

低圧需要家視点での社会インフラの再構築

～低圧需要サイドからの「S + 3 E」にむけて～

2024年 6月 17日

林 泰弘
早稲田大学

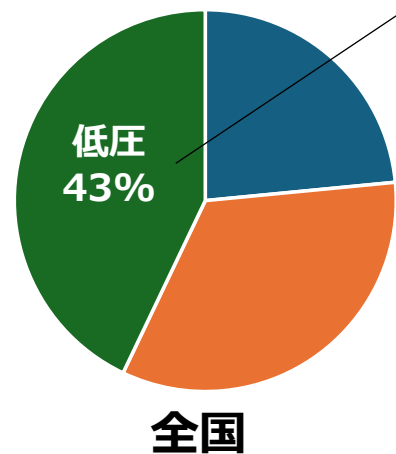
大学院 先進理工学研究科 電気・情報生命専攻 教授
カーボンニュートラル社会研究教育センター（WCANS） 所長
スマート社会技術融合研究機構（ACROSS） 機構会長

本日お伝えしたいこと

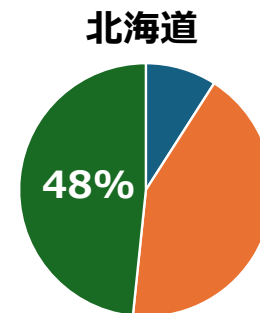
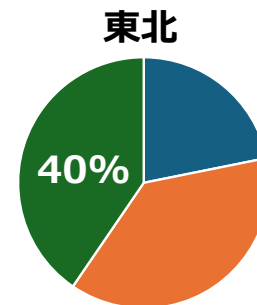
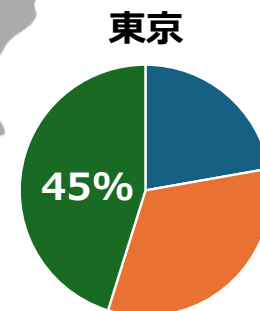
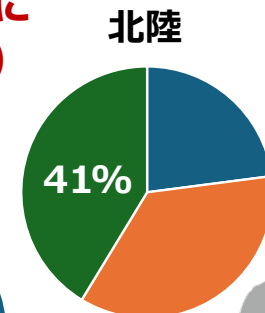
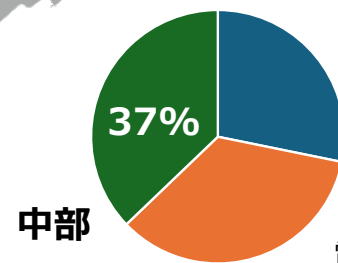
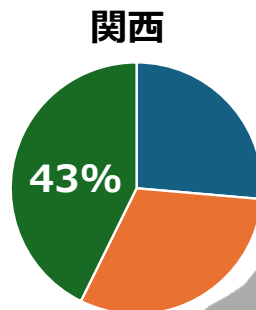
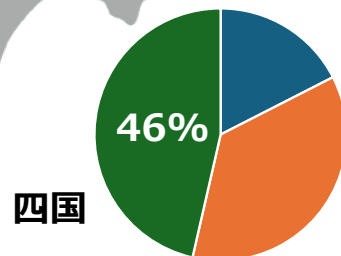
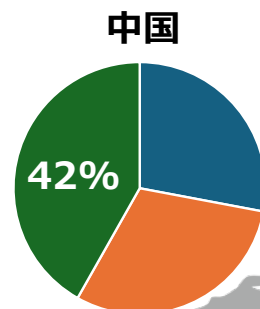
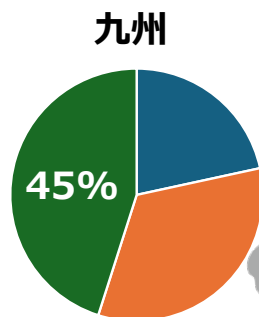
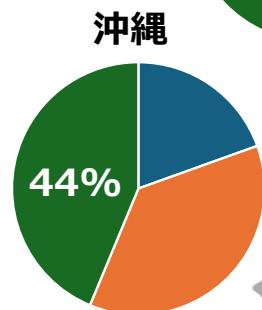
- **電力システム改革により、分散型エネルギーリソースを有効活用できる制度的措置は大きく前進**
(特定卸供給事業、蓄電池の発電事業、特定計量制度、電力データ活用等)
- **S+3Eは前提としても、変動再エネ電源の出力制御が増えるなどの状況下において、如何にして今後も増大する分散型エネルギーリソースを活用して、その受け皿となるエネルギー社会システムをどう構築していくのかが日本の課題**
- **カーボンニュートラル（CN）の実現には、フレキシビリティは必須であり、CNに資する分散型エネルギーリソースを有効活用できる余地はまだある**
- **分散型エネルギーリソースの更なる有効活用に向け、以下が特に重要**
 - ・ 今後増加が見込まれる低圧リソースの活用
 - ・ 収益機会の拡大
 - ・ 既存インフラであるスマートメータネットワークとの情報連携とリソースの特徴を捉まえた制度設計
- **低圧需要家サイドからの「S+ 3 E」を目的としたエネルギー社会インフラの再構築への提言**

