



**H-UTokyo Lab.**

日立東大ラボ産学協創フォーラム  
『第6回 Society5.0を支えるエネルギーシステムの実現に向けて』

**第1部 カーボンニュートラルとともに進む成長戦略  
社会および産業変革を取り入れたエネルギーシステムのあるべき姿と成長戦略**

**小宮山 涼一**

東京大学

大学院工学系研究科教授

**伊藤 智道**

日立製作所研究開発グループ

脱炭素エネルギーイノベーションセンタ 研究主幹

2024年2月28日

## エネルギー安定供給に関する課題整理と施策について検討評価

### 第4回フォーラム(2021年12月)

■ 再エネ拡大と増大する電力需要への対策を目的に複数のシナリオと対策効果を検証

#### 1. 安定電源の重要性

再エネ拡大、火力縮小をバランスする原子力等安定電源の確保

#### 2. 安定供給のための蓄エネ配置

洋上風力向けの大規模蓄電と分散PV向けのEV活用

#### 3. 消費者が脱炭素を選択する社会

CO<sub>2</sub>見える化、複雑化するサプライチェーンの社会モデル構築とデジタル解析による脱炭素スマート化

### 第5回フォーラム(2023年1月)

■ 国際情勢を踏まえたエネルギーシナリオの見直しおよび新たな課題抽出と対策を検証

#### 1. 燃油価格の高騰に伴うエネルギーシナリオの変化

- ・ 燃油価格リスクにより、再エネ増大や水素利用状況の変化, 安定供給への影響
- ・ フォアキャストとバックキャストのギャップ

#### 2. CN移行に向けた課題と対策

- ・ 原子力・インバータ電源制御等による電力安定供給・系統安定化
- ・ 広域送電可能とする系統増強や混雑管理
- ・ 地域社会の需給リソース活用・協調

### 今回

■ デジタル技術による産業の成長にともなうエネルギーシナリオの課題やあるべき姿と対策を検証

#### 1. 再エネ・電力需要増の課題と対策

#### 2. 電化困難産業におけるチャレンジとネガティブエミッション

- (1) 産業の成長に期待されるAI・データセンタのエネルギー供給ニーズの増加に対し、カーボンニュートラルへの移行との両立は可能？**
- (2) エネルギーバランスと一緒に考えることは？その対策は何？**

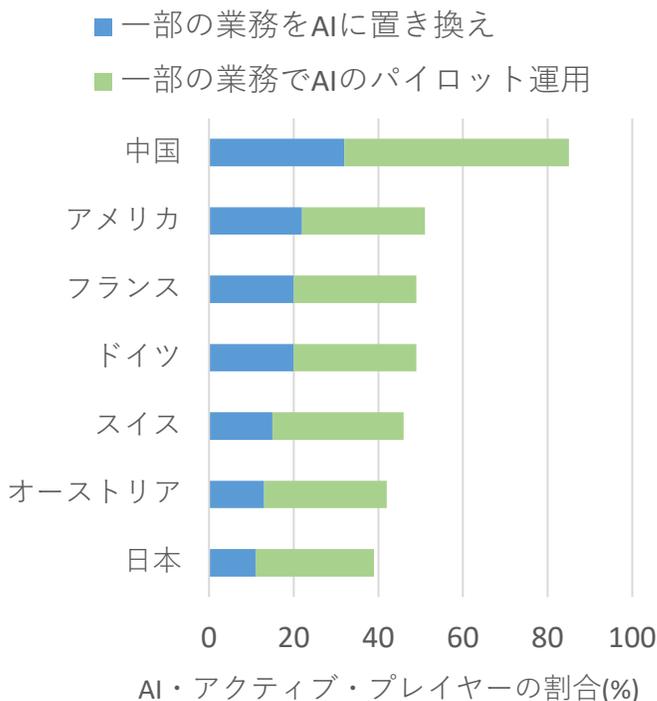


**将来を想定したシミュレーションで評価しました。**

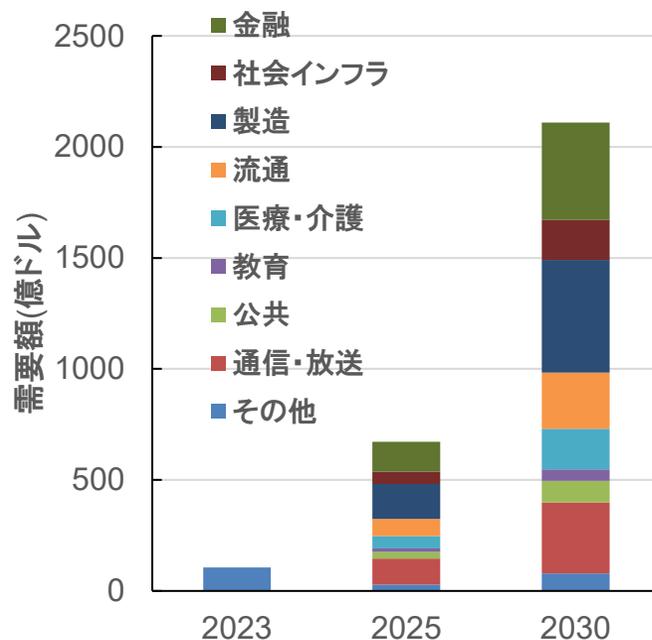
# 2-1. 産業の成長に期待されるAI・データセンタへの期待

AI×データの産業分野への活用が急速に拡大。業務支援、製品開発支援、作業効率化、創作活動で活用

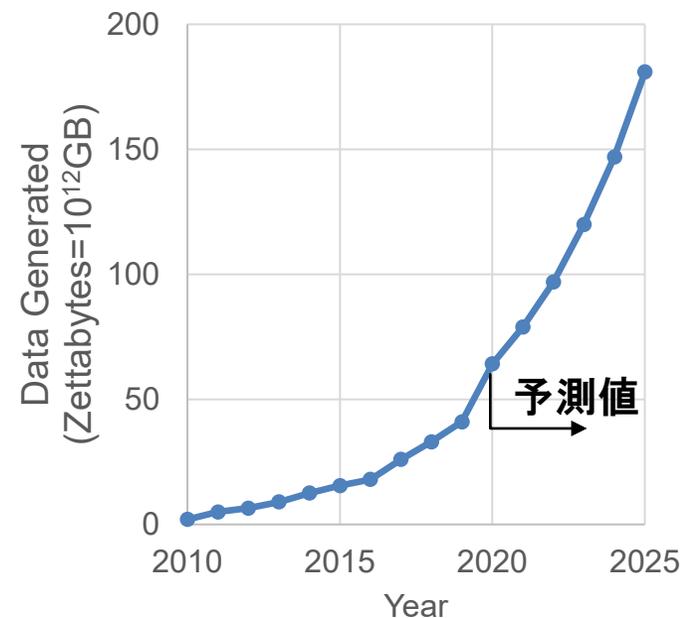
## 企業のAI導入状況の各国比較<sup>[1]</sup>



## 生成AI市場見通し(世界)<sup>[2]</sup>



## 世界で扱われるデータ/情報の量<sup>[3]</sup>



・アプリケーション普及・AI活用ニーズの拡大にともない、膨大なデータを扱うサーバやストレージニーズも拡大

[1] 総務省「IoT・AIの導入状況と今後の意向」、ポストンコンサルティンググループ(2018)「企業の人工知能 (AI) の導入状況に関する各国調査」

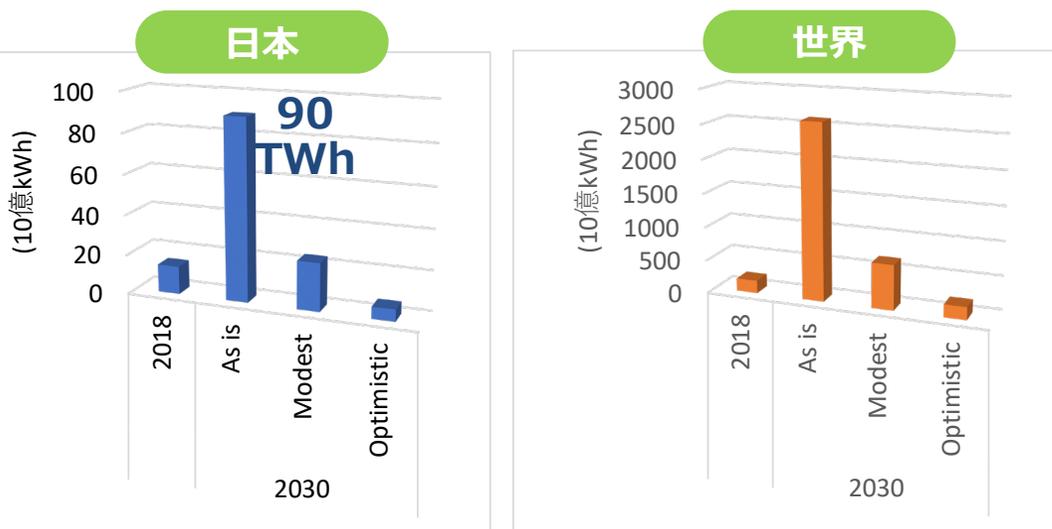
[2] JEITA(電子情報技術産業協会)「JEITA、生成 AI 市場の世界需要額見通しを発表」(2023)

[3] International Data Corporation; Seagate Technology; Statista estimates

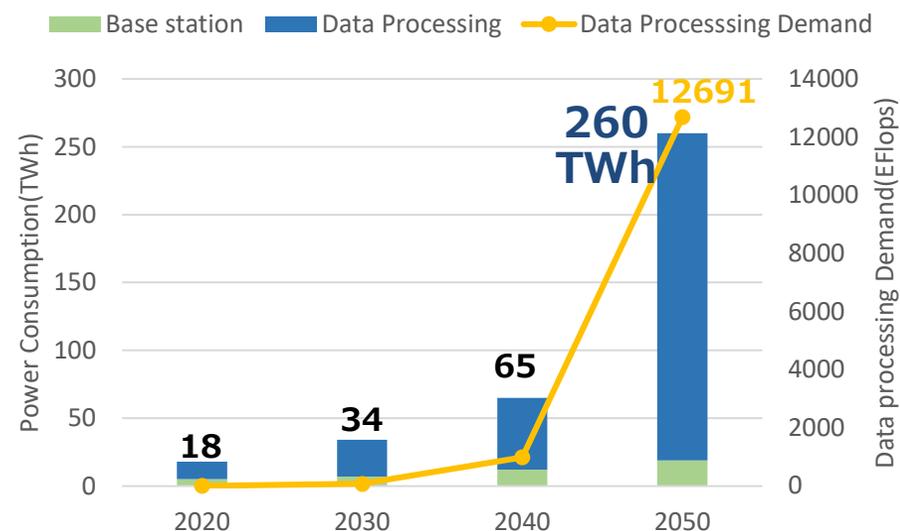
### 情報化社会の進展、AI等による情報処理量の拡大に伴ってデータセンターの電力消費が拡大の見通し

- 現在の計算負荷の増大傾向が将来にわたって継続し、現在入手可能な最新機器を用いたと仮定したときの（将来の技術進歩は織り込まない）消費電力は、2030年に国内で最大90TWhに達する見込み<sup>[1]</sup>。さらに技術進展を考慮しても、2050年には260TWh（2020年の約26%）に達する予測がなされている<sup>[2]</sup>。
- データセンター消費電力の50%をサーバ、25～30%を電源と冷却系、ストレージが10%程度を占める<sup>[1]</sup>

