



「2050年カーボンニュートラル」への挑戦 －日本の課題と電中研の取り組み－

(一財) 電力中央研究所 特任役員
企画グループ

長野 浩司

日経調CN委員会

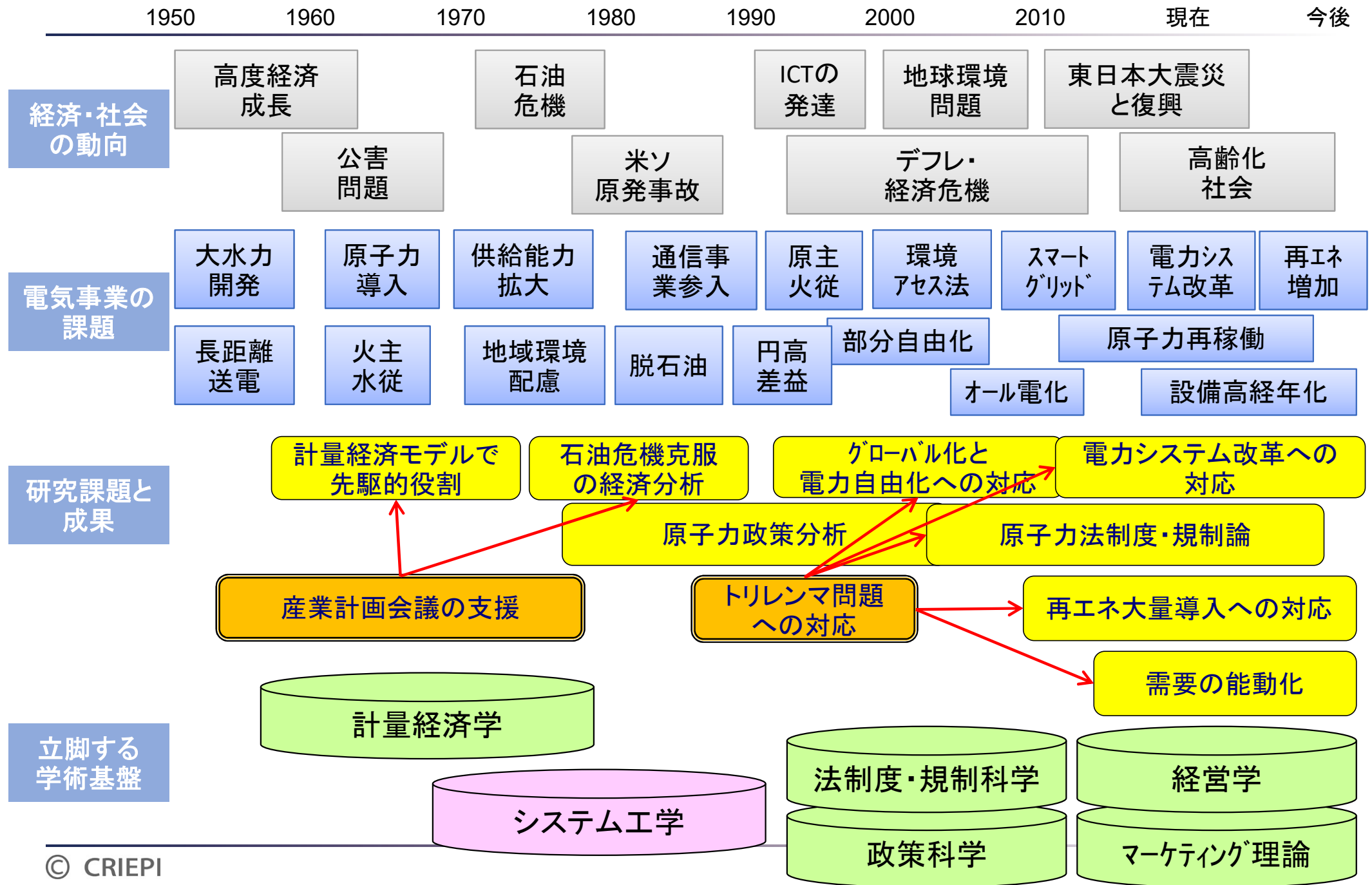
2022年2月8日

 電力中央研究所

電力中央研究所の社会科学研究的沿革

- 1952年の電力技術研究所改組（電力中央研究所発足）時に、経済研究部門を併設
 - 1953年「電力経済研究所」設置
 - 松永安左衛門「設立にあたって」
「経済の知識を生かして技術の研究を行う必要」
「電気事業に携わる各種の専門家が互いに入り交って、他の専門（土木、機械、電気、
経済、法律など）の知識を行住坐臥の間にできるだけ理解すること」
- 「産業計画会議」（1956-78）の活動と提言（全16件）
 - 実現した提言の例：旧・国鉄の分割民営化、減価償却制度（耐用年数）見直し、東京湾横断道、原子力政策（原子力委員会の再編強化）
- 1970年「経済研究所」に改称（2004年～：**社会経済研究所**）
 - マクロ経済モデル分析が中核：1990年代に、予測精度で一定の評価
- 対象・学術分野の追加・拡大
 - 原子力政策（1980年代後半～）
 - エネルギーシステム分析・技術評価（1980年代後半～）
 - 電気事業制度・電力経営（1990年代～）
 - 温暖化政策・制度（1990年代後半～）
 - 省エネ・節電の制度と実態（1990年代後半～）
 - 再エネ政策・制度（2000年代～）

電中研の社会科学的研究の変遷と対応課題の変化



報告内容

1. カーボンニュートラルとは？
2. 日本政府の見解と計画は？
3. 変動性再生可能エネルギー*は現実的にどこまで導入可能か？
4. 電中研はCN実現に向けてどのように取り組んでいくか？

* Variable Renewable Energy, VRE.

お伝えしたいこと

- ◆ カーボンニュートラル(CN)は、需要の電化と電源構成の低炭素化により達成される。その一方で、残余の排出は同量の「負の排出」で相殺されねばならない。とくにコロナ時代を経て、需要側の対策の重要性が高まる。
- ◆ 日本政府は2050年CN実現に向けた公式見解や計画を提示しているが、その達成に伴う不確実性は大きい。とくに、電源構成の脱炭素化の鍵を握る再生可能エネルギー、原子力については、特段の努力を要する。
- ◆ 電力中央研究所は、エネルギー・電力に特化した研究開発機関として、「脱炭素化と需給の最適化の両立」を目指した研究開発を推進していく。

茅恒等式 (*Kaya Identity*)

ある地理的範囲及び時間範囲において、常に次式が成り立つ

$$CO2 = \frac{CO2}{E} \times \frac{E}{GDP} \times \frac{GDP}{POP} \times POP$$

ここに、

$CO2$: CO_2 排出量

$CO2/E$: 一次エネルギー消費あたり CO_2 排出量 (炭素強度)

E/GDP : GDPあたり一次エネルギー消費量 (エネルギー原単位)

GDP/POP : 人口一人あたりGDP

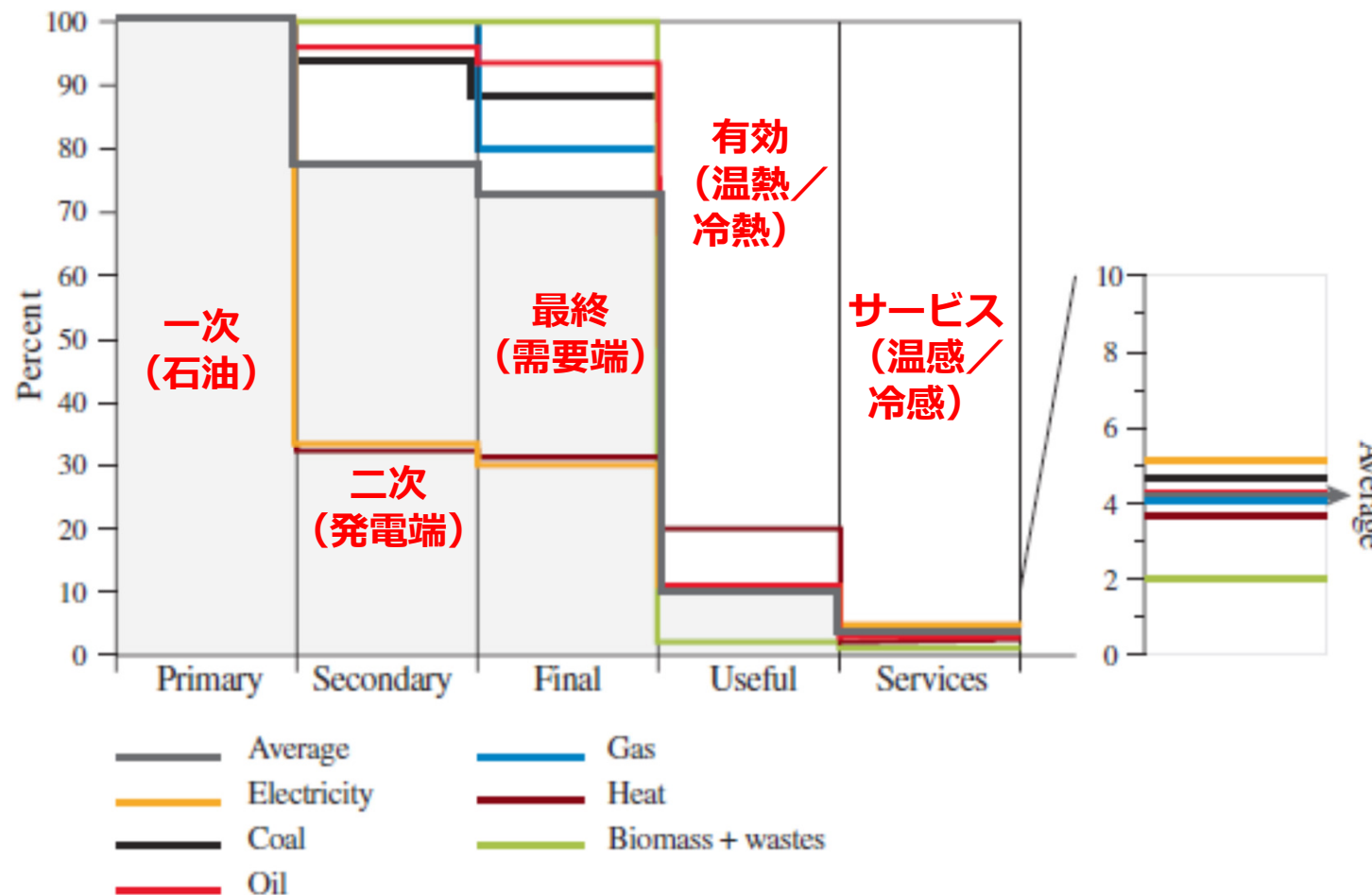
POP : 人口

右辺のいずれかの項が1%増える／減る とき、左辺も1%増える／減る。

CO_2 排出量削減とは、一人あたりの豊かさを最大にしつつ、炭素強度とエネルギー原単位を下げる

茅恒等式については、たとえば以下を参照のこと : IPCC (2000) Special Report on Emissions Scenarios.
<https://www.ipcc.ch/report/emissions-scenarios/>

