環境省 御中

令和４年度 2050 年カーボンニュートラルに向けた中長期的な温室効果ガス排出削減達成に向けた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　＜本編＞

MRI 三菱総合研究所

サステナビリティ本部

2023 年 3 月 17 日

はじめに

フランス・パリにおいて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、世界共通の長期目標として2℃目標のみならず 1.5℃目標への言及がなされた「パリ協定」が 2015 年 12 月に採択され、2016 年 11 月に発効する等、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。

我が国においては、菅総理（当時）による 2020 年 10 月 26 日の 2050 年カーボンニュートラル宣言及び 2021 年4月 22 日の新たな 2030 年度削減目標（2013 年度比 46%削減、さらに 50%の高みに向け挑戦を続ける）の表明を受け、2021 年 10 月 22 日に地球温暖化対策計画等の閣議決定を行った。その中で、2050 年カーボンニュートラル実現に向けて、再生可能エネルギーに関しては、S+3E を大前提に、2050 年における主力電源として最優先の原則の下で最大限の導入に取り組むこととされている。

このような状況を踏まえ、本業務は、2050 年カーボンニュートラル実現の鍵を握り、経済的に自立し脱炭素化した主力電源化を目指している再生可能エネルギーに関して、諸外国における先進事例の把握や我が国における導入・社会経済的影響について、地域特性に注目しつつ調査・検討を行うことを目的とする。

目次

1. 諸外国等における再生可能エネルギー等分散型エネルギーシステムの普及動向等に関する調査 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
1.2 諸外国における再生可能エネルギー等分散型エネルギーの普及動向に関する調査 10
1.2.1 再生可能エネルギー電力 100%に向けたシナリオに係る文献調査 10
1.2.2 再生可能エネルギーの主力電源化に向けた電力システムのあり方に係る文献調査 13
1.2.3 再生可能エネルギーの普及に資する新たな電力関連ビジネス等に関する動向調査 15
1.3 海外の国際機関の文献翻訳業務 17
1.3.1 対象文献の選定 17
1.3.2 翻訳の手順 17
1.3.3 翻訳文献 17

2. 地域における再生可能エネルギー導入拡大に関する調査・検討 18

2.1 自治体における再生可能エネルギー導入拡大の検討 18
2.1.1 低コスト型 PPA モデルによる太陽光発電システムの普及検討 18
2.1.2 EV を活用したビジネスモデルの検討 36
2.2 地域企業等による再生可能エネルギーの最大限の活用方策の検討 53
2.2.1 調査の目的と背景 53
2.2.2 実証対象地域 56
2.2.3 夏季における空調需要削減対策の検討 57
2.2.4 冬季における空調需要削減対策の検討 68
2.2.5 EV を活用した新たな事業モデルの検討 76

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 94

3.1 電力需給分析の方針 94
3.1.1 電力需給分析の目的 94
3.1.2 エネルギー需給モデルについて 95
3.1.3 電力需給モデルについて 97
3.2 電力需給分析の条件設定 100
3.2.1 電力需給分析シナリオ 100
3.2.2 電力需給分析の前提 101
3.2.3 電力需給分析に係る参考情報 112

3.3 電力需給分析の試算結果.....124

4. 再生可能エネルギー導入促進に向けた方策の検討 132

4.1 再生可能エネルギーに関する動向.....132
4.1.1 導入状況.....132
4.1.2 コスト動向.....136
4.1.3 政策動向.....144
4.1.4 市場動向.....157
4.2 再生可能エネルギー導入による地域便益の評価.....168
4.2.1 地域便益の抽出・整理.....169
4.2.2 地域便益の定量評価.....179
4.2.3 ケーススタディ・感度分析.....199
4.2.4 まとめ.....215
4.3 再生可能エネルギー需要の喚起策検討.....216
4.3.1 事例・動向調査.....216
4.3.2 アンケート・ヒアリング調査..... 242
4.3.3 需要喚起策の検討..... 259
4.4 風力発電の導入促進施策検討..... 272
4.4.1 欧州における浮体式洋上風力発電導入加速化施策に係る調査..... 272
4.4.2 欧州における風力発電導入加速化施策に係る調査..... 280
4.4.3 浮体式洋上風力の特性を踏まえた港湾インフラ整備にかかる調査..... 295
4.4.4 系統の協調的設計に係る調査.....311
4.4.5 日本での先行事例に係る事例調査・ヒアリング..... 325
4.4.6 風力発電の導入加速に向けた必要施策..... 336

図 目次

図 2-1 検討背景・経緯 18
図 2-2 低コスト型 PPA モデルの検討 19
図 2-3 事業スキーム 19
図 2-4 製品保証に対するリスクの確率的試算のイメージ 20
図 2-5 設置時点の稼働年数に対する故障確率（リユース想定期間：10 年） 20
図 2-6 出力変化率のヒストグラム（左） 出力変化率の確率密度関数（右） 21
図 2-7 設置時点の稼働年数に対する故障確率（リユース想定期間：5 年、10 年、15 年） 21
図 2-8 再エネ賦課金の推移 24
図 2-9 事業開始年から 10 年間平均値の再エネ賦課金の推移 24
図 2-10 感度分析結果（電気料金） 25
図 2-11 感度分析結果（設置時稼働年数、リユース想定期間） 25
図 2-12 感度分析結果（インバーターの種類）（左） 感度分析結果（故障閾値）（右） 26
図 2-13 一部費用の早期回収イメージ 27
図 2-14 倒産・解約までに回収すべき費用の回収パターン 28
図 2-15 需要家電気料金単価の推移（回収パターン別） 28
図 2-16 卒 FIT 電源の市場見通し・事業背景 29
図 2-17 フィジカル PPA の契約形態（左） バーチャル PPA の契約形態（右） 30
図 2-18 オフサイト型電力調達におけるステークホルダーの関係性 30
図 2-19 小売電力買取の契約形態 30
図 2-20 想定電気料金単価 32
図 2-21 需要家類型別に想定されるスキーム（イメージ図） 34
図 2-22 卒 FIT 電源の時期別活用可能性（北九州市） 35
図 2-23 卒 FIT 電源の時期別活用可能性（福岡県） 35
図 2-24 脱炭素社会の実現に向けた北九州市の基本戦略と重点施策 36
図 2-25 脱炭素社会の実現に向けた北九州市のロードマップ 37
図 2-26 EV の充放電制御のイメージ 38
図 2-27 ビジネススキーム 38
図 2-28 ステークホルダーの全体像 39
図 2-29 収益構造のイメージ 40
図 2-30 ケース比較 40
図 2-31 EPC コストの EV・充放電器への割当方法 41
図 2-32 拠出可能な EPC コスト（EV 車両）の計算結果 46
図 2-33 年間の小売便益（EV 車両）の計算結果 46
図 2-34 年間の需要家便益（EV 車両）の計算結果 47
図 2-35 拠出可能な EPC コスト（EV 充放電器）の計算結果 48
図 2-36 年間の小売便益（EV 充放電器）の計算結果 48

図 2-37 年間の需要家便益（EV 充放電器）の計算結果 49
図 2-38 施設別の拠出可能な EPC コスト（EV） 51
図 2-39 施設別の拠出可能な EPC コスト（PV） 51
図 2-40 施設別の拠出可能な EPC コスト（省エネ機器） 52
図 2-41 JEPX 卸電力市場の日平均価格の推移（関西エリアプライス） 53
図 2-42 新電力会社の事業撤退動向 54
図 2-43 市場価格高騰による自治体・地域新電力への影響 54
図 2-44 関西エリア、東京エリアの燃料費調整額（円/kWh）の推移 55
図 2-45 節電プログラム促進事業の事業スキーム 56
図 2-46 実証対象地域の概要 57
図 2-47 A 小中学校のシェード設置後の様子 59
図 2-48 対策導入前後の日電力消費量と日平均気温の相関（A 小中学校） 60
図 2-49 B 小学校の遮熱ネット設置の様子 61
図 2-50 遮熱ネット設置有無による熱の流入 61
図 2-51 対策導入前後の日電力消費量と日平均気温の相関（B 小学校） 62
図 2-52 C 幼稚園の外観 63
図 2-53 対策導入前後の日電力消費量と日平均気温の相関（C 幼稚園） 64
図 2-54 D 保育園・幼稚園の外観 65
図 2-55 対策導入前後の日電力消費量と日平均気温の相関（D 保育園・幼稚園） 66
図 2-56 E 保育園の外観 67
図 2-57 対策導入前後の日電力消費量と日平均気温の相関（E 保育園） 68
図 2-58 対象施設における薪ストーブと薪 69
図 2-59 室温データロガーの設置場所平面図 70
図 2-60 室温データロガーの設置場所写真 70
図 2-61 対象施設における電力消費量の推移（30 分間隔） 71
図 2-62 実証期間における外気温の推移 72
図 2-63 対象施設における外気温（AmbTemp）および各測定地点の気温 72
図 2-64 薪ストーブ停止期間中の外気温（AmbTemp）および各測定地点の気温 73
図 2-65 薪ストーブ運転時（緑）とエアコン運転時（赤）の日電力消費量と外気温の相関（8:00～15:00） 75
図 2-66 年平均コマ別平均稼働率(%) 76
図 2-67 公用車 EV の充電によるコマ別平均消費電力量の上昇幅（上）と関西エリアプライス平均単価（下） 77
図 2-68 公用車 EV のスケジュール運転の設定 77
図 2-69 実証に用いた普通充電設備と通信機器 78
図 2-70 普通充電器の出力（kW）の時間推移 79
図 2-71 充電禁止時間をまたぐ充電パターン例（2022 年 10 月 28 日） 79
図 2-72 充電不許可の時間帯直後に充電するパターン例（2022 年 11 月 8 日） 80
図 2-73 スケジュール運転実施時（緑）と未実施時（青）の仮想的電力需給曲線 80

図 2-74 能勢町公用車の移動距離帯別のトリップの累積分布 82
図 2-75 公用車の 1 日平均利用距離_用途別（km） 82
図 2-76 実証用車両の外観 84
図 2-77 超小型 EV の印象に関するアンケート結果 84
図 2-78 EV 中古車における課題 88
図 2-79 中古車比較サイトに掲載されている中古車の年式と販売価格帯（日産リーフ） 89
図 2-80 中古車比較サイトに掲載されている中古車の年式と販売価格帯（トヨタプリウス） 89
図 2-81 日産リーフとトヨタプリウスの中古車販売価格の比較 91
図 2-82 事業スキームのイメージ 91
図 2-83 事業スキームのイメージ 92
図 3-1 エネルギー需給の分析イメージ 95
図 3-2 TIMES モデルの概要 96
図 3-3 メリットオーダーと再生可能エネルギー余剰による出力抑制のイメージ 97
図 3-4 電力需給モデルの概要 98
図 3-5 モデル連携のイメージ 99
図 3-6 燃料価格の見通し 101
図 3-7 原子力発電の将来の設備容量の見通し 103
図 3-8 水素供給価格の目標 105
図 3-9 水素製造コストの見通し 105
図 3-10 国際展開を見据えた標準化戦略の重要性 106
図 3-11 水素の国内製造と電力需要量 106
図 3-12 DAC コスト想定 108
図 3-13 マスタープラン検討（例.HVDC 構成） 109
図 3-14 連系線のシナリオ設定 109
図 3-15 シフト前の時間帯別負荷パターン（平日） 111
図 3-16 新燃料製造の需要柔軟性のイメージ 111
図 3-17 セクターカップリングの概要 112
図 3-18 各セクターにおいて潜在的に適用可能な技術 113
図 3-19 欧州における住宅部門及び商業・公共サービス部門の地域熱供給のシェア率 114
図 3-20 各国の地域熱供給の熱源 115
図 3-21 欧州における地域熱供給接続済みの人口割合 115
図 3-22 ドロニングルンの太陽熱プラントと蓄熱槽 116
図 3-23 2017 年実績値における月別の熱バランス 117
図 3-24 ヴォイェンスの太陽熱プラントと蓄熱槽 118
図 3-25 ビェリングブロの蓄熱ネットワーク 119
図 3-26 蓄熱技術の導入ポテンシャルの簡易推計手法概要 120
図 3-27 熱需要マップ作成フロー 121
図 3-28 各都道府県における暖房・給湯需要のうち、地域熱供給の導入可能性のある熱需要の割合 122

図 3-29 排出量推計結果 124
図 3-30 一次エネルギー供給のエネルギー種別集計（左：供給量、右：供給構成比） 125
図 3-31 最終エネルギー消費のエネルギー種別集計（左：消費量、右：消費構成比） 125
図 3-32 最終エネルギー消費のエネルギー種別集計（部門別集計） 126
図 3-33 水素シャドープライス[円/Nm^3] 126
図 3-34 電源の設備容量集計 127
図 3-35 発電電力量の電源種別集計（左：電力量、右：電力量構成比） 128
図 3-36 電力需給バランスの例 128
図 3-37 出力抑制率（左：太陽光、右：風力） 129
図 4-1 日本の太陽光発電設備の導入量・認定量および2030年度導入目標 132
図 4-2 世界の太陽光発電設備の導入量（単年） 133
図 4-3 太陽光発電設備の導入量内訳（2021 年） 133
図 4-4 風力発電の FIT 認定量・導入量（2021 年 6 月時点） 134
図 4-5 年度別・風力発電の FIT 認定量・導入量の推移 134
図 4-6 風力発電の導入量推移（単年・累積） 135
図 4-7 2021 年導入量内訳（上：陸上、下：洋上） 135
図 4-8 太陽光発電における世界の資本費、設備利用率、LCOE（加重平均）と日本の実績値 136
図 4-9 各国の事業用太陽光発電の資本費内訳 137
図 4-10 日本の太陽光発電の LCOE 138
図 4-11 世界の太陽光発電のコスト見通し（資本費） 139
図 4-12 世界における太陽光発電・風力発電（洋上風力・陸上風力）の資本費推移 139
図 4-13 世界における太陽光発電・風力発電（洋上風力・陸上風力）の LCOE 推移 140
図 4-14 英国における浮体式洋上風力発電のコスト削減見通し 141
図 4-15 国内陸上風力発電 kW あたり資本費推移 142
図 4-16 国内陸上風力発電の LCOE 推移 142
図 4-17 FIP 移行案件の事後的な蓄電池設置時の価格変更（案） 144
図 4-18 見直し後価格変更イメージ 145
図 4-19 再生可能エネルギー設置基準（基準適合イメージ） 149
図 4-20 川崎市の新たな制度案の概要 150
図 4-21 洋上風力の産業競争力強化に向けた基本戦略 151
図 4-22 指定区域の位置（2022 年 9 月末時点） 151
図 4-23 日本と諸外国における洋上風力発電の開発目標 152
図 4-24 日本版セントラル方式の概要 153
図 4-25 セントラル方式・海域選定スケジュールのイメージ 153
図 4-26 洋上風力発電の開発に向けた調査事業の内容 154
図 4-27 現在のスキームと系統確保スキームのイメージ 155
図 4-28 国の要請による系統確保スキーム 155
図 4-29 系統暫定確保に係る事前調査の対象区域 156
図 4-30 各エリアの出力抑制量の月次推移 157

図 4-31 銀行法等の改正の概要 158
図 4-32 東芝ネクストベルケ社のビジネスモデル 159
図 4-33 非 FIT 非化石証書の約定量の推移 161
図 4-34 相対取引の価格帯 161
図 4-35 欧米系風車メーカーにおける洋上風車の開発動向 162
図 4-36 風力発電全体：グローバルでの風車製造キャパシティ（2020 年） 163
図 4-37 洋上風力：グローバルでの風車製造キャパシティ（2021 年） 163
図 4-38 洋上風力発電のための 5 海域 166
図 4-39 再生可能エネルギー導入による地域便益の整理・類型化例 169
図 4-40 東松島市の事業スキーム図 173
図 4-41 球磨村の地域への太陽光発電導入イメージ図 174
図 4-42 下川町のバイオマス熱供給事業のイメージ図 175
図 4-43 睦沢町のスマートコミュニティ事業計画図 176
図 4-44 睦沢町のスマートコミュニティ事業による効果額 177
図 4-45 米国の再生可能エネルギー導入政策によるコストと便益の試算概要（左）と、シナリオケース別の便益の総量と原単位の比較（右） 177
図 4-46 再生可能エネルギー電力の調達手法のイメージ 180
図 4-47 「①公共施設での自家消費型太陽光（オンサイト）の導入」の事業スキームの想定 181
図 4-48 「②域内再生可能エネルギー発電所（オフサイト）からの公共施設等への直接供給」の事業スキームの想定 181
図 4-49 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の場合における地域便益の定量化イメージ . 182
図 4-50 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の場合における地域便益の定量化イメージ 183
図 4-51 必要な非常用発電機規模の例 190
図 4-52 火力発電所における NOx、SOx 排出量の国別比較 195
図 4-53 「経済波及効果分析ツール」による分析例（施策の概要と結果の総括） 197
図 4-54 「経済波及効果分析ツール」による分析例（結果の概要） 197
図 4-55 太陽光発電事業の運転・維持段階における地域付加価値の帰属先（例） 198
図 4-56 太陽光発電事業による地域付加価値創造額（例） 198
図 4-57 ケーススタディ・感度分析におけるケース設定 199
図 4-58 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の費用便益分析で想定した事業スキーム 200
図 4-59 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の費用便益分析結果 202
図 4-60 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の費用便益分析で想定した事業スキーム 203
図 4-61 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の費用便益分析結果 205
図 4-62 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給（地域調達割合 100%）」での分析結果例 206
図 4-63 GO 加入国（2021 年時点） 217

図 4-64 GO 発行量および利用料の推移 217
図 4-65 イタリアのエネルギー種別の GO 価格推移（2012～2021） 218
図 4-66 フランスのエネルギー種別の GO 平均価格推移（2021 年） 218
図 4-67 北米における RECs 管理システムの導入状況 219
図 4-68 2012 年～2018 年における REC 取引価格の推移 220
図 4-69 I-REC 取引量の推移 221
図 4-70 非 FIT 非化石証書の約定量の推移 222
図 4-71 相対取引の価格帯 223
図 4-72 国内で再生可能エネルギー電力を調達する方法 223
図 4-73 世界の RE100加盟企業の再生可能エネルギー電力調達手法別割合の推移（2016-2020） 224
図 4-74 世界のコーポレート PPA を通じた再生可能エネルギー取引量の推移（2010-2021 年） 225
図 4-75 米国の再生エネルギー消費量における調達方法別割合（環境保護庁（EPA）データ） 225
図 4-76 バーチャル PPA（Financial PPA） 226
図 4-77 米国の PPA 価格（太陽光・風力）とガス火力発電のコスト予測の比較グラフ 227
図 4-78 2019/1～2022/7 の PPA 価格推移（太陽光・風力合算） 227
図 4-79 日本における太陽光の第三者所有モデル（PPA・リース）の市場規模・導入量推移(2020-2035 年) 228
図 4-80 国内オンサイト PPA の事例 229
図 4-81 オフサイト PPA のスキーム図（NTT グループ） 230
図 4-82 村田製作所と三菱商事のバーチャル PPA 契約形態 231
図 4-83 カリフォルニア大学の研究による時間単位の再生可能エネルギー出力と需要量の関係 231
図 4-84 プラットフォーム上でアプローチできるプロジェクト 232
図 4-85 Zeigo のプラットフォームの仕組み 233
図 4-86 LevelTen Energy によるプラットフォームのインターフェイス（例） 235
図 4-87 BRC-A のプラットフォームに登録されているプロジェクト 236
図 4-88 BRC-A が需要家企業向けに作成した PPA 締結プロセスに関するガイド 236
図 4-89 プラットフォームの概要イメージ 237
図 4-90 プラットフォームのインターフェイス（例） 237
図 4-91 欧州 PPA 市場の動向見通し（予測） 238
図 4-92 PPA 種別によるリスクと価格の相関図 239
図 4-93 PPA 関連主体 239
図 4-94 Axpo（右）による仲介の構造（左：売り手、中央：買い手） 241
図 4-95 風力と水力による 1 時間単位でのマッチング 241
図 4-96 業種別のアンケート回収数 243
図 4-97 年間消費電力量（N=1,986） 244
図 4-98 再生可能エネルギー関連の取り組み（N=1,986） 244
図 4-99 再生可能エネルギー調達の将来の目標（N=1,986） 244
図 4-100 コンジョイント分析に向けた設問で提示した商品の各属性 255

図 4-101 画面イメージ（質問提示例）..... 255
図 4-102 効用値（アンケート回答者全体）..... 256
図 4-103 重要度（アンケート回答者全体）..... 256
図 4-104 個人需要家向けアンケート結果からの示唆整理方針..... 257
図 4-105 行動科学的特性を基に設計されたナッジメッセージパターン..... 263
図 4-106 デジタル庁引っ越しワンストップサービスの仕組み..... 264
図 4-107 コミュニティ・ソーラーの仕組み..... 265
図 4-108 非化石証書の証明する価値..... 265
図 4-109 FIT 非化石証書のトラッキング需要推移..... 266
図 4-110 FIT 非化石証書のトラッキング供給推移..... 266
図 4-111 企業需要家向け：時間ごとの発電所とのマッチング結果..... 268
図 4-112 個人需要家向け：発電所応援の仕組み..... 268
図 4-113 STF の認証を受けた旅行関連施設等..... 269
図 4-114 EFET モデル契約書の構成..... 269
図 4-115 エネチェンジの仕組み..... 270
図 4-116 CCA が許可されている州（2022/8 時点）..... 271
図 4-117 CCA と民間電力会社（IOU）の役割..... 271
図 4-118 ORE Catapult の概要..... 272
図 4-119 EU 加盟国における行政手続きや系統連系にかかるリードタイム..... 281
図 4-120 デンマークエネルギー庁（DEA）を窓口としたワンストップ・ショップ化..... 283
図 4-121 European Maritime Spatial Planning Platform..... 288
図 4-122 ベルギーにおける海洋空間計画..... 289
図 4-123 BSH によって実施される開発フェーズにおけるサイト予備調査..... 289
図 4-124 英国政府レポート：防空と洋上風力発電 ～ネットゼロ実現に向けた共同ワーキング～ . 290
図 4-125 ドイツ連邦海事・水路庁（BSH）のサイト開発計画における開発サイトの位置と系統接続点・接続時期..... 292
図 4-126 WindEurope：風力発電の導入加速化に向けた許認可手続きの合理化（インフォグラフィック）..... 292
図 4-127 左：秋田港における利用状況（2021 年 4 月時点） 右：秋田港における据付工事（2022 年 7 月時点）..... 295
図 4-128 左：浮体基礎の形式（左から順にバージ型、セミサブ型、スパー型、TLP 型） 右：ノルウェー・Hywind Tampen（88MW）の曳航作業..... 295
図 4-129 各基礎形式の形状・寸法・重量（バージ型、セミサブ型、スパー型）..... 297
図 4-130 浮体式洋上風力の施工プロセス..... 297
図 4-131 浮体基礎の施工パターンの海外事例..... 298
図 4-132 国内産業形成と国際サプライチェーンからの調達のバランス..... 300
図 4-133 1GW 規模の洋上風力プロジェクトで想定される雇用機会（FTE：フルタイム当量）..... 300
図 4-134 浮体式洋上風力における建設プロセスの概要..... 303
図 4-135 本報告書のプロセス説明における項目の分類..... 303

図 4-136 浮体式洋上風力の建設・運用保守の設置プロセス概要 304
図 4-137 浮体式洋上風力の建設・設置プロセスのタイムライン 304
図 4-138 浮体式洋上風力における基礎・発電装置の建設プロセス 305
図 4-139 浮体式洋上風力における係留装置の建設プロセス 305
図 4-140 浮体式洋上風力におけるダイナミックケーブルの建設プロセス 306
図 4-141 浮体式洋上風力における運用・保守プロセス 306
図 4-142 左：離岸距離ごとに適した O&M の移動手段　中央：商船三井が保有する SOV イメージ
右：SOV 導入を予定する台湾の洋上風力発電所 307
図 4-143 基地港湾のあり方検討会において想定された浮体式洋上風力発電の施工手順 307
図 4-144 基礎・風車の建設に対応した基地港湾開発の事例 308
図 4-145 左：基礎（セミサブ）製造・組立サイトのイメージ　右：基礎・発電装置組立サイトのイメージ
..... 309
図 4-146 オランダ・ドイツ：エクスポートシステム整備主体の区分 311
図 4-147 ドイツ北海側：BorWin 1 洋上変電所の立地 312
図 4-148 オランダ：海洋空間計画（2015 年時点） 313
図 4-149 TenneT Grid Maps: Netherlands（2022 年 6 月版） 313
図 4-150 イギリス：エクスポートシステム整備主体の区分 314
図 4-151 イングランド東部：エクスポートシステムの整備状況 314
図 4-152 Offshore Grid の設計方式とその概要 316
図 4-153 Offshore Transmission Network Review の背景及び参加者 319
図 4-154 外部委託調査における洋上風力導入量見通し（当時） 320
図 4-155 2030 年時点における必要送電アセット数の推移 321
図 4-156 エクスポートシステム整備モデルの差異による CAPEX の比較 322
図 4-157 Holistic Network Design に基づく推奨系統設計 323
図 4-158 福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業の概要 325
図 4-159 気象・海象予測技術の開発：観測データの蓄積 327
図 4-160 漁業との共存：魚類等観察調査 日立製・2MW 浮体式洋上風車の海中部で確認された、ブ
リ類、イシダイ 327
図 4-161 2MW 風車における設備稼働率（実績）と外部要因を除いた稼働率見通し 328
図 4-162 2MW 風車における停止時間の要因分析 328
図 4-163 （左写真）ライザーケーブルの位置保持のための部位を福島県内企業から調達 329
図 4-164 五島市沖における風況マップ 330
図 4-165 五島列島・福江島近海の等深線 331
図 4-166 浮体水中部に付着した階層に集まる魚の写真（出展：五島市役所） 331
図 4-167 長崎県五島市沖における洋上風力事業の関係者模式図 332
図 4-168 再エネ海域利用法に基づく占用海域 333
図 4-169 洋上風力発電の導入加速に向けた必要施策 336

表 目次

表 1-1 主要国における再生可能エネルギー関連施策動向のポイント 2
表 1-2 国際エネルギーシナリオに係る調査対象文献 10
表 1-3 国際エネルギーシナリオの分析結果・提言 11
表 1-4 各シナリオの特徴 12
表 1-5 電力システム転換に係る調査対象文献 13
表 1-6 電力システム転換に関する提言・留意事項 14
表 1-7 電力ビジネスや欧州の動向に係る調査対象文献 15
表 1-8 電力ビジネスや欧州の動向に係る主な調査結果 16
表 2-1 想定パラメータ(リユースパネル活用オンサイト PPA) 23
表 2-2 早期回収が必要となる費用 26
表 2-3 想定パラメータ(卒 FIT 後太陽光発電の発電原価試算) 31
表 2-4 各スキームの特徴 33
表 2-5 需要家類型別に想定されるスキーム 33
表 2-6 分析の方法 39
表 2-7 各項目の割当条件 41
表 2-8 シミュレーション計算条件 42
表 2-9 パラメータ(エコタウンセンター) 43
表 2-10 パラメータ(庁舎・小学校・消防署系公共施設) 43
表 2-11 小売便益の計算方法 44
表 2-12 需要家からの収入の計算方法 44
表 2-13 結果サマリー(エコタウンセンター) 45
表 2-14 結果サマリー(庁舎・小学校・消防署) 50
表 2-15 施設別の拠出可能な EPC コスト(EV) 50
表 2-16 環境基本計画における地域新電力の位置づけ 53
表 2-17 国の節電プログラム促進事業 55
表 2-18 施設別の導入対策の概要 58
表 2-19 分析手法(A 小中学校) 59
表 2-20 対策効果のまとめ(A 小中学校) 60
表 2-21 分析手法(B 小学校) 62
表 2-22 対策効果のまとめ(B 小学校) 63
表 2-23 分析手法(C 幼稚園) 64
表 2-24 対策効果のまとめ(C 幼稚園) 64
表 2-25 分析手法(D 保育園・幼稚園) 65
表 2-26 対策効果のまとめ(D 保育園・幼稚園) 66
表 2-27 分析手法(E 保育園) 67
表 2-28 対策効果のまとめ(E 保育園) 68

表 2-29 薪の含水率(%) 74
表 2-30 薪の使用本数(本) 74
表 2-31 普通充電器の仕様 78
表 2-32 公用車 EV のスケジュール充電による電力調達費用の低減効果 81
表 2-33 実証方法 83
表 2-34 実証に用いた車両の仕様 83
表 2-35 実証参加者による公用車としての活用方法としての自由回答 85
表 2-36 実証参加者による公務以外での活用方法としての自由回答 86
表 2-37 日産リーフ車のグレード別の中古車初期価格の想定値 90
表 2-38 事業スキームに対する事業者からの意見 92
表 2-39 事業スキームに対する役場からの意見 93
表 3-1 分析シナリオ設定 100
表 3-2 燃料価格のシナリオ設定 101
表 3-3 産業(サービス需要)のシナリオ設定 102
表 3-4 電力需要および火力のシナリオ設定 102
表 3-5 原子力のシナリオ設定 103
表 3-6 再生可能エネルギーのシナリオ設定 104
表 3-7 水素のシナリオ設定 107
表 3-8 連系線のシナリオ設定 110
表 3-9 ドロニングルンのピット式蓄熱槽詳細 117
表 3-10 ヴォイェンスのピット式蓄熱槽詳細 118
表 3-11 ビェリングブロの帯水層蓄熱詳細 119
表 3-12 電源の設備容量集計 127
表 4-1 ドイツ・日本の事業用太陽光発電の資本費内訳比較(2021 年) 137
表 4-2 日本の太陽光発電のコスト(2022 年度実績) 138
表 4-3 英国における洋上風力の入札価格の推移 141
表 4-4 洋上風力の調達価格と各種想定値 143
表 4-5 FIT・FIP 制度の対象(太陽光) 144
表 4-6 脱炭素先行地域の第1回選定地域 146
表 4-7 脱炭素先行地域の第 2 回選定地域 147
表 4-8 クリーンエネルギー戦略における促進項目(再生可能エネルギー関連) 148
表 4-9 東京都の建築物環境報告書精度の概要 149
表 4-10 群馬県・川崎市の再生可能エネルギー設置義務 150
表 4-11 指定区域リスト 152
表 4-12 日本版セントラル方式の確立に向けた実証事業における調査実施項目 154
表 4-13 浮体式洋上風力の導入拡大に向けた施策の動向 156
表 4-14 各エリアの年間出力抑制量・出力抑制率 157
表 4-15 地方銀行が出資する再生可能エネルギー事業会社 158
表 4-16 非化石証書の入札価格 160

表 4-17 最新の大型機種（プロトタイプ機含む） 162
表 4-18 海外で計画されている浮体式洋上風力プロジェクト 164
表 4-19 ScotWind Leasing 選定結果 165
表 4-20 各海域における選定事業者 166
表 4-21 公募入札：落札結果 167
表 4-22 再生可能エネルギー導入による地域便益の評価：調査目的・フロー 168
表 4-23 再生可能エネルギー導入による地域便益事例一覧（1） 170
表 4-24 再生可能エネルギー導入による地域便益事例一覧（2） 171
表 4-25 再生可能エネルギー導入による地域便益事例一覧（3） 172
表 4-26 下川町のバイオマス熱供給事業の導入効果 175
表 4-27 再生可能エネルギー導入による主な地域便益（効果）の抽出・整理結果 178
表 4-28 先行事例等に基づく「地域主導による地域共生型再生可能エネルギー事業」の類型化 179
表 4-29 需要家としての再生可能エネルギー電力の調達手法 180
表 4-30 非貨幣価値の定量化手法（例） 184
表 4-31 非貨幣価値の概要と便益定量化の可否 185
表 4-32 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（非常用電源確保） 186
表 4-33 過去 5 年間の電力管内別の停電時間（単位：分）（1） 187
表 4-34 過去 5 年間の電力管内別の停電時間（単位：分）（2） 188
表 4-35 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（地域の防災機能確保） 189
表 4-36 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（CO_2 排出削減量①） 191
表 4-37 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（CO_2 排出削減量②） 192
表 4-38 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（その他環境改善①） 193
表 4-39 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（その他環境改善②） 194
表 4-40 再生可能エネルギー事業による市区町村単位の経済波及効果分析の既往事例 196
表 4-41 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の費用便益分析に用いた試算条件 201
表 4-42 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の費用便益分析に用いた試算条件 204
表 4-43 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の場合の試算条件 207
表 4-44 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の場合の試算結果 208
表 4-45 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の場合の試算条件 209
表 4-46 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の場合の試算結果 210
表 4-47 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（再掲） 211
表 4-48 非常時の電源確保による便益額（円/年）の感度分析（中小事業所） 212
表 4-49 電力管内別の停電時間（2020 年度、5 か年平均） 212
表 4-50 防災機能確保による便益額（円/年）の感度分析 213
表 4-51 各国のクレジット価格（単位：円/年） 214
表 4-52 便益の感度分析結果（単位：円/年） 214
表 4-53 再生可能エネルギー需要の喚起策検討：調査フロー 216
表 4-54 国内外の再生可能エネルギー電力調達・証書の動向調査イメージ 216

表 4-55 RECs に含まれる証明内容 219
表 4-56 過去5年間の RECs 価格推移（2017～2021） 220
表 4-57 I-REC が発行された国内プロジェクト 221
表 4-58 非化石価値証書の入札結果（再掲） 222
表 4-59 RE100 技術要件改定 224
表 4-60 日本における PPA（太陽光）の需要家コスト 229
表 4-61 Zeigo のプラットフォームの主なメリット 234
表 4-62 LevelTen Energy によるプラットフォームの概要 234
表 4-63 BRC-A によるプラットフォームの概要 235
表 4-64 NeuerEnergy によるプラットフォームの概要 237
表 4-65 PPA 契約種別と発電事業者が負うリスク 238
表 4-66 欧州におけるベースロード PPA の契約事例 240
表 4-67 アンケート内容 242
表 4-68 企業向けアンケート概要 242
表 4-69 アンケート対象の業種セグメント詳細 243
表 4-70 企業アンケート結果からの示唆 246
表 4-71 企業向けヒアリング調査 251
表 4-72 企業ヒアリングの結果 252
表 4-73 アンケート設問構成 253
表 4-74 個人向けアンケート概要 253
表 4-75 （参考）地域セグメント詳細 254
表 4-76 サンプルの目標数と最終回収数 254
表 4-77 属性ごとの限界支払意思額（アンケート回答者全体） 256
表 4-78 個人アンケート結果からの示唆 258
表 4-79 再生可能エネルギーの需要喚起策 259
表 4-80 ナッジメッセージの効用と優位性 263
表 4-81 非化石証書のトラッキング改善に向けた今後の方向性 267
表 4-82 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスクの全体像 273
表 4-83 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスクの詳細 274
表 4-84 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスクと関連トピックとの関係 275
表 4-85 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスク軽減策の全体像 276
表 4-86 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスク軽減の具体策 277
表 4-87 浮体式洋上風力のリスク軽減策の実施主体・評価 278
表 4-88 浮体式洋上風力の開発・合意形成リスクに対処することで生まれる機会 279
表 4-89 REPowerEU にて掲げられている項目 280
表 4-90 行政許認可手続きの迅速化・短縮化に関するベストプラクティス 282
表 4-91 内部調整とデジタル化手続きによる許認可手続きの複雑さを軽減する事例 283
表 4-92 許認可機関の人材確保とスキル向上に関する取組事例 284
表 4-93 土地・海域利用の制約と適切な地域特定を促進するためのグッドプラクティス 285

表 4-94 空間の協調利用に係る事例 285
表 4-95 地域社会の受容と関与に係る事例 286
表 4-96 環境への配慮に係る事例 286
表 4-97 防衛・航空関連の考慮事項に係る事例 287
表 4-98 BSH によって実施される開発フェーズにおけるサイト予備調査の実施項目 290
表 4-99 系統連系手続きの簡略化、複数技術を組み合わせた発電所、リパワリング、イノベーション技術に係る事例 291
表 4-100 WindEurope：風力発電の導入加速化に向けた許認可手続きの合理化に必要な施策 293
表 4-101 海外事例を踏まえた風力発電の導入加速化施策の取りまとめ 294
表 4-102 浮体式洋上風力の導入促進に向けた論点 296
表 4-103 浮体式洋上風力の建設用施設・運用インフラの地理的効用及び経済効果 299
表 4-104 サプライチェーン形成を促すために必要な施策 301
表 4-105 洋上風力スキルガイドの構成と解説項目 302
表 4-106 基地港湾に求められる要件の検討例 308
表 4-107 浮体式洋上風力発電所の基地港湾に求められる規模の想定（日英比較） 309
表 4-108 浮体式洋上風力の特性を踏まえた港湾整備に関する調査結果のまとめ 310
表 4-109 エクスポートシステム整備主体の差異に起因するメリット・デメリット 315
表 4-110 欧州における Offshore Grid の検討イニシアチブ 317
表 4-111 The North Seas Energy Cooperation におけるワークプログラム 318
表 4-112 Marine Grid Declaration にて提言された原則（一部） 318
表 4-113 現行の事業者主体の整備モデルを継続した場合に生じうる課題 320
表 4-114 現行アプローチ及び協調アプローチ（Holistic approach）を採用した場合における 各地域の 2030 年時点の陸上変電所数の見通し 321
表 4-115 見直し前後における洋上エクスポートシステム整備に係る役割分担 322
表 4-116 日欧における系統整備モデルの比較とメリット・デメリット 324
表 4-117 福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業における浮体基礎 325
表 4-118 福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業の検証項目・成果の概要 326
表 4-119 福島実証の研究テーマと実施者一覧 326
表 4-120 浮体式洋上風力発電の社会実装に向けて将来取り組むべき事項等についての提言 329
表 4-121 五島市沖での浮体式洋上風力実証事業の概要 330
表 4-122 五島市沖の洋上風力事業の実施計画 332
表 4-123 浮体式洋上風力事業による長崎五島市エリアへの経済波及方策 333
表 4-124 戸田建設×大阪大学との共同研究講座の概要 334
表 4-125 事業者ヒアリングにて得られたご意見の概要 335
表 4-126 風力発電の導入加速に向けた必要施策とその方向性 337

要約

第 1 章では、欧州各国、米国、カナダ、豪州、中国、韓国、インド等における温暖化・エネルギー関連の最新動向を整理した。また、再生可能エネルギーの大量導入に向けて国際機関等が公表した文献情報を整理した。さらに、国際機関が発行した代表的な文献の翻訳業務について、その概要を整理した。

第 2 章では、地域における再生可能エネルギー拡大という観点に着目し、モデル地域を例に、中古太陽光パネルを活用した低コスト型 PPA モデルや、再生可能エネルギー発電と組み合わせた電気自動車（EV）を非走行時に蓄電池として利用するビジネスモデルに関して、検討を行った。また、自治体における夏季・冬季の熱需要削減方策や EV を活用したエネルギーマネジメントに関して、実証試験を通じて検討を行った。

第 3 章では、2050 年のカーボンニュートラル実現を念頭に、再生可能エネルギーやその他脱炭素技術のコスト、電力需要、および地域間連系線の増強等に関して複数のシナリオを設定し、2050 年におけるエネルギー全体および電力に関する需給シミュレーションを行った。

第 4 章では、2030 年エネルギーミックスや 2050 年カーボンニュートラルの実現を視野に、太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーの導入に伴う地域全体での費用便益分析や、再生可能エネルギーの需要を喚起するために必要となる施策イメージの検討を行った。また、風力発電について、国内外の事例や文献等の調査を行い、将来の導入拡大を実現するための方策を検討した。

Summary

Chapter 1 summarizes the latest trends related to global warming and energy system in European countries, the United States, Canada, Australia, China, South Korea, India, etc. In addition, the information in the study/report/literature published by international organizations for renewable energy expansion were summarized. Also, the outline of the translation project of a major study report published by an international organization is presented.

In Chapter 2, by focusing on the renewable energy expansion in municipality, a low-cost PPA model using used solar panels, as well as a business model using parked electric vehicles (EV) powered by renewable energy as batteries for electricity system were reviewed with a model region. Moreover, pilot studies were conducted, that examines how to reduce the heating/cooling demand in summer and winter in municipality, as well as the possibility of energy management using EVs.

In Chapter 3, assuming multiple scenarios about renewable energy cost, other low-carbon technology cost, electricity demand and the reinforcement of the inter-regional electricity grids, a simulation study on supply and demand of electricity and the whole energy system in 2050 were conducted, on the premise of carbon neutrality in 2050.

In Chapter 4, cost-benefit analysis on the deployment of renewable energy, mainly solar photovoltaic, was made in regional level, and policy measures needed for stimulating renewable energy demand was reviewed, toward the target of 2030 energy mix and carbon neutrality in 2050. Also, the measures to expand wind energy in the future are analyzed by researching reports and case studies in Japan and in foreign countries.

1. 諸外国等における再生可能エネルギー等分散型エネルギーシステムの普及動向等に関する調査

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

諸外国における再生可能エネルギー等の温暖化・エネルギーに関連する最新動向として、以下のとおり情報収集を行った。

＜調査対象＞

- EU
- ドイツ
- 英国
- スペイン
- イタリア
- デンマーク（北欧）
- フランス
- 米国
- カナダ
- 豪州
- 中国
- 韓国
- インド
- 台湾（洋上風力に関わる動向のみ）

＜調査項目＞

- 気候変動に係る政府の目標および戦略・計画
- 再生可能エネルギーの導入実績と見通し
- エネルギー政策の概要（省エネ施策を含む）、エネルギー政策に係る政府機関
- 再生可能エネルギー（電気、熱、輸送燃料）・省エネ促進に向けた個別施策の内容
- 再生可能エネルギーポテンシャル、再生可能エネルギーによる発電コスト
- 電力系統に係る課題と対応状況

各国最新動向の調査結果を参考資料 1 に示す。また、主要国における再生可能エネルギー関連施策動向のポイントを表 1-1 にまとめる。

表 1-1 主要国における再生可能エネルギー関連施策動向のポイント

国	再生可能エネルギー導入目標	直近の主要施策動向			
		全体	太陽光	風力	その他
EU	【2030年】 最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー割合40→45%以上(RED III)(改定手続き中) 出所)REPowerEU(2022年) 【2050年】 気候中立を目指す 出所)欧州気候法(2021)	2030年GHG排出削減目標として1990年比55%以上の削減を目指す方針だけでなく、2022年5月発表REPowerEUにおいて再生可能エネルギー比率(40%→)45%以上(RED III)、2020年比エネルギー効率(9%→)13%以上に上方修正。自動車由来CO_2に関しては2035年までに新車からのCO_2排出量を0と変わらず。加えて2030年までに乗用車からの排出量55%削減、小型商用車からの排出量50%削減も合意(2022年10月)。 出所)REPowerEU、Fit for 55	欧州委員会は、2022年5月に、2025年までに320GW以上(2020年比2倍)、2030年までに600GW近くの太陽光発電を稼働させることを発表。 出所)太陽エネルギー戦略COM(2022)221 Final 欧州委員会は、2022年12月、欧州太陽光発電産業連合を発足。 出所)REPowerEU 2022年11月、欧州委員会が暫定緊急規則にて、太陽光発電設備とその併設された蓄電池および系統接続について、既存または新規の人工建造物に設置する場合、許可手続きの期限を最大1か月とし、これらの設備について、一定の環境アセスメン	2020年11月に、洋上風力発電の設備容量を、現在の12GWから2030年までに少なくとも60GW、2050年までに300GWまで拡大、2050年目標の達成に向け、約8,000億EURの投資および適切な支援策が必要となるため、加盟国はNext Generation EU基金を使用して、洋上風力への投資を促進 することを提案した「洋上再生可能エネルギー戦略」を公表。 出所)Offshore Renewable Energy Strategy	2030年までに電解槽の設置規模を40GW、再生可能な水素の生産量を1,000万トンとする。2050年までに再生可能電力の四分の一を再生可能な水素の生産に使用することを目標 出所)A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe

国	再生可能エネルギー導入目標	直近の主要施策動向			
		全体	太陽光	風力	その他
			ト実施免除を提案。 出所)COM(2022)591 Final		
ドイツ	【2030 年】 2030 年の発電に占める再生可能エネルギー割合(65→)80% 出所)再生可能エネルギー法(EEG)2023 年改正法 最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー割合 30% 出所)国家エネルギー・気候計画(NECP)(2020) 【2050 年】 最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー割合 60% 発電に占める再生可能エネルギーの割合 80% 出所)BMWi, BMU「Energy Concept」(2010)	2022 年 4 月、再生可能エネルギー利用が最優先の公益であり、公共安全に資するとした原則を中核とするイースターパッケージを発表。 2030 年にドイツ総電力消費に占める再生可能エネルギー比率を 80%以上とする目標を設定。 新たなエネルギー資金調達法(EnFG)により、EEG 賦課金は最終的に廃止して、連邦予算で費用を充当。 出所)イースターパッケージ(2022) EEG2023 第 4 条では、2030 年導入目標達成に向けた開発のコリドーとして、エネルギー源別の中間目標値を設定。加えて、第	2030 年に再生可能エネルギー比率を 80%以上とする導入目標達成のため、2030 年における太陽光発電の導入目標を 100GW から年間 22GW 増加させ 215GW に引き上げ。 出所)イースターパッケージ(2022)	2030 年に再生可能エネルギー比率を 80%以上とする導入目標達成のため、2030 年における陸上風力の導入目標を 71GW から 115GW に引き上げ。国土の 2%を連邦建設法に基づき陸上風力発電に利用可能とし、洋上風力発電容量を 2030 年 30GW 以上、2035 年 40GW 以上、2045 年 70GW 以上に大幅増加。 出所)再生可能エネルギー法(EEG)、洋上風力エネルギー法(WindSeeG)、陸上風力発電拡大促進法(WindBG)	熱供給分野の再生可能エネルギー比率を向上させ、2030 年までに熱の 50%を気候中立的な生産とする。 出所)連立政権合意文書(2021)

国	再生可能エネルギー導入目標	直近の主要施策動向			
		全体	太陽光	風力	その他
		4a 条で、再生可能エネルギー電力発電量の中間目標値も設定。 出所）再生可能エネルギー法 2023 年改正法(EEG2023)			
英国	【2030 年】 温室効果ガス排出量 1990 年比で少なくとも 68%削減を NDC として公表。第 6 期炭素予算で 2035 年までに温室効果ガス排出量 1990 年比 78%削減を法制化(2021/6) 【2050 年】 少なくとも温室効果ガス排出量を(80%→)100%削減 出所）英国政府「The Climate Change Act 2008 (2050 Target Amendment) Order」(2019) 2022 年 4 月、英国政府は、世界的なエネルギー価格の高騰を受けて、新たな「エネルギー安全保障戦略（British energy security strategy）」を公表。エネル	2020 年 11 月、2050 年ネットゼロの目標実現に向け、グリーン産業革命の基礎となる温室効果ガス削減計画（Ten Point Plan)を公表。洋上風力を中心として、再生可能エネルギー電源の導入促進を図る方針。 再生可能エネルギー電力は小規模向けの FIT と大規模向けの CfD と呼ばれる買取制度を支援策としてきた。2019 年 3 月末で、小売事業者に固定価格での買取を義務付ける小規模 FIT 制度は終了し、各小売事業者が電力買取金額の提示を義務付	2021 年実施予定の第 4 回 CfD FIT アロケーションラウンドから、支援対象とする電源に再び含める予定。 屋根設置型と地上設置型との両方で普及拡大し、2035 年までに最大 70GW への拡大を目指す。 出所）英国政府「British Energy Security Strategy」(2022)	洋上風力発電の推進を掲げ、2030 年までに 40GW（うち浮体式 1GW）の導入目標を設定。 出所）英国政府「Ten Point Plan」(2020) 2030 年までに洋上風力を最大 50GW(うち浮体式洋上風力を最大 5GW を含む)に目標を引き上げ。 出所）英国政府「British Energy Security Strategy」(2022)	Net Zero Hydrogen Fund による 2 億 4 千万ポンドを通じ、2030 年までに低炭素水素製造能力 5GW を目指す。 出所）英国政府「Ten Point Plan」(2020) 2030 年の低炭素水素生産能力の目標を従来の 5GW から 2 倍の最大 10GW に引き上げ、その半分以上を電解水素で賄う。 2050 年までに低炭素水素供給 240～500TWh 出所）英国政府「British Energy Security Strategy」(2022)

国	再生可能エネルギー導入目標	直近の主要施策動向			
		全体	太陽光	風力	その他
	ギー安全保障の基本であるネットゼロへの進展を加速させ、2030 年までに英国電力の95%を低炭素化し、2035 年までに電力システムの脱炭素化を実現することを目指す。 出所)英国政府「British Energy Security Plan」(2022)	け る Smart Export Guarantee(SEG)制度に移行。			
イタリア	【2030 年】 2021 年 12 月 15 日に施行されたEUの再生可能エネルギー指令(2018/2001)の国内実施法では、2030 年までの最終消費量に占める再生可能エネルギー比率目標が国内法制化された:エネルギーミックスに占める再生可能エネルギー割合(28%→)30% 出 所) LEGISLATIVE DECREE 8 November 2021, n. 199 【2050 年】 なし	1MW 超の再生可能電源をグループ A(太陽光、陸上風力)、グループ B(水力、下水ガス)、グループ C(改修した陸上風力、水力、下水ガス)に分けて、グループごとの入札により導入促進を図る。 出所)2019 年 7 月 4 日付経済発展省令	2013 年に太陽光対象とした支援制度が終了していたが、2019 年 7 月 4 日付経済発展省令に基づき、太陽光も支援対象に追加した新たな再生可能エネルギー電力支援制度を導入。 出所)2019 年 7 月 4 日付経済発展省令	2019 年省令に基づき、1MW 超の新規太陽光と陸上風力を一つのグループとして、2021 年末までに計 5.5GW の入札を実施予定。 出所)2019 年 7 月 4 日付経済発展省令	再生可能エネルギー導入拡大に伴う系統影響対策として、系統側への大型蓄電池導入を促進。
フランス	【2030 年】 2030 年における再生可能エネ	2019 年にカーボンニュートラル目標が法定され、	小型施設は FIT(500kW 未満)、それ以外は、2024	陸上風力は 2024 年まで 、2 回 / 年 、年 間	PPE では、2028 年までにガス消費に占めるバイ

国	再生可能エネルギー導入目標	直近の主要施策動向			
		全体	太陽光	風力	その他
	ルギー比率を電力で 40%、熱生産で 38%に 出所)エネルギー転換法(2015 年) 【2050 年】 2050 年にカーボンニュートラルを達成 出所)エネルギー・気候法(2019 年)	2020 年春には国家低炭素戦略(SNBC)と多年度エネルギー計画(PPE)を改定。PPE では、2028 年までに 2017 年比で再生可能エネルギー電力設備容量の倍増を計画。 2022 年 2 月のマクロン演説では、再生可能エネルギーは 2030 年に現在の倍、2050 年に向けさらに拡大する方針が示された。2022 年 12 月現在、再生可能エネルギー開発加速化に向けた法案が議会で審議中。 出所)マクロン演説(2022 年)	年までに地上設置型で 2 回 / 年 、1 回 あ た り 1,000MW まで 屋根置き型で 3 回/年、1 回あたり 300MW の入札を実施予定。 出所)PPE(2020) マクロン演説では、太陽光に注力。2050 年までに現在の約 10 倍、100GW 超を目指す。 出所)マクロン演説(2022 年)	1.85GW までの入札を実施する計画。洋上風力はコストや資源状況に応じ、浮体式または着床式で、1,000MW/年を導入する計画。 出所)PPE(2020) 洋上風力も重視。2050 年に 40GW、約 50 基の稼働を目指す。陸上風力は、住民の反対などの制約を踏まえペースを鈍化。2030 年頃に 2 倍から、2050 年までに 2 倍に。 出所)マクロン演説(2022 年)	オガス消費比率を 6～8%に高めるため、バイオガス業界に 97 億ユーロの政府支援を実施予定。
米国	【2030 年】 2030 年に GHG 排出量を 2005 年比 50～52%削減 2035 年までに電力セクター100%脱炭素化の目標を設定 出所)The United States of America	米国は、パリ協定復帰後の 2021 年 4 月に提出した更新版 NDC や、同年 11 月に公表した 2050 年ネットゼロ達成に向けた長期戦略で、排出削減目標	米国エネルギー省(DOE)は電力システムの脱炭素化における太陽光の役割を検討した「Solar Futures Study」を公表、太陽光等の大規模活用に	生物多様性を保護し、海洋の共同利用を促進し、2030 年までに 30GW の洋上風力発電を導入する。この目標の達成を通じて、2050 年には洋上風力	再生可能エネルギーの継続的なコスト削減、蓄電技術の開発だけでなくクリーン水素や燃料電池、地熱システム、長期間のエネルギー貯蔵、先進的な原

国	再生可能エネルギー導入目標	直近の主要施策動向			
		全体	太陽光	風力	その他
	Nationally Determined Contribution(2021/11) 【2050 年】 2050 年までにネットゼロ達成 出所)The United States of America Nationally Determined Contribution(2021/11)	やその実現のための政策を提示。 更に、2022 年 8 月に再エネ拡大のための税制措置等を含むインフレ抑制法(IRA)が成立。IRA はエネルギー安全保障と気候変動対策に 3,690 億 USD(約 51 兆円)の予算を充当。 出所)Inflation Reduction Act of 2022(2022/8)	より 2050 年で 2005 年比 100%以上の CO_2 排出削減が可能と結論付け。 出所) DOE "Solar Futures Study"(2021/9) 太陽光、風力発電に対し投資税控除(ITC)、発電税額控除(PTC)の延長や拡充。 出所)Inflation Reduction Act of 2022(2022/8)	発電の設備容量 110GW を実現。 出所) ホワイトハウス "FACT SHEET: Biden Administration Jumpstarts Offshore Wind Energy Projects to Create Jobs"(2021/3) 海洋エネルギー管理局(BOEM)がカリフォルニア州沖合の 5 カ所の大陸棚で洋上風力発電開発のための海域のリースにおける入札開始を公表(2022/10) 出所)DOI ニュースリリース	子力、CCS を備えた化石燃料発電といった先進技術の開発も推進
カナダ	【2030 年】 2030 年までに電力の 90%をゼロエミッション電源で賄う。 出所)カナダ天然資源省プレスリリース(2016/11) 温室効果ガス排出量を 2005 年比で 2030 年に 40～45%削減。 出所)「国が決定する貢献(NDC)」改訂	2020 年 12 月には排出削減の加速に向けた政策を含む気候計画が策定。2021 年 6 月 29 日に「カナダ・ネットゼロ排出説明責任法」が成立し、2050 年にネットゼロ達成が法制化された。更に、「2030 年排出削減計画」に基づ	太陽光や風力発電設備の増強などスマート再生可能エネルギーシステム実現に向けたプロジェクト等に今後 4 年間で約 10 億ドルを投資へ 出所)気候計画(2020/12)	左の欄を参照	－

国	再生可能エネルギー導入目標	直近の主要施策動向			
		全体	太陽光	風力	その他
	版(2021/7) 【2050 年】 国の温室効果ガス排出ネットゼロ達成の目標年を 2050 年とする法律を制定 出所)カナダ・ネットゼロ排出説明責任法(2021/7)	き、2030 年までに実施するべき再エネ関連施策を制定。石炭火力発電所の廃止加速などで、再エネ電力割合を向上させる。 出所)「2030年排出削減計画」(2022/3)			
中国	【2030 年】 CO_2排出量のピークを 2030 年より前に達成し、2030 年までに GDP 当たり CO_2排出量を2005年比で65%以上削減し、一次エネルギー消費量における非化石燃料の割合を 25%前後まで増加 出所)「中国の国家自主貢献効果と新目標と新措置」(2021 年 10 月) 【2050 年】 なし。但し、2060 年より前にカーボンニュートラル(炭素中立)の実現を目指す。 出所)「中国の国家自主貢献効果と新目標と新措置」(2021/10)	2021 年 10 月 28 日、「中国の国家自主貢献効果と新目標と新措置」と「中国の今世紀半ばの長期温室効果ガス低排出発展戦略」を正式に提出し、2015 年 6 月に提出した中国の自主的削減目標 NDC および実施措置を更新。 また、2022 年 6 月 1 日、再生可能エネルギー発展第 14 次 5 カ年計画が発表。2025 年に再生可能エネルギー供給総量を標準炭換算で 10 億トン前後にし、2025 年末までに総発	風力発電と太陽光発電の総設備容量を12億kW以上に増加 出所)「中国の国家自主貢献効果と新目標と新措置」(2021/10) 地域別の優位性を活かし、「三北」地域における風力発電と太陽光発電の拠点の開発、中東南部地域における風力発電と太陽光発電の分散開発、西南地区で水力・風力・太陽光を一体化した総合エネルギー基地の開発、東部沿海地区で海上風力発電の開発と産業クラスターの形成を積極的に推進	左の欄を参照	2030 年までに森林蓄積量を 2005 年比で 60 億 m^3 増加、新規の水力発電設備容量 4,000 万 kW、揚水発電設備容量 1.2 億 kW 前後に拡大。 出所)「2030 年までのカーボンピークアウトに向けた行動方案」中国国務院(2021/10) バイオマスエネルギーの多様化、海洋エネルギー利用モデル事業の開発利用、地熱エネルギーの大規模開発を着実に推進 出所)「第 14 次 5 か年再生エネルギー発展計画」(2022/3)

国	再生可能エネルギー導入目標	直近の主要施策動向			
		全体	太陽光	風力	その他
		電設備容量に占める再生可能エネルギーの割合を50%以上、再生可能エネルギー年間発電量を 3 兆 3,000 億 kWh 前後の達成を目標。 出所)「第 14 次 5 か年再生エネルギー発展計画」(2022/3)	出所)「第 14 次 5 か年再生エネルギー発展計画」(2022/3)		
韓国	【2030 年】 再生可能エネルギーの発電量比率 21.6% 出所)「第 10 次電力需給基本計画(確定)」産業通商資源部(2023/1) 【2050 年】 2050 年にカーボンニュートラル 出所)カーボンニュートラル基本法(2021/8)	韓国「カーボンニュートラル基本法」が成立(2021/8)、2022 年 3 月に施行。国家戦略や中長期温室効果ガス削減目標、基本計画の樹立、履行状況の検証などの法的根拠を体系化。2030 年の温室効果ガス削減目標を 2018 年基準で従来目標の 26.3%削減から 9%引上げた「35%以上」と設定。 出所)カーボンニュートラル基本法(2021/8)	2030 年の再生可能エネルギーの発電量比率に関する導入目標は 38.9%、2034 年に 39.3% 出所)第 5 次新再生可能エネルギー技術開発および利用普及基本計画(産業資源通商部、2020/12)	2030 年の再生可能エネルギーの発電量比率に関する導入目標は 31.9%(洋上+陸上風力計)、2034 年に 35.1% 出所)第 5 次新再生可能エネルギー技術開発および利用普及基本計画(産業資源通商部、2020/12)	2030 年の導入目標として、バイオマスは 10.8% 出所)第 5 次新再生可能エネルギー技術開発および利用普及基本計画(産業資源通商部、2020/12)

1.2 諸外国における再生可能エネルギー等分散型エネルギーの普及動向に関する調査

1.2.1 再生可能エネルギー電力 100%に向けたシナリオに係る文献調査

（1） 調査対象文献

表 1-2 に示す文献を対象に、代表的な国際機関等が示したシナリオにおける、カーボンニュートラルの達成時期、電源構成の変遷、再生可能エネルギー比率、技術的・経済的フィージビリティ、達成に向けて想定される課題等をとりまとめた。

表 1-2 国際エネルギーシナリオに係る調査対象文献

発表機関	文献名
IEA （国際エネルギー機関）	World Energy Outlook 2022 （2022 年）
IRENA （国際再生可能エネルギー機関）	World Energy Transitions Outlook 2022 （2022 年）
DOE・NREL （米国エネルギー省） （米国国立再生可能エネルギー研究所）	Solar Futures Study （2021 年）
DENA （ドイツエネルギー機関）	Towards Climate Neutrality （2021 年）

（2） 主な調査結果と考察

IEA や IRENA 等の代表的な国際機関は、世界全体を対象とする温室効果ガス排出量ネットゼロシナリオに関する報告書を発表しており、2020～2021 年にかけても分析のバージョンアップを引き続き進めている。同時に、ここで取り上げている DOE・NREL、DENA などの機関は、より詳細に地域別、技術別に対象を絞った報告書を発表している。

カーボンニュートラルの実現手段として大きな役割を担っているのが再生可能エネルギーである。カーボンニュートラルを実現するためには、再生可能エネルギーを始めとして、エネルギー効率の向上（省エネルギー）や電化等の、実現可能性が高い技術を大幅に普及させることが第一であると以前から認識されており、今回取り上げた文献でもこれらの視点を重視した分析結果となっている。またネガティブエミッション技術も必要とされる中、電化による排出量削減や行動変容によるエネルギー需要削減等の、エネルギー需要総量を減らす取り組みも重視されている。

各文献の内容は、参考資料 2 に整理した。また、表 1-3 に各シナリオにおける分析結果や提言の概要を、表 1-4 に各シナリオの特徴を示す。

IEA の World Energy Outlook 2022 と IRENA の World Energy Transitions Outlook

2022 はどちらも世界全体を対象とし、排出量と気温上昇の双方を分析対象としている。World Energy Outlook 2022 は、2050 年までの現行政策に基づいた STEPS（公表政策シナリオ）、政府の公約に基づいた APS（表明公約シナリオ）、排出量ネットゼロ達成を目標とした NZE（ネットゼロシナリオ）の3つのシナリオを設定している。2100 年の気温上昇は STEPS では 2.5℃、APS では 1.7℃、NZE では 1.4℃になると想定されており、各シナリオに関してエネルギー構成、電源構成の分析が行われている。IRENA の World Energy Transitions Outlook 2022 では、前年に発表された World Energy Transitions Outlook 2021 で設定した 1.5℃シナリオ（1.5-S）に基づいて、さらに分析を深め、1.5℃目標を達成するための 2030 年までの道筋を重点的に解説している。

一方、DOE・NREL は米国、また DENA はドイツというように、対象を自国に限定して分析を行っている。DOE・NREL ではさらに分析対象を電力部門の脱炭素化に限定し、その他部門の脱炭素化は含まない検討である。そして電力部門の脱炭素化を実現する上でも、主に太陽光発電の役割に焦点を限定した上で詳細な分析を行い、2035年までに電力部門からの排出量を95%削減し、その後2050年までに 100%削減を達成するといった絵姿を検証している。

また DENA では、2045 年までにドイツでネットゼロ目標を達成するための、電力システムの転換経路を分析している。この分析では、2045 年時点での残余排出量はネガティブエミッションにより相殺され、2050 年には CO_2 回収量が排出量を上回るという結果が示されている。また、最終消費部門ごとに政策提言を行っており、市場環境整備や制度的支援に関する内容が多い。そして、将来ドイツでは水素・水素由来燃料の大部分は輸入に頼ることになり、具体的な輸入元も示したシナリオを想定するなど、ドイツの個別の状況を重視した分析結果となっている。

表 1-3 国際エネルギーシナリオの分析結果・提言

機関/文献	IEA / World Energy Outlook 2022
	● ネットゼロシナリオ（NZE）では、2050 年までにエネルギー供給の 70%、発電量の 88%を再生可能エネルギーが占め、太陽光・風力を中心に迅速な導入拡大が求められる ● NZE では約 5 兆 USD/年のエネルギー投資（クリーンエネルギー投資は 4 兆 USD/年）が必要 ● エネルギー転換においては安全保障・安定供給の観点を踏まえた移行が不可欠
機関/文献	IRENA / World Energy Transitions Outlook 2022
	● 1.5°C シナリオの実現には、2050 年までの CO_2 排出量ネットゼロが必須 ● エネルギー転換実現のための主要技術は「再生可能エネルギー発電」「再生可能エネルギー直接利用」「省エネルギー」「電化」「水素・水素派生物」「炭素貯留・除去技術」 ● 1.5°C シナリオでは電力部門で 1.7 兆 USD/年、最終消費部門で 3 兆 USD/年の投資が必要
機関/文献	DOE・NREL / Solar Futures Study
	● 米国の電力部門のみを対象に、2035 年 95%、2050 年 100%の排出量削減の絵姿を検証 ● 脱炭素化により得られる便益は電力システム転換にかかるコストよりも大きく、特に電化が進展するシナリオの方がより大きな便益が得られる
機関/文献	DENA / Towards Climate Neutrality
	● ドイツにおいて 2045 年排出量ネットゼロを実現するシナリオを分析しており、再生可能エネルギー比率は 2030 年に 75%、2045 年に 92%に達する ● 2045 年のエネルギー消費の 15%を水素が占めるが、水素・水素由来燃料の大部分は輸入に頼る想定であり、インフラ整備や市場形成への早期着手が重要

これらのシナリオはあくまでカーボンニュートラル実現を前提としたシナリオであり、その達成に向けては具体的な支援や行動が必要である。いくつかの分析では、これらシナリオの想定やマイルストーンをベースとしつつ、各国・地域のエネルギーシステムの現状や今後の見通しを取り入れた、具体的な政策検討および提言が行われている。シナリオで描かれた絵姿を実現するための詳細かつ具体的な検討を深めていくことにより、各機関で行われているシナリオ分析が脱炭素社会の実現に向けて活用されていくことが望まれる。

表 1-4 各シナリオの特徴

項目	IEA / NZE シナリオ	IRENA / 1.5-S シナリオ	DOE / 脱炭素+高電化シナリオ	Dena / CN100 シナリオ
分析対象	全世界	全世界	米国 （電力部門のみ）	ドイツ
排出量ネットゼロ達成時期	2050 年	2050 年	2050 年 （電力部門のみ）	2045 年
気温上昇	1.4℃	1.5℃以内	-	-
エネルギー供給・需要（2050 年）	総供給：532EJ 総需要：337EJ	総供給：614EJ 総需要：348EJ	総供給：- 総需要：67.5EJ	総供給:- 総需要：5.3EJ
再生可能エネルギー比率（2050 年）	電源構成比：88% 総エネルギー比：70%	電源構成比：90% 総エネルギー比：74%	電源構成比：96% 総エネルギー比：-	電源構成比：92% 総エネルギー比：-
電化率（2050 年）	52%	50%以上	36%	49%
投資費用	2030 年:5.0 兆 USD/年 2050 年:4.5 兆 USD/年	4.4 兆 USD/年 （2050 年まで平均）	942 億 USD/年 （電力部門のみ）	-
想定技術	● 再生可能エネルギー ● エネルギー効率改善 ● 行動変容 ● 電化 ● 水素および派生物 ● バイオエネルギー ● CCS・CCU	● 再生可能エネルギー ● エネルギー効率改善 ● 電化 ● 水素および派生物 ● CCS・CCU ● BECSS	● 再生可能エネルギー ● エネルギー貯蔵 ● デマンドレスポンス ● 水素および派生物 ● バイオ燃料	● 再生可能エネルギー ● エネルギー効率改善 ● 電化 ● 水素および派生物 ● CCS・CCU ● BECSS

1.2.2 再生可能エネルギーの主力電源化に向けた電力システムのあり方に係る文献調査

（1） 調査対象文献

表 1-5 に示す文献を対象に、再生可能エネルギーの主力化に向けた電力システム転換のあり方について、電力システム転換の方針、具体的な実現手法、市場・政策動向、導入課題等をとりまとめた。

表 1-5 電力システム転換に係る調査対象文献

発表機関	文献名
IRENA（国際再生可能エネルギー機関）	Smart Electrification with Renewables - Driving the Transformation of Energy Services （2022 年）
IRENA（国際再生可能エネルギー機関）	Sector Coupling in Facilitating Integration of Variable Renewable Energy in Cities （2021 年）
European Commission（欧州委員会）	Overview of District Heating and Cooling Markets and Regulatory Frameworks （2021 年）
European Commission（欧州委員会）	Policy Support for Heating and Cooling Decarbonisation Roadmap
NREL（米国国立再生可能エネルギー研究所）	Electrification Futures Study: Operational Analysis of U.S. Power Systems with Increased Electrification and Demand-Side Flexibility（2021 年）
IRENA（国際再生可能エネルギー機関）	Grid Codes for Renewable Powered Systems （2022 年）

（2） 主な調査結果と考察

再生可能エネルギーの中で、とりわけ導入拡大が期待されている太陽光発電・風力発電は変動性電源であることから、その普及に伴い、電力システムでは変動性対応や慣性力不足といった課題への適応が求められる。これらの課題克服には、熱部門や運輸部門等の他部門との連携、すなわちセクターカップリングが欠かせない。本調査ではこれを踏まえて、セクターカップリングの全体戦略や具体的な事例等を中心に調査を行った。

各文献の内容は、参考資料 3 に整理した。また、表 1-6 に、各文献で示されている電力システム転換に関する提言・留意事項について整理する。

セクターカップリングに関する総論としては、暖房・給湯の電化や EV 導入促進、長距離輸送や高温熱部門における水素・合成燃料の活用等が有効な手法として示されている。また、セクターカップリングによって再生可能エネルギーの変動性に有効に対応するためには、単純な電化や燃料の切り替えだけではなく、「スマート化」による需要側機器・設備の高度制御、系統へのアンシラリーサービス供給などが不可欠である。これを実現するためには、高度運用に対応できる機器・設備の開発・導入という技術的側面のみならず、法規制や電力料金体系の見直しなどの市場設計面での導入支援も必要となる。

熱部門とのセクターカップリングという個別視点では、欧州においては地域熱供給や熱エネルギー貯蔵などの活用も進んでいる。これらの先行事例は大いに参考にすべきではあるものの、熱導管などのインフラが整っている欧州とは異なり、我が国においては導入のために大掛かりなインフラ構築も必要となるため、導入にあたっては費用対効果の検証が必要な点については留意したい。

上記以外では、米国では、電力市場におけるデマンドレスポンスの便益が電力モデル分析により示されている。DR リソースとして大きな効果を与えるのが EV や給湯機であり、これらを有効に活用することができれば予備力供給や再生可能エネルギーの出力抑制量緩和、電力システムの運用コスト低減などの効果が得られることが定量的に示された。特に EV 活用の効果が大きく、運輸部門とのセクターカップリングを積極的に推進することが電力システム転換のためには不可欠である。

表 1-6 電力システム転換に関する提言・留意事項

機関/文献	IRENA / Smart Electrification with Renewables - Driving the Transformation of Energy Services
● 電化は直接電化（最終消費技術で電気を直接消費）と間接電化（電気を水素等の他のエネルギーキャリアに変換してから消費（P2X））に大別され、両者の最適配分が望ましい ● ヒートポンプや水素、合成燃料などを活用することにより、直接電化が難しい領域でも間接電化として脱炭素化を促進することができる	
機関/文献	IRENA / Sector Coupling in Facilitating Integration of Variable Renewable Energy in Cities
● デジタル化・スマート化と組み合わせてセクターカップリングを推進することで、電力システムの安定運用に資する高度な柔軟性供給が実現可能となる ● 需要サイドにおける柔軟性を確保するための主要技術は、変動性再生可能エネルギーの自家消費、熱エネルギー貯蔵、エレクトロモビリティ、グリーン水素など	
機関/文献	European Commission / Overview of District Heating and Cooling Markets and Regulatory Frameworks
● 冷暖房分野の脱炭素化を実現するためには、地域冷暖房（DHC）は重要な役割を担っている ● 現状においては、再生可能エネルギー熱源としてはバイオマス燃料が大半を占める ● 目標設定や規制・支援制度導入など、DHC 普及拡大には国・自治体の積極的な関与が必要	
機関/文献	European Commission / Policy Support for Heating and Cooling Decarbonisation Roadmap
● 地域冷暖房の導入、エネルギー効率の向上、産業用熱利用の脱炭素化、熱エネルギー貯蔵の活用などが、冷暖房分野の脱炭素化において重要な要素を担う ● 資源利用可能性やインフラなどの、地域特性に応じた脱炭素技術を導入することが肝要	
機関/文献	NREL / Electrification Futures Study: Operational Analysis of U.S. Power Systems with Increased Electrification and Demand-Side Flexibility
● 需要側柔軟性（DR）を有効活用することで、予備力の供給、火力発電運用の平準化、出力抑制の緩和、電力システムの運用コスト低減などの便益を得ることが可能 ● 運輸部門における軽車両（EV）、家庭部門における給湯が主要な DR リソース源	
機関/文献	IRENA / Grid Codes for Renewable Powered Systems
● 分散型・変動性の再生可能エネルギー拡大に伴い、それに適合したグリッドコードの確立が必要 ● 必要な技術要件は電力系統の規模や変動性再生可能エネルギーの統合レベルによって異なる ● 市場アクセスルールの見直しや、システム転換の明確な道筋を示すことが求められる	

1.2.3 再生可能エネルギーの普及に資する新たな電力関連ビジネス等に関する動向調査

（1） 調査対象文献

表 1-7 に示す文献を対象に、再生可能エネルギーの普及に資する新たな電力ビジネスやコミュニティエネルギーに関連する取組み、特徴、需要家にとっての利点、水平展開するための課題等をとりまとめた。また、欧州におけるエネルギー政策関連の近況についても整理を行った。

表 1-7 電力ビジネスや欧州の動向に係る調査対象文献

発表機関・実施主体	文献名・事例名
PEXAPARK（欧州の PPA ソリューション提供企業）	European PPA Market Outlook 2022（2022 年）
IRENA（国際再生可能エネルギー機関）	Community Energy Toolkit: Best Practices for Broadening the ownership of renewables（2021 年）
European Commission（欧州委員会）	2022 Report on the Achievement of the 2020 Renewable Energy Targets（2022 年）
European Commission（欧州委員会）	2022 Report on the Achievement of the 2020 Energy Efficiency Targets（2022 年）
CEER（欧州エネルギー規制機関評議会）	2nd Paper on Unsupported RES（2021 年）

（2） 主な調査結果と考察

再生可能エネルギーの普及には、需要家の導入意欲を喚起することが欠かせない。新たな電力ビジネスの出現は需要創出にもつながり得ることを念頭に、最新の事例等の調査を行った。また、再生可能エネルギーの導入拡大やエネルギー効率向上の実現に向けて、先行する欧州の進捗状況の調査も併せて実施した。

各文献の内容は、参考資料 4 に整理した。また、表 1-8 に、各文献における電力ビジネス・コミュニティ及び欧州の動向に関する主な内容について整理した。欧州では、再生可能エネルギーの調達手法の1つとしてPPA（電力購入契約）、特に一定量の電力供給が保証されるベースロード型PPAや、大企業などの大規模需要家が発電事業者と契約するコーポレート PPA が増加傾向にある。また、コミュニティエネルギーの事例が各国で見られつつあり、協同組合を形成して再生可能エネルギーの分散型供給や生産したエネルギーを活用する EV シェアリングのような事業が行われている。いずれもエネルギー転換を促進する手法として有効であり、従来の各国・地域の制度・体制と一線を画すことで独立性を高め、カーボンニュートラルを意識した取組として、再生可能エネルギーを主体的に活用できる環境が生み出されつつある。日本国内でも、先進的な企業がコーポレート PPA を結ぶ動きが出ている中で、安定的な供給、価格変動のリスクヘッジ等、欧州の先行事例における課題を参考とすべき機会は存在

すると考えられる。コミュニティエネルギーに関しても、実際に日本で導入された事例があり、コミュニティの形成方法は欧州とは多少異なる可能性があるものの、組織の運営など基本的な部分を参考にすることは可能であろう。

欧州では再生可能エネルギーの拡大およびエネルギー効率化が順調に進展し、2020 年の目標は概ね達成しており、欧州の実績から導き出される教訓を参考にすることはできるだろう。例えば、再生可能エネルギーに関する予見可能性の提供や許認可手続きの迅速化、卒 FIT 電源に対する支援など、国内で一から検討するには時間を要する内容については、これらの先行事例を議論の背景として活用することが望ましい。ただし、目標達成の背景には、新型コロナウイルス感染拡大に伴って人々の活動量が減少したこと、ロシアのウクライナ侵攻に伴いエネルギー価格が高騰したことなどの外生的要因が多く存在する。各文献でも記載されているように、2030 年に向けて改善箇所は多く存在している点、EU として複数国の間で統計の移転を実施している点については留意が必要である。

表 1-8 電力ビジネスや欧州の動向に係る主な調査結果

機関/文献	PEXAPARK / European PPA Market Outlook 2022
	● 2021 年はエネルギー価格高騰によって電力卸取引価格の変動性が上昇したことで、小売電気事業者はリスクヘッジ費用が増加し、大幅な損失が発生 ● ベースロード PPA やコーポレート PPA が増加し、大企業を中心に脱炭素化手法として活用
機関/文献	IRENA / Community Energy Toolkit: Best Practices for Broadening the ownership of renewables
	● コミュニティエネルギーにおいて、再生可能エネルギー起源の社会経済的便益の分配、決定権を持つ地域社会の組織形成、資金調達などが重要 ● 欧州を中心とした模範事例では、旧来のエネルギー制度が障壁となるも、協同組合を形成し、組合ごとに分散型再生可能エネルギーや EV シェアリングなどの関連事業を地道に拡大
機関/文献	European Commission / 2022 Report on the Achievement of the 2020 Renewable Energy Targets
	● EU では 2020 年の再生可能エネルギー比率が 22.1%となり、2009 年再生可能エネルギー指令(RED I)で掲げた目標(20%)を達成 ● 予見性の提供、迅速な許認可手続き、カーボンプライシングの導入などが目標達成の要因
機関/文献	European Commission / 2022 Report on the Achievement of the 2020 Energy Efficiency Targets
	● EU では 2020 年の一次エネルギー消費量が 1,236Mtoe、最終エネルギー消費量が 907Mtoe となり、エネルギー効率化指令(EED)に示された 2020 年エネルギー効率目標(20%削減)を達成 ● 効率化義務制度、ホワイト証書制度、エネルギー税・電気税・CO_2 税などが目標達成に寄与
機関/文献	CEER / 2nd Paper on Unsupported RES
	● 早期から再生可能エネルギー支援を行っていた EU では、支援終了後の発電設備が近年増加 ● 市場での電力取引・運用が免除されていた FIT 設備に対しては、支援終了後にバランシング義務や市場アクセスに関する支援を行う事例が存在

1.3 海外の国際機関の文献翻訳業務

1.3.1 対象文献の選定

本業務では、代表的な国際機関が発行した海外文献の翻訳を実施した。具体的な翻訳対象文献として、環境省殿及び有識者と協議の上、国際再生可能エネルギー機関（IRENA）が 2022 年に発行した「Smart Electrification with Renewables – Driving the Transformation of Energy Services」を選定した。

1.3.2 翻訳の手順

文献の翻訳は、おおよそ以下の手順に沿って行った。

- 用語集の準備
- 翻訳業者による下訳と中間チェック
- 有識者等による最終チェック

用語集の準備にあたっては、有識者及び環境省殿から用語集の提供を頂いた。

翻訳業者の管理および成果物に対する中間チェックは三菱総合研究所が実施した上で、海外文献の翻訳については有識者に最終的なチェックを行って頂いた。また、翻訳後の文章をベースに日本語版としての体裁調整を行い、最終成果物として仕上げを実施した。

1.3.3 翻訳文献

実際に翻訳した文献は大部に亘ることから、参考資料 5 に示す。

2. 地域における再生可能エネルギー導入拡大に関する調査・検討

2.1 自治体における再生可能エネルギー導入拡大の検討

2.1.1 低コスト型 PPA モデルによる太陽光発電システムの普及検討

図 2-1 に示した通り、北九州市並びに周辺都市圏域は環境省の第 1 回脱炭素先行地域に選定されており、その中の一つとしてリユース品等を活用した低コスト型 PPA モデルの構築及び普及展開を目指している。

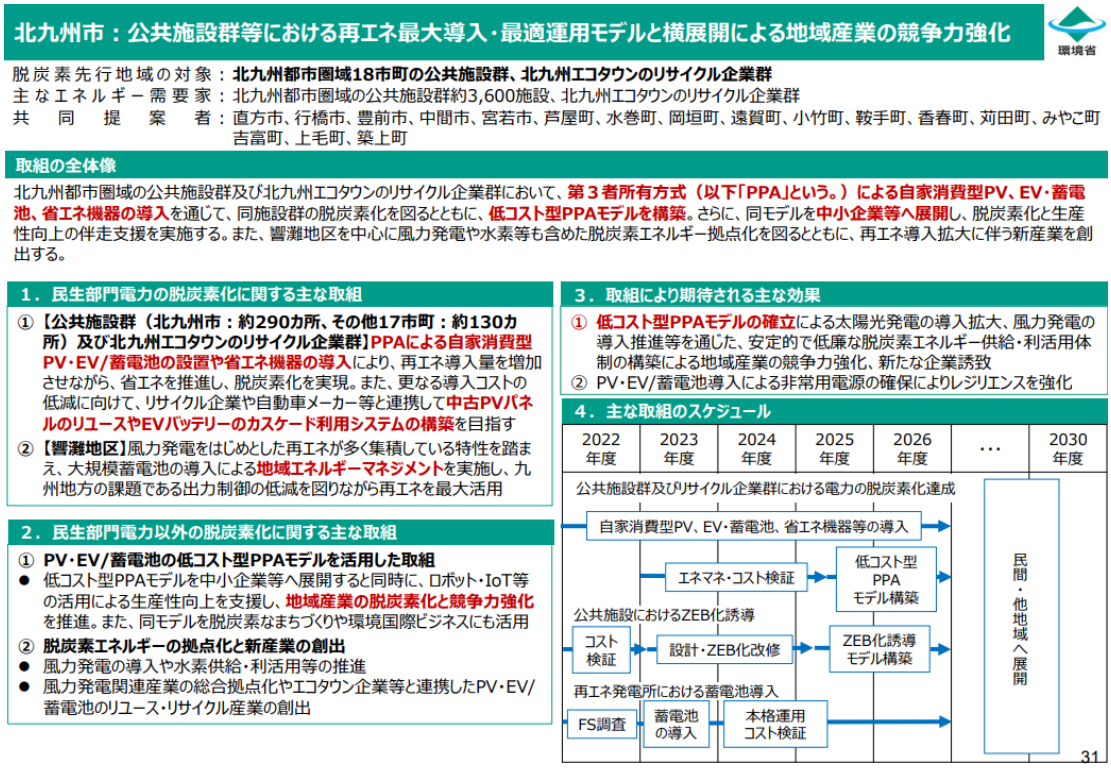


図 2-1 検討背景・経緯

出所）環境省「第 1 回脱炭素先行地域の概要」（閲覧日：2022.7.25）
https://policies.env.go.jp/policy/roadmap/assets/preceding-region/boshu-01/1st-DSC-gaiyo.pdf

このような状況を背景とした北九州市の事業化支援の一環として、図 2-2 に示した通り、太陽光発電による低コスト型 PPA モデルの実現に向けて、(1)リユース品活用モデル、(2)卒 FIT 電源活用モデルの 2 つの方向性について詳細の検討を行った。

(1)については、第三者所有（TPO）モデルに、リユース品（パネル・PCS 等）を活用する場合の論点を調査・整理し、ビジネスモデルの確立に必要な経済性試算を行った。具体的には、需要家が現状同等以下の電気料金でサービスを享受することを前提に、小売電気事業者の利益を最大化（調達価格を最小化）するモデルを考えた。なお、導入対象は公共施設及び中小企業を、リユースパネルの調達元は主に FIT 卒業後のメガソーラーや災害品・故障品の一部（再利用できるもの）を想定した。

(2)については、主に卒 FIT メガソーラーを活用するための事業スキーム（オフサイト型電力調達、小売買取等）を構築する上での論点を調査・整理し、ビジネスモデルの確立に必要なコスト構造の把握とポテンシャル試算を行った。

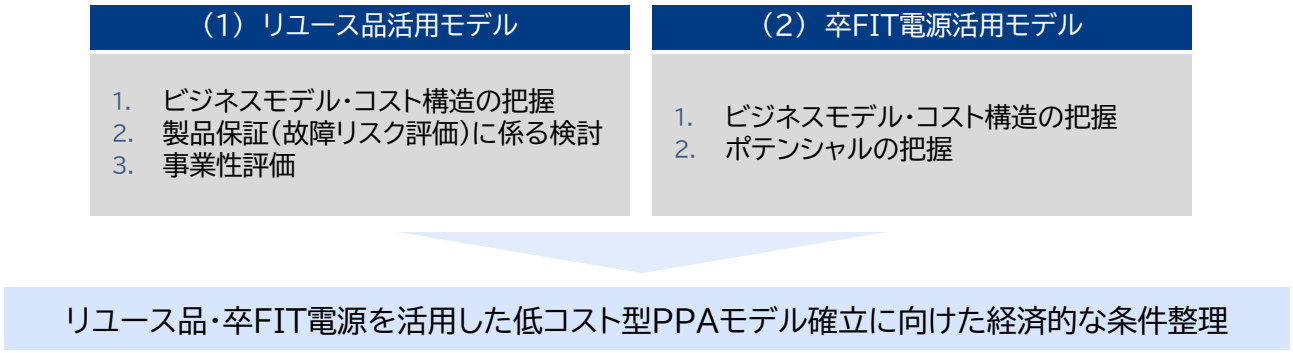


図 2-2 低コスト型 PPA モデルの検討

（1） リユース品活用モデルの検討

1） 事業スキーム

想定される事業スキームを図 2-3 に示す。リユースパネルが大量に活用される場合、国が整備するプラットフォーム（PF）を経由したパネルの受け渡しが想定され、発電事業者①の廃棄費用削減の観点から買取ニーズ次第で PF 利用が活性化する。リユース事業者は発電事業者のリスク担保のため、検査と併せて製品保証を自社で行う必要があるが、将来的には保険事業者等へ外部保証を委託することも考えられる。

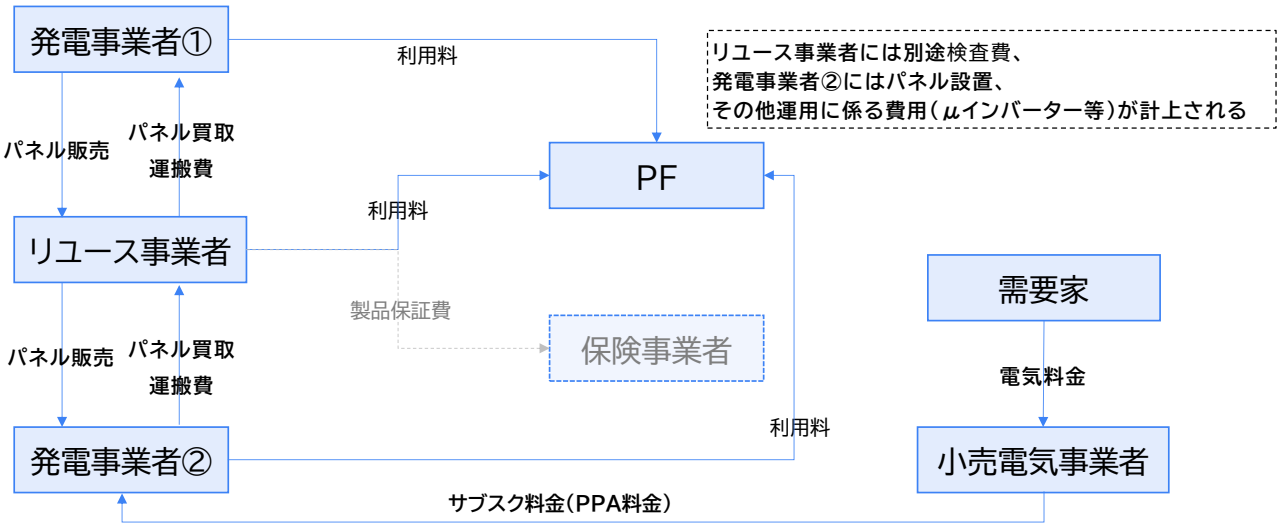


図 2-3 事業スキーム

2） 製品保証（故障リスク評価）に係る検討

太陽光パネルの平均的な劣化率とバラつきの推移イメージを図 2-4 のように想定した。具体的には、出力の閾値（X%：例としてメーカーの 20 年間の出力保証である 80%を採用）を設定し、例えばリユース開始から何年時点で X%を下回る比率が全体の Y%となるか、確率的に算出することを検討した。

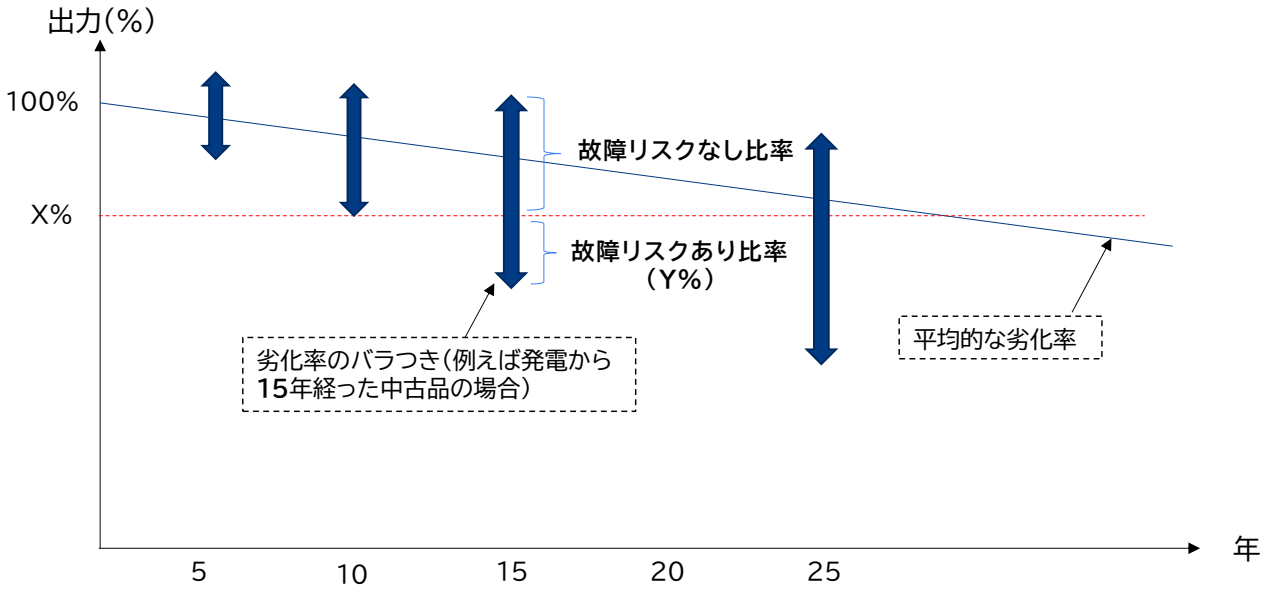


図 2-4 製品保証に対するリスクの確率的試算のイメージ

平均的な劣化率及び年度ごとのバラつきに関する情報は既存文献より想定した。公開されているパネルの劣化率・頻度に係る情報[1]を基に、設置時点のリユースパネルの稼働年数[2]に対する故障確率を、設置から 10 年間リユースパネルを PPA に利用するものと想定して試算を行った。なお、出力が 80%を下回るもの(出力劣化 20%超)を故障と定義した。また、故障確率は、リユースパネル設置から 10 年以内にパネルが故障している確率を算出し、そこから設置時点で既に故障していると想定される分を差し引いて算出している。

試算結果を図 2-5 に示す。故障確率は「設置時点で既に故障している確率」が稼働年数 9 年を境に増えてくるため、11 年目以降下がっている。このようにして算出した当該故障確率を基に、設置時点の稼働年数ごとの製品保証費用(パネル交換のために必要となる費用)を試算した。

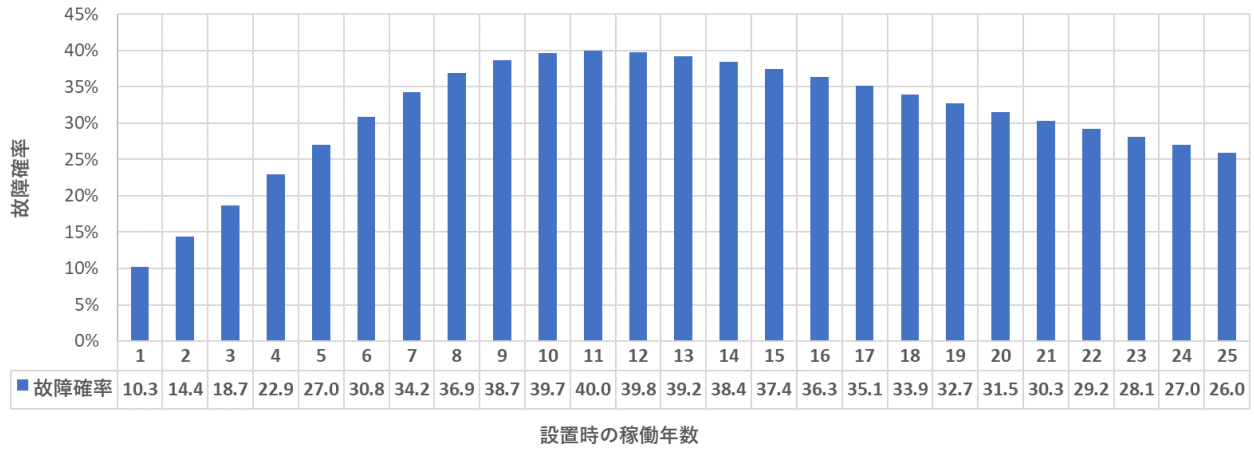


図 2-5 設置時点の稼働年数に対する故障確率(リユース想定期間:10 年)

[1] NREL 「PV Fleet Performance data Initiative」(閲覧日:2022.11.1)
https://www.nrel.gov/pv/fleet-performance-data-initiative.html

[2] 設置時点のリユースパネルの稼働年数…リユースパネルは、リユースされる以前には別の太陽光発電サイトで設置され発電をしていたはずであり、このリユースされる以前に稼働していた年数を「設置時点のリユースパネルの稼働年数」と定義する。

なお、具体的な故障確率推計フローは図 2-6 に示したとおり。

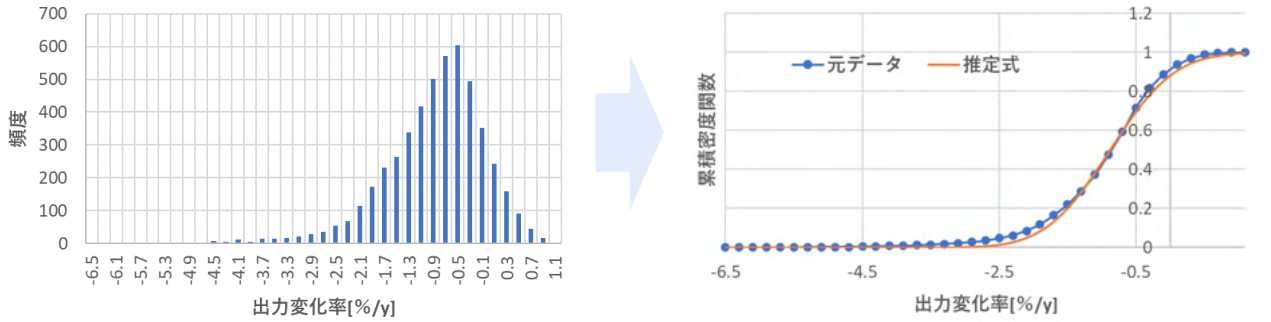
① 出力変化率[%/y]のヒストグラム(図 2-6 左図)から、出力変化が正規分布に従うものとして累積確率密度関数を推定(図 2-6 右図)。

② 設置時点のリユースパネルの稼働年数別に、リユース想定期間中に故障が起こらない限界出力変化率を算出。

③ ②で算出した出力変化率を①の累積確率密度関数に代入し、出力が 80%を下回る確率=累積故障確率を算出。

④ リユースパネルの設置時点で既にパネルが故障している確率も②③に従い算出。

⑤ 設置時点でのパネル故障分は除外して、リユース想定期間中の故障確率(=(③-④)÷(100%-④))を算出。

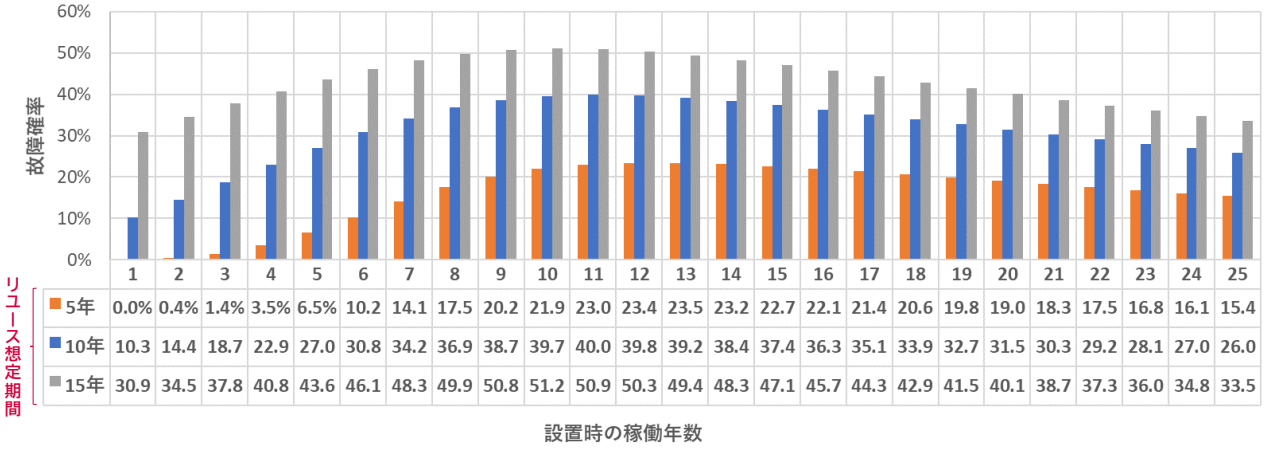


※インバーターベースの出力変化率

図 2-6 出力変化率のヒストグラム(左) 出力変化率の確率密度関数(右)

注1:NREL「PV Fleet Performance data Initiative」(閲覧日:2022.11.1)
https://www.nrel.gov/pv/fleet-performance-data-initiative.html

なお、故障確率は、全体を通じてリユース想定期間が長くなるほど高まり、特に設置時点での稼働年数が短い場合はその傾向が強い結果となった(図 2-7)。



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
5年	0.0%	0.4%	1.4%	3.5%	6.5%	10.2	14.1	17.5	20.2	21.9	23.0	23.4	23.5	23.2	22.7	22.1	21.4	20.6	19.8	19.0	18.3	17.5	16.8	16.1	15.4
10年	10.3	14.4	18.7	22.9	27.0	30.8	34.2	36.9	38.7	39.7	40.0	39.8	39.2	38.4	37.4	36.3	35.1	33.9	32.7	31.5	30.3	29.2	28.1	27.0	26.0
15年	30.9	34.5	37.8	40.8	43.6	46.1	48.3	49.9	50.8	51.2	50.9	50.3	49.4	48.3	47.1	45.7	44.3	42.9	41.5	40.1	38.7	37.3	36.0	34.8	33.5

図 2-7 設置時点の稼働年数に対する故障確率(リユース想定期間:5 年、10 年、15 年)

3）事業性評価

リユースパネルを活用した発電事業の税引前 IRR について、規模区分、電気料金単価[3]、リユース想定期間（事業期間）、リユース設置時点での稼働年数（設置時稼働年数）、インバーター種類の観点で感度分析を実施した。なお、高圧区分の導入規模にて試算をおこなった。また、FIT 切れに伴う撤去を契機にリユースパネルの供給が増えるという想定のもと、設置時稼働年数を 20 年と考え、さらに安定稼働できる期間を 30 年と想定して、そこから逆算して求められる「10 年」を試算上のベースとなるリユース想定期間（ベース条件）とした。

PPA 料金単価[4]は、需要家の電気料金負担の現状維持、すなわち現状の契約従量料金に賦課金を加えた水準をベースとして、小売電気事業者の粗利分（5%と想定）を差し引いたものと想定した。現状の従量料金単価は九州電力の業務・産業部門の標準料金[5]および公共施設における料金水準を参考に、12 円/kWh、15 円/kWh、18 円/kWh とし、ベース条件は中間値である 15 円/kWh とした。

インバーターについては、前述の故障確率推計を行った元データが一般的な PCS[6]適用下でのものであると想定されることから、実証試験で将来的に導入を検討しているマイクロインバーター（以下、μインバーターと記載）ではなく一般的な PCS をベース条件とした。なお、μインバーターは一般的な PCS と異なり太陽光パネル 1 枚単位で発電出力を最適化するため、一部の発電効率の悪いモジュールに影響されることなく太陽光発電システム全体の発電効率が一般的な PCS を用いた場合よりも良くなるという特徴がある。試算上では、μインバーターを適用した場合の設備稼働率（期待発電量）の補正については、暫定的に 10%増加するものと想定したが、詳細には実証等の実データに基づく補正等が必要である。

a. 想定パラメータ

想定したパラメータは表 2-1 の通り。パネル性能保証費用及び設備利用率は、設置時稼働年数とリユース想定期間に応じて故障確率及び経年劣化率が変化することから、変動幅がある。また、電気料金単価の水準は設置先の想定需要家に応じて検討が必要である。

[3] 需要家が小売事業者から電力を購入する際の単価
[4] 今回のスキームでは小売事業者の介在を前提としており、小売事業者が発電事業者から電力を購入する際の単価を表す
[5] 九州電力における業務・産業部門の標準従量料金単価：10.4 円/kWh～13.0 円/kWh（6kV～200kV、夏季・その他）（2022 年 12 月時点（2023 年 3 月 31 日までの料金））
https://www.kyuden.co.jp/agreement_rate_index_h26_5.html
[6] 一般的な PCS とは、最低 10 枚程度のパネルを接続して利用する集中型インバーターあるいは分散型インバーターを指す

表 2-1 想定パラメータ(リユースパネル活用オンサイト PPA)

		試算想定値	出所・考え方及び備考
割引率		3%	調達価格等算定委員会における想定[1]と同様に設定
設備容量		250kW	想定値(高圧)
パネル買取単価(以下①~⑤の和)		2.23~2.45 万円/kW	<参考>新品の半分程度を想定[2]。なお、調達価格等算定委員会(2021年12月)[3]によると250~500kW規模の新品パネルは6.1万円/kW
①リユースパネル費用単価		0.8万円/kW	事業者ヒアリングより2,000円/枚と想定
②情報PF運用費用		0. 08万円/kW	パネル費用単価×10%と想定
③パネル運搬費用		0.3万円/kW	文献[4]より750円/枚(10t平ダンプ車、100km走行×1)、250W/枚、280枚分の運搬を想定
④パネル検査費用		0.8万円/kW	文献[4]より2,000円/枚(絶縁検査、IVカーブ測定)、250W/枚、280枚分の検査を想定
⑤パネル性能保証費用		0.25~0.47 万円/kW	故障確率(設置時稼働年数・リユース想定期間に依存)×パネル費用単価と想定
PCS/μインバーター費用単価		①0.92/②4.37 万円/kW	①PCS:調達価格等算定委員会の2020年度PCS費用単価及び過年度までのコスト低減傾向を加味して想定[1] ②μインバーター:某メーカー製[5]に対しコスト低減を10%加味して想定(350W/枚)
PCS/μインバータ工事単価		1.56万円/kW	大手PCSメーカーのPCS貸出サービス(工事費込) のサービス料[6]より推定
設備(パネル・PCS除く)・工事費用		8.73万円/kW	2020年度システム費用内訳[7]より設備費(架台、その他)+工事費+設計費に値引きを考慮した価格を想定し、その価格をベースにシステム費用推移[1]から2023年時点想定に補正
廃止措置費用単価		1.0万円/kW	調達価格等算定委員会における2023年度廃棄等費用[1]
設備利用率		13.46~13.53%	北九州市での設置実績に基づいた設備利用率14.6%に対して、設置時点でのリユースパネル稼働年数から想定される経年劣化率を考慮して算出。なお、μインバーター適用時は発電量(設備利用率)が10%増加するものと仮定する。
経年劣化率		0.37~0.78%	NREL「PV Fleet Performance data Initiative」出力変化率データ[8]を基に算出。リユース品としての設置時点で既に劣化により故障しているパネル分を差し引いたあとの加重平均値。
パネル活用年数		30年~	安定稼働できる年数としてベースを30年と設定しつつ、ある程度のリスクを考慮する場合(30年超)も想定
設置時稼働年数		10~20年	卒FITパネルの活用を想定してベースを20年と設定しつつ、最大リユース想定期間20年より逆算して10年も想定
リユース想定期間		10~20年	パネル活用年数30年と設置時稼働年数20年よりベースを10年と設定しつつ、事業性を考慮して20年も想定
従量料金単価		①12円/kWh ②15円/kWh ③18円/kWh	九州電力の業務・産業部門の従量料金単価水準、北九州市公共施設の従量料金単価水準を参考に想定
再エネ賦課金単価		~3.9円/kWh	2030年度におけるエネルギー需給の見通し[9]及び調達価格等算定委員会の論点案[10]を元に推計。値の推移は後述
小売電気事業者の粗利率		5%	想定値
事業税		1.267%	調達価格等算定委員会における想定[1]と同様に設定
固定資産税率		1.4%	調達価格等算定委員会における想定[1]と同様に設定
法定耐用年数		17年	減価償却資産の耐用年数等に関する省令より設定
減価償却率	定額法償却率	14.7%	
	改定償却率	16.7%	
	保証率	2.9%	

出所)[1]資源エネルギー庁 調達価格等算定委員会「令和 4 年度以降の調達価格等に関する意見」(2022 年 2 月)
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20220204_1.pdf (閲覧日:2022.12.5)
[2]yahoo ニュース「2030 年代に迫る“太陽光パネル”大量廃棄…丸紅と SOMPO が中古事業でタッグ 再循環に一役」
https://news.yahoo.co.jp/articles/d5abe738e43030f34f91627520f94d7f4d03a94b
(閲覧日:2022.12.5)
[3]資源エネルギー庁 第 73 回 調達価格等算定委員会(2021 年 12 月)資料1
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/073_01_00.pdf(閲覧日:2022.12.5)
[4]環境省「令和3年度使用済太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に係る調査」(発行日:2022.3)
https://www.env.go.jp/recycle/recycling/renewable/R3_PVreport.pdf(閲覧日:2022.10.17)
[5]NEP「マイクロインバータ」https://pvmall.org/shop/microinverter/ (閲覧日:2022.10.17)
[6]オムロン パワーコンディニューサービス紹介サイト
https://socialsolution.omron.com/jp/ja/products_service/energy/power_continue/#
(閲覧日:2022.10.17)
[7]資源エネルギー庁「令和2年度固定価格買取制度等の効率的・安定的な運用のための業務」(発行日:2021.3)
https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2020FY/000074.pdf#page=14&zoom=100,111,975
(閲覧日:2022.10.17)
[8]NREL「PV Fleet Performance data Initiative」
https://www.nrel.gov/pv/fleet-performance-data-initiative.html(閲覧日:2022.11.1)
[9]資源エネルギー庁 2030 年度におけるエネルギー需給の見通し
https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-3.pdf(閲覧日:2022.12.5)
[10]資源エネルギー庁 国内外の再生可能エネルギーの現状と今年度の調達価格等算定委員会の論点案
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/078_01_00.pdf (閲覧日:2022.12.5)

上記のうち再エネ賦課金単価については、図 2-8 に示した通り 2022 年～2060 年までの推移を試算した。再生可能エネルギー発電促進賦課金（再エネ賦課金）は事業用太陽光発電が大量に卒業する 2032 年をピークに価格が低下し始め、2035 年までは FIT 開始直後に導入された買取価格の高い事業用太陽光発電が大量に卒業することから急激に下落するものの、その後はなだらかに低下する。

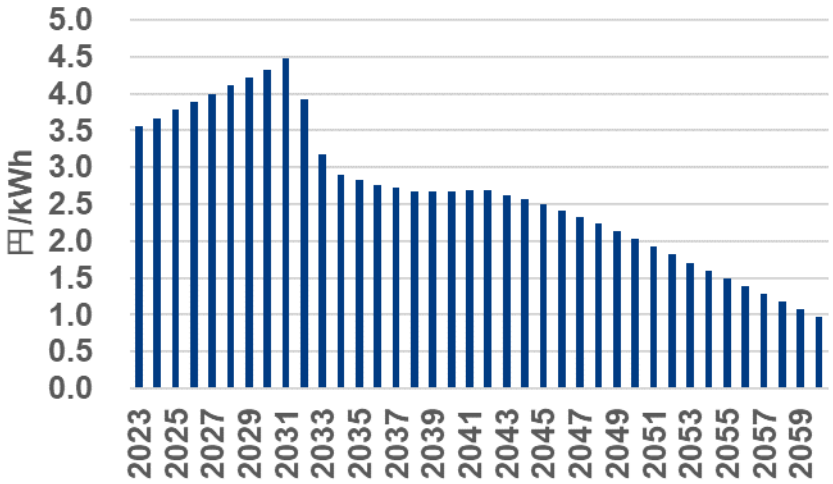


図 2-8 再エネ賦課金の推移

また、事業開始年から 10 年間（標準的なリユース事業期間）の再エネ賦課金平均値は図 2-9 の通りである。10 年間平均値は段階的に下降するため、需要家の価格許容度が高く、事業性の面で有利となる早期の事業開始が望ましい。なお、本試算についてはあくまで簡易的・機械的に再エネ賦課金を試算したものであり、精度の点においては留意が必要である。

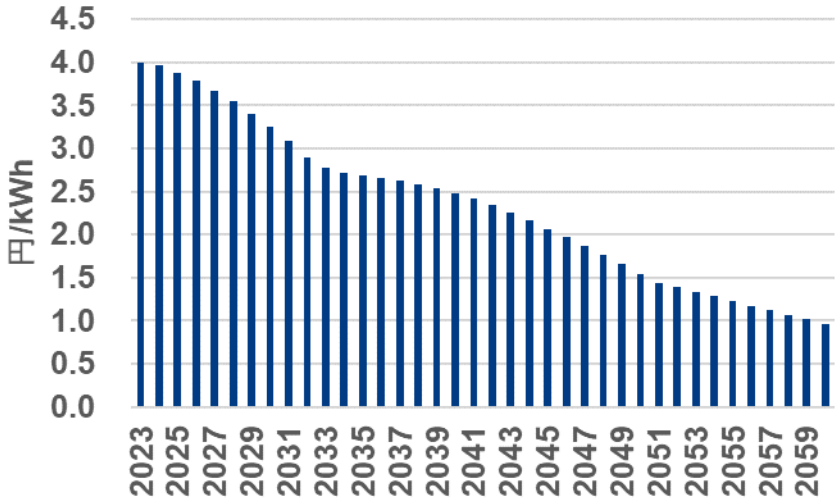


図 2-9 事業開始年から 10 年間平均値の再エネ賦課金の推移

b. 感度分析結果

電気料金や設置時稼働年数、リユース想定期間等の幾つかの観点で感度分析を行った結果を図 2-10、図 2-11、図 2-12 に示す。中小事業者は、九州電力の従量料金単価水準（業務・産業部門：12 円/kWh 程度＋再エネ賦課金）で電力契約をしていると想定されることから、現状の価格水準であれば事業性確保は難しい。一方で、エネルギー価格高騰により料金単価の上昇が続けば事業性が確保できる可能性もあり得る。

他方、公共施設のうち、元々従量料金が 18 円/kWh に近い水準で電力契約していた需要家向けであれば、現状同等の価格水準を維持する前提のもと、高い IRR を確保できる。例えば、従量料金単価 16.2 円/kWh（粗利考慮前）で売電ができれば IRR5.00％の水準を確保可能である。また、中間的な価格水準である 15 円/kWh であっても、パネル費用単価が 1.21 万円/kW まで低減すれば IRR5.00％水準を確保できる。ただし、パネル大容量化によるパネル費用単価の低減や、検査費用等の低減が見込めることが前提となる。

従量料金単価※	税引前IRR	パネル買取単価［万円/kW］
12円/kWh	-2.08%	2.23
15円/kWh	3.04%	2.23
16.2円/kWh	5.00%	2.23
18円/kWh	7.55%	2.23
15円/kWh	5.00%	1.21

※賦課金を含まない、需要家の既存電力契約の料金水準。
需要家の買電は、この料金に賦課金分を加えた電気料金を想定。

ベース条件
・設置時稼働年数：20年
・リユース想定期間：10年
・インバーターの種類：PCS

図 2-10 感度分析結果（電気料金）

パネル活用期間を 30 年で固定した場合、リユース想定期間が長くなるほど IRR は高くなる。ただし、故障確率上昇に伴う性能保証費用の上乗せにより、パネル買取価格はやや高くなる。また、パネル劣化や故障等のリスクを許容してパネル活用期間を 30 年以上とする場合、すなわち設置時稼働年数を 20 年固定としてリユース想定期間を 10 年よりも延長した場合には、事業性の向上が見込める。

なお、パネル買取単価は 2.23～2.45 万円/kW の水準であるが、更なる IRR 向上を狙うのであればリユースパネル価格を引き下げるという選択肢もあり得る。ただし、前述の表 2-1 の通り新品パネルに対して約半額程度（3 万円/kW 程度）での販売を想定している既存事例もあるが、既にその水準を下回っている状況であり、更なる価格引き下げには様々な側面からのコスト改善が不可欠である。

	設置時稼働年数	リユース想定期間	税引前IRR	パネル買取単価［万円/kW］
パネル活用期間：30年固定	20	10	3.04%	2.23
	18	12	5.64%	2.28
	15	15	7.79%	2.36
	10	20	9.43%	2.45
パネル活用期間：30年以上	20	11	4.63%	2.25
	20	12	5.88%	2.26

ベース条件
・従量料金単価：15円/kWh
・インバーターの種類：PCS

図 2-11 感度分析結果（設置時稼働年数、リユース想定期間）

μインバーターは、通常 pcs の 5 倍弱単価が高いため、事業性は低下する結果となった。

また、故障閾値（出力劣化がこれを下回った場合は故障とみなす水準）を初期出力の 80%から70%へと変更した場合、事業性は低下する。これは故障閾値を下げることで経年劣化率の高い個体を多く許容することとなり、その結果、平均劣化率が高まり設備利用率が低下することが大きく影響している。他方、故障とみなす閾値を下げることで故障確率自体は下がるため、パネル性能保証費用及びパネル買取単価が微減するが、前述の設備利用率低下の影響の方が大きい。なお、IRR 向上のために故障閾値 85%等に引き上げることも考えられるが、閾値が上がるほどリユース可能なパネル数が減少して運用に十分な量を確保できない恐れもある。

インバーターの種類	税引前IRR	パネル買取単価［万円/kW］
PCS	2.96%	2.23
μインバーター	-2.20%	2.23

ベース条件
・従量料金単価：15円/kWh
・設置時稼働年数：20年
・リユース想定期間：10年

故障閾値	税引前IRR	パネル費用単価［万円/kW］
出力80%	2.26%	2.23
出力70%	1.06%	2.21

ベース条件
・従量料金単価：15円/kWh
・インバーターの種類：PCS
・設置時稼働年数：20年
・リユース想定期間：10年

図 2-12 感度分析結果（インバーターの種類）（左） 感度分析結果（故障閾値）（右）

c. 短期契約型モデルの検討

需要家を中小事業者と想定した場合、倒産などによる事業想定期間内での契約解除等のリスクを孕んでおり、短期解約型のビジネスモデル（サブスクリプションモデル）を検討する必要がある。これを踏まえ、表 2-2 に示した「契約解除時点で回収されているべき撤去費・設置費相当費用」を、事業開始してから早期に資金回収できるスキームを検討した。

表 2-2 早期回収が必要となる費用

	kW単価［万円/kW］	LCOE※［円/kWh］
設置費用	5.96	5.82
撤去費用	1.00	0.98
合計	6.96	6.79

※表 2-1 のパラメータを使って試算（初期投資に対する LCOE で按分）

図 2-13 が費用の回収イメージである。例として、事業想定期間の 10 年のうちある程度の費用を回収する目標期間、すなわち「最短契約年」を設定し、また最短契約年の間に回収する費用割合も設定した上で、最短契約年までおよびそれ以降のそれぞれで回収費用が線形的に低下するというモデルを検討した。今回の分析では、最短契約年を 5 年、最短契約年までに回収する費用割合を 80%と想定している。この場合、契約企業が 5 年以内に倒産しなければ必要回収費用の 80%は最短契約年までの間に回収できることから、それ以降に契約解除されたり企業が倒産したりしたとしても未回収費用の割合

は低くなり事業性への影響は最小限に抑えられる。この場合は、最短契約年以降で回収するはずだった分の費用をリスク費用としてあらかじめ想定しておくことで、費用未回収という事業者リスクを下げることが可能となる。一方で、リスク費用を確保することで需要家が支払うべき電気料金水準は高くなってしまうことから、事業リスクと価格受容性のバランスを取ることがビジネスモデル普及のために肝要である。

なお、仮に 10 年ではなく 5 年の事業期間ですべての費用を回収しようとした場合、需要家が支払う電気料金が 10 年回収の場合と比較して平均 1.7 倍程度となり、非現実的であった。

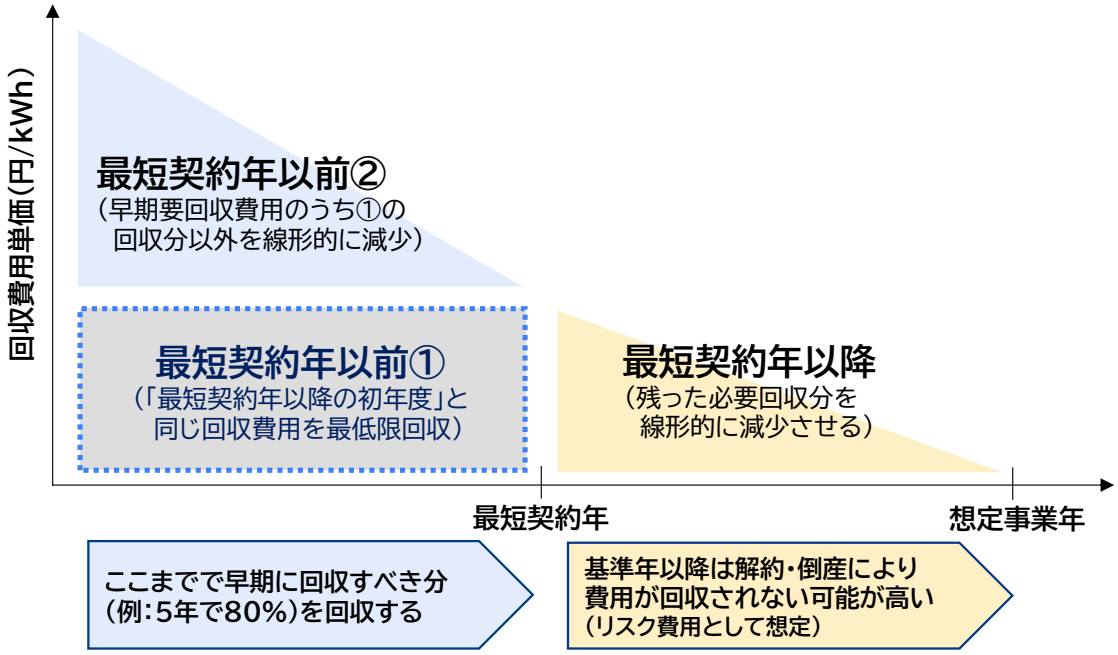


図 2-13 一部費用の早期回収イメージ

設置費用・撤去費用を 10 年間で均等回収するケース(一律回収パターン)と、短期契約を想定して早期に同費用を回収するケース(傾斜回収パターン)の価格比較イメージは図 2-14 の通りであり、当該費用回収パターンを踏まえた、最終的に需要家が負担する電気料金単価は図 2-15 の通りとなる。需要家が導入直後の高額料金(初年度 27.2 円/kWh=従量料金単価 23.3+再エネ賦課金 3.9)を許容できるかどうかが本モデルの成立ポイントとなる。需要家確保の観点では、長期契約になるほど料金が低下する点も含めた需要家への訴求が重要となる。

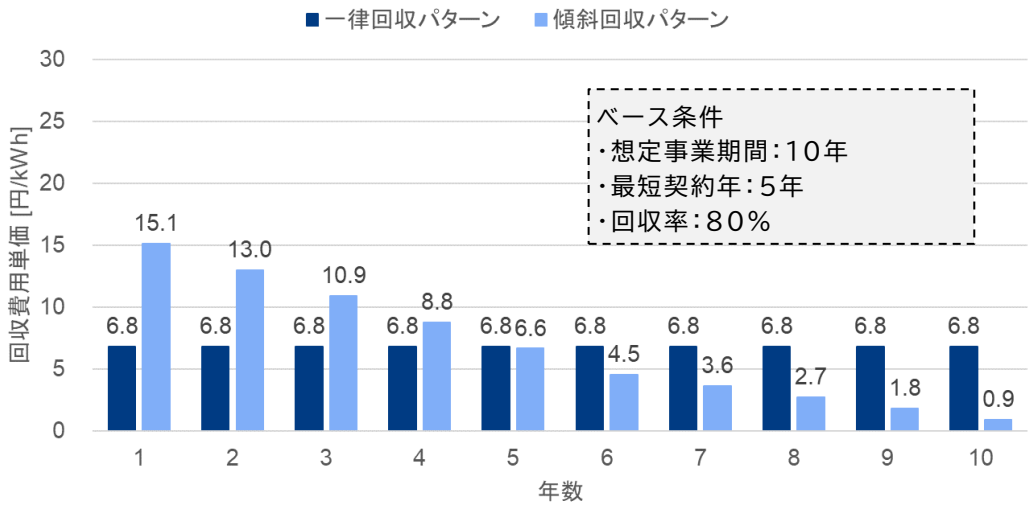


図 2-14 倒産・解約までに回収すべき費用の回収パターン

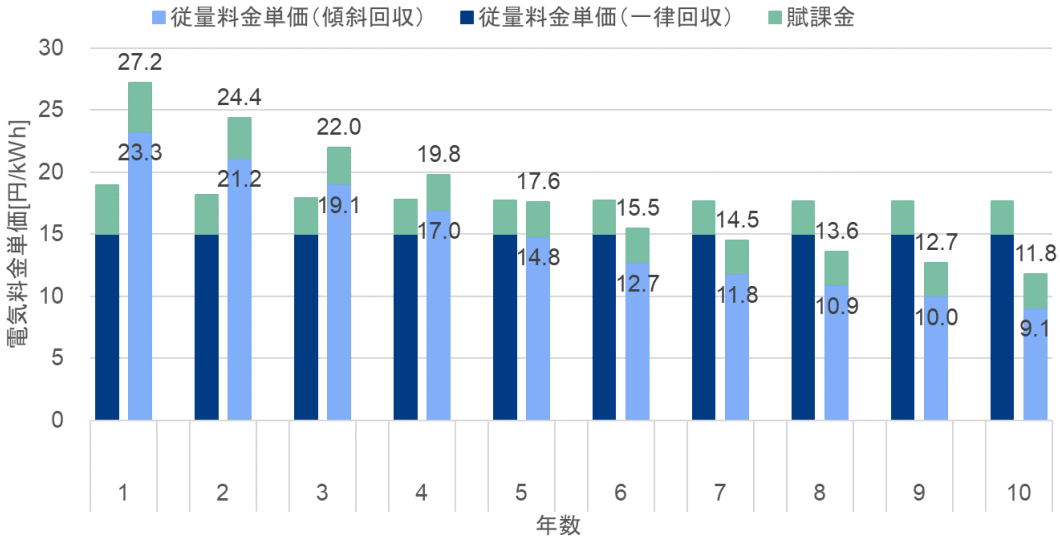


図 2-15 需要家電気料金単価の推移（回収パターン別）

（2） 卒 FIT 電源活用モデルの検討

2032 年 7 月以降、メガソーラーの卒 FIT 電源化（非 FIT 化）が進展することに加え、図 2-16 に示した経済産業省の再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会でも、中長期的に地域と共生する責任あるプレイヤーの創出等の観点から、既存再エネ最大限の活用、長期電源化が掲げられている。その一環として、追加投資・再投資の検討と併せて、卒 FIT 電源を対象としたオフサイト型電力調達や小売電気事業者の買い取り事業が加速すると想定される。これを踏まえて、卒 FIT 電源を活用したビジネスモデルの検討を行う。

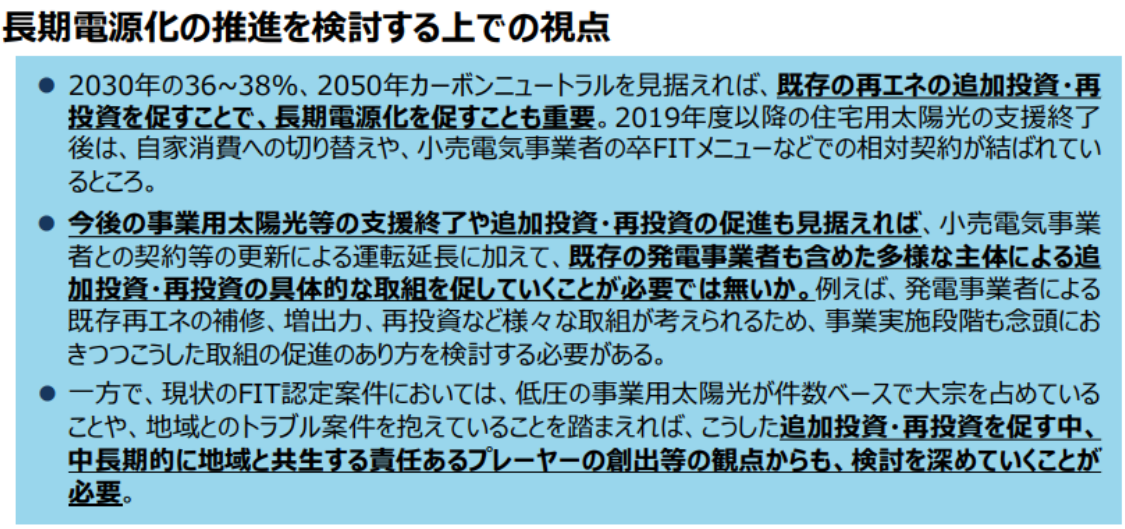


図 2-16 卒 FIT 電源の市場見通し・事業背景

出所）資源エネルギー庁 「再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 再エネの大量導入に向けて」（閲覧日：2022.9.15）
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/042_01_00.pdf

1） 事業スキーム

a. オフサイト型電力調達

オフサイト型電力調達のうちコーポレート PPA の基本スキームを図 2-17 に示す。日本の現行制度上、オフサイト型電力調達には自己託送、フィジカルPPA（小売介在有り/無し）、バーチャルPPA（小売介在有り）の3つのパターンが考えられる。フィジカルPPAのうち小売介在なしのスキームは2021年11月に施行された自己託送要件の緩和により、発電事業者と需要家間で組合を組成する、新設である等一定の要件を満たせば可能となったが、卒 FIT 電源は新設ではないため適用不可である。また、バーチャル PPA は需要家が小売電気事業者と電気の契約をした上で、別途環境価値を発電事業者から調達し、発電事業者に対して環境価値を加味した固定価格（ストライク価格）と市場価格（スポット価格）との差額を精算する仕組みであり、今後の適用拡大が見込まれる。

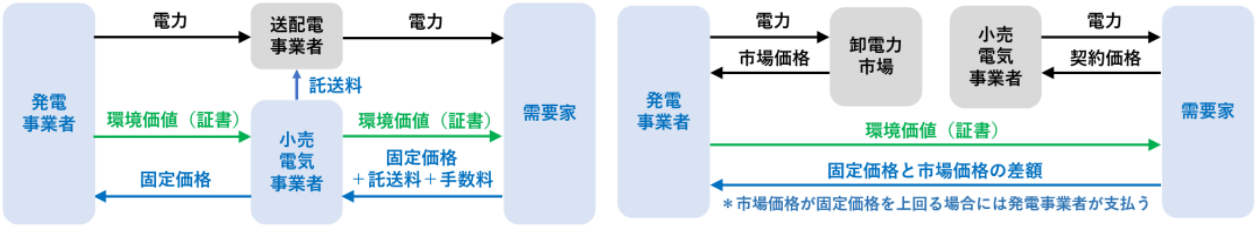


図 2-17 フィジカル PPA の契約形態（左） バーチャル PPA の契約形態（右）

出所）自然エネルギー財団「コーポレート PPA 日本の最新動向」（閲覧日：2022.9.15）
https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI_JPCorporatePPA_2022.pdf

図 2-18 にオフサイト型電力調達を行う場合の関連主体の関係性と各主体の機能を整理した。なお、バーチャル PPA の場合は需給調整に係る主体・機能は不要である。

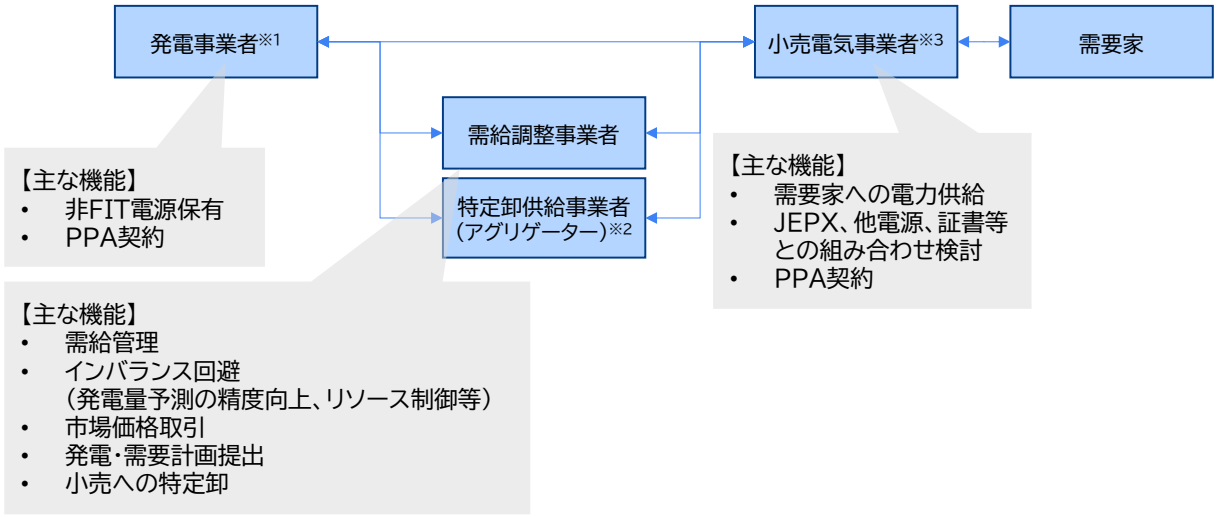


図 2-18 オフサイト型電力調達におけるステークホルダーの関係性

※1：自己託送の場合、需要家と SPC 等を組成する必要がある
※2：需給調整機能を有する（2022.9.1 時点で 35 社）
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electricity_measures/009/list/aguri-list.html
※3：需給調整機能を有する場合もある

b. 小売買取活用

小売買取活用の基本スキームを図 2-19 に示す。2019 年 11 月以降、住宅用太陽光パネルの卒 FIT 電源化が進み、小売電気事業者による全量買取・余剰買取が進んでいる。事業用太陽光パネルについても、2032 年 7 月を境に卒 FIT 買取・集約利用の動きが高まると考えられる。

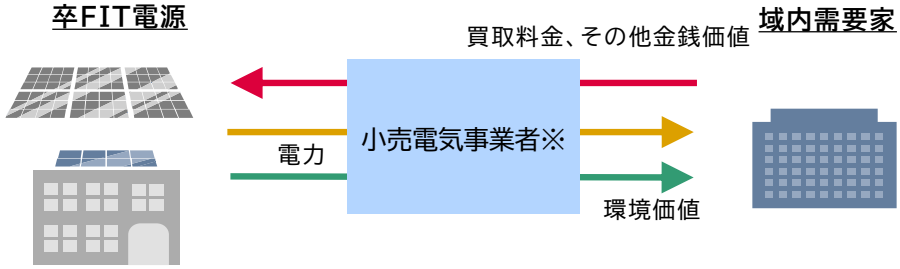


図 2-19 小売電力買取の契約形態

※取次事業者を介す場合もある

2）コスト試算

a. 想定発電原価

卒FIT後太陽光発電の発電原価を試算するにあたり、各パラメータを表 2-3の通り想定した。なお、事業期間は稼働後30年までとし、21年目～30年目の10年間の発電原価を試算した。また、11年目と21年目にPCSを交換するものし、その他軽微な修繕費等は運転維持費に含まれるものと想定した。なお、廃棄積立金は、FIT 電源であれば買取期間内に積立済であるため、21 年目以降の卒 FIT 原価試算においては考慮しない。

表 2-3 想定パラメータ（卒 FIT 後太陽光発電の発電原価試算）

		試算想定値	出所・考え方及び備考
割引率		3%	調達価格等算定委員会における想定[1]と同様に設定
設備容量		250kW	想定値
PCS機器費		0.92万円/kW	調達価格等算定委員会の2020年度PCS費用単価及び過年度までのコスト低減傾向を加味して想定[1]
PCS交換工事費		1.6万円/kW	大手PCSメーカーのPCS貸出サービス（工事費込）のサービス料[3]より推定
設備利用率		14.6%	北九州市での設置実績に基づいた設備利用率を想定
パネル経年劣化率		0.50%	発電コスト検証WGの想定[3]を参考に0.5%とを想定
卒FIT売電単価		10円/kWh	想定値 ※売上にかかる事業税として発電原価に影響するが、影響は軽微
ランニングコスト※単価		0.41万円/kW/年	調達価格等算定委員会資料[1]における直近期間の運転維持費を設定
事業税		1.267%	調達価格等算定委員会における想定[3]と同様に設定
固定資産税率		1.4%	調達価格等算定委員会における想定[3]と同様に設定
法定耐用年数		17年	減価償却資産の耐用年数等に関する省令より設定
減価償却率	定額法償却率	14.7%	
	改定償却率	16.7%	
	保証率	2.9%	

出所）[1]調達価格等算定委員会 「令和 4 年度以降の調達価格等に関する意見」（2022 年 2 月）
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20220204_1.pdf
[2]調達価格等算定委員会「令和 3 年度以降の調達価格等に関する意見」（2021 年 1 月）
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/20210127_1.pdf
[3]オムロン パワーコンティニューサービス紹介サイト（閲覧日：2022.10.17）
https://socialsolution.omron.com/jp/ja/products_service/energy/power_continue/#
※ランニングコストには、土地等賃借料、修繕費、保守点検費、人件費、保険料等が含まれる。

試算結果は 6.8 円/kWh となり、発電事業者の利益としては表 2-3 記載の卒 FIT 売電単価 10 円/kWh から原価を差し引いた 3.2 円/kWh（IRR は割引率相当の 3%）となった。

b. 想定電気料金単価

卒 FIT 電源を活用する各スキームにおいて想定される費目別コストと、それらを合計した電気料金単価について、図 2-20 の通り整理した。なお、試算に当たっては、足元の水準に対して再エネ賦課金の増加やバランシングコストの低減を加味している。

電気料金単価の水準を各スキーム間で比較すると、最もコストメリットが大きいのは小売手数料や再エネ賦課金のかからない自己託送であるが、それ以外のスキームについても卒 FIT 電源を活用することが前提であり発電原価が低いため、低コスト化を図れる。

kWhあたり	自己託送	フィジカルPPA	バーチャルPPA	小売買取活用※	通常電気料金 [1]
売電単価	10	10	10	10	14.5
小売手数料[2]	-	1～2	1～2	1～2	
託送料金[3]	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
再エネ賦課金[4]	-	3.9	3.9	3.9	3.9
バランシングコスト[5]	0.5	0.5	-	-	-
合計(kWh単価)	14.3	19.2～20.2	18.7～19.7	18.7～19.7	22.2

図 2-20 想定電気料金単価

[1][2]自然エネルギー財団「コーポレート PPA 日本の最新動向(2022.8)」 [1]は 2022 年 4 月時点の全国平均
https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI_JPCorporatePPA_2022.pdf
[3]九州電力の高圧標準接続送電サービス料金(基本料金:456.5 円/kW、電力量料金:2.71 円/kWh)及び負荷率 0.6 として試算
[4]2030 年度におけるエネルギー需給の見通し及び調達価格等算定委員会の論点案を踏まえて三菱総合研究所にて推計
https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-3.pdf
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/078_01_00.pdf
[5]資源エネルギー庁「再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会(第 20 回)資料 1 等」
※実際は小売電気事業者の受け取る手数料等に依存

3）需要家類型別の想定スキーム

各スキームの特徴を契約期間、コスト、オフテイカーリスク等の観点から表 2-4 に整理し、また、各スキームの特徴を踏まえた需要家類型別に想定されるスキーム案について表 2-5、図 2-21 に整理した。

表 2-4 各スキームの特徴

スキーム	特徴
自己託送	• 発電事業者・需要家が（原則）同一であり、小売契約は存在せず長期導入が前提。 • 発電事業者及び需要家（公共施設、中小事業者）でSPCを組成する、あるいは発電事業者による賃借モデル[注1]を確立する必要。 • 小売を介する必要がないため、小売手数料及び賦課金がかからない。
フィジカルPPA	• 現時点では長期契約が前提。 • 発電事業者の収入のすべてが需要家に依拠するため、発電事業者における与信リスクが大きい。 • 市場価格変動に応じて発電事業者、需要家におけるリスクが異なる。 ➢ 市場価格下落時、発電事業者は価格固定により損失回避、需要家は機会損失 ➢ 市場価格高騰時、発電事業者は価格固定により機会損失、需要家は損失回避
バーチャルPPA	• 現時点では長期契約が前提。 • 発電事業者の収入の一部を需要家に依拠するため、発電事業者における与信リスクが小さい。 • 市場価格変動時は発電事業者、需要家でリスクをシェアする。 ➢ 市場価格下落時、発電事業者は機会損失分の補填を受領、需要家は補填を支払 （九州エリア等日中の市場価格下落が続く地域では需要家負担が大きくなるか） ➢ 市場価格高騰時、発電事業者は超過収入分の補填を支払、需要家は補填を受領 • 金融派生商品（デリバティブ）契約に該当する可能性があり、企業会計処理上整理が必要。 • 北九州域外の電源と契約する（再エネ証書を調達する）ことが可能。
小売買取活用	• 長期契約ではないため、需要家への販売価格競争力がないと離脱リスクになる。