低圧分散リソースのDR資源化に向けて

全国の低圧需要家規模
31,084 TWh/月

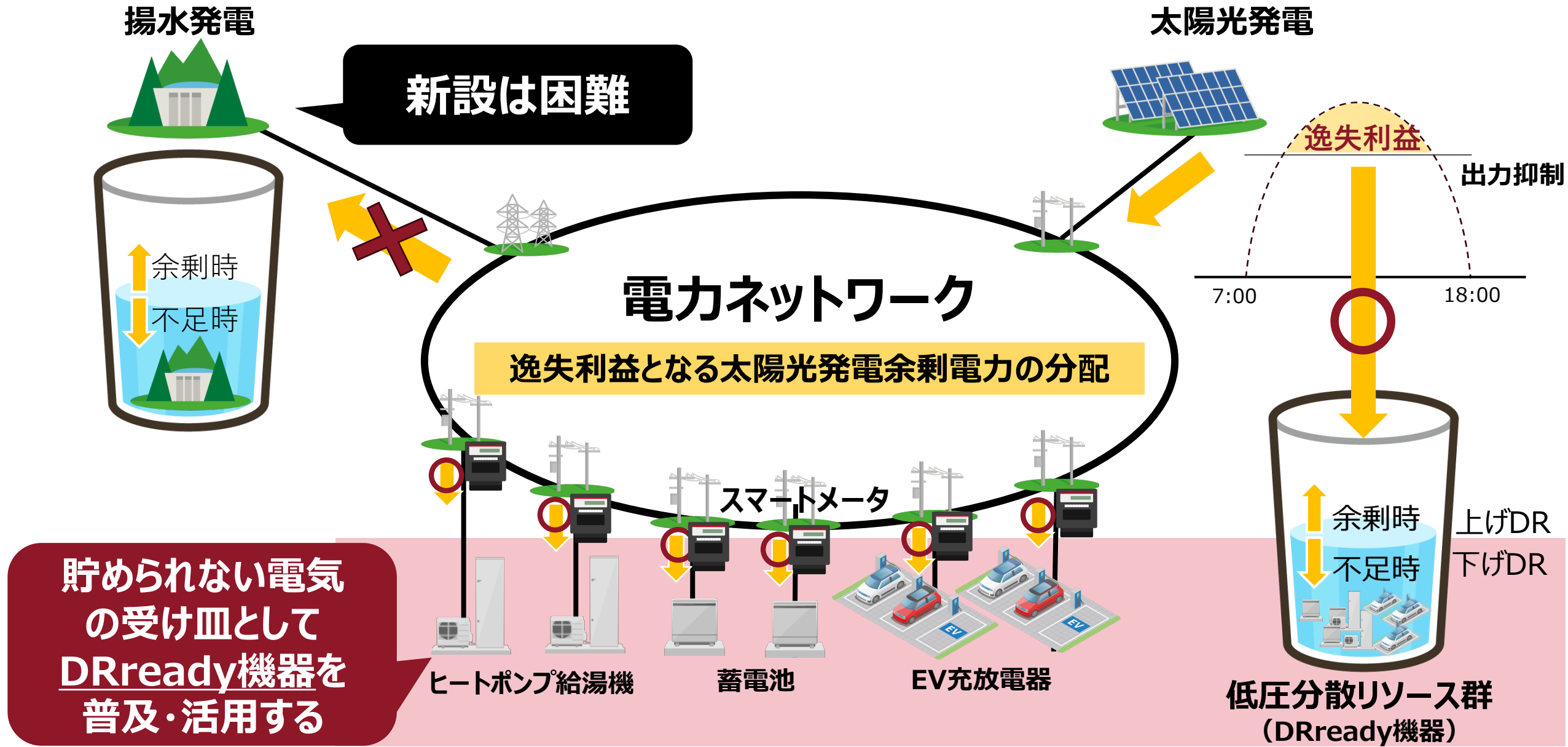


スマートメーターは2024年度末までに
全ての低圧需要家（約8,070万台）
に導入完了する予定



電力・ガス取引監視等委員会 電力取引の状況（電力取引報結果）
令和6年2月販売電力量より作成
<https://www.emsc.meti.go.jp/info/business/report/results.html>

CNに資するDRready機器を受け皿として、太陽光発電の逸失利益の分配を



市場における分散エネルギーリソース（DER）の最小入札容量の現状

【日本】 現状

- ・ 需給調整市場（2026年度低圧リソース開始）
- ・ 容量市場 発動指令電源

最小入札容量：1,000kW



同時市場におけるDERの取り扱い議論

- これまで主に従来型の大規模電源（火力発電等）を想定して、議論を行ってきたものの、将来の電力市場においては、小規模な電源や需要側リソース（変動性再エネ、蓄電池、DR等を想定。以下「DER」（Distributed Energy Resources、分散型エネルギー源）という。）が増加することが想定される。DERについては、その名の通り、小規模なリソースが広範囲に分散して存在しており、市場に参加するにあたっては複数のリソースを組合わせて（アグリゲーション）、入札されることが想定される。従来型の大規模電源とは、小規模である点や分散している点、系統接続の電圧階級が様々存在している点等で異なる性質を有していると考えられ、DERについても、同時市場における取り扱い（入札方法・規律、約定ロジック（SCUC・SCED）上の取り扱い等）を議論する必要があると考えられる。

世界と伍するDER最小入札量の変更は不可避ではないか

【米国】 PJM・CAISO

最小入札容量：100kW

PJMにおける最小入札容量要件

市場参加モデル	通常の発電機	Curtailment Service Provider (CSP)	DER Aggregator (DERA) (2026年スタート予定)	Energy Storage Resource (ESR)
リソース種	・ DER以外の電源	・ 需要削減	・ DER ・ 需要削減	・ 蓄電リソース (FOM, BTMいずれも含む)
容量	・ 100kW以上 (エネルギー市場、容量市場、アンシラリーサービス市場)	・ 100kW以上 (エネルギー市場、容量市場、アンシラリーサービス市場)	・ 100kW以上 (エネルギー市場、容量市場、アンシラリーサービス市場)	・ 100kW以上 (エネルギー市場、容量市場、アンシラリーサービス市場)