電力のエクセルギー効率



出典：Global Energy Assessment, Chapter 1: Energy Primer (2012)より
改変

図は、一次エネルギーが含有していたエネルギーのうち、各段階で利用可能な残存割合（サービス段階ではエクセルギーExergy、OECD加盟国平均）

赤字は、石油火力発電によるエアコン使用の場合を例。

- ◆ 電力は、発電時（一次→二次）の損失は大きいですが、輸送・使用段階での効率が高く、エクセルギー効率が最も高い

CO₂排出削減の基本方程式

◆ 基本式

$$CO2 = CO2_{EE} + CO2_{NE}$$

$$= \left\{ \underset{\substack{\uparrow \\ \text{電化率}}}{\alpha} \times \left(\frac{CO2_{EE}}{EE_p} \times \frac{1}{\eta_{EE}} \right) + (1 - \alpha) \times \left(\frac{CO2_{NE}}{NE_p} \times \frac{1}{\eta_{NE}} \right) \right\} \times \underset{\substack{\uparrow \\ E_S \text{ の削減} \\ (\Rightarrow \text{削工ネ}) \\ \text{によっても、} \\ \text{CO}_2 \text{ 排出削減} \\ \text{は可能}}}{E_S}$$

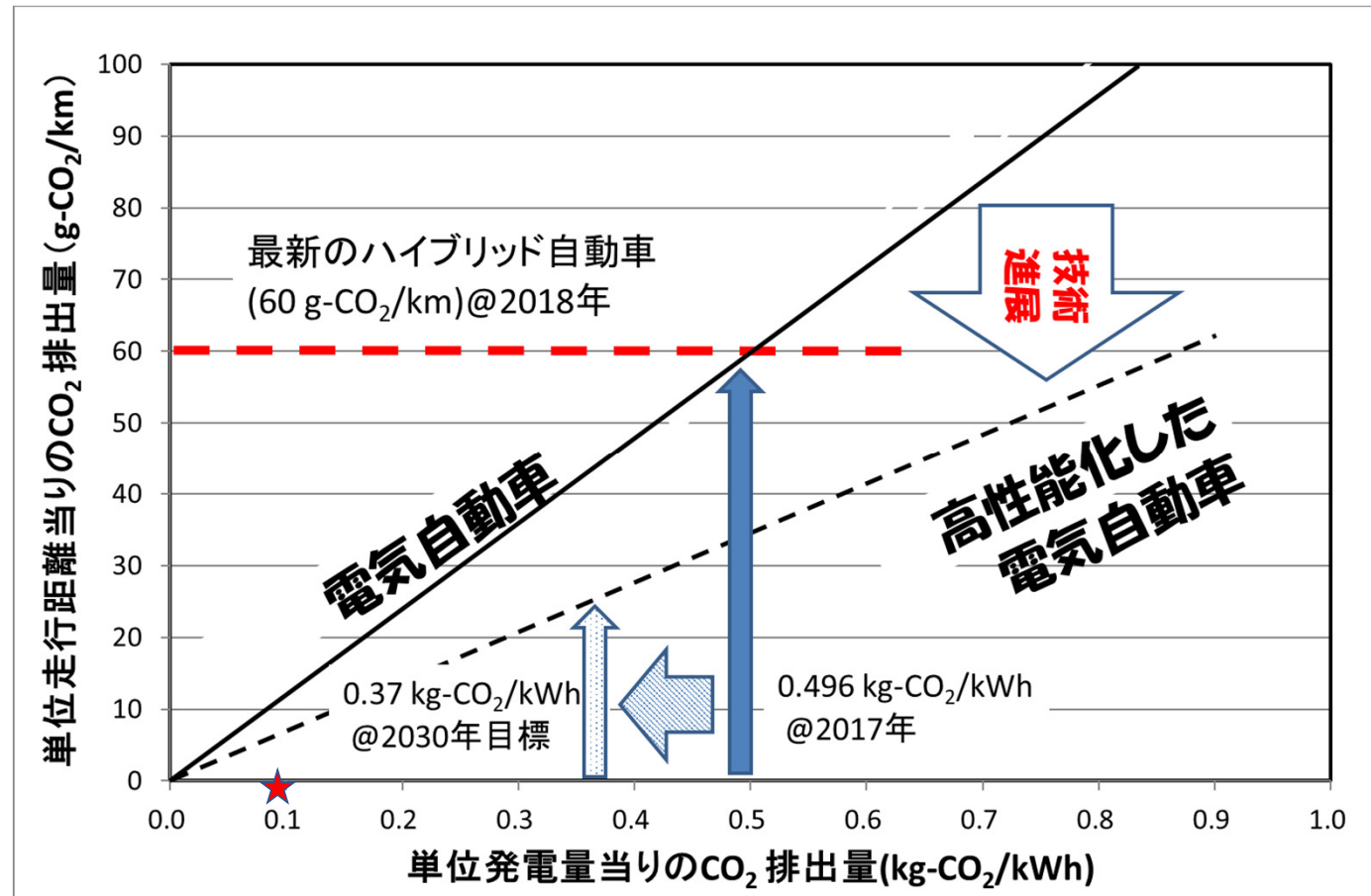
エネルギーサービス需要
 E_S のうち、電力による
 部分のCO₂排出係数

エネルギーサービス需要
 E_S のうち、電力以外に
 よる部分のCO₂排出係数

電化 ($\alpha \uparrow$) に伴う省CO₂効果は、以下の両面の相乗効果として発揮される

- 電力の高エクセルギー効果 ($\eta_{EE} > \eta_{NE}$)
- 電源の低炭素化／ゼロ炭素化 ($CO2_{EE}/EE_p \rightarrow 0$)

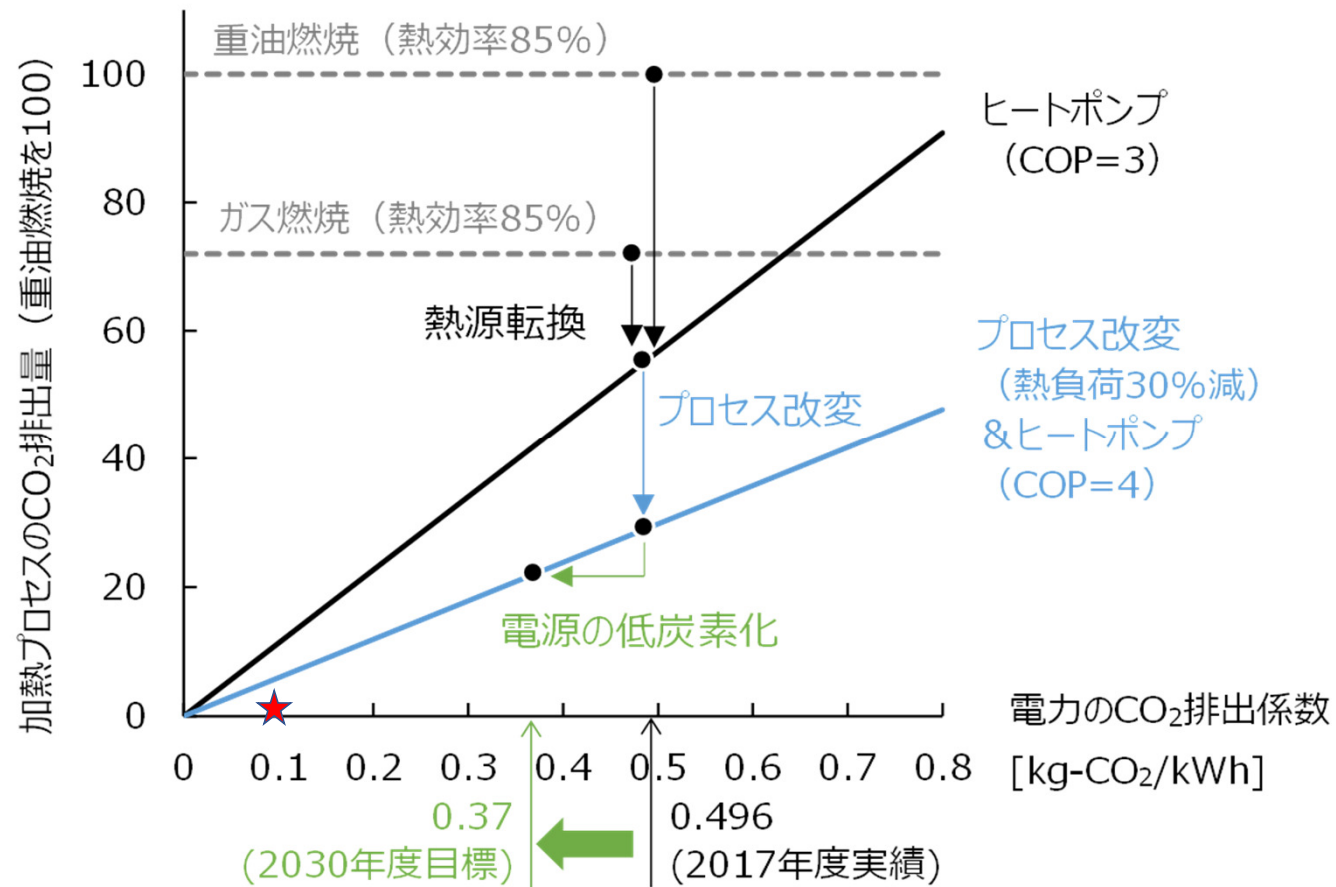
定量的検証（１）：電気駆動車



参考：池谷「EV本格普及に向けた充電インフラ構築の動きと課題」
電気学会誌Vol.133,
No.1, p.10-12 (2013)

