

経済産業省 資源エネルギー庁  
省エネルギー・新エネルギー部  
新エネルギーシステム課 御中

令和2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  
**分散型エネルギーリソースを活用したアグリゲーションビジネスの普及・推進に関する調査**

---

報告書

2021年3月31日

 株式会社三菱総合研究所

# 目次

---

調査概要	..	2
I. ERABに関する制度及びビジネスモデルの構築に向けた検討	..	5
II. ERABの構築に向けた海外市場調査	..	58
III. VPP構築実証事業の総括	..	116
IV. 将来のエネルギーシステムのあるべき方向性の整理	..	164
V. 検討会及びワーキンググループの開催	..	190

---

## 調査概要

---

## 調査概要 – 目的及び全体像 –

- プロジェクトの目的及び全体像は以下のとおり。

<仕様書より>

- (1) バーチャルパワープラント（以下、「VPP」という。）は、急速に普及が進む分散型エネルギーリソース<sup>注1</sup>を高度なエネルギーマネジメント技術により統合的に遠隔制御し、あたかも一つの発電所のように機能させる新しい取組である。VPPにより分散型エネルギーリソースをアグリゲート（集約）し、供給力や調整力等として活用することが検討されている。
- (2) VPP を用いてエネルギー事業を実施するエネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス（以下、「ERAB」という。）を創出・活性化させるためには、必要な時に正確に供給力や調整力等を提供する制御の仕組みを構築する必要がある。政府としては技術面に関する事項を検証するため、2016年度よりVPP構築実証事業<sup>注2</sup>を実施しているところである。並行して、制度面に関する事項を整理するため、エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会（以下、「ERAB 検討会」という。）において、ERAB に関する取引ルールやサイバーセキュリティ対策等を官民で検討し、ガイドライン等を整備してきた。
- (3) 本調査事業では、これまでの検討結果を踏まえつつ、ERABの国内制度を構築し、その普及を後押しするため、ERAB に関する取引ルール、分散型エネルギーリソースの制御量の評価方法、ERAB のビジネスモデル、ERAB普及の阻害要因となる既存の制度における課題等を整理する。加えて、ERAB が先行する諸外国において、電力制度、市場ルール、ビジネスモデルを調査し、国内制度構築の検討の基礎情報を整理する。また、将来のエネルギーシステムのあるべき方向性を検討する。これらの検討結果をガイドライン等に反映すると共に、必要となる技術的・制度的課題への対策を検討する際に基礎となる検討を行うことを目的とする。

注1 太陽光発電設備（PV）やエネファーム等の創エネルギー設備、蓄電池や電気自動車（EV）等の蓄エネルギー設備

注2 需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金

### 背景・外部環境変化

- 分散型エネルギーリソース（以下、DER）の急速普及
- 系統安定化システムの更なる高度化

### 目指すべき姿

- DERを活用し、安定的に、かつ強靱に、さらに社会コストが低減されたエネルギーシステムを構築  
(制度面 / 技術面)

### 政策の方向性

- ERABのビジネスモデル等の構築
- DERを活用したビジネスの事業性の向上
- DERの価値を適切に評価する制度

分散型エネルギーリソースを活用したアグリゲーションビジネスの事業環境整備に資する材料を提供

## 調査概要 — 実施項目 —

- 調査・検討内容のうち、以下の項目を実施した。

調査項目	実施概要
(1) ERAB に関する制度及びビジネスモデルの構築に向けた検討	<p>DERの遠隔制御により創出されるエネルギーサービスを活性化するため、DERの特性を踏まえつつ、電力制度の構築、制御技術の改善、サイバーセキュリティ対策の向上、ERAB事業者のビジネスモデルの創出等について検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 卸電力市場、容量市場、需給調整市場においてVPP が供給力、調整力等を提供する際の課題とその対策の整理（例：指令に対するリソースの追従性の確認方法、ベースラインの設定方法、ネガワット調整金の設定方法、通信手段、分散型エネルギーリソースの機器点計量、分散型エネルギーリソース等による需給一体バランシンググループの組成等）</li> <li>● サイバーセキュリティ対策と教育プログラム</li> <li>● EVアグリゲーションやデジタル技術を利用した新たな取り組み、競争市場下での再エネを利用した事業形態、一般送配電事業者向けのDERによるエネルギーサービス等を含むビジネスモデルの構築に関する課題とその対策の整理（例：ダイナミックプライシング導入による柔軟な電力料金メニューの導入、DRの実用化に向けた課題等の整理、系統混雑解消を目的とした分散型エネルギーリソースを活用した配電安定化やC&amp;M等）</li> <li>● 蓄電池システム等のDERの国内外市場動向や国内外におけるアグリゲーション事業者団体の活動状況</li> </ul>
(2) ERABの構築に向けた海外市場調査	<p>国内のERABに関する制度構築の検討の参考とするため、上記(1)の整理すべき事項例を中心に、諸外国における電力取引市場の要件（卸取引市場、容量市場、需給調整市場等）、事業者に求めるサイバーセキュリティ対策、取引ルール、ビジネスモデル等について調査</p>
(3) VPP構築実証事業の総括	<p>2016年度から2020年度までの5年間にわたるVPP構築実証に関して、これまでの報告書や事業者等へのヒアリングを基に取組の成果、課題、今後の展開について総括を行い、VPPの社会実装に向けた提案を取りまとめる。</p>
(4) 将来のエネルギーシステムのあるべき方向性の整理	<p>VPPが社会実装された後のエネルギーシステムを見据え、電力部門のみならず、運輸、産業、民生の各部門における電化、分散型エネルギーリソースの有効活用や多様かつ柔軟な電気料金メニューの導入等によるエネルギー利用の最適化及びそのために必要となる制度改正事項等に関して、文献調査や国内外の有識者及び先進的な取組を行っている事業者・団体へのヒアリング調査を実施し、将来のエネルギーシステムのあるべき方向性を整理するために資料作成等の支援を行う。</p>
(5) 検討会及びWGの開催	<p>検討会・WGを開催し、日程調整・出欠確認・開催案内、資料作成支援、会議設営・現状復帰、運営支援、議事録の作成等を実施。</p>

---

## I . ERAB に関する制度及びビジネスモデルの構築に向けた検討

---

1. 上げDRの取引類型、上げDRの取引スキームとベースライン
2. ERAB普及拡大の方向性とポテンシャル
3. アグリゲーターの課題整理
4. サイバーセキュリティ対策と教育プログラム

# I. ERAB に関する制度及びビジネスモデルの構築に向けた検討 – 検討項目 –

- ERAB に関する制度及びビジネスモデルの構築に向けた検討に関して、以下の1～4の項目について検討を行った。

1. 上げDRの取引類型、上げDRの取引スキームとベースライン	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 上げDRの取引類型（類型1、類型2、系統混雑緩和向け）</li> <li>• ユースケース1（小売のFIT特例①配分値の余剰低減）のスキーム、収支イメージ</li> <li>• ユースケース1のベースライン</li> <li>• 系統の混雑緩和・形成合理化のための上げDR</li> </ul>
2. ERAB普及拡大の方向性とポテンシャル	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ERAB普及の方向性と普及に向けた事業者からの意見の整理</li> <li>• 分散型リソースの種類と価値の提供先</li> <li>• 需要側リソースの導入量</li> </ul>
3. アグリゲーターの課題整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 需要側の発電設備や負荷設備、再生可能エネルギー、蓄電設備それぞれのアグリゲーターの課題整理</li> <li>• アグリゲーターが各種市場に参入するにあたっての課題の総合的な整理</li> </ul>
4. サイバーセキュリティ対策と教育プログラム	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ERABサイバーセキュリティガイドラインに関する対策例の整理</li> <li>• トレーニングプログラム開発の支援（実際の開発・実施はIPAが担当）</li> </ul>

---

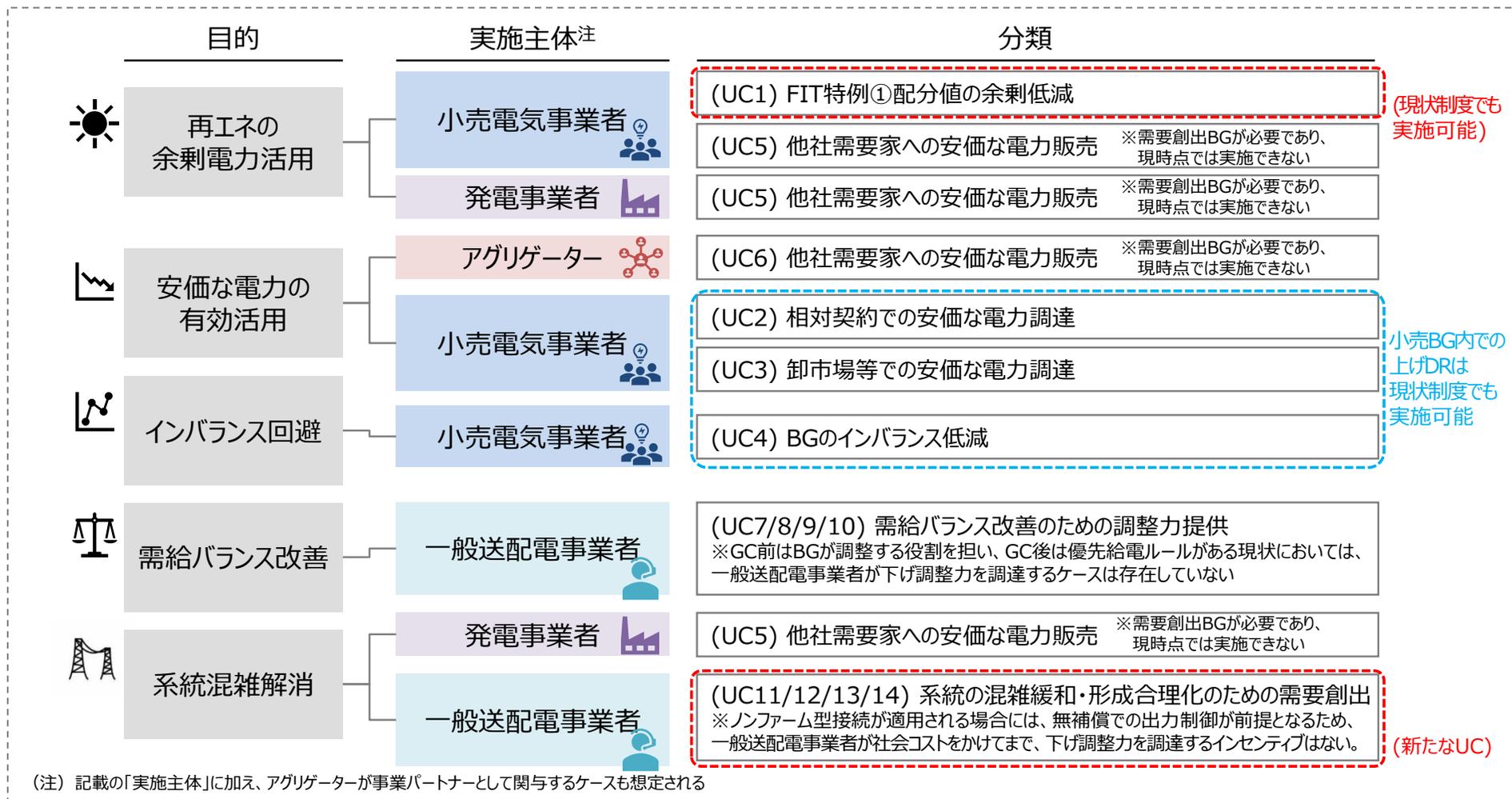
# I . ERAB に関する制度及びビジネスモデルの構築に向けた検討

---

1. 上げDRの取引類型、上げDRの取引スキームとベースライン
2. ERAB普及拡大の方向性とポテンシャル
3. アグリゲーターの課題整理
4. サイバーセキュリティ対策と教育プログラム

# 上げDRユースケースの全体像 – 体系的整理 –

- 上げDRを実施する目的は、以下の5つであると考えられる。
- まずは現状の制度で実施可能なユースケース（UC1~4）の中で、再エネの最大限活用の観点から特に活用が期待されるUC1（類型1①）を念頭におき、詳細検討を行った。



## 《参考》 ユースケースの分類 – 類型 1 (BGが使用する上げDR) のユースケース –

- 類型 1 は小売電気事業者が調達・活用する上げDR※である。  
※本来その他の時間帯で消費する予定であった需要の範囲内でのタイムシフトや自家発の稼働減による需要増のための上げDR
- 現在想定される代表的なユースケースは下記の通り。

	概要	活用例 (ユースケース)
類型 1 ①	小売電気事業者が、本来その他時間帯で消費する予定であった需要について、 <b>翌日計画を書き換えて</b> 上げDRを実行。 その結果、再エネの出力制御量も低減	<b>(UC1)</b> 小売電気事業者が自社需要を上回るFIT特例① <sup>注1</sup> 配分値の余剰分を有効活用するために上げDRを実行 注1 FIT特例①とは、計画値同時同量制度において小売事業者がFIT電源のインバランスリスクを負わない特例措置。
	供給過多により電力価格が安くなっている断面で、小売電気事業者が <b>計画値の最適化・収益拡大</b> のために、 <b>GC前に計画を書き換えて</b> 上げDRを実行	<b>(UC2)</b> 小売電気事業者が単価の安い発電所の電力を有効活用するために上げDRを実行
	小売電気事業者が <b>需要インバランス低減</b> のために、 <b>GC後に</b> 上げDRを実行	<b>(UC3)</b> 小売電気事業者が他社小売や卸市場の安価な電力を有効活用するために上げDRを実行
類型 1 ②	供給過多により電力価格が安くなっている断面で、小売電気事業者又は発電事業者が <b>計画値の最適化・収益拡大</b> のために、アグリゲーターに依頼し、他社小売電気事業者が供給する需要家を上げDRし、その創出された需要量を利用	<b>(UC4)</b> 小売電気事業者が計画外の需要変動に対して需要インバランスを回避するために上げDRを実行 <sup>注2</sup>
	供給過多により電力価格が安くなっている断面で、 <b>アグリゲーターが自身の収益拡大</b> のために、他社小売電気事業者が供給する需要家を上げDRし、その創出された需要量を利用	<b>(UC5)</b> 小売電気事業者又は発電事業者が相対的に高価な水準で電力販売を行うために、アグリゲーターに依頼し、他社小売が供給している需要家で上げDRを実行 <b>(需要創出BGが必要であり、現時点では実施できない)</b>
		<b>(UC6)</b> アグリゲーターが卸市場の安価な電力を有効活用するために、他社小売が供給している需要家で上げDRを実行 <b>(需要創出BGが必要であり、現時点では実施できない)</b>

注2 類型 1 ① (ユースケース 4) を実際に行うためには、需要家の消費電力データをリアルタイムで取得する必要がある、現状一般送配電事業者から小売電気事業者へのデータ提供 (Cルート) は数時間後となるため、小売電気事業者が独自にリアルタイムデータを取得する必要がある、もしくはCルートの高速度といった課題がある。

出所) 第13回 制御量評価ワーキンググループ「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.15)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/seigyoryo\\_hyoka\\_wg/pdf/013\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/seigyoryo_hyoka_wg/pdf/013_03_00.pdf)

## 《参考》 ユースケースの分類 – 類型 2（一般送配電事業者が需給調整のために調達する上げDR）のユースケース–

- 類型 2 は一般送配電事業者が系統全体の需給調整のために調達・活用する上げDRである。
- 現状、一般送配電事業者による上げDRの調達は存在していないが、仮に実施するとした場合のユースケースを想定した。

	概要	活用例（ユースケース）
<b>類型 2 ①</b> <b>(GC前・直接型)</b>	下げ供給力・調整力（創出された需要量）を、系統全体の需給調整を目的として一般送配電事業者に提供するために、小売電気事業者が自ら供給する需要家の上げDRを実行	<b>(UC7)</b> 自らが供給する需要家が保有するリソースを活用して、GC前に上げDRを調達するような取引に参加（GC前はBGが調整する役割として整理されており、このような調達は存在していない）
<b>類型 2 ①</b> <b>(GC後・直接型)</b>		<b>(UC8)</b> 自らが供給する需要家が保有するリソースを活用して、需給調整市場に参加 <b>(優先給電ルールがある現状においては市場調達しないことと整理されており、このような調達は存在していない※)</b>
<b>類型 2 ②</b> <b>(GC前・間接型)</b>	下げ供給力・調整力（創出された需要量）を、系統全体の需給調整を目的として一般送配電事業者に提供するために、アグリゲーターが他社小売電気事業者が供給する需要家の上げDRを実行	<b>(UC9)</b> 他社小売が供給する需要家が保有するリソースを活用して、GC前に上げDRを調達するような取引に参加（GC前はBGが調整する役割として整理されており、このような調達は存在していない）
<b>類型 2 ②</b> <b>(GC後・間接型)</b>		<b>(UC10)</b> 他社小売が供給する需要家が保有するリソースを活用して、需給調整市場に参加 <b>(優先給電ルールがある現状においては市場調達しないことと整理されており、このような調達は存在していない※)</b>

※2019年3月5日第9回需給調整市場検討小委員会において、「下げΔkW（注：DRの場合、上げDR）をあらかじめ調達することなく運用が可能と考えられるため、下げΔkW については当面市場調達しない」と整理されている。

出所) 第13回 制御量評価ワーキンググループ「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、(閲覧日：2021.3.15)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/seigyoryo\\_hyoka\\_wg/pdf/013\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/seigyoryo_hyoka_wg/pdf/013_03_00.pdf)

## 《参考》 ユースケースの分類 – 一般送配電事業者が系統の混雑緩和・形成合理化のために調達する上げDRのユースケース –

- 現状、一般送配電事業者が、系統の混雑緩和・形成合理化のために、ローカル調整力を調達することは実施していないが、仮に実施するとした場合、一般送配電事業者が系統の混雑緩和・形成合理化のために調達・活用する上げDRのユースケースは、以下のように考えられるのではないか。

	概要	活用例（ユースケース）
<b>類型 2 ①</b> <b>(GC前・直接型)</b>	創出した需要を一般送配電事業者に提供するため、小売電気事業者が自ら供給する需要家の上げDRを実行	<b>(UC1 1)</b> 自らが供給する需要家が保有するリソースを活用して、GC前に上げDRを調達するような取引に参加
<b>類型 2 ①</b> <b>(GC後・直接型)</b>		<b>(UC1 2)</b> 自らが供給する需要家が保有するリソースを活用して、GC後に上げDRを調達するような取引に参加
<b>類型 2 ②</b> <b>(GC前・間接型)</b>	創出した需要を一般送配電事業者に提供するため、アグリゲーターが他社小売電気事業者が供給する需要家のDRを実行	<b>(UC1 3)</b> 他社小売が供給する需要家が保有するリソースを活用して、GC前に上げDRを調達するような取引に参加
<b>類型 2 ②</b> <b>(GC後・間接型)</b>		<b>(UC1 4)</b> 他社小売が供給する需要家が保有するリソースを活用して、GC後に上げDRを調達するような取引に参加

出所) 第14回 制御量評価ワーキンググループ「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.15)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/seigyoryo\\_hyoka\\_wg/pdf/015\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/seigyoryo_hyoka_wg/pdf/015_03_00.pdf)

## 上げDR ユースケース 1 の実施パターン

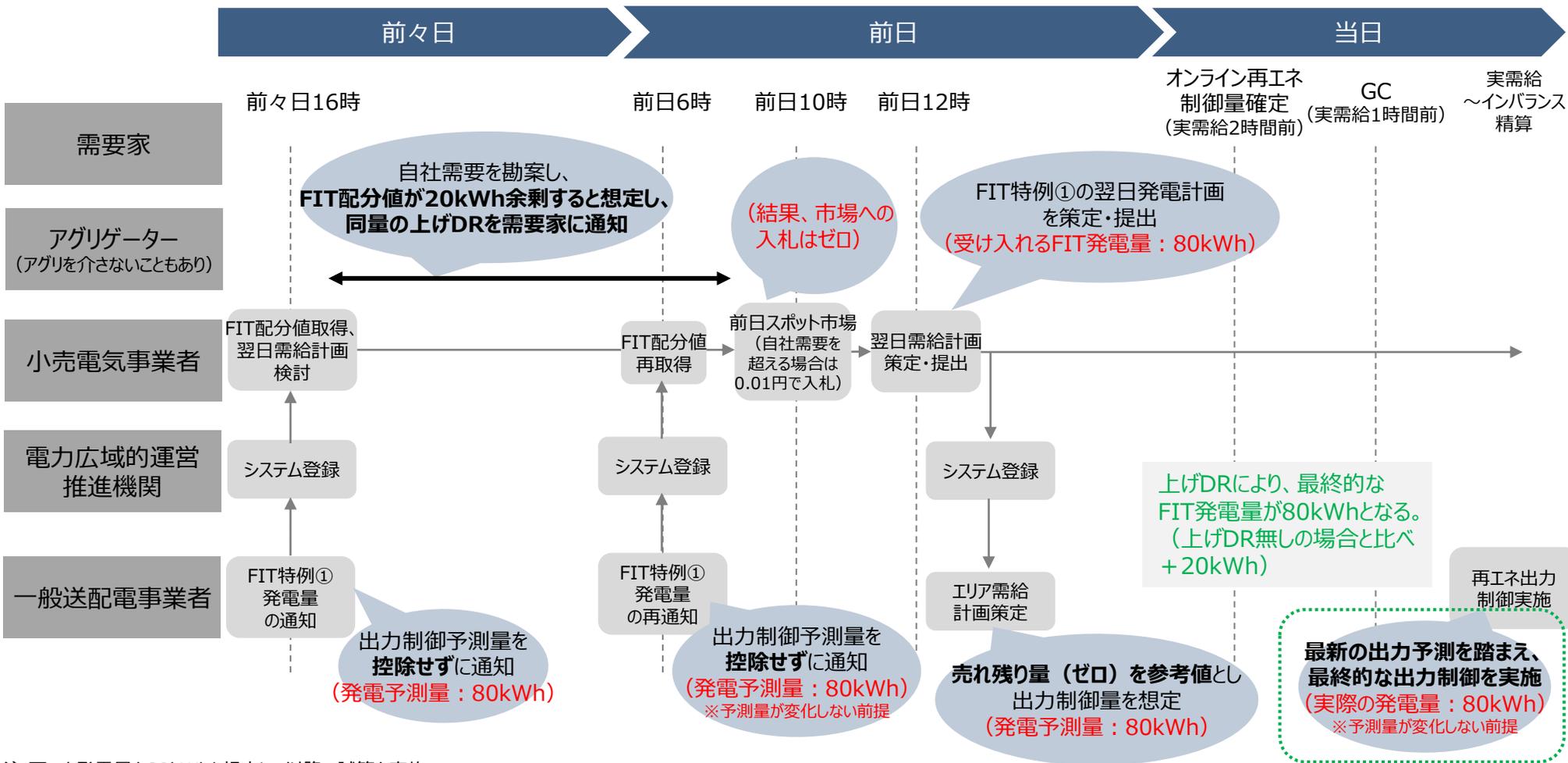
- 上げDRのユースケース1を実施する際、上げDRの活用方法や上げDRに対応する需要家のリソース種類によって実施パターンは3種類に分類される。
- これらの3パターンについて運用スキームや収支イメージを整理する。

上げDR実施パターン	上げDRの活用方法	需要家リソース
パターン①	自家発の焚き減らし	自家発
パターン②	需要のタイムシフト	自家発以外
パターン③注		自家発

注 現時点では、自家発による需要のタイムシフト（自家発の発電のタイムシフト）の事例は少ないが、今後上げDRでの活用の可能性が想定されるため、パターンとして定めた。

# 上げDRユースケース1の実施スキーム (FIT特例①の場合)

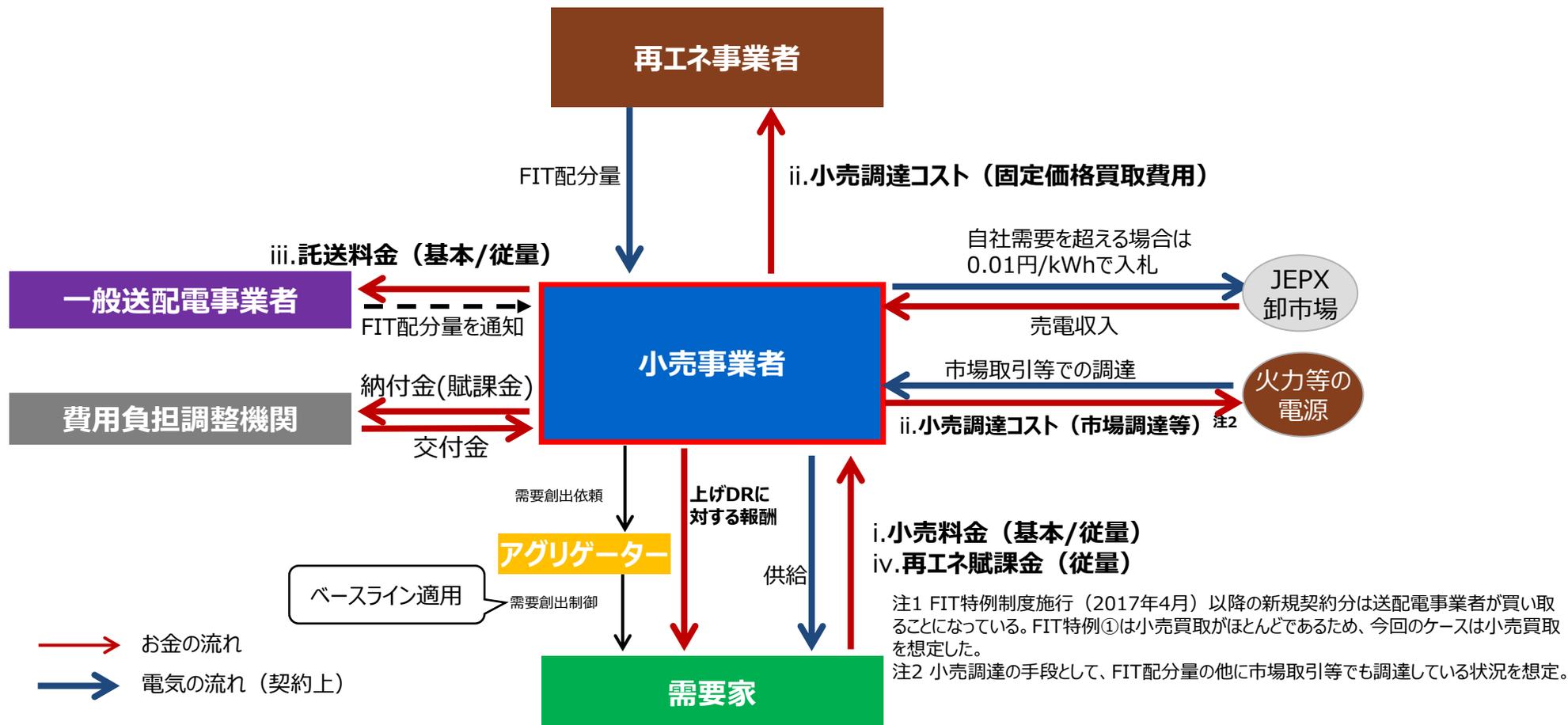
- 小売事業者及びアグリゲーターは、前々日16時と前日6時にFIT配分値の通知を受けた後に、需要家に対して上げDR対応の可否を確認後、当日の上げDRの①発動時刻②予定制御時間③予定指令値を需要家に対して通知する。
- 下げDRも行う場合は、需要家は上げDRに関する通知と同じタイミングで、下げDRに関する通知も受ける必要がある。



注 再エネ発電量を80kWhと想定し、以降の試算を実施。

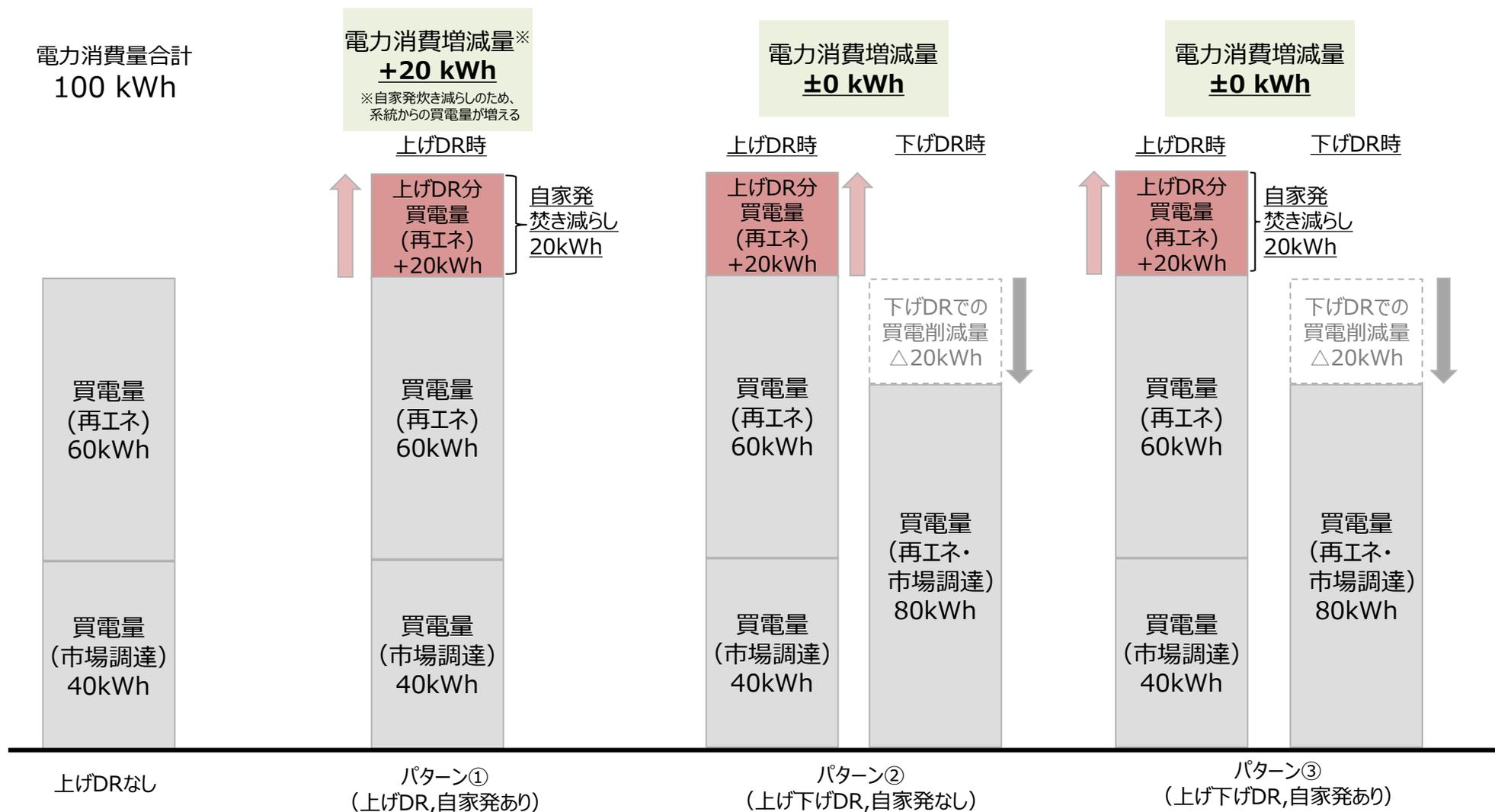
## 上げDR ユースケース 1 の収支イメージ

- 今回は、FIT特例①のうち、再エネを小売事業者が買い取る場合のケースを想定<sup>注1</sup>。
- 上げDRに伴って発生する費用としては、i. 需要家からの小売料金（基本/従量）、ii. 小売電気事業者の調達コスト、iii. 託送料金（基本/従量）、iv. 再エネ賦課金が想定される。
- パターン①～③それぞれについて下記のお金の流れを基に、上げDR時の収支を試算した。



## 各パターンにおける需要家の電力消費量の増減イメージ

- 上げDRを各パターンで実施した場合の需要家の電力消費量の増減は下記の通り。

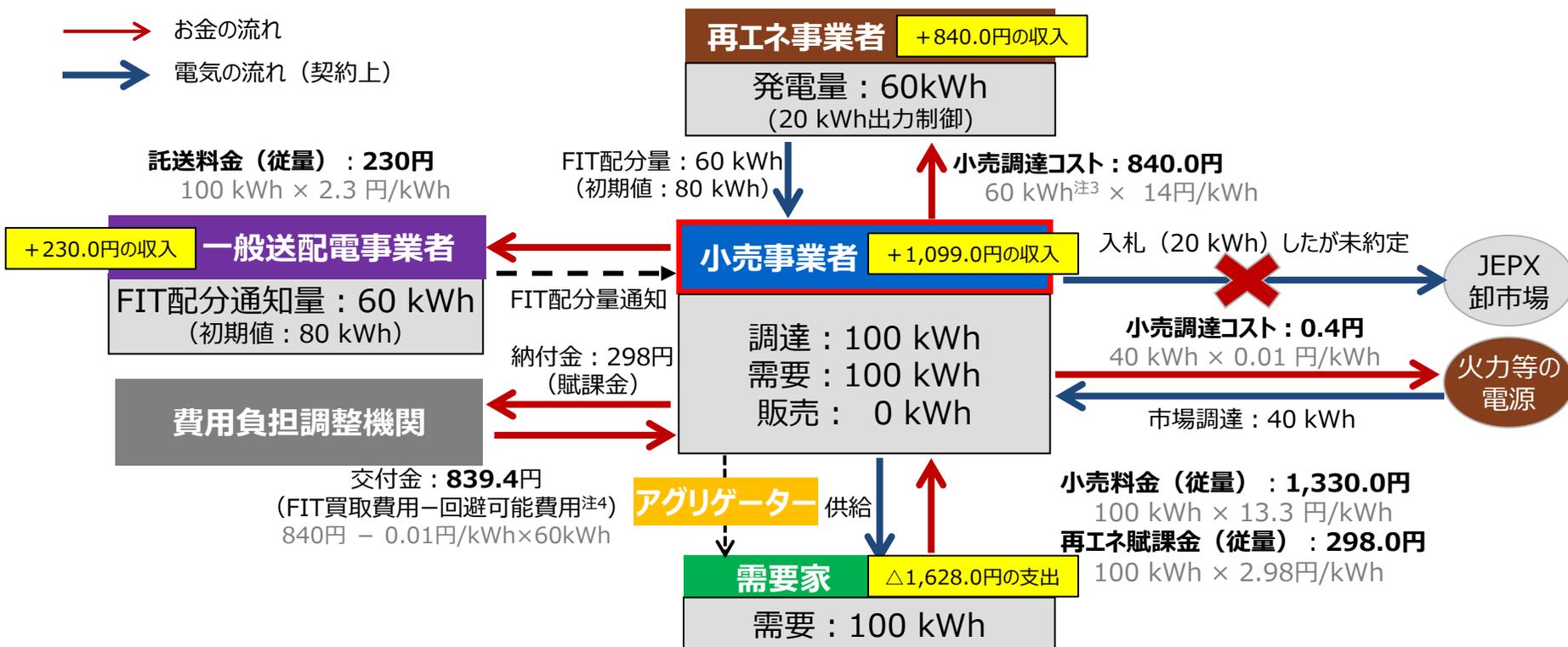


# 上げDRを適用しない通常の場合の収支イメージ

- 上げDRを適用しなかった場合のステークホルダー間での収支試算結果<sup>注1</sup>は下記の通り。

前提条件

- ・ FIT特例①配分値の初期値として再エネ事業者から小売事業者に80 kWhの電力が供給される場合を想定。
- ・ 小売事業者はFIT配分量の余剰分（20kWh）を卸市場に入札するが約定せず、最終的なFIT配分量が60kWhとなり、再エネが20kWh分出力制御されると想定。
- ・ 小売事業者は、FIT配分量の他に市場調達によって電力を40kWh調達していると想定。
- ・ 小売料金及び託送料金の基本料金の支払いは上げDR前後で変わらないと想定。（同じ契約電力の範囲内で取引をする。）



注1 FIT特例①配分値に関わる収支のみを取り上げたもの。またこの試算は、計画値と実績値のずれがなく、インバランス精算がゼロであるケースを想定している。

注2 上記の図では、回避可能費用の激変緩和措置が解除される2021年度以降の状況を想定し、市場価格が0.01円/kWhになる場合の回避費用単価を設定している。

注3 上げDRを適用しない場合は、FIT電源の出力が20kWh抑制されて60kWh分の固定価格買取収入を再エネ事業者が得られると想定。

注4 回避可能費用は、0.6円 = 60 kWh (再エネ調達分) × 0.01 円/kWh (回避可能費用単価 = 市場調達価格)

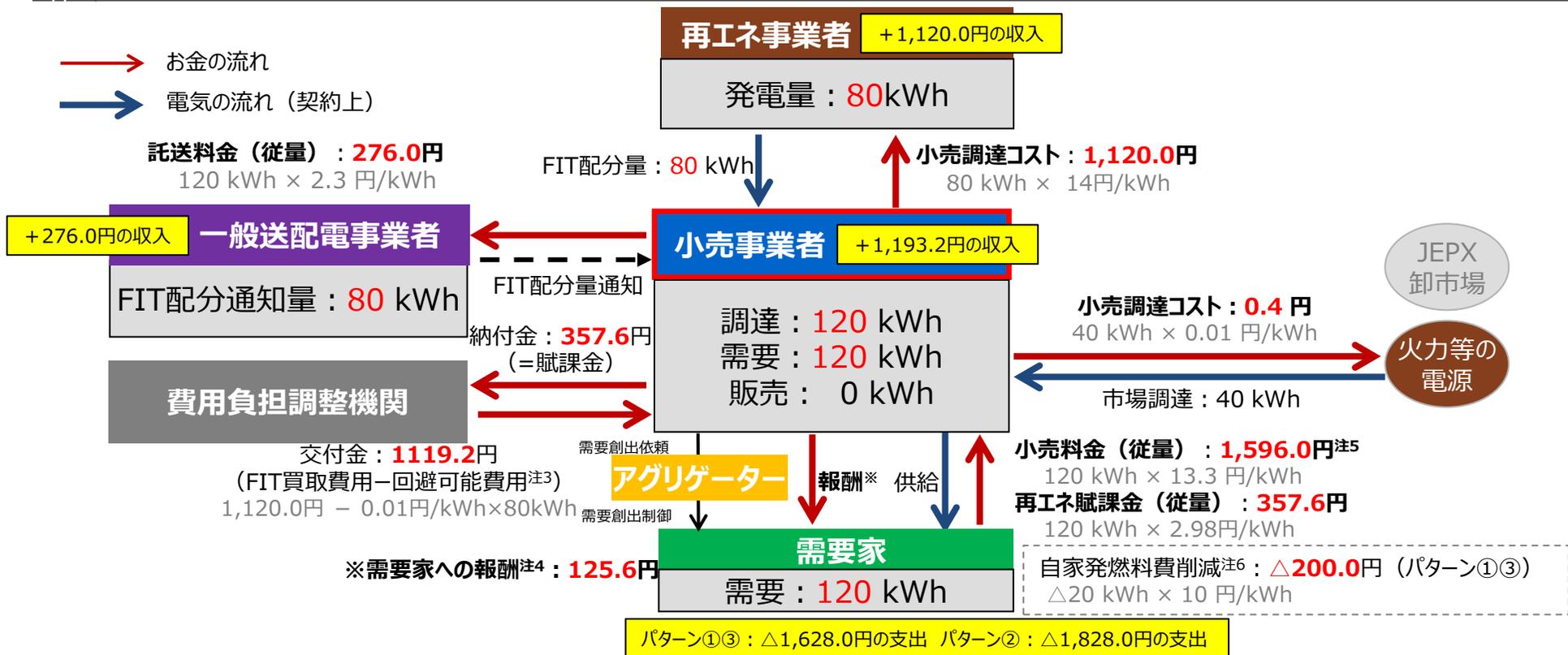
# パターン①～③上げDR実施時の収支イメージ

※下げDR実施時（パターン②③）の収支イメージは次ページ

- 上げDRを実施した時のステークホルダー間での収支試算結果<sup>注1</sup>は下記の通り。

前提条件

- ・ FIT特例①配分値として再エネ事業者から小売事業者に80kWhの電力が供給される場合を想定。
- ・ 小売事業者は、FIT配分量の他に市場調達によって電力を40kWh調達していると想定。
- ・ 小売料金及び託送料金の基本料金の支払いは上げDR前後で変わらないと想定。（同じ契約電力の範囲内で取引をする。）



注1 FIT特例①配分値に関わる収支のみを取り上げたもの。またこの試算は、計画値と実績値のずれがなく、インバランス精算がゼロであるケースを想定している。

注2 上記の図では、回避可能費用の激変緩和措置が解除される2021年度以降の状況を想定し、FIT余剰の状況では市場価格が0.01円/kWhになる場合の回避費用単価を設定している。

注3 回避可能費用は、0.8円 = 80 kWh（再エネ調達分）× 0.01円/kWh（回避可能費用単価 = 市場調達価格）

注4 小売事業者から需要家への報酬（インセンティブ）は、上げDRを実施しないケースとの比較において、需要家が負担増とならない範囲で設定。

注5 小売事業者の小売料金の収益が、需要家への報酬の原資となっている。

注6 パターン①③については、上げDRによって自家発を焼き減らすこととなり、焼き減らし分の燃料費が削減される。

## 「参考」パターン②③の下げDRを適用した場合の収支変化

- パターン②③は需要のタイムシフトが前提のため、上げDRを実施する前後で下げDRも実施することを想定。

前提条件

- ・ 収支の変化は、下げDRを適用した場合の収支から下げDRを適用しなかった場合の収支を差し引いて算出。
- ・ 上げDRで増加した需要量と同量の需要（20kWh）を下げDR時に減少すると想定（需要を100kWh→80kWhに下げる）。
- ・ 小売料金単価（従量）、託送料金単価（従量）は上げDR適用時と同じ料金単価と想定（いずれも昼夜間で単価が変わるケースも想定される）。
- ・ 下げDR適用時は再エネの出力制御が生じず、下げDR適用前後で再エネ発電量は同量と想定。
- ・ 小売事業者は販売する電力を市場取引等で調達すると想定（市場価格：9.0円/kWhと仮定）。

ステークホルダー	下げDR実施前後での収支の変化額	収支変化額の内訳
需要家	+325.6 円 <sup>注</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 小売料金（従量）：△1,064.0円（13.3円/kWh×80kWh） － △1,330.0円（13.3円/kWh×100kWh） = +266.0円</li> <li>・ 再エネ賦課金：△238.4円（2.98円/kWh×80kWh） － △298.0円（2.98円/kWh×100kWh） = +59.6円</li> </ul>
小売事業者	△40.0 円	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 小売料金（従量）：1,064.0円（13.3円/kWh×80kWh） － 1,330.0円（13.3円/kWh×100kWh） = △266.0円</li> <li>・ 再エネ賦課金：費用負担調整機関への納付金と相殺、±0円</li> <li>・ 調達コスト：△720.0円（9.0円/kWh×80kWh） － △900.0円（9.0円/kWh×100kWh） = +180.0円</li> <li>・ 再エネ交付金：下げDR実施前後で買取量は変化しないため、±0円</li> <li>・ 託送料金（従量）：△184.0円（2.3円/kWh×80kWh） － △230.0円（2.3円/kWh×100kWh） = +46.0円</li> </ul>
一般送配電事業者	△46.0 円	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 託送料金（従量）：184.0円（2.3円/kWh×80kWh） － 230.0円（2.3円/kWh×100kWh） = △46.0円</li> </ul>
再エネ事業者	±0 円	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 固定価格買取費用：下げDR実施前後で出力制御は生じず、変化なし</li> </ul>

注 パターン③において、下げDR時には自家発の焚き増しは行わない場合の試算結果。

## 《参考》パターン②③の上げ下げDR適用後の収支

- 上げ下げDRを両方適用した場合の各ステークホルダーの収支は下記の通り。
- 下げDRにより需要家の電力消費量が減るため、需要家の支出は減少する。

ステークホルダー	上げDR時の収支	下げDR適用による 収支の変化額	上げ下げDR適用後の収支
需要家	パターン②：1,828.0 円の支出 パターン③：1,628.0 円の支出	△325.6 円の支出減 下げDRにより需要が減ることで小売料金（従量）と再エネ賦課金の負担が減少する。	パターン②：1,502.4 円の支出 パターン③：1,302.4 円の支出
小売事業者	1,193.2 円の収入	△40.0 円の収入減 下げDRによる需要家への販売電力量減少により収入は減少する。	1,153.2 円の収入
一般送配電事業者	276.0 円の収入	△46.0 円の収入減 下げDRの需要減分だけ託送料金（従量）の収入は減少する。	230.0 円の収入
再エネ事業者	1,120.0 円の収入	±0 円 下げDRでは再エネ抑制量が変化しないため、収支は変わらない。	1,120.0 円の収入

## 各パターンにおける各ステークホルダーの収支について

- 需要家が負担する小売料金は、上げDRを実施した場合、需要家が受領するインセンティブの設定にもよるが、支出が減少するパターンもある。
- 小売事業者の収入は、上げDRを実施した場合の方が増加する。ただし、本試算はあくまで一定の前提での一例であり、例えば再エネおよび市場からの調達割合等に応じて大きく変動する。
- 再エネ事業者は、いずれのパターンでも上げDRによって再エネの出力制御が回避されるため、収入が増える（最終的に再エネ賦課金を支払う国民の負担の増加となる懸念）。

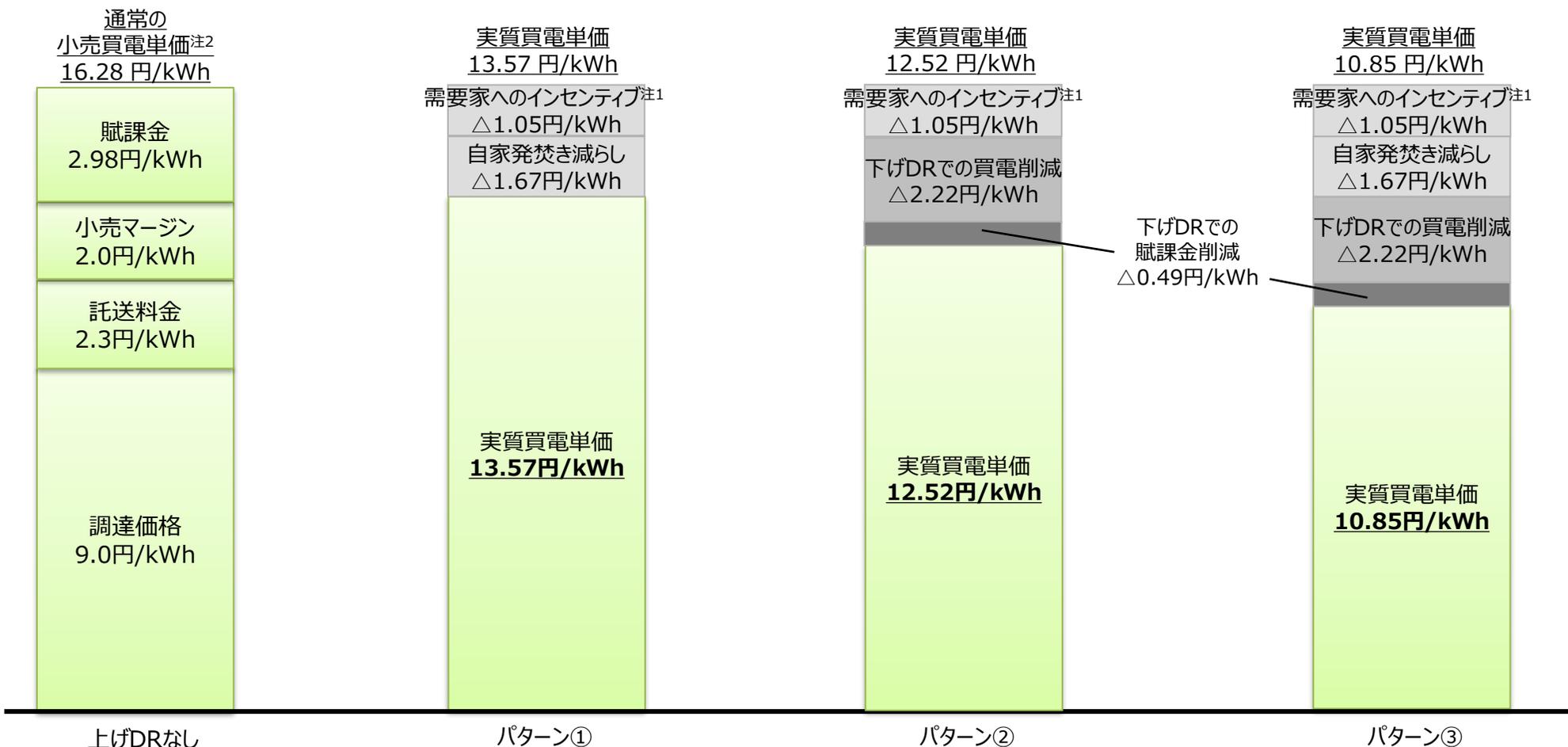
ステークホルダー	上げDR無し ＜比較となるベース＞	パターン① ＜自家発：焚き減らし＞	パターン② ＜自家発以外：需要のシフト＞	パターン③ ＜自家発：需要のシフト＞
需要家	1,628.0 円の支出 小売料金単価 <sup>注2</sup> 16.28円/kWh	1,628.0 円の支出 (対ベース±0円 <sup>注1</sup> ) 実質小売料金単価 <sup>注2</sup> 13.56円/kWh	1,502.4 円の支出 (対ベース△125.6円) 実質小売料金単価 <sup>注2</sup> 12.52円/kWh	1,302.4 円の支出 (対ベース△325.6円) 実質小売料金単価 <sup>注2</sup> 10.85円/kWh
小売事業者	1,099.0 円の収入	1,193.2 円の収入 (対ベース+94.2円)	1,153.2 円の収入 (対ベース+54.2円)	
一般送配電事業者	230.0 円の収入	276.0 円の収入 (対ベース+46.0円)	230.0 円の収入 (対ベース±0円)	
再エネ事業者	840.0 円の収入	1,120.0 円の収入 (対ベース+280.0円)	1,120.0 円の収入 (対ベース+280.0円)	

注1 需要家が受け取るインセンティブは、パターン①において、上げDR無しの場合と比較して需要家の支出が増えない範囲で設定（125.6円）し、同額をパターン②③にも適用。

注2 上げDR無しは買電量100kWhで除して単価を導出し、パターン①②③は上げDR時の買電量120kWhで除して単価を導出した。需要家の支出金額には、自家発炊き減らし（①③）や下げDR（②③）の効果も織り込み。

## 《参考》上げDR適用時における需要家の小売料金単価への影響

- いずれのケースにおいても、上げDRに対する需要家へのインセンティブ<sup>注1</sup>を考慮すれば、需要家の実質的な小売料金単価は、上げDRを適用しない場合よりも安価になると想定される。



注1 小売事業者から需要家へ支払うインセンティブは、本試算では、パターン①において、上げDR無しの場合と比較して需要家の支出が増えない範囲で設定（125.6円）し、同額をパターン②③にも適用。  
 注2 通常の小売料金単価は、調達価格と託送料金、小売が得るマージン、賦課金を積み上げることで想定した。なお、小売料金単価、託送料金単価ともに一定であると仮定して試算（実際には時間帯別料金の設定等により収支に影響が発生することが考えられる）。  
 ※四捨五入の関係で合計が一致しない場合がある。

## 《参考》上げDR実施時の需要家の収支変化（詳細）

	系統からの買電（ケース①～③は上げDR時の買電）	その他の影響（自家発、下げDR）
上げDRを実施しない	小売料金：100kWh×13.30円/kWh=1,330.0円 再エネ賦課金：100kWh×2.98円/kWh=298.0円	—
	<b>計1,628.0円の支出（100kWh買電時の単価16.28円/kWh）</b>	
パターン① 上げDR (自家発あり)	小売料金：120kWh×13.30円/kWh=1,596.0円 再エネ賦課金：120kWh×2.98円/kWh=357.6円 インセンティブ※：△125.6円	自家発稼働減：△20kWh×10.0円/kWh=△200.0円
	<b>1,828.0円の支出</b>	<b>△200.0円の支出減</b>
	<b>再計1,628.0円の支出（120kWh買電時の実質単価13.57円/kWh）</b>	
パターン② 上げ・下げDR (自家発なし)	小売料金：120kWh×13.30円/kWh=1,596.0円 再エネ賦課金：120kWh×2.98円/kWh=357.6円 インセンティブ※：△125.6円	下げDR小売料金：△20kWh×13.3円/kWh=△266.0円 下げDR再エネ賦課金：△20kWh×2.98円/kWh=△59.6円
	<b>1,828.0円の支出</b>	<b>△325.6円の支出減</b>
	<b>再計1,502.4円（120kWh買電時の実質単価12.52円/kWh）</b>	
パターン③ 上げ・下げDR (自家発あり)	小売料金：120kWh×13.30円/kWh=1,596.0円 再エネ賦課金：120kWh×2.98円/kWh=357.6円 インセンティブ※：△125.6円	自家発稼働減：△20kWh×10.0円/kWh=△200.0円 下げDR小売料金：△20kWh×13.3円/kWh=△266.0円 下げDR再エネ賦課金：△20kWh×2.98円/kWh=△59.6円
	<b>1,828.0円の支出</b>	<b>△525.6円の支出減</b>
	<b>計1,302.4円の支出（120kWh買電時の実質単価10.85円/kWh）</b>	

※インセンティブは、本試算では、パターン①において、上げDR無しの場合と比較して需要家の支出が増えない範囲で設定（125.6円）し、同額をパターン②③にも適用。

### <収支試算の前提>

項目	数値	備考
小売料金（通常時、従量）	13.30円/kWh	市場調達価格9.0円/kWh+託送料金2.3円/kWh+小売マージン2.0円/kWh
再エネ賦課金	2.98円/kWh	2020年5月以降の再エネ賦課金
託送料金（従量）	2.30円/kWh	東京電力PG 高圧標準接続サービス従量料金
太陽光FIT買取費用	14.00円/kWh	太陽光FIT買取価格（2019年度、500kW未満）
卸市場価格（通常時）	9.00円/kWh	（参考）システムプライス平均価格の実績：2019年4-6月 7.84円/kWh、7-9月 8.87円/kWh、10-12月 8.07円/kWh 2018年度 9.71円/kWh 2017年度 9.98円/kWh
卸市場価格（上げDR時）	0.01円/kWh	卸市場価格が0.01円/kWhになった場合（再エネ余剰時）を想定（=回避可能費用も同金額で設定）
自家発燃料費	10.00円/kWh	通常時小売料金より安い水準に仮置き

## 上げDR ユースケース1を実施する場合の留意事項

- 上げDRの普及拡大のためには、①経済性の配分（非化石価値等を含む）、②需要家の負担増加、③再エネ出力制御回避に伴う国民負担の増加に留意する必要がある。

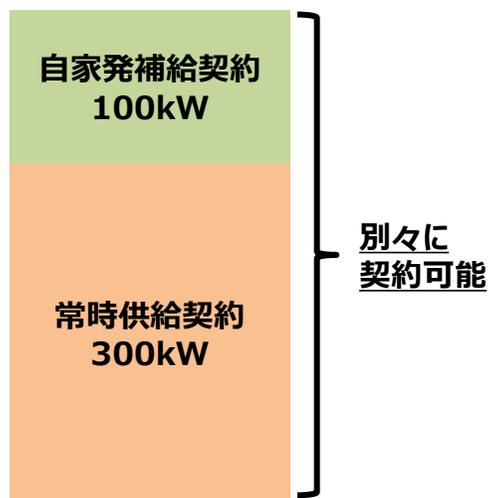
① 経済性の配分	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 再エネ余剰時に安くなる卸市場価格を原資とした上げDRによって得られる経済性については、<b>TOU等の電気料金型やインセンティブ型DRによる報酬等</b>を活用し、小売事業者や需要家へ配分することが必要。</li> <li>● 加えて、<b>再エネの出力制御回避により生じた非化石価値の取り扱い等</b>の検討も必要。</li> </ul>
② 需要家の負担増	<ul style="list-style-type: none"> <li>● トータルの需要量が増加しない場合でも、上げDRによって<b>電力基本料金が増加する</b>可能性がある。</li> <li>● 自家発電を保有する需要家の場合には、自家発電のメンテナンス時等での系統からの受電量増加に伴う契約電力の増加を回避することを目的とした、「<b>自家発電補給契約</b>」が存在する。</li> <li>● 例えば、再エネ出力制御回避を目的とした上げDRを実施する場合においても、自家発電補給契約と同様の概念を適用することができれば、需要家の基本料金負担の一部を軽減することができる可能性がある。</li> </ul>
③ 国民負担の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上げDRに伴う再エネ出力制御回避に伴って、FIT買取費用が増加する。</li> <li>● そのため、<b>最終的に再エネ賦課金を支払う国民の負担の増加</b>となる懸念がある。</li> </ul>

