキームが異なるため、まずバイオガス発電と木質バイオマス発電に大別した。さらにバイオガス発電は原料別に家畜排泄物、下水汚泥、食品残渣の3区分に分類した。3区分のうち、原料調達や維持管理体制により工夫が必要と考えられる家畜排泄物利用を取り上げることとした。家畜排泄物利用の中でも、事業体制別に、集中型プラントである別海町バイオガス発電所、個別分散型プラントである士幌町バイオガスプラントを調査対象として選定した。

一方、木質バイオマス発電は、発電規模が 2,000kW 未満であるバイオマスガス化発電と発電規模が 2,000kW 以上である直接燃焼系発電に分類した。発電規模が 2,000kW 未満の場合、大量の木質バイオマス原料が必ずしも必要ではなく、地域で取り組みやすい規模と考えられる。小規模木質バイオマス発電については、発電効率向上と事業採算性の確保の理由から、ガス化発電が技術として採用されることが一般的である。しかし、技術的課題によって確実に稼働している案件が検討時にはなかったため、今回は調査候補からは除外した。したがって、安定的に稼働しており、地域の未利用森林資源を活用し、地域林業の振興に取り組んでいる、(株)グリーン発電大分の天ヶ瀬発電所を調査対象として選定した。

表 3-15 事例調査候補の選定方法（バイオマス発電）

項目	概要
調査対象の抽出に用いた資料・リスト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固定価格買取制度 設備認定リスト
調査対象の選定方法	<p><絞り込み条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 稼働状況が確実に把握できること ・ 可能な限り、地場の原料を用いていること ・ 他地域でも展開可能性が期待できる事業スキームであること <p><選定条件></p> <p>【バイオガス発電（家畜排泄物・下水汚泥・食品残渣）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 原料調達や維持管理体制に工夫が必要である（＝家畜排泄物利用） ・ 地域に有用な副産物が還元される <p>【木質バイオマス発電】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地元での原料調達体制に工夫がある
調査対象選定結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事例①：別海町バイオガス発電所（別海バイオガス発電(株)、北海道野付郡別海町） ・ 事例②：士幌町バイオガスプラント（士幌町・士幌町農業協同組合、北海道河東郡士幌町） ・ 事例③：グリーン発電大分 天ヶ瀬発電所（(株)グリーン発電大分、大分県日田市）

2) 事例調査結果：事例①別海町バイオガス発電所

<実現している地域貢献（地域課題の解決）>


- ・ 地域環境の悪化要因となっていた家畜排泄物を発電に活用し、原料調達に係る費用を地域に循環させるとともに、臭気の除去や河川の汚染防止により、地域環境の改善に貢献

別海バイオガス発電所の概要と事業スキームを表 3-16、図 3-7 に示す。本発電所は、別海バイオガス発電(株)が事業主体となり、2015年7月に運転開始し、年間発電量約9,800MWhを見込む集中型プラントを運用している事例である。SPCである別海バイオガス発電(株)は、三井造船(株)、別海町、中春別農業協同組合、道東あさひ農業協同組合が出資して設立された。

別海バイオガス発電所の所在地である北海道野付郡別海町は、酪農家と水産業が盛んな地域であるが、乳牛の排泄物処理による悪臭や河川汚染等に悩まされていた。これらの課題を解決し、さらに持続可能な循環型社会の実現を目指すため、家畜排泄物を原料としたバイオガス発電が取り組まれている。

当該発電所では、主に各酪農家から供給される乳牛の排泄物を利用したメタン発酵による発電を行っている。発電だけでなく、発酵残渣の液体分（消化液）は牧草地の肥料、固体分は再生敷料として販売している。

表 3-16 別海バイオガス発電所の概要

項目	概要
プラント名	別海町バイオガス発電所
事業者名	別海バイオガス発電(株)
所在地	北海道野付郡別海町
発電量	約9,800MWh/年
運転開始年月	2015年7月
外観等	

出典) 別海バイオガス発電(株) (<http://www.mes.co.jp/bbp/index.html>)

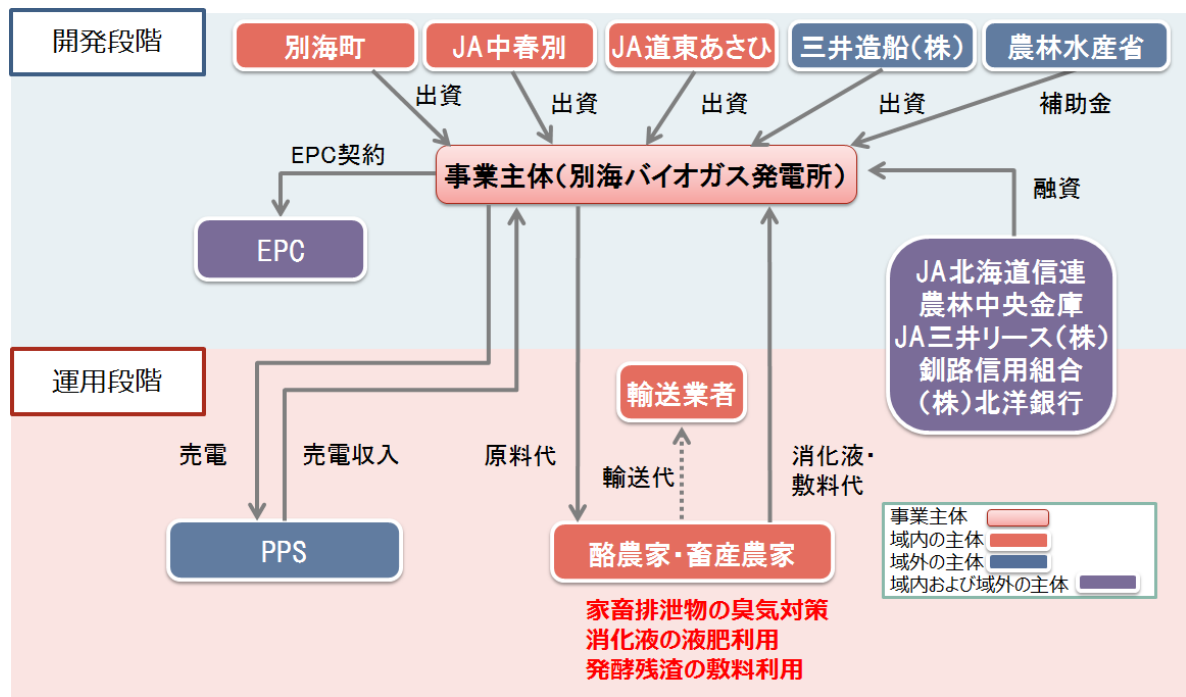


図 3-7 別海バイオガス発電所の事業スキーム

地域貢献型再エネ事業として別海バイオガス発電所の特徴と成功要因及び課題を、表 3-17 に示す。本発電所の特徴としては、安定的に原料を調達できる体制を構築し、大規模な集中型プラントを稼働させていることである。別海バイオガス発電(株)と各酪農家が原料売買契約書を締結し、酪農家が供給した原料を別海バイオガス発電(株)が買い取る仕組みになっている。発酵後に発生する消化液は牧草地への肥料に、再生敷料は乳牛の敷物として活用されている。

事業を成功させるためには、地域の「やる気」・「本気」が重要である。別海町が本事業に賛同し、率先的に動いたことが、大きな成功要因となった。酪農家との調整に別海町及び農協が積極的に協力したことにより、原料調達体制の構築が可能となった。

成功要因の2つ目は、地域の輸送業者の存在である。大規模集約型プラントのため、原料をプラントまで運搬する必要があるが、酪農家の中には自力での運搬が困難な者もいる。自己搬入できない酪農家の代わりに、地域の輸送業者が原料及び発酵後の消化液の運搬を行なっている。

一方、他の地域に本事業を展開する際の課題としては、主に2点挙げられる。1点目は、固定価格買取制度の売電収入だけでは、初期費用を回収することが難しく、補助金を利用しなければ事業採算を確保することが困難ということである。2点目は、原料の長期安定的な原料調達体制の構築である。高齢化等の理由から原料供給の長期契約は難しく、長期安定的な原料調達の見通しが難しいことが課題である。

表 3-17 別海バイオガス発電所（北海道野付郡別海町）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 別海町、中春別農業協同組合、道東あさひ農業協同組合、三井造船(株)が出資して別海バイオガス発電会社(株)を設立 	<ul style="list-style-type: none"> 地域関係者への配当金の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 臭気対策や河川汚染対策の必要性と、本事業への理解と賛同 	—
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> 地域金融機関5行から調達 	<ul style="list-style-type: none"> 地域金融機関における金利収入の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 本事業への理解と賛同 	<ul style="list-style-type: none"> 固定価格買取制度の売電収入のみでは初期費用の回収が困難であり、補助金を利用しなければ、事業採算を確保することは困難。
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者への建設工事の発注 プラント運転及びメンテナンス 酪農家による原料供給 運搬業者による原料の運搬や消化液の散布 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者への工事費用の支払い 運転人員の地元雇用及び地域事業者への費用支払い 原料代による収入（酪農家） 原料や消化液の運搬・散布による収入（輸送業者） 	<ul style="list-style-type: none"> 酪農家に対する丁寧な説明と合意形成、酪農家との信頼関係の構築 本事業に理解のある地域の輸送業者の存在 	<ul style="list-style-type: none"> 集約型プラントの場合、地域の輸送業者がなければ原料調達体制を構築することが困難（他地域に横展開する際の課題） 長期安定的な原料調達体制の構築
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 家畜排泄物の適切な処理 処理された家畜排泄物を消化液や敷料として酪農家へ提供 	<ul style="list-style-type: none"> 排泄物処理による悪臭や河川汚染の改善 消化液は肥料、敷料は乳牛の生育に活用（酪農家支出の削減） 	<ul style="list-style-type: none"> 臭気対策や河川汚染対策に対する地域関係者の理解 消化液を散布可能な農場の存在、副産物利用に関する酪農家の理解。 	—
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 別海町、農協による原料供給に関する酪農家への説明への同行 	—	<ul style="list-style-type: none"> 臭気対策や河川汚染対策の必要性と、本事業への理解と賛同 	—

3) 事例調査結果：事例②士幌町バイオガスプラント

<実現している地域貢献（地域課題の解決）>

- ・ 地域環境の悪化要因となっていた家畜排泄物を発電に活用し、臭気や温室効果ガスの削減により、地域環境の改善に貢献

士幌町バイオガスプラントの概要と事業スキームを表 3-18、図 3-8 に示す。本発電所は士幌町や士幌町農業協同組合が事業主体となり、個別型プラントを導入した事例である。

士幌町の中でも頭数規模が大きい酪農家では、飼養形態をフリーストール（乳牛を繋がずに飼養する方法）に変更しており、フリーストール化に伴って水分過多なスラリー状の家畜排泄物の処理問題が深刻化していた。家畜排泄物による悪臭や水質汚濁、メタンや亜酸化窒素等の温室効果ガスの発生等、廃棄物としての処理方法が課題化しており、この地域課題の解決のため、家畜排泄物を活用したバイオマス発電事業に取り組むこととなった。

他の酪農地域と異なり、士幌町では大規模農家が多いことから、原料（家畜糞尿等）を複数の酪農家から収集運搬して発電する集約型プラントではなく、酪農家単位で原料を処理、発電する個別型プラントを選択している。2003 年度に導入した第一世代のプラントは士幌町、2012 年度の第二世代及び 2014 年度の第三世代は士幌町農業協同組合が設置した。プラントは士幌町や士幌町農業協同組合が管理運営・実証業務を酪農家に委託する形で事業を行っている。そのため、酪農家はバイオマス発電事業の売電収入を受けると同時に、施設利用料やメンテナンス費用等の一切の費用を負担するため、インセンティブが働く仕組みとなっている。2003 年の稼働当初は、海外の技術をそのまま導入した設備もあり不具合が生じる等の課題も見られたが、技術的課題解決のための試行錯誤を行い、現在では順調に稼働している。

表 3-18 士幌町バイオガスプラントの概要

項目	概要
プラント名	士幌町バイオガスプラント
事業者名	士幌町・士幌町農業協同組合
所在地	北海道河東郡士幌町
発電出力	合計約 600kW（各プラントにより異なる（25kW～224.4kW））
運転開始年月	第一世代：2003 年度、第二世代：2012 年度、第三世代：2014 年度
概観等	

出典) JA 士幌町「士幌町におけるバイオマス事業の展開」

士幌町「バイオマス（家畜ふん尿）から再生可能エネルギー（電気）の創出」

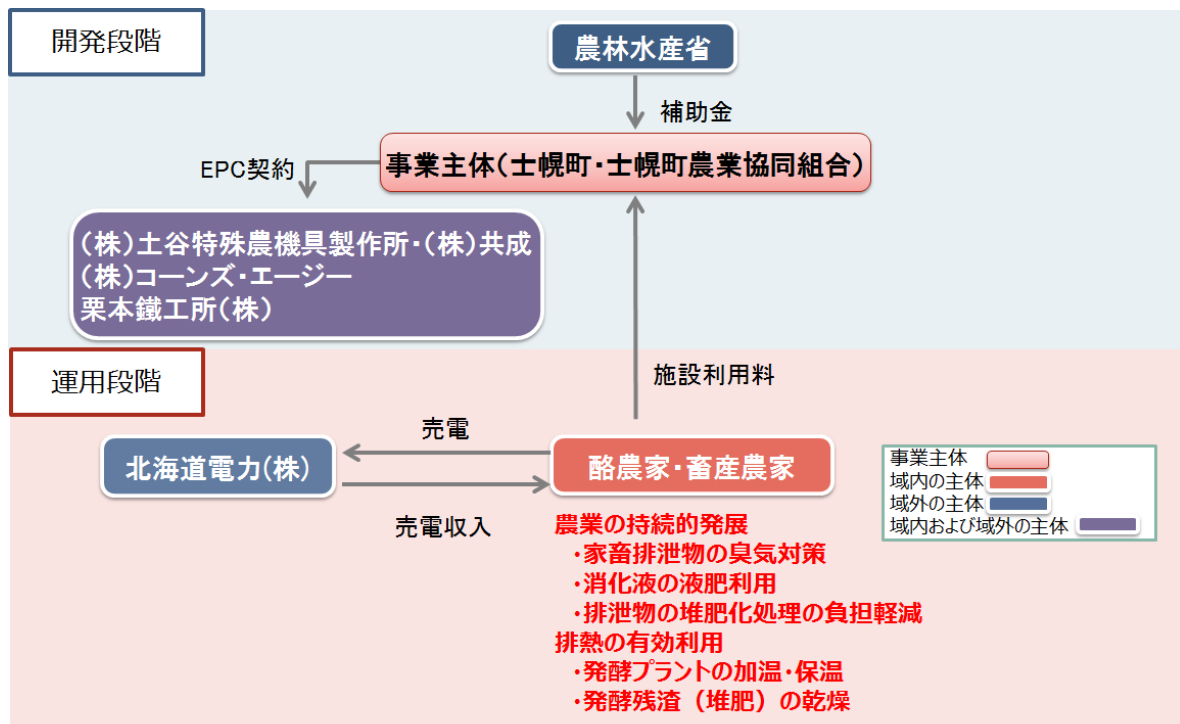


図 3-8 士幌町バイオガスプラントの事業スキーム

地域貢献型再エネ事業としての士幌町バイオガスプラントの特徴と成功要因及び課題を、表 3-19 に示す。

本事業の成功要因としては、主に 2 点挙げられる。1 つ目は、地域の基幹産業である農業を持続的に発展させるという共通の目的のために、士幌町や士幌町農業協同組合、商工会、酪農家、畑作農家が協力していることが挙げられる。持続的発展のためには、家畜排泄物による悪臭や水質汚濁、廃棄物、温室効果ガスの排出を低減する等、環境に配慮した生産活動に転換する必要がある、現在では安定的な稼働が実現でき、地域環境に配慮した家畜糞尿処理を前提とした持続的生産が実現している。

本事業の成功要因の 2 つ目としては、地域の特性に適合した事業体制を構築できていることである。士幌町バイオガスプラントは酪農家単位で原料を運搬し発電する個別型プラントであり、酪農家は士幌町や士幌町農業協同組合から管理運営・実証業務を委託され、発電を行っている点が特徴的である。ランニングコストは全て酪農家が負担することとなり、売電収入は酪農家に入る。そのため、自らが産出する家畜糞尿の処理施設として管理する意識が醸成され、酪農家は可能な限り安定的にかつ高出力で稼働するように、日々の稼働状況を確認して異常が生じていないか等、こまめに気を配るようになる。したがって、士幌町のバイオガスプラントは、安定的に稼働ができていると拝察された。

メタン発酵では副産物として消化液が発生するが、消化液は液肥として利用可能である。士幌町では、消化液の特性を試験研究して畑作農家への研修会を開催・説明したり、利用組合を組織化する等、消化液を液肥として利用する仕組みも構築できている。

一方で、他の地域に本事業を展開する際の課題としては主に以下の 3 点が挙げられる。1 点目は系統連系に制約があるため、バイオマス事業に取り組む意欲はあっても断念せざるをえない状況が発生していることである。2 点目は、導入にかかる初期費用である。今では融資制度やファンド等が利用しやすい仕組みとなってきたが、今後バイオマス事業を他の地域でも展開していくためには、補助を含めた国や自治体による初期費用に対する支援方策について検討が必要と考えられる。3 点目としては、家族労働の過重負荷低減と雇用労働力不足から、酪農現場にも搾乳ロボットの導入が進むと想定される。搾乳ロボットの導入により、家畜糞尿はますます水分過多となり、バイオガスプラントによる処理の必要性が高まることから、酪農現場で推進されている技術と一体で推進する提案力が求められる。

表 3-19 士幌町バイオガスプラント（北海道河東郡士幌町）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 士幌町や士幌町農業協同組合が事業主体として参画 	—	<ul style="list-style-type: none"> 士幌町と士幌町農業協同組合の連携 	—
地域が「資金面」で参画	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 補助事業を活用したり、高額な建築費用に対する資金調達のため、地域機関（士幌町や農協など）が事業主体となり管理運営を委託 	<ul style="list-style-type: none"> 個別型では建築費が高額であり、系統連系や設備認定等の申請が専門的なため、地域関係機関のサポートが必要
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 酪農家は施設利用料を士幌町や士幌町農業協同組合へ支払い、委託という形で発電設備を管理運営 地域の事業者への建設工事の発注 寒冷地向けのバイオガス発電の仕様づくり、改良に地元メーカー等が参加 	<ul style="list-style-type: none"> 売電収入と施設利用料やメンテナンス費用等の差額による収入が酪農家に発生 地域事業者への工事費用の支払い 	<ul style="list-style-type: none"> 酪農家の発電事業へのやる気を引き出す仕組みの構築と士幌町農業協同組合の支援・指導（高効率かつ安定稼働は、安定的な売電収入に繋がる） 地元メーカーの技術力と本事業への理解・協力、など 	<ul style="list-style-type: none"> 大規模酪農家は本事業への参画により処理が進んできたが、小規模酪農家への対応が今後の課題
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 家畜排泄物の適切な処理 処理された家畜排泄物を消化液や敷料として酪農家へ提供 排熱を発酵プラントの加温や保温に利用 排熱を発酵残渣（堆肥）の乾燥に利用 	<ul style="list-style-type: none"> 家畜排泄物による臭気の改善や温室効果ガス削減 従来の家畜排泄物の堆肥化処理作業の負担軽減（排泄物は自動処理化） 消化液は肥料、敷料は乳牛の生育に貢献 排熱利用による燃料使用料の削減 	<ul style="list-style-type: none"> 臭気や温室効果ガス削減対策に対する地元の理解 消化液を散布可能な農場の存在 	—
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 畑作農家が消化液を利用 	—	<ul style="list-style-type: none"> 士幌町と士幌町農業協同組合が、農業の持続可能な発展のため、家畜排泄物の適切な処理の重要性について理解を広めたこと 	—

4) 事例調査結果：事例③(株)グリーン発電大分 天ヶ瀬発電所

＜実現している地域貢献（地域課題の解決）＞

- ・ 地域の資源である間伐材を活用し、発電による売電収入を地域に循環させるとともに、地域の山林の再生を実現

(株)グリーン発電大分・天ヶ瀬発電所の概要と事業スキームを表 3-20、図 3-9 に示す。本発電所は地域事業者である(株)グリーン発電大分が事業主体となり、約 5,700kW の発電出力を持つ木質バイオマス発電所である。

本発電所では、荒廃した地域の山林の再生を第一の目的としており、原料としては地域の山林から供給される丸太や枝葉、根本を利用している。2013 年 11 月に稼働を開始したが、年間稼働率は 90%以上と安定的な稼働を維持している。

表 3-20 (株)グリーン発電大分 天ヶ瀬発電所の概要

項目	概要
プラント名	(株)グリーン発電大分 天ヶ瀬発電所
事業者名	(株)グリーン発電大分
所在地	大分県日田市
発電出力	約 5,700kW
運転開始年月	2013 年 11 月
概観等	

出典) (株)グリーン発電大分 ホームページ

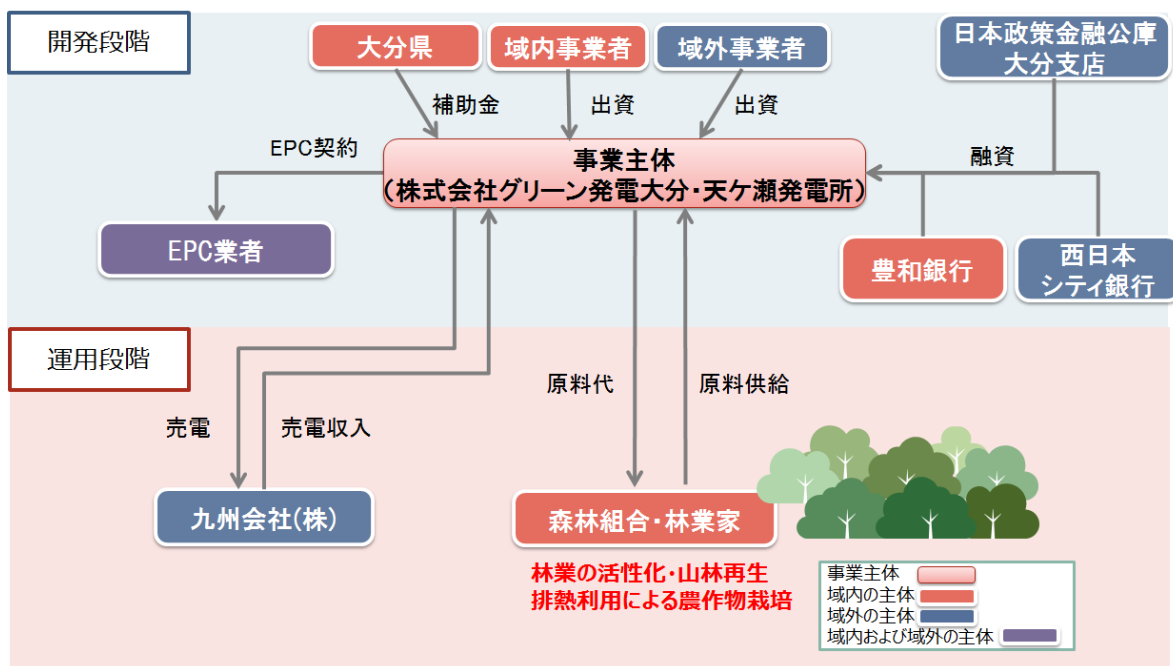


図 3-9 (株)グリーン発電大分 天ヶ瀬発電所の事業スキーム

地域貢献型再エネ事業としての(株)グリーン発電大分・天ヶ瀬発電所の特徴と成功要因及び課題を、表 3-21 に示す。

本発電所の特徴として、荒廃した地域の山林の再生を第一の目的としており、周辺の森林組合・林業家からの原料調達体制を確立し、地域の未利用木材を積極的に活用している点が挙げられる。また、安定的な稼働を実現できている点も特徴に挙げられる。本発電所では稼働開始から約 2 年が経過しているが、年間稼働率は 90%以上を維持している。年間稼働日数を高く維持できているのは、発電所の設備の問題が少ないためである。発電所には万が一の故障等の不具合が生じても運転に影響が出ないよう、バックアップ体制を構築している。

本発電所の成功要因としては、事業主体の地域の山林を再生させたいという強い思いの存在と、綿密な事業計画の作成が挙げられる。間伐が不十分なために荒廃してしまった山林を再生させるという目的に賛同した約 30 社により、平成 19 年に協議会が立ち上げられ、山林再生方策に関する検討が進められた。また、山林再生への熱い思いだけでなく、長期安定的な事業運営を行うための発電計画を綿密に立てることができているため、実際の稼働も順調である。例えば、林業家が継続的に原料を供給できるよう、原料の調達価格を適正に設定している。

一方で課題としては、短期的には原料の供給体制は安定しているものの、今後共存共栄できない件数の木質バイオマス発電所が乱立すれば、原料価格の高騰や、原料の取り合いになる可能性がある点が挙げられる。また、設備認定期間の長期化、上位系統連系の工事費負担金と所要工期の長期化が事業展開の障壁となっている。

表 3-21 (株)グリーン発電大分 天ヶ瀬発電所 (大分県日田市) 調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者である(株)グリーン発電大分が事業を立ち上げ 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者における売電収入の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 荒廃した山林を回復させるという強い決意 	—
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> 西日本シティ銀行や豊和銀行による融資 	<ul style="list-style-type: none"> 地域金融機関における金利収入の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 補助金を活用した資金調達スキームの構築 	<ul style="list-style-type: none"> 補助金がなければ、事業を立ち上げることが困難
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 地元の森林組合や林業家による原料供給 ボイラの運転員として地域事業者を雇用 電送関係設備の点検や維持管理を地域事業者が担当 	<ul style="list-style-type: none"> 森林組合や林業家における原料代による収入の発生 運用・メンテナンスに係る雇用創出 ボイラの取り扱いに関するノウハウの蓄積 	<ul style="list-style-type: none"> 山林の再生といった本事業の趣旨に関する森林組合や林業家の賛同 電送関係設備の点検や維持管理に対応できる事業者が地域に存在 	<ul style="list-style-type: none"> 木質バイオマス発電所が乱立した場合、原料の供給が不安定化する可能性
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 林業家への原料代の支払い 間伐の実施 排熱を利用したイチゴのハウス栽培を検討 	<ul style="list-style-type: none"> 荒廃した山林の再生や林業活性化 森林組合や林業家における原料代による収入の発生 熱利用による農業活性化の支援 	<ul style="list-style-type: none"> 事業の継続性を考慮した、適切な原料調達価格の設定 	<ul style="list-style-type: none"> 原料供給の長期的な継続性 排熱利用による付加価値の評価が難しいため、事業性が見通しが困難
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 大分県による補助金の交付 	—	<ul style="list-style-type: none"> 自治体、県の理解 	—

(4) 中小水力発電

1) 事例調査対象の選定

表 3-22 に、中小水力発電の事例調査対象の選定方法を示す。中小水力発電については、2014 年 4 月以降の設備認定状況と下表の資料・リストを元に調査候補をリストアップし、地域貢献型再エネ事業の定義に基づき、より多くの条件を満たすものとして、以下の 3 件を選定した。

- ✓ 土湯温泉東鴉川水力発電所（つちゆ清流エナジー、福島県福島市）
- ✓ 落合平石小水力発電所（飛島建設・オリエンタルコンサルタンツ、岐阜県中津川市）
- ✓ 寺山ダム発電所（日本工営、栃木県矢板市）

中小水力発電については、水車の製造期間や導水路の土木工事を要するため開発期間が長い。このため、現在は設備認定を取得した案件が徐々に具体化されている段階であることから、調査対象として既に運転を開始しているものに加えて建設中の案件も加えることとした。

表 3-22 事例調査候補の選定方法（中小水力発電）

項目	概要
調査対象の抽出に用いた資料・リスト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2014 年 4 月以降の市町村別設備認定状況（この中から「自治体名」と「水力発電」のキーワードでウェブ検索にかかるものをリスト化） ・ 全国小水力利用推進協議会 「小水力発電事例集」 ・ 国土交通省 水管理・国土保全局 「小水力発電設置のための手引き」
調査対象の選定方法	<p><絞り込み条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 既に運転開始した案件、または建設中の案件である。 ・ 事業主体に対して民間が関与している。 ・ 既存発電所のリプレース以外（ただし、廃止された導水路の再活用は事例として含める）。 <p><選定条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地域住民、地域事業者が主体となっている案件である。（事例①） ・ 域外の事業主体であっても地域への還元策が明確である。（事例②） ・ 官民連携により事業化が推進された案件である。（事例③）
調査対象選定結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事例①：土湯温泉東鴉川水力発電所（つちゆ清流エナジー、福島県福島市） ・ 事例②：落合平石小水力発電所（飛島建設・オリエンタルコンサルタンツ、岐阜県中津川市） ・ 事例③：寺山ダム発電所（日本工営、栃木県矢板市）

2) 事例調査結果：事例①土湯東鴉川水力発電所（つちゆ清流エナジー、福島県福島市）

<実現している地域貢献（地域課題の解決）>

- ・ 観光資源として再生可能エネルギーを活用し、視察者・観光客の増加による地域活性化に貢献

土湯温泉東鴉川水力発電所の概要と事業スキームを、表 3-23、図 3-10 に示す。本発電所は、つちゆ清流エナジー(株)が事業主体となり、140kW のクロスフロー水車を 1 台運用している事例である。つちゆ清流エナジー(株)は、東日本大震災により被害を受けた温泉町の復興を目指すために設立された復興まちづくり会社「(株)元気アップつちゆ」が、小水力発電事業のため、設立・出資した SPC である。(株)元気アップつちゆには、NPO 法人土湯温泉観光まちづくり協議会と湯遊つちゆ温泉協同組合が出資している。

事業主体は地域の事業者であり、現在は土湯温泉の温泉旅館に宿泊する場合、土湯温泉観光協会提供する再生可能エネルギー視察ツアーが割引料金となる仕組みを設け、視察者による地域の活性化に貢献している。また、(株)元気アップつちゆでは、今後水力発電の導入を目指している事業者用に専門的な研修講座を開設し、再エネ事業普及を目指している。売電収入については今後、土湯温泉町地区のまちづくり資金（コミュニターバスの運行・観光施設の整備等）として活用することを予定している。

また、土湯温泉町は『福島市次世代エネルギーパーク』計画の一部として位置付けられている。この計画は福島市内各地に既に立地する代表的な発電設備や再生可能エネルギー関連施設と連携させ、市民等に対して再生可能エネルギーに関する学習機会の拡充を図るとともに、エネルギーパーク計画を活用し、「環境最先端都市福島」の実現を目指す福島市の姿を市内外に広く PR することを目的としている。

『福島市次世代エネルギーパーク』計画に伴う取り組みとして、再生可能エネルギー見学ツアーの辞意を行うとともに、水力発電所に関しては「福島県市民交流型再生可能エネルギー導入促進事業費補助金」を活用し体験学習施設の整備を行っている。

表 3-23 土湯温泉東鴉川水力発電所の概要

項目	概要
プラント名	土湯温泉東鴉川水力発電所
事業者名	つちゆ清流エナジー(株)
所在地	福島県福島市土湯温泉町 東鴉川
発電出力	140kW（クロスフロー水車）
運転開始年月	2015年5月
外観等	 <p>水力発電設備（クロスフロー水車）</p>

出典) (株)元気アップつちゆ提供写真

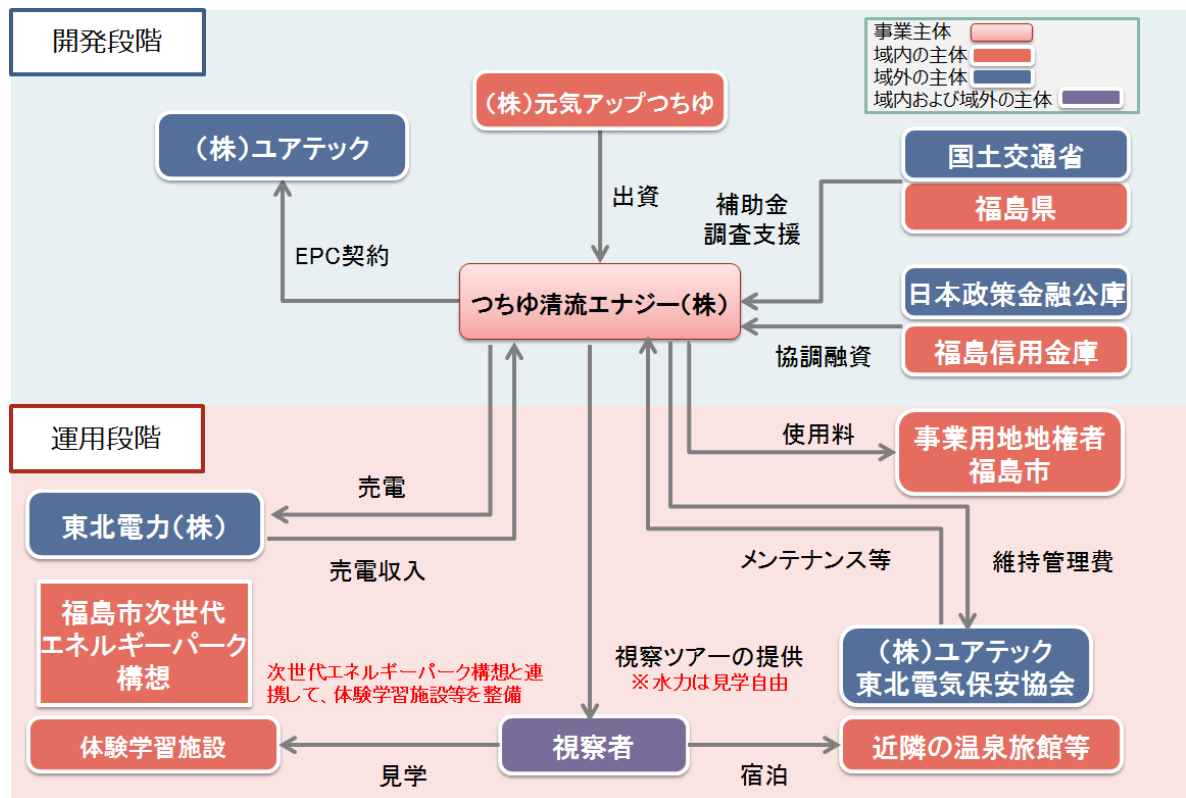


図 3-10 土湯温泉東鴉川水力発電所事業スキーム

地域貢献型再エネ事業としての土湯温泉東鴉川水力発電所の特徴と成功要因及び課題を、表 3-24 に示す。

土湯温泉東鴉川水力発電所の大きな特徴としては、併設された小水力発電所とパッケージ化された視察ツアーを運営することで、地域活性化を目指している点である。バイナリー発電と小水力発電を同時に視察できるため全国的にも関心を集めており、宿泊を伴う視察ツアー参加者のツアー参加費用を割り引くなど、地域の観光収入を増加させる工夫を凝らしている。東日本大震災とそれに伴う原発事故による風評被害で観光客が激減した土湯温泉町の復興再生事業として作られた発電所は、発電による売電収入を地域にもたらすだけでなく、観光資源として町の復興に寄与することが望まれる。

本事業の成功要因としては、地域活性化を目指す強力なリーダーが存在したことと、過去の国土交通省によるポテンシャル調査結果が存在していたことが大きなポイントであった。地域に強力なリーダーが存在していたことに加え、温泉町の復興という共通の目的のために設立した復興まちづくり会社が主体となることにより、地域における理解や協力がスムーズに得られたことも成功要因と言える。

一方で事業の実施にあたっては、開発段階において、中小水力発電事業に関する法律や手続き面に関する自治体担当者の知識や経験不足という課題があった。また、今後事業を実施・継続するにあたっては、事業期間中の運営を担う人材を育成・確保することが課題として挙げられる。

なお、本事例は行政によるポテンシャル調査が実施済みであったという点が成功要因となっている。したがって、今後事業の他地域への横展開を推進するためには、国によるポテンシャル情報の発信や、ポテンシャル調査費用に係る支援が重要となる。

表 3-24 土湯温泉東鴉川水力発電所（福島県福島市）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者である(株)元気アップつちゆが SPC である「つちゆ清流エネルギー(株)」を設立。 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者における売電収入の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 地域活性化を目指すリーダーの存在 温泉町の復興という共通の目的の存在 国によるポテンシャル調査の存在 	<ul style="list-style-type: none"> 事業期間（20年）にわたって業務に従事する人材の確保
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> 福島信用金庫から資金調達 	<ul style="list-style-type: none"> 地域金融機関における金利による収入の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 日本政策金融公庫との協調融資の活用 	—
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーパークの拠点の一つとして、小水力発電に関する体験学習施設を整備 	<ul style="list-style-type: none"> 地域の再生可能エネルギー教育への貢献 	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーパーク構想の存在 	—
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 視察ツアー実施とそれに伴う視察者の増加（小水力とバイナリー発電の相乗効果） 再生可能エネルギーに関する研修の実施（メンテナンス体験等）を実施（予定） 	<ul style="list-style-type: none"> 視察者の増加による経済効果（宿泊費・飲食費の地域への還元） 地域の再生可能エネルギー教育への貢献 	<ul style="list-style-type: none"> 宿泊する場合視察ツアーが割引料金となる仕組み 	<ul style="list-style-type: none"> 現在構想段階となっている地域貢献策（観光施設の整備、コミュニーターバスの運行）への支援
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 行政による許認可手続きに係る支援 行政によるポテンシャル調査の実施 福島市地球温暖化対策実行計画を策定 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 許認可権者の知識・経験不足

3) 事例調査結果：事例②落合字平石小水力発電所（飛島建設・オリエンタルコンサルタンツ特定事業共同企業体、岐阜県中津川市）

＜実現している地域貢献（地域課題の解決）＞

- ・ 事業実施に合わせ、地元要望を考慮した地域インフラの補修・整備を実施

落合平石小水力発電所の概要と事業スキームを、表 3-25、図 3-11 に示す。本発電所は中津川市内の落合平石地区で大正時代につくられた歴史ある農業用水路の未利用落差に着目し、水路の一部を発電用導水路として活用する発電事業計画である。

本発電事業は域外事業者である飛島建設とオリエンタルコンサルタンツの共同出資による案件である。一方で維持管理については、地域の土地水路管理組合に委託するほか、発電事業の実施に合わせて既存の農業導水路の劣化箇所や取水設備の改修・更新を実施することで地域への還元効果を生み出している。また、中津川市は小水力発電事業をベースとした環境調和型のまちづくりを推進しており、本事業においても事業者と地元地区の調整等の支援を行っている。

表 3-25 落合平石小水力発電所の概要

項目	概要
プラント名	落合平石小水力発電所（仮称）（岐阜県中津川市）
事業者名	飛島建設・オリエンタルコンサルタンツ特定事業共同企業体（出資率 50% : 50%）
所在地	岐阜県中津川市落合字平石
発電出力	126kW（横軸クロスフロー水車）
運転開始年月	2016年4月上旬（予定）
外観等	 <p>導水路（左：改修前、右：改修後）</p>  <p>取水設備（左：改修前、右：改修後）</p>

出典）飛島建設プレスリリース（<https://www.tobishima.co.jp/news/news150612.html>）

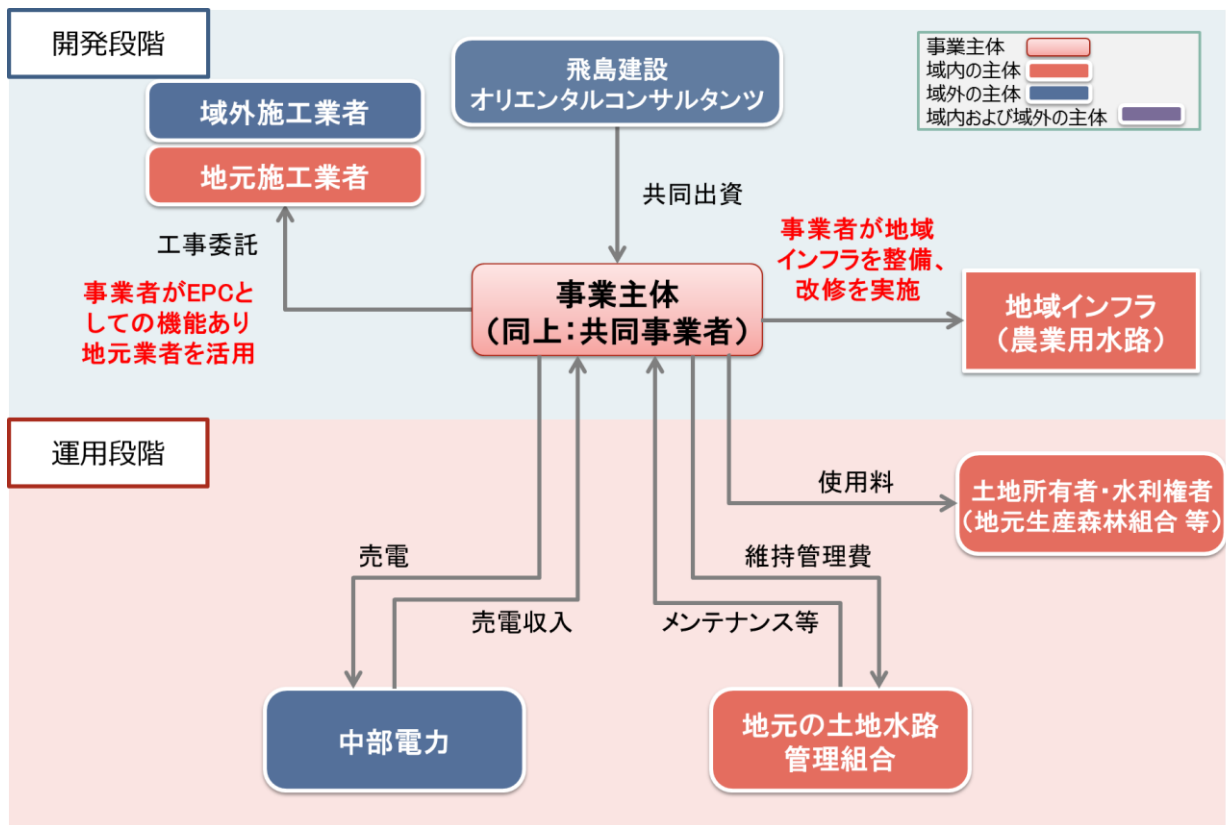


図 3-11 落合平石小水力発電所事業スキーム

地域貢献型再エネ事業としての落合平石小水力発電所の特徴と成功要因及び課題を、表 3-26 に示す。

落合平石小水力発電所の特徴としては域外事業者が主体でありながらも、自治体・地域住民が連携し、地域に対する利益の還元を行っている点である。中津川市が地域との調整に協力し、地域住民の意向を踏まえて地域インフラの整備を行うことにより、売電収入以外の部分で地域に貢献している。

本事業の成功要因としては、中津川市が小水力発電事業に対して積極的な自治体であり、地域住民と事業者の調整支援を行ったほか、事業者が事業の実施にあたって地域住民の意向を踏まえて、農業用水路や取水設備等の整備を行ったことにより、地域の理解や協力が得られた点が大きい。また、地域活性化を目指す住民が存在していたことも、本事業の後押しとなっている。このように売電収入を直接的に還元する以外にも、地域単独では補修が難しいインフラの整備を事業者が代行し、地域の財産として残すことも、地域貢献型再エネ事業の一つの形と言える。

一方で今後事業を実施するにあたって挙げられる課題としては、中津川市のように自治体が必ずしも中小水力発電事業に対して積極的であるとは限らず、手続き等に関する知識が十分でない可能性がある。このような点を考慮し、自治体間で事業における課題解決の手法やノウハウを共有することが、地域貢献型の中小水力発電を横展開する際の重要な要素になると考えられる。

表 3-26 落合平石小水力発電所（岐阜県中津川市）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	— (域外事業者2社による共同出資事業のため地域の関与はなし)	—	—	—
地域が「資金面」で参画	— (域外事業者による直接出資のため、地域の関与はなし)	—	—	—
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 設計、施工時における地域事業者の参画 発電設備に関する維持管理を地元管理組合への委託 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者への工事費用の支払い 地域の土地水路管理組合への維持管理に関する費用の支払い（予定） 	<ul style="list-style-type: none"> 従来より農業用水を管理していた地元水路管理組合の存在 地域活性化を目指す地元住民の存在 	—
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 費用面から補修できずいた関連設備について、事業実施に伴い発電事業者が補修や設備追加を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 費用の問題から実施できずにいた農業用水路の補修を実施 地元要望に基づく農業用水路の取水部における手すりの設置等、高齢化対策 	<ul style="list-style-type: none"> 地元自治体の協力を含め、利害関係者との細かなコミュニケーションにより地元要望を把握し、柔軟な対応を実施 	—
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 行政による中小水力発電事業に対する積極的な関与と、地域関係者との調整に関する支援 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 事業における課題解決の手法やノウハウの共有（他地域に横展開する際の課題）

4) 事例調査結果：事例③寺山ダムにおけるダム ESCO 事業（栃木県矢板市）

<実現している地域貢献（地域課題の解決）>

- ・ 民間活力の活用により自治体の維持管理費の削減を実現

寺山ダムにおけるダム ESCO 事業の概要と事業スキームを表 3-27、図 3-12 に示す。本事業は、PFI 事業の BOT 方式（民間事業者が施設等を建設、維持・管理及び運営し、事業終了後に公共施設等の管理者等に施設所有権を移転する事業方式）に類似した ESCO 事業と呼ばれるスキームを活用した事業である。

栃木県は従来行っていた県営ダム維持管理の一部を ESCO 事業者へ委託することで管理費の削減が可能となる。一方で事業者は維持管理の受託と合わせて当該ダムに自己資金により小水力発電を導入し、売電収入を得ることが可能となる。事業者は売電収入からダムの維持管理費、設備導入に関する投資回収、自らの利益を確保することができるため、両者にとってメリットのあるスキームである。

本事業は寺山ダムを所有している栃木県の発案であり、各種手続きについても栃木県の協力により事業が速やかに展開できる。同様のスキームを活用した事例が福島県で実施されている。

地域住民への直接的な利益の還元は行われられないものの、自治体の経費削減につながるスキームであり、地域貢献型再エネ事業の一つと言える。

表 3-27 寺山ダムの概要

項目	概要
プラント名	寺山ダム
事業者名	ESCO 事業者：日本工営(株)
所在地	栃木県矢板市
発電出力	190kW（横軸フランシス水車）
運転開始年月	2013 年 9 月
外観等	  

出典）日本工営(株)ホームページ、国土交通省資料

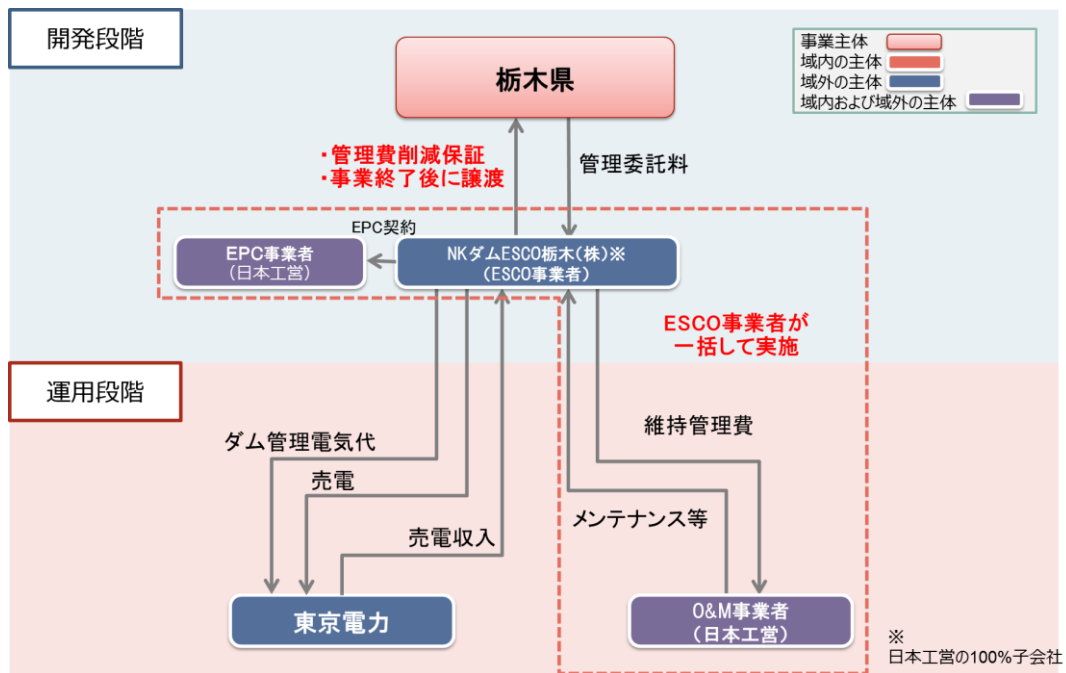


図 3-12 寺山ダム ESCO 事業スキーム

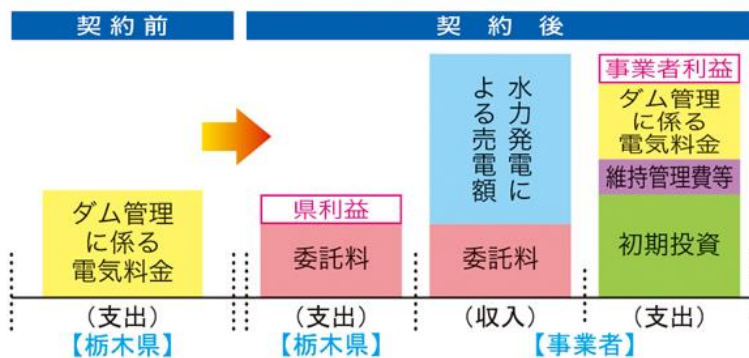


図 3-13 寺山ダム ESCO 事業における効果

地域貢献型再エネ事業としての寺山ダムにおけるダム ESCO 事業の特徴と成功要因及び課題を、表 3-28 に示す。

ESCO 事業の大きな特徴としては、県の管理用発電設備を民間事業者に委託することとした新規の事業スキームであり、元来ダムを管理していた自治体と ESCO 事業者となる民間事業者の両者にとってメリットのあるスキームである点である（図 3-13）。未利用エネルギーを有効活用でき、管理費の削減に加えて環境負荷を低減することが可能となる。

本事業の成功要因としては、ダム ESCO 事業という新たなスキームを栃木県が考案したことと、水道利水及び河川維持用水を従属的に利用していることから、事業者にとってダム建設費用の分担金の負担が生じないこと、そして固定価格買取制度の開始により収益性が確保されたことが大きい。本事例においては、発電による売電収入をダムの電気代に充当することで、維持管理費が軽減できる。また、既存の設備を活用できる部分が大きいため、一般的な小水力発電事業と比較して立ち上がりが高く、地域（県）への利益還元が早期に実施されるという点も大きな成功要因である。

本事業スキームを横展開する際の課題としては、固定価格買取制度の買取価格に依存しているスキームのため、買取価格の見直し状況によっては、初期投資ゼロという自治体のメリットがなくなり、事業が成立しない可能性がある点が挙げられる。また、本事例では課題となっていないものの、官民双方にメリットがある一方でリスクも双方に生じるため適切な分担について考慮する必要がある。

表 3-28 寺山ダムにおけるダム ESCO 事業（栃木県矢板市）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 小水力発電実施場所として栃木県管理のダムを民間事業者に提供 	<ul style="list-style-type: none"> 一般の小水力事業に比べ迅速な事業化が可能であることから、地域（県）への収益還元を早期に実現 	<ul style="list-style-type: none"> 民間事業者は技術サービス+資金を提供するスキームにより早期の事業開始を実現 発電用水としての従属的な利用により、ダム建設費用の分担金が不要で、民間事業者へのダム建設負担がない 	—
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> 県がダム管理の委託費を民間事業者に支払い 	—	<ul style="list-style-type: none"> 固定価格買取制度の開始による収益性の確保（県と民間事業者の双方にとってメリットが発生） 	—
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者への建設工事の発注 地域事業者への管理運営業務の発注 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者への工事費用の支払い 	—	—
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 利水の利用による新たな発電の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ダムの管理費の低減 新たに設置した発電施設の固定資産税の納付 	<ul style="list-style-type: none"> 官民双方にメリットがあるスキームを採用した リスクを適切に分担した 	—
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 行政手続により、通常は時間を要する手続きを迅速に実施 	—	—	—

(5) 地熱発電

1) 事例調査対象の選定

表 3-29 に、地熱発電の事例調査対象の選定方法を示す。地熱発電については、固定価格買取制度の認定を受けている事例等を調査候補としてリストアップし、地域貢献型再エネ事業の定義に基づき、より多くの条件を満たすものとして、以下の2件を事例調査対象として選定した。

- ✓ 土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所（つちゆ温泉エネルギー(株)、福島県福島市）
- ✓ 湯山地熱発電所（西日本地熱発電(株)、大分県別府市）

表 3-29 事例調査候補の選定方法（地熱発電）

項目	概要
調査対象の抽出に用いた資料・リスト	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイナリー発電で、固定価格買取制度の認定を受けている事例 ・ 「温泉エネルギーが地域の発展に貢献」（阿部博光,Energy Review 2015.5）掲載のうち、ウェブ検索で確認できた事例
調査対象の選定方法	<p><絞り込み条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 既に運転中、または建設中の案件である。 <p><選定条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地域が「事業者」として参画：「事業者」が地域事業者であること ・ 地域が「資金面」で参画：「資金調達」が地域金融機関・市民ファンド・地域事業者等、地域を循環する資金が含まれる事例であること ・ 地域への継続的な「事業効果の還元」：1事業者の取り組みではなく、面的な地域貢献を含む事例であること（熱利用等）
調査対象選定結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所（つちゆ温泉エネルギー(株)、福島県福島市） ・ 湯山地熱発電所（西日本地熱発電(株)、大分県別府市）

※熱利用：地熱発電の特徴であり、温泉の噴気・熱水を電気に変換して利用するだけでなく、熱そのものを他の用途に活用することができる。例えば、バイナリー発電で利用された温度が下がった温水の利用（カスケード利用）や、発電に利用する温泉熱水の他の目的での活用（農業用ビニールハウスの加温・魚介類の養殖への活用等）が可能である。

2) 事例調査結果：事例①土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所

<実現している地域貢献（地域課題の解決）>

- ・ 土湯温泉に宿泊する場合、視察ツアーが割引料金となる仕組みを設け、地域の活性化に貢献

土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所の概要と事業スキームを表 3-30、図 3-14 に示す。本発電所は、つちゆ温泉エネルギー(株)が事業主体となり、400kW のバイナリー発電機を 1 台運用している事例である。つちゆ温泉エネルギー(株)は、東日本大震災により被害を受けた温泉町の復興を目指すために設立された復興まちづくり会社「(株)元気アップつちゆ」が、バイナリー発電事業のため、設立・出資した SPC である。(株)元気アップつちゆには、NPO 法人土湯温泉観光まちづくり協議会と湯遊つちゆ温泉協同組合が出資している。

事業主体は地域の事業者であり、現在は土湯温泉の温泉旅館に宿泊する場合、土湯温泉観光協会が提供する再生可能エネルギー視察ツアーが割引料金となる仕組みを設け、視察者による地域の活性化に貢献している。また、(株)元気アップつちゆでは、今後水力発電の導入を目指している事業者用に専門的研修講座を開設し、再エネ事業普及を目指している。売電収入については今後、土湯温泉町地区のまちづくり資金（コンピューターバスの運行・観光施設の整備等）として活用することを予定している。

土湯温泉町は『福島市次世代エネルギーパーク』計画の一部として位置付けられている。この計画は福島市内各地に既に立地する代表的な発電設備や再生可能エネルギー関連施設と連携させ、市民等に対して再生可能エネルギーに関する学習機会の拡充を図るとともに、エネルギーパーク計画を活用し、「環境最先端都市福島」の実現を目指す福島市の姿を市内外に広く PR することを目的としている。

『福島市次世代エネルギーパーク』計画に伴う取り組みとして、再生可能エネルギー見学ツアーの実施を行うとともに、バイナリー発電に関しては地熱体験ツアー（地熱を利用した農作物の生産や蒸し料理等）を実施している。

表 3-30 土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所の概要

項目	概要
プラント名	土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所
事業者名	つちゆ温泉エネルギー(株)
所在地	福島県福島市
発電出力	400kW
運転開始年月	2015 年 11 月
外観等	

出典) (株)元気アップつちゆ提供写真

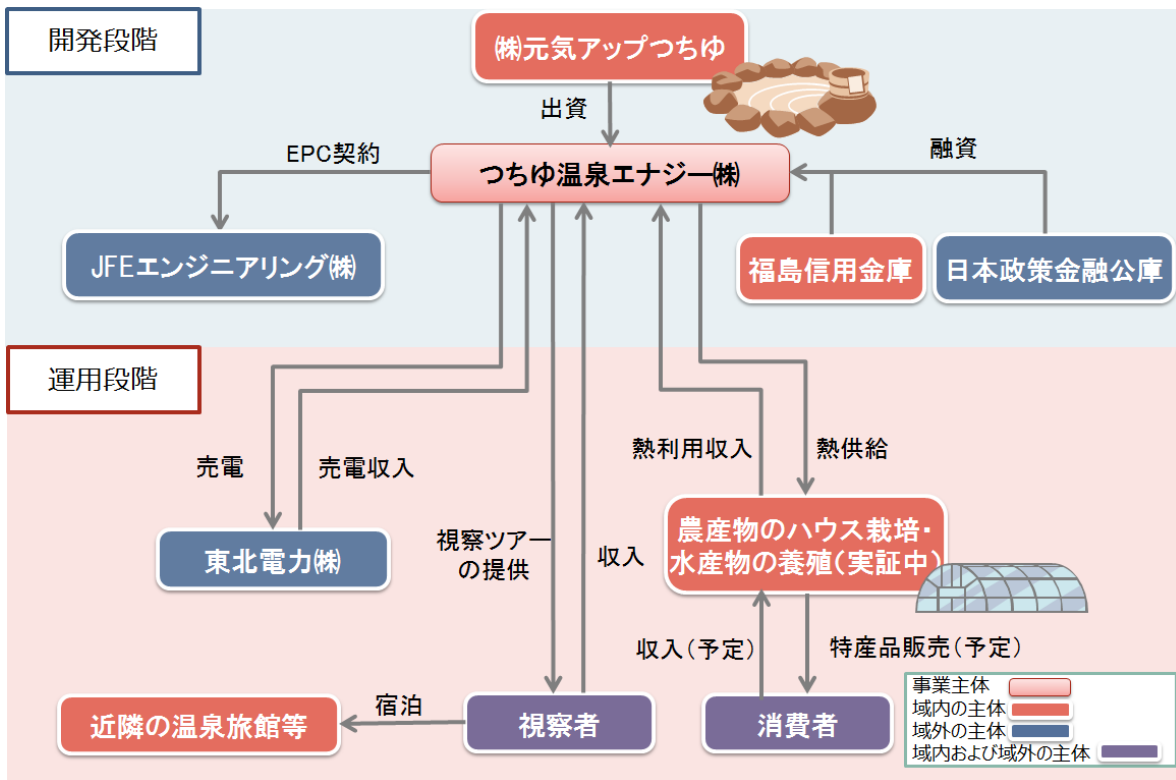


図 3-14 土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所事業スキーム

地域貢献型再エネ事業としての土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所の特徴と成功要因及び課題を、表 3-31 に示す。

土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所の大きな特徴としては、併設された小水力発電所とパッケージ化された視察ツアーを運営することで、地域活性化を目指している点である。バイナリー発電と小水力発電を同時に視察できるため全国的にも関心を集めており、宿泊を伴う視察ツアー参加者のツアー参加費用を割り引くなど、地域の観光収入を増加させる工夫を凝らしている。東日本大震災とそれに伴う原発事故による風評被害で観光客が激減した土湯温泉町の復興再生事業として作られた発電所は、発電による売電収入を地域にもたらすだけでなく、観光資源として町の復興に寄与することが望まれる。

本事業の成功要因としては、地域活性化を目指す強力なリーダーが存在したことと、つちゆ温泉エナジー(株)が福島信用金庫から借入れる長期の融資 5 億 5700 万円について、その 80%を独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) が債務保証したことが大きなポイントであった。地域に強力なリーダーが存在していたことに加え、温泉町の復興という共通の目的のために設立した復興まちづくり会社が主体となることにより、地域における理解や協力がスムーズに得られたことも成功要因と言える。

一方で事業の実施にあたっては、開発段階において、バイナリー発電事業に関する法律や手続き面に関する自治体担当者の知識や経験不足という課題があった。また、今後事業を実施・継続するにあたっては、事業期間中の運営を担う人材を育成・確保することが課題として挙げられる。

表 3-31 土湯温泉 16 号源泉バイナリー発電所（福島県福島市）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者である(株)元気アップつちゆが SPC である「つちゆ温泉エネルギー(株)」を設立。 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者における売電収入の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 地域活性化を目指すリーダーの存在 温泉町の復興という共通の目的の存在 発電事業の事業性を確保できる湯量や蒸気が豊富な源泉の存在 	<ul style="list-style-type: none"> 事業期間（20 年）にわたって業務に従事する人材の確保
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> 福島信用金庫から資金調達 	<ul style="list-style-type: none"> 地域金融機関における金利による収入の発生 	<ul style="list-style-type: none"> JOGMEC による債務保証 日本政策金融公庫との協調融資の活用 	—
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 地域の教育機関との連携（福島高校が土湯温泉の温泉水を利用したフグ・ウナギの養殖、温泉熱を利用したミラクルフルーツの栽培を実証） 	<ul style="list-style-type: none"> 地域の再生可能エネルギー教育への貢献 	<ul style="list-style-type: none"> 福島高校がスーパーサイエンスハイスクールに指定されており、温泉水による実証実験に関心が高かった点 	—
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 視察ツアー実施とそれに伴う視察者の増加（小水力とバイナリー発電の相乗効果） 再生可能エネルギーに関する研修の実施（メンテナンス体験等）を実施（予定） 発電設備に係る敷地は福島市から(株)元気アップつちゆに有償で賃借 	<ul style="list-style-type: none"> 視察者の増加による経済効果（宿泊費・飲食費が地域に還元） 地域の再生可能エネルギー教育への貢献 福島市への土地の賃借料支払い 	<ul style="list-style-type: none"> 宿泊する場合視察ツアーが割引料金となる仕組み 	<ul style="list-style-type: none"> 現在構想段階となっている地域貢献策（観光施設の整備、コミュニティーバスの運行）への支援
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 行政による許認可手続きに係る支援 福島市地球温暖化対策実行計画を策定 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 許認可権者の知識・経験不足

3) 事例調査結果：事例②湯山地熱発電所

＜実現している地域貢献（地域課題の解決）＞

- ・ 域内の源泉所有者に噴気利用料を支払い、地域の活性化に貢献

表 3-32、図 3-15 に湯山地熱発電所の概要と事業スキームを示す。本発電所は、西日本地熱発電(株)が事業主体となり、72kW のバイナリー発電機を 2 台運用している事例である。

西日本地熱発電(株)は、地域事業者の「(株)小俣電設工業」「(有)ナンリ特機工業」、域外事業者(大阪)である「不二熱学工業(株)」「八千代電設工業(株)」の 4 社が出資して設立された事業会社である。バイナリー発電のエネルギー源となる源泉を同社自体は持たず、域内の源泉所有者に源泉使用料を支払い、発電を行っている。域内の源泉所有者は、自ら事業リスクを負うことなく、これまで未利用だった源泉から使用料を得ることができる。西日本地熱発電(株)は源泉使用料を域内の源泉所有者に支払うほか、今後は売電収入の地域への積極的な還元を構想している。

表 3-32 湯山地熱発電所の概要

項目	概要
プラント名	湯山地熱発電所
事業者名	西日本地熱発電(株)
所在地	大分県別府市
発電出力	144kW (72kW×2 台)
運転開始年月	2014 年 10 月
外観等	

出典) 西日本地熱発電(株)提供

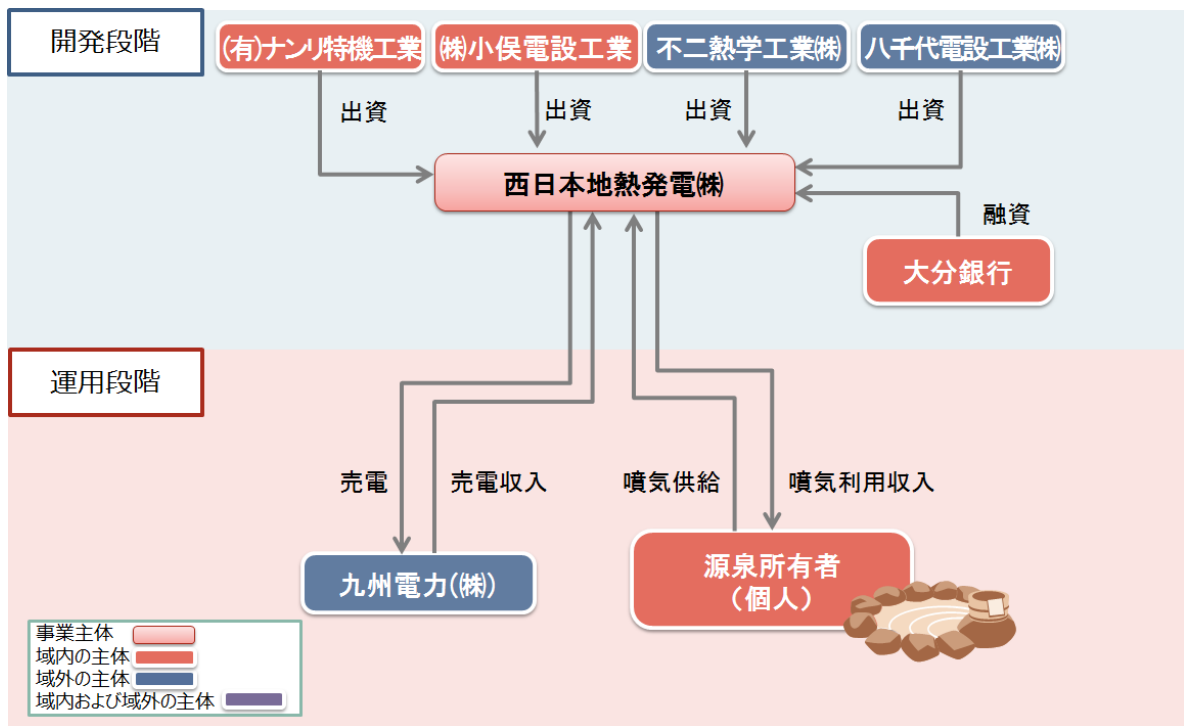


図 3-15 湯山地熱発電所事業スキーム

表 3-33 に、地域貢献型再エネ事業としての湯山地熱発電所の特徴と成功要因及び課題を示す。湯山地熱発電所の大きな特徴としては、源泉所有者に使用料を支払って、地熱発電事業を行うというビジネスモデルを構築したことである。通常、源泉は複数の関係者（水利組合、温泉組合など）で共有しており、関係者間の合意形成には時間を要することが多いが、このケースでは源泉所有者が一人であり、合意を得やすかったことも特徴である。源泉所有者より未利用の噴気及び施設用地を借り受け、源泉賃借料、土地使用料を支払っている。

本事業の成功要因としては、源泉所有者と地熱発電事業者である西日本地熱発電(株)は別主体であり、開発に伴う事業リスクが源泉所有者側には発生しないため、源泉所有者にとって事業への参画が容易となったことが挙げられる。このことが地域に豊富に存在する未利用源泉の活用にもつながっている。また、大分みらい信用金庫及び大分銀行は、再生可能エネルギー、特にバイナリー発電に関する融資判断能力があり、リスクマネーの提供に積極的であったことも、バイナリー発電事業の実現を後押しした。

一方で、今後の課題は、運転開始後に生じた当初想定していなかった事業リスクに対する対応である。具体的には、源泉から揮発する硫化水素による発電機内の基盤の損傷、配管内のスケール付着問題が発生しており、これらの課題は収益性を悪化させるため事業の継続可否に大きく影響する。西日本地熱発電(株)では、平成 27 年度大分県エネルギー産業育成分野別地熱・温泉熱ワーキングとして、大分県工業振興課から補助金を受け、蒸気の吸込み口にフィルターを設置し、硫化水素の発電機内部への侵入を遮断する実証実験と、配管に通電することで管内にスケールが付着することを防止する実証実験を実施中である。

また、バイナリー発電事業は技術の熟度が浅く、発電事業開始後に硫化水素やスケールといった課題が明らかになり想定外のコストがかさむことがあるため、発電事業の継続に関する補助金の不足・バイナリー発電の開発規制も懸念される。

表 3-33 湯山地熱発電所（大分県別府市）調査結果まとめ

地域の関わり方	具体的内容	実現している地域貢献	成功要因	課題
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 別府市の企業2社と大阪の企業2社が出資をして設立 	<ul style="list-style-type: none"> 地域事業者への配当金の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 発電事業の事業性を確保できる湯量や蒸気が豊富な源泉の存在 	<ul style="list-style-type: none"> 当初想定していなかった事業リスク（硫化水素・スケール対策にコストが発生）の発生
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> 大分銀行が融資 	<ul style="list-style-type: none"> 地域金融機関における金利収入の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギーに関する融資判断能力があり、リスクマネー提供に積極的な地域金融機関の存在 	—
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> 源泉所有者より未利用の噴気及び施設用地を賃借 地域事業者による一部工事の実施 	<ul style="list-style-type: none"> 源泉賃借料、土地使用料として源泉所有者に還元 地域事業者への工事費用の支払い 	<ul style="list-style-type: none"> 源泉所有者が個人であったため調整が比較的容易だったこと 	<ul style="list-style-type: none"> 源泉を共有する関係者（水利組合、温泉組合など）との合意形成（他地域に横展開する際の課題）
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> 売電収入は発電事業が立地する自治会に還元（予定） 現在未利用の熱水の有効活用（予定） バイナリー発電事業に関する人材の育成・雇用（予定） 	<ul style="list-style-type: none"> 現在地域貢献策を検討中 	—	—
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> 大分県の補助金により硫化水素・スケール対策の実証実験中 	—	<ul style="list-style-type: none"> バイナリー発電に対する大分県の積極的な姿勢 	<ul style="list-style-type: none"> 発電事業の継続に関する補助金の不足 バイナリー発電の開発規制

3.2.3 事例調査結果まとめ

(1) 事業の成功要因

3.2.2 に示した事例調査結果を踏まえて、地域貢献型再エネ事業を構成する4つの要素(地域が「事業者」として参画する、地域が「資金面」で参画する、地域が「関連事業者」として参画する、事業の効果が地域に継続的に「還元」される)における、各事例の成功要因を整理した結果を表 3-34 に示す。

地域が「事業者」として参画する面では、多くの事例において、熱意をもって事業を推進するリーダーの存在が成功要因となっている。同様に、地域主体における再生可能エネルギー事業を通じた地域貢献の実現に対する高い意識の存在も重要な要素となっている。加えて、再生可能エネルギー事業に関する知識・ノウハウを有することや、域内事業者に知識・ノウハウがない場合は、域外事業者との連携による外部の知識・ノウハウの活用が図られている。

地域が「資金面」で参画する面では、多くの事例において、自治体や地域の有力企業など、信頼性の高い域内事業者の参画による信用補完が、金融機関から融資を受ける際の重要な要素となっている。同時に、地域金融機関において、再生可能エネルギー事業への融資ノウハウや積極的な姿勢が存在している。市民ファンドを活用する事業においては、再生可能エネルギー事業への参画や地域発展に対する地域住民の意識の高さが事業を支える基盤となっている。また、信用力が十分でない主体については、公的機関による債務保証等の支援の存在が、融資を受ける際の重要な要素となっている。

地域が「関連事業者」として参画する面では、域内事業者との人脈や域内事業者における技術力の存在が成功要因に挙げられる。

地域への継続的な「事業効果の還元」の面では、多くの事例において、地域の課題解決につながる事業スキームの構築(森林再生、農業導水路の整備、臭気対策等)が、事業に対する地域の理解と協力を得る点で重要となっている。また、地域貢献策を実施する財源基盤として事業性の向上を図る必要があることから、域内事業者が十分に売電収入を確保できるスキームを組むことや、国の補助金や無利子融資等の資金面の支援策を活用することが成功要因となっている。

地域による「支援」という面では、多くの事例において、自治体における再生可能エネルギー事業推進・協力体制や、業界団体・協同組合(農協・森林組合等)の理解・協力により、各種行政手続きの円滑化など、事業を推進しやすい環境整備が成されていたことが重要な成功要因となった。地域住民と密にコミュニケーションを取ることや、運転開始後は具体的な地域貢献策を通じて地域住民の理解・協力を得ている点も、重要な成功要因となっている。また、地域貢献型再エネ事業を支援する関連条例の存在も成功要因の一つに挙げられる。条例は規制側面があるものの、乱開発を防止し、秩序ある再エネ開発を進めるために重要な支援策の1つと考えられる。

表 3-34 各事例の成功要因

地域の関わり方	成功要因
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業を推進するリーダーの存在 ・ 地域主体における再生可能エネルギー事業を通じた地域貢献の実現に対する高い意識と熱意の存在 ・ 再生可能エネルギー事業に関する知識・ノウハウの存在（域内事業者にない場合は、域外事業者の知識・ノウハウを活用）
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自治体や地域の有力企業などの、信頼性の高い域内事業者の参画による信用補完 ・ 地域金融機関の再生可能エネルギー事業への融資ノウハウ・積極性の存在 ・ 地域住民の再生可能エネルギー事業への参画や地域発展に対する意識の高さ（市民ファンドを活用する場合） ・ 公的機関による債務保証等の支援措置の存在
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業主体における域内事業者の活用に関する意識の存在 ・ 域内事業者との人脈、域内事業者に関する情報の共有 ・ 域内事業者における発電所建設・運営に関する技術力の存在
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 域内事業者における十分な売電収入の確保 ・ 国の補助金や無利子融資等の活用による事業性の向上 ・ 地域の課題・ニーズを踏まえた有効な地域貢献策の実施
地域による「支援」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自治体における再生可能エネルギー事業推進・協力体制の存在、各種行政手続きの円滑化 ・ 業界団体・協同組合（農協・森林組合等）の理解・協力の獲得 ・ 地域との密なコミュニケーションや具体的な地域貢献策を通じた地域住民の理解・協力の獲得 ・ 地域貢献型再エネ事業を支援する関連条例の存在

(2) 地域貢献型再エネ事業のリスク・留意点に対する対応策

事例調査結果を踏まえて、各事例における地域貢献型再エネ事業のリスク・留意点に対する対応策を整理した結果を表 3-35 に示す。

地域貢献型再エネ事業のリスク・留意点として、特に事業と関係ない主体において理解・協力を得られない点が挙げられるが、これに対しては、多くの事例において、地域住民と密にコミュニケーションを取るとともに、具体的な地域貢献策を提示することにより、幅広い主体から賛同を得られるような取り組みが成されている。

事故や故障等による事業損失リスクに対しては、技術力・ノウハウを有する域外事業者との連携により、事故・故障リスクの低減が図られている。また、域内事業者のみでは技術的知見や情報が不足する点については、域外事業者との連携によりこれらを補完するとともに、域外事業者から技術力やノウハウを吸収する試みが成されている。

表 3-35 各事例における地域貢献型再エネ事業のリスク・留意点に対する対応策

地域の関わり方	リスク・留意点	対応策
地域が「事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域貢献型再エネ事業であっても、特に事業と関係のない主体からは、事業への理解が示されない可能性がある。 ・ 地域貢献型再エネ事業であっても、地域環境に影響を及ぼす可能性がある（騒音の発生、景観への影響、防災面への影響（斜面設置等）等） ・ 特に事業規模が大きい場合、事故や故障等による事業損失を地域のみで負いきれない可能性がある。 ・ 地域のみでは技術的知見や情報が不足する可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域住民との密なコミュニケーション、具体的な地域貢献策の提示 ・ 技術力・ノウハウを有する域外事業者との連携による事故・故障リスクの低減 ・ 域外事業者との連携による技術力の吸収
地域が「資金面」で参画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事故や故障等により大きな事業損失が発生した場合に、地域に大きな損害が発生することとなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ノウハウを有する域外事業者との連携による事故・故障リスク、事業損失リスクの低減 ・ 域外事業者との連携による技術力の吸収
地域が「関連事業者」として参画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 技術力・ノウハウ不足により、事故や故障リスクが高まる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 技術力・ノウハウを有する域外事業者との連携による事故・故障リスクの低減
地域への継続的な「事業効果の還元」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域貢献型再エネ事業であっても、地域全体にとってのメリットを認識していない主体からは、事業への理解が示されない可能性がある。 ・ 地域貢献型再エネ事業であっても、地域環境に影響を及ぼす可能性がある（騒音の発生、景観への影響、防災面への影響（斜面設置等）等）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域住民との密なコミュニケーション、具体的な地域貢献策の提示

3.3 地域貢献型再エネ事業に必要な資源・事業環境

3.3.1 地域貢献型再エネ事業を支える資源・事業環境の枠組み

前述のとおり、再生可能エネルギー事業には図 3-1 に示すステークホルダーが存在しており、各主体が事業の「企画」「設計」「資金調達・建設」「運営」の各段階において、「人的資源」「技術・モノ」「資金」「情報」等を提供することにより、再生可能エネルギー事業の開発・運営が可能となる。

そこで、事例調査の結果に基づき、「企画」「設計」「資金調達・建設」「運営」の各段階と、「人的資源」「技術・モノ」「資金」「情報」「その他」のマトリックスを用いて、地域貢献型再エネ事業に必要な資源・事業環境を整理した。

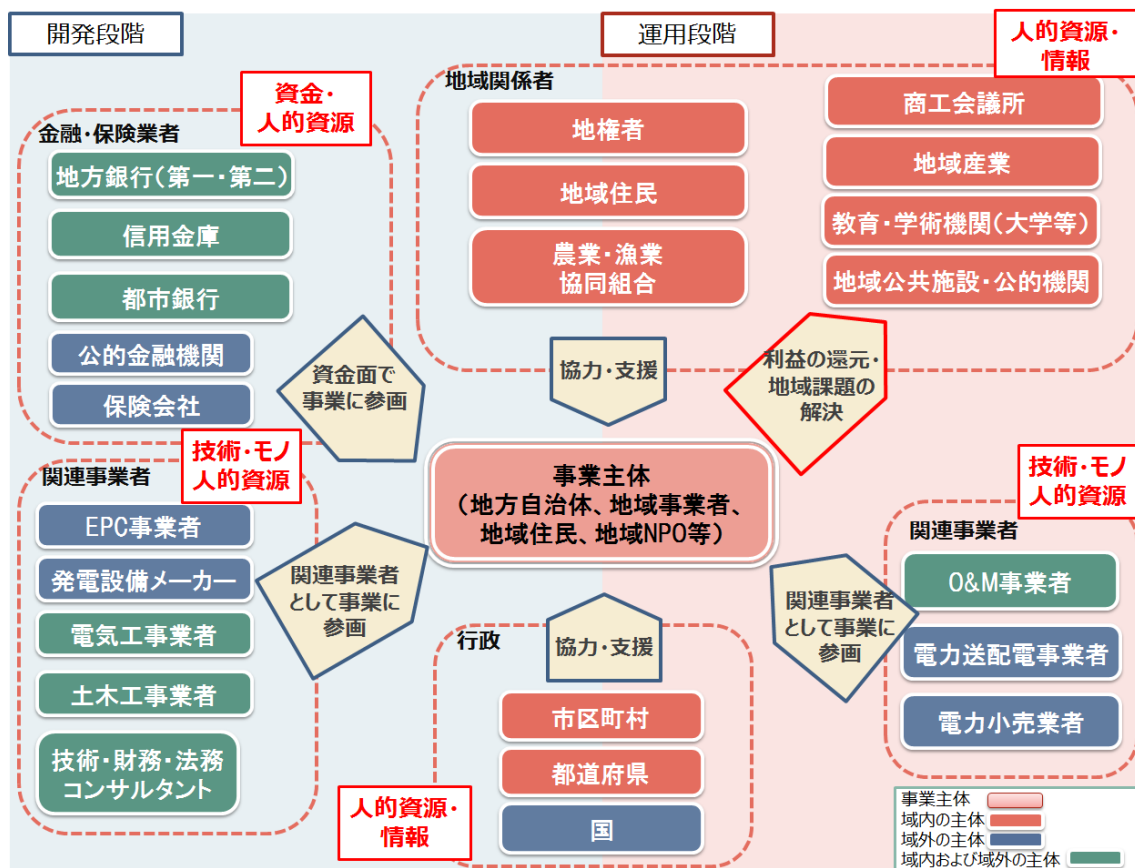


図 3-16 再生可能エネルギー事業を支える資源・事業環境

3.3.2 地域貢献型再エネ事業に必要となる資源・事業環境

事例調査の結果に基づき、地域貢献型再エネ事業に必要となる資源・事業環境を整理した結果を表 3-36 に示す。ここで青字は当該エネルギー種の地域貢献型再エネ事業特有の事項、赤星印がついているものは地域貢献型再エネ事業の実施において特に重要となる事項を表す。赤星印が付く事項については、人的資源および資金調達分野に多く挙げられている。

「人的資源」については、特に事業の企画段階において多くの要素が挙げられ、事業を推進するリーダーの存在と、事業を取り巻く各主体の理解・協力が重要となる。設計段階や資金調達・建設段階においては、許認可取得や資金調達に係る事務的能力が必要となる。運用段階においては、事業主体自身のメンテナンス知識・ノウハウに加え、将来的には建て替えに関する知識・ノウハウも必要となる。また、日々のメンテナンス支援や各種環境影響（騒音、景観等）に関しては、地域関係者の理解・協力が重要となる。これらの人的資源は、地域貢献型再エネ事業の推進の基盤となるものであり、人的資源が「技術」「資金」「情報」「その他」の要素をコーディネートすることで、効果的な事業スキームの構築と運営が可能となる。

「技術・モノ」については、企画段階において、物理的ポテンシャルを有することはもちろん、事業用地や事業に適した機器、関連産業等の存在が前提となる。またバイオマス発電については、地域の資源循環システムの一部に組み込まれることから、一度事業を開始すると容易に停止することが出来ない点に留意が必要である。従って、設計段階、資金調達段階において、持続的な燃料供給体制・ロジスティクス、持続的な焼却灰や消化液の処理体制を確立する必要がある。運営段階においては、故障・事故の防止や、稼働率・設備利用率の向上のため、技術力を持った事業者によるメンテナンス体制を整える必要がある。

「資金」については、地域が再生可能エネルギー事業を実施する際の大きな課題となっており、事業者自身の資金調達能力に加えて、自治体や地域の有力企業との連携による信用補完などにより、金融機関から融資を受けられる体制を構築する必要がある。また、FS 調査や環境アセスメント等、設計・建設段階に必要となる資金については、金融機関からの融資を受けることは難しいため、事業者自身で資金を手当てする必要がある。その際に、出資可能な地元有力企業などの協力を得られると、資金調達能力を大幅に強化できることに加え、地域関係者との合意形成の円滑化等の効果も期待できる。また、金融機関側においても、特に地域金融機関（地方銀行、信用金庫）の融資ノウハウと意欲が重要となる。運転開始後は、故障や事故による事業損失リスクへの対応として、保険への加入有無が、金融機関からの融資を受ける上でも重要となる。

「情報」については、企画段階における開発地点やポテンシャル、機器等の技術情報、設計段階における行政手続きに関する情報、資金調達・建設段階における資金調達先や域内事業者の情報が必要となる。また、運営段階においても、技術やノウハウを有する域内事業者の情報が重要となる。

加えて「その他」として、国や地方自治体における地域貢献型再エネ事業の推進・協力体制の構築（事業者への助言、事業の信頼性向上支援、地域関係者との関係構築支援、許認可に係る手続き迅速化など）による、事業推進のための環境整備が重要となる。

表 3-36 地域貢献型再エネ事業に必要な資源・事業環境

※青字：当該エネルギー種の地域貢献型再エネ事業特有の事項【太】太陽光発電 【風】風力発電 【バ】バイオ発電 【バ・木】木質バイオ発電 【バ・メ】水質バイオ発電 【水】中小水力 【地】地熱発電
 ※【★】：地域貢献型再エネ事業の実施において特に重要となる事項（それ以外は再生可能エネルギー事業で共通に重要となる事項）

	企画段階 ^{※1}	設計段階 ^{※2}	資金調達・建設段階	運営段階
人的資源 （地域が「事業者」として参画する）	■事業主体 ・【★】事業全体を理解できるプロジェクトマネージャー ・【★】持続可能な事業計画策定に係る知識・ノウハウ ■地域関係者 ・【★】地域住民の理解・協力 ・【★】地権者の理解・協力 ・【★】協同組合（農協・森林組合）の協力【バ】 ・水利権に関わる利害関係者の理解・協力【水】 ・【★】源泉所有者、温泉組合の理解・協力【地】 ■地域金融機関 ・【★】地域金融機関のコーディネート力 ■関連事業者 ・【★】専門知識を有する技術者の協力 ・【★】スキーム構築のための専門知識（法、税務、会計） ・【★】自治体、協同組合、農林業事業者を繋ぐコーディネーター【バ】	■事業主体 ・【★】許認可取得に係る知識・事務的能力 ■行政 ・【★】許認可権者の専門知識、経験・ノウハウ	■事業主体 ・【★】資金調達に係る知識・事務的能力 ■地域関係者 ・【★】地域住民の理解（特に市民ファンド活用型の場合）	■事業主体 ・【★】事業主体自身のメンテナンス知識・ノウハウ ・【★】既存設備の建て替えに係る知識・ノウハウ ■地域関係者 ・【★】地域住民の理解・協力 ・【★】地権者の理解・協力 ・【★】農協や森林組合等の理解・協力【バ】 ・【★】温泉組合の理解・協力【地】 ■関連事業者 ・近隣における電気主任技術者 ・近隣におけるメンテナンス業者 ・近隣における給排水主任技術者【バ・木】 ・原料や消化液の運搬を支援する運搬業者【バ・メ】 ・近隣におけるダム管理主任技術者【水】 ・取水口のごみ除去等の日常メンテナンスが可能な地元業者・関係者【水】
技術・モノ （地域が「関連事業者」として参画する）	■物理的ポテンシャル ・良好な日照環境【太】 ・安定した風況【風】 ・安定的な稼働に必要な原料【バ】 ・利用可能な安定した流量【水】 ・安定的な流量、源泉温度、スケールが付着しにくい泉質【地】 ■開発地点・用地 ・長期利用可能な土地 ・公共/民間施設の屋根【太】 ・強度の十分なダム、砂防堰堤等の既存施設【水】 ■地域関係者 ・畜産産業や林業【バ】 ・消化液の利用者【バ・メ】 ■関連事業者 ・設置場所の条件に合わせた設備の最適設計が可能な技術者	■事業主体 ・持続的な燃料供給体制・ロジスティクスの確立【バ】 ・持続的な焼却灰、消化液の処理体制・ロジスティクスの確立【バ】 ■関連事業者 ・地域から調達できる燃料の質と発電設備との最適設計能力【バ・地】 ■行政 ・出力抑制に関する情報・見直し【太・風】	■事業主体 ・燃料の長期調達契約の締結【バ】 ■関連事業者 ・【★】再生可能エネルギー設備の施工が可能な城内事業者	■地域関係者 ・燃料供給能力（量・質・コスト）【バ】 ■関連事業者 ・【★】再生可能エネルギー設備のメンテナンスが可能な城内事業者 ・専門メンテナンス業者によるメンテナンス体制（城内事業者のみのメンテナンス体制構築が難しい場合） ・発電状況のモニタリング技術 ・メーカーの製品保証・稼働率保証【風】 ・流量のモニタリング体制【水】
資金 （地域が「資金面」で参画する）	■事業主体 ・【★】ポテンシャル調査に係る事業者の資金力・資金調達能力 ■地域関係者 ・【★】出資可能な地元有力企業（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■地域金融機関 ・【★】出資可能な地域金融機関（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■行政 ・ポテンシャル調査に係る国・地方自治体の資金援助	■事業主体 ・【★】FS調査に係る事業者の資金力・資金調達能力 ■地域関係者 ・【★】出資可能な地元有力企業（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■行政 ・FS調査に係る国・地方自治体の資金援助	■事業主体 ・【★】設備導入に係る事業者の資金力・資金調達能力 ■地域関係者 ・【★】出資可能な地元有力企業（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■地域金融機関 ・【★】再生可能エネルギー事業への融資ノウハウ・意欲を持った地域金融機関 ・【★】市民ファンドの運用ノウハウを有する城内事業者・地域金融機関（市民ファンド活用型） ■行政 ・【★】事業への出資 ・設備導入に係る国・地方自治体の資金援助	■保険業者 ・保険商品
情報 （地域による「支援」）	■地域関係者・行政 ・開発地点（土地、屋根等）に関する詳細情報 ・ポテンシャルに関する詳細情報 ・各種技術情報	■行政 ・関連法令と許認可手順に係る情報	■行政 ・【★】資金調達先（金融機関、ファンド等）の情報 ・【★】城内事業者の情報（実績、ノウハウ等）	■行政 ・【★】城内事業者の情報（業務内容、実績、ノウハウ等）
その他 （地域による「支援」）	■行政 ・【★】国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、事業の信頼性向上支援、地域関係者との関係構築支援等）	■行政 ・【★】国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、許認可に係る手続き迅速化等）	■行政 ・【★】国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、事業の信頼性向上支援等）	■行政 ・【★】国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、事業の信頼性向上支援等）

3.4 地域貢献型再エネ事業の支援施策案

3.4.1 地域貢献型再エネ事業に必要となる資源・事業環境と既存施策の関係整理

地域貢献型再エネ事業に必要となる資源・事業環境の整理結果に基づき、平成27年度の主要な既存施策との関係を整理した結果を図3-17に示す。地域貢献型再エネ事業の実施において特に重要となる人的資源、資金調達の分野については、既存施策が多数存在している。

人的資源分野では、「先導的「低炭素・循環・自然共生」地域創出事業（グリーンプラン・パートナーシップ事業）」において、自治体や民間事業者を対象に、再生可能エネルギーを含む地域主導型事業形成支援を行うとともに、FS調査や設備導入までの包括的支援プログラムを提供している。また、「持続的な地域創生を推進する人材育成拠点形成モデル事業」では、地方公共団体、教育機関、民間団体等が連携し、地域内の定住者等を対象に「低炭素・循環・自然共生」社会の実現の核となる人材を育成する事業を実施している。ただし、人的資源分野における、設計段階、運営段階については、支援施策が不足している状況にある。

技術・モノ分野については、一般的な技術情報等の支援は行われているが、地域貢献型再エネ事業推進の観点からは、主だった支援施策はない状況にある。

資金分野では、「グリーンファンド事業」や「低炭素価値向上に向けた社会システム構築支援事業」において資金支援を行うとともに、「地域金融機関等に対する低炭素化プロジェクトの専門家派遣事業」や「『地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き』策定事業」により、金融機関における再生可能エネルギー事業への融資ノウハウの向上を図る取組みが成されている。ただし、企画段階や設計段階における、事業者の資金調達能力を支援する施策が不足している状況にある。

情報分野では、「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備事業」において、各種再生可能エネルギーのポテンシャルや適地に関する情報提供が行われている。しかしながら、事業組成の初期段階における情報支援は重要であるため、支援策の拡充が必要と考えられる。

その他としては、「地域主導による再生可能エネルギー事業化促進に係る自治体職員向け研修会の開催」により、地域貢献型再エネ事業を推進するために必要な基礎知識を得ることを目的とした、自治体職員向けの研修会が開催されている。

以上の整理結果を踏まえると、既存施策が不足していると考えられる、人的資源分野における、設計段階、運営段階について重点的に新規支援施策を検討する必要があると考えられる。また、同様に既存施策が不足している、資金分野における企画段階や設計段階や、技術・モノ分野における資金調達・建設段階、運営段階、情報分野についても新規支援施策の検討が必要と考えられる。

なお、様々な視点から支援を行うためには、不足している分野・段階を中心に新規支援施策を検討することが有効と考えられるが、各既存施策が地域貢献型再エネ事業の導入促進を図るに十分な効果を上げているかについてはフォローアップが必要であり、PDCAサイクルによる施策内容の継続的な改善が求められる。

※青字：当該エネルギー種の地域創型再生事業特有の事項【太】太陽光発電 【風】風力発電 【水】水力発電 【バ・木】木質バイオマス発電 【バ・メ】バイオマス発電 【水】中小水力 【地】地熱発電
 ※【★】：地域創型再生事業の実施において特に重要となる事項（それ以外は再生可能エネルギー事業で共通的に重要となる事項）

	企画段階 ^{※1}	設計段階 ^{※2}	資金調達・建設段階	運営段階
人的資源 (地域が「事業者」として参画する)	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> 【★】事業全体を理解できるプロジェクトマネージャー 【★】持続可能な事業計画策定に係る知識・ノウハウ ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> 【★】地域住民の理解・協力 【★】地権者の理解・協力 【★】協同組合（農協・森林組合）の協力【水】 【★】水利権に関わる利害関係者の理解・協力【水】 【★】温泉所有者、温泉組合の理解・協力【地】 ■地域金融機関 <ul style="list-style-type: none"> 【★】地域金融機関のコーディネート力 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> 【★】専門知識を有する技術者の協力 【★】スキーム構築のための専門知識（法、税務、会計） 【★】自治体、協同組合、農林事業者を繋ぐコーディネーター【バ・メ】 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> 【★】許認可取得に係る知識・事務的能力 ■行政 <ul style="list-style-type: none"> 【★】許認可者の専門知識、経験・ノウハウ 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> 【★】資金調達に係る知識・事務的能力【既⑧】 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> 【★】地域住民の理解（特に市民ファンド活用型の場合） 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> 【★】事業主体自身のメンテナンス知識・ノウハウ 【★】既存設備の建て替えに係る知識・ノウハウ ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> 【★】地域住民の理解・協力 【★】地権者の理解・協力 【★】農協や森林組合等の理解・協力【水】 【★】温泉組合の理解・協力【地】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> 近隣における電気主任技術者 近隣におけるメンテナンス業者 近隣におけるボイラ・炉主任技術者【バ・木】 原料や消化液の運搬を支援する運搬業者【バ・メ】 近隣におけるダム管理主任技術者【水】 取水口のごみ除去等の日常メンテナンスが可能な地元業者・関係者【水】
技術・モノ (地域が「関連事業者」として参画する)	<ul style="list-style-type: none"> ■物理的ポテンシャル <ul style="list-style-type: none"> 良好な日照環境【太】 安定した風況【風】 安定的な稼働に必要な原料【水】 利用可能な安定した流量【水】 安定的な流量、源泉温度、スケールが付着しにくい泉質【地】 ■開発地・用地 <ul style="list-style-type: none"> 長期利用可能な土地 公共/民間施設の屋根【太】 強度の十分なダム、砂防堰堤等の既存施設【水】 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> 畜産業者や林業【水】 消化液の利用者【バ・メ】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> 設置場所の条件に合わせた設備の最適設計が可能な技術者 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> 持続的な燃料供給体制・ロジスティクスの確立【水】 持続的な発却処理、消化液の処理体制・ロジスティクスの確立【水】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> 地域から調達できる燃料の質と発電設備との最適設計能力【バ・地】 ■行政 <ul style="list-style-type: none"> 出力抑制に関する情報・見直し【太・風】 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> 燃料の長期調達契約の締結【水】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー設備の施工が可能な域内事業者 	<ul style="list-style-type: none"> ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> 燃料供給能力（量・質・コスト）【水】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー設備のメンテナンスが可能な域内事業者 専門メンテナンス業者によるメンテナンス体制（域内事業者のみのメンテナンス体制構築が難しい場合） 発電状況のモニタリング技術 メーカーの製品保証・稼働手保証【風】 流量のモニタリング体制【水】
資金 (地域が「資金面」で参画する)	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> 【★】ポテンシャル調査に係る事業者の資金力・資金調達能力 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> 【★】出資可能な地元有力企業（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■地域金融機関 <ul style="list-style-type: none"> 【★】出資可能な地域金融機関（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ポテンシャル調査に係る国・地方自治体の資金援助 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> 【★】FS 調査に係る事業者の資金力・資金調達能力 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> 【★】出資可能な地元有力企業（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■行政 <ul style="list-style-type: none"> FS 調査に係る国・地方自治体の資金援助 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> 【★】設備導入に係る事業者の資金力・資金調達能力 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> 【★】出資可能な地元有力企業（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■地域金融機関 <ul style="list-style-type: none"> 【★】再生可能エネルギー事業への融資ノウハウ・意欲を持った地域金融機関 【★】市民ファンドの運用ノウハウを有する域内事業者、地域金融機関（市民ファンド活用型） ■行政 <ul style="list-style-type: none"> 【★】事業への出資 設備導入に係る国・地方自治体の資金援助 	<ul style="list-style-type: none"> ■保険業者 <ul style="list-style-type: none"> 保険商品
情報 (地域による「支援」)	<ul style="list-style-type: none"> ■地域関係者・行政 <ul style="list-style-type: none"> 開発地点（土地、屋根等）に関する詳細情報【既④】 ポテンシャルに関する詳細情報 各種技術情報 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> 関連法令と許認可手順に係る情報 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> 【★】資金調達先（金融機関、ファンド等）の情報 【★】域内事業者の情報（業務内容、実績、ノウハウ等） 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> 【★】域内事業者の情報（業務内容、実績、ノウハウ等）
その他 (地域による「支援」)	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> 【★】国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、事業の信頼性向上支援、地域関係者との関係構築支援等） 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> 【★】国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、許認可に係る手続き迅速化等） 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> 【★】国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、事業の信頼性向上支援等） 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> 【★】国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、事業の信頼性向上支援等）

【既⑨】

<事務局で把握している支援施策一覧> ※【既】既存施策

- 【既①】 先導的「低炭素・循環・自然共生」地域創出事業（グリーンプラン・パートナーシップ事業）
- 【既②】 持続的な地域創生を推進する人材育成拠点形成モデル事業
- 【既③】 低炭素価値向上に向けた社会システム構築支援事業
- 【既④】 再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備事業
- 【既⑤】 グリーンファンド事業
- 【既⑥】 再生可能エネルギー設備に対する税制優遇・利子補給・その他資金援助
- 【既⑦】 地域金融機関等に対する低炭素化プロジェクトの専門家派遣事業
- 【既⑧】 『地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き』策定事業
- 【既⑨】 地域主導による再生可能エネルギー事業化促進に係る自治体職員向け研修会の開催

図 3-17 必要となる資源・事業環境と既存施策の関係

3.4.2 新たな支援施策の検討

既存施策の整理結果を踏まえ、新たな地域貢献型再エネ事業の促進方策を検討した結果を図 3-18 に示す。

この中では、既存施策が不足していると考えられる人的資源分野における、設計段階、資金調達・建設段階、運営段階について重点的に検討を行った。また、同様に既存施策が不足している、資金分野における企画段階や設計段階や、技術・モノ分野における資金調達・建設段階、運営段階、情報分野について検討を行った。検討の結果を次節に示す。

※青字：当該エネルギー種別の地域貢献型再エネ事業特有の事項【水】太陽光発電 【風】風力発電 【水】水力発電 【地】地熱発電 【水・木】水質浄化施設 【水・メ】水質浄化施設 【水】中小水力 【地】地熱発電
 ※【★】：地域貢献型再エネ事業の実現において特に重要となる事項（それ以外に再生可能エネルギー事業で共通的に重要となる事項）

	企画段階**	設計段階**	資金調達・建設段階	運営段階
人的資源 (地域が「事業者」として参画する)	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> ★事業全体を理解できるプロジェクトマネージャー ★持続可能な事業計画策定に係る知識・ノウハウ ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> ★地域住民の理解・協力 ★地権者の理解・協力 ★協同組合（農協・森林組合）の協力【水】 ★水利権に関わる利害関係者の理解・協力【水】 ★源泉所有者、源泉組合の理解・協力【地】 ■地域金融機関 <ul style="list-style-type: none"> ★地域金融機関のコーディネート力【既①】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> ★専門知識を有する技術者の協力 ★スキーム構築のための専門知識（法、税務、会計） ★自治体、協同組合、農林業事業者を繋ぐコーディネート【水】 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> ★許認可取得に係る知識・事務的能力 ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★許認可権者の専門知識、経験【新③】 ★【新④】 ★【新⑤】 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> ★資金調達に係る知識・事務的能力【既⑧】 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> ★地域住民の理解（特に市民ファンド活用型の場合） 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> ★事業主体自身のメンテナンス知識・ノウハウ ★既存設備の建て替えに係る知識・ノウハウ【新⑥】 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> ★地域住民の理解・協力【新⑤】 ★地権者の理解・協力 ★農協や森林組合等の理解・協力【水】 ★温泉組合の理解・協力【地】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> ★近隣における電気主任技術者 ★近隣におけるメンテナンス業者 ★近隣における「行・社」主任技術者【水・木】 ★原料や消化液の運搬を支援する運送業者【水・メ】 ★近隣におけるダム管理主任技術者【水】 ★取水口のごみ除去等の日常メンテナンスが可能な地元業者・関係者【水】
技術・モノ (地域が「関連事業者」として参画する)	<ul style="list-style-type: none"> ■物理的ポテンシャル <ul style="list-style-type: none"> ★良好な日照環境【水】 ★安定した風況【風】 ★安定的な発電に必要な原料【水】 ★利用可能な安定した流量【水】 ★安定的な流量、源泉温度、スケールが付着しにくい泉質【地】 ■開発地点・用地 <ul style="list-style-type: none"> ★長期利用可能な土地 ★公共施設等の確保【水】 ★容量の十分なダム、砂防堤等の既存施設【水】 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> ★畜産産業や林業【水】 ★消化液の利用者【水・メ】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> ★設置場所の条件に合わせた設備の最適設計が可能な技術者 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> ★燃料的な燃料供給体制・ロジスティクスの確立【水】 ★持続的な発掘・消化液の処理体制・ロジスティクスの確立【水】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> ★地域から調達できる燃料の質と発電設備との最適設計能力【水・地】 ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★出力抑制に関する情報・見通し【水・風】 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> ★資料の長期調達の経路【水】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> ★再生可能エネルギー設備の施工が可能な城内事業者 	<ul style="list-style-type: none"> ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> ★資材の確保力（量・質・コスト）【水】【新⑥】 ■関連事業者 <ul style="list-style-type: none"> ★再生可能エネルギー設備のメンテナンスが可能な城内事業者 ★専門スキルを有する最新鋭なメンテナンス体制（危険作業のみメンテナンス体制構築が難しい場合） ★発電状況のモニタリング技術 ★メーカーの製品保証・稼働率保証【風】 ★流量のモニタリング体制【水】
資金 (地域が「資金面」で参画する)	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> ★ポテンシャル調査に係る事業者の資金力・資金調達能力 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> ★出資可能な地元有力企業（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■地域金融機関 <ul style="list-style-type: none"> ★出資可能な地域金融機関（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★ポテンシャル調査に係る国・地方自治体の資金補助【既①】 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> ★IFS 調査に係る事業者の資金力・資金調達能力 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> ★出資可能な地元有力企業（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★IFS 調査に係る国・地方自治体の資金補助【既①】 ★【既⑤】 	<ul style="list-style-type: none"> ■事業主体 <ul style="list-style-type: none"> ★設備導入に係る事業者の資金力・資金調達能力 ■地域関係者 <ul style="list-style-type: none"> ★出資可能な地元有力企業（事業の信頼性向上、地域の合意形成支援にも貢献） ■地域金融機関 <ul style="list-style-type: none"> ★再生可能エネルギー事業への融資ノウハウ・意欲を持った地域金融機関 ★市民ファンドの運用ノウハウを有する城内事業者・地域金融機関（市民ファンド活用型） ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★事業への出資 ★設備導入に係る国・地方自治体の資金補助【既③】【既⑤】 	<ul style="list-style-type: none"> ■保険業者 <ul style="list-style-type: none"> ★保険商品【新④】 ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★【既⑦】 ★【既⑧】 ★【既③】【既⑤】 ★【既⑥】
情報 (地域による「支援」)	<ul style="list-style-type: none"> ■地域関係者・行政 <ul style="list-style-type: none"> ★開発地点（土地、屋根等）に関する詳細情報【既④】 ★ポテンシャルに関する詳細情報【新③】 ★各種技術情報 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★関連法令と許認可手順に係る情報 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★資金調達先（金融機関、ファンド等）の情報 ★城内事業者の情報（業務内容、実績、ノウハウ等） 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★城内事業者の情報（業務内容、実績、ノウハウ等）
その他 (地域による「支援」)	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、事業の信頼性向上支援、地域関係者との関係構築支援等） 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、許認可に係る手続迅速化等） 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、事業の信頼性向上支援等） 	<ul style="list-style-type: none"> ■行政 <ul style="list-style-type: none"> ★国・地方自治体の推進・協力体制（事業者への助言、事業の信頼性向上支援等）

- <支援施策案> ※【新】新規施策案
- 【新①】 『地域貢献型再生可能エネルギー事業事例集』の作成
 - 【新②】 地域貢献型再エネ事業専門家の人材バンク制度
 - 【新③】 再生可能エネルギー事業の経済波及効果分析ツールの開発と公開
 - 【新④】 『地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き』の拡充（許認可手続き等に関する詳細情報提供）
 - 【新⑤】 地域貢献型再エネ事業認定制度
 - 【新⑥】 建設・O&M 業務に係る地域事業者の人材育成支援事業

図 3-18 必要となる資源・事業環境と新規施策案の関係

(1) 施策案①：『地域貢献型再生可能エネルギー事業事例集』の作成

人的資源分野の企画段階では、現在、「先導的「低炭素・循環・自然共生」地域創出事業（グリーンプラン・パートナーシップ事業）」において、自治体や民間事業者を対象に、地域主導型事業形成支援が行われている。しかしながら、自治体や民間事業者が当該事業に応募する前の、事業形成の初期段階において、基本的な事業スキームを練るために必要な参考情報については、十分に情報提供されていないと考えられる。

有識者へのヒアリングでは、地域の主体は、地域にある資源については熟知しているものの、その活用方法に関する知識やアイデアがないことから、具体的な動きにつながらないという課題が挙げられている。より多くの主体に対し、地域貢献型再エネ事業に参画できる機会を提供するためには、事業構想の入口段階で、自治体や事業者に対してアイデアを与えるための情報を提供することが重要と考えられる。このため、情報提供の方法として、『地域貢献型再生可能エネルギー事業事例集』の作成が一案として考えられる。

(2) 施策案②：地域貢献型再エネ事業専門家の人材バンク制度

現在、「先導的「低炭素・循環・自然共生」地域創出事業（グリーンプラン・パートナーシップ事業）」において、地域の中小企業や金融機関への専門家派遣事業が実施されている。この取り組みを補完し、地域主体が地域貢献型再エネ事業を企画したいと考えた際に、容易に専門家にコンタクトできるよう、地域貢献型再エネ事業専門家の人材バンク制度を創設することが一案として考えられる。

類似の取組みとしては、環境省の「環境カウンセラー制度」が挙げられる。本制度では、環境保全活動に関する専門的な知識・経験を有する人材を「環境カウンセラー」として登録しており、事業者や市民は自身のニーズに合ったカウンセラーを環境省のホームページで検索し、直接カウンセリングを申し込むことが出来る。環境カウンセラーは、利用者の求めに応じ環境保全活動に対する助言等を行っている。

同様のスキームで、地域貢献型再エネ事業に関する専門的な知識・経験を有する人材を、登録・公開し、地域のニーズに合わせて利活用できる環境整備が一案として考えられる。

(3) 施策案③：再生可能エネルギー事業の経済波及効果分析ツールの開発とその公開

情報分野における追加的施策として、再生可能エネルギー事業の経済波及効果分析ツールを開発し、再生可能エネルギー事業を実施することによる地域の経済活性化効果を定量的に説明するための材料として、広く一般に公開することも有効な支援策と考えられる。

類似の取組みとして、環境省では平成 27 年 12 月より、地域における経済循環構造を把握するための約 1,700 自治体分のデータベース（2010 年データ）を公開している。地方公共団体等は、地域の産業関連表及び地域経済計算のデータを受領し、低炭素地域づくりや地方創生関連業務等に利用することが可能となっている。

また、再生可能エネルギー事業の経済波及効果については、国の研究機関（独立行政法人経済産業研究所等）や、大学の研究者などが、産業関連表を用いた評価手法に関する研究を行っている。

これらの取り組みや研究成果を活用し、事業者や一般市民でも利用可能な分析ツールを開発・公開することが出来れば、地域との合意形成を図る際のバックデータとして非常に有

用と考えられる。

(4) 施策案④：『地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き』の拡充

現在、資金調達の円滑化に係る施策として、『地域における再生可能エネルギー事業の事業性評価等に関する手引き』が公開されている。本手引きは、金融機関と事業者の両方を対象に、再生可能エネルギー事業の資金調達・融資に必要となる基礎情報を取りまとめたものであり、その中で、再生可能エネルギー政策や技術、関連法令、想定されるリスクや留意点を取りまとめられている。

人的資源分野における、設計段階では、許認可取得に係る知識や事務能力が事業者に求められる。従って、関連性の深い上記手引きを拡充し、許認可取得に係る情報を含めた、事業化に必要な基礎的情報を取りまとめることで、事業者の知識・能力向上を支援する方策が一案として考えられる。また、例えば、地域貢献型再エネ事業の定義等の基盤となる情報についても、本手引きに含めることも一案と考えられる。

(5) 地域貢献型再エネ事業認定制度

既存施策が不足している人的資源分野における運営段階や、資金分野における企画段階や設計段階に関する支援施策の案として、「地域貢献型再エネ事業認定制度」が一案として考えられる。

本施策案の概要を表 3-37に示す。地域が主体となった再生可能エネルギー事業を公募し、地域貢献性が高いと判断されるものについて、『地域貢献型再エネ事業』として認定し、行政機関のホームページ等で公開する制度を想定している。本制度の事業者におけるメリットとしては、認定された事業や事業主体の信頼性が向上することにより、地域との合意形成や資金調達の円滑化が期待されることが挙げられる。また、例えば本認定を受けていることを支援施策の採択基準に組み入れるなど、その他の支援施策との連携も一案として有効と考えられる。このような認定を受けていることを各種施策の採択要件等とすることは、事業者にとっては規制的側面があるものの、乱開発を防止し、秩序ある再エネ開発を進めるために重要な施策の1つと考えられる。

本支援施策案の類似施策としては、地方自治体の再生可能エネルギー促進条例における地域貢献型再エネ事業の認定制度が挙げられ、小田川市や飯田市が、独自条例に基づき、地域貢献型再エネ事業の認定を行っている。こうした支援施策案は、地域の実情に精通した地方自治体が主導して進めることも有効と考えられる。

表 3-37 施策案の概要（地域貢献型再エネ事業認定制度）

	施策の概要
施策名	地域貢献型再エネ事業認定制度
施策の目的	地域貢献性の高い再生可能エネルギー事業を『地域貢献型再エネ事業』として認定することにより、当該事業および事業主体の信頼性を向上し、地域との合意形成や資金調達の円滑化を図る。
施策の内容	地域が主体となった再生可能エネルギー事業を公募し、地域貢献性が高いと判断されるものについて、『地域貢献型再エネ事業』として認定し、行政機関のホームページ等で公開する。また、本認定の有無を支援施策の採択基準に組み入れるなど、その他の支援施策との連携も有効。
対象となる主体	民間事業者
類似施策の事例	地方自治体の再生可能エネルギー促進条例における地域貢献型再エネ事業の認定制度 例) 小田原市再生可能エネルギーの利用等の促進に関する条例 飯田市再生可能エネルギーの導入による持続可能な地域づくりに関する条例

(6) 建設・O&Mに係る地域事業者の人材育成支援事業

既存施策が不足している技術・モノ分野における資金調達・建設段階、運営段階に関する支援施策案として、「建設・O&Mに係る地域関係者の人材育成支援事業」が一案として考えられる。

