

デマンドフレキシビリティは社会実装できるのか： 次の10 年への論点

岩船由美子 | 東京大学生産技術研究所教授

デマンドフレキシビリティ・デマンドレスポンス（DR）とは？

基本概念

電力需要を時間帯に応じて調整する仕組み。従来の供給側調整ではなく、需要側を能動的にコントロールすることで系統全体の最適化を図る。

主な目的

- 電力系統の安定化維持
- 再生可能エネルギーの有効活用
- 電力システム全体のコスト削減と効率化

実現手法

価格シグナルや直接制御を通じて、電力消費のタイミングをシフトまたは削減することで、系統全体の需給バランスを最適化

DRの2つの方式

料金型

- 時間帯別料金や動的料金設定による間接的な需要誘導

インセンティブ型

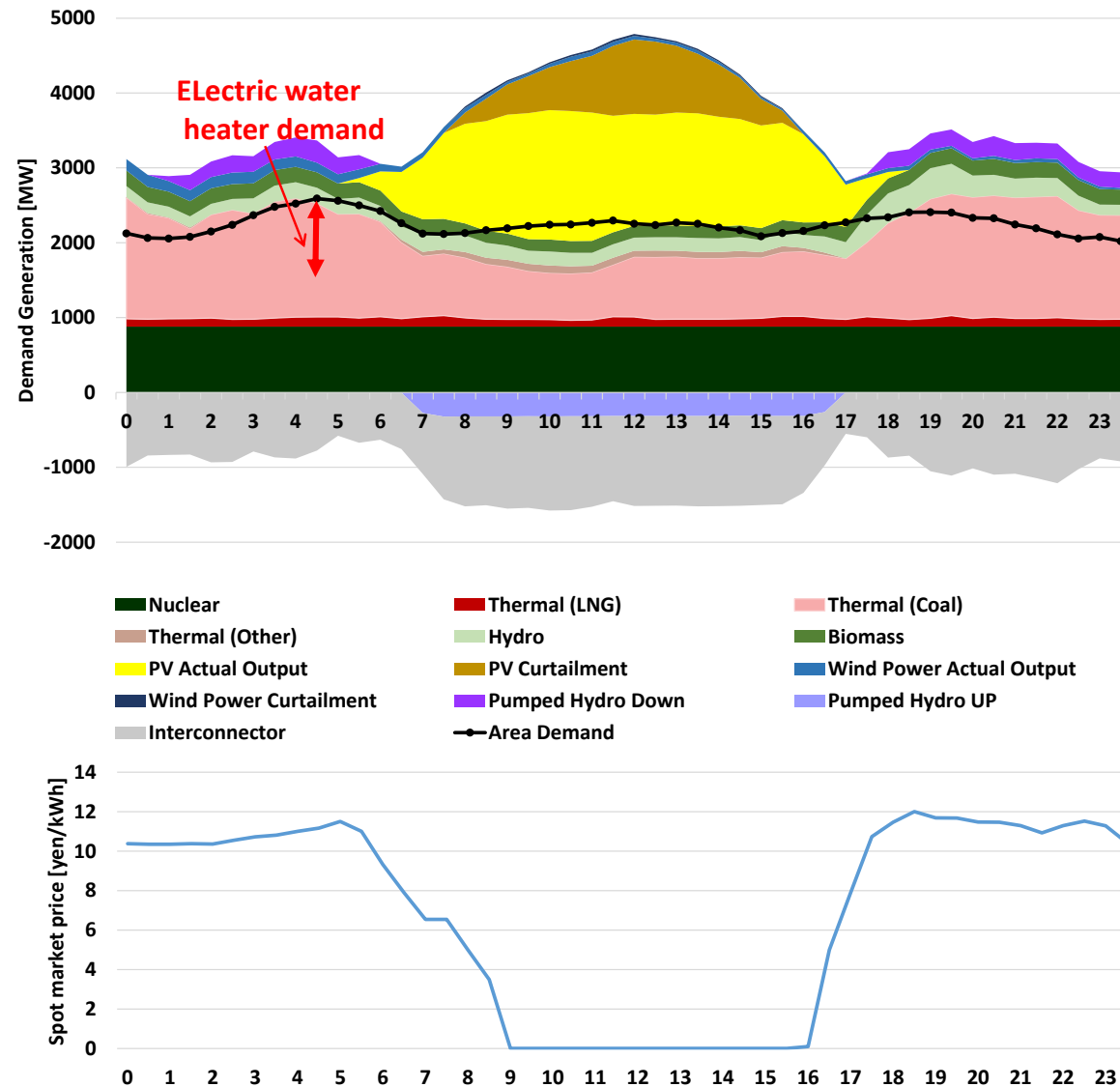
- アグリゲータ等による遠隔制御で直接的に需要を制御

比較項目	料金型	インセンティブ型
導入コスト	低（既存メーター活用可）	中～高（通信・制御機器必要）
制御精度	低（需要家の行動に依存）	高（直接制御で確実性あり）
マネタイズ	難しい（間接的効果）	可能（市場参加で収益化）
普及可能性	高（参加障壁が低い）	限定的（機器要件・契約必要）
適した用途	広範な需要シフト誘導	即応性が求められる調整力
課題	効果の不確実性、反応率の低さ	導入コスト、通信の信頼性確保