出所) 第14回 制御量評価ワーキンググループ「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.15)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/seigyoryo\\_hyoka\\_wg/pdf/015\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/seigyoryo_hyoka_wg/pdf/015_03_00.pdf)

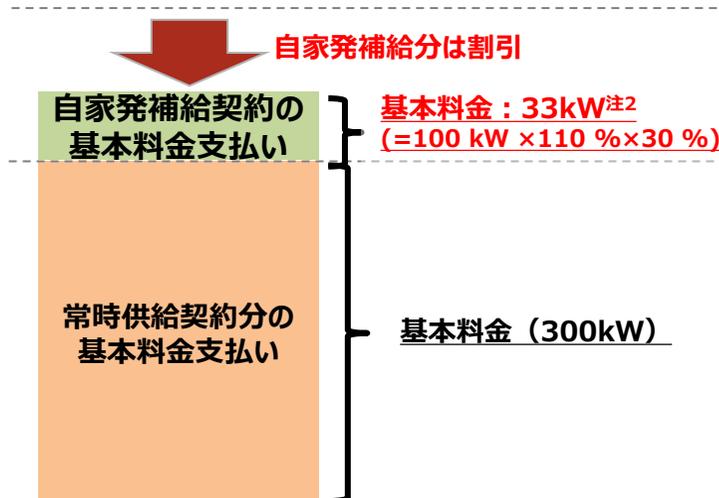
# 自家発補給契約による託送料金負担の低減

- 自家発を所有する需要家が活用する小売電気メニューの1つとして、自家発補給契約が存在する。
- 自家発補給契約とは、常時供給分の契約電力（kW）とは分けて契約電力を設定できる。
- 自家発補給契約の目的は、自家発の定期点検や事故による停止によって一時的に系統からの受電量が増える需要家の基本料金負担を軽減することである。
- 自家発が停止しなかった月は自家発補給契約分の基本料金の支払いが割り引かれる。

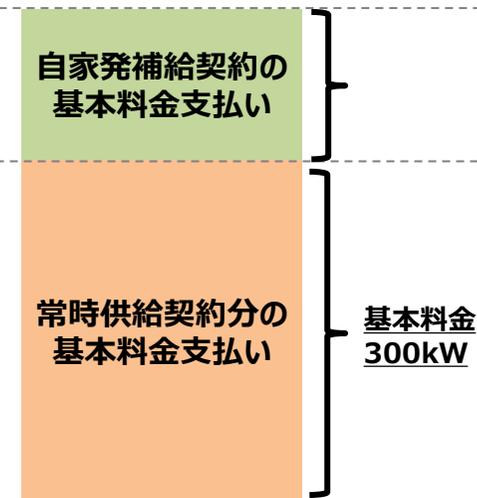
自家発補給契約を活用する場合の  
電力契約の形  
契約電力：400kW  
(常時供給300kW、自家発補給100kW)



＜自家発を停止しなかった月＞  
契約電力：400kW  
(常時供給300kW、自家発補給100kW)  
**基本料金負担：333kW<sup>注1</sup>**  
(常時供給契約の基本料金単価換算)



＜自家発を停止した月＞  
契約電力：400kW  
(常時供給300kW、自家発補給100kW)  
**基本料金負担：410kW<sup>注2</sup>**  
(常時供給契約の基本料金単価換算)



注1 本スライドの自家発補給契約の基本料金負担額は、東電EP電気需給約款[高圧]で規定されている「自家発補給電力A」を基に記載した。なお、各自家発補給電力メニューに応じて、自家発補給電力の基本料金及び自家発を停止しなかった月の基本料金の割引率は異なる。

注2 東電EP「自家発補給電力A」では、自家発補給電力の基本料金は、業務用電力の該当料金の10%を割り増したものを適用する。ただし、自家発補給契約分の電力供給を全く受けない月は、10%割り増した基本料金の30%のみ支払えばよいことになっている。

出所) 第14回 制御量評価ワーキンググループ「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、(閲覧日：2021.3.15)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/seigyoryo\\_hyoka\\_wg/pdf/015\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/seigyoryo_hyoka_wg/pdf/015_03_00.pdf)

## ユースケース1における上げDRのベースライン評価

- ユースケース1における上げDRのベースラインを評価すると以下の通り。
- 「正確性」「公平性」「簡便性」の3つの観点を総合的に考慮すると、「High 4 of 5（当日調整あり）」もしくは「High 4 of 5（当日調整なし）」のいずれかを採用することが望ましいと考えられるのではないかと。
- ただし、「High 4 of 5（当日調整あり）」については公平性が劣る（ゲーミングがしやすい）という点が課題となるため、ゲーミング防止策を講じることが必要。

ベースライン	正確性		公平性	簡便性	
	継続時間が短い場合	継続時間が長い場合		シンプルさ・運用の容易さ	下げDRとの統一性
High 4 of 5 (当日調整あり)	△	○	×	△	○
High 4 of 5 (当日調整なし)	△	○	△	△	△
Low 4 of 5 (当日調整あり)	△	○	×	△	×
Low 4 of 5 (当日調整なし)	△	○	△	△	×
同等日採用法	△	○	△	×	×
事前計測	○	△	×	○	×

出所) 第14回 制御量評価ワーキンググループ「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.15)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/seigyoryo\\_hyoka\\_wg/pdf/015\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/seigyoryo_hyoka_wg/pdf/015_03_00.pdf)

## 英国配電事業者による系統の混雑緩和・形成合理化のためのローカル調整力調達

- 英国で行われているPiclo Flexのようなローカル調整力の調達については、需要起因の系統増強ニーズが生じた場合、配電事業者が増強費用を負担しなければならない、その系統増強を回避することが調達の動機となっている。
- 一方で、発電起因の系統増強の場合、発電事業者が増強費用を負担する、あるいは無補償での出力制御を前提としたノンファーム接続となるため、系統増強にかかる配電事業者の費用負担は限定的であり、ローカル調整力を確保するインセンティブは現状ではない。

### 需要起因の 系統増強について

- 需要の増加に起因した系統増強ニーズが発生した場合、顧客に増強費用を負担させることは出来ないため、配電事業者が自ら投資している状況。
- 今後、EVおよびヒートポンプの普及により系統増強が必要となる。
- そのため、配電事業者にとっては市場を通じて調整力を確保し、系統増強を回避させることには利点がある。

### 発電起因の 系統増強について

- 分散電源の接続による発電量の増加に起因した系統増強の場合、発電事業者が系統増強費用を負担する形での接続、あるいは無補償での出力制御を前提としたフレキシブルコネクション（ノンファーム接続）のいずれかを選択する。そのため、系統増強にかかる配電事業者の費用負担は限定的であり、調整力を確保するインセンティブはない。
- ただし、今後、Ofgemは電源の接続料金を下げる変更を提案しており、配電事業者としては、増強費用の回収が困難となる可能性がある。
- そのため、需要起因の場合と同様に市場を通じた調整力確保に移行していく可能性がある。

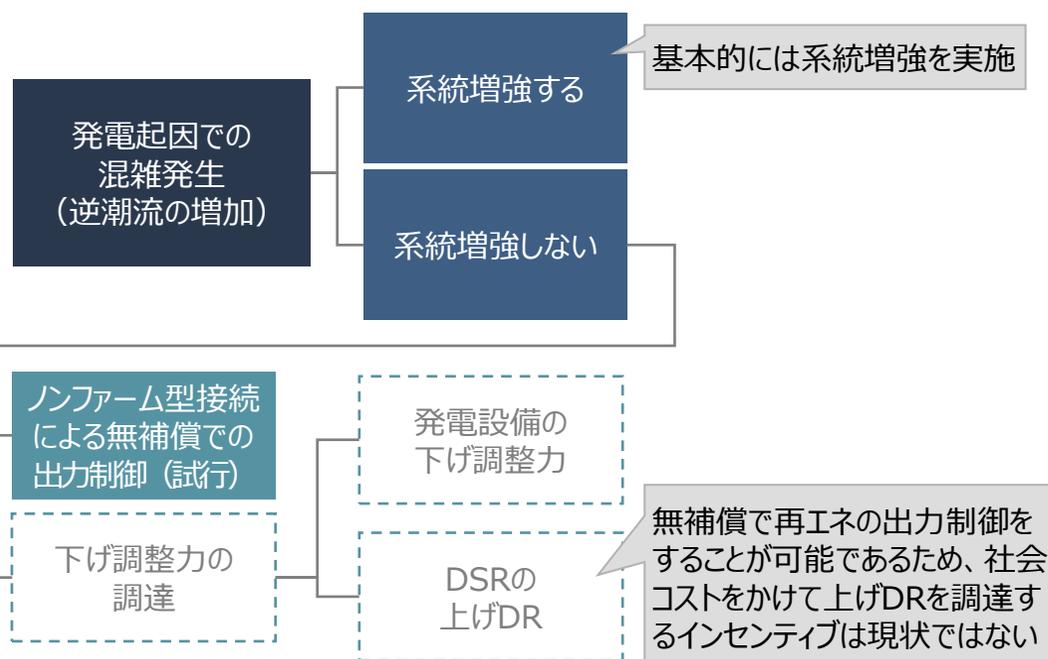
(出所) Regen, The call for local flexibility services: what, where, when (and how much?)  
<https://www.regen.co.uk/the-call-for-local-flexibility-services-what-where-when-and-how-much/>

出所) 第14回 制御量評価ワーキンググループ「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.15)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/seigyoryo\\_hyoka\\_wg/pdf/015\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/seigyoryo_hyoka_wg/pdf/015_03_00.pdf)

# 日本における系統の混雑緩和・形成合理化のための上げDR調達の可能性

- 日本においては、太陽光発電等の系統への接続検討申込が増加していることを踏まえ、千葉方面等においてノンファーム型接続の試行的な取り組みの検討が進められている。
- ノンファーム型接続が適用される場合には、無補償での出力制御が前提となるため、一般送配電事業者が社会コストをかけてまで、下げ調整力（上げDR含む）を調達するインセンティブはない。
- このような状況を踏まえ、系統の混雑緩和・形成合理化に向けて上げDRを活用するといった仕組みは、現時点においてはニーズがないと考えられる。

## <発電起因による系統混雑への対応フロー>



## 実施内容



実施項目	実施内容
(1)国内調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 我が国における電力事業環境を整理のうえ、分散型エネルギーリソース（DER）の普及拡大が我が国の系統運用に及ぼす影響・課題を整理</li> <li>▶ それに対する一般送配電事業者の設備形成・運用等の取組みや、系統制約解消に向けたDER活用可能性を調査</li> <li>▶ なお、DERの活用可能性調査はデマンドレスポンス（DR）やバーチャルパワープラント（VPP）の取組や課題を含めて整理</li> </ul>
(2)DER活用による系統安定化に係る技術調査とケーススタディ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ DER活用による系統安定化に向けて有効と考えられるソリューション・システムを調査</li> <li>▶ なお、ソリューション・システムの前提となる配電潮流・電圧管理・リソース管理システムについては、詳細なケーススタディを行い、我が国での開発に向けた課題を整理</li> </ul>
(3)海外事例調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ DERを活用して系統安定化を図る先進事例を有する国・地域について、DER普及により生じている系統上の課題や、系統安定化に資する技術開発の状況、DERを活用する実証事業や実ビジネスの事例を複数地域について調査</li> </ul>
(4)我が国で必要な技術開発項目の整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 上記の調査を踏まえて、系統安定化に向けて我が国で有効と思われる、DERを制御・活用するユースケースを整理</li> <li>▶ そのユースケースを実現するために我が国において開発すべき技術・ソリューションを整理</li> <li>▶ また、これらを踏まえた次年度以降のフィールド実証計画を策定</li> </ul>

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

17

出所) NEDO 2020年度再生可能エネルギーの大量導入に向けた次世代電力ネットワーク安定化技術開発事業に係る公募説明会資料（2020年4月2日）

---

## I . ERAB に関する制度及びビジネスモデルの構築に向けた検討

---

1. 上げDRの取引類型、上げDRの取引スキームとベースライン
2. ERAB普及拡大の方向性とポテンシャル
3. アグリゲーターの課題整理
4. サイバーセキュリティ対策と教育プログラム

# ERABの普及拡大に向けた考え方

- 分散型エネルギーリソースの価値を最大化するためには、すでに顕在化している価値の更なる活用と、まだ潜在化している価値の創出の2方向がある。
- リソース毎の特性に合わせてアグリゲーションをし、潜在化している価値の創出を実現することが重要。



出所) 第12回 エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.16)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/pdf/012\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/pdf/012_03_00.pdf)

# ERABの普及拡大に向けた事業者からの意見とその対応について

- ERABの普及拡大に向けて、現時点における事業者からの主な意見は以下のとおり。
- これらの中には国の審議会等で既に整理されたものも含まれており、事業者においては制度の理解促進と技術向上等を進めつつ、制度面においては市場の本来の目的も踏まえ、対応是非も含めて検討していく必要がある。

	リソース獲得	応札（サービス提供）	制御・精算
JEPX等 (kWh提供)		インバランス回避サービスの事業環境が乏しい 現状インバランス価格水準だと事業性が成立しない。 <b>JEPXの取引が限定的</b> 特に時間前市場での取引量が少ない。	上げDRによる取引の詳細が不明確 上げDRの取引に向けたユースケースやベースラインの設定、インセンティブの構築に向けた整理が必要。
電源 I <sup>注1</sup>	<b>情報の非対称性</b> ネガワット調整金の清算にあたり、獲得したリソースの需要家情報等を供給元小売電気事業者に提供する必要がある。	<b>競争環境のレビューが不十分</b> 不落の理由等が不明、落札事業者・リソース等の結果が開示されておらず、レビューが不十分。	<b>発動指令の基準が不明確</b> 厳気象、FIT予測誤差、経済合理性等複数の要素に基づき基準が設定されており不明確 <sup>注2</sup> <b>下げDRのベースライン設定の改善</b> 指令後にベースラインを意図的に増加させることができる。
容量市場 (発動指令電源)	<b>リソース確保のタイミング</b> 需要家確保の観点からは、実際の容量価値の提供時期に近いタイミングでリソースを確保したい。	<b>実効性テスト以降のリソースの差し替え</b> 信頼性確保の重要性はあるものの、実効性テスト以降のリソース差し替えの機会が限定的。	
需給調整 市場	<b>需給調整市場に適合するリソースの確保</b> 需給調整市場の要件に適合するリソースの確保が困難。	<b>要件を満たすための技術向上が必要</b> 分単位での需要制御や持続時間等、技術の向上が必要。	<b>需要変動への対応が困難</b> 需要を予測することが困難な需要家を選定した場合、需要変動の誤差をΔkW±10%の範囲に抑えることが困難。
その他 共通事項等	<b>ERABの知名度が低い</b> ビジネスモデルが確立されておらず、需要家からのERABの知名度も低く、リソース確保が困難。 <b>リソース・システムのコストが高い</b> リソースコストが高いため導入が拡大しない。		<b>非化石価値が埋没する</b> 自家消費の場合、非化石価値が埋没する。 <b>ネガワット調整金の設定</b> ネガワット調整金の契約に時間を要しているケース有。

(出所) 事業者からの意見

注1 「電源 I」として活用されている電源等は2024年以降、容量市場の中の「発動指令電源」として活用が見込まれる。  
注2 2022年度以降は広域予備率による発動となり、明確になる。

# 分散型リソースの種類と価値の提供先

- 分散型リソースに想定される種類別の価値提供先の全体像は下図のとおり。

		常時活用	逆潮流	対象リソース例	電源 I' ※低圧は不可	容量市場	卸市場 (スポット・時間前)	需給調整市場 (三次①②) ※低圧は不可	需給調整市場 (二次①②・一次)	「参考」 導入実績	
系統直付け	発電設備	-	-	小規模バイオマス発電 メガソーラー+蓄電池	×	○ ※FITは不可	◎	○	今後検討	「参考」 導入実績	
	蓄電設備	-	-	蓄電設備、V2G、 揚水発電	◎ ※揚水のみ可	○	◎	○ ※揚水のみ可			
需要家側エネルギーリソース <small>※アグリゲートを前提</small>	発電設備	可	有	自家発 <small>※単独リソースの逆潮流は可 ※2022年度より逆潮流アグリ可</small>	×	○	◎	×			◎ジェネレーション + エネファーム 約 <b>13</b> GW (現在)
			無	自家発 (DR)	◎	○	◎	○			
		不可	有	バックアップ用発電機 <small>※2022年度より逆潮流アグリ可</small>	×	○	×	×			×
			無	バックアップ用発電機 (DR)	×	○	×	×			×
	蓄電設備	-	有	蓄電池、V2H <small>※2022年度より逆潮流アグリ可</small>	×	○	◎	×			家庭用蓄電池 + EV 約 <b>2</b> GW (現在)
			無	蓄電池、V2H (DR)	◎	○	◎	○			
	負荷設備	可	-	生産設備 (電解、電炉等)	◎	○	◎	○			生産プロセス + 空調 約 <b>0.2~3</b> GW (電中研調べ)
		可	-	共用設備 (空調、電気給湯等)	◎	○	◎	○			
不可		-	一般的な生産ライン、 空調、照明	◎	○	×	×				

「参考」  
落札実績

電源 I'  
約 **1.3** GW  
(2020年度向け)

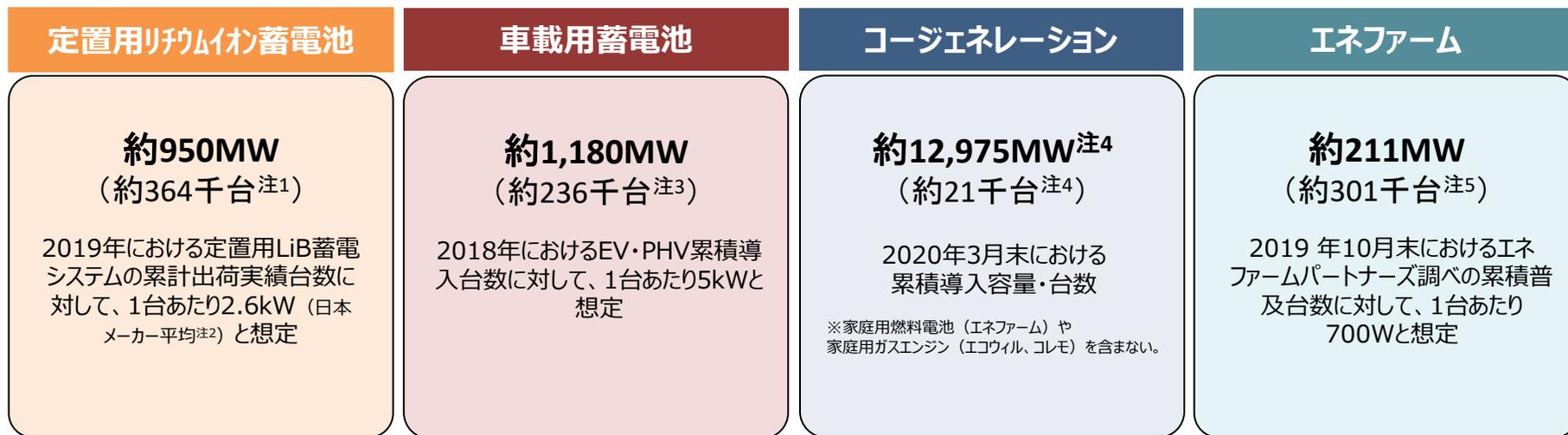
容量市場  
(発動指令電源)  
約 **4** GW  
(2024年度向け)

凡例) ◎ : 現状での活用実績あり/十分に活用可能  
○ : 活用が期待されている  
× : 現時点では活用不可

## 需要側リソースの導入量

- 需要側に設置される発電・放電が可能であり、かつアグリゲーションビジネスに適した制御が可能なリソースとしては、主に蓄電池、電動車、コージェネレーション、エネファーム等が挙げられる。足元の導入量は以下のとおり。

### 日本における需要側発電設備の足元の導入量（推計）



注1 一般社団法人日本電機工業会「蓄電システム自主統計 2019年度出荷実績」より

[https://jema-net.or.jp/Japanese/data/jisyu/pdf/libsystem\\_2019.pdf](https://jema-net.or.jp/Japanese/data/jisyu/pdf/libsystem_2019.pdf)

注2 2017年2月28日 経済産業省「定置用蓄電池の普及拡大及びアグリゲーションサービスへの活用に関する調査」における「現状の蓄電池のラインナップ」より。

[https://www.meti.go.jp/medi\\_lib/report/H28FY/000479.pdf](https://www.meti.go.jp/medi_lib/report/H28FY/000479.pdf)

注3 次世代自動車振興センター「EV等 保有台数統計」におけるEVおよびPHVの保有台数より

<http://www.cev-pc.or.jp/tokei/hanbai.html>

注4 一般財団法人コージェネレーション・エネルギー高度利用センター「累積・年度別導入概況（新設+リニューアル）」より

[https://www.ace.or.jp/web/works/works\\_0010.html](https://www.ace.or.jp/web/works/works_0010.html)

注5 一般社団法人日本ガス協会「エネファーム（家庭用燃料電池）の普及状況」より

<https://www.gas.or.jp/gas-life/enefarm/fukyu/>

出所) 第13回 エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会「資料3-1 アグリゲーションビジネスの活性化」資源エネルギー庁、(閲覧日：2021.3.16)、

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/pdf/013\\_03\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/pdf/013_03_01.pdf)

## 《参考》 負荷設備によるDRの供出可能性

- 環境省や電中研が過去に実施したDRポテンシャルに関する調査などを踏まえると以下のような設備がDRとして活用可能性が高いと考えられる。

	DR資源候補	産業分類	主な機器	備考
産業部門	生産プロセス・機器	金属工業 窯業 電池	圧延機・コンプレッサ ミル 電池充電	<ul style="list-style-type: none"> <li>生産工程への配慮、既存電気契約を考慮する必要がある</li> </ul>
	溶解炉	鉄鋼業	アーク炉・誘導炉	<ul style="list-style-type: none"> <li>1件当たりの消費電力が非常に大きい</li> <li>炉内温度を一定に保つことが望ましく、細かい調整に不向き</li> </ul>
	電解槽	電解ソーダ工業	電解槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>生産能力や貯蓄タンクに余裕があることが必要</li> </ul>
業務部門	上水道	水道業	送水ポンプ 生物処理槽ブローア	<ul style="list-style-type: none"> <li>配水池が大きければ、停止が可能（雨量による）</li> </ul>
	下水道	水道業	汚水ポンプ 汚泥攪拌機・脱水機	<ul style="list-style-type: none"> <li>排水管容量に余裕があれば、停止が可能</li> </ul>
	冷凍冷蔵倉庫	食品業	冷凍冷蔵倉庫	<ul style="list-style-type: none"> <li>蓄熱槽や氷蓄熱があれば、停止が可能</li> </ul>
	自動販売機	(全般)	自動販売機	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信機能を持つ自動販売機が普及し始めており、将来的に自動制御が可能になる可能性がある</li> </ul>
	業務用ショーケース	小売業	ショーケース	<ul style="list-style-type: none"> <li>1件当たりの消費電力が小さい</li> <li>温度のほかに照明、霜取り時間制御がある</li> </ul>
	業務用ヒートポンプ給湯機	ホテル業 医療・介護業	給湯機	<ul style="list-style-type: none"> <li>蓄熱槽があるため需要抑制・造成の両方に対応可能</li> </ul>

出所) 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、環境省、(閲覧日: 2020.7.31)、  
<https://www.env.go.jp/earth/report/h29-03/>  
 産業部門における予備力供給型デマンドレスポンスのポテンシャル評価、電力中央研究所、(閲覧日: 2020.7.31)、  
<https://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detail/Y15013.html> より三菱総研作成

---

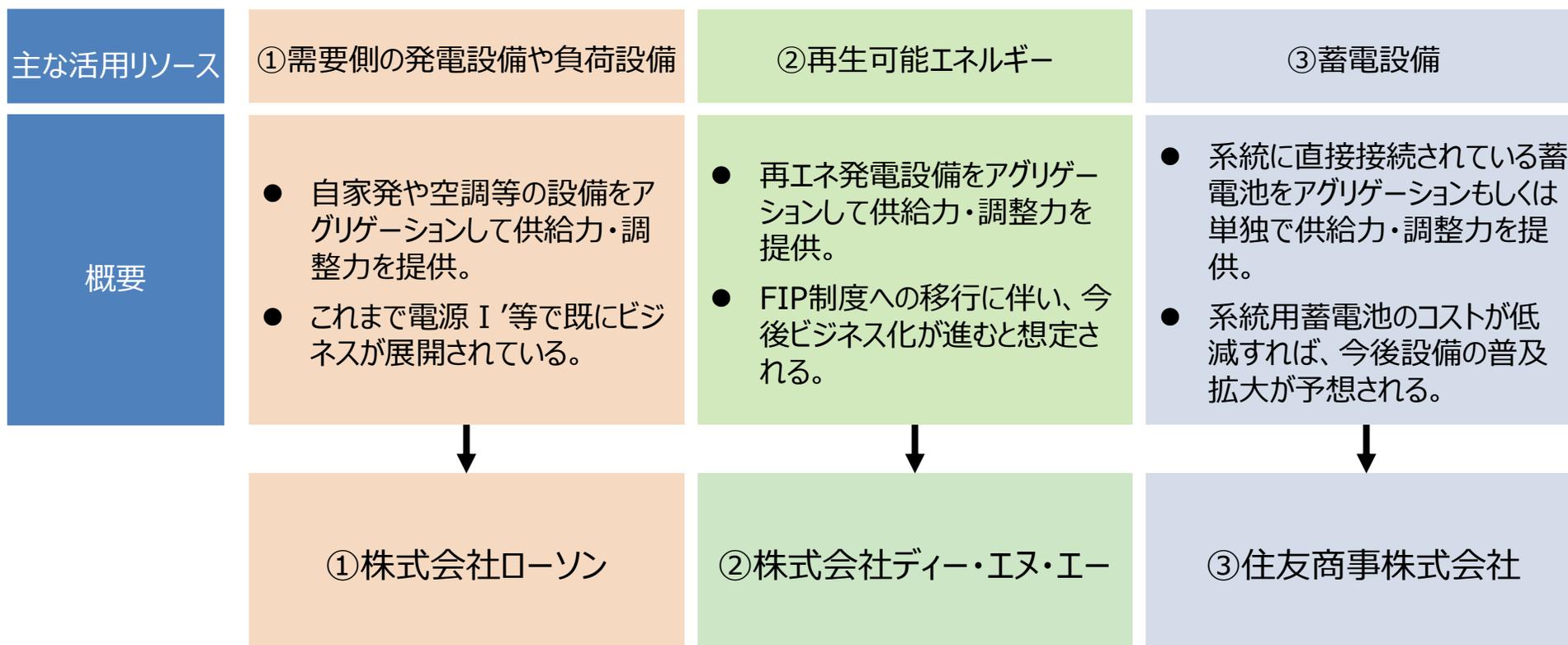
## I . ERAB に関する制度及びビジネスモデルの構築に向けた検討

---

1. 上げDRの取引類型、上げDRの取引スキームとベースライン
2. ERAB普及拡大の方向性とポテンシャル
3. アグリゲーターの課題整理
4. サイバーセキュリティ対策と教育プログラム

## アグリゲーションビジネスにかかる事業者の見解・課題意識等

- 第15回 制御量評価ワーキンググループを通じて、それぞれ異なる事業モデルを展開する国内のアグリゲーター3社よりアグリゲーションビジネスにかかる見解・課題意識等を聴取した。



出所) 第15回 制御量評価ワーキンググループ「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.15)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/seigyoryo\\_hyoka\\_wg/pdf/015\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/seigyoryo_hyoka_wg/pdf/015_03_00.pdf)

## 需要側の発電設備や負荷設備を活用するアグリゲーターにとっての課題

- 株式会社ローソンのコメントを踏まえれば、各市場への参入にあたっての課題は以下の通り。

市場		課題
1. 各市場共通		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 需要家側リソースは、受電点以下の需要家負荷変動に左右され、受電点で基準値に合わせる事が難しい。</li> <li>● オンサイトのPV等を併設するリソースでは、基準値および制御の精度向上にPV等の変動を考慮しなければならず制御が難しい。</li> </ul>
個別	2. 需給調整市場	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 三次調整力②のリソース事前審査における5分単位でのリソースの全点計測が難しい。</li> <li>● 応札を予定しているリソースの<math>\Delta kW</math>の<math>\pm 10\%</math>変動の遵守が難しい。</li> <li>● 需要家側リソースを使用する場合、3時間ブロック区切りでの入札は難しい。</li> <li>● 三次調整力②のリソース事前審査において、需要家リスト審査に時間を要する結果、需要家とのコミュニケーションに基づく機敏な経営を行うことが出来ない。</li> </ul>
	3. 容量市場	—
	4. 調整力公募	—
	5. 卸電力市場	—
	6. 非化石市場	—
7. その他		—

出所) 第15回 制御量評価ワーキンググループ 株式会社ローソン発表を踏まえ、三菱総研作成

## 再生可能エネルギーを活用するアグリゲーターにとっての課題

- 株式会社ディー・エヌ・エーのコメントを踏まえれば、各市場への参入にあたっての課題は以下の通り。

市場		課題
1. 各市場共通		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 発電側リソースへの日一電以外のアクセスが限定的。</li> <li>● インバランス精算単位である発電BG外の電源によるインバランス調整や、需要家側リソースによるインバランス調整の扱いが明確に定められていない。</li> </ul>
個別	2. 需給調整市場	—
	3. 容量市場	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 需要家側リソースは4年前の入札タイミングで容量確保が難しく、1年前に追加オークションの開催が望まれる。</li> </ul>
	4. 調整力公募	—
	5. 卸電力市場	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 時間前市場の厚みが足りず、予測誤差が把握できても、それを解消する取引ができない。</li> </ul>
	6. 非化石市場	—
7. その他		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 価格競争力の高い需要家側リソースの開発が必要。</li> </ul>

## 蓄電設備を活用するアグリゲーターにとっての課題

- 住友商事株式会社のコメントを踏まえれば、各市場への参入にあたっての課題は以下の通り。

市場		課題
1. 各市場共通		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 長期運用の前例が殆どない蓄電事業の投資回収の予見が難しく投資判断が困難。</li> <li>● 系統に単独で接続する蓄電事業の電気事業法上の位置づけが明確でない。</li> <li>● 蓄電池運用の柔軟性を活かすために、GCの直前まで、応札する商品（需給調整・時間前市場等）を選択できる制度が望ましい。</li> </ul>
個別	2. 需給調整市場	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 蓄電池の瞬動性や追従性といった特性を公正かつ最大限に評価する制度が必要。（ただし、長時間の調整力価値の維持も必要。）</li> <li>● 蓄電池の立上げの柔軟性や出力の双方向性（上げ・下げ）を評価する制度が必要。</li> </ul>
	3. 容量市場	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 系統に直結する大型蓄電設備は揚水と同様の計画的な運用が可能だが、安定電源という扱いになっていない。</li> <li>● 需給調整市場への参入課題が整理され次第事業に取り組むことになるため、追加オークションの開催が望まれる。</li> </ul>
	4. 調整力公募	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 7～12時間の継続時間要件があるために蓄電池は参入が困難。</li> </ul>
	5. 卸電力市場	—
	6. 非化石市場	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 火力調整力の代替手段となりえる蓄電池の環境価値が考慮されていない。</li> </ul>
	7. その他	—

出所) 第15回 制御量評価ワーキンググループ 住友商事株式会社発表を踏まえ、三菱総研作成

## 事業者の見解等を踏まえたアグリゲーションビジネスにかかる主な課題・要望

- 事業者から挙げられたコメントも踏まえて、各市場への参入にあたっての課題を整理するとは以下の通り。

市場	課題	課題			
		①需要側の 発電設備や 負荷設備	②再生可能 エネルギー	③蓄電設備	
需給調整市場	三次② ※三次①も、審査要件等は異なるが同様の課題	① 需要家リスト・パターン登録方法の多様化・柔軟化	○		
		② 商品ブロック継続時間（3時間）の多様化・柔軟化	○	○	○
		③ 事前審査要件の一部見直し（5分単位の応動実績が、応札を予定している $\Delta kW$ の $\pm 10\%$ の許容範囲に収まること）	○	○	○
	一次・二次	① 系統用大型蓄電池の充放電機能を活用した市場参加			○
		② 海外事例や実証事業等での技術的検証を踏まえた上で、家庭用蓄電池等の低圧分散型リソースの逆潮流アグリゲーションの参入	○		
		③ 分散型リソースの中給との接続方法の整理	○	○	○
	全般	① 高圧逆潮流アグリゲーションの参入（電源 I'への参入後の検討）	○		

出所) 第15回 制御量評価ワーキンググループでの議論等を踏まえ、三菱総研作成

## 事業者の見解等を踏まえたアグリゲーションビジネスにかかる主な課題・要望

- 事業者から挙げられたコメントも踏まえて、各市場への参入にあたっての課題を整理するとは以下の通り。

市場	課題	課題		
		①需要側の 発電設備や 負荷設備	②再生可能 エネルギー	③蓄電設備
容量市場	発動指令電源へのアグリゲーターの参入促進	○	○	○
調整力公募	電源 I 'への高圧逆潮流アグリゲーションの参入（2022年度から参入可能となる予定）	○		
卸電力市場	再エネアグリゲーションの促進等に向けた時間前市場の活性化	○	○	○
非化石市場	アグリゲーションされたFIP電源の非化石価値の取り扱い	○	○	○
その他全般	① アグリゲーターライセンスの要件及び規律の明確化	○	○	○
	② FIP電源と他の電源等で同一BGを組むことの許容	○	○	○
	③ FITからFIPへの移行の許容	○	○	○
	④ 大規模蓄電事業の電気事業法、託送約款等における位置づけの明確化			○
	⑤ 機器個別計量の適用拡大	○	○	○

出所) 第15回 制御量評価ワーキンググループでの議論等を踏まえ、三菱総研作成

---

## I . ERAB に関する制度及びビジネスモデルの構築に向けた検討

---

1. 上げDRの取引類型、上げDRの取引スキームとベースライン
2. ERAB普及拡大の方向性とポテンシャル
3. アグリゲーターの課題整理
4. サイバーセキュリティ対策と教育プログラム

## ERABサイバーセキュリティガイドラインに関する対策例の整理

- ERAB事業者は、2019年12月に公開された「ERABサイバーセキュリティガイドラインVer2.0」の記載項目を踏まえた上で、実運用に耐える詳細対策要件を策定することが求められる。
- 他方、2019年度のサイバーセキュリティWGにおける議論やパブリックコメントでは、事業者によりガイドラインの理解が異なることから、詳細対策要件にて定める対策も事業者によって異なる可能性があるとの懸念や、具体例の提示の要望等が示された。
- 対策実装例の開発を行うにあたり、各ERAB事業者におけるセキュリティリスクの確認のために、ERABシステムにおけるリスク分析を実施することが重要となる（ガイドライン3.6項のStep3およびStep4に該当）。本事業の中では、経済産業省の「サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク（CPSF）」を参照の上、ERABシステムにおける三層構造の標準ユースケースに基づくリスク分析を実施した。それを踏まえて、リスク分析にて抽出されたリスク影響度の評価を実施することとした。

### ERABサイバーセキュリティガイドラインVer2.0より抜粋

#### 3.6. ERABシステムにおけるサイバーセキュリティ対策

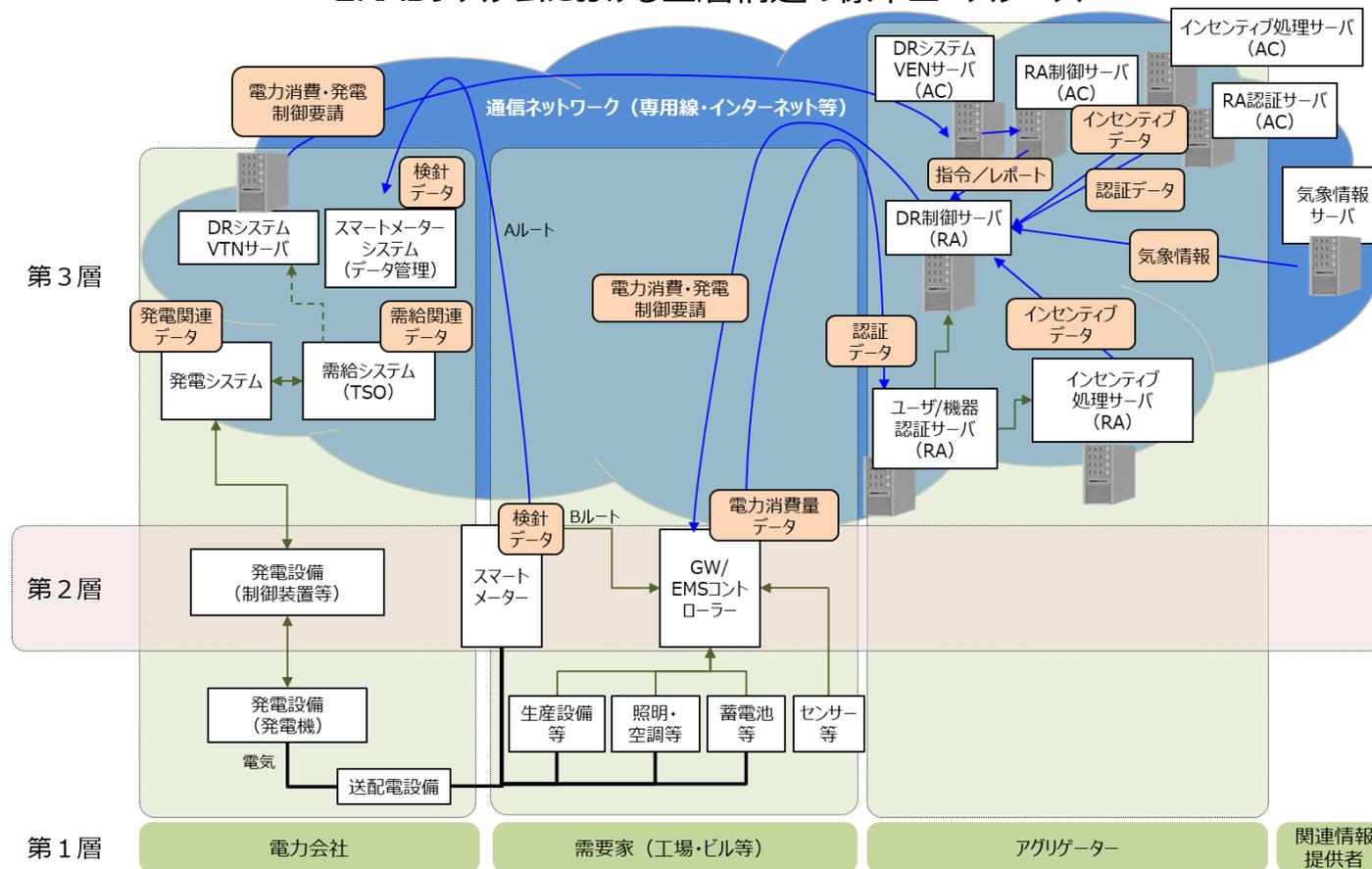
【勧告】ERABに参画する各事業者は、ERABシステムでは、以下の手順を踏むこと

Step1	対象とするIoT製品やサービスのシステムの全体構成及び責任分界点を明確化すること
Step2	システムにおいて、保護すべき情報・機能・資産を明確化すること
<b>Step3</b>	<b>保護すべき情報・機能・資産に対して、想定される脅威を明確化すること</b>
<b>Step4</b>	<b>脅威に対抗する対策の候補（ベストプラクティス）を明確化すること</b>
Step5	どの対策を実装するか、脅威レベルや被害レベル、コスト等を考慮して選定すること
Step6	第三者による監査（認証を含む）や教育プログラム等によって勧告指定項目を中心にその実装を検証すること
Step7	事故発生時の対応方法を設計・運用及び訓練すること

# リスク分析の方法

- リスクアセスメントの実施は重要インフラに求められている。経済産業省の「サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク (CPSF)」に基づき、ERABシステムを三層構造に分解の上、事業被害と発生頻度の両面から影響が大きいリスクを抽出した。

ERABシステムにおける三層構造の標準ユースケース



出所) 第13回 エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会「資料4-1 ERABサイバーセキュリティガイドラインの対策例等の策定」資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.26)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/pdf/013\\_04\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/pdf/013_04_01.pdf)

# リスク分析結果

- リスク分析の結果において影響が大きいと判断されたリスクへの対策に関しては、事業者がCPSFに収録されている対策要件と対策例をベストプラクティスとして参照し、詳細対策要件として設計・実施できるように整理した。
- 整理結果は、第13回ERAB検討会資料4-2として公開している。

## リスク分析結果（抜粋）

対策要件に応じたセキュリティ対策例

資料 4 - 2

※ 画面上にて記載した対策要件を実施する場合、対策の一例を High-Advanced/Advanced/Basic のレベル別に記載している。High-Advanced の対策例を実施する場合は、High-Advanced だけでなく、Advanced 及び Basic に分類されたセキュリティ対策例もカバーしておく必要がある。

※ 本項に記載している対策例のレベルは、既存の標準におけるレベル別に階層化された管理規程をベースに、対策を導入・適用する際のコスト、対策の対象とするスコープ（例：自組織内のみでの適用か、関連する他組織を巻き込んだ適用か）等により整理している。

※ 対策例の実装に際し、主体となる要素を、O「組織」、S「システム」、O/S「システム及び組織」の3つに分類して提示する。

※ 対策例の記載に当たっては、画面上にて各要件に対して割り当てた「関連標準等」に記載の文書および該当項目の一部（本表「参照ガイドライン」の1行目に示している）を参照している。

※ 本項に記載の対策例はあくまで一例を示すものであり、他の実装方法も必ず否定するものではない。本資料は、各組織の事業の特性やリスク分析の結果等に応じて、リスク対応を実施する際に参考とされたい。

対策要件ID	対策要件	対応する脆弱性ID	対策例	アセスメント 第一層	アセスメント 第二層	アセスメント 第三層	対策例を 実行する 主体	参照ガイドライン					
								NIST SP 800-171	NIST SP 800-53 Rev.4	ISO/IEC 27001:2013 付属書A	IEC 62443-2-1:2010	IEC 62443-3-3:2013	
CPSI.AM-1	・システムを構成するハードウェア、ソフトウェア及びその管理情報（例：名称、バージョン、ネットワークアドレス、管理者責任者、ライセンス情報）の一覧を作成し、適切に管理する。	LL1.a.COM, LL1.b.COM, LL1.c.COM, LL2.a.ORG, LL2.b.ORG, LL2.b.SYS	<p>&lt;High-Advanced&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>組織は、自組織の情報システム及び産業用制御システムを構成する資産（IT機器等を含むハードウェア、ソフトウェア、情報）を一覧で特定し、各々の資産に管理責任者を割り当てた上で、資産の構成情報（例：名称、バージョン情報、ライセンス情報、場所等）を含めて、定期的又はオペレータ等の責任者により、リアルタイムで状況を確認しながら自組織を維持・管理する。</li> <li>情報システムは、組織が定めたベースライン構成に対して、記録された実際の構成が適合しているかを定期的に監査し、例外として組織に許容されているものを除き、継続を断絶する等、適切に対応する。</li> <li>情報システム及び産業用制御システムは、許可されていない資産を自動的に検出し、管理情報から外す・システムから切り離す等を実施するメカニズムを導入・運用している。</li> <li>関連する対策要件に、CPSI.CH-6がある。</li> </ul> <p>[参考] 重要度の抽出方法は、「中小企業の情報セキュリティ対策ガイドライン 第3版」（IPA, 2019年）のP44～P46に記載された情報の機密性、完全性、可用性に関する評価を用いる方法や、「制御システムセキュリティリスク分析ガイド 第2版」（IPA, 2018年）のP21に記載された事業継続のリスク評価に関する評価を用いる方法がある。</p> <p>&lt;Advanced&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>資産の構成情報（例：名称、バージョン情報、ライセンス情報、場所等）を含めて、自組織定期的にレビュー・更新することで維持・管理する。</li> <li>組織は、情報システム及び産業用制御システムで利用可能な取り出し可能なメディア（例：USBメモリ）を一覧化し、使用を管理する。</li> <li>組織は、組織内で規定された取り出し可能なメディア（例：USBメモリ）のみを利用し、許可可能な用途以外に使用しないこと。このようなデバイスの使用を禁止する。</li> <li>組織は、機密性の高いデータを含むメディアへのアクセスを制限し、管理エリアの外側へ持ち出しているメディアの利用状況を適切に監視し、管理する。</li> </ul> <p>&lt;Basic&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>組織は、自組織の情報システム及び産業用制御システムを構成する資産（ハードウェア、ソフトウェア、情報）を特定し、各々の資産に管理責任者を割り当てた上で、自組織として一覧を文書化する。</li> <li>資産は保持するものすべてを一覧化することが望ましいが、対象が膨大な場合、分析対象の範囲（グループ化）と分析対象からの除外を通じて、対象とする資産を絞り込むことを検討する。</li> <li>組織は、洗い出した資産を、自組織の事業継続における重要度に応じて優先順位づけする。</li> </ul> <p>[参考] 資産目録（情報資産管理計画）の作成に当たっては、「中小企業の情報セキュリティ対策ガイドライン 第3版」（IPA, 2019年）のP47を参照することが可能である。また、対象の範囲込みに関する詳細な説明は、「制御システムセキュリティリスク分析ガイド 第2版」（IPA, 2018年）における1.1.1.「資産目録の作成」を参照すること。</p>	○	○	○	○	○	○	○	○		
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
CPSI.AM-2	・自組織が生産したモノのサプライチェーン上の重要性に応じて、トレーサビリティ確保のための特定方法を定める。	LL3.a.COM, LL3.b.COM	<p>&lt;High-Advanced&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>組織は、トレーサビリティが要求事項となっている場合には、組織はアウトプット（製品）について一連の活動を管理し、トレーサビリティを可能とするために必要な文書化した情報を保持する。</li> <li>組織は、モノを一貫して識別できるような方法を検討する際、異業種間でも活用するよう業種横断的な共通ナラン（ラン）ルール等に基づいていることが望ましい。</li> </ul> <p>[参考] ISO9001:2015-8.5.2 識別及びトレーサビリティ</p> <p>&lt;Advanced&gt;-&lt;Basic&gt;-共通</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>組織は、下流へ送付する観点から、自組織が提供するモノを種類別・使用用途別に分ける。</li> <li>モノの品質等に何かしらの問題が発生された際のサプライチェーンにおける影響範囲の広さ</li> <li>モノの品質等に何かしらの問題が発生された際の自組織の事業に対する影響の大きさ</li> <li>自組織が生産したモノのサプライチェーン上の重要性に応じて、組織は、ナンバーを付与する等アウトプットを識別するために適切な特定方法（例：シリアルナンバーの付与）を定める。</li> <li>組織は、製品及びサービスを提供する際に、組織が定める情報（例：製品・顧客納入様まで）において、当該製品・サービスにおいて法令、契約等で求められている事項に準拠して、アウトプットである製品・サービスに状態を記録する。</li> </ul>	○	○	○	○	○	○	○			
				○	○	○	○	○	○	○	○		
				○	○	○	○	○	○	○	○	○	
CPSI.AM-3	・重要性に応じて、生産日時やその状態等について記録を作成し、一定期間保存するために生産活動に関する内部規則を策定し、運用する。	LL3.a.COM, LL3.b.COM	<p>&lt;High-Advanced&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生産活動に関する内部規則を策定するとともに、生産したモノの記録については、その重要性に応じて、後日監査を受ける可能性があることを踏まえ、取扱いの観点からあらかじめ重要性について記録を共有し、適切な記録管理レベルを確保する。</li> <li>作成され、管理される生産活動の記録は、生産日時やモノの分類（例：製品名）等で高早く検索できるよう構成されていることが望ましい。</li> </ul> <p>&lt;Advanced&gt;-&lt;Basic&gt;-共通</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生産したモノのサプライチェーン上の重要性に応じて、生産日時やその状態等について記録を作成し、一定期間保存するための生産活動に内部規則を策定し、運用する。</li> <li>組織は、上記の記録を作成、あるいは更新する際、以下の事項を考慮する。</li> <li>適切な識別及び記述（例：タイトル、日付、作成者、参照番号）とすること</li> <li>適切な形式（例：言語、ソフトウェアの版、図表）及び媒体（例：紙、電子媒体）とすること</li> <li>適切性及び可用性に関する、適切なレビュー及び承認を確保すること</li> </ul>	○	○	○	○	○	○	○			
				○	○	○	○	○	○	○	○		
				○	○	○	○	○	○	○	○		

出所) 第13回 ERAB検討会「資料4-2 対策要件に応じたセキュリティ対策例」資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.12)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/pdf/013\\_04\\_02.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/pdf/013_04_02.pdf)

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（1/12）

- リスクの存在する層と推奨される対策の例が参照できることを目的とし、ERABサイバーセキュリティガイドラインの勧告事項・推奨事項とCPSFに収録される対策要件・対策例との対応付けを実施した。
- ERAB事業者においては、自社のシステム構成や対策を導入・運用する際、CPSFが定める対策要件IDに紐づく対策例をベストプラクティスとして参照し、対策を講じることが望まれる。
- 詳細な対応表については、第13回ERAB検討会資料4-3\*として公開しているが、本報告書にはCPSFにおける対策要件IDについて記載する。

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける主な対策要件ID
3.2. ERAB システムが留意すべき基本方針	《勧告》ERAB に参画する各事業者は、脆弱性対策情報の利用者への通知を行うこと。	CPS.AE-4 CPS.RP-2 CPS.CO-1
	《勧告》ERAB に参画する各事業者は、脆弱性対策情報・脅威情報の共有の取組について定め、それについて協力すること。	CPS.AE-4 CPS.RP-2
	《推奨》ERAB システムは、そのシステムが取り扱うハードウェアとそのハードウェアが保有するデータの機密性、完全性、可用性の3要件に留意したシステム設計を行うこと。	CPS.GV-3

\*第13回 ERAB検討会「資料4-3 ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応表」資源エネルギー庁、（閲覧日：2021.3.12）  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/pdf/013\\_04\\_03.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/pdf/013_04_03.pdf)

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（2/12）

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける主な対策要件ID
3.3. ERAB システムが想定すべき脅威	<p>《推奨》ERAB システムは、以下の観点を前提として対策の検討を進めること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ERABシステムは、以下の観点を前提として対策の検討を進めること。</li> <li>• 標的型攻撃を想定すること。</li> <li>• インシデント検知のためにシステムのログを取得すること。</li> <li>• 閉域網だから安全であるという考えに立脚しないこと。</li> <li>• セキュリティ対策については、安全な状態が完全に達成されることはなく、継続的に対策を改善すること。</li> </ul>	<p>CPS.AM-1 CPS.IP-1 CPS.CM-1, 3, 6 CPS.DS-9, 10 CPS.DP-1, 3, 4</p>
	<p>《推奨》インターフェース R5 の機器としては、エネルギー機器に加えてセンサが想定される。（中略）その脅威に対応するため、ERABシステムのセキュリティはIoTシステムとしてのセキュリティを求められる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 攻撃者がネットワークを介してGWを超えて、BEMS・HEMSコントローラ、エンドポイントに位置する機器やセンサに不正データを送信し、誤作動、機能を停止、データ取得を不可能にさせる。</li> <li>• エンドポイントに位置するエネルギー機器やセンサの内部データ改ざんや盗難が発生する。</li> <li>• エネルギー機器やセンサの不正改造により、誤作動、機能を停止させる。</li> <li>• 乗っ取ったセンサやエネルギー機器からERABシステムを構成するサーバーへのデータ送信により処理負荷を増加させ、その結果としてERABサービス全体を停止させる。</li> <li>• 攻撃者がエネルギー機器やセンサを乗っ取り、GW経由の外部システムへのDoS攻撃へ加担させる。</li> <li>• 設備の破壊や停止の結果として、ERABサービスの停止、人命に関わる動作が誘発される。</li> </ul>	<p>CPS.AM-1, 6 CPS.GV-3 CPS.IP-1, 5, 6 CPS.SC-2, 3, 4, 6, 7, 8 CPS.AC-1, 2, 3 CPS.DS-9 CPS.CM-1, 2, 6 CPS.DS-13, 15</p>
3.4. ERAB システムが維持すべきサービスレベル	<p>《勧告》ERAB システムにおいては、送配電事業者の簡易指令システムとアグリゲーションコーディネーターが保有するシステムは、相互接続が行われる。サイバー攻撃等の影響が系統ネットワークに拡散するリスク管理に留意すること。（以下略）</p>	<p>CPS.DS-9 CPS.SC-3</p>

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（3/12）

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける主な対策要件ID
3.5. ERAB システムにおけるシステム重要度の分類	<p>《勧告》本ガイドラインにおいて、システム重要度の定義は、電力制御システムセキュリティガイドラインに基づき、以下に定めるところによる。</p> <p>「重要度A」とは、電力の安定供給等に与える影響が比較的大きいと考えられるシステムをいう。</p> <p>「重要度B」とは、電力の安定供給等に与える影響が限定的なシステムをいう。</p>	-
3.6. ERAB システムにおけるサイバーセキュリティ対策	<p>《勧告》ERAB に参画する各事業者は、ERAB システムでは、以下の手順を踏むこと。</p> <p>Step1：対象とする IoT 製品やサービスのシステムの全体構成及び責任分界点を明確化すること。</p>	CPS.AM-1, 5 CPS.SC-1 CPS.SC-4 CPS.RM-2 CPS.DS-13
	Step2：システムにおいて、保護すべき情報・機能・資産を明確化すること。	CPS.AM-1, 5 CPS.RA-5 CPS.RM-2
	Step3：保護すべき情報・機能・資産に対して、想定される脅威を明確化すること。	CPS.RA-5, 6 CPS.RM-2
	Step4：脅威に対抗する対策の候補（ベストプラクティス）を明確化すること。	CPS.RA-5, 6 CPS.RM-2
	Step5：どの対策を実装するか、脅威レベルや被害レベル、コスト等を考慮して選定すること。	CPS.RA-6 CPS.RM-2
	Step6：第三者による監査（認証を含む）や教育プログラム等によって勧告指定項目を中心にその実装を検証すること。	CPS.AT-1, 2, 3 CPS.SC-6
	Step7：事故発生時の対応方法を設計・運用及び訓練すること。	CPS.RP- 1, 2, 3 CPS.CO- 1, 2, 3

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（4/12）

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける主な対策要件ID
3.6. ERAB システムにおけるサイバーセキュリティ対策	《勧告》ERAB に参画する各事業者は、相互接続相手に本ガイドラインの勧告内容の実装が確認できない場合には、ERAB システム全体のセキュリティ被害を最小化することを目的として、該当するシステム間での相互接続を速やかに中止すること。【相互接続の中止】	CPS.DS-9 CPS.SC-3
	《勧告》悪意を持った攻撃者によってなりすましが行われ、意図しない指令が発令されることにより、需要家側のエネルギー機器が不正に制御される脅威・リスクや、制御不能となる脅威・リスクを想定し、対策を取ること。【なりすまし対策】	CPS.AC-1, 3, 4, 8 CPS.AC-9
	《勧告》通信機器や通信路が、悪意を持った攻撃者によって盗聴・中間者攻撃され、情報が改ざんされることにより、需要家側のエネルギー機器が不正に制御される脅威・リスクを想定し、対策を取ること。【データ等の改ざん対策】	CPS.CM-3,4 CPS.SC-4 CPS.DS-15
	《勧告》システムには脆弱性に対処するセキュリティパッチを適用するとともに、システムを構成する機器や外部記憶媒体等へのマルウェア対策を行うこと。（中略）システムを構成する機器や外部記憶媒体、取り扱うデータを把握し、適切に管理及び保護すること。【マルウェアへの対策】	CPS.AM-1 CPS.IP-1,2 CPS.DS-9 CPS.CM-6

