

日立東大ラボ 産学協創フォーラム
「第5回 Society5.0を支えるエネルギーシステムの実現に向けて」

地域リソースの協調でS+3Eと価値づくりを実現する 協調制御プラットフォーム

荻本 和彦

東京大学生産技術研究所 特任教授

2023年1月25日

エネルギー協調により地域から生み出す価値と調整力、その実現方法についてデータに基づき検討

第4回フォーラム(2021年12月)

■賢いエネルギー利用により地域での価値づくりを実現し、基幹系統に調整力を供給する協調制御プラットフォームを提案。調整力と創出可能価値を戸建住宅に着目して評価

1. 協調制御プラットフォーム：
再エネ大量導入時代の電力供給側・需要側のWin-Winで作るエネルギー協調PF
2. 戸建住宅から創出する価値と調整力：
CNは全員参加が必要。家庭内ヒートポンプ・EVの利便性を失わない運用でのメリット評価
3. 段階的移行の重要性：
個人・地域への段階的メリット創出による社会移行の重要性

今回

■協調制御プラットフォームの対象を共同住宅を含む家庭部門全体、および業務部門に拡充し、地域から創出可能な調整力とその価値を評価

1. エネルギー情勢変化を受けた地域の課題：
電力価格高騰と地域の脱炭素化。エネルギー協調制御PFが対策案
2. 地域の持つ調整力のポテンシャル：
共同住宅・業務を含めた地域から創出できる調整力と、その価値の定量評価
3. 地域のトランジションを円滑に進める施策：
協調制御PFとリンクした、家庭・業務・産業における段階的トランジションの重要性

- (1) エネルギー情勢変化の中、win-winで進める地域の脱炭素の推進施策はあるのか
- (2) 誰がどのような行動をとることが期待されるか、地域特徴を加味し、優先して進めるべき施策は何か



解析と周辺技術進歩を踏まえて提言いたします

Contents

1. 地域社会とそれを取り巻くエネルギー情勢の変化
2. 地域社会の課題と協調・制御プラットフォーム
3. 地域から生み出す安定需給のポテンシャル
4. 地域のトランジションを円滑に進める施策
5. 結言

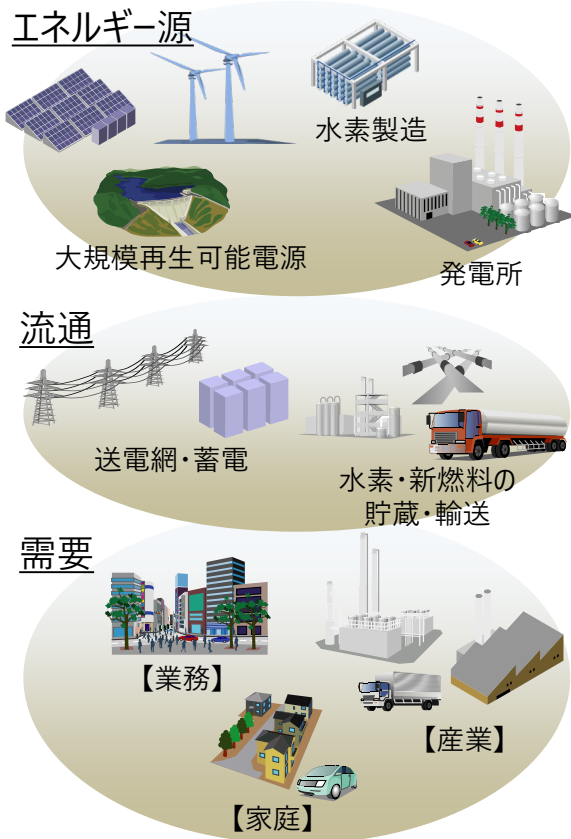
1. 地域社会とそれを取り巻くエネルギー情勢の変化

1-1 地域社会の位置づけ

人々・社会の生活を支えるエネルギー供給と利用を包含する社会システム。賢いエネルギー利用で価値創生

基幹システム

地域社会システム



【脱炭素化観点での価値の相互流通】

人々・社会の生活を支える
多様な特性のエネルギー源

S+3E*の
エネルギー供給

再エネ主電源化の支援

場所の離れた需要と供給を結び付け、
S+3E*のエネルギー需給の実現

遠隔、多地点の
安定なエネルギー供給

大規模再エネ導入を支える
調整力供給・
賢いエネルギー利用

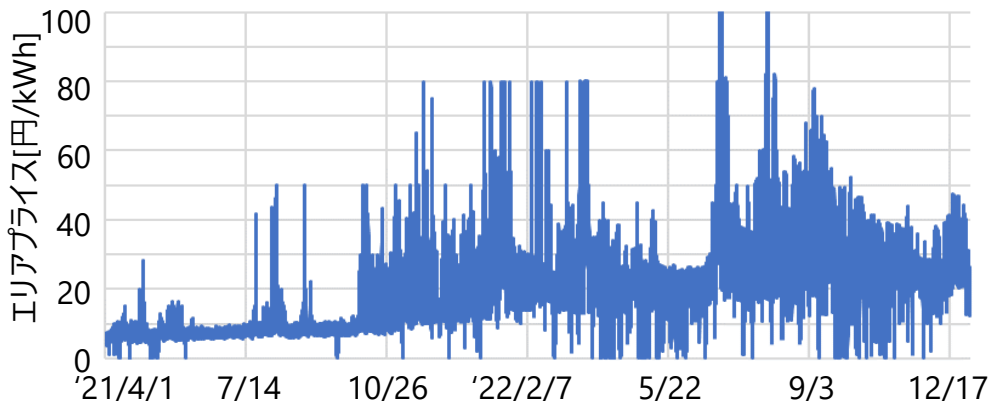
産業・人々へのエネルギー・価値創生

*S+3E：安全性(Safety)、自給率(Energy Security)、経済効率性(Economic Efficiency)、環境適合(Environment)の同時達成