電力システムの特性や需要家の受容性を考慮し、両方式の最適な組み合わせが求められる。

再エネ出力抑制の緩和のための需要対策

四国電力2025年4月26日の需給バランスとスポット価格



- ・現在の夜間運転を昼間に切り替えられれば、PVを活用可能

- ・電気温水器（日本全国300万台以上）のHPリプレイスによる省エネ

四国地域の給湯機種類

HP給湯器：28.6%（全国15.3%）
電気温水器：12.2%（全国6.8%）
（環境省CO2統計2022年度版）

DRが関与できる主な市場（4分類）



需給調整市場（ ΔkW 価値）

需給バランスを維持するため、短周期・長周期の調整力を取引する市場である。DRは、一次調整力や三次調整力II（再エネ予測誤差対応）として活用され、小規模分散リソースの統合により柔軟な需給調整手段を提供する。



卸電力市場（エネルギー市場）（面積）

電力を時間単位で取引する市場で、主にJEPXが運営している。DRは価格変動に応じて需要を柔軟に調整し、需給の最適化に寄与する。動的料金制度と組み合わせることで、需要家主導の市場対応が可能となる。



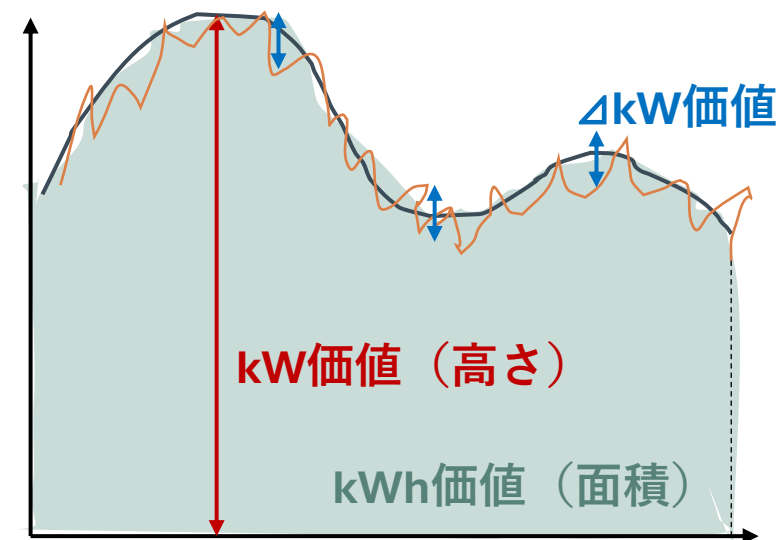
容量市場（高さ）

将来的な需給ひっ迫に備え、供給能力を確保するための市場である。DRはピーク需要を抑制することで、供給設備への投資回避に貢献し、容量価値の顕在化を通じて需要側リソースの経済性向上が期待される。



非化石価値取引市場

再生可能エネルギー等の非化石電源に由来する環境価値を取引する市場である。DRや蓄電を活用することで、再エネ電力との時間的整合（Hourly Matching）を実現し、非化石証書の価値を最大化するとともに、需要家への環境価値の帰属を可能とする。



需給調整市場：制度上の課題

- 週間取引の募集量に対し、応札量が恒常的に不足
- 応札不足により落札価格が高騰し、落札コストが上昇
- 市場外取引（相対・個別契約）を増やすよう制度改正
- 本来の市場機能が形骸化する懸念
- アグリゲーターや小売電気事業者にとって、中長期的な収益見通しが立てづらい状況に

DR（家庭等）がすすまないバリア

1. 制御できるリソース数が少ない

2. 価格型のバリア

市場連動価格を用意している小売が少ない

完全連動型、新電力6社（エネチェンジHP（2025.01.16時点））

EQ（エコキュート）、電池所有世帯は、旧一電夜間メニュー採用済み

旧一電は、既システムの改修という面で、動的料金の設定は困難

需要家に選択されない

- ・業務部門は、多少の安さより、予算化しやすい安定的な固定料金を好む

- ・家庭部門は、21年の高騰イメージもあり、安心を選択

プレーヤー（アグリゲータ）が儲からないので、ここでがんばるひとがいない

小売電気事業者に対する量的な供給力の確保義務（中長期取引市場）による、スポット市場価格のシグナル強度低下の可能性

3. インセンティブ型のバリア

マネタイズ困難（スポット市場値差小さい、需給調整市場もルール変更で厳しい）

ライバルは系統用蓄電池、導入増大で、フレキシビリティの確保は十分かも

EQ、EVの制御は難しい 蓄電池でよいかも

2024年度におけるストック推計

EQ：1000万台

需要家蓄電池：100万台

電気自動車＆プラグインハイブリッド車
33万台、25万台

- ・既存のEQは制御できない
- ・EVは日本では人気がない
（24年の販売実績は3%）

DR拡大のために必要なこと

1. リソースの裾野拡大

- EQ、EV、蓄電池等の導入加速
- 導入補助と同時に「柔軟性資源」としての活用を前提とする設計

2. DR READYの標準化と義務化（インセンティブ型）

- 機器メーカーに対して**DR READY機能の搭載を標準仕様に**（例：遠隔制御対応）

3. 価格シグナルの強化（料金型）

▶ 市場連動型料金メニューの拡大

- 小売電気事業者による市場連動料金の選択肢提供
- 小売電気事業者に対して**市場連動料金の導入を促進・義務化？**
- 需要家の理解促進

▶ 時間帯別託送料金（送配電設備維持にかかるコストに対する料金部分）の導入（インセンティブ型にも）

- 系統混雑時間帯に応じた託送料金でシグナル強化、料金値差の拡大

DR拡大のために必要なこと

4. 制御手段の整備と標準化（インセンティブ型）

- ▶ **クラウドAPI経由の制御**
 - メーカークラウドとアグリゲータ間の**共通APIインターフェースの整備**
- ▶ **次世代スマートメーターのIoTルート活用**
 - Wi-SUN Enhanced HAN等で**HEMS（家庭用エネルギーマネジメントシステム）レスの遠隔制御**
 - 小型リソースの大量管理を可能にする**低コスト・高信頼通信基盤**