日本、世界のデータセンター電力消費の展望<sup>[1]</sup>



ITセクタの電力消費予測<sup>[2]</sup>



データセンター等のITC電力需要増が2050年に260TWhに達する条件で需給シナリオへの影響を試算

[1] 科学技術振興機構: 情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.4) - データセンター消費電力低減のための技術の可能性検討 -, 令和4年2月  
 [2] ETI-CGC (Energy Transition Initiative - Center for Global Commons), Challenges and Recommendations for Japan's Net Zero by 2050 - Energy System Perspective -  
 [3] 科学技術振興機構: 情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol.2) - データセンター消費エネルギーの現状と将来予測および技術的課題 -, 令和3年2月

## 2-3. 2050年CN達成時の検討条件（前回から洋上風力上限増）

### 電力需要増に対応するために再エネ（洋上風力）の導入上限を増加して算出

	①再エネ100%	②火力CCS制限	③原子力活用	④水素調達
原子力稼働年	停止	60	←	←
原子力設備容量上限(GW)	0	24	50(SMR)	←
火力CCS上限(ton)	2億	1億	2億	←
水素輸入上限(ton)	2,000万	←	←	上限なし
水素単価(¥/Nm <sup>3</sup> )*1	20	←	←	←
FCV価格(現状比)	0.68	←	←	0.20
EV価格(現状比)	0.68	←	←	←
太陽光上限(GW)	なし	←	←	←
陸上風力上限(GW)	40	←	←	←
洋上風力上限(GW)	90→200	←	←	←
太陽光建設コスト(万円/kW)	15	←	←	←
陸上風力建設コスト(万円/kW)	21	←	←	←
洋上風力建設コスト(万円/kW)	51	←	←	←
CCSコスト(¥/tonCO <sub>2</sub> )	7450	←	←	←
DACコスト(¥/tonCO <sub>2</sub> )	10,340	←	←	←
LiB蓄電コスト(¥/Wh)	10	←	←	←

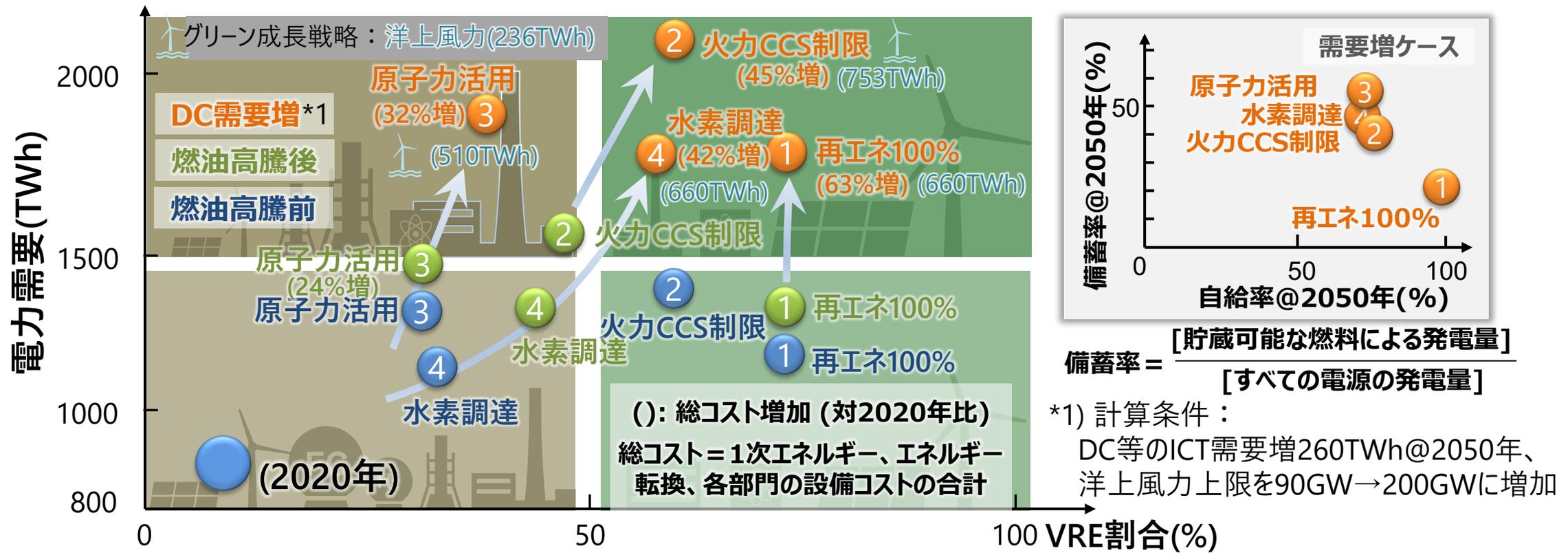
PV、風力など再エネのみ

火力発電のCCS貯留量  
に制限あり

2040年以降にSMRを  
増設する

水素を海外から輸入

日本の産業の成長には生成AIに代表されるデジタル技術の導入が必須。それを支えるデータセンタ、ICT設備の電力需要増(26%増@2050)を考慮したCN達成シナリオを計算

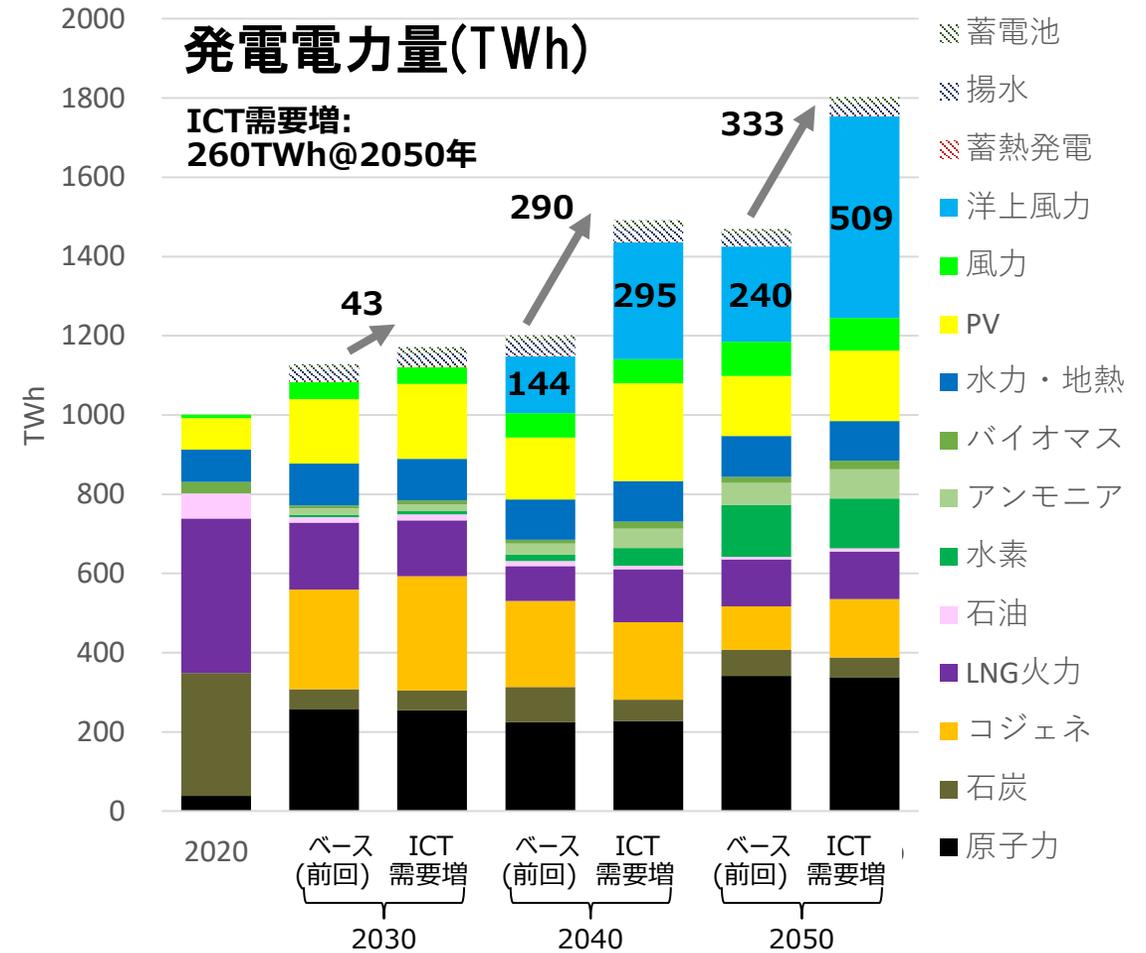
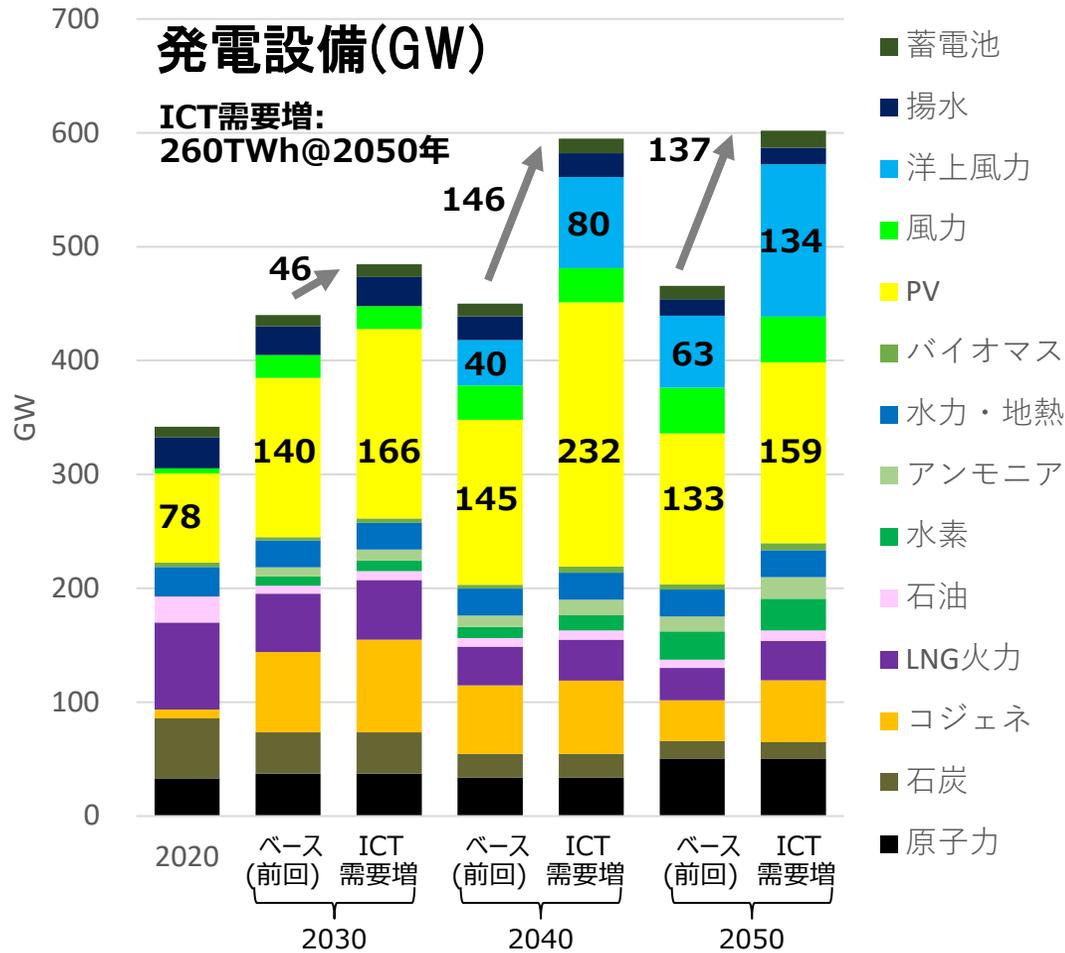