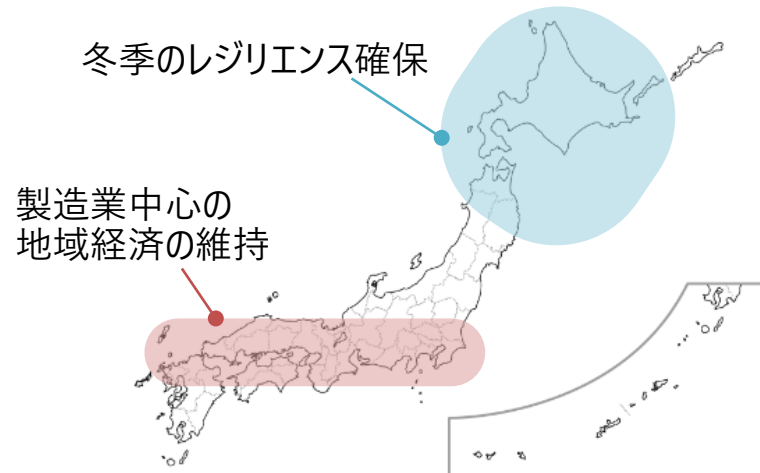
1-2 エネルギー環境変化を受けた地域の課題

燃油高騰と地域脱炭素化を受け、電力料金急騰と地域の特徴による脱炭素阻害要素の克服が課題

JEPX東京エリアプライスの変化¹⁾



再エネに代表される脱炭素電源の早期拡大が求められる。
追加アセットを抑えた低コストな需給バランス施策が必要



地域の特徴に合わせ、人々の生活基盤を損なわない
脱炭素加速支援が必要

広範囲の需要側から調整力*を創出する仕組みの早期構築と、地域特色に合わせた優先度での移行支援

*調整力：①需給調整市場で取引される調整力 + ②スポット市場価格に応じた需要協調で創出する調整力

WG2検討対象

1) JEPX(Japan Electric Power Exchange)エリア需給実績より作成

2. 地域社会の課題と協調・制御プラットフォーム

2-1 エネルギー需給に関する政府方針と追加すべき論点

調整力市場の拡充や省エネ推進に加え、産業部門の電化を妨げる原因追及とその対策案、調整力創出と電力料金高騰回避を両立する中小需要家のエネルギー協調への参加を促進する手立てを議論すべき

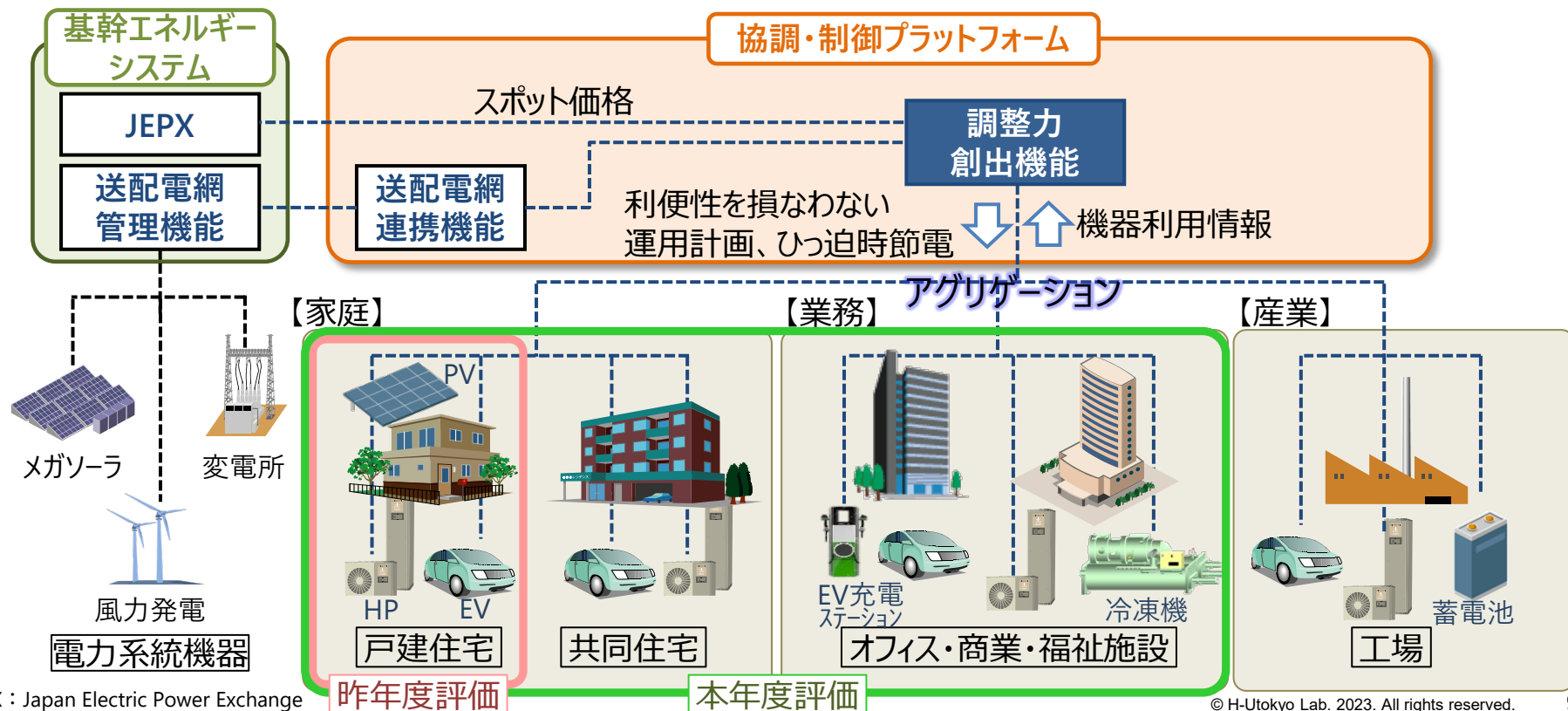
		政府方針 ¹⁾	追加すべき論点
電源		原子力最大活用と再エネ導入加速	- バランスの取れた原子力と再エネ導入 - 導入場所を具体的に考えた再エネ促進
系統		- 系統の計画的拡充 - 系統用蓄電池の導入	需要を活用した追加アセットの適正導入
需要	大口需要家	- CNに向けた電力市場の整備 - 調整力市場の拡充	- 熱源の電化停滞の要因分析と対策立案 - 再エネ導入を実現する広範な調整力の創出 (米：FERC Order2222) FERC：Federal Energy Regulatory Commission
	中小需要家	- 建築物のリフォーム - 設備更新 - 節電プログラムなどを通じた、消費者の行動変容の促進 - 分散型電力システム	中小企業数割合 数 百 kW 以 下 (配 電) の 需 要 家 が 大 半²⁾ 北 秋 福 栃 埼 東 新 石 山 岐 愛 滋 大 奈 島 岡 山 香 高 佐 熊 宮 沖 海 手 田 島 木 玉 京 潟 川 梨 阜 知 賀 阪 良 取 山 口 川 知 賀 本 崎 縄 道 県 県 県 県 県 都 県 県 県 県 県 府 県 県 県 県 県 県 県 県 県