建設・O&Mに係る地域関係者の人材育成支援事業の概要を表 3-38 に示す。中小事業者を対象に、再生可能エネルギー設備の建設、O&M業務に関する講習会を開催することを想定しており、域内事業者の再生可能エネルギー事業への参画機会を拡大することで、再生可能エネルギー設備の建設及びO&M業務による地域経済の活性化が期待される。

表 3-38 施策案の概要（建設・O&Mに係る地域関係者の人材育成支援事業）

	施策の概要
施策名	建設・O&Mに係る地域関係者の人材育成支援事業
施策の目的	建設及びO&Mの技術講習会を実施し、域内事業者の再生可能エネルギー事業への参画機会を拡大することで、再生可能エネルギー設備の建設及びO&M業務による地域経済の活性化を図る。
施策の内容	中小事業者を対象に、再生可能エネルギー設備の建設、O&M業務に関する講習会を開催する。講習会の講師は、再生可能エネルギー事業に精通した民間事業者から募集し、講師の派遣費用や講習会の実施費用を国が拠出する。
対象となる主体	地域の民間事業者
類似施策の事例	—

以上のように、地域貢献型再エネ事業を支援していくためには様々な政策手法が一案として考え得るが、今後、これらの政策化を検討していくに当たっては、それぞれについてより詳細な制度設計等を行う必要がある。

4. 住宅・建築物における再生可能エネルギー熱の活用に関する検討

再生可能エネルギー熱の活用に関する検討として、建物における熱需要の低炭素化における再生可能エネルギー熱の役割の整理と、それに応じた普及支援をどのような枠組みで行うべきかの検討を行った。

4.1 検討の背景

4.1.1 これまでの再生可能エネルギー熱に関する検討状況

(1) 再生可能エネルギー熱に着目する背景

我が国のエネルギー起源 CO₂ の部門別の推移では家庭部門及び業務部門の増加が顕著であり、両部門に対する削減が急務である。平成 24 年に閣議決定された「環境基本計画」では、長期的な目標として「2050 年までに 80%の温室効果ガスの排出削減を目指す」ことが掲げられており、特にこれらの部門では大幅な削減が求められる。

現在、家庭部門で消費される熱エネルギーの用途は、暖房が約 1/4、給湯が約 3 割のシェアを占めるが、これらはいずれも再生可能エネルギーによる供給が可能な熱需要であり、また業務部門でも、ホテル等の業種では給湯需要・暖房需要が多い（図 4-1）。暖房及び給湯需要は、熱需要の中でも低い温度帯に属しており、ヒートポンプや分散電源の排熱利用を含め、現状の技術では様々なエネルギー源によって供給することができる。

低温度帯の熱熱需要に対する供給に、エネルギーとしての価値の高い電気や化石燃料より、エネルギーとしての価値の低い再生可能エネルギー熱を利用するほうが、国全体の低炭素化が高いコスト効率性で行える可能性がある。

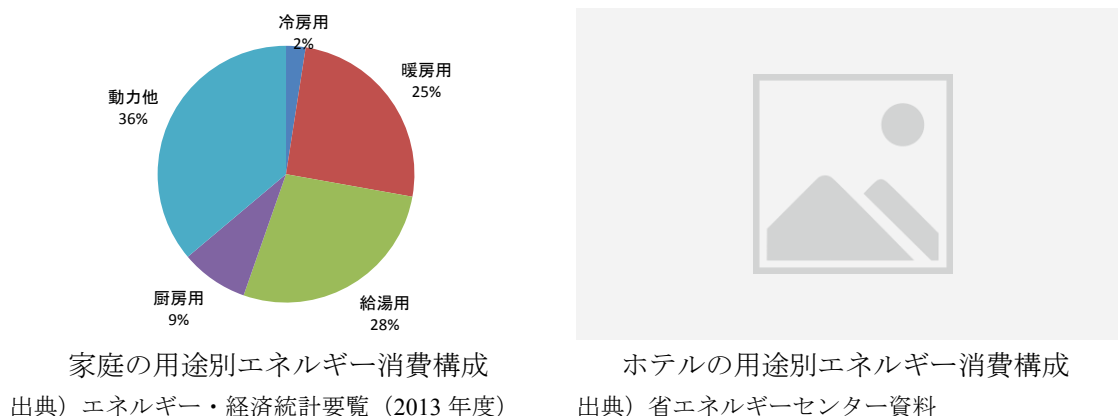


図 4-1 家庭・業務部門のエネルギー消費構成

(2) これまでの再生可能エネルギー熱に関する検討と課題

こうした背景をもとに、環境省「2050 年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討委託業務」等において、再生可能エネルギー熱普及のための検討が、有識者会合の開催を含めて行われてきた。

過去の検討状況を表 4-1 に示す。また、これまでの有識者会合で得られた主な意見を表 4-2 に示す。再生可能エネルギー熱を利用することへの大まかな同意は得られたものの、再生可能エネルギー電気や省エネルギー技術との関係をどう整理するか、長期的にどのような施策を打ち出すべきかといった点が検討課題として残っていた。

表 4-1 過去の再生可能エネルギー熱に関する検討

年度	施策に関する調査	再生可能エネルギー熱利用の実態把握	施策の検討
H22	熱証書（オーストラリア、東京都）、導入検討義務化（東京都、横浜市）、導入義務化（スペイン、ドイツ）を調査	ポテンシャルの整理	
H23			エネルギー供給構造高度化法を活用した、供給側への熱証書調達義務化策について検討
H24	施策オプションを、「経済的支援」「導入義務化」「情報提供等」に整理 再生可能エネルギー熱法に基づく義務化（ドイツ）、再生可能エネルギー熱消費への固定価格支払い制度（英国）*を調査	太陽熱、地中熱利用の普及阻害要因を整理	太陽熱、地中熱の普及阻害要因に対処する施策を検討
H25	ドイツ・英国の施策についての最新動向、実績を調査	家庭における太陽熱利用のCO2削減効果を試算 バイオマス利用の課題（低発電効率、大規模化のリスク等）を整理	CO2削減効果の高い太陽熱利用方法を推進するための施策を検討
H26	ドイツ・英国の施策についての最新動向、実績、課題を現地調査	バイオマス熱（木質の熱利用）の利用実態をアンケート調査、課題を抽出 バイオマスガス化についてヒアリング調査	再生可能エネルギー熱へのランニング支援制度（固定価格買取制度、熱証書取引制度）の検討

表 4-2 過去の再生可能エネルギー熱に対する有識者意見

	おおむね合意が得られている点	今後検討が必要である点
再生可能エネルギー熱の位置づけ	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー熱利用は、熱全体の低炭素化（省エネ等を含む）の点から検討すべき。 なるべくエクセルギー（エネルギー価値）の低いエネルギーを熱供給に使用すべき。 	
必要な熱施策	<ul style="list-style-type: none"> 熱利用に関する認知度が電気よりも相対的に低いことが課題。 	<ul style="list-style-type: none"> どのような施策が効果的か。（例えば、再生可能エネルギー熱等導入義務／熱版の固定価格買取制度）
地域の観点	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー熱利用の効果は地域等の条件差が大きいため、地域ごとに検討すべき。 地方公共団体が一定の役割を持つ。 	
個別技術	地域熱供給	<ul style="list-style-type: none"> 個別建物の断熱や省エネルギー進展も鑑みた上で、熱導管が再生可能エネルギー熱利用のために有効な役割を果たすための条

		おおむね合意が得られている点	今後検討が必要である点 件は何か。
	コジェネ		<ul style="list-style-type: none"> 都市におけるコジェネレーションが低炭素化のために有効な役割を果たすための条件は何か。
	バイオマス	<ul style="list-style-type: none"> 現在、固定価格買取制度において増加しているバイオマス発電には、熱利用と比べると、バイオマス資源が有効利用されない、資源収集にリスクがある、といった課題がある。 	

4.1.2 再生可能エネルギー熱に関する最近の動向

(1) 再生可能エネルギー熱の導入状況

太陽熱温水器・ソーラーシステム設置実績と原油価格の関係を図 4-2 に示す。太陽熱利用機器の導入は、燃料価格が高騰した 1980 年ごろに導入の最盛期を迎えたが、1990 年代後半から低調が続いている。1980 年前後の導入最盛期と同程度の原油価格となった 2005 年以降も、導入は回復していない。直近では原油価格も再び下落し、燃料費削減を目的とした導入には逆風の環境になっている。2015 年の導入数は 3 万台弱である。

また、地中熱利用ヒートポンプ設備の設置件数の推移を図 4-3 に示す。2000 年前半から設置数は年々拡大している。ただし、年間の設置件数はまだ 300 件未満に留まっている。

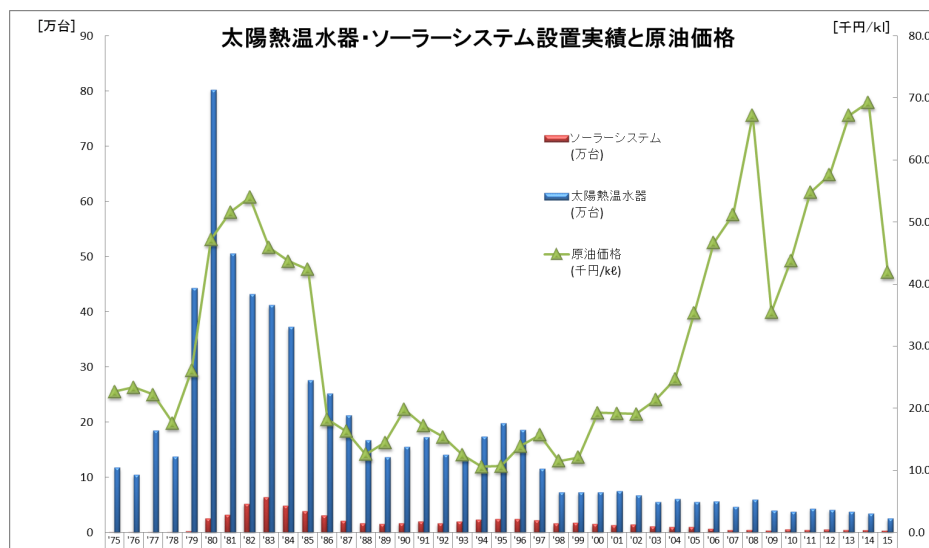


図 4-2 太陽熱温水器・ソーラーシステム設置実績

出所) ソーラーシステム振興協会ウェブサイト

注) 協会加盟社販売分のみ

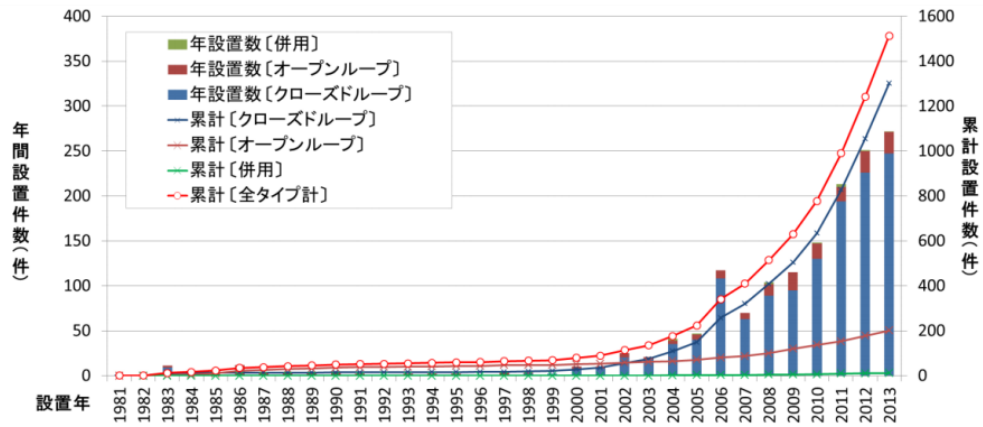


図 4-3 地中熱利用ヒートポンプ設備の国内設置件数

出所) 環境省「地中熱利用にあたってのガイドライン改訂版」平成 27 年 4 月

(2) ZEB・ZEHに関する動向

1) 民生部門における省エネ・省CO2に関する政策動向

政府におけるZEB・ZEHに関する取組みの位置づけについて、平成26年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画においては、2020年、2030年の政策目標として以下のように言及されている。また、民生部門における省エネ対策としては、2020年までに段階的に省エネルギー基準への適合を義務化することが記載されている。

これらを踏まえ、現在、ZEB・ZEHの実現普及、省エネ基準への適合義務化の両面から議論が行われている。

政府においては、公共建築物のほか、住宅やオフィスビル、病院などの建築物において、高断熱・高気密化や高効率空調機、全熱交換器、人感センサー付LED照明等の省エネルギー技術の導入により、ネット・ゼロ・エネルギーの実現を目指す取組を、これまでに全国で約4,000件支援してきているところである。

今後は、このような取組等を通じて、建築物については、2020年までに新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）を実現することを目指す。また、住宅については、2020年までに標準的な新築住宅で、2030年までに新築住宅の平均でZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）の実現を目指す。

さらに、こうした環境整備を進めつつ、規制の必要性や程度、バランス等を十分に勘案しながら、2020年までに新築住宅・建築物について段階的に省エネルギー基準の適合を義務化する。

加えて、生活の質を向上させつつ省エネルギーを一層推進するライフスタイルの普及を進める。

出所) エネルギー基本計画より抜粋

2) ZEB・ZEHロードマップ検討委員会

政府における政策目標の達成に向けたロードマップを作成するため、ZEBロードマップ検討委員会およびZEHロードマップ検討委員会が設置され議論が行われてきた（検討委員会は非公開）。両委員会の開催概要を表4-3、表4-4に示す。

表 4-3 ZEHロードマップ検討委員会開催概要

	ZEHに関する議題
第1回 4月16日	○ZEHの定義に関する論点整理 ○業界各社のZEH普及戦略に関する各社からのプレゼンテーション
第2回 6月4日	○ZEHの定義に関する追加検討 ○ZEH普及に向けた必要な施策の検討
第3回 6月29日	○ZEHの定義に関する追加検討 ○ZEH名称に関する検討 ○ZEH普及に向けた業界自主目標、必要な施策の検討
第4回 7月31日	○中間とりまとめ（案）
パブリックコメント 9月4日～17日	○中間とりまとめ（案）
委員	非公開

表 4-4 ZEB ロードマップ検討委員会開催概要

ZEB に関する議題	
第 1 回 4 月 9 日	○ZEB の定義に関する論点整理 ○ZEB の実現可能性に関する検証事項の整理 ○ZEB に係るこれまでの実施施策の評価
第 2 回 6 月 11 日	○ZEB の定義に関する追加検討 ○ZEB の実現可能性に関する検証（事務所のケーススタディ）
第 3 回 7 月 2 日	○ZEB の実現可能性に関する検証（事務所、学校、ホテルのケーススタディ） ○ZEB 実現に必要な施策の検討
第 4 回 7 月 30 日	○中間とりまとめ（案）
パブリックコメント 9 月 4 日～17 日	○中間とりまとめ（案）
委員	◎田辺 新一 早稲田大学創造理工学部建築学科 教授 秋元 孝之 芝浦工業大学工学部建築工学科 教授 碓氷 辰男 一般社団法人 不動産協会 環境委員会委員長 東京建物株式会社 理事 大岡 龍三 東京大学生産技術研究所 教授 齋藤 卓三 一般財団法人 ベタリービング 住宅・建築評価センター 認定・評価部長 嶋村 和行 一般社団法人 日本建設業連合会 大成建設株式会社 エグゼクティブ・フェロー 環境本部副本部長 富樫 英介 工学院大学建築学部建築学科 准教授 丹羽 英治 株式会社日建設計総合研究所 理事 主席研究員 菱谷 清 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー部 開発グループ 主研 柳井 崇 株式会社日本設計 執行役員 環境・設備設計群長

ZEH ロードマップ検討委員会におけるとりまとめ目次

1. はじめに	1
2. ZEH の現状と課題	3
2. 1 ZEH の現状	3
2. 2 ZEH の課題	3
1) ZEH の定義・目標に関する課題	3
2) ZEH の認知度向上の課題	4
3) ZEH 普及の動機付けの課題	4
3. ZEH の諸課題に対する対応の方向性	5
3. 1 ZEH の定義・目標に関する検討	5
1) ZEH とは（定性的な定義）	5
2) 本ロードマップにおける ZEH 政策の対象範囲	6
3) ZEH の判断基準（定量的な定義）	6
4) ZEH の目標	7
3. 2 ZEH の認知度向上に関する検討	8
1) ZEH の広報とブランド化	8
2) ZEH 化による便益の明確化	8
3. 3 ZEH 普及の動機付けに関する課題	9
1) 高性能化／低コスト化のための技術開発・標準仕様化	9
2) 施主等へのインセンティブ付与	9
3) ZEH 普及の目標設定と進捗管理	10
3. 4 具体的な施策	10
1) 国が業界団体・民間事業者と連携して取り組むべき施策	10
2) 業界団体・民間事業者等国と連携して取り組むべき施策	11
4. まとめ	13
ZEH ロードマップ検討委員会 検討経緯	14
参考資料	15

ZEB ロードマップ検討委員会におけるとりまとめ目次

1. はじめに	1
2. ZEB の現状と課題	3
2. 1 ZEB の現状	3
2. 2 ZEB の課題	3
1) ZEB の定義に関する課題	4
2) ZEB の実現可能性に関するノウハウの欠如	4
3) ZEB 実現の動機付けの課題	5
3. ZEB の諸課題に対する対応の方向性	7
3. 1 ZEB の定義に関する検討	7
1) ZEB とは（定性的な定義）	7
2) 本ロードマップにおける ZEB 政策の対象範囲	8
3) ZEB の判断基準（定量的な定義）	8
3. 2 ZEB の実現可能性に関する検討	9
1) ケーススタディ	9
2) 設計ガイドラインの策定・普及とノウハウ共有	10
3) ZEB 技術者の育成	11
3. 3 ZEB 実現の動機付けに関する検討	11
1) ZEB 化による便益の明確化と ZEB の広報	12
2) テナントへのインセンティブ付与	12
3) 高性能化／低コスト化のための技術開発・標準仕様化	12
4) ZEB 普及の目標設定と進捗管理	13
3. 4 具体的な施策	13
1) 国が業界団体・民間事業者等と連携して取り組むべき施策	13
2) 業界団体・民間事業者等国と連携して取り組むべき施策	15
4. まとめ	16
ZEB ロードマップ検討委員会 検討経緯	18
参考資料	19

図 4-4 ZEB・ZEH ロードマップ検討委員会におけるとりまとめの目次

出所) 出所：ZEB ロードマップ検討委員会とりまとめ、ZEH ロードマップ検討委員会とりまとめ

3) 建築物省エネ法に関する合同会議

平成 27 年 7 月に公布された「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（建築物省エネ法）」について、次の事項に関する検討を行うための「建築物エネルギー消費性能基準等ワーキンググループ及び省エネルギー判断基準等小委員会 合同会議」（以下、合同会議）が行われている。

- ① エネルギー消費性能基準（適合義務・適合性判定制度、届出・指示制度、表示制度）
- ② 誘導基準（性能向上計画認定・容積率特例）
- ③ 住宅事業建築主基準（住宅トップランナー制度）

表 4-5 合同会議の開催概要と今後の法施行スケジュール

本年度開催	内容
第 6 回 2015 年 8 月 20 日	○基準整備の方向性について
第 7 回 2015 年 9 月 11 日	○基準（案）（省令・告示案等）について
パブリックコメント 2015 年 10 月ごろ	○パブリックコメント
第 8 回 2015 年 11 月ごろ	○取りまとめ（省令・告示案、パブリックコメントへの対応 等）
政省令・告示 公布 2015 年 12 月ごろ	○政省令・告示 公布
第 1 弾施行 2016 年 4 月	○基本方針、性能向上計画認定・容積率特例制度、表示制度等
第 2 弾施行 2017 年 4 月	○適合義務・適合性判定制度、届出・指示制度、大臣認定制度、住宅トップランナー制度等
委員	<p>【建築物エネルギー消費性能基準等ワーキンググループ委員】</p> <p>◎川瀬貴晴 千葉大学大学院 工学研究科 教授 井上隆 東京理科大学 理工学部建築学科 教授 田辺新一 早稲田大学 創造理工学部建築学科 教授 村越千春 株式会社 住環境計画研究所 最高顧問研究員 望月悦子 千葉工業大学 工学部建築都市環境学科 教授 山下ゆかり 一般財団法人日本エネルギー経済研究所 理事 オブザーバー 一般社団法人日本電機工業会 一般社団法人日本ガス協会 一般社団法人日本冷凍空調工業会 電気事業連合会 一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会 石油連盟</p> <p>【省エネルギー判断基準等小委員会委員】</p> <p>◎坂本雄三 国立研究開発法人建築研究所理事長 伊香賀俊治 慶應義塾大学教授 清家 剛 東京大学大学院准教授 秋元孝之 芝浦工業大学教授 伊久哲夫 一般社団法人住宅生産団体連合会住宅性能向上委員会委員長 碓氷辰男 一般社団法人不動産協会環境委員会委員長 小川拓也 全国建設労働組合総連合住宅対策部長 澤地孝男 国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部長 鈴木大隆 地方独立行政法人北海道立総合研究機構建築研究本部 北方建築総合研究所副所長 高井啓明 一般社団法人日本建設業連合会サステナブル建築専門部会主査 野原文男 株式会社日建設計 常務執行役員設備設計部門代表 前 真之 東京大学大学院准教授</p>

建築物省エネ法の概要は図 4-5 に示すとおりであり、規制措置と誘導措置に分けられ、延床面積 2,000m² 以上の建築物については 2017 年 4 月より省エネ基準への適合が義務化されることとなっている。その後、2020 年度までに義務化の対象範囲が拡大されていく予定となっている。

社会経済情勢の変化に伴い建築物におけるエネルギーの消費量が著しく増加していることに鑑み、建築物のエネルギー消費性能の向上を図るため、住宅以外の一定規模以上の建築物のエネルギー消費性能基準への適合義務の創設、エネルギー消費性能向上計画の認定制度の創設等の措置を講ずる。

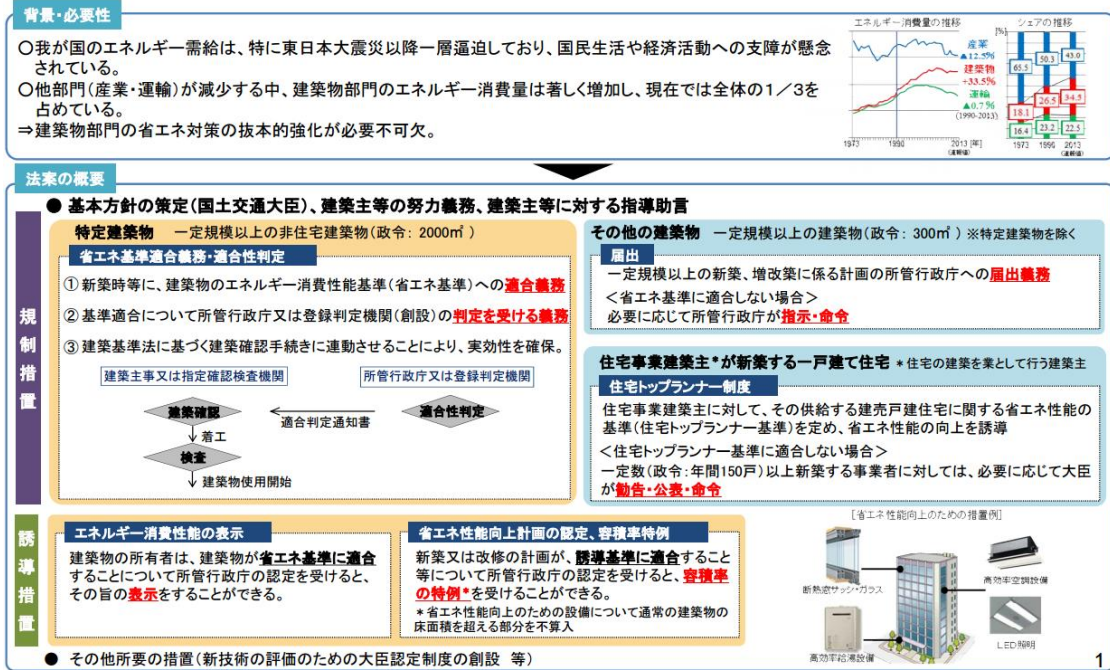


図 4-5 建築物省エネ法の概要

出所) 第 6 回 合同会議 資料 4

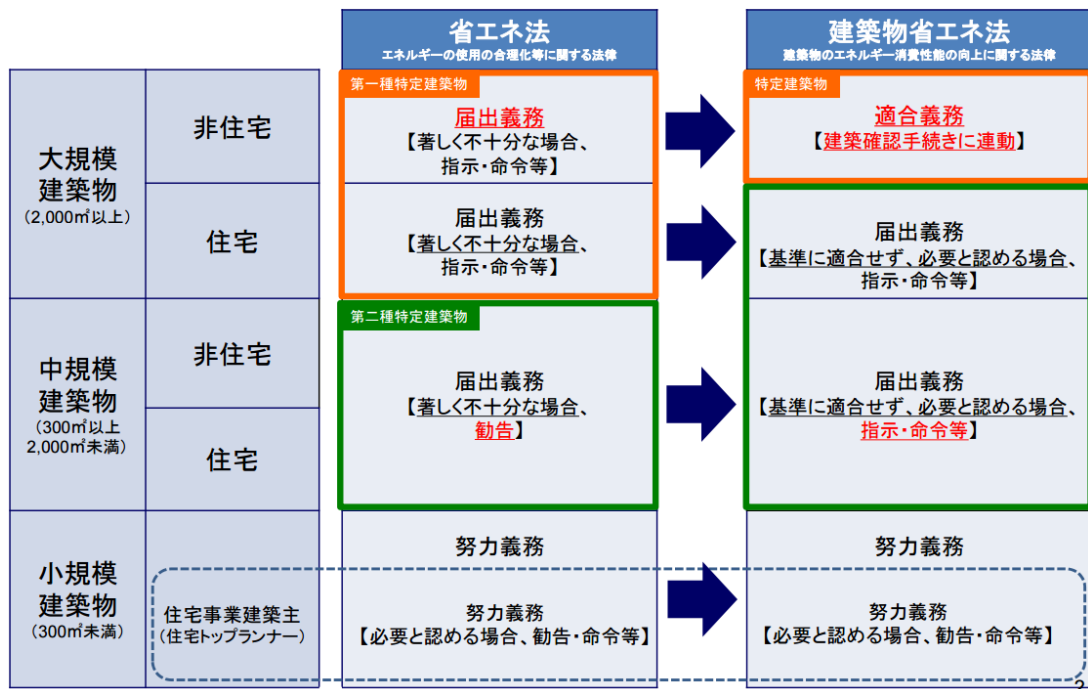


図 4-6 現行省エネ法との関係

出所) 第 6 回 合同会議 資料 4

4) ZEB・ZEH ロードマップと建築物省エネ法の関係

ZEB・ZEH のロードマップにおいては、これまでのネットでエネルギー消費量をゼロとする考え方に加え、Nearly ZEB・ZEH、ZEB Ready といった新しい概念が定義された。これらの水準と建築物省エネ法における水準との比較を表 4-6、表 4-7 に示す。建築物省エネ法の水準は誘導基準においても ZEB・ZEH の水準には達しておらず、2020 年、2030 年の政策目標の達成のためにはノウハウの共有やインセンティブ施策も含め様々な施策が必要であると考えられる。

ZEB・ZEH 及び建築物省エネ法におけるスケジュールを表 4-8 に示す。2016 年度は建築物省エネ法が一部施行となることに加え、設計ガイドラインの策定などの施策が講じられる予定である。

表 4-6 ZEH ロードマップと建築物省エネ法における水準値の比較

	一次エネ消費量	外皮 (U_A 値 ^{※1} 、 η_A 値 ^{※2})
ZEH	基準一次エネルギー消費量に対して ■ ZEH：省エネで 20%以上削減 +再エネで 100%以上削減 ■ Nearly ZEH：省エネで 20%以上削減 +再エネで 75%以上 100%未満削減	U_A 値、 η_A 値について平成 25 年省エネ基準を満たした上で ■ U_A 値 1,2 地域：0.4 [W/m ² K] 相当以下 3 地域：0.5 [W/m ² K] 相当以下 4～7 地域：0.6 [W/m ² K] 相当以下
建築物省エネ法 (住宅)	基準一次エネルギー消費量に対して ■ 届出基準：0%以上削減 ■ 誘導基準：10%以上削減 ■ 住宅事業建築主基準： 10%以上削減（～2019 年度） 15%以上削減（2020 年度～）	■ 届出基準：平成 25 年基準 ■ 誘導基準：平成 25 年基準 ■ 住宅事業建築主基準： 無し（～2019 年度） 平成 25 年基準（2020 年度～）

※1 外皮平均熱貫流率 (W/m²・K)：住宅の各部位から損失する熱量の合計値を外皮面積で除した値

※2 外皮平均日射熱取得率 (-)：住宅の各部位から取得する日射量の合計値を外皮面積で除した値

表 4-7 ZEB ロードマップと建築物省エネ法における水準値の比較

	一次エネ消費量	外皮 (PAL* ^{※1})
ZEB	基準一次エネルギー消費量に対して ■ ZEB：省エネで 50%以上削減 +再エネで 100%以上削減 ■ Nearly ZEB：省エネで 50%以上削減 +再エネで 75%以上 100%未満削減 ■ ZEB Ready：省エネで 50%以上削減	無し
建築物省エネ法 (非住宅)	基準一次エネルギー消費量に対して ■ 適合義務基準：0%以上削減 ■ 誘導基準：20%以上削減	PAL*の平成 25 年省エネ基準に対して ■ 適合義務基準：無し ■ 誘導基準：0%以上削減

※1 新年間熱負荷係数 (W/m²・K)：建築物のペリメータにおける熱負荷を延床面積で除した値

表 4-8 ZEB・ZEH ロードマップと建築物省エネ法のスケジュール

スケジュール	ZEB	ZEH	建築物省エネ法（非住宅）	建築物省エネ法（住宅）
2015 年度	8 月			
	9 月	とりまとめ（案）パブコメ	とりまとめ（案）パブコメ	
	10 月			省令、告示案等のパブコメ
	11 月			
	12 月			政省令・告示 公布
	1 月			建築物省エネ法講習会（第 1 弾施行について）開始
	2 月			
	3 月			
2016 年度	4 月	<ul style="list-style-type: none"> ・設計ガイドライン策定（～2018 年度） ・テナントへのインセンティブ付与 ・技術開発 ・広報 ・技術者の育成 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・建築補助 ・中小工務店等のノウハウ確立 ・広報、ブランド化 ・標準仕様化 	第 1 弾施行（基本方針、性能向上計画認定・容積率特例制度、表示制度等）
	～			10 月ごろ 建築物省エネ法講習会（第 2 弾施行について）開始
2017 年度	4 月			第 2 弾施行（適合義務・適合性判定制度、届出・指示制度等）
	～			第 2 弾施行（届出・指示制度、住宅トップランナー制度等）
～			2020 年度までに段階的に適合義務化	
2020 年度	新築公共建築物等で ZEB を実現	標準的な新築住宅で ZEH を実現		
～				
2030 年度	新築建築物の平均で ZEB を実現	新築住宅の平均で ZEH を実現		

4.1.3 今年度の検討の目的

以上で述べたように、再生可能エネルギー熱の導入が自立的に拡大していない一方で、エネルギー基本計画にも言及された「ZEB」・「ZEH」として、建築市場においては事業者の新たな取組が進む可能性もある。

そこで今年度は、「建物」に着目し、住宅や業務用建築物からの温室効果ガス排出の大幅削減における再生可能エネルギー熱の役割や、建物への熱の導入事例や事業者の取組の整理、導入が有望と考えられる建物用途・熱用途の整理を行った上で、建物に着目した再生可能エネルギー熱の普及施策についての検討を行った。

再生可能エネルギー熱としては、建物で一般的に用いることが可能な、太陽熱、地中熱、バイオマス熱等を中心に検討を行った。

4.2 住宅・建築物の低炭素化における再生可能エネルギー熱の役割

住宅や業務用建築物からの温室効果ガス排出の大幅削減に向けて、再生可能エネルギー熱が果たせる役割や、建物への熱の導入事例や事業者の取組の整理、導入が有望と考えられる建物用途・熱用途の整理を行った。

4.2.1 2050年温室効果ガス 80%削減に向けた再生可能エネルギー熱の役割

(1) 検討の前提

ここでは、2050年温室効果ガス 80%削減に向けて、再生可能エネルギー熱の役割について検討を行った。「80%削減」の検討においては、再生可能エネルギー熱以外の手段（断熱性能の向上、機器効率の向上、再生可能エネルギー電気の普及）でも建物の低炭素化が可能であることを考慮し、以下4つの前提をおいた。これらの関係を図4-7に図示する。

- ① 建物の熱需要を満たすエネルギー供給に由来するCO₂排出を、2013年比80%以上削減する（図4-8）。
- ② 熱需要の減少として、断熱性能の向上も考慮する。
- ③ 機器効率の向上によるエネルギー供給量減少も考慮する。
- ④ 熱需要を満たすエネルギー供給として、再生可能エネルギー電気の普及も考慮する。

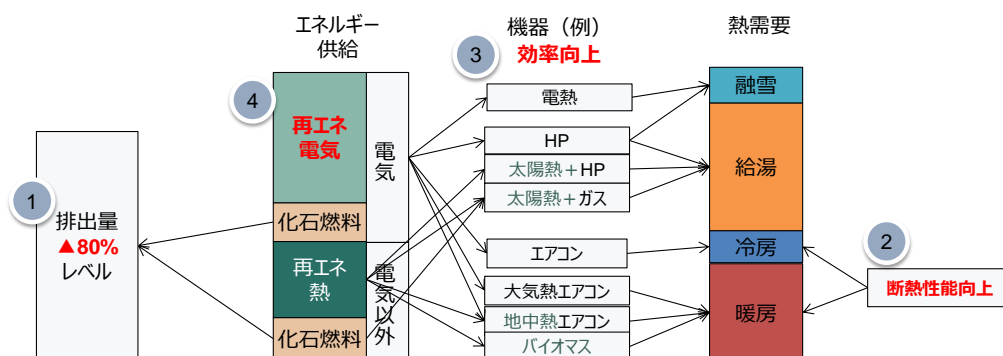


図 4-7 2050年▲80%に向けた再生可能エネルギー熱の役割の検討の前提

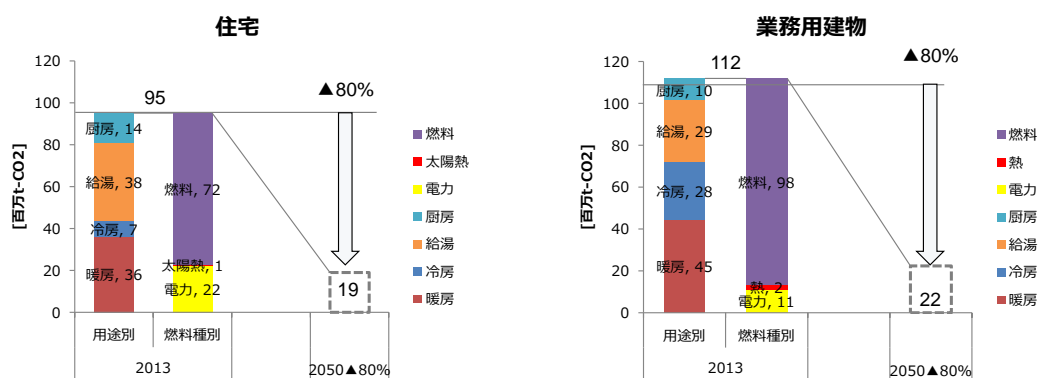


図 4-8 熱需要を満たすエネルギー供給が目指すCO₂排出量

注) 業務用建物には、業務部門の建物以外の排出（水道、廃棄物処理、クリーニング工場等）も含む。
 出所) 住宅：国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィスデータをもとに作成
 業務用建物：総合エネルギー統計、EDMCをもとに推計、作成

(2) 建物における現在の熱需要

建物用途や地域によって、熱需要の発生の仕方は大きく異なる。ここでは、建物における現在の熱需要を、建物用途別・地域別に推計した。なお、地域区分は表 4-9 のとおりとした。

表 4-9 熱需要推計における地域区分

地域区分	定義
北日本	「住宅事業建築主の判断基準における地域区分」における 1,2,3,4 地域
中日本	「住宅事業建築主の判断基準における地域区分」における 5,6 地域
南日本	「住宅事業建築主の判断基準における地域区分」における 7,8 地域

1) 住宅

まず、熱供給のために消費された世帯あたりのエネルギー消費量に対し、熱供給のための機器（エアコン等）の効率を乗じることで、世帯あたりの熱需要（原単位）を推計した。これに世帯数を乗じることで総量を推計した。

推計に用いたデータを表 4-10 に示す。

表 4-10 住宅の熱需要の推計に用いたデータ

エネルギー消費量	資源エネルギー庁「平成 24 年度エネルギー消費状況調査（民生部門エネルギー消費実態調査）」より、暖房・冷房・給湯用途のエネルギー消費量を使用 北日本として北海道、中日本として南関東、南日本として南九州のデータを使用
機器効率	設定値：エアコン（暖房）2.9、エアコン（冷房）3.7、電気ストーブ 1.0、その他電気機器 1.0、ガス暖房 0.9、灯油暖房 0.9、電気温水器 0.9、ガス給湯器 0.8、灯油給湯器 0.85、太陽熱温水器 0.55、エコジョーズ 0.95、エコキュート 2.8 として設定した上で、機器保有率を用いて加重平均 出所）機器効率：日本ガス協会ウェブサイト（エコジョーズ）、東京電力ウェブサイト（電気ストーブ）、「対策導入量等の根拠資料」（国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム）（上記機器以外） 機器保有率：平成 24 年度エネルギー消費状況調査（民生部門エネルギー消費実態調査）から設定
世帯数	国勢調査（平成 22 年度）

推計結果である、世帯あたり熱需要を図 4-9 に示す。また、世帯数を乗じた熱需要総量を図 4-10 に示す。

北海道では他の地域と比べて、世帯あたり熱需要が約 2 倍近く大きいことがわかる。南へ下るにしたがって、世帯あたり熱需要は小さくなるが、冷房需要の比率は大きくなっている。また、世帯数の多い中日本では熱需要全体が大きい、寒冷地である北日本は主に暖房と給湯で約 400PJ の熱需要量がある。

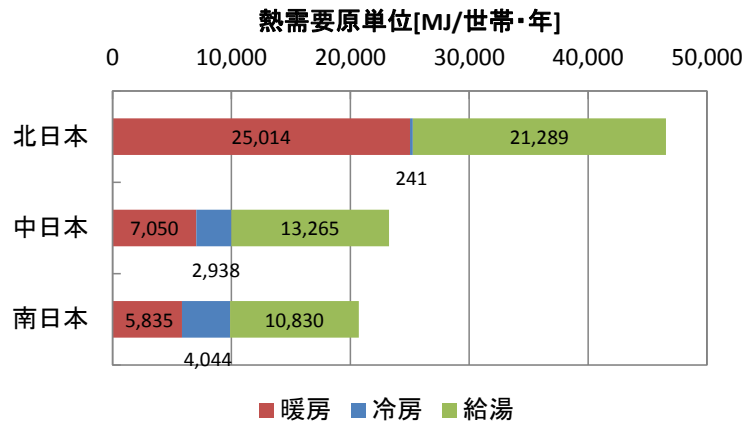


図 4-9 住宅における熱需要原単位（世帯あたり熱需要）
出所）表 4-10 に示した資料から推計

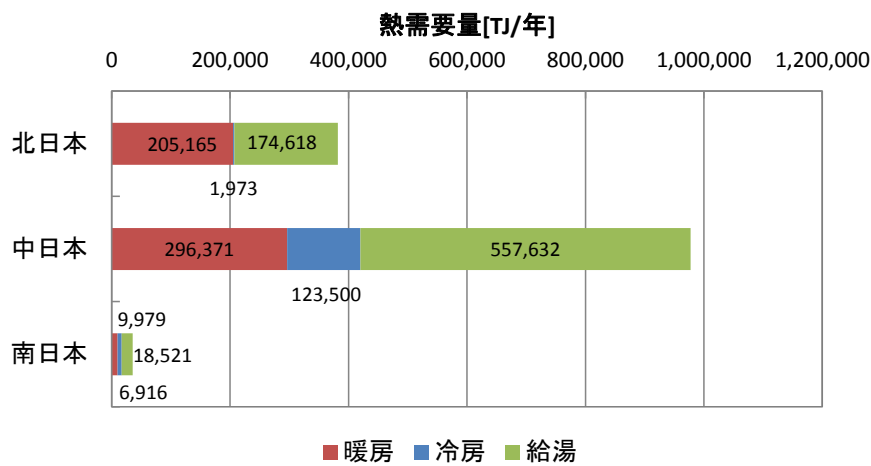


図 4-10 住宅における熱需要（総量）
出所）表 4-10 に示した資料から推計

2) 業務用建物

まず、熱供給のために消費された延床面積あたりのエネルギー消費量に対し、熱供給のための機器（エアコン等）の効率を乗じることで、延床面積あたりの熱需要（原単位）を推計した。これに総延床面積を乗じることで総量を推計した。

推計に用いたデータを表 4-11 に示す。業務用建物については、建物用途別・地域別に細分化されたエネルギー消費量データが存在しなかったため、暖房・冷房度日等を考慮して地域別への補正を行った。

表 4-11 業務用建物の熱需要の推計に用いたデータ

エネルギー消費量	エネルギー経済研究所「民生部門のエネルギー消費実態調査について」2004年
機器効率	暖房機器（エアコン）3.1、暖房（ガスヒートポンプ）1.2、熱0.9、それ以外の暖房は0.8として設定。冷房機器（エアコン）4.6、冷房機器（ガス）1.2、それ以外は0.9として設定。給湯効率は0.8として設定 出所「対策導入量等の根拠資料」（国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム）
地域別補正	EDMC「エネルギー・経済統計要覧」における「暖房度日」「冷房度日」を用いて、全国平均と各地（北日本（北海道）・中日本（東京）・南日本（鹿児島））の冷暖房度日比を用いて補正
延床面積	「事務所」は平成20年度法人建物統計 「事務所以外」はEDMC「エネルギー・経済統計要覧」における業務部門業種別延床面積を、総務省「経済センサス」（H26）の業種別事業所数で按分。 なお、デパートは「卸・小売業」、娯楽場は「飲食店」に含む

推計結果である、延床面積あたり熱需要を図 4-11 に示す。また、世帯数を乗じた熱需要総量を図 4-12 に示す。

飲食店や病院・診療所、ホテル・旅館は熱需要が大きく、特に札幌ではそれぞれ暖房の需要が高い。また、札幌と比較して、東京や鹿児島では各建物用途において冷房需要が高い傾向がみられる。

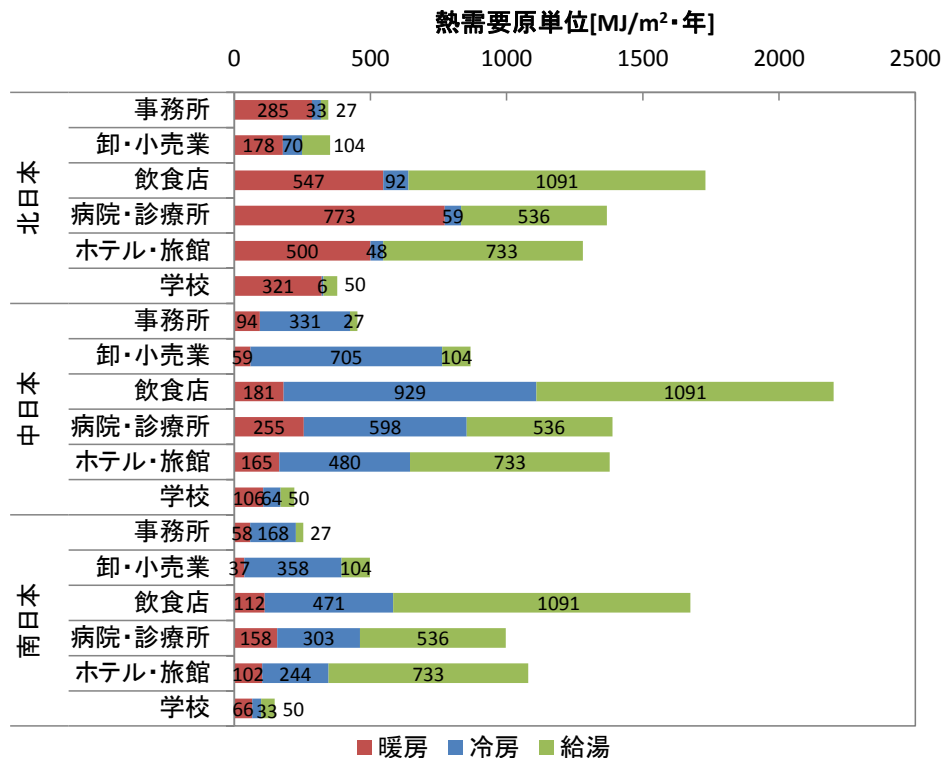


図 4-11 業務用建物における熱需要原単位（延床面積あたり熱需要）
出所）表 4-11 に示した資料から推計

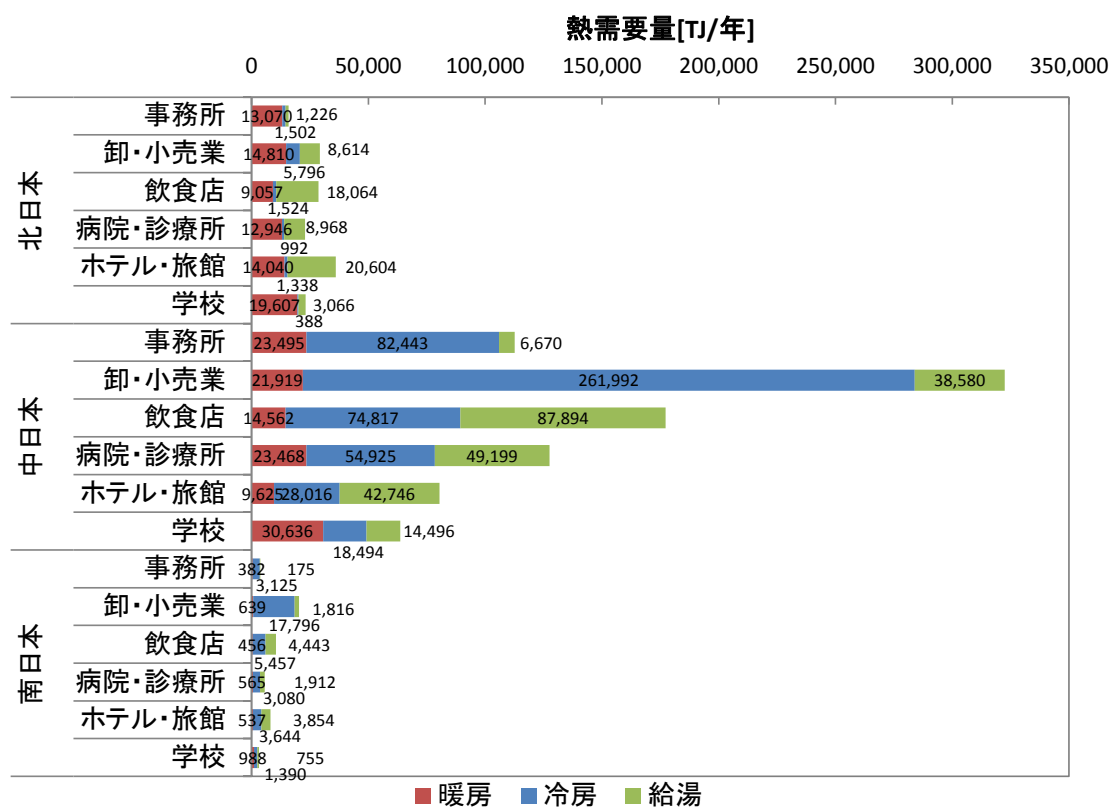


図 4-12 業務用建物における熱需要（総量）

出所) 表 4-11 に示した資料から推計

(3) 住宅における 2050 年温室効果ガス 80%削減に向けた再生可能エネルギー熱の役割

1) 2013 年の熱関係 CO2 排出の構造

前項では全国 3 地域別の熱需要を示したが、ここでは住宅を地域（寒冷地（北海道・東北・北陸）・温暖地）に加え、供給ガスの種類（都市ガス・LPG）、建て方（戸建・集合）の合計 8 区分に分けて、住宅の熱需要を満たすエネルギー供給に由来する CO2 排出が 80%削減以上される姿を検討する。

この区分における、全国の熱需要の構造を図 4-13 に示す。推計方法と推計に用いたデータは、表 4-10 と同様であるが、図の注釈に示したような追加の想定を行った。

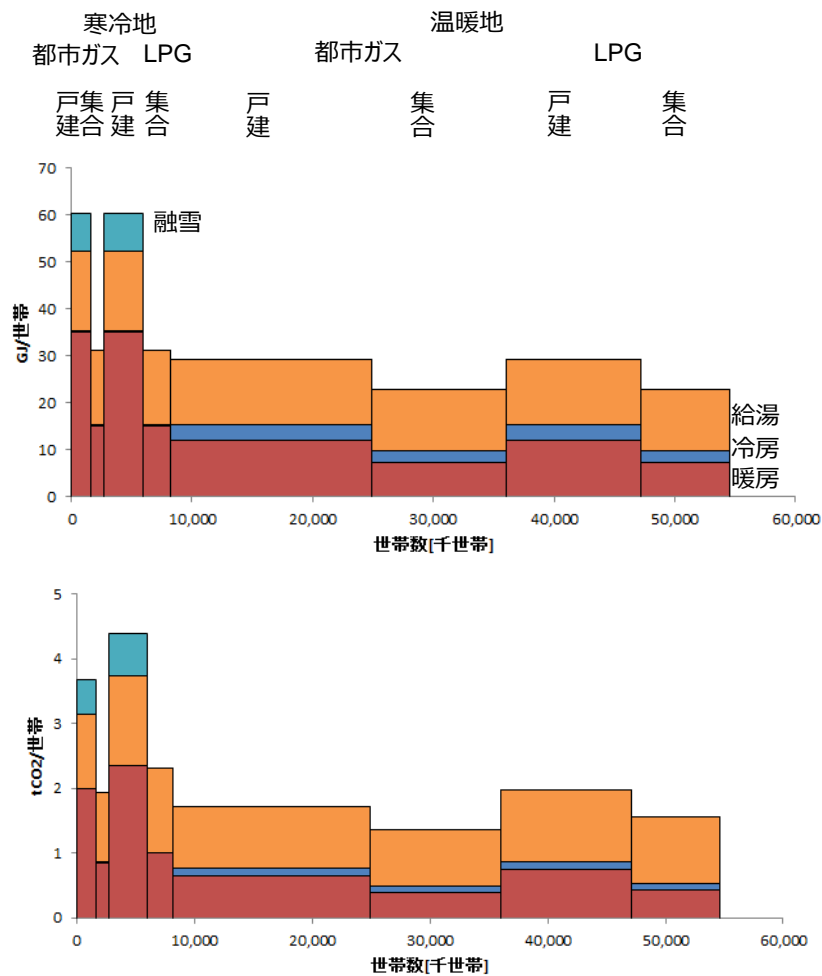


図 4-13 2013 年の住宅の熱需要と
熱需要を満たすエネルギー供給に由来する CO2 排出の構造

- 注) 縦軸が世帯あたり熱需要、横軸が世帯数を示すため、各ブロックの面積が、当該住宅区分における熱需要を表す。
- 注) 電力の排出係数は 0.5kgCO₂/kWh とした。
- 注) 寒冷地において、資源エネルギー庁「平成 24 年度エネルギー消費状況調査（民生部門エネルギー消費実態調査）」戸建の給湯需要と集合の給湯需要の差分を「融雪」とした。また、都市ガス・LPG 比率は、戸建と集合で同一とした。

2) 再生可能エネルギー熱導入以外の変化要因

a. 断熱性能の向上

ZEH の普及も含めた断熱性能の大幅な向上を、表 4-12 のとおり想定した。ここではまず、既に定められている住宅の省エネルギー基準（最新は平成 25 年改正。本基準の断熱性能は平成 11 年基準相当）に加え、「平成 11 年基準型」から 2 割熱需要を削減できる「ZEH 基準型」、同 7 割削減が可能な「ZEH 強化型」の住宅基準ができることを想定した。なお、「ZEH 強化型」は、札幌市の独自基準「札幌版次世代住宅基準」の「ハイレベル」基準（熱損失係数 0.7W/m².K）程度の住宅が、非寒冷地でも普及することを想定している（旧 IV 地域にお

ける平成 11 年基準は 2.7W/m².K)。昭和 55 年基準以前の仕様の住宅における冷暖房エネルギー消費量を 1 としたとき、ZEH 強化型の住宅での冷暖房エネルギー消費量は、冷暖房の使い方や冷暖房機器効率が同じであっても、0.1182 まで削減される。さらに、各年の新築または改築を行う住宅の、これらの基準の採用状況を想定した。

各年の新築・改築着工数を、総世帯数の推移等から推計した上で、2050 年までの各年でのストック平均としての冷暖房省エネルギー指数を算出した。断熱性能別の住宅の構成比と、冷暖房エネルギー消費指数の推移を図 4-14 に示す。2013 年から 2050 年にかけて、住宅の冷暖房需要は、概ね 6 割減少すると推計された。

表 4-12 住宅の断熱性能の向上の想定

		S55 以前仕様	S55 基準型	H4 基準型	H11 基準型(≒H25 基準)	ZEH 基準型	ZEH 強化型
冷暖房エネルギー消費指数		1	0.761	0.578	0.394	0.3152	0.1182
普及想定 (フロー)	2010			35%	65%		
	2020				70%	20%	10%
	2030				20%	50%	30%
	2050				0%	0%	100%

出所)「S55 基準型」「H4 基準型」「H11 基準型」の指数は「京都議定書目標達成計画の進捗状況」(地球温暖化対策推進本部 2007 年 5 月 29 日 資料)より。2010 年の普及は国土交通省「国交省建築省エネ達成率の推移資料」より。「ZEH 基準型」「ZEH 強化型」の指数や、将来の普及は想定値。

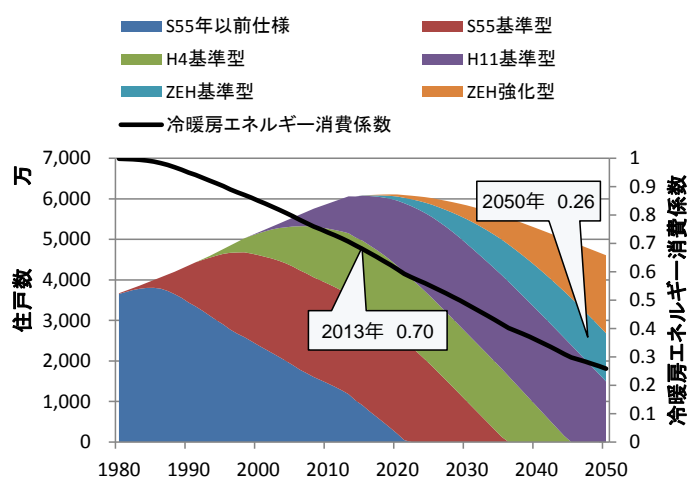


図 4-14 住宅の断熱性能の向上とストック平均での冷暖房エネルギー需要の変化

出所) 総住戸数：過去の住戸数と世帯数の回帰式から、将来世帯数(人口問題研究所)に合わせて推計。
 新築着工数：過去の民間住宅投資と着工数の回帰式から、将来の民間住宅投資(MRI 推計)に合わせて推計。
 改築(断熱)着工数：ストックの 1%が断熱改修を行うと想定。

b. 機器効率の向上

今後の冷暖房・給湯機器の効率改善として期待されるのは、エアコンやヒートポンプ式給湯機等、ヒートポンプ機器の効率改善である。また、化石燃料を利用した給湯器も、高効率である潜熱回収型への置換が期待される。なお、コージェネへの置換でも一定の効率向上が見込まれるが、使用燃料由来のCO₂排出量を発電用と熱供給用に帰属させる方法が定まっていないため、熱のみを対象としている今回の試算の対象外とした。

算出の単純化のため、利用燃料は「電気」か「電気以外」（都市ガスまたはLPGのいずれか）のみであるとした上で、各機器のストック効率（またはCOP）を表4-13のように想定した。2050年の効率・COPは、表4-14に示す各機器の省エネ率（エネルギー消費量の削減率）を想定した上で、各機器の効率・COPに換算した値である。

表 4-13 各機器の効率向上の想定

熱用途	電気での熱供給			電気以外での熱供給		
	現在の典型的な機器	現状のストック効率・COP*	2050年のストック効率・COP*	現在の典型的な機器	現状のストック効率・COP	2050年のストック効率・COP
暖房	大気熱利用エアコン	寒冷地 1.9 温暖地 2.9	寒冷地 2.1 温暖地 3.2	ヒーター・ストーブ	90%	90%
冷房	大気熱利用エアコン	3.7	4.1	—	—	—
給湯	電気温水器またはヒートポンプ式給湯機	寒冷地 1.0 温暖地 1.5 (平均)	寒冷地 2.0 温暖地 3.1 (全てヒートポンプ式給湯機)	燃焼式給湯器	80% (従来型)	95% (潜熱回収型)
融雪	電熱	1	2.0 (全てヒートポンプ式給湯機)	温水ボイラ	80% (同上)	95% (同上)

*補機等の消費を含めたシステムCOPを表す。

表 4-14 各機器の省エネ率の想定

熱用途	エネルギー源	技術	消費エネルギー削減率(家庭)
暖房	電気	大気熱利用エアコン	▲10%
冷房	電気	大気熱利用エアコン	▲10%
給湯	電気	ヒートポンプ式給湯機	▲10%
	ガス	給湯器 (従来型効率 80%→潜熱回収型 95%)	▲16%

出所) 日本冷凍空調工業会「ヒートポンプの実用性能と可能性」2010年、環境省「2013年以降の対策・施策に関する報告書」技術WG資料を参考に設定

c. 断熱性能の向上と機器効率の向上の効果

2050年に向けての世帯数減少と、以上で示した、建物の断熱性能の向上と機器効率の向上による、CO₂排出量の削減効果を試算した結果を、図4-16に示す。電気の排出係数(0.5kgCO₂/kWh)や熱需要の電化率は、同じとして比較を行っている。

2050年には、住宅の熱需要を満たすエネルギー供給からのCO₂排出量は2013年比で約49%減少する。また、CO₂排出のうち、大部分を給湯、次に暖房が占めるようになり、冷房からのCO₂排出はほとんどなくなると推計された。

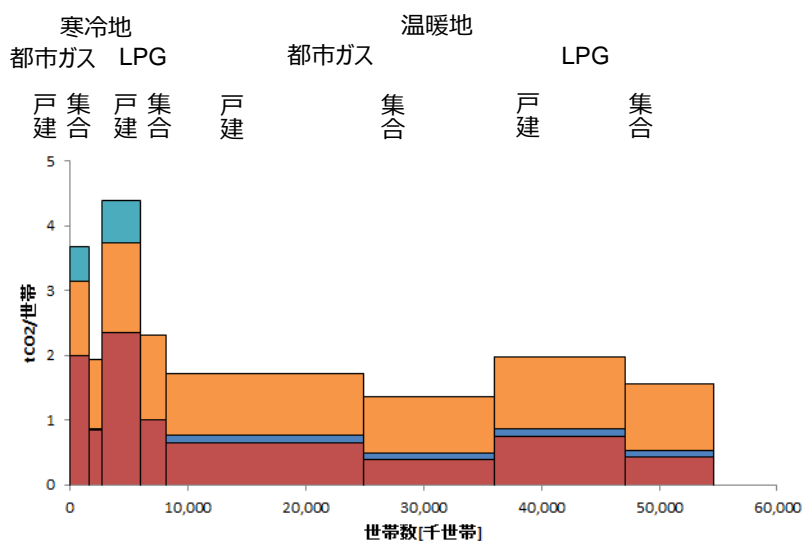


図4-15 断熱性能の向上と機器効率の向上の効果(2013年)(図4-13再掲)

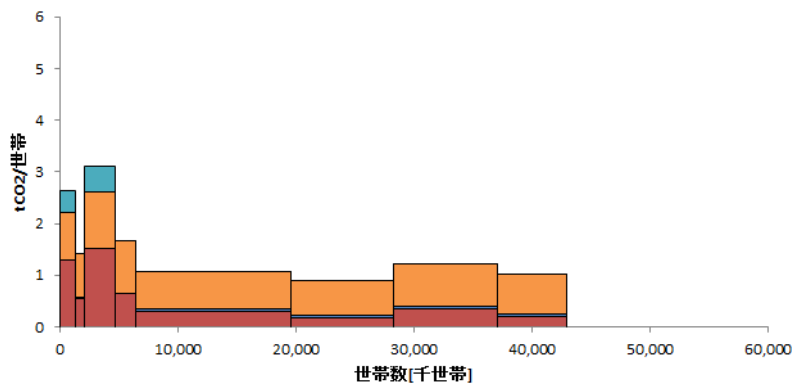


図4-16 断熱性能の向上と機器効率の向上の効果(2050年)

注) 凡例は前図と同じ

d. 電気の低炭素化、熱需要の電化の効果

前述した断熱性能の向上、機器効率の向上を想定した上で、電気の低炭素化・熱需要の電化が進んだ場合の、CO2削減率を試算した。

電気の低炭素化は、今後の再生可能エネルギー・原子力政策に依存するところが大きく、また熱需要の電化の程度は、今後の需要家の選好に依存するところが大きい。そこでここでは、いずれも複数のパターンを想定することとした。

電気の低炭素化の度合いとしては、電気の排出係数が、0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4kgCO₂/kWhの5通りを想定した。また、熱需要の電化は、住宅自体がオール電化になるかどうかとして、オール電化率を20%から100%の10%刻みで設定した。

これらの各場合における、住宅の熱需要を満たすエネルギー供給からのCO₂排出量の2013年比の削減率は、表4-15に示すとおりとなった。

これは、再生可能エネルギー熱の活用を想定しなければ、CO₂大幅削減のためには電気の排出係数の削減と、熱需要を満たすためのエネルギー供給の電化の双方が必須であるということを示している。なお、2050年では、世帯数減少・断熱性能向上・機器効率向上により、電化率が50%に上昇しても、熱供給のための電力消費は現在と同程度となる。

表 4-15 断熱性能の向上・機器効率の向上・電気の低炭素化・熱需要の電化の効果

2013年比CO ₂ 削減率		オール電化率								
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO ₂ /kWh	0	59%	64%	69%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
	0.1	57%	61%	66%	70%	74%	78%	82%	87%	91%
	0.2	55%	58%	62%	65%	68%	72%	75%	78%	82%
	0.3	53%	56%	58%	60%	63%	65%	68%	70%	73%
	0.4	51%	53%	54%	56%	57%	59%	60%	62%	64%

3) 再生可能エネルギー熱導入の効果

a. 再生可能エネルギー熱の利用の想定

前述した断熱性能の向上、機器効率の向上を想定した上で、各再生可能エネルギー熱の最大限利用することによる、住宅の熱需要を満たすエネルギー供給の低炭素化への寄与ポテンシャルを試算した。

想定する再生可能エネルギー熱の利用方法を表 4-16 に示す。なお、その他の再生可能エネルギー熱の利用方法も考え得るが、ここでは現状の導入実績が多い方法を想定した。

また、いずれの場合も、再生可能エネルギー熱の最大限の利用を考え、対象となる全ての世帯に導入することを想定した。

表 4-16 再生可能エネルギー熱の利用の想定

	電気での熱供給		電気以外での熱供給	
	想定技術	効果	想定技術	効果
①太陽熱利用給湯システム	太陽熱利用給湯システムのヒートポンプ式給湯機との併用	給湯需要40%分を供給	太陽熱利用給湯システムの潜熱回収型給湯器との併用	給湯需要40%分を供給
②地中熱等による冷暖房・給湯	地中熱等ヒートポンプ	温暖地の冷暖房・給湯 COP が+1、寒冷地の COP も温暖地と同じとなる	—	—
③バイオマスの暖房利用	—	—	バイオマス由来燃料での暖房	暖房 CO2 排出ゼロ

以降に、それぞれの試算結果を示す。

b. 太陽熱利用給湯システム

全住宅において、給湯需要の40%を太陽熱で賄う場合を想定した。このときの再生可能エネルギー熱利用量を表 4-17 に示す。またこれによる、CO2 追加削減効果（表 4-15 に対する追加分）を表 4-18 に示す。

将来断熱による削減が見込まれる暖房・冷房需要と異なり、給湯需要は大きくは減少しないため、再生可能エネルギー熱を含めた供給側の低炭素化方策としての太陽熱利用給湯システムの効果は、比較的大きい結果であった。同じ再生可能エネルギー熱利用量でも、電化率が低い場合・電気の低炭素化が進んでいない場合に、CO2 削減効果が大きかった。

表 4-17 太陽熱利用給湯システムによる再生可能エネルギー熱利用量

再生可能エネルギー熱 利用量[PJ]		オール電化率								
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO ₂ /kWh	0	241	241	241	241	241	241	241	241	241
	0.1	241	241	241	241	241	241	241	241	241
	0.2	241	241	241	241	241	241	241	241	241
	0.3	241	241	241	241	241	241	241	241	241
	0.4	241	241	241	241	241	241	241	241	241

注) 給湯需要の40%に相当する熱量を、再生可能エネルギー熱利用量とした。

表 4-18 太陽熱利用給湯システムによる追加的 CO₂ 削減効果

2013年比CO ₂ 追加削減率		オール電化率								
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO ₂ /kWh	0	11%	9%	8%	7%	5%	4%	3%	1%	0%
	0.1	11%	10%	9%	8%	6%	5%	4%	3%	2%
	0.2	11%	10%	9%	9%	8%	7%	6%	5%	4%
	0.3	12%	11%	10%	10%	9%	8%	7%	7%	6%
	0.4	12%	12%	11%	11%	10%	10%	9%	8%	8%

c. 地中熱等による冷暖房・給湯

地中熱等の活用により、温暖地の冷暖房・給湯 COP が大気熱利用時よりも1向上し、寒冷地においても温暖地と同じ COP が達成される場合を想定した。このときの再生可能エネルギー熱利用量を表 4-19 に示す。またこれによる、CO₂ 追加削減効果（表 4-15 に対する追加分）を表 4-20 に示す。

同じ再生可能エネルギー熱利用量でも、電気の低炭素化が進んでいない場合に、CO₂ 削減効果が大きいという結果であった。

表 4-19 地中熱等による再生可能エネルギー熱利用量

再生可能エネルギー熱 利用量[PJ]		オール電化率								
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO ₂ /kWh	0	23	34	45	56	68	79	90	102	113
	0.1	23	34	45	56	68	79	90	102	113
	0.2	23	34	45	56	68	79	90	102	113
	0.3	23	34	45	56	68	79	90	102	113
	0.4	23	34	45	56	68	79	90	102	113

注) COP 向上による電力消費量削減分を、再生可能エネルギー熱利用量とした。

表 4-20 地中熱等システムによる追加的 CO₂ 削減効果

2013年比CO ₂ 追加削減率		オール電化率								
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO ₂ /kWh	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	0.1	1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	3%	3%
	0.2	1%	2%	2%	3%	4%	4%	5%	5%	6%
	0.3	2%	3%	4%	4%	5%	6%	7%	8%	9%
	0.4	2%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	11%	12%

d. バイオマスの暖房利用

電気以外での暖房を行っている世帯が、燃料として化石燃料の代わりにバイオマス由来燃料を用いることを想定した。このときの再生可能エネルギー熱利用量を表 4-17 に示す。またこれによる、CO₂ 追加削減効果（表 4-15 に対する追加分）を表 4-18 に示す。

同じ再生可能エネルギー熱利用量でも、電気の低炭素化が進んでいない場合に、CO₂ 削減効果が大きいという結果であった。

表 4-21 地中熱等による再生可能エネルギー熱利用量

再生可能エネルギー熱 利用量[PJ]	オール電化率									
	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
電気の排出係数 kgCO ₂ /kWh	0	222	194	166	139	111	83	55	28	0
	0.1	222	194	166	139	111	83	55	28	0
	0.2	222	194	166	139	111	83	55	28	0
	0.3	222	194	166	139	111	83	55	28	0
	0.4	222	194	166	139	111	83	55	28	0

注) バイオマスで供給する暖房需要に相当する熱量を、再生可能エネルギー熱利用量とした。

表 4-22 地中熱等システムによる追加的 CO₂ 削減効果

2013年比CO ₂ 追加削減率	オール電化率									
	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
電気の排出係数 kgCO ₂ /kWh	0	13%	11%	10%	8%	6%	5%	3%	2%	0%
	0.1	13%	11%	10%	8%	6%	5%	3%	2%	0%
	0.2	13%	11%	10%	8%	6%	5%	3%	2%	0%
	0.3	13%	11%	10%	8%	6%	5%	3%	2%	0%
	0.4	13%	11%	10%	8%	6%	5%	3%	2%	0%

e. 組み合わせの効果

上述した、太陽熱利用給湯システム、地中熱等による冷暖房・給湯、バイオマス暖房利用を組み合わせたときの CO₂ 削減効果を試算した。この結果を表 4-23 に示す。

再生可能エネルギー熱の活用を想定しないときは、電気の排出係数の大幅削減や熱需要を満たすためのエネルギー供給の大幅な電化が生じなければ、CO₂ の 80%削減は困難であった（表 4-15）。ここで、再生可能エネルギー熱を最大限活用することにより、大幅な電化、電気の低炭素化が進まない場合においても、住宅の熱需要を満たすエネルギー供給において 8 割近い CO₂ 排出削減の可能性が出てくることがわかった（表 4-23）。

表 4-23 断熱性能の向上・機器効率の向上・電気の低炭素化・熱需要の電化に加えて再生可能エネルギー熱を利用したときの効果

2013年比CO2削減率		オール電化率								
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO2/kWh	0	83%	85%	87%	89%	91%	94%	96%	98%	100%
	0.1	81%	83%	85%	86%	88%	90%	91%	93%	94%
	0.2	80%	81%	82%	83%	84%	85%	87%	88%	89%
	0.3	79%	79%	80%	80%	81%	81%	82%	83%	83%
	0.4	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%

代表的な電気の排出係数が 0.2kgCO2/kWh であるとき、0.1kgCO2/kWh であるときの、再生可能エネルギー熱の最大限導入による CO2 削減効果を、電化率別に図 4-17、図 4-18 に示す。電化率が低くとどまるときには太陽熱やバイオマス熱、電化率が高くなるならば地中熱利用が CO2 削減に寄与していることがわかる。

さらに同様の内容を、寒冷地のみに着目して示したものが図 4-19、図 4-20 である。寒冷地では、再生可能エネルギー熱導入による追加的 CO2 削減の効果が大きく、バイオマス熱や地中熱の暖房利用が寄与している。

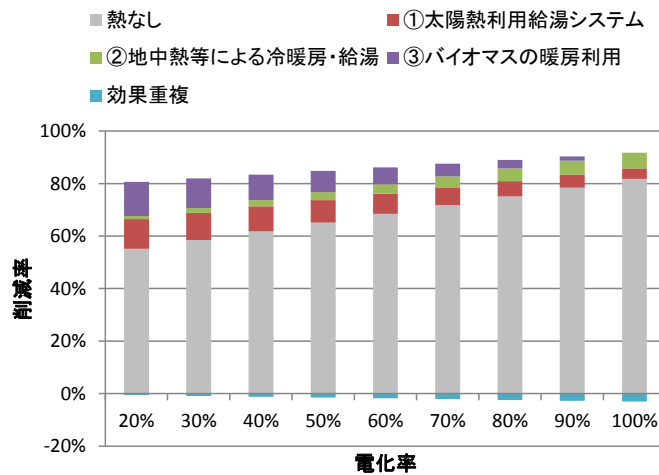


図 4-17 再生可能エネルギー熱利用による追加的効果（排出係数 0.2kgCO2/kWh）

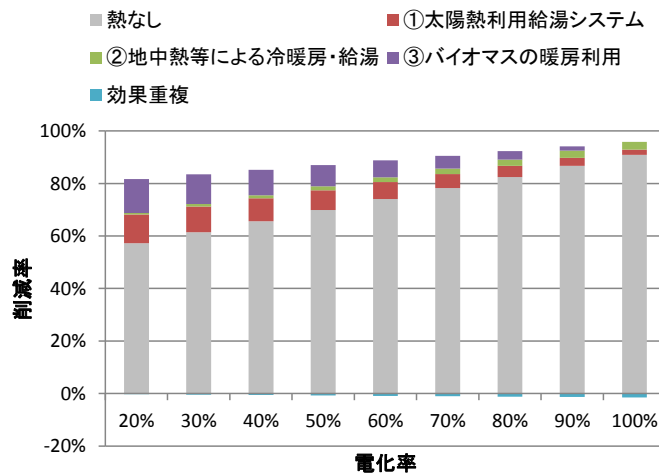


図 4-18 再生可能エネルギー熱利用による追加的効果（排出係数 0.1kgCO2/kWh）

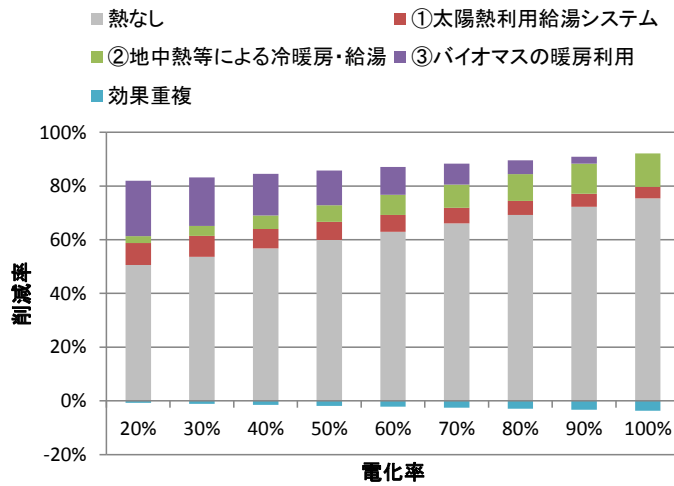


図 4-19 再生可能エネルギー熱利用による追加的効果（寒冷地、排出係数 0.2kgCO2/kWh）

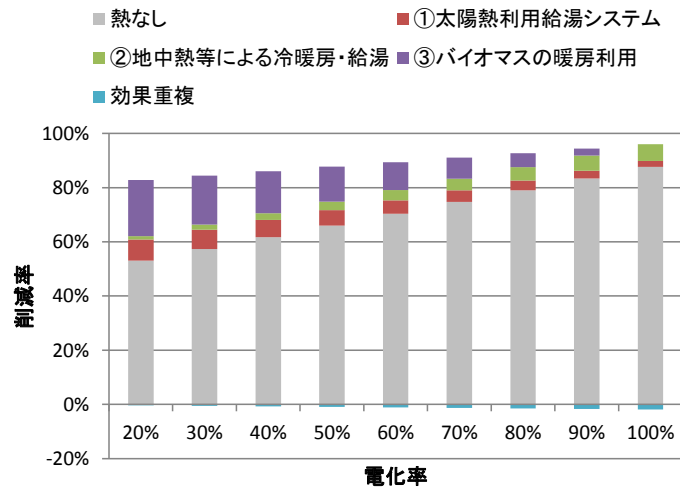


図 4-20 再生可能エネルギー熱利用による追加的効果（寒冷地、排出係数 0.1kgCO2/kWh）

(4) 業務用建物における 2050 年温室効果ガス 80%削減に向けた再生可能エネルギー熱の役割

1) 2013 年の熱関係 CO2 排出の構造

ここでは建物を（寒冷地（北海道・東北・北陸）・温暖地）に加え、用途区分に分けて、建物の熱需要を満たすエネルギー供給に由来する CO2 排出が 80%削減以上される姿を検討する。

この区分における、全国の熱需要の構造を図 4-13 に示す。推計方法と推計に用いたデータは、表 4-11 と同様であるが、図の注釈に示したような追加の想定を行った。

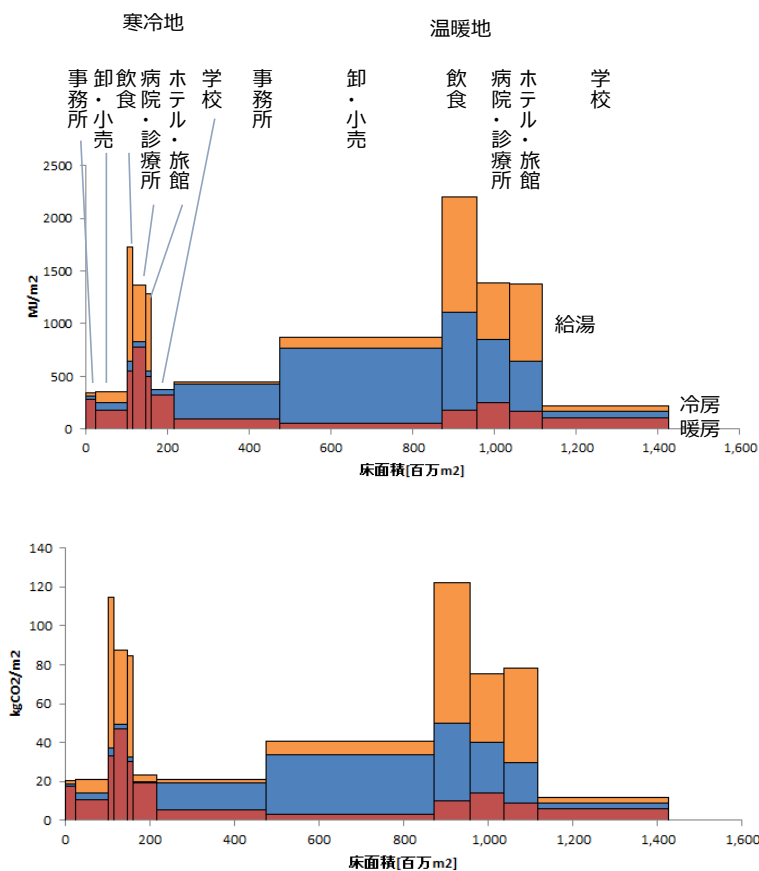


図 4-21 2013 年の建物の熱需要と熱需要を満たすエネルギー供給に由来する CO2 排出の構造

- 注) 北海道・東北・北陸を寒冷地とした。
- 注) 電化率は、エネルギー用途別に、EDMC を参考に設定した。
- 注) 2013 年と 2050 年で、病院・診療所の面積は 65 歳以上人口、学校の面積は 15 歳以下人口に比例、その他は横ばいとした。

2) 再生可能エネルギー熱導入以外の変化要因

a. 断熱性能の向上

ZEBの普及も含めた断熱性能の大幅な向上を、表 4-12 のとおり想定した。ここではまず、既に定められている建築物の省エネルギー基準（最新は平成 25 年改正。本基準の断熱性能は平成 11 年基準相当）に加え、「平成 11 年基準型」から 2 割熱需要を削減できる「ZEB 基準型」、同 7 割削減が可能な「ZEB 強化型」の住宅基準ができることを想定した。これは、前述した住宅における ZEH と同様として設定している。

さらに、各年の新築または改築を行う建築物の、これらの基準の採用状況を想定した。

各年の新築・改築着工数を推計した上で、2050 年までの各年でのストック平均としての冷暖房省エネルギー指数を算出した。断熱性能別の住宅の構成比と、冷暖房エネルギー消費指数の推移を図 4-14 に示す。2013 年から 2050 年にかけて、建築物の冷暖房需要は、概ね 4 割減少すると推計された。

表 4-24 業務用建物の断熱性能向上の想定

		S55 以前仕様	S55 基準型	H4 基準型	H11 基準型	ZEB 基準型	ZEB 強化型
冷暖房エネルギー消費指数		1	0.925	0.85	0.75	0.6	0.225
普及想定 (フロー)	2010			23%	77%		
	2020				70%	20%	10%
	2030				20%	50%	30%
	2050				0%	0%	100%

出所「S55 基準型」「H4 基準型」「H11 基準型」の指数は国土交通省「住宅建築に関する省エネの状況」より。「ZEB 基準型」は「H11 基準型」から 2 割、「ZEB 強化型」は「H11 基準型」から 7 割削減とする。2010 年の普及は国土交通省「国交省建築省エネ達成率の推移資料」より。

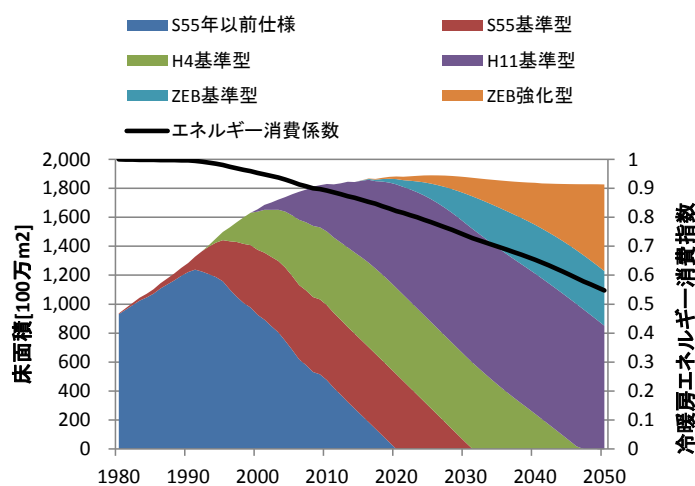


図 4-22 冷暖房用エネルギー需要の変化

注) 床面積：将来はほぼ横ばいとして推計（学校、病院のみ、人口構成の変化によって変化すると想定）。

着工面積：純増分に加えて 2008 年まではストックの 3%分、2009 年以降はストックの 2.5%分が建て替えと想定。

b. 機器効率の向上

住宅用機器と同様に、算出の単純化のため、利用燃料は「電気」か「電気以外」（都市ガスまたは LPG のいずれか）のみであるとした上で、各機器のストック効率（または COP）を表 4-25 のように想定した。2050 年の効率・COP は、表 4-26 に示す各機器の省エネ率（エネルギー消費量の削減率）を想定した上で、各機器の効率・COP に換算した値である。

表 4-25 各機器の効率向上の想定

	電気での熱供給			電気以外での熱供給		
	現在の典型的な機器	現状のストック効率・COP	2050 年のストック効率・COP*	現在の典型的な機器	現状のストック効率・COP	2050 年のストック効率・COP
暖房	大気熱利用エアコン	寒冷地 1.8 ** 温暖地 2.7 **	寒冷地 2.1 温暖地 3.2	ヒーター・ストーブ	90%	—
冷房	大気熱利用エアコン	3.4 **	4.1	—		—
給湯	電気温水器またはヒートポンプ式給湯機	寒冷地 1.0 温暖地 1.5 (平均)	寒冷地 2.0 温暖地 3.1 (全てヒートポンプ式給湯機)	燃焼式給湯器	80%	95%
融雪	電熱	1	2.0 (全てヒートポンプ式給湯機)	温水ボイラ	80%	95%

*補機等の消費を含めたシステム COP

**2050 年に家庭用機器と同程度の COP となるよう、現状を逆算

表 4-26 各機器の省エネ率の想定

	エネルギー源	技術	消費エネルギー削減率（業務）
暖房	電気	大気熱利用エアコン	▲20%
冷房	電気	大気熱利用エアコン	▲20%
給湯	電気	ヒートポンプ式給湯機	▲10%
	ガス	給湯器（従来型効率 80%→潜熱回収型 95%）	同左

出所) 社団法人日本冷凍空調工業会編「ヒートポンプの実用性能の可能性と将来展望」 日刊工業新聞社、2010 年を参考に設定

c. 断熱性能の向上と機器効率の向上の効果

2050年に向けての延べ床面積変化と、以上で示した、建物の断熱性能の向上と機器効率の向上による、CO₂排出量の削減効果を試算した結果を、図 4-23、図 4-24 に示す。電気の排出係数（0.5kgCO₂/kWh）や熱需要の電化率は、同じとして比較を行っている。

2050年には、建築物の熱需要を満たすエネルギー供給からのCO₂排出量は2013年比で約32%減少する。

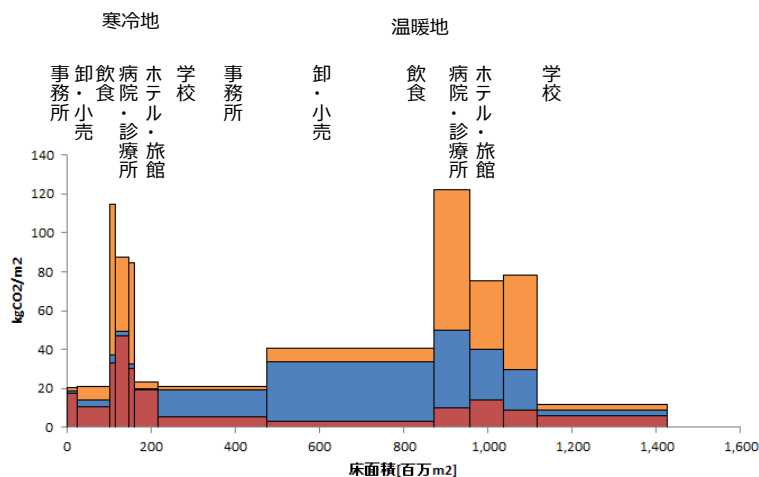


図 4-23 断熱性能の向上と機器効率の向上の効果（2013年）

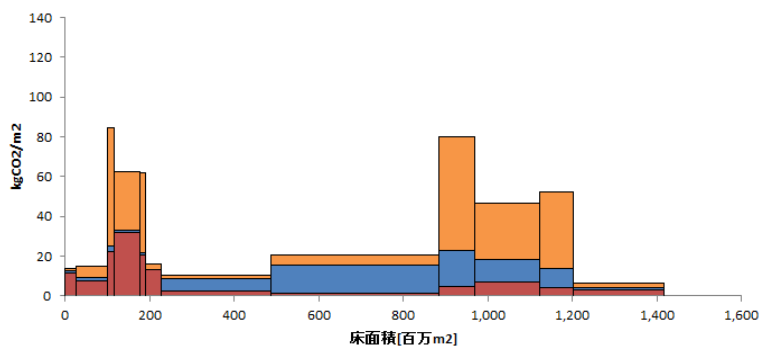


図 4-24 断熱性能の向上と機器効率の向上の効果（2050年）

注) 凡例は前図と同じ

d. 電気の低炭素化、熱需要の電化の効果

前述した断熱性能の向上、機器効率の向上を想定した上で、電気の低炭素化・熱需要の電化が進んだ場合の、CO₂削減率を試算した。

電気の低炭素化は、今後の再生可能エネルギー・原子力政策に依存するところが大きく、また熱需要の電化の程度は、今後の需要家の選好に依存するところが大きい。そこでここでは、いずれも複数のパターンを想定することとした。

電気の低炭素化の度合いとしては、電気の排出係数が、0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4kgCO₂/kWh の 5通りを想定した。また、現在の熱需要の電化率を冷房 67%、暖房 25%、給湯 10%程度であ

る（EDMC より推計）として、現在電化されていない部分のうち、どれだけ追加的に電化されるかの比率を、0%から100%の10%刻みで設定した。

これらの各場合における、建物の熱需要を満たすエネルギー供給からのCO2排出量の2013年比の削減率は、表4-27に示すとおりとなった。

これは、再生可能エネルギー熱の活用を想定しなければ、CO2大幅削減のためには電気の排出係数の削減と、熱需要を満たすためのエネルギー供給の電化の双方が必須であるということを示している。

表 4-27 電気の低炭素化・熱需要の電化の効果

2013年比CO2削減率		追加電化率										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO2/kWh	0	52%	57%	62%	67%	71%	76%	81%	86%	90%	95%	100%
	0.1	48%	52%	56%	60%	64%	68%	72%	76%	80%	84%	88%
	0.2	45%	48%	51%	54%	57%	60%	63%	66%	69%	72%	75%
	0.3	41%	43%	45%	47%	50%	52%	54%	56%	58%	61%	63%
	0.4	37%	38%	40%	41%	42%	44%	45%	46%	48%	49%	50%

*現在の電化率を冷房67%、暖房25%、給湯10%程度である（EDMCより推計）として、現在電化されていない部分のうち、どれだけ追加的に電化されるかの比率。

3) 再生可能エネルギー熱導入の効果

a. 再生可能エネルギー熱の利用の想定

前述した断熱性能の向上、機器効率の向上を想定した上で、各再生可能エネルギー熱の最大限利用することによる、業務用建物の熱需要を満たすエネルギー供給の低炭素化への寄与ポテンシャルを試算した。

想定する再生可能エネルギー熱の利用方法を表4-28に示す。なお、その他の再生可能エネルギー熱の利用方法も考え得るが、ここでは現状の導入実績が多い方法を想定した。

また、いずれの場合も、再生可能エネルギー熱の最大限の利用を考え、対象となる全ての建物に導入することを想定した。

表 4-28 再生可能エネルギー熱利用等による効果の想定

	電気での熱供給		電気以外での熱供給	
	想定技術	効果	想定技術	効果
①太陽熱利用による給湯予熱	太陽熱利用による給湯予熱	給湯需要20%分を削減	太陽熱利用による給湯予熱	給湯需要20%分を削減
②太陽熱利用による冷暖房	—	—	ソーラークーリング・温水暖房利用	冷房・暖房需要を20%削減
③地中熱等による冷暖房・給湯	地中熱等ヒートポンプ	温暖地の冷暖房・給湯COPが+1、寒冷地のCOPは温暖地と同じ	—	—

以降に、それぞれの試算結果を示す。

b. 太陽熱利用による給湯予熱

全建物において、給湯需要の 20%を太陽熱で賄う場合を想定した。このときの再生可能エネルギー熱利用量を表 4-29 に示す。また、これによる CO2 追加削減効果（表 4-28 に対する追加分）を表 4-30 に示す。

将来断熱による削減が見込まれる暖房・冷房需要と異なり、給湯需要は大きくは減少しないため、再生可能エネルギー熱を含めた供給側の低炭素化方策としての太陽熱利用給湯システムの効果は、比較的大きい結果であった。同じ再生可能エネルギー熱利用量でも、電化率が低い場合・電気の低炭素化が進んでいない場合に、CO2 削減効果が大きかった。

表 4-29 太陽熱利用による再生可能エネルギー熱利用

再生可能エネルギー熱 利用量[PJ]		追加電化率										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO2/kWh	0	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	0.1	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	0.2	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	0.3	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	0.4	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

表 4-30 太陽熱利用による追加的 CO2 削減効果

2013年比CO2追加削減率		追加電化率										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO2/kWh	0	6%	5%	5%	4%	4%	3%	2%	2%	1%	1%	0%
	0.1	6%	6%	5%	5%	4%	4%	3%	3%	2%	2%	1%
	0.2	6%	6%	6%	5%	5%	4%	4%	4%	3%	3%	3%
	0.3	6%	6%	6%	6%	5%	5%	5%	5%	4%	4%	4%
	0.4	7%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	5%	5%	5%

c. 太陽熱利用による冷暖房

冷暖房が電化されていない建物において、冷房・暖房需要の 20%を太陽熱で賄う場合を想定した。このときの再生可能エネルギー熱利用量を表 4-31 に示す。また、これによる CO2 追加削減効果（表 4-28 に対する追加分）を表 4-32 に示す。

再生可能エネルギーを利用するほど、CO2 が削減される。

表 4-31 太陽熱利用による再生可能エネルギー熱利用

再生可能エネルギー熱 利用量[PJ]		追加電化率										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO2/kWh	0	4	4	3	3	2	2	2	1	1	0	0
	0.1	4	4	3	3	2	2	2	1	1	0	0
	0.2	4	4	3	3	2	2	2	1	1	0	0
	0.3	4	4	3	3	2	2	2	1	1	0	0
	0.4	4	4	3	3	2	2	2	1	1	0	0

表 4-32 太陽熱利用による追加的 CO2 削減効果

2013年比CO2追加削減率		追加電化率										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO2/kWh	0	3%	3%	3%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	0%	0%
	0.1	3%	3%	3%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	0%	0%
	0.2	3%	3%	3%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	0%	0%
	0.3	3%	3%	3%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	0%	0%
	0.4	3%	3%	3%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	0%	0%

注) 冷房・暖房の20%に相当する熱量を、再生可能エネルギー熱利用量とした。

d. 地中熱等による冷暖房・給湯

地中熱等の活用により、温暖地の冷暖房・給湯 COP が大気熱利用時よりも1向上し、寒冷地においても温暖地と同じ COP が達成される場合を想定した。このときの再生可能エネルギー熱利用量を表 4-33 に示す。またこれによる、CO2 追加削減効果（表 4-28 に対する追加分）を表 4-34 に示す。

同じ再生可能エネルギー熱利用量でも、電気の低炭素化が進んでいない場合に、CO2 削減効果が大きいという結果であった。

表 4-33 地中熱利用による再生可能エネルギー熱利用

再生可能エネルギー熱 利用量[PJ]		追加電化率										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO2/kWh	0	42	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43
	0.1	42	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43
	0.2	42	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43
	0.3	42	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43
	0.4	42	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43

表 4-34 地中熱利用による追加的 CO2 削減効果

2013年比CO2追加削減率		追加電化率										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO2/kWh	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	0.1	1%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	3%
	0.2	2%	2%	2%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	5%	5%
	0.3	2%	3%	3%	4%	4%	5%	5%	6%	6%	7%	8%
	0.4	3%	4%	5%	5%	6%	7%	7%	8%	9%	9%	10%

e. 組み合わせの効果

上述した、太陽熱利用による給湯予熱、太陽熱利用による冷暖房、地中熱等による冷暖房・給湯を組み合わせたときの CO2 削減効果を試算した。この結果を表 4-35 に示す。

再生可能エネルギー熱の活用を想定しないときは、電気の排出係数の大幅削減や熱需要を満たすためのエネルギー供給の大幅な電化が生じなければ、CO2 の 80%削減は困難であった（表 4-15）。ここで、再生可能エネルギー熱を最大限活用することにより、大幅な電化、電気の低炭素化が進まない場合においても、建物の熱需要を満たすエネルギー供給において8割近い CO2 排出削減の可能性が出てくることわかった（表 4-35）。

表 4-35 再生可能エネルギー熱による効果

2013年比CO2削減率		追加電化率										
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
電気の排出係数 kgCO2/kWh	0	62%	66%	69%	73%	77%	81%	85%	89%	92%	96%	100%
	0.1	59%	62%	65%	69%	72%	75%	78%	82%	85%	88%	91%
	0.2	56%	59%	61%	64%	67%	69%	72%	74%	77%	80%	82%
	0.3	53%	55%	57%	59%	61%	63%	65%	67%	69%	72%	74%
	0.4	50%	52%	53%	55%	56%	57%	59%	60%	62%	63%	65%

(5) まとめ

住宅・業務用建物とも、世帯数や延床面積の減少に加え、断熱性能の向上、機器効率の向上を想定すると、2050年には、熱需要を満たすエネルギー供給からのCO2排出量はおおよそ半減する。さらに、電気の低炭素化かつ大幅な電化が進めば、再生可能エネルギー熱を活用しなくても、住宅・業務用建物の熱需要を満たすエネルギー供給において、8割以上のCO2排出削減を達成することはできる。

しかし、大幅な電化が何らかの制約で進まない場合においても、再生可能エネルギー熱を最大限活用することができれば、住宅・業務用建物の熱需要を満たすエネルギー供給において8割近いCO2排出削減の可能性が高いと試算された。

4.2.2 再生可能エネルギー熱の導入事例と事業者の取組

(1) 補助事業等における事例調査

住宅・建築物への再生可能エネルギー熱の導入事例として、表 4-36 に示す 3 つの補助事業について事例及び動向を整理した。

表 4-36 調査対象とした補助事業

	ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業	住宅・建築物省 CO2 先導事業	再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業
実施主体	経済産業省	国土交通省	経済産業省
執行団体	(一社) 環境共創イニシアチブ	(国研) 建築研究所	(一社) 新エネルギー導入促進協議会
補助対象	民生用建築物への ZEB の構成要素に資する高効率エネルギーシステムの導入	省 CO2 の実現性に優れたリーディングプロジェクトとなる住宅・建築物の新築及び改修	再生可能エネルギー熱利用設備の導入
補助額	1/3～2/3、上限 5 億円	採択プロジェクトの総事業費の 5%又は 10 億円のいずれか少ない金額	1/3～1/2、上限 10 億円
件数	【事業確定件数】 H24 年度：66 件 H25 年度：91 件 H25 年度補正・H26 年度：70 件 【採択件数】 H26 年度補正：17 件	【採択件数】 H20 年度：20 件 H21 年度：36 件 H22 年度：28 件 H23 年度：25 件 H24 年度：25 件 H25 年度：21 件 H26 年度：17 件 H27 年度：21 件	【確定件数】 H23 年度：114 件 H24 年度：164 件 H25 年度：195 件 H26 年度：148 件 【申請件数】 H27 年度：106 件

出所) 「平成 24 年度～27 年度 ZEB 実証事業の調査研究発表」、ZEB 実証事業 調査研究発表会 2015
 住宅・建築物省 CO2 先導事業ウェブサイト
 「資料集」、再生可能エネルギー導入促進フォーラム

1) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業

平成 24 年度より経済産業省が実施しているネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業において、採択された建築物における再生可能エネルギー熱の活用状況等について整理した。なお、以下に整理した内容は同事業の交付決定一覧を基に作成しており、表 4-36 における事業確定件数とは一致していない。

a. 建物用途・地域

交付決定先の建物用途としては、図 4-25 に示すように店舗（主にスーパーマーケット）が多く、次いで事務所、福祉施設となっている。地域としては図 4-26 に示すように、省エネ法における 5,6 地域が 7～8 割程度となっており 1,2,3,7,8 地域については累計でも 10 件未満となっている。

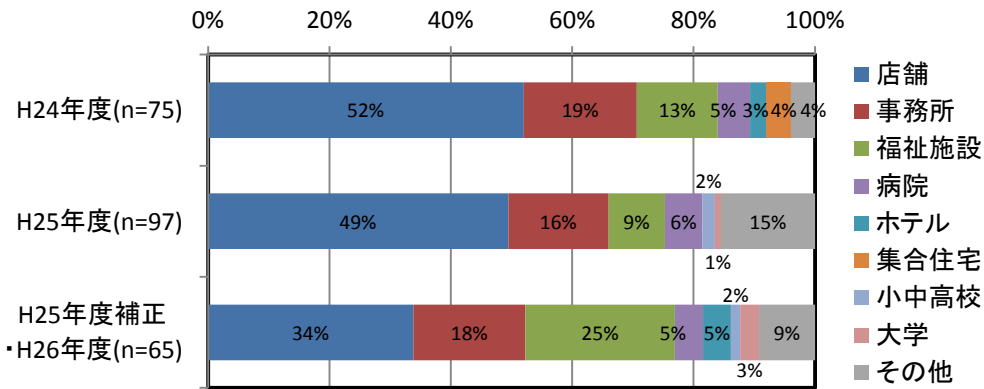


図 4-25 年度別の交付決定先建物用途

出所) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業の交付決定資料より作成



図 4-26 年度別の交付決定先地域

出所) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業の交付決定資料より作成

b. 熱用途

年度別の交付決定先 1 件あたりの設備区分別導入率は、図 4-27 に示すとおり空調、照明、外皮、再生可能エネルギーの活用率が高くなっている。同様に用途別の 1 件あたりの設備区分別導入率（件数の多い店舗、事務所、福祉施設のみ示す）は、図 4-28 に示すとおり換気、給湯、外皮、再生可能エネルギーの導入率に大きな差があり、店舗における導入率が低くなっている。ただし、これは店舗の大半がスーパーマーケットであることが要因であると考えられ、飲食店等であれば換気、給湯などについてはより高い投入率になると考えられる。地域別の 1 件あたりの設備区分別導入率は、図 4-29 に示すとおり大きな差は見られないが、外皮については温暖地である 7,8 地域で低い結果となっている。

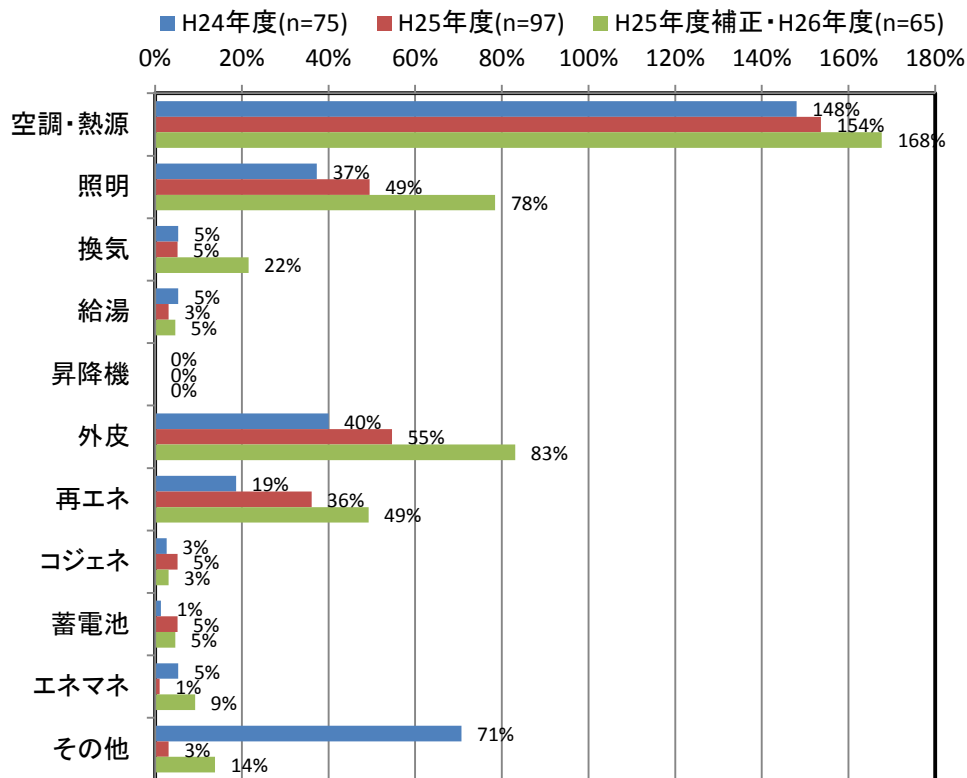


図 4-27 年度別の 1 件あたり設備区別導入率

出所) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業の交付決定資料より作成

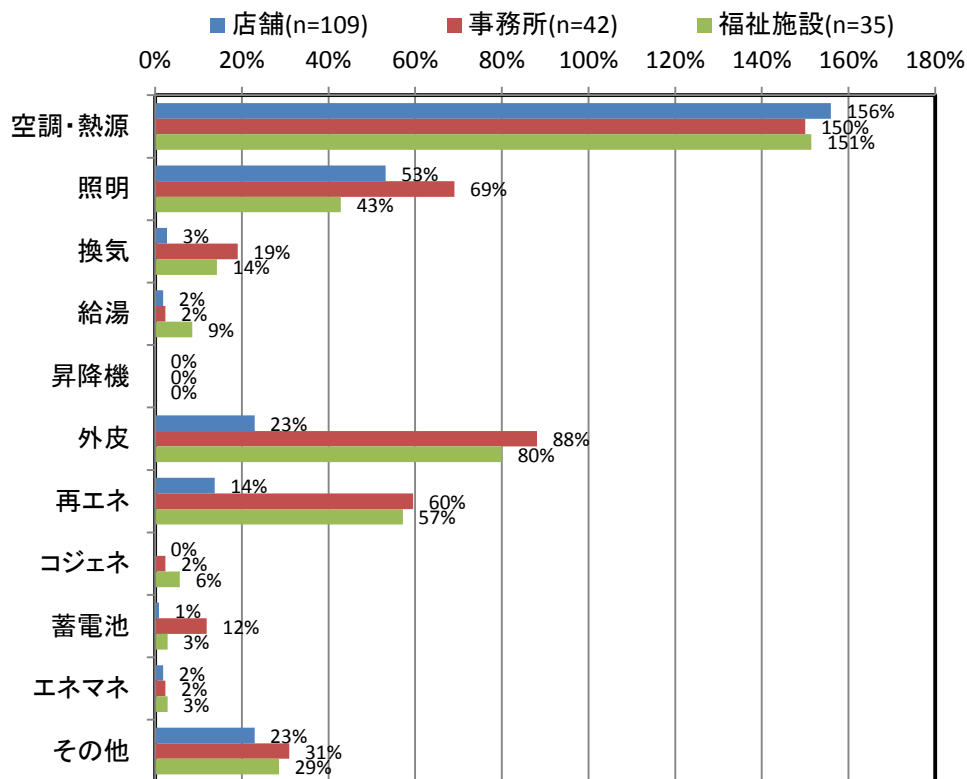


図 4-28 用途別の 1 件あたり設備区別導入率

出所) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業の交付決定資料より作成

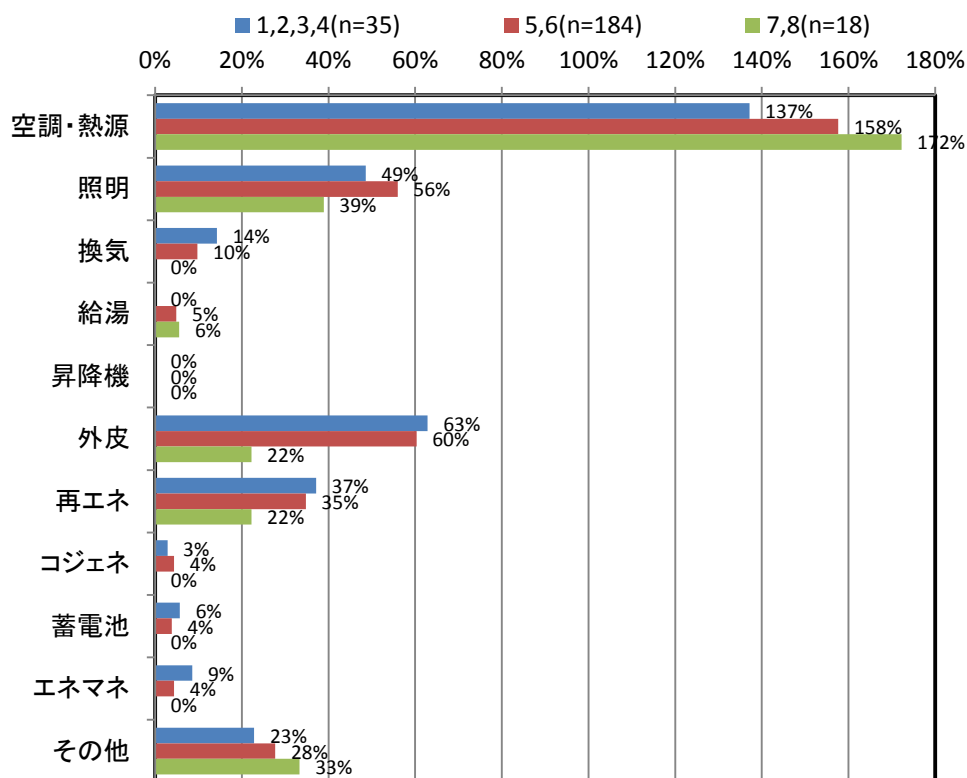


図 4-29 地域別の 1 件あたり設備区別導入率

出所) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業の交付決定資料より作成

c. 再生可能エネルギー熱の種類

再生可能エネルギー熱の活用状況としては、太陽熱、地中熱、バイオマス熱の活用が見られた。建物用途別（サンプル数が 10 件を超える店舗、事務所、福祉施設、病院のみ示す）でみると、図 4-30 に示すように病院、福祉施設での導入率が高くなっており、太陽熱地中熱のいずれかを導入している事例が 3 割を超えている。地域別でみると、図 4-31 に示すように温暖地である 7,8 地域では導入に例が見られなかった。

再生可能エネルギー熱の種類別に熱利用用途を見ると、図 4-32 に示すように太陽熱については空調と給湯で半々となっており、地中熱については 85%が空調用途となっている。バイオマスについては事例が 1 サンプルしかないが、空調用途に用いられている。

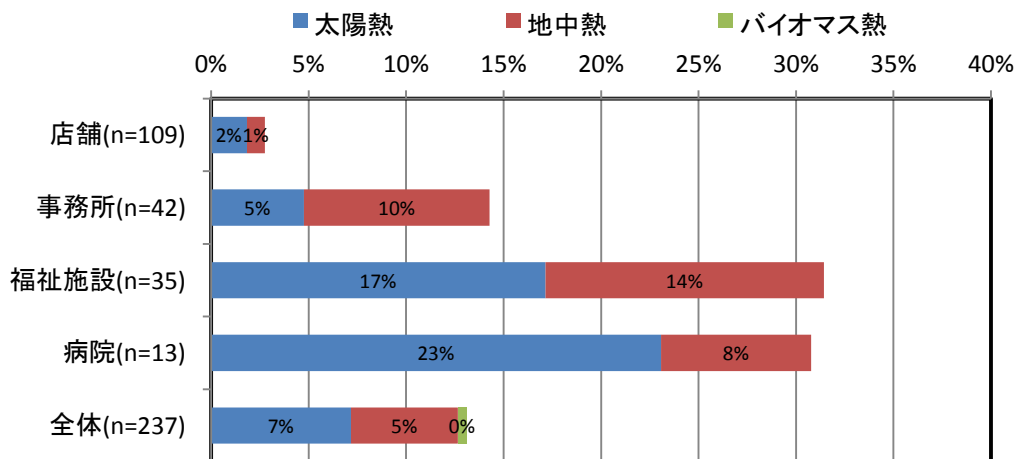


図 4-30 用途別の再生可能エネルギー熱導入率

出所) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業の交付決定資料より作成

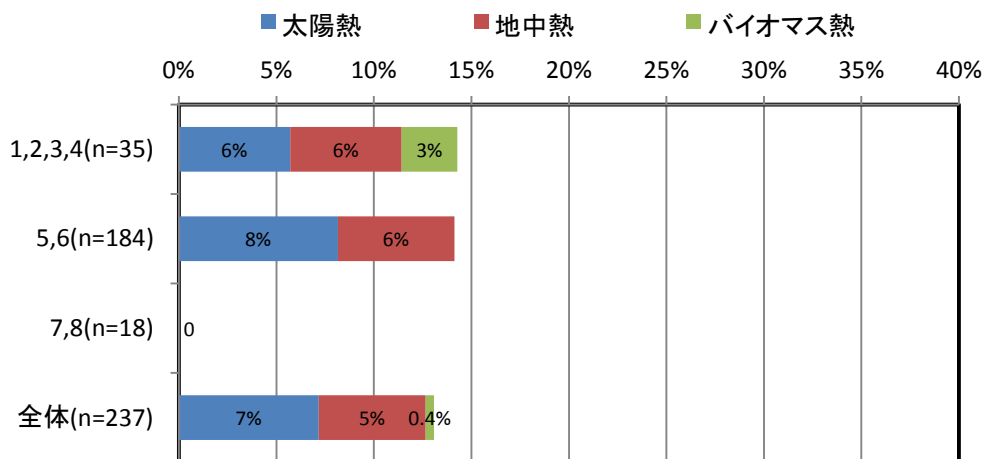


図 4-31 地域別の再生可能エネルギー熱導入率

出所) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業の交付決定資料より作成

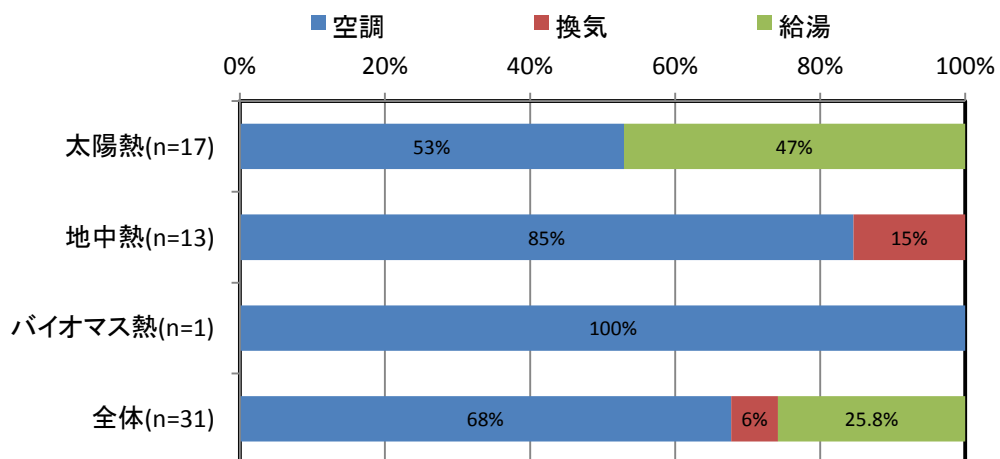


図 4-32 再生可能エネルギー熱種類別の熱利用用途比率

出所) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業の交付決定資料より作成

2) 住宅・建築物省 CO2 先導事業

平成 20 年度より国交省が実施している住宅・建築物省 CO2 先導事業（平成 21 年度までは住宅・建築物省 CO2 推進モデル事業、平成 27 年度からはサステナブル建築物等先導事業）において、採択された住宅・建築物における再生可能エネルギー熱の活用状況について整理した（調査対象は平成 22～26 年度までに採択された 113 件）。