CAISOにおける最小入札容量要件

市場参加モデル	通常の発電機	デマンドレスポンス (PDR、PDR-LSR、RDRR)	DERプロバイダー (DERP)	非発電リソース (NGR)
リソース種	・ DER以外の電源	・ 需要削減	・ DER	・ 蓄電リソース
容量	・ 500kW以上	・ 100kW以上 (エネルギー市場) ・ 500kW以上 (アンシラリーサービス市場)	・ 500kW以上	・ 100kW以上

【参考】託送料金制度や低圧リソースの遠隔制御への検討課題

局地的電力需要増加と送配電ネットワークに関する研究会※ 報告書 概要

(略称：局地研報告書)

※電力・ガス取引監視等委員会事務局長主催の研究会。2024年3月～6月に検討し、報告書を公表。(座長：林泰弘早稲田大教授)

局地的電力需要の増加

- ✓ 過去20年近く頭打ち・減少傾向だった電力需要が再び増加の兆し
- ✓ データセンター等の局地的需要増加が背景
- ✓ 電気自動車（EV）への充電需要、脱炭素需要などの増加も見込まれる



送配電ネットワークへの迅速・円滑なアクセスの必要性
デジタル技術の活用による需要シフトの可能性

送配電ネットワークの特徴

- ✓ 送電線建設などの設備増強には長期（5年～）を要し、コストも大きい。
- ✓ ほとんどが固定費。既存設備の活用は追加コスト不要。
- ✓ 既に①再エネ増大、②高経年化、③災害対応に直面。局地的需要増加は第4の課題に。



スマートメーターの設置一巡
新託送料金制度（レベニューキャップ）導入

総合的な視点

需要側対応に求められる視点

送配電ネットワークの空容量地点への誘導
デジタル技術・インセンティブによる需要誘導

脱炭素化電源の導入拡大など
供給構造変化と一体の対応

送配電ネットワークに求められる視点

送配電ネットワークの計画的な増強
既存送配電ネットワークの最大限の有効利用

今後検討を深めることが考えられる事項 →実施要否も含め、電取委専門会合等において詳細検討

1. 託送料金制度

- ・新たな時間帯別託送料金の導入の是非（2028年度以降）
- ・脱炭素電源地域への需要立地インセンティブ

2. リソースのコントロール

- ・遠隔制御が実施可能な仕組み・環境の検討
- ・需給調整市場等への低圧リソースの参入
- ・潮流制御用DR等の活用

3. 迅速な接続が可能な地点への誘導

- ・ウェルカムゾーンマップの開示
- ・一般送配電事業者とユーザー・誘致主体の連携

4. 計画的な送配電ネットワーク整備

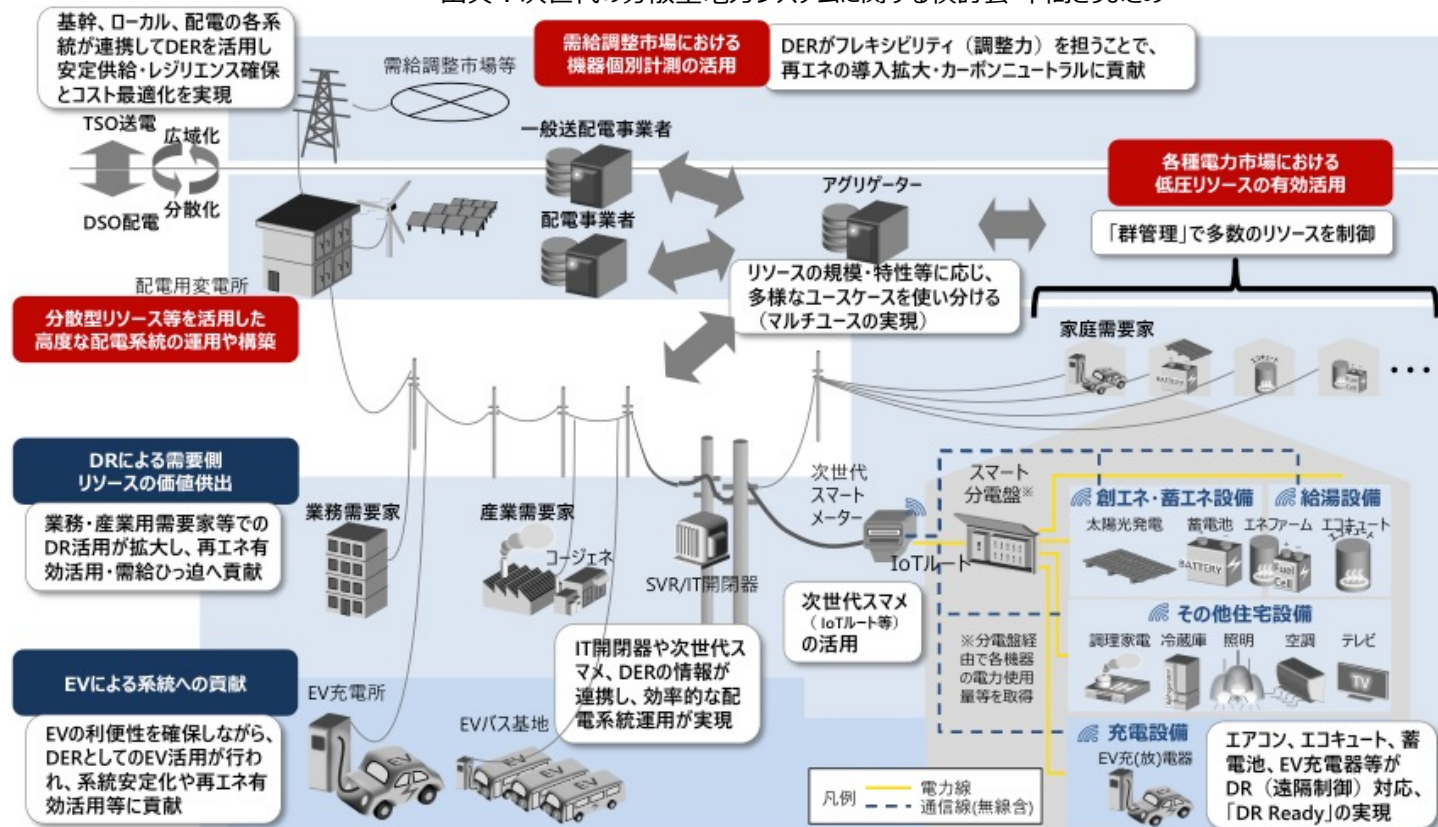
- ・事業計画策定時のステークホルダーとの協議
- ・プッシュ型送電線整備の託送料金審査上の整理