1) 内閣官房「日本のエネルギーの安定供給の再構築」、2022年8月24日 資料1、G X 実行会議「GX実現に向けた基本方針(案)～今後10年を見据えたロードマップ～」、2022年12月、ほかより作成

2) 中小企業庁「2021年版 中小企業白書」の付属統計資料(6表)より作成

2-2 協調・制御プラットフォーム

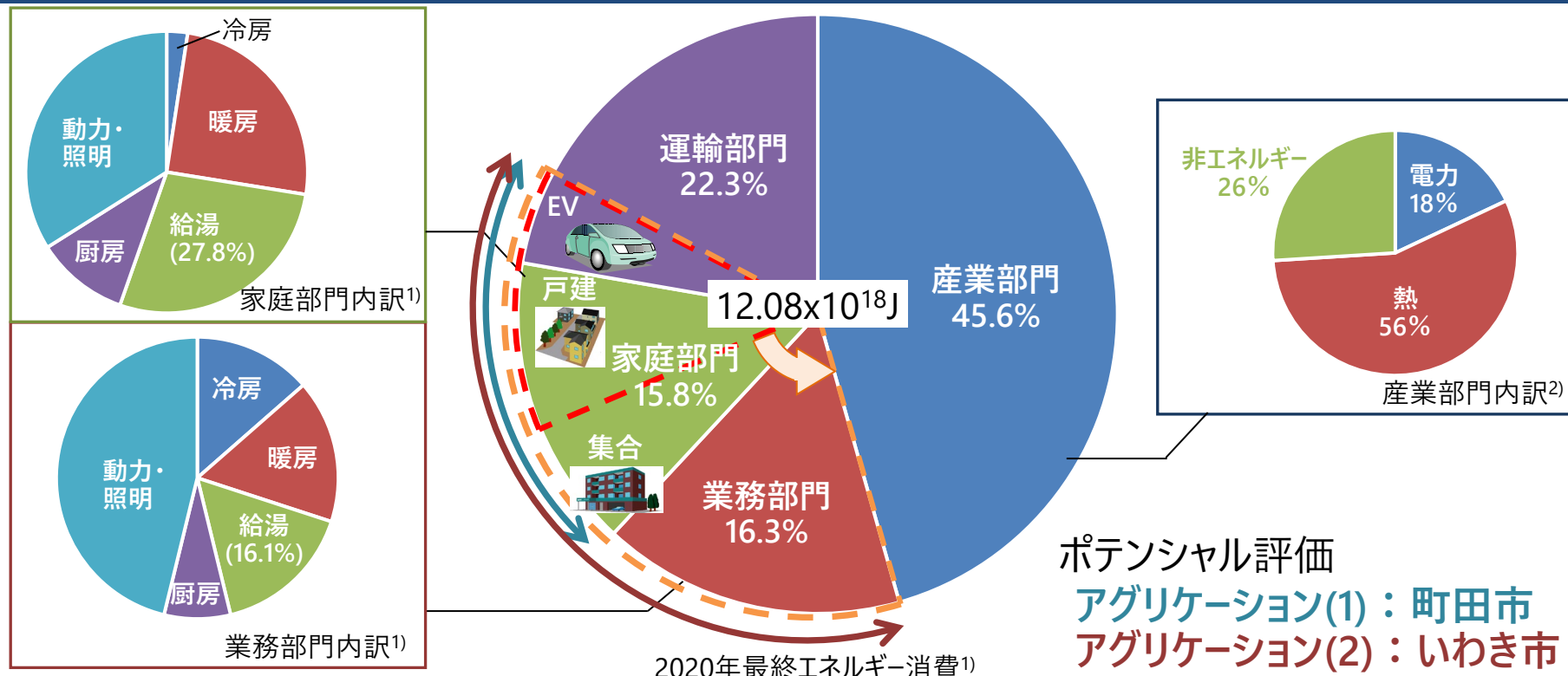
分散リソース・基幹システムとデータ連携し、全員参加の協調メカニズムを実現するプラットフォーム。
市場価格と連動した運用計画・需給ひっ迫を受けた需要シフトを支援し、供給側と需要側のWin-Win構築



3. 地域から生み出す安定需給のポテンシャル

3-1 エネルギーの利用状況と評価範囲

昨年度評価で、戸建てからは給湯を主としたエネルギー協調による調整力と価値創出が可能であることを確認。
さらなる調整力ポテンシャルを期待し、家庭全般・業務へ評価対象を拡張



1) 資源エネルギー庁「令和3年エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2022）」より作成

2) 資源エネルギー庁「熱の有効利用について」(H27)より作成

3-2 家庭部門を対象としたアグリゲーション例（1）

家庭部門のエネルギー協調によって創出可能な調整力・協調制御プラットフォームの事業規模を評価

系統需給シミュレーション



↓ スポット市場価格

協調制御PFメリット解析

スポット市場価格に基づく
HP、EVの電力利用計画

卸電力市場



協調制御PF



戸建住宅
集合住宅

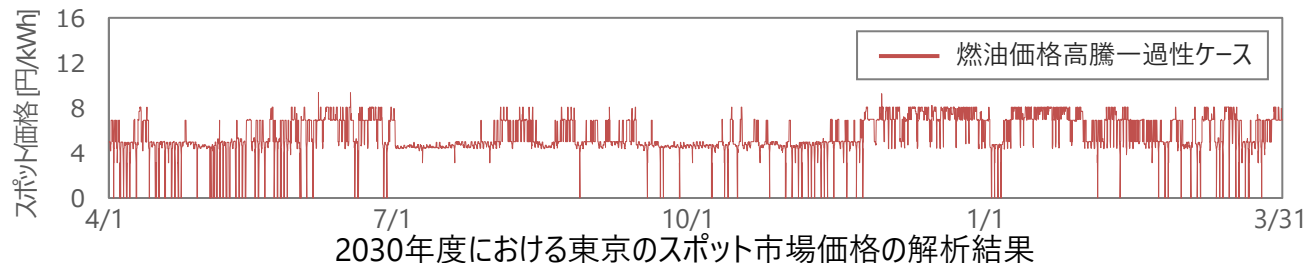


↓ 自治体規模の
調整力

全国規模の調整力を概算

● スポット市場価格推定

- ・ 燃油想定価格と6次エネルギー基本計画を参考した電源構成によりスポット市場価格を算出
- ・ 燃油価格は「高騰一過性ケース」とし、アグリゲーション効果を評価