5. プラットフォームと評価基盤の構築（料金型、インセンティブ型）

- 需要シフトを促す、**小売価格、CO₂排出量シグナル提供の仕組み**
- ベースライン設定・実績評価の標準化（とくに上げDR）
- 柔軟性マネジメント市場・VPP統合プラットフォームの整備
- データの共有

6. 市場制度の安定化（料金型、インセンティブ型）

7. 機器コストの低下（蓄電池・V2H）

世界のV2H / V2G動向（2024–2025）

地域	主な進展	代表的メーカー
欧州	ISO 15118-20（双方向通信）採用。 CCS2規格でV2G実証→商用化段階。	VW, Renault, BMW
北米	NACS（SAE J3400）が標準化。Ford・GMが家庭バックアップ（V2H）実装、TeslaはPowershare展開。	Ford, GM, Tesla
中国	政府主導でEVと電力系統の双方向連携（“车网互动”=V2G）実証を継続。国家標準GB/T改定で通信規格を整備中	BYD, State Grid
日本	CHAdeMO（DC V2H）中心。補助金要件がEVOSSA（電動車両用電力供給システム協議会）認証限定で高コスト構造 「電気用品安全法＋電気事業法」二重規制 急速充電器基準に準拠した安全設計を前提としており、絶縁トランスを要する構造が事実上の標準。	日産, ニチコン

共通傾向

- V2H（家庭給電）から先行普及し、V2G（系統連系）は制度整備と並行。
- 通信は **ISO 15118**（車↔充電器）＋ **OCPP（Open Charge Point Protocol）**（充電器↔クラウド）で国際統合化が進行。

北陸電力のEQ遠隔制御（25年6月）

- エコキュート「昼沸き上げ」のための昼間割安料金メニュー導入（24年4月～）

料金単価

	単位	単価（税込）
基本料金 （1月につき）	最初の10kVAまで	1契約 2,255円00銭
	10kVAをこえる 1kVAにつき	1kVA 302円50銭
電力量料金	1 kWh	31円98銭
割引単価 【ecoシフト割引特約】	1 kWh	5円00銭
DRサービス加入特典（1月につき）	1契約	ほくリンクポイント 650Pt

割引対象時間は、くつろぎナイト12の
夜間単価26.98円/kWhと同額になります

ecoシフト割引額

電気料金の計算方法



ecoシフト割引額

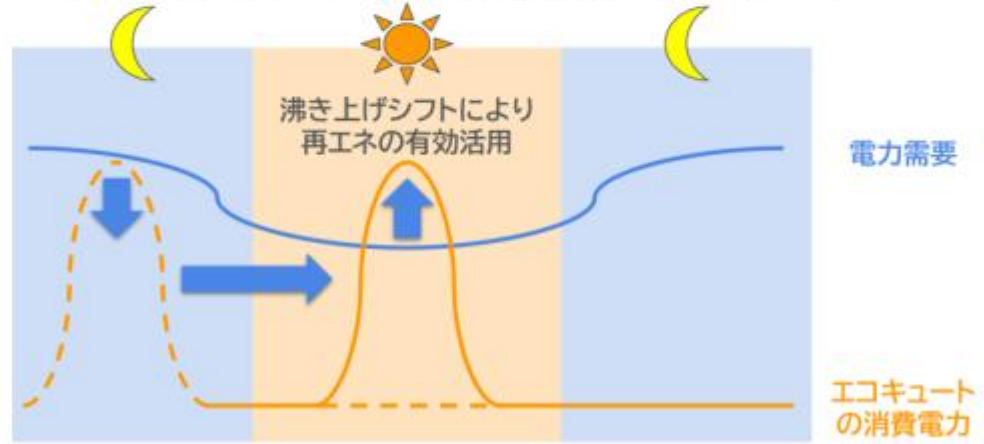
$$\text{ecoシフト割引額} = \text{割引単価 } 5.00\text{円/kWh} \times \text{割引対象電力量}$$

- ✓ 割引対象時間※1にご使用された電力量のすべてが割引の対象！
- ✓ 割引対象時間へたくさんシフトいただければ、割引額がドンドン増えていきます！
- ✓ 割引対象時間は、原則、年間で120時間～※2

※1 前日までにご連絡します。概ね8時から16時の間で6～8時間程度を想定しております。
※2 全国的な需給ひっ迫等の特別な事情がある場合には、120時間に満たない場合があります。