・ICT需要増に対し、洋上風力をグリーン成長戦略の計画値の2倍導入が必要。VRE割合も増加。

**総コストに、VRE量、自給率・備蓄率バランスから、次ページ以降「③原子力活用」を代表例に紹介**

## 2-5. 2030~2050年の各シナリオのエネルギー：③原子力活用 発電設備容量、発電電力量の状況

ICT等の電力需要増(260TWh@2050年)に対し、洋上風力発電、太陽光発電増で対応する必要あり



・原子力増設に加えて、洋上風力発電量もグリーン成長戦略での計画値の2倍必要。  
(洋上風力80GW@2040年の海上面積：東京都 + 神奈川県 + 千葉県に相当)

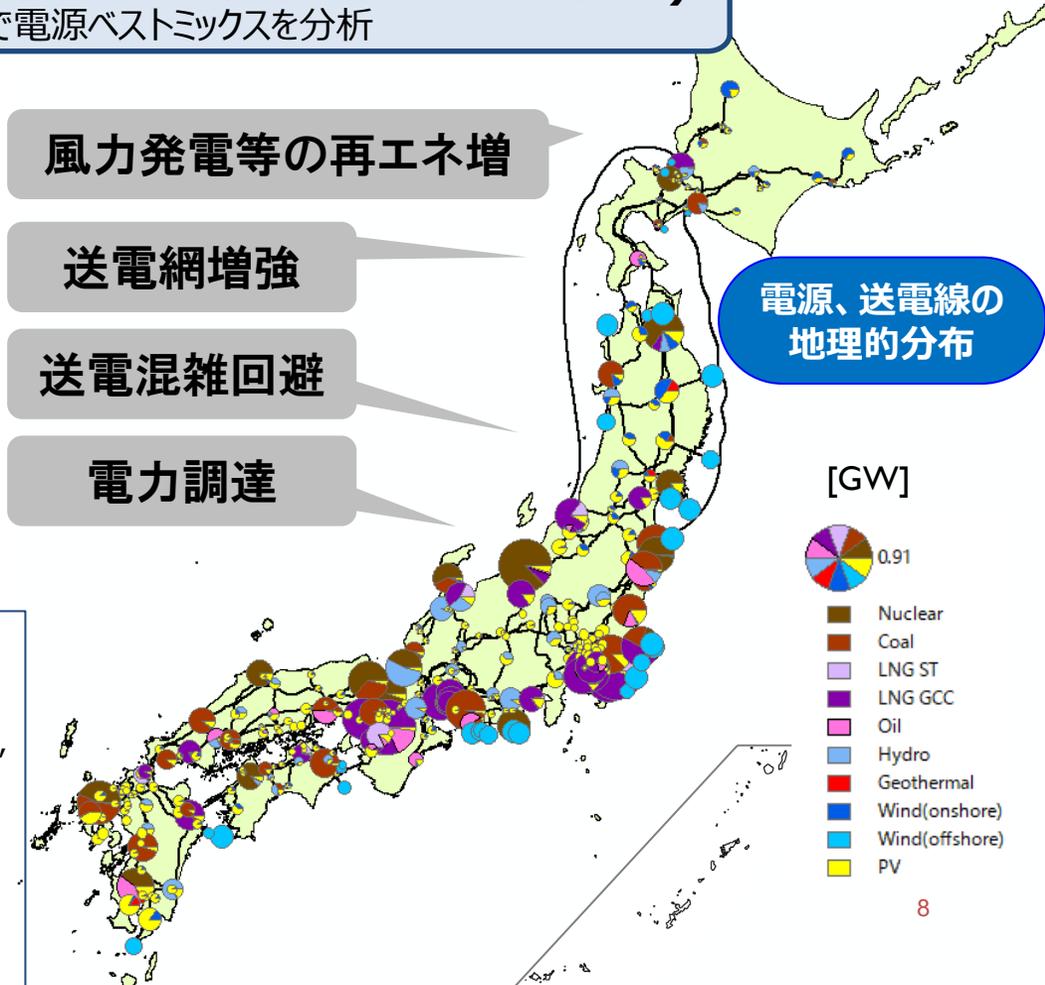
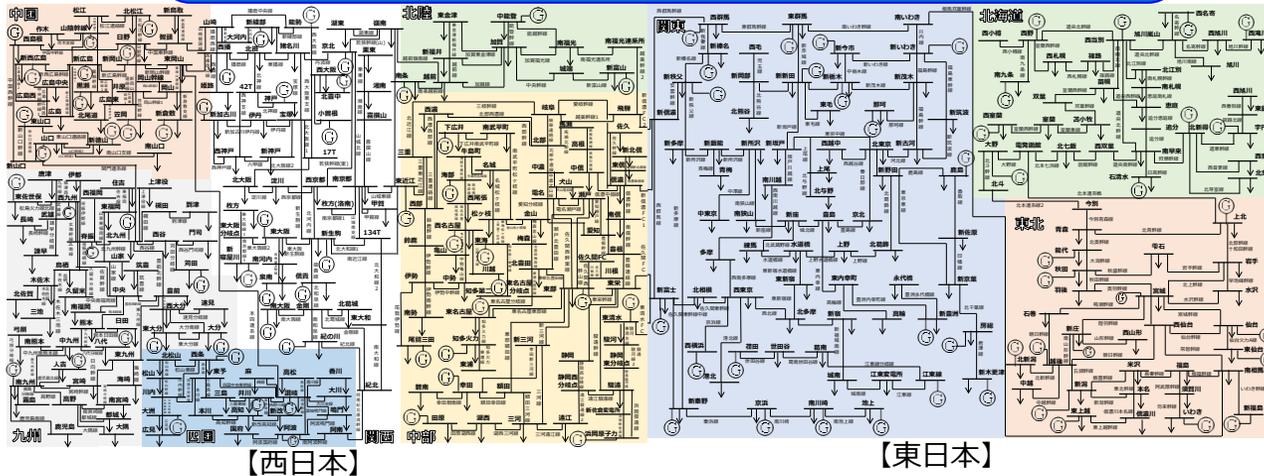
# 2-6. 再エネ・ICT需要増に対する電力システムの課題と対策

課題：洋上風力等の再エネ増に対し、HVDC等の送電網強化、需要配置・調整による系統混雑回避が必要  
 (最大150GW増@2040年の発電→需要地への送配電対応)

最適化型電力需給モデルによる電力数値シミュレーションで検討(東京大学 藤井・小宮山研究室にて開発)

日本の電力基幹系統全体を対象に、様々な技術条件、CO<sub>2</sub>制約のもとで電源ベストミックスを分析

全国の基幹系統モデル(383母線、475本の基幹送電線)



- 風力発電等の再エネ増
- 送電網増強
- 送電混雑回避
- 電力調達

- ・地理的解像度→383母線、475本の基幹送電線→電力系統制約や再エネ気象条件を詳細に考慮
- ・時間解像度→1時間値、年間8,760時間で分析→再エネ出力変動を詳細に考慮
- ・革新的技術など多様な技術要素を考慮：石炭、石炭-アンモニア混焼、石炭-CCS、ガス複合、ガス汽力、ガス-水素混焼、ガス-CCS、石油、水素、原子力(大型炉、小型炉)、一般水力、地熱、バイオマス、海洋、太陽光、陸上風力、洋上風力、揚水、NAS電池(長周期変動用)、Li-ion電池(短周期変動用) \*CCS火力で回収できないCO<sub>2</sub>は他部門でのネガティブエミッション技術等で相殺と仮定
- ・主な前提条件：太陽光(設備容量上限を設定せず新增設可能)、風力(環境省による導入ポテンシャル評価等を踏まえ上限値を設定)、水素発電(輸入量年間上限2,000万トン、輸入価格20円/Nm<sup>3</sup>)、原子力発電(60年運転シナリオ[23.7GW]、新增設無し)など
- ・(実績)経済産業省 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会資料(第43回会合,2021年), 経済産業省 産業経済研究受託事業「電力需給モデルを活用したシミュレーション調査」(2016年)他

(参考) Komiyama,R.,Fujii,Y.,Energy Policy,101(2),594-611(2017), Komiyama,R.,Fujii,Y.,Renewable Energy,139,1012-1028 (2019)ほか

### ノンファーム型接続などを受けた再エネ普及で系統混雑が日本全体で発生見込み、安定供給確保に向け対策要

- 各エリアの需給バランス確保のため、再エネ出力抑制が顕在化する中、需要の大きい関東エリアでも2024年度に**再エネに起因する系統混雑が発生する見通し**(国内全エリアで再エネ出力制御の見込み)。
- ノンファーム型接続などによる再エネ普及を受け、各エリア地内系統でも2027～2028年度に混雑発生の可能性  
→**適切な混雑処理と需給バランス確保による安定供給強化が重要**
- 出力制御の頻度増加の可能性を踏まえ(優先給電ルール、地内線混雑)、市場メカニズム(メリットオーダー)の最大活用など**系統運用の効率化、日本の系統全体の電力コスト最小化が重要**。
  - 地内系統を含む日本の系統全体からみた電源や送電線運用の最適化(火力等出力抑制、地域間連系線利用[隣接エリアへの余剰電力移出]、再エネ電源等の出力制御による地内送電線容量の混雑管理と需給バランス適正化)

#### 地内系統での系統混雑(再エネ出力制御)の見通し (2024年度、関東エリア)

	年間出力制御量	最大出力制御量	出力制御時間
154kV上越幹線	1,220 kWh	680 kW	3 時間
66kV玉諸線	15,440 kWh	830 kW	26 時間

(出典)経済産業省: 新エネルギー小委員会・系統ワーキンググループ 資料5(2023年)  
<[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/shin\\_energy/kaito\\_wg/pdf/048\\_05\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/shin_energy/kaito_wg/pdf/048_05_00.pdf)>

#### 日本全体の系統混雑想定結果 (混雑設備数)

		混雑が想定される設備数		
		断面I	断面II	断面III
2027年度	基幹系統	0	0	19
	ローカル系統	0	0	101
2028年度	基幹系統	1	1	25
	ローカル系統	3	2	95

断面I:昼間ピーク需要断面、断面II:夜間ピーク需要断面、断面III:I,II以外の断面(軽負荷期等)  
(出典)電力広域的運営推進機関:第70回 広域系統整備委員会 資料(2023年)  
<[https://www.occto.or.jp/iinkai/kouikikeitouseibi/2023/files/seibi\\_70\\_03\\_01.pdf](https://www.occto.or.jp/iinkai/kouikikeitouseibi/2023/files/seibi_70_03_01.pdf)>