● アグリゲーション対象

2030年における東京都町田市を対象とした

町田市の世帯数と分散リソースの普及率('30)

住宅	世帯数 ¹⁾	PV ²⁾	HP ³⁾	EV ⁴⁾
戸建	96,596	15.7%	44.4%	7.3%
集合	102,572	—	15.2%	

1) 東京都「世帯数の予測」、総務省「住宅・土地統計調査」を基に試算

2) 総務省「住宅・土地統計調査」、環境省「家庭部門のCO2排出実態統計調査」、(株)富士経済「2020年版住宅マーケット別建築・機器・サービス市場調査」を基に試算

3) (一財)ヒートポンプ・蓄熱センター「令和2年度ヒートポンプ普及見通し調査」を基に試算

4) (一財)自動車検査登録情報協会、(一社)次世代自動車振興センター、(株)富士経済「EV/PHEV充電・日本市場の全貌と将来性」を基に試算

● 解析条件

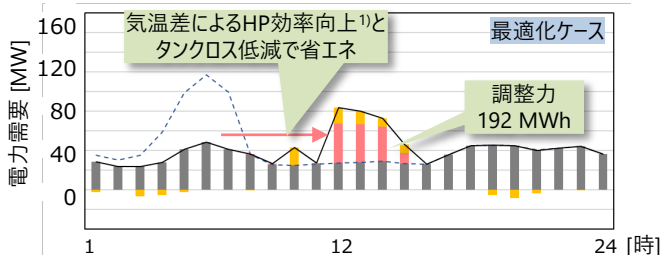
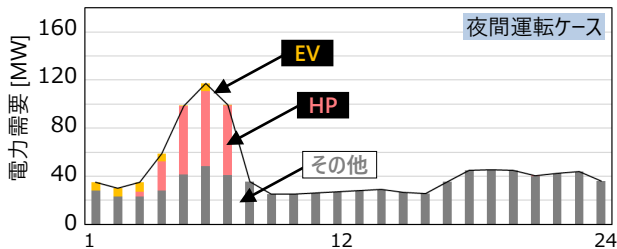
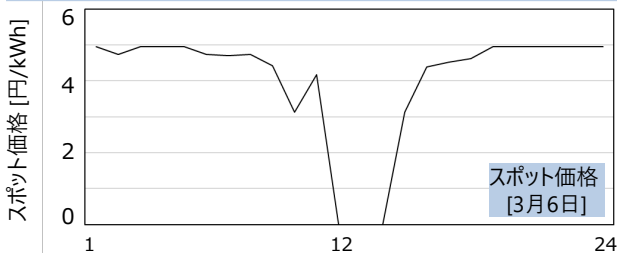
夜間運転ケースと最適化ケースを解析した

ケース	説明
Case1(夜間運転)	0～7時を中心にHPの貯湯とEVの充電を実施
Case2(最適化)	給湯需要と走行需要を基に、HP貯湯量とEV充放電を最適化

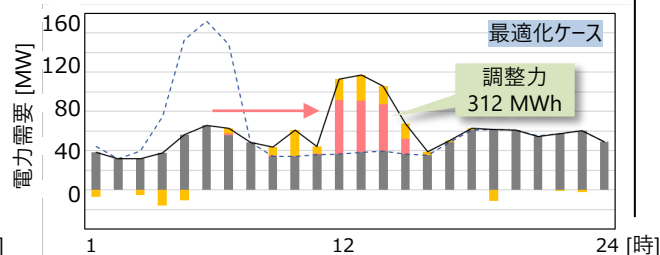
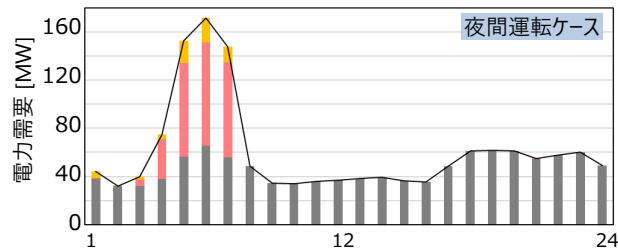
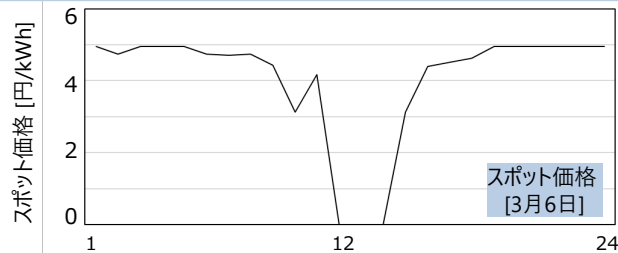
3-3 家庭部門を対象としたアグリゲーション例（2）

町田市では集合住宅のエネルギー協調取込で戸建の1.5倍以上の調整力創出が可能。電力調達コスト11%減

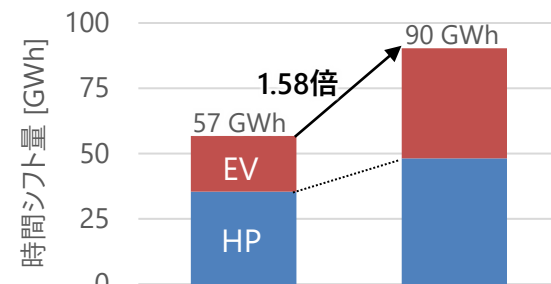
1. 戸建住宅のみ



2. 戸建住宅に集合住宅を追加



- 最適化ケースでは、スポット価格の安い昼間に集中的にHP運転とEV充電を実施
- HPの運転を気温の高い昼間にシフトすることで省エネ効果を確認
- 集合住宅のHP、EVを含めることで、年間の調整力は**1.58倍**に拡大



