

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

<b>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</b> .....	<b>1</b>
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
<b>2. 再生可能エネルギー大量導入時の電力需給対策</b> .....	<b>62</b>
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
<b>3. 地域貢献型再生可能エネルギー事業導入拡大方策</b> .....	<b>174</b>
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
<b>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</b> .....	<b>235</b>
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
<b>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</b> .....	<b>342</b>
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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> /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 <sub>2</sub> /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 <sub>2</sub> /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 <sub>2</sub> /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 <sup>2</sup> ）	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 <sub>2</sub> 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 <sup>2</sup> ）における供給可能比率	299
表 4-63	商業施設（14,000m <sup>2</sup> ）における供給可能比率	300
表 4-64	学校（15,000m <sup>2</sup> ）における供給可能比率	301
表 4-65	病院（20,000m <sup>2</sup> ）における供給可能比率	302
表 4-66	ホテル（10,000m <sup>2</sup> ）における供給可能比率	303
表 4-67	福祉施設（3,000m <sup>2</sup> ）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.