# 2-8. 再生可能エネルギー増に対する送電線混雑管理の対策

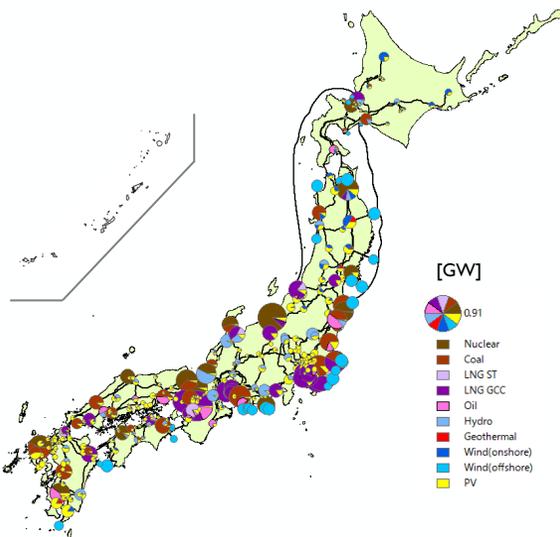
## 再エネ主力電源化に向けて、日本全国大での系統運用最適化の実現が重要な課題

- ノンファーム型接続など(送電線の空き容量の有効活用策)を受け、系統混雑が今後も発生の見込み。出力制御(優先給電ルール、地内線混雑)の実施頻度増加の可能性を踏まえ、市場メカニズム(メリットオーダー)の最大活用など**系統運用の効率化**、日本の**系統全体の電力コスト最小化**が重要。
- 日本全体での**系統運用最適化によるあらゆるリソースの最大活用**(混雑処理のための日本全体レベルでの電源差替え、出力抑制、送電線運用等)による電力コスト最小化と安定供給実現

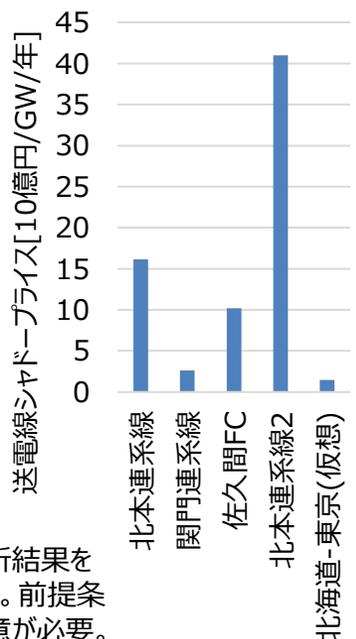
電力需給解析モデル→日本全国大での完全メリットオーダー実現によるコスト最小化と混雑管理実現への貢献

### 電力需給モデル

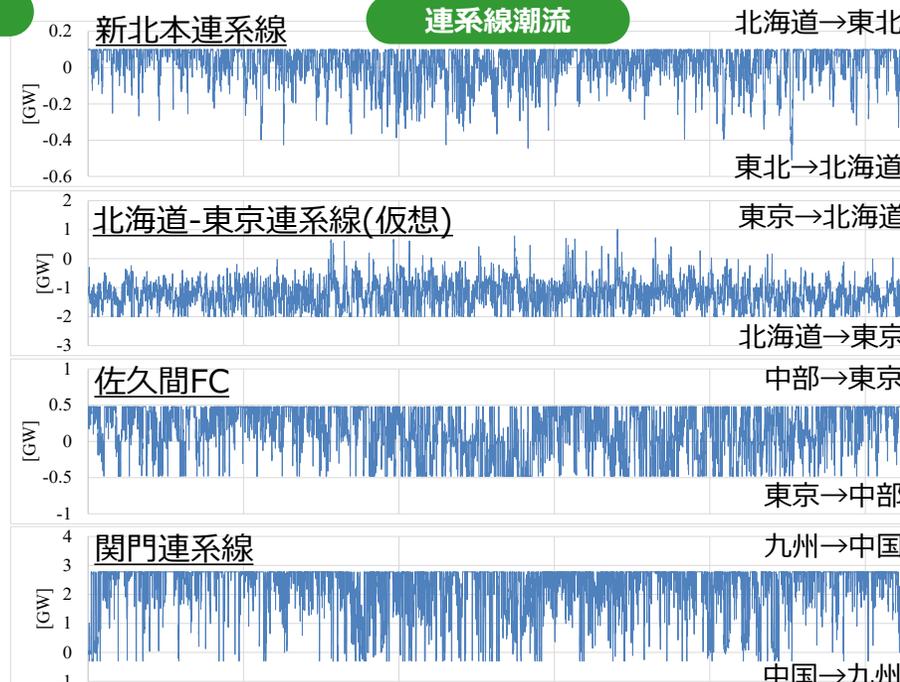
PV約200GW等での送電線混雑の分析(\*)



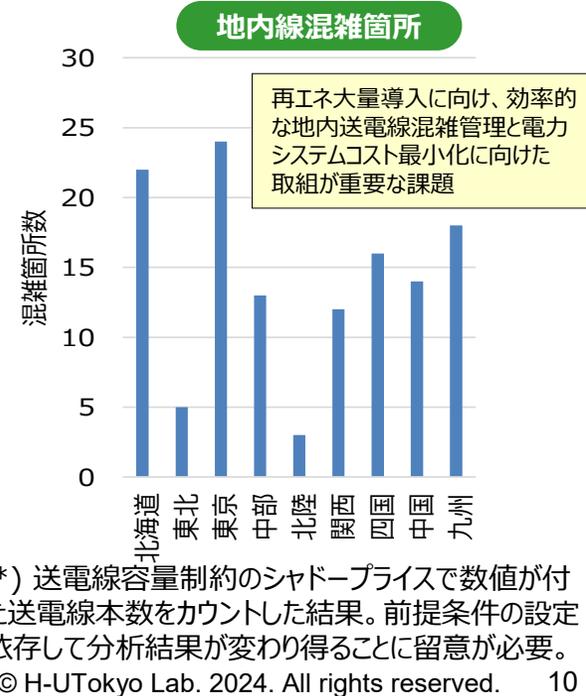
### 地域間連系線混雑の分析(抜粋)



### 連系線潮流



### 地内線混雑の分析(\*\*)



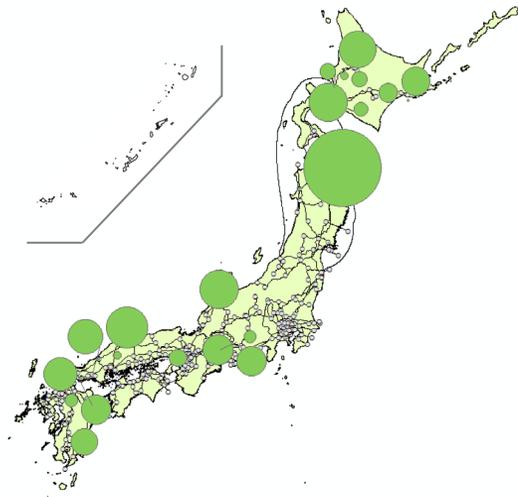
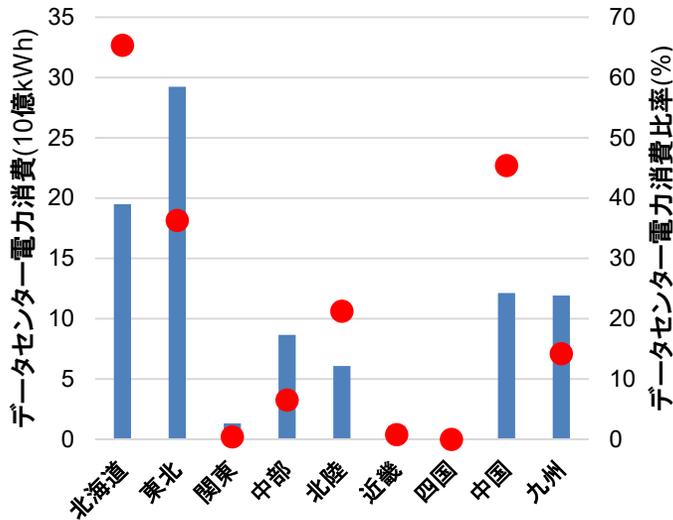
(\*) エネルギー需給モデルによる2040年断面の分析結果を前提条件とした最適化型電力需給モデルによる分析。前提条件の設定に依存して分析結果が変わり得ることに留意が必要。

## データセンターや大規模工場の電力消費拠点の適切な立地誘導が電力コスト抑制に向けた重要課題

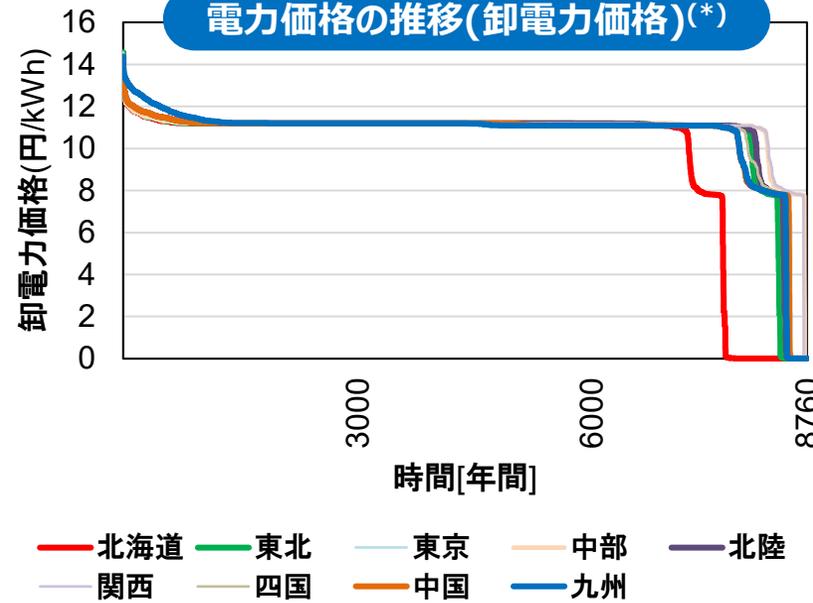
- 仮定として、ダイナミックプライシング(市場価格連動料金)の浸透や電力需要の立地誘導インセンティブが機能した場合、データセンター(ベースロード負荷を仮定)は、**卸電力価格が低下するエリアでの立地が最適**
- **立地誘導インセンティブ**の確保に向けては、ゾーン制、ノードル制といった**市場主導型での電源出力最適配分と電力系統における電力価格シグナルの形成**が有効。電力価格低下は需要創出のインセンティブに貢献。

再エネ普及を反映した価格シグナルと電源や消費の立地誘導インセンティブの形成が重要

データセンター電力消費(90TWh)の仮想的な最適配分(\*)



電力価格の推移(卸電力価格)(\*)



● 再エネ立地地域への需要増が有効、大都市圏への需要立地に対する送電網強化が必要

(\*) 経済産業省「2030年度におけるエネルギー需給の見通し(関連資料)」(2021年)での太陽光発電、風力発電等の設備容量や電力需要(8,64TWh)等を前提条件とした最適化型電力需給モデルによる仮想的な分析。データセンター負荷はベースロード負荷を想定。通信インフラのコスト等は考慮しておらず、電力のみに関する分析。前提条件の設定に依存して分析結果が変わり得ることに留意が必要。