戸建住宅のみ 集合住宅を追加
調整力として活用可能な
年間の電力需要('30 町田市)

- 世帯数比で換算すると、家庭が創出する調整力は全国規模で**92.4GWh/日**に相当

1) 電力中央研究所「卒FITの住宅用太陽光発電の活用方策に関するユースケース分析」報告番号C19001

3-4 家庭・業務部門を対象としたアグリゲーション例

いわき市では対象を絞った給湯電化支援で業務部門を加えることで約1.35倍の調整力が可能

● アグリゲーション対象

いわき市の戸建・集合住宅のHP・EVと、
業務部門として福祉施設・ホテル・オフィスのHP

いわき市の世帯数と分散リソースの普及率('30)

住宅	世帯数	PV	HP	EV
戸建	97,497	21.5%	44.4%	8.4%
集合	47,503	—	15.2%	

いわき市の業務部門とHP情報('30)

業務	建物数	HP普及率 ¹⁾	HP出力 ²⁾
オフィス	865	100%	26.3MW
ホテル	217	100%	13.2MW
福祉施設	526	100%	50.1MW

1) 文献[1]によると'30のHP普及率は、それぞれ2.4%、3.0%、7.3%

2) 文献[2]による業務部門の年間給湯需要をもとに、日立東大ラボで算出

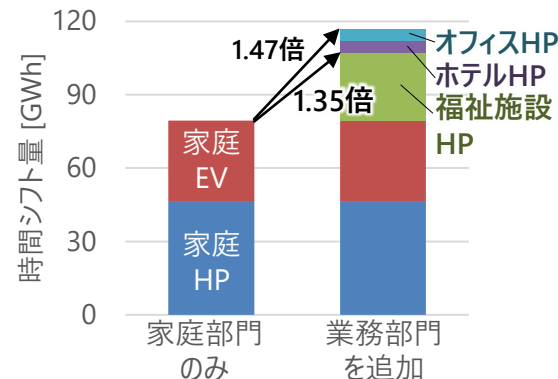
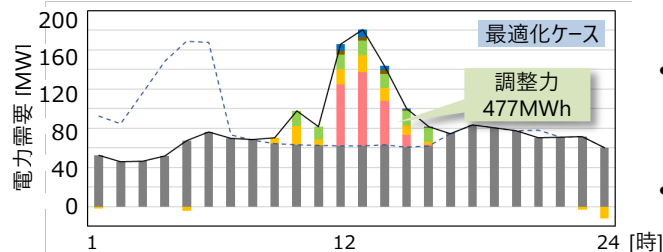
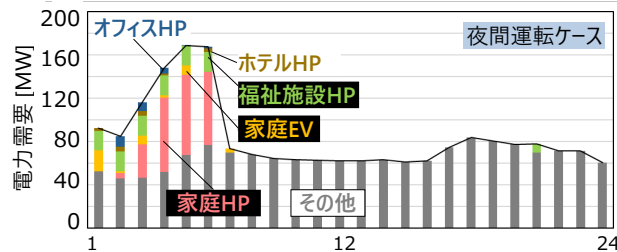
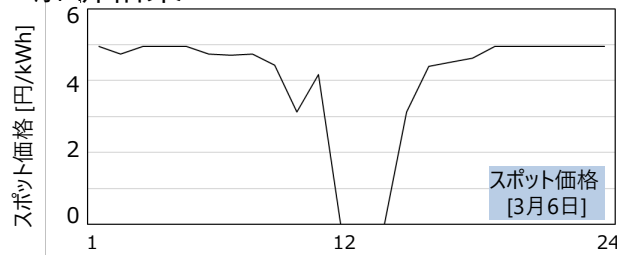
● 解析条件

夜間運転ケースと最適化ケース(3-2節と同一)

[1] Yohei Yamaguchi et.al, Building stock energy modeling considering building system composition and long-term change for climate change mitigation of commercial building stocks (2022)

[2] 山口洋平ほか：業務用ヒートポンプ給湯機における電力需要調整力の推計, 第38回エネルギー・資源学会研究発表会 講演論文集 pp325-330, 2019

● 解析結果



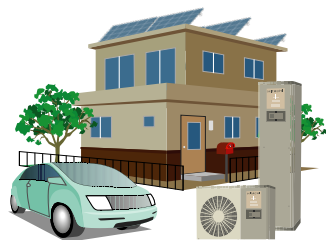
調整力として活用可能な
年間の電力需要('30 いわき市)

- 業務部門のHP普及率をすべて100%と想定しても、時間シフト量は家庭の1.47倍に留まる
- 給湯需要が多く、貯湯タンクの設置が比較的容易な福祉施設など、狙いを定めた助成で地域の移行を支援すべき
- 電力調達コストは6.1%低減

3-5 地域から生み出す日本全体での調整力

世帯数と延床面積から全国で2030年に創出可能な年間調整力を概算。
需給バランスに必要な蓄電池・揚水を超える調整力が期待

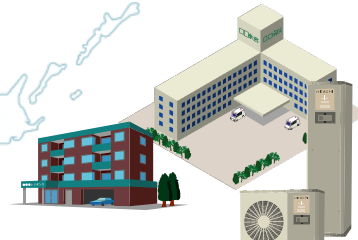
分類



戸建住宅 HP: 44.4 %
EV: 7.3 %



集合住宅 HP: 15.2 %
EV: 7.3 %



福祉施設

全国規模
調整力¹⁾

14.1 TWh/年²⁾

+

9.7 TWh/年²⁾

+

9.4 TWh/年³⁾

=

合計
33.2 TWh/年

全国規模
HP省エネ効果

2.4 TWh/年²⁾

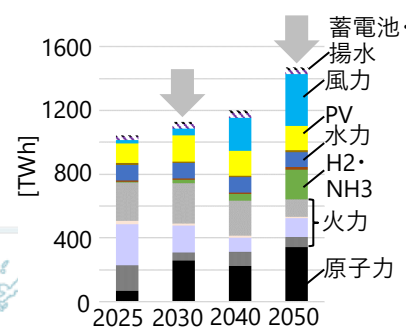
(21.1%)