図2：エコキュートによる需要創出DRのイメージ



Load Management Standards

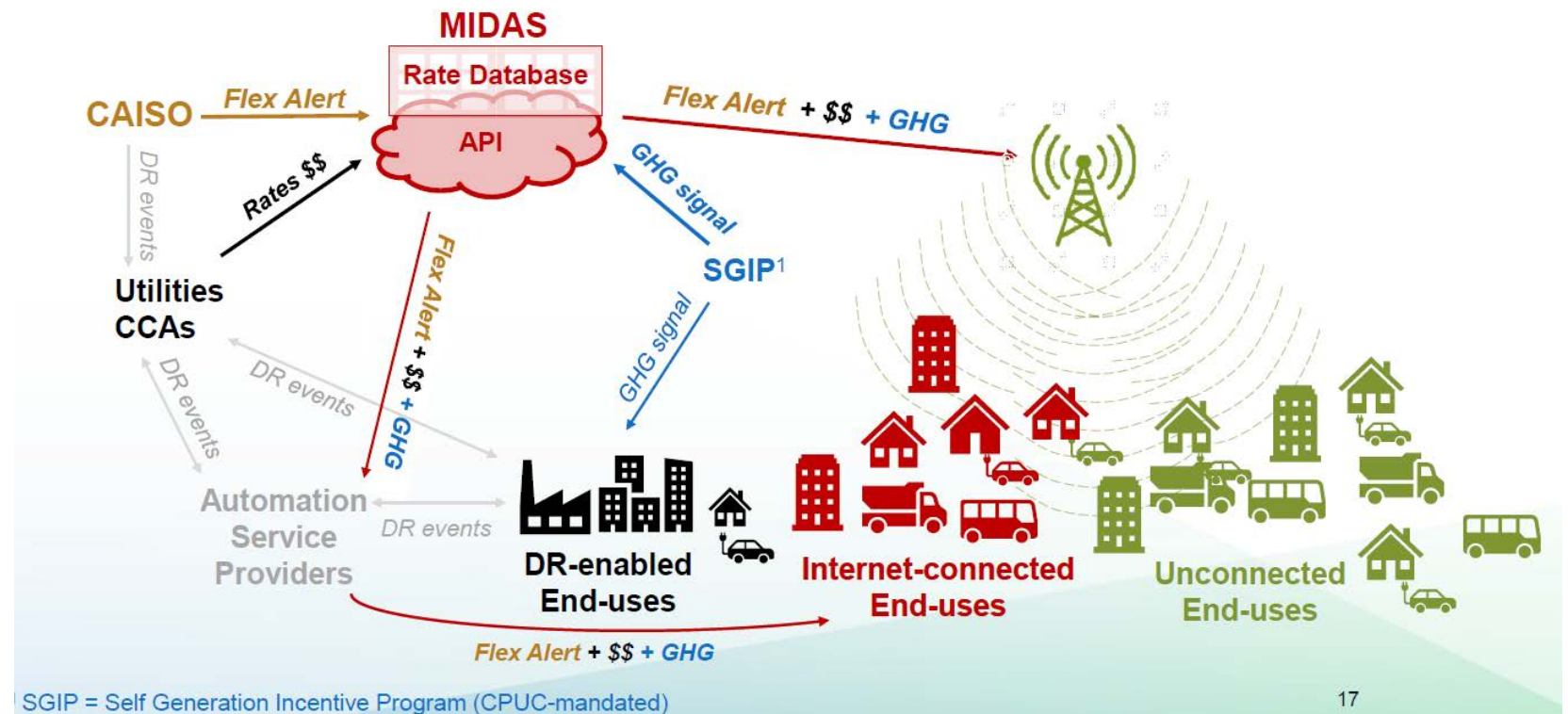
カリフォルニア (MIDAS)

- 地域別・時刻別料金の義務化が実施され、需要家への価格シグナルを強化
- GHG（温室効果ガス）信号を活用した需要シフト促進システムを導入
- 再エネ発電状況に応じたリアルタイム誘導で、CO2削減と電力料金の同時最適化を実現

- Flexible Demand Appliance Standards (FDAS) との連動・信号伝達方式の検討
- 「単なる料金・信号のデータベース」から、「信号の伝送方式・制御可能性を含めたインフラ基盤」へと進化中