◆ 電化と電源の低炭素化の相乗効果が顕著

定量的検証（２）：産業用HP

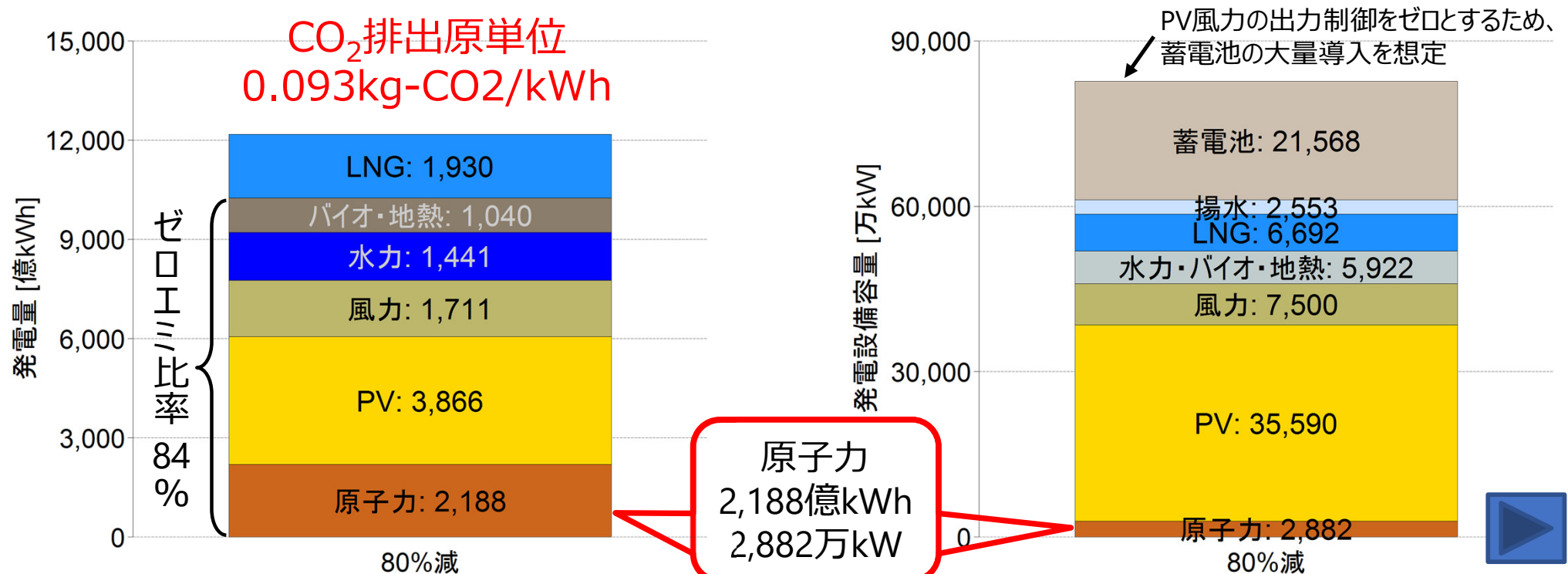


出典：甲斐田「技術進展で適用範囲拡大－産業用ヒートポンプ」電気新聞 2020年2月3日版第10面

◆ 技術進歩による高効率化で、相乗効果の一層の助長を期待

2050年CO₂△80%試算例：2050年の電源構成

- ◆ 電力部門の排出量を2050年に約6,500万t-CO₂とする条件の下で、最大規模の再エネ導入ポテンシャルが実現し、出力制御をしないという前提で、CO₂排出量制約が許す範囲で火力電源（簡単化のためLNGのみとして試算）を運用するが、周波数制御の制約（回転機が系統需要の1/2を担う）を満たさない
- ◆ その結果、2050年の原子力発電の発電電力量は約2,200億kWh（設備利用率を86.7%と想定した場合、設備容量では約2,900万kW）必要となる



カーボンニュートラルとは？

■ 温度上昇と累積CO₂排出量の近似的な比例関係

- IPCC第5次評価報告書（AR5）で初めて示され、AR6でも確認
- 温度上昇を一定のレベルに抑えるためには、累積CO₂排出量を抑える必要

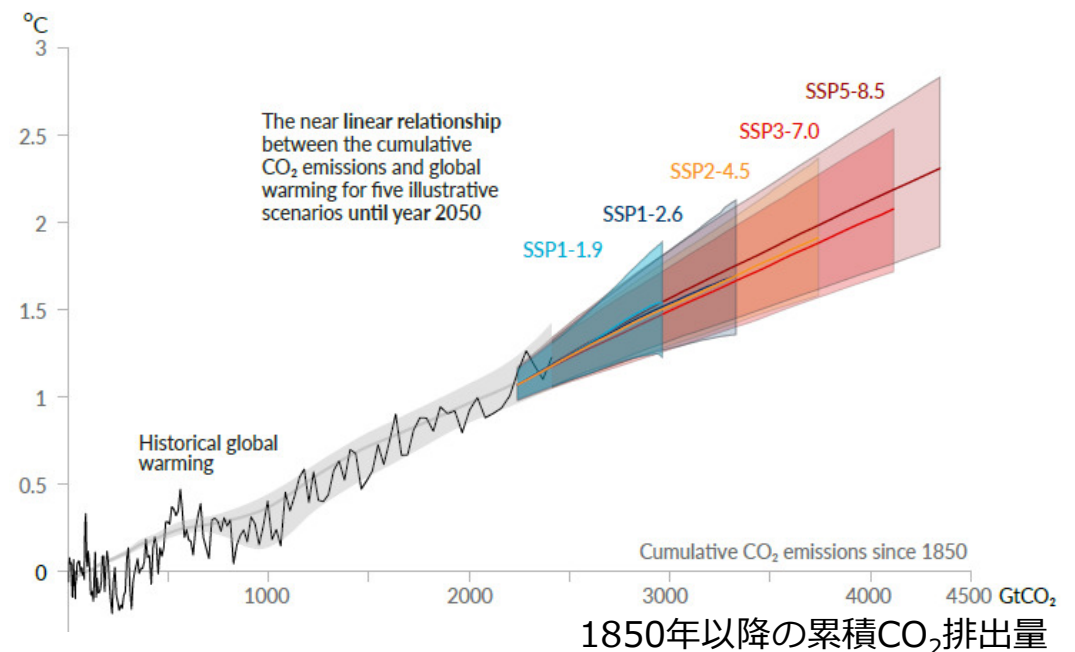
⇒ ネットゼロ排出議論の出発点

■ パリ協定（第4条1項）

- 「今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との間の均衡を達成」

⇒ 世界全体での温室効果ガス
ネットゼロ排出目標を明示

1850-1900年以降の世界の気温の上昇



累積CO₂排出量と温度上昇

出典：IPCC Working Group I (2021)

IPCC1.5度特別報告書シナリオデータの分析

■ IPCC1.5度特別報告書（SR15）

- 2018年10月公表
- 1.5度の温度上昇と統合的な世界全体の排出経路並びにCO₂ネットゼロ排出の時期が示された

■ SR15シナリオデータ

- SR15では、世界中の研究機関によって作成された411のシナリオを分析

■ CO₂ネットゼロ排出達成時点のCO₂排出・除去とエネルギー関連指標を分析

- CO₂のネットゼロ排出の達成に着目してシナリオを抽出
- SR15シナリオの半数（205）が該当

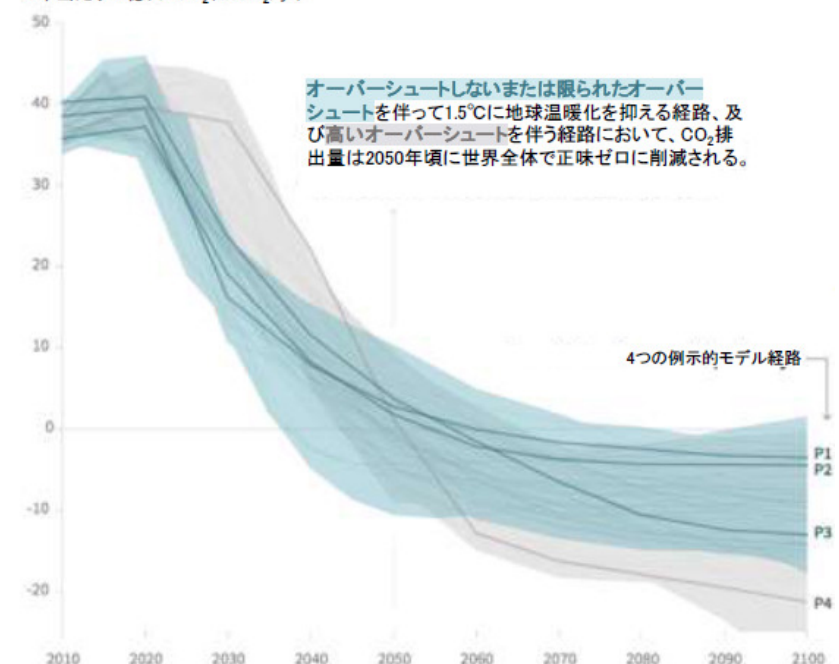
世界全体のCO₂ネットゼロの時期

1.5度の温度上昇の場合：2050年頃

2度の温度上昇の場合：2070年頃

世界全体のCO₂正味排出量

1年当たり10億トンCO₂(GtCO₂/yr)