注1：SB エナジー プレスリリース「需要家の再生可能エネルギー調達を支援する 賃借モデルの自己託送サービスを提供開始」
https://www.sbenergy.co.jp/ja/news/pdf/press_20220912_01.pdf（閲覧日：2022.10.11）

バーチャル PPA は発電事業者における与信リスクが小さく、その観点では中小事業者向けに適しているスキームであるが、複雑な会計処理を要するため、その点についてもクリアすることができるのであれば検討対象に入れることも考えられる。また、その他電力需要量が多い需要家には長期契約を前提とした PPA による調達が適しているものと考えられる。

表 2-5 需要家類型別に想定されるスキーム

需要家類型	特徴	スキーム選定の視点	想定スキーム
公共施設	• 発電事業者における与信リスクは少ない	• 地域の小売電気事業者の介在 • 需要家の信用力を活用し、発電事業者のリスクヘッジが可能 • 長期契約・安定供給	• フィジカルPPA
中小事業者	• 発電事業者における与信リスクは高い	• 地域の小売電気事業者の介在 • 需要家の信用力は活用できない • 短期契約の解消も視野に	• 小売買取活用
大規模事業者	• 発電事業者における与信リスクは少ない • 電力需要は比較的大きい	• 地域の小売電気事業者の介在は必須ではない • 需要家の信用力を活用し、発電事業者のリスクヘッジが可能 • 長期契約・安定供給	• 自己託送 • フィジカルPPA • バーチャルPPA

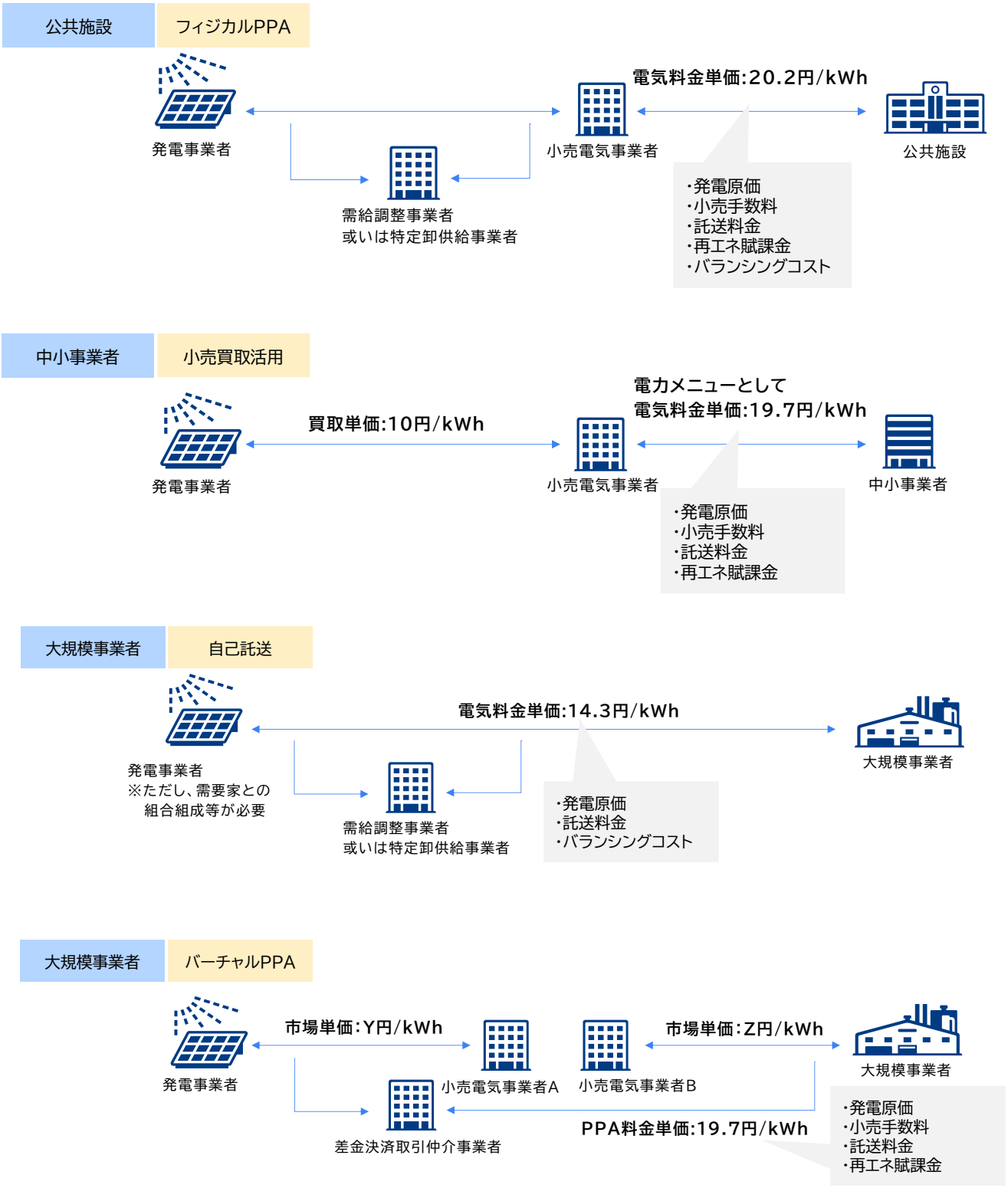


図 2-21 需要家類型別に想定されるスキーム(イメージ図)

4）北九州市近隣での卒 FIT ポテンシャル

北九州市における各種電源の卒業年別設備容量は図 2-22 の通り。太陽光については、2034 年の 73MW をピークに前後1年間で卒 FIT を迎える電源が大半であり、特に高圧案件が6割程度を占める。2038 年・2039 年には若松区響町にある 100MW 級のバイオマス電源が相次いで卒 FIT を迎える。

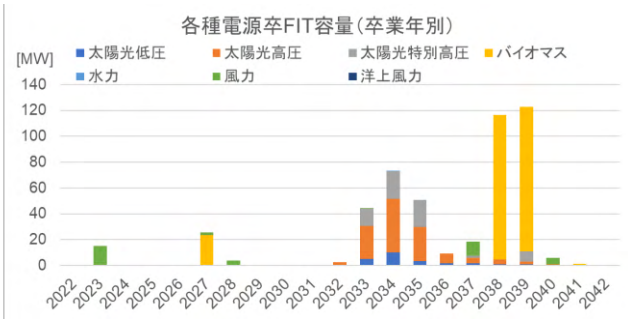


図 2-22 卒 FIT 電源の時期別活用可能性（北九州市）[7]

出所）なっとく！再生可能エネルギー「事業計画認定情報 公表用ウェブサイト 2022 年 7 月 31 日 時点」
https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfo（2022 年 11 月 24 日閲覧）

福岡県全体における各種電源の卒業年別設備容量は図 2-23 の通り。太陽光については、2034 年の 365MW をピークに前後1年間で卒 FIT を迎える電源が大半であり、特に高圧案件が6割程度を占める。2040 年は特に飯塚市等の大規模メガソーラーが卒 FIT を迎え、一時的に特別高圧の卒業容量が増えている。2036 年以降は太陽光の割合は減るものの、卒 FIT を迎えるバイオマス発電が増加する。

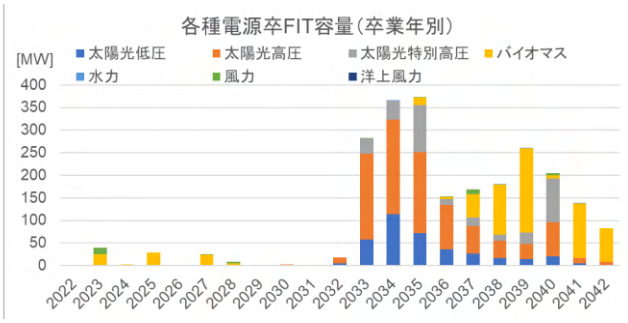


図 2-23 卒 FIT 電源の時期別活用可能性（福岡県）[7]

出所）なっとく！再生可能エネルギー「事業計画認定情報 公表用ウェブサイト 2022 年 7 月 31 日 時点」
https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfo（2022 年 11 月 24 日閲覧）

[7] 低圧：0～50kW 未満、高圧：50～2,000kW 未満、特別高圧：2,000kW 以上

2.1.2 EV を活用したビジネスモデルの検討

（1） 分析の背景・方針

1） 分析の背景

a. 背景

北九州市は 2020 年にゼロカーボンシティ宣言を行い、脱炭素社会の実現に向けた精力的な取組みを行っている。また、2050 年に目指す姿として「脱炭素電力推進拠点都市」を掲げており、それに向けた取組の 1 つとして、図 2-24 に示す通り、第三者所有モデルを活用した太陽光発電システム（以下 PV と表記）、EV、蓄電池の導入を目指している。

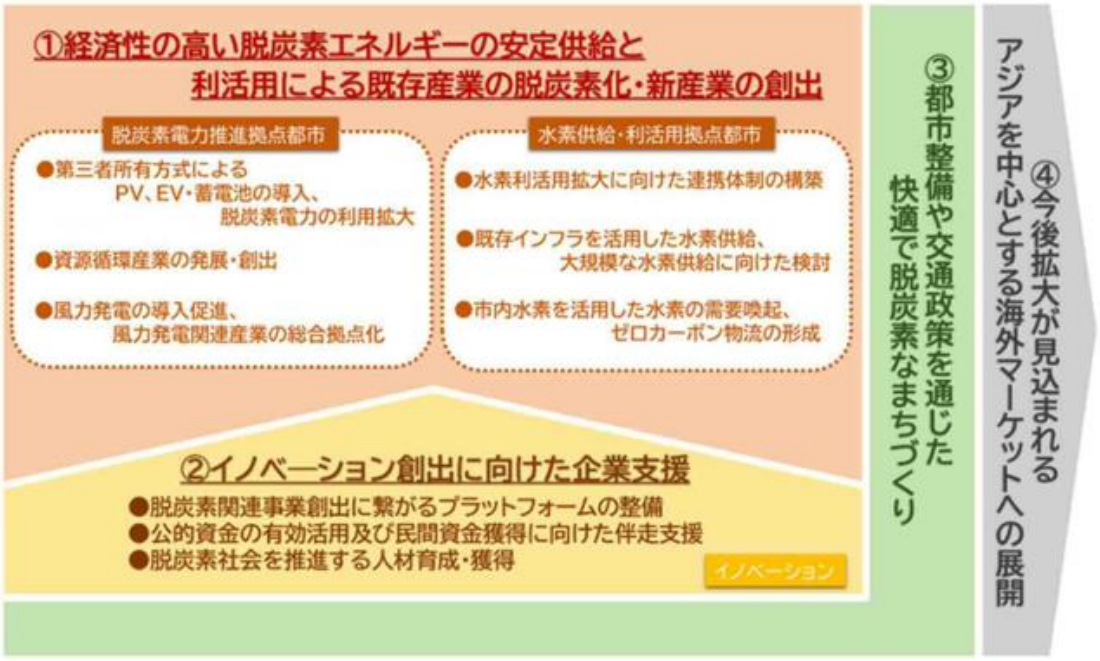


図 2-24 脱炭素社会の実現に向けた北九州市の基本戦略と重点施策

出所）北九州市「北九州市グリーン成長戦略 ～ゼロカーボンシティの実現に向けたエネルギーの脱炭素化とイノベーションの推進～」、p11、https://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000967655.pdf（閲覧日：2022 年 7 月 25 日）

また、北九州市では、EV を移動手段としてのみならず、図 2-25 に示す通り蓄電池として活用することで、EV 導入による効果を最大化することも見据えており、実現に向けた取組を行っているところである。



図 2-25 脱炭素社会の実現に向けた北九州市のロードマップ

出所）北九州市「北九州市グリーン成長戦略 ～ゼロカーボンシティの実現に向けたエネルギーの脱炭素化とイノベーションの推進～」、p19（赤枠は三菱総合研究所で追記）、
https://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000967655.pdf （閲覧日：2022 年 7 月 25 日）

b. 調査の目的

前述の背景を踏まえて、本調査では「脱炭素電力推進拠点都市」を目指すにあたっての取組の 1 つである、第三者所有モデルによる創・省・蓄エネ設備の導入について具体的なビジネスモデルの検討を行うとともに、EV を蓄電池として活用する際の充放電シミュレーションを行い、得られたデータを用いた導入効果の分析を通じ、検討したビジネスモデルが成立するかどうか検証を行う。

c. 具体的な検討項目

本調査における具体的な検討項目としては、「ビジネスモデル・スキームの確立」および「定量分析」の 2 点があげられる。

「ビジネスモデル・スキームの確立」では、第三者所有モデルにおける需要家・小売電気事業者・サービス事業者といった各主体間の電力やお金のやり取りについて検討を行った。

「定量分析」では北九州エコタウンセンターおよび、北九州市代表公共施設 6 施設について、EV・PV・省エネ機器を導入した際の機器の最適制御シミュレーションを行い、小売事業者のコスト削減効果の算出を行った。

d. EV の蓄電池としての活用

北九州エコタウンセンターにおいて PV・EV・EV 充放電器を導入し、EV を蓄電池として活用するにあたっての、課題の抽出や経済性評価を通じ、立案したビジネススキームが実際に成立するのか分析を行う。シミュレーションにおいては、図 2-26 に示すように卸電力価格の安い時間帯に EV を充電、卸電力価格の高い時間帯に EV からエコタウンセンターへの放電を行うことで、小売の電力コストを削減するような制御を行うことを想定する。

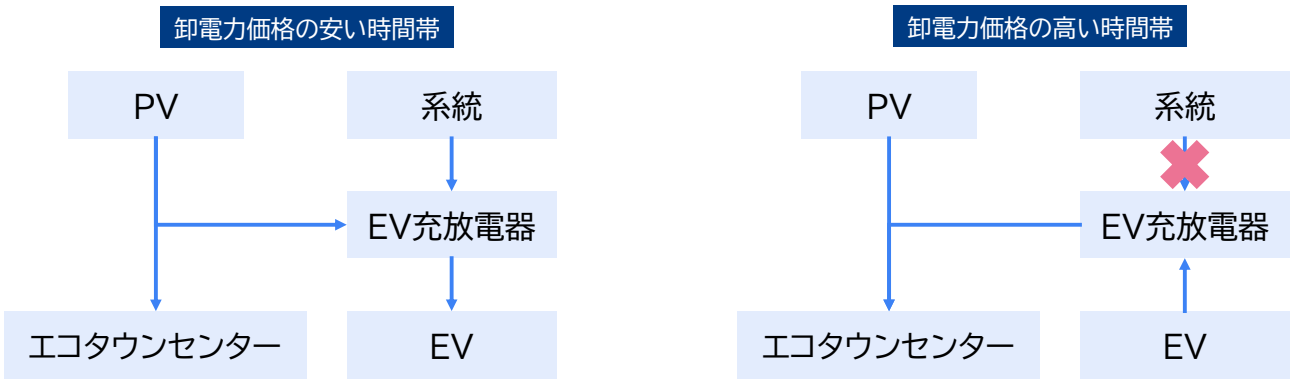


図 2-26 EV の充放電制御のイメージ

2）ビジネススキームの確立

本調査では、図 2-27 に示すような、小売事業者がサービス事業者と需要家の間に入り、需要家から得られるサービス料金と、卸電力料金および託送料金の削減分を、サブスク料金[8]および EPC コストの原資（＝小売収入合計）とするというスキームを想定した。

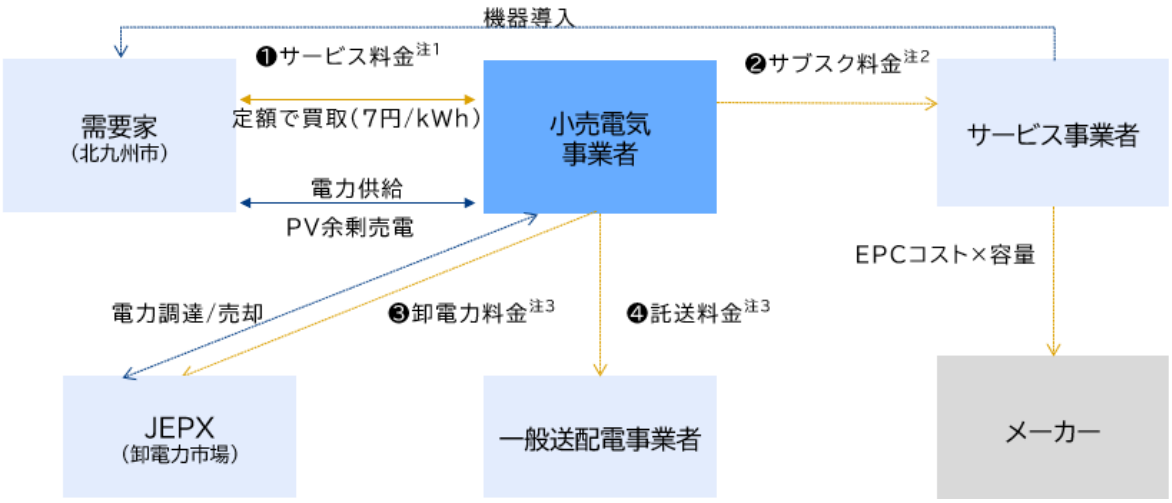


図 2-27 ビジネススキーム

注 1 北九州市の電気料金の削減分をサービス料金として徴収し、北九州市の支払いは変化なしとすることを想定。
注 2 リースを含めた定額制でのサービス提供を想定し、必ずしもリースに限定してはいない。
注 3 機器導入前に支払っていた卸電力料金、託送料金との差分を想定するとこれらはマイナスとなる。

（2）分析条件

1）分析の全体像

需要家に EV や PV、省エネ機器を導入することによる効果として、需要家における電気料金削減効果のみならず、小売事業者としての事業コスト（主に JEPX 調達コスト）削減効果が期待される。

本調査では、ステークホルダーの全体像として図 2-28 に示すものを想定し、北九州エコタウンセンターおよび、庁舎・小学校・消防署系の公共施設6施設に対し、実需要等のデータを用いて、EV・PV・省

[8] サブスク料金は、リース期間全体での小売の事業コスト削減分と需要家のコスト削減分の合計から、小売の粗利を差し引いたものを指す。

エネ機器を導入した場合の需要家の費用削減効果や、小売事業者としての事業コスト削減効果、更には機器導入のために拠出可能なEPCコスト[9]について分析を行う。ただし、省エネ機器・PVを導入するケースは庁舎・小学校・消防署系の公共施設のみを対象として分析を行った。また、エコタウンセンターについては既にPVが導入されているため、PV導入は所与の条件とし、新規の導入は行わないという条件で分析を行った。

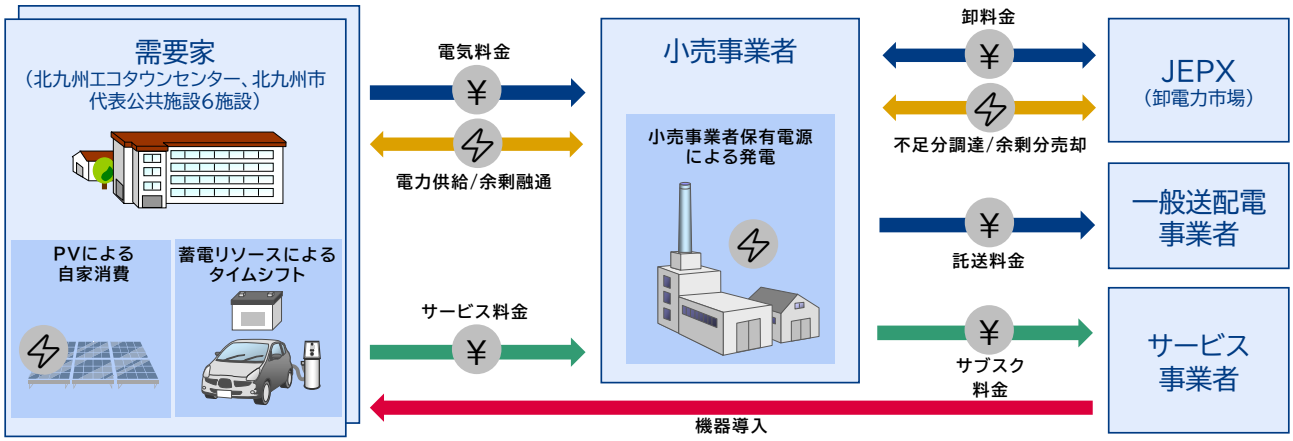


図 2-28 ステークホルダーの全体像

2）分析の方法

シミュレーションデータを用いた分析方法を表 2-6 に示す。

シミュレーション分析では、特定のEV蓄電池容量・PV容量の組み合わせを前提とし、スポット市場価格データと合わせて、小売事業者コストを最小化する、すなわち小売便益と需要家便益の合計が最大となるような充放電制御を行ったと仮定し、その際にサービス事業者が機器に対して拠出可能なEPCコストの算出を行った。

表 2-6 分析の方法

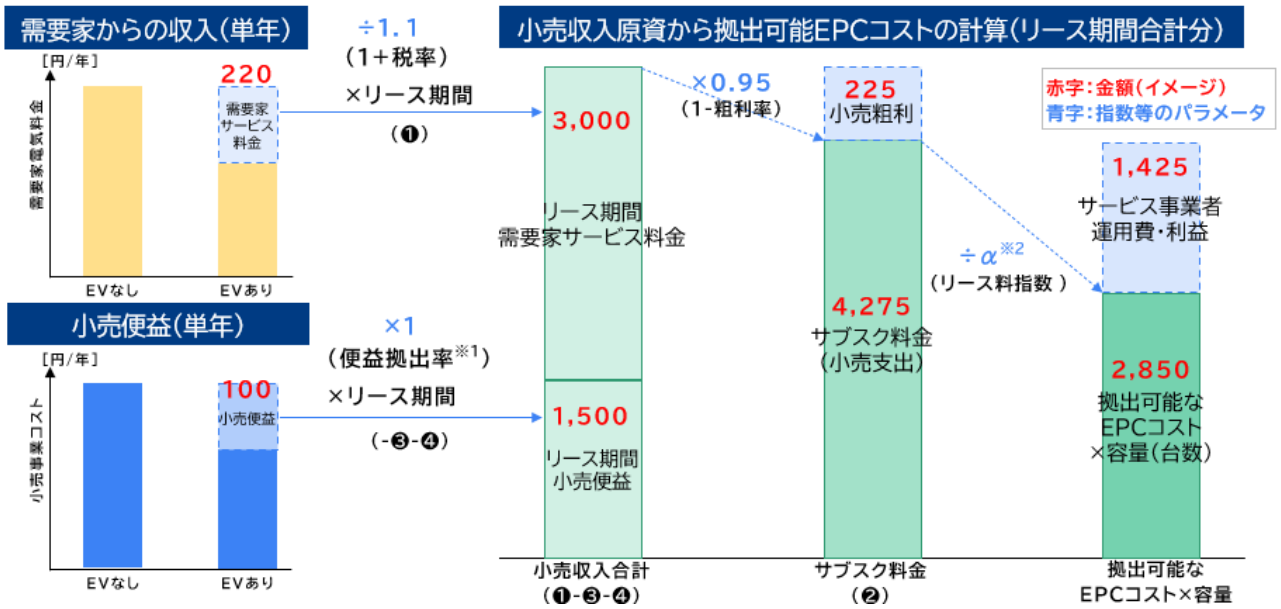
	シミュレーション分析
目的	• あるPV/EVの組合せにおいて、小売事業コストを最小化するための最適な機器運用を算出。 • 得られた小売収入[注1]からサブスク料金、EPCコストを算出。
分析内容	• とあるPV容量、EV容量を想定した、8,760hの小売事業コスト最小化問題を計算。 • EVを導入しなかった場合と比較して、削減された小売事業コストを小売便益とし、需要家の電気料金削減効果（＝需要家サービス料金）との合計を小売収入合計とする。 • 小売収入合計から小売の粗利やサービス事業者の収入を差し引き、EPCコストを算出。
アウトプット	• 需要家の電気料金削減効果 • 小売便益（＝削減された小売事業コスト） • 小売の粗利 • サービス事業者の収入 • EPCコスト（容量あたり単価）

注1 小売収入＝小売事業コストの削減分＋需要家の電気料金の削減分

[9] 拠出可能なEPCコストはサブスク料金からサービス事業者運用費・利益を差し引いたものを指す。

3）EPC コストまでの計算フロー

本分析では図 2-29 に示すような収益構造を想定しており、機器導入により得られる需要家からの収入、小売便益を原資として、拠出可能なEPC コストを算出した。需要家からの収入、小売便益は、EV を導入してアービトラージを行ったケースと EV を導入しなかったケースの差分として算出し、EV 車両、EV 充放電器それぞれの拠出可能な EPC コストを算出した。



※1 便益拠出率は 100%と設定
※2 αは機器ごとに異なる数値

図 2-29 収益構造のイメージ

4）小売収入の計算条件

小売収入の計算においては、図 2-30 に示すように、(A)EV を導入し、アービトラージを行った場合 と(B)EV を導入しない場合の差を小売収入とした。

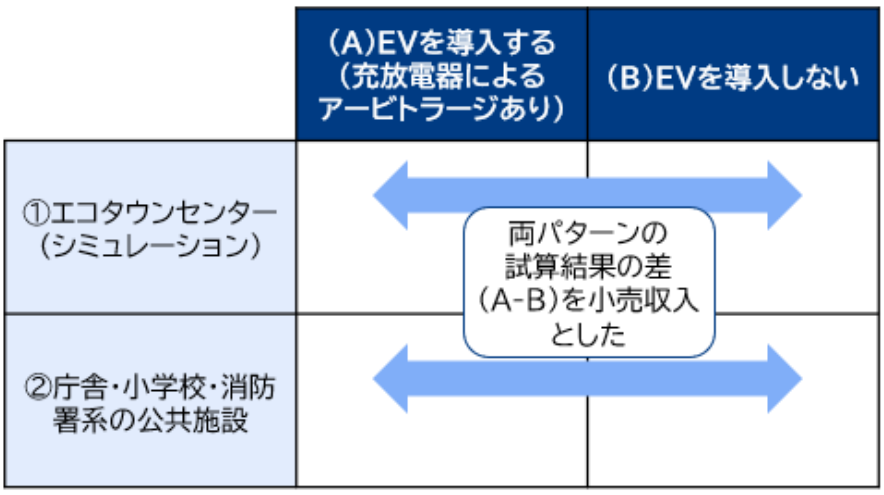


図 2-30 ケース比較

小売収入の計算後は、図 2-31 に示すように EV 車両・EV 充放電器ともに導入していない状況から、2 段階で EV 車両・EV 充放電器へのコストの割当てを実施した。

具体的には EV 車両のみを導入する場合に発生する便益（電力消費の増加や燃料代の節減等の項目）は、EV 車両の EPC コストに割当て、EV 車両に加えて EV 充放電器も導入する場合に発生する便益（小売調達コストの削減等の項目）は、EV 充放電器の EPC コストに割当てを行った。各項目の EV 車両・EV 充放電器への詳細な割当方法を表 2-7 に示す。

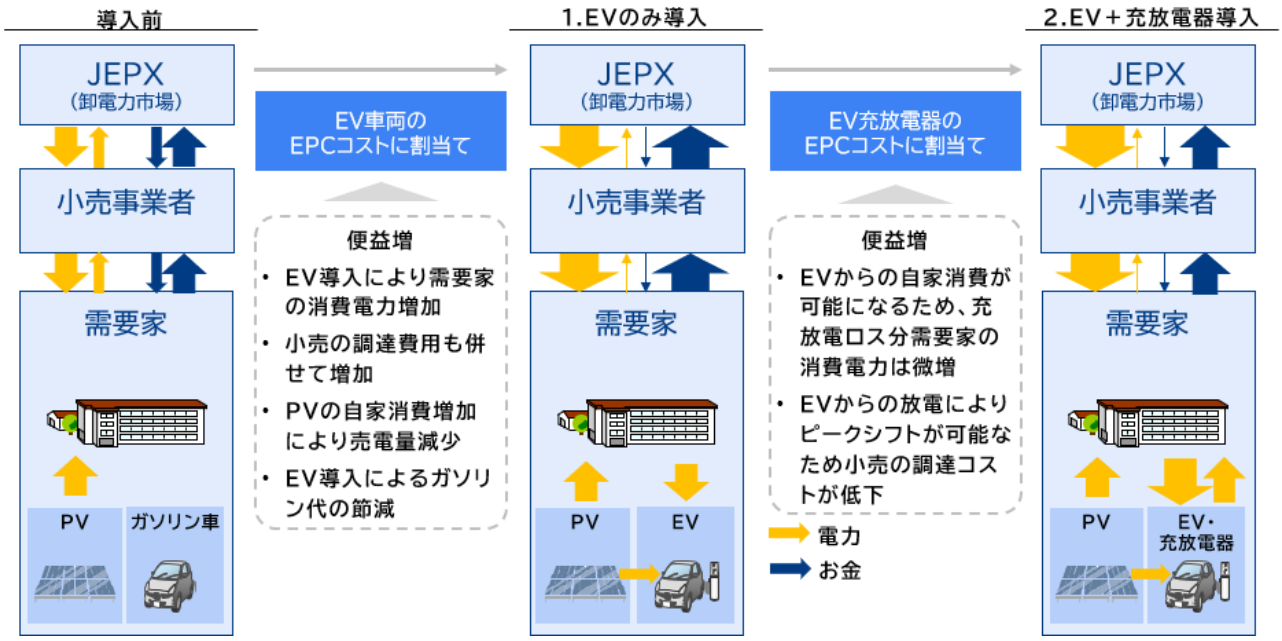


図 2-31 EPC コストの EV・充放電器への割当方法[10]

表 2-7 各項目の割当条件

分類	項目	割当方法
小売	調達費用削減	全量充放電器に割当
	調達費用増加	走行に利用した電力割合分を車両、残りを充放電器に按分して割当
	託送料金増加	走行に利用した電力割合分を車両、残りを充放電器に按分して割当
	余剰買取費用削減・余剰売電機会損失	走行に利用した電力割合分を車両、残りを充放電器に按分して割当
需要家	購入電気料金削減	全量充放電器に割当
	購入電気料金増加	走行に利用した電力割合分は車両に、残りは充放電器に割当
	余剰売電機会損失	走行に利用した電力割合分を車両、残りを充放電器に按分して割当
	ガソリン車代替による燃料削減効果	全量車両に割当

[10]矢印の太さは取引量の多寡のイメージを示している

5）シミュレーション計算条件

エコタウンセンターおよび庁舎・小学校・消防署系公共施設のシミュレーションにおいては表 2-8 の条件で充放電運用を行った場合の、自家消費への放電量[kWh] 、PV から EV への充電量[kWh]、系統から EV への充電量[kWh]から小売収入を試算した。

表 2-8 シミュレーション計算条件

目的関数	**一施設の小売事業コストの最小化** 小売事業コスト[注1] ＝ JEPX調達料金[注2] ＋ 託送料金 $=\sum_t\{(\text{卸価格単価}+\text{託送従量料金単価})\times(\text{買電kWh}-\text{余剰kWh})\}+\text{託送基本料金単価}\times\text{契約kW}$ 卸価格単価：JEPXの九州エリアスポット価格［円/kWh］ 託送料金単価：九州エリアの託送供給約款における高圧接続送電サービス料金単価［円/kWおよび円/kWh］
制約条件	① EVの充放電制約 ● 放電深度：35kWh/40kWh（＝87.5%） ● 充放電効率： ➢ 91%（2021・2022年度スポット価格データを用いる場合、実証と同様の値[注3]） ➢ 90%（2020年度スポット価格データを用いる場合[注4]） ● 充放電出力はPCS出力以下 ② 施設単位での需要と供給のバランス制約 ● 需要+売電+充電＝系統買電+PV発電+放電 ③ 導入設備の稼働 ● PV：発電量を設定 ● EV：アービトラージやピークカットにより小売事業コストを最小化するような運転を行う

注 1 インバランス料金に関してはインバランス発生の実績から精算されることや、事業コストに占める割合が大きくないことから、コスト検討の対象外とする。
注 2 小売事業者保有電源の稼働状況によっては JEPX からの調達が不要な時間帯も存在するが、当該時間帯は余剰分を JEPX に売却するため、一需要家としての買電 kWh を削減することは小売としての余剰売却分の増加に繋がり、事業者の事業コスト減（＝便益増）と見做すことができる。
注 3 北九州市で実施している実証試験における EV 充放電器の充放電効率を参照した。
注 4 2020 年データを用いる場合は、実証試験で得られた充放電効率を採用する場合と、昨年度の委託事業で類似のシミュレーションを実施したときの想定値を採用する場合とで導入効果を比較するため、昨年度の想定値である「90%」を用いて計算を行った。

6）パラメータ（エコタウンセンター）

エコタウンセンターのシミュレーションにおいては、表 2-9 の条件で、充放電の最適運用を行った場合の便益を試算した。EV は、9:00-12:00、13:00-16:00 の時間帯は走行のために電力消費（6kWh/日・台）し、残りの時間で充放電を行うと仮定した。

表 2-9 パラメータ(エコタウンセンター)

パラメータ名	システム仕様
PV容量[kW]	12
EV蓄電池容量[kWh]・台数[台]	24kWh・1台(リーフ) 16kWh・1台(アイミーブ)
充放電容量[kW]	10
PCS容量[kW]	10
卸電力価格[円/kWh]	2021年度実績値、2022年度実績値の2パターンで試算 (2022年度データがない分は2021年度のデータを使用)
エコタウンセンター需要[kW]	2021年度実績値
消費税率[%]	10
小売便益拠出率[%]	100
小売粗利率[%]	5
リース料率[%]	EV車両:175% EV充放電器:130%
リース期間	EV車両:14年 EV充放電器:10年

7) パラメータ(庁舎・小学校・消防署系公共施設)

庁舎・小学校・消防署系公共施設のシミュレーションにおいては、表 2-10 の条件で、充放電の最適運用を行った場合の便益を試算した。エコタウンセンターと同様に、EV は、9:00-12:00、13:00-16:00の時間帯は走行のために電力消費(6kWh/日・台)し、残りの時間で充放電を行うと仮定した。

表 2-10 パラメータ(庁舎・小学校・消防署系公共施設)

パラメータ名	システム仕様
PV容量 [kW]	庁舎系…12、小学校系…24、消防署系…12
EV蓄電池容量[kWh]・台数[台]	庁舎系:40kWh・5台 または 24kWh・1台+16kWh・1台 小学校系:24kWh・1台+16kWh・1台 消防署系:40kWh・1台 または 24kWh・1台+16kWh・1台
充放電容量[kW]	10
PCS容量 [kW]	庁舎系…10、小学校系…20、消防署系…10
卸電力価格[円/kWh]	下記3パターンで試算: 2020年度実績値、2021年度実績値、2022年度実績値 (2022年度データがない分は2021年度のデータを使用)
施設需要[kW]	2020年度実績値
消費税率[%]	10
小売便益拠出率[%]	100
小売粗利率[%]	5
リース料率[%]	EV車両:175% EV充放電器:130% PV:170% 省エネ機器:150%
リース期間	EV車両:14年 EV充放電器:10年 PV:20年 省エネ機器:15年

8）小売便益・需要家からの収入の計算方法

シミュレーション分析及び実証データの分析においては、表 2-11 の条件で小売便益を、表 2-12 の条件で需要家からの収入を試算した。

表 2-11 小売便益の計算方法

計算式	**小売便益の計算式** 小売便益 = ①調達費用削減 + ②余剰買取削減 − ③調達費用増加 − ④託送従量料金増加 − ⑤余剰売電機会損失 **各項目の計算式（各項目は30分コマごとに計算し集計）** ①調達費用削減 = 自家消費への放電量[kWh] × スポット市場価格[円/kWh] ②余剰買取削減 = PVからEVへの充電量[kWh] × PV余剰買取単価[円/kWh] ③調達費用増加 = 系統からEVへの充電量[kWh] × スポット市場価格[円/kWh] ④託送従量料金増加 =系統からEVへの充電量[kWh] × 託送従量料金単価[円/kWh] ⑤余剰売電機会損失= PVからEVへの充電量[kWh] ×スポット市場価格[円/kWh]	
パラメータ	自家消費への放電量[kWh]	シミュレーション：シミュレーションを行った結果の値
	PVからEVへの充電量[kWh]	
	系統からEVへの充電量[kWh]	
	電力の自家消費への利用率	合計充電量と自家消費への放電量から計算
	充放電効率	91%（2021・2022年度スポット価格データを用いる場合、実証と同様の値[注1]） 90%（2020年度スポット価格データを用いる場合[注2]）
	スポット市場価格[円/kWh]	2021年、2022年のスポット市場価格データ
	PV余剰買取単価[円/kWh]	7
	託送従量料金単価[円/kWh]	2．71（九州エリアの託送供給約款における高圧接続送電サービス料金単価）

注 1 北九州エコタウンセンターで実施している実証試験における EV 充放電器の充放電効率を参照した
注 2 2020 年データを用いる場合は、実証試験で得られた充放電効率を採用する場合と、昨年度の委託事業で類似のシミュレーションを実施したときの想定値を採用する場合とで導入効果を比較するため、昨年度の想定値である「90%」を用いて計算を行った。

表 2-12 需要家からの収入の計算方法

計算式	**需要家からの収入の計算式** 需要家からの収入 = ①購入電気料金削減 − ②購入電気料金増加 − ③余剰売電機会損失 **各項目の計算式（各項目は30分コマごとに計算し集計）** ①購入電気料金削減 = 自家消費への放電量[kWh] × 電気料金契約単価[円/kWh] ②購入電気料金増加 = 系統からEVへの充電量[kWh] ×電気料金契約単価[円/kWh] ③余剰売電機会損失 = PVからEVへの充電量[kWh] ×PV余剰買取単価[円/kWh]	
パラメータ	自家消費への放電量[kWh]	シミュレーション：シミュレーションを行った結果の値
	PVからEVへの充電量[kWh]	
	系統からEVへの充電量[kWh]	
	電力の自家消費への利用率	合計充電量と自家消費への放電量から計算
	充放電効率	91%（2021・2022年度スポット価格データを用いる場合、実証と同様の値[注1]） 90%（2020年度スポット価格データを用いる場合[注2]）
	電気料金契約単価[円/kWh]	10
	PV余剰買取単価[円/kWh]	7
	ガソリン車代替による燃料費削減効果[円/年]	シミュレーション：140，000（年間のガソリン車の燃料費：北九州市想定値） 実証：140,000×（実際の走行距離）/（シミュレーション時の想定走行距離）

注 1 北九州エコタウンセンターで実施している実証試験における EV 充放電器の充放電効率を参照した
注 2 2020 年データを用いる場合は、実証試験で得られた充放電効率を採用する場合と、昨年度の委託事業で類似のシミュレーションを実施したときの想定値を採用する場合とで導入効果を比較するため、昨年度の想定値である「90%」を用いて計算を行った。

（3）エコタウンセンターでの分析結果

1）結果サマリー

小売事業者便益、需要家便益、拠出可能な EPC コストそれぞれの結果分析を表 2-13 に示す。拠出可能な EPC コスト（設備導入に充当可能な金額）は、2021 年度スポット価格データを用いた場合は EV 車両約82万円・EV 充放電器約 11 万円、2022 年度スポット価格データを用いた場合は EV 車両約80万円・EV 充放電器約 27 万円となった。また、小売事業者便益、需要家便益、拠出可能な EPC コストのいずれも、2021 年度スポット価格データを用いた場合と 2022 年度スポット価格データを用いた場合で同様の傾向を示したため、以降は 2022 年度スポット価格データを用いた場合の結果のみを示すこととする[11]。

表 2-13 結果サマリー（エコタウンセンター）

	結果サマリー	
	EV車両	EV充放電器
小売事業者便益	• EV車両の導入によって需要家の電力使用量は増加するため、電力調達コストや託送料金はEVを導入しない場合と比較して増加する。 • スポット価格の安い時間帯にPVの発電を吸収できるため、PV買取による逆ザヤを防ぐことが可能。	• EV充放電器の導入により、EVに貯めた電気をスポット価格の高い時間帯に自家消費に回せるため、特に市場価格のボラティリティが大きい2022年において、大きく小売の調達コストを削減可能という結果となった。
需要家便益	• EV車両の導入によって電力使用量は増加するほか、PV発電量の吸収による売電機会の減少はあるものの、燃料費の削減効果が非常に大きく、便益は大きくプラスとなる。	• 市場価格連動型のプランにしていない需要家の場合、小売の調達コスト削減のためにEVの充放電量を増加させると、充放電ロスの発生量も増加し購入電力量が増加するため、需要家の便益は減少する。
拠出可能なEPCコスト	• 2022年度データを用いた場合は約80万円/台が拠出可能なEPCコストとなった。 • 充放電器によるアービトラージを考慮しない場合、EV車両の導入による購入電力量の増加はあるものの、アービトラージを行って自家消費に回す場合と比較すると増加量は限定的で、電力価格の大小による影響は少ない。	• 2022年度データを用いた場合は約27万円/台が拠出可能なEPCコストとなった。 • 小売の調達費用削減が収入のメインとなるため、電力価格のボラティリティの影響を大きく受ける。

2）計算結果 1-①拠出可能な EPC コスト（EV 車両）

EV 車両の導入により、サービス事業者が EV 車両に対して拠出可能な EPC コスト（設備導入に充当可能な金額）は、2022 年度データを用いた場合、図 2-32 に示す通り約 160 万円となった（1 台あたりに直すと約 80 万円）。

[11] 2021 年度スポット価格データを用いた場合の計算結果は参考資料 6 を参照

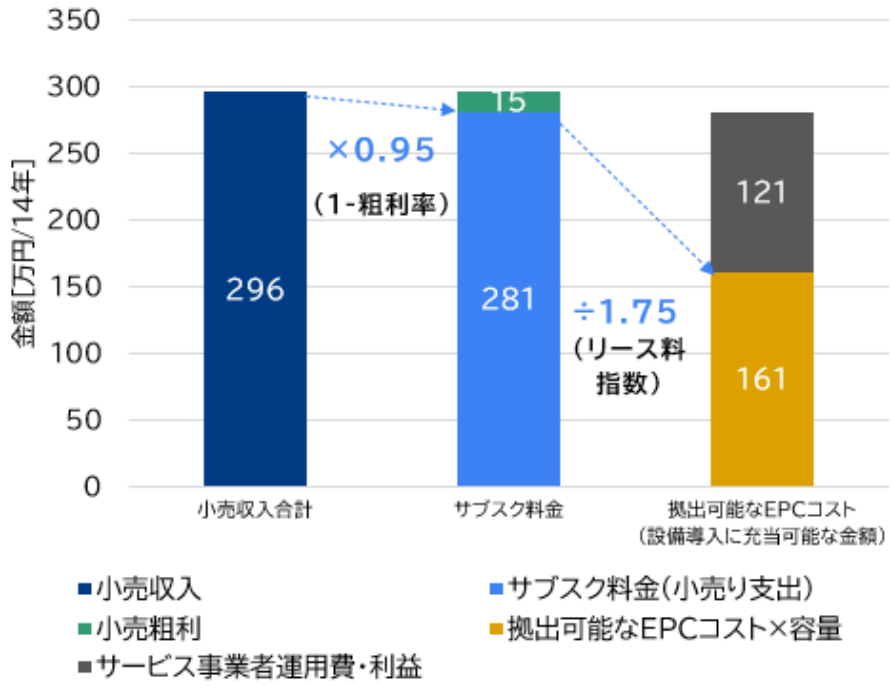


図 2-32 拠出可能な EPC コスト(EV 車両)の計算結果

3) 計算結果 1-②小売便益(EV 車両)

EV 車両についての小売便益の算出結果は、2022 年度のデータを用いた場合、図 2-33 に示す通り年間で約-2.6 万円となった。

EV 車両の導入によって需要家の電力使用量は増加するため、電力調達コストや託送料金は EV を導入しない場合と比較して増加する一方、スポット価格の安い時間帯に PV の発電を吸収できるため、PV 買取による逆ザヤを防ぐことが可能となった。

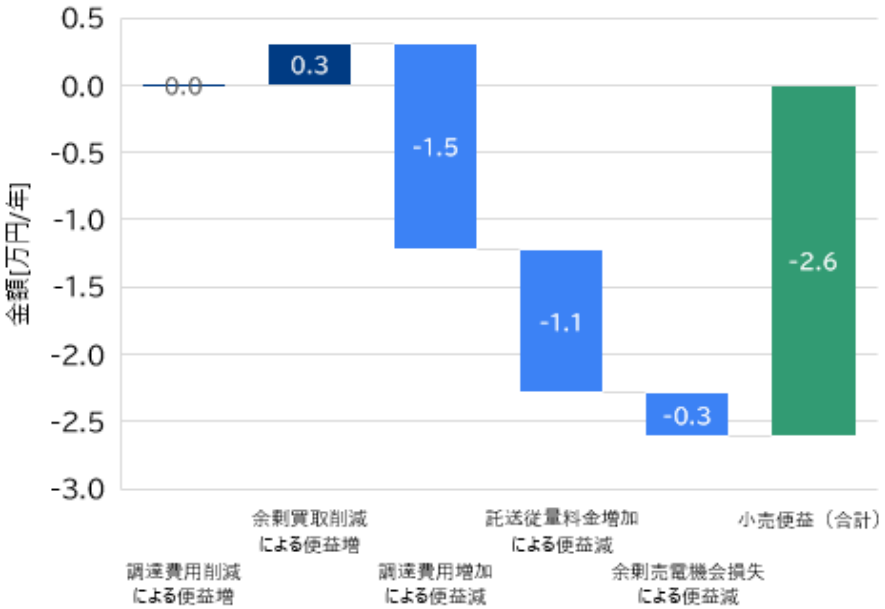


図 2-33 年間の小売便益(EV 車両)の計算結果

4）計算結果　1-③需要家便益（EV 車両）

EV 車両についての需要家便益の算出結果は、2022 年度のデータを用いた場合、図 2-34 に示す通り年間で約 23.8 万円となった。

EV 車両の導入によって電力使用量は増加するほか、PV 発電量の吸収による売電機会の減少はあるものの、燃料費の削減効果が非常に大きく、便益は大きくプラスとなった。

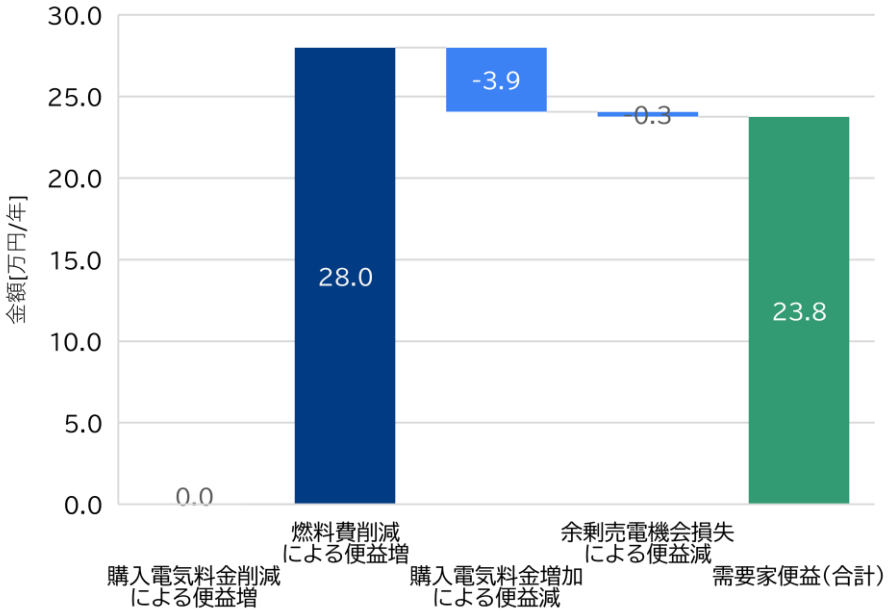


図 2-34　年間の需要家便益（EV 車両）の計算結果

5）計算結果　2-①拠出可能な EPC コスト（EV 充放電器）

EV 車両および EV 充放電器の導入により、サービス事業者が EV 充放電器に対して拠出可能な EPC コスト（設備導入に充当可能な金額）は、2022 年度データを用いた場合、図 2-35 に示す通り約 27 万円となった。

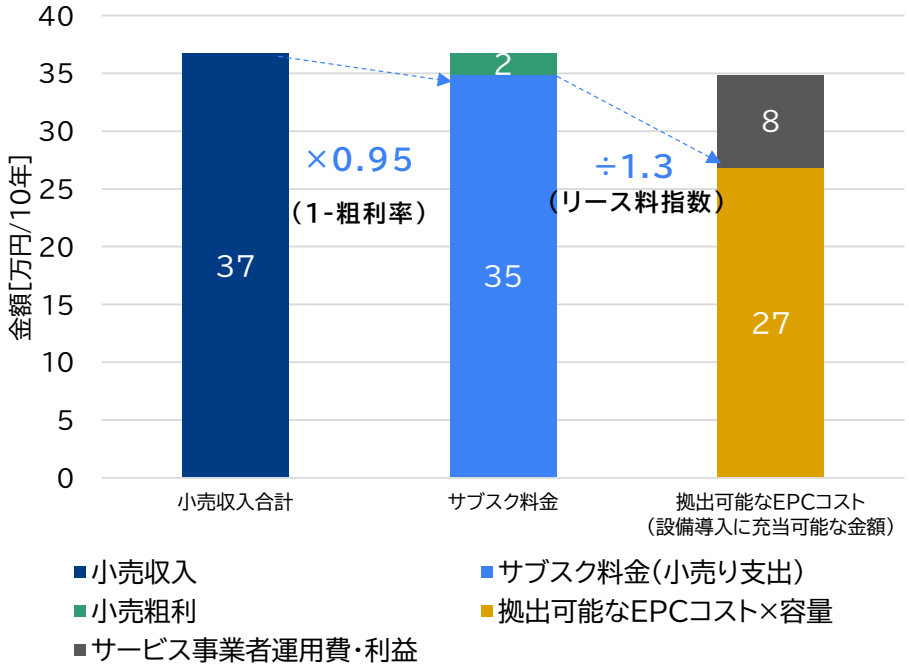


図 2-35 拠出可能な EPC コスト(EV 充放電器)の計算結果

6) 計算結果 2-②小売便益(EV 充放電器)

EV 充放電器についての小売便益の算出結果は、2022 年度のデータを用いた場合、図 2-36 に示す通り年間で約 4.8 万円となった。

EV 充放電器の導入により、EV に貯めた電気をスポット価格の高い時間帯に自家消費に回せるため、特に市場価格のボラティリティが大きい 2022 年においては、大きく小売の調達コストを削減可能という結果となった。

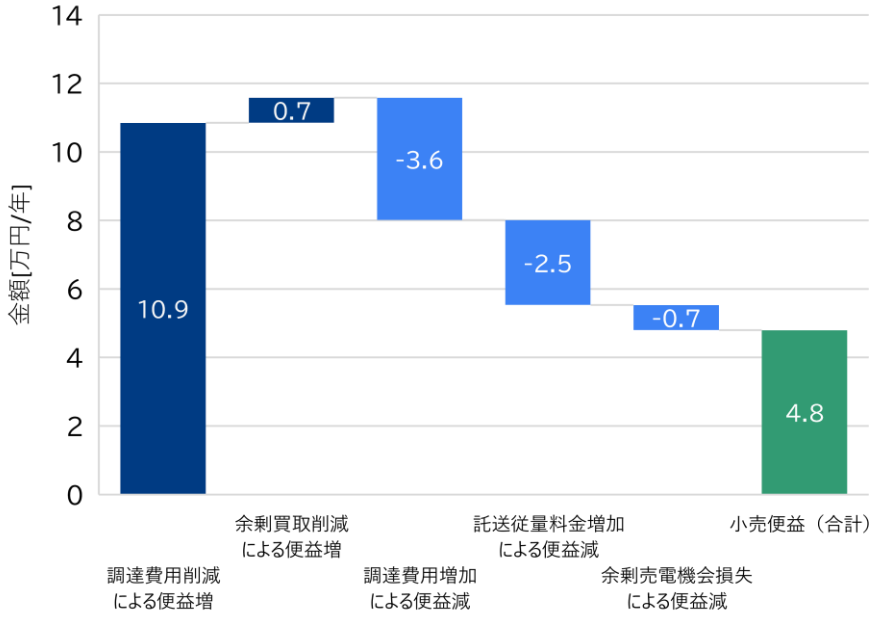


図 2-36 年間の小売便益(EV 充放電器)の計算結果

7）計算結果　2-③需要家便益（EV 充放電器）

EV 充放電器についての需要家便益の算出結果は、2022 年度のデータを用いた場合、図 2-37 に示す通り年間で約-1.1 万円となった。

市場価格連動型のプランにしていない需要家の場合、小売の調達コスト削減のために EV の充放電量を増加させると、充放電ロスの発生量も増加し購入電力量が増加するため、需要家の便益は減少する。

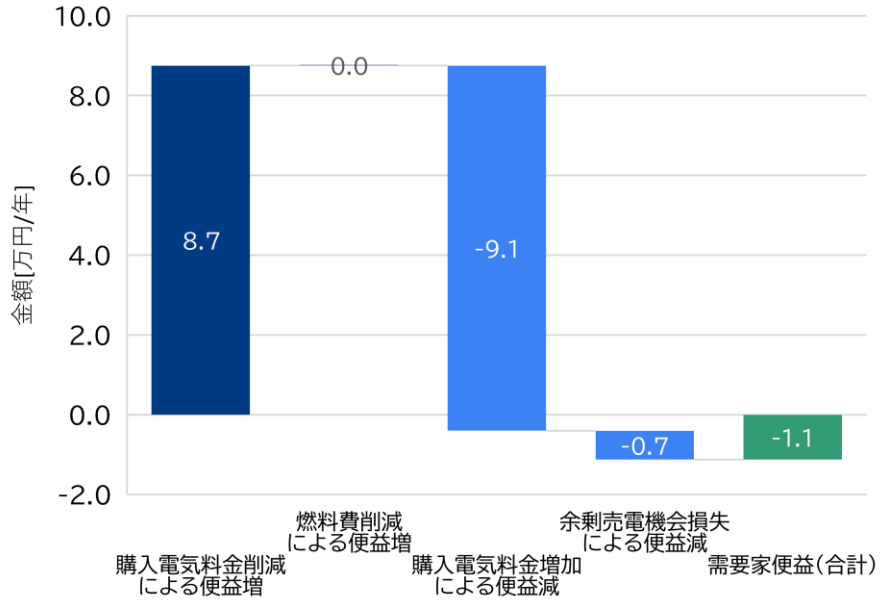


図 2-37　年間の需要家便益（EV 充放電器）の計算結果

（4）庁舎・小学校・消防署での分析結果

1）結果サマリー

分析によって得られた結果を表 2-14 に示す。庁舎・小学校・消防署系公共施設の分析では、いずれの機器を導入した場合も、基本的に市場のボラティリティが大きいほど機器導入による便益は増加した。

表 2-14 結果サマリー（庁舎・小学校・消防署）

	結果サマリー
EV（車両・充放電器）	• 2020年度データを用いた計算結果と比較すると、充放電効率が改善したほか、2021・2022年度はスポット価格のボラティリティが増大したため、拠出可能なEPCコストは基本的に改善傾向となった。 • 特に需要が1日を通して高く、自家消費への放電による小売調達コストの削減効果が大きくなる消防署系施設では、ボラティリティの拡大により充放電器へ拠出可能なEPCコストが大幅に増加し、トータルのEPCコストの増加につながった。
PV	• 2020年度データを用いた計算結果と比較すると、スポット価格のボラティリティが年を追うごとに拡大したため、PVの導入による小売の調達コストの削減の効果が増大し、いずれの施設においても拠出可能なEPCコストは増加した。
省エネ機器	• 2020年度データを用いた計算結果と比較すると、スポット価格のボラティリティが年を追うごとに拡大したため、省エネ機器の導入による小売の調達コストの削減の効果が増大し、ほとんどの施設で省エネ機器の導入に拠出可能なEPCコストは増加した。 • 若松消防署本署については、ガス機器の省エネ機器による代替により総額として大きな効果が出るものの、年を追うごとにスポット価格のボラティリティが高まり、電力需要の増加に伴う小売調達コストの増加が大きくなったため、拠出可能なEPCコストが小さくなったと考えられる。

2）EV＋PV ケース

EV および EV 充放電器の導入による庁舎・消防署系公共施設の各機器へ拠出可能な EPC コストの算出結果を表 2-15 および図 2-38 に示す。計算の際、各施設には PV 導入済みとして計算を行った。また導入する EV の台数と蓄電池容量は表 2-10 の通りである[12]。

いずれの施設でも 2020 年度データよりもスポット価格のボラティリティが高まったことや充放電効率の改善により小売の調達コストの削減の効果が増大し、いずれの施設においても拠出可能な EPC コストは増加した。特に需要が 1 日を通して高く、自家消費への放電による小売調達コストの削減効果が大きくなる消防署系施設では、ボラティリティの拡大により充放電器へ拠出可能な EPC コストが大幅に増加し、トータルの EPC コストの増加につながった。

表 2-15 施設別の拠出可能な EPC コスト（EV）

施設	EV車両（/14年・台）		EV充放電器（/10年）		合計		2020年度データ 充放電効率90%
	2021年度データ	2022年度データ	2021年度データ	2022年度データ	2021年度データ	2022年度データ	
貫市民センター（最大需要:50kW）	76万円	76万円	10万円	25万円	86万円	101万円	52万円
島郷合同庁舎（最大需要:98kW）	73万円	74万円	10万円	40万円	83万円	114万円	49万円
若松消防署本署（最大需要:50kW）	95万円	95万円	31万円	56万円	126万円	151万円	121万円
小倉北消防署浅野分署（最大需要:22kW）	113万円	109万円	50万円	65万円	164万円	175万円	110万円

※EV 蓄電池容量は、貫市民センター・島郷合同庁舎が 40kWh×5 台、若松消防署本署、小倉北消防署浅野分署が 40kWh×1 台

[12] エコタウンセンターと同条件（EV2 台、蓄電池容量計40kWh）でシミュレーションを行った場合の計算結果は参考資料6参照。

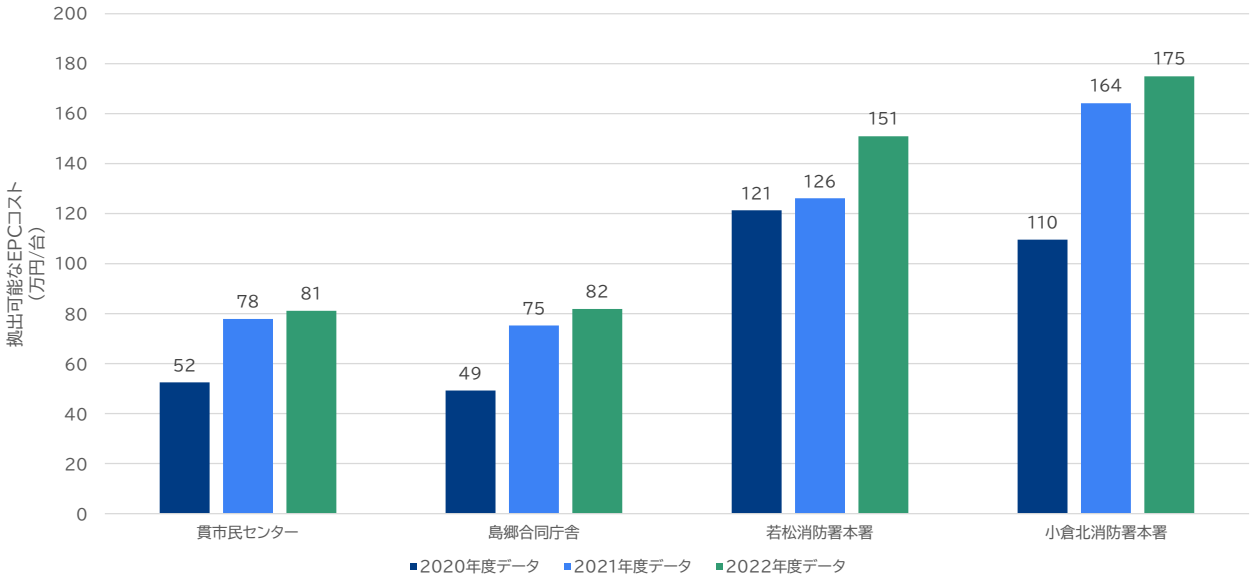


図 2-38 施設別の拠出可能な EPC コスト（EV）

3）PV ケース

PV の導入による庁舎・小学校・消防署系公共施設の各機器へ拠出可能な EPC コストの算出結果を図 2-39 に示す。PV ケースでは PV のみの導入による需要削減の効果を評価した。

2020 年度データで計算した結果と比較すると、スポット価格のボラティリティが年を追うごとに拡大したため、PV の導入による小売の調達コストの削減の効果が増大し、いずれの施設においても拠出可能な EPC コストは増加した。

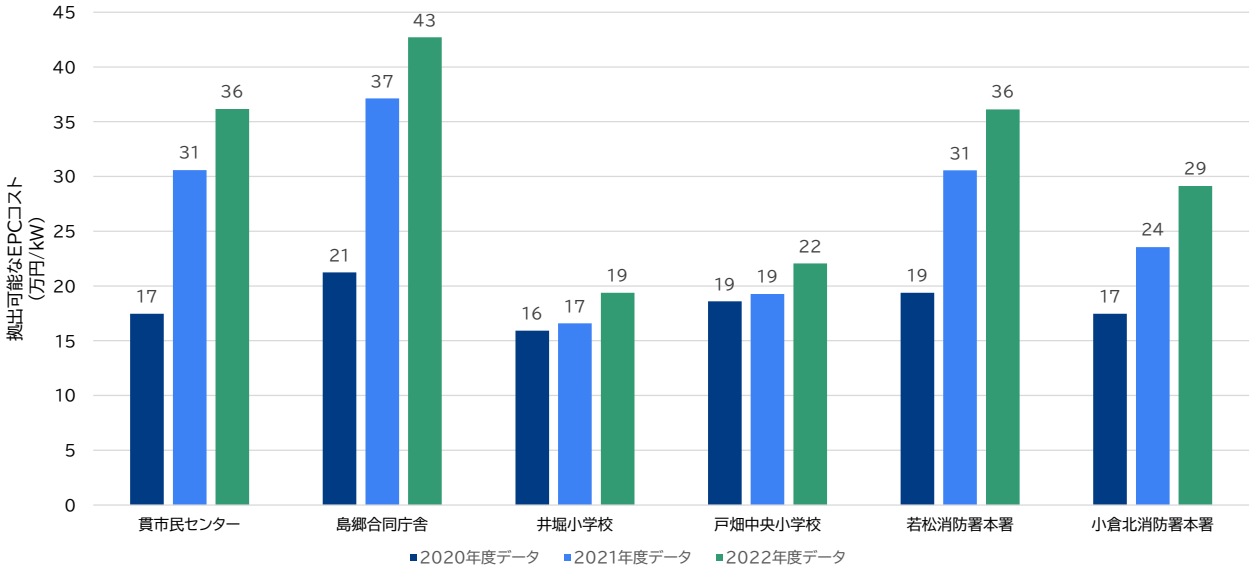


図 2-39 施設別の拠出可能な EPC コスト（PV）

4）省エネ機器ケース

省エネ機器の導入による庁舎・小学校・消防署系公共施設の各機器へ拠出可能な EPC コストの算出結果を図 2-40 に示す。省エネ機器ケースでは省エネ機器のみの導入による需要削減の効果を評価した。

2020 年度データで計算した結果と比較すると、スポット価格のボラティリティが年を追うごとに拡大したため、省エネ機器の導入による小売の調達コストの削減の効果が増大し、ほとんどの施設で省エネ機器の導入に拠出可能な EPC コストは増加した。

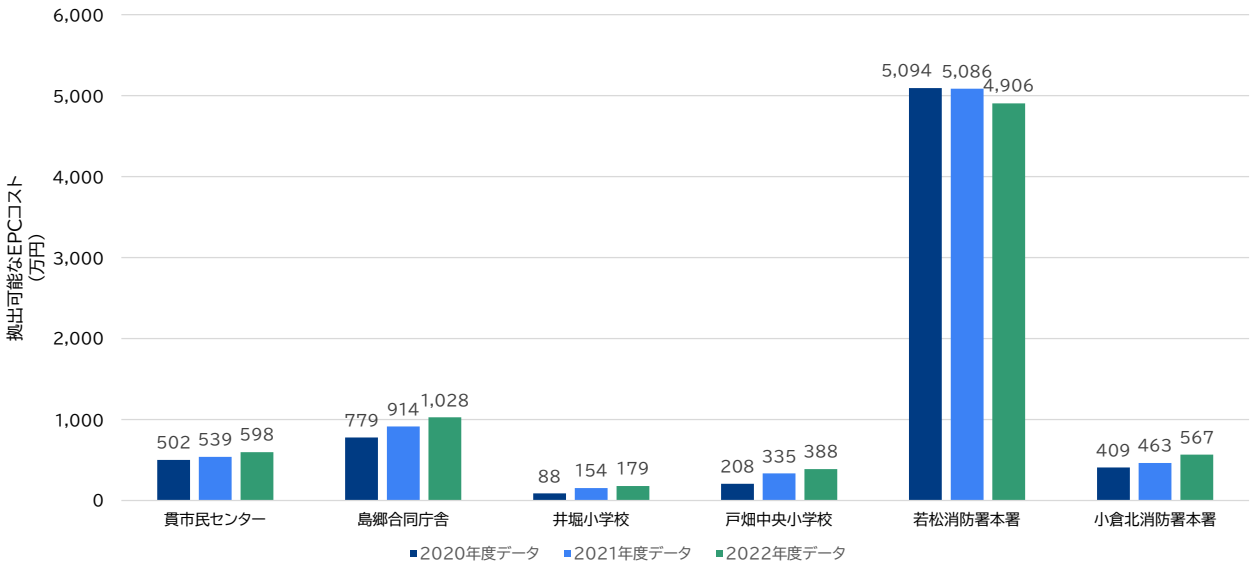


図 2-40 施設別の拠出可能な EPC コスト（省エネ機器）

2.2 地域企業等による再生可能エネルギーの最大限の活用方策の検討

2.2.1 調査の目的と背景

2050 年のゼロカーボン実現に向けては地域の脱炭素化戦略が大きなカギを握る。特に変動性再生可能エネルギーのアグリゲーターとして地域新電力会社に求められる役割はさらに高まってきている。平成 30 年に閣議決定された第五次環境基本計画においては、重点戦略のひとつとして「地域資源を活用した持続可能な地域づくり」が掲げられており、その中で表 2-16 に示す地域新電力の推進が謳われている。

表 2-16 環境基本計画における地域新電力の位置づけ

（地域新電力等の推進） 地域の再生可能エネルギーを活用し低炭素化を推進する地域新電力等の事業体により、民間の創意工夫の下、地域における面的な低炭素化が事業として持続的に展開することが可能となる。このため、地域の低炭素化の自立的な普及を促進する事業体等の形成を推進する。

出所：環境省（2018）環境基本計画
https://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku/plan/plan_5/attach/ca_app.pdf

経済産業省によると、2021 年 7 月現在、75 の自治体新電力（自治体出資が確認できた新電力）が存在するとしている[13]。ところが、図 2-41 に示すとおり 2021 年秋以降、JEPX 価格高騰によって FIT 電力を多く調達する新電力や地域新電力などが大きな影響を受けつづけている。以下に、日平均の JEPX 価格（関西エリアプライス）の変動を示す。2021 年 1 月の高騰以降も、2021 年の秋ごろから電力の市場価格が高騰しており、地域新電力をはじめ電力事業者の経営を慢性的に圧迫している。

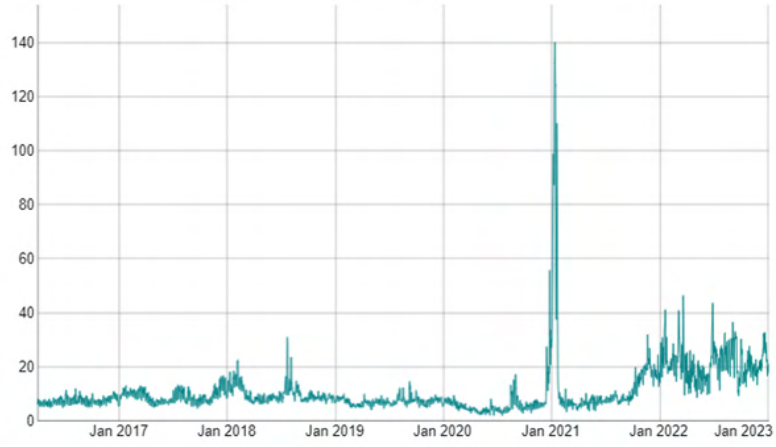


図 2-41 JEPX 卸電力市場の日平均価格の推移（関西エリアプライス）

こうした JEPX 卸電力市場の高騰により、新電力事業の事実上の撤退や倒産、停止が相次いでいる。帝国データバンクの調査によると、図 2-42 に示すとおり 2021 年 4 月までに登録のあった新電力会社 706 社のうち、11 月 28 日時点で 146 社（21%）が倒産や撤退、契約停止などを行っている。

[13] 経済産業省（2021）電力・ガス小売全面自由化の進捗状況について

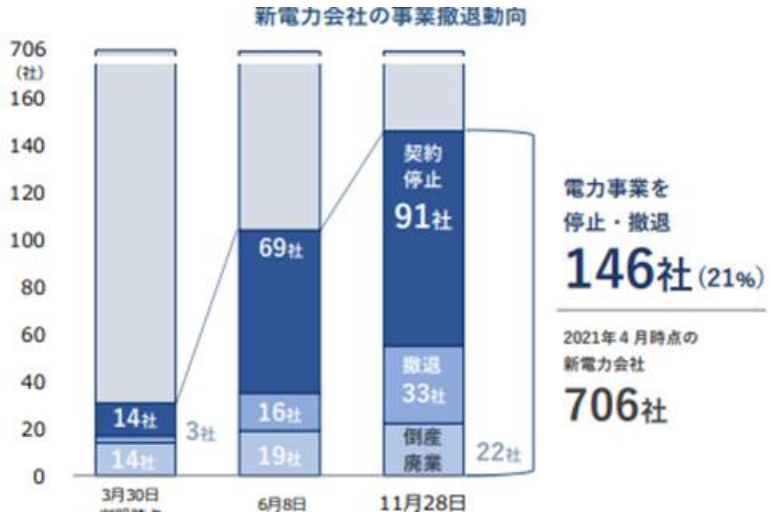


図 2-42 新電力会社の事業撤退動向

出所：帝国データバンク（2022）「新電力会社」事業撤退動向調査（11 月）
https://www.tdb.co.jp/report/watching/press/pdf/p221202.pdf

また、市場価格高騰の影響に関する自治体・地域新電力を対象にしたアンケート調査では、図 2-43 に示すとおり、回答を得られた 72 の事業者のうち、「甚大な影響であり、今後の経営継続に影響を与えうる」と回答したのが 25%、「影響があるが、経営は継続の方向」とした回答が 61.1%であった。一方で、「影響はそれほど大きくない」との回答は 11%にとどまっており、多くの自治体・地域新電力が経営的に難しい局面を迎えていることが窺える。

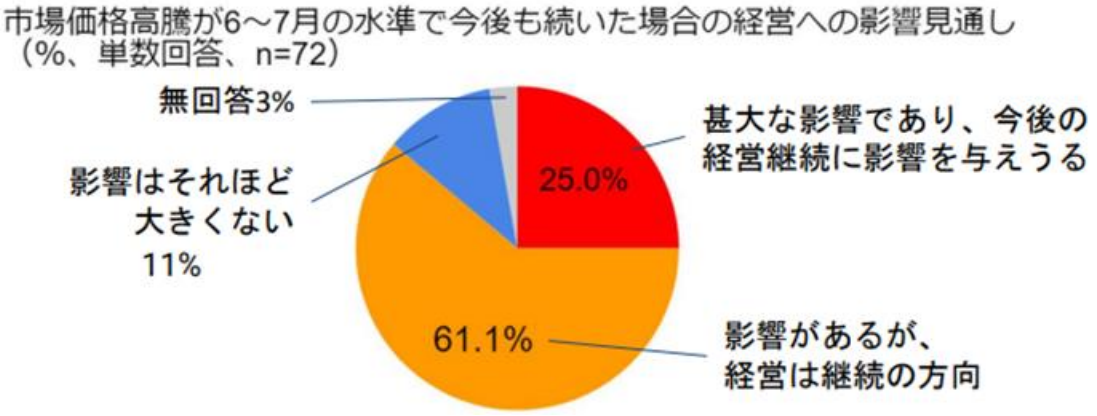


図 2-43 市場価格高騰による自治体・地域新電力への影響

出所：パワーシフト・キャンペーン運営委員会/朝日新聞社（2022）「自治体・地域新電力の可能性と市場価格高騰 2022 調査報告書」
https://power-shift.org/wp-content/uploads/2022/12/jichitaichiiki_report2022.pdf

電力市場の高騰は、主に国際市場の燃料価格の高騰に起因しており、電気料金に燃料調整費という形で消費者価格に反映されている。図 2-44 は関西電力の燃料費調整額の推移を示したものであるが、例えば関西エリアにおける高圧契約の場合、2021 年 1 月時点では-1.61 円/kWh であったものが、1 年後の 2022 年 1 月には 1.14 円/kWh、2023 年 1 月には 10.31 円/kWh へと急速に増加している。こうした価格上昇は地域住民、企業、自治体に大きな影響を与えている。実際、数多くの自治体で電気代が高騰し、年度予算の大幅な見直しが必要となっている状況である。

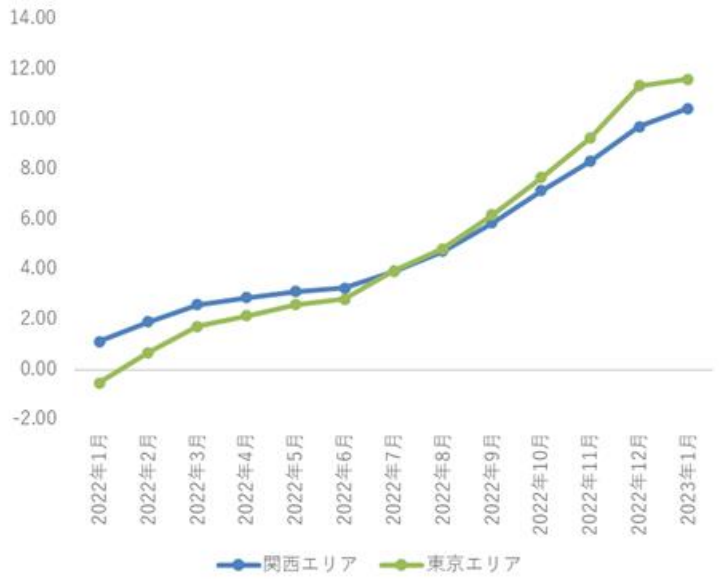


図 2-44 関西エリア、東京エリアの燃料費調整額(円/kWh)の推移

地域における再生可能エネルギー主力化の大きな役割を担う地域新電力が、こうしたリスクを回避し、安定的な事業環境を保つためには、全体の発電側のリソース確保に加えて、地域内において、エネルギー管理を実施するための需要側リソースを確保し、それらを統合的に管理(エネルギーマネジメント)することが求められている。

そこで、本調査では、地域新電力会社に着目し、脱炭素化および再生可能エネルギーの利用拡大に向けて交通分野および熱供給分野とのエネルギーのセクターカップリングによる地域脱炭素化とエネルギーの安定供給の可能性を検討することを目的に、実証的な検討を行った。

表 2-17 国の節電プログラム促進事業

2022 年度冬季においては、電力価格の高騰と厳しい電力需給が見通されたため、国は政策として、節電プログラム(令和 4 年度電気利用効率化促進対策事業費補助金)を導入した。

同プログラムは大きく、①プログラム参加特典、②節電達成特典(月間型)、③節電達成特典(指定時間型)に分類される。

プログラム参加特典は、冬の節電プログラムに参加表明するだけで支援を受けられる仕組みであり、節電できたかどうかに関わらず、低圧(50kW)未満であれば 2,000 円、高圧(50kW 以上)であれば、20 万円が支給される。

節電達成特典のうち、月間型(kWh 型とも呼ばれる)は、ベースライン(通常は前年同月をベースラインとするが、事業者独自の代替ベースラインを設定することも可能)の電気使用量に対して 3%以上の節電を達成した場合に、低圧であれば 1,000 円/月、高圧は 20,000 円/月補助される。

節電達成特典のうち指定型(kW 型とも呼ばれる)は、需給逼迫注意報の発令時や事業者が設定した時間帯における節電分に対して一定の割合の補助を行うものとなっている。図 2-45 に節電プログラム促進事業の概要を示す。

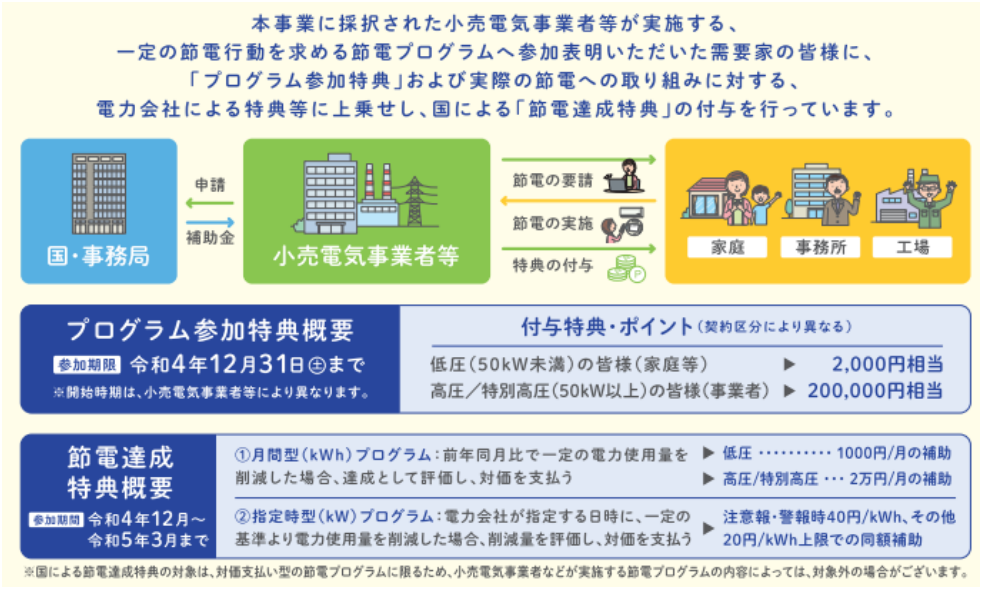


図 2-45 節電プログラム促進事業の事業スキーム

出所：エネルギー資源庁（2022）節電プログラム促進事業 リーフレット
https://setsuden.go.jp/business/#

2.2.2 実証対象地域

実証の対象地域としては、具体的な地域として図 2-46 に示す大阪府豊能郡能勢町（以下、能勢町）を選定した。能勢町では、2020 年 7 月に隣接する豊能町と共に、地域新電力会社「能勢・豊能まちづくり」を設立している。

また、能勢町は 2021 年度には SDGs 未来都市に選定され、2022 年 12 月には「ゼロカーボンタウン能勢」の実現に向けて ～地域の高校生と共に推進するまちづくり～」として第 10 回グッドライフアワードで環境大臣賞（学校部門賞）を受賞するなど、脱炭素化と地域経済循環の実現に向けて積極的に活動を進めている地域である。

なお、本実証は、能勢町および能勢・豊能まちづくりの協力のもとで実施した。



図 2-46 実証対象地域の概要

2.2.3 夏季における空調需要削減対策の検討

夏季のピーク時間における公共施設の電力需要対策について検討を行った。具体的には夏季の電力消費量が大きい公共施設のうち、教育関連の 5 施設を対象とし、空調負荷を低減する各種シェード等による対策を導入し、その空調負荷低減を図った。

また、シェード設置前後のデータを取得し、外気温と空調負荷の変化を比較することでその効果を検証した。

（1） 施設の導入対策のまとめ

表 2-18 に本実証において夏季の空調需要削減対策として導入した対策および当該対策を導入した施設の概要を整理する。なお、対策の選定にあたっては、当該施設の施設管理者と協議の上、日常業務に支障をきたさないよう最大限配慮して実施した。

表 2-18 施設別の導入対策の概要

施設分類/教室（床面積：m^2）		導入対策			対策導入費用（円）
		対策種類	色 / 遮光率	大きさ / 枚数	
A 小中学校（13,198 m^2）		シェード	アイボリー / 遮光率 70%	2m×2m×25 枚	58,371
B 小学校（6,479 m^2）		遮熱ネット	シルバー / 遮熱効果 11℃*	1m×2m×12 枚	36,008
C 幼稚園（7,566 m^2）		寒冷紗（農業用遮光ネット）	白 / 遮光率 75～80%	2m×50m	30,526
D 保育園・幼稚園（985 m^2）	テラス	シェード	ベージュ系 / 遮光率 70%	3m×2m×6 枚	25,963
	教室①	シェード	ベージュ系 / 遮光率 70%	1.8m×2.4m×1 枚 1.8m×1.8m×1 枚	
	教室②	シェード	ベージュ系 / 遮光率 67%	1.8m×1.76m×1 枚	
E 保育園（985 m^2）		寒冷紗（農業用遮光ネット）	白 / 遮光率 65%	2m×2m×12 枚	23,952

*一般財団法人日本繊維製品品質技術センターの試験環境における試験値

対策効果の分析にあたっては、原則として 2022 年 7 月 1 日～9 月 30 日までの 3 か月間とした。ただし、当該教育機関のイベントカレンダーより、夏季休暇や休祝日、半日授業など、平日の授業日と電力消費パターンが異なると考えられる日は分析対象から除去した。このため対象施設によって分析対象日数が異なることに留意が必要である。

また、1 日の平均電気代削減率は、対策導入後の実証日を対象に以下の式で算出した。

$$ES = \frac{\sum(P' - P)}{D} \times UC$$

ここに

ES: 1 日平均の節電代（円/日）

P: 実際の電力消費量（kWh）

P': 対策導入前の回帰線から推定される仮想的な電力消費量（kWh）

D: 実証日数（日）

UC: 電気代単価（円/kWh）

である。なお、電気代の価格は簡単のため期間を通じて 30 円/kWh と想定した。

さらに、3 か月間の実証対象日の電気代削減額の総額で除して、対策の投資回収年を算出した。

（2）施設別対策導入効果の検証

1）A 小中学校

a. 施設および対策の概要

A 小中学校は、小学校と中学校が統合的に運用されている 3 階建ての学校であり、延べ床面積が 13,918m^2 と広い。2 階部分および 3 階建て部分には庇があるため、一定の日影ができていたものの、南向きの 1 階部分は直射日光を受けている時間帯が長い状況が確認された。

また、施設管理者との意見交換では、犯罪抑制のために、室内より外の状況が見える状況を確保すること、窓の近くの通行の妨げとならないよう、シェードは斜めに設置せず、窓面に沿って設置すること、避難経路となる一部の窓にはシェードを設置しないこと、人が常駐する教室などに重点的に設置をしていくことなどの方針を確認した。

これらを受けて、設置する開口部を詳細に検討したところ、本実証では図 2-47 に示すように 1 階で南向きの開口部のうち、50%程度をカバーすることとなった。



図 2-47 A 小中学校のシェード設置後の様子

b. 分析手法

A 小中学校における分析手法を表 2-19 に示す。

表 2-19 分析手法(A 小中学校)

分析期間	2022 年 7 月 1 日～9 月 30 日
分析対象除去日	土・日・水・祝日、夏季休業期間(7/21～8/23)および短縮授業日程を除去
分析手法	シェード設置日の電力消費量を対策なしケースの回帰線に基づいて推計。実測値との差分を削減量とした。また、シェード未設置日も含めた対象日の電力消費量に削減率を積算し、電力小売単価*を掛け合わせたものを期待削減金額とした。

*ここでは簡単のため 30 円/kWh と想定した

c. 対策効果

図 2-48 に示すように対策の導入前における日電力消費量と日平均気温の相関は高く、調整済み決定係数は 0.92 であったが、対策導入後の決定係数は 0.18 となっており、気温との相関が低くなっている。このため、明確に削減効果としての評価は難しいが、この回帰線に従って 13 日間の通算電力削減量を推計すると表 2-20 に示すように 1,429kWh と算出され、これは 3%の削減効果に相当する。1 日当たりの節電金額は 3,298 円と算出され、本施設の対策費用の合計は 58,371 円であったことに鑑みると、単純計算で夏季の日数にして 17.7 日程度で投資回収できる計算となる。

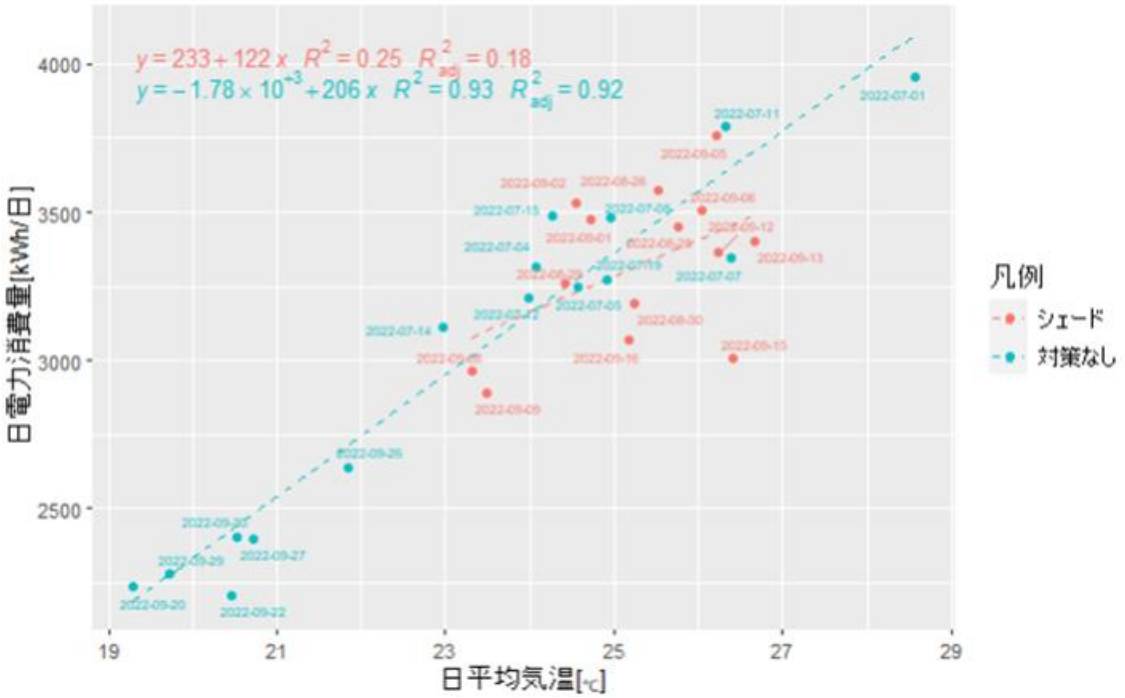


図 2-48 対策導入前後の日電力消費量と日平均気温の相関(A 小中学校)

表 2-20 対策効果のまとめ(A 小中学校)

対策導入期間(13 日間)の通算電力削減量	1,429 [kWh]
対策導入期間(13 日間)の通算電力削減率	3.0 [%]
1 日平均電気代削減額	3,298[円]
投資回収期間	17.7 日

2) B 小学校

a. 施設および対策の概要

B 小学校は延べ床面積 6,479m^2 の小学校である。施設管理者との意見交換では、やはり犯罪抑制のため、可視性を重視する旨の意見が挙げられた。そこで、本実証では、試験的に一階で南向きに面した保健室に、遮熱効果が高いとされる遮熱ネットを導入することとした。

図 2-49 に示すようにこの遮熱ネットは窓枠に合わせてカットする必要があるため、導入にあたって一定の手間が発生するとともに、導入初期費用が相対的に高価であるが、可視性が高く、風による影響を受けにくい構造となっているため、施設管理者からのニーズに応えられる可能性が高いと考えた。



図 2-49 B 小学校の遮熱ネット設置の様子

そこで、直射日光の当たる場所について、サーモグラフィーによる熱の流入を確認したところ、図 2-50 に示すように室内の床の温度は設置の有無で約 10℃の差が確認できた。

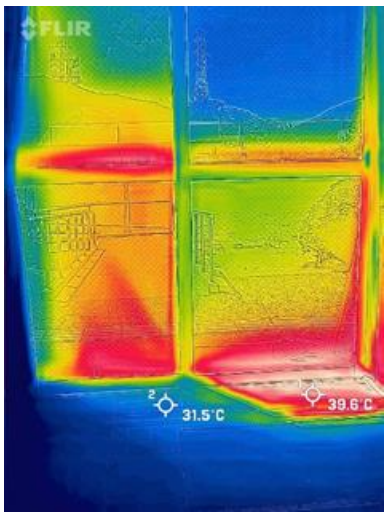


図 2-50 遮熱ネット設置有無による熱の流入

b. 分析手法

B 小学校における分析手法を表 2-21 に示す。

表 2-21 分析手法(B 小学校)

分析期間	2022 年 7 月 1 日～9 月 30 日
分析対象除去日	土・日・祝日、夏季休業期間(7/21～8/24)および短縮授業日程(7/19, 7/20, 8/25, 8/26～8/31, 9/13)を除去。また、極端に電力消費量が小さい 9/16 を除外した。
分析手法	シェード設置日の電力消費量を対策なしケースの回帰線に基づいて推計。実測値との差分を削減量とした。また、シェード未設置日も含めた対象日の電力消費量に削減率を積算し、電力小売単価*を掛け合わせたものを期待削減金額とした。

*ここでは簡単のため 30 円/kWh と想定した

c. 対策効果

本施設の場合、比較的長く対策導入後の期間を設定できたこともあり、図 2-51 に示すように日電力消費量と日平均気温の相関は対策前も対策後も高く、調整済み決定係数はそれぞれ 0.71、0.89 となっている。対策前後の回帰線に従って対策導入期間 18 日間の通算電力削減量を推計すると表 2-22 に示すとおり 704kWh と算出された。これは同施設の電力消費量の 10.3%の削減効果に相当する。1 日当たりの節電金額は 1,173 円であり、本施設の対策費用の合計は 36,008 円であったことに鑑みると、単純計算で夏季の日数にして 30.7 日程度で投資回収できる計算となる。

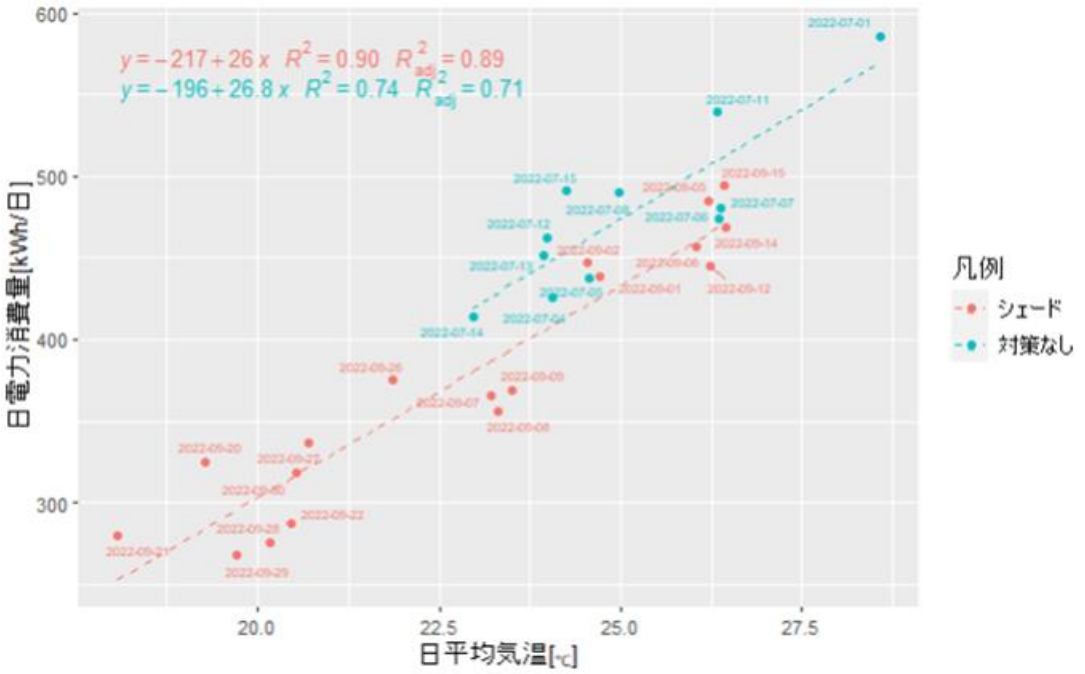


図 2-51 対策導入前後の日電力消費量と日平均気温の相関(B 小学校)

表 2-22 対策効果のまとめ(B 小学校)

対策導入期間(18 日間)の通算電力削減量	704 [kWh]
対策導入期間(18 日間)の通算電力削減率	10.3 [%]
1 日平均電気代削減額	1,173[円]
投資回収期間	30.7 日

3) C 幼稚園

a. 施設および対策の概要

C 幼稚園は、小学校内に併設された幼稚園であり、建物全体の延べ床面積は 7,566m^2 となっている。対策を導入したのは幼稚園の教室内のみであるが、幼稚園のみの電力消費量を抜き出すことは困難であったため、本分析では小学校と幼稚園の電力消費量を統合したもので評価していることに留意されたい。

同施設では、すでに多くの場所でシェードを設置していたため、一部未設置の窓(教室、職員室、ホール)に設置することとした。施設管理者との意見交換では、2 階は、作業上、外側での設置が難しいため、図 2-52 に示すように室内で白のシェードを設置することとした。



図 2-52 C 幼稚園の外観

b. 分析手法

C 幼稚園における分析手法を表 2-23 に示す。

表 2-23 分析手法(C 幼稚園)

分析期間	2022 年 7 月 1 日～9 月 30 日
分析対象除去日	土・日・祝日、夏季休業期間(7/21～8/31)および短縮授業日程(7/20, 9/1)を除去。
分析手法	シェード設置日の電力消費量を対策なしケースの回帰線に基づいて推計。実測値との差分を削減量とした。また、シェード未設置日も含めた対象日の電力消費量に削減率を積算し、電力小売単価*を掛け合わせたものを期待削減金額とした。

*ここでは簡単のため 30 円/kWh と想定した。

c. 対策効果

図 2-53 に示すように本施設においても、日電力消費量と日平均気温の相関は対策前も対策後も高く、調整済み決定係数はそれぞれ 0.73、0.93 となっている。対策前後の回帰線に従って対策導入期間 19 日間の通算電力削減量を推計すると表 2-24 に示すとおり 3,342kWh と算出された。これは同施設の電力消費量の約 23%の削減効果に相当する。1 日当たりの節電金額は 5,277 円と算出された。本施設に導入された対策費用の合計は 30,526 円であり、通常授業が開催される日数に換算して 5.8 日程度で投資回収できる計算となる。

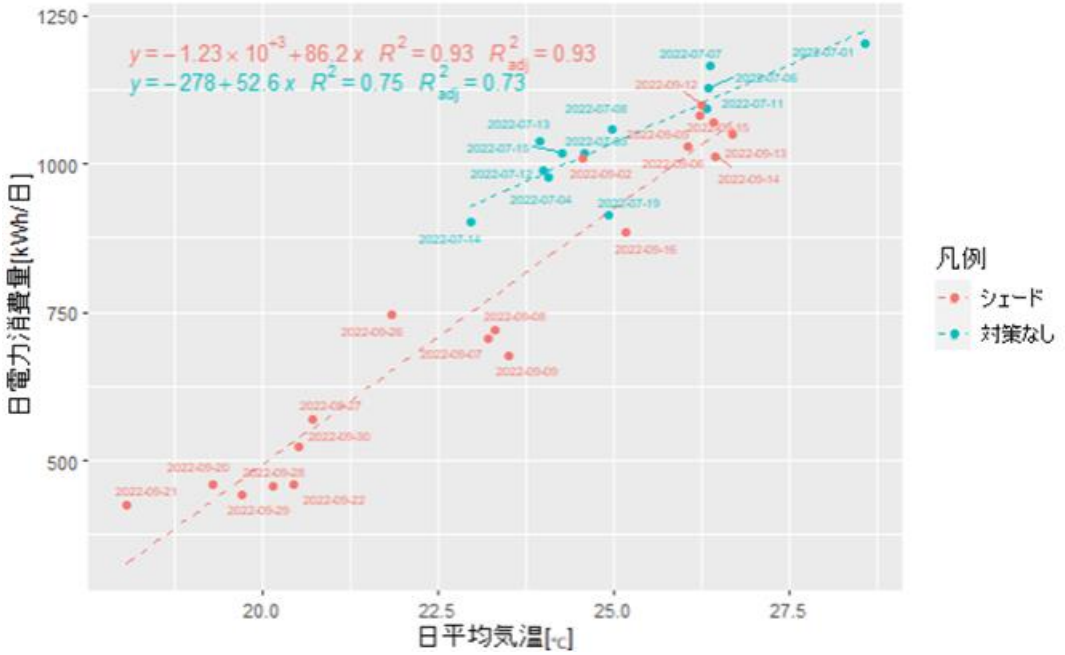


図 2-53 対策導入前後の日電力消費量と日平均気温の相関(C 幼稚園)

表 2-24 対策効果のまとめ(C 幼稚園)

対策導入期間(19 日間)の通算電力削減量	3,342 [kWh]
対策導入期間(19 日間)の通算電力削減率	23 [%]
1 日平均電気代削減額	5,277[円]
投資回収期間	5.8 日

4）D 保育園･幼稚園

a. 施設および対策の概要

D 保育園･幼稚園は、延床面積が 985m^2 であり、本実証期間の電力消費量は 25,813kWh/年である。他の保育園と同様にすでに多くの場所にシェードを設置していたが、図 2-54 に示すようにサンルーフおよび一部の窓（テラス、教室、給食室廊下上等）に対して追加的にシェードを設置した。サンルーフは直射日光があたる時間帯は 50℃になることが確認されている。



図 2-54 D 保育園･幼稚園の外観

b. 分析手法

D 保育園･幼稚園における分析手法を表 2-25 に示す。

表 2-25 分析手法（D 保育園･幼稚園）

分析期間	2022 年 7 月 1 日～9 月 30 日
分析対象除去日	土・日・祝日、夏季休業期間（7/21～8/31）および短縮授業日程（7/20, 9/1）を除去。
分析手法	シェード設置日の電力消費量を対策なしケースの回帰線に基づいて推計。実測値との差分を削減量とした。また、シェード未設置日も含めた対象日の電力消費量に削減率を積算し、電力小売単価*を掛け合わせたものを期待削減金額とした。

*ここでは簡単のため 30 円/kWh と想定した。

c. 対策効果

図 2-55 に示すように本施設においても、日電力消費量と日平均気温の相関は対策前も対策後も高く、調整済み決定係数はそれぞれ 0.89、0.84 となっている。

ただし、実際には設置の調整に時間がかかったことに加え、設置直後の台風の影響で、対策導入期間は 4 日間と短くなっており、以降の定量的な評価結果については、そのまま受け取ることは難しいことに留意する必要がある。

対策前後の回帰線に従って対策導入期間 4 日間の通算電力削減量を推計すると表 2-26 に示すとおり 373kWh と算出された。これは同施設の電力消費量の約 9.3%の削減効果に相当する。1 日当たりの節電金額は 2,798 円と算出された。本施設に導入された対策費用の合計は 25,968 円であり、通常授業が開催される日数に換算して 9.3 日程度で投資回収できる計算となる。

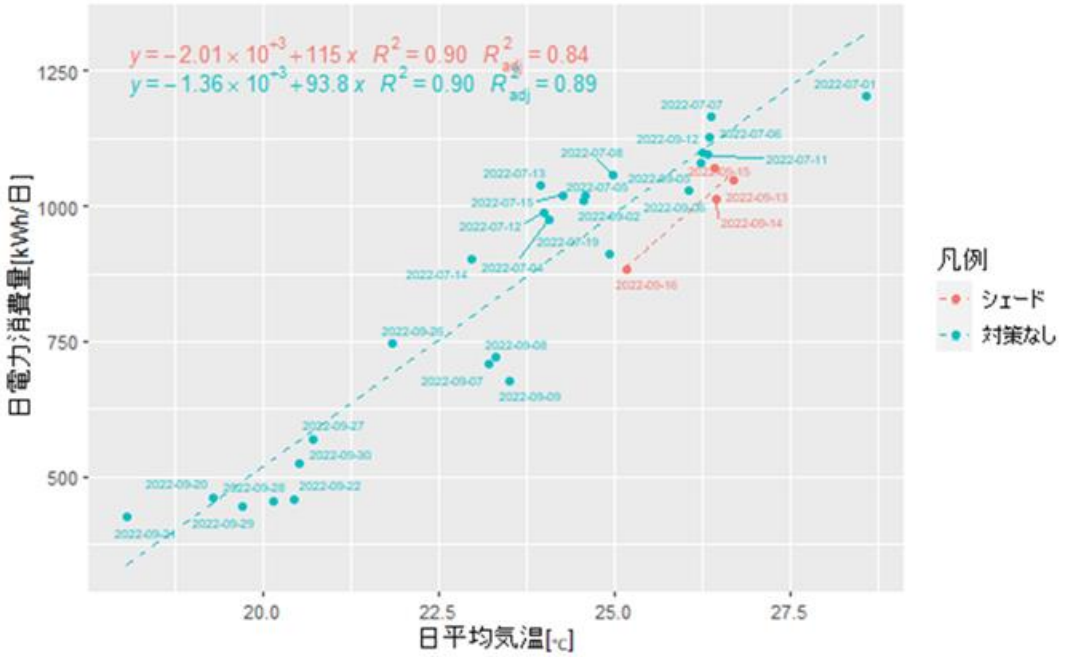


図 2-55 対策導入前後の日電力消費量と日平均気温の相関(D 保育園・幼稚園)

表 2-26 対策効果のまとめ(D 保育園・幼稚園)

対策導入期間(23 日間)の通算電力削減量	373 [kWh]
対策導入期間(23 日間)の通算電力削減率	9.3 [%]
1 日平均電気代削減額	2,798[円]
投資回収期間	9.3 日

5) E 保育園

a. 施設および対策の概要

図 2-56 に示す E 保育園は保育園に子育て支援施設が併設されている延べ床面積 985m^2 の施設である。2022 年の対象期間における電力消費量の合計は、21,740kWh であった。

同施設では、こどもに対する熱中症対策の観点から、すでに多くの場所でシェードが設置されていたため、施設管理者の希望も踏まえて、未設置であった保育園の 2 階部分と子育て支援施設にそれぞれ 12 枚ずつ寒冷紗(農業用遮光ネット)を設置した。



図 2-56 E 保育園の外観

b. 分析手法

E 保育園における分析手法を表 2-27 に示す。

表 2-27 分析手法(E 保育園)

分析期間	2022 年 7 月 1 日～9 月 30 日
分析対象除去日	土･日･祝日を除去
分析手法	シェード設置日の電力消費量を対策なしケースの回帰線に基づいて推計。実測値との差分を削減量とした。また、シェード未設置日も含めた対象日の電力消費量に削減率を積算し、電力小売単価*を掛け合わせたものを期待削減金額とした。

*ここでは簡単のため 30 円/kWh と想定した。

c. 対策効果

図 2-57 に示すとおり本施設においても、日電力消費量と日平均気温の相関は対策前も対策後も高く、調整済み決定係数はそれぞれ 0.80、0.94 となっている。

ただし、本施設の場合は対策導入後の方が、電力消費量が増加している結果となった。例えば、対策前後の回帰線に従って対策導入期間 23 日間の通算電力削減量を推計すると表 2-28 に示すとおり 195kWh の増加と算出された。この増加分は同施設の電力消費量の約 3.3%に相当する。

対策は保育園および子育て支援施設それぞれに導入されたが、保育園は 9 月 5 日～9 月 30 日、子育て支援施設は 8 月 29 日～9 月 16 日まで導入されるなど、対策導入期間がまちまちであり、評価が難しかったことが挙げられる。

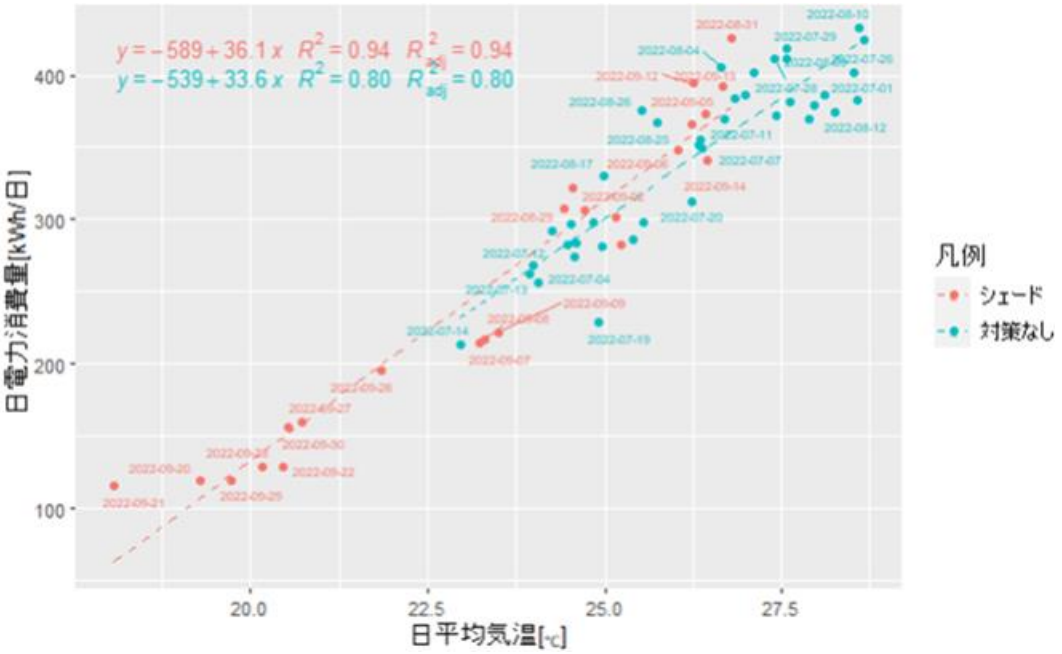


図 2-57 対策導入前後の日電力消費量と日平均気温の相関(E 保育園)

表 2-28 対策効果のまとめ(E 保育園)

対策導入期間(23 日間)の通算電力削減量	▲195 [kWh]
対策導入期間(23 日間)の通算電力削減率	▲3.3 [%]
1 日平均電気代削減額	▲254[円]
投資回収期間	−

(3) 結果のまとめ

本実証では、夏季の遮熱対策としてシェード、寒冷紗、遮熱ネットなど複数の対策を教育施設に対して導入し、その節電効果を定量的に分析した。夏季休暇との関係や台風などへの対応などが施設によって異なるため、横並びでの評価は難しいが、対策を導入した 5 つの施設に対して 4 つの施設で節電効果が認められた。

また、対策費用はそれぞれ数万円程度であったこともあり、節電効果が得られた施設では最大でも 30 日程度で投資回収ができる試算結果となっている。地方自治体の予算が限られている中ではあるが、1 シーズンで十分に投資回収が期待できる対策であり、気候変動の適応策としても効果が期待されるため、地域の脱炭素化を進めるにあたって有効な手段となりうると考えられる。

2.2.4 冬季における空調需要削減対策の検討

2020 年および 2021 年における冬季の JEPX の価格高騰、および今後の JEPX 価格高騰リスクに鑑みると、冬季における電力需要の低減は地域新電力における喫緊の課題である。特に、電化が進む暖房エネルギー供給に対して、バイオマスストーブ等の併用によって、エネルギー高騰時のリスク分散の効果が期待できるとともに、地域の森林管理、再生可能エネルギー比率の拡大等にも寄与しうる。

能勢町の物産センター（以降、対象施設）では、以前より図 2-58 に示す薪ストーブが導入されていたものの、実質的に利用されてこなかった。このため、廃棄が検討されていたが、電力価格の高騰を受け、本事業では薪ストーブ利用の可能性を検討する。



図 2-58 対象施設における薪ストーブと薪

（1） 実証の設計

実証にあたっては、2022 年 12 月から 2023 年 1 月末までの 2 か月間を対象とし、その影響を評価することとした。また、比較対象のため、2023 年 1 月 11 日～2023 年 1 月 17 日の 7 日間については、薪ストーブを使わず、エアコン等の暖房器具で代用していただくこととした。

なお、対象施設は火曜日が定休日であるため、実証期間を通じて火曜日および年末年始の休館日のデータを除去している。

1） 室温の記録

薪ストーブによって、室温がどの程度上がっているのかを確認するため、図 2-59 と図 2-60 に示すように室内の 4 か所にデータロガーを設置し、室温を常時記録した。ロガーの設置場所は顧客の目に触れづらく、移動させられる可能性が小さいところを選定した。

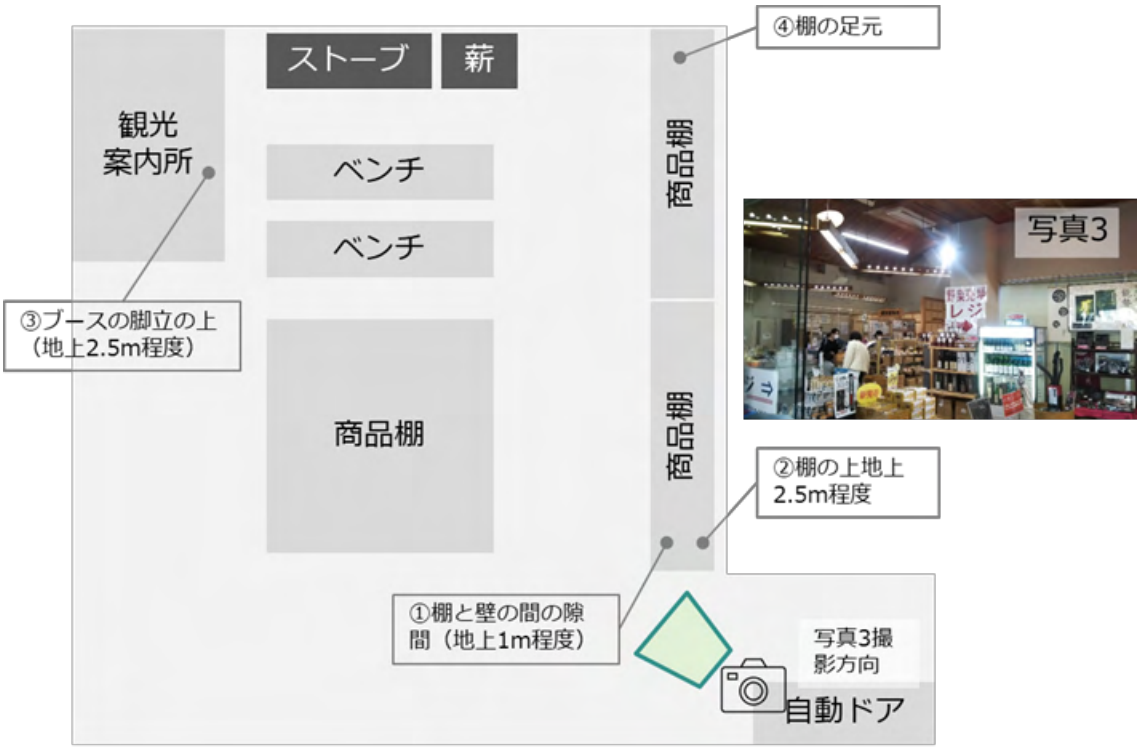


図 2-59 室温データロガーの設置場所平面図



図 2-60 室温データロガーの設置場所写真

2）薪に関するデータ

薪の使用量に関するデータを把握するため、使用した薪の本数、薪ストーブの運転開始時間および停止時間を記録簿として対象施設の運用者に記録してもらった。なお、薪の長さはおおよそ 36cm である。

（2）実証結果の整理

1）電力消費量推移

図 2-61 は実証期間中の電力消費量の推移を示したものであり、図中の網掛け部分は薪の使用を停止した期間である。休館日である火曜日、および年末年始の期間に電力消費は小さくなっていることが確認できる。一方で、電力消費量データのみでは薪の使用期間と使用停止期間で顕著な差は確認できない。

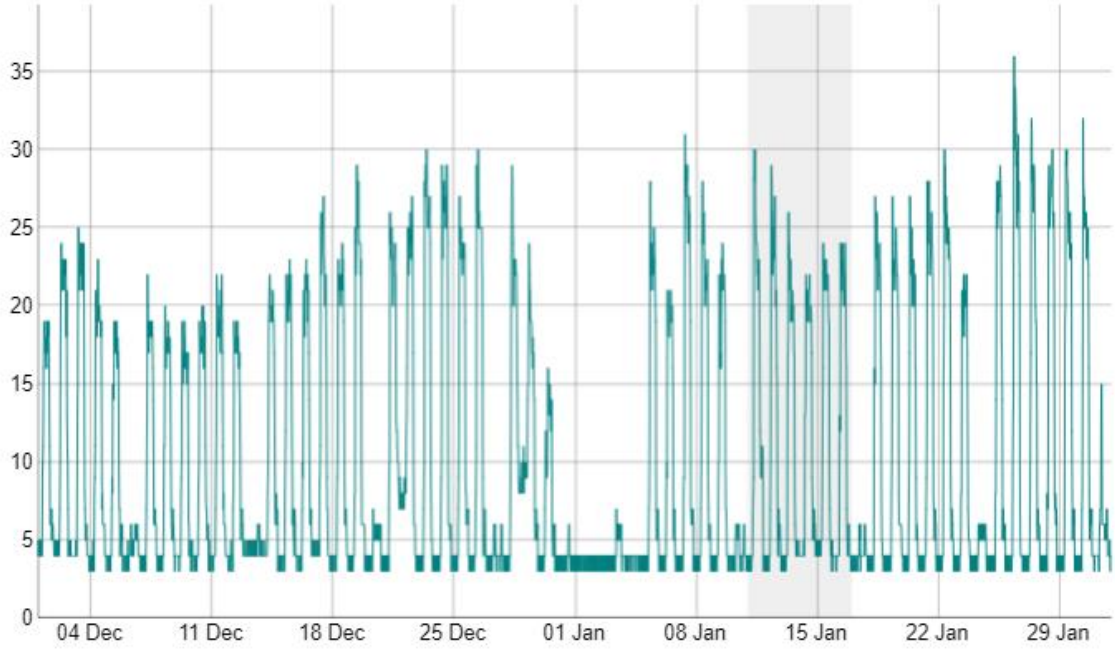


図 2-61 対象施設における電力消費量の推移（30 分間隔）

2）室温・外気温の推移

空調用の電力需要は対象日の外気温にも大きく影響されるため、気象庁が発表する能勢町における 1 時間ごとの気温データを確認しておく。図 2-62 に、1 時間ごとの平均気温の推移を示す。図に示される通り、実証期間はその前後と比較して相対的に気温が高かったことがわかる。

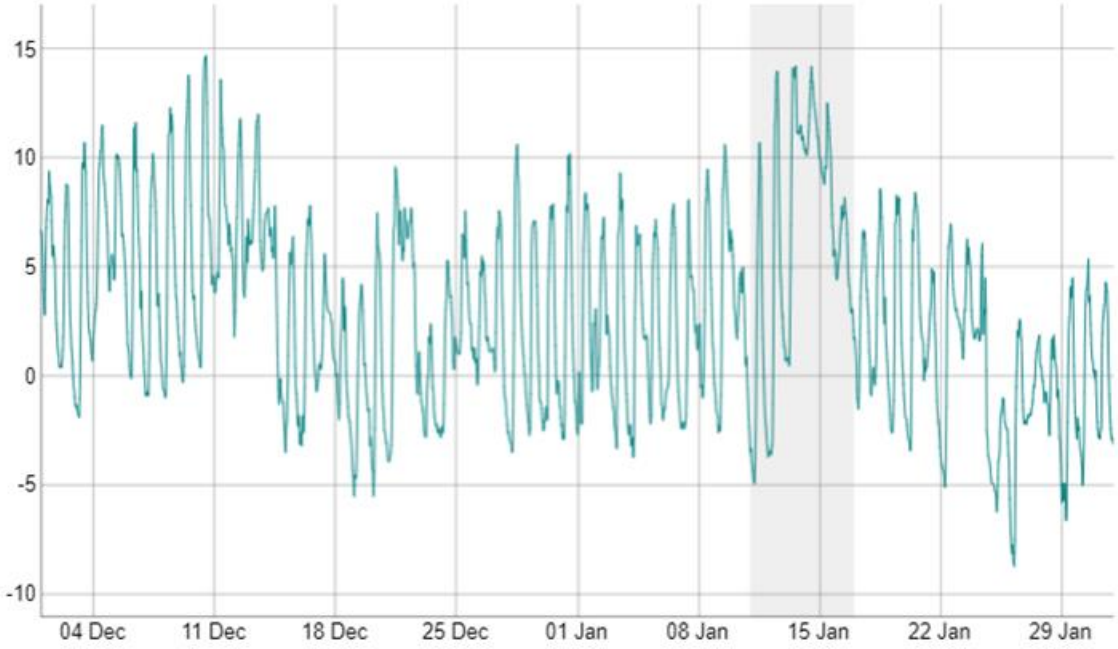


図 2-62 実証期間における外気温の推移

図 2-63 は、薪ストーブの記録簿で確認した薪ストーブの運転時間（図中のピンク色の帯）と各温度ロガーの計測気温、および外気温データを重ねたものである。

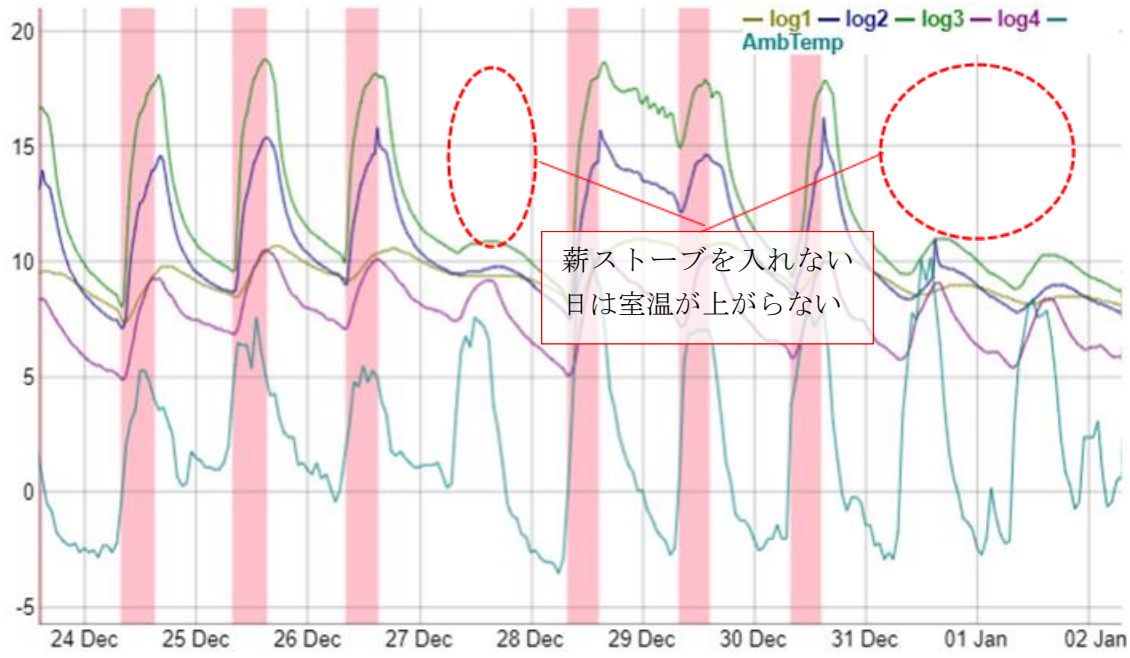


図 2-63 対象施設における外気温（AmbTemp）および各測定地点の気温

休館日と比較すると、薪の運転によって部屋が暖められている様子が確認できる（薪ストーブを入れない日は室温が上がらない）。とりわけロガー②およびロガー③では顕著な気温の上昇が確認できているが、設置場所が低いロガー①、ロガー④は相対的に温度が低くなっている。その理由としては、暖められた空気が室内上部にたまってしまっており、反対に足元は温まっていない可能性が考えられる。また、温度計の設置場所がコンクリートの壁や窓に近く、冷気の影響を受けやすいことが原因である可能性も

ある。

同様の傾向は、図 2-64 に示すように薪ストーブの運転を停止し、エアコンによる暖房を行った 1 月 11 日以降にもみられている。薪ストーブ、エアコンにかかわらず、サーキュレータ等によって室内の温度を循環させることによってより空調の効果を高められる可能性もあると考えられる。

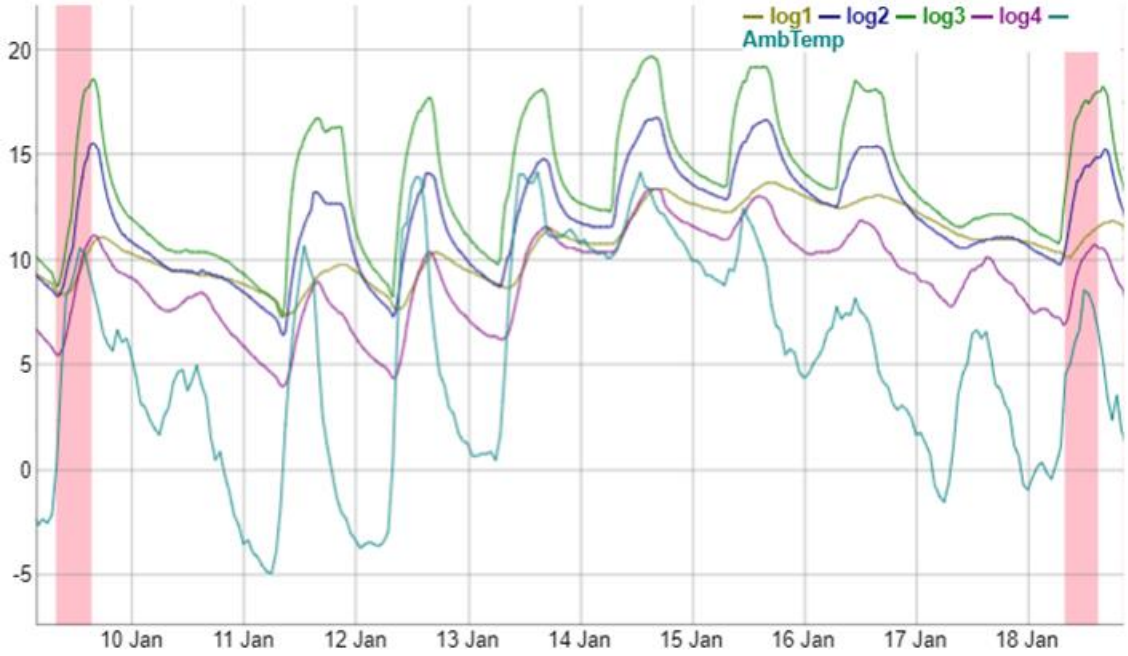


図 2-64 薪ストーブ停止期間中の外気温（AmbTemp）および各測定地点の気温

3）薪の消費量と含水率

実証期間中、物産センターで使用されている薪の含水率を計測した。含水率は薪を割って含水率計の針を刺して計測した。実証期間中に 4 回訪問し、薪を 3 本ランダムに抽出したのち、異なる部分で 3 か所計測を行ったところ、本実証中で計測した薪の含水率は表 2-29 に示すとおり最大が 19%、最小が 13.7%であった。

以下に薪の含水率のデータを示す。

表 2-29 薪の含水率(%)

計測日	平均	薪種類	計測回数			
			平均	1 か所目	2 か所目	3 か所目
2022/11/30	14.3	1 本目	14.3	14	14	15
		2 本目	15.0	15	15	15
		3 本目	13.7	14	14	13
2022/12/16	17.3	1 本目	17.3	17	17	18
		2 本目	17.7	18	18	17
		3 本目	17.0	17	17	17
2023/1/16	18.6	1 本目	18.3	18	19	18
		2 本目	19.0	19	19	19
		3 本目	18.3	18	19	18
2023/1/30	17.8	1 本目	18.3	18	18	19
		2 本目	16.3	16	17	16
		3 本目	18.7	19	18	19

また、薪の消費量を計測すると、実証期間中の平均消費本数は表 2-30 に示すとおり 16.1 本/日、最大消費本数は 21 本/日、最小消費本数は 11 本/日であった。

表 2-30 薪の使用本数(本)

薪使用指標	本数 (本/日)	該当日	日平均気温(℃)
平均消費本数	16.1	－	
最大消費本数	21	2023/1/9	4.22
		2023/1/26	-2.5
最小消費本数	11	2022/12/8	5.01
		2022/12/9	5.32

（3）効果の分析

1）薪ストーブによる電力消費削減効果

薪ストーブによる電力需要削減の効果を推定するため、縦軸に薪ストーブの運転時間である 8 時～15 時における電力消費量を、横軸に同時間帯における平均気温をプロットした散布図を図 2-65 に示す。図のうち、赤い点は薪ストーブの運転を行わなかった日のデータであり、緑の点は運転を行った日のデータである。

データの数が十分ではないため、調整済み決定係数は小さくなっているが、薪ストーブを使用した日の電力消費量は停止した日に比べて小さくなっている様子が窺える。

薪ストーブを使わず、エアコン等の空調機器を動かした 1 月 11 日～1 月 17 日までの期間の電力消費量の合計は日平均で 350.3kWh/日であった。これに対し、薪ストーブを使用した日の回帰曲線と気温データをもとに、同期間における電力の消費量を推計すると 290.0kWh/日となっており、日平均にして 60kWh 程度、削減率にして 14.7%程度電力消費が低減すると推計される。

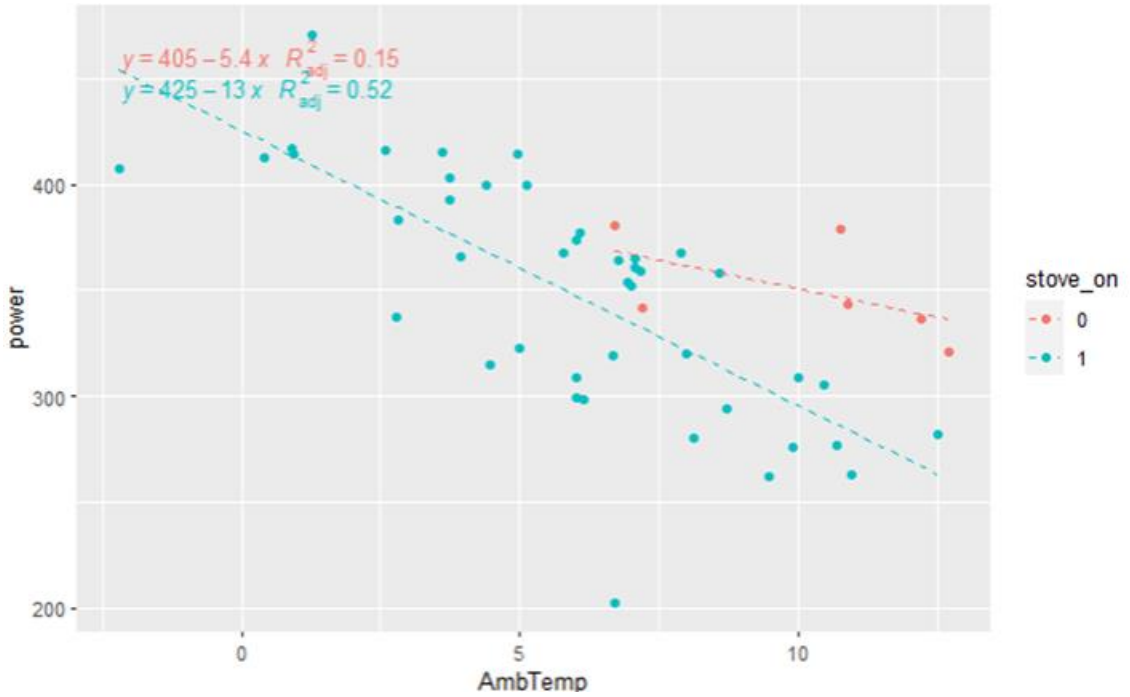


図 2-65 薪ストーブ運転時（緑）とエアコン運転時（赤）の日電力消費量と外気温の相関（8:00～15:00）

2）費用対効果

薪ストーブの消費による電力の削減効果を 60kWh/日と仮定し、電力の購入単価を 30 円/kWh とすると、1,800 円/日程度電気代が削減できた計算になる。本事業で使用した薪の購入費用は 88 円/本程度であった。1 日の平均薪消費量 16.1 本から推計すると、薪の調達価格は 1,416 円/日程度のランニングコストであり、薪ストーブの導入による 1 日当たりの燃料費はほぼ 2 割減となっている。

実証期間の 2 か月間のうち、定休日や祝日を除いた日にちは 48 日であった。1 日あたりおよそ 400 円程度電気代が削減できると考えると、実証期間を通じた光熱費削減効果は 19,200 円と算出される。

2.2.5 EV を活用した新たな事業モデルの検討

（1） 課題の整理

1） EV を活用したエネルギーマネジメントシステムの設計

過年度の調査では能勢町の公用車の利用実態を精査した上で、脱炭素化に向けてその活用方法について検討を行った。その結果、公用車の稼働率は低く、実際に利用される台数と比較して保有台数が大幅に多い実態が明らかとなった。

図 2-66 は、能勢町の公用車の主要拠点である役場において管理されている公用車の乗用車の平均利用率を時間別に示したものであるが、図に示される通り、夜間はほとんど利用されていない。また昼休みをはさんで午前中と午後に 2 つのピークがある状態となっており、ピーク時でも最大 20%程度の稼働率となっている。能勢町に限って言えば、公用車の 80%以上は公共施設の駐車場に駐車されており、エネルギーマネジメントのリソースとして、もしくは地域の脱炭素交通手段として活用することで、温室効果ガスの排出低減に寄与しうるといえる。

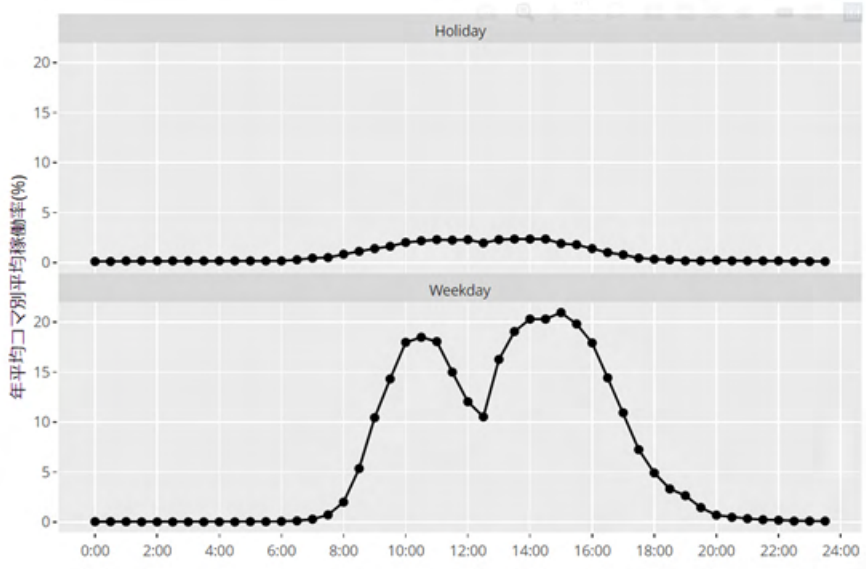


図 2-66 年平均コマ別平均稼働率(%)

図 2-67 は図 2-66 の運行データをもとに、公用車が帰庁後すぐに充電器に接続して充電を行う運用を行った場合のコマ別平均電力消費量と 2020 年度の関西エリアプライス平均単価を比較したものである。図に示す通り、公用車の利用直後に充電を行った場合、12 時前後と 18 時前後に電力需要が増加することが分かった。これを JEPX 卸電力市場の時間帯別の平均調達価格と比較すると、12 時前後は市場価格が相対的で安価である一方で、18 時前後は最も価格が高い時間帯に該当する。この時間帯の充電を回避するような運用を行うことで、地域新電力の電力調達コストを削減することになる。

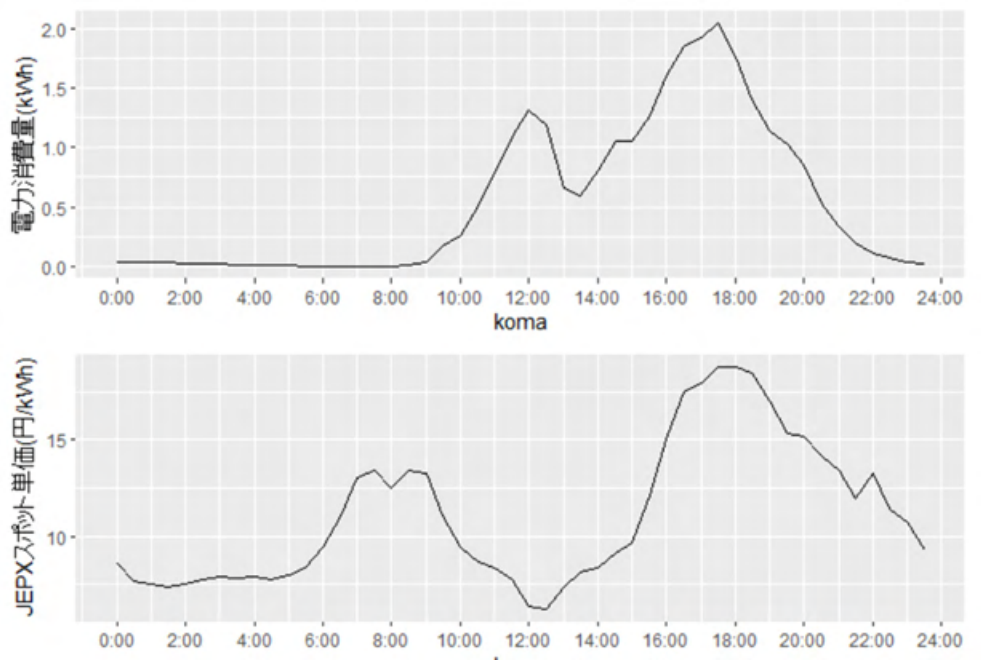


図 2-67 公用車 EV の充電によるコマ別平均消費電力量の上昇幅(上)と関西エリアプライス平均単価(下)

2) エネルギーマネジメントシステムの運用(スケジュール運転)

上記のような過年度の調査結果を受けて、本年度は公共施設に民間企業が提供する EV 充電の外部制御システムを実際に導入し、図 2-68 に示すように EV 充電時間のスケジュール運転を行った。具体的には、午後の公務後の充電ニーズとエリアプライスの価格が比較的高い時間帯が重複する 16:00～22:00 のコマについて、充電を不許可とする運用を行った。



図 2-68 公用車 EV のスケジュール運転の設定

実証期間は 2022 年 10 月 24～12 月 25 日とし、2 台の電気自動車を運用した。また充電データについては図 2-69 に外観を、表 2-31 に仕様を示すパナソニック製の普通充電器(ELSEEV hekiaS 機器連携タイプ)と Charge-ment サービスを活用し、電力のリアルタイム消費データをサーバーに送信することで取得した。



図 2-69 実証に用いた普通充電設備と通信機器

表 2-31 普通充電器の仕様

項目	備考
メーカー	Panasonic
機種	ELSEEV hekia S（AiSEG 連携タイプ 6kW）
定格	30A 200V AC（単相）

3）充電結果の分析

図 2-70 は、普通充電器の出力の変動であり、図中の網掛け部分はスケジュール運転において充電不可と設定した時間帯である。図に示す通り、システムは想定通り機能しており、相対的に JEPX 卸電力市場の価格が高い時間帯の出力を抑制できている様子が確認できた。

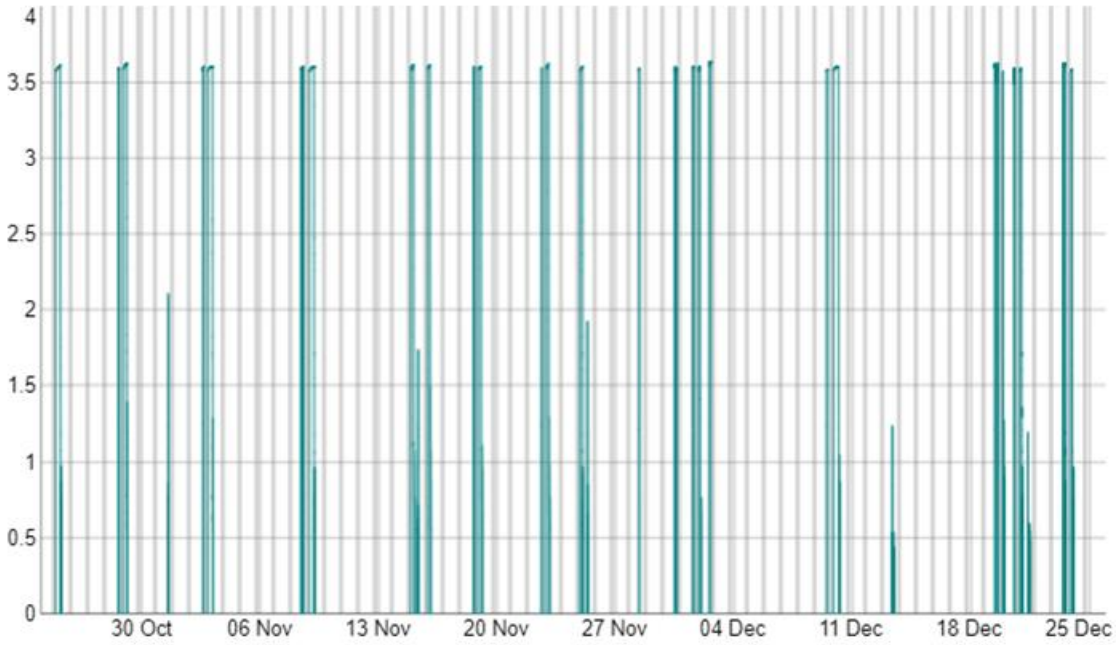


図 2-70 普通充電器の出力(kW)の時間推移

なお、実証期間のうち、最長の充電時間は 7.9 時間(472 分)であった。本実証で運用したように夜 22:00 から充電を可能とする運用としておけば、翌朝 6 時前には満充電になる程度であり、少なくとも本実証期間中に限って言えば、スケジュール運転が公用車の利用の妨げになるような状況は確認されなかった。