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（5/12）

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける主な対策要件ID
3.6.1. アグリゲーションコーディネーターのシステム及び R1	<p>（事業者とその保有するシステムの対策）</p> <p>《勧告》アグリゲーションコーディネーターは、送配電事業者との間で調整力契約を締結するにあたり、自身に加え、リソースアグリゲーターのセキュリティを含むサービス品質を確保し、送配電事業者に対して責任を持つこと。</p>	CPS.SC-3, 7, 8
	<p>《勧告》アグリゲーションコーディネーターの簡易指令システムとの直接的な接続部は、「電力制御システムセキュリティガイドライン」、「電力制御システムセキュリティガイドライン」と「本ガイドライン」に基づき簡易指令システムを運用する送配電事業者が別途定める相互接続に関するセキュリティ要求事項に、準拠すること。</p>	CPS.GV-2, 3
	<p>（インターフェースの対策）</p> <p>《勧告》外部システムとの相互接続点において認証、通信メッセージは暗号化により保護すること。</p>	CPS.AC-3, 4, 6, 9 CPS.DS-2, 3, 4, 5
	<p>《勧告》アグリゲーションコーディネーターの簡易指令システムとの直接的な接続部は、不特定多数がアクセスできるネットワークと原則分離すること。</p>	CPS.DS-9
	<p>《勧告》アグリゲーションコーディネーターの簡易指令システムとの直接的な接続部は、他ネットワークとの接続点は最小化し、接続点に防御措置を講ずること。</p>	CPS.DS-9
3.6.2. R2	<p>（インターフェースの対策）</p> <p>《勧告》外部システムとの相互接続点において認証、通信メッセージは暗号化により保護すること。</p>	CPS.AC-3, 4, 6, 9 CPS.DS-2, 3, 4, 5
	<p>《勧告》アグリゲーションコーディネーターまたはリソースアグリゲーターが小売電気事業者のシステムと接続する場合には、小売電気事業者に対して、小売電気事業者の保有するシステムを本ガイドラインに準拠することを求めること。また、当該事業者に対して、本ガイドラインに基づき、別途要件を定義したセキュリティ対策を構築しそれに準拠することを求めること。</p>	CPS.DP-2 CPS.AT-1 CPS.GV-2
3.6.3. リソースアグリゲーターのシステム及び R3	<p>（事業者とその保有するシステムの対策）</p> <p>《勧告》リソースアグリゲーターとその保有するシステムは、アグリゲーションコーディネーターと接続する場合において、本ガイドラインへ準拠することが必須とされることに加え、本ガイドラインに基づきアグリゲーションコーディネーターが別途要件を定義したセキュリティ対策に準拠すること。</p>	CPS.GV-2, 3
	<p>（インターフェースの対策）</p> <p>《勧告》外部システムとの相互接続点において認証、通信メッセージは暗号化により保護すること。</p>	CPS.AC-3, 4, 6, 9 CPS.DS-2, 3, 4, 5

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（6/12）

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける主な対策要件ID
3.6.4. R4	<p>（事業者とその保有するシステムの対策）</p> <p>《勧告》リソースアグリゲーターの制御対象の機器またはBEMS・HEMS等エネルギーマネジメントシステムは、アグリゲーションコーディネーターと接続する場合において、本ガイドラインに準拠することが必須とされることに加え、本ガイドラインに基づきアグリゲーションコーディネーターが別途要件を定義したセキュリティ対策に準拠すること。</p> <p>※本ガイドラインは、リソースアグリゲーター、BEMS・HEMS等のサーバーとGW間の通信路として、公衆網が使われる場合を前提としている。なお、エンドツーエンドで伝送路の安全性・信頼性が確保されているネットワークが使われる場合には、セキュリティ担保を条件に、対策の強度に関して事業者に一定の裁量を認めうるものと考えられる。</p>	CPS.GV-2,3
	<p>（インターフェースの対策）</p> <p>《勧告》外部システムとの相互接続点において認証、通信メッセージは暗号化により保護すること。</p>	CPS.AC-3, 4, 6, 9 CPS.DS-2, 3, 4, 5
3.6.5. R5	<p>【推奨】（事業者とその保有するシステムの対策）</p> <p>ERAB制御対象のエネルギー機器、センサには、リソース制約がある機器が存在し、セキュリティ機能の追加・更新が困難な既設の設備等も含まれる。「IoT開発におけるセキュリティ設計の手引き」、「製品分野別セキュリティガイドラインIoT-GW編」等を参照した対策をとること。</p>	CPS.AM-1, 6 CPS.GV-3 CPS.IP-1, 5, 6 CPS.SC-2, 3, 4, 6, 7, 8 CPS.AC-1, 2, 3 CPS.DS-9 CPS.CM-1, 2, 6 CPS.DS-13, 15
	<p>（インターフェースの対策）</p> <p>《推奨》外部システムとの相互接続点において認証、通信メッセージは暗号化により保護すること。</p>	CPS.AC-3, 4, 6, 9 CPS.DS-2, 3, 4, 5
3.7. 取扱情報の差異によるERABシステムの設計	<p>《勧告》ERABに参画する各事業者は、取扱情報の差異を明確化し、その結果に見合ったシステムを設計すること。</p> <p>（以下略）</p>	CPS.IP-3

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（7/12）

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける主な対策要件ID
3.7.1. センサデータを活用したIoTサービスに近似したサービスを設計する事業者	《勧告》IoTシステムについて、範囲、対象を含めた定義を改めて明確にするとともに、IoTシステムが多岐にわたることから、リスクを踏まえたシステムの特徴に基づく分類を行い、その結果に応じた対応を明確化すること。	CPS.AM-1, 6 CPS.GV-3 CPS.IP-1, 5, 6
	《勧告》IoTシステムに係る情報の機密性、完全性及び可用性の確保並びにモノの動作に係る利用者等に対する安全確保に必要な要件を明確化すること。	CPS.SC-2, 3, 4, 6, 7, 8 CPS.AC-1, 2, 3 CPS.DS-9
	《勧告》機能保証の制定を含め、確実な動作の確保、障害発生時の迅速なサービス回復に必要な要件を明確化すること。	CPS.CM-1, 2, 6 CPS.DS-13, 15
	《勧告》その上で、接続されるモノ及び使用するネットワークに求められる安全確保水準(法令要求、慣習要求)を明確化すること。	
	《勧告》接続されるモノ及びネットワークの故障、サイバー攻撃等が発生しても機密性、完全性、可用性、安全性の各項目が確保されるとともに、障害発生時の迅速なサービス復旧を行うことを明確化すること。	
	《勧告》IoTシステムに関する責任分界点、情報の所有権に関する議論を含めたデータの取扱いの在り方を明確化すること。	
3.7.2. 個人情報を利用したサービス構築を設計する事業者	《勧告》保有するデータを盗聴・改ざんされるという脅威・リスクへの対策に加え、そのシステムが個人情報を扱う場合には、個人情報保護法に準拠した対策を取ること。	CPS.AM-6 CPS.GV-2, 3
	《勧告》ERABに参画する各事業者が保有する情報のうち、個人情報については、個人情報保護法において、事業者に対して、個人データの安全管理措置義務を課すことにより、個人情報の適切な管理に関するサービスレベルの維持を義務付けている。（以下略）	CPS.AM-6 CPS.GV-2, 3

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（8/12）

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける主な対策要件ID
3.8. 標準対策要件に基づく詳細対策要件の設計	《勧告》ERAB に参画する各事業者は、実運用に耐え得るべく、標準対策要件の考え方に基づき、具体的なサイバーセキュリティ対策を自らの責任で策定すること。（以下略）	CPS.AC-1, 2 CPS.AT-1 CPS.AE-1, 4, 5 CPS.AM-4, 5, 6, 7 CPS.BE-2, 3 CPS.CM-2 CPS.DS-1, 7 CPS.GV-1, 2, 4 CPS.IP-1, 3, 7, 9, 10 CPS.IM-1, 2 CPS.MI-1 CPS.RA-1, 3 CPS.RP-1, 2, 4 CPS.RM-1 CPS.SC-1, 3, 5, 6, 9, 10, 11
3.9. ガイドラインの継続的改善	《勧告》ERAB に参画する各事業者は、詳細対策要件について、定期的にその内容を点検・更新すること。	CPS.AM-6 CPS.BE-2
	《勧告》ERAB に参画する各事業者は、脆弱性が顕在化するなど早急な対策が求められる際には随時更新すること。	CPS.SC-1, 2 CPS.IP-3

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（9/12）

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける主な対策要件ID
4.1. ERABに参画する各事業者によるPDCAサイクルによる継続的なセキュリティ対策の実施	《勧告》ERABに参画する各事業者は、経営層の責任の下、自社のセキュリティ対策の現状、自社が最終的に目指すべきセキュリティ対策を明確にした上で、詳細対策要件、その実現に向けたプロセスを検討すること。	CPS.SC-2 CPS.IP-3 CPS.IM-1
	《勧告》PDCAサイクル（①セキュリティ対策の設定、②セキュリティ対策の実施、③セキュリティ対策の評価、④適切な改善策の設定・実施）によるセキュリティ対策の検証・改善を行い、ERABに参画する各事業者が自らの責任において自主的かつ継続的に更なる高みを旨とする形でセキュリティ対策を実施すること。	CPS.AT-1 CPS.AE-3 CPS.BE-2 CPS.IP-7, 9 CPS.DP-4 CPS.RA-4 CPS.RP-1 CPS.RM-1
	《勧告》セキュリティ管理責任者を任命するとともに、当該管理者間で情報共有できる体制を構築すること。	CPS.BE-2
	《勧告》事業者内や取引先等の関係者に対してセキュリティに関する役割を明確にすること。	CPS.SC-1
	《勧告》セキュリティに関連する情報を文書化し、管理すること。	CPS.RA-3 CPS.GV-1
	《勧告》セキュリティ対策の実施状況に関する報告事項を定め、適時に報告を行うこと。	CPS.AM-6 CPS.BE-2
	《勧告》適切なセキュリティ対策が行えるよう、セキュリティ教育・訓練を計画し適時に実施すること。またセキュリティ教育・訓練の効果についても確認すること。	CPS.AT-1
	《勧告》ERABに参画する各事業者は、セキュリティ管理を推進し、セキュリティガバナンスの構築を行う責任主体として、セキュリティ管理責任組織を設置し、当該組織の管理下にてPDCAサイクルを回すことができる運用・管理体制を構築すること。	CPS.SC-2 CPS.IP-3
	《勧告》セキュリティ対策の実施には上限がないため、対策の検討に際しては、実施に要するコストも勘案しつつ、過剰な投資を行うことなく必要十分な範囲で対策を講ずること。	CPS.SC-2 CPS.IP-3

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（10/12）

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける主な対策要件ID
4.1.1. ERAB に参画する各事業者におけるセキュリティ対策の設定・実施	《勧告》ERAB に参画する各事業者は、本ガイドラインに記載された要求事項にとどまらず、自社の ERAB システムが満たすべき対策を適切に設定すること。	CPS.CO-3 CPS.RM-1 CPS.SC-2 CPS.IP-3
4.1.2. ERAB に参画する各事業者におけるセキュリティ対策の検証・改善	《勧告》ERAB に参画する各事業者は、セキュリティ対策を踏まえた ERAB システムの構築、セキュリティ対策の実施状況の評価、改善を図ること。	CPS.SC-2 CPS.IP-3
4.1.3. ERAB に参画する各事業者におけるセキュリティ対策の第三者認証	《推奨》ERAB に参画する各事業者は、セキュリティ対策について一定以上の品質が担保された内部監査等を受けること。（以下略）	CPS.SC-6 CPS.AC-1, 3

## ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け（11/12）

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける対策要件ID
4.1.4. 各事業者における監視・対応体制等	《勧告》ERAB に参画する各事業者は、事業者、システムの構築メーカー、事業者間の調整を担う機関、脆弱性関連情報の分析等を担う機関の間において、脆弱性関連情報を共有・管理すること。	CPS.AE-4 CPS.RP-2 CPS.CO-1
	《勧告》PDCA サイクルを回すことができる運用・管理体制を構築することを前提としつつ、システムの状況の監視やインシデントへの対応が可能な体制を構築すること。	CPS.AE-3 CPS.BE-2 CPS.CM-1, 5, 6 CPS.DP-2, 3, 4 CPS.IP-7 CPS.RA-2, 4 CPS.RM-1
	《勧告》インシデント発生時の被害を考慮し、そのインシデントがより大規模な事故に発展しないよう、その異常を最小限にとどめるための対応及び対応体制の構築をすること。	CPS.IP-10 CPS.CO-2

# ERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応付け (12/12)

節・項番号	ERABサイバーセキュリティガイドラインにおける対策要件	CPSFにおける対策要件ID
4.1.4. 各事業者における監視・対応体制等 (つづき)	《勧告》インシデントの対応について、単に体制を構築するのではなく、事故が実際に生じ得ることを前提とした上で、実際に対応を行えるよう有事の際の対応計画を策定すること。	CPS.RP-1, 2, 3 CPS.CO-1, 2, 3
	《勧告》有事の際の対応計画に基づいた訓練を継続的に実施すること。	CPS.BE-3 CPS.AT-1, 2
	《推奨》システムの状況の監視については、システムの異常の予兆を検知するとともに異常の発生時にその要因を特定できるようにするため、収集すべきログを選別し、恒常的にその分析を行うこと。	CPS.CM-2, 5, 6, 7 CPS.CO-2, 3 CPS.RA-2 CPS.DS-6 CPS.MA-1, 2 CPS.PT-1 CPS.DP-1
	《勧告》システムに関連する施設や施設内に設置されるシステムについて、保護対象となるセキュリティ区画を明確にし、適切に保護するとともに、許可された者だけがアクセスできるよう入退管理を行うこと。システム調達時にはセキュリティ仕様を明確にし、設計・製造時等にその準拠性を確認するとともに、仕様変更時にはセキュリティ対策の再構築を行うこと。	CPS.AC-2

## トレーニングプログラム開発の支援

- ERAB事業者は、適切なサイバーセキュリティ対策が行えるよう、「ERABサイバーセキュリティガイドラインVer2.0」3.6項のStep1からStep7のプロセスに基づき、アセスメント結果を実施の上、各事業者の有する事業及びシステム特性を考慮したセキュリティ設計、教育プログラム等を計画し実施することが求められている。
- 現時点では、各事業者が独自にセキュリティ教育・訓練を実施することは困難であると考えられることから、ERABの取引の実態に則したユースケースを整理し、IPAによるERAB事業者向けのサイバーセキュリティトレーニングプログラム開発を支援した。
- 具体的には、標準ユースケースやERABセキュリティガイドラインとCPSFの対応表等が、トレーニングプログラムの中で教育資料として使用された。

### ERABサイバーセキュリティガイドラインVer2.0より抜粋

#### 3.6. ERABシステムにおけるサイバーセキュリティ対策

【勧告】ERABに参画する各事業者は、ERABシステムでは、以下の手順を踏むこと

Step1	対象とするIoT製品やサービスのシステムの全体構成及び責任分界点を明確化すること
Step2	システムにおいて、保護すべき情報・機能・資産を明確化すること
Step3	保護すべき情報・機能・資産に対して、想定される脅威を明確化すること
Step4	脅威に対抗する対策の候補（ベストプラクティス）を明確化すること
Step5	どの対策を実装するか、脅威レベルや被害レベル、コスト等を考慮して選定すること
<b>Step6</b>	<b>第三者による監査（認証を含む）や教育プログラム等によって勧告指定項目を中心にその実装を検証すること</b>
<b>Step7</b>	<b>事故発生時の対応方法を設計・運用及び訓練すること</b>

---

## Ⅱ． ERAB の構築に向けた海外市場調査

---

1. 上げDRの海外事例
2. 低圧逆潮流アグリゲーションの海外事例
3. 英国におけるアグリゲーション事業者、制度の動向、サイバーセキュリティの取り組み
4. 海外におけるDER関連のロードマップ

## Ⅱ. ERAB の構築に向けた海外市場調査 – 検討項目 –

- ERAB の構築に向けた海外市場調査に関して、以下の1～4の項目について検討を行った。

1. 上げDRの海外事例	<ul style="list-style-type: none"><li>• 諸外国における上げDRの市場、実証の取組概要</li><li>• 諸外国における上げDRの市場、実証の参加要件</li></ul>
2. 低圧逆潮流アグリゲーションの海外事例	<ul style="list-style-type: none"><li>• ユースケース</li><li>• 計量方法</li><li>• 機器認証の方法</li><li>• ベースライン設定</li><li>• 低圧アグリゲーションの現況と課題</li></ul>
3. 英国におけるアグリゲーション事業者、制度の動向、サイバーセキュリティの取り組み	<ul style="list-style-type: none"><li>• 主要事業者であるFlexitricityの概要</li><li>• Virtual Lead Party制度の概要</li><li>• 英国におけるサイバーセキュリティに関する取り組み</li></ul>
4. 海外におけるDER関連のロードマップ	<ul style="list-style-type: none"><li>• 英国、米国、豪州における既存のロードマップの内容</li></ul>

---

## Ⅱ． ERAB の構築に向けた海外市場調査

---

1. 上げDRの海外事例
2. 低圧逆潮流アグリゲーションの海外事例
3. 英国におけるアグリゲーション事業者、制度の動向、サイバーセキュリティの取り組み
4. 海外におけるDER関連のロードマップ

## 海外の上げDRの取組に関する調査対象

- 諸外国で上げDRの取り組みを行う事例について、以下の4事例を対象に概要を調査した。

Demand Turn Up (英国)	<ul style="list-style-type: none"><li>● 風力等の再エネ電源の拡大に伴い、同期電源における下げ代（Footroom）を確保するために上げDRを実施</li></ul>
Optional Downward Flexibility Management (英国)	<ul style="list-style-type: none"><li>● 新型コロナウイルスの影響により夏季の需要減少が見込まれることを受け、下げ調整力の調達メニューとして上げDRを実施</li></ul>
Excess Supply Pilot (米国カリフォルニア州)	<ul style="list-style-type: none"><li>● 再エネ発電増加に伴うダックカーブが課題となる中、需要造成プログラムを持たないCAISOエリアで、ロードシフティング（需要造成と需要削減）による需給調整の可能性をパイロット事業として検証</li></ul>
Reverse Demand Response (米国アリゾナ州)	<ul style="list-style-type: none"><li>● 卸電力市場でネガティブプライスが発生するタイミングで、需要家に対して電力使用を促す指令を出すプログラムを実証</li></ul>

## 英国におけるDemand Turn Upの取り組み —概要—

- 英国では、風力等の再エネ電源の拡大に伴い、同期電源における下げ代（Footroom）の確保の必要性を強く認識。
- Footroom確保の1つの手段として、Demand Turn Up（DTU）と呼ばれる、発電余剰時に、大規模需要家や送配電ネットワークに接続した需要側設備の需要量増加または発電量抑制を行うサービスを追加。2016年より、入札による調達を試行的に開始。
- 2016～2018年まで調達が続けられてきたが、徐々に調達量が減少したことに伴い、2019年の調達は見送る方針が示された。
  - 運用者側からは、オフラインでのディスパッチ、事前予告が早いこと、少ない調達量が現行のDTU活用拡大の障壁と指摘
  - 供給者側からは、対価が少ないとの指摘

### 2016～2018年のDemand Turn Up実績概要

	平均持続時間	指令の 事前予告の 平均時間	調達容量 (MW)	発動回数	総電力量 (MWh)	平均kWh 価格* (£/MWh)	事業者数
2016	4時間20分	7時間20分 前	309	323	10,800	61.41	11
2017	5時間42分	6時間40分 前	139	162	6,430	67.53	6
2018	4時間36分	6時間6分 前	115	41	1,465	65.33	5

\* 別途kW料金（Availability payment）も存在

出所) Demand Turn Up service review 2019、National Grid ESO、（閲覧日：2021.3.12）、  
<https://www.nationalgrideso.com/sites/eso/files/documents/EXT%20Demand%20Turn%20Up%202019.pdf>  
 Demand Turn Up Webサイト、National Grid ESO、（閲覧日：2021.3.12）、<https://www.nationalgrideso.com/balancing-services/reserve-services/demand-turn?overview> より三菱総研作成

# 英国におけるDemand Turn Upの取り組み – 参加要件 –

- Demand Turn Upサービスへの参加要件および調達枠は以下の通り。
  - 容量1MWから入札に参加可能であり、アグリゲーションも認められている。
  - 応答時間や最低出力持続時間に関する条件は設けられていない。

## Demand Turn Up 参加要件

参加可能な技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>● バランシングメカニズム (BM) に参加していない大規模需要家や需要側設備 (CHP、蓄電池等すべて)</li> </ul>
最低容量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 計1MW</li> <li>● 各0.1MW以上の容量のアグリゲーションが認められる。</li> <li>● 立地による制約は設けられていない</li> </ul>
応答時間・最低出力持続時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 応答時間や最低出力持続時間に関する条件は設けられていない</li> <li>● サービス提供希望者は、入札時に上記情報をNational Gridに提出する必要</li> </ul>
指令発出方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● e-mail (及び補助的にSMS) を用いて、National Gridからサービスプロバイダーに対してサービス容量とサービス提供時間枠を連絡</li> <li>● サービスプロバイダーは、指令発出後30分以内にNational Gridに対して指令の受領を報告した上で、サービス提供を実施。</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 毎分または30分単位計測のメーターを具備</li> <li>● 固定/携帯電話またはE-mailによる連絡が可能であること</li> <li>● <b>DTUサービス提供日の7日前、14日前、21日前、28日前の同時間帯における負荷または発電 (MW) のメーター値の単純平均をベースラインとして用いる。</b></li> </ul>

## Demand Turn Up 調達枠 (2018年)

	夜間帯 (毎日)	昼間帯 (週末・銀行休日)
ベース月 (3月、9月、10月)	23:30~08:30	13:00~16:00
ピーク月 (6月、7月、8月)	23:30~09:00	13:00~16:00

### Week day



### Weekend and bank holidays



※2018年の調達期間は、2018/5/1-2017/10/28)  
上記以外の時間帯にも、必要に応じて追加の調達枠 (Optional Window) を設け、Demand Turn Up Option (DTU Option) として上げDRを提供可能

(出所) National Grid, Demand Turn Up (DTU) Interactive Guidance document and invitation to tender 2018  
National Grid, Demand Turn Up Frequently Asked Questions  
National Grid Webサイト

## 英国におけるODFMの取り組み —概要—

- 英国National Grid ESOは新型コロナウイルスの影響により夏季の需要減少が見込まれることを受け、下げ調整力の調達メニューとしてOptional Downward Flexibility Management(ODFM)を2020年5月より開始。
- 本メニューでは電源の出力抑制と需要造成を通じて、これまでのbalancingメカニズムやアンシラリーサービスの枠組みではできなかったよりタイムリーな下げ調整力の確保を目的としている。

### Optional Downward Flexibility Managementの要件

持続時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>最低3時間</li> </ul>
指令方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>発動の直前の17時にメールで通知（発動は23時以降）</li> </ul>
最低容量	<ul style="list-style-type: none"> <li>1MW以上（同種のリソースによるアグリゲーションも可）</li> </ul>
対象リソース	<ul style="list-style-type: none"> <li>再エネ電源を含む電源の出力抑制</li> <li>需要造成</li> </ul>
制御の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>出力抑制の場合、出力をゼロとし続けることを要件とする</li> <li>需要造成の場合、ベースラインに対して事前に登録された容量以上の需要を造成し続けることを要件とする <b><u>（ベースラインは発動対象時間1時間前の平均需要）</u></b></li> <li>発動時間中に上記の制御条件から外れた場合は制御失敗と見なす</li> <li>制御に成功した30分コマについて事前に登録したkW価格（£/MW/hr）を支払う</li> </ul>
実施期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>5月～8月を想定</li> <li>週末または月曜日の23時～7時を原則とするが、需要の減少に対して太陽光/風力発電の発電量が多くなることが見込まれる場合は、すべての日の23時～16時半とすることを検討</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>他サービスとの同時利用は不可</li> </ul>

（出所） National Grid ESO, Optional Downward Flexibility Management Guidance / Service Terms

出所) 第14回 制御量評価ワーキンググループ「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.12)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/seigyoryo\\_hyoka\\_wg/pdf/014\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/seigyoryo_hyoka_wg/pdf/014_03_00.pdf)

## 英国におけるODFMの取り組み –取引結果例–

- ODFMの参加者は金曜23時に開始する翌1週間の取引日程に向けて、前週の水曜日15時までにkW価格（£/MW/hr）、制御容量等の各種情報をNational Grid ESOに提出する。
- National Grid ESOは登録された価格をベースに、システム制約上の問題の有無や出力の変更に要する時間、そのための追加コストも加味して採択するリソースを決定する。
- 2020/5/10の事例では風力の出力抑制がほとんどを占め、一部が需要造成での採択である。

### ODFMの取引結果（2020/5/10向けの採択リソース）

参加者	価格（£/MW/hr）	登録容量（MW）	種類	所管DNO
innogy Renewables UK Limited	80	32.8	風力	NPG Yorkshire
Kiwi Power Limited	35	14	需要造成	WPD South West
ScottishPower Renewables	81.72	29.75	風力	Scottish Hydro
ScottishPower Renewables	81.72	16	風力	Electricity North West
ScottishPower Renewables	81.72	29.75	風力	Scottish Hydro
ScottishPower Renewables	81.72	17.2	風力	Scottish Power
ScottishPower Renewables	81.72	12	風力	Scottish Power
ScottishPower Renewables	81.72	27	風力	Scottish Power
ScottishPower Renewables	81.72	15.6	風力	Scottish Power
ScottishPower Renewables	81.72	26	風力	Scottish Power
ScottishPower Renewables	81.72	13.2	風力	Scottish Power
ScottishPower Renewables	81.72	26	風力	NPG North East
ScottishPower Renewables	81.72	12	風力	Scottish Power
ScottishPower Renewables	81.72	18.2	風力	Scottish Power
innogy Renewables UK Limited	80	34.85	風力	NPG Yorkshire
Centrica Business Solutions Optimisation UK Ltd	200	30	需要造成	UKPN London
Calder Water Community Wind Co Limited	84.5	32.2	風力	Scottish Power
Dalry Community Wind Farm Limited	84.5	24	風力	Scottish Power

出所) Optional Downward Flexibility Management Guidance Document、National Grid ESO、（閲覧日：2021.3.25）、<https://data.nationalgrideso.com/backend/dataset/812f2195-4e96-4bfd-8bf0-06c3d0126c57/resource/1b2d5573-8b91-4608-8082-d93815d970bc/download/odfm-guidance-doc-v.4-06.07.20.pdf>

Market Information Report for 10/05/20、National Grid ESP、（閲覧日：2021.3.25）、<https://data.nationalgrideso.com/backend/dataset/23ec7a9f-6220-4d1e-9099-e9195a2ed177/resource/b435a5d1-9d94-477e-bf50-b99a7693d65c/download/200510-odfm-mir.pdf> より三菱総研作成

## 米国カリフォルニアにおけるExcess Supply Pilot ー概要ー

- 再エネ発電増加に伴うダックカーブが課題となっているが、需要造成プログラムを持たないCAISOエリアで、ロードシフティング（需要造成と需要削減）による需給調整の可能性をパイロット事業として検証するもの。
- カリフォルニア公益事業委員会の認可を受けて、PG&EがOlivineにプログラム遂行を委託して実施。

### Excess Supply Pilotの概要

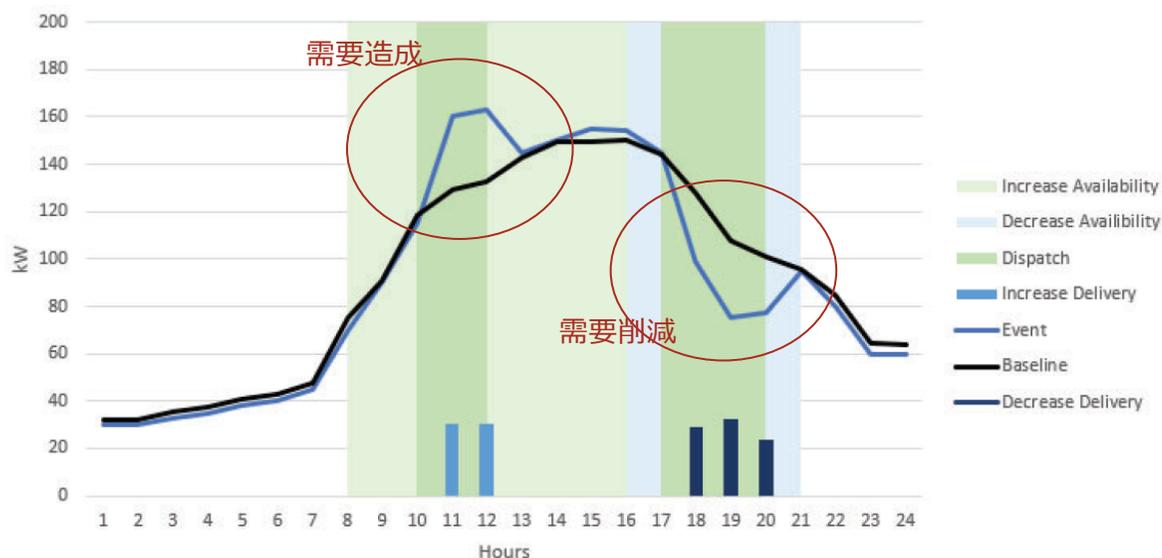
持続時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 需要造成：～2時間（8am-4pmの間で、アグリゲーターが事前に選択）</li> <li>● 需要削減：～4時間（4pm-9pmの間で、アグリゲーターが事前に選択）</li> <li>※パイロット事業のため、需要削減は任意</li> </ul>
指令方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 前日通知</li> </ul>
最低容量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 30kW以上（アグリゲーションも可）※基本的に業務・産業需要家の参加を想定</li> </ul>
対象リソース	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 需要造成</li> </ul>
制御の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ベースライン：当日調整付き10-in-10（受電点計測のみ）</li> <li>※業務・産業用需要家向けの下げDRベースラインとしても認められている方法</li> <li>● 報酬：最大10\$/kW・月</li> <li>● 需要造成の結果、契約容量を超えた場合は補填（例外あり）。</li> </ul>
実施期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 毎月少なくとも一回は発動（実証的要素があるため）</li> <li>● 2020年12月まで実施。その後に制度化の可能性を検討。</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 他サービスとの同時利用は不可</li> </ul>

出所）Olivineホームページ、（閲覧日：2021.3.12）、<https://olivineinc.com/services/our-work/xsp/> より三菱総研作成

## 米国カリフォルニア州におけるExcess Supply Pilot ー概要ー

- 電力消費量の増加につながらないよう、リソースに対して需要造成に対応する需要削減の実施も奨励。
- 8am-4pmの間で、CAISOの卸価格（前日価格）がゼロ以下の時間帯、また再エネによるCAISOエリア内の系統混雑が予想する場合にリソースに指令が出される（前日指令）。
- 参加リソースの種類や容量は現状非公開。

Excess Supply Pilotのイメージ



出所) Excess Supply DR Pilot 2019 Summary Report、Olivine、(閲覧日: 2021.3.12)、<http://olivineinc.com/wp-content/uploads/2020/04/2019-XSP-Summary-Report-Redacted.pdf> に三菱総研にて赤字・赤線部分追記。

## 米国アリゾナ州におけるReverse Demand Responseの取り組み ー概要ー

- 米国アリゾナ州の電力事業者APS(Arizona Public service)では、卸電力市場でネガティブプライスが発生するタイミングで、需要家に対して電力使用を促す指令を出すReverse Demand Responseのプログラムを2017年に提案し、2018年に実証。
- 同プログラムを通じて出力抑制の回避や需要のダックカーブのスムーズ化を試みている。

### Reverse Demand Responseの概要

対象需要家	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 家庭以外の需要家</li> </ul>
指令内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ネガティブプライスの発生時においてイベントを設定し、需要家に対して「有益であるが必要不可欠ではない負荷」の創出を促す信号を発信</li> </ul>
計測方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● サブメーターによる計測</li> </ul>
インセンティブ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上げDRの実施による追加的なインセンティブは設定しないが、需要家は電力料金ゼロで対象となる電力量を賄うことが可能</li> </ul>
最低容量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 30kW</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>● サブメーターの設置費用、需要家との通信に係るインフラ費用はAPSで負担</li> <li>● 2018年内の負担額は20万ドル以内とする</li> </ul>

出所) Demand Side Management Implementation Plan for 2018、Arizona Public Service Company、(閲覧日：2021.3.12)、  
<https://images.edocket.azcc.gov/docketpdf/0000182484.pdf> より三菱総研作成

---

## Ⅱ． ERAB の構築に向けた海外市場調査

---

1. 上げDRの海外事例
2. 低圧逆潮流アグリゲーションの海外事例
3. 英国におけるアグリゲーション事業者、制度の動向、サイバーセキュリティの取り組み
4. 海外におけるDER関連のロードマップ

## 低圧逆潮流アグリゲーションの導入に向けた仮説

- 海外事例も踏まえて、わが国において蓄電池、EV等による低圧リソースのアグリゲーションを進めるにあたり想定される主なユースケースの選択肢は下表のとおり。
- 逆潮流も含めた低圧リソースのアグリゲーションの検討に向け、実施例が確認されている英独の状況を調査した。

### わが国における低圧リソースアグリゲーションに想定されるユースケース

	kWh取引	一次調整力	ローカルのフレキシビリティ
ネガワット	卸電力市場での取引や小売の需要調整等の用途で蓄電池やEVを通じてネガワットを供給することは制度上は可能	一次調整力の制度は設計途中であり、低圧リソースの参加が可能なはまだ決まっていない	ローカルのフレキシビリティの取引についてはまだNEDO等での検討を始めた段階であり、低圧リソースの取り扱いは未定
逆潮流	蓄電池やEVの逆潮流を含む取引は極めて限定的 (卒FITのPVの併設蓄電池は可)	低圧逆潮流アグリゲーションの議論はまだなされていない	低圧逆潮流アグリゲーションの議論はまだなされていない
	英国では卸電力市場で低圧リソースの逆潮流による取引の実績あり	英独で低圧リソースによる一次調整力相当の取引事例あり	英国ではPiclo Flexを介した取引を中心にDNOが低圧リソースを活用

# 低圧逆潮流アグリゲーションの導入に向けた仮説

- 英独のVPP関連事業者を対象にしたヒアリング調査と机上調査を実施。
- ヒアリングでは、対象国の市場における低圧逆潮流アグリゲーションの実施状況とこれを取り巻く周辺動向について確認した。

## ヒアリング概要

	ヒアリング対象	ヒアリングの概略
英国	VPPアグリゲーター 2社	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 家庭用蓄電池やEV等を対象にアグリゲーションを行っているVPPアグリゲーターにヒアリングを実施</li> <li>✓ 英国において低圧逆潮流アグリゲーションの活用事例が存在することを確認</li> <li>✓ 併せて、計量や機器認証の取り扱いなど、制度面での周辺状況を確認</li> </ul>
ドイツ	VPPアグリゲーター 1社 VPPプラットフォーム 1社 配電事業者 1社	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 低圧リソースの活用可能性も視野に入れて事業展開を行う国内のVPPアグリゲーター、および、VPPプラットフォームにヒアリングを実施</li> <li>✓ ドイツ国内において低圧逆潮流アグリゲーションの事例が限定的であることを確認</li> <li>● 併せて、系統管理者側の立場から、低圧リソース活用に関する状況及び見解を把握するため、配電事業者にもヒアリングを実施</li> <li>✓ 当該配電事業者の管内では、低圧配電網に接続する設備が調整電源等で活用されている事例はないとの見解を確認</li> </ul>

## 主なヒアリング事項

- 事業概要
- 規制機関、系統運用者からのチェック事項
  - ✓ リソースの認証方法 等
- リソース計量の取り扱い
  - ✓ 計量点
  - ✓ ベースラインの考え方 等
- 低圧リソースの活用状況と課題
  - ✓ 低圧リソース活用におけるユースケース
  - ✓ 利用拡大に向けた課題

# 英独における低圧逆潮流アグリゲーションの現況

- 英独ともに低圧逆潮流アグリゲーションは制度上実施可能である。
- 配電向けのフレキシビリティ提供を中心に英国では普及が進んでいるが、ドイツでは収益獲得が可能なユースケースが限られることから普及は限定的。

## 英独における低圧逆潮流アグリゲーションの現況

	英国	ドイツ
低圧DERの逆潮流可否	法的には禁止されておらず、実施可能 (技術指針を遵守し、系統保護措置をとることが必要)	
低圧DERの計量点	アグリゲーションビジネスに用いる際は機器点で計量 (アグリゲーターが独自のスマートメーターを設置)	
リソース認証の考え方	設備導入時に型式認証がなされる 調整電源等に活用する際は機器ごとに性能試験が必要	
普及状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DNO向けのフレキシビリティ供出で普及が拡大</li> <li>• 卸電力市場での取引事例もあり</li> <li>• Firm Frequency Responseの事例もあるが、限定的</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 低圧需要家における蓄電池はPVの自家消費最大化に用いられるのが主たる用途</li> <li>• Primary Control Reserveの事例はあるが、限定的</li> </ul>
事業環境のポイント	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TSO向けのサービスに参加する際は追加設備が必要になる等の理由からビジネスベースで採算性を確保することがハードル</li> <li>• 他方、DNO向けのフレキシビリティ取引は最低供出容量が小さく、低圧リソースでも参画がしやすい環境が整えられている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 英国と同様TSO向けのサービスは追加設備等の理由から高コストになる他、FIT適用PVに併設する蓄電池は系統充電ができない等の制約からマルチユースがしにくい等の課題あり</li> <li>• 配電向けの市場も検討段階でユースケースが限定的</li> </ul>

**DNO向けのフレキシビリティ取引を中心に低圧リソースの逆潮流アグリゲーションの取引が拡大する英国について、特に状況を注視することがわが国での検討にも有効**

# 英国における低圧逆潮流アグリゲーションの現況と周辺状況

- 英国内のVPPアグリゲーターへのヒアリング結果によれば、同国ではDNO向けのフレキシビリティ提供を中心に低圧逆潮流アグリゲーションが活用されている。

## 英国のVPPアグリゲーターへのヒアリングから得られた主要なコメント

ヒアリング項目	主なコメント
逆潮流のユースケース	<ul style="list-style-type: none"> <li>● EVを通じたV2Gにより系統へ電力売買</li> <li>● 家庭用蓄電池を用いたDNO向けのフレキシビリティ提供</li> </ul>
計量方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 家庭リソースの計量については機器点のサブメーターでデータを取得している。英国のフレキシビリティサービス、アンシラリーサービスにおいてはすべて機器点で計量が行われる。</li> <li>● DNO向けサービスでは直接制御とリソース毎の計測が好まれるため複数メーターを設置。</li> <li>● 計測器にはEU MID認証（クラス2）相当の対応が求められる。</li> <li>● DNO向けのサービスだと、機器毎の実績データをサービス提供の証左として記録・共有している。</li> <li>● DNOにはアグリゲートされたデータを送るが、監査の際に特定イベントのデータ提出を求められることがある。</li> <li>● 機器点計測のベースライン設定について何らかの不正が行われる可能性がある。しかし、UKPNが何らかの対策をとっているという話は聞いていない。そのような不正が増えてくれば対策がなされるのではないかと。National Grid ESOも長年機器点計測によってサービスの調達をしているが、不正への対応は特に行っていない。</li> </ul>
機器認証の方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Frequencyサービス向けリソースの認証ではテストには3段階（設置済システムのHigh Frequencyのデータテスト（周波数追従能力のテストなど）、アグリゲーションのテスト、機器別の認証）がある。</li> <li>● DNO向けのフレキシビリティ提供に関するテストはDNOからの信号に対応しているかをシミュレーションするもの。</li> </ul>
ベースライン設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>● DNOへのフレキシビリティ供出にあたっては、ベースラインや電力負荷予測が複雑になり、DNOと十分な話し合いを実施。UKPN指定の標準的なベースラインも存在。</li> </ul>
低圧アグリゲーションの現況と課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 英国では家庭用リソースの市場参加の制度が整っている。また、DNOLレベルでは大型発電設備は逆に参入しにくい状況であり、これが英国で家庭用リソースのアグリゲーションが成功する理由となっている。</li> <li>● DNO向けのフレキシビリティ取引は、DNOによって運営方法が標準化されておらず、制約の内容も配電会社毎に異なることが課題の一つとなっている。</li> <li>● 一次調整力に対応する場合、追加のローカル（周波数）メーターが必要で追加コストが高額。</li> <li>● 送電レベルでは依然として中から大規模アセットを前提にした制約（最低容量、ペナルティ、機器登録手続き等）が多く、低圧の機器の取引参加には更なる規制改革が必要と認識。</li> </ul>

# 英独における低圧リソースによる調整電源の事例（Sonnen / Social Energy）

- 英独において低圧リソースによって一次調整力を供出した事例としてSonnen、Social Energyが挙げられる。
- 他方、他事業者による目立った実績はなく、追加的な機器設置コスト等が課題となりビジネスベースでこの取り組みを成立させるのが現状困難な可能性が示唆されている。

## Sonnen（独）の取り組み動向

- Sonnenは蓄電池メーカーであり、HEMSの開発も手掛ける。
- 同社は2018年に**Tennet社から家庭用の蓄電池をネットワークでアグリゲートした容量を用いた一次調整力の提供が認められている**<sup>\*1</sup>。
- 2020年7月現在で一次調整力の提供が認められている事業者は29社あり、Sonnenはそのうちの1社<sup>\*2</sup>。
- Sonnenは2020年9月からドイツ国内のVPP大手Next Kraftwerke(NKW)と協業することを公表しており、アグリゲートする蓄電池の容量をNKWの容量に提供する。蓄電池の制御はSonnenが行い、需給調整市場への参加とTSOとの精算手続きはNKWが行うものとされる<sup>\*3</sup>。

出所)

\*1 : Sonnenホームページ、(閲覧日 : 2021.3.11) 、<https://sonnen.de/haushalte-ersetzen-kraftwerke-groesste-virtuelle-batterie-fuer-das-stromnetz-der-zukunft/>

\*2 : regelleistung.net “Präqualifizierte Anbieter je Regellenergieart”

\*3 : Sonnenホームページ、(閲覧日 : 2021.3.11) 、<https://sonnen.de/presse/sonnen-und-next-kraftwerke-kooperieren-bei-lieferung-von-primarregelleistung/>

## Social Energy（英）の取り組み動向

- Social Energyは蓄電池の最適運用サービス（運用改善、電力取引）を提供する小売電気事業者であり、同社サービスを通じて再エネ利用の最大化と電気代の70%削減を目指している<sup>\*1</sup>。
- Social Energyは、2020年9月に**National Grid ESOと国内で初めて家庭リソースを通じて週ごとのFFR（一次調整力）契約を締結**<sup>\*2</sup>。
- 同社の制御する5,500以上の太陽光発電設備、蓄電池のうち80%を制御し、4 MWのリソースを供出<sup>\*2,3</sup>。
- 本取組の実現にあたり以下の課題があったとされる<sup>\*3</sup>。
  - ✓ **必要装置の設置には通常数千ポンドかかり、家庭向けには割高。今回、数百ポンドまで抑えたが更にコスト低減が必要。**
  - ✓ 家庭のインターネット回線によるデータ連携等のオペレーション上の課題。
  - ✓ バッテリーの温度管理に係る課題。

出所)

\*1 : Social Energyホームページ、(閲覧日 : 2021.3.11) 、<https://www.social.energy/>

\*2 : Social Energyホームページ、(閲覧日 : 2021.3.11) 、<https://socialenergy.zendesk.com/hc/en-gb/articles/360016870179-Social-Energy-wins-first-ever-fully-domestic-FFR-contract>

\*3 : Social Energyホームページ、(閲覧日 : 2021.3.11) 、<https://socialenergy.zendesk.com/hc/en-gb/articles/360016828480-The-enormous-potential-of-domestic-batteries-for-FFR>

## 英独調査結果のポイント

- 英独ともに低圧逆潮流アグリゲーションは制度上可能であり、収益性を見込めるユースケースの存在する英国では普及が進んでいる。
- 普及が進む英国においても、TSO向けサービスの拡大やリソース認証の取り扱いなど、事業実施のハードルは残っており、更なる普及拡大には課題点が散見される。

### 《現状取り組まれているビジネスモデル》

- 英国ではDNO向けのフレキシビリティ取引における低圧リソース活用が盛ん。最低入札容量も小さく参入しやすい。他方、ドイツでは同様の市場が開設されておらず普及が進んでいない。**低圧に適した市場開設が1つのポイント**。
- 英独ともにTSO向けの取引は大きく普及しておらず、特に**機器設置の追加コストがハードル**となっている。

### 《制度的な背景》

- 英独ともに**逆潮流は法律上認められており、機器点計測も可能**など、低圧逆潮流アグリゲーションに取り組める制度的な素地がある。
- 英国でのフレキシビリティ取引の際は、アグリゲートしたレベルでのDNOのデータ提出までで許容される。
- フレキシビリティ活用等を行う際の**リソース認証は機器別**である。

### 《英独における課題》

- TSO向けサービスのルールは英国でも依然として大型発電機に有利とされており、機器設置コスト等の課題解決が望まれる。
- 英国のDNO向けフレキシビリティ提供のルールはエリア毎で統一されえ取らず、今後の統一化が望まれている。
- リソース認証が機器別であることがアグリゲーターの手間となっており、型式認証での対応も要望されている。

## 「参考」 諸外国における他の低圧逆潮流アグリゲーション事例 <米国マサチューセッツ州>

- 米国では北東部州を中心として、「Bring Your Own Battery (またはDevice)」と呼ばれる取組の中で、地域単位で低圧蓄電池のアグリゲーションを行う事例が存在。
- マサチューセッツ州ではNational Gridがユーティリティ事業者としてConnected Solutionsというサービスの中で、低圧蓄電池に充電された再生電力を逆潮流を含めてピークカットに活用。

### マサチューセッツ州におけるConnected Solutionsの概要

	夏季メニュー	冬季メニュー
インセンティブ	225 ドル/kW (1期あたり)	50 ドル/kW (1期あたり)
発動回数	30~60回	5~15回
発動時期	6月~9月 (午後2時~7時)	12月~3月 (午後2時~7時)
持続時間	2~3時間/回	
制御方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 需要ピーク時にNational Gridから制御指示を送って蓄電池を直接制御して放電させる (需要家側の操作は不要)</li> </ul>	
参加要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 指定されたインテグレーターの蓄電池システムを導入すること (Pika Energy, SolarEdge, Sonnen, Sunrun, Tesla)</li> <li>● National Gridのサービスアカウントを有し、電気代とともにエネルギー効率化ファンドに支払いを行うこと</li> <li>● 逆潮流込みの容量を登録したい場合は逆潮流される電力がすべて再生起因であることが必要 ※ 再生起因の電力でない場合は需要家内の需要低減による貢献のみ可能</li> <li>● ISO-NEのDRプログラムとの同時参加は不可</li> </ul>	
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PV向けの補助金プログラムであるSMART(Solar Massachusetts Renewable Target)との併用が可能 ※ SMARTではPVに併設し、PVから充電される蓄電池に対してもサイズに応じた補助金が支給される</li> <li>● インセンティブについては、需要家が直接取得する方法や、蓄電池の導入費用を割引く代わりに割引分の補填の原資にするなど、インテグレーターとの間で取り扱いの調整が可能</li> <li>● 適用されたインセンティブ単価は5年間有効</li> </ul>	

出所) Program Materials for Connected Solutions for Small Scale Batteries, National Grid (米)、(閲覧日: 2021.3.11)、  
<https://www.nationalgridus.com/media/pdfs/resi-ways-to-save/ri-program-materials-for-connectedsolutions-for-small-scale-batteries-v16.pdf>

## 《参考》 諸外国における他の低圧逆潮流アグリゲーション事例 <豪州AGL>

- 豪州の総合エネルギー事業者であるAGLは小売電力メニューの一環としてVPPサービスを提供。
- 同サービスの中でAGLは年間30回まで需要家に設置された蓄電池の充放電制御を行うことが可能であり、その際に蓄電池から系統への逆潮流を行うことも選択肢に入れている。

### 豪州AGLにおけるVPPサービスの概要

インセンティブ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ サービス入会時に100ドルの支払い</li> <li>・ 年間180ドルの対価を電気料金の支払い時に考慮</li> </ul>
発動回数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 年間30回まで</li> </ul>
発動時期	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 指定なし</li> </ul>
持続時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 契約条項には明記なし</li> </ul>
制御方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ AGLより充電、放電、SOCの維持といった指令を対象の蓄電池に下す（系統への逆潮流も可）</li> <li>・ 設定されている最低SOCは保持するように制御する</li> </ul>
参加要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 指定の蓄電池システムを用いること               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ LG Chem RESU + SolarEdge inverter with HD-Wave technology</li> <li>✓ LG Chem RESU + SolarEdge StorEdge inverter</li> <li>✓ Tesla Powerwall 2</li> </ul> </li> <li>・ AGLの小売電力顧客であること</li> <li>・ 対象エリアはニューサウスウェールズ州、クイーンズランド州、南オーストラリア州、ビクトリア州</li> <li>・ 太陽光発電を併設していること</li> <li>・ インターネット環境の構築</li> <li>・ 他のVPPサービスに参加していないこと</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本サービス参加中もAGLによる太陽光発電のFIT買取対価は受領可</li> </ul>

出所) AGL Virtual Power Plant Services Agreement、AGL、（閲覧日：2021.3.11）、<https://www.agl.com.au/-/media/aglmedia/documents/batteries/agl-virtual-power-plant-byob-terms-conditions-april-2020.pdf?la=en&hash=FEB76C5C96EA31E5FD682B2DB8D933ED>

## 「参考」 諸外国における他の低圧逆潮流アグリゲーション事例 <米国CAISO>

- CAISOは、小規模リソースの逆潮流アグリゲーションによる卸市場やアンシラリー市場参入を行う事業者をDERP (Distributed Energy Resource Provider) として制度上認めている。
- 複数の事業者がDERPとしてCAISOに登録されているが、取引実態は公開されていない。
- 現状、単一リソースを需要削減と逆潮流の双方で登録・評価する仕組みにはなっていない※。

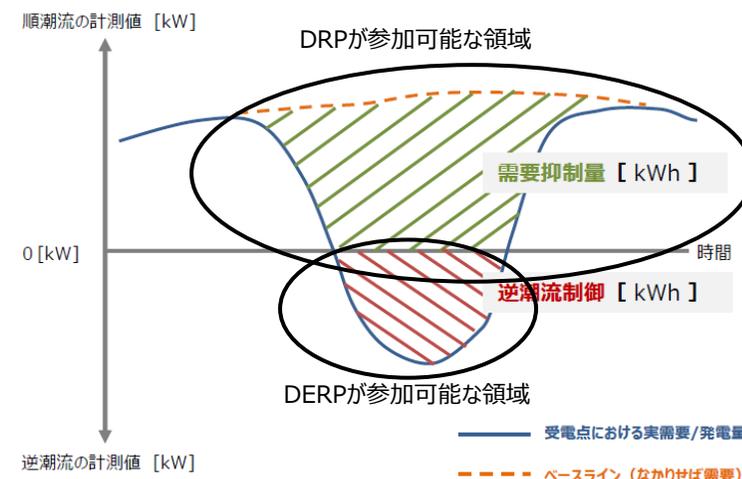
※出所) Stem社コメントペーパー、CAISO、(閲覧日: 2021/3/11)、

<http://www.caiso.com/InitiativeDocuments/StemComments-EnergyStorage-DistributedEnergyResourcesPhase4-IssuePaper.pdf>

### CAISOエリアのDERP制度の概要

リソース	事業者の名称	参入可能市場と最低入札容量	制御量の評価方法
需要削減リソース	DRP	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 卸市場(100kW以上)</li> <li>● アンシラリー市場(500kW以上)</li> </ul>	ベースラインと実需要の差分
逆潮流リソース	DERP	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 卸市場、アンシラリー市場ともに500kW以上 (同一PNode上でアグリゲートする必要あり)</li> </ul>	逆潮流量の直接測定

出所) PDR-DERP-NGR Summary Comparison Matrix、CAISO、(閲覧日: 2021.3.11)、  
<http://www.caiso.com/Documents/ParticipationComparison-ProxyDemand-DistributedEnergy-Storage.pdf> より三菱総研作成



出所) 第12回 ERAB検討会「資料4「逆潮流アグリゲーションについて」、資源エネルギー庁、(閲覧日: 2021.3.11)、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/pdf/011\\_04\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/pdf/011_04_00.pdf) に三菱総研にて黒線・黒字部分加筆

---

## Ⅱ． ERAB の構築に向けた海外市場調査

---

1. 上げDRの海外事例
2. 低圧逆潮流アグリゲーションの海外事例
3. 英国におけるアグリゲーション事業者、制度の動向、サイバーセキュリティの取り組み
4. 海外におけるDER関連のロードマップ

## Flexitricity（英国）の取り組み

- Flexitricityは英国の主要なVPPアグリゲーターとして、多様なリソースをアグリゲートして、様々なユースケースの電力取引を組み合わせる形でVPPを運用。
- 500MW以上のリソースをアグリゲートし、24時間365日体制で市場供出も含めた運用のマネジメントを行う。

### Flexitricityの沿革

時期	概要
2004年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 会社設立</li> </ul>
2008年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● STORの取引を実施し、英国初のDRアグリゲーターとなる</li> <li>● Triad managementのサービスを開始し、100%の達成率を記録</li> </ul>
2012年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Frequency Responseに対応</li> </ul>
2014年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 容量市場の契約を結ぶ英国初のアグリゲーターとなる</li> <li>● スイスのエネルギー事業者Alpiqの傘下に入る</li> </ul>
2016年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 風力発電の余剰電力に対応する上げDR（Footroom/Demand Turn up）に対応するシステムを英国で初めて開発</li> </ul>
2018年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● エネルギー供給者（小売事業者）の資格を取得</li> <li>● BTMのリソースによる初のBalancing Mechanismの取引を実施</li> </ul>
2019年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● EV充電器によるディスパッチを初めて実施</li> <li>● 大規模蓄電池をリソースに加える</li> </ul>
2020年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Balancing Mechanism Wider Accessの取り組みを受け、Virtual Lead Party（独立系アグリゲーター）としてBalancing Mechanismの取引を初めて実施           <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 英国ではBalancing Mechanism Wider Accessの取り組みにより、発電事業者、小売事業者（傘下のリソース活用）だけでなく、独立系アグリゲーターもBalancing mechanismへの参加が可能となった</li> </ul> </li> <li>● 欧州最大級の蓄電池サイトであるThurcroft（50MW）の収益最適化のためにGresham Houseと連携</li> </ul>

出所) Flexitricityウェブサイト、（閲覧日：2020.8.26）、<https://www.flexitricity.com/more/our-story/> より三菱総研作成

## Flexitricity（英国）の取り組み

- FlexitricityはDERのアグリゲーションを通じて、英国内の多様な取引メニューに対応したサービスを提供。
- サイトごとの特性に応じて参画するメニューの組合せが検討され、それに基づく制御もFlexitricityの拠点であるエジンバラに設置してあるシステムでなされる。

### Flexitricityの取引メニュー

メニュー	概要
Frequency Response	<ul style="list-style-type: none"> <li>秒単位の周波数制御の募集に対するメニューに参画</li> </ul>
Balancing Mechanism	<ul style="list-style-type: none"> <li>ゲートクローズ後の電源の余力による需給調整メニューに参画</li> <li>当初は発電事業者または小売事業者のみが参加できたが、2019年12月よりBalancing Mechanism Wider Accessの取り組みにより、独立系のアグリゲーター（Virtual Lead Party）も参画可能</li> </ul>
エネルギー取引	<ul style="list-style-type: none"> <li>前日/当日市場等における卸電力取引をリソース特性に合わせて最適なタイミングで実施</li> </ul>
STOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本の三次調整力に相当するSTOR（Short-Term Operating Reserve）のメニューに参画               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 推奨応動時間20分以内（最大240分）</li> <li>✓ 継続時間2時間以上</li> </ul> </li> </ul>
容量市場	<ul style="list-style-type: none"> <li>英国の容量市場に参画</li> </ul>
Triad Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>ピーク需要カットにより送電系統利用料金（TNUoS）を低減               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 英国の需要家は、11～2月のピーク時間帯（30分単位コマの需要ピーク3コマの平均）の需要に応じて、送電系統利用料金（TNUoS）が課せられる。</li> <li>✓ ピーク時間帯に負荷削減、または発電を増加することで、TNUoSの負担を軽減可能。</li> </ul> </li> </ul>
DNO/DSO Services	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piclo Flex等で展開されるローカル系統混雑対策の取引に参画</li> </ul>

※ 風力発電の余剰電力に対する上げDRとして、過去にはFootroom/Demand Turn upのメニューにも取り組まれていたが、2019年以降の調達実績がNational Gridから公開されておらず、サービス需要の低下により調達がなされていないと考えられる

出所) Flexitricityウェブサイト、（閲覧日：2020.8.26）、<https://www.flexitricity.com/services/> より三菱総研作成

## Flexitricity（英国）の取り組み – DERの活用事例 –

- Flexitricityでは、CHPを中心とした需要家側リソースを運用しつつ、蓄電池、自家発電、需要家設備（冷凍冷蔵庫等）についてもDERのマネジメント実施。
- サイトごとに複数のメニューを組み合わせた最適な運用を実施。