図 4-33 に示すように、年度別の採択件数の内、住宅と建築物の再生可能エネルギー熱活用物件の推移を見ると、いずれの用途においても年度を経るごとに活用率が高まるといったような傾向はみられていない。

図 4-34 に示すように、5 年間の用途別の採択件数で合計が 5 件以上ある用途の内、再生可能エネルギー熱活用率は高い順に病院、学校、戸建住宅、事務所、複合用途、共同住宅となっている。それぞれの用途に対する代表的な事例を表 4-37～表 4-42 に示す。

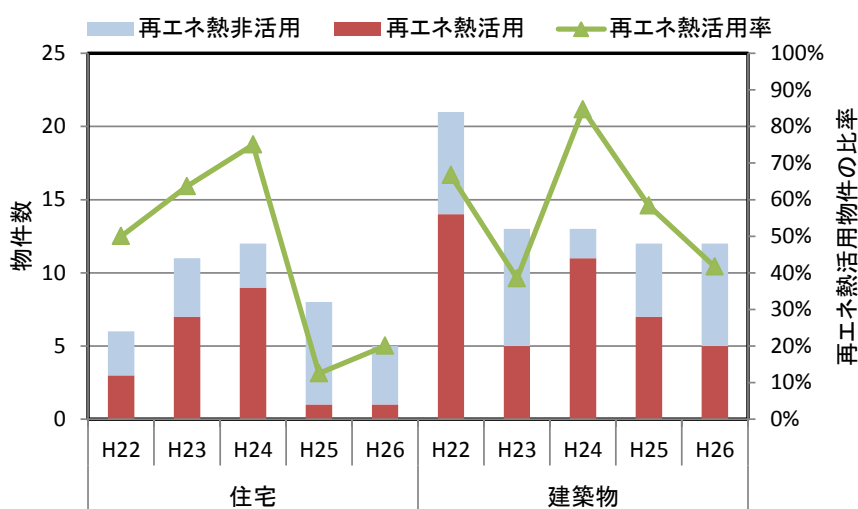


図 4-33 年度別の再生可能エネルギー熱の活用件数、活用率
出所) 住宅・建築物の省 CO2 シンポジウム資料より作成

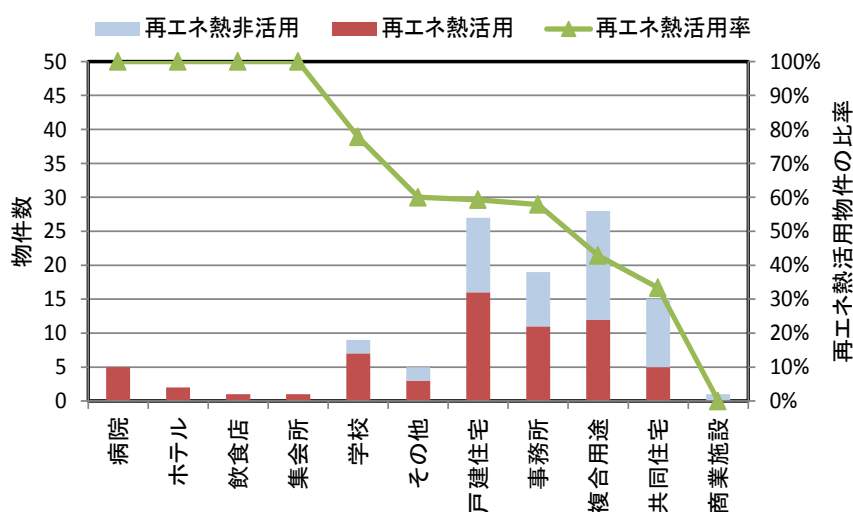


図 4-34 用途別の再生可能エネルギー熱の活用件数、活用率
出所) 住宅・建築物の省 CO2 シンポジウム資料より作成

表 4-37 病院における再生可能エネルギー熱の導入事例

建物名称	JA長野厚生連 小諸厚生総合病院	所在地	長野県小諸市
設計者	(株)石本建築事務所、(株)シーエナジー	施工者	不明
延床面積	21,272 m ²	竣工年月	2017年4月 (予定)
再生熱	下水熱		
システム図	<p>下水管路内熱交換方式による給湯用水冷ヒートポンプが設置されており、隣接する市庁舎との建物間熱融通をエネルギーサービスとして運用する。</p> <p>▼ハイブリッド熱源システム ●トップランナーガス冷水温水機 ●寒冷地仕様高効率ヒートポンプ ●熱回収ヒートポンプ</p> <p>① 外壁高断熱化 断熱材 50mm LOW-e ガラス ●樹脂サッシの高層建築への普及 ●排熱利用パネルヒーターによる外皮暖房負荷のゼロエネルギー化</p> <p>② 蓄熱槽はコミュニティタンスとして利用 ③ 市民ひろば (マンホール)</p> <p>③ 中間期の余剰蓄熱を融通 ③ 熱回収ヒートポンプの排熱を融通 ③ 電力一括受電 (電力デマンドの抑制)</p> <p>④ 水熱源給湯ヒートポンプ ※都市下水熱利用</p>		

出所) 住宅・建築物の省 CO2 シンポジウム資料より作成

表 4-38 学校における再生可能エネルギー熱の導入事例

建物名称	守山中学校	所在地	滋賀県守山市
設計者	株式会社デネフェス計画研究所	施工者	不明
延床面積	8,579 m ²	竣工年月	2016年11月 (予定)
再生熱	地中熱		
システム図	<p>クールトレンチを用いた換気設備を導入することで、暖冷房負荷の削減を図っている。</p> <p>1月10日 12時の太陽高度 7月20日 12時の太陽高度</p> <p>断熱材・複層ガラス 冬:室内の暖かさを逃がさない 夏:外の暑さを伝えない</p> <p>大屋根・過路屋根 夏の直射は教室内に入りにくい 冬の直射は取り入れる</p> <p>雨水で打ち水 気化熱で熱風を和らげる</p> <p>雨水貯留槽 (ロッカーームの下) 庭への散水に利用できる</p> <p>クールトレンチ 地面の熱がトレンチの空気に伝わる</p> <p>地面の熱 土の温度は、深いところ程年変化が少ない。 ⇒ 夏は外気よりも冷たい (⇒ 冬は外気よりも少しだけ暖かい)</p>		

出所) 住宅・建築物の省 CO2 シンポジウム資料より作成

表 4-39 戸建住宅における再生可能エネルギー熱の導入事例

建物名称	“桜源郷”羽黒駅前プロジェクト	所在地	茨城県桜川市
設計者	にのみや工務店	施工者	不明
延床面積	75~150 m ²	竣工年月	2014年
再エネ熱	太陽熱		
システム図	<p>太陽熱による集熱および送風が可能なシステム「ソーラーウォーマー」を設置している。</p> <p>太陽光パネル 4kw以上 屋根：硬質ウレタンフォーム一体アルミ遮熱層付 高効率エアコン A/F 60%以上 LED又は蛍光灯照明 壁：硬質ウレタンフォーム105n HEMSの設置およびうちろログとの連動 蓄電池：オプショ：先行配線のみ EV車および充電装置 高効率給湯器：エコキュート GS 30%以上</p> <p>システム図</p> <p>雨水タンクおよび取水装置 (ソーラーパネル)</p> <p>太陽光パネル式 LED街灯</p> <p>ソーラーウォーマー 太陽熱集熱系給気システム</p> <p>床：硬質ウレタンフォーム105mm</p> <p>構築材：桜川市内の材木業者、県産材70%以上使用 木材乾燥時、木質乾燥50%以上</p> <p>建築資材(木材)の再利用：桜川市内から乾燥業者へ乾燥原料として提供</p> <p>Solar Warmer 断面図</p> <p>建物外壁</p> <p>フェルトマット</p> <p>室内</p> <p>高効率の穴に穴が設置された特殊製アルミフレーム</p> <p>配線</p> <p>室内への送風を制御するコントロールローラーを設置</p> <p>透明カバー</p> <p>発熱パネル</p> <p>送風ファン</p> <p>外部</p> <p>蓄められた空気を室内に取り入れるダクト</p>		

出所) 住宅・建築物の省 CO2 シンポジウム資料より作成

表 4-40 事務所における再生可能エネルギー熱の導入事例

建物名称	島根銀行新本店	所在地	島根県松江市
設計者	(株) 石本建築事務所	施工者	清水建設 (株) JV
延床面積	11,942 m ²	竣工年月	2016年9月 (予定)
再エネ熱	太陽熱		
システム図	<p>地中熱ヒートポンプを活用した輻射空調システムが導入 (一部フロア) されている。</p> <p>雨水再利用 屋根に集った雨水を蓄めて、トイレ洗浄水に利用</p> <p>太陽光発電 発電機・蓄電池</p> <p>ヒートパイプ組込 外気制御空調 (除湿空調)</p> <p>外壁ルーバー</p> <p>大井田輻射空調 ガラス面路局エアフロー</p> <p>アピランス制御システム ・輝度制御 ・外壁ルーバー ・ブラインド制御</p> <p>ツインコーナー エコモード ・自然換気促進 ・排熱の効率化 ・太陽熱の回収</p> <p>高断熱窓ガラス アルゴンガス封入 Low-e複層ガラス</p> <p>断熱強化</p> <p>日本海側気候に適した空調</p> <p>グリーンプラザ BEMS・デジタルサイン</p> <p>保水性舗装 ヒートアイランド現象の緩和に貢献</p> <p>地中熱 ヒートポンプ</p> <p>本店営業部</p> <p>本店営業部</p> <p>駐車場</p> <p>雨水貯留槽</p> <p>システム図</p>		

出所) 住宅・建築物の省 CO2 シンポジウム資料より作成

表 4-41 複合用途における再生可能エネルギー熱の導入事例

建物名称	ヒューリック雷門ビル	所在地	東京都台東区
設計者	(株)松田平田設計	施工者	(株)竹中工務店
延床面積	7,744 m ²	竣工年月	2012年7月
再生エネルギー	太陽熱		
システム図	<p>日中に太陽熱パネルで収熱した高温水をガス吸収式冷温水機の熱源水として利用し床下の蓄熱材に蓄熱し、負荷の増える夕方から夜間にかけて放熱させるシステムを導入している。</p> <p>【昼】 ソーラークーリング 太陽熱 ジェネリック エアハン 蓄熱材(蓄熱) 客室 廊下 共用スペース</p> <p>【夜】 ソーラークーリング ジェネリック エアハン 蓄熱材(放熱) 客室 廊下 全面床吹出し空調 放熱 共用スペース 全面床吹出し空調 放熱</p> <p>床下に設置された潜熱蓄熱材</p>		

出所) 住宅・建築物の省 CO2 シンポジウム資料より作成

表 4-42 共同住宅における再生可能エネルギー熱の導入事例

建物名称	JR尼崎西プロジェクト C街区	所在地	兵庫県尼崎市
設計者	(株)長谷工コーポレーション	施工者	(株)長谷工コーポレーション
延床面積	65,747 m ²	竣工年月	2014年
再生エネルギー	太陽熱		
システム図	<p>太陽熱パネルとガスコジェネの発電時排熱を貯熱槽に蓄え、住棟の個別給湯の予熱に利用する。</p> <p>太陽熱温水器 定流量弁 温度調節弁 給湯暖房機 給湯 熱交換器 貯熱槽 ガスコージェネレーション</p> <p>運転パターン① 日射量が多い日(夏場)</p> <p>運転パターン② 日射量が少ない日(冬場)</p>		

出所) 住宅・建築物の省 CO2 シンポジウム資料より作成

3) 再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業

平成 23 年度より経済産業省が実施している「再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業」において採択された再生可能エネルギー熱の活用事例について整理した。2015 年度までに 727 件が採択され、2014 年度末までに 473 件の事業において再生可能エネルギー熱利用設備の設置が完了している。

a. 熱供給量

再生可能エネルギー熱の種類ごとの熱供給量について、1 件当たりの発熱量は、図 4-35 に示すようにバイオマス熱が最も大きく、導入件数の多い太陽熱、地中熱については比較的小さな発熱量となっている。

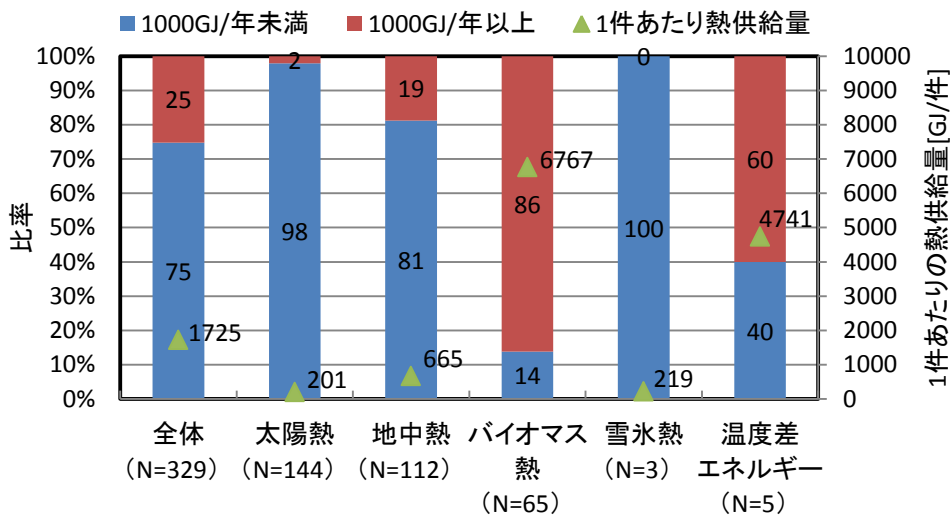


図 4-35 再生可能エネルギー熱種類別の熱供給量
出所) 再生可能エネルギー導入促進フォーラム「資料集」より作成

b. 熱利用用途

熱利用用途としては、図 4-36 に示すように全体の約半数が給湯用途となっており、残りの 40%が空調用途、5%が融雪用途となっている。

再生可能エネルギー熱の種類ごとの熱供給先としては、以下のような傾向にある。

- ・ 太陽熱はその多くが給湯用途となっている。
- ・ 地中熱は空調用途は約 70%であり、融雪用途にも 14%使われていることが特徴である。
- ・ バイオマス熱は空調、給湯が約 40%とほぼ同程度となっている。
- ・ 雪氷熱は 100%が空調用途となっている。
- ・ 温度差エネルギーは半数が給湯用途、37%が空調用途となっている。

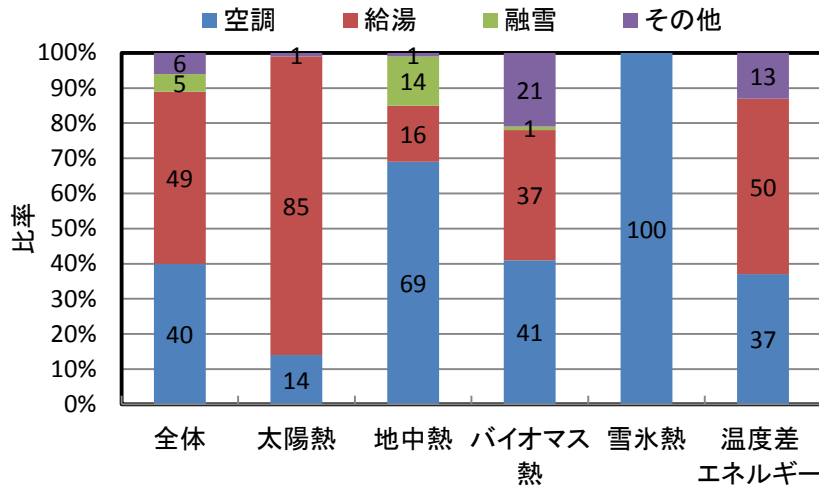


図 4-36 再生可能エネルギー熱種類の熱利用用途 (N 数不明)
出所) 再生可能エネルギー導入促進フォーラム「資料集」より作成

c. CO2 削減コスト

CO2 削減コストとしては、全体で見ると図 4-37 に示すように 1~10 万円、10~50 万円がほぼ同程度で全体の 90%を占めている。

再生可能エネルギー熱の種類ごとの CO2 削減コストとしては、図 4-38 に示すように以下のような傾向にある

- ・ 太陽熱はコストのばらつきが大きく中央値としては 12.3 万円程度となっている。
- ・ 地中熱はコストのばらつきが最も大きく中央値としては 9.8 万円程度となっている。
- ・ バイオマス熱はコストのばらつきが最も小さく、中央値としては 1.3 万円程度で最も安価となっている。
- ・ 雪氷熱はサンプル数が 3 件であるが 17.3~34.6 万円程度となっている。
- ・ 温度差エネルギーはサンプル数が 5 件であるが 1.3~12.1 万円程度となっている。

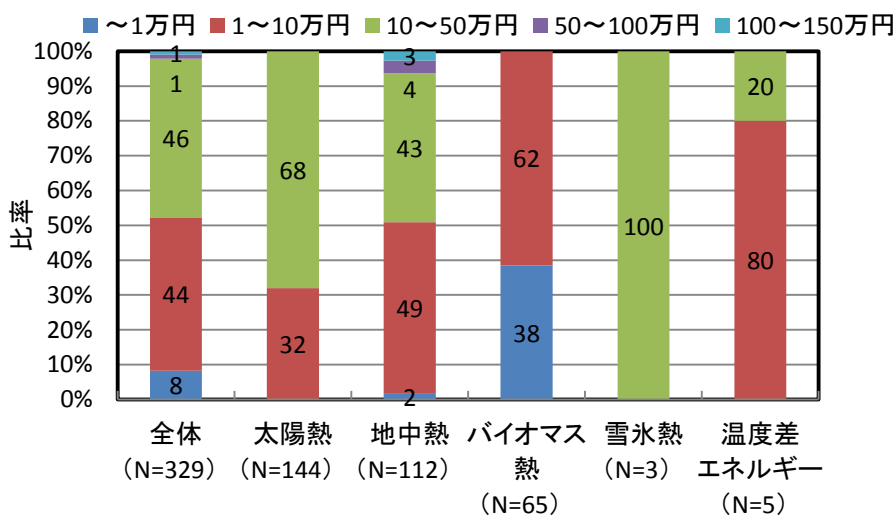


図 4-37 再生可能エネルギー熱種類の CO2 削減コスト
出所) 再生可能エネルギー導入促進フォーラム「資料集」より作成

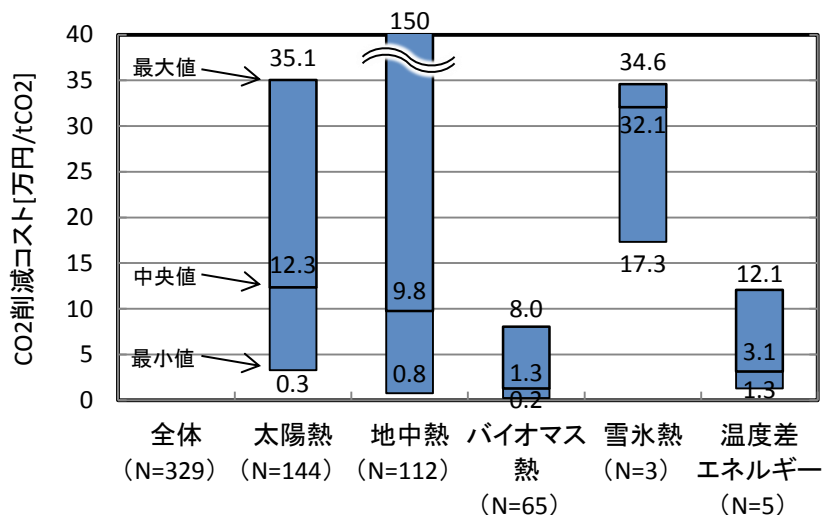


図 4-38 再生可能エネルギー熱種類別の CO2 削減コストの分布

出所) 再生可能エネルギー導入促進フォーラム「資料集」より作成

(2) ヒアリング調査

再生可能エネルギー熱の普及促進策を検討するに当たり、ユーザーやメーカー、設計者等の幅広い主体から意見を聴取するため、表 4-43 に示す対象に対するヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査結果は表 4-45～表 4-49 に示すように、再生可能エネルギー熱の種類ごとに整理するとともに、再生可能エネルギー熱全般に対する意見についても整理した。

これらをもとに、再生可能エネルギー熱の普及に向けた課題を表 4-44 のとおりとりまとめた。

表 4-43 ヒアリング対象と主な質問項目

主体	対象者数	主な質問項目
自治体	1	・寒冷地における再生可能エネルギー熱支援施策
設計事務所	3	・建物用途別の熱需要 ・建物用途別・地域別の再生可能エネルギー熱の導入可能性 ・再生可能エネルギー熱導入時の課題・留意点
エネルギー事業者	3	・再生可能エネルギー熱利用技術開発への取組 ・再生可能エネルギー熱利用技術普及における課題・留意点 ・課題解決のための対策
再生可能エネルギー熱業界団体	2	・建物用途別・地域別の再生可能エネルギー熱の導入可能性 ・普及における課題・留意点 ・課題解決のための対策
メーカー	2	・再生可能エネルギー熱利用技術（ヒートポンプ）の動向、将来展望
ユーザー	3	・再生可能エネルギー熱導入への取組 ・導入における課題・留意点 ・課題解決のための対策

表 4-44 再生可能エネルギー熱の普及に向けた課題

	太陽熱	地中熱	バイオマス熱	全般
建物用途 地域特性	<ul style="list-style-type: none"> 医療・福祉施設などの給湯需要や空調需要が大きい建物用途が適している。 積雪地域については設置角度などに留意が必要である。 LP ガスを利用している地域は費用対効果が短くなる傾向にある。 	<ul style="list-style-type: none"> 住宅の場合、地中熱ヒートポンプを導入している場合はオール電化であることが多い。 業務用の場合、すべての熱需要を賄うほどのボアホールを掘るスペースがないため、エントランス等の一部分にのみ導入されることが多い。 空気熱源のヒートポンプでは能力が不足するような寒冷地においては今後も需要が見込めるのではないか。 	<ul style="list-style-type: none"> 地産地消という観点から学校などの公共用途の建物において導入を検討させることも有効ではないか。 	<ul style="list-style-type: none"> 熱需要が多くない建物用途では費用対効果が悪くなり、普及させることは容易ではない。 メーカーに地域に特化した製品の製造を促すことも一案。 政策面では全国を対象に後押ししてもらいたい。
課題	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電と太陽熱利用のハイブリッド技術も存在するが、熱利用と発電とで異なる認証が必要であることが課題となっている。 省エネ法 Web プログラムにおいて太陽熱給湯システムが十分に評価されないものとなっている。 給湯システムの場合、補助金受給を前提としても投資回収年数は10年程度であり、コスト低減が必要であるが、需要が多くなければメーカーも積極的な開発ができない。 また、工事費の占める比率が大きく、メーカーにとってはコスト低減に限界がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ボーリング費用のインシヤルコストが高く普及の阻害要因となっている。 一方、クール・ヒートチューブについては数十 m の深さで良いことから、躯体工事の掘削とうまく兼ね合わせることで追加費用を抑えることもできる。 省エネ法 Web プログラムでは現状評価できないが、開発を進めている。 地中熱利用を再生可能エネルギーと捉えるか省エネと捉えるかについて、再生可能エネルギーと捉えてしまうと計量が難しく、軽量を前提とした支援策を行って 	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスボイラは運用が難しいという理由から、同程度の能力を持ったバックアップ設備を導入することも多く、コストが非常に高くなる。 運用面での課題解決のためには、燃料を一定の含水率まで下げてから出荷することを義務付けるなどのルール作りが必要である。 現状バイオマスボイラは海外製が中心であるが、日本の気候条件に合わせて制御を最適化した製品も必要である。 ただし、メーカーとしては需要が多くない製品の開発にコストを掛けられないという課題もあ 	<ul style="list-style-type: none"> 積雪地域では融雪用のエネルギー消費量が非常に大きい、需要が多くないことからメーカーが開発に積極的ではない。 省エネ法 Web プログラムにおいて再生可能エネルギー熱が評価されないため施主に対して提案しづらい。(一部の再生可能エネルギー熱については Web プログラムにおける評価手法を検討中) 再生可能エネルギー熱は需給のミスマッチがあるため、蓄熱技術の活用が重要である。 国や自治体による率先導入や導入ガイドラインの整備などが必要である。

	太陽熱	地中熱	バイオマス熱	全般
	<ul style="list-style-type: none"> コストの課題に加え、そもそもの認知度が低いことも課題である。補助金に依存した普及策は限界があり、消費者の意識を変えるような施策が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> もあまり普及しない可能性がある。 グリーン熱証書の活用についても計量コストが大きいことが課題である。 地中熱は年間数百台程度しか売れておらず、メーカーも積極的に技術開発コストをかけられない。 補助金については1件当たりの補助額を減らしたとしても対象件数を増やすことで普及を図れるのではないか。 省エネと一体となった義務化制度も検討の余地がある。 	<ul style="list-style-type: none"> る。 	<ul style="list-style-type: none"> 経済性から判断するのではなく再生可能エネルギーであることの価値の訴求や不動産価値評価との連携などの方が普及につながる。

表 4-45 太陽熱利用に関するヒアリング結果

	意見	指摘者
建物用途	<ul style="list-style-type: none"> 導入先の建物用途としては医療・福祉が多い。給湯需要が多いこと、空調稼働時間が長いことなどがポイントとなる。 	業界団体
地域特性	<ul style="list-style-type: none"> 寒冷地では積雪の問題があるが、冬の日射角に合わせて急角度で設置することで積雪を防ぐことができ、積雪の影響を小さくすることができる。実際に、長野県では積雪量が多いが、全国的にも導入が進んでいる地域である。 	業界団体
	<ul style="list-style-type: none"> 寒冷地では太陽熱の集熱パネルを屋根ではなく壁面に設置し、雪からの反射光も活用できるようなシステムも存在する。 寒冷地では熱媒体に不凍液を用いているが、昼間の沸騰を防ぐため排熱用ラジエータを用いている。 	設計事務所 エネルギー事業者
	<ul style="list-style-type: none"> LP ガスを利用している地域では、投資回収年数が短くなるので導入に適している。 	業界団体
課題	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電と太陽熱利用のハイブリッド技術もある（発電を重視して熱は予熱程度）が、熱利用部分と発電部分で別の認証が必要となることが課題となっている。 	業界団体
	<ul style="list-style-type: none"> 住宅用の省エネ法 Web プログラムにおいて、太陽熱利用給湯システムが十分に評価されないものとなっているため見直しを行っている。太陽熱空調についても OM ソーラーが NEDO 事業を活用して評価方法の確立に動いている。 非住宅用の省エネ法 Web プログラムについては、国交省で検討されているようであるが現状は評価できない。 官庁施設の建築設備設計基準（茶本）では、H21 改訂で太陽熱給湯について言及され、H27 改訂では太陽熱空調についても追加された。 	業界団体
	<ul style="list-style-type: none"> 給湯システムの場合で、補助金を前提に投資回収年数が 10 年程度であり、空調システムではもっと長い。 販売台数が年間数千セット程度に増えればある程度コストは下がるが、工事費の占める比率が高く、コスト低減にも限界がある。 	エネルギー事業者
	<ul style="list-style-type: none"> 普及のためにはコストダウンの課題もあるが、そもそもの認知度が低いのが問題である。現在の補助金に依存して導入を進める促進策では限界があり、消費者の意識を変えるような取り組みも必要である。 太陽熱利用システムは経済性が低いため、環境に貢献したい人や不動産価値を高めたい人向けと考えている。 	業界団体 エネルギー事業者

表 4-46 バイオマス熱に関するヒアリング結果

	意見	指摘者
建物用途 地域特性	<ul style="list-style-type: none"> 札幌市内では学校の新築にあたってバイオマスボイラの導入を促進する制度があった。しかし、バイオマスボイラは運用が難しいことから、十分に活用されていない学校もあり、現在はそのルールはなくなっている。 	設計事務所
課題	<ul style="list-style-type: none"> 運用が難しいという理由から、バイオマスボイラを設置する場合には同程度の能力を持ったバックアップ用の熱源（ガスボイラ、灯油ボイラなど）も同時に設置していることが多い。 運用面での課題を解決するために、燃料を一定の含水率まで下げて出荷することを義務付けるなどのルール作りが必要である。 	設計事務所
	<ul style="list-style-type: none"> 現状ではバイオマスボイラは海外製が中心であるが、日本の気候条件に合わせて制御を最適化したバイオマスボイラが必要である。 しかし、需要が少なく利益があまり見込めないために日本メーカーは製品開発に本腰を入れておらず、導入補助だけでなく技術開発の助成が必要である。 	設計事務所

表 4-47 地中熱利用に関するヒアリング結果

	意見	指摘者
建物用途	<ul style="list-style-type: none"> 住宅の場合、地中熱ヒートポンプを使っているような場合にはオール電化であることがほとんどであり、北海道では全館空調の需要を地中熱ヒートポンプですべてまかなっている事例もある。 	設計事務所
	<ul style="list-style-type: none"> 業務用ビルの場合、特に高層になるほど全ての需要を賄うほどの地中熱を採るためのボアホールを掘るスペースがないため、例えばエントランスの空調のみ地中熱ヒートポンプで賄うなど、部分的な導入が行われていることが多い。 	設計事務所
地域特性	<ul style="list-style-type: none"> 地中熱ヒートポンプについては設計上で特別なノウハウがあまり必要なく、空気熱源のヒートポンプでは能力が不足するような寒冷地においては、地中熱を活用するような需要が多いのではないかと。 	設計事務所
	<ul style="list-style-type: none"> ヒートポンプなしで地中との熱交換のみで融雪を行う技術も存在している。 	業界団体
課題	<ul style="list-style-type: none"> ボーリング費用がかかることからイニシャルコストが高く普及の阻害要因となっているため、導入する場合には何らかの補助金を活用することが前提となっている。 一方、クール・ヒートチューブについては数メートルの深さでよいことから、躯体工事のための掘削の中でうまく工夫することで追加費用を抑えることも可能である。 	設計事務所
	<ul style="list-style-type: none"> 省エネ法 Web プログラムでは、現在は地中熱が評価できない。ただし、評価可能とするための開発は進められており、現在すでに検証段階である。 省エネ法 Web プログラムで評価できるようになれば、空気熱源のヒートポンプとの比較も可能となり、地中熱に代えたときの CO2 削減量も算出できる。 	業界団体
	<ul style="list-style-type: none"> 地中熱利用を再生可能エネルギーと捉えるか省エネと捉えるかについては、省エネ法 Web プログラムの検討の際にははっきりとさせていないが、再生可能エネルギーと捉えてしまうと計量が難しいため、計量を前提とした支援施策を行ってもあまり普及しない恐れがある。 例えばグリーン熱証書を活用する場合、計量にコストがかかり過ぎる。 	業界団体
	<ul style="list-style-type: none"> 空気熱源のヒートポンプは年間 8 百万台出ているが、地中熱は数百台程度であり、このレベルでは企業が研究開発投資をしない。まだ初期市場であり、1/2 から 1/3 の補助金を前提として投資回収年数は 10 年程度である。 	業界団体
	<ul style="list-style-type: none"> 日本は補助金に頼っており、予算枠がある以上、毎年の導入件数がそれより伸びない。1 件当たりの補助額を下げることにより対象件数を増やしつつ、省エネと一体となった義務化などの施策が必要である。 	業界団体
	<ul style="list-style-type: none"> 地中熱はまだ自治体においての認知度が低く、国の計画において導入目標を定めるなどの先導が必要である。 	業界団体

表 4-48 雪氷熱に関するヒアリング結果

	意見	指摘者
建物用途 地域特性	<ul style="list-style-type: none"> 冬の間 4~5 メートルの高さまで貯め、夏の間 エントランスホールなどに冷気を送る場合、雪は 8 月末から 9 月上旬で全て溶ける。臭いなどの吸着にも役立っている。 	エネルギー事業者
	<ul style="list-style-type: none"> データセンターの冷房のために雪氷熱を活用するというアイデアもある。 	自治体
課題	<ul style="list-style-type: none"> ブルドーザーなどで雪を大量に集めると、動物の死骸が混入してしまうこともあり、専門の清掃業者に委託する必要がある。 	エネルギー事業者

表 4-49 再生可能エネルギー熱全般に関するヒアリング結果

	意見	指摘者
建物用途	<ul style="list-style-type: none"> 熱需要が多い病院や老人保健施設、温浴施設、大型商業施設では再生可能エネルギー熱の導入が期待できるが、小中規模の熱需要では初期費用は高くつき効果はあまり期待できない。住宅においてはペレットストーブなどの活用可能性はある。 	設計事務所
地域特性	<ul style="list-style-type: none"> 熱需要の絶対量としては寒冷地が大きいですが、空調、給湯などの熱需要の比率は地域によって大きな差はない。 	設計事務所
	<ul style="list-style-type: none"> 住宅については寒冷地（特に北海道）では 24 時間全館空調を行う住宅が増えてきている。エアコンを使う場合には地中熱などの活用可能性はあるのではないかと。 	設計事務所
	<ul style="list-style-type: none"> 札幌ではオリンピック開催時（1972 年）に建設された建物が多く、竣工から 40 数年が経過している。建物の構造としては問題ないが、断熱性能は当時の仕様であり、空調システムとしてもボイラがまだ多く残っている。 	設計事務所
	<ul style="list-style-type: none"> 設備メーカーが地域に特化した製品を製造するといった戦略を持つことは必要かもしれないが、政策的に普及を促進する上では地域差をつけるべきではない。 	業界団体
課題	<ul style="list-style-type: none"> 寒冷地では敷地の広さによっては建物のエネルギー消費量を同程度のエネルギーが融雪に使用されていることがあり、この融雪用の熱源には現在でも電熱線が使用されていることが多く、地中熱などの再生可能エネルギー熱の活用可能性はある。ただし、融雪に再生可能エネルギー熱を活用するという考え方が普及していないことから需要がないため、メーカーが開発を積極的に行っていない。 	設計事務所
	<ul style="list-style-type: none"> 現在の省エネ法 Web プログラムの中では再生可能エネルギー熱利用が評価されないため施主に対して提案しづらい。 ZEB や ZEH の実現という観点からも、何らかの手法で評価した結果を認めてもらえるような仕組みがなければ先進的な技術やそれを導入しようとする施主は生まれてこない。 	設計事務所 業界団体
	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスボイラでは制御が可能だが、太陽熱や未利用熱は供給と需要が一致するとは限らないため、蓄熱をして必要な時に使用することができるようにすることが望ましいのではないかと。 	設計事務所
	<ul style="list-style-type: none"> 設備導入検討時の診断調査でコストがかかると、その時点で受け入れてもらえない。環境省の「グリーンビルディング普及促進に向けた改修効果モデル事業」や「CO2 削減ポテンシャル診断事業」のように診断調査への補助があると、設備導入に向けてのトリガーとなる。 	設計事務所
	<ul style="list-style-type: none"> 東京都はオリンピックに向けて「省エネ・再エネ東京仕様」を定め、都が有する建築物の再生可能エネルギーの利用を促進している。このような国や自治体の取り組みによる推進策が重要である。 	業界団体
	<ul style="list-style-type: none"> 経済性の向上よりも再生可能エネルギーであることの価値の訴求や不動産価値向上と結びつける方が普及につながるのではないかと。 	エネルギー事業者

4.2.3 再生可能エネルギー熱利用の有望分野の特定と熱需要に対する供給可能比率の試算

(1) 有望分野の特定

1) 建物用途別・熱利用用途別の再生可能エネルギー熱の導入可能性評価

再生可能エネルギー熱の普及を促進するためには、各再生可能エネルギー熱がどのような建物用途や熱利用用途に適しているかについて整理し、当該分野において普及を図ることで、費用対効果の高い取り組みが実施可能になると考えられる。

そこで、表 4-50 における評価基準に基づき、建物用途・熱用途別に再生可能エネルギー熱の導入可能性を評価し、再生可能エネルギー熱の導入が有望と考えられる地域・建物用途・熱利用用途（「有望分野」と呼ぶ）の特定を行った。なお、コストの評価は直接は行っていないが、熱負荷が大きいかほど投資回収がしやすくなることから、同じ再生可能エネルギー熱間での比較においては熱負荷の大小と関係があると見なせる。また、本検討においては単体の建物における熱利用を想定した場合の有望分野について検討することとし、面的な熱利用の可能性は評価の対象外とした。

導入可能性の評価に当たっては、地域等の区分を表 4-51 に示すとおり設定して検討を行った。また、各建物用途について、「平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説」のサンプルを基に建物規模を想定した。

表 4-50 導入可能性の評価項目と得点配分の考え方

	評価項目	点数
需要側	①空調・給湯の熱負荷	<p>本調査の対象建物用途における空調・給湯・融雪負荷の多いものから順位付けを行う。再生可能エネルギー熱の種類によらず建物用途ごとに一律となる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 上位：3点 • 中位：2点 • 下位：1点 <p>※熱需要の値は図 4-9、図 4-11 における各地域、各建物用途の値を使用した。</p>
	供給側	②負荷への温度適正
		③地域特性

表 4-51 導入可能性評価における区分

	区分
地域	北日本、中日本、南日本
建物用途	事務所、商業施設、学校、病院、ホテル、福祉施設、戸建住宅、集合住宅、外構（駐車場など）
熱利用用途	給湯、暖房、冷房、融雪
再生可能エネルギー熱の種類	太陽熱、地中熱、バイオマス熱、雪氷熱、下水熱、温泉熱、河川熱、海水熱 (本調査においては単体建物における熱利用を想定し、面的な熱利用は想定しない)

2) 導入可能性評価結果に基づく有望分野の特定

表 4-50 の評価項目に基づき、地域別、再生可能エネルギー熱種別、建物用途別、熱利用用途別に評価した結果を表 4-53～表 4-55 に示す。また、この評価結果における得点から、◎：高、○：中、△：低として有望分野を特定した結果を表 4-56 に示す。なお、同表には、面的な利用が前提となると考えられることから導入可能性の評価結果がすべて「－」となった温泉熱、河川熱、海水熱については記載していない。

再生可能エネルギー熱の種類別に有望分野の特徴を整理すると表 4-52 のとおりとなる。

表 4-52 再生可能エネルギー熱の種類別の有望分野の特徴

再生可能エネルギー熱	有望分野の特徴
太陽熱	地域によらず給湯、暖房用途に適している。特に病院やホテル、福祉施設などの熱需要が大きい用途が有望であり、戸建及び集合住宅においても有望である。
地中熱：	北日本では暖房、南日本では冷房のみが有望となっているが、空調としては片方だけに使用するシステムとする必要はなく、冷暖房において活用可能である。太陽熱やバイオマス熱ほど高温を作り出すことができないため、給湯については両者に劣る結果となった。
バイオマス熱	全国的に給湯、暖房への適性があるが、太陽光や地中熱に対して地域特性が限定的であることから、熱需要が少ない建物用途に対しての有望度は高くない。
雪氷熱	積雪地域に限定されるため、北日本のみ評価しており、いずれの建物用途に対しても冷房用途が有望である。
下水	温度適正、地域特性ともに限定的ではあるが、広く給湯、暖房、冷房に対して適性があると考えられる。

表 4-53 導入可能性評価結果（北日本）

建物用途	非住宅																		住宅						外構			
	事務所			商業施設			学校			病院			ホテル			福祉施設			戸建			集合			駐車場など			
使用用途	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	融雪
①熱負荷	太陽熱																											
	地中熱																											
	バイオマス熱																											
	雪氷熱	1	2	1	2	2	1	1	2	1	3	3	1	3	2	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	2	
	下水熱																											
	温泉熱																											
	河川熱																											
	海水熱																											
②負荷への温度適正	太陽熱	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3		
	地中熱	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	3		
	バイオマス熱	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3		
	雪氷熱	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1		
	下水熱	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	温泉熱	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3		
	河川熱	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	海水熱	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
③地域特性	太陽熱																			3								
	地中熱																			3								
	バイオマス熱																			2								
	雪氷熱																			3								
	下水熱																			2								
	温泉熱																			1								
	河川熱																			1								
	海水熱																			1								
①②③合計※	太陽熱	7	8	-	8	8	-	7	8	-	9	9	-	9	8	-	9	9	-	9	9	-	9	9	-	8		
	地中熱	-	7	6	-	7	6	-	7	6	-	8	6	-	7	6	-	8	6	-	8	6	-	8	6	8		
	バイオマス熱	6	7	-	7	7	-	6	7	-	8	8	-	8	7	-	8	8	-	8	8	-	8	8	-	7		
	雪氷熱	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-	-	7	-		
	下水熱	5	6	5	6	6	5	5	6	5	7	7	5	7	6	5	7	7	5	7	7	5	7	7	5	6		
	温泉熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	河川熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	海水熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

※②または③の評価結果が1点の場合、合計は「-」と表示している。

表 4-54 導入可能性評価結果（中日本）

建物用途	非住宅																		住宅						外構			
	事務所			商業施設			学校			病院			ホテル			福祉施設			戸建			集合			駐車場など			
使用用途	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	融雪
①熱負荷	太陽熱																											
	地中熱																											
	バイオマス熱																											
	雪氷熱	1	2	2	2	1	3	1	2	1	3	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	1	3	2	1	1		
	下水熱																											
	温泉熱																											
	河川熱																											
	海水熱																											
②負荷への温度適正	太陽熱	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3		
	地中熱	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	3		
	バイオマス熱	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3		
	雪氷熱	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1		
	下水熱	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	温泉熱	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3		
	河川熱	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	海水熱	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
③地域特性	太陽熱																			3								
	地中熱																			3								
	バイオマス熱																			2								
	雪氷熱																			1								
	下水熱																			2								
	温泉熱																			1								
	河川熱																			1								
	海水熱																			1								
①②③合計	太陽熱	7	8	-	8	7	-	7	8	-	9	8	-	9	8	-	9	8	-	9	8	-	9	8	-	-		
	地中熱	-	7	7	-	6	8	-	7	6	-	7	8	-	7	7	-	7	8	-	7	6	-	7	6	-		
	バイオマス熱	6	7	-	7	6	-	6	7	-	8	7	-	8	7	-	8	7	-	8	7	-	8	7	-	-		
	雪氷熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	下水熱	5	6	6	6	5	7	5	6	5	7	6	7	7	6	6	7	6	7	7	6	5	7	6	5	-		
	温泉熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	河川熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	海水熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

※②または③の評価結果が1点の場合、合計は「-」と表示している。

表 4-55 導入可能性評価結果（南日本）

建物用途	非住宅																		住宅						外構			
	事務所			商業施設			学校			病院			ホテル			福祉施設			戸建			集合			駐車場など			
使用用途	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	融雪
①熱負荷	太陽熱																											
	地中熱																											
	バイオマス熱																											
	雪氷熱	1	1	2	2	1	3	1	1	1	3	2	3	3	2	3	3	2	3	2	2	1	2	2	1	1		
	下水熱																											
	温泉熱																											
	河川熱																											
	海水熱																											
②負荷への温度適正	太陽熱	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3		
	地中熱	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	3		
	バイオマス熱	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3		
	雪氷熱	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1		
	下水熱	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	温泉熱	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3		
	河川熱	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	海水熱	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
③地域特性	太陽熱																			3								
	地中熱																			3								
	バイオマス熱																			2								
	雪氷熱																			1								
	下水熱																			2								
	温泉熱																			1								
	河川熱																			1								
	海水熱																			1								
①②③合計	太陽熱	7	7	-	8	7	-	7	7	-	9	8	-	9	8	-	9	8	-	8	8	-	8	8	-	-		
	地中熱	-	6	7	-	6	8	-	6	6	-	7	8	-	7	8	-	7	8	-	7	6	-	7	6	-		
	バイオマス熱	6	6	-	7	6	-	6	6	-	8	7	-	8	7	-	8	7	-	7	7	-	7	7	-	-		
	雪氷熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	下水熱	5	5	6	6	5	7	5	5	5	7	6	7	7	6	7	7	6	7	6	6	5	6	6	5	-		
	温泉熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	河川熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	海水熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

※②または③の評価結果が1点の場合、合計は「-」と表示している。

表 4-56 有望分野の特定結果

建物用途	非住宅																		住宅						外構				
	事務所			商業施設			学校			病院			ホテル			福祉施設			戸建			集合			駐車場 など				
想定規模*	約 10,000 m ²			約 14,000 m ²			約 15,000 m ²			約 20,000 m ²			約 10,000 m ²			約 3,000 m ²			1 世帯			100 世帯			—				
使用用途	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	給湯	暖房	冷房	融雪	
北日本	太陽熱	○	○	-	○	○	-	○	○	-	◎	◎	-	◎	○	-	◎	◎	-	◎	◎	-	◎	◎	-	◎	◎	-	○
	地中熱	-	○	△	-	○	△	-	○	△	-	○	△	-	○	△	-	○	△	-	○	△	-	○	△	-	○	△	○
	バイオマス熱	△	○	-	○	○	-	△	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○
	雪氷熱	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-
	下水熱	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	○	△	△	○	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	△	△
中日本	太陽熱	○	○	-	○	○	-	○	○	-	◎	○	-	◎	○	-	◎	○	-	◎	○	-	◎	○	-	◎	○	-	-
	地中熱		○	○	-	△	○	-	○	△	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	△	-	○	△	-	○	△	-
	バイオマス熱	△	○	-	○	△	-	△	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	-
	雪氷熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	下水熱	△	△	△	△	△	○	△	△	△	○	△	○	○	△	△	○	△	○	○	△	△	○	△	△	○	△	△	-
南日本	太陽熱	○	○	-	○	○	-	○	○	-	◎	○	-	◎	○	-	◎	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	-
	地中熱		△	○	-	△	○	-	△	△	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	△	-	○	△	-	○	△	-
	バイオマス熱	△	△	-	○	△	-	△	△	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	-	-
	雪氷熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	下水熱	△	△	△	△	△	○	△	△	△	○	△	○	○	△	○	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	-

凡例：表 4-53～表 4-55 における評価結果が、9 点：◎、7～8 点：○、5～6 点△、評価対象外：—

※各建物用途の想定規模については、「平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説」のサンプルを基に設定

(2) 熱需要に対する供給可能比率の試算

(1)で検討した有望分野において、実際に再生可能エネルギー熱の導入を行う際には、建物の熱需要のうち、どの程度を再生可能エネルギー熱によって賄うことができるかに関する情報が参考となると考えられる。そこで、建物用途別、熱利用用途別の熱需要に対して、再生可能エネルギー熱採熱設備等の現実的な設置規模を想定し、各再生可能エネルギー熱の導入によって賄うことができる比率（供給可能比率）について試算を行った。

1) 試算の前提

供給可能比率の算出式は以下のとおりである。

供給可能比率 (%)
= (D) 再生可能エネルギー熱による現実的な供給可能熱量 / (A) 熱需要
= (C) 再生可能エネルギー熱採熱設備等の現実的な設置規模 / (B) 熱需要を全て賄うために必要な設備の設置規模

(A) ~ (D) の各パラメータについては以下のとおり算出した。

パラメータ	算出方法																								
(A) 熱需要	図 4-9、図 4-11 で示した各地域、各建物用途の値を使用した。																								
(B) 熱需要を全て賄うために必要な設備の設置規模	再生可能エネルギー熱の種類別に下式から算出した。 <ul style="list-style-type: none"> 熱需要：(A) において設定した値 延床面積、採熱量、年間運転時間、住宅における最大熱負荷：参照 <p>【非住宅】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>再生可能エネルギー熱</th> <th>算出式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>太陽熱</td> <td>熱需要 (MJ/m²・年) × 延床面積 (m²) / 採熱量 (MJ/m²・h) / 年間運転時間 (h/年)</td> </tr> <tr> <td>地中熱</td> <td>熱需要 (MJ/m²・年) × 延床面積 (m²) / 採熱量 (MJ/m²・h) / 年間運転時間 (h/年)</td> </tr> <tr> <td>バイオマス熱</td> <td>熱需要 (MJ/m²・年) × 延床面積 (m²) / 採熱量 (MJ/t)</td> </tr> <tr> <td>雪氷熱</td> <td>熱需要 (MJ/m²・年) × 延床面積 (m²) / 採熱量 (MJ/t)</td> </tr> <tr> <td>下水熱</td> <td>熱需要 (MJ/m²・年) × 延床面積 (m²) / 採熱量 (MJ/m²・h) / 年間運転時間 (h/年)</td> </tr> </tbody> </table> <p>【住宅】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>再生可能エネルギー熱</th> <th>算出式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>太陽熱</td> <td>最大熱負荷 (W/m²) × 0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m²/世帯) / 採熱量 (MJ/m²・h)</td> </tr> <tr> <td>地中熱</td> <td>最大熱負荷 (W/m²) × 0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m²/世帯) / 採熱量 (MJ/m²・h)</td> </tr> <tr> <td>バイオマス熱</td> <td>熱需要 (MJ/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)</td> </tr> <tr> <td>雪氷熱</td> <td>熱需要 (MJ/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)</td> </tr> <tr> <td>下水熱</td> <td>最大熱負荷 (W/m²) × 0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m²/世帯) / 採熱量 (MJ/m²・h)</td> </tr> </tbody> </table>	再生可能エネルギー熱	算出式	太陽熱	熱需要 (MJ/m ² ・年) × 延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年)	地中熱	熱需要 (MJ/m ² ・年) × 延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年)	バイオマス熱	熱需要 (MJ/m ² ・年) × 延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/t)	雪氷熱	熱需要 (MJ/m ² ・年) × 延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/t)	下水熱	熱需要 (MJ/m ² ・年) × 延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年)	再生可能エネルギー熱	算出式	太陽熱	最大熱負荷 (W/m ²) × 0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h)	地中熱	最大熱負荷 (W/m ²) × 0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h)	バイオマス熱	熱需要 (MJ/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)	雪氷熱	熱需要 (MJ/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)	下水熱	最大熱負荷 (W/m ²) × 0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h)
再生可能エネルギー熱	算出式																								
太陽熱	熱需要 (MJ/m ² ・年) × 延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年)																								
地中熱	熱需要 (MJ/m ² ・年) × 延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年)																								
バイオマス熱	熱需要 (MJ/m ² ・年) × 延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/t)																								
雪氷熱	熱需要 (MJ/m ² ・年) × 延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/t)																								
下水熱	熱需要 (MJ/m ² ・年) × 延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年)																								
再生可能エネルギー熱	算出式																								
太陽熱	最大熱負荷 (W/m ²) × 0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h)																								
地中熱	最大熱負荷 (W/m ²) × 0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h)																								
バイオマス熱	熱需要 (MJ/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)																								
雪氷熱	熱需要 (MJ/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)																								
下水熱	最大熱負荷 (W/m ²) × 0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h)																								

<p>(C) 再生可能エネルギー熱採熱設備等の現実的な設置規模</p>	<p>建物用途ごとに想定したモデル^{*1}から下表のとおり設定した。ただし、地中熱、下水熱については、実際には再生可能エネルギー熱だけで熱需要を賄うことはできず、ヒートポンプを活用することとなるため、ヒートポンプの稼働に必要なエネルギーの比率を除いた値 (1-1/COP^{*2}) を乗じて算出した。</p> <p>※1「平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説」のサンプルを基に設定</p> <p>※2 ヒートポンプの性能曲線より設定 (出湯温度: 給湯 60℃、暖房 45℃、冷房 7℃と想定)</p>																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>再生可能エネルギー熱</th> <th>現実的な設置規模</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>太陽熱</td> <td>学校以外については建築面積 (屋根面積) の 30% に設置可能であると想定。 学校については建築面積 (屋根面積) の 60% に設置可能であると想定。</td> </tr> <tr> <td>地中熱</td> <td>深さ 100m の杭を 16m² ピッチで杭を打つと仮定し、最大杭本数の 80% に熱交換器を設置すると想定。 ただし、実事例において最大杭本数が約 120 本程度であったことから、建築面積限界値を 2000m² (=120×16) とした。</td> </tr> <tr> <td>バイオマス熱</td> <td>延床面積の約 20% を機械室と想定し、そのうちの 3% を占める設備倉庫をペレット倉庫と想定。</td> </tr> <tr> <td>雪氷熱</td> <td>延床面積の約 20% を機械室と想定し、そのうちの 3% を占める設備倉庫を貯雪庫と想定。</td> </tr> <tr> <td>下水熱</td> <td>隣接建物における下水管路からの採熱量に影響を与えない範囲での、単一建物での採熱可能管路長さとして 100m と想定。</td> </tr> </tbody> </table>	再生可能エネルギー熱	現実的な設置規模	太陽熱	学校以外については建築面積 (屋根面積) の 30% に設置可能であると想定。 学校については建築面積 (屋根面積) の 60% に設置可能であると想定。	地中熱	深さ 100m の杭を 16m ² ピッチで杭を打つと仮定し、最大杭本数の 80% に熱交換器を設置すると想定。 ただし、実事例において最大杭本数が約 120 本程度であったことから、建築面積限界値を 2000m ² (=120×16) とした。	バイオマス熱	延床面積の約 20% を機械室と想定し、そのうちの 3% を占める設備倉庫をペレット倉庫と想定。	雪氷熱	延床面積の約 20% を機械室と想定し、そのうちの 3% を占める設備倉庫を貯雪庫と想定。	下水熱	隣接建物における下水管路からの採熱量に影響を与えない範囲での、単一建物での採熱可能管路長さとして 100m と想定。												
	再生可能エネルギー熱	現実的な設置規模																							
	太陽熱	学校以外については建築面積 (屋根面積) の 30% に設置可能であると想定。 学校については建築面積 (屋根面積) の 60% に設置可能であると想定。																							
	地中熱	深さ 100m の杭を 16m ² ピッチで杭を打つと仮定し、最大杭本数の 80% に熱交換器を設置すると想定。 ただし、実事例において最大杭本数が約 120 本程度であったことから、建築面積限界値を 2000m ² (=120×16) とした。																							
	バイオマス熱	延床面積の約 20% を機械室と想定し、そのうちの 3% を占める設備倉庫をペレット倉庫と想定。																							
	雪氷熱	延床面積の約 20% を機械室と想定し、そのうちの 3% を占める設備倉庫を貯雪庫と想定。																							
	下水熱	隣接建物における下水管路からの採熱量に影響を与えない範囲での、単一建物での採熱可能管路長さとして 100m と想定。																							
<p>(D) 再生可能エネルギー熱による現実的な供給可能熱量</p>	<p>(B) の算出式を下式のように熱量を求める式に変形し、(C) の現実的な設置規模を代入することで算出した。</p> <p>【非住宅】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>再生可能エネルギー熱</th> <th>供給可能熱量の算出式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>太陽熱</td> <td>現実的な設置規模 (m²) / (延床面積 (m²) / 採熱量 (MJ/m²・h) / 年間運転時間 (h/年))</td> </tr> <tr> <td>地中熱</td> <td>現実的な設置規模 (m) / (延床面積 (m²) / 採熱量 (MJ/m²・h) / 年間運転時間 (h/年))</td> </tr> <tr> <td>バイオマス熱</td> <td>現実的な設置規模 (t/年) / (延床面積 (m²) / 採熱量 (MJ/t))</td> </tr> <tr> <td>雪氷熱</td> <td>現実的な設置規模 (t/年) / (延床面積 (m²) / 採熱量 (MJ/t))</td> </tr> <tr> <td>下水熱</td> <td>現実的な設置規模 (m) / (延床面積 (m²) / 採熱量 (MJ/m²・h) / 年間運転時間 (h/年))</td> </tr> </tbody> </table> <p>【住宅】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>再生可能エネルギー熱</th> <th>供給可能熱量の算出式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>太陽熱</td> <td>現実的な設置規模 (m²/世帯) / (0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m²/世帯) / 採熱量 (MJ/m²・h))</td> </tr> <tr> <td>地中熱</td> <td>現実的な設置規模 (m/世帯) / (0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m²/世帯) / 採熱量 (MJ/m²・h))</td> </tr> <tr> <td>バイオマス熱</td> <td>現実的な設置規模 (t/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)</td> </tr> <tr> <td>雪氷熱</td> <td>現実的な設置規模 (t/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)</td> </tr> <tr> <td>下水熱</td> <td>現実的な設置規模 (m/世帯) / (0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m²/世帯) / 採熱量 (MJ/m²・h))</td> </tr> </tbody> </table>	再生可能エネルギー熱	供給可能熱量の算出式	太陽熱	現実的な設置規模 (m ²) / (延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年))	地中熱	現実的な設置規模 (m) / (延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年))	バイオマス熱	現実的な設置規模 (t/年) / (延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/t))	雪氷熱	現実的な設置規模 (t/年) / (延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/t))	下水熱	現実的な設置規模 (m) / (延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年))	再生可能エネルギー熱	供給可能熱量の算出式	太陽熱	現実的な設置規模 (m ² /世帯) / (0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h))	地中熱	現実的な設置規模 (m/世帯) / (0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h))	バイオマス熱	現実的な設置規模 (t/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)	雪氷熱	現実的な設置規模 (t/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)	下水熱	現実的な設置規模 (m/世帯) / (0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h))
再生可能エネルギー熱	供給可能熱量の算出式																								
太陽熱	現実的な設置規模 (m ²) / (延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年))																								
地中熱	現実的な設置規模 (m) / (延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年))																								
バイオマス熱	現実的な設置規模 (t/年) / (延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/t))																								
雪氷熱	現実的な設置規模 (t/年) / (延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/t))																								
下水熱	現実的な設置規模 (m) / (延床面積 (m ²) / 採熱量 (MJ/m ² ・h) / 年間運転時間 (h/年))																								
再生可能エネルギー熱	供給可能熱量の算出式																								
太陽熱	現実的な設置規模 (m ² /世帯) / (0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h))																								
地中熱	現実的な設置規模 (m/世帯) / (0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h))																								
バイオマス熱	現実的な設置規模 (t/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)																								
雪氷熱	現実的な設置規模 (t/世帯・年) / 採熱量 (MJ/t)																								
下水熱	現実的な設置規模 (m/世帯) / (0.0036 (MJ/Wh) × 1 世帯当たり延床面積 (m ² /世帯) / 採熱量 (MJ/m ² ・h))																								

また、(B)における算出式のパラメータとして、延床面積、住宅における最大熱負荷、採熱量、年間運転時間については表 4-57～表 4-58 に示すとおり設定した。

表 4-57 建物用途別の延床面積の設定

建物用途	延床面積
事務所	約 10,000m ²
商業施設	約 14,000m ² (飲食店+物販店)
学校	約 15,000m ²
病院	約 20,000m ²
ホテル	約 10,000m ²
福祉施設	約 3,000m ²
戸建住宅	約 100m ² /世帯
集合住宅	約 10,000m ² (100 世帯)

出所) 平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説

表 4-58 住宅における最大熱負荷の設定

地域	地域補正係数	用途	最大熱負荷 W/m ² ・h	最大熱負荷 MJ/世帯・年
北日本	-	給湯	18	6
	1.5	暖房	51	18
	0.8	冷房	37	13
中日本	-	給湯	18	6.5
	1.0	暖房	34	12
	1.0	冷房	46	16.6
南日本	-	給湯	18	6
	0.5	暖房	17	6
	1.1	冷房	51	18

出所) 地域冷暖房技術手引書 [改訂第 4 版]

表 4-59 再生可能エネルギー熱別の採熱量の設定

再生可能エネルギー熱	採熱量の設定方法												
太陽熱	<ul style="list-style-type: none"> 集熱器の集熱効率は 40 (%) と想定した。 日射量は NEDO「日射量データベース閲覧システム」より下表のとおり想定した。 												
	地域	北日本				中日本				南日本			
	日射量参照先	札幌				東京				福岡			
	季節	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
	日射量 kWh/m ² 日	4.59	4.56	3.41	2.70	4.17	3.78	3.21	3.77	2.90	4.48	4.49	3.90
採熱量 kWh/m ² 日	1.84	1.82	1.36	1.08	1.67	1.51	1.28	1.51	1.16	1.79	1.80	1.56	
採熱量 MJ/m ² ・h	<u>0.28</u>	<u>0.27</u>	<u>0.20</u>	<u>0.16</u>	<u>0.25</u>	<u>0.23</u>	<u>0.19</u>	<u>0.23</u>	<u>0.17</u>	<u>0.27</u>	<u>0.27</u>	<u>0.23</u>	
地中熱	<ul style="list-style-type: none"> 温度効率は 60 (%)、熱通過率は 11.5 (W/m²・K) と想定した。 地中温度等については下表のとおり想定した。 												
	地域	暖房				冷房							
		地中温度	熱源水 出口温度	熱源水 入口温度	採熱量 MJ/m ² ・h	地中温度	熱源水 出口温度	熱源水 入口温度	採熱量 MJ/m ² ・h				
	北日本	10	7	8.8	<u>0.07</u>	10	20	14	<u>0.25</u>				
	中日本	16	7	12.4	<u>0.22</u>	16	20	17.6	<u>0.10</u>				
南日本	18	7	13.6	<u>0.27</u>	18	20	18.8	<u>0.05</u>					
バイオマス熱	木質ペレットの単位発熱量を 4200 (kcal/kg) (高位発熱量基準) と想定し、下記の単位換算から設定した。(株式会社森のエネルギー研究所「木質バイオマスボイラー導入指針」より) $4200 \text{ (kcal/kg)} \times 4.186/1000 = \underline{17.581} \text{ (MJ/kg)}$ ※地域、季節、用途によらず一律とする												
雪氷熱	雪の保有熱量を 378 (kJ/kg) と想定し、下記の単位換算から設定した。(氷の融解熱 336 (kJ/kg) に融解水が 10 度まで上昇する顕熱量 42 (kJ/kg) を合算) $378 \text{ (kJ/kg)} / 1000 = \underline{0.378} \text{ (MJ/kg)}$ ※北日本、夏季、冷房を想定												
下水熱	<ul style="list-style-type: none"> 温度効率は 60 (%)、熱交換量は 194 (W/m²・K) と想定した。 下水温度等については下表のとおり想定した。 給湯は年間利用のため冬期 (暖房) と夏期 (冷房) の採熱量の平均値とした。 												
	地域	暖房				冷房							
		下水温度	熱源水 出口温度	熱源水 入口温度	採熱量 MJ/m ² ・h	地中温度	熱源水 出口温度	熱源水 入口温度	採熱量 MJ/m ² ・h				
	北日本	16	7	12.4	<u>3.77</u>	22.3	30	25.38	<u>3.23</u>				
	中日本	20	7	14.8	<u>5.45</u>	26	30	27.6	<u>1.68</u>				
南日本	21	7	15.4	<u>5.87</u>	26	30	27.6	<u>1.68</u>					

※各再生可能エネルギー熱について下線部の数値を採熱量として設定している。

表 4-60 建物用途・熱利用用途別の年間運転時間の設定

建物用途	熱利用用途	運転期間	開始時間	終了時間	総運転時間（年間）			備考
					北日本	中日本	南日本	
事務所	給湯	年間（平日のみ）	9	19	2450			
	暖房	冬期、中間期半分（平日のみ）	7	20	2268	1580	1098	
	冷房	夏期、中間期半分（平日のみ）	7	20	790	1606	2087	
商業施設	給湯	年間（全日）	8	22	5110			
	暖房	冬期（全日）	9	22	2277	1586	1206	
	冷房	夏期、中間期半分（全日）	9	22	1168	2373	3431	冷房は冬期もあるが微小のため除く
病院	給湯	年間（全日）	0	24	8760			
	暖房	冬期、中間期半分（全日）	0	24	6289	4380	3020	
	冷房	夏期、中間期半分（全日）	0	24	2156	4380	5740	
ホテル	給湯	年間（全日）	0	24	8760			
	暖房	冬期、中間期半分（全日）	0	24	6289	4380	3020	
	冷房	夏期、中間期半分（全日）	0	24	2156	4380	5740	冷房は冬期もあるが微小のため除く
学校	給湯	年間（平日のみ）	7	15	1960			
	暖房	冬期（平日のみ）	7	17	1192	830	631	
	冷房	夏期（平日のみ）	7	17	418	850	1229	
福祉施設	給湯	年間（全日）	0	24	8760			
	暖房	冬期、中間期半分（全日）	0	24	6289	4380	3020	
	冷房	夏期、中間期半分（全日）	0	24	2156	4380	5740	

出所) 学校を除く建物用途の運転期間は「地域冷暖房技術手引書〔改訂第4版〕」より設定、学校は平日のみ運転と想定

開始時刻・終了時刻は「The BEST Program」より設定

※季節については、冬期：12月、1月～3月、中間期：4月、5月、10月、11月 夏季：6月～9月と想定

※地域別運転時間は、暖房・冷房デグリーデーより、中日本を基準とし北日本、南日本の比率を算出

2) 試算結果

以上より、建物用途ごとに再生可能エネルギー熱の供給可能比率を表 4-62～表 4-69 以降に整理した。また、建物用途ごとに試算結果の特徴を整理した結果を表 4-61 に示す。

表 4-61 建物用途別の再生可能エネルギー熱供給可能比率の特徴

建物用途	特徴
事務所	<ul style="list-style-type: none"> 給湯については、太陽熱は地域によらず有望であると考えられ、9割程度以上の需要を賄うことが可能である。 空調については、暖房ではバイオマス熱の供給可能比率が高いものの、暖房・冷房ともに活用できる地中熱も有望である。
商業施設	<ul style="list-style-type: none"> 今回想定したような飲食店を含む商業施設は給湯需要が他の用途に比べて大きく、最も大きな比率を賄うことができるバイオマス熱であっても5割程度である。 空調については、暖房では太陽熱は地域によらず有望であるが、地中熱やバイオマス熱の方が供給可能比率は高い。冷房時には地中熱が有望であるが、暖房時ほどの比率を賄うことはできない。
学校	<ul style="list-style-type: none"> 学校は特に中日本、南日本においては他の用途に比べて全体的に熱需要が小さく、空調については地中熱で暖房の8割程度を賄うことができる。また、今回の試算では冷房については需要が少ないため対象としていないが、学校における冷房の導入が今後進んだ場合には、地中熱利用によってその需要を賄うことも想定される。
病院	<ul style="list-style-type: none"> 病院は病室の温度環境を管理するという面から空調の熱需要が他の用途よりも大きく、供給可能比率は再生可能エネルギー熱の種類によって異なるものの、様々な再生可能エネルギー熱の活用を想定することができる。 空調については冷暖房に活用可能な地中熱が有望であると考えられるが、給湯については太陽熱、バイオマス熱、下水熱などの活用も有望である。
ホテル	<ul style="list-style-type: none"> ホテルは今回想定した建物用途の中で最も給湯需要が大きい用途であり、どの再生可能エネルギー熱を活用しても5割には満たない。 一方、空調については病院ほどの需要はなく、地中熱やバイオマス熱によって暖房で7~10割、冷房も中日本であれば7割程度を賄うことができる。
福祉施設	<ul style="list-style-type: none"> 福祉施設も比較的熱需要の大きい建物用途であり、病院やホテルと同様に様々な再生可能エネルギー熱の活用が想定される。 また、福祉施設は比較的low層の建物が多く、太陽熱や地中熱などの延床面積に対する建築面積の比率が大きいほど効果的な再生可能エネルギー熱が有望であると考えられる。特に冷房においては地中熱で7~8割を供給可能であり、他の用途と比較しても非常に大きくなっている。
戸建住宅	<ul style="list-style-type: none"> 戸建住宅の空調については、地域によって違いはあるものの地中熱、バイオマス熱、下水熱などによって5割以上の熱を供給可能である。給湯についてはバイオマスであれば10割ではあるが、地中熱であっても5割以上となっている。
集合住宅	<ul style="list-style-type: none"> 集合住宅は戸建て住宅に比べて一戸当たりの面積が小さくなることから、供給可能比率は小さくなる傾向にあるが、有望な分野としては概ね共通している。

(3) 試算結果の活用イメージ

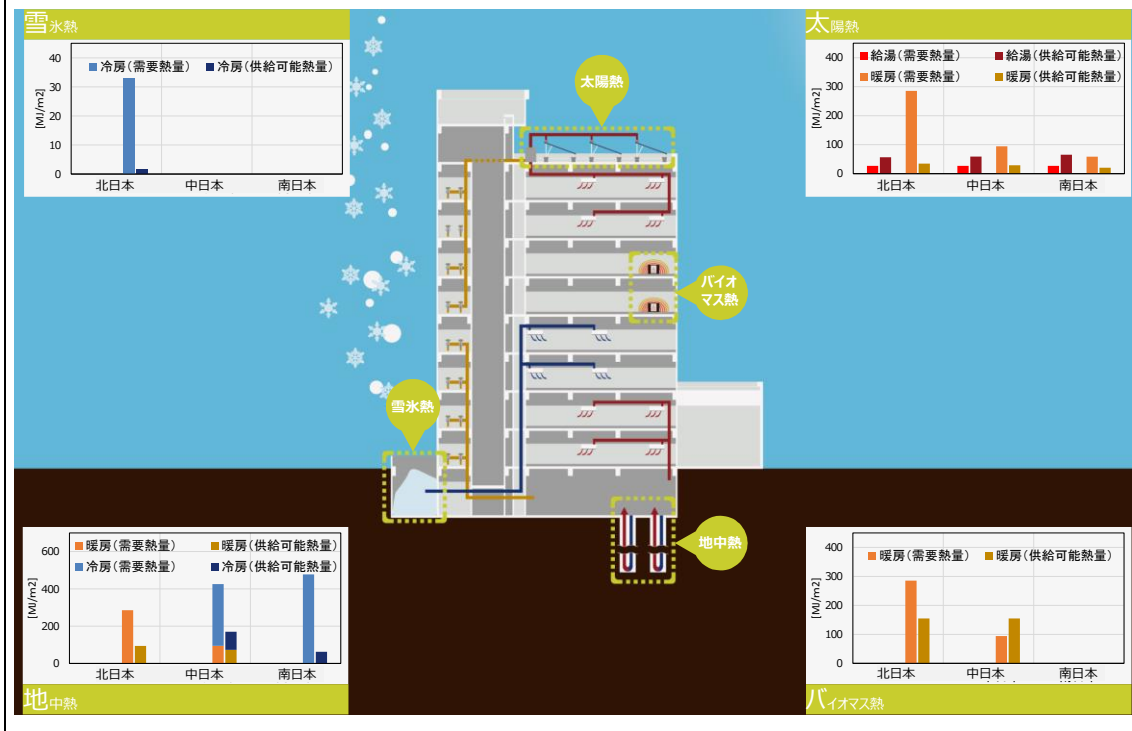
この試算結果の活用イメージとしては以下のような内容が想定される。

- 地域別、建築物の用途別、熱の用途別に再生可能エネルギー熱の導入に関する適否を評価し、各再生可能エネルギー熱の有望分野を建物オーナーや設計者などに示すことで、当該分野における意識啓発を図るとともに、費用対効果の高い取組を推進することができると考えられる。
- また、実際に再生可能エネルギー熱の導入を検討する際には、当該再生可能エネルギー熱の導入によって熱需要の何割程度を賄うことができるのかといった規模感や、それぞれの特徴を認識しておくことが重要である。
- 今回の試算はあくまでも様々な仮定をおいたモデル試算による比率ではあるが、再生可能エネルギー熱の種類を選択や、建物全体のうち、どの部分（例えば、エントランス部分、共用部分等）の熱需要を賄うことが可能かの検討等に関する参考情報として活用することができると考えられる。
- このような情報について、例えばガイドライン等を通じて周知を行うことで再生可能エネルギー熱の導入促進に資するものになりうると考えられる。

表 4-62 事務所（10,000m²）における供給可能比率

【設置規模】		北日本			中日本			南日本		
①:現実的な設置可能量		①	②	③	①	②	③	①	②	③
②:熱需要全量を賅うための必要量										
③:熱需要のうち再エネ熱で供給可能な比率										
太陽熱	●給湯	442m ²	209m ²	100%	442m ²	201m ²	100%	442m ²	181m ²	100%
	●暖房	442m ²	3,651m ²	12%	442m ²	1,440m ²	31%	442m ²	1,252m ²	35%
地中熱	●暖房	5,567m	16,881m	33%	2,063m	2,670m	77%	-	-	-
	●冷房	-	-	-	6,094m	20,738m	29%	6,024m	46,032m	13%
バイオマス熱	●給湯	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	●暖房	88t/年	162t/年	54%	88t/年	15t/年	100%	-	-	-
雪氷熱	●冷房	38t/年	863t/年	4%	-	-	-	-	-	-
	●給湯	-	-	-	-	-	-	-	-	-
下水熱	●暖房	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	●冷房	-	-	-	-	-	-	-	-	-

【熱量】		北日本			中日本			南日本		
①:現実的な供給可能熱量		①	②	③	①	②	③	①	②	③
②:熱需要										
③:熱需要のうち再エネ熱で供給可能な比率										
太陽熱	●給湯	57MJ/m ²	27MJ/m ²	100%	59MJ/m ²	27MJ/m ²	100%	65MJ/m ²	27MJ/m ²	100%
	●暖房	35MJ/m ²	285MJ/m ²	12%	29MJ/m ²	94MJ/m ²	31%	21MJ/m ²	58MJ/m ²	35%
地中熱	●暖房	94MJ/m ²	285MJ/m ²	33%	73MJ/m ²	94MJ/m ²	77%	-	-	-
	●冷房	-	-	-	97MJ/m ²	331MJ/m ²	29%	62MJ/m ²	478MJ/m ²	13%
バイオマス熱	●給湯	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	●暖房	155MJ/m ²	285MJ/m ²	54%	155MJ/m ²	94MJ/m ²	100%	-	-	-
雪氷熱	●冷房	1MJ/m ²	33MJ/m ²	4%	-	-	-	-	-	-
	●給湯	-	-	-	-	-	-	-	-	-
下水熱	●暖房	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	●冷房	-	-	-	-	-	-	-	-	-



※表 4-56 において◎または○となった分野のみ示す

表 4-63 商業施設 (14,000m²) における供給可能比率



表 4-64 学校 (15,000m²) における供給可能比率



表 4-65 病院 (20,000m²) における供給可能比率



表 4-66 ホテル（10,000m²）における供給可能比率



※表 4-56 において◎または○となった分野のみ示す

表 4-67 福祉施設 (3,000m²) における供給可能比率

【設置規模】		北日本			中日本			南日本		
①:現実的な設置規模	②:熱需要全量を賅うために必要な設置規模	①	②	③	①	②	③	①	②	③
③:供給可能比率										
太陽熱	●給湯	300m ²	759m ²	40%	300m ²	539m ²	56%	300m ²	517m ²	58%
	●暖房	300m ²	2052m ²	15%	300m ²	515m ²	58%	300m ²	431m ²	70%
地中熱	●給湯	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	●暖房	3372m ²	4459m ²	76%	403m ²	521m ²	77%	287m ²	369m ²	78%
バイオマス熱	●給湯	-	-	-	2270m ²	2743m ²	83%	4091m ²	5826m ²	70%
	●暖房	26t/年	82t/年	32%	26t/年	61t/年	43%	26t/年	65t/年	41%
雪氷熱	●給湯	26t/年	119t/年	22%	26t/年	29t/年	91%	26t/年	19t/年	100%
	●冷房	11t/年	422t/年	3%	-	-	-	-	-	-
下水熱	●給湯	33m ²	47m ²	70%	24m ²	34m ²	71%	25m ²	34m ²	72%
	●暖房	69m ²	88m ²	78%	-	-	-	-	-	-
	●冷房	-	-	-	78m ²	163m ²	48%	78m ²	173m ²	45%

【熱量】		北日本			中日本			南日本		
①:現実的な供給可能熱量	②:熱需要	①	②	③	①	②	③	①	②	③
③:供給可能比率										
太陽熱	●給湯	191MJ/m ²	483MJ/m ²	40%	198MJ/m ²	357MJ/m ²	56%	220MJ/m ²	380MJ/m ²	58%
	●暖房	118MJ/m ²	697MJ/m ²	17%	98MJ/m ²	170MJ/m ²	58%	77MJ/m ²	112MJ/m ²	68%
地中熱	●給湯	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	●暖房	527MJ/m ²	697MJ/m ²	76%	131MJ/m ²	170MJ/m ²	77%	87MJ/m ²	112MJ/m ²	78%
バイオマス熱	●給湯	-	-	-	155m ²	357m ²	43%	155MJ/m ²	380MJ/m ²	41%
	●暖房	155MJ/m ²	697MJ/m ²	22%	155MJ/m ²	170MJ/m ²	91%	155MJ/m ²	112MJ/m ²	100%
雪氷熱	●冷房	1MJ/m ²	53MJ/m ²	3%	-	-	-	-	-	-
	●給湯	337MJ/m ²	483MJ/m ²	70%	255MJ/m ²	357MJ/m ²	71%	274MJ/m ²	380MJ/m ²	72%
下水熱	●暖房	542MJ/m ²	697MJ/m ²	78%	-	-	-	-	-	-
	●冷房	-	-	-	190MJ/m ²	398MJ/m ²	48%	275MJ/m ²	611MJ/m ²	45%



※表 4-56 において◎または○となった分野のみ示す

表 4-68 戸建住宅（1世帯）における供給可能比率

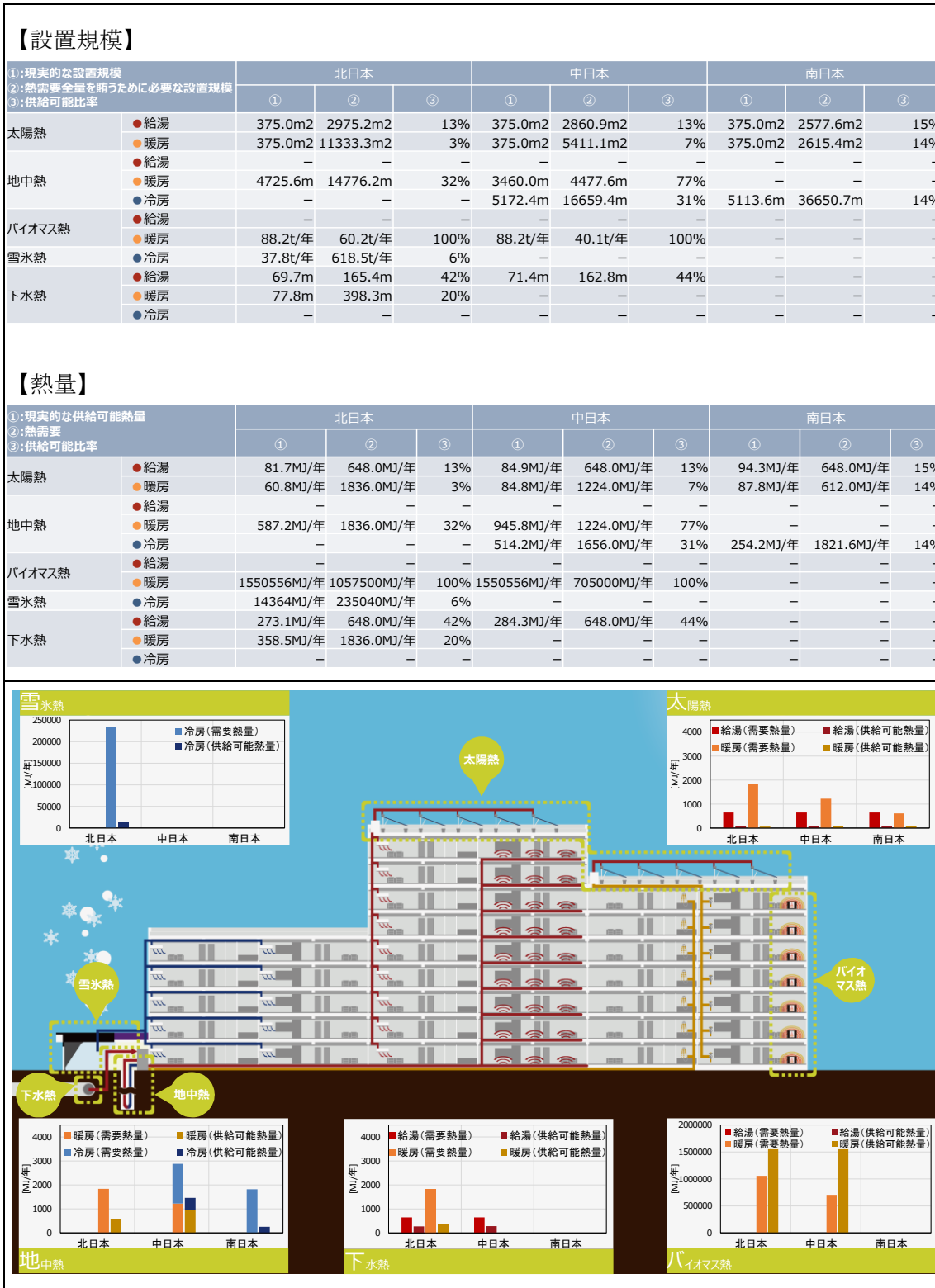
【設置規模】		北日本			中日本			南日本		
①:現実的な設置規模		①	②	③	①	②	③	①	②	③
②:熱需要全量を賅うために必要な設置規模										
③:供給可能比率										
太陽熱	●給湯	15.0m ²	29.8m ²	50%	15.0m ²	28.6m ²	52%	15.0m ²	25.8m ²	58%
	○暖房	15.0m ²	113.3m ²	13%	15.0m ²	54.1m ²	28%	15.0m ²	26.2m ²	57%
地中熱	●給湯	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	○暖房	111.7m	147.8m	76%	34.6m	44.8m	77%	-	-	-
バイオマス熱	●給湯	-	-	-	-	-	-	204.5m	366.5m	56%
	○暖房	0.9t/年	0.8t/年	100%	0.9t/年	0.8t/年	100%	-	-	-
雪氷熱	●給湯	0.9t/年	0.6t/年	100%	0.9t/年	0.42t/年	100%	-	-	-
	○暖房	0.4t/年	6.2t/年	6%	-	-	-	-	-	-
下水熱	●給湯	1.2m	1.7m	70%	1.2m	1.6m	71%	-	-	-
	○暖房	3.1m	4.0m	78%	-	-	-	-	-	-
	●冷房	-	-	-	-	-	-	-	-	-

【熱量】		北日本			中日本			南日本		
①:現実的な供給可能熱量		①	②	③	①	②	③	①	②	③
②:熱需要										
③:供給可能比率										
太陽熱	●給湯	3.3MJ/年	6.5MJ/年	50%	3.4MJ/年	6.5MJ/年	52%	3.8MJ/年	6.5MJ/年	58%
	○暖房	2.4MJ/年	18.4MJ/年	13%	3.4MJ/年	12.2MJ/年	28%	3.5MJ/年	6.1MJ/年	57%
地中熱	●給湯	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	○暖房	13.9MJ/年	18.4MJ/年	76%	9.5MJ/年	12.2MJ/年	77%	-	-	-
バイオマス熱	●給湯	-	-	-	13.7MJ/年	16.6MJ/年	83%	10.2MJ/年	18.2MJ/年	56%
	○暖房	15506MJ/年	13265MJ/年	100%	15506MJ/年	13265MJ/年	100%	-	-	-
雪氷熱	●給湯	15506MJ/年	10575MJ/年	100%	15506MJ/年	7050MJ/年	100%	-	-	-
	○暖房	143.64MJ/年	2350.4MJ/年	6%	-	-	-	-	-	-
下水熱	●給湯	4.5MJ/年	6.5MJ/年	70%	4.6MJ/年	6.5MJ/年	71%	-	-	-
	○暖房	14.3MJ/年	18.4MJ/年	78%	-	-	-	-	-	-
	●冷房	-	-	-	-	-	-	-	-	-



※表 4-56 において◎または○となった分野のみ示す

表 4-69 集合住宅（100 世帯）における供給可能比率



※表 4-56 において◎または○となった分野のみ示す

4.3 再生可能エネルギー熱の普及施策案

4.3.1 建物に着目した再生可能エネルギー熱の普及施策事例

(1) 調査対象の事例

建物に着目した再生可能エネルギー熱普及施策について、諸外国や地方公共団体における事例をとりまとめた。事例調査の対象は表 4-70 のとおりである。

表 4-70 建物に着目した再生可能エネルギー熱普及施策に関する事例調査の対象

	国・地域	施策事例	概要
海外	ドイツ	再生可能エネルギー熱法における再生可能エネルギー熱導入義務	50m ² 以上の新築建物（賃貸も含む）に対する省エネ・再生可能エネルギー導入義務付け
	韓国	再生可能エネルギーの公共機関建物への設置義務	新築公共建築物に対する再生可能エネルギー導入義務付け
国内	東京都	省エネ・再生可能エネルギー東京仕様	新築公共建物に対する省エネ・再生可能エネルギー等導入義務
	京都府・京都市	地球温暖化対策条例に規定する特定建築物の義務規定	一定規模以上の新增築に対する再生可能エネルギー導入義務付け
	長野県	建築物環境エネルギー性能検討制度・自然エネルギー導入検討制度	10m ² 以上の新築に対する自然エネルギー導入の検討義務付け

(2) 再生可能エネルギー熱法における再生可能エネルギー熱導入義務（ドイツ）

1) 法律の概要

ドイツの再生可能エネルギー熱の導入促進施策「再生可能エネルギー熱法（Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz）」（2009年施行、2011年改正）では、再生可能エネルギーの利用を促し、温室効果ガスの排出を削減することが目的である。2014年時点では、熱の最終エネルギー消費量に占める再生可能エネルギー熱の割合は12%だが、同法では2020年までに14%とすることを目指している。

同法により、新築建築物の所有者に対し、再生可能エネルギー熱の導入を義務付けている。エネルギーが冷暖房に使用され、かつ50m²以上の延床面積を有する新築建築物が対象となる。導入する再生可能エネルギーの種類あるいは技術は、太陽熱や地熱、ヒートポンプ（大気・水）、バイオマス（植物油・バイオガス・木質ペレット等）であり、どれを選択するかは対象者に委ねられている。少なくとも建築物の熱需要の50%をこれらの再生可能エネルギーにより供給することが義務づけられている。ただし、義務履行が難しい場合や再生可能エネルギーの利用が適切ではない場合、廃熱利用やコージェネレーションシステムの利用、断熱の強化等によって代替することが認められている。

同法の概要は表 4-71 のとおりである。

表 4-71 再生可能エネルギー熱法の概要

項目	詳細													
対象者	新築建築物の所有者													
対象建築物	<ul style="list-style-type: none"> エネルギーを冷暖房に使用かつ50m²以上の有効面積を有する建築物 大規模改修工事を予定している既築の公共建築物 ※除外要件あり													
対象エネルギー種・技術	<ul style="list-style-type: none"> 太陽熱、地熱、ヒートポンプ（大気・水）、バイオマス（植物油・バイオガス・木質ペレット等）の中から自由に選択 ※代替手段による履行可（例：断熱の強化、地域熱供給との接続（再生可能エネルギーの利用あるいはCHPや廃熱による供給）等													
達成基準	エネルギー源・技術	達成基準												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>新築建築物</th> <th>公共建築物の改修</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>太陽熱</td> <td colspan="2">15%又は利用面積あたりの太陽熱集熱器の設置 ※二世帯以下の家屋：0.04m²の太陽熱集熱器 ※三世帯以上の集合住宅：0.03 m²の太陽熱集熱器</td> </tr> <tr> <td>地熱、ヒートポンプ（大気・水）、固形・液体バイオマス</td> <td>50%</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>バイオガス</td> <td>30%</td> <td>25%</td> </tr> </tbody> </table>		新築建築物	公共建築物の改修	太陽熱	15%又は利用面積あたりの太陽熱集熱器の設置 ※二世帯以下の家屋：0.04m ² の太陽熱集熱器 ※三世帯以上の集合住宅：0.03 m ² の太陽熱集熱器		地熱、ヒートポンプ（大気・水）、固形・液体バイオマス	50%	15%	バイオガス	30%	25%
		新築建築物	公共建築物の改修											
	太陽熱	15%又は利用面積あたりの太陽熱集熱器の設置 ※二世帯以下の家屋：0.04m ² の太陽熱集熱器 ※三世帯以上の集合住宅：0.03 m ² の太陽熱集熱器												
地熱、ヒートポンプ（大気・水）、固形・液体バイオマス	50%	15%												
バイオガス	30%	25%												
太陽熱	15%又は利用面積あたりの太陽熱集熱器の設置 ※二世帯以下の家屋：0.04m ² の太陽熱集熱器 ※三世帯以上の集合住宅：0.03 m ² の太陽熱集熱器													
地熱、ヒートポンプ（大気・水）、固形・液体バイオマス	50%	15%												
バイオガス	30%	25%												
罰則	<ul style="list-style-type: none"> 証明書の不提出、提出期限への遅れ...50,000€以下の罰金 証明書類を5年間保存していなかった場合...20,000€以下の罰金 													

出所) 再生可能エネルギー熱法

2) 法律の施行実績

再生可能エネルギー熱法では、法律の履行状況を定期的に連邦政府が連邦議会へ報告することになっている。第1回の進捗報告は、2012年だったが、最新の進捗報告として第2回の報告が2015年11月に公表された。

第2回の進捗報告書によれば、再生可能エネルギー冷熱の消費量は、気候条件の影響を除き、2008～2013年に約33%増加したとされている。熱需要に占める再生可能エネルギーの比率は、同法発効前の2008年の8.5%から2013年には12.2%に増加している。利用された再生可能エネルギー熱種としては、バイオマス燃料が最も多く、太陽熱とヒートポンプの利用も数年で大幅に伸びている。

新築建築物の義務履行に関する報告は表4-72のとおりである、同報告によれば、2014年における新築建築物の承認件数138,375件のうち、19,789件は義務対象外であった。義務対象となる118,586件の新築建築物のうち、168,263件の義務履行措置の報告があった。再生可能エネルギー（熱・冷熱）を利用した件数は93,564件であった。代替措置の場合、省エネ基準達成が34,149件、廃熱利用設備が25,536件、地域熱供給の利用10,136件、コジェネレーション設備の利用が3,326件であった。

表 4-72 2014年に建築承認された新築建築物の義務履行に関する報告

	住宅	非住宅	合計
建築承認件数	111,610	26,765	138,375
義務履行措置報告件数	153,925	14,338	168,263
再生可能エネルギー熱利用	87,724	5,131	92,855
再生可能エネルギー冷熱利用	589	120	709
共同熱供給	1,336	216	1,552
コジェネレーション設備利用	2,852	474	3,326
廃熱利用	22,474	3,062	25,536
省エネルギー令の義務履行	30,415	3,734	34,149
地域熱供給	8,535	1,601	10,136
義務対象外件数	3,332	16,457	19,789
義務対象から除外される建物	3,068	14,457	17,525
例外または免除規定適用	264	2,000	2,264

出所) 連邦経済・エネルギー省, “Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)” より作成

新築住宅に設置された暖房構成の推移によれば、ヒートポンプや木材が近年増加しており、2014年にはヒートポンプが約3割、木材が約1割に達している(図4-39)。

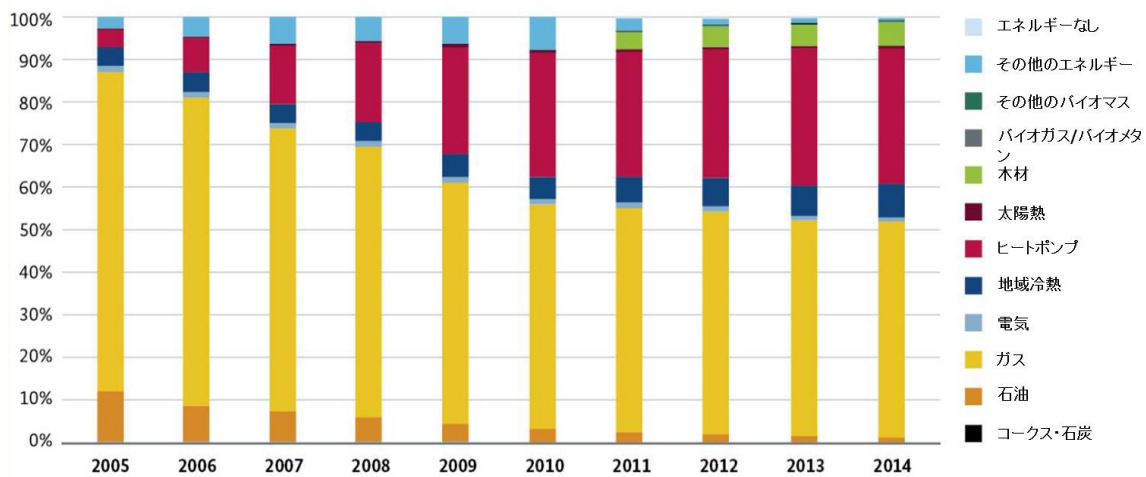


図 4-39 新築住宅に設置された暖房構成の推移

出所) 連邦経済・エネルギー省, “Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)”より作成

2015年の進捗報告書では、再生可能エネルギー熱法の施行実績や課題を踏まえ、表 4-73 のとおり提言している。本報告書によれば、各機器のシステム効率基準の設定や引上げ、出力変動に対応可能なヒートポンプの追加を検討すべき、等の提言がされている。

表 4-73 再生可能エネルギー熱法に関する進捗報告書（2015年）における提言（抜粋）

項目	詳細
全般	<ul style="list-style-type: none"> 複数世帯住宅における再生可能エネルギー利用が少ないため、義務対象の検証をすべきである。
太陽エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電電力による給湯利用について、原則として<u>システムの効率性に関する最低基準の設定</u>について検討すべきである。 太陽熱利用設備については、再生可能エネルギー熱法で規定された最低導入比率を満たしているのか、証明を行う義務要件の追加を検討すべきである。
バイオマス	<ul style="list-style-type: none"> <u>ボイラ効率の最低要件の引き上げを検討すべき</u>である。
ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> <u>出力変動に対して、電力需給調整可能なヒートポンプを義務達成基準に含めるべきか、検討すべき</u>である。 全ヒートポンプを対象として、最新及び過去のエネルギー効率を表示するデジタルディスプレイを備えることを義務要件とすべきか、要検討である。 季節性能係数（SPF）の要件が適切であるか検証し、引き上げるべきか検討すべきである。
代替措置	<ul style="list-style-type: none"> 地域熱供給の利用により義務履行をする場合、再生可能エネルギー熱の最低比率要件を採用するか、検討すべきである。

出所) 連邦経済・エネルギー省, “Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)”より作成

(3) 再生可能エネルギーの公共機関建物への設置義務（韓国）

韓国では、「新エネルギーと再生可能エネルギーの開発・利用・普及促進法」に基づき、新築または増築、改築する公共建築物（延床面積 1,000m² 以上）に対し、建築物全体のエネルギー消費量のうち、再生可能エネルギー導入を一定率以上義務付けている。再生可能エネルギーの導入率としては、2016 年には 18%、2020 年には 30% を義務付けている。

表 4-74 新エネルギーと再生可能エネルギーの開発・利用・普及促進法の概要

項目	詳細									
対象施設	延床面積 1,000m ² 以上の公共建築物（新築、増築、改築）									
再生可能エネルギー導入率	建物全体のエネルギー予測消費量のうち再生可能エネルギーを以下の義務率以上導入する									
	該当年	2011-2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	再生可能エネルギー導入義務率 (%)	10	11	12	15	18	21	24	27	30
法律	「新エネルギーと再生可能エネルギーの開発・利用・普及促進法」第 12 条第 2 項及び同法施行令第 15 条 新・再生可能エネルギー設備の支援等に関する規定第 44 条（産業通商資源部第 2015-34 号）									
法令の変更点	<ul style="list-style-type: none"> 新エネルギーと再生可能エネルギーの開発・利用・普及促進法 施行（2004 年） 増築や改築も対象に含めるように変更（2009 年） 基準を建築工事費からエネルギー消費量に変更（2011 年） 対象となる建築物の延床面積を 3,000 m² から 1,000 m² へ変更（2012 年） 再生可能エネルギーの義務率を上方修正（2015 年） 									
提出件数	2,202 件（2004～2012 年）									

出所) Korea Energy Agency (http://www.energy.or.kr/renew_eng/new/obligatory.aspx)

(4) 省エネ・再エネ東京仕様（東京都）

東京都では、「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例」（平成12年東京都条例第215号）に基づいた「東京都建築物環境配慮指針」により、大規模特定建築主に対し、「建築物環境計画書」の作成を義務付けている。また、「2020年までに東京のエネルギー消費量を2000年比で20%削減」という目標を達成するために、都有建築物での熱負荷の低減や省エネ・再生可能エネルギー設備の導入を図る「省エネ・再エネ東京仕様」を策定している。

省エネ・再エネ東京仕様の概要は表4-75のとおりである。これらの仕様を達成し、エネルギー消費量を6割削減するイメージを図4-40に示す。

表 4-75 「省エネ・再エネ東京仕様」の概要

項目	詳細
対象施設	都有建築物（庁舎、学校、病院、研究所、福祉関係施設、職業能力開発センター）の改築等
環境配慮として取るべき措置	① 建築物の熱負荷抑制 ② 設備システムの高効率化 ③ 再生可能エネルギーの活用
環境性能の目標水準	「東京都建築物環境配慮指針」における1～3の3段階のうち最高評価である「3」
対象となる再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 「東京都建築物環境配慮指針」の評価基準の細区分「再生可能エネルギーの直接利用」又は「再生可能エネルギーの変換利用」における段階3相当の再生可能エネルギー利用設備を導入する。 以下の技術項目のうち、★は配慮事項、●は原則導入、□は施設の特性、立地状況に応じて導入としている。 <ul style="list-style-type: none"> ★自然採光 ★自然通風 □クール・ヒートピット、クール・ヒートチューブ、クール・ヒートレンチ（学校は対象外） ●太陽光発電設備（体育館は□） □太陽熱利用設備（病院は●） □バイオマス利用設備（学校は対象外） □地中熱利用ヒートポンプ（体育館は対象外）

出所) 東京都「省エネ・再エネ東京仕様」

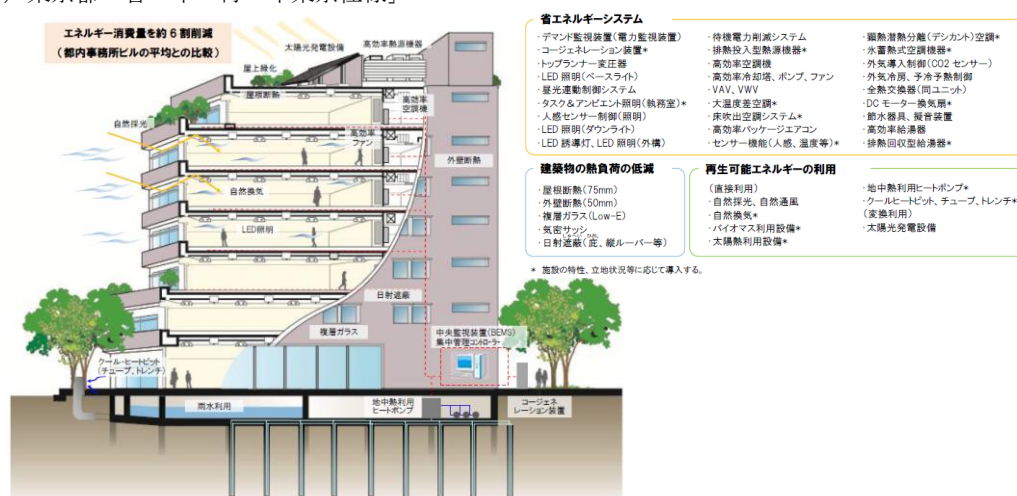


図 4-40 省エネ・再エネ東京仕様の達成イメージ（庁舎 3,000m²）

出所) 東京都「省エネ・再エネ東京仕様」

(5) 地球温暖化対策条例に規定する特定建築物の義務規定（京都府・京都市）

1) 特定建築物排出量計画・報告・公表制度（京都府）

京都府では、「特定建築物排出量計画・報告・公表制度」に基づき、特定建築主に対し、延床面積 2,000 m²以上の新築・増築建築物に対して、再生可能エネルギーの導入を義務化している。本制度の概要は表 4-76 のとおりである。

表 4-76 京都府の「特定建築物排出量計画・報告・公表制度」の概要

項目	詳細
対象施設	延床面積 2,000m ² 以上の新築建築物あるいは増築部分の床面積が 2,000 m ² 以上である既築建築物
業務内容	<ul style="list-style-type: none"> 特定建築物への再生可能エネルギー利用設備（電気・熱）の導入を義務付け 導入義務量は一次消費エネルギー換算で 30,000MJ/年以上 ※建築物の規模に関わらず一律の導入量
対象となる再生可能エネルギー設備	太陽光発電、太陽熱利用設備、小型風力設備、バイオマスボイラ等

出所) 京都府地球温暖化対策条例施行規則

実績報告によれば、平成 25、26 年度に特定建築物へ導入された再生可能エネルギーは、太陽光（73 件、88%）、バイオマス（3 件、4%）となっている。実績については図 4-41 のとおりである。

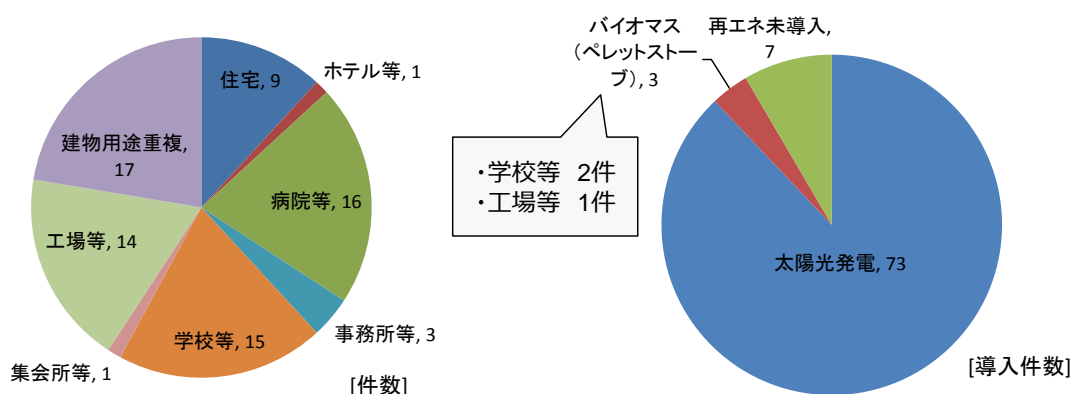


図 4-41 京都府特定建築物排出量計画・報告・公表制度に基づく平成 25・26 年度提出件数の建物用途別内訳（左）、再生可能エネルギー種別導入件数（右）

出所) 京都市 建築物排出量削減計画書の公表

2) 京都市地球温暖化対策条例（京都市）

京都市では、京都府の「特定建築物排出量計画・報告・公表制度」と同様に、京都市地球温暖化対策条例を制定している。本条例では、特定建築主に対し、特定建築物又はその敷地に熱量換算年間 30,000MJ 以上の再生可能エネルギー利用設備の導入を義務化している。本条例の概要は表 4-77 のとおりである。

表 4-77 京都市の「京都市地球温暖化対策条例」の概要

項目	詳細
義務量	熱量換算で年間 30,000MJ 以上
対象となる再生可能エネルギー設備	エネルギー変換利用：太陽光、太陽熱、バイオマス、風力発電、水力発電、地熱発電 エネルギー直接利用：自然採光、温度差利用

建築物排出量削減計画書の公表によれば、導入された再生可能エネルギーは太陽光発電設備が大多数を占める（107 件, 96%）。実績については図 4-42 のとおりである。

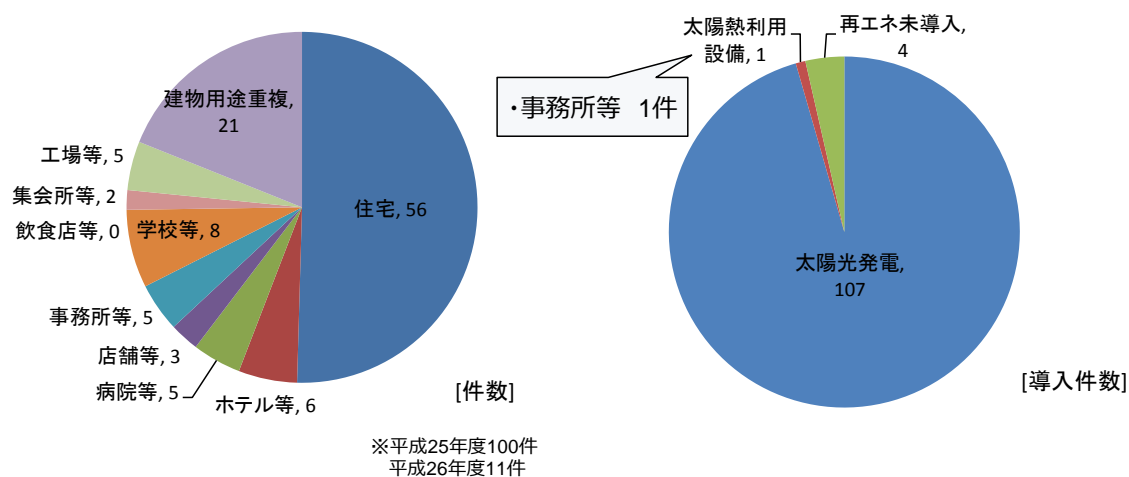


図 4-42 京都市地球温暖化対策条例に基づく平成 25・26 年度提出件数の建物用途別内訳（左）、再生可能エネルギー種別導入件数（右）

出所) 京都市 建築物排出量削減計画書の公表

(6) 建築物環境エネルギー性能検討制度・自然エネルギー導入検討制度（長野県）

長野県では、「建築物環境エネルギー性能検討制度・自然エネルギー導入検討制度」を設けている。本制度では、新築建築物を建てる際、再生可能エネルギー設備の導入検討を義務付けている。新築建築物の床面積 10m² 以上の場合が対象となり、対象者が幅広い点が特徴である。

表 4-78 建築物環境エネルギー性能検討制度・自然エネルギー導入検討制度の概要

区分	詳細							
対象者と内容	<ul style="list-style-type: none"> 建築主（再生可能エネルギー設備の導入を検討する必要性） 設計・建築事業者（建築主に対して再生可能エネルギー設備の係る情報提供を行う必要性） 							
対象者に求められる対応	<ul style="list-style-type: none"> 大規模な建物（床面積 2,000m² 以上）の場合は、検討結果を「建築物環境エネルギー性能計画届出書」として県（地方事務所等）に届け出る必要がある。 特に大規模な建物（床面積 10,000 m² 以上）の場合、未利用エネルギーの有効活用を検討し、届出書式に付記する必要がある。 							
義務	建築物環境エネルギー性能検討制度				建築物自然エネルギー性能検討制度			
	床面積の合計	性能検討義務	性能表記の努力義務	検討結果の提出義務	自然エネルギー検討義務	設備表示の努力義務	検討結果の届出義務	未利用エネルギー検討義務
	10,000m ² 以上	○	○	○	○	○	○	○
	2,000m ² ~ 10,000m ² 未満	○	○	○	○	○	○	—
	300m ² ~ 2,000m ² 未満	○	○ (戸建住宅を除く)	—	○	○ (戸建住宅を除く)	—	—
	10m ² 超 ~ 300m ² 未満	○ (平成 27 年 4 月 1 日 ~)	—	—	○ (平成 27 年 4 月 1 日 ~)	—	—	—
	10m ² 以下、文化財、仮設、冷暖房などなし	—	—	—	—	—	—	—

○：義務 —：義務なし

出所) 長野県 地球温暖化対策条例

また、長野県では、本制度に対応するためのマニュアルを整備し、再生可能エネルギーの導入に関する基礎的な情報を提供している（図 4-43）。例えば、本マニュアルでは、導入先の住宅・事業用建物別に応じた適切な再生可能エネルギーを選択するための検討フロー図を用意している。

目次

I 本マニュアルの目的と利用方法	1
II 長野県の特徴	4
1. 多様な気候特性	4
1-1 気温・日較差	4
1-2 降水量	5
1-3 日照時間	5
1-4 積雪量	6
2. 設備・住宅に関する地域特性	6
2-1 エアコン普及率	6
2-2 省エネルギー設備等	7
2-3 住宅特性	8
3. 気候と住宅のまとめ	8
III 自然エネルギーの導入	9
1. 住宅用の建物	10
1-1 エネルギー利用の観点	13
1-2 自然エネルギー導入の観点	23
2. 事業用の建物	28
2-1 エネルギー利用の観点	33
2-2 自然エネルギー導入の観点	41
IV 設備の解説	46
1. 高効率建築設備	46
1-1 空気調和設備	46
1-2 給湯設備	47
1-3 換気設備	49
1-4 照明設備	50
1-5 コージェネレーション設備	51
2. 自然エネルギー設備	53
2-1 太陽熱	53
2-2 太陽光	56
2-3 バイオマス熱	59
2-4 地中熱	63
2-5 温水熱	66
資料	68

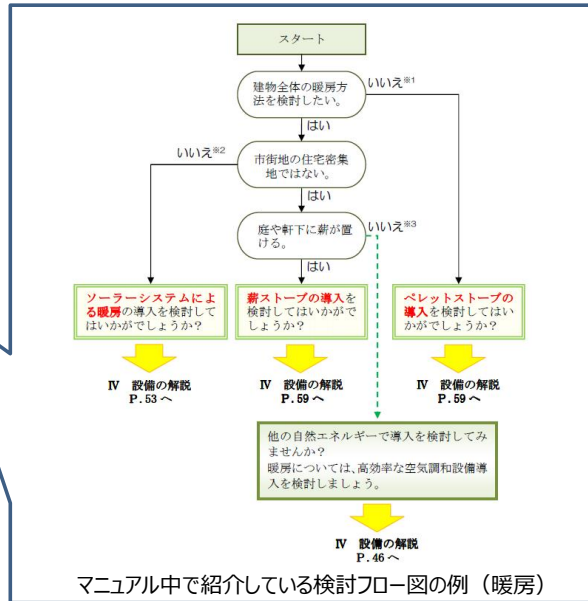


図 4-43 「建築物自然エネルギー導入マニュアル」の目次と検討フローの例
出所) 長野県 地球温暖化対策条例「建築物自然エネルギー導入マニュアル」

(7) まとめ

以上の各施策事例における義務の対象や内容を図 4-44 にて整理した。再生可能エネルギー導入の義務対象となる建物としては、公共建築物が多く、さらに新築の公共建築物については対象となっていることが多い。再生可能エネルギー熱に限定した制度は少なく、再生可能エネルギー電気や省エネルギーと組み合わせた制度が多い。

建物への再生可能エネルギーや省エネルギー技術の導入、あるいは導入の検討等を義務付ける施策が実施されている。施策の目的としては、低炭素化の促進や再生可能エネルギーの普及等、率先的導入や意識啓発等、各施策によって異なり、義務の対象や内容も様々である。