5. 新規需要の接続による影響緩和

- ・電圧変動対策、実証事業支援、調相設備設置支援等

分散型電力システムの将来イメージへ向かうプロセスが重要

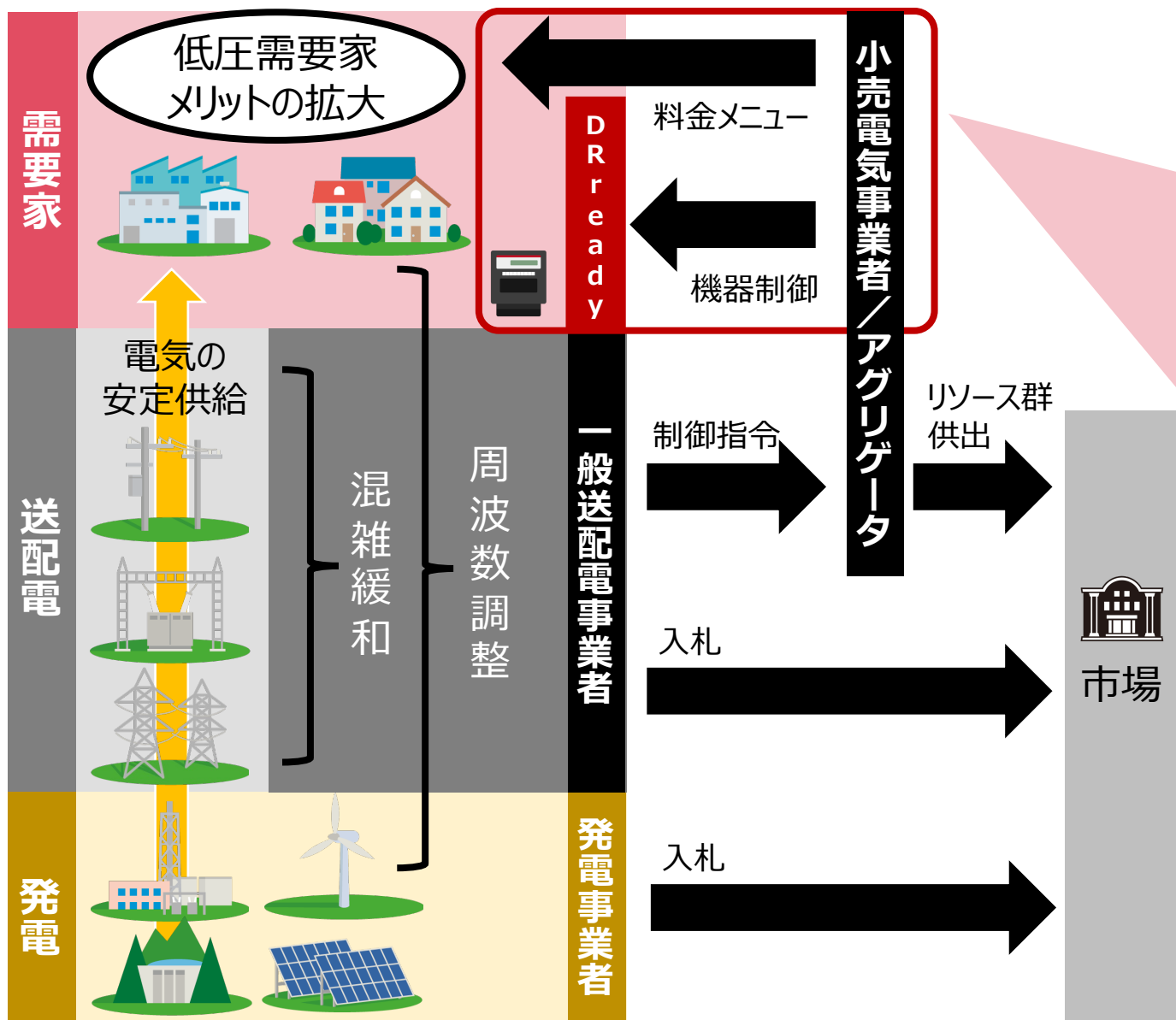
出典：次世代の分散型電力システムに関する検討会 中間とりまとめ



低圧リソースのDR資源化の課題

- 少ない供出可能量 (市場へのリソース不足)
- 高い機器接続コスト (小売の高コスト構造)
- 少ない料金メニュー (需要家のメリット不足)