### Flexitricityの取り組み事例（1/2）

顧客	Anesco	Gateshead Council	Glen Avon Growers	Norish Cold Storage	The University of Edinburgh
サービス・業種	再エネ/蓄電池 ディベロパー	行政機関	園芸・農業 (温室)	冷凍冷蔵・流通	教育研究機関（大学）
場所	ヘレフォードシャー	ゲーツヘッド	ヨークシャー	ブライアリー・ヒル、レクサム、 ブレントリー、ジリンガム等	エジンバラ
アセットの種類	LiB	CHP	CHP	冷凍冷蔵設備	CHP
参加メニュー	エネルギー取引 Balancing Mechanism Frequency Response Triad Management	エネルギー取引 Balancing Mechanism 容量市場	エネルギー取引 Balancing Mechanism 容量市場	STOR 容量市場	STOR 容量市場 Triad Management
収益	—	—	最大 50万 ポンド/年 (2012-2020年実績)	19,000 ポンド/年 (2008年以降の平均)	71,000 ポンド/年 (2015年以降の平均)
容量	19.5 MW	4 MW (供出量は平均2MW)	5 MW (供出量は平均3MW)	0.9MW	5.73 MW
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Anescoは英国最大の蓄電池ディベロパーの1つ</li> <li>● Larport Farmの蓄電池をエジンバラから365日24時間にわたり、最適に運用制御</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2018年にBTMのリソースが英国のBalancing Mechanismに参画した初の取り組み</li> <li>● 今後CHP追加やEV充電器の導入も検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 過去にはSTORを実施していたが、Balancing Mechanismに切り替え</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 電力需給逼迫時に冷凍冷蔵設備の負荷を下げる</li> <li>● 庫内温度に影響が出ないように監視を行う</li> <li>● BEISが補助する小規模サイト向けプロジェクトQuickturnに参加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PVの導入増を見据え、将来的には蓄電池リソースの導入と他メニューへの参画も検討</li> </ul>

出所) Flexitricityウェブサイト、(閲覧日: 2020.8.26)、<https://www.flexitricity.com/resources/case-studies/> より三菱総研作成

# Flexitricity（英国）の取り組み – DERの活用事例 –

## Flexitricityの取り組み事例（2/2）

顧客	Aberdeen Heat & Power	Royal United Hospital Bath	Rainbow Growers	Thameswey	Rotherham Metropolitan Borough Council
サービス・業種	地域暖房・CHPサービス提供の非営利団体	病院	園芸・農業（温室）	低炭素CHPステーション	行政機関
場所	アバディーン	バース	ケント	ミルトン・キーンズ	ロザラム
アセットの種類	CHP	ディーゼル自家発	CHP	CHP	ディーゼル自家発
参加メニュー	容量市場	STOR 容量市場 Triad Management	STOR 容量市場	STOR 容量市場	STOR 容量市場 Triad Management
収益	28,560 ~76,500 ポンド/年	40,000 ポンド/MW/年	30,000 ポンド/年 以上	128,000 ポンド/年 以上 (2011年以降平均)	30,000 ポンド/年 以上
容量	3.4 MW	1.2 MW (800 kW 2機を使用)	5.4 MW	6 MW	800 kW
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>将来的に他サービスの適用も検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>病院におけるエネルギー供給セキュリティ要件に見合うよう保守的に運用を実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5.4MWの平均半分はアイドル状態にあるため、そちらを活用</li> <li>今後Balancing Mechanismへの参画可能性も検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2機のCHPガスエンジンをサイトでの需要がない際に活用</li> <li>英国のDNO (Western Power Distribution)のプロジェクトFALCONに参加し、DRを提供。需要ピークの削減による配電系統への投資抑制に寄与</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>STORを主とし、11~2月の対象期間のみTriad Managementも実施</li> <li>さらに400kWの容量追加を検討中</li> </ul>

出所) Flexitricityウェブサイト、（閲覧日：2020.8.26）、<https://www.flexitricity.com/resources/case-studies/> より三菱総研作成

## 英国のVirtual Lead Party制度について（1/2）

- 英国では、分散エネルギーリソースによる電力システムへのフレキシビリティの提供を促進するべく、独立系アグリゲーターの資格として、Virtual Lead Party(VLP)が定義されている。
- 2019年12月以降、VLPは英国のbalancing mechanismの市場に参画することを認められており、2020年にFlexitricityが同資格の下で初めて取引を実施した。
  - これまでは小売、発電事業者のみが参加可

### <VLPの経緯>

- TERREとWider Accessの取り組みが進行する中で、分散エネルギーリソースを調整力として供出することを促す流れが加速し、その中で新たな取引主体としてVLPを規定する議論が進展。
  - ✓ TERRE：欧州大で検討される調整力の国家間融通に向けた取組（Trans European Replacement Reserves Exchange）
  - ✓ Wider Access：英国においてbalancing mechanismの市場参加者の間口を広げるための検討
- 各種ルール検討を進める中で、英国におけるBalancing and Settlement Code(BSC)、Grid Code、Connection and Use of System Code等の主要な規則の中でもVLPの扱いを規定。
- VLPによる取引に向けた制度整備ができた2020年12月にVLPのbalancing mechanismへの参画が正式に認められる。
- 2020年にVPPアグリゲーターであるFlexitricityが、蓄電池リソースを用いてVLP資格の下で初めてbalancing mechanismの取引に参加。

出所) Introduction to Virtual Lead Parties、Elexon/ National Grid ESO、（閲覧日：2020.9.3）、  
<https://www.nationalgrideso.com/document/136281/download>  
Virtual Lead Party (VLP) – entering the market、ELEXON、（閲覧日：2020.9.3）、  
<https://www.elexon.co.uk/guidance-note/virtual-lead-party-vlp-entering-the-market/> より三菱総研作成

## 英国のVirtual Lead Party制度について（2/2）

- VLPの資格を得るにあたっては、National Grid ESOとELEXONの双方に対してVLPとしての登録申請を出して審査を受けるとともに、制御対象リソースであるSecondary Balancing Mechanism Unitを登録することが必要。
- 自身の参加メニューの外で需給調整等に係る責を負わないという特徴がある一方で、卸電力市場には参画できないなど、現状は取引のユースケースが限定されているという課題がある。

### <VLPの特徴>

#### 事前登録

- National Grid ESO, ELEXONの双方にVLPとしての登録申請を出して審査を受ける。
- 制御対象リソースはNational Grid ESO, ELEXONの双方にSecondary Balancing Mechanism Unit(SBMU)として登録する。

#### 小売アグリゲーターとの比較

- VLPはリソース制御と精算のみを行う主体であり、balancingグループのインバランスには無関係。したがって、リソース制御によって生じる需要家の計画値と実績値のずれには責任を持たない。
  - ✓ VLPの制御の結果として小売事業者で生じるずれはELEXONにて調整
  - ✓ VLPは系統運用者に対して需給調整費用、ネットワーク利用費用を払う必要はない
  - ✓ 自身の参加するbalancingメカニズムの指令未達についてはインバランス費用を支払う
- VLPは現状Balancing MechanismまたはTERREにおけるReplacement Reserveへの参画がユースケースとされている。卸電力市場には参画できない。（他のアンシラリーサービス等の取り扱いは言及なし）

出所) Introduction to Virtual Lead Parties, Elexon/ National Grid ESO、(閲覧日：2020.9.3)、

<https://www.nationalgrideso.com/document/136281/download>

Virtual Lead Party (VLP) – entering the market、ELEXON、(閲覧日：2020.9.3)、[https://www.elexon.co.uk/guidance-](https://www.elexon.co.uk/guidance-note/virtual-lead-party-vlp-entering-the-market/)

[note/virtual-lead-party-vlp-entering-the-market/](https://www.elexon.co.uk/guidance-note/virtual-lead-party-vlp-entering-the-market/) より三菱総研作成

## 英国のFirm Frequency Responseにおけるアグリゲーションの扱い

- 英国のFirm Frequency Response(FFR)では、入札対象として登録するリソース（Aggregated Facility）の編成の更新等についてルールが規定されている。
- 入札タイミングより一定期間前に申請を行い、National Gridの許可を受けることで、柔軟に利用するリソースを追加することが可能とみられる。

### <Framework Agreementにおける記載事項>

#### Aggregated Facilityの基本的な考え方

- 調整力供給者はFFRの提供を可能とするために、FFR Unitから成るAggregated Facilityを構成する。Aggregated Facilityには適宜FFR Unitが割り当てまたは再配置される。
- 調整力供給者はNational Gridが許容する場合、Aggregated Facilityに新たなFFR Unitを適宜追加できる。
- 調整力供給者は、交換用のFFR Unitを事前に登録することが可能。

#### Aggregated FacilityへのFFR Unitの追加、再配置等の考え方

- FFRを新規追加する場合は、所定の申請様式に要求事項を記載の上でNational Gridに提出し、National Gridによる審査に合格した場合に登録可能となる。
- Aggregated Facilityに加えられていないFFR Unitの新規追加や再配置を行うことが可能。この手続きは所定の様式に基づき、対象とする入札週/月の直前水曜日の14時までに行う必要がある。

出所) FFR Agreement - Dynamic and Non BM (Aggregation)、National Grid ESO、(閲覧日 : 2020.9.3) 、  
<https://www.nationalgrideso.com/document/93286/download> より三菱総研作成

## 英国におけるサイバーセキュリティに関する取り組み

- 2019年、英国の分散型エネルギー協会（ADE）は、英国アグリゲーターに望まれる共通的な基準を定めた行動規範（Code of Conduct）であるFlex Assureを組織した。
- 行動規範は、Ofgem、Flexitricity、Enel X等の政府機関や英国アグリゲーターが中心となって策定された。
- 行動規範の一部にはサイバーセキュリティに関する要件や、それぞれの要件に対して対策の参考となるガイダンスが含まれている。
- 行動規範は任意の位置づけであるが、本規範を遵守しているアグリゲーターは顧客に質の高いサービスを提供できるとしている。

### Flex Assure “Code of Conduct”におけるサイバーセキュリティ関連要件

項目	要件	対策の参考となるガイダンス（抜粋）
技術的・組織的なリスク管理	本規範に遵守する事業者は、サイバーシステムのセキュリティを確保し、システム障害が発生した場合に適切な対応を行うために、システムに対するサイバーセキュリティリスクを管理するための適切な技術的・組織的措置を講じなければならない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 組織におけるサイバーセキュリティを確保するための手順を文書化する。手順の策定に当たっては、ISMSへの遵守、NCSC（National Cyber Security Centre）の“Cyber Assessment Framework”<sup>※</sup>への遵守、産業用制御装置におけるIEC 62443への遵守等が参考となる。</li> <li>● 少なくとも年に一回は、サイバーセキュリティ対策の見直しを行う。</li> <li>● 文書化された手順に基づいた対応を行っていることを、監査等で確認する。</li> <li>● 需要管理システムへのサイバー攻撃によって電力系統へ及ぼしうる影響を認識する。</li> </ul>
顧客への情報提示	本規範に遵守する事業者は、すべての顧客に対して、サイバーセキュリティ対策やデータの安全性を確保するための手順等、予防措置の概要を書面で提供する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 既知のリスクからネットワークを保護するためにNCSCや系統運用者のガイダンスに従う。</li> <li>● 電力供給へ支障をきたす恐れがある場合、系統運用者に直ぐに通知し、NCSCやOfgemにリスクの概要と潜在的な影響を通知する。</li> </ul>
情報保護	本規範に遵守する事業者は、顧客情報を保護するための対策を講じる必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 情報保護のための特定の機器・サービスを用いる。これには、マルウェア検知、情報の暗号化、認証、不正アクセスの遮断等に関する機器・サービスを使用することが推奨される。</li> <li>● サイバー攻撃に対するセキュリティ対策の妥当性を確認するために、ペネトレーションテストを実施することが推奨される。</li> </ul>
インシデントレスポンス	本規範に遵守する事業者は、サイバーインシデント発生後に、今後のサイバー攻撃を防止するための対策を講じる必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● サイバーインシデント発生後5営業日以内に、すべての顧客に書面で通知する。</li> <li>● 脆弱性を緩和するために、その状況下で実行可能なすべての合理的手段を講じる。</li> <li>● すべてのセキュリティイベントに関するログを保存する。</li> <li>● 本規範に遵守する他の事業者と協力して、潜在的な脆弱性や脅威に対する対策を検討する。</li> </ul>

※ NCSC, “Cyber Assessment Framework” <https://www.ncsc.gov.uk/collection/caf>

出所) Flex Assure Code of Conduct、(閲覧日: 2021.3.11)、[https://flexassure.org.uk/images/Flex\\_Assure\\_Code\\_of\\_Conduct\\_Final.pdf](https://flexassure.org.uk/images/Flex_Assure_Code_of_Conduct_Final.pdf) より三菱総研作成

---

## Ⅱ． ERAB の構築に向けた海外市場調査

---

1. 上げDRの海外事例
2. 低圧逆潮流アグリゲーションの海外事例
3. 英国におけるアグリゲーション事業者、制度の動向、サイバーセキュリティの取り組み
4. 海外におけるDER関連のロードマップ

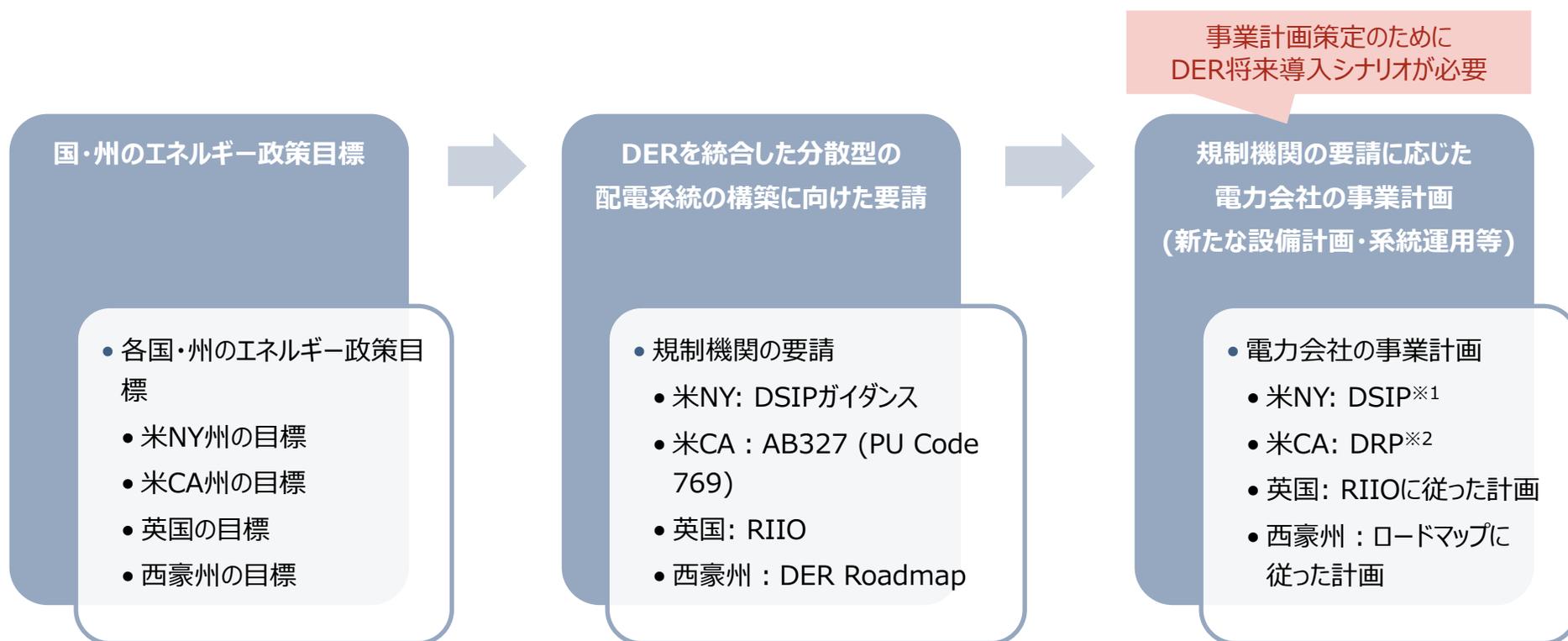
## DER導入に関する将来見通しの各国比較

- わが国におけるDER導入施策検討の参考とするべく、諸外国のDER導入に関する将来見通しの調査を行った。
- 各国で実施されているDER将来見通しを比較すると下表の通り。

	英国 	米国 	豪州 
DER導入見通しの作成目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業計画策定（設備計画・系統運用計画等）</li> <li>・ 託送料金原価算定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業計画策定（設備計画・系統運用計画等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業計画策定（設備計画・系統運用計画等）</li> </ul>
DER導入見通しで考慮しているDERの種類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PV</li> <li>・ 風力</li> <li>・ EV</li> <li>・ 蓄電技術</li> <li>・ DR</li> <li>・ ヒートポンプ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PV</li> <li>・ EV</li> <li>・ 蓄電池</li> <li>・ DR</li> <li>・ 省エネ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PV</li> <li>・ EV</li> <li>・ 蓄電池</li> </ul>
DER導入見通しの粒度	<b>TSO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2050年まで英国全土</li> </ul> <b>DNO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2050年までローカル単位（変電所単位等）</li> </ul>	<b>電力会社（IOU）</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 10年先までローカル単位</li> </ul>	<b>市場運営者（豪州東部）</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2040年まで州単位</li> </ul> <b>州政府（西豪州）</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2030年まで州単位</li> </ul>

## 欧米豪における電力会社のシナリオ策定の意義

- 欧米豪では、国・州のエネルギー政策目標を背景に、規制機関が系統を保有する電力会社に対し、様々なステークホルダーと技術的に連携することで、DER導入を促進しつつ信頼性が高く効率的な系統網の構築を奨励している。
- 規制機関はそのための事業計画策定（設備計画・系統運用計画等）やその前提となるDER将来導入シナリオの策定を要請している。



※1 Distribution System Implementation Plan

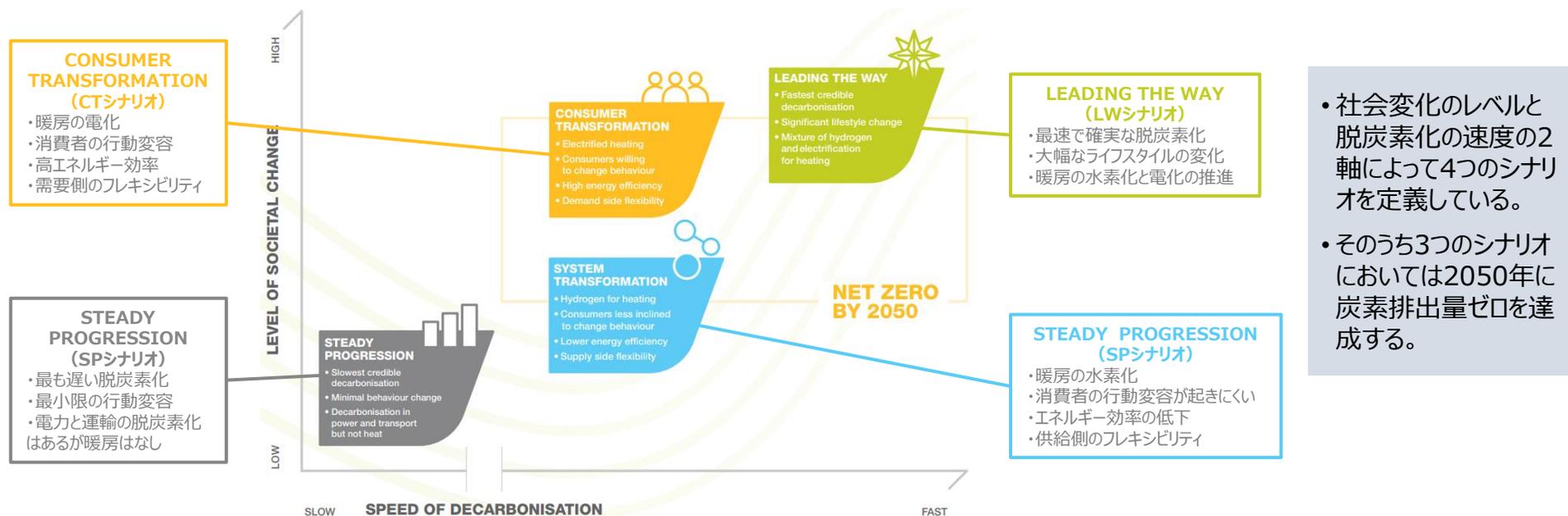
※2 Distribution Resources Plan

# 英国：TSOの将来エネルギーシナリオ（FES）の概要



- 英国では、2050年までに炭素排出量をゼロにするという目標を掲げており、その目標の達成に向けたエネルギーシステムの在り方を検討するために、英国のTSOであるNational Grid ESOは将来想定される事業環境変化として、政策方針や電力・ガスに係る要因（運輸、暖房、電力供給、ガス供給等）を複数想定した2050年までのシナリオである”Future Energy Scenario (FES)”を策定している。
- 将来像を動的に捉えるために、FESは毎年改定が行われる。また策定プロセスの中で、ステークホルダーによるフィードバックを取り入れている。

## FESにおける4つのシナリオ①



● 社会変化のレベルと脱炭素化の速度の2軸によって4つのシナリオを定義している。

● そのうち3つのシナリオにおいては2050年に炭素排出量ゼロを達成する。

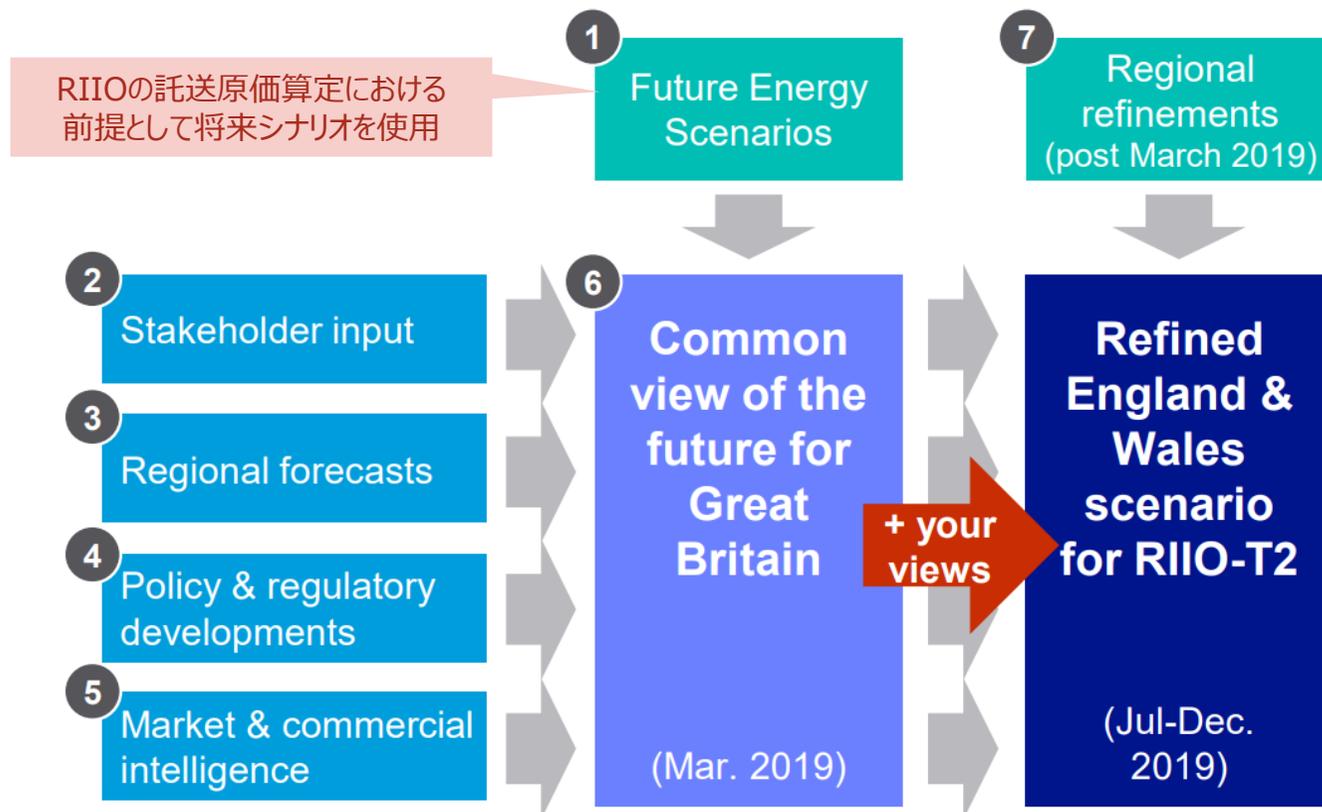
出所) Future Energy Scenarios, NGESO、(閲覧日：2021.1.17)、<https://www.nationalgrideso.com/document/173821/download> に三菱総研にて日本語部分加筆

# 英国：TSOの将来エネルギーシナリオ（FES）の概要



- FESは2050年にカーボンニュートラルを達成するためのエネルギーシステムの在り方を検討するという目的の他にも、RIIOにおける託送原価算定のためのインプットとして使用されている。

## FESにおける4つのシナリオ②



出所) Managing uncertainty through RIIO-T2, National Grid、(閲覧日：2021.1.27)、  
<https://www.nationalgrid.com/uk/electricity-transmission/document/129626/download> に三菱総研にて日本語部分加筆

# 英国：NGESOのFESにおける将来想定



- 主要項目において、いつまでに何が達成されるかを下図のように示している。
  - 例えば、「EVが全ての自動車の50%を達成する」時期として、英国政府は2040年までを目標として掲げているのに対し、CT・LWシナリオは2035年までに、ST・SPシナリオは2040年までに達成するということが示されている。また、2050年における最大ポテンシャルは、CTシナリオで想定されるEV100%達成であることも示されている。

FESにおける主要項目の比較表①

**FES key comparison chart**

● CT Consumer Transformation   
 ● LW Leading the Way  
● ST System Transformation   
 ● SP Steady Progression   
 ● UK Government target

		2019	By 2025	By 2030	By 2035	By 2040	By 2045	By 2050	Maximum potential by 2050		
Transport 運輸	Half of all cars are battery electric vehicles	<1%		CT・LWシナリオは2035年までに達成 <span style="color: orange;">●</span> <span style="color: green;">●</span>		ST・SPシナリオは2040年までに達成 <span style="color: blue;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>			100% 28m vehicles	CT <span style="color: orange;">●</span>	EVが全ての自動車の50%を達成する時期
	Exceeds 1GW of available vehicle-to-grid capacity	N/A		<span style="color: green;">●</span> <span style="color: orange;">●</span>		<span style="color: blue;">●</span>	<span style="color: grey;">●</span>		38GW 5.5m vehicles	LW <span style="color: green;">●</span>	利用可能なV2G容量が1GWを達成する時期
Heating 暖房	4 in 5 homes no longer using natural gas boilers (including hybrid heat pumps)	15%					<span style="color: green;">●</span> <span style="color: orange;">●</span> <span style="color: blue;">●</span>		100%	LW <span style="color: green;">●</span> CT <span style="color: orange;">●</span> ST <span style="color: blue;">●</span>	80%の住宅が天然ガスボイラー（ハイブリットHP含む）を使用しなくなる時期
	6 out of 10 homes rated EPC C or higher	37%			<span style="color: orange;">●</span> <span style="color: green;">●</span> <span style="color: purple;">●</span>		<span style="color: blue;">●</span>		84%	LW <span style="color: green;">●</span>	60%の住宅がEPC注基準でC以上を達成する時期
Electricity generation 電力	60% generation output from renewables <sup>3</sup>	41% 120TWh	<span style="color: green;">●</span> <span style="color: orange;">●</span> <span style="color: blue;">●</span>		<span style="color: grey;">●</span>				82% 495TWh	LW <span style="color: green;">●</span>	再エネが発電量の60%を達成する時期
	Offshore wind installation reaches 40GW	8.8GW		<span style="color: green;">●</span> <span style="color: purple;">●</span>	<span style="color: orange;">●</span> <span style="color: blue;">●</span>		<span style="color: grey;">●</span>		88GW <sup>4</sup>	ST <span style="color: blue;">●</span>	洋上風力導入量が40GWを達成する時期
Electricity storage 蓄電	Exceeds 20GW electricity storage technologies <sup>5</sup>	3.8GW			<span style="color: green;">●</span>	<span style="color: orange;">●</span>		<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: grey;">●</span>		40GW	蓄電技術が20GWを達成する時期

注 Energy Performance Certificateの略であり、物件の省エネ性に応じてA（最も省エネ性が高い）からG（最も省エネ性が低い）にランク分けされている。  
 出所）Future Energy Scenarios in five minutes, National Grid ESO、（閲覧日：2021.1.17）、<https://online.flippingbook.com/view/621114/>  
 に三菱総研にて日本語、点線部分加筆

# 英国：NGESOのFESにおける将来想定



- フレキシビリティの項目において、産業・商業分野におけるDRが2.5GWを達成する時期についても言及がされており、CT・LWシナリオは2025年までに達成、STシナリオは2030年までに達成、SPシナリオは2050年までに達成することも示されている。また、2050年における最大ポテンシャルは、CTシナリオにおける13GWである。

FESにおける主要項目の比較表②

**FES key comparison chart**

● CT Consumer Transformation   
 ● LW Leading the Way  
● ST System Transformation   
 ● SP Steady Progression   
 ● UK Government target

			2019	By 2025	By 2030	By 2035	By 2040	By 2045	By 2050	Maximum potential by 2050		
Natural gas supplies 天然ガス供給		Levels of unabated natural gas burned falls by 50%	794TWh			LW CT	ST			1TWh	LW CT	CCSなし天然ガスによる発電量が50%まで減少する時期
Hydrogen 水素		Over 50TWh of low carbon hydrogen production	<1TWh			ST	LW CT			591TWh	ST	水素によるエネルギー供給が50TWhを達成する時期
Bioresources バイオリソース		Negative emissions in the energy system (e.g. BECCs)	N/A		LW CT ST					-61MCO <sub>2e</sub>	LW	BECC等のネガティブエミッション技術が導入される時期
Flexibility フレキシビリティ		10GW or more of electrolysis capacity	<1GW			LW CT	ST	SP		73GW	LW	電気分解容量が10GWを達成する時期
		Industrial and commercial electricity demand side response exceeds 2.5GW	1GW	CT LW	ST				SP	13GW	CT	産業・商業におけるDRが2.5GWを達成する時期

出所) Future Energy Scenarios in five minutes、National Grid ESO、(閲覧日：2021.1.17) 、<https://online.flippingbook.com/view/621114/>  
 に三菱総研にて日本語、点線部分加筆

# 英国：NGESOのFESにおける将来想定

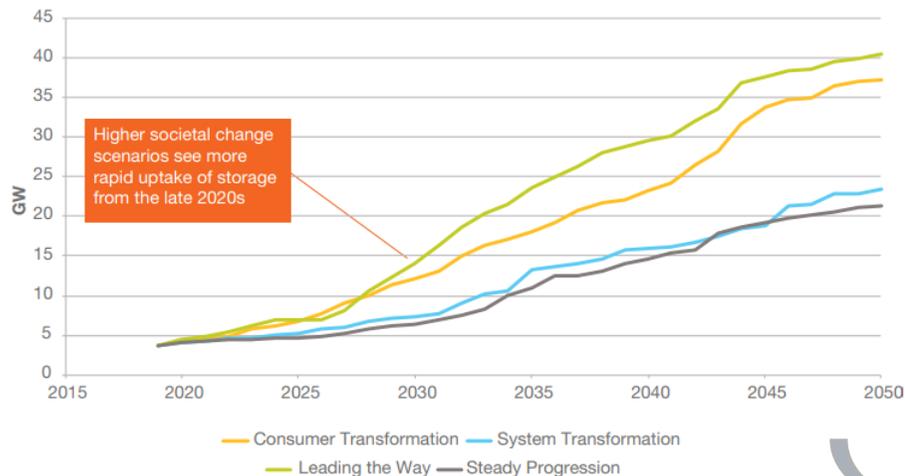


- 例えば、蓄電技術に関しては将来の蓄電容量とそれが提供するエネルギー量を想定している。

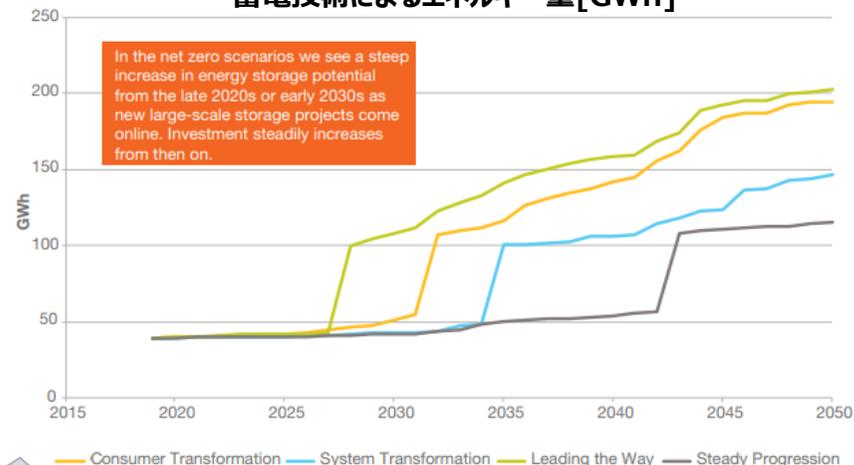
## 蓄電技術<sup>注</sup>の将来見通し

注 蓄電池、液体空気蓄電、圧縮空気蓄電、揚水発電を含む。

### 蓄電容量の将来見通し[GW]

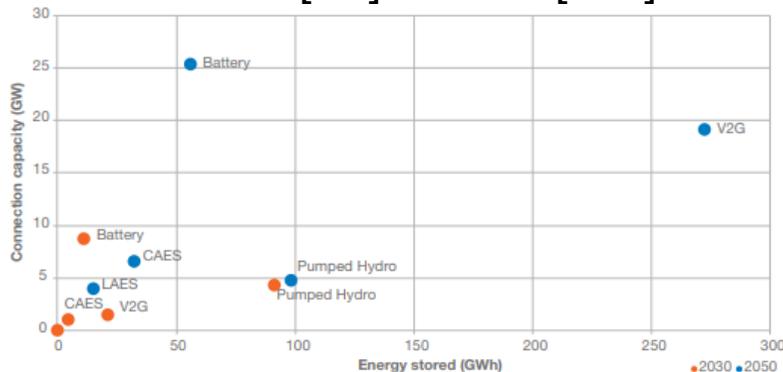


### 蓄電技術によるエネルギー量[GWh]



各技術の  
GWh/GW比率より変換

### 2030年・2050年における蓄電容量[GW]とエネルギー量[GWh]の関係 (LWシナリオ)



# 英国：Balancing serviceにおけるDERの参加量



- 2017年におけるBalancing serviceへのDSR（DR、CHP、発電機（小規模）、蓄電池）参加量は約2,000MW程度。
- FESにおける将来のフレキシビリティ想定では、ディスパッチ可能な火力発電が大幅に減る一方で、DR等その他のフレキシビリティのポテンシャルが増えることが想定されている。

## 2017年におけるBalancing serviceへのDSR参加量

- DSRとして、DR、CHP、発電機（小規模）、蓄電池が含まれている。

Product	DSR Volume
Frequency Response	617MW
STOR	1369MW
DSBR	0MW
Fast Reserve	300MW
<b>Total</b>	<b>2286MW</b>

STOR : Short term operating reserve  
 DSBR : Demand Side Balancing Reserve

出所) Non-BM Balancing Services Volumes and Expenditure, National Grid ESO、(閲覧日: 2021.1.27)、  
<https://www.nationalgrideso.com/document/107511/download>

## FESにおけるフレキシビリティ想定

	2019年	2050年 最大ポテンシャル (火力発電に関しては 最小ポテンシャル)
ディスパッチ可能な 火力発電	約45GW	約18GW
産業・商業プロセス からのDR	約1GW	約7GW
商用ヒートポンプか らのDR	約0GW	約6GW
蓄電池	約40GWh	約200GWh

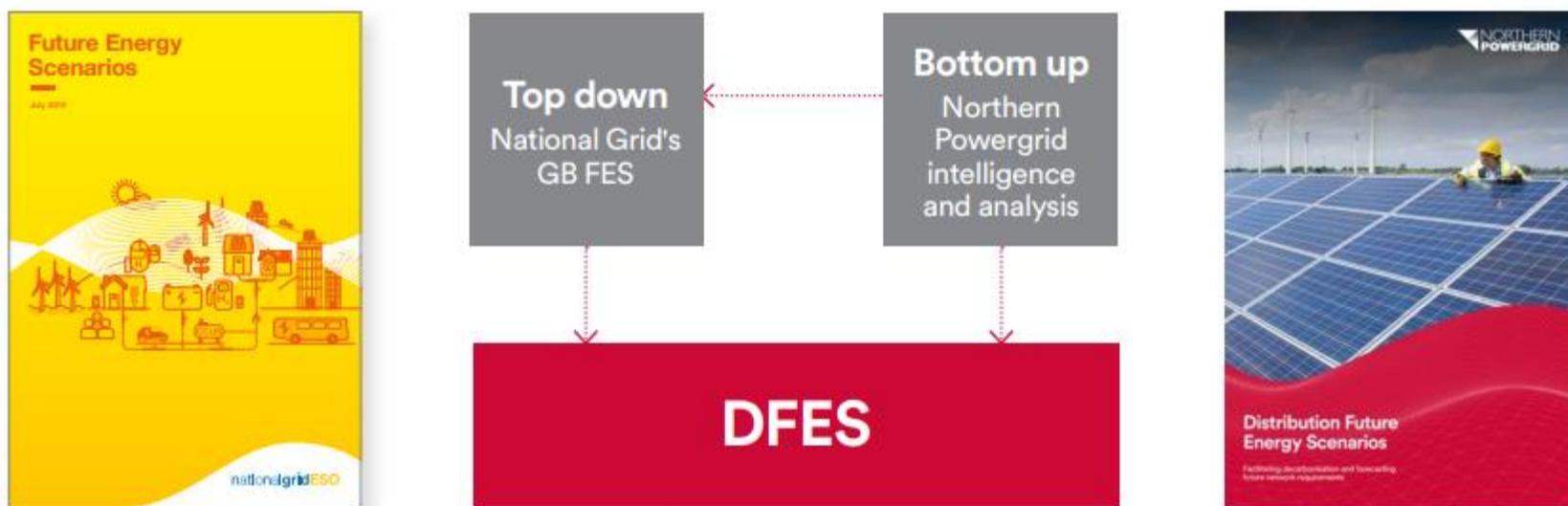
出所) Future Energy Scenarios, National Grid ESO、(閲覧日: 2021.1.17)、  
<https://www.nationalgrideso.com/document/173821/download>  
 より三菱総研作成

## 英国：DNOの配電系統将来エネルギーシナリオ（DFES）の概要と目的



- 英国では、DNOにおいてもFESを配電系統レベルで解釈したDistribution Future Energy Scenario（DFES）の作成を実施し始めている。
- 英国TSOのFESと同様に、DFESもRIIOにおける託送原価算定のためのシナリオとして使用される。

### 英国DNOにおけるDFESプロセスのハイレベルなイメージ



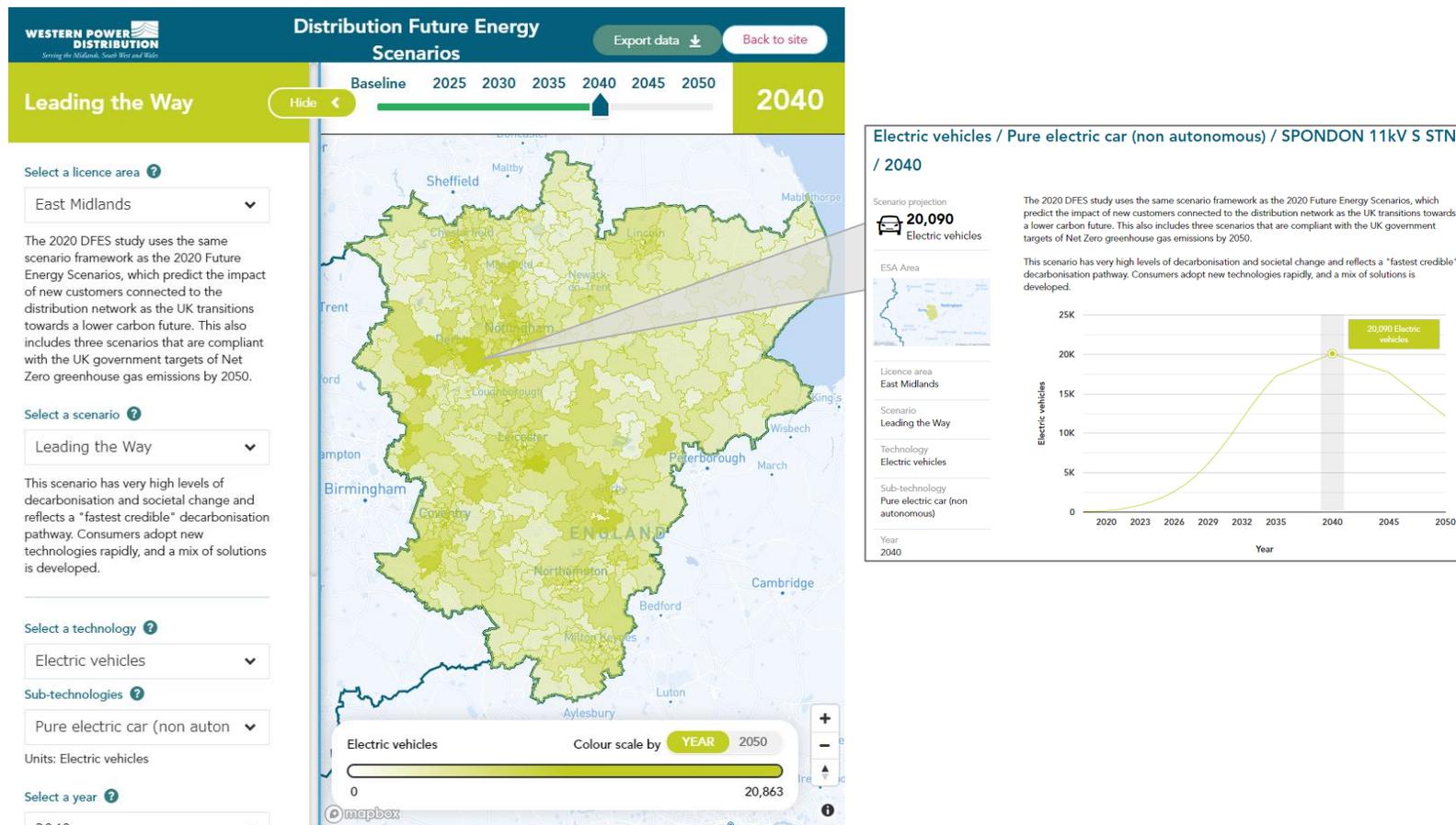
出所) Distribution Future Energy Scenarios、Northern Powergrid、(閲覧日：2021.1.27)、  
<https://www.northernpowergrid.com/asset/1/document/5276.pdf>

# 英国：DNOの配電系統将来エネルギーシナリオ（DFES）の概要



- 英国TSOのFESでは、英国全土でのシナリオを想定していたが、DNOのDFESでは管轄エリアの変電所単位等、より細かいエリアでのDERの導入量想定を行っている。

## WPDのDFESマップ



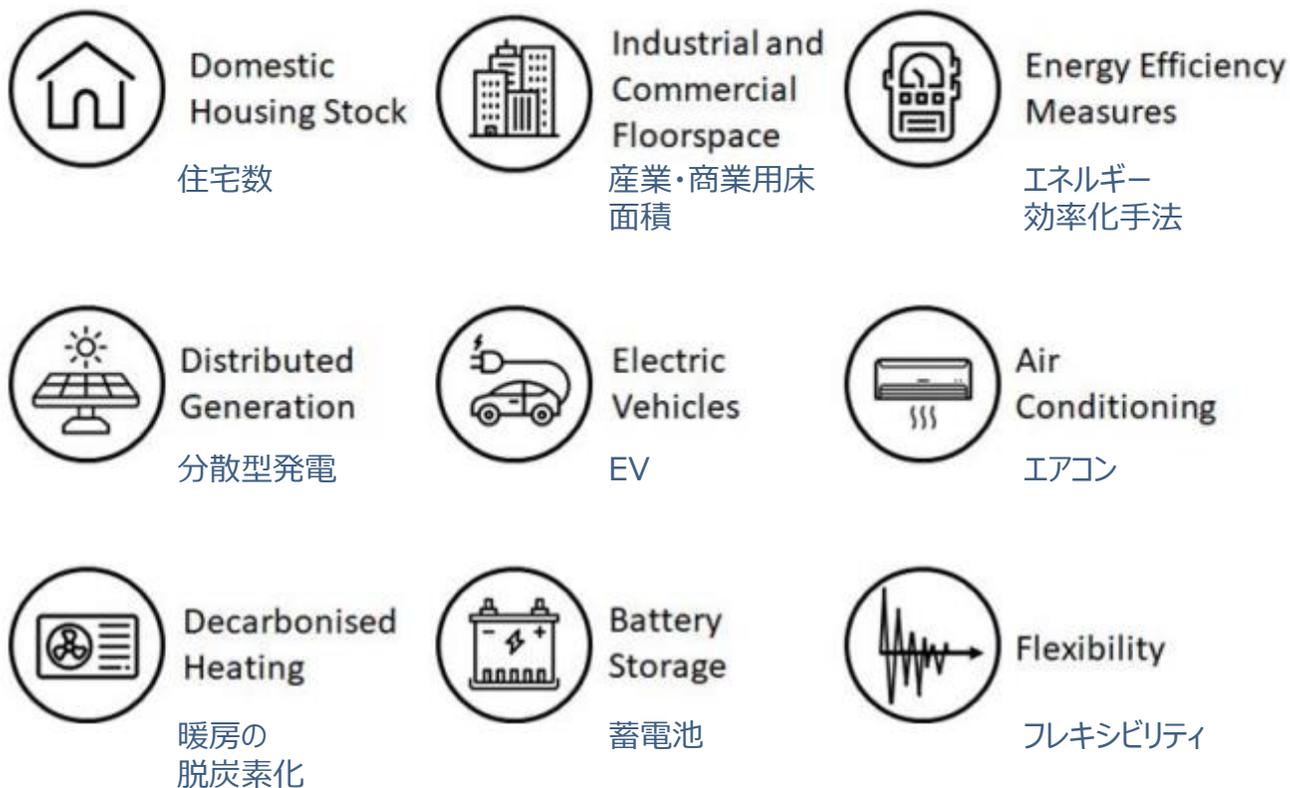
出所) Distribution Future Energy Scenarios, Western Power Distribution、(閲覧日：2021.1.27)、  
<https://www.westernpower.co.uk/distribution-future-energy-scenarios-application>

## 英国：UKPNのDFES事例



- 英国UKPNのDFESでは、下図に示すものが配電網の需要と供給を決定づけるキードライバーであるとして、各キードライバーについてシナリオを作成している。

### 配電網の需要と供給を決定づけるキードライバー



出所) Distribution Future Energy Scenarios, UK Power Networks、(閲覧日：2021.1.27)、  
[https://innovation.ukpowernetworks.co.uk/wp-content/uploads/2020/03/UKPN\\_Distribution\\_Future\\_Energy\\_Scenarios\\_10\\_March\\_2020.pdf](https://innovation.ukpowernetworks.co.uk/wp-content/uploads/2020/03/UKPN_Distribution_Future_Energy_Scenarios_10_March_2020.pdf) に三菱総研にて日本語部分加筆

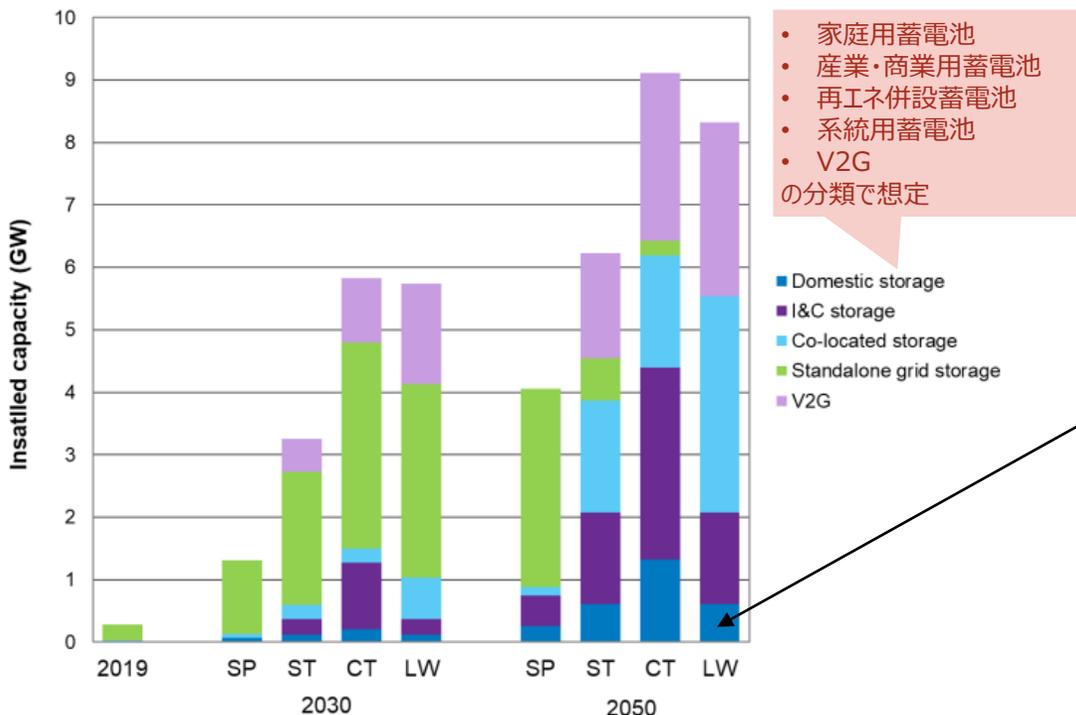


# 英国：UKPNのDFES事例

- 例えば、蓄電池に関しては家庭用、産業・商業用、再エネ併設、系統用といった分類でそれぞれ2050年までの導入量を詳細な地域単位<sup>注</sup>で想定している。

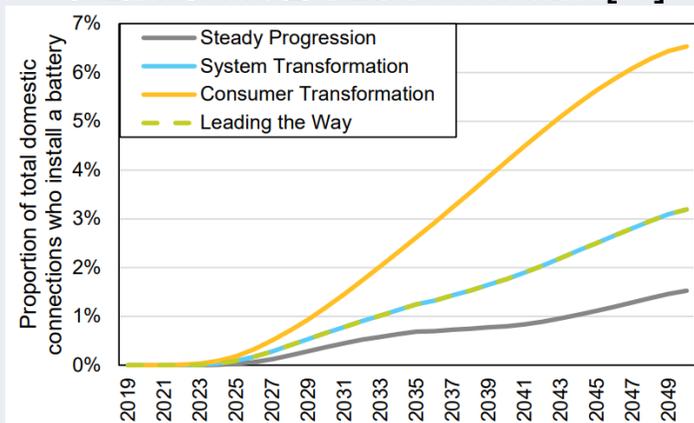
## UKPNにおける蓄電池の導入シナリオ想定

全ての分類の蓄電池の導入量見通し

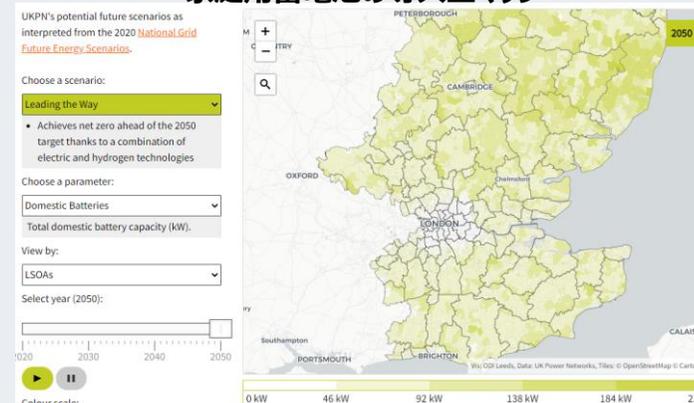


注 UKPNはLower Layer Super Output Area (LSOA) の地域単位でシナリオを想定している。LSOAは隣接するOA (国税調査の地域単位) から構成されるグループであり、人口の規模が可能な限り一定になるように自動的に生成され、通常は4~6個のOAを含む。最小人口は1000、平均人口は1500。

家庭需要家のうち蓄電池を導入している割合[%]



家庭用蓄電池の導入量マップ



出所) Distribution Future Energy Scenarios, UK Power Networks、(閲覧日：2021.1.27)、<https://innovation.ukpowernetworks.co.uk/wp-content/uploads/2021/01/2020-DFES-Report-Final-January-21.pdf> に三菱総研にて日本語部分加筆

# 米国NY：電力会社による将来エネルギーシナリオ策定の背景



- 米国NYは、温室効果ガス排出量を2050年までに85%減少やクリーンエネルギー比率を2040年までに100%といった州の目標を掲げている。これらの目標を達成するために、DERの普及と柔軟な活用に向けたシステム構築・運用を実現するための分散型サービスプラットフォーム（Distributed Service Platform（DSP））の構築を目指している。
- 電力システムを運用する電力会社（IOU）は、DSPへの移行の一環として、分散システム導入計画（Distributed System Implementation Plans（DSIP））を策定している。

## 米国NY州のエネルギー目標

 40 percent emissions reductions in absolute terms from 1990 levels by 2030, 85 percent emissions reductions by 2050	温室効果ガス排出量を2030年までに40%減少、2050年までに85%減少（1990年比）
 70% renewable energy by 2030, 100% clean energy by 2040	再エネ比率を2030年までに70%、クリーンエネルギー比率を2040年までに100%
 9,000 MW of offshore wind by 2035	洋上風力を2035年までに9,000MW
 6,000 MW of solar energy by 2025	太陽光発電を2025年までに6,000MW
 3,000 MW of energy storage capacity by 2030	蓄電容量を2030年までに3,000MW
 Reduce energy consumption by 185 trillion British thermal units (BTUs) from the State's 2025 forecast	2025年における州の予測からエネルギー消費量を185兆BTU削減
 850,000 zero emission vehicles (ZEVs) by 2025	ZEVを2025年までに85万台

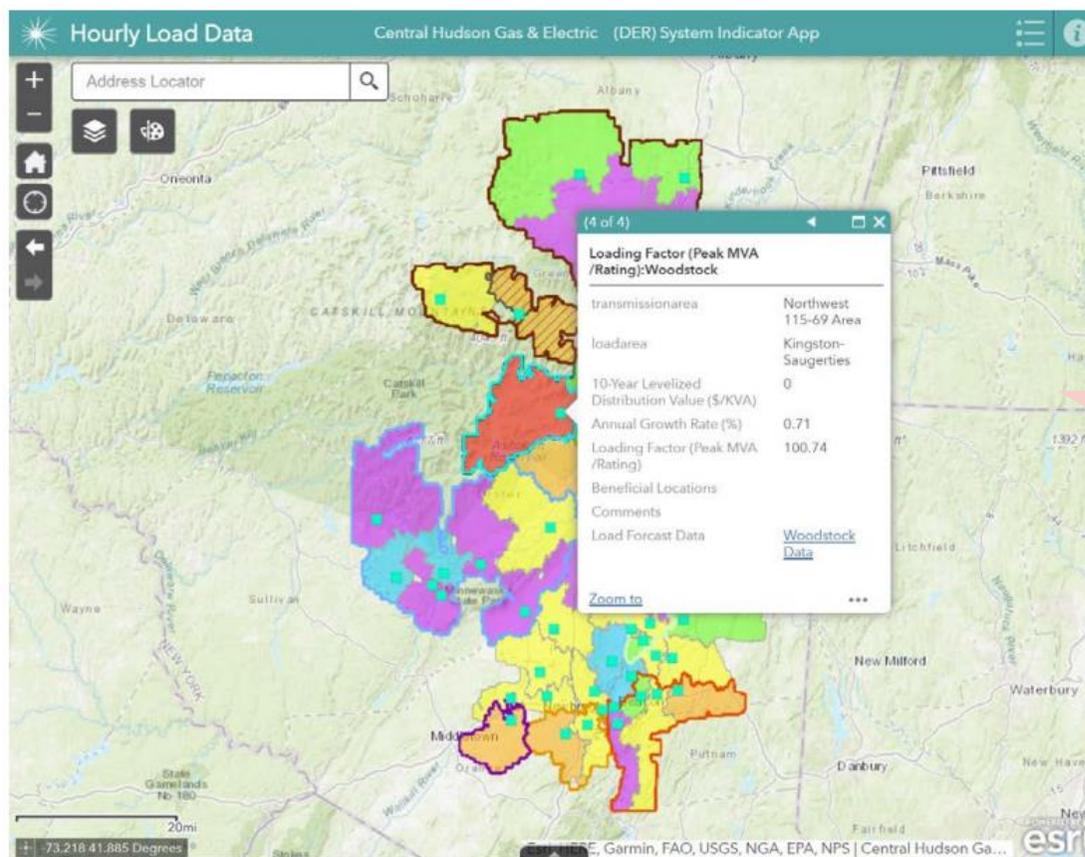
出所) Distributed System Implementation Plan、Con Edison、（閲覧日：2021.1.27）、<https://www.coned.com/-/media/files/coned/documents/our-energy-future/our-energy-projects/distributed-system-implementation-plan.pdf?la=en> に三菱総研にて日本語部分加筆