1.0 TWh/年²⁾

全国規模
電力調達コスト

493 億円/年 削減
(8.16%)

注：需要シフトで昼間スポット価格が0→1円/kWhに
上昇したと仮定し、試算



HP、EV普及率が100%なら、
230 TWh/年に相当

年	蓄電池 [TWh]	揚水 [TWh]
2030	14.2	27.8
2050	16.7	24.1

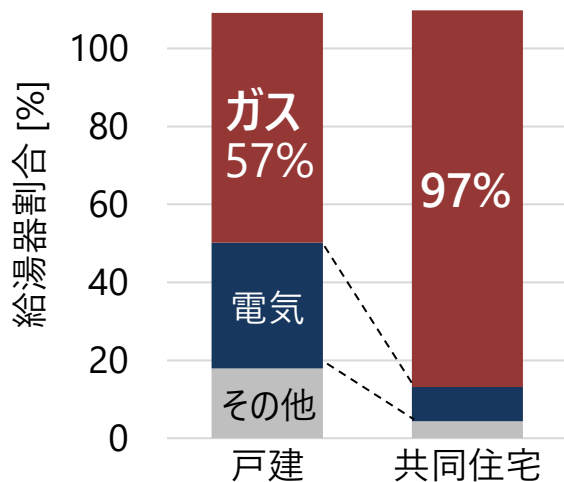
原子力活用シナリオ

- 1) 戸建住宅、集合住宅については町田市、福祉施設についてはいわき市を対象とした解析結果を基に試算
- 2) 低炭素社会戦略センター、「人口変化、住宅種類選択、住宅省エネルギー技術と電力化を考慮した家庭部門市町村別CO2排出の地域別将来推計」の基準推移値より作成
- 3) 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編、「エネルギー・経済統計要覧（2022）」の業務部門業種別延床面積より、HP普及率100%として作成

3-5 地域調整力の拡大にかかるエネルギー利用の現状と課題(1)

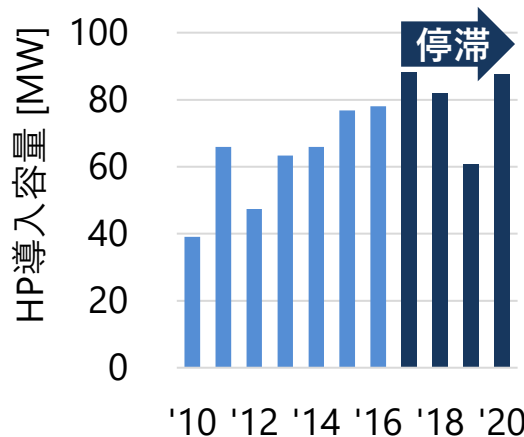
共同住宅で進まないヒートポンプ給湯機導入、産業用HPの導入停滞の打開が課題
中小企業では電化を進めるうえでのエンジニアリングリソース・スキル不足が電化移行が進まない要因の一つ

共同住宅ではガス給湯器の割合が高い



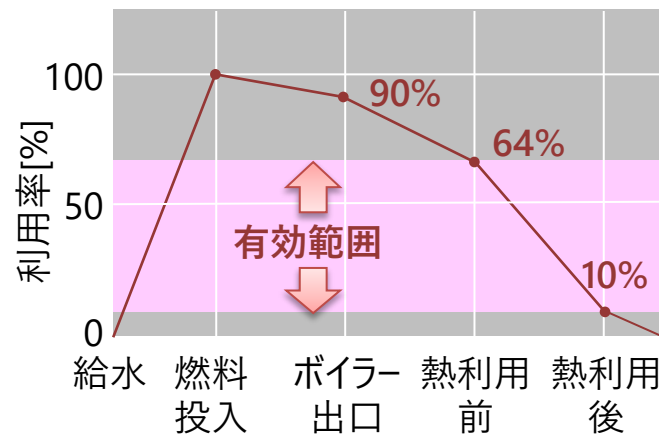
家庭における給湯器の導入割合
(複数回答)¹⁾

産業用ヒートポンプの導入が停滞



年度別産業用HP導入容量²⁾

蒸気利用熱工程では配管でのロスが大



蒸気有効利用率の実測データ³⁾

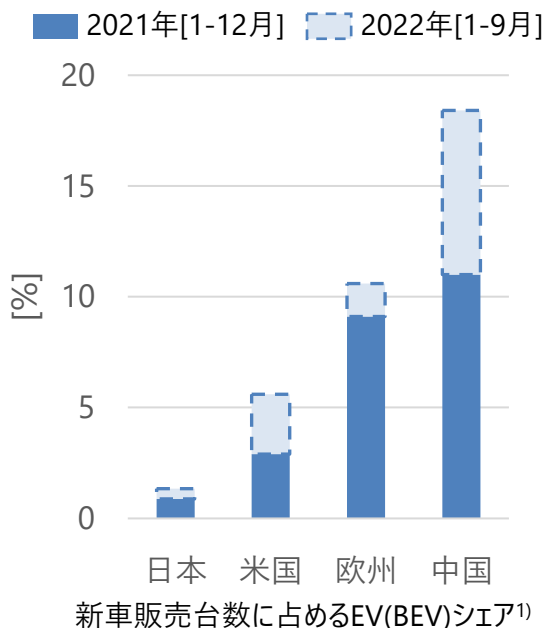
エネルギー利用状況の可視化、本業を妨げない段階的電化を促進する
エンジニアリングの支援が必要
(関係者インタビューより)

1) 環境省、「2019年度の家庭のエネルギー事情を知る」をもとに作成
2) 日本エレクトロヒートセンター、「2020年度版 産業用ヒートポンプ導入量把握調査結果 報告書」
3) 日本エレクトロヒートセンター、「産業用ヒートポンプ活用ガイド」をもとに作成