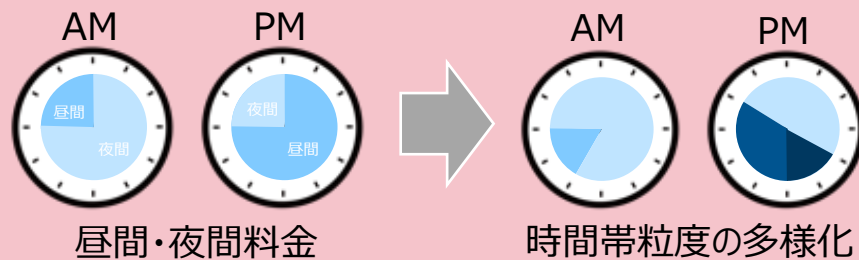
需給量差に応じた料金メニュー・時間帯粒度の多様化



✓ DRreadyにより分散型リソースを普及拡大

機器接続を小売、アグリゲータの責務から切り離すことで、分散型リソースの普及拡大を図る

✓ 料金メニューの時間帯粒度を多様化



三方よしの構造

社会 ネットワーク事業者の安定供給に資する低圧リソース拡大



売り手 小売事業者等の低圧事業規模拡大と収益構造改善



買い手 需要家のDRready機器導入によるメリットの拡大

どのようにしてDR供出量を拡大すべきか

海外と同等のDER最小入札容量

容量市場・スポット市場・需給調整市場・時間前市場・安定供給対応 など

社会インフラとしてのDRready化

DRready機器群の 通信接続拡大

一般送配電事業者の役割

スマートメータネットワークを
活用した機器接続

既存インフラの活用

電力売買

DR供出量の拡大

DRready機器の 普及拡大

メリットの可視化

接続の簡易化

制御の簡便化

普及への標準化

低圧需要家

IoTルートを活用した
計測と制御

次世代
スマートメータ

ヒートポンプ給湯機

蓄電池

EV充電器

スマートメータ
ネットワーク
(既存インフラ)