長野県の再生可能エネルギーの導入義務を検討する制度では、10m² 以上の新築建築物が対象となるため、対象が幅広い。再生可能エネルギーの導入に必要な知識の習熟度も対象者の幅広さに応じて差があると想定されるが、長野県ではそれを補うために情報提供施策を打ち出している。対象者を幅広く設定するのであれば、情報提供施策も組み合わせることが有効であると考えられる。

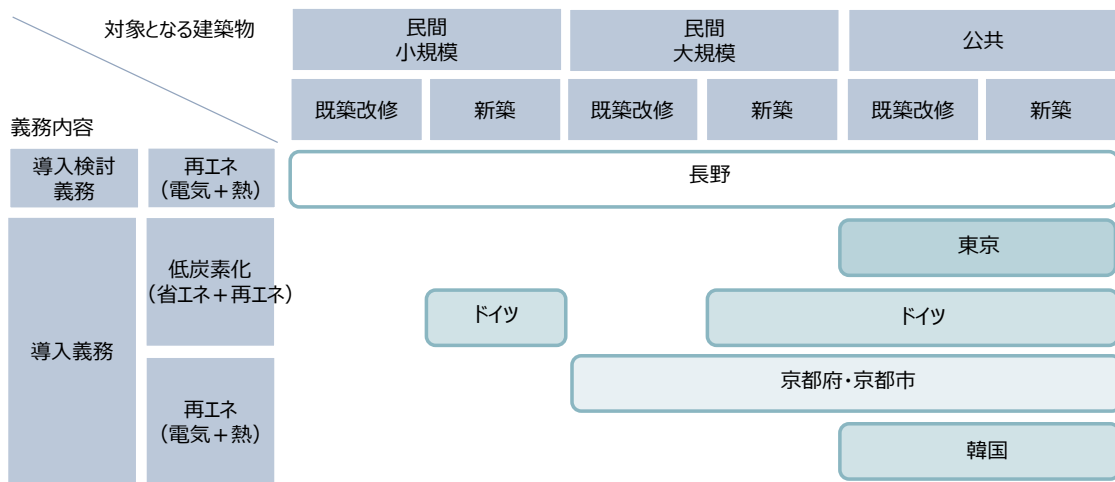


図 4-44 各施策事例における義務の対象や内容

注) 図中の項目の色の濃さは相対的な義務の強度を示す

(8) (参考) 中国における太陽熱利用と太陽光発電

中国は、太陽熱利用設備の導入も拡大していると同時に、近年では近年世界一の太陽光発電導入国である。ヒートポンプ式給湯機との競合も生じ、農村の住宅等、小規模需要家向け太陽熱利用設備の導入は縮小しつつあり、新設建物への導入を義務付ける地方政府の制度が導入を支援している。太陽熱導入義務の例としては、北京市では、建法〔2012〕3号「北京市太阳能热水系统城镇建筑应用管理办法」により、「住宅、ホテル、学校、学校、病院、プール等で、工場排熱・廃熱利用で給湯需要を賄えない場合は、太陽熱温水システムを導入しなければならない」とされている。

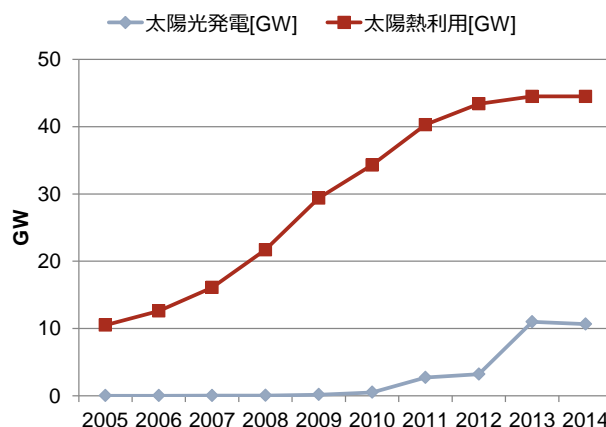


図 4-45 中国の太陽光発電・太陽熱利用の新規導入量

出所) 太陽光：IEA PVPS “Trends 2015 in Photovoltaic Application”, 2015

太陽熱：IEA SHC “Solar Heat Worldwide”, 2015 ただし 2014 年実績のみ REN21

※太陽熱利用は unglazed 方式（主にプールの加温に使われる）を除く

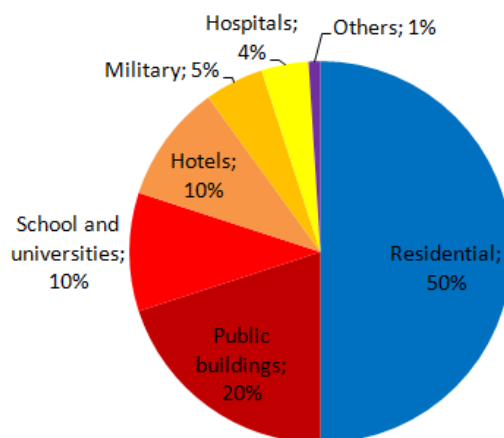


図 4-46 中国の太陽熱利用の新規導入内訳 (2013年、集熱面積ベース)

出所) “China: Engineering Segment Drives Solar Thermal Market,” Solar Thermal World, 27 August 2014

4.3.2 再生可能エネルギー熱の普及施策案

(1) 再生可能エネルギー熱の自立的普及における要件と課題の整理

再生可能エネルギー熱の自立的普及を最終目標として、再生可能エネルギー熱導入に係る主体（設備製造者、設計・施工者、需要家）ごとに、自立的普及が可能となる要件及び関連課題を整理した。また、その課題解決のための施策案を政策手法（規制的手法・情報的手法・経済的手法）ごとに検討を行った。

これを表 4-79 に示す。

表 4-79 再生可能エネルギー熱普及の要件と支援施策案

再生可能エネルギー熱普及の要件		関連する課題（例）	解決のための施策（例）			
			経済的手法	情報的手法	規制的手法	その他
設備製造者が継続的に生産や技術開発への投資ができる	一定規模の市場が長期的に見込める	<ul style="list-style-type: none"> 需要がないためメーカーは技術開発に投資することができない 国・自治体による普及に向けた計画づくり、導入目標の設定がなく、導入への気運がない 	補助金による市場創出	野心的な目標の提示	導入義務付けによる市場創出	地方自治体・国による率先導入
	設計・施工者が適切なシステムの提案ができる	<ul style="list-style-type: none"> 現行の省エネ法 Web プログラムでは適切に評価されない 		省エネ Web プログラムの改善 補助金事業等を活用したデータ収集		
	設計・施工者が技術を認知している	<ul style="list-style-type: none"> 提案段階で再生可能エネルギー熱利用技術が候補に挙がらない 		普及啓発	導入検討義務付け	地方自治体・国による率先導入（再掲）
	設計・施工者にその能力・ノウハウがある	<ul style="list-style-type: none"> 設計・運用、導入にあたっての行政手続きなどに関するガイドライン・ルールが整備されていない 		ガイドライン・ルールの整備		
需要家にとってメリットが感じられる	需要家の建物・設備に導入可能である	<ul style="list-style-type: none"> 既設建物への導入が困難 		省エネ診断の推進		
	導入者が技術を認知している	<ul style="list-style-type: none"> 消費者の認知度・意識が低い 		普及啓発	導入検討義務付け（再掲）	
	導入者にとってメリットがある	<ul style="list-style-type: none"> 十分な光熱費削減がある その他価値が実感できる 	<ul style="list-style-type: none"> 追加的な設備が必要となることからインシヤルコストは必然的に高くなる 工事費の占める比率が高くコスト削減には限界がある 	補助金、再生可能エネルギー熱価値の金銭的評価制度	有望分野（光熱費削減効果が大きい例）の提示	
	メンテナンスの負担が少ない	<ul style="list-style-type: none"> 海外製品が多い機器については、日本の気象条件に合わせた制御が難しい 	技術開発への支援	ガイドライン・ルールの整備		

(2) 普及施策検討にあたっての論点

再生可能エネルギー熱の普及にあたっては、表 4-79 に挙げたような個別の課題を解決しつつ、各要件を達成することが必要であるが、個別の施策を検討する前段階として、再生可能エネルギー熱の位置づけに関する、次の論点についての検討を行った。

1) 「再生可能エネルギー熱」の政策の打ち出し方

a. 「再生可能エネルギー電気・熱」共通施策の是非

再生可能エネルギー熱の利用の導入可否やその CO2 削減効果は、当該建物の設備や熱源システムに深く依存する。このため、当該建物や地域の熱源システムとは独立に設置でき、独立に効果を発揮する再生可能エネルギー発電技術よりも、省エネルギー・エネルギー効率向上技術に類似している（表 4-80）。この点に着目すれば、「再生可能エネルギー熱」を、「建物の低炭素化」の一つの重要な手段として整理し、政策を打ち出すことが考えられる。例えば、ドイツにおける建物の再生可能エネルギー熱義務制度では、再生可能エネルギー熱の導入の代替手段として、断熱の強化等の省エネルギー策を認めている。

一方で、「再生可能エネルギー電気」と合わせて、「再生可能エネルギー」として訴求するほうが、需要家にとって環境価値を感じやすい、不動産価値向上に寄与する、との意見も聞かれた。この点からは、「再生可能エネルギー熱」の支援策は、「再生可能エネルギー電気」と共通した政策を打ち出すことが考えられる。例えば英国では、再生可能エネルギー熱に対して、「熱版 FIT」とも言える固定価格支払制度⁶³を導入している。

表 4-80 再生可能エネルギー熱の特徴

	再生可能エネルギー電気	再生可能エネルギー熱	省エネルギー
導入者	系統で広範囲に送配電可能なため、需要家が導入する必要はない	熱の送・配・受方法は限られているため、需要家の導入が中心	需要家
導入判断	建物への熱源システムとは独立に選択・導入される	建物の熱源システムに従属して選択・導入される	同左
設備の特徴	パッケージ化されている	パッケージ化されているものもあるが、建物の構造や熱源システムの設計自体に強く関係するものもある	同左
CO2 削減効果	どこに導入されても、概ね、同量の系統電力を置換することにより CO2 削減と見なせる	建物の熱源システム、置換したエネルギー源によって削減効果が異なる	同左
利用に伴う付加価値	使用者にとっては系統電力と違いはない	熱量では換算できない価値（冷暖房方式の変化による快適性の変化等）が生じることがある	同左

⁶³ 英国の固定価格支払制度については、参考資料参照。

これを踏まえ、「再生可能エネルギー熱」を、「再生可能エネルギーとして支援」することを重視するか、「建物に対する省エネ対策の1つとして支援」することを重視するかについて、その利点・課題、具体的な施策例を表 4-81 のとおり整理した。

表 4-81 再生可能エネルギー熱を、再生可能エネルギーとして支援することと、建物に対する省エネ対策の1つとして支援することの比較

	再生可能エネルギーとして支援	建物に対する省エネ対策の1つとして支援
利点	<ul style="list-style-type: none"> 「再生可能エネルギー」と銘打つことで、特別な訴求力を持つ可能性がある 再生可能エネルギー利用目標（「最終消費の X%」等）と比較が容易になる 	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー熱の要件を厳密に定義する必要がない 建物の低炭素化をパッケージとして進める施策が適用できる 建物単位で使用エネルギー量を計測すればよいため、効果の把握が比較的容易となる
課題	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー熱の要件を定める必要があるが、従来省エネ等と考えられていた技術の位置づけを、整合性を確保しつつ再整理する必要がある（例：大気熱利用、温泉熱直接利用等） 再生可能エネルギー熱の計量を行わなければ、導入量・導入効果の把握が比較的困難 再生可能エネルギー熱利用は、我が国の「総合エネルギー統計」上で省エネとして扱われているものもあり（太陽熱・バイオマス熱のみ計上）、整合について検討が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 「再生可能エネルギー」としての訴求力には期待できなくなる 既存の省エネ・エネルギー効率向上策との競合にさらされる
施策の例（補助制度の場合）	<ul style="list-style-type: none"> 既存の「再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業」のように、再生可能エネルギーと位置付けて支援（供給した熱の量の把握が必要） 	<ul style="list-style-type: none"> 例えば「エネルギー使用合理化等事業者支援補助金」において、建物に対する効率的な熱供給技術の1つとして支援（エネルギー消費量の把握により効果を推計）

b. 「再生可能エネルギー熱」の一体化支援施策の是非

再生可能エネルギー電気が急速に普及することになったきっかけは、固定価格買取制度によって事業性が向上したことにより、発電事業者としての参入が増加したことであった。一方、再生可能エネルギー熱を事業として供給することは、熱の搬送可能性から技術的にも限定的であると考えられるため、再生可能エネルギー熱の自立的な普及のためには、需要家自身が導入のメリットを感じる事が重要である。

再生可能エネルギー熱には、共通して低炭素化への貢献というメリットはあるものの、現状では、各技術の成熟度や今後のコスト低下の可能性、経済性以外のメリットの生じ方は、再生可能エネルギー熱の種類によって大きく異なる。再生可能エネルギー熱の種類別の訴

求可能性を表 4-82 に示す。再生可能エネルギー熱を一体的に対象とする支援制度を導入するのではなく、このような個別の訴求力を伸長させるような支援施策に注力することが考えられる。

一方で、現在は再生可能エネルギー熱自体への関心が低いため、その関心を高めるために、個別の施策のみではなく、再生可能エネルギー熱を一体的に対象とするような制度を導入することが考えられる。例えば英国における再生可能エネルギー熱に対する固定価格支払制度のような制度を検討することも考えられる。

表 4-82 再生可能エネルギー熱種類別の訴求可能性

	経済性の訴求可能性	熱の質の面での訴求可能性	その他の面での訴求可能性
太陽熱	量産効果によりコストが低減すれば、エネルギー料金削減メリットが評価されるようになる	太陽熱のパッシブ利用による暖房を好む需要家がより増える	「スローライフ」として太陽熱給湯器が見直される
地中熱等未利用熱(空調)	技術開発や市場拡大によりコスト低減・性能向上すれば、エネルギー料金削減メリットが評価されるようになる	(再生可能エネルギー熱を利用しているという以外では、従来の大気熱利用との違いはない)	(同左)
地中熱(融雪)			メンテナンスやランニングコストの負担が少ない融雪が可能となり、利便性が高まる
バイオマス熱	(燃料費部分が大きく、コスト低減には限界)	バイオマス利用による暖房を好む需要家がより増える	バイオマス利用が地域振興につながる
全般	—	—	再エネ利用やエネルギー効率向上が不動産価値向上につながる

これを踏まえ、「再生可能エネルギー熱」を、「再生可能エネルギー熱として一体的に支援」することを重視するか、「それぞれの特徴に応じて個別に支援」することを重視するかについて、その利点・課題、具体的な施策例を表 4-83 のとおり整理した。

表 4-83 再生可能エネルギー熱を、再生可能エネルギー熱として一体的に支援することと、それぞれの特徴に応じて個別に支援することの比較

	再生可能エネルギー熱として一体的に支援	それぞれの特徴に応じて個別に支援
利点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 需要家にとって技術選択の自由度が生まれやすい ・ 「再生可能エネルギー熱」と銘打つことで、特別な訴求力を持つ可能性がある ・ 一体化施策の例である固定価格買取制度は、再生可能エネルギー電気には功を奏した 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再生可能エネルギー熱を厳密に定義する必要がない ・ 個別の特徴に応じた支援が可能
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再生可能エネルギー熱の要件を定める必要があるが、従来省エネ等と考えられていた技術の位置づけを、整合性を確保しつつ再整理する必要がある（例：大気熱利用、温泉熱直接利用等） ・ 再生可能エネルギー電気と熱では状況が異なる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再生可能エネルギー熱という概念が普及しない
施策の例	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一律に、一定の要件を満たす新築建築物に対する導入義務を課す（ただし技術選択は、地域条件等に応じて需要家が行う） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 種類別の訴求可能性に着目し、地域や用途も考慮した上で、需要家の関心を惹く支援を個別に講じる

2) 政策が熱源選択システムに踏み込むことの是非

現在、建物の低炭素化に関して様々な施策が実施されているが、将来の大幅な低炭素化可能性の観点が含まれているものは少ない。建物における熱源システム（ここでは利用するエネルギーそのものや、それを利用して建物の熱需要を満たす供給を行う設備）は、いったん選択すると変更が困難であるが、これらが短期的な視点により選択されることにより、長期的な低炭素化の可能性が限定されてしまう可能性（これを「ロックイン」と呼ぶ）がある。例えば、2050年の大幅な低炭素化のためには、電気の低炭素化を前提として、民生部門における大幅な電化が必要であるとの分析⁶⁴もある。このため、新築建物については熱源システムの選択自体を誘導しつつ、その中での再生可能エネルギー熱の利用を可能な範囲で進めていく方向性が考えられる。ただし、特定のエネルギー源や技術・設備のみを優遇することになるため、慎重な検討が必要である。

一方で、建物の低炭素化に向けた包括的な施策（ZEB・ZEH推進等）を実施しつつ、熱源システムの選択は引き続き各建物に委ねるという考え方もある。各事業者が創意工夫し、それぞれが扱う熱源システムに対応した低炭素化技術パッケージを提示することで、新築建物に加えて、既築建物への波及も期待できる。

⁶⁴ 環境省 気候変動長期戦略懇談会第1回資料「2050年を見据えた温室効果ガスの大幅削減に向けて」平成27年10月 https://www.env.go.jp/policy/kikouhendou/kondankai01/02_siryou1-1.pdf

これを踏まえ、熱源システムの選択を所与とした施策と、熱源システムの選択を誘導するような施策について、その利点・課題、具体的な施策例を表 4-84 のとおり整理した。

表 4-84 熱源システムの選択を所与とした施策と、熱源システムの選択を誘導するような施策との比較

	熱源システムの選択を所与とした施策	熱源システムの選択を誘導するような施策
利点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 需要家のエネルギー・CO2 面以外の選好が尊重できる ・ 各種熱源に対する低炭素化技術パッケージは、既築建物へも適応可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大幅な低炭素化を進めることができる
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱源システムの選択の時点で、大幅な低炭素化が困難になる可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特に電気の排出係数の向上程度によっては、不適切な熱源システムを推進してしまう可能性があり、慎重な検討が必要 ・ 既に熱源システムが導入されている既存建物への波及が少ない
施策の例 (情報提供の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 選択された熱源システム別 (かつ地域別・建物用途別) の再生可能エネルギー熱利用ベストプラクティスの提示 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域別・建物用途別の、熱源システム・再生可能エネルギー熱利用ベストプラクティスの提示

(3) 再生可能エネルギー熱普及施策案

表 4-79 で挙げた施策例のうち、既に実施されている施策や予想される効果の整理を表 4-85 のとおり行った上で、今回環境省の再生可能エネルギー熱普及施策として重点的に検討するものとして、「有望分野の提示」「ライフスタイルモデルの提示」「導入検討義務付け」の3つを抽出した。

また、普及啓発に関して必要と考えられる事項も別途整理した。

表 4-85 再生可能エネルギー熱普及施策案の抽出

	施策	施策の現状・予想される効果等
経済的手法	補助金	既に資源エネルギー庁等にて実施中
	再生可能エネルギー価値の金銭的評価制度（熱版 FIT 等）	効果を高めるためには大規模に実施する必要あり
	技術開発への支援	既に NEDO や環境省にて実施中
情報的手法	野心的な目標の提示	目標も重要だが、支援施策での裏付けが必須
	省エネ Web プログラムの改善	業界団体と国土交通省にて順次検討中
	省エネ診断の推進	既に資源エネルギー庁、環境省、地方公共団体等にて実施中
	普及啓発	引き続き実施することが必要
	ガイドライン・ルールの整備	既にガイドラインは整備されているものもあり、効果の検証が必要
	有望分野（光熱費削減効果が大きい例）の提示	<u>今回重点検討対象とする</u>
	ラベリング制度	建築物省エネ法や民間ベースで既にラベリング制度があり、活用を別途検討
	ライフスタイルモデルの提示	<u>今回重点検討対象とする</u>
規制的手法	導入義務付けによる市場創出	既にある建築物省エネ法以上の義務化は難しく、今後の ZEB/ZEH の位置付け次第
	導入検討義務付け	<u>今回重点検討対象とする</u>

1) 有望分野の提示

再生可能エネルギー熱の自立的な普及には、需要家にとって導入のメリットが感じられることが必要であるが、メリットで最も重要なのは、設備投資に対する光熱費削減効果である。

そこでここでは、再生可能エネルギー熱の費用対効果の高い事例を紹介することで、住宅・建築物の所有者や設計者、自治体等に対する意識啓発を行うことを検討した。表 4-86 に、この施策の一案を示す。

表 4-86 有望分野の提示による意識啓発

	施策の概要																		
施策の目的	需要側の特徴（熱需要の大小）や再生可能エネルギー熱の特徴（温度帯、地域性）に応じて再生可能エネルギー熱導入の費用対効果の高い建物用途や熱利用用途、再生可能エネルギー熱の種類に関する有望分野を提示することで、住宅・建築物の所有者や設計者、自治体等に対する意識啓発を行う。																		
施策の導入時期	2016 年ごろ																		
対象となる再生可能エネルギー熱	太陽熱、地中熱、バイオマス熱、雪氷熱、下水熱																		
対象となる建物	事務所、商業施設、病院、学校、宿泊施設、戸建住宅、集合住宅																		
対象となる主体	住宅・建築物の所有者や設計・施工者、自治体等																		
類似施策の事例	「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎調査」による情報提供																		
他の施策との連携例	<ul style="list-style-type: none"> 「補助制度」等を実施する際に、有望分野に対して重点的に周知・採択する。 後述する「導入検討義務化」制度において、有望分野に対しては報告義務の対象にもする等の強化を図る。 																		
主体間の関係図	<p>環境省</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>建物用途</th> <th>熱利用用途</th> <th>有望な再生熱</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">事務所</td> <td>給湯</td> <td>太陽熱</td> </tr> <tr> <td>暖房</td> <td>太陽熱、地中熱</td> </tr> <tr> <td>冷房</td> <td>地中熱、下水熱、雪氷熱</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">商業施設</td> <td>給湯</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>暖房</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>冷房</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table> <p>自治体 → 補助 → 住宅・建築物の所有者 ← 提案 ← 設計・施工者</p>	建物用途	熱利用用途	有望な再生熱	事務所	給湯	太陽熱	暖房	太陽熱、地中熱	冷房	地中熱、下水熱、雪氷熱	商業施設	給湯	...	暖房	冷房	...
建物用途	熱利用用途	有望な再生熱																	
事務所	給湯	太陽熱																	
	暖房	太陽熱、地中熱																	
	冷房	地中熱、下水熱、雪氷熱																	
商業施設	給湯	...																	
	暖房	...																	
...	冷房	...																	

2) ライフスタイルモデルの提示

再生可能エネルギー熱の導入によって、光熱費削減以外の便益 (Non Energy Benefit, NEB) が生じる場合がある。特に、暖房・冷房といった熱利用は、エネルギー利用の中でも生活・快適性に直結するものであり、断熱性能向上や暖房・冷房方式を改善することで、生活の質の向上や底上げにつながるとも考えられる。また、バイオマスや太陽熱といった再生可能エネルギー熱の利用は、山間地域の生活における魅力につながる可能性もある。このような光熱費削減以外の便益を得ることを主目的としつつ、同時に再生可能エネルギー熱の普及が進んでいく姿も、再生可能エネルギー熱の自立的な普及の可能性として考え得る。

ここでは、まず再生可能エネルギー熱利用によって生じる光熱費削減以外の便益や、二酸化炭素削減効果を把握するために、モデル事業を実施することを検討した。表 4-87 に、この施策の一案を示す。

表 4-87 再生可能エネルギー熱を活用したライフスタイルモデル事業

	施策の概要
施策の目的	再生可能エネルギー熱等を活用した山間地域等における ZEH の提案と、当該 ZEH における暮らしの豊かさの価値を検証する。 新たな観光資源化、空き家対策等の地域振興、福祉向上といった副次的な効果に着目する。
施策の導入時期	2020 年ごろ（事前にどのような属性の市民に効果的かのターゲット調査などを行う。また、技術的な可能性やガイドラインも検討しておく。）
対象となる再生可能エネルギー熱	太陽熱、バイオマス熱等 なお、同時に、断熱性能を必ず一定基準以上とする。
対象となる建物	新築または既築改修
対象となる主体	自治体：モデル事業の主体 地域の工務店・ZEH 入居者：事業への協力
類似施策の事例	「環境モデル都市」におけるモデル自治体募集
他の施策との連携	・ 地方への「移住・定住対策」等の地域振興策、福祉政策との連携が考えられる。
主体間の関係図	<pre> graph TD Env[環境省] -- "↓対象自治体公募 ガイドライン等提示" --> A[自治体] Env -- "↑応募申請" --> B[自治体] A -- "↓入居者募集 ↓改修費補助" --> A1[入居者] A -- "↓入居者募集 ↓改修費補助" --> A2[工務店] A1 -- "↑入居後データ提供" --> A A2 -- "↑入居後データ提供" --> A B -- "↓入居者募集 ↓改修費補助" --> B1[入居者] B -- "↓入居者募集 ↓改修費補助" --> B2[工務店] B1 -- "↑入居後データ提供" --> B B2 -- "↑入居後データ提供" --> B A --- C[自治体] C --- D[入居者] C --- E[工務店] D --- E </pre>

3) 導入検討義務付け

諸外国や地方公共団体では建物に対して、再生可能エネルギー等の導入義務付けの制度を導入している例がある。ただし一般に、再生可能エネルギー施策における各種義務制度は、各対策の成熟度が高く、一定の経済性も成り立つ場合に、対策の選択権を導入者に委ねた上で制度化されるものである。このため、再生可能エネルギー熱技術の成熟度が低い現在、再生可能エネルギー熱の導入を目的に義務付け制度を導入することは適切でない。一方で、導入「検討」の義務付けは、導入者に過剰な経済負担をかけずに、技術に対しての認知度向上や導入検討の経験の蓄積を行うことができる制度であると考えられる。

そこでここでは、長野県が導入している制度を参考に、再生可能エネルギー熱の導入検討義務付け制度について検討した。表 4-88 に、この施策の一案を示す。

表 4-88 再生可能エネルギー熱の導入検討義務付け

	施策の概要
施策の目的	再生可能エネルギー熱に関する一般的な認知度を向上させる
施策の内容	新築の建築物における再生可能エネルギーの導入検討義務
施策の導入時期	導入：2020年度、終了：2030年度 ※終了後は自立的なZEB化・ZEH化が進むと想定
対象となる再生可能エネルギー熱	太陽熱、地中熱、地熱、バイオマス熱、雪氷熱等
対象となる建物	新築または既築改修
対象となる主体	設備製造者／設計者：説明義務 需要家：検討結果の報告義務（一定規模以上）
類似施策の事例	長野県「建築物自然エネルギー導入検討制度」
他の施策との連携例	<ul style="list-style-type: none"> 単独で検討義務制度を設けるのではなく、「排出抑制等指針」の対策メニューに再生可能エネルギー熱導入を明示し、継続的にフォローアップしていく。 地方公共団体の「建築物環境計画書制度」に連携して、検討結果を報告書・計画書として提出を義務付けることや、「建築物省エネ法」に基づく建築確認申請と併せて報告することも考えられる。
主体間の関係図	<pre> graph TD Env[環境省] -- マニュアルの提示 --> Local[自治体] Local -- 報告 --> Env Local -- 周知・指導 --> Designer[設計者] Designer <--> 説明、コミュニケーション Need[需要家] Need -- 検討結果報告書 計画書届出 --> Local </pre>

4) 普及啓発

その他、再生可能エネルギー熱に関する一般的な普及啓発を行うにあたって、具体的に周知すべき事項とその主なターゲットについて、表 4-89 に整理した。

表 4-89 普及啓発事項と主なターゲット

事項	概要	主な普及啓発ターゲット			
		自治体	設備製造者	設計・施工者	需要家
技術紹介	<ul style="list-style-type: none"> 太陽熱利用技術、地中熱利用技術等の種類とそれぞれの特徴、適性を整理 自治体の計画書制度や省エネ診断事業の中に組み込まれていくことを期待 	◎		○	○
設計・施工の優良事例	<ul style="list-style-type: none"> イニシャルコストを抑えた事例、メンテナンスコストを抑えた事例、（設計・施工の工夫により）期待以上の光熱費削減が得られた事例を紹介 	○	○	◎	○
導入効果（直接）	<ul style="list-style-type: none"> 補助事業データや診断データを活用し、再生可能エネルギー熱の導入によって得られる CO2 削減効果、光熱費削減効果を整理して紹介 	◎		○	◎
導入効果（間接）	<ul style="list-style-type: none"> 快適性の向上など、間接的に得られる効果を検証して紹介 	○	◎	◎	○
適性コスト水準	<ul style="list-style-type: none"> 民間の導入事例を活用し、再生可能エネルギー熱の導入に要する適性コスト水準を提示 	◎			○
メーカー・製品紹介	<ul style="list-style-type: none"> 日本の気象条件に適した製品等を紹介 	○		◎	○
補助制度紹介	<ul style="list-style-type: none"> 主に国が実施している補助制度について紹介 	○	◎	◎	○

4.4 まとめと今後の課題

4.4.1 まとめ

今年度は、「建物」に着目し、住宅や業務用建築物からの温室効果ガス排出の大幅削減における再生可能エネルギー熱の役割や、建物への熱の導入事例や事業者の取組の調査、導入が有望と考えられる建物用途・熱用途の試算を行った上で、建物に着目した再生可能エネルギー熱の普及施策についての検討を行った。

住宅・業務用建物とも、世帯数や延床面積の減少に加え、断熱性能の向上、機器効率の向上、電気の低炭素化かつ大幅な電化を想定すれば、再生可能エネルギー熱を活用しなくても、住宅・業務用建物の熱需要を満たすエネルギー供給において、8割以上のCO₂排出削減を達成することはできる。しかし、大幅な電化が何らかの制約で進まない場合においても、再生可能エネルギー熱を最大限活用することができれば、住宅・業務用建物の熱需要を満たすエネルギー供給において8割近いCO₂排出削減の可能性が高いと試算された。

また、地域別、建築物の用途別、熱の用途別に再生可能エネルギー熱の導入に関する適否を評価し、各再生可能エネルギー熱の「有望分野」を示した。また、再生可能エネルギー熱の導入による熱需要の供給可能比率を試算した。このような有望分野を建物オーナーや設計者などに示すことで、当該分野における意識啓発を図るとともに、費用対効果の高い取組を推進することができると考えられる。

以上の検討や、建物への熱の導入事例や事業者の取組の調査から得られた再生可能エネルギー熱普及にあたっての課題をもとに、再生可能エネルギー熱の普及施策を検討した。ここでは、建物に対する新たな再生可能エネルギー熱普及施策として、「有望分野の提示」「ライフスタイルモデルの提示」「導入検討義務付け」の案を示した。

4.4.2 今後の課題

(1) 事例の分析とモデル化

電力とは異なり、熱の有効活用を検討する場合、再生可能エネルギー熱の供給可能性という供給側からも、住宅・建築物における熱需要の有無という需要側からも、地域性を考慮することが不可欠である。4.2.3における有望分野の特定においては、北日本、中日本、南日本に分けて検討を行ったが、より詳細に地域性による特徴を把握し、再生可能エネルギー熱の活用を普及させるためには、各地域における導入事例の分析や効果の計測によるノウハウの蓄積と、これらのノウハウを活用した再生可能エネルギー熱活用のモデル化が必要である。

これらは、今回検討した普及施策の一案「有望分野の提示」「ライフスタイルモデルの提示」「導入検討義務付け」の具体化を図っていくためにも、必要となる検討であると考えられる。

(2) 行政による率先実行における検討

再生可能エネルギー熱を活用している事例が少ないことが、メーカー等における技術開発やコスト低減を阻害しているという現状を考慮すると、先進的な取組みを行う住宅・建築物に対する促進策だけでなく、広く普及を図るための施策が必要である。具体的には、民間における取組に対してインセンティブを設定するだけでなく、国や自治体等が率先して自らの施設において活用していくことも必要であると考えられる。

平成 28 年 3 月に地球温暖化対策推進本部にて了承された地球温暖化対策計画（案）においても、政府実行計画として「新築時の ZEB の実現に向けて検討を進める」ことが明記されており、2020 年や 2030 年といったスパンで ZEB・ZEH を普及させるためにも、庁舎、学校、病院等の公共施設の ZEB 化を進める中で、再エネ熱が活用されるための方策を検討することが必要である。

(3) 建物以外での再生可能エネルギー熱の検討

今年度は建物に着目し、熱の面的利用は検討対象外としたが、北欧等の事例では、地域熱供給の中で面的に再生可能エネルギー熱を活用している例も見受けられる。国内でも最近、地域のエネルギーシステムとして地域熱供給の検討が行われているが、これらの熱の面的利用を大幅に低炭素化していくことの有効性や方策について、検討を行う必要がある。

また、建物の中でも今回検討対象としなかった工場やデータセンター、農業用ハウスなど、熱需要が大きく、再生可能エネルギー熱の利用可能性がある分野も存在する。これらにおける再生可能エネルギー熱の利用可能性についても検討の余地がある。

4.5 (参考) 再生可能エネルギー熱に関するその他の動向

(1) 再生可能エネルギー熱利用の技術開発動向

再生可能エネルギー熱利用の技術開発動向として、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の事業・プロジェクトで開発された技術を対象に行った。調査概要は表 4-90 のとおりである。

NEDO で行われている太陽熱のプロジェクトについては、主に断熱材料等の建材開発と空調システム等の開発に大別される。地中熱に関するプロジェクトについては、主に低価格化と効率向上を目的としており、地中熱利用ヒートポンプの導入には、掘削費用も含めた多額の導入費用が阻害要因の 1 つとなっていることが背景にあると考えられる。雪氷熱については、除排雪の冷熱利用するための研究開発が取り組まれている。



各プロジェクトの詳細を以降に示す。

表 4-90 再生可能エネルギー熱利用の最新技術に関する調査概要

再生可能エネルギー熱種	技術概要	用途	開発事業者	詳細
太陽熱(1)	熱橋の極めて小さい真空断熱材（VIP）を開発	断熱材料	旭有機材工業	表 4-91
太陽熱(2)	ナノ多孔構造を制御したセラミックス粒子を用いた高耐久超断熱材を開発	断熱材料	LIXIL プロダクツカンパニー	表 4-92
太陽熱(3)	潜熱蓄熱材のマイクロカプセルを開発	潜熱蓄熱建材	大建工業、三木理研工業	表 4-93
太陽熱(4)	集熱ガラスと集熱通気層を工夫した集熱性能アップの開発 等	太陽熱フル活用型住宅	OM ソーラー	表 4-94
太陽熱(5)	暖房・給湯アクティブソーラーシステムと制御・監視系の開発 等	全館空調システム	システック環境研究所、丸七ホーム	表 4-95
太陽熱(6)	カスケードソーラーの集熱効率向上、夏期電力ピーク時間帯の冷房を夜間蓄冷で実現 等	冷房	ミサワホーム総合研究所、LIXIL 他	表 4-96
地中熱(1)	地下水循環型地中採熱システムの開発	採熱装置	守谷商会	表 4-97
地中熱(2)	一般住宅向け浅部地中熱利用システムの開発	住宅用採熱システム	日本大学工学部、住環境設計室 他	表 4-98
地中熱(3)	間接型地中熱ヒートポンプシステムの開発 等	地中熱ヒートポンプ	北海道大学工学研究院 他	表 4-99
雪氷熱	都市除排雪を利用した雪山貯蔵による高効率熱供給システムの開発	高効率熱供給システム	雪屋媚山商店、共同通信デジタル 他	表 4-100

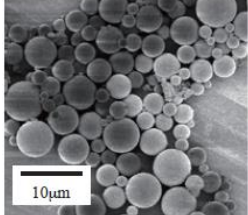
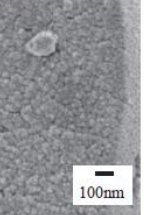
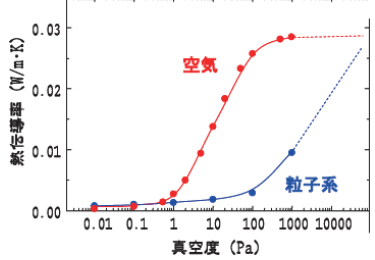
出所) 各社ウェブサイト等より作成

表 4-91 NEDO 事業による太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発 (1)

技術名称	真空断熱材 (VIP) 複合断熱パネルに関する研究開発		
開発者	旭有機材工業(株) (委託先: 京都大学)		
技術概要	<p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> 従来の真空断熱材 (VIP) はアルミ系包材を用いているため、熱伝導率の分布が不明で熱橋が大きい 取り付けが困難で施工性に問題があり、住宅分野では VIP が普及していなかった <p>【新規技術の特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> VIP の住宅分野での利用における問題点を解決し、普及を実現 均熱伝導率 $0.01\text{W/m}\cdot\text{K}$ 以下 (30 年後推定値) の新規 VIP 複合断熱パネルの開発 既存の住宅工法を大きく変えることのない施工方法の開発 従来のアルミ系包材を用いた VIP と開発した新規包材を用いた VIP の熱伝導率の分布を測定し、従来品は周縁部及び四隅部の値が中央部と比べて大きく熱橋が発生しているのに対して、開発品では中央部と周縁部及び四隅部の数値の変化が非常に小さく熱橋がほとんど発生していないことを確認 <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>ウレタン部</p>  </div>  </div> <p>図 新規 VIP 複合断熱パネル及びパネル断熱画像</p>		
再生可能エネルギー熱種	太陽熱	用途	断熱材
適用地域	—	補助金	—

出所) NEDO 「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発 概要リーフレット」

表 4-92 NEDO 事業 (太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発) (2)

技術名称	高耐久超断熱材に関する研究開発		
開発者	(株)LIXIL プロダクツカンパニー		
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> 長期耐久性能の評価方法の開発と粒子系高耐久真空断熱材の革新的連続生産プロセスの開発を進めている 繊維系の芯材と粒子系の芯材を同じフィルムを用いて同一条件で封入し、それぞれ常温下で曝露して熱伝導率の経時変化を測定。粒子系の芯材では経時変化が大幅に低減できる <ul style="list-style-type: none"> NEDO マルチセラミックス PJ (2007-2011) で開発したナノ多孔構造を制御したセラミックス粒子を用いる技術 低真空でも高い断熱性を示すため、長期耐久性に優れ、使用期間の長い住宅や建築物での使用が可能 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>粒子外観</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>粒子断面</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>左図 ナノ多孔構造セラミックス粒子 右図 ナノ多孔構造粒子系芯材の熱伝導率</p>		
再生可能エネルギー熱種	太陽熱	用途	断熱材料
適用地域	—	補助金	—

出所) NEDO 「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発 概要リーフレット」

表 4-93 NEDO 事業（太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発）（3）

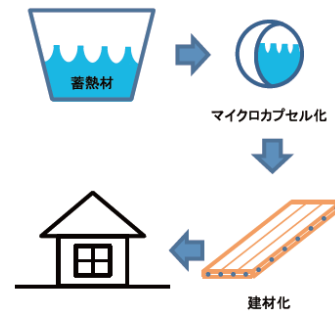
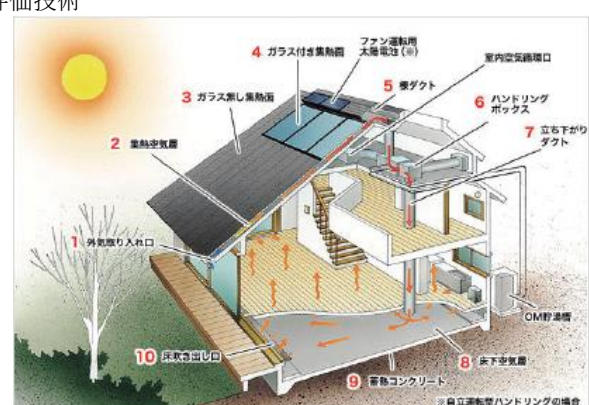
技術名称	潜熱蓄熱建材に関する研究開発		
開発者	大建工業(株)（共同研究先：京都府立大学）、三木理研工業(株)		
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐久性に優れ、大量生産が可能な潜熱蓄熱材のマイクロカプセルを開発、それを用いた潜熱蓄熱建材の試作に成功 ・ 「潜熱蓄熱材」の効果確認が可能な評価技術・ソフトを開発、暖房消費エネルギー（暖房負荷）を 10%以上削減できることを確認 ・ 試作品にて実験棟での評価を行い、暖房消費エネルギー（消費電力量）を 10%以上削減できることを確認 ・ 今後検討を進めることで目標とする削減効果 20%を達成する見込み  <p>図 潜熱蓄熱材のマイクロカプセルの製品化</p>		
再生可能エネルギー熱種	太陽熱	用途	潜熱蓄熱建材
適用地域	—	補助金	—

表 4-94 NEDO 事業（太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発）（4）

技術名称	太陽熱フル活用型暖房・冷房・給湯・マネジメントシステムに関する研究開発		
開発者	OMソーラー(株)（委託先：東京大学、工学院大学）		
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 集熱技術：現行比 120～130%の集熱性能アップ。要点は集熱ガラスと集熱通気層の工夫 ・ 蓄熱技術：現行の朝方蓄熱温度 16～18℃、開発仕様の付加蓄熱 22～24℃ <ul style="list-style-type: none"> ➢ 2013 年度の冬に蓄放熱の最適運転制御を開発 ・ 冷房技術：太陽熱と気化冷却を利用して除湿した 24～26℃の涼風を供給する技術を開発 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 冷房エネルギー削減目標 60% ・ システム評価技術  <p>図 OMソーラー住宅（現行・空気集熱式）</p>		
再生可能エネルギー熱種	太陽熱	用途	太陽熱フル活用型住宅
適用地域	—	補助金	—

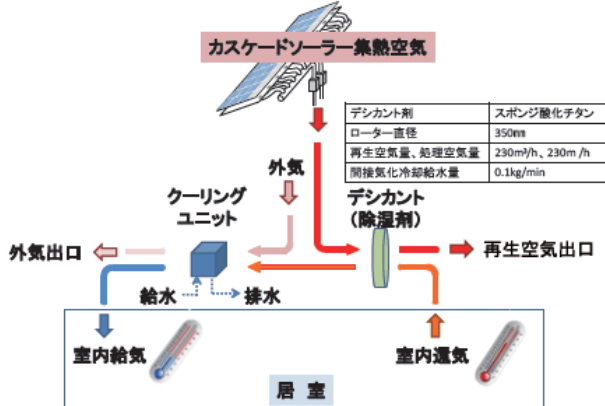
出所) NEDO「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発 概要リーフレット」

表 4-95 NEDO 事業（太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発）（5）

技術名称	全館空調方式戸建住宅の太陽熱利用に関する研究開発		
開発者	(株)システック環境研究所（委託先：(株)ホクレア・システムズ） 丸七ホーム(株)（共同研究先：京都府立大学）（委託先：チリウヒーター(株)）		
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ パッシブシステム / アクティブシステム / MaHAt システムのシミュレーションを元に実験住宅の仕様や設計施工マニュアルを作成するとともに、実験住宅を建設 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 暖房・給湯アクティブソーラーシステムとその制御・監視系の研究開発 ➢ 太陽熱取得部位の研究開発（屋根一体型集熱器・パッシブ系開口部） ➢ 蓄熱部位の研究開発 ➢ 設計支援ツールの研究開発 <div style="text-align: center;">  <p>図 開発システムの概念図</p> </div>		
再生可能エネルギー熱種	太陽熱	用途	全館空調システム
適用地域	—	補助金	—

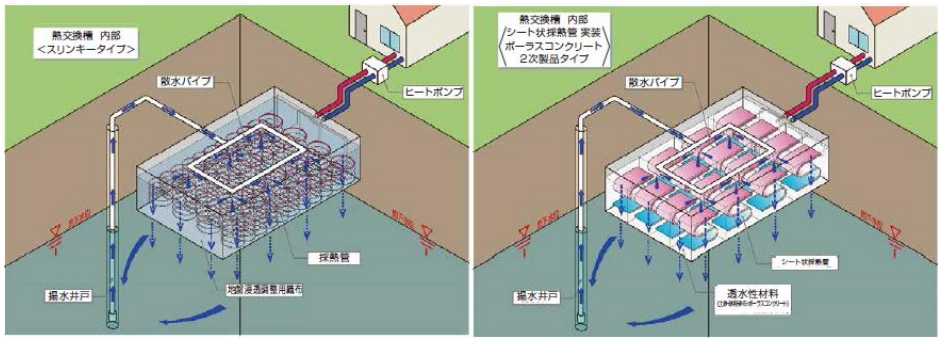
出所) NEDO「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発 概要リーフレット」

表 4-96 NEDO 事業（太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発）（6）

技術名称	住宅における太陽エネルギー利用拡大技術に関する研究開発		
開発者	(株)ミサワホーム総合研究所、(株)LIXIL、(株)アースクリーン東北		
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽のエネルギーを一層活用し、住宅のエネルギー負荷の半減を目指す ・ 夏季ピーク電力をシフトしながら、健康な室内環境を維持できる冷房技術を目指す ・ カスケードソーラーの集熱効率を 33%に向上（従来 12.6%） ・ 太陽熱利用冷房により、除湿冷房 COP5.0 を実現（従来 3.0 前後） ・ 夏期電力ピーク時間帯（13:00～16:00）の冷房を夜間蓄冷で実現（従来はなし） ・ 技術の統合化により、住宅の冷房・暖房・給湯一次エネルギー消費量を 50%削減 <div style="text-align: center;">  <p>図 デシカントユニット構成図</p> </div>		
再生可能エネルギー熱種	太陽熱	用途	冷房
適用地域	—	補助金	—

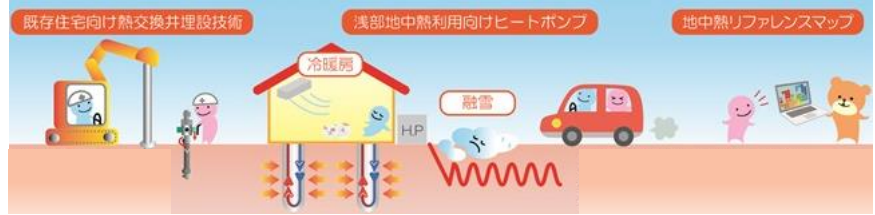
出所) NEDO「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発 概要リーフレット」

表 4-97 NEDO 事業（再生可能エネルギー熱利用技術開発・地中熱）（1）

技術名称	地下水循環型地中採熱システムの研究開発		
開発者	榎守谷商会		
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の有する熱エネルギーの効率的取得を目的とする、自然対流を発生させない地下水浸透槽に、新鮮な熱エネルギーを有する地下水を断続的に供給する採熱装置 <ul style="list-style-type: none"> 地下水涵養の自己完結システムを実現→雨水浸透槽の技術を応用し、確実な地下水循環を実現 地下採熱装置のプレキャスト化→浅層地中部に設置する採熱装置の施工性・耐久性向上を実現 ヒートポンプと連動した井戸ポンプ運転の制御→井戸ポンプ運転の効率化で電力のピークカット・ピークシフトを実現 		
			
	図 システム概要（左図：スリンキー・タイプ、右図：プレキャストタイプ）		
再生可能エネルギー熱種	地中熱	用途	採熱装置
適用地域	—	補助金	—

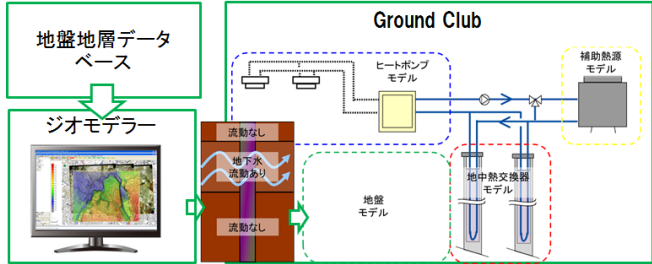
出所) 守谷商会「地中の恵みを社会の活力に」パンフレット

表 4-98 NEDO 事業（再生可能エネルギー熱利用技術開発・地中熱）（2）

技術名称	一般住宅向け浅部地中熱利用システムの低価格化・高効率化の研究		
開発者	日本大学工学部、(有)住環境設計室、日商テクノ(株)		
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> 既存住宅向け採熱システムの開発 <ul style="list-style-type: none"> 狭隘地にも対応した小型熱交換井組立/埋設機の開発 埋設地層に対応した熱交換井用低価格錘先端の開発 浅部地中熱利用ヒートポンプシステム制御技術の開発 <ul style="list-style-type: none"> 浅部地中熱利用向けシステム制御技術の開発 各種地中熱利用方式の同時比較による準寒冷地での省エネ性評価 浅部地中熱リファレンスマップの作成 <ul style="list-style-type: none"> 浅部地中熱利用の採熱期待値予測手法の開発 採熱パターンに沿った採熱量試験による精度評価 地中熱利用の省エネ効果の実証 		
			
	図 システム概要		
再生可能エネルギー熱種	地中熱	用途	住宅用採熱システム
適用地域	—	補助金	—

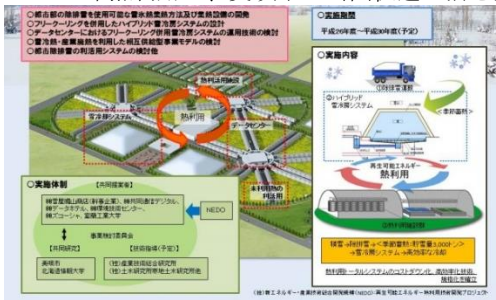
出所) 日本大学工学部機械工学科 再生可能エネルギーシステム教室 ウェブページ「NEDO 委託研究」

表 4-99 NEDO 事業（再生可能エネルギー熱利用技術開発・地中熱）（3）

技術名称	低コスト・高効率を実現する間接型地中熱ヒートポンプシステムの開発と地理地盤情報を利用した設計・性能予測シミュレーションツール・ポテンシャル評価システムの開発		
開発者	北海道大学工学研究院、(株)日伸テクノ、(株)鉦研工業(株)、(株)イノアック住環境、サンポット(株)、新日鉄住金エンジニアリング(株)、ジーエムラボ(株)		
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> 低コストに寄与する地中熱交換器の削孔機・工法の開発および高効率垂直地中熱交換器の開発 低コスト・高効率な多機能・多熱源対応連結型地中熱ヒートポンプの開発 低コスト・高効率化に寄与する地中熱ヒートポンプ最適運転制御システムの開発 地理地盤情報を活用した設計・性能予測シミュレーションツールの開発とポテンシャル評価手法・評価マップの作成  <p>図 地盤・地下水流れ場データベースを組み込んだ複相地盤・地下水流れ場計算対応型 Ground Club による小中規模 GSHP システム向けの設計・性能予測ツールの開発</p>		
再生可能エネルギー熱種	地中熱	用途	地中熱利用ヒートポンプ
適用地域	—	補助金	—

出所) 北海道大学「再生可能エネルギー～更なる普及と地産地消を目指して」

表 4-100 NEDO 事業（再生可能エネルギー熱利用技術開発・雪氷熱）（1）

技術名称	都市除排雪を利用した雪山貯蔵による高効率熱供給システムの研究開発		
開発者	(株)雪屋媚山商店、(株)共同通信デジタル、(株)データホテル、(株)環境技術センター、(株)ブローシャ、室蘭工業大学 (共同実施) 美唄市		
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> 都市部の除排雪を活用した雪氷熱交換の技術開発や集雪・貯雪方法の最適化による雪冷房システムの開発及び未利用熱との併用による熱利用トータルシステムの検討 実証するための実証プラントを美唄市空知団地内に建設し、導入コストの削減とシステム性能の検証を実施 雪冷熱を活用した省エネ型データセンター＝ホワイトデータセンター構想の実現 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 広大な北海道の特性を生かした、再生エネルギーを積極活用したエネルギー自立型 DC ▶ 6次化（熱を核とした3次産業誘致→1次産業と2次産業の創出） ▶ データセンターの冷熱利用が、美唄市の雪国快適生活を実現  <p>図 システム概要</p>		
再生可能エネルギー熱種	雪冷熱	用途	高効率熱供給システム
適用地域	降雪地域	補助金	—

出所) 美唄市 ウェブページ「ホワイトデータセンター構想の実現に向けて」

(2) ガスシステム改革・熱供給システム改革の動向

平成 26 年 4 月に閣議決定されたエネルギー基本計画では、「電力・ガスのシステム改革と併せて、熱供給事業に関するシステム改革を徹底的に進めていくことにより、熱電一体供給も含めたエネルギー供給を効率的に実施できるようにするため、制度改革を含めて、熱供給事業の在り方の見直しを検討する」とされている。

ガス・熱供給システム改革については、総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 ガスシステム改革小委員会で議論され、平成 27 年 1 月に「ガスシステム改革小委員会報告書」がとりまとめられた。これを受けて、改正ガス事業法、改正熱供給事業法が平成 27 年 6 月に成立した。ガス事業に対しては、小売参入の全面自由化、事業別（LNG 基地事業、一般ガス導管事業、特定ガス導管事業、ガス小売事業）のライセンス制の導入、ガス導管網の整備促進、保安の確保、導管部門の法的分離の実施と行為規制等が定められた。また、熱供給事業に対しては、事業者に対する供給義務の撤廃、料金規制の撤廃が定められた。

(3) 「分散型エネルギーインフラプロジェクト」の動向

「分散型エネルギーインフラプロジェクト」は、総務省が地方創生的手段として進めている取り組みであり、平成 26 年から「自治体主導の地域エネルギーシステム整備研究会」を設置して、28 の自治体におけるマスタープラン策定・モデル事業を通じて、導入モデル・基本パターンの構築のための検討を行っている。

これらのモデル事業では、熱インフラの構築が一つの主題であり、燃料として、都市ガス等に加え、木質バイオマスや地熱エネルギーなどの再生可能エネルギー熱を使用することが検討されている。各ビジネスモデルの概要と、使用が検討されている再生可能エネルギー熱の種類を表 4-101、表 4-102 に示す。

表 4-101 平成 26 年度マスタープラン策定自治体の事業

地方公共団体	ビジネスモデル	再生可能エネルギー熱
北海道下川町	<ul style="list-style-type: none"> 熱導管整備エリアに公営住宅等を中心部に集約化し、集住化を促進。 木質ボイラーとバイオマス発電の余熱を活用した自立型地域熱供給エネルギー事業を実施。 	バイオマス熱
青森県弘前市	<ul style="list-style-type: none"> 弘前駅周辺の市立病院や周辺大型施設等へ熱を供給するとともに、熱エネルギーを通学路等の道路融雪や融雪サービス付き熱販売サービスに活用。 間伐材の燃料化による周辺自治体への経済波及効果を創出。 	バイオマス熱
岩手県八幡平市	<ul style="list-style-type: none"> 新たな需要を創出しながら、給湯事業の持続性を高める。 松川地熱発電所から発生する蒸気を利用した温泉街給湯インフラを再構築。 	地熱
兵庫県淡路市	<ul style="list-style-type: none"> 地域への集住を促進し、にぎわいのある職住近接型の地域の拠点を創出。 放置竹林を活用した竹チップによる発電の余熱により、県有施設等を中心として集約型で効率性の高い熱インフラを構築（重油ボイラからの振替）。 	バイオマス熱
長崎県対馬市	<ul style="list-style-type: none"> 間伐材を活用して、複数の小規模な市街地において、自立型地域熱供給エネルギー事業を実施（LP ガス・重油からの振替）。 	バイオマス熱
北海道石狩市	<ul style="list-style-type: none"> 市役所をはじめとする公共施設・港湾施設、市街地をネットワーク化し、市民の生活環境の向上と域内産業の活性化を推進。 熱需要のある食品工場群を中心として熱供給インフラを構築。 	
栃木県	<ul style="list-style-type: none"> コジェネの余熱と木質ボイラーを併用し、工業団地内での熱需要を基盤に、工場と近隣の農業施設群へ熱供給を実施。 広範囲にわたる間伐材等のバイオマス資源の調達とチップ加工の販路開拓を行うモデルを構築。 	バイオマス熱
群馬県中之条町	<ul style="list-style-type: none"> 熱供給事業と一体となって、温浴施設や医療施設などを集積し、少子高齢化に対応したコンパクトなまちづくりを推進。 市街地の公共施設を中心に、木質ボイラーを核とした熱導管ネットワークを構築。 	バイオマス熱
静岡県富士市	<ul style="list-style-type: none"> 基幹産業である製紙業の熱需要への対応として、工業地域に集約型エネルギーセンターを新設して熱インフラを構築。 	
大阪府四條畷市	<ul style="list-style-type: none"> 公共施設が集積する市の中心部にエネルギーセンターを新設し、災害にも強い持続可能な市街地形成を促進。 	
鳥取県米子市	<ul style="list-style-type: none"> 温泉地区において、給湯用の熱供給管（源泉供給（温泉水）以外）を整備（重油ボイラからの振替）。 余剰電力は、地域 CATV 事業者が主体となり、CATV とのバンドリングにより提供。 	地熱（温泉熱）
山形県	<ul style="list-style-type: none"> 山形駅西口エリアの公共施設及び民間集合住宅等へ熱を供給するとともに、熱エネルギーを道路融雪や屋根融雪付き熱販売サービスに活用。 	
鳥取県鳥取市	<ul style="list-style-type: none"> 鳥取駅南口エリアの新庁舎（H30 年目途整備予定）に木質バイオマスを活用した熱インフラを組み込み、周辺をネットワーク化。 熱供給を呼び水に街なか居住を促進し、新たなコンパクトシティを創造。 	バイオマス熱
鹿児島県いちき串木野市	<ul style="list-style-type: none"> 里山と工業地域が連携する新たなモデルを創造。 里山に面した工業団地において、未利用間伐材などのチップ化燃料を供給源とするバイオマスエネルギーセンターを新設。 	バイオマス熱

出所) 自治体主導の地域エネルギーシステム整備研究会第 5 回資料、2015 年 11 月より作成

表 4-102 平成 27 年度マスタープラン策定自治体の事業

地方公共団体	ビジネスモデル	再生可能エネルギー熱
北海道豊富町	<ul style="list-style-type: none"> 温泉街における公共施設・宿泊施設に対して、天然の自噴ガスや畜産系バイオガスを活用した熱電併給システムを構築。併せて、豊富な自噴ガスをエネルギー源として、畜産加工施設を新たに整備するなど、強い畜産業を構築。 	バイオマス熱
秋田県大潟村	<ul style="list-style-type: none"> 全ての公共施設、事業所、住宅が集中する役場庁舎を中心とした半径 1.5 km 以内のエリアにおいて、村の基幹産業である稲作由来の農業系廃棄物バイオマスである稲わらや籾殻を活用した地域熱供給システムを構築。 	バイオマス熱
山形県最上町	<ul style="list-style-type: none"> 町内面積の 8 割を占める森林資源を活用し、役場庁舎等の公共施設が立地する中心部ほか、来年度整備予定の若年世代向け定住促進住宅エリアにおいて、木質バイオマスを活用した地域熱供給システムを構築。 	バイオマス熱
群馬県前橋市	<ul style="list-style-type: none"> 山村地帯である北部エリアの木質バイオマス資源を活用し、市役所が立地するエリアを中心に、温浴施設が立地する道の駅エリアや今後開業予定の大規模病院エリアといった複数エリアでの小規模分散型熱電併給システムを構築。 	バイオマス熱
山梨県甲斐市	<ul style="list-style-type: none"> 郊外エリアの農地主体地域において、木質バイオマスを活用し、給食センターやプール、温浴施設、道の駅など公共施設に熱供給を行うとともに、需要先として新たに農業生産施設を整備するなど交流拠点を形成。 	バイオマス熱
三重県南伊勢町	<ul style="list-style-type: none"> 家畜糞尿系バイオマスや下水汚泥等を活用したバイオマスコンビナート供給基地を設置し、メタン発酵によりガス化して、パイプラインにより周辺に供給するとともに、LPG 配給システム上で町内に供給。 	バイオマス熱
滋賀県湖南市	<ul style="list-style-type: none"> 住宅エリアや火葬場等の公共施設を中心に、複数の郊外に分散したエリアにおいて、木質バイオマスを活用した熱電併給システムを構築。 	バイオマス熱
兵庫県神戸市	<ul style="list-style-type: none"> 六甲山系の豊富な森林資源を活用し、六甲山エリアにおける観光施設を中心として、新たな観光事業の需要を創出しながら、熱電併給システムを構築。 	バイオマス熱
岡山県津山市	<ul style="list-style-type: none"> 中山間エリアの複数の地区拠点ごとに、病院や福祉施設を中心として、木質バイオマスを活用した熱電併給システムを構築。 	バイオマス熱
熊本県南関町	<ul style="list-style-type: none"> 山間部と都市部が連携して、放置竹林を含む木質バイオマスを活用し、燃料の供給、加工及び利用を広域的に行う熱電併給システムを構築。(熊本県南関町ほか荒尾市・玉名市・山鹿市・菊池市・長洲町・和水町、福岡県大牟田市・みやま市との連携) 	バイオマス熱
熊本県小国町	<ul style="list-style-type: none"> 地熱発電の排熱(熱水)を活用し、木材加工、乾燥施設のほか新たに設置予定の福祉施設等に対する熱供給を実施。併せて、中心部における木質バイオマスを活用した熱供給を実施。 	地熱 バイオマス熱
鹿児島県西之表市	<ul style="list-style-type: none"> 重油によるディーゼル発電機に頼る独立電源の島において、木質バイオマスや畜糞等の廃棄物系バイオマスを活用し、複数の小規模市街地における熱電併給システムを構築。 	バイオマス熱
鹿児島県長島町	<ul style="list-style-type: none"> 養豚場から発生する畜糞などの廃棄物系バイオマスを活用して、メタン発酵させてガス化し、養豚場周辺エリアを中心に、コージェネによる熱電併給システムを構築。 	バイオマス熱
沖縄県浦添市	<ul style="list-style-type: none"> 沖縄都市モノレールの延伸に伴う、新駅開発地区において、区画整理事業、まちづくり事業と連携しながら、ガスや地中熱等を活用して、コージェネによる熱電併給システムを構築。 	地中熱

出所) 自治体主導の地域エネルギーシステム整備研究会第 5 回資料、2015 年 11 月より作成

5. 再生可能エネルギーの導入による低炭素化効果の精査

5.1 2050年における再生可能エネルギーの導入推計量

5.1.1 2050年における再生可能エネルギー導入推計量の考え方と総括

(1) 2050年における導入推計量の試算方針

本検討では再生可能エネルギーの種別それぞれについて、2050年における導入推計量を表 5-1 の方針で試算した。

表 5-1 2050年における再生可能エネルギー電気の導入推計量の試算方針

	エネルギー種	試算方針
電気	太陽光発電	環境省文献 ^{65,66} において見込まれる導入ポテンシャルが顕在化することを想定して試算。
	陸上風力発電 洋上風力発電	環境省文献 ⁶⁶ において設定される開発ポテンシャルから既に導入された発電容量（以下、残りポテンシャル）に対する、年間導入率を設定して試算。
	大規模水力発電	資源エネルギー庁の包蔵水力データベースにある工事中及び未開発分が全て開発されるものとして推計（開発に伴う廃止も考慮）。
	中小水力発電	設備認定量と導入量の関係や、資源エネルギー庁の包蔵水力データベースの情報を活用して試算。
	地熱発電	環境省文献 ^{65,67} において見込まれる導入ポテンシャルが顕在化することを想定。
	バイオマス発電	バイオマス資源の発生量を推計し、想定利用率を乗じてバイオマス利用量を算出し、電気と熱に振り分け。
	海洋エネルギー 発電	波力発電（沿岸固定式、沖合浮体式）と潮流発電を対象とし、技術開発動向を踏まえて2050年の導入推計量を試算。
熱	太陽熱利用	経済産業省の示す2030年のエネルギーミックスや環境省文献 ⁶⁸ において見込まれる導入ポテンシャルを踏まえて試算。
	バイオマス 熱利用	バイオマス資源の発生量を推計し、想定利用率を乗じてバイオマス利用量を算出し、電気と熱に振り分け。
	地中熱利用	新築の戸建住宅及び業務用建物については建物の熱需要量、既築の業務用建物については駐車場からの採熱量に基づく推計に対して、地域別・建物用途別の有望分野別に導入率を設定した上で試算。

⁶⁵ 環境省：「平成24年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」、2013

⁶⁶ 環境省：「平成25年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」、2014

⁶⁷ 環境省：「平成22年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備等委託業務」、2011

⁶⁸ 環境省：「平成23年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備等委託業務」、2012

(2) 試算の前提条件

2050年の導入推計量の試算にあたっては、対策・施策レベルの違いに基づいて、低位、中位、高位の3ケースを想定した。各々のケース設定の基本的な考え方は表5-2のとおりである。

表 5-2 導入推計量のケース設定の基本的な考え方

対策・施策レベル	ケース設定の基本的考え方
高位ケース	将来の低炭素社会の構築、資源・エネルギーの高騰等を見据え、初期投資が大きくとも社会的効用を勘案すれば導入すべき低炭素技術・製品等について、導入可能な最大限の対策を見込み、それを後押しする大胆な施策を想定したケース。
中位ケース	将来の低炭素社会の構築等を見据え、合理的な誘導策や義務づけ等を行うことにより重要な低炭素技術・製品等の導入を促進することを想定したケース。
低位ケース	現行で既に取り組み、あるいは、想定されている対策・施策を継続することを想定したケース。

各エネルギー種において、表5-2の考え方を踏まえ、低位、中位、高位ケースの前提条件を設定した。条件設定の概略は表5-3、表5-4、表5-5のとおりである。

表 5-3 再生可能エネルギー電気の種類別の前提条件 (1/2)

再生可能エネルギーの種類	条件設定
太陽光発電	<p>【低位】環境省の「平成24年度・平成25年度 再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」の住宅用等太陽光及び公共系等太陽光の導入ポテンシャルの全量が顕在化。</p> <p>【中位】低位に対して、2030年～50年の平均変換効率が5%向上することによる、ポテンシャルの増加を見込み、全量顕在化。</p> <p>【高位】低位に対して、2030年～50年の平均変換効率が10%向することによる、ポテンシャルの増加を見込み、全量顕在化。</p>
陸上風力発電 洋上風力発電	【低位・中位・高位】環境省の「平成25年度 再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」で設定されるFIT価格別の開発ポテンシャルから算出される、残りポテンシャルに対する年間導入率より推計。
大規模水力発電	【低位・中位・高位】資源エネルギー庁の包蔵水力データベースにある工事中及び未開発分が全て開発されるものとして推計。(開発に伴う廃止も考慮)
中小水力発電	<p>【低位・中位】現行の設備認定ペースが2020年まで継続し、2021年以降はそのペースから半減となり、2050年まで続くものと想定し、設備認定後に運転開始まで必要とするリードタイムを考慮して導入量を推計した。</p> <p>【高位】資源エネルギー庁の包蔵水力データベースにある工事中及び未開発分が全て開発されるものとして推計した。(開発に伴う廃止も考慮)</p>
地熱 (大規模)	<p>【低位】開発地点別情報から、運開が見込まれる全ての地点の導入量を設定。</p> <p>【中位・高位】環境省の「平成24年度 再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」のポテンシャルが全量顕在化するとして設定。</p>
地熱 (温泉発電)	【低位・中位・高位】環境省の「平成22年度 再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」のポテンシャルが全量顕在化するとして設定。

表 5-4 再生可能エネルギー電気の種類別の前提条件 (2/2)

再生可能エネルギーの種類	条件設定
バイオマス発電	<p>【低位】国内で発生するバイオマス資源を一定程度利用（うち非エネルギー利用率・熱利用率は現在を維持）。輸入バイオマス資源は利用しない。</p> <p>【中位】国内で発生するバイオマス資源を最大限利用（うち非エネルギー利用率・熱利用率は現在を維持）。輸入バイオマス資源はバイオマス発電（林地残材・農作物非食用部）の燃料補完として一部利用（海外資源シェア 25%）。</p> <p>【高位】中位に加え、エネルギー利用の林業資源を生産するとともに、輸入バイオマス資源を更に拡大拡大（バイオマス発電（林地残材・農作物非食用部）の海外資源シェア 50%）。</p>
海洋エネルギー発電	<p>【低位】沿岸固定式波力は海岸保全区域延長の 3% に設置、沖合浮体式波力は洋上風力の低位に合わせて設置を想定し、2050 年の導入量を設定。潮流発電は NEDO のポテンシャル調査結果を踏襲して 2050 年の導入量を設定。</p> <p>【中位】波力の沿岸固定式は海岸保全区域延長の 5% に設置、沖合浮体式は洋上風力の中位に合わせて発電機の設置を想定。潮流発電は低位に同じ。</p> <p>【高位】波力の沿岸固定式は海岸保全区域延長の 10% に設置、沖合浮体式は洋上風力の中位に合わせて発電機の設置を想定。潮流発電は低位に同じ。</p>

表 5-5 再生可能エネルギー熱の種類別の前提条件

再生可能エネルギーの種類	条件設定
太陽熱利用	<p>【低位】2030 年のエネルギーミックスの想定にいたるトレンドで 2050 年まで増加すると設定。</p> <p>【中位】高位と低位の中間値と設定。</p> <p>【高位】環境省文献⁶⁹の参考シナリオ 1 を適用。</p>
バイオマス熱利用	<p>【低位】国内で発生するバイオマス資源を一定程度利用（うち非エネルギー利用率・熱利用率は現在を維持）。輸入バイオマス資源は利用しない。</p> <p>【中位】国内で発生するバイオマス資源を最大限利用（うち非エネルギー利用率・熱利用率は現在を維持）。</p> <p>【高位】中位に加え、エネルギー利用の林業資源を生産。</p>
地中熱利用	<p>【共通】地域別及び建物用途別の地中熱導入の有望分野別に導入率を設定。最有望分野については、2050 年に導入率 100%、第二有望分野については 2050 年に導入率 50% として直線的に増加すると設定。</p>

⁶⁹ 環境省：「平成 23 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備等委託業務」、2012

5.1.2 2050年の導入推計量の総括

(1) 一次エネルギー供給量

2050年における再生可能エネルギー導入推計量の一次エネルギー供給（原油換算）を表5-6及び、図5-1に示す。直近年と比較して再生可能エネルギー導入推計量の一次エネルギー供給量（原油換算）は2050年に3.6~5.8倍になると推計された。

2010年時点の1次エネルギー国内供給は5億6900万kLである。直近年の再生可能エネルギー導入量の一次エネルギー（原油換算）は、これに対して7%程度である。一方、2050年にはその比率は35~64%と推計された（前提とする一次エネルギー供給量は表注釈のとおり）。

表 5-6 2050年の再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給量

単位：万kL	直近年	2050年		
		低位	中位	高位
太陽光発電【小計】	671	8,112	9,397	10,609
太陽光発電（戸建住宅）	217	3,517	4,153	4,788
太陽光発電（非住宅等）	454	4,595	5,243	5,821
風力発電【小計】	120	954	2,261	3,533
風力発電（陸上）	118	506	782	986
風力発電（着床）	2	281	579	881
風力発電（浮体）	0	167	900	1,666
大規模水力発電	938	1,086	1,086	1,086
中小水力発電	1,092	1,372	1,372	1,803
地熱発電	72	320	429	864
バイオマス発電	470	601	801	1,002
海洋エネルギー発電	0	431	746	1,329
バイオマス熱利用	367	236	251	414
太陽熱利用	55	109	640	1,162
地中熱利用	0	238	238	238
合計	3,785	13,458	17,221	22,040
一次エネルギー供給比	7%	35%	50%	64%

※表中の「直近年」は、太陽光発電、風力発電、中小水力発電、地熱発電は経済産業省発表⁷⁰の2015年3月末時点、大規模水力は電力調査統計、バイオマスは後述のバイオマス推計の想定に基づく2013年の値。一次エネルギー供給比の前提として、2050年の一次エネルギー供給量は中央環境審議会地球環境部会2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会において発表された技術WGとりまとめの値を用いた。

⁷⁰ 経済産業省：「固定価格買取制度情報公表用ウェブサイト」、http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html

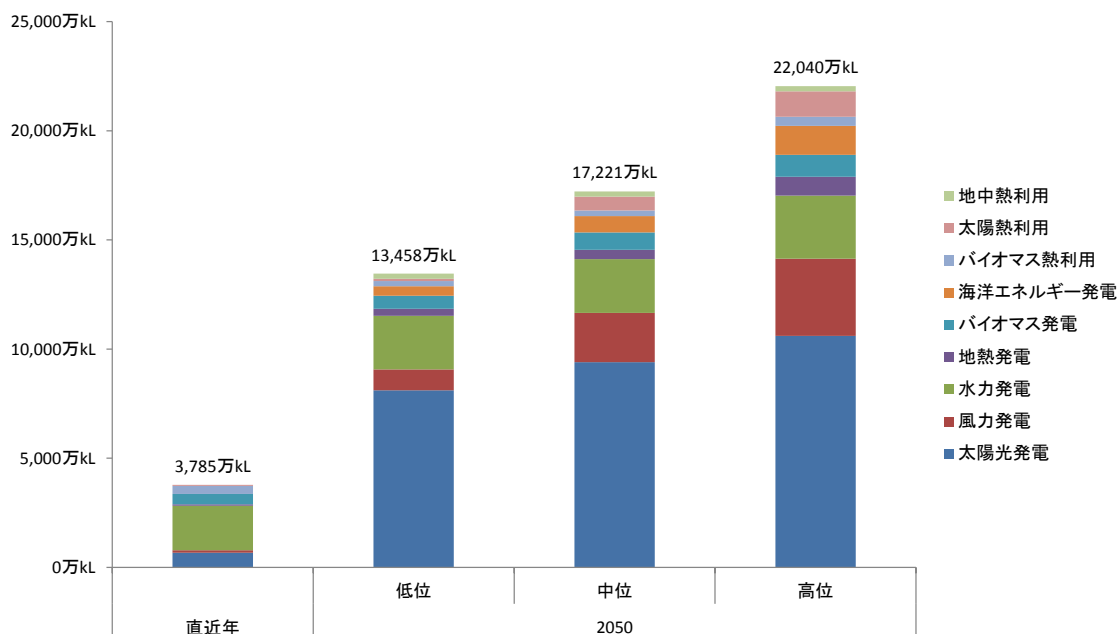


図 5-1 2050 年の再生可能エネルギーによる一次エネルギー供給量

(2) 設備容量

2050 年における再生可能エネルギー電気の設備容量の推計量を表 5-7 及び図 5-2 に示す。

直近年と比較して、2050 年の再生可能エネルギー電気の設備容量は約 6.6~9.3 倍と推計された。一次エネルギー供給量に比較して倍率が高いのは、他の再生可能エネルギー電気より稼働率の小さい太陽光発電の導入による影響が大きい。例えば中位ケースで、太陽光発電が再生可能エネルギー電気全体に占める割合は、発電設備容量ベースでは約 79%であるが、一次エネルギー供給ベースでは約 55%である。

表 5-7 2050 年の再生可能エネルギー電気の発電設備容量

単位：万 kW	直近年	2050 年		
		低位	中位	高位
太陽光発電【小計】	2,371	28,729	33,284	37,584
太陽光発電（戸建住宅）	780	12,609	14,890	17,165
太陽光発電（非住宅等）	1,591	16,120	18,394	20,419
風力発電【小計】	293	1,976	4,341	6,591
風力発電（陸上）	291	1,243	1,919	2,421
風力発電（着床）	3	460	948	1,443
風力発電（浮体）	0	273	1,473	2,728
大規模水力発電	1,268	1,481	1,481	1,481
中小水力発電	969	1,412	1,412	1,885
地熱発電	51	224	301	606
バイオマス発電	279	350	526	991
海洋エネルギー発電	0	475	785	1,358
合計	5,231	34,648	42,130	50,497

※表中の「直近年」は、太陽光発電、風力発電、中小水力発電、地熱発電は経済産業省発表の 2015 年 3 月末時点、大規模水力は電力調査統計、バイオマスは後述のバイオマス推計の想定に基づく 2013 年の値。（出典は一次エネルギー供給量と同様）

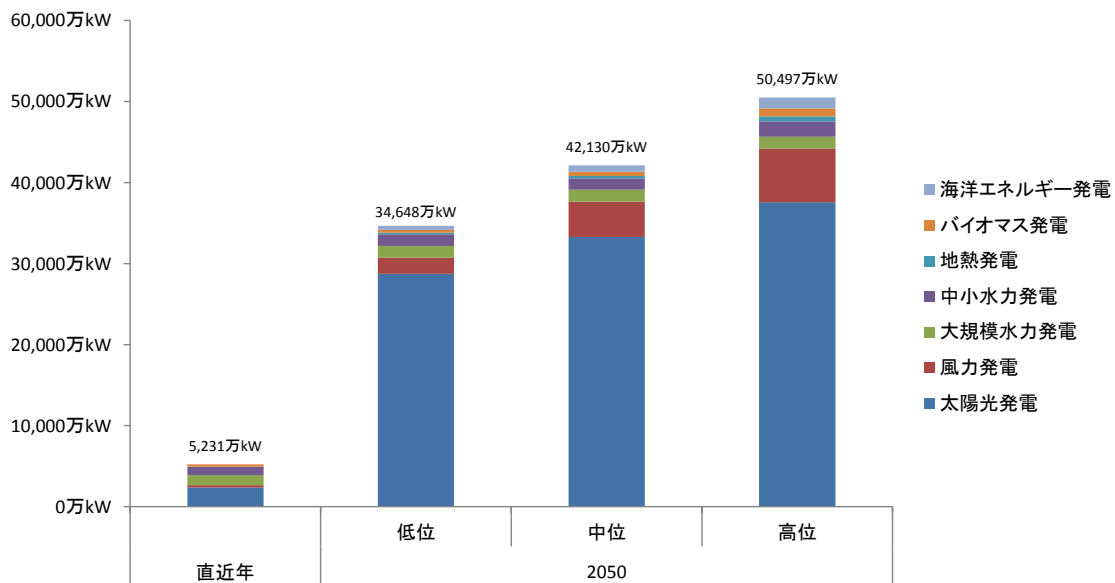


図 5-2 2050 年の再生可能エネルギー電気の発電設備容量

(3) 発電電力量

2050 年の再生可能エネルギー電気の発電電力量の推計結果を表 5-8 及び、図 5-3 に示す。今後の増加傾向は一次エネルギー供給量と同様である。

設備容量と同様、太陽光発電のシェアが最大となっているが、設備容量のシェアと比べると、設備利用率の比較的高い中小水力発電、地熱発電、バイオマス発電などのシェアが高くなっている。

表 5-8 2050 年の再生可能エネルギー電気の発電電力量

単位：億 kWh	直近年	2050 年		
		低位	中位	高位
太陽光発電【小計】	289	3,490	4,043	4,564
太陽光発電（戸建住宅）	94	1,513	1,787	2,060
太陽光発電（非住宅等）	195	1,977	2,256	2,504
風力発電【小計】	52	410	973	1,520
風力発電（陸上）	51	218	336	424
風力発電（着床）	1	121	249	379
風力発電（浮体）	0	72	387	717
大規模水力	404	467	467	467
中小水力発電	470	590	590	776
地熱発電	31	138	185	372
バイオマス発電	202	252	386	740
海洋エネルギー発電	0	185	321	572
合計	1,447	5,533	6,965	9,011

※表中の「直近年」は、太陽光発電、風力発電、中小水力発電、地熱発電は経済産業省発表の 2015 年 3 月末時点、大規模水力は電力調査統計、後述のバイオマス推計の想定に基づく 2013 年の値。（出典は一次エネルギー供給量と同様）

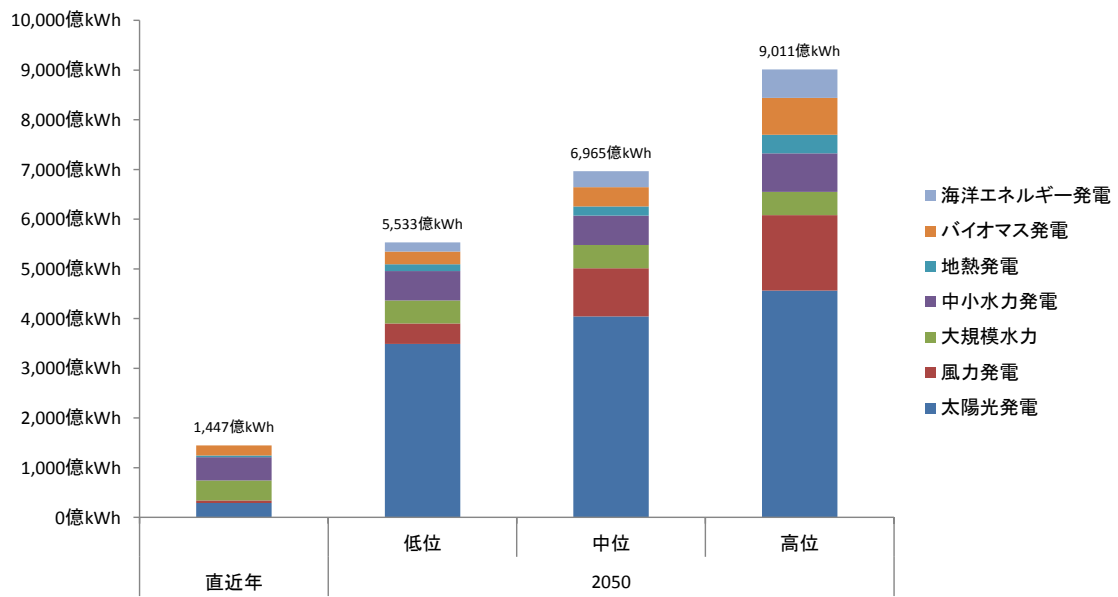


図 5-3 2050 年の再生可能エネルギー電気の発電電力量

5.1.3 再生可能エネルギー電気の導入推計量

再生可能エネルギー電気の導入推計量的前提条件は表 5-3 に示したとおりである。それらの前提に基づき、再生可能エネルギーの種類毎に低位ケース、中位ケース、高位ケースのそれぞれで導入推計量を算出する。

(1) 太陽光発電の導入推計量

1) 太陽光発電の導入推計量の考え方

2050 年における太陽光発電の導入推計量は、環境省文献⁷¹（以下、ゾーニング調査）の導入ポテンシャルをも用いることとした。同調査では、住宅系等太陽光及び公共系等太陽光の導入ポテンシャルをレベル 1～3 の 3 段階に分けて整理しているが、レベル 2 の導入ポテンシャルを 2050 年の低位ケースの導入推計量と考えることとした。また、中位ケース、高位ケースについては 2030 年以降の平均変換効率が低位ケースと比べてそれぞれ 5%、10% 向上すると見積もって導入推計量を設定した。同調査における導入レベルの前提条件を表 5-9 に、2050 年の導入推計量の考え方と数値を図 5-4⁷²に示す。

表 5-9 ゾーニング調査における導入レベルの前提条件

レベル 1	<ul style="list-style-type: none"> 屋根 150 m²以上に設置 設置しやすいところに設置するのみ
レベル 2	<ul style="list-style-type: none"> 屋根 20 m²以上に設置 南壁面・窓 20 m²以上に設置 多少の架台設置は可（駐車場への屋根の設置も想定）
レベル 3	<ul style="list-style-type: none"> 切妻屋根北側・東西壁面・窓 10 m²以上に設置 敷地内空地なども積極的に活用

出典) 環境省：「平成 22 年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」、2011

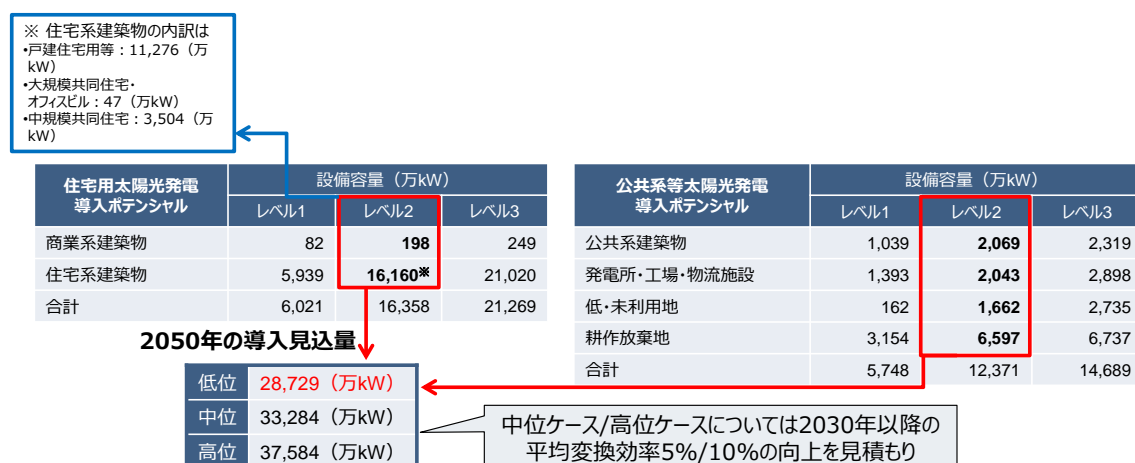


図 5-4 ゾーニング調査における導入ポテンシャルと本検討における 2050 年の導入推計量

⁷¹ 環境省：「平成 23 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備等委託業務」、2012

⁷² 本検討では、住宅用太陽光発電導入ポテンシャルを戸建住宅用の導入推計量と、公共系等太陽光発電導入ポテンシャルを非住宅用の導入推計量と考える。

2) 太陽光発電の導入推計量

上述の想定に基づき、低位ケース、中位ケース、高位ケースについて 2050 年の導入推計量を試算した結果を表 5-10 に示す。

表 5-10 2050 年の太陽光発電の導入推計量

	設備容量 (万 kW)			発電電力量 (億 kWh)		
	低位	中位	高位	低位	中位	高位
太陽光発電 (合計)	28,729	33,284	37,584	3,490	4,043	4,564
戸建住宅用	12,609	14,890	17,165	1,513	1,787	2,060
非住宅用	16,120	18,394	20,419	1,977	2,256	2,504

(2) 風力発電の導入推計量

1) 風力発電の導入推計量の考え方

a. 陸上風力発電

図 5-5 に陸上風力発電の 2050 年導入推計量の検討方法の概略を示す。環境省文献⁷³ (以下、ゾーニング調査) では一定のコストシナリオ下における、固定価格買取制度 (FIT) の買取価格と開発可能ポテンシャルの関係が示されており、本調査では次の手順で 2050 年導入推計量を試算する。

- ① ゾーニング調査の結果をもとに内部収益率 (IRR) に対する開発可能ポテンシャルを設定。
- ② IRR に対するポテンシャルと、既に導入された発電容量の差 (以下、残りポテンシャル) を算定。
- ③ 残りポテンシャルに対する年間導入率を設定。
- ④ 各年の残りポテンシャルと年間導入率から 2050 年の導入推計量を試算。

2050 年までの IRR についての想定および残りポテンシャルに対する年間導入率は表 5-11 に示すとおり。表 5-12 には IRR に対応する陸上風力発電のポテンシャルを示す。

⁷³ 環境省：「平成 25 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」、2014

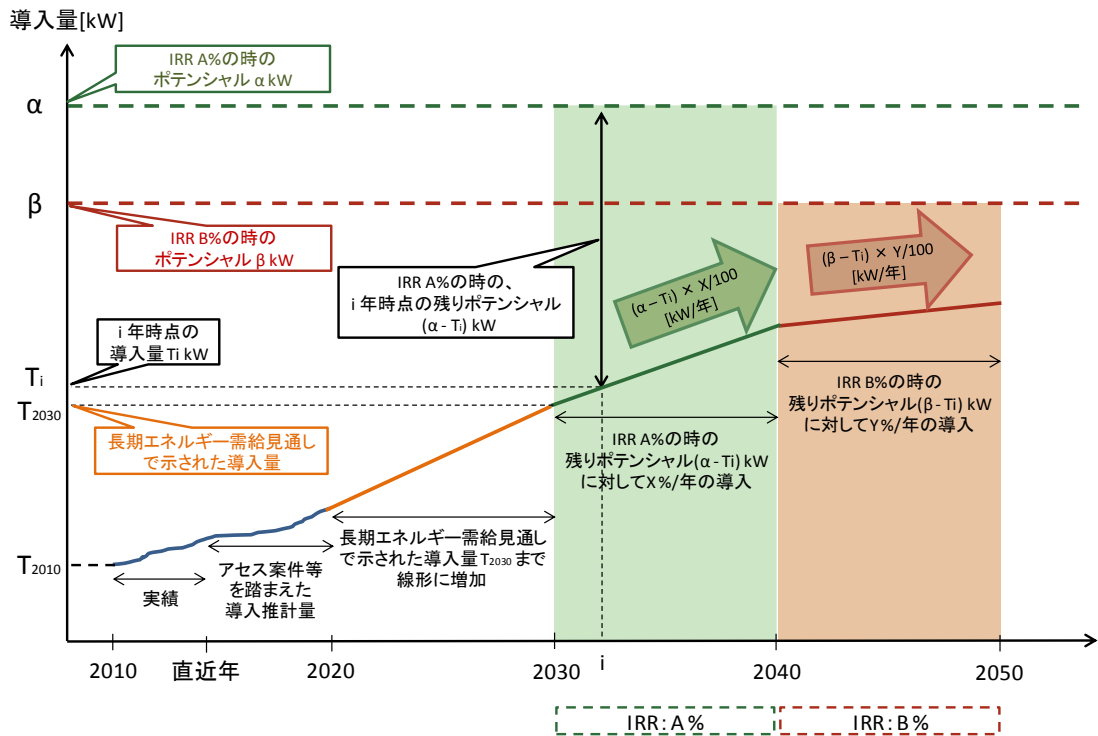


図 5-5 陸上風力発電の推計方法の概略

表 5-11 陸上風力発電の導入推計量の考え方

低位	中位	高位
2030年～2050年のIRRを2%と仮定し、残りポテンシャルに対する年間導入率を0.25% ⁷⁴ と設定。	2030年～2050年のIRRを6%と仮定し、残りポテンシャルに対する年間導入率を0.33% ⁷⁴ と設定。	2030年～2050年のIRRを8%と仮定し、残りポテンシャルに対する年間導入率を0.42% ⁷⁴ と設定。

表 5-12 IRR に対する陸上風力発電のポテンシャル^{75,76}

IRR	10%	8%	6%	2%
IRR に対するポテンシャル[万 kW]	23,648	19,672	16,410	7,106

b. 洋上風力発電

陸上風力と同様に洋上風力発電の2050年までのIRRおよび残りポテンシャルに対する年間導入率を設定することにより、2050年の導入推計量を試算する。表 5-13 に導入推計量の考え方、表 5-14 にIRRに対する洋上風力発電のポテンシャルを示す。

⁷⁴ 低位の年間導入率は2012年～2020年の導入率の平均、高位は2020年の導入率、中位は低位と高位の平均として設定した。

⁷⁵ 環境省：「平成25年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」、2014

⁷⁶ 調達価格等算定委員会のコストデータ等を基に、脚注75の文献のFIT価格に対応するIRRを計算。

表 5-13 洋上風力発電の導入推計量の考え方

低位	中位	高位
2030年～2050年のIRRを4%と仮定し、2030年～2050年の残りポテンシャルに対する年間導入率を0.25% ⁷⁷ と設定。	2030年～2050年のIRRを7%と仮定し、2030年～2050年の残りポテンシャルに対する年間導入率を0.25% ⁷⁷ と設定。	2030年～2050年のIRRを10%と仮定し、2030年～2050年の残りポテンシャルに対する年間導入率を0.25% ⁷⁷ と設定。

表 5-14 IRR に対する洋上風力発電のポテンシャル⁷⁸

	10%	7%	4%	2%
IRR に対するポテンシャル[万 kW]	83,693	47,922	11,624	3,255

2) 風力発電の導入推計量

上述の想定に基づき、低位ケース、中位ケース、高位ケースについて2050年の導入推計量を試算した結果を表 5-15 に示す。

表 5-15 2050年の風力発電の導入推計量

	設備容量 (万 kW)			発電電力量 (億 kWh)		
	低位	中位	高位	低位	中位	高位
風力発電 (合計)	1,976	4,341	6,591	410	973	1,520
陸上風力発電	1,243	1,919	2,421	218	336	424
洋上風力発電	733	2,421	4,171	193	636	1,096

⁷⁷陸上風力(低位)で設定した残りポテンシャルに対する導入割合 ※2030年頃から商用普及が進むことを想定して、陸上風力の導入割合を適用した。なお、洋上は陸上よりも導入が遅れていることから、陸上風力の中でも手堅いシナリオである「低位」の導入割合を採用した。

⁷⁸ 環境省：「平成25年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」、刊行年(2014)

(3) 水力発電の導入推計量

1) 水力発電の導入推計量の考え方

a. 大規模水力発電の場合

本調査では、低位ケース、中位ケース、高位ケース一律として、2050年には資源エネルギー庁の包蔵水力データベース⁷⁹にある工事中・未開発案件が全て顕在化すると想定した。

b. 中小水力発電の場合

本調査では、表 5-16 の考え方により、低位ケース、中位ケース、高位ケースそれぞれにおいて、導入推計量を試算した。

表 5-16 中小水力発電の導入推計量の考え方

低位	中位	高位
中位と同じ	2020年までは、固定価格買取制度開始後の認定容量の増加が今後も同程度で続くものとして、運転開始までのリードタイムを考慮して設定。 2021年以降は、認定ペースが半分になり、2050年まで続くと想定。	資源エネルギー庁の包蔵水力データベースにある工事中・未開発案件が全て顕在化すると想定。

固定価格買取制度に基づく認定容量と導入容量の見通しは表 5-17 のとおり。なお、ある年度の認定容量が運転開始となる顕在化率は、実績を踏まえて以下のとおり設定した。

表 5-17 中小水力発電の設備認定後の顕在化率の想定

	200kW 未満	200-1,000kW	1,000-30,000kW
認定初年度	20%	15%	0%
2年目	20%	15%	15%
3年目	20%	15%	15%
4年目	20%	15%	15%
5年目	20%	20%	15%
6年目		20%	20%
7年目			20%

⁷⁹ 資源エネルギー庁ホームページ,

http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/hydroelectric/database/energy_japan006/,
2016/03/17 閲覧

導入量の実績値については、資源エネルギー庁が公表している出力別包蔵水力データ（2014年度末現在）を用いた。ここには、固定価格買取制度による導入量も含まれるもの⁸⁰として、2015年度以降の追加導入容量を上乗せして導入推計量とした。

ただし、発電電力量は、電力調査統計の2014年度データから、一般電気事業者、卸電気事業者、特定電気事業者、自家用発電分を集計した値を採用した。

表 5-18 我が国の出力別包蔵水力データ（一般水力）

出力区分 (kW)	既開発			工事中			未開発		
	地点	出力 (kW)	電力量 (MWh)	地点	出力 (kW)	電力量 (MWh)	地点	出力 (kW)	電力量 (MWh)
1,000未満	541	225,106	1,405,373	38	14,306	71,090	369	240,630	1,212,351
1,000～ 3,000	428	764,168	4,282,556	6	10,099	45,886	1,227	2,256,000	9,153,776
3,000～ 5,000	164	617,575	3,244,861	2	8,900	38,982	523	1,961,900	7,887,463
5,000～ 10,000	286	1,938,440	9,871,097	3(1)	20,820	102,111	337	2,265,700	9,079,050
10,000～ 30,000	366	6,099,200	28,200,953	2	42,600	157,405	206	3,267,900	12,095,826
30,000～ 50,000	89	3,374,200	14,949,040	-	-	-	21	801,900	2,610,500
50,000～ 100,000	67	4,384,050	16,896,464	2(2)	117,290	475,135	14	879,100	2,353,400
100,000 以上	26	4,925,500	13,958,112	1	153,400	255,600	3	378,000	1,109,000
計	1,967	22,328,239	92,808,438	54(3)	367,415	1,146,209	2,700	12,051,130	45,501,366
平均	-	11,351	47,183	-	7,204	22,475	-	4,463	16,852

平成27年3月31日現在

出典) 資源エネルギー庁ホームページ

http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/hydroelectric/database/energy_japan006/

また、新增設に伴う既設の減少分について、供給計画で把握出来ている以上の減少分について包蔵水力データベースにある「既開発への影響」を考慮した。この減少分は大規模と中

⁸⁰ 出所の資源エネルギー庁ホームページでは、「既開発」は平成27年3月31日現在において運転中のものであり（一部が工事中である発電所に係る運転未開始分の出力、電力量については「工事中」の該当欄に各々計上した。）、一般電気事業、卸電気事業及び卸供給事業用の全発電所並びに最大出力100kW以上の自家用発電所について集計、とあるため、厳密には100kW未満の発電施設は含まれていない。

小水力の区別がないため、大規模と中小水力(高位)の増加分で按分して減少分を推計した。その上で、中小水力の低位と中位に対しては、高位との増加分の比率を用いて減少分を推計した。

表 5-19 我が国の包蔵水力データ

区分		地点数	最大出力(kW)	年間可能発電電力量(MWh)
既開発	一般水力	1,967	22,328,239	92,808,438
	混合揚水	17	5,624,690	2,378,974
工事中	一般水力	54(3) -4	367,415 -144,955	1,146,209 -537,289
	混合揚水			
未開発	一般水力	2,700 -254	12,051,130 -990,222	45,501,366 -6,739,917
	混合揚水	18 -10	6,916,000 -97,550	1,651,500 -647,132
一般水力計		4,718 -258	33,611,607	132,178,807
混合揚水計		35 -10	12,443,140	3,383,342
合計		-	-	135,562,149

注

1. 「既開発」は平成27年3月31日現在において運転中のものであり（一部が工事中である発電所に係る運転未開始分の出力、電力量については「工事中」の該当欄に各々計上した。）、一般電気事業、卸電気事業及び卸供給事業用の全発電所並びに最大出力100kW以上の自家用発電所について集計した。
2. 「工事中」は第4回電源開発分科会（平成14年7月12日）までに決定されたもの、及び電気事業法に基づき、平成27年3月31日までに工事計画事前届出が受理されたものについて集計した。
3. 「混合揚水」の年間可能発電電力量は自流分発電電力量のみを集計した。
4. 「工事中」及び「未開発」の計画に伴う「既開発」への影響については、各々の数値の下段に外数として示した。なお、地点数については廃止となる発電所数を示した。
5. 「工事中」のうち、既開発地点の増設、改造中地点数を（）内数で示した。

出典) 資源エネルギー庁ホームページ

http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/hydroelectric/database/energy_japan002/

2) 水力発電の導入推計量

上述の想定に基づき、低位ケース、中位ケース、高位ケースについて 2050 年の導入推計

量を試算した結果を表 5-20 に示す。

表 5-20 2050 年の水力発電の導入推計量

	設備容量 (万 kW)			発電電力量 (億 kWh)		
	低位	中位	高位	低位	中位	高位
水力発電 (合計)	2,893	2,893	3,365	1,058	1,058	1,243
大規模水力発電	1,481	1,481	1,481	467	467	467
中小水力発電	1,412	1,412	1,885	590	590	776

(4) 地熱発電の導入推計量

1) 地熱発電の導入推計量の考え方

本調査では大規模地熱・温泉発電別に、表 5-21 の考え方により低位ケース、中位ケース、高位ケースそれぞれにおいて、2050 年の導入推計量を試算した。

表 5-21 地熱発電の導入推計量の考え方

	低位	中位	高位
大規模地熱	開発地点別情報から運開を見込んでいる全ての地点の導入量を設定。	環境省の「平成 24 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」における基本導入ポテンシャルを設定。	環境省の「平成 24 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」における「条件付き導入ポテンシャル 1」を設定。
温泉発電	環境省の「平成 22 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」におけるシナリオ 1-1 (FIT 単価 15 円×15 年) を設定。	環境省の「平成 22 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」におけるシナリオ 1-2 (FIT 単価 20 円×15 年) を設定。	環境省の「平成 22 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」におけるシナリオ 2 (技術革新に加えて、FIT 単価 20 円×15 年) を設定。

2) 地熱発電の導入推計量

上述の想定に基づき、低位ケース、中位ケース、高位ケースについて 2050 年の導入推計量を試算した結果を表 5-22 に示す。

表 5-22 2050 年の地熱発電の導入推計量

	設備容量 (万 kW)			発電電力量 (億 kWh)		
	低位	中位	高位	低位	中位	高位
地熱発電 (合計)	224	301	606	138	185	372
大規模地熱	168	233	534	103	143	327
温泉発電	57	68	72	35	42	44

(5) バイオマス発電の導入推計量

1) バイオマス発電の導入推計量の考え方

a. 方針

バイオマスは電気、熱の双方に利用可能である。ここでは、バイオマスのエネルギー用途での利用量を最初に推計し、後で電気利用と熱利用に配分することとした。

以下の手順で、バイオマス発電、熱利用それぞれの導入推計量を試算した。

1. 直近のバイオマス利用量の推計
2. 国産資源について
 - (ア) 直近のバイオマス利用率 (発生量に対する) の推計
 - (イ) 2050 年の発生量の推計
 - (ウ) 2050 年の利用率の設定
 - (エ) 導入推計量の算出
3. 海外資源について導入推計量の考え方の整理
4. 発電利用と熱利用への区分

b. バイオマスの種類と対応

バイオマスのポテンシャル (発生量) や利用実績の調査として、表 5-23 のような資料があるが、それぞれバイオマスの区分や把握範囲が異なっている。大まかな対応関係を図 5-6 に示す。

最も項目が細分化されている NEDO 賦存量におけるバイオマス種類に、黒液・紙、輸入バイオマス (木質ペレット、パームやし殻) を追加した。これを、農水省計画等を参考に、林地残材、製材工場等残材、建設発生木材、農作物非食用部等、家畜排せつ物、下水汚泥、

一般廃棄物、食品廃棄物、黒液、木質ペレット、パームやし殻に集約した(表 5-24 等参照)。

各バイオマス資源について、利用方法を想定し、発熱量を定めた。具体的な設定値は表 5-24 のとおりである。利用方法は、木質系バイオマスや農作物非食用残渣などは直接燃焼、下水汚泥は固体燃料化、家畜排せつ物はメタン発酵を行うものとした。後者二つの利用方法については、これらの燃料への加工における必要エネルギーやロス分⁸¹も含める形での発熱量を設定した。

表 5-23 バイオマスのポテンシャルや利用実績の調査

	本資料中での略称	ポテンシャル	実績	得られる情報
農林水産省「バイオマス活用推進基本計画」平成 22 年	農水省計画	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 資源別の利用率（非エネルギー利用を含む） 別資料で 2013 年までの発生量、利用実績も出されている
NEDO「バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計」2011 年推計	NEDO 賦存量	○		<ul style="list-style-type: none"> 資源別の「賦存量（総合計 673PJ）」 「有効利用可能量（総合計 173PJ）」
METI「バイオマス・廃棄物による発電利用及び熱量の導入実績調査」(H22～H25)	METI 調査		○	<ul style="list-style-type: none"> 業種別のバイオマス導入量 最新の H25 調査の対象は H23 の導入実績
固定価格買取制度 情報公開用ウェブサイト (以降「FIT 実績」)	FIT 実績		○	<ul style="list-style-type: none"> 固定価格買取制度適用の設備量 毎月更新
林野庁「特用林産物生産統計調査」(毎年)	林野庁統計		○	<ul style="list-style-type: none"> 薪、オガライト（おがくずペレット）等生産量 現在は H25 が最新

⁸¹ ただし、下水汚泥の乾燥においては、エネルギー利用を行わない場合にも必要となるため、乾燥に必要なエネルギーは考慮しないものとした。

METI「バイオマス・廃棄物による発電利用及び熱利用の導入実績調査」(実績)

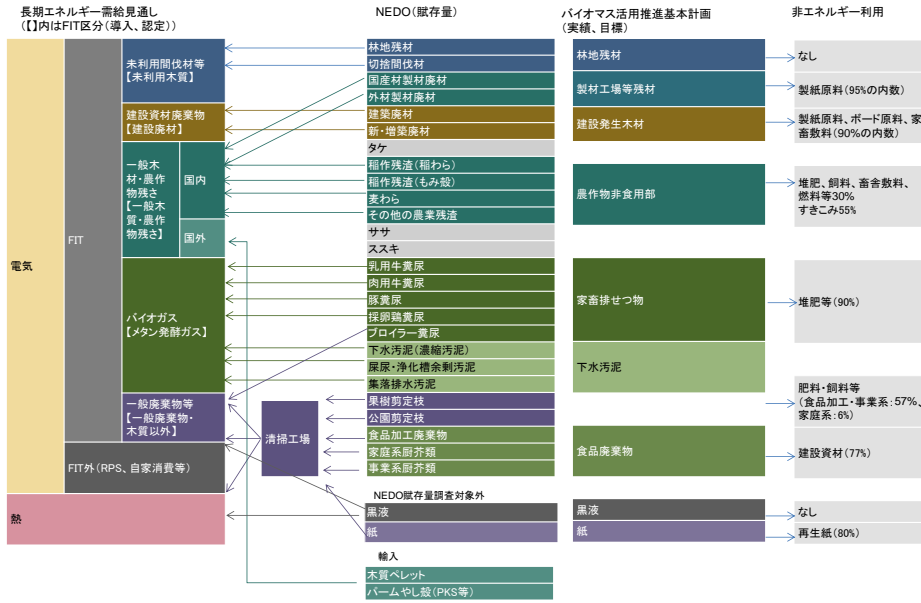


図 5-6 各種資料中のバイオマス区分の把握範囲

表 5-24 バイオマスの種類と利用方法、発熱量

資源		利用方法	発熱量 [MJ/kg-wet]*	備考	
国産	林地残材	林地残材 切捨間伐材	直接燃料	10.3	NEDO バイオマスエネルギー導入ガイドブック第4版,2015年における低位発熱量より換算。
	製材工場等残材	国産材製材廃材 外材製材廃材	直接燃料	11.3	同上
	建設発生木材	建築廃材 新・増築廃材	直接燃料	12.8	同上
	農作物非食用部等	タケ	—		
		稲作残渣(稲わら) 稲作残渣(もみ殻) 麦わら その他の農業残渣	直接燃料	7.7	バイオマスの絶乾発熱量を17.8MJ/kgとし、含水率を50%として換算。
		ササ ススキ	—		
	家畜排せつ物	乳用牛糞尿 肉用牛糞尿 豚糞尿 排卵鶏糞尿 ブロイラー糞尿	メタン発酵	0.73	NEDO バイオマスエネルギー導入ガイドブック第4版,2015年におけるメタン発酵事業の事例から算出 なお、ブロイラー鶏糞は直接燃焼で用いられるが、ここでは家畜排せつ物としてまとめて扱うものとした。
	下水汚泥	下水汚泥(濃縮汚泥) 尿尿・浄化槽余剰汚泥 集落排水汚泥	固体燃料化	0.4	バイオマスの絶乾発熱量を17.8MJ/kgとし、含水率98%(下水汚泥発生量の数値に対応した含水率)で換算。
	一般廃棄物	果樹剪定枝 公園剪定枝 家庭系厨芥紙	直接燃焼	7.5	環境省「一般廃棄物焼却施設毎の指針値の解説」に記載の数値。
	食品廃棄物	食品加工廃棄物 事業系厨芥	メタン発酵	3.37	NEDO バイオマスエネルギー導入ガイドブック第4版,2015年におけるメタン発酵事業の事例から算出。
	黒液	直接燃焼	13.6	標準発熱量。	
輸入	木質ペレット・パームやし殻等	直接燃焼	15.8	バイオマスの絶乾発熱量を17.8MJ/kgとし、含水率10%と想定して換算。	

*kg-wet: 含水での重量。農水省計画等で記載されているバイオマス重量が含水の重量だと考えられるため、発熱量も含水ベースで記載した。

c. 直近のバイオマス利用量

各種資料から、直近（2014年度）の導入実績を推計した。各バイオマス資源について、現在のエネルギー用途の利用量を、各導入実績に従って定めた。具体的な推計方法は、表 5-25 のとおりである。

エネルギー利用の内訳として、電気（FIT 対象、FIT 外）、熱についても推計した。

FIT 対象電気は、FIT 実績における運転開始設備量（2015年3月末時点）を、「発電コスト等の検証に関する報告（各電源の諸元一覧）」⁸²によるバイオマス発電の設備利用率 87%、発電効率 25.3%⁸³を用いて、バイオマス量に変換した。ただし、これを固定価格買取制度下で提出された年報をもとに、資源エネルギー庁・林野庁が集計した平成 27 年度報告分（すなわち平成 26 年度実績）の「固定価格買取制度開始後に運転開始した設備の年間使用燃料量の内訳」⁸⁴と比較したところ、建築廃材では差が大きかったため、建築廃材の発電設備の稼働率のみ 50%とした。

FIT 外電気と熱は、最新の METI 調査の対象年（H23）から状況が変わっていないものとして、その値を計上した。なお、METI 調査における電力用途バイオマスの量は、発電電力量を発電効率 40%で一次換算した熱量であるが、ここではバイオマスとしての熱量に揃えるため、黒液以外の効率の比較的低い利用と考えられる発電については、上述のバイオマスの発電効率を用いて 40/26 倍することで、バイオマスの物量に対応する熱量を示した。

導入実績の推計結果を図 5-7 に示す。

⁸² 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 長期エネルギー需給見通し小委員会 発電コスト検証ワーキンググループ

⁸³ 稼働率 87%における必要燃料の重量が示されているため、木質チップを想定し発熱量を 10.3MJ/wet-kg として換算。

⁸⁴ 経済産業省：「調達価格等算定委員会（第 22 回）配布資料」、2016

表 5-25 現在のバイオマス利用量の推計方法

資源			現在の利用量				
				うち電気			うち熱
				FIT	FIT 外		
国産	林地残材	林地残材 切捨間伐材	右記の和	右記の和	FIT の【未利用木質】の運 転開始設備 量から推計。	ゼロとする	ゼロとする
	製材工場 等残材	国産材製材廃材 外材製材廃材	右記の和	右記の和	FIT の【一般 木質・農作物 残渣】から推 計される量 から輸入資 源分を除いたもの	METI 調査 の製材廃棄 物	METI 調査 の製材廃棄 物＋林野庁 統計薪・木 質粒状燃 料・木炭等 を計上
	建設発生 木材	建築廃材 新・増築廃材	右記の和	右記の和	FIT の【建設 廃材】運転開 始設備量から推計	ゼロとする	ゼロとする
	農作物非 食用部等	稲作残渣（稲わ ら） 稲作残渣（もみ 殻） 麦わら その他の農業残 渣	右記の和	右記の和	ゼロとする	METI 調査 のバガス	METI 調査 のバガス
	家畜排せ つ物	乳用牛糞尿 肉用牛糞尿 豚糞尿 排卵鶏糞尿 ブロイラー糞尿	右記の和	右記の和	FIT の【メタ ン発酵ガス】 運転開始設 備量から推 計	METI 調査 の家畜排せ つ物	METI 調査 の家畜排せ つ物
	下水汚泥	下水汚泥（濃縮汚 泥） 尿尿・浄化槽余剰 汚泥 集落排水汚泥	右記の和	右記の和	ゼロとする	METI 調査 の下水汚泥	METI 調査 の下水汚泥
	一般廃棄 物	果樹剪定枝 公園剪定枝 家庭系厨芥 紙	右記の和	右記の和	FIT の【一般 廃棄物・木質 以外】から推 計	METI 調査 の清掃工場 ×2割	METI 調査 の清掃工場
	食品廃棄 物	食品加工廃棄物 事業系厨芥	右記の和	右記の和	ゼロとする	METI 調査 の食品廃棄 物	METI 調査 の食品廃棄 物
		黒液	左記の和	右記の和	ゼロとする	METI 調査 の黒液・廃 材	METI 調査 の黒液・廃 材
輸入	木質ペレット・パームやし殻	貿易統計	全量	2011 年以降 の増加量	差分	ゼロとする	