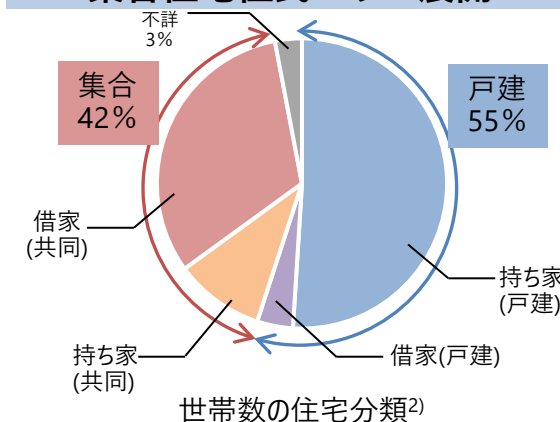
3-5 地域調整力の拡大にかかるエネルギー利用の現状と課題(2)

日本のEV導入加速が課題。補助金による支援に加え、集合住宅における充電設備の導入成功事例の共有・展開、EVの魅力向上するサービス体系の構築が重要

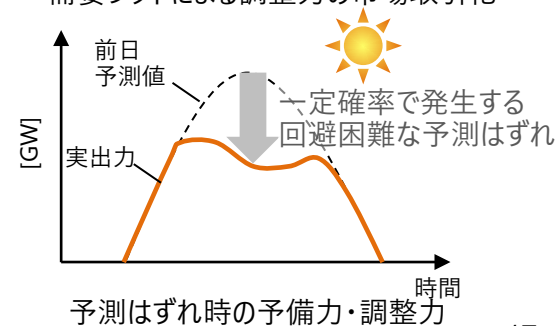
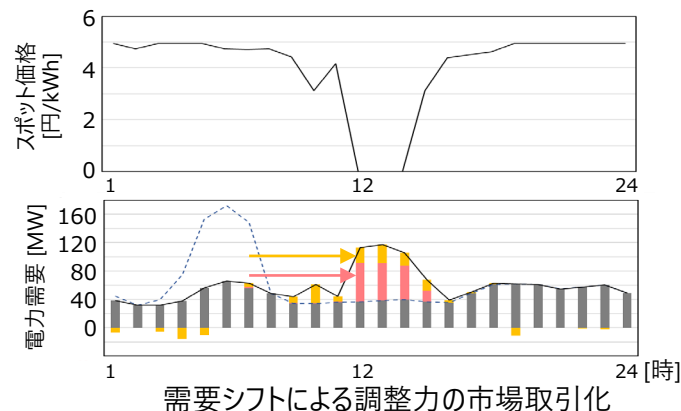
EVシェアの伸び悩み



集合住宅住民へのEV展開



EVの電力サービス取込みによる魅力向上



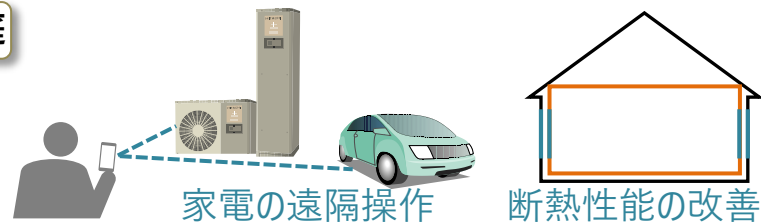
- 1) 東京電力エナジーパートナー「EV-DAYS」(2022.11)をもとに作成
- 2) 国土交通省「資料4 世帯類型別の住宅の状況」をもとに作成
- 3) EV充電エネチェンジ「マンション・集合住宅にEV充電器は必要？導入のメリットについて解説します！」をもとに作成