小売事業者／アグリゲータ

計量値収集

機器制御※

※ スマートメータを
活用した機器制御
は今後の検討課題

計量値収集

機器制御

小売・アグリゲータ自身が機器接続

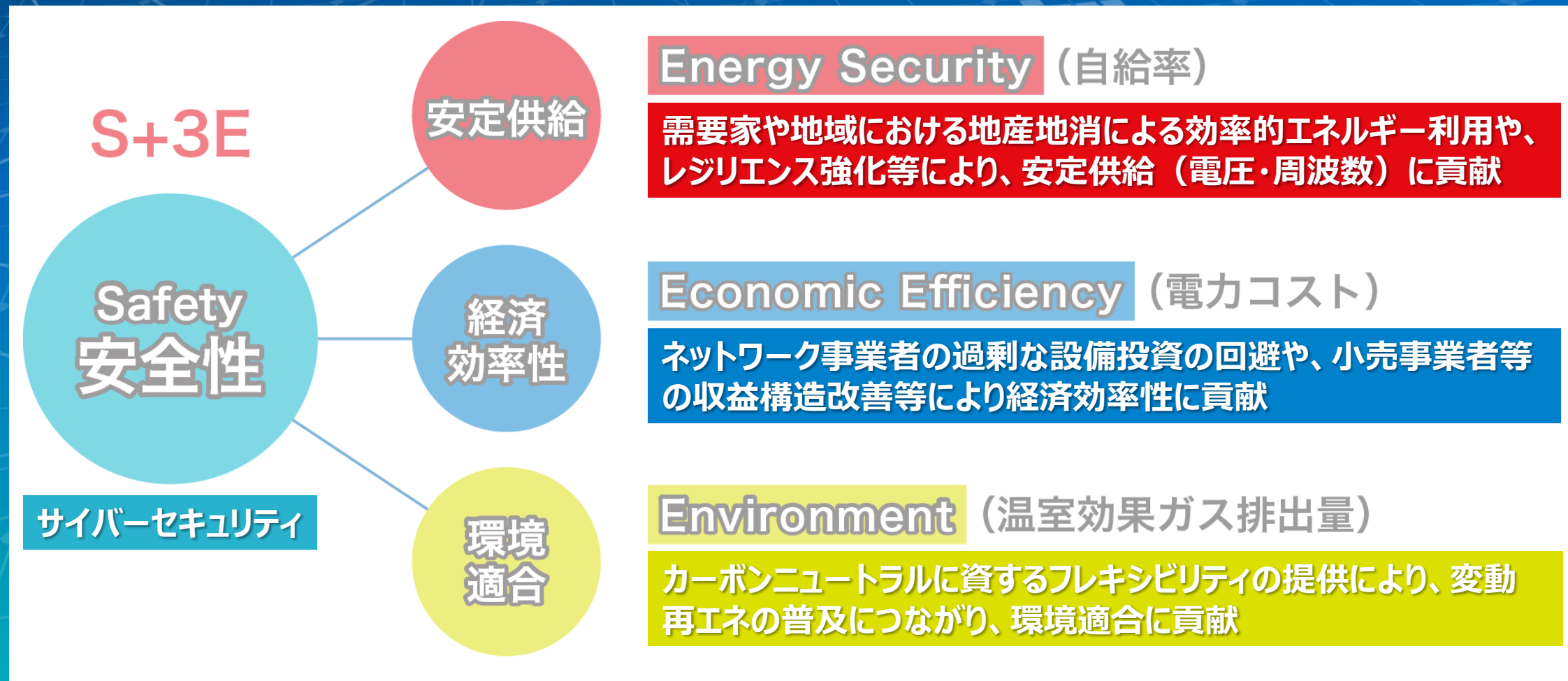
小売・アグリゲータの役割

The Internet等

機器接続と維持負担が大きい

現状
高コスト構造

CN分散型エネルギーリソースを有効活用した、低圧需要家視点の「S+3E」



低圧需要サイドからの「S + 3 E」を推進するために



参考資料

【参考】次世代スマートメーターの機能強化（2025年度～）

2014

2025～

2030

現行スマートメーター

- ・ 遠隔検針（有効電力量30分値）
- ・ 遠隔開閉機能
- ・ 需要家側データ取得



出所）日本電気計器検定所ホームページ

「30分値計画値同時同量制度」や「インバランス料金の精算」など、電力事業の基盤を支えるシステムとして活用されている

次世代スマートメーター

社会環境の変化

分散電源の普及

再エネの市場統合

電気事業法改正
データ活用・アグリゲーター

情報通信技術の
進展

「次世代スマートメーター」＝「電力DX推進に向けたツール」

電力DX推進により、実現を目指す社会便益

電力レジリエ
ンスの強化

系統全体の
需給安定化

再エネ普及
脱炭素化

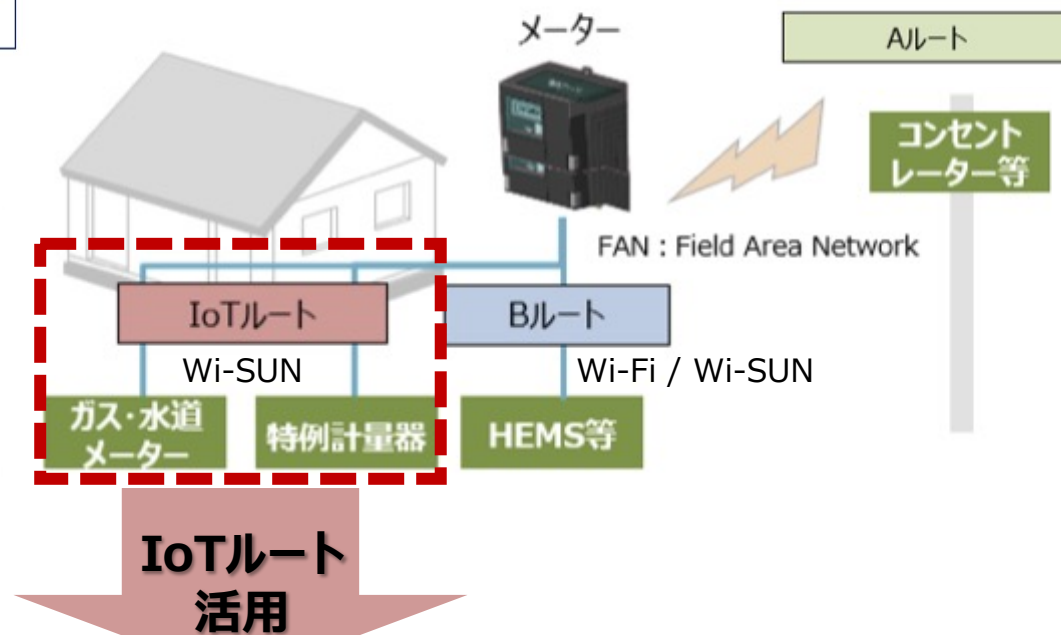
効率化・需要
家利益向上

- ・ ポーリング機能や30分値等の有効活用による停電・復旧検知
- ・ 遠隔アンペア制御機能の搭載
- ・ 5分値等の有効電力・無効電力・電圧の高粒度データの取得

- ・ 特例計量器による機器個別計測
- ・ 共同検針・開閉栓指令送信

電力量に基づく取引が可能に

DRready機器に接続可能に



【参考】低圧分散リソースの需給調整市場への参画に向けて（2026年度～）

2026年度の需給調整市場参画に向けて、
機器個別計測、群管理に関して整理が進んでいる



低圧需要家



低圧分散
リソース
アグリゲーション

低圧小規模リソースが参画容易となる「機器個別計測」

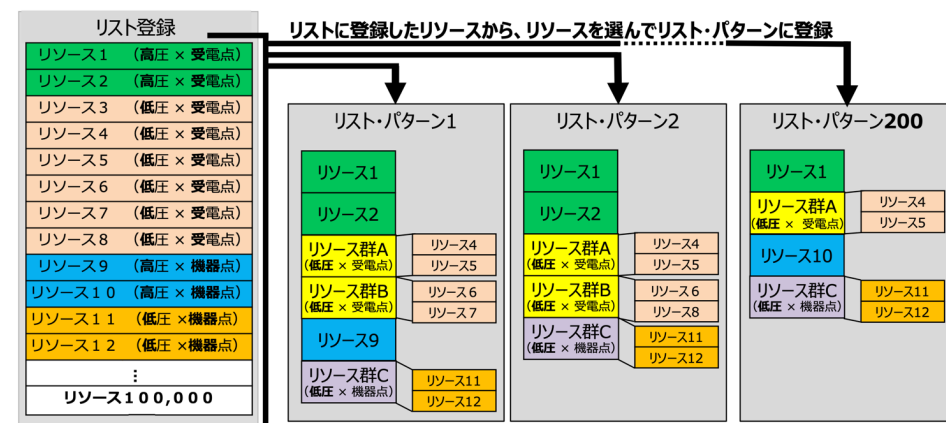
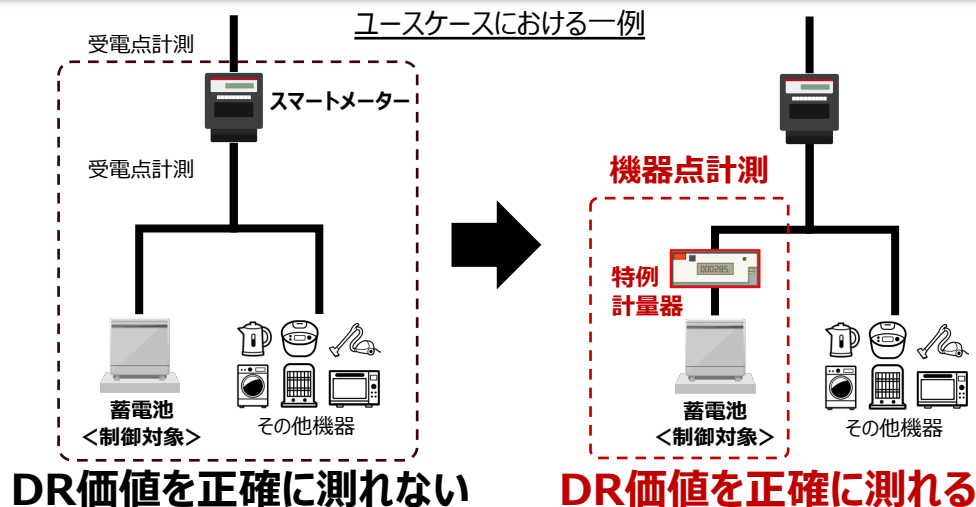
- ネガ・ポジワットリソースのユースケース整理
- 需要リソースのネガワット調整金適用
- 市場参加を認める同時同量ルール策定