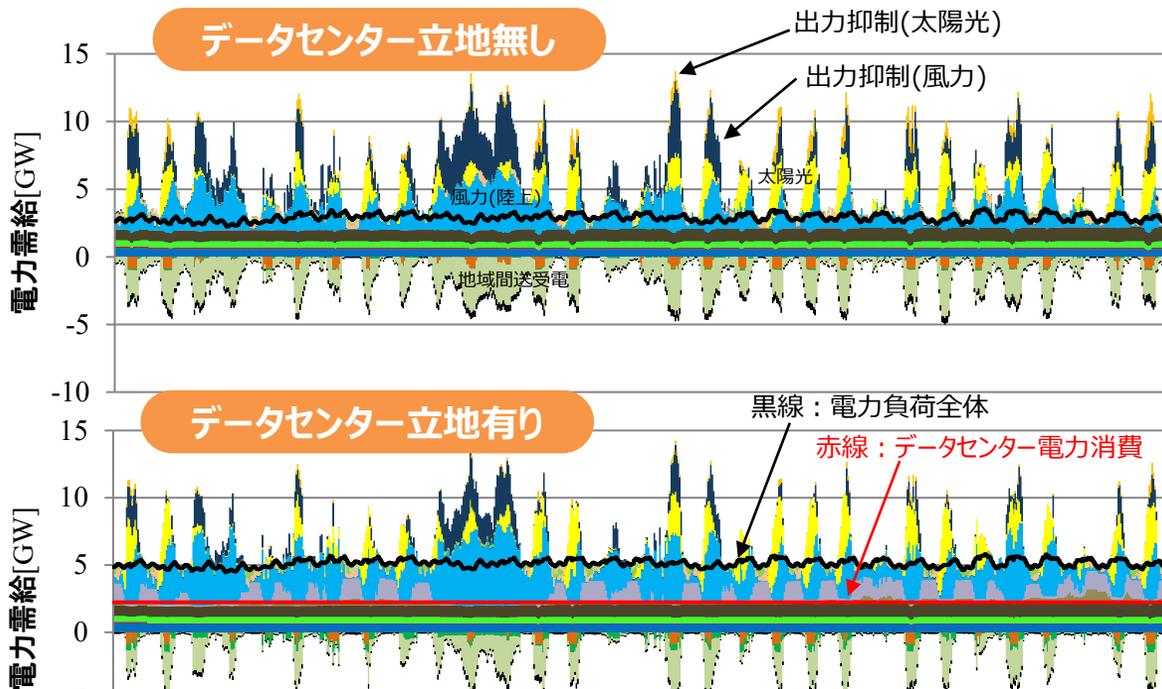
# 2-10. 電力消費拠点の立地誘導に関する分析(2)

## 電力消費拠点の最適立地誘導による再エネ接続量増加への貢献、地理的な需給ギャップ解消への貢献

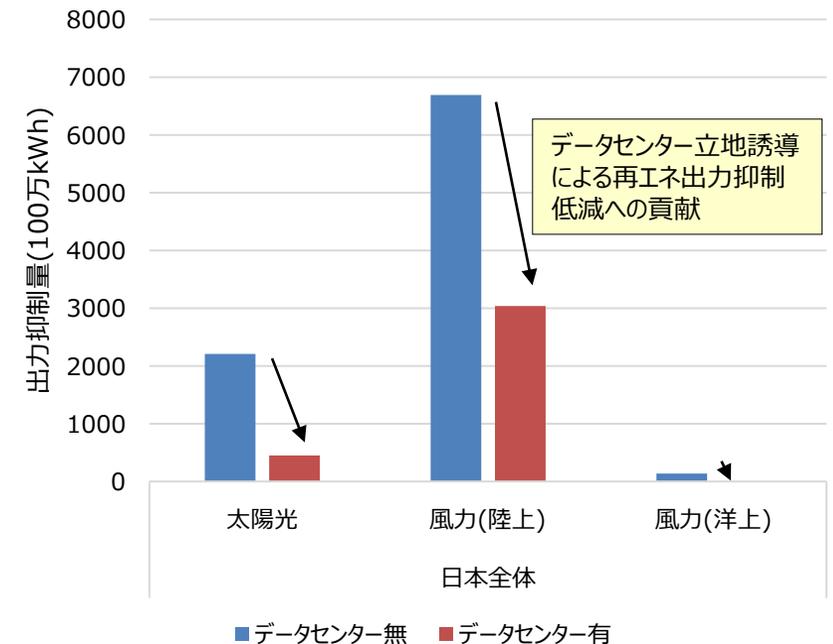
- 電力市場での立地誘導インセンティブによる、卸電力価格低下エリアにおける電力需要創出は、再生可能エネルギーの出力抑制の回避、再エネ主力電源化等に貢献する可能性。

### 電力消費誘導による再エネ接続量の拡大、再エネ出力抑制低減による需給バランス確保に向けた対策強化が必要

電力需給バランス(北海道、5月1日~5月30日)(\*)



出力抑制量(太陽光発電、風力発電)(\*)



(\*) 経済産業省「2030年度におけるエネルギー需給の見通し(関連資料)」(2021年)での太陽光発電、風力発電等の設備容量や電力需要(8,640億kWh)等を前提条件とした最適化型電力需給モデルによる仮想的な分析。データセンター負荷はベースロード負荷を想定。通信インフラのコスト等は考慮しておらず、電力のみに関する分析。前提条件の設定に依存して分析結果が変わり得ることに留意が必要。

# 2-11. 再生可能エネルギー増に対する送電線混雑管理の対策

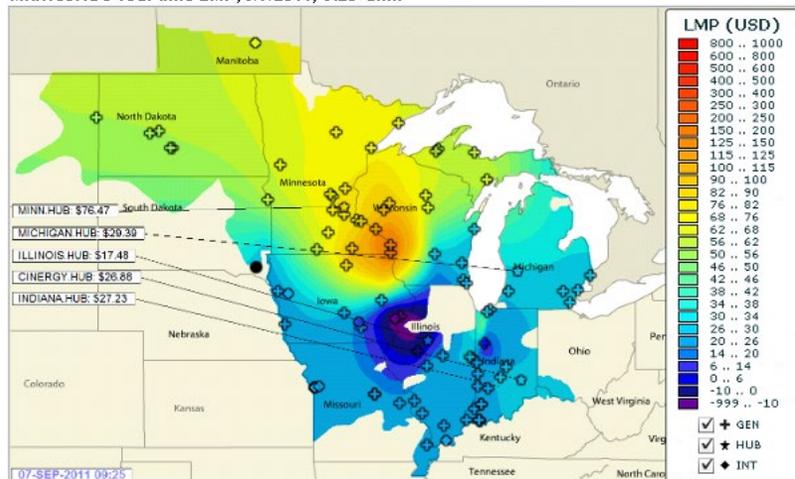
## ノードル制等の市場主導型の電力価格シグナル形成と電源・需要立地誘導インセンティブ確保が重要

- 系統混雑を抑制するための電源の立地誘導インセンティブ確保が重要な課題。ノードル制など、系統の混雑状況を反映した価格シグナルの形成が重要。
- ノードル制：系統情報(電源や需要の立地、送電制約、電源特性等)を元に系統全体の運用を最適化、系統全体での電源の経済的差し替えや出力制御、電力潮流を経済合理的に管理する枠組み
- ノードルプライシングは電源などの立地誘導に貢献の可能性(例：英国)。最適な電源立地、需要立地誘導は、再エネ出力抑制機会の低減、潜在的な送電線投資の低減に貢献

### 米国の電力市場

#### 米中西部でのLMP(電力地点別限界価格)

Midwest ISO real-time LMP, 9/7/2011, 9:25 a.m.

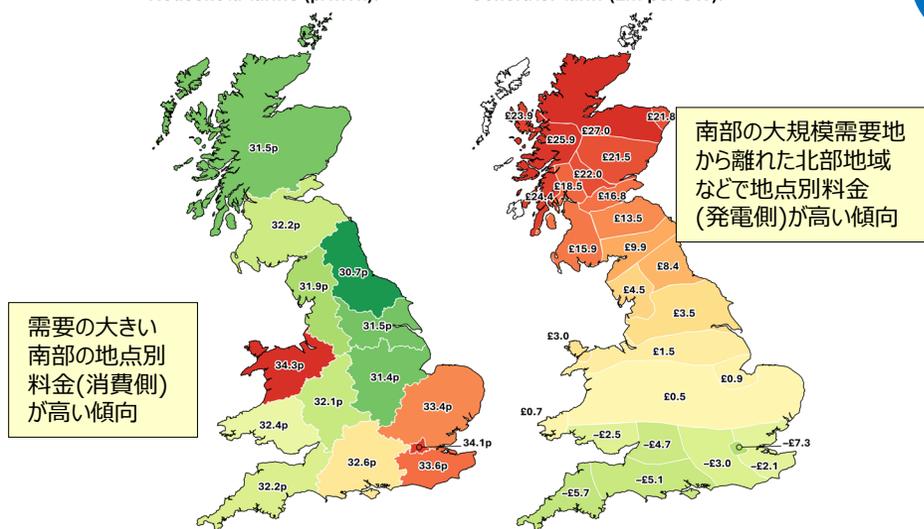


(出典)EIA/DOE: Wholesale power price maps reflect real-time constraints on transmission of electricity (2011)  
<<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=3150>>

### 英国の電力市場

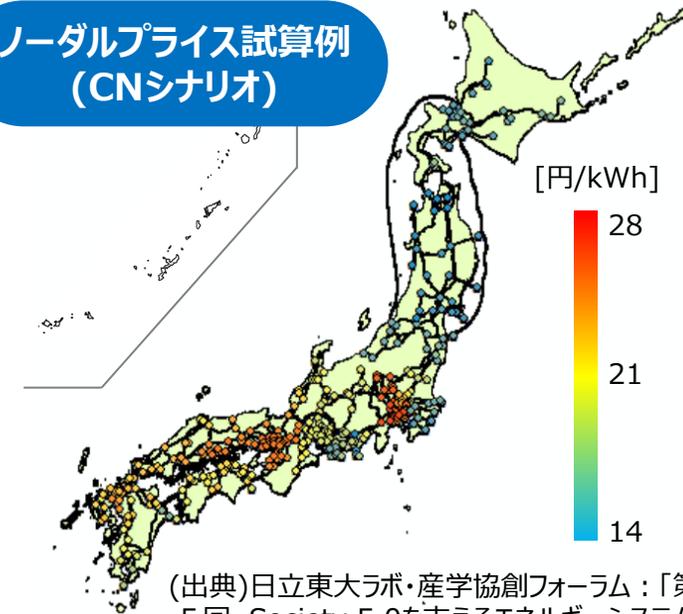
Household tariffs (p/kWh):

Generator tariff (£m per GW):

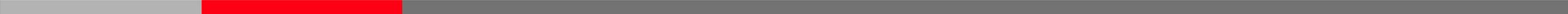


(出典) Electric Insights: Q3 2022: Locational Pricing For Britain's Electricity? (2022) <<https://reports.electricinsights.co.uk/q3-2022/locational-pricing-for-britains-electricity/>>

### ノードルプライス試算例 (CNシナリオ)

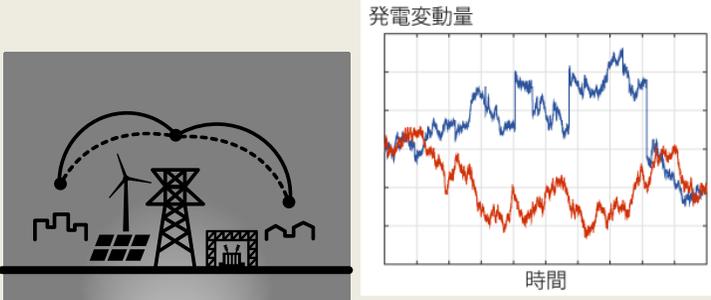
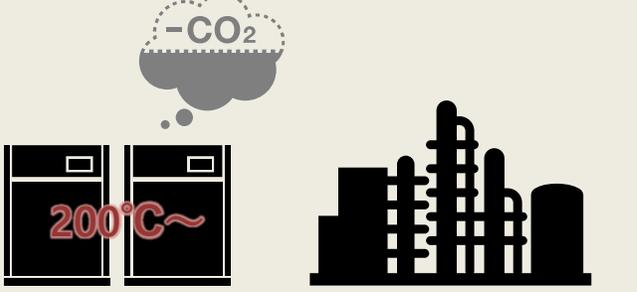