4. 地域のトランジションを円滑に進める施策

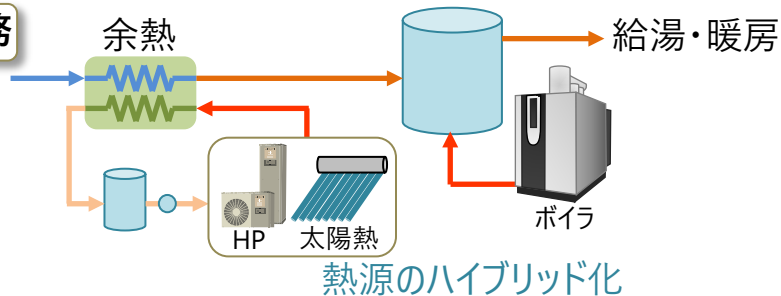
4-1 段階的な推進によるトランジション円滑化

段階的な脱炭素化を実現する手段の活用とPF連携で、円滑に社会移行を加速

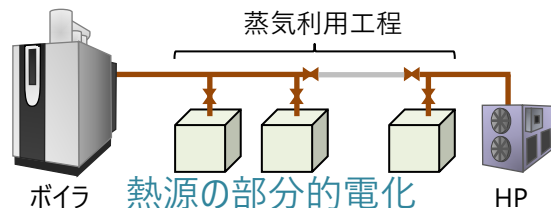
家庭



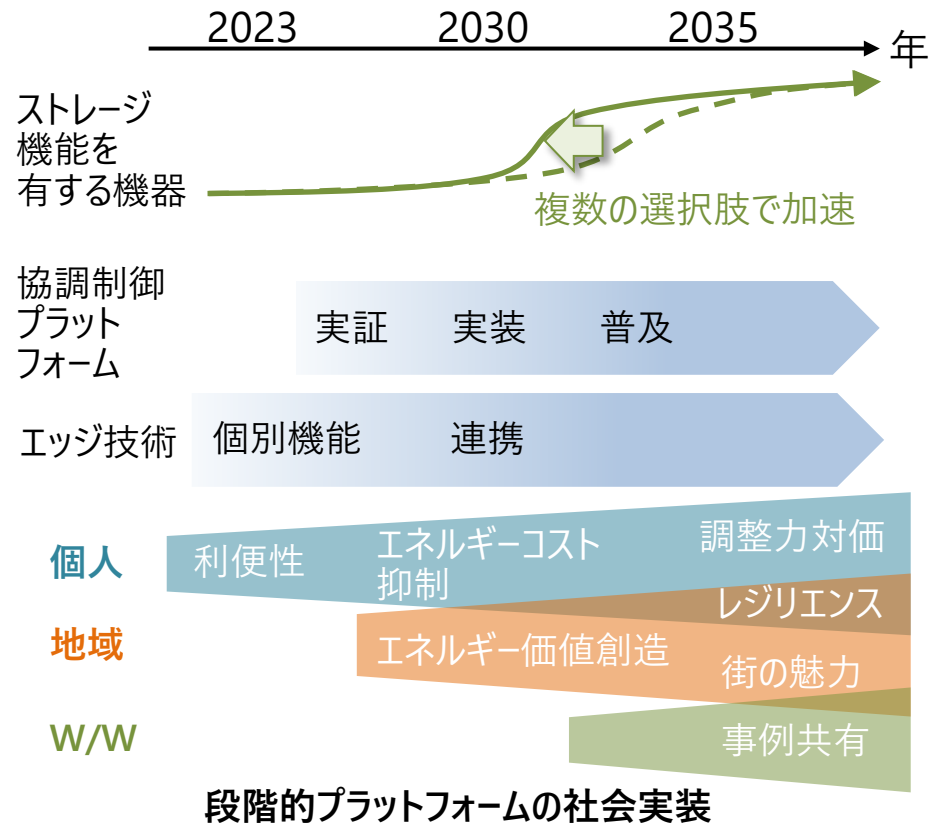
業務



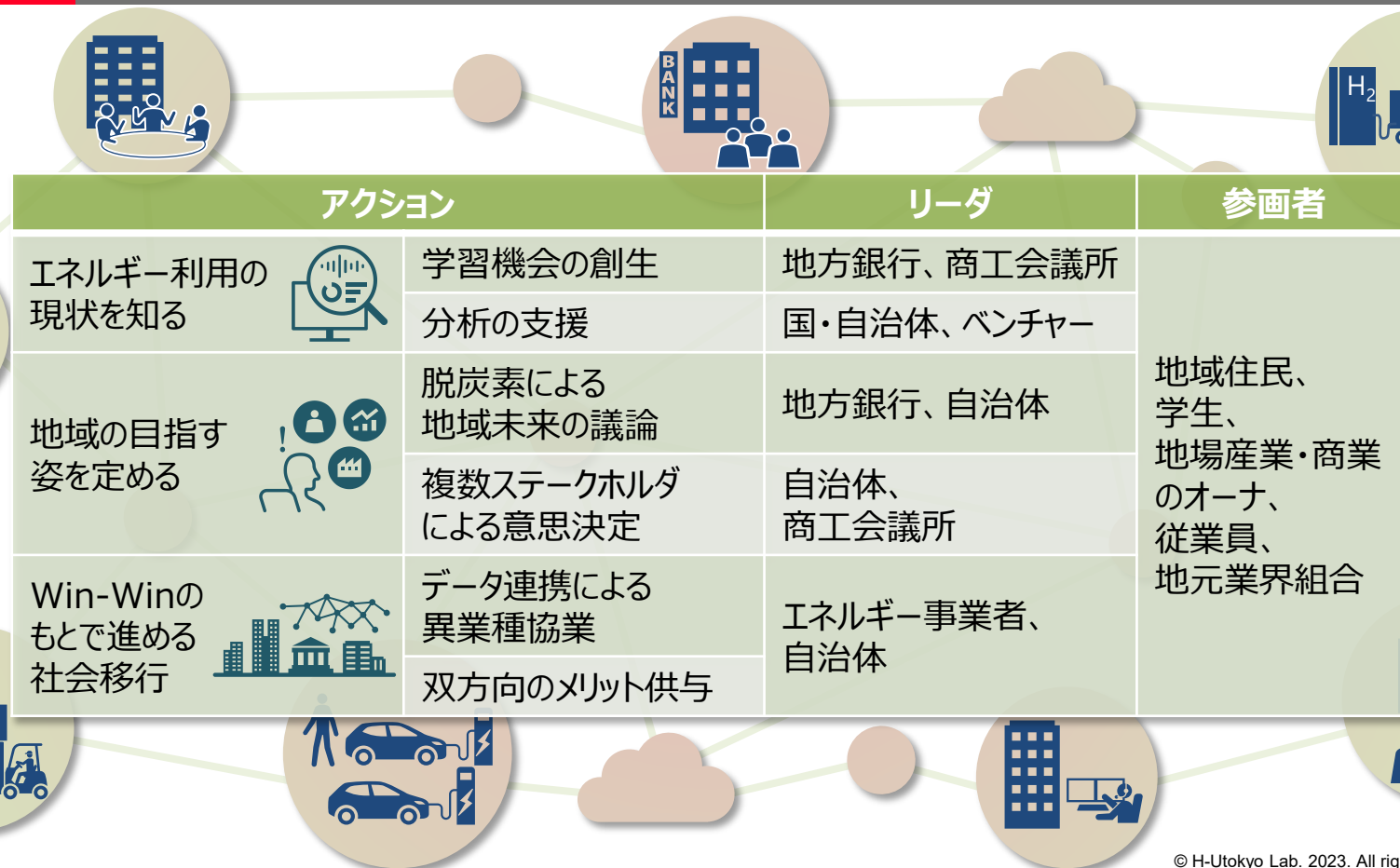
産業



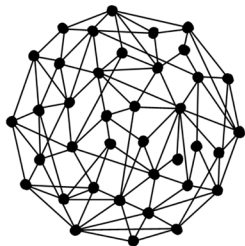
地域特性も踏まえた段階的な脱炭素化・高度化



4-2 円滑なトランジションに向けたアクション



- 地域社会では、燃油の価格高騰や供給不足などを含めて**エネルギーのS+3Eの確保への貢献**と、**地域特徴を踏まえた脱炭素化**が地域のCNへの移行の課題
- 脱炭素電源の導入加速、家庭・業務・産業の各部門の熱源の**電化を含めた排出削減**が重要な解決手段。さらに、**地域の電力需要の調整力創出**が脱炭素へのトランジションコストの削減とその加速に貢献
- Win-Winの関係のもと、HP給湯やEVなどの活用によって**地域の民生・運輸部門から創出される需要の調整は**、2030年段階の時間シフト量で**33.2TWh/年**。その実現に向けては、**必要機能を有した機器設備の普及と協調制御PF**の早期の社会実装が必要
- 産業の脱炭素機器・設備の導入には、経済的な導入支援に加え、計画・設計に関する**エンジニアリングサービス体制の構築、成功事例を展開する仕組みの事前協議**が重要
- 地域社会のCN化では、**段階的移行を支援する手段の提供**、全員参加と役割の明確化、**データ連携による異業種協業**が地域の移行を加速



H-UTokyo Lab.