

環境省 御中

**平成28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

2017年3月31日

MRI 株式会社三菱総合研究所

はじめに

我が国は、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としている。また、フランス・パリにおいて昨年度開催された国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議(COP21)においても、世界共通の長期目標として 2℃目標のみならず 1.5℃への言及がなされた「パリ協定」が採択される等、世界各国において長期的な目標を見据えた温暖化対策が進められている。

再生可能エネルギーの導入拡大は、温暖化対策の重要な柱であり、中長期的視点に立って取組を進めていくことが重要である。

本業務では、諸外国における先進事例や我が国の再生可能エネルギー事業者の状況を把握するとともに、温室効果ガス削減に向けた再生可能エネルギーの導入拡大方策や、再生可能エネルギー導入拡大による社会経済的影響について調査・検討を行うものとする。

目次

1. 諸外国における再生可能エネルギーの普及動向調査	1
1.1 諸外国における再生可能エネルギー（電気、熱）の導入実績及び見通し.....	1
1.1.1 世界	1
1.1.2 OECD	7
1.1.3 日本	11
1.1.4 ドイツ.....	17
1.1.5 英国	22
1.1.6 スペイン	27
1.1.7 イタリア	32
1.1.8 デンマーク	39
1.1.9 フランス	44
1.1.10 米国	49
1.1.11 中国	54
1.1.12 韓国	61
1.1.13 各国の再生可能エネルギー電気導入実績の比較	64
1.2 諸外国における再生可能エネルギーの政策動向.....	55
1.2.1 ドイツ.....	65
1.2.2 英国	93
1.2.3 スペイン	102
1.2.4 イタリア	108
1.2.5 デンマーク	121
1.2.6 フランス	135
1.2.7 米国（総論）	149
1.2.8 米国（カリフォルニア州）	157
1.2.9 米国（ニューヨーク州）	162
1.2.10 中国	169
1.2.11 韓国	183
2. 約束草案や地球温暖化対策計画に掲げられた再生可能エネルギー導入量確保に向けた方 策検討	199
2.1 固定価格買取制度改正のポイント.....	199
2.2 再エネ導入に係る現状の把握	211
2.3 2030年までの普及に向けた政策課題の検討	238
2.4（参考）支援制度の状況整理	246
3. 系統強化方策及びデマンドレスポンス等の需要能動化方策の提案とその効果把握 ...	270
3.1 検討の背景と目的	270
3.2 系統強化方策の技術動向	274

3.2.1 蓄電池の技術動向.....	274
3.2.2 国内におけるデマンドレスポンスの実証動向.....	286
3.3 国内のデマンドレスポンスのポテンシャル.....	293
3.3.1 デマンドレスポンスのポテンシャル推計方針.....	293
3.3.2 デマンドレスポンス資源候補の抽出・有望性評価.....	297
3.3.3 デマンドレスポンス資源のポテンシャル推計（平均最大ポテンシャル）.....	317
3.3.4 継続時間を考慮したデマンドレスポンス資源のポテンシャル推計.....	334
3.3.5 参考資料.....	351
3.4 デマンドレスポンスの価値の定量評価.....	355
3.4.1 定量分析の方針.....	355
3.4.2 類似研究調査とモデル改良.....	357
3.4.3 分析シナリオ.....	361
3.4.4 ベースケースの分析結果.....	364
3.4.5 各対策シナリオの結果.....	368
3.4.6 まとめ.....	374
3.5 諸外国におけるデマンドレスポンスの活用状況.....	375
3.5.1 欧州諸国における電力需給向けデマンドレスポンス活用状況.....	375
3.5.2 米国における電力需給向けデマンドレスポンス活用状況.....	389
3.5.3 米国カリフォルニア州における電力需給向けデマンドレスポンス活用状況 ..	399
3.6 デマンドレスポンス資源の定着のために必要な施策.....	445
3.6.1 我が国におけるデマンドレスポンスの利用の方向性.....	445
3.6.2 デマンドレスポンス資源活用にあたっての技術的・制度的課題と施策例.....	447
3.7 再生可能エネルギーの導入に伴う効果・影響分析.....	451
4. 再生可能エネルギー熱利用促進方策の検討.....	495
4.1 検討の目的とフロー.....	495
4.2 2050 年度温室効果ガス 80%削減に向けた再生可能エネルギー熱の役割.....	496
4.2.1 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.....	496
4.2.2 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.....	515
4.3 再生可能エネルギー熱の効果的な活用方法の検討.....	533
4.3.1 複数建物による再生可能エネルギー熱のシェア.....	533
4.3.2 清掃工場排熱の有効利用策の検討.....	558
5. 環境対策費用等の社会的費用に関する海外情報の整理.....	566
5.1 文献名：The Net Benefits of Low and No-Carbon Electricity Technologies (Brookings Institution, 2014).....	566
5.2 文献名：Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition (IEA, NEA, OECD, 2015).....	568

5.3 文献名 : Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2017 (EIA)	572
5.4 文献名 : Nuclear Energy and Renewables : System Effects in Low-carbon Electricity Systems (OECD, 2012)	574
5.5 文献名 : Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (SRREN) (IPCC, 2012)	577
5.6 文献名 : Energy Technology Perspectives 2014 (IEA, 2014)	584

参考資料1 ドイツのエネルギー変革に関する動向調査

目次

図 1 1	世界の再生可能エネルギー発電設備容量.....	1
図 1 2	世界の再生可能エネルギーによる発電電力量.....	2
図 1 3	世界の熱消費量構成比（2014 年）.....	2
図 1 4	世界の再生可能エネルギー熱消費量及び構成比の推移（2007～2014 年）.....	3
図 1 5	世界の再生可能エネルギー発電設備容量【見通し】.....	4
図 1 6	世界の再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】.....	4
図 1 7	世界の熱消費量及び構成比の推移（2015～2021 年）【見通し】.....	5
図 1 8	電源別発電電力量の推移（世界）.....	6
図 1 9	OECD 加盟国の再生可能エネルギーによる発電設備容量.....	7
図 1 10	OECD 加盟国の再生可能エネルギーによる発電電力量.....	8
図 1 11	OECD 加盟国の再生可能エネルギーによる熱消費量.....	8
図 1 12	OECD 加盟国の再生可能エネルギーによる発電設備容量【見通し】.....	9
図 1 13	OECD 加盟国の再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】.....	10
図 1 14	電源別発電電力量の推移（OECD）.....	10
図 1 15	日本の再生可能エネルギーによる発電設備容量.....	11
図 1 16	日本の再生可能エネルギーによる発電電力量.....	12
図 1 17	日本の再生可能エネルギーによる熱供給量.....	13
図 1 18	日本のエネルギー需給構造と再生可能エネルギーによる発電量のシェア.....	14
図 1 19	日本の再生可能エネルギーによる発電設備容量【見通し】.....	15
図 1 20	日本の再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】.....	15
図 1 21	電源別発電電力量の推移（日本）.....	16
図 1 22	ドイツの再生可能エネルギーによる発電設備容量.....	17
図 1 23	ドイツの再生可能エネルギーによる発電電力量.....	18
図 1 24	ドイツの再生可能エネルギーによる熱消費量.....	18
図 1 25	ドイツの再生可能エネルギーによる発電設備容量【見通し】.....	19
図 1 26	ドイツの再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】.....	20
図 1 27	ドイツの再生可能エネルギーによる熱消費量【見通し】.....	20
図 1 28	電源別発電電力量の推移（ドイツ）.....	21
図 1 29	英国の再生可能エネルギーによる発電設備容量.....	22
図 1 30	英国の再生可能エネルギーによる発電電力量.....	23
図 1 31	英国の再生可能エネルギーによる熱消費量.....	23
図 1 32	英国の再生可能エネルギーによる発電設備容量【見通し】.....	24
図 1 33	英国の再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】.....	25
図 1 34	英国の再生可能エネルギーによる熱消費量【見通し】.....	25
図 1 35	電源別発電電力量の推移（英国）.....	26
図 1 36	スペインの再生可能エネルギーによる発電設備容量.....	27
図 1 37	スペインの再生可能エネルギーによる発電電力量.....	28
図 1 38	スペインの再生可能エネルギーによる熱消費量.....	28
図 1 39	スペインの再生可能エネルギーによる発電設備容量【見通し】.....	29