# 米国NY : Central HudsonのDSIP事例



- Central Hudsonでは、DSIPにおいて5年先までの変電所レベルの負荷・DER予測を実施している。DERとしては、省エネ、PV、EV、蓄電池を考慮しており、これらが電力系統の負荷に与える影響を変電所単位で分析している。

## Central Hudsonのステークホルダーインターフェース



省エネ、PV、EV、蓄電池が与える影響を考慮した変電所の将来負荷を公開している

出所) Central Hudson Distributed System Implementation Plan, Central Hudson、(閲覧日 : 2021.1.27) 、  
<https://jointutilitiesofny.org/sites/default/files/CH%202020%20DSIP.pdf> に三菱総研にて日本語部分加筆

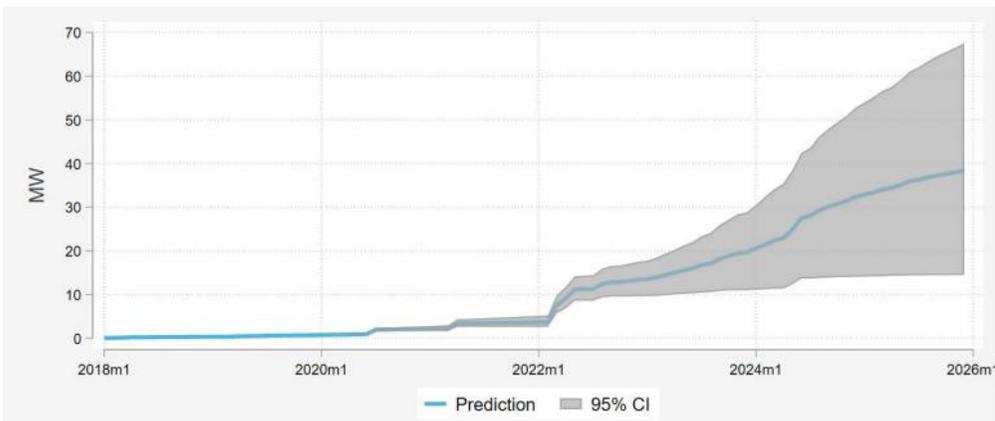
# 米国NY : Central HudsonのDSIP事例



- 例えば、蓄電池に関してはエリア全体で予測した5年先までの蓄電池導入量を変電所単位に割り当てている。

## Central Hudsonにおける蓄電池の導入量予測

エリア全体の蓄電池の導入量予測 (95%信頼区間)



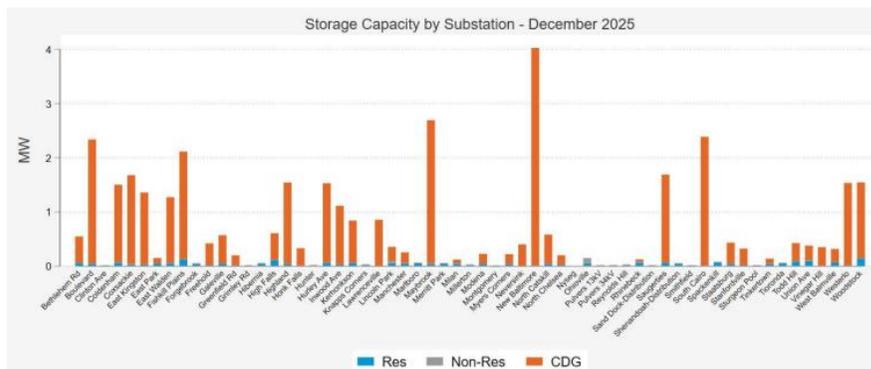
ピーク負荷に対する蓄電池容量[%] (2025年)



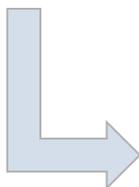
変電所単位の  
ピーク負荷に対する  
蓄電池容量を算出



変電所単位の蓄電池導入量予測 (2025年)



変電所単位に  
按分



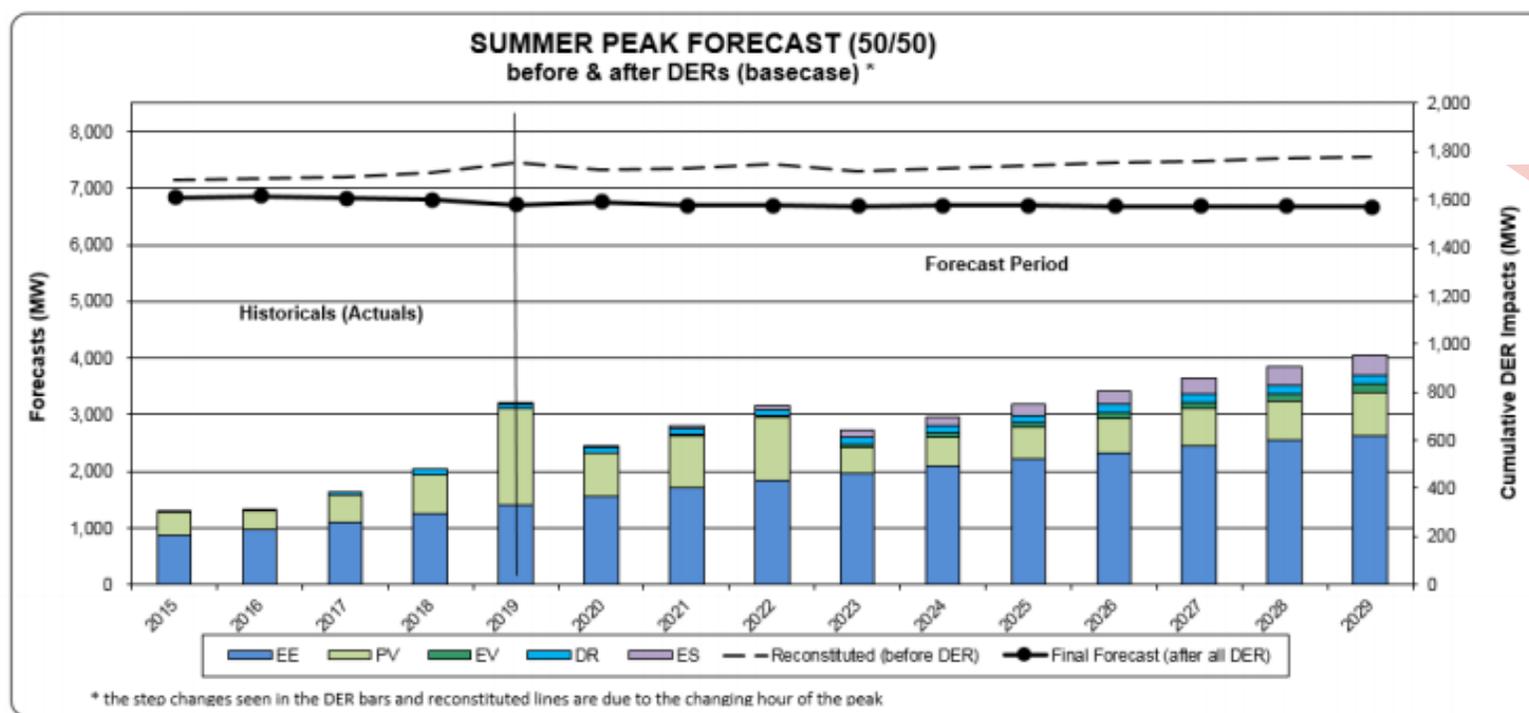
出所) Central Hudson Distributed System Implementation Plan, Central Hudson、(閲覧日: 2021.1.27)、  
<https://jointutilitiesofny.org/sites/default/files/CH%202020%20DSIP.pdf> に三菱総研にて日本語部分加筆

# 米国NY : National GridのDSIP事例



- 米国National Gridでは、DSIPにおいて10年先までのDER予測を実施している。DERとしては、省エネ、PV、EV、DR、蓄電池を考慮しており、これらが電力システムの負荷に与える影響を分析している。

## National Gridのシステムレベルの夏のピーク負荷予測



DERを考慮しない場合（点線）と比較して、DERを考慮した場合は夏のピーク負荷が減少する

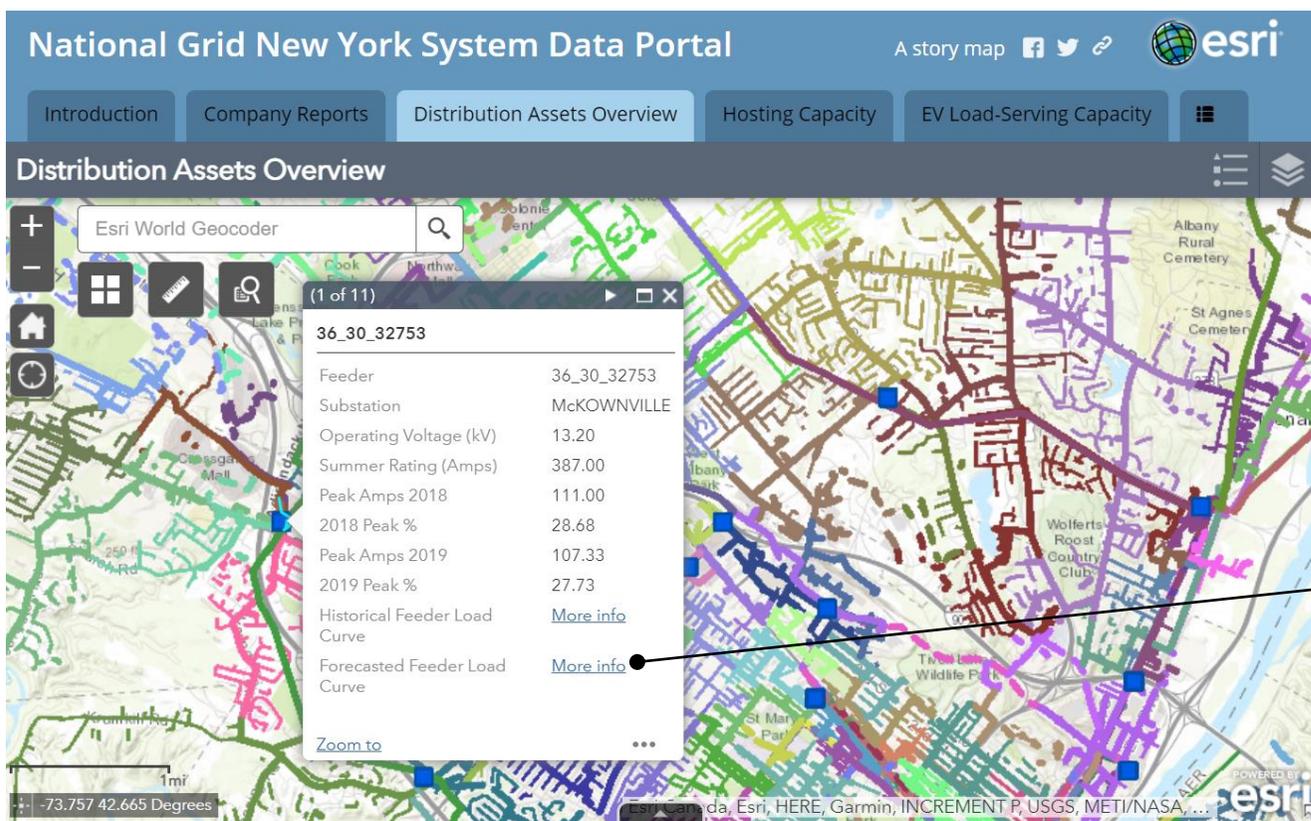
出所) Distributed System Implementation Plan Update of Niagara Mohawk Power Corporation d/b/a National Grid、National Grid、(閲覧日: 2021.1.27)、[https://jointutilitiesofny.org/sites/default/files/NG\\_2020\\_DSIP.pdf](https://jointutilitiesofny.org/sites/default/files/NG_2020_DSIP.pdf) に三菱総研にて日本語部分加筆

# 米国NY : National GridのDSIP事例

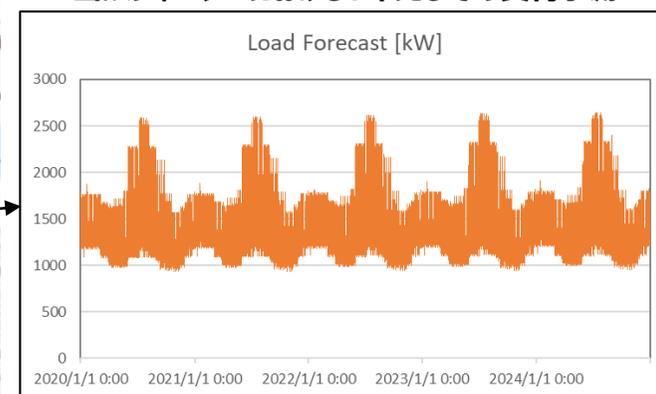


- 米国National Gridでは、システムデータポータル上にフィーダーレベルでの5年先の8,760時間の負荷予測を公開している。これはDER予測の影響を含んだものとなっている。

## National Gridのシステムデータポータルにおけるフィーダーの情報



当該フィーダーにおける5年先までの負荷予測



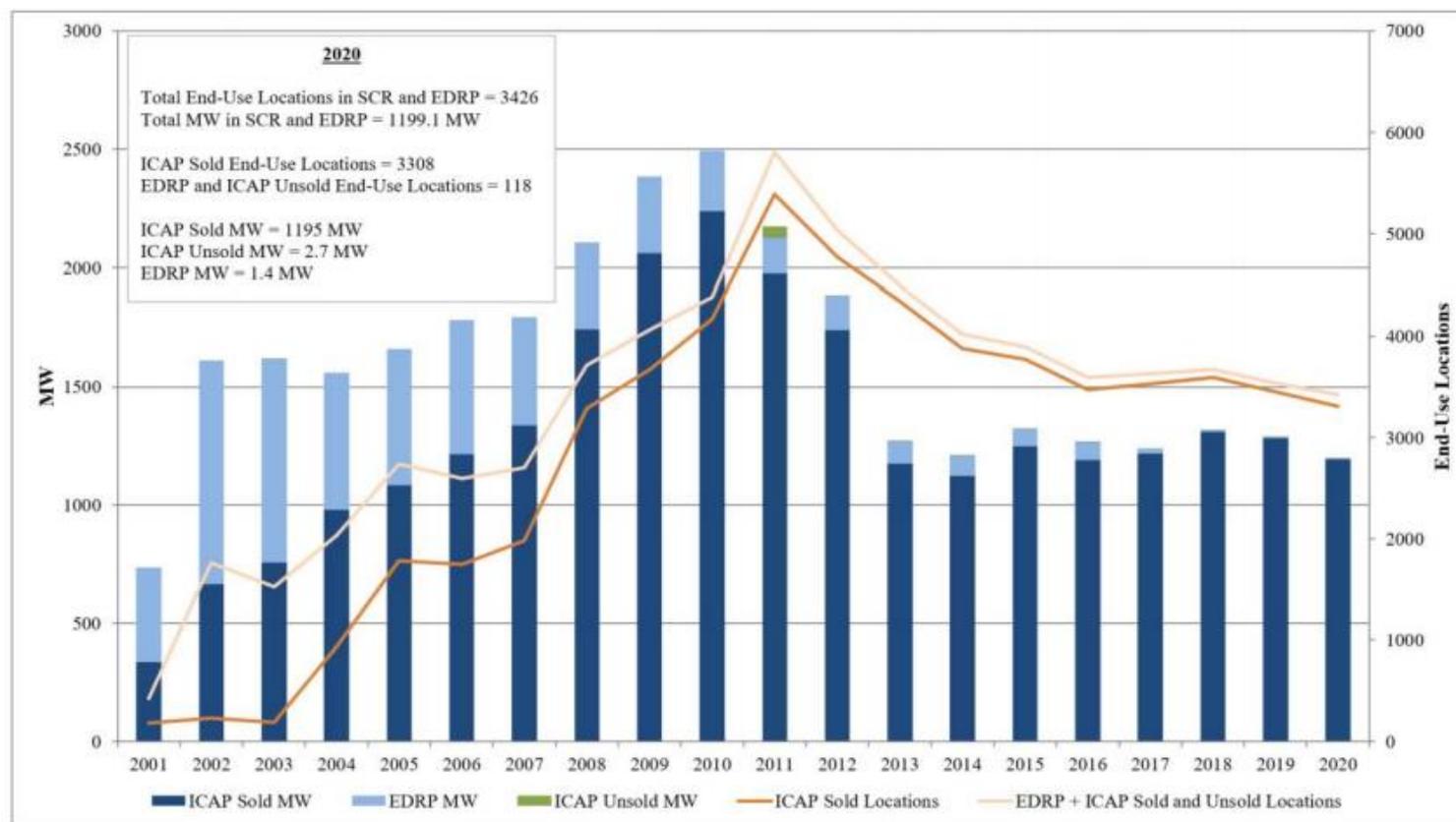
出所) Distributed System Implementation Plan Update of Niagara Mohawk Power Corporation d/b/a National Grid、National Grid、(閲覧日 : 2021.1.27) 、[https://jointutilitiesofny.org/sites/default/files/NG\\_2020\\_DSIP.pdf](https://jointutilitiesofny.org/sites/default/files/NG_2020_DSIP.pdf) に三菱総研にて日本語部分加筆

# 米国NY : Demand Response ProgramにおけるDRの参加量



- NYISOのDemand Response Programへの2020年のDR参加量は1,200MW程度。
- 将来想定されている参加量については不明。

## Demand Response ProgramへのDR参加量推移



2020年には  
約1,200MWの  
DRが参加

出所) NYISO 2020 Annual Report on Demand Response Programs, NYISO、(閲覧日: 2021.1.27)、  
<https://www.nyiso.com/documents/20142/18508130/NYISO-2020-Annual-Report-on-Demand-Response-Programs-FINAL.pdf/820330e8-d51f-9315-fa01-c6590a62013a> に三菱総研にて日本語部分加筆

# 米国CA：電力会社による将来エネルギーシナリオ策定の背景



- カリフォルニアでは2014年8月にAB327（PU Code 769）に基づき、効率的なDER導入拡大を行うべく各電力会社（IOU）は将来のDER導入計画（Distribution Resources Plan（DRP））の策定が義務付けられている。
- 電力会社は需要、省エネ、分散型電源（PV、EV等）、DRについてそれぞれ今後10年間の導入予測を行う必要がある。

## カリフォルニアにおけるエネルギー政策のドライバー

### **Assembly Bill 327 (AB 327)**

- Distribution Resources Plan (DRP)
- Net Energy Metering Successor Tariff
- Residential Rates Reform

### **Senate Bill 350 (SB 350)**

- 50% RPS by 2030
- 50% increase in building EE by 2030
- Integrated Resource Planning
- Transportation Electrification
- Governor's strong support

California's Energy Policy  
primarily driven by  
**decarbonization**

### **Technology-promoting policies**

- Integrated Distributed Energy Resource (IDER) proceeding
- 1,325 MW Energy Storage mandate
- Transportation Electrification (e.g. SCE's Charge Ready program)

### **Disadvantaged Communities**

- Expand opportunities for low-income, environmental justice and other underserved segments to access clean energy resources

出所) Southern California Edison Distribution Resource Plan, Southern California Edison、(閲覧日: 2021.1.27)、  
[https://sites.slac.stanford.edu/vader/sites/vader.slac.stanford.edu/files/VADER\\_TakeyesuErik\\_SCE\\_DRP.pdf](https://sites.slac.stanford.edu/vader/sites/vader.slac.stanford.edu/files/VADER_TakeyesuErik_SCE_DRP.pdf) に三菱総研にて赤線部分加筆

# 米国CA：SCEのDRP事例



- SCEでは、2025年におけるDER導入量を3つのシナリオで描いている。これらの導入量を配電線レベルで割り当て、配電システムに与える影響を評価している。

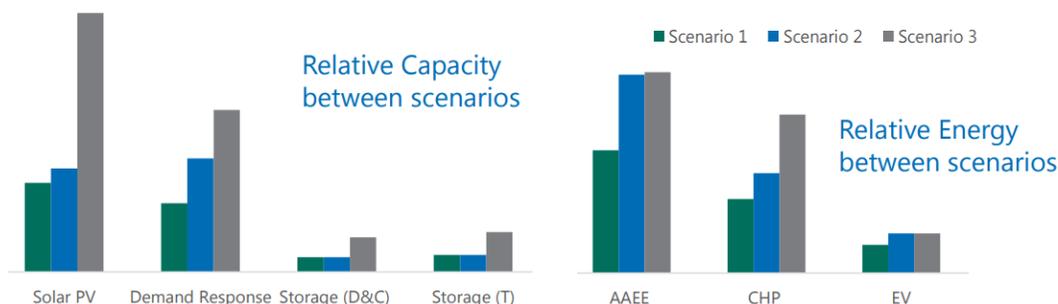
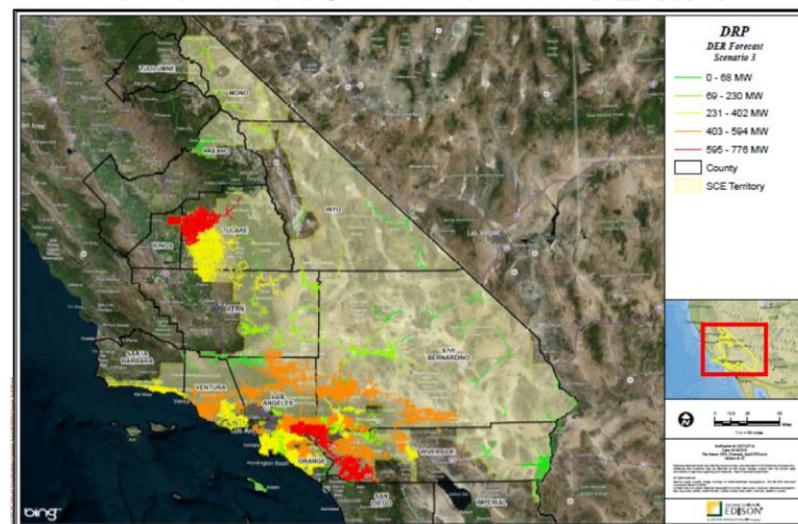
## SCEエリアにおけるDER導入シナリオ

### SCEエリアにおける2025年のDER導入シナリオ

	Growth Type	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
ベース負荷	Base Load	27,019 MW	27,019 MW	27,019 MW
太陽光	Solar PV (nameplate AC)	1,636 MW	1,905 MW	4,770 MW
省エネ	AAEE (annual)	10,536 GWh	17,031 GWh	17,243 GWh
DR	Demand Response	1,265 MW	2,087 MW	2,981 MW
CHP	CHP (annual)	6,350 GWh	8,576 GWh	13,612 GWh
EV	EV (annual)	2,422 GWh	3,395 GWh	3,395 GWh
蓄電池(配電&需要家レベル)	Storage (D&C)	270 MW	270 MW	637 MW
蓄電池(送電レベル)	Storage (T)	310 MW	310 MW	731 MW



### シナリオ3における最大DER導入量の地理的分布



出所) Distribution Resources Plan, Southern California Edison、(閲覧日: 2021.1.27)、  
<https://www.cpuc.ca.gov/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=5155> に三菱総研にて日本語部分加筆

# 米国CA : SCEのDemand Response ProgramにおけるDRの参加量



- 2020年5月におけるSCEのDemand Response ProgramへのDR参加量は約800MW。
- DRPにおける2025年のDR導入量は1,200~3,000MWと予測されている。

## 2020年5月における Demand Response ProgramへのDRの参加量

	May		
	Service Accounts	Ex Ante	Ex Post
		Estimated MW <sup>(2)</sup>	Estimated MW <sup>(3)</sup>
<b>Supply-Side Demand Response Programs</b>			
Agricultural & Pumping Interruptible (API)	909	24.2	17.9
Base Interruptible Program (BIP) 15 Minute Option	53	178.2	140.0
Base Interruptible Program (BIP) 30 Minute Option	415	383.5	413.3
Capacity Bidding Program (CBP) Day Ahead <sup>(4)</sup>	513	5.1	5.3
Capacity Bidding Program (CBP) Day Of <sup>(4)</sup>	356	5.8	5.6
Smart Energy Program (SEP)	52,100	9.9	38.7
Summer Discount Plan Program (SDP) - Commercial	8,392	15.4	17.1
Summer Discount Plan Program (SDP) - Residential	205,319	47.2	151.9
<b>Sub-Total</b>	<b>268,057</b>	<b>669.2</b>	<b>789.9</b>
<b>Load-Modifying Demand Response Programs</b>			
Critical Peak Pricing (CPP)	248,958	7.6	4.6
Optional Binding Mandatory Curtailment (OBMC)	10	16.1	15.2
Real Time Pricing (RTP)	113	0.4	1.1
Scheduled Load Reduction Program (SLRP)	0	0.0	0.0
<b>Sub-Total</b>	<b>249,081</b>	<b>24.1</b>	<b>20.8</b>
<b>Total All Programs</b>	<b>517,138</b>	<b>693.3</b>	<b>810.7</b>

出所) SCE WG2 Monthly Enhanced Report For May 2020, Southern California Edison、(閲覧日 : 2021.1.27) 、  
[http://www3.sce.com/sscc/law/dis/dbattach5e.nsf/0/2DBCAA66FF2E94168825858F0067570D/\\$FILE/R1309011%20SCE%20Monthly%20ILP%20and%20DRP%20Report%20202005\\_Public.pdf](http://www3.sce.com/sscc/law/dis/dbattach5e.nsf/0/2DBCAA66FF2E94168825858F0067570D/$FILE/R1309011%20SCE%20Monthly%20ILP%20and%20DRP%20Report%20202005_Public.pdf) に三菱総研にて赤枠加筆

## SCEエリアにおける2025年のDER導入シナリオ

Growth Type	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Base Load	27,019 MW	27,019 MW	27,019 MW
Solar PV (nameplate AC)	1,636 MW	1,905 MW	4,770 MW
AAEE (annual)	10,536 GWh	17,031 GWh	17,243 GWh
<b>Demand Response</b>	<b>1,265 MW</b>	<b>2,087 MW</b>	<b>2,981 MW</b>
CHP (annual)	6,350 GWh	8,576 GWh	13,612 GWh
EV (annual)	2,422 GWh	3,395 GWh	3,395 GWh
Storage (D&C)	270 MW	270 MW	637 MW
Storage (T)	310 MW	310 MW	731 MW

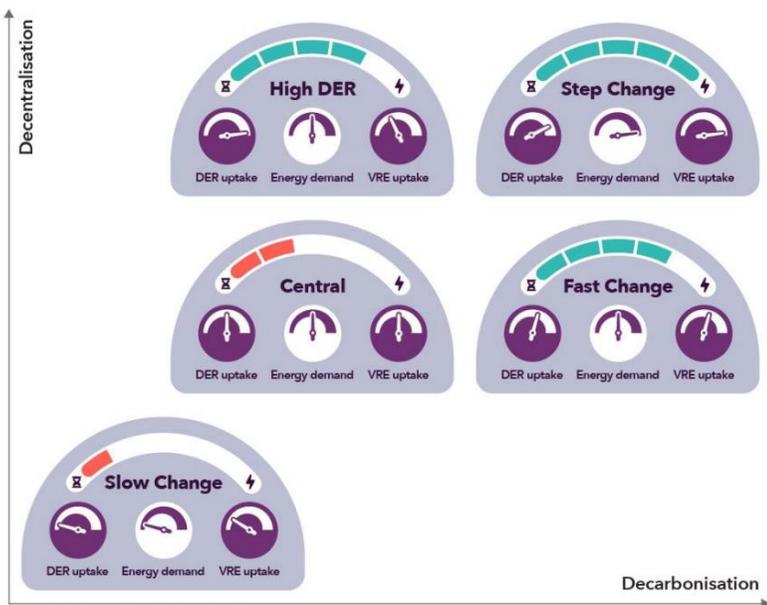
出所) Distribution Resources Plan, Southern California Edison、(閲覧日 : 2021.1.27) 、  
<https://www.cpuc.ca.gov/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=5155> に三菱総研にて赤枠加筆

# 豪州AEMOのDER導入量の見通し



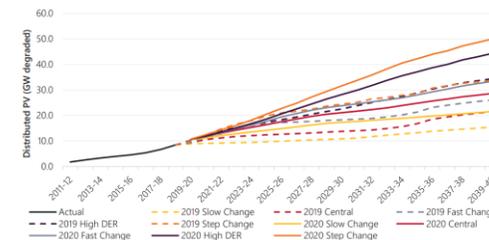
- 豪州のAEMO（Australian Energy Market Operator）は、脱炭素と分散化に向けた将来シナリオ策定の中で、豪州全国台でのDERの導入量の見通しを行っているが、規制機関や電力会社に行動を求めるようなロードマップは策定されていない。

## AEMOにおける脱炭素・分散化に向けた5つのシナリオ

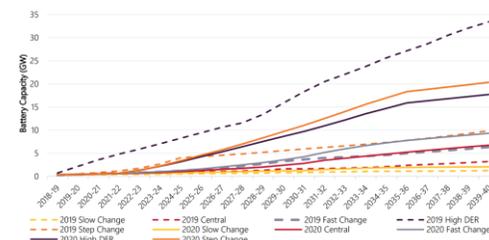


## DER導入量の見通し

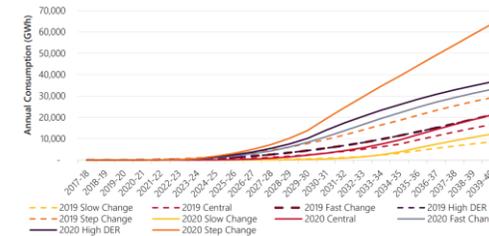
PV



蓄電池



EV



出所) 2020 Inputs, Assumptions and Scenarios Report. Australian Energy Market Operator、(閲覧日: 2021.1.22)、[https://aemo.com.au/-/media/files/electricity/nem/planning\\_and\\_forecasting/inputs-assumptions-methodologies/2020/2020-forecasting-and-planning-inputs-assumptions-and-scenarios-report-iasr.pdf?la=en](https://aemo.com.au/-/media/files/electricity/nem/planning_and_forecasting/inputs-assumptions-methodologies/2020/2020-forecasting-and-planning-inputs-assumptions-and-scenarios-report-iasr.pdf?la=en) に三菱総研にて日本語部分加筆

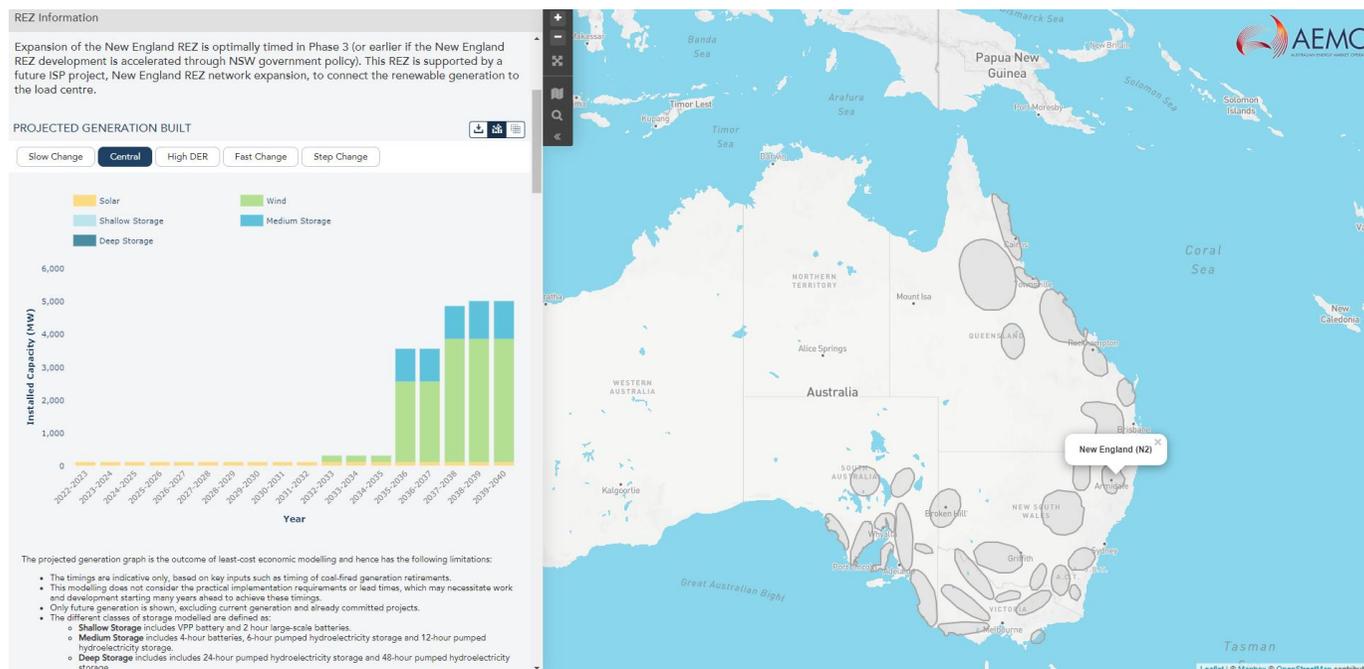
# 豪州AEMOのDER導入量のエリア別見通し



- シナリオ策定の結果として豪州東部を中心に、エリア別のPV、風力、蓄電システム（Shallow Storage, Medium Storage, Deep Storage※）の導入量見通しが整理されている。

※Shallow Storage : VPP用および2時間率前後の蓄電池  
 Medium Storage : 4時間率程度の蓄電池、6,12時間率の揚水  
 Deep Storage : 24, 48時間率の揚水

## エリア別のDER導入見通し



出所) Forecasting and planning interactive map、Australian Energy Market Operator、(閲覧日 : 2021.1.22) 、  
<https://www.aemo.com.au/aemo/apps/visualisations/map.html>

# 豪州AEMOにおけるDERのVPPへの活用



- 豪州AEMOはNEM（国家電力取引市場）にVPPを2022年までに700MW参加させることを目標とし、各種補助金や実証事業が立ち上がっている。

## 豪州におけるDERのVPP活用、補助金等の主な状況

地域	概要	詳細
南オーストラリア	DERのVPP活用	テスラ社は公営住宅と民間住宅に合わせて50,000台のPVおよび蓄電池システムの導入を進めている。全て商用化されれば、世界最大規模のVPPシステムとなる。
南オーストラリア	DERのVPP活用	南オーストラリアのエネルギー会社AGLは、1,000近くの住宅用蓄電システムをVPPとしてアグリゲートすることを発表。
キャンベラ	DERのVPP活用	首都特別政府のNext Generation Energy Storage Programとして、キャンベラの5,000以上の住宅に対して蓄電池システムを導入。VPPとしての供出量は36MW。
アデレート	DERのVPP活用	アデレートのエネルギー会社Simply Energyは、6MWの住宅用蓄電システムと、2MWの産業用機器をVPPとして活用する。
ブルニー島	DERのVPP活用	大学、電力会社、スタートアップの共同事業として、蓄電池を活用して海底電源ケーブルの混雑を緩和してローカルネットワーク電圧を安定させる実証事業を実施。
南オーストラリア	補助金	南オーストラリア州政府は、40,000台の新設家庭用蓄電システムに対し、1億ドルの補助を実施。
ヴィクトリア	補助金	ヴィクトリア州政府は、10,000台の新設蓄電システムに対し、4千万ドルの補助を実施。
ニューサウスウェールズ	補助金	ニューサウスウェールズ州政府は、40,000台の家庭用業務用蓄電池に対し、5千万ドルの補助を実施。

出所) NEM Virtual Power Plant(VPP) Demonstrations Program、Australian Energy Market Operator、(閲覧日: 2021.1.22)、  
<https://www.aemo.com.au/-/media/Files/Electricity/NEM/DER/2018/NEM-VPP-Demonstrations-program.pdf> より三菱総研作成

# 西オーストラリア州のDERロードマップの概要



- 西オーストラリア州では州政府がタスクフォースを立ち上げ、DER普及拡大に向けたロードマップとして、技術面や制度面、ビジネス面での課題を時系列で整理している。
- 2024年にDERを活用したビジネスを確立させることを目標としている。

## 西オーストラリア州のDERロードマップの全体像



出所) Distributed Energy Resource Roadmap、Western Australia Government、(閲覧日: 2021.1.22)、[https://www.wa.gov.au/sites/default/files/2020-04/DER\\_Roadmap.pdf](https://www.wa.gov.au/sites/default/files/2020-04/DER_Roadmap.pdf)

# 西オーストラリア州のDERロードマップにおける事業計画



- 2024年までのロードマップの中で、主要な論点に基づいて個別のアクションプランが策定されており、アクションの具体内容や目標期日、行動主体、優先度が定義されている。
- 2024年までの分散型蓄電リソースの普及に関して、西オーストラリア州のTDSOであるWestern Powerが計画を策定するようロードマップ内（Action 5b）で要請しているが、DERの定量的な導入量は目標値として掲げられていない。

## 西オーストラリア州のDERロードマップにおける主要論点とアクションプラン（DER関連部分一部抜粋）



アクション	ロードマップにおける要素	行動主体	内容	優先度
5a	分散型ストレージ	Western Power	2020年10月までに、下記地域のPowerBanks※1を整備し、系統制約に対処する。 対象地域：キャンニングハール、ダンスボロー、エレンブルック、カルグーリー、レダ、パーメリア、ポートケネディ、シングルトン、トゥーロック、ワネルー	高
5b	分散型ストレージ	Western Power	2020年10月までに、SWIS（South West Interconnected System）の新しいDER活用ニーズを満たすような分散型ストレージサービスを導入するための計画（2021年-2024年）を策定する。	高
6	分散型ストレージ	EPWA（西オーストラリア州・エネルギー政策庁）	2020年12月までに、分散型ストレージの適切な計量手法および決済の取り決めを検討する。	高
7	分散型ストレージ	EPWA Western Power	2020年12月までに、Western Powerが適正な収益配分の下で、分散型ストレージの効率的な活用と適正なコスト回収ができるように規制を改正する。	高
8	分散型ストレージ	Western Power	2021年12月までに、技術規則を更新して、分散型蓄電池活用の要件を明確にする。	中

※1 PowerBanks：PV保有の複数需要家間で蓄電池を共有するシステム（<https://www.westernpower.com.au/faqs/community-batteries/powerbanks/>、閲覧日：2021.1.25）

出所）Distributed Energy Resource Roadmap、Western Australia Government、（閲覧日：2021.1.22）、[https://www.wa.gov.au/sites/default/files/2020-04/DER\\_Roadmap.pdf](https://www.wa.gov.au/sites/default/files/2020-04/DER_Roadmap.pdf) より三菱総研作成

# 西オーストラリア州のDERロードマップにおけるDER導入量の見通し

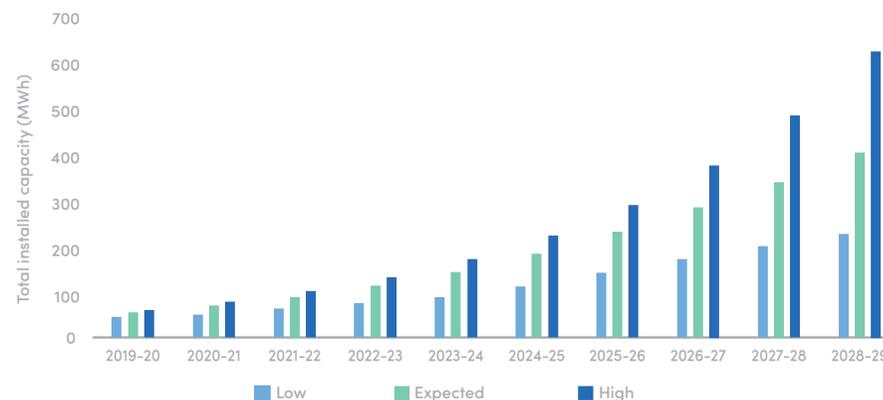


- 西オーストラリア州におけるDER導入量の見通しとして、足下の導入状況を踏まえて将来導入量を推計している。

## PV容量の将来見通し



## 蓄電池容量の将来見通し



出所) Distributed Energy Resource Roadmap、Western Australia Government、(閲覧日: 2021.1.22)、[https://www.wa.gov.au/sites/default/files/2020-04/DER\\_Roadmap.pdf](https://www.wa.gov.au/sites/default/files/2020-04/DER_Roadmap.pdf)

---

## Ⅲ. VPP 構築実証事業の総括

---

1. VPP基盤整備実証の総括
2. VPPアグリゲーター実証（VPP実証）の総括
3. VPPアグリゲーター実証（V2G実証）の総括

## VPP 構築実証事業の総括の概要

- VPP構築実証（VPP実証）事業の総括の目的は、2020年度の実証終了後にVPP事業を推進する上で、継続的に検討すべき事項を整理することである。
- VPP実証の総括は、2016年度から実施してきたVPP実証を実施している各社の報告書の記載内容を基に整理。
- VPP実証は①VPP基盤整備実証と②VPPアグリゲーター実証に分けて実施された。

VPP実証の種類	総括のポイント
VPP基盤整備実証	<b>VPPを実用化する上での基盤システムの開発と運用方法の検討</b> VPP共通基盤システムを開発した上で、システムの性能やセキュリティ、システムの堅牢性について検証した結果を整理
VPPアグリゲーター実証	<b>分散型リソースを活用した各種サービスに関する技術的な検証</b> 様々なリソースを活用した場合の、リソースの制御やその評価方法またはセキュリティ等、VPP事業を行う上で必要となる様々な検証項目を整理
	<b>V2Gの事業化に向けた環境整備やビジネスモデルの検討</b> EVを活用したリソース制御やEV制御システムを活用する場合の技術面等の課題を整理。

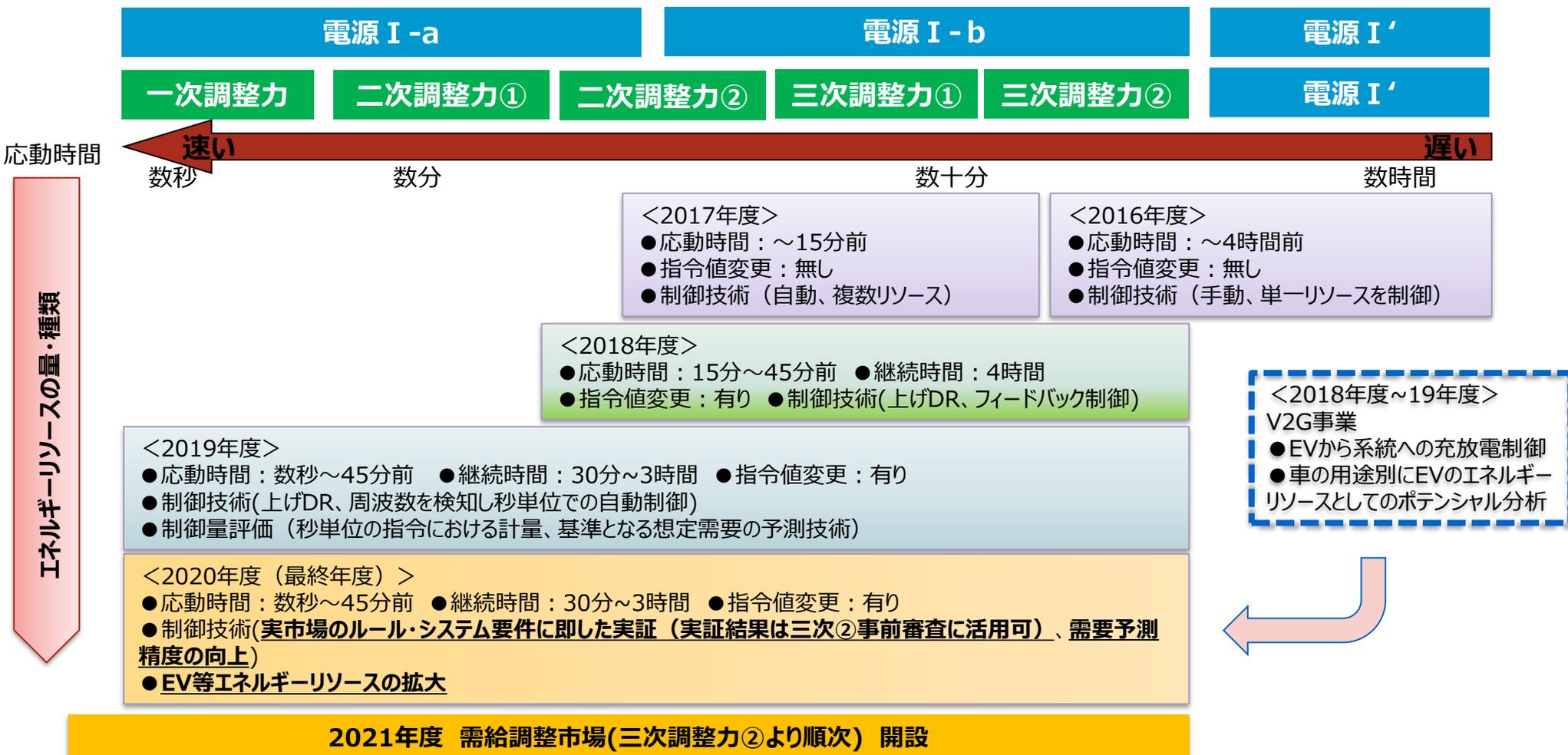
# VPP実証総括－サマリー

- VPPアグリゲーター実証（VPP実証及びV2G実証）で挙げられた主な成果・課題・解決に向けた事業者の見解は以下の通り。
  - VPP実証では、各種予測精度を向上させた上で、ベースラインや基準値の補正を行うことや、高速調整力の商品設計に対応するために、1分値計量から数十秒単位での受電点における計量を実施するといった対策が必要。
  - V2G実証では、ロスを考慮したフィードバック制御やリソース確保に向けてEVの予定外利用の予測といった技術的な項目での更なる工夫が必要。

	主な成果	主な課題	解決に向けて事業者から示された今後の方向性
VPP 実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High 4 of 5を基準ベースラインとしつつ、各種補正を行い受電点計測にて制御を実施。</li> <li>• 三次調整力は30分値の制御に関しては精度高く制御可能な事例も複数確認</li> <li>• 高速調整力（一次・二次）もOpenADRを活用し、検証を実施</li> <li>• 潜在化しているユースケース（ノンファームと連動したDRによる出力抑制回避等）の実証も実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• より正確な制御のためには<b>発電量予測や需要予測の更なる精度向上が必要</b></li> <li>• 需要変動の影響を受けるため、多くのリソースでは<b>受電点での正確な計量は困難</b></li> <li>• 需給調整市場の制御量を評価（アセスメント）する方法として<b>機器点計測が認められていない</b></li> <li>• 三次②の事前審査要件である5分値の制御をクリアするのが困難なケースも存在</li> <li>• 三次①や二次の<b>1分値での制御量の評価は困難</b></li> <li>• 低圧リソースの活用が認められていない</li> <li>• 収益源となる市場が限定的</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RAのリソースポートフォリオの<b>拡大</b>（リソースポートフォリオの規模が大きくなることで、平準化効果が期待）</li> <li>• 再エネ予測精度や需要予測精度の向上及びその<b>予測値を用いたベースラインの補正</b>。</li> <li>• リアルタイム値を踏まえた<b>制御量のフィードバック制御</b>を実施</li> <li>• 3次①や2次①の1分値での評価に対応するための、<b>数十秒単位での計量できる受電点計量器の活用</b></li> <li>• <b>容量市場の発動指令や小売インバランス回避への活用に向けた実証の実施</b></li> </ul>
V2G 実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OpenADRを活用した<b>V2G制御システムの開発</b></li> <li>• <b>VPP実証同様、三次調整力ではDR指令に対する応動性を確認</b></li> <li>• その他、<b>配電混雑緩和や無効電力制御といったユースケースへの活用</b>の検証の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>充放電ロスや待機ロスの影響が大きく、指令値と実績値が乖離しやすい</b></li> <li>• <b>EVの予定外利用のため、リソースを確保できない場合があること</b></li> <li>• 高速調整力として活用する場合は指令値と乖離が生じやすいこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>各種ロスを考慮したフィードバック制御を導入すること</b></li> <li>• EVの利用スケジュールの把握や<b>予定外利用の予測を精緻化</b>すること</li> <li>• <b>確実な運用に向けたマージン（余力）の確保</b></li> </ul>

# VPP実証事業の全体像

- 2016年度から2020年度にかけて将来的な各調整力の商品での運用を目指して、実証内容を設定。
- 2020年度（最終年度）実証では、実証結果を三次調整力②（2021年度から開設）の事前審査へ活用することもできるようになっており、事業者の市場参画を促している。



# VPP実証事業の分類

- VPP実証は、主に基盤整備事業とアグリゲーター事業に分類される。各事業の目的は下記の通り。

2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
<p><b>高度制御型ダイヤモンド レスポンス実証事業 (B事業)</b> ネガワット取引に係る共通基盤 システムの開発・調査・研究・接 続実証(B-2事業) 目的：国内でDRを広く普及するた め、必要となる共通基盤システム の開発・調査・研究・調査・接続実証 を行う</p>	<p><b>VPP基盤事業 (D事業)</b> 目的：親アグリゲーターのVPP実 証を支援し、事業課題等の調 査・分析及び必要なシステム開 発を行う</p>	<p><b>VPP基盤整備事業 (A事業)</b> 目的：B事業（B-1事業）で採択されたVPPアグリゲーターの実証を支援、事業課題等の調査・分析及び必要なシステム開発を行う</p>		
<p><b>バーチャルパワープラント 構築事業 (A事業)</b> <b>アグリゲーター事業(A-1事業)</b> 目的：高度なエネルギーマネジメ ント技術を活用し、蓄電池等のエ ネルギー設備やDR等の需要家 側の取組等、電力グリッド上に散 在するエネルギーリソースを統合 的に制御し、あたかも一つの発電 所のように機能させる取組を通じ て、需要家側のエネルギーリソ ースを統合的に制御するアグリゲ ーションビジネスにおけるビジネスモデ ルの確立を目指す</p>	<p><b>VPP構築実証事業 (A事業)</b> 目的：採択されたリソースアグリ ゲーター及びVPP基盤事業者と 共同でVPP実証を行い、VPP構 築に向けて技術実証、制度的課 題の洗い出しを行う</p>	<p><b>VPPアグリゲーター事業 (B-1事業)</b> 目的：VPP基盤整備事業者からのDR指令を受けて、VPP実証を行 い、VPP構築に向けて技術実証、制度的課題の洗い出しを行う</p>	<p><b>VPPアグリゲーション事業 (B事業)</b> 目的：VPP基盤整備事業者か らのDR指令を受けて、VPP実証 を行い、VPP構築に向けて技術 実証、制度的課題の洗い出しを 行う、または電動車(EV/PHV)を 活用し、V2G実証を行い、V2G 構築に向けて技術実証、制度的 課題の抽出を行う</p>	
		<p><b>VPPアグリゲーター事業 (V2G) (B-2事業)</b> 目的：電気自動車等（EV/PHV）を活用し、V2G実証を行い、 V2G構築に向けて技術実証、制度的課題の抽出を行う</p>		

注) 2016年はB-1、A-2事業も存在するが、それ以降の実証事業の枠組みとは異なるものであるため、上記表には記載していない。  
 出所) [1] 一般社団法人 環境共創イニシアチブ、VPP構築実証事業、(閲覧日：2020.9.18)、<https://sii.or.jp/vpp02/> [2] 一般社団法人 エネルギー総合工学研究所、「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業」(A事業・D事業)に係る関係補助事業者の公募の結果について、(閲覧日：2020.9.29)、<https://www.iae.or.jp/download/vpp20170615-1/?wpdmdl=9365&refresh=5f72de4b5db1601363531> [3] 一般社団法人 エネルギー総合工学研究所、平成28年度バーチャルパワープラント構築事業費補助金(バーチャルパワープラント構築実証事業)の公募について、(閲覧日：2021.1.13)、<https://www.iae.or.jp/2016/05/19/vpp/> より三菱総研作成

## 各実証事業への参加事業者

- 各年度の実証コンソーシアムの代表事業者は以下の通り。

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
基盤整備事業	<b>(B-2事業)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 早稲田大学</li> </ul> ※2016年度では、2018年度のA事業に該当する事業はB-2事業に割り当てられていた	<b>(D事業)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 早稲田大学</li> <li>● 東京電力PG,関西電力</li> </ul> ※2017年度では、2018年度のA事業に該当する事業はD事業に割り当てられていた	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 早稲田大学</li> <li>● 東京電力PG,関西電力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 早稲田大学</li> <li>● 東京電力PG,関西電力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 早稲田大学</li> <li>● 東京電力PG,関西電力送配電</li> </ul>
VPP実証	<b>(A-1事業)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 関西電力</li> <li>● 東京電力エナジーパートナー</li> <li>● アズビル</li> <li>● 日本電気</li> <li>● エナリス</li> <li>● ローソン</li> <li>● SBIナジー</li> </ul> ※2016年度では、2018年度のB事業に該当する事業はA-1事業に割り当てられていた	<b>(A事業)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 関西電力</li> <li>● 東京電力HD</li> <li>● SBIナジー</li> <li>● ローソン</li> <li>● アズビル</li> <li>● エナリス</li> </ul> ※2017年度では、2018年度のB事業に該当する事業はA事業に割り当てられていた	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 関西電力</li> <li>● 東京電力HD</li> <li>● SBIナジー</li> <li>● ローソン</li> <li>● アズビル</li> <li>● エナリス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 関西電力</li> <li>● 東京電力HD</li> <li>● SBIエナジー</li> <li>● ローソン</li> <li>● アズビル</li> <li>● エナリス</li> <li>● 中部電力</li> </ul>	(VPP) <ul style="list-style-type: none"> <li>● 関西電力</li> <li>● 東京電力HD</li> <li>● SBIエナジー</li> <li>● ローソン</li> <li>● アズビル</li> <li>● エナリス</li> <li>● 中部電力ミライズ</li> </ul>
V2G実証			<ul style="list-style-type: none"> <li>● 九州電力</li> <li>● 東京電力HD</li> <li>● 豊田通商</li> <li>● 東北電力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 九州電力</li> <li>● 東京電力HD</li> <li>● 豊田通商</li> <li>● 東北電力</li> </ul>	(V2G) <ul style="list-style-type: none"> <li>● 九州電力</li> <li>● 豊田通商</li> <li>● 東北電力</li> </ul>

出所) [1]一般社団法人 環境共創イニシアチブ、VPP構築実証事業、(閲覧日：2020.9.18)、<https://sii.or.jp/vpp02/> [2]一般社団法人 エネルギー総合工学研究所、需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業」(A事業・D事業)に係る関節補助事業者の公募の結果について、(閲覧日：2020.9.29)、<https://www.iae.or.jp/download/vpp20170615-1/?wpdmml=9365&refresh=5f72de4b5dbeb1601363531> [3]一般社団法人 エネルギー総合工学研究所、平成28年度バーチャルパワープラント構築事業費補助金(バーチャルパワープラント構築実証事業)の成果報告書(概要版)について、(閲覧日：2021.1.13)、[https://www.iae.or.jp/2017/04/11/vpp-report-fy28/#t\\_03](https://www.iae.or.jp/2017/04/11/vpp-report-fy28/#t_03) より三菱総研作成

---

## Ⅲ. VPP 構築実証事業の総括

---

1. VPP基盤整備実証の総括
2. VPPアグリゲーター実証（VPP実証）の総括
3. VPPアグリゲーター実証（V2G実証）の総括

## VPP基盤整備実証の検証事項

- VPP基盤整備実証は、電力の需給調整に必要となる共通基盤システムの開発や実運用に関する課題を検証する実証である。
- 主な検証事項は以下の通り。

### 主な検証事項

検証事項	概要
システム設計	高速な調整力実現のためのVPP基盤設計
機能開発	高速な調整力に必要な機能の開発
パフォーマンス強化	高速な調整力実現に対する具体的な項目検討
システム開発・テスト	需給調整市場に対応したVPP基盤の開発及びテスト
パフォーマンス評価	調整力としての応答評価
障害対応	障害発生時のシステム切り替え・復旧手法の確立
セキュリティ	外部からの攻撃からシステムを防御するための手法の確立

## 実証実施者と各年度の実施内容

- 2016年度にB-2事業として早稲田大学が実証を開始し、2017年度から東京電力・関西電力も参加。
- VPP共通基盤システムの開発や共通実証メニューの策定、B-1事業者の実証支援などを実施した。