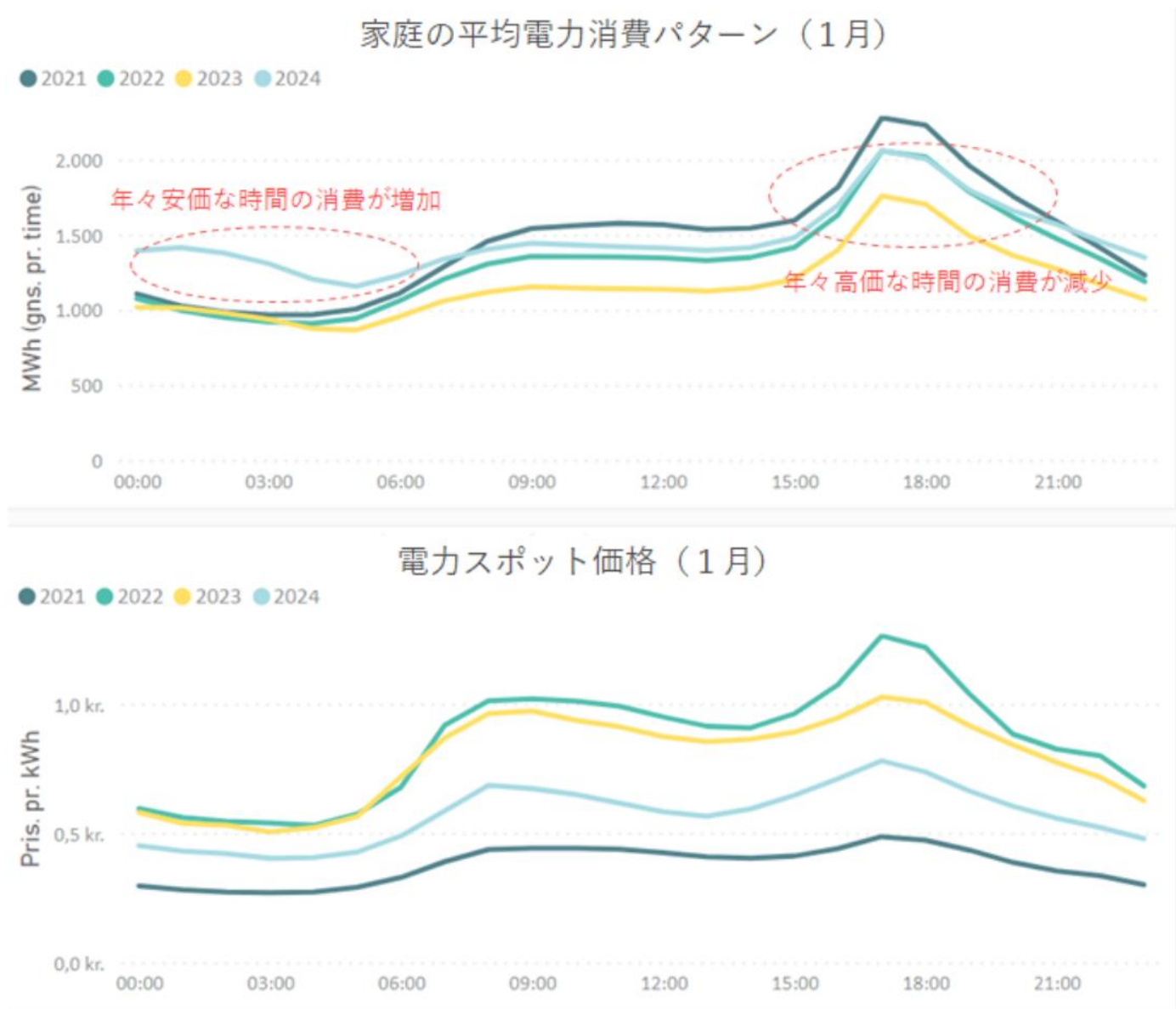


Demand Flexibility with MIDAS

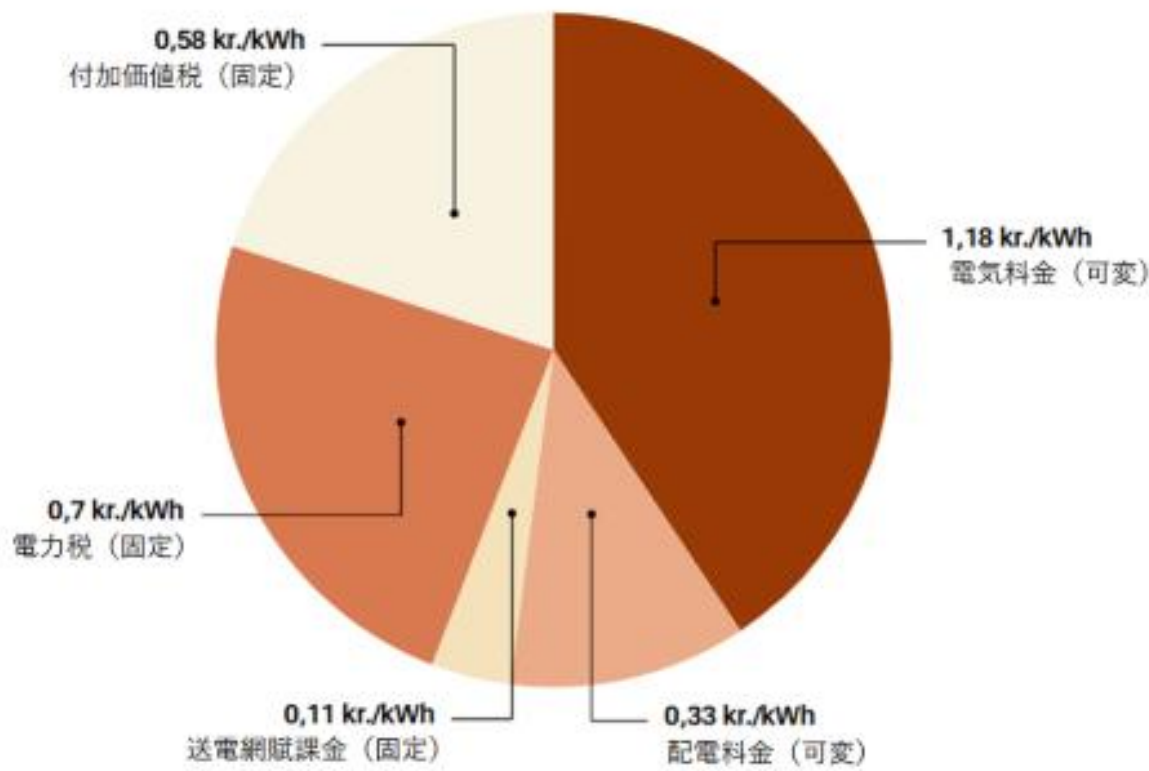


Staff Webinar Market Informed Demand Automation Server (MIDAS) August 27, 2021

Denmark



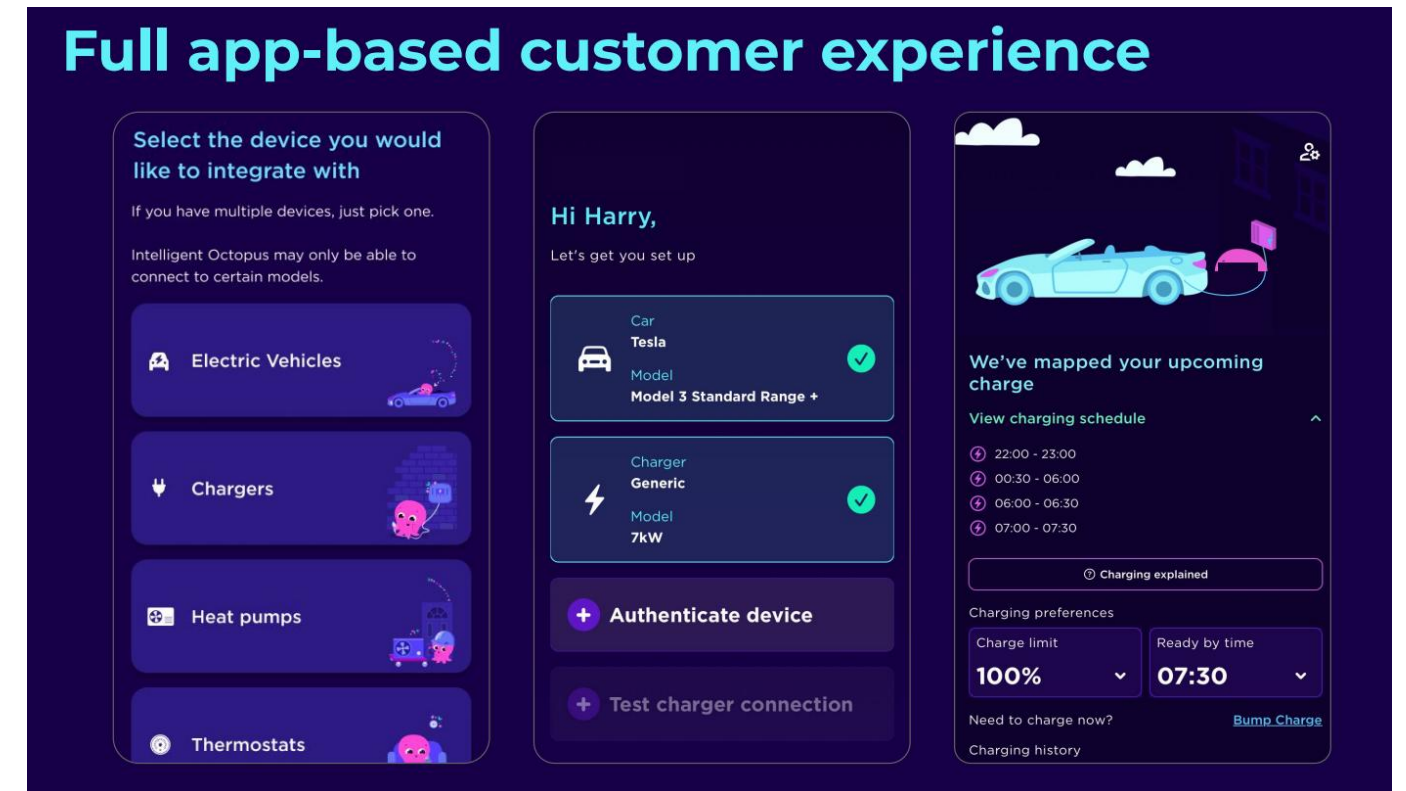
- ・ 5割超の消費者が市場連動型料金を契約（2024年時点）
- ・ スマホで1時間ごとの電力価格と自宅の電力消費状況を確認できるアプリ「Min Stroem」100万ダウンロード（人口590万）
- ・ 配電料金も変動単価、ネガティブプライスもあるので、値差がつきやすい



Octopus EnergyによるDER制御

Octopus Energy（英国）

- メーカークラウドと自社プラットフォーム（Kraken）を連携し、40万台以上の機器を遠隔制御(2025/10/9Website情報)
- 需要家にとってシンプルな料金体系と高度な自動制御を両立
- 系統混雑時の地域限定DRを実現し、送電制約の解消に貢献（再エネ余剰が予測される地域において、参加家庭に無料で電力利用を促す）
- スマートフォンアプリによる見える化と参加インセンティブの組み合わせで高い需要家満足度を実現