また、図 2-71 に示した 10 月 28 日の例のように、充電不許可と設定した時間帯をまたぐような充電パターンや図 2-72 の 11 月 8 日のように 22:00 の充電不許可の時間帯直後に充電を開始するパターンなどが多く確認されており、実証において意図していたとおり、市場価格の高い時間帯の給電を抑制しつつ、自治体 EV 公用車の充電が問題なく運用できたことがわかる。

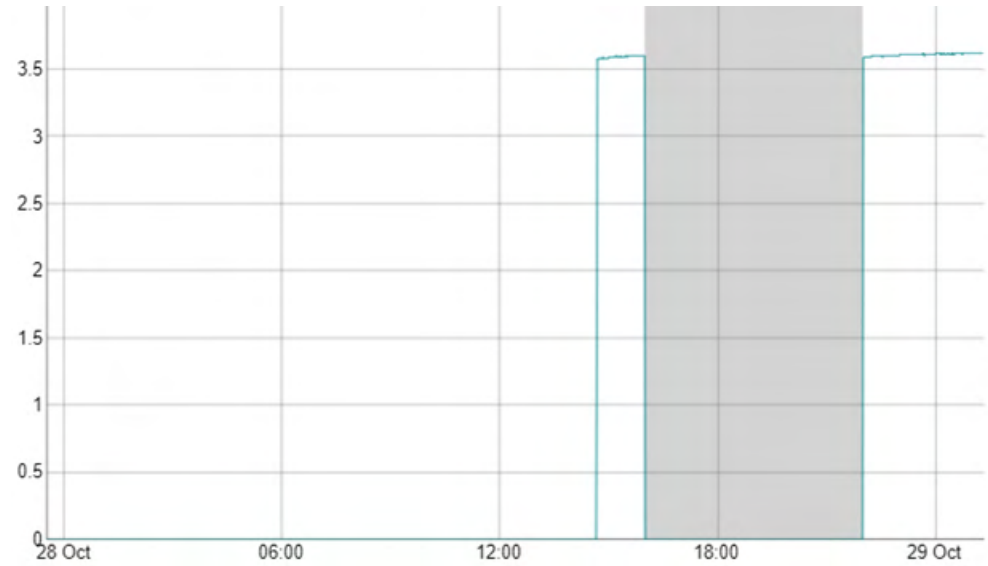


図 2-71 充電禁止時間をまたぐ充電パターン例(2022 年 10 月 28 日)

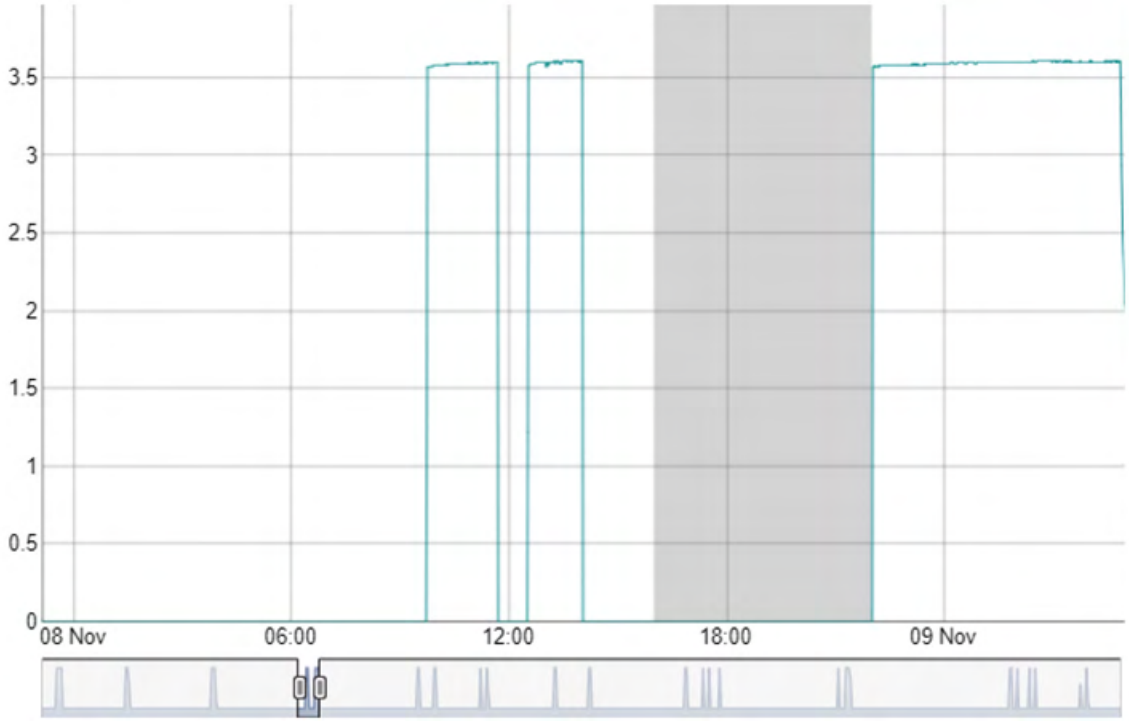


図 2-72 充電不許可の時間帯直後に充電するパターン例(2022 年 11 月 8 日)

本年度のスケジュール運転の経済的な効果を確認するため、22:00 直後の充電が 16:00 に開始されていた場合の電力需要曲線を仮想的に作成し、JEPX 卸売電力市場の関西エリアプライスと比較した。図 2-73 に実際のスケジュール運転時の普通充電器の出力曲線と、仮想的に作成した需給曲線の一部を示す。

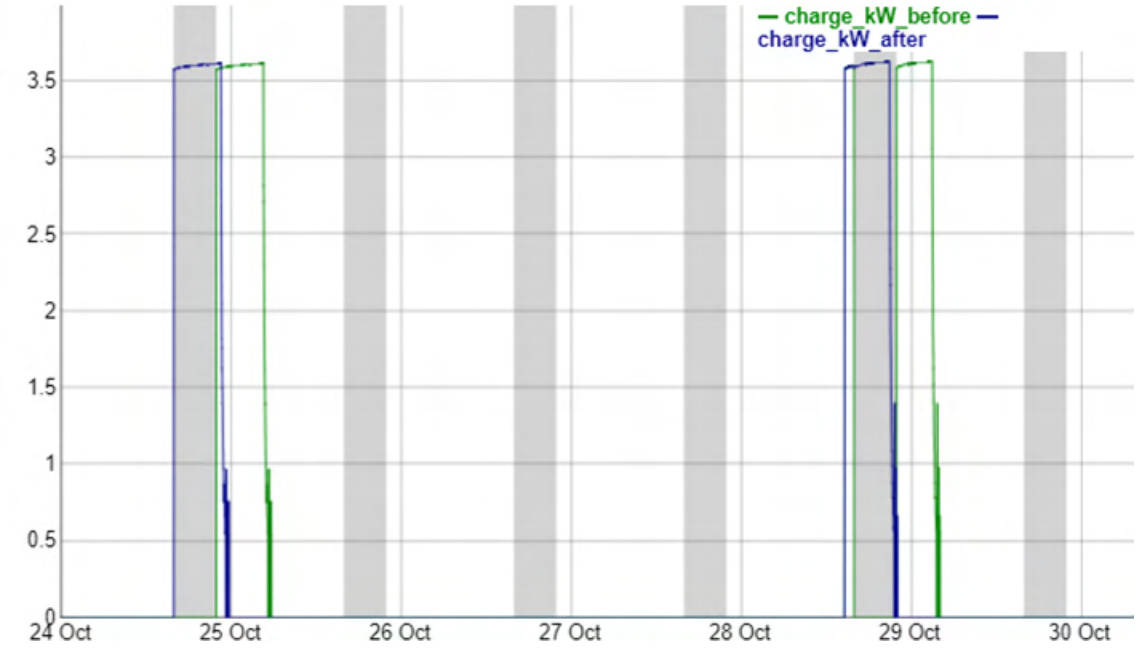


図 2-73 スケジュール運転実施時(緑)と未実施時(青)の仮想的電力需給曲線

また、表 2-32 にスケジュール運転実施時と、仮想的な電力需要曲線にもとづく電力調達コストを比較したものを示す。表に示される通り、実証期間を通じて電力調達費用は 1,460 円程度削減され、これは EV の充電ための電力調達費用を約 17%削減できたことを意味する。なお、今回のシミュレーションにおいては、スケジュール運転の実施によって、JEPX 卸電力市場の価格が高い時間帯を避ける運転は、実証期間 62 日中で 14 日発生している(全体の約 22%)。

今後、公用車 EV の台数が増加すると、こうしたスケジュール運転やピークシフトによる経済的影響はさらに拡大すると見込まれる。

表 2-32 公用車 EV のスケジュール充電による電力調達費用の低減効果

項目	値
スケジュール運転未実施ケース(シミュレーション)	8,590.5 円
スケジュール運転実施ケース(実績値)	7,130.1 円
電力調達費用の削減率	17%

(2) 公用車の EV 化促進のための事業モデルの検討

公用車の EV 化は脱炭素化を進めるために必要不可欠であり、エネルギーマネジメントのリソースとして活用できるうえに、災害時のエネルギー供給面でもメリットが大きいことから、多くの自治体が目標に掲げている。一方で、一般的に EV はガソリン自動車等と比較して初期費用が高く、財政面での調整が難しいことや、航続距離への懸念などから思うように EV 化は進んでいない。

過年度の調査では能勢町の公用車の利用実態を精査した上で、脱炭素化に向けてその活用方法について検討を行った。その結果、公用車の稼働率は低く、実際に利用される台数と比較して保有台数が大幅に多い実態が明らかとなった。余裕をもって運用されている公用車の台数を適正規模にまで削減し、エネルギーマネジメントや通勤用途等に活用することで、公用車の EV 化を大きな財務負担なく進められる可能性がある。

本年度は公用車の EV 化を具体的に進めるために、いくつかの方策についてその導入可能性を検討した。以下にその内容を示す。

1) 超小型車両の活用

a. 公用車の移動距離分析に基づく仮説の構築

過年度調査において、能勢町における 1 回の公用車利用当たりの平均移動距離について分析を行ったところ、図 2-74 に示されるように往復で 10 ㎞未満のトリップが全体のおよそ 50%となっており、30 ㎞未満のトリップが全体の 80%を超過している結果となった。

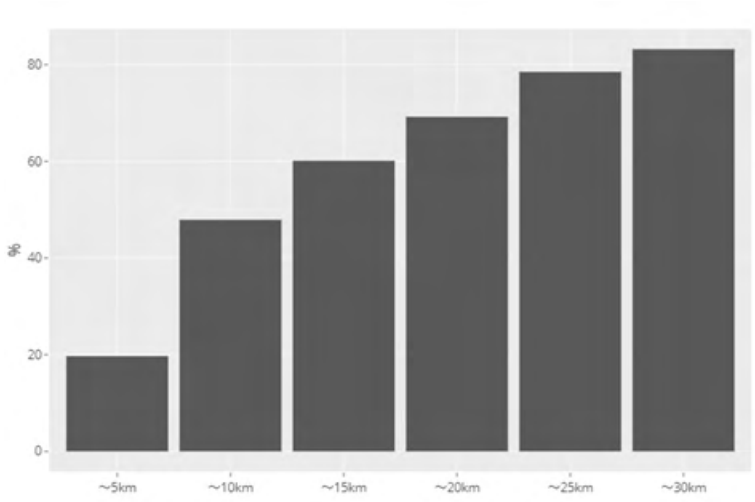


図 2-74 能勢町公用車の移動距離帯別のトリップの累積分布

また、図 2-75 は、1 台当たりの 1 日あたりの移動距離を車種別に示したものである。車種によって多少の差はあるが、100 ㎞を超えるケースはまれであり、ほぼすべて 200 ㎞未満となっていた。

一般の EV の航続距離が数百 km（例：日産リーフ e+のカタログ値は WLTC458km，JC08 モードで 570km）となっていることに鑑みると、適切な充電サイクルを設計できれば、多くの公用車が EV に転換可能であることが確認できたと言える。

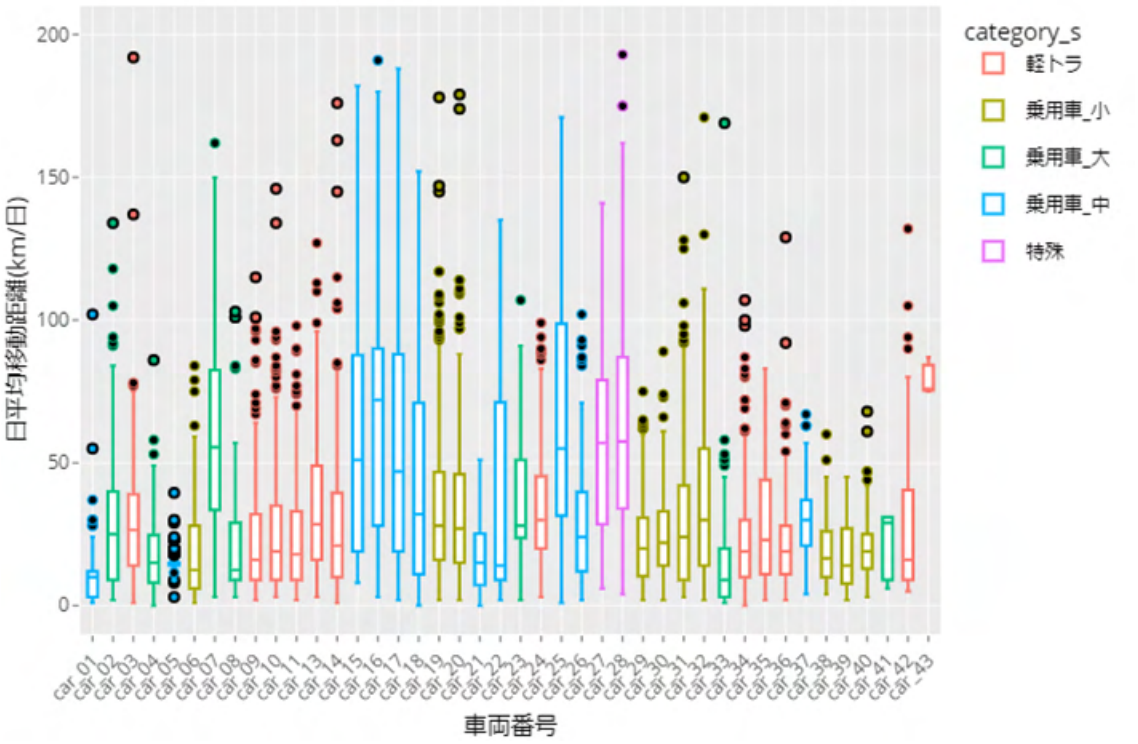


図 2-75 公用車の 1 日平均利用距離_用途別（km）

b. 仮説に基づく対応策の検討

往復で 10 ㎞未満のトリップの場合、普通乗用車のサイズの EV に限らず、電動補助自転車や小型電気自動車等に代替することで、さらなる脱炭素化が期待される。

実際、小型電気自動車として 1 万台の販売実績がある COMS のカタログ値によると、満充電時の積算電力は 5.2kWh であり、JC08 モードでの走行距離(参考値)は 57km となっている。この場合、机上計算に基づく電費は約 91Wh/km となる[14]。これは、日産リーフの JC08 モードのカタログ電費値である 120Wh/km[15]に比べても 30%近くエネルギー消費効率が高くなっている。

加えて、能勢町のような中山間地域では、幅員の狭い道路が多く、小型車が優位な場面が多くあるのではないかとの声も聞かれる。そこで本年度は実際に小型電気自動車を公共施設の職員に試乗してもらい、今後の事業モデルとして有用な活用分野と課題について洗い出しを行うこととした。

c. 実証の方法

超小型電気自動車を公用車に見立てて、実際の能勢町の公務に利用していただき、利用者からのアンケートを回収した。実証にあたっては、出先機関までの往復を 1 サイクルとし、実証に協力いただく職員ごとに、1 サイクル以上の試乗をお願いした。

表 2-33 に実証方法の概要、表 2-34 に実証に用いた超小型車両の仕様、図 2-76 に外観を示す。

表 2-33 実証方法

項目	備考
実証期間	2022 年 1 月～2023 年 2 月
実証車両設置場所	能勢町役場
実証協力者	12 名

表 2-34 実証に用いた車両の仕様

項目	内容
メーカー	トヨタ自動車
車種名	P・COM パーソナル
乗車定員	1 名
全長・全幅・全高	2,395mm×1095mm×1500mm
車両重量	420kg
最高速度	60km/h
定格出力	0.59kW
最高出力	5kW
充電方式	100V

[14] https://www.toyota-mobi-tokyo.co.jp/carlineup/coms の諸元に基づく。ただし、COMS の JC08 モード走行の最高速度 80km/h ではなく 60km/h で実施したもの。

[15]出所：日産ホームページ(https://www3.nissan.co.jp/vehicles/new/leaf/charge/battery.html)



図 2-76 実証用車両の外観

d. 実証後アンケートの結果

【小型電気自動車の印象】

本実証の参加者に対する超小型 EV の印象に関する事後アンケートでは、図 2-77 に示すようにデザインや運転しやすさ、燃費、乗り心地などは「ふつう（以前と変わらない）」「思ったより良かった」とする人が大半であったが、加速については「思ったより悪かった」とする回答が過半数の 6 件確認された。

自由回答欄でも坂道の加速に対する課題が浮き彫りになった。とりわけ、能勢町のような里山地域では、傾斜が厳しい山道には適さない可能性がある。

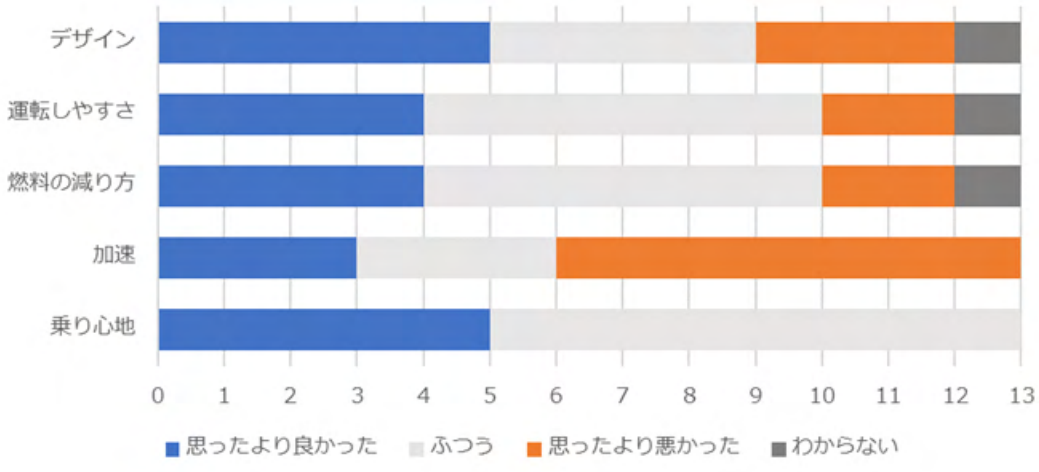


図 2-77 超小型 EV の印象に関するアンケート結果

表 2-35 に示すように公用車としての活用方法についての自由回答では、近距離での移動として有効であるとの回答がみられ、具体的な用途としては本庁と支所の往復、町内の臨戸訪問、各施設と庁舎の移動において活用できる可能性が示唆された。

一方で、坂道での加速や長距離移動への不安を感じたという回答も数件寄せられている。さらに、一人乗り専用、職員しか使用しないのであれば電動自転車でも十分代用できるとの回答もあった。

また、実証前に懸念されていた空調については、「カバーがあれば、寒さをあまり感じなかったので、

年中活用できる」、「夏季の暑さの方が不安を感じる」などの意見があり、冬に関してはそれほどネガティブな意見は多くなかったが、「ヒーターがないためヒーターベストとブランケットをセットにしたら利用しやすい」など、今後の工夫に対する良いアイディアの提供もあった。

表 2-35 実証参加者による公用車としての活用方法としての自由回答

・近距離の移動であれば問題無く利用できると思う。ただし、坂道での加速が思ったより悪く、国道など大きな道を通る時間が長い訪問先には向かないと思うので、一部の車両を置き換えることは可能と思う。
・個人的にはエアコンが無い場合、夏季の暑さの方が不安を感じる。
・近距離での移動手段
・本庁と支所の往復、町内の臨戸訪問
・峠を越えない範囲で、町内各施設と庁舎の往復程度であれば既存の公用車の代替として十分活用できるのではないか。ただ、一人乗り専用、職員しか使用しないということであれば電動自転車で十分にも思う。
・近距離での移動（・坂道を走ると燃料の減りが早い気がしました）
・目立つので緊急車両のような存在感があり防犯面での普及啓発や住民への安心感につながる可能性がある。
・近場への訪問。出先機関への移動。
・細い道路に面した場所へ行く際に便利だと思う。
・庁舎間の連絡、水道メーターの検針
・役場本庁と保健福祉センターの往復程度なら問題なく使用できると思います。平坦地であれば、町内移動は可能ではないか、と感じました。
・カバーがあれば、寒さをあまり感じなかったので、年中活用できるのではないでしょうか。
・家庭訪問、現場確認、事務連絡。冬季は電気量メーターが半分を切ると下がり方が速い
・航続は役場－東地域なら 2 往復がぎりぎり
・ヒーターがないためヒーターベストとブランケットをセットにしたら利用しやすい（手袋もいりますが）
・家庭訪問などの際は便利だと思います。
・能勢町は狭い農道も多く、特に家庭訪問の際、軽自動車とは言え、とても狭いアプローチのある民家も少なくない中、小回りの利く、小さい小型電気自動車は車とのすれ違いも安心ですし、大きな車での訪問は気が引けますが、これなら駐車スペースにも困りません。
・移動手段としては重宝すると思います。都会の市町村でしたら、保健師の家庭訪問などは自転車移動が主流です。大きなベビースケールを抱えて、自転車を運転します。雨の日はもち

ろん徒歩ですし、訪問先がほぼ近距離であるためそれが可能です。しかし能勢の場合は、土地柄広い土地であり、家庭訪問も徒歩ではいけない状況にあります。小型電気自動車は雨も防げますし、ベビースケールも載せ方によっては運搬も可能です。
・ 車体が小さく駐車スペースをあまり必要としないため、住民宅をまわるときに使えそう。

表 2-36 に示すように公務以外の活用方法についての自由回答では、近所の買い物として活用できるという意見が多く見られた。そのほかでは、観光用途、子供の見守りに活用するなどのアイディアも挙げられた。とりわけ観光については、維持管理の容易さから、町内観光のレンタカーとして運用できる可能性が複数の実証参加者より挙げられているが、「能勢に住んでいる人、遊びにくる人は基本的に車を持っているため、明確な他の車を越えるメリットがないと厳しそう」という意見もあった。

また、子供の見守り活動は、コロナウィルスの蔓延によって現在はあまり行われていないが、超小型車両の上限速度が低いこと、子供の関心を呼びやすいこと、活動や取り組みがアピールしやすいなどの利点がある。

こうした取り組みが普及するとともに、先述のスケジュール充電の仕組みを組み合わせることができれば、地域の再生可能エネルギーを有効に活用した移動手段の確保につながる可能性がある。

表 2-36 実証参加者による公務以外での活用方法としての自由回答

・ 走行中にもの珍しさから小学生 3 人組に声を掛けられた。子どもの見守りなどで利用するとコミュニケーションのきっかけになるのではないかと感じた。
・ 能勢町レンタサイクルに追加
・ 買い物、町内観光レンタカー
・ 維持・保管の容易さから観光用の移動手段として使えるのではないか。
・ 数台あれば観光用に使えそうです
・ 近所への買い物。
・ 近所へ買い物に行く際に便利だと思う。
・ 近所への買い物
・ 一人乗りであるため町での買い物か町内会の配り物くらいしか利用は思いあたらない、あと寄り道をしない通勤ぐらいかな
・ 住民さんからも目をひき、話しかけてもらえました。すれ違う車もじーっと見てくれていましたし、駐車している私にも話しかけてくださいました。環境に配慮した車であること、可愛い形と、使い方も簡便であるためいいねーといってくださいました。
・ 住民さんや観光客に足として貸し出すことが考えられるが、能勢に住んでいる人、遊びにくる人は基本的に車を持っているため、明確な他の車を越えるメリットがないと厳しそう。

e. 実証結果のまとめ

本実証では、公用車の短距離トリップに焦点を当てて、その代替手段として超小型自動車の適用可能性について検討した。その結果、短距離の公共施設間の移動、水道メーターの検針、保健士や家庭訪問などの具体的な手段としては有効に活用できる可能性が示唆された。

一方で、急峻な坂道が多いルートには活用しづらいこと、冬季には燃費が急速に悪くなるケースがあること、空調がないことなどが課題として挙げられている。

用途に応じて、車両を適切に選択する仕組みとともに導入することができれば、公用車からの排出量を効果的に削減する手段として活用できる可能性が示唆された。

2）中古車を活用した初期費用の低減

先述の通り、一般的に EV はガソリン自動車等と比較して初期費用が高く、財政面での調整が難しいことが大きな障壁となっている。そこで、公用車として EV 中古車を活用することで初期費用を抑え、EV 公用車の導入普及速度を加速させる可能性について検討を行うこととした。

図 2-78 は、経済産業省のカーボンニュートラルに向けた自動車政策検討会において、一般社団法人日本中古自動車販売協会連合会によって提出された資料であるが、中古自動車を利用することはカーボンニュートラルに近づくことを主張しつつ、EV 中古車はバッテリーの性能評価を正しく行うことができないため、取引価格が低迷し、人気が低いことが問題提起されている。

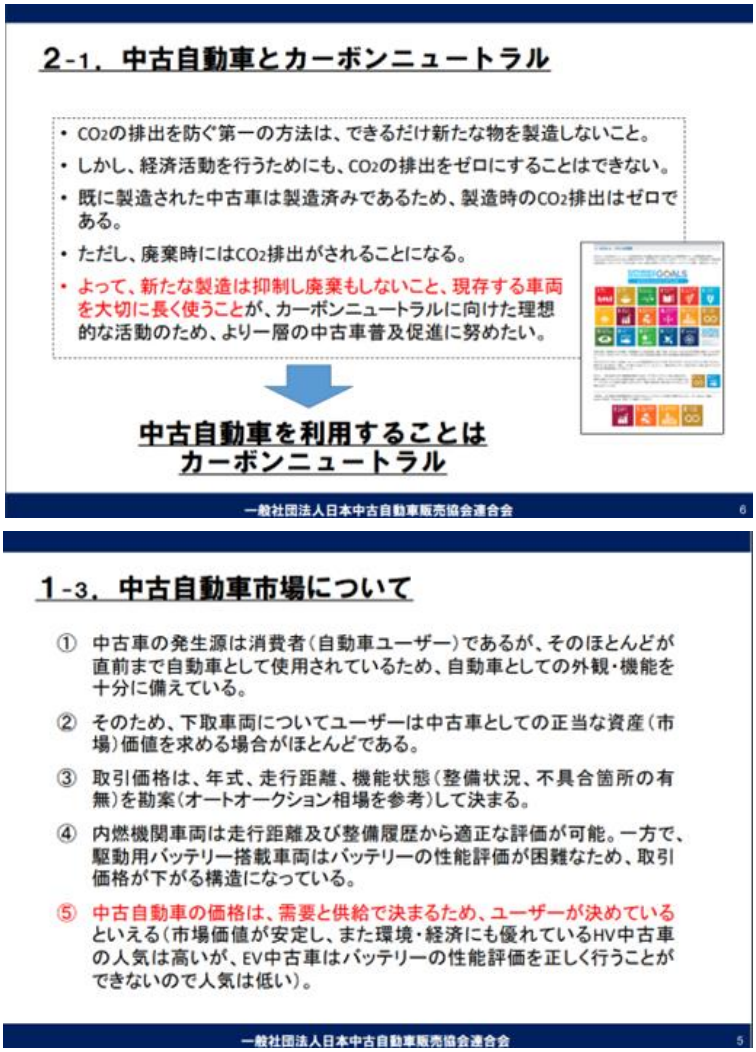


図 2-78 EV 中古車における課題

出所：（一社）日本中古自動車販売協会連合会（2021）「カーボンニュートラルに向けた中古自動車販売について」 経済産業省 カーボンニュートラルに向けた自動車政策検討会 資料 4
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/carbon_neutral_car/pdf/003_04_00.pdf

一方で、一般に地域内での移動が多く、航続距離に関する要求が必ずしも高くない自治体の公用車などに限定すると、中古車 EV は割安となり、短距離移動に限って運用することで EV 公用車の普及を促す可能性がある。また、中古車 EV の活用は我が国が目指すサーキュラーエコノミー・循環型社会づくりにも貢献しうる取り組みであり、自治体として取り組み意義は大きい。

以下では、中古車 EV の自治体公用車としての利用の可能性について検討を行う。

a. 市場データによる仮説の検証

中古 EV の市場取引価格の現状をあきらかにするために、2022 年 2 月 1 日時点における価格比較サイト(価格.com)に掲載されている中古車の販売価格のうち、EV 自動車の代表として日産リーフ、内燃機関自動車の代表としてトヨタプリウスで新車価格からの低減状況の比較を試みた。

図 2-79 は、電気自動車(日産リーフ)の中古車(1,194 件)の、図 2-80 は、ハイブリッド自動車(トヨタプリウス)の中古車(8,550 件)の、それぞれ年式別中古車販売価格を示したものである。また、図中の赤い帯は 2022 年 2 月 1 日時点での各メーカーの新車販売価格を示したものである。

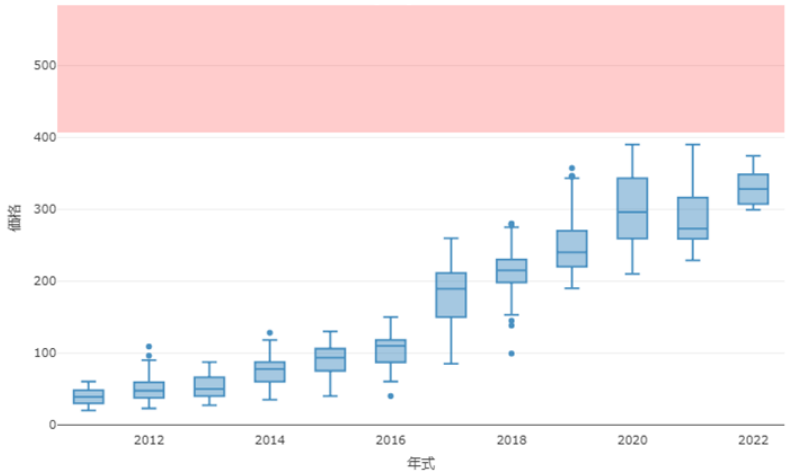


図 2-79 中古車比較サイトに掲載されている中古車の年式と販売価格帯(日産リーフ)

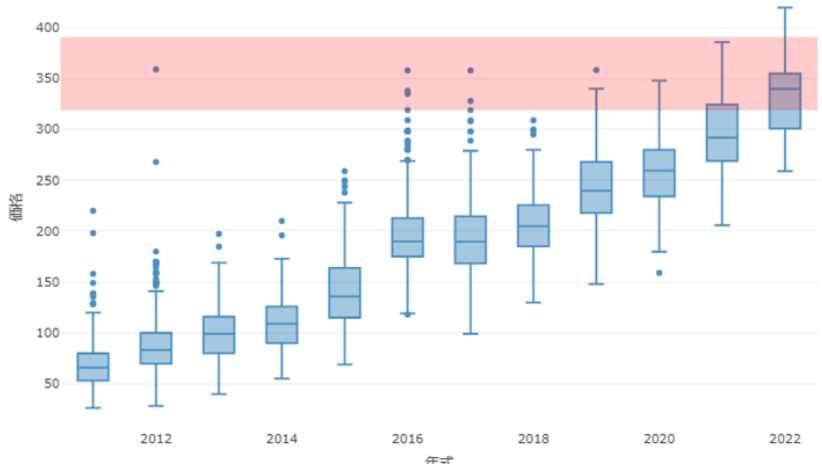


図 2-80 中古車比較サイトに掲載されている中古車の年式と販売価格帯(トヨタプリウス)

図 2-79 に示される通り、EV の中古車は 1 年落ちであっても、新車に対して価格帯が大幅に安くなっている。この下落幅は、図 2-80 のプリウスと比較して顕著なものである。

ただし、この点については現在新車の EV には政府の補助金が設定されていることを割り引いて考慮する必要がある。令和 4 年度の CEV 補助金によると、日産リーフに対する補助額は 531 千円～850 千円となっている[16]。

また、最近の半導体価格の値上がりに対応するため、日産自動車が 2022 年 12 月に大幅な新車 EV 価格の値上げに踏み切ったことも影響していると考えられる。現在中古車市場に出ている車両の多くは改定前に購入した EV であり、CEV 補助金を受けていたと想定すると、日産リーフのグレード別中古車の初期想定価格は下記の通り算出される。

このようにして算出した中古車の初期想定価格は、トヨタプリウスとほぼ同じ価格帯に属していると考えることが可能である。

表 2-37 日産リーフ車のグレード別の中古車初期価格の想定値

蓄電池容量	グレード	改定後価格（税込）	改定前価格（税込）	CEV 補助金対象額	中古車初期想定価格
40kWh	X	4,081,000	3,709,200	786,000	2,923,200
	XV セレクション	4,318,600	3,946,800	786,000	3,160,800
	G	4,448,400	4,076,600	786,000	3,290,600
	NISMO	4,642,000	4,182,200	531,000	3,651,200
	AUTECH	4,444,000	4,061,200	732,000	3,329,200
60kWh	e+X	5,253,600	4,225,100	850,000	3,375,100
	e+G	5,834,400	4,805,900	850,000	3,955,900
	e+AUTECH	5,616,600	4,577,100	850,000	3,727,100

図 2-81 は、リーフとプリウスの中古車の価格を年識別に横並びでプロットしたものである。2018 年以降の年式の中古車両については顕著な違いは見られないものの、それ以前の車両についてはリーフの価格はプリウスの半値程度の価格帯となっており、割安に EV を調達できる可能性が確認された。

[16] 一般社団法人次世代自動車振興センター HP （別表 1）銘柄ごとの補助金交付額（2022 年 11 月 28 日現在）

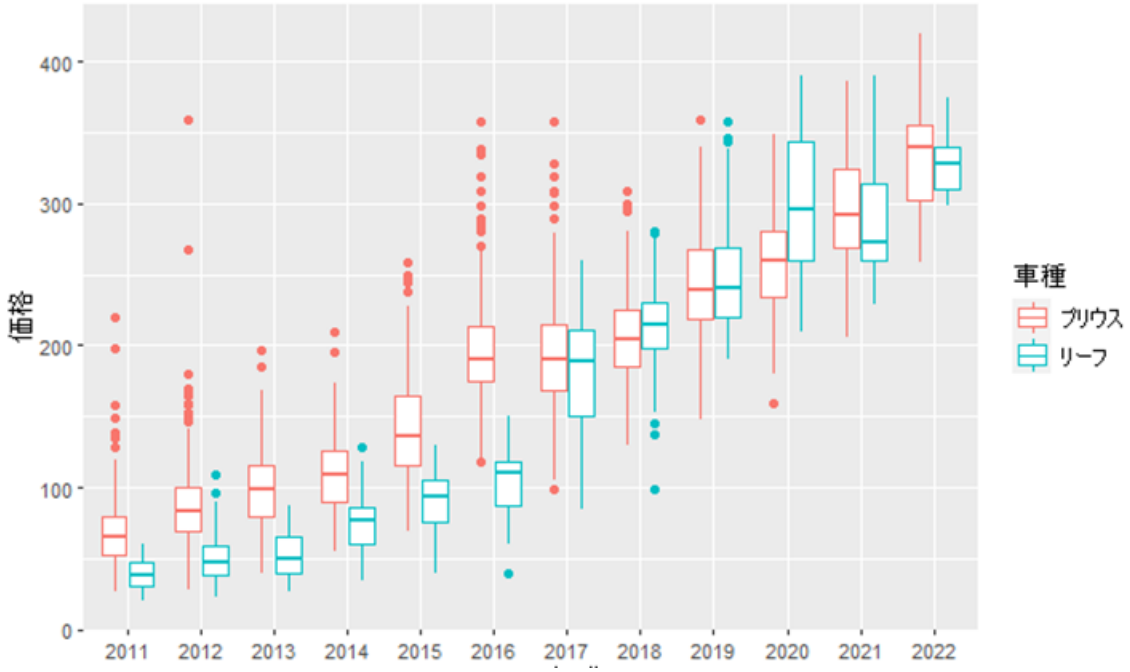


図 2-81 日産リーフとトヨタプリウスの中古車販売価格の比較

b. 中古 EV リースのビジネスモデルの検討に向けたヒアリング

以上の検討を踏まえ、自治体の公用車向けに中古 EV を導入するための事業スキームについて検討を行った。また、限られた年度の予算の中で、公用車の EV 転換を進めることが困難であると見込まれたため、ここでは図 2-82 に示すリースを活用した中古 EV の事業モデルを検討した。

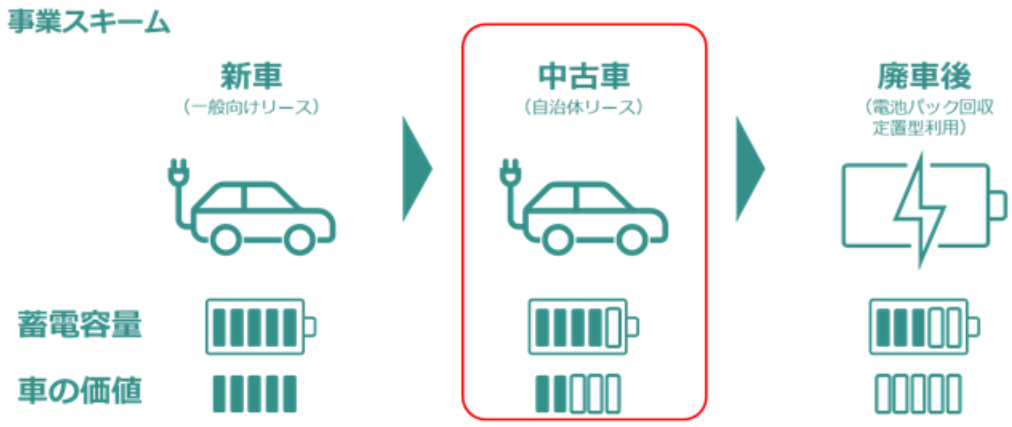


図 2-82 事業スキームのイメージ

＜事業者＞

上記のビジネスモデルについては、すでに日産自動車株式会社、住友商事株式会社、住友三井オートサービス株式会社が 2018 年に類似のコンセプトでプロジェクトをリリースしている。同プロジェクトは、中古 EV の新たな二次利用を促進する取り組みであり、中古 EV の再利用に加え最終的には定置型の

蓄電池として電気事業のリソースとして活用することを想定したものである。

このうち、住友三井オートサービス社では、カーボンニュートラルへの対応ニーズにあわせて、「EV&カーボンフリー戦略推進部」を設置するなど、積極的な取り組みをすすめている。また、同社は石川県加賀市において、公用車の電動化に向けるとともに、庁舎に導入した EV を一般にも貸し出すシェアリング事業を開始するなど、公用車の EV 化に向けたパイオニア的存在であると言える。

そこで、本事業モデルについて、住友三井オートサービス社にヒアリングを行ったところ、表 2-38 に示すような意見が得られた。

表 2-38 事業スキームに対する事業者からの意見

・ EV は従来型のガソリン自動車と比較して初期導入費用が高い。一方で、中古市場が未発達であるため、リセールバリューが担保されず、新車購入のハードルが高くなっている。 ・ 地方自治体を中心に脱炭素化に向けた主力として EV にかけられる期待は高い。公用車など短距離用途に限って言えば、中古 EV の果たす役割は十分にあるはず。 ・ これまでの経験を踏まえた実感として EV は導入後数年経過したものであっても故障等が少なく、想像以上に長く使える。 ・ EV リユースの取り組みを自治体が先導してくれれば、カーボンニュートラル社会に向けて取り組みが加速すると期待。



図 2-83 事業スキームのイメージ

出所：日産自動車株式会社、住友商事株式会社、住友三井オートサービス株式会社（2018）「EV の新たな二次利用に関する協定を締結 ～EV の可能性を最大化する『EV カスケードリユースプロジェクト』始動～」
https://www.smauto.co.jp/news/20181120PM1400.pdf

同様に、本ビジネスモデルについて、能勢町の自治体職員へのヒアリングを行ったところ、表 2-39 に示すような意見が挙げられた。

表 2-39 事業スキームに対する役場からの意見

・ このビジネスモデルのコンセプトには深く賛同するものであり、限られた自治体予算の中で脱炭素を目指す手段としての可能性は感じる。
・ 一方で、公用車の場合、基本的には入札によるものとなる。公用車調達の手続き論として、中古車を採用した経験がなく、仕様の設定方法などについての手がかりがない。
・ EV の蓄電池は使用状況に応じて劣化するものと認識しているが、中古車の場合、乗り始めてしばらくして急速に劣化するようなことがないのか心配。
・ 公用車としては、その用途に応じて様々なタイプの車両が必要。それぞれの用途でどの程度活用できるのかが不安。
・ 地域内には十分な充電インフラがない。充電インフラ整備と併せて考えた場合に割高となるのではないか。
・ 既に電気自動車を導入しているが、職員は乗りたがらない傾向。理由はわからないが、乗りなれた古いガソリン車が選択されているように思う。

c. 今後の方向性

上記の通り、中古 EV を活用した自治体公用車の電動化は、蓄電池の劣化や調達の仕様設定など一定の課題を乗り越えることができれば十分に可能性があり、地域の脱炭素化を推進する強力な武器となる可能性が示唆された。今後は、自治体および事業者と協力しつつ、中古 EV の蓄電池劣化に対する懸念に対して、実証等によって客観的・定量的に評価することが求められる。

住友三井オートサービス株式会社では、本事業における能勢町での中古 EV の活用検討をきっかけに、地域での脱炭素化の取り組みを広く手掛けるパートナー企業と協力しつつ、周辺自治体へと積極的に展開し、蓄電池の劣化状況についてデータを継続的に蓄積することで、公用車における調達仕様設定の参考となる指標づくりを進める計画であるとしている。

地域脱炭素化の手段のひとつとして、自治体公用車における中古 EV 活用の取り組みが広く浸透することが期待される。

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

3.1 電力需給分析の方針

3.1.1 電力需給分析の目的

カーボンニュートラル実現には再生可能エネルギー（以下、一部図表中では再エネと省略）をはじめとした非化石電源によるエネルギー供給に加え、太陽光発電や風力発電といった変動性再生可能エネルギーの不確実性に対応するための蓄電池や非電力部門を含めた需要能動化方策が肝要となる。カーボンニュートラルを想定したエネルギーミックスの分析事例は、資源エネルギー庁・基本政策分科会の各団体分析等において電力部門・非電力部門を含めた形で示されている。過年度評価では非電力部門について分析事例を引用し、電力部門について 1 時間毎の需給バランスや調整力等を加味した評価を実施していた。他方、電源等のシナリオ設定は引用事例に応じたものとなっており、電力需要量や電源容量などは所与のものと設定していた。

今年度評価では、2050 年カーボンニュートラルを対象とし、以下の2つのモデルを用いた分析を実施する。

① 非電力部門含めたエネルギー需給モデルによる分析を行い、カーボンニュートラル実現に向けたシナリオを検討
② エネルギー需給モデルによるシナリオ検討の結果を踏まえ、より現実的な将来の電源構成見通しを評価することを目的とし、電力シミュレーションモデルを用いて分析

ここで、電力部門・非電力部門を対象としたエネルギー需給モデルは計算負荷の観点から年単位の解像度の粗い分析であるため、電力需給モデルも併用し、電力部門の1時間ごとの詳細分析を実施する。

電力シミュレーションモデルを用いた分析によって主に検証した点は、以下のとおりである。

- エネルギーシステム全体でのコスト最適化を踏まえた電力システムの検討
- 電力のみならず、非電力部門も含めたエネルギーシステム全体の検討・評価
- 再生可能エネルギーが 100%に近いシナリオ
- コジェネレーションや熱貯蔵等の、海外で採用されている安価な技術の導入可能性 等

3.1.2 エネルギー需給モデルについて

（1） エネルギー需給評価の基本的な考え方

今年度分析では、過年度までの電力需給モデルに加えて、エネルギー全体における需給評価モデルを活用する。エネルギー需給モデルの分析イメージを図 3-1 に示す。

エネルギー需給モデルでは、最終エネルギー消費として需要側（産業、業務、家庭、運輸）のエネルギー需要を入力とする。また、エネルギー需要を供給するためのエネルギー供給側（一次エネルギー供給、各種転換プロセス、輸送）のパラメータ（コスト、導入上限、耐用年数、効率 等）を入力し、CO_2 排出量制約や資源・技術のコストおよび供給制約、需給バランス等を加味して、最適解としての設備容量・構成、エネルギーコスト・フローや排出量を評価するものである。

本モデルは非電力部門を含めたエネルギー全体の評価を行う一方、電力需給評価で行う 1 時間単位の抑制評価等は実施しないモデルである。再生可能エネルギーの接続容量は今後拡大され、再生可能エネルギー発電の余剰が見込まれる中、出力抑制は再生可能エネルギーの経済性に影響を与えるため、将来の電源構成推計には電力需給評価も併せて行う。

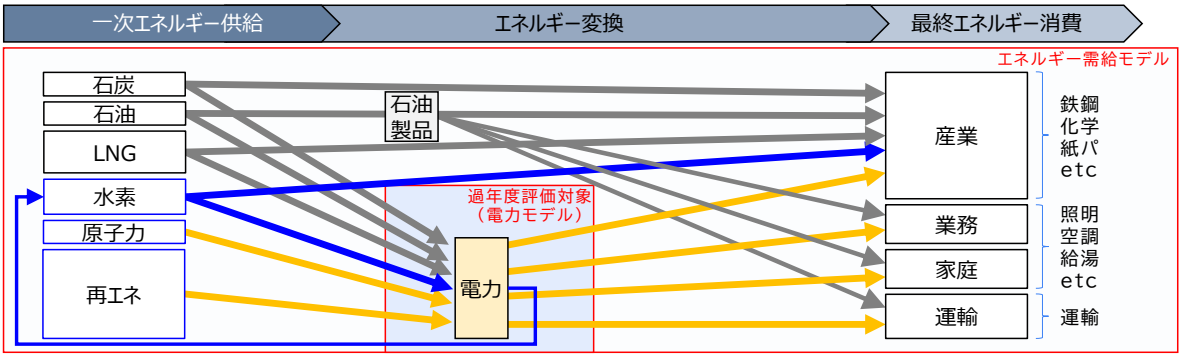


図 3-1 エネルギー需給の分析イメージ

（2）エネルギー需給モデルの概要

本業務で用いたエネルギー需給モデルには、IEAの開発したTIMESモデルを採用した。前述の通り、電力部門のみならずエネルギー需給全体の評価が可能なモデルである。

本モデルでは、エネルギーの供給側（一次エネルギー供給、各種転換プロセス、輸送）および需要側（産業、業務、家庭、運輸）の全ての要素を含むモデルである。資源・技術のコストや供給制約、サービス需要などを入力とし、TIMES モデルにより最適解としての設備容量・構成、エネルギーコスト・フローや排出量を求解できる。

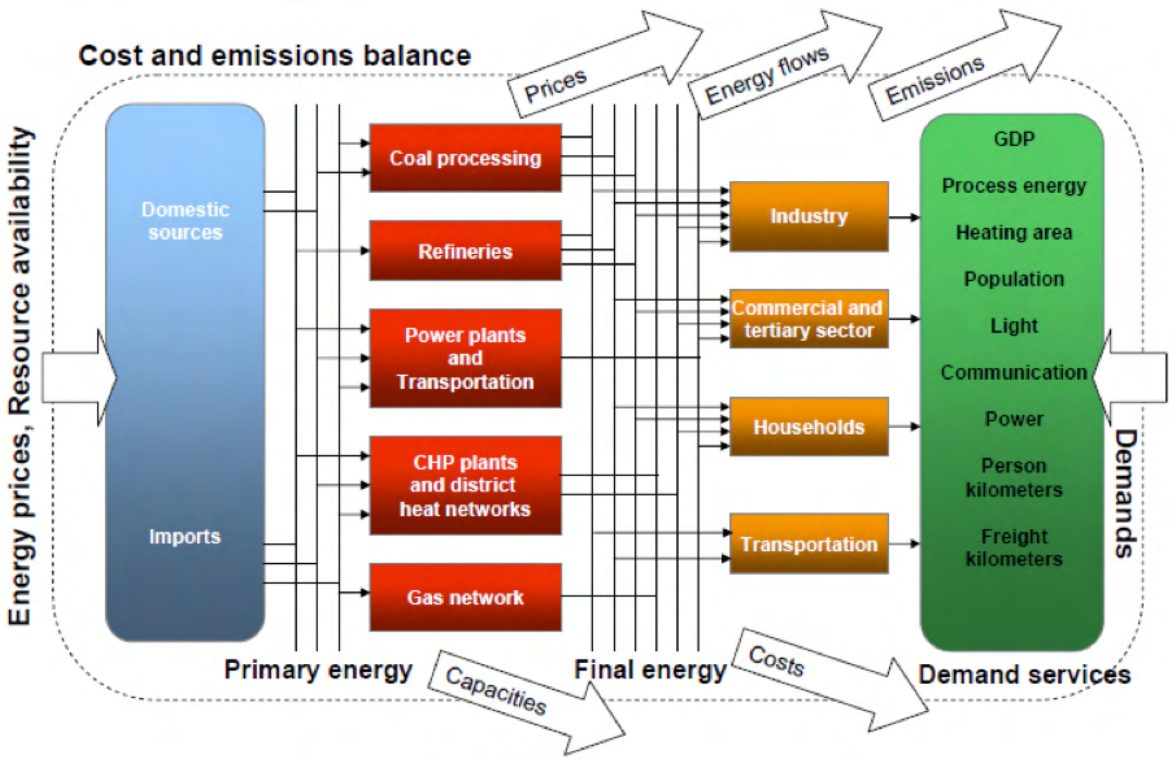


図 3-2 TIMES モデルの概要

出所）IEA Energy Technology Collaboration Programme
（https://iea-etsap.org/index.php/etsap-tools/model-generators/times）＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞

3.1.3 電力需給モデルについて

（1） 電力需給評価の基本的な考え方

電力需給評価で用いる電力需給モデルにおいて、電力供給は、基本的に発電費用が安価な電源から順番に稼働する想定とし、発電設備ごとの発電コスト（限界費用：発電 1kWh にかかる燃料費）と電力需要を元に、メリットオーダーに応じた電源運用を評価する。図 3-3 の左側に示すとおり、メリットオーダーでは、再生可能エネルギーや原子力の設備容量や電力需要等のシナリオ設定を踏まえて、火力ユニットごとの発電電力量が算出される。ここで、火力発電所はユニットごとに新設・廃炉・リプレース等を勘案して評価する。

本評価では、再生可能エネルギーの接続容量が今後拡大されると想定した評価を行う。出力抑制のイメージを図 3-3 の右側に示す。再生可能エネルギー電源のうち太陽光発電や風力発電は天候によって発電量が変わるため、時間によって需要量を超過する発電を行い、その余剰量に関してはいくらかの出力抑制が見込まれる。出力抑制は再生可能エネルギーの経済性に大きく影響を与えるため、将来の電源構成推計には電力需給の評価が必要となる。

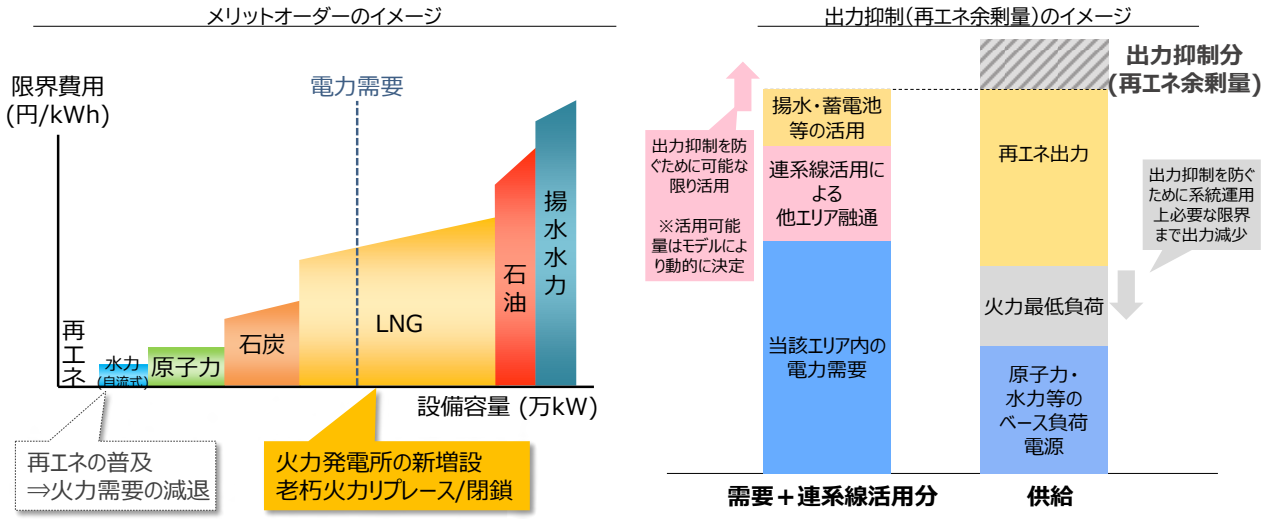


図 3-3 メリットオーダーと再生可能エネルギー余剰による出力抑制のイメージ

（2）電力需給モデルの概要

本業務で用いた電力需給モデルは、図 3-4 に示すとおり、1 時間毎の需給バランスおよび調整力の確保等を制約とした、設備の運用計画の最適化モデルである。供給側の入力データとして、国内 10 万 kW 以上の全火力ユニットを個別にモデル化したものの他、原子力発電、水力発電、揚水発電、太陽光発電、風力発電、バイオマス・地熱・小水力発電について、供給エリアごと（全国 10 エリア）の設備容量や利用率などを用いる。また、需要側の入力データとして、供給エリアごとの需要、連系線容量などを用いる。これらの入力データを元に、発電可変費（燃料費＋変動費）の最小化を、混合整数線形計画（MILP：Mixed Integer Linear Programming）により求解することで、電力需給の年間の最適設備運用をシミュレーションすることができる。

このような評価は各電力会社が実施している需給運用計画や経済負荷配分の考え方を発展させたものであり、連系線制約を考慮した上で日本全国大の電力需給バランスを確保する、経済合理性のある運用をシミュレーションするものである。本評価では、火力発電の起動停止特性、最低出力、部分負荷率を踏まえた運用を模擬しており、需給バランスの他に需要の変動や予測誤差に対応する調整力確保を考慮した、より精緻な評価を行うものである。なお、マクロな需給バランス（調整力含む）確保を対象としており、潮流・周波数変化・電圧変動等の過渡的な評価を扱うものではない。

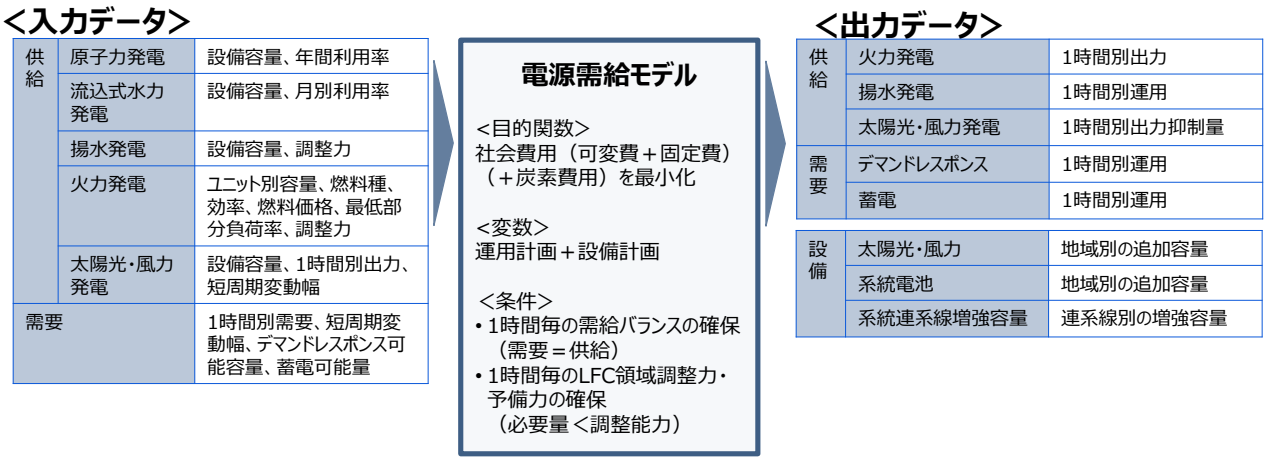


図 3-4 電力需給モデルの概要

（3）モデル連携

今年度評価では2つのモデルを連携した評価を行う。それぞれのモデルの特徴は以下のとおりである。

- エネルギー需給モデル：
  CO_2排出制約を加味してエネルギー全体の需給バランスを評価。
  データ粒度は四季×朝昼夜×5 年毎（足元から 2050 年まで）
- 電力需給モデル：
  電力の需給・調整力・連系線等を考慮し電力需給バランスを評価。
  データ粒度は 365×24 時間×1 年間のみ

2つのモデルを連携するため、図 3-5 に示すように連携プログラムを活用して評価を行った。連携プログラムでは、エネルギー需給モデルの推計結果のうち、電力需要、電源容量、炭素コスト、デマンドレスポンス（以下、DR と記載）など電力評価に関する項目を電力需給モデルの入力に変換する。変換にあたって、電力需要については地域別・部門別・使途別に分解した時間別需要データを基に地域別時刻別の電力需要値を推計する。また、DR 機器容量および電源容量については、都道府県別の足元容量やポテンシャル、将来見通しなどを基に推計する。

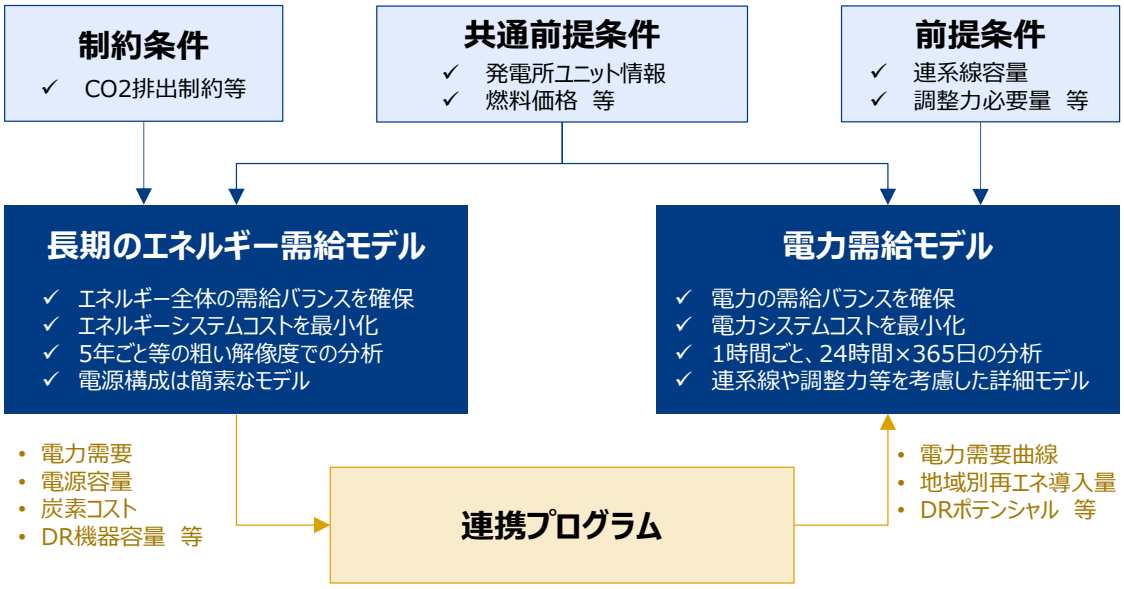


図 3-5 モデル連携のイメージ

3.2 電力需給分析の条件設定

3.2.1 電力需給分析シナリオ

今年度評価では、3つのシナリオを設定して 2050 年の需給構造に関する評価を行った。シナリオ設定では、三菱総合研究所の分析事例[17]を参考に、以下の通り設定した。

シナリオ1では、技術革新が進まず自動車生産量・粗鋼生産量の減少が生じる一方、供給側での原子力発電の最大限の利用が進むことを想定する。

シナリオ2では、現行シナリオ想定をベースに、足元の燃料価格高騰が 2050 年まで継続する状況を想定する。

シナリオ3では RE100 に近い世界に向かうものとして、再生可能エネルギーが可能な限り拡大し、国内で水素製造が行われる状況を想定する。

シミュレーションのケース設定を表 3-1 に示す。各項目の設定については次項にて説明する。

表 3-1 分析シナリオ設定

				シナリオ1 （需要減、原子力活用）	シナリオ2 （燃料高騰）	シナリオ3 （RE100）
燃料価格				● 世界銀行+IEA の見通し（STEPS）	● 燃料価格高騰	● 世界銀行+IEA の見通し（NZE）
需要側	産業	自動車 国内生産台数		● 約 320 万台 （EV シフトが進まず輸出量減少）	● 約 460 万台 （参考：現状延長 520 万台）	● 約 460 万台 （参考：現状延長 520 万台）
		鉄鋼 粗鋼生産量		● 約 5,800 万 t （自動車需要減に伴い想定）	● 約 7,200 万t （参考：現状延長 6,400 万 t）	● 約 7,200 万t （参考：現状延長 6,400 万 t）
供給側	電力	電力需要・火力		● モデルにて内生的に計算	● モデルにて内生的に計算（燃料高騰→火力減）	● モデルにて内生的に計算
		原子力		● 23.74GW ● 廃炉決定済を除いた全 36 基の 60 年運転想定	● 9GW	● 0GW ● RE100 シナリオとして想定
		太陽光	上限	● 約 350GW（国立環境研究所の分析事例[18]を参考に、環境省のポテンシャル推計（REPOS）[19]の導入可能量シナリオ 3 を採用）		
			コスト	● 10 万円/kW		
		風力	上限	● 約 300GW（国立環境研究所の分析事例を参考に、環境省のポテンシャル推計（REPOS）[19] の導入可能量シナリオ 1 を採用）		
			コスト	● 15 万円/kW		
	水素利用			● 30 円/ Nm^3	● 30 円/ Nm^3	● 20 円/ Nm^3 ● 国内調達比率 70%設定

[17] 三菱総合研究所、2050 年カーボンニュートラルの社会・経済への影響、2022/7/4、（https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/20220704.html）＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞

[18] 資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第 44 回会合）、国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム「資料 2 2050 年脱炭素社会実現に向けたシナリオに関する一分析」（2021年 6 月）

[19] 環境省、再生可能エネルギー情報提供システム［REPOS（リーポス）］、（https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/）＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞

3.2.2 電力需給分析の前提

(1) 燃料価格

燃料価格は、2026 年度までの短中期見通しは世界銀行の、2050 年にかけての長期見通しは IEA の見通しを用いて設定する。それぞれの文献における燃料価格見通しを図 3-6 に示す。2050 年までの長期の燃料価格見通しを示す IEA の World Energy Outlook(WEO)では、複数のシナリオが挙げられている。また、昨今の燃料価格高騰を踏まえ、この高騰が 2050 年まで継続するような想定も考えられる。

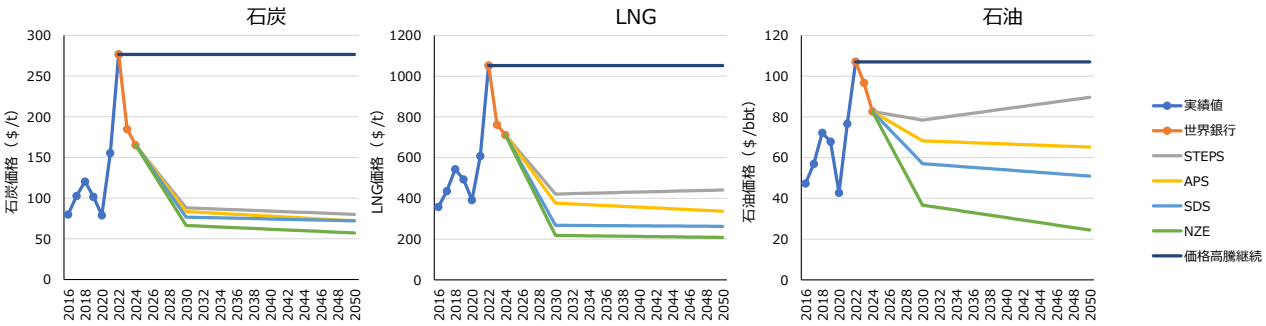


図 3-6 燃料価格の見通し[20]

出所）世界銀行「Commodity Price Forecast」、IEA「World Energy Outlook 2021」、貿易統計より三菱総研にて作成

以上を踏まえて、各シナリオの燃料価格想定を表 3-2 に示すように設定する。

シナリオ1は需要減少を想定シナリオではあるものの、燃料価格については基本的な設定を想定し、WEO の STEPS を採用する。

シナリオ2は燃料価格高騰を想定したシナリオのため、足元の燃料価格高騰が継続する想定とする。

シナリオ3は RE100 に近い世界に向かう想定であるため、シナリオ1よりも燃料需要が世界的に低下し、燃料価格が低下すると仮定して、想定価格の低い WEO の NZE を採用する。

表 3-2 燃料価格のシナリオ設定

	シナリオ1 （需要減、原子力活用）	シナリオ2 （燃料高騰）	シナリオ3 （RE100）
燃料価格	● 世界銀行+IEA(STEPS)の見通し	● 燃料価格高騰	● 世界銀行＋IEA(NZE)の見通し

[20] 凡例中の英語記載は World Energy Outlook のシナリオを指す。
STEPS（Stated Policy Scenario）：公表政策シナリオ（各国が表明済みの具体的政策を反映）
APS（Announced Pledge Scenario）：発表誓約シナリオ（各国が宣言した野心を反映）
SDS（Sustainable Development Scenario）：持続可能な開発シナリオ（パリ協定目標を達成）
NZE（Net Zero Emission）：ネットゼロシナリオ（2050 年に世界全体でネットゼロを達成）

（2） 産業（サービス需要）

産業部門における活動量水準については、三菱総合研究所の分析事例[21]を参考に、表 3-3 に示すとおりに設定する。

シナリオ1は需要減少を想定したシナリオであり、技術革新が進まず自動車生産量・粗鋼生産量が減少するものとした。具体的には、シナリオ2、3に比べて、自動車については海外輸出分だけ減少するものとし、鉄鋼については自動車需要減少に伴って減少することを想定した。

シナリオ2、3は技術革新が進み一定程度の海外輸出が行われるものとし、前述の分析事例を参考に、シェアリング、サーキュラーエコノミーの進展により国内需要は減少するものの技術革新により輸出が増加すると想定する。

表 3-3 産業（サービス需要）のシナリオ設定

			シナリオ1 （需要減、原子力活用）	シナリオ2 （燃料高騰）	シナリオ3 （RE100）
需要側	産業	自動車 国内生産台数	● 約 320 万台（460 万-海外輸出分） ● シェアリング、サーキュラーエコノミーの進展により国内需要は減少に加え、EV シフトが進まず輸出量も減少。	● 約 460 万台 ● シェアリング、サーキュラーエコノミーの進展により国内需要は減少するが、技術革新により輸出増	
		鉄鋼 粗鋼生産量	● 約 5,800 万 t （自動車需要減に伴い想定）	● 約 7,200 万t ● 上記の自動車最終需要増により鉄鋼需要増加、電炉比率は増加	

（3） 電力需要・火力

電力需要および火力についてはエネルギー需給モデルで内生的に計算するものである。

ここで、シナリオ2については燃料高騰が加味されるため、表 3-4 に示すとおり、火力の経済的優位性は低い設定である。

表 3-4 電力需要および火力のシナリオ設定

			シナリオ1 （需要減、原子力活用）	シナリオ2 （燃料高騰）	シナリオ3 （RE100）
供給側	電力	電力需要・火力	● モデルにて内生的に計算	● モデルにて内生的に計算（燃料高騰→火力減）	● モデルにて内生的に計算

[21] 三菱総合研究所、2050 年カーボンニュートラルの社会・経済への影響、2022/7/4、（https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/20220704.html）＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞

（4）原子力

原子力については、三菱総合研究所の分析事例[22]を参考に、表 3-5 に示すとおりに設定する。

シナリオ1は原子力の最大限の利用が進むことを想定したシナリオであるため、廃炉決定済を除いた全 36 基の 60 年運転を想定する。ここで、廃炉決定済を除いた全 36 基が 60 年運転すると仮定すると図 3-7 に示すとおり 2050 年の設備容量は 23.74GW となる。

シナリオ2では、前述の分析事例を参考に、2022 年 7 月時点で新規性基準合格したプラントのみ稼働と想定する。

シナリオ3では、RE100 に近い世界に向かうものとして原子力発電なしと想定する。

表 3-5 原子力のシナリオ設定

			シナリオ1 （需要減、原子力活用）	シナリオ2 （燃料高騰）	シナリオ3 （RE100）
供給側	電力	原子力	● 23.74GW ● 廃炉決定済を除いた全 36 基の 60 年運転想定	● 9GW ● 新規性基準合格したプラントのみ稼働。新増設・リプレースは想定せず	● 0GW ● RE100 シナリオとして想定

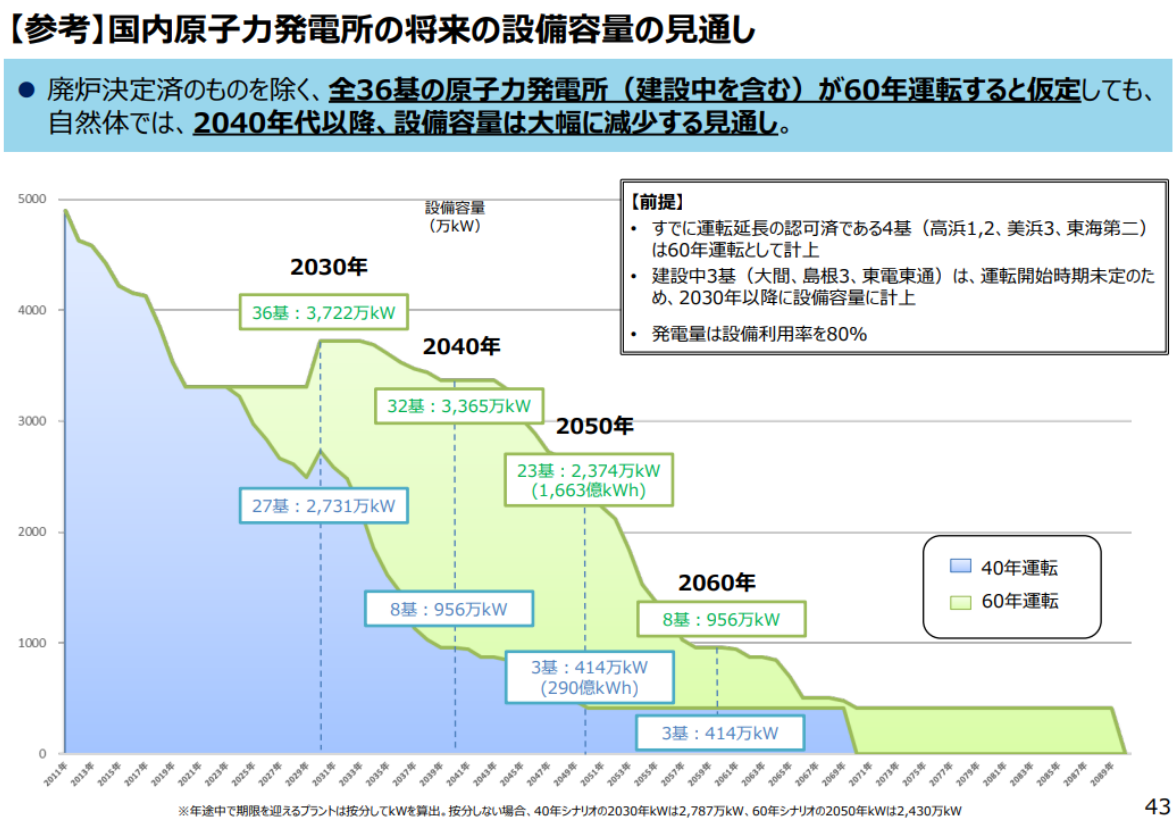


図 3-7 原子力発電の将来の設備容量の見通し

出所）資源エネルギー庁 第 24 回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会「資料3 今後の原子力政策について」（2022 年 2 月）、p.43

[22] 三菱総合研究所、2050 年カーボンニュートラルの社会・経済への影響、2022/7/4、（https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/20220704.html）＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞

（5）再生可能エネルギー

再生可能エネルギーについては設定した導入量上限値とコストを基に、モデルで内生的に計算するものである。上限値とコストについて表 3-6 に示す。

導入量上限値については、環境省のポテンシャル推計（REPOS）[23]を採用する。

コストについては、三菱総合研究所の分析事例[24]を参考に設定する。

表 3-6 再生可能エネルギーのシナリオ設定

				シナリオ1 （需要減、原子力活用）	シナリオ2 （燃料高騰）	シナリオ3 （RE100）
供給側	再生可能エネルギー	太陽光	上限	● 357GW（家庭用 112GW、事業用 245GW） ● REPOS の導入可能量シナリオ 3 から設定		
			コスト	● 10 万円/kW ● コスト検証 WG の 2020→2030 のコスト低減を 2050 まで延長		
		風力	上限	● 296GW（陸上 118GW、洋上 178GW） ● REPOS の導入可能量シナリオ 1 から設定		
			コスト	● 15 万円/kW ● コスト検証 WG の 2020→2030 のコスト低減を 2050 まで延長 （ただし、洋上風力は LCOE10 円/kWh 相当の固定費を設定）		

（6）水素

水素については、コストと国内調達率についてシナリオ毎に設定する。

水素の価格目標は、グリーン成長戦略やクリーンエネルギー戦略等において、図 3-8 に示すとおり、2030 年 30 円/Nm^3、2050 年 20 円/Nm^3 以下という目標が掲げられている。他方、足元の水素価格は 100 円/Nm^3 を大幅に超える水準であり、20 円/Nm^3 は野心的な目標と考えられる。また、水素調達においては調達元の消費するエネルギーコストや調達元の水素製造方法にも依存する。各文献の見通しと目標価格を比較すると、図 3-9 に示す通り、グレー水素（化石燃料由来）、ブルー水素（化石燃料由来＋CCUS）、グリーン水素（再生可能エネルギー）、それぞれの製造方法による違いが確認される。

他方、水素価格想定を安価にするほど、国内製造は経済的に見合わなくなるものの、エネルギー安全保障や国内再生可能エネルギーの活用という観点から国内での水素製造は重要であり、国の政策としても国内製造を後押しする方針が示されている。図 3-10 に示すとおり、水素調達は、先行している欧州等の先行市場でも国内メーカーが競争できるように、経済産業省のグリーンイノベーション基金等で支援する計画である。過年度事業で参照した国立環境研究所の分析事例[25]では、図 3-11 に示すとおり水素・新燃料の国内調達比率を 70%と設定しており、新燃料生産用の電力需要量の増加を想定している。

---

[23] 環境省、再生可能エネルギー情報提供システム［REPOS（リーポス）］、（https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/）＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞

[24] 三菱総合研究所、2050 年カーボンニュートラルの社会・経済への影響、2022/7/4、（https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/20220704.html）＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞

[25] 資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第 44 回会合）、国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム「資料 2 2050 年脱炭素社会実現に向けたシナリオに関する一分析」（2021年 6 月）

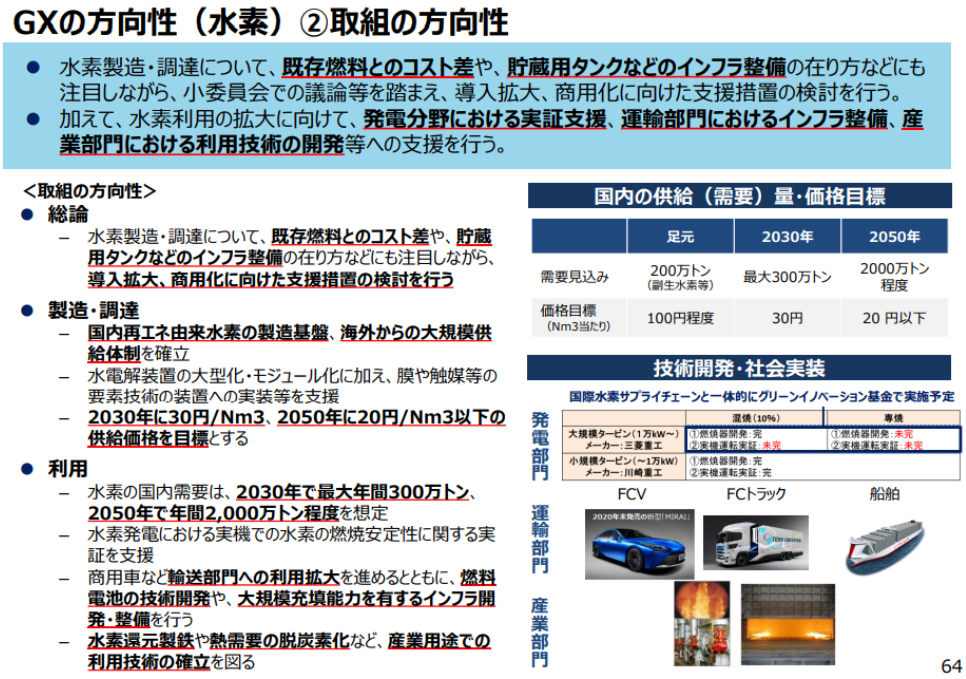


図 3-8　水素供給価格の目標

出所）資源エネルギー庁　総合資源エネルギー調査会　基本政策分科会（第 49 回会合）「資料1　エネルギー基本計画策定後のエネルギー政策の検討状況について～クリーンエネルギー戦略中間整理を中心に～」（2022 年 6 月）、p.64

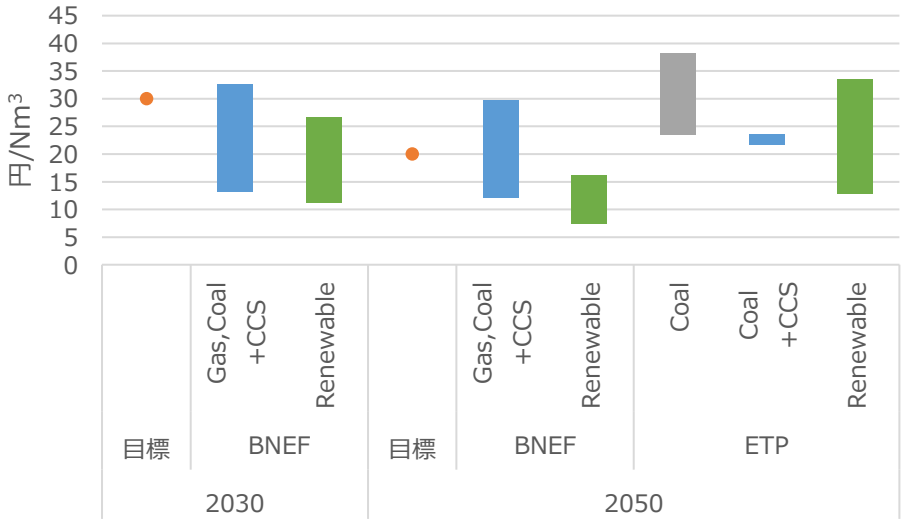


図 3-9　水素製造コストの見通し

出所）目標：資源エネルギー庁　総合資源エネルギー調査会　基本政策分科会（第 49 回会合）「資料1　エネルギー基本計画策定後のエネルギー政策の検討状況について～クリーンエネルギー戦略中間整理を中心に～」（2022 年 6 月）、
BNEF：BloombergNEF「Hydrogen Economy Outlook」（2020 年 3 月）、
ETP：IEA「Energy Technology Perspectives 2020」（2020 年 9 月）より作成。

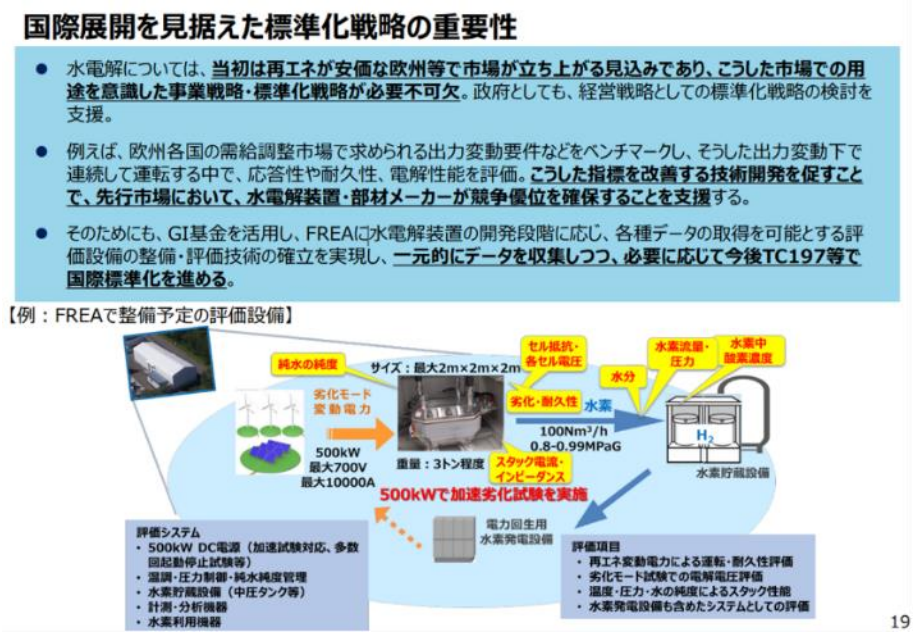


図 3-10　国際展開を見据えた標準化戦略の重要性

出所）資源エネルギー庁　産業構造審議会　グリーンイノベーションプロジェクト部会　エネルギー構造転換分野ワーキンググループ（第 9 回）「資料 4 水素を取り巻く国内外情勢と水素政策の現状について」（2022 年 6 月）、p.19



図 3-11　水素の国内製造と電力需要量

出所）資源エネルギー庁　総合資源エネルギー調査会　基本政策分科会（第 44 回会合）、国立環境研究所　AIM プロジェクトチーム「資料 2　2050 年脱炭素社会実現に向けたシナリオに関する一分析」（2021 年 6 月）、p.16 および p.31　赤枠は三菱総合研究所にて追加。

以上を参考に、水素については表 3-7 に示すとおりに設定する。

シナリオ1、2では水素については 2050 年の野心的な価格目標ではなく保守的な設定とし、2050 年の水素価格を 30 円/Nm^3とする。

シナリオ3は RE100 に近い世界に向かうシナリオのため、水素が安価になる想定として 2050 年の水素価格を 20 円/Nm^3とし、さらに国内調達比率を 70%とする。

表 3-7 水素のシナリオ設定

		シナリオ1 （需要減、原子力活用）	シナリオ2 （燃料高騰）	シナリオ3 （RE100）
供給側	水素利用	● 30 円/Nm^3 2030 年の政府目標水準を達成し、その後はコスト低減が進まず横ばいと想定 ● 安価な輸入水素実現を描いているため、国内での製造が実施されない結果。		● 20 円/ Nm^3 政府目標水準 ● 国内調達比率 70%設定

（7）DAC

エネルギー需給モデルでは DAC による CO_2 回収を加味したカーボンニュートラル達成を評価する。DAC コストとしては、文献値を基に図 3-12 のとおり 7.6 万円/tCO_2 と想定する。

なお、基本政策分科会における CO_2 限界費用の各団体の評価値は以下のとおりであり、今回の DAC コスト想定とおおむね同水準である。

- 地球環境産業技術研究機構（RITE） 525USD/tCO_2
- 日本エネルギー経済研究所　6.2 万円/tCO_2
- 電力中央研究所　　5～15 万円/tCO_2 程度

表 4　CO_2 関連設備の諸元

	Const. Cost	Input per unit of output	O&M Cost Rate [%]
Chemical absorption	13.24 [kyen/(t-CO_2/year)]	Electricity: 0.12 [MWh/t-CO_2]	5
Sabatier reactor	73.48 [kyen/(toe/year)]	Hydrogen: 13.9 [MWh/toe]	5
		CO_2: 2.3 [t/toe]	
		Electricity: 0.37 [MWh/toe]	
DAC	76.34 [kyen/(t-CO_2/year)]	Electricity: 0.34 [MWh/toe]	5
		Heat: 2.25 [MWh/t-CO_2]	

図 3-12　DAC コスト想定

出所）田原他、エネルギー・資源学会論文誌,43(3),75-83、2022 （赤枠は三菱総合研究所にて追加）

（8）連系線

連系線に関する長期計画に関して、電力広域的運営推進機関（OCCTO）のマスタープラン検討委員会にて議論が進んでいる。議論の例を図 3-13 に示す。本委員会では 2040 年以降を想定したものであるが、本評価では 2050 年のカーボンニュートラル達成の世界を評価したものであり、マスタープランの検討よりも再生可能エネルギーの拡大が進み、系統増強もされていると考えられる。

そこで、連系線については図 3-14 に示すとおり、過年度評価でも評価した 2050 大幅拡大シナリオ（連系線拡大）を採用し、感度解析としてマスタープランの需要立地自然体シナリオ（連系線低位）を評価する。

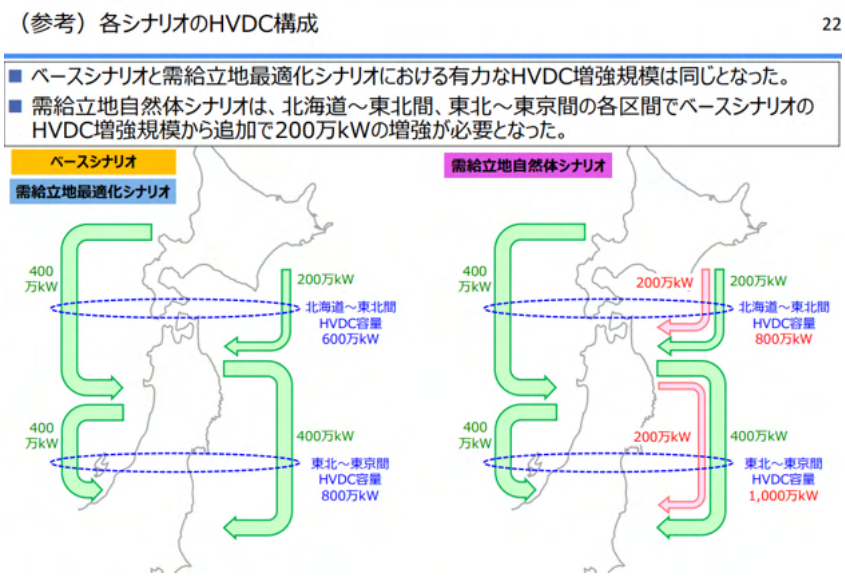


図 3-13　マスタープラン検討（例.HVDC 構成）

出所）電力広域的運営推進機関（OCCTO） マスタープラン検討委員会（第 21 回）、「資料 1　マスタープラン策定に向けた検討状況について（長期展望（案）について③）」（2022 年 12 月）

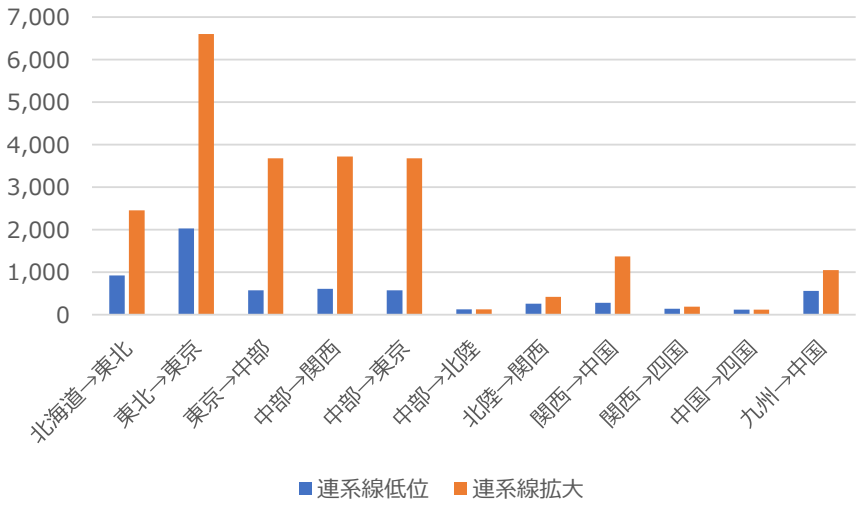


図 3-14　連系線のシナリオ設定

（9）調整力

過年度調査では、調整力必要量として調整力緩和パターンをメインに評価を行った。ここで、調整力緩和パターンでは、技術や制度設計が進み、調整力必要量が需要・PV 風力発電量の 2%に低減するものとした。なお、過年度調査のサイドケースでは、調整力必要量として現状維持パターンを採用した。

今年度評価においては、表 3-8 に示すとおり、過年度調査と同様に、調整力に関しては技術向上等を想定して調整力緩和パターンを採用する。

表 3-8 連系線のシナリオ設定

項目			調整力緩和パターン（採用）	現状維持パターン（不採用）
需要	需要パターン		■ 2016 年度の各社公表の負荷パターンを採用	
	調整力必要量	短周期変動	■ 当該時刻需要比 2%	■ 当該時刻需要比 3%
		予測誤差	■ 各時刻需要予測の 2%	■ 各時刻需要予測の 4～9%
自然変動電源	出力パターン		■ 太陽光：2016 年度の各社公表の出力パターンを採用 ■ 風力：2016 年度の各社公表の出力パターンを採用	
	調整力必要量	時間内変動 1)	■ 太陽光：各時刻出力予測の 2% ■ 風力：各時刻出力予測の 2%	■ 太陽光：各時刻出力予測の 10% ■ 風力：風力連系容量の 10%
		予測誤差 2)	■ 太陽光：発電電力量の 2% ■ 風力：発電電力量の 2%	■ 太陽光：発電電力量の 8.4%（1σ） ■ 風力：風力連系容量の 10%（1σ）
従来電源	調整力		■ 火力 3)：定格容量比で石炭 2%、LNG6%、石油 5% ■ 揚水 1)：発電時出力比 20%（可変速機は揚水時にも調整力あり） ■ 流込水力、原子力：調整力なし	
	最低部分負荷率		■ 火力：33%（ただし、系統 WG で個別の情報が公開されたものについてはそれを適用）	

1） K.Ogimoto et al.（2014）Impact of variable renewable energy source integration into power system operation and implications for Japan's future power market, CIGRE Symposium, Vol.134 No.4, 2014.

2） 電力中央研究所報告 C10062「再生可能エネルギー電源大量連系に対する柔軟性資源計画モデルの開発－蓄電池やデマンドレスポンスを考慮した最適電源構成の検討－」,（2017）,

3） 電力中央研究所報告 R13013「再生可能エネルギー大量導入に対応した需給運用シミュレーター需給運用計画策定機能のプロトタイプ開発－」,（2013）、ディスカッションペーパーSERC16001

（10）電力需要の柔軟性

電力需要の柔軟性としては、過年度評価と同様に、DR 資源として（家庭）HP 給湯器、（産業）電炉、（運輸）EV を想定し、新燃料製造分の電力需要増分の柔軟性も加味する。

それぞれの DR 資源の時間別負荷パターンを図 3-15 に示す。

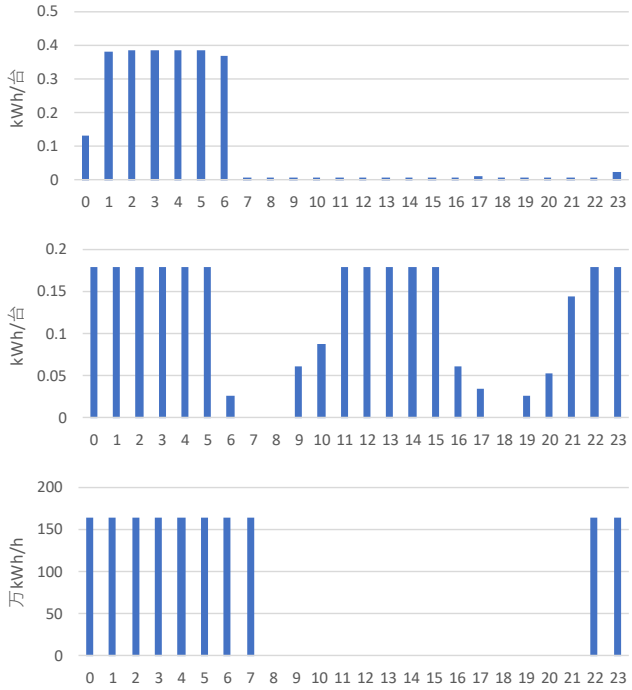


図 3-15　シフト前の時間帯別負荷パターン（平日）

また、新燃料製造分の電力需要増分の柔軟性のイメージを図 3-16 に示す。

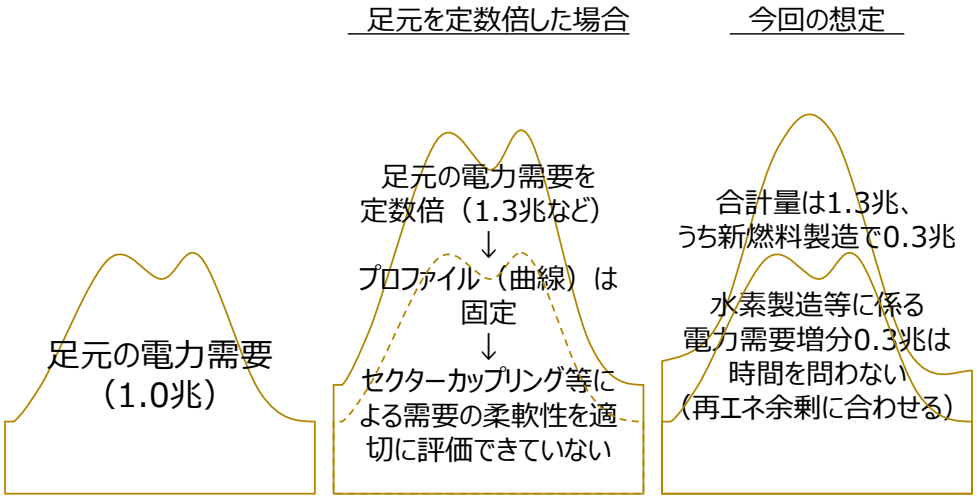


図 3-16　新燃料製造の需要柔軟性のイメージ

3.2.3 電力需給分析に係る参考情報

（1） セクターカップリング調査の背景と目的

今年度のモデル分析においてはヒートポンプ給湯器や電気自動車、製鋼用電炉による柔軟性を評価している。一方、蓄熱等のセクターカップリング関連技術は十分に考慮されていない。

将来的な分析モデルへの反映を検討するにあたり、セクターカップリング技術全般に関する文献調査を進めるとともに、蓄熱システムを設けることで柔軟性に寄与することが可能な地域熱供給に焦点をあてて文献調査や導入ポテンシャルの評価を実施した。

（2） セクターカップリングに関する文献調査

1） セクターカップリングの概要

図 3-17 のとおり、セクターカップリングとは電力セクターと広範なエネルギーセクター（熱、ガス、モビリティ等）の相互連携のプロセスを指す。セクターカップリング技術（EV とスマートチャージ、電気ボイラーやヒートポンプ、水素製造の電解槽等）の活用は、システムのデジタル化・スマート化により、電力価格等へのデマンドレスポンスをより迅速化できる。また、経済的なインセンティブ（支援的な価格メカニズム等）との併用により、電力系統や運輸システム、熱エネルギー系統等の各システムをひとつの統合運用システムとして経済的に最適活用することが可能である。

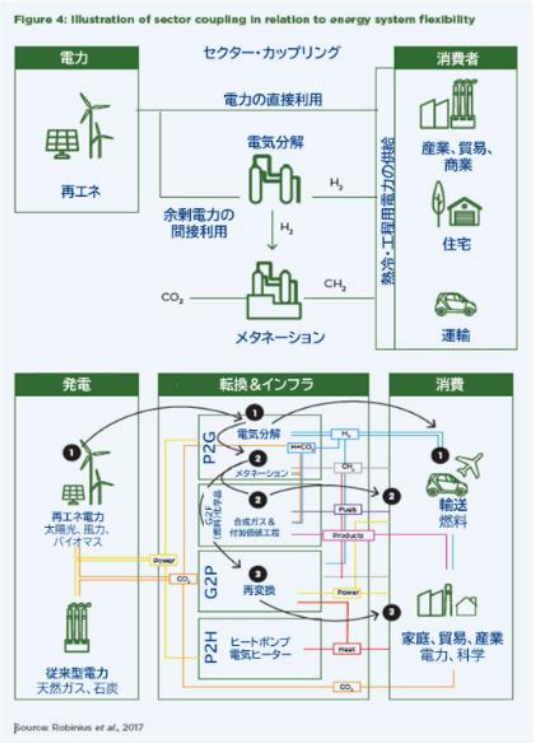


図 3-17 セクターカップリングの概要

出所）IRENA「Sector Coupling in Facilitating Integration of Variable Renewable Energy in Cities」（2021 年 10 月）、p.17、Fig. 4 日本語訳は三菱総合研究所にて追記

セクターカップリング技術は非電力セクターにおける化石燃料消費を電気で代替する直接電化と、電気によって生成した水素や合成燃料によって代替する間接電化に大別される。

図 3-18 のとおり、業務・家庭部門において、厨房用については電気ヒーター等による電化、暖房・給湯に係る低温熱需要についてはヒートポンプやメタネーション等による合成ガスの適用可能性がある。運輸部門において、乗用車等によるガソリン使用分については EV 導入、ディーゼル使用分については EV・FCV 導入、ジェット燃料・天然ガス使用分については合成燃料の適用可能性がある。産業部門において、高温熱需要については電気炉等による電化や水素・アンモニア、中温熱需要については電気ボイラーやヒートポンプ、低温熱ではヒートポンプの適用可能性がある。

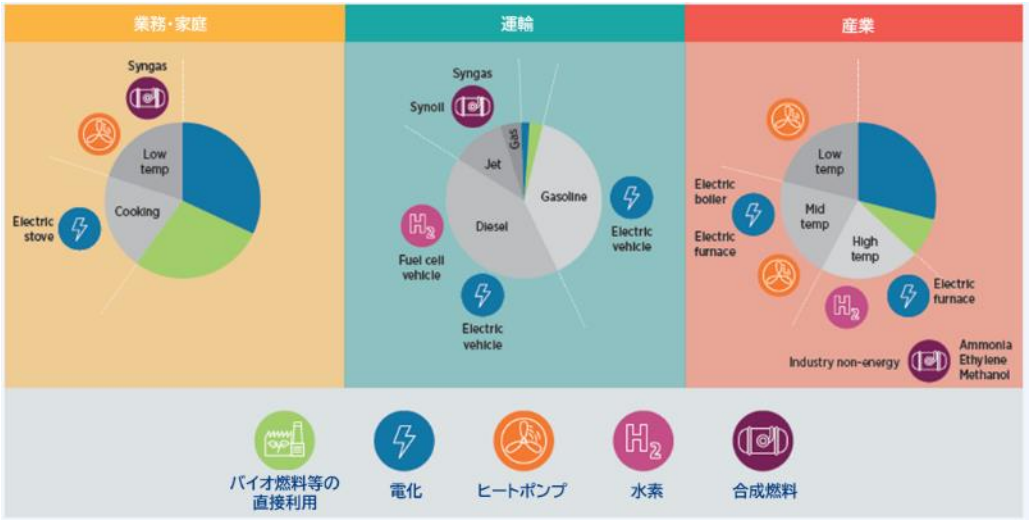


図 3-18 各セクターにおいて潜在的に適用可能な技術

出所）IRENA「Sector Coupling in Facilitating Integration of Variable Renewable Energy in Cities」（2021 年 10 月）、p.18、Fig. 5 日本語訳は三菱総合研究所にて追記

（3） 地域熱供給に関する文献調査

1） 欧州における地域熱供給市場

欧州における 2018 年の住宅部門と商業・公共サービス部門の暖房・給湯に占める地域熱供給のシェア率は図 3-19 の通り。住宅部門において、デンマーク、スウェーデンでは地域熱供給の割合が 50%近くを占めている。一方、商業・公共サービス部門において、デンマーク、フィンランド、スウェーデンでは地域熱供給の割合が 70%前後を占めている。

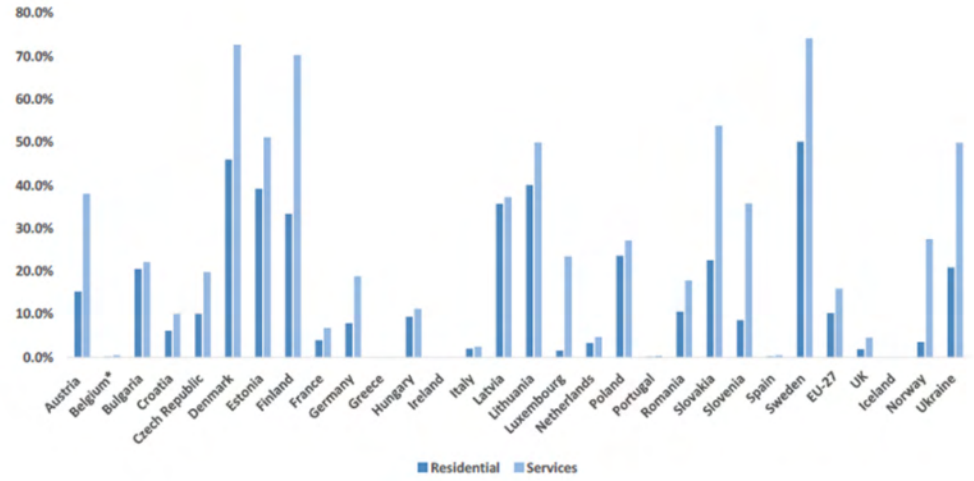


図 3-19 欧州における住宅部門及び商業・公共サービス部門の地域熱供給のシェア率

出所）European Commission「Overview of District Heating and Cooling Markets and Regulatory Frameworks under the Revised Renewable Energy Directive」（2021 年 10 月）、p.28、Figure8

図 3-20 のとおり、2018 年時点において EU のほとんどの国で地域熱供給全体に占めるコジェネレーションシステムの割合が 50%を超えており、EU 全体では 63%を占めている。熱源として、天然ガスのシェアが 30.4%と高く、次いで石炭・泥炭が 26.7%、バイオマス・バイオ燃料が 22.3%を占めており、地域熱供給の 3 分の2が化石燃料で生成されているのが現状である。一方、デンマークやリトアニアでは、バイオマス、バイオ燃料、再生可能な廃棄物の割合が 50%以上を占める。

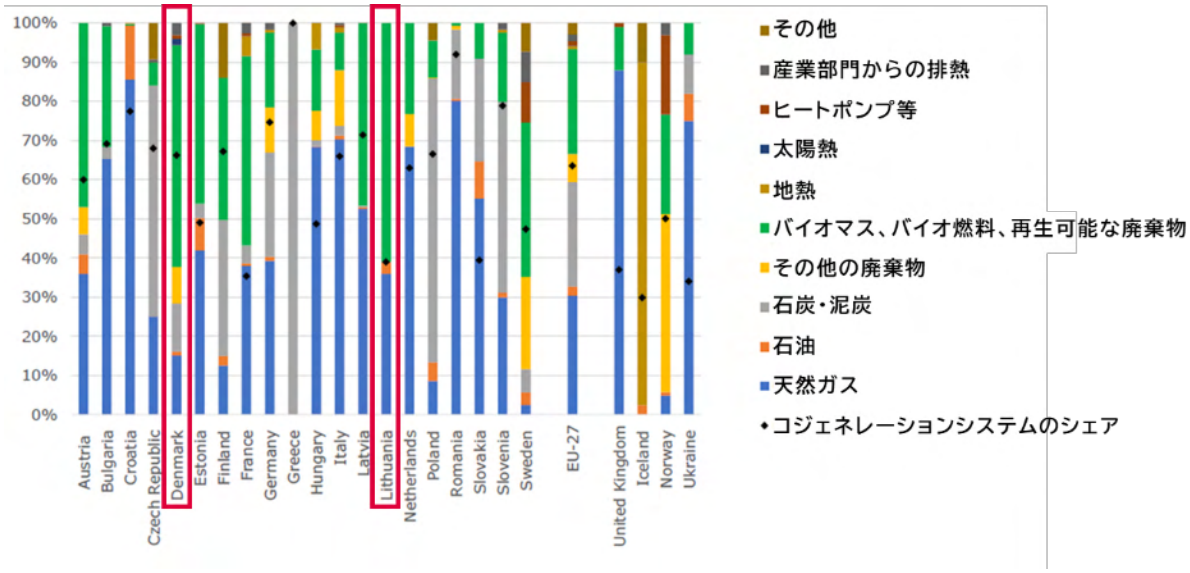


図 3-20　各国の地域熱供給の熱源

出所）European Commission「Overview of District Heating and Cooling Markets and Regulatory Frameworks under the Revised Renewable Energy Directive」（2021 年 10 月）、p.37、Figure13　凡例、赤枠は三菱総合研究所にて追加。

2）デンマークにおける地域熱供給と蓄熱

デンマークではオイルショック以降、エネルギー自給率とエネルギー効率の向上を目的に地域熱供給の導入が進められた。現在では、図 3-21 のとおり全世帯の約 6 割が地域熱供給に接続しており、暖房や給湯の用途で熱の供給を受けている。また、地域熱供給に付随する蓄熱システムは電力システムの柔軟性向上や再生可能エネルギーの利用拡大に寄与している。

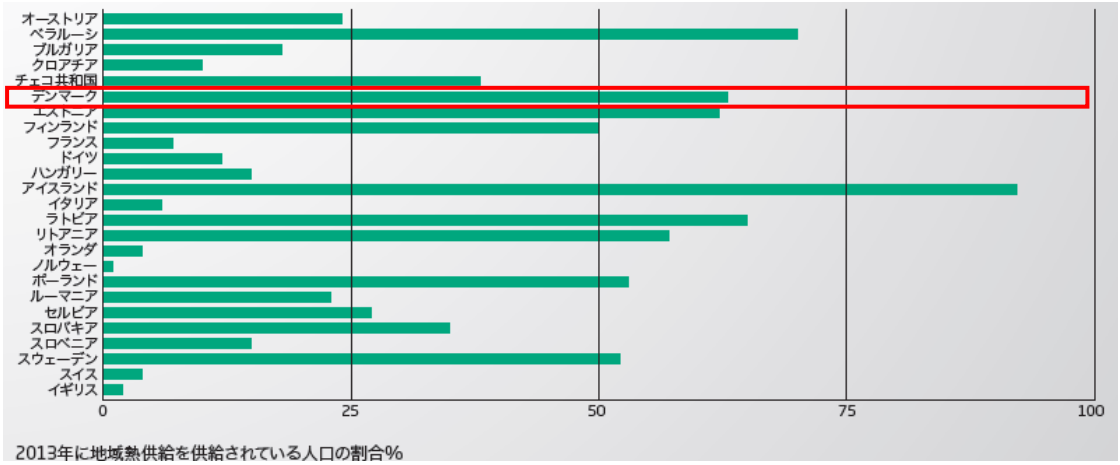


図 3-21　欧州における地域熱供給接続済みの人口割合

出所）State of Green 2016「地域熱供給　都市部のエネルギー効率化」（2021 年 6 月）、p.29。 赤枠は三菱総合研究所にて追加。

デンマークでの蓄熱は、時間・日単位の蓄熱と季節間蓄熱に大別される。時間・日単位の蓄熱は、主に地域熱供給の主要な熱源の 1 つである CHP プラントにおける熱と電気の供給のデカップリングを目的に行われている。デンマークでは風力発電導入拡大に伴い電力価格の安い時間帯が増加しているこ

とへの対応として、蓄熱によって CHP プラント稼働を最適化している。季節間蓄熱は、大規模な蓄熱槽を用いて、主に夏の余剰熱を冬に利用するために用いられる。燃料費の削減や CO_2 削減を目的に進められている太陽熱の活用においては、特に季節間蓄熱が重要な役割を果たしている。

3）事例調査 ドロニングルンにおけるピット式蓄熱

デンマークのドロニングルン（Dronninglund）町では、2014 年よりピット式蓄熱槽の運用を開始している。37,573m^2の太陽熱プラントに併設された容積約 60,000m^3の蓄熱槽は、季節間蓄熱に利用されている。熱は地域間供給網を通して 1,350 世帯に供給されている。地域熱供給網は地域の消費者コミュニティが所有する企業が運営している。当蓄熱プロジェクトはデンマークエネルギー庁の補助金を受けて実施された。

夏季に生じた余剰熱を蓄熱し、秋冬にヒートポンプを用いて地域に熱を供給している。太陽熱により地域熱供給年間熱量の約 40％を賄い、それ以外の熱はバイオ燃料・天然ガス・コジェネにより供給される。蓄熱は 4 月から 8 月にかけて行われ、6～10 月の熱需要はほぼすべてが太陽熱によって賄われる。蓄熱槽からの熱は年間を通じて地域熱網に供給され、放熱は 10 月にピークを迎える。



図 3-22 ドロニングルンの太陽熱プラントと蓄熱槽

出所）左図：Planenergi “Dronninglund Solar thermal plant”
(https://planenergi.dk/wp-content/uploads/2017/06/Brochure_Dronninglund_2015_booklet_ENG_web_.pdf)
＜閲覧日：2023 年 1 月 31 日＞
右図：Pan et al. “Long-term thermal performance analysis of a large-scale water pit thermal energy storage”
(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X22010064)＜閲覧日：2023 年 1 月 31 日＞

表 3-9 のとおり、蓄熱槽の容積は約 60,000m^3 で、1m^3 あたり約 5,400 円のコストがかかっている。底面と側面に断熱シートを張り、水面には断熱シートを浮かべている。蓄熱容量は 5,400MWh である。2017 年の実績では、11,620MWh を蓄熱し、11,110MWh を放熱している。熱損失の実績値は年間 1,000～1,200MWh であり、熱貯蔵効率はおよそ 90%となっている。

表 3-9 ドロニングルンのピット式蓄熱槽詳細

プロジェクトタイプ	試験プロジェクト
建設年	2013 年
容積(m^3)	60,000 m^3
総投資額	3 億 2,300 万円
1m^3 あたり投資額	5,377 円
kWh あたり投資額	59 円

温度幅	10～89℃
蓄熱容量(MWh)	5,400MWh
最大熱供給容量(kW)	26,100kW
熱損失(計算値)	1,602MWh/年
熱損失(実測値)	1,175MWh/年

※1DKK=19円で換算

出所)デンマークエネルギー庁 “Technology Data for Energy storage”(2018 年 11 月)

2017 年実績における月別の熱バランスは図 3-23 のとおり。春から夏にかけて熱生産量のほとんどを太陽熱と蓄熱槽(太い棒グラフのうち黄色と水色部分)によって賄っている。また、熱消費量に占める熱貯蔵の割合(細い棒グラフのうち黄色部分)が高くなる。

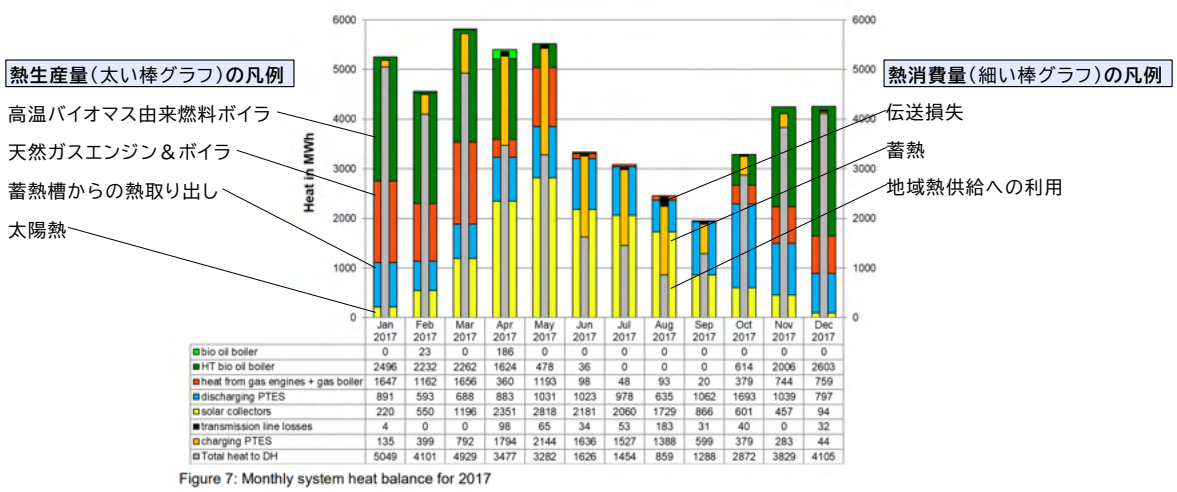


Figure 7: Monthly system heat balance for 2017

図 3-23 2017 年実績値における月別の熱バランス

出所)solites “Dronninglund district heating monitoring data evaluation for the years 2015-2017”(2019 年 5 月)
p.10 Fig. 7 黒字･黒線は三菱総合研究所にて追記

4）事例調査　ヴォイエンスにおけるピット式蓄熱

デンマークのヴォイェンス（Vojens）町では、2015 年よりピット式蓄熱槽の運用を開始している。70,000m^2の太陽熱プラントに併設された容積 210,000m^3の蓄熱槽は、季節間蓄熱に利用されている。熱は地域間供給網を通して、主に家庭用温水用途で 2,000 世帯に供給されている。地域熱供給網は地域の消費者コミュニティが所有・運営している。蓄熱槽は商用目的で建設され、補助金は受給していない。蓄熱槽の導入により年間 6,000 トンの二酸化炭素排出量が削減され、熱料金は 10～15%低下した。



図 3-24　ヴォイエンスの太陽熱プラントと蓄熱槽

出所）DeepResource, “District Heating with Seasonal Storage in Vojens Denmark”（https://deepresource.wordpress.com/2020/12/16/district-heating-with-seasonal-storage-in-vojens-denmark/）＜閲覧日：2023 年 1 月 31 日＞

4～9 月にかけて蓄熱された太陽熱は、10～12 月にかけて利用される。年間地域熱需要の 45%を太陽熱で賄い、残りは電気ボイラー・ガスボイラーで供給する。電力が安価な時期には、電気ボイラーを使用しての蓄熱も可能である。

表 3-10 のとおり容積は 210,000m^3で、1m^3あたり約 3,300 円のコストがかかっている。底面と側面に断熱シートを貼り、水面には断熱シートを浮かべている。蓄熱容量は 12,180MWh。熱損失率は 6～8%と計算されている。

表 3-10　ヴォイエンスのピット式蓄熱槽詳細

プロジェクトタイプ	商用プロジェクト
建設年	2014-15 年
容積（m^3）	210,000m^3
総投資額	7 億 870 万円
1m^3あたり投資額	3,363 円
kWh あたり投資額	58 円

温度幅	40～90℃
蓄熱容量（MWh）	12,180MWh
最大熱供給容量（kW）	38,500kW
熱損失（計算値）	5,500MWh/年
熱損失（実測値）	－

※1DKK＝19円で換算

出所）デンマークエネルギー庁 “Technology Data for Energy storage”（2018 年 11 月）

5）事例調査 ビェリングブロにおける帯水層蓄熱

デンマークのポンプ製造企業グルンドフォス（Grundfos）とビェリングブロ（Bjerringbro）町の地域熱供給企業が共同で本事例を実施している。機械の冷却時に生じる廃熱を地域熱供給に利用するため、帯水層蓄熱を導入した。夏季には機械の冷却用に、冬季には地域熱供給用に地下水を利用する。廃熱由来の地域熱はビェリングブロの住民 2,270 世帯に供給され、熱需要全体の 15%を賄う。蓄熱の導入により年間 3,700 トンの二酸化炭素排出量が削減された。機械の冷却に消費されていた電力は最大で 90%減少し、エネルギーコストは年間約 6,000 万円減少した。



図 3-25 ビェリングブロの蓄熱ネットワーク

出所）Grundfos, “Energy Central Bjerringbro District Heating and Grundfos” (https://www.iea-ebc.org/Data/Sites/4/media/events/2017-12/presentations/22--grundfos--energy-central-bjerringbro-district-heating-and-grundfos.pdf) ＜閲覧日：2023 年 1 月 31 日＞より作成、黒字は三菱総合研究所にて追記

5～8 月にかけて地下 750 メートルの帯水層からくみ上げた冷水（9℃）を機械の冷却に利用する。温められた地下水（17℃）は帯水層に戻され、9～4 月の間地域熱供給に利用される。表 3-11 のとおり、蓄熱容量は 1,500kW であり、夏季には地下水によって 3,500MWh 分の機械冷却を行う。夏季に貯蔵した熱の 80～85%が利用可能となる。廃熱の直接利用と蓄熱分を合わせて、年間で 13,400MWh の熱を地域に供給している。1m³ あたりのコストは 1,425～2,850 円である。

表 3-11 ビェリングブロの帯水層蓄熱詳細

建設年	2013 年
注入時水温	17℃
揚水時水温	9℃
蓄熱容量	1,500kW
温度差	8℃

容積	160m³/h
総投資額	3 億 6,100 万円
1m³ あたり投資額	1,425～2,850 円
kW あたり投資額	95,000～133,000 円

※1DKK＝19円で換算

出所）デンマークエネルギー庁 “Technology Data for Energy storage”（2018 年 11 月）

（4）国内への蓄熱技術の導入ポテンシャルの簡易推計

1）国内への蓄熱技術の導入ポテンシャルの簡易推計手法

モデル評価への反映を検討するにあたり、国内への蓄熱技術の導入ポテンシャルの簡易推計を実施した。国内では地域熱供給の導入が進んでいないことを踏まえ、大規模な蓄熱技術導入の前提となる地域熱供給の導入ポテンシャルを最初に推計した。その上で、蓄熱技術の導入ポテンシャルを推計した。推計手法の概要は図 3-26 のとおりである。

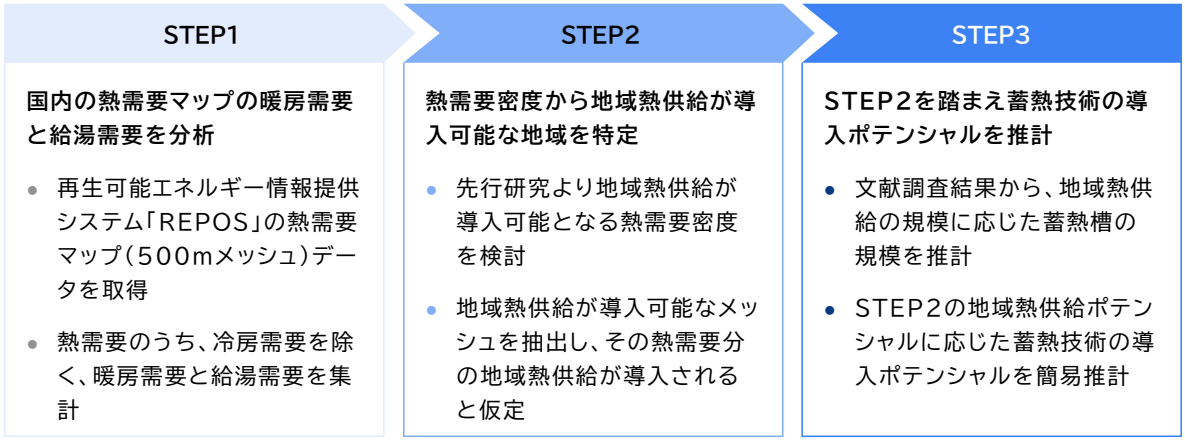


図 3-26　蓄熱技術の導入ポテンシャルの簡易推計手法概要

2）熱需要マップの分析

再生可能エネルギー情報提供システム「REPOS」では、500m メッシュの人口・世帯データと建物ポリゴンデータから全国の熱需要マップを作成しており、住宅や商業施設、オフィスビル等の民生部門の冷房需要と暖房需要、給湯需要を推計している。なお、工場等の産業部門の熱需要は推計対象外となっている。熱需要マップの推計フローは図 3-27 のとおりである。

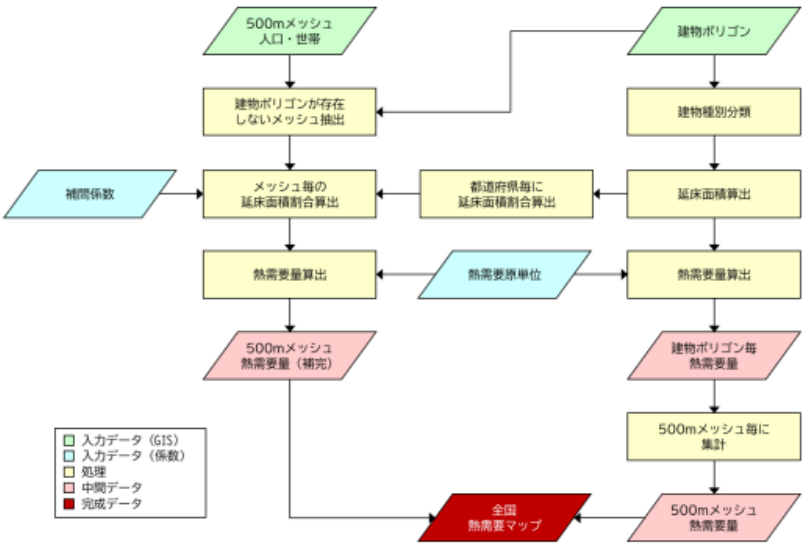


図 3-27　熱需要マップ作成フロー

出所）株式会社エックス都市研究所、アジア航測株式会社、デロイトトーマツコンサルティング合同会社「令和 3 年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告」（2022 年 3 月）、p.456 図 3.7-1

全国の熱需要マップ（500m メッシュ）から暖房需要と給湯需要を抽出した。東京都等の地域熱供給では冷熱も供給するケースが多いが、対象となる蓄熱技術が温熱を念頭に置いたものであることから本調査では温熱に限定して分析した。

3）地域熱供給・蓄熱技術の導入ポテンシャル

地域熱供給の導入可否の検討には熱需要密度が重要な要素となる。国内において地域熱供給の導入指標とされている 4.2TJ/ha・年[26]以上の熱需要を有するメッシュを地域熱供給導入のポテンシャルがあるエリアとして抽出した。地域熱供給の導入ポテンシャルの推計結果は図 3-28 のとおり。

北海道	24.2%	埼玉県	7.3%	岐阜県	3.4%	鳥取県	3.1%	佐賀県	1.2%
青森県	2.7%	千葉県	8.8%	静岡県	3.8%	島根県	1.9%	長崎県	2.4%
岩手県	1.6%	東京都	50.5%	愛知県	5.3%	岡山県	4.1%	熊本県	2.4%
宮城県	6.2%	神奈川県	15.4%	三重県	1.8%	広島県	6.5%	大分県	3.0%
秋田県	2.6%	新潟県	3.3%	滋賀県	3.7%	山口県	1.5%	宮崎県	2.4%
山形県	3.0%	富山県	3.9%	京都府	22.3%	徳島県	2.9%	鹿児島県	3.7%
福島県	2.3%	石川県	7.1%	大阪府	26.7%	香川県	3.6%	沖縄県	9.1%
茨城県	1.3%	福井県	4.3%	兵庫県	10.5%	愛媛県	3.3%		
栃木県	3.1%	山梨県	2.0%	奈良県	2.8%	高知県	6.2%		
群馬県	2.8%	長野県	2.8%	和歌山県	4.4%	福岡県	5.7%		

図 3-28 各都道府県における暖房・給湯需要のうち、地域熱供給の導入可能性のある熱需要の割合

図 3-28 は各都道府県の暖房・給湯需要のうち、地域熱供給の導入可能性のあるメッシュの合計暖房・給湯需要の割合を示している。同様のデータから全国で地域熱供給の導入可能性のあるメッシュの合計暖房・給湯需要を計算すると、約 0.2EJ/年となる。この数字に対して、事例調査対象であるドロニングルンにおける年間熱供給量と蓄熱容量の比率（約 7:1）を用いると国内の蓄熱導入ポテンシャルは約 7～8TWh と簡易推計される。なお、本試算は蓄熱槽が設置可能な敷地の有無や導管敷設コストを含めた地域熱供給事業全体の収支を考慮したものではなく、熱需要密度と事例調査結果から機械的に簡易推計した数値であることに留意が必要である。

[26] 地域熱供給の導入指標となる熱需要密度については様々な研究例があるが、ここでは以下の文献を参考に設定した。
・資源エネルギー庁「未利用エネルギー面的活用熱供給導入促進ガイド」（2007 年 12 月）

4）地域熱供給・蓄熱技術の導入に向けた課題

本調査は熱需要マップから機械的に地域熱供給の導入ポテンシャルを推計したが、国内での地域熱供給を進めるにあたっては以下の課題[27]が指摘されている。

- 既に地域熱供給網が整備されていた状態から蓄熱槽や太陽熱の導入を進めているデンマークとは異なり、一部を除き地域熱供給網が整備されていない国内において導入を進めるためには、熱導管の整備や需要側での熱交換器やパネルヒーター等の整備が必要となる。
- 地域熱供給による暖房は全室暖房となるケースが多いが、国内においては住宅の断熱性が低く、多くのエネルギーが無駄になる。
- 地域熱供給に係る運用データや導入検討のノウハウが不足している。また、関連設備の国内メーカーが限定的となっている。
- デンマーク等と異なり、国内においては夏場の冷房が必要となるため冷房・暖房機能を有するエアコンを導入するケースが多い。そのため、地域熱供給を導入すると暖房設備の重複投資となる。

また、今回の簡易推計は現状の建物配置、人口分布をベースに実施したが中長期的に人口減少が進んでいく中、居住誘導区域の策定等が進められている。そのため、今後コンパクトシティ化が進むことによって導入ポテンシャルが増加すると想定される。

[27] 下記等を参照した。
・高橋「デンマークから考える地域熱供給」（https://energy-democracy.jp/1971）＜閲覧日：2023 年 2 月 17 日＞
・飯田「第 4 世代地域熱供給と日本の温熱政策～大潟村脱炭素先行地域の取り組みから見える日本の課題」
（https://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/stage2/contents/column0339.html）
＜閲覧日：2023 年 2 月 17 日＞

3.3 電力需給分析の試算結果

（1） 排出量

排出量の試算結果を図 3-29 に示す。シナリオ1、2、3とも、排出量は 2018 年比で 8 割超削減される結果であった。いずれのシナリオも、DAC による CO_2 回収 1.5 億 tCO_2 程度を見込むものである。

ここで、地球環境産業技術研究機構（RITE）の評価では国内貯留ポテンシャルを 113 億 tCO_2、2050 年の最大貯留可能量を 0.9 億 tCO_2/年と評価している[28]ため、本評価結果の DAC 想定量は国をまたがる CO_2 輸送も加味しなければならない水準である。

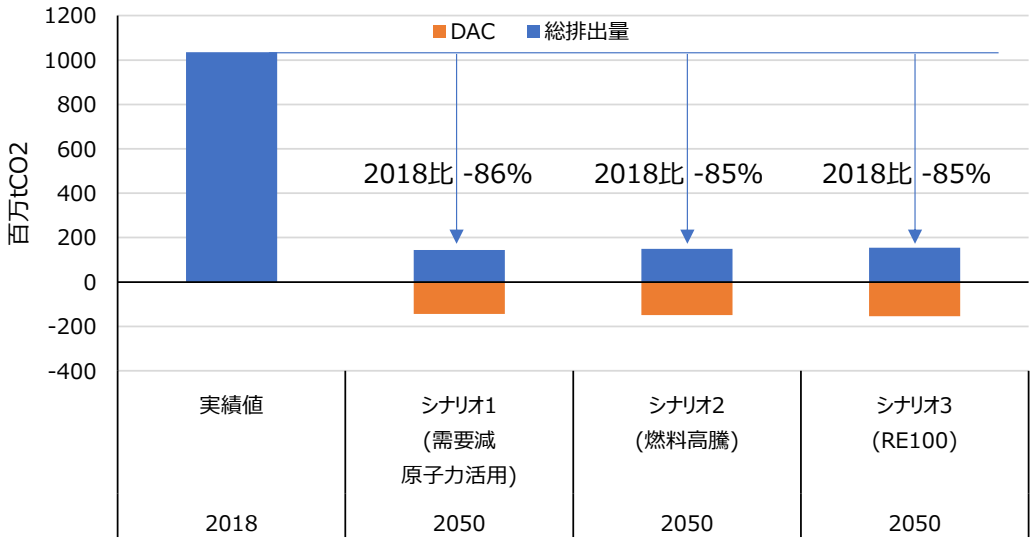


図 3-29 排出量推計結果

[28] 資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会（第 43 回会合）、地球環境産業技術研究機構（RITE）「資料 2 2050 年カーボンニュートラルのシナリオ分析（中間報告）」（2021年 5 月）、p.21

（2）一次エネルギー供給

一次エネルギー供給の試算結果を図 3-30 に示す。シナリオ1、2、3とも、一次エネルギー供給に占めるゼロエミッションエネルギー比率は 7 割を超える結果であった。原子力を活用するシナリオ1では再生可能エネルギー比率が 37%と他シナリオに比べて低いが、RE100 想定のシナリオ3では国内で水素製造するため一次エネルギー供給量が他シナリオに比べて大きく、再生可能エネルギー比率が 65%と高い結果であった。ここで、2050 年において化石燃料が使用されるのは、産業部門の原料用途など脱炭素技術の代替困難な分野であった。

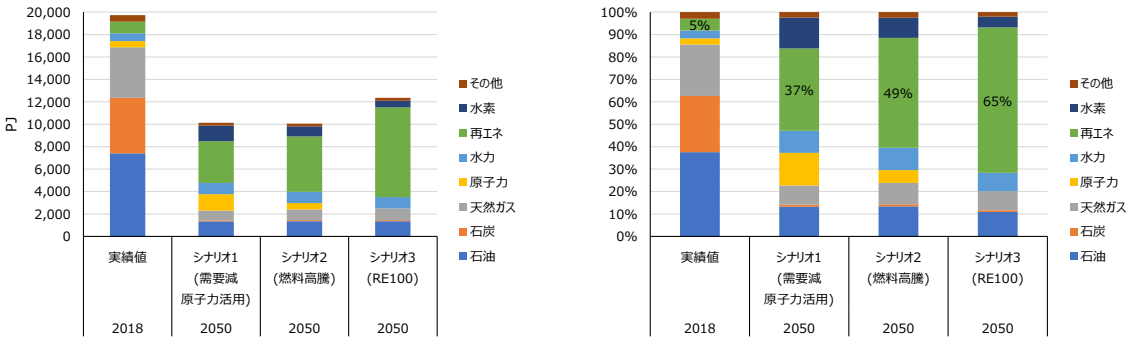


図 3-30 一次エネルギー供給のエネルギー種別集計（左：供給量、右：供給構成比）

出所）実績値は資源エネルギー庁 総合エネルギー統計より

（3）最終エネルギー消費

最終エネルギー消費の試算結果を図 3-31 に示す。また、部門別の試算結果を図 3-32 に示す。産業部門の原料用途などの代替が難しい分野においては石油消費が一部残るものの、最終エネルギー消費全体に占める電力のシェアが増加する結果であった。3シナリオを比較すると構成比には大きな差はないものの、後述の通り電気の製造に係るエネルギー消費が異なる結果であった。なお、シナリオ3において、一次エネルギー供給量が大きかったものの、最終エネルギー消費量は他シナリオと同等となっている背景は、国内水素製造による影響である。

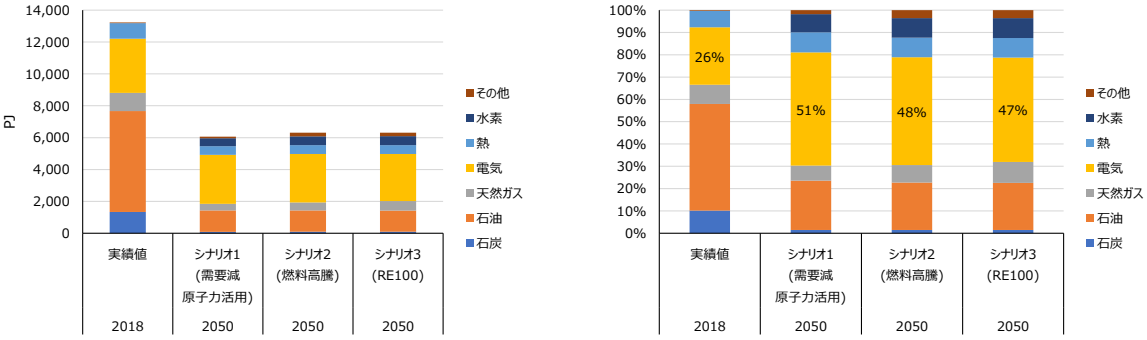


図 3-31 最終エネルギー消費のエネルギー種別集計（左：消費量、右：消費構成比）

出所）実績値は資源エネルギー庁 総合エネルギー統計より

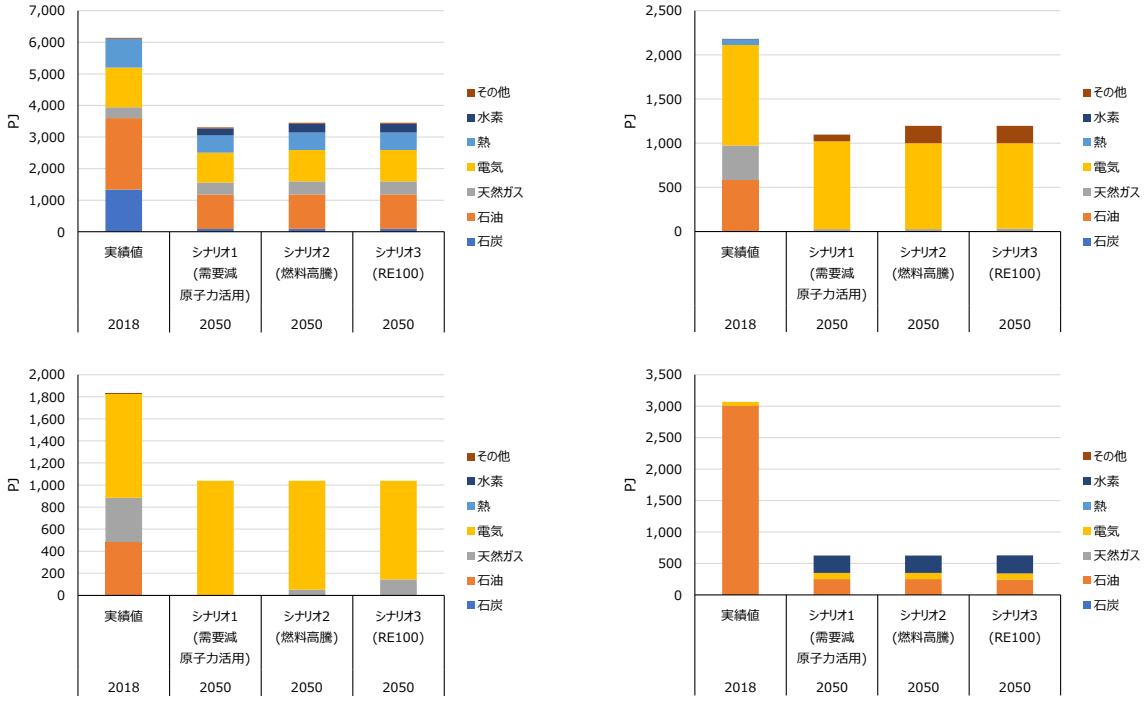


図 3-32　最終エネルギー消費のエネルギー種別集計(部門別集計)

(4) 水素調達価格

水素のシャドープライスおよび水素供給量の試算結果を図 3-33 に示す。2050 年の輸入水素価格(シナリオ1、2は 30 円/Nm^3、シナリオ3は 20 円/Nm^3)に対して、国内水素は 36.9 円/Nm^3 の結果であった。そのため、国内調達比率を設定していないシナリオ1、2は国内製造ゼロの結果であった。なお、シナリオ3は調達率を固定しているため、海外輸入水素よりも価格が高い国内水素を一定量製造するという結果であった。