### 各年度の実施内容

	2016年度 (B-2事業)	2017年度 (D事業)	2018年度	2019年度	2020年度
早稲田大学	<ul style="list-style-type: none"> <li>定量的・動的DR運用手法の構成機能の実現</li> <li>定量的・動的DR運用手法の構成機能のDR共通基盤システム上への実装・実証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VPP共通基盤システムの構築・実証実験</li> <li>インタフェース仕様の標準化</li> <li>今後のVPP共通基盤システムに資する基礎検討(①VPP共通基盤システムのセキュリティ検討 ②VPP過渡的特性に関するフェージビリティスタディ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>共通実証メニューの通信仕様策定</li> <li>指令値変更パターンの精査</li> <li>B-1事業者の共通実証支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>共通実証メニューの通信仕様策定</li> <li>B-1事業者の共通実証支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>共通実証メニューの通信仕様策定</li> <li>共通実証の遂行(需給調整市場事前審査活用実証を含む)</li> <li>実証を通じた応動分析</li> <li>B-1事業者の共通実証支援</li> </ul>
東電PG/ 関西電力		<ul style="list-style-type: none"> <li>需給バランス調整に活用するための共通基盤システムの開発</li> <li>異なるエリアに設置されたシステムを活用した需給バランス調整の研究</li> <li>需給バランス調整におけるメリットオーダーを達成するための検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>システム開発：拠点間連携機能を追加開発。</li> <li>B-1事業者と連携し、障害を模擬した異常ケースの連携試験を実施</li> <li>B-1事業者の共通実証支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>システム開発</li> <li>B-1事業者の共通実証支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一気通貫での「三次調整力②対応の検証」と「三次調整力①適用の検証」</li> <li>B-1事業者の共通実証支援</li> </ul>

# VPP基盤整備実証—成果・課題と今後の対応策（1/2）—

## <各調整力商品の運用に関する成果・課題>

- 2019年度までの基盤整備事業にて、**三次調整力②**に対応したVPPシステム構築および簡易的な指令授受のテストを実施、一定の有用性を確認した。
- 今後、システムの検証範囲を**三次調整力①**や**二次調整力**へ拡大するための検討を実施中。

### 本実証事業の中で構築したVPP共通基盤システムに関わる成果

【早稲田大学】 共通実証メニューの要件を取り込んだVPP共通基盤システムの構築

- 全7事業者に対して「接続試験」「一気通貫試験」「リハーサル」を実施、通信仕様に起因する不具合はなく、全B-1事業者が共通実証を完了

【東電PG・関電】 AC側や一般送配電事業者のシステムをPCで模擬した、VPP共通基盤システムの簡易的な一気通貫試験の実施

- 今後、実際の一般送配電事業者のシステムを活用した上での一気通貫での確認試験を実施予定

調整力分類	成果	課題及び事業者の今後の対応方針
三次調整力②	<p>三次調整力②において、多数の実施において滞在率100%を達成。 簡易指令システムを改修。一気通貫試験にて三次調整力②への適用を確認。 上り情報（ACからの需要抑制量、実績出力情報）に対応した指令授受自動化を実施した。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実際の一般送配電事業者のシステムを活用した上での一気通貫での確認試験を実施予定。</li> </ul>
三次調整力①	<p>三次調整力①発動開始30～15分前の基準値と実績値とのずれの分布を確認した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 誤差範囲は概ね±10%</li> </ul> <p>三次調整力①の要件である修正時間1分の条件での指令修正について、簡易指令システム単体の伝送遅れを確認。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 需給調整市場の制度設計に即した実証のための、三次調整力①に追従可能な通信方式の検討すること。</li> <li>● 応動時間の短い電源への適用のための、ACシステムや、一般送配電事業者システムの処理・伝送遅延を考慮した運用を検討すること。</li> <li>● 上り情報への対応や一般送配電事業者システムとの連携をすること。</li> </ul>
二次調整力	<p>2019年の実証までにおいてはVPP共通基盤システムの技術的適用検討は実施していない。 (B-1実証の支援の中で、各RAの二次調整力の試験の支援は実施した。)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 二次調整力へ向けた、秒単位の指令・報告を実現するためのVPP共通基盤システムの通信方式を検討すること</li> <li>● 演算能力・ディスク容量の強化による、簡易指令システムのサーバーを強化すること。</li> <li>● 指令授受の自動化を実施すること。</li> </ul>

# VPP基盤整備実証－成果・課題と今後の対応策（2/2）－

## <その他セキュリティや通信全般に関する成果・課題>

- 主な成果は、ERABセキュリティガイドラインに準じた対策を実施したことや、事故発生前・発生後の簡易的（単一）な障害に対する防止策の検討及び事故発生時に関する事後対応の評価を実施したことである。
- 主な課題は、サイバー攻撃時の具体的な対応や、重複障害時の対応、障害からの復旧時間が長期化してしまう可能性があることである。

分類	成果	課題	事業者の今後の対応策
セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ERAB2.0<sup>注1</sup>に準拠したセキュリティ対策を実施した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Slow HTTP Dos<sup>注2</sup>攻撃への対応。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>サイバー攻撃時特有の条件における通信の切断を検討すること。</li> </ul>
障害対応 （片拠点システム使用不能時においても反応時間の短い調整力の運用を継続すること）	フェールオーバー機能の実装 <ul style="list-style-type: none"> <li>拠点間連携機能（運用データのデータ等価機能）を開発した。（片拠点システム障害時の拠点切替後に発動計画の再登録が必要であり、現状では短時間での対応は実運用上困難なため）</li> <li>運用拠点とアグリゲーター事業者が異なるようなサーバ拠点に接続するたすき状態時にも、障害後運用拠点を切替えることで業務継続が可能であることを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重複障害時の運転を継続すること。</li> <li>市場に参入する多数のアグリや複数の電源種別を持つアグリへ同時にDR指令を出す場合、指令作成に時間が必要になることに伴う復旧時間が長期化すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>障害発生時における、他拠点へのシステム切り替え手法の確立。</li> <li>指令授受の自動化。（中給との連携検討）</li> <li>接続制限等での運用対策。</li> <li>拠点内および通信回線の冗長化。</li> <li>重複障害発生時の運用フローの確立。</li> </ul>
	単一障害に対する対応 <ul style="list-style-type: none"> <li>複数のパターンの障害発生に対する業務継続に関する評価を行った。</li> <li>OpenADRシーケンスの途中で障害が発生した場合においても常時の死活監視時間<sup>注3</sup>（ポーリング、テレメトリーステータス）を短くし、障害時における切替時間を短時間化することで、アグリ切替が必要なケースにおける有用性を確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アラーム画面に気づかないなどのヒューマンエラーによる、単一障害時における復旧時間が長期化してしまうこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>障害検知機能を強化すること。（警報等）</li> <li>監視画面による状況の一括管理をすること。</li> </ul>

注1) ERABに関するセキュリティガイドラインVer2.0 注2) ISPが検知しない頻度でTCPセッションを長時間継続させ、これを占有する攻撃手法 注3) コンピュータやシステムが正常に稼働しているかどうか、外部から継続的に監視する機能

# VPP基盤整備実証－2020年度実証の成果・課題（1/2）－

## <2020年度の成果と課題>

- 2020年度の成果報告書を基に、最新の实証における成果と課題を整理。
- 三次調整力①・三次調整力②と共に、アグリゲーターシステムと一般送配電事業者を含めた一気通貫試験により、より事業に近い環境での検証を行ったことが成果である。
- その他、前年度以前の課題であるセキュリティ対策や情報処理能力向上といった取り組みも実施している。
- 一方で、今後もシステムの冗長化や簡易指令システムの信頼性向上といったシステム側の対策を今後も検討していく必要がある。

	成果	課題や解決に向けた事業者の見解
三次調整力②	<ul style="list-style-type: none"> <li>● アグリゲーターシステムと一般送配電事業者システムを含めた一気通貫試験を実施。制御可能量の大きさ、滞在率の高さを両立している事例も見られた。</li> <li>● 伝送遅れについて複数ケースを一気通貫で検証した。</li> <li>● 簡易指令システムの三次②への運用可能性を確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 多数の事例の中で見ると、滞在率が低い事例も見られる。</li> </ul>
三次調整力①	<ul style="list-style-type: none"> <li>● アグリゲーターシステムと一般送配電事業者システムを含めた一気通貫試験を実施。制御可能量の大きさ、滞在率の高さを両立している事例も見られた。</li> <li>● 三次①固有のインターフェースを整理・実装、情報量増加に伴う保存容量の増強、その他スバックの検討を行い、システムの有用性を担保した。</li> <li>● 伝送遅れについて複数ケースを一気通貫で検証した。</li> <li>● 簡易指令システムの三次①への運用可能性を確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 多数の事例の中で見ると、滞在率が低い事例も見られる。</li> </ul>
システム・通信・セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 通信仕様の策定（三次①・②の識別等）</li> <li>● 過年度の結果を踏まえたセキュリティ追加対策を実施し、セキュリティの強化を実現した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 重複障害時の対応（拠点内および通信回線の冗長化、重複障害発生時の運用フローの確立で対応）</li> <li>● 接続数拡大対応（システムの部分リプレースで対応）</li> <li>● 簡易指令システムの信頼性向上（各拠点のシステム二重化で対応）</li> <li>● インターバル数増加に伴う表示処理速度向上（運用拠点端末の CPU 使用率の見極め・増強、イベント登録画面の表示方法改良で対応）</li> </ul>

## VPP基盤整備実証－2020年度実証の成果・課題（2/2）－

### <実施事業者が示す今後の展望>

- VPP基盤整備実証により今後の展望として示された内容は以下の通り。
- アグリゲータ参入に向けた市場環境やシステム接続、その他標準化・人材育成といった幅広い観点からアグリゲーションビジネス活性化に向けた取り組みが展望として考えられている。

項目	概要
新規アグリゲータ参入支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 新規アグリゲータを中心に今後開設される需給調整市場メニューへのスムーズな参入支援。</li> <li>● 需給調整市場メニューの発動と評価を実施する。</li> </ul>
容量市場の余力活用に関する試行	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 余力把握が必要なのかも含めて、容量市場参加に向けた試行を行う。</li> </ul>
ACと簡易指令システムの接続	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一般送配電事業者は自身が所有するシステムと簡易指令システムを接続することで、運用拠点端末では困難だった多数のACとの調整力運用を可能とする。そのため、配布されるインターフェース調整資料一式を確認し、セキュリティ対策を講じた上でより多くのACが簡易指令システムと接続することが望ましい。</li> </ul>
標準化活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>● VPP共通基盤システムとACシステム間を結ぶ国際標準規格OpenADRを管轄するOpenADRアライアンスと随時連携し、国内利用状況の共有や今後のプロトコルのあり方について継続的に協議する。</li> </ul>
人材育成活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 電力・エネルギー高度博士人材の育成・輩出を目的とした卓越大学院パワー・エネルギー・プロフェッショナル（PEP）育成プログラムの国際標準化教育講義において、需給調整市場のDRプログラムやVPP共通基盤システムの仕様等を活用して、人材育成を実施する。</li> </ul>

---

## Ⅲ. VPP 構築実証事業の総括

---

1. VPP基盤整備実証の総括
2. VPPアグリゲーター実証（VPP実証）の総括
3. VPPアグリゲーター実証（V2G実証）の総括

## VPPアグリゲーター実証（VPP実証）の総括アウトライン

- VPP実証を総括する上で、①VPP事業を実施する際の一般的な成果及び課題、②実証によって明らかになったリソース特有の特徴と課題、③潜在化しているユースケースに関する実証の成果及び課題、という整理軸で実証結果を整理した。
  - ①から③は2016～2019年度の実証結果を基に分析したものである。
  - 最新年度の2020年度の実証結果も合わせて整理した。
  - なお、①の一部と②の整理内容は三菱総研独自の分析内容である。

### VPP実証の総括資料のアウトライン

整理軸	概要
①VPP事業を実施する際の一般的な成果及び課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 各リソースを活用してVPPとして活用する場合（主に顕在化しているユースケースである調整力）の一般的な成果と課題について各検証項目を基に整理。</li> <li>• 正確な制御実施に向けた課題とその課題に対する解決策の対応については、各社の報告書を踏まえて三菱総研独自の分析を実施。</li> </ul>
②実証によって明らかになったリソース特有の特徴と課題（三菱総研独自の分析）	<ul style="list-style-type: none"> <li>• B-1事業で活用した主なリソース（自家発・蓄電池等）特有の特徴や課題を顕在化しているユースケースごとに評価。なお、本分析は各事業者の報告書を踏まえて三菱総研の視点から実施。</li> </ul>
③潜在的なユースケースに関する実証の成果及び課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 将来的に活用が考えられるユースケース（ノンファームを活用した出力抑制回避、ダイナミックプライシングを活用したピークシフト）などについて実証で得られた成果・課題を整理。（リソース種は限定しない。）</li> </ul>
④2020年度実証の結果整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2020年度の実証報告書を基に結果や課題等を整理。</li> </ul>

## VPPアグリゲーター事業（VPP実証）の検証事項

- VPPアグリゲーター事業はVPP構築に向けて技術実証、制度的課題の洗い出しを行う実証事業であり、主管事業者はアグリゲーションコーディネーター（AC）として、末端のVPPリソースの制御を実施した。
- 主な検証事項は以下の通り。

### 主な検証事項

検証事項	概要
ベースライン・計量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 制御量評価の際のベースライン設定等や計量にかかる課題</li> </ul>
リソース制御・確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>● DR指令に応じたリソースの制御にかかる課題</li> <li>● 需要家の確保、DR容量の見積り等にかかる課題</li> </ul>
通信、システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Echonet等通信にかかる課題、OpenADR等</li> </ul>
サイバーセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● DR等の実施にあたり生じるセキュリティ上の課題</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各事業者の独自実証から得られた示唆について整理</li> </ul>

# VPPアグリゲーター事業（VPP実証）の実施事項

- 公募要項と各社の公表情報を基に、過去5年間の実証内の実施事項を整理。

	2016年度 <sup>注</sup>	2017年度 <sup>注</sup>	2018年度	2019年度	2020年度
共通実証		<ul style="list-style-type: none"> <li>一般送配電事業者向け電源 I -b を想定した早い制御（反応時間15分以下、持続時間数時間を想定）</li> </ul>	<p>VPP基盤整備事業者と共同で以下の制御を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>二次調整力②（下げDR）相当の制御</li> <li>三次調整力①（下げDR）相当の制御</li> <li>三次調整力②（上げ下げDR）相当の制御</li> </ul>	<p>VPP基盤整備事業者と共同で以下の制御を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>共通実証                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 三次調整力①（下げDR）</li> <li>✓ 三次調整力②（下げDR）</li> </ul> </li> <li>市場価格連動上げ下げDR</li> </ul>	<p>VPP基盤整備事業者と共同で以下の制御を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>共通実証                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 三次調整力①（下げDR）</li> <li>✓ 三次調整力②（下げDR）</li> </ul> </li> <li>市場価格連動上げ下げDR</li> </ul>
独自実証	<p><u>システム関連</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>VPP事業化に向けたサーバ、GW、リソースのシステム構築・接続試験</li> <li>VPPシステム・制御技術の開発と実証</li> <li>蓄電池を活用したスマートレジエンスVPP構築</li> <li>サブアグリゲーションシステムの構築</li> <li>CO2冷媒要冷機器の制御を活用した需要家側VPPシステムの構築</li> </ul> <p><u>リソース制御関連</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>蓄熱槽を活用したDR</li> <li>複数建物DR</li> <li>蓄電池の遠隔制御</li> <li>EV行動予測システムの構築・VPP制御の仮想取引結果の検証</li> <li>再利用蓄電池のECHONET Lite化と遠隔制御</li> <li>風力発電予測システムのモデル検証</li> </ul> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>リソースアグリゲーションビジネスモデル検証</li> <li>出力制御回避事業モデルの技術・制度面検証</li> </ul>	<p><u>リソース制御関連</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>上げ下げDR実証</li> <li>様々なリソースを用いた需要造成DR</li> <li>ローカル系統安定化に関する検討</li> <li>小売電気事業者向けインバランス抑制制御</li> <li>出力制御回避実証</li> <li>小売インバランス・DR取引</li> <li>蓄電池からの逆潮流制御</li> <li>その他各種実証（V2B実証等）</li> </ul>	<p><u>システム関連</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ACシステム経由の高速制御技術開発</li> </ul> <p><u>リソース制御関連</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>卸取引市場の取引価格と連動した制御</li> <li>秒単位での制御（周波数制御（電源 I -a））</li> <li>各種リソースを活用したDR（蓄電池、熱源保有水、エコキュート等）</li> <li>蓄電池残存性能評価</li> <li>出力制御回避実証</li> <li>小売りインバランス制御</li> <li>蓄電池からの逆潮流制御</li> <li>その他各種実証（V2B等）</li> </ul>	<p><u>リソース制御関連</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>周波数（秒単位）制御（一次調整力相当、二次調整力①相当実証）</li> <li>蓄電池残存性能評価</li> <li>出力制御回避に向けた上げDRの活用</li> <li>各種リソースを活用したDR（熱元水蓄熱、蓄電池、電気温水器、エコキュート等）</li> <li>PVの出力変動を考慮したDR制御</li> </ul> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ローカル系統安定化に関する検討</li> </ul>	<p><u>システム関連</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>周波数（秒単位）制御</li> <li>EV実証</li> </ul> <p><u>リソース制御関連</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>市場連動型料金プランを想定した制御</li> <li>逆潮流アグリゲーション</li> <li>需給一体調整モデル検証</li> <li>エネルギーリソースの制御精度向上</li> <li>電気料金変動による需要シフトおよび調整力の活用</li> <li>調整力による再エネ出力抑制の低減</li> <li>再エネ発電量の計画値と実績値の誤差低減</li> </ul>

注) 2016年度についてはVPP構築実証事業「A-1事業」、2017年度は「A事業」の内容を記載。

## ①VPP事業を実施する際の一般的な成果及び課題

## VPPアグリゲーター事業（VPP実証）－各検証事項における主な成果・課題

- 各検証事項に関わる主な成果や課題は下記の通り。

分類	主な成果	主な課題
ベースライン・計量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>High 4 of 5を基準としつつ、発電量予測や需要予測により補正を行い、成功率の向上に寄与した。</b></li> <li>● 受電点による計測での制御量の評価を実施した。</li> <li>● スマートメーターのBルートを活用した計量を実施した。</li> <li>● <b>機器点計測を実施する場合の経済性を定量的に評価した。</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自然DR（基準値よりも需要が小さくなる現象のこと）を踏まえたベースラインの設定ができていないこと。</li> <li>● より正確な制御のためには<b>発電量予測や需要予測の更なる精度向上が必要</b>であること。</li> <li>● 季節や需要家などの特性に応じてベースラインの設定を都度変更できないこと。</li> <li>● <b>需要変動の影響を受けるため、多くのリソースでは受電点での計量・制御は困難であること。</b></li> <li>● <b>機器点計量器のコストが高く、事業性への影響が大きいこと。</b></li> </ul>
リソース制御・確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 需給調整市場の各商品（主に三次①②、二次②）での制御を各種リソースで実施。<b>三次調整力の制御は比較的成功率が高いケースも多くあった。</b></li> <li>● 高速調整力はOpenADRを活用し、制御要件をクリアしたケースも見受けられた。</li> <li>● 多様なリソースの確保に向けて、<b>低圧リソースを活用した制御も検証した。</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 三次②の事前審査要件の5分値の制御のをクリアするのが困難なケースも存在。</li> <li>● 0kW指令に対する制御は、成功率が低くなる場合があること。</li> <li>● <b>三次①や二次の商品への必要となる1分kW値での制御量の評価は困難。</b></li> <li>● <b>制度上、低圧リソースの活用が認められていない。</b></li> </ul>
通信、システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>● RAシステムを各社にて開発し、実証内でそのシステムを活用した。</li> <li>● <b>上位の通信プロトコルは、OpenADR 2.0bにて統一。</b>下位の通信プロトコルは各社の判断に基づき、各種プロトコル（OpenADR、ECHONET Lite、MQTT等）を採用した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1分毎に±10%の補正をACが行う場合、1分未満間隔での制御が必要で、<b>更にサーバー負担増大の可能性</b>があること。</li> <li>● <b>OpenADRの活用によりコストが増加すること。</b></li> </ul>
サイバーセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>各ACがRAに対して求めるセキュリティ基準、及び責任の境界について検証した。</b></li> <li>● またACはRAのセキュリティに対する対応状況を確認するためのチェックリストを作成した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>セキュリティ対策不足（IDやPassの設定忘れ等）の場合、末端のIoT機器が狙われる可能性</b>があること。</li> <li>● RAの情報把握に限界あり。ACはRAから指令値や実績値の授受を行うのみであり、ACがRAの機器構成や情報管理の状況を全て把握することは、契約上困難であること。</li> </ul>

①VPP事業を実施する際の一般的な成果及び課題

# ベースライン（BL）・計量における成果・課題（1）

- 主な成果は、High 4 of 5で優良な制御事例が見られたことや、他のBLモデルとの比較や発電量・需要量予測を活用して制御精度向上に向けた様々な取り組みを実施したことである。
- 主な課題は、それでもなお需要予測や発電量予測の誤差によって精度が落ちることがあることや、様々なベースラインが検討されている一方、システム運用時にベースラインが場合によって異なると、運用面での煩雑さが生じる可能性があることである。

## ベースラインにかかる主な成果・課題

分類	成果	課題	解決に向けた事業者の見解 <sup>注</sup>
標準BL	<ul style="list-style-type: none"> <li>High 4 of 5を適用し、RALレベルでも優良制御事例があった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自然DR（基準値よりも需要が小さくなる現象のこと）発生による需要予測誤差の発生したこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】自然DRの可能性も踏まえた基準値の設定をすること。（外的要因を考慮した基準値の策定）</li> </ul>
標準BL	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の手法での精度検証で、「同等日採用法」の精度が高いことを確認。</li> <li>High X of Yでのモデル検討（high 8 of 10等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>季節・需要家によって最適なBL設定が異なること。</li> <li>異なるベースラインを活用することでシステム運用が煩雑になること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【運用】季節ごと・需要家ごとでそれぞれ適したベースラインの使い分けを検討すること。</li> <li>【制度・技術】リスト・パターンの組み方や、異なる基準値算出法の検討。</li> </ul>
BL補正	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光の発電量予測を組み込んだ当日補正により、逆潮流予測が最大44%程度改善した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>当日の天候が曇天の場合や、午前・午後で天候が異なる場合、発電量予測による補正の精度が低くなること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】気象予測の信頼度を考慮し、リアルタイムデータを活用した制御値のフィードバック制御補正の検討。</li> </ul>
BL補正	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要予測を取り入れたベースラインの補正を実施した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要家数がオフィス用途の施設であり、出勤時間帯や帰宅時間帯などは、需要電力量の増減する時刻が一定しないことから実績値と基準値が乖離する場合があったこと。</li> <li>気温などの需要変動に関与しそうな情報はインプットしていないため、突発的な事象（気象予測が大きく外れた場合の需要変動）などには対応できていないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【運用】対象施設数の増加による上記バラツキの平準化効果の活用。</li> <li>【技術】AIを活用した予測手法も試行していくこと。</li> </ul>

注）解決に向けた事業者の見解にて記載している事項は、①【技術】面での解決②【運用】面での解決③【制度】面での解決のカテゴリで分類している。

## ①VPP事業を実施する際の一般的な成果及び課題

## ベースライン（BL）・計量における成果・課題（2）

- 主な成果は、スマートメーターのBルートを活用しながら、受電点計測を実施したことや、機器点計測導入に向けた経済性の評価の検証を行ったことである。
- 主な課題は、受電点計測の場合には需要変動の影響が出て正確な計測が難しいことである。一方、機器点計量は計測器の設置費用から事業性を棄損するという課題も存在。

## 計量にかかる主な成果・課題

分類	成果	課題	解決に向けた事業者の見解
計量	計量点は原則、受電点計測にて実証を実施。スマートメーター（Bルート）を活用した計量を検証。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• スマメの分解能が不足していること。（特高・高圧設備では、サービスパルスを利用しても分解能が低い可能性がある。）</li> <li>• 需要変動の影響を受けるため、多くのリソース（需要家）では、受電点での制御は困難。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 【技術】機器点計測を活用すること。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 計測値の欠損・重複が発生し、基準値が正しく作成されない可能性があること。</li> <li>• メータの故障時の対応方針が決まっていないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 【運用】欠損・重複が生じた場合の、基準値の補正に関するガイドラインを用意。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 計測値収集の高速化が必要なこと。（計測値の収集に時間がかかると、効果的なFB制御の実施が難しい）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 【技術】高速化に向けたシステム改修をすること。</li> </ul>
計量	機器点計測を実施する場合の経済性を定量的に評価した。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機器点計量器のコストが高く、事業性を棄損すること。（特定計量器の設置費用は、DR収益10年分の70%超となる。）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 【制度】検定を受けていない計量器の活用による費用の低減（リソース単体計測や既存CTの活用）</li> </ul>

①VPP事業を実施する際の一般的な成果及び課題

# リソースの制御、確保における成果・課題

- 主な成果は、多様なリソースを活用して制御実証を実施し、三次②では比較的成功率が高い結果が得られたことである。
- 主な課題は、一次・二次調整力といった高速な調整力になるほど、制御精度が低下してしまうことである。

分類	成果	課題	解決に向けた事業者の見解
リソース制御 (共通)	<ul style="list-style-type: none"> <li>様々なリソースによる制御精度の検証を実施した。(家庭用蓄電池、工場、自動販売機、ヒートポンプ等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0kW指令値に対する対応では、成功率が低くなる場合有。</li> <li>正確な制御のためには、フィードバック制御が必須。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【運用】複数の種類のリソースでポートフォリオを組み、全体として0kW指令に対応することが必要。</li> <li>【技術】フィードバック制御のロジック・方法論の概要はACにて構築し、RAへ提供する。</li> <li>【技術】リアルタイム値を踏まえた制御量のフィードバックを実施。</li> </ul>
リソース制御 (三次②)	<ul style="list-style-type: none"> <li>最良値で成功率が100%の事業者が複数。(ただし、成功率0%のケースも発生。)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>小規模なリソースアグリゲーターだと、制御精度が±10%に収まらないケースが多数。</li> <li>30分値では高い成功率だが、5分値毎のフィードバック制御ありでは、多くのコマで乖離発生。そのため事前審査の5分値評価への対応が困難。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【制度】小規模リソースの参加を促すことやACの要求する制御精度を緩和し、RAに十分なリソースを確保できるようにすること。またAC側でRAの供出量の振り分けを柔軟に行えるようにすること。</li> <li>【制度】事前審査の5分値制御の要件緩和。</li> </ul>
リソース制御 (三次①)	<ul style="list-style-type: none"> <li>最良値で成功率が70~80%超の事業者も有。(ただし、成功率0%のケースも発生。)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1分値の設定が困難。主要なRAでは基準値を30分もしくは15分値で設定しているため、妥当な1分値設定が困難。そのため1分値の制御が困難。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】機器点計測の導入。</li> <li>【技術】計測器の解像度向上および計測間隔を数秒から数十秒程度まで高めること。</li> </ul>
リソース制御 (二次)	<ul style="list-style-type: none"> <li>二次②の成功率は、大半のケースは低い成功率に留まる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1分値での制御は困難。</li> </ul>	
リソース制御 (一次、周波数変動)	<ul style="list-style-type: none"> <li>秒単位制御へのOpenADRの適用し、応動時間は10秒以内に収まり要件をクリアしたケースも有。</li> <li>蓄電池による一次調整力と容量市場への同時参加の検証を実施し、参入のポテンシャルを確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数制御に寄与した電力を正確に測定するには受電点計測でなく機器点計測が必要。</li> <li>蓄電池のSoC状態によっては、容量市場・一次調整力へのサービス提供が困難。(容量がゼロの時には応動不可。)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】機器点計測の導入。</li> <li>【技術】蓄電池のSoC状態を予測すること。</li> </ul>
リソース確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>低圧リソースを活用した制御も検証。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現状の制度上で低圧リソースでの市場参入は不可能。</li> <li>リソース確保の予見性が低い。(容量市場などで、複数年前からのサービス提供に向けた需要家の確保が困難)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【制度】低圧リソースアグリゲーションでの調整力への参加容認。</li> <li>【制度】追加オークション以外でのリスク回避の方法の検討。(オークションの落札権利の譲渡等)</li> </ul>

①VPP事業を実施する際の一般的な成果及び課題

# システム・通信・サイバーセキュリティにおける主要な成果・課題

- 主な成果は、上位や下位の通信プロトコルを規定し、その他開発したシステムの連携を確認したほか、セキュリティに関するガイドラインや責任の境界を明確化する取り組みを実施したことである。
- 主な課題は、Open ADRの活用によるコストの増加や、高速なデータ交換が必要になるとサーバーの負担が予想以上より高まること等である。

分類	成果	課題	解決に向けた事業者の見解
通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 上位の通信プロトコルは、OpenADR 2.0bにて統一し、下位の通信プロトコルは各社の判断に基づき、各種プロトコル（OpenADR、ECHONET Lite、MQTT等）を採用した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open ADRの活用によるコストが増加すること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• システム全体でのコスト削減に向けた検討を実施すること。</li> </ul>
システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RAシステムは各社にて開発し、共通実証の中で活用。（開発した簡易指令システムを共通実証にて活用し、大きな課題は発生していない）</li> <li>• 三次①に対応するため、ACシステムに1分値指令変更対応機能を実装。三次①の実証の中では、DRAS-ACのシステム連携は問題ないことを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 明示的な0kW指令が送信されない場合があること。</li> <li>• 送受信データの増加によるサーバーの負荷が増大すること。</li> <li>• 1分毎に±10%の補正をACが行う場合、1分未満間隔での制御が必要で、更にサーバー負担増大の可能性あること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 【技術】RAシステムの改修と構築を継続すること。</li> <li>• 【技術】ACシステムとの連携・テストの早期実施すること。</li> <li>• 【運用】システム不具合による指令不受理かアグリゲーター側での判断は困難であり、指令値より指令有無の運用を変えることの有用性についてRAにて再検討すること。</li> <li>• 【技術】サーバー構成の見直しを行い、サーバーの負担をできる限り抑えるような構成にすること。</li> </ul>
サイバーセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 各ACはサイバーセキュリティGLに準拠するため、チェックリストを作成し、各RAの対応状況を確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• セキュリティ対策不足（IDやPassの設定忘れ等）の場合、末端のIoT機器が狙われる可能性があること。</li> <li>• 対策要件の具体化が困難。5分前審査合格等の市場参入が難しい中で実業を対象としたリソース・需要家が定まらず、R4・R5などの詳細な要件具体化が難しいこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 【制度】サイバーセキュリティGLにおいて、末端機器に対するセキュリティ対策を設けること。</li> <li>• 【制度】需給調整市場の市場参入要件の緩和すること。</li> </ul>
サイバーセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 各ACがRAに対して求めるセキュリティ基準・及び責任の境界について検証。（セキュリティGLに準拠して設定。）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RAの情報把握に限界があること。（ACはRAから指令値や実績値の授受を行うのみであり、RAの機器構成や情報管理の状況を全て把握することは、契約上困難である）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 【制度】サイバーセキュリティGLにおいて、ACとRAの責任範囲の明確化を行い、RAに自らセキュリティ遵守を求めること。</li> </ul>

## ①VPP事業を実施する際の一般的な成果及び課題（MRI独自考察）

## 各種課題の解決策に対する評価

- 機器点計測や事前審査要件の緩和は、VPP事業実施環境を向上させる影響度が高いと推察される。

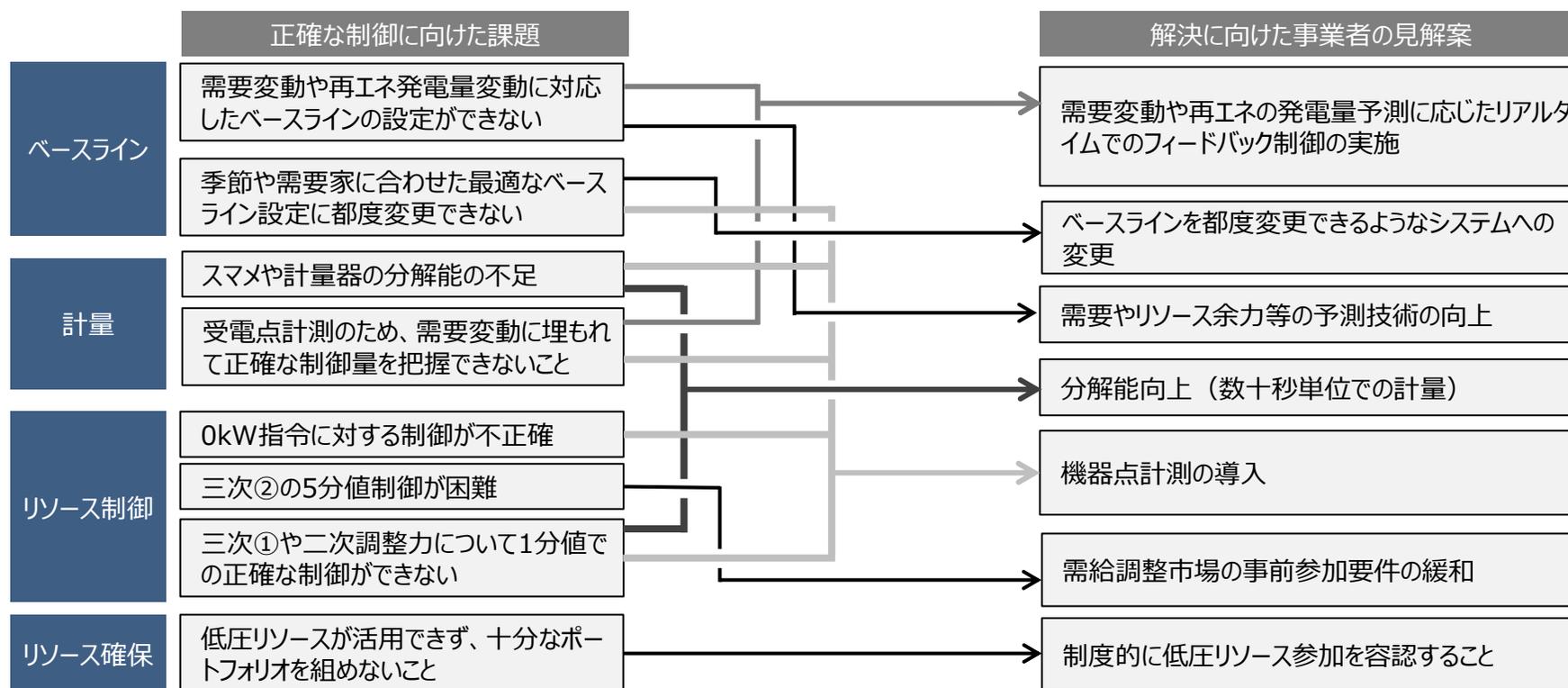
カテゴリ	解決に向けた事業者の見解案	解決策に対する評価	
技術	機器点計測 (対象：一次・二次・三次①、需要家内にあるリソースでの制御)	メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>受電点制御で計量が難しいリソースのより正確な制御を実現。</li> <li>自然DRや0kW指令といった需要変動の影響を排除しやすい。</li> </ul>
		デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器点計量器の導入コストが高い。</li> <li>ゲーミングの恐れがある。</li> </ul>
	季節や需要家に応じたベースラインの変更 (対象：制御全般)	メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>条件に応じて適切なベースラインを活用できるため、制御量を正確に計量しやすい。</li> </ul>
		デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベースラインの変更をシステムに適用する煩雑さが発生。個別に異なるベースラインを活用する場合、システムの統一化が困難になる可能性あり。</li> </ul>
制度	事前審査要件の緩和（事前審査の5分応動への対応要件の撤廃等） (対象：三次②)	メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>アグリゲーターの需給調整市場への参加が容易になることで、需給調整市場の市場競争が活性化。</li> </ul>
		デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般送配電事業者が各リソースの制御の確実性の担保が比較的困難になる可能性あり。</li> </ul>
	低圧リソースの需給調整市場への参加容認 (対象：制御全般)	メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>アグリゲーターのリソース確保の手段が多様化。</li> </ul>
		デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>低圧リソースをより正確に制御するための環境作りが必要。（例：機器点計測の導入の必要性）</li> </ul>
	容量市場へ追加オークションでの参加容認 (対象：容量市場)	メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>リソース確保がより実需給に近いタイミングになるため、容量市場への参加が容易になる。</li> </ul>
		デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>系統運用者の長期的な供給力確保の予見性が低くなる。</li> <li>メインオークションと追加オークションで落札価格が異なる場合、市場の公平性が担保されなくなる可能性がある。</li> </ul>

①VPP事業を実施する際の一般的な成果及び課題（MRI独自考察）

## VPPリソースの正確な制御に関する課題と解決策の対応関係

- 機器点計測の導入により、ベースライン・計量・リソース制御の面で多くの課題が解決できる。
- その他制度の見直し（事前参加要件緩和、低圧リソース参加容認）もアグリゲーションビジネスの活性化には有効であると推察。

### 正確な制御の実現に向けた課題と解決策の対応関係



## ②実証によって明らかになったリソース特有の特徴と課題（MRI独自考察）

## VPP実証で活用された主な需要側エネルギーリソースの種類

- 本VPP実証で活用された主な需要側エネルギーリソースは以下の通り<sup>注</sup>。
- リソース毎に各サービスでの活用に向けて、①リソース確保②応札③制御の観点から評価を行った。
- なお、本評価は実証での検証内容を踏まえて、各リソースのDRの性能を評価したものである。逆潮流の性能評価は別途検討が必要である。

## 実証で活用された主なリソース

- 家庭用蓄電池
- 産業用蓄電池
- 自家発電機
- 産業設備（浄水ポンプ等）
- 共用設備（空調、蓄熱槽、照明）
- その他（エコキュート、自動販売機等）

注）EVIについてはV2G実証の整理で取り扱う。

## リソース活用に向けた3つの段階

## ERABの普及拡大に向けた事業者からの意見とその対応について

- ERABの普及拡大に向けて、現時点における事業者からの主な意見は以下のとおり。
- これらの中には国の審議会等で既に整理されたものも含まれており、事業者においては制度の理解促進と技術向上等を進めつつ、制度面においては市場の本来の目的も踏まえ、対応是非も含めて検討していく必要がある。

	リソース獲得	応札（サービス提供）	制御・精算
JEPX等 (kWh提供)		インバランス回避サービスの事業環境が乏しい 現状インバランス価格水準だと事業性が成立しない。 JEPXの取引が限定的 特に時間前市場での取引量が少ない。	上げDRによる取引の詳細が不明確 上げDRの取引に向けたユースケースやベースラインの設定、インセンティブの構築に向けた整理が必要。
電源 <sup>1</sup> /注1	情報の非対称性 ネガワット調整金の清算にあたり、獲得したリソースの需要家情報等を供給元小売電気事業者に提供する必要がある。	競争環境のレビューが不十分 不落の理由等が不明、落札事業者・リソース等の結果が開示されておらず、レビューが不十分。 <b>本日も議論頂きたいポイント</b>	発動指令の基準が不明確 厳気象、FIT予測誤差、経済合理性等複数の要素に基づき基準が設定されており不明確 <sup>注2</sup> 下げDRのベースライン設定の改善 指令後に“-”サインを意図的に増加させることができる。
容量市場 (発動指令電源)	リソース確保のタイミング 需要家確保の観点からは、実際の容量価値の提供時期に近いタイミングでリソースを確保したい。	実効性テスト以降のリソースの差し替え 信頼性確保の重要性はあるものの、実効性テスト以降のリソース差し替えの機会が限定的。	
需給調整 市場	需給調整市場に適合するリソースの確保 需給調整市場の要件に適合するリソースの確保が困難。	要件を満たすための技術向上が必要 分単位での需要制御や持続時間等、技術の向上が必要。	需要変動への対応が困難 需要を予測することが困難な需要家を選定した場合、需要変動の誤差をΔkW±10%の範囲に抑えることが困難。
その他 共通事項等	ERABの知名度が低い ビジネスモデルが確立されておらず、需要家からのERABの知名度も低く、リソース確保が困難。 リソース・システムのコストが高い リソースコストが高いため導入が拡大しない。		非化石価値が埋没する 自家消費の場合、非化石価値が埋没する。 ネガワット調整金の設定 注 <sup>3</sup> 「ネガワット調整金の契約に時間を要しているケース有。

（出所）事業者からの意見

注1 「電源1」として活用されている電源等は2024年以降、容量市場の中の「発動指令電源」として活用が見込まれる。  
注2 2022年度以降は広域予備率による発動となり、明確になる。

5

出所）第12回ERAB検討会「資料3 事務局提出資料」資源エネルギー庁、（閲覧日：2021.3.15）、  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/energy\\_resource/pdf/012\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/energy_resource/pdf/012_03_00.pdf)

②実証によって明らかになったリソース特有の特徴と課題（MRI独自考察）

## 各リソースの評価の視点

- 各リソースを①リソース確保、②応札、③制御の観点で評価する際、以下に示すポイントを基に評価した。

評価項目	評価のポイント
リソース確保	<ul style="list-style-type: none"><li>• リソースのポテンシャル（GW）があるか。</li><li>• リソースアグリゲータ（RA）が対象リソースにアクセスしやすいか。</li></ul>
応札	<ul style="list-style-type: none"><li>• 応動時間や継続時間、最低入札容量といったリクワイアメント・アセスメントに対応しやすいか。</li><li>• 市場への応札のタイミングでリソース確保の予見性が高いか。（例：計画運転しやすい）</li></ul>
制御	<ul style="list-style-type: none"><li>• 対象の指令に対する追従性（正確性や応動速度）が高いか。</li></ul>

②実証によって明らかになったリソース特有の特徴と課題（MRI独自考察）

## 各ユースケースでの活用に向けたリソースの評価（1/6）－家庭用蓄電池－

- 家庭用蓄電池は、リソースのポテンシャルはあるものの、リソース単体の規模が小さいことや低圧リソースであるため、応札段階で市場への参入に対する課題がある。
- 蓄電池の性能から高速な制御への応答も可能である一方、受電点計測では、他の需要やPV発電の変動に埋もれる可能性もあり、正確な制御量の評価が困難な場合がある。

ユースケース	評価項目		
	リソース獲得	応札	制御
卸市場活用	 リソースポテンシャル大 一般家庭へのアクセスが必要。	 リソース単体の規模は小さいため、 多数のリソースを集める必要あり。	 リソース単体の制御の追従性は高い。 一方、他の需要変動に埋もれる場合、 正確な制御量評価は困難。
三次調整力②			
三次調整力①	 低圧リソースであるため、 現状の制度では市場参加が不可能。	 低圧リソースであるため、 現状の制度では市場参加が不可能。	 高速な商品にも対応可能。 ただし、他の需要変動に埋もれる場合、 正確な制御量評価は困難。
二次調整力①②			
一次調整力			

凡例) ● : 現状で活用が見込める  
 ▲ : 課題が解決されれば、活用が期待される  
 × : 現時点では活用不可

②実証によって明らかになったリソース特有の特徴と課題（MRI独自考察）

## 各ユースケースでの活用に向けたリソースの評価（2/6）－産業用蓄電池－

- 産業用蓄電池は、高速な制御への対応が可能である。リソース単体での規模が大きく、需要が安定していれば比較的要件をクリアしやすく、有望なリソースとして期待できる。

ユースケース	評価項目		
	リソース獲得	応札	制御
卸市場活用		● リソース単体の規模も家庭用より大きく、扱いが比較的容易。	● 制御の追従性は高い。
三次調整力②	● リソースポテンシャル大。 産業需要家設備のため、比較的アクセスしやすい。	● リソース単体の規模も家庭用より大きく、継続時間や入札容量要件を比較的クリアしやすい。 高速な応動も可能。	● ~ ▲ 実証内で高速調整力への追従可能という結果有。需給調整市場の事前参加要件を満たすには、需要が安定しており、継続時間をクリアできる容量を持つことが重要。
三次調整力①			
二次調整力①②			
一次調整力			

凡例) ●：現状で活用が見込める  
▲：課題が解決されれば、活用が期待される  
×：現時点では活用不可

②実証によって明らかになったリソース特有の特徴と課題（MRI独自考察）

## 各ユースケースでの活用に向けたリソースの評価（3/6）－自家発電機－

- 自家発電機は、発電機そのものの性能にも依存するが、十分な容量を有しており、比較的高速な制御にも対応できるため、多様なユースケースへの適用が可能。

ユースケース	評価項目		
	リソース獲得	応札	制御
卸市場活用	<p>●</p> <p>リソースポテンシャル大。 産業需要家設備のため、比較的アクセスしやすい</p>	<p>●</p> <p>計画運転が可能であれば、リソース確保の予見性は高い。</p>	<p>●</p> <p>安定した制御が可能。</p>
三次調整力②		<p>●</p> <p>計画運転が可能であれば、リソース確保の予見性は高い。設備容量も比較的大きいため、その他要件もクリアしやすい。</p>	<p>● ~ ▲</p> <p>比較的安定した追従が可能。 発電設備の性能に応じて対応の可否は変わる。</p>
三次調整力①			
二次調整力①②			
一次調整力			
__注			

注) 各社報告書内で、対象のユースケースにおけるリソースの評価・コメントが少ないため、未記載。

凡例) ● : 現状で活用が見込める  
▲ : 課題が解決されれば、活用が期待される  
× : 現時点では活用不可

②実証によって明らかになったリソース特有の特徴と課題（MRI独自考察）

## 各ユースケースでの活用に向けたリソースの評価（4/6）－産業設備－

- リソース種によっては計画運転が難しいといった課題あり、制御精度に影響を与える場合がある。
- 三次②の30分kW値制御はクリアしたものの、5分kW値や1分kW値のクリアは困難という結果であった。

ユースケース	評価項目		
	リソース獲得	応札	制御
卸市場活用	● ~ ▲ リソースのポテンシャルは自家発等に比べると小さいが一定程度は期待できる。	● ~ ▲ 計画運転可能であれば、リソース確保予見性は高い。設備容量も比較的大きいため、其他要件もクリアしやすい。	▲ 負荷系DRリソースの運転計画の精度向上が課題。
三次調整力②		×	● 上記の課題はあるものの、実証において30分kW値の評価基準はクリア。
三次調整力①		×	×
二次調整力①②	_注		
一次調整力			

注) 各社報告書内で、対象のユースケースにおけるリソースの評価・コメントが少ないため、未記載。

凡例) ● : 現状で活用が見込める  
▲ : 課題が解決されれば、活用が期待される  
× : 現時点では活用不可

②実証によって明らかになったリソース特有の特徴と課題（MRI独自考察）

## 各ユースケースでの活用に向けたリソースの評価（5/6）－共用設備－

- 空調、照明、蓄熱槽は、三次②の30分kW値制御に対応できる可能性がある。蓄熱槽は条件によって高速な調整力への参加可能性があるが、空調や照明は現時点での対応は難しいと考えられる。

ユースケース	評価項目		
	リソース獲得	応札	制御
卸市場活用		● 計画運転が可能であれば、リソース確保の予見性は高い。	● 一定の供出量の確保可能。
三次調整力②	▲	● ~ ▲ 照明や空調は三次②の事前審査要件5分kW値の制御が難しい可能性あり。蓄熱槽は条件によってはクリアできる。	● 各リソースとも30分kW値での制御は一定程度可能。
三次調整力①	リソースのポテンシャルは他のリソースと比較すると相対的に小さい。	▲ ~ × 前週からの調達であるため、計画運転が難しい場合は、参加が困難。蓄熱槽は条件によっては事前審査の1分kW値のクリアできる可能性有り。	▲ ~ × 空調は3次①の高速な制御に対して対応難。蓄熱槽は運転員が中央監視室に常駐しているような需要家の場合は対応できる可能性有り。照明は、指令の受信から制御まで自動制御可能で、反応時間1分以内で対応可能なポテンシャルはある。
二次調整力①②		—注	▲ ~ × 空調や照明は高速な制御に対して対応難。蓄熱槽は運転員が中央監視室に常駐しているような需要家の場合は対応できる可能性有り。
一次調整力		—注	

注) 各社報告書内で、対象のユースケースにおけるリソースの評価・コメントが少ないため、未記載。

凡例) ● : 現状で活用が見込める

▲ : 課題が解決されれば、活用が期待される

× : 現時点では活用不可

②実証によって明らかになったリソース特有の特徴と課題（MRI独自考察）

## 各ユースケースでの活用に向けたリソースの評価（6/6）－その他－

- エコキュートや自販機はリソース単体での容量は小さく、複数のリソースを合わせて制御する必要がある。
- いずれも5分kW値という細かい制御への対応が難しいため、需給調整市場の商品参加に向けては様々な課題がある。

ユースケース	評価項目		
	リソース獲得	応札	制御
卸市場活用		▲ 小規模リソースのため、入札するには多数のリソースをアグリゲートする必要がある。	● ~ ▲ エコキュート複数台のロー制御で供出量確保可能な一方、自動自販機はリソース容量が小さく、他の変動に制御量が埋もれる可能性あり。
三次調整力②	▲ ~ × リソースのポテンシャルは他のリソースと比較すると相対的に小さい。	▲ 両者とも継続時間や最低容量を満たすためには、複数のリソースを連動して制御する必要がある。	● ~ ▲ エコキュートは比較的安定した制御が可能。自販機はリソース容量が小さく、変動に制御量が埋もれる可能性有り。
三次調整力①		×	×
二次調整力①②		いずれも要件を満たす制御を実施するのは困難。	いずれも要件を満たす制御を実施するのは困難。
一次調整力	—注		

注) 各社報告書内で、対象のユースケースにおけるリソースの評価・コメントが少ないため、未記載。

凡例) ● : 現状で活用が見込める  
▲ : 課題が解決されれば、活用が期待される  
× : 現時点では活用不可

## ③潜在的なユースケースに関する実証の成果及び課題

## 潜在的なユースケースに関する実証の成果及び課題

- 潜在的なユースケースとして実証の中で主に検証したこともしくは事業者から活用の要望があったものは、主に容量市場・ノンファームに対応した上げDRによる出力抑制回避・ダイナミックプライシングなどである。
- これらのユースケースをVPP事業で取り組むためには、技術的な課題だけでなく、適切な金銭的インセンティブを与える仕組みを整えること等、制度面におけるビジネスモデルの精緻化も必要となる。
- またローカルシステムの混雑緩和などは今後実証で詳細に検討を進めていくことも必要ではないか。

分類	成果	課題	解決に向けた事業者の見解・改善要望等
容量市場	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 容量市場での運用に向けた取り組みは実証内で実施していない。(現時点でも電源 I'での運用実績も有り。)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実需給の4年前の段階でのリソースの確保が困難であること。</li> <li>● 発動指令電源であるため、実効性テストへの対応が必要になること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 現在の電源I'と同様、発動指令電源(DR)は1年前の入札にすること。</li> <li>● 低圧蓄電池のリソースを利用した電源I'の逆潮流・ポジワット制御の制度設計。</li> <li>● 発動指令の実行性テストなどの後ずらしや免除すること。</li> </ul>
ノンファームに対応した上げDRによる出力抑制回避	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ノンファーム型接続の制御タイミングと揃えたスケジュール制御で出力抑制モデルを検討することを決定し、スケジュール運転に必要な制御量指令や評価等について検討した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 出力抑制回避に対する適切なインセンティブを与える方法が決まっていないこと。</li> <li>● VPPと出力抑制回避システムのマルチユースに向けたシステムの構築と運用方法が定まっていないこと。</li> <li>● 上げDR対応時の需要家に不利益(基本料金の増加等)が生じること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ノンファーム型接続の検討状況に合わせて出力抑制ビジネスモデルを構築すること。</li> </ul>
ダイナミックプライシングを活用したピークシフトや需要抑制	<ul style="list-style-type: none"> <li>● シミュレーションベースで、ピークシフトでの基本料金削減効果及び太陽光の発電容量の最大化(出力抑制回避)を実現できた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● シミュレーションベースの実証であり、実際の制御方法の構築は行っておらず、今後構築が必要であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 具体的な制御方法の検討すること。</li> <li>● ダイナミックプライシングの価格変動を需要家に見える形にした状態で、どの程度効果が得られるかを実際に検証すること。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 電気温水器を活用して実際にピークシフトの検証を行った。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ダイナミックプライシングにより連日の沸上を行った場合、湯量の把握ができないため湯切れを生ずる恐れあること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 沸上の隔日での実施すること(電気温水器を活用する場合)。</li> <li>● 市場に順じた30分刻みでの制御について検討すること。</li> </ul>

## VPPアグリゲーター実証（VPP）－2020年度の成果と課題

## &lt;2020年度の成果と課題（各商品）&gt;

- 2020年度は、引き続き三次調整力①②や卸市場活用（上げ下げDR）実施に向けた検証が中心で行われた。
- 三次調整力においては、前年度よりも精度の向上が見られたが、最終年度でも事前審査要件のクリアが難しいという状況。
- 一次調整力では、家庭用蓄電池での対応可能なポテンシャルを確認。インターネット回線を活用した制御結果も得られた。
- 更に、再エネBGの取り組みも行われ、2022年度からスタートするFIP制度導入に向けた新たな取り組みも見られた。

	成果	課題と解決に向けた事業者の見解
三次調整力②	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 過年度同様複数の事業者で優良な制御事例を確認</li> <li>● 自家発にて5分値制御を100%達成した事例を確認</li> <li>● 機器点計測の場合、下げDRにて指令通りの供出・指令変更への対応が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 三次②は事前審査要件の5分値制御では安定して結果を出せていない場合もある</li> <li>● 三次①は需要変動等が要因で1分値制御は厳しく、現時点でも市場参入の障壁は高い</li> <li>● 過年度実証と同様、受電点計測の場合の他の需要・再エネの変動によって正確な制御が困難な場合があった。</li> <li>● 天候等が要因となり、基準値と実績値が大きく乖離する場合がある</li> </ul>
三次調整力①	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 過年度よりも制御精度は向上している傾向にある</li> </ul>	
周波数制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一次調整力相当の制御に関して産業用蓄電池だけではなく、家庭用蓄電池でも商品対応が可能なポテンシャルを確認</li> <li>● 蓄電池やEVを活用して、インターネット回線を活用した周波数制御を実施し、指令に追従できることを確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一次調整力の評価方法の確立</li> </ul>
卸市場	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上げ下げDRを行って、卸市場からの収益を確保。より収益を確保するために価格予測を実施した事業者も存在</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 市場価格差がネガワット調整金を超えなければ収益は期待できず、値差の小さい端境期では卸市場だけで黒字化は難しい</li> <li>● 卸市場だけで収益を確保するのは困難。需給調整市場を含めた様々な市場を組み合わせて取引できるプラットフォームの構築が必要</li> <li>● 現時点では簡易的な価格予測しか実施できておらず、気象データ等も加味した価格予測精度の向上により、より収益化を目指す</li> </ul>
需給一体モデル検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>● FIP制度を見据えた再エネBGの活用可能性の検証を実施。BG単位で束ねることで拠点ごとの場合よりも5%程度インバランスを低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 再エネ予測精度の向上</li> </ul>

## VPPアグリゲーター実証（VPP）－2020年度の成果と課題

## ＜実証全体で得られた知見や課題＞

- 2020年度の成果報告書にて、5年間の実証を通して得られた課題と解決に向けた事業者の見解は以下の通り。

カテゴリ	項目	課題	解決に向けた事業者の見解
制度	事前審査要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 三次②の評価基準が5分値滞在率100%と非常に厳しく、市場への参入が困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リソースの特性に踏まえた市場参入要件（評価の粒度、成功率、商品ブロックの長さ）の緩和</li> </ul>
	受電点計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 需要変動などにより、制御精度向上に限界あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機器点計測の認可</li> </ul>
	需要家リスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 限られたパターン数の登録しか認められていない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 需要家リストの取り扱いの柔軟化</li> </ul>
	低圧リソース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 低圧リソースの市場参入が限定される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 低圧リソース参加に向けた制度設計や低圧逆潮流アグリ認可</li> </ul>
技術	制御精度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PV発電や需要家の設備稼働により、基準値の精度が下がる</li> <li>・ 各商品の要件を満たす上での制御精度不足</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PV発電量予測やAIによる機械学習を導入することで精度向上を図る</li> <li>・ ACLレベルでリアルタイムでの制御フィードバックの改良</li> </ul>
	計量手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高圧需要家にて制御量をパルス検出器で計測する場合、表示値に所定の倍率を掛けるため、分解能低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計器の設定の工夫が必要</li> </ul>
事業性	ユースケースの拡充	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ VPP実証で検証してきた市場は限定的なサービスに留まる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 容量市場の発動指令への対応、小売事業者のインバランス回避、ローカルフレキシビリティに関する実証内での検討を進めるべき</li> </ul>
	機器点計量器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 検定付き計量器のコストが高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 検定付き以外の計量器を用いるための計量制度の合理化</li> </ul>
	システムコスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ VPPシステムの開発・改修に加えて、通信・セキュリティ対策コストがリソースの拡大に応じて増大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 各種コストのスリム化</li> </ul>

---

## Ⅲ. VPP 構築実証事業の総括

---

1. VPP基盤整備実証の総括
2. VPPアグリゲーター実証（VPP実証）の総括
3. VPPアグリゲーター実証（V2G実証）の総括

## VPPアグリゲーター実証（V2G実証）の総括アウトライン

- V2G実証を総括する上で、①EVをVPPリソースとして活用する際の一般的成果及び課題、②顕在化しているユースケースに関する実証の成果及び課題、③潜在化しているユースケースに関する実証の成果及び課題の整理軸で実証結果をとりまとめた。
  - ①②③は2016～2019年度の実証結果を基に分析したものである。
  - 最新年度の2020年度の実証結果も合わせて整理した。