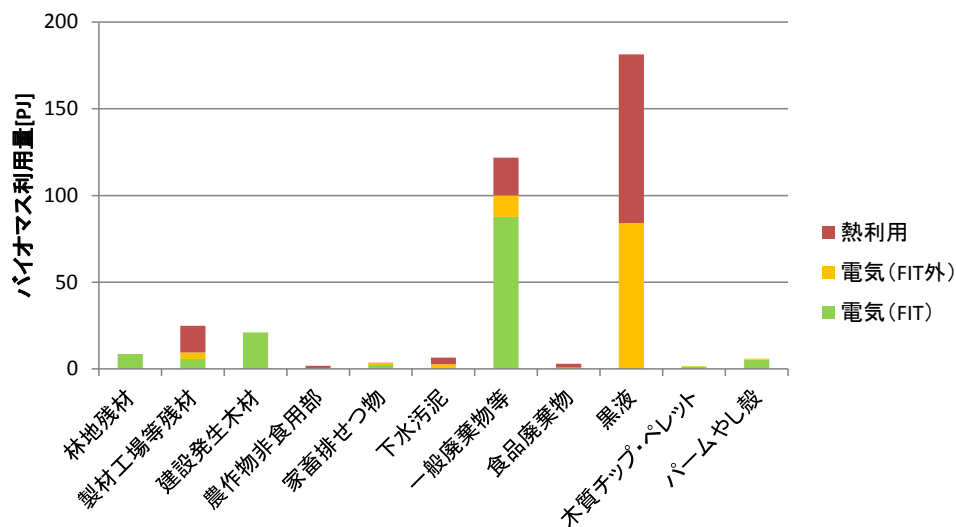


図 5-7 2014 年のバイオマス使用量の推計

d. 直近のバイオマス利用率（国産資源）

国産資源については、発生量に占める直近のバイオマス利用率を算出した。

発生量（物量）は、農林水産省調査による 2013 年発生量に、上述したように定めた発熱量を乗じて求めた。ただし、これに含まれない区分や、さらに細分化されている区分については、NEDO 賦存量を援用して推計した。推計した 2014 年の導入実績を発生量で除することで、2014 年におけるバイオマス資源のエネルギー比率を算出した。（なお、年度の 1 年の差は無視した。）

推計結果は表 5-26 に示すとおりである。推計した 2014 年のエネルギー利用率に加えて、農水省計画における 2010 年の各資源の使用実績と、2020 年目標を併記している。

バイオマスの非エネルギー利用や熱利用特に進まなかったとすれば、2010 年の利用率と 2014 年の利用率の差が、固定価格買取制度後のバイオマス発電増加に相当する。

なお、導入実績の試算結果では、製材工場残材や建設発生木材は、2010 年時点での未利用分より多い量が固定価格買取制度下での発電に用いられている。すなわちバイオマス発電の増加が、製材工場残材や建設発生木材の既存利用に対して、負の影響を与えている可能性がある。

表 5-26 バイオマス利用率

資源		2013年 発生量 [PJ/年]	エネルギー利用率		農水省計画（非エネルギー利 用を含む）	
			2014年		2010年 利用率実績	2013年 利用率実績
			合計	うち 電気 (FIT)		
国産	林地残材	83	10%	10%	3%	6%
	製材工場等残材	45	55%	13%	94%	95%
	建設発生木材	74	28%	28%	90%*	94%**
	農作物非食用部等	185	1%	0%	33%	33%
	家畜排せつ物	128	3%	2%	87%	87%
	下水汚泥	27	27%	0%	78%	58%***
	一般廃棄物	472	26%	19%	78%（紙）	80%（紙）
	食品廃棄物	29	10%	0%	22%	25%
	黒液	163	111%		100%	100%
合計		1,207				

* 2010年の値がないため2008年の値。

** 2013年の値がないため2012年の値。

***下水汚泥の利用率が低下したのは、東日本大震災による特殊影響であるとされている。

e. 将来の発生量（国産資源）

各資源発生量の将来変化を推計した。将来変化に当たっては指標を定め、その指標に比例して増減するものとした。

製材工場等残材発生量は、製材用材需要に比例するが、製材用材需要は住宅着工件数と密接な関係にある。住宅着工件数は2人以上世帯数に比例するものとした。林地残材発生量は国産材供給量との関係があるが、製材用材の自給率を一定として、林地残材発生量も2人以上世帯数に比例するものとした。建築発生木材は、住宅の立て替え時・取り壊し時に発生するものとして、30年遅れで世帯数に比例するものとした。なお、2人以上世帯数は、2035年までは国立社会保障・人口問題研究所「日本の世帯数の将来推計(全国推計)」(2013年)を参照し、2035年以降は世帯あたり人数が変化しないものとして人口比例として推計した。

農作物非食用部、家畜排せつ物発生量は、農業・畜産業生産量によって変化する。農業・畜産業は高付加価値化の傾向にあり、生産量自体は長期的に減少を続けると見込まれる。農作物非食用部は、耕地（田・畑）面積推移のトレンド（農林水産統計⁸⁵、最近9年）より、毎年0.4%減少するものとした。家畜排せつ物は、肉用牛の頭数推移のトレンド（畜産統計⁸⁶、最近9年）より、毎年0.8%減少するものとした。

下水汚泥、一般廃棄物、食品廃棄物発生量は、人口に比例するものとした。人口は、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」を参照した。

黒液発生量は、パルプ生産量に比例する。紙需要の低下と、古紙利用率の増加により、パルプ生産量は低下している。パルプ生産量のトレンド（紙・パルプ統計、最近9年）より、毎年2%減少するものとした。

⁸⁵ http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/menseki/pdf/menseki_kouti_14-1.pdf

⁸⁶ http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/pdf/tikusan_14.pdf

推計結果を表 5-27 に示す。今後の人口減少等により、国内のバイオマス発生量は減少する。

表 5-27 バイオマス発生量の将来推計[PJ]

資源		2013	2050
国産	林地残材	83	66
	製材工場等残材	45	36
	建設発生木材	74	100
	農作物非食用部等	185	160
	家畜排せつ物	128	95
	下水汚泥	27	21
	一般廃棄物	472	363
	食品廃棄物	29	22
	黒液	163	77
合計		1,207	941

f. 将来の利用率（国産資源）

2050 年の各資源のエネルギー利用率を定めた。

中位では、2050 年には、非エネルギー利用含む利用率が 95%（黒液は 100%）となると想定した。直近の非エネルギー利用率が保たれると想定し、増分がエネルギー利用であるとした。

低位では、2020 年の非エネルギー利用含む利用率が比較的低い、林地残材と農作物非食用部の利用率は、50%に留まるとした。

高位では、副産物としてのバイオマス発生量に加え、バイオマス利用目的での林業生産が増加するものとした。2050 年において、林業生産のバイオマス利用目的比率が 5 割に達するものとした。すなわち、林地残材発生量が 1 のとき、林地残材率を約 2 割（樹種により異なる）とすると主生産物の生産量は 5 であり、これと同量の林業バイオマスが供給されることとした。

表 5-28 2050 年の国内バイオマス資源の利用想定

	低位	中位	高位
非エネルギー利用含む利用率	95% (林地残材と農作物非食用部は 50%、黒液は 100%)	95% (黒液は 100%)	95% (黒液は 100%)
発生量	表 5-27 のとおり	表 5-27 のとおり	表 5-27 に加え、林地残材発生量の 5 倍の林業バイオマスが利用可能

表 5-29 バイオマスの利用率の想定

資源		エネルギー			非エネルギー利用を含む		
		2014	2050		2013*	2050	
			低位	中位・高位		低位	中位・高位
国産	林地残材	10%	50%	95%	6%	50%	95%
	製材工場等残材	55%	55%	55%	95%	95%	95%
	建設発生木材	28%	29%	29%	94%	95%	95%
	農作物非食用部等	1%	18%	63%	33%	50%	95%
	家畜排せつ物	3%	11%	11%	87%	95%	95%
	下水汚泥	24%	42%	42%	77%	95%	95%
	一般廃棄物	26%	41%	41%	80% (紙)	95%	95%
	食品廃棄物	10%	80%	80%	25%	95%	95%
	黒液	100%	100%	100%	100%	100%	100%

*農水省計画

g. 導入推計量（海外資源）

海外資源の導入は、2050年時点では、国産資源を用いたバイオマス発電の燃料の補完的役割で導入されると想定した。特に一次産業の残渣である林地残材、農作物非食用部は、発生量が比較的不安定であり、これらを利用する発電では、燃料供給の安定化のために、表 5-28 の比率で輸入燃料を利用しているとした。

表 5-30 海外バイオマス資源の利用想定

	低位	中位	高位
林地残材、農作物非食用部を用いた発電に占める海外資源のシェア	0%	25%	50%

h. 発電利用と熱利用

エネルギー用バイオマスの利用方法について、表 5-31 のように想定した。

ここでは、基本は実績からの増分は発電用としている。ただし、林地残材については、発電用に用いられるものより低位の部位を熱用途に用いるものとして、電気と熱の振り分けを 8:2 とした。黒液は実績の比率で発電・熱利用に振り分けられるものとし、輸入資源は全量発電用とした。

発電時の発電効率は、比較的設備規模が大きいと考えられる場合は 40%、そうでない場合は 25.3%。稼働率は 87%、建設発生木材のみ 50%（「直近のバイオマス利用量」の推計参照）。とした。

表 5-31 バイオマスの利用方法の想定

資源		想定	発電時の 発電効率	発電時の 稼働率
国産	林地残材	増分のうち 8 割は発電	25.3%	87%
	製材工場等残材	増分は発電	25.3%	87%
	建設発生木材	増分は発電	25.3%	50%
	農作物非食用部等	増分は発電	25.3%	87%
	家畜排せつ物	増分は発電	25.3%	87%
	下水汚泥	増分は発電	25.3%	87%
	一般廃棄物	増分は発電	25.3%	87%
	食品廃棄物	増分は発電	25.3%	87%
	黒液	実績の比率	40%	87%
輸入	全量発電用	25.3%	87%	

2) バイオマス発電の導入推計量

上述の想定に基づき、低位ケース、中位ケース、高位ケースについて 2050 年の導入推計量を試算した結果を表 5-32 に示す。

表 5-32 2050 年のバイオマス発電の導入推計量

	設備容量 (万 kW)			発電電力量 (億 kWh)		
	低位	中位	高位	低位	中位	高位
バイオマス発電 (合計)	350	526	991	252	386	740
未利用間伐材等	26	48	280	20	37	214
建設資材廃棄物	47	47	47	21	21	21
一般木材・農作物残渣 *	80	235	467	61	179	356
バイオガス	28	28	28	22	22	22
一般廃棄物等	116	116	116	89	89	89
黒液・廃材	52	52	52	40	40	40

*輸入含む

(6) 海洋エネルギー発電の導入推計量

1) 海洋エネルギー発電の導入推計量の考え方

波力発電（沿岸固定式および浮体式）、潮流発電を対象に、表 5-33 の考え方により、低位ケース、中位ケース、高位ケースそれぞれにおいて、導入推計量を推計した。

表 5-33 海洋エネルギー発電の導入推計量の考え方

	低位	中位	高位
2050 年	既存各種資料や有識者意見を踏まえ、沿岸固定式波力は海岸保全区域延長の 3% に設置、沖合浮体式波力は洋上風力の低位に合わせて設置を想定し、2050 年の導入量を設定。 潮流発電は NEDO のポテンシャル調査結果を踏襲して 2050 年の導入量を設定。	波力の沿岸固定式は海岸保全区域延長の 5% 想定。 沖合浮体式は洋上風力の中位に合わせて発電機の設置を想定。 潮流発電は低位に同じ。	波力の沿岸固定式は海岸保全区域延長の 10% 想定。 沖合浮体式は洋上風力の高位に合わせて発電機の設置を想定。 潮流発電は低位に同じ。

波力発電（沿岸固定式及び沖合浮体式）の試算条件を表 5-34、表 5-35 に示す。潮流発電については、平成 22 年度に、NEDO により潮流発電を含む海洋エネルギーのポテンシャル試算が成されており⁸⁷、現時点で得られる限られたデータから想定しうる試算条件として妥当と判断し、基本的に NEDO 調査における試算結果（海図に流速表示のある海峡 150 地点のうち、流速 1[m/s]以上の 88 地点における導入ポテンシャル）を踏襲することとした。

海洋エネルギー発電については、現在技術開発途上にあることから、下記的前提条件は限られた情報に基づく設定値であることに留意が必要である。

⁸⁷ NEDO：「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務報告書」、2011

表 5-34 波力発電（沿岸固定式）の試算条件

項目	前提条件等
基本方針	・ 現状および将来的に期待される技術水準を前提に、設置距離あたりの期待出力[kW/m]、および適切な定格容量[kW/m]を設定し、沿岸域における現実的な導入推計量を試算。
設置可能域	・ 高位シナリオでは海岸保全区域延長（海岸線延長の約 40%）の 10%（約 1,420km）、中位では同 5%（約 710km）、低位では同 3%（約 430km）と設定。 ▶ 海岸保全区域：高潮や波浪による海水が陸岸に浸入するのを防ぎ、海岸の決壊、侵食などに対する対策を必要とする地域。2002 年時点の海岸堤防の総延長は 3,000km 程度、離岸堤の総延長は 800km、突堤の総延長は 400km 程度。
波パワー	・ 既往調査結果に基づき、海域 8 区分ごとに平均入力エネルギー密度を設定。（6.4kW/m～14.9kW/m）
装置タイプ	・ 振動水柱型波力発電装置を想定。
変換効率	・ これまでの研究開発実績等から、変換効率 36%（1 次変換効率（圧縮空気作り）80%、2 次変換効率（発電）45%）と設定。
定格容量	・ 年平均期待出力[kW/m]（年平均入力エネルギー密度×最終変換効率）を基準に、安全率（2 倍に設定）を乗じて設定。

表 5-35 波力発電（沖合浮体式）の試算条件

項目	前提条件等
基本方針	・ 洋上風力発電と組み合わせて設置することを想定し、将来的に期待される技術水準を前提に、設置距離あたりの期待出力[kW/m]、および適切な定格容量[kW/m]を設定し、沖合における現実的な導入推計量を試算する。
設置可能域	・ 洋上風力発電機の上に波力発電装置を並べることを想定。 ▶ 1 サイトあたり、5MW 機 20 基を 2 列に配置、風車間隔は直径の 3 倍に設定。 ▶ 波力発電機は、各列、風車間距離の 50%ずつ設置。 ▶ 洋上風力の導入推計量は、高位、中位、低位シナリオ、それぞれについて試算。
波パワー	・ 東京都波力発電検討会による波力マップのうち、洋上風力適地と判断される地点の平均より 9.9kW/m と設定。
装置タイプ	・ 振動水柱型波力発電装置を想定。
変換効率	・ これまでの研究開発実績等から、変換効率 18%（1 次変換効率（圧縮空気作り）40%、2 次変換効率（発電）45%）と設定。
定格容量	・ 年平均期待出力[kW/m]（年平均入力エネルギー密度×最終変換効率）を基準に、安全率（2 倍に設定）を乗じて設定。

2) 海洋エネルギー発電の導入推計量

上述の想定に基づき、低位ケース、中位ケース、高位ケースについて 2050 年の導入推計量を試算した結果を表 5-36 に示す。

表 5-36 2050 年の海洋エネルギー発電の導入推計量

	設備容量 (万 kW)			発電電力量 (億 kWh)		
	低位	中位	高位	低位	中位	高位
海洋エネルギー 発電 (合計)	475	785	1,358	185	321	572
波力発電 (沿岸固定式)	257	428	856	112	187	375
波力発電 (浮体式)	32	170	315	14	75	138
潮流発電	187	187	187	59	59	59

5.1.4 再生可能エネルギー熱の導入推計量

再生可能エネルギー熱の導入推計量の試算における前提条件は表 5-5 に示したとおりである。再生可能エネルギーの種類毎に低位ケース、中位ケース、高位ケースのそれぞれで導入推計量を試算する。

(1) 太陽熱利用の導入推計量

1) 太陽熱利用の導入推計量の考え方

本調査では、表 5-37 に示すとおり、エネルギーミックスと、環境省文献に基づいて、家庭用の太陽熱利用の導入推計量を試算した。また、業務用については家庭用の導入ペースと併せて導入が進むものとした。

表 5-37 太陽熱利用の導入推計量試算の考え方

ケース	ケース設定の考え方
高位ケース	環境省文献 ⁸⁸ の参考シナリオ 1 の水準を想定。
中位ケース	低位と高位の中間値として設定。
低位ケース	2030 年にエネルギーミックスの水準 (2030 年に家庭用・業務用合計で 55 万 kL) を想定し、2030 年までのトレンドで 2050 年までに増加すると想定。

⁸⁸ 環境省：「平成 23 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備等委託業務」、2012

2) 太陽熱利用の導入推計量

上述の想定に基づき、低位ケース、中位ケース、高位ケースについて 2050 年の導入推計量を試算した結果を表 5-38 に示す。

表 5-38 2050 年の太陽熱利用の導入推計量

	発電電力量 (万 kL)		
	低位	中位	高位
太陽熱 (合計)	109	640	1,162
家庭	109	625	1,140
業務	8	15	21

(2) バイオマス熱利用の導入推計量

1) バイオマス熱利用の導入推計量の考え方

バイオマス熱利用の導入推計量の考え方は、「5.1.4(2) バイオマス熱利用の導入推計量」に記したとおりである。

なお、熱利用率の拡大要因としては、発電用途の林地残材（未利用間伐材等）利用の拡大の副産物として、発電利用には困難だが熱量可能な低品質のバイオマスの回収量が増えることを見込んでいる。

2) バイオマス熱利用の導入推計量

上述の想定に基づき、低位ケース、中位ケース、高位ケースについて 2050 年の導入推計量を試算した結果を表 5-39 に示す。

表 5-39 2050 年のバイオマス熱利用の導入推計量

	発電電力量 (万 kL)		
	低位	中位	高位
バイオマス熱 (合計)	236	251	414
未利用間伐材等	13	28	191
建設資材廃棄物	0	0	0
一般木材・農作物残渣	44	44	44
バイオガス	16	16	16
一般廃棄物等	56	56	56
黒液・廃材	107	107	107

(3) 地中熱利用の導入推計量

1) 地中熱利用の導入推計量の考え方

地中熱利用に関しては、戸建住宅については新築、業務用建物については既築及び新築に導入可能と設定した。業務用建物は、建物用途として、事務所、商業施設、飲食店、病院・診療所、ホテル・旅館、学校を対象とした。また、「住宅事業建築主の判断基準における地域区分」に基づき、寒冷地である 1 及び 2、3、4 地域を北日本、5 及び 6 地域を中日本、7 及び 8 地域を南日本として、地域別に導入推計量を試算した。

なお、低位ケース、中位ケース、高位ケース一律で、導入推計量を試算した。

表 5-40 地中熱利用の導入推計量の考え方

対象	新築/既築	導入箇所	地域	主な設定
家庭（戸建住宅）	新築	住宅の下	北日本 中日本 南日本	新築フローに対し、2050 年に第一有望分野は導入率 100%、第二有望分野は導入率 50%となるよう直線的に増加。 駐車場面積の採熱量に対し、有望建物用途については 2050 年に第一有望分野は導入率 100%、第二有望分野は導入率 50%となるよう直線的に増加。
業務（事務所、商業施設、飲食店、病院・診療所、ホテル・旅館、学校）	新築	建築物の下		
	既築	駐車場		

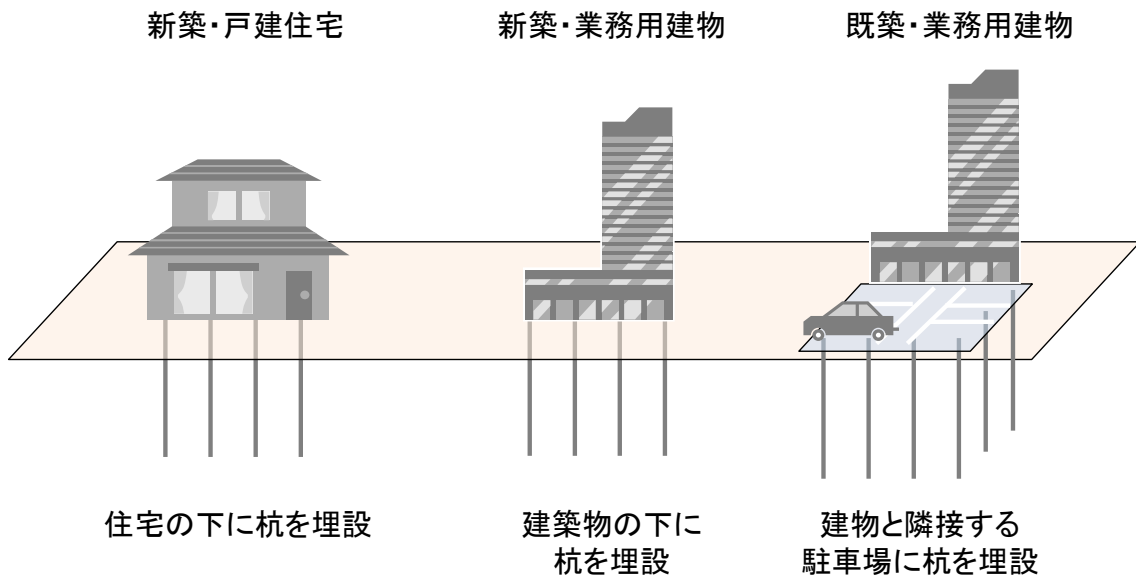


図 5-8 地中熱利用の導入推計量の考え方

a. 家庭部門（戸建住宅・新築）

家庭部門については、各種条件が揃った新築時に導入と設定して導入推計量の試算を行った。

本調査の「再生可能エネルギー熱を活用した建物のゼロ・エネルギー化の検討ワーキンググループ（以下、熱 WG）」にて推計した、家庭部門の地域別かつ建物用途別の熱需要原単位（表 5-41）に各地域の着工住宅数を乗じて熱需要量を推計した。熱需要原単位は、地中熱導入の有望分野として挙げられなかった給湯を除き、暖房と冷房の熱需要原単位を利用した。戸建住宅 1 戸を 1 世帯とみなし、住宅着工数をフローの世帯数と想定した。全体としての着工住宅数の将来推移は、「国民経済計算（内閣府）」の過去の民間住宅投資と「住宅着工統計（国土交通省）」の過去の住宅着工数による回帰式を用いて推計した。地域別の住宅着工数は、2014 年の着工数の比率で按分した。

また、熱 WG で推計した、住宅の断熱性能の推移をエネルギー消費指数として熱需要の推移に反映した。

表 5-41 家庭部門の熱需要原単位（再掲）

	暖房 [MJ/世帯・年]	冷房 [MJ/世帯・年]
北日本	25,014	241
中日本	7,050	2,938
南日本	5,835	4,044

注釈) 戸建住宅、集合住宅は区別しない

地中熱の導入率は、エネルギー基本計画を参考にして設定した。エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月閣議決定）によれば、2020 年までに標準的な新築住宅、2030 年までに新築住宅の平均で ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）の実現を目指すとされている。この目標を参考として、地中熱の導入が最有望視される地域については 2030 年の導入率が 50%となる想定の下、2050 年に 100%に達すると設定した。第二有望分野については、2030 年の導入率を 25%、2050 年に 50%と設定した。導入率の推移については、直線的に増加とした。熱 WG で行った地域別及び熱用途別の再エネ熱導入可能性評価に基づき、地中熱利用の 8 点を第一有望分野、7 点を第二有望分野として導入率を設定した。住宅における地域別及び建物用途別の地中熱利用の導入可能性評価は、表 5-42 のとおりである。

表 5-42 家庭部門の地中熱利用の導入可能性評価（暖房または冷房）

建物用途	北日本	中日本	南日本
戸建住宅	8 点	7 点	7 点

注釈) 暖房または冷房の評価点数の高い方を示す

供給可能熱量は 2014 年を起点として、累積して導入されると設定した。

b. 業務部門（新築建物）

業務部門の新築建物については、熱 WG により推計した業務部門の地域別及び建物用途別の熱需要原単位（表 5-43）に対し、新築建物の地域別及び建物用途別の延床面積を乗じて、熱需要量を推計した。

新築建物の地域別及び建物用途別の延床面積のフローは、「建築着工統計調査（国土交通省）」より平成 26 年度の値を取得した。延床面積伸び率は、病院については 75 歳以上人口伸び率（「日本の将来推計人口（中位推計）（国立社会保障・人口問題研究所）」）と一人あたり病院床面積伸び率（年率 0.6%と設定）を用いて設定した。学校の延床面積伸び率（国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（中位推計）」）については、19 歳以下人口伸び率と一人あたり学校床面積伸び率（年率 0.4%と設定）を用いて設定した。病院と学校以外の業務用建物の延床面積伸び率は、GDP 伸び率（三菱総合研究所試算）と就労人口伸び率（三菱総合研究所試算）を平均したものをを用いた。

また、戸建住宅と同様に、熱 WG で推計した、業務用建物の断熱性能の推移をエネルギー消費指数として熱需要の推移に反映した。

表 5-43 業務用建物用途別熱需要原単位

	熱需要原単位 [MJ/m ² ・年]					
	北日本		中日本		南日本	
	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房
事務所	285	33	94	331	58	478
商業施設	178	70	59	705	37	1017
飲食店	547	92	181	929	112	1340
病院・診療所	773	59	256	598	158	863
ホテル・旅館	500	48	165	480	102	693
学校	321	6	106	64	66	92

出典)「再生可能エネルギー熱を活用した建物のゼロ・エネルギー化の検討ワーキンググループ」第 4 回参考資料 2

注釈)「卸・小売業」の熱需要原単位を「商業施設」に適用

家庭部門と同様に、導入率はエネルギー基本計画を参考に設定をした。エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月閣議決定）によれば、2020 年までに新築公共建物等、2030 年までに新築建築物の平均で ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）を目指すとされている。エネルギー基本計画を参考として、地中熱の導入が最有望視される分野については、2030 年に導入率が 50%となる想定の下、2050 年に 100%に達すると設定した。第二有望分野については、2030 年の導入率を 25%、2050 年に 50%と設定した。導入率の推移については、直線的に増加とした。熱 WG で行った建物用途・熱用途別の再エネ熱導入可能性評価に基づき、地中熱利用の 8 点を第一有望分野、7 点を第二有望分野として導入率を設定した。地域別及び建物用途別の地中熱利用の導入可能性評価は、表 5-44 のとおりである。

表 5-44 業務部門の地中熱利用の導入可能性評価（暖房または冷房）（再掲）

建物用途	北日本	中日本	南日本
事務所	7点	7点	7点
商業施設	7点	8点	8点
飲食店	7点	8点	8点
病院・診療所	8点	8点	8点
ホテル・旅館	7点	7点	8点
学校	7点	7点	6点

注釈) 暖房または冷房の評価点数の高い方を示す

供給可能熱量は 2014 年を起点として、累積して導入されると設定した。

c. 業務部門（既築建物）

業務部門の既築建物については、駐車場に採熱用の杭を打つことを想定し、駐車場面積から冷暖房のための熱供給可能量を推計することによって導入推計量を試算した。

駐車場のストック面積は、「平成 25 年法人土地・建物基本調査（国土交通省）」による平成 25 年の駐車場面積を用いて、500m²以上の面積の駐車場に地中熱が導入されると設定した。平成 25 年の同調査からは、駐車場の規模別の延床面積が取得できないため、平成 20 年の「法人土地基本調査（国土交通省）」による 500m²以上の比率を用いて、平成 25 年の 500m²以上の駐車場面積を推計した。

地域別及び建物用途別の駐車場面積は、建築着工統計調査の業務用建物の地域別及び建物用途別延床面積を用いて按分した。将来の駐車場面積の推移は、業務部門の新築建物の延床面積の推移と同様に設定をした。

既築の業務用建物の場合、地中熱は改築時に導入されると仮定し、改築の比率は前年度のストック駐車場面積の 2.5%と設定した。

地域別及び建物用途別に推計した駐車場面積より、地中熱利用の供給可能熱量を推計した。地中熱の採熱については、16m²あたり深さ 100m の杭を 1 本打つと想定し、最大杭本数の 80%に熱交換器を設置すると想定した。

地中熱利用の供給可能規模は、熱 WG で用いた下表の採熱量と年間運転時間を乗じることによって推計した。

表 5-45 採熱量の設定（再掲）

	採熱量 [MJ/m・h]
北日本	0.07
中日本	0.22
南日本	0.27

表 5-46 地中熱利用の年間運転時間の設定（再掲）

	年間運転時間 [時間]					
	北日本		中日本		南日本	
	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房
事務所	2,268	790	1,580	1,606	1,202	2,322
商業施設	2,277	1,168	1,586	2,373	1,206	3,431
飲食店	2,277	1,168	1,586	2,373	1,206	3,431
病院・診療所	6,289	2,156	4,380	4,380	3,332	6,334
ホテル・旅館	6,289	2,156	4,380	4,380	3,332	6,334
学校	1,192	418	830	830	631	1,229

熱供給可能規模に対し、有望分野別の導入率を設定した。有望分野別の導入率の設定は業務部門の新築建築物と同様である。

供給可能熱量は 2014 年を起点として、累積して導入されると設定した。

2) 地中熱利用の導入推計量

以上の想定から導かれる地中熱利用の供給可能熱量は表 5-47 のとおりである。地中熱利用ヒートポンプの COP を 4、発電効率を 40%として、地中熱利用ヒートポンプの導入による化石燃料の削減分を導入推計量と想定した。再生可能エネルギー熱導入推計量の換算値も併せて以下に示す。

表 5-47 2050 年の地中熱利用の供給可能熱量と導入推計量（今年度推計）

部門	建物用途	新築/既築	供給可能熱量[万 kL/年]	導入推計量[万 kL/年]
家庭	住宅	新築	95	36
業務	業務用建物	新築	283	106
		既築	255	96
合計			633	238

5.2 再生可能エネルギーの導入に伴う効果・影響分析

本節では、再生可能エネルギーの導入に伴う効果・影響分析に関して、既存の研究成果を整理する。また、既存研究では着目されていない観点から効果・影響分析を行うため、都道府県間産業連関表を用いた地域経済効果分析を実施する。

5.2.1 再生可能エネルギー導入による効果・影響分析に関する既存研究

再生可能エネルギー導入による効果・影響分析に関する既存研究の多くは、導入に伴う経済効果及び雇用創出効果に着目している。特に産業連関表に基づく分析が主流であり、国内外で多数の研究例がある。本項では、これらの経済効果、雇用創出効果を中心とした再生可能エネルギーの効果・影響分析の既存研究について整理する。

また、産業連関表以外の手法により再生可能エネルギー導入の経済効果を試算した先進的事例として、「地域付加価値創造分析」に焦点を当て、その概要を整理する。

(1) 研究領域の全体像

再生可能エネルギーの導入によって生じる効果や影響を、経済モデルを用いて定量的に分析している研究事例について文献レビューを行った。主要な既存研究事例を表 5-48 に示す。

レビューの結果、地域別あるいは産業部門別の効果・影響を把握するため、産業連関分析を用いて効果・影響を分析している研究事例が多いことがわかった。産業連関分析により推計される主な指標は、生産額、所得、雇用、エネルギー消費量などであった。

表 5-48 再生可能エネルギー導入による効果・影響分析に関する既存研究の例

タイトル	著者（刊行年）	出典	概要
東北地域における再生可能エネルギー導入の経済効果：地域間産業連関表による太陽光発電・風力発電導入の分析	石川良文・中村良平・松本明 (2012)	RIETI Policy Discussion Paper Series 12-P-014	東北地域において、太陽光発電・風力発電を導入した場合の地域経済リカバリー効果と二酸化炭素削減の金銭効果を、地域間産業連関表を拡張したシミュレーション分析によって考察した。具体的には、どのシナリオにおいても同じ最終需要を与え、シナリオごとに推計された投入産出構造の下で生じるシナリオ別の経済効果を推計した。推計により、再生可能エネルギー導入による経済効果は、全国と東北地方の間でトレードオフ関係があること等の結果が得られた。
拡張産業連関表による再生可能エネルギー発電施設建設の経済・環境への波及効果分析	文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術動向研究センター (2013)	DISCUSSION PAPER No.96	政府研究開発投資による経済的・社会的な効果を定量的に分析する手法の構築を目的として、再生可能エネルギー発電施設建設による生産誘発額、雇用誘発数、エネルギー消費量、CO2 排出量の直接効果と間接効果の産業連関分析を用いて推計した。推計結果から、直接効果あるいは間接効果の大きな部門を特定できた。
再生可能エネルギーの導入による地域経済効果について	倉阪秀史 (2013)	環境経済・政策学会 2013 年大会発表資料	再生可能エネルギーの導入による都道府県別の所得増加や就業数増加を、都道府県別産業連関表を用いて分析している。都道府県別の再生可能エネルギー導入見込量は、再生エネルギ

			一種別に算出した「都道府県別開発余力」によって按分することにより検討した。分析の結果、地域経済効果として2020年段階で年間約47万人の雇用が創出されると推計された。
再生可能エネルギー部門拡張産業連関表の開発と応用	森泉由恵、本藤祐樹、中野諭 (2015)	日本エネルギー学会誌 Vol.94(2015)	再生可能エネルギー技術の導入とその普及政策がもたらす環境・社会経済影響を、客観的かつ定量的に評価することを目的に、2013年版の再生可能エネルギー部門拡張産業連関表を開発。その有用性を検証するために新設部門における経済波及効果を推計し、得られる効果の比較検討を実施。発電技術によって、大きな間接波及効果の創出が期待される産業が異なることが示された。

(2) 地域付加価値創造分析

(1) で示されたとおり、再生可能エネルギー導入による経済波及効果分析に係る既存研究は、産業連関分析に基づく手法が主である。産業連関分析は全国規模や都道府県規模に整備された産業連関表に基づく手法のため、さらに細分化された自治体レベルの分析が難しいという課題がある。この課題を受け、自治体レベルでの再生可能エネルギー導入の経済効果分析を目指して対案された手法として、ラウパッハと中山らの既存文献⁸⁹で提案される「地域付加価値創造分析」がある。以下にその概要を示す。

1) 地域付加価値創造分析の手法概要

地域付加価値創造分析は小規模自治体における再生可能エネルギー導入の地域経済効果分析のために、ドイツのエコロジー経済研究所（IÖW）により提案された手法⁹⁰である。

本手法では、再生可能エネルギー事業の広範囲に渡るバリューチェーンを、①システム製造段階、②計画・導入段階、③運営・維持（O&M）段階、④システムオペレーター段階の4つに区分する。

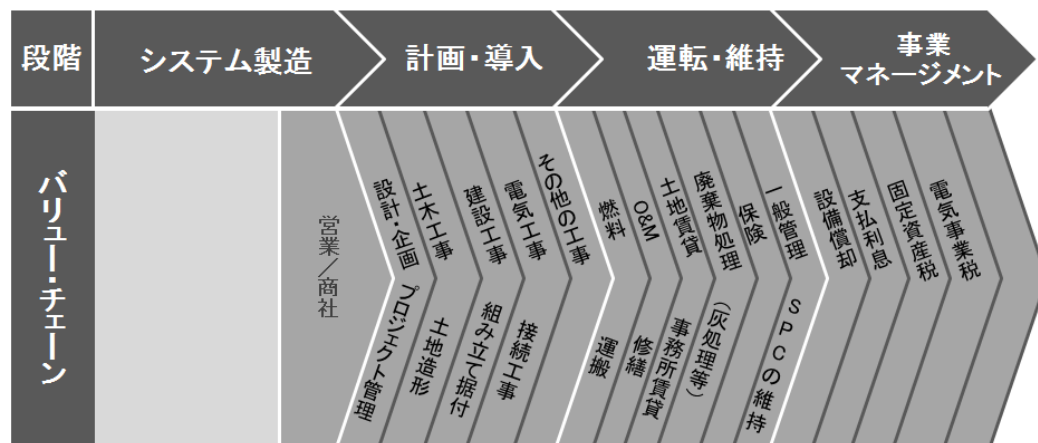


図 5-9 再生可能エネルギー事業のバリューチェーン

出典) ラウパッハ・スミヤ ヨーク、中山 琢夫：「再生可能エネルギーが日本の地域にもたらす経済効果 — 電源毎の産業連鎖分析を用いた試算モデル —」、2015

本手法では、各自治体の実情に応じた想定値や、公表されている情報から、各バリューチェーンにおいて発生する費用と、関連各種事業者における収入を算出する。そして、算出結果から、事業期間全体で生じる地域付加価値として、以下の3つの要素を抽出する。

- 事業者の税引き後利潤
- 従業員の可処分所得
- 地方税収

これらを足し合わせたものを、再生可能エネルギー事業における地域付加価値のインパ

⁸⁹ ラウパッハ・スミヤ ヨーク、中山 琢夫：「再生可能エネルギーが日本の地域にもたらす経済効果 — 電源毎の産業連鎖分析を用いた試算モデル —」、2015

⁹⁰ IÖW：「Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien」、2010

クトと定義する。

日本において本手法を適用する場合は、再生可能エネルギーの各バリューチェーンにおける地域付加価値を算出する際の必要情報を、国及びエネルギー関連団体、研究機関⁹¹の公表する資料から参照する。また、事業者の税引き後利潤、従業員の可処分所得、地方税収に関する情報を財務省の法人企業統計、国の税制度を参照しながら算出する。

2) 地域付加価値創造分析の適用事例

本手法に基づく分析事例として、日本国内のモデルケースにおいて、各再生可能エネルギー一種地域付加価値を整理すると図 5-10、図 5-11 となる。図 5-10 からは、再生可能エネルギー設備の導入が労働集約的であるという性質を反映して、地域付加価値のうち、従業員可処分所得が地域付加価値の主要な要素となることが示されている。また、図 5-11 では、技術ごとの地域付加価値の内訳において、事業マネジメントによる総収益が地域付加価値のおよそ半分を占めるのに対し、個人所得が 4~11%と比較的小さくなっている。これは、再生可能エネルギー事業の所有権を持つ事業者が地域内に立地しているか否かが、地域付加価値がその事業が立地する地域に帰属するかどうかを決定する重要な要因になることを示唆している。

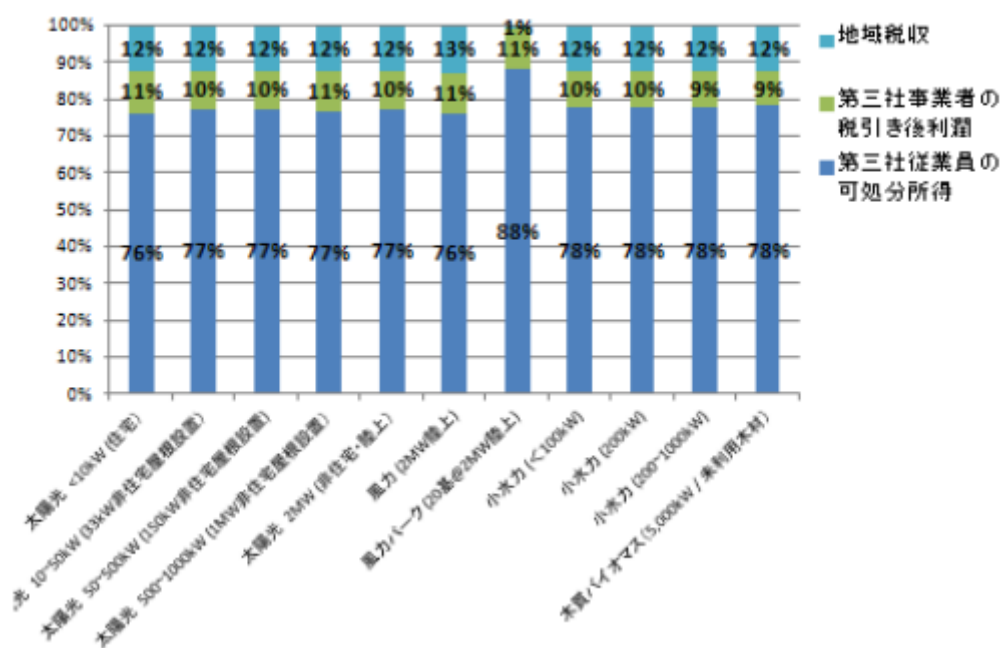


図 5-10 各再生可能エネルギー技術地域経済付加価値分配（投資段階：2014年）

出典）ラウパッハ・スミヤ ヨーク、中山 琢夫：「再生可能エネルギーが日本の地域にもたらす経済効果－電源毎の産業連鎖分析を用いた試算モデル」、2015

⁹¹ 環境エネルギー政策研究所、公営電気事業者協議会、全国小水力利用推進協議会、日本風力発電協会、新エネルギー産業技術総合開発機構、自然エネルギー財団等

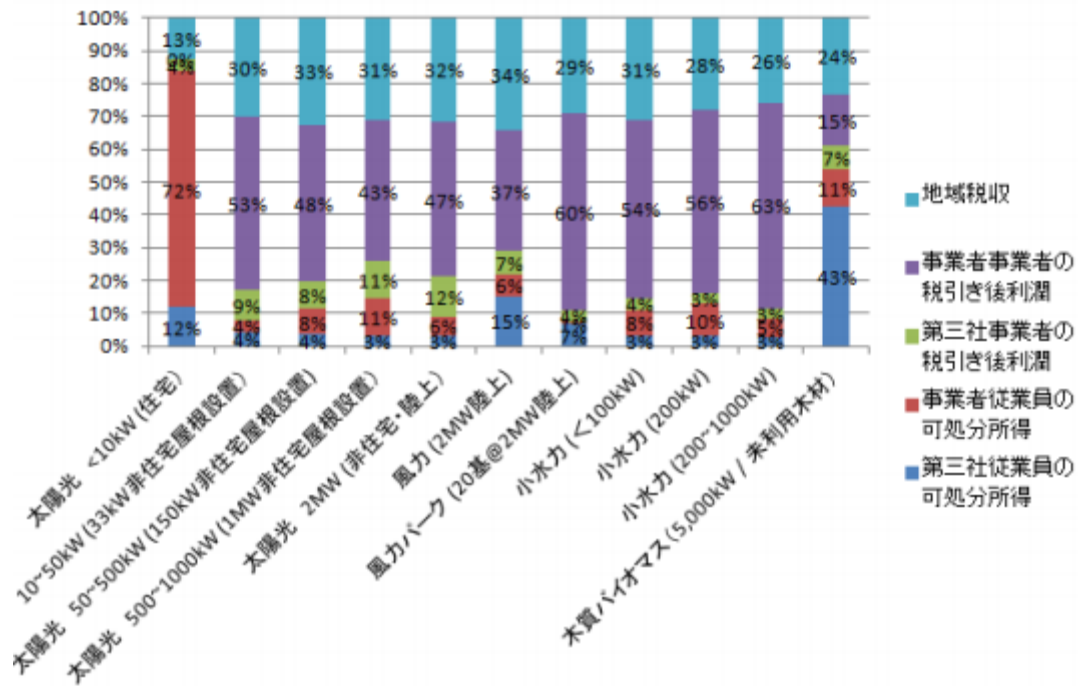


図 5-11 各再生可能エネルギー技術地域経済付加価値分配（事業運営段階：2014 年）
 出典）ラウパッハ・スミヤ ヨーク、中山 琢夫：「再生可能エネルギーが日本の地域にもたらす経済効果
 —電源毎の産業連鎖分析を用いた試算モデル—」、2015

5.2.2 再生可能エネルギープロジェクトの地域経済効果分析

本項では、地域における再生可能エネルギー事業が地域経済に及ぼす効果を都道府県間産業連関分析の手法に基づいて試算する。試算にあたっては、「3. 地域貢献型再生可能エネルギー事業導入拡大方策」におけるヒアリング結果や、経済産業省の調達価格等算定委員会、総合資源エネルギー調査会 発電コスト検証ワーキンググループ等の公開情報を用いて、再生可能エネルギー種別毎のモデルケースを作成し、各モデルケースに対して都道府県間産業連関分析に基づく地域経済への波及効果を算出し、その結果を比較分析する。

(1) 都道府県間産業連関分析の概要

波及効果の計測に当たっては、経済波及効果計測においてスタンダードな手法となっている産業連関分析モデルを活用する。なお、ここでは都道府県間産業連関表を用いた地域内競争輸移入型モデルを検討する。

適用する産業連関表は、各都道府県単独の産業連関表をベースとしながら、物流センサス、国勢調査、経済産業省の9地域間産業連関表などの地域間の財・サービスのやりとりを表すデータを元に都道府県間の取引を推計し、全体として産業連関表として整合するように調整したものであり、すべて公表ベースの資料をもとに推計されているものである。

生産額増加および粗付加価値額増加については、各地域の生産額増加（直接効果）から輸移入分を除いた額を最終需要増加額とみなし、都道府県間産業連関表を用いて、各都道府県及び各地域への波及効果として計測する（図 5-12）。

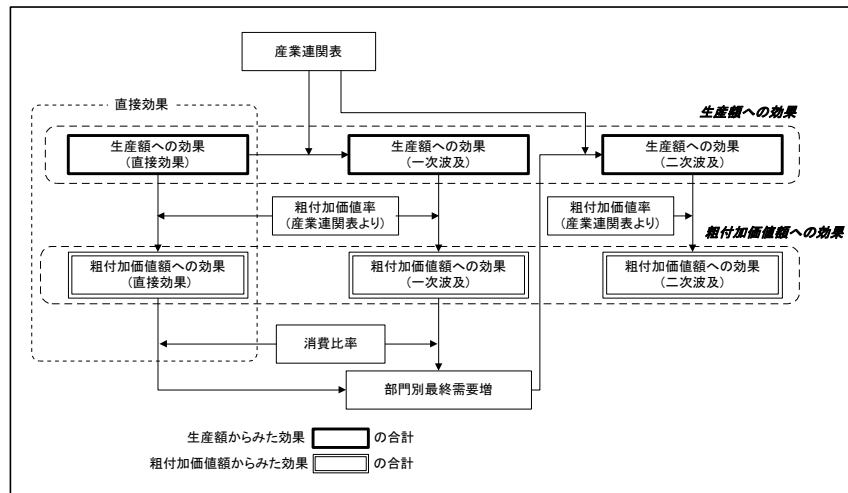


図 5-12 波及効果の経済フロー

(2) 本分析の方法

(1) の都道府県間産業連関表に対して、各再生可能エネルギー種について設定したモデルケースにおける都道府県別部門別直接投入を入力し、経済波及効果を算出する。なお、今回対象とするエネルギー種は太陽光発電（メガソーラー）、風力発電（陸上）、小水力発電、地熱発電、バイオマス発電（木質、バイオガス）とする。

モデルケースの設定に当たっては、事業主体が大手事業者であるか、地元事業者であるかの程度に応じて、エネルギー種毎に最大3つのケースを設定する。また、直接投入はイニシャルコストとランニングコストに分けて設定し、ランニングコストについては20年分のコストを地域間産業連関表への投入金額とすることで、事業期間20年間における経済効果を算出する。

以上の整理に基づき、エネルギー種、モデルケース毎に地域産業連関表に基づいて地域経済効果を算出し、その結果を比較分析する。

(3) 分析結果

1) 太陽光発電

太陽光発電（1MW）導入による地域経済効果の分析にあたり、表 5-49 の通り 3 ケースを設定した。

各ケースにおける経済波及効果の分析結果は表 5-50 から表 5-52 までに示す 3 通りである。経済波及効果の合計額が最大なのはケース①であるが、3 ケース間で大きな差はなかった。ケース①では、事業実施県（滋賀県）以外の宮城県や東京都に所在する大手事業者に対して、設備、設置工事、O&M を発注している。

また、事業実施県である滋賀県への効果が最大となるのはケース③であった。ケース②と③の比較では、③において滋賀県への経済効果が大きく伸びる。これは地元産パネルの活用が地域への経済効果に大きな影響を持つことを示している。

表 5-49 （太陽光発電：1MW）ケース設定

項目		内容	
発電規模		1MW	
事業実施都道府県		滋賀県	
ケース	①大手事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 宮城に工場のあるメーカーに設備を発注 設置工事は東京に本社を持つ大手企業に発注 O&Mは東京に本社を持つ大手企業に発注 	
	②地元事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 宮城に工場のあるメーカーに設備を発注 設置工事は地元の企業に発注 O&Mは地元の企業に発注 	
	③地元企業が主体 + 地元産パネルを使用	<ul style="list-style-type: none"> 地元滋賀に工場のあるメーカーに設備を発注 設置工事は地元の企業に発注 O&Mは地元の企業に発注 	

	費目	金額	投入部門 (統合小分類)	投入先の都道府県		
				ケース①	ケース②	ケース③
イニシャル	設備費*1	16,600万円 (16.6万円/kW×1,000kW)	その他の電気機械	宮城県	宮城県	滋賀県
	設置・工事費*1	8,500万円 (8.5万円/kW×1,000kW)	非住宅建築	東京都	滋賀県	滋賀県
	土地造成費*1	400万円 (0.4万円/kW×1,000kW)	その他の土木建設	東京都	滋賀県	滋賀県
	接続費用*1	1,350万円 (1.35万円/kW×1,000kW)	電力	大阪府	大阪府	大阪府
ランニング	土地賃借料*1	225万円/年 (150円/m ² /年×1,000kW×15m ² /kW)	今回は考慮対象外 ※特定個人が自治体	-	-	-
	修繕費 (O&M) *2	50万円/年 (0.05万円/kW/年×1,000kW)	産業用電気機器	東京都	滋賀県	滋賀県
	保険料*2	60万円/年 (0.06万円/kW/年の計算)	保険	東京都	東京都	東京都
	税*3	115万円/年	今回は考慮対象外 ※公共セクター	-	-	-
	人件費*1 (電気主任技術者)	150万円/年 (0.15万円/kW/年×1,000kW)	その他の対事業所サービス	東京都	滋賀県	滋賀県

*1 調達価格等算定委員会⁹²、発電コスト検証ワーキンググループ⁹³より

*2 ヒアリングに基づき設定

*3 調達価格等算定委員会におけるランニングコスト合計値(0.6 万円/kW/年)と、税以外の費目との差分として設定

⁹² http://www.meti.go.jp/committee/gizi_0000015.html

⁹³ http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/

表 5-50 (太陽光発電：1MW) ケース①の経済波及効果 (単位：百万円)

		宮城	東京	滋賀	大阪	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	166.00	111.00	0.00	13.50	0.00	290.50
	②中間投入額	46.64	55.24	1.47	9.14	65.65	178.15
	粗付加価値額(直接)	49.69	56.45	0.00	6.21	0.00	112.35
【1次波及効果】	③国内自給額	37.66	42.10	0.31	6.82	47.92	134.82
	④生産誘発額(1次)	51.17	74.18	0.86	12.56	112.84	251.60
	粗付加価値額(1次)	28.70	39.46	0.37	6.57	45.76	120.87
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	49.60	91.55	0.00	4.64	23.95	169.74
	⑥消費誘発額	40.37	74.52	0.00	3.78	19.49	138.17
	⑦国内消費誘発額	26.92	62.74	0.29	3.46	32.63	126.04
	⑧生産誘発額(2次)	35.12	98.12	0.62	6.10	65.26	205.23
	⑩雇用者所得額(2次)	8.44	25.11	0.12	1.67	14.69	50.04
	粗付加価値額(2次)	22.72	58.67	0.29	3.64	34.11	119.43
⑨経済波及効果の合計額(①+④+⑧)		252.29	283.30	1.48	32.16	178.10	747.33

表 5-51 (太陽光発電：1MW) ケース②の経済波及効果 (単位：百万円)

		宮城	東京	滋賀	大阪	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	166.00	12.00	99.00	13.50	0.00	290.50
	②中間投入額	46.61	20.04	23.17	16.93	76.35	183.09
	粗付加価値額(直接)	49.69	6.88	44.62	6.21	0.00	107.41
【1次波及効果】	③国内自給額	37.65	10.37	18.24	13.12	57.86	137.24
	④生産誘発額(1次)	51.11	23.83	23.17	24.58	134.79	257.48
	粗付加価値額(1次)	28.67	12.62	12.07	12.90	55.43	121.68
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	49.59	8.12	69.21	8.13	29.14	164.19
	⑥消費誘発額	40.36	6.61	56.34	6.62	23.72	133.65
	⑦国内消費誘発額	26.90	8.39	33.17	10.15	41.82	120.43
	⑧生産誘発額(2次)	35.04	18.06	39.42	18.17	80.33	191.03
	⑩雇用者所得額(2次)	8.42	4.76	8.22	5.14	18.66	45.19
	粗付加価値額(2次)	22.68	10.28	27.25	10.65	42.57	113.44
⑨経済波及効果の合計額(①+④+⑧)		252.15	53.89	161.59	56.25	215.12	739.01

表 5-52 (太陽光発電：1MW) ケース③の経済波及効果 (単位：百万円)

		宮城	東京	滋賀	大阪	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	0.00	12.00	265.00	13.50	0.00	290.50
	②中間投入額	0.13	7.47	62.69	33.43	68.08	171.79
	粗付加価値額(直接)	0.00	6.88	105.61	6.21	0.00	118.71
【1次波及効果】	③国内自給額	0.09	6.98	51.21	23.42	52.17	133.87
	④生産誘発額(1次)	0.43	17.87	63.05	43.33	122.89	247.56
	粗付加価値額(1次)	0.19	9.39	34.91	22.71	52.64	119.84
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	0.10	7.12	114.32	13.43	27.68	162.65
	⑥消費誘発額	0.08	5.80	93.05	10.93	22.53	132.39
	⑦国内消費誘発額	0.15	6.47	54.55	16.27	41.80	119.24
	⑧生産誘発額(2次)	0.41	14.25	64.61	28.43	80.09	187.79
	⑩雇用者所得額(2次)	0.10	3.64	13.48	8.02	18.77	44.01
	粗付加価値額(2次)	0.22	8.06	44.80	16.73	42.57	112.37
⑨経済波及効果の合計額(①+④+⑧)		0.84	44.12	392.66	85.26	202.97	725.85

2) 風力発電

風力発電（7.5MW）導入による地域経済効果の分析にあたり、表 5-53 の通り 3 ケースを設定した。

各ケースにおける経済波及効果の分析結果は表 5-54 から表 5-56 までに示す 3 通りである。経済波及効果の合計額が最大なのはケース③であり、最小のケース①の約 1.4 倍の額となった。これはケース③において、風車の設備を海外メーカーではなく国内（茨城県）のメーカーに発注したためである。

また、ケース②と③では、設備工事および O&M のそれぞれ一部については事業実施県（秋田県）の地元事業者へ委託している。これにより、事業実施県への経済波及効果が大きく増加している。

表 5-53 （風力発電：7.5MW）ケース設定

項目		内容
発電規模		7.5MW
事業実施都道府県		秋田県
ケース	①大手事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 海外風車メーカーに設備を発注 設置工事は全て域外に本社を持つ大手企業に発注 O&Mは域外に本社を持つ大手企業に発注
	②地元事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 海外風車メーカーに設備を発注 設置工事は東京に本社を持つ大手企業に発注し、工事業務の一部を地元事業者へ委託 O&Mは東京に本社を持つ大手企業に発注し、一部を地元事業者へ委託
	③地元事業者が主体 + 国産風車を使用	<ul style="list-style-type: none"> 茨城県に工場のあるメーカーに設備を発注 設置工事は東京に本社を持つ大手企業に発注し、工事業務の一部を地元事業者へ委託 O&Mは東京に本社を持つ大手企業に発注し、一部を地元事業者へ委託

	費目	金額	投入部門 (統合小分類)	投入先の都道府県		
				ケース①	ケース②	ケース③
イニシャル	設備費*1	ケース①・ケース②： 135,000万円 (18万円/kW×7,500kW) ケース③： 67,500万円 (18万円/kW×7,500kW×50%*2)	産業用電気機器	-	-	茨城県
	設置・工事費*3	67,500万円 (9.0万円/kW×7,500kW)	その他の土木建設	東京都	東京都 (3/4) 秋田県 (1/4)	東京都 (3/4) 秋田県 (1/4)
	土地造成費*4	11,250万円 (1.5万円/kW×7,500kW)	その他の土木建設	東京都	東京都 (3/4) 秋田県 (1/4)	東京都 (3/4) 秋田県 (1/4)
	接続費用*4	11,250万円 (1.5万円/kW×7,500kW)	電力	宮城県	宮城県	宮城県
ランニング	土地賃借料*5	200万円/年 (0.03万円/kW/年×7,500kW)	今回は考慮対象外 ※特定個人が自治体	-	-	-
	修繕費 (O&M) *5	9,000万円/年 (1.2万円/kW/年×7,500kW)	産業用電気機器	東京都	東京都 (4/5) 秋田県 (1/5)	東京都 (4/5) 秋田県 (1/5)
	保険料*5	900万円/年 (0.12万円/kW/年×7,500kW)	保険	東京都	東京都	東京都
	税*5	4,000万円/年 (0.53万円/kW/年×7,500kW)	今回は考慮対象外 ※公共セクター	-	-	-
	人件費*6 (電気主任技術者)	150万円/年	その他の対事業所サービス	東京都	秋田県	秋田県

*1 事業者へのヒアリング調査を基に調達価格の前提値（30万円/kW）の6割と設定

*2 産業機械工業会「風力発電関連機器産業に関する調査研究報告書」（平成27年3月）より、国産風車の部品等の海外調達比率を50%に設定

*3 事業者へのヒアリング調査を基に調達価格の前提値（30万円/kW）の3割と設定

*4 事業者へのヒアリング調査を基に調達価格の前提値（30万円/kW）の0.5割と設定

*5 昨年度地域における再生可能エネルギービジネス普及方策検討会 事例調査結果を基に設定

*6 事業者へのヒアリングを基に設定

表 5-54 (風力発電：7.5MW) ケース①の経済波及効果 (単位：百万円)

		宮城	秋田	茨城	東京	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	112.50	0.00	0.00	2,407.50	0.00	2,520.00
	②中間投入額	45.32	2.20	22.78	921.99	304.62	1,296.92
	粗付加価値額(直接)	58.21	0.00	0.00	1,164.87	0.00	1,223.08
【1次波及効果】	③国内自給額	35.65	1.31	16.06	826.83	207.67	1,087.52
	④生産誘発額(1次)	51.57	3.11	39.09	1,380.48	524.75	1,999.01
	粗付加価値額(1次)	28.78	1.24	14.67	741.42	227.28	1,013.40
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	25.93	0.61	6.60	1,230.08	117.01	1,380.23
	⑥消費誘発額	21.11	0.49	5.37	1,001.28	95.25	1,123.50
	⑦国内消費誘発額	14.98	0.82	10.41	817.11	189.50	1,032.82
	⑧生産誘発額(2次)	21.98	1.87	23.16	1,242.78	411.48	1,701.28
	⑩雇用者所得額(2次)	5.25	0.41	4.52	316.09	92.46	418.74
粗付加価値額(2次)		13.68	0.97	11.28	746.62	211.06	983.61
⑨経済波及効果の合計額(①+④+⑧)		186.06	4.99	62.25	5,030.78	936.23	6,220.28

表 5-55 (風力発電：7.5MW) ケース②の経済波及効果 (単位：百万円)

		宮城	秋田	茨城	東京	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	112.50	556.88	0.00	2,210.63	0.00	2,880.00
	②中間投入額	66.37	189.33	22.87	867.25	402.71	1,548.54
	粗付加価値額(直接)	58.21	210.02	0.00	1,063.23	0.00	1,331.46
【1次波及効果】	③国内自給額	46.59	162.32	16.24	766.85	283.76	1,275.76
	④生産誘発額(1次)	74.59	221.32	44.07	1,297.06	716.99	2,354.04
	粗付加価値額(1次)	38.38	110.18	16.19	698.14	306.31	1,169.19
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	30.97	235.44	7.23	1,096.03	155.68	1,525.36
	⑥消費誘発額	25.21	191.65	5.89	892.17	126.73	1,241.64
	⑦国内消費誘発額	23.96	132.04	10.58	733.35	239.09	1,139.02
	⑧生産誘発額(2次)	39.13	174.38	24.30	1,128.60	510.29	1,876.71
	⑩雇用者所得額(2次)	9.02	39.91	4.71	287.11	113.62	454.37
粗付加価値額(2次)		22.66	106.36	11.80	676.54	262.55	1,079.90
⑨経済波及効果の合計額(①+④+⑧)		226.22	952.58	68.37	4,636.29	1,227.28	7,110.75

表 5-56 (風力発電：7.5MW) ケース③の経済波及効果 (単位：百万円)

		宮城	秋田	茨城	東京	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	112.50	556.88	675.00	2,210.63	0.00	3,555.00
	②中間投入額	68.66	191.93	248.29	908.94	566.39	1,984.21
	粗付加価値額(直接)	58.21	210.02	239.33	1,063.23	0.00	1,570.79
【1次波及効果】	③国内自給額	48.19	164.21	179.13	786.14	383.12	1,560.78
	④生産誘発額(1次)	80.18	225.11	274.27	1,358.29	992.74	2,930.60
	粗付加価値額(1次)	40.88	111.47	118.84	729.55	412.37	1,413.11
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	32.25	236.16	212.12	1,112.34	209.86	1,802.73
	⑥消費誘発額	26.25	192.23	172.67	905.44	170.83	1,467.42
	⑦国内消費誘発額	25.69	132.63	114.42	755.90	310.72	1,339.36
	⑧生産誘発額(2次)	42.81	175.40	154.12	1,178.45	649.49	2,200.28
	⑩雇用者所得額(2次)	9.91	40.13	30.67	300.14	146.29	527.14
粗付加価値額(2次)		24.64	106.91	93.84	704.82	336.11	1,266.32
⑨経済波及効果の合計額(①+④+⑧)		235.49	957.39	1,103.40	4,747.36	1,642.23	8,685.87

3) 中小水力発電

中小水力発電（150kW）導入による地域経済効果の分析にあたり、表 5-57 の通り 2 ケースを設定した。

各ケースにおける経済波及効果の分析結果は表 5-58 および表 5-59 に示す 2 通りである。2 ケースの間で、経済波及効果の合計額に差はほとんどなかったが、合計額がより大きいのはケース①である。ケース②は、1 次波及効果でケース①を下回るが、2 次波及効果についてはケースより大きくなっている。ケース②は、設備工事および O&M を事業実施県（岐阜県）の地元企業に発注しており、地元岐阜県における経済効果が大きくなっている。

表 5-57 （中小水力発電：150kW）ケース設定

項目		内容				
発電規模		150kW				
事業実施都道府県		岐阜県				
ケース	①大手事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 神奈川県に工場のあるメーカーに設備を発注 設置工事は東京都に本社を持つ大手企業に発注 O&Mは東京都に本社を持つ大手企業に発注 				
	②地元事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 神奈川県に工場のあるメーカーに設備を発注 設置工事は地元の企業に発注 O&Mは地元の企業に発注 				
	③地元企業が主体＋地元産水車を使用	<ul style="list-style-type: none"> 地元の水車メーカーが存在しないため想定しない。 （※ただし、開発段階やマイクロ小水力等は存在する可能性もある。） 				

	費目	金額	投入部門 (統合小分類)	投入先の都道府県		
				ケース①	ケース②	ケース③
イニシャル	設備費*1	7,500万円	産業用電気機器	神奈川県	神奈川県	
	設置・工事費*1	2,300万円	非住宅建築	東京都	岐阜県	
	土木工事費*1	5000万円	その他の土木建設	東京都	岐阜県	
	接続費用*1	200万円	電力	愛知県	愛知県	
ランニング	土地貸借料*1	28万円/年	農業サービス	岐阜県	岐阜県	
	水利権使用料*2	26万円/年	農業サービス	岐阜県	岐阜県	
	修繕費（O&M）*2	150万円/年	産業用電気機器	東京都	岐阜県	
	保険料*3	80万円/年	保険	東京都	東京都	
	税*2	140万円/年	今回は考慮対象外 ※公共セクター	-	-	
	人件費*2 (電気主任技術者)	700万円/年	その他対事業所サービス	東京都	岐阜県	

*1 調達価格等算定委員会による建設費の想定値 100 万円/kW、運転維持費 7.5 万円/kW を参考にヒアリングによる数値を用いて設定

*2 調達価格等算定委員会、発電コスト検証ワーキンググループより

*3 調達価格等算定委員会におけるランニングコスト合計値(7.5 万円/kW)と、税以外の費目との差分として設定

表 5-58 (中小水力発電：150kW) ケース①の経済波及効果 (単位：百万円)

		東京	神奈川	岐阜	愛知	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	119.00	75.00	10.80	2.00	0.00	206.80
	②中間投入額	51.16	27.51	3.77	3.20	29.85	115.50
	粗付加価値額(直接)	60.26	24.94	5.44	0.66	0.00	91.30
【1次波及効果】	③国内自給額	45.66	22.03	3.16	2.20	20.77	93.81
	④生産誘発額(1次)	81.34	31.04	4.81	5.67	52.78	175.64
	粗付加価値額(1次)	43.08	16.16	2.34	2.49	21.91	85.97
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	204.75	24.71	2.00	1.38	11.20	244.04
	⑥消費誘発額	166.67	20.11	1.63	1.13	9.12	198.65
	⑦国内消費誘発額	136.85	16.73	1.39	2.08	25.29	182.35
	⑧生産誘発額(2次)	209.56	24.32	2.15	5.11	58.65	299.80
	⑩雇用者所得額(2次)	53.33	5.18	0.52	1.10	13.42	73.55
	粗付加価値額(2次)	125.69	14.43	1.33	2.42	29.65	173.53
⑨経済波及効果の合計額(①+④+⑧)		409.90	130.36	17.76	12.78	111.43	682.24

表 5-59 (中小水力発電：150kW) ケース②の経済波及効果 (単位：百万円)

		東京	神奈川	岐阜	愛知	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	16.00	75.00	113.80	2.00	0.00	206.80
	②中間投入額	13.63	25.77	35.66	15.08	32.01	122.16
	粗付加価値額(直接)	9.18	24.94	49.86	0.66	0.00	84.64
【1次波及効果】	③国内自給額	11.74	20.60	30.42	12.06	22.71	97.54
	④生産誘発額(1次)	27.29	28.70	41.55	24.91	63.35	185.80
	粗付加価値額(1次)	14.43	15.09	21.74	10.74	26.18	88.18
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	10.63	24.18	184.50	5.53	13.13	237.97
	⑥消費誘発額	8.66	19.68	150.18	4.50	10.69	193.71
	⑦国内消費誘発額	10.16	13.94	113.36	18.29	23.88	179.63
	⑧生産誘発額(2次)	23.65	19.02	142.34	37.14	61.41	283.56
	⑩雇用者所得額(2次)	6.05	4.22	34.66	8.14	14.48	67.56
	粗付加価値額(2次)	13.28	11.79	95.91	18.59	31.32	170.89
⑨経済波及効果の合計額(①+④+⑧)		66.93	122.73	297.69	64.05	124.76	676.15

4) 地熱発電

地熱発電（100kW）導入による地域経済効果の分析にあたり、表 5-60 の通り 2 ケースを設定した。

各ケースにおける経済波及効果の分析結果は表 5-61 および表 5-62 に示す 2 通りである。2 ケースの間で、経済波及効果の合計額にほとんど差はない。直接効果、1 次波及効果、2 次波及効果の中で最も差が生じたのは 2 次波及効果である。2 次波及効果はケース①の方がわずかに大きい。地元大分への経済効果が大きいのはケース②であり、地元事業者主体のケースである。

表 5-60 （地熱発電：100kW）ケース設定

項目		内容				
発電規模		100kW（温泉供給事業者に源泉と事業地を賃借すると想定）				
事業実施都道府県		大分県				
ケース	①大手事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 兵庫県に工場のあるメーカーに設備を発注 設置工事は東京に本社を持つ大手企業に発注 O&Mは東京に本社を持つ大手企業に発注 				
	②地元事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 兵庫県に工場のあるメーカーに設備を発注 設置工事は地元の企業に発注 O&Mは地元の企業に発注 				
	③地元企業が主体＋地元産発電機を使用	<ul style="list-style-type: none"> 想定なし（地元産発電機がないため） 				

	費目	金額	投入部門 (統合小分類)	投入先の都道府県		
				ケース①	ケース②	ケース③
イニシャル	設備費*1	7,500万円	ポンプ・圧縮機 ボイラー・原動機	兵庫県	兵庫県	
	設置・工事費*1	5,000万円	非住宅建築	東京都	大分県	
	土地造成費*1	880万円	その他の土木建設	東京都	大分県	
	接続費用*1	85万円	電力	福岡県	福岡県	
ランニング	土地賃借料 ・源泉使用料*1	180万円/年	その他の対事業所サービス (温泉供給業)	大分県	大分県	
	修繕費 (O&M) *2	195万円/年	産業用電気機器	東京都	大分県	
	保険料*1	15万円/年	保険	東京都	東京都	
	税*1	75万円/年	今回は考慮対象外 ※公共セクター	-	-	
	人件費*3 (電気主任技術者)	15万円/年 (0.15万円/kW/年×100kW)	その他の対事業所サービス	東京都	大分県	

*1 調達価格等算定委員会より建設費 123 万円/kW、運転維持費 4.8 万円/kW を参考に（発電コスト検証ワーキンググループでは本区分対象外）、ヒアリングによる値を用いた。

*2 調達価格等算定委員会におけるランニングコスト合計値(4.8 万円/kW/年)と、修繕費以外の費目との差分として設定

*3 発電コスト検証ワーキンググループによる太陽光発電の値を用いた。

表 5-61 (地熱発電：100kW) ケース①の経済波及効果 (単位：百万円)

		東京	兵庫	福岡	大分	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	100.80	75.00	0.85	36.00	0.00	212.65
	②中間投入額	38.64	30.31	2.95	7.81	38.64	118.35
	粗付加価値額(直接)	49.27	22.50	0.31	22.22	0.00	94.30
【1次波及効果】	③国内自給額	34.61	25.03	2.43	7.00	26.82	95.90
	④生産誘発額(1次)	59.74	35.32	5.61	10.08	73.16	183.90
	粗付加価値額(1次)	31.96	15.68	2.34	5.39	31.22	86.59
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	56.58	24.04	1.32	15.47	16.44	113.84
	⑥消費誘発額	46.05	19.57	1.07	12.59	13.38	92.66
	⑦国内消費誘発額	38.03	13.55	2.19	8.76	21.94	84.47
	⑧生産誘発額(2次)	59.09	17.23	4.10	11.29	45.45	137.16
	⑩雇用者所得額(2次)	15.03	4.09	1.03	2.59	10.42	33.17
	粗付加価値額(2次)	35.35	11.05	2.33	7.23	23.76	79.72
⑨経済波及効果の合計額(①+④+⑧)		219.64	127.55	10.55	57.37	118.60	533.71

表 5-62 (地熱発電：100kW) ケース②の経済波及効果 (単位：百万円)

		東京	兵庫	福岡	大分	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	3.00	75.00	0.85	133.80	0.00	212.65
	②中間投入額	2.91	30.64	11.43	38.34	37.18	120.51
	粗付加価値額(直接)	1.72	22.50	0.31	67.61	0.00	92.14
【1次波及効果】	③国内自給額	2.69	25.29	8.22	31.92	26.80	94.92
	④生産誘発額(1次)	8.35	36.03	17.11	46.74	75.73	183.96
	粗付加価値額(1次)	4.32	15.94	7.56	21.75	32.28	81.84
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	2.78	24.18	4.20	63.34	16.95	111.46
	⑥消費誘発額	2.26	19.68	3.42	51.56	13.80	90.73
	⑦国内消費誘発額	2.71	13.69	7.43	35.51	22.99	82.33
	⑧生産誘発額(2次)	6.67	17.61	13.45	45.26	49.18	132.17
	⑩雇用者所得額(2次)	1.70	4.18	3.35	10.40	11.08	30.71
	粗付加価値額(2次)	3.69	11.23	7.62	29.13	25.14	76.82
⑨経済波及効果の合計額(①+④+⑧)		18.02	128.64	31.41	225.81	124.91	528.78

5) 木質バイオマス発電

木質バイオマス発電（5.75MW）導入による地域経済効果の分析にあたり、表 5-63 の通りケース設定を行った。O&Mには地元企業の協力が必要である点や、循環流動層ボイラーを地元企業のみで製造できない点などの制約があるため、1 ケースのみの設定となった。

経済波及効果の分析結果は表 5-64 に示す通りである。事業実施県（大分県）の経済波及効果は、全国合計の 12%程度であった。また、隣接する福岡県および熊本県を合わせた 3 県合計の経済波及効果は、全国合計の 25%程度に達した。

表 5-63 （木質バイオマス発電：5.75MW）ケース設定

項目		内容				
発電規模		5.75MW				
事業実施都道府県		大分県				
ケース	①大手事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 該当なし (設備発注はできても、O&Mに関しては地元企業の協力が必要のため) 				
	②大手事業者+地元事業者の連携	<ul style="list-style-type: none"> 国内EPC事業者（本社東京）に設備を発注 設置工事は国内EPC事業者（本社東京）に発注し、工事業務の一部を地元事業者に委託 O&Mは福岡県、大分県の地元事業者に委託 				
	③地元事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 該当なし (循環流動層ボイラーを地元企業のみでは製造できず、かつ、太陽光パネルのように汎用性のある製品ではないため該当なし。) 				

	費目	金額	投入部門 (統合小分類)	投入先の都道府県		
				ケース①	ケース②	ケース③
イニシャル	設備費*1	21.6億円	ボイラー・原動機 その他のはん用機器		東京都	
	設置・工事費*2	2.4億円	その他の土木建設		大分県 (2/4) 福岡県 (2/4)	
	土地造成費*3	0.4億円	その他の土木建設		大分県	
	接続費用*4	0.6億円	電力		大分県	
ランニング	原料調達費用*5	7,000円/t×8万t=5億6千万円	育林・素材（林業）		大分県 (1/2) 福岡県 (1/4) 熊本県 (1/4)	
	土地賃借料		今回は考慮対象外 ※自社所有地		大分県	
	修繕費（O&M）*6	6千万円	ボイラー・原動機 その他のはん用機器		福岡県 (2/4) 大分県 (2/4)	
	保険料*7	0.3千万円	保険		東京都	
	税*8	1.8千万円	今回は考慮対象外 ※公共セクター		大分県	
	人件費 (電気主任技術者)	100万円/年	その他の対事業所サービス		大分県	

*1~4：総事業費を 25 億円程度として、同じ EPC による他案件の実績値を基に推計。

*5~6：事業者ヒアリングによる。5 は、原木の調達費用。

*7：他案件の実績と出力規模から推計。

*8：売電金額の 1.289%（330 日稼働と想定）

表 5-64 (木質バイオマス発電：5.75MW) ケース②の経済波及効果 (単位：百万円)

		東京	福岡	熊本	大分	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	2,163.00	290.00	140.00	530.00	0.00	3,123.00
	②中間投入額	680.57	141.17	58.80	210.01	444.72	1,535.28
	粗付加価値額(直接)	1,115.28	137.51	81.09	253.84	0.00	1,587.72
【1次波及効果】	③国内自給額	602.26	124.32	52.22	164.12	304.60	1,247.52
	④生産誘発額(1次)	1,024.68	213.30	81.11	246.32	777.27	2,342.68
	粗付加価値額(1次)	550.74	109.39	43.64	116.57	323.54	1,143.88
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	1,018.56	125.94	36.58	164.31	163.74	1,509.13
	⑥消費誘発額	829.11	102.51	29.78	133.75	133.29	1,228.44
	⑦国内消費誘発額	679.06	96.93	28.00	93.32	231.70	1,129.01
	⑧生産誘発額(2次)	1,040.88	144.22	41.35	121.01	501.75	1,849.20
	⑩雇用者所得額(2次)	264.68	36.78	10.03	27.61	110.02	449.12
	粗付加価値額(2次)	624.29	89.58	25.10	77.22	254.63	1,070.82
⑨経済波及効果の合計額①+④+⑧		4,228.56	647.51	262.46	897.33	1,279.02	7,314.88

6) バイオガス発電

バイオガス発電（1.8MW）導入による地域経済効果の分析にあたり、表 5-65 の通りケース設定を行った。O&Mには地元企業の協力が必要である点や、集中型メタン発酵槽を地元企業のみで製造できない点などの制約があるため、1 ケースのみの設定となった。経済波及効果の分析結果は表 5-66 に示す通りである。事業を実施した北海道における経済波及効果は、全国合計の 31%程度であった。

表 5-65 （バイオガス発電：1.8MW）ケース設定

項目		内容
発電規模		1.8MW
事業実施都道府県		北海道
ケース	①大手事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 該当なし (設備発注はできても、O&Mに関しては地元企業の協力が必要のため)
	②大手事業者+地元事業者の連携	<ul style="list-style-type: none"> 国内EPC事業者（本社東京）に設備を発注 設置工事は国内EPC事業者（本社東京）に発注し、工事業務の一部を地元事業者に委託 O&Mは北海道の地元事業者に半分委託、国内EPC事業者（本社東京）も一部SPCとして関与。
	③地元事業者が主体	<ul style="list-style-type: none"> 該当なし (集中型メタン発酵槽を地元企業のみでは製造できず、かつ、太陽光パネルのように汎用性のある製品ではないため該当なし。)

	費目	金額	投入部門 (統合小分類)	投入先の都道府県		
				ケース①	ケース②	ケース③
イニシャル	設備費*1	10億円	他ののはん用機器		東京都	
	設置・工事費*2	10億円	他の土木建設		北海道 (3/4) 東京都 (1/4)	
	土地造成費	不明	他の土木建設		北海道	
	接続費用*3	0.3億円	電力		北海道	
ランニング	原料調達費用*4	0.2億円	畜産		北海道	
	土地賃借料*5	10万円/年	今回は考慮対象外 ※自社所有地		北海道	
	修繕費 (O&M) *6	7千万円	他ののはん用機器		北海道 (3/4) 東京都 (1/4)	
	保険料	不明	保険		東京都	
	税	不明	今回は考慮対象外 ※公共セクター		北海道	
	人件費 (電気主任技術者)	100万円/年	他の対事業所サービス		北海道	

*1～2：ヒアリングによる初期費用の下限値を均等に案分。

*3～6：事業者ヒアリングによる。

表 5-66 （バイオガス発電：1.8MW）ケース②の経済波及効果（単位：百万円）

		北海道	東京	その他	全国
【直接効果】	①直接効果	852.50	1,267.50	0.00	2,120.00
	②中間投入額	320.85	434.75	312.99	1,068.58
	粗付加価値額(直接)	397.79	653.63	0.00	1,051.42
【1次波及効果】	③国内自給額	280.89	388.75	227.76	897.41
	④生産誘発額(1次)	406.37	681.64	588.46	1,676.47
	粗付加価値額(1次)	208.83	362.28	247.77	818.88
【2次波及効果】	⑤雇用者所得額計	410.52	633.51	125.73	1,169.76
	⑥消費誘発額	334.16	515.67	102.35	952.18
	⑦国内消費誘発額	254.76	430.47	186.86	872.09
	⑧生産誘発額(2次)	352.30	673.95	403.97	1,430.21
	⑩雇用者所得額(2次)	89.49	171.69	91.18	352.37
	粗付加価値額(2次)	212.62	402.62	207.18	822.43
⑨経済波及効果の合計額①+④+⑧		1,611.17	2,623.09	992.43	5,226.68

7) まとめ

以上のように6つのエネルギー種（太陽光発電（メガソーラー）、風力発電（陸上）、小水力発電、地熱発電、バイオマス発電（木質、バイオガス））について地域経済への波及効果を試算したが、大手事業者へ事業を発注したケースと地元事業者へ事業を発注したケースでは、経済効果の地域分布が大きく違うことが分かった。

また、ケース間の波及効果総額については、それほど大きな差異は見られなかった。ただし、風力発電については海外に設備を発注するケースと国内に発注するケースでは最大1.4倍の差異がみられた。

今後、再生可能エネルギーの地域経済効果を検討していく際には、このように調達地域による効果の差異に十分留意するべきであることが示唆された。

5.3 まとめと今後の課題

本章では2050年における再生可能エネルギー導入推計量の推計を行うとともに、再生可能エネルギー導入に伴う効果・影響分析を実施した。

2050年の再生可能エネルギーの導入推計量については、エネルギー種毎にその特徴を反映した推計方法を採用し、推計を実施した。今回用いた推計手法は現状に至る再生可能エネルギーの導入状況や、再生可能エネルギーの導入ポテンシャル等に基づいた手法であった。今後政策動向の変化や、実際の導入ペースを踏まえてより精緻な推計を実施することが可能になると考えられる。

再生可能エネルギー導入に伴う効果・影響分析については、既存の研究事例のレビューを行うとともに、都道府県間産業連関分析、に基づく分析を実施した。

都道府県間産業連関分析については、地域主体型の再生可能エネルギープロジェクトを実施することにより、大手企業が主体の事業と比べて、地域に対してより大きな経済波及効果を生むことが定量的に示された。ただし、今回得られた結果は、公開情報及びヒアリングから定められたモデルケースに基づく数値設定から試算されたものである点に留意が必要である。個別のプロジェクトの評価を行う際は、そのプロジェクトの実態に併せて、前提となる数値や産業部門への資金投入の構造を精査する必要がある点に留意が必要である。

参考資料1 諸外国の再生可能エネルギー政策の調査成果報告書

平成 27 年度
諸外国の再生可能エネルギー政策の調査
成果報告書

平成 2 8 年 2 月

東京海上日動リスクコンサルティング株式会社

表目次

<p>目次</p> <p>1. 欧州主要国における再生可能エネルギー熱政策の動向 1</p> <p>1.1 ドイツ：再生可能エネルギー熱法 1</p> <p>1.1.1 再生可能エネルギー熱の導入施策の動向 1</p> <p>1.1.2 再生可能エネルギー熱法の制度概要 2</p> <p>1.1.3 施策の施行実績 8</p> <p>1.1.4 施策の課題 15</p> <p>1.2 イギリス：再生可能熱インセンティブ 18</p> <p>1.2.1 再生可能エネルギー熱の導入施策の動向 18</p> <p>1.2.2 再生可能熱インセンティブ（住宅部門）の制度概要 22</p> <p>1.2.3 施策の施行実績 38</p> <p>1.2.4 施策の課題 42</p> <p>1.3 フランス：エネルギー転換に向けた投資額還付制度 46</p> <p>1.3.1 再生可能エネルギー熱の導入施策の動向 46</p> <p>1.3.2 エネルギー転換に向けた投資額還付制度の概要 48</p> <p>1.3.3 施策の施行実績 52</p> <p>添付資料 53</p> <p>添付資料 1. ドイツ：再生可能エネルギー熱法 2015 年進捗報告書の要約 53</p> <p>添付資料 2. イギリス：Microgeneration Certificate Scheme (MCS) の概要 58</p> <p>2. 欧州主要国における再生可能エネルギー電気の入札制度調査 59</p> <p>2.1 イギリス 59</p> <p>2.1.1 入札制度の制度概要と特徴 59</p> <p>2.1.2 入札制度と従来施策における支援レベルの違い 65</p> <p>2.1.3 落札後の管理の仕組み 67</p> <p>2.2 フランス 70</p> <p>2.2.1 入札制度の制度概要と特徴 70</p> <p>2.2.2 入札制度と従来施策における支援レベルの違い 74</p> <p>2.2.3 落札後の管理の仕組み 76</p> <p>2.3 オランダ 78</p> <p>2.3.1 入札制度の制度概要と特徴 78</p> <p>2.3.2 入札制度と従来施策における支援レベルの違い 80</p> <p>2.3.3 落札後の管理の仕組み 82</p>	<p>表 1-1 ドイツ：「エネルギー転換」の定量的目標と現状（2014 年時点） 1</p> <p>表 1-2 ドイツ：再生可能エネルギー熱法：第 4 条 義務対象から除外する建物 2</p> <p>表 1-3 ドイツ：再生可能エネルギー熱法：対象エネルギー源ごとの達成基準 3</p> <p>表 1-4 ドイツ：再生可能エネルギー熱法：対象エネルギー源ごとの主な技術要件 4</p> <p>表 1-5 ドイツ：連邦経済・輸出管理庁の 2014 年市場促進プログラム支援状況 6</p> <p>表 1-6 ドイツ：連邦経済・輸出管理庁による市場促進プログラム支援設備数 6</p> <p>表 1-7 ドイツ：再生可能エネルギー熱法：熱市場への効果（2012 年進捗報告書） 9</p> <p>表 1-8 ドイツ：再生可能エネルギー熱法：熱市場への効果（2015 年進捗報告書） 10</p> <p>表 1-9 ドイツ：2014 年に建築承認された新築建物の義務履行に関する報告 11</p> <p>表 1-10 ドイツ：2014 年に建築承認された新築住宅用建物の義務履行に関する報告 11</p> <p>表 1-11 ドイツ：2014 年に建築承認された新築非住宅用建物の義務履行に関する報告 13</p> <p>表 1-12 ドイツ：再生可能エネルギー熱法 2012 年進捗報告書における提言 15</p> <p>表 1-13 ドイツ：再生可能エネルギー熱法 2015 年進捗報告書における提言 17</p> <p>表 1-14 イギリス：2008 年実績及び 2020 年予測の最終エネルギー消費量 18</p> <p>表 1-15 イギリス：再生可能熱エネルギーの生産量推移（2008 年～） 19</p> <p>表 1-16 イギリス：熱・電力・輸送燃料分野別の推定指標曲線（～2020 年） 20</p> <p>表 1-17 イギリス：熱・電力・輸送燃料分野別の推定指標曲線（～2020 年） 21</p> <p>表 1-18 イギリス：2008 年エネルギー法：第 100 条 再生可能熱インセンティブ 22</p> <p>表 1-19 イギリス：再生可能熱インセンティブ（住宅部門）支援対象 24</p> <p>表 1-20 イギリス：再生可能熱インセンティブで計測が求められる要件 26</p> <p>表 1-21 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの買取価格 27</p> <p>表 1-22 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブのレガシー設備買取価格 27</p> <p>表 1-23 イギリス：レガシー設備の申請期間 27</p> <p>表 1-24 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブでのヒートポンプ等級評価 28</p> <p>表 1-25 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブのヒートポンプ買取価格例 29</p> <p>表 1-26 イギリス：再生可能熱インセンティブ制度の予算額 30</p> <p>表 1-27 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの指示的支出額 31</p> <p>表 1-28 イギリス：再生可能熱インセンティブ制度による国庫への影響 32</p> <p>表 1-29 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの通減メカニズムしきい額 33</p> <p>表 1-30 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの買取価格の推移 34</p> <p>表 1-31 イギリス：再生可能熱設備設置者が義務付けられる変更通知の要件 35</p> <p>表 1-32 イギリス：再生可能熱設備設置者が義務付けられる年次報告の項目 36</p> <p>表 1-33 イギリス：管轄機関による再生可能熱設備の検査可能項目 36</p> <p>表 1-34 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの制度見直し予定 37</p> <p>表 1-35 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの買取対象設備数・発熱量 40</p> <p>表 1-36 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの施行状況 41</p>
---	--

表 1-37	イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブに関するアンケート調査回答	42
表 1-38	フランス：熱・電力・輸送燃料分野別の推定指標曲線（～2020年）	46
表 1-39	フランス：熱・電力・輸送燃料分野別の推定指標曲線（～2020年）	47
表 1-40	フランス：エネルギー投資額還付制度の税額控除率（～2011年）	48
表 1-41	フランス：エネルギー投資額還付制度の税額控除率（2012～13年）	49
表 1-42	フランス：エネルギー投資額還付制度の税額控除率（2014年1～8月）	49
表 1-43	フランス：エネルギー転換に向けた投資額還付制度の主な機器の対象要件	50
表 1-44	フランス：エネルギー投資額還付制度の施行実績（2005～2008年）	52
表 1-45	フランス：エネルギー投資額還付制度の対象技術（2009～2012年）	52
表 2-1	イギリス：差額契約型（CfD）FIT 制度における入札制度概要	60
表 2-2	イギリス：CfD FIT アロケーションラウンド1でのポット分類	61
表 2-3	イギリス：アロケーションラウンド1 予算公告でのポット・年度別 CfD 予算	61
表 2-4	イギリス：2013年12月公表の管理上の CfD ストライクプライス	62
表 2-5	イギリス：CfD FIT のアロケーションにかかる入札期間中の原則	63
表 2-6	イギリス：CfD FIT アロケーションの入札にかかる個別プロジェクトの評価式	63
表 2-7	イギリス：CfD FIT アロケーション枠組みで設定された評価パラメーター	64
表 2-8	イギリス：アロケーション1入札結果（テクノロジー、年度、決済価格別）	65
表 2-9	イギリス：アロケーション1入札結果における上限価格と決済価格の差	65
表 2-10	イギリス：アロケーションラウンド1で目標運開期間として設定可能な期間	67
表 2-11	イギリス：アロケーションラウンド1における Longstop Date の期間	68
表 2-12	フランス：250kW 超太陽光発電を対象とした入札制度概要	70
表 2-13	フランス：250kW 超太陽光発電を対象とした第3回入札の評価基準	71
表 2-14	フランス：250kW 超太陽光発電を対象とした第3回入札の上限・下限価格	72
表 2-15	フランス：100～250kW の屋根設置型太陽光対象の入札制度概要	72
表 2-16	フランス：2016年以降の新たな太陽光入札制度案（2015年10月時点）	73
表 2-17	フランス：250kW 超太陽光発電を対象とした入札制度結果	74
表 2-18	フランス：本土の地上設置型太陽光発電設備に適用の買取価格（～2010年）	75
表 2-19	フランス：建物設置以外の太陽光発電設備に適用の買取価格（2011年～）	75
表 2-20	フランス：250kW 超太陽光発電を対象とした入札制度の参加要件	76
表 2-21	オランダ：SDE+（2015年）の入札制度概要	78
表 2-22	オランダ：SDE+（2015年）の入札期ごとの主な源別基準価格	80
表 2-23	オランダ：2012年における SDE と SDE+に基づく 1kWh あたり支援額比較	81
表 2-24	オランダ：SDE+（2015年）入札制度への申請方法	82
表 2-25	オランダ：SDE+（2015年）入札制度の申請時に必要な許可証	83

目次

図 1-1	ドイツ：連邦経済・輸出管理庁による市場促進プログラムの州別支給額	7
図 1-2	ドイツ：新規建物での再生可能エネルギー熱システム利用シェア	8
図 1-3	ドイツ：新築住宅用建物に設置された暖房構成の推移	12
図 1-4	イギリス：主要シナリオにおける2020年のエネルギーミックスの例示	19
図 1-5	イギリス：Green Deal の流れ	23
図 1-6	イギリス：買取価格逡減が発生するタイミングと方法	34
図 1-7	イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの認定件数と認定金額	38
図 1-8	イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの地域別・技術別認定数	39
図 2-1	イギリス：CfD FIT 対象プロジェクトのスケジュールイメージ	59
図 2-2	オランダ：SDE+の補助申請手続き（2013年の例）	79
図 2-3	オランダ：SDE+で基準価格以下での入札事業の比率（2011～2013年）	81
図 2-4	オランダ：SDE+制度申請から発電までの実績（2011～2013年）	84
図 2-5	オランダ：SDE 及び SDE+でのプロジェクト実現率	85

単位・略称の一覧

本報告書では、以下のとおり単位、及び略称の統一を図る。

・単位

本書での表記	意味	備考
ktoe	1,000 石油換算トン	熱エネルギー量等の単位として使う。主に図表中で使用する。

・略称

本書での表記	意味など
外国機関名	英文表記で統一する。但し、官公庁は訳語と略称を併記する。
CHP	Combined Heat and Power の略。コージェネレーション。
SPF	Seasonal Performance Factor の略。ヒートポンプの全季節での理論的な出力を算出するために用いる季節性能係数。
MCS	Microgeneration Certification Scheme の略。
VAT	Value Added Tax の略。付加価値税。
EN	European Norm (European Standards: 欧州規格) の略。
MIS	Microgeneration Installation Standard の略。

注 1) 本報告書では、全篇にわたり原則として以下の為替換算レートを利用

- ・1ユーロ (€) =100ユーロセント (ct) =140円
- ・1ポンド (£) =100ペンス (p) =180円

注 2) 本報告書に掲載している Web サイトのリンクは、2016 年 1 月末時点のもの

1. 欧州主要国における再生可能エネルギー熱政策の動向

1.1 ドイツ：再生可能エネルギー熱法

1.1.1 再生可能エネルギー熱の導入施策の動向

ドイツにおける再生可能エネルギー熱導入促進にかかる施策は、「再生可能エネルギー熱法 (EEWärmeG: Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz)」に基づく主に新築建物への再生可能エネルギー熱の導入義務と、「市場促進プログラム (MAP: Marktanzreizprogramm)」と呼ばれる補助・融資制度が柱となる。

この「再生可能エネルギー熱法」は、2008 年 8 月に公布された。本法は、熱供給における再生可能エネルギーの利用を拡大することで、温室効果ガス排出量を削減し、気候を保護する目的で、2007 年ドイツが発表した、包括的な気候保護・エネルギー政策の一施策として制定されたものである。本法の施行により、ドイツは、熱 (暖房熱、冷却熱、プロセス熱及び給湯) の最終エネルギー消費量に占める再生可能エネルギーの割合を 2020 年までに 14% とすることを目指している。

ドイツが進めている「エネルギー転換」の定量的目標と現状は以下のとおり。

表 1-1 ドイツ：「エネルギー転換」の定量的目標と現状 (2014 年時点)

分野	2014年	2020年	2030年	2040年	2050年
温室効果ガス排出					
温室効果ガス排出量(1990年比)	-27%	最低-40%	最低-50%	最低-70%	最低-80~-95%
再生可能エネルギー					
総最終エネルギー消費に占める比率	13.5%	18%	30%	45%	60%
総発電量に占める比率	27.4%	最低35%	最低50%	最低65%	最低80%
総熱消費量に占める比率	12.0%	14%			
輸送燃料に占める比率	5.6%				
エネルギー効率・消費					
一次エネルギー消費(2008年比)	-8.4%	-20%			-50%
エネルギー生産性	1.6%/年 (2008-14)		2.1%/年 (2008-50)		
総エネルギー消費(2008年比)	-4.6%/年	-10%			-25%
建物一次エネルギー需要(2008年比)	-14.8%				-80%
建物熱需要(2008年比)	-12.4%	-20%			
輸送最終エネルギー消費(2005年比)	1.7%	-10%			-40%

データ原典：連邦経済・エネルギー省 2015 年 10 月時点データ

出典) 連邦経済・エネルギー省, "Die Energie der Zukunft, Vierter Monitoring-Bericht zur Energiewende"

本法は2009年1月1日に施行され、その後2011年5月に改正された。以下では、本法に基づく義務付けの制度概要と施行状況、制度の課題についてとりまとめる。

1.1.2 再生可能エネルギー熱法の制度概要

(1) 義務対象者

2009年1月1日より、原則として新築建物の所有者が義務対象者となる。個人、国、企業にかかわらず、全ての所有者がこの義務の対象となる。また、当該建物が賃貸に出されていたとしても本法の適用対象となる。

エネルギーが冷暖房に使用され、且つ50㎡以上の有効面積を有する新築建物は、以下の除外要件に該当する場合を除いて義務の対象となる。

表 1-2 ドイツ：再生可能エネルギー熱法：第4条 義務対象から除外する建物

1. 主に動物の繁殖又は飼育の用に供する事業用建物
2. 利用目的に照らして、広い面積を長期間継続して開放しておかなければならない事業用建物
3. 地下の建物
4. 植物の栽培、増殖及び販売の用に供するガラス温室設備及び栽培室
5. エア・ドーム及びテント
6. 組立式建物及び使用予定期間が2年以内の仮設建物
7. 礼拝その他の宗教的な目的のための建物
8. 年間の利用期間が4月*未満とされる居住用建物
9. その他の事業用建物で用途に照らして室内温度を摂氏12度未満とするもの又は年間の暖房期間が4月*未満かつ年間の冷房期間が2月*未満のもの
10. 施設の一部又は附属建物で、2007年12月21日の法律（連邦法律公報第1部3089頁）第19a章第3号によって最終改正された2004年7月8日の温室効果ガス排出量取引法（連邦法律公報第1部1578頁）の現行の法文で適用対象となる建物

*引用注：それぞれ4ヶ月、2ヶ月。

出典) 渡辺 富久子「ドイツにおける建物の熱エネルギー法制—省エネルギー令と再生可能エネルギー熱法を中心に—」『外国の立法』247号, 2011.3, pp.83-100

また、2011年5月に施行された改正法では、公的機関の既存建物が大規模な改修を行う場合にも義務が適用されることとなった。なお、公的機関の建物を所有する地方自治体が極度の財政難にある場合や、義務を遂行するための措置に不相応な経費を伴う場合は、本義務は適用除外となることが改正法で定められている。

(2) 対象エネルギー源と達成基準

本法の義務履行に用いることのできる再生可能エネルギー源は、太陽熱、地熱エネルギー、大気・水などの環境熱（ambient heat）ヒートポンプ、バイオマス（植物油・バイオガス・木質ペレット・木材チップなど）と定義されている。建物所有者は、どのエネルギー源を利用するかについては自由に決定できる。どの再生可能エネルギーを利用することが最適であるかは、地域的条件による。再生可能エネルギーの利用を望まない者は、建物の断熱効果を高める、地域熱供給システムから熱供給を受ける、あるいはコジェネレーションによる熱を利用するといった、他の気候変動軽減策を採用することが可能である（義務履行の代替手段については、(3) で後述する）。

下表に示す通り、新築建物に固形バイオマス、地熱、又は大気・水など環境熱ヒートポンプを利用する者は、少なくとも熱需要の50%をこれらエネルギー源によって供給しなくてはならない。同様に、太陽エネルギーについては熱需要の15%、バイオガスについては30%を満たさなければならない。但し、公的機関の既存建物の改修の場合には、新築建物と比較して、達成基準が一部緩和される。

表 1-3 ドイツ：再生可能エネルギー熱法：対象エネルギー源ごとの達成基準

エネルギー源	達成基準	
	新築建物	公的建物の改修
太陽エネルギー	15%	
	2世帯以下の家屋における利用面積の㎡あたり0.04㎡の太陽熱集熱器 (3世帯以上の集合住宅は0.03㎡)	
地熱	50%	15%
環境熱（大気・水熱源）ヒートポンプ	50%	15%
固形バイオマス	50%	15%
バイオガス	30%	25%
液体バイオマス	50%	15%

出典) 再生可能エネルギー熱法に基づき東京海上日動リスクコンサルティング作成

さらに、当該技術が環境に与える総合的な影響を最小限に抑える目的で、エネルギー源ごとに技術要件が定められており、同法の附属書で規定されている。例えば、ヒートポンプの適格技術要件として、一定の季節性能係数（SPF：Seasonal Performance Factor）が設定されている。上記の達成基準を満たすためには、こうしたエネルギー源ごとの技術要件を満たしていることが前提条件となる。

表 1-4 ドイツ：再生可能エネルギー熱法：対象エネルギー源ごとの主な技術要件

エネルギー源	新築建物	公的建物の改修
太陽エネルギー	2 世帯以下の家屋における有効面積 (㎡) あたり 0.04 ㎡の集熱面積を持つ太陽熱設備 熱媒体が液体の場合は、“Solar Keymark”の認証済み	有効面積 (㎡) あたり 0.06 ㎡の集熱面積を持つ太陽熱設備
地熱/ヒートポンプ	以下の要件をすべて満たすこと ▶ヒートポンプの季節性能係数 (SPF) が、大気-水、大気-空気式の場合 3.5 以上、それ以外の熱源の場合 4.0 以上* ▶上記の季節性能係数を計測できる機器を備えていること ▶“flower”、“Blue Angel”等のエコラベル取得製品であること ※化石燃料駆動の場合は、季節性能係数 1.2 以上を要件とする	
固形バイオマス	以下のボイラー効率を満たすこと等 ▶暖房・温水供給の場合 (50kW 以下) : 86% ▶暖房・温水供給の場合 (50kW 超) : 88% ▶暖房・温水供給以外の場合 : 70%	
バイオガス	コージェネレーションでの利用等	最善技術 (BAT) を適用したボイラー、もしくはコージェネレーションでの利用等
液体バイオマス	最善技術 (BAT) を適用したボイラー、且つ持続可能性基準を満たした液体バイオマスを燃料としていること	

出典) 再生可能エネルギー熱法に基づき東京海上日動リスクコンサルティング作成

(3) 義務履行の代替手段

全ての建物所有者が再生可能エネルギーを利用できるわけでもなく、また、利用することが常に適切とは限らない。従って、再生可能エネルギーを利用する代わりに、同様に気候変動緩和につながる他の対策をとることが可能である。以下のような代替策が認められている。

- 廃熱の利用。廃熱の熱生産には既にエネルギーが使われているため、再生可能エネルギーの形態としては認められない。とはいえ、廃熱を「再利用」することはその分の資源が節約されるため、この方法も妥当だといえる。廃熱を利用する建物所有者は、建物の熱需要のうち最低でも 50%をこの方法で供給しなくてはならない。
- コージェネレーションによる熱の利用。コージェネレーションプラントは電力と熱を同時に生産するために資源を利用している。コージェネレーションについても、最低供給量は 50%と規定されている。
- 法律で規定された基準を著しく超えた建物の断熱改修の実施。省エネルギー令の下に義務付けられている基準より熱効率を 15%以上向上させて建物を改修した所有者については、当該建物のエネルギー消費量が著しく低いことから、再生可能エネルギーの利用を義務付けない。

- 地域グリッド又は地域熱供給グリッドへの接続。但し、当該グリッドが、大きな割合で再生可能エネルギーを利用している、もしくは熱供給量の 50%以上をコージェネレーションプラント又は廃熱から供給していることを条件とする。

再生可能エネルギー及び代替手段のどちらも利用できない所有者については、義務が免除される。対策をとることが不当な困難を招く場合、所轄の州当局は、当該建物所有者に対し再生可能エネルギーの利用義務を免除することができる。

(4) 義務の履行方法

本法の履行は、連邦共和国基本法第 83 条に基づき、州の管轄となる。義務対象者は、州政府が指定する所管官庁により認可を受けた専門家により、本法に順守しているという証明を受け、地方行政府に提出することが求められる。法令では、所管官庁に無作為に調査を行う権限を付与しており、要求された場合には必要な資料の提出が求められる。罰則規定としては、証明書の不提出、提出期限への遅れ等があった場合は 50,000 ユーロ (700 万円) 以下の罰金、証明書類を 5 年間保存していなかった場合は 20,000 ユーロ (280 万円) 以下の罰金が課せられる。なお、連邦法である本法で各行政手続きについて規定しているものの、連邦共和国基本法第 84 条 1 項 1 文で、州政府が異なる規定を定めることも認められている。

また、「再生可能エネルギー熱法」は、建物所有者がとり得る対策の範囲を広く設定している。異なる再生可能エネルギーを組み合わせたり、複数の代替手段を互いに組み合わせ、かつ再生可能エネルギーと併用して利用したりすることも可能である。

義務達成に異なる手段を組み合わせる場合、再生可能エネルギーのみの利用もしくは代替手段のみの利用を選択した場合と同じ基準を満たさなくてはならない。太陽エネルギーによって熱需要の 7.5% (規定の 15%ではなく) しか満たしていない所有者は、再生可能エネルギー利用義務の半分しか果たしていないことになる。従って、残り半分の義務を他の手段によって達成しなくてはならない。例えば、木質ペレットを利用して規定の 50%の半分=25%を供給するといった方法がある。

(5) 国による財政的支援

建物所有者は、政府による財政的支援施策である市場促進プログラムによって支援される。「再生可能エネルギー熱法」では、第 14 条において国による財政的支援の条項が設けられており、1999 年から実施してきた市場促進プログラムを法的根拠の持つプログラムとして扱うこととなった。第 13 条では、2009~12 年度までの間に、連邦予算を年間で最大 5 億ユーロ (700 億円) 投入することが規定されていた。

但し、「細則は連邦環境・自然保護・原子炉安全省が、連邦財務省と協議の上で行政規則で定める」とされており、当該年度の方針により予算額が異なることになる。例えば 2010 年度は、連邦政府の予算削減により、前年度よりも 3 分の 1 予算が削られた形で 2.65 億ユーロ (371 億円) の予算が配分されたが、5 月にはこの予算を費消してしまい、しばらく補助金は凍結された。その後 7 月 7 日に 1.15 億ユーロ (161 億円) の予算が追加されること

が決定し、補助金申請が再開されるという事態が起きた。

なお、市場促進プログラムに基づく補助金の申請は、連邦経済・輸出管理庁（BAFA：Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle – 連邦経済・エネルギー省（Bundesministerium für Wirtschaft und Energie）の外局）に対して行う。2014年には、設置件数 56,210 件、総額 1.24 億ユーロ（約 174 億円）が市場促進プログラムとして交付された（2013 年比 0.36 億ユーロ減）。主なエネルギー源別の支援対象設備の内訳や補助金支払額は下表のとおり。

州別に見ると、以下のとおり、南部地域で補助金対象設備が多くなっている。

表 1-5 ドイツ：連邦経済・輸出管理庁の 2014 年市場促進プログラム支援状況

エネルギー源	内訳	補助金支払額	平均補助額
バイオマス	ペレットボイラー：15,200 件	約 63 百万ユーロ (88.2 億円)	約 2,300 ユーロ (32.2 万円)
太陽熱	平板型集熱器：16,000 件 真空管集熱器：6,000 件 空気集熱器：200 件	約 40 百万ユーロ (56 億円)	約 1,800 ユーロ (25.2 万円)
ヒートポンプ	大気/水式ヒートポンプ：2,500 件 塩水/水式ヒートポンプ：1,600 件 水/水式ヒートポンプ：350 件	約 13 百万ユーロ (18.2 億円)	約 2,900 ユーロ (40.6 万円)

出典) 連邦経済・輸出管理庁, “Report 2014/2015, Foreign trade, economic development, energy and climate protection”

表 1-6 ドイツ：連邦経済・輸出管理庁による市場促進プログラム支援設備数

州	太陽熱	バイオマス	ヒートポンプ	革新的太陽熱技術	革新的バイオマス技術	データ可視化
Berlin	67	34	17	3	0	0
Brandenburg	508	834	158	8	0	5
Baden-Württemberg	4,802	5,461	825	165	29	69
Bavaria	5,438	8,602	1,105	291	31	152
Bremen	33	14	3	1	0	15
Hesse	1,471	2,132	248	31	3	72
Hamburg	89	22	9	13	0	6
Mecklenburg-Western	300	328	78	12	1	3
Lower Saxony	1,755	1,495	259	72	1	38
North Rhine-Westphalia	3,234	2,402	900	210	4	59
Rhineland-Palatinate	1,041	1,797	238	18	1	39
Saxony-Anhalt	569	696	115	12	0	7
Saarland	291	374	36	5	1	49
Schleswig-Holstein	518	510	91	13	4	29
Saxony	1,150	1,621	243	48	4	12
Thuringia	919	1,316	146	31	1	19

出典) 連邦経済・輸出管理庁, “Report 2014/2015, Foreign trade, economic development, energy and climate protection”



図 1-1 ドイツ：連邦経済・輸出管理庁による市場促進プログラムの州別支給額

出典) 連邦経済・輸出管理庁, “Report 2014/2015, Foreign trade, economic development, energy and climate protection”

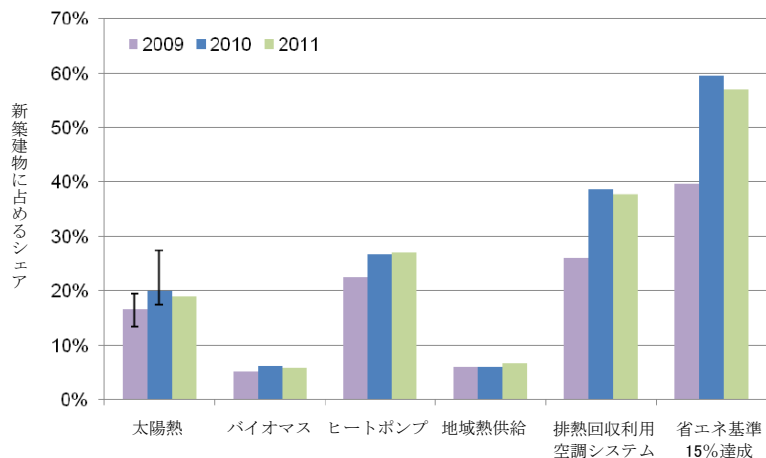
1.1.3 施策の施行実績

(1) 再生可能エネルギー熱法に基づく熱市場への効果

1) 再生可能エネルギー熱法 2012 年進捗報告書

「再生可能エネルギー熱法」では、第 18 条において、連邦議会に対して、連邦政府が法律の進捗状況を定期的に報告することを規定している。2012 年 12 月に連邦議会に提出された最初の進捗報告書（以下、2012 年進捗報告書とする）では、「再生可能エネルギー熱法」の効果について、以下のように評価している。

- 「再生可能エネルギー熱法」は、成立後 3 年において既に熱及び冷熱利用に対する再生可能エネルギーの拡充を大幅に促進した。同法の利用義務は新築建物において効果を発揮しているほか、同法において定められた市場促進プログラムも、既存の熱市場、特に建造物分野における再生可能エネルギーの占める割合の増加に貢献している。
- 2011 年の熱分野全体における再生可能エネルギーの割合は、熱の最終エネルギー消費量の約 11%、熱及び冷熱においては 10.2%にのぼっている。
- 特に「再生可能エネルギー熱法」は、再生可能エネルギーの利用促進を目指した設備技術の分野で効果を発揮しているが、様々な施策が相乗的に効果を上げており、明確に効果を分類することは不可能である。



※バイオマスコージェネシステムは地域熱供給に含む。

図 1-2 ドイツ：新規建物での再生可能エネルギー熱システム利用シェア

出典) 連邦環境・自然保護・原子炉安全省, “Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichtes gemäß § 18 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz”

2012 年進捗報告書では、「新規建物における熱利用の割合の推計手法や調査手法には、現在いろいろ問題があり、新規建物の再生可能エネルギー熱の利用について、断定的な意見を述べるのは難しい」としている。上図は推計により 2009 年から 2011 年にかけての再生可能エネルギー熱の利用割合を推計したものである。

また、2012 年進捗報告書では、具体的な熱市場の進展について以下のように記述している。

表 1-7 ドイツ：再生可能エネルギー熱法：熱市場への効果（2012 年進捗報告書）

- 2009 年～2011 年の調査によると、少なくとも、全新築建物の半数が、熱生産に再生可能エネルギーを導入している。非集中型（熱供給網に接続していない）技術の場合には、ヒートポンプが最も多く使用されており（新築の 27%）、続いて太陽熱設備（同約 20%）、固形バイオマス設備（同約 5～7%）である。新規居住用建物における遠隔暖房への接続数は、2000 年以降減少をたどっていたが、2008 年以降再び上昇している。
- 非居住用建物の分野においては、2008 年以降緩やかな上昇傾向が見られる。
- 熱供給の全市場と比較すると、新築建物分野における再生可能エネルギーの市場は、利用義務の導入によって、「再生可能エネルギー熱法」施行前よりも安定して推移している。そのため、利用義務を達成する必要のある全ての種類の再生可能エネルギーにおいて、新築建物分野における市場割合は 2008 年以降拡大している。
- 一方、新築率の緩やかな上昇のため、新築建物分野の再生可能エネルギーの増加に対する影響はむしろ低い。しかし、ヒートポンプ及び集中バイオマス暖房の分野においては、全体の増加に対して、新築における増加が著しい。2011 年には、増築されたヒートポンプの約 60%、集中バイオマス暖房の約 3 分の 1 が新築建物においてである。
- また代替措置、とりわけ省エネ措置も大きくかつ安定的に成長している。2010～11 年には、新築建物の約 40%で熱回収装置が使用されており、新築建物の約 60%は非常に優れた効率水準で「再生可能エネルギー熱法」の代替措置「エネルギーの節約」（第 7 条）を満たしていた。

出典) 連邦環境・自然保護・原子炉安全省, “Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)”をもとに東京海上日動リスクコンサルティング作成

2) 再生可能エネルギー熱法 2015 年進捗報告書

2015 年 11 月には、第 2 回の再生可能エネルギー熱法の進捗報告書（以下、2015 年進捗報告書とする）が公表された。2015 年進捗報告書でも、再生可能エネルギー熱法の有効性について、下記のように評価している。