図 1 40	スペインの再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】	30
図 1 41	スペインの再生可能エネルギーによる熱消費量【見通し】	30
図 1 42	電源別発電電力量の推移（スペイン）	31
図 1 43	イタリアの再生可能エネルギーによる発電設備容量	32
図 1 44	イタリアの再生可能エネルギーによる発電電力量	33
図 1 45	イタリアの再生可能エネルギーによる熱消費量	33
図 1 46	2016～2020 年までの再生可能エネルギーによる新規導入発電設備容量の推計	34
図 1 47	2015 年および 2020 年における	35
図 1 48	イタリアの再生可能エネルギーによる発電設備容量【見通し】	36
図 1 49	イタリアの再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】	37
図 1 50	イタリアの再生可能エネルギーによる熱消費量【見通し】	37
図 1 51	電源別発電電力量の推移（イタリア）	38
図 1 52	デンマークの再生可能エネルギーによる発電設備容量	39
図 1 53	デンマークの再生可能エネルギーによる発電電力量	40
図 1 54	デンマークの再生可能エネルギーによる熱消費量	40
図 1 55	デンマークの再生可能エネルギーによる発電設備容量【見通し】	41
図 1 56	デンマークの再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】	42
図 1 57	デンマークの再生可能エネルギーによる熱消費量【見通し】	42
図 1 58	電源別発電電力量の推移（デンマーク）	43
図 1 59	フランスの再生可能エネルギーによる発電設備容量	44
図 1 60	フランスの再生可能エネルギーによる発電電力量	45
図 1 61	フランスの再生可能エネルギーによる熱消費量	45
図 1 62	フランスの再生可能エネルギーによる発電設備容量【見通し】	46
図 1 63	フランスの再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】	47
図 1 64	フランスの再生可能エネルギーによる熱供給量【見通し】	47
図 1 65	電源別発電電力量の推移（フランス）	48
図 1 66	米国の再生可能エネルギーによる発電設備容量	49
図 1 67	米国の再生可能エネルギーによる発電電力量	50
図 1 68	米国の再生可能エネルギーによる熱消費量	50
図 1 69	米国の再生可能エネルギーによる発電設備容量【見通し】	51
図 1 70	米国の再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】	52
図 1 71	米国の再生可能エネルギーによる熱消費量【見通し】	52
図 1 72	電源別発電電力量の推移（米国）	53
図 1 73	中国の再生可能エネルギーによる発電設備容量	54
図 1 74	中国の再生可能エネルギーによる発電電力量	55
図 1 75	中国の再生可能エネルギーによる発電設備容量【見通し】	58
図 1 76	中国の再生可能エネルギーによる発電電力量【見通し】	58
図 1 77	電源別発電電力量の推移（中国）	59
図 1 78	韓国の再生可能エネルギーによる発電設備容量	61
図 1 79	韓国の再生可能エネルギーによる発電電力量	62
図 1 80	韓国の再生可能エネルギーによる熱消費量	62

図 1 81	電源別発電電力量の推移（韓国）	63
図 1 82	各国の再生可能エネルギーによる発電実績の比較	64
図 1 83	FIT とスライド式 FIP による再生可能エネルギーの支援	70
図 1 84	パイロット入札、FIP/FIT による太陽光発電設備の支援水準の遷移	78
図 1 85	出力抑制される再生可能エネルギー電力の熱分野への利用方法	86
図 1 86	系統混雑解消のための再給電措置が実施された系統（2015 年）	87
図 1 87	陸上風力の導入を制限する「系統増強地域」	88
図 1 88	英国の GHG 排出削減計画及び低炭素電力導入促進	93
図 1 89	英国の再生可能エネルギーの導入目標	94
図 1 90	英国の再生可能エネルギー導入推移と目標	94
図 1 91	英国の 2020 年再生可能エネルギー導入目標の部門別内訳	95
図 1 92	英国の主な再生可能エネルギー導入支援策の経緯	96
図 1 93	CfD のメカニズム	97
図 1 94	CfD の仕組み	98
図 1 95	スペインのエネルギーミックスの将来計画	102
図 1 96	スペインの電力供給計画	103
図 1 97	スペインの再生可能エネルギー導入推移と目標	103
図 1 98	スペインの主な再生可能エネルギー導入支援策の経緯	104
図 1 99	スペインの FIT と FIP の概念及び対象電源	105
図 1 100	最終エネルギー総消費量に占める再生可能エネルギーの割合	108
図 1 101	再生可能エネルギー賦課金の推移と 2018 年までの見通し	109
図 1 102	主要国の PPP 換算後の産業用（左）、家庭用（右）電気料金比較	110
図 1 103	再生可能エネルギー普及を目的として導入された固定価格買取制度	112
図 1 104	電源種別によるインセンティブ申請体系	114
図 1 105	太陽光以外の固定価格買取価格の算出方法	115
図 1 106	A3 料金の今後の見通し	120
図 1 107	デンマーク：地域熱供給の熱源の割合（2014 年）	128
図 1 108	デンマーク：地域熱供給における燃料コスト（2002 年）	130
図 1 109	デンマーク：再生可能エネルギーへの補助の推移	132
図 1 110	デンマーク：輸入バイオマスによるエネルギー生産量の推移	133
図 1 111	デンマーク：電力の輸出入量（2015 年）	134
図 1 112	フランス：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と計画値	135
図 1 113	フランス：再生可能発電設備支援制度の適用範囲（エネルギー転換法施行後）	138
図 1 114	フランス：FIP 制度の市場販売プレミアムの仕組み	141
図 1 115	米国における再生可能エネルギー利用割合基準の設定状況（2017 年 2 月現在）	154
図 1 116	ネットメータリングにおける電力の余剰分の取扱状況（2016 年 7 月現在）	156
図 1 117	コミュニティ分散発電プログラムの役割と機能	167
図 1 118	一次エネルギー消費に占める非化石エネルギー源（水力を除く）の省別目標	