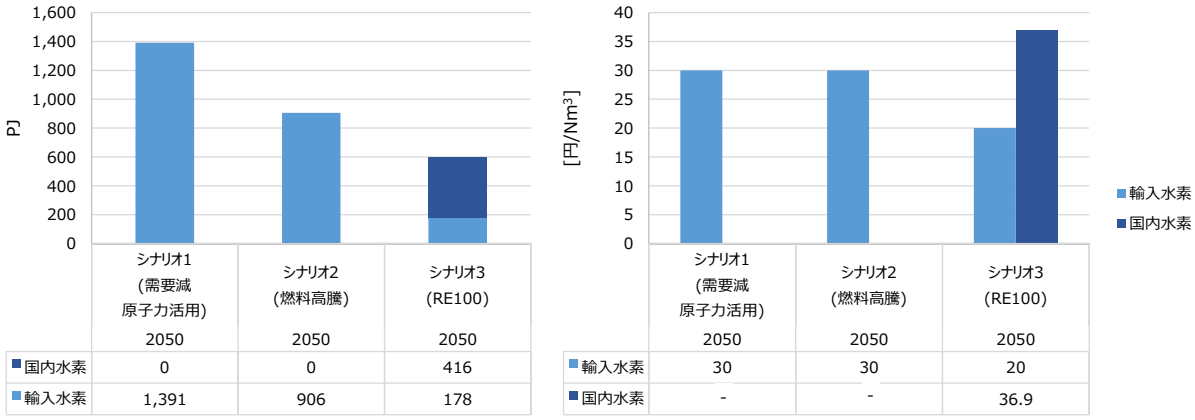


図 3-33　水素シャドープライス[円/Nm^3]

（5）電源設備容量

電源設備容量の評価結果を図 3-34 および表 3-12 に示す。各シナリオとも、化石燃料を使用する火力は淘汰され、水素火力にリプレースされる結果であった。

需要が少なく原子力も活用されるシナリオ1に比べて、シナリオ2，3は再生可能エネルギー容量が多く、シナリオ3では太陽光はポテンシャルに近い水準まで導入される結果であった。また、太陽光の導入量増加に合わせて蓄電池導入量も増加し、シナリオ3では35GW と、足元の揚水発電を超える容量が導入される結果であった。

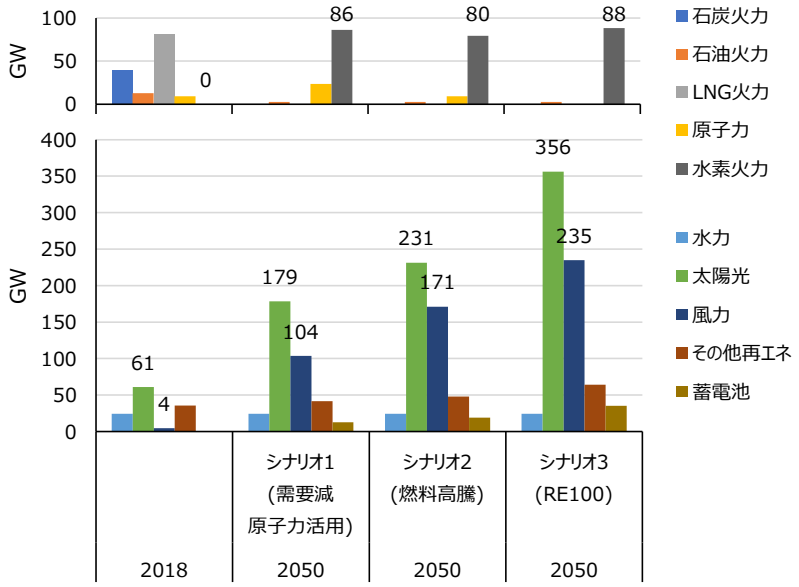


図 3-34 電源の設備容量集計

出所）実績値は資源エネルギー庁 総合エネルギー統計より

表 3-12 電源の設備容量集計

設備容量［GW］	2018	2050		
		シナリオ１（需要減、原子力活用）	シナリオ２（燃料高騰）	シナリオ３（RE100）
石炭火力	40	0	0	0
石油火力	13	3	3	3
LNG 火力	81	0	0	0
原子力	9	23	9	0
水素火力	0	86	80	88
水力	24	24	24	24
太陽光	61	179	231	356
風力	4	104	171	235
その他再生可能エネルギー	35	42	48	64
蓄電池	0	13	19	35

（6） 発電電力量（電力需給モデル試算）

電力需給モデルで試算した発電電力量の試算結果を図 3-35 に示す。再生可能エネルギーの普及が進み、再生可能エネルギー比率は足元 17%から 69%（シナリオ1）～87%（シナリオ2）程度と大きく伸び、大半を占める結果であった。

他方、再生可能エネルギーの主力電源化が進む中、1時間毎の同時同量を満たすために一部の時間においては水素火力による電力供給も行われる結果になった。

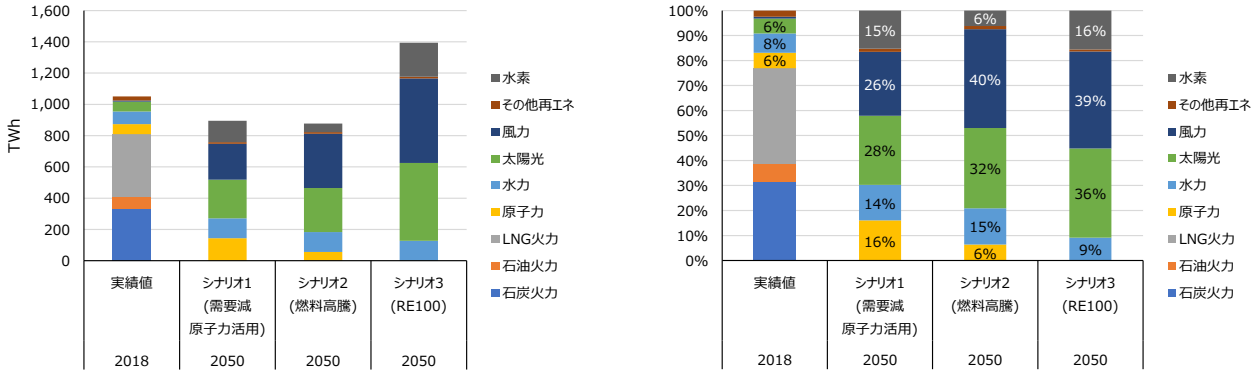


図 3-35 発電電力量の電源種別集計（左：電力量、右：電力量構成比）

出所）実績値は資源エネルギー庁 総合エネルギー統計より

（7） 電力需給バランスの例（電力需給モデル試算）

電力需給バランスの例として、再生可能エネルギー発電が少ない日（9/22）と多い日（2/6）の全国合計の電力需給バランスを図 3-36 に示す。

再生可能エネルギー発電が少ない日（9/22）では、水素発電による電力供給量が増える結果であった。一方で、再生可能エネルギー発電が多い日（2/6）では、蓄電・揚水への蓄エネや新燃料製造等の需要シフトを行うものの、余剰となる電力は出力抑制されるという結果であった。

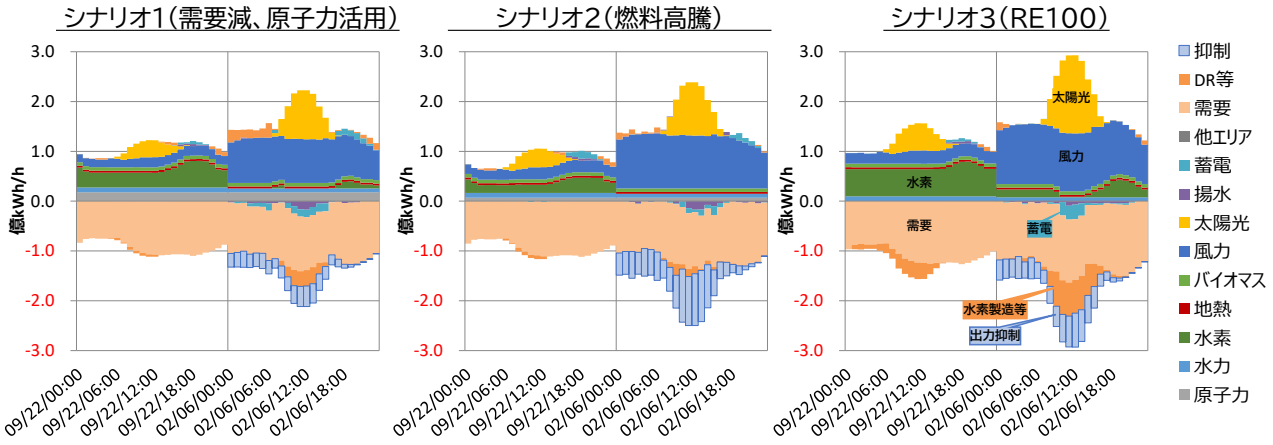


図 3-36 電力需給バランスの例

（8） 太陽光・風力の出力抑制率（電力需給モデル試算）

太陽光および風力の出力抑制率の試算結果を図 3-37 に示す。本評価では、これまでに紹介した3つのシナリオに加えて、シナリオ1において連系線容量を低位とした場合について、再生可能エネルギー抑制率を以下に示す。

残余需要が少ないシナリオ1に対してシナリオ２は残余需要が多いものの、燃料高騰の影響から再生可能エネルギー容量が多いこともあり、抑制率は上昇する結果であった。

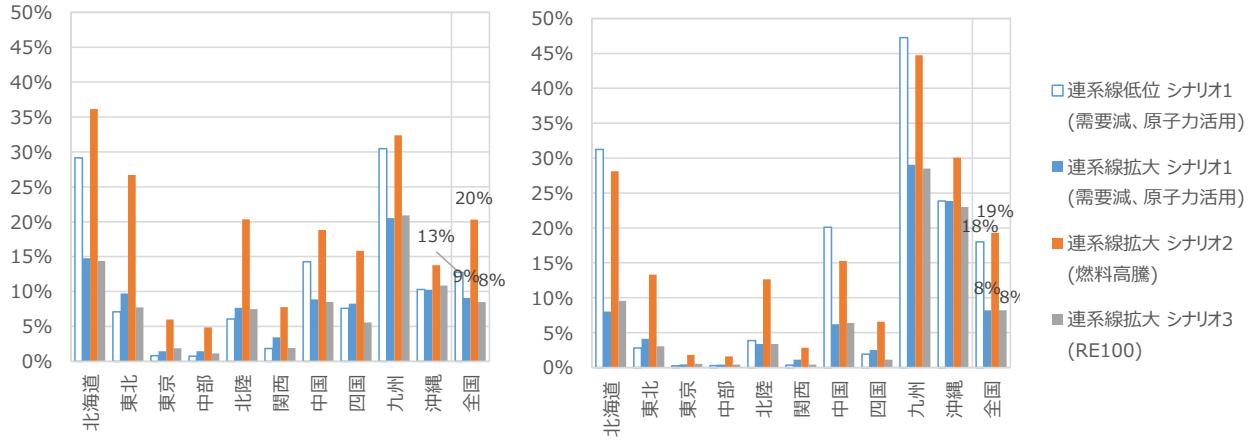


図 3-37 出力抑制率（左：太陽光、右：風力）

（9）まとめ

本評価では、過年度調査では評価出来ていなかった、非電力部門を含めたエネルギー需給評価により、発電設備等を新規導入する際の固定費まで加味した電力需給評価を実施した。3つのシナリオを定義して評価した結果から得られた主な示唆として、本評価の前提を基にカーボンニュートラルを達成するためには、以下に示す事項が挙げられる。

- 産業部門の原料用途など脱炭素技術の代替困難な分野における化石燃料等に対応するため DAC の活用が必要であり、国をまたがる CO_2 輸送も加味しなければならない水準である。
- 最終エネルギーで見た電化率を、足元の倍程度まで推進する必要がある。
- 電力供給の観点では化石燃料による火力発電はほぼゼロとする必要がある。また、太陽光や風力といった変動性再生可能エネルギーを大量導入することに伴い、DR や新燃料製造、蓄電池といった需要の柔軟性が必要となる。他方、水素を国内製造する場合は新燃料製造による柔軟性を加味することで、蓄電池導入量を 35GW と揚水発電（27GW 程度）と同オーダーの容量に抑えることができる。
- 需要の柔軟性や系統増強を加味することで、再生可能エネルギーの出力抑制率は大幅に低減される。シナリオ1では、連系線低位ケースの場合の抑制率（太陽光 13%、風力 18%）に比べて連系線拡大ケースの抑制率（太陽光9%、風力 8%）は大きく抑えられる。

最後に、今後の検討課題を以下に示す。

- セクターカップリング：
  今年度調査では、セクターカップリングの事例調査を行ったところであるが、調査結果を踏まえた熱供給や熱貯蔵を含めた定量評価への反映は今後の検討課題である。

- 考慮できていない技術：
  定量評価では、セクターカップリングの他にも合成燃料や CCUS など考慮できていない脱炭素化技術が存在する。これらの反映も今後の検討課題である。

- 季節間エネルギー融通：
  今年度調査では計算資源制約の関係から、電力需給モデルによる余剰電力の融通は 1 週間以内と想定して評価した。そのため、季節間などの長期間での融通は考慮しておらず、今後の検討課題である。長期エネルギー貯蔵技術（LDES）としては水素の他にもフロー電池、熱貯蔵、CO_2 圧縮等が採用されるシナリオもありうる。

- 原子力の導入量：
  今年度調査では、原子力の導入量について一定の仮定のもと外生的に設定して評価を行った。他方、コストを設定した上での内生的な評価は今年度未実施であり、今後の検討課題である。

- 2050 年に向けた道筋の評価：

今年度調査では 2050 年カーボンニュートラルを志向した定量評価を実施した。他方、2050 年のカーボンニュートラル達成に向けては 2030 年や 2040 年といった中間年での技術転換も重要であり、中間年も含めた評価は今後の検討課題である。

4. 再生可能エネルギー導入促進に向けた方策の検討

4.1 再生可能エネルギーに関する動向

本調査では、再生可能エネルギーの中でも特に今後の導入拡大が期待される太陽光発電と風力発電の動向について整理した。

4.1.1 導入状況

（1） 太陽光発電の導入状況

1） 国内

日本の太陽光発電の導入量の推移と 2030 年度の導入目標値を図 4-1 に示す。国内累積導入量は直近で 6,620 万 kW であり、固定価格買取制度（FIT）の影響も受け着実に増加している。ただし、2030 年導入目標の見直し（上積み）が行われたため、2030 年度の導入目標値との乖離は大きい。新規導入量は直近ではピーク時の 5 割程度となっており、目標達成に向け一層の導入促進が必要である。

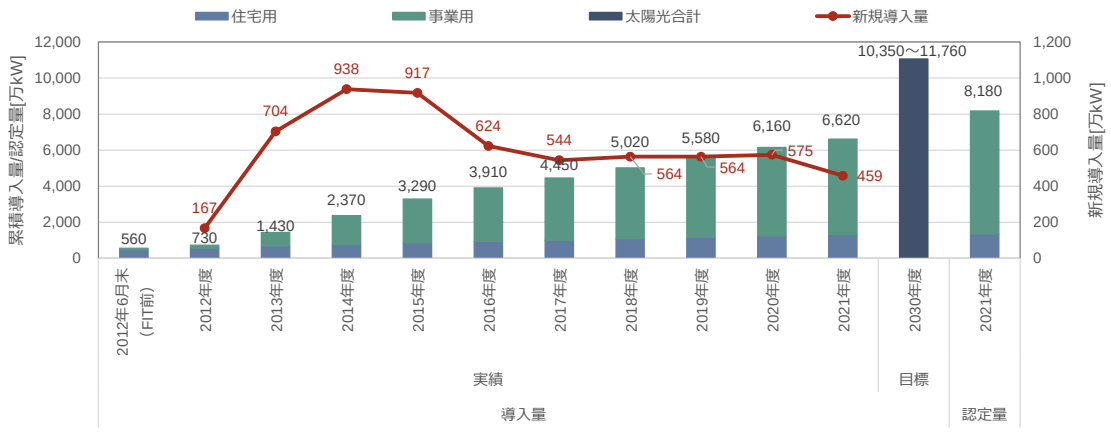


図 4-1 日本の太陽光発電設備の導入量・認定量および2030年度導入目標

出所）2021 年度までの導入量・認定量実績：資源エネルギー庁 固定価格買取制度情報公表用ウェブサイト「設備導入状況の公表」
<https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfoSummary>（2022年 9 月 2 日閲覧）より作成
2030 年度の導入見込量：資源エネルギー庁「2030 年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）」（令和 3 年 9 月）
<https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/opinion/data/03.pdf>
p.30 より作成（閲覧日：2022 年 9 月 2 日）

2） 海外

世界における太陽光発電の単年導入量を図 4-2 に示す。単年導入量は年々増加しており、2021 年には年間 175GW の太陽光発電が導入された。2021 年の国別導入量は図 4-3 に示すとおりであり、内訳をみると中国が最も多く、約 3 割を占めている。中国に続くのは近年導入量が急拡大している米国であり、次いでインド、日本となっている。

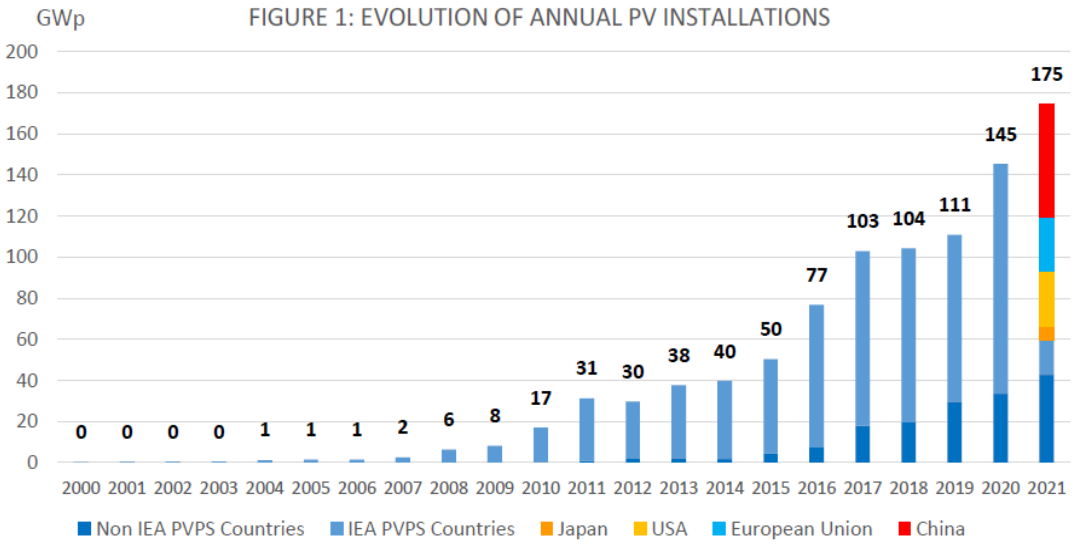


図 4-2 世界の太陽光発電設備の導入量(単年)

出所)IEA PVPS “Snapshot of Global PV Markets 2022”(2022 年 4 月)、p.9(FIGURE 1)より作成

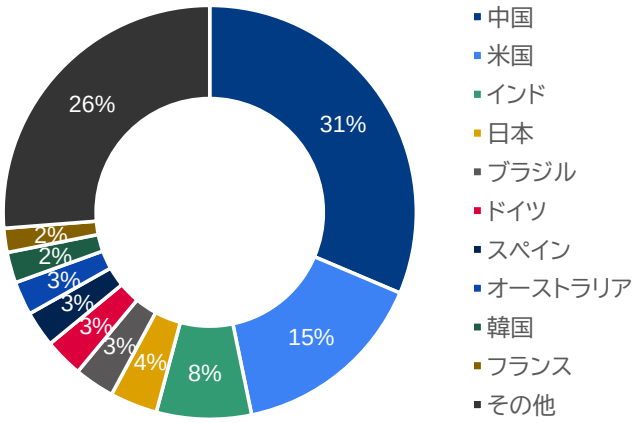


図 4-3 太陽光発電設備の導入量内訳(2021 年)

出所)IEA PVPS “Snapshot of Global PV Markets 2022”(2022 年 4 月)、p.11(TABLE 1)より作成

(2) 風力発電の導入状況

1) 国内

風力発電の国内における導入状況を図 4-4 に示す。2021 年 6 月時点の風力発電の FIT 認定量(FIT 前含む)は約 15.9GW であり、20kW 以上の陸上風力が大部分を占める。風力発電の累積の導入量(FIT 前含む)は約 4.6GW であり、FIT 認定量の推移と比較して緩やかに伸びつつある。

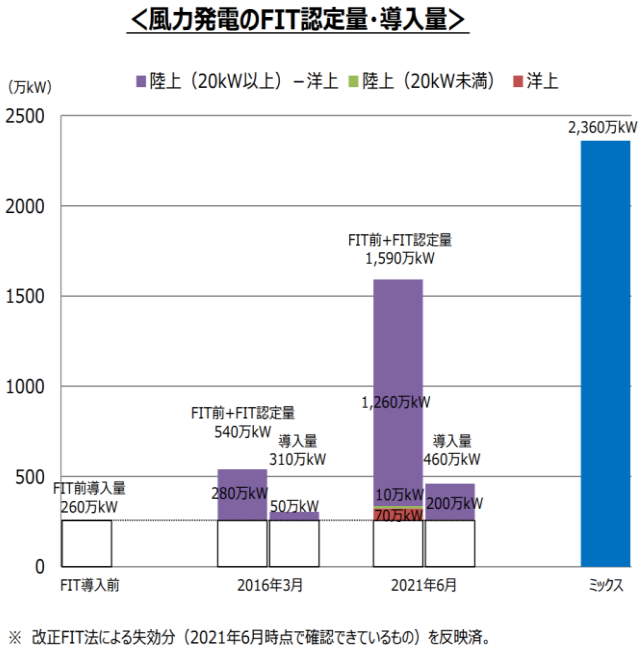


図 4-4 風力発電の FIT 認定量・導入量(2021 年 6 月時点)

出所)資源エネルギー庁、第 73 回調達価格等算定員会 資料 2 より三菱総合研究所作成

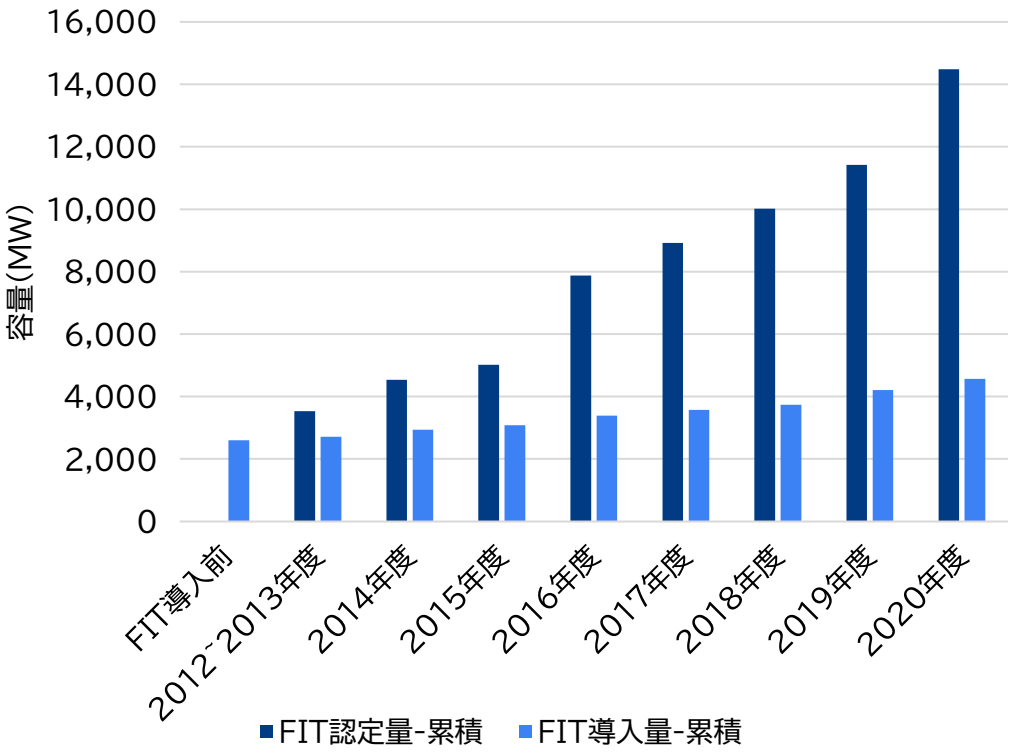


図 4-5 年度別・風力発電の FIT 認定量・導入量の推移

出所)資源エネルギー庁、第 73 回調達価格等算定員会 資料 2 より三菱総合研究所作成

2）海外

海外における風力発電の導入状況を図 4-6 に示す。陸上風力・洋上風力共に単年導入量は増加傾

向にあり、特に 2021 年は洋上風力の導入量が大幅に増加した。2021 年の国別導入量を図 4-7 に示す。内訳をみると中国が占める割合が大きく、特に洋上風力では導入量の 8 割を占めている。

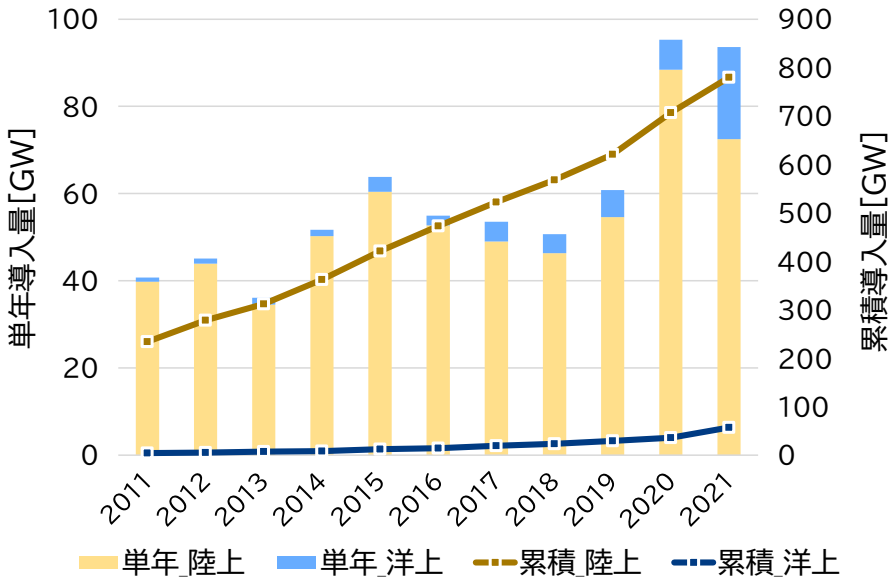


図 4-6 風力発電の導入量推移(単年・累積)

出所)GWEC, Global Wind Report 2022, p.110-111、2022年4月4日 より三菱総合研究所作成

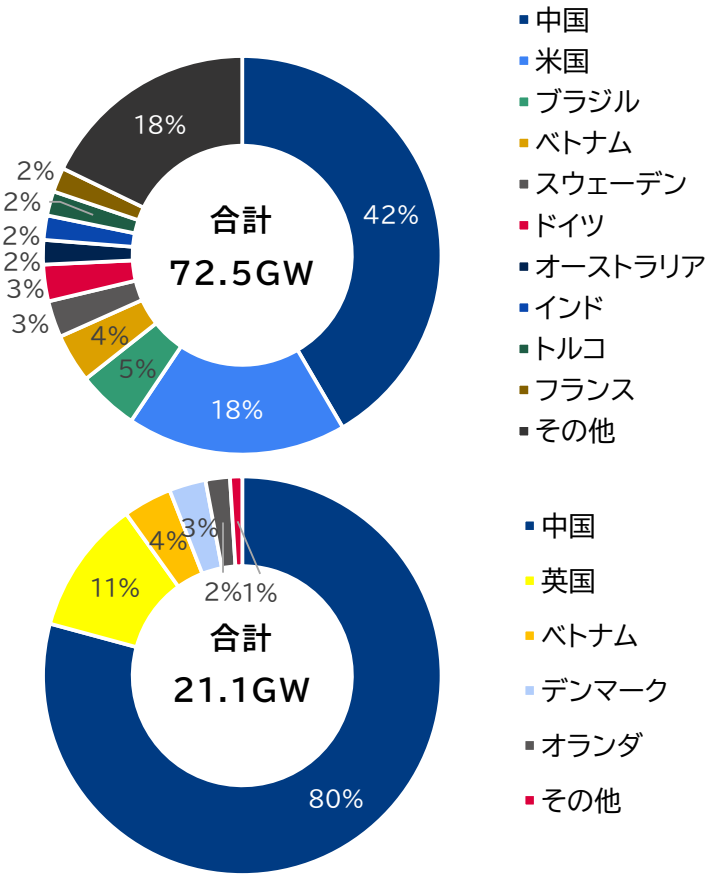


図 4-7 2021 年導入量内訳(上:陸上、下:洋上)

出所)GWEC, Global Wind Report 2022, p.109, 2022年4月4日 より三菱総合研究所作成

4.1.2 コスト動向

（1） 太陽光発電のコスト動向

1） 世界の太陽光発電コスト動向

国際再生可能エネルギー機関（IRENA）による、世界の太陽光発電における資本費、設備利用率、LCOE[29]の推移と日本における実績値を図 4-8 に示す。これによると、世界の太陽光発電の資本費・LCOE は直近 11 年間で 80～90%低減している。日本の資本費は 20.5 万円/kW（FIT 実績 2021 年設置・1,000kW 以上）であり、世界平均の約 1.8 倍である。日本の LCOE 実績値（入札による加重平均落札価格）は徐々に低減しており、世界加重平均値との差は縮まりつつある。ただし、落札価格の低減傾向には鈍化が見られ、2020 年においても世界平均と1. 6 倍の差がある。

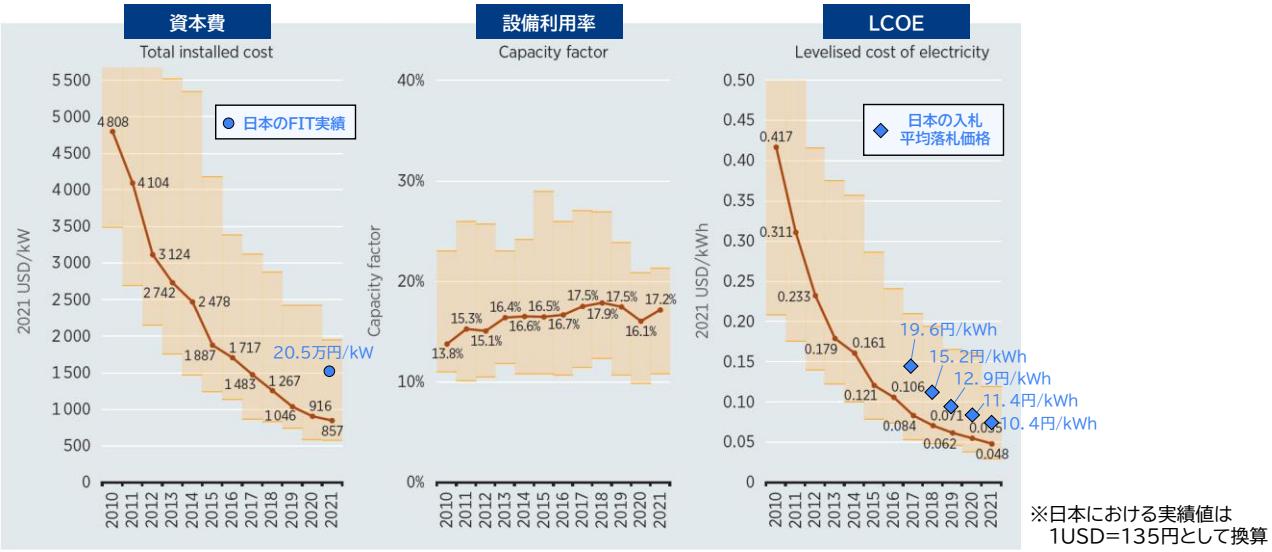


図 4-8 太陽光発電における世界の資本費、設備利用率、LCOE（加重平均）と日本の実績値

出所）IRENA "Renewable Power Generation Costs in 2021"（2022 年 7 月）p.79（Figure 3.1）に三菱総合研究所追記
日本の実績値（資本費）：資源エネルギー庁 第 73 回調達価格等算定委員会「資料 1 太陽光発電について（事務局資料）」（2021 年 12 月 22 日更新版）<https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/073_01_00.pdf> p.25
日本の実績値（LCOE）：資源エネルギー庁 第 73 回調達価格等算定委員会「資料 1 太陽光発電について（事務局資料）」（2021 年 12 月 22 日更新版）<https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/073_01_00.pdf> p.11 および
資源エネルギー庁 第 82 回調達価格等算定委員会「資料 1 太陽光発電について（事務局資料）」（2022 年 12 月 26 日更新版）<https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/073_01_00.pdf> p.9
における各年度の平均落札額を各回落札容量で加重平均して算出

世界各国の太陽光発電の資本費内訳を図 4-9 に示す。IRENA によると、日本の太陽光発電の資本費は 22.9 万円/kW であり、他国の 1.5～3 倍の水準にある。ドイツとの内訳比較では、表 4-1 にあるとおり、特に工事費やソフトコストの差が大きい。我が国における建設業の人手不足、太陽光専門の大手工事業者の不在、過剰な流通マージンなどが高値要因として想定される。

[29] LCOE…Levelized Cost of Electricity（均等化発電原価）

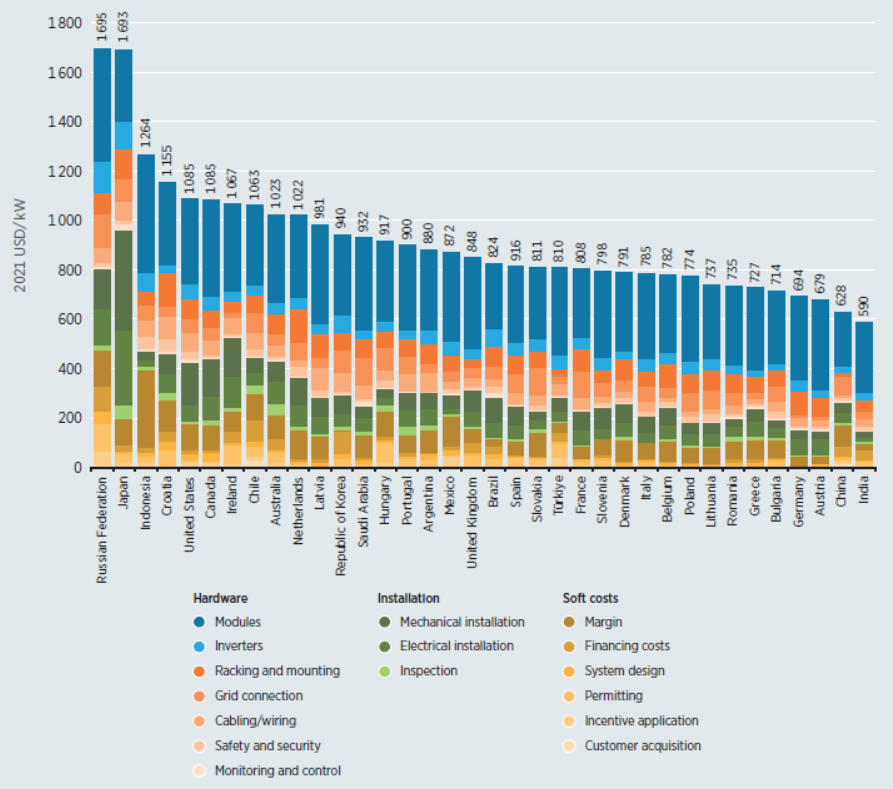


図 4-9 各国の事業用太陽光発電の資本費内訳

出所）IRENA "Renewable Power Generation Costs in 2021"（2022 年 7 月） p.89（Figure 3.5）に三菱総合研究所追記

表 4-1 ドイツ・日本の事業用太陽光発電の資本費内訳比較（2021 年）

	資本費内訳（左列:USD/kW、右列:万円/kW）				対ドイツ比（②÷①）
	①ドイツ		②日本		
太陽光パネル	339.4	4.6	288.7	3.9	**0.9倍**
パワコン	46	0.6	114.3	1.5	**2.5倍**
その他設備費（架台、監視装置、系統接続費、ケーブル、安全対策費）	154.1	2.1	327.2	4.4	2.1倍
工事費（電気工事、機械工事等）	106.8	1.4	764.3	10.3	**7.2倍**
ソフトコスト（営業経費、資金調達、補助申請、マージン、許認可、システム設計）	47.1	0.6	198.7	2.7	**4.2倍**
合計	694	9.4	1,693	22.9	**2.6倍**

※円表記は1USD=135円として試算。

出所）IRENA "Renewable Power Generation Costs in 2021"（2022 年 7 月）より三菱総合研究所作成

2）日本の太陽光発電コスト動向

FIT 認定における 2022 年度のコスト実績を表 4-2 に示す。日本の太陽光発電の資本費は 26.7～28.0 万円/kW、運転維持費は 0.37～0.43 万円/kW/年である。また、図 4-10 に示すとおり、日本の太陽光発電の LCOE は着実に低減しており、規模によってばらつきはあるものの平均的には 11～17 円/kWh の範囲にある。

表 4-2 日本の太陽光発電のコスト(2022 年度実績)

項目		住宅用太陽光	事業用太陽光
規模		10 kW 未満	10 kW 以上
資本費	設備費	19.6 万円/kW	16.7 万円/kW
	工事費等	6.6 万円/kW	7.0 万円/kW
	土地造成費	-	0.59 万円/kW
	接続費	-	1.15 万円/kW
	合計	26.1 万円/kW	25.3 万円/kW
運転維持費		0.47 万円/kW/年	0.43 万円/kW/年

備考)「設備費」「工事費等」は、システム費用の値引き相当額を金額比でそれぞれに配分して算出
「土地造成費」「接続費」「事業用太陽光の運転維持費」はデータの関係で中央値を採用
出所)資源エネルギー庁 第 82 回調達価格等算定委員会「資料 1 太陽光発電について(事務局資料)」(2022 年 12 月 26 日更新版)より三菱総合研究所作成

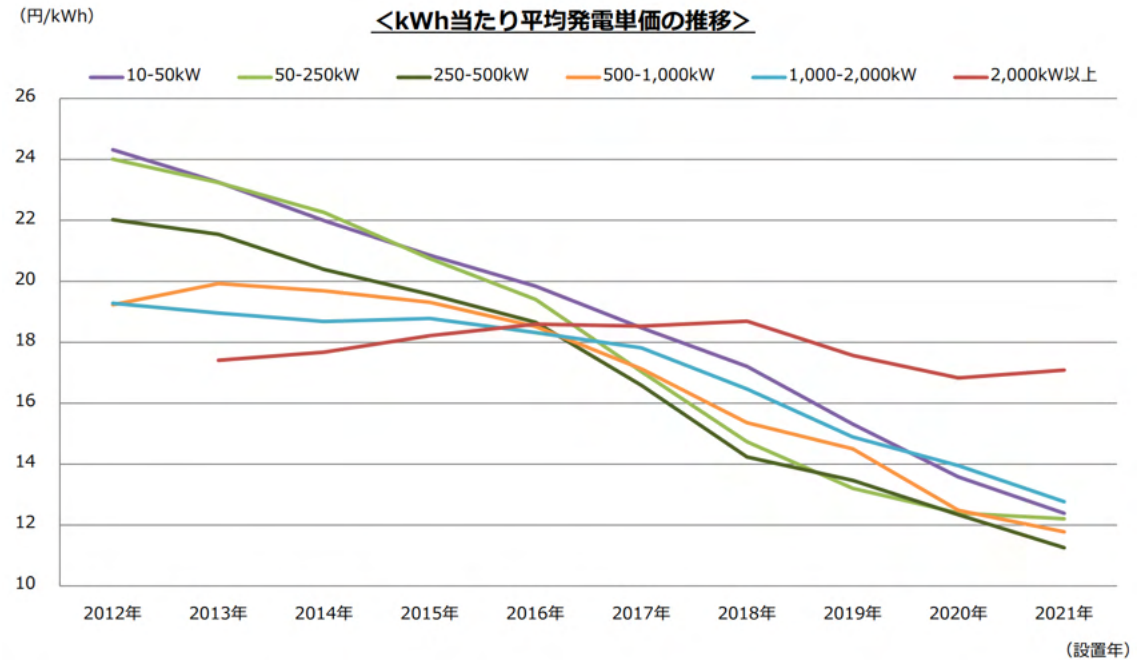


図 4-10 日本の太陽光発電の LCOE

出所)資源エネルギー庁 第 82 回調達価格等算定委員会「資料 1 太陽光発電について(事務局資料)」(2022 年 12 月 26 日更新版)

3) 太陽光発電のコスト見通し

Bloomberg NEF によると、図 4-11 にあるとおり、太陽光発電の資本費は今後も着実に低下していくと見込まれている。国際ベースでは、2030 年に大規模太陽光は約 0.5USD/W、事業用屋根設置太陽光は約 0.7USD/W まで資本費が低下すると想定されている。ただし、原材料不足や旺盛な需要の影響で直近では太陽光パネルのコストが上昇傾向にあり、価格低減ペースはこれまでと比べて鈍化している。

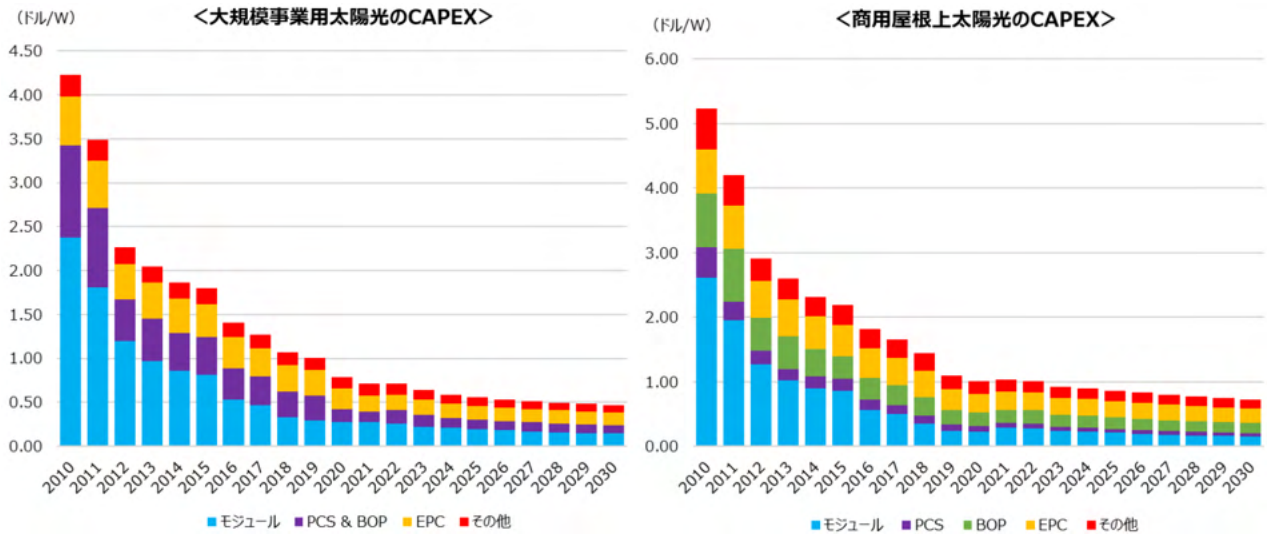


図 4-11 世界の太陽光発電のコスト見通し(資本費)

出所)資源エネルギー庁 第 44 回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会「資料 1 再エネの大量導入に向けて」(2022 年 8 月 17 日)、p.15

(2) 風力発電のコスト動向

1) 世界の風力発電コスト動向

IRENA によると、図 4-12 に示すとおり世界における風力発電の資本費(平均値)は、陸上風力で約 17 万円/kW、洋上風力で約 37 万円/kW とされる。

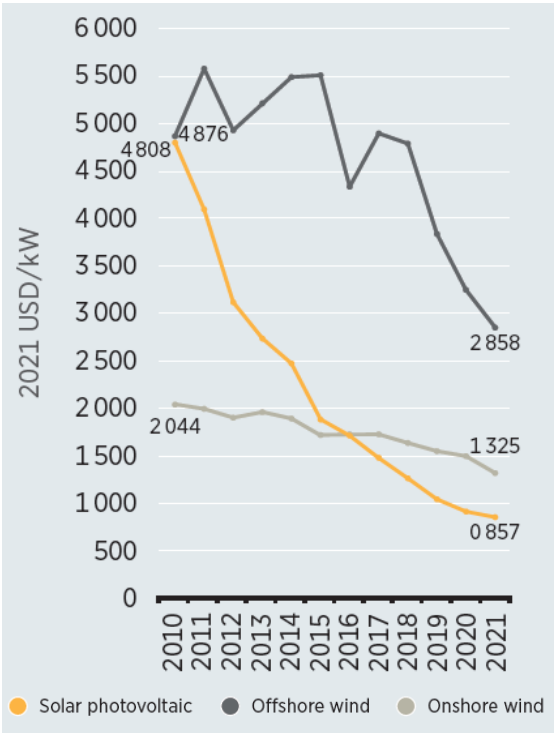


図 4-12 世界における太陽光発電・風力発電(洋上風力・陸上風力)の資本費推移

出所)IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2021, p.17, 2022年 7 月 に基づき三菱総合研究所作成

また、世界における風力発電の LCOE（平均値）は、図 4-13 にあるとおり陸上風力で約 4.3 円/kWh、洋上風力で約 9.8 円/kWh とされる。

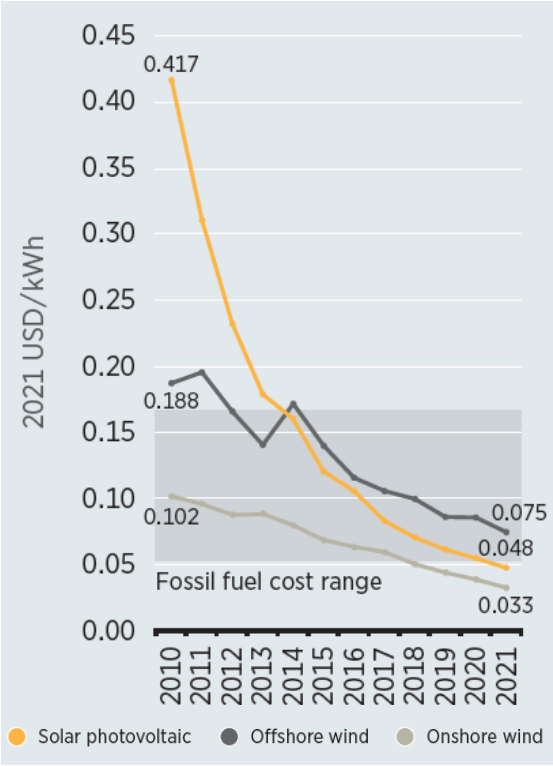


図 4-13 世界における太陽光発電・風力発電（洋上風力・陸上風力）の LCOE 推移

出所）IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2021, p.17, 2022年 7 月 に基づき三菱総研作成

a. 洋上風力発電のコスト動向 -英国-

英国における洋上風力の入札価格の動向を表 4-3 に示す。英国では CfD 入札制度の導入以降、発電事業者間での価格競争により落札価格が下落している。2022 年に運転を開始した着床式洋上風力のプロジェクトでは 8.6 円/kWh、2026 年～2027 年運転開始予定のプロジェクトでは 5.2 円/kWh で落札されており、LCOE が低下している。

表 4-3 英国における洋上風力の入札価格の推移

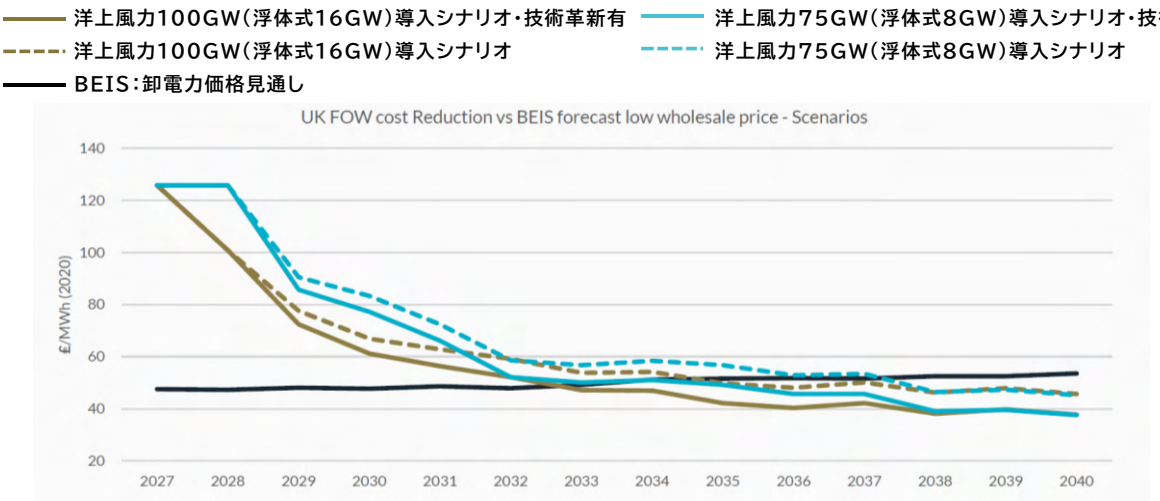
CfD Round	プロジェクト名	入札時の運開予定年	入札額(Strike Price)	容量(MW)
Round 1 (2014年)	East Anglia One(2020年運開)	2017-2018	17.16 円/kWh (114.39£/MWh)	714
	Neart na Gaoithe(2023年予定)	2018-2019	17.98円/kWh (119.89£/MWh)	448
Round 2 (2017年)	Triton Knoll(2022年運開)	2021-2022	11.21円/kWh (74.75£/MWh)	860
	Moray East(2022年運開)	2022-2023	8.63円/kWh (57.50£/MWh)	950
	Hornsea Two(2022年運開)	2022-2023	8.63円/kWh (57.50£/MWh)	1,386
Round 3 (2019年)	Doggerbank Creyke Beck A P1	2023-2024	5.95円/kWh (39.65£/MWh)	1,200
	Doggerbank Creyke Beck B P1	2024-2025	6.24円/kWh (41.611£/MWh)	1,200
	Doggerbank Creyke Teeside A P1	2024-2025	6.24円/kWh (41.611£/MWh)	1,200
	Forthwind	2023-2024	5.95円/kWh (39.65£/MWh)	12
	Seagreen Phase 1	2024-2025	5.95円/kWh (39.65£/MWh)	454
	Sofia Offshore Wind Farm Phase 1	2023-2024	8.63円/kWh (54.50£/MWh)	1,400
Round 4 (2021年)	Inch Cape Phase 1	2026-2027	5.23円/kWh (37.35£/MWh)	1,080
	East Anglia 3 Phase 1	2026-2027	5.23円/kWh (37.35£/MWh)	1,372
	Norfolk Boreas Phase 1	2026-2027	5.23円/kWh (37.35£/MWh)	1,396
	Honsea 3	2026-2027	5.23円/kWh (37.35£/MWh)	2,852
	Moray West	2026-2027	5.23円/kWh (37.35£/MWh)	294
	TwinHub Floating(浮体式※)	2026-2027	13.10円/kWh(97.30£/MWh)	32

※TwinHub Floatingは、英国の実証用テストサイト内に設置予定であり、商用規模プロジェクトとは異なる条件で開発されている可能性が高い。
商用規模の浮体式プロジェクトで同水準のLCOEを達成している訳ではない点に留意が必要である。

出所)BEIS 公表資料より三菱総研作成

b. 浮体式洋上風力発電のコスト見通し -英国-

英国の研究機関・ORE Catapult によると、図 4-14 に示すとおり浮体式洋上風力発電の LCOE は2030年までに9.0～12.8 円/kWh(60～85£/MWh)、2035年までに6.0～9.0 円/kWh(40～60£/MWh)に低減すると見込まれている。コスト見通しを実現するにあたり、短期的なコスト低減のために可能な限り早期に大規模な浮体式市場を形成すること、中長期的なコスト削減ドライバーとして浮体式に関する技術革新・イノベーションを実現する必要があると提言されている。



※1ポンド＝150円で試算

図 4-14 英国における浮体式洋上風力発電のコスト削減見通し

出所)ORE Catapult, FLOATING OFFSHORE WIND:COST REDUCTION PATHWAYS TO SUBSIDY FREE , p.14、2022年4月4日

2）日本の洋上風力発電コスト動向

国内の陸上風力の資本費については、図 4-15 に示すとおりやや増加傾向にあり、特に工事費の伸びが大きい。

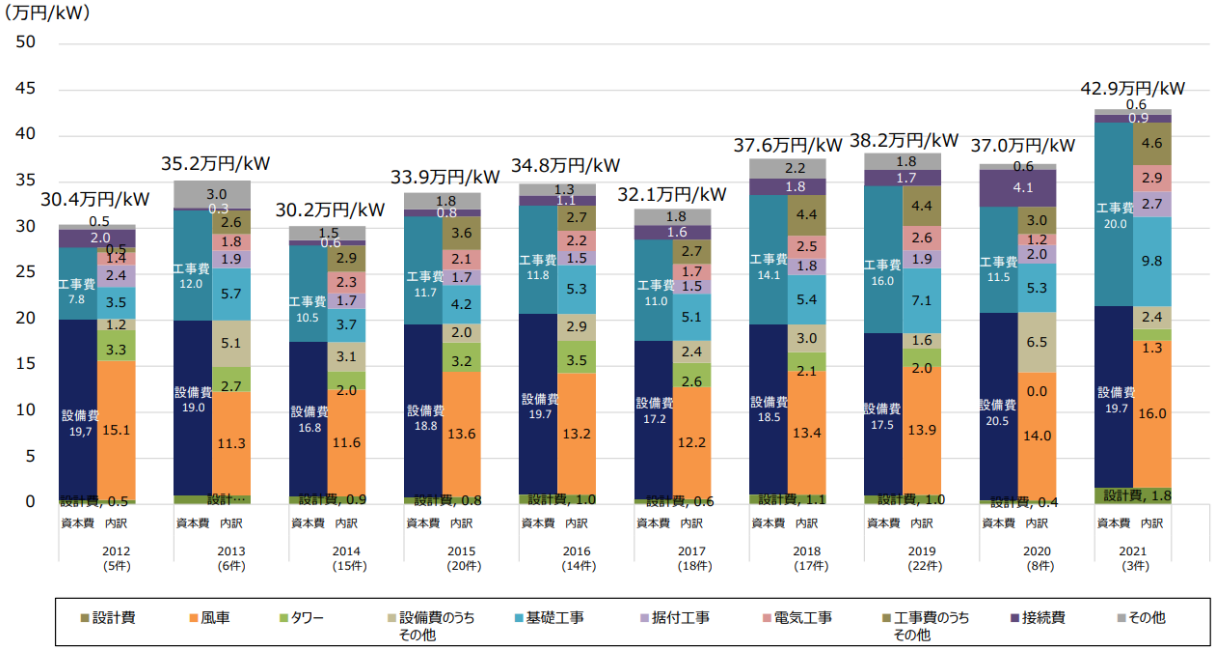


図 4-15 国内陸上風力発電 kW あたり資本費推移

出所）資源エネルギー庁、第 73 回調達価格等算定員会 資料 2「風力発電について（事務局資料）」
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/073_02_00.pdf
※1USD=130 円で計算

また、近年の国内の陸上風力の LCOE（中央値）は、図 4-16 に示すとおり 15 円/kWh 前後の横ばいで推移している。

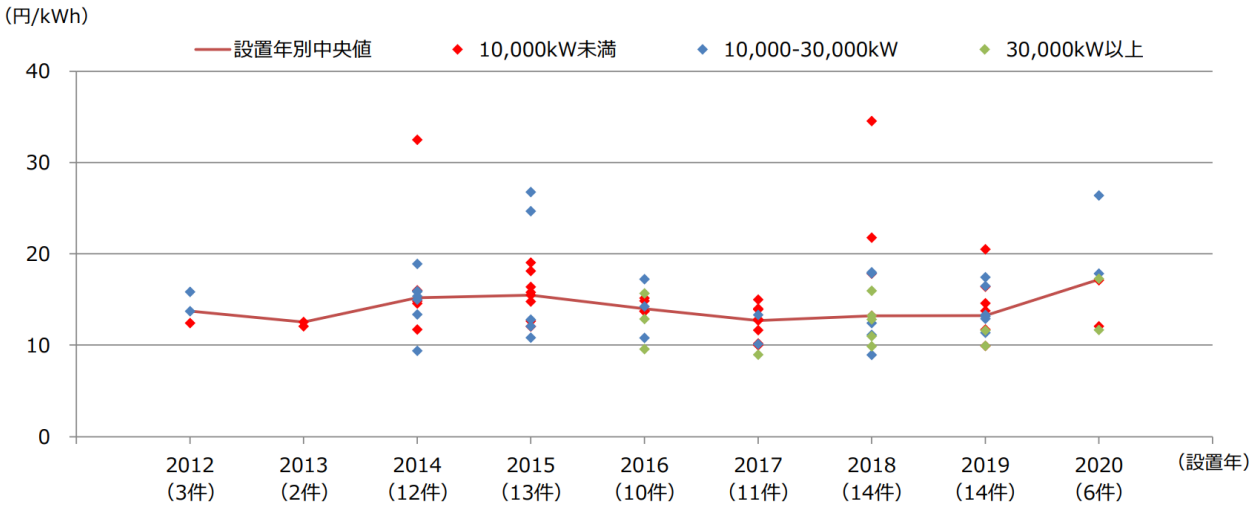


図 4-16 国内陸上風力発電の LCOE 推移

出所）資源エネルギー庁、第 73 回調達価格等算定員会 資料 2「風力発電について（事務局資料）」
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/073_02_00.pdf
※1USD=130 円で計算

秋田県能代市・男鹿市・三種町沖、秋田県由利本荘市沖および千葉県銚子市沖の着床式洋上風力を対象とした公募入札（以下、3 海域公募入札とする）では、表 4-4 に示すとおりコストと設備利用率の想定を基に上限価格を 29 円/kWh と設定された。資本費等は、NEDO 着床式洋上風力発電コスト調査において、国内外における着床式洋上風力発電の複数のコストモデル事例や欧州における実績等より作成された算定式に、対象海域の自然条件を代入した試算結果に対して、内外価格差 1.9 倍を乗じて算出された。設備利用率は、3 海域の年平均風速 7.56m/s を基に算出された。

表 4-4 洋上風力の調達価格と各種想定値

項目名	～2019 年度	3 海域公募入札
供給価格上限額	36 円/kWh	29 円/kWh
資本費	56.5万円/kW	51.2 万円/kW
運転維持費	2.25万円/kW/年	1.84 万円/kW/年
撤去費	資本費の5% （＝2.8 万円/kW）	10.7万円/kW
設備利用率	30%	33.2%
出力	-	370MW （10MW×37 基）
水深	-	18.6m
離岸距離	-	6km
IRR（税引前）	10%	10%
調達期間	20 年	20 年

出所）資源エネルギー庁「再エネ海域利用法に基づく公募占用指針について」（2020 年 9 月）より三菱総合研究所作成

4.1.3 政策動向

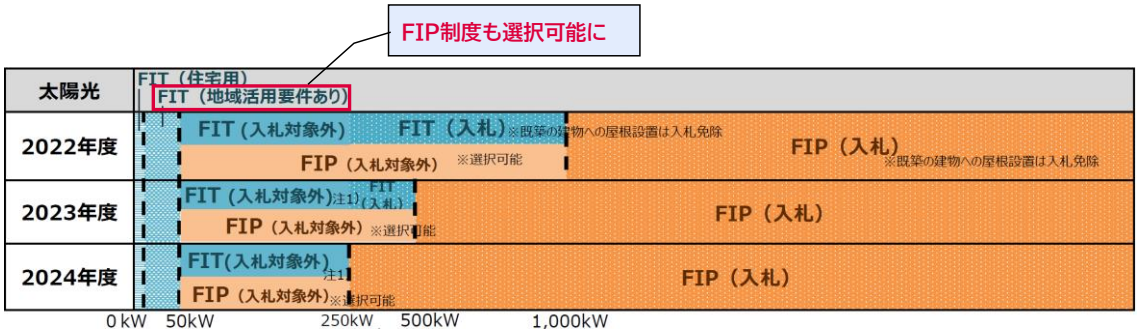
太陽光発電、風力発電を中心に、再生可能エネルギーをめぐる最新の政策動向について整理した。

（1） FIT・FIP 制度の見直し

1） 低圧太陽光発電設備の FIP 対象化

低圧太陽光発電設備の市場統合を進めるため、10～50kW 規模の太陽光発電設備は FIT 制度（地域活用要件あり）に加えて FIP 制度を選択可能とする方針案が示された。

表 4-5 FIT・FIP 制度の対象（太陽光）



出所）資源エネルギー庁 第 44 回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会「資料 1 再エネの大量導入に向けて」（2022 年 8 月 17 日）、p.32、p.35 に赤枠・赤字コメントを三菱総合研究所にて追記

2） 蓄電池事後併設に伴う買取価格ルールの変更

FIP 制度の推進を目的に、図 4-17 に示すとおり蓄電池の事後設置による価格変更ルールの見直しが検討されている。事後的な国民負担増加を抑制するため、従来は蓄電池を事後併設した場合は買取価格を最新価格に見直すルールとなっており、発電事業者にとっては蓄電池事後併設のメリットがなかった。見直し案では、事後併設による発電量の増加相当分に対してのみ価格が見直され従来発電分は元の価格相当を維持できることとなるため、蓄電池の事後併設の促進および有効活用が期待される。

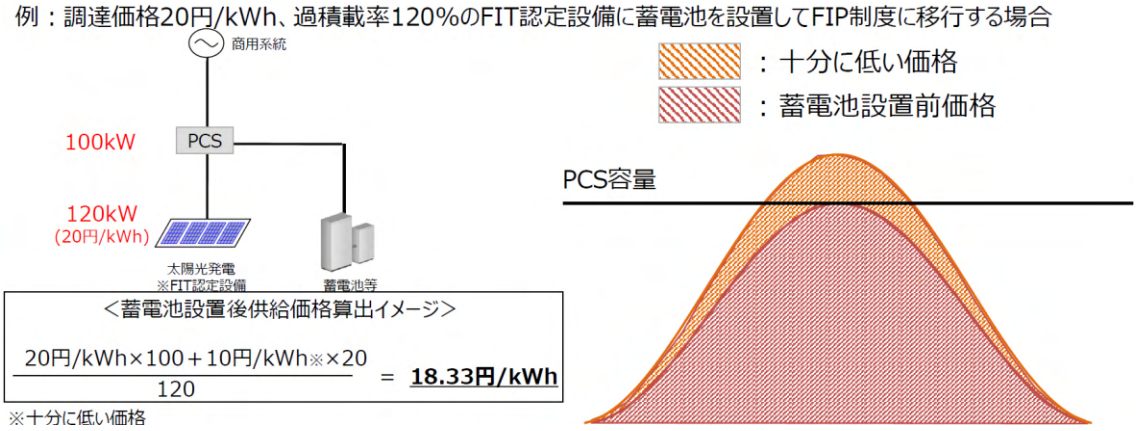


図 4-17 FIP 移行案件の事後的な蓄電池設置時の価格変更（案）

出所）資源エネルギー庁 第 44 回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会「資料 1 再エネの大量導入に向けて」（2022 年 8 月 17 日）、p.29

3）太陽電池の増出力時の買取価格ルールの変更

既存の土地・系統を有効活用するため、図 4-18 に示すとおり太陽電池の出力を増加させる張り替え・増設を促進する趣旨で価格設定ルール変更が検討されている。従来は、パネルの張り替え・増設による太陽電池の出力増分が 3kW もしくは 3%を超える場合には、買取価格を最新価格へ見直すこととなっていた。見直し案では、当初設備分は買取価格を維持し、増出力分のみに最新価格を適用する形とすることで、既存の土地や系統を有効活用した再生可能エネルギー設備の導入拡大が期待される。



図 4-18 見直し後価格変更イメージ

出所）資源エネルギー庁 第 44 回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会「資料 1 再エネの大量導入に向けて」（2022 年 8 月 17 日）、p.42

（2）脱炭素先行地域

環境省は、2050 年カーボンニュートラルに向けて地域特性に応じた脱炭素化に先行的に取り組む地域を脱炭素先行地域として選定し、表 4-6、表 4-7 に示すとおり 2022 年 4 月に 26 件、2022 年 11 月には新たに 20 件の計画提案を採択した。

表 4-6 脱炭素先行地域の第1回選定地域

	提案者	提案名
第一回選定地域	北海道石狩市	「再エネの地産地活・脱炭素で地域をリデザイン」
	北海道上士幌町	未来へつなぐ持続可能なまちづくり-ゼロカーボン上士幌の実現とスマートタウン構築を目指して
	北海道鹿追町	多様なエネルギーの循環とレジリエンス強化、環境価値の向上による地方創生モデル「MIRAICOUNTRY」の提唱
	宮城県東松島市	震災復興からつなぐ未来都市-人・エネルギー・地域でつくる未来の環-
	秋田県	流域下水道を核に資源と資産活用で実現する秋田の再エネ地域マイクログリッド
	秋田県大潟村	自然エネルギー100%の村づくりへの挑戦！～第1章電気編～
	埼玉県さいたま市	さいたま発の公民学によるグリーン共創モデル
	神奈川県横浜市	みなとみらい21地区における公民連携で挑戦する大都市脱炭素化モデル
	神奈川県川崎市	川崎市の交通要衝「みぞのくち」からはじめる CO2 最大排出都市の脱炭素アクション
	新潟県佐渡市	離島地域における EMS を活用した自立分散・再生可能エネルギーシステム導入による持続可能な地域循環共生圏の構築
	長野県松本市	のりくら高原「ゼロカーボンパーク」の具現化
	静岡県静岡市	脱炭素を通じて新たな価値と賑わいを生む「みなとまちしみず」からはじまるリノベーション
	愛知県名古屋市	再開発地区で実現する脱炭素コンパクトシティモデル
	滋賀県米原市	農山村の脱炭素化と地域活性～米原市「ECOVILLAGE 構想」～
	大阪府堺市	堺エネルギー地産地消プロジェクト
	兵庫県姫路市	姫路城ゼロカーボンキャッスル構想～世界遺産・国宝「姫路」から始まる脱炭素ドミノ～
	兵庫県尼崎市	阪神大物地域ゼロカーボンベースボールパーク整備計画～地域課題解決型！官民連携事業～
	兵庫県淡路市	市におけるコンパクトシティ×里山ハイブリッド脱炭素化モデル事業
	鳥取県米子市	地域課題解決を目指した非 FIT 再エネの地産地消と自治体が連携した CO2 排出管理によるゼロカーボンシティの早期実現
	島根県邑南町	再生可能エネルギーで輝く「おおなん成長戦略」
	岡山県真庭市	森とくらしで循環ゼロカーボンシティ真庭
	岡山県西粟倉村	2050“生きるを楽しむ”むらまるごと脱炭素先行地域づくり事業
	高知県梼原町	「脱炭素は土佐の山間より～ゆすはら脱炭素の道～」
	福岡県北九州市	公共施設群等における再エネ最大導入・最適運用モデルと横展開による地域産業の競争力強化
	熊本県球磨村	「脱炭素×創造的復興」によるゼロカーボンビレッジ創出事業
	鹿児島県知名町	ゼロカーボンアイランドおきのえらぶ

出所）環境省，「第1回 脱炭素先行地域の概要」（2022 年 4 月 26 日），
（https://www.env.go.jp/content/000039032.pdf）<閲覧日：2022 年 9 月 5 日>より作成

表 4-7 脱炭素先行地域の第 2 回選定地域

提案者		提案名
第二回選定地域	北海道札幌市	ゼロカーボン都市「環境首都・SAPP_RO」を目指して－産学官による積雪寒冷地モデルの構築－
	北海道奥尻町	再エネフルメニューで実現する「サスティナブル・アイランド奥尻」事業
	岩手県宮古市	広域合併したまちの脱炭素地域づくり～宮古市版シュタットベルケから始まる地域内経済の好循環の拡大を目指して～
	岩手県久慈市	過疎地域を未来に向けて発展させる脱炭素先行地域の提案
	栃木県宇都宮市	コンパクト・プラス・ネットワークによる脱炭素モデル都市構築 ～LRT 沿線からはじまるゼロカーボンシティの実現～
	栃木県那須塩原市	ミルクタウン那須塩原のチャレンジゼロカーボン～青木地区ゼロカーボン街区構築事業～
	群馬県上野村	全村！全力！全活用！～脱炭素がつなぎ、脱炭素で輝く地域コミュニティ～
	千葉県千葉市	脱炭素で磨き上げる都市の魅力～「行きたい」「住みたい」「安心できる」千葉市へ～
	神奈川県小田原市	“エネルギーと地域経済の好循環”のための基盤づくりを通じた市街地活性化
	新潟県関川村	北陸新幹線敦賀開業を契機とした脱炭素化へのパラダイムシフト
	福井県敦賀市	北陸新幹線敦賀開業を契機とした脱炭素化へのパラダイムシフト
	長野県飯田市	既存配電系統を活用した地域マイクログリッドによる人をつなぎ地域をつなぐまちづくり
	愛知県岡崎市	どうする脱炭素？岡崎城下からはじまる、省エネ・創エネ・蓄エネ・調エネのまちづくり
	滋賀県湖南市	さりげない支えあいのまちづくり オール湖南で取り組む脱炭素化プロジェクト
	京都府京都市	京都の文化・暮らしの脱炭素化で地域力を向上させるゼロカーボン古都モデル
	兵庫県加西市	分かち合うみんなの電気 蓄電池のまち加西～地産地消エネルギーで結ぶ集落のくらし～
	奈良県三郷町	ゼロカーボンで加速する全世代・全員活躍型「生涯活躍のまち」三郷
	山口県山口市	「ゼロカーボン中心市街地」～商店街・住民・企業・市の共創による市街地脱炭素化の実現～
	宮崎県延岡市	高度成長期を支えた住宅地のカーボンニュートラルによる再生と強靭化モデル～ニュータウン脱炭素再生戦略～
	沖縄県与那原町	「みんなで創る地域脱炭素社会と活気あふれる美らまち与那原」～新しい未来へ綱(つな)げて～

出所)環境省,「第 2 回 脱炭素先行地域の概要」(2022 年 11 月 1 日),
https://www.env.go.jp/content/000084557.pdf <閲覧日:2023 年 2 月 14 日>より作成

(3) クリーンエネルギー戦略

資源エネルギー庁の「クリーンエネルギー戦略（中間整理）」では、表 4-8 に示すとおり再生可能エネルギーを大量導入するための促進項目を策定し、戦略的に支援を行う方針である。

表 4-8 クリーンエネルギー戦略における促進項目（再生可能エネルギー関連）

促進項目	概要
需要家主導による再エネ導入（UDA モデル）の促進	需要家、発電事業者、小売事業者が一体となって再生可能エネルギー導入を進める UDA（User-Driven Alliance）モデルによる太陽光発電設備の導入に対して補助金支援
屋根への導入拡大・自家消費モデル普及の促進	FIT 制度特例、ZEH 支援、オンサイト PPA 補助金、住宅ローン減税、省エネリフォーム税制等によって、住宅や工場・倉庫などの建築物への導入拡大を促進
JOGMEC による地熱開発の加速化	JOGMEC による金融支援・技術開発の共有や、自然公園における JOGMEC 自らによる先導的資源量調査（地表調査・掘削調査）によって地熱発電の開発を促進
再エネ関連技術の開発	グリーンイノベーション基金等を活用した「次世代型太陽電池の開発」「洋上風力発電の低コスト化」「革新的地熱発電技術（超臨界地熱発電や高温岩体地熱発電等）の開発」へ取り組み
地域と共生した事業規律の確保	稼働済太陽光発電の位置をマップ形式で自治体へ情報提供したり、太陽光発電設備の規制を適正化することで、地域と共生した再生可能エネルギー設備の普及を促進
再生可能エネルギーポテンシャル・需要側の動向を踏まえたマスタープランの具体化	系統マスタープランの策定、広域的取引の拡大による燃料費・CO2 コスト削減等による便益評価、系統増強によるレジリエンス向上効果の検証等を通じて、再生可能エネルギー拡大に必要な系統増強を実現
蓄電システムの構築	系統用蓄電池の発電事業への位置づけや電力市場等の環境整備、ならびに実証等を通じた蓄電池の導入支援を行うことで、再生可能エネルギー導入拡大に不可欠な蓄電池の活用を推進

出所）経済産業省「クリーンエネルギー戦略 中間整理」（2022 年 5 月 13 日）より作成
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/green_transformation/pdf/008_01_00.pdf
＜閲覧日：2022 年 9 月 6 日＞

(4) 建築物への再生可能エネルギー設置義務化

東京都は、建築物への再生可能エネルギー設置義務化に向けた条例の改定手続きを進めている。2021 年 10 月に 2030 カーボンハーフの実現に向けた条例改正の諮問を行い、基本方針（案）の中で新築の中小規模の建物に対する新たな「建築物環境報告書制度」を導入した。制度の概要を表 4-9 に、再生可能エネルギーの設置基準を図 4-19 に示す。2022 年 9 月に基本方針が策定され、2022 年 12 月に支援策を盛り込んだ補正予算案が可決されている。制度の施行は 2025 年 4 月の予定である。

表 4-9 東京都の建築物環境報告書精度の概要

設置義務者	年間の都内供給延床面積が合計20,000㎡以上のハウスメーカー等の事業者（都内大手住宅メーカー約50社が対象見込み）
対象建築物	延床面積2,000㎡未満の中小規模の新築建築物（住宅等） ※既築は対象外
再エネ設置基準	事業者が供給する住宅棟数に応じた「再エネ設置基準」に適合することが求められる。 *再エネ設置基準＝ 設置可能棟数×算定基準率*×棟当たり基準量（2kW/棟）* *区域ごとに3段階（85%、70%、30%）
その他	● 設置可能棟数は、太陽光発電設備設置が物理的に困難な場合、設置基準算定から除外 ● 算定基準率は、日照条件、日影規制等の影響も考慮 ● 利用可能な再生可能エネルギーとして、太陽光のほか、太陽熱や地中熱等も可
既存制度	延床面積2,000㎡以上の大規模の新築建築物は「建築物環境計画書制度」で運用済み。さらに強化。

出所）東京都「太陽光発電設置 解体新書」（2023年2月22日）、vol.1 p. 7,9,14,16,17
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/solar_portal/program.files/factsheet.pdf
＜閲覧日：2023年2月24日＞より作成

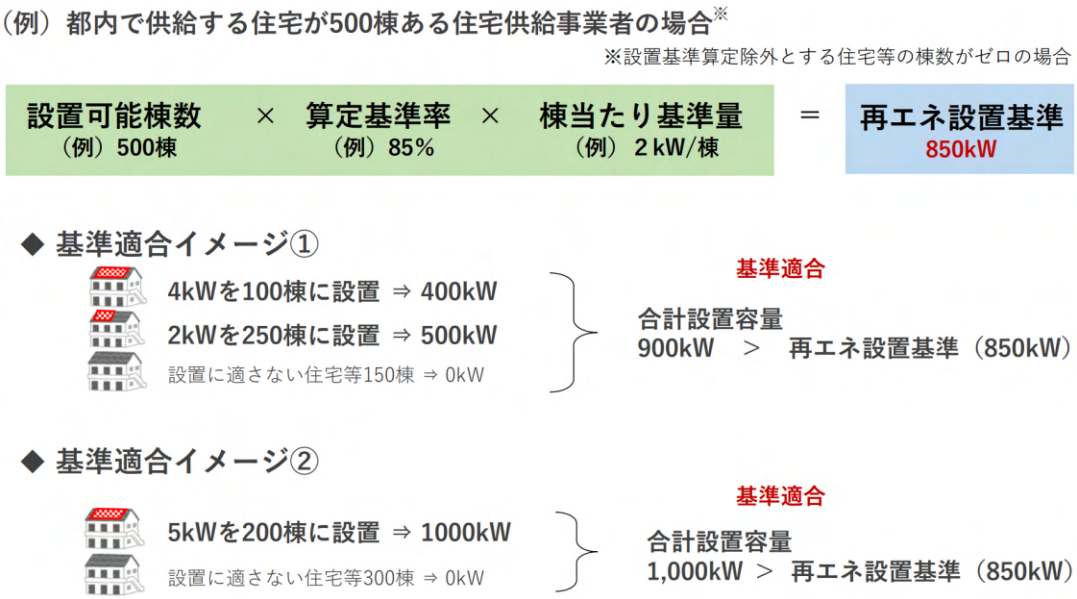


図 4-19 再生可能エネルギー設置基準（基準適合イメージ）

出所）東京都「太陽光発電設置 解体新書」（2023年2月22日）、vol.2 p.9より作成
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/solar_portal/program.files/factsheet.pdf
＜閲覧日：2023年2月24日＞

群馬県や川崎市でも、表 4-10 に示すとおり建築物への再生可能エネルギー設備の設置義務化の動きを進めている。群馬県は、2050 年に向けた「ぐんま 5 つのゼロ宣言」実現条例において再生可能エネルギー設備の設置を義務付けた。川崎市は、2022 年 8 月に「（仮称）建築物再生可能エネルギー総合促進事業」の制度概要を議論し、2024 年の施行を目指して再生可能エネルギー設置義務化の検討を進めている。

表 4-10 群馬県・川崎市の再生可能エネルギー設置義務

群馬県 （令和5年4月1日施行予定）	延床面積2,000㎡以上の大規模建築物の新築・増改築に対する再エネ設備の導入を義務付け
	導入計画の提出と報告を義務付け、その内容を公表する
川崎市 （審議中）	● 延床面積2,000㎡以上の大規模建築物の新築・増築に対する設備設置義務 ● 義務対象者：建築主 ● 対象設備：太陽光発電設備、太陽熱利用設備、バイオマス利用設備、風力発電設備、地熱発電設備※
	● 延床面積2,000㎡未満の中小規模建築物の新築に対する設備設置義務 ● 義務対象者：市内建築物を年間5,000㎡以上供給する事業者 ● 対象設備：太陽光発電設備※
	● 延床面積10㎡以上の新築・増築建築物に対する説明義務 ● 義務対象者：建築士

※物理的に太陽光発電が設置できない場合、オフサイトPPA、再エネ電源調達等による義務履行を認める

出所）群馬県「群馬県地球温暖化対策指針（特定建築物編）」（令和４年８月）より作成
https://www.pref.gunma.jp/contents/100256134.pdf ＜閲覧日：2022 年９月５日＞
川崎市「（仮称）建築物再生可能エネルギー総合促進事業の制度概要（素案）」、p.3 より作成
https://www.city.kawasaki.jp/300/cmsfiles/contents/0000140/140745/4_siryou2-8.pdf
＜閲覧日：2022 年９月５日＞

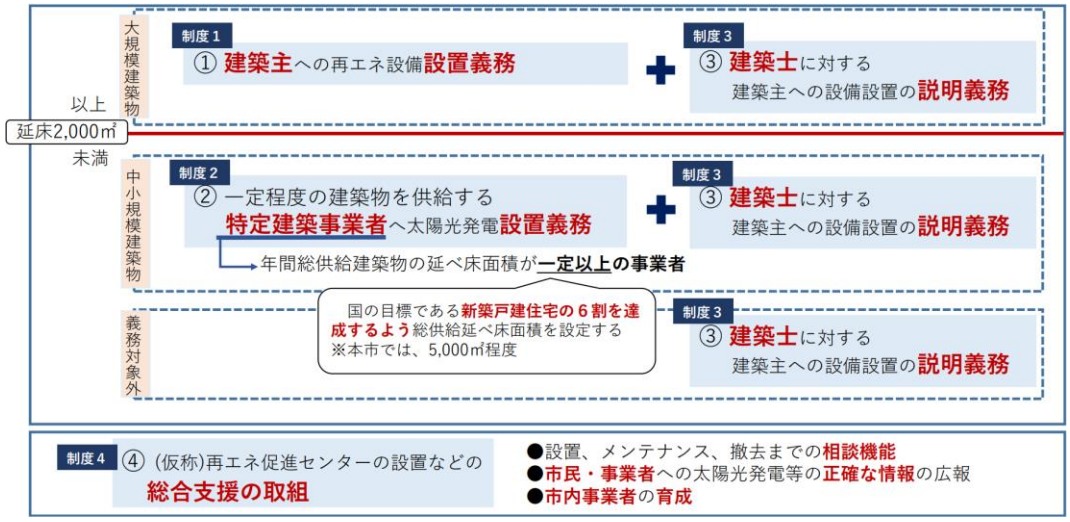


図 4-20 川崎市の新たな制度案の概要

出所）川崎市「（仮称）建築物再生可能エネルギー総合促進事業の制度概要（素案）」、p.4 より作成
https://www.city.kawasaki.jp/300/cmsfiles/contents/0000140/140745/4_siryou2-8.pdf
＜閲覧日：2022 年９月５日＞

（5）日本の洋上風力発電の産業競争力強化に向けた官民目標

2020 年 12 月、洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会において「洋上風力産業ビジョン（第１次）」が取りまとめられ、図 4-21 に示すとおり、官民が目標設定を行うとともに導入拡大に向けた基本戦略を公表した。

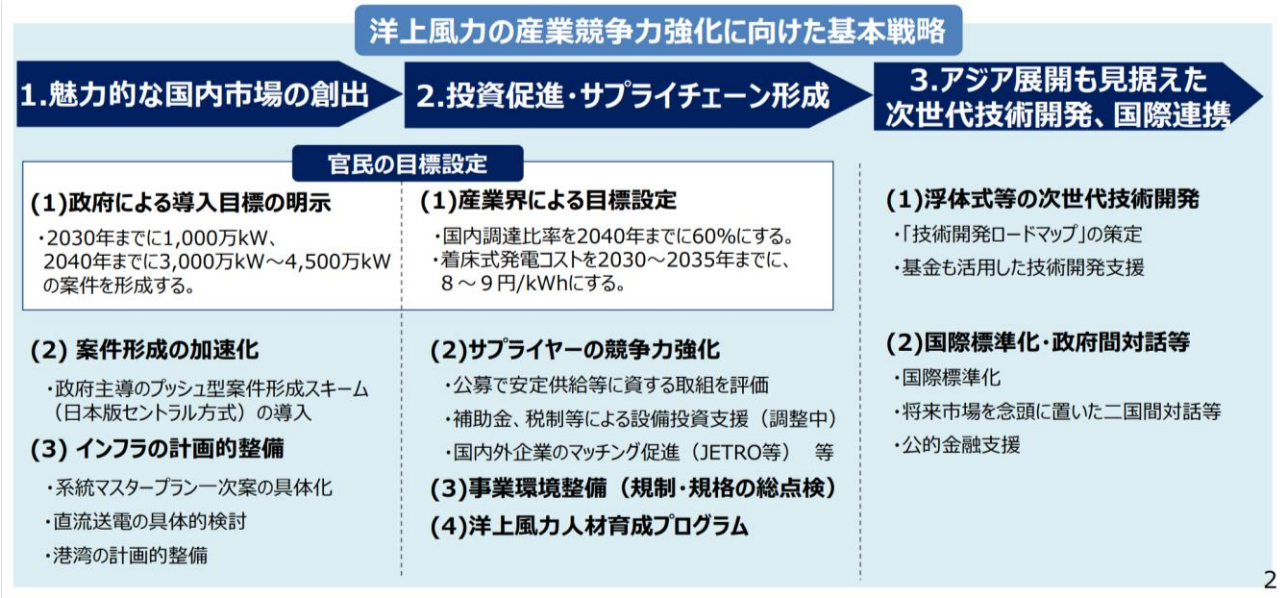


図 4-21 洋上風力の産業競争力強化に向けた基本戦略

出所）洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会、洋上風力産業ビジョン（第 1 次）概要、p.2、2020 年 12 月 15 日

（6）再エネ海域利用法に基づく海域指定状況

2022 年 9 月末時点において、図 4-22、表 4-11 に示すとおり促進区域 8 区域、有望な区域 5 区域、一定の準備段階に進んでいる区域 11 区域が指定されている。2022 年度においては新たに促進区域 3 区域、有望な区域 1 区域、一定の準備段階に進んでいる区域 1 区域が追加された。

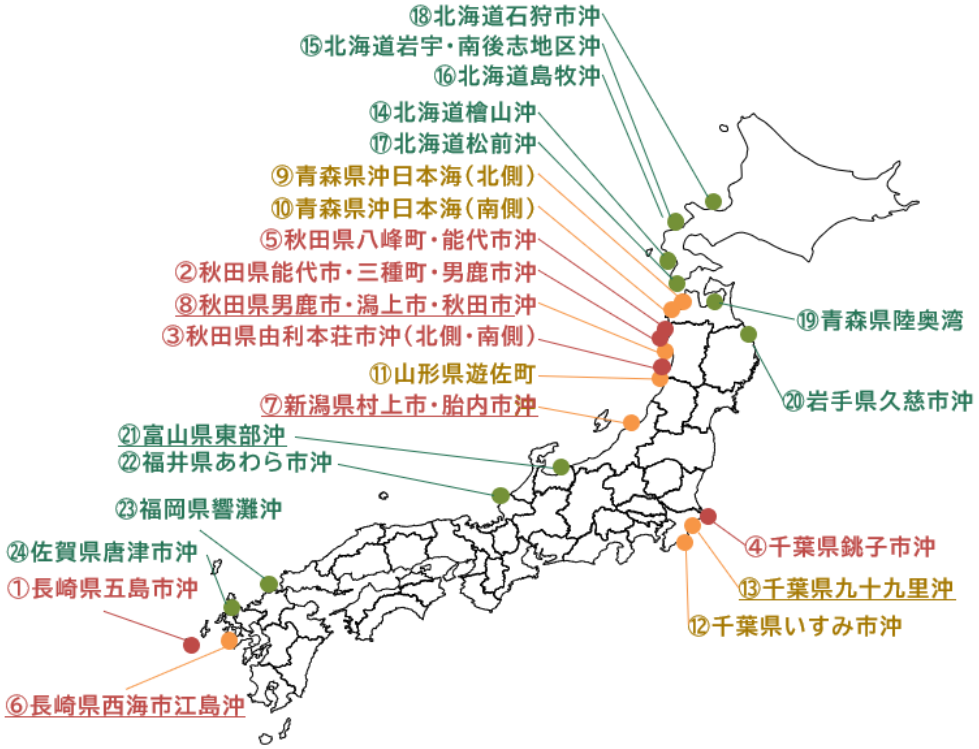


図 4-22 指定区域の位置（2022 年 9 月末時点）

出所）再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会、第 37 回 資料1、p.4 及び経済産業省 HP
(https://www.meti.go.jp/press/2022/09/20220930004/20220930004.html)
＜閲覧日：2022 年 9 月 30 日＞、に基づき三菱総合研究所作成

表 4-11 指定区域リスト

促進区域	①長崎県五島市沖(公募実施済)		
	②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖(公募実施済)		
	③秋田県由利本荘市沖(北側・南側)(公募実施済)		
	④千葉県銚子市沖(公募実施済)		
	⑤秋田県八峰町・能代市沖		
	⑥長崎県西海市江島沖		
	⑦新潟県村上市・胎内市沖		
	⑧秋田県男鹿市沖・潟上市・秋田市沖		
有望な区域	⑨青森県沖日本海(南側)		
	⑩青森県沖日本海(北側)		
	⑪山形県遊佐町沖		
	⑫千葉県いすみ市沖		
	⑬千葉県九十九里沖(九十九里町、山武市及び横芝光町沖)		
一定の準備段階に進んでいる区域	⑭北海道檜山沖	⑳岩手県久慈市沖(浮体式)	
	⑮北海道岩宇・南後志地区沖	㉑富山県東部沖(入善町及び朝日町沖)	
	⑯北海道島牧沖	㉒福井県あわら市沖	
	⑰北海道松前沖	㉓福岡県響灘沖	
	⑱北海道石狩市沖	㉔佐賀県唐津沖	
	⑲青森県陸奥湾	―	

※2022年度に追加・変更があった区域を赤字で表記
※海域を区別してマッピングするため、MRIにて通し番号を付与

出所)再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会、第 37 回 資料1、p.4 及び経済産業省 HP (https://www.meti.go.jp/press/2022/09/20220930004/20220930004.html) <閲覧日:2022 年 9 月 30 日>、に基づき三菱総合研究所作成

(7) 諸外国における洋上風力発電の開発目標

欧米諸国では、洋上風力発電の導入目標の引き上げや達成時期の前倒しが進められており、図 4-23 に示すとおり洋上風力の導入加速化に向けた開発目標が掲げられている。英国・米国では、浮体式洋上風力についても導入目標が設定された。

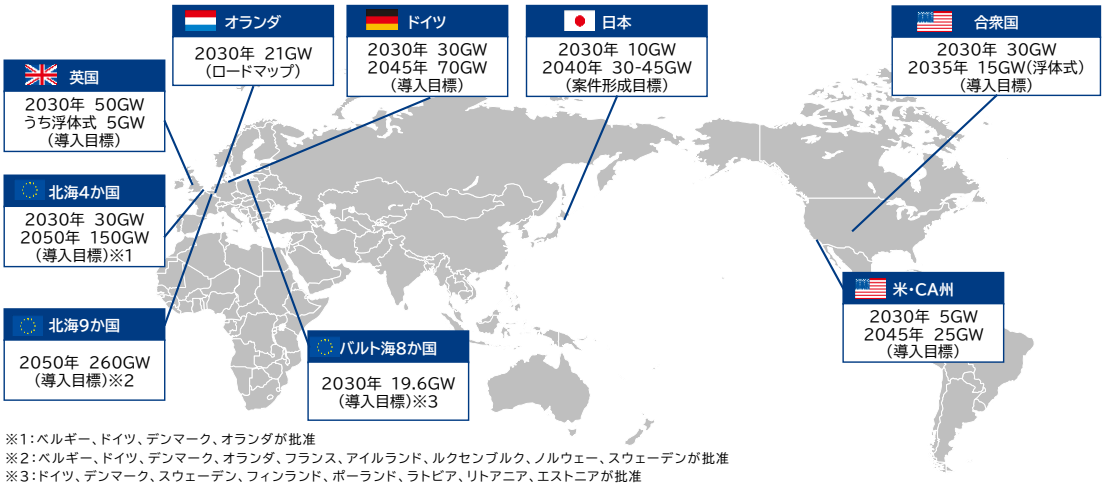


図 4-23 日本と諸外国における洋上風力発電の開発目標

出所)各国政府資料、WindEurope 資料に基づき三菱総合研究所作成

(8) 日本版セントラル方式の検討

図 4-24 に示すとおり、現行制度下では複数の事業者が重複して、公募選定後を見越して開発に向けた調査を前倒しで実施しており非効率であるため、初期段階の調査・調整を政府等が実施する「セントラル方式」の検討が進められている。日本版セントラル方式は、基本設計に必要な項目に関する調査、

初期段階の環境影響評価、系統の確保の 3 点を、政府・政府に準ずる主体が実施する方針が示されている。このうち、基礎調査・環境影響評価に関する実証事業を NEDO が、系統の仮確保に関する検討を OCCTO が進めている。

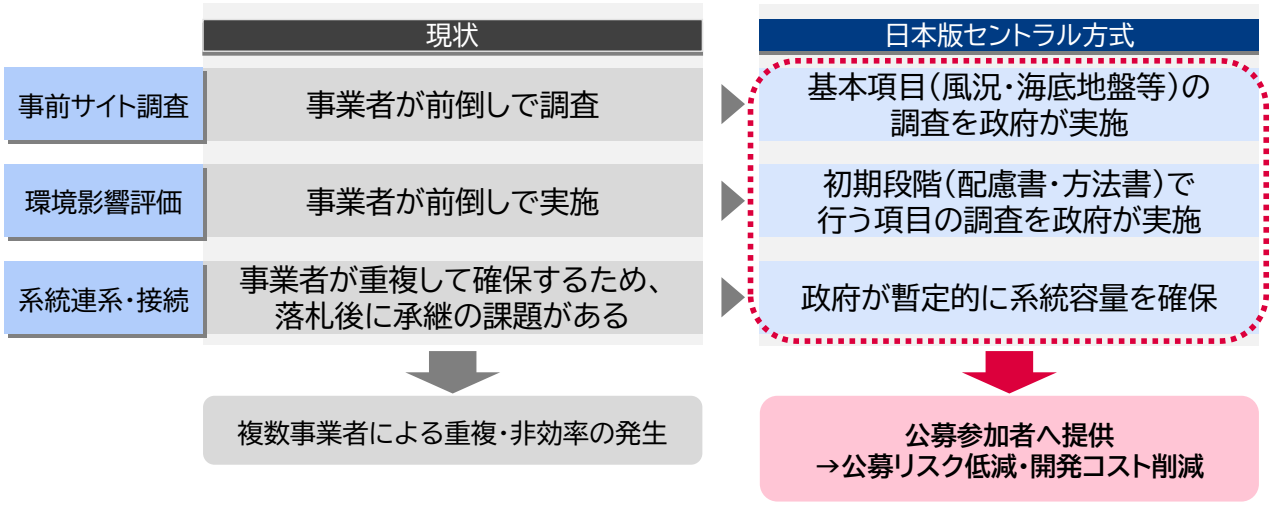


図 4-24 日本版セントラル方式の概要

出所)資源エネルギー庁、第 11 回交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力促進小委員会 資料 2、p.1、p.3、2022年 1 月 14 日 より三菱総合研究所作成

1) 日本版セントラル方式と案件形成スケジュールとの関係

日本版セントラル方式の中で、政府が担う役割は図 4-25 の赤枠内に記載されているとおりである。準備区域に指定された段階から、政府組織は基礎調査・環境影響評価に関する調査等を行い、風力発電の導入ポテンシャルを踏まえて接続検討を要請し、OCCTO 等が系統容量を確保する。促進区域指定の段階で事業者へ調査結果が提供されるため、公募占用計画の作成に必要な情報量を確保し、公募参加に対するリスクの軽減と開発コストの低減を実現することが可能となる。

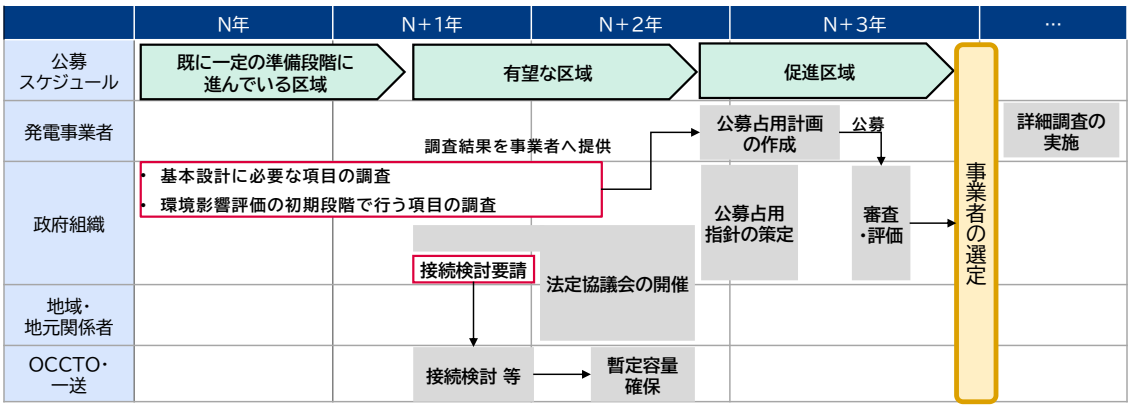


図 4-25 セントラル方式・海域選定スケジュールのイメージ

出所)資源エネルギー庁、第 10 回交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力促進小委員会 資料 2、p.2、2022年 1 月 14 日 より三菱総合研究所作成

2) 洋上風力発電の地域一体的開発に向けた調査研究事業

NEDO による「洋上風力発電の地域一体的開発に向けた調査研究事業」では、図 4-26 に示すとおり洋上風力発電設備の基本設計に必要となるデータの調査仕様・手法の確立を目指し、各種調査の実証が行われている。2021年 7 月、調査海域として北海道岩宇・南後志地区沖（着床式）、山形県酒田市沖（着床式）、岩手県洋野町沖（浮体式）の 3 か所が選定された。2021 年度から1年間の風況の実測に着手し、海底地盤調査、気象海象調査、環境影響評価、漁業実態調査が実施されている。



図 4-26 洋上風力発電の開発に向けた調査事業の内容

出所）資源エネルギー庁、第 10 回交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力促進小委員会 資料 2、p.4、2022年 1 月 14 日

3）洋上風力発電の地域一体的開発に向けた調査研究事業 調査内容

2022 年 6 月に開催された交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力促進小委員会合同会議（第 14 回）において、表 4-12 に示すとおり日本版セントラル方式の確立に向けた実証事業における調査実施項目が公開された。発電事業者はこれらの調査結果を受けて公募占用計画を作成し、落札した場合にはさらに必要な調査を行う。

表 4-12 日本版セントラル方式の確立に向けた実証事業における調査実施項目

実施項目	調査項目
風況調査	風速・風向、乱流強度、極値風速、風況シミュレーション、風況の長期変動
海底地盤調査	沿岸の各種情報、海底地形、海底面状況、音波探査、地盤物性値、調査結果のとりまとめ
気象海象調査	海域における気象、近隣における気象、気象長期変動・気象概況、大気の鉛直構造、水位、波浪、水流、海氷・海洋付着生物・洗堀等
環境影響評価に関する環境調査	大気環境（騒音）、水環境（水質・底質）、動物（鳥類、魚類・海棲哺乳類・底生生物）、植物、景観
漁業実態調査	水産生物（主な漁獲対象種の生息域、産卵・生育場、生態、生活史等）、操業実態、海底振動、環境DNA調査
導入ポテンシャルの試算	洋上風力発電設備の導入ポテンシャルの試算

出所）資源エネルギー庁、第 14 回交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力促進小委員会 参考資料 1、2022年6月23日より三菱総合研究所作成

4）国の要請による系統確保スキーム

図 4-27 に示すとおり、現行制度下では複数事業者が事前に系統容量を確保してしまうことにより

必要以上に系統枠が押さえられることで他電源が接続できなくなる恐れや、公募落札後の事業承継が複雑であるという課題が生じうる。この問題の解消のため、再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会において、国が望ましい出力規模を決定し、国からの要請に基づき一般送配電事業者が暫定的に系統容量を確保し、また確保した系統容量が起因となりローカル系統の系統増強が必要な場合には電源接続案件一括検討プロセスを開始することが決定された。

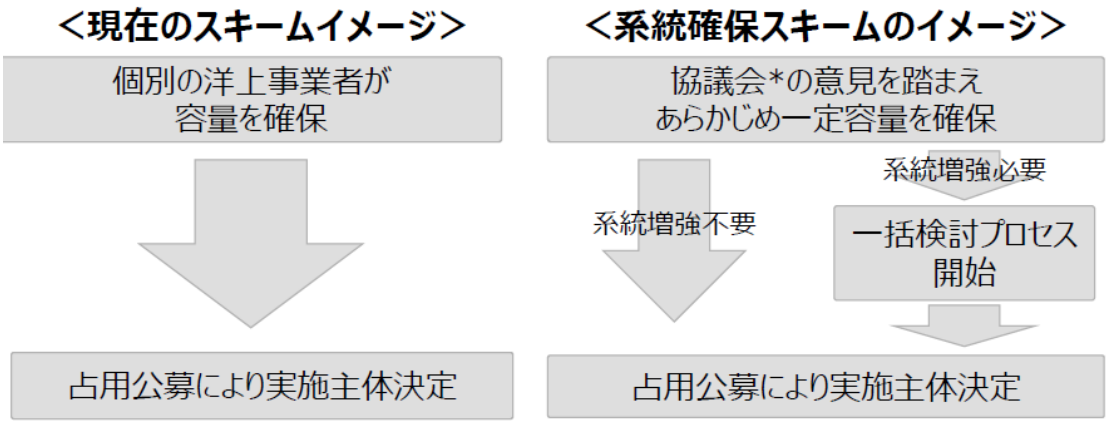


図 4-27 現在のスキームと系統確保スキームのイメージ

出所）資源エネルギー庁、第 16 回交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力促進小委員会 資料 1、p.41、2022年6月23日

系統が確保されずに促進区域指定を行う見込みがある場合は、図 4-28 に示すとおり、国からOCCTO へ系統容量確保・接続検討要請を行い、暫定容量確保を行うプロセスが導入される。

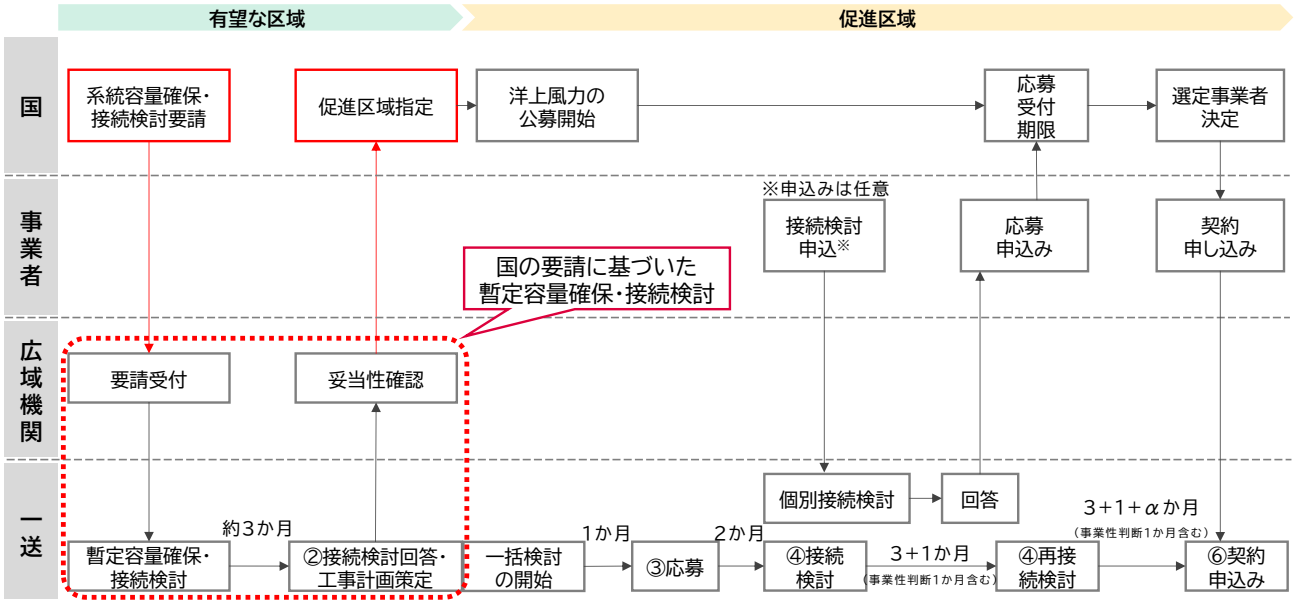


図 4-28 国の要請による系統確保スキーム

出所）電力広域的運営推進機関、「再エネ海域利用法に基づく洋上風力の占用公募と連動した一括検討の流れ」、p.4、2021 年 8 月より三菱総合研究所作成

5）系統暫定確保に係る事前調査

2022 年 9 月、系統確保スキームの適用に向けて、必要な出力規模や系統接続の蓋然性の確認を行

う事前調査を実施することが公表された。対象海域は、図 4-29 に示すとおり「一定の準備段階に進んでいる区域」から 5 海域が対象とされた。



図 4-29 系統暫定確保に係る事前調査の対象区域

出所）経済産業省、再エネ海域利用法に基づく促進区域の指定と有望な区域等について整理を行いました、（https://www.meti.go.jp/press/2022/09/20220930004/20220930004.html）<閲覧日：2022 年 9 月 30 日>より三菱総合研究所作成

（9）浮体式洋上風力の導入に向けた関連施策の進展

表 4-13 に示すとおり、洋上風力の導入拡大に向けて浮体式洋上風力の導入目標の検討を行う方針が示された。また、内閣府の検討会にて排他的経済水域（EEZ）での洋上風力開発に係る国際法上の論点が整理され、EEZ における開発に向けた国内法制度整備の検討を速やかに開始することが提言された。その他に、グリーンイノベーション基金（GI 基金）における浮体式実証（Phase 2）に関して、2023 年度中に候補海域が公表され、年度内に事業者公募・選定が実施される方針が示された。将来の浮体の量産化に向けてコスト目標・タクトタイムなどを設定した技術開発が実施される。

表 4-13 浮体式洋上風力の導入拡大に向けた施策の動向

項目	概要
浮体式の導入目標	• EEZへの開発も見据え、浮体式の導入目標設定に向けた検討を行うことが公表
EEZにおける洋上風力発電開発に関する法制化の提言	• 内閣府「排他的経済水域（EEZ）における洋上風力発電の実施に係る国際法上の諸課題に関する検討会」にて、EEZにおける洋上風力開発の国際法上の論点を検討 ➢ **主な論点：**ウィンドファームの国際法上の位置づけ、主権的権利・管轄権、安全水域、他国の権利に関する妥当な考慮、環境影響評価、関係国への事前通報・公表の要否 • 2023年1月に公表された取りまとめにて、EEZにおける洋上風力発電開発に向けた国内法制度整備の検討を速やかに開始することが提言
GI基金Phase 2の実施概要	• 2023年度上期中にPhase2の実証海域の候補が公表され、2023年度中に事業者公募を実施するスケジュール案が公表 • 実証では、将来的な量産化に向けてコスト目標・タクトタイムなどを設定した技術開発が実施

出所）経済産業省、第 4 回 グリーン電力の普及促進分野ワーキンググループ資料 4、p.17、2022 年 12 月 26 日
排他的経済水域（EEZ）における洋上風力発電の実施に係る国際法上の諸課題に関する検討会、「排他的経済水域（EEZ）における洋上風力発電の実施に係る国際法上の諸課題に関する検討会」取りまとめ、2023 年 1 月 31 日

4.1.4 市場動向

太陽光発電、風力発電を中心とした再生可能エネルギーの市場動向について、以下の通り整理した。

（1） 出力抑制エリアの拡大

表 4-14、図 4-30 に示すとおり、2022 年に入り、九州電力エリア以外の電力管内で初めての出力抑制が実施された。4 月 9 日に四国電力エリアにおいて出力抑制が初めて実施され、4 月に東北・中国電力エリア、5 月に北海道電力エリア、2023 年 1 月に沖縄電力エリアにおいても出力抑制が実施された。2018 年 10 月に九州電力が初めて太陽光発電の出力抑制を実施（離島を除く）して以来、全国の出力制御量は年々増加している。

表 4-14 各エリアの年間出力抑制量・出力抑制率

（MWh）

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
九州	136,442 (2.91%)	458,594 (3.97%)	399,696 (2.93%)	534,891 (3.88%)	109,919 (2.57%)
北海道	-	-	-	-	1,032 (0.07%)
東北	-	-	-	-	49,444 (1.17%)
四国	-	-	-	-	1,330 (0.81%)
中国	-	-	-	-	14,315 (0.42%)

※かっこ内の数値は出力抑制率（太陽光・風力の合計）
※2022年度については2022年7月まで（九州は2022年6月まで）の数値

出所）各社 HP の「再生可能エネルギー発電設備の接続状況等について」より作成＜閲覧日：2022 年 8 月 26 日＞

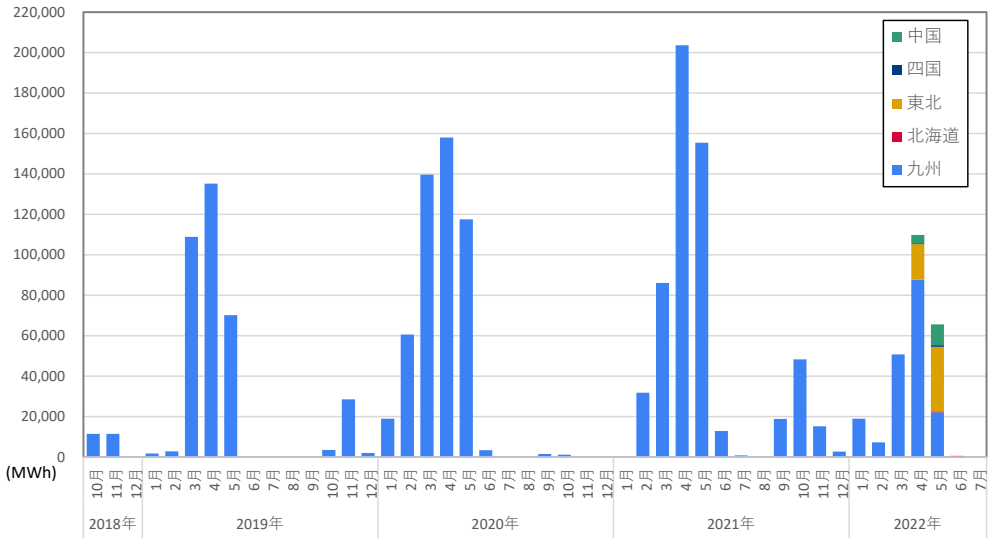


図 4-30 各エリアの出力抑制量の月次推移

出所）各社 HP の「再生可能エネルギー発電設備の接続状況等について」より作成＜閲覧日：2022 年 8 月 26 日＞

（2）地方銀行主体の地域エネルギー事業会社の設立

図 4-31 に示すとおり、2021 年 11 月の銀行法等の改正により金融機関における業務規制範囲の見直し・出資規制の緩和が行われたことで、表 4-15 に示したような、地方銀行が出資する再生可能エネルギー事業会社の設立が相次いでいる。改正法では、業務規制範囲の見直しとして銀行本体や子会社・兄弟会社（銀行業高度化等会社）の業務範囲に、新たに地方創生などに資する業務を追加され、また出資規制の緩和として現状では出資が最大で議決権 50%に制限されている地域活性化事業会社への投資に関して、事業会社が非上場の場合は議決権 100%の出資が可能とすることが盛り込まれた。

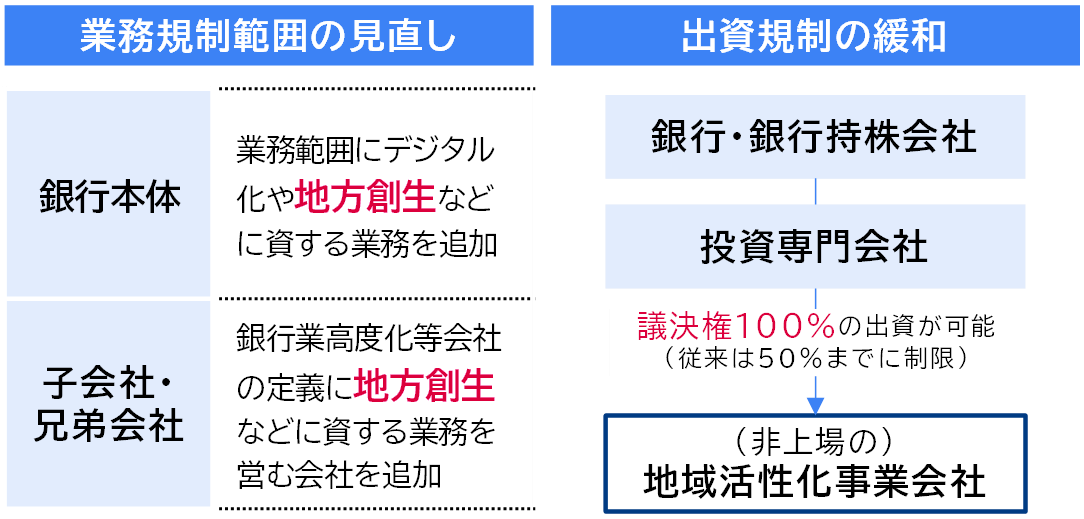


図 4-31 銀行法等の改正の概要

出所）金融庁「新型コロナウイルス感染症等の影響による社会経済情勢の変化に対応して金融の機能の強化及び安定の確保を図るための銀行法等の一部を改正する法律案 説明資料」（2021 年 3 月）、p.3-4 より作成
https://www.fsa.go.jp/common/diet/204/01/setsumei.pdf ＜閲覧日：2022 年 9 月 5 日＞

表 4-15 地方銀行が出資する再生可能エネルギー事業会社

銀行名	再生可能エネルギー事業会社名	所在地
株式会社山陰合同銀行	ごうぎんエナジー株式会社	鳥取県
株式会社常陽銀行	常陽グリーンエナジー株式会社	茨城県
株式会社群馬銀行（共同出資）	かんとう YAWARAGI エネルギー株式会社	栃木県
株式会社八十二銀行	八十二 Link Nagano 株式会社	長野県

出所）各社 HP のニュースリリース等より三菱総合研究所作成＜閲覧日：2023 年 3 月 3 日＞

(3) FIP 支援ビジネス動向

データを活用した予測、最適取引、制御により、発電事業者の収益安定化と小売電気事業者や需要家への安定した電源供給を実現するアグリゲーターによる FIP 運用仲介ビジネスが増えている。東芝ネクストクラフトベルケ社の例では、同社が再エネ事業者のインバランスリスクを負担したうえで、小売事業者向けの相対取引や電力卸売市場への市場取引を行い、電源供給を行っている。

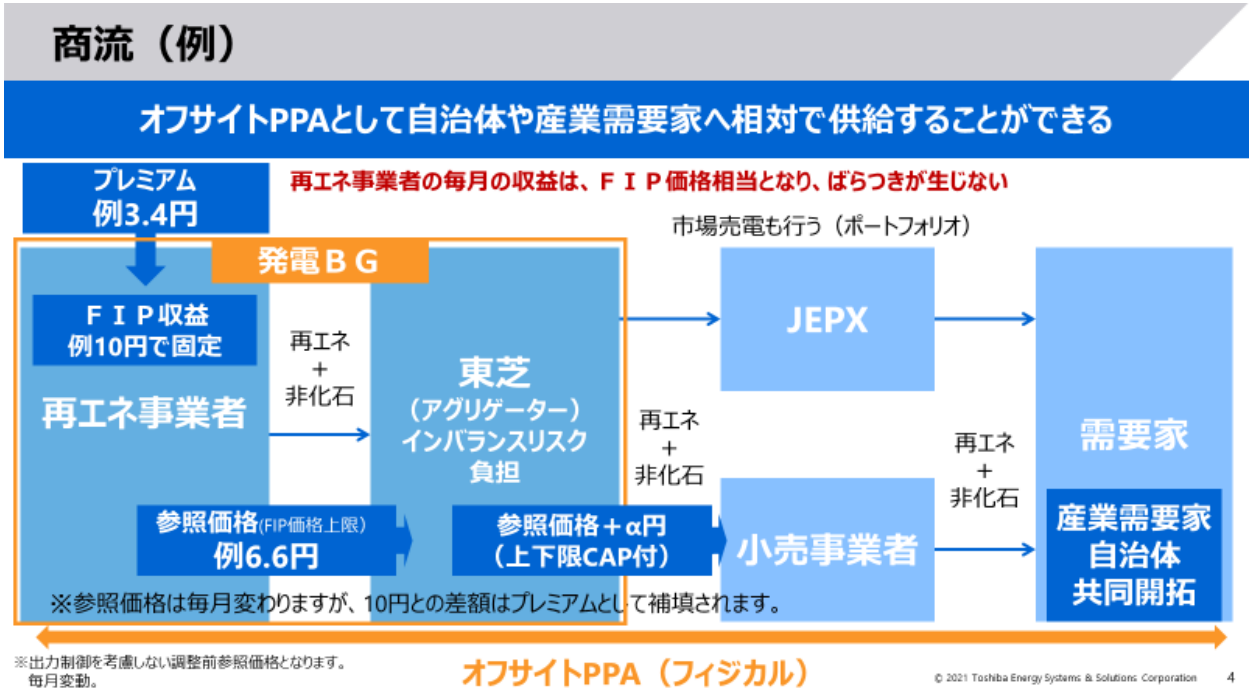


図 4-32 東芝ネクストベルケ社のビジネスモデル

出所）資源エネルギー庁 第 1 回節電・DR 促進研究会「資料 2-8 資源エネルギー庁『FIP 制度について』」（2022 年 6 月 24 日）、p.12

（4）非化石価値取引の動向

1）非化石価値取引証書の入札結果

非化石価値証書は、表 4-16 に示すとおり最低取引価格での約定が続いており、証書の需要が少ない状況が続いている。

表 4-16 非化石証書の入札価格

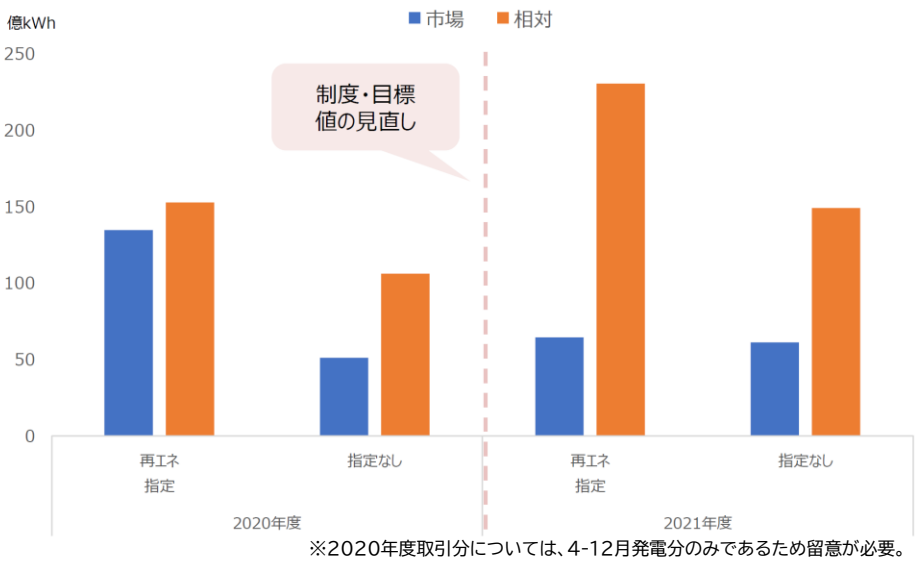
取引回		FIT 証書		非 FIT 証書(再エネ指定)		非 FIT 証書(再エネ指定なし)	
		最低設定価格	約定価格※	最低設定価格	約定価格	最低設定価格	約定価格
2017 年	第 1 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
2018 年	第 1 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 2 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 3 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 4 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
2019 年	第 1 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 2 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 3 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 4 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
2020 年	第 1 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 2 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	1.2 円/kWh	-	1.1 円/kWh
	第 3 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	1.2 円/kWh	-	1.2 円/kWh
	第 4 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	0.9 円/kWh	-	1.0 円/kWh
2021 年	第 1 回	-	-	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.7 円/kWh
	第 2 回	0.3 円/kWh	0.33 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh
	第 3 回	0.3 円/kWh	0.3 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh
	第 4 回	0.3 円/kWh	0.3 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh
2022 年	第 1 回	0.3 円/kWh	0.3 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh
	第 2 回	0.3 円/kWh	0.3 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh

※FIT 証書はマルチプライスオークションであるため、約定価格は加重平均値を表している。

出所)JEPX「非化石価値取引市場」http://www.jepx.org/market/nonfossil.html <閲覧日：2022 年 2 月 16 日>
JEPX「非化石価値取引の価格制限について」(2021 年 10 月 28 日)
http://www.jepx.org/outline/pdf/jepx20211028.pdf <閲覧日：2022 年 9 月 5 日>

2）取引市場の動向

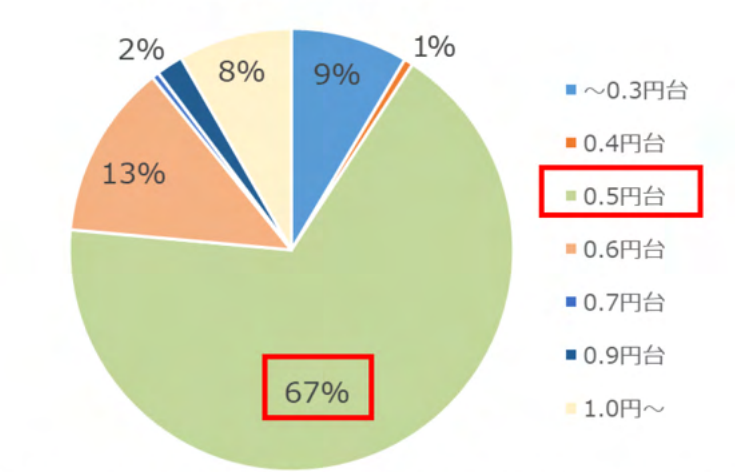
非 FIT 非化石証書の約定量について、図 4-33 に示すとおり市場および相対取引（内部取引除く）においては、全体の取引量は 20 年度から 21 年度にかけて増加しているが、再エネ指定の非 FIT 非化石証書の市場取引量については大幅に減少している。また、相対取引の場合は図 4-34 に示すとおり、非 FIT 非化石証書の市場取引の最低設定価格（0.6 円/kWh）よりも低い価格で取引されるケースが多く、相対取引を選択する事業者が増えている。



※2020年度取引分については、4-12月発電分のみであるため留意が必要。

図 4-33 非 FIT 非化石証書の約定量の推移

出所）資源エネルギー庁 第 67 回制度検討作業部会「資料 6 非化石価値取引市場について」（2022 年 6 月 22 日）、p.19



※各事業者の相対取引量で加重平均を行ったもの。昨年12月のアンケートと加重平均のかけ方が異なるので注意。
※「～0.3円台」の回答の中には、発電側と共同で事業を実施してきたことから発生するメリットを双方が相応に享受する観点から、市場価格の半額単価とすることで契約しているものも含む。

図 4-34 相対取引の価格帯

出所）資源エネルギー庁 第 63 回制度検討作業部会「資料 5 非化石価値取引市場について」（2022 年 3 月 16 日）、p.5
赤枠は三菱総合研究所にて追記

（5）風車の大型化の進展

図 4-35 にあるとおり、2010年～2020年にかけて洋上風力を中心に風車の大型化が進み、洋上風力発電の LCOE 低減の一因となった。現在、欧米系の風車メーカーは表 4-17 にあるとおり14～15MW 級風車の開発を進めており、2024～2025年頃には量産化に入ると見込まれている。今後、日本の洋上風力の海域指定・インフラ整備の在り方を検討する際には、欧米や中国の風車メーカーによる風車大型化の動向を考慮することが必要と考えられる。

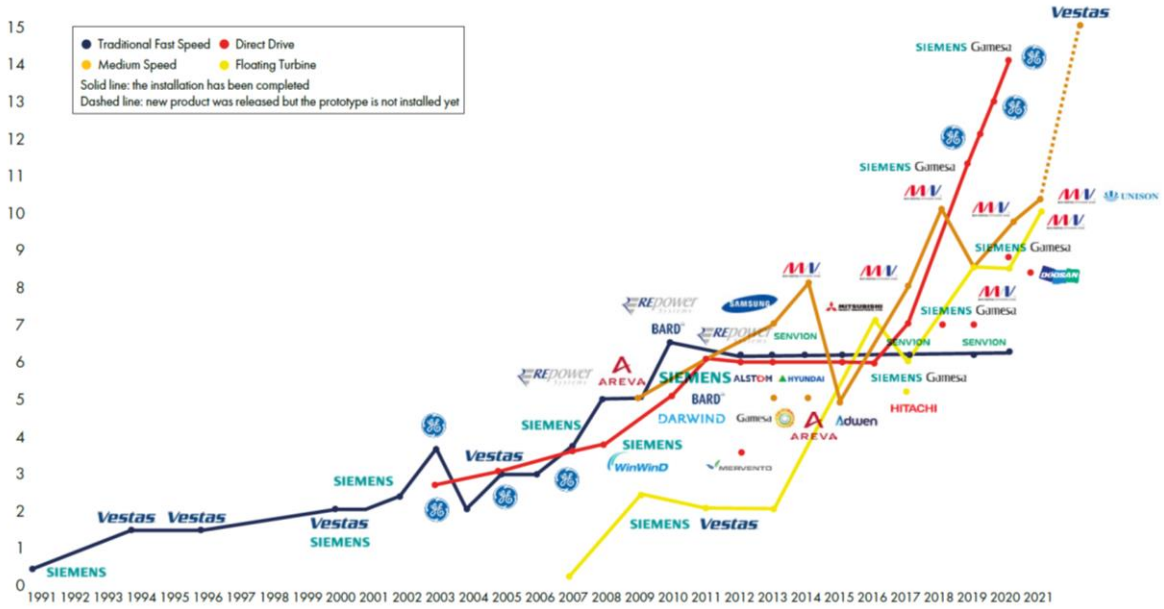


図 4-35 欧米系風車メーカーにおける洋上風車の開発動向

出所）GWEC, Global Offshore Wind Report 2022, p.44, 2022 年6月29日

表 4-17 最新の大型機種（プロトタイプ機含む）

	GE	Vestas	Siemens Gamesa
機種	Haliade-X	V236-15.0MW	SG14-236 DD
出力	14MW	15MW	14MW
ロータ径	220m	236 m	236 m

出所）GE, Haliade-X offshore wind turbine (https://www.ge.com/renewableenergy/wind-energy/offshore-wind/haliade-x-offshore-turbine)Vestas, V236-15.0 MW (https://www.vestas.com/en/products/offshore/V236-15MW/V236-15MW)
Siemens Gamesa, SG 14-236 DD (https://www.siemensgamesa.com/en-int/products-and-services/offshore/wind-turbine-sg-14-236-dd)より、三菱総合研究所作成＜閲覧日：すべて 2023 年 3 月 9 日＞

（6）風車メーカーの製造キャパシティ

GWEC のレポートによれば、図 4-36、図 4-37 に示すとおり陸上風力・洋上風力ともに風車（ナセル）の製造キャパシティの約 6 割は中国に集中しており、中国市場の陸上・洋上風力発電案件向けに供出されていると考えられる。

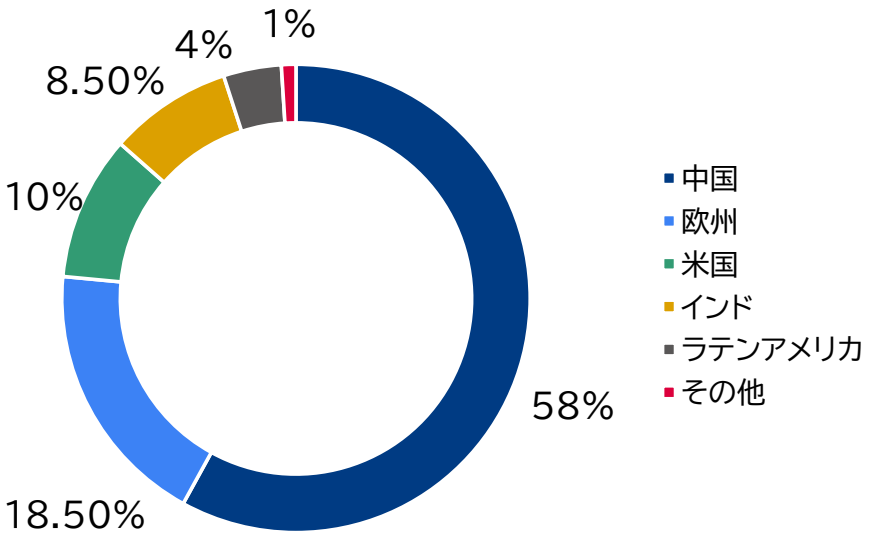
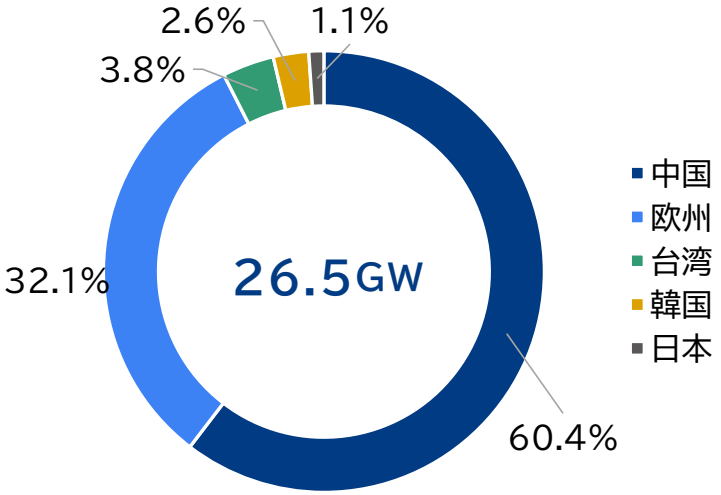


図 4-36 風力発電全体：グローバルでの風車製造キャパシティ（2020 年）



※実際に生産される設備容量と一致しているわけではない点に留意が必要

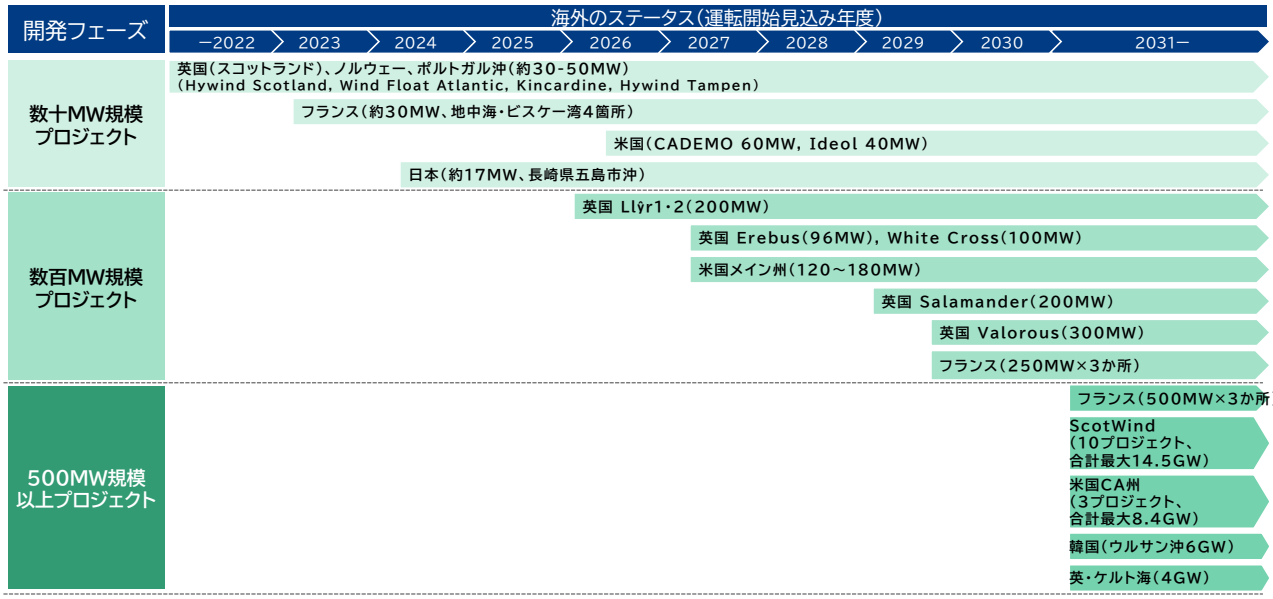
図 4-37 洋上風力：グローバルでの風車製造キャパシティ（2021 年）

出所）GWEC, Global Wind Report 2022 , p.58、2022年4月4日
GWEC, Global Offshore Wind Report 2022, p.13, 2022 年6月29日より三菱総合研究所作成

（7）諸外国における浮体式洋上風力発電のプロジェクト動向

表 4-18 に示すとおり、英国・フランス、米国、韓国等では浮体式洋上風力プロジェクトの組成が進み、1GW を超える大型プロジェクトの入札計画が進みつつある。

表 4-18 海外で計画されている浮体式洋上風力プロジェクト



出所）運転開始時期については各社資料、各国資料、資源エネルギー庁調査（令和 3 年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業（洋上風力に係る官民連携の在り方の検討（洋上風力の導入拡大と産業競争力強化の好循環の実現に向けた検討等）のための調査）に基づき、三菱総合研究所作成

1）英・スコットランドにおける海域リース入札（ScotWind）

Crown Estate Scotland は、洋上風力向けの海域占有権リース公募 ScotWind Leasing を 2020 年 6 月に開始した。2022 年 1 月及び同 8 月に入札が行われ、Crown Estate Scotland より表 4-19 に示すとおり事業者選定結果が公表された。2022 年 1 月の入札では全 17 サイトに対して合計 74 件の応札があり、着床式・浮体式を合わせ 17 件、約 25GW の洋上風力開発権が認可された。そのうち浮体式は半数以上の 11 件、約 14.5GW を占めている。2022 年 8 月の入札ではシェトランド諸島沖にて新たに 3 件、2.8GW の開発権が追加認可された。これらを合計すると、現時点で着床式・浮体式を合わせて 20 件、約 28GW の洋上風力開発権が認可されている。

表 4-19 ScotWind Leasing 選定結果

選定事業者(幹事社)	形式	容量
BP Alternative Energy Investments	着床式	2,907MW
Offshore Wind Power	着床式	2,000MW
Scottish Power Renewables	着床式	2,000MW
DEME	着床式	1,008MW
Ocean Winds	着床式	1,000MW
Northland Power	着床式	840MW
Magnora	混合	495MW
Scottish Power Renewables	浮体式	3,000MW
SSE Renewables	浮体式	2,610MW
Shell New Energies	浮体式	2,000MW
Northland Power	浮体式	1,500MW
Falck Renewables	浮体式	1,200MW
DEME	浮体式	1,008MW
Falck Renewables	浮体式	1,000MW
BayWa	浮体式	960MW
Vattenfall	浮体式	798MW
Falck Renewables	浮体式	500MW
Ocean Winds(※2022年8月追加認可)	浮体式	500MW
Mainstream Renewable Power (※2022年8月追加認可)	浮体式	1,800MW
ESB Asset Development (※2022年8月追加認可)	浮体式	500MW

出所)Initial Predictions for Offshore wind Farms in the ScotWind Leasing Round, Offshore Renewable Energy Catapult (https://ore.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2021/03/AIPaper_ScotWind_Predictions_FINAL.pdf) p.9、<閲覧日: 2022年 8 月 24 日> および Crown Estate Scotland, Three Shetland ScotWind projects announced (https://www.crownestatescotland.com/news/three-shetland-scotwind-projects-announced)、<閲覧日:2022年 8 月 24 日>より三菱総合研究所作成

2) 米・カリフォルニア沖における浮体式海域リース入札

2022 年 12 月 7 日、連邦海洋エネルギー管理局(BOEM)よりカリフォルニア沖での洋上風力海域リース入札における選定事業者が公表され、表 4-20 に示すとおり 5 つのコンソーシアムが開発権益を獲得した。選定事業者各社が提示したリース料は総額 7 億 5,700 万ドル(約 1,000 億円)となった。BOEM による事前調査によると、プロジェクト規模は図 4-38 に示す 5 海域で約 4.5GW と推定されている。水深が数百～1 千 m に達することから全て浮体式の導入が見込まれている。

表 4-20 各海域における選定事業者

海域	コンソーシアム	リース料
OCS-P 0561	RWE Offshore Wind Holding	157.7百万USD
OCS-P 0562	California North Floating (Copenhagen Infrastructure Partners)	173.8百万USD
OCS-P 0563	Equinor Wind US	130百万USD
OCS-P 0564	Central California Offshore Wind (Ocean Winds)	150.3百万USD
OCS-P 0565	Invenergy California Offshore	145.3百万USD

出所)U.S. Department of the Interior, Biden-Harris Administration Announces Winners of California Offshore Wind Energy Auction (https://doi.gov/pressreleases/biden-harris-administration-announces-winners-california-offshore-wind-energy-auction) <閲覧日:2023/2/28>



図 4-38 洋上風力発電のための 5 海域

出所)BOEM, BOEM California Intergovernmental Renewable Energy Task Force Meeting presentation document, p.26, 2022 年 6 月 3 日より、三菱総合研究所作成

（8）日本における洋上風力発電の入札状況

日本においては 2020 年から 2021 年にかけて、海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（再エネ海域利用法）に基づく洋上風力発電の公募入札が行われた。落札結果は表 4-21 に示すとおりであり、秋田県の 3 海域と千葉県銚子市沖では供給価格上限値を大きく下回る価格（約 12～16.5 円/kWh）で落札がなされた。

表 4-21 公募入札：落札結果

項目名	長崎県五島市沖	秋田県能代市・男鹿市・三種町沖	秋田県由利本荘市沖	千葉県銚子市沖
落札者構成員	戸田建設、ENEOS、大阪瓦斯、関西電力、INPEX、中部電力	三菱商事 ES、三菱商事、シーテック	三菱商事 ES、三菱商事、ウェンティ・ジャパン、シーテック	三菱商事 ES、三菱商事、シーテック
落札価格	36 円/kWh	13.26 円/kWh	11.99 円/kWh	16.49 円/kWh
出力	16. 8MW	478. 8MW	819MW	390. 6MW
設備	浮体式	着床式	着床式	着床式

※長崎県五島市沖案件では供給価格を評価対象とせず、全ての事業者が一律 120 点満点（36 円/kWh）で評価された。
出所）資源エネルギー庁「再エネ海域利用法に基づく公募占用指針について」（2020 年 9 月）より三菱総合研究所作成

4.2 再生可能エネルギー導入による地域便益の評価

今後の再生可能エネルギー導入拡大に向けては、導入によって当該地域に対してメリットをもたらす、「地域共生型再生可能エネルギー」の普及啓発が不可欠である。

そこで、本調査では、自治体・地域主導による地域共生型再生可能エネルギーの導入促進を図るべく、その導入によって得られる幅広い地域便益を定量化する手法について検討を行った。具体的には、表 4-22 に示す 3 つのステップに従い、地域便益の定量化のスキームを確立し、机上想定や具体事例を基にした費用便益分析、経済波及効果分析のケーススタディ・感度分析を行い、得られる示唆を整理した。

表 4-22 再生可能エネルギー導入による地域便益の評価：調査目的・フロー

STEP1 地域便益の抽出・整理	● 地域便益の具体事例調査 ✓ 温対法実行計画マニュアルの事例調査 ✓ 脱炭素先行地域の事例調査・ヒアリング 等 ● 地域便益項目の体系的な整理
STEP2 地域便益の定量化	● 地域便益の定量化 ✓ 内部効果・技術的外部効果の定量化（非貨幣価値の貨幣換算含む）、それに基づく**費用便益分析** ✓ 金銭的外部効果の定量化（**経済波及効果分析**） ● 上記の定量化が実施可能なツールの作成
STEP3 ケーススタディ・ 感度分析	● 一定の想定に基づくケーススタディ ● 分析条件に応じた費用便益比・経済波及効果の感度分析 ● 得られる示唆の整理（地域便益の最大化条件等）