- これまでの展開は、再生可能エネルギー熱法に基づく手段が効果を発揮していることを示している。再生可能エネルギー冷熱の消費量は、気候条件の影響を除くと、2008

～2013年の間に約33%増加している。

- バイオマス燃料が最も利用されており、太陽熱とヒートポンプの比率も、ここ数年で大幅に成長している。この結果、熱需要に占める再生可能エネルギーの比率は、再生可能エネルギー熱法発効前の2008年の8.5%から、2013年の12.2%に増加している。
- 上記により、再生可能エネルギー熱法が、エネルギー輸入依存度を低下させ、ドイツにおける供給安定性と、2050年に既存建物をほぼカーボンニュートラルとする長期的な目標の達成に貢献している。

また、2015年進捗報告書では、再生可能エネルギー熱法による熱市場への効果について、以下のように記述している。

表 1-8 ドイツ：再生可能エネルギー熱法：熱市場への効果（2015年進捗報告書）

- 2014年に販売された熱生産設備の多数はガス暖房であるが、再生可能熱生産設備の占める割合もここ数年間安定しており、全暖房設備販売に占める比率も平均で約12.2%。毎年安定的な増設が行われ続けることで、熱市場における再生可能エネルギーの割合は、程よい早さで、確実に上昇している。特に新築の住宅用建物に関して、ここ数年間、再生可能エネルギー利用の継続的な増加が認められるが、2011年以降、この増加傾向は若干弱まっている。
- 2014年に建築が承認された138,375棟の住宅用・非住宅用建物のうち、3分の2以上が、再生可能エネルギー利用を少なくとも計画には組入。住宅用建物のうち、利用義務を免除された建物が3%で、一戸建て・二戸建て住宅の80%は再生可能エネルギーを導入（単独での達成か、組合せによる義務履行）。非住宅用建物（オフィス、行政、事業所）に関しては、61%が例外規定で利用義務を免除され、残りの半数が再生可能エネルギーを導入。
- 2009～2013年に、市場促進プログラムの補助金を利用して設置された再生可能熱生産設備によって、2013年以降、毎年353.4万トンのCO₂換算排出量の削減。

出典）連邦経済・エネルギー省，“Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)”をもとに東京海上日動リスクコンサルティング作成

2014年における新築建物の承認件数138,375件のうち、19,789件は義務の適用対象から除外される建物、もしくは例外/免除規定が適用される建物となっている。残りの118,586件の新築建物において、再生可能エネルギー熱法に基づく義務履行のために行われた措置が168,263件報告されている。この実績データからは、多くの建物において、複数の措置を組み合わせて義務履行を行っていることがうかがえる。

また、2014年に建築承認された新築建物のうち93,564件（68%）が、再生可能エネルギー熱法の義務履行のために再生可能エネルギーを利用していった。義務履行に代替措置を用いた建物のうち、省エネルギーの達成が34,149件（25%）、排熱利用設備が25,536件（18%）で多く、地域熱供給の利用（10,136件、7%）、コジェネレーション設備の利用（3,326件、2%）は少数であった。

表 1-9 ドイツ：2014年に建築承認された新築建物の義務履行に関する報告

	住宅用建物	非住宅用建物	合計
建築承認件数	111,610	26,765	138,375
報告された履行オプション件数	157,257	30,795	188,052
義務対象から除外される建物	3,068	14,457	17,525
再生可能エネルギー熱利用	87,724	5,131	92,855
再生可能エネルギー冷熱利用	589	120	709
共同熱供給（複数建物での共同履行）	1,336	216	1,552
コジェネレーション	2,852	474	3,326
熱回収	22,474	3,062	25,536
省エネルギー令の義務履行	30,415	3,734	34,149
地域熱供給	8,535	1,601	10,136
例外または免除規定適用	264	2,000	2,264

出典）連邦経済・エネルギー省，“Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)”をもとに東京海上日動リスクコンサルティング作成

再生可能エネルギー利用による義務履行は、一戸建て・二戸建て住宅で最も普及しており、2014年に承認された新築の一戸建て・二戸建て住宅のうち81%では、再生可能エネルギー熱生産設備の設置が計画に組み込まれていた。

表 1-10 ドイツ：2014年に建築承認された新築住宅用建物の義務履行に関する報告

	一戸建て・ 二戸建て住宅	複数世帯住宅	住宅用建物計
建築承認件数	97,764	13,846	111,610
報告された履行オプション件数	138,218	19,039	157,257
義務対象から除外される建物	2,512	556	3,068
再生可能エネルギー熱利用	79,574	8,150	87,724
再生可能エネルギー冷熱利用	527	62	589
共同熱供給（複数建物での共同履行）	882	454	1,336
コジェネレーション	2,046	806	2,852
熱回収	20,248	2,226	22,474
省エネルギー令の義務履行	26,481	3,934	30,415
地域熱供給	5,714	2,821	8,535
例外または免除規定適用	234	30	264

出典）連邦経済・エネルギー省，“Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)”をもとに東京海上日動リスクコンサルティング作成

2005年に完成された建物の統計で把握された住宅用建物では、再生可能エネルギー及びその他の暖房用エネルギーの割合はまだ7%であったが、2014年には39%に増加している。特にヒートポンプの重要性が大きく、2014年に完成した建物の3軒に1軒がこれを利用していた。但し、以前として新築建物では2014年で50%の割合を有していたガスが最も重要なエネルギー源であることには変わらない。

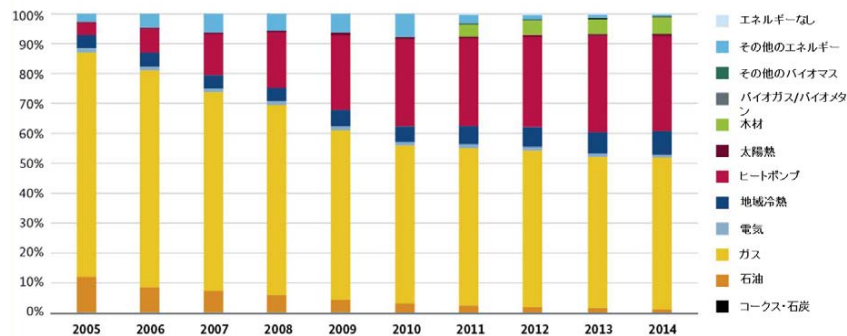


図 1-3 ドイツ：新築住宅用建物に設置された暖房構成の推移

出典) 連邦経済・エネルギー省, “Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)”をもとに東京海上日動リスクコンサルティング作成

他方、非住宅用建物分野では、2014年に承認された新築建物の61%が、再生可能エネルギー熱法の義務の適用領域から除外されるか(第4条に基づく)、または自らに対する例外を請求できた(第9条に基づく)ということが確認された。再生可能エネルギー熱法が適用されない建物のうち、90%は第4条の定める適用領域の制限に基づく除外であり、第9条の定める特定の例外によるケースは10%に過ぎない。

2014年に承認された非住宅用建物26,765件のうち、10,308件に再生可能エネルギー熱法の利用義務が課されていた。これらの事例の約半数(51%)では、再生可能熱の利用が計画に組み込まれており、16%で地域熱供給利用が、5%ではコジェネレーション設備が利用されていた。同時に、利用義務が課された非住宅用建物においては、義務のない住宅用建物よりも頻繁に代替措置が計画されている。最も多く利用されているオプションは省エネルギー令基準の達成で、これに熱回収設備と地域熱供給の利用が続く。

表 1-11 ドイツ：2014年に建築承認された新築非住宅用建物の義務履行に関する報告

	第5条 再生可能エネルギー熱利用		第7条 代替措置		第4条・第9条 例外または免除	
	件数	比率*	件数	比率*	件数	比率*
非住宅用建物	5,251	51%	8,871	86%	16,457	61%
施設建造物	216	53%	361	89%	77	16%
オフィス・行政建造物	923	57%	1,427	89%	206	11%
農業用事業所	284	71%	201	51%	5,979	94%
その他非住宅建物	819	46%	1,817	101%	775	30%
工場・作業場	1,155	51%	1,779	78%	1,341	37%
商用建造物・倉庫	1,409	51%	2,264	82%	4,659	63%
ホテル・飲食店	181	48%	393	104%	66	15%

* 義務のある各グループに占める比率; 読み方の例: 承認されたオフィス・行政建造物のうち923で、第5条に基づく再生可能エネルギー熱が使用されているという。これは承認を受け、再生可能エネルギー熱法に基づく義務が課されるオフィス・行政建造物の57%に相当する。重複計算の可能性があるため(措置の組み合わせ)、値が100%を超えている可能性がある。
** 各グループの全建築承認に占める割合

出典) 連邦経済・エネルギー省, “Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)”をもとに東京海上日動リスクコンサルティング作成

なお、2015年進捗報告書では、省エネルギー令と再生可能エネルギー熱法の調整に関する調査が行われていることが記載されており、今後、調査結果に基づいて適切な調整が行われる可能性について触れられている。

2015年進捗報告書の要約については、本章巻末の添付資料1を参照いただきたい。

(2) 州政府・地方自治体による制度履行確認の実績

上述のとおり、再生可能エネルギー熱法では、州政府が制度履行を管轄する。

2015年進捗報告書によると、全州が、「州省が最高官庁として管轄し最高専門監督の役割を担う」という管轄規定を定めている。約3分の2の州は、それに加えて、その他の行政段階や手続きについての規定も定めている。

1) 履行の証明方法

再生可能エネルギー熱法では、義務対象者は、州政府が指定する所管官庁により認可を受けた専門家により、本法に順守しているという証明を受け、管轄する地方行政府に提出することが求められる。但し、州政府が、別途異なる履行の証明方法を規定することも認められている。

いくつかの州では、独自の規定を定めており、例えばノルトライン・ヴェストファーレン州では、建築主が専門家に証明を行わせ、この証明書を管轄当局に送付しなくても、自分で

保管していれば履行とされる¹。同様に、ブレーメン州では、一戸建て・二戸建て住宅については、建築主から委託された専門家が証明書を作成することができるとされている。同州では、複数世帯住宅については、認定された専門家が指名されなければならない。いずれの場合でも、証明書は建築主が保管するが、要求があった際は（特に抜き打ち調査が実行された場合に）提出しなければならない。ブレーメンと似た手続が、2015年6月からベルリンで適用されている。ベルリンの「再生可能エネルギー熱法実施令」によれば、太陽熱利用の場合、鑑定士は、利用義務の履行と証明の正確性のみならず、量的条件を満たしているか否かについても検査することが求められる。

2) 量的観点での証明方法

太陽エネルギーを利用している場合には、欧州規格である「Solar Keymark」認証を取得した証明書の提出が求められる。しかし、この認証マークは、再生可能エネルギーの義務比率の維持に関する明確な情報は含まれていない。そのため、バイエルン州、バルリン、ザクセン・アンハルトの3州は、既に欧州認証マーク「Solar Keymark」の基準を上回り、設備規模や再生可能エネルギー比率についても証明が行われなければならないということを詳細に定めている。

3) 抜き打ち検査の実施

再生可能エネルギー熱法の第11条1項では、管轄当局が適切な抜き打ち検査手続によって、義務が履行されているか、証明書が正確か否かを調査すると規定している。再生可能エネルギー熱法の法制定根拠では、該当する建物の1~2%を抜き打ち検査することが推奨されており、ほとんどの州は、この基準に合わせている。ブレーメンの場合は、5%という割合で抜き打ち検査を実施している。

また、ブレーメンなどのいくつかの州は、実施しなければならない抜き打ち検査を、外部の国家認定鑑定士に実施させている。ノルトライン・ヴェストファーレン州では、管轄当局による抜き打ち検査を実施していない。同州では、鑑定士による義務履行証明書で充分であると見なされており、当局側の抜き打ち検査は、証明書を発行した鑑定士が提出した情報が虚偽であるということについて、根拠のある嫌疑が存在する場合にのみ行われる。

¹ ノルトライン・ヴェストファーレン州「連邦法・再生可能エネルギー助成法を熱分野で実施するための法律」第2条1項及び2項に基づく。

1.1.4 施策の課題

上述の2012年進捗報告書では、実施期間が短期間であるため、「再生可能エネルギー熱法」のあらゆる効果を包括的に分析するのは不可能という立場をとっている。エネルギー源別の利用状況と提言は下表のとおり。

表 1-12 ドイツ：再生可能エネルギー熱法2012年進捗報告書における提言

エネルギー源	義務履行における利用率	提言
太陽熱	2009年の推計は、新規建物のほぼ16%が太陽熱エネルギーを利用していた。2010年は、ちょうどこの値が20%を下回るものと推計されている。2011年については、連邦統計局が初めて建設が完了した建物における第一次暖房エネルギーと第二次暖房エネルギーについてデータを提供した。この数値によると、2011年は、新規建物のうち19%が太陽熱エネルギーを利用していた。	・ 効率要件の設定 ・ 規模特定の検証プロセスの確立 ・ 強制的な最低利用割合の設定 既存の再生可能エネルギー熱法におけるSolar Keymark要件に加えて、市場促進プログラムの効率要件にも組み込むことを提言。また、評価（算定）に当たっての、最終的なエネルギー別の最低割合を引き上げることを提言。そうすることで、気候保護に資するコンバインド・システムを優先的にさせ、省エネルギー令（EnEV）における今後の要件の引き上げに対応することが可能。
固形バイオマス	2010年以降に建築許可を得た建物への調査票によると、再生可能エネルギー熱法に準拠した固形バイオマスの利用は、住宅用建物における「その他暖房エネルギー利用」のうちおよそ87%、非住宅用建物についてはおよそ75%。なお、個々のストーブで利用されているバイオマスは、再生可能エネルギー法上特例においてのみ認められるうえ、その数値は現在のところ無視できるレベルであるため、この数値に含まれていない。	・ 暖房システムに対する効率要件の設定 技術的發展を促すため、今後、効率要件を90-92%に引き上げるべきである（現状86-88%）。
液体バイオマス	エネルギー需要のうち、50%を液体バイオマスで達成するというのは実際的に可能ではない。2009年から2011年間の暖房用燃料市場におけるバイオ油（燃料）又はバイオディーゼルのシェアは、1%に満たない状況であるため、現状では、液体バイオマスは意味を持たない。	特に提言なし。
バイオガス	バイオガスシステムからの熱の抽出割合は、新規建物と既存建物とを区別することはできない。2011年末時点で、83のバイオガス処理施設が運営されており、そのほとんどがCHPシステム。	特に提言なし。
地熱	地域熱供給のうち、およそ0.2%程度。ただし、正確なデータは今のところなし。	特に提言なし。
ヒートポンプ	新規建物で一次熱エネルギー源としてヒートポンプが利用されている割合は、他の熱エネルギーに比べ、最も高くなっている。2000年に建設が完了したもののうち、ヒートポンプの利用は1%未満であったが、2010年にはこの割合は29%になった。1993年以降、連邦統計局のデータによると、150,000件のヒートポンプが新規建物に設置され、その96%以上が住宅で利用されている。	・ 独立専門家により、年間パフォーマンス係数の算定をドイツ工業規格VDI4650に準拠して実施すること。 ・ あるいは、所有者に対し、ヒートポンプを設置した専門企業により最低限の年間パフォーマンス係数の保証を行うこと。

表 1-13 ドイツ：再生可能エネルギー熱法 2015 年進捗報告書における提言

エネルギー源	義務履行における利用率	提言
排熱回収利用空調システム	熱回収を含む空調システムを備えた新規建物の割合は、2005 年の 5%から、2011 年にはその 8 倍のほぼ 40%となった。 省エネルギー令 (EnEV) の野心的なエネルギー要件と kfw 銀行グループの補助金プログラムにより、新規建物におけるこれらのシステムの利用は、相当程度の増加が見込まれている。	空調システムにおける熱回収システムの利用は、今後新規建物には標準的な仕様となっていくと考えられるため、再生可能エネルギー熱法による影響は少ないと考えられる。
コジェネ熱利用	2009 年から 2011 年については、分散型 CHP の利用は、エネルギー要件に対し、非常にわずかな貢献しかなされていない。	分散型 CHP (マクロ・ミニ CHP) は、ほとんどの住宅用建物でまだ利用されていない。そのため、再生可能エネルギー熱法における現在の規則に従い、分散型 CHP を代替手段として維持していくべき。
省エネ措置	2009 年では、新規建物のうちおよそ 40%について省エネルギー令の 15%の要件を超えた省エネ手法が用いられている。2010 年はその数値がおおよそ 60%、2011 年はおおよそ 58%であった。	省エネルギー令の 15%要件を超えた建物の件数が相当程度増加していることから、この代替措置に対する要件は、大幅に引き上げるべきである。
地域熱供給	統計データがないため、2011 年の再生可能エネルギーの割合が約 10%であることから推計すると、熱ネットワークからの熱生産量のうち、約 42%が高効率 CHP 施設からの熱である。	・熱ネットワークにおける高効率 CHP の最低限の割合を 70%までに引き上げ、中期的には、20%の再生可能エネルギーの最低割合を求めること。 ・ネットワーク・ロスが大きいネットワークがあることから、ネットワーク・ロスを 15%未満する制限を課すこと。

出典) 連邦環境・自然保護・原子炉安全省, “Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)”をもとに東京海上日動リスクコンサルティング作成

2015 年進捗報告書では、省エネルギー令に基づく規定との調整に関する事項を除いて、再生可能エネルギー熱法の修正に関して、以下の事項を掲げている。

項目	提言
太陽エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー熱法に基づく義務履行手段として、太陽光発電電力による給湯利用について、原則としてシステムに効率性に関する最低要件を設定した上で認めるべきか、電力システムへの影響を考慮した上で検討するように提言。
バイオマス	<ul style="list-style-type: none"> 暖房または給湯用に用いられる固形バイオマス燃焼設備について、ボイラー効率の最低要件の引き上げを検討するように提言。 バイオガス、液体バイオマス、固形バイオマスによる持続可能な熱供給のポテンシャルを、よりよく且つ効率的に利用できないか要検討。 固形バイオマス燃焼設備の設置により義務履行を行う者について、ペレットのみを燃焼できるペレットボイラーを利用する場合には、現状で義務付けられている燃料供給証明書の保管義務要件を廃止できないか要検討。
地熱・環境熱 (ヒートポンプ)	<ul style="list-style-type: none"> 全ヒートポンプは、最新のエネルギー効率、過去 12 ヶ月の各月のエネルギー効率の平均、及び過去 12 ヶ月のエネルギー効率の平均が合わせて表示されるデジタルディスプレイを備えていなければならないという新しい義務要件を採用すべきかを要検討。 同時に、再生可能エネルギー熱法で、熱生産・電力メーターの設置要件の具体化を検証。 ヒートポンプで熱を生成する場合の設備の季節性能係数 (SPF) の要件が適切であるか、またはこの効率性基準を引き上げるべきか検討するように提言。 本検討では、可能な限り、欧州レベルで開発されている基準を考慮すべき。 出力変動する再生可能エネルギー源からの電力系統の影響が大きくなっていることを受けて、適切な技術装置 (特に蓄熱器と双方向性のインターフェース) を備えて電力需給調整に貢献できるヒートポンプについて、義務の達成基準に含めるべきか、含める場合にはどの程度の達成水準とするか、また具体的な技術要件をどのように定めるかを検討するように提言。
代替措置	<ul style="list-style-type: none"> 熱供給ネットワークにおける再生可能エネルギー利用をさらに支援するため、代替措置として地域熱供給の利用により義務履行をする場合に、再生可能エネルギー熱の最低比率要件を前提条件として採用すべきかを検討するように提言。 また、再生可能熱・排熱利用・コジェネ起源熱の組み合わせによって 50%以上供給されていることを要件としている代替措置の達成基準の比率引き上げを要検討。
義務対象全般	<ul style="list-style-type: none"> 一般世帯部門における複数世帯住宅における再生可能エネルギー利用が明らかに少ないことから、義務対象について検証するよう提言。 例えば、複数世帯住宅では、再生可能エネルギー熱法の第 7 条に定める代替措置の対象とするかどうか、第 5 条に基づく達成基準の比率をどの程度にするかなどを検証。
施行方法	<ul style="list-style-type: none"> 設置した太陽熱設備は確実に再生可能エネルギー熱法で規定された最低導入比率を満たしているかどうか、義務対象となる建物所有者に証明を行う義務要件を追加できないか検証するように提言。 再生可能エネルギー熱法で規定する義務に関して、建物所有者に対して行う情報提供と啓発活動を改善する規定をどの程度まで定めることが可能か、検証するように提言。

出典) 連邦経済・エネルギー省, “Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG-Erfahrungsbericht)”をもとに東京海上日動リスクコンサルティング作成

1.2 イギリス：再生可能熱インセンティブ

1.2.1 再生可能エネルギー熱の導入施策の動向

イギリスは、EUの「再生可能エネルギー利用促進指令（2009/28/EC）」で、2020年までに最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの導入比率を、15%まで引き上げる目標が設定されている。この目標達成のために、2008年6月に、イギリス政府は再生可能エネルギー導入戦略に関するコンサルテーションペーパー（Consultation on the Renewable Energy Strategy）を公表した。

2009年7月15日に、イギリス政府は、この15%目標を達成するための各主体の役割を示した「再生可能エネルギー戦略（The UK Renewable Energy Strategy）」を公表した。この戦略の中で実施した分析に基づけば、15%目標は達成可能としており、熱・電力・輸送燃料の3分野について、主要シナリオ（lead scenario）では以下の再生可能エネルギー導入量を予測している。

表 1-14 イギリス：2008年実績及び2020年予測の最終エネルギー消費量

単位：TWh

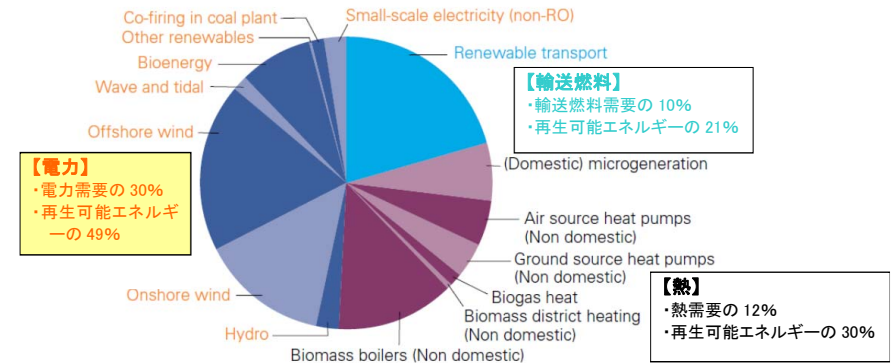
分野	2008年実績			2020年(主要シナリオの予測)		
	全エネルギー	再生可能エネルギー	(%)	全エネルギー	再生可能エネルギー	(%)
電力	387	22	(5.7%)	386	117	(30%)
熱	711	7	(1.0%)	599	72	(12%)
輸送燃料	598	9	(1.5%)	605	49	(10%)
最終エネルギー消費	1,695	39	(2.3%)	1,590	239	(15%)

出典) “The UK Renewable Energy Strategy” P.37

再生可能エネルギー戦略で採用された主要シナリオでは、再生可能エネルギー発電の比率を、2008年実績の5.7%から2020年までに約30%、もしくはそれ以上に引き上げることを提案している。主要シナリオにおけるエネルギー源別の予測では、このうちの大部分を風力発電（陸上、洋上）が占めるとしている。また、バイオマス発電も、再生可能エネルギー発電の22%を占めると予測している。なお、固定価格買取制度の買取対象となる小規模再生可能エネルギー発電分は、約30%のうちの2%相当を担う予測となっている。

このように電力分野において大きく導入量を伸ばしても、2020年の最終エネルギー消費に占める15%目標を達成するためには、熱分野における導入促進が不可欠であり、熱需要の12%を再生可能エネルギーで賄うことを目指したシナリオとなっている。

主要シナリオにおける再生可能エネルギー源別の2020年導入予測量は、次ページのとおりである。



Source: DECC analysis based on Redpoint/Trilemma (2009), Element/Pöyry (2009) and Nera (2009) and DfT internal analysis

図 1-4 イギリス：主要シナリオにおける2020年のエネルギーミックスの例示

イギリスにおける2008年以降の再生可能熱分野の導入実績の推移は以下のとおり。木材燃焼が大きな比率を占めるが、近年、太陽熱、ヒートポンプも増加している。

表 1-15 イギリス：再生可能熱エネルギーの生産量推移（2008年～）

単位：ktoe

エネルギー源	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
太陽熱	29.6	33.2	39.2	44.4	47.8	50.1	52.1
バイオマス	1,447.5	1,563.4	1,928.6	1,824.6	2,111.5	2,470.2	2,569.1
埋立ガス	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
下水汚泥	49.7	50.9	57.7	64.3	63.7	68.3	67.7
木材燃焼(家庭)	895.7	975.8	1,258.0	1,096.7	1,392.3	1,626.7	1,554.4
木材燃焼(産業)	220.3	223.4	255.7	281.9	289.5	342.9	459.4
動物性バイオマス	40.4	38.3	40.3	35.8	31.5	29.1	34.5
嫌気性消化	2.0	2.0	4.7	9.7	14.5	18.7	43.0
植物性バイオマス	193.9	227.8	270.8	289.6	276.6	340.9	373.1
一般廃棄物燃焼	31.8	31.6	27.8	33.1	29.8	30.1	23.3
地熱	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ヒートポンプ	3.9	15.7	30.6	48.6	68.4	88.2	107.6
合計	1,481.8	1,613.1	1,999.2	1,918.4	2,228.4	2,609.3	2,729.6

出典) エネルギー・気候変動省, “Digest of UK Energy Statistics 2015”

イギリスでは、上述のとおり、電力分野の再生可能エネルギー比率を2020年までに30%超まで拡大することを目指している。しかし、それでも最終エネルギー消費の15%を再生可能エネルギーとするためには、熱分野においても相当の導入増が必要となる。

イギリスが、EUの「再生可能エネルギー利用促進指令(2009/28/EC)」に基づき、欧州委員会に提出した「国家再生可能エネルギー行動計画」では、2020年目標達成に向けた熱分野における再生可能エネルギー導入量を、以下のとおり予測している。

表 1-16 イギリス：熱・電力・輸送燃料分野別の推定指標曲線（～2020年）

	2005年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
熱分野 (%)	0.7	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
電力分野 (%)	4.7	9.0	10.0	11.0	13.0	14.0
輸送燃料分野 (%)	0.2	2.6	3.4	4.0	4.5	5.3
再生可能エネルギー合計 (%)	1.4	3.0	3.7	4.3	4.8	5.7
内、協力メカニズムによるもの (%)			-0.08	-0.08	-0.15	-0.15
内、協力メカニズムへの余剰分 (%)						

	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
熱分野 (%)	3.0	4.0	5.0	7.0	9.0	12.0
電力分野 (%)	16.0	19.0	22.0	25.0	28.0	31.0
輸送燃料分野 (%)	6.2	7.0	7.8	8.6	9.5	10.3
再生可能エネルギー合計 (%)	6.6	7.8	9.4	11.1	12.9	15.0
内、協力メカニズムによるもの (%)						
内、協力メカニズムへの余剰分 (%)	-0.18	-0.18	0.03	0.03	0.00	0.00

出典) “National Renewable Energy Action Plan for the United Kingdom Article 4 of the Renewable Energy Directive 2009/28/EC”

上述の行動計画では、個別エネルギー源別の導入量推定も行っているが、イギリスでは、2020年までにヒートポンプを2010年比で約12倍(186→2,254ktoe)、バイオマスも約12倍(323→3,914ktoe)にすることを掲げている。他方、地熱、太陽熱については、導入量増加を想定していない点特徴的である。

表 1-15 で示した2014年の導入実績と比較すると、バイオマスは計画策定時点の想定以上に導入が進んでいる一方で、ヒートポンプは想定以下の伸びとなっている。

表 1-17 イギリス：熱・電力・輸送燃料分野別の推定指標曲線（～2020年）

単位：ktoe

	2005年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
地熱 (低温地中熱源はヒートポンプに分類)	0.8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
太陽	29	34	34	34	34	34
バイオマス	560	323	387	471	584	739
固形	493	305	365	444	551	697
バイオガス	67	18	22	27	33	42
液体バイオマス(*)						
ヒートポンプ	n/a	186	222	270	334	423
内、大気熱	n/a	66	79	96	118	150
内、地中熱	n/a	120	143	174	216	273
内、水熱	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
合計	590	518	621	756	937	1,186
内、地域暖房	n/a	42	51	62	77	97
内、家庭バイオマス	n/a	33	40	48	60	76

	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
地熱 (低温地中熱源はヒートポンプに分類)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
太陽	34	34	34	34	34	34
バイオマス	958	1,247	1,663	2,204	2,997	3,914
固形	904	1,161	1,548	2,052	2,765	3,612
バイオガス	54	86	115	152	232	302
液体バイオマス(*)						
ヒートポンプ	548	775	1,034	1,370	1,726	2,254
内、大気熱	194	342	456	604	996	1,301
内、地中熱	354	433	578	766	730	953
内、水熱	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
合計	1,537	2,039	2,719	3,604	4,746	6,199
内、地域暖房	126	102	136	181	176	230
内、家庭バイオマス	98	222	296	392	543	709

(*)液体バイオマスの推計値については、計画策定時点で入手不可。

出典) “National Renewable Energy Action Plan for the United Kingdom Article 4 of the Renewable Energy Directive 2009/28/EC”

イギリスでは、2012年以降、再生可能熱インセンティブ（RHI）と呼ばれる従量制のインセンティブ制度で、再生可能熱の導入促進を図っている。但し、2013年までは、再生可能熱インセンティブ制度が住宅部門を対象としていなかったため、暫定的に住宅部門を対象とした再生可能熱プレミアムペイメント（RHPP）と呼ばれる設置費を補助する制度を施行していた。2014年度以降は、住宅部門も含めて再生可能熱インセンティブ制度に統合された。以下では、再生可能熱インセンティブ制度のうち、住宅部門を対象とした制度の概要と施行状況を取りまとめる。

1.2.2 再生可能熱インセンティブ（住宅部門）の制度概要

イギリスでは、2014年4月9日から住宅部門を対象とした再生可能熱インセンティブ制度に基づいて、対象設備の申請受付を開始した。本制度は、主にガス網に接続していない住宅を対象とした、資金補助制度である。本制度では、暖房システム所有者に対して、産出された再生可能熱（kWh）の固定価格買取を行う。対象となる設備は、MCS（Microgeneration Certification Scheme）²による認定を受け、技術ごとの関連基準に合致している必要がある。以下では、2015年12月末時点の制度概要を取りまとめる。

(1) 根拠法令

イギリスでは、「2008年エネルギー法」に基づき、エネルギーの閣僚大臣に再生可能熱インセンティブに関する枠組みの規則を策定する権限が与えられている。

表 1-18 イギリス：2008年エネルギー法：第100条 再生可能熱インセンティブ

<p>第100条 再生可能熱インセンティブ</p> <p>(1) 閣僚大臣は以下の規則を作成することができる—</p> <p>(a) 再生可能熱生産を促進し振興するための枠組みを確立する、及び</p> <p>(b) 当該枠組みの管理及び資金供給に関する事項</p>
--

出典) Energy Act 2008

住宅向け再生可能熱インセンティブ制度は、2015年12月末現在、「Renewable Heat Incentive Scheme and Domestic Renewable Heat Incentive Scheme (Amendment) (No.2) Regulations 2015」³が実施規則となる。

(2) 支援対象者

本制度は、既存の石化燃料・電力を使用したヒーティングシステムから新たな再生可能ヒーティングシステムへの乗換え推進を目的としており、制度対象は、家屋の所有者、個人家主、社会住宅の登録供給事業者、ヒーティングシステムの第三所有者、自宅を自身で建設する者（Custom・Build）³と呼ばれる、個人資産によりDIYで建築

² MCSの概要は、本章巻末の添付資料2を参照。

³ 新築物件の建設期間中に設置された再生可能ヒーティングシステムであり、かつ物件が初めて占有されるよりも前に当該設備が運転開始している場合、支援対象となる。

された個人所有の建物を除いて、新規建物は対象外である。2014年4月9日以降設置された設備が支援対象であり、2009年7月15日から2014年4月8日までに設置された設備は、レガシー認定⁴の対象となる。

本制度の導入に際し、設置者は導入費用を負担することが求められており、別の補助金等で全額賄われる場合は、本制度の対象とはならない。返済を前提とした、銀行融資やその他のローンは設置者の資金とみなされ、本制度の対象となる。

また、エネルギー効率を確保した住宅であることを保証するため、屋根裏・中空壁断熱の最低エネルギー効率を満たし、次ページ図のスキームにあるようなGreen Deal評価を完了し、Energy Performance Certificate（EPC）を含む、Green Deal Advice Reportを取得していることが要件となる。屋根裏・中空壁断熱の最低エネルギー効率を満たしていることの証明には、発行されたEPCが用いられる。

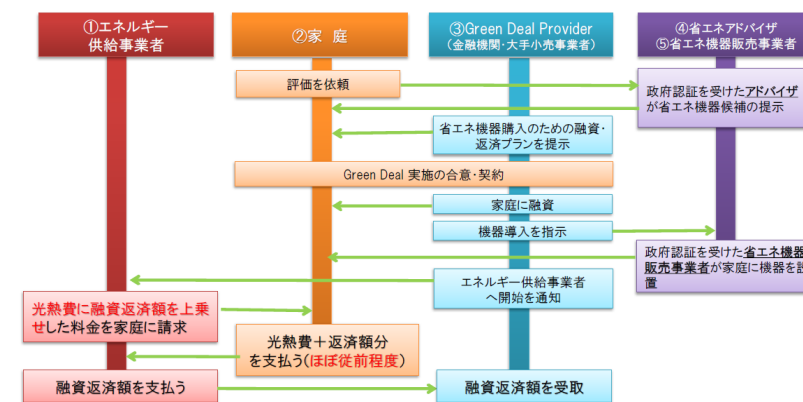


図 1-5 イギリス：Green Deal の流れ

出典) 環境省、『住宅・建築物WGとりまとめ』、「2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会」平成24年3月23日資料

このイギリスにおけるGreen Deal制度は、家庭や事業所等が初期投資の負担なく断熱材等の省エネ設備や再生可能エネルギー設備を導入し、その費用を電気・ガス料金から返済できるようにする制度である。

(3) 支援対象エネルギー源

支援対象エネルギー源は、原則として従来から暫定的に実施してきた再生可能熱プレミアムペイメントと同様である。適格性要件の詳細は次ページ表のとおり。

⁴ レガシー認定とは、制度開始前に運転開始した設備に適用される措置である。本制度との違いとして、申請者は現行のMCSを満たす必要はなく（バイオマスに関しては、大気質基準を満たさなくてよく、検針も必要ない）、申請は本制度の開始から1年以内に行う。

なお、バイオマス暖房システムを新たに設置する場合、粒子状物質（PM）と窒素酸化物（NOx）に関して、大気質基準を満たす必要がある（但し、2009年7月15日から制度開始日までに設置されたレガシー申請設備に関しては、これを満たす必要はない。）。システムは、最大許可排出上限である、PM 30g/GJ の正味熱入力及び窒素酸化物 150g/GJ を超えてはならない。再生可能熱インセンティブ制度に認定されると、システムは新法令の適用除外となる。つまり、EU または国際的な規制・義務に関しては順守する必要があるが、再生可能熱インセンティブ制度で排出上限が今後改正されても、新しい基準を順守する必要はない。

また、再生可能熱インセンティブ制度でバイオマスの認定を受け、補助金を受領し続けるには、バイオマス燃料は認定されたリストに登録された供給業者からのものでなくてはならない。当該リストは、非住宅部門を対象とした再生可能熱インセンティブ制度で作成されたものと同等のリストが制度開始に先立ち作成される。補助金の受領者は、認定された供給業者から認定された燃料を使用していることを年に1度申告し、今後の監査のため、書類を保存する必要がある。

表 1-19 イギリス：再生可能熱インセンティブ（住宅部門）支援対象

再生可能技術種類 規格	システム適格性要件	適格な使用目的	不適格な使用目的
バイオマスボイラー EN 303-5:2012 または EN 303-5:1999 または EN12809:2001+A1:2004 大気質基準、 EN303-5:1999 または EN303-5:2012 EN14792:2005 および EN13284-1:2002 または BS ISO 9096:2003 Domestic RHI 排出証明	<ul style="list-style-type: none"> 暖房を供給するために液体媒体を使用しなければならない。 固形バイオマス燃料を使用できるように設計・設置しなければならない。 ⇒排出証明に記載の燃料のみを使用 ⇒2015年10月から Biomass Suppliers List(BSL)に掲載された供給事業者からの持続可能な燃料のみ利用可能に。 大気質基準を順守しなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 一般家庭向け住宅の暖房または暖房・給湯兼用。 バイオマスシステムは、適格性要件として給湯機能を有する必要はないが、あってもよい。 	<ul style="list-style-type: none"> 調理用の熱生成のための設計。
バイオマスペレットストーブ EN 14785:2006	<ul style="list-style-type: none"> 木質ペレットを使用するよう設計・設置しなければならない（薪焚きストーブは不適格）。 	<ul style="list-style-type: none"> 一般家庭向け住宅の暖房または暖房・給湯兼用。 バイオマスシステムは、適格性要件として給湯機能 	<ul style="list-style-type: none"> 調理用の熱生成のための設計。 ⇒2015年2月5日の改正でクッカー

再生可能技術種類 規格	システム適格性要件	適格な使用目的	不適格な使用目的
	<ul style="list-style-type: none"> システムに組み込まれた、液体充填式の熱交換器を使用しなければならない。 大気質基準を順守しなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 能を有する必要はないが、あってもよい。 	<ul style="list-style-type: none"> ストーブが支援対象に追加。
空気熱源 ヒートポンプ EN 14511 parts 1-4:2013, または EN 14511 parts 1-4:2011, または EN 14511 parts 1-4:2007, または EN 14511 parts 1-4:2004	<ul style="list-style-type: none"> 電動コンプレッサを使用しなければならない。 暖房を供給するために液体媒体を使用しなければならない。 季節性能係数 2.5 以上。 	<ul style="list-style-type: none"> 一般家庭向け住宅の暖房または暖房・給湯兼用。 空気熱源ヒートポンプは、適格性要件として給湯機能を有する必要はないが、あってもよい。 	<ul style="list-style-type: none"> 電化製品・建物からの排気の熱利用設計。 季節性能係数 2.5 未満。 ⇒2015年2月5日の改正で高温ヒートポンプが支援対象に追加。
地中熱源 ヒートポンプ EN 14511 parts 1-4:2013, または EN 14511 parts 1-4:2011, または EN 14511 parts 1-4:2007, または EN 14511 parts 1-4:2004	<ul style="list-style-type: none"> 電動コンプレッサを使用しなければならない。 暖房を供給するために液体媒体を使用しなければならない。 季節性能係数 2.5 以上。 	<ul style="list-style-type: none"> 一般家庭向け住宅の暖房または暖房・給湯兼用。 地中熱源ヒートポンプは、適格性要件として給湯機能を有する必要はないが、あってもよい。 	<ul style="list-style-type: none"> 他の支援対象資産出ある「ヒートポンプとの地中ループアレイ」の共有。
太陽熱 EN 12975-1:2006+A1:2010 および EN 12975-2:2006, または、 EN 12975-1:2006+A1:2010 および EN ISO 9806:2013 または、 EN 12976-1:2006 および EN 12976-2:2006	<ul style="list-style-type: none"> 平板式および真空管式でなくてはならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 家庭向け給湯設備。 	<ul style="list-style-type: none"> 暖房または温水プール。 暖房目的の蓄熱 家庭向け給湯以外の利用。 発電。

出典) エネルギー・気候変動省 (DECC) ホームページより作成

2015年2月に導入されたバイオマスに関する住宅用 RHI の持続可能なルールの1つとして、2015年10月5日以降設置のバイオマス設備はすべて、政府の環境目標に合致する Biomass Suppliers List (BSL) に掲載された供給事業者からのバイオ燃料を使用することが規定された。

(4) 支援対象設備

住宅向け再生可能熱インセンティブ制度で支援対象となるためには、上記の適格エネルギー源を熱源としており、且つ EN 規格を踏まえた、MCS で認証を受けた設備を設置することが条件となる。

制度の執行機関である電力・ガス市場規制局 (Ofgem) は、Web サイトで支援制度に適格となる製品の一覧 (Product Eligibility List, PEL) を公表している⁵。一覧表で情報開示されている項目は以下のとおり。

- 住宅向け RHI への適格性
- エネルギー源
- 製品種類
- 製品名
- 概要
- 型式
- 製造者
- 認証番号
- 認証機関
- (現時点で不適格の場合) 理由
- モニタリングパッケージオプション適格性
- バイオマス製品の大气質基準適合性
- 利用するバイオマス燃料種類
- 燃料の含水率上限

なお、太陽熱以外の設備については、以下の要件に該当する場合には、熱量の計測が支援対象の要件となる。

表 1-20 イギリス：再生可能熱インセンティブで計測が求められる要件

- 支援対象設備が、別の設備とともに同じ物件に熱供給する場合
※以下のいずれかに該当する場合は計測不要
 - ✓ 別の設備が太陽熱設備
 - ✓ ワンルームの暖房のために設計・設置
 - ✓ 物件から排出された空気中の熱を取り込み、追加的な熱を発生させることなく、その熱を当該物件に新鮮な空気として戻すシステム
 - ✓ 温水シリンダーの浸漬式ヒーター、または温水の加熱目的のために熱生成するプラント
- 支援対象設備が、物件全体に暖房を提供するだけの設置容量を有さないバイオマスプラント
- 支援対象設備が熱供給する物件が、RHI 認定申請した日を最終日とする 12 ヶ月のうち、占有していたのが 183 日未満である場合 (セカンドハウス)
- 熱生成する際に燃料を利用することができるヒートポンプ

上記の要件に該当する設備を設置する MCS 認定設置事業者は、適格要件を満たしたメーターを設置する、もしくは既に設置されているものが適切かを点検する義務を負う。

⁵ 電力・ガス市場規制局 (Ofgem) ホームページ。
<https://www.ofgem.gov.uk/publications-and-updates/domestic-renewable-heat-incentive-product-eligibility-list-pel>

(5) 支援額

支援対象設備は、7 年間にわたり技術種類ごとの下記の買取価格を受領することができる。

表 1-21 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの買取価格

申請日	バイオマスボイラー・ストーブ	空気熱源 ヒートポンプ	地中熱源 ヒートポンプ	太陽熱
2016/1/1～ 2016/3/31	5.14 ￡/kWh	7.42 ￡/kWh	19.10 ￡/kWh	19.51 ￡/kWh

出典) エネルギー・気候変動省 (DECC) ホームページより作成

表 1-22 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブのレガシー設備買取価格

バイオマスボイラー・ストーブ	空気熱源 ヒートポンプ	地中熱源 ヒートポンプ	太陽熱
12.2 ￡/kWh	7.30 ￡/kWh	18.80 ￡/kWh	19.20 ￡/kWh

*レガシー部門に関しては現在受け付けを終了しているが、2015 年 2 月 5 日の改正に伴い、クッカーストーブのみ、2015 年 7 月 31 日または稼働開始から 1 年まで受付。

出典) 電力・ガス市場規制局 (Ofgem) ホームページより作成

2009 年 7 月 15 日～2014 年 4 月 9 日までに設置された暖房システムは、「レガシー (既設設備) 申請者」として認定され、適格基準を満たしていることを条件として、以下のタイムテーブルでの申請が可能であったが、現在は 2015 年 2 月 5 日の改正に伴い、クッカーストーブのみ、2015 年 7 月 31 日または当該設備の稼働開始から 1 年まで申請を受付けている。

表 1-23 イギリス：レガシー設備の申請期間

申請タイプ	申請期限
RHPP 申請をしておらず、2014 年 4 月 9 日までに稼働開始した設備	2015 年 4 月 8 日まで
2013 年 5 月 19 日以前に RHPP 申請済み	2014 年 7 月 9 日～2015 年 4 月 8 日
2013 年 5 月 20 日以降に RHPP 申請済み	2014 年 10 月 9 日～2015 年 4 月 8 日
2014 年 4 月 9 日以降設置された適格設備	稼働開始から 1 年以内

*2015 年 2 月 5 日の改正に伴い、クッカーストーブのみ、2015 年 7 月 31 日または稼働開始から 1 年まで受付。

出典) Energy Saving Trust, "Renewable Heat Incentive"

2012 年 9 月に実施したコンサルテーション以降、再生可能熱プレミアムペイメント (RHPP) 等のデータを加味し、買取価格が引き上げられた。制度施行後、買取価格は毎年 4 月に、消費者物価指数 (RPI: Retail Price Index) を参考に改定される。実際の買取金額は、推計量を用いて算定される。以下に、エネルギー源別の算出方法についてとりまとめる。

1) ヒートポンプ

再生可能熱インセンティブ制度におけるヒートポンプからの買取は、設営時の推計熱利用量に基づき実施される⁶が、買取の対象となるのは熱生成の再生可能部分のみである。再生可能部分は、当該ヒートポンプの効率によって決定される。

ヒートポンプの年間平均効率を示す単位は季節性能係数（SPF：Seasonal Performance Factor、以下、SPF）を用いる。買取の対象となる有効な熱需要量は、下記の式を使って算出される。

$$\text{有効熱需要量} = \text{合計熱需要量} \times (1 - 1/\text{SPF})$$

SPFは、システムが生成する、単位発電量あたりの熱量である。つまり、SPFが3のヒートポンプであれば、熱量の3分の2は再生可能となり、再生可能熱インセンティブ制度における買取の対象となる。

制度開始後に設置されたヒートポンプに関しては、MCS 設置事業者がシステムの性能を認定する必要がある。設置事業者が登録した等級は、設置プロセスの一環として、設備所有者に公布される。下表のとおり、具体的には、MCS を通じたヒートポンプ設置時に使用される、Heat Emitter Guide⁷の星評価の6つに分かれた等級システムに基づいたものとなる。

表 1-24 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブでのヒートポンプ等級評価

評価等級	地中熱ヒートポンプ SPF	空気熱ヒートポンプ SPF	
		低温	高温
★★★★★★	4.3	3.6	3.6
★★★★★	4.1	3.4	3.4
★★★★	3.7	3.0	3.0
★★★	3.4	2.7	2.7
★★	3.1	2.4 ^注	2.5
★	2.8	2.1 ^注	n/a

注) SPFの適格要件が2.5であるため、★1~2等級の空気熱ヒートポンプ（低温）は支援対象外。

出典) Ofgem e-serve, “Essential Guide for Applicants”

制度開始前に設置されたヒートポンプに関しては、SPF はデフォルトで 2.5 に設定されているが、より高い等級の認定を受けたい申請者は、MCS 設置事業者による正式な評価を受ける必要がある。

また、物件の所有者は認定を受けた設置事業者による「Metering and Monitoring Service Package」に加入するため、住宅向け RHI 交付期間中、年 230 ポンド（4.1 万円）の補助

⁶ 別の化石燃料・再生可能暖房システムと併用されている場合、もしくはセカンドハウスの場合は、実際に検針された再生可能熱消費量を使用する。但し、推計再生可能熱消費量を上限とする。

⁷ http://www.gshp.org.uk/pdf/MIS_3005_Heat_Emitter_Guide.pdf

金を追加で受領することができる。このサービス契約は、保守サービス契約のようなものである。設置事業者は、新しいヒーティングシステムにメーターを設置し、物件の所有者と設置事業者がインターネットを通じて、システムで測定されたデータを閲覧することができるようにするものである。

表 1-25 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブのヒートポンプ買取価格例

年間熱需要量合計	= 15,000 kWh
例 1 Heat Emitter Guide で 3 つ星である空気熱ヒートポンプ	= SPF 2.7
有効熱需要量	= 15,000 kWh × (1 - 1/2.7) = 9,444 kWh
合計年間買取額	= 9,444 kWh × 7.42p/kWh* = £ 700
例 2 Heat Emitter Guide で 5 つ星である空気熱ヒートポンプ	= SPF 3.4
有効熱需要量	= 15,000 kWh × (1 - 1/3.4) = 10,588 kWh
合計年間買取額	= 10,588 kWh × 7.42p/kWh* = £ 785

*2016 年 1 月時点での買取価格にて算出

出典) エネルギー・気候変動省 (DECC) 資料より作成

2) バイオマス

バイオマス暖房システムの熱生成量は、EU の再生可能エネルギー利用促進指令 (2009/28/EC) のもと、再生可能エネルギー源であるとみなされる。このため、買取は、設営時の推計熱利用量に基づき、実施される。

住宅向けバイオマスボイラーに関しては、認定を受けた設置事業者による「Metering and Monitoring Service Package」に加入するため、物件の所有者は年 200 ポンド（3.6 万円）の補助金を追加で受領することができる。パッケージの内容については、ヒートポンプと同様である。

3) 太陽熱

太陽熱システムによって生成された熱出力はすべて、再生可能エネルギー源であるとみなされる。MCS 設置の際に達成されたシステム性能の推計量 (MCS 証書に記載) を用いて、買取量が算出される。

制度施行後の 2014 年 7 月に、エネルギー・気候変動省 (DECC) は、本制度に基づき各家庭が受け取れる助成額を算出するオンラインサイトを開設している⁸。この計算サイトでは、各家庭の住宅に関する情報を数項目入力すれば、設置する設備の種類に応じて支給される助成額が表示される仕組みとなっている。

⁸ <https://www.gov.uk/renewable-heat-incentive-calculator>

(6) 再生可能熱プレミアムペイメントにおける支援額との整合性

イギリスでは、住宅部門を対象とした再生可能熱インセンティブ制度が始まるまでの暫定的な支援措置として、再生可能熱プレミアムペイメント制度が実施されていた。再生可能熱プレミアムペイメント制度は、再生可能熱設備の設置費用のバウチャーを提出し、助成金を換金する仕組みであった。

住宅部門を対象とした再生可能熱インセンティブ制度の支払期間は 7 年間に及ぶため、再生可能熱設備の初期投資に関しては、申請者が資金を準備する必要がある。申請者が、預金や、再生可能熱インセンティブにより将来的に受け取る支払いを原資とした抵当権の拡張およびローンなど、様々な資金を利用することを期待している。

家屋所有者にとって、Green Deal は、再生可能熱設備導入の資金の一部を調達する方法となりえる。Green Deal では、再生可能熱設備などの省エネ対策費用の補てんを、光熱費の削減により実施する。再生可能熱設備の費用に対して供与される Green Deal の補助は、当該物件に設置された設備による燃料費の節減による。Green Deal の資金供与を受け、再生可能熱インセンティブを請求することもできるので、リース契約等や初期費用なく再生可能熱設備の設置が可能となるケースが期待されている。

再生可能熱インセンティブ制度の買取価格設定にあたっては、2012 年 9 月のコンサルテーションペーパー「The Renewable Heat Incentive : Consultation on proposals for a domestic scheme」において、買取期間は 7 年、四半期ごとの支払いとし、化石燃料を使用した設備に再生可能熱設備を置き換えることで生じる、追加資本コストと操業費用の差を補償することを目的としている。また、買取価格には、これ以外の非財務面で生じる不利益（家屋や庭における工事、温水タンクの設置など資産の占有）を補てんすることも含まれる。さらに、資金調達コストをカバーするため、Green Deal で設定された金利分と同じレベルとして、初期設置費用の 7.5% を補償するよう設定されている。

(7) 支援制度の予算額

再生可能熱インセンティブ (RHI) 制度にかかる追加費用は政府支出から直接支出されており、2010 年に公表された歳出見直し期間 (2011~2014 年度) の 4 年間については年度予算が割り当てられている。また、2015 年度については、2013 年 6 月に公表された「歳出見直し (Spending Round) 2013」において規定された。2015 年度までの予算額は下表のとおり。

表 1-26 イギリス：再生可能熱インセンティブ制度の予算額

年度	予算額 (百万ポンド)	
2014 年度	424	(763 億円)
2015 年度	430	(774 億円)

出典) “Impact Assessment (IA), Renewable Heat Incentive – Domestic, July 2013”

なお、上記の予算には、非住宅向けの再生可能熱インセンティブ制度の予算も含まれる。

この予算は、2020 年に再生可能エネルギー由来の熱が熱需要の 12% を占めるために必要な予想成長曲線に基づいて設定されている。それぞれの年度予算は、その年に再生可能熱インセンティブ認可設備で生産された再生可能熱に対して支払われるための金額である。新たに制度に参加する設備に対して、その年以降も本制度の適用を受けている限り支援し続けなくてはならない。

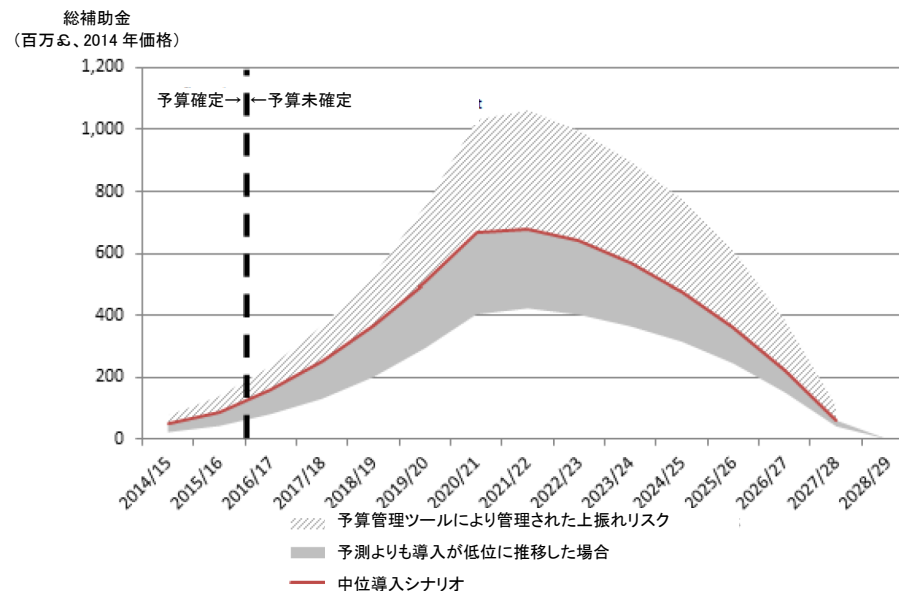
2013 年 7 月に公表された住宅向け再生可能熱インセンティブ制度について規制影響評価を行った文書では、住宅向け支援制度による累積の補助金額を以下のように試算している。中位シナリオでは、2028 年度までの累積支援額が 50.9 億ポンド (9,162 億円、2014 年価格) としている。

表 1-27 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの指示的支出額

単位：百万ポンド

シナリオ	年度							2028 年度までの累積額	
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	単純合計	割引率適用
低位シナリオ	20	40	80	130	200	290	400	3,120	2,410
中位シナリオ	50	90	160	250	370	510	670	5,090	3,960
高位シナリオ	70	140	240	370	530	750	1,030	7,940	6,160

注：10 万ポンドで四捨五入。2014 年価格。



出典) “Impact Assessment (IA), Renewable Heat Incentive – Domestic, July 2013”

2016年度以降の予算は、通常の歳出見直し（Spending Review）プロセスの一環として規定され、再生可能熱インセンティブが再生可能熱の拡大を支援し続けられるよう、既設・新設設備に対する支援費用が盛り込まれる。なお、本予算は、次年度への繰越が認められていない。

2015年11月の英国財務省の“Spending Review and Autumn Statement 2015”において、再生可能熱インセンティブ（RHI）のVFM（バリューフォーマネー）を高めつつ、2020年度にかけて再生可能熱インセンティブ予算を11億5千ポンドに引き上げることが発表された。歳出超過を防止するため、予算上限（キャップ）を導入し、予算管理を行う。当該年度の予算に対し、申請および認定の予測額が予算に達すると、新規申請が一時停止となる。

表 1-28 イギリス：再生可能熱インセンティブ制度による国庫への影響

単位：百万ポンド

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
国庫への影響	0	+30	+100	+245	+460	+690

出典）英国財務省，“Spending Review and Autumn Statement 2015”

(8) 支援額低減の仕組み

家庭向け再生可能熱インセンティブ制度は、上述のとおりエネルギー・気候変動省の省予算を財源として支援を行う。そのため、再生可能熱設備の設置数増加に伴い、新たな申請者に適用する買取価格を段階的に引き下げる「通減メカニズム」により管理する。

具体的な仕組みとして、規則（Regulation）であらかじめ定められた一定の支出しきい額または「トリガー」に抵触した場合のみ、その後の買取価格が引き下げられる。但し、2009年7月15日～2014年4月9日までに設置された「レガシー（Legacy）」カテゴリーの再生可能熱設備は、トリガーの対象外となる。

規定された「トリガー」に抵触した場合、以降の新規設備に適用する当該技術の買取価格を10%引き下げる。また、合わせて設定された「スーパートリガー」（標準のトリガーの2倍）に抵触した場合、（後述するように前半期の増加量に応じてであるが）買取価格を20%引き下げる。なお、買取価格を引き下げた後の前半期には、実際の支出額を検討しつつ、技術別のトリガーの増加しきい額で判断する。

2015年末までに、技術別に規則で設定されているトリガー及びスーパートリガーは次ページの表のとおり。

家庭向け再生可能熱インセンティブ制度の実施状況及びトリガーに対する月次の進捗状況は、英国政府のエネルギー・気候変動省（DECC）のサイトで公表される。買取価格の引き下げに関する公示が前半期ごとになされ、引き下げを行う場合は1ヶ月前に事前通知が行われる。例えば、買取価格の引き下げが9月1日までに公示された場合、10月1日以降の新規設備に新たな買取価格が適用される。

表 1-29 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの通減メカニズムしきい額

単位：百万ポンド

技術	評価日	トリガー		スーパートリガー	
		支出しきい額	増加しきい額	スーパー支出しきい額	スーパー増加しきい額
バイオマス	2014年7月31日	2.4		4.8	
	2014年10月31日	4.2	1.8	8.4	3.6
	2015年1月31日	6.0	1.8	12.0	3.6
	2015年4月30日	8.4	2.4	16.8	4.8
	2015年7月31日	11.9	3.6	23.9	7.2
	2015年10月31日	15.5	3.6	31.1	7.2
	2016年1月30日以降	19.1	3.6	38.2	7.2
空気熱ヒートポンプ	2014年7月31日	2.4		4.8	
	2014年10月31日	4.2	1.8	8.4	3.6
	2015年1月31日	6.0	1.8	12.0	3.6
	2015年4月30日	8.4	2.4	16.8	4.8
	2015年7月31日	11.9	3.6	23.9	7.2
	2015年10月31日	15.5	3.6	31.1	7.2
	2016年1月30日以降	19.1	3.6	38.2	7.2
地中熱ヒートポンプ	2014年7月31日	2.4		4.8	
	2014年10月31日	4.2	1.8	8.4	3.6
	2015年1月31日	6.0	1.8	12.0	3.6
	2015年4月30日	8.4	2.4	16.8	4.8
	2015年7月31日	11.9	3.6	23.9	7.2
	2015年10月31日	15.5	3.6	31.1	7.2
	2016年1月30日以降	19.1	3.6	38.2	7.2
太陽熱	2014年7月31日	1.2		2.3	
	2014年10月31日	2.1	0.9	4.1	1.8
	2015年1月31日	2.9	0.9	5.9	1.8
	2015年4月30日	3.9	1.0	7.8	1.9
	2015年7月31日	5.0	1.1	10.0	2.2
	2015年10月31日	6.1	1.1	12.2	2.2
	2016年1月30日以降	7.2	1.1	14.4	2.2

出典）“Statutory Instruments 2014 No. 1033, The Domestic Renewable Heat Incentive Scheme Regulations 2014”

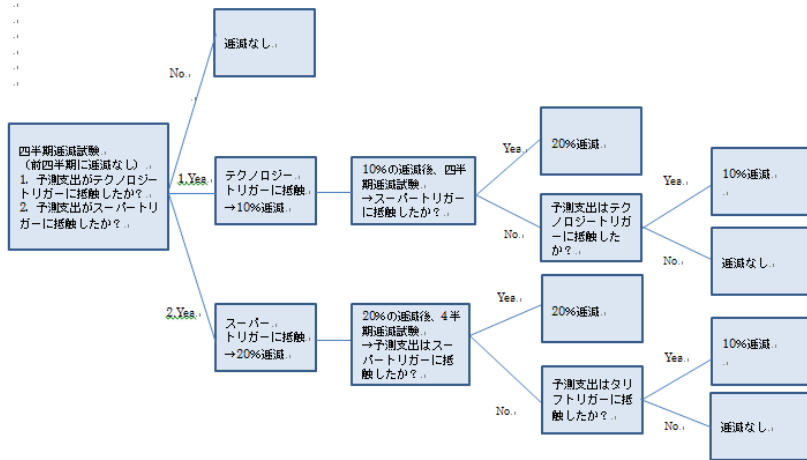


図 1-6 イギリス：買取価格通減が発生するタイミングと方法

出典) エネルギー・気候変動省 (DECC) 資料より作成

2015 年 1 月以降バイオマスは毎四半期通減トリガーに抵触し、10%もしくは 20%の通減対象となっている。

表 1-30 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの買取価格の推移

単位：ペンス/kWh

申請日	バイオマスボイ ラー・ストーブ	空気熱源 ヒートポンプ	地中熱源 ヒートポンプ	太陽熱
2014/04/14～ 2014/12/31	12.20	7.30	18.80	19.20
2015/01/01～ 2015/03/31	10.98 (10%通減)	7.30	18.80	19.20
2015/04/01～ 2015/06/30*	8.93 (20%通減)	7.42	19.10	19.51
2015/07/01～ 2015/09/30	7.14 (20%通減)	7.42	19.10	19.51
2015/10/01～ 2015/12/31	6.43 (10%通減)	7.42	19.10	19.51
2016/01/01～ 2016/03/31	5.14 (20%通減)	7.42	19.10	19.51

*買取価格は毎年 4 月に小売物価指数 (RPI) による調整を受ける。

出典) 電力・ガス市場規制局 (Ofgem) ホームページより作成

(9) 申請手続き

住宅向け再生可能熱インセンティブ制度による支援を希望する者は、再生可能熱設備の運開から 12 ヶ月以内に申請手続きを行わなければならない。運開日は、MCS 認証の証書に記載されているものとなる。仮に再生可能熱設備の運開日が、受付開始日 (2014 年 4 月 9 日) 以前の場合には、申請期限は 2015 年 4 月 9 日までとなる。

(10) 設備設置後の支援対象者の義務

再生可能熱インセンティブを受領している設備設置者は、以下の要件に該当した場合には、当該事項を認識してから 28 日以内に管轄機関 (2015 年度現在は Ofgem、以下同様) に通知する義務がある。

表 1-31 イギリス：再生可能熱設備設置者が義務付けられる変更通知の要件

第40条

- (1) 参加者は、受給期間中、下記について管轄機関に通知しなければならない：
- (a) 認可に関わる情報に誤りがあった場合；
 - (b) 認可された熱設備が、該当する住居施設に熱を供給しなくなった場合；
 - (c) 認可された熱設備を交換した場合；
 - (d) 他の熱設備を追加した場合；
 - (e) 認可された熱設備のメータリング指示を管轄機関が発行している場合を除き、該当する住居施設に居住したのが、熱設備の認可日からの12ヶ月間で183日以下の場合；
 - (f) 認可された熱設備が、規定の目的のために熱を供給しなくなった場合；
 - (g) 参加者が、規定の継続義務を執行することができない場合；
 - (h) 参加者が、規定の継続義務を執行することを中止する場合；
 - (i) 参加者または認可された熱設備の所有者が、認可された熱設備の全てまたは一部の所有権を、28日以内に譲渡する場合；
 - (j) 認可された熱設備の全てまたは一部の所有権の変更が実施された場合；
 - (k) 受給に関わる変更がある場合；または
 - (l) メータリング指示によって設置した計測器が移動、交換、リセット、中止される、または他の計測器が追加される場合；

出典) “Statutory Instruments 2014 No. 1033, The Domestic Renewable Heat Incentive Scheme Regulations 2014”

また、再生可能熱インセンティブを受領している設備設置者は、表 1-32 の内容を年次報告として管轄機関 (Ofgem) に報告することが求められる。

根拠規則 (Regulations) では、管轄機関 (Ofgem) またはその委託者に対して、支援対象設備に関連した検査を要請する権限を付与している。規則では、メーター計測をするだけでなく、分析サンプルの持ち帰りや認可された住宅用設備および基幹設備の撮影、測定、録画または録音を認めている。

また、検査の実施期間において、支援対象設備の遵守状況に疑義があると考えられる場合

には、支援額の支払いを一時的に保留する権限も与えられている。また、不遵守の事項が判明した場合には、制度の認可取り消しをする権限も付与されている。

表 1-32 イギリス：再生可能熱設備設置者が義務付けられる年次報告の項目

<p>第41条 【中略】</p> <p>(a) 参加者が引き続き、認可された熱設備の所有者であること</p> <p>(b) 参加者が認識する限り、認可された熱設備に関わる下記の受給のある所有者が現在および過去にいないこと：</p> <p>(i) 申請が認可される以前、管轄機関に未申告の、認可された熱設備の購入または設置費用に対する公的助成；</p> <p>(ii) 参加者、その他または過去の所有者が負担した、認可された熱設備の購入または設置費用の総額を補償する（ローンまたは「グリーン・ディール計画」以外の）その他の資金提供；</p> <p>(c) 第40条(1)に基づいて通知された交換・追加の場合を除き、認可された熱設備が正常に稼働し、交換されていないこと；</p> <p>(d) 該当する住居施設に、年次申告書の提出日までの12ヶ月以内に居住した日数、および次の12ヶ月以内に居住する予定日数；</p> <p>(e) 参加者が、該当する住居施設に居住していない場合は、居住者が、管轄機関、閣僚大臣、または管轄機関の委任代理人が、当該規定の遂行のために住居施設に立ち入ることを承諾する同意書；</p> <p>(f) 管轄機関がメータリング指示を発行している場合は、該当する計測器が正常に稼働していること</p>

出典) “Statutory Instruments 2014 No. 1033, The Domestic Renewable Heat Incentive Scheme Regulations 2014”

表 1-33 イギリス：管轄機関による再生可能熱設備の検査可能項目

<p>第56条 検査</p> <p>(1) 管轄機関または委託代理者は、認可された住宅用設備および基幹設備に関して、妥当な時間に下記の一つ以上を実施する検査を要請することができる：</p> <p>(a) 参加者が、該当する全ての義務を遵守しているか；</p> <p>(b) メーター計測；</p> <p>(c) 分析サンプルの持ち帰り；</p> <p>(d) 認可された住宅用設備および基幹設備の撮影、測定、録画または録音；</p> <p>(e) メータリングおよびモニタリング契約に登録した参加者であれば、本規則第51条に従って条件を遵守しているか</p> <p>(2) 管轄機関は、(1)の要請が、参加者または居住者に合理的な理由で拒否された場合、あるいは合理的な理由なく協力しなかった場合、参加者に下記を明記した通知書を送付しなければならない：</p> <p>(a) 明示内容</p> <p>(i) 検査実施の要請、および拒否理由が不当と判断された理由；</p> <p>(ii) 協力が得られなかった状況、およびその状況が不当と判断された理由；</p> <p>(b) 必要であれば、管轄機関の今後の措置</p>
--

出典) “Statutory Instruments 2014 No. 1033, The Domestic Renewable Heat Incentive Scheme Regulations 2014”

(11) 制度見直しにかかる規定

現状の根拠規則（Regulations）では、制度の見直しについて明確な規定は設けられていない。但し、エネルギー・気候変動省（DECC）が規則に付随して作成した説明文書（Explanatory Memorandum to The Domestic Renewable Heat Incentive Regulations 2014 No.928）では、制度の見直しについて下記のとおり記述しており、2015年度中に制度のレビューが予定されている。

表 1-34 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの制度見直し予定

<p>12.1 住宅向け再生可能熱インセンティブは前例のない新しい制度であることから、進捗や修正の必要性について制度レビューを行う。2015年と2017年に定期レビューを行い、必要な修正があれば、2016年と2018年の再生可能熱インセンティブ規則改正にそれぞれ反映させる。</p> <p>12.2 レビューの対象となる（モニタリング）評価は、財務省の評価ガイドラインに従って、主に、制度が実際に機能しているか、目標を達成しているか、計画通りの成果が出ている（出していない）理由、費用対効果が得られているか、に関して行われる。将来の制度改善に資するため、評価には根拠が提示されるようにする。</p>

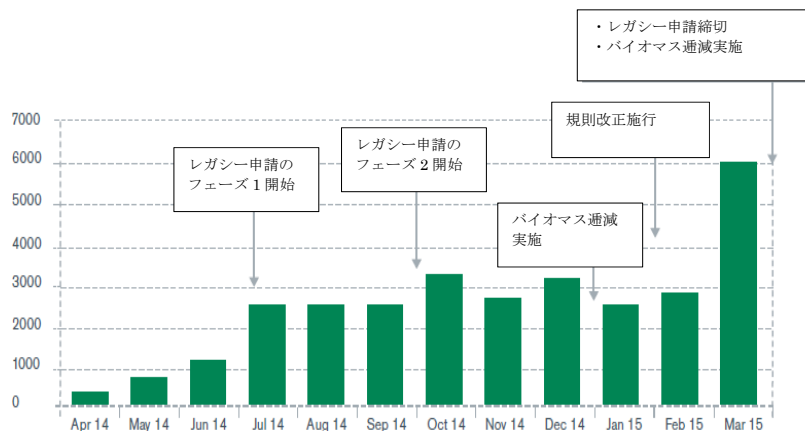
出典) エネルギー・気候変動省 (DECC), “Explanatory Memorandum to The Domestic Renewable Heat Incentive Regulations 2014 No.928”

1.2.3 施策の施行実績

(1) 対象設備の導入実績

2014年9月29日に、住宅向け再生可能熱インセンティブ制度の枠組みが開始してから6ヶ月足らずで、申請件数が10,000件に達し、制度導入1年目となる、2015年3月末時点では、30,695件となった。

●2014年度における認定件数の推移



●2014年度における源別新規認定件数と認定金額

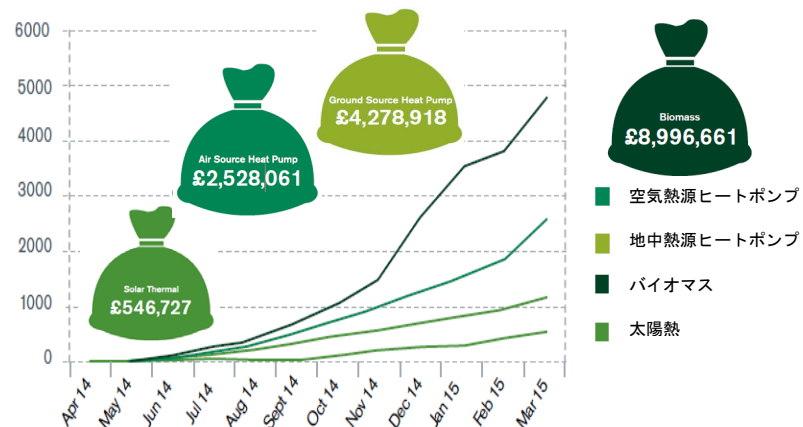


図 1-7 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの認定件数と認定金額

出典) 電力・ガス市場規制局 (Ofgem), "Annual Report"

制度開始から、2015年10月までの住宅向け再生可能熱インセンティブ制度に基づく地域別認定設備数は以下のとおり。

●制度開始～2015年10月

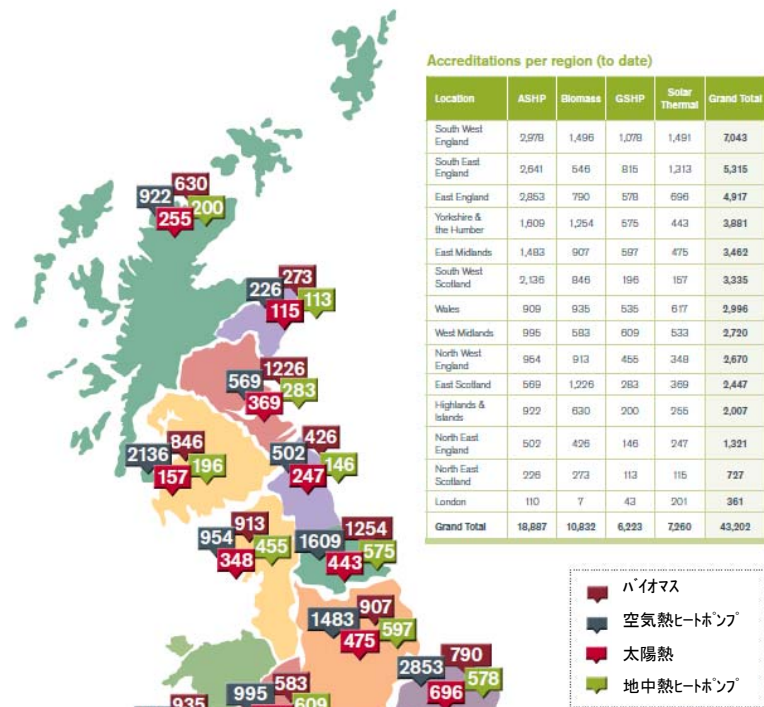


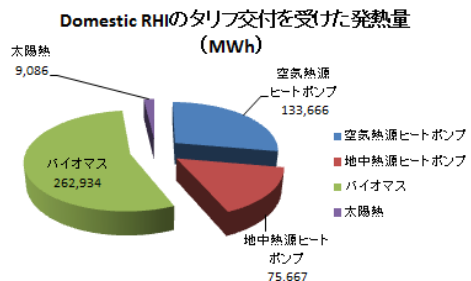
図 1-8 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの地域別・技術別認定数

出典) Ofgem e-serve, "Domestic Renewable Heat Incentive Quarterly Report", November 2015

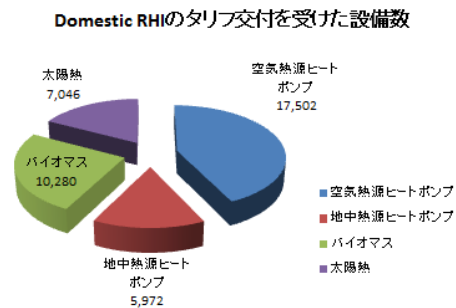
また、制度開始から2015年10月までに買取価格の適用を受けた設備の発電量と設備数は以下のとおり。

表 1-35 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの買取対象設備数・発熱量
(2014年4月～2015年10月)

タリフバンド	本スキームの交付を受けた発熱量	
	(MWh)	%
空気熱源ヒートポンプ	133,666	28%
地中熱源ヒートポンプ	75,667	16%
バイオマス	262,934	55%
太陽熱	9,086	2%
合計	481,353	100%



タリフバンド	設備数	
	設備数	%
空気熱源ヒートポンプ	17,502	43%
地中熱源ヒートポンプ	5,972	15%
バイオマス	10,280	25%
太陽熱	7,046	17%
合計	40,800	100%



出典) 電力・ガス市場規制局 (Ofgem)

(2) 対象設備への支援額

2015年10月末時点での実績データでは、予測支出額が全エネルギー源を合計して4,554万ポンド(約82億円)となっている。エネルギー源に設定されたトリガーのしきい値と比較しても、バイオマス以外は実績が低く推移しており、買取価格の引き下げは行われないことが見込まれる。

なお、バイオマスボイラーについては、2014年10月31日時点の予測支出額が582万ポンド(約10.5億円)となり、しきい額を超過したため、2015年1月1日以降の認定設備に適用される買取価格が、12.2ペンス/kWhから10%低減して、10.98ペンス/kWhとなった。これ以降も、バイオマスは毎四半期通減トリガーに抵触し、10%もしくは20%の通減対象となっている。

表 1-36 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブの施行状況

料金 カテゴリ	予測支出額 2015年10月31 日時点 (百万ポンド)	源別支出しき い額(またはト リガー) 2015年10月 31日時点 (百万ポンド)	トリガーを 超えているか (YES/NO)	源別のスー パー支出しき い額(または トリガー) 2015年10 月31日時点 (百万ポンド)	スーパート リガーを超 えているか (YES/NO)	直近四半期の 予測支出額 (百万ポンド)
概要	Ofgemにより提 供の実績デー タに基づく	支出の最大 許容水準	変数指標		変数指標	Ofgemにより 提供の実績デ ータに基づく
空気熱ヒート ポンプ	5.07	15.50	NO	31.10	NO	3.98
地中熱ヒート ポンプ	5.23	15.50	NO	31.10	NO	3.98
バイオマス	34.61	15.50	YES	31.10	YES	32.43
太陽熱	0.63	6.10	NO	12.20	NO	0.53

出典) エネルギー・気候変動省 (DECC), "Domestic RHI mechanism for budget management: estimated commitments, Monthly forecast (as at 31 October 2015)"

1.2.4 施策の課題

(1) 制度申請者へのアンケート調査結果

エネルギー・気候変動省 (DECC) は、再生可能熱設備の設置や再生可能熱インセンティブ制度への申請の動機・経験への理解を深める目的で、申請者に対するアンケート調査を実施している。具体的には、前月に初めて認定された対象設備の所有者すべてに、オンラインのアンケートを配信しており、2014年5月から8月に得られた回答(7,051件)をもとに、調査報告書⁹を公表した。調査結果の概要は以下のとおり。

表 1-37 イギリス：住宅用再生可能熱インセンティブに関するアンケート調査回答

熱設備の設置	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能熱設備に切り替える動機として最も多かったのは、経済的理由と環境配慮。 再生可能熱設置費用の財源として最も多かったのは、貯蓄(83%)。 再生可能熱設備の設置事業者を見つける方法として最も多かったのは、口コミ(36%)、他にはネット検索(23%)、設置事業者のHP(17%)。 2/3(64%)が設置に関する問題は特になく、残りの36%が一つ以上の問題を報告。 10人中9人(89%)が、設置した再生可能熱設備に満足。
熱設備の利用	<ul style="list-style-type: none"> 制度を知ったきっかけとして最も多かったのが、設置事業者(61%)。 3/5(61%)が、RHI要件を問題なく満たしていた。問題があった参加者(39%)で、最も多かった問題は、RHIの申請手順であった(16%)。 3/4(75%)が、申請手順に非常に満足、または満足しており、14%が不満足、または非常に不満足であった。ほとんど(82%)が、申請フォームは非常に、またはほぼ記入しやすかったと回答。 71%が、申請に問題はないと回答した。問題があった参加者で最も多かったのは、最初の申請が許可されなかったことだった(11%)。

出典) エネルギー・気候変動省 (DECC), "Evaluation of the Domestic Renewable Heat Incentive: Interim Report from Waves 1-4 of the domestic RHI census of accredited applicants"

(2) 制度実施後の改正

1) 住宅向け再生可能熱インセンティブ制度改正

2014年4月9日に施行された住宅向け再生可能熱インセンティブ制度は、施行後の知見とフィードバックをもとに2015年2月5日付で以下の5点の規則を改正した。

① 登録済みの社会住宅供給事業者 (Registered Social Landlord, RSLs)

RSLs 所有の住宅軒数が多いことから、Green Deal 評価への登録という要件は再生可能熱を取り込むうえで、大きな障害となっていた。このため、エネルギー・気候変動省 (DECC) は規則を変更し、Green Deal Assessment なしで RSLs が住宅向け再生可能熱インセンティブを申請できるようにした。しかしながら、RHI 交付金算定のため、2年未満の Energy

⁹ Evaluation of the Domestic Renewable Heat Incentive: Interim Report from Waves 1-4 of the domestic RHI census of accredited applicants

Performance Certificate (EPC) を取得しなくてはならない。

② クッカーストーブ (調理用コンロ)

「クッカーストーブ」とは、主にヒーターや給湯器として設計されているが、調理にも使える、背面にボイラーがあるバイオマスストーブのことである。今回、本スキームの要件を充たすことを条件として、クッカーストーブも住宅向け再生可能熱インセンティブの対象となった。ただし、クッカーストーブ以外の調理用機器は対象外である。2014年2月8日以前に設置された設備に関しては、2015年7月31日または対象ヒーティングシステムの設置後12か月までインセンティブへのRHI申請が可能である。

③ 高温ヒートポンプ

高温ヒートポンプとは、従来の空気熱源ヒートポンプテクノロジーの改良版である。今回の改正で、本制度の要件を充たすことを条件として、高温ヒートポンプも住宅向け再生可能熱インセンティブの対象となった。2014年11月21日以降設置された高温ヒートポンプが対象であり、申請期間は当該設備の稼働開始から12か月以内である。

④ MCS 基準

Microgeneration Certificate Scheme (MCS) は、ヒートポンプ (MIS 3005)、太陽熱 (MIS 3001)、熱エミッタガイド (MCS 021) の最新の設置基準を公表した。MCS 基準の変更には移行期間が設定されており、稼働開始から12か月間は申請が可能である。

⑤ 複数の建物からなる物件

今回の改正で、住宅向け再生可能熱インセンティブの対象である、複数の建物からなる物件に熱を供給する際の規則が明確化された。

2) RHI：インフラ法改正¹⁰

政府はインフラ法改正により、再生可能熱インセンティブ (RHI) を規定する現行の一次立法を改正する予定であり、2015年2月12日に本改正案は成立した。これにより、非住宅及び住宅向け再生可能熱インセンティブの効率化と高い経済性が可能となる予定である。改正点は、以下の3点である。

現行の2008年エネルギー法で、RHIの管理はOfgemかエネルギー・気候変動省 (DECC) 国務大臣に限定されているが、改正案では国務大臣がRHIスキームを管理する代理の実施母体を任命することが可能となる。この過程で、一時的にOfgemが管理当局としての権限を留保することになる。

「2008年エネルギー法」では、本スキームの交付金を受領するのは、再生可能熱設備の所有者または暖房のためのバイオメタン、バイオガス、バイオ燃料の製造者に限定されてい

¹⁰ DECC, "Infrastructure Bill: Renewable Heat Incentive"
<https://www.gov.uk/government/publications/infrastructure-bill-renewable-heat-incentive>

るが、当事者が第 3 者に支払いを受ける権利を譲渡し、スキームの管理者から直接支払いを受けることが可能になる。これにより、事業者が融資を受けやすくなることが期待される。

「2008 年エネルギー法」では、本スキームに関する 2 次立法はすべて、複雑性や重要性のレベルにかかわらず、採択型決議手続きが義務付けられているが、この改正により、一部の改正は不採択型決議手続きにより進められることとなる。

3) RHI Amendment regulations 2015¹¹

2015 年 7 月 6 日、エネルギー気候変動政務次官 Lord Bourne 氏による RHI 改正規則に関する大臣文書声明が出され、Renewable Heat Incentive Scheme and Domestic Renewable Heat Incentive Scheme (Amendment)(No.2) Regulations 2015 が提出された。改正内容については、以下のとおり。

① 業界規格の更新

この改正案では、ヒートポンプ、固形バイオマス、および太陽熱の設置業者規格を更新する。ヒートポンプの設置業者規格は、MCS 規格を EU の European Energy-related Products (ErP) 指令に準じたものにする。この EU 指令は、2015 年 9 月 26 日から、欧州のすべてのヒートポンプおよび欧州に輸入されたヒートポンプを対象に施行となる。RHI は、これらの新たな規格をもとに更新される。

MCS 規格のほか、ヒートポンプの性能を算定するため、Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) カルキュレータが導入された。ヒートポンプが ErP 指令に合致しているかどうかや、RHI スキームで義務付けられる季節性能係数 (Seasonal Performance Factor) を証明するのに、このカルキュレータを使用する。このカルキュレータを使用して SPF を証明することは、住宅向け再生可能熱インセンティブおよび MCS で認証された ErP 指令対応のヒートポンプの要件である。

② バイオメタン歳出予測

バイオメタンの導入を予測する現行のアプローチでは、新設バイオガスプラントの建設に伴う、増産により、予測歳出額の一時的な過小見積りにつながる。現行のアプローチは、プラントがフル稼働するまでの 6 ヶ月程度の立ち上げ期間を反映しておらず、RHI の予算管理政策の効果を損なう。この改正で、バイオメタンプラントの実情に合わせ、正確な予測方法を導入する。

③ バイオマスの持続可能な報告要件に関する明確化

RHI 規則には、持続可能なバイオマスの利用要件が盛り込まれている。これらの要件は、2015 年 2 月の規則を通じて導入され、2015 年 10 月 5 日に施行となった。改正案では、RO および RHI に参加している CHP 設備が、RO ですでに要件を充足している設備が RHI ス

¹¹ DECC, “Renwabel Heat Incentive: Amendment regulations 2015”
<https://www.gov.uk/government/speeches/renewable-heat-incentive-amendment-regulations-2015>

キームのもとで持続可能要件を順守していることを証明する必要がないようにするため、非家庭向け参加者の報告要件を明確化した。また、2 つの改正を実施して、持続可能なバイオメタンの定義と非木材燃料の用地基準の定義を修正した。

④ 本制度の管理当局が申請を否認する権限

住宅向けには既に同じ権限が盛り込まれているので、この項は、非住宅向けのみを対象としている。この改正では Ofgem に、申請者が Ofgem が要求した期間内に申請書を裏付ける詳細な情報を提出しない場合、非住宅向け再生可能熱インセンティブスキームへの申請を否認できる明示的権限を与える。この改正により、こういった申請書を管理する際のコスト負担を削減できる。

1.3 フランス：エネルギー転換に向けた投資額還付制度

フランスにおける主な再生可能エネルギー熱支援制度は、エネルギー供給者に対する省エネ証書制度、一般家庭向けのエネルギー投資額還付制度とゼロ利率のエコ融資制度となる。

以下では、このうちエネルギー投資額還付制度の制度概要及び制度の施行状況ととりまとめる。

1.3.1 再生可能エネルギー熱の導入施策の動向

フランスでは、2009年8月に官報に公布された「環境グルネルの実施に関するプログラム法(第1法)(LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en oeuvre du Grenelle de l'environnement (1))」の第2条において、2020年までに最終エネルギー消費の少なくとも23%を再生可能エネルギーとする目標が掲げられている。

フランスが、EUの「再生可能エネルギー利用促進指令(2009/28/EC)」に基づき、欧州委員会に提出した「国家再生可能エネルギー行動計画」では、2020年目標達成に向けた熱分野における再生可能エネルギー導入量の比率を、以下のとおり予測している。

表 1-38 フランス：熱・電力・輸送燃料分野別の推定指標曲線（～2020年）

	2005年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
熱分野 (%)	13.6	17.0	18.0	19.0	20.5	22.0
電力分野 (%)	13.5	15.5	16.0	17.0	18.0	19.0
輸送燃料分野 (%)	1.2	6.5	6.9	7.2	7.5	7.6
再生可能エネルギー合計 (%)	9.6	12.5	13.5	14.0	15.0	16.0

	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
熱分野 (%)	24.0	25.5	27.5	29.0	31.0	33.0
電力分野 (%)	20.5	21.5	23.0	24.0	25.5	27.0
輸送燃料分野 (%)	7.7	8.4	8.8	9.4	10.0	10.5
再生可能エネルギー合計 (%)	17.0	18.0	19.5	20.5	22.0	23.0

出典) “Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables Période 2009-2020”

2012年の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー比率の実績は13.7%となっており、これまではほぼ計画どおりの進展を見せている。

上述の行動計画では、個別エネルギー源別の導入量推定も行っているが、フランスでは、2020年までにヒートポンプを2010年比で2倍強(886→1,850ktoe)、バイオマスも約1.5倍(9,953→16,455ktoe)にすることを掲げている。

また、2015年7月に成立した「グリーン成長に向けたエネルギー移行法(Projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte)」(エネルギー移行法)では、2030年の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー比率を23%とする目標を設定

した。その上で、2030年の熱消費量に占める再生可能エネルギー比率を38%まで引き上げる目標を設定している。

表 1-39 フランス：熱・電力・輸送燃料分野別の推定指標曲線（～2020年）

単位：ktoe

	2005年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
地熱 (低温地熱源は ヒートポンプに分類)	130	155	175	195	235	270
太陽	380	130	155	185	280	370
バイオマス	9,153	9,953	10,250	10,542	11,280	12,020
固形	9,067	9,870	10,165	10,456	11,135	11,815
バイオガス	86	83	85	86	145	205
バイオリキッド	0	0	0	0	0	0
ヒートポンプ	76	886	1,090	1,300	1,370	1,440
内、大気熱	27	664	810	960	1,000	1,040
内、地熱	49	222	280	340	370	400
内、水熱						
合計	9,397	11,121	11,670	12,222	13,165	14,100
内、地域暖房	368	540	650	775	925	1,105
内、家庭バイオマス	6,549	6,835	6,890	6,945	7,000	7,060

	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
地熱 (低温地熱源は ヒートポンプに分類)	310	350	385	425	460	500
太陽	465	555	650	740	835	927
バイオマス	12,760	13,500	14,240	14,980	15,715	16,455
固形	12,500	13,180	13,860	14,540	15,220	15,900
バイオガス	260	320	380	440	496	555
バイオリキッド	0	0	0	0	0	0
ヒートポンプ	1,505	1,575	1,645	1,715	1,780	1,850
内、大気熱	1,080	1,120	1,160	1,200	1,240	1,280
内、地熱	425	455	485	515	540	570
内、水熱						
合計	15,040	15,980	16,920	17,860	18,790	19,732
内、地域暖房	1,320	1,575	1,880	2,245	2,680	3,200
内、家庭バイオマス	7,115	7,175	7,230	7,285	7,345	7,400

出典) “Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables Période 2009-2020”

1.3.2 エネルギー転換に向けた投資額還付制度の概要

フランスでは、2005年1月から、「2005年財政法」に基づき、各個人家庭における再生可能エネルギー機器やヒートポンプ、省エネ機器等への投資に対して、投資額の一定比率を税額控除の形で払い戻す「エネルギー投資額還付制度 (CIDD: Le crédit d'impôt dédié au développement durable)」を開始した。この制度は、再生可能電力・熱の両方を対象にしていて、家庭におけるバイオマス、太陽光、太陽熱温水器を主なターゲットとしていた。

その後、2014年9月1日に、フランスの新たなエネルギー法案である、「La transition énergétique pour la croissance verte (グリーン成長のためのエネルギー転換)」の提出に伴い、2014年9月1日に本制度は、「エネルギー転換に向けた投資額還付制度 (CITE: Le crédit d'impôt pour la transition énergétique)」に改正された。

2014年8月までの「エネルギー投資額還付制度 (CIDD)」と2014年9月以降の「エネルギー転換に向けた投資額還付制度 (CITE)」の制度概要は以下のとおり。

(1) エネルギー投資額還付制度 (～2014年8月) の制度概要

エネルギー投資額還付制度 (CIDD) は、築2年以上で、日常的に居住している建物のエネルギー改修を行う際に、その費用を所得税から控除する制度である。2005年の導入以降、対象とするエネルギー源や控除率は数次にわたり見直しをされてきた。

主なエネルギー機器ごとの税額控除率は、以下の表のとおりである。

表 1-40 フランス：エネルギー投資額還付制度の税額控除率 (～2011年)

エネルギー源	2005年	2006～09年	2010年	2011年
再生可能発電・熱生産設備	40%	50%	50%	45%
ヒートポンプ	40%	50%	25～40% ^{※3}	36%
低温ボイラー	15%	15%	—	—
蓄熱式ボイラー	25%	25% ^{※1}	15%	15%
断熱材	25%	25% ^{※1}	15～25% ^{※4}	22%
暖房調節機	25%	25% ^{※1}	25%	22%
地域熱供給連系設備	なし	25%	25%	22%

※1 但し、当該投資が1977年1月1日以前に建築された建物を対象とし、且つその建物を取得した所有者が取得時点から2年後の12月31日までに実施した投資については40%の税額控除を適用。

※2 ある納税者による一つの住居における投資について、2005～09年度の間で税額控除の対象とする。投資総額の上限が以下のように設定されている。

2005年：単身家庭：8,000ユーロ、夫婦家庭：16,000ユーロ
 扶養家族1名につき400ユーロの引き上げ
 但し、第2子は500ユーロ、第3子は600ユーロとする

2006～09年：単身家庭：8,000ユーロ、夫婦家庭：16,000ユーロ
 扶養家族1名につき一律400ユーロの引き上げ

※3 ヒートポンプは、熱源および用途により、税額控除率が異なる。ヒートポンプ(水/水)は、2010年以降対象外。

※4 断熱材は、用途により、税額控除率が異なる。

出典) 各種資料より作成

表 1-41 フランス：エネルギー投資額還付制度の税額控除率 (2012～13年)

エネルギー源	2012年		2013年	
	設置のみ	改修工事 ^{※1}	設置のみ	改修工事 ^{※1}
再生可能発電・熱生産設備	32%/	40%	11～32%	23～40%
ヒートポンプ	26%	34%	15～26%	34%
蓄熱式ボイラー	15%		10%	18%
断熱材	15%		10%	18%
暖房調節機	15%		15%	
地域熱供給連系設備	15%		15%	

※1：窓断熱、再生可能源からの温水器、屋根裏・外壁・基礎断熱、屋根断熱、凝縮ボイラー・ヒートポンプ、木質ヒーター設置等の改修工事を併せて実施した場合。

出典) 各種資料より作成

家族構成に応じて、払い戻しの対象とする投資総額の上限が規定されており、単身家庭では8,000ユーロ、夫婦家庭で16,000ユーロ、その他扶養家族が増えるごとに上限額が引き上げられる(一人あたり400ユーロ)。

2014年1月1日から2014年8月31日までの期間、新制度移行までの経過措置として、投資額に対する控除割合は、設置工事のみが15%、窓断熱、再生可能源からの温水器、屋根裏・外壁、基礎断熱、屋根断熱、凝縮ボイラー・ヒートポンプ、木質ヒーター設置等改修工事と組み合わせた場合の25%の2種類に統合された。対象となる設備は、凝縮ボイラー、ガスコジェネ、太陽熱温水器、木質・バイオマスヒーター、大気/水ヒートポンプ、地熱ヒートポンプ、サーモダイナミクスヒートポンプ、暖房調節器、地域熱供給連系設備、設備機器の断熱である。

本制度に関しては、15%の控除(設置工事のみ)には所得制限が設けられており、前年の世帯所得が単身で25,000ユーロ、夫婦で35,000ユーロ、夫婦と子で40,000ユーロを超えないことが条件となっている。

表 1-42 フランス：エネルギー投資額還付制度の税額控除率 (2014年1～8月)

	控除割合
設置工事のみ	15%
改修工事を伴う ^{※1}	25%

※1 窓断熱、再生可能源からの温水器、屋根裏・外壁、基礎断熱、屋根断熱、凝縮ボイラー・ヒートポンプ、木質ヒーター設置等の改修工事を併せて実施した場合

出典) 各種資料より作成

(2) エネルギー転換に向けた投資額還付制度（2014年9月～）の制度概要

フランスの新たなエネルギー法案である、“La transition énergétique pour la croissance verte（グリーン成長のためのエネルギー転換）”¹²の提出に伴い、2014年9月1日にエネルギー投資額還付制度（CIDD）は、エネルギー転換に向けた投資額還付制度（CITE）に改正され、制度期間は2015年12月31日まで、投資額に対する控除割合は他の改修工事と組み合わせない設置工事のみの30%に一本化された。

「一般税法」第18a附則4は、2015年2月27日のデクレにより改正され、税額控除の対象となる機器や材料、上限、技術仕様、性能要件等を規定している。

主な対象機器及び技術仕様、性能要件等は以下のとおり。

表 1-43 フランス：エネルギー転換に向けた投資額還付制度の主な機器の対象要件

対象機器	特徴及び性能
個別・集合ボイラー	コンデンスボイラー
ガスマイクロ CHP ボイラー	電気容量 3kVA 以下
ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・空気熱/水冷式ヒートポンプ（暖房/給湯用）：COP3.4 以上 ・地中熱ヒートポンプ（暖房/給湯用）：COP3.4 以上 ・ヒートポンプ給湯器：テスト標準 EN16147 に従って下記を満たすもの <ul style="list-style-type: none"> -室内/室外の空気をエネルギー源：COP2.4 以上 -排気をエネルギー源：COP2.5 以上 -地中熱をエネルギー源：COP2.3 以上
家庭用太陽熱温水器、及び太陽光との複合システム	<ul style="list-style-type: none"> ・CSTBat、Solar Keymark、または同等の認定の太陽熱周光器システム ・但し、太陽熱集熱パネルの税込 1,000 ユーロ/㎡を上限
風力/水力/バイオマス発電設備	・太陽光発電パネルは除外
木材またはその他バイオマスで稼働する暖房/給湯設備	
熱供給網への接続設備	

出典）環境・エネルギー管理庁（ADEME）サイトより作成¹³

この他にも、ガラス窓用断熱材、壁/床/玄関ドアの断熱、暖房/給湯用の生産/供給設備の断熱等も税額控除の対象となる。

なお、2015年1月1日以降、税額控除の条件として、住宅所有者は省エネ改築の際には、2014年7月16日付デクレ No. 2014-812 に従い、専門の RGE 認証業者を利用しなければならない。この RGE 認証制度は建物の省エネ改築を行っている企業のうち、技術や作業の

質などの面で、一定の基準を満たしている業者を見分けやすくするために、2011年に導入された制度である。建物・エネルギー業界にすでに存在する数々の認証を包括する RGE 認証は、既に建物のエネルギー効率向上あるいは再生可能エネルギー設備の設置などに関する何らかの資格を取得している企業に与えられる。RGE 認証の要件となる機器、材料、機材については、「一般税法」第46項 AX 附則 III で規定されている。

その後、2015年9月30日に提出された「2016年財政法案」第40条では、税額控除を2016年12月31日まで延長する内容が含まれていた。本法は可決し、2015年12月30日付デクレにより、一般税規則附則4が改定された。本改定の目的は以下のとおり。

- より高効率の機器(ボイラー等)普及を促進し、風力電力の公的支援と組み合わせない。
- 2015年9月30日から適用された政策実施による装置の乱用の防止。資格対象機器と資格対象でない機器の混合、太陽光発電の迂回申請は、税額控除の除外とする。

¹² 2030年までに化石燃料を30%カットし、再生可能エネルギー割合を32%とし、今後3年間で64の政策に100億ユーロを投じることを含む。

¹³ 環境・エネルギー管理庁の関連サイトアドレスは以下のとおり。
<http://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/financer-projet/renovation/dossier/credit-dimpot/credit-dimpot-transition-energetique-0>

1.3.3 施策の施行実績

2005年から2008年にかけて、410万世帯が、投資額還付の対象となる省エネルギー機器もしくは再生可能エネルギー機器を設置した。申請額の総額は231億ユーロ、税支出は78億ユーロに相当する。

表 1-44 フランス：エネルギー投資額還付制度の施行実績（2005～2008年）

	2005年	2006年	2007年	2008年	合計
納税世帯数（1,000軒）	25,785	26,080	26,400	26,687	—
報告世帯数（1,000軒）	984	1,267	1,336	1,569	5,156
省エネルギー	767	901	947	1,064	3,679
再生可能エネルギー	217	365	389	505	1,477
うち初めての報告世帯数（1,000軒）	959	1,046	993	1,082	4,080
総申請額（百万ユーロ）	3,632	5,390	6,044	8,039	23,106
省エネルギー	2,771	3,439	3,684	4,319	14,212
再生可能エネルギー	862	1,952	2,360	3,720	8,894
税支出（10億ユーロ）	1.0	1.9	2.1	2.8	7.8

※各家庭が所得税に応じて支出を届け出れば、翌年5月に税額控除の形で還付を受ける
 出典) Marie-Émilie Clerc, Amélie Mauroux, “Une évaluation du crédit d'impôt dédié au développement durable”

また、2009～2012年のエネルギー投資額還付制度の対象技術は、下表のとおり。

表 1-45 フランス：エネルギー投資額還付制度の対象技術（2009～2012年）

	2009年	2010年	2011年*	2012年*
コンデンシングボイラー	323,626	111,075	111,075	111,075
壁の断熱	18,281	11,960	11,960	11,960
屋根の断熱	282,813	185,032	185,032	085,032
窓の断熱	440,634	173,636	173,636	173,636
家庭用太陽熱温水器（CESI）	22,986	17,217	17,217	17,217
家庭用熱温水器兼暖房（SSC）	2,572	2,079	20,79	2,079
ヒートポンプ	123,237	64,320	64,320	64,320
暖炉	130,155	114,432	114,432	114,432
薪ストーブ	192,445	175,258	175,258	175,258
薪ボイラー	16,985	11,767	11,767	11,767

*2011年及び2012年の値は、今までの統計の傾向をもとに算出した予測値。
 出典) エコロジー・エネルギー・持続可能開発・海洋省（当時）, “Plan d'action de la France en matière d'efficacité énergétique – 2014”¹⁴

¹⁴ http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/0378_Annexe_1_PNAEE_.pdf

添付資料

添付資料 1. ドイツ：再生可能エネルギー熱法 2015年進捗報告書の要約

2015年11月に公表された「第2回再生可能エネルギー熱法進捗報告書（Zweiter Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien- Wärmegesetz, 2. EEWärmeG-Erfahrungsbericht 2015）の要約（I. Zusammenfassung）部分の仮訳は以下のとおり。

I. 要約

ドイツはエネルギー転換によって、環境適合性があり、確実に、経済的にも成功を収めている将来に向かうことができるようになった。我々は既に、よい成果を出している。2014年に再生可能エネルギーが総電力消費に占める割合は、約27.4%に達している。再生可能エネルギーは今や我々にとって最重要電力源となっているのである。逆に、冷熱市場には、再生可能エネルギー使用を強化する潜在性・必要性がまだ存在している。ドイツ連邦共和国で消費されたエネルギーのうち、冷熱生産に使用されたものは、2013年には58%という大きな割合を占めているので、エネルギー転換と温室効果ガス削減目標を達成するためには、冷熱市場を成熟させる意義が大きい。このため、この部門で再生可能エネルギー利用は常に増え続けている。

その中心的な手段の1つは、その1条2項で冷熱の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を2020年までに14%に引き上げることに貢献すると規定している、2009年発効の再生可能熱法（EEWärmeG）である。EEWärmeGには、二重のアプローチが含まれる。EEWärmeG第3条にある法規制上の再生可能エネルギー利用義務は、まず新築建物の熱供給を対象としている。逆に、EEWärmeG第13条で定められているいわゆる市場インセンティブプログラム（MAP）を通じた再生可能エネルギー利用に対する助成保証は、特に既存建物を対象としている。その目的は、再生可能熱生産設備の増設を加速し、技術投資のインセンティブを高めることにある。

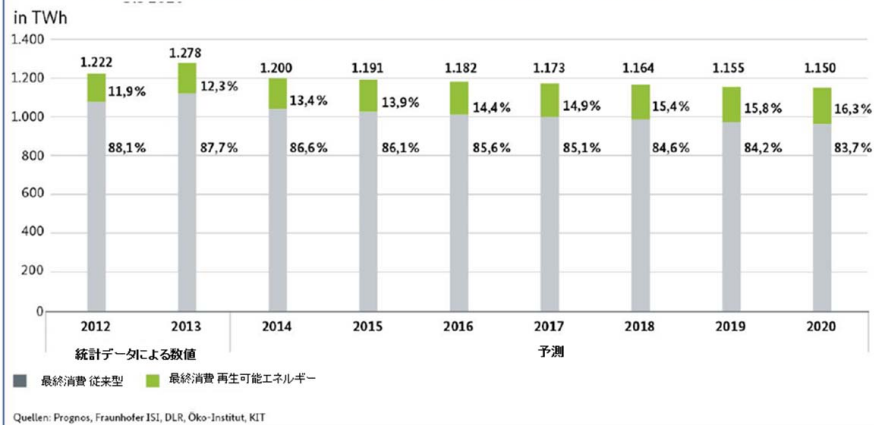
連邦政府は、EEWärmeG第18条に基づき、4年毎に法で規定された進捗状況報告書を通じて報告を行い、この法律を更に発展させるための提言を行っている。この報告書には、冷熱市場における再生可能エネルギーの市場導入状況、関連技術の発展、並びにその費用の推移と採算性、化石エネルギー源の削減量、及びそこで削減された温室効果ガス排出量、並びに法律の履行に関する説明を盛り込むよう定められている。このため、本問題提起は、報告書の構成にとって、この要約と同様に重要なものである。

これまでの展開は、EEWärmeGに基づく手段が効力を発揮していることを示している。再生可能エネルギー冷熱の消費は、天候の影響を除くと、2008年から2013年の間に約33%増加している。最も多く利用されているのが、他を大きく引き離している、バイオマス燃料である。しかし、太陽熱とヒートポンプの割合も、ここ数年大幅に成長している。また、冷熱用のエネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合は、2008年（EEWärmeG発効前）の8.5%から、2013年の12.2%に増加している（天候条件の影響は除去していない）。これによって、EEWärmeGがエネルギーの輸入依存度を下げ、ドイツにおける供給安定性と、2050年に既存建物をほぼカーボンニュートラルにするという長期的な目標

の達成に貢献している。

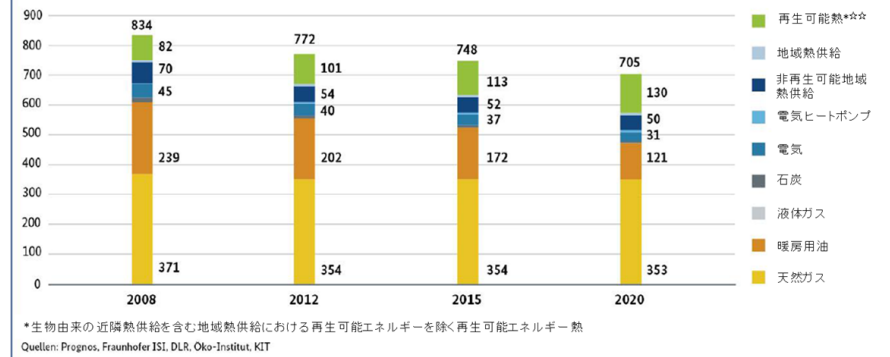
冷熱市場において再生可能エネルギーが将来的にどれほど成長するのか、そして EEWärmeG 第 1 条 2 項の定める目標が達成されるかを判断するために、2020 年の冷熱の最終エネルギー消費についての予測が作成されている。これは、別々に行われた、建物・大規模製造業、自営業・小規模製造業/商業/サービス業（GHD）、それに地域熱供給/コージェネレーションについての予測を基にしている。これによれば、2020 年の冷熱に関する最終エネルギー消費は、2012 年に比べ、約 72 TWh 減少すると考えられている。同時に、再生可能エネルギーによる冷熱供給は増加すると予測される。これによって、冷熱の最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合は、2020 年で 16.3% になることが予想され、EEWärmeG で定められている 14% という目標を上回ることになる（進捗報告書の III.6. 章参照）。

図17: 2020年までの冷熱の最終エネルギー消費の展開と、目標達成についての見積もり



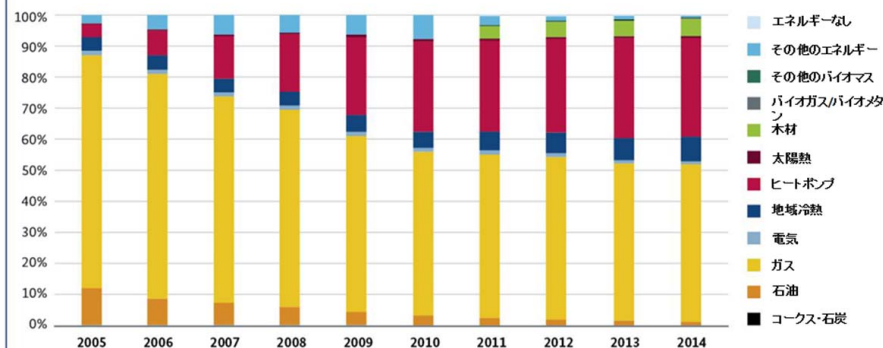
このうち、建物分野のエネルギー需要が大きいため、予測全体の中で最も消費が多いと予測されている。建物分野の部分予測（自営業・小規模製造業/商業/サービス業（GHD）部門で利用されている建物を含む）は、全ての既存建物における今後数年間の暖房構造の展開傾向予測を示している。これは、石油暖房の減少と再生可能熱生産設備の増加の影響を大きく受けるという予測に基づいている。

図20: 2020年までの、建物における空間熱・温水・暖房用エネルギー需要の予測 (TWh)



冷熱市場の現況について詳細な考察を行うと、ドイツで熱はどの技術を用いて生産されているか、かつ様々な技術がどれくらい浸透しているかが確認できる。冷熱市場では熱生産に使用される設備の利用期間が長いという特徴が明らかになっており、生産手段が継続的に変化され続けることによるのみ、エネルギー源の構成が変わる可能性がある。現在のところ、ドイツの既存の熱生産設備の90%が化石燃料技術使用設備で占められているものの、化石燃料で稼働されている設備の多くは既に比較的古くなっている。2014年に販売された熱生産設備の多数はガス暖房である。再生可能熱生産設備の占める割合はここ数年間安定しており、全暖房設備販売に占める割合も平均で約12.2%になっている。新しい再生可能暖房設備の設置は、基本的に化石燃料技術から再生可能技術への転換であり、既に設置されている再生可能熱生産設備の交換への投資であることは稀であろう。このため、割合は比較的低いとはいえ、毎年安定的な増設が行われ続けることで、熱市場における再生可能エネルギーの割合は、程よい速さで、しかし確実に上昇している。特に居住用の新築建物に関し、ここ数年間、再生可能エネルギー使用の継続的な増加が認められる。もっとも2011年以降、この増加傾向は若干弱まっている。

図16: 完成した新築居住用建物に設置された暖房構成の推移



*Vor 2011 war in den Baufertigstellungsstatistiken Holz als Heizenergie unter dem Posten „Sonstige“ (Heizenergie) subsumiert.
Quelle: StBA

2014年に建設が承認された計138,375の居住用・非居住用建物のうち、19,789件については、例外規定のためにEEWärmeGに基づく再生可能エネルギーを利用する義務はなかった。利用義務が課せられる残りの118,586件のうち一部は、この義務を再生可能エネルギー利用以外の措置だけをとることで満たしている（例えばヒートポンプの設置）。EEWärmeGは、いわゆる代替措置（例えば、省エネルギー令（EnEV）基準）や様々な達成オプションの組み合わせ（例えば太陽熱設備とEnEV基準の達成）も認めている。これにより、2014年に、EEWärmeGの利用義務達成のための様々な措置が、計168,263件申請された。その結果、2014年に承認された新築建物のうち3分の2以上が、再生可能エネルギー利用を少なくとも計画には組み入れていた。もっともこの中で、居住用建物と非居住用建物で重大な違いがある。

- 2014年に新規承認された居住用建物のうち、EEWärmeGの利用義務を免れたのは3%に過ぎなかった。新規承認された1戸建て・2戸建て住宅の80%には、再生可能エネルギーが組み込まれていた（達成オプション単独か、組み合わせによる義務履行）。¹⁵
- 2014年に新規承認された非居住用建物（オフィス・行政・事業所建築）に関しては、逆に約61%が、例外規定によって利用義務を免れている。残りの建物のうち、半数が再生可能エネルギーを組み込んでおり、残りの半数はまだ潜在性が利用されていない。

ここ数年間で、再生可能エネルギー利用技術の開発が更に進展した。例えばヒートポンプ部門では、一部は大幅に効率性が向上しており、バイオマス設備では元々非常に高かった効率性が更に高くなった。太陽熱設備については、これまで太陽熱利用が普及していなかったプロセス熱の利用可能性が向上するなど、変化が進んでいる。同時に、太陽熱設備をシステム全体により効率的に結びつけること

¹⁵ 報告・通知義務のある建築計画、又は承認決定手続を経ない建築計画、即ち建築承認義務の無い1戸建て・2戸建て住宅については、建築承認統計では把握されていない。

を可能にする統一コンポーネントによる解決が、より普及している。

従来型技術と比べた再生可能エネルギー利用設備の経済性は、建物の大きさや設備の必要出力といったパラメーターに決定的に左右される。特定の月の暖房費を比較すると、再生可能エネルギー利用設備では、投資コストは比較的大きいものの、稼働コストは化石燃料で稼働する設備よりも小さくなっている。特に暖房設備の利用期間と燃料需要を、建物の規模・エネルギー状況毎に考慮すると、多くの事例で、特により規模の大きい建物で、再生可能エネルギー利用設備は、化石燃料技術を用いる設備の経済的代替品になっていることがうかがえる。