(出典)日立東大ラボ・産学協創フォーラム：「第5回 Society 5.0を支えるエネルギーシステムの実現に向けて」(2023年1月25日)



社会および産業変革を取り入れたエネルギーシステムの  
あるべき姿と成長戦略  
(後半)

CNへの移行は、システムの需給バランス・混雑管理に加えて多面的な施策を並行して進めることが必要

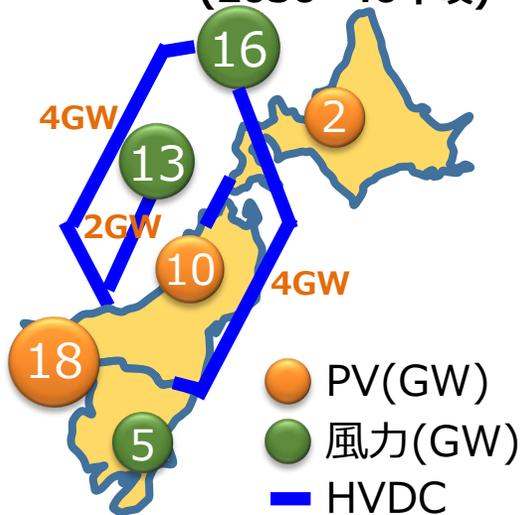
電力システム安定度の確保、 再エネ不確実性への対応	地域経済の活性化	電化困難産業の脱炭素施策
 <p>発電変動量 時間</p> <p>ブラックアウトの回避      再エネ季節変動対応</p> <p>&lt; S+3Eの堅持 &gt;                      (I-1)安定度確保と産業の強化を                      両立する誘致施策                      (I-2)再エネと調和した脱炭素電源                      の運用</p>	 <p>&lt; 環境と経済の両立 &gt;                      (II)地域住民や産業が参加する                      エネルギー協調と価値創生</p>	 <p>高温蒸気工程      大容量を要するプラント</p> <p>&lt; 熱需要にこたえるCN施策 &gt;                      (III)熱利用の高度化、生態系と                      調和するCO2吸収を含む                      多面的打ち手</p>

# 2-13. (I-1)安定度確保と産業の強化の両立

課題：データセンタ・ICT等の需要増に対し、再エネ電力を需要地へ送電する能力の増強が必要  
 提言：送電網強化に加えて、需要の配置誘導（電源地域に配置）によって、系統安定性を向上

## 検討条件

- ・系統：電力会社公開情報等から系統解析モデル作成
- ・OCCTOマスタープラン電源偏在シナリオ(45GW)から発電・需要条件を設定
- ・故障条件：岩手北部で落雷による2回線地絡故障(6LGO)(2030~40年頃)

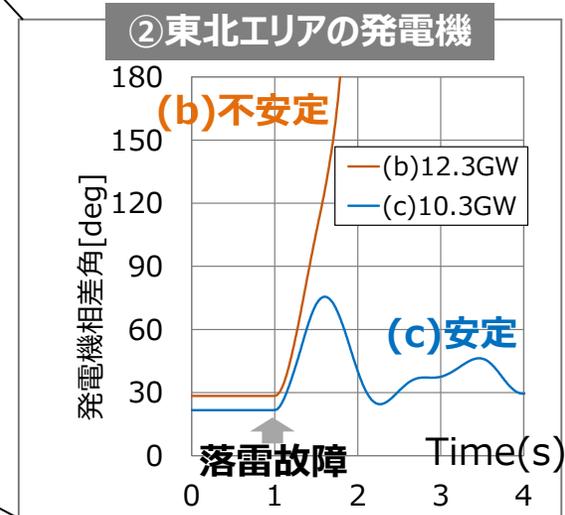
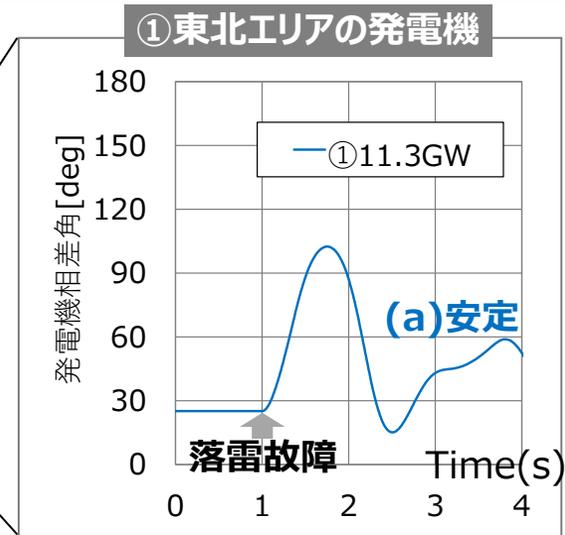


## 東北再エネ大,関東需要大の重潮流断面



\*1: 洋上風力からのHVDC送電量は除く

Case	データ中心配置	東北東京間送電電力
(a)	ベース条件 (HVDC+交流系統増強)	11.3 GW
(b)	需要地域 (関東) に増設 (1GW)	12.3 GW
(c)	電源地域 (東北) に増設 (1GW)	10.3 GW



HVDC: High Voltage Direct Current (直流送電), 6LGO: 2回線×3相地絡故障

参考：電力広域的運営推進機関「マスタープラン 中間整理」[https://www.occto.or.jp/iinkai/masutapuran/2021/210524\\_masutapuran\\_chukanseiri.html](https://www.occto.or.jp/iinkai/masutapuran/2021/210524_masutapuran_chukanseiri.html)

## 海外事例なども参考とし、再エネ電源導入に関わる社会コストを最小化する電源運用の議論が求められる

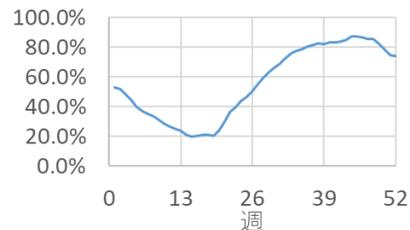
### 欧米における脱炭素電源の運用見直し例を参考とした国内議論

■ 現在、再エネ導入に要する電源調整は火力発電が担う。将来的な火力発電の減少を見据え、国内原子力の負荷追従運転を支える仕組みの議論が必要ではないか

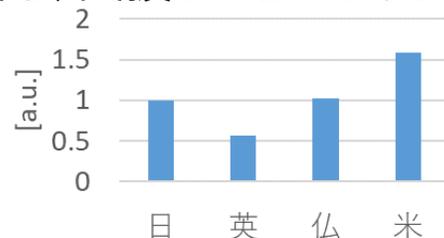


原子力発電の負荷追従運転の実績のある国々<sup>1)</sup>

■ 水力発電はエネルギー備蓄・系統安定化の機能あり。再エネ予測に基づく中期運用計画、部分改修を含むメンテナンスの便益評価に注目し、支援すべきではないか



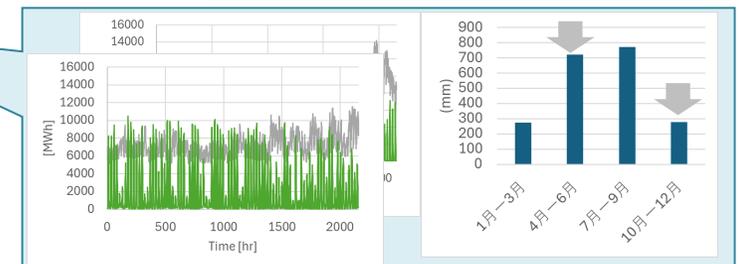
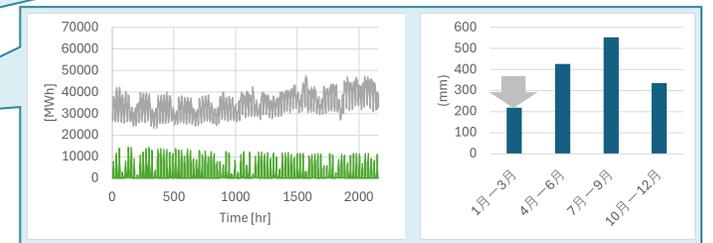
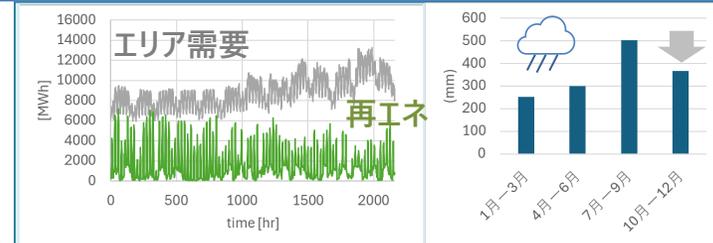
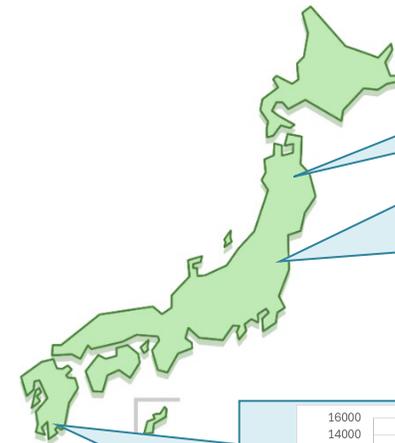
冬期電力不足に備えたスイス水力発電貯水量調整(2022年)<sup>2)</sup>



国土全体の年間降水量/GDP比率<sup>3)</sup>

### 各エリアの再エネルギーの季節変動パターンを踏まえた発電所の定期点検

最適点検を実現する  
人材確保・育成



季節ごとのエリア内需要・再エネルギー・降雨量<sup>4)</sup>

1) Nuclear Economics Consulting Group, 「原子力発電の柔軟性」(2015), [https://www.jaif.or.jp/cms\\_admin/wp-content/uploads/2015/12/sp\\_necg\\_1208-12.pdf](https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2015/12/sp_necg_1208-12.pdf)

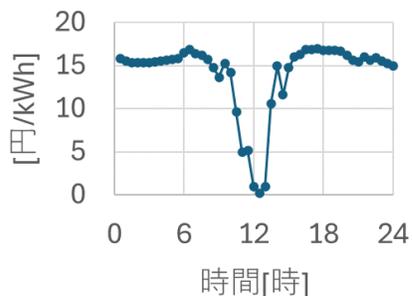
2) opendata.swiss, "Contenu des bassins d'accumulation, Dimanche 24:00 heures, bulletin hebdomadaire"を基に日立東大ラボにて作成

3) Global Note, 「世界の年間降水量 国別ランキング」, International Monetary Fund "GDP, current prices"を基に日立東大ラボにて作成

4) 2023年の東北エリア、東京エリア、九州エリアのエリア需給実績、および気象庁、「過去の気象データ検索」の平均年データを基に日立東大ラボにて作成

# 2-15. (II)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年に創出可能となる、地域からの年間調整力を概算。  
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