4.2.1 地域便益の抽出・整理

本項では、まず再生可能エネルギーの導入による地域便益の具体事例として、「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル（事例集）」に記載されている取組事例、脱炭素先行地域等を対象に事例調査を実施し、地域便益項目の体系的な整理を行った。

（1） 国内事例の調査

1）「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル」における地域便益の事例

環境省の「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル（本編）」では図 4-39 に示すとおり、地域経済への波及、非常時のリスク低減、生活の質の向上などの地球温暖化対策の側面以外の効果について、再生可能エネルギーの導入を含む地球温暖化対策によるコベネフィット（間接便益）として整理している。

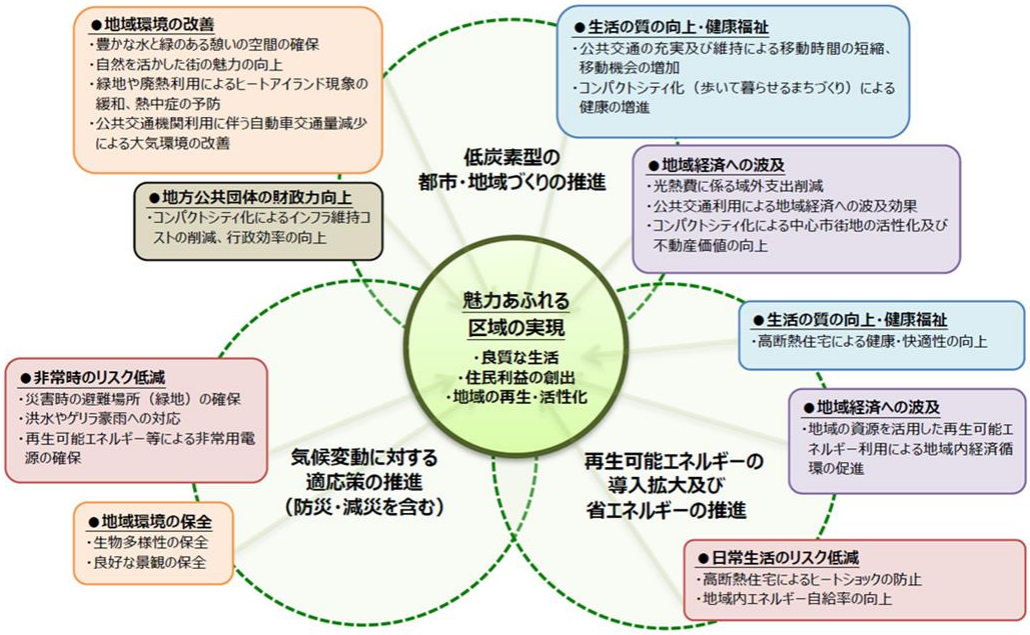


図 4-39 再生可能エネルギー導入による地域便益の整理・類型化例

出所）環境省「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル（本編）」（令和 4 年 3 月） p.47（図 2-16）
<https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/manual_main_202204.pdf>

また、同マニュアルの付属資料である事例集（環境省「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル（事例集）」）では、地方公共団体の実施する地球温暖化対策につながる施策の事例等について、その取組概要と当該取組によるコベネフィットについて紹介されている。

このうち、施策分類が「再エネの利用促進」となっている事例を対象に、コベネフィット区分、及びコベネフィットに関する具体的な記述について表 4-23、表 4-24、表 4-25 のとおり整理した。

表 4-23 再生可能エネルギー導入による地域便益事例一覧(1)

自治体	コベネフィット区分	コベネフィットに関する記述 ※該当部のみ原文を抜粋
北海道 石狩市	商工・労働、地域振興・まちづくり	このように、早期に先駆的な新規プロジェクトを展開し、需給両面からの再生可能エネルギーの利用を促進することにより、地域脱炭素化の実現と地域内への企業誘致・産業集積等のコベネフィットが期待される。
北海道 下川町	農林水産、教育・文化、人口減少対策、商工・労働、地域振興・まちづくり	さらに、公共施設への木質バイオマスボイラーの導入によって削減された経費を、幼児センター(未就学児の保育施設)保育料の軽減措置や、学校給食費の補助等の子育て支援に活用する等、環境とは異なる分野での地域の活性化につなげることによって、施策の持続性を高めている点も特徴的といえる。
東京都	防災・危機管理、商工・労働、地域振興・まちづくり、行財政改革	また、千葉県の投融資案件については、成田スカイアクセス沿線の総延長約 10 キロメートルにまたがる未利用地の活用による、沿線の魅力向上等への貢献も期待されるものである。 また、直近の平成 29 年 2 月に公表された栃木県の投融資案件は、未利用地の有効活用や固定資産税等の支払い等を通じて、地域経済への貢献につながっていくことが期待されている。
東京都	商工・労働	コベネフィットの観点では、電気の環境性に関して周知することにより、需要家に対して環境性に配慮した電気を選択することを促し、対象事業者間の競争の活性化につながると考えられる。
神奈川県	防災・危機管理	最後に、神奈川県は、補助金などの行政コストをかけずに価格低減を促し、太陽光発電等の普及拡大を図ることができる。
新潟県 新潟市	環境(廃棄物)、農林水産、防災・危機管理、地域振興・まちづくり	コベネフィットの観点では、廃棄物の有効利用、農業用暖房への活用による持続性の高い農業への貢献、地産地消のエネルギー利用によるエネルギーセキュリティの向上、事業化支援による新たな事業活動の創出等につながると考えられる。
長野県	防災・危機管理、商工・労働、地域振興・まちづくり	また、これによるコベネフィットとして、地元事業者等の小水力発電事業実施による地域経済の活性化や雇用創出、長野県内のエネルギーセキュリティの向上、エネルギーコストの域外流出の抑制に繋がっている。

出所)環境省「地方公共団体実行計画(区域施策編)策定・実施マニュアル(事例集)」(令和 4 年 3 月) p.47-68 より作成
https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/manual_jirei_202204.pdf

表 4-24 再生可能エネルギー導入による地域便益事例一覧(2)

自治体	コベネフィット区分	コベネフィットに関する記述 ※該当部のみ原文を抜粋
長野県	環境(公害)、防災・危機管理、健康福祉、商工・労働	また、「建築物自然エネルギー導入マニュアル」を整備し、建築主や設計・建築事業者に対する地域の自然的特性(冷房負荷が小さい気象条件等)の理解 や、冬季のヒートショック防止といった健康的側面における地球温暖化対策の価値の理解を促しており、検討義務の必要性についての説得力を高めている。
長野県 飯田市	防災・危機管理、商工・労働、地域振興・まちづくり	なお、「地域公共再生可能エネルギー活用事業」による売電収益については、地域が抱える課題に対応する事業(公共施設維持管理、景観保全事業、環境教育事業、地区交流事業への支援等)に活用することとしており、市民が主体となった住みよく便利な地域づくりの促進に貢献している。
静岡県 掛川市	環境(廃棄物)、教育・文化、防災・危機管理、地域振興・まちづくり	設備設置者は、売電収入を設置施設で消費する電力料金、環境学習等の地域の運営費等に充当し、地域に還元している。 コベネフィットの観点では、太陽光発電設備の設置費用調達手段が、廃品(古紙)回収であることから、リサイクルによるごみの減量につながっている。また、地域のエネルギーセキュリティの強化や、地域住民の主体的な活動の促進による地域振興やコミュニティの連携強化につながると考えられる。
京都府 宮津市	農林水産業、商工・労働、地域振興・まちづくり	メガソーラーの事業会社に地元企業が参画することにより、地域への経済効果、雇用効果等が地域に還元される。加えて、獣害や耕作放棄地といった由良地区が抱えていた地域課題の解決に加えて、景観の改善や観光資源としての活用を含めた地域社会への貢献等も期待されている。
兵庫県 神戸市	環境(廃棄物)、教育・文化、防災・危機管理、商工・労働、行財政改革	この取組によって、下水道の持つ代表的な資源である消化ガスを、場内だけではなく、場外においても地産地消のエネルギーとして有効活用することで、温室効果ガスの発生も抑制され、さらに、ガスの販売収入等も得ることができた。 コベネフィットの観点では、廃棄物のリサイクルの推進や、環境学習拠点としての活用、地域のエネルギーセキュリティの向上などにつながると考えられる。
岡山県 西粟倉村	農林水産、商工・労働 、地域振興・まちづくり	温泉 3 施設で使用しているボイラー燃料を化石燃料から村内木材へ転換したことで、燃料経費を約 20%削減している(年変動有り)。また、薪の製造及び供給において新規雇用が創出されるとともに、4年間休業していた「あわくら温泉元湯」を再オープンするなど地元雇用と地域の賑わい創出にもつながっている。

出所)環境省「地方公共団体実行計画(区域施策編)策定・実施マニュアル(事例集)」(令和 4 年 3 月) p.47-68 より作成
https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/manual_jirei_202204.pdf

表 4-25 再生可能エネルギー導入による地域便益事例一覧(3)

自治体	コベネフィット区分	コベネフィットに関する記述 ※該当部のみ原文を抜粋
福岡県 みやま市	人口減少対策、健康福祉、商工・労働、地域振興・まちづくり	本事例は、みやま市が、再生可能エネルギーの普及や、エネルギーの地産地消による地域経済の活性化、地域雇用の創出等を目的として、民間企業との合同出資により「みやまスマートエネルギー株式会社」を設立し、太陽光発電設備やバイオマス等で発電した電気の供給事業を推進している事例である。 みやま市では、同社の設立により、生活インフラである電力を安価に安定的に提供するだけでなく、生活支援サービスを付加価値として提供し、地域の課題に対応することを目指している。
熊本県 合志市	農林水産、教育・文化 、 商工・労働	① 地域主体の開発による地域内での経済循環の実現 ② 売電収入の地域還元による地域課題の解決 ③ 地域の産業振興への活用(農業の 6 次産業化)
鹿児島県 日置市	人口減少対策、地域振興・まちづくり	本事例は、日置市を含む地域企業が地産地消を目的とした再生可能エネルギー発電事業に出資し、売電収入を基金として積み立てて地域振興していること、及び発電電力を自営線を通じて市内の公共施設等へ供給する地産地消の取組を進めている事例である。

出所)環境省「地方公共団体実行計画(区域施策編)策定・実施マニュアル(事例集)」(令和 4 年 3 月) p.47-68 より作成
https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/manual_jirei_202204.pdf

2）脱炭素化先行地域における地域便益の事例

環境省では、国内全体の 2030 年度の削減目標と整合する温室効果ガス削減を地域特性に応じて実現する地域を脱炭素先行地域として選定しており、このうち太陽光・蓄電池の導入による PPA に取り組む 2 事例を対象に、当該取組によって見込まれている便益について整理した。

a. 宮城県東松島市

宮城県東松島市では、図 4-40 に示すとおり地域新電力を活用しつつ、住宅の屋根等に太陽光・蓄電池を導入（オンサイト PPA）している。また、防災集団移転元地を活用して太陽光設置（オフサイト PPA）を進め、同地区の全民生需要家の脱炭素化に取り組む事例（自営線を引くエリアもあり）であり、再生可能エネルギー電気を地産地消しつつ、得た利益で植樹事業等を行い、地域の活性化も目指すものである。

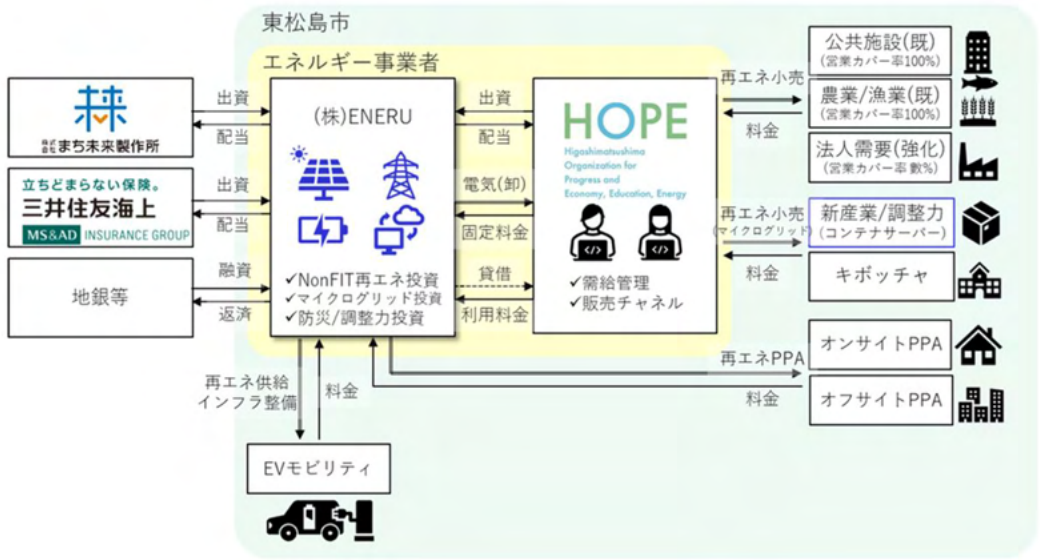


図 4-40 東松島市の事業スキーム図

出所）環境省報道発表資料「脱炭素先行地域選定結果（第1回）について 別添 2 第 1 回 脱炭素先行地域の概要」（令和4年4月26日）p.11

b. 熊本県球磨村

熊本県球磨村では、図 4-41 に示すとおり村内の 3 つの地区の住宅・村有施設・民有施設の屋根や荒廃農地・林地等を活用し、地域新電力を設置者とした太陽光発電・蓄電池を導入する。住宅や林業加工施設への再生可能エネルギー電力の供給、スクールバスや公用車の EV 化等を進め、地域全体の脱炭素化を図る。令和 2 年の豪雨被害を踏まえ、水害時に孤立しやすい地域の非常用電源の確保や、荒廃地の活用による獣害の減少、地域コミュニティの維持といった効果も期待される。

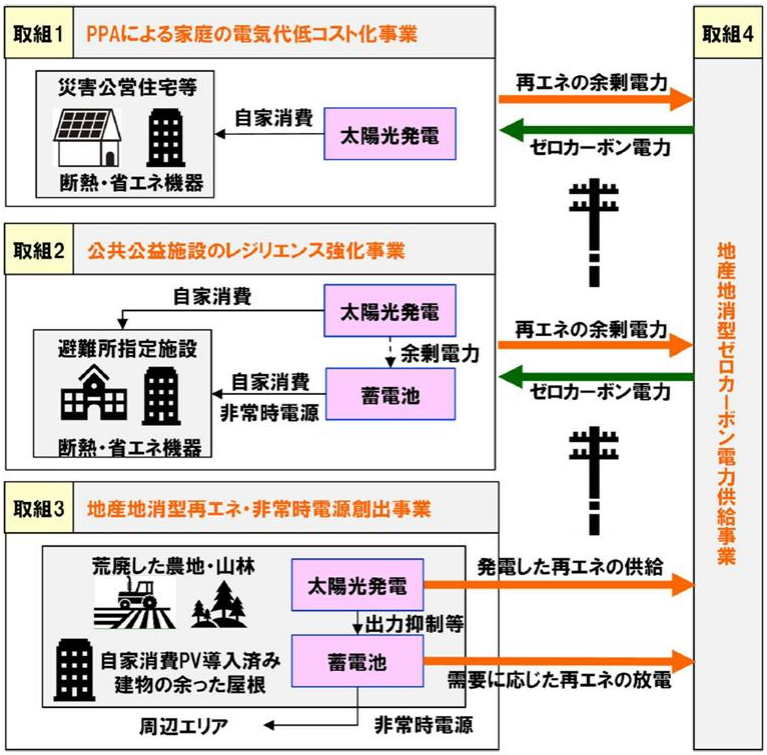


図 4-41 球磨村の地域への太陽光発電導入イメージ図

出所）環境省報道発表資料「脱炭素先行地域選定結果（第1回）について 別添 2 第 1 回 脱炭素先行地域の概要」（令和4年4月26日）p.32
球磨村、球磨村新電力、球磨村森林組合 「「脱炭素×創造的復興」による ゼロカーボンビレッジ創出事業 計画提案書」（令和 4 年 4 月）p.14

3）その他の地域便益の事例

a. 北海道下川町

北海道下川町では、図 4-42 に示すとおり公共施設等への木質バイオマスボイラーの導入を推進し、燃料代の削減分を施設の更新や行政サービス費用に充てる取り組みが行われている。

表 4-26 にあるとおり、木質バイオマスの導入推進が地域や需要家にもたらす効果としては、年間約 3,800 万円の公共施設の燃料費の削減、500～600 万円の直接経済効果等が試算されている。



図 4-42 下川町のバイオマス熱供給事業のイメージ図

出所)関東経済産業局 分散型エネルギーシステム等の事例分析を行いました(広域関東圏における地域主体の価値ある分散型エネルギー導入促進に関する新たな広報等事業)下川町「下川町木質バイオマス地域熱供給事業」
https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/chiikiene/data/shimokawa.pdf(閲覧日:2023 年 3 月 10 日)

表 4-26 下川町のバイオマス熱供給事業の導入効果

	(地域) 経済	環境	社会
地域に対する効果	**地域内資金循環** ➢ 年間12億円(化石燃料:7億円、電気:5億円)がエネルギーコストとして地域外へ流出 ➢ 地産地消によって2~3億円を域内で循環 **雇用創出・業種転換** ➢ 燃料用チップの運搬:2人の雇用を創出(地域の運輸事業者) ➢ 一の橋地区のボイラ管理:1人の雇用を創出(地域のNPOに委託) ➢ SS・灯油プロパンの販売会社5社で協同組合を組成し、木質原料製造施設の指定管理を委託:3名雇用、年間2000万円の利益を町と折半	**地域の森林資源の活用** ➢ 木材加工の過程で50%程度出てくる端材をおが粉・チップ化してエネルギーとして有効活用 ➢ 町有林の未利用間伐材・林地残材を有効活用 **地域のエネルギー自給** ➢ 再エネ発電出力合計:3,165kW ➢ みなしのエネルギー自給率:104%(他エネ種も含む)	**視察者増による経済効果** ➢ 視察者:1,200名/年 ➢ 宿泊、飲食等の直接の経済効果:500~600万円程度(町試算) **人口構造の変化(一の橋地区)** ➢ 地域おこし協力隊定着:7名、起業4件 ➢ 地区で行われている菌床椎茸栽培30名、薬用植物栽培13名の雇用創出
需要家に対する効果	**エネルギーコスト削減** ➢ 公共施設(31施設)の燃料削減量:重油1,164kL相当 ➢ 公共施設の燃料コスト削減額:約3,800万円/年	**需要家の省エネ・脱炭素** ➢ 公共施設のCO2排出量削減:約3,070t-CO2/年	**住民サービスの充実** ➢ 削減効果の一部(1600万円程度)を基金化し、その半額を子育て支援(給食費、保育費、中学生の医療費無償化)に活用

出所)関東経済産業局 分散型エネルギーシステム等の事例分析を行いました(広域関東圏における地域主体の価値ある分散型エネルギー導入促進に関する新たな広報等事業) 下川町「下川町木質バイオマス地域熱供給事業」
https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/chiikiene/data/shimokawa.pdf(閲覧日:2023 年 3 月 10 日)

b. 千葉県睦沢町

千葉県睦沢町では、図 4-43 に示すとおり「むつざわスマートウェルネスタウン」エリア内に、地産天然ガスのコージェネや太陽光・太陽熱で作った電気と熱を面的に供給するシステムを構築。2019 年 9 月 1 日に供給開始。

同年 9 月 9 日、台風 15 号の被害により町のほぼ全域が停電の中、自営線からの電力（＋近傍の制御システム）により、安定的に電力が供給された。

計画時に町の財政支出について町議会の同意を得るため、事業が地域にもたらす便益について、人口増に伴う効果や就業機会増加の効果を検討し、人口増加による消費効果として年間約 800 万円、就業機会増加効果として年間 6,750 万円が図 4-44 のとおり試算された。

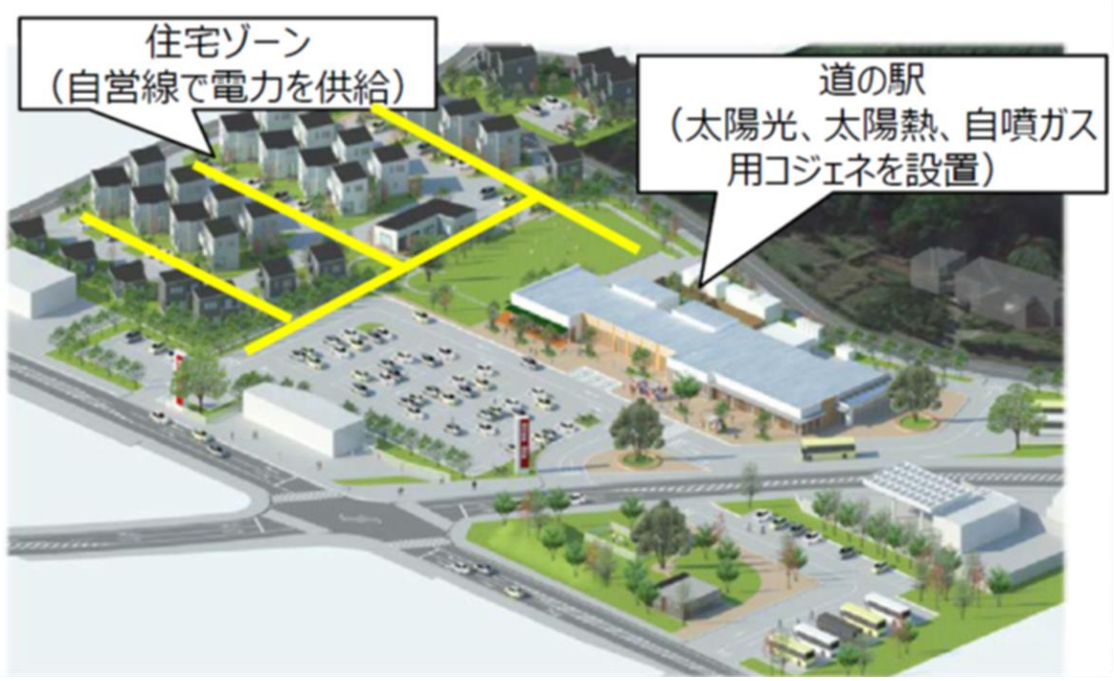


図 4-43 睦沢町のスマートコミュニティ事業計画図

出所）株式会社 CHIBA むつざわエナジー「むつざわスマートウェルネスタウンにおける地元産ガス 100%地産地消システム構築事業」（2019 年 11 月 25 日）p.7、p.19-22

課題

- **事業に町が財政支出することについて、町議会の同意が得られるか。**

ポイント

- 町役場は、**事業による人口増加等がもたらす付加価値を金銭換算化**して議会に説明、合意を得た。

○ 事業による年効果額の算定（一例）

■ 人口増加による消費効果（町への移住者増加により町内消費が増加する効果）

世帯当たり消費額①（千円/月）	売上総利益率②（%）	移住世帯③（世帯）	消費活動月数④（月）	年効果額⑤ ①×②×③×④千円	長期効果額 ⑤×20年 千円
50	39.1	34	12	7,976	159,528

■ 就業機会増加効果（施設整備により就業機会が増加する効果）

常勤雇用人数①（人）	常勤雇用賃金②（千円/人）	非常勤雇用人数③（人）	非常勤雇用賃金④（千円/人）	年効果額⑤ ①×②＋③×④千円	長期効果額 ⑤×20年 千円
5	3,500	25	2,000	67,500	1,350,000

図 4-44 睦沢町のスマートコミュニティ事業による効果額

出所）関東経済産業局「エネルギー地産地消等の実装化事例における「検討段階で直面した課題」と「課題克服のポイント」を紹介します 千葉県睦沢町」（閲覧日：2022 年 10 月 6 日）
https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/chiikiene/data/03mutsuzawaenergy.pdf

（2）海外事例の調査

米国国立再生可能エネルギー研究所（NREL）は、再生可能エネルギー導入シナリオが実現した場合にもたらされる便益として、①大気汚染低減による健康や環境への便益、②温室効果ガス削減による便益、③水使用量削減による便益、を図 4-45 に示すとおり試算した。現存のシナリオが進行した場合、2015 年～2050 年にかけての中間ケース平均で、①については約 970 億 US＄（2.4￠/kWh）、②については約 1,610 億 US＄（3.9￠/kWh）の効果を試算した。



図 4-45 米国の再生可能エネルギー導入政策によるコストと便益の試算概要（左）と、シナリオケース別の便益の総量と原単位の比較（右）

出所）NREL「A Prospective Analysis of the Costs, Benefits, and Impacts of U.S. Renewable Portfolio Standards」（2016 年 12 月）p.26～38 に枠囲み・矢印およびコメントを追記

（3）まとめ

以上の事例調査等に基づき、再生可能エネルギー導入による地域便益を抽出・整理した結果を表 4-27 に示す。国土交通省による公共事業の費用便益分析マニュアル[30]等を参考に、便益については以下の 3 種類に分けて整理した。

- 内部効果：事業による直接的な効果
- 金銭的外部効果：事業による間接的な効果のうち、他の財・サービスの市場での需給に影響して引き起こされる波及効果
- 技術的外部効果：事業による間接的な効果のうち、財・サービスの市場を介さない直接的な質的変化の効果

なお、同マニュアル等では、上記のうち「金銭的外部効果」について、当該事業のサービスが形を変えて二次的に波及したものとして扱われ、これを便益に加えると、一つの便益の流れを多断面で計測した、いわゆるダブルカウントになるものが多いため、費用便益分析には計上することは避けるべきとされている。一方、その他の波及効果として別途定量化して PR することは推奨されていることから、本調査においても費用便益分析と経済波及効果分析は分けて実施するものと整理した。

表 4-27 再生可能エネルギー導入による主な地域便益（効果）の抽出・整理結果

享受主体	再エネ導入による主な地域便益（効果）		
	内部効果 （事業による直接的な効果）	外部効果（事業による間接的な効果）	
		金銭的外部効果 （他の財・サービスの市場での需給に影響して引き起こされる波及効果）	技術的外部効果 （財・サービスの市場を介さない直接的な質的変化の効果）
域内発電事業者	● 当該事業による売上の増加		
域内小売事業者	● 当該事業による売上の増加		
需要家（自治体）	● 光熱費の削減		● CO_2排出量（Scope2）削減 ● 非常用電源の確保
域内住民・法人		● 当該事業による経済波及 （関連産業の生産額の増加、消費額の増加、雇用創出等） ● 不動産価値の向上	●【該当施設を災害拠点とする場合】 防災機能の確保 ● 環境改善（大気汚染防止※1、獣害・害虫被害の軽減および景観改善※2） ※1:必ずしも域内に限定されない ※2:耕作放棄地を活用した場合等

出所）環境省「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル（本編）」（令和 4 年 3 月）、一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構（JSBC）「コミュニティエネルギー・トランジションマネジメント調査 報告書」（2018 年 3 月）、国土交通省「国際競争業務継続拠点整備事業の費用便益分析マニュアル（案）」（2018 年 6 月）等より作成

[30] 例えば国土交通省「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編）」（平成 21 年 6 月）、国土技術政策総合研究所「外部経済評価の解説（案）」（平成 16 年 6 月）が挙げられる。

4.2.2 地域便益の定量評価

本項では、前項で整理した再生可能エネルギー導入による地域便益を、定量的に評価する手法の検討を行った。

(1) 評価対象とする「地域主導による地域共生型再生可能エネルギー事業」の想定

自治体等の地域主導による再生可能エネルギー事業について、環境省「地方公共団体実行計画(区域施策編)策定・実施マニュアル(事例集)」の事例等を基に整理すると、表 4-28 に示すように類型化される。自治体の関与方法として様々な形態がある中、本検討では自治体自らも一需要家として、金銭的負担を負って域内再生可能エネルギー発電所からの電力を調達する事業を想定した。

表 4-28 先行事例等に基づく「地域主導による地域共生型再生可能エネルギー事業」の類型化

自治体関与している再生可能エネルギー事業の類型(例)		先行事例
1	公共施設におけるオンサイトの再生可能エネルギー設備の導入	● 北海道下川町:地域の木質バイオマス資源を熱エネルギー源に活用するための一環として、公共施設への木質バイオマスボイラーの導入を推進。
2	地域新電力等による域内再生可能エネルギー発電所等からの域内供給事業に対する支援 (地域新電力への出資、需要家としての電力調達等)	● 福岡県みやま市:再生可能エネルギーの普及やエネルギーの地産地消による地域経済の活性化、地域雇用の創出等を目的として、民間企業との合同出資により「みやまスマートエネルギー株式会社」を設立し、太陽光発電設備やバイオマス等で発電した電気の供給事業を推進。
3	民間事業者による域内再生可能エネルギー事業に対する支援 (事業者への情報提供・助言、地域資源(遊休地等)の提供・活用に係る調整、出資・経済的補助等)	● 北海道石狩市:「石狩湾新港地域」内の一部の区域を「REゾーン」に設定し、地域で生産した再生可能エネルギーを100%地域内で活用できる仕組みの構築を目指すと同時に、当地域への産業集積を図る取組を実施。 ● 京都府宮津市:地域にとって大きな課題の耕作放棄地等の遊休地について、地元自治会及び民間事業者と協働して太陽光発電の事業用地に転用してメガソーラーの開発を実施。
4	市民出資型再生可能エネルギー事業実施に対する支援 (地域住民・団体への情報提供・助言、地域資源(遊休地等)の提供・活用に係る調整、経済的補助)	● 静岡県掛川市「地域協働おひさま発電事業」:地域住民や環境 NPO 法人等による廃品(古紙)回収による収益金を小中学校への太陽光発電設備の導入資金として活用する取組を支援(設置費用の一部補助や、地域の学校や公会堂の屋根又は遊休地の貸与等)
5	域内需要家施設における再生可能エネルギー設備導入に対する支援 (需要家への情報提供、経済的補助等)	● 神奈川県「太陽光発電・蓄電池の共同購入事業」:エリア内で太陽光発電・蓄電池の購入希望者を募り、設置事業者に一括して発注することで、スケールメリットを活かし、市場価格よりも安い費用で購入できる取組を実施。
6	域内新築建築物等への再生可能エネルギー設備の導入/導入検討の義務化	● 長野県:環境性能が高い建築物の普及を促進するために、建築物を新築する建築主に対して、環境エネルギー性能の向上と自然エネルギー導入の検討を求める制度を導入

具体的には、表 4-29、図 4-46 に示す一般的な再生可能エネルギー電力の調達手法のうち、特定の発電所から直接調達する手法である①・②に相当する 2 種類を想定することとした。

- 公共施設における自家消費型太陽光（オンサイト）の導入（表 4-29、図 4-46 の①に相当）
- 域内再生可能エネルギー発電所（オフサイト）からの公共施設等への直接供給（表 4-29、図 4-46 の②に相当）

表 4-29 需要家としての再生可能エネルギー電力の調達手法

調達手法		概要
①オンサイトの再生可能エネルギー発電所の自家消費	①a.自己設置（自家発電）	需要場所敷地内の自ら保有する再生可能エネルギー発電所の電力を自家消費
	①b.オンサイト PPA	需要場所敷地内の他事業者が保有する再生可能エネルギー発電所の電力を自家消費
②オフサイトの再生可能エネルギー発電所からの直接調達	②a.自営線経由	需要場所敷地外の再生可能エネルギー発電所からの電力を、自営線を経由して直接調達（特定供給、特定送配電等）
	②b.既存系統経由	需要場所敷地外の再生可能エネルギー発電所からの電力を、既存系統を経由して直接調達（オフサイト PPA、自己託送等）
③再生可能エネルギー電力メニューの購入		小売電気事業者との電力契約を「再生可能エネルギー電力メニュー」に切替
④再生可能エネルギー電力証書の購入		電力とは別に、再生可能エネルギー由来の環境価値だけを証書として購入

出所）RE100「RE100 TECHNICAL CRITERIA」（2022 年 12 月）
<https://www.there100.org/sites/re100/files/2022-12/Dec%2012%20-%20RE100%20technical%20criteria%20%2B%20appendices.pdf>
（閲覧日：2023 年 2 月 10 日）、環境省「はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）」（2022 年 3 月）
<https://www.env.go.jp/earth/はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）.pdf>（閲覧日：2023 年 2 月 10 日）より作成

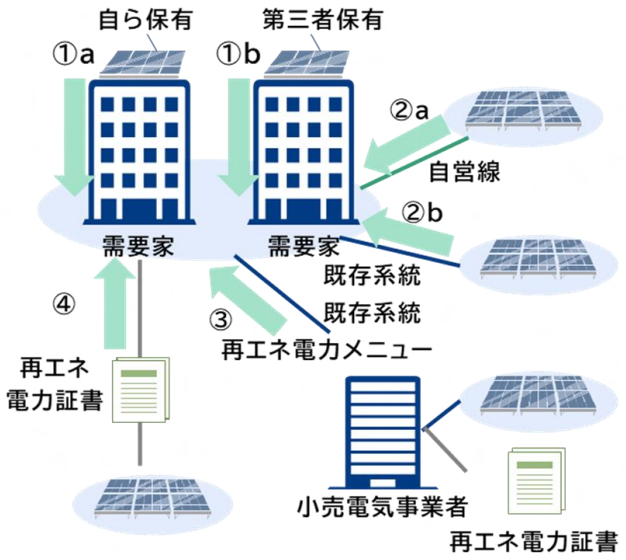


図 4-46 再生可能エネルギー電力の調達手法のイメージ

出所）RE100「RE100 TECHNICAL CRITERIA」（2022 年 12 月）
<https://www.there100.org/sites/re100/files/2022-12/Dec%2012%20-%20RE100%20technical%20criteria%20%2B%20appendices.pdf>
（閲覧日：2023 年 2 月 10 日）、環境省「はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）」（2022 年 3 月）
<https://www.env.go.jp/earth/はじめての再エネ活用ガイド（企業向け）.pdf>（閲覧日：2023 年 2 月 10 日）より作成

評価対象とする「①公共施設における自家消費型太陽光の導入」、「② 域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の事業スキームの想定を図 4-47、図 4-48 に示す。

「①公共施設における自家消費型太陽光の導入」については、「a.自己設置（自家発電）」と「b.オンサイトPPA」の 2 つの事業スキームを想定した。

「②域内再生可能エネルギー発電所（オフサイト）からの公共施設等への直接供給」については、「a.自営線を介した供給（特定供給/特定送配電）」と「b.既存系統を介した供給（オフサイト PPA）」の 2 つを想定し、このうち a.については、平常時のみならず、非常時も系統から独立したマイクログリッドとして電力供給が可能と想定した。なお、近年は自営線敷設にかかる高額なコストの低減や工事の簡便化の観点から、既存系統を活用したマイクログリッド構築に係る検討も進められているが、現時点ではまだ構想フェーズであり、構築費用や事業者間での分担等の想定が困難であるため、本検討では b.については非常時にも供給可能とは想定しなかった。

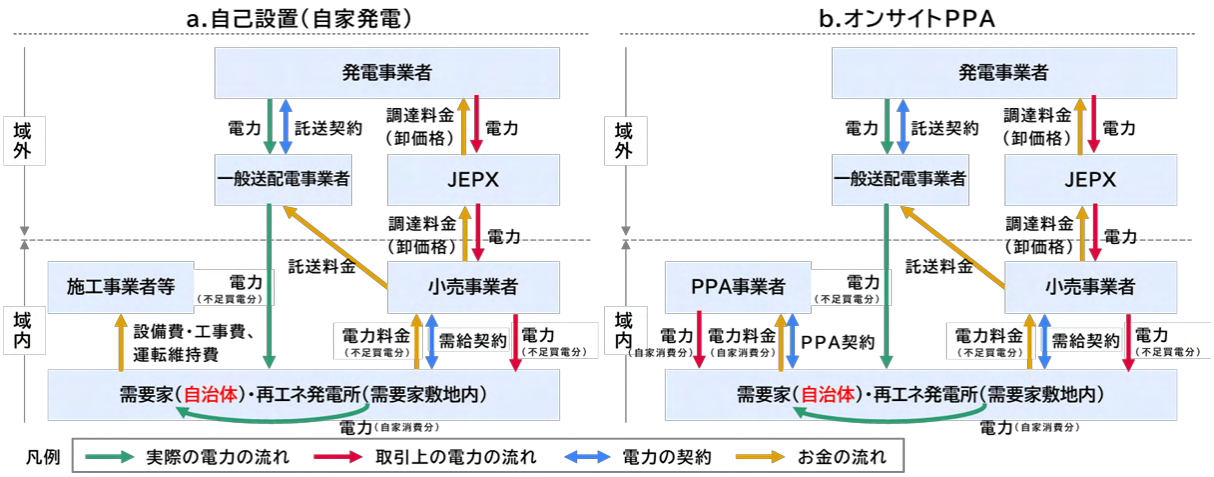


図 4-47 「①公共施設での自家消費型太陽光（オンサイト）の導入」の事業スキームの想定

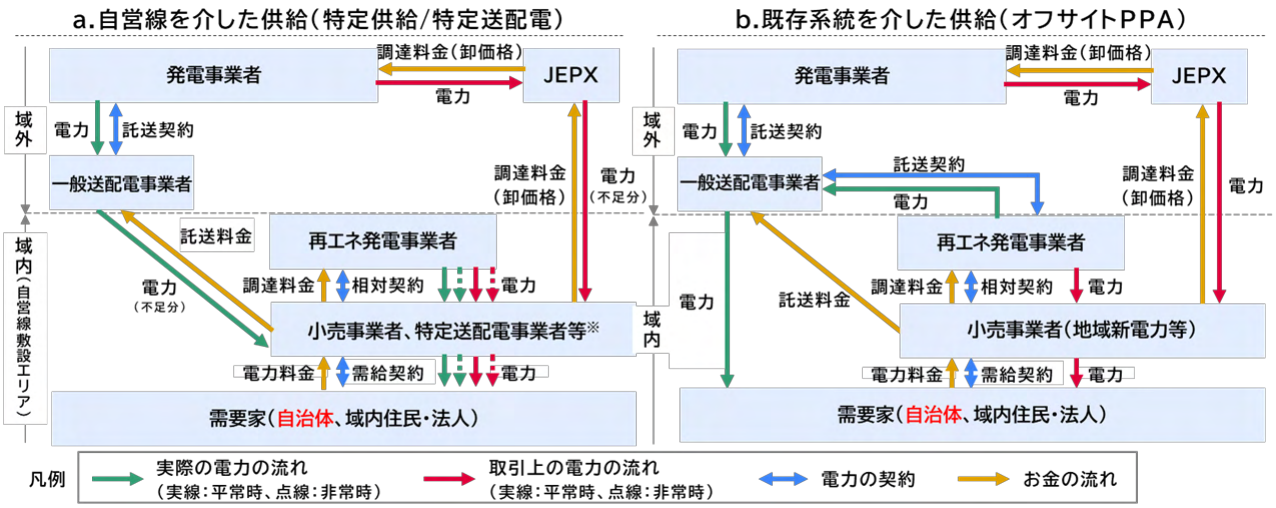


図 4-48 「②域内再生可能エネルギー発電所（オフサイト）からの公共施設等への直接供給」の事業スキームの想定

（2） 費用便益分析（内部効果・技術的外部効果）について

1） 全体概要

費用便益分析では、当該事業を実施しなかった場合（一般に「without」と呼ばれる）と実施した場合（一般に「with」と呼ばれる）を比較し、新たに発生した費用（C：cost）と便益（B：Benefit）を算出し、正味便益（B-C）、費用便益比（B/C）等の指標で評価することが一般的となっている。

評価対象とする「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」、「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の費用便益分析のイメージをそれぞれ図 4-49、図 4-50 に示す。

「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」では、a.自己設置、b.オンサイト PPA のいずれの場合であっても、地域全体の便益として、域外からの買電コスト削減の他、CO_2 排出量の削減、非常用電源の確保、防災機能の確保、環境改善（大気汚染防止）等が想定される。ただし、需要家（自治体）の視点では、b.オンサイト PPA では初期投資、運転維持コストは要さない代わりに、自家消費分も PPA 事業者に対して電力料金を支払うため、a.自己設置の場合と比較して買電コスト削減の便益は減少する。



図 4-49 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の場合における地域便益の定量化イメージ
（上：a.自己設置の場合、下：b.オンサイト PPA の場合）

「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」のうち、a.自営線を介した供給の場合については、「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」と同様の便益が想定されるものの、b.既存系統を介した供給の場合については、非常時にも電力供給が可能と見込んでいないため、非常用電源の確保、防災機能確保の便益については想定されない。一方、a.自営線を介した供給、b.既存系統を介した供給のいずれにおいても、耕作放棄地等を活用して再生可能エネルギー事業を実施する場合には、「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」では想定されない、獣害等の被害低減・景観改善等といったその他の環境改善の便益も想定される。

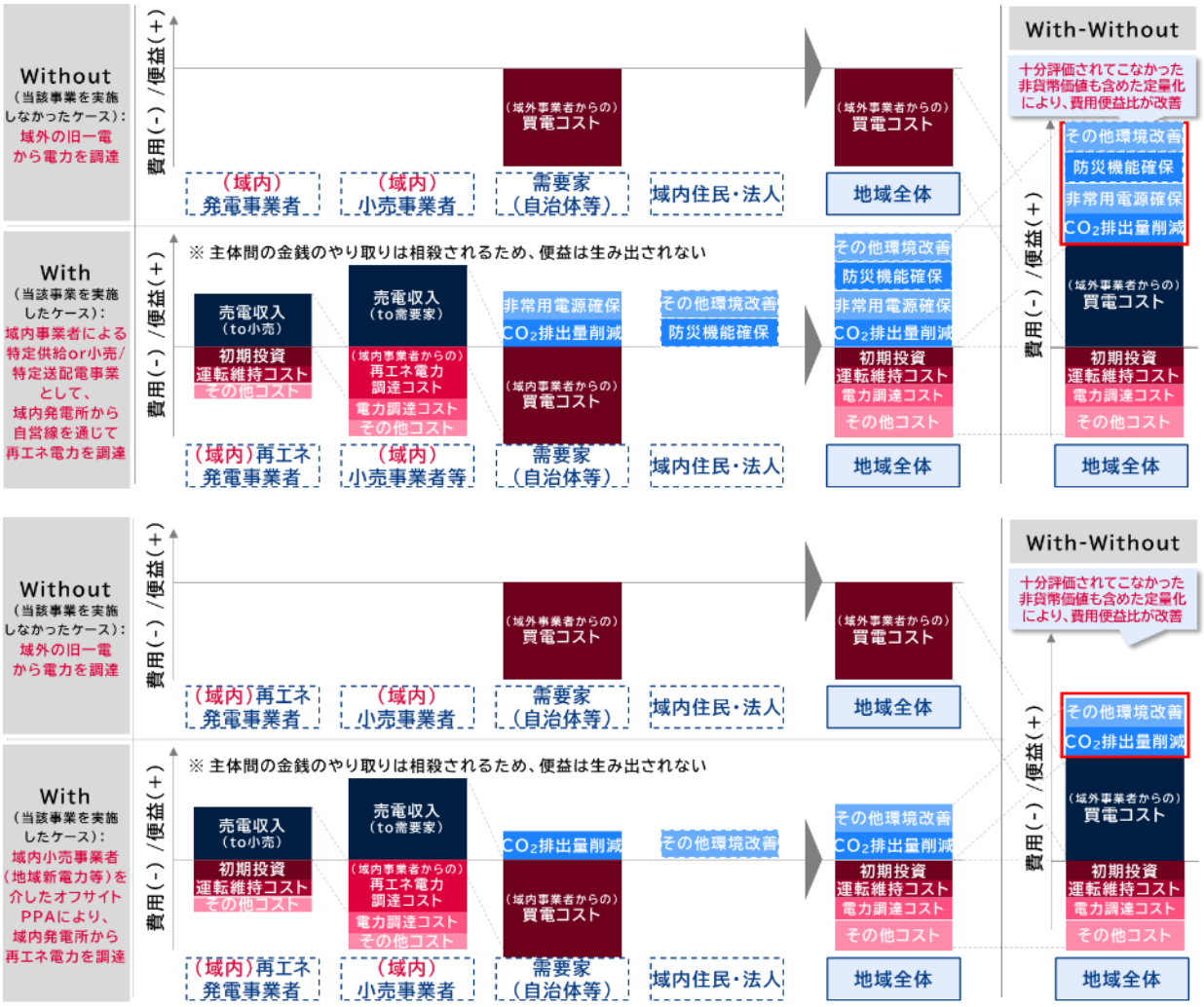


図 4-50 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の場合における地域便益の定量化イメージ
（上：a.自営線を介した供給の場合、下：b.既存系統を介した供給の場合）

2）技術的外部効果（非貨幣価値）の定量化

費用便益分析において、上述のとおり想定される各種便益のうち、非貨幣価値である技術的外部効果について、定量化の可否を検討の上、定量化が見込める項目についてその具体的な方法を検討した。

a. 一般的な技術的外部効果（非貨幣価値）の定量化手法

一般的な技術的外部効果（非貨幣価値）の定量化手法例としては表 4-30 に示すものが挙げられるが、それぞれに長所・短所があることから、活用可能なデータ等も踏まえて、適切な手法を検討する必要がある。例えば、「非常用電源確保」という便益に関しても、停電時の被害額原単位［円/kWh］に停電回避電力量［kWh］を乗じて評価する事例（原単位法）もあれば、代替的対策である非常用発電機等の導入に要する費用として評価する事例（代替法）もある。

表 4-30 非貨幣価値の定量化手法（例）

定量化手法		概要	長所	短所
原単位法		他の評価事例の中から、基本的な原単位や評価関数を当該事業に適用する方法。	調査や分析を伴わないので容易に適用可能。	条件が近似していないと適用が困難。
顕示選好法（人々の経済活動を基に間接的に価値を評価する方法）	代替法	事業実施によって生じる便益を、それと同じだけの便益が得られる代替可能な市場財で置き換えたとき、その市場財を購入するための増加額で評価する方法。	同上	適切な代替市場財の選定が難しい。
	ヘドニックアプローチ	事業によって整備された施設等の価値は、代理市場、例えば土地市場（地代あるいは地価）及び労働市場（賃金）に反映されるとの仮定の下で、これらの価格を表す価格関数を推定し、施設等が整備された場合とされなかった場合の価格の差を、その施設等の価値として評価する方法。	地価データを基本とするため、データが集めやすい。	騒音や大気汚染等の変数同志が密接な関係にある場合（多重共線性がある場合）は、安定性が損なわれる。
	トラベルコスト法	事業によって整備された施設等の便益（利用価値）を、その施設等を訪問するために必要とされる移動費用（料金、所要時間）や訪問回数等より評価する方法。	レクリエーション施設の利用価値の評価に適する。	外部不経済が測れない。 複数目的地での行動が含まれ、過大評価になる恐れがある。
表明選好法（人々に対象の価値を尋ね、直接的に価値を評価する方法）	コンジョイント分析	想定が可能な代替案をプロファイルと呼ばれる形にまとめ、いくつかのプロファイルの組合せから、最も良いと思われるプロファイルを回答者に選択して貰い、その選択結果を統計的に分析することで支払意思額等の定量的評価を行う方法。	最も適用範囲が広く、原理的にはあらゆる効果を評価できる。	適切な手順を踏まないと推計精度が低下するおそれがある。
	仮想評価法（CVM）	事業概要を回答者に説明した上で、その質の変化に対してどの程度の額を支払う意思を持っているか（支払意思額）を直接的に質問し、結果をもとに統計的に分析する方法。	同上	同上

出所）国土交通省 国土技術政策総合研究所「外部経済評価の解説（案） 第 1 編 外部経済・不経済の評価手法の解説」（平成 16 年 6 月） p.12～16 より作成

b. 技術的外部効果(非貨幣価値)の定量化可否の検討

前章にて整理した再生可能エネルギーの導入地域での具体的な便益の事例、国土交通省「国際競争業務継続拠点整備事業の費用便益分析マニュアル(案)(以下、「費用分析マニュアル」)」等を参考に、公共施設に太陽光等の再生可能エネルギー発電設備を設置することを想定した場合の技術的外部効果(非貨幣価値)について、定量化の可否とその方法を検討した。

非貨幣価値の便益として想定された便益の性質として、停電時に電力を供給することによる便益、化石燃料を使う発電所の発電量を代替することによる便益、荒廃地や施設の利活用が地域にもたらす便益が想定された。それぞれの非貨幣価値項目としては、表 4-31 に示す項目が挙げられる。ただし、荒廃地や施設の利活用が地域にもたらす便益の各貨幣価値項目については、便益でありつつも効果の定量化が困難であるため、本調査では検討を見送ることとした。

これらの非貨幣価値項目の中で、定量化が可能であり、かつ便益の額が大きいものとして①非常用電源確保、②防災機能確保、③CO_2排出量削減の 3 点が挙げられた。本節ではその検討結果を示す。

表 4-31 非貨幣価値の概要と便益定量化の可否

便益の性質	非貨幣価値	非貨幣価値の概要	定量化可否
停電時に電力を供給することによる便益	非常用電源確保	停電時、非常時における電源を確保できる価値(停電被害を回避できる価値)	○
	防災機能確保	非常時における地域の防災拠点として、被災者の避難等に役立つ機能を確保できる価値	○
	非常用発電機が排出する CO_2 の削減	軽油や A 重油を燃料とする非常用発電機を代替することにより、削減できる CO_2 排出量の価値	× 微小な金額のため
化石燃料を使う発電所の発電量を代替することによる便益	CO_2排出量削減	外部調達電源による発電よりも温室効果ガスの排出量を削減できる価値	○
	その他環境改善(大気汚染軽減)	火力発電等により排出される大気汚染物質を削減できる価値	× 微小な金額のため
荒廃地や施設の利活用が地域にもたらす便益	獣害・害虫被害の減少	荒廃した土地等への太陽光発電の導入により獣害による被害を軽減できる便益	× 効果の定量化が困難
	景観の改善	雑草地の利用により景観を改善する便益	× 効果の定量化が困難
	ブランド価値の向上	太陽光発電の導入により環境ブランド価値を高め、地域の魅力を向上させる便益	× 効果の定量化が困難

出所)国土交通省「国際競争業務継続拠点整備事業の費用便益分析マニュアル(案)」 p.4～9, 平成 30 年 6 月
環境再生保全機構サイト (https://www.erca.go.jp/fukakin/seido/index.html)
<閲覧日:2022 年 9 月 22 日>より作成

ア） 非常用電源確保

再生可能エネルギーが施設の非常用電源の機能を果たし、非常時にも電力供給が継続することにより停電被害を回避できると想定した場合の便益の定量化方法について検討した。検討結果を表 4-32 に示す。試算方法については、費用分析マニュアルに記載された原単位法、代替法それぞれの方法を検討し、このうち、平均停電被害原単位に、停電回避発電量を乗じて便益を試算する原単位法より便益を試算した。平均停電被害原単位は、大口事業所、中小事業所、一般家庭の 3 種類の原単位があり、今回の試算では公共施設を想定し中小事業所の原単位を用いて試算した。

表 4-32 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法(非常用電源確保)

項目	検討内容
計算対象	太陽光等の再生可能エネルギー発電により直接電力需給を受けている公共施設等で停電が発生した場合の、施設における便益
非貨幣価値 定量化の方法	停電時の平均被害額原単位[円/kWh]に停電回避電力量[kWh]を乗じて評価 (原単位法)
試算方法・条件	【便益算出式】 年間便益(円/年)＝平均停電被害原単位(円/kWh)×停電回避電力量(kWh/年) 【諸元等】 ● 平均停電被害原単位(円/kWh) ➢ 大口事業所(延床面積 3 万 m^2 以上):84,100 円/kWh ➢ 中小事業所(延床面積 3 万 m^2 未満):13,600 円/kWh ➢ 一般家庭:2,860 円/kWh ● 停電回避電力量(kWh)＝設備容量(kW)×機器の設備利用率×停電発生時間 ※再生可能エネルギー発電で事業所の一部電力を賄うと想定し、停電時の発電量を試算
試算例	【便益試算結果(例)】 ● 年間便益:87,369 円/年=13,600 円/kWh×83kW×17.2%×0.45h ● 事業期間合計(30 年):2,621,074 円 【特記事項】 ● 事務所(4,500m^2)に83kW 太陽光発電を導入した場合 (設備利用率:17.2%) ● 停電発生時間は、全国平均(2020 年度)で 27 分(0.45 時間)であり、これを年間停電時の発電継続時間として試算

出所)国土交通省「国際競争業務継続拠点整備事業の費用便益分析マニュアル(案)」 p.4～9,平成 30 年 6 月
電力中央研究所,「需要家から見た供給信頼度の重要性と停電影響」, p.13, 平成19年3月
OCCTO,「電気の質に関する報告書」, p.17, 2021 年 11 月 より作成

なお、OCCTO の報告書によれば、電力管内別に生じた停電時間は表 4-33、表 4-34 のとおりであり、地域ごとの平均の停電時間を考慮することにより、地域特性を反映した非貨幣価値の定量化が可能となる。

表 4-33 過去 5 年間の電力管内別の停電時間(単位:分)(1)

電力管内	停電種類	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	5 か年平均
北海道	事故停電	35	10	2154	4	5	442
	作業停電	1	α※	α	α	α	1
	合計	36	10	2154	4	5	443
	1時間換算	0.60	0.17	35.90	0.07	0.08	7.38
東北	事故停電	24	10	7	15	25	16
	作業停電	4	3	2	2	4	3
	合計	28	13	9	17	29	19
	1時間換算	0.47	0.22	0.15	0.28	0.48	0.32
東京	事故停電	7	6	19	200	7	48
	作業停電	1	1	3	1	1	1
	合計	8	7	22	201	8	49
	1時間換算	0.13	0.12	0.37	3.35	0.13	0.82
中部	事故停電	5	10	348	32	6	80
	作業停電	7	7	8	8	7	7
	合計	12	17	356	40	13	88
	1時間換算	0.20	0.28	5.93	0.67	0.22	1.46
北陸	事故停電	4	11	9	3	7	7
	作業停電	17	15	15	16	15	16
	合計	21	26	24	19	22	22
	1時間換算	0.35	0.43	0.40	0.32	0.37	0.37
関西	事故停電	4	14	396	5	7	85
	作業停電	1	1	1	1	1	1
	合計	5	15	397	6	8	86
	1時間換算	0.08	0.25	6.62	0.10	0.13	1.44

※データが表示単位に満たない場合は「α」と記載

出所)OCCTO,「電気の質に関する報告書」, p.17, 2021 年 11 月 より作成

表 4-34 過去 5 年間の電力管内別の停電時間(単位:分)(2)

電力管内	停電種類	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	5 か年平均
中国	事故停電	6	7	24	10	20	13
	作業停電	12	12	10	9	11	11
	合計	18	19	34	19	31	24
	1時間換算	0.30	0.32	0.57	0.32	0.52	0.40
四国	事故停電	6	21	32	8	10	15
	作業停電	20	17	15	15	15	16
	合計	26	38	47	23	25	32
	1時間換算	0.43	0.63	0.78	0.38	0.42	0.53
九州	事故停電	128	25	103	15	139	82
	作業停電	0	0	0	0	0	0
	合計	128	25	103	15	139	82
	1時間換算	2.13	0.42	1.72	0.25	2.32	1.37
沖縄	事故停電	35	117	1269	215	90	345
	作業停電	8	7	6	6	11	8
	合計	43	124	1275	221	101	353
	1時間換算	0.72	2.07	21.25	3.68	1.68	5.88
全国	事故停電	21	12	221	82	24	72
	作業停電	4	3	4	3	3	3
	合計	25	15	225	85	27	75
	1時間換算	0.42	0.25	3.75	1.42	0.45	1.26

出所)OCCTO,「電気の質に関する報告書」, p.17, 2021 年 11 月 より作成

イ） 防災機能確保

大規模な災害や停電時等に地域の人々が一時滞在施設に避難することを想定し、再生可能エネルギーの非常用電源としての機能により、避難した人々が得られる便益の定量化方法について検討した。試算結果を表 4-35 に示す。

試算方法については、費用分析マニュアルより代替法と CVM 法を検討したが、CVM 法では停電被害時の住民の支払意思額等のデータが必要であるため、本調査では非常時に施設に避難した人々が利用する非常用電源設備の代替費用を試算する代替法を用いて試算を行った。

表 4-35 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（地域の防災機能確保）

項目	検討内容
計算対象	地域内の再生可能エネルギーで電力供給を受ける公共施設の存在により、停電時の被害を免れた地域の便益
非貨幣価値 定量化の方法	停電時に一時滞在施設に避難する地域住民が使用する非常用電源設備を、太陽光発電等の再生可能エネルギー設備が代替することを想定し、一時滞在施設が本来負担する非常用電源設備の整備費用を試算（代替法）
試算方法・条件	【便益算出式】 一時滞在施設面積（m^2）×非常用電源の必要容量（W/m^2）×非常用電源設備単価（円/kW）÷非常用電源設備の耐用年数（年） 【諸元等】 ● 一時滞在施設面積 ➢ 建物床面積のうち、避難スペースとして使用される部分の面積 ● 非常用電源の必要容量 ➢ 非常時に供給が必要な機器の電力量÷一時滞在施設面積 ● 非常用電源設備単価 ➢ 市販の非常用電源設備の価格情報より確認 ● 非常用電源設備の耐用年数 ➢ 30 年（国交省基準）
試算例	【便益試算結果（例）】 ● 年間便益：30,664 円/年＝495m^2×9.4W/m^2÷1,000×198,077 円/kW÷30 年 ● 事業期間合計（30 年）：919,926 円 【特記事項】 ● 一時滞在施設面積：495m^2 ➢ 300 名受入で、3.3m^2 に 2 人の割合（内閣府中央防災会議資料より）を想定 ● 非常用電源の必要容量：9.4W/m^2 ➢ 供給必要な機器の電力 4,644W（照明、スマホ充電（15 台分）、空調（扇風機等）、業務用 PC、テレビ等）÷一時滞在施設面積（495m^2）より試算 ● 非常用電源設備単価：198,077 円/kW ➢ 5.2kVA（力率：1）の非常用電源設備価格（103 万円）より試算

出所）国土交通省「国際競争業務継続拠点整備事業の費用便益分析マニュアル（案）」, p.4～9,平成 30 年 6 月
内閣府中央防災会議,「洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難に関する基本的な考え方と定量的な算出方法及び江東5区における具体的な検討【概要版】」, p.10, 平成 30 年 3 月より作成

一時滞在施設で非常時に供給が必要な電源は、照明機器、スマホ充電、暑さ対策（扇風機等）、業務に必要な電子機器（PC、プリンター、無線等）があり、これらの起動電力を賄える規模の非常用発電機が必要である。便益の試算においては、図 4-51 に示す供給電源を賄うことが可能な容量の非常用電源を代替することを想定した。



図 4-51 必要な非常用発電機規模の例

出所）本田技研工業,避難所の防災用発電機の選び方,
(https://www.honda.co.jp/generator/bosai/pdf/bosai_shelter.pdf).2022 年 11 月 30 日閲覧

ウ）CO_2 排出量削減

化石燃料由来の外部調達電源から調達する電力を再生可能エネルギーで代替することによる、CO_2 排出削減を想定した場合の便益について定量化方法を検討した。検討結果を表 4-36、表 4-37 に示す。再生可能エネルギー代替による CO_2 排出削減がもたらす便益として、削減量分をクレジットとして取引することにより得られる便益と、前述の非常用電源設備の代替により非常用発電機が本来排出する CO_2 の排出削減によるクレジット加算分の便益が想定されたが、後者は試算結果より金額が微小であったため、便益としての採用は見送ることとした。

表 4-36 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（CO_2 排出削減量①）

項目	検討内容
計算対象	再生可能エネルギー発電による CO_2 排出削減量がもたらす便益
非貨幣価値 定量化の方法	地域の火力発電所等の発電量を代替することによる CO_2 削減量に対して、クレジット価格原単位を乗じて試算する（原単位法）
試算方法・条件	【便益算出式】 CO_2 排出削減量（ton-CO_2/年）×CO_2 の貨幣価値原単位（円/ton-CO_2） 【諸元等】 ● CO_2 排出削減量 ➢ 年間電力消費量×（既設発電所の CO_2 排出係数－再生可能エネルギー電力の CO_2 排出係数） ● 火力発電の CO_2 排出原単位：690g-CO_2/kWh ● 太陽光発電の CO_2 排出係数：32.5g-CO_2/kWh ● CO_2 の貨幣価値原単位：3,278 円/ton-CO_2 ➢ 2022 年 4 月の J-クレジット（再生可能エネルギー発電由来）の平均取引価格
試算例	【便益試算結果（例）】 ● 年間便益：269,535円/年=82. 2（ton-CO_2/年）×3,278 円/ton-CO_2 ● 事業期間合計（30 年）：8,086,053 円 【特記事項】 ● 事務所屋根に 83kW 太陽光発電が設置された場合を想定し、年間電力消費量に CO_2 排出削減量の式を乗じて試算（82.2ton-CO_2/年） ➢ 年間電力消費量＝83kW×17.2%×365 日×24h＝125,028kWh（設備利用率 17.2%想定）

出所）国土交通省「国際競争業務継続拠点整備事業の費用便益分析マニュアル（案）」, p.4～9,平成 30 年 6 月
J-クレジット精度事務局, J-クレジット制度について（データ集）, p.13, 2022 年 9 月
産総研, 太陽光発電の特徴 I （https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/ja/about_pv/feature/feature_1.html）, 2022 年 11 月 1 日閲覧
産総研、再生可能エネルギー源の性能, （https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/ja/about_pv/e_source/RE-energypayback.html）, 2022 年 11 月 1 日閲覧
中央環境審議会 地球環境部会「目標達成シナリオ小委員会」中間とりまとめ資料、P.86, 2001 年 より作成

表 4-37 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（CO_2排出削減量②）

項目	検討内容
計算対象	非常用発電機が排出する CO_2 排出量の削減による便益
非貨幣価値 定量化の方法	非常用発電機により想定される CO_2 排出量を計算し、貨幣価値に換算（代替法）
試算方法・条件	【便益算出式】 CO_2 排出削減量（ton-CO_2/年）×CO_2 の貨幣価値原単位（円/ton-CO_2） 【諸元等】 ● CO_2 排出削減量＝年間電力消費量×発電機燃料の CO_2 排出係数 ● 軽油の CO_2 排出原単位：2.58kg CO_2/ℓ ● CO_2 の貨幣価値原単位：3,278 円/ton-CO_2 ➢ 2022 年 4 月の J-クレジット（再生可能エネルギー発電由来）の平均取引価格
試算例	【便益試算結果（例）】 ● 年間便益：219 円/年＝26ℓ×0.00258ton-CO_2/ℓ×3,278 円/ton-CO_2 ● 事業期間合計（30 年）：6,570 円 【特記事項】 ● 非常用発電機定格出力：5.2kVA（力率：1） ● 燃料タンク：26ℓを想定

出所）国土交通省「国際競争業務継続拠点整備事業の費用便益分析マニュアル（案）」, p.4～9,平成 30 年 6 月
J-クレジット精度事務局, J-クレジット制度について（データ集）, p.13, 2022 年 9 月
環境省，算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧，（https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran_2020_rev.pdf）＜閲覧日：2022 年 12 月2日＞ p.7 より作成

エ） その他環境改善

その他の環境改善事項として、NOx、SOx およびこれらに由来する大気汚染を軽減する便益を検討した。検討結果を表 4-38、表 4-39 に示す。定量化の方法として、ばい煙施設設置者が負担する汚染負荷量賦課金を地域で被害を受ける人々の被害額に換算する方法と、4.2.1 節にて紹介した NREL のシナリオに基づき、汚染物質に伴う健康被害や機会損失を想定した便益の原単位を用いて換算する方法を検討した。上記2つの方法による試算額については、国内の人口 1 人あたりの金額に換算のうえ、市町村人口単位で想定される便益を試算した。その結果、どちらの試算においても便益は微小な金額となったため、便益としての採用は見送ることとした。

表 4-38 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（その他環境改善①）

項目	検討内容
計算対象	火力発電等により排出される大気汚染物質を削減できる便益
非貨幣価値 定量化の方法	域外の発電所が排出する硫黄酸化物（SOx）の量に応じて、ばい煙施設設置者が負担する汚染負荷量賦課金を、地域で被害を受ける人々の被害額と想定し、金額を試算（原単位法）
試算方法・条件	【便益算出式】 SOx 削減量×賦課料率（円/m^3N-SOx）÷国内人口×市町村人口 【諸元等】 ● SOx削減量＝再生可能エネルギー発電量×1kWh あたり SOx排出量 ➢ 1kWh あたり SOx 排出量＝0.16g/kWh ● SO_2 比体積：0.000361m^3/g（SO_2 ガス密度 2.77kg/m^3 より逆算） ● 賦課料率：130.18 円/m^3N-Sox ● 国内人口：1 億 2,278 万人
試算例	【便益試算結果（例）】 ● 年間便益：0.77 円/年＝83kW×17.2%×365 日×24h×0.16g/kWh×0.000361m^3/g×130.18 円/m^3N-SOx÷122,780,000 人×100,000 人 ● 事業期間合計（30 年、人口比換算）：23 円 【特記事項】 ● 出力規模83kW、設備利用率 17.2% ● 人口 10 万人の市町村を想定

出所）環境再生保全機構サイト（https://www.erca.go.jp/fukakin/seido/index.html）
（https://www.erca.go.jp/fukakin/seido/ritsu.html），＜閲覧日：2022 年 12 月2日＞
日本原子力文化財団，原子力・エネルギー図面集 第 2 章地球規模の環境問題
（https://www.ene100.jp/zumen cat/chap2），＜閲覧日：2022 年 12 月2日＞
東横化学サイト（https://www.toyokokagaku.co.jp/product/pdf/gas so2.pdf） ＜閲覧日：2022 年 12 月2日＞より作成

表 4-39 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法(その他環境改善②)

項目	検討内容
計算対象	火力発電等により排出される大気汚染物質を削減できる便益
非貨幣価値 定量化の方法	発電量の実績に対して、便益の原単位となる係数を乗じて試算(原単位法)
試算方法・条件	【便益算出式】 再生可能エネルギー発電量(kWh)×汚染物質削減による便益の原単位(円/kWh)×補正係数÷国内人口×市町村人口汚染物質削減による便益の原単位(円/kWh) 【諸元等】 ● 汚染物質削減による便益の原単位 ➢ 米国 NREL のシナリオより 2.4¢/kWh ※1¢=1.4 円にて換算 ● 補正係数:日米間の火力発電所で排出される NOx、SOxの排出量の差を考慮した係数=0.625(後述) ● 国内人口:1 億 2,278 万人
試算例	【便益試算結果(例)】 ● 年間便益:214円/年=83kW×17.2%×365 日×24h×2.4¢/kWh×1.4 円/¢×0.625÷122,780,000×10 万人 ● 事業期間合計(30 年、人口比換算):6,417 円 【特記事項】 ● 出力規模83kW、設備利用率 17.2% ● 人口 10 万人の市町村を想定

出所)日本原子力文化財団, 原子力・エネルギー図面集 第 2 章地球規模の環境問題
(https://www.ene100.jp/zumen_cat/chap2), <閲覧日:2022 年 12 月2日>
NREL「A Prospective Analysis of the Costs, Benefits, and Impacts of U.S. Renewable Portfolio Standards」(2016 年 12 月) p.26～38

図 4-52 に示すとおり、日本の火力発電所における SOx 排出量は、0.16g/kWh であり、米国は日本の約 2 倍の排出量。SOxの大部分は二酸化硫黄（SO_2）であるため、SO_2 の比重を用いて賦課料率を試算し、被害軽減の便益に換算した。

NREL シナリオを基にした試算では、日米の火力発電所における NOx、SOxの排出量の違いを考慮して試算した。米国と日本でそれぞれ NOx、SOxの kWh 当たり排出量の平均値を算出し、日米の平均値（日本：0.20g/kWh、米国：0.32g/kWh）の比率（0.20/0.32=0.625）を補正係数として適用した。NREL の試算では、大気汚染改善の便益として主なものは NOx、SOx、および PM2.5 の吸引による早期死亡リスクや活動機会損失の軽減とされている。

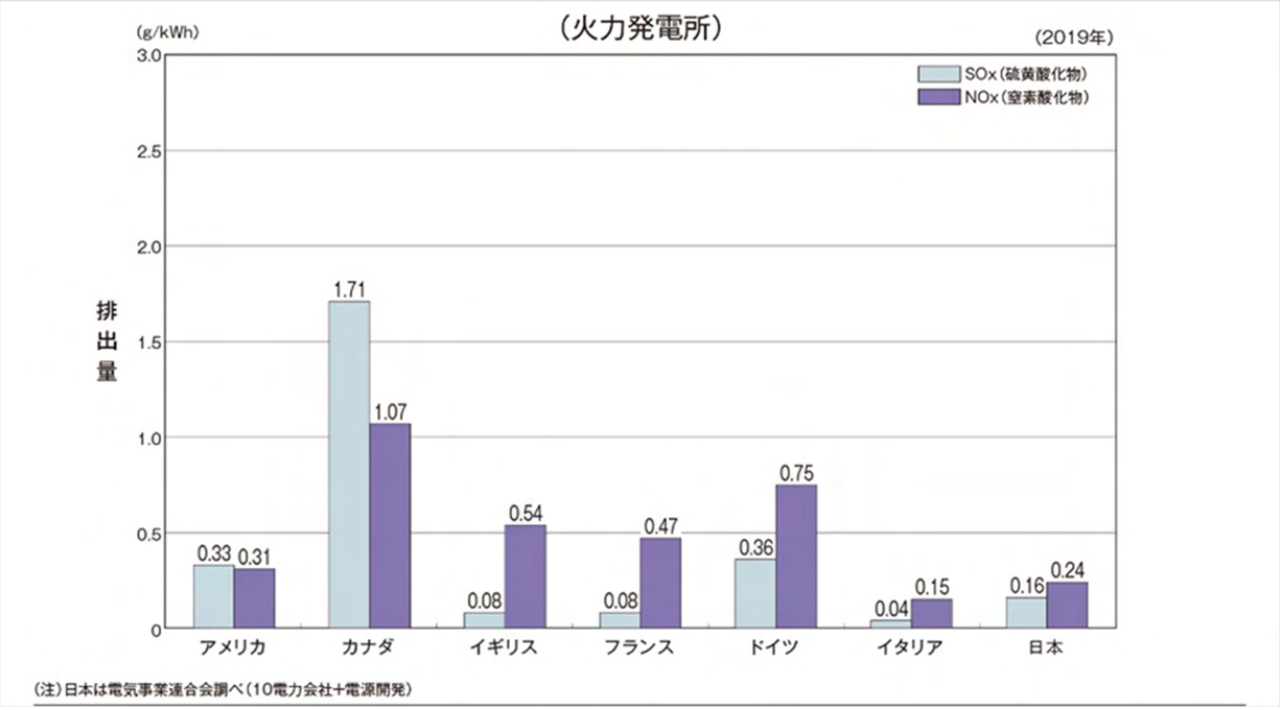


図 4-52 火力発電所における NOx、SOx 排出量の国別比較

出所）NREL「A Prospective Analysis of the Costs, Benefits, and Impacts of U.S. Renewable Portfolio Standards」, p.31, 2016 年 12 月
日本原子力文化財団, 原子力・エネルギー図面集 第 2 章地球規模の環境問題
（https://www.ene100.jp/zumen_cat/chap2）＜閲覧日：2022 年 11月2日＞より作成

（3） 経済波及効果分析（金銭的外部効果）について

4.2.1（3）で述べたとおり、金銭的外部効果（経済波及効果）については費用便益分析には計上すべきではないものの、その他の波及効果として別途定量化して PR することが推奨されていることから、その定量化手法についても別途検討を行った。

一般に経済波及効果分析については、産業連関表を用いるケースが多く、都道府県レベルでの分析が多い。市町村単位での地域経済波及効果を分析できるツールとしては、表 4-40 に示す 2 つが挙げられたが、今回はこのうち環境省が提供している「経済波及効果分析ツール」を用いることとした。

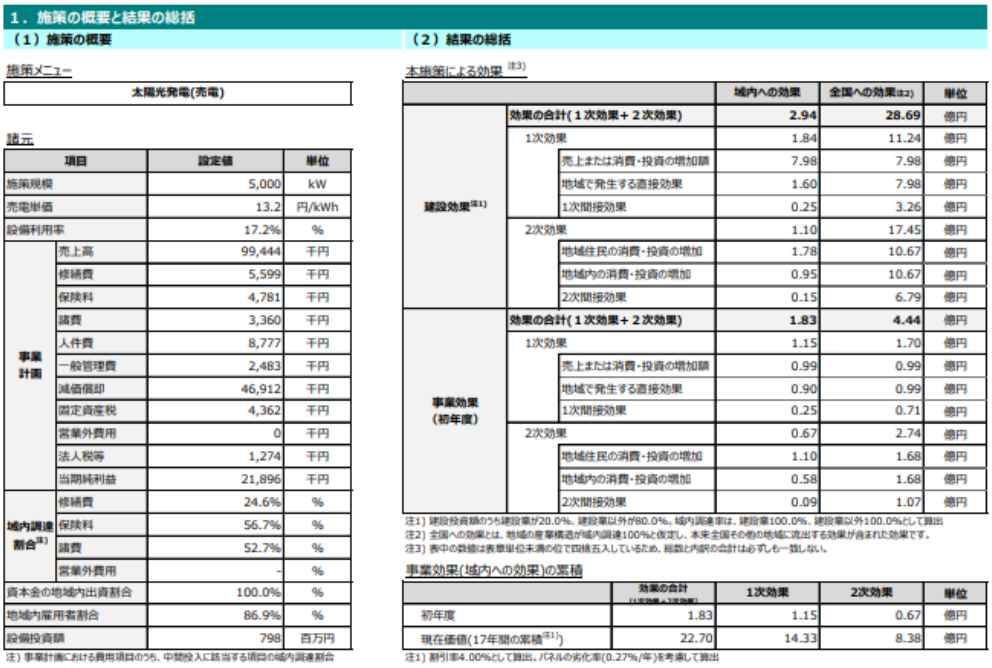
表 4-40 再生可能エネルギー事業による市区町村単位の経済波及効果分析の既往事例

分析事例	概要・特徴
環境省 「経済波及効果 分析ツール」	● 全国約 1,700 自治体の地域経済循環分析用データベースに基づき、特定の自治体において環境施策・事業を実施した場合に地域経済に与える波及効果（1 次効果、2 次効果）を分析可能なツール。 ➢ 1 次効果：事業により発生した直接効果（≒売上額）に伴って、誘発された他産業の生産額 ➢ 2 次効果：1 次効果によって住民の所得が向上したことによる消費の拡大額 ● 分析対象としている環境施策・事業としては、以下のとおり。 ➢ 太陽光発電（売電）、太陽光発電（自家消費）、風力発電（売電）、中小水力発電（売電）、木質バイオマス発電（売電）、食品廃棄物リサイクル ● 域外産業との取引や消費、投資等を通じて域外への所得の漏れ等を考慮した地域経済循環構造に基づいて構築しているため、「地域で発生する効果」から「地域に帰着する効果」を算出可能で、施策実施により最終的に地域住民・企業が受け取る効果を把握できることを特徴とする。 ● 2015 年度に基となるデータベースが、2016 年度に分析ツールが作成され、以降、更新等が実施されている。
中山琢夫（京都大学 再生可能エネルギー 経済学講座メンバー） 「地域付加価値創造 分析ツール」	● 再生可能エネルギー事業を始めとする、地域で実施される様々な事業について、地域にもたらす付加価値（事業主体の税引後利潤・従業員可処分所得、地方税収、他企業の税引後利潤・従業員可処分所得）の分析、及びにそれが地域内あるいは地域外のどの主体に帰属するかを分析可能なツール。 ● ドイツのエコロジー経済研究所が開発したモデルを応用して、法人企業統計及び家計調査年報のデータを基に日本版にアレンジし、平均的な地域に適用可能としており、更に地域特性に合わせて詳細な分析も実施可能としている。 ● 環境研究総合推進費「地域循環共生圏による持続可能な発展の分析手法の開発」のうち、サブテーマ 2「具体的事業の地域循環共生効果の評価手法の開発」プロジェクトの一環として 2019 年に開発された。

出所）地域経済循環分析普及促進事業 資料 2（株式会社価値総合研究所資料）「地域経済循環分析ツールの解説」（2020 年 2 月）、中山琢夫『エネルギー事業による地域経済の再生：地域付加価値創造分析の理論と実践』（2021 年）より作成

1）「経済波及効果分析ツール」による分析例

環境省の「経済波及効果分析ツール」では、図 4-53、図 4-54 に示すとおり、対象自治体および事業計画（損益計算書、域内調達割合等）を入力することで、波及効果（1 次効果・2 次効果）を分析することが可能である。



1．施策の概要と結果の総括

（1）施策の概要

施策メニュー

太陽光発電(売電)

諸元

項目		設定値	単位
施策規模		5,000	kW
売電単価		13.2	円/kWh
設備利用率		17.2%	%
事業計画	売上高	99,444	千円
	修繕費	5,599	千円
	保険料	4,781	千円
	諸費	3,360	千円
	人件費	8,777	千円
	一般管理費	2,483	千円
	減価償却	46,912	千円
	固定資産税	4,362	千円
	営業外費用	0	千円
	法人税等	1,274	千円
	当期純利益	21,896	千円
域内調達割合[注]	修繕費	24.6%	%
	保険料	56.7%	%
	諸費	52.7%	%
	営業外費用	-	%
資本金の地域内出資割合		100.0%	%
地域内雇用者割合		86.9%	%
設備投資額		798	百万円

注）事業計画における費用項目のうち、中間投入に該当する項目の域内調達割合

（2）結果の総括

本施策による効果[注3)]

			域内への効果	全国への効果[注2)]	単位
建設効果[注1)]	効果の合計（1次効果＋2次効果）		2.94	28.69	億円
	1次効果		1.84	11.24	億円
		売上または消費・投資の増加額	7.98	7.98	億円
		地域で発生する直接効果	1.60	7.98	億円
		1次間接効果	0.25	3.26	億円
	2次効果		1.10	17.45	億円
		地域住民の消費・投資の増加	1.78	10.67	億円
		地域内の消費・投資の増加	0.95	10.67	億円
		2次間接効果	0.15	6.79	億円
事業効果（初年度）	効果の合計（1次効果＋2次効果）		1.83	4.44	億円
	1次効果		1.15	1.70	億円
		売上または消費・投資の増加額	0.99	0.99	億円
		地域で発生する直接効果	0.90	0.99	億円
		1次間接効果	0.25	0.71	億円
	2次効果		0.67	2.74	億円
		地域住民の消費・投資の増加	1.10	1.68	億円
		地域内の消費・投資の増加	0.58	1.68	億円
		2次間接効果	0.09	1.07	億円

注1）建設投資額のうち建設業が20.0%、建設業以外が80.0%。域内調達率は、建設業100.0%、建設業以外100.0%として算出
注2）全国への効果とは、地域の産業構造が域内調達100%と仮定し、本来全国その他の地域に流出する効果が含まれた効果です。
注3）表中の数値は表章単位未満の位で四捨五入しているため、総数と内訳の合計は必ずしも一致しない。

事業効果(域内への効果)の累積

	効果の合計（1次効果＋2次効果）	1次効果	2次効果	単位
初年度	1.83	1.15	0.67	億円
現在価値(17年間の累積[注1)])	22.70	14.33	8.38	億円

注1）割引率4.00%として算出。パネルの劣化率(0.27%/年)を考慮して算出

図 4-53 「経済波及効果分析ツール」による分析例（施策の概要と結果の総括）

出所）環境省「岩手県久慈市の地域経済波及効果分析」（2022年4月）
https://www.env.go.jp/content/900495237.pdf

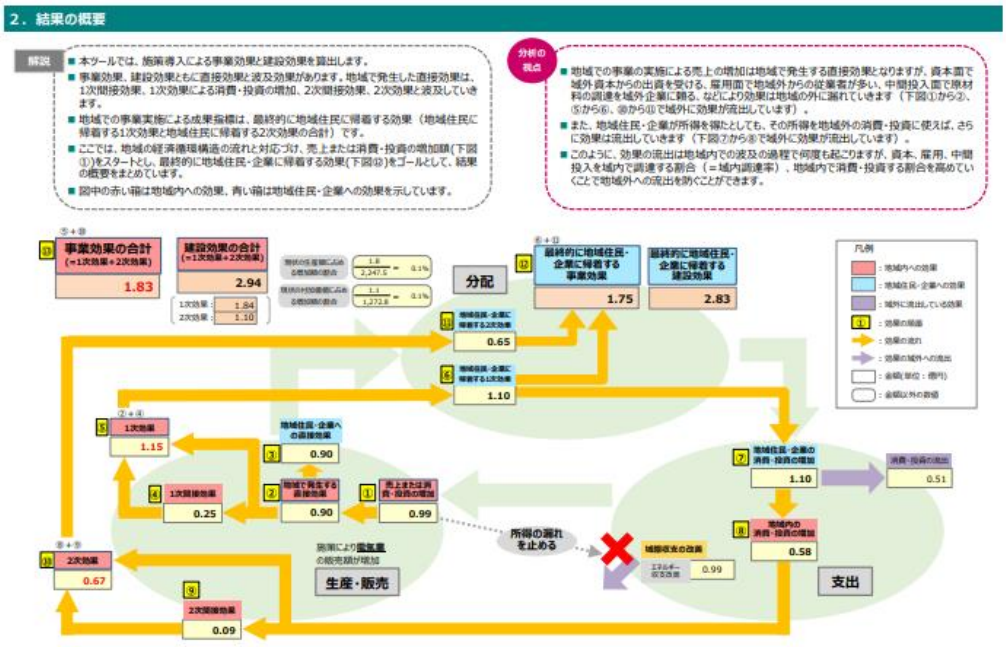


図 4-54 「経済波及効果分析ツール」による分析例（結果の概要）

出所）環境省「岩手県久慈市の地域経済波及効果分析」（2022年4月）
https://www.env.go.jp/content/900495237.pdf

2）「地域付加価値創造分析ツール」による分析例

「地域付加価値創造分析ツール」では、図 4-55、図 4-56 に示すとおり、法人の立地場所・種類、地域内出資比率、事業のキャッシュフローデータを入力することで、地域付加価値（事業主体・他企業の純利益・従業員可処分所得、地方税収）やその帰属先を分析することができる。

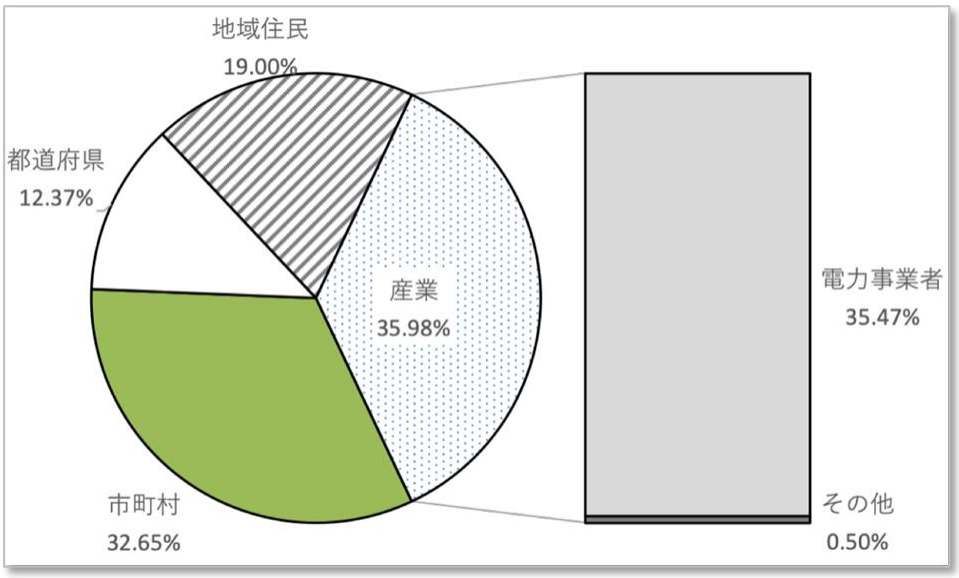


図 4-55 太陽光発電事業の運転・維持段階における地域付加価値の帰属先（例）

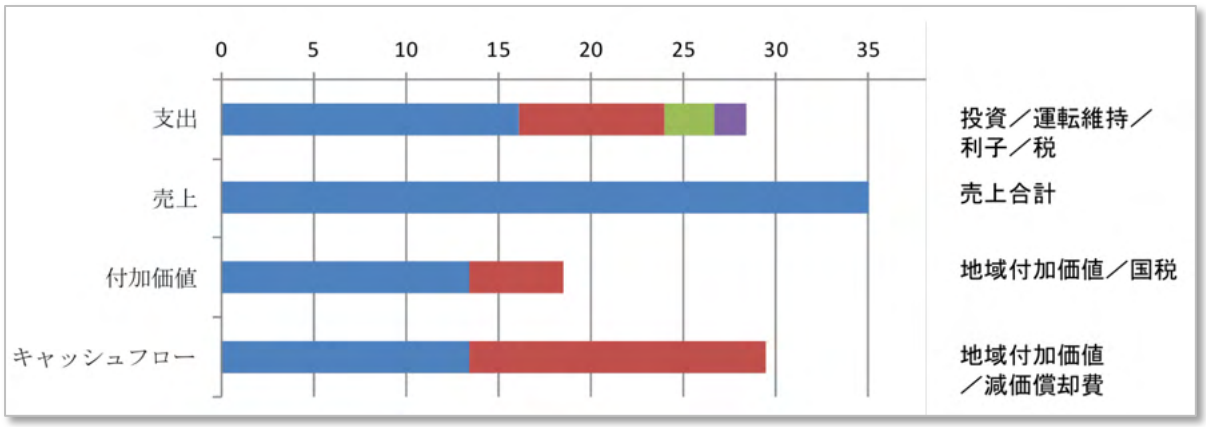


図 4-56 太陽光発電事業による地域付加価値創造額（例）

出所）京都大学大学院 経済学研究科 中山琢夫「ディスカッションペーパー：No.6 村レベルの再生可能エネルギー100％による地域付加価値創造分析 －発電事業と熱供給事業－」（2019 年 11 月 15 日）、p.11（図 7）、p.13（図 10）
http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable_energy/stage2/contents/dp006.html

4.2.3 ケーススタディ・感度分析

本項では、前項で検討した再生可能エネルギー導入による地域便益の定量評価手法を実際に用いて、机上想定や具体事例等に基づき、費用便益分析、経済波及効果分析に係るケーススタディ・感度分析を実施した。

ケーススタディ・感度分析におけるケース設定を図 4-57 に示す。4.2.2(1)で整理したとおり、「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」、「②小売事業者を介した再生可能エネルギー電力の域内供給」それぞれで異なる 2 つの事業スキームを想定した上で、各事業スキームで関与する施工事業者・小売事業者・PPA 事業者・発電事業者等について、域内事業者の場合と域外事業者の場合の 2 パターンを想定した。

これらのケース間の結果を比較することで、事業スキームの違いや域内事業者の関与度が、費用便益比(以下、「B/C」と記載)、正味便益(以下、「B-C」と記載)や経済波及効果に与える影響等についても評価した。

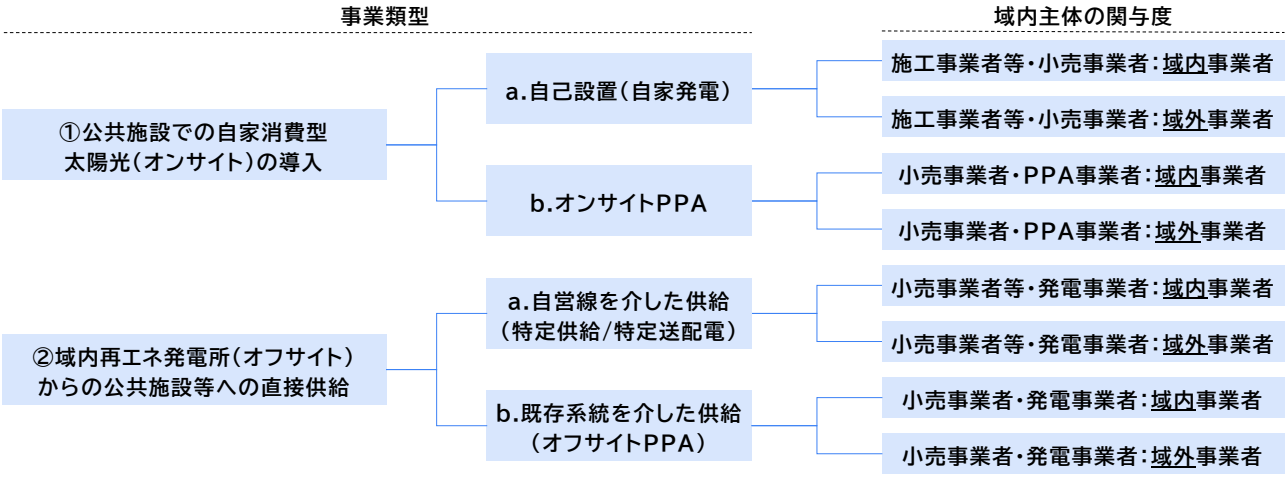


図 4-57 ケーススタディ・感度分析におけるケース設定

（1） 費用便益分析

1） 公共施設における自家消費型太陽光の導入

「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の費用便益分析で想定した事業スキームを図 4-58に示す。

Without（当該事業を実施しない場合）については、a.自己設置、b.オンサイト PPA いずれにおいても、旧一般電気事業者（みなし小売事業者）より、買電することを想定した。With（当該事業を実施する場合）については、a.自己設置では需要家（自治体）自らが、b.オンサイト PPA では PPA 事業者が初期費用を負担して、敷地内に自家消費型太陽光を導入し、その発電電力を自家消費しつつ、不足分については別途小売事業者から買電することを想定した。

また、前述のとおり、With（当該事業を実施する場合）における小売事業者・施工事業者・PPA 事業者等については、基本的に域内事業者を想定しつつ、比較対象として域外事業者の場合も想定した。

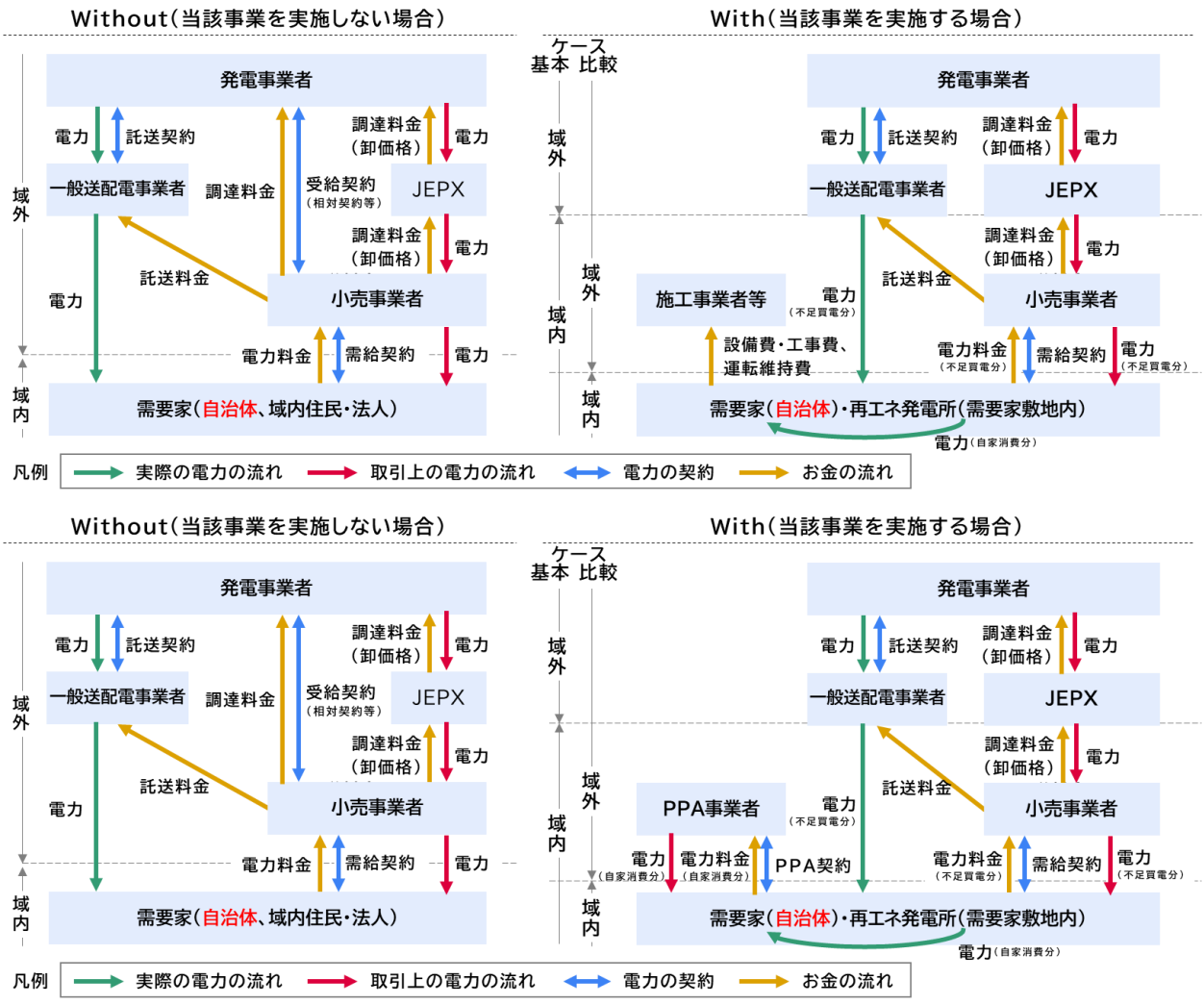


図 4-58 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の費用便益分析で想定した事業スキーム
（上：a.自己設置の場合、下：b.オンサイト PPA の場合）

「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の費用便益分析に用いた試算条件を表 4-41 に示す。

事業期間は 30 年間と想定し、b.オンサイト PPA の場合については、契約期間(20 年間)終了後に発電設備が需要家に譲渡され、事業が継続されるものと想定した。

表 4-41 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の費用便益分析に用いた試算条件

			a.自己設置	b.オンサイトPPA	出所・考え方及び備考
導入建物	所在地		北海道・札幌市		想定(※ツール自体は全国の任意の自治体(市区町村単位)で分析可能)
	建物用途		事務所(庁舎)		想定
	延床面積		4,500m2		モデル建物法(「建築物エネルギー消費性能基準等を定める省令」で規定された、エネルギー消費性能の評価方法の一つ)で使用されているモデル建物[1]を参考として想定
	屋根面積		750m2		
	電力需要	年間需要	436MWh/年		SII「エネマネオープンデータ」[2] に基づく、エリア別・建物用途別の時刻別電力消費原単位に、延床面積を乗じて推計
		時刻別需要	18.5~134.7kWh/h		
導入設備	太陽光発電	設備容量	83kW		屋根面積 [m2]×設置密度[kW/m2]として推計(設置密度はREPOS(再生可能エネルギー情報提供システム)における推計方法[3]にあわせて0.111kW/m2と想定)
		設備利用率	17.2%		発電コスト検証WGのモデルプラント(太陽光(事業用)[4] と同様に想定
		経年劣化率	0.5%ポイント/年		
		時刻別発電量	0.0~83kWh/h		設備容量[kW]×8760[h/年]×設備利用率(17.2%)×時刻別日射比率[-]として推計(時刻日射量比率は、NEDO「METPV-11」[5]の当該エリアの日射量データより想定)
		使用年数	30年		想定
初期投資	設備費・工事費単価		17.2万円/kW		調達価格等算定委員会資料[6]における2021年の高圧案件のシステム費用単価より想定
追加投資	PCS交換費単価(工事費込) ※11年目・21年目に交換を想定		3.4万円/kW		調達価格等算定委員会資料[6]における2020年・2021年設置案件の単価、PCSメーカーにおけるPCS交換サービスの価格より想定、21年目の交換については①の場合でも需要家負担と想定
運転維持費	運転維持費単価		0.41万円/kW/年		調達価格等算定委員会資料[6]における2021年の高圧案件の運転維持費単価より想定
(Without、Withにおける不足買電分の)小売電力契約	基本料金		1,870円/kW/月		当該エリアの旧一般電気事業者における電力料金メニュー(業務用電力(高圧))より想定
	電力量料金		18.45円/kWh		
	燃料調整費単価		-2.9円/kWh		当該エリアの旧一般電気事業者における2021年度の燃料費調整単価より想定
	再エネ賦課金単価		3.45円/kWh		2022年5月~2023年4月に適用される賦課金単価より想定
オンサイトPPA契約	電力料金単価		ー	10.0円/kWh	自然エネルギー財団資料[7]より想定(オンサイトPPAの需要家コスト(9~11円/kWh))
	契約期間		ー	20年	一般的なオンサイトPPAの契約期間(15~20年間)より想定
託送料金	基本料金		627円/kW/月		当該エリアの旧一般電気事業者の託送供給等約款における直近の単価より想定
	従量料金		2.52円/kWh		
JEPX価格	エリアプライス		0.01~80.02円/kWh		JEPXにおける2021年度のスポット市場取引結果より想定
事業税・固定資産税	事業税率		1.267%		調達価格等算定委員会資料における想定[6]と同様に設定
	固定資産税率		1.4%		
	法定耐用年数		17年		減価償却資産の耐用年数等に関する省令より設定
	減価償却率	定額法償却率	14.7%		
		改定償却率	16.7%		
		補償率	2.9%		

出所)[1]国立研究開発法人建築研究所「平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(非住宅建築物)図面リスト」(2016 年 10 月)
[2]一般社団法人環境共創イニシアチブ「エネマネオープンデータ」
<https://www.ems-opendata.jp/>(閲覧日:2022 年 12 月 1 日)
[3]環境省「我が国の再生可能エネルギー導入ポテンシャル 概要資料導入編」(2022 年 4 月)
[4]発電コスト検証ワーキンググループ「各電源の諸元一覧」(2021 年 9 月)、
[5]新エネルギー・産業技術総合開発機構「日射量データベース(年間時別日射量データベース(METPV-11))」
<https://www.nedo.go.jp/library/nissharyou.html>(閲覧日:2022 年 12 月 1 日)
[6]調達価格等算定委員会「令和 4 年度以降の調達価格等に関する意見」(2022 年 2 月)
[7]自然エネルギー財団「コーポレート PPA 日本の最新動向」(2022 年 8 月)

以上の前提及び試算条件に基づく、「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の費用便益分析結果を図 4-59 に示す。

小売事業者・施工事業者・PPA 事業者等に域内事業者を想定した場合、需要家(自治体)にとっての B/C は a.自己設置よりも b.オンサイト PPA の方が高いが、B-C は a.自己設置と b.オンサイト PPA とで大差ない結果となった。また、a.自己設置、b.オンサイト PPA、いずれの場合も技術的外部効果(非貨幣価値)を考慮することで B/C、B-C の改善につながることが定量的に確認された。地域全体としての B/C、B-C については、域内主体間の金銭のやり取りが相殺されるため、a.自己設置と b,オンサイト PPA で同じとなった。また、技術的外部効果(非貨幣価値)を考慮することで地域全体としての B/C、B-C の改善にもつながるが、需要家(自治体)視点での評価に比べるとその影響度は相対的に小さい。

小売事業者・施工事業者・PPA 事業者等に域外事業者を想定した場合、需要家(自治体)にとっての B/C、B-C については域内事業者の場合と変わらないが、地域全体としての B/C、B-C は域内主体が需要家のみとなるため、需要家(自治体)にとっての B/C、B-C と近い水準となり、差分は需要家(自治体)以外が享受する地域の防災機能の確保という便益のみとなる。また、域内事業者の場合との比較では、B/C は高まるが、B-C は下がる結果となった。

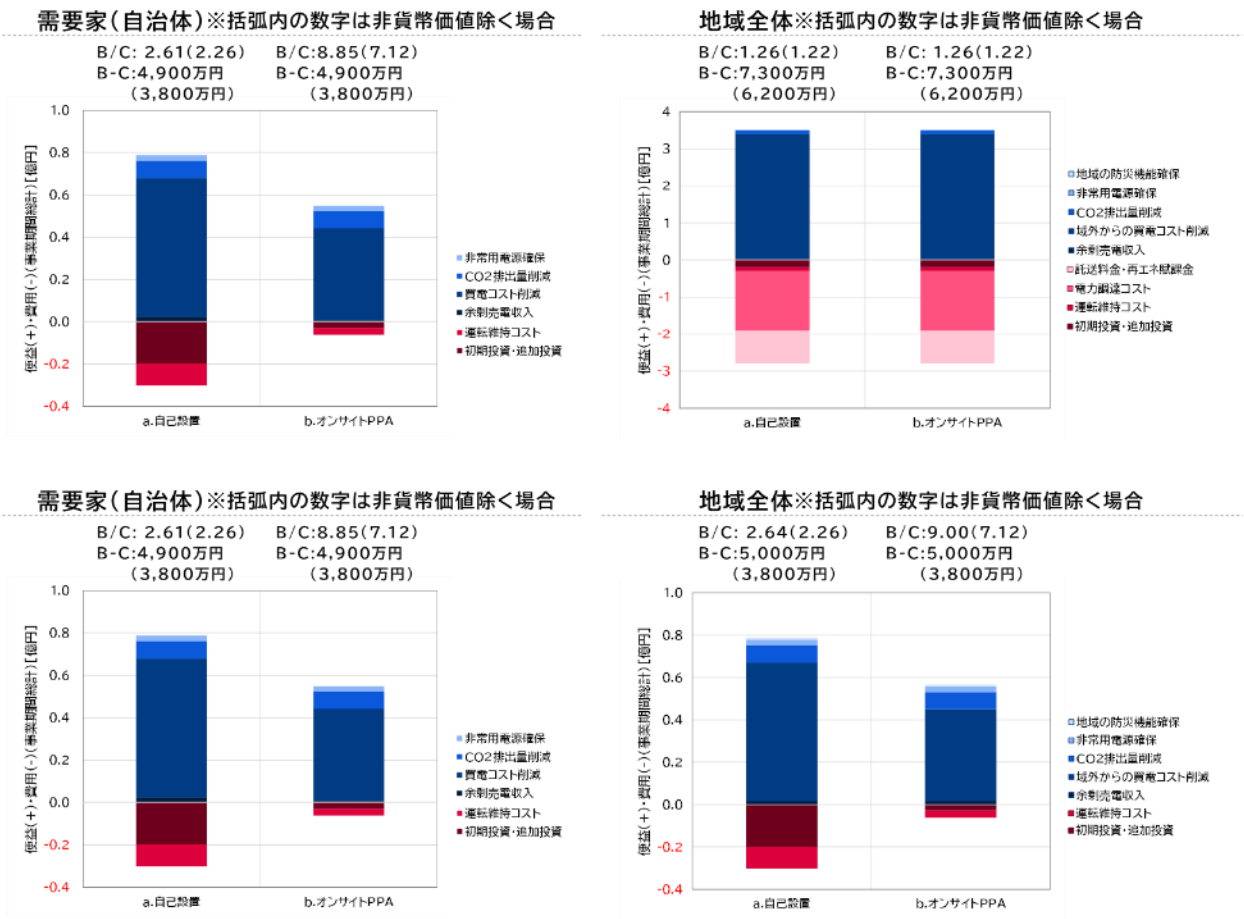


図 4-59「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の費用便益分析結果
(上:関連事業者に域内事業者を想定した場合、下:関連事業者に域外事業者を想定した場合)

2) 域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給

「②公共施設での自家消費型太陽光の導入」の費用便益分析で想定した事業スキームを図 4-60に示す。

Without(当該事業を実施しない場合)については、a.自営線を介した供給、b.既存系統を介した供給、いずれにおいても、旧一般電気事業者(みなし小売事業者)より買電することを想定した。With(当該事業を実施する場合)については、a.自営線を介した供給では特定供給スキームや特定送配電事業等として、b.既存系統を介した供給ではオフサイトPPAとして、域内再生可能エネルギー発電所から公共施設等の域内需要施設へ直接供給する事業を想定した。

また、前述のとおり、With(当該事業を実施する場合)において、小売事業者・再生可能エネルギー発電事業者等については基本的に域内事業者と想定しつつ、比較対象として域外事業者の場合も想定した。

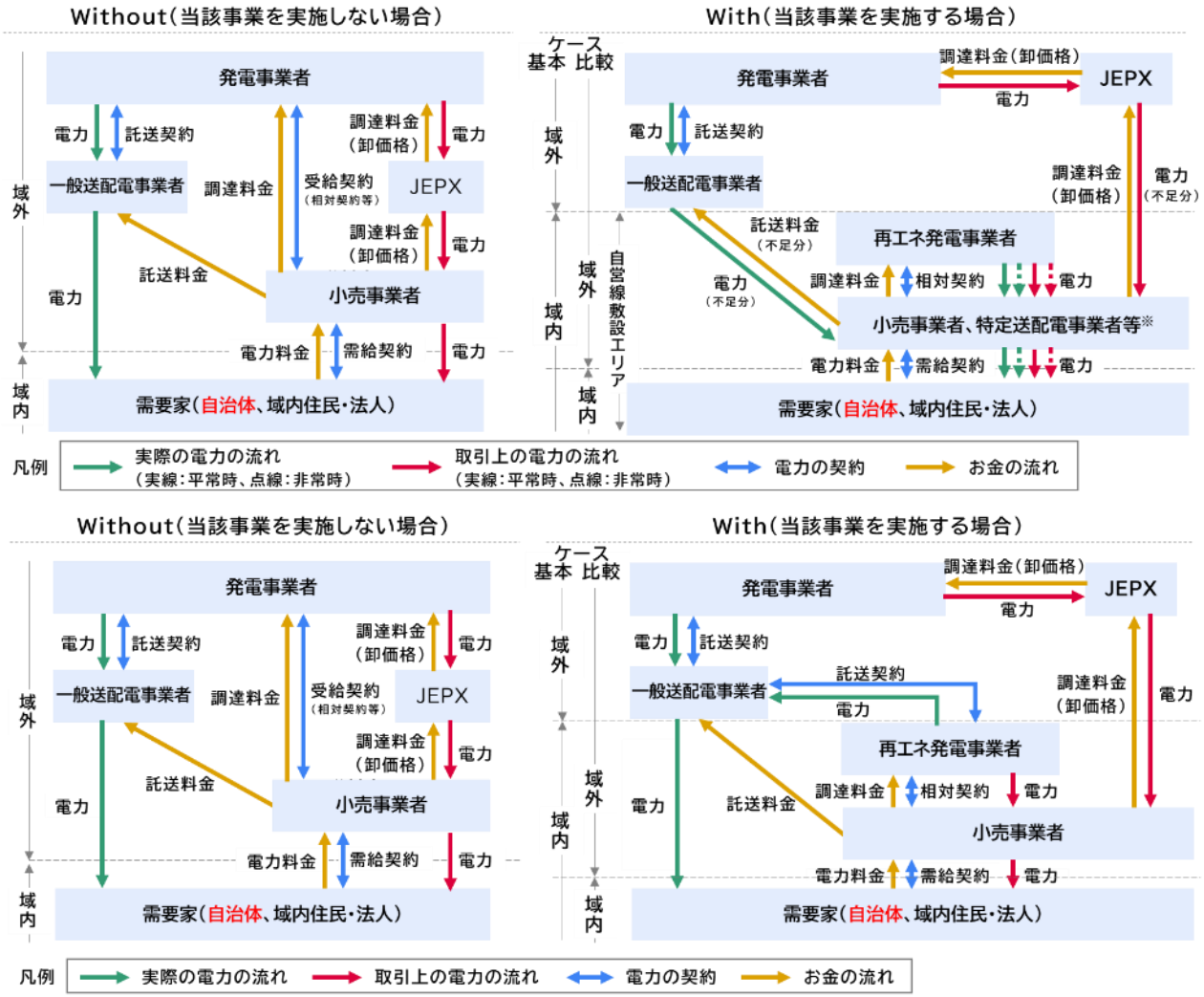


図 4-60 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の費用便益分析で想定した事業スキーム
（上：a.自営線を介した供給の場合、下：b.既存系統を介した供給の場合）

「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」のケーススタディに用いた試算条件を表 4-42 に示す。

脱炭素先行地域の一つである鳥取県米子市・境港市の事業計画を参考に、大規模蓄電池を活用した需給調整により、発電した電力については基本的に需要家で消費する（逆潮は発生しない）ものと想定した。事業期間は、「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」と同様に 30 年間と想定した。

また、試算結果への影響が大きい Without（当該事業を実施しない場合）における電力料金単価については、昨今の電力料金単価の上昇の動向も踏まえ、低位と高位の 2 ケースを設定した。

表 4-42 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の費用便益分析に用いた試算条件

			a.自営線	b.既存系統	出所・考え方及び備考
対象エリア	エリア		鳥取県・米子市、境港市		想定
	電力需要	年間需要	12,128MWh/年		鳥取県・米子市、境港市における域内荒廃農地を活用した再エネ発電所からの公共施設群への直接供給の計画[1]を参考に想定(※対象公共施設群599の全体需要のうち、新設する太陽光発電による供給分を想定)
導入設備	太陽光発電	設備容量	10,000kW		b.:鳥取県・米子市、境港市における事業計画[1]を参考に想定。 a.:上記計画では自営線の敷設は想定されていないが、他の自営線敷設事例(葛尾村スマートコミュニティ)[2]を参考に自営線を介した供給とした場合における設備規模を想定の上、電力広域的運営推進機関が公開している送配電設備の標準的な工事費単価(自営線:28.5万円/m、電柱:0.5万円/本)[3]を乗じて、自営線敷設に係る初期費用分を足し込み。
		年間発電量	12,128MWh/年		
	蓄電池	設備容量	8,000kWh		
	自営線	敷設距離	20km	ー	
	電柱	敷設本数	599本	ー	
初期投資	事業費	総計	34.7億円	32.0億円	
		うち国庫補助	23.1億円	21.3億円	
追加投資	PCS交換費単価(工事費込) ※11年目に交換を想定		3.4万円/kW		調達価格等算定委員会資料[4]における2020年・2021年設置案件の単価、PCSメーカーにおけるPCS交換サービスの価格より想定
運転維持費	太陽光運転維持費単価		0.71万円/kW/年		調達価格等算定委員会資料[4]における2021年の特別高圧案件の運転維持費単価より想定
	自営線運転維持費単価		0.28万円/m/年		鹿追町における自営線敷設事例[6]より想定(2.5km自営線の運転維持費が約700万円/年)
(Withoutにおける) 小売電力契約	電力料金(燃料調整費含む)		低位:14.8円/kWh/ 高位:19.4円/kWh		一般社団法人エネルギー情報センター「新電力ネット」のデータ[5]に基づく当該エリアにおける2021年度、2022年度上半期の平均単価より低位、高位の2パターン想定
	再エネ賦課金単価		3.45円/kWh		2022年5月～2023年4月に適用される賦課金単価より想定
(Withにおける) 電力契約 a.:特定送配電 b.:オフサイトPPA	契約期間		30年		オフサイトPPA事例では、契約期間は20年程度のことが多いが、ここでは①とあわせて30年と想定
	電力料金単価(発電⇔小売)		11円/kWh		自然エネルギー財団資料[7]におけるオフサイトPPA(特別高圧)の発電コスト(10～12円/kWh)より想定
	電力料金単価(小売⇔需要家) (再エネ賦課金含む)		20円/kWh		b.:自然エネルギー財団資料[7]におけるオフサイトPPA(高圧)の需要家コスト(18.5～21.5円/kWh)より想定 a.:託送料金がかからないものの、自営線の敷設コスト・運転維持コストを回収すべく、b.と同等の水準と想定
託送料金			4.38円/kW/月		当該エリアの旧一般電気事業者の高圧の託送料金相当額より想定
発電側課金			0.87円/kWh		再エネ大量導入・次世代電力NW小委員会資料[8]を元に、kW課金単価を75円/kW/月、kWh課金単価を0.25円/kWhとした上で、設備利用率を17.2%と想定して試算
バランシングコスト			0.75円/kWh		再エネ大量導入・次世代電力NW小委員会資料[9]を元に、バランシングコストに関する事業者ヒアリング結果(0.5～1.0kWh/円)の中央値として想定
事業税・固定資産税	事業税率		1.267%		調達価格等算定委員会資料における想定[4]と同様に設定
	固定資産税率		1.4%		
	法定耐用年数		17年		減価償却資産の耐用年数等に関する省令より設定
	減価償却率	定額法償却率	14.7%		
		改定償却率	16.7%		
		補償率	2.9%		

出所)[1]米子市・境港市・ローカルエナジー株式会社・株式会社山陰合同銀行「地域課題解決を目指した非 FIT 再エネの地産地消と自治体が連携した CO_2 排出管理によるゼロカーボンシティの早期実現」
[2]葛尾村「葛尾村スマートコミュニティとは」
<https://www.katsurao.org/uploaded/life/11661_81541_misc.pdf>(閲覧日:2023 年 2 月 10 日)、
[3]電力広域的運営推進機関「送変電設備の標準的な単価の公表について」(2016 年 3 月)
<https://www.occto.or.jp/access/oshirase/2015/files/20160329_tanka_kouhyou.pdf>
(閲覧日:2023 年 2 月 10 日),
[4]調達価格等算定委員会「令和 4 年度以降の調達価格等に関する意見」(2022 年 2 月)、
[5]一般社団法人エネルギー情報センターウェブサイト「新電力ネット」
<https://pps-net.org/unit>(閲覧日:2022 年 12 月 1 日)
[6]鹿追町「自営線ネットワーク等を活用した再生可能エネルギーの最大導入・活用事業」(2021 年 3 月)
<https://www.town.shikaoi.lg.jp/file/contents/1370/16824/shikaoi_jieisen_ppt.pdf>
(閲覧日:2023 年 2 月 10 日)、
[7]自然エネルギー財団「コーポレート PPA 日本の最新動向」(2022 年 8 月)
<https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/REI_JPCorporatePPA_2022.pdf>
(閲覧日:2022 年 12 月 1 日)、
[8]再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会(第 32 回)資料 1(2021 年 5 月)、
[9]再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会(第 20 回)資料 1(2020 年 10 月)

以上の前提及び試算条件に基づく、「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」のケーススタディ結果を図 4-61 に示す。

小売事業者・再生可能エネルギー発電事業者等に域内事業者を想定した場合、需要家(自治体)にとっての B-C は、a.自営線を介した供給と b.既存系統を介した供給とで同じ電力料金単価を想定したため、技術的外部効果(非貨幣価値)を考慮しない場合と同じとなるが、技術的外部効果(非貨幣価値)を考慮すると、a.自営線を介した供給のほうが、非常用電源の確保の便益が得られる分、高くなる。地域全体としての B/C、B-C については、a.自営線を介した供給では自営線の敷設コストや運転維持コスト等を要することになるが、託送料金については削減でき、また非常用電源確保、地域の防災機能確保等といった便益が得られるため、特に技術的外部効果(非貨幣価値)を考慮した場合に、b.既存系統を介した供給よりも高くなる結果となった。

なお、Without(当該事業を実施しない場合)における電力料金単価が低位のケースでは、技術的外部効果(非貨幣価値)を考慮しなければ、需要家(自治体)にとっての B-C、地域全体としての B-C いずれも負値となっており、導入促進に向けて幅広い便益を評価する重要性が改めて示唆された。

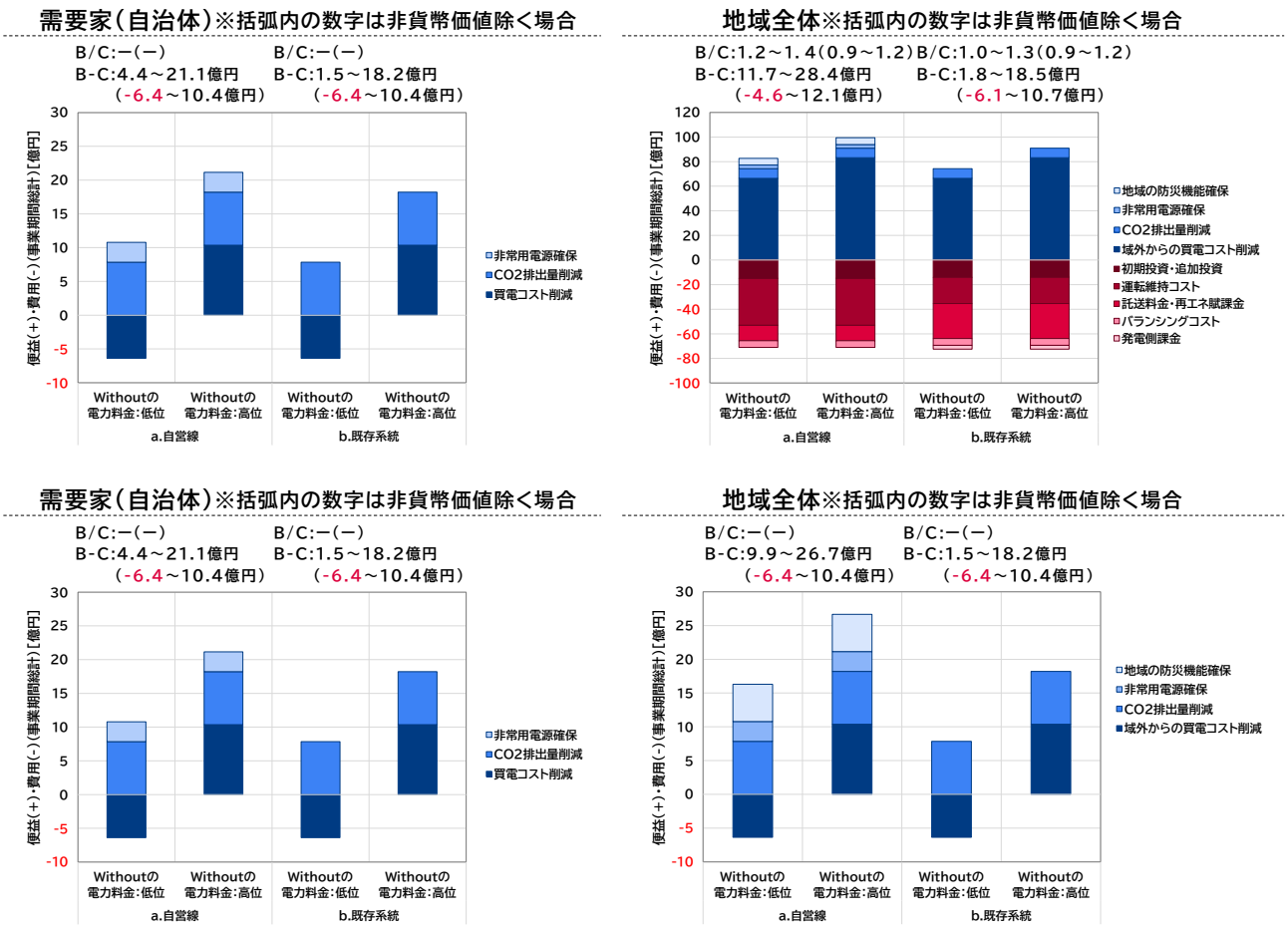


図 4-61 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の費用便益分析結果
（上:関連事業者に域内事業者を想定した場合、下:関連事業者に域外事業者を想定した場合）

（2）経済波及効果分析

経済波及効果分析については、4.2.2(3)で述べた、環境省の「経済波及効果分析ツール」を用いた。同ツールでは、経済波及効果として図 4-62 に示すように、以下の建設効果・事業効果が算出される。

- 建設効果：事業の最初に行う設備の導入や施設の建設による効果であり、建設事業の工事期間中のみに発現する一時的な効果によってもたらされる 1 次効果と 2 次効果（2,154.21 百万円）。
- 事業効果：事業会社の経営による売上に起因した 1 次効果と 2 次効果から算出（606.8 百万円）。

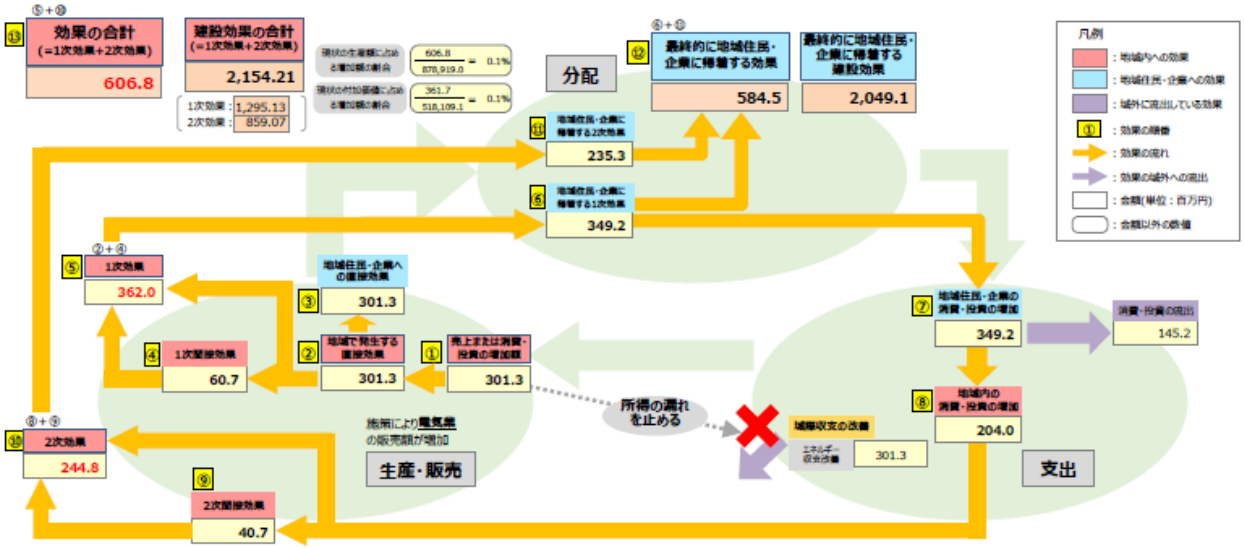


図 4-62 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給（地域調達割合 100%）」での分析結果例

1） 公共施設での自家消費型太陽光の導入

a.「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の場合の試算条件

経済波及効果の算出に当たっては下記の通り想定した。

環境省の「経済波及効果分析ツール」はオンサイト PPA のシミュレーションに対応していないことから、ツールの「自家消費」の想定でシミュレーションを行った。入力項目としては表 4-43 の通りとした。

表 4-43 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の場合の試算条件

入力項目			想定	備考
導入建物			北海道・札幌市	
事業期間			30 年	
導入設備	太陽光発電	設備容量	83kW	
		設備利用率	17.2%	
事業計画	売上高		2,307 千円	電力量料金 18.45 円/kWh
	修繕費		340.3 千円	運転維持費単価 0.41 万円/kW/年
設備投資額			14 百万円	設備費・工事費単価 17.2 万円/kW
	設備投資割合	建設業	20%	デフォルトの値を利用
		建設業以外	80%	
域内調達割合	修繕費		0% or 100%	シナリオに応じて変化
	設備投資	建設業	0% or 100%	シナリオに応じて変化
		建設業以外	0% or 100%	シナリオに応じて変化

b.「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の場合の試算結果

試算した結果を表 4-44 に示す。「修繕費」「建設業」「建設業以外」の地域調達割合を変化させるシナリオを想定し、それぞれの場合の地域経済波及効果を算出した。

すべての項目について地域内からの 100%調達を行う場合は域内への建設効果が 29.95 百万円、事業効果は 5.12 百万円もたらされた。建設業が域内 100%であれば、修繕費・建設業以外が 0%であったとしても、域内への建設効果は 6.13 百万円もたらされた。

域内への事業効果は地域調達が全くなかった場合であっても、4.36 百万円もたらされ、事業実施の効果が大きいことが分かった。

表 4-44 「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」の場合の試算結果

単位:百万円

効果			地域調達なし 修繕費0%、建設業0%、建設業以外0%		建設業のみ地域調達 修繕費0%、建設業100%、建設業以外0%		初期投資のみ地域調達 修繕費0%、建設業100%、建設業以外100%		地域調達100% 修繕費100%、建設業100%、建設業以外100%	
			域内への効果	全国への効果	域内への効果	全国への効果	域内への効果	全国への効果	域内への効果	全国への効果
建設効果	効果の合計(1次効果＋2次効果)		0	72.39	6.13	72.39	29.95	72.39	29.95	72.39
	1次効果		0	27.32	3.55	27.32	17.36	27.32	17.36	27.32
		売上または消費・投資の増加額	14	14	14	14	14	14	14	14
		地域で発生する直接効果	0	14	2.8	14	14	14	14	14
		1次間接効果	0	13.32	0.75	13.32	3.36	13.32	3.36	13.32
	2次効果		0	45.07	2.58	45.07	12.6	45.07	12.6	45.07
		地域住民の消費・投資の増加	0	26.91	3.41	26.91	16.64	26.91	16.64	26.91
		地域内の消費・投資の増加	0	26.91	2.08	26.91	10.15	26.91	10.15	26.91
		2次間接効果	0	18.16	0.5	18.16	2.44	18.16	2.44	18.16
事業効果(初年度)	効果の合計(1次効果＋2次効果)		4.36	9.29	4.36	9.29	4.36	9.29	5.12	9.29
	1次効果		2.51	3.48	2.51	3.48	2.51	3.48	2.94	3.48
		売上または消費・投資の増加額	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31
		地域で発生する直接効果	1.97	2.31	1.97	2.31	1.97	2.31	2.31	2.31
		1次間接効果	0.54	1.17	0.54	1.17	0.54	1.17	0.63	1.17
	2次効果		1.85	5.82	1.85	5.82	1.85	5.82	2.18	5.82
		地域住民の消費・投資の増加	2.45	3.47	2.45	3.47	2.45	3.47	2.87	3.47
		地域内の消費・投資の増加	1.49	3.47	1.49	3.47	1.49	3.47	1.75	3.47
		2次間接効果	0.36	2.34	0.36	2.34	0.36	2.34	0.42	2.34

2）域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給

a.「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の場合の試算条件

経済波及効果の算出に当たっては下記の通り想定した。

環境省の「経済波及効果分析ツール」はオフサイト PPA や自営線のシミュレーションに対応していないことから「a.自営線」のケースは想定せず、「b.既存系統」のケースについてはツールの「非 FIT 売電」の想定でシミュレーションを行った。入力項目としては表 4-45 の通りとした。

表 4-45 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の場合の試算条件

入力項目			想定	備考
導入建物	所在地		鳥取県・米子市	一自治体しか入力できないため。
事業期間			30 年間	
導入設備	太陽光発電	設備容量	10,000kW	
		設備利用率	17.2%	
事業計画	売上高		301,344 千円	
	電力量料金		20 円/kWh	
	修繕費		17,000 千円	3.4 万円/kW を 30 年間で割って算出。
	人件費		21,300 千円	太陽光運転維持費単価 0.71 万円/kW/年の 3 割と仮置き。
	諸費		49,700 千円	太陽光運転維持費単価 0.71 万円/kW/年の 7 割と仮置き。
	固定資産税		14,980 千円	固定資産税率 1.4%
	法人税等		3,818 千円	事業税率 1.267%
	当期純利益		194,5460 千円	
設備投資額			1,070 百万円	総事業費 32.0 億円から国庫補助分 21.3 億円を引いた値。
域内調達割合	修繕費		0% or 100%	シナリオに応じて変化
	設備投資	建設業	0% or 100%	シナリオに応じて変化
		建設業以外	0% or 100%	シナリオに応じて変化

b.「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の場合の試算結果

試算した結果を表 4-46 に示す。「設備投資」「出資」「雇用」の地域調達割合を変化させるシナリオを想定し、それぞれの場合の地域経済波及効果を算出した。

すべての項目について地域内からの 100%調達を行う場合は域内への建設効果が 21 億 5,421 万円、事業効果は 6 億 678 万円もたらされた。設備投資が域内 100%であれば、その他が 0%であったとしても、域内への建設効果は 21 億 5,421 万円もたらされた。

事業効果は地域調達が全くなかった場合であっても、3,785 万円もたらされ、事業実施の効果が大きいことが分かった。

表 4-46 「②域内再生可能エネルギー発電所からの公共施設等への直接供給」の場合の試算結果

単位:百万円

効果			地域調達なし 設備投資0%、出資0%、雇用0%		設備投資のみ100% 設備投資100%、出資0%、雇用0%		設備投資と出資100% 設備投資100%、出資100%、雇用0%		地域調達100% 設備投資100%、出資100%、雇用100%	
			域内への効果	全国への効果	域内への効果	全国への効果	域内への効果	全国への効果	域内への効果	全国への効果
建設効果	効果の合計(1次効果＋2次効果)		0	5195.46	2154.21	5195.46	2154.21	5195.46	2154.21	5195.46
	1次効果		0	1972.38	1295.13	1972.38	1295.13	1972.38	1295.13	1972.38
		売上または消費・投資の増加額	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070
		地域で発生する直接効果	0	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070
		1次間接効果	0	902.38	225.13	902.38	225.13	902.38	225.13	902.38
	2次効果		0	3223.08	859.07	3223.08	859.07	3223.08	859.07	3223.08
		地域住民の消費・投資の増加	0	1905.5	1225.57	1905.5	1225.57	1905.5	1225.57	1905.5
		地域内の消費・投資の増加	0	1905.5	716.05	1905.5	716.05	1905.5	716.05	1905.5
		2次間接効果	0	1317.58	143.03	1317.58	143.03	1317.58	143.03	1317.58
事業効果(初年度)	効果の合計(1次効果＋2次効果)		37.85	1220.82	37.85	1220.82	429.58	1220.82	606.78	1220.82
	1次効果		22.58	478.56	22.58	478.56	256.3	478.56	362.02	478.56
		売上または消費・投資の増加額	301.34	30.34	301.34	30.34	301.34	30.34	301.34	30.34
		地域で発生する直接効果	18.8	30.34	18.8	30.34	213.34	30.34	301.34	30.34
		1次間接効果	3.78	177.22	3.78	177.22	42.96	177.22	60.67	177.22
	2次効果		15.27	742.26	15.27	742.26	173.28	742.26	244.76	742.26
		地域住民の消費・投資の増加	21.78	438.88	21.78	438.88	247.21	438.88	349.19	438.88
		地域内の消費・投資の増加	12.73	438.88	12.73	438.88	144.44	438.88	204.01	438.88
		2次間接効果	2.54	303.37	2.54	303.37	28.85	303.37	40.75	303.37

（3） 技術的外部効果（非貨幣価値）の感度分析

4.2.2 節で検討した技術的外部効果（非貨幣価値）の定量化手法を用いた便益については、試算の前提条件に応じてその結果が大きく変化する。そこで、様々なケースにより試算の前提条件が変動することを想定した感度分析を行った。4.2.2 節において定量化を想定した非貨幣価値を表 4-47 に示す。

表 4-47 非貨幣価値の概要と便益定量化の方法（再掲）

便益の性質	非貨幣価値	非貨幣価値の概要	定量化可否
停電時に電力を供給することによる便益	非常用電源確保	停電時、非常時における電源を確保できる価値（停電被害を回避できる価値）	○
	防災機能確保	非常時における地域の防災拠点として、被災者の避難等に役立つ機能を確保できる価値	○
	非常用発電機が排出する CO_2 の削減	軽油や A 重油を燃料とする非常用発電機を代替することにより、削減できる CO_2 排出量の価値	× 微小な金額のため
化石燃料を使う発電所の発電量を代替することによる便益	CO_2排出量削減	外部調達電源による発電よりも温室効果ガスの排出量を削減できる価値	○
	その他環境改善（大気汚染軽減）	火力発電等により排出される大気汚染物質を削減できる価値	× 微小な金額のため
荒廃地や施設の利活用が地域にもたらす便益	獣害・害虫被害の減少	荒廃した土地等への太陽光発電の導入により獣害による被害を軽減できる便益	× 効果の定量化が困難
	景観の改善	雑草地の利用により景観を改善する便益	× 効果の定量化が困難
	ブランド価値の向上	太陽光発電の導入により環境ブランド価値を高め、地域の魅力を向上させる便益	× 効果の定量化が困難

出所）国土交通省「国際競争業務継続拠点整備事業の費用便益分析マニュアル（案）」 p.4～9，平成 30 年 6 月
環境再生保全機構サイト（https://www.erca.go.jp/fukakin/seido/index.html） <閲覧日：2022 年 9 月 22 日>より作成

1） 非常用電源確保

停電時の被害額については、地域や停電規模（日数）により原単位の変動が想定されるものの、停電日数別等での原単位の変動に関する明確な情報が存在しない。そこで、停電時間と被害額原単位が一定割合で変動した場合を想定して、感度分析を実施した。分析結果を表 4-48 に示した。これは、表 4-49 に示す電力管内別の年間停電時間の過去の実績より、停電時間を 0.25 時間～6 時間まで想定し、平均停電被害額原単位が±30％変動した場合に、4.2.2 節で検討した計算式を用いて試算した結果を示したものである。

仮に沖縄電力の 5 か年平均の停電時間（約 6 時間）と、4.2.2 節で採用した原単位が適用されると、便益額は 100 万円/年を上回ることが確認された。今回の試算では、モデルケースにおいて公共施設の市庁舎を想定しているため、中小事業所（延床面積 3 万 m^2 未満）の停電被害額原単位を用いて試算および分析を行ったが、工場等の大規模事業所では停電被害が甚大になるケースがあり、1回の停電により 200 億円程度の被害額が生じた事例もある。これらの結果が示すとおり、非常時の電源確保の便益は、停電時間、被害額原単位、事業所の規模等によって変動幅が非常に大きく、今回 4.2.2 節で試算した結果よりも大きな便益が得られることも十分に期待できる。

表 4-48 非常時の電源確保による便益額(円/年)の感度分析(中小事業所)

停電時間	平均停電被害額原単位(円/kWh)						
	-30%	-20%	-10%	±0%	+10%	+20%	+30%
	9, 520	10,880	12,240	13,600	14,960	16,320	17,680
0.25	33,977	38,831	43,685	48,538	53,392	58,246	63,100
0.45	61,158	69,895	78,632	87,369	96,106	104,843	113,580
1	135,908	155,323	174,738	194,154※	213,569	232,984	252,400
1.5	203,861	232,984	262,107	291,230	320,353	349,476	378,600
3	407,723	465,969	524,215	582,461	640,707	698,953	757,199
6	815,445	931,937	1,048,429	1,164,922	1,281,414	1,397,906	1,514,398

※4.2.2 節での試算値

備考)便益の計算式＝平均停電被害原単位(円/kWh)×停電回避電力量(kWh/年)
平均停電被害原単位(円/kWh) 大口事業所(延床面積 3 万 m^2 以上):84,100 円/kWh
中小事業所(延床面積 3 万 m^2 未満):13,600 円/kWh
一般家庭:2,860 円/kWh
停電回避電力量(kWh)＝設備容量(kW)×機器の設備利用率×停電発生時間
出所)OCCTO,「電気の質に関する報告書」, p.17, 2021 年 11 月 より作成

表 4-49 電力管内別の停電時間(2020 年度、5 か年平均)

電力管内	停電種類	2020 年度	5 か年平均	電力管内	停電種類	2020 年度	5 か年平均
北海道	事故停電	5	442	中国	事故停電	20	13
	作業停電	α※	1		作業停電	11	11
	合計	5	443		合計	31	24
	1時間換算	0.08	7.38		1時間換算	0.52	0.40
東北	事故停電	25	16	四国	事故停電	10	15
	作業停電	4	3		作業停電	15	16
	合計	29	19		合計	25	32
	1時間換算	0.48	0.32		1時間換算	0.42	0.53
東京	事故停電	7	48	九州	事故停電	139	82
	作業停電	1	1		作業停電	0	0
	合計	8	49		合計	139	82
	1時間換算	0.13	0.82		1時間換算	2.32	1.37
中部	事故停電	6	80	沖縄	事故停電	90	345
	作業停電	7	7		作業停電	11	8
	合計	13	88		合計	101	353
	1時間換算	0.22	1.46		1時間換算	1.68	5.88
北陸	事故停電	7	7	全国	事故停電	24	72
	作業停電	15	16		作業停電	3	3
	合計	22	22		合計	27	75
	1時間換算	0.37	0.37		1時間換算	0.45	1.26
関西	事故停電	7	85				
	作業停電	1	1				
	合計	8	86				
	1時間換算	0.13	1.44				

※データが表示単位に満たない場合は「α」と記載

出所)OCCTO,「電気の質に関する報告書」, p.17, 2021 年 11 月 より作成

2）防災機能確保

防災機能確保の便益について感度分析を行った。防災機能確保の便益の試算においては、避難施設の床面積と非常用電源の設備費単価が主要なパラメータとなるため、この 2 項目についてケース別の感度分析を実施した結果を表 4-50 に示す。

床面積が 1,000m^2、非常用電源設備単価が標準想定値（19.8 万円/kW）より 50%増の 30 万円/kW となった場合でも、便益額は 10 万円/年を下回っており、防災機能確保による便益については上振れの可能性が低いことが確認された。

表 4-50 防災機能確保による便益額（円/年）の感度分析

一時滞在施設面積（m^2）	非常用電源設備単価（円/kW）					
	100,000	150,000	198,077	200,000	250,000	300,000
200	6,255	9,382	12,390	12,510	15,637	18,765
400	12,510	18,765	24,779	25,020	31,275	37,530
495	15,481	23,221	30,664※	30,962	38,702	46,443
600	18,765	28,147	37,169	37,530	46,912	56,294
800	25,020	37,530	49,558	50,039	62,549	75,059
1,000	31,275	46,912	61,948	62,549	78,187	93,824

※4.2.2 節での試算値

備考）便益の計算式＝
一時滞在施設面積（m^2）×非常用電源の必要容量（W/m^2）×非常用電源設備単価（円/kW）÷非常用電源設備の耐用年数（年）

3）CO_2排出量削減

CO_2 排出量削減による便益について、海外の CO_2 クレジットの価格等を参考に、クレジット価値と設備利用率による感度分析を実施した。海外の事例では、表 4-51 に示すとおり、日本よりも高い価格が付与されている欧州、米国（カリフォルニア州）、日本より安い価格の中国、韓国のケースを検討した。試算の結果を表 4-52 に示す。CO_2 排出量削減による便益については、クレジット価格、再生可能エネルギーの設備利用率の変動により、4.2.2 節での試算結果よりも大幅な便益の取得が可能となることが確認された。