数万のリソースを1つのリソース「群」とみなす「群管理」導入

- パターン登録数の上限20件 ⇒ **200件**へ拡大
- 登録可能リソース上限 ポジ：999件、ネガ：9999件 ⇒ **10万件**へ拡大
- リソース入替・追加不可 ⇒ **事前応動審査後のリソース入替・追加を可能**



需給調整市場



低圧リソース群の市場導入に向けた制度設計が着実に実施

【参考】太陽光発電の出力制御の実施状況

上段：[年間制御電力量(kWh)]、下段：[年間総需要(kWh)]

	九州						北海道		東北	
	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2022年度	2023年度	2022年度	2023年度
年間の出力 制御率※2	0.9% [1.0億] [864億]	4.0% [4.6億] [844億]	2.9% [4.0億] [837億]	3.9% [5.3億] [853億]	3.0% [4.5億] [845億]	8.3% [12.9億] [849億]	0.04% [191万] [301億]	0.01% [81万] [301億]	0.45% [6,379万] [813億]	0.82% [1.3億] [797億]
	中部	北陸	関西	中国		四国		沖縄		
	2023年度	2023年度	2023年度	2022年度	2023年度	2022年度	2023年度	2022年度	2023年度	
年間の出力 制御率※2	0.2% [3,782万] [1,299億]	0.56% [1,043万] [278億]	0.1% [0.087万※6] [1,399億※6]	0.45% [3,988万] [585億]	3.6% [3.2億] [569億]	0.41% [1,934万※6] [274億※6]	1.8% [9,229万※6] [267億※6]	0.08% [34.9万] [69億]	0.27% [137万] [74億]	

2023年度
18.8億kWhの逸失利益

2024年度	北海道	東北	中部	北陸
太陽光・風力 接続量※1	350万kW 太陽光 227万kW 風力 123万kW	1,061万kW 太陽光 854万kW 風力 207万kW	1,198万kW 太陽光 1,160万kW 風力 38万kW	147万kW 太陽光 129万kW 風力 18万kW
年間の出力制御率※2	0.2% (見込み) ※3、4	2.5% (見込み) ※3、4	0.6% (見込み) ※3、4	1.1% (見込み) ※3、4

2024年度
東京を除く9電力で
実施される見込み

2024年度	関西	中国	四国	九州	沖縄
太陽光・風力 接続量	754万kW※6 太陽光 737万kW 風力 17万kW	731万kW 太陽光 696万kW 風力 35万kW	370万kW※6 太陽光 340万kW 風力 30万kW	1,274万kW 太陽光 1,208万kW 風力 66万kW	46万kW 太陽光 44.8万kW 風力 1.2万kW
年間の出力制御率※2	0.7% (見込み) ※3、4	5.8% (見込み) ※3、4	4.5% (見込み) ※3、4	6.1% (見込み) ※3、4	0.2% (見込み) ※3

※1 2024年3月末時点。

※2 出力制御率 [%] = 変動再エネ出力制御量 [kWh] ÷ (変動再エネ出力制御量 [kWh] + 変動再エネ発電量 [kWh]) × 100

※3 各エリア一般送配電事業者による見込み。あくまでも試算値であり、電力需要や電源の稼働状況等によって変動することがあり得る。

※4 連系線活用率は右のとおり。北海道:50%、東北(北本):-50%、東北(東北東京):80%、中部・関西:-20%、北陸:10%、中国:0%、四国:30%、九州:95%

※5 当該表に無い東京エリアにおいては、現時点で、通常想定される需給バランスにおいて、再エネ出力制御が生じる蓋然性は低い見通し。

※6 淡路島南部地域は四国に含む。

【参考】出力制御対策パッケージ（需要面での対策）

- 2023年12月に取りまとめた出力制御の抑制に向けた新たな対策パッケージでは、
 - － 需要面での対策により、出力制御時間帯の需要家の行動変容・再エネ利用を促しつつ、
 - － 供給面での対策により、再エネが優先的に活用される仕組みを措置するとともに、
 - － 系統増強等により、再エネ導入拡大・レジリエンス強化の環境を整備するなど、切れ目のない対策を講じることとしている。
- その際、太陽光等の更なる導入拡大を見据え、中長期的な観点から、特に需要面の対策に重点を置き、家庭・産業それぞれの分野で予算措置と制度的措置を一体的に講じることにより、供給に合わせた需要の創出・シフトを図っていく。

【具体的な対策】

1. 需要面での対策

- ①需要側のリソースの活用に向けた消費者の行動変容の促進（電気料金メニューの多様化等）
- ②家庭用蓄電池・ヒートポンプ給湯機の導入を通じた需要の創出・シフト
- ③機器のDR Ready化（通信制御機器の設置）
- ④電炉等の電力多消費産業におけるDRの推進
- ⑤電力の供給構造の変化に合わせた電力多消費産業の立地誘導・需要構造の転換
- ⑥系統用：蓄電池、再エネ併設蓄電池、水電解装置の導入を通じた需要の創出・シフト
- ⑦事業者用：蓄電池の導入や、事業者所有設備への通信制御機器の設置の支援等