### V2G実証の総括資料のアウトライン

整理軸	概要
①EVをVPPリソースとして活用する際の一般的成果及び課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVをVPPリソースとして活用する場合の、成果と課題を①リソース制御、②通信、システム、③EV制御システム、④その他、という検証項目を基に整理。</li> </ul>
②顕在化しているユースケースに関する実証の成果及び課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VPP事業として既に顕在化したユースケースである需給調整市場の各商品にEVを活用する場合について実証で得られた成果・課題を整理。</li> </ul>
③潜在的なユースケースに関する実証の成果及び課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 将来的に活用が考えられるユースケース（配電混雑緩和、系統電圧制御）などにEVを活用する場合について実証で得られた成果・課題を整理。</li> </ul>
④2020年度実証の結果整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2020年度の実証報告書を基にEVを活用した場合の実証結果や課題等を整理。</li> </ul>

## VPPアグリゲーター実証（V2G実証）の検証事項

- VPPアグリゲーター実証はV2G構築に向けて技術実証、制度的課題の洗い出しを行う実証事業であり、アグリゲーションコーディネーター（AC）として、末端の電気自動車（EV）の制御を実施した。
- 実証内の主な検討事項は以下の通り。

### 主な検証事項の分類

分類	概要
リソース制御	DR指令に応じたリソースの制御にかかる課題
通信	Echonet等通信にかかる課題、OpenADR等
EV制御システム	EVやPCS、蓄電池や制御系などのシステムを構築する際の課題
その他	充放電スタンドの認証制度の整備
	SOC情報活用の可能性
	各サービス提供の可能性

# VPPアグリゲーター実証（V2G実証）の実施内容

- V2G実証は2018年度から新たに開始した事業である。
- 各事業者の実施内容は以下の通り。

## V2G実証の実施内容

	2018年度	2019年度	2020年度
実証内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>• V2Gの可能性検証（ピークシフトや出力抑制回避、調整力提供などのサービス提供をV2Gで実施できるのかを検証）</li> <li>• EV制御システムの開発と検証（SOCの異なる複数のEVを制御し、需給調整対策として、活用するシステムの開発や検証を実施）</li> <li>• 系統連系機能付充放電スタンドの認証制度の整備への協力（JET認証構築への協力）</li> <li>• 通信規格の整備への協力（SOC情報や指令を送受信するときの通信規格の整備に必要な要素の検討）</li> <li>• SOC情報活用可能性の検討</li> <li>• 各種ビジネスモデルの実現に向けた検証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• V2Gの対応範囲検証（どのような需給調整メニューにV2Gが効果的かを検証）</li> <li>• 系統連系機能付き充放電スタンドの認証制度の整備への協力</li> <li>• 通信規格の整備への協力（オープン化・共通化に向けた検討）</li> <li>• 自動車メーカー側の設定値の検証（自動車メーカーとして設定している充放電ルール等の考慮、劣化影響等）</li> <li>• ビジネスモデルの検証</li> <li>• EV充放電制御システムの開発と検証</li> <li>• 電力系統への逆潮流</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電動車（EV/PHV）の電力系統への逆潮流（V2G）の検証（実際に逆潮流を行い系統への影響を評価）</li> <li>• EV充放電制御システムの開発と検証</li> </ul>

①EVをVPPリソースとして活用する際の一般的成果及び課題

# リソース制御における成果・課題（1/2）

## <調整力としての活用>

- 主な成果は、複数のEVを活用した制御精度の検証を実施し、三次調整力では精度の高い制御を実現できたことである。
- 主な課題は、全体を通して待機ロスを考慮した制御ができていないことや、高速な調整力への対応には秒単位での計測が可能なメーターの認定が必要であることなどである。

### リソース運用・制御にかかる主な成果・課題（調整力）

分類	成果	課題	解決に向けた事業者の見解
リソース制御全般	<ul style="list-style-type: none"> <li>DR指令に対して1分程度で追従可能であることを確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異なるメーカーの充放電器を採用してシステムを構築した際に、DR指令待機時などのインバーターの状態によって、指令値変動への応動性や待機時の消費電力に差異が生じたこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】充放電器のロスや制御指令の応動時間等を考慮し、目的に応じた最適なシステム的设计。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>約78%の時間断面で、電力量の指令値と実績値が10%以内の誤差となる制御を実現。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>関連機器での電力消費に伴う、指令値と実績値のずれの発生。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】関連機器での電力消費を考慮したフィードバック制御を行うこと。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>異なるSOC及び車種に対して同時制御が可能であった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EVPSが建物の受電点以下に置かれるため、個別の機器点での計測できるケースが少ないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】子メータ（機器点計量器）の設置または、EVPSの測定機能の活用すること。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>異なるSOC及び車種に対して同時制御が可能であった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SOCが想定値とずれることによって、充放電の予定外の停止可能性があること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】利用スケジュールの把握及び予定外利用の予測を行うこと。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>複数サイトでの同時制御において5分以内の応動遅延時間を達成。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EV/PHEVの予定外利用が想定以上に多いことにより、応動率が低下することがあること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】サイト間で制御量を融通する仕組みの構築すること。</li> </ul>
三次調整力	<ul style="list-style-type: none"> <li>三次調整力①で98%、三次調整力②で99%のkWhの追従を確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EVPSより時折、誤ったSOC値を受信することがあることため正確な制御可能量を把握できないことがあること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】正確なSOCをシステムに返すためのEVPSの製品仕様を変更すること。</li> </ul>
一次・二次調整力	<ul style="list-style-type: none"> <li>V2Gサーバー指令より10秒以内での充放電制御を実現した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>V2Gの実用化に向けた、一般送配電事業者とのシステム連携を実施していないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【運用】実証内で一般送配電事業者とのシステム連携をした上で、制御すること。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>一次・二次調整力①（GF・LFC）に対応に向けた、秒単位でのkW値が計測可能な計量メーターの認定ができていないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【運用】機器点計量に活用する計量メーターの認定に係る課題を検証すること。</li> </ul>
一次調整力	<ul style="list-style-type: none"> <li>V2GサーバーからGF制御を充放電器に行い、一次調整力として十分な追従性を有している事を確認。（PJMテスト0.99点/1点満点）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>複数台数のEVでの制御検証が実施できていないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【技術】多台数での制御を実証すること。</li> </ul>

## リソース制御における成果・課題（2/2）

### <再エネ出力抑制回避に活用>

- 主な成果は、太陽光・風力ともに導入が進んだ状況下でのV2Gでの出力抑制回避のポテンシャルを定量的に評価したことである。
- 主な課題は、火力の下げ代制約を考慮した上でのポテンシャルを評価する必要があるというように、より実態に即した状況での検証が必要であることである。

### リソース制御にかかる主な成果・課題（再エネ大量導入）

分類	成果	課題	解決に向けた事業者の見解
リソース制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 系統側の受入可能量を考慮した九州全域のPV出力制御量の削減効果についての定量的に評価を行った。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 火力の下げ代制約から、V2Gの出力制御削減効果が限定的で頭打ちとなるケースがあること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 【運用】火力の下げ代制約の情報も取り入れつつ、V2Gによる出力抑制回避の運用を実施すること。</li> </ul>
リソース制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>● EVが風力定格1,990kVAに対して導入率66%の時、風力発電の20%の出力変動をEVからの放電で解消できる結果を得た。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 特になし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 特になし。</li> </ul>

## ①EVをVPPリソースとして活用する際の一般的成果及び課題

## 通信における成果・課題

- 主な成果は、OpenADRを活用したV2Gシステムの構築を実施できたことである。
- 主な課題は、充電器のメーカーによって制御手法などが標準化されていないことや通信回線異常やルーターを超えた通信になる場合に、上手く情報のやり取りができない場合があることである。

## EVとの通信にかかる主な成果・課題

分類	成果	課題	解決に向けた事業者の見解
通信規格	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OpenADRを利用した、V2Gシステムの構築及び制御信号等の信号授受を検証、システムの連携まで確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 充放電器メーカーにより制御シーケンスや動作の優先度等に差異があること。</li> <li>• 通信回線異常の発生時に、EVPSの充放電停止が不可能であること。</li> <li>• ルーターを超えた情報通信できない場合があること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 【技術】制御仕様の把握、必要に応じプロパティ追加の検討</li> <li>• 【技術】ECHONET Liteの改正（制御有効時間を定め、一定時間指令を受け取らない場合は充放電を停止する等）</li> <li>• 【技術】ユニキャスト送信への対応、ワイヤレスアクセス用ルーターを越えることができる通信プロトコルの採用</li> </ul>
通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1分毎にEVのSOC情報を取得できることを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SOCが想定値とずれることによって、予定外の充放電の停止がありえること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 【技術】予め接続されるEVのSOCや利用スケジュールを把握すること。</li> </ul>

①EVをVPPリソースとして活用する際の一般的成果及び課題

## EV制御システム構築における成果・課題

- 主な成果は、複数のEVに対して指令を配分できるV2Gのシステムを開発したことである。
- 主な課題は、システム全体として待機時の電力ロスが生じることやシステムの費用が高いことである。

### EV制御システム構築にかかる主な成果・課題

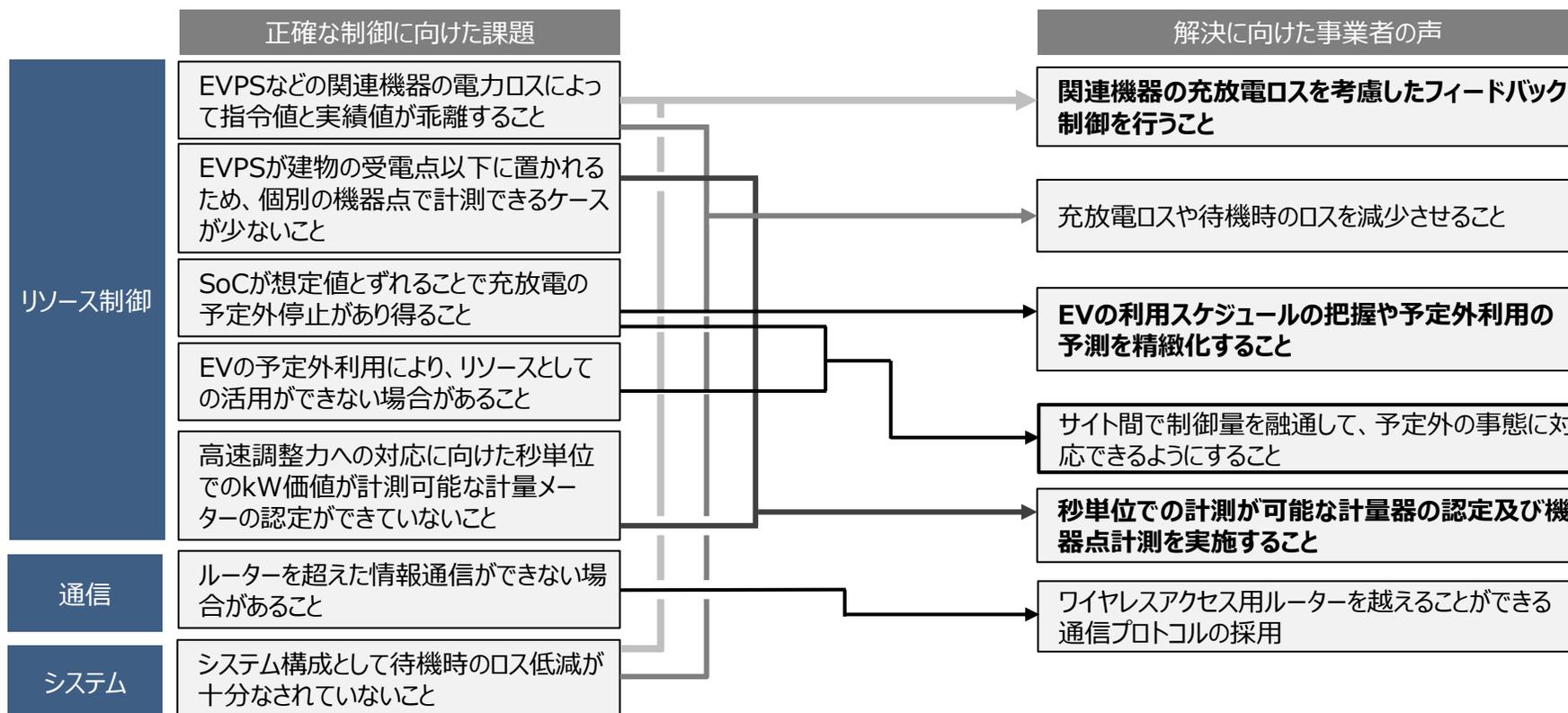
分類	成果	課題	解決に向けた事業者の見解
システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>各EVへのDR指令値の配分制御機能等を付与したV2Gシステムを開発した（DR指令に対して1分程度で追従可能であることを確認）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実運用に向けては、待機時のロス低減等の改善が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>充放電器のロスや制御指令の応動時間等を考慮し、目的に応じた最適なシステム設計をすること。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>セキュリティレベルのガイドラインとの適合性検証が必要であること。</li> <li>システム構築コストが高いこと。また合計出力が50kW以上となる場合、高圧接続となることから導入・管理コストが上昇してしまうこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【制度】適合性の検証を実施すること。</li> <li>【技術】サーバー構築、クラウド利用料、通信費用、EVPS、電気配線設備等といった各種費用低減に向けて取組むこと。</li> </ul>

①EVをVPPリソースとして活用する際の一般的成果及び課題（三菱総研独自の考察）

## EVの正確な制御を実現するための課題とその解決策の対応関係

- EVリソースを活用する場合は、関連機器のロスを考慮した制御をしたり、EVの予定外利用の予測をしたりすることで、より正確な制御を可能とすることができると推察。
- またEVの場合も機器点計測の導入により、より正確に計測することができる可能性もある。

正確な制御の実現に向けた課題と解決策の対応関係



## 調整力に関わる成果と課題

- 需給調整市場の商品について一次～三次調整力のいずれも技術的検証を実施した。
- 三次調整力では、複数の群を束ねて制御を実現できている一方、機器でのロスなどで指令値と実績値が異なる課題がある。
- 一次・二次調整力では、より大きな群制御を実施することや、システムを介してより実態に即した形での制御試験が必要。

## 顕在化しているユースケース(調整力)に関わる主な成果と課題

ユースケース	成果	課題	解決に向けた事業者の見解
三次調整力	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 複数拠点に対する制御の実証を実施した。</li> <li>● 三次調整力①②の試験に対して、外部システム・AC・RA間で制御可能量、基準値、制御指示、応動値の送受信を確認した。</li> <li>● V2Gシステムから三次調整力①②の制御指示の配分が可能であることを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 関連機器の充放電ロスで指令値と実績値に乖離が生じる場合があること。</li> <li>● EVの計画外の出庫等により指示値を満足できない時間コマが存在する場合があること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 【技術】関連機器での電力消費・ロスを考慮した制御を実施。</li> <li>● 【技術】利用スケジュールの把握及び予定外利用の予測。</li> </ul>
二次調整力	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 単一拠点に対する制御を実施した。</li> <li>● 指令間隔1秒/10秒ともに平均1.1秒の応動時間を確認</li> <li>● 制御開始・変更から1分以内に制御指示に追従可能なことを確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 応動時間については検証をしているが、滞在率については検証が進んでいない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 【技術】滞在率に関する検証も実施。</li> </ul>
一次調整力	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 単一EVに対する制御を実施した。</li> <li>● V2GサーバーからGF制御を充放電器に行い、一次調整力として十分な追従性を有している事を確認 (PJMテスト0.99点/1点満点)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 一般送配電事業者とのシステム連携を実施していない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 【運用】一般送配電事業者とのシステム連携をした上での制御の検証。</li> </ul>

## 潜在的なユースケースに関わる成果と課題

- 潜在的なユースケースとして、ピークシフト・配電混雑緩和・需要造成・系統電圧制御の実証を実施。
- 各ケースについて、それぞれ一定の成果は得られている一方、ビジネス化に向けては技術的な課題の他に、EV保有者へのアンケートによるユーザーの実態把握や、サービスに対するインセンティブを適切に与える仕組みを整える必要がある。

### 潜在的なユースケースに関わる主な成果と課題

ユースケース	成果	課題	解決に向けた事業者の見解
配電混雑緩和	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 10%を超える差異がみられたものの、概ね指令に沿った制御を実施できた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ローカルでのサービス提供が必要なため、EVリソースの待機場所や運行状況を正確に把握する必要があること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 【運用】V2Gのポテンシャル評価の精度向上のためのEV保有者に対するアンケート調査の深掘り</li> <li>● 【運用】車両（事業用・通勤用など）の運行状況の実態把握すること。</li> </ul>
需要造成	<ul style="list-style-type: none"> <li>● V2G充放電器を普及させることで、V1Gに比べて需要造成ポテンシャルが拡大することを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● V2Gで需要を造成する際、ユーザーの運行状況の把握等ができず、計画通り需要を造成できない場合があること。</li> </ul>	
系統電圧制御 (無効電力制御)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 電動車一台を活用して、無効電力制御における最大3.7秒の応動時間という非常に高い応動性を確認できた。</li> <li>● 低圧需要家が多数連系された系統における風力導入時の電圧降下改善効果が期待できるとシミュレーションにより把握した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 複数台を活用した制御は十分実施していないこと。</li> <li>● 無効電力を活用してサービスを提供する経済的インセンティブが制度環境として整えられていないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 【技術】複数台を活用した制御等、実態に即した形での実証をすること。</li> <li>● 【制度】無効電力の供出能力を評価し、インセンティブに反映できる仕組みの検討</li> </ul>

# VPPアグリゲーター実証（V2G）－2020年度の成果と課題（1/2）

## <2020年度のV2G実証の成果と課題（各商品別）>

- 2020年度は、EVを活用して二次調整力・一次調整力相当の検証も多数実施。
- 過年度までの実証結果と同様、EVリソース自体は高速な周波数応答が可能である一方、リソース確保の課題から指令に満足に対応できない事象は2020年度も存在。ただし、一部事業者は予定外出庫に対応するために余力のある形で供出量を確保し、指令に満足できている事例も見られた。

ユースケース	成果	課題と解決に向けた事業者の見解
三次調整力	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 三次①②について、常に充放電器に接続した条件で、確実に供出できる量を入札した場合、100%の滞在率を達成。</li> <li>● 下げDRに関して、充放電器の起動特性や車両の予定外出庫などにより、不適合となるケースもあった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 車両の計画外使用の実態把握及びEVPSの起動特性の確認</li> <li>● EVリソースの不確実性。1日内でのリソース確保（3時間コマ）や三次①の前週入札の予見性確保が難しい。</li> </ul>
二次・一次	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 二次①に関して業務用車が計画通り稼働する場合は、高い制御結果を実現。</li> <li>● SOC不足が生じない場合は、周波数調整機能と需要家側への需給調整機能の同時制御が可能</li> <li>● EVリソースが秒単位間隔の制御指令に対しても追従性、応答性を確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 入札を保守的（マージンを持たせる形）にししかできないこと。</li> <li>● SOCが不足すると、周波数調整機能と需要家側への需給制御の両立が難しい。</li> <li>● 専用線のみしか要件として認められない場合、参入が難しい。</li> <li>● 一部のリソースでEVPSの電圧上昇防止機能が動作し、放電出力の抑制が発生。EVPSの適切な場所への配置が重要</li> </ul>
卸電力市場	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 供給力取引を想定として、上げ下げDRを実施。取引条件が合えば、収益が可能なことを確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● SOCの状態によって、適切なタイミングで充放電できない場合があった。上下限に一定のマージンを置いた状況で運用することが必要。</li> </ul>

# VPPアグリゲーター実証（V2G）－2020年度の成果と課題（2/2）

## <2020年度のV2G実証の成果と課題（その他）>

- V2Gビジネスを行うにあたり複数事業者で、予定外出庫等に対する供出量のマージンの設定を実施。マージンの設定は、精度の高い運用に対して一定の効果を得られているが、どの程度マージンを持つべきなのかについて今後も検討が必要と考えられる。

ユースケース	成果	課題と解決に向けた事業者の見解
リソース確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>EVをVPPリソースとして安定的に運用するため、車両運用計画の精度評価や予定外出庫に対するマージンの検討を実施。</li> <li>RAとして20%のマージンを確保して運用し、予定外出庫が生じた場合も一部の場合は制御可能量を再配分することでDR指令に対応できた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業化においては、制御対象車両がDRに参加できない場合を想定して、制御可能量に対する適切なマージン設定方法について検討する必要がある。</li> </ul>
リソース確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>路線バスとして運行する電気バスの需給調整力としての活用可能性を検証。需要場所のエネルギーマネジメントに電気バスが活用できることを確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>特になし</li> </ul>
システム・通信・サイバーセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>需給調整市場への参入を目指し、EV制御システムと外部システムを連携を完了</li> <li>EV充電器の応動特性やデータ授受について実証の中で確認</li> <li>共通実証の通信先であるVPP基盤整備事業者やRAシステムをインターネットを用いて接続する際のセキュリティ要件がERABサイバーセキュリティガイドラインに対応していることを確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CHAdeMOプロトコルにおける通信項目の内容統一、必須化が必要となる。</li> <li>ACシステムとRAシステム間のセキュリティレベルの認識共有や費用負担に関してどのように事業者間で協議していくかが課題。</li> </ul>

---

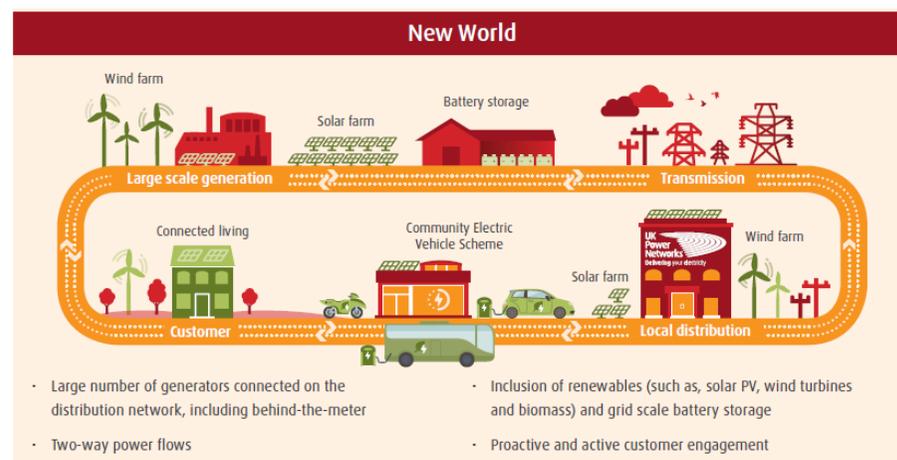
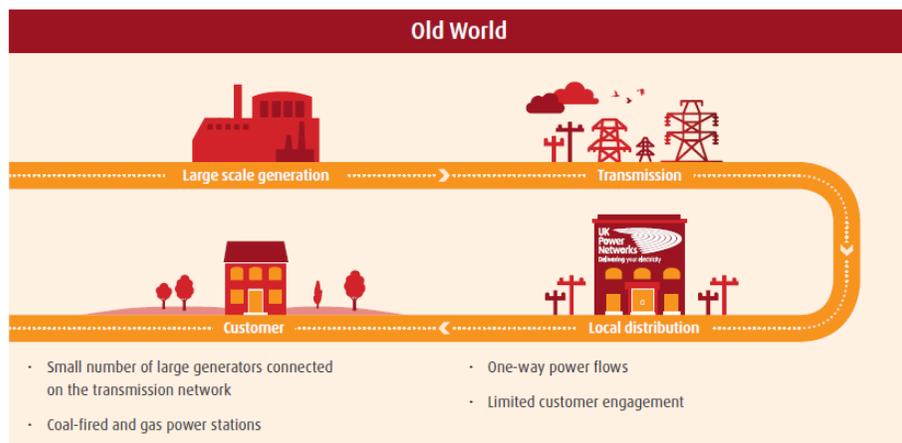
## IV. 将来のエネルギーシステムのあるべき方向性の整理

---

# 1. 目的・背景 (1/1)

- エネルギーをめぐるメガトレンドを把握し中長期的なエネルギーシステムのあるべき姿を見定める。
- それに向けて必要なアクションプランを整理するべく、諸外国の最新のレポート等を調査。

## エネルギーのバリューチェーンの変化

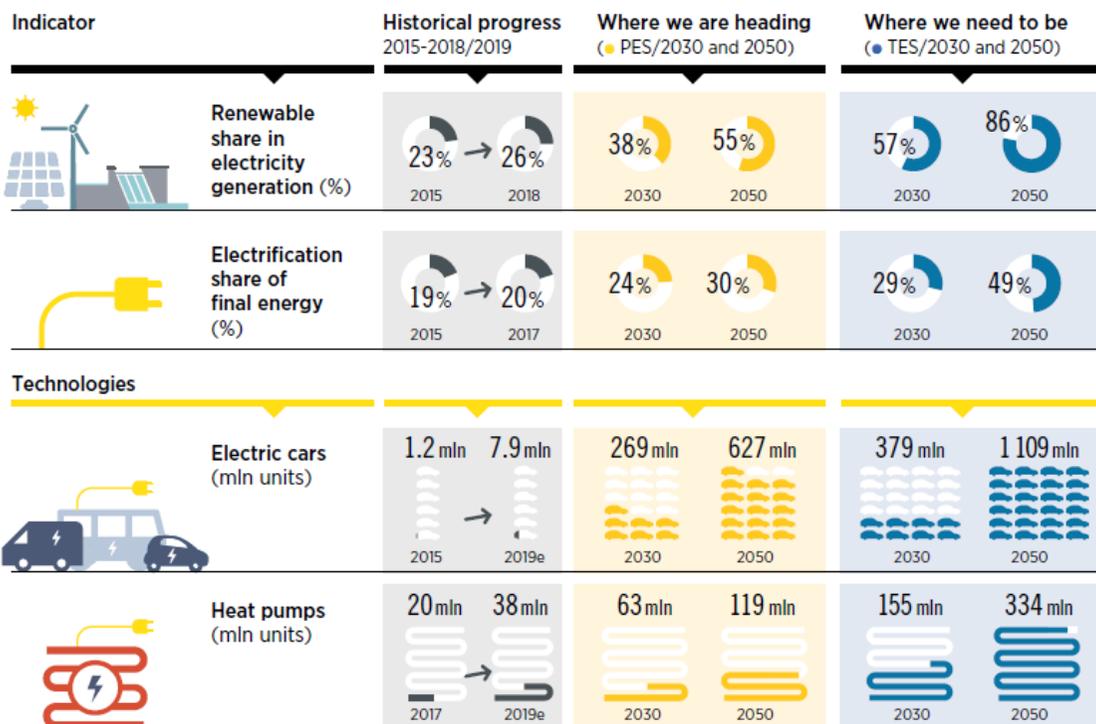


出所) UK Power Networks、Flexibility Roadmap (閲覧日 : 2021.3.26) <https://innovation.ukpowernetworks.co.uk/wp-content/uploads/2019/07/futuresmart-flexibility-roadmap.pdf>

## 2. 将来の電源構成の見通し (1/3)

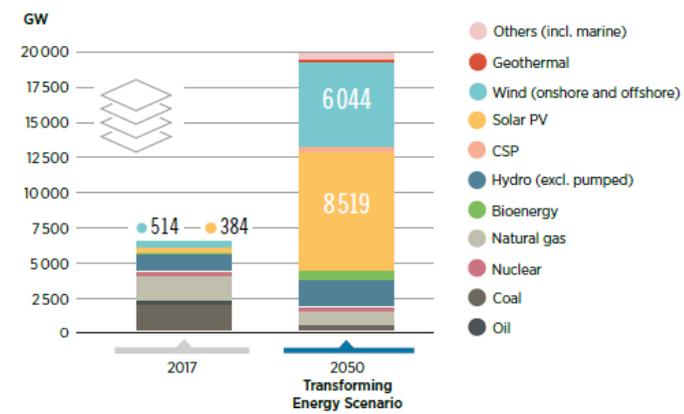
- 気候変動対策に向けて再エネの導入拡大が進展。併せて電化も進展。
  - 将来の気温上昇を2℃未満に抑えるには、太陽光/風力を中心に再エネ電力比率80%以上を目指す必要
  - 同時に、EVやヒートポンプ等の利用拡大を通じて電化率およそ50%を目指す

### 将来の再エネ電力比率・電化の見通し



### 将来の電源構成見通し

- ✓ PV・WTの容量が大幅に増加
  - PV : 514 → 6,044 GW
  - WT : 384 → 8,519 GW
- ✓ 火力電源（石油/石炭/天然ガス）は減少

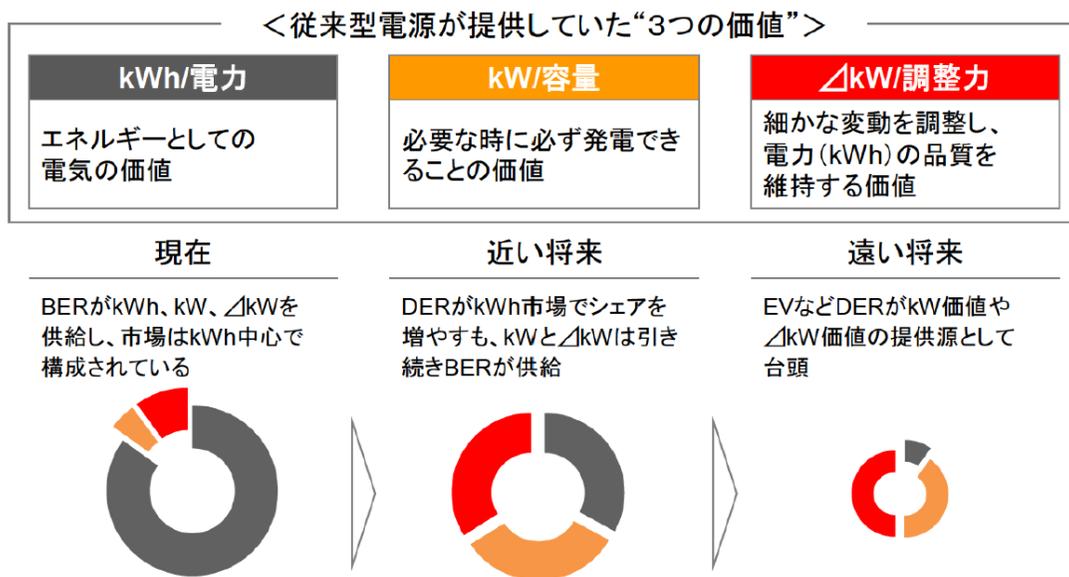


\* PES: Planned Energy Scenario 現状想定されている政策動向を踏まえたレファレンスケース  
 TES: Transforming Energy Scenario 将来の気温上昇を2℃未満とし、+1.5℃まで抑えることを目指したケース

## 2. 将来の電源構成の見通し (2/3)

- エネルギーシステムのアセットが本来持つ価値が変容し、それに伴い新たな電源・設備構成になる。
  - 現状BER（大規模電源）が担うkWh/kW/ΔkW価値提供の役割を徐々にDER（分散電源）が代替。
  - DERを構成する変動再エネ（VRE）の増加に伴い、Flexibility確保に向けてエネルギーシステム構築が進む。

### DER拡大に伴う将来の電力価値構造の変化



### Flexibility確保に向けたソリューション

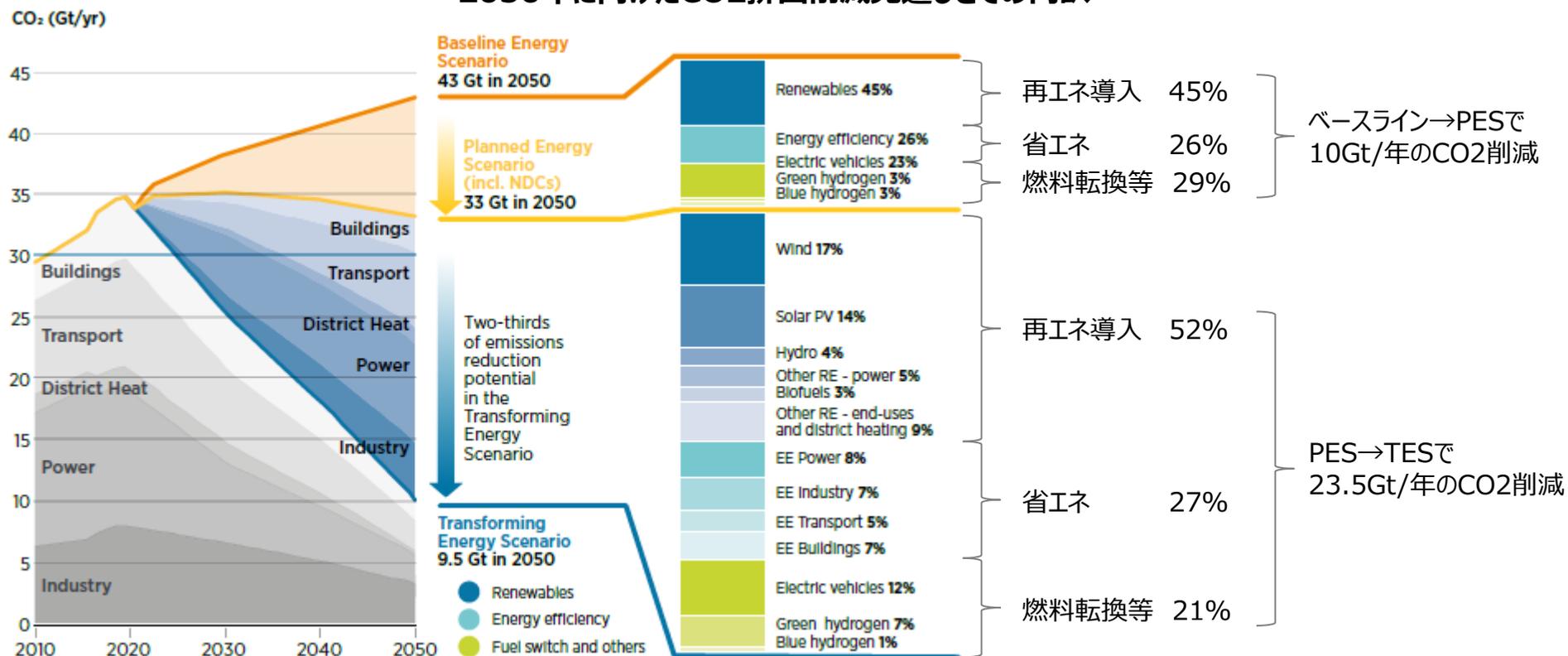
供給側	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 予測技術の改良によりVREによる発電の不確実性を低減</li> <li>・ 出力変動を吸収する柔軟な発電リソースの確保</li> </ul>
系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 連系線と地域間電力市場によるFlexibilityの供給</li> <li>・ 広域グリッドによる再エネ電源と需要の長距離間マッチング</li> <li>・ グリッドの増強投資の繰り延べに資する大規模エネルギー貯蔵技術とグリッド運用の導入</li> </ul>
需要側	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ グリッドサービス向けのDERアグリゲーション</li> <li>・ 需要側マネジメント技術の導入</li> <li>・ 再エネ主体のミニグリッドによるメイングリッドへのサービス提供</li> <li>・ DERによる配電系統の運用の最適化</li> </ul>
電力貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ユーティリティスケールの電力貯蔵ソリューション構築</li> <li>・ PtoXソリューション</li> </ul>

出所) 竹内 純子、第2回 次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会「2050年のエネルギー産業－日本のエネルギー大転換－」（閲覧日：2021.3.26）  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/denryoku\\_platform/pdf/002\\_02\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/denryoku_platform/pdf/002_02_00.pdf) (左図)  
 IRENA、Innovation landscape for a renewable-powered future（閲覧日：2021.3.26）  
[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Feb/IRENA\\_Innovation\\_Landscape\\_2019\\_report.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Feb/IRENA_Innovation_Landscape_2019_report.pdf) より三菱総研作成 (右図)

## 2. 将来の電源構成の見通し (3/3)

- 電力部門以外でのCO2対策（セクターカップリング）が進展。
- EV普及と系統利用、建物のエネルギー消費効率化等がマイクログリッド等地域のエネルギー需給にも影響。

### 2050年に向けたCO2排出削減見通しとその内訳



Note: The Transforming Energy Scenario includes 250 Mt/year in 2050 of carbon capture, utilisation and storage for natural gas-based hydrogen production (blue hydrogen). RE = renewable energy; EE = energy efficiency.

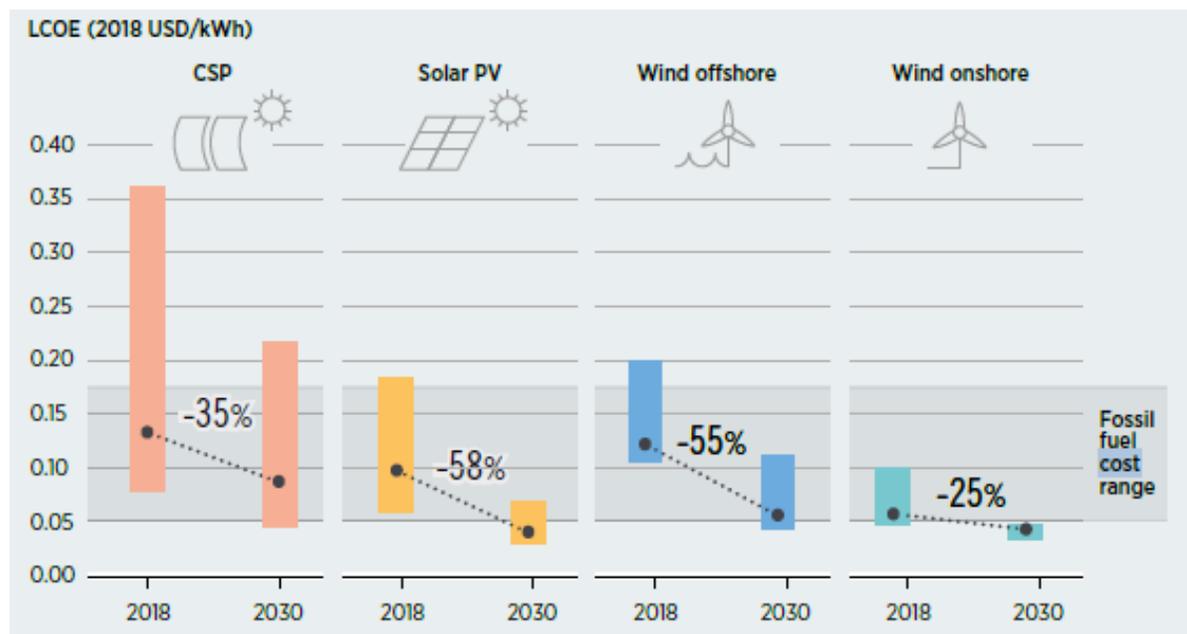
\* NDC (Nationally Determined Contributions) : パリ協定で合意された各国目標

### 3. 技術の進展、DERの役割（1/3）

- VREはこれまでも価格低減が進展し今後もその流れはとどまらない。
- 将来的には既存の火力電源の発電コストを下回る。ただし、統合費用による負担も考慮する必要がある。

#### 2030年に向けた太陽光/風力発電のコスト見通し

- ✓ 太陽光発電、風力発電（陸上/洋上）の発電コストは2030年時点で多くの場合、化石燃料による発電コストを下回る。



出所) IRENA、Global Renewables Outlook (閲覧日: 2021.3.26)

[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA\\_Global\\_Renewables\\_Outlook\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020.pdf) (左図)

日本エネルギー経済研究所、IEEJ Outlook 2020 (閲覧日: 2021.3.26) <https://eneken.ieej.or.jp/data/8644.pdf> より三菱総研作成 (右図)

#### 再エネ導入時に想定される統合費用

##### 《バランスコスト》

- ✓ 短期の予測誤差等に伴うインバランスのコスト

##### 《グリッドコスト》

- ✓ 電力グリッドの強化、各台に要するコスト

##### 《プロフィールコスト》

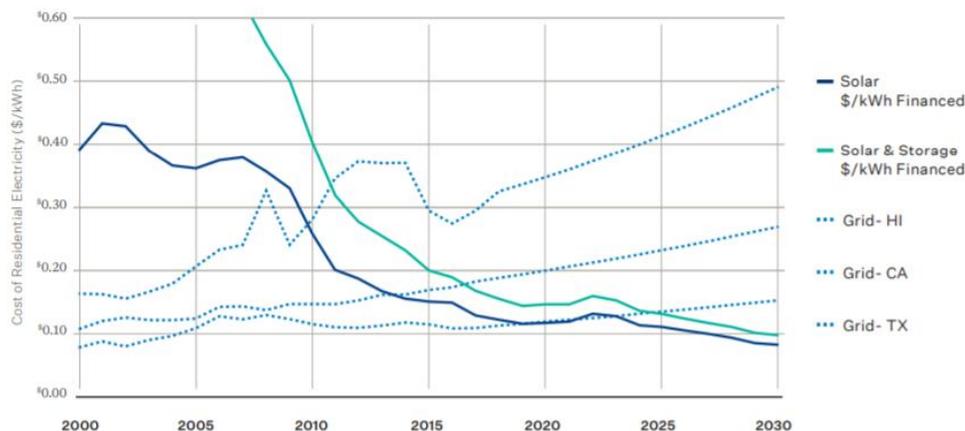
- ✓ VREの発電と電力需要の時間的な乖離によって起因するコスト
  - VREの出力抑制
  - 蓄電池の導入
  - 従来電源の設備利用率低下
  - 火力発電の部分負荷運転、起動停止回数の増加

### 3. 技術の進展、DERの役割 (2/3)

- エネルギー貯蔵技術のコスト低減も進展、ストレージパリティは徐々に到達。
- エネルギー貯蔵技術（蓄電池、EV、EQ含めた需要設備（DER）、水素）とデジタル技術を組み合わせることでFlexibilityやレジリエンスの提供に最大限寄与する。

#### 米国におけるPV・蓄電池と系統電力コストの比較（家庭向け）

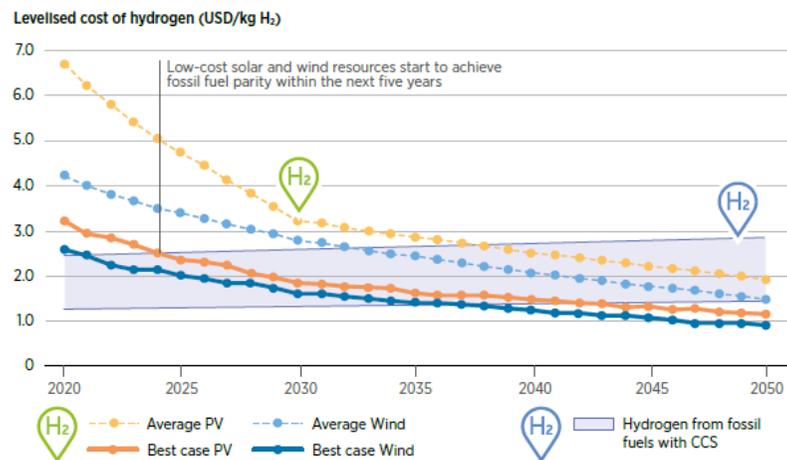
- ✓ ハワイやカリフォルニア州では既にストレージパリティに到達
- ✓ テキサス州でも2020年代には到達を見込む



This graph compares the historical and future cost to deliver a kilowatt-hour of electricity to a residential customer from rooftop solar, rooftop solar paired with energy storage, or from the grid in Hawaii, California and Texas. When all-in delivery costs are considered, the trend towards cost advantage of distributed resources becomes clear.<sup>3</sup>

#### 水素製造のコスト低減見通し

- ✓ 再エネ起源の水素（Green Hydrogen）のコストは中長期的に化石燃料+CCS起源の水素（Blue Hydrogen）のコストを下回る



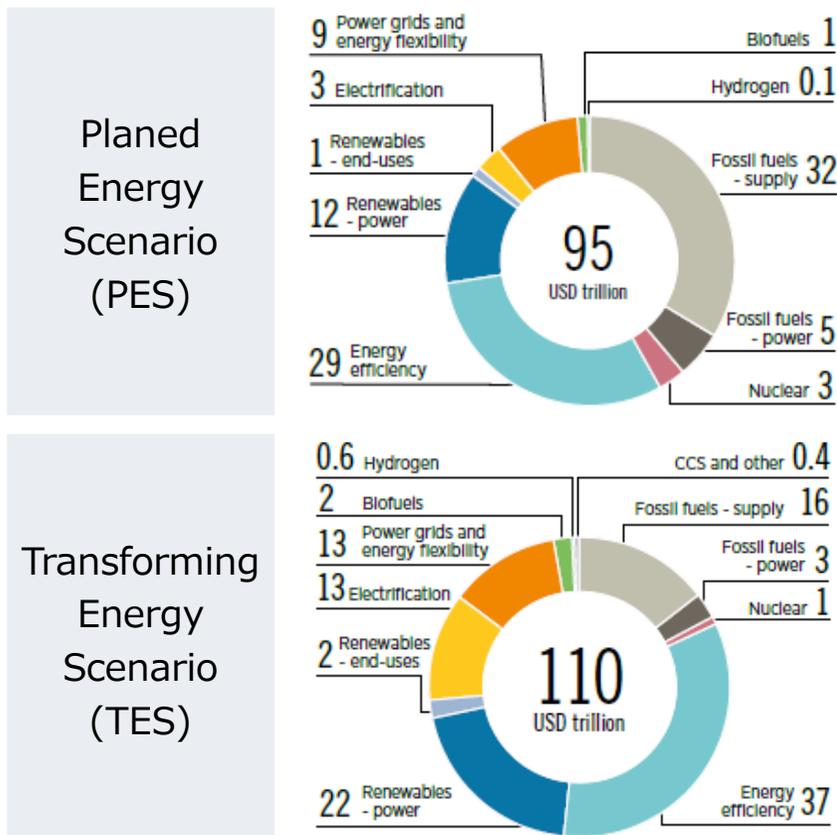
Note: Electrolyser costs: 770 USD/kW (2020), 540 USD/kW (2030), 435 USD/kW (2040) and 370 USD/kW (2050). CO<sub>2</sub> prices: USD 50 per tonne (2030), USD 100 per tonne (2040) and USD 200 per tonne (2050).

出所) Sunrun, We Can Decarbonize Rapidly (閲覧日: 2021.3.26) <https://www.sunrun.com/sites/default/files/we-can-decarbonize-rapidly-final1.pdf> (左図)  
IRENA, Global Renewables Outlook (閲覧日: 2021.3.26) [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA\\_Global\\_Renewables\\_Outlook\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020.pdf) (右図)

### 3. 技術の進展、DERの役割 (3/3)

- 再エネや電化の拡大、これに伴う系統対策等の実現に向けては莫大な投資が必要。
- ただし、これらは長期的に見れば気候変動対策への効果等を通じて投資額を上回るリターンを生む。

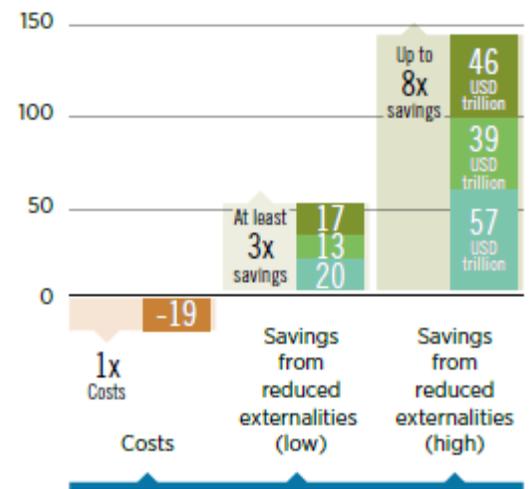
#### 世界のエネルギーセクターにおける投資見通し



#### エネルギーセクターにおける投資によりもたらされる便益

- ✓ TESで再エネ拡大や省エネのために2050年までに見込まれる19兆ドルの投資に対して、気候変動対策や大気汚染対策への効果を通じて3~8倍のリターンを見込む

2°目標達成には化石燃料向け投資を再エネ向けに振り替えていくことが必要  
また、投資の絶対量も増加



- Incremental energy system cost
- Reduced externalities - climate change
- Reduced externalities - outdoor air pollution
- Reduced externalities - indoor air pollution

\* PES: Planned Energy Scenario 現状想定されている政策動向を踏まえたレファレンスケース  
TES: Transforming Energy Scenario 将来の気温上昇を2°C未満とし; +1.5°Cまで抑えることを目指したケース

出所) IRENA, Global Renewables Outlook (閲覧日: 2021.3.26) [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA\\_Global\\_Renewables\\_Outlook\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020.pdf)

## 4. エネルギー事業者のビジネスモデル（1/3）

- エネルギー事業をめぐる環境変化、技術の進展により、様々な非エネルギー事業者がエネルギー事業に参入。
- 元売をはじめとした非電力のエネルギー事業者も電力ビジネスの発電（再エネ）、アグリゲーション等のビジネスに入り込んでいく。

### 様々な業種によるエネルギー事業への参入

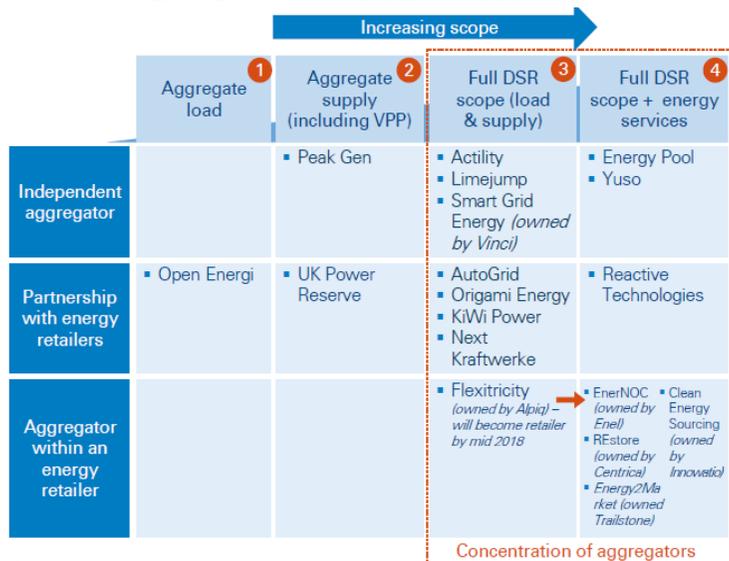
		Telecom	Automotive	Oil & gas	GAFA	Energy equipment and solutions	Start-ups
		Leverage existing customer commercial/billing relationship	Increase customer touchpoints for EVs	Hedge and diversify against peak oil demand, environmental regulations	Leverage advanced technology know-how (data, cloud) to address customers' needs	Leverage their energy assets to broaden their scope of activities	Equipped with advanced technology, have the advantage to tap into energy market
Generation	Asset investment/management	Commission of RE generation assets 	Solar energy park building 	Solar farms building/installation, onshore wind park operation 		Investment in large-scale batteries 	
	Virtual power plant			Flexibility management from generation assets and load 		Acquisition of stakes in aggregator of generation assets 	Flexibility management from generation assets and load 
Electricity/gas supply			Green electricity supply 			Energy supply 	Energy supply 
Add-on services	Bundle service heating/Internet/tv/...	First provider of mobile solutions and, recently, energy plans 		Supplier of gas, electricity, broadband, boiler care 			
	E-mobility	Operation of charging sockets for EV-charging infrastructure 	EV-charging infrastructure 	Electric vehicle-charging infrastructure 			
	Smart home	Smart energy meters, thermostats, lighting systems 			Sensors, locks, lights, cameras, thermostats 		
	Energy efficiency				Analyzing demand from smart home 		Pairing artificial intelligence with energy storage to automate energy cost savings 
	Demand response (load management)				Adjust energy consumption in real time 		
	Energy storage systems (ESS)		Procurement/distribution of 2nd-life batteries, battery modules and consultation for energy-storage systems 	Electric battery 		Installation of energy-storage solutions 	Store clean solar power during the day to power homes at night 

Source: Arthur D. Little analysis

## 4. エネルギー事業者のビジネスモデル（2/3）

- 小売ビジネスも単なる電力サービスのプロバイダーでなく、エネルギーサービスアドバイザーとして認識されるように。
- その手段の一つとしてアグリゲーターとの統合が進んでいる。

### アグリゲーターの発展段階と 電力小売事業者との関係構築



Source: Arthur D. Little

### 電力小売事業者と独立系アグリゲーターの統合例



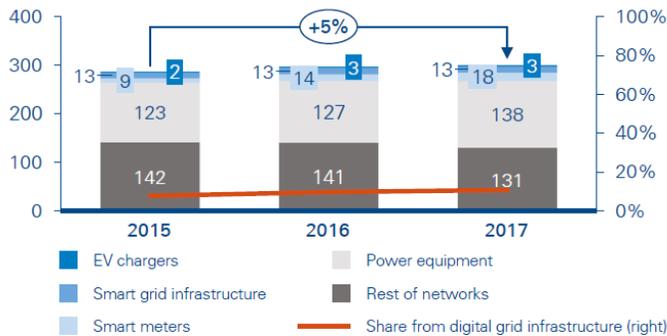
Source: Arthur D. Little

## 4. エネルギー事業者のビジネスモデル（3/3）

- 送電、配電事業もアセットの座礁資産化により、デジタル技術を活用した多様な顧客ニーズに合わせたサービス提供をするビジネスモデルに転換が求められる。

### 世界における電力ネットワーク 関連の設備投資の状況

- 既存ネットワーク関連は横ばいか減少
- 新規分野（図の青色部分）は成長



Source: EIA, Arthur D. Little analysis

### 送配電事業者におけるビジネスモデル転換（新規事業）例

- システムオペレーション：
  - ✓ 系統安定化のための管理のためのflexibility取引プラットフォームの提供
  - ✓ これに関連してDSOとの連携の強化
  - ✓ 取引情報管理のためのデータハブの役割
  - ✓ 取引プラットフォーム/市場への多様なプレイヤーの参加促進（蓄電池、DER等）
- アセットマネジメント：
  - ✓ 今後の需給の在り方の変化に合わせた投資
  - ✓ 系統のO&Mのデジタル化の推進
  - ✓ 自国外の洋上の送電アセットの保有
  - ✓ 他国TSOと連携した連系線の構築
  - ✓ 海外TSOの買収
- エコシステムのファシリテート：
  - ✓ 将来のエネルギーのエコシステムの在り方を自ら方向付けて制度を策定
  - ✓ その過程でスタートアップ等への投資、連携なども実施して技術を活用
- 多様化：
  - ✓ 送電系統に近い分野へのインフラ投資（EV急速充電器、水素関連）

出所) Arthur D Little, What's next for TSOs?(閲覧日: 2020.6.19) [https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/adl\\_whats\\_next\\_for\\_tsos-min\\_0.pdf](https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/adl_whats_next_for_tsos-min_0.pdf)

## 5. 課題認識 (1/2)

- 一方で、上位政策（省レベル）、規制（規制機関レベル）、系統ルール（電力会社レベル）の政策・施策を一致させ、かつVREや蓄電池の技術開発の進歩にあった制度設計を行うことは容易ではない。
- エネルギーシステムの改革に向けては技術のみでなく、市場、規制、電力事業のオペレーションの慣習、ビジネスモデルも含めた改革を進めていくことが必要。

### 電力取引市場

- 短期市場（前日市場、当日（時間前）市場）、需給調整市場、長期投資**シグナルの設計を強化**することが必要。
- kW価値、ΔkW価値に対して**適切な対価を支払う市場**等の構築が必要。
- VREは一度設置されると安い限界費用で発電を行うこととなり、**電力市場価格が低下**し、VRE自体の価値が損なわれる（共食い効果）。
- クロスボーダーの電力システムを構築することで、電源へのアクセスが容易になりコスト削減が可能、さらにVREの均し効果もある。
- 一方、その構築にあたっては、**システムセキュリティ、リソースのアデカシー、ガバナンスの3点に留意**することが必要。

### 電事法、託送制度 等

- 需要減少と分散化の進行に伴う**デスパイラル問題**の発生。特に、PV、蓄電池を保有しない需要家において託送費用が高騰し、需要家間の格差が発生する可能性。
- 高度成長期に建設した設備が更新時期を迎えるため、需要減少下でどのように効率化、選択と集中をして設備更新をしていくか検討が必要。
- 今後再エネの導入拡大により、**再エネ適地のネットワーク料金が高騰**し、格差が生じる可能性が存在。
- VREおよび水力発電は気象条件に応じて出力が変動する。特に**長期の時間スケールでの出力変動に伴う供給途絶リスク**が、VRE大量導入時の大きな課題。
- 配電網の計画および運用、スマートグリッドの導入において、DSOがより能動的な役割を担うよう、インセンティブを提供することが必要。