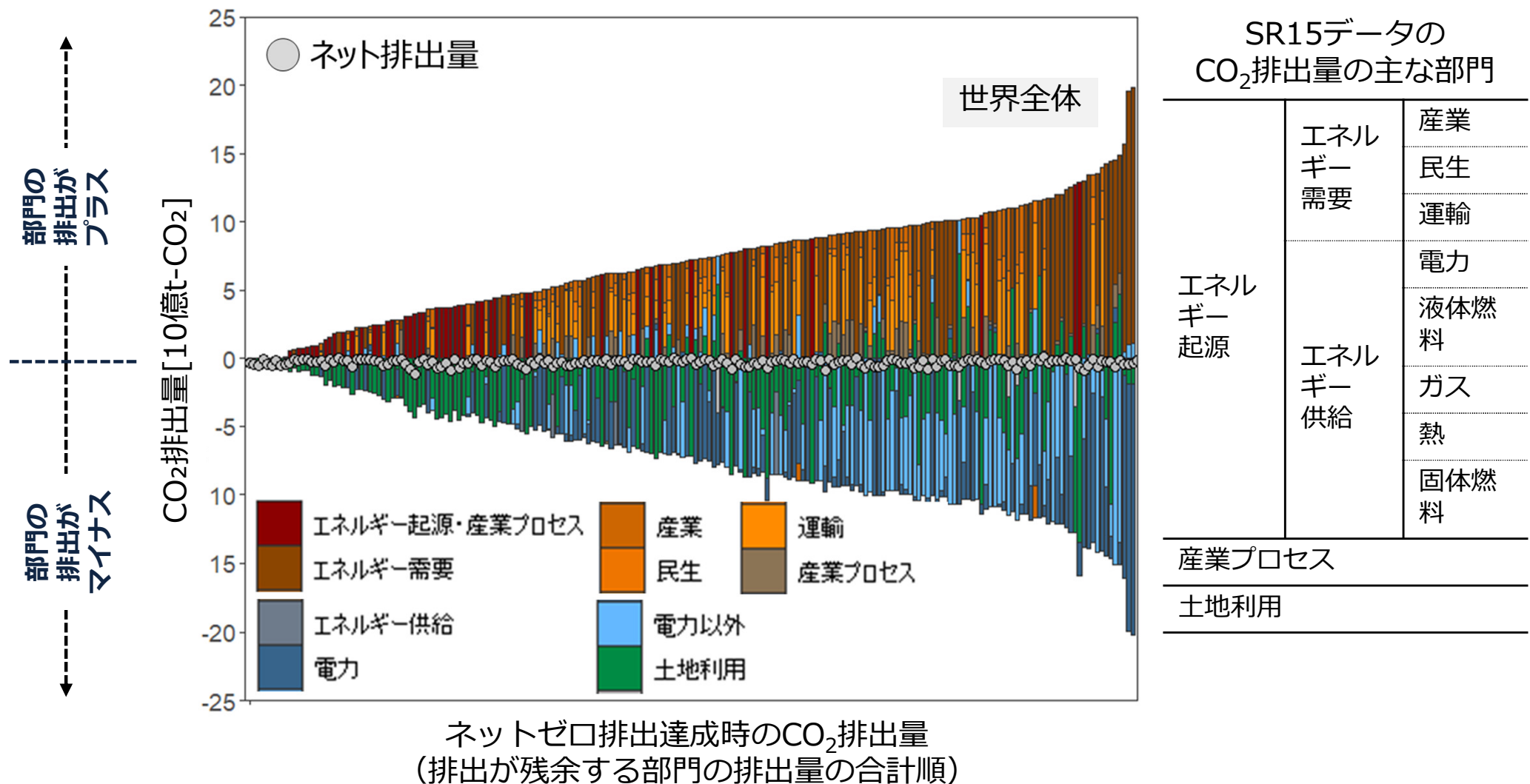
出典：環境省（2019）

出典：電中研 研究報告Y20001、堀尾・坂本（2020）

多様なカーボンニュートラルの姿

CO₂排出・除去（1）

- カーボンニュートラル達成時に残存するCO₂排出の量や内訳は様々

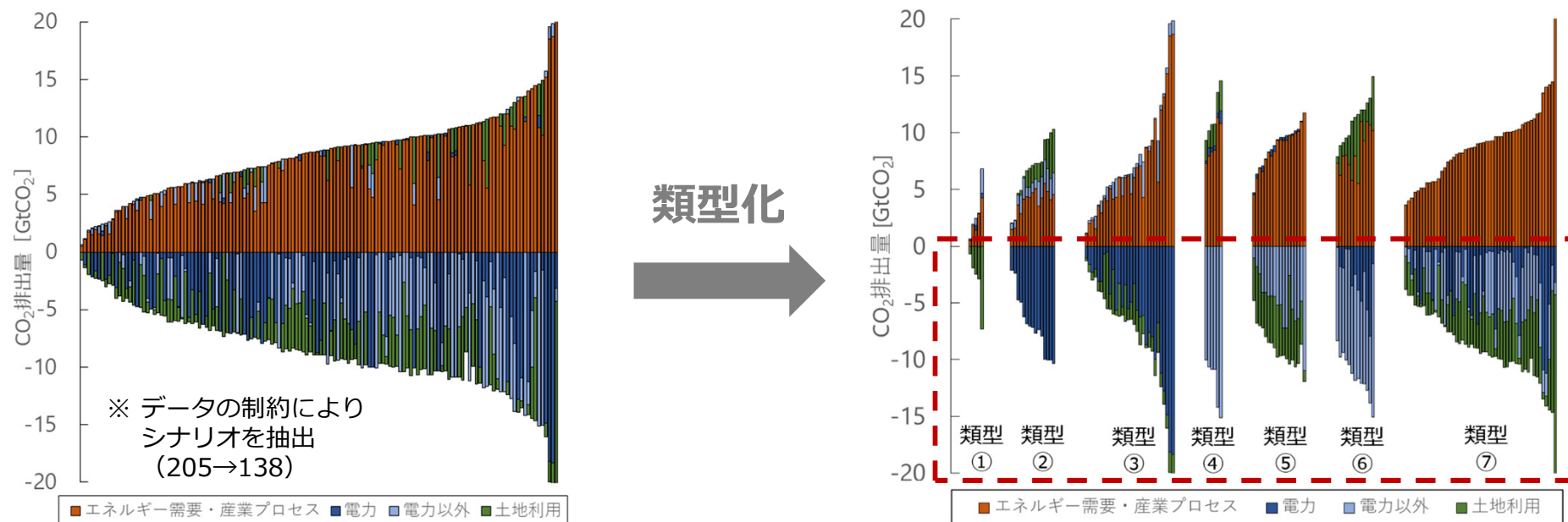


出典：電中研 研究報告Y20001、堀尾・坂本（2020）

多様なカーボンニュートラルの姿

CO₂排出・除去（2）

排出量の符号がわかる3つの部門（**土地利用**、**電力**、**液体燃料**）に着目
負の排出技術の**組合せ**により、7つに類型化



排出量がマイナスとなる部門では**二酸化炭素除去（CDR: Carbon Dioxide Removal）**を導入
(ただし、その他の部門では入らない、というわけではない)