.....	172
図 1 119 太陽光発電の買取価格に関するエリア区分.....	173
図 1 120 中央政府及び地方政府の補助金合計額（単位：元/kWh）.....	175
図 1 121 発電単価削減シナリオ.....	188
図 2 1 認定申請から発電事業終了までの流れ.....	200
図 2 2 電源別事業計画策定ガイドラインの概要.....	201
図 2 3 入札制度の概要.....	209
図 2 4 2030 年における再生可能エネルギーの導入量推計.....	211
図 2 5 木質バイオマスの発生量と利用の現況（推計）.....	241
図 2 6 我が国の木材価格の推移.....	242
図 2 7 木質バイオマス発電の開発状況.....	243
図 3 1 北海道 南早来変電所の実証事業概要.....	279
図 3 2 島根県 西ノ島変電所の実証事業概要.....	279
図 3 3 米国における定置用蓄電池の提供価値（USD/kW）.....	280
図 3 4 送配電設備への NAS 電池設置効果.....	281
図 3 5 AES Laurel Mountain 概要.....	281
図 3 6 Stem 導入による基本料金削減.....	282
図 3 7 日本における定置用蓄電池の目標価格.....	283
図 3 8 米国における蓄電池モジュールの目標価格.....	284
図 3 9 革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発の概要.....	285
図 3 10 DOE の車載用蓄電池開発目標.....	285
図 3 11 容量メカニズムにおける費用回収イメージ.....	288
図 3 12 固定価格買取制度併用時の逆潮流の計量の例.....	291
図 3 13 デマンドレスポンス・ポテンシャル推計の実施フロー.....	293
図 3 14 技術的ポテンシャルと時間スケールのイメージ.....	296
図 3 15 デマンドレスポンス対応可能と回答した事業所数と 1 件あたり平均消費電力	298
図 3 16 産業部門における予備力供給型デマンドレスポンス・ポテンシャル推定値	299
図 3 17 上下水道事業のプロセスフロー例.....	301
図 3 18 工程別電力消費量割合（東京都水道局）.....	302
図 3 19 電力使用パターン例（東京都水道局）.....	302
図 3 20 下水処理場のプロセスフロー例.....	304
図 3 21 下水処理場のエネルギー消費構造（原油換算比較）.....	304
図 3 22 冷凍冷蔵倉庫の温度帯.....	306
図 3 23 冷凍冷蔵倉庫の電力消費の時間変化.....	306
図 3 24 冷凍冷蔵倉庫の月別使用電力量原単位.....	306
図 3 25 蓄熱式空調システムの設置件数（各年度末ストック）.....	308
図 3 26 蓄熱式空調システムによるピークシフト電力（各年度末ストック）.....	308
図 3 27 自動販売機の機種別普及状況(2015 年 12 月時点).....	309
図 3 28 飲料自販機出荷数 1 台あたりの年間消費電力量 (kWh).....	309
図 3 29 日本コカ・コーラ社の取組み.....	310

図 3 30	デジタルサイネージ自動販売機「JX34」	310
図 3 31	業務用ショーケースの活用イメージ	311
図 3 32	ビジネスホテルにおける導入事例（貯湯レベルの推移(湯張あり)）	312
図 3 33	業務用ヒートポンプ給湯機の出荷台数（単年）	312
図 3 34	電解槽における電力消費量の推移	320
図 3 35	需要と供給のバランス状況（平成 28 年 5 月 4 日、九州電力管内）	334
図 3 36	柔軟性の高いデマンドレスポンス資源の需要抑制ポテンシャル	336
図 3 37	柔軟性の低いデマンドレスポンス資源の需要抑制ポテンシャル	337
図 3 38	柔軟性の高いデマンドレスポンス資源の需要抑制ポテンシャル（地域別・夏期・現状）	338
図 3 39	柔軟性の高いデマンドレスポンス資源の需要抑制ポテンシャル（地域別・夏期・2030 年）	338
図 3 40	柔軟性の低いデマンドレスポンス資源の需要抑制ポテンシャル（地域別）	339
図 3 41	柔軟性の高いデマンドレスポンス資源の需要造成ポテンシャル	340
図 3 42	柔軟性の低いデマンドレスポンス資源の需要造成ポテンシャル	340
図 3 43	柔軟性の高いデマンドレスポンス資源の需要造成ポテンシャル（地域別・現状）	341
図 3 44	柔軟性の高いデマンドレスポンス資源の需要造成ポテンシャル	341
図 3 45	柔軟性の低いデマンドレスポンス資源の需要造成ポテンシャル（地域別）	342
図 3 46	九州電力管内におけるデマンドレスポンス資源活用効果ケーススタディ（現状）	349
図 3 47	九州電力管内におけるデマンドレスポンス資源活用効果ケーススタディ（2030 年）	350
図 3 48	自家発電設備のデマンドレスポンス・ポテンシャル推計結果	351
図 3 49	防災用自家発電装置の導入推移	353
図 3 50	デマンドレスポンス・ポテンシャルをもつプロセス別の電力消費量(2012 年)	354
図 3 51	欧州のデマンドレスポンス・ポテンシャル	354
図 3 52	モデル構造	357
図 3 53	地域別の年間発電量	364
図 3 54	毎時の需給バランスのイメージ（全国、4/1~4/7 の例）	364
図 3 55	毎時の LFC 必要量・供給量バランス（全国、4/1~4/7 の例）	365
図 3 56	運転予備力（上げ代）バランス（全国、4/1~4/7 の例）	366
図 3 57	運転予備力（下げ代）バランス（全国、4/1~4/7 の例）	366
図 3 58	地域別 CO2 排出量	367
図 3 59	地域別の月別抑制率比較（左：炭素価格 4,000 円/tCO ₂ 右：炭素価格 10,000 円/tCO ₂ ）	368
図 3 60	地域別の年間抑制量比較（左：炭素価格 4,000 円/tCO ₂ 右：炭素価格 10,000 円/tCO ₂ ）	368
図 3 61	地域別の CO2 排出量比較（左：炭素価格\$40/tCO ₂ 右：炭素価格\$100/tCO ₂ ）	

.....	369
図 3 62 地域別の燃料費比較（左：炭素価格\$40/tCO ₂ 右：炭素価格\$100/tCO ₂ ）	369
図 3 67 全国の 5 月の出力抑制量	370
図 3 68 北海道・東北・九州における 5 月の出力抑制量	371
図 3 69 シナリオ別の全国における 5 月の CO ₂ 排出量	371
図 3 70 シナリオ別の全国における 5 月の燃料費	372
図 3 71 DR シナリオにおける全国の 4/29～5/5 における毎時需給バランス	372
図 3 72 水素製造設備容量別の再生可能エネルギーリカバリー率等（北海道、東北、九州）	373
図 3 73 欧州諸国におけるデマンドレスポンスの電力市場での活用状況	377
図 3 74 北米 ISO/RTO のエリア	391
図 3 75 Marin Clean Energy の CCA 事例	397
図 3 76 各ステークホルダー・訪問先の関係図	399
図 3 77 カリフォルニア州における電力会社のサービスエリア	400
図 3 78 CAISO の管轄エリア	400
図 3 79 カリフォルニア州の発電量構成	401
図 3 80 カリフォルニア州の設備容量構成	401
図 3 81 カリフォルニア州民間電力会社の再生可能エネルギー導入推移及び予測値	402
.....	402
図 3 82 ダックカーブの発生推移及び予測値	403
図 3 83 太陽光発電のシェアと価値との関係	405
図 3 84 太陽光発電のシェアとデマンドレスポンスの価値との関係	405
図 3 85 4 種類のデマンドレスポンスのタイムスパン	411
図 3 86 2025 年の Shift DR ポテンシャル（\$50/kWh 以下）	413
図 3 87 時間帯別料金（TOU）デフォルト化のタイムライン	419
図 3 88 電力不足発生時間の予測	424
図 3 89 Demand Response Auction Mechanism（DRAM）のスキーム	429
図 3 90 OhmConnect の需要家プラットフォーム	433
図 3 91 需要家の効率最適化の様子	434
図 3 92 NEST 製サーモスタットの外観	435
図 3 93 Rush Hour Rewards の結果	436
図 3 94 Stem の主な製品およびサービス	437
図 3 95 分散型エネルギー資源の統合による系統サービス提供イメージ	439
図 3 96 JuiceNet の概要	440
図 3 97 Eastern Municipal Water District のピーク需要の削減推移	441
図 3 98 Eastern Municipal Water District におけるデマンドレスポンスへの取組みの様子	442
図 3 99 需要家のデマンドレスポンス対応可能性の実証のイメージ	449
図 3 100 時間帯別料金等に反応するデマンドレスポンスの技術実証のイメージ	450
図 3 101 フィーダ単位でのデマンドレスポンスの集中利用による効果の実証	451
図 3 102 波及効果の経済フロー	452
図 3 103 導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	455