## 5. 課題認識 (2/2)

- その他、技術的課題や社会的課題も念頭に置いた施策が必要となる。

### 技術課題

- パリ協定順守のためには、**2050年までに排出量をゼロ以下**にする必要があり、追加施策を要する。  
Ex.再エネ発電コスト低減、需要家サイド技術の普及とコスト低減、ガスの脱炭素化、その他ネガティブエミッションを実現するための技術開発 等
- デジタル化が重要な取り組みになる一方で、デジタル技術を十分に活用できていないエネルギー事業者が多い。**国内全体でのデジタル化戦略の立案等**が必要。(ex.英国 EDTF等)
- デジタル化の下でビジネスモデルを検討するにあたっては**サイバーセキュリティ**には十分留意が必要。

### 金融面での課題

- 世界でのエネルギー関連投資額はIEAシナリオとは乖離がある。特にGHGの半分以上を占める**運輸、熱部門においての効率化**を促すことが必要。
- 気候変動対策に関わる技術は発展を続けており、コストも低下傾向にある。このため、各国政府はより積極的にこれらの**技術を導入するための取組**が求められる。これらの取組はエネルギー分野で閉じた議論を行うのではなく、社会経済全体に影響を及ぼすものとして検討していくことが重要。

### 社会的な課題

- 蓄電池を導入する需要家にとっては、系統用に用いられる場合があるとしても、基本的には自身のために蓄電池を使うことが出来ることを理解してもらう必要あり (**社会的受容性の向上**) 。
- 大幅なCO2削減を目指す政策の立案と実行は、非常に難しいものになる。複数セクターにまたがる多数の施策を実行する必要あり。**需要家を誘導するインセンティブの設計が複雑**になる。**技術開発への投資**も必要。**需要家の理解醸成**も必要。気候変動対策を行わない場合よりも、多額の追加コストを要する。
- 気候変動に対処するための政策立案は、これから非常に難しいタスクとなる。立案時点で最適と思える政策も、その後、短期間のうちに気候や事業環境が急激に変化してしまい、短期間のうちに適切ではなくなってしまう恐れあり。どのような気候変動シナリオにも適応する政策の立案が必要だが、多大な労力が必要になるだろう。

## 6. 解決の方向性（1/3）

- Flexibilityを実現するために、上位政策（省レベル）、規制（規制機関レベル）、系統ルール（電力会社レベル）の政策・施策を一致させ、かつVREや蓄電池の技術開発の進歩にあった制度設計を行うことが重要。
- エネルギーシステムの改革に向けては技術のみでなく、市場、規制、電力事業のオペレーションの慣習、ビジネスモデルも含めた改革を進めていくことが必要。

### **相互に関連するエネルギーと気候の目標を達成するには、国を超えた地域レベルでの目標を強化することが不可欠。**

再生可能エネルギー、エネルギー効率及び電化は、地域及び国レベルでの排出の大幅な削減に向けた行動の明確な重点分野となる。エネルギー転換の道筋は様々だが、全ての地域で再生可能エネルギーの利用割合が高くなり、東南アジア、南米、欧州連合、サハラ以南アフリカでは、2050年までに全エネルギー利用の70～80%に達すると見られる。同様に、暖房や運輸などのエンドユース部門での電化は全ての地域で増加し、東アジア、北米、ヨーロッパの多くの国で50%を越えると思われる。

### **世界レベルでのメリットは明確である一方で、エネルギー転換の構造的な影響や労働市場への影響は、区域、雇用形式、業界によって異なる。**

再生可能エネルギー、エネルギー効率、その他の転換に関連する業界が成長するにつれて、それ以外のエネルギー雇用は減少。しかし、公正な転換に向けた正しい戦略を実行することにより、個人や地域社会に対する雇用喪失の影響は最少限に抑えられる。

### **社会経済的起点が異なる地域において、エネルギー転換はそれぞれ異なるものとなる。**

各地域での影響の違いは、化石燃料その他の一次産品への依存度、既存の産業生産性、テクノロジー選択の変化、国内でのサプライチェーンの深度や多様性に起因。地域や国でのエネルギー転換計画、制度的構造、機能と政策の意図などもそれぞれ異なるので、2050年には異なる結果を生む。

### **脱炭素化を急速に進めるには、今までにない政策の取組や投資が必要。**

2019年に発足した気候投資プラットフォームは、パリ協定の目標に合わせたクリーンエネルギーの導入を目指している。地域投資フォーラムは適切な条件を作り出し、資金へのアクセスを改善し、利益の上がるプロジェクトを準備することを助ける。

### **世界のエネルギー転換を、壊滅的な気候変動を回避できるうちに完了させるには、国際協力をさらに強化することが不可欠。**

その目的は、各国政府やその他の機関が野心的な政策を幅広く採用することを後押しすることであり、これら全てが各国民の決意を強め、一人残らずその恩恵に浴するようになる必要がある。

### **究極的には、気候変動の脅威を緩和できるか否かは、策定する政策、その実施スピード、つぎ込むリソースの程度にかかっている。**

将来的には、投資の意思決定は包括的な低炭素経済の構築という目標へどれだけ適合するかにより評価される。これを満たさないものは社会の変革的脱炭素化の妨げとなってしまう。

## 6. 解決の方向性（2/3）

- 気候変動対策に関わる技術は発展を続けており、コストも低下傾向にある。このため、各国政府はより積極的にこれらの技術を導入するための取組が求められる。
- これらの取組はエネルギー分野に閉じた議論を行うのではなく、社会経済全体に影響を及ぼすものとして検討していくことが重要。

### 低炭素技術で十分な電力を生成するための再エネ容量の追加を促進

- 再生可能エネルギー資源を特定し、マップ化し、中長期的に融資可能なプロジェクトのポートフォリオを開発する。他

### VREのシェア拡大に対応するためのグリッド計画の更新

- 柔軟な電力系統の開発（柔軟な供給、貯蔵、需要対応、P2X、EV、デジタルおよびICT技術など）。
- マイクログリッドを導入して回復力を向上させ、RESによるアクセスを拡大。

### DER導入のサポート

- エネルギー消費者がプロシューマーになるよう奨励する。
- アグリゲーターがDERの利用を促進することを可能にする。等

電源



建物



### 建物のエネルギー消費量の削減

- エネルギー効率の高い建築基準（器具備品含む）を制定または強化する。
- エネルギー効率化と再生可能エネルギー対策を組み合わせる（例えば、公共建築物の改修においてこれらの技術を統合するための公共政策）。他

### DERのサポートと育成

- エネルギーシステムの変革を積極的に支援することを妨げる障壁を取り除く。
- スマートメーターの普及を加速する。他

### 建物部門の再生可能株式の拡大

- 低炭素暖房技術（例えばヒートポンプ、太陽熱利用、冷暖房用の近代的バイオエネルギー）の推進。他

### 輸送量・渋滞の低減

- 先進的なデジタル通信技術を採用し、都市交通計画とサービスを改善。
- モビリティサービス（自動運転、カーシェアリングなど）の推進。他

### 電動車への移行促進

- 電気自動車（EV）を都市へのアクセスにおいて優先させる。
- 総合的な計画・政策立案により電力・運輸セクターの連携を強化。他

### 道路運送、航空及び輸送におけるバイオ燃料の優先活用

- 先進的バイオ燃料に対する具体的な義務を導入するとともに、直接的な財政的インセンティブと財政的リスク軽減措置を導入する。他



交通



産業

### 産業におけるエネルギー消費の削減

- 循環型経済の推進（マテリアルリサイクル、廃棄物管理、材料効率の向上、リユース・リサイクルなどの構造変化）。他

### 企業による再エネ利用の促進

- あらゆる規模の企業と再エネ開発者との間で、PPA等を通じて直接取引が可能なエネルギー市場構造を検討する。他

### 低炭素技術の工業プロセス加熱への展開促進

- 既存の障壁を取り除き、低炭素加熱方法を奨励する（例えば太陽熱暖房、近代的バイオエネルギー、ヒートポンプ）。他

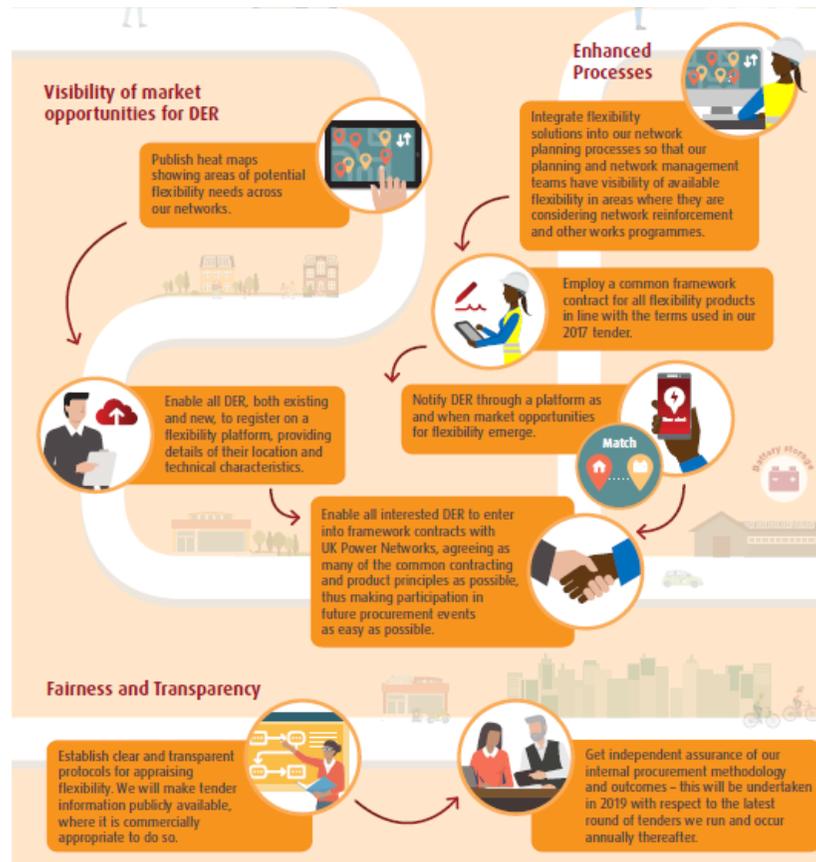
## 6. 解決の方向性 (3/3)

- DER活用に向けた取り組みとして必要なこととして、①DER市場機会の可視化、②プロセス強化（市場機会の通知、契約手続きの標準化等）、③公平性と透明性が挙げられる。

### UKPNによるDER活用に向けた具体的なアクションプラン

#### DER市場機会の可視化

- ネットワーク全体に対する潜在的なFlexibilityニーズの領域を示す**ヒートマップの公開**
- 既存・新規のDERの設置場所、技術的特徴を含めた情報を登録できる**プラットフォームの提供**



#### プロセス強化

- ネットワークの増強計画とFlexibilityソリューションの統合による**Flexibilityの可視化・活用**
- Flexibilityの市場機会が出現した際のプラットフォームを通じた**DERへの通知**
- フレームワーク契約を共通にかつ円滑に結ぶための**枠組みの強化**

#### 公平性と透明性

- Flexibility活用・評価に向けた**手順を明確化**
- **入札情報も公表し利用可能**

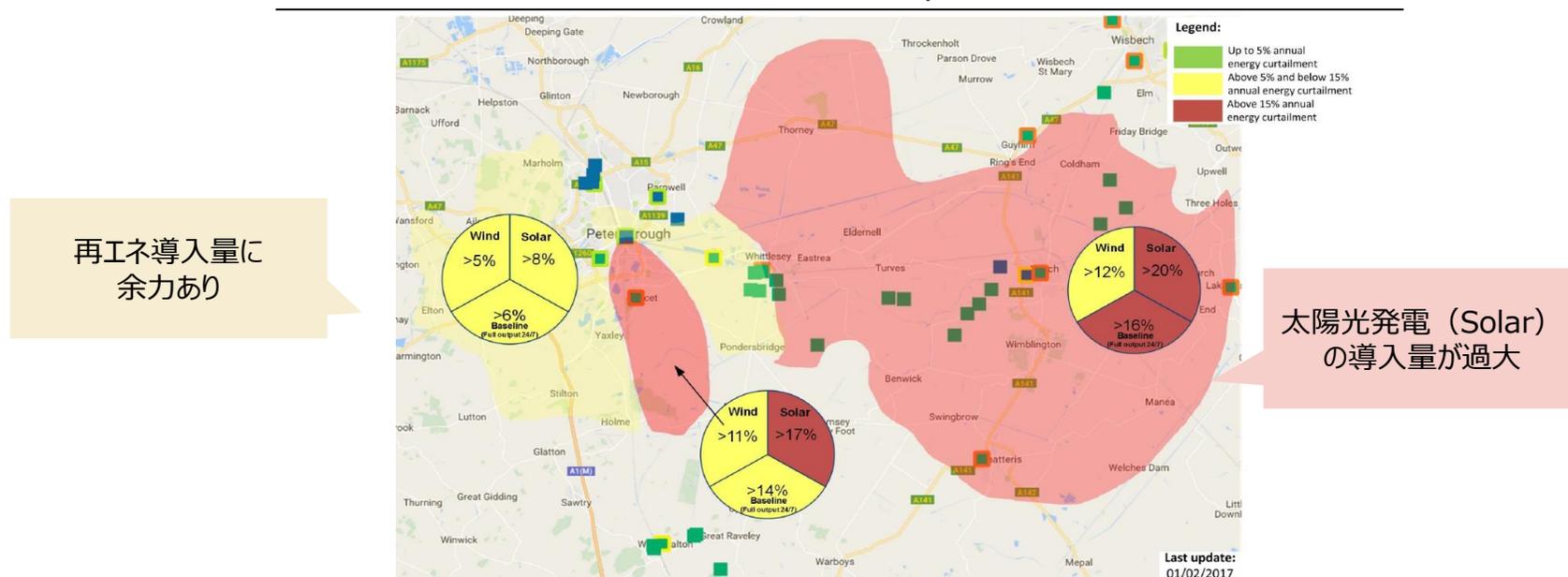
## 《参考》英国におけるヒートマップ

- 英国では以下のような地図情報を提供している。
- DER導入に際して、出力抑制を伴う系統接続に関わるルールも整備されつつある。

### Flexible Distributed Generation (FDG) connection

- 容量、電圧、逆潮流などの問題などの制約のために、これらの技術的課題を解決するためのネットワークの改修・増強により、接続コストが予想以上に高くなる可能性が高いエリアが存在する。
- FDG-Connectionは、既存のネットワーク内で、特段の補強を必要とせずに、出力抑制を前提に接続ポイントを提供することを目的としている。
- このために、UK Power Networksでは、制約のあるエリアに関してHeat mapと呼ばれる地図情報を提供し、同エリアの接続に際しては出力抑制を前提とした接続契約を締結する。

### 英国におけるHeat mapのイメージ



出所) London Power networks資料より三菱総研作成

出所) 資源エネルギー庁「諸外国におけるバーチャルパワープラント実態調査」(閲覧日: 2021.3.25)  
[https://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/H28FY/000583.pdf](https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H28FY/000583.pdf)

## 7. 具体的なアクション案（1/3）

- 海外では価格低減等によるDER普及進展は共通認識であり、大手事業者もアグリゲーターの取り込みを推進。
- VRE導入拡大を見据えたFlexibility活用の推進など、将来のエネルギーシステムに適したサービスを提供していくためにもDERとアグリゲーションの必要性が各種ビジョンの中で認識されている。
- 日本においてもアグリゲーションビジネスの普及に向けて、「アグリゲーターの市場参入機会の確保」、「将来のエネルギーシステムを見据えた利用拡大」の2面から施策を講じることが考えられる。

### 想定される施策の方向性

<p>アグリゲーターの 市場参入機会の確保</p>	<p>《マナタイズの機会拡大に向けた施策》</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 日本では現状電源1'、需給調整市場に主眼が置かれているが、海外では複数のユースケースに対するマルチユースが主流。</li> <li>● 日本でもアグリゲーターが参入可能な市場を広げることが有効ではないか。</li> </ul> <p>《参入障壁への対応に向けた施策》</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 海外では低圧～高圧まで含めて多様なリソースがネガワット、ポジワット双方の活用を通じて市場に参画可能な市場ルールが設計されている。</li> <li>● 日本でも多様なアグリゲーターの市場参加に向けた制度の柔軟化が必要ではないか。</li> </ul>
<p>将来のエネルギーシステム を見据えたDER利用拡大</p>	<p>《VRE対応に向けた施策》</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 海外ではVREの普及拡大に伴う電力系統上の課題に対して、DERのアグリゲーションを通じたFlexibility活用による対策が検討されている。</li> <li>● 日本でも同様の取り組みを普及させるための検討が必要ではないか。</li> </ul> <p>《エネルギーシステムの運用高度化に向けた施策》</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● VREの拡大やプロシューマーの増加に伴い、海外ではこうしたエネルギーシステムの変化をとらえて、リソース制御の自動化などを通じて運用を高度化するための取り組みが進められている。</li> <li>● 日本でも同様の技術やシステムを開発していく取り組みが必要ではないか。</li> </ul>

## 7. 具体的なアクション案（2/3）～アグリゲーターの市場参入機会の確保～

- 各種市場のルール見直し等を通じて、「マネタイズの機会拡大に向けた施策」と「参入障壁への対応に向けた施策」の2面でアグリゲーターの市場参入機会の確保を目指すことが考えられる。

### アグリゲーターの市場参入機会の確保に向けた施策例

マネタイズの機会拡大に向けた施策	卸電力市場の強化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 時間分解能を上げ、リアルタイムに近い取引間隔を取り入れていくことで、電力システムとして再エネ変動誤差等への対応を強化し、同時にリアルタイムに近い取引に適した蓄電池リソースの活用を促進する。</li> <li>● 空間分解能を考慮した取引（ゾーン、ノード制など位置情報を反映した電力価格）を取り入れることで、分散して設置されているDERの特性を活かした取引を促進する。</li> <li>● 卸電力市場においてネガティブプライスを導入することで、余剰電力時における上げDR実施のインセンティブを強化する。</li> </ul>
	インバランス強化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● インバランスのペナルティを強化することにより、発電BG、需要BGにおけるインバランス回避に向けたリソースアグリゲーション活用のサービスを促進させる。</li> </ul>
	GC時間の変更	<ul style="list-style-type: none"> <li>● GCをより実需給断面に近づけることにより、実需給直前に再エネ等による変動に対してDERのアグリゲーションによってタイムリーに対応する機会を促進する。</li> </ul>
参入障壁への対応に向けた施策	アグリゲーション対象の拡大	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 低圧リソースを含むアグリゲーションに関して、リソース把握手法、計量手法、ゲーミング等の課題に関する対策を整理し、ビジネス推進に向けた取組を進める。</li> <li>● 併せて、逆潮流が伴う場合のビジネスについても関連制度を整理して取組を進める。</li> <li>● 今後のFIP導入を見据え、FIP電源、FIT切れ電源と蓄電池を組み合わせによるアグリゲーションの取組を促進する。</li> </ul>
	発電・需要BGの統合	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 発電BG、需要BGをアグリゲーター向けに統合することを許容することで、GC後の発電、需要リソース間での調整など、柔軟な運用を可能とする。</li> </ul>

## 7. 具体的なアクション案（3/3）～将来のエネルギーシステムを見据えたDER利用拡大～

- 技術的な実証等による検討を深めることを通じて、「VRE対応に向けた施策」と「エネルギーシステムの運用高度化に向けた施策」の2面で将来のエネルギーシステムを見据えた利用拡大を目指すことが考えられる。

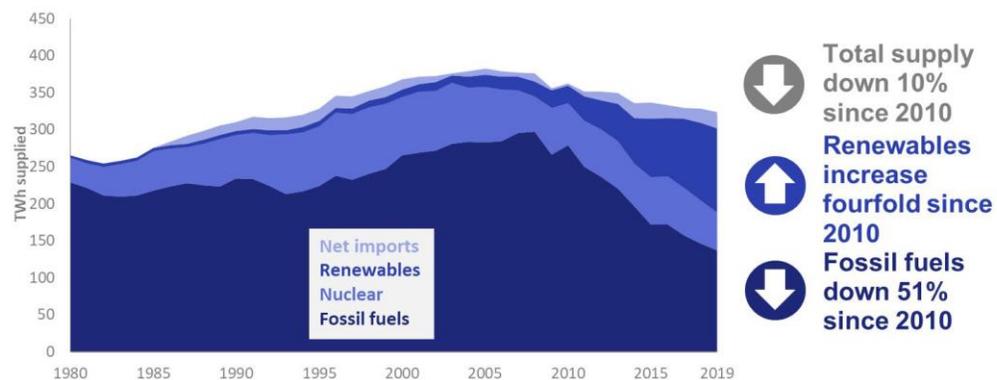
### 将来のエネルギーシステムを見据えた利用拡大に向けた施策例

VRE対応に向けた施策	ユーティリティと蓄電池事業者の連携強化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 今後VREの拡大に従って電力系統運用においてさらに重要となる蓄電池利活用について、ユーティリティ事業者・蓄電池メーカー間の連携による実証等を通じて方策を検討する。</li> </ul>
	DER活用による系統増強回避	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 主に配電系統レベルを対象に、PVやEVの増加に伴う混雑解消等を目的にDERを運用、活用する取り組みを推進。これにより、今後必要となる系統増強を回避する。</li> </ul>
エネルギーシステムの運用高度化に向けた施策	プロシューマーを取り巻くサービスの検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 今後増加が見込まれるプロシューマーを取り込んだビジネスモデルについて検討し、実証等を通じて制度課題、具体的な普及策を整理する。</li> <li>● P2Pによる電力取引、マイクログリッドによる域内需給運用 等</li> </ul>
	リソース自動制御に向けた開発・検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 電力市場価格、需給状況等に応じてリソースが自端で自動的に適切な運用パターンや市場入札行動を導出し、これに向けた運用、制御を行う取り組みを実証する。</li> </ul>
	レジリエンス強化に向けた活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 停電時や系統設備メンテナンス時の予期せぬ設備停止が発生した際に、DERからの電力供給によって電力系統のレジリエンスを保つ方法について検証する。</li> </ul>

## 「参考」英国の電気事業（1/3）

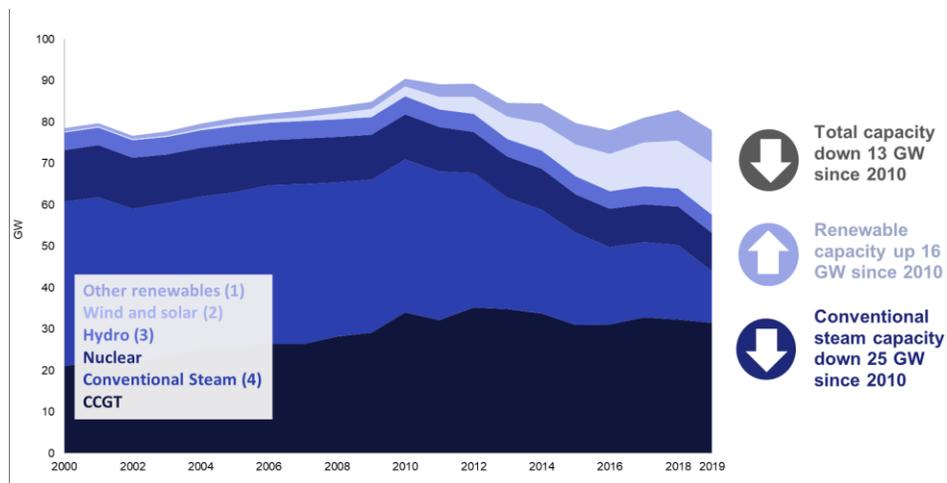
- 英国における総電力供給量（隣国からの輸入を含む）は346TWh(2019年)であり、国全体としての減少傾向が続いている。火力発電量は2010年からほぼ半減した一方、再エネ発電量は同期間中に4倍に拡大。
- 総発電容量（2019年）は77,920MW。2010年ごろから減少傾向が続いている。特に石炭火力の退役が顕著となっている。他方、風力を中心とした再エネの導入拡大が続いており、間欠性を考慮したde-rateベースでも、総発電容量の29%を占めるに至っている。

英国の総電力供給量（総需要）の推移



出所) GOV.UK、Digest of UK energy statistics 2020（閲覧日：2020.8.24）  
<https://www.gov.uk/government/statistics/digest-of-uk-energy-statistics-dukes-2020>

英国の発電容量の推移

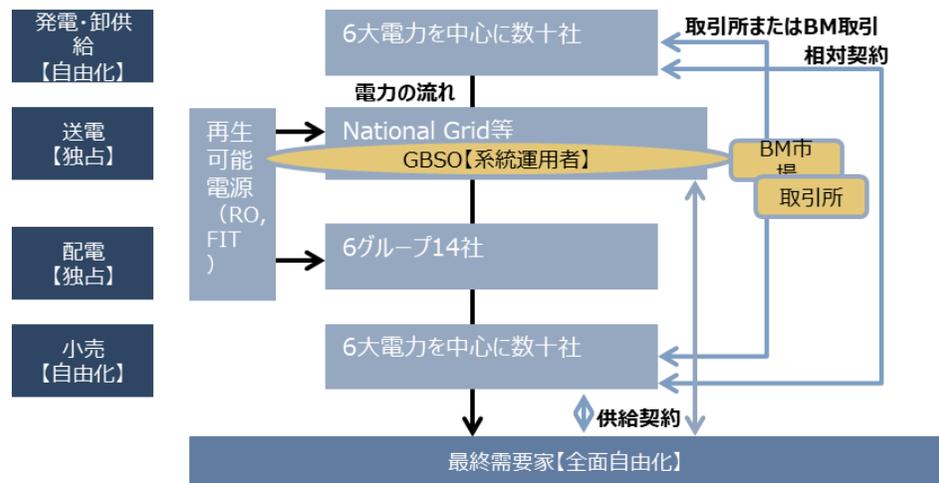


出所) GOV.UK、Digest of UK energy statistics 2020（閲覧日：2020.8.24）  
<https://www.gov.uk/government/statistics/digest-of-uk-energy-statistics-dukes-2020>

# 「参考」英国の電気事業 (2/3)

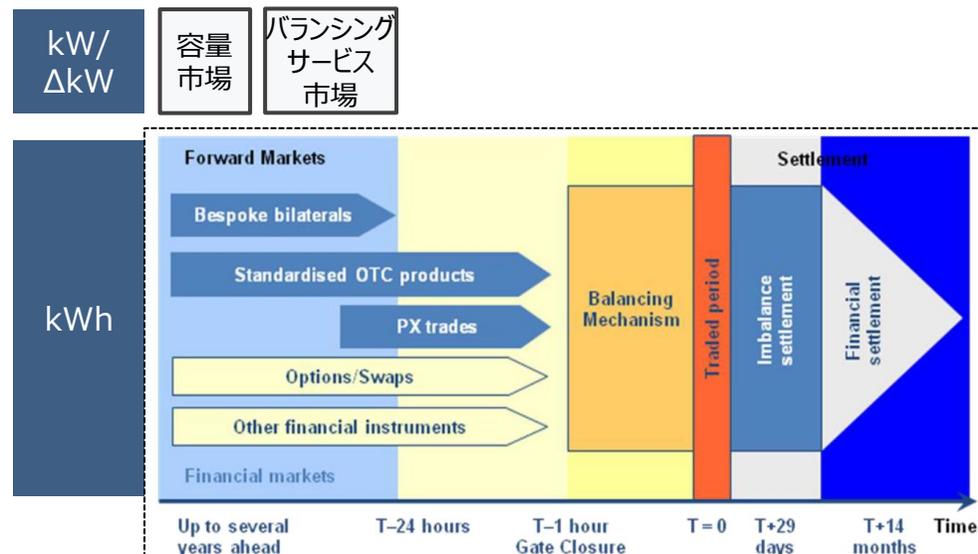
- 英国の現行電気事業はアンバンドリングが徹底されており、発電/送電/配電/小売の各部門に所有権分離され、各々が独立した経営を行っている。
- 英国では、容量市場、卸電力取引市場、調整力市場(Balancing Service)、バランシングメカニズム(Balancing Mechanism)が運営されているが、分散型エネルギーリソースは、大半の市場で参入可能である。特にBM市場ではこれまで発電事業者・小売事業者しか参加できなかったが、2019年にVirtual Lead Partyというカテゴリーが新設され、独立アグリゲーターの参入が可能となった。

英国の電気事業体制



出所) 海外電力調査会、海外諸国の電気事業 第1編 2019年版、93-95ページ (発行日: 2019年1月) より三菱総研作成

英国での電力取引の流れ

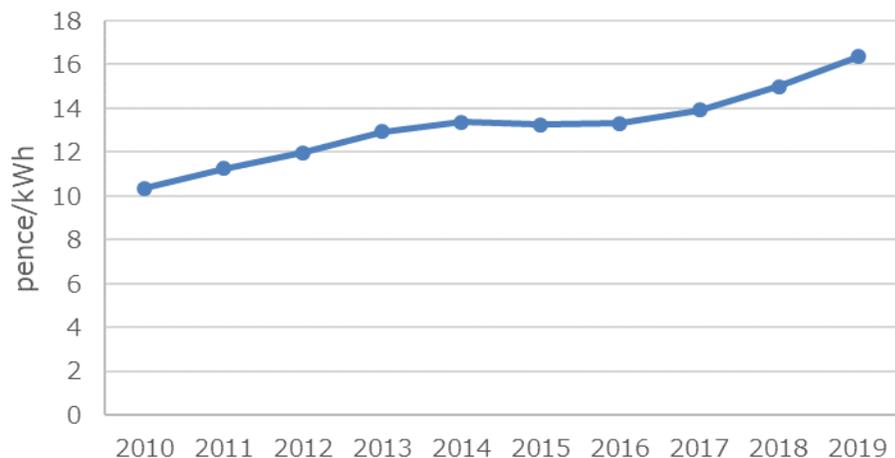


出所) EU, GB implementation plan (閲覧日: 2020.8.26)  
[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/gb\\_implementation\\_plan-final.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/gb_implementation_plan-final.pdf)  
 黒線梓等三菱総研加筆

## 「参考」英国の電気事業（3/3）

- 英国の電気料金水準は以下の通り。家庭用は平均16.4 pence/kWhであり、非家庭用は需要家規模によって大きく異なるが、約12pence/kWhとなっている。
- 家庭用料金は、基本料金（p/日）と従量料金（p/kWh）の組み合わせとなることが多い。基本料金は消費電力に依らないサービス費の位置付けであることが多い。
- 家庭用料金は、個別交渉に基づいて設定されているが、大型需要家になるほど、需要家の最大電力に基づいた基本料金を含め、複雑な料金体系になっていると考えられる。

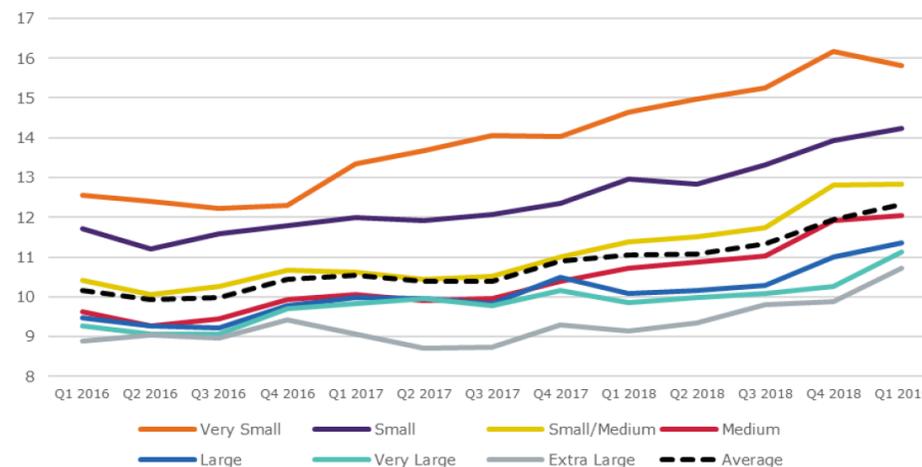
英国の電気料金水準（家庭用）推移



※年間電力消費量6,000kWhを想定

出所) BEIS, Average annual domestic electricity bills by home and non-home supplier (閲覧日: 2020.08.26)  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/875736/table\\_221.xlsx](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/875736/table_221.xlsx) より三菱総研作成

英国の電気料金水準（非家庭用）推移

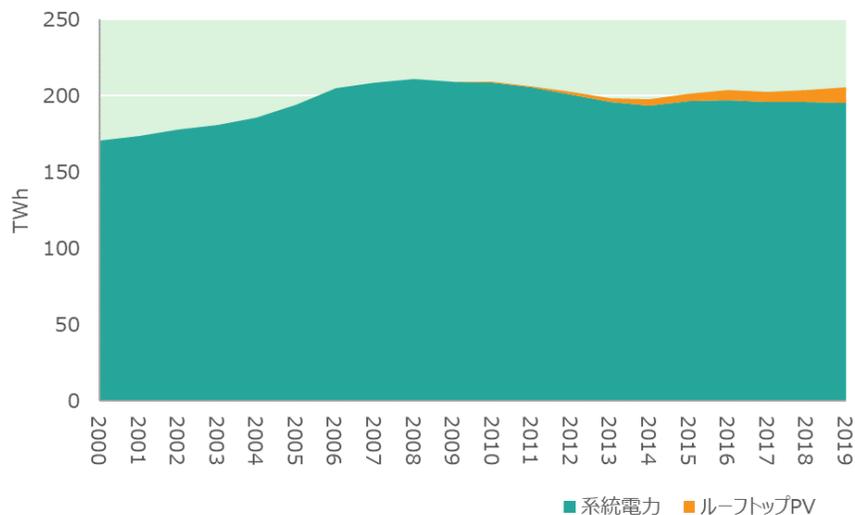


出所) Ofgem, State of the Energy Market Report (閲覧日: 2020.08.26)  
[https://www.ofgem.gov.uk/system/files/docs/2019/11/20191030\\_state\\_of\\_energy\\_market\\_revised.pdf](https://www.ofgem.gov.uk/system/files/docs/2019/11/20191030_state_of_energy_market_revised.pdf)

## 《参考》豪州の電気事業（1/3）

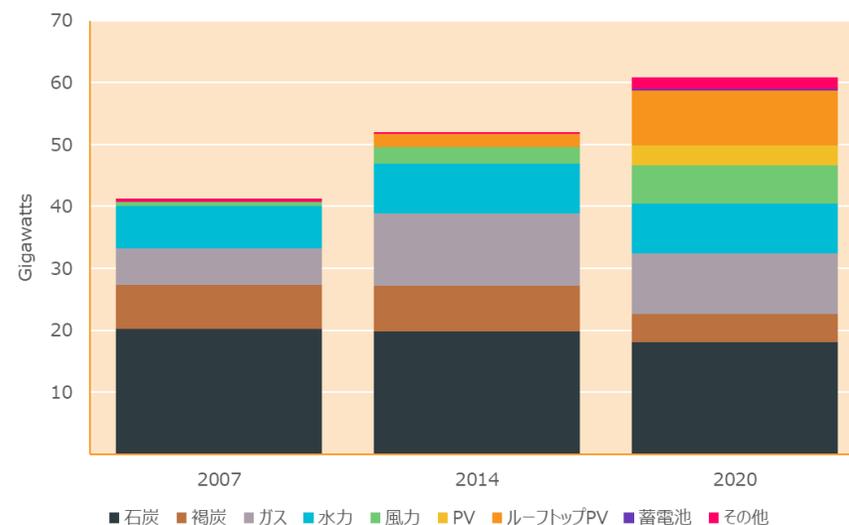
- 着実な人口増加や経済成長が進んでいるにもかかわらず、電力消費量は頭打ち。主な要因として、電気料金水準の上昇に対する省エネや電力消費控えが挙げられている。また、その結果として屋根置き太陽光の設置・活用が大幅に進み、総電力消費量の5%程度を占めるに至っている。
- 電源構成は、2014~2020年の間に、石炭火力の退役（4GW）が進む一方、大型再エネ(7GW) およびルーフトップPV(6GW)が連系し、再エネ比率が大幅に上昇。

豪州（NEMエリア）の電力使用量の推移



出所) Australian Energy Regulator, State of the Energy Market 2020  
 (閲覧日: 2020.8.24) <https://www.aer.gov.au/publications/state-of-the-energy-market-reports/state-of-the-energy-market-2020> より  
 三菱総研作成

豪州（NEMエリア）の電源構成の推移

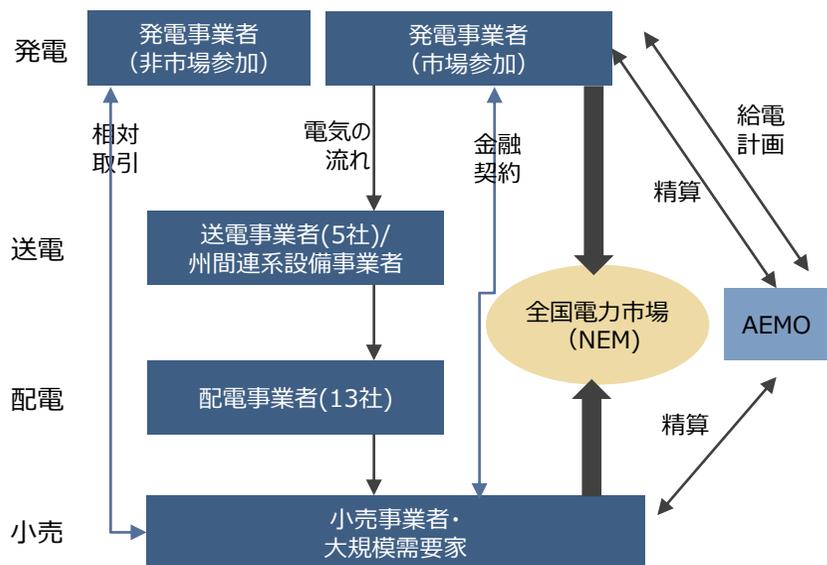


出所) Australian Energy Regulator, State of the Energy Market 2020  
 (閲覧日: 2020.8.24) <https://www.aer.gov.au/publications/state-of-the-energy-market-reports/state-of-the-energy-market-2020> より  
 三菱総研作成

# 「参考」豪州の電気事業 (2/3)

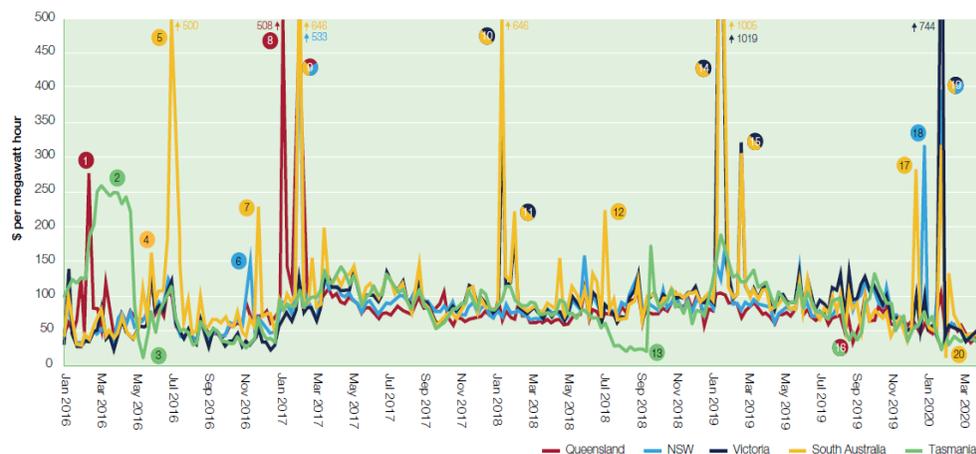
- 豪州の現行電気事業は、送配電事業のアンバンドリングが行われている一方、大手事業者は発電と小売の両機能を具備するものも多い。
- 発電事業者は原則として全量をNEMに入札（前日入札）※1。他方で、発電事業者は小売事業者との間で相対または先物取引所を通じて差額決済契約を締結し、価格変動リスクを回避する構造。
- 豪州は、熱波による急激な需要増や、重要設備の故障といったタイミングなど、比較的多い頻度で、価格が大きくスパイクする構造。容量市場が存在しないため、この価格スパイクによって発電プラントが固定費を回収する構造になっているとも言える。

豪州（NEMエリア）の電気事業体制



NEM : National Electricity Market  
 AEMO : Australian Energy Market Operator

NEM取引価格（週間平均）の推移



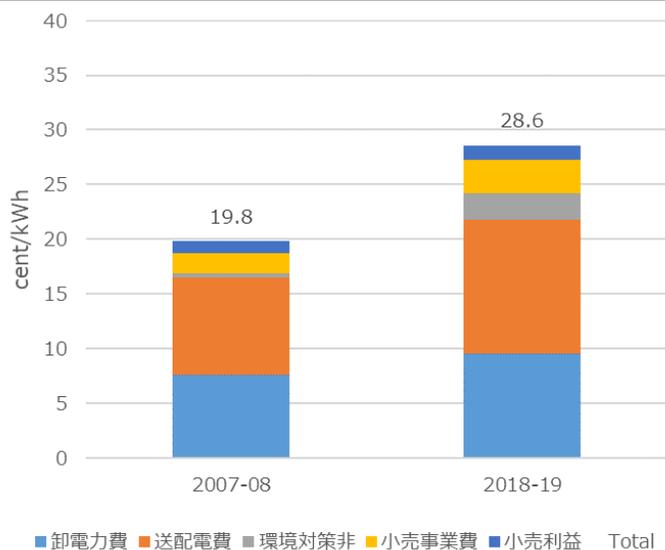
出所) Australian Energy Regulator, State of the Energy Market 2020 (閲覧日: 2020.8.24)  
<https://www.aer.gov.au/publications/state-of-the-energy-market-reports/state-of-the-energy-market-2020>

※1 実需給の5分前まで、入札量の変更を行うことができるが、価格変更は不可

## 「参考」豪州の電気事業（3/3）

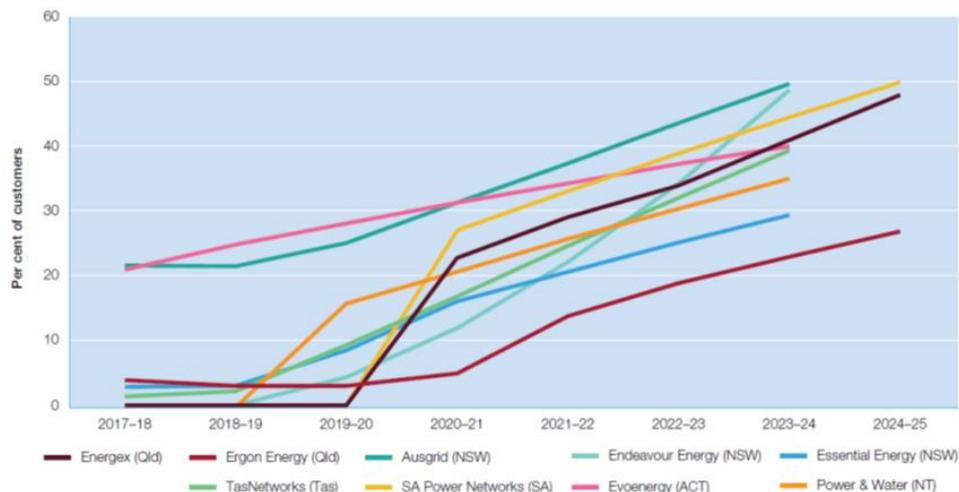
- 豪州の電気料金は比較的高く、且つ増加傾向にある。その主因は送配電費の大幅な上昇。もともと送配電設備規模に対して人口が少なく単価が大きくなることや、人口増などに伴い設備の改修コストが高んだことが料金上昇を生み、一般需要家による屋根置きPV敷設と自家消費の拡大を誘発。
- 送配電費を抑制し、設備構成の適正化を図るため、2017年ごろから「Power of Choice Reform」が進められており、コストを正しく反映した送配電料金の適用が徐々に進められている（時間帯別料金設定、kWに応じた基本料金の導入、PV発電の多い昼間の料金引き下げなど）。需要家向け料金を最終的に決めるのは小売事業者であるが、下図の通り、コストを反映した送配電料金を需要家に転嫁していく動きが進みつつある。

豪州の電気料金水準（家庭用）



注) 送配電コストだけでなく、小売業者に課せられている再エネ証書獲得費用、顧客獲得競争への営業費も、コスト押し上げ要因となっている。

送配電コストを正しく反映した電気料金の導入状況



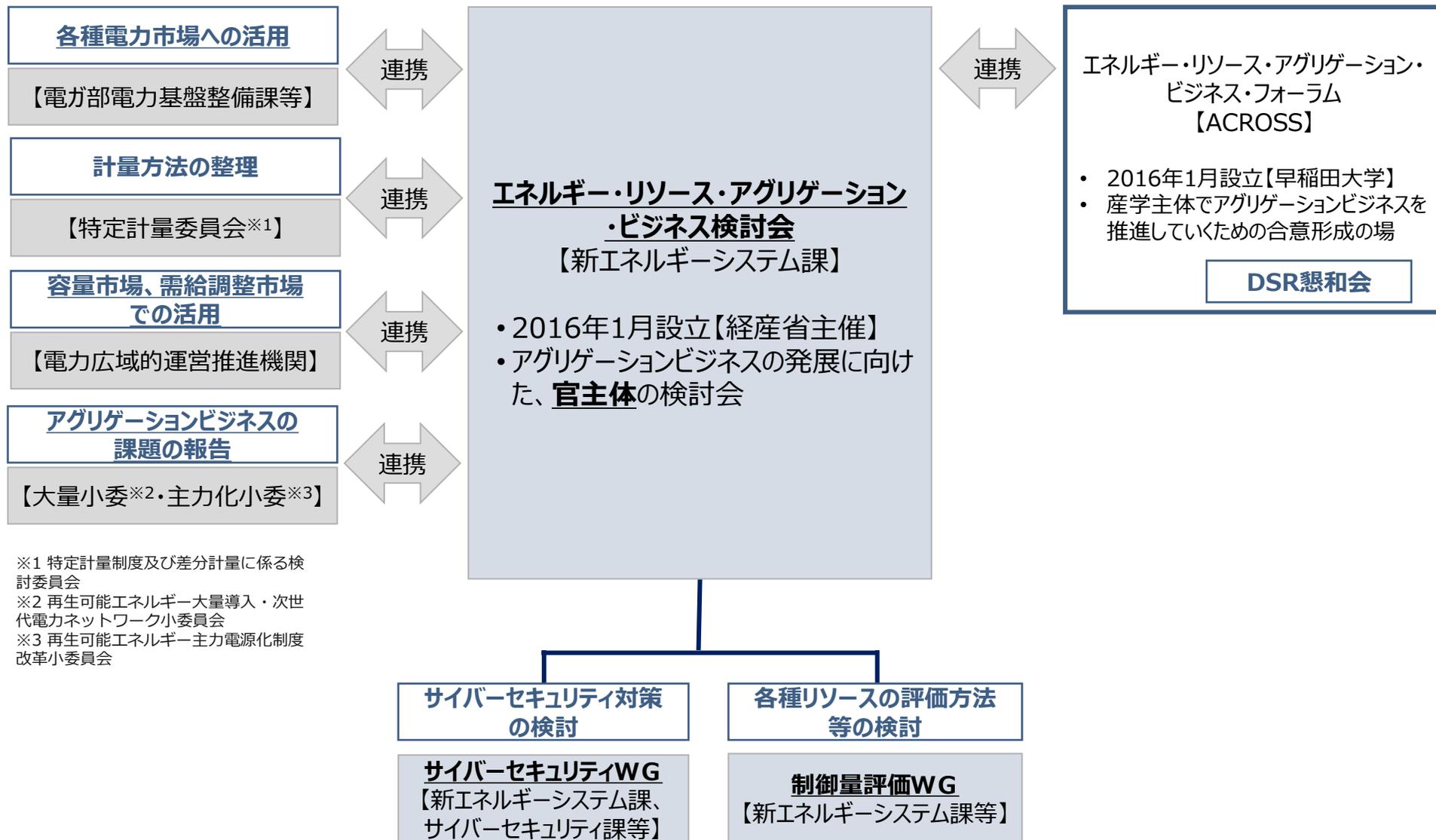
出所) Australian Energy Regulator, State of the Energy Market 2020 (閲覧日: 2020.8.24) <https://www.aer.gov.au/publications/state-of-the-energy-market-reports/state-of-the-energy-market-2020>

---

## V. 検討会及びワーキンググループの開催

---

# ERAB検討会の概要



※1 特定計量制度及び差分計量に係る検討委員会  
 ※2 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  
 ※3 再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会

## 検討会・WGの開催状況

- ERAB検討会、制御量評価WG、及びサイバーセキュリティWGは、以下のとおりそれぞれ開催。

		主な議題
ERAB 検討会	第12回 (2020/5/14)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ERAB普及拡大に向けた考え方</li> <li>● 標準ベースラインにおける当日調整</li> <li>● 上げDRの取引類型</li> <li>● 上げDRの取引スキームとベースライン</li> </ul>
	第13回 (2020/10/21)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● アグリゲーションビジネスの活性化に向けた取組</li> <li>● ERABサイバーセキュリティガイドラインの対策例等の策定</li> <li>● 分散型エネルギーリソースの更なる活用に向けたフェジビリティスタディ</li> </ul>
	第14回 (2020/12/18) ※書面開催	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 逆潮流アグリゲーションの調整力としての活用</li> </ul>
制御量評価 WG	第13回 (2020/5/14)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ERAB普及拡大に向けた考え方</li> <li>● 標準ベースラインにおける当日調整</li> <li>● 上げDRの取引類型</li> <li>● 上げDRの取引スキームとベースライン</li> </ul>
	第14回 (2020/6/29)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上げDRの全体像</li> <li>● 上げDRのユースケース1の詳細検討</li> <li>● 系統の混雑緩和・形成合理化のための上げDR活用の可能性</li> </ul>
	第15回 (2020/9/30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● アグリゲータービジネスの活性化に向けた課題や必要となる規律</li> <li>● 事業者からの発表（アグリゲーターの各市場の参入にあたっての課題整理）</li> </ul>
サイバーセキュリティ WG	第15回 (2020/10/5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ERABサイバーセキュリティガイドラインに関する補足資料の取りまとめ</li> <li>● ユースケース等の整理</li> </ul>

## 制御量評価WGでの2020年度決定事項及び次年度以降への課題（1/2）

- 制御量評価WGでの2020年度決定事項は以下のとおり。

### 2020年度の 決定事項

- ERABガイドライン改定案に対するパブリックコメントを受け、標準ベースラインにおける当日調整の方法を「5時間前から2時間前までの30分単位の6コマ」に変更した。
- 電力システム改革の進展を踏まえ、上げDRのユースケースを取引類型ごとに整理し、ユースケース1（FIT特例①配分値の余剰低減）が現在の制度において最も活用が期待されるとした。
- 上げDRのユースケース1の詳細検討について、ステークホルダー間の収支、メリット、ベースラインの考え方について整理した。
- 上げDRのユースケース1におけるベースラインについて、「正確性」「公平性」「簡便線」の3つの観点から総合的に検討し、「High 4 of 5（当日調整あり）」もしくは「Low 4 of 5（当日調整なし）」のいずれかを採用することが妥当であるとした。
- 系統の混雑緩和・形成合理化のためのDR活用の可能性およびユースケースについて整理した。
- アグリゲーションビジネスの活性化に向けて、電気事業の健全な発達に資するアグリゲーターの規律や課題について整理した。

## 制御量評価WGでの2020年度決定事項及び次年度以降への課題（2/2）

- 制御量評価WGでの次年度以降の課題は以下のとおり。

### 次年度以降 への課題

#### 【制度面】

- **上げDRの制度や事業環境に関わる議論**

他の審議会での託送料金の見直しや実証事業者のベースラインの妥当性に関する検証等を踏まえた上で議論を進める。

- **特定卸供給事業者の詳細要件の検討**

基本的な検討は持続可能な電力システム構築小委員会で進めていくこととし、アグリゲーションビジネスに関わる課題の中で本WGに関連するものがあれば、適宜連携して検討する。

#### 【事業面】

- **容量市場における発動指令電源へのアグリゲーターの参入促進**

将来の供給力をあらかじめ確実に確保すること、またそれにより電力取引価格の安定化を実現し、電気事業者の安定した事業運営や電気料金の安定化などの消費者メリットをもたらすための検討を継続的に行う。

- **大規模蓄電事業の電気事業法、託送約款等における位置づけの明確化**

系統に直接連系する大型蓄電池は瞬動性や出力の双方向性等の特性から再エネのインバランス回避や調整力の提供等を通じて再エネ主力電源化に資するものであるとし、蓄電池の取扱いに関する電気事業法や託送約款等の課題について整理・検討を深めていく。

## サイバーセキュリティ WGでの2020年度決定事項及び次年度以降への課題

- サイバーセキュリティWGでの2020年度決定事項、及び次年度以降の課題は以下のとおり。

### 2020年度の 決定事項

- 事業者からの意見及び重要インフラに求められているリスクアセスメントの結果を踏まえ、補足資料としてERABサイバーセキュリティガイドラインの対策例を整理した。
- 「サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク（CPSF）」の定めるリスク分析プロセスに基づき、ERABシステムの標準ユースケースを三層構造で整理し、各層の機能に想定されるセキュリティインシデントに対し、リスクの発生頻度と被害規模の観点からリスク影響度の評価を試行した。
- リスク分析の結果において影響が大きいと判断されたリスクは、CPSFに収録されている対策例とERABサイバーセキュリティガイドラインの勧告事項、推奨事項との対応付けを実施した。
- 事業者が適切にサイバーセキュリティ対策の実施することを可能とするため、IPAにより、ERABシステムにおける三層構造の標準ユースケース及びユースケースに基づくリスク分析の更新とサイバーセキュリティに関するトレーニングプログラムを開発した。

### 次年度以降 への課題

- IPAのトレーニングプログラムの開発において、必要に応じて引き続き本WGと連携する。
- 今後のERAB事業の発展や技術の進歩を踏まえ、標準ユースケース、リスク分析、対策例の対応表を継続的に更新する。



株式会社三菱総合研究所

(様式2)

二次利用未承諾リスト

報告書の題名：令和2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  
分散型エネルギーリソースを活用したアグリゲーションビジネスの普及・推進に関する調査

委託事業名：同上

受注事業者名：株式会社三菱総合研究所

頁	図表番号	タイトル
69		Excess Supply Pilotのイメージ
93		FESにおける4つのシナリオ①
94		FESにおける4つのシナリオ②
95		FESにおける主要項目の比較表①
96		FESにおける主要項目の比較表②
97		蓄電技術の将来見通し
98		2017年におけるBalancing serviceへのDSR参加量
99		英国DNOにおけるDFESプロセスのハイレベルなイメージ
100		WPDのDFESマップ
101		配電網の需要と供給を決定づけるキードライバー
102		UKPNにおける蓄電池の導入シナリオ想定
103		米国NY州のエネルギー目標
104		Central Hudsonのステークホルダーインターフェース
105		Central Hudsonにおける蓄電池の導入量予測
106		National Gridのシステムレベルの夏のピーク負荷予測
107		National Gridのシステムデータポータルにおけるフィーダーの情報
108		Demand Response ProgramへのDR参加量推移
109		カリフォルニアにおけるエネルギー政策のドライバー
110		SCEエリアにおけるDER導入シナリオ
111		2020年5月におけるDemand Response ProgramへのDRの参加量
111		SCEエリアにおける2025年のDER導入シナリオ
112		AEMOにおける脱炭素・分散化に向けた5つのシナリオ

(様式2)

112	DER導入量の見通し
113	エリア別のDER導入見通し
115	西オーストラリア州のDERロードマップの全体像
116	西オーストラリア州のDERロードマップにおける主要論点とアクションプラン（DER関連部分一部抜粋）
117	PV容量の将来見通し
117	蓄電池容量の将来見通し
167	エネルギーのバリューチェーンの変化
168	将来の再エネ電力比率・電化の見通し
168	将来の電源構成見通し
169	DER拡大に伴う将来の電力価値構造の変化
170	2050年に向けたCO2排出削減見通しとその内訳
171	2030年に向けた太陽光/風力発電のコスト見通し
172	米国におけるPV・蓄電池と系統電力コストの比較（家庭向け）
172	水素製造のコスト低減見通し
173	世界のエネルギーセクターにおける投資見通し
173	エネルギーセクターにおける投資によりもたらされる便益
174	様々な業種によるエネルギー事業への参入
175	アグリゲーターの発展段階と電力小売事業者との関係構築
175	電力小売事業者と独立系アグリゲーターの統合例
176	世界における電力ネットワーク関連の設備投資の状況
181	UKPNによるDER活用に向けた具体的なアクションプラン
182	英国におけるHeat mapのイメージ
186	英国の総電力供給量（総需要）の推移
186	英国の発電容量の推移
187	英国での電力取引の流れ
188	英国の電気料金水準（非家庭用）推移
190	NEM取引価格（週間平均）の推移
191	送配電コストを正しく反映した電気料金の導入状況