想定されている主なCDR技術（ネガティブエミッション技術、NETsとも呼ばれる）

土地利用 : 植林

電力 : CO₂回収・貯留付バイオエネルギー（BECCS）*燃料使用時にCO₂を回収

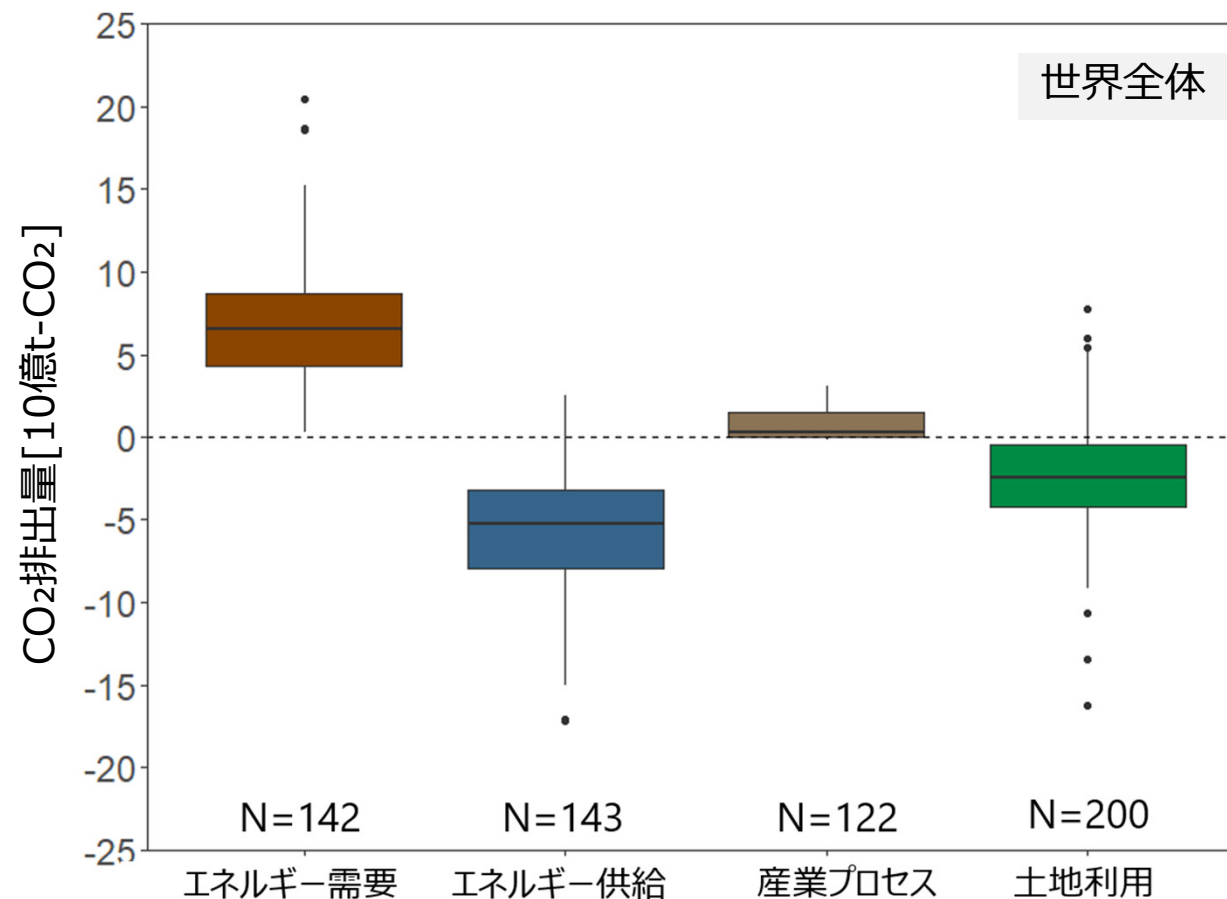
液体燃料 : CO₂回収・貯留付バイオエネルギー（BECCS）*燃料製造時にCO₂を回収

（注）SR15の時点では、直接空気回収・貯留（DACCS）を想定したシナリオは極めて少なかった

多様なカーボンニュートラルの姿

CO₂排出・除去（3）

- エネルギー需要と産業プロセスの排出量は全てのシナリオでプラス
- エネルギー供給と土地利用の排出量はプラス・マイナスどちらもある
 - マイナスは、排出量よりも除去量が多いことを示す



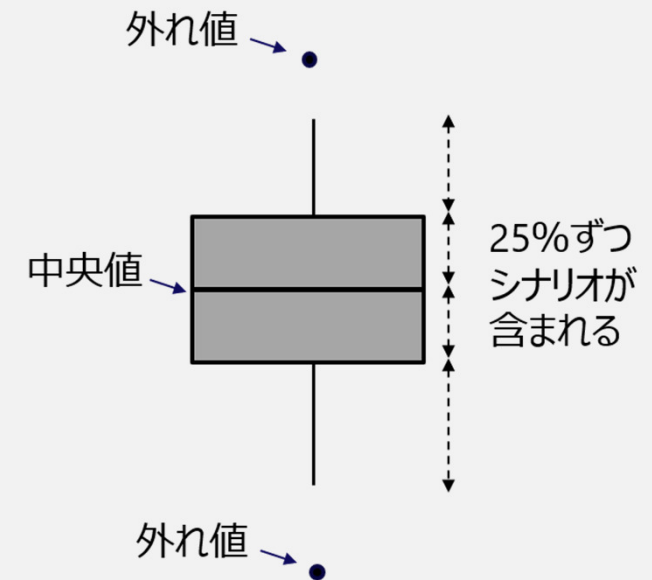
※シナリオ毎に報告されている部門にばらつきがあるため、シナリオ数(N)が205未満となっている。