図 3 104	太陽光発電（住宅）の施設建設における生産誘発額の内訳	456
図 3 105	太陽光発電（住宅）の施設建設における生産誘発額の上位部門	456
図 3 106	太陽光発電（住宅）の施設運用における生産誘発額の内訳	457
図 3 107	太陽光発電（住宅）の施設運用における生産誘発額の上位部門	457
図 3 108	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	458
図 3 109	太陽光発電（非住宅）の施設建設における生産誘発額の内訳	459
図 3 110	太陽光発電（非住宅）の施設建設における生産誘発額の上位部門	459
図 3 111	太陽光発電（非住宅）の施設運用における生産誘発額の内訳	460
図 3 112	太陽光発電（非住宅）の施設運用における生産誘発額の上位部門	460
図 3 113	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	461
図 3 114	太陽光発電（メガソーラー）の施設建設における生産誘発額の内訳	462
図 3 115	太陽光発電（メガソーラー）の施設建設における生産誘発額の上位部門	462
図 3 116	太陽光発電（メガソーラー）の施設運用における生産誘発額の内訳	463
図 3 117	太陽光発電（メガソーラー）の施設運用における生産誘発額の上位部門	463
図 3 118	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	464
図 3 119	風力発電（陸上）の施設建設における生産誘発額の内訳	465
図 3 120	風力発電（陸上）の施設建設における生産誘発額の上位部門	465
図 3 121	風力発電（陸上）の施設運用における生産誘発額の内訳	466
図 3 122	風力発電（陸上）の施設運用における生産誘発額の上位部門	466
図 3 123	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	467
図 3 124	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	468
図 3 125	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	469
図 3 126	水力発電（中小水力）の施設建設における生産誘発額の内訳	470
図 3 127	水力発電（中小水力）の施設建設における生産誘発額の上位部門	470
図 3 128	水力発電（中小水力）の施設運用における生産誘発額の内訳	471
図 3 129	水力発電（中小水力）の施設運用における生産誘発額の上位部門	471
図 3 130	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	472
図 3 131	地熱発電（大規模）の施設建設における生産誘発額の内訳	473
図 3 132	地熱発電（大規模）の施設建設における生産誘発額の上位部門	473
図 3 133	地熱発電（大規模）の施設運用における生産誘発額の内訳	474
図 3 134	地熱発電（大規模）の施設運用における生産誘発額の上位部門	474
図 3 135	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	475
図 3 136	地熱発電（小規模）の施設建設における生産誘発額の内訳	476
図 3 137	地熱発電（小規模）の施設建設における生産誘発額の上位部門	476
図 3 138	地熱発電（小規模）の施設運用における生産誘発額の内訳	477
図 3 139	地熱発電（小規模）の施設運用における生産誘発額の上位部門	477
図 3 140	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	478
図 3 141	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化	479
図 3 142	バイオマス発電（木質）の施設建設における生産誘発額の内訳	480
図 3 143	バイオマス発電（木質）の施設建設における生産誘発額の上位部門	480
図 3 144	バイオマス発電（木質）の施設運用における生産誘発額の内訳	481
図 3 145	バイオマス発電（木質）の施設運用における生産誘発額の上位部門	481

図 3 146	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化.....	482
図 3 147	バイオマス発電（下水汚泥）の施設建設における生産誘発額の内訳	483
図 3 148	バイオマス発電（下水汚泥）の施設建設における生産誘発額の上位部門	483
図 3 149	バイオマス発電（下水汚泥）の施設運用における生産誘発額の内訳	484
図 3 150	バイオマス発電（下水汚泥）の施設運用における生産誘発額の上位部門	484
図 3 151	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化.....	485
図 3 152	バイオマス発電（家畜排せつ物）の施設建設における生産誘発額の内訳	486
図 3 153	バイオマス発電（家畜排せつ物）の施設建設における生産誘発額の上位部門	486
図 3 154	バイオマス発電（家畜排せつ物）の施設運用における生産誘発額の内訳	487
図 3 155	バイオマス発電（家畜排せつ物）の施設運用における生産誘発額の上位部門	487
図 3 156	導入見込量に対する経済波及効果の暦年変化.....	488
図 3 157	バイオマス発電（食品廃棄物）の施設建設における生産誘発額の内訳	489
図 3 158	バイオマス発電（食品廃棄物）の施設建設における生産誘発額の上位部門	489
図 3 159	バイオマス発電（食品廃棄物）の施設運用における生産誘発額の内訳	490
図 3 160	バイオマス発電（食品廃棄物）の施設運用における生産誘発額の上位部門	490
図 3 161	本分析における再生可能エネルギーの経済波及効果比較	491
図 4 1	再生可能エネルギー熱利用促進方策の検討フロー	495
図 4 2	本調査で推計した住宅の熱需要原単位	500
図 4 3	2014 年の住宅の熱需要の構造	501
図 4 4	2014 年の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	502
図 4 5	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	504
図 4 6	断熱性能の向上と機器効率の向上の効果（2050 年）	507
図 4 7	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）	516
図 4 8	業務用建物における熱需要（総量）	517
図 4 9	2014 年の建物の熱需要の構造	518
図 4 10	2014 年の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	519
図 4 11	冷暖房用エネルギー需要の変化	521
図 4 12	断熱性能の向上と機器効率の向上の効果（2050 年）【業務】	523
図 4 13	想定した街区	533
図 4 14	分析フロー	534
図 4 15	建物用途別月別熱負荷比率	537
図 4 16	建物用途別時刻別熱負荷比率	537
図 4 17	建物用途別月別熱負荷原単位	538
図 4 18	建物用途別時刻別熱負荷原単位	538
図 4 19	検討対象街区の年間熱負荷	539
図 4 20	検討対象街区の月別熱負荷	539
図 4 21	検討対象街区の時刻別冷房負荷	540
図 4 22	検討対象街区の時刻別暖房負荷	540

図 4 23	検討対象街区の時刻別給湯負荷.....	541
図 4 24	暖房時の地中熱利用イメージ.....	542
図 4 25	冷房時の地中熱利用イメージ.....	542
図 4 26	太陽熱の採熱原単位.....	542
図 4 27	A ビル単体での地中熱利用.....	544
図 4 28	A ビル単体での太陽熱利用.....	544
図 4 29	B ビル単体での地中熱利用イメージ.....	544
図 4 30	B ビル単体での太陽熱利用イメージ.....	544
図 4 31	C ビル単体での地中熱利用イメージ.....	545
図 4 32	C ビル単体での太陽熱利用イメージ.....	545
図 4 33	3 物件での地中熱利用イメージ.....	546
図 4 34	3 物件での太陽熱利用イメージ.....	546
図 4 35	街区全体での地中熱利用イメージ.....	546
図 4 36	街区全体での太陽熱利用イメージ.....	546
図 4 37	ヒートポンプ出力あたりのイニシャルコストの事例 (クローズドループの例)	547
図 4 38	給湯のみに利用するシステム.....	547
図 4 39	給湯・暖房に利用するシステム.....	547
図 4 40	給湯・暖房・冷房に利用するシステム.....	547
図 4 41	地中熱利用、太陽熱利用に係る敷設面積別イニシャルコスト.....	548
図 4 42	A ビル単体での地中熱利用.....	549
図 4 43	A ビル単体での太陽熱利用.....	549
図 4 44	B ビル単体での地中熱利用.....	550
図 4 45	B ビル単体での太陽熱利用.....	550
図 4 46	C ビル単体での地中熱利用.....	550
図 4 47	C ビル単体での太陽熱利用.....	550
図 4 48	3 施設での地中熱利用.....	551
図 4 49	3 施設での太陽熱利用.....	551
図 4 50	街区全体での地中熱利用.....	551
図 4 51	街区全体での太陽熱利用.....	551
図 4 52	ケース A での地中熱利用.....	552
図 4 53	ケース A での太陽熱利用.....	552
図 4 54	ケース B での地中熱利用.....	553
図 4 55	ケース B での太陽熱利用.....	553
図 4 56	街区単位よりも小さな範囲での再エネ熱活用のイメージ.....	553
図 4 57	街区単位よりも小さな範囲での再エネ熱活用に関する比較ケース.....	554
図 4 58	駒岡清掃工場の位置と地域熱供給事業.....	558
図 4 59	北海道地域暖房(株)真駒内エネルギーセンターの熱供給導管図.....	559
図 4 60	駒岡清掃工場の余熱利用概略図.....	559
図 4 61	真駒内地区・熱供給システム.....	560
図 4 62	余熱利用による新しいスマート集合住宅モデル (余熱利用における位置づけ)	562