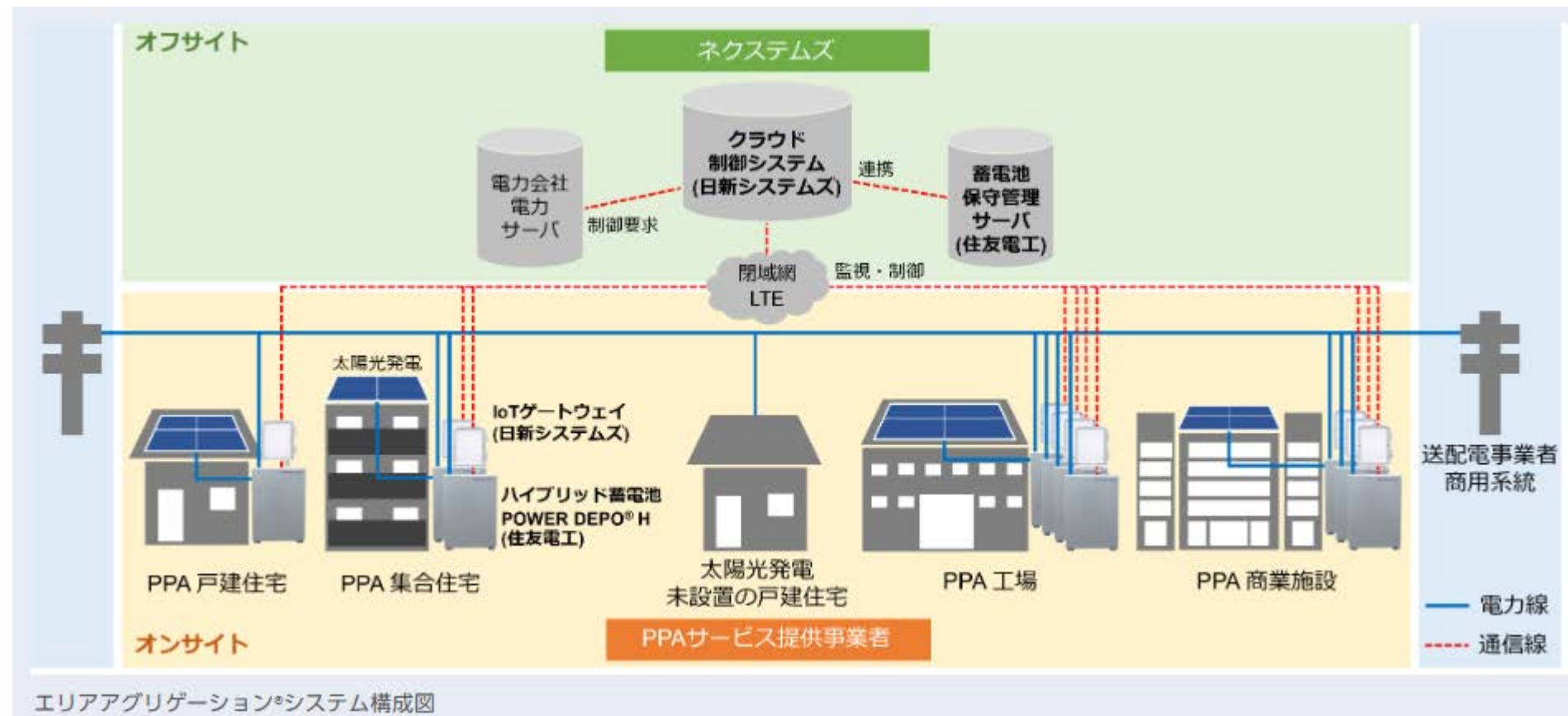


局地的電力需要増加と送配電ネットワークに関する研究会（第2回）（2024年4月8日）

ネクステムズ

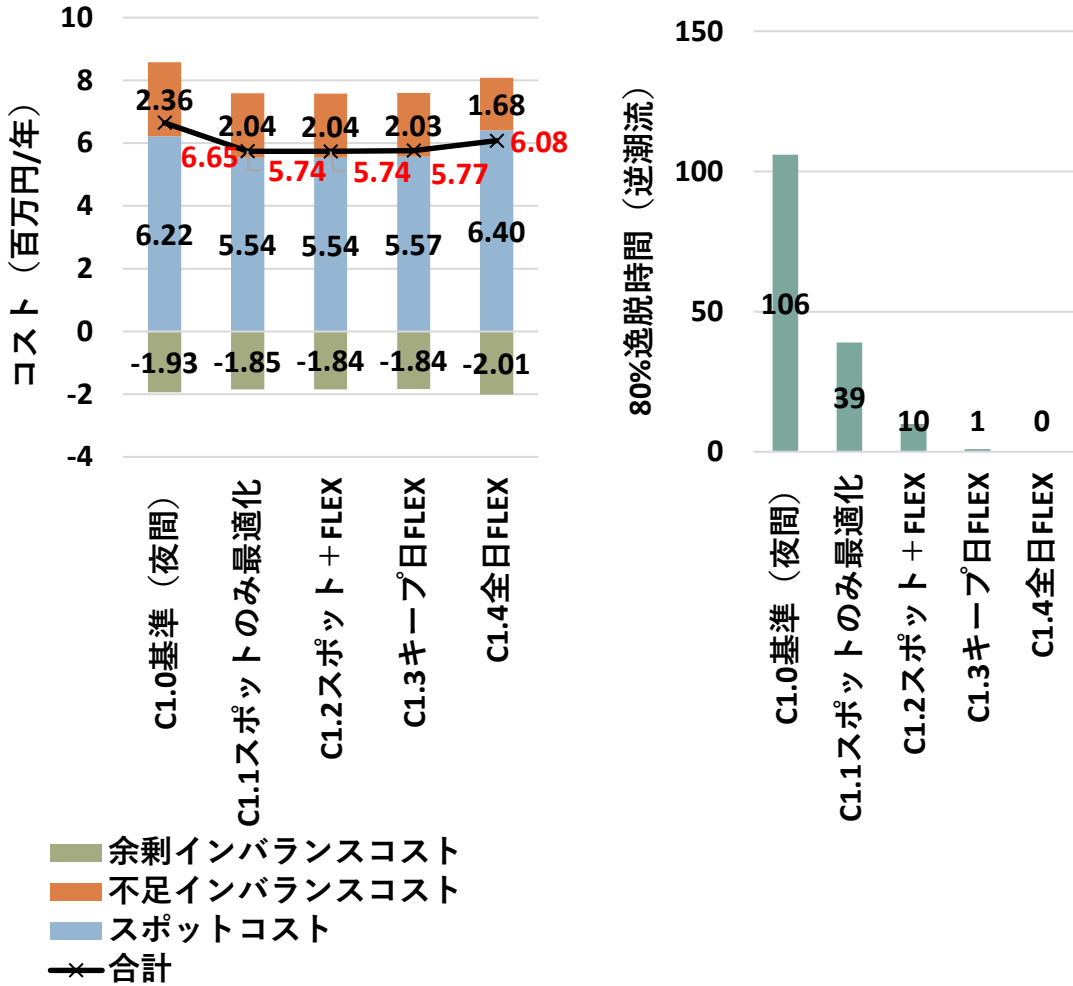
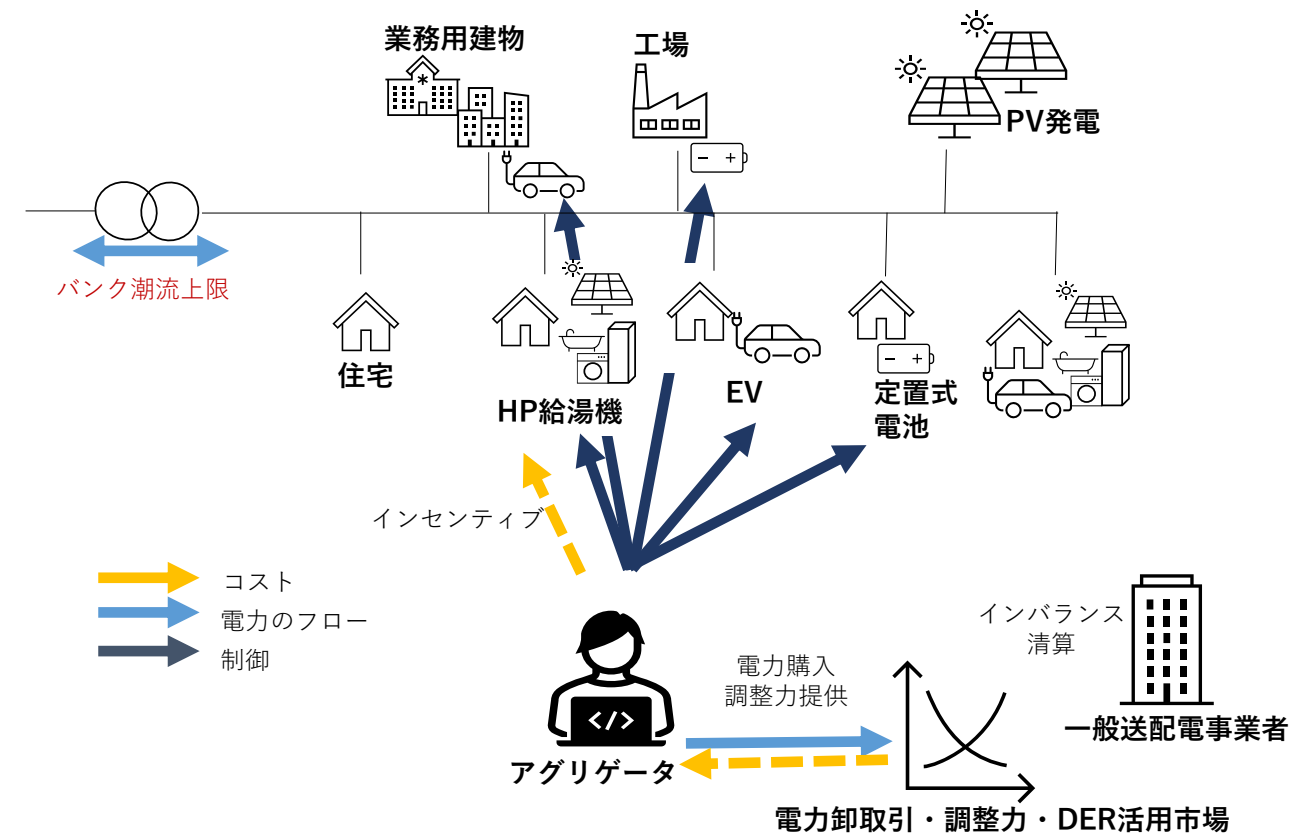
- ・ 需要家側リソースを活用したデマンドレスポンス制御を実施
- ・ アグリゲーターとして多数のDR実績を持ち、分散型リソースの活用を通じて系統安定化と電力コストの最適化に貢献（宮古島実証）