市場インセンティブプログラムの枠内でEEWärmeG第13条によって法的に定められた助成金が有する効果から、EEWärmeGが化石燃料の消費と温室効果ガス排出の推移に与える影響が導き出される。2009年から2013年の間に補助金を利用して建設された再生可能熱生産設備によって、2013年以降、毎年計35億3400万トンの二酸化炭素に相当する排出量が削減されている。様々な手段と措置を通じて新築の建物で再生可能エネルギーをより積極的に利用するインセンティブを設けることで、EEWärmeGが数の上では大幅に少ない新築分野に与える効果の評価を別に行うことができる。それにも拘らず、示唆的な見積もりを行うために、2009年から2012年の間の、EEWärmeGの発効以降に新築された建物における化石燃料利用・温室効果ガス排出と、同時期にEEWärmeGが発効していなかったものと仮定した場合の排出・利用を比較する。2013年については、まだ十分なデータベースを利用できないため、2009年から2012年の実測値のトレンドが延長される。比較によって、2009年から2013年の間にEEWärmeGが発効していた場合は、そうでなかった場合に比べ、化石燃料の消費にすると約18%（約1.4TWh）、温室効果ガスの削減量にすると約17%（二酸化炭素相当で約30万トン）が減少していたということが明らかになった。この比較は新築の建物について行ったものであり、EEWärmeGは新築分野の正に重要な法規制上の手段であるので、確認された効果がEEWärmeGに起因しているということは確実であろう。これにより、EEWärmeGが、化石燃料を節約し、温室効果ガス排出を削減するのに有効な手段であることが明らかになった。

連邦州によるEEWärmeG実行状況に関して述べると、これまでに複数の連邦州が、管轄に関する規定のみならず、その他の行政段階や手続に関する規定も公布していることが明らかになっている。これらの州は、例えば証明書提出、申請用紙の標準化、又は抜き打ち検査といった様々な実行分野で、部分的に異なるアプローチをとっている。

こうして、EEWärmeGの手段としての有効性が証明された。もっとも、これまでの経験から、個々の点については、法律を改善する可能性がある根拠が示されている。こうした状況の中で、現在、省エネルギー令とEEWärmeGの調整に関する調査が行われている。この調査によって、上記の規定を目的に合わせて更に発展させるために重要な見識がもたらされ、適切な調整が行われることになるであろう。調査の結果について、ここで先んじて述べることはしない。そのほか、特に不明点を解明し、法を現行の枠組みに適合させることに貢献する法改正の可能性についても考察されている。

添付資料 2. イギリス：Microgeneration Certificate Scheme (MCS) の概要

i) 設立の経緯

MCS は、設備容量 50kW 以下の小型発電（発熱）設備の製品およびサービスに対し、一貫性のある基準に基づき独立して認証を与えることを目的としている。この制度の下、「MCS マーク」を表示/使用する製品および設置者は MCS の認証を受けることが求められ、設置者については、公正取引庁による消費者規範認証機構（Consumer Code of Approval Scheme：CCAS）に沿った実施基準に参加/登録することが求められる。

2006年に、BRE Global 社が、当時のビジネス・企業・規制改革省（BERR）（現在のエネルギー・気候変動省（DECC））から制度の開発、また、最初の認証機関として、製品および設置者を認証する役割を 2 年契約で任された。2008 年 11 月に、MCS は制度開発段階を終え、政府ではなく小型発電業界自身が資金供給および管理を行う新しいステージに移行した。

ii) 制度組織

MCS の運営にかかる各主体の役割は以下の通り。

- 利害関係者パネル（Stakeholder Panel）

認証機関、省庁、事業者団体、その他利害関係者等の業界代表者から構成されるパネルが、制度を率いている。

- テクニカルワーキンググループ（Technical Working Group）

技術およびスキルの進展と共に制度を常に更新していくため、制度の新基準策定を引き受けている。

- MCS 認証機関

MCS 認証機関となるためには英国認証機関認定審議会（United Kingdom Accreditation Service (UKAS)）による認証を受ける必要がある。適任の組織であれば、どの組織でも、UKAS に申請を行うことが可能。MCS 認証機関とは、MCS 基準を満たしている製品および設置者を認証する機関のこと。この認証を受けて当該製品または設置者は「MCS マーク」を表示/使用することが可能となる。

- Gemserv

制度の管理運営者である Gemserv は、ライセンスを受けた者（Licensee）としての役割を担っている。これは、エネルギー・気候変動省（DECC）が任命する、業界から独立した組織である。MCS によってイギリス国内外の小型発電業界の進展を継続させることを念頭に入れて、制度の管理および調整を任されている。

2. 欧州主要国における再生可能エネルギー電気の入札制度調査

2.1 イギリス

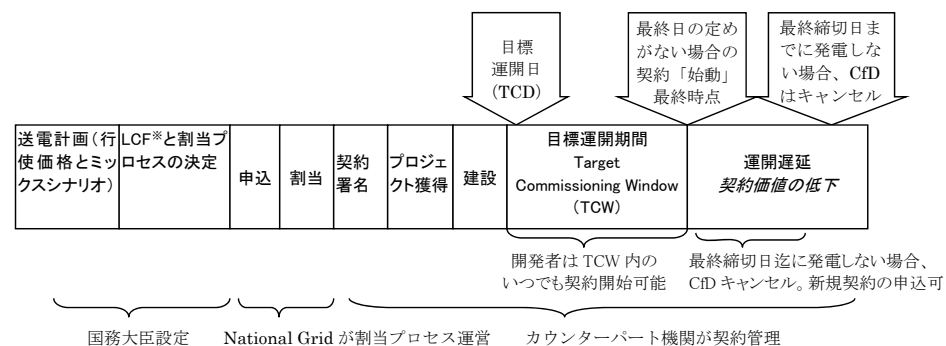
イギリスでは、2002 年度より大規模再生可能エネルギー発電設備への導入支援策として Renewables Obligation (RO) と呼ばれるクォータ義務付け制度が施行されてきた。しかし、「2013 年エネルギー法（Energy Act 2013）」に基づき、2014 年度からは低炭素発電事業者を対象とした差額決済契約型（CfD：Contracts for Difference）FIT という形の長期契約システムが導入された。

この CfD FIT は、低炭素発電事業者と CfD カウンターパートとなる Low Carbon Contracts 社（政府所有の有限責任会社）との間で、個別の差額決済契約（CfD）を締結する。本契約のもと、レファレンス・プライス（参照価格）がストライクプライス（行使価格）を下回る場合には、発電事業者が差分を受け取り、上回った場合には、発電事業者が Low Carbon Contracts 社に差分を支払う仕組みとなっている。

この CfD FIT 契約を締結する低炭素発電事業者を選定する際に、割当（アロケーション）プロセスの中で、よりストライクプライスの低いプロジェクトを入札方式で選定している。以下では、この CfD FIT にかかる入札制度について、その制度概要や特徴を整理する。

2.1.1 入札制度の制度概要と特徴

イギリスの CfD FIT では、プロジェクトの開発者は、送電系統運用者（National Grid 社）による「割当（アロケーション）」を受ける段階と実際の投資契約を締結する段階の二段階にわたって支援を受ける。



※LCF（Levy Control Framework）：賦課金管理枠組み

図 2-1 イギリス：CfD FIT 対象プロジェクトのスケジュールイメージ

出典）エネルギー・気候変動省（DECC）資料をもとに作成

上記の割当（アロケーション）手続きの中で、申請プロジェクトが、あらかじめ定められた CfD 予算を超過した場合に入札が行われる。入札制度の制度設計の概要は下表のとおり。

表 2-1 イギリス：差額契約型（CfD）FIT 制度における入札制度概要

根拠法令	2013 年エネルギー法（Enrgy Act 2013 Chapter 32）
制度開始年	2014 年度～
対象設備	・5MW 以下の太陽光、風力、嫌気性消化、水力発電は、別途 FIT 制度の対象のため入札制度対象から除外
実施主体	・National Grid 社（送電系統運用者）：入札実施・運営 ・Low Carbon Contracts 社*：落札後の契約管理 ※政府が 100%株式を保有している民間事業者
支援期間	・15 年間
支援枠 （入札容量）	・募集容量の設定なし。 ・賦課金管理枠組み（Levy Control Framework）で設定された低炭素発電への補助金に年間上限額を設定しており、その上限額の範囲内で設定された年度別 CfD 予算内となるように落札プロジェクトを決定。
年間入札回数	・年 1 回（予定）
入札上限価格	・向こう 5 年間のエネルギー源別、運開年度別の行使価格（ストライクプライス）が公表されており、これを上限価格として入札を実施
入札下限価格	・なし
落札者決定方式	・エネルギー源別の管理上のストライクプライス、稼働年度等のパラメーターをもとに評価して、落札者を決定
導入担保手法	・民間事業者が契約業務、申請計画通り進んでいるかをチェック ・契約調印時から 12 ヶ月以内に開発事業者にプロジェクトの具体的な進捗を求め、達成できない場合、契約解約 ・開発事業者が一定の期間までに運開しない場合は支援額が減額され、過度の供給遅延時には契約解除

出典）エネルギー・気候変動省資料をもとに作成

イギリスの CfD FIT における入札の特徴としては、エネルギー・気候変動大臣があらかじめ CfD FIT の予算を公告し、その範囲内で対象プロジェクトの選定を行うことである。この予算公告では、エネルギー源で分類された「ポット」別、年度別に予算が配分され、予算と容量を参考に特定のテクノロジーに関して、下限（Minima）と上限（Maxima）を規定することもできる。

2014 年度に実施された第 1 回アロケーションラウンドでは、下表のポットに分けて予算が配分された。

表 2-2 イギリス：CfD FIT アロケーションラウンド 1 でのポット分類

ポット 1	確立済テクノロジー 陸上風力（5MW 超）、太陽光（5MW 超）、廃棄物 CHP、水力（5～50MW）、埋立ガス、汚泥ガス
ポット 2	未確立テクノロジー 洋上風力、波力、潮力、先進転換技術（ACT）、嫌気性消化（5MW 超）、バイオマス専焼 CHP、地熱
ポット 3（予定）*	確立済テクノロジー バイオマス変換
ポット 4（予定）*	スコットランド諸島陸上風力プロジェクト

* ポット 3 とポット 4 に関しては、第 1 回アロケーションラウンドでは募集せず。

出典）National Grid, “CfD Implementation Coordination 21st July Final”¹⁶

なお、第 1 回アロケーションラウンドでは、低炭素発電のうち原子力発電や二酸化炭素貯留（CCS）付き火力発電は対象外となっている。また、2010 年度より施行している小規模設備を対象とした FIT 制度の対象となる 5 MW 以下の嫌気性消化、水力、陸上風力、太陽光発電設備、既に RO 制度や NFFO 制度といった従来の支援制度で認定を受けた設備、英国外（北アイルランドを含む）に立地する設備は対象から除外される。

上記のポット分類とあわせて、予算公告ではポット別の 2020 年度までの CfD 予算も定められた。

表 2-3 イギリス：アロケーションラウンド 1 予算公告でのポット・年度別 CfD 予算

単位：100 万ポンド（2011 年度実質価格）

	15 年度	16 年度	17 年度	18 年度	19 年度	20 年度
CfD 予算	50	220	325	325	325	325
ポット 1（確立済テクノロジー）	50	65	65	65	65	65
ポット 2（未確立テクノロジー）	-	155	260	260	260	260

出典）エネルギー・気候変動省, “Budget Revision Notice for CfD Allocation Round 1”¹⁷

なお、本公告で規定された予算は、2011 年度の価格に基づいた実質ベースであるため、CPI（消費者物価指数）を使用し、下記の式で名目価格に換算される。

$$CPI\ Adjustor_{£2011/2012 \rightarrow £2012} = \frac{Average\ CPI_{2012}}{Average\ CPI_{2011/2012}}$$

¹⁶ <http://www2.nationalgrid.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=34946>

¹⁷ https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/398665/150127_Budget_Revision_Notice_for_CfD_Round_One.pdf

その後、Cfd FIT 契約の締結を希望する事業者からの申請書受付手続きが進められるが、原則として、あらかじめ定められた Cfd 予算の範囲内であれば、申請された全プロジェクトが、下表にある管理上のストライクプライス (Administrative Strike Price) の権利を得ることになる。

表 2-4 イギリス：2013 年 12 月公表の管理上の Cfd ストライクプライス

単位：ポンド/MWh

エネルギー源	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度
先進転換技術 (ACT)	155	155	150	140	140
嫌気性消化	150	150	150	140	140
バイオマス専焼 CHP	125	125	125	125	125
廃棄物 CHP	80	80	80	80	80
地熱	145	145	145	140	140
水力	100	100	100	100	100
埋立ガス	55	55	55	55	55
汚泥ガス	75	75	75	75	75
洋上風力	155	155	150	140	140
陸上風力	95	95	95	90	90
バイオマス変換	105	105	105	105	105
大規模太陽光	120	120	115	110	100
潮力・波力	305	305	305	305	305
スコットランド島嶼陸上	—	—	—	115	115

出典) エネルギー・気候変動省, “Investing in renewable technologies – Cfd contract terms and strike prices”

Cfd FIT の枠組みで、Delivering Body としてアロケーションプロセスを担う送電系統運用者の National Grid は、当該アロケーションラウンドにおいて入札が必要になるかを判断する。いずれかの年度において Cfd 予算を超過している場合、上記の管理上の Cfd ストライクプライスを上限価格として入札手続きに進むことになる。

入札が必要となった場合、送電系統運用者である National Grid 社は、アロケーション枠組みに従って、関係のある適格申請者に入札公告を出し、封印入札への応札を募る。応札期間は 5 営業日である。

封印入札期間中、以下の原則に従い、National Grid 社は落札プロジェクトを決定していくことになる。

表 2-5 イギリス：Cfd FIT のアロケーションにかかる入札期間中の原則

- ・申請者は、£ 建てで希望のストライクプライスを提出しなくてはならない。
- ・申請者は、それぞれの入札に関して、運開予定日および運開予定日ウィンドウ開始日を提出しなくてはならない。
- ・提出ウィンドウ期間に、申請者は申請を取り下げることができる。
- ・提出ウィンドウ期間に、申請者は入札を取り下げ、再応札することができる。
- ・該当する管理上のストライクプライスを超えた価格では応札できない。
- ・封印入札ウィンドウが締め切られた後は、Delivery Body (National Grid 社) はいかなる応札も受け付けない。
- ・封印入札に応札しない申請者は、管理上のストライクプライスと同価格、かつ元の申請書と発電容量の運開予定日と発電容量であるデフォルト入札を割り当て。
- ・申請者は、1 プロジェクトにつき 10 件まで応札 (フレキシブルビッド) が可能。
 - (a) 当初申請と運開予定日が同じか、それ以降でなくてはならない。
 - (b) 当初申請と容量が同じか、それ以下でなくてはならない。
 - (c) 入札価格、容量、運開予定日の様々な組み合わせである。
 - (d) 同じ導入年度に 3 件以内の入札である。

出典) LCCC, “Contract for Difference User Guide- Issue 2”¹⁸より作成

基本的に同じポット内のすべてのプロジェクトは、導入年度にかかわらず、ストライクプライスベースで競争を行う。プロジェクトの落札順は、ストライクプライスが低いものから高いものとなる。また、それぞれの年度で、最も高い落札プロジェクトの価格がすべてのプロジェクトの決済価格(但し、技術別の管理上のストライクプライスを上限とする)となる。

なお、複数の入札でストライクプライスが重複した場合、タイブレーカー・ルールが適用される。第 1 のルールは、利用可能な予算を最大限活用することである。つまり、プロジェクトを組み合わせ、最終導入年度の予算ぎりぎりまで使い切るということである。それでも決まらない場合、ランダムアロケーションの適用となる。

入札の評価式の概要は、以下のとおり。

表 2-6 イギリス：Cfd FIT アロケーションの入札にかかる個別プロジェクトの評価式

$$\text{Cfd 予算への影響度 (Budget Impact)} = (\text{ストライクプライス}_{\text{技術・運開年度別}} - \text{基準価格}_{\text{予算年度}}) \times \text{稼働率}_{\text{技術・予算年度別}} \times \text{発電日数} \times \text{設備容量} \times (\text{日数}_{\text{予算年度}} \times 24) \times (1 - \text{送電ロス係数}_{\text{予算年度}}) \times \text{再生可能適格係数}_{\text{技術別}}$$

出典) エネルギー・気候変動省, “Contract for Difference: Final Allocation Framework for the October 2014 Allocation Round”

18

<https://www.emrdeliverybody.com/Contracts%20for%20Difference%20Document%20Library/CFD%20User%20Guide.pdf>

上記の評価式のうち、評価を行う際のストライクプライスは、申請時は表 2-4 に記載のある管理上のストライクプライス、入札における CfD 予算への影響度を評価する時は申請者による入札時の価格となる。また、発電日数は、初年度における一部期間である発電日数に相当する因数であり、以降 1 となる。

エネルギー・気候変動省が、年度ごと、テクノロジーごとにアロケーション枠組みで設定する基準価格、稼働率、送電ロス係数、再生可能適格係数は、以下のとおりとなる。

表 2-7 イギリス：CfD FIT アロケーション枠組みで設定された評価パラメーター

基準価格 (2012 年価格)		単位：ポンド/MWh				
	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度
基準価格	51.06	52.88	50.52	48.93	49.32	53.43

稼働率

テクノロジータイプ	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度
先進転換技術 (CHP 有・無)	64.5%	64.5%	64.5%	64.5%	64.5%	64.5%
嫌気性消化 (5MW 超)	59.4%	59.4%	59.4%	59.4%	59.4%	59.4%
バイオマス変換	64.5%	64.5%	64.5%	64.5%	64.5%	64.5%
バイオマス専焼 (CHP 有)	64.5%	64.5%	64.5%	64.5%	64.5%	64.5%
廃棄物 CHP	42.5%	42.5%	42.5%	42.5%	42.5%	42.5%
地熱 (CHP 有・無)	91.2%	91.2%	91.2%	91.2%	91.2%	91.2%
水力 (5MW~50MW 以下)	34.5%	34.5%	34.5%	34.5%	34.5%	34.5%
埋立ガス	56.7%	56.7%	56.7%	56.7%	56.7%	56.7%
下水ガス	51.0%	51.0%	51.0%	51.0%	51.0%	51.0%
洋上風力	37.7%	37.7%	37.7%	37.7%	37.7%	37.7%
陸上風力 (5MW 超)	26.7%	26.7%	26.7%	26.7%	26.7%	26.7%
太陽光 (5MW 超)	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%
波力・潮力	31.0%	31.0%	31.0%	31.0%	31.0%	31.0%

送電ロス係数

	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度
送電ロス係数	0.0085	0.0085	0.0087	0.0088	0.0089	0.0089

再生可能適格係数

テクノロジータイプ	再生可能適格係数
先進転換技術 (CHP 有・無)、廃棄物 CHP	0.635
その他テクノロジータイプ	1.000

出典) エネルギー・気候変動省, "Contract for Difference: Final Allocation Framework for the October 2014 Allocation Round"

2.1.2 入札制度と従来施策における支援レベルの違い

2015 年 2 月に、エネルギー・気候変動省は、CfD FIT における支援対象プロジェクトを決定する第 1 回オークションの結果を公表した。

テクノロジー、年度、決済価格 (クリアリングプライス) ごとの結果の内訳は下表のとおり。なお、落札プロジェクトの情報は公表するものの、入札されたプロジェクトの総量は公表されていない。

表 2-8 イギリス：アロケーション 1 入札結果 (テクノロジー、年度、決済価格別)

テクノロジー		2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	総設備容量
先進転換技術 (ACT)	£/MWh			119.89	114.39	
	MW			36.00	26.00	62MW
洋上風力	£/MWh			119.89	114.39	
	MW			714	418	1,162MW
陸上風力	£/MWh		79.23	79.99	82.50	
	MW		45.00	77.50	626.05	748.55MW
太陽光	£/MWh	50.00	79.23			
	MW	32.88	38.67			71.55MW
廃棄物 CHP	£/MWh				80.00	
	MW				94.75	94.75MW

出典) エネルギー・気候変動省資料をもとに作成

また、テクノロジーごとの管理上のストライクプライスと比較して、最も低い決済価格の減額率は以下のとおり。

表 2-9 イギリス：アロケーション 1 入札結果における上限価格と決済価格の差

テクノロジー	管理上のストライクプライス	最低決済価格	最大減額率
先進転換技術 (ACT)	140 £/MWh	114.39 £/MWh	18%
洋上風力	140 £/MWh	114.39 £/MWh	18%
陸上風力	95 £/MWh	79.23 £/MWh	17%
太陽光	120 £/MWh	50.00 £/MWh	58%
廃棄物 CHP	80 £/MWh	80.00 £/MWh	0%

出典) エネルギー・気候変動省資料をもとに作成

イギリスでは、2002 年度以降、Renewables Obligation (RO) と呼ばれるクォータ義務付け制度で支援を行っていた。そして、RO 制度から CfD FIT 制度への移行に際して、2016 年度までは原則として両制度を併用する移行期間としていた。

特に、CfD FIT 制度における 2014～16 年度の管理上のストライクプライスを設定する際には、所管省であるエネルギー・気候変動省は、「RO マイナス X (RO・X)」という考え方をベースとしている。この「マイナス X」には、再生可能プロジェクト履行の際の必要収益率、つまりハードルレートは RO 制度よりも CfD FIT 制度の方が電力購入契約におけるリスクが低いという前提条件が反映されている。これにより、2016 年度までは、RO 制度と CfD FIT 制度でほぼ同等のインセンティブが保証されることを前提として制度設計が検討された。そうした過程を経て設定された管理上のストライクプライスに対して、アロケーション 1 の最低決済価格は、2016 年度稼働の風力発電は 17%、2015 年度稼働の太陽光発電は 58%も引き下げとなった。このことから特にポット 1 の確立済テクノロジーに関しては、CfD FIT に基づく入札の導入に伴い、大幅に支援レベルが低下していることが伺える。

2.1.3 落札後の管理の仕組み

入札等を含むアロケーションプロセスを経て、CfD FIT 契約の権利を得た発電事業者は、CfD カウンターパートである Low Carbon Contracts 社 (LCCC) と CfD FIT 契約を締結する。規則 (Regulations) において、CfD FIT 契約の標準条項に含めるべき種類の条項、または契約を申し出る前に、カウンターパートがこれらの条項の調整に合意する環境および方法が規定されている。

以下では、プロジェクト稼働開始までの CfD FIT カウンターパートによる契約管理の手法についてとりまとめる。

(1) 目標運開期間 (Target Commissioning Window)

エネルギー・気候変動省は、アロケーションラウンドごとに、テクノロジー種類別の目標運開期間 (Target Commissioning Window) として設定可能な期間を規定する。

2014 年の第 1 回アロケーションラウンドで設定された期間は下表のとおり。

表 2-10 イギリス：アロケーションラウンド 1 で目標運開期間として設定可能な期間

エネルギー源・技術	期間
先進転換技術 (CHP 有・無)	1 年
嫌気性消化 (CHP 有・無)	1 年
バイオマス変換	1 年
バイオマス専焼 (CHP 有・無)	1 年
廃棄物利用 CHP	1 年
地熱 (CHP 有・無)	1 年
水力	1 年
埋立ガス	6 ヶ月
洋上風力	1 年
陸上風力	1 年
下水ガス	1 年
太陽光	3 ヶ月
潮力・波力	1 年

出典) エネルギー・気候変動省, “The Contracts for Difference (Standard Terms) Regulations 2014 CFD Standard Terms Notice”¹⁹

この目標運開期間は、契約期間を通じて CfD FIT 契約で定められた差額契約を全額享受するために、プロジェクトが稼働開始しなくてはならない期間である。プロジェクト開発事

¹⁹

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/348202/The_Contracts_for_Difference_Standard_Terms_Regulations_2014_-_CFD_Standard_Terms_Notice_29_August_2014_.pdf

業者は、目標運開日 (Target Commissioning Date) が目標運開期間内になるように、目標運開期間の開始日を指定することができる。プロジェクト開発事業者は、この目標運開期間内で、当該設備の完工と運開を迎える必要がある。

前提条件を充足し、目標運開期間内もしくは期間以前に発電を開始した再生可能発電事業者 (第 1 回アロケーションラウンドの対象に含まれていないバイオマス変換を除く) は、15 年間にわたり、CfD FIT 契約に基づく差額決済を受けることができる。なお、発電事業者は、目標運開期間の開始日より前に発電していたとしても、CfD FIT 契約に基づく差額決済の支払いを受けることはできないが、電力を通常的手法により売電した収益を受けることは可能となっている。

プロジェクトが、目標運開期間内に稼働できなかったか、もしくは稼働しても前提条件を充足することができない場合、発電事業者が差額決済の支払いを受ける期間は、後述する Longstop Date までの遅延期間に応じて短縮される。

なお、プロジェクト開発事業者の管轄外であり、契約に影響を与える遅延や中止は、CfD FIT 契約の不可抗力 (force majeure) 条項による免責を適用する。

(2) 運開遅延の場合の措置

CfD FIT 契約を締結した各プロジェクトは、契約条項に含まれる目標運開期間に運開できなかった場合、同じく契約条項に含まれる Longstop Date までに商業運転を開始しなくてはならない。開始できない場合には、CfD FIT 契約の解除につながる。

Longstop Date についても、テクノロジー種類別に時間的猶予が設定されている。

表 2-11 イギリス：アロケーションラウンド 1 における Longstop Date の期間

エネルギー源・技術	期間
埋立ガス	6 ヶ月
洋上風力	2 年
その他適格エネルギー源	1 年

出典) エネルギー・気候変動省, “The Contracts for Difference (Standard Terms) Regulations 2014 CfD Standard Terms Notice”

Longstop Date 設定の目的は、契約上の義務に則して運開できないプロジェクトに、CfD 予算が紐づけられないようにし、新規申請者に対して予算の再配分を可能にすることである。

(3) CfD FIT 契約締結後の設備容量変更プロセス

CfD FIT 契約の締結後に、発電事業者は、一定条件を満たした場合にプロジェクトの設備容量を変更することができる。

発電事業者は、CfD FIT 契約を締結した際の申請容量に関して、目標運開日までに 5% の削減が追加的なコスト (ペナルティ) なく認められている。また、適格となるプロジェクトに対し、Longstop Date までに、CfD FIT 契約の全期間にわたり差額決済を受けるため、

目標運開日までに調整済み契約設備容量の 95% 以上の達成を求めている。そのため、目標運開期間の終期までに、追加的なコストなしでさらに 5% の調整が認められており、申請容量の合計 10% までは設備容量の調整が可能となる。

加えて、発電事業者には、CfD FIT 契約が解除される前に、追加的なコスト負担によるさらなる設備容量の調整が認められている。達成設備容量が、目標運開日までに調整済みの契約設備容量に満たない場合、享受できるストライクプライスを設備容量の未達成分に応じて引き下げることで契約解除を免れることが可能となっている (調整済みの契約設備容量の未達成分 1% に対して、ストライクプライスを 0.5% 引き下げ)。なお、引き下げられたストライクプライスで運開し、その後の追加稼働により設備容量が増加した場合、Longstop Date 前であれば達成済みの設備容量を引き上げることが認められている。

2.2 フランス

フランスの再生可能電力分野の導入促進施策としては、これまで、原則として固定価格買取制度（特定地域に立地する風力発電設備を除いて12MW以下を対象）を主要促進制度としている。但し、「2000年電力自由化法」の第6条に基づき政府が策定する「発電への投資複数年計画」の目標設備容量の未達成分については、補完的にエネルギー源別に競争入札制度を実施している。

また、2011年3月以降、それ以降に新規設置される新規太陽光発電設備のうち、100kW超の設備は、原則として競争入札制度により支援対象設備を選定することとなった。

本項では、この100kW超の太陽光発電設備を対象とした入札制度について、その制度概要や特徴を整理する。

2.2.1 入札制度の制度概要と特徴

2011年3月以降に導入された太陽光発電を対象とした入札制度は、100～250kWの屋根設置型設備と250kW超の設備を対象とした入札の2つに分類される。2つの入札制度のうち、250kW超の太陽光発電を対象とした入札制度の概要は、下表のとおり。

表 2-12 フランス：250kW超太陽光発電を対象とした入札制度概要

根拠法令	2000年電力自由化法 2011年3月4日付アレテ、2013年1月7日付アレテ
制度開始年	2011年
対象設備	・250kW～12MWの屋根設置型、地上設置型太陽光
実施主体	・エネルギー規制委員会（CRE）：一次審査 ・エコロジー・持続可能開発・エネルギー省（MEDDE）：二次審査
支援期間	・20年間
支援枠 （入札容量）	・少なくとも年間400MW
年間入札回数	・年1回
入札上限価格	・募集カテゴリーごとに設定
入札下限価格	・募集カテゴリーごとに設定
落札者決定方式	・総合評価方式（支援価格、環境影響、産業リスク、モジュールのカーボンフットプリント等をもとに総合評価点を算出）
導入担保手法	・プロジェクトごとに1MWあたり50,000ユーロの建設保証を提供するが、一定条件を満たすと段階的にリリース ・落札決定通知の受領から22ヶ月経過後、遅延した期間に2倍を乗じた期間、落札価格での支援期間が20年から短縮 ※系統運用者の工事遅延による場合は、連系工事完了後2ヶ月以内に設置すれば免責

出典) エネルギー規制委員会資料をもとに作成

フランスにおける250kW超の太陽光発電設備を対象とした入札制度の特徴としては、支援価格だけでなく、プロジェクトの環境影響やイノベーションへの貢献等も加味したいわゆる総合評価方式で落札プロジェクトを決定する点にある。

2014年11月に募集が開始され、2015年6月に締め切られた第3回入札では、例えば地上設置型設備では、下表のとおり、評価項目における支援価格の評価点は100点中の46点で、環境影響等も含めたその他の評価項目が50点以上を占めている。

表 2-13 フランス：250kW超太陽光発電を対象とした第3回入札の評価基準

評価基準	スコア上限		
	地上設置型	屋根設置型、 カーポーター一体型	
価格	46	50	
環境影響	荒地地利用	10	N/A
	環境へのシステム統合	10	N/A
	カーボンフットプリント評価	20	35
イノベーション貢献	10	15	
計画認可ボーナス	4	N/A	
合計	100	100	

出典) エコロジー・持続可能開発・エネルギー省, "Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire d'une puissance supérieure à 250 kWc"

このうち、カーボンフットプリント評価は、入札仕様書でモジュールの生産国・タイプごとの生産にかかるカーボンフットプリントが規定されており、よりカーボンフットプリントが低い機器を採用しているプロジェクトが高い評価を得る仕組みとなっている。

また、その他の環境影響や計画認可ボーナス、イノベーション貢献の評価項目に関しては、プロジェクトごとに提出された書類をもとに、審査機関であるエネルギー規制委員会（CRE）が確認を行い、最終的にエコロジー・持続可能開発・エネルギー省が報告を受けて決定を出す手続きとなっている。このように評価基準が複雑であるため、入札の締め切りから落札者決定まで最短でも4ヶ月の期間を要する要因となっている。

また、フランスの入札実施にあたっては、募集カテゴリーごとに上限価格に加えて下限価格を定めている。上記の第3回入札で設定された上限・下限価格は下表のとおり。

表 2-14 フランス：250kW 超太陽光発電を対象とした第 3 回入札の上限・下限価格

単位：ユーロ/MWh

募集カテゴリー	下限価格	上限価格
1-a. 屋根部分一体型 (250kW～5MW)	90	200
1-b. 屋根設置型 (250kW～5MW)	90	180
2-b. 地上設置型 (~5MW)	70	150
2-b. 地上設置型 (5～12MW)	70	150
3.カーポーター一体型 (250kW～4.5MW)	90	180

出典) エコロジー・持続可能開発・エネルギー省, “Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire d'une puissance supérieure à 250 kWc”

なお、フランスでは 100～250kW の屋根設置型太陽光発電も、「簡易入札」として地上設置型設備等とは別の入札制度で支援対象を選定している。この簡易入札では、支援価格とモジュールのカーボンフットプリントの 2 つの評価基準で落札プロジェクトを決定する。

表 2-15 フランス：100～250kW の屋根設置型太陽光対象の入札制度概要

根拠法令	2000 年電力自由化法 2011 年 3 月 4 日付アレテ、2013 年 1 月 7 日付アレテ
制度開始年	2011 年
対象設備	・100～250kW の屋根設置型太陽光
実施主体	・エネルギー規制委員会 (CRE)：一次審査 ・エコロジー・持続可能開発・エネルギー省 (MEDDE)：二次審査
支援期間	・20 年間
支援枠 (入札容量)	・年間 120MW
年間入札回数	・年 3 回
入札上限価格	・なし
入札下限価格	・なし
落札者決定方式	・総合評価方式 (支援価格 20 点、モジュールのカーボンフットプリント 10 点をもとに総合評価点を算出)
導入担保手法	・プロジェクトごとに 10,000 ユーロの建設保証を提供するが、一定条件を満たすと段階的にリリース ・落札決定通知の受領から 22 ヶ月経過後、遅延した期間に 2 倍を乗じた期間、落札価格での支援期間が 20 年から短縮 ※系統運用者の工事遅延による場合は、連系工事完了後 2 ヶ月以内に設置すれば免責

出典) エネルギー規制委員会資料をもとに作成

2015 年末現在、フランス政府は、2016 年 11 月からの実施を目指して、新たな入札制度のコンサルテーションを実施している。そのコンサルテーションで提案されている制度設計でも、評価点の重み付けは異なるものの、引き続いてモジュールのカーボンフットプリントを評価に加えた総合評価方式が提案されている。

表 2-16 フランス：2016 年以降の新たな太陽光入札制度案 (2015 年 10 月時点)

●対象設備の分類					
分類 1：5～25 MW の地上設置型					
分類 2：5 MW 以下の地上設置型					
分類 3：8 MW 以下の駐車場遮光スクリーン装置					
分類 4：5 MW 以下の革新設備					
●評価基準の重み付け					
評価基準	最大スコア (最小スコアは 0)				
	分類 1・2・3			分類 4	
価格	80			50	
カーボンフットプリント評価	20			-	
イノベーション貢献	-			50	
合計	100			100	
●入札期間・分類ごとの上限価格、下限価格 (単位：ユーロ/MWh)					
入札期間		分類 1	分類 2	分類 3	分類 4
第 1 期 ～2016 年 11 月 1 日	上限	110	120	170	200
	下限	50	55	80	50
第 2 期 ～2017 年 3 月 1 日	上限	106	116	164	193
	下限	48	53	77	50
第 3 期 ～2017 年 9 月 1 日	上限	102	112	158	186
	下限	47	51	74	50
第 4 期 ～2018 年 3 月 1 日	上限	99	108	153	179
	下限	45	49	72	50
第 5 期 ～2018 年 9 月 1 日	上限	95	104	147	173
	下限	43	47	69	50
第 6 期 ～2019 年 3 月 1 日	上限	92	100	142	167
	下限	42	45	67	50

出典) フランス再生可能エネルギー協会 (Syndicat des énergies renouvelables) 資料をもとに作成

2.2.2 入札制度と従来施策における支援レベルの違い

(1) これまでの入札制度の結果

フランスの250kW超の太陽光発電設備を対象とした入札制度は、CREと呼ばれており、2015年末までに計3回実施されてきた。

第1回入札公募 CRE1は、2011年9月に募集開始され、入札目標は450MWであった。募集される太陽光システムの種類は、屋根置き型地上設置型、カーポト一体型、集光型、太陽熱発電等であった。105件の事業で、計520MWが落札され、当初の目標を70MW上回った。

第2回入札公募 CRE2は、2013年に募集開始され、入札目標は400MW（建材一体型140MW、カーポト一体型60MW、太陽追尾装置付き地上設置型100MW、集光発電所（集光係数>400）20MW、集光/非集光混合型40MW+40MW）であった。応募要件は、R&D事業で、地上設置型は荒地（利用されなくなった工業用地、採石場、ごみ捨て場等）の利用の他、環境影響、産業リスク、カーボンフットプリントの評価等が含まれた。350件、計1.7GW以上の応札プロジェクトの中から、121件、計380MWが落札され、落札結果は2014年初頭に公表された。最低落札電力価格は太陽追尾装置付き地上設置型、最高落札電力価格は集光型発電設備であった。

直近のCRE3の入札では、当初400MWであった入札容量は800MWに倍増され、250kWp超の大規模太陽光プラント212件のプロジェクトが落札となった。太陽光発電費用は引下げが続いており、フランス国内でも普及が後押しされている。約20か月前に募集開始されたCRE2と比較すると、20%前後の価格引き下げとなっている。特に地上設置型は、107ユーロ/MWhから82ユーロ/MWhと23%の価格低減となっている。

表 2-17 フランス：250kW超太陽光発電を対象とした入札制度結果

入札	○募集開始 ●入札期限	容量目標 (MW)	落札結果(MW)	事業件数	支援価格* (ユーロセント/MWh)
	○応札 ●落札		○応札 ●落札		
CRE1	○2011年9月 ●2012年2月	450MW	○1,891MW ●520MW	○316 ●105	21.3
CRE2	○2013年3月 ●2013年9月	400MW	○1,726MW ●380MW	○357 ●121	大規模屋根設置:15.8 地上設置型:10.7 カーポト一体型:14.6
CRE3	○2014年11月 ●2015年6月	800MW (募集当初は400MW)	○2,291MW ●800MW	○598 ●212	大規模屋根設置:12.9 地上設置型:8.2 カーポト一体型:12.4

*システムの源別で落札事業で算出された加重平均価格。暫定値。

出典) ADEME, "National Survey Report of PV Power Applications in France 2014"

(2) 従来施策における支援レベルとの違い

フランスでは、太陽光発電については、2002年に固定価格買取（買取期間20年間）を開始して以降、2006年7月、2010年1月、2010年9月に買取価格の改定が行われてきた。2010年9月の改正では、住居目的の建物に設置される3kW以下の建物一体型の太陽光発電設備については、58.0ユーロセント（81.2円）/kWhの買取価格が維持されたが、地上設置型設備については、買取価格が引き下げられた。

表 2-18 フランス：本土の地上設置型太陽光発電設備に適用の買取価格（～2010年）

2002年3月13日 アレテ	2006年7月10日 アレテ	2010年1月12日 アレテ	2010年8月31日 アレテ
【区分なし】 15.25 ユーロセント	◆地上設置型 30.0 ユーロセント	◆地上設置型 31.4 ～37.7 ユーロセント ※立地点の日射条件により 価格調整	◆地上設置型 27.6 ユーロセント ※立地点の日射条件により 価格調整

出典) エネルギー規制委員会資料をもとに作成

フランスでは、支援価格以外の要素も含めた総合評価方式の入札を採用しているために、従前の固定価格買取制度に基づく買取価格と単純に比較はできないが、2010年8月31日のアレテに基づく買取価格から、3回の入札結果に価格低減効果が見られる。

但し、2011年3月4日付アレテ以降に建物設置等以外の設備に適用される買取価格（下表参照）と比較すると、第2回（CRE2）及び第3回（CRE3）の地上設置型設備の平均落札価格は高めの結果となっている。

表 2-19 フランス：建物設置以外の太陽光発電設備に適用の買取価格（2011年～）

単位：ユーロセント/kWh

2011年			12年			13年		
3月	7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月
12.00	11.68	11.38	11.08	10.79	10.51	8.40	8.18	7.96
13年		14年			15年			
7月	10月	1月	4月	7月	10月	1月	4月	7月
7.76	7.55	7.36	7.17	6.98	6.80	6.62	6.45	6.28

出典) エネルギー規制委員会資料をもとに作成

2.2.3 落札後の管理の仕組み

(1) 事業者による申請手続き

入札に参加する事業者は、エネルギー規制委員会（CRE：Commission de régulation de l'énergie）に対して、必要な書類を提出する。エネルギー規制委員会が第一次書類審査を2週間でを行い、エコロジー・持続可能開発・エネルギー省（MEDDE：Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie）が4ヶ月かけて第二次書類審査を行う。

必要書類等の要件は下表のとおり。

表 2-20 フランス：250kW 超太陽光発電を対象とした入札制度の参加要件

申請に必要な提出書類	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 事業の環境影響評価・産業リスク評価の調査書類 ✓ 建築許可 ✓ 太陽光電池の炭素排出簡易評価の調査書類 ✓ 太陽光発電 R&D 事業の確認書
入札参加に必要な提出書類	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 入札参加者や出資者の情報を含む事業計画 ✓ 予算リスク評価（事業の推定予算、投資額、資本・債務・ローン等予算確保、事業の推定収益等） ✓ 銀行の基本合意書
提出する財務保証	<p>1) 建設保証</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ フランス国宛に経済省の認可を受けた金融機関が発行したもので、格付会社による信用格付けが A～A2、またはそれに相当していなければならない。 ✓ 保証額は、50,000 ユーロ × 設備容量 (MW)。 ✓ 建設保証は、事業期間を 6 段階に分け、条件（機材発注、設備設置、規定内の稼働開始等）が満たされるとリリース。 <p>2) 解体保証</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ フランス国宛に経済省の認可を受けた金融機関が発行したもので、格付会社による信用格付けが A～A2、またはそれに相当していなければならない。 ✓ 保証額は、50,000 ユーロ × 設備容量 (MW)。 ✓ 設備設置から 17 年目までに発行されること。 ✓ 解体保証は、次の条件が満たされると段階的にリリース。 <ul style="list-style-type: none"> (i)事業終了後、太陽光発電設備の解体 (ii)原状回復 (iii)使用済み太陽光電池のリサイクル

出典) エネルギー規制委員会資料をもとに作成

(2) 落札後の管理の仕組み

競争入札制度の落札プロジェクトは、大臣の落札決定通知から 22 ヶ月の期間に移働開始しない場合に、遅延した期間に 2 倍を乗じた期間、落札価格での買取契約の締結期間（本来は 20 年間）が短縮される仕組みとなっている。なお、系統連系が、系統運用事業者の工事遅滞のために間に合わない場合、連系工事完了後 2 か月以内に、設備が設置されなければならない。

また、入札制度の参加時に提供した設備容量 1MW あたり 50,000 ユーロの建設保証は、事業期間の段階を踏まないとリリースされず、仮にまったく事業が進展しなかった場合には保証債務の履行請求をされることとなる。

2.3 オランダ

2.3.1 入札制度の制度概要と特徴

オランダでは、再生可能エネルギーの導入支援策として、競争入札によりプレミアム価格（FIP）制度の支援額を決定する制度（通称 SDE+）が、2011 年 7 月より実施されている。

再生可能エネルギー発電事業者を対象に、卸電力市場価格と再生可能エネルギー発電価格の差額を補填する形で、プレミアムを支給する制度となる。入札制度の概要は下表のとおり。

表 2-21 オランダ：SDE+（2015 年）の入札制度概要

根拠法令	再生可能エネルギー生産インセンティブ制度決定 (Besluit stimulering duurzame energieproductie)
制度開始年	2011 年 7 月
対象設備	新規再生可能エネルギー設備（陸上/洋上風力、太陽光、水力、バイオマス、バイオガス、地熱、波力） ※再生可能熱生産設備、コージェネを含む
実施主体	オランダ企業庁（Rijksdienst voor Ondernemend Nederland） ²⁰ ：申請受付 オランダ経済省（Minister of Economic Affairs）：予算上限・支援額決定
支援期間	風力・太陽光・水力・地熱：15 年 バイオマスは対象技術、設備に応じて設定（5～12 年）
支援枠 (入札容量)	・募集容量の設定なし ・オランダ経済省が、前年の予算消化状況、落札したプロジェクトの実現状況、電力価格見通しのシナリオの変化等を踏まえて毎年決定する予算上限に基づき、支援枠を決定
年間入札回数	・2015 年は年 9 回開催（但し、予算上限に達した時点で終了） ※2011～14 年は年 4～6 回実施
入札上限価格	・エネルギー源、入札回ごとに基準価格（上限価格）を設定
入札下限価格	・設定なし
落札者決定方式	・年間数次（2015 年は 9 回）にわたり開催される入札時期ごとに、エネルギー源別の基準価格（上限価格）が設定されており、年間予算上限に達するまで基準価格以下で入札した者が落札 ・予算以上の申請があった場合は、基本額が低い分類が優先
導入担保手法	・落札後 1 年以内に設備を受注し、エネルギー源別に定められた一定期間内（1.5 年～5 年）に稼働開始しなかった場合、罰則規定あり

出典）オランダ企業庁ホームページをもとに作成

SDE+の入札の特徴は、高額の入札者が落札されるものではなく、年間に数次にわたって実施される入札に段階別に申請する仕組みである。事業者は、どの段階の補助金額の入札に参加するか選択することができる。入札第 1 期は低コスト技術が対象で、入札後期になると、高コスト技術が対象で、補助金額も高くなる。競争力が働くのは、オランダ経済省が算定した基準価格よりも低コスト発電が可能だと考える事業者、承認される確率が高い入札早期に参加することになるためである。入札後期には、年度予算額が底を付いて申請が却下されるリスクが出てくる。これが、事業者にとって可能な限り低コストで再エネ発電をする原動力になる仕組みとなっている。

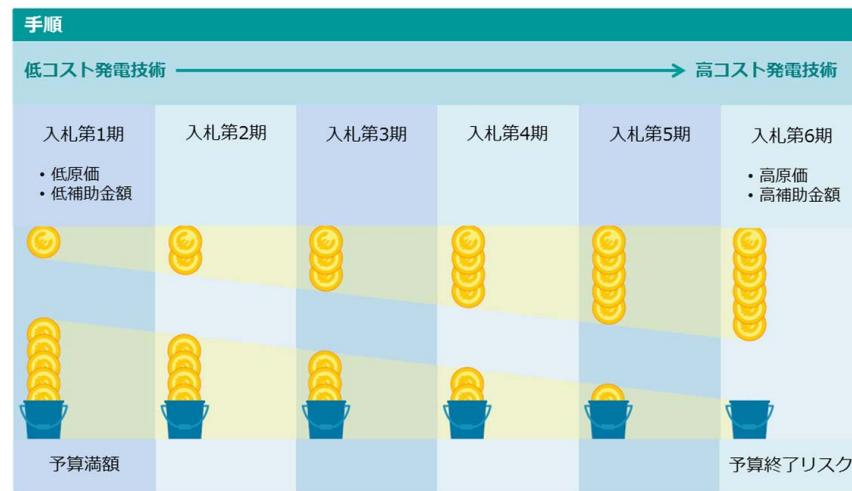


図 2-2 オランダ：SDE+の補助申請手続き（2013 年の例）

出典）オランダ会計検査院（Algemene Rekenkamer），“Promoting sustainable energy production in the Netherlands, Feasibility and affordability of policy goals”をもとに作成

年間の予算上限は全ての技術で一つとなっており、2015 年は 35 億ユーロであった。基準価格（上限価格）は、エネルギー源・設備規模等による分類別に異なり、年間予算上限以上の申請があった場合は、基準価格が低い分類が優先される。

2015 年は、3 月 31 日～12 月 17 日の間に 9 回の入札が開催され、基準価格上限は各回ごとに増額される（7～15 ユーロセント/kWh）が、予算がなくなった時点で入札は終了する。第 1 回入札では、基準価格 7 ユーロセント/kWh 以下の技術が申請可能となる。

2015 年の主なエネルギー源・分類別の入札募集時期ごとの基準価格の推移は下表のとおり。例えば 15kW 以上の太陽光は、第 1 期募集時には 7 ユーロセント/kWh 以下でしか入札できないが、第 9 期には 14.1 ユーロセント/kWh 以下の価格であれば入札可能となる。

²⁰ 2014 年、NL Agency と National Service for the Implementation of Regulations が合併して発足した、経済省傘下の企業庁。特に海外市場や新興市場での拡大を目指す国内企業への情報、財政支援を行う。

表 2-22 オランダ：SDE+（2015 年）の入札期ごとの主な源別基準価格

単位：ユーロセント/kWh

	バイオマス CHP	地熱 CHP	流水式水力* 波力	陸上風力**	太陽光 (15kW 以上)
第 1 期	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
第 2 期	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
第 3 期	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
第 4 期	9.5	9.8	10.0	9.8	10.0
第 5 期	9.5	9.8	11.0	9.8	11.0
第 6 期	9.5	9.8	12.0	9.8	12.0
第 7 期	9.5	9.8	13.0	9.8	13.0
第 8 期	9.5	9.8	14.0	9.8	14.0
第 9 期	9.5	9.8	15.0	9.8	14.1
ベース電力価格	2.8	1.9	3.6	2.9	3.5
暫定修正価格	3.4	2.4	4.3	3.9	4.5
支援期間	12 年	15 年	15 年	15 年	15 年
稼働までの期間	4 年	4 年	4 年	4 年	3 年

* 落差 50cm 未満 ** 平均風速 7.0m/s 未満のサイトを想定した支援価格

出典) オランダ企業庁, “SDE+ 2015, Instruction on how to apply for a subsidy for the production of renewable energy”

また、入札ごと、未分類枠 (free category) が設定され、対象技術の基準価格を下回る価格であれば、技術を問わず申請可能となる。2015 年に未分類枠のみで対象の技術は、新規水力、低位落差水力、波力、バイオマスガス等となっている。

2.3.2 入札制度と従来施策における支援レベルの違い

オランダでは、2003 年より「発電環境品質制度 (MEP)」と呼ばれる固定価格買取制度により、再生可能エネルギー発電設備の支援を行ってきた。その後、2008 年 4 月に新たな買取制度である「持続可能エネルギー生産促進制度 (SDE)」が導入され、市場価格にプレミアムを支給する形で、卸電力取引価格と再生可能エネルギー電力価格の差額を補填する制度に改められた。その後、2011 年 7 月から、入札により支援水準を決定する SDE+ に改正されている。

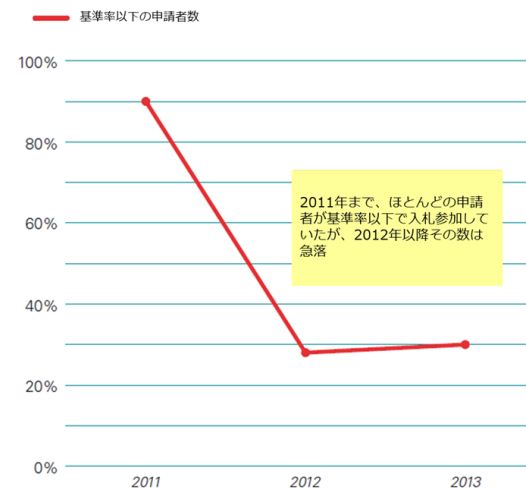
2012 年における SDE と SDE+ に基づく 1kWh あたり支援額を比較すると下表のとおり。2011 年の SDE+ の導入直後には、入札の結果、特に太陽光発電やバイオマス発電の支援価格が下がる結果となっている。

表 2-23 オランダ：2012 年における SDE と SDE+ に基づく 1kWh あたり支援額比較

	SDE	SDE+
陸上風力	5.1 ユーロセント	4.7 ユーロセント
太陽光	33.4 ユーロセント	4.1 ユーロセント
バイオマス	4.2 ユーロセント	2.9 ユーロセント

出典) オランダ経済省, “Progress report, Energy from renewable sources in the Netherlands 2011-2012”

オランダ会計検査院が 2015 年に公表した報告書²¹では、低コスト発電技術を優先させる SDE+ の段階別入札制度は、特に 2011 年～2013 年までは機能していたと評価されている。これは、入札の早期段階に人気集中し、地熱等の低コスト発電技術が補助の対象となっていたためである。多くの事業者が、高コスト発電技術でも、ベース価格以下で自発的に入札に参加していたことからこの点は裏付けられる。2013 年までは入札が 1～3 期までに集中していたが、2014 年には年の後半 (入札後期) の高額補助金の入札まで待つ傾向が見られるようになった。こうした入札効果の変化は、基準価格以下での入札の比率が激変したことからも見て取れる。2011 年には、基準価格以下で入札する事業が年間申請事業数の発電量の約 90% を占めていたが、2012 年には 28%、2013 年には 30% と大幅に低下している。



出典：Netherlands Enterprise Agency (RVO) のデータを基に、Netherlands Court of Audit が算出

図 2-3 オランダ：SDE+ で基準価格以下での入札事業の比率 (2011～2013 年)

出典) オランダ会計検査院 (Algemene Rekenkamer), “Promoting sustainable energy production in the Netherlands, Feasibility and affordability of policy goals” をもとに作成

²¹ オランダ会計検査院 (Algemene Rekenkamer), “Promoting sustainable energy production in the Netherlands, Feasibility and affordability of policy goals”

上述のオランダ会計検査院による報告書では、入札効果は、将来さらに低くなると予想されている。これは、2020年および2030年の再生可能エネルギー導入目標達成のために補助金予算は増額されたと考えられ、入札後期に予算切れとなるリスクが下がり、その結果、入札制度の付加価値が消失すると考えられるためである。

2.3.3 落札後の管理の仕組み

(1) 事業者による申請手続き

SDE+への申請は、以下の手順にて電子媒体で行う。

表 2-24 オランダ：SDE+（2015年）入札制度への申請方法

<p>1. eLoket (e-Service)からネット登録 ユーザーネームとパスワードを取得する。企業や組織は専用の eHerkenning (eRecognition)から登録。</p> <p>2. プロフィール作成 個人の情報、連絡先、商工会番号、国民サービス番号 (BSN-nummer) 等を入力する。</p> <p>3. 申請書作成 eLoket または SDE のウェブページからログインする。eLoket の場合、「新規申請」タブ、次に「SDE+2015」をクリックして申請フォームを開く。SDE のウェブページからログインした場合は、直接申請ページが開く。「申請分類選択」タブで発電設備の分類を選択する。「フォーム作成」タブで、複数の質問に回答する。</p> <p>4. 記入 申請フォームに必要項目を記入して「確認」ボタンを押す。申請は、2015年3月31日 AM9:00 から受け付けを開始する。</p> <p>5. 提出 「確認」タブで「提出」を押し、内容を確認してから、「同意して署名する」チェックボックスにチェックを入れ、「署名および提出」を押し提出する。受領通知は、プロフィールの電子メールアドレスに送信される。</p> <p>6. 修正 申請フォームは作成途中でも手動で、または自動保存される。保存フォームは「概観」で確認できる。提出申請書には事業番号が付けられ、問合せの際に必要となる。</p>

出典) オランダ企業庁ホームページをもとに作成

また、SDE+に申請する際に、エネルギー源によっては以下の許可証の提出が求められる。

表 2-25 オランダ：SDE+（2015年）入札制度の申請時に必要な許可証

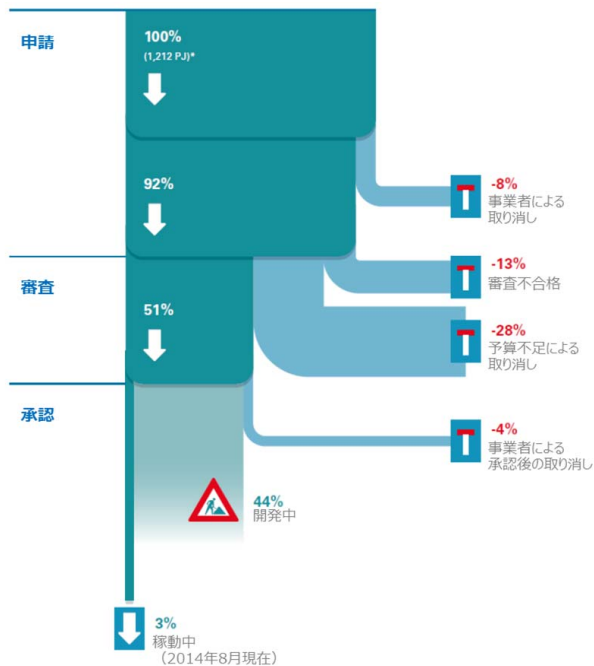
<p>●所有者の許可 申請フォームに、発電設備の設置場所の所有者が本人かどうか記載箇所あり。本人でない場合、所有者が設置と運転を許可する正式な許可書を申請時に提出しなければならない。</p> <p>●フィージビリティ調査 0.5 MW 以上のプロジェクトの場合、事業のフィージビリティ調査報告書（発電量算出、財務計画、稼働までのスケジュール等。風力の場合は風況も含む）を申請時に提出しなければならない。</p> <p>●地質調査 地熱の場合、SDE+ Geological Research Model に則して、または SEI Geothermal Geological Research report か RNES Geothermal Geological Research report を基にして地質調査を申請時に提出しなければならない。</p> <p>●許可証 申請フォームにチェック項目のある、発電設備の許可証に関連する法令は下記の通り。他にも必要な許可証があれば申請日前に取得し、全ての許可証を申請時に提出しなければならない。 ・環境法（一般規定）および／または ・水デクレ第6条6項（水利用許可）または ・鉱業法</p>

出典) オランダ企業庁, “SDE+ 2015, Instruction on how to apply for a subsidy for the production of renewable energy”

(2) 落札後の管理の仕組み

期限内（通常4年以内、技術によって異なる）に設備を設置しなかった場合の罰則が導入されている。但し、罰金は予算4億ユーロ以上の大規模事業のみに適用され、助成の条件として、技術別の期限内利用開始を義務として、利用可能額の最大2%を罰則とする実施契約を締結する。小規模事業の場合は、5年間、当該プロジェクトはSDE+への再申請が不可となる。

2011年から2013年に承認を受けたプロジェクトでは、下図のとおり、一部の事業者が承認後に取り消しの手続きを実施している。



* PJ = 支援契約全体の最大発電可能量。

出典：オランダ企業庁 Netherlands Enterprise Agency (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: RVO.nl) の事業データに基づき、オランダ会計検査院作成

図 2-4 オランダ：SDE+制度申請から発電までの実績（2011～2013 年）

出典）オランダ会計検査院（Algemene Rekenkamer），“Promoting sustainable energy production in the Netherlands, Feasibility and affordability of policy goals”をもとに作成

2015 年 4 月に公表されたオランダ会計検査院による報告書では、承認を受けたプロジェクトの各年度別の事業実現率は、2011 年が 40%、2012 年 26%、2013 年 0.5%となっている。

エネルギー源別の傾向として、太陽光と陸上風力のプロジェクト実現率を見てみると、2011 年に SDE+で落札した太陽光及び陸上風力発電設備は、2014 年末までにほぼすべて稼働している。他方、2013 年に落札したプロジェクトを見ると、太陽光発電で既に稼働しているプロジェクトの比率が低い傾向にある。



図 2-5 オランダ：SDE 及び SDE+でのプロジェクト実現率

出典）オランダ企業庁，“2014 Report on Renewable Energy, Annual report on SDE+, SDE, MEP and OV-MEP”

参考資料 2 過渡安定度を考慮した再生可能エネルギー大量導入時の系統影響分析

過渡安定度を考慮した
再生可能エネルギー大量導入時の系統影響分析

2016.2.29

東京大学大学院工学系研究科 電気系工学専攻

松橋隆治

目次

第1章 序論

- 1.1 気候変動に関する国際交渉の歴史と我が国の状況
- 1.2 再生可能電源の大量導入と電力系統の安定性
- 1.3 本研究の目的

第2章 研究手法

- 2.1 West30 機モデルを参考にした九州地域の簡略化
- 2.2 同期発電機の性質
- 2.3 CCT の概要
- 2.4 本研究で用いる一機無限大母線モデル
- 2.5 経済的負荷配分のデータ設定
- 2.6 経済的負荷配分モデルの制約式と目的関数
- 2.7 経済的負荷配分モデルの開発

第3章 経済的負荷配分の計算結果と PV の出力抑制

- 3.1 各発電機の安定性
- 3.2 経済的負荷配分モデルによる評価結果

第4章 結論

参考文献

第1章 序論

1.1 気候変動に関する国際交渉の歴史と我が国の状況

ここでは、気候変動などの地球環境問題が、国際交渉の歴史の中でどのように扱われてきたかを概観すると共に、我が国のおかれた状況について説明する。

地球環境問題への対応が正式な国際会議の中で初めて議論されたのは、1972年にスウェーデンのストックホルムで催された国連人間環境会議であったといわれている。この会議の開催以来30年にわたり、熱帯雨林・砂漠化・野生動物の保護と生物多様性の確保、酸性雨、オゾン層の保護など地球環境に関する多様な条約・行動計画が相互に関連しつつ締結されてきた。

気候変動への最初の国際的対応としては、1988年6月にカナダで行われたトロント・サミットが挙げられる。この会議では、今日の気候変動枠組条約にも通じる以下のような原則が確認されている。すなわち、地球温暖化を防止するためには大気中のCO₂濃度を安定化する必要があり、そのためには現在の全排出量の50%以上を削減する必要があるという原則である。さらに当面の目標として、「先進国が率先し、2005年までに1988年時点のCO₂排出量の20%を削減する」という「トロント目標」がまとめられた。同じ1988年には世界最先端の知見を集約する場として「気候変動に関する政府間パネル：IPCC」が設置された。その後、IPCCは現在に至るまで五度にわたり報告書を発表し、気候変動に関する科学的知見、社会・経済的な影響評価、対応策の三つの視点から、最も信頼できる科学的知見および対応策に関する情報を提供しつづけている。

1992年6月にリオデジャネイロで開催された地球サミットにおいては、数々の地球環境に関する条約の一つとして気候変動枠組条約が締結された。この条約の目的は、人類の活動によって気候システムに危険な影響をもたらされない水準で、大気中の温室効果ガス濃度の安定化を達成することにある。また、気候変動枠組条約の基本理念として、先進国と途上国には「共通だが差異ある責任」があるとされている。

本条約の内容を具体化し進展を促すため、1995年から年一回のペースで気候変動枠組条約締約国会議（通称COP）が開催されてきた。その中で、1997年12月に京都で開催されたのが、気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3京都会議）である。京都会議においては、先進国（韓国、メキシコ以外のOECD諸国+旧ソ連東欧圏）の2008年から2012年の温室効果ガス排出量削減の数値目標などを内容とする京都議定書が合意された。先進国の数値目標については、CO₂をはじめとした6種類の温室効果ガスが削減対象とされ、各国毎に1990年（一部のガスは1995年）の排出量を基準とした数値目標が定められた。同時にこの数値目標達成においては、国内措置のみでなく、共同実施・クリーン開発メカニズム（CDM）・排出量取引からなる京都メカニズムの利用を認めた。その後2004年末のロシアの批准により発効の条件を満たし、2005年2月に京都議定書は発効した。なお、京都議定書には192か国が批准し、世界の大部分が参加したが、その一方では米国が離

脱したこと、および発展途上国が削減の数値目標を持っていないなどの問題点を抱えていた。

2005年11月から、カナダのモントリオールでCOP11とCOP/MOP1が同時並行で開催された。両会議には各国政府代表団・国際機関・研究者など1万人弱が参加し、気候変動関連では過去最大の国際会議となった。その後、COP12・COP/MOP2が2006年11月にケニアのナイロビで開催された。ナイロビでは京都議定書の第一約束期間後（いわゆるポスト京都）の枠組に関する議論が行われるとともに、気候変動への適応、CDMのあり方等につき活発な議論が行われた。

2007年にIPCC（気候変動に関する政府間会合）の第4次評価報告書が発表されて以来、地球温暖化問題に対する世界的関心は更に高まった。2007年6月に開催されたハイリゲンダムサミットにおいても、地球温暖化への対応戦略が最重要課題として挙げられた。2008年より京都議定書の第一約束期間に入ったため、議定書に批准した付属書I国では数値目標を遵守するため鋭意努力していた。一方、京都議定書の第一約束期間が終了した後の2013年以降のポスト京都といわれる温暖化防止の枠組についての国際交渉が2007年のCOP13から開始された。

京都議定書からは米国が離脱し、発展途上国は議定書に批准しても温室効果ガスの削減数値目標を持っていなかった。しかし、2013年以降については、米国や発展途上国の積極的な参加をもたらす枠組が確立される可能性があり、さまざまな提案や分析が行われた。^[1] 2013年以降の枠組の実現確率を定量的な推定が難しい中、松橋ら^{[2],[3]}は2013年以降の枠組の実現確率推定と比較評価を行っており、その中では以下に述べるセクター別アプローチについて分析している。ここで、セクター別アプローチとは、産業・民生・運輸などの個別の部門でエネルギー効率や温室効果ガス排出原単位の目標を設け、その目標に向かって原単位を改善していく制度のことである。^[4]

このセクター別アプローチについて、日本政府は京都議定書が発効する前後から検討を開始したと推定される。セクター別アプローチに関する国際交渉面での事象としては、2005年7月に開催されたグレンイーグルスサミットにおいて、当時の小泉首相がIEAに産業、民生、運輸など各部門のエネルギー効率の調査を委託したことが挙げられる。さらに2007年12月のインドネシアバリにおけるCOP13において、日本政府は協力的セクター別アプローチという枠組を提唱し、バリ行動計画に盛り込んでいる。この協力的セクター別アプローチでは、鉄鋼、セメント、発電、自動車など温室効果ガスを削減する上で鍵となる部門を設定し、これらの部門における優れた省エネ技術やベストプラクティスを特定し、これらを技術移転などの形で世界全体に普及させることを念頭においている。すなわち、一国の総量目標を作るためではなく、エネルギー多消費部門における優れた省エネ技術の国際的な普及により世界全体の温室効果ガスを効率よく削減するための枠組である。この意味で協力的セクター別アプローチは技術移転の制度と密接に関係している。

他方、2008年1月のダボス会議（世界経済フォーラム）では、当時の福田首相は積み上げ型セクター別アプローチを提唱した。積み上げ型セクター別アプローチとは、部門毎のエネルギー効率や温室効果ガスの原単位について現状の値と目標値を設定し、その目標値に基づいて各部門の温室効果ガス排出量を積み上げていくことにより、一国の温室効果ガス排出総量目標について合理的な値を得ようとするものである。これらを受けて、地球温暖化問題が主要議題となった2008年7月のG8北海道洞爺湖サミットの首脳宣言においては、積み上げ型セクター別アプローチと協力的セクター別アプローチの双方に関わる次のような記述が盛り込まれた。^[5]「セクター別アプローチは国別削減目標を達成するために有効なツールである。また、セクター別アプローチは技術の普及を通じたエネルギー効率の向上のための有益なツールでありうる。我々は、IEAに部門別の効率性指標を作成する作業を拡大するよう要請する。」こうしたことから、当時の国際交渉においてセクター別アプローチが重要な位置にあったことが分かる。^[6]

ところが、2009年9月には、これまでの自公政権に代わり、民主党を中心とした鳩山政権が誕生した。現時点から振り返ると、この政権交代によりセクター別アプローチに関する日本政府のアクティビティは大きく後退ないしは消滅することとなった。この鳩山政権は、同年9月の国連会議において「主要排出国が衡平で実効性のある目標で合意できることを前提条件にして」2020年における温室効果ガス排出量を1990年比で25%削減するという数値目標を公約した。

一方、オバマ政権誕生後の米国は次期枠組みの交渉に積極的に参加することを表明した。そうした中で2009年12月にコペンハーゲンでCOP15が開催された。ここでは米国を含む国際交渉の行方が注目されたが、数値目標を含む枠組みに関する交渉は難航し、結局コペンハーゲン合意を採択して閉幕した。コペンハーゲン合意の中では、各国・各地域が2010年1月末までに、気候変動枠組み条約事務局に各々の2020年までの目標値を提出することになっており、世界の55カ国・地域が目標値を提出した。2010年にはメキシコのカンクーンにおいてCOP16が開催された。ポスト京都に関しては、日本が京都議定書そのものの延長に明確に反対を表明し、米国、途上国を含む包括的な目標の設定を求めた。日本の温室効果ガス削減の目標値も、その実現には「全ての主要排出国が公平で実効性のある意欲的な目標値で合意できることを前提条件として」いるものであることに注意を要する。すなわち、米国が数値目標の設定を辞退しており、途上国はそもそも数値目標を持っていない京都議定書の枠組みの中では、日本は上述した数値目標を遵守しないというのが日本政府の立場であった。

2011年3月11日、日本は東日本大震災に見舞われ、東北地方を中心に甚大な被害を被った。更に福島第一原発での津波被害に端を発した事故は、日本の原子力発電史上最長の事故となり、日本のみならず世界中に衝撃を与えた。本事故をきっかけとして、我が国の原子力を含むエネルギー政策、低炭素化政策の見直しは必至の状況となった。

こうした状況の下、2011年12月に南アフリカのダーバンで開催されたCOP17は下記のようなダーバン合意を採択した。

- ① 2020年に温室効果ガスの主要な排出国全てを対象にした新しい枠組み「ダーバン・プラットフォーム」を発効する。
- ② 2012年前半に新枠組みのための作業部会をスタートし2015年までに交渉を終える。
- ③ 2013年以降は当面京都議定書を延長する。
- ④ 京都議定書の延長期間や削減目標を盛り込んだ改定議定書を2012年カタールのドーハで開催するCOP18で採択する。
- ⑤ 産業革命以降の人為的起源の温室効果ガス排出による気温上昇幅を2度もしくは1.5度以内に抑制することを目標にする。
- ⑥ 発展途上国の温暖化対策支援のための「緑の気候基金」の運用を開始する。
- ⑦ 新たな市場メカニズムに関する研究を本格化する。

上記のように世界第一位、第二位の温室効果ガス排出国である中国、米国をはじめ、京都議定書では国家の数値目標としては削減義務を負っていなかった主要排出国も新しい枠組みであるダーバン・プラットフォームへの参加を約束したことがダーバン合意の大きな成果である。一方、京都議定書の延長では、2013年からの第2約束期間にEUや途上国が参加する。京都議定書の延長に一貫して反対してきた日本はロシア、カナダと共に議定書の第二約束期間には加わらず、自主的な排出削減努力を続けることとなった。EUなど議定書延長に参加する先進国は、2014年5月までに削減目標を設定することとなった。日本は2001年の米国のように京都議定書から離脱するわけではなく批准国では有り続けるが、数値目標を設定しないということになった。

我が国では2012年12月に衆議院の解散と総選挙があり、3年3か月ぶりに自公政権が誕生した。これにより、特に原子力を中心としたエネルギー政策は、民主党政権時代とは大きく変わった。

2013年に開催されたダーバン・プラットフォーム特別作業部会（ADP）第2回会合では、「2020年枠組み」の議論として、「全ての国が参加するとともに、共通だが差異ある責任（CBDR）や衡平性といった条約の原則に基づく枠組みを構築するためには、各国の事情に応じた各国の努力を基本としていく必要があること、共通のルールの下で各国の行動の透明性と環境十全性を確保する必要があることについて概ね認識の共有が見られた。」^[6] 次いで2013年ポーランドワルシャワで開催されたCOP19（第19回気候変動枠組条約締約国会合）では2015年COP21合意に向け、「すべての国に対し、自主的に決定する約束草案のための国内準備を開始しCOP21に十分先立ち約束草案を示すことを招請するとともに、ADPに対し、約束草案を示す際に提供する情報をCOP20で特定することを求める」^[7]と決定した。一方、日本は、COP19において石原環境大臣が2020年のCO₂を含む温室効果ガスの削減目標を2005年比3.8%減とすることを表

明した。さらに、美しい星に向けた行動「Actions for Cool Earth: ACE」として、「さらなる技術革新、日本の低炭素技術の世界への応用と途上国に対する2013年から2015年までの3年間に1兆6千億円（約160億ドル）の支援を表明した」^[7]。

国内目標として掲げた2005年比3.8%は、原子力発電の利用を前提としない数値であり、第一約束期間のときの1990年比6%削減と同じ基準では比較できない。2011年3月の東日本大震災時福島原発事故の影響で、一般電気事業者による発電起源CO₂排出量は前年2010年度と比較し、2011年度、2012年度と、それぞれ65、112百万トン-CO₂増加した^[8]。2005年の日本の温室効果ガス排出量は1263百万t-CO₂(森林吸収源含む)であったことから^[9]、例えば今後も同程度福島事故による原発減少の影響があるとすれば、日本全体の排出量の5~10%の底上げとなり、その中での3.8%減は10%強の削減に相当する。しかし、これらの震災にまつわる国内の状況は、国際的に表明された数値目標とは切り離して扱われており、英国をはじめとする欧州勢、あるいは温暖化の直接的な影響に瀕している島嶼国から批判の対象となっていた。

こうした状況を受け、2015年に安倍政権の下、日本政府は新たな約束草案を策定した。それは、2013年度比で2030年度に温室効果ガスを26.0%削減するというものである。

そして、2015年11月30日から12月13日までフランスのパリで開催されたCOP21において、いわゆる「パリ協定」(Paris Agreement)が採択された。パリ協定は、2020年以降の温室効果ガス排出削減の新たな国際枠組みであり、歴史上初めてすべての国が受け身でなく自発的な排出削減に参加する公平な合意であるといわれている。ここで、自発的としたのは、京都議定書の下でも発展途上国が温室効果ガスの排出削減に取り組む仕組みとして、クリーン開発メカニズム(CDM)があったが、これは先進国と資金と技術によって自国内で排出削減事業としてのCDMを受け入れるという受け身の参加であり、パリ協定のように自発的に排出削減の取り組みを表明し、実施するものではないという意味である。

また、パリ協定においては、安倍総理が2020年に現状の1.3倍の約1.3兆円の地球温暖化の緩和もしくは適応策に関する資金支援を発表したほか、2020年に世界全体で1000億円の資金支援を行うという目標の達成に貢献し、合意に向けた交渉を後押しした。パリ協定の特徴として、以下の点が挙げられる。

- ① 産業化以前と比較した全球平均気温の上昇を2℃未満に抑えることを目標に設定したほか、1.5℃に抑える努力を追及することを加えた。(ちなみにこの2℃目標を達成するには今世紀後半中に世界全体の排出と吸収のバランスを実現する必要がある。)
- ② 主要排出国を含むすべての国が削減目標を5年ごとに更新し、国連に提出する。
- ③ すべての国が共通かつ柔軟な方法で、温室効果ガス削減の実施状況を国連に報告し、審査を受ける。

- ④ 適応の長期目標を設定し、各国が適応報告書を提出し、定期的に更新すると共に、適応計画を実施する。
- ⑤ イノベーションの重要性を認識する。
- ⑥ 我が国提案の二国間クレジット(JCM)も含めた市場メカニズムを活用する。

このパリ協定をふまえ、安倍総理を本部長とする地球温暖化対策推進本部では、2030年度に2013年度比で26.0%の温室効果ガス削減を達成するべく、政策を総合的に展開することを決定した。この目標値はエネルギー起源のCO₂では21.9%に相当する。エネルギー・環境イノベーション戦略に基づき、集中すべき有望分野を特定して、革新的技術の研究開発を強化すること、世界全体の温室効果ガスの削減に向け、我が国の有する優れた技術を活かし、海外の温室効果ガスの排出削減に最大限貢献することが決定された。この地球温暖化対策と整合性のとれたものとして2015年8月に発表された長期エネルギー需給見通しによれば、図1に示した電源構成と省エネルギーの重要性に焦点が当たっている。

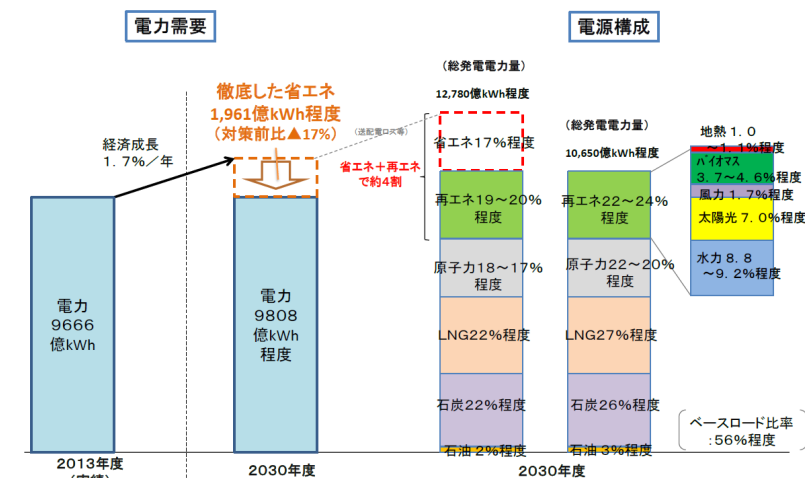


図1-1. 長期エネルギー需給見通しにおける電源構成の見通し

1.2 再生可能電源の大量導入と電力システムの安定性

1.1で述べたように、気候変動への対応は世界共通の問題となっており、CO₂をはじめとする温室効果ガスの削減は先進国、発展途上国を問わず重要な課題である。

日本においては、前節の図1-1で示したように、2030年度の電源構成において再生可能電源の比率が大幅に増加しており、CO₂削減のための再生可能エネルギーに大きな

期待が寄せられていることが分かる。また、現状においても、再生エネルギー促進制度である固定価格買い取り制度 (Feed-in Tariff : FIT) の影響によって太陽光発電 (Photovoltaic generations : PV) や風力発電 (Wind Generations : WG) の発電量が急増している。PV や WG の割合が増えることにより電源の低炭素化が促進されることは間違いないが、再生エネルギーの大量導入によって系統安定性の点やエネルギーコストの点などにおいて電源運用に様々な影響を及ぼすことが懸念されている。

電力系統においては同時同量が原則であると言われるように、常に需要と供給のバランスを保つ必要があるが、PV や WG は季節や気象状況によってその出力が大きく変化し、さらにその予測が難しい。よって PV と WG の大量導入時においては需給バランスが崩れてしまう危険性がある。この危険性を回避するために、例えば応答の早いエネルギーである揚水式発電や蓄電池などの発電設備を利用することが挙げられる。しかし、揚水式発電や蓄電池を系統に大量に導入するためにはコストや環境問題などの問題があり、PV や WG の出力がこれらの設備で対応できる量を超えてしまうという状況が起こる可能性がある。

日本の中でも、特に九州地域においては FIT 制度に申請されている PV の設備容量が九州地域の総需要量のピーク値を超えるほどになるという現象が生じている。その状況において、九州電力では PV の接続申し込みに対して、その接続の可否の回答を保留するという処置を取っている。[21]

そこで、実際に九州地域の系統に大量の PV が接続された状態を考えると、先ほど述べたように需給の一致を保つことが難しくなるという問題が生じる。この問題を解決するには既存の発電設備の需給調整力を正しく評価し電源運用計画の制約として組み込むことや、制約によって出力抑制された分の PV のエネルギーを蓄電池や水素エネルギーなどの他のエネルギーに変換するシステムを考えることが重要である。既存の設備容量の予備力を評価して PV の抑制をするということは先行研究でなされている [17]。

また PV には回転機としての性質がないために、PV の容量が増えることによって同期発電機の発電量の割合が減り系統の安定性が低くなることもわかっている。PV にはパワエレ機器によって事故時の急激な電圧の変化が一定時間続いた場合に系統から脱落するという性質があり、PV の発電量の割合を増やす場合には事故を取り除くまでの時間を短くする必要がある。また、PV を大量に導入することによって系統の同期発電機の割合が減り、事故時の遮断までの許容時間が短くなってしまいう問題が生じる。これは同期発電機の回転機としての性質に頼るガバナフリー制御が困難になることによる。そのため慣性を持つ回転機による発電である火力発電を主とした発電の割合も一定以上に保たなければならないことは明らかであるが、火力発電の割合を増加させると系統の安定性が保たれても、同時に単位発電量あたりの CO₂ の排出量が増加してしまうため、その発電量の割合がどの程度必要かどうかを評価する必要がある。しかし、そのような評価を制約として用いて、PV が大量に接続されたときの安定性について考慮

をした電源運用計画について考察している研究は非常に少ないため、本研究をするに至った。

1.3 本研究の目的

本研究の目的は九州地域の電力系統において、系統の需要 15GW 程度に対して PV の導入量が 5GW、認定量を合わせると 19GW 以上の容量になり [12]、系統全体の容量に占める PV の発電量の割合が大きく系統の安定性の面で問題を抱えるという状況を踏まえ、過渡安定度を考慮した電源運用計画モデルを開発することである。その方法として、まずは WEST30 機モデル [13] を参考にして九州地域を 4 つの地域に分ける。その次に 4 つの各地域に対して先行研究 [10] で提案されている手法を適用して各地域を一機無限大母線モデルで表現して、臨界事故除去時間 (Critical Clearing Time : CCT) を計算する。そしてその CCT を安定性の指標として用いて具体的に PV の有効電力に対する安定性の制約を課して経済的部分負荷配分制御モデルを開発する。経済的負荷配分制御モデルの開発の際に、主たる送電線ごとのかと安定度の維持を考慮した PV の出力に制約を入れる手法の提示が本論文での新規性である。さらに PV による有効電力に対する系統安定性の制約を与えた場合と与えない場合での PV の抑制量の違いを計算する。

現実の送電系統を一機無限大母線モデルで近似することは難しく、近似の誤差はある。ただし、本研究では同期発電機のような慣性を持たない太陽光発電システムが大量導入されることによる過渡安定度への影響を推定するためのモデルを導入した。更に現実の系統においては、太陽光発電システムによる有効電力が一定比率以上になり、過渡安定度に影響を及ぼすリスクを予防的に回避することを目的とする。そのため、本モデルで得られた過渡安定度の限界をもとに、安全性を考慮して、現実の系統における太陽光発電からの有効電力を一定比率以下にする制約を設けることとした。

第2章 研究手法

本章では、研究を進める際に用いた知識について説明をする。まず2.1節で九州地域の簡略化について説明し、九州地域をモデル化する。そして2.2節では同期機の仕組みについて述べ、2.3節で臨界事故除去時間(CCT)について述べる。2.4節では1機無限大母線モデルについて説明をする。2.5節からは過渡安定度を考慮した経済的負荷配分を求めるための定数や制約式について述べており、そして最後に本研究で開発したモデルについて述べる。

2.1 West30 機モデルを参考にした九州地域の簡略化

電気学会のWEST30機モデル[13]は西日本の電力系統を30機の発電機とそれらをつなぐ送電系統で表したモデルであり、本研究ではこのモデルの中から九州地域を表す部分を取り出して最新情報を基に改訂して用いることとする。この作業にあたっては先行研究[14]のモデルを参考にした。

連系線で区切られた部分を九州地域として特定し、九州電力の公開している実際の九州の系統[10]と比較して図2のような送電系統になると推定した。WEST30機モデルは2000年以前の系統のモデルなので、現在の系統とは完全に一致しないので注意が必要である。トポロジーとして大きく異なっている部分としては脊振の変電所と西九州の変電所を結ぶ送電線が追加されたことが挙げられる。そしてWEST30機モデルの電源構成はWEST30機モデル作成当時のものとなっており、現在とは異なっている。

発電機群G1~4はそれぞれ、G1が長崎県と佐賀県、G2が熊本県と宮崎県と鹿児島県、G3が福岡県、G4が大分県を表すとして発電機容量を定めた。

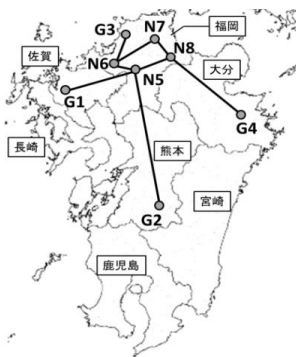


図2. West30 機モデルを基に推定した九州の主たる電力系統のモデル

図2に示した九州の電力系統を8個の節点(以後ノードとよぶ)と8本の弧(以後アークとよぶ)で表現したモデルを図3に示す。図3の左図は図2の九州地域の図のノードとアークを取り出して見やすく整形したものである。そして右図はノード1とノード2とノード5を抜き出して、それぞれのノードがどのような構造になっているかを示したものである。ノード1~4は発電機群G1~4に対応しており、ノード5は中央変電所、ノード6は西九州変電所、ノード7は北九州変電所、そしてノード8は豊前変電所を表している。ノード1~4は需要とPVを含む発電機を持っており、ノード5~8には発電機も需要もないものと仮定した。

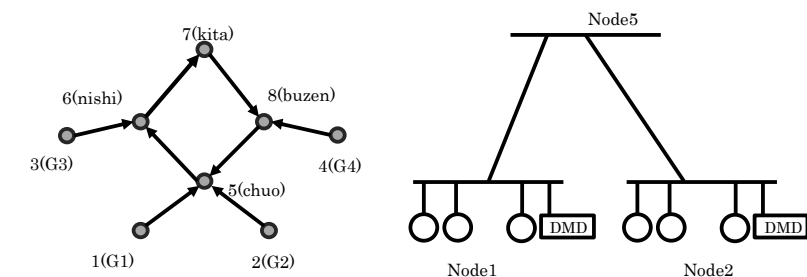


図3. 九州電力の主たる送電系統のネットワーク・フロー図

2.2 同期発電機の性質

本節では参考文献[18]を元に同期発電機の性質について説明する。大きな系統に一機の同期発電機が接続したモデルは、図4に示すように無限大母線と抵抗成分とリアクタンス成分を用いて近似的に表現をすることができる。

無限大母線モデルにおいては、当該母線に流れ込む有効電力と無効電力の如何にかかわらず、当該母線の電圧と周波数が常に一定に保たれていると仮定する。このような近似は、送電系統全体の規模に対して、分析対象としている系統が小さい場合には有効である。一機無限大母線モデルを用いることで、送電系統全体を対象とした大規模な計算モデルを用いることなく、過渡応答を分析することが可能となる。本節では一機無限大母線モデルにおいて導かれる同期発電機の性質について述べる。

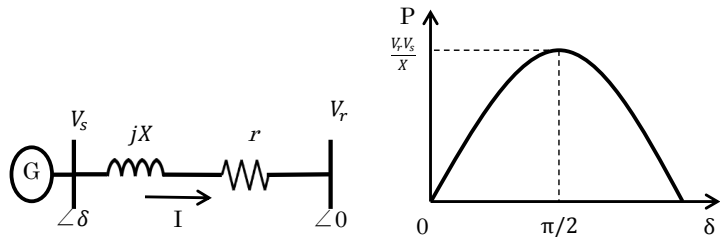


図 4. 同期機の一機無限大母線モデル

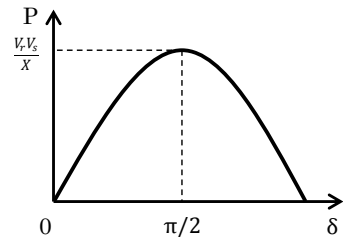


図 5. 同期機のモデルの P-δ 曲線

図 4 において送電線の抵抗成分がリアクタンス成分に比べて小さいことを利用すると、発電機の電力的出力 P_e は式(1)のように求められ、横軸を δ とし縦軸を P_e とすると図 5 のように表されるということがわかる。これを P- δ 曲線と呼ぶ。

$$P_e(\delta) = \frac{V_s V_r}{X} \sin \delta \quad (1)$$

そして同期発電機の回転の加減速を表す動揺方程式は、同期機の機械的入力 P_m を用いて(2)式のように表される。

$$M \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_m - P_e(\delta) \quad (2)$$

(2)式からわかるように $P_m > P_e$ の時に右边が正になることから左辺の δ の 2 階微分が大きくなり、同期機が加速すること、逆に $P_m < P_e$ の時に同期機が減速ということがわかる。

2.3 臨界事故除去時間 (Critical Clearing Time, CCT) の概要

本節では参考文献[10]を元に臨界事故除去時間 (Critical Clearing Time, 以後 CCT と書く) 書く。PV にはパワーエレクトロニクス機器が付いており、急激な電圧の変化が一定時間以上続いた場合に系統から自動的に脱落するという性質があり、系統に接続する際にはどの程度の電圧の変化に対してどれくらいの時間まで脱落せずに接続し続けなければならないかを定めた FRT (Fault Ride Through) という要件がある。

そこでまずは図 6 に示す 2 回線の送電線を介して無限大母線につながった同期発電機のモデルを用いて CCT について説明をし、PV が大量に導入された電力系統においては、事故が起こった場合は一定時間内に事故が起こった部分を遮断しなければならないということを示す。CB (Circuit Breaker) は遮断機を表し、CB の間を切り離すことができる。

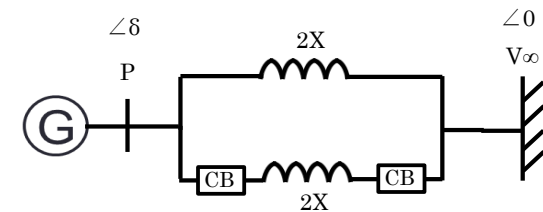


図 6. 2 回線の一機無限大母線モデル

図においては 2 回線の時は並列になっているため合成リアクタンスが X となり、事故が起きて 1 回線になるとリアクタンスが $2X$ になる。よって事故が生じる前の P- δ 曲線と事故が生じた後の P- δ 曲線を重ねて描くと、図 1-7 のようになる。式(2)で示される動揺方程式を見ることにより、図 1-7 において赤色の部分は電力的出力より機械的入力の方が大きいため同期機が加速し、反対に図の青色の部分では同期機が減速ということがわかる。それは事故が起こった時には(赤色の面積) \leq (青色の面積)であれば事故によって加速した分を解消できるからである。そして赤色の面積と青色の面積が同じになったときを示したのが図 1-7 の右図で、 δ_s は事故が生じた時の δ であり、 δ_c は安定限界の δ である。

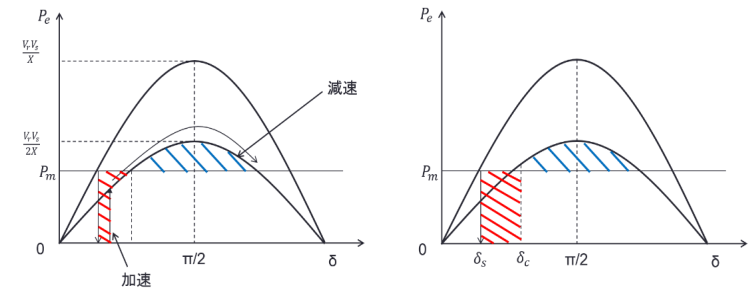


図 7. 事故の遮断が早いとき(左)と遅いとき(右)の P-δ 曲線

図 7 に示された δ_s と δ_c の値を式(3)式で示された動揺方程式に用いることによって、事故が発生してから、遮断機で事故の生じた部分を遮断するまでの限界の時間がわかる。

$$\frac{M}{\omega_0} \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_m - P_e \quad (3)$$

なお(3)式は単位を[pu]にするために(2)式の両辺を基準容量 S_g で除して位相角 δ を電気的出力側のものに変えて、 M を新たに等価換算時定数に直すということをして求めており、単位法で表された式となっていることに注意する必要がある。

$$\frac{M}{\omega_0} \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_m - 0 \quad (4)$$

(4)式は式(3)式で表される動揺方程式において事故中に電気的出力が 0 のまま運転している状態を表し、これを積分することによって(5)式で表されるように CCT が求められる。ここで f_0 は九州での周波数 60Hz である。

$$T_{cct} = \sqrt{\frac{M(\delta_c - \delta_s)}{\pi f_0 P_m}} \quad (5)$$

2.4 本研究で用いる一機無限大母線モデル

本研究では文献[11]を参考に、九州管内の系統の一部を無限大母線に同期発電機 1 台と PV と家庭などでの負荷である P4(LOAD)が 2 回線で接続した図 8 のようなモデルを開発し、解析を行う。

図 8 の系統において $P_m = P_e$ で安定して運転している状態から事故が起こり一度三相地絡状態になった後に事故を遮断して、その後はずっと 1 回線で運転するという、系統にとって厳しい条件を考える。最悪の場合を想定することで制御の十分条件が与えられるために妥当だと判断し、CCT の計算をおこなった。

そしてこのモデルを 2.1 節で示した発電機群 G1~4 のそれぞれに当てはめることで、CCT を計算し、後述する経済的負荷配分制御モデルにおいて過渡安定度の評価として利用する。過渡安定度の評価としては近似であるが、莫大な計算量となることから、九州全域でそれぞれの送電線について緻密に地絡の影響を確かめることはせず、簡便に制約条件として与えることで系統の運用管理に活かすことを目的としている。本モデルで得られた過渡安定度の限界をもとに、安全性を考慮して、現実の系統における太陽光発電からの有効電力を一定比率以下にする制約を設ける。

ここで発電機のモデルについて説明する。本論文では背後電圧一定モデルを用いて当面積法を用いて安定度の解析を行う。

式(3)で表される動揺方程式において、 P_m の値は定格出力を表し、本論文では PV の容量が増えた場合に同期機の容量を減らすことを考えるため、同期発電機の初期容量 (PV が導入されていない状態での容量) を P1cap と置き、PV の容量を P20 と置き、さらに同期発電機の稼働率を r と置くと

$$P_m = (P1_{cap} - P20) \times r \quad (6)$$

のように正常状態での同期発電機の出力を与えることができる。

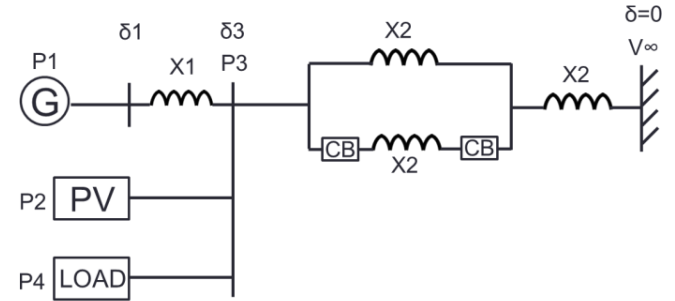


図 8. PV を含む一機無限大母線系統の縮約モデル

簡単に各定数について説明すると、本モデルでは図 9 に示すように並列に何台もの発電機が接続した状態を想定しており、抵抗とリアクタンスは並列であり、エネルギーは合計であることから

$$\frac{1}{r} = \sum_i \frac{1}{r_i}, \quad \frac{1}{X} = \sum_i \frac{1}{X_i}, \quad P = \sum_i P_i, \quad M = \sum_i M_i$$

といったように表せる。このようにして図 8 の系統の各成分の実際の値を求めていく。

そしてモデルを単位法で表す際の基準としては、系統の基準容量を 1000MVA とし、送電線での定格電圧をそれぞれ基準電圧とする。そのときの換算慣性定数 M を 10s と置く。図 8 の中の $X1$ の値は同期機の出力が 1pu のときに変圧器のリアクタンスの 0.15pu と過渡リアクタンスの 0.35pu を足して 0.5pu とする。なお実際の系統からの縮約については先行研究[11]でのモデルを参考にしている。

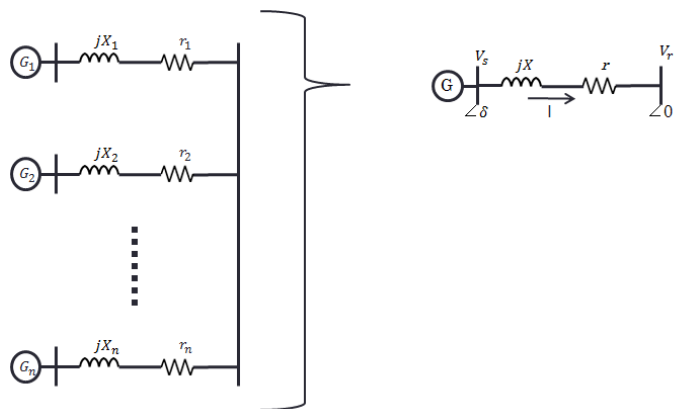


図 9 並列の同期機をまとめる手法

2.5 経済的負荷配分モデルのデータ設定

2.5.1 電力需要と PV の発電量

本研究の電力需要は先行研究[15]と同じ値を用いる。データとしては九州電力のホームページにある 2013 年の需要 5 分値データを用いて算出したものとなる。このモデルは解像度が 1 時間単位であるので、需要 5 分値データを 12 個ずつ束ねて、60 分値データとしている。

PV の発電量も先行研究[15]と同じ値を用いる。日射量データとしては(財)気象業務支援センターが販売している地上気象観測 1 分値データの水平全天日射量を用いている。先行研究では九州全体の PV の発電量を求めているが、本研究においては 2.1 節の発電機群 G1~4 を持つ 4 つの地域にそれぞれ PV を配置するので、FIT のホームページ[12] から各地域の PV の容量を参照し、比を取ることで各地域の PV の発電量とした。各地域の PV の発電量の比を表 1 に示す。つまり参考文献[15]で示されている九州全域の PV の出力を外生的に与え、その九州全域の値に各地域の割合を乗じたものを各地域での PV の出力としている。WG についても同様である。そして需要については WEST30 機モデルの潮流図の昼のピーク値の値から推測して、各地域の値から、各地域の需要の九州全体に対する割合を計算して求めた。各地域の、九州全体に対する PV と WG の出力と需要の割合を表 1 に示す。

表 1 各地域の持つ PV と WG の容量と需要の九州全体に対する割合

	G1	G2	G3	G4
PV の割合	17%	45%	25%	13%
WG の割合	32%	61%	4.5%	2.5%
需要の割合	46%	27%	9%	18%

2.5.2 九州地域の現在の設備容量

2.1 節で九州地域の発電機を発電機群 G1~4 の 4 つに分割し、それぞれ G1 が長崎県と佐賀県、G2 が鹿児島県、G3 が福岡県、G4 が大分県を表すとした。具体的にそれらの発電機の構成がどうなっているかを求めたものが表 2 である。各県の発電機の容量などのデータについては九州電力のホームページ[10]から参照した。単位は GW であり、地熱に関しては参考文献[16]を元にモデルに組み込んだ。

表 2 各地域の発電機の構成

	石炭 火力	ガス 火力	ガス 複合	石油 火力	揚水 式 発電	流込 式水 力	貯水 式水 力	原子 力 発電	地熱 発電
G1	0.700	0.000	0.000	0.875	0.600	0.145	0.016	3.478	0.000
G2	1.400	0.000	0.000	1.000	1.700	1.449	1.407	1.780	0.006
G3	0.735	1.800	0.000	0.735	0.000	0.006	0.003	0.000	0.000
G4	0.615	0.000	2.295	1.036	0.000	0.041	0.044	0.000	0.152

そして次に発電設備の設備利用率の上限と、1 時間ごとの出力変化率の上限と下限を表 3 に記す。これは先行研究[15]より引用している。

表 3 設備利用率と出力変化の上限と下限

	石炭 火力	ガス 火力	ガス 複合	石油 火力	揚水式 発電	流込式 水力	貯水式 水力	原子力 発電	地熱 発電
設備利用率	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6	0.4	0.9	0.9
出力変化率上 限	1.26	1.41	1.3	1.45	10000	1.001	10000	1.001	1.26
出力変化率下 限	0.69	0.54	0.08	0.69	0.0001	0.999	0.0001	0.999	0.69

2.5.3 発電機ごとの発電単価

今回の最適化では燃料価格と石油石炭税と炭素税を考慮した可変費を元に経済的負荷配分を求めた。燃料種別の燃料価格と石油石炭税と炭素税を表4に示す。1kWhあたりの熱量を3.6MJ/kWhとしている。さらに表4を基に算定した1kWhあたりの可変費を表5に示す。

表4 燃料価格と石油石炭税と炭素税

	燃料価格	石油石炭税	地球温暖化対策税
石炭	12914[yen/t]	920[yen/t]	757.18[yen/t]
LNG	86428[yen/l]	1340[yen/l]	780.3[yen/l]
重油	84658[yen/t]	0[yen/t]	673.37[yen/t]

表5 発電技術毎の可変費 (円/kWh)

	石炭 火力	ガス 火力	ガス 複合	石油 火力	揚水 式 発電	流込 式水 力	貯水 式水 力	原子 力 発電	地熱 発電
発電単価	5.5	14.0	1.3	19.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0

2.5.4 発電機ごとのLFC調整力とPVに関するLFC必要量

各発電機のLFC必要量とLFC調整力は先行研究[15]を参考にして、それぞれ表6と表7のように定めた。表7の値はLFC調整力のPVの出力に対する比率である。そして需要に対する必要比率は0.03とした。

表6 各発電機のLFC調整力(%)

石炭 火力	ガス 火力	ガス 複合	石油 火力	揚水 式 発電	流込 式水 力	貯水 式水 力	原子 力 発電	地熱 発電
5.5	14.0	1.3	19.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0

表7 各月のLFC必要量のPVの出力1GWhに対する割合

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0.12	0.15	0.15	0.11	0.12	0.07	0.11	0.10	0.07	0.09	0.12	0.11
0	9	2	1	0	8	7	9	0	4	5	9

2.5.5 風力の出力の扱い

本研究では先行研究[15]を参考にしてWGの出力も考慮しているが、九州地域においてはWGの出力は小さく、LFCの調整に対して与える影響はほとんどないとしている。

より詳細なモデルを作成する際にはWGに対してもLFC調整に関する議論をするべきであるが、本研究ではWGのLFC調整は扱わず、今後の課題とする。

2.6 経済的負荷配分モデルの制約式と目的関数

2.6.1 変数の定義

本節では本研究の最適化モデルで用いる変数について述べる。発電機の種類 g は石炭火力、天然ガス火力、天然ガス複合発電、石油火力、揚水式発電、流れ込み式水力、貯水池式水力、原子力発電、地熱発電であり、太陽光発電の出力と風力発電の出力については外生的に与えるものとするため別に扱う。

属性変数一覧

g	:	電源の種類
i	:	ノード(発電機群 $G1 \sim 4$ と4つの変電所のノードを指す)
h	:	時間帯(1, 2, 3, ..., 24)
d	:	曜日(1, 2, 3, ..., 7)、1は月曜日を指し、7は日曜日を指す

変数一覧

$Cost_{i,g,h,d}$:	d 曜日の h 時のノード i の gen での発電コスト(yen)
$OutPW_{i,g,h,d}$:	d 曜日の h 時のノード i の gen での発電量(GW)
$Dmd_{i,h,d}$:	d 曜日の h 時のノード i での電力の需要(GW)
$Sup_{i,h,d}$:	d 曜日の h 時のノード i での電力の抑制量(GW)
$Store_{i,h,d}$:	d 曜日の h 時のノード i での揚水の貯水量(kg)
$Pump_{i,h,d}$:	d 曜日の h 時のノード i での揚水の汲み上げ量(kg)
$lfcC_{g,h,d}$:	発電機 g のうち d 曜日の h 時間にLFC運転している容量(GW)

パラメータ一覧

$pgcost_g$:	発電機 g での発電単価(yen/GW)
$Cap_{i,g}$:	ノード i での発電機 g の設備容量(GW)
$upperlim_g$:	発電機 g の出力変化率の上限
$lowerlim_g$:	発電機 g の出力変化率の下限
$effHyd$:	揚水式発電機の変換効率
$lfcRange_g$:	発電機 g の持つLFC調整力
$remain$:	系統に置ける許容調整残

$lfcDmd$:	需要に対する LFC 調整力の必要比率
$PVGen_{i,h,d}$:	d 曜日の h 時のノード i での PV の出力
$lfcNeed$:	PV の出力に対する LFC 調整力の必要比率

2.6.2 制約式

本節ではモデルで用いる制約式について述べる。

(1) 目的関数

本研究では最適電源運用計画を作成するために燃料コストの最適化をする。

$$\text{minimize TotalCost} = \sum_{i,g,h,d} \text{Cost}_{i,g,h,d}$$

(2) コストについて

コストは 2.5.3 節で述べた発電単価に、発電機での出力をかけることで求められる。

$$\text{Cost}_{i,g,h,d} = \text{pgcost}_g \times \text{OutPW}_{i,g,h,d}$$

(3) 各発電機の出力の上限に関する制約

各発電機は出力に最大値があり、この最大値を超えてはならない。

$$\text{OutPW}_{i,g,h,d} \leq \text{Cap}_{i,g}$$

(4) 1 時間ごとの出力変化率に関する制約

各発電機の出力には 2.5.2 節で述べたような変化の上限と下限がある。本論文では解像度が 1 時間単位なので h から h+1 に変化するときの制約となる。

$$\text{upperlim}_g \times \text{OutPW}_{i,g,h,d} \geq \text{OutPW}_{i,g,h+1,d}$$

$$\text{lowerlim}_g \times \text{OutPW}_{i,g,h,d} \leq \text{OutPW}_{i,g,h+1,d}$$

ここでは第 1 式が上限の制約で第 2 式が下限の制約である。

(5) 揚水式発電の収支に関する制約

揚水式発電は電力で水を汲み上げておくことで位置エネルギーを蓄え、負荷追従などの際に逆に水を放出して位置エネルギーを電気エネルギーに変換する発電方式である。よって時刻 h+1 の制約式は、時刻 h の貯水量に時刻 h の揚水量を加え、時刻 h の発電量分を引くことで求めることができる。発電の際に放出した水の量は揚水式発電の出力を効率で割ったものとなる。

$$\text{Store}_{i,h+1,d} = \text{Store}_{i,h,d} + \text{Pump}_{i,h,d} - \frac{\text{OutPW}_{i,PmHD,h,d}}{\text{effHyd}}$$

(6) 揚水式発電の日毎の連続に関する制約

揚水式発電の貯水量は曜日ごとに連続なので以下の様な制約を与える。また本論文では揚水式発電の週の始めの値は週の終わりの値と同じになるように設定する。

$$\text{Store}_{i,1,d+1} = \text{Store}_{i,24,d} + \text{Pump}_{i,24,d} - \frac{\text{OutPW}_{i,PmHD,24,d}}{\text{effHyd}}$$

$$\text{Store}_{i,1,1} = \text{Store}_{i,24,7} + \text{Pump}_{i,24,7} - \frac{\text{OutPW}_{i,PmHD,24,7}}{\text{effHyd}}$$

第 1 式は曜日 d から曜日 d+1 への曜日の切り替わりに関する制約を表しており、第 2 式は週の始まりの月曜日と週の終わりである日曜日の貯水量が連続になるように与えた制約式である。

(7) 揚水式発電の貯水量と揚水量の上限に関する制約

貯水池の大きさは決まっており、貯水量には上限がある。

$$\text{Store}_{i,h,d} \times \text{effHyd} \leq \text{Cap}_{i,PmHD}$$

この式は貯水池の水の位置エネルギーを電力に換算したものが揚水式発電の設備容量より小さいということを表している。

(8) LFC 運転容量に関する制約

LFC 運転を行っている発電機の定格の容量が稼働中の発電所の全設備容量を超えないようにするための制約であり、先行研究を参考にして設定した。

$$lfcC_{g,h,d} \leq \sum_i \frac{\text{OutPW}_{i,g,h,d}}{1 - lfcRange_g/2}$$

(9) LFC 調整量の確保に関する制約

電源運用計画において LFC 必要量以上の LFC 調整力を確保するための制約である。先行研究において、需要変動と PV の出力の変動に相関が確かめられなかったため、2 つの変動を足した LFC 調整力が必要だとしており、本論文でもそのように計算をする。

$$\begin{aligned} & \sum_g lfcC_{g,h,d} \cdot lfcRange_g + \sum_i Dmd_{i,h,d} \cdot \text{remain} \\ & \geq \sum_i Dmd_{i,h,d} \cdot lfcDmd + \sum_i PVGen_{i,h,d} \cdot lfcNeed \end{aligned}$$

系統における許容調整残である remain は 0.01 である。右辺の第 1 項は需要の変動に対する式であり、第 2 項は PV の出力の変化に対する式を表している。

(10) ネットワーク・フローを考慮した需給の一致に関する制約

本研究では九州の主たる送電系統を 8 個のノードと 8 本のアークで表し、そのノー

下間で電力の融通をすることで全体の需給を一致させる。2.1節で説明した九州のモデルを簡略化したものが図10である。矢印の向きを正としてノード*i*から流れる電力の流量を S_i と定義する。送電ロス WEST30機モデルの送電線のインピーダンスを参考に割合を定めた。

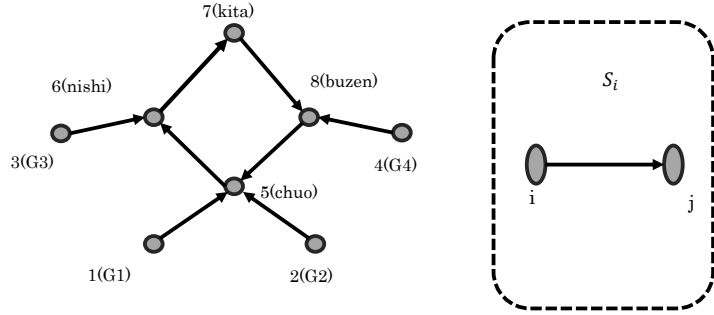


図10 ネットワーク図と流量の定義

これらの設定のもとで配列 $L(i,j)$ を用意して需給バランス式を立てる。

$$\sum_g OutPW_{i,g,h,d} - Dmd_{i,h,d} - Sup_{i,h,d} = \sum_j S_{j,h,d} \times L(i,j)$$

ここで配列 $L(i,j)$ は送電ロスの分を考慮した成分を T_i と表して以下のように定める。配列の形であるが、対角成分はノードから出て行く電力を表すため1となっており、その他の成分で T_i となっているものは隣接するノードから流れてくる電力を表している。

$$L(i,j) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ T1 & T2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & T8 \\ 0 & 0 & T3 & 0 & T5 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & T6 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & T4 & 0 & 0 & T7 & 1 \end{bmatrix}$$

なお $T1 \sim T8$ については表8に示す。

表8 送電ロスについて

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
-0.94	-9.0	-0.95	-0.95	-0.95	0.91	-0.94	-0.94

(11) 過渡安定度の維持に関する制約

各発電機のノードに対して同期発電機の容量と需要を与え、送電線のリアクタンスには West30機モデルで与えられた値を用いたときの PV の最大発電量を示し、制約式を立てる。本研究では PV の発電量が問題になるのはゴールデンウィークの昼の需要のピーク時であると考え、そのときの各ノードの出力は、曜日によらず一定であると近似して計算する。つまり、PV の発電量と同期機の発電量の和が常に一定であり、PV の発電量が増えると同期機の発電量が減るとして計算している。求められた各ノードの PV 以外の発電量に対する PV の導入可能割合を表2に示す。そしてその結果を用いて制約式を立てた。

$$\sum_{g \neq PV, WP} OutPW_{i,g,h,d} \times PV_rate \geq OutPW_{i,PV,h,d}$$

PV_rate は PV の導入可能割合であり、CCT を計算することで求める。

2.7 経済的負荷配分モデルの開発

2.7.1 線形計画法の概要

本研究では線形計画法を用いて計算をすることを念頭においてモデルを作成した。本節では線形計画法について簡単に説明をする。線形計画法とは

$$\begin{aligned} \text{minimize } f &= c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0 \end{aligned}$$

という問題を解く手法であり、この問題においては以下のような特徴がある。

- n 個の変数 x_1, x_2, \dots, x_n は全て非負である
- m 個の制約条件は変数 x_1, x_2, \dots, x_n の1次式の不等式(これを制約不等式と呼ぶ)である
- 最大化する関数 f (これを目的関数と呼ぶ)は変数 x_1, x_2, \dots, x_n の1次関数である

2.7.2 シミュレーションツールの概要

本研究では2.6節で示した制約式を元に経済的負荷配分モデルを開発する。目的関数としては燃料コストを最小化することを考えている。本モデルでは線形計画問題として計算するために、制約式を変数に対する1時方程式として記述している。そして、線形計画問題を解くためのシミュレーションツールとして、GAMS(General Algebraic Modeling System)を用いた。本研究ではソルバーとしてLPを用いている。

第3章 経済的負荷配分の計算結果とPVの出力抑制

本章では九州地域の経済的負荷配分とPVの出力抑制の計算結果を示す。3.1章で九州地域の送電系統モデルにおける各ノードでのCCTの計算結果について示し、3.2章でそのCCTを用いて各発電機の過渡安定度に関する制約を含めた場合と含めない場合での経済的負荷配分及びPVの出力抑制の比較分析をおこなう。

3.1 各発電機の安定性

3.1.1 各発電機のCCT

この節では各発電機において需要の最大値でのCCTを計算し、その結果を図で示し、結果について考察をする。まずは、各ノードでの需要の最大値を有効数字2桁で示したものが表9である。求め方としては2章の2.2節に示した方法を実行した。需要のピーク値を用いるのは、需要がピーク値を取る時間帯と全電源の出力に対するPVの出力の大きさの割合が最大になることが図12の(a)の過渡安定度の制約がない場合での週間電源運用計画の図からわかるからである。