図 4 63	集合住宅の熱負荷パターン	562
図 5 1	発電コスト概念図	574
図 5 2	発電設備の外部費用 (横軸: 米セント/kWh)	578
図 5 3	中国における再生可能エネルギー電気の潜在的な供給曲線 (2030/2050 年) (縦軸: 米ドル/MWh) (横軸: 発電電力量: TWh)	581
図 5 4	インドにおける再生可能エネルギー電気の潜在的な供給曲線 (2030/2050 年) (縦軸: 米ドル/MWh) (横軸: 発電電力量: TWh)	582
図 5 5	OECD 加盟国 (欧州) における再生可能エネルギー電気の潜在的な供給曲線 (2030/2050 年) (縦軸: 米ドル/MWh) (横軸: 発電電力量: TWh)	583
図 5 6	炭素価格を控除した場合の LCOE 比較 (2015~2050 年) (\$/MWh)	584
図 5 7	電源別 LCOE 比較 (2012、2013、2025 年) (\$/MWh)	585
図 5 8	2°Cシナリオにおける調整可能電源の LCOE 比較 (2020 年) (\$/MWh)	585

表目次

表 1 1	世界の再生可能エネルギー熱消費量内訳と成長率.....	3
表 1 2	世界の再生可能エネルギー熱消費量成長率（2014～2021 年）【見通し】	5
表 1 3	固定価格買取制度開始前後の設備導入容量.....	12
表 1 4	2016 年から 2020 年までの累積発電量推計.....	35
表 1 5	中国における太陽熱および地熱エネルギーの熱供給実績（TJ）	55
表 1 6	再生可能エネルギー第 13 次 5 カ年計画目標（電気）（MW）	56
表 1 7	再生可能エネルギー第 13 次 5 カ年計画目標（発電以外）（TJ）	56
表 1 8	中国における再生可能エネルギー電気（発電設備容量）の見通し（MW） ...	57
表 1 9	中国における再生可能エネルギー電気（発電量）の見通し（GWh）	57
表 1 10	中国における再生可能エネルギー熱供給量の見通し（TJ）	57
表 1 11	中国の再生可能エネルギー電気発電設備容量【2020 年見通しの比較】（MW）	59
表 1 12	エネルギー転換の数値目標と現状（2015 年）	65
表 1 13	再生可能エネルギー法の改正動向.....	67
表 1 14	EEG 2017 の主な改正点.....	68
表 1 15	再生可能エネルギー設備の導入目標.....	69
表 1 16	入札制度、FIP/FIT の対象設備.....	70
表 1 17	太陽光の入札制度概要.....	72
表 1 18	陸上風力の入札制度概要.....	73
表 1 19	洋上風力の入札制度概要.....	74
表 1 20	バイオマスの入札制度概要.....	75
表 1 21	地上設置型太陽光発電設備のパイロット入札結果.....	77
表 1 22	地上設置型太陽光発電設備のパイロット入札における落札設備の稼働率 ...	78
表 1 23	ドイツ・デンマーク間の地上設置型太陽光発電設備の国境を越えた入札結果	79
表 1 24	EEG2017 に基づき実施された太陽光発電設備の入札結果.....	80
表 1 25	設置場所の種類別の入札参加状況.....	80
表 1 26	太陽光の FIP/FIT による支援水準と逓減率.....	81
表 1 27	2018 年末までに稼働開始する陸上風力の FIP/FIT による支援水準と逓減率	82
表 1 28	2021 年以降に稼働する洋上風力プロトタイプの FIP/FIT による支援水準 ...	83
表 1 29	2020 年末までに稼働開始する洋上風力の FIP/FIT による支援水準と逓減率	83
表 1 30	バイオマスの FIP/FIT による支援水準.....	84
表 1 31	水力の FIP/FIT による支援水準.....	84
表 1 32	埋立地・下水・鉱山ガスの FIP/FIT による支援水準.....	85
表 1 33	洋上風力の年別導入計画.....	88
表 1 34	各部門における 2030 年の温室効果ガス削減目標.....	89
表 1 35	エネルギー産業部門における措置.....	90
表 1 36	英国の 2020 年再生可能エネルギー導入目標のエネルギー種類別内訳	95
表 1 37	CfD の対象となる再生可能エネルギーの種類.....	98
表 1 38	Strike Price の上限値と第 1 回割当ラウンドの結果（太陽光と風力）	98

表 1 39	FIT の対象となる再生可能エネルギー	99
表 1 40	RHI の助成対象エネ種と助成単価	100
表 1 41	EPS の対象プラントと排出基準	101
表 1 42	スペインの再生可能エネルギー補助金制度の概要	106
表 1 43	スペインの再生可能エネルギー補助金制度の概要	106
表 1 44	発電容量に応じた削減率	111
表 1 45	インセンティブの買取り残存期間と削減率	111
表 1 46	固定買取価格の比較	116
表 1 47	GSE 買取り最低保証価格の推移	117
表 1 48	電源、および発電容量別 RID 手数料	118
表 1 49	SSP の手数料	118
表 1 50	デンマーク：2020 年までの再生可能エネルギー導入目標	121
表 1 51	デンマーク：100%再生可能エネルギーに向けた中・長期目標	122
表 1 52	デンマーク：陸上風力発電の買取価格	123
表 1 53	デンマーク：入札対象外の洋上風力発電の買取価格	123
表 1 54	デンマーク：入札対象の洋上風力発電の買取価格	124
表 1 55	デンマーク：バイオマス発電の買取価格	124
表 1 56	デンマーク：バイオガス発電の買取価格	125
表 1 57	デンマーク：太陽光発電の買取価格	125
表 1 58	デンマーク：水力・波力発電の買取価格	126
表 1 59	デンマーク：ネットメータリング制度の対象設備と条件	126
表 1 60	デンマーク：ネットメータリング制度による PSO 免除	127
表 1 61	デンマーク：バイオガス発電の導入促進策	127
表 1-62	デンマーク：バイオガス CHP の熱供給プレミアム（2017 年 2 月 10 日時点）	129
表 1-63	デンマーク：熱供給におけるエネルギー税（2014 年）	130
表 1 64	デンマーク：PSO の電力料金への上乗せ単価の推移	131
表 1 65	デンマーク：バイオマスエネルギーの国内生産量	133
表 1 66	フランス：エネルギー転換法に基づく 2030 年再生可能エネルギー導入目標	136
表 1 67	フランス：複数年エネルギー計画（PPE）での発電分野の源別目標	137
表 1 68	フランス：再生可能発電設備支援制度の適用範囲（エネルギー転換法施行前）	137
表 1 69	フランス：本土における再生可能エネルギー源別の買取価格【太陽光以外】	138
表 1 70	フランス：新規太陽光発電に適用される買取価格（2013 年 2 月～）	139
表 1 71	フランス：FIP 制度の適用が除外される対象設備要件	140
表 1 72	フランス：再生可能エネルギー発電を対象とした競争入札の実施状況	142
表 1 73	フランス：熱基金に基づくプレミアム価格	144
表 1 74	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	145
表 1 75	フランス：エネルギー源別の設備容量、発電量の推移（2013～15 年）	146