・ エリアアグリゲーション



系統増強回避のためのFLEX市場の可能性評価

- 需要アグリゲーション（東大ESIAモデル）によるEQ・EVの活用による、配電網混雑削減と機会損失評価



EQの運用変化による年間経済性及び混雑時間

Google 24/7 Carbon-Free Energy

- 24時間365日（常時）、CO₂排出量ゼロの電力をリアルタイムで使用するという考え方
- 2030年までに自社オフィスや世界中のデータセンターで使うエネルギーに関して実現をめざす

carbon-intelligent computing platform



AIデータセンターの“デマンドレスポンス”実装（Aug 5, 2025発表）

インディアナ・ミシガン電力（I&M）およびテネシー溪谷開発公社（TVA）との協定を通じ、AI関連のエネルギー多消費プロセスをピーク時間帯に一時停止または遅延させることで、電力網の負荷を軽減する「デマンドレスポンス」戦略を導入

DCワークロードシフトへの期待（ワットビット構想）

ワットビット構想：

電力インフラ（ワット）と通信インフラ（ビット）を一体的・戦略的に整備して、データセンター等の情報処理需要と再生可能エネルギーを効率よくつなごうという構想

全体最適としては、ワークロードシフトは大事
事業者側に動機があるか？

経済的にペイするのか（柔軟な運用が可能になるような設備裕度があるか）

積極的：再エネマッチング、マネタイズ可能性（裁定取引価値・調整力）

消極的：規制（特定費用負担化、電源紐づけ、機能具備による優先立地）

シフトポテンシャルの顕在化が必要

学習と推論の比率

ステルスDCの増加への対応（都心立地、高圧以下、中身のわからない需要）

その前段階として

Capacity Valueの確保（ピークカットの機能）は埋め込む必要があるのでは
ピークひっ迫時・系統側事故時需要抑制

デマンドフレキシビリティは社会実装できるのか

：次の10 年への論点

- ・ 3E+Sに向けて何が必要か 全体としての効率性向上が重要だが、手段がみつからない
電源コストの増加（従来電源の稼働率低下、CN電源導入コスト上昇、再エネ反対の機運）
系統増強費用負担（再エネ対応、不連続に増加する需要対応）
運用の高度化はどこまで進むか（同時市場の可能性、DRの運用）

デマンドフレキシビリティは単なる需要抑制策ではなく、電力システム全体の最適化と脱炭素化を実現するための戦略的手段。

- ・ 需要対策は柔軟性が高い（調整力になりうる、という意味と、リソース追加のリードタイムが短い、という両方の意味で）
- ・ お湯も車も基本的に必要、効用を満足しつつEQもEVの活用を進めるのは後悔の少ないオプション
- ・ 今後増える需要（DC・半導体）に関しては、当初から柔軟性を意識した増やし方を検討する必要（NW増強コスト抑制、再エネマッチング）

低圧リソースの需給調整市場活用が26年度からスタート
データ活用による最適運用を（制度整備、技術開発、需要家理解促進）