表 4-51 各国のクレジット価格（単位：円/年）

対象地域	数値	単位	為替レート（2023/1/6）	円換算	単位
EU	78.86	€ton-CO_2	1€＝141.3 円	11,142	円 ton-CO_2
米国（カリフォルニア州）	29.07	$ton-$CO_2$	1$＝134.28 円	3,903	円 ton-CO_2
日本	ー	ー	ー	3,278	円 ton-CO_2
中国	8.02	$ton-$CO_2$	1$＝134.28 円	1,076	円 ton-CO_2
韓国	10.35	$ton-$CO_2$	1$＝134.28 円	1,389	円 ton-CO_2

表 4-52 便益の感度分析結果（単位：円/年）

対象地域	クレジット価格（円/ton-CO_2）	設備利用率					
		10%	15%	17.2%	20%	25%	30%
中国	1,076	51,439	77,158	88,475	102,877	128,597	154,316
韓国	1,389	66,402	99,603	114,211	132,804	166,005	199,206
日本	3,278	156,706	235,060	269,535※	313,413	391,766	470,119
米国	3,903	186,585	279,877	320,926	373,170	466,462	559,755
欧州	11,142	532,649	798,973	916,156	1,065,298	1,331,622	1,597,947

※4.2.2 節での試算値

備考）便益の計算式＝CO_2 排出削減量（ton-CO_2/年）×CO_2 の貨幣価値原単位（円/ton-CO_2）
出所）CARBON CREDITS.com, (https://carboncredits.com/carbon-prices-today/)
＜閲覧日：2023 年 1 月 6 日 17:00＞より作成

4.2.4 まとめ

地域における再生可能エネルギーの導入促進を行うことを目的として、地域主導による再生可能エネルギーの導入によって得られる地域便益や経済波及効果の定量化手法について検討・整理した。

地域主導の再生可能エネルギー事業として「①公共施設での自家消費型太陽光の導入」、「②小売事業者を介した再生可能エネルギー電力の域内供給」の２つを例に、検討した定量化手法に基づき、需要家（自治体）及び地域全体としての費用便益比（B/C）、正味便益（B-C）、経済波及効果を推計した。

これまで十分に評価されてこなかった非貨幣価値も考慮することで、事業の B/C、B-C の改善効果を定量的に確認した。非貨幣価値を考慮しなければ B-C が負値、B/C が 1 を下回るケースもあり、導入促進に向けて幅広い便益を評価する重要性が改めて示唆された。

また、事業スキームや域内主体の関与度の違いによって、B/C、B-C、経済波及効果が変わることも確認された。ケーススタディを重ねることで、B/C、B-C、経済波及効果がより高まる導入条件・事業スキーム等の明確化にもつながると考えられる。

なお、試算に必要な条件・データの想定を置くことが難しいために、今回は評価できていない非貨幣価値（獣害・害虫被害の軽減や景観改善等）や考慮できていない事業スキーム（既存系統を活用したマイクログリッド等）もあり、これらについても試算に反映できるようになればB/C、B-C が更に改善し、更なる導入促進につながる可能性がある。

4.3 再生可能エネルギー需要の喚起策検討

我が国の 2050 年カーボンニュートラル達成に向けて、今後は国内の再生可能エネルギー調達や再生可能エネルギー電力取引の活性化が望まれている。活性化に向けては、国内の企業需要家、個人需要家の再生可能エネルギー需要をより一層喚起していく必要がある。

上記の背景をもとに、4.3 章では再生可能エネルギー需要の喚起策の検討を目的とし、再生可能エネルギーに関する調査を行った。表 4-53 のように、STEP1 では国内外における再生可能エネルギーの事例・動向調査、STEP2 ではアンケート・ヒアリング調査を通じた需要家の関心・検討状況、再生可能エネルギー電力に対する許容価格の把握を行い、STEP3 では、STEP1、2 の調査結果をもとに再生可能エネルギーの需要喚起策の検討を行った。

表 4-53 再生可能エネルギー需要の喚起策検討：調査フロー

STEP1 事例・動向調査	● 国内・諸外国の動向調査 ✓ 再エネ電力の属性証書動向 ✓ PPA取引価格・導入量動向 ✓ 再エネ電力販売の先進的なビジネスモデル 等
STEP2 アンケート・ ヒアリング調査	● アンケート調査（個人・企業需要家の関心・検討状況の把握、許容価格分析） ✓ 再エネ電力に対する需要家の関心・検討状況 ✓ 再エネ電力や、その追加性・地域性等に対する許容価格分析 ● 企業需要家へのヒアリング
STEP3 需要喚起策の検討	● STEP1、2の調査結果を基に需要喚起策検討

4.3.1 事例・動向調査

STEP1 の事例・動向調査として、表 4-54 の(1)～(3)についてのデスクトップ調査を実施した。(1)再生可能エネルギー証書の動向では、欧州や米国、アジア等の海外で用いられている再生可能エネルギー証書や、国内の非化石証書についての情報を整理した。(2)再生可能エネルギー電力調達の動向では、主に PPA の契約価格や導入量推移等の情報を整理した。(3)再生可能エネルギー電力調達に関する先進的なビジネスモデルでは、PPA アグリゲーションや再生可能エネルギーマッチングプラットフォーム、ベースロード PPA といった最新のスキームやビジネスモデルに関する事例を調査し、整理を行った。

表 4-54 国内外の再生可能エネルギー電力調達・証書の動向調査イメージ

調査項目	具体内容イメージ
(1) 再生可能エネルギー証書の動向	• GO（欧州）、RECs（米国）、I-REC（アジア）、非化石証書（日本）、等の価格動向について調査
(2) 再生可能エネルギー電力調達の動向	• PPA の契約価格・導入量推移などの情報を整理
(3) 再生可能エネルギー電力調達に関する先進的なビジネスモデル	• 国内外の先進的な再生可能エネルギー調達スキームやビジネスモデルについて事例を整理

（1） 再生可能エネルギー証書の動向

1） 欧州の発電源証明（GO）

GO は、2009 年の EU 指令により、発電事業者に対して発電した電力に関する情報を「Guarantees of Origin」（GO または GoO、発電源証明）として発行するよう義務づけたものである。2021 年時点での欧州における加盟国の状況は、図 4-63 のとおり 31 か国で導入されており、共通の証書管理システムを保有する国同士であれば国際取引も可能である。利用量については、図 4-64 にあるとおり、年々増加の傾向である。

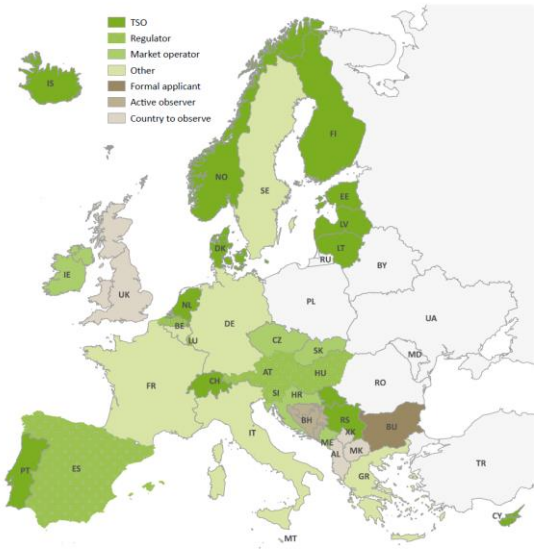


図 4-63 GO 加入国（2021 年時点）

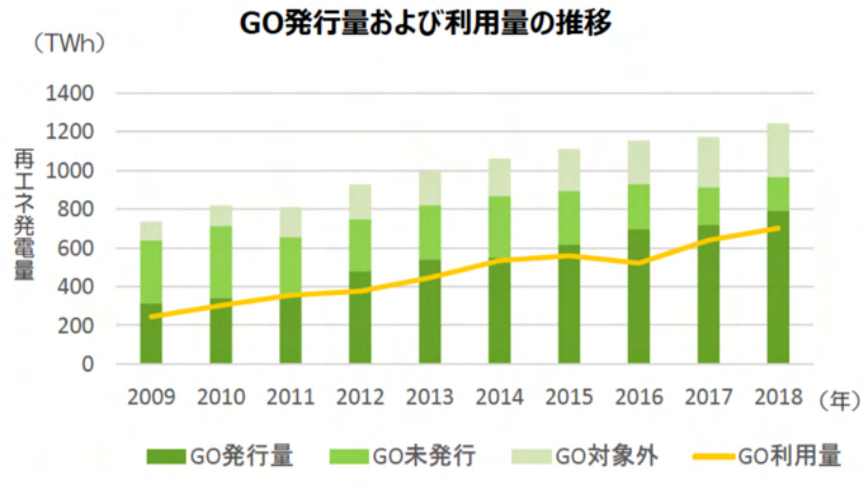


図 4-64 GO 発行量および利用料の推移

出所）自然エネルギー財団，自然エネルギーの電力を増やす 企業・自治体向け 電力調達ガイドブック 第 5 版（2022 年版），p.59，2022 年 1 月
JEPIC（一般社団法人海外電力調査会），欧州電気事業の最近の動向 ～カーボン・ニュートラル社会実現に向けた取り組み～，p.17，2020 年 5 月
Association of Issuing Bodies，2021Annual Report，p.11，2022 年 7 月

欧州における再生可能エネルギー証書（Guarantee of Origin）の価格は、企業需要の増加、水力発電量の低下、インフレ圧力等により2021年以降は全体的に上昇傾向であった。イタリアの市場では、図 4-65に示すとおり市場登録者数の急激な増加により2018年にGOの価格が高騰するも、2020年には下落し、2021 年は 0.6～0.8€/MWh の水準で推移した。図 4-66 には、フランス市場の2021 年の価格推移を示しており、フランス市場でもGOの平均価格は上昇傾向にあるが、各エネルギー種ともに12月の時点で0.5～0.7€/MWhの水準である。

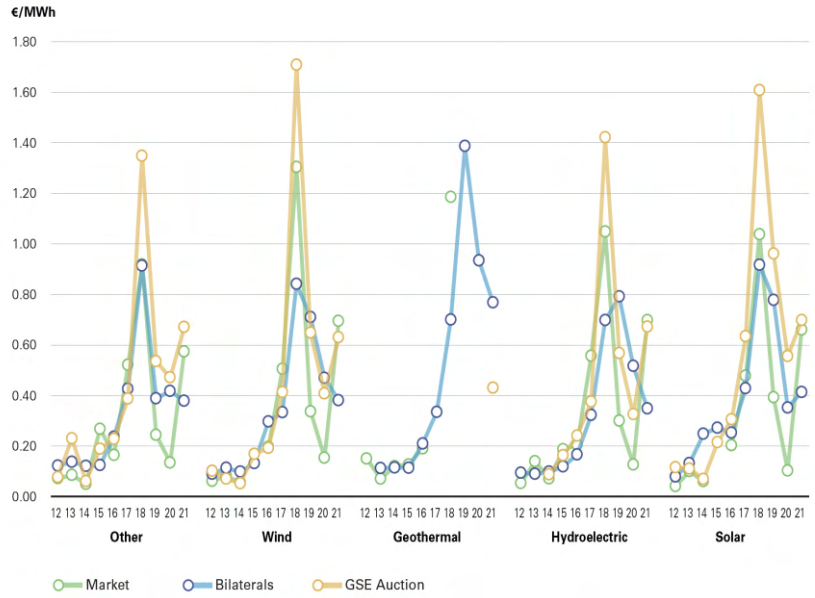


図 4-65 イタリアのエネルギー種別のGO価格推移（2012～2021）

出所）Gestore dei Mercati Energetici, Annual Report 2021, p.64, 2022年7月

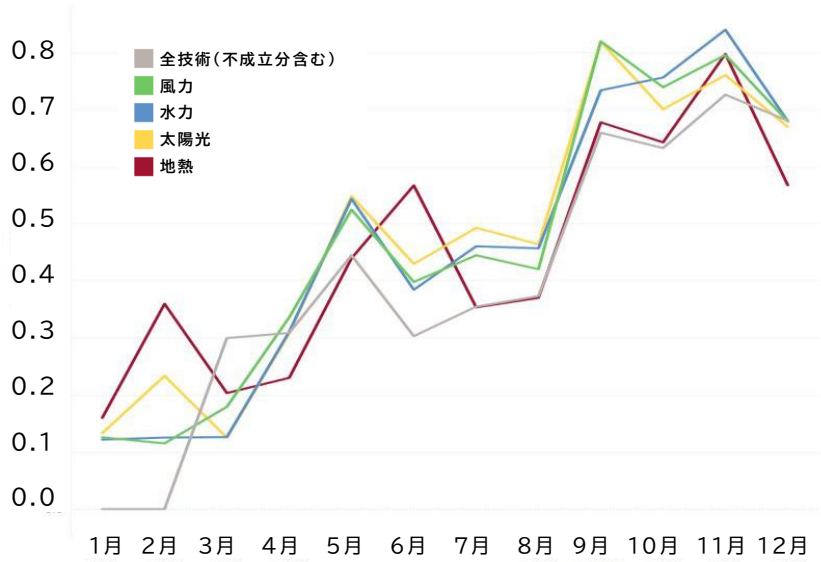


図 4-66 フランスのエネルギー種別のGO平均価格推移（2021年）

出所）Future Energy Renewable Energy, Market Research Community（https://futureenergygo.com/the-rising-price-of-the-european-guarantees-of-origin-and-future-go-market-outlook/）<閲覧日：2022年10月5日>
EEX, French registry and auctions of Guarantees of Origin, p.14, 2022年2月 に縦軸・横軸ラベルおよび凡例の日本語訳を追記

2）米国の再生可能エネルギー証書（RECs）

RECs は北米で普及する再生可能エネルギー電力に対して発行される証書である。北米での証書管理システムの普及状況を図 4-67 に示す。RECs では表 4-55 に示される 13 項目の情報が証明され、小売電気事業者が販売する電力に対しては、供給元の発電設備の情報について第三者機関が審査を実施する。

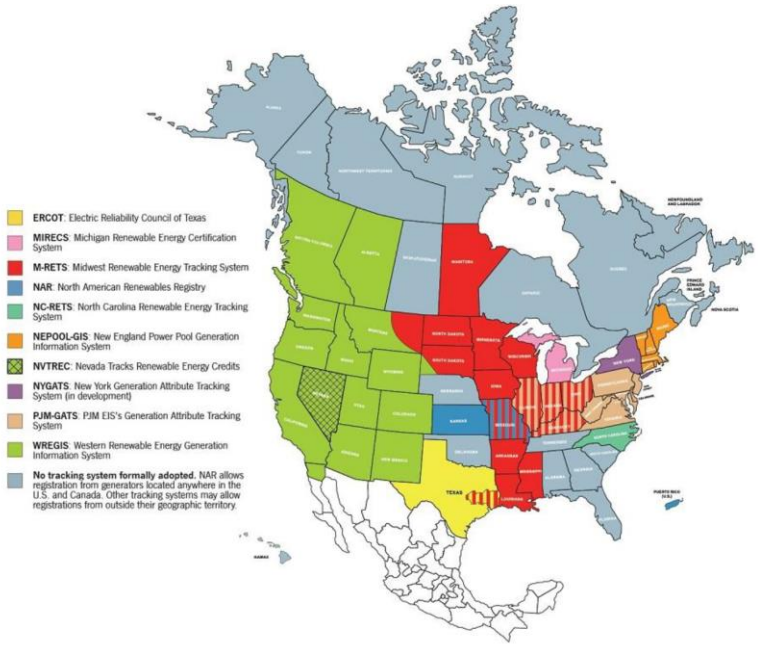


図 4-67 北米における RECs 管理システムの導入状況

出所）自然エネルギー財団，自然エネルギーの電力を増やす 企業・自治体向け 電力調達ガイドブック 第 5 版（2022 年版），p.62，2022 年 1 月

表 4-55 RECs に含まれる証明内容

No	項目
1	証明書データ
2	証明書の種類
3	トラッキングシステム ID
4	再生可能エネルギーの種類
5	再生可能エネルギー発電施設の立地
6	プロジェクトの設備容量
7	プロジェクト名
8	プロジェクトの実施時期
9	発電時期の証明
10	証明書固有の識別番号
11	プロジェクトの接続先（電力会社）
12	証書または更新可能なポートフォリオ基準(RPS)の適格性
13	再生可能エネルギーの排出係数

出所）米国環境保護省，Renewable Energy Certificates（RECs）
（https://www.epa.gov/green-power-markets/renewable-energy-certificates-recs）
<閲覧日：2022 年 10 月 5 日>を基に三菱総合研究所が作成

米国再生可能エネルギー研究所（NREL）のレポートによれば、米国における再生可能エネルギー証書（RECs）の取引価格は、図 4-68、表 4-56 にあるとおり 2017 年 8 月時点では 0.31＄/MWh だったが、2021 年に入り価格が上昇し、2021 年 8 月には 6.6＄/MWh まで高騰した。その後は価格が落ち着き、2021 年 9 月 24 日時点では 3.85＄/MWh となっている。

価格高騰の要因については、再生可能エネルギー電力の市場規模縮小やテキサス州の卸電力市場（ERCOT）の影響等が憶測されているが、直接的な要因は不明である。

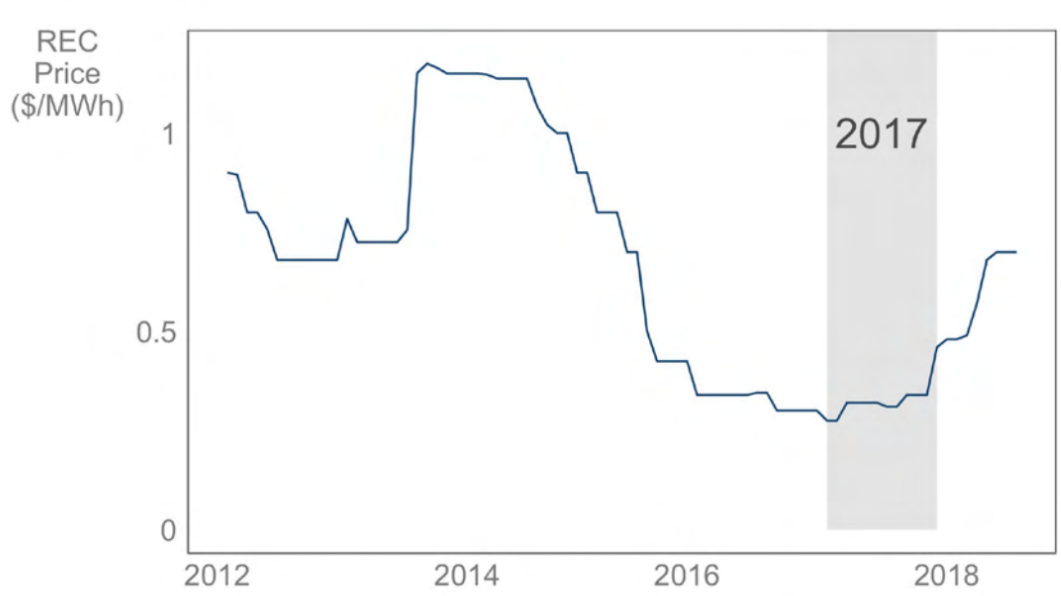


Figure 19. Voluntary national REC prices, January 2012–August 2018

Based on data from Spectron (2018)

図 4-68 2012 年～2018 年における REC 取引価格の推移

出所）NREL, Status and Trends in the U.S. Voluntary Green Power Market（2017 Data）, p.19, 2018 年 10 月
Augus Media Group, Voluntary REC surge prompts questions, uncertainty
（https://www.argusmedia.com/en/news/2258921-voluntary-rec-surge-prompts-questions-uncertainty）<閲覧日：2022 年 10 月 4 日>

表 4-56 過去5年間の RECs 価格推移（2017～2021）

取引回		RECs 価格（単位：US＄/kWh）
2017 年	8 月	0.31
2018 年	8 月	0.7
2019 年	8 月	0.6～0.8
2020 年	8 月	1.4～1.6
2021 年	8 月	6.6

出所）NREL「Status and Trends in the U.S. Voluntary Green Power Market（2017 Data）p.19
NREL「Status and Trends in the U.S. Voluntary Green Power Market（2019 Data）p.14
NREL「Status and Trends in the U.S. Voluntary Green Power Market（2020 Data）p.18
より三菱総合研究所作成

3）その他国際的な再生可能エネルギー証書（I-REC）

I-REC は世界約 50 ヵ国で発行されている国際的な再生可能エネルギー証書であり、図 4-69 にあるとおり、導入量は年々増加している。2021 年には 70TWh を超える取引量となっている。

国内では、2022 年 11 月に表 4-57 に示す 3 つのプロジェクトで I-REC 証書が初めて発行された。

日本では非化石証書に産地価値や特定電源価値を証明する機能がなく、I-REC との組み合わせにより再生可能エネルギー電源全体の第三者証明が可能となる。

I-REC の市場取引価格動向については公開情報が乏しく、ブラジルの太陽光プロジェクト（2022 年）で 0.73€/MWh、メキシコの再生可能エネルギープロジェクト（2021 年）で 1€/MWh との情報があるが、詳細な動向は不明である。

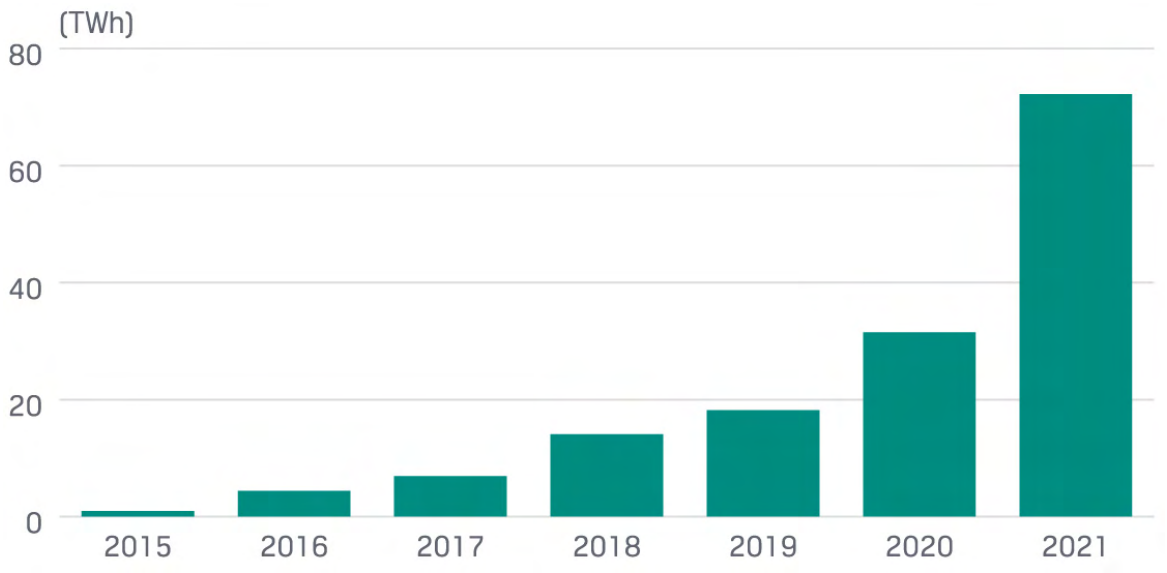


図 4-69 I-REC 取引量の推移

表 4-57 I-REC が発行された国内プロジェクト

発電事業者	発電容量（kW）	電源種類	小売電気事業者	需要家
高知県梼原町	1,200	風力	荏原環境プラント㈱	梼原町、町内企業　等
鳥取県米子市	50	バイオマス（消化ガス）	ローカルエナジー㈱	米子市
葛尾創生電力㈱	1,200	太陽光	葛尾創生電力㈱	葛尾村スマートコミュニティ企業　など

出所）S&P Global community insights, Reckoning with renewables: Appetite for I-RECs grows amid tightening of carbon credit rules, (https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/energy-transition/022822-reckoning-with-renewables-appetite-for-i-recs-grows-amid-tightening-of-carbon-credit-rules)<閲覧日：2022 年 12 月 2 日>
ローカルグッド，ニュースリリース（https://localgood.or.jp/i-rec/）<閲覧日：2022 年 12 月 1 日>
Green Power Hub, International renewable energy certificates-I-REC
（https://www.greenpowerhub.com/i-rec/）<閲覧日：2022 年 12 月 1 日>

4）国内の再生可能エネルギー証書（非化石価値証書）

日本においての再生可能エネルギー証書にあたる非化石価値証書の入札価格は、表 4-58 に示すとおり最低取引価格での約定が続いており、証書の需要が少ない状況が継続している。

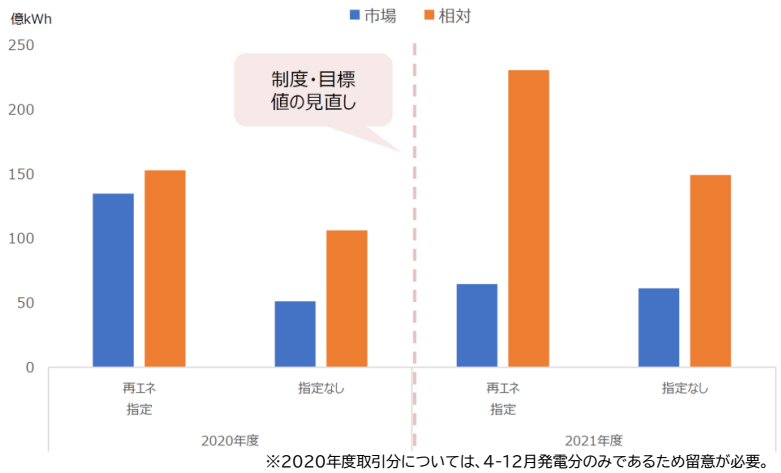
表 4-58 非化石価値証書の入札結果(再掲)

取引回		FIT 証書		非 FIT 証書(再エネ指定)		非 FIT 証書(再エネ指定なし)	
		最低設定価格	約定価格※	最低設定価格	約定価格	最低設定価格	約定価格
2017 年度	第 1 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
2018 年度	第 1 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 2 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 3 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 4 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
2019 年度	第 1 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 2 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 3 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 4 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
2020 年度	第 1 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	-	-	-
	第 2 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	1.2 円/kWh	-	1.1 円/kWh
	第 3 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	1.2 円/kWh	-	1.2 円/kWh
	第 4 回	1.3 円/kWh	1.3 円/kWh	-	0.9 円/kWh	-	1.0 円/kWh
2021 年度	第 1 回	-	-	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.7 円/kWh
	第 2 回	0.3 円/kWh	0.33 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh
	第 3 回	0.3 円/kWh	0.33 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh
	第 4 回	0.3 円/kWh	0.3 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh
2022 年度	第 1 回	0.3 円/kWh	0.3 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh
	第 2 回	0.3 円/kWh	0.3 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh	0.6 円/kWh

※FIT 証書はマルチプライスオークションであるため、約定価格は加重平均値を表している。

出所)JEPX「非化石価値取引市場」http://www.jepx.org/market/nonfossil.html <閲覧日:2022 年 2 月 16 日>
JEPX「非化石価値取引の価格制限について」(2021 年 10 月 28 日)
http://www.jepx.org/outline/pdf/jepx20211028.pdf <閲覧日:2022 年 9 月 5 日>

非 FIT 非化石証書の約定量について図 4-70 に示す。市場および相対取引(内部取引除く)においては、全体の取引量は 20 年度から 21 年度にかけて増加しているが、再エネ指定証書の市場取引量については大幅に減少している。



※2020年度取引分については、4-12月発電分のみであるため留意が必要。

図 4-70 非 FIT 非化石証書の約定量の推移

出所)資源エネルギー庁 第 67 回制度検討作業部会「資料 6 非化石価値取引市場について」(2022 年 6 月 22 日)、p.19

相対取引の場合、図 4-71 のとおり非 FIT 非化石証書の市場取引の最低設定価格（0.6 円/kWh）よりも低い価格で取引されるケースが多く、相対取引を選択する事業者が増えている。

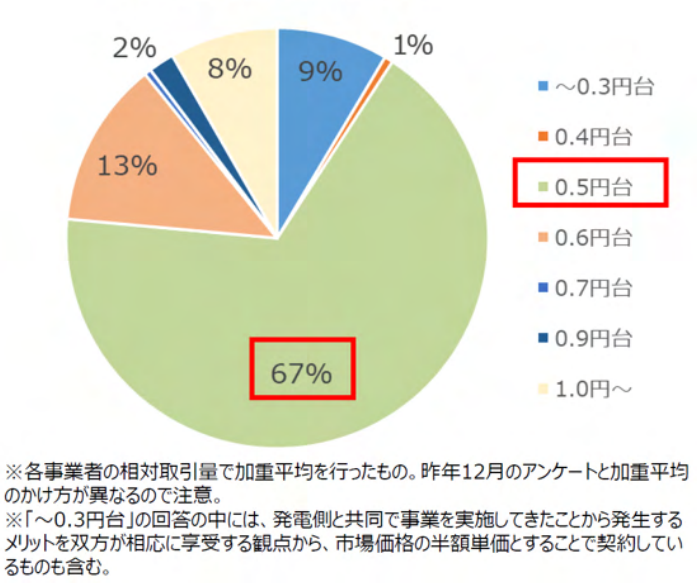


図 4-71 相対取引の価格帯

出所）資源エネルギー庁 第 63 回制度検討作業部会「資料 5 非化石価値取引市場について」（2022 年 3 月 16 日）、p.5

（2）再生可能エネルギー電力調達の動向

国内の需要家が再生可能エネルギー電力を調達する方法としては、図 4-72 に示すとおり、①自家発電、②コーポレート PPA、③小売電気事業者からの購入、④再生可能エネルギー証書の購入、の4つの方法が主に存在する。

選択肢	概要	長所	短所
① 自家発電	自前で発電設備を建設・運転して、発電した電力を自家消費する。 敷地内（オンサイト）、敷地外（オフサイト）、リース契約の形態があり。	• 対外アピール効果が高い。 • 理論上では最も割安。	• 設置場所確保が必要。また導入までの期間を要する。 • 継続的なメンテナンスが必要。 • オフサイト設置時は託送料等が必要。
② コーポレートPPA	発電事業者が設備の施工から運転・保守までを請け負い、発電した電力を敷地内の建物に供給する。 海外では、複数社合同によるコーポレートPPAが行われる事例もある。	• 初期投資が不要。 • 需要家にメンテナンス等の手間がない。 • 長期契約であるため価格変動がない。 • 新規再エネ発電設備の開発に貢献するため、対外アピール効果が高い。	• 工事期間の対応などの負担がある。 • 個別に発電事業者との交渉契約をする必要があるため導入に長期間を要する。 • 長期の電力契約が必要。
③ 小売電気事業者から購入（再エネ電力メニュー）	小売電気事業者が提供する再生可能エネルギー100%の電力メニューにより電気を購入する。	• 購入契約のみで調達可能なため、取引に係る手間（コスト）が相対的に少ない。 • 小口でも調達可能であり、大口向けの、個別のプランもあり。	• 拠点が複数地域にまたがる場合は拠点ごとの検討が必要。 • 契約電力会社の再エネ調達力に依存するため、将来の調達リスクがある。
④ 再エネ証書の購入	証書化された環境価値を購入して、CO_2 排出量を相殺する（グリーンエネルギー証書、非化石証書、J-クレジット等）。	• 複数拠点における電力再エネ化を一括して実行可能。 • 電力購入先の切り替えなしに再エネ証書の調達可能。 • 長期契約が不要であり、市況に応じて購入判断が可能。	• 気候変動対策としての評価は①や②に比べて相対的に低い。

図 4-72 国内で再生可能エネルギー電力を調達する方法

出所）各種資料より三菱総合研究所が作成

再生可能エネルギーの国際的イニシアチブである RE100 に加盟している企業の調達手法においては、図 4-73 のグラフに示すとおりの割合推移となっている。割合としては、再生可能エネルギー証書が最も大きいが、推移を見ると近年 PPA の利用が拡大している。

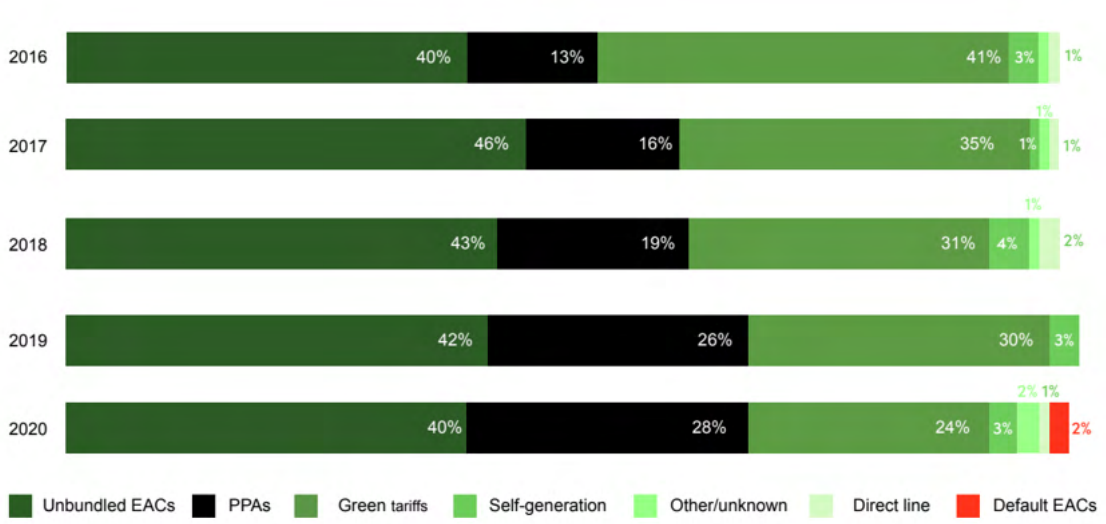


図 4-73 世界の RE100加盟企業の再生可能エネルギー電力調達手法別割合の推移(2016-2020)
主所)RE100 CLIMATE GROUP/CDP, RE100 annual disclosure report 2021 , p.15, 2022 年 1 月

また、RE100 では、2022 年 10 月に再生可能エネルギーの追加性を重視した形で技術要件の改定が行われた。表 4-59 に示すように、新設設備からの長期契約以外は「運転開始から 15 年以内の再生可能エネルギー設備からの電力調達」という要件が追加されている。

表 4-59 RE100 技術要件改定

調達タイプ	運転開始から15年以内の制限*	日本国内の調達方法
1 自家発電	制限なし	自家発電 (自家消費、自己託送)
2.1 フィジカルPPA	オンサイト、オフサイト(自営線経由)は制限なし	オンサイトPPA
	オフサイト(送配電網経由)で新設の発電設備を対象にした長期契約**は制限なし(契約更新後も制限なし)	フィジカルPPA
2.2 フィナンシャルPPA (バーチャルPPA)	新設の発電設備を対象にした長期契約は制限なし(契約更新後も制限なし)	バーチャルPPA (差金決済取引あり)
3.1 発電設備特定供給	新設の発電設備を対象にした長期契約は制限なし(契約更新後も制限なし)	小売メニュー (新設の発電設備による非FIT非化石証書とセット)
3.2 小売供給	制限あり	小売メニュー (トラッキング付非化石証書とセット)
4 エネルギー属性証書	制限あり 新設の発電設備を対象にした長期契約は制限なし(契約更新後も制限なし)	トラッキング付FIT非化石証書 グリーン電力証書 J-クレジット(再エネ発電) バーチャルPPA (差金決済取引なし)
5.1 標準供給電力 (証書を償却)	制限なし	該当なし
5.2 標準供給電力 (自然エネルギー95%以上)	制限なし	該当せず

*運転開始日はRE100に報告する対象年の1月1日を起点に計算。2024年の報告においては、2009年1月1日以降に運転を開始した発電設備が15年以内に該当。

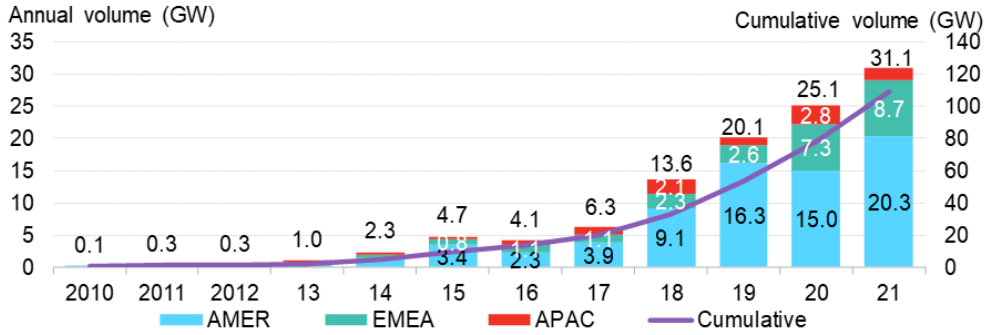
**長期契約の具体的な年数は規定しない。発電設備の運転開始時に契約した購入者だけが運転開始から15年を超えることが可能(契約更新後を含めて)。別の購入者に契約を変更した場合には、15年以内の制限の対象になる。

出所)自然エネルギー財団, 自然エネルギーの電力は新設か運転開始 15 年以内に
(https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20221026.php)
<閲覧日:2022 年12 月 2 日>

追加性の観点も踏まえると、PPA は今後世界的により一層の拡大が期待される。この点も踏まえ、今回の調査では PPA を中心に世界と国内の動向・事例について整理を行った。

1） 世界における PPA の導入量推移

Bloomberg NFE の調査によると、図 4-74 に示すとおり、2021 年に PPA を通じた再生可能エネルギー取引量は、過去最高の 31.1GW を記録し、前年の 25.1GW から約 24%増加した。そのうち 3 分の 2 以上は米国で発生したもので、Amazon や Microsoft を始めとする大手テクノロジー企業が需要を支えている。

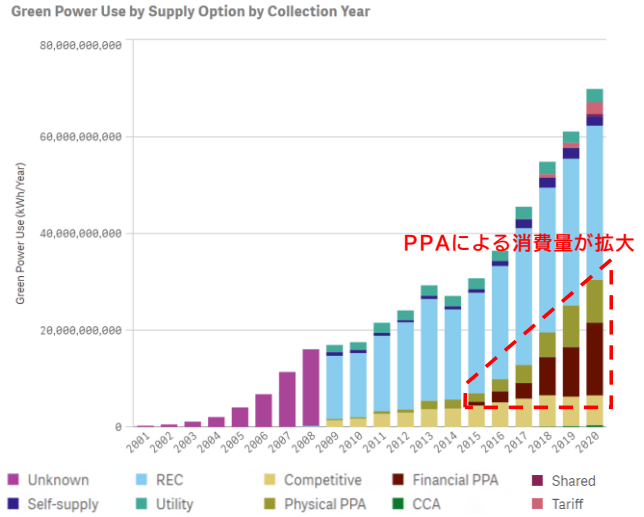


Source: BloombergNEF. Note: Onsite PPAs excluded. APAC volume is an estimate. Pre-reform PPAs in Mexico and sleeved PPAs in Australia are excluded. Capacity is in MW DC.

図 4-74 世界のコーポレート PPA を通じた再生可能エネルギー取引量の推移（2010-2021 年）

出所）Bloomberg NFE, Corporate Clean Energy Buying Tops 30GW Mark in Record Year, 2022 年 1 月 31 日（https://about.bnef.com/blog/corporate-clean-energy-buying-tops-30gw-mark-in-record-year/）
<閲覧日：2022 年 9 月 30 日>

PPA による取引量拡大が目覚ましい米国では、図 4-75 に示すように様々な手法による再生可能エネルギーの調達が行われている。米国内で見ても PPA による再生可能エネルギー消費量は拡大傾向にあり、その中でも近年バーチャル PPA がフィジカル PPA の消費量を上回る状況となっている。



凡例

- REC = グリーン電力証書の販売〔1位〕
- Competitive = 競争的グリーン電力商品※1
- Financial PPA = financial power purchase agreement※2〔2位〕
- Shared = 共有型再生可能エネルギー※3
- Self-supply = 自家発電
- Utility = 電力会社のグリーン電力商品※4
- Physical PPA = physical power purchase agreement※5〔3位〕
- CCA = community choice aggregation※6
- Tariff = グリーンタリフ※7

※1：電力小売市場において、顧客がデフォルトの電力会社ではない再エネ電力供給者から電気とRECをセットで調達できる商品（顧客はデフォルトの電気料金に加えて再エネの割増料金（/kWh）を電力会社に支払い、電力会社はそれを再エネ電力供給者に渡す仕組み）
※2：バーチャルPPAともいい、発電事業者と企業は環境価値（証書）のみを直接取引し、電力売買、購入については別々に実施するPPAのこと。
※3：複数の顧客が自宅や会社から離れた場所にある共有型再エネ電力システムの一部を購入、リース、または契約することができる調達モデル（コミュニティーソーラー等）
※4：顧客のデフォルトの電力供給会社によって提供されるオプションの再エネ電力商品で、RECと電力がセットになった商品
※5：電気を使用したい企業が発電事業者と直接、長期で電力契約を結ぶこと。
※6：地方自治体（市、郡等）が非営利の事業体（CCA）を設立し、地域内の家庭部門・業務部門の電力需要家を束ねて、代表して再エネ電力を調達する枠組み。
※7：企業に代わって電力会社が発電事業者とPPAを締結し、電力会社が各企業に再エネ電力を販売する仕組み。

図 4-75 米国の再生エネルギー消費量における調達方法別割合（環境保護庁（EPA）データ）

出所）EPA “Program Data Viewer”（https://www.epa.gov/greenpower/program-data-viewer）
<閲覧日：2022 年 10 月 5 日>に、三菱総合研究所にて赤枠・文字追記

バーチャル(Financial)PPA とは、欧米で普及している調達手法である。従来のフィジカル PPA と異なり、電力と再生可能エネルギー属性を別々に調達・販売する契約となる。

図 4-76 に示すとおり、発電事業者は再生可能エネルギーで発電した電力は卸電力市場に販売し、再生可能エネルギー証書のみ企業需要家に引き渡す。企業需要家は証書を発電事業者から受け取り、電力は小売事業者から調達する仕組みである。契約は基本的に一部固定価格で、電力の市場価格変動分を企業需要家が支払い、価格の変動リスクを負う形となる。

バーチャル PPA は、フィジカル PPA と異なり発電設備から消費施設へ物理的に送電する必要がないため、発電設備の設置場所を柔軟に選ぶことが可能である。その際に、自然エネルギーが豊富で発電コストの低い地域を選ぶこともできるため、需要家にとって電力のコストを長期に抑えられるメリットがある。

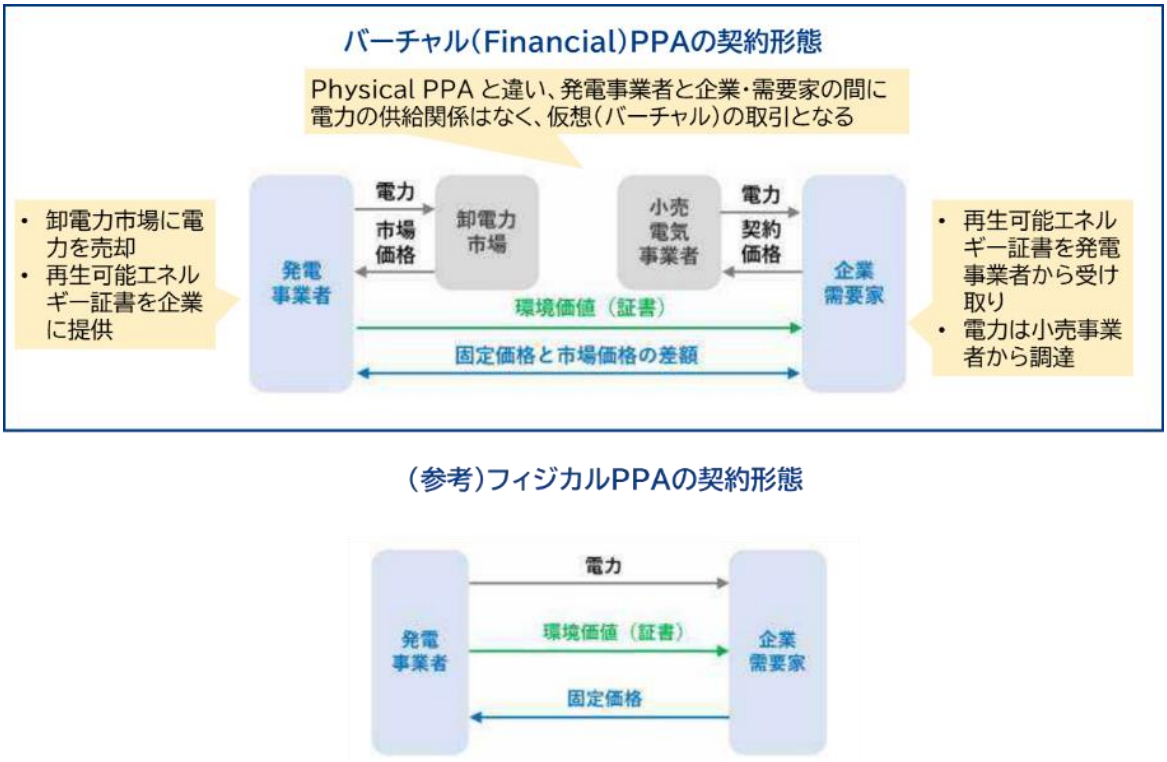


図 4-76 バーチャル PPA(Financial PPA)

出所)自然エネルギー財団,コーポレート PPA 実践ガイドブック, p.11-14, 2020 年 9 月を基に、三菱総合研究所で吹き出し等追記

2) 世界における PPA の価格動向

米国エネルギー省のレポートによると、米国では PPA 価格は太陽光・風力とも低下傾向にある。図 4-77 に示すとおり、近年では税優遇の措置に支えられ、風力・太陽光ともガス火力発電のコスト予測と同レベルの水準まで下落している。

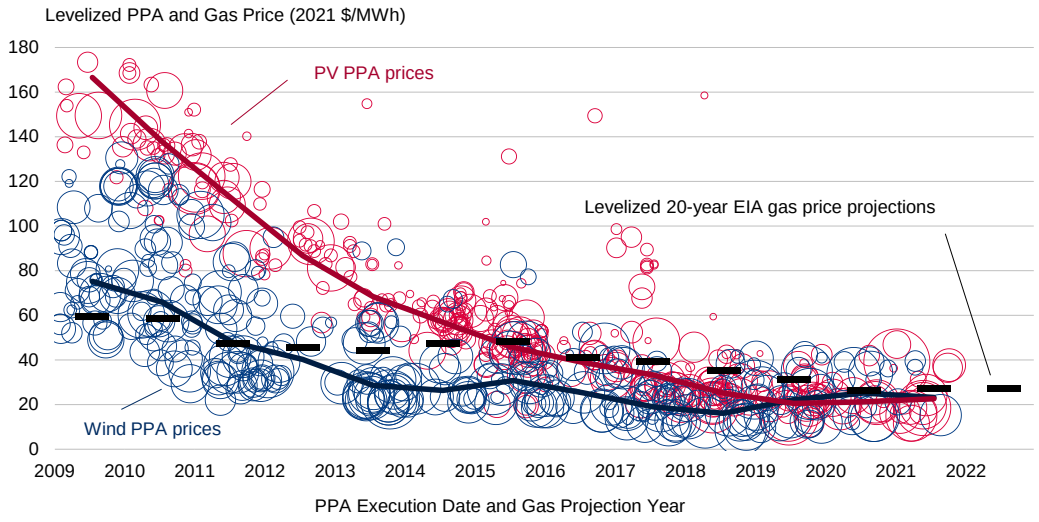


図 4-77 米国の PPA 価格(太陽光・風力)とガス火力発電のコスト[31]予測の比較グラフ

出所)米国エネルギー省, Land-Based Wind Market Report: 2022 Edition, p.61, 2022 年 8 月

一方、Bloomberg NFE の欧州企業 PPA 価格調査によると、欧州全域の PPA 価格は、2021 年上半期から平均で 7.2%上昇し、2020 年上半期からは 13.5%上昇している。コロナ危機とウクライナ侵攻による欧州市場の混乱により、天然ガス価格と炭素価格が上昇したことが、主な原因であると考えられている。

図 4-78 に示す、スイスの PPA ソリューション企業 PEXAPARK の PexaQuote からも、欧州の PPA 価格は急激に上昇していることが読み取ることができる。

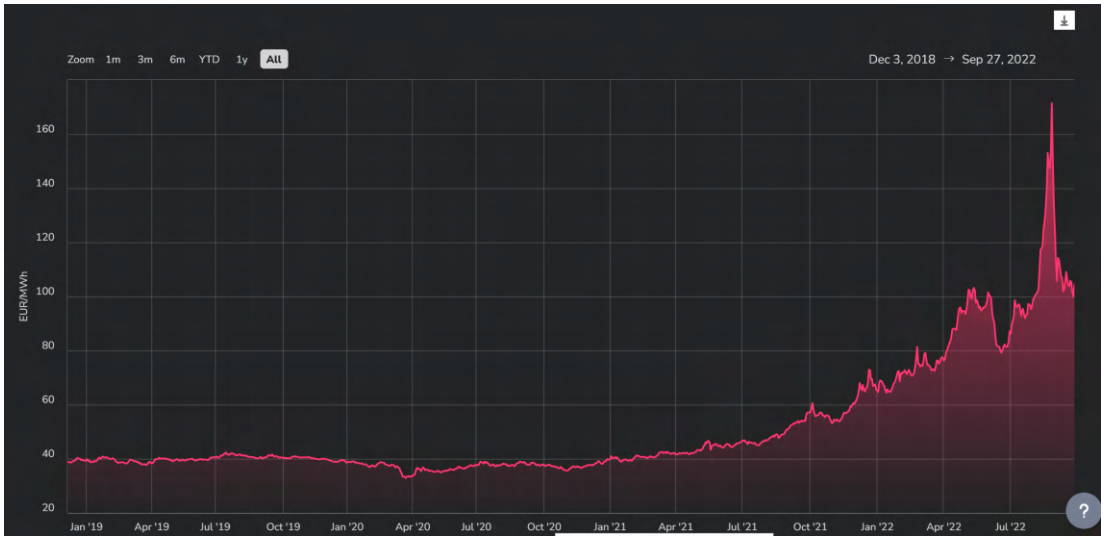


図 4-78 2019/1～2022/7 の PPA 価格推移(太陽光・風力合算)

出所)Bloomberg NFE, Wind and Solar Corporate PPA Prices Rise Up To 16.7% Across Europe, 2022 年 4 月 28 日, (https://about.bnef.com/blog/wind-and-solar-corporate-ppa-prices-rise-up-to-16-7-across-europe/), <閲覧日:2022 年 9 月 30 日>
PIXAPARK, PexaQuote, Market price(https://quote.pexapark.com/#/market-view/ppa-index/1), <閲覧日:2022 年 10 月 5 日>
PEXAPARK, European PPA Market Outlook 2022, 2022 年 2 月, p.20

[31] ガス火力発電における燃料コストを、1MWh あたり 750 万 MMBtu の想定熱量で天然ガスから電力に換算し、電力コストに変換

PEXAPARK は、独自の再生可能エネルギー取引価格水準のトラッキング手法や予測モデルを用いて、欧州における各プロジェクトの PPA 価格を予測している。2022 年のレポートによると、この急激な価格上昇は、コロナによるロックダウンからの予想以上に早い景気回復、燃料価格の高騰、地政学的な不確実性が重なり発生したと考えられている。

3）国内の PPA の動向

富士経済によると、図 4-79 に示すように、日本における太陽光の第三者所有モデル（PPA・リース）は、拡大傾向にある。全体に占める割合としては、オンサイト PPA が先行しており、2021 年度時点では PPA 市場の容量ベースの 9 割を占めている。一方、オフサイト PPA についても近年拡大傾向である。中長期的に市場の成長は続き、2035 年度には 2021 年度から 10 倍以上となる 14GW 規模まで拡大する見通しである。

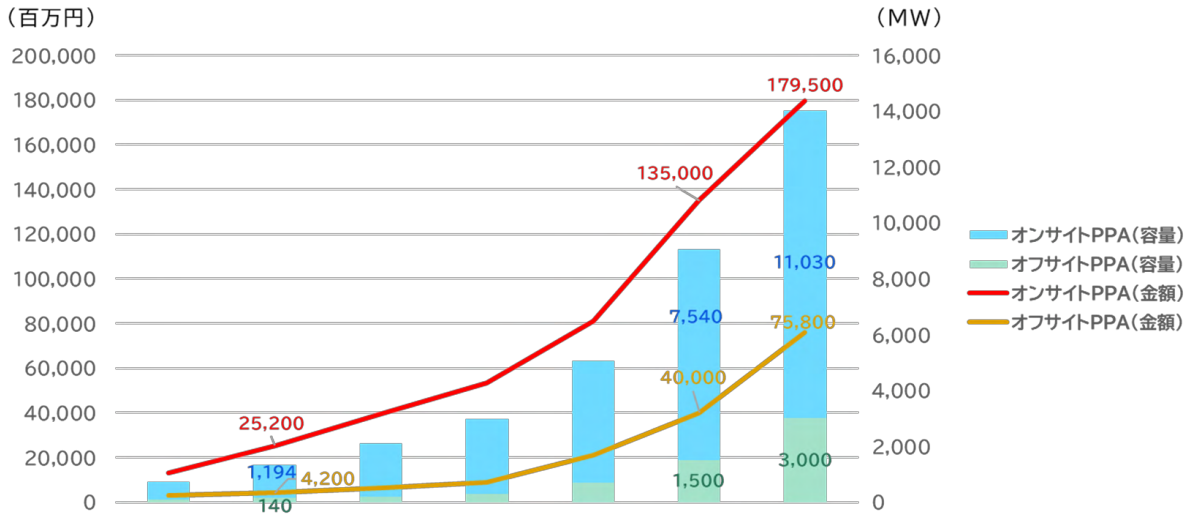


図 4-79 日本における太陽光の第三者所有モデル（PPA・リース）の市場規模・導入量推移(2020-2035 年)

出所）富士経済，再生可能エネルギー発電システム・サービス市場/参入企業実態調査 2022，個別システム・サービス市場編，5-5. 第三者所有モデル（PPA、リース），p.125，2022 年 10 月を基に、三菱総合研究所にてグラフ作成

表 4-60 に示すとおり、直近では、太陽光発電の PPA を活用すると、通常の電気料金よりも安くなる傾向にある。まず、オンサイト PPA では託送料や再生可能エネルギー発電促進賦課金（再エネ賦課金）が不要であるため、需要家のコストは大幅に低くなる。また、2022 年に入り、通常の電気料金が燃料費調整の影響を受け高騰していることもあり、高圧のオフサイト PPA においては通常の電気料金よりも少し低い水準、特別高圧においては同水準となっている。

表 4-60 日本における PPA(太陽光)の需要家コスト[32]

(kWhあたり)	オンサイトPPA	オフサイトPPA (高圧)	オフサイトPPA (特別高圧)	通常の電気料金 (高圧)	通常の電気料金 (特別高圧)
発電コスト	9~11円	10~12円	10~12円	14.5円 (燃料費調整額を含む)	13円 (燃料費調整額を含む)
小売コスト	–	1~2円	1~2円		
託送料 (送配電コスト)	–	4円	2円	4円	2円
再エネ賦課金	–	3.36円	3.36円	3.36円	3.36円
合計 (需要家コスト)	9~11円	18.5円~21.5円	16.5~19.5円	22円	18.5円

出所)自然エネルギー財団,コーポレート PPA 日本の最新動向, p.16-22, 2022 年 8 月を基に三菱総合研究所が作成

4) 国内の PPA の事例

エフビットコミュニケーションズ株式会社では、図 4-80 に示すスキームによりオンサイト PPA を手掛けている。需要家の建物に同社が太陽光パネルを設置し、需要家は設備の設置や保守費用を負担しない代わりに、消費量に応じたサービス料を支払う仕組みである。

また、同社は、需要家が消費できない余剰電力を無償で買い取り、再生可能エネルギー属性付きの電力として自社の小売事業で活用、もしくは他拠点に供給するビジネスモデルも構築している。

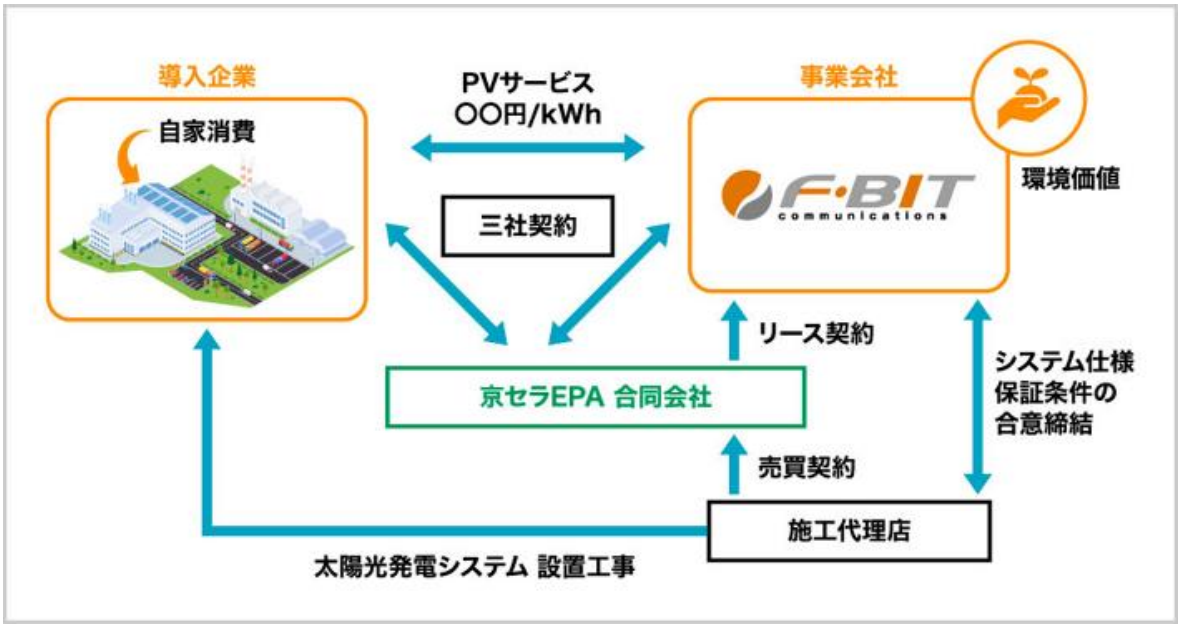


図 4-80 国内オンサイト PPA の事例

出所)エフビットコミュニケーションズ株式会社, エフビットコミュニケーションズ株式会社公式 HP PPA モデル (https://www.fbit.co.jp/ppa/) <閲覧日:2022 年 10 月 4 日>
PV eye WEB,エフビット、余剰電力活用型 オンサイト PPA 開始 2021 年 10 月号 (https://www.pveye.jp/eye_sight/view/939/) <閲覧日:2022 年 10 月 4 日>

[32] 表中のコストは再エネ賦課金(全国一律)を除いて概算値。通常の電気料金は 2022 年 4 月時点の全国平均値。

NTT グループでは、図 4-81 に示すとおりオフサイト PPA の取り組みとして、遠隔地の2か所に専用のオフサイト太陽光発電所を設置し、セブンーイレブンの各店舗で消費する電力について、送電網を介して供給するシステムを構築している。オフサイト発電所だけでは不足する電力については、NTT グループが所有するグリーン電力発電所からのトラッキング付非化石証書を付与することにより、100％再生可能エネルギーによる電力調達を可能としている。

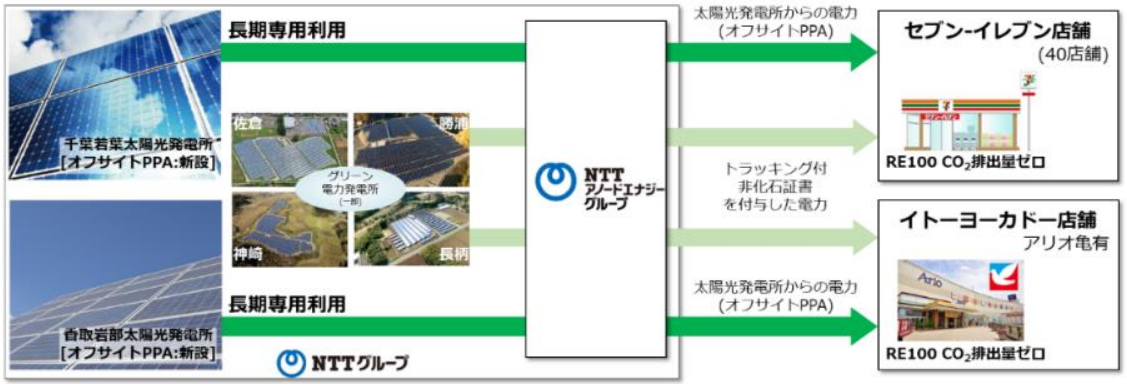


図 4-81 オフサイト PPA のスキーム図(NTT グループ)

出所)NTT グループ，ニュースリリース，(https://group.ntt/jp/newsrelease/2021/03/31/210331a.html)
＜閲覧日:2022 年 10 月 4 日＞

欧米で普及しているバーチャル PPA については、国内においても検討が始まっている。経済産業省は、国内でバーチャル PPA を実現するための課題を整理し、必要な制度変更を急ぐ方針である。新設の非 FIT 再生可能エネルギー電源からの電気をコーポレート PPA で取引した場合、再生可能エネルギー発電事業者と需要家の間で「非 FIT 非化石証書」の直接取引を認める案を検討している。直接取引を認める電源の対象としては、様々な産業界の需要家にヒアリングを行った結果、卒 FIT 案件や新設の非 FIT 再生可能エネルギー電源が認められる方向となった。FIP 電源については、今後の需要家ニーズを踏まえた上で、必要に応じて検討することとなっている[33]。

こうした流れを受け、国内でもバーチャル PPA を締結する動きが出始めている。2022 年 6 月、村田製作所は三菱商事からバーチャル PPA スキームにより、追加性のある再生可能エネルギー由来電力を調達すると発表した。図 4-82 のように再生可能エネルギー属性のやり取りは非 FIT 非化石証書を直接取引する形を検討している。三菱商事が運営する新規の太陽光発電所から再生可能エネルギー由来電力を調達する想定であり、両社は、太陽光発電設備の規模は 2025 年度中に約 7 万 kW を調達することで合意している。将来的には約 3 億 kWh 分の再生可能エネルギー由来の電力調達に拡大することをともに目指している。

[33] 経済産業省，電力･ガス基本政策小委員会制度検討作業部会，第七次中間とりまとめ，2022 年 7 月，p.29



図 4-82 村田製作所と三菱商事のバーチャル PPA 契約形態

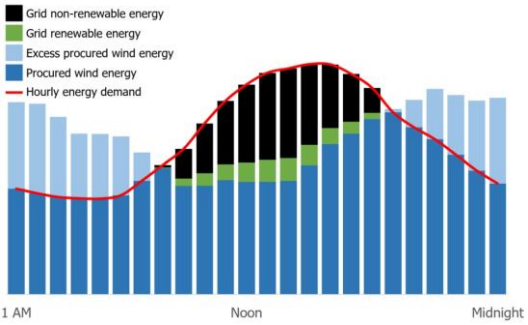
出所）村田製作所，ニュースルーム，カーボンニュートラル社会の実現に向けた協業の枠組みに合意～日本最大級のバーチャル PPA を活用した再生可能エネルギー由来の電力調達に関する検討を開始～，2022 年 6 月 24 日（https://corporate.murata.com/ja-jp/newsroom/news/company/csrtopic/2022/0624）<閲覧日：2023/2/27>

（3）先進的なビジネスモデル

1）PPA アグリゲーション

近年、企業の再生可能エネルギーの調達量が、時間単位で見ると需要量と適合していないことが課題として認識され始めている。図 4-83 のカリフォルニア大学の研究からは、企業が PPA 等により再生可能エネルギーを調達したとしても、需要量が発電量を上回る時間帯においては再生可能エネルギー由来ではない電力を含んだ系統電力を調達しなくてはならない場合が多い、という分析結果が出ている。

米国の脱炭素技術に関する調査・コンサルティングを提供している Cleantech Group によると、欧米では、こうしたミスマッチを解決できる可能性のある、PPA アグリゲーションプラットフォームを提供するイノベーター企業が出現している。[34]



- 再生可能エネルギー(風力発電)とビルの需要量の1時間ごとのマッチングをグラフ化したもの。
- 風力発電の発電量は合計では100%マッチングしているが、時間当たりでは80%しかマッチングしていない

図 4-83 カリフォルニア大学の研究による時間単位の再生可能エネルギー出力と需要量の関係

出所）Gregory Miller, University of California, Beyond 100% renewable: Policy and practical pathways to 24/7 renewable energy procurement, 2020 年 3 月

[34] Cleantech Group, CLEANTECH INSIGHTS, ENABLING TECHNOLOGIES, ENERGY & POWER, RENEWABLE ENERGY SOURCES, 2020/4/22 記事：Corporate Renewable Energy Procurement: Traceability and Energy Provenance, (https://www.cleantech.com/corporate-renewable-energy-procurement-traceability-and-energy-provenance/) <閲覧日 2022/11/24>

a. LevelTen Energy

米国を拠点とするLevelTen Energyは、PPAにおける買い手・売り手を対象としたアグリゲーションプラットフォームを提供しており、日々のエネルギー負荷と再生可能エネルギー調達量を適合させたい顧客を対象に、ダイナミック・マッチングという商品を提供している。[35]ダイナミック・マッチングとは、各顧客の時間的・場所的データを利用して、その負荷プロファイルに適合する PPA プロジェクトのポートフォリオを作成するものである。

図 4-84 に示すように、LevelTen Energy では、北米全土で開発中の再生可能エネルギープロジェクトに関する 800 万を超えるデータポイントを継続的に処理・分析を行い、プロジェクトと市況に関する最新情報を顧客に提供している。再生可能エネルギーの買い手に対しては、Level Ten Energy 独自のダイナミックマッチングエンジンがこれらの情報を分析し、買い手の目標を達成する PPA プロジェクトやポートフォリオを推奨する仕組みとなっている。買い手が取引を行うプロジェクトを選択する段階で、LevelTen Energy のアドバイザーによるアドバイスも実施している。[36]

米国のスターバックスはこのダイナミック・マッチングの仕組みを活用し、3 つの異なる再生可能エネルギープロジェクトと PPA 契約を締結した。各プロジェクトそれぞれの発電電力の一部が、スターバックスのエネルギー負荷に最適な形で組み合わされている。[37]

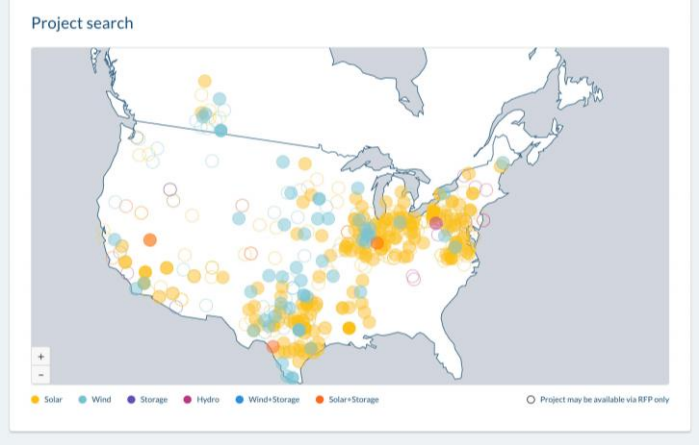


図 4-84 プラットフォーム上でアプローチできるプロジェクト

出所)LevelTen Energy, A Better Way to PPA, (https://www.leveltenenergy.com/solutions/energy-buyers), <閲覧日 2022/11/24>

[35] Cleantech Group, CLEANTECH INSIGHTS, ENABLING TECHNOLOGIES, ENERGY & POWER, RENEWABLE ENERGY SOURCES, 2020/4/22 記事:Corporate Renewable Energy Procurement: Traceability and Energy Provenance, (https://www.cleantech.com/corporate-renewable-energy-procurement-traceability-and-energy-provenance/) <閲覧日 2022/11/24>

[36] Level Ten Energy, Press Release: LevelTen Energy 's Dynamic Matching Engine Opens Renewable Energy Market to Hundreds of New Corporate Buyers, (https://www.leveltenenergy.com/post/press-release-levelten-energys-dynamic-matching-engine-opens-renewable-energy-market-to-hundreds-of-new-corporate-buyers), <閲覧日 2022/11/24>

[37] CISION PRWeb, NEWS CENTER, 2019/6/5 記事:LevelTen Energy's Dynamic Matching Engine Enables Starbucks to Close on a Groundbreaking Three-Project Renewable Energy Portfolio, (http://www.prweb.com/releases/levelten_energys_dynamic_matching_engine_enables_starbucks_to_close_on_a_groundbreaking_three_project_renewable_energy_portfolio/prweb16358133.htm), <閲覧日 2022/11/24>

b. Zeigo

PPA アグリゲーションプラットフォームを提供している企業として、Cleantech Group は英国の Zeigo についても例として挙げている。図 4-85 に示すように、再生可能エネルギー資産を集約し、複数の顧客や顧客グループに対して PPA 契約を提供するプラットフォームである。現時点で LevelTen Energy のダイナミック・マッチングのようなエネルギー負荷と再生可能エネルギー調達量を適合させるソリューションは提供していないが、AI を使用した複数の購入者間の自動マッチングプロセスが注目されている。

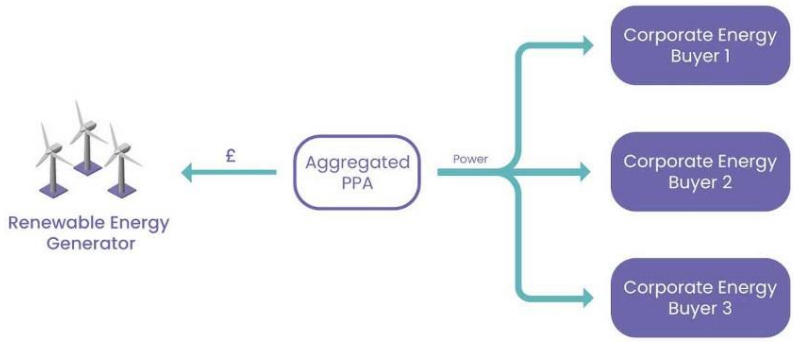


図 4-85 Zeigo のプラットフォームの仕組み

出所）Cleantech Group, Renewable Energy Aggregation – Hacking PPAs, (https://www.cleantech.com/renewable-energy-aggregation-hacking-ppas/), <閲覧日 2022/11/24>

このプラットフォームでは、購入者の消費プロファイル、経営目的や理念、調達ニーズに基づいて AI による複数の購入者間の自動マッチングを行い、購入者コンソーシアムへの参加・立ち上げを行うことが可能となっている。また、1 つのリード企業が顧客またはパートナー企業をサポートする「扇動者（instigator）」グループを立ち上げることが可能となっており、スコープ 3 排出量の削減に焦点を当てている企業にとっては、サプライチェーンパートナーに PPA 契約の締結を強制することなく、サプライチェーンパートナーの再生可能エネルギー調達を実現させることができる。

プラットフォームを活用する主なメリットとして、表 4-61 に示すように、契約時間・手間の削減や、売り手・買い手双方のリスク分散が挙げられる。また、コンソーシアムとして単一もしくは複数の再生可能エネルギープロジェクトを購入することで、中小企業でも大規模な一括購入に伴う交渉、コスト、価格の優位性を得ることが可能となる。

表 4-61 Zeigo のプラットフォームの主なメリット

メリット	メリット詳細
契約時間・手間の削減	システムにより信用に値するステークホルダーを自動で特定することができるため、迅速な調達・離脱が可能。
小規模からPPA調達が可能	容易に購入者コンソーシアムを立ち上げられるため、従来は困難であった小規模の需要家もPPA調達に参加が可能。
発電資産のリスク分散が可能	企業は、単一の発電資産にリスクヘッジするのではなく、様々な資産にリスクを分散させることができる。
発電事業者のリスク低減が可能	契約先の企業が倒産した場合に契約が0にならない。(5社と契約し1社倒産しても、80%の契約は残る)

出所)Zeigo, Education, 2021 年 9 月 5 日投稿:Partner power: How aggregated PPAs create clean energy options for SMEs, (https://zeigo.com/blog/aggregated-power-purchase-agreements-ppa/), <閲覧日 2022/11/24>

2) 再生可能エネルギーマッチングプラットフォーム

a. LevelTen Energy

米国の LevelTen Energy が提供する世界最大級の PPA 締結プラットフォームの概要を表 4-62、図 4-86 に示す。プラットフォームでは主に発電事業者と需要家企業のマッチング成立までを中心に支援しており、その上で参考となる市場レポート機能・分析機能が充実している。また、マッチングが成立し、発電事業者と需要家企業との間で契約が締結された後のサービスとして、再生可能エネルギー証書や支払い等を管理する機能や、PPA ポートフォリオの改善を提案する機能等も提供している。

表 4-62 LevelTen Energy によるプラットフォームの概要

運営主体		● LevelTen Energy(本社拠点:米国)
運営開始時期		● 2018年
対象国・エリア		● 欧州・米国
対象電源種		● 太陽光、風力、水力、蓄電池
主なマッチング成立の流れ		● 需要家が登録されている再エネ発電事業者に対して立地等の希望条件を含む見積依頼を提示。 ● 再エネ発電事業者がこれに応じ、条件が合えばマッチングが成立。
提供価値・機能	再エネ発電事業者向け	● ~マッチング成立:リアルタイム市場データの提供、四半期ごとの市場レポートの提供、需要家側からの見積依頼受付・見積依頼に対する提案の実施機能の提供、オークション形式での発電所売買機能の提供 ● 契約締結:- ● 契約締結後~:-
	需要家企業向け	● ~マッチング成立:条件に基づいたPPAの検索機能の提供、CO_2削減量の可視化、市場データに基づいたリスク管理機能の提供、見積依頼の自動化、四半期ごとの市場レポートの提供 ● 契約締結:- ● 契約締結後~:再エネ証書の発行状況やキャッシュフロー管理機能の提供、支払価格の自動計算、リスクマネジメントの提案
ビジネスモデル		● 契約成立時に手数料を徴収。主に発電事業者が負担するが、需要家側に支払いが生じることもある。
活用状況		● PPAオファー件数:4,000件以上、PPA成立件数:1,200件以上、登録再エネ発電事業者数:600社以上
その他特記事項(特徴、背景情報等)		● 米国を拠点にする世界最大級のPPAプラットフォームの一つであり、登録している再エネ発電事業者は米国PPA市場の92%、欧州PPA市場の60%以上を網羅。

出所)LevelTen Energy ウェブサイト<https://www.leveltenenergy.com/platform/energy-marketplace>(閲覧日:2022 年 10 月 7 日)より作成

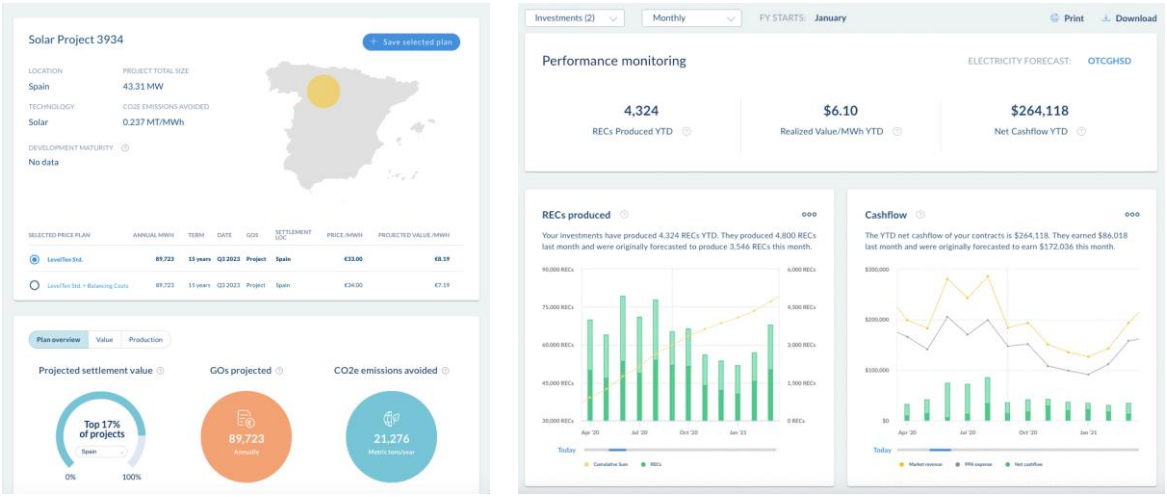


図 4-86 LevelTen Energy によるプラットフォームのインターフェイス(例)

出所)LevelTen Energy ウェブサイト<https://www.leveltenenergy.com/platform/energy-marketplace>
<https://www.leveltenenergy.com/solutions/energy-buyers>,(閲覧日:2022 年10月 7 日)

b. BRC-A

オーストラリアの政府機関や州政府が出資する豪州企業である BRC-A が提供しているマッチングプラットフォームの概要を表 4-63 に示す。プラットフォーム上では登録会員同士のマッチングが可能となっており、図 4-87 に示すとおり約 80 件のプロジェクトが登録されている。プラットフォームとしての機能はマッチングに限定され、契約締結や契約締結後の運用に関するサービスは含まれないが、図 4-88 に示すとおり、会員企業に対して PPA 締結に関するガイド、ロードマップ等のオンラインツールの提供やワークショップ開催も実施している。

表 4-63 BRC-A によるプラットフォームの概要

運営主体		● Business Renewable Centre Australia (BRC-A)
運営開始時期		● 2018年
対象国・エリア		● オーストラリア
対象電源種		● 太陽光・風力
マッチング成立の流れ		● 需要家が登録されている再エネ発電事業者にコンタクトし、個別交渉の上でマッチング成立。
提供価値・機能	再エネ発電事業者向け	● ～マッチング成立:PPAプロジェクトを需要家に公開する機能の提供 ● 契約締結:－ ● 契約締結後～:－
	需要家側事業者向け	● ～マッチング成立:条件をもとに登録されているPPAプロジェクトを検索し、再エネ発電事業者にコンタクトを取れる機能の提供 ● 契約締結:－ ● 契約締結後～:－
ビジネスモデル		● 無料(会員のみ利用可能)
活用状況		● プロジェクト件数:80件、登録再エネ発電事業者:32社
その他特記事項(特徴、背景情報等)		● PPAの推進を目的に、豪州再生可能エネルギー機構(ARENA)、ビクトリア州、ニューサウスウェールズ州が出資して設立。

出所)Business Renewable Centre Australia ウェブサイト
<https://businessrenewables.org.au/brc-a-marketplace/>
<https://businessrenewables.org.au/buyers-roadmap/>(閲覧日:2022 年 10 月 7 日)より作成

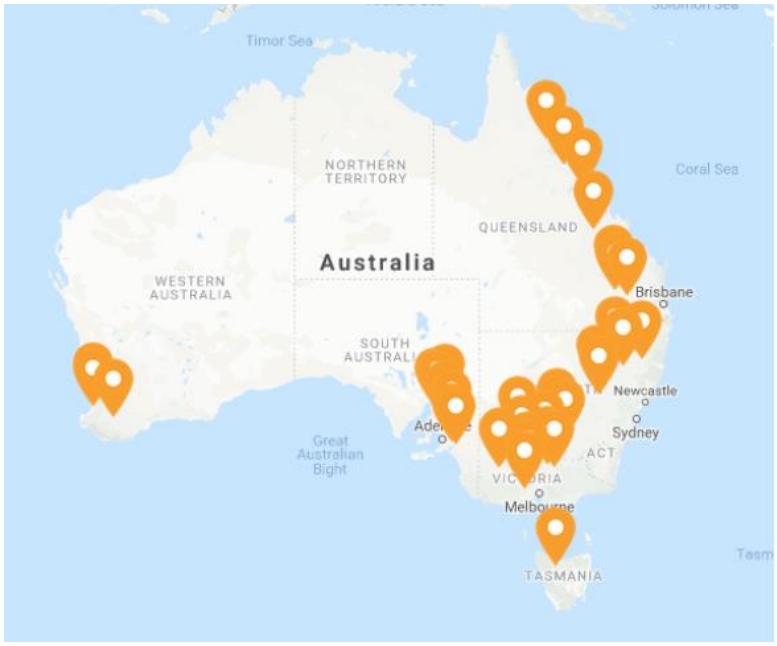


図 4-87 BRC-A のプラットフォームに登録されているプロジェクト

出所)Business Renewable Centre Australia ウェブサイト
<https://businessrenewables.org.au/brc-a-marketplace/>(閲覧日:2022 年 10 月 7 日)

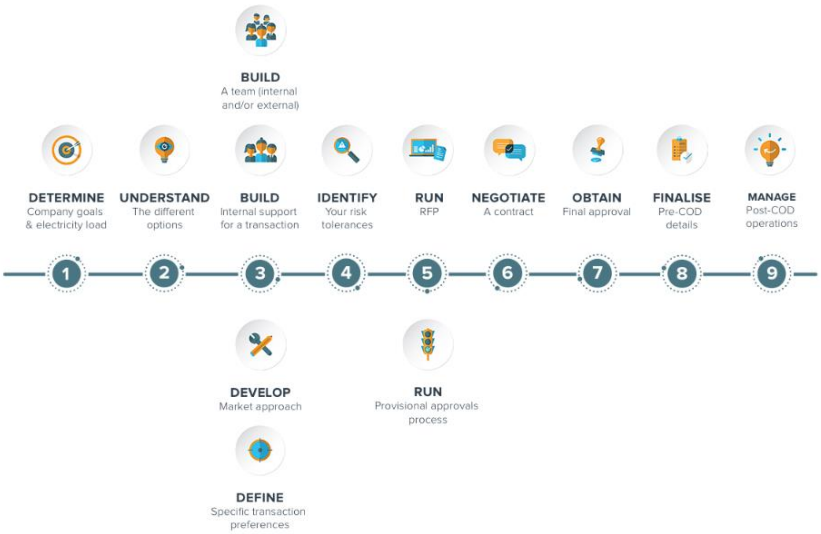


図 4-88 BRC-A が需要家企業向けに作成した PPA 締結プロセスに関するガイド

出所)Business Renewable Centre Australia ウェブサイト
<https://businessrenewables.org.au/buyers-roadmap/>(閲覧日:2022 年 10 月 7 日)

c. NeuerEnergy

英国の NeuerEnergy が提供している、需要家企業の再生可能エネルギー調達を支援するプラットフォームの概要を表 4-64、図 4-89、図 4-90 に示す。プラットフォームではマッチング成立から契約締結、運用までを一貫して支援している。契約締結手続きも自動化されており、各国の法律等とのコンプライアンスチェックなどにも対応している。また、再生可能エネルギー調達の前段階として、需要家企業の現状分析や CO_2 排出削減目標・計画策定を支援する機能等、当該企業のネットゼロ達成に向けた一連の流れを包括的に支援する機能も提供しており、需要家企業は使用したい機能のみを契約可能となっている。

表 4-64 NeuerEnergy によるプラットフォームの概要

運営主体		● NeuerEnergy(本社拠点:英国)
運営開始時期		● 2019年
対象国・エリア		● 欧州・米国
対象電源種		● 太陽光、風力など
主なマッチング成立の流れ		● 発電事業者が提示する入札プロジェクトに需要家が応札(複数の中小需要家が合同で実施することも可能)。 ● 複数の入札ラウンドを経て、条件が合った発電事業者と需要家のマッチング成立(リバースオークション形式)。
提供価値・機能	再エネ発電事業者向け	● ～マッチング成立:市場価格動向を踏まえたリスク分析、リバースオークション形式の入札実施機能の提供 ● 契約締結:各国の法律・制度情報とのコンプライアンスチェック、PPA契約締結処理の一括管理 ● 契約締結後～:AIによる発電設備管理
	需要家企業向け	● ～マッチング成立:シナリオ分析・CO_2削減目標・計画(ロードマップ)の策定支援、リアルタイム発電データ・天候データ・市場動向データ・再エネ証書データやリスク分析機能の提供、入札プロジェクトへの応札実施機能の提供 ● 契約締結:各国の法律・制度情報とのコンプライアンスチェック、PPA契約締結処理の一括管理 ● 契約締結後～:CO_2削減量・削減コスト・再エネ発電状況等のモニタリング
ビジネスモデル		● クラウドベースのサブスクリプションモデル(使用機能(モジュール)により料金が異なる)
活用状況		● 不明(確認するには要登録)
その他特記事項(特徴、背景情報等)		● 需要家企業における再エネ調達を支援する機能だけでなく、その前段階として現状分析、CO_2排出削減目標・計画策定を支援する機能等、当該企業のネットゼロ達成に向けた一連の流れを包括的に支援する機能を提供。 ● 機能毎にモジュールが分かれており、モジュール単位で契約するサブスクリプション形式となっている。

出所)NeuerEnergy ウェブサイト<https://www.neuerenergy.com/net-zero-solution>(閲覧日:2022 年 10 月 7 日)より作成

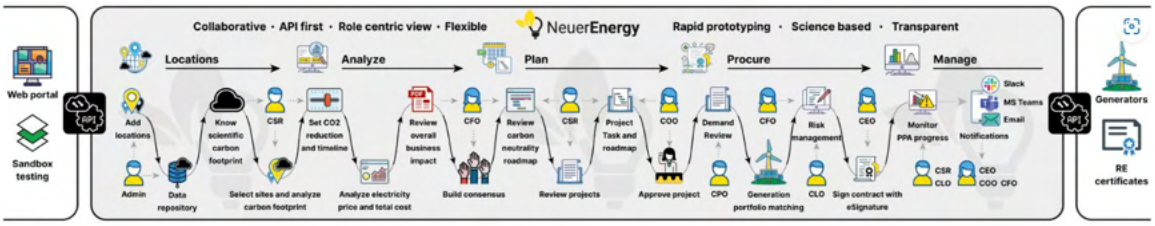


図 4-89 プラットフォームの概要イメージ

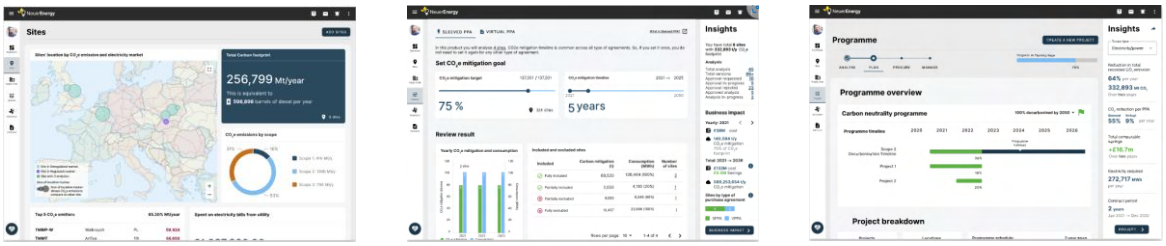


図 4-90 プラットフォームのインターフェイス(例)

出所)NeuerEnergy ウェブサイト<https://www.neuerenergy.com/net-zero-solution>(閲覧日:2022 年 10 月 7 日)

3) ベースロード PPA

今後の欧州 PPA 市場の見通しとして、図 4-91 に示すように、①長期 PAP-PPA[38]市場の縮小、②リスク管理手法の革新化、③大型 PPA 確保の競争激化、が予測されている。

欧州 PPA 市場では、①の長期 PAP-PPA の縮小に伴い、短期ベースロード PPA が拡大傾向にある。従来の PAP-PPA は出来高供給であり、供給側が発電した量に応じて電力を供給するものであるが、ベースロード PPA は定量供給であり、供給側が契約量と比較して不足した分を市場等から調達する必要がある。直近では、電力価格高騰により不足電力の調達コストが増加する中で、価格リスクを始めとする、②のリスク管理手法の重要度が増している。

[38] PAP-PPA とは、Pay-as-produced と呼ばれる PPA の契約種別のことである。基本的に、契約割合を定額もしくは最低価格で供給する契約となる。

① 長期PAP-PPA市場の縮小	✓ 長期PAP-PPAは需要低迷により価格が低下 ✓ 短期(～5年)ベースロードPPAに関心が移行
② リスク管理手法の革新化	✓ 短期PPA発展に伴いリスク管理手法の普及が急務 ✓ ポートフォリオ管理やリスク管理体制構築が進展 ✓ リスクヘッジ費用削減による更なる市場拡大に期待
③ 大規模PPAの確保競争激化	✓ 電力大量消費企業による大型PPAニーズが増加 ✓ 大規模洋上風力等は長期契約が主流に ✓ 契約確保にはプロジェクトへの投資も必要に

図 4-91 欧州 PPA 市場の動向見通し(予測)

出所)PEXAPARK, European PPA Market Outlook 2022, 2022 年 2 月 より作成

主な PPA の種類について、表 4-65 に義務とリスクの観点で整理した。PPA の種類は、定量供給か出来高供給か、どういった単位で取引量を契約するか、どこから調達するか等によって区分される。種類に応じて発電事業者が負うリスクの大小は異なり、特にベースロード PPA では発電事業者は買い手に対し 1 時間単位で定量の電力を供給する義務を負うため、リスクが大きい。

図 4-92 では、定量取引の有無、1 時間単位での供給義務の有無により PPA の種類を分類し、PPA 価格とリスクの 2 軸でプロットしている。発電事業者にとってのリスクが大きいベースロード PPA は、リスクの低い PAP-PPA(As Produced)と比較して価格が高くなる傾向にある。

表 4-65 PPA 契約種別と発電事業者が負うリスク

PPA契約種別		定量供給/1時間単位供給義務	定量供給リスク	時間単位供給リスク	市場リスク
定量供給	ベースロード	• 契約した分量を取り決めた時間単位で供給 • 継続的な電力供給義務 • 事前に取り決めた定額/最低価格に従って支払	○	○	×
	一定期間内に定量供給	• 年/四半期/月単位で定量を供給 • 定められた期間内での電力供給義務 • 事前に取り決めた定額/最低価格に従って支払	○	×	×
出来高供給	Pay-as-Produced (PAP)	• 総発電量から契約割合を供給。定額/最低価格に従って支払 • 定量供給義務/時間別供給義務なし	×	×	×
	市場連動型	• 総発電量から契約割合を供給。市場価格での支払 • 定量供給義務/時間別供給義務なし • 定額/最低価格の取り決めなし	×	×	○

出所)Aquila Capital, Power Purchase Agreements – A European Outlook(2019 年 10 月), p.4 より三菱総合研究所が作成

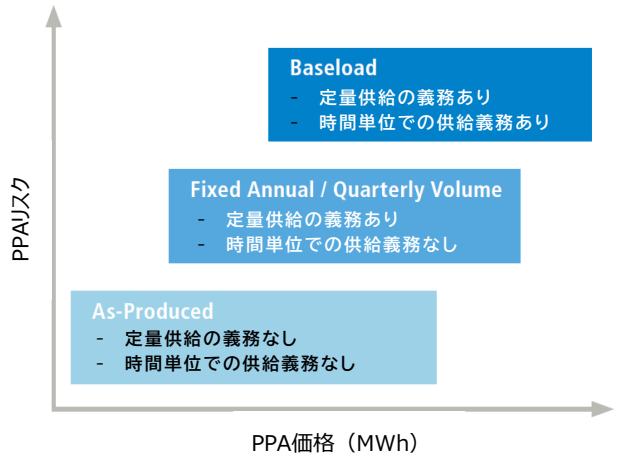
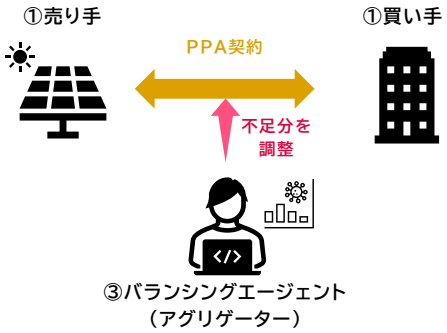


図 4-92 PPA 種別によるリスクと価格の相関図

出所）Aquila Capital, Power Purchase Agreements - A European Outlook（2019 年 10 月）, p. 5 より三菱総合研究所が作成

ベースロード PPA は図 4-93 に示すような仕組みで実施されており、発電事業者が PPA で定められた納入量を保証するためには、バランシングエージェントと呼ばれる、契約上定められた納入量を確保するための調整を行うアグリゲーターが基本的に必要とされている。特に、風力発電や太陽光等の再生可能エネルギーは、時間や天候に発電量が左右されやすいため、不足分を電力取引市場や別電源から調達し、調整を行っている。



① 売り手：発電設備の所有者。独立系発電事業者、電力・エネルギー企業、インフラ投資企業、再エネ投資ファンドなどが該当。
② 買い手：需要家。クリーンエネルギーを必要とする多国籍企業、電力・エネルギー企業、エネルギー消費量の多い産業部門の企業などが該当。
③ バランシングエージェント（アグリゲーター）：仲介業者。発電量が契約量を下回った場合、不足分を補填する。

図 4-93 PPA 関連主体

出所）The Oxford Institute for Energy Studies, Nordic PPAs – Effects on renewable growth and implications for electricity markets（2022 年 2 月）, p.6 より三菱総合研究所が作成

公開されているベースロード PPA の契約事例について、表 4-66 に整理を行った。契約主体としては、再生可能エネルギーの売り手と買い手、その間を取り持つ仲介の 3 者が挙げられる。その中で、バランシングエージェントの役割を担う主体を赤字でハイライトしている。バランシングエージェントの役割を担う主体の違いや、不足分の調整方法に応じて大きく 3 種類に分類を行った。

1 つ目は、売り手と買い手の間に仲介が入り、その仲介企業がバランシングエージェントの役割を担う場合、2 つ目は売り手が自らバランシングエージェントの役割を担う場合、3 つ目はバランシングエージェントを使わず、蓄電池で対応する場合である。不足分の調整方法においては、市場からの調達や、蓄電池の併設、もしくは比較的安定した再生可能エネルギー電源である水力との組み合わせ、といった方法がとられている。

表 4-66 欧州におけるベースロード PPA の契約事例

調整方法による分類	契約主体			契約内容		
	売り手	仲介	買い手	契約容量	電源種(主電源)	調整方法の詳細
売り手と買い手の間に仲介が入り、そこがバランシングエージェントとなる	GIG(英国のグリーンインフラ投資会社)	Axpo(スイスの大手エネルギー会社)	Danoneのポーランド工場	–	風力	総容量25.3MWの風力発電所より電力供給。調整はAxpoが担う※1
	Verbund(オーストリアの大手電力会社)		自動車関連会社	70GWh	風力	総容量226MWの風力発電所より電力供給。調整はAxpoが担う※2
売り手が自らバランシングエージェントとなる(子会社、提携先含む)	Enerparc AG(ドイツの太陽光デベロッパー)	–	Axpo(スイス)	4MW	太陽光	総容量39MWの太陽光発電所より電力供給。8MWhの蓄電池発電所を併設し、不足分はEnerparc子会社の電力取引企業が調達※3
	Statkraft(ノルウェーの大手再エネ企業)		メルセデスベンツ(独)	–	太陽光・風力	水力により変動性をカバー。将来的には蓄電池・水素を予備電源として組み込む計画※4
	Vattenfall(スウェーデンの大手電力会社)		マイクロソフトのスウェーデンデータセンター/支社	–	風力	水力により変動性をカバー※5
バランシングエージェントを使わず、蓄電池で対応	NEOEN(フランスの再エネ企業)	–	Olympic dam(豪州の鉱山)	70MW	風力	総容量203MWの風力発電所より電力供給。不足分は300MWの蓄電池発電所より供給※6

※赤字はバランシングエージェントの役割を負う主体

出所)

※1:axpo, Media & politics, Axpo signs a 10-year green power deal with GIG and Danone companies in Poland, 2021/2/25,(https://www.axpo.com/ch/en/about-us/media-and-politics/media-releases.detail.html/media-releases/2021/axpo-signs-a-10-year-green-power-deal-with-gig-and-danone-compan.html), <閲覧日 2023/2/13>
GIG, News, Green Investment Group arranges physical Power Purchase Agreement for Danone companies in Poland, 2021/2/25, (https://www.greeninvestmentgroup.com/en/news/2021/green-investment-group-arranges-physical-power-purchase-agreement-for-danone-companies-in-poland.html), <閲覧日 2023/2/13>

※2:axpo, Magazine, Green electricity for automotive suppliers, 2022/2/23, (https://www.axpo.com/hu/en/about-us/magazine.detail.html/magazine/energy-market/green-electricity-for-automotive-suppliers-.html), <閲覧日 2023/2/13>

※3:Enerparc AG, newsroom, PPA WITH AXPO, 2022/4/11, (https://www.enerparc.de/en/newsroom/press-releases/11-04-2022-ppa-with-axpo), <閲覧日 2023/2/13>
PV MAGAZINE, Weekend read: A game of risk, 2022/11/26, (https://www.pv-magazine.com/2022/11/26/a-game-of-risk/), <閲覧日 2023/2/13 >

※4:Statkraft, 24/7 renewable solutions, (https://www.statkraft.com/what-we-offer/power-purchase-agreements/24-7/), <閲覧日 2023/2/13 >
Statkraft, newsroom, Statkraft and Mercedes-Benz Cars sign power purchase agreement, 2018/12/12, (https://www.statkraft.com/newsroom/news-and-stories/2018/statkraft-and-mercedes-benz-cars-sign-power-purchase-agreement/), <閲覧日 2023/2/13 >

※5:Vattenfall, press release, Vattenfall to deliver renewable energy 24/7 to Microsoft's Swedish datacenters,2020/11/24,(https://group.vattenfall.com/press-and-media/pressreleases/2020/vattenfall-to-deliver-renewable-energy-247-to-microsofts-swedish-datacenters), <閲覧日 2022/2/13>
Microsoft, Blog, Achieving 100 percent renewable energy with 24/7 monitoring in Microsoft Sweden, (https://azure.microsoft.com/en-us/blog/achieving-100-percent-renewable-energy-with-247-monitoring-in-microsoft-sweden/), <閲覧日 2023/2/13>

※6:PV MAGAZINE, Australian miner signs baseload PPA contract with Neoen for 24/7 renewables, 2022/11/4,(https://www.pv-magazine.com/2022/11/04/australian-miner-signs-baseload-ppa-contract-with-neoen-for-24-7-renewables/), <閲覧日 2023/2/13>
NEOEN, news, Neoen and BHP sign a 70 MW renewable energy baseload contract in South Australia, 2022/11/3,(https://neoen.com/en/news/2022/neoen-and-bhp-sign-a-70-mw-renewable-energy-baseload-contract-in-south-australia/), <閲覧日 2023/2/13>

表 4-66 の中から、代表的なプレイヤーである Axpo と Vattenfall の事例について詳細を調査した。

Axpo は欧州を中心に 30 か国以上で展開するスイスの大手エネルギー企業で、発電・送電以外に欧州各国の電力取引にも参加している。ベースロード PPA 市場では、図 4-94 に示すように主にバランシングエージェントとして、Axpo は電力供給にかかる仲介業務を担当している。また売り手の超過発電分の買い取り・契約電力量に対する不足分の供給も行っている。

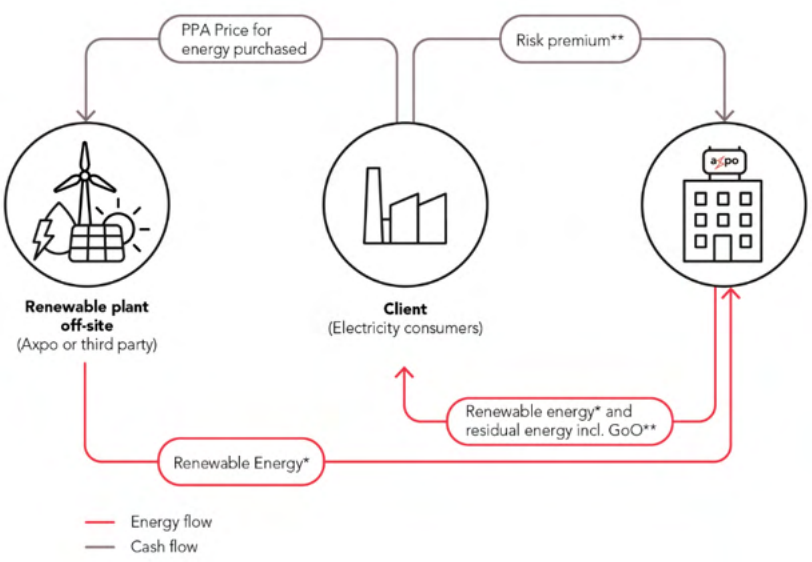


図 4-94 Axpo(右)による仲介の構造(左:売り手、中央:買い手)

出所)Axpo ウェブサイト, (https://www.axpo.com/ch/en/business/energy-services/PPA.html),
<閲覧日:2023 年 1 月 25 日>

Vattenfall はスウェーデンのエネルギー企業で、欧州最大級の水力発電事業者である。水力・風力発電設備を保有するほか、欧州各国で電力取引に参加している。

マイクロソフトと締結したベースロード PPA では、1 時間単位で需給を調整し、スウェーデンにあるデータセンターとオフィスの 100%再生可能エネルギー化を実現した。図 4-95 のように、風力と水力を組み合わせることで、24 時間安定した再生可能エネルギーの供給を可能にしている。試験運用では、オフィスビルで使用する電力の 94%を風力、6%を水力で賄った。

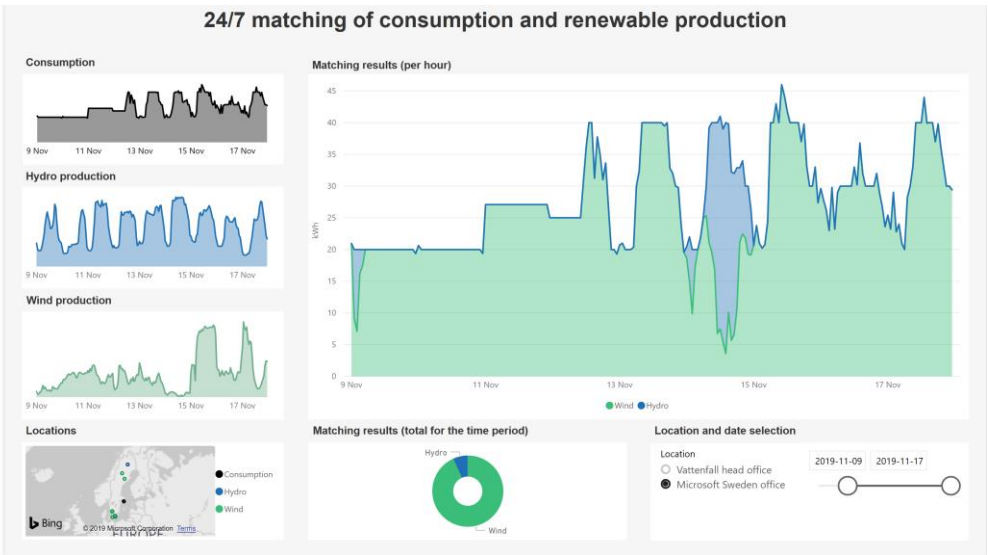


図 4-95 風力と水力による 1 時間単位でのマッチング

出所)Vattenfall ホームページ<https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/pressmeddelanden/2019/fornybar-el-per-timme--unik-losning-fran-vattenfall-och-microsoft>
(閲覧日:2023 年 1 月 26 日)

4.3.2 アンケート・ヒアリング調査

（1） 企業需要家向け調査

1） 企業需要家向けアンケート調査

企業需要家（中小企業・大企業）向けにアンケート調査を行い、再生可能エネルギー調達の手段やその選択理由、課題を調査した。

表 4-67 にアンケートの主な設問を抜粋したとおり、自家発電、再生可能エネルギー電力メニュー、PPA、再生可能エネルギー証書の利用や検討に関する現状や今後の意向等を把握した。

表 4-67 アンケート内容

設問	選択肢
属性	業種、従業員数、資本金、年間電力消費量等
再エネ調達全般	• 自家発電、再エネ電力メニュー、PPA、再エネ証書の取り組み状況、検討の重視ポイント等
◆自家発電	• 検討理由
◆再エネ電力メニュー	• 重視ポイント • 再エネ電力メニューへの変更を検討や導入しようと思う状況
◆PPA	• PPAの種類、契約年数、調達先（類型） • 重視するポイント、導入に当たっての課題
◆再エネ証書	• 再エネ証書の種類 • 検討や導入した理由 • 導入に当たっての課題

a. 実施概要

企業需要家に対して、業種別・企業規模別（中小企業・大企業）に再生可能エネルギー調達の検討・実施状況、課題を把握することを目的に、表 4-68 のとおり、アンケートを実施した。対象とした業種セグメントについては表 4-69 の通り示す。

表 4-68 企業向けアンケート概要

項目	詳細
調査方式	インターネットアンケート調査
調査期間	2022/12/19（月）～2022/12/23（金）
調査対象	スクリーニング調査で以下に該当するモニターを抽出 • 該当する業種に「現在経営者・役員として働いている」 かつ 主なお勤め先の電力会社（電気の使用プラン）の選定について「意思決定に関与している」
回収数	• 【事前調査】16,398サンプル • 【本調査】1,986サンプル
集計区分	下記の15×2の30セグメントを対象とした。 • 業種：15セグメント（右表参照） • 企業規模：2セグメント（中小企業、大企業）

表 4-69 アンケート対象の業種セグメント詳細

業種セグメント	概要
建設業	総合工事業、職別工事業(設備工事業を除く)、設備工事業
製造業	食料品製造業、飲料・たばこ・飼料製造業、繊維工業等
電気・ガス・熱供給・水道業	電気業、ガス業、熱供給業、水道業
情報通信業	通信業、放送業、情報サービス業等
運輸業, 郵便業	鉄道業、道路旅客運送業、道路貨物運送業等
卸売業, 小売業	各種商品卸売業、繊維・衣服等卸売業、飲食料品卸売業等
金融業, 保険業	銀行業、協同組織金融業等
不動産業, 物品賃貸業	不動産取引業、不動産賃貸業・管理業、物品賃貸業
学術研究, 専門・技術サービス業	学術・開発研究機関、専門サービス業(他に分類されないもの)、広告業、技術サービス業(他に分類されないもの)
宿泊業, 飲食サービス業	宿泊業、飲食店、持ち帰り・配達飲食サービス業
生活関連サービス業, 娯楽業	洗濯・理容・美容・浴場業、その他の生活関連サービス業、娯楽業
教育, 学習支援業	学校教育、その他の教育, 学習支援業
医療, 福祉	医療業、保健衛生、社会保険・社会福祉・介護事業
複合サービス事業	郵便局、協同組合(他に分類されないもの)
サービス業(他に分類されないもの)	廃棄物処理業、自動車整備業、機械等修理業(別掲を除く)、職業紹介・労働者派遣業、その他の事業サービス業、政治・経済・文化団体、宗教、その他のサービス業、外国公務

出所)総務省「日本標準産業分類(平成 25 年 10 月改定)(平成 26 年 4 月 1 日施行)－分類項目名」より作成

回収数は図 4-96 の結果となり、中小企業ではほぼ全業種で 100 以上のサンプルを取得できたが、大企業では十分な回答の取得が難しかった。そのため、後述する通り、大企業向けにヒアリングを行った。

図 4-97、図 4-98、図 4-99 に、アンケート回答企業の年間電力消費量、再生可能エネルギー関連の取り組み状況、再生可能エネルギー調達の将来の目標について示す。

		建設業	製造業	電気・ガス・熱供給・水道業	情報通信業	運輸業，郵便業	卸売業，小売業	金融業，保険業	不動産業，物品賃貸業	学術研究，専門・技術サービス業	宿泊業，飲食サービス業	生活関連サービス業，娯楽業	教育，学習支援業	医療，福祉	複合サービス事業	サービス業（他に分類されないもの）	計	
中小企業	n	103	103	97	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	62	103	1,498	1,986
	%	5.2%	5.2%	4.9%	5.2%	5.2%	5.2%	5.2%	5.2%	5.2%	5.2%	5.2%	5.2%	5.2%	3.1%	5.2%	75.4%	100.0%
大企業	n	36	103	26	51	17	45	65	25	9	8	6	16	40	11	30	488	
	%	1.8%	5.2%	1.3%	2.6%	0.9%	2.3%	3.3%	1.3%	0.5%	0.4%	0.3%	0.8%	2.0%	0.6%	1.5%	24.6%	

図 4-96 業種別のアンケート回収数

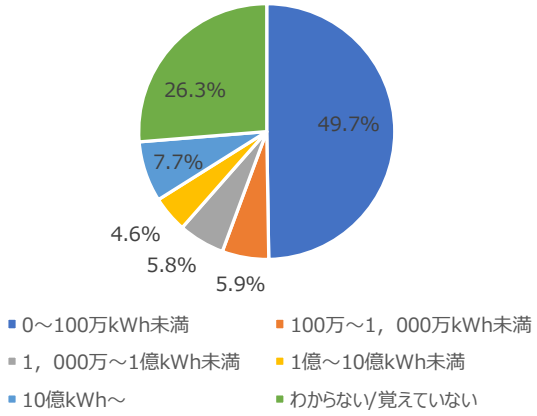


図 4-97 年間消費電力量（N=1,986）

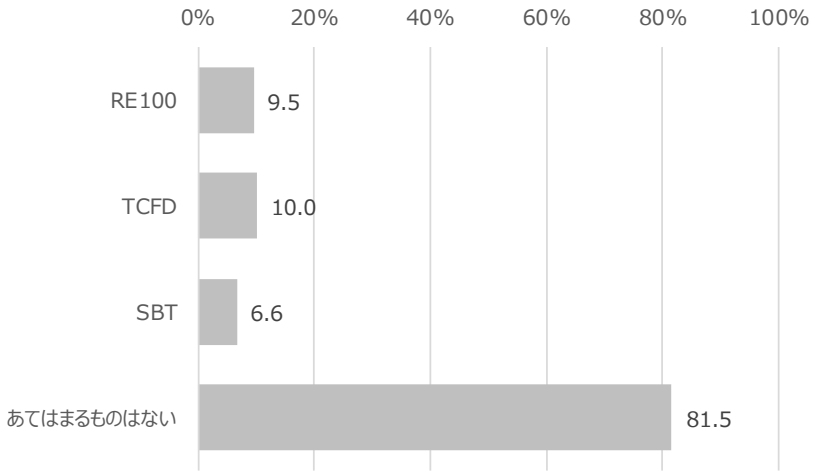


図 4-98 再生可能エネルギー関連の取り組み（N=1,986）

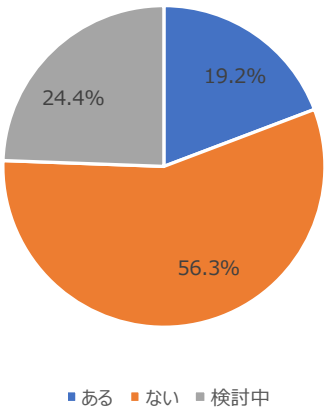


図 4-99 再生可能エネルギー調達の将来の目標（N=1,986）

b. アンケート結果からの示唆

アンケート結果全体については、「参考資料 7 再生可能エネルギー調達に関する企業需要家向けアンケート結果」に記載している。また、アンケート結果から得られた示唆を表 4-70 に示す。

再生可能エネルギー調達の現状に関しては、再生可能エネルギー関連の情報提供等が有効だと考えられる。大企業も中小企業も、どの再生可能エネルギー調達手段を選択すべきかわからないという回答が多かった。大企業と比較すると、中小企業での再生可能エネルギー電力調達は進んでいなかった。中小企業向けには、再生可能エネルギー導入に当たっては 4 つの調達方法ともに導入促進支援が必要である。電力消費量が多い企業や業種（製造業、電気・ガス・熱供給・水道業）では再生可能エネルギー調達が進んでいる傾向があった。

再生可能エネルギー電力調達については、中小企業向けの再生可能エネルギー調達導入補助（設備導入補助、費用負担軽減）等が有効であると考えられる。その背景には、中小企業は価格の安い再生可能エネルギー電力調達を求めている一方で、大企業は価格の安定性を重視している。再生可能エネルギー調達による上乗せ許容度も大企業と比較すれば、中小企業では低い傾向であった。中小企業では、再生可能エネルギー調達方法を選択する判断がつかないことから、一層の情報提供が必要と考えられる。業種別に見れば、特に医療・福祉系の企業では、自社敷地内での再生可能エネルギー立地を求める傾向があるものの、再生可能エネルギー調達手段の選択に課題を抱えていた。電力消費量が少ない企業では、立地に関心が低く、再生可能エネルギー調達による価格へ上乗せ許容度も低かった。

自家発電については、電気代削減に関するニーズが強く、設備導入支援が必要であると考えられる。中小企業も大企業も電気代の削減が自家発電の検討理由になっている。電力消費量が少ない企業では、電気代の削減を目的として自家発電が検討されている状況だった。

再生可能エネルギー電力メニューについては、サプライチェーン上流からの再生可能エネルギー調達圧力を波及させる必要があると考えられる。特に大企業では取引先からの再生可能エネルギー電力メニュー変更への圧力を感じており、この機を捉えてサプライヤー企業に波及させる必要がある。また、企業に向けては再生可能エネルギー電力メニューの情報提供が必要であり、契約する電力会社の規模、安定性が求められている。特に中小企業では切り替え時に有益な情報が「わからない」、「どんな状況でも再生可能エネルギー電力メニューへの変更は検討しない」という意見があり、情報プラットフォーム等を活用した情報提供が必要だと考えられる。「取引先から再生可能エネルギー電力メニューを導入するように求められる」のは電気・ガス・熱供給・水道業、製造業で、2 割弱の回答があった。業種別には、切り替え時に有益な情報が「わからない」と回答があったのはサービス業、生活関連サービス業・娯楽業、卸売業・小売業に多い傾向があった。「契約する電力会社の規模、安定性」は、電力消費量にかかわらず重視されていた。

PPA に関しては、実施の環境整備、情報提供が必要である。中小企業は PPA についてオフサイトで検討していることが多かった。中小企業特有の傾向として、契約が複雑で締結できていない傾向が挙げられ、環境整備や情報提供が求められている。「オンサイト」を検討しているのは建設業・製造業など、電力消費量の多い企業である傾向がみられた。

再生可能エネルギー証書に関しては、関連情報や、企業での利用実績等の提供が求められている。証書については中小企業・大企業ともにグリーン電力証書への関心が高かった。中小企業では証書の手軽さが検討理由になっていた。中小企業では情報入手、大企業は利用実績の少なさが課題になっており、詳細や実績に関する情報が求められていた。業種別にみると、「再生可能エネルギー証書の情報が入手しづらい」のは学術研究、専門・技術サービス業の傾向があった。「グリーン電力証書」は電力消費量の多い企業で導入・検討されているが、「再生可能エネルギー証書を利用している企業の実績が少ない」が課題になっている。

表 4-70 企業アンケート結果からの示唆

需要喚起策検討における論点	調査・アンケート項目	結果		結果からの示唆
		企業規模別（大企業/中小企業）	特徴別（業種/電力消費量）	
再エネ調達の現状	Q1S1：再エネ電力調達の手法（自家発電）	**大企業** • 「導入済み」が 46%に上る。 **中小企業** • 「導入済み」が 8%にとどまる。	**業種別** • 製造業、電気・ガス・熱供給・水道業で 3 割以上が導入済み。 **電力消費量別** • 電力消費量の多い企業では導入済みが 67%。	**再エネ関連の情報提供等が有効。** • 大企業も中小企業も、どの再エネ調達手段を選択すべきかわからないという回答が多かった。 • 大企業と比較すると、中小企業での再エネ電力調達は進んでいない。中小企業向けには、再エネ導入に当たっては 4 つの調達方法ともに導入促進支援が必要。 • 電力消費量が多い企業や業種（製造業、電気・ガス・熱供給・水道業）では再エネ調達が進んでいる傾向があった。
	Q1S1：再エネ電力調達の手法（再エネ電力メニュー）	**大企業** • 「導入済み」が 34%に上る。 **中小企業** • 「導入済み」が 6%にとどまる。	**業種別** • 電気・ガス・熱供給・水道業、製造業で 3 割程度が導入済み。 **電力消費量別** • 電力消費量の多い企業では導入済みが半数以上。	
	Q1S1：再エネ電力調達の手法（PPA）	**大企業** • 「導入済み」と「導入していないが検討中」は 52%に上る。 **中小企業** • 「導入済み」と「導入していないが検討中」は 10%にとどまる。	**業種別** • 電気・ガス・熱供給・水道業が2割導入済み。 **電力消費量別** • 電力消費量の多い企業では導入済みが3割以上。	
	Q1S1：再エネ電力調達の手法（再エネ証書）	**大企業** • 「導入済み」と「導入していないが検討中」は 56%に上る。 **中小企業** • 「導入済み」と「導入していないが検討中」は 11%にとどまる。	**業種別** • 製造業、電気・ガス・熱供給・水道業で15%程度が導入済み。 **電力消費量別** • 電力消費量の多い企業では導入済みが 4 割程度。	
再エネ電力関連	Q2：再エネ電力調達の最重視ポイント	**大企業** • 「価格の安定性（長期で一定価格）」（37%）の重視度が高く、「価格の安さ」（18%）を上回る。 **中小企業** • 「価格の安さ」（31%）が求められている。	**業種別** • 「価格の安定性」が重視され、特に卸売業・小売業、不動産業・物品賃貸業で4割弱。 **電力消費量別** • 「価格の安定性」は特に電力消費量がやや多い（1,000 万～1 億 kWh 未満）企業で4割以上が重視していた。	**中小企業向けの再エネ調達導入補助（設備導入補助、費用負担軽減）等が有効。** • 中小企業は価格の安い再エネ電力調達を求めている一方で、大企業は価格の安定性を重視している。 • 再エネ調達による上乗せ許容度も中小企業では低い傾向があった。 • 中小企業では、再エネ調達方法を選択する判断がつかないことから、情報提供が必要。 • 業種で見れば、特に医療・福祉系の企業では、自社敷地内での再エネ立地を求める傾向があるものの、再エネ調達手段の選択に課題を抱えていた。
	Q3：再エネ電源・再エネ証書立地場所の選択	**大企業** • 「自社の敷地内を選びたい」（39%）と「オフィス、工場に近い電源を選びたい」（33%）という	**業種別** • 「自社の敷地内を選びたい」が重視され、医療・福祉で4割近い回答があった。	

需要喚起策検討における論点	調査・アンケート項目	結果		結果からの示唆
		企業規模別（大企業/中小企業）	特徴別（業種/電力消費量）	
		意向がみられる。 **中小企業** • 「特に選びたいとは思わない」が高い（31%）。	**電力消費量別** • 電力消費量の少ない企業では「特に選びたいとは思わない」が突出して4割以上。それ以外の企業は「自社の敷地内を選びたい」「オフィス、工場に近い電源を選びたい」傾向が顕著。	• 電力消費量が少ない企業では、立地に関心が低く、再エネ調達による価格への上乗せ許容度が低かった。
	Q4：再エネ調達の価格許容度	**大企業** • 上乗せを許容できる割合が79%、上乗せ 11%以上許容割合も 44%と、価格上乗せに対する余地が大きい。 **中小企業** • 価格上乗せの許容割合は 46%と半数以下となる他、11%以上の許容割合も計 12%と、上乗せに対しては厳しい見方が強い。	**業種別** • 上乗せが許容できない傾向が強かったのは学術研究・専門・技術サービス業、教育・学習支援業で5割弱の回答あり。 **電力消費量別** • 上乗せが許容できない傾向が強かったのは電力消費量の少ない企業で4割弱。	
	Q5：再エネ見送り理由	**大企業** • 「対応できる人員が不足している」が 39%と最も高かった。 **中小企業** • 「どの再エネ調達手法を選択すれば良いか判断がつかない」が42%に上る。	**業種別** • 「どの再エネ調達手法を選択すれば良いか判断がつかない」が医療・福祉では半数以上に上った。 **電力消費量別** • 「どの再エネ調達手法を選択すれば良いか判断がつかない」は電力消費量のやや少ない（100万～1，000 万 kWh 未満）企業で半数以上の回答あり。	
自家発電	Q6：自家発電検討理由	**大企業** • 「電気代を削減できると考えたため」（43%）、「電気代を一定程度、安定させることができると考えたため」（42%） **中小企業** • 「電気代を削減できると考えたため」（55%）が極めて高かった。	**業種別** • 「電気代を削減できると考えたため」が複合サービス事業、卸売業・小売業、不動産業・物品賃貸業、運輸業・郵便業で6割近かった。 **電力消費量別** • 「電気代を削減できると考えたため」は電力消費量が少ない企業では6割近い回答があった。	**自家発電は電気代削減に関するニーズが強く設備導入支援が必要。** • 中小企業も大企業も電気代の削減が自家発電の検討理由になっている。 • 電力消費量が少ない企業では、電気代の削減を目的とした自家発電が検討されている。

需要喚起策検討における論点	調査・アンケート項目	結果		結果からの示唆
		企業規模別（大企業/中小企業）	特徴別（業種/電力消費量）	
再エネ電力メニュー	Q7：再エネ検討重視点	**大企業** • 「契約する電力会社の規模、安定性」が 67%に上る。 **中小企業** • 「契約する電力会社の規模、安定性」が 59%で最も高かった。	**業種別** • 「契約する電力会社の規模、安定性」は情報通信業、不動産業・物品賃貸業で8割弱の回答あり。 **電力消費量別** • 「契約する電力会社の規模、安定性」は電力消費量のやや多い（1,000 万～1 億 kWh 未満）企業で7割以上の回答あり。	**サプライチェーン上流からの再エネ調達圧力を波及させる必要あり。** • 特に大企業では取引先からの再エネ電力メニュー変更への圧力を感じており、この機を捉えてサプライヤー企業に波及させる必要がある。 **再エネ電力メニューの情報提供が必要。** • 契約する電力会社の規模、安定性が求められている。 • 特に中小企業では切り替え時に有益な情報が「わからない」、「どんな状況でも再エネ電力メニューへの変更は検討しない」という意見があり、プラットフォーム等での情報提供が必要。 • 「取引先から再エネ電力メニューを導入するように求められる」のは電気・ガス・熱供給・水道業、製造業で 2 割弱の回答があった。 • 業種別に切り替え時に有益な情報が「わからない」と回答があったのはサービス業、生活関連サービス業・娯楽業、卸売業・小売業だった。 • 「契約する電力会社の規模、安定性」は電力消費量にかかわらず重視されていた。
	Q8：再エネ検討最重視点	**大企業** • 「契約する電力会社の規模、安定性」が 48%と最も高い。 **中小企業** • 「契約する電力会社の規模、安定性」が 47%と最も高い。	**業種別** • 「契約する電力会社の規模、安定性」が情報通信業、学術研究, 専門・技術サービス業で6割程度回答があった。 **電力消費量別** • 「契約する電力会社の規模、安定性」は電力消費量にかかわらず回答が多かった。	
	Q9：再エネ検討条件	**大企業** • 「切り替えによって金銭的メリットが生じる（安定的な価格で、または安価に調達可能）」（24%）、「取引先から再エネ電力メニューを導入するように求められる」（21%）。 **中小企業** • 「切り替えによって金銭的メリットが生じる（安定的な価格で、または安価に調達可能）」が 25%を占める。	**業種別** • 「切り替えによって金銭的メリットが生じる」が宿泊業・飲食サービス業、医療・福祉、複合サービス事業で3割以上の回答があった。 **電力消費量別** • 「取引先から再エネ電力メニューを導入するように求められる」は電力消費量のやや多い（1, 000 万～1 億 kWh 未満）企業で3割以上の回答があった。	
	Q10: 切り替え時に有益な情報（価格以外）	**大企業** • 「地球温暖化へ及ぼす影響や、環境への貢献度」が 48%。 **中小企業** • 「わからない」が 43%。	**業種別** • 「わからない」はサービス業、生活関連サービス業・娯楽業、卸売業・小売業で4割以上の回答があった。 **電力消費量別** • 「地球温暖化へ及ぼす影響や、環境への貢献度」は電力消費量の多い企業で5割以上の回答があった。	

需要喚起策検討における論点	調査・アンケート項目	結果		結果からの示唆
		企業規模別（大企業/中小企業）	特徴別（業種/電力消費量）	
PPA 関連	Q11 ： 導入・検討した PPA	**大企業** • 「オンサイト」が 58%。 **中小企業** • 「オフサイト」が 45%。	**業種別** • 「オンサイト」は建設業・製造業で7割近く検討されていた。 **電力消費量別** • 「オンサイト」は電力消費量の多い企業で6割以上検討されていた。	**PPA 実施の環境整備、情報提供が必要。** • 中小企業は PPA についてオフサイトで検討していることが多かった。 • 中小企業特有の傾向として、契約が複雑で締結できていない傾向が上げられ、環境整備や情報提供が求められている。 • 「オンサイト」を検討しているのは建設業・製造業、電力消費量の多い企業である傾向がみられた。
	Q13：調達先認知経路	**大企業** • 「PPA 事業者から営業があった」が 25%。 **中小企業** • 「ウェブサイトで検索して PPA 事業者を調べた」が 31%。	**業種別** • 「ウェブサイトで検索して PPA 事業者を調べた」は情報通信業で4割近かった。 **電力消費量別** • 「ウェブサイトで検索して PPA 事業者を調べた」のは電力消費量の少ない企業で4割弱の回答があった。	
	Q14：PPA 導入重視点	**大企業** • 「価格の安定性（長期で一定価格）」が 48%。 **中小企業** • 「価格の安定性（長期で一定価格）」が 52%。	**業種別** • 「価格の安定性」は宿泊業・飲食サービス業、教育・学習支援業で7割以上が重視していた。 **電力消費量別** • 「価格の安定性」は電力消費量にかかわらず5割程度の回答があった。	
	Q15：PPA 導入の課題	**大企業** • 「長期契約を許容できない」が22%と高かった。 **中小企業** • 「契約内容が複雑で締結できない」（28%）が最も高い。	**業種別** • 「契約内容が複雑で締結できない」は建設業、電気・ガス・熱供給・水道業で3割以上の回答があった。 **電力消費量別** • 「PPA に関する情報が入手しづらい」は電力消費量のやや多い（1, 000 万～1 億 kWh 未満）企業で 34%と突出していた。	

需要喚起策検討における論点	調査・アンケート項目	結果		結果からの示唆
		企業規模別（大企業/中小企業）	特徴別（業種/電力消費量）	
再エネ証書	Q16 ： 導入・検討した再エネ証書	**大企業** • 「グリーン電力証書」が 57%。 **中小企業** • 「グリーン電力証書」が 46%。	**業種別** • 「グリーン電力証書」は建設業、情報通信業で 65%程度検討されていた。 **電力消費量別** • 「グリーン電力証書」は電力消費量の多い企業で 65%の回答があった。	**証書に関する情報、企業での実績等の提供が求められている。** • 証書については中小企業・大企業ともにグリーン電力証書への関心が高かった。 • 中小企業では証書の手軽さが検討理由になっていた。 • 中小企業では情報入手、大企業は利用実績の少なさが課題になっており、詳細や実績に関する情報が求められていた。 • 業種別にみると、「再エネ証書の情報が入手しづらい」のは学術研究・専門・技術サービス業の傾向があった。 • 「グリーン電力証書」は電力消費量の多い企業で導入・検討されているが、「再エネ証書を利用している企業の実績が少ない」が課題になっている。
	Q17：再エネ証書検討理由	**大企業** • 「発電種類が豊富なため」「調達できる電源の規模がニーズに合っていたため」がそれぞれ 20%。 **中小企業** • 「調達の容易さ、手軽さがあるため」が 24%。	**業種別** • 「調達の容易さ、手軽さがあるため」は特に教育・学習支援業が半数以上回答していた。 **電力消費量別** • 「調達の容易さ、手軽さがあるため」は電力消費量の少ない企業で 25%の回答があった。	
	Q18：再エネ証書購入の課題	**大企業** • 「再エネ証書を利用している企業の実績が少ない」が 37%と最も高い。 **中小企業** • 「再エネ証書の情報が入手しづらい」が 41%と最も高い。	**業種別** • 「再エネ証書の情報が入手しづらい」は学術研究・専門・技術サービス業で半数以上の回答があった。 **電力消費量別** • 「再エネ証書を利用している企業の実績が少ない」が電力消費量の多い企業、やや多い企業で 5 割前後と高かった。	

2）企業需要家向けヒアリング調査

a. 実施概要

大企業についてはアンケートで把握が難しかったことから、特に再生可能エネルギー調達が進んでいない運輸業、小売業・卸売業と、比較的再生可能エネルギー調達が進んでいる生活サービス・娯楽業、金融業に対するヒアリング調査を、表 4-71 のとおり実施した。

表 4-71 企業向けヒアリング調査

項目	詳細
調査対象	アンケート調査で特徴的な傾向が見られた業種を抽出 • 金融業：電力消費量が少ない業種にもかかわらず、自家発電の導入が進んでいる。 • 運輸業：再エネ電力メニュー、PPA、再エネ証書の導入が進んでいない。 • 宿泊業、飲食サービス業：自家発電の導入が進んでいないが、PPAと再エネ証書が4割以上で導入されていた。 • 小売業・卸売業：自家発電の導入が進んでいない。
ヒアリング実施数	金融業2社、運輸業1社、宿泊業、飲食サービス業1社、小売業・卸売業1社
ヒアリング内容	(1) 再エネ調達 状況 、先進的な取り組み事例 • 再エネ調達状況（自家発電、再エネ電力メニュー、PPA、再エネ証書） • その再エネ調達方法を選ばれた経緯、理由 • 先進的な取り組み事例 (2) 再エネ調達における重視ポイント、課題、必要な施策 • 再エネ調達検討時、実施時において重視するポイント • 電源種、地域性・地域貢献、追加性、自然環境・生物多様性などへの配慮など • 再エネ調達検討時、実施時における課題 • 知識・情報不足、人員不足、外部要因による制約など • 国に期待する必要な施策

b. ヒアリング結果

企業では、保有する施設に応じて、再生可能エネルギー調達手法が選択されていた。施設を保有している場合は自家発電やオンサイト PPA、そうではない場合には再生可能エネルギー電力メニュー・オフサイト PPA・再生可能エネルギー証書が選択されていた。

自家発電の導入余地が少ない点、再生可能エネルギー調達メニューの価格の詳細化、PPA の契約手続き、証書市場の安定化、トラッキング手続きに関する課題についてそれぞれ表 4-72 の通り意見を得た。

自家発電については、自社敷地内の保有施設や駐車場に導入が進んでいることが分かった一方で、業種や業態によって、自家発電の導入余地がないことが明らかになった。今後の技術革新によって導入が拡大する可能性については複数の意見が聞かれた。

再生可能エネルギー電力メニューは屋根への太陽光パネル設置が不可能なオフィスや店舗等で、再生可能エネルギー電力メニューが利用されていることがわかった。

PPA については導入している企業は限定的だったが、導入している企業では、電気代金が長期で固定化されることにより、電気代金が高騰している現状ではメリットが大きいと感じているとの意見があった。また PPA をオフサイトで検討されている場合には、自社にかかわりがある地域や、地域住民と合意形成に問題がないかどうかを判断基準としているようだった。ただし、PPA 契約の煩雑さや長期の契約

期間や、PPA 事業者の選別には課題が多いこともわかった。また、オフサイトPPA の電源確保に当たっても、太陽光発電の適地が減少していることや、手続き（保安林解除、国有林の指定解除等）に時間がかかることなどが、開発の律速条件になっていることがわかった。

再生可能エネルギー証書については、CO_2 フリー電力の調達に利用されていた。一方で、J クレジットやグリーン電力証書は供給が少なく、需要家での必要量を十分に確保しにくくなっていることから、価格も上昇傾向にあることが分かった。また、非化石証書の属性トラッキングについては、一部の手続きにおいて時間がかかることも課題になっていた。

表 4-72 企業ヒアリングの結果

需要喚起策検討における論点	現状	課題・期待する施策
自家発電	• 自社敷地内・屋根の活用は業種や業態によって進んでいる。 • **追加性**のある電源を求めて、自社グループ内で開発している。	**自家発電の導入余地がない業種や業態がある。** • 業種や業態によっては自家発電の導入が困難である。 • ペロブスカイト太陽電池等、技術革新が期待されている。
再エネ電力メニュー	• 屋根に太陽光パネルを設置が不可能なオフィス、店舗等で再エネ電力メニューが利用されている。	**再エネ電力メニューの地域別の価格や再エネ価値部分の明確化がなされていない。** • 全国に展開している場合、地域によって再エネ電力メニューの価格が異なる。 • 領収書で再エネ価値分と通常の電気料金分を分離した表示ができない電力会社がある。
PPA	• 電気代金が長期で固定化されることにより、電気代金が高騰している現状ではメリットが大きい。 • オフサイトPPAでは自社に**関わりのある地域**での再エネ電源が開発されている傾向にある。 • オフサイトPPAで利用する太陽光発電所が**地域住民と合意形成に問題がない**か確認している。	**PPAの契約や事業者の判断に時間がかかっている。** • 長期での契約を社内で説得することが難しかった。 • 事業者側も初めての契約で、契約内容の合意に苦労している。 • PPA事業者の数も多く、どのように選定すれば良いか判断が難しい。 **オフサイトPPAの電源確保が難しい。** • 太陽光発電の適地が減少している。 • 手続き（保安林解除、国有林の指定解除等）に時間がかかり、開発の律速条件になっている。
再エネ証書	• 証書を調達することにより、CO2フリー電力を調達している。	**証書市場の安定化やトラッキングの手続き加速化が求められる。** • Jクレジットやグリーン電力証書は供給が少なく取り合いになっており、そのため価格も上昇傾向にある。 • 非化石証書の属性トラッキングに当たって手続きに時間がかかる。

（2）個人需要家向け調査

1）個人需要家向けアンケート調査

個人需要家向けにアンケート調査を行い、再生可能エネルギーへの意識や支払意思額、導入にあたっての課題を調査した。

表 4-73 にアンケートの設問構成を示している。まず、自家発電や再生可能エネルギー電力メニューといった再生可能エネルギーの導入・検討状況や、再生可能エネルギー電力メニューへの切り替えにあたって重視するポイントや必要な情報、課題点について把握した。その後、電源種や、追加性、地域性の有無による再生可能エネルギー電力メニューへの支払意思額の分析を行い、個人需要家の再生可能エネルギー電力に対する許容価格や、再生可能エネルギーのどのような点に価値を感じるかを把握した。

表 4-73 アンケート設問構成

設問		選択肢
属性		性別、年代、居住地、子供の有無、職業、世帯年収、現在の電力メニュー・電気代、等
再エネへの導入・検討状況・切り替え意向等（自家発電・再エネ電力メニュー）		• 自家発電や再エネ電力メニューの導入・検討状況 • 再エネ電力メニューへ切り替えるにあたって重視するポイント • 再エネ電力メニューへ切り替えるにあたって必要な情報、切り替えへの課題、等
パターンごとの再エネ電力メニュー支払意思額		下記4水準から選択 • 通常の電気代（月あたり） • 通常の電気代（月あたり）＋xx円（月あたり） ※追加額（xx）の部分は3水準
再エネ電力メニューのパターン	◆電源種類	• 電源種類はこだわらない • カーボンフリー電力（再エネ＋原子力） • カーボンフリー電力（再エネ限定）
	◆追加性	• 追加性あり • 追加性なし ※実際のアンケートでは電源種類の中に入れ込み（「再エネ限定・追加性あり」と「再エネ限定・追加性なし」の2つに分割）
	◆地域性	• 電源立地不問 • 電源立地が特定可能 ✓ 追加質問：どこの地域の電源を買いたいか→居住地、出身地、その他

a. 実施概要

アンケートの実施概要について、表 4-74 に示す。インターネットアンケート調査を、2,000 サンプルの回収を目標に実施した。

アンケートでは、家庭の電気代に対して切り替え・維持を検討し、判断できる、もしくは判断に対して意見やアドバイスを述べることができる立場にある需要家を対象とした。また、家庭で契約している電力会社やメニュー・プランについて、実際に変更が可能な環境にある需要家に限定した。

また、アンケートの回収にあたっては、年代 3 セグメント、地域10セグメントの計 30 セグメントにおいて令和 2 年度の人口数をベースに割付を行った。地域セグメントは表 4-75 に示すように、電力会社管内をベースに分類した。静岡県に関してはエリアによって東京電力管内と中部電力管内に分けられるが、静岡県全体を中部電力管内に分類している。

表 4-74 個人向けアンケート概要

項目	詳細
調査方式	インターネットアンケート調査
調査期間	2022/10/31（月）～2022/11/3（木）
調査対象	スクリーニング調査で以下に該当するモニターを抽出 • 家庭の電気代に関して切り替え・維持等を検討し、判断できるもしくは判断に対して意見やアドバイスを述べることができる立場にある個人需要家 かつ • 家庭の契約電気（会社・メニュー・プラン）を実際に変更することが可能な環境にある個人需要家
回収数	• 目標2,000サンプル
割付条件	下記の3×10の30セグメントにおいて、年代・地域それぞれの令和2年度の人口数をベースに割付。 • 年代：3セグメント 　• 20代～30代/40代～50代/60代～70代 • 地域：10セグメント 　• 電力会社の地域別（右表参照） 　• 静岡県は中部に分類

表 4-75 （参考）地域セグメント詳細

地域セグメント	都道府県
北海道電力	北海道
東北電力	青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、新潟県
東京電力	茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県
北陸電力	富山県、石川県、福井県
中部電力	長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県
関西電力	滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県
中国電力	鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県
四国電力	徳島県、香川県、愛媛県、高知県
九州電力	福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県
沖縄電力	沖縄県