表 176	フランス：再生可能エネルギー発電設備の許認可に関する課題	146
表 177	フランス：電力公共サービス賦課金の実績額・予測額（2014～16年）	147
表 178	投資税額控除の対投資額比率	151
表 179	米国エネルギー省融資保証プログラムの概要	152
表 180	カリフォルニア州再生可能エネルギー利用割合基準の制定経緯	158
表 181	カリフォルニア州再生可能エネルギー利用割合基準の制度の概要	158
表 182	ニューヨーク州クリーンエネルギー基準の制度概要	163
表 183	エネルギー源別設備容量の上限	165
表 184	ニューヨーク州における太陽光発電の拡大	166
表 185	中国の再生可能エネルギーに関する計画	170
表 186	再生可能エネルギー第13次5カ年計画目標	171
表 187	第13次5カ年計画期間における水力発電の発展目標	171
表 188	再生可能エネルギー第13次5カ年計画の目標（発電を除く）	171
表 189	（大型）太陽光発電所からの買取価格（単位：元/kWh）	174
表 190	分散型太陽光発電の補助金（単位：元/kWh）	175
表 191	風力発電の買取価格エリア	176
表 192	陸上風力発電の買取価格（単位：元/kWh）	176
表 193	洋上風力発電の買取価格（単位：元/kWh）	177
表 194	バイオマス発電の買取価格（単位：元/kWh）	177
表 195	火力発電に対する規制政策の一覧（2007～2015年）	179
表 196	「棄光」・「棄風」・「棄水」問題の現状と要因	180
表 197	全国・地域別の棄風の状況（2015年）	180
表 198	太陽光発電重点地域の買取保証時間	181
表 199	風力発電重点地域の買取保証時間	181
表 1100	低炭素グリーン成長基本法における新エネルギー関連規定	184
表 1101	新エネルギーおよび再生可能エネルギー開発・利用・普及促進法の概要	184
表 1102	「持続可能なエネルギー体系の構築」の政策目標	187
表 1103	第1次／第2次エネルギー基本計画の比較	187
表 1104	発電単価低減に関する技術例	188
表 1105	年度別義務供給比率	189
表 1106	太陽光発電義務供給量	189
表 1107	REC制度の概要	190
表 1108	REC制度認定係数	190
表 1109	RPS制度の義務供給量と実績及び義務履行率	191
表 1110	RPS制度導入後の発電量等実績（太陽光と他電源の比較）	191
表 1111	太陽光販売事業者選定制度の推進実績	192
表 1112	公共機関新・再生可能エネルギー発電設備設置目標	193
表 1113	公共機関義務化制度の実績（2004～2011年）	193
表 1114	公共機関義務化制度の実績（2011～2015年）	194
表 1115	RFS制度の混合義務割合	194
表 1116	住宅部門支援制度の支援基準	195
表 1117	建築部門（住宅以外）設備支援事業の支援基準	196

表 2 1	平成 29 年度以降の各電源の調達価格及び調達期間	204
表 2 2	事業化決定から FIT 認定・運転開始までに要する標準的な期間等	210
表 2 4	支援制度一覧	212
表 2 5	業界団体ヒアリング先一覧表	215
表 2 6	事業者ヒアリング先一覧表	215
表 2 7	ヒアリング結果に基づく普及に当たっての課題および求められる対応	217
表 2 8	企画段階における課題	234
表 2 9	設計段階に関する課題	235
表 2 10	資金調達・建設段階における課題	236
表 2 11	各エネルギー源の目標達成の蓋然性の評価	239
表 2 12	輸入バイオマスの生産余力	240
表 2 13	出力別包蔵水力（一般水力）	245
表 3 1	再生可能エネルギー導入時の電力システムへの影響とデマンドレスポンス資源の利用可能性	271
表 3 2	（参考）再生可能エネルギーに起因する電力システム上の課題	272
表 3 3	デマンドレスポンスのメカニズム	273
表 3 4	エネルギー・電力貯蔵技術の分類	274
表 3 5	蓄電池の分類	276
表 3 6	蓄電池の主要用途分類	277
表 3 7	日本における系統用蓄電池の実証事業	278
表 3 8	エネルギー・リソース・アグリゲーションに基づくサービス	286
表 3 9	ネガワット取引に関する検討と進捗	287
表 3 10	バーチャルパワープラント構築事業（A 事業） 採択テーマ	289
表 3 11	採択テーマの概要	290
表 3 12	再生可能エネルギー導入促進に対するデマンドレスポンス資源の 特徴と期待される役割	294
表 3 13	デマンドレスポンス資源候補の特徴整理・評価の観点	294
表 3 14	デマンドレスポンス資源の特徴と調整力機能との関係	295
表 3 15	国内におけるデマンドレスポンス資源候補	297
表 3 16	産業部門のデマンドレスポンス資源候補の特徴・ポテンシャル（文献・ヒアリング調査結果）	314
表 3 17	業務部門のデマンドレスポンス資源候補の特徴・ポテンシャル（文献・ヒアリング調査結果）	315
表 3 18	家庭部門・運輸部門のデマンドレスポンス資源候補の特徴・ポテンシャル	316
表 3 19	本調査におけるポテンシャル推計の対象	317
表 3 20	需要シフトの余地のあるアーク炉の利用状況	318
表 3 21	アーク炉のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	318
表 3 22	アーク炉の地域別デマンドレスポンス・ポテンシャル	319
表 3 23	電解槽のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制）	319
表 3 24	電解槽における電力消費量の推移	320
表 3 25	電解槽のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要造成）	320

表 3 26	上水道：送水ポンプのデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	321
表 3 27	上水道：汚泥処理設備のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	321
表 3 28	上水道の地域別デマンドレスポンス・ポテンシャル	322
表 3 29	下水道事業のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	322
表 3 30	下水道事業のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	323
表 3 31	下水道事業のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	323
表 3 32	下水道の地域別デマンドレスポンス・ポテンシャル	324
表 3 33	冷凍冷蔵倉庫のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制）	324
表 3 34	冷凍冷蔵倉庫のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要造成）	325
表 3 35	冷凍冷蔵倉庫の地域別デマンドレスポンス・ポテンシャル	325
表 3 36	年間平均空調負荷の試算結果	326
表 3 37	各月の空調原単位の指数	326
表 3 38	空調機器（一般）のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制）	327
表 3 39	空調機器（一般）の地域別デマンドレスポンス・ポテンシャル	327
表 3 40	蓄熱式空調のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	328
表 3 41	蓄熱式空調の地域別デマンドレスポンス・ポテンシャル	328
表 3 42	自動販売機のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	329
表 3 43	業務用ヒートポンプ給湯機の デマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	329
表 3 44	業務用ヒートポンプ給湯機の地域別デマンドレスポンス・ポテンシャル	330
表 3 45	家庭用ヒートポンプ給湯機における デマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	330
表 3 46	家庭用ヒートポンプ給湯機の地域別デマンドレスポンス・ポテンシャル	331
表 3 47	電気自動車のデマンドレスポンス・ポテンシャル（需要抑制・造成）	331
表 3 48	デマンドレスポンス資源のポテンシャル推計結果まとめ（現状・需要抑制）	332
表 3 49	デマンドレスポンス資源のポテンシャル推計結果まとめ（2030年・需要抑制）	332
表 3 50	デマンドレスポンス資源のポテンシャル推計結果まとめ（現状・需要造成）	333
表 3 51	デマンドレスポンス資源のポテンシャル推計結果まとめ（2030年・需要造成）	333
表 3 52	各デマンドレスポンス資源の継続時間の想定値	335
表 3 53	デマンドレスポンス資源ポテンシャル推計結果まとめ（需要抑制・継続時間考慮・現状）	343
表 3 54	デマンドレスポンス資源ポテンシャル推計結果まとめ（需要抑制・継続時間考慮・2030年）	343
表 3 55	デマンドレスポンス資源ポテンシャル推計結果まとめ（需要造成・継続時間考慮・現状）	344
表 3 56	デマンドレスポンス資源ポテンシャル推計結果まとめ（需要造成・継続時間	