表9. 本研究で用いる各ノードの需要の値

G1	G2	G3	G4
4.9GW	3.0GW	0.80GW	1.8GW

そして次に2.4節に示した図8において、本論文で用いた各回路定数を表10に示す。なおP4の値は電気学会のWEST30機系統モデルの潮流図から求めたものである。そしてPmは(6)式のようにしてPVの容量を変化させると同時に変化させている。なお、X2の値は文献[10]を元に設定したが、文献[18]から0.1 pu/kmの送電線の4 kmの間での事故を考えるとということと捉えた。

表10. 一機無限大母線モデルでの定数(pu)

	G1	G2	G3	G4
P1	5.3	3.3	1.3	1.8
P4	4.9	3.0	0.8	1.8
X1	0.5	0.5	0.5	0.5
X2	0.4	0.4	0.4	0.4

そしてこれらの値で計算した CCT が図 11 に示すとおりになった。横軸が PV の発電量 (pu) であり、縦軸が CCT (s) である。

CCT の計算において初期の慣性定数 M を 10s と設定したが、本論文では安定解が存在するかしないかのために CCT を用いているため、(5) 式を見ればわかるように、CCT が 0 になるかどうかと M の値には関係がないために影響がない。そして計算においては PV の容量を増やした時に、PV に十分な電力供給能力があるとして、その容量と同じ分だけ同期機の容量を減らすこととした。

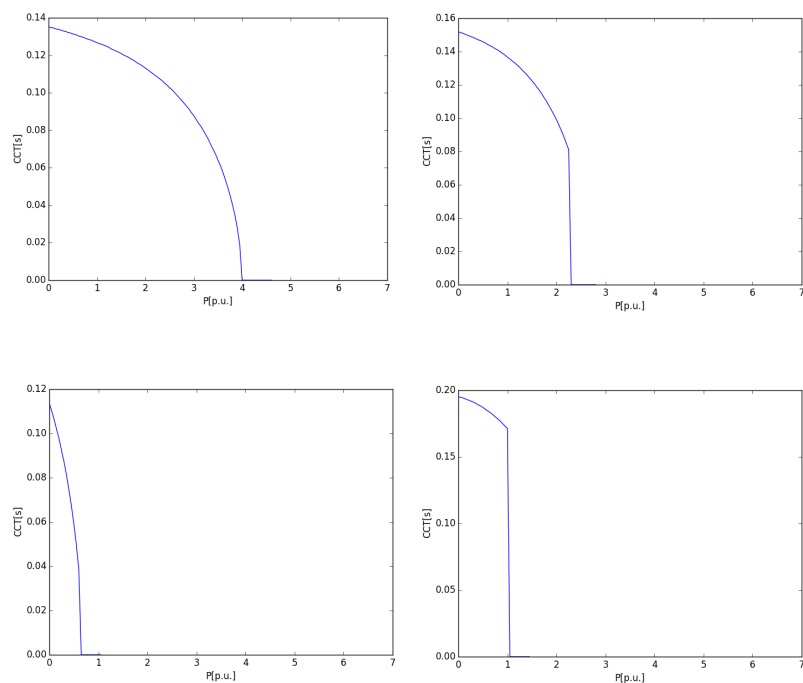


図 11 各ノードでの CCT (左上 G1, 右上 G2, 左下 G3, 右下 G4)

そして次に図 11 に求めた CCT のグラフについて考察をする。図 11 の (a) で示される左上の図が G1、(b) で示される右上が G2、(c) で示される左下が G3、そして (d) で示される右下が G4 を表す。それぞれの図について説明をする。

最初に全てのノードについて、仮定として置いた条件について再度説明をする。本論文では PV が系統に接続し、その容量が増えていくと、その分同期発電機の容量を減らすというシミュレーションをしている。その理由としては、同期発電機を運転する際に低出力で運転をしているとコストが高くなり、経済的な運転ができなくなるからである。つまり、同期発電機の出力を抑えたい場合に、系統としては稼働する同期発電機の台数を減らし、個々の同期発電機は高負荷率で運転させるようにするという処置を取るとしたことを表す。一機無限大母線モデルでこの状況を表すには、2.4 節の図 9 のような並列のモデルにおいて、並列の数を減らすということをする。実際には同期発電機の台数は整数であり、個々の同期発電機によって容量が違うはずなので、この減らし方において台数が実数であるという近似をしていることになる。

ここからは図 11 のグラフについて説明をする。まず、(a) の G1 について説明すると、図としては PV の容量が増えるとともに CCT は短くなっており、PV の出力が 4.05pu になったときに CCT が 0 になる。図は連続な図となっている。図を見ると PV の容量が増えると CCT が小さくなるという傾向を示しているが、この現象は、PV の容量を増やすとともに同期発電機の容量を減らしていることから、同期発電機が出力を変化させて事故時の変動に対応することが難しくなったということを示すと考えた。系統の安定性について物理的に言えば、同期発電機の台数を減らすことで慣性 M が小さくなり、(2) 式で表される動揺方程式において δ の変動が速くなってしまいう状況も影響していると考えられる。しかし、慣性については CCT の計算を表す(5)式を見ると、分母の P_m の値も同期機の台数に比例して小さくなるため、関係がないと言えるだろう。

(b) の G2 について説明をする。まず、PV の容量が大きくなると CCT が小さくなるという傾向については G1 の説明と同じである。しかし、図を見ると PV の容量が 2.25pu で CCT が急に 0 になっていることがわかる。この点においては先行研究[10]において、 δ_3 の値を求める際に i_2 が他に比べて大きすぎると解が求まらないということになっているが、そのような状態になっている。

(c) の G3 について説明をする。G3 においては G2 の説明と同じであり、CCT は PV の容量の増加とともに現象していく傾向があり、途中からは安定状態がなくなるという結果になった。

(d) の G4 について説明をする。G4 においても CCT は PV の容量の増加とともに現象していく傾向があり、途中からは安定状態がなくなるという結果になった。安定状態がなくなるのは PV の容量が 1pu のときである。

最後に結果を踏まえて、各ノードに接続させることのできる PV の容量を表にまとめると表 11 のようになる。なお、表では基準の系統容量が 1000MVA であることを用いて単位を変換している。

表 11 各ノードにおいて接続できる PV の最大値

G1	G2	G3	G4
4.05GW	2.25GW	0.60GW	1.00GW

3.1.2 各送電線で許容される PV の有効電力の割合の設定

安定度の評価をするために、発電機の出力に対する、CCT がはじめて 0 になる時の PV の出力の比を求め、その値を PV_rate とする。CCT が初めて 0 になるというのは、図の中で CCT が連続値を取るものは CCT が 0 になる時の PV の値を用い、CCT が不連続なものは CCT が最初に 0s になるときの PV の値を用いるということである。求めた PV_rate を表 12 に示す

表 12 各ノードでの PV_rate

G1	G2	G3	G4
0.76	0.68	0.46	0.56

この表から得られる PV_rate を用いて、最適電源運用計画を求めるのに下記の制約式を加えた。

$$\sum_{g \in PV, WP} OutPW_{i,g,h,d} \times PV_rate \geq OutPW_{i,pv,h,d}$$

ピーク時の限界の割合を他の時間にも用いることに対して説明をすると、本論文では仮定として需要量と再生可能エネルギー以外の電源の容量について計算をして、さらに最も PV の出力による過渡安定度が厳しくなる時刻が需要のピーク値の時刻と一致するとしている。そして、その条件の元で系統に接続できる最大の PV の出力を決めるということが目的であるため、このような制約式を用いてよいと考えた。

3.2 経済的負荷配分モデルによる評価結果

3.2.1 経済的負荷配分モデルの設定について

1 章の目的で述べたとおり、本研究では PV の容量が現時点での受け入れ可能量である 8.17GW のときの抑制量について、過渡安定度の制約について考察し、地域ごとに安定性の制約がある場合とない場合での違いについて計算することを目的としている。そして、3.1.2 節で九州地域の電力系統の安定性についての制約式を設定し終えたため、本節ではその制約式を用いて実際に経済的負荷配分モデルを開発する。

本節では、1 年間の経済的負荷配分計算結果のうち、特徴的な 3 日を抽出し、最後に 1 年間の出力抑制結果を示した。特徴的な 3 日とは、①5 月のゴールデンウィークの初めに当たる 5 月 2 日、②典型的な夏日である 8 月 1 日、および③典型的な冬日である 2 月 7 日である。5 月 2 日は、PV の発電量の高さに対して電力の需要が少なく、全発電量に占める同期機を用いた発電量の割合が低くなり、安定性の面において最も過酷な時期になると推定している。これとは逆に 8 月 1 日は夏期で最も電力需要が高くなる時期であり、PV の発電量もまた多くなる。また、2 月 7 日は冬期で夕方から晩にかけての電力需要が高くなると共に、PV の発電量は夏期と比べると低い。これらより、3 日間はそれぞれ特徴的な異なるパターンが現れ、重要な示唆が得られた。また、1 年間を通した結果からは、特定の送電線における PV の抑制率が特に高くなるという結果が得られ、抑制される電力の有効利用システムに関して重要な示唆が得られた。

3.2.2 経済的負荷配分モデルの比較

図 12、図 13 にそれぞれ、2 月 7 日における経済的負荷配分と送電系統 G3 (左) と G4 (右) における PV の発電電力量及び抑制電力量の計算結果を示す。

まず図 12 を見ると、12 時から 17 時にかけてと深夜の 1 時から 3 時にかけて、全体の発電電力量に余剰が生じており、その時間の余剰電力量を揚水発電の汲み上げに利用していることが分かる。そして、揚水そのものは、朝方の 7 時から 10 時までと 18 時から 20 時まで発電している。すなわち、太陽光発電の出力が上がり始める前後と 0 になる前後のいわゆる「上げ代」「下げ代」として利用されていることが分かる。

また、太陽光発電により、昼間の時間帯に余剰電力量が発生することが特徴的であり、10 時から 16 時にかけては、太陽光発電の出力抑制が起きている。この出力抑制は図 13 に示すように、ほぼ全量が送電系統 G3 で起きていることが分かる。図 13 から送電系統 G3 における出力抑制の様子が見て取れる。抑制が生じたのはノードの G3 と G4 だけであり、それらのノードは G3 が福岡県、G4 が大分県を表す。特に福岡県のノード G3 では年間を通した出力抑制量が最も大きくなっている。この理由としては、G3 のノードにある同期発電機が石油火力など比較的、発電の可変費用の高い電源が多いことが挙げられる。経済的負荷配分では、基本的に可変費用の低い順番（これを電力システム関係者の間ではメリットオーダーとよぶ）に運転を行う。したがって、可変費用の高い電

源が多く配置された送電系統では、電力需給の逼迫時を除いては、同期発電機が稼働することが少ない。そのため、G3 の送電系統に太陽光発電など慣性をもたない電源が多く入ると、必然的に出力抑制を行わざるを得なくなるのである。

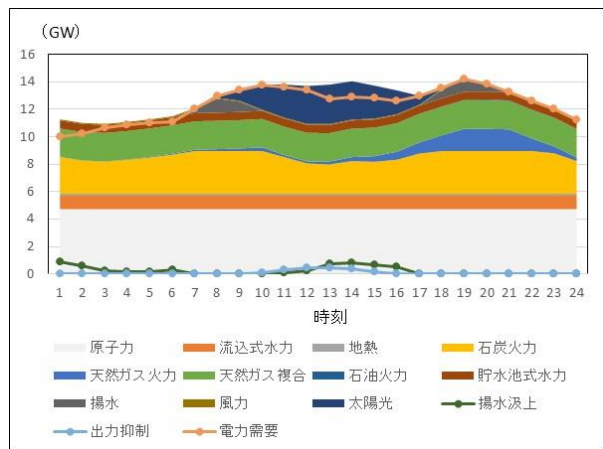


図 12. 2月7日の九州地域における経済的負荷配分の結果

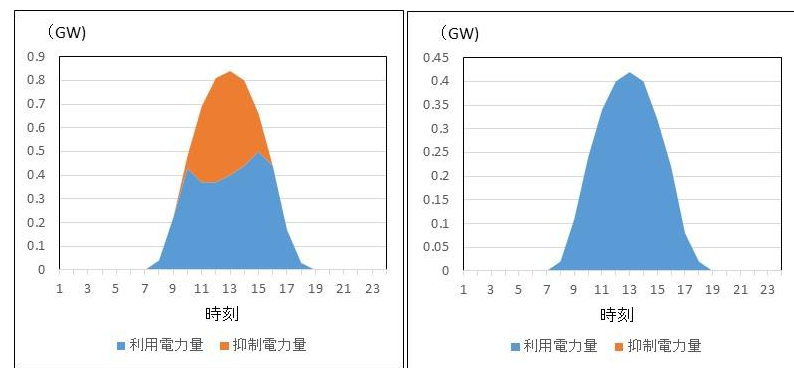


図 13. 2月7日の送電系統 G3 (左) と G4 (右) における PV の発電電力量及び抑制電力量

次に、ゴールデンウィークのはじめごろに当たる5月2日の結果を図14及び図15に示す。これを見ると、2月7日の計算結果で示した特徴がより顕著に現れていることが分かる。

まず図 14 を見ると、12時から17時にかけてと深夜の1時から3時にかけて、全体の発電電力量に余剰が生じており、その時間の余剰電力量を揚水発電の汲み上げに利用しているが、その汲み上げ量は2月7日より多くなっている。そして、揚水は、4時から6時、9時から16時、18時から22時まで発電している。また、太陽光発電の出力抑制は、朝から晩まで、すなわち、日射量の観測されるすべての時間帯に亘っていることが分かる。図 15 より、福岡の系統である G3 では、この日に PV のよって発電されたすべての電力量が抑制されていることが分かる。また、大分の系統である G4 でも10時から16時ごろまで出力抑制が起きているが G3 と比較すると抑制量は少ない。

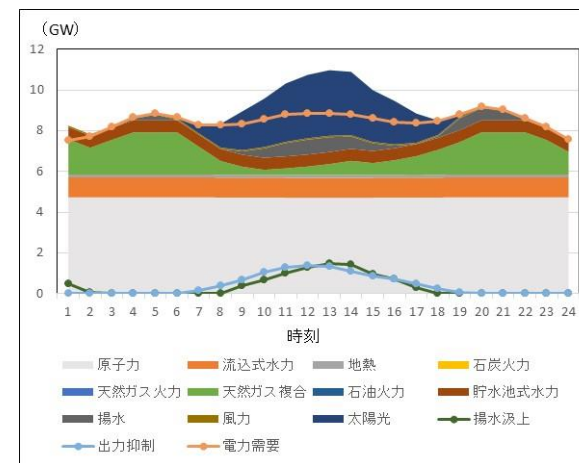


図 14. 5月2日の九州地域における経済的負荷配分の結果

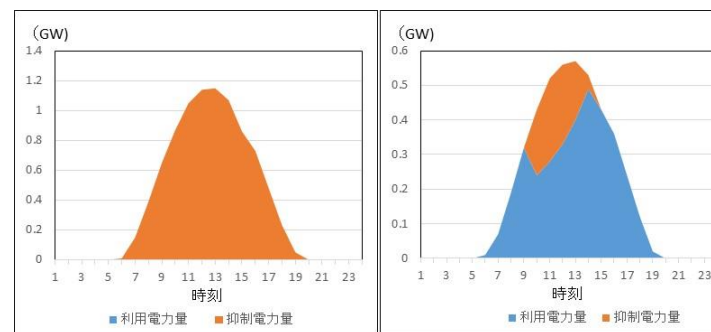


図 15. 5月2日の送電系統 G3 (左) と G4 (右) における PV の発電電力量及び抑制電力量

最後に典型的な夏日である8月1日の結果を図16及び図17に示す。

図16をみると、揚水の利用法が図12及び図14とは大きく変化していることが分かる。すなわち、ここでは朝方の4時から7時まで揚水の汲み上げが行われ、揚水発電そのものは夕方17時から21時まで利用されている。これは当日太陽光発電の利用量が多く、その発電量が急速に小さくなる夕方に対応して発電している。ここでは、ダックカーブへの揚水発電の対応が見て取れるため大変興味深い。

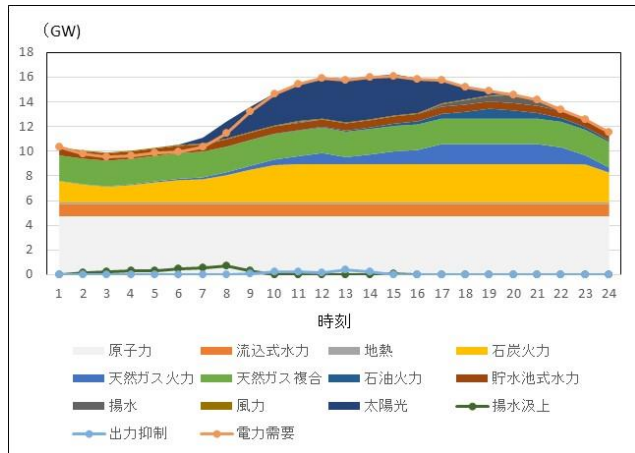


図16. 8月1日の九州地域における経済的負荷配分の結果

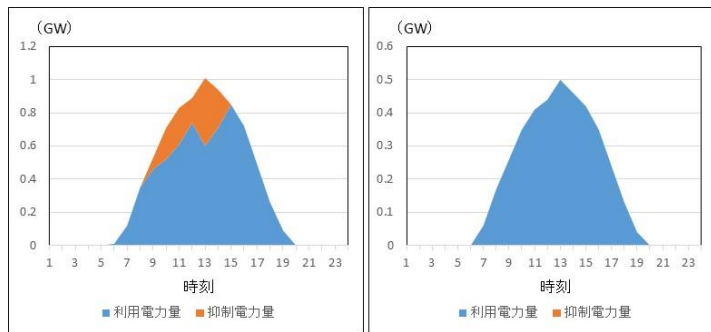


図17. 8月1日の送電系統G3(左)とG4(右)におけるPVの発電電力量及び抑制電力量

また、図17から分かるように、太陽光発電の出力抑制はG4では全く起きておらず、G3でもわずかに起きているに過ぎない。これは、夏期の電力需給逼迫時においては、G3に配置された同期発電機も多く稼働されるため、当該系統における過渡安定度の制約が緩和されるためと考えられる。

3.2.3 年間を通じたシミュレーションにおけるPVの出力抑制

本研究で開発した経済的負荷配分モデルを用いて1年間のPVの抑制量を求めた結果を示す。本章はじめに示した通り、九州全体でのPVの容量を8.17GWに対し、2章で示したように福岡県の系統であるG3では25%の2.04GW、そして大分県の系統であるG4が13%の1.06GWである。そして、年間を通し、出力抑制が起きたのは、G3とG4のみであった。上記の容量で1年稼働した場合に、抑制量と、G3とG4における年間での抑制の割合を表に示す。

結果について説明をすると、まず、G3はLNG火力と石油火力で構成されるために、原子力発電所を稼働させている場合はあまり同期機が稼働せず、結果としてPVも60%以上が抑制される結果となった。そして、G4については、表で示した抑制量のほとんどが5月の第1週での抑制であり、抑制の割合が1%程度と低い値となった。

表13. 電力系統G3とG4の年間抑制量

	出力(GWh)	抑制量(GWh)	抑制の割合(%)
G3	1840	1120	60.8
G4	906	11.1	1.22

第4章 結論

本研究では、九州の主たる送電系統を8個のノードと8本のアークで表し、ネットワーク・フロー問題として解くモデルを開発した。さらに、九州電力管内において、再生可能電源、特に太陽光発電システムが急増している現状に鑑み、以下のような電力系統のマネジメント手法を提案した。すなわち、電力系統内の各アークにおける太陽光発電システムからの有効電力の潮流に制約を加えることにより、過渡安定度を維持する手法である。この新しい電力系統のマネジメント手法による九州電力管内の経済的負荷配分モデルを開発し、実際の電源及び系統運用のシミュレーションをおこなった。その結果、系統の過渡安定度を考慮した場合の太陽光発電システムの抑制量を定量的に求めることができ、同時に過渡安定度を考慮した新しい系統運用のあり方を示すことができた。また、実際のシミュレーション結果では、特定の送電線の下に接続される太陽光発電システムに出力抑制が集中する可能性が示された。これは経済的負荷配分により、発電の可変費用が高い同期発電機は稼働率が低くなることで主たる要因である。このため、可変費用が高い同期発電機が多く接続された送電系統では、慣性が不足することとなり、当該系統に接続される太陽光発電システムに出力抑制が集中すると考えられる。

次に、本研究の課題と今後の課題と展望について述べる。まず、現状の経済的負荷配分モデルの問題として、九州の送電ネットワークを簡略化しすぎている点が挙げられる。実際には、各発電機はそれぞれ地理的に分散しており、そして送電線も本研究で扱ったものより複雑な階層構造のネットワークを構成している。この点において計算機が実行可能な程度で更に詳細なモデルを開発する必要がある。また、過渡安定度の評価において、全てのノードに対して個別に評価をしていない点や、近似的評価をしている点も課題である。この点においては、もっと地域を細分化したノードで個別のノードで安定度を評価することや、一機無限大母線モデルで詳細なインピーダンスの値を考えることが必要である。

今後の展望としては、上述した経済的負荷配分モデルの精度を上げる点以外に、以下の二点を検討している。一点は、出力抑制が集中する送電系統を特定し、そこに接続される太陽光発電システムの発電電力量を有効に利用するシステムを開発することである。これには、当該系統において抑制される電力量を、あらかじめ(例えば前日に)予測し、その分を吸収して蓄電池に蓄えることや、電気分解等により水素エネルギーに変換するシステムの検討が必要である。もう一点は、スマートグリッド等の技術により、再生可能電源等の有効電力が、上位の送電系統に上がってこないように管理することにより、本研究で提案した出力抑制の制約を緩和する研究を進めることである。以上の二点について、今後さらに研究を進展させる予定である。

参考文献

- [1] 高村ゆかり・亀山康子, 温暖化交渉の行方. 大学図書, 東京, 409pp, 2005
- [2] 松橋隆治, 吉田好邦, ”2013年以降の枠組としてのセクター別アプローチの評価と展望に関する研究,” 環境情報科学, 39巻, 2号, pp47-53, 2010
- [3] Ryuji Matsushashi, Hiromasa Mori, Kohei Misumi, Yoshikuni Yoshida, “Evaluation of post-Kyoto frameworks focusing on sector-based approaches and national numerical targets,” Forum on Public Policy: A Journal of Oxford Round Table, Vol.2008, No.2, 2009
- [4] Schmidt J. et. al., Sector-based Approach to the Post-2012 Climate Change Policy Architecture. Center for Clean Air Policy., 2006
- [5] 外務省, 北海道洞爺湖サミット首脳宣言, Items 24~25, 2008, http://www.g8summit.go.jp/eng/doc/doc080714_en.html, 2008/09/04
- [6] 環境省報道発表資料, 「強化された行動のためのダーバン・プラットフォーム特別作業部会第2回会合(ADP2)(結果概要)(お知らせ)」, 平成25年5月7日, 2013
- [7] 外務省, 「国連気候変動枠組条約第19回締約国会議(COP19)京都議定書第9回締約国会合(CMP9)等の概要と評価」, 平成25年11月23日, http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/page3_000562.html, 2013
- [8] 山地憲治, 地球環境技術研究機構, 2013, <http://www.rite.or.jp/news/events/pdf/yama-ji-ppt-kakushin2013.pdf>
- [9] 温室効果ガスインベントリーオフィス, 国立環境研究所, 2013, <http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>
- [10] 坂本尚也, 谷口治人, 太田豊, 中島達人, 千貫智幸: 「太陽光発電大量導入時の一機無限大母線系統の過渡安定度解析」, 電気学会論文誌 B, vol.132, No.1, pp9-15 (2012)
- [11] 千貫智幸, 谷口治人, 太田豊, 中島達人, 坂本尚也: 「太陽光発電が大量導入された配電系統の縮約に関する一考察」, 電気学会全国大会論文集 (2011-03)
- [12] 資源エネルギー庁固定価格買取制度認定量 http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html
- [13] 電力系統モデル標準化調査専門委員会編: 電力系統の標準モデル, 電気学会 (1991)
- [14] 間部秀規, 杉山達彦, 小宮山涼一, 藤井康正: 「送電ネットワークと風力発電の大量導入を考慮した東日本の最適電源構成の評価」, 電気学会全国大会論文集 (2013-03)
- [15] 中森昌紀 太陽光発電の不確実性を考慮した九州電力における電源運用計画の

研究 2015 東京大学工学部電気電子工学科卒業論文

- [16] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 編 : 「NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版—再生可能エネルギー普及拡大にむけて克服すべき課題と処方箋—」, 森北出版 (2014)
- [17] 小宮山涼一, 藤井康正 「太陽光発電, 風力発電の大量導入と日本の最適電源構成に関する分析」電気学会論文誌B (電力・エネルギー部門誌), Vol. 132, No. 7, pp. 639-647 (2012)
- [18] 一般社団法人電気学会編 : 電気工学ハンドブック 第7版, オーム社 (2013)
- [19] 九州電力株式会社 発電
http://www.kyuden.co.jp/effort_thirmal-power_index.html
- [20] 九州電力株式会社 : 「九州電力管内連系制約マップ」
http://www.kyuden.co.jp/library/pdf/company/liberal/presentation/presentation_2.pdf
- [21] 九州電力株式会社 : 九州本土の再生可能エネルギー発電設備に対する接続申込みの回答保留について
<http://www.kyuden.co.jp/var/rev0/0043/8139/we24tq6gr.pdf>

参考資料3 再生可能エネルギーに関する条例・特区制度

再生可能エネルギーに関する条例・特区制度

1. 条例に基づく地域ビジネス支援策一覧

再生可能エネルギーの促進関連条例においては、共通項として、自治体が再生可能エネルギー導入を促進する旨が制定されている。自治体によっては、地域のビジネス支援策が条例に記載されているものもあり、表 1 に示した 6 つの支援策が挙げられる。

表 1 地域ビジネス支援策

	地域ビジネス支援策の概要	運用状況
固定資産税免除	発電設備等に課する固定資産税分を免除する。	運用状況は不明。 条例ではないが、関連条例等で固定資産税の減免を実施している地域もある。 ・「豊田市版環境税・再生可能エネルギー発電設備減税」（愛知県豊田市）では固定資産税を一部減免。 ・「小田原市再生可能エネルギー事業奨励金」では固定資産税分を奨励金の形で返還。（神奈川県小田原市） ・宝塚市再生可能エネルギーの利用の推進に関する基本条例に基づき「小規模事業用太陽光発電設備課税免除制度」（兵庫県宝塚市）
基金による貸付	再生可能エネルギー事業を推進するため、貸付金の財源として基金を設置する。	運用状況は不明。 条例で基金による貸付が明文化されているのは飯田市のみであるが、宝塚市は関連条例で基金設置を制定した。（土佐清水市に関しては、基金を設置しているが、これは市で行っている発電事業の売電収入をプールするための基金であり、再生可能エネルギー事業への貸付は行っていない。）
関連産業の振興	再生可能エネルギーに関連する産業の振興のため、自治体が支援を行う。	運用状況は不明。 大阪府は廃棄物バイオマスの積極促進を条例で制定し、大阪市下水処理上消化ガス発電事業者を公募。
連携の推進等	自治体が、再生可能エネルギー等の活用に関して、国・他の地方公共団体（近隣自治体）・大学・研究機関・市民・再生可能エネルギー事業者・事業者・民間非営利活動法人その他の関係機関と連携・協力を図る。	条例制定の結果による連携事例は不明。 多くの条例で制定されており、官民連携等も行われている。
事業の認定	再生可能エネルギー事業であって、要件を満たすものを認定する。	再エネ事業を認定し、自治体からの支援が受けられる地域がある。 ・「地域公共再生可能エネルギー活用事業」として 9 件を認定。認定事業には公的信用力の付与等、市の支援が受けられる。（長野県飯田市） ・「市民参加型再生可能エネルギー事業」を認定。件数は不明。（神奈川県小田原市）
表彰	再生可能エネルギーの導入等の促進に功績があったものを表彰する。	大阪府大阪市・群馬県北群馬郡榛東村では表彰例がある。

1

表 2 条例に基づく地域ビジネス支援策一覧（施行開始年月順）

＜凡例＞ ○：促進条例において制定。 △：促進条例には記載がないが、関連条例等により制定。 空欄：記載なし。

再生可能エネルギー促進条例	固定資産税免除	基金による貸付	関連産業の振興・積極的推進策	連携の推進等	事業の認定	表彰
(1) 日南町再生可能エネルギー利用促進条例						
(2) 大阪市再生可能エネルギーの導入等による低炭素社会の構築に関する条例			○	○		
(3) 榛東村自然エネルギーの推進等に関する条例	○		○			○
(4) 鎌倉市省エネルギー推進及び再生可能エネルギー導入促進に関する条例						○
(5) 唐津市再生可能エネルギーの導入等による低炭素社会づくりの推進に関する条例			○	○		
(6) 湖南省地域自然エネルギー基本条例				○		
(7) 新城市省エネルギー及び再生可能エネルギー推進条例				○		
(8) 土佐清水市再生可能エネルギー基本条例		△ (土佐清水市再生可能エネルギー事業基金条例)		○		
(9) 飯田市再生可能エネルギーの導入による持続可能な地域づくりに関する条例		○	○		○	
(10) 東神楽町再生可能エネルギー推進条例	○					
(11) 洲本市地域再生可能エネルギー活用推進条例						
(12) 中之条町再生可能エネルギー推進条例				○		
(13) 多治見市再生可能エネルギー普及を促進する条例				○		
(14) 設楽町省エネルギー及び再生可能エネルギー基本条例				○		
(15) 飯島町地域自然エネルギー基本条例				○		

2

再生可能エネルギー促進条例	固定資産税免除	基金による貸付	関連産業の振興・積極的推進策	連携の推進等	事業の認定	表彰
(16) 豊田市再生可能エネルギーの導入の推進に関する条例	△ (豊田市版環境減税・再生可能エネルギー発電設備減税 ※一部免除)		○			
(17) 小田原市再生可能エネルギーの利用等の促進に関する条例	△ (小田原市再生可能エネルギー事業奨励金)		○		○	
(18) 神奈川県再生可能エネルギーの導入等の促進に関する条例			○	○		○
(19) 芦別市再生可能エネルギー利用促進条例				○		
(20) 八丈町地域再生可能エネルギー基本条例				○		
(21) 宝塚市再生可能エネルギーの利用の推進に関する基本条例	△ (小規模事業用太陽光発電設備課税免除制度)	△ (宝塚市再生可能エネルギー基金)		○		
(22) 大磯町省エネルギー及び再生可能エネルギー利用の推進に関する条例			○			
(23) 京都府再生可能エネルギーの導入等の促進に関する条例	△ (府民税の均等割の課税免除・不動産取得税の課税免除・認定自立事業者への事業税減額) (制定あり)			○		○

2. 条例に基づく地域ビジネス支援の詳細 (施行開始年月順)
 促進条例における「地域ビジネス支援」「行政の役割(事業者の役割)」に関する条文の関連箇所を抜粋し、概要を整理した。概要は、条例の「制定の経緯」「条例による地域ビジネス支援」「条例策定後の動向」「関連動向」をまとめた。

(1) 日南町再生可能エネルギー利用促進条例

自治体名	鳥取県日野郡日南町
施行開始	2012年1月
概要	<p><制定の背景> 平成14年度「日南町地域新エネルギービジョン」制定。 3 平成18年度「日南町環境基本条例」制定。 平成20年度「日南町環境基本計画」制定。</p> <p><条例による地域ビジネス支援> なし。</p> <p><条例策定後の動向> (1) 鳥取県自治体初の太陽光発電所運営となる日南町石見東太陽光発電所が完成(2012年12月)。 (2) (本条例の理念に基づいた)小水力発電所改良工事のための公募型プロポーザールを実施、新石見小水力発電所が完成(2015年9月発電開始)。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	なし
行政の役割に関する条文	<p>(町の責務) 第3条 町は、環境の保全及び低炭素社会の構築と経済活性化に向け、次のことに率先して取り組むものとする。</p> <p>(1) 再生可能エネルギー導入に係る事業啓発とその促進 (2) 再生可能エネルギーの導入に向けての町民への必要な支援 (3) 産学連携で行われる再生可能エネルギーの研究開発等への支援 (4) 前3号のほか再生可能エネルギー導入に向けて必要と認める施策</p>
事業者の役割に関する条文	なし
条例 URL	http://lg.joureikun.jp/nichinan_town/act/frame/frame110000494.htm
参考 URL : ニュースリリース等	鳥取県地球温暖化防止活動推進センター「日南町」 http://ecoft.org/shicyouson/nichinan.pdf 全国小水力利用推進協議会 http://j-water.org/news3/page/14/ 鳥取県日南町 http://www.town.nichinan.lg.jp/p/1/15/7/23/

(2) 大阪市再生可能エネルギーの導入等による低炭素社会の構築に関する条例

自治体名	大阪府大阪市
施行開始	2012年4月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援></p> <p>(1) 積極的推進策 (バイオマスの積極的な導入推進)</p> <p>(2) 連携の推進等</p> <p><条例策定後の動向></p> <p>(1) 大阪市下水処理場消化ガス発電事業を募集し、優先交渉者決定(2014年10月)。 →大阪市と民間企業3社(大阪ガス子会社のOGCTS(大阪市)、月島機械、月島テクノメンテサービス)が2015年5月に事業契約を締結。 2017年4月から発電事業の運営を開始する予定(約2,580万kWh/年)。 事業効果として大阪市収益は約3.3億円/年(土地占用料を含む・税抜)を見込む。</p> <p>(2) 中小規模事業者の支援のため、「省エネ・省CO2対策の指針-中小規模事業者におけるコスト削減に向けて-」を作成(2014年7月)。</p> <p>(3) 池田泉州銀行と環境・エネルギー分野における連携協定を締結(2014年1月)。</p> <p>(4) 金融機関と環境・エネルギー施策推進を連携(関西アーバン銀行、大阪信用金庫)、関連基金(大阪市環境創造基金条例)への寄付を受け、両金融機関に感謝状を贈る(表彰)。(2014年4月・11月)</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(再生可能エネルギーの導入)</p> <p>第7条</p> <p>3 本市は、廃棄物に含まれるバイオマス(動植物に由来する有機物であってエネルギー源として利用することができるもの(原油、石油ガス、可燃性天然ガス及び石炭並びにこれらから製造される製品を除く。)をいう。)を利用した発電等を積極的に推進するなど、自ら優先的に再生可能エネルギーの導入に努めるとともに、事業者及び市民による再生可能エネルギーの導入を促進するために必要な措置を講ずるよう努めるものとする。</p> <p>4 本市は、事業者及び市民が大学、研究機関等と連携して行う再生可能エネルギーの導入の促進に資する技術等の研究、開発等を支援するよう努めるものとする</p> <p>(地域連携等の推進)</p> <p>第15条 本市は、低炭素社会の構築に向け、近隣自治体と連携して、再生可能エネルギーの導入等による温室効果ガスの排出の抑制等のために必要な措置を講ずるよう努めるものとする。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(本市の責務)</p> <p>第3条 本市は、低炭素社会の構築に向けて、再生可能エネルギーの導入、エネルギーの使用の合理化その他の方法(以下「再生可能エネルギーの導入等」という。)による温室効果ガスの排出の抑制等を総合的かつ計画的に推進するものとする。</p> <p>2 本市は、自らの事務及び事業に関し、再生可能エネルギーの導入等による温室効果ガスの排出の抑制等のために必要な措置を講ずるものとする。</p> <p>3 本市は、事業者、市民又はこれらの者の組織する民間の団体(以下「民間団体」という。)が行う再生可能エネルギーの導入等による温室効果ガスの排出の抑制等を推進するために必要な措置を講ずるものとする。</p> <p>4 本市は、前3項に定める責務を積極的に果たすことを通じて、本市の区域内における温室効果ガスの総排出量の削減を図るものとする。</p> <p>第8条3 本市は、事業者及び市民によるエネルギーの使用の合理化に資する製品の優先的な使用を促進するために必要な措置を講ずるよう努めるものとする。</p> <p>(公共交通機関の利用等)</p> <p>2 本市は、事業者及び市民による公共交通機関の利用又は徒歩による移動を促進するために必要な措置を講ずるよう努めるものとする。</p> <p>(エネルギーの使用の合理化に資する自動車等の使用等)</p> <p>3 本市は、事業者及び市民によるエネルギーの使用の合理化に資する自動車等の使用を促進するために必要な措置を講ずるよう努めるものとする。</p> <p>(廃棄物の発生の抑制等)</p> <p>2 本市は、廃棄物の発生の抑制、再使用及び再生利用を推進するために必要な措置を講ずるものとする。</p> <p>(教育及び学習の推進)</p> <p>2 本市は、事業者及び市民が再生可能エネルギーの導入等による温室効果ガスの排出の抑制</p>

	等についての関心と理解を深めることができるよう、これらに関する教育及び学習の振興並びに広報活動の充実その他の必要な措置を講ずるものとする。
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の責務)</p> <p>第4条 事業者は、低炭素社会の構築に向けて、その事業活動に関し、再生可能エネルギーの導入等による温室効果ガスの排出の抑制等のために必要な措置(他の者の再生可能エネルギーの導入等による温室効果ガスの排出の抑制等に寄与するための措置を含む。)を自主的かつ積極的に講ずるよう努めなければならない。</p> <p>2 本市の区域内にエネルギーを供給している事業者(電気事業法(昭和39年法律第170号)第2条第1項第2号に規定する一般電気事業者及び同項第8号に規定する特定規模電気事業者並びにガス事業法(昭和29年法律第51号)第2条第2項に規定する一般ガス事業者に限る。)は、本市に対し、本市の区域内におけるエネルギーの供給量その他の再生可能エネルギーの導入等による温室効果ガスの排出の抑制等を推進するために必要な情報の提供に努めなければならない。</p> <p>第7条2 事業者は、再生可能エネルギーの導入に寄与する製品の製造、販売その他の提供又は輸入を行うとともに、当該製品の使用に伴う温室効果ガスの排出の抑制等に関する情報を提供するよう努めなければならない。</p> <p>第8条 事業者及び市民は、その事業活動及び日常生活に関し、エネルギーの使用の合理化に資する製品の優先的な使用に努めるとともに、その使用に当たっても更なるエネルギーの使用の合理化に努めなければならない。</p> <p>2 事業者は、エネルギーの使用の合理化に資する製品の製造、販売その他の提供又は輸入を行うとともに、当該製品の使用に伴う温室効果ガスの排出の抑制等に関する情報を提供するよう努めなければならない。</p> <p>(公共交通機関の利用等)</p> <p>第9条 事業者及び市民は、自動車等(道路運送車両法(昭和26年法律第185号)第2条第2項に規定する自動車及び同条第3項に規定する原動機付自転車をいう。以下同じ。)の使用におけるエネルギーの使用の合理化のため、その過度な使用を抑え、公共交通機関の利用又は徒歩による移動に努めなければならない。</p> <p>(エネルギーの使用の合理化に資する自動車等の使用等)</p> <p>第10条 事業者及び市民は、自動車等の適正な運転及び整備に努めるとともに、自動車等の購入又は賃借(以下「自動車等の購入等」という。)をしようとするときは、エネルギーの使用の合理化に資する自動車等の購入等をするよう努めなければならない。</p> <p>2 自動車等を販売し、又は有償で貸し渡すことを業とする事業者は、エネルギーの使用の合理化に資する自動車等に関する情報を提供するよう努めなければならない。</p> <p>(緑化の推進)</p> <p>第12条 事業者及び市民は、温室効果ガスの排出の抑制等に資するため、その所有し、又は管理する建築物及びその敷地の緑化に努めなければならない。</p> <p>(廃棄物の発生の抑制等)</p> <p>第13条 事業者及び市民は、温室効果ガスの排出の抑制等に資するため、廃棄物の発生の抑制、再使用及び再生利用に努めなければならない。</p> <p>(教育及び学習の推進)</p> <p>第14条 事業者及び市民は、再生可能エネルギーの導入等による温室効果ガスの排出の抑制等についての関心と理解を深めるため、これらに関する教育及び学習を自ら進んで行うよう努めなければならない。</p>
条例 URL	http://www.city.osaka.lg.jp/kankyo/page/0000163822.html
参考 URL : ニュースリリース等	<p>大阪市「大阪市下水処理場消化ガス発電事業の優先交渉権者を選定しました。」(2014年10月10日)</p> <p>http://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000283106.html</p> <p>大阪市「「省エネ・省CO2対策の指針-中小規模事業者におけるコスト削減に向けて-」を作成しました」(2014年7月31日)</p> <p>http://www.city.osaka.lg.jp/kankyo/page/0000270642.html</p> <p>民間資金を活用した環境・エネルギー施策の推進</p> <p>http://www.city.osaka.lg.jp/kankyo/page/0000302856.html</p>

(3) 榛東村自然エネルギーの推進等に関する条例

自治体名	群馬県北群馬郡榛東村
施行開始	2012年4月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援></p> <p>(1) 自然エネルギー推進の功績表彰</p> <p>(2) 大規模太陽光発電設備等(第2条(2)「最大出力が500KW以上の発電設備」)の固定資産税を三年間免税/</p> <p>(3) 関連産業の振興</p> <p><条例策定後の動向></p> <p>(1) SB エナジーによるメガソーラー発電所を榛東村八州高原内の村所有地に誘致(2012年7月運転開始)。</p> <p>(2) ((1)の誘致により得た知見を活かし、)「榛東村白子の海ソーラーポート(太陽光発電所)」を設置(2013年7月運転開始)。条例で規定する原発の代替エネルギーの普及推進に寄与する発電所として誕生。</p> <p>(3) 榛東村白子の海ソーラーポートの用地を提供した地元企業、施工業者に感謝状を贈呈(表彰)。(2013年7月)</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(表彰等)</p> <p>第6条 村長は、自然エネルギーの推進に関して特に功績があると認められる者に対し、表彰その他の必要な措置を講ずるものとする。</p> <p>(固定資産税の課税免除)</p> <p>第7条 村長は、設置対象者の大規模太陽光発電設備等に係る固定資産税について、地方税法(昭和25年法律第226号)第6条第1項の規定に基づき、課税を免除することができる。</p> <p>2 前項の課税免除は、大規模太陽光発電設備等に対して新たに固定資産税が課されることとなった年度から起算して3年度に限り行う。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(普及啓発)</p> <p>第3条 村長は、村民及び事業者が自然エネルギーの必要性について理解を深めるとともに、これらのものが自発的に活動を行おうとする意欲が増進されるよう普及啓発に努めるものとする。</p> <p>(活動支援)</p> <p>第4条 村長は、村民及び事業者が行う自然エネルギーに関する自発的な活動に対し、必要な支援を行うよう努めるものとする。</p> <p>(関連産業の振興)</p> <p>第5条 村長は、自然エネルギーに関する産業の振興のため、事業者が行う活動について、必要な支援を行うよう努めるものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	なし
条例 URL	http://www.vill.shinto.gunma.jp/reiki_int/reiki_honbun/e229RG00000393.html
参考 URL : ニュースリリース等	<p>榛東村 HP http://www.vill.shinto.gunma.jp/</p> <p>広報しんとう 2012年4月号 http://www.vill.shinto.gunma.jp/koho/1204/04-05.pdf</p> <p>広報しんとう 2013年7月号 http://www.vill.shinto.gunma.jp/koho/1307/02.pdf</p>

(4) 鎌倉市省エネルギー推進及び再生可能エネルギー導入促進に関する条例

自治体名	神奈川県鎌倉市
施行開始	2012年6月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援></p> <p>(1) 表彰</p> <p><条例策定後の動向></p> <p>(1) 表彰例は不明。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(表彰)</p> <p>第8条 市は、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に関し特に功績のあったものに対して、表彰その他の必要な措置を講ずるものとします。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(市の責務)</p> <p>第3条 市は、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に向けて、次の各号に掲げる事項に積極的に取り組むものとします。</p> <p>(1) 市民、事業者に対する省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に関する的確な情報の提供と必要な支援</p> <p>(2) 省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に関連する産業の育成</p> <p>(3) 省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に取り組む地域づくり</p> <p>(4) 次世代を担う子どもへのエネルギー利用と環境のあり方についての教育に関する取り組みへの支援</p> <p>(5) 公共施設における省エネルギーシステムの導入及び太陽光発電装置設置等の省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進の施策の実施</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の責務)</p> <p>第6条 事業者は、その事業活動を行うに当たって、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギー導入の促進に積極的に努めるとともに、市が実施する施策に協力する責務を有します。</p>
条例 URL	https://www.city.kamakura.kanagawa.jp/gikai/documents/h24gikaigian1.pdf

(5) 唐津市再生可能エネルギーの導入等による低炭素社会づくりの推進に関する条例

自治体名	佐賀県唐津市
施行開始	2012年7月
概要	<p>< 制定の背景 > 「唐津市バイオマスタウン構想」を平成21年4月に策定。 「唐津市再生可能エネルギーの導入等による低炭素社会づくりの推進に関する条例」を平成24年7月1日に施行。 「唐津市再生可能エネルギー総合計画」を平成25年6月に策定。</p> <p>< 条例による地域ビジネス支援 > (1) 関連産業の振興 (2) 地域連携の推進</p> <p>< 条例策定後の動向 > (1) 公共施設への太陽光パネルの導入、市有地へのメガソーラー設置運営事業者の誘致（株式会社ウエストエネルギーソリューション、スカイソーラージャパン株式会社） (2) 不明。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(関連産業の振興) 第11条 市は、低炭素社会づくりの推進にあたり、再生可能エネルギーに関連する産業の振興及び人材の育成のために必要な措置を講じるよう努めるものとする。</p> <p>(地域連携の推進等)第8条 市は、国及び県と協力し、事業者、市民及び民間非営利活動法人その他の民間団体(以下「民間非営利活動法人等」という。)と再生可能エネルギーの導入等による低炭素社会づくりの推進に向けて緊密な連携を図るとともに、相互の協力が増進されるよう努めるものとする。</p> <p>(市民等の自発的な活動への支援) 第10条 市は、事業者、市民及び民間非営利活動法人等が行う低炭素社会づくりに関する自発的な活動を促進するため、必要な支援を行うものとする。</p> <p>(財政上の措置) 第12条 市は、再生可能エネルギーの導入等による低炭素社会づくりの推進に関する施策を着実に実施するため、必要な財政上の措置を講じるよう努めるものとする。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(市の責務) 第3条 市は、再生可能エネルギーの導入、エネルギー使用の合理化その他の方法(以下「再生可能エネルギーの導入等」という。)により、低炭素社会づくりの推進に関する総合的かつ計画的な施策を策定し、当該施策を推進するものとする。</p> <p>2 市は、事業の実施に当たっては、自ら率先して再生可能エネルギーの導入等に努めるものとする。</p> <p>(学習の推進及び普及啓発) 第9条 市は、低炭素社会づくりの必要性について事業者及び市民の理解を深めるとともに、低炭素社会づくりに関する意欲が増進されるよう、エネルギーに関する学習の推進及び普及啓発について必要な措置を講ずるものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の役割) 第4条 事業者は、低炭素社会づくりの推進に向けて、自らがエネルギー供給者となりうるとの認識を持ち、その事業活動において再生可能エネルギーの導入等に取り組むよう努めるものとする。</p> <p>2 事業者は、市が実施する再生可能エネルギーの導入等による低炭素社会づくりの推進に関する施策に対し協力するものとする。</p>
条例 URL	http://www1.g-reiki.net/karatsu/reiki_honbun/r079RG00001400.html
参考 URL : ニュースリリース等	唐津市「再生可能エネルギーの導入と省エネルギーの推進についての情報コーナー」 http://www.city.karatsu.lg.jp/kikaku/sangyo/sangyo/energy/johocorner.html#karatsu

(6) 湖南省地域自然エネルギー基本条例

自治体名	滋賀県湖南省
施行開始	2012年9月
概要	<p>< 条例による地域ビジネス支援 > (1) 連携の推進等。</p> <p>< 条例策定後の動向 > (1) 学識経験者・各種団体の関係者・その他の委員から構成される「湖南省地域自然エネルギー地域活性化戦略プラン策定委員会」を設置し、第一回委員会開催(2014年11月)。 (2) 学識経験者・各種団体の関係者・その他の委員から構成される「湖南省スマートエネルギーシステム構想検討委員会(2015年～)」・「湖南省再生可能エネルギー発電による農山村活性化協議会(2015年～)」を設置し委員会開催。 (3) (条例の理念に基づき、) (社) 市民共同発電所プロジェクトが「コナン市民共同発電所」を設置。(発電所で得られる売電益を地域商品券で配当し、地域活性化に取り組んでいる。)</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(連携の推進等) 第7条 市は、自然エネルギーの活用に関しては、国、地方公共団体、大学、研究機関、市民事業者及び民間非営利活動法人その他の関係機関と連携を図るとともに、相互の協力が増進されるよう努めるものとする。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(市の役割) 第4条 市は、地域社会が持続的に発展するように、前条の理念に沿って積極的に人材を育成し、事業者や市民への支援等の必要な措置を講ずるものとする。</p> <p>(学習の推進及び普及啓発) 第8条 市は、自然エネルギーの活用について、市民及び事業者の理解を深めるため、自然エネルギーに関する学習の推進及び普及啓発について必要な措置を講ずるものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の役割) 第5条 事業者は、自然エネルギーの活用に関し、第3条の理念に沿って効率的なエネルギー需給に努めるものとする。</p>
条例 URL	http://www.city.konan.shiga.jp/_upfiles/news/f15303/120921energy.pdf
参考 URL : ニュースリリース等	湖南省地域エネルギー課 http://www.city.konan.shiga.jp/cgi/sec_index.php?BCD=381800

(7) 新城市省エネルギー及び再生可能エネルギー推進条例

自治体名	愛知県新城市
施行開始	2012年12月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援> (1) 連携の推進等</p> <p><条例策定後の動向> (1) 条例制定後、「環境保全協定」(2009年2月制定)の締結対象に再生可能エネルギー事業者を加える。 一部改正</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(連携の推進等) 第9条 市は、省エネルギーのまちづくりの推進及び再生可能エネルギーの活用に関し、市民、事業者、再生可能エネルギー事業者、大学、研究機関等と連携を図るとともに、相互の協力が増進されるよう努めるものとします。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(市の役割) 第4条 市は、地域社会が持続的に発展するように、前条の基本理念に沿って積極的に人材を育成するとともに、省エネルギーのまちづくりの推進及び再生可能エネルギーの活用に向けた支援等の必要な措置を講ずるものとします。 2 市は、省エネルギーのまちづくりの推進及び再生可能エネルギーの活用について、市民及び事業者の理解を深めるため、省エネルギー及び再生可能エネルギーに関する学習の推進及び普及啓発について必要な措置を講ずるものとします。 3 市は、公共施設等における省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの積極的な活用に努めるものとします。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の役割) 第6条 事業者は、その事業活動を行うに当たり、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの活用に努めるとともに、市が実施する施策に協力するものとします。</p> <p>(再生可能エネルギー事業者の役割) 第7条 再生可能エネルギー事業者は、再生可能エネルギーの活用に関し、第3条の基本理念に沿って効率的なエネルギー供給に努めるものとします。 2 再生可能エネルギー事業者は、地域の土地が有する資源及び環境の役割が将来にわたり果たされることに配慮しつつ、その活用に努めるものとします。 3 再生可能エネルギー事業者は、施設における発電状況等のデータについて、ホームページ等で公表に努めるものとします。</p>
条例 URL	http://www.city.shinshiro.lg.jp/index.cfm/6,30237,140.html
参考 URL : ニュースリリース等	<p>新城市環境保全協定 http://www.city.shinshiro.lg.jp/index.cfm/6,11911,180.html</p>

(8) 土佐清水市再生可能エネルギー基本条例

自治体名	高知県土佐清水市
施行開始	2013年3月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援> (1) 連携の推進等</p> <p><条例策定後の動向> (1) 「土佐清水市再生可能エネルギー発電所の設置及び管理に関する条例」を施行し、土佐清水市が運営する太田太陽光発電所(990kW)・中浜太陽光発電所(750kW)を設置(2013年12月)。その売電収入を原資とした「土佐清水市再生可能エネルギー事業基金条例」を制定(2014年3月)。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(連携の推進等) 第7条 市は、再生可能エネルギーの活用に関しては、国、他の地方公共団体、大学、研究機関、市民、事業者及び民間非営利活動法人その他の関係機関と連携を図るとともに、相互の協力が増進されるよう努めるものとする。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(市の役割) 第4条 市は、地域社会が持続的に発展するように、前条の理念に沿って積極的に人材を活用し、事業者や市民への支援等の必要な措置を講ずることができる。</p> <p>(学習の推進及び普及啓発) 第8条 市は、再生可能エネルギーの活用について、市民及び事業者の理解を深めるため、再生可能エネルギーに関する学習の推進及び普及啓発について必要な措置を講ずることができる。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の役割) 第5条 事業者は、再生可能エネルギーの活用に関し、第3条の理念に沿って効率的なエネルギー需給に努めるものとする。</p>
条例 URL	http://www.city.tosashimizu.kochi.jp/reiki/act/frame/frame110000659.htm
参考 URL : ニュースリリース等	<p>土佐清水市再生可能エネルギー発電所の設置及び管理に関する条例 http://www.city.tosashimizu.kochi.jp/reiki/act/frame/frame110000685.htm 土佐清水市再生可能エネルギー事業基金条例 http://www.city.tosashimizu.kochi.jp/reiki/act/frame/frame110000688.htm</p>

(9) 飯田市再生可能エネルギーの導入による持続可能な地域づくりに関する条例

自治体名	長野市
施行開始	2013年4月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援></p> <p>(1) 飯田市再生可能エネルギー推進基金による資金貸付（無利子で上限1000万円）。 (2) 積極的推進策（地域団体による再生可能エネルギー事業に対する市長の支援） (3) 地域公共再生可能エネルギー活用事業の認定</p> <p><条例策定後の動向></p> <p>(1) 貸付事例は不明。 (2) 地域公共再生可能エネルギー活用事業第1号として「メガさんぼおひさま発電所プロジェクト2013」を認定（2013年10月）。 2016年1月までに、本条例に基づく地域公共再生可能エネルギー活用事業8件が認定されている。 (第2号認定事業) 飯田山本おひさま広場整備事業 (第3号認定事業) 杵原学校多目的ホール太陽光発電設備設置事業 (第4号認定事業) 丘づくり・市民共同発電プロジェクト 2014 (第5号認定事業) 久米会館・さくら保育園久米分園太陽光発電設備設置事業 (第6号認定事業) 龍江四区コミュニティ消防センター太陽光発電設備設置事業 (第7号認定事業) 飯田市今田人形の館太陽光発電設備設置事業 (第8号認定事業) 飯田市立旭ヶ丘中学校太陽光発電設備設置事業</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(飯田市再生可能エネルギー推進基金)</p> <p>第19条 第10条第1項第3号の規定による、地域公共再生可能エネルギー活用事業に対する貸付金の財源に充てるため、飯田市再生可能エネルギー推進基金(以下「基金」という。)を設置する。 2 基金の総額は4,000万円とする。</p> <p>(資金の貸付け)</p> <p>第21条 市長は、実施者に対し、基金を財源として、資金の貸付けを行う。 2 前項の規定により貸し付けられる資金(以下「貸付金」という。)は、地域公共再生可能エネルギー活用事業に係る建設工事を発注するための調査に直接必要な経費にのみ充てることができる。 3 貸付金の貸付けは、一の実施者につき1回とする。 4 貸付金の貸付額は、一の実施者につき1,000万円を限度とする。ただし、基金に属する現金の額が1,000万円を下回る場合にあっては、当該基金に属する現金の額を貸付額の限度とする。</p> <p>(償還)</p> <p>第22条 貸付金は無利子とし、貸付金の貸付けを受けた日が属する年度の翌々年度から、年賦で均等に償還するものとする。 2 前項の規定による償還の期間は、償還を開始した年度から起算して10年以内とする。 3 前2項の規定にかかわらず、考慮すべき事情があると市長が認めた場合は、償還方法を月賦又は半年賦とし、又は償還年限を短縮し、若しくは延長することができる。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(市長の責務)</p> <p>第5条 市長は、飯田市民の地域環境権を保障するために、次に掲げることを実施する責務を有する。 (1) 飯田市民が地域環境権を行使するために必要な基本計画を策定すること。 (2) 前号に規定する基本計画に基づき、再生可能エネルギーを活用した持続可能な地域づくりに関して主導的な役割を担い、飯田市民の地域環境権の行使を協働により支援すること。(支援する事業)</p> <p>第8条 市長は、第5条第2号の規定により、次に掲げる事業の実施を支援する。 (1) 第4条第3号に規定する地域団体の意思決定(以下次号において「団体の決定」という。)を経て、当該決定に従って地域団体が自ら行う再生可能エネルギー活用事業 (2) 団体の決定を経て、当該決定に従って地域団体及び公共的団体等が協力して行う再生可能エネルギー活用事業</p> <p>(市長による支援)</p> <p>第10条 市長は、前条第2項に掲げる基準に照らして適当と認めた事業を、協働による公共サービス(公共サービス基本法(平成21年法律第40号)第2条第2号に規定するもの又はこれに準じるものをいう。)と決定し、当該決定した事業(以下「地域公共再生可能エネルギー活用事業」という。)を実施しようとするもの(以下「実施者」という。)に対し、必要に応じ、次</p>

	<p>に掲げる支援を行う。 (1) 継続性及び安定性のある実施計画の策定並びにその運営のために必要となる助言 (2) 金融機関及び投資家による投融資資金が地域公共再生可能エネルギー活用事業に安定的に投融資されることを促し、初期費用を調達しやすい環境を整えるための信用力の付与に資する事項 (3) 補助金の交付又は資金の貸付け (4) 市有財産を用いて地域公共再生可能エネルギー活用事業を行おうとする場合においては、当該市有財産に係る利用権原の付与</p> <p>2 市長は、実施者と飯田市との役割分担及び各自の責任の所在を、書面をもって定める。 3 市長は、地域公共再生可能エネルギー活用事業が現に行われている期間においては、実施者に対し、当該事業が継続性及び安定性をもって運営されるために必要な指導、助言等を行うことができる。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の役割)</p> <p>第7条 飯田市の区域で活動する事業者は、飯田市民の地域環境権を尊重し、次に掲げる事項に努めるものとする。 (1) 発電に関する事業を行う場合は、再生可能エネルギー資源を用いた再生可能エネルギーを活用する事業(以下「再生可能エネルギー活用事業」という。)として行うこと。 (2) エネルギーを利用するに当たっては、再生可能エネルギー資源から生み出された再生可能エネルギーを優先して利用すること。 (3) この条例の規定に基づいて行われる市の施策及び他者が行う再生可能エネルギー活用事業に協力すること。</p>
条例 URL	http://www.city.iida.lg.jp/uploaded/attachment/10.pdf
参考 URL :	再エネによる持続可能な地域づくり（再エネ条例関連） http://www.city.iida.lg.jp/site/ecomodel/list3-6.html 飯田市再生可能エネルギー導入による持続可能な地域づくり条例に基づき、地域公共再生可能エネルギー活用事業として8件の認定が行われました。 http://www.city.iida.lg.jp/uploaded/attachment/25051.pdf

(10) 東神楽町再生可能エネルギー推進条例

自治体名	北海道上川郡東神楽町
施行開始	2013年4月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援></p> <p>(1) 課税の免除 再生可能エネルギー発電設備等を新設・増設した場合に利用可。町長に申請することで固定資産税を3年間免除。</p> <p><条例策定後の動向></p> <p>(1) 免税制度活用事例は不明。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(支援措置の対象)</p> <p>第3条 町長は、再生可能エネルギーを生成するための規則で定める設備(以下「発電設備等」という。)を新設又は増設した事業者(以下「支援措置対象事業者」という。)に対して、支援措置をすることができる。</p> <p>(課税の免除)</p> <p>第4条 町長は、支援措置対象事業者に対し、発電設備等に対して課する固定資産税(当該設備を事業の用に供した日以後最初に到来する固定資産税の賦課期日の属する年以後3年の間に課すべきものに限り。)を免除することができる。</p> <p>2 前項の課税免除の対象となる固定資産は、当該発電設備等の償却資産とする。</p> <p>(課税免除の申請)</p> <p>第5条 支援措置対象事業者が、固定資産税の課税免除を受けようとする場合は、当該固定資産税の課税免除を受けようとする年の1月31日までに、規則に定める事項を記載した固定資産税の免除申請書を町長に提出しなければならない。</p>
行政の役割に関する条文	なし
事業者の役割に関する条文	なし
条例 URL	http://www.town.higashikagura.hokkaido.jp/reiki_int/reiki_honbun/a104RG0000502.html

(11) 洲本市地域再生可能エネルギー活用推進条例

自治体名	兵庫県
施行開始	2013年6月
概要	<p><制定の経緯></p> <p>「洲本市地域新エネルギービジョン」の策定(2007年2月)。「菜の花・ひまわりエコプロジェクト」の実施。平成23年12月の「あわじ環境未来島特区」の認定取得(2011年12月)。</p> <p><条例による地域ビジネス支援></p> <p>特になし。</p> <p><条例策定後の動向></p> <p>(1) 「洲本市バイオマス産業都市構想」を策定(2014年4月)。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	なし
行政の役割に関する条文	<p>(市の役割)</p> <p>第4条 市は、地域社会の持続的な発展に資するため、前条に規定する基本理念(以下「基本理念」という。)にのっとり、人材の育成、調査研究の実施、施策の策定その他の再生可能エネルギーの活用を推進するために必要な措置を講ずるものとする。</p> <p>2 市は、市民及び特定事業者が広く再生可能エネルギーに関する理解及び関心を深めることによりその活用が促進されるよう、再生可能エネルギーに関する教育及び学習の振興並びに広報活動等を通じた知識の普及その他必要な施策を講ずるものとする。</p> <p>3 市は、自らの事務及び事業並びに土地、建物、車両その他の財産に関し再生可能エネルギーの活用を推進するものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(定義)</p> <p>第2条(3) 特定事業者 市の区域内において、再生可能エネルギーに関する事業であって規則で定めるもの(以下「特定事業」という。)を営み、又はこれから営もうとする者をいう。</p> <p>(特定事業者の役割)</p> <p>第6条 特定事業者は、その事業活動を行うに際しては、基本理念にのっとり再生可能エネルギーの活用に努めるとともに、市が実施する再生可能エネルギーの活用の推進に関する施策その他の活動に協力するよう努めるものとする。</p> <p>2 特定事業者は、特定事業が地域のまちづくり及び土地の保全に及ぼす影響に鑑み、当該事業の実施に関し地域の住民その他関係者と必要な調整を行うよう努めるものとする。</p>
条例 URL	http://www.city.sumoto.lg.jp/hp/reiki/425901010017000000MH/425901010017000000MH/425901010017000000MH.html
参考 URL : ニュースリリース等	<p>洲本市 HP 「洲本市地域再生可能エネルギー活用推進条例を制定しました」</p> <p>http://www.city.sumoto.lg.jp/contents/20130717162929.html</p>

(12) 中之条町再生可能エネルギー推進条例

自治体名	群馬県
施行開始	2013年6月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援> (1)連携の推進等</p> <p><条例策定後の動向> (1) 条例策定後、町有地に誘致した1メガワットの太陽光発電所が稼働を開始(2013年9月)。各2メガワットの町営の発電所は2013年10月、12月に稼働開始。</p> <p><関連動向> (1) 町内で発電した電気を売買するため、特定規模電気事業者(新電力)として「一般財団法人中之条電力」を設立(2013年8月)。 (2) 電力自由化に向け、営利事業に専念できる子会社としての株式会社を設立(株式会社中之条パワー)。2015年12月から一般財団法人「中之条電力」から新電力の営業を継承。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(連携の推進等) 第8条 町は、町民、事業者、再生可能エネルギー事業者、大学、研究機関等と連携を図るとともに、相互の協力が推進されるよう努めるものとする。 2 町は、近隣自治体との連携に努めるものとする。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(町の役割) 第4条 町は、地域社会が持続的に発展するように、前条の基本理念に沿って積極的に人材を育成するとともに、省エネルギーのまちづくりの推進及び再生可能エネルギーの活用に向けた支援等の必要な措置を講ずるものとする。 2 町は、省エネルギーのまちづくりの推進及び再生可能エネルギーの活用について、町民及び事業者の理解を深めるため、省エネルギー及び再生可能エネルギーに関する学習の推進及び普及啓発について必要な措置を講ずるものとする。 3 町は、公共施設等における省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの積極的な活用を努めるものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の役割) 第6条 事業者は、その事業活動を行うに当たり、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの活用を努めるとともに、町が実施する施策に協力するものとする。</p> <p>(再生可能エネルギー事業者の役割) 第7条 再生可能エネルギー事業者は、再生可能エネルギーの活用に関し、第3条の基本理念に沿って効率的なエネルギー供給に努めるものとする。 2 再生可能エネルギー事業者は、地域の土地が有する資源及び環境の役割が将来にわたり果たされることに配慮しつつ、その活用を努めるものとする。</p>
条例 URL	http://www.town.nakanojo.gunma.jp/~info/1-soumu/d1w_reiki/425901010036000000MH/425901010036000000MH.html
参考 URL :	平成25年度 地域活性化事例集～再生可能エネルギーの導入と利活用～ 本編 群馬県中之条町 http://www.chiiki-dukuri-hyakka.or.jp/1_all/jirei/2014_energy/original/gunma.html

(13) 多治見市再生可能エネルギー普及を促進する条例

自治体名	岐阜県
施行開始	2013年7月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援> (1)市民・事業者・市の連携協力</p> <p><条例策定後の動向> (1) 不明。</p> <p><関連動向> (1) 「太陽光発電システム普及促進事業補助金(メガソーラー補助金)」を制定(2013年9月)。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(三者の連携協力) 第3条 市民、事業者と市の三者は、それぞれの役割を認識し、再生可能エネルギーの普及に向けて連携協力して取り組むことに努めるものとします。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(市の役割) 第7条 市は、市有施設等に太陽光や水力等の再生可能エネルギー設備を導入するよう努めるものとします。 2 市は、再生可能エネルギーの活用状況について情報収集を行うとともに、市民と事業者の理解に資するため、再生可能エネルギーに関する情報と学習機会を提供するものとします。 3 市は、再生可能エネルギーの普及に向け、支援等の必要な施策を講ずるものとします。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の役割) 第6条 事業者は、再生可能エネルギーの活用について知識の習得と実践に努めるものとします。 2 事業者は、再生可能エネルギーについて市が実施する施策に協力するものとします。 3 市内で再生可能エネルギーによる発電等の事業を営む者や、これから営もうとする者は、将来にわたり地域が有する資源の効率的な活用と環境の保全に努めるものとします。</p>
条例 URL	https://www3.e-reikinet.jp/tajimi/d1w_reiki/425901010023000000MH/425901010023000000MH/425901010023000000MH.html

(14) 設楽町省エネルギー及び再生可能エネルギー基本条例

自治体名	愛知県
施行開始	2014年1月
概要	<p><制定の経緯> (1) 「設楽町地域新エネルギービジョン」を制定（2009年3月）。</p> <p><条例による地域ビジネス支援> (1) 関係機関との連携</p> <p><条例策定後の動向> (1) 「設楽町木質バイオマストープ等購入設置補助制度」を制定（2015年4月）。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(関係機関との連携) 第8条 町は、再生可能エネルギーの活用に関しては、国、他の地方公共団体、大学、研究機関、町民、事業者及び民間非営利活動法人その他の関係機関と連携を図るとともに、相互の協力が増進されるよう努めるものとする。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(町の役割) 第4条 町は、地域社会が持続的に発展するように、前条の基本理念に沿って積極的に人材を育成するとともに、省エネルギーの町づくりの推進及び再生可能エネルギーの活用に向けた支援等の必要な措置を講ずるものとする。 2 町は、省エネルギーの町づくりの推進及び再生可能エネルギーの活用について、町民及び事業者の理解を深めるため、省エネルギー及び再生可能エネルギーに関する学習の推進及び普及啓発について必要な措置を講ずるものとする。 3 町は、公共施設等における省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの積極的な活用に努めるものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の役割) 第5条 事業者は、その事業活動を行うに当たり、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーを優先して利用するよう努めるとともに、町が実施する施策に協力するものとする。 (再生可能エネルギー事業者の役割) 第6条 再生可能エネルギー事業者は、再生可能エネルギーの活用に関し、第3条の基本理念に沿って効率的なエネルギーの供給に努めるとともに、町が実施する再生可能エネルギーの活用の推進に関する施策その他の活動に協力するものとする。 2 再生可能エネルギー事業者は、地域が有する資源及び環境に配慮しつつ、その活用に努めるものとする。</p>
条例 URL	http://www.town.shitara.aichi.jp/index.cfm/6.4009.c.html/4009/20131224-092431.pdf
参考 URL : ニュースリリース等	<p>設楽町 HP http://www.town.shitara.aichi.jp/index.cfm/15.5142.52.206.html</p>

(15) 飯島町地域自然エネルギー基本条例

自治体名	長野県
施行開始	2014年2月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援> (1) 産学連携への支援</p> <p><条例策定後の動向> 不明。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	第3条 市は、環境の保全及び低炭素社会の構築と経済活性化に向け、次のことに率先して取り組むものとする。(3) 産学連携で行われる再生可能エネルギーの研究開発等への支援
行政の役割に関する条文	<p>(市の責務) 第3条 市は、環境の保全及び低炭素社会の構築と経済活性化に向け、次のことに率先して取り組むものとする。 (1) 再生可能エネルギー導入に係る事業啓発とその促進 (2) 再生可能エネルギーの導入に向けての市民への必要な支援 (3) 産学連携で行われる再生可能エネルギーの研究開発等への支援 (4) 前3号のほか再生可能エネルギー導入に向けて必要と認める施策</p>
事業者の役割に関する条文	なし
条例 URL	http://www.city.ashibetsu.hokkaido.jp/d1w_reiki/reiki_int/reiki_honbun/a017RG0000918.html

(16) 豊田市再生可能エネルギーの導入の推進に関する条例

自治体名	愛知県
施行開始	2014年3月
概要	<p>< 制定の経緯 ></p> <p>(1) 「豊田市再生可能エネルギー導入指針」を策定(2012年12月)。 (2) 「豊田市再生可能エネルギーの導入の推進に関する条例」を制定(2014年3月)。</p> <p>< 条例による地域ビジネス支援 ></p> <p>(1) 積極的推進策</p> <p>< 条例策定後の動向 ></p> <p>(1) 豊田市版環境税・再生可能エネルギー発電設備減税制定(2014年4月1日～2017年3月31日)。 発電出力が10キロワット以上2,000キロワット未満の再生可能エネルギー発電設備に係る固定資産税(償却資産)を一部減免。 ※国制度により別途3カ年1/3軽減されるため、最初の3年間は合わせて2/3が軽減され、1/3の課税(税額負担)となる。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	なし
行政の役割に関する条文	<p>(市、事業者及び市民の共通の責務)</p> <p>第4条 市、事業者及び市民は、基本原則にのっとり、経済性に配慮しつつ、再生可能エネルギーを優先的に導入し、かつ、それぞれの事業活動及び日常生活において活用するよう努めなければならない</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(市、事業者及び市民の共通の責務)</p> <p>第4条 市、事業者及び市民は、基本原則にのっとり、経済性に配慮しつつ、再生可能エネルギーを優先的に導入し、かつ、それぞれの事業活動及び日常生活において活用するよう努めなければならない</p>
条例 URL	http://www2.city.toyota.aichi.jp/reiki_int/reiki_honbun/i513RG00001002.html
参考 URL : ニュースリリース等	<p>豊田市版環境減税 http://www.city.toyota.aichi.jp/kurashi/zeikin/kotei/1002865.html</p>

(17) 小田原市再生可能エネルギーの利用等の促進に関する条例

自治体名	神奈川県
施行開始	2014年4月
概要	<p>< 条例による地域ビジネス支援 ></p> <p>(1) 積極的推進策(再生可能エネルギー事業に対する支援) (2) 市民参加型再生可能エネルギー事業の認定 (3) 普通財産の無償貸付又は減額貸付</p> <p>< 条例策定後の動向 ></p> <p>(1) 条例に規定する「再生可能エネルギー事業」に対し「小田原市再生可能エネルギー事業奨励金」を交付(2014年4月～)。 (2) 認定事業は不明。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(再生可能エネルギー事業に対する支援)</p> <p>第9条 市は、再生可能エネルギーの利用を促進するため、市内で実施される再生可能エネルギー事業に対し、規則で定めるところにより、必要な支援を行うものとする。</p> <p>(市民参加型再生可能エネルギー事業の認定)</p> <p>第10条 市長は、市内で実施される再生可能エネルギー事業であって、次に掲げる要件の全てに該当すると認められるものを、当該事業を行っているものの申請により、市民参加型再生可能エネルギー事業として認定することができる。</p> <p>(1) 広く市民が参加して実施される事業として規則で定めるものであること。 (2) 地域の防災対策の推進に資する事業として規則で定めるものであること。 (3) 地域の経済の活性化に資する事業として規則で定めるものであること。 (4) 継続することができる見込みがある事業として規則で定めるものであること。</p> <p>(普通財産の無償貸付又は減額貸付)</p> <p>第18条 市長は、普通財産が再生可能エネルギー事業の用に供されるときは、財産の交換、譲与、無償貸付等に関する条例(昭和39年小田原市条例第7号)第4条第1項の規定にかかわらず、当該普通財産を無償又は時価よりも低い価額で貸し付けることができる。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(市の責務)</p> <p>第4条 市は、前条の基本理念(以下「基本理念」という。)にのっとり、再生可能エネルギーの利用等の促進に関する総合的な施策を策定し、及び、計画的に実施する責務を有する。</p> <p>2 市は、基本理念にのっとり、再生可能エネルギーの利用等の促進のために、市民及び事業者に対する支援の実施その他必要な措置を講ずるよう努めるものとする。</p> <p>3 市は、市の事業を行うに当たっては、自ら率先して再生可能エネルギーの利用等に努めるものとする。</p> <p>(学習の機会の提供及び知識の普及啓発)</p> <p>第8条 市は、再生可能エネルギーの利用等の必要性について、市民及び事業者の理解を深めるため、再生可能エネルギーの利用等に関する学習の機会の提供及び知識の普及啓発に努めるものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の責務)</p> <p>第6条 事業者は、基本理念にのっとり、事業活動における再生可能エネルギーの利用等に努めるものとする。</p> <p>2 事業者は、市が実施する再生可能エネルギーの利用等の促進のための施策に協力するよう努めるものとする。</p>
条例 URL	http://www.city.odawara.kanagawa.jp/global-image/units/169101/1-20140331184956.pdf
参考 URL : ニュースリリース等	<p>小田原市再生可能エネルギー事業奨励金 http://www.city.odawara.kanagawa.jp/field/envi/energy/bounty/shoureikin.html</p>

(18) 神奈川県再生可能エネルギーの導入等の促進に関する条例

自治体名	神奈川県
施行開始	2014年4月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援></p> <p>(1) 連携の推進等（関係産業の振興、研究開発の推進等）・事業者等の自発的な活動の促進</p> <p>(2) 顕彰</p> <p><条例策定後の動向></p> <p>(1) 条例に基づく計画として、新たに産業振興施策と一体的に推進するという観点から「かながわスマートエネルギー計画」策定（2014年4月）。</p> <p>(2) かながわ地球環境賞に条例に基づき「かながわスマートエネルギー計画部門」を表彰対象に追加（2014年7月～）。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(関連産業の振興)</p> <p>第8条 県は、再生可能エネルギーの導入等の促進に関連する産業の振興のため、関連する産業の事業者が行う再生可能エネルギーの導入等の促進に資する事業活動に対して、必要な支援に努めるものとする。</p> <p>(研究開発の推進等)</p> <p>第9条 県は、再生可能エネルギーの導入等の促進に資する技術の向上を図るため、大学その他の研究機関と連携し、研究開発の推進及びその成果の普及に努めるものとする。</p> <p>(事業者等の自発的な活動の促進)</p> <p>第10条 県は、事業者、県民及びこれらの者の組織する民間の団体が行う再生可能エネルギーの導入等の促進に関する自発的な活動を促進するため、必要な支援に努めるものとする。</p> <p>(顕彰)</p> <p>第12条 県は、再生可能エネルギーの導入等の促進に特に功績があったと認められるものの顕彰に努めるものとする。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(県の責務)</p> <p>第3条 県は、再生可能エネルギーの導入等の促進に関する総合的かつ計画的な施策を策定し、及び実施する責務を有する。</p> <p>2 県は、前項に規定する施策の策定及び実施に当たっては、国、他の地方公共団体、大学その他の研究機関、事業者、県民並びに事業者及び県民の組織する民間の団体と緊密な連携を図るよう努めるものとする。</p> <p>3 県は、その施設の建設及び維持管理その他事業の実施に当たっては、自ら率先して再生可能エネルギーの導入等の推進に努めるものとする。</p> <p>(学習の推進及び知識の普及啓発)</p> <p>第11条 県は、事業者及び県民が再生可能エネルギーの導入等の必要性についての理解を深めるため、エネルギーに関する学習の推進及び知識の普及啓発に努めるものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の責務)</p> <p>第4条 事業者は、その事業活動を行うに当たっては、自主性及び創造性を発揮し、再生可能エネルギーの導入等の推進に努めるものとする。</p> <p>2 事業者は、県が実施する再生可能エネルギーの導入等の促進に関する施策に協力するよう努めるものとする。</p>
条例 URL	http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/607225.pdf

(19) 芦別市再生可能エネルギー利用促進条例

自治体名	北海道
施行開始	2014年4月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援></p> <p>(1) 連携の推進等（産学連携への支援）</p> <p><条例策定後の動向></p> <p>不明。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>第3条 市は、環境の保全及び低炭素社会の構築と経済活性化に向け、次のことに率先</p> <p>(3) 産学連携で行われる再生可能エネルギーの研究開発等への支援</p>
行政の役割に関する条文	<p>(市の責務)</p> <p>第3条 市は、環境の保全及び低炭素社会の構築と経済活性化に向け、次のことに率先して取り組むものとする。</p> <p>(1) 再生可能エネルギー導入に係る事業啓発とその促進</p> <p>(2) 再生可能エネルギーの導入に向けての市民への必要な支援</p> <p>(3) 産学連携で行われる再生可能エネルギーの研究開発等への支援</p> <p>(4) 前3号のほか再生可能エネルギー導入に向けて必要と認める施策</p>
事業者の役割に関する条文	なし
条例 URL	http://www.city.ashibetsu.hokkaido.jp/d1w_reiki/reiki_int/reiki_honbun/a017RG0000918.html

(20) 八丈町地域再生可能エネルギー基本条例

自治体名	東京都
施行開始	2014年4月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援></p> <p>(1) 連携の推進等</p> <p><条例策定後の動向></p> <p>(1) 「地熱発電利用拡大に向けた事業者公募要項案」への意見を募集(2015年10月～11月)、結果を公表。</p> <p>(2) 地熱発電利用拡大に関する事業者公募の実施時期について、当初2015年12月ごろに公募を開始するとしていたが、公募内容等の精査に時間を要しているため、開始が遅れている。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(連携の推進等)</p> <p>第6条 町、町民及び事業者は、地域再生可能エネルギーの活用について、国、都及び関連する組織や団体と連携を図るとともに、相互の協力が増進されるよう努めるものとする。</p>
行政の役割に関する条文	<p>第4条 町、町民及び事業者は、それぞれ次の各号の役割を担うものとする。</p> <p>(1) 町は、地域再生可能エネルギーの活用について、前条の理念に沿って積極的に推進し、人材育成及び町民や事業者の理解を深めるための学習並びに普及啓発支援等、必要な措置を講ずるものとする。</p> <p>(2) 町は、本条例の施行に必要な計画・運用規程等を整備するものとする。</p> <p>(3) 町民は、第3条の理念に沿って、地域再生可能エネルギーの知識習得に努めるものとする。</p> <p>(4) 事業者は、地域再生可能エネルギーの活用について、第3条の理念に沿った事業の推進に努めるものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>第4条 町、町民及び事業者は、それぞれ次の各号の役割を担うものとする。</p> <p>(1) 町は、地域再生可能エネルギーの活用について、前条の理念に沿って積極的に推進し、人材育成及び町民や事業者の理解を深めるための学習並びに普及啓発支援等、必要な措置を講ずるものとする。</p> <p>(2) 町は、本条例の施行に必要な計画・運用規程等を整備するものとする。</p> <p>(3) 町民は、第3条の理念に沿って、地域再生可能エネルギーの知識習得に努めるものとする。</p> <p>(4) 事業者は、地域再生可能エネルギーの活用について、第3条の理念に沿った事業の推進に努めるものとする。</p>
条例 URL	http://www.town.hachijo.tokyo.jp/kakuka/kikaku_zaisei/re/ordinance.pdf
参考 URL : ニュースリリース等	<p>八丈町 HP</p> <p>http://www.town.hachijo.tokyo.jp/kakuka/kikaku_zaisei/re/</p>

(21) 宝塚市再生可能エネルギーの利用の推進に関する基本条例

自治体名	兵庫県
施行開始	2014年10月
概要	<p><条例による地域ビジネス支援></p> <p>(1) 連携の推進等</p> <p><条例策定後の動向></p> <p>(1) 平成25年度に制定した「宝塚市再生可能エネルギー基金」の一部について、本条例に沿った事業の財源とするために改正。</p> <p>(2) 「小規模事業用太陽光発電設備課税免除制度」を制定。5年間固定資産税の課税を免除(2015年4月～)。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(連携の推進)</p> <p>第10条 市民、事業者、エネルギー事業者、地域エネルギー事業者又は市は、再生可能エネルギーの利用の推進に当たっては、相互に連携し、又は国、地方公共団体、大学、研究機関その他の関係機関と連携するよう努めるものとする。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(市の責務)</p> <p>第8条 市は、再生可能エネルギーの利用の推進に関する施策を計画的に行うものとする。</p> <p>2 市は、再生可能エネルギーの利用の推進を図るため、組織及び体制の構築その他必要な措置を講ずるものとする。</p> <p>3 市は、市民又は事業者が行う再生可能エネルギーの生産及び消費に関し、普及啓発に努めるものとする。</p> <p>4 市は、再生可能エネルギーの利用の推進を図るため、公共施設その他の公有財産において積極的な再生可能エネルギーの生産を行うものとする。</p> <p>5 市は、エネルギーの利用に当たっては、再生可能エネルギーを優先して消費するものとする。</p> <p>6 市は、地域エネルギー事業者が第3条に定める基本理念のっとり実施する事業を積極的に支援するため、必要な措置を講ずるものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(定義)</p> <p>第2条 (4) 地域エネルギー事業者 エネルギー事業者のうち、市民若しくは事業者が自ら実施し、若しくは主体的に関与し、再生可能エネルギーを供給する事業を営む者又はこれから営もうとする者をいう。</p> <p>(地域エネルギー事業者の役割)</p> <p>第7条 地域エネルギー事業者は、再生可能エネルギーの積極的な生産を行うものとする。</p> <p>2 地域エネルギー事業者は、再生可能エネルギーの利用の推進に関し、積極的に情報を公表するものとする。</p> <p>3 地域エネルギー事業者は、市が実施する再生可能エネルギーの利用の推進に関する施策に積極的に協力するものとする。</p>
条例 URL	http://www.city.takarazuka.hyogo.jp/s/res/projects/default_project/_page_/001/004/765/h26saiene-kih-on-jyorei-honbun.pdf
参考 URL : ニュースリリース等	<p>宝塚市 HP 「宝塚市再生可能エネルギーの利用の推進に関する基本条例が制定しました」</p> <p>http://www.city.takarazuka.hyogo.jp/shisei/shisaku/1000144/1004765.html</p> <p>小規模事業用太陽光発電設備課税免除制度</p> <p>http://www.city.takarazuka.hyogo.jp/s/kankyo/energy/1014260/1011279.html</p> <p>産業振興連携協力に関する協定(環境にやさしいまちづくりの推進に関する事項)</p> <p>http://www.city.takarazuka.hyogo.jp/s/kankyo/energy/1014263/1008338/1000694.html</p>

(22) 大磯町省エネルギー及び再生可能エネルギー利用の推進に関する条例

自治体名	神奈川県
施行開始	2015年4月
概要	<p>< 条例による地域ビジネス支援 ></p> <p>(1) 積極的推進策</p> <p>< 条例策定後の動向 ></p> <p>不明。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	<p>(連携の推進)</p> <p>第8条 町、町民、事業者及びエネルギー事業者は、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの利用の推進に当たっては、相互に連携し、及び国、他の地方公共団体、大学、研究機関その他関係機関と連携するよう努めるものとする。</p>
行政の役割に関する条文	<p>(町の役割)</p> <p>第4条 町は、公共施設等における省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの利用の推進に積極的に取り組むものとする。</p> <p>2 町は、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの利用の推進に関する施策を計画的に行うものとする。</p> <p>3 町は、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの利用の推進を図るため、組織体制の強化その他必要な措置を講ずるものとする。</p> <p>4 町は、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの利用の推進に係る情報収集に努めるとともに、町民と事業者の理解に資するため、省エネルギー及び再生可能エネルギーに関する情報を活用し、学習の機会の提供その他必要な支援を行うものとする。</p> <p>5 町は、次世代を担う子どもに対する省エネルギー及び再生可能エネルギーに関する教育の取組を支援するものとする。</p>
事業者の役割に関する条文	<p>(事業者の役割)</p> <p>第6条 事業者は、その事業活動を行うに当たり、主体的に省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの利用の推進に努めるものとする。</p> <p>2 事業者は、省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの利用の推進に関し、積極的な情報の提供に努めるものとする。</p> <p>3 事業者は、町が実施する省エネルギーの推進及び再生可能エネルギーの利用の推進に関する施策を理解し、協力するものとする。</p>
条例 URL	http://www.town.oiso.kanagawa.jp/ikkrwebBrowse/material/files/group/19/syouene_saiseienergy_jour_ei_HP.pdf

(23) 京都府再生可能エネルギーの導入等の促進に関する条例

自治体名	京都府
施行開始	2016年1月1日全面施行（2015年7月13日一部施行、2015年10月1日一部施行）
概要	<p>< 制定の経緯 ></p> <p>(1) 京都府再生可能エネルギー導入促進条例検討会議を設置し、条例策定に向けて論点を整理。2015年4月27日に第四回検討会を開催。</p> <p>(2) 再生可能エネルギーの導入等支援団体の登録制度を開始（2015年10月～）。</p> <p>(3) 自立型再生可能エネルギー導入等計画の認定制度を開始（2015年10月～）。</p> <p>(4) 再生可能エネルギーの導入等促進プランを決定（2015年11月）。</p> <p>< 条例による地域ビジネス支援 ></p> <p>(1) 連携の推進（関係者の連携）</p> <p>(2) 表彰 （課税の優遇措置）府民税の均等割の課税免除・不動産取得税の課税免除・認定自立型再エネ計画実行者への事業税の減免</p> <p>< 条例策定後の動向 ></p> <p>(1) 府民力活用プッチ・ソーラー発電支援事業補助金の申請を募集(2015年4月～2016年2月)。 （関係者の連携及び協働）</p> <p>第3条 府は、府民、事業者、導入等支援団体、大学その他の研究機関、市町村及び国と連携し、及び協働して再生可能エネルギーの導入等の促進に取り組むものとする。</p> <p>（府民税の均等割の課税免除）第15条 登録導入等支援団体（特定非営利活動促進法（平成10年法律第7号）第2条第2項に規定する特定非営利活動法人その他の営利を目的としない団体で規則で定めるものに限る。次条において同じ。）に対しては、京都府府税条例（昭和25年京都府条例第42号。以下「府税条例」という。）の特例として、府民税の均等割を課さない。</p> <p>（不動産取得税の課税免除）</p> <p>第16条 登録導入等支援団体が導入等支援事業の用に供する不動産を取得したときは、当該不動産の取得に対しては、府税条例の特例として、不動産取得税を課さない。</p> <p>（認定自立型再エネ計画実施者への事業税の減免）</p> <p>第22条 知事は、認定自立型再エネ計画実施者で、府内に所在する事務所等に、認定自立型再生可能エネルギー導入等計画に基づく再エネ設備等を導入したものに對し、府税条例の特例として、当該再エネ設備等を導入した日の属する事業年度（個人にあっては、当該再エネ設備等を導入した日の属する年）に係る法人の事業税又は個人の事業税について、規則で定めるところにより計算した当該再エネ設備等の取得価額の3分の1に相当する額（規則で定める額を限度とする。）の事業税額を減免することができる。</p> <p>（府民の理解を深める等のための措置及び顕彰）</p> <p>第24条 府は、教育活動、広報活動等を通じて、再生可能エネルギーの導入等に関する府民の理解を深めるよう努めなければならない。</p> <p>2 知事は、再生可能エネルギーの導入等又は導入等支援事業に積極的に取り組む府民、事業者及び導入等支援団体の顕彰を行うものとする。</p> <p>（体制の整備等）</p> <p>第25条 府は、府民に対し、再生可能エネルギーの普及に関する情報の提供、相談その他の支援を提供する体制の整備及び充実に必要な施策を講ずるものとする。</p> <p>（府民への資金供給の確保）</p> <p>第26条 府は、府民に対し、金融機関と連携して行う融資その他の再生可能エネルギーの導入等に係る円滑な資金供給の確保に努めるものとする。</p> <p>（関連産業の育成等）</p> <p>第27条 府は、事業者及び大学その他の研究機関と連携して、再生可能エネルギーに関連する産業の育成及び振興に関する施策を実施するものとする。</p>
地域ビジネス支援に関する条文	
行政の役割に関する条文	<p>(再生可能エネルギーの優先的利用)</p> <p>第4条 府、府民及び事業者は、第1条の目的を達成するため、それぞれ、自らの事務及び事業、日常生活並びに事業活動に関し、再生可能エネルギーの優先的な利用に努めるものとする。</p>

事業者の役割に関する条文	(再生可能エネルギーの優先的利用) 第4条 府、府民及び事業者は、第1条の目的を達成するため、それぞれ、自らの事務及び事業、日常生活並びに事業活動に関し、再生可能エネルギーの優先的な利用に努めるものとする。
条例 URL	http://www.pref.kyoto.jp/energy/saienedounyuusokusinnjourei.html
参考 URL : ニュースリリース等	京都府 HP http://www.pref.kyoto.jp/energy/petit-solar.html

3. 特区（内閣府による特区法の制定）

再生可能エネルギー関連ビジネスは「地域活性化総合特区」を活用することが多く、地域からの提案を受け、「国と地方の協議会」を経て特区に追加される。

注) <期待される効果>の項目は再生可能エネルギー導入・普及促進による直接効果ではない場合（複合事業等）記載しなかった。

出所) 内閣府 HP <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/sogotoc/nintei/list.html>

(1) 栃木発再生可能エネルギービジネスモデル創造特区

対象地域	栃木県那須塩原市・塩谷町・宇都宮市
施行開始	2012年11月認定
概要	<p><目標>再生可能エネルギー、企業、人材、資金等の地域資源を活用した先駆的ビジネスモデルによる小水力発電事業を実施し、地域活性化を目指す。</p> <p><期待される効果>5年後の経済効果：25.37億円、5年後の新たな雇用：71人</p>
特定地域活性化事業	<p>①地域活性化に向けた先駆的ビジネスモデルによる小水力発電事業（規制の特例措置（特定水力発電事業））</p> <p>②地域活性化に向けた先駆的ビジネスモデルによる小水力発電事業（地域活性化総合特区支援利子補給金）</p>
一般地域活性化事業	<p>①地域活性化に向けた先駆的ビジネスモデルによる小水力発電事業（小水力等農村地域資源利活用促進事業）</p> <p>②地域活性化に向けた先駆的ビジネスモデルによる小水力発電事業（小水力発電導入促進モデル事業）</p>
地域による支援	<p>①地域独自の税制・財政・金融上の支援措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ものづくり企業技術力強化事業（ものづくり技術強化補助金） かんがい用水に完全従属する小水力発電に係る流水占用料の減免の検討 <p>②地方公共団体の権限の範囲内での規制緩和や地域の独自ルールの設定</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電、水道、かんがい用として造成した水利施設の他目的使用料の減免の検討 <p>③地方公共団体等における体制の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> とちぎ環境立県推進本部、とちぎ環境立県戦略推進プロジェクトチーム、とちぎ電気自動車等普及促進協議会、栃木県スマートビレッジモデル研究会、地域経済活性化研究会 <p>④その他の地域の責任ある関与として講ずる措置</p> <ul style="list-style-type: none"> 環境関連企業・団体からなる「とちぎ環境産業振興協議会」において、新エネルギー関連分野における研究開発を推進するため、「新エネルギー関連技術研究部会」を平成23年度に設置。平成24年度からは同部会の下に「中小水力発電研究会」を設置し、当該分野における企業の新品・新技術開発を支援。
国との協議による規制緩和	<p>①水利権協議の簡素化（包括的な水利権取得）</p> <p>国土交通省から使用水量や発電能力が明確で、従属発電が明らかである場合には、複数の従属発電を1本の水利使用で許可することは可能な場合があるとの見解が示された。</p> <p>②主任技術者兼任要件の緩和</p> <p>ダムを伴わない、出力が200kW未満及び最大使用水量が毎秒1立方メートル未満等の一定の条件を満たす水力発電については、主任技術者の選任を要しない。</p> <p>③ダム水路主任技術者の選任等の緩和</p> <p>平成24年3月の内規改正により、ダム水路主任技術者の外部委託が可能となり、派遣労働者等から選任したダム水路主任技術者の兼任も可能になった。</p>

(2) 畜産バイオマスの高効率エネルギー利用、炭化・灰化利用による環境調和型畜産振興特区

対象地域	群馬県前橋市全域、桐生市の区域一部、高崎市の区域の一部
施行開始	2012年
概要	<p><目標>畜産振興と環境保全を実現する「環境調和型畜産業」を創出し、地域活性化（エネルギー自立化、観光振興等）につなげる。</p> <p><期待される効果></p> <p>5年後（平成27年度）の経済効果：35億円、5年後の新たな雇用：36人</p>
特定地域活性化事業	<p>①低温ガス化装置実証試験事業（規制の特例措置（地域活性化総合特別区域畜産バイオマス高効率エネルギー利用事業、地域活性化総合特区利子補給金））</p> <p>②超省エネルギー炭化・灰化装置実証試験事業（地域活性化総合特区利子補給金）</p>
一般地域活性化事業	①超省エネルギー炭化・灰化装置実証試験事業（財政上の支援措置（実証装置の製造費及びデータ収集・分析費：【経済産業省：地域イノベーション創出実証研究補助事業】））
地域による支援	<p>①地域独自の税制・財政・金融上の支援措置</p> <ul style="list-style-type: none"> 家畜排せつ物臭気対策補助金（平成22年度から措置／予算額：平成24年度21,600千円） ぐんま新技術・新製品開発推進補助金（平成22年度から措置／予算額：平成24年度10,000千円） 環境・エネルギー推進事業費補助金（平成23年度から措置／予算額：平成24年度3,000千円） <p>②地方公共団体の権限の範囲内での規制緩和や地域の独自ルールの設定</p> <ul style="list-style-type: none"> 畜産バイオマスの目標値 <p>H23 出力：0kW→H27：750kW(堆肥1tあたり37.5kW程度を想定)</p> <p>増加分20t/日×900kWh/t×1か所×365日＝発電電力量6,570,000kWh</p> <ul style="list-style-type: none"> 「群馬県バイオマス活用推進計画」を策定。 <p>③地方公共団体等における体制の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> 「ぐんま環境・エネルギー推進会議」の組織、（公財）群馬県産業支援機構にコーディネーターを配置、群馬県庁内に関係部局による群馬県企画会議環境調和型畜産振興特区推進検討部会を設置。 <p>④その他の地域の責任ある関与として講ずる措置</p> <ul style="list-style-type: none"> （独）科学技術振興機構のプログラム多数実施。
国との協議による規制緩和	記載なし

(3) 次世代エネルギー・モビリティ創造特区

対象地域	豊田市
施行開始	2011年12月
概要	<p><目標>本市の強みであるエネルギー・モビリティを核とした技術開発、市域での普及、国内外への横展開を三位一体で展開することにより、低炭素な都市環境を構築し、市域経済の活性化と市民生活の質の向上を図るとともに、被災地等を含め広く国内外へ貢献する。</p> <p>※再生可能エネルギーでは太陽光・小水力発電の活用を掲げる。</p>
特定地域活性化事業	<p>(再生可能エネルギー関連)</p> <p>①地域資源(太陽光・小水力等)を活用したインフラ整備事業 (地域活性化総合特区支援利子補給金)</p>
一般地域活性化事業	該当なし
地域による支援	<p>(再生可能エネルギー関連)</p> <p>①地方公共団体の権限の範囲内での規制緩和や地域の独自ルールの設定。 豊田市再生可能エネルギー導入指針(平成24年～)</p>
国との協議による規制緩和	該当なし

(4) あわじ環境未来島特区

対象地域	兵庫県、兵庫県洲本市、南あわじ市、淡路市
施行開始	2011年12月
概要	<p><目標>豊かな自然の中で暮らす人々が、自然との実りある関係を築きながら、資源、資金、仕事を分かち合い、支え合って、身の丈に合った幸せを実感できる社会、誇りの持てる美しい地域をつくる。そして、これを淡路島らしい固有の文化、価値として次世代に引き継ぎ、将来の長きにわたって持ちこたえさせる。そうした地域の姿を『生命つながる「持続する環境の島」』とし、その実現を目指す。</p> <p><期待される効果></p> <p>5年後の経済効果：501.5億円、5年後の新たな雇用：4472人</p>
特定地域活性化事業	<p>(再生可能エネルギー関連)</p> <p>①規模な土取り跡地等の未利用地を活用した太陽光発電所の整備(地域活性化総合特区支援利子補給金)</p> <p>②事業所・家庭での太陽光発電の導入促進(地域活性化総合特区支援利子補給金)</p>
一般地域活性化事業	<p>(再生可能エネルギー関連)</p> <p>①地域資源の価値を高める複合的なバイオマス利用(電気・熱・燃料)の実証</p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃食用油利用のバイオマス燃料高質化による農機燃料・発電利用 ・ドライ&ウェット系資源の発電・液体化による貯蔵利用 <p>・地域資源の価値を高める複合的なバイオマス利用(電気・熱・燃料)のための計画策定</p> <p>②多様な主体の創意工夫を生かすエネルギー消費の最適化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・離島・漁村における直流技術による自立分散エネルギーシステム技術の実証研究 ・分散型エネルギーインフラを用いた淡路市の活性化 ・未利用地の活用による住民参加型ソーラー発電事業調査 <p>③太陽熱発電とその排熱利用型バイナリー発電の高効率ハイブリッド実証</p> <p>④日本有数の潮流を活用した潮流発電の検討</p>
地域による支援	<p>(再生可能エネルギー関連)</p> <p>①地域独自の税制・財政・金融上の支援措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多様なエネルギー創出(ユビキタス・エネルギー)：地域資源の価値を高める複合的なバイオマス利用(電気・熱・燃料)の実証、事業所・家庭での太陽光発電の導入促進 ・住民参加型太陽光発電事業 ・多様な主体の創意工夫を生かすエネルギー消費の最適化 <p>②地方公共団体の権限の範囲内での規制緩和や地域の独自ルールの設定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・洲本市バイオマスタウン構想の策定(H18年度) ・洲本市地域新エネルギービジョン等の策定(H18年度～) ・エネルギーパーク洲本の設置(H22年度～) ・洲本市地域再生可能エネルギー活用推進条例の制定(H25年6月～) ・洲本市バイオマス産業都市構想の策定(H26年4月～) <p>③地方公共団体等における体制の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・関連組織の立ち上げ。 <p>④その他の地域の責任ある関与として講ずる措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新しい事業スキームによる太陽光発電の導入促進

	・下水汚泥のエネルギー化の検討
国との協議による規制緩和	①太陽光発電施設整備における工場立地法上の規制緩和 ②EVの充電器について、一の需要場所における複数の需給契約の可能化 ③太陽光発電施設に係る電気主任技術者の選定要件の緩和 ④太陽光発電施設の系統連携に係る迅速な手続の明文化

(5) 鳥取発次世代社会モデル創造特区

対象地域	鳥取県
施行開始	2012年7月
概要	<目標> ・生活者視点に立った鳥取発次世代社会モデルを適用し、地域の強みと住民のニーズを独自のビジネスモデル構築手法により結びつける取組を展開することで、新たな生活価値の実感が得られる新事業を創出する。 ・新たな生活価値に基づくサービス等の提供により、地域住民の「暮らしの豊かさ」に対する意識（満足度）の向上を図る。
特定地域活性化事業	(再生可能エネルギー関連) ・とっとりスマートライフ・プロジェクト(再生可能エネルギーによる災害時集落無停電サービス) (地域活性化総合特区支援利子補給金)
一般地域活性化事業	なし
地域による支援	(再生可能エネルギー関連) ①地域独自の税制・財政・金融上の支援措置 ・農業農村小水力発電施設導入事業<鳥取県> 下蚊屋ダム地区をはじめ他2つのダム地区に小水力発電を整備(H25 予算 30,000 千円) ・災害時集落無停電サービス実現に向けた消費電力測定調査 地域の電力消費量や消費パターンを把握するため、各地区全戸の消費電力測定調査を委託(H24~25 予算 9,676 千円) ②地方公共団体の権限の範囲内での規制の緩和や地域の独自ルールの設定 特になし ③地方公共団体等における体制の強化 特になし ④その他の地域の責任ある関与として講ずる措置 ・災害時集落無停電サービスの構築に向け、地域の電力消費量や消費パターンを把握するため、各地区全戸の消費電力測定調査を実施している(H24年11月~H25年10月)。
国との協議による規制緩和	なし

(6) ながさき海洋・環境産業拠点特区

対象地域	長崎県、長崎市、佐世保市、西海市
施行開始	2013年2月
概要	<p><目標></p> <p>エネルギー問題と海運における地球温暖化対策・環境対策について、基幹産業である造船業の技術力を活かすことにより、燃費性能に優れ、CO2の排出が少ない高付加価値船・省エネ船の建造を促進するとともに、造船の技術とそこから派生する省エネ・環境技術を駆使することにより、広大な海域を県域に持つ海洋県としての地理的特性も活かしながら海洋・環境産業の振興を図ることにより、産業振興と環境保全・省エネ、エネルギー供給という我が国の経済社会課題の解決に貢献する「ながさき海洋・環境産業拠点形成」の実現を図り、地域経済の活性化を目標とする。</p>
特定地域活性化事業	なし
一般地域活性化事業	なし
地域による支援	<p>(再生可能エネルギー関連)</p> <p>①地域独自の税制・財政・金融上の支援措置 補助金等。</p> <p>②地方公共団体の権限の範囲内での規制の緩和や地域の独自ルールの設定 企業立地促進法に基づく基本計画に指定している集積業種に対して、企業立地計画及び事業高度化計画の承認、それに伴う地方税の課税免除等の支援措置を実施</p> <p>③地方公共団体等における体制の強化 【海洋エネルギー部門】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・県庁内部局横断的に、海洋エネルギーワーキンググループを設置 ・長崎環境・エネルギー産業ネットワークとの連携 <p>④その他の地域の責任ある関与として講ずる措置</p> <p>政府が浮体式洋上風力や潮流など海洋再生可能エネルギーの実証フィールドの創設を行う日本版 EMEC (欧州海洋エネルギーセンター) の長崎県への誘致に向けた構想の策定経費等を、2012年度補正(予算額: 28,363千円)及び2013年度当初(予算額: 13,132千円)により計上。</p>
国との協議による規制緩和	該当なし

(7) 森林総合産業特区

対象地域	北海道上川郡下川町
施行開始	2011年12月
概要	<p><目標></p> <p>地域活性化のために、半世紀にわたり築いてきた森林資源のさらなる活用と基幹産業である林業・林産業の振興を図ることで、地域の持続的発展と地域内循環システムの構築をめざす。林業・林産業から発生する林地残材や端材などの未利用資源を木質バイオマスとして活用し、林業・林産業の収益を拡大するとともに、地域内のエネルギー自給を高める。総合的に森林総合産業を構築することで、林業・林産業の経済的自立を促し、地域の持続的発展を図るとともに、我が国の木材自給率の向上と持続的な森林管理モデルの普及に寄与する。また、アジア諸地域等に対して技術交流が可能な体制づくりを構築、国益増進の寄与をめざす。</p> <p><期待される効果> ・林業・林産業生産額: 24億円(H23)→30億円(H27)</p> <p>・林業・林産業従事者数: 270人(H23)→350人(H27)</p>
特定地域活性化事業	①木質バイオマスの生産(地域活性化総合特区支援利子補給金)
一般地域活性化事業	なし
地域による支援	<p>①地域独自の税制・財政・金融上の支援措置 補助金等。(16項目と多数)</p> <p>②地方公共団体の権限の範囲内での規制緩和や地域の独自ルールの設定 林業技術者に関する地域独自の資格制度の創設。</p> <p>③地方公共団体等における体制の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「環境未来都市推進本部」を新設、本部内に「森林総合産業推進課」と「環境未来都市推進課」を新設し推進体制を強化。地域経済団体、町外の有識者、町等からなる「しもかわ推進会議」と外部評価機関である「しもかわ評議委員会」を新設。 <p>④その他の地域の責任ある関与として講ずる措置</p> <p>町の最上位計画である下川町総合計画に、総合特区関連事業を位置付け。</p>
国との協議による規制緩和	<p>①欧州普及型高性能林業機械の国内改良導入にともなう規制の緩和</p> <p>②業機械の搬送時における高さ制限</p> <p>③無登録の林業機械の公道走行</p> <p>③カタビラを有する林業機械の舗装道走行</p>

(8) たたらの里再生特区（中山間地域における里山を活用した市民による地域再生の挑戦）

対象地域	島根県雲南市
施行開始	2012年12月
概要	<p><目標></p> <p>世界が直面する食料や環境・エネルギーの課題に対応し、国土の保全、水源涵養、景観形成、伝統文化の継承、コミュニティの持続等、中山間地域が抱える重要課題の解決を図るため、地域全体で里山を再生することを目標とする。</p>
特定地域活性化事業	<p>（再生可能エネルギー関連）</p> <p>①里山のエネルギー利用の推進（地域活性化総合特区支援利子補給金）</p> <p>※バイオマスエネルギー利用に係るシステムの構築を図るとともに、太陽光エネルギー利用、小水力発電の維持など再生可能エネルギーの創出について総合的に取組ため、指定金融機関が必要な資金を貸し付け。</p>
一般地域活性化事業	なし
地域による支援	<p>（再生可能エネルギー関連）</p> <p>①地域独自の税制・財政・金融上の支援措置</p> <p>（里山のエネルギー利用の推進）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・森林整備事業（H16年度より措置） ・住宅太陽光発電機器導入補助事業（H16年度より措置） ・森林バイオマスエネルギー熱供給事業、市民参加型小規模林産収集システム運営事業（H23年度より措置） ・雲南市産木材利用促進助成事業（H23年度より措置） ・雲南市森林バイオマス推進事業補助制度（H25年度より措置予定） ・事業所用太陽光発電導入促進補助事業（H25年度より措置予定） <p>②地方公共団体の権限の範囲内での規制緩和や地域の独自ルールの設定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・雲南市農業労働災害共済事業 ・農地つき空き家活用制度 <p>③地方公共団体等における体制の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・雲南市産業振興センター設立 ・雲南ブランド推進グループ設置 ・森林バイオマスグループ設置 ・たたらの里山再生雇用創造推進協議会 <p>④その他の地域の責任ある関与として講ずる措置</p> <p>「たたらの里山再生」に挑戦！！～自立型地域経済圏の確立に向けたふるさと産業の創出～に取り組む。</p>
国との協議による規制緩和	<p>①森林法第34条の当該保安林の指定施業要件に係る伐採の特例措置</p> <p>②農地法第3条第2項の農地取得に係る下限面積要件の緩和</p>

(9) 環境観光モデル都市づくり推進特区

対象地域	広島県
施行開始	2011年12月
概要	<p><目標></p> <p>地方都市に特有な工場・住宅等の近接、自動車依存といった実態を踏まえ、工場と家庭が一体となった地域完結型のエネルギーマネジメントを目指した地域を構築する。</p>
特定地域活性化事業	<p>（再生可能エネルギー関連）</p> <p>①地域内の最適なエネルギーマネジメント構築事業（地域活性化総合特区支援利子補給金）</p> <p>②地域エネルギーバックアップシステム構築事業（地域活性化総合特区支援利子補給金）</p>
一般地域活性化事業	<p>（再生可能エネルギー関連）</p> <p>①地域内の最適なエネルギーマネジメント構築事業</p> <p>②地域エネルギーバックアップシステム構築事業</p> <p>※太陽光発電電力の高効率利用、再生可能エネルギーの活用促進。</p>
地域による支援	<p>（再生可能エネルギー関連）</p> <p>①地域独自の税制・財政・金融上の支援措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・福山市では太陽光エネルギーの導入を促進するため、平成22年度から太陽光発電等設置推進事業補助金を創設。 ・広島県では総合特別区域の指定を踏まえ、特区計画の事業評価・分析及び事業実施に係る経費の一部を支援できる新規事業を創設。 <p>②地方公共団体の権限の範囲内での規制緩和や地域の独自ルールの設定</p> <p>なし</p> <p>③地方公共団体等における体制の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・広島県総務局に総合特区計画プロジェクト・チームを設置、本指定を機に増員、庁内関係局との連携推進会議を設置。 <p>④その他の地域の責任ある関与として講ずる措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・環境観光モデル都市づくりに向けた趣旨に賛同する企業と「グリーンサステナブルパートナーシップ」を立ち上げる。 ・福山市が2012年1月経産省の「次世代エネルギーパーク」に認定。
国との協議による規制緩和	なし

(10) 次世代自動車・スマートエネルギー特区

対象地域	埼玉県さいたま市
施行開始	2012年6月
概要	<p><目標></p> <p>暮らしやすく、活力のある都市として、継続的に成長する「環境未来都市」の実現を目指す。 ※再生可能エネルギーでは太陽光の活用を掲げる。</p>
特定地域活性化事業	<p>(再生可能エネルギー関連)</p> <p>①ハイパーエネルギーステーションの普及(地域活性化総合特区支援利子補給金) ※太陽光パネル等のエネルギー供給拠点を設置すると同時に、災害による停電時のバックアップ電源を備えた燃料供給インフラを整備。</p> <p>②スマートホーム・コミュニティの普及(地域活性化総合特区支援利子補給金) ※太陽光発電等を活用したスマートホームコミュニティの構築。</p>
一般地域活性化事業	<p>(再生可能エネルギー関連)</p> <p>①スマートホーム・コミュニティの普及(先導的都市環境形成促進事業) ※太陽光発電システム等を活用した地域エネルギーマネジメントシステムの構築。</p>
地域による支援	<p>(再生可能エネルギー関連)</p> <p>①地域独自の税制・財政・金融上の支援措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・さいたま市ハイパーエネルギーステーション整備事業費補助金 ・さいたま市ハイパーエネルギーステーション S 整備事業費補助金等。 <p>②地方公共団体の権限の範囲内での規制緩和や地域の独自ルールの設定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・都市計画法に基づく用途地域の変更 <p>「エネルギー安定供給拠点」として地区計画を策定、事業者が目指すエネルギーステーションが建設できるように用途地域を変更。</p> <p>③地方公共団体等における体制の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・さいたま市成長戦略環境技術産業の推進プロジェクトチーム設置等。 <p>④その他の地域の責任ある関与として講ずる措置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電と蓄電池、燃料電池、HEMS などを活用した「(仮称)さいたま市認証スマートホーム」の認証を設定、住宅メーカー・施工業者・住宅購入者のそれぞれにインセンティブを付与する「(仮称)さいたま市スマートホーム認証制度」を整備。
国との協議による規制緩和	なし

平成27年度低炭素社会の実現に向けた中長期的再生可能エネルギー導入拡大方策検討調査委託業務報告書

2016年3月

株式会社 三菱総合研究所