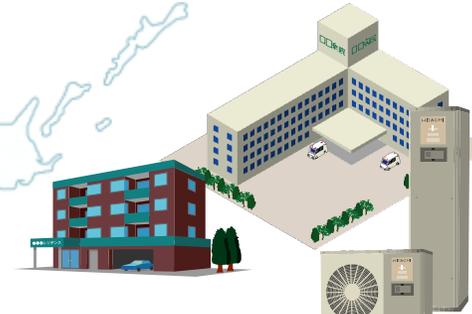
JEPXスポット価格  
(東京エリア、2023/11/1)



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<sup>1)</sup>

14.1 TWh/年<sup>2)</sup> + 9.7 TWh/年<sup>2)</sup> + 9.4 TWh/年<sup>3)</sup> = 33.2 TWh/年

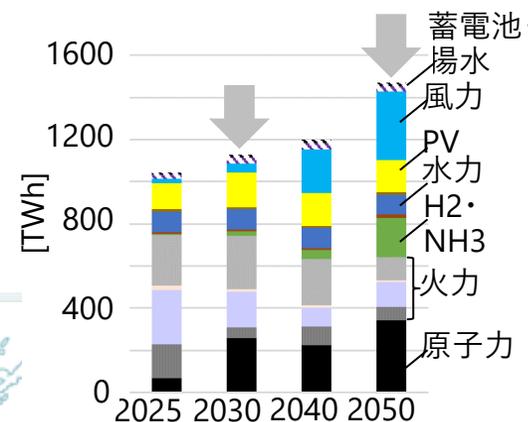
全国規模  
HP省エネ効果

2.4 TWh/年<sup>2)</sup> (21.1%) + 1.0 TWh/年<sup>2)</sup>

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



2022年度原子力活用シナリオ

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

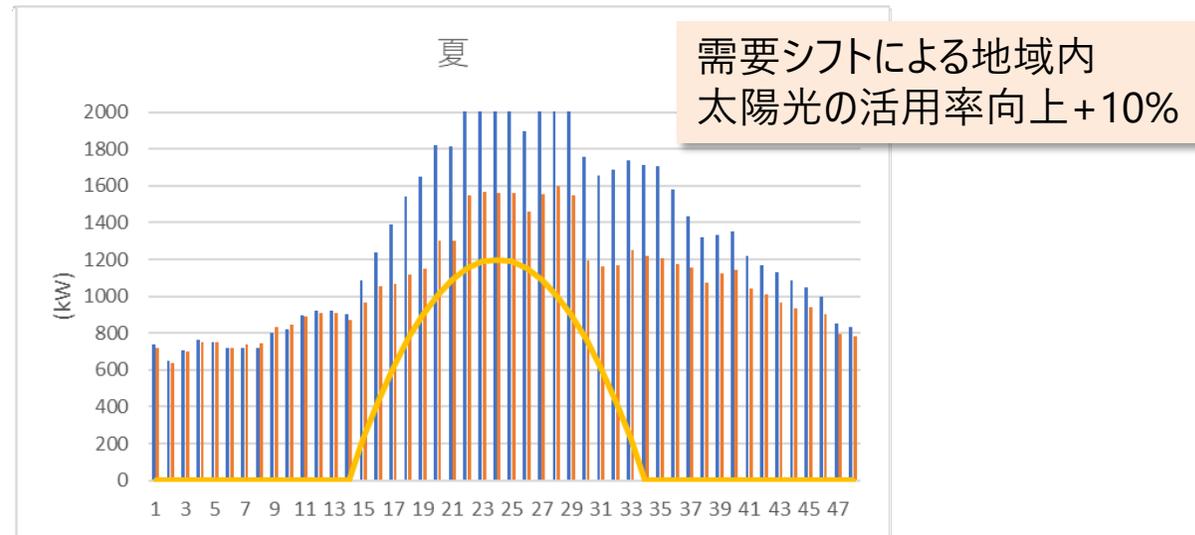
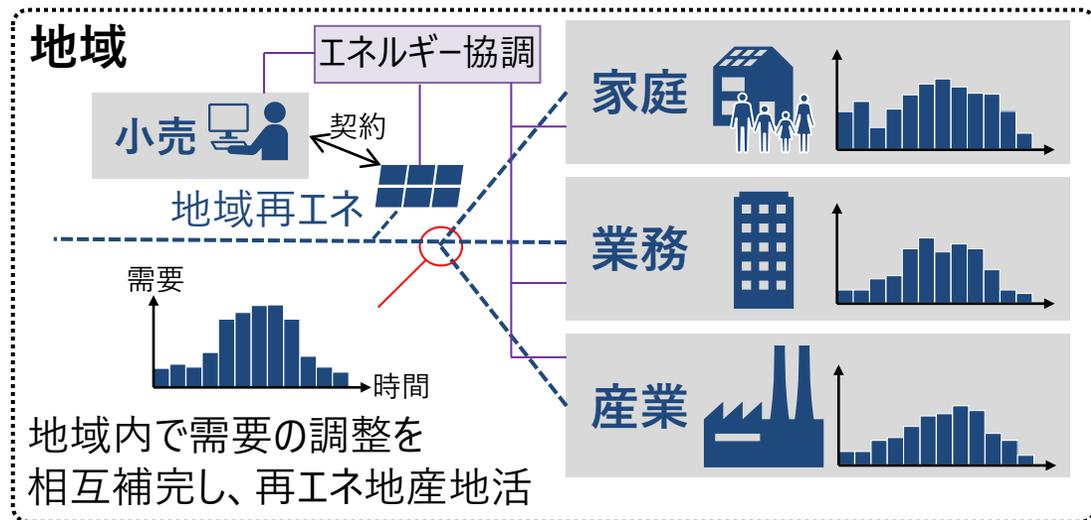
合計  
HP、EV普及率が100%なら、  
230 TWh/年に相当

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

地域アクターの有機的参画で、地域価値を創生する地産地活のGXを育成。需要家リソースのDB構築議論が必要

CN目標達成に向けたニーズの高まりにより、地域企業の環境価値調達が困難になるおそれ

地域アクターが一役を担う再エネ地産地活で、地域産業GXと継続的な地域経済効果を創出



地域需要を2MWに縮約した潮流評価<sup>1)</sup>

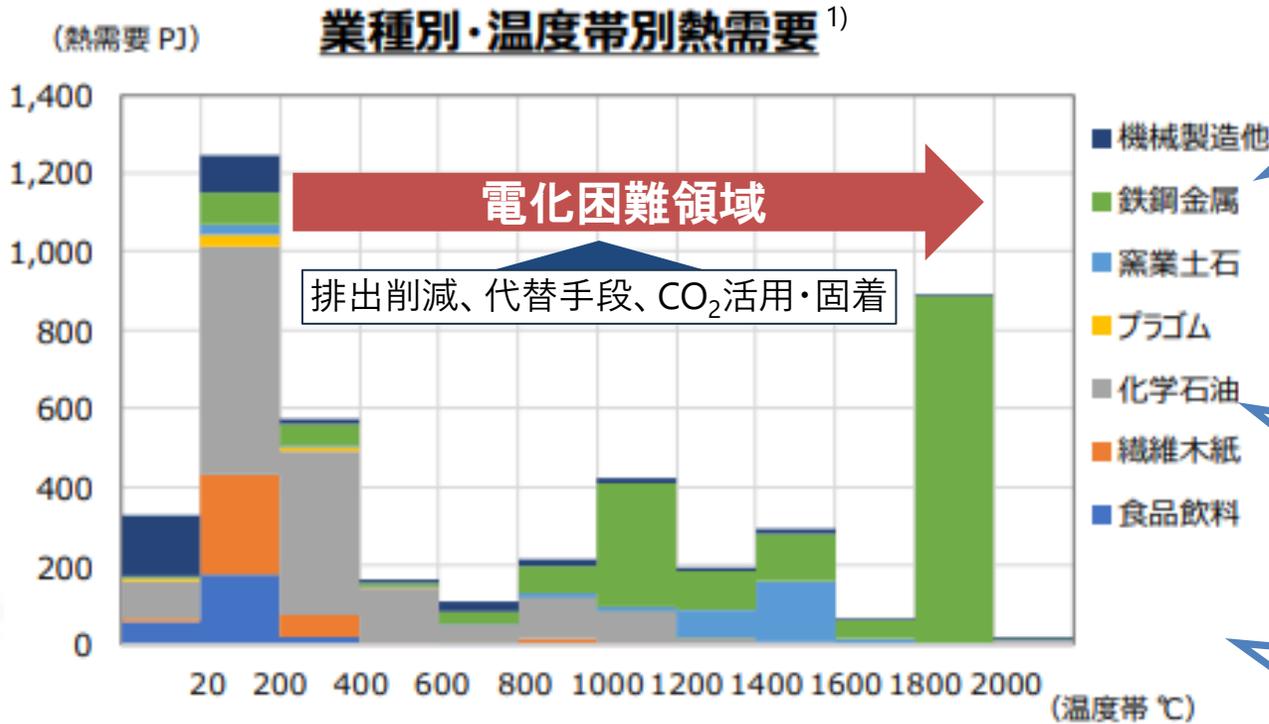
- 投資** 投資回収の見通しが効く地域再エネ・・・優良ESG投資案件
- 環境価値** 地域内の環境価値融通・・・地域アクターの有機的参画による継続的な地域経済循環
- 混雑回避** 配電混雑抑制に寄与するエネルギー利用・・・ローカル・フレキシビリティ・マーケットでの活用展開

アクター参画のエネルギー協調の基礎情報となる需要家アセットデータベースの構築を議論する場を設けるべき

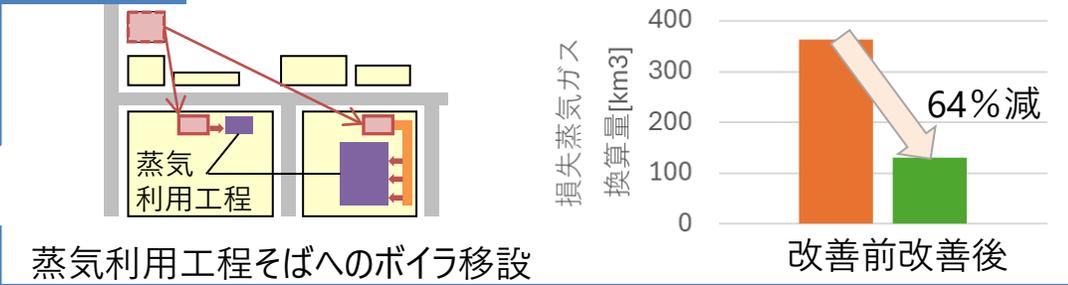
1) 東北大学「地域エネルギー需給データベース」で公開される福島県いわき市のエネルギー消費統計での業務別エネルギー消費、およびEMSオープンデータで開示される業務・産業需要を基に日立東大ラボにて試算