考慮・2030年)	344
表 3 57 デマンドレスポンス資源のポテンシャル推計結果まとめ（需要抑制・継続時間考慮・地域別・現状）	345
表 3 58 デマンドレスポンス資源のポテンシャル推計結果まとめ（需要抑制・継続時間考慮・地域別・2030年）	346
表 3 59 デマンドレスポンス資源のポテンシャル推計結果まとめ（需要造成・継続時間考慮・地域別・現状）	347
表 3 60 デマンドレスポンス資源のポテンシャル推計結果まとめ（需要造成・継続時間考慮・地域別・2030年）	348
表 3 61 自家発電の地域別デマンドレスポンス・ポテンシャル（1/2）	352
表 3 62 自家発電の地域別デマンドレスポンス・ポテンシャル（2/2）	352
表 3 63 電力需給バランス確保・調整力確保のための方策	355
表 3 64 各電力需給バランス確保・LFC 調整能力確保における社会費用の考え方	356
表 3 65 電力システム評価モデルにおける課題と改良	358
表 3 66 類似文献の調査	359
表 3 67 本モデルの主な制約式	360
表 3 68 分析シナリオ	361
表 3 69 CO2 価格シナリオ	361
表 3 70 特徴別のデマンドレスポンス資源と再生可能エネルギー対応アプリケーション	362
表 3 71 各シナリオにおける対策強度の前提	370
表 3 72 評価結果のまとめ	374
表 3 73 欧州諸国における変動電源対策	375
表 3 74 フランス電力市場におけるデマンドレスポンス参加可能性	379
表 3 75 ドイツにおけるデマンドレスポンス・プログラムに対する阻害要因	380
表 3 76 ドイツ電力市場におけるデマンドレスポンスの参加可能性	381
表 3 77 英国電力市場におけるデマンドレスポンスの参加可能性	383
表 3 78 スペイン電力市場におけるデマンドレスポンス参加可能性	384
表 3 79 欧州企業のデマンドレスポンスへの取組み	386
表 3 80 Energy Pool の取組み	386
表 3 81 Flexitricity の事業分野	387
表 3 82 デマンドレスポンスに関する近時の FERC 指令の概要	389
表 3 83 北米 ISO/RTO におけるデマンドレスポンス・プログラム	391
表 3 84 米国 ISO/RTO のデマンドレスポンス・プログラムでの需要抑制ポテンシャル	392
表 3 85 ハワイ州におけるデマンドレスポンス活用型のスマートグリッドプロジェクト	393
表 3 86 HECO の家庭向けデマンドレスポンス・プログラム	394
表 3 87 HECO の法人向けデマンドレスポンス・プログラム	394
表 3 88 HECO の各プログラムの特徴	395
表 3 89 電力会社によるスマートサーモスタット導入プログラムの事例	396
表 3 90 CCA と民間電力会社（IOU）の役割・担当	397

表 3 91	CCA によるデマンドレスポンスへの取組.....	398
表 3 92	海外訪問調査訪問先一覧.....	399
表 3 93	再生可能エネルギー比率 40%実現に向けて必要となる対策オプション.....	404
表 3 94	2015～2016 年における 3 大民間電力会社のデマンドレスポンス予算.....	408
表 3 95	デマンドレスポンス・プログラムの分類.....	409
表 3 96	デマンドレスポンスの 4 つのタイプ.....	410
表 3 97	本分析においてモデル化したデマンドレスポンスの種類.....	412
表 3 98	制御対象設備とその制御方法.....	412
表 3 99	2025 年のデマンドレスポンス・ポテンシャル分析結果.....	413
表 3 100	デマンドレスポンス・省エネロードマップの目標.....	415
表 3 101	デマンドレスポンス・省エネロードマップの目標達成に向けた方向性.....	416
表 3 102	分散型エネルギー資源アクションプランの概要.....	417
表 3 103	カリフォルニア州におけるエネルギー貯蔵システムの調達目標.....	418
表 3 104	時間帯別料金 (TOU) のデフォルト化に向けた論点の内容.....	421
表 3 105	時間帯別料金 (TOU) 料金設計の方針.....	422
表 3 106	3 大民間電力会社による時間帯別料金 (TOU) の時間帯検討.....	423
表 3 107	3 大民間電力会社による時間帯別料金 (TOU) の時間帯案.....	423
表 3 108	San Diego Gas & Electric (SDG&E) の最新検討.....	424
表 3 109	PG&E のデマンドレスポンス・プログラム実施状況 (2016 年 10 月時点)	425
表 3 110	SCE のデマンドレスポンス・プログラム実施状況 (2016 年 10 月時点)	426
表 3 111	SDG&E のデマンドレスポンス・プログラム実施状況 (2016 年 10 月時点)	426
表 3 112	SDG&E 社のデマンドレスポンスの概要.....	427
表 3 113	CPUC に登録済のデマンドレスポンス・アグリゲータ (2017 年 2 月時点)	428
表 3 114	2016 DRAM と 2017 DRAM の違い.....	430
表 3 115	2017 DRAM の要件及び結果.....	430
表 3 116	3 大民間電力会社の 2017 DRAM 契約.....	431
表 3 117	海外訪問調査 対象事業者一覧.....	432
表 3 118	Rush Hour Rewards を提供しているパートナー企業.....	436
表 3 119	我が国におけるデマンドレスポンスの利用可能性.....	446
表 3 120	デマンドレスポンス資源の活用時期.....	447
表 3 121	デマンドレスポンス資源活用にあたっての課題と施策例.....	448
表 3 122	本分析における技術区分.....	453
表 3 123	太陽光発電 (住宅) の経済波及効果.....	455
表 3 124	太陽光発電 (非住宅) の経済波及効果.....	458
表 3 125	太陽光発電 (メガソーラー) の経済波及効果.....	461
表 3 126	風力発電 (陸上) の経済波及効果.....	464
表 3 127	風力発電 (着床洋上) の経済波及効果.....	467
表 3 128	風力発電 (浮体洋上) の経済波及効果.....	468
表 3 129	水力発電 (中小水力) の経済波及効果.....	469

表 3 130	地熱発電（大規模）の経済波及効果.....	472
表 3 131	地熱発電（小規模）の経済波及効果.....	475
表 3 132	地熱発電（温泉）の経済波及効果.....	478
表 3 133	バイオマス発電（木質）の経済波及効果.....	479
表 3 134	バイオマス発電（下水汚泥）の経済波及効果.....	482
表 3 135	バイオマス発電（家畜排せつ物）の経済波及効果.....	485
表 3 136	バイオマス発電（食品廃棄物）の経済波及効果.....	488
表 3 137	本分析における経済波及効果と波及倍率の比較.....	491
表 3 138	本分析と IRENA の雇用誘発数の比較.....	492
表 3 139	各再エネ技術における雇用誘発係数の比較.....	492
表 4 1	集計する地域区分.....	496
表 4 2	熱需要原単位推計の精緻化の視点【住宅】.....	497
表 4 3	本調査において推計した、地域別・建て方別・エネルギー種別・用途別の家庭のエネルギー総消費量.....	497
表 4 4	推計に使用した各機器の効率の設定.....	499
表 4 5	CO2 削減効果の推計に関する精緻化の視点【住宅】.....	503
表 4 6	住宅の断熱性能の向上の想定.....	504
表 4 7	各機器の効率向上の想定.....	505
表 4 8	各機器の省エネ率の想定.....	505
表 4 9	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【住宅】.....	508
表 4 10	再生可能エネルギー熱の利用の想定【住宅】.....	508
表 4 11	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【住宅】.....	511
表 4 12	太陽熱利用給湯システムによる追加的 CO2 削減効果【住宅】.....	511
表 4 13	地中熱等による再生可能エネルギー熱利用量【住宅】.....	512
表 4 14	地中熱等による追加的 CO2 削減効果【住宅】.....	512
表 4 15	バイオマスによる再生可能エネルギー熱利用量【住宅】.....	513
表 4 16	バイオマスによる追加的 CO2 削減効果【住宅】.....	513
表 4 17	再生可能エネルギー熱の組み合わせによる追加的 CO2 削減効果【住宅】.....	514
表 4 18	再生可能エネルギー熱の組み合わせ、高断熱化、機器効率の向上の効果【住宅】.....	514
表 4 19	業務用建物の熱需要の推計に用いたデータ.....	515
表 4 20	業務部門における精緻化の視点.....	515
表 4 21	CO2 削減効果の推計に関する精緻化の視点【業務】.....	520
表 4 22	業務用建物の断熱性能向上の想定.....	521
表 4 23	各機器の効率向上の想定【業務】.....	522
表 4 24	各機器の省エネ率の想定【業務】.....	522
表 4 25	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【業務】.....	524
表 4 26	再生可能エネルギー熱利用等による効果の想定【業務】.....	525
表 4 27	太陽熱の給湯利用による再生可能エネルギー熱利用量【業務】.....	528
表 4 28	太陽熱の給湯利用による追加的 CO2 削減効果【業務】.....	528