サンプルの回収数は表 4-76 の結果となり、割付条件と目標数を満たした 2,062 サンプルを回収できた。

表 4-76 サンプルの目標数と最終回収数

地域セグメント	年代	目標サンプル数	最終回収数
北海道電力	20～30代	21	22
	40～50代	31	32
	60～70代	32	33
東北電力	20～30代	44	46
	40～50代	61	63
	60～70代	68	71
東京電力	20～30代	217	223
	40～50代	278	287
	60～70代	224	227
中部電力	20～30代	75	78
	40～50代	102	105
	60～70代	91	91
北陸電力	20～30代	12	13
	40～50代	17	18
	60～70代	16	17
関西電力	20～30代	90	93
	40～50代	122	126
	60～70代	111	113
中国電力	20～30代	30	31
	40～50代	40	42
	60～70代	43	44
四国電力	20～30代	15	16
	40～50代	20	20
	60～70代	23	24
九州電力	20～30代	52	54
	40～50代	69	72
	60～70代	74	76
沖縄電力	20～30代	7	8
	40～50代	8	9
	60～70代	7	8
合計		2,000	2,062

b. コンジョイント分析について

個人需要家の再生可能エネルギー電力メニューにおける許容価格分析を行うにあたっては、コンジョイント分析の手法を用いることとした。

コンジョイント分析とは、商品開発やマーケティングで多く使われる手法であり、商品やサービスの要素をどの程度変更すれば消費者に気に入ってもらえるのかを明らかにする分析手法である。具体的には、回答者にさまざまな価格や性能などを示した具体的な商品・サービス例を複数提示し、その商品・サービス例を評価してもらうことで、商品の構成要素ごとの好ましさを推定する。

コンジョイント分析の主な分析結果としては、効用値、重要度、購入率予測、限界支払意思額等が挙

げられる。効用値とは、商品・サービスの購入や選択における回答者の選好度を、機能・特徴といった商品・サービス要素において、その水準ごとに数値化した値である。重要度とは、回答者の選択に対する、商品・サービス要素の影響力の強さをそれぞれ比率で表したものである。購入率予測とは、回答者に提示した商品・サービスの属性ごとに各価格でどれだけの割合の人が購入する可能性があるかを予測したものである。限界支払意思額とは、商品・サービスの属性ごとに回答者が支払っても良いと思える最大の価格である。

今回のアンケートでは、月加算金額、電源種類・追加性、地域性といった 3 種類の構成要素で商品パターンを図 4-100 のとおり作成した。

月加算金額
月当たり、通常の電気代と同じ価格
月当たり、通常の電気代＋200円 （300kWh使用の場合）
月当たり、通常の電気代＋500円 （300kWh使用の場合）
月当たり、通常の電気代＋1,500円 （300kWh使用の場合）

電力種類
電力の種類はこだわらない （火力、再エネ、または原子力由来の電力）
カーボンフリー電力 （再エネまたは原子力由来の電力）
カーボンフリー電力 （再エネ由来電力に限定）
カーボンフリー電力 （再エネ由来電力に限定／ 新しく設置した発電所からの電力）

地域性
電源立地を選択できない
電源立地を選択できる

図 4-100 コンジョイント分析に向けた設問で提示した商品の各属性

質問形式はいくつか存在するが、今回は回答が容易であり、回答者の負担を軽減しやすいと思われる選択型を用いた。図 4-101 のように、2 つの商品パターンと、どちらも選択しない、の計 3 つの選択肢を計 12 回の組み合わせで提示し回答してもらった。

メニューの項目	選択肢1	選択肢2	選択肢3
料金 **（300kWh使用の場合）**	通常の電気代 ＋1,500円/月	通常の電気代 ＋500円/月	どちらも選ばない
電力種類	電力の種類はこだわらない （火力、再エネ、または原子力由来の電力）	カーボンフリー電力 （再エネ由来電力に限定）	
電源立地 **（どこで発電した電力か）**	選択できない（不問）	選択できる	

図 4-101 画面イメージ（質問提示例）

c. アンケート結果（一部抜粋）

アンケート結果全体については、「参考資料 8 再生可能エネルギー調達に関する個人需要家向けアンケート結果」に記載している。この中から、コンジョイント分析に関する結果を一部抜粋して紹介する。

図 4-102 に示す効用値の結果からは、月加算金額は低いほど選好度が高く、電力種類に関しては再生可能エネルギーに限定したカーボンフリー電力、電源立地に関しては選択できる方が、選好度が高い結果となった。

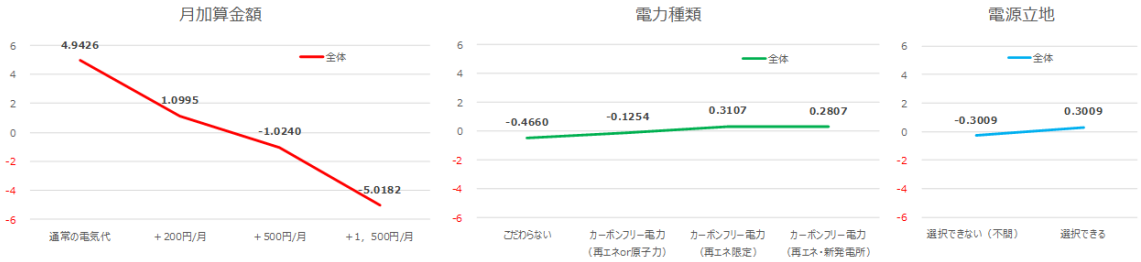


図 4-102 効用値（アンケート回答者全体）

図 4-103 に示す各要素の重要度では、電力種類は 13.8%、電源立地は 7.7%に留まる一方で、月加算金額が 78.6%を占めており、価格が選択に与える影響は大きいと言える。

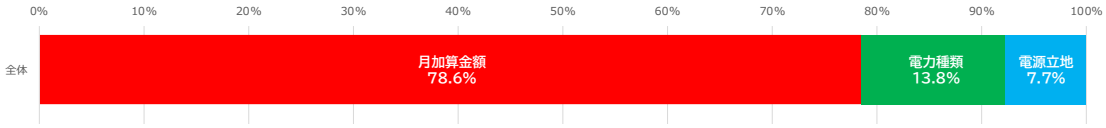


図 4-103 重要度（アンケート回答者全体）

また、属性ごとの限界支払意思額は表 4-77 に示すとおりである。電力種類では「電力種類はこだわらない」、「再生可能エネルギー限定カーボンフリー」、「追加性のある再生可能エネルギー限定カーボンフリー」はほぼ変わらない水準となった。一方、原子力が含まれるカーボンフリー電力についてはマイナスの支払意思額という結果となった。電源立地を選択できる場合は一か月あたり 105 円（0.35 円/kWh）加算と、最も高い支払意思額が算出された。

表 4-77 属性ごとの限界支払意思額（アンケート回答者全体）

属性	限界支払意思額	
	月加算金額：（300kWh使用想定）	kWhあたり加算金額
電力種類はこだわらない（火力、再エネ、または原子力由来の電力）※	56円（44～61円）	0.19円/kWh（0.15～0.20円/kWh）
カーボンフリー電力（再エネまたは原子力由来の電力）※	-22円（-1 ～ -37円）	-0.07円/kWh（-0.003～-0.12円/kWh）
カーボンフリー電力（再エネ由来電力に限定）※	54円（23 ～ 81円）	0.18円/kWh（0.08～0.27円/kWh）
カーボンフリー電力（再エネ由来電力に限定／新しく設置した発電所からの電力）※	49円（27 ～ 68円）	0.16円/kWh（0.09～0.23円/kWh）
電源立地を選択できる	105円（58 ～ 128円）	0.35円/kWh（0.19～0.43円/kWh）

※印の 4 つの電力種類に関する限界支払意思額は、電源立地を選択できない電力メニューパターンにおける限界支払意思額となっている。そのため、電源立地を選択できる電力メニューパターンの支払意思額については、※の4つの電源種類の各限界支払意思額に「電源立地を選択できる」の支払意思額を加算して算出される。
例えば、「カーボンフリー電力（再エネ由来電力に限定）かつ電源立地を選択できる」という電力メニューパターンにおいては、0.18 円/kWh＋0.35 円/kWh＝0.53 円/kWh が限界支払意思額となる。

d. アンケート結果からの示唆

アンケート結果の分析においては、図 4-104 に示すように、個人需要家が再生可能エネルギー電力への変更検討から実際の調達に至るまでのプロセスを 3 つに分け、それぞれの段階における論点をリストアップした。そして、各論点に対するアンケート調査結果をもとに示唆を抽出した。

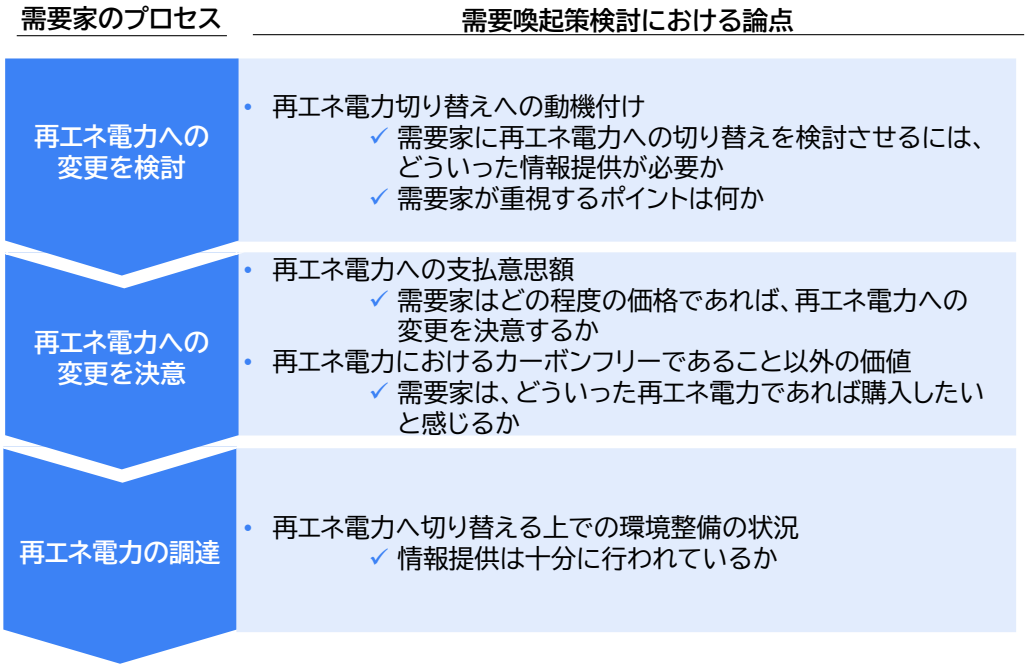


図 4-104 個人需要家向けアンケート結果からの示唆整理方針

アンケート結果からの示唆については、表 4-78 に整理を行っている。

まず、再生可能エネルギー電力への変更を検討するプロセスにおいては、認知度向上と金銭的メリットの提供が必要であると考えられる。検討状況を確認する設問では、自家発電では約 60%の需要家が検討を行った経験が無く、再生可能エネルギー電力メニューにおいては約 40%がメニューの存在自体を知らないという結果となった。また、検討を行った経験がある需要家の検討理由としては、電気代削減といった金銭的メリットによるものが最も多い結果となった。

変更を決意するプロセスにおいては、電源立地を選択できるといった、地域性の価値と合わせて再生可能エネルギー電力メニューへの切り替えを訴求することが有効であると考えられる。コンジョイント分析の結果からは、個人需要家は、再生可能エネルギーに対して、カーボンフリーであるという価値は認識しているものの、金銭的価値を感じるまでには至っていないと考えられる。一方、地域性に関する限界支払意思額は最も高い結果を示しており、電源立地を選べることにおいては一定の金銭的価値を感じていることが分かった。

再生可能エネルギーの調達を実際に行うプロセスにおいては、再生可能エネルギー電力メニューへの切り替え手続き簡便化が必要であると考えられる。再生可能エネルギー電力メニューを検討する際に重視するポイントにおいては、切り替え手続きの簡便さを約 40%の回答者が選択している。また検討に有用な情報としては、手続きに関する情報を選択した回答者が一定数存在している。電力契約の切り替えの煩雑さや分かりにくさが切り替えの行動を起こす上でボトルネックとなっている可能性がある。

表 4-78 個人アンケート結果からの示唆

需要家のプロセス	需要喚起策検討における論点		調査・アンケート項目	結果	結果からの示唆
再エネ電力への変更を検討	再エネ電力切り替えへの動機付け		Q1：自家発電の導入・検討状況	• 設置が可能な家庭（68.6%）のうち、60.3%は自家発電を検討したことが無いと回答。	自家発電の設置について、認知度の向上が必要
			Q2：自家発電の設置・検討理由	• 電気代削減が理由として最も多く（81.4%が回答）、補助金の活用に関しても30.2%の関心が見られた。 • 災害時における活用も45.7%と関心度が高かった。	自家発電の促進には、金銭的メリットの訴求や補助が重要で、レジリエンスの訴求も有効。
			Q3：再エネ電力メニューの導入・検討状況	• 40.0%が再エネ電力メニュー自体を知らなかった。	再エネ電力メニューの認知度向上が必要。
			Q4：再エネ電力メニューを検討する際の重視ポイント	• 価格が最も選択された（80.2%が回答）。 • また、電力会社の規模や安定性も45.1%が重視。	再エネ電力メニューの提供価格低減が有効。 • 価格が選択に与える影響は大きく、金銭的メリット（＋生活上のメリット）があることが動機づけになる人が多い。 新電力が信頼性を獲得できるような施策が必要。 • 規模や安定性を重要視している人も多い。
			Q6：再エネ電力メニューの検討きっかけ	• 金銭的メリットが生じる、が64.1%、次いで生活上のメリットが生じるが23.7%程度。	
			コンジョイント：重要度	• 各因子の重要度では月加算金額が78.6%を占める。	
再エネ電力への変更を決意	再エネ電力への支払意思額		コンジョイント：電力種類はこだわらないの限界支払意思額	• 月加算金額の限界支払意思額は平均0.19円/kWhと、ほぼ再エネ限定の支払意思額と変わらない結果となった。	個人では、再エネの方が望ましいと感じつつも、再エネ以外の電力よりも金銭的価値を感じるほどには至っていない。 大幅な値上げは難しいが、通常の電気料金と比較して0.18円/kWh程度であれば上乗せが可能。 • 効用値自体は再エネの方が選好度が高いものの、支払意思額では電源種類にこだわらない場合とほぼ変わらない結果。 再エネを身近に感じられるような取組が有効。 • 四国・沖縄に関しては再エネ発電はそれほど盛んではない地域であるため、日常的に再エネに触れ合う頻度の高さが1つの要因と考えられる。
			（参考）効用値：電力種類	• 「こだわらない」は-0.45、「再エネ限定」は0.31と「再エネ限定」の方が高い。	
			コンジョイント：カーボンフリー電力（再エネ由来限定）の限界支払意思額	• 月加算金額の限界支払意思額は平均0.18円/kWhとなった。 • 電力管轄別に見ると、北海道と中国電力管内の支払意思額が高く、四国と沖縄は低い水準となった。 • 年齢別では、高い年代ほど支払意思額が高い結果となった。	
			（参考）Q8：再エネ電力メニューを選択する場合の価格上乗せ許容率	• 41.0%上乗せは許容できないと回答。 • 上乗せ許容率は、全体の21.2%が月あたり1～5%増、次いで全体の13.1%が6～10%増と回答。 • 11%以上増は全体の8.5%に留まった。	
	再エネ電力におけるカーボンフリーであること以外の価値	原子力	コンジョイント：カーボンフリー電力（再エネまたは原子力由来の電力）の限界支払意思額	• 月加算金額の限界支払意思額は、-0.07円/kWhとマイナスの結果。（再エネ限定であれば0.18円/kWh） • 電力管轄別では、北海道と中国のマイナス傾向が特に大きく、北陸、四国、沖縄はマイナス傾向が小さい。 • 年代別では、50歳を境に高年代はマイナス傾向が大きく、若い年代ほどマイナス傾向が小さい。	脱炭素への危機感は若い世代の方が強い。 • 原子力については、マイナスの価値と認識されている。 • 若い世代は原子力への抵抗が薄い。
		追加性	コンジョイント：カーボンフリー電力（再エネ由来電力に限定／新しく設置した発電所からの電力）の限界支払意思額	• 月加算金額の限界支払意思額は、0.16円/kWhであり、再エネ由来限定のみの場合の0.18円/kWhとほぼ同程度。 • 電力管轄別では北海道の水準が高かったが、全体傾向と同様に再エネ由来限定とほぼ同程度。 • 年代による違いはほとんど見られない。	追加性の訴求は個人に対してはあまり有効ではない。 • 追加性については、個人ではまだ価値として認識されるレベルに至っていない。
			Q4：再エネ電力メニューを検討する際の重視ポイント	• 追加性は全体の5.5%と少数。	
		地域性	コンジョイント：電源立地を選択できるの限界支払意思額	• 電源立地が選択できる場合、月加算金額の限界支払意思額は0.35円/kWh増加する。 • 電力管轄別ではそれほど大きな違いは見られなかったが、北海道では再エネへの関心と同様に高い傾向がある。加えて、再エネへの関心は低かった四国が、地域性に関しては比較的高い水準。 • 年代による違いはそれほど見られない。	電源立地が選べる再エネ限定電力メニューは0.53円/kWh程度の上乗せが可能。また環境意識の低い需要家でも地域性の訴求によってアプローチが可能。 • 再エネに関心が高い人だけでなく、関心が低い人でも地域性を訴求することで追加の金銭価値を感じさせることができる。 • 価格等の要素を抜きにして、単純に電源立地の選択希望を聞くと、半数近くが選択したいと回答する。（主に居住地の近く）。 • 電力メニュー選択における影響度は、価格と比較すると圧倒的に小さい。
			Q5：電源立地場所の選択希望	• 半数近く（47.0%）の人が電源の立地場所を選択したいと回答。 • 場所については、居住地に近い電源が37.9%と最も多い。出身地域や個人的に好きな地域といった回答は3～5%程度。	
			コンジョイント：重要度	• 電源立地選択の重要度は7.7%に留まる。	
			Q4：再エネ電力メニューを検討する際の重視ポイント	• 電源の立地場所は全体の13.2%が選択。	
再エネ電力の調達	再エネ電力切り替えにおける環境整備の状況		Q4：再エネ電力メニューを検討する際の重視ポイント	• 切り替え手続きの簡便さを39.5%が選択。	切り替え手続きの簡便化が必要。 • 電力メニューの切り替えについて、手続きの簡便さに価値を感じる人が一定数存在。（現状の方法が煩雑だと感じている）
			Q6：再エネ電力メニューの検討きっかけ	• 「再エネ電力メニューの比較検討・申し込みがwebサイト等で簡単にできる」については17.4%が選択。	
			Q7：再エネ電力メニュー検討に有用な情報	回答のばらつきが大きく、突出して多い・少ない選択肢は存在しなかった。 • 「環境への影響や貢献度」が最も多い35.0%で、次いで「メニュー切り替え方法」が31.9%。 • 「再エネメニューを構成する電源の情報」は24.8%、「メニューの契約件数や口コミ・ランキング」は18.3%、「国や自治体が掲げている目標」は13.3%であった。	切り替え手続きの情報が不足。 • 切り替え方法に関する情報提供が必要だと感じる人が一定数存在。 再エネメニューを選んだことによって、どういった影響・貢献が地球環境やコミュニティにもたらされるか、といった情報を提供することにより、切り替えを促進可能。 • 環境への影響や貢献度についての情報は最も多くの需要家が検討の際に有用と考えており、国・自治体の目標値についても数は劣るが有用と感じる人が一定数存在する。

4.3.3 需要喚起策の検討

（1） 施策の内容

STEP3 として、STEP1、2 の調査結果をもとに再生可能エネルギーの需要喚起策の検討を行った。①認知度の向上、②金銭的メリットの訴求、③地域性の訴求、④手続き簡便化の 4 つの方向性において、それぞれ企業需要家向けと個人需要家向けの需要喚起策を検討した。喚起策の内容について整理したものが表 4-79 である。より具体的な内容については、以降に記載している。

表 4-79 再生可能エネルギーの需要喚起策

需要喚起策		施策対象	具体イメージ
1)認知度の向上	既存の取組・キャンペーンにおける再生可能エネルギー情報の拡充	企業	各社に適した再エネ調達手段の判断を促進するような情報提供を行う。 特に中小企業では再エネ調達手法についての理解が乏しいこともあり、各手法の特徴や導入・切り替え事例の紹介等によって訴求を行う。
		個人	Re-styleやCOOL CHOICE、新しい国民運動といった、消費者向けの取組・キャンペーンにおいて、自家発電、再エネ電力メニューの情報を充実させる。
	情報発信方法を拡大	企業	サプライチェーン上流企業を支援することにより、サプライヤーの再生可能エネルギー導入を促進する。
		個人	情報発信方法をより消費者に近い媒体の活用（SNS、動画サイト等）や、目に留まるコンテンツの作成を行う。
2)金銭的メリットの訴求	再生可能エネルギーは高いというイメージの払しょく	企業	自家発電・PPA・再エネ電力メニューによる価格安定化の事例共有、情報提供を行う。 （参考：企業ヒアリング結果）
		個人	再エネ切り替えの検討に有効なナッジメッセージを踏まえ、通常の電気と再生可能エネルギー電力の電気料金を比較した情報をHP等に掲載し、過度に再エネが高いと思われている状況を改善する。 （参考事例①）
	補助金/再エネポイントの導入	企業	特に中小企業向けの再エネ調達導入補助（設備導入補助、費用負担軽減）等により、再エネによる経済負担の軽減を行う。
		個人	デジタル庁の引っ越しワンストップサービスに環境省が参画することで、将来的にこの仕組みを通じ、再エネ利用者へのポイント付与等を実施する。（参考事例②）
	再エネ提供価格の低減	企業	共同購入やリバースオークション等の手法を周知・展開することで、調達の工夫による価格低減を促す。
		個人	コミュニティーソーラー等の、個人需要家が再生可能エネルギーを安価に調達できる調達手法の拡充支援を実施。（参考事例③）
3)地域性の訴求	非化石証書のトラッキング改善・証書取引方法の拡充	企業/個人	非化石証書のトラッキングにおけるグローバルスタンダードに向けた改善、取引方法の拡充を行い、再エネの地域性についてより訴求しやすい市場環境を整える。 （参考事例④）
	地域再生可能エネルギーの調達環境整備	企業/個人	再生可能エネルギー電力の産地情報が入手でき、かつその電力を容易に調達することが可能なプラットフォームを整備して、地域エネルギーの調達が一般的に行える環境を構築する。（参考事例⑤）
	各地域に存在する再生可能エネルギー電源の魅力発信	企業	ー
		個人	地域の再生可能エネルギー電源の存在をアピールするようなイベントや、将来世代へ向けた地域再生可能エネルギー教育への支援を行うことで、地域再生可能エネルギー電源に対する親近感を醸成する。
			サステナブルツーリズムの認証制度の構築を行い、認証要件に地域の再エネ電源を生かした観光等を含めることで、各地域の電源の魅力発信を促進し、地域性の価値を高める。（参考事例⑥）
4)手続き簡便化	電力契約プラットフォームの構築支援	企業	再エネ電力メニューへの切り替えやPPA契約締結に必要・有益な情報が得られ、かつ切り替え/契約手続きも容易に行うことができるプラットフォームを構築して、再エネ電力への切り替えを促進する。例えば、PPAの標準契約書の公開など。（参考事例⑦）
		個人	1つのプラットフォーム上で電気契約の切り替えが簡単にできるような仕組みの構築支援を行い、契約手続き簡便化を促進し、消費者の再エネ電力メニューへのアクセス性を高める。（参考⑧）
	CCAの導入	企業/個人	米国のCCA制度のような、消費者へ契約手続きの負荷を課すことなく、再生可能エネルギー利用を拡大する方法の導入を検討する。（参考⑨）

1） 認知度の向上

a. 既存の取組・キャンペーンにおける再生可能エネルギー情報の拡充

企業需要家向けの施策としては、各社に適した再生可能エネルギー調達手段の判断を促進するような情報提供を行うことが考えられる。特に中小企業では大企業と比較して、再生可能エネルギー調達手法についての理解が乏しいこともあり、各手法の特徴や導入・切り替え事例の紹介等によって訴求を行

う。電力消費量別では、電力消費量が多い企業では、再生可能エネルギー調達手段が既に導入済みであったが、電力消費量の少ない企業では再生可能エネルギー調達が進んでいないことから、優良事例等の紹介を通じて、導入への関心を促進する。

個人需要家向けの施策としては、現在環境省で既に実施されている消費者向けの取組・キャンペーンの場を活用していくことが一案である。例えば、循環型社会のライフスタイルを提唱する「Re-style」や、カーボンニュートラル達成に向けた消費者の行動変容やライフスタイル変革を後押しする「COOL CHOICE」、「脱炭素につながる新しい豊かな暮らしを創る国民運動」等が消費者向けの取組・キャンペーンとして挙げられる。そういった場において、これまで以上に自家発電や再生可能エネルギー電力メニューについての情報を充実させることで、個人需要家からの認知度を向上させることができると考えられる。

b. 情報発信方法を拡大

企業需要家向けの施策としては、サプライチェーン上流企業を支援することにより、サプライヤーの再生可能エネルギー導入を促進することが考えられる。グローバル企業では、再生可能エネルギー電力の利用をサプライヤーに求める動きが広がっている。

個人需要家向けの施策としては、情報発信において SNS や動画サイト、テレビといった、消費者の日常で頻繁に活用されている媒体をより活用していくことが考えられる。また、目を惹くような動画コンテンツを作成するなど、発信内容についても個人需要家の関心を引き出すような工夫を行っていく必要があると考える。

2）金銭的メリットの訴求

a. 再生可能エネルギーは高いというイメージの払しょく

企業需要家向けの施策としては、自家発電・PPA・再生可能エネルギー電力メニューによる価格安定化の事例共有、情報提供を行う。企業ヒアリング結果では、電気代が高騰している状況では、PPA により、電気代を長期的に安定化できたことをメリットとして感じているとの意見を得た。

個人需要家向けの施策としては、通常の電気料金と再生可能エネルギー電力の電気料金を比較したものを HP 等に掲載し、過度に再生可能エネルギーが高いと思われている状況の打開を行うことが考えられる。過去の調査において、再生可能エネルギーへの切り替えに有効なナッジメッセージについて検証したものがある。その調査においては、再生可能エネルギー電力への関心度を高める上では、「切り替えても損はしない、むしろ特になる可能性がある」といった損失回避・利得協調を押し出したメッセージが効果的であるという結果が出ている。（参考事例①）

b. 補助金/再生可能エネルギーポイントの導入

企業需要家向けの施策としては、特に中小企業向けの再生可能エネルギー調達導入補助（設備導入補助、費用負担軽減）等により、再生可能エネルギーによる経済負担の軽減を行うことが考えられる。また電力消費量の少ない需要家では、再生可能エネルギー導入調達のメリットを感じづらいため、イニシャルコストの低減等が導入に当たっては有効と考えられる。

個人需要家向けの施策としては、再生可能エネルギー電力を利用することで再生可能エネルギーポイントが得られるといった、金銭的メリットが得られるような施策が有効であると考えられる。デジタル庁は、2023 年 2 月から引っ越しワンストップサービスという、マイナポータルと連携することで引っ越しに係る行政手続きをオンライン上で実施できるサービスを開始している。今後ライフライン（電気・ガス・水道）等の民間手続きとも連携する想定であり、環境省はこの取組に参画することで、将来的にこのサービスを通じて再生可能エネルギー電力利用者へのポイント付与等を実施できる可能性がある。（参考事例②）

c. 再生可能エネルギー提供価格の低減

企業需要家向けの施策としては、共同購入やリバースオークション等の手法を周知・展開することで、調達の工夫による価格低減を促すことが考えられる。地域の業界団体等を通じて、再生可能エネルギー調達が進んでいない業種や規模の企業であっても、再生可能エネルギーを安価に取り入れられる仕組みづくりが期待される。

個人需要家向けの施策としては、米国で普及しているコミュニティ・ソーラーといった、個人需要家が再生可能エネルギーをより安価に調達できる仕組みの構築が必要であると考える。コミュニティ・ソーラーとは、地域に設置された太陽光発電を地域の需要家で共有する仕組みである。集合住宅に住んでいる、自家発電の導入資金が無いといった需要家でも、この仕組みを通じて自家発電レベルのコストで太陽光の電力を調達することが可能となる。（参考事例③）

3）地域性の訴求

a. 非化石証書のトラッキング改善・証書取引方法の拡充

企業、個人需要家向けの施策としては、非化石証書のトラッキングに関するグローバルスタンダードに向けた改善、証書取引方法の拡充を行い、再生可能エネルギーの地域性についてより訴求しやすい証書の利用環境を整えることが考えられる。現状日本で普及している再生可能エネルギー証書である非化石証書においては、グローバルで流通している発電源証明型の証書とは異なり、産地価値や特定電源価値といった価値の情報が含まれていない。そのため、後からそれらを含んだトラッキング情報を付与することで、RE100 等の国際イニシアチブでも活用できるような仕組みを構築しているが、トラッキング手続きに時間がかかるといった課題が企業ヒアリングで挙げられた。また、現状のオークション方式であると、電源ごとの価値の差別化が出来ないという課題もある。今後、地域性も含めた電源ごとの価値を訴求していく上では、トラッキングの改善や証書の発電源証明化、それぞれの需要に応じて証書価格を変更できるような取引方法の拡充が今後必要であると考えられる。（参考事例④）

b. 地域再生可能エネルギーの調達環境整備

企業、個人需要家向けの施策としては、再生可能エネルギー電力の産地情報が入手でき、かつその電力を容易に調達することが可能な電力調達プラットフォームを整備して、地域エネルギーの調達が一般的に行える環境を構築することが考えられる。（参考事例⑤）

特に電力消費量の大きい企業や、特定の業種（特に医療・福祉）では地域の再生可能エネルギーを好

む傾向が見られた。個人需要家においても、電源の立地場所を選択できることに価値を感じており、自分の居住地域や出身地域の再生可能エネルギーを選択したいという意見がアンケート調査では多く見られた。

c. 各地域に存在する再生可能エネルギー電源の魅力発信

個人需要家向けの施策として、再生可能エネルギー電源の地域性の訴求に向けて、各地域に存在する再生可能エネルギー電源の魅力を発信していくことが有効であると考える。

まず、需要家の身近な地域における再生可能エネルギー電源の魅力を発信する方法として、地域の再生可能エネルギー電源の存在をアピールするようなイベントや、将来世代へ向けた地域再生可能エネルギー教育への支援を行うことで、地域再生可能エネルギー電源に対する親近感を醸成できると考えられる。

また、需要家の身近な地域に限らない再生可能エネルギー電源の地域性訴求においては、旅行やレジャーの場を活用して各地域に存在する再生可能エネルギー電源の魅力を発信していくことが考えられる。例えば、サステナブルツーリズムの認証制度を構築し、認証要件に地域の再生可能エネルギー電源を生かした観光等を含めることが一案である。フィンランド政府ではサステナブルツーリズムの認証制度を構築しており、認証を受けた企業や施設は様々な支援を受けることができるため、認証取得に向けて企業や施設が取組を推進する仕組みが出来ている。（参考事例⑥）

4）手続き簡便化

a. 電力契約プラットフォームの構築支援

企業需要家向けの施策としては、再生可能エネルギー電力メニューへの切り替えや PPA 契約締結に有益な情報が得られ、かつ切り替え/契約手続きも容易に行うことができるプラットフォームを構築して、再生可能エネルギー電力への切り替えを促進することが考えられる。例えば、既にヨーロッパで実施されているように PPA の標準契約書の公開などにより、PPA 締結の労力を軽減するなどがある。（参考事例⑦）

個人需要家向けの施策としては、電気契約の切り替えを 1 つのプラットフォーム上で簡単にできるような仕組みの構築支援を行うことで、需要家の再生可能エネルギー電力メニューへのアクセス性を高めることができると考えられる。（参考事例⑧）

b. CCA の導入

企業、個人需要家向けの施策としては、米国の CCA（Community Choice Aggregation）制度のような、消費者へ契約手続きの負担を課すことなく、再生可能エネルギー利用を拡大する方法の導入が考えられる。CCA とは具体的には地方自治体（市、郡等）が非営利の事業体を設立し、地域内の家庭部門・業務部門の電力需要家を束ねて代表して再生可能エネルギー電力を調達する、米国で普及している枠組みである（参考事例⑨）。日本では地域での電力需要を束ねる存在は実現していないが、そのような仕組みが実現することにより、地域単位での安価な再生可能エネルギー導入が期待される。

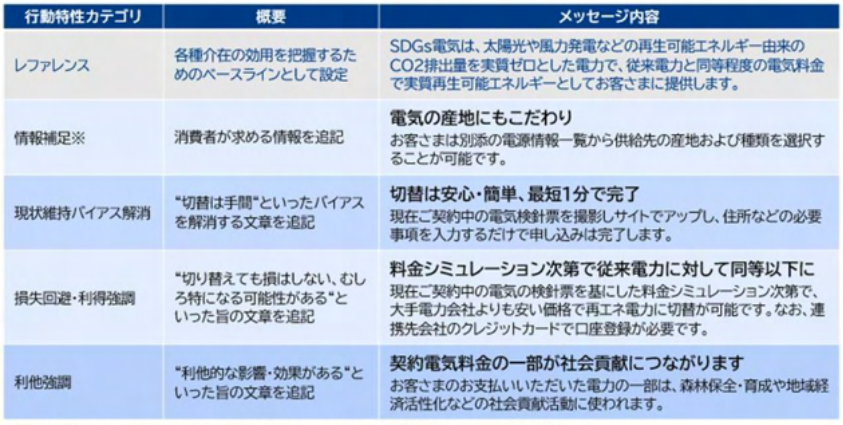
（2）施策の参考事例

以下に施策の検討に当たって、参考となる国内外の事例を示した。

1）（参考事例①）再生可能エネルギー切り替えの検討に有効なナッジメッセージ

三菱総合研究所では、過去に消費者アンケート調査により、再生可能エネルギー電力メニューへの切り替えにフォーカスした、ナッジメッセージによる行動変容に関する検証を実施している。図 4-105 のとおり、行動科学的特性を基にナッジメッセージを設計し、それらの違いにより、再生可能エネルギー電力メニューに対する「関心度合い」および「切り替え意向」の 2 段階で、意識変容がどの程度起こるのかを検証した。結果、表 4-80 のとおり、再生可能エネルギー電力メニューに対する「関心度合い」においては、損失回避・利得強調のナッジメッセージが効果的であることが分かった。

損失回避・利得協調のナッジメッセージにおいては、「料金シミュレーション次第で従来電力に対して同等以下に」という“切り替えても損はしない、むしろ得になる可能性がある”といった旨の文章を追記している。このように、再生可能エネルギーは高いという過度なイメージを払拭し、具体的な金銭的メリットにアプローチするような情報発信の仕方が切り替えを検討させる上で有効であることが分かる。



行動特性カテゴリ	概要	メッセージ内容
レファレンス	各種介在の効用を把握するためのベースラインとして設定	SDGs電気は、太陽光や風力発電などの再生可能エネルギー由来のCO2排出量を実質ゼロとした電力で、従来電力と同等程度の電気料金で実質再生可能エネルギーとしてお客さまに提供します。
情報補足※	消費者が求める情報を追記	**電気の産地にもこだわり** お客さまは別添の電源情報一覧から供給先の産地および種類を選択することが可能です。
現状維持バイアス解消	“切替は手間”といったバイアスを解消する文章を追記	**切替は安心・簡単、最短1分で完了** 現在ご契約中の電気検針票を撮影しサイトでアップし、住所などの必要事項を入力するだけで申し込みは完了します。
損失回避・利得強調	“切り替えても損はしない、むしろ得になる可能性がある”といった旨の文章を追記	**料金シミュレーション次第で従来電力に対して同等以下に** 現在ご契約中の電気の検針票を基にした料金シミュレーション次第で、大手電力会社よりも安い価格で再エネ電力に切替が可能です。なお、連携先会社のクレジットカードで口座登録が必要です。
利他強調	“利他的な影響・効果がある”といった旨の文章を追記	**契約電気料金の一部が社会貢献につながります** お客さまのお支払いいただいた電力の一部は、森林保全・育成や地域経済活性化などの社会貢献活動に使われます。

※過年度調査より切替を検討する際に望ましい情報の一つとして、電源の産地・種類に関する情報とした

図 4-105 行動科学的特性を基に設計されたナッジメッセージパターン

表 4-80 ナッジメッセージの効用と優位性

		全体 N=2,000
関心度	対象群	45.9%
	情報補足	49.1%
	現状維持バイアス解消	47.5%
	損失回避・利益強調	55.7%**
	利他協調	49.4%
切替意向	対象群	35.3%
	情報補足	34.7%
	現状維持バイアス解消	33.8%
	損失回避・利益強調	39.2%
	利他協調	35.5%

関心度、切替意向いずれも5段階評価で上位2つの評価をした数の和を「関心あり」、「切替意向あり」として定義

対象群に対するナッジ介在群のカイ二乗検定（p値判定）

**:1%の有意水準で正の有意差あり

出所）三菱総合研究所，コラム：社会課題解決に向けた行動促進 第 2 回：環境配慮行動へのナッジの活用，（https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20221215.html），<閲覧日 2023/2/3>
※ナッジメッセージの効用と有意性の表については上記出典の内容をもとに別途作成

2）（参考事例②）デジタル庁　引っ越しワンストップサービス

デジタル庁は、引っ越しに関する行政手続きや、ライフライン（電気・ガス・水道）等の民間手続きも含め、オンラインで一括して行うことが可能となる、図 4-106 に示す仕組み「引っ越しワンストップサービス」を推進している。

ライフラインの手続きとの連携は、民間の引っ越しポータルを通じて実施される予定で、現在民間の引越しポータルサイト事業者向けにマイナポータルと連携するための仕様書等を提供している。

ライフライン手続きとマイナポータルが連携されることで、個人とその契約電力が紐づけられるようになるため、今後この仕組みを通じて個人向けの再生可能エネルギーポイント付与等に活用できる可能性が考えられる。

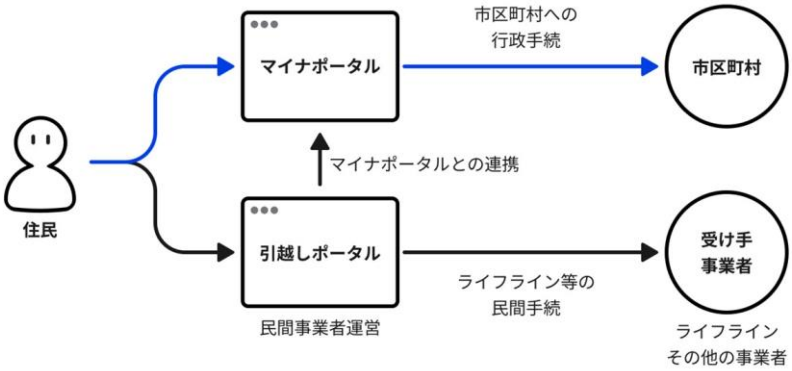


図 4-106　デジタル庁引っ越しワンストップサービスの仕組み

出所）デジタル庁,政策,「引っ越しワンストップサービス」,（https://www.digital.go.jp/policies/moving_onestop_service/）,
<閲覧日 2023/2/3>

3）（参考事例③）コミュニティ・ソーラー

米国で普及しているコミュニティ・ソーラーは、図 4-107 に示すように地域に設置された太陽光発電システムを地域の需要者で共有する地産地消の仕組みである。

まず、電力会社、地方自治体、または開発事業者等が太陽光発電所を地域の配電用変電所に近く、日照の良い、広い敷地に開発・設置し運営する。地域の需要家は、コミュニティ・ソーラーのシステムを太陽光パネル単位で購入、または一部の発電量を月々購買することで、システムの一部を所有することができる。この仕組みにおいてはバーチャルネットメータリングと呼ばれる課金システムにより、参加者はコミュニティ・ソーラーで発電された電力を、あたかも自分の屋根で発電しているかのように自宅の電力消費量と相殺することができる。そのため、導入資金がない、集合住宅に住んでいるといった理由から自家発電を導入できない需要家も、自家発電レベルのコストで太陽光の電力の調達が可能となる。

このような、需要家が安価に簡単に再生可能エネルギーを調達できる仕組みを構築することで、再生可能エネルギーの導入を促進することができると考えられる。ただし、ネットメータリング制度は、電力会社や他の需要家に、参加者の託送料等のしわ寄せがいく仕組みとなっており、米国でも一部の地域で問題となっているため、その点は慎重な検討が必要である。[39]

[39] 自然エネルギー財団,世界をリードするカリフォルニアの建築脱炭素政策,（https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20220622_2.php#:~:）<）, <閲覧日 2023/2/4>

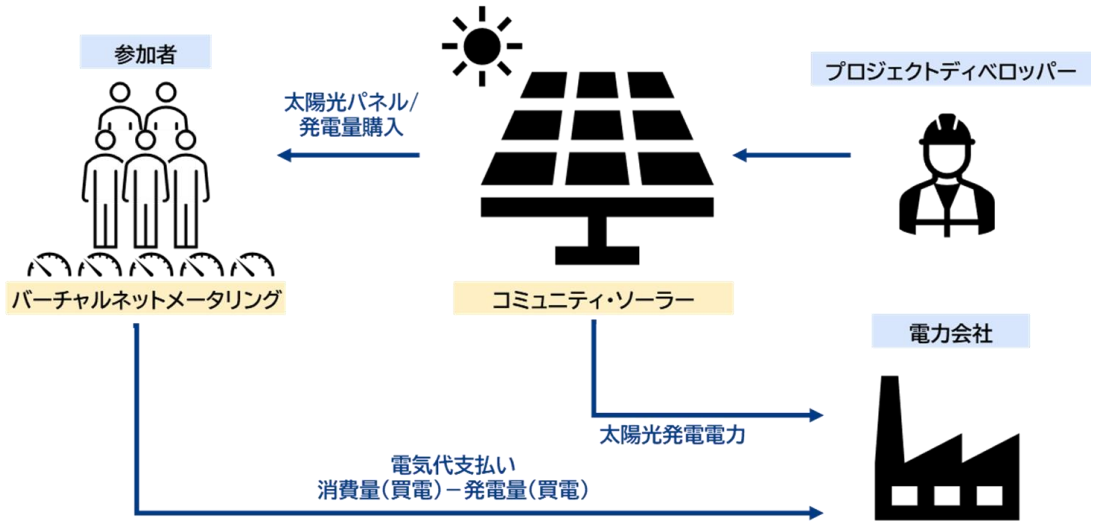


図 4-107 コミュニティ・ソーラーの仕組み

出所）Solar Journal,経済活性化と電気代削減を同時に実現する”コミュニティ・ソーラー”とは，2018/11/26,（https://solarjournal.jp/sj-market/26727/）<閲覧日 2023/2/4>をもとに三菱総合研究所作成

4）（参考事例④）非化石証書のトラッキングに関する課題

国内の代表的な再生可能エネルギー証書である非化石証書は、もともとエネルギー供給構造高度化法の目標達成のために小売電気事業者向けの環境価値証書として活用されてきたものである。そのため、非化石証書は図 4-108 に示すように、非化石価値、ゼロエミ価値、環境表示価値といった環境価値のみを証明する証書であり、産地価値や特定電源価値は含まれない形となっている。しかし、RE100で活用する証書に関しては電源の特定が求められるため、それに対応するために経済産業省は非化石証書に電源種や発電所所在地などの属性情報を付与するトラッキングの仕組みの導入を行った。

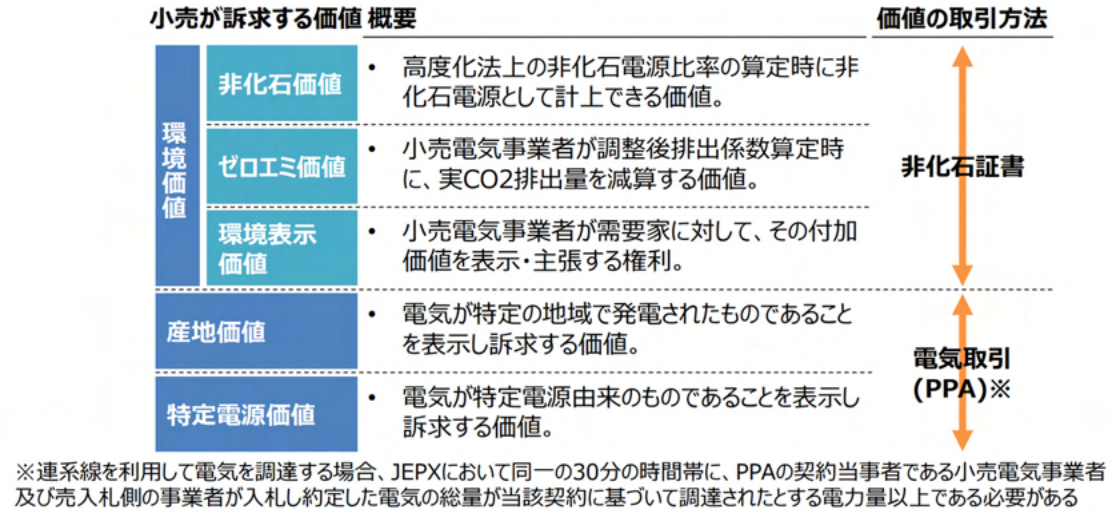


図 4-108 非化石証書の証明する価値

出所）資源エネルギー庁,電力・ガス基本政策小委員会制度検討作業部会，資料 3-2 トラッキング付非化石証書の販売にかかる実証実験を踏まえた今後の対応について，2019 年 3 月 19 日，p.20

FIT 非化石証書については 2019 年 2 月からトラッキング実証が行われてきた。図 4-109 に示すように、FIT 非化石証書のトラッキング需要量は徐々に増加していく形となり、トラッキング需要の高さが伺えた。供給量においては、図 4-110 に示すように 2021 年 11 月に全 FIT 電源がトラッキング対象となったことで大幅に増加した。また、2021 年 8 月から非 FIT 再生可能エネルギー電源にも対象が拡大されており、一定の割合に対するトラッキングの要望が見られている。

今後更なるトラッキングの利便性の改善に向けては、日本卸電力取引所（JEPX）の独立採算事業として実施していく方向性が示されている。

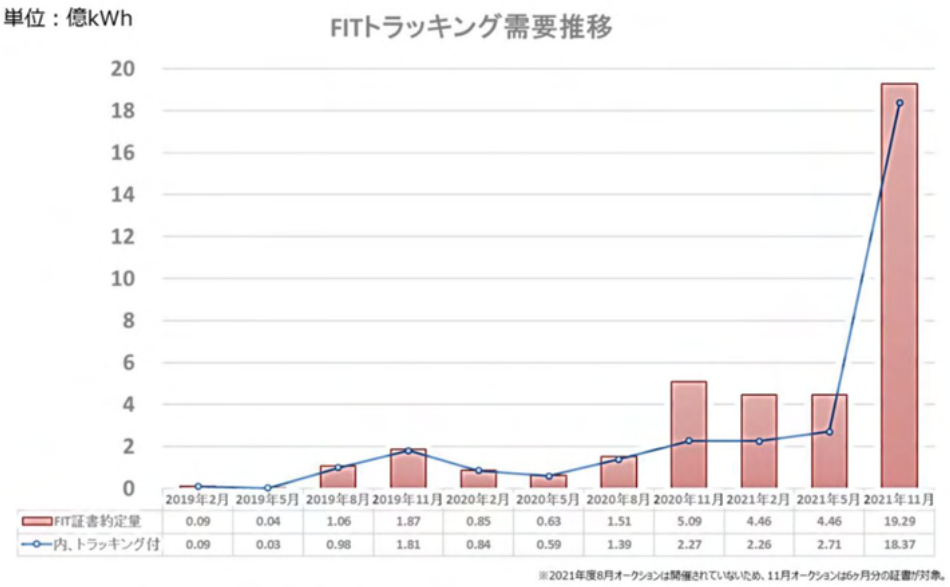


図 4-109 FIT 非化石証書のトラッキング需要推移

出所）資源エネルギー庁，総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会制度検討作業部会，第七次中間とりまとめ，2022 年 7 月，p.21

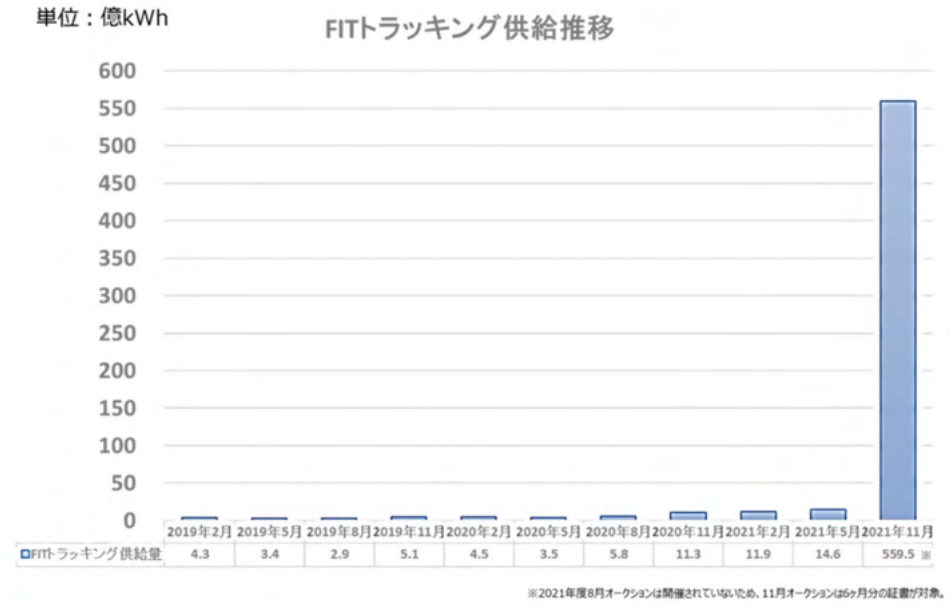


図 4-110 FIT 非化石証書のトラッキング供給推移

出所）資源エネルギー庁，総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会制度検討作業部会，第七次中間とりまとめ，2022 年 7 月，p.21

トラッキング量の増加、価格引き下げ、市場参加が可能な対象の拡大など、非化石証書のグローバルスタンダードに向けた改善は進められてきたが、表 4-81 に示すように、トラッキングの付与された証書の見える化やデジタル化、電源証明化を見据えたトラッキングの在り方の検討等、更なる改善を行う方向性が示されている。

また、地域性の訴求の観点では、オークション形式であるため価格による電源の差別化ができないという課題もある。今後は、一部の非 FIT 非化石証書で実施されている相対取引等、取引方法の拡充が期待される。

表 4-81 非化石証書のトラッキング改善に向けた今後の方向性

トラッキングに関する今後の主な検討ポイント
• **非 FIT 証書の相対取引におけるトラッキング** ※2023 年 1 月から開始
• **トラッキングの付与された証書の見える化（証書化）** ✓ 証書の実物化により需要家が求める証書付メニューに対する対価性を見えやすくする
• **トラッキング付証書の早期のデジタル化による需要家等への訴求環境の改善** ✓ 証書を、電子媒体を通じて需要家へ提供できるようデジタル化を進める
• **トラッキングに伴う有償化** ✓ 国の実証事業によって賄われているトラッキング費用について、当該トラッキングの利用に伴う手数料化を行っていく
• **電源証明化を見据えたトラッキングのあり方**

出所）資源エネルギー庁，総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会制度検討作業部会，第七次中間とりまとめ，2022 年 7 月，p.23-24
BIPROGY，FIT／非 FIT トラッキング付非化石証書 手続き関連ポータルサイト，
（https://pr.biprogy.com/solution/lob/energy/fit_tracking/），<閲覧日：2023/3/3>
上記 2 つの出所をもとに、三菱総合研究所が作成

5）（参考事例⑤）電力契約プラットフォーム：顔の見える電力

「みんな電力」は、再生可能エネルギー電力の生産者の顔、生産方法、生産場所の見える化をコンセプトにした小売電力事業を行っており、「顔の見える電力」として、再生可能エネルギー電力メニューを提供している。

企業需要家向けのメニューでは、調達する発電所を自由に選ぶことができるため、企業価値の向上に繋がる電力の調達が可能である。また、ブロックチェーンを活用した P2P 電力トラッキングシステムにより、どこから誰に電気がどれだけ配分されたかが分かるようになっており、図 4-111 に示すように時間ごとの電力使用量に対し、どの発電所から供給された電力がどの程度の割合で含まれているかが把握できる形となっている。

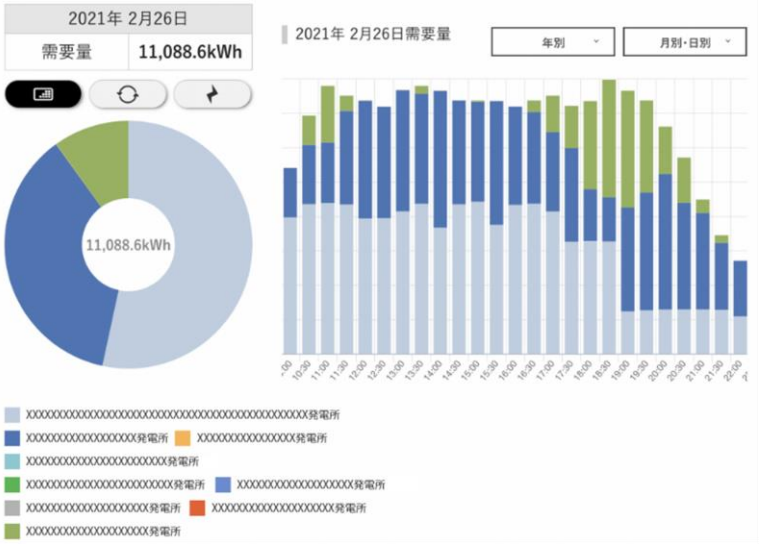


図 4-111 企業需要家向け：時間ごとの発電所とのマッチング結果

出所）みんな電力，業界初 顔の見える電力™，（https://minden.co.jp/biz/traceability），<閲覧日 2023/2/6>

個人需要家向けのメニューでは、発電所を選ぶことはできないが、図 4-112 に示すように 1 か月に 1 か所、好きな発電所を選び「応援」することが可能である。「応援」された発電所には契約者の電気料金のうち 100 円が支払われる仕組みとなっている。



図 4-112 個人需要家向け：発電所応援の仕組み

出所）みんな電力,みんな電力の「顔の見える電力™」発電所一覧，（https://minden.co.jp/personal/plan），<閲覧日 2023/2/6>

このような電力契約プラットフォームの支援を行うことにより、地域の再生可能エネルギー電源の調達をより簡単に行うことができる環境構築に繋がると考えられる。

6）（参考事例⑥）サステナブルツーリズム認証制度

フィンランド経済雇用省は、国家戦略「持続可能な成長プログラム」の一つとして、2019 年から「サステナブル・トラベル・フィンランド（STF）」プログラムを開始している。認証を受けると、図 4-113 に示すように、フィンランド政府観光局による「VisitFinland.com」において「Sustainably certified」とい

うマーク表示とともに紹介され、知名度向上や情報提供、マーケティング支援などの特典を受けることができる。対象は、レストラン、宿泊施設、旅行代理店等の国内の旅行関連施設と、交通機関である。

例えば、国内でもこのような認証制度を構築し、地域の再生可能エネルギー電源を生かした観光等を認証要件として支援を行っていくことで、地域の再生可能エネルギー電源の魅力発信を促進できる可能性がある。

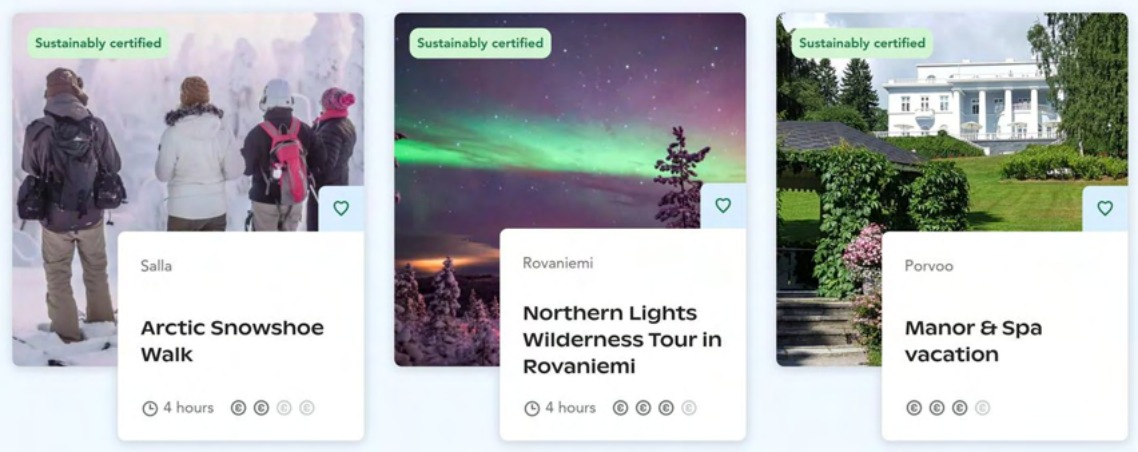


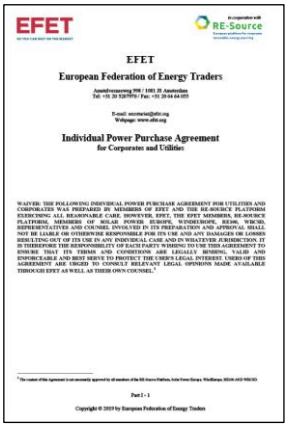
図 4-113 STF の認証を受けた旅行関連施設等

出所）Visit Finland, Practical Tips,（https://www.visitfinland.com/en/practical-tips/sustainability/），<閲覧日 2023/2/7>

7）（参考事例⑦）PPA のモデル契約書

欧州では、PPA の普及を一層促進させるために、再生可能エネルギー団体等が共同で設立した PPA 支援サイト上にて図 4-114 のようなモデル契約書が公開されている。日本でも同様の情報整備によって「契約が複雑・対応が難しい」等の解決につなげることが可能である。

環境省・みずほリサーチテクノロジーズ「オフサイトコーポレート PPA について」（2021 年3月作成・2022 年 3 月更新版）においては、契約上のリスクと対応策が公開されている。ヒアリングした企業のうち PPA 契約を締結した企業からは、このような情報を参考にしているという意見があった。


EFET

EFET

European Federation of Energy Traders

Individual Power Purchase Agreement

for Corporates and Utilities

章	節
PART I (Individual Terms) of the Individual Power Purchase Agreement	SECTION A: COMMERCIAL PROVISIONS
	SECTION B: ELECTIONS FOR THE PURPOSES OF PART II (GENERAL PROVISIONS)
	SECTION C: AMENDMENTS TO PART II (GENERAL PROVISIONS)
PART II (General Provisions) of the Individual Power Purchase Agreement	

図 4-114 EFET モデル契約書の構成

出所）EFET, CPPA standard,（https://www.efet.org/home/documents?id=26） <閲覧日：2023/2/3>

8）（参考事例⑧）電力契約プラットフォーム：エネチェンジ

電気・ガスの見直しサイト「エネチェンジ」では、サイト内で現在の契約内容と使用状況を入力することで、提携している小売電気事業者のプランを比較し、見積もりを取得することができる。さらにそこから、電気契約の切り替え手続きを簡単に行うことが可能である。図 4-115 に示すように、エネチェンジから新規の契約申し込みを行うと、既存の契約先に情報連携が行われ、契約者自身で解約の手続きを行う必要がない。また、電力会社の切り替え完了まで専門スタッフが無料でサポートしてくれるサービスも提供している。

このようなプラットフォームが普及していくことで、個人需要家が感じる電力契約の切り替えへのハードルを下げ、再生可能エネルギー電力メニューへのアクセス性も高めることができると考えられる。

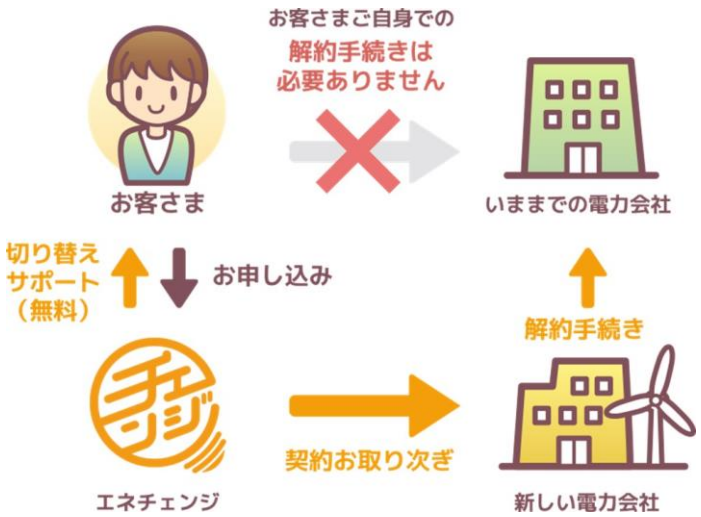


図 4-115 エネチェンジの仕組み

出所）エネチェンジ「でんき選びを初めてされるみなさんへ」（https://enechange.jp/specials/guidance?f=header-menu），<閲覧日 2023/2/6>

9）（参考事例⑨）CCA：Community Choice Aggregation

CCA（Community Choice Aggregation）とは、米国で普及している、地方自治体が非営利の事業体を設立し、地域内の家庭部門・業務部門の電力需要家を束ねて、代表して再生可能エネルギー電力を調達する枠組みである。図 4-116 に示すように、現在米国では 10 州で法的に認可されており、導入を検討中の地域も複数存在する。

図 4-117 に示すように、CCA 導入地域の需要家は、原則として自動的に CCA のサービスに登録される。そして、それに対して積極的に拒否（オプトアウト）を行わない限り、そのまま CCA のサービスによる再生可能エネルギー電力を利用することになる。拒否を行えば、従来の電力会社のサービスを受けることも可能である。行動科学/行動経済学的に、人々は標準的な設定に誘導される傾向があると言われており、そういった観点からも CCA は再生可能エネルギー電力利用を拡大させる上で有効な仕組みであると言える。

再生可能エネルギー電力を選ぶメリットがあったとしても、需要家が自発的に再生可能エネルギー電力を切り替える行動に起こすまではハードルが存在する。CCA のような仕組みの導入により、需要家が行動を起こすハードルを取り払うことができ、再生可能エネルギー電力の普及促進に繋げることができると考えられる。

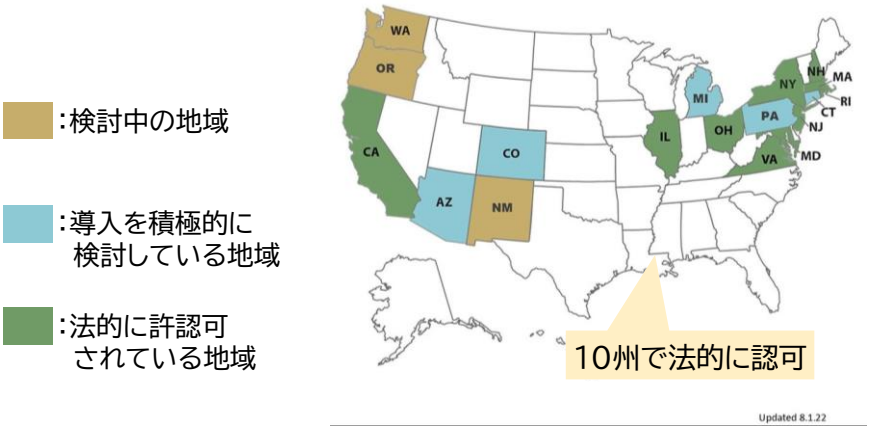


図 4-116 CCA が許可されている州(2022/8 時点)

出所)LEAN ENERGY US, CCA By State, (https://www.leanenergyus.org/cca-by-state), <閲覧日:2023/2/3>

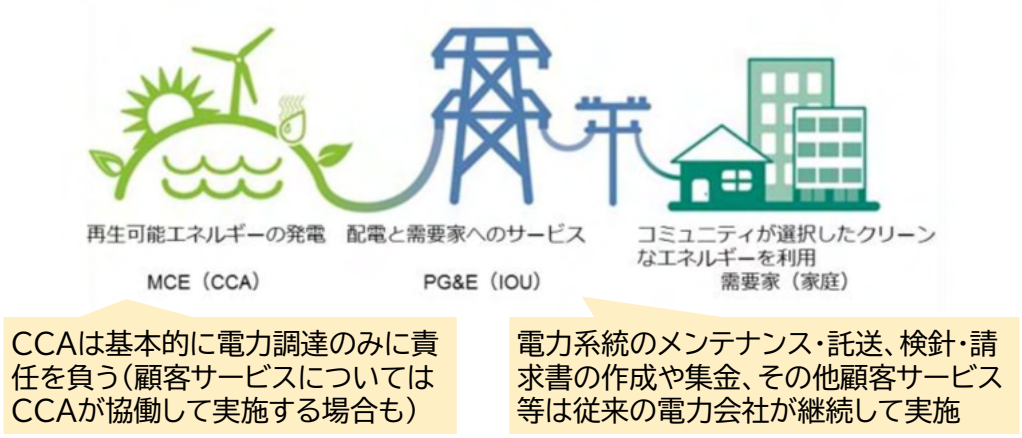


図 4-117 CCA と民間電力会社(IOU)の役割

出所)環境省,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,第3章 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, p.397, 図 3-71 Marin Clean Energy の CCA 事例

4.4 風力発電の導入促進施策検討

4.4.1 欧州における浮体式洋上風力発電導入加速化施策に係る調査

（1） 海外文献調査

洋上風力関連規制・制度の観点から、浮体式洋上風力の導入に向けて必要な施策に関する文献調査を行うため、英国の研究機関である ORE Catapult のレポートを調査した。ORE Catapult は、海洋再生可能エネルギー（風力、波力、潮力）の産業成長を目的に 2013 年に英国政府によって設立された研究機関である。図 4-118 の通り、5 つの部局に分かれ、洋上風力の技術・サプライチェーンの発展に貢献している。Floating Offshore Wind Centre of Excellence（FOW CoE）は、英国の浮体式洋上風力発電の産業成長を目的に ORE Catapult によって設立されたイニシアチブである。産業界、学術界、サプライチェーン関係者とのパートナーシップを形成しており、4 分野のワークプログラム開発を進めている。

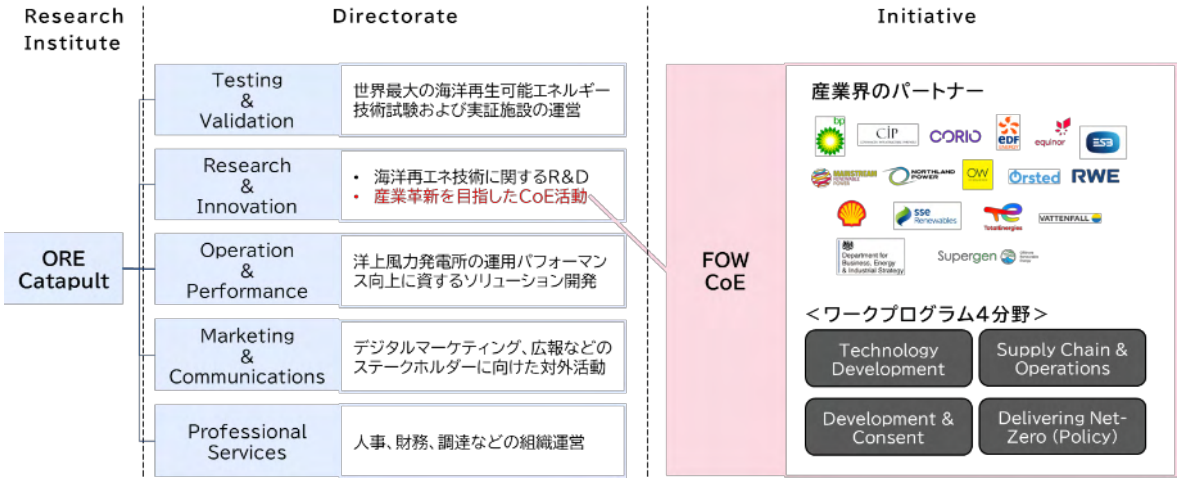


図 4-118 ORE Catapult の概要

出所）ORE Catapult Website (https://ore.catapult.org.uk/) <閲覧日：2023 年 3 月 8 日>より三菱総合研究所作成

文献調査にあたっては、英国海域における浮体式洋上風力の事業開発及び合意形成プロセスに関する ORE Catapult レポート ”Floating Offshore Wind Development and Consenting Process – Risks and Opportunities”を調査した。本レポートでは、事業開発及び合意形成プロセスにおけるリスクの特定とリスク軽減策の探索を行っている。

（2） 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスク

表 4-82 の通り、ORE Catapult によると、英国での商用浮体式プロジェクトを実現するにあたり、政策面、合意形成プロセス、サイト調査や環境アセスメント等の多くの領域において浮体式の導入を阻むリスクが存在すると指摘されている。

表 4-82 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスクの全体像

海洋政策/洋上風力政策	• 浮体式洋上風力に特化した海域リース入札の欠如 • 浮体式洋上風力へのレベニュー支援策の検討不足 • 許認可手続を所管する規制当局のリソース不足 • 意思決定プロセスの長期化(※) • 英国内における海洋空間計画プロセスの違いによる、海域の競合発生(※)
合意形成プロセス	• 浮体式洋上風力の導入による利害関係者への影響 • プロジェクト規模の大型化に伴う合意形成プロセスの複雑化 • 地域による合意形成プロセスの複雑性(※)
サイト調査/環境アセスメント	• 沖合における風況の正確な把握の難しさ • 沖合の環境特性の調査・データ収集の難しさ • 累積影響や海鳥への影響等の把握 • 地域によるHRA(Habitats Regulations Assessment)/環境アセスメント実施時期の差異(※)
技術基準	• 浮体式洋上風力に対する過度に保守的な技術要件 • 洋上風力関連技術の環境影響の不確実性
インフラ整備	• 開発候補地に近い送電インフラの不足 • 洋上風力導入をサポートするインフラの欠如 • 送電コストの削減(※)

※英国ではスコットランド及びイングランド・ウェールズにおいて、政策・制度が異なることによる地域差が存在するため、英国内の商業開発プロセスが複雑であるという問題点が指摘されている。

出所)ORE Catapult, Floating Offshore Wind Development and Consenting Process – Risks and Opportunities, p.23-27,(2021 年 7 月)より三菱総合研究所翻訳・作成

表 4-83 の通り、浮体式洋上風力はより沖合海域での開発が求められることから、風況・サイト調査の実施や系統インフラを確保することが難しい点や、浮体式洋上風力向け海域リース入札の必要性があると、指摘されている。その他、英国特有の課題として地域(スコットランド及びイングランド・ウェールズ)による制度の差異が指摘されている。

また、浮体式洋上風力に関連する技術の多くは実証プロジェクトを通じて検証されているものの、大規模商用プロジェクトの実績がないことから、大規模プロジェクト開発における様々な不確実性が存在する。エビデンス不足等に起因する不確実性に対して保守的な評価がなされると、事業リスク増大や利害関係者との合意形成が難航する可能性が指摘されている。ファイナンスリスクがあるとみなされた場合の資本コスト増大、係留索等による海域占用面積が大きいと懸念された場合の漁業者等との合意形成の難しさ、より沖合における海鳥等への環境影響のエビデンス不足による許認可期間の増大などが、リスクとして指摘される。

これらの浮体式洋上風力の開発・合意形成における各リスクが関係するトピックの整理は表 4-84 の通りである。

表 4-83 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスクの詳細

浮体式洋上風力特有の課題と考えられるリスク　洋上風力全般で想定されるリスク

No.	リスク	詳細
1.1	浮体式洋上風力に特化した海域リース入札の欠如	Crown Estateの海域リース入札において、浮体式洋上風力に特化した入札ラウンドが実施されていない。
1.2	浮体式洋上風力へのレベニュー支援策の検討不足	現在の商用プロジェクトは小規模であるため、浮体式洋上風力の開発に対する投資が得られず、公的機関からの資金援助に依存する可能性がある。
1.3	沖合における風況の正確な把握の難しさ	現在の着床式洋上風力より離岸距離の離れた沖合の風況が、投資コストを上回るのか正確に把握する必要がある。
1.4	沖合の環境特性の調査・データ収集の難しさ	沖合かつ深海域におけるサイト調査は難易度が高く、プロジェクト推進に必要なデータ収集に時間を要する可能性がある。
1.5	意思決定プロセスの長期化	CfDと海域リースの入札タイミングが一致しておらず、合意形成プロセスに数年を要するため、洋上風力の建設完工時期が長期化する可能性がある。
1.6	許認可手続を所管する規制当局のリソース不足	エンジニアリング、環境分野、物流、労働安全衛生など幅広い分野のスキルが規制当局には求められるが、そのための人的リソースが不足している。
1.7	英国内における海洋空間計画プロセスの違いによる、海域の競合発生	スコットランド及びイングランド・ウェールズにおける個別の海洋空間計画の作成による海域の競合が発生している。英国全土における海洋空間計画の策定プロセスの必要性が示唆されている。
1.8	開発候補地に近い送電インフラの不足	浮体式洋上風力の主要な開発候補地付近に必要な送電網が不足している。着床式洋上風力に対する公的投資及び政府支援は、浮体式洋上風力においても有益である。
1.9	送電コストの維持・削減	英国内の託送料金は地域によって大きく異なるため、スコットランドの一部の洋上風力サイトは送電コストが原因で採算が取れないと見られている。
1.10	地域による合意形成プロセスの複雑性	洋上風力プロジェクトは複数地域（スコットランド、イングランド、ウェールズ）にまたがる可能性があり、関係地域を包括した合意形成と合意後の洋上風力運用について、理解が浸透していない。
1.11	地域によるHRA/環境アセスメント実施時期の差異	スコットランドでは海域リース入札によって海域が提供される前に、環境影響評価を実施する必要があるが、その他地域ではリースプロセスの段階で同様の調査を行う必要性はない。
2.1	浮体式洋上風力に対する過度に保守的な技術要件	環境条件を踏まえた技術制約、商業規模での実証はなされていない新技術などの開発に対して、融資リスクがあるとみなされる恐れがある。
2.2	浮体式洋上風力の導入による利害関係者への影響	浮体式洋上風力の本体設備で環境等への十分な配慮をはらっても、係留や海底ケーブル等の周辺設備が漁業や船舶航行に影響を与える可能性がある。
2.3	洋上風力関連技術の環境影響の不確実性	新技術には例えば環境影響等に対する不確実性が存在するため、開発コストの増大や合意形成の長期化につながる可能性がある。
2.4	プロジェクト規模の大型化に伴う合意形成プロセスの複雑化	洋上風力プロジェクトの大規模化に伴い合意形成プロセスも複雑になり、プロジェクト遂行の不確実性が増大する。
2.5	洋上風力導入をサポートするインフラの欠如	商用浮体式洋上風力の建設～O&Mフェーズにおいて、必要な部品や装置等を輸送するサプライチェーンの構築が必要不可欠であるが、サプライチェーンの基盤となる港湾インフラの整備は現状不十分である。
2.6	累積影響や海鳥への影響等の把握	海鳥の洋上風車への衝突、海鳥の餌の減少等は、英国周辺の洋上風力プロジェクトの合意形成プロセスにおける大きなリスクとなっている。浮体式洋上風力の場合は離岸距離が長くなる一方で、沖合海域における海鳥等への影響は不確実であり、プロジェクトの合意形成リスクとなる可能性がある。

※No.1 はリスクのうち、浮体式技術との関連が薄いものが属する。No.2 は直接的・間接的に浮体式技術に関連するものが属する。

出所）ORE Catapult, Floating Offshore Wind Development and Consenting Process – Risks and Opportunities, p.23-27,（2021 年 7 月より三菱総合研究所翻訳・作成

表 4-84 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスクと関連トピックとの関係

No.	リスク	関係するトピック						関係する開発プロセス			2030年までの短期的リスク
		プロセス	プログラム	社会的/環境的制約	データギャップ	関係者調整	コスト	F/S	合意形成	運用	
1.1	浮体式洋上風力に特化した海域リース入札の欠如	✓	✓				✓	✓	✓		✓
1.2	浮体式洋上風力へのレベニュー支援策の検討不足	✓						✓			✓
1.3	沖合における風況の正確な把握の難しさ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
1.4	沖合の環境特性の調査・データ収集の難しさ	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
1.5	意思決定プロセスの長期化	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
1.6	許認可手続を所管する規制当局のリソース不足		✓			✓	✓	✓	✓	✓	
1.7	英国内における海洋空間計画プロセスの違いによる、海域の競合発生	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.8	開発候補地に近い適当な送電インフラの不足	✓	✓				✓	✓	✓	✓	
1.9	送電コストの維持・削減	✓					✓	✓		✓	
1.10	地域による合意形成プロセスの複雑性	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
1.11	地域によるHRA/環境アセスメント実施時期の差異	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
2.1	浮体式洋上風力に対する過度に保守的な技術要件	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	
2.2	浮体式洋上風力の導入による利害関係者への影響	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2.3	洋上風力関連技術の環境影響の不確実性	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.4	プロジェクト規模の大型化に伴う、合意形成プロセスの複雑化	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2.5	洋上風力導入をサポートするインフラの欠如	✓	✓				✓	✓		✓	
2.6	累積影響や海鳥への影響等の把握	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		

出所）ORE Catapult, Floating Offshore Wind Development and Consenting Process – Risks and Opportunities, p.23-27, (2021 年 7 月)より三菱総合研究所翻訳・作成

（3）浮体式洋上風力の開発・合意形成に係るリスク軽減策

表 4-85 に示す通り、浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスクに対して、軽減策を実施する必要がある。洋上風力の導入に当たっては、洋上風力発電関連政策のみならず、海洋政策の観点からも洋上風力の導入促進の重要性を認識し、海洋空間計画を立案する重要性が指摘される。浮体式洋上風力は沖合海域での導入が見込まれることから、沖合におけるサイト調査・環境影響アセスの実施や、沖合海域の先行利用者（漁業関係者等）とのコミュニケーション構築の重要性が挙げられる。また、実証プロジェクト等から得られた知見を用いて社会実装（商用化）へとつなげる研究・技術開発や、インフラ・サプライチェーン投資も必要である。

表 4-85 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスク軽減策の全体像

海洋政策/ 洋上風力政策	• 海洋政策・海洋空間計画の変更 • 浮体式専用の海域入札の導入
合意形成プロセス	• 着床式で得られた知見の共有 • ステークホルダーとのコミュニケーション構築 • 合意形成プロセスに関する担当者へのアウトリーチやガイダンスの実践
サイト調査/ 環境アセスメント	• 沖合海域を含むサイト調査の実施 • 浮体式洋上風力がもたらす影響に関する重点的な研究 • プロジェクト実施フェーズにおける順応的管理
技術基準/ 商用化に向けた開発	• 実証プロジェクトからの教訓を通じた、浮体式の技術革新 • 技術実証に関する重点的な研究
インフラ整備	• サプライチェーン及び港湾インフラへの投資 • 系統インフラへの投資 • 送電コストの標準化

出所）ORE Catapult, Floating Offshore Wind Development and Consenting Process – Risks and Opportunities, p.34-37, （2021 年 7 月）より三菱総合研究所翻訳・作成

表 4-86 に示す通り、浮体式洋上風力の開発・合意形成のリスク軽減の具体策としては、海洋計画・海域入札の見直し、浮体式洋上風力専用の海域リース入札や、合意形成プロセスに関するステークホルダーとのコミュニケーションが挙げられている。浮体式洋上風力はより沖合での開発が必要となることから、沖合海域におけるサイト調査（風況調査・海象調査）等の実施や浮体式洋上風力の環境影響等の不確実性を検証することを目的とした産官学による研究や順応的管理が挙げられている。技術面では、商用プロジェクトの開発と並行した技術検証・改善の機会を与える研究・プログラムが挙げられている。

浮体式洋上風力の導入に必要となる系統インフラ・港湾インフラへの投資の必要性も挙げられている。浮体式洋上風力の組立・設置作業は着床式洋上風力とは異なることから、浮体式洋上風力に適した港湾インフラ整備が必要となる。浮体式洋上風力を含む離岸距離の長い洋上風力プロジェクトでは系統インフラへのアクセスも課題となり、ORE Catapult のレポートでは最も重要な必須要件として捉えられている。

表 4-86 浮体式洋上風力の開発・合意形成におけるリスク軽減の具体策

課題に対する必要施策		実施主体
海洋政策/洋上風力政策	• **海洋計画・海洋空間政策の変更** 海洋空間計画プロセスに地理空間情報に基づく計画アプローチを採用するか、もしくは特定地域における浮体式洋上風力のプロジェクトの優先順位を高める内容を政策に含める。	政府
	• **浮体式洋上風力専用の海域リース入札の導入** イングランド、ウェールズにおける入札ラウンドの方針を変更し、洋上風力全般を対象とした海域リース入札だけでなく、浮体式洋上風力専用の海域リース入札を導入する。	政府
合意形成プロセス	• **合意形成プロセスに関わる担当者へのアウトリーチやガイダンスの実践** 開発者や規制当局など合意形成プロセスに関わる人間に対して、他分野の成熟した合意形成プロセスを共有し、教育活動を行う。	規制当局
	• **着床式洋上風力で得られた知見の共有** 着床式洋上風力で得られた既存のデータセットや技術等の知見を、浮体式洋上風力のプロジェクトと共有する。	政府 規制当局 民間企業 開発事業者
	• **海洋計画・海洋空間政策の変更** 海洋空間計画プロセスに地理空間情報に基づく計画アプローチを採用するか、もしくは特定地域における浮体式洋上風力のプロジェクトの優先順位を高める内容を政策に含める。	規制当局
	• **ステークホルダーとのコミュニケーション構築** 産業界、規制当局、海洋活動に関する他のセクターとの意見交換の場を設ける。	
サイト調査/環境アセスメント	• **沖合海域を含むサイト調査の実施** 入札候補海域が公開される前に開発時の制約条件の地理空間的マッピングなどを実施することで、事業者は候補海域の中から選択したプロジェクトサイトの妥当性を、投資家に対して証明しやすくなる。	政府 民間企業
	• **浮体式洋上風力がもたらす影響に関する重点的な研究** 浮体式洋上風力に関する知見を更に拡大するために、大学や研究機関と連携する。	政府 民間企業 規制当局 開発事業者
	• **プロジェクト実施フェーズにおける順応的管理** 継続的なモニタリングと評価を実施することで、浮体式の開発プロジェクト計画の見直しと修正を随時行う。	規制当局 開発事業者
技術基準/商用化に向けた開発	• **実証プロジェクトからの教訓を通じた、浮体式の技術革新** 浮体式洋上風力の実証プロジェクトの教訓を通じて、現在の技術の改善点やより沖合のサイトにおけるコスト削減可能性を探索する。	政府 民間企業 規制当局 開発事業者
	• **技術実証に関する重点的な研究** 浮体式洋上風力に関する革新的技術を開発し、浮体式プロジェクトの遂行に並行して技術の検証・改善を行う機会が重要である。	民間企業 開発事業者
インフラ整備	• **サプライチェーン及び港湾インフラへの投資** 地理的特性、経済投資、開発後に提供される施設やサービス等のあらゆる観点から、浮体式のサプライチェーン・インフラ投資を検討する。	政府 民間企業
	• **系統インフラへの投資** 英国での商業浮体式プロジェクトの実現における最大のボトルネックであり、全ての必要施策を機能させるための必須要件である。	政府
	• **託送コスト等の標準化** 託送料金等の地域間のコストを標準化することで、スコットランド北部などの浮体式洋上風力の開発ポテンシャルが高い地域においてエンドユーザーに近い地域との競争力を持つようになる。	政府

出所）ORE Catapult, Floating Offshore Wind Development and Consenting Process – Risks and Opportunities, p.34-37,（2021 年 7 月）より三菱総合研究所翻訳・作成

表 4-87 に示す通り、ほぼ全ての施策の優先度は高い一方、施策の効果が得られるまでに時間を要することから、将来の浮体式洋上風力の導入に向けて可能な限り早期から検討を着手することが重要である。海洋空間計画・海洋空間政策の変更や沖合でのサイト調査、サプライチェーン・港湾・系統インフラへの投資は長期的な施策となり、コストを要するが取り組むべき施策とみなされている。

表 4-87 浮体式洋上風力のリスク軽減策の実施主体・評価

リスク軽減策	軽減策の実施主体				軽減策の評価(※)		
	政府	民間企業	規制当局	開発事業者	優先度	即効性	低コスト
海洋計画・海洋空間政策の変更	✓				◎	○	○
浮体式洋上風力専用の海域入札導入	✓				○	○	○
合意形成プロセスに関わる担当者へのアウトリーチやガイダンスの実践			✓		◎	◎	◎
着床式洋上風力で得られた知見共有	✓	✓	✓	✓	◎	◎	◎
ステークホルダーとのコミュニケーション構築			✓		◎	◎	◎
沖合海域を含むサイト調査の実施	✓	✓			◎	○	○
浮体式洋上風力がもたらす影響に関する重点的な研究	✓	✓	✓	✓	◎	◎	◎
プロジェクト実施フェーズにおける順応的管理			✓	✓	○	◎	◎
実証プロジェクトからの教訓を通じた、浮体式の技術革新	✓	✓	✓	✓	◎	△	○
技術実証に関する重点的な研究		✓		✓	◎	◎	△
サプライチェーン及び港湾インフラへの投資	✓	✓			◎	△	△
系統インフラへの投資	✓				◎	△	△
託送コスト等の標準化	✓				◎	○	○

※＜優先度＞施策の効用の大きさ

◎:大いに利益をもたらす ○:利益をもたらす

＜即効性＞現時点から着手した場合の効果発現時期

◎:早急に効果が発現 ○:2030 年以内には発現 △:2030 年以降までかかる可能性あり

＜低コスト＞施策にかかる費用の低さ

◎:10 万£以下 ○:10 万£以上 100 万£以下 △:100 万£以上

出所)ORE Catapult, Floating Offshore Wind Development and Consenting Process – Risks and Opportunities, p.34-37,(2021 年 7 月)より三菱総合研究所翻訳・作成

表 4-88 に示す通り、浮体式洋上風力を含む洋上風力全般の開発・合意形成におけるリスクが存在する一方で、異なるセクターが相互にメリットのあるプロセスを開発し、技術的もしくは別の方策によって解決策を見出すことで生まれる機会が存在する。沖合・深海域での洋上風力の導入拡大、複数プロジェクトにおける送電線の共同利用、沿岸から離れた海域への設置に伴う景観への影響緩和などが挙げられる。

表 4-88 浮体式洋上風力の開発・合意形成リスクに対処することで生まれる機会

項目	詳細
浮体式洋上風力の開発による開発サイトの増加	• 浮体式洋上風力の開発により、従来開発できなかった海域での導入が期待される。
複数プロジェクトにおける送電網の共用利用	• 設備投資およびイノベーションが確立した場合には、送電網をシェアすることで複数の電源開発の機会が生まれる。
浮体式洋上風力に特化したサプライチェーンの構築	• 浮体式洋上風力の市場以外の成熟サプライチェーンとの、クロスオーバーが期待される。
特定の環境影響における不確実性の減少	• 浮体式洋上風力は離岸距離が遠いことから景観への影響が低減される。基礎を海底面に固定する工程が不要となるため、施工時の水中騒音が低減される。
地域特有の海洋空間計画策定プロセスによるプロジェクト開発の調整	• スコットランドにおける多様な海洋活動を統合した海洋空間計画プロセス（Sectoral Marine Plan）など、浮体式洋上風力の発展に寄与する知見を有する海域調整プロセスが、英国内には存在する。
他産業や着床式洋上風力の分野における、既存の海洋インフラ、技術の活用	• 既存の港湾インフラ等を、浮体式洋上風力のプロジェクトに活用することが考えられる。
他産業や着床式洋上風力の分野から転用可能な、技術や資源の活用	• 洋上メンテナンス技術やプロジェクト管理スキル等の転用が考えられる。

出所）ORE Catapult, Floating Offshore Wind Development and Consenting Process – Risks and Opportunities, p.29-32,（2021 年 7 月）より三菱総合研究所翻訳・作成

4.4.2 欧州における風力発電導入加速化施策に係る調査

2022 年 3 月、欧州委員会は、ロシア産化石燃料からの脱却を目指す REPowerEU 計画を公表した。表 4-89 の通り、REPowerEU の中では「再生可能エネルギーの導入加速」が掲げられており、再生可能エネルギーの導入加速の実現に向けた提言と、各国でのベストプラクティスガイドが公開されている。

本調査では風力発電の導入加速化に関する参考事例を把握するために、ベストプラクティスガイドについて調査を行った。また、ベストプラクティスガイドに挙げられた事例のうち、複数か国（EU、ドイツ、イギリス、ベルギー）における風力発電に関する事例について追加調査を実施した。また、REPowerEU の公表に合わせて欧州の風力業界団体・WindEurope が風力発電の導入加速化に係るポジションペーパーを公表しており、その内容についても調査を実施した。

＜ベストプラクティスガイドと記載項目＞

1）行政許認可手続きの迅速化・短縮化
2）内部調整とデジタル化手続きによる許認可手続きの複雑さを軽減
3）許認可機関の人材確保とスキル向上
4）再生可能エネルギープロジェクトの立地場所の特定と計画の改善
5）系統連系手続きの簡略化、複数技術を組み合わせた発電所、リパワリング、イノベーション技術

表 4-89 REPowerEU にて掲げられている項目

項目	概要
省エネルギー	“Fit for 55”に基づく省エネ目標 9%から、13%へ引き上げ
天然ガス輸入の多様化	国際的なパートナーと連携し、ガスパイプライン及び LNG 調達先の多角化を推進
再生可能エネルギーの導入加速	2030 年の再生可能エネルギー目標を 40%→45%へ引き上げ 複雑かつ長期の許認可の課題に対処するため、許認可プロセスの短縮化
産業部門及び運輸部門における化石燃料消費の削減	2030 年までに最大 350 億立米の天然ガス消費の抑制 ゼロエミッション車の導入を支援

出所）European Commission, REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition (https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3131), <閲覧日：2023 年 3 月 8 日>
European Commission, Commission recommendation on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements（2022 年 5 月 18 日）より三菱総合研究所翻訳・作成

なお、2010 年に欧州風力エネルギー協会（European Wind Energy Association ※現在の WindEurope の前身）が公表した”WindBarriers: Administrative and grid access barriers to wind power”では、風力発電開発に係るリードタイムやコスト、関連するステークホルダー数の指標を用いて、行政手続きと系統連系に係る障壁（バリア）を評価している。欧州風力エネルギー協会によ

ると、主に環境影響評価や系統制約等が障壁となっており、許認可や系統連系手続きに要するリードタイムは陸上風力発電で平均 54.8 ヶ月、洋上風力発電では平均 32 か月を要していたとされる。

REPowerEUにおいても許認可手続きや系統連系申請の迅速化が焦点に当てられており、陸上・洋上風力発電の導入障壁として現在も捉えられていると考えられる。我が国とは法制度・規制等の条件は異なるため、必ずしも日本の必要施策として REPowerEU での取組をそのまま当てはめることはできないが、参考事例として調査を実施した。

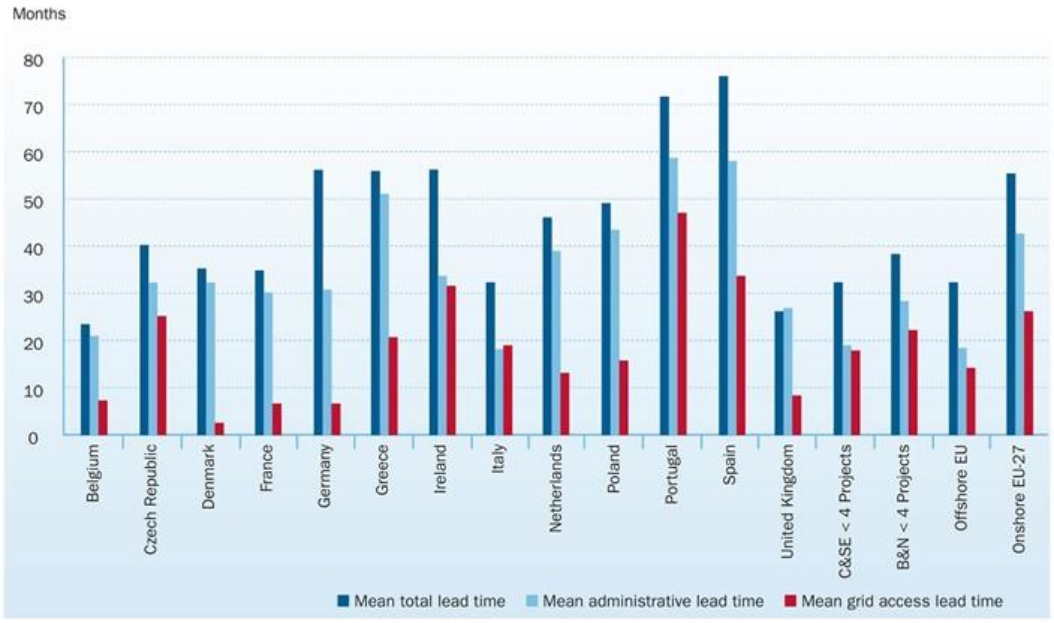


図 4-119 EU 加盟国における行政手続きや系統連系にかかるリードタイム

出所）European Wind Energy Association, WindBarriers: Administrative and grid access barriers to wind power, p.43,（2010 年 7 月）

（1） REPowerEU：再生可能エネルギーの導入加速に係るベストプラクティスガイド

1） 行政許認可手続きの迅速化・短縮化

表 4-90に、行政許認可手続きの迅速化・短縮化に係るベストプラクティスガイドの事例を整理した。許認可に必要な全ての手続きについて、できるだけ短い期限を明確に定めた上、延長する場合の条件を規定すること、環境影響評価の全段階に対して拘束力のある期限を設定することが推奨されている。

再生可能エネルギープロジェクトに関する司法手続きの長期化を防ぐために、時間枠を設定し、訴訟の濫用や不必要な上訴を避けるための特定の規則を定めることや、行政許認可のプロセス全体について、単一の統合された申請プロセスが必要とされている。系統連系も含め、複数の承認が必要な場合は、順次申請よりも同時申請を優先すること、プロジェクト許認可申請時の技術仕様の変更を容認する柔軟性を持たせることにより、効率最大化や最新技術の採用を促進することがそれぞれ推奨されている。

表 4-90 行政許認可手続きの迅速化・短縮化に関するベストプラクティス

項目	国名	取組概要
手続き期間の明確化	スウェーデン	• 新たな規制・情報・ガイドラインのために追加で時間がかかる場合、又は当初は予測不能であった外部環境による遅延の場合に、期限を延長できることを規定。
	スロベニア	• 例外的な状況では手続きが最大1年間延長されるという理由付きの決定を、期限が切れる前に開発事業者が受け取る必要があると規定する条項を導入。
	フィンランド	• 複数の行政許認可手続きが必要な場合、所管官庁は期限が遵守されるように協力する必要があると要件に定められている。
	スペイン（アンダルシア）	• 州政府は、戦略的プロジェクトのための「加速ユニット」を創設。必要な許認可手続きで優先的な取り扱いを受けることができる。
	ブルガリア、フランス、イタリア、マルタ、ギリシャ、ラトビア、ルーマニア	• 環境影響評価について、開発事業者が申請してから許可が下りるまでの期間は、多くの場合、1～2か月以内（加盟国の約半数で確立済み）。
司法手続きに関する規則整備	フランス	• 風力発電プロジェクトについて、環境認可に対する上訴の数を3件から2件にした。上訴は直接控訴院に提出できるようになり、最初に行政裁判所に行く必要が無くなった。
	オランダ	• 100MW超の陸上風力発電プロジェクト及び50MW超の太陽光発電プロジェクトに関する許可は、高等裁判所にのみ上訴可能。
許認可手続きの統合	オーストリア	• 発電事業免許や自然保護法・航空法に基づく承認手続き、森林法・水関連法・労働安全衛生法・建築基準法の許可等の複数の許認可手続きに加え、用地選定や系統連系も並行して申請可能。
	フランス、ベルギー（フランドル、ワロン）	• 「単一許可（single permit）」手続きを導入。 • ベルギー（フランドル及びワロン地域）では、環境と都市に関する手続きに小規模プロジェクトの免除も統合。 • フランスでは、風力発電の複数の許認可（環境、航空、軍事通行権、発電ライセンス）の審査が一度で済む。
技術仕様の変更の柔軟化	スウェーデン	• 事業者は、プロジェクト区域と制限区域や風車の最大基数・最大高さ等を指定しなければならない代わりに、レイアウトの最適化やローターサイズ・ハブ高さ等の変更が可能で、最新の風車技術を活用できる「ボックスモデル」
	ルーマニア	• 風車高さ・ローター等の仕様を満たす限り、当局へ届け出るだけで、最終建築許可の発行後に風車のタイプの変更が許可される。

出所）European Commission, COMMISSION RECOMMENDATION on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements, p.4, （2022 年 5 月 18 日）
European Commission, COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Guidance to Member States on good practices to speed up permit-granting procedures for renewable energy projects and on facilitating Power Purchase Agreements, p.7-9, （2022 年 5 月 18 日）より三菱総合研究所翻訳・作成

2）内部調整とデジタル化手続きによる許認可手続きの複雑さを軽減

表 4-91 にベストプラクティスガイドの事例を整理した。国・地方・自治体レベルで役割や責任、適用される法律や規則等の合理的・効率的な調整が必要。所管する組織の数を限定して効率を最大化し、リソースと技術・環境・法律の専門知識を集約化して、ワンストップ・サービスを提供することが推奨される。

また定められた期限内に、所管官庁からの応答がない場合は、当該段階の手続申請が承認されたとみなすことができるルール（positive administrative silence）を導入することが推奨される。

表 4-91 内部調整とデジタル化手続きによる許認可手続きの複雑さを軽減する事例

項目	国名	取組概要
許認可のワンストップ・サービス化	デンマーク	• デンマークエネルギー庁（DEA）が窓口として指定されており、必要な手続きを含む行政プロセス全体に関するガイダンスを提供する。 • 洋上風力発電の場合、DEA自体が領海及び排他的経済水域内でのプロジェクトに対する許可を発行する機関であり、関係各局とやり取りして準備・発行する。また、利益相反を緩和するために、プロジェクト固有の情報を関連する官庁に伝達する。
	スウェーデン	• スウェーデンエネルギー庁がデジタル窓口を所管しており、関連する官庁へ直接連絡するのは、スウェーデンエネルギー庁の窓口からとなる。海事、環境保護、国家遺産、農業に関する問題を所管する行政機関や地方自治体は、窓口を支援しなければならない。
	フィンランド	• 単一の窓口は、許認可手続きにおけるアドバイスを行う義務がある。この助言義務の適用範囲は国によって規定されており、風力発電建設の受容性に関する国防軍の意見等も含まれている。
positive administrative silenceの導入	スペイン	• 2020年の自家消費型設備とソーラーパークに関する法令で、特定の行政措置に対して”positive administrative silence”（積極的な行政沈黙）を導入。複数の関係官庁が相互に返信する必要があり、30日以内に返信が無い場合は、当該段階が承認されたとみなされる。

出所）European Commission, COMMISSION RECOMMENDATION on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements, p.5,（2022 年 5 月 18 日）、European Commission, COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Guidance to Member States on good practices to speed up permit-granting procedures for renewable energy projects and on facilitating Power Purchase Agreements, p.11-12,（2022 年 5 月 18 日）より三菱総合研究所翻訳・作成

a. 参考事例の追加調査

デンマークでは洋上風力に関わる政府機関の許認可申請窓口をデンマークエネルギー庁（DEA：Danish Energy Agency）に一本化している。図 4-120 の通り、デンマークエネルギー庁が事業者の申請窓口となり、デンマークエネルギー庁が関係省庁や TSO との調整役を担うことで事業者の許認可対応の負担低減に貢献している。

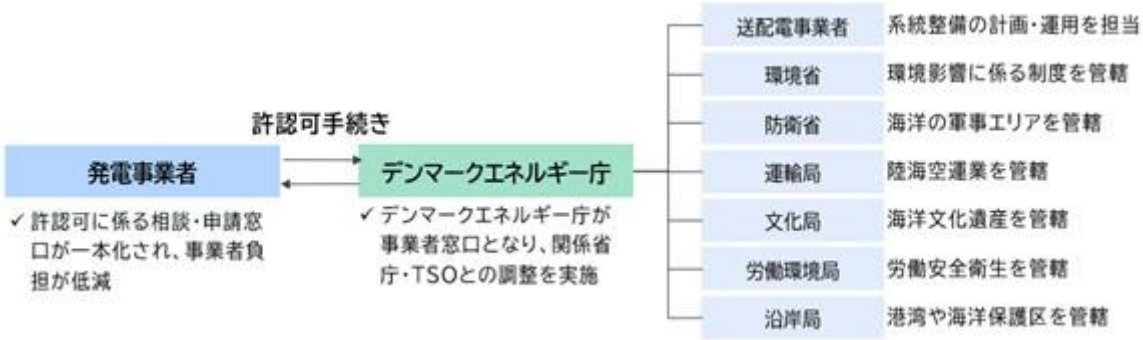


図 4-120 デンマークエネルギー庁（DEA）を窓口としたワンストップ・ショップ化

出所）DEA, The Danish Energy Agency as a one-stop-shop authority (https://coe-osw.org/wp-content/uploads/2021/04/One-stop-shop-oct2020.pdf) ＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞より三菱総合研究所翻訳・作成

3）許認可機関の人材確保とスキル向上

表 4-92 に、許認可機関の人材確保とスキル向上に係るベストプラクティスガイドの事例を整理した。許認可機関における行政手続きの処理期間を短縮するために、十分なスタッフの確保及び職員への教育が挙げられている。また許認可機関および環境評価当局に、関連する技能と資格を有する十分かつ適切な人員配置を確保すべきであるとされている。

EU 加盟国は、特に地域・地方レベルでの技能向上と再教育のために利用できる国の資金提供の機会を利用し、許認可手続きと環境評価に従事する職員の技能格差を埋めるために、技能に関する部門間協力のための同盟の設立を検討すべきであるとされている。

表 4-92 許認可機関の人材確保とスキル向上に関する取組事例

国名	取組概要
スペイン	• 2018年、アラゴン州において陸上風力発電所(1,100MW)の新規設置を決め、30人のスタッフが専任で風力とPV(太陽光)の許可申請処理に従事している。
フィンランド	• 2021年～2023年にかけて環境許認可や手続き、プロジェクト処理のための人材を一時雇用し、洋上風力、大規模太陽光発電、地熱などの新エネルギー技術を支援するために、復興・強靭化計画から600万ユーロを計上。 • 上記の財政支援は、環境影響評価の実施や環境許可決定に対する不服申し立ての処理、また、土地利用計画と建設許可の確保における自治体や郡の支援に関連する人件費に充てられる予定。
イタリア	• 「国家エネルギー・気候計画」と「復興・強靭化計画」を実施するため、エコロジー移行省が監督する40名のタスクフォースを設置。タスクフォースは環境影響評価の手続きを加速することを任務とする。 • タスクフォースメンバーは5年以上の専門的な経験を持ち、再エネプロジェクトの技術、環境、景観関連の側面を評価するために必要なスキルを有している。
ドイツ	• 陸上風力発電プロジェクトの許認可に関する18項目の簡素化計画では、連邦州は、計画および認可当局が許認可申請を処理するために十分なスタッフを配置し、必要な技術設備を確保する必要があることを予見している。 • さらに、ドイツの連立協定には、許可当局の負担を軽減するための外部のプロジェクトチームについての言及が含まれている。

出所）European Commission, Commission recommendation on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements, p.6,（2022 年 5 月 18 日）
European Commission, Commission Staff Working Document Guidance to Member States on good practices to speed up permit-granting procedures for renewable energy projects and on facilitating Power Purchase Agreements,p.13-15,（2022 年 5 月 18 日）より三菱総合研究所翻訳・作成

4）再生可能エネルギープロジェクトの立地場所の特定と計画の改善

再生可能エネルギーの立地箇所に係る空間計画の策定を通じた再生可能エネルギー開発適地を特定するプロセス（ゾーニング）において、ゾーニングの優先順位を明確にし、GIS データ等の客観的情報に基づいて立案すべきと示されている。また、空間計画の策定に当たってはプロセス初期段階から公的機関が参加し、立地箇所や運開時期等の透明性を担保すること、また事業実施後のモニタリング措置を講じることの重要性も指摘されている。

【ベストプラクティスの概要】

a 土地・海域利用の制約と適切な地域特定を促進するためのグッドプラクティス
b 空間の協調利用
c 地域社会の受容と関与
d 環境への配慮
e 防衛・航空関連の考慮事項

a. 土地・海域利用の制約と適切な地域特定を促進するためのグッドプラクティス

表 4-93 に、土地・海域利用の制約と適切な地域特定を促進する方策に係るベストプラクティスガイドの事例を整理した。欧州では、陸上部および海上部における空間計画（Spatial Planning）の策定を円滑に進めるために、欧州委員会及び各国政府において、立地制約等の情報を整理した GIS データをオープンアクセス化している。

ドイツでは、各州政府において土地面積の 2%を陸上風力発電開発適地として指定することを目標とし、ゾーニングにおける再生可能エネルギー開発の優先度を明確に示している。

表 4-93 土地・海域利用の制約と適切な地域特定を促進するためのグッドプラクティス

項目	国名	取組概要
ポータル整備	EU	・ Energy and Industry Geography Lab（EIGL）がGISデータの一部を公表。データセットは評価対象の再生可能エネルギー源によって異なるが、ナチュラ2000サイト、国指定地域、生物多様性重要地域、鳥類重要地域、土壌データなどにアクセス可能。 ・ 【洋上風力】海洋再生可能エネルギーの立地・計画を促すため、The European Maritime Spatial Planning Platformを整備。
	デンマーク	・ 国、自治体、地域が共同所有するオンラインプラットフォーム「デンマーク環境ポータル」を整備。 環境・水・自然・土地利用に関する固有のデータが含まれており、行政単位、セクター、地理区分を越えて当局がデータを更新。 自然保護、保全、建築ライン、特定地域の計画などに関する土地利用制限データにアクセス可能
	クロアチア	・ 位置情報・気象・環境データなど、公共部門が作成したオープンデータの収集、分類、配布に使用される「クロアチア共和国オープンデータポータル」を整備。
再エネ立地に関する制度・方針の明確化	ドイツ	・ 【陸上風力】各州は、再エネ設置の許可状況、リパワリングの進捗状況、地域/都市の土地利用計画に基づく風力発電のゾーニング面積などを連邦政府に報告することを義務付け、陸上風力発電のために土地面積の2%がゾーニング指定される方針。ヘッセン州とシュレスヴィヒ・ホルシュタイン州では実施済みであり、風力発電導入拡大につながる。 ・ 褐炭採掘場跡地の埋め立てによる湖に、浮体式太陽光発電を設置する方法を検討。
	イタリア	・ 欧州議会で採択されたREDII（再生可能エネルギー指令改正案）第15条を反映した、再生可能エネルギー設置に適した地域の特定に適用される規則を定めている。

出所）European Commission, Commission recommendation on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements, p.6-7,（2022 年 5 月 18 日）
European Commission, Commission Staff Working Document Guidance to Member States on good practices to speed up permit-granting procedures for renewable energy projects and on facilitating Power Purchase Agreements, p.15-26,（2022 年 5 月 18 日）より三菱総合研究所翻訳・作成

b. 空間の協調利用

表 4-94 に、空間の協調利用に係るベストプラクティスガイドの事例を整理した。限られた陸上部および海上部を再生可能エネルギー開発に利用する場合、複数の利害関係者の利害が対立することがあるため、空間計画（Spatial Planning）の策定に当たって利害関係者間における空間の協調利用を検討したり、協調利用に向けたガイドライン整備等が推奨されている。

表 4-94 空間の協調利用に係る事例

項目	国名	取組概要
空間計画における異分野との協調利用の考慮	ベルギー	・ 【洋上風力】食糧生産（漁業、養殖業）と海洋再生可能エネルギーを同時に開発するための場所を海洋空間計画で指定。
協調利用に向けたガイドライン整備	ドイツ	・ 農業と太陽光発電を組み合わせたアグリPVの取り組みに関するガイドラインを検討。

出所）European Commission, Commission recommendation on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements, p.6-7,（2022 年 5 月 18 日）
European Commission, Commission Staff Working Document Guidance to Member States on good practices to speed up permit-granting procedures for renewable energy projects and on facilitating Power Purchase Agreements,p.15-26,（2022 年 5 月 18 日）より三菱総合研究所翻訳・作成

c. 地域社会の受容と関与

表 4-95 に、地域社会の需要と関与に係るベストプラクティスガイドの事例を整理した。再生可能エネルギープロジェクトに対して地域住民のファンディングを促す制度の導入や、地域住民の参画を義務付けることで地域社会との接点を増やし、地域社会から再生可能エネルギー事業への理解と受容を促す制度が導入されている。

表 4-95 地域社会の受容と関与に係る事例

項目	国名	取組概要
地域住民からのファンディング	オランダ	・ 様々な地域エネルギー戦略で想定されている地域住民の最低参加率の設定
	スペイン	・ バレアレス諸島の気候変動法では、5 メガワット以上のすべての自然エネルギープロジェクトは、少なくとも20%の投資を地元住民に開放しなければならないという規定の設定
地域コミュニティとの対話	アイルランド	・ 送電系統運用会社EirGrid、Friends of the Earth、Renewables Grid Initiativeが共同で3年間のプロジェクトを立ち上げ、アイルランドのエネルギー転換に伴う課題と機会に関する対話にコミュニティを参加させる予定。

出所）European Commission, Commission recommendation on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements, p.6-7,（2022 年 5 月 18 日）
European Commission, Commission Staff Working Document Guidance to Member States on good practices to speed up permit-granting procedures for renewable energy projects and on facilitating Power Purchase Agreements, p.15-26,（2022 年 5 月 18 日）より三菱総合研究所翻訳・作成

d. 環境への配慮

表 4-96 に、環境への配慮に係るベストプラクティスガイドの事例を整理した。政府主導による戦略的環境アセスメントや事前サイト調査の実施により、洋上風力発電の入札海域におけるデータ収集・プロセスを行政が調整することにより、事業者リスクの低減や事業開発を迅速化することが可能であると指摘している。

またオランダやベルギーのように風力発電に起因する環境影響（特に鳥類影響）を把握するための研究等を通じてデータ収集等を行うことで、環境・生態系リスクが高いエリアを避けたゾーニングに資すると考えられる。

表 4-96 環境への配慮に係る事例

項目	国名	取組概要
政府による戦略的アセス、事前サイト調査の実施	ドイツ	・ 【洋上風力】ドイツ連邦海事水路庁（BSH）のサイト開発計画には、広範な協議プロセス、早期のサイト適応性調査、戦略的環境アセスメントが含まれている。同庁が実施する環境面や船舶の安全性などの一般的な適性基準に関する現地分析のおかげで、事業推進者は認可申請に伴うリスクをかなり軽減することができる。
風力発電による環境影響の把握	オランダ	・ 【洋上風力】経済・気候政策省は、風力発電所が保護種に与える影響に関する知識ベースを拡大するために設立された洋上風力生態学プログラムを実施。調査結果は、オランダにおける洋上風力の将来の設置場所を決定する際に盛り込まれる。
	ベルギー	・ 【陸上風力】フランダース地方では、風力タービンの設置が鳥類やコウモリに危険を及ぼす可能性がある地域を特定し、より詳細なサイトレベルの評価と戦略的計画に情報を提供し導くことを目的として、鳥類とコウモリのためのオンライン風力発電所感度マップを維持。

出所）European Commission, Commission recommendation on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements, p.6-7,（2022 年 5 月 18 日）
European Commission, Commission Staff Working Document Guidance to Member States on good practices to speed up permit-granting procedures for renewable energy projects and on facilitating Power Purchase Agreements, p.15-26,（2022 年 5 月 18 日）より三菱総合研究所翻訳・作成

e. 防衛・航空関連の考慮事項

表 4-97 に、防衛・航空関連の考慮事項に係るベストプラクティスガイドの事例を整理した。風力発電と防空設備(レーダー)等との共存を目指し、対空レーダーの追加整備による高さ制限の緩和や再生可能エネルギー関連省庁と国防部、産業界との官民共同作業部会が設置されている事例がある。

表 4-97 防衛・航空関連の考慮事項に係る事例

項目	国名	取組概要
レーダーの追加整備	エストニア	・【風力】追加レーダーへの投資を決定し、2024年に運用を開始予定。同国北東部における風力タービンの高さ制限に対応するために役立てる予定。 ・【風力】エストニア軍は風力発電施設を建設できない区域の数を制限することに同意し、エストニア国土の60%に高さ制限が撤廃された。
	リトアニア	・【風力】レーダーを購入し、風力タービンが軍のレーダーに与える死角をカバーするために使用する予定。
国防部との内部調整	フィンランド、フランス	・【風力】風力発電所開発業者と国防軍との協力を強化するために、専門の作業部会を立ち上げた。
	EU	・【風力】欧州委員会と欧州防衛庁は、防衛活動のために確保された地域におけるオフショア再生可能エネルギー開発の障壁を特定し、共存を改善するための共同行動を立ち上げ。
	英国	・【洋上風力】政府、産業界、Crown Estate、Royal Air force等が集まり、防空と洋上風力発電の共存を目的とした共同タスクフォースを形成し、洋上風力導入戦略を策定。

出所)European Commission, Commission recommendation on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements, p.6-7, (2022 年 5 月 18 日)
European Commission, Commission Staff Working Document Guidance to Member States on good practices to speed up permit-granting procedures for renewable energy projects and on facilitating Power Purchase Agreements, p.15-26, (2022 年 5 月 18 日)より三菱総合研究所翻訳・作成

f. 参考事例の追加調査

ア) 海洋空間計画に係る情報ポータル整備(European Maritime Spatial Planning Platform)

多数の利害関係者が利用する海洋空間の効果的な協調利用を図ることを目的として、EU 加盟国は海洋空間計画(MSP:Maritime Spatial Planning)の策定を行っている。EU は、図 4-121 に示す European Maritime Spatial Planning Platform を整備し、各国の MSP 情報や関連する Offshore Grid 整備構想等に関する情報が整理されている。

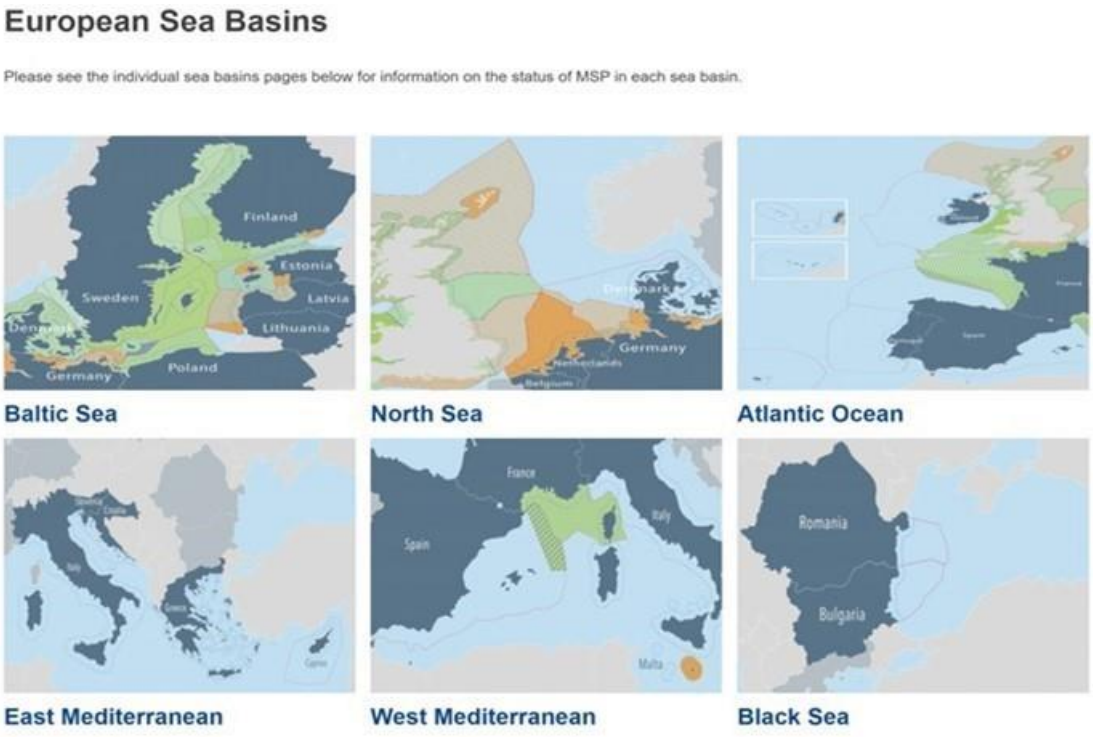


図 4-121 European Maritime Spatial Planning Platform

出所）EU, The European Maritime Spatial Planning Platform（https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/msp-practice/seabasins）＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞

イ） 海洋空間計画の策定（MSP: Maritime Spatial Planning）

図 4-122 に示す通り、ベルギーの海洋空間計画（MSP: Maritime Spatial Planning）では海洋空間の多目的利用及び協調利用（coordination）を図るために、持続的な水産養殖のための特別保護区（Vlaamse Banken）の内部に、海洋再生可能エネルギー（洋上風力発電）の開発海域が指定されている。

海洋空間計画の策定プロセスを通じて政府及び利害関係者とのコミュニケーションを図ると同時に、ゾーニングに向けた関係者間の合意形成の場として機能していると考えられる。



図 4-122 ベルギーにおける海洋空間計画

出所)EU, The European Maritime Spatial Planning Platform (https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/msp-practice/seabasins) <閲覧日:2023 年 3 月 8 日>

ウ) 政府による洋上風力開発サイトの事前調査

ドイツでは、ドイツ連邦海事・水路庁(BSH)が洋上風力開発サイトの予備調査(水路測量、海底地盤調査)を実施し、調査結果等を開発事業者に開示している。図 4-123 及び表 4-98 にそれぞれ概要を示す。

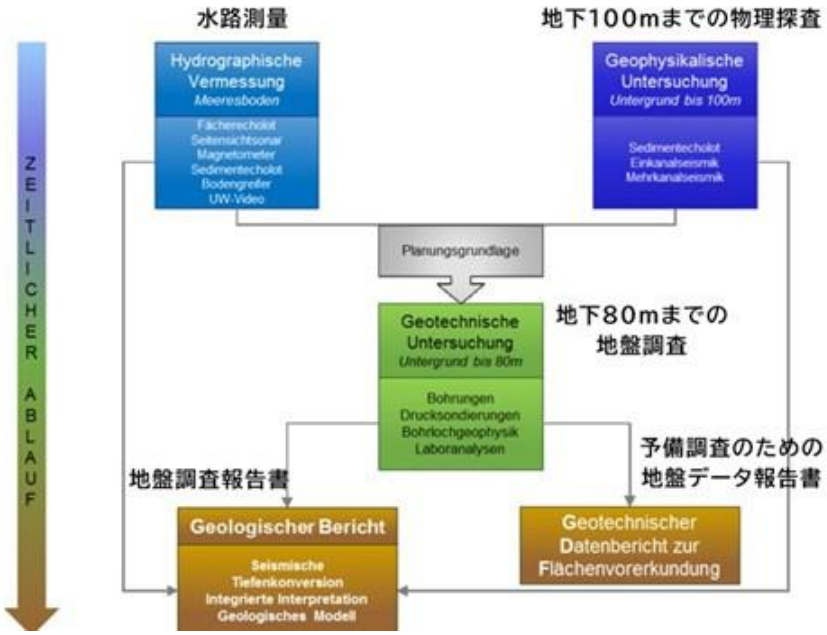


図 4-123 BSH によって実施される開発フェーズにおけるサイト予備調査

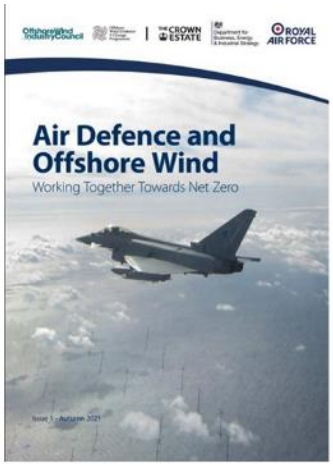
表 4-98 BSH によって実施される開発フェーズにおけるサイト予備調査の実施項目

予備調査の目的・目標	調査の種類	作業手順/サポート資料
• 開発サイトの予備調査 • 開発用地選定および構造物の事前計画 • 予備調査は、事前計画された海洋構造物が海底地盤の状態を踏まえて建設可能かどうかを把握し、必要に応じて基礎の基本構造・建設フェーズに必要な一般的な要件及び現地サイト調査のために重要な手法に関する意思決定を支援する	• 利用可能な資料のレビュー・アセスメント及び評価の実施 • 開発サイト全域の地質調査 • 開発海域における代表点の探査及び海底地盤条件のパラメーター及び特性に関する代表的な決定	• 利用可能な資料の評価 • 地盤調査 • 海底地盤の予備調査（掘削、探査、実験室試験・実地試験） • 設計基準及び予備設計で提出される補助資料 • 地番調査報告書 • 検査による全書類の監査

出所）Umwelt Bundesamt, Presentation Comparison of Site Investigation Methods for Offshore Wind Energy in the European North Seas Countries in the Context of the EU North Seas Energy Cooperation Final Report,（2020 年 10 月）
BSH, Untersuchungsrahmen für die Voruntersuchung und Strategische Umweltprüfung der Flächen N-9.1, N-9.2 und N-9.3,（2020年10月）より三菱総合研究所翻訳・作成

エ） 官民共同による防空分野に係る洋上風力発電関連規制緩和 WG の設置

イギリスでは 2030 年 50GW の洋上風力発電の導入目標を掲げている。将来の洋上風力発電の大量導入によって防空レーダーのデータ品質に悪影響を与える可能性があり、国家安全保障の観点から導入拡大に伴う悪影響が懸念されていた。上記の懸念に対応するため、図 4-124 に示す通り、産業界とイギリス政府による防空・洋上風力発電の規制緩和 WG が設置され、防空分野に係る懸念解消と洋上風力の大量導入を両立するためのロードマップ（第一次）が策定された。



ワークフォース構成メンバー：
ビジネス・エネルギー産業戦略省（BEIS）、Offshore Wind Industry Council、The Crown Estate、国防省（MOD）

タスクフォースでの検討項目（ワークストリーム）：

① エビデンス（Evidence）：洋上風車が及ぼす影響手法を特定し、洋上風力と国家安全保障の共存を可能とする方法を特定

② プロセス開発（Process Development）：CfD Round 4入札移行に参加する事業者のためのソリューション及び枠組みの確立

③ リスク管理（Risk Management）：各利害関係者における影響の特定及びリスク緩和策の検討

図 4-124 英国政府レポート：防空と洋上風力発電 ～ネットゼロ実現に向けた共同ワーキング～
出所）UK Gov., Air Defence and Offshore Wind, p.1,（2021 年）より三菱総合研究所翻訳・作成

5）系統連系手続きの簡略化、複数技術を組み合わせた発電所、リパワリング、イノベーション技術

表 4-99 に、系統連系手続きの簡略化、複数技術を組み合わせた発電所、リパワリング、イノベーション技術に係るベストプラクティスガイドの事例を整理した。空間計画等に基づいて計画された再生可能エネルギーの立地と整合した長期系統整備計画の実施や、社会・環境影響に関するネガティブインパクトが想定されない既存プロジェクトに関するリパワリング手続きの簡略化、系統連系手続き等の合理化を実施すべきと提言されている。

欧州では複数の発電技術（複数の再生可能エネルギー設備や蓄電池の組み合わせ）を用いたハイブリッド設備の系統連系を認めており、これによって系統インフラへの設備投資コスト低減や再生可能エネルギー発電量の増加が期待されることから、系統連系申請を優先するインセンティブ制度が設けられている事例がある。

また先進的な技術・ユースケースを実証的に取り組む事例に対し、フランスやオランダではRegulatory Sandbox（規制の砂場）が設けられ、諸規制が免除されることで実証展開を支援している事例がある。

表 4-99 系統連系手続きの簡略化、複数技術を組み合わせた発電所、リパワリング、イノベーション技術に係る事例

項目	国名	取組概要
系統接続の課題	スペイン	• TSO及びDOSへ、利用可能な送電容量をオンライン上で公表することを義務付け
	ベルギー	• 再生可能エネルギープロジェクトに最適な立地が、national grid capacity mapにて公表される
	フランス	• 系統接続を加速化するために、再生可能エネルギーのための地域系統接続計画が導入される
	ドイツ	• 海洋空間計画の策定プロセスの一環として作成されるエリア開発プランには、offshore gridの開発ニーズが包含され、TSOに対して長期的な立地計画が提供されることで、ウィンドファーム開発及び系統整備の開発が同時期に実施される
リパワリング	イタリア	• リパワリングプロジェクトに関する法改正が実施され、風車や構成部品の変更が当初サイズの15%以下であれば許認可は不要
	フランス	• 風車の数および風車高さの増分が10%以下であれば重要な変更とみなされず、騒音及び生物多様性に関する環境アセスメント（EIA）を実施する要件を導入
	デンマーク	• 再エネプロジェクトは10MW未満、10MW以上25MW未満、25MW以上の3区分に分類され、属する区分によって許認可要否が決定する。 • 10MW未満：新規ライセンス申請が免除 • 10MW以上25MW未満：建設開始前にDEA及びTSOに届け出ることで、ライセンス申請が免除 • 25MW以上：常にライセンス申請が必要
複数技術を組み合わせた発電所	ポルトガル	• 2019年に発電ライセンス制度を変更し、ライセンスで認められた容量の中で異なる二つの技術（風力＋太陽光、太陽光＋蓄電池など）のハイブリッド接続を認めた。これにより、系統連系申請やインフラ投資を背うに、再生可能エネルギーの発電量を増加させることが可能。 • ハイブリッド設備の系統接続の優先順位を高めるインセンティブを導入。
	スペイン	• 技術的に実現可能である場合は、異なる発電技術を用いたハイブリッド設備による系統連系を認める制度変更を実施。既存再エネをハイブリッド化する場合は、設備容量と設備間の離隔距離に関する条件を満たせば、既存の接続契約の更新のみで系統連系が認められる。 • ハイブリッド設備の系統接続の優先順位を高めるインセンティブを導入。
イノベーション技術	フランス	• エネルギー分野におけるRegulatory Sandbox（規制の砂場制度）が導入化されている。エネルギー移行、スマートグリッド、インフラを支える革新的な技術やサービスを実験的に実施するために、規制機関（CRE）によって系統連系や接続条件について特例的に免除を認められる。
	オランダ	• 分散型エネルギーリソースの実証に関する行政命令が発行され、それに基づき規Regulatory Sandboxが整備された。

出所）European Commission, Commission recommendation on speeding up permit-granting procedures for renewable energy projects and facilitating Power Purchase Agreements, p.6-7,（2022 年 5 月 18 日）
European Commission, Commission Staff Working Document Guidance to Member States on good practices to speed up permit-granting procedures for renewable energy projects and on facilitating Power Purchase Agreements,p.27-29, p.30-33,（2022 年 5 月 18 日）より三菱総合研究所翻訳・作成

a. 参考事例の追加調査

ドイツ連邦海事・水路庁（BSH）が公表するサイト開発計画（Site Development Plan）では、洋上風力発電所の開発海域及び海底ケーブル・海底パイプラインがマッピングされるとともに、各開発サイトの入札時期や系統連系箇所及び系統接続時期が明記されている。図 4-125 にその概要を示す。

入札時期及び系統連系箇所が事前に公表されることにより、将来の洋上風力入札時期と整合した TSO による offshore grid 整備が可能となる。



Designation of site	Tender year	Commissioning of the subsidised WT on the respective sites	Installation of inter-array cabling of the subsidised WT in platform	Name of grid connection	Commissioning of grid connection
N-3.7	2021	2026 (QIII)	n/a	NOR-3-3	n/a
N-3.8	2021	2026 (QIII)	n/a		
O-1.3	2021	2026 (QIII)	2026 (QII)	OST-1-4	2026 (QIII)
N-7.2	2022	2027 (QIV)	2027 (QIII)	NOR-7-2	2027 (QIV)
N-3.5	2023	2028 (QIII)	2028 (QI)	NOR-3-2	2028 (QIII)
N-3.6	2023	2028 (QIII)	2028 (QII)		
N-6.6	2023	2028 (QIV)	2028 (QI)	NOR-6-3	2028 (QIV)
N-6.7	2023	2028 (QIV)	2028 (QII)		
N-9.1	2024	2029 (QIII)	2029 (QI-II)	NOR-9-1	2029 (QIII)
N-9.2	2024	2029 (QIII)	2029 (QI-II)	NOR-9-2	2029 (QIII)
N-9.3	2024	2029 (QIV)	2029 (QI)	NOR-9-3	2029 (QIV)
N-10.2	2025	2030 (QIV)	2030 (QII)		
N-11.1	2023*	2030 (QIII)	2030 (QI-II)	NOR-11-1	2030 (QIII)
N-12.1	2023*	2030 (QIII)	2030 (QI-II)	NOR-12-1	2030 (QIII)
N-12.2	2023*	2030 (QIV)	2030(QI-II)	NOR-12-2	2030 (QIV)
O-2.2**	2023*	2030 (QIII)	2030 (QI)	OST-2-4	2030 (QIII)
N-10.1	2025	2030 (QIII)	2030 (QI-II)	NOR-10-1	2030 (QIII)
N-11.2	2024*	2031 (QIII)	2031 (QI)	NOR-11-2	2031 (QIII)

図 4-125 ドイツ連邦海事・水路庁（BSH）のサイト開発計画における開発サイトの位置と系統接続点・接続時期

出所）BSH, Draft Site Development Plan – unofficial translation-, p.13, 17,（2022 年 8 月 5 日）

（2）WindEurope: 風力発電の導入加速化に向けたポジションペーパー

欧州委員会が REPowerEU を公表したことを受け、図 4-126 に示す通り、欧州の風力業界団体である WindEurope は風力発電の導入加速化に向けた許認可手続きの合理化に関するポジションペーパーを公表した。

表 4-100 に WindEurope が公表したポジションペーパーにて提言された施策を整理した。いずれの施策も REPowerEU にて提言されている施策と類似するが、風力産業界からも同様の施策が風力発電の導入加速化には必要不可欠であることが示された。



図 4-126 WindEurope：風力発電の導入加速化に向けた許認可手続きの合理化（インフォグラフィック）

出所）WindEurope, How To Simplify Permitting（https://windeurope.org/intelligence-platform/product/how-to-simplify-permitting/）、<閲覧日：2023 年 3 月 8 日>

表 4-100 WindEurope：風力発電の導入加速化に向けた許認可手続きの合理化に必要な施策

項目	概要
許認可プロセス (Administrative approval process)	• 陸上風力、実証ファームにおいても許認可のワンストップ・ショップ（許認可窓口を一本化）を実施すること
	• 許認可当局における責任を明確化すること（どの主体がどの範囲を所管するのか）
	• 最も時間を要する環境アセスメント及び系統連系許可の処理手続きを含め、各行政が対応するプロセスの期限を明確化すること
	• Positive silenceルールの適用（期限内に行政が回答しない場合は、許可・承認されたものとみなすルール）
	• 許認可当局のスタッフを強化し、訓練を受けて適切な技能を有することを担保すること
	• 許認可プロセスをデジタル化すること
サイト選定 (Site selection)	• 陸上・洋上ともに風力発電の適地を特定し、送電網整備計画に適切に反映すること • ポテンシャルや制約条件等の情報にアクセス可能なオンライン地図やGISデータベースを整備すること
	• EU加盟国間において、海域単位で海洋空間計画（MSP）の調整を実施すること
	• 適切な環境アセスメント手続きを実施し、必要に応じて緩和策を講じることを条件に、Natura 2000サイトから風力発電を除外しないこと
	• 住宅との離隔距離は最大500mとすべきである
	• より大型・最新機種の風車を使用するために、風車のチップ高さ制限を緩和すること • 特に軍事/航空分野において、風力業界と協調して既存規制の見直しを図ること
適合基準 (Eligibility Criteria)	• リパワリングに係る許認可を1年以内とするためにより迅速な許可手続きを進めること 　• 環境アセスメント：追加的なネガティブインパクトに限定して実施すること 　• 既存プロジェクトサイトを、リパワリングに自動的に利用できるようにすること 　• 風力プロジェクトのライフサイクルを踏まえ、あらかじめ系統増強を計画し、リパワリングプロジェクトの接続優先度を高めること
	• 大幅な変更を伴わずにプロジェクト期間を延長する事業（ブレード交換）の場合、許認可手続きを簡略化すること
	• 入札制度における柔軟性を向上させること 　• 最新の技術を取り入れ、効率を高めるために、導入する技術の柔軟性を確保すること 　• ハイブリッド発電所（風力 ＋ 太陽光 and/or 蓄電池）の建設プロジェクトに対してインセンティブを導入すること
系統接続 (Grid Connection)	• 系統の新増強 　• エネルギーシステムとの統合を行うために再エネの導入と密接にリンクした整備計画を作成すること 　• 陸・海ともに国境を越えたインフラ整備計画が重要となる 　• 系統混雑や系統接続の遅延を緩和するために新しい技術の採用を促進するとともに、TSOに対して系統混雑コストを低減させるためのインセンティブを導入すること
	• 系統連系プロセス 　• TSO/DSOが管理する送配電網を明確に定義すること 　• 風力発電の送電網に与える影響と機器の認証に関する分析モデルを速やかに実施すること
司法手続き (Legal Challenge)	• 司法手続き中に最大2回まで不服申し立てができるようにし、以降は最高裁に送るか手続きの欠陥が認められた案件に限定し、全件を再手続きの対象としないこと
	• 手続き遅延を緩和するために、裁判所の職員を強化すること
	• EU環境法の適用に関しては、population-based approachを適用すること

出所）WindEurope, How to accelerate permitting for wind energy?, p.1-4（2022 年 5 月）より三菱総合研究所翻訳・作成

（3）海外事例を踏まえた風力発電の導入加速化施策のまとめ

風力発電の導入加速化の参考となる海外の事例は表 4-101 の通り。一部の取組は既に日本でも実施されているものの、海外での先進事例や教訓を参考として、日本の陸上風力・洋上風力の導入拡大に向けた必要施策をさらに拡充していく必要がある。

表 4-101 海外事例を踏まえた風力発電の導入加速化施策の取りまとめ

項目	示唆
許認可手続きの迅速化・合理化	• 全ての許認可手続きに関して可能な限り短い期限を定めるとともに、期限を延長する場合の条件を規定することで許認可手続き期間の長期化を回避する。 • 再エネプロジェクトに関する司法手続きの長期化を防ぐために、時間枠を設定するとともに訴訟の乱用を防ぐための規定を設ける。 • 関連許認可のワンストップ・ショップ化による手続きプロセスの効率化を行う。 • 当初計画からの技術仕様の変更に関する柔軟性を確保することにより、最新の風車機種の採用を可能とする制度設計を行うことが重要である。
許認可機関のスキル向上・リソース確保	• 許認可機関および環境評価当局に、関連する技能と資格を有する十分かつ適切な人員配置を確保する。 • 適切なスキル・技能を有する職員を育成する。
プロジェクトの立地特定と計画改善	• 洋上風力発電所の立地/規模を特定するために、海洋空間計画を整備する。 • 政府主導による事前サイト調査を実施し、調査結果を事業者に対して開示することでリスクを低減する。 • 洋上風力と漁業との共生を促すために、海洋空間計画の策定を通じて洋上風力と漁業の共同開発を実施する海域を特定する。 • 風力発電の立地に伴う環境影響(鳥類)を把握するプロジェクトの実施や、感度分析ツール等を公表することにより、風力発電所の開発立地の検討に活用する。 • 風力発電の導入拡大や大型化に伴う国家安全保障への影響を緩和するために、防空レーダーの追加整備や防衛省と産業界による官民共同のタスクフォースを整備し、課題と解決策の検討を行う。
系統整備・リパワリング	• 海洋空間計画やゾーニング計画と整合的な長期系統整備計画を実施する事により、発電所の規模・立地を明らかにするとともに、海域入札/プロジェクト開発と整合的な系統整備の実現を促す。 • 複数の発電技術を組み合わせたハイブリッド設備の導入による効果を検証し、便益が見込まれる場合には導入促進に向けた制度検討を実施する。 • イノベーティブな技術・ユースケースを実証する場を設けるために、Regulatory Sandbox導入の検討や、特区として一部規制等を免除する実証地域を整備する。

出所）海外文献調査に基づき、三菱総合研究所作成

4.4.3 浮体式洋上風力の特性を踏まえた港湾インフラ整備にかかる調査

（1） 浮体式洋上風力の港湾インフラ整備に係る背景・調査目的

日本では図 4-127 の通り、秋田県、千葉県を中心に着床式洋上風力の商業プロジェクトが始動しており、これらに対応して洋上風力の基地港湾 4 か所（秋田港、能代港、鹿島港、北九州港）の整備が進められている。着床式洋上風力では、基地港湾にて保管・仮組した基礎、風車部材を設置船（SEP 船など）に積み込み、開発サイトで最終組立・調整・試運転を行う設置プロセスをとることが一般的である。



図 4-127 左：秋田港における利用状況（2021 年 4 月時点） 右：秋田港における据付工事（2022 年 7 月時点）

出所）左：国土交通省、2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方に関する検討会（第1回）、p.12、（2021 年 5 月 18 日）、右：秋田洋上風力発電株式会社、（https://aow.co.jp/jp/eventa/item.cgi?pro&68）＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞

浮体式洋上風力の場合は図 4-128 の左図の通り基礎構造が大きく異なることから、製造・保管・設置に求められる要件が異なり、浮体式洋上風力に対応した基地港湾整備が重要になると考えられる。例えば、図 4-128 の右図の通り浮体式洋上風力は、開発サイトまで基礎を曳航するため、タグボートが必要となる。また、浮体基礎を係留索・アンカーで固定するため、アンカリング船など着床式洋上風力の設置作業とは異なる船舶も必要となる。