2. 供給面での対策

- ①再エネ発電設備のオンライン化の更なる推進等
- ②新設火力発電の最低出力引下げ(50%→30%) 等
- ③出力制御時の他エリアでの非調整電源の出力引下げ
- ④火力等発電設備の運用高度化
- ⑤水力発電を活用した出力制御量の抑制
- ⑥電力市場の需給状況に応じた再エネの供給を促すFIP制度の更なる活用促進

3. 系統増強等

- ①連系線の運用見直し等による域外送電量の拡大
- ②地域間連系線の更なる増強による域外送電量の拡大

4. 電力市場構造における対応（中長期的な検討課題）

- ◆価格メカニズムを通じた供給・需要の調整・誘導

【参考】機器のDRreadyに関する諸外国の状況

- 米国や英国では、機器の電化による電力システムへの影響や送配電網の脱炭素化に向けたフレキシビリティの提供能力を背景として、機器にDRのための通信機能を求めている。
- また、具体的な送受信する情報やセキュリティ要件についても定められている。

		WA州 /OR 州（米国）	英国
政策目的		系統のフレキシビリティを確保し、再エネ変動に対応するため。	電力需要ピーク時間帯の充電を回避することで、電力需要を最適化するため。
対象	機器	電気温水器 すべての電気給湯器 ※2023年1月1日以降に製造されたもの	EV充電器 家庭向けまたは職場環境向けのEV充電器及びスマートケーブル ※2022年6月30日以降に製造されたもの ※スマートケーブルは、情報を双方向で送受信できるEV充電用電力ケーブル。一方方向の通信を行うケーブルは対象外。 ※公共用、北アイルランドで販売されるものは除く
	者	製造業者、販売業者	家庭用・職場用の充電設備を販売、提供または広告する個人および企業 ※地方自治体等が設置する公共用及び自動車メカ等が設置する商用の充電設備は対象外
通信接続機能		罰則 警告。繰り返した場合には、250USD/日以下の罰金	要件違反：罰金 10,000 £ /設備（最高額） 執行妨害・虚偽等：罰金 250,000 £ /設備（最高額）
外部制御機能		通信接続機能 以下に準拠したモジュール式デマンドレスポンス通信ポートが接続できる通信インターフェース※モジュールは、Wi-Fi等の通信を用い、外部との接続可能。	通信ネットワークへの接続ができること （携帯回線、イーサネット、WiFi等）
要件		通信情報・機能 (i)ANSI/CTA-2045-Aの通信インタフェース規格または同等品 (ii)ANSI/CTA-2045-Aのアプリケーション層要件	スマート機能の一部として、 <u>通信を通じて送信されるシグナルに対応して充電速度や時間の制御等ができることが求められている</u> 。 ※スマート機能は他に、上記の機能を通じて、DRサービスをできること、ユーザーインターフェースの提供も含む
セキュリティ		関連通信プロトコル ANSI/CTA-2045 ※パススルーで、OpenADR、ECHONET Lite、BA Cnet、Smart Energy Profile 2.0（IEEE2030.5）等に対応	規定なし
その他		規定なし	DCMSの“IoT Code of Practice”、ETSIのEN 303 645、PAS 1878の一部のセキュリティ要件への準拠
		・ 収集された顧客情報は州法19.29A.100及び19.29A.110に従う。	・ オフピークの充電時間を初期設定※所有者が受け入れ、削除、または変更可能 ・ ランダムに充電を遅延させる機能を許可する。

出所) ワシントン州Standard Energy Code Proposal Form、OpenADRAlliance資料” OpenADRand CTA-2045”
ワシントン州Appliance Standard (ワシントン州規則WAC 194-24-020、194-24-070、194-24-180)

出所) 英国製品安全・標準化省(2022)”Complying with the Electric Vehicles (Smart Charge Points) Regulations 2021-Guidance for sellers of electric vehicle charge points in Great Britain”等

【参考】低圧小規模リソースの普及に向けた、機器のDRreadyの方向性

機器のDRreadyの方向性 ① 機器の本来用途とDRのあり方

- 機器のDRready要件を検討するにあたり、機器の本来用途を考えることは重要である。
- 例えば、ヒートポンプ給湯機は、需要家にお湯を提供する用途に使用される機器であるため、給湯が必要なタイミングでお湯を需要家に提供できることが重要。この機器の本来用途を阻害することなくDR活用を可能にすることが肝要である。
- また、有識者の声として、『需要家はいつも通りお湯を使って、勝手にDRがなされているような状態にならないとDRが普及しないのではないか』といった意見もある。
- 以上より、機器の本来用途を加味した上で、DR活用できる状態であることを機器のDRreadyの方向性としてはどうか。

機器のDRreadyの方向性 ② DR活用のユースケース

- 機器のDR活用によりもたらされる価値は、以下が想定される。
 - i. 系統：需給調整市場、容量市場の発動指令電源への調整力供出
 - ii. 小売電気事業者：インバランスや調達コストの低減
 - iii. 需要家：TOU※1やRTP※2の安い時間帯での電気の使用等による電気代削減
- 例えば、i の場合、計量や指令に対する許容範囲等の詳細な市場要件を遵守する必要がある一方で、ii や iii の場合であれば、適切な時刻に電気の需要をシフトするだけで価値を得ることができる場合もある。
- 今後のDR普及に向けては多様な価値がもたらされるべきであり、i ～ iii 全てに対応できることが望ましいものの、機器毎の特徴を踏まえて、i ～ iii への適応を考えていく必要がある。