# 2-17. (III)電化困難産業の脱炭素施策

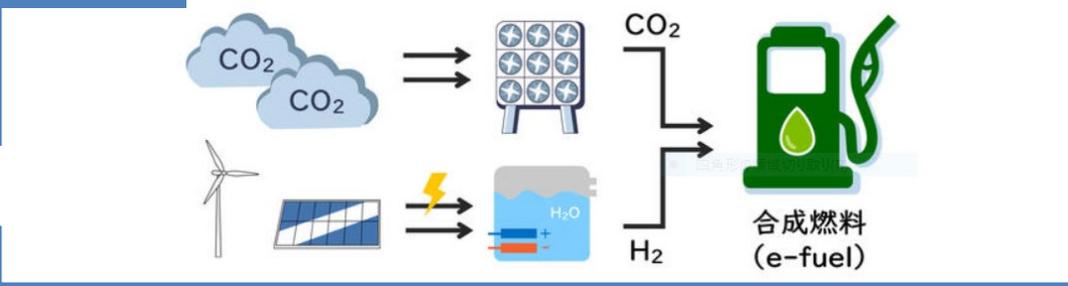
経済・レジリエンス観点で燃料の利用を避けられないエネルギー利用形態は存在。多様な打ち手の準備が必要



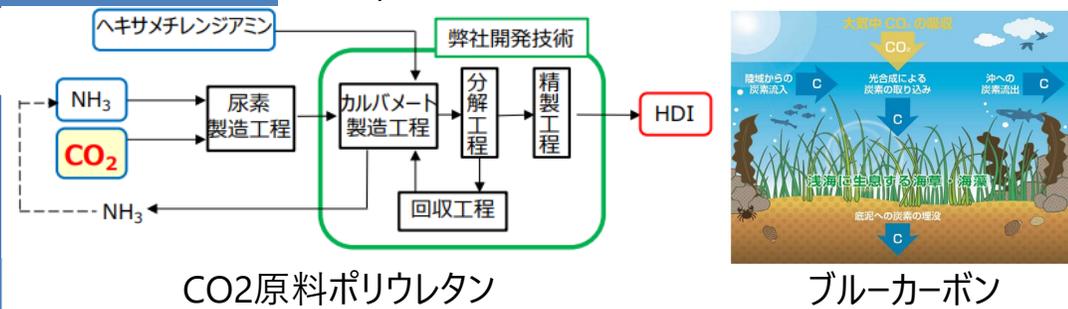
## 排出削減 熱分配の効率化<sup>2)</sup>(熱利用エンジニアリング)



## 代替手段 Bio燃料、合成燃料(e-fuel)の利用<sup>3)</sup>



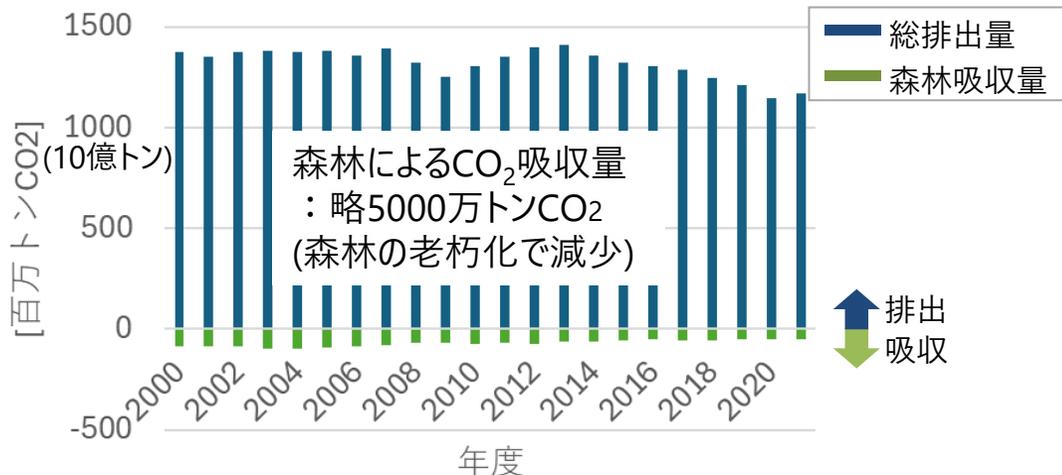
## CO<sub>2</sub>活用・固着 CO<sub>2</sub>原料化、ネガティブエミッション<sup>4), 5)</sup>



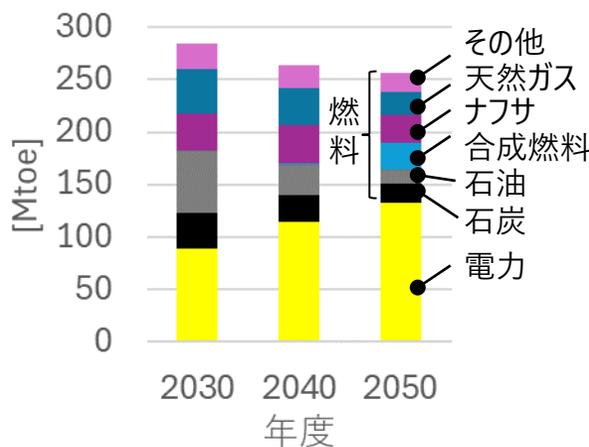
1) NEDO、「ここまで来た熱利用～脱炭素社会を切り拓く熱の3R」(2022.1)、<https://www.nedo.go.jp/content/100943196.pdf>  
 2) 日立産機システム、「ボイラ設備の分散化による配管毛色の最短化、放熱面積の低減」を基に日立東大ラポにて作成  
 3) 名古屋大学、「世界CO<sub>2</sub>ゼロ排出を達成する新たなシナリオ-直接空気回収・水素を用いた合成燃料の活用」(2023)、<https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2023/07/co2-e-fuel.html>  
 4) 旭化成、「カーボンリサイクルを実現する旭化成のCO<sub>2</sub>ケミストリーのご紹介」(2020.7)、[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/001\\_06\\_02.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/001_06_02.pdf)  
 5) 「ブルーカーボン促進のための栄養塩供給管理」プロジェクトチーム、「下水道ブルーカーボン構想」、環境システム計測制御学会(2023)

# 2-18. (III)日本の特徴を活かしたCO<sub>2</sub>循環

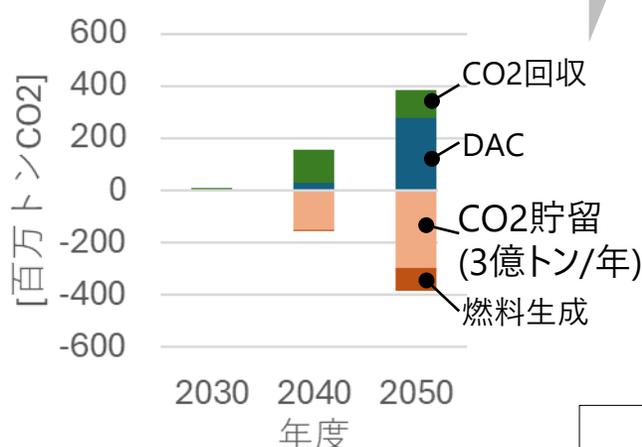
森林による現状のCO<sub>2</sub>吸収は排出量の4.5%程度。300Mt-CO<sub>2</sub>の貯留削減に向けた、新たな取り組みが必要



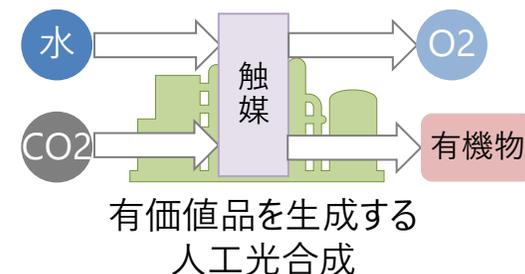
日本の温室効果ガスインベントリ<sup>1)</sup>



原子力活用シナリオにおける最終エネルギー利用とCO<sub>2</sub>バランス

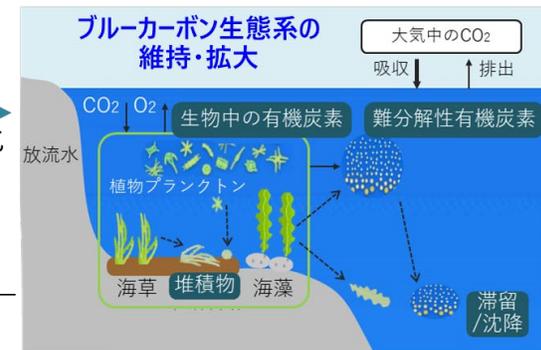
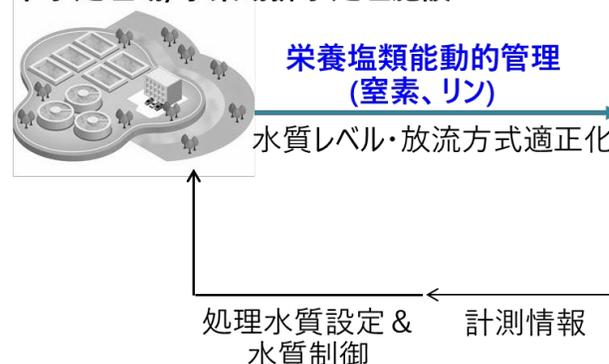


対策1：間伐材活用の木質バイオマス発電と工学的手法の併用



対策2：ブルーカーボンの活用

下水処理場/事業場排水処理施設



破壊された環境を回復しつつ、価値流通を実現するブルーカーボンの実現<sup>2)</sup>

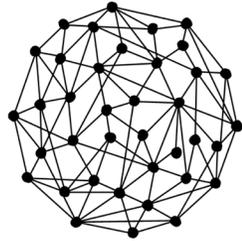
ブルーカーボン反映の温室効果ガスインベントリ報告<sup>3)</sup>を後押しし、  
価値創生と生態系回復に寄与するネガティブエミッションの加速が必要

1) 環境省、「日本国温室効果ガスインベントリ報告書（概要）」(2013)より日立東大ラボで作成

2) 「ブルーカーボン促進のための栄養塩供給管理」プロジェクトチーム、「下水道からの栄養塩共有管理によるブルーカーボン促進に関する検討」、第60回下水道研究発表会(2023)

3) 電気新聞、「環境省、海草・海藻吸収量を国連に報告へ/「ブルーカーボン」世界初算定」(2024.2.15)、<https://www.denkishimbun.com/archives/350903>

- AI等デジタル技術は、産業の成長起爆剤として期待される一方、エネルギーシステムへの影響評価が必要。検討の結果、**ICT需要による総需要26%増に技術的障壁あり**。再エネ・原子力等の脱炭素電源増設、送電網強化と合わせて、**デジタル分野でのサービス運用も含めたエネルギー・イノベーションが必要**
- データセンタ等新規の大規模需要の適切誘致により系統混雑・再エネ導入可能量の増加が期待できる。**誘致インセンティブの議論を早急に進めることが必要**
- 電源視点でのCN推進と同時に**多面的な施策を並行して進めることが必要**
- 必要な電力系統増強に加えた**安定度確保のための需要誘致、再エネと調和した脱炭素電源の運用、の議論が重要**
- 地域では**アクターが一役を担う再エネ地産地活で、地域産業GXと継続的な地域経済効果を創出することが望ましい**。その実現に向けた**需要家アセットDB構築を議論すべき**で、日立東大ラボはその価値評価、および実証に向けた体制づくりを進める
- 電化困難産業の脱炭素化には、**熱利用効率化のエンジニアリング、脱炭素燃料、ネガティブ・エミッションのイノベーションが必要**。工業的手法に加えて、島国の特徴を活かし、**自然と共存するブルーカーボンの活用を進めるべき**。日立東大ラボはブルーカーボンの温暖効果ガスインベントリへの反映を支援し、英国インペリアルカレッジと連携してサステナブルなブルーカーボンの実現に向けた分析を進める



**H-UTokyo Lab.**