浮体基礎の製造を行うサプライチェーンはグローバルに見ても確立されておらず、浮体式関連サプライチェーン形成が重要となると同時に、重厚長大な基礎を大量生産・施工するためのインフラ整備の検討も必要である。



図 4-128 左：浮体基礎の形式（左から順にバージ型、セミサブ型、スパー型、TLP 型） 右：ノルウェー・Hywind Tampen（88MW）の曳航作業

出所）左：Carbon Trust, Floating Wind Joint Industry Project Phase I Summary Report, p.68、 右：Equinor, Hywind Tampen Highlights（https://www.youtube.com/watch?v=ditYGjvwmNI）＜閲覧日：2023 年 3 月 8 日＞

浮体式洋上風力の基地港湾を検討するにあたり、浮体式洋上風力の設置プロセス及び浮体式関連のサプライチェーン形成（特に浮体基礎）も合わせて踏まえる必要がある。そのため、今回の調査では表 4-102 の通り、「設置プロセス」「サプライチェーン形成」「基地港湾」の各論点を調査・整理し、将来の浮体式洋上風力の大量導入を実現するために、必要となる課題や施策の検討を行うこととした。

なお、基礎形式によって求められる要件に差異はあるが、グローバルで様々な浮体形式の技術開発が進められていることから、本調査では基礎形式ごとの詳細な要件には着目せず、浮体式洋上風力一般として考慮することが望ましい事項を調査した。

表 4-102 浮体式洋上風力の導入促進に向けた論点

テーマ	論点
設置プロセス	• 浮体式洋上風力と着床式洋上風力の設置プロセスの違いは何か • 浮体式洋上風力の設置プロセスを踏まえ、どのような基地港湾整備が重要となるか
サプライチェーン形成	• 浮体式洋上風力のLCOE（Levelized Cost Of Electricity：均等化発電原価）の低減には、どのようなサプライチェーンを誘致することが効果的か • 特に経済波及効果が期待されるサプライチェーンは何か • サプライチェーン形成にあたり、どのような施策・環境整備が重要となるか
基地港湾	• 浮体式洋上風力の設置を踏まえ、どのような要件を満たした基地港湾が必要となるか • 日本の洋上風力発電の導入目標を踏まえ、基地港湾の整備時期、立地、数をどのように検討すべきか

（2）浮体基礎の構造及び施工プロセスの概要

浮体基礎には大きく 4 種類（バージ型、セミサブ型、スパー型、TLP 型）が存在する。なお、TLP（Tension Leg Platform）はまだ浮体向けに確立されておらず、本調査の対象外とする。図 4-129 の通り、セミサブ・バージ型は幅広かつ喫水が浅いことが特徴であり、スパー型は細長い円柱構造であり、喫水が深い点が特徴である。

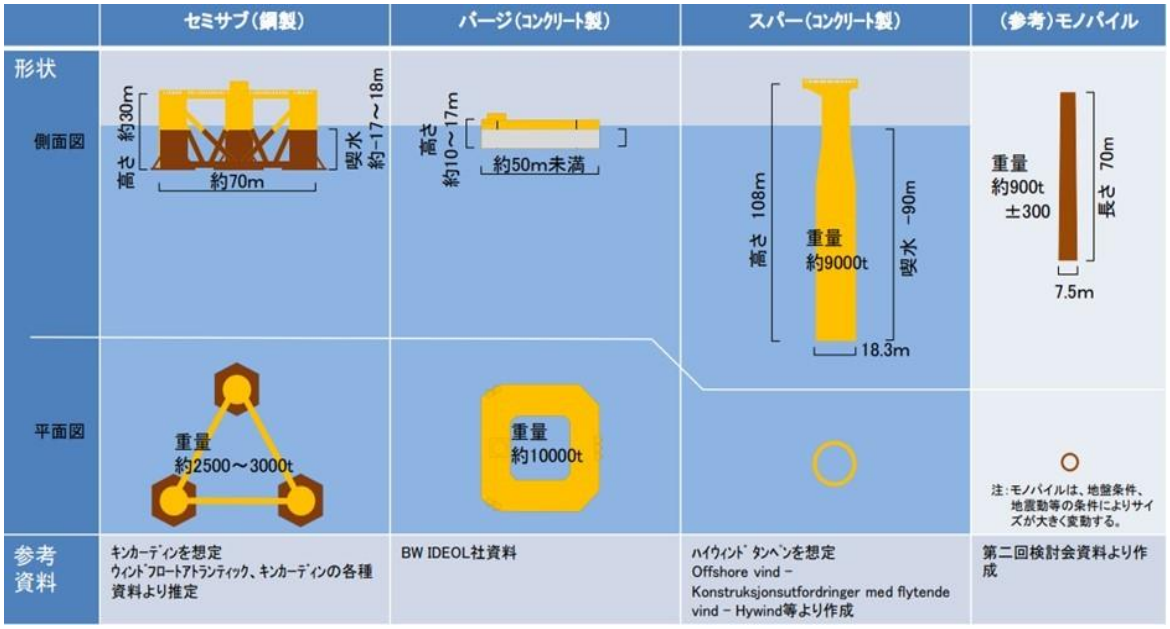


図 4-129 各基礎形式の形状・寸法・重量(バージ型、セミサブ型、スパー型)

出所)国土交通省、2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方検討会 ～基地港湾の配置及び規模～ 資料 3、p.38-47、(2022 年 2 月)

浮体式洋上風力の施工プロセスは図 4-130 の通り、浮体基礎の製造場所によって、大きく 3 つに区分される。現時点で確立されたプロセスはないが、将来の大量導入・量産化を見越した検討が必要となる。

1. 他の港湾等での一貫製作:既存設備を有効活用可能だが、基地港湾への曳航作業が必要。
2. 他の港湾等での部品製作(モジュール化)→基地港湾内での大組立:モジュール化することで輸送作業が比較的容易。
3. 基地港湾内での一貫製作:基地港湾内に製造・保管スペースが必要となり、面積上の制約の恐れ有り。

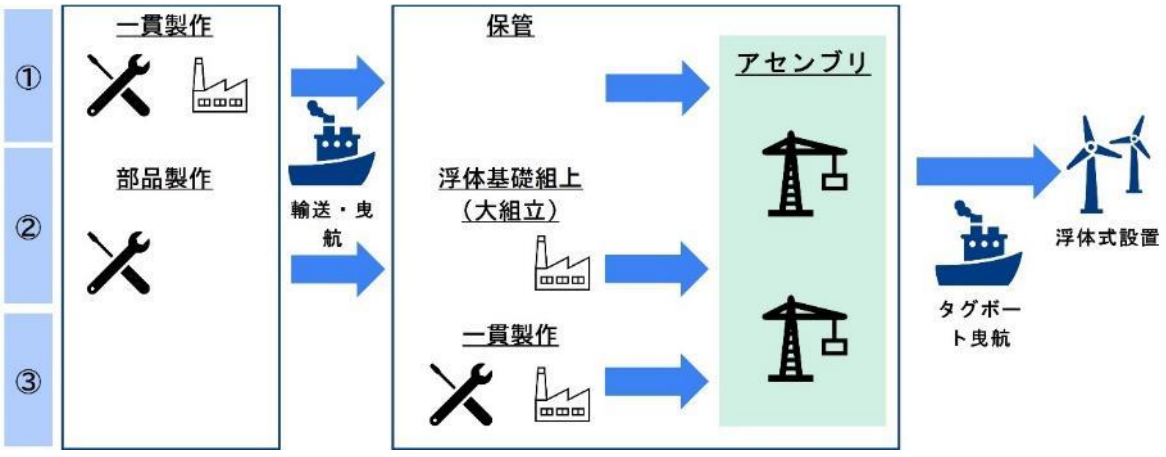


図 4-130 浮体式洋上風力の施工プロセス

出所)国土交通省、2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方検討会 ～基地港湾の配置及び規模～ 資料 3、p.38-47、(2022 年 2 月)より三菱総合研究所作成

浮体基礎の施工パターンには図 4-131 の通り、浮体基礎の基地港湾で一貫製造する事例（図 4-130 における③）、モジュールを調達し、基地港湾で大組を行う事例（図 4-130 における②）が存在する。



図 4-131 浮体基礎の施工パターンの海外事例

出所）Navantia, (https://www.youtube.com/watch?v=bekqd3z_tws) <閲覧日：2023 年 3 月 8 日>
Stiesdal HP, (https://www.stiesdal.com/offshore/the-tetraspar-full-scale-demonstration-project/) <閲覧日：2023 年 3 月 8 日>
Principle Power, (https://www.youtube.com/watch?v=AdmCW8rpBgs) <閲覧日：2023 年 3 月 8 日>

（3）浮体式洋上風力の導入に係るサプライチェーン形成に係る調査

英国の ORE Catapult によると表 4-103 の通り、LCOE 低減及び経済波及効果の観点から、特に組立・設置分野や運用・保守（O&M）分野のサプライチェーン・人材育成を優先することが望ましい。製造分野では、浮体基礎のモジュール生産拠点の誘致による国内/地域への経済波及効果が期待される。浮体式洋上風力の LCOE 低減のためには、基礎・風車の建設活動、O&M を基地港湾近傍で実施することが特に重要である。

浮体式洋上風力による経済波及効果としては、浮体基礎のモジュール生産拠点、基礎・風車の建設活動、O&M が挙げられる。特に基礎のモジュール生産の場合、日本国内や近隣諸国への輸送・販売も期待される。

表 4-103 浮体式洋上風力の建設用施設・運用インフラの地理的効用及び経済効果

各施設あるいはインフラの目的			立地によるLCOE低減効果	立地による経済波及効果
部品製造	基礎	セミサブのモジュール（鋼製）	○	◎
	係留装置	チェーン	△	△
		合成ロープ	△	○
		その他部品	△	○
	ダイナミックケーブル	ケーブル	△	○
		その他部品	△	○
組立	基礎	セミサブ（鋼製）	◎	◎
		バージ・スパー（コンクリート製）	◎	◎
	風車	（基礎への取付）	◎	◎
	係留装置		○	○
	ダイナミックケーブル		○	○
O&M	運用、保守、及び末端部品の交換		◎	◎
	主要部品の交換		◎	○

出所）ORE CATAPULT, Strategic infrastructure and supply chain development, p.20-33,（2022 年 5 月）を基に三菱総合研究所作成

世界銀行によると洋上風力サプライチェーン形成には、図 4-132 の通り国内産業の形成施策と国際サプライチェーンを活用した LCOE 低減とのバランスが重要であること、図 4-133 の通り長期安定的な雇用機会は主に運用期間に存在することが指摘されている。これらの観点および前項を踏まえ、有望な産業領域を特定して支援施策を講じることが打ち手の一つと考える。

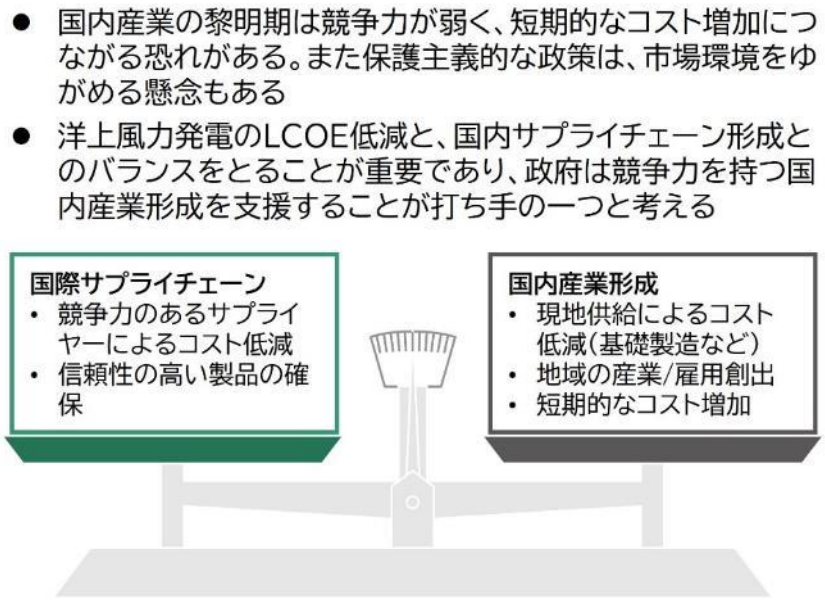


図 4-132 国内産業形成と国際サプライチェーンからの調達のバランス

出所)World Bank Group, Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets, p.23-28,(2021 年 9 月)より三菱総合研究所作成

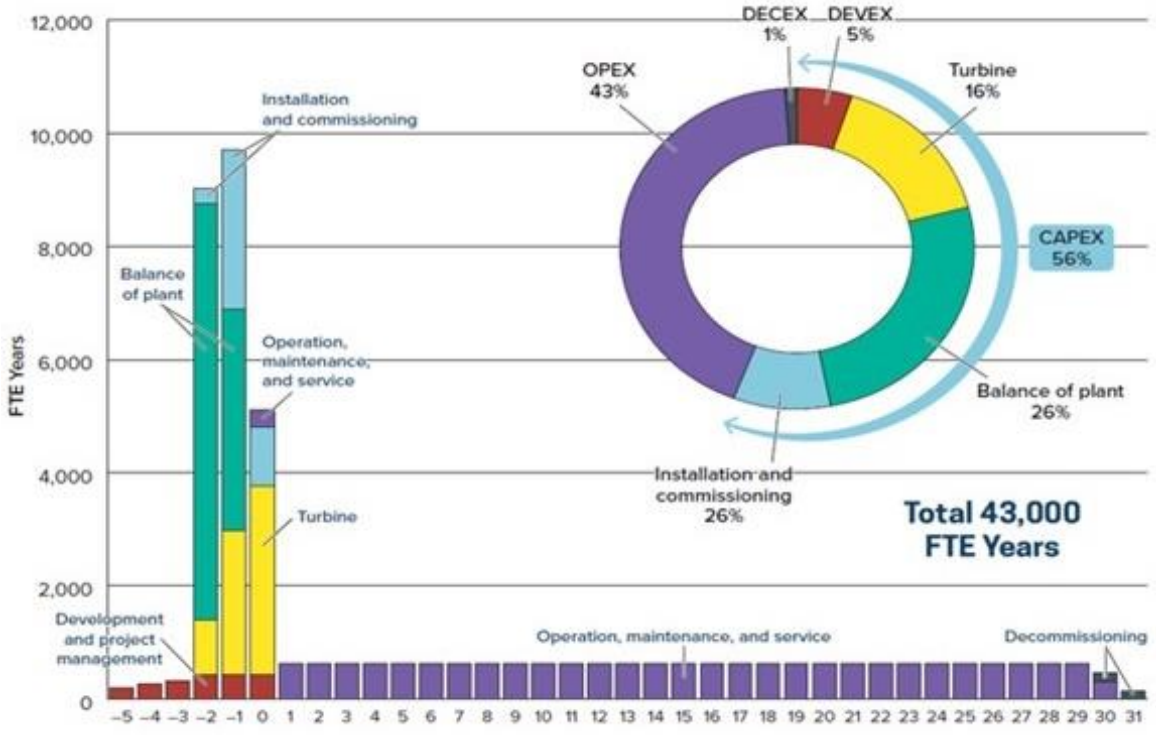


図 4-133 1GW 規模の洋上風力プロジェクトで想定される雇用機会(FTE:フルタイム当量)

出所)World Bank Group, Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets, p.23-28,(2021 年 9 月)

世界銀行によると表 4-104 の通り、民間企業における設備投資・人材育成の予見可能性を高めるために、洋上風力の入札時期・規模・運転開始時期等を対外的に明確に示すことがサプライチェーン形成の大前提とされている。加えて、サプライチェーン形成を促すために研究開発・スキル開発支援、事業者への経済的支援、関連規制・制度の国際標準化を実施することが重要であると指摘される。

表 4-104 サプライチェーン形成を促すために必要な施策

施策の方向性	具体的な取組
自国が競争力を持ち得るサプライチェーン分野へのフォーカス	公的資金による特定分野のイノベーション・研究開発への支援
	洋上風力の開発候補地の特性・産業を踏まえたスキル開発支援
国際競争力のあるサプライチェーン形成の枠組構築	洋上風力が利益を享受可能な税制優遇措置の制定
	市場情報・サプライチェーン情報の共有あるいはデータベース運用(サプライチェーンデータベースの整備)
	洋上風力開発に適したリスクと報酬が公正に配分される契約基盤の整備
貿易障壁の軽減と市場間のルール統一による国際供給の実現	国際標準化団体と連携した国際標準化支援
	(国際標準と整合が取れない)追加費用や工期延長をもたらす国内標準制定の回避
洋上風力の建設期間・運用期間における労働力の確保	関連産業(石油・ガス・海洋建設)から洋上風力産業への労働力の移転
	洋上風力開発で影響を受ける産業(炭鉱・火力発電等)の労働者に対する、洋上風力事業向けの再訓練機会の提供

出所)World Bank Group, Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets, p.78-87, (2021 年 9 月)より三菱総合研究所作成

洋上風力関連人材育成に係る国内事例として、2022 年 6 月、日本風力発電協会は洋上風力発電の各業務分野(調査・設計、製造、組立・設置、運用・メンテナンス、撤去)で必要となる人材や具体的な業務内容、各人材に求められる資格・スキル、関連のある産業・職種を整理した『洋上風力スキルガイド(第 1 版)』を公表した。表 4-105 の通り、スキルガイドは洋上風力産業への就労を検討する学生・若者等に対して、必要なスキル・技能を明確にするとともに、洋上風力の業務内容を把握する目的で利用されることが期待される。

表 4-105 洋上風力スキルガイドの構成と解説項目

章	解説内容
1章:洋上風力の技術と未来	• 洋上風力発電の概要 • 洋上風力導入拡大の意義と将来性
2章:洋上風力発電事業の全体像と流れ	• 洋上風力発電事業の全体像 • 各業務分野の概要
3章:洋上風力の必要人材と業務内容	• 各業務分野の必要人材一覧 • 各必要人材の業務内容(タスク)一覧
4章:洋上風力と親和性の高い産業・職種	• 洋上風力と親和性の高い産業一覧 • 洋上風力と親和性の高い職種一覧
5章:洋上風力の必要資格・スキル	• 洋上風力の開発・運用に必要となる主要な資格一覧 • 業務分野別の必要資格・スキル一覧
6章:参考情報	• 洋上安全作業訓練 • 風力発電の人材育成に関する取組み事例 • 風力発電分野で活動する企業 • 用語集

出所)日本風力発電協会、洋上風力スキルガイド第 1 版、p.iii、(2022 年 6 月)

(4) 浮体式洋上風力の港湾インフラ整備に係る文献調査

1) 英国・ORE Catapult

浮体式洋上風力のプロジェクトにおける建設・O&M に関するサプライチェーンと、関連する港湾インフラ要件を、図 4-134 と図 4-135 の通り、英国の ORE Catapult がサマリーレポートとして報告している。本調査では、浮体式洋上風力のプロジェクトの中でも大規模活動となる浮体基礎の製造・組立設置のプロセスを中心に調査を行った。

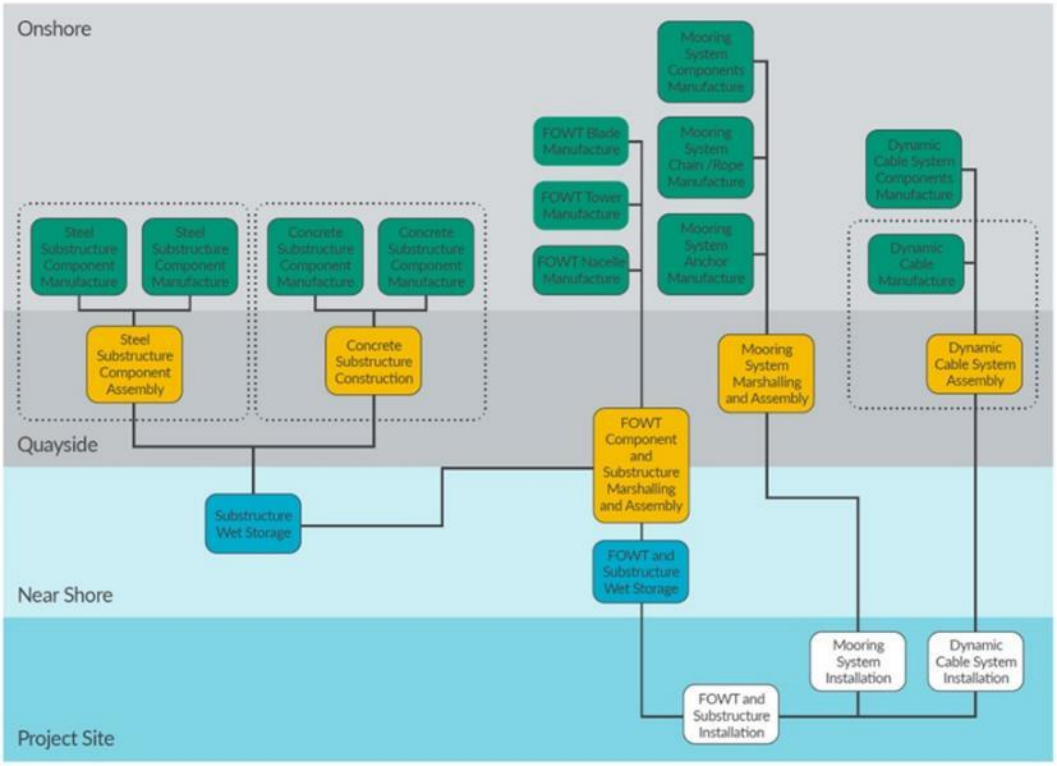


図 4-134 浮体式洋上風力における建設プロセスの概要

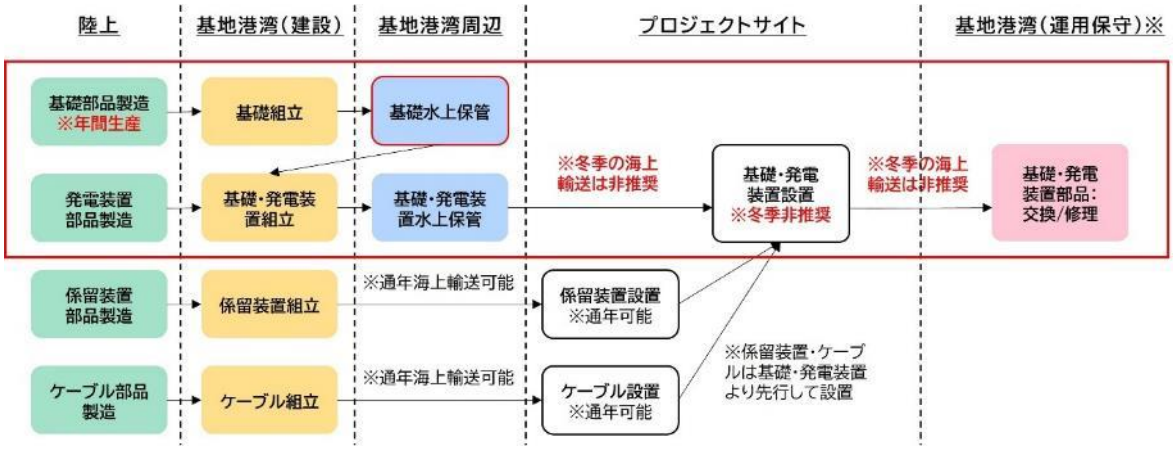
出所）ORE CATAPULT, Strategic infrastructure and supply chain development, p.20-33,（2022 年 5 月）

項目	分類
浮体式パーツ	基礎（Substructure）
	発電装置（FOWT）
	係留装置（Mooring System）
	ダイナミックケーブル（Dynamic Cable System）
建設プロセス	部品製造（Manufacture）
	部品組立（Assembly）
	水上保管（Wet Storage）
	装置設置（Installation）
活動場所	陸上（Onshore）
	岸壁（Quayside）
	基地港湾周辺（Near Shore）
	プロジェクトサイト（Project Site）

図 4-135 本報告書のプロセス説明における項目の分類

出所）ORE CATAPULT, Strategic infrastructure and supply chain development, p.20-33,（2022 年 5 月）より三菱総合研究所作成

基礎・発電装置に関しては図 4-136 の通り、冬季の海上での輸送・設置を極力回避したスケジュール設計が求められる。しかし、基礎の部品は年間を通じて生産されるため、陸上のスペースの制約等がある場合は、基礎の水上保管等で設置時期を調整する必要がある。

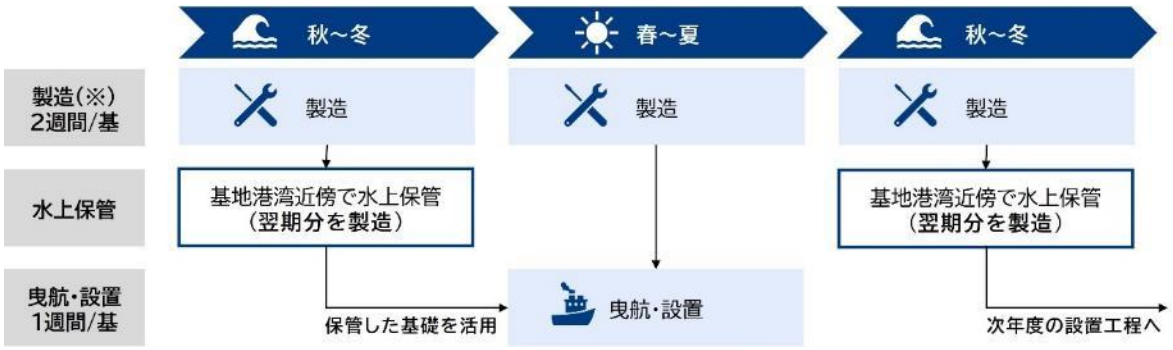


※建設用の基地港湾と運用保守作業用の基地港湾は便宜上分けて記述しているが、同一の基地港湾である可能性もある。

図 4-136 浮体式洋上風力の建設・運用保守の設置プロセス概要

出所)ORE CATAPULT, Strategic infrastructure and supply chain development, p.20-33,（2022 年 5 月）

図 4-137 の通り、冬季は波浪等の影響を受けるため、設置工程は春～夏の半年間程度の実施が望ましい。浮体基礎 1 基あたりの製造期間は、曳航・設置期間に対して倍程度（2 週間/基）を要するため、年間生産を通じて在庫を積み上げ、秋～冬に製造した基礎を保管するための保管水域が必要となる。



※1 基製造にかかる実際の期間は 1 ヶ月程度（モジュール化の程度により 2 週間～4 か月の幅が予想される）。2 基同時製造を想定しているため、製造ペースとしては 2 週間/基となる。

図 4-137 浮体式洋上風力の建設・設置プロセスのタイムライン

出所)国土交通省、2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方検討会 ～基地港湾の配置及び規模～ 資料 3、p.41、(2022 年 2 月)をもとに三菱総合研究所作成

基礎・発電装置の建設プロセスに関しては図 4-138 の通り、冬季での海上輸送・海上作業を極力避けるため、製造された基礎は設置工事まで水上保管される。現地での組立活動は技術的難易度が高いため、基地港湾で組立・設置の後、タグボートで曳航される。

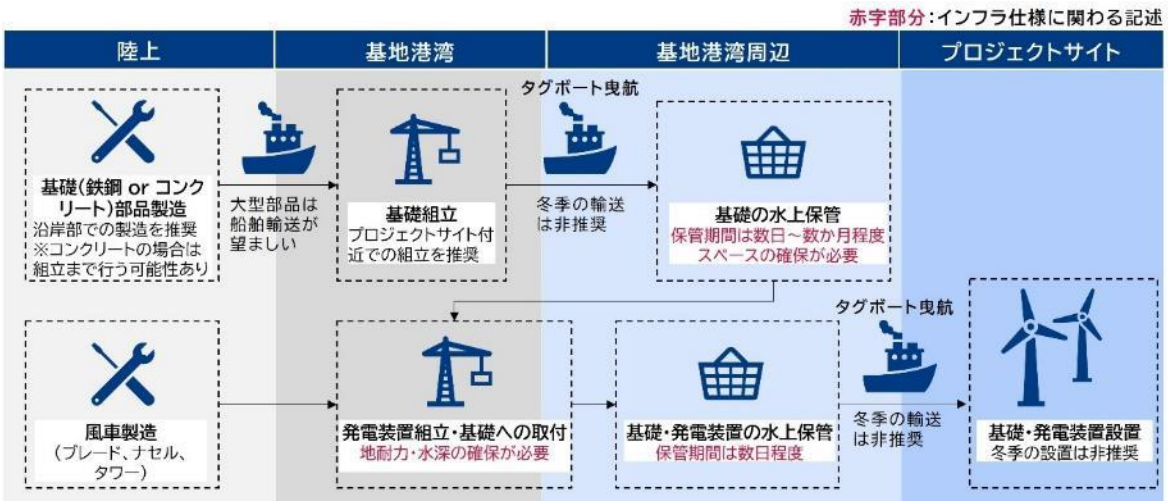


図 4-138 浮体式洋上風力における基礎・発電装置の建設プロセス

出所)ORE CATAPULT, Strategic infrastructure and supply chain development, p.20-33, (2022 年 5 月)を基に三菱総合研究所作成

係留装置の建設プロセスに関しては図 4-139 の通り、装置組立は基地港湾の岸壁で行うことが想定されるが、プロジェクトサイトに向かう洋上で行う可能性もある。基礎や風車よりも先行して、係留装置を設置するようスケジューリングを行う必要がある。

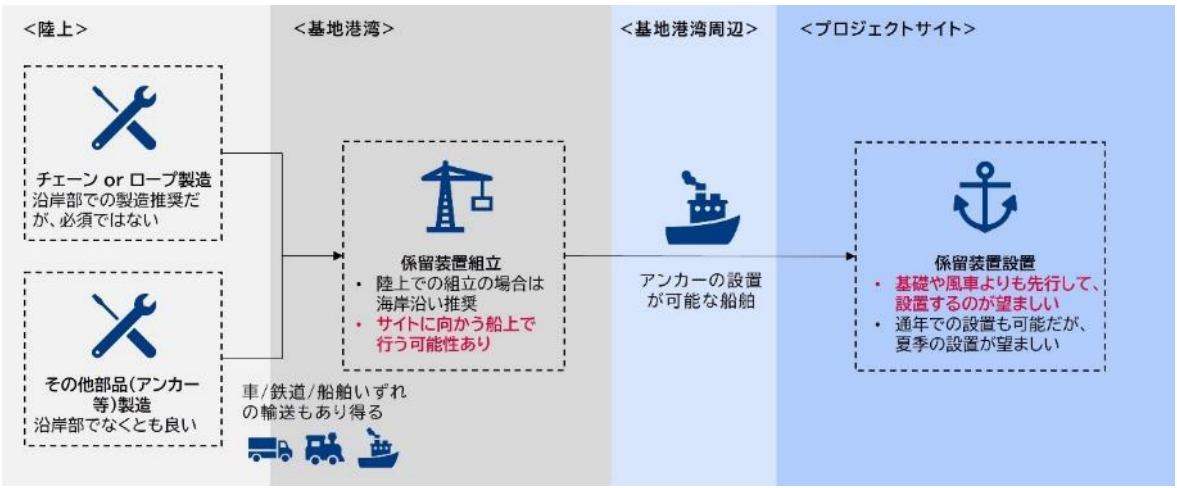


図 4-139 浮体式洋上風力における係留装置の建設プロセス

出所)ORE CATAPULT, Strategic infrastructure and supply chain development, p.20-33, (2022 年 5 月)を基に三菱総合研究所作成

ケーブルの建設プロセスに関しては図 4-140 の通り、係留装置と同様に基礎・発電装置ほど沿岸部での部品製造を求められないが、基礎・発電装置よりも先行したケーブル敷設が望ましい。

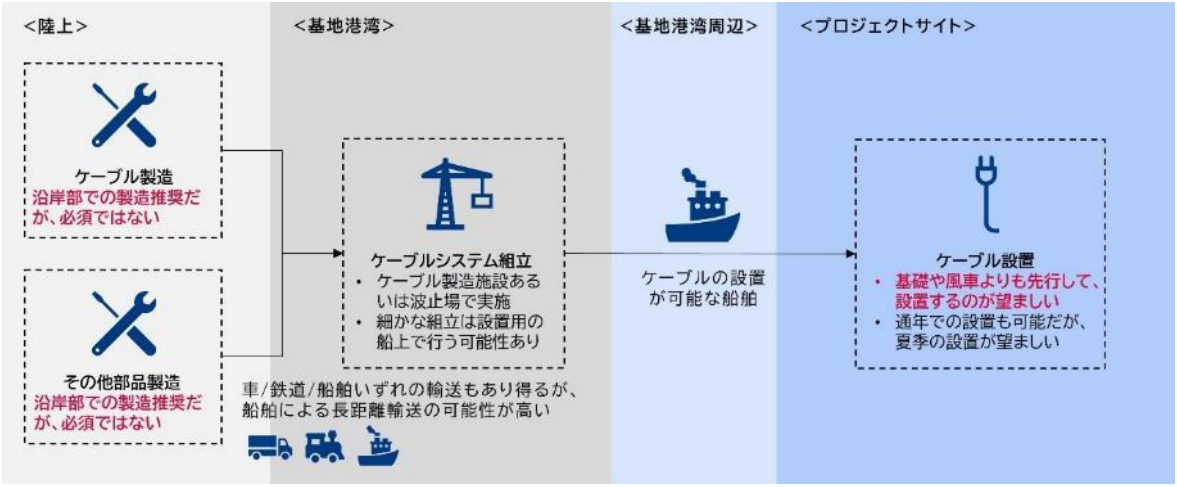


図 4-140 浮体式洋上風力におけるダイナミックケーブルの建設プロセス

出所）ORE CATAPULT, Strategic infrastructure and supply chain development, p.20-33,（2022 年 5 月）を基に三菱総合研究所作成

離岸距離の大きい浮体式洋上風力の運用・保守については図 4-141 の通り、SOV（Service Operation Vessel：メンテナンス作業支援に特化した専用船）を利用する可能性が高い。基礎・発電装置の主要部品の交換等は現状岸壁あるいは基地港湾周辺海域で実施することになるが、重量物を取扱可能な船舶の普及が拡大すれば、プロジェクトサイトで実施される可能性がある。

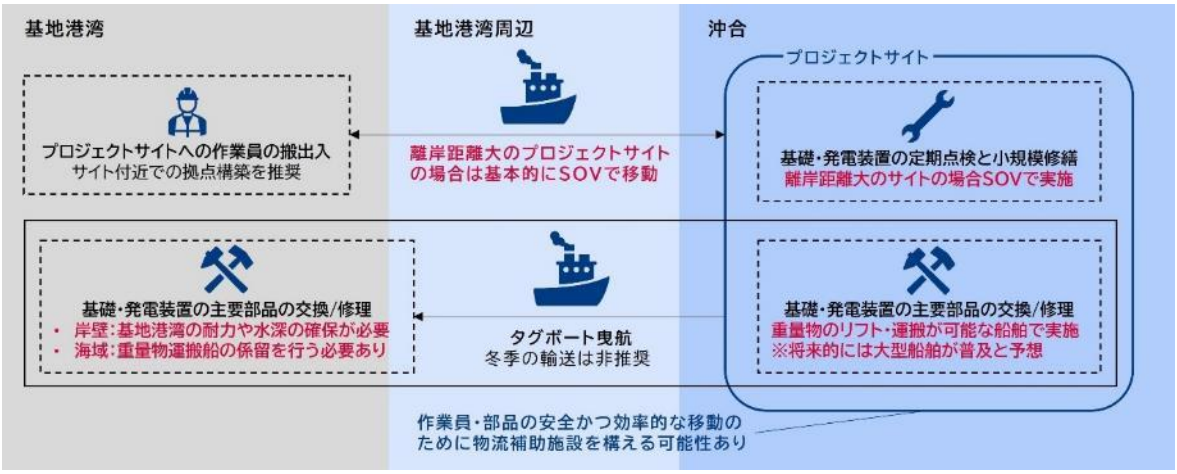


図 4-141 浮体式洋上風力における運用・保守プロセス

出所）ORE CATAPULT, Strategic infrastructure and supply chain development, p.20-33,（2022 年 5 月）を基に三菱総合研究所作成

離岸距離が長い洋上風力の場合、O&M の活動にはヘリコプターや SOV の費用対効果が高まるとされる。参考事例として図 4-142 の通り、台湾の洋上風力発電所（離岸距離最大 60km）向けに、商船三井が SOV 貸船契約を締結した事例も存在する。



図 4-142 左:離岸距離ごとに適した O&M の移動手段[1]
中央:商船三井が保有する SOV イメージ[2] 右:SOV 導入を予定する台湾の洋上風力発電所[2]

出所)Garrad Hassan, A Guide to UK Offshore Wind Operations and Maintenance, p.12,(2013 年 6 月)、赤字・赤線は三菱総合研究所加筆
商船三井 2020 年プレスリリース、"台湾大彰化洋上風力発電所向け「アジア初の SOV」事業に関する定期貸船契約、及び造船契約の締結の件"(https://www.mol.co.jp/pr/2020/20026.html) <2023 年 3 月 8 日閲覧>、赤字・赤線は三菱総合研究所加筆

2) 国土交通省・2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方検討会

図 4-143 の通り、2022 年に開催された国土交通省の検討会において、浮体式洋上風力の施工サイクルや基地港湾に関する検討を行っている。検討会では浮体式洋上風力の基礎設置は春夏に行い、秋冬に製作した基礎を水上保管する想定が置かれている。

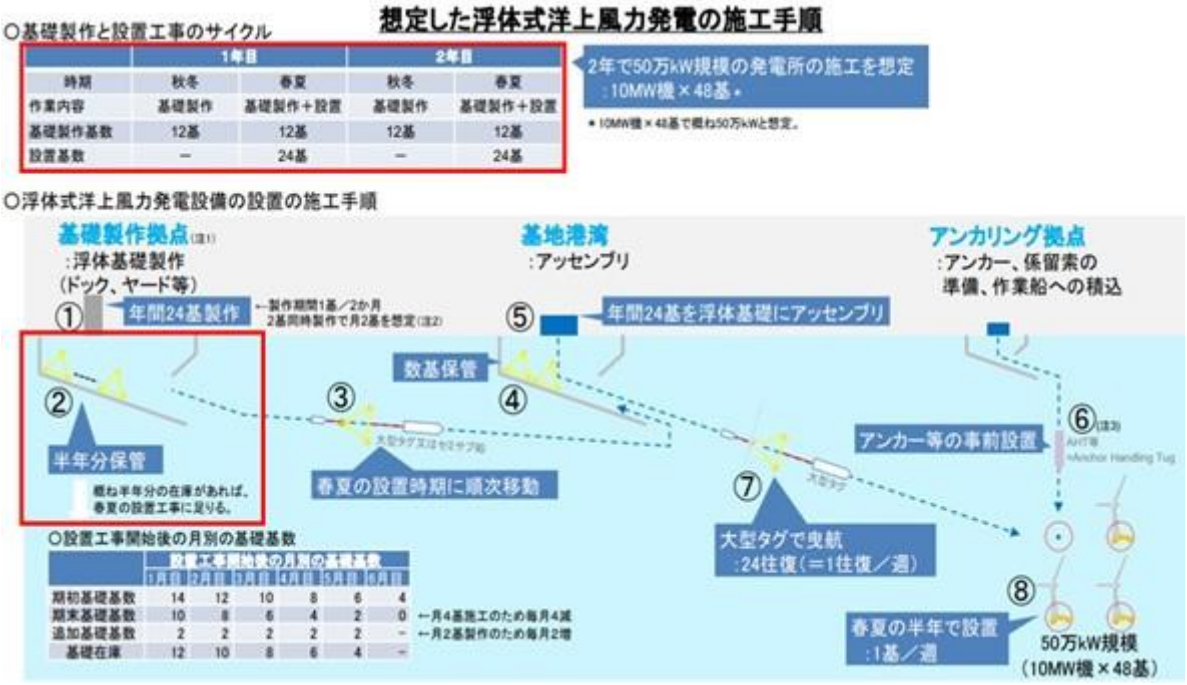


図 4-143 基地港湾のあり方検討会において想定された浮体式洋上風力発電の施工手順

出所)国土交通省、2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方検討会 ～基地港湾の配置及び規模～ 資料 3、p.41、(2022 年 2 月)、図中赤枠は三菱総合研究所加筆

（5）浮体式洋上風力の製造・組立設置に向けた港湾インフラ整備の方向性

浮体式洋上風力の大規模商業開発の事例は世界的にもまだ存在しないが、図 4-144 の通り、海外の先行事例から港湾に関する以下のような要件が示唆されている。

- ヤード面積：浮体基礎の製造あるいは組立を港湾内で行えるようなヤード確保が必要。
- 保管水域：大量導入時には一年を通じて製造する必要があり、製造後の基礎を一時保管する保管水域（Wet Storage）が必要。
- 地耐力・水深：基礎への風車の取付けは岸壁で行うため、基礎港湾の耐力、水深の確保が必要。

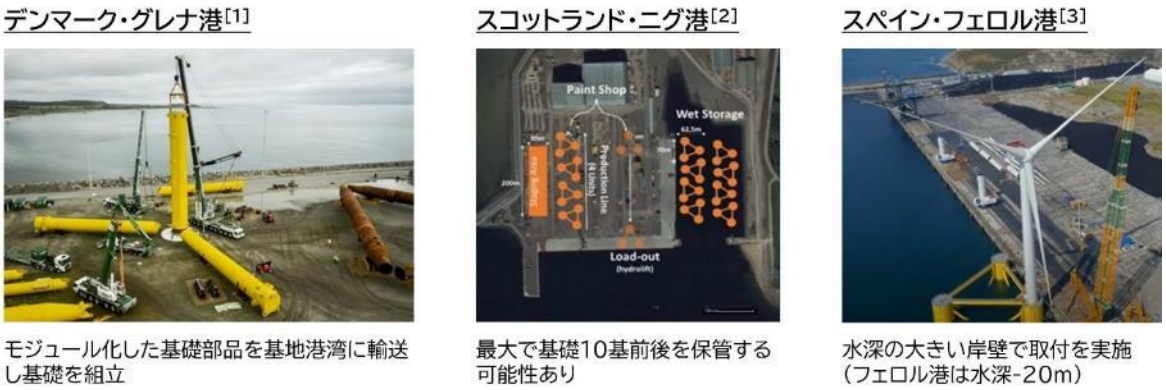


図 4-144 基礎・風車の建設に対応した基地港湾開発の事例

出所）Stiesdal HP （https://www.stiesdal.com/offshore/the-tetraspar-full-scale-demonstration-project/ ）<2023 年 3 月 8 日閲覧>
CARBON TRUST, Floating Wind Joint Industry Project Phase I Summary Report, p.54,（2018 年 5 月）
Principle Power,（https://www.youtube.com/watch?v=AdmCW8rpBgs）<2023 年 3 月 8 日閲覧>

英国の Carbon Trust による Floating Wind Joint Industry Project（JIP）において表 4-106 の通り、基地港湾に求められる要件として、曳航、喫水、クレーン、港湾の稼働率の 4 つの観点から検討を行っている。

基地港湾から曳航可能な距離は最大 580km 以内といわれており、開発サイトに近い位置に基地港湾を戦略的に位置付ける必要がある。従って、将来の浮体式洋上風力の候補海域（位置、規模等）を特定することが重要となる。580km を超える長距離・長時間の曳航作業の場合、気象予報の不確実性が高まり、安全かつ効率的に曳航できない可能性が出てしまう。技術的な観点では、浮体基礎を曳航可能な十分な水深を有し、大型風車を施工可能なクレーンを整備可能なインフラを検討する必要がある。

表 4-106 基地港湾に求められる要件の検討例

項目	考慮すべき事項
曳航作業	• 曳航速度は遅く、気象・海象の影響を強く受ける。従って、気象予測精度が高い72時間（距離換算で約580km）以内に、基地港湾と開発サイトが立地することが望ましい。
港湾喫水	• 浮体基礎の喫水より深い水深を持った港湾が必要である。
クレーン揚荷能力	• 吊り上げ高さ及び吊り上げ荷重の大きいクレーンが必要となる。
港湾の稼働率	• 他の港湾利用者が存在した場合、港湾の稼働率が低下する恐れがある。

出所）Carbon Trust, “Floating Wind Joint Industry Project -Phase I Summary Report”, p.32-40,（2018 年 5 月）を基に三菱総合研究所作成

表 4-107 の通り、ORE Catapult と国土交通省の基地港湾検討会における港湾インフラ仕様の比較も行った。英国では、日本よりも大規模風車（20MW）の導入を想定していること、基地港湾を広大に利用した建設プロセスを見込んでいること等の理由から、日本よりも大規模な基地港湾を想定している。また 200m 級の大型船舶の積出・荷揚と基礎製造を同時に行うために、200m 級岸壁を 2 か所確保することで岸壁長 500m 以上との想定を置いている。

表 4-107 浮体式洋上風力発電所の基地港湾に求められる規模の想定（日英比較）

項目	日本の想定規模（10MW×24基/年）[1]			【参考】英国の想定規模（20MW×25基以上/年）[2]		
	岸壁	面積	地耐力	岸壁	面積	地耐力
基礎製造・組立	延長200m 水深7.5m	10～20ha程度	15～20トン/m²	延長500m以上 水深8-12m	製造20ha 組立10ha	—
基礎水上保管	—	10ha程度（水域）	—	—	5-10ha（水域）	—
基礎・発電装置組立	延長200～400m 水深10m以上	10～20ha程度	最大荷重 200トン/m²	延長500m以上 水深10-15m	20ha	—
アンカリング準備	延長200m 水深7.5m	1ha程度以上	（一般の埠頭と同程度）	—	—	—

出所）国土交通省、2050 年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方検討会 ～基地港湾の配置及び規模～ 資料 3、p.47、（2022 年 2 月）
ORE Catapult, Strategic infrastructure and supply chain development, p.41,（2022 年 5 月）を基に三菱総合研究所作成

表 4-107 において英国が想定した基地港湾のイメージは図 4-145 の通りである。

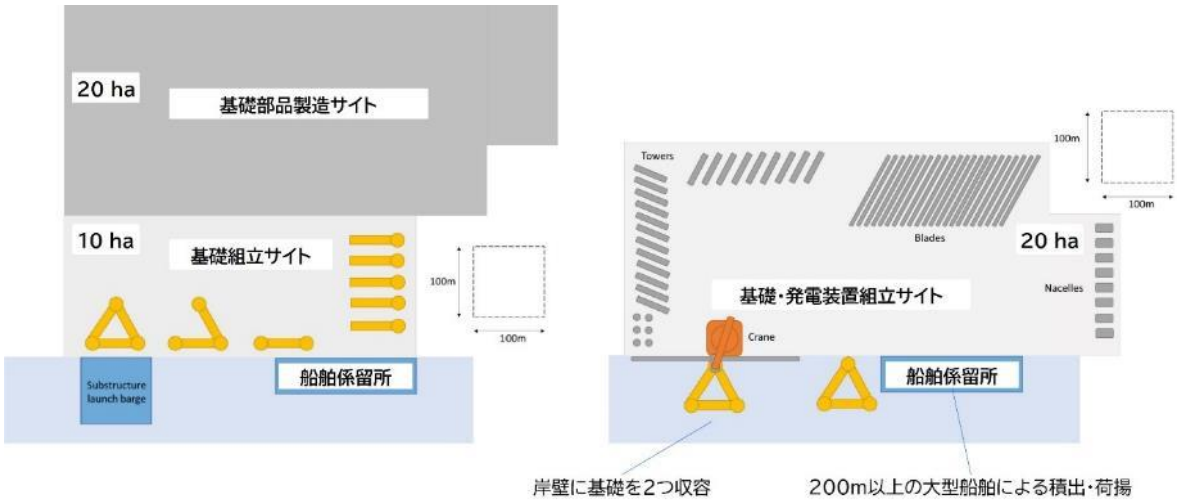


図 4-145 左：基礎（セミサブ）製造・組立サイトのイメージ 右：基礎・発電装置組立サイトのイメージ

出所）ORE Catapult, Strategic infrastructure and supply chain development, p.41,（2022 年 5 月）
図中の日本語は三菱総合研究所加筆

表 4-108 の通り、設置プロセスの観点では、着床式洋上風力と異なり浮体式洋上風力は洋上での設置・組立が難しいため、一般的に岸壁での組立活動が可能な基地港湾の形成が求められる。サプライチェーン形成の観点では、国内での基礎製造・施工・運用・保守活動の実施がLCOE低減・経済波及効果の観点から望ましい。加えて、民間企業による技術開発や生産設備投資を促す仕組みの検討も重要である。

基地港湾整備にあたっては将来の着床式・浮体式洋上風力の開発海域の立地・開発規模・入札時期（開発時期）を見越して、適時適切な港湾利用を可能とすることが重要である。そのためには将来の洋上風力入札のプロジェクトパイプラインの明確化と、海域指定・合意形成プロセスと港湾インフラ整備を統合する方向性が考えられる。

表 4-108 浮体式洋上風力の特性を踏まえた港湾整備に関する調査結果のまとめ

テーマ	論点
設置プロセス	• 浮体式は着床式と異なりプロジェクトサイトでの装置組立が難しいため、基地港湾での組立・タグボートでの曳航が必要となる。 • 組立活動に必要な要件を満たす基地港湾の整備、更に基礎の水上保管が可能な保管水域の確保が、浮体式の設置プロセスには重要となる。
サプライチェーン形成	• 浮体式洋上風力のLCOE低減のためには、基礎・風車の建設活動、運用・保守（O&M）をプロジェクトサイト近傍で実施することが特に重要である。 • 特に、基礎のモジュール生産拠点、基礎・風車の建設活動、運用・保守（O&M）に、経済波及効果が期待される。 • MSP策定に加え、研究開発・スキル開発支援、事業者への経済的支援、関連規制・制度の国際標準化を実施する事が重要である。
基地港湾	• 曳航の短さ、喫水の深さ、クレーンの揚荷能力、港湾の稼働率等が基地港湾に求められる。 • 必要な港湾数の目安は明らかとされているが、基地港湾の具体的な整備時期、立地、数を検討することが望ましい。

出所）文献調査に基づき三菱総合研究所作成

4.4.4 系統の協調的設計に係る調査

本項では、特に洋上風力発電所で発電された電力を系統に統合するために必要となる送電設備を対象として、欧州事例の調査を実施した。洋上風力発電所は海に設置されることからその設備の大半は海底ケーブルによって構成され、送電距離が長距離ないしは送電容量が大きい場合は洋上変電所が設置される場合もある。

なお、本項では、洋上風力発電に付帯する洋上送電設備のことを、以後エクスポートシステムと記載する。

（1） 欧州における洋上風力に係るエクスポートシステム整備の在り方

1）ドイツ・オランダ

図 4-146 に示す通り、オランダ及びドイツでは陸上系統から洋上変電所までのエクスポートシステムを TSO が整備を行い、発電事業者は風車から洋上変電所までのケーブル設計・敷設を担当する。また図 4-147 に示す通り、オランダ及びドイツ北海側では洋上風力発電所の連系を目的とした洋上変電所を含むエクスポートシステムが複数計画・建設されている。

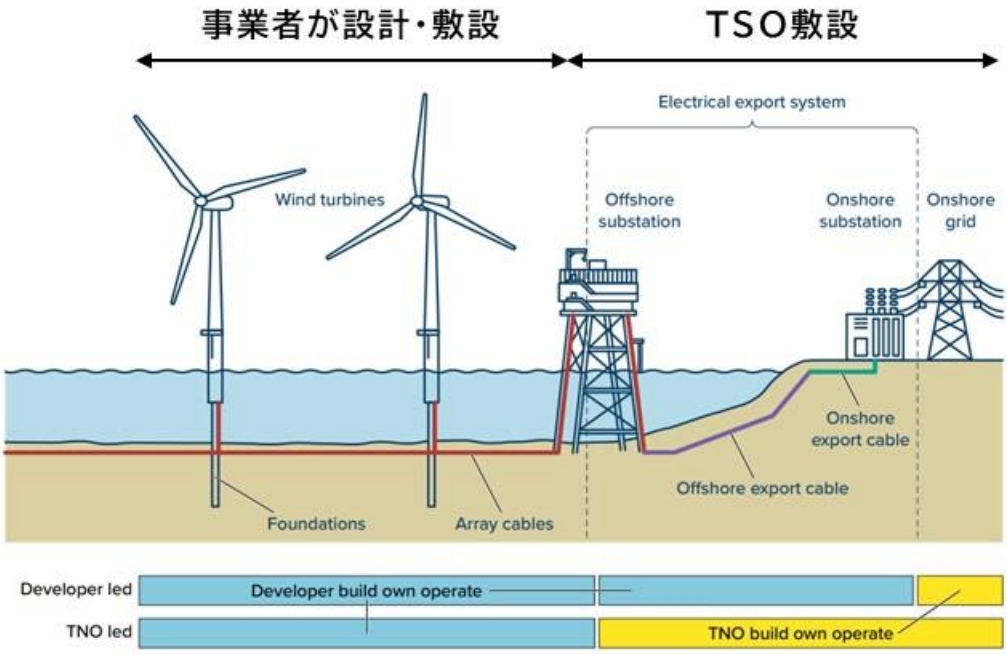


図 4-146 オランダ・ドイツ：エクスポートシステム整備主体の区分

出所）World Bank, Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets, p.71,（2021 年 9 月）より三菱総合研究所一部加筆

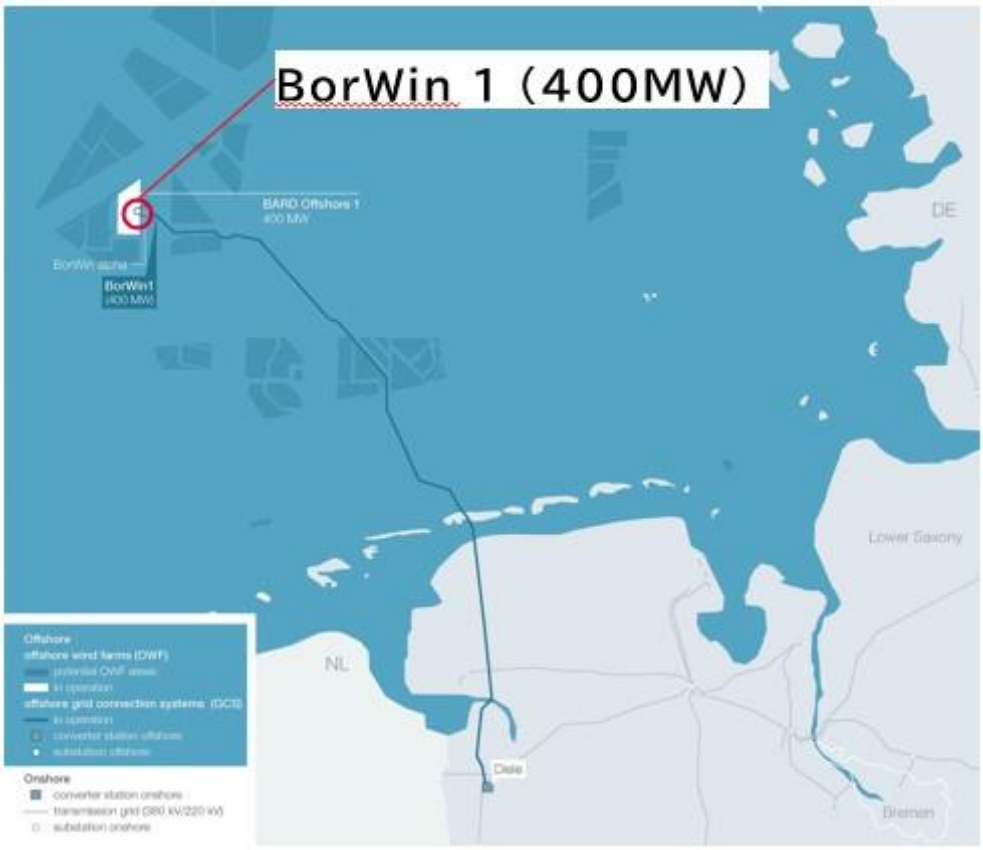


図 4-147 ドイツ北海側：BorWin 1 洋上変電所の立地

出所）TenneT, BorWin 1, (https://www.tennet.eu/projects/borwin1) < 2023 年 3 月 8 日閲覧>より、三菱総合研究所一部加筆

2015 年 12 月、オランダ政府は、図 4-148 に示す海洋空間計画の策定を通じて将来の洋上風力の開発適地を指定・公表した。TSO（TenneT）は海洋空間計画に基づき、図 4-149 に示す将来の洋上エクスポートシステムの整備計画を策定していると考えられる。

TenneT によると、2026 年までに 700MW-洋上交流変電所を 7 か所整備し、2028 年以降は沖合海域に 2GW-洋上直流変電所を整備し、プラットフォームも標準化される。

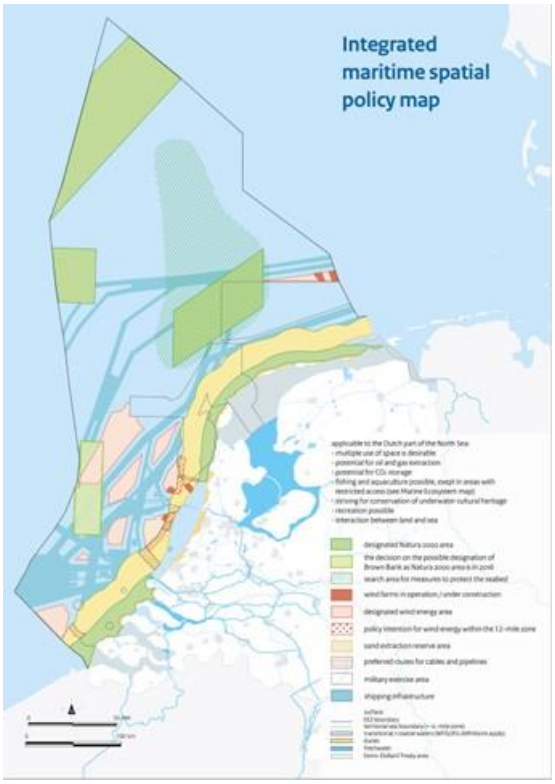


図 4-148 オランダ：海洋空間計画（2015 年時点）

出所）Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment, Policy Document on the North Sea 2016-2021, p.2,（2015 年 12 月）より三菱総合研究所一部加筆

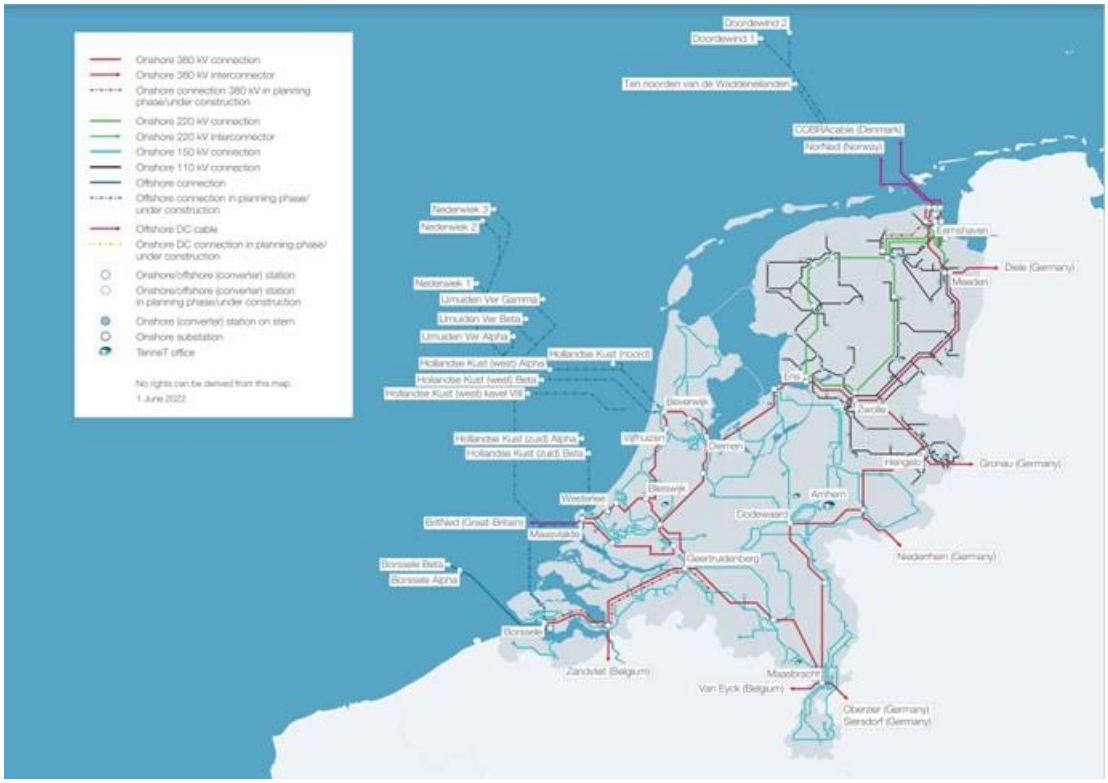


図 4-149 TenneT Grid Maps: Netherlands（2022 年 6 月版）

出所）TenneT, Grid maps (https://www.tennet.eu/grid/grid-maps) < 2023 年 3 月 8 日閲覧>

2）イギリス

イギリスでは、洋上風力発電の海域リース入札の落札事業者が系統連系手続きを実施する。

図 4-150 に示すように、イギリスでは系統整備は系統運用事業者・National Grid ESO が所管するが、洋上風力発電所から連系点までの洋上エクスポートシステムは開発事業者によって設計・敷設される。従って、オランダ・ドイツのように洋上エクスポートシステム全体の整備計画は存在せず、図 4-151 に示すように各開発事業者の設計・敷設工事によって各ウィンドファームからそれぞれエクスポートケーブルが整備される。

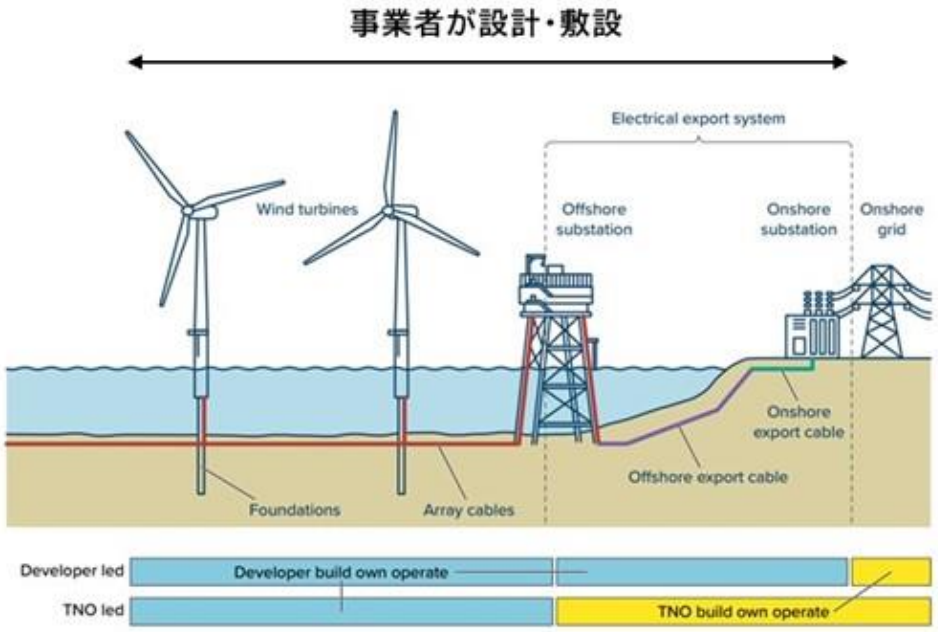


図 4-150 イギリス：エクスポートシステム整備主体の区分

出所）World Bank, Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets, p.71,（2021 年 9 月）より三菱総合研究所一部加筆

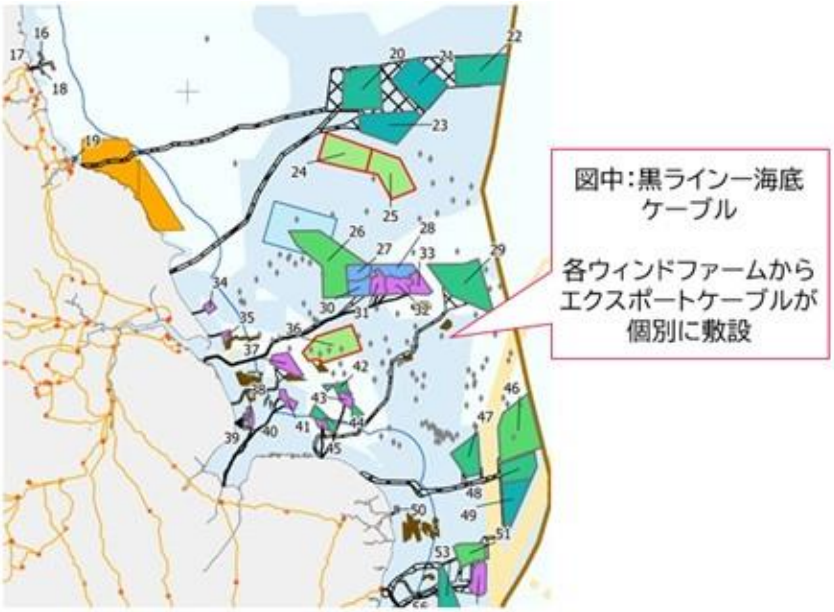


図 4-151 イングランド東部：エクスポートシステムの整備状況

出所）Crown Estate, OTNR Generation Map,（2021 年 11 月 22 日）より三菱総合研究所一部加筆

3）エクスポートシステム整備主体の差異によるメリット・デメリット

表 4-109 の通り、世界銀行によると、エクスポートシステム整備主体には大きく 2 区分に分類され、それぞれに「計画・設計」「事業運営・ファイナンス」「建設・インターフェースリスク」「O&M」の観点から様々な利点・欠点が存在するとされる。

- TSO 整備モデル：陸上の連系点から洋上変電所までのエクスポートシステムを TSO が整備
  ※洋上変電所から各風車までの海底ケーブルは事業者所掌の下で設計・敷設される。
- 事業者整備モデル：陸上の連系点から洋上変電所、各風車までのエクスポートシステムを、ウィンドファームの開発事業者がそれぞれ整備

世界銀行によるとドイツ・オランダのように TSO 整備モデルを導入することで、エクスポートシステム設備の標準化・系統の共用利用により社会コストや環境影響の低減が期待される。例えば、TSO の TenneT は洋上風力発電向けの洋上変電所プラットフォームを標準化している事例がある。

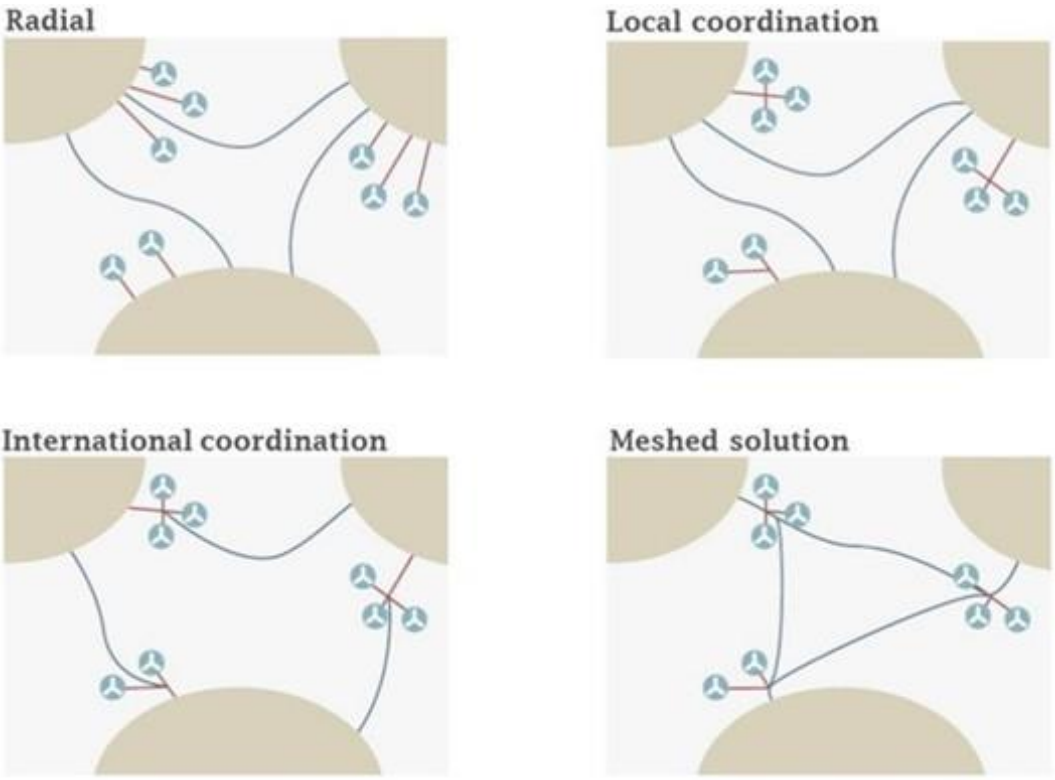
表 4-109 エクスポートシステム整備主体の差異に起因するメリット・デメリット

項目		TSO整備モデル：ドイツ・オランダ	事業者整備モデル：イギリス・日本
計画・設計	メリット	・標準化による規模の経済が得られる ・共用利用によって、環境影響を低減可能	・事業者のみが計画・設計に関与するため、ニーズに応じた設計が可能
	デメリット	・事業者ごとの異なるニーズに対応した設計はできない	・事業者毎に異なるアセット・技術を採用するため、標準化・共用利用が困難
事業・ファイナンス	メリット	・好ましいファイナンス条件で調達可能 ・プロジェクトパイプライン（将来の入札海域）が明確な場合、コスト低減が可能	・様々なファイナンス手法が利用可能 ・公募入札によってコスト低減が期待
	デメリット	・巨額の先行投資が必要 ・公募入札の対象アセットとならないため、コスト・納期面での競争原理が働きにくい	・協調的アプローチを通じた、社会コスト低減が期待できない
建設・インターフェースリスク	メリット	・洋上エクスポートシステムと、系統増強を協調的に実施可能	・関係ステークホルダーが少なく、事業者が主導することで建設遅延リスクは相対的に低い
	デメリット	・関係ステークホルダーが多く、インターフェースリスクが増大 ・適切な協調が出来なかった場合はストランデットコストが発生する懸念	・系統増強など、より広範囲の系統整備の視点は事業者のスコープにはない
O&M	メリット	・標準化によるOPEX低減、冗長性向上等が期待	・ケーブル事故やリスクに備えるため、メンテナンスとファーム運用を一体的に実施する事につながる
	デメリット	・事業者の解列による稼働率低下が懸念	・送電アセット寿命が長いため、事業者が長期間占用できない場合はアセットを最大限活用できるかが不透明

出所）World Bank, Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets, p.75,（2021 年 9 月）より三菱総合研究所作成・翻訳

4）エクスポートシステム（Offshore Grid）の設計方式

欧州ではエクスポートシステムを含む海底送電システムを Offshore Grid と記載している。文献調査から、図 4-152 の通り、Offshore Grid の設計方式は主に 4 種類に分類される。洋上風力発電のエクスポートシステム整備主体の差異によって、採用される設計方式が異なるという特徴がある。



項目	概要
ラジアル型	洋上風力発電所と陸上系統が point-to-point で個別に連系される方式 例：日本、イギリスなど
地域協調型	複数の洋上風力発電所を洋上変電所に連系し、陸上系統までまとめて送電する方式 例：ドイツ、オランダなど
国際協調型	複数の洋上風力変電所が連系される洋上ハブ変電所から、対岸の陸上系統へと接続され、複数方向の潮流制御が可能な設計方式
メッシュ型	洋上ハブ変電所間を接続し、メッシュ状に潮流制御が可能な設計方式

図 4-152 Offshore Grid の設計方式とその概要

出所）The North Seas Countries' Offshore Grid Initiative, The North Seas Countries' Offshore Grid Initiative - Initial Findings -, p.1-2,（2012 年 10 月）
World Bank, Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets, p.72,（2021 年 9 月）より三菱総研作成

5）欧州における Offshore Grid の検討イニシアチブ

Offshore grid の検討イニシアチブとして、2010 年に設立された北海沿岸諸国オフショアグリッド構想（NSOGI）やその後継組織である北海沿岸諸国間のエネルギー協力イニシアチブ（NSEC）、リニュワブルズグリッド（RGI）が存在する。各イニシアチブの概要を表 4-110 に示す。

表 4-110 欧州における Offshore Grid の検討イニシアチブ

イニシアチブ	年度	目的・概要
The North Seas Countries' Offshore Grid Initiative (NSCOGI)	2010 - 2015	<目的> • 系統インフラ投資、再エネ資源の効率的・経済的な利活用を最大化するために、offshore gridの協調的開発を評価・促進する組織として設立 <組織構成> • 北海沿岸10か国、および10か国のTSO、ENTSO-E、ACER、欧州委員会
The North Seas Energy Cooperation(NSEC)	2016 ～	<目的> • NSCOGIの後継組織であり、ボランタリーな取組を通じて、費用対効果の高い洋上風力発電の導入促進と、北海沿岸国の相互接続を発展させ、長期的には卸電力市場の統合を目指し、温室効果ガスの排出削減と安定供給強化へ寄与する <組織構成> • 北海沿岸10か国
Renewables Grid Initiative (RGI)	2009 ～	<目的> • 将来の再エネ導入及びエネルギートランジションの着実な進展を実現するために、透明性が高く、environmentally-sensitiveな系統整備を促進すること <組織構成> • 欧州TSO及びNGO団体

出所）European MSP Platform, Renewables Grid Initiative (RGI)
(https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/practices/renewables-grid-initiative-rgi)
＜2023 年 3 月 7 日閲覧＞
Renewables Grid Initiative, MARINE GRID DECLARATION
(https://renewables-grid.eu/publications/marine-grid-declaration.html) ＜2023 年 3 月 7 日閲覧＞
European MSP Platform, The North Seas Countries' Offshore Grid Initiative (NSCOGI)
(https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/practices/north-seas-countries-offshore-grid-initiative-nscogi) ＜2023 年 3 月 7 日閲覧＞
NSCOGI, Political Declaration on energy cooperation between the North Seas Countries (https://www.benelux.int/files/9014/6519/7677/Political Declaration on Energy Cooperation between the North Seas Countries.pdf) ＜2023 年 3 月 7 日閲覧＞より三菱総合研究所作成

a. 北海沿岸諸国間のエネルギー協力イニシアチブ（The North Seas Energy Cooperation）

2016 年に設立された、北海沿岸諸国間のエネルギー協力イニシアチブ（NSEC）では、洋上風力発電の更なる導入拡大及び Offshore Grid 構想を発展させるために 4 つのワークプログラムを設立し、2016 年より検討を進めている。各ワークプログラムの概要を表 4-111 に整理した。

2022 年 12 月、イギリス政府と北海沿岸諸国（NSEC）との間で北海地域における洋上風力開発及び offshore grid の協調開発に関する協定が結ばれ、本検討にイギリスも加わる見込みである。

表 4-111 The North Seas Energy Cooperation におけるワークプログラム

ワークプログラム名	検討項目
海洋空間計画 (Maritime Spatial Planning)	• 国境を越えた洋上風力発電およびオフショアグリッドの開発及び計画の調整 • 共通的な環境アセスメントフレームワークの開発 • 計画、環境アセスメント、ライセンス、運営のための海洋データの可用性及び相互運用性の向上 など
Offshore Grid等の開発と規制 (Development and regulation of offshore grids and other offshore infrastructure)	• 地域系統やpoint-to-pointのグリッド計画・開発の調整の促進、地域に利益をもたらすプロジェクトの促進、補償を含むコスト配分のモデルの検討など • 洋上風力発電所と国際連系線から構成されるハイブリッドプロジェクトの開発オプションの検討 • 既存洋上セクター(Oil&Gas等)との潜在的な相乗効果の検討 ※操業協力やプラットフォームの電化等を含む
洋上風力発電プロジェクトの支援枠組みとファイナンス Support framework and finance for offshore wind projects	• 洋上エネルギーインフラの導入ニーズ及び開発時期に関する情報を共有し、将来の総需要に対して民間セクターへの予見可能性を提供すること • 洋上風力発電に関する各国の支援制度の調整と連携を強化すること ※特にオークション設計や入札タイミング等 • EU基金や機関投資家を通じた、パイロットプロジェクトのためのファイナンス
洋上風力セクターにおける標準・技術基準及び規制 Standards, technical rules and regulations in the offshore wind sector	• 航空標識及び航空障害灯に関する規制の調整 • Health and Safety(労働安全衛生)に関する要求事項の調整 • 折組員及び船舶の要件の調整 • 部品の認証基準の相互承認 • 洋上風力発電所のレイアウト制約に関するベストプラクティスの共有

出所)Political Declaration on energy cooperation between the North Seas Countries
UK Gov., UK signs agreement on offshore renewable energy cooperation
(https://www.gov.uk/government/news/uk-signs-agreement-on-offshore-renewable-energy-cooperation) <2023 年 3 月 8 日閲覧>より三菱総合研究所作成

b. リニュワブルズグリッド(Renewables Grid Initiative)

2009 年、欧州の TSO 及び NGO 団体によって Renewables Grid Initiative(RGI)が設立された。2019 年、Offshore grid の開発において環境影響を最小化することを目的として、その枠組みの確立を図る Marine Grid Declaration が提言された。提言内容の概要を表 4-112 に示す。

環境影響低減の観点から、それぞれの分野において重要と考えらえる原則が示されており、特に計画段階での環境影響の考慮や海洋空間計画との協調などが挙げられている。

表 4-112 Marine Grid Declaration にて提言された原則(一部)

分野	概要(一部のみ掲載)
海洋空間計画 Marine Strategic and spatial planning	• 系統の計画・マネジメントのためにエコシステムベースド・アプローチを支援し、オフショアグリッド計画の最初期に環境影響を考慮する • 欧州海洋枠組み指令で定義された原則、欧州海域の良好な環境維持、種と生息地の好ましい保全状態の達成と維持を支援すること 他多数
海洋プロジェクトの計画、影響の緩和及びモニタリング Marine project planning, impact mitigation and monitoring	• プロジェクトレベルのオフショアグリッドを計画する場合、エコシステムベースド・アプローチの下で定義された原則を実施する • 海洋種及び生息地の生態学的感度の事前マッピングの必要性を認め、海洋空間計画に先立ってマッピングされた場合は、プロジェクトレベルでの最適な計画のために当該データを利用すること 他多数
海洋環境の規制 Regulation of the marine environment	• 国境をまたぐ変動、開発の複雑性、投資リスクを最小化するために、国・地域の超えた海洋規制の調整を促進すること • 帰省ギャップが特定された場合は、効果的な措置の開発を促進すること 他多数
海洋に関する知見の創造、共有、ガイダンス Marine knowledge creation, sharing and guidance	• オフショアグリッド開発にともなう直接的な環境影響の更なる認識 • 海洋環境及びグリッド開発に特有の状況における、必要な研究への投資を含む、海洋に関するナレッジの創出、共有、ガイダンス 他多数
国際協調及びクロスセクター間協調 International and cross-sectoral cooperation	• 地域・国際レベルでのエコシステム・ベースド・アプローチの実行を促進するために、オフショアグリッドに関して国際的な協調を行う

出所)Renewables Grid Initiative, Marine Grid Declaration, (2019 年 3 月)より三菱総合研究所作成

（2）イギリスにおけるエクスポートシステムの協調的設計に係る関連制度見直し（Offshore Transmission Network Review）

英国では、これまで洋上風力発電所から陸上連系点を結ぶエクスポートシステムについては、各開発事業者が個別設計・敷設する方式が採用されており、ラジアル型の offshore grid が形成されてきた。しかし、今後洋上風力の急速な導入拡大及び 2050 年ネットゼロ実現を踏まえると、既存の考え方は経済性及び環境負荷の観点から最適ではなくなる可能性があると指摘されている。

上記の課題認識を踏まえ、図 4-153 に示す通り、イギリスでは関連行政団体によって洋上送電ネットワークの在り方に関する見直し”Offshore Transmission Network Review”が実施され、洋上風力関連制度・電気事業制度など広範な範囲での制度見直しに向けた検討が進められている。



図 4-153 Offshore Transmission Network Review の背景及び参加者

出所)UK Gov., Offshore transmission network review (https://www.gov.uk/government/groups/offshore-transmission-network-review) <2023 年 3 月 9 日閲覧>
BEIS, UK hybrid Project Forum, p.8, (2021 年 3 月 10 日)より三菱総合研究所作成

1）イギリスにおけるエクスポートシステムの設計・整備に係る見直しの背景

図 4-154 に示す通り、英国政府は 2030 年 40GW の導入目標(当時)及び 2050 年ネットゼロの目標を掲げていた。一方で、表 4-113 に示す通り、現行の開発事業者が個別に設計・敷設するエクスポートシステム整備モデルを継続した場合、大量導入に伴って必要な系統増強の規模・導入スピードが大幅に増加する課題が生じ、系統整備コストが増大すると懸念された。

2020 年、イギリスの系統運用事業者・National Grid ESO は協調的なエクスポートシステム整備(Holistic Approach)の効果を検証するため、DNV-GL 等の外部機関に対して Holistic Approach 採用による影響や設備コストに係る調査を委託した。

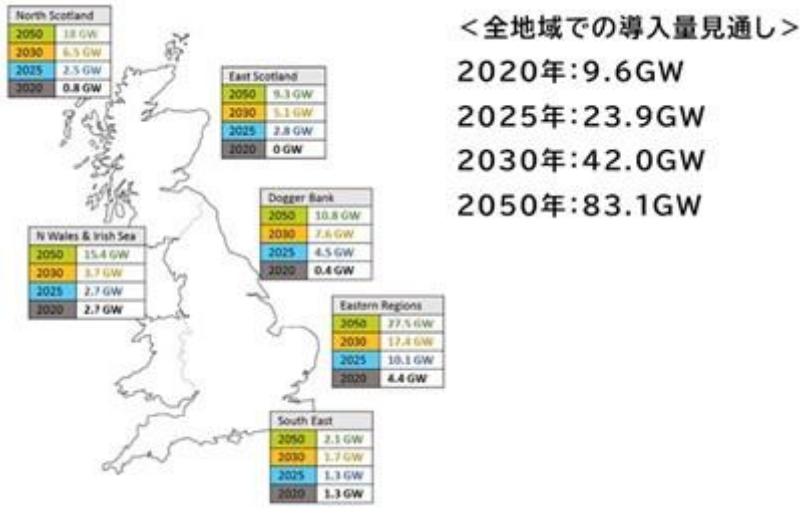


図 4-154 外部委託調査における洋上風力導入量見通し(当時)

出所)DNV GL, Holistic Approach to offshore transmission planning in Great Britain (2020 年 9 月 14 日)
DNV GL, Sensitivity study on the effect of change in the starting date of offshore grid coordination、(2020 年 12 月)より三菱総合研究所作成・一部加筆

表 4-113 現行の事業者主体の整備モデルを継続した場合に生じうる課題

現行の整備モデルを継続した場合に生じうる課題
事業者整備モデルによって生じうる課題
最適なケーブル揚陸点が不足する恐れ
送電網の安定性への悪影響
サプライチェーンへの負荷増大による供給不足リスク
開発規模の増大に伴って、経済性が実現できない恐れ

DNV-GL による調査では、英国が事業者整備モデルを採用し続けた場合と、協調的な設計アプローチ(Holistic approach)を新たに導入した場合における、2030 年時点の送電アセット数及び陸上変電所数の比較分析が行われた。

図 4-155 及び表 4-114 に示す通り、協調的な設計アプローチ(Holistic approach)を採用することで必要な送電アセット及び陸上変電所数の低減が期待され、またより早期にエクスポートシステムの整備主体/関連制度を見直すことによってその効果が大きくなることが示された。

協調的な設計アプローチ(Holistic approach)の採用以前に建設・着工されたエクスポートシステムには本制度は適用されず、開発事業者が個別に設計・敷設することでウィンドファームの運転期間に亘って当該送電アセットが固定化されるため、早期に制度見直しを行うことで協調的設計による便益が大きくなることが示された。

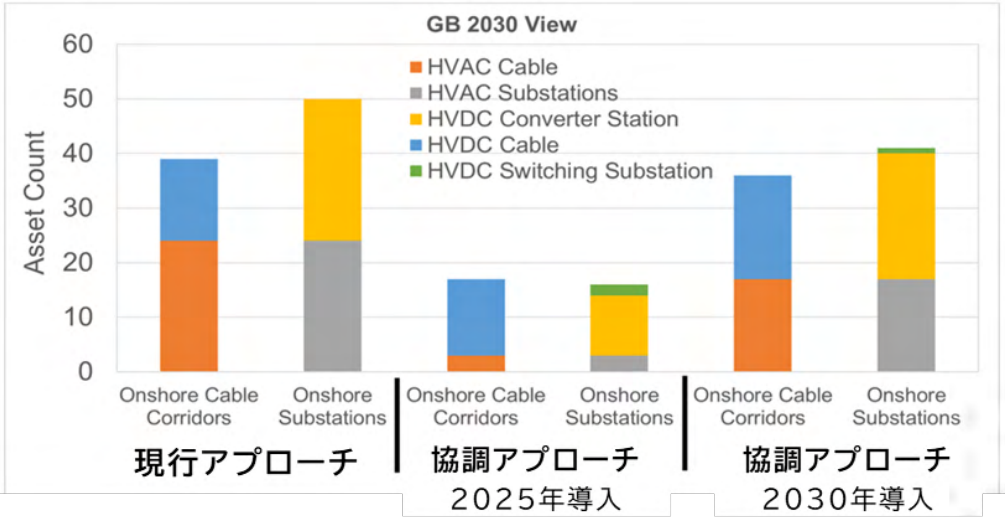


図 4-155 2030 年時点における必要送電アセット数の推移

出所）DNV GL, Sensitivity study on the effect of change in the starting date of offshore grid coordination, p.7,（2020 年 12 月）より三菱総合研究所一部加筆・一部翻訳

表 4-114 現行アプローチ及び協調アプローチ（Holistic approach）を採用した場合における各地域の 2030 年時点の陸上変電所数の見通し

地域	現行アプローチを継続した場合	2025年 協調アプローチ採用の場合	2030年 協調アプローチ採用の場合
North Scotland	14	5(-64%)	12(-14%)
East Scotland	5	2(-60%)	4(-20%)
Dogger Bank	8	2(-75%)	10(+25%)
Eastern Regions	13	3(-77%)	12(-8%)
South East	3	2(-33%)	4(+33%)
North Wales	5	2(-60%)	3(-40%)
合計	48	16(-67%)	45(-6%)

出所）DNV GL, Sensitivity study on the effect of change in the starting date of offshore grid coordination, p.9,（2020 年 12 月）より三菱総合研究所作成・翻訳

また DNV-GL によると、協調アプローチを新たに導入した場合、2030 年時点で必要となるエクスポートシステムの設備コスト（CAPEX）を抑制可能と試算された。図 4-156 に示す通り、より早期に協調アプローチ（Holistic approach）を採用することで、各開発事業者が個別に設計・敷設する送電アセットを削減できるため、より大きな CAPEX 低減効果が得られると見込まれている。

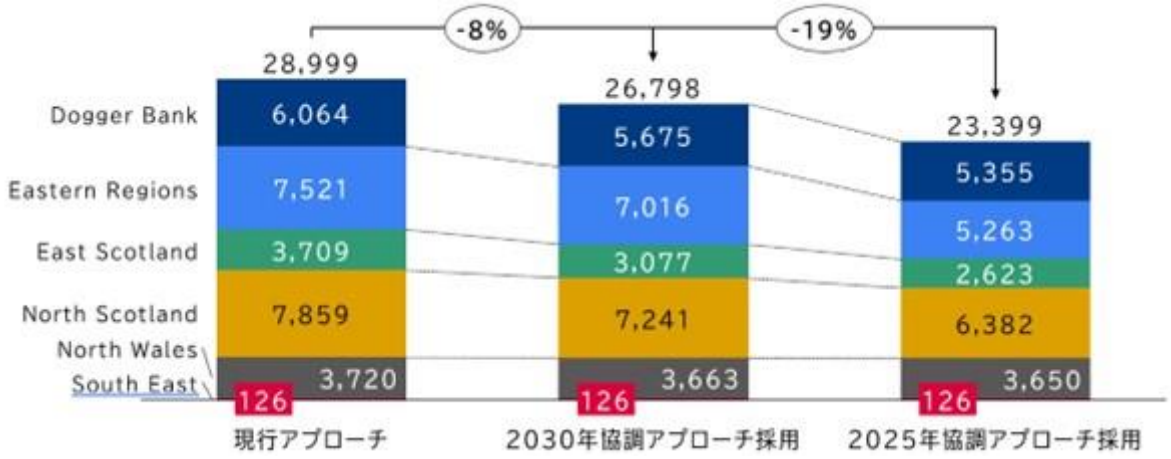


図 4-156 エクスポートシステム整備モデルの差異による CAPEX の比較

出所）DNV GL, Sensitivity study on the effect of change in the starting date of offshore grid coordination, p.19-20,（2020 年 12 月）より三菱総合研究所作成

2）エクスポートシステムの設計・整備に係る見直しの方向性

2022 年 5 月、英・Ofgem（ガス・電力市場局）はエクスポートシステム整備モデルの見直し案を公表し、エクスポートシステム全体の協調設計を National Grid ESO に担わせる方針が示された。見直しに際し、関係規制当局、発電事業者、政府機関等によるコンサルテーションが複数回実施され、各ステークホルダーの意見が反映されている。

表 4-115 に示す通り、将来の洋上風力の入札海域を踏まえ、National Grid ESO が陸上系統を含むエクスポートシステムの協調設計を実施するが、各設備の詳細設計・建設は開発事業者が実施する方式に変更される見込みである。

これは、イギリスの洋上風力業界で広く知見が蓄積されている現行アプローチ（開発事業者主体での整備モデル）を踏襲して、協調整備モデルへの移行メリットと新たな制度変更に伴う開発事業者側の事業リスク増大への懸念へ配慮するという観点から上記の提案がなされた。イギリスでは、長らく開発事業者主導によるエクスポートシステムの開発が実施され、2022 年現在において大きなトラブルが発生していないことから、コンサルテーションにおいても今回の Ofgem の提案に対して概ね賛同の意見が挙げられている。

表 4-115 見直し前後における洋上エクスポートシステム整備に係る役割分担

整備モデル	協調設計	詳細設計	プレ建設	建設	運転
（参考）TSO整備モデル	TSO	TSO	TSO	TSO	TSO
イギリスの現行アプローチ	―	開発事業者	開発事業者	開発事業者	OFTO※
イギリスが検討する協調アプローチ（見直し案）	National Grid	開発事業者	開発事業者	開発事業者	OFTO※

※イギリスでは、発電事業ライセンスとエクスポートシステム運営ライセンスが規制上区別されており、開発事業者がエクスポートシステムを完工した後 18 か月以内に、公募入札によって選ばれた Offshore Transmission Owner に送電アセット及び運営権を引き渡す必要がある。

出所）Ofgem, Minded-to Decision and further consultation on Pathway to 2030, p.33,（2022 年 5 月 20 日）より三菱総合研究所作成

2022 年 7 月、National Grid ESO より、陸上系統を含むエクスポートシステムの協調設計案：Holistic Network Design（HND）が公表され、図 4-157 のように陸上・洋上系統の増強案・新設案が示された。既に特定されている将来の洋上風力発電所の立地・開発規模等に基づき、便益分析や環境影響等を考慮して最適な整備手法（ラジアル型、協調ハブ型、地域間協調型、メッシュ型）が選択されている。

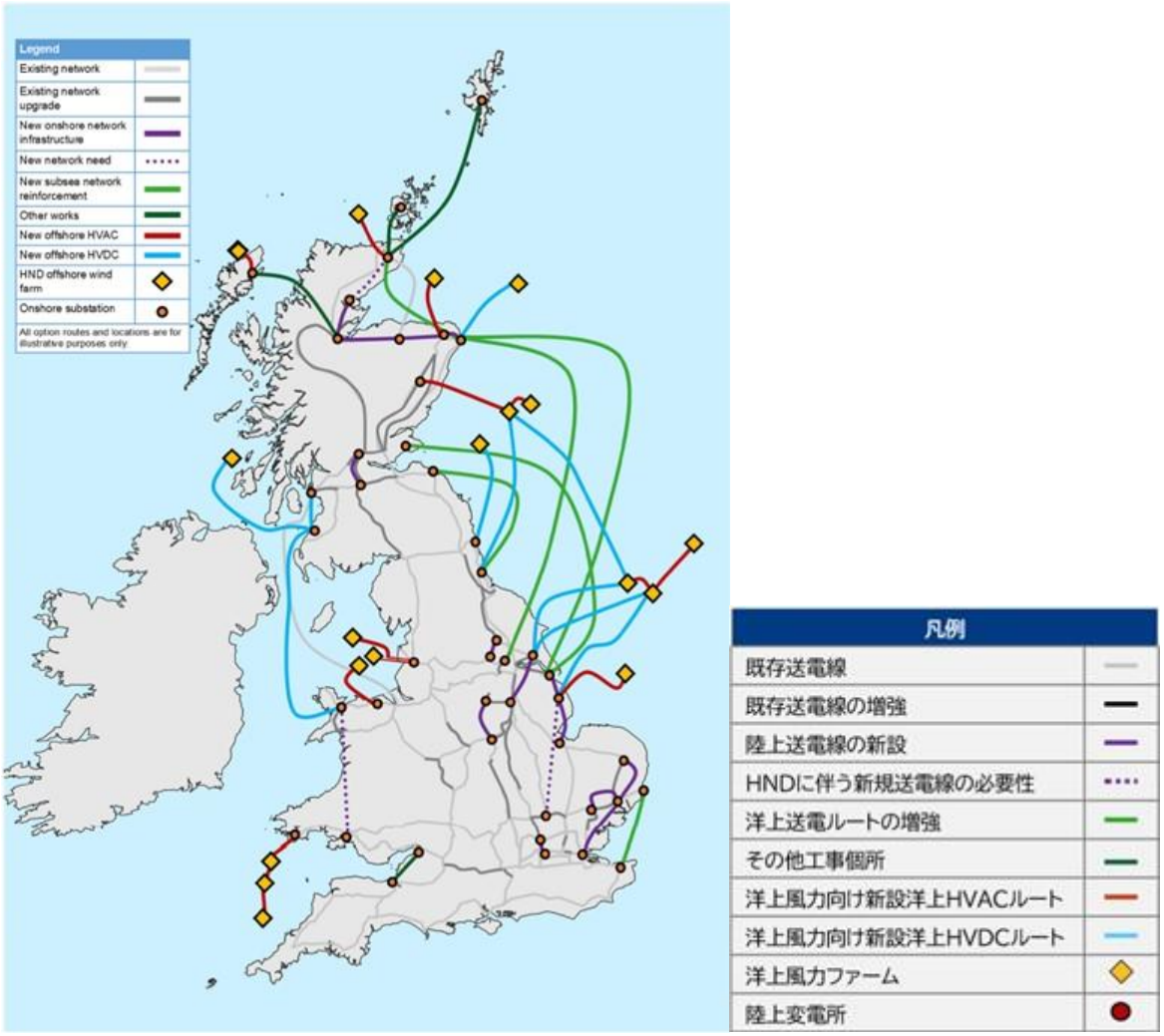


図 4-157 Holistic Network Design に基づく推奨系統設計

出所）National Grid ESO, Pathway to 2030, p.33,（2022 年 7 月）より三菱総合研究所一部加筆・翻訳

（3）海外調査を踏まえた日本への示唆

表 4-116 に、諸外国の事例調査を踏まえたイギリス、ドイツ・オランダ及び日本における洋上風力発電に係るエクスポートシステム整備モデルの比較表を整理した。諸外国の事例を踏まえると、日本のプッシュ型の系統整備の参考事例として、イギリス型とドイツ・オランダ型の先行事例が存在する。今後日本での洋上風力発電の大量導入に伴う海底ケーブル等の敷設による将来を見越した環境影響の低減や、系統への適切な連系点を確保する観点から、現在検討が進められている長距離海底直流送電を含めた全国大でのエクスポートシステムの協調設計に向けた制度検討が重要になると考えられる。

エクスポートシステムの協調設計を実施する場合、海底ケーブルの敷設ルートや洋上変電所の設備仕様等の詳細検討・設計に先立って、将来の電源立地、開発時期、連系時期等を特定する必要がある。そのためには、ドイツやオランダのように海洋空間計画（Maritime Spatial Planning）の策定やそれに類する海洋空間でのゾーニングプロセス等を通じ、海洋空間における洋上風力や漁業、海運、防衛等の利害関係者との調整を踏まえた長期的なグランドデザインを描くことが重要である。

表 4-116 日欧における系統整備モデルの比較とメリット・デメリット

国	日本	イギリス（将来）	ドイツ・オランダ
整備モデル	事業者整備モデル	TSO協調設計・事業者整備モデル	TSO整備モデル
将来の電源立地	再エネ海域利用法に基づく海域の指定状況等によりおおよそ把握可能だが、入札時期等が不透明	入札実施済みの海域を含め、10年ほど先の開発海域が特定	MSP等により、将来の入札海域が特定
メリット	• 事業者ニーズに応じた設計・開発・ファイナンス等が可能	• TSOが協調設計を行うことにより、事業者整備モデルのデメリットを補填（共用利用によるメリット発揮） • 地域間連系線を兼ねる多目的Offshore Gridの検討が可能	• 標準化・共用利用により、規模の経済によるコスト低減及び環境影響の低減が期待 • 地域間連系線を兼ねる多目的Offshore Gridの検討が可能
デメリット	• 標準化・共用利用は困難 • 将来の大量導入時には、社会コスト・環境影響が増大する懸念	• アセットの整備主体は開発事業者であるため、共用利用部分の投資リスクを先行事業者が負う懸念（※）	• 先行投資費用の負担が必要 • 設備の稼働率が低い場合は、ストランデットコストが発生する懸念

※共用利用者が同時期に系統連系を行うとは限らないため、先行事業者が共用設備を含む設備投資を先行的に行う必要があり、後発事業者の撤退等による事業リスクが発生することが懸念される。イギリスでは、需要家からの料金回収及び後発の共用利用者から費用回収する仕組みを整備することで、先行事業者による共用設備の詳細設計・建設に係る事業リスクを低減する方向が検討されている。

出所）各国資料、世界銀行資料に基づき三菱総合研究所作成

4.4.5 日本での先行事例に係る事例調査・ヒアリング

（1） 福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業に関する事例調査

浮体式洋上風力発電の商用化に必要となる施策・視点に関する示唆を得ることを目的として、福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業に関する文献調査を実施した。事業概要及び浮体基礎の構成については図 4-158 及び表 4-117 にそれぞれ示す。

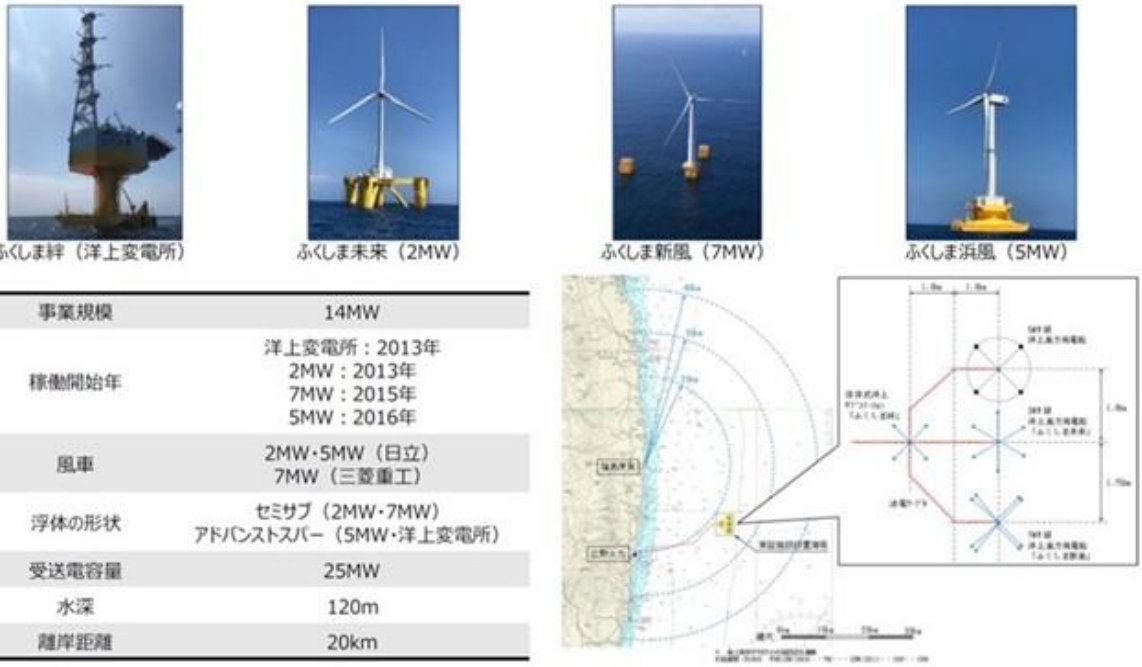


図 4-158 福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業の概要

出所）福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会,福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会最終報告書, p.6,（2022 年 8 月）

表 4-117 福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業における浮体基礎

名称	規模
ふくしま未来	2MW・セミサブ型 （風車：日立製作所製）
ふくしま浜風	5MW・セミサブ型 （風車：日立製作所製）
ふくしま新風	7MW・アドバンストスパー型 （風車：三菱重工製）

出所）福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会,福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会最終報告書, p.6,（2022 年 8 月）

福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業を通じて、開発～撤去までのライフサイクル全体での技術・知見の集約や、それに基づく浮体式洋上風力の技術基準等の提言等の成果、維持管理手法の改善に向けた課題や要素技術の提案等の成果が得られ、2MW 風車においては商用機水準の

設備利用率を達成し、実証期間を通じて運転継続が出来たとされる。福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業での検証項目と、各項目における成果概要を表 4-118 に示す。

表 4-118 福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業の検証項目・成果の概要

検証項目	成果概要
社会受容性を含む技術実証の視点	**ライフサイクル全体における技術・知見の集約及び技術基準等の提言** • ライフサイクル全体にわたってシステムを安定的に運用するために必要となる技術や漁業との共存等のノウハウを獲得した。また、ライフサイクルでのコストの分析を行い、将来のウィンドファーム実現に向けたコスト低減の要素を特定し、その方向性と課題を明らかにした。 • 浮体の設計・開発に係る新規参入の促進や、国内外の浮体設計の基準の改訂提案等、今後の浮体式洋上風力発電の導入の加速化に資する取組が進行中。
設備利用率を含む社会実装に向けた課題整理の視点	**2MW風車において商用機水準の設備利用率を達成** • 商用機水準の風車の設備利用率は33.2%と目標値である35%を概ね達成し、地震や台風、落雷による破損や長期停止せず運転を継続できた。 **維持管理(O&M)のコストや効率性改善に向けた課題整理や要素技術の提案** • 浮体への乗り移りを高めること、できる限り長く運転を継続するために必要な維持管理手法に関する課題を明らかにした。 • 予兆診断技術やアクセス船の運用の見直しを行った。また、社会実装に向けた更なる技術開発が期待される予兆診断技術等の要素技術を提案した。
産業集積に向けた視点	**福島県における産業基盤の整備や漁業との共存に貢献可能な成果の蓄積** • 福島沖での実証研究事業の実施を通じて、福島県を「再生可能エネルギー先駆けの地」とする取組に積極的に貢献した。サプライチェーン形成の浸透など、本実証研究事業による直接的な効果を生むまでの成果には至らなかったが、福島県の取組を後押ししたことで、風力関連産業の集積に向けた基盤の整備へとつながった。 • 漁獲試験等で収集したデータをもとに、漁業者との対話にて議論した漁業との共存策は、福島県が福島県再生可能エネルギー推進ビジョンで掲げた2030年に向けて漁業との共存等を前提とした洋上風力の活用検討の取組に貢献できる成果を獲得できた。

出所）福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会,福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会最終報告書, p.9-10,（2022 年 8 月）より三菱総合研究所作成

1） 社会受容性を含む技術実証の視点

風車・浮体を含むコンポーネント開発、施工・維持管理・撤去手法の開発、気象・海象予測技術の開発、漁業との共存など、浮体式洋上風力のライフサイクル全体における基礎データ、技術検証、課題の論点整理が行われた。表 4-119 に研究テーマと実施者を、図 4-159 及び図 4-160 に研究テーマで得られた概要の一部をそれぞれ示す。

表 4-119 福島実証の研究テーマと実施者一覧

研究テーマ	実施者
①気象・海象・浮体動揺の観測と予測技術の開発	東京大学
②浮体式洋上風力発電用の風車の開発	日立製作所、三菱重工業
③浮体式洋上風力発電用の浮体の開発	三井E&S造船、三菱造船、JMU
④浮体式洋上風力発電の施工技術の開発	清水建設、JMU
⑤材料の開発	日本製鉄、日鉄エンジニアリング
⑥浮体式洋上風力発電所のための送電システムの開発	日立製作所、古川電気工業
⑦航行安全性の評価	東京大学、海上技術安全研究所
⑧浮体式洋上風力発電所の維持管理手法の開発	三井E&S造船、日立製作所、古川電気工業
⑨浮体式洋上風力発電システムの撤去に関する技術	吉田組、JMU、日揮、JWD、大成建設
⑩漁業との共存	丸紅

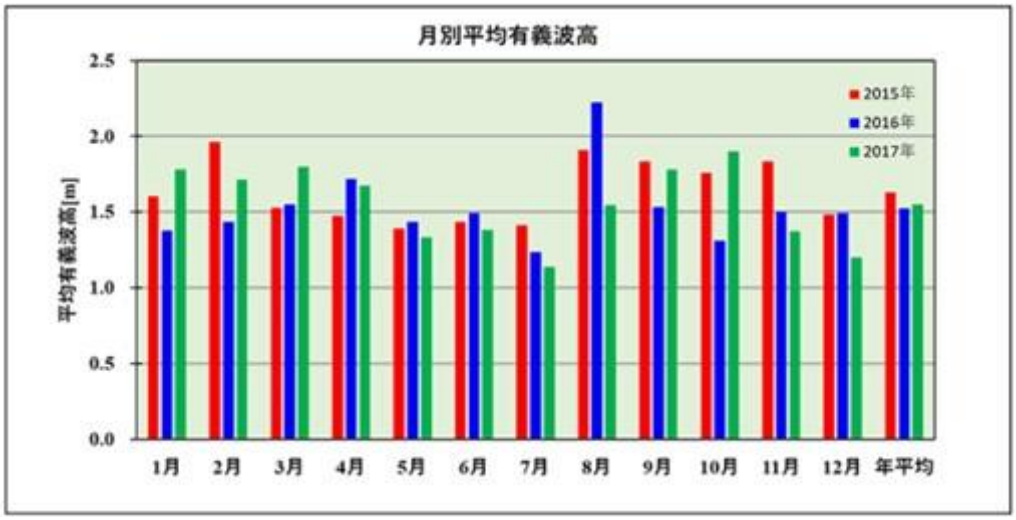


図 4-159 気象・海象予測技術の開発：観測データの蓄積

出所）福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会,福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会最終報告書, p.11-12,（2022 年 8 月）



図 4-160 漁業との共存：魚類等観察調査
日立製・2MW 浮体式洋上風車の海中部で確認された、ブリ類、イシダイ

出所）福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会,福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会最終報告書, p.11-12,（2022 年 8 月）

2）設備利用率を含む社会実装に向けた課題整理の視点

2MW、5MW、7MW 風車の 3 機種の実証が行われ、このうち日立製作所製・2MW 風車では商用

機水準の稼働率 31.1%（実績）を達成した。5MW 及び 7MW については風車の不具合に起因するトラブルによって、稼働率は低迷した。稼働率の更なる向上の方向性として、海象予測の行動化や不具合の発生を予測する予兆診断技術が重要とされている。

図 4-161 に記載の通り、2MW 風車については稼働率：86.8%、設備利用率：31.1%（実績）とされており、風車以外の要因に起因する不具合を除くと、設備利用率 33.2%と商用機水準（35%）を概ね達成した。また図 4-162 に示す通り、総停止時間の50%が海象条件による荒天待機とされており、停止時間削減（＝稼働率向上）には、海象予測や故障前に不具合を検知する予兆診断技術が重要な役割を果たすとされる。

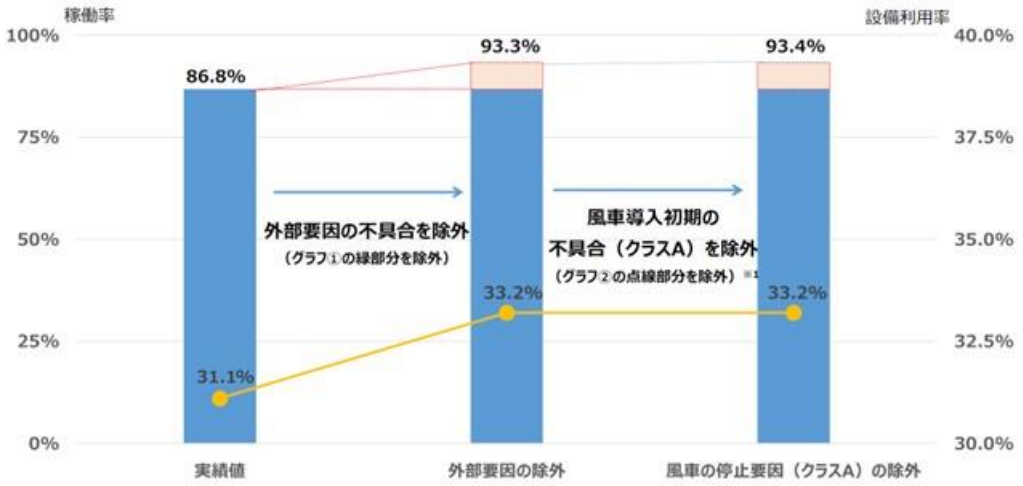


図 4-161 2MW 風車における設備稼働率（実績）と外部要因を除いた稼働率見通し



図 4-162 2MW 風車における停止時間の要因分析

出所）福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会,福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会最終報告書, p.67-71,（2022 年 8 月）

3） 産業集積に向けた視点

図 4-163 の通り、福島実証を通じて、福島県内からの部品調達や地元漁業関係者との協力関係の構築、維持管理に携わる人材育成が進展した。拠点港湾としても活用可能な小名浜港の地耐力向上な

ど、地元インフラ整備にもつながっているとされる。



図 4-163 （左写真）ライザーケーブルの位置保持のための部位を福島県内企業から調達
（左写真）維持管理を担うための人材育成

出所）福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会,福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会最終報告書, p.72-74,（2022 年 8 月）

4）福島沖での浮体式洋上風力実証における提言

福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会最終報告書での提言内容を表 4-120 の通り整理した。

表 4-120 浮体式洋上風力発電の社会実装に向けて将来取り組むべき事項等についての提言

項目	成果概要
コンソーシアム企業	**実証を通じて得られた知見を活用した技術基準策定への貢献や浮体式の発展に向けたノウハウ提供** • 福島洋上風力コンソーシアム構成員の一員として本実証事業に参画した企業、大学は、本実証研究事業にて獲得したデータ、ノウハウを積極的に活用し、今後の社会実装に向けて適正な設計基準等の策定に貢献するとともに、浮体式洋上風力の産業化に向けてサプライチェーン形成やノウハウ提供などで積極的に貢献していくべき。
洋上風力事業者	**漁業関係者との協調の重要性（漁業資源、生態系、環境保全）** • 海域の先行利用者である漁業者に対しては、協議の場などを通じて信頼関係構築に向けた取組を継続していくべき。漁獲資源の保持、生態系の維持、環境保全等に向けて、透明性をもって漁業者と連携・協力し、漁業者が安心して漁業が遂行できるよう万全を期すことが必要である。 **撤去を見越した設計・工法の選択** • 撤去について、商用水準となれば、一度に多数の撤去・解体を行う必要があるため、開発、建設当初から、解体コストの抑制や最大限リサイクルすることを念頭に置いた設計等を考慮に入れるべき。 • また、海外における海洋構造物の撤去においては、ドックを利用しない撤去工法も採用されており、ドックありきではなく、海外の事例も参考とした上で、適切な撤去工法を選択することが望ましい。
国	**実証を通じて得られたデータの利活用の推進** • 本実証研究事業にて取得した風況、波浪、潮流データや海底地盤のデータ、漁獲試験等、漁業との共存、周辺航路への影響等の情報は、当該海域にて事業を計画する事業者にとっては貴重なデータである。福島県においては、2021年12月に策定された「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン2021～持続可能な社会を目指して～」において、「洋上風力発電については、漁業との共生等を前提に、実証事業の成果や技術動向等を踏まえ、活用を検討していく。」としており、本データがその検討に有効に活用できるよう、開示に関わるルールを定めたうえで速やかに公表をしていくべき。 **社会実装に向けたマニュアルの策定** • 今般改訂を行う「導入マニュアル」は、浮体式洋上風力発電事業における一般的な手続きに加え、留意するべきポイント、実証を通じて得らえた経験やノウハウをまとめている。今後の社会実装に向けてしっかりと伝承できるよう、マニュアルを公表するべき。 **商用化に向けた技術の検証及び要素技術開発の進展** • 今回の実証研究事業にて、実海域での実証まで至っていない予兆診断技術及び遠隔での維持管理技術は、浮体式洋上風力発電の商用化に際して信頼性及び経済性向上に資するものである。本実証研究事業で得られた成果も踏まえつつ、風車や浮体、電気システム等についての低コスト化を目指し、グリーンイノベーション基金などを通じた研究開発・実証を進めていくべき。

出所）福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会,福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業総括委員会最終報告書, p.72-74,（2022 年 8 月）より三菱総合研究所作成

（2）五島市沖における浮体式洋上風力発電実証事業

表 4-121 の通り、平成 22～27 年度より、環境省の「洋上風力発電実証事業」にて 2MW フルスケールによる浮体式洋上風力発電実証（2MW）を長崎県五島市沖で開始された。同実証事業では、プロジェクト環境影響評価、浮体基礎の建造、実証機の運転が実施された。

表 4-121 五島市沖での浮体式洋上風力実証事業の概要

	環境省：洋上風力発電実証事業
事業者	戸田建設
実証規模	日立製 2,100kW × 1 基 2MW ハイブリッドスパー
期間	2010 年～2015 年度

図 4-164 の通り、五島市沖は年間平均風速が 7m/s（地上 70m 高）を超える風況の良い海域であること、また図 4-165 の通り福江島から 3km 程度沖合には水深 100m を超える深海域が存在するため、喫水の深いハイブリッドスパーの設置が可能であるという特徴が挙げられる。

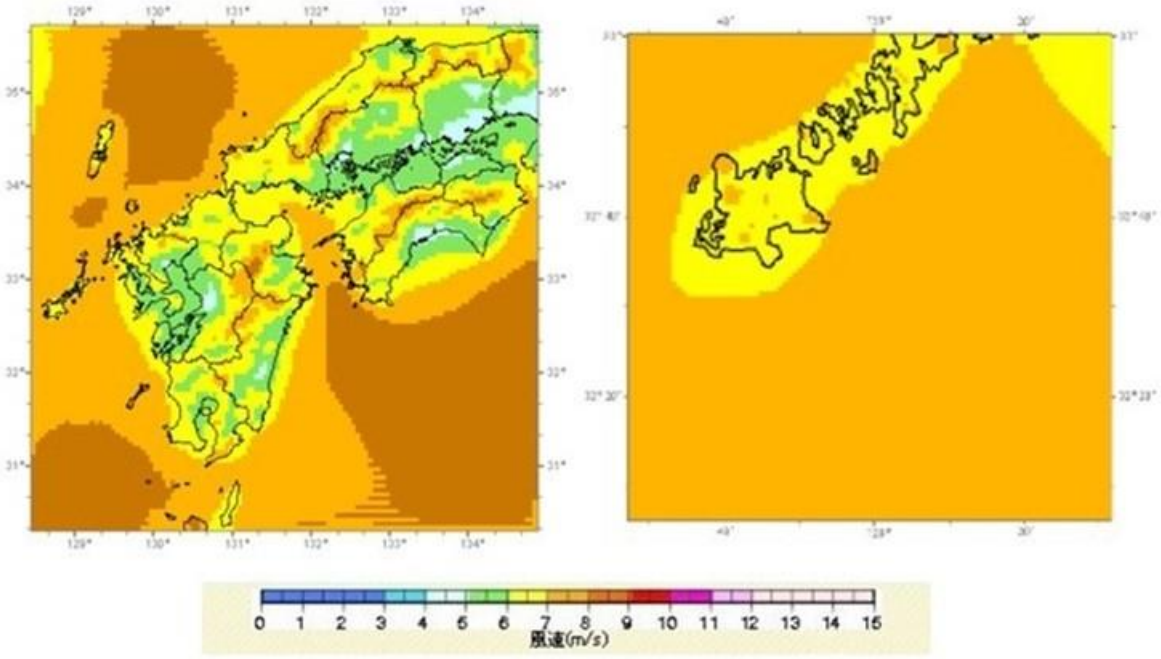


図 4-164 五島市沖における風況マップ

出所）自然エネルギー財団、浮体式洋上風力発電で日本初の商用運転―長崎県・五島市で漁業との共生を目指す―（2017 年）より作成



図 4-165 五島列島・福江島近海の等深線

出所）自然エネルギー財団、浮体式洋上風力発電で日本初の商用運転―長崎県・五島市で漁業との共生を目指す― （2017 年）より作成

図 4-166 の通り、五島市沖の浮体式洋上風力実証事業において、水中から海底部に延びるスパー型基礎の表面に海藻類が付着していることが確認された。海藻類の周囲に小魚が集まり、小魚を餌として大型魚類が浮体基礎周辺を周遊していることが確認され、浮体基礎が漁礁効果を持つことが示された。浮体式洋上風力と近隣漁業との影響を定期的にモニタリングすることで、浮体式洋上風力による漁業の影響を検証するとされている。



図 4-166 浮体水中部に付着した階層に集まる魚の写真（出展：五島市役所）

出所）自然エネルギー財団、浮体式洋上風力発電で日本初の商用運転―長崎県・五島市で漁業との共生を目指す― （2017 年）より作成

（3）再エネ海域利用法に基づく長崎県五島市沖における洋上風力発電事業

2020 年、経済産業省及び国土交通省は長崎県五島市沖における再エネ海域利用法に基づく洋上風力発電事業の事業者選定公募を実施した。2021 年 6 月、戸田建設含めた合同会社が選定事業者として選定された。2024 年の運転開始から 20 年間にわたって、FIT による売電を実施予定である。

図 4-167 に選定事業者である五島フローティングウィンドファーム合同会社を中心としたステークホルダーを、表 4-122 に浮体式洋上風力開発の実施計画をそれぞれ示す。

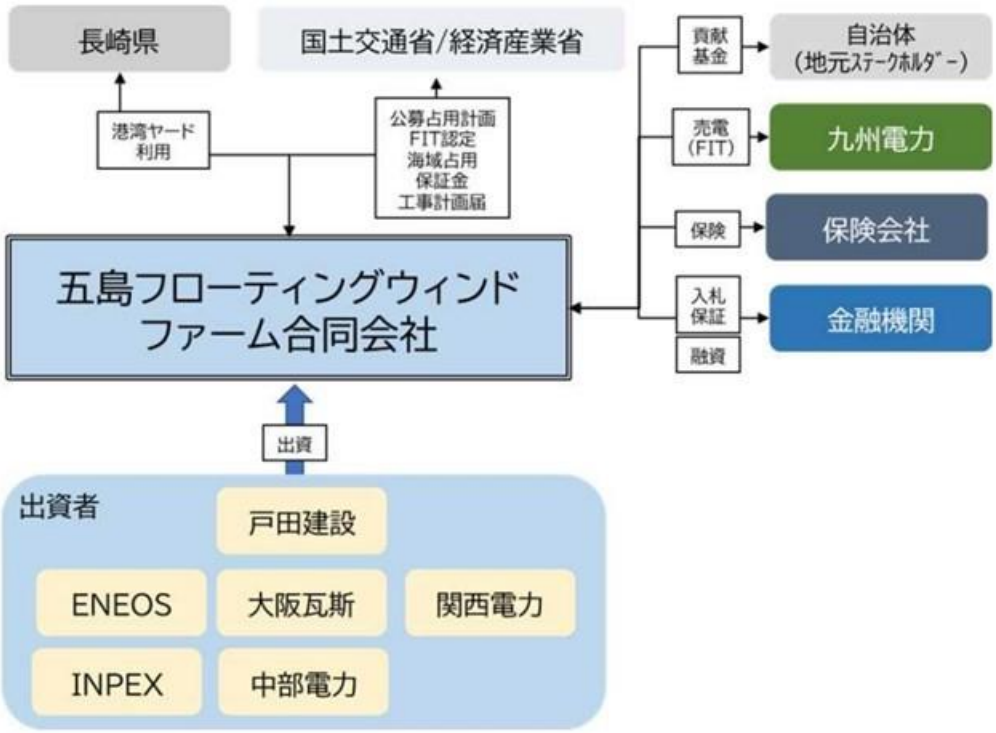


図 4-167 長崎県五島市沖における洋上風力事業の関係者模式図

表 4-122 五島市沖の洋上風力事業の実施計画

項目	概要
発電設備	浮体式洋上風力発電 （日立製作所製・ハイブリッドスパー型・3点係留方式）
出力	16,800kW（2,100kW×8基）
供給価格	36円/kWh
工事開始予定日	2022年9月1日 （促進区域内での設備設置工事開始）
運転開始予定日	2024年1月1日
事業終了予定日	2043年12月31日

出所）経済産業省 ニュースリリース、『「長崎県五島市沖」における洋上風力発電事業について公募占用計画を認定しました』概要資料（2022 年 4 月）
（https://www.meti.go.jp/press/2022/04/20220426001/20220426001-1.pdf）
<閲覧日：2023 年 3 月 8 日>より三菱総合研究所作成

再エネ海域利用法に基づく公募占用計画より、占用海域を図 4-168 に示す。離岸距離約 6km の洋上において、ハイブリッドスパー型の浮体式洋上風力 8 基が建設される予定である。既設風車とほぼ同様のルートで海底ケーブルが敷設される。

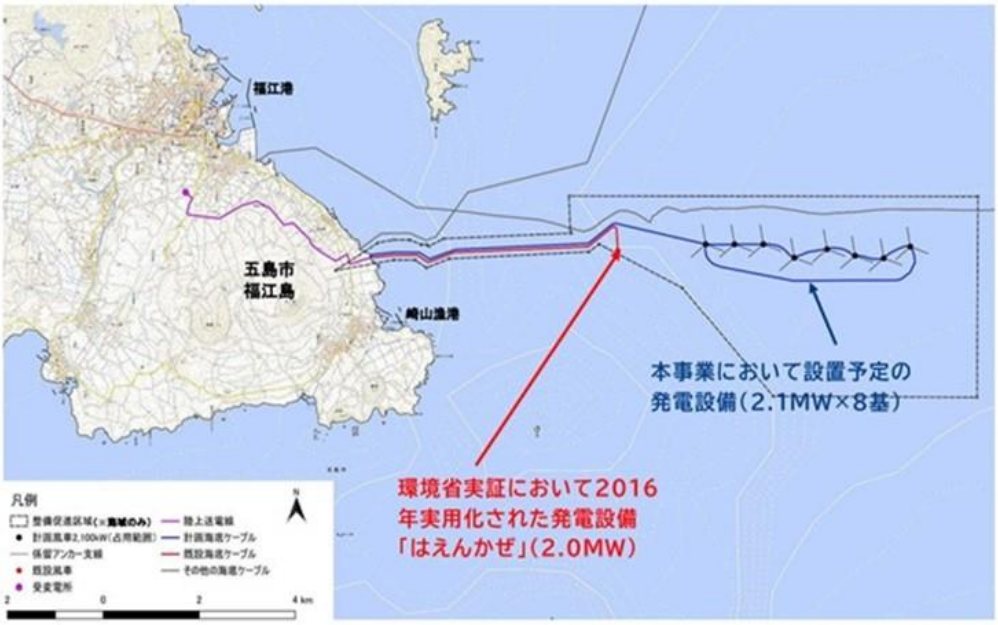


図 4-168 再エネ海域利用法に基づく占用海域

出所）経済産業省 ニュースリリース、『「長崎県五島市沖」における洋上風力発電事業について公募占用計画を認定しました』概要資料（2022 年 4 月）
（https://www.meti.go.jp/press/2022/04/20220426001/20220426001-1.pdf）
矢印・赤字・青字は三菱総合研究所加筆

公募占用計画に基づき、浮体式洋上風力事業による長崎県・五島市エリアへの経済波及方策を表 4-123 の通り整理した。地元の商工会議所と連携を図り、洋上風力事業に参画可能な地元企業を選定するなど、地域産業の活用が期待されている。

表 4-123 浮体式洋上風力事業による長崎五島市エリアへの経済波及方策

方策	概要
商工会議所との連携	• 五島市や商工会議所と連携し、商工会議所の関係者等から資機材調達に協力を要請する地元企業の情報を入手。 • より多くの地元業者に継続的に発注依頼し、更なる地元経済貢献として市内企業への発注率向上を図る。
建造ヤード運営における地元業者の積極的活用	• 五島市の福江港大津埠頭に浮体部建造ヤードを整備し、浮体鋼製部の組立、浮体PC部の製造、各部材の接続組立などを実施。 • 建造ヤードに関わる人員、運搬車両、運搬船舶の稼働により、地元経済への波及効果を創出する。
建設雑資材・物品等の購入における地元業者の積極的活用	• 地域で調達可能な建設資材は、可能な限り地元企業から購入する。また、市内の物品項目、サービス品目を把握し、建設業以外の地元業者も積極的に活用する。
生コンクリートの地元調達	• 本工事における主要部材のひとつであるコンクリートを地元企業から調達する。
運転管理に市内企業を採用	• 風力発電の運転管理は、迅速性を必要とする事象が発生した場合に、初動対応を求められる。そのような場合、対応には地元企業の機動力を活用し、迅速性を必要とする事象に対応する。

出所）経済産業省 ニュースリリース、『「長崎県五島市沖」における洋上風力発電事業について公募占用計画を認定しました』概要資料（2022 年 4 月）（https://www.meti.go.jp/press/2022/04/20220426001/20220426001-1.pdf）<2023年3月9日閲覧>より三菱総合研究所作成

表 4-124 の通り、戸田建設と大阪大学大学院工学研究科は、浮体式洋上風力発電の産業の大型化を目指し、2023 年 3 月に「洋上風車システムインテグレーション共同研究講座」を創設することを公表した。洋上風車の大型化及び量産化に対応した浮体技術開発が検討されていることから、商用化に向けた検討項目として注目すべき論点と推察される。

表 4-124 戸田建設×大阪大学との共同研究講座の概要

項目	概要
設立に至った背景	• 浮体式を含めた国内の洋上風力発電産業は、海外に遅れを取っている状況 • 日本の洋上風力発電は、自国の消費エネルギーを全て賄うことが出来るポテンシャルを保有
設立の目的	• 浮体式洋上風力発電を大型産業として創出 • 2050年のカーボンニュートラルの達成
当講座の今後の展開	• 産学連携による産業化促進 • 洋上風車大型化及び量産化に向けた浮体技術研究 • 浮体技術開発に携わる人材育成 • 他産業、他大学の本講座への参画による、新市場である洋上風力事業の発展促進

出所）戸田建設 新着情報、「大阪大学大学院工学研究科との共同研究講座創設のお知らせ」（2022 年 12 月）
(https://www.toda.co.jp/news/2022/20221223_003155.html)
<2023 年3月9日閲覧>を基に三菱総合研究所作成

（4）事業者ヒアリング

洋上風力発電の導入拡大に係る障壁や導入拡大に向けた必要策について意見を伺うため、民間事業者へのヒアリング調査を実施した。民間事業者へのヒアリングを通じて得られたご意見は、表 4-125 の通りである。

諸外国では、洋上風力発電の導入目標の引き上げや浮体式洋上風力発電の大規模海域リース入札が既に実施され、多くの開発事業者による浮体式洋上風力の実案件開発に向けた検討が進んでおり、先進的な事例として参考にすべきとのご意見が挙げられた。欧州では海洋空間計画に基づく洋上風力発電の長期的なグランドデザインが描かれている一方、日本では海洋空間計画やそれに類するゾーニングが無いため、洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会にて掲げられた 2030 年及び 2040 年の案件形成目標に至るまでの道筋が不明確であり、実案件に基づく事業・設備投資や人材育成を実施することが難しいとのご意見を頂いた。

その他、関連許認可や系統・港湾インフラ整備に係るご意見や、官民共同による研究開発活動を担う組織作りの必要性や、官民協議の活性化等のご意見を頂いた。

表 4-125 事業者ヒアリングにて得られたご意見の概要

課題認識	ヒアリング結果概要
浮体式に関わる諸外国の動向	・浮体式洋上風力開発で先行するイギリス・米国 ・イギリス・ScotWindや米・California州の浮体式海域リース入札では数GW～10数GWの海域が割り当てられ、既に開発事業者を選定している。具体的な案件組成が進むことで、実案件に基づく具体検討を進めることが可能となっている。イギリスや米国で浮体式関連サプライチェーンが一度形成されると後発国の市場参入ハードルが高くなり、海外勢に浮体式関連市場を席巻される可能性がある。 ・日本と比較して開発規模の大きなウィンドファームが諸外国で複数計画されており、相対的に開発規模の小さい日本は関連製品の調達が難しくなる可能性がある。ウィンドファームの開発規模の大規模化（GW級）が必要ではないか。
洋上風力に係る課題認識	・海洋空間における洋上風力発電開発のグランドデザインの不在 ・現在の事業者主体の地元調整・許認可手続きを行うプロセスでは、2040年の案件形成目標の実現や2050年カーボンニュートラルのスピード感に間に合わない。 ・技術の改善や量産化によるコスト低減は見込まれるものの、導入目標の設定だけでは具体的な案件形成の道筋が不明確であり、設備投資の経営判断を行うことは難しい。マーケットが無いため、人材確保や調達も困難である。導入目標に至る道筋を明確化するために、欧州の海洋空間計画のような海域全体のグランドデザインの枠組みが必要である。 ・沖合海域における長距離海底ケーブルの事業リスク ・現状でも洋上・陸上ケーブルの敷設ルート検討は難しい。海底ケーブルが事業コストに占める割合は無視できず、長距離化に伴って様々なリスクが大きくなるため、1民間事業としてリスクを負うことを躊躇しかねない。 ・多数の浮体コンセプトに対応した港湾インフラの在り方 ・浮体式に適した港湾整備は重要であるが、浮体コンセプトの種類が多様なため、全ての基礎形式に対応した港湾整備のハードルは高い。 ・利害関係者との合意形成プロセスの確立 ・現在洋上風力開発が進む海域からさらに沖合では様々な漁業者が活動していることが想定され、調整範囲が複数都道府県・自治体、漁業組合にまたがると合意形成に向けた調整プロセスがさらに複雑となる。 ・漁業関係者や地元住民、関係自治体等の利害関係者との合意形成・調整プロセスを確立し、利害関係者との信頼醸成に必要となるルール・枠組み等を整備することが重要ではないか。 ・漁業影響調査手法の標準化 ・漁業影響調査は環境影響評価やその他法令に基づいて要求されていないものの、洋上風力と漁業との協調・共生において漁業影響調査が果たす役割は重要である。しかし、漁業影響調査手法に関して統一的手法が存在せず、地域によって調査手法が異なっている。 ・個別の風車/ウィンドファームだけではなく、広域での影響を把握する枠組みも必要ではないか。 ・欧州では着床式を含めて先行事例が多数あり、欧州の知見に学ぶべきではないか。 ・産官学共同による継続的な研究活動を担う組織の不在 ・欧州ではCOREWINDと呼ばれる浮体式洋上風力関連技術の低コスト化や技術の最適化を図ることを目的とした、継続的な産学共同組織が存在する。日本においても洋上風力の低コスト化や技術最適化等を行うために、欧州のような継続的な産官学の取組が重要であり、その役割を担う組織・母体設立が必要ではないか。 ・官民協議の活性化 ・洋上風力に関わる課題や施策を議論する官民協議の場が少ない。導入加速化に向けた官民協議の場を活性化した方が良いのではないか。

4.4.6 風力発電の導入加速に向けた必要施策

海外事例調査及び事業者ヒアリング等を踏まえ、洋上風力発電の導入加速に向けた必要施策を図 4-169 の通り整理した。洋上風力発電の導入加速化を実現するためには、海洋政策における海洋再生可能エネルギーの位置づけを明確化し、海洋全体における洋上風力開発のグランドデザインを描くことが重要であると考えられる。グランドデザインが示され、具体的な開発規模・入札時期・連系時期等の予見可能性が高まることで、実案件に基づいて港湾・系統インフラの整備計画を具体化することが可能となり、産業界に対して具体的なプロジェクトパイプラインを示すことによって予見可能性を向上させ、民間事業者の事業・設備投資、人材育成活動の具体化につながると考えられる。

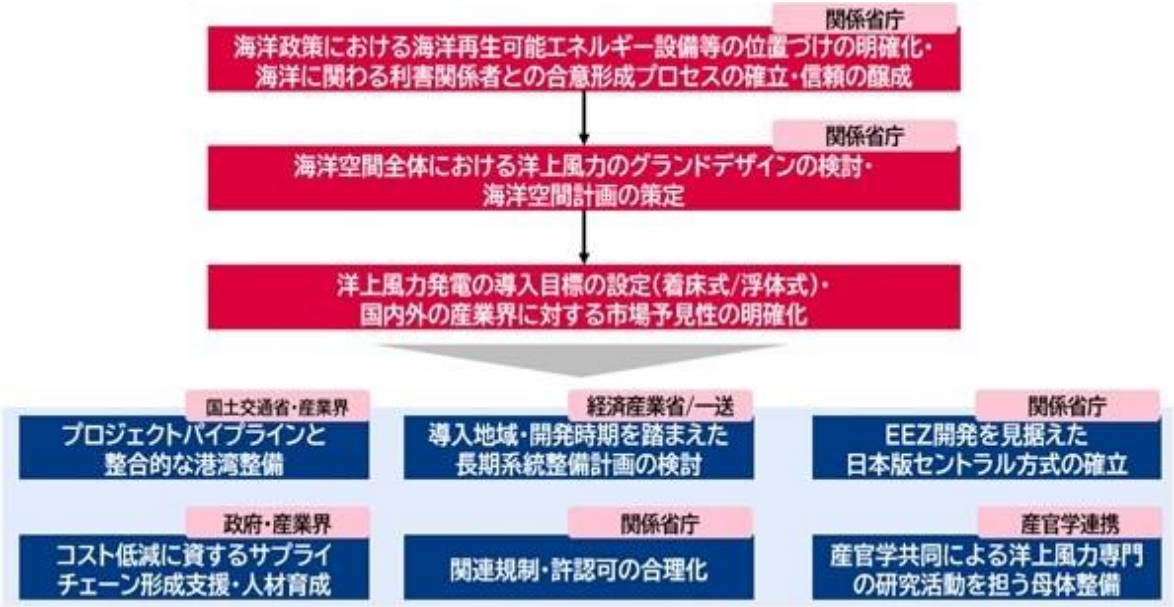


図 4-169 洋上風力発電の導入加速に向けた必要施策

また海外事例調査やヒアリングを踏まえ、陸上・洋上風力の導入加速化に向けた具体施策として表4-126 の通り整理した。今後はこれらの必要施策の実現に向け、各ステークホルダー（業界団体、民案事業者、都道府県、市町村等）における課題認識等を把握し、施策実施に向けた課題整理とその対応策を検討することが重要と考えられる。

表 4-126 風力発電の導入加速に向けた必要施策とその方向性

項目	施策の方向性
利害関係者との合意形成手法の確立/海洋空間計画（MSP）の検討	• 地域住民/利害関係者との合意形成プロセスの確立 • 将来の洋上風力開発海域を明確化するための海洋空間計画（MSP）の検討
許認可当局における人材育成・リソース拡充・スキルアップ支援	• 都道府県・市町村等の行政職員に対する教育・スキルアップ支援 • 許認可行政を担う職員の拡充
環境アセスメント等の許認可プロセスの加速化	• 許認可対応窓口の一本化・集約化（ワンストップ・ショップ） • 許認可プロセスにおけるpositive silence導入の検討 • 許認可における手続き期間の明確化 • 許認可手続きの延長等の条件の明確化
ゾーニング/海域指定に利用可能なGISツールの拡充	• 沖合への洋上風力開発を見越した、沖合海域における環境影響データの拡充 施策イメージ：沖合海域を含む鳥類影響センシティビティマップの拡充
具体的なプロジェクトパイプラインと整合的な長期系統整備計画の立案	• 海洋空間計画/促進区域の立地計画に基づく系統整備計画の立案 • 協調的なOffshore Grid設計に向けた制度検討・海外事例調査の深堀り
量産化・大量施工に対応可能な港湾インフラ整備	• 量産化・大量施工に必要となる港湾インフラの立地・仕様の検討
リパワリング時の許認可手続きの合理化	• リパワリングの際、現行事業と同様の事業規模・内容であることやネガティブインパクトが生じない等の条件を前提として、許認可手続き等の合理化の実施可否の検討
風力発電に関する継続的な研究活動を担う官民合同組織/枠組みの整備	• 風力発電の導入拡大・大型化による防空レーダーや航空機等への影響を緩和するため、官民共同による検討タスクフォースの設置 • 洋上風力の低コスト化や技術最適化を行うことを目的とした、産官学による継続的な研究体制を行うための合同組織/母体整備の検討
官民協議の場の活性化	• 既存の官民協議会等の枠組みを活用し、洋上風力発電の導入拡大に向けた官民協議の場の活性化

令和 4 年度 2050 年カーボンニュートラルに向けた中長期的な温室効果ガス排出削減達成に向けた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（本編）

2023 年 3 月

株式会社三菱総合研究所
サステナビリティ本部