グラフ（箱ひげ図）の見方

データのばらつきを視覚的に表している

ばらつき大：箱・ひげが広い

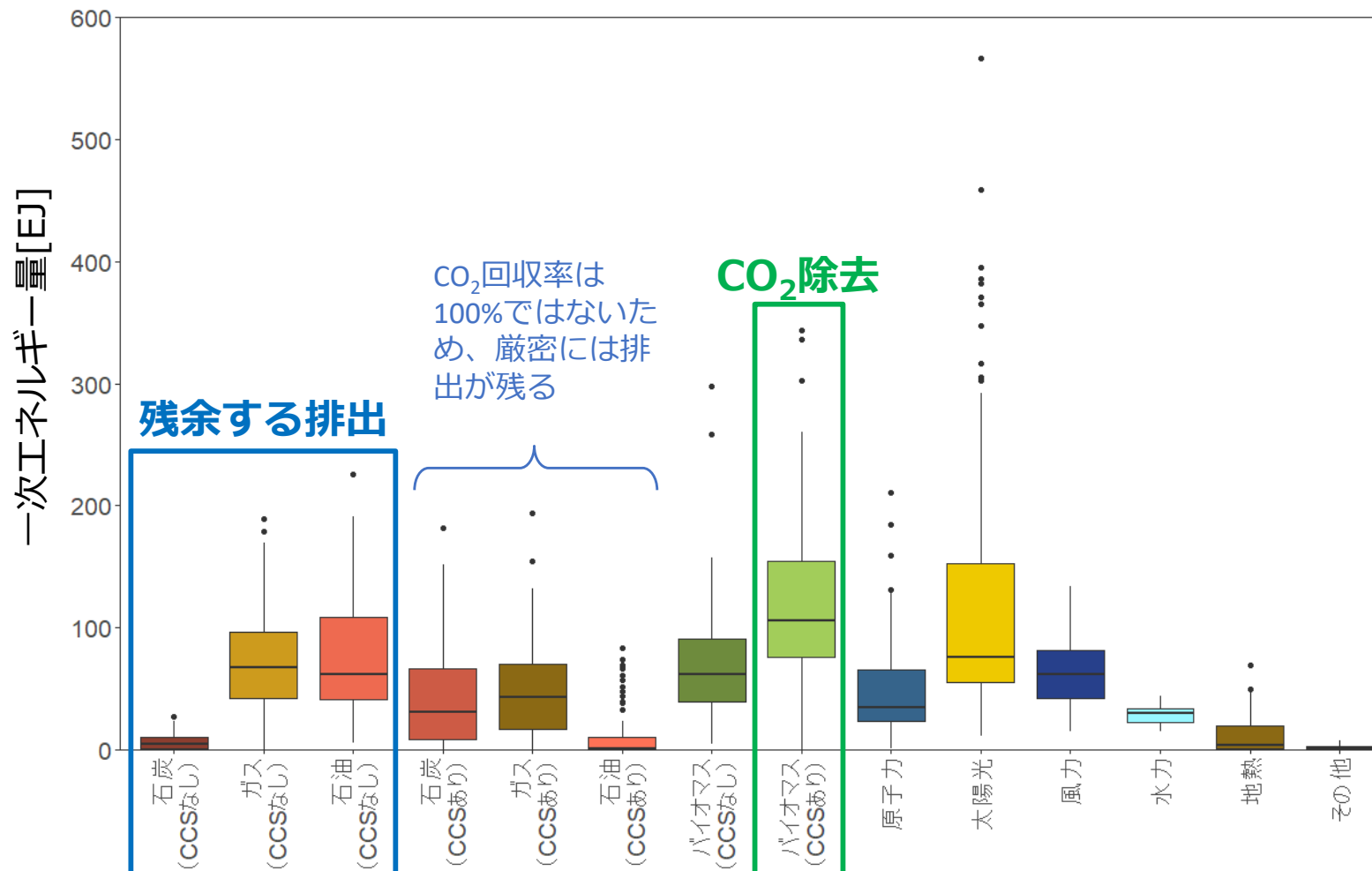
ばらつき小：箱・ひげが狭い



出典：電中研 研究報告Y20001、堀尾・坂本（2020）

多様なカーボンニュートラルの姿 一次エネルギー

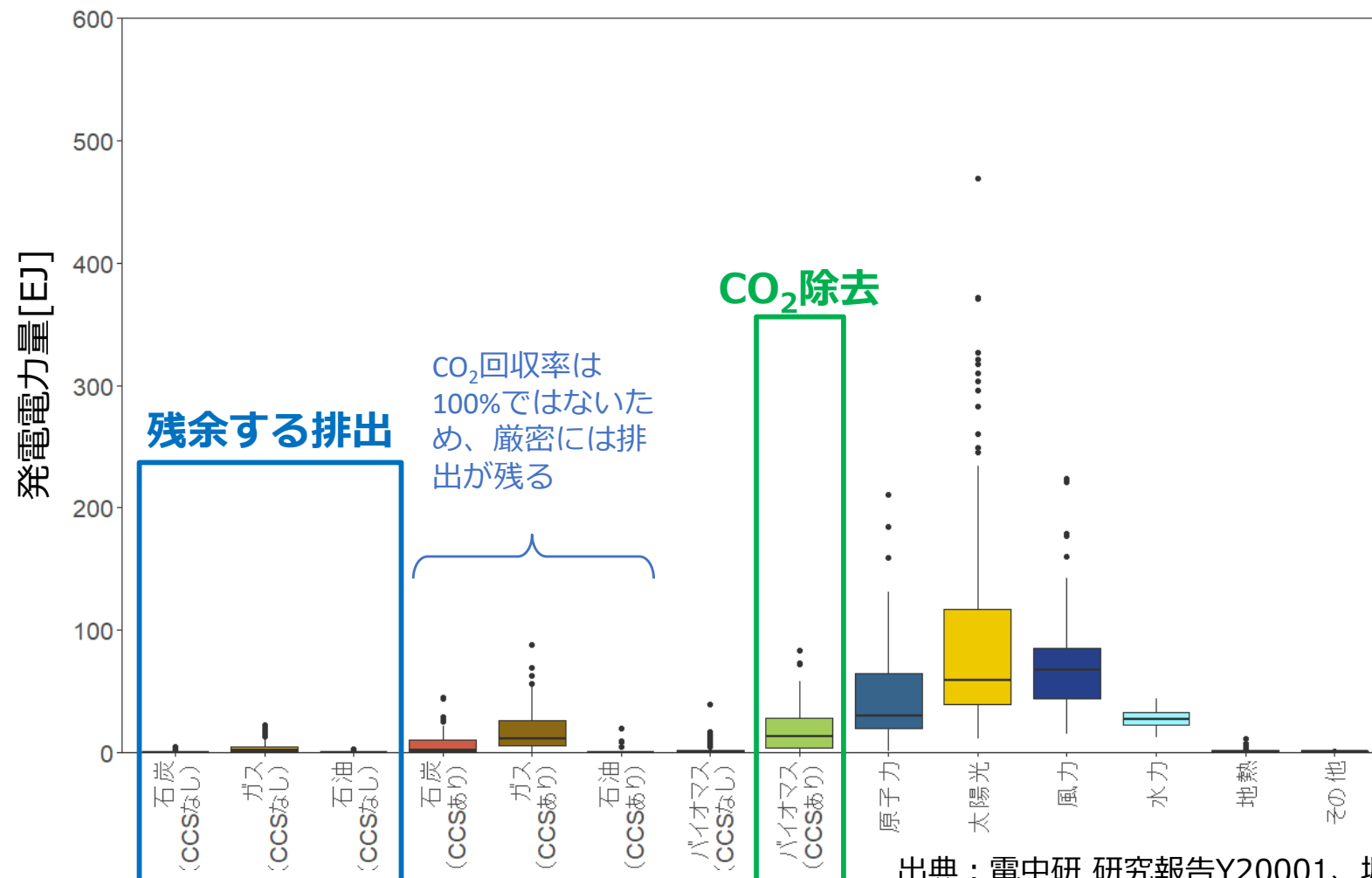
- 残余する排出としては「CO₂回収・貯留（CCS）なしの化石燃料」、CO₂除去としては「CCSを伴うバイオマス（BECCS）」



※グラフは、SR15におけるネットゼロ排出シナリオのうち、エネルギー供給の合計と電力、土地利用の排出量が全て報告されている138シナリオのデータに基づく

多様なカーボンニュートラルの姿 発電電力量

- 電源構成はシナリオごとに様々
- 再生可能エネルギー（再エネ）、原子力、CCSあり／なし火力、の組み合わせ

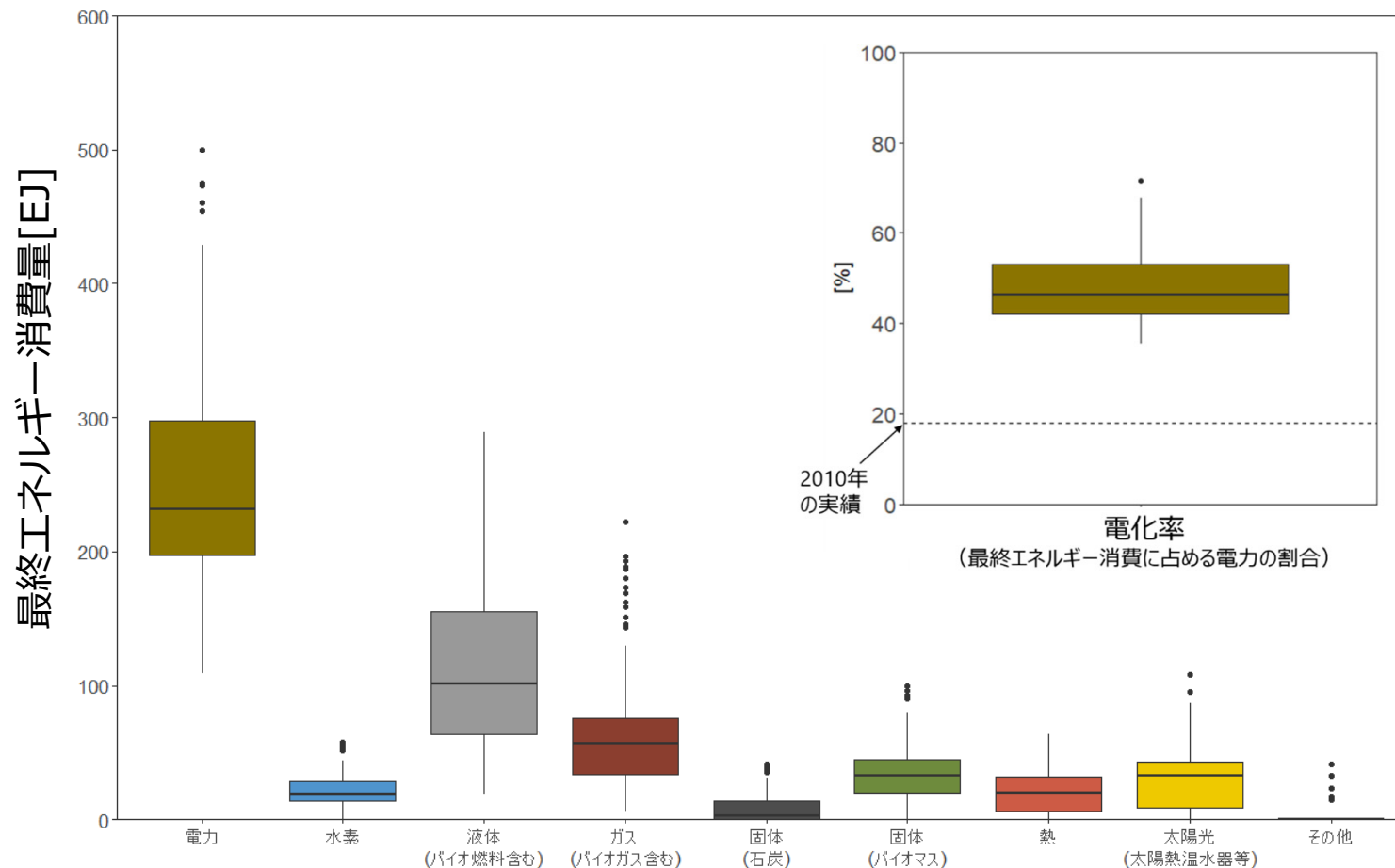


出典：電中研 研究報告Y20001、堀尾・坂本 (2020)

多様なカーボンニュートラルの姿

最終エネルギーと電化率

- 最も主要なエネルギーキャリアは電力
 - 電化率の中央値は約46%
- 残余する排出は、ガス・液体燃料の一部と石炭



出典：電中研 研究報告Y20001、堀尾・坂本 (2020)

IPCCシナリオデータ分析からの示唆

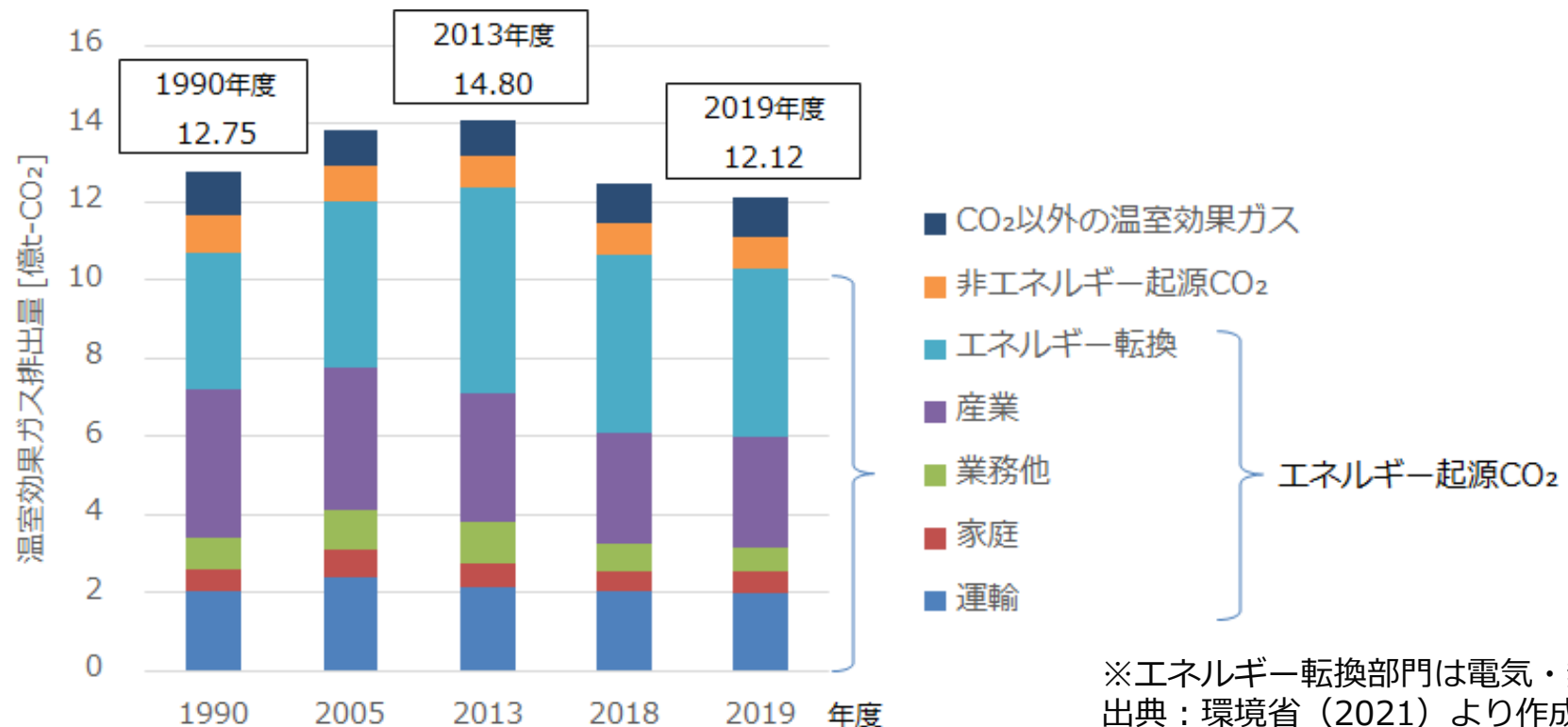
- **カーボンニュートラルの態様は一様ではない**
 - 排出と除去の組み合わせも様々
 - 供給側の対策だけでなく、需要側対策も不可欠
- **カーボンニュートラル達成時のエネルギー供給源・技術**
 - **再エネ**：太陽光、風力、バイオマス、水力等
 - ✓ 変動する出力への対応等のための**系統安定化技術**
 - **原子力**
 - **化石燃料・火力**
- **残余する排出への対応として、CO₂除去技術も重要**
 - ✓ BECCSだけでなく、直接空気回収・貯留（DACCS）も今後は増加
 - ✓ **CO₂固定技術もブルーカーボン等多様化**
- **最終エネルギーとして電力は大幅増** ⇒ 主要なエネルギーキャリア
 - ✓ コロナ時代（中／後）において、**需要側の重要性**が高まる