表 4 29	太陽熱の冷暖房利用による再生可能エネルギー熱利用量【業務】	529
表 4 30	太陽熱の冷暖房利用による追加的 CO2 削減効果【業務】	529
表 4 31	地中熱の冷暖房・給湯利用による再生可能エネルギー熱利用量【業務】	530
表 4 32	地中熱の冷暖房・給湯利用による追加的 CO2 削減効果【業務】	530
表 4 33	再生可能エネルギー熱の組み合わせによる追加的 CO2 削減効果【業務】	531
表 4 34	再生可能エネルギー熱の組み合わせ、高断熱化、機器効率の向上の効果【業務】	531
表 4 35	想定した街区に立地する建築物の概要	533
表 4 36	建物用途別 年間熱負荷原単位 (MJ/m ² ・年)	535
表 4 37	地域係数	535
表 4 38	北海道における建物用途別 年間熱負荷原単位 (MJ/m ² ・年)	535
表 4 39	検討対象街区に立地する建物の建物用途と延床面積	536
表 4 40	地中熱採熱原単位の諸元	542
表 4 41	各施設における効率 (COP) の想定値	543
表 4 42	月別都市ガス単価	543
表 4 43	街区内の建物用途構成のパターン分け	552
表 4 44	建物概要	554
表 4 45	地中熱の活用 (冷房・暖房)	556
表 4 46	太陽熱の活用 (給湯・暖房)	556
表 4 47	負荷削減による費用対効果の改善	557
表 4 48	札幌市の集合住宅における月別熱負荷量 (単位: MJ/m ² ・月)	563
表 5 1	各電源の純便益比較 (炭素価格の感度分析)	567
表 5 2	2025~2030 年に商用化が見込まれる先進的発電技術	568
表 5 3	2030 年の発電コスト見通し (IGCC/A-USC)	569
表 5 4	2030 年の発電コスト見通し (CCS)	569
表 5 5	2030 年の発電コスト見通し (EGS)	569
表 5 6	2015 年/2030 年の発電コスト見通し (洋上風力)	569
表 5 7	2015/2030 年の発電コスト見通し (太陽光)	570
表 5 8	2015/2030 年の発電コスト見通し (太陽熱)	570
表 5 9	2015/2030 年の発電コスト見通し (バイオマス)	570
表 5 10	2020/2030 年の発電コスト見通し (海洋エネルギー)	571
表 5 11	2030 年の発電コスト見通し (原子力)	571
表 5 12	電源別 LCOE 試算結果 (2022 年運転開始・単純平均) (\$/MWh)	572
表 5 13	電源別 LCOE 試算結果 (2040 年運転開始・単純平均) (\$/MWh)	573
表 5 14	再生可能エネルギー電源の普及率による発電コストの変化 (\$/MWh)	575
表 5 15	EU27 ヶ国の発電外部コスト (2005~2010 年) (€/MWh)	576
表 5 16	社会的費用試算の前提条件	579
表 5 17	再生可能エネルギー分野におけるコスト低減の重要なメカニズム	580
表 5 18	再生可能エネルギー導入拡大・コスト低減に向けて	580
表 5 19	検討対象のシナリオ	581
表 5 20	2°Cシナリオにおける太陽光発電設備の LCOE (2015~2050 年) (\$/MWh)	586

表 5 21 2℃シナリオにおける太陽熱発電設備の LCOE (2015～2050 年) (\$/MWh)	586
---	-----

要約

第1章では、我が国、欧州各国、米国、中国、韓国における再生可能エネルギーの導入実績及び見通しを調査した。さらに、これら諸外国における再生可能エネルギーの政策動向についても整理した。

第2章では、国内外における再生可能エネルギーの普及動向の現状を調査した。さらに文献調査・簡易将来推計・ヒアリング調査を通じて、日本国内における再生可能エネルギー導入政策の課題を抽出し、対応策を検討した。

第3章では再生可能エネルギー対応としてのデマンドレスポンスに着目し、関連技術動向調査、量的ポテンシャルの把握や、電力需給モデルを用いた定量評価を行い、今後、再生可能エネルギー対応として必要になるデマンドレスポンスの種類・役割を分析した。また、主に米国での再生可能エネルギー対応としてのデマンドレスポンスの活用施策の調査を行い、我が国でもデマンドレスポンス資源を利用・定着させていくために必要な事項を検討した。

第4章では再生可能エネルギー熱の利用促進方策の検討として、有望な活用先となる地域や建物用途を特定するため、住宅及び業務用建物における熱需要の推計、再生可能エネルギー熱の導入による効果の推計などを行った。また、特定した地域において、再生可能エネルギー熱の有効活用方策を検討するため、複数建物間での熱のシェア、地域熱供給エリアにおける清掃工場排熱の活用策について、そのCO₂削減効果などの試算を行った。

第5章では、海外における各種電源の環境対策費用（例えば炭素価格）の考え方やコスト低減に資する技術開発の見通しを整理した。さらに、再生可能エネルギーの更なる拡大の可能性を発電コストや技術革新等の面から整理した。

Summary

In Chapter 1, we investigated introduction amount of renewable energy in Japan, European countries, the US, China and Korea. In addition, the policy trends of renewable energy in these foreign countries were also arranged.

In Chapter 2, we researched the trend of introduction of renewable energy in the inside and outside the country. Furthermore, through the reference, future estimation, and hearing survey, we identified the problem and the measure in order to expand renewable energy in Japan.

In Chapter 3, we focused on demand response (DR) for dealing with renewable energy in electricity system. We surveyed related technology trends, assessed the amount of DR potential and evaluated DR role using a computational model of electricity system. We also studied political measures for utilizing DR for dealing with renewable energy in United States. Thus we organized issues to be verified to utilize and radiate DR resources in Japan.

In Chapter 4, as a study of measures to promote the use of renewable heat, we identified promising area and building use by estimating the thermal demand in residential and commercial buildings and estimating the effect of introducing renewable heat. Furthermore, in order to examine the effective utilization of renewable heat in the identified area, we calculated the CO₂ reduction effect on the heat share among multiple buildings and the use of waste heat from the cleaning plant in the district heat supply area.

In Chapter 5, we summarized the outlook for technological development that contributes to cost reduction and the method of power generation cost of various power sources in overseas. Furthermore, the possibility of further expansion of renewable energy was verified from the viewpoint of power generation cost and technological innovation.