日本のカーボンニュートラル目標

- 2020年10月、菅総理大臣（当時）が「2050年カーボンニュートラル」目標を宣言
 - 「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします」
 - 地球温暖化対策推進法（2021年5月改正）
 - 「2050年までの脱炭素社会（人の活動に伴って発生する温室効果ガスの排出量と吸収作用の保全及び強化により吸収される温室効果ガスの吸収量との間の均衡が保たれた社会をいう。）の実現」
- ⇒ 我が国の「2050年カーボンニュートラル」は、CO₂のネットゼロ排出ではなく、温室効果ガスのネットゼロ排出を目標としている

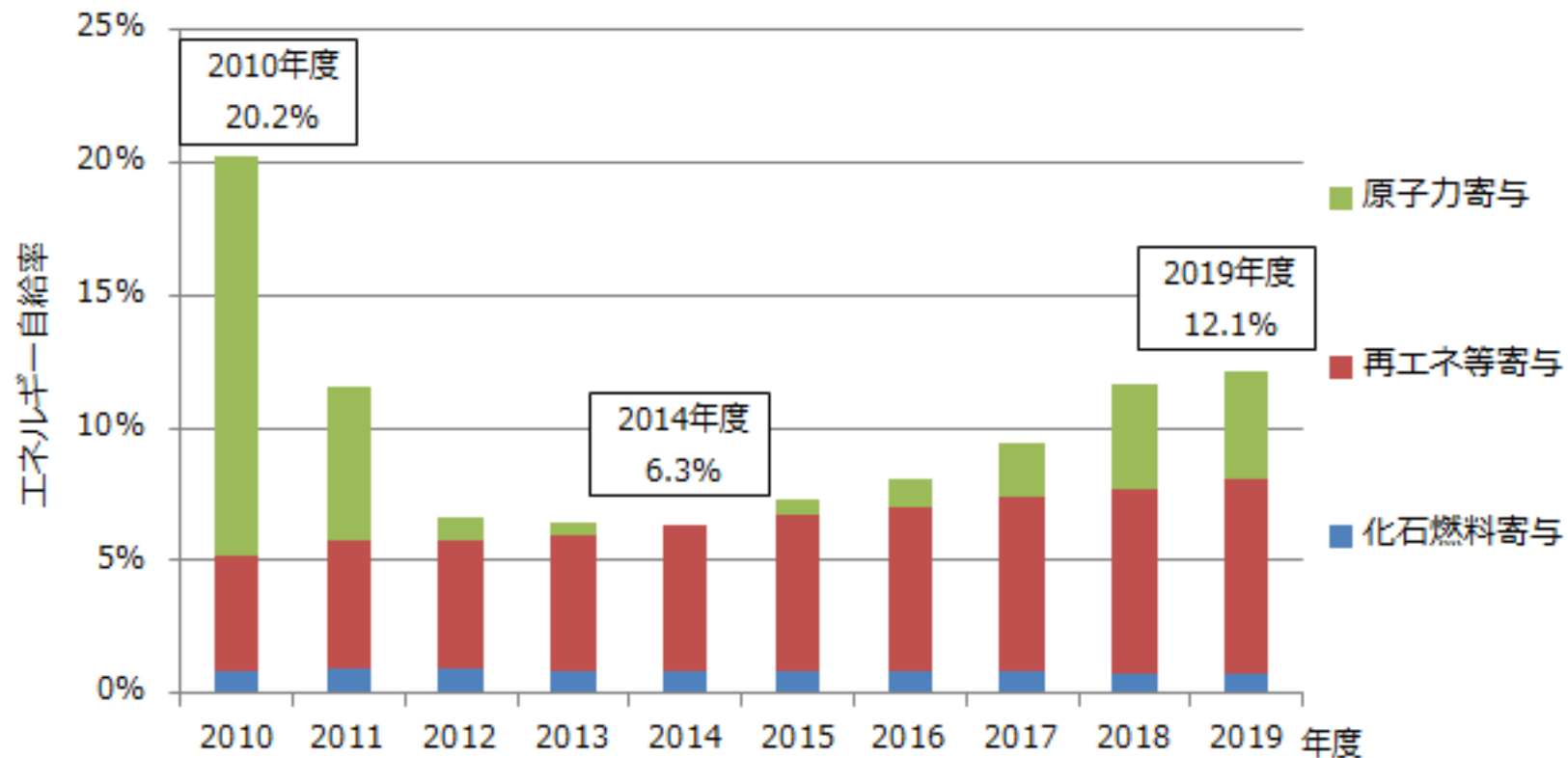
日本の温室効果ガス排出量

- 2013年度（最大排出年度）以降は減少傾向
 - 2019年度は、2013年度比14%減
 - ・ 排出量のうち、CO₂が91%、エネルギー起源CO₂が85%を占める
 - ・ 2019年度の吸収量は、0.46億t-CO₂（森林吸収源対策で0.43億t-CO₂）
- エネルギー起源CO₂でも、2013年度の12.35億t-CO₂がピーク
 - 2019年度は10.29億t-CO₂、2013年度比17%減



日本のエネルギー自給率

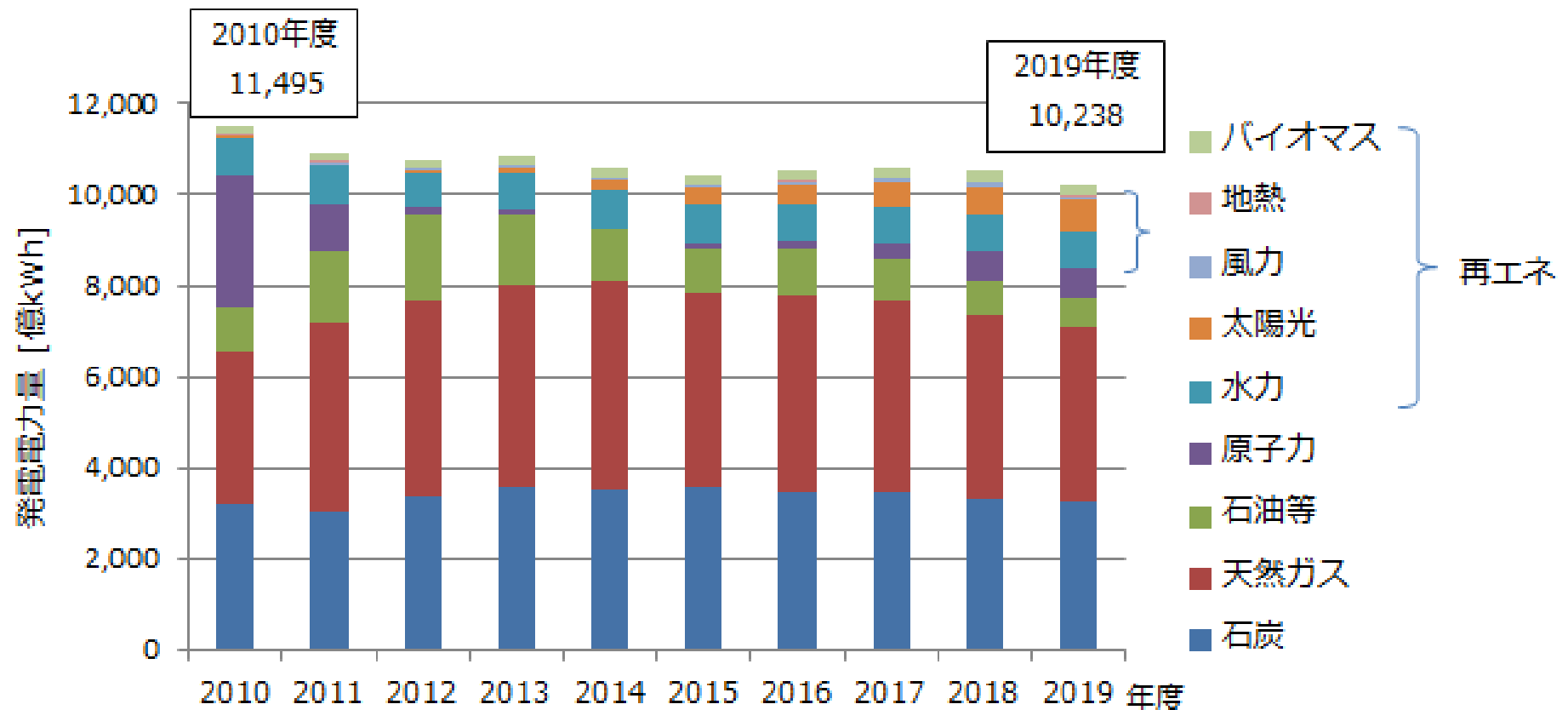
- 2014年度に6.3%まで低下した後、**再エネの増加**、**原子力の再稼働**により上昇傾向
- それでも**2019年度にわずか12.1%**であり、自給率の向上は大きな課題



※国際エネルギー機関の算出方法と整合させた数値
出典：資源エネルギー庁 (2021a)より作成

日本の発電電力量

- 再エネは、固定価格買取制度（FIT）により、**太陽光（PV）が急激に増加**
 - 2019年度で18.1%、1,852億kWh（水力:796億kWh、PV:690億kWh）
- 原子力は2010年度以降減少し、2014年度にゼロとなり、2015年度以降再稼働
 - 原子力減少分は、天然ガスが増加



出典：資源エネルギー庁（2021a）より作成

第6次エネルギー基本計画（案）

- 本年10月に第6次エネルギー基本計画が閣議決定予定
- エネルギー政策の基本的視点 ⇒ **S+3E** の大原則に変化なし

Safety : 安全性

を前提とした上で、



Energy Security : エネルギー安定供給

を第一とし、



Economic Efficiency
: 経済効率性の向上

と同時に、



Environment
: 環境への適合

を図る

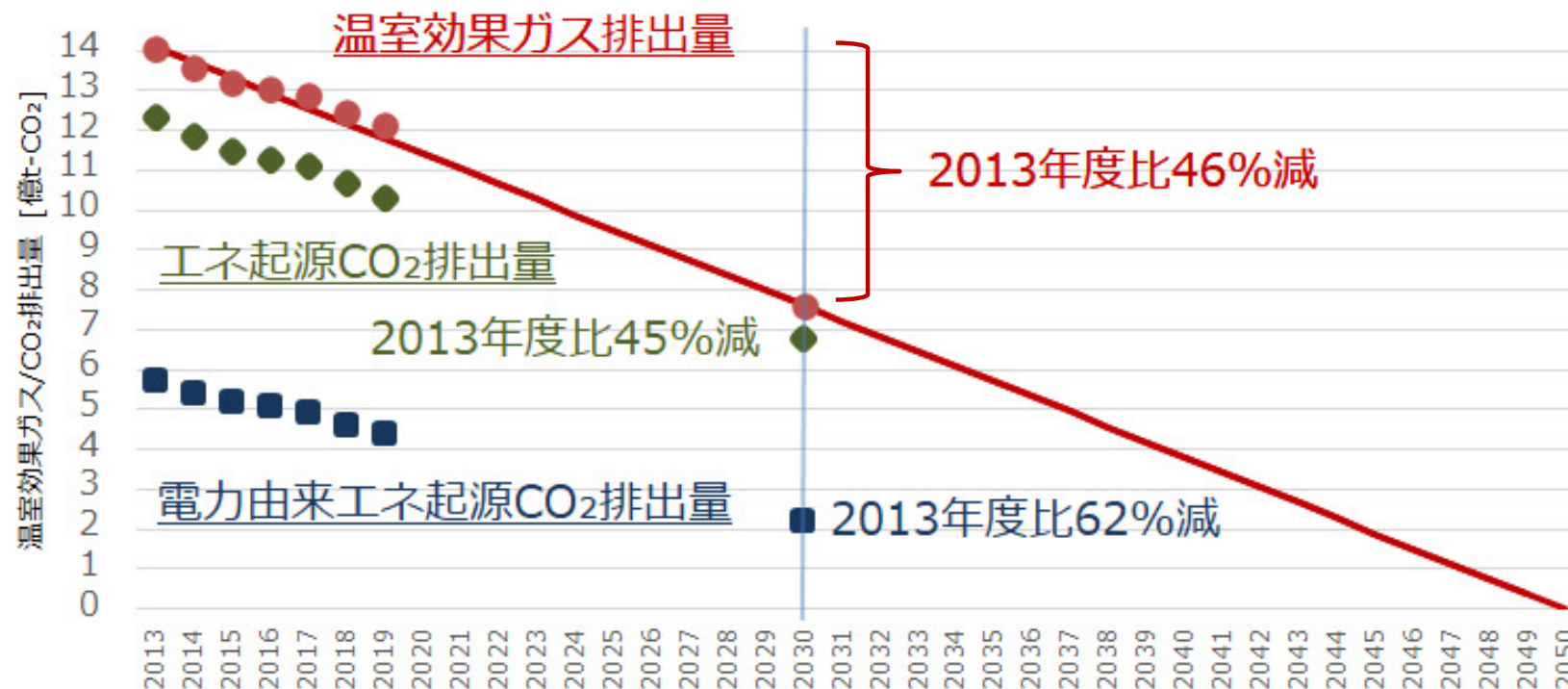
新たな視点

新型コロナウイルス感染症の教訓から、エネルギー供給でも、
サプライチェーン全体を俯瞰した安定供給の重要性を認識

第6次エネルギー基本計画

2030年度における野心的目標・見通し

- 2030年度の削減目標に向けて、既存の技術を最大限活用
- 2050年カーボンニュートラルに向けて、2030年度目標に向けた取り組みを拡大・進化。現時点で社会実装されていない技術を開発普及



出典：環境省(2021)、資源エネルギー庁(2021a, 2021b)より作成

第6次エネルギー基本計画

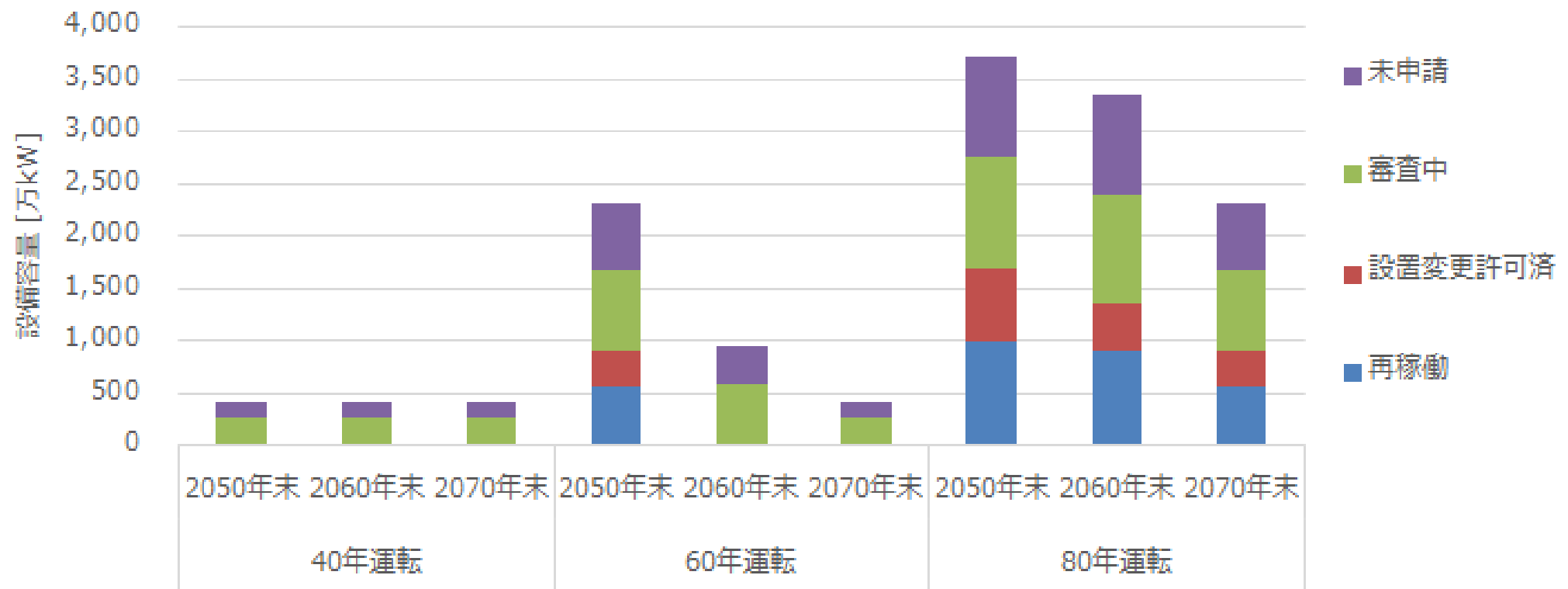
2050年に向けて電力部門に求められる取り組み

- 実用段階にある脱炭素電源を用いて着実に脱炭素化を実現するとともに、新たな選択肢も追及

①再エネ (系統対策含む)	- 主力電源として、S+3Eを大前提に、最優先の原則の下で最大限の導入 - 系統容量の確保や変動する出力への対応、系統安定性の維持等系統制約への対応 - コスト低減を図り国民負担を最大限抑制
②原子力	- 可能な限り依存度を低減。必要な規模を持続的に活用 - 社会的信頼の回復のため、人材・技術・産業基盤の強化、安全性・経済性・機動性に優れた炉の追及、バックエンド問題に向けた技術開発
③水素・アンモニア・CCS・カーボンリサイクル	- 水素・アンモニア：主要な供給力・調整力として機能すべく、技術的課題を克服。供給量の拡大とコストの低減 - CCS：技術的確立・コスト低減、適地開発等事業化に向けた環境整備 - カーボンリサイクル：国際的技術開発競争の中で優位性を確保。コスト低減や用途開発の技術開発・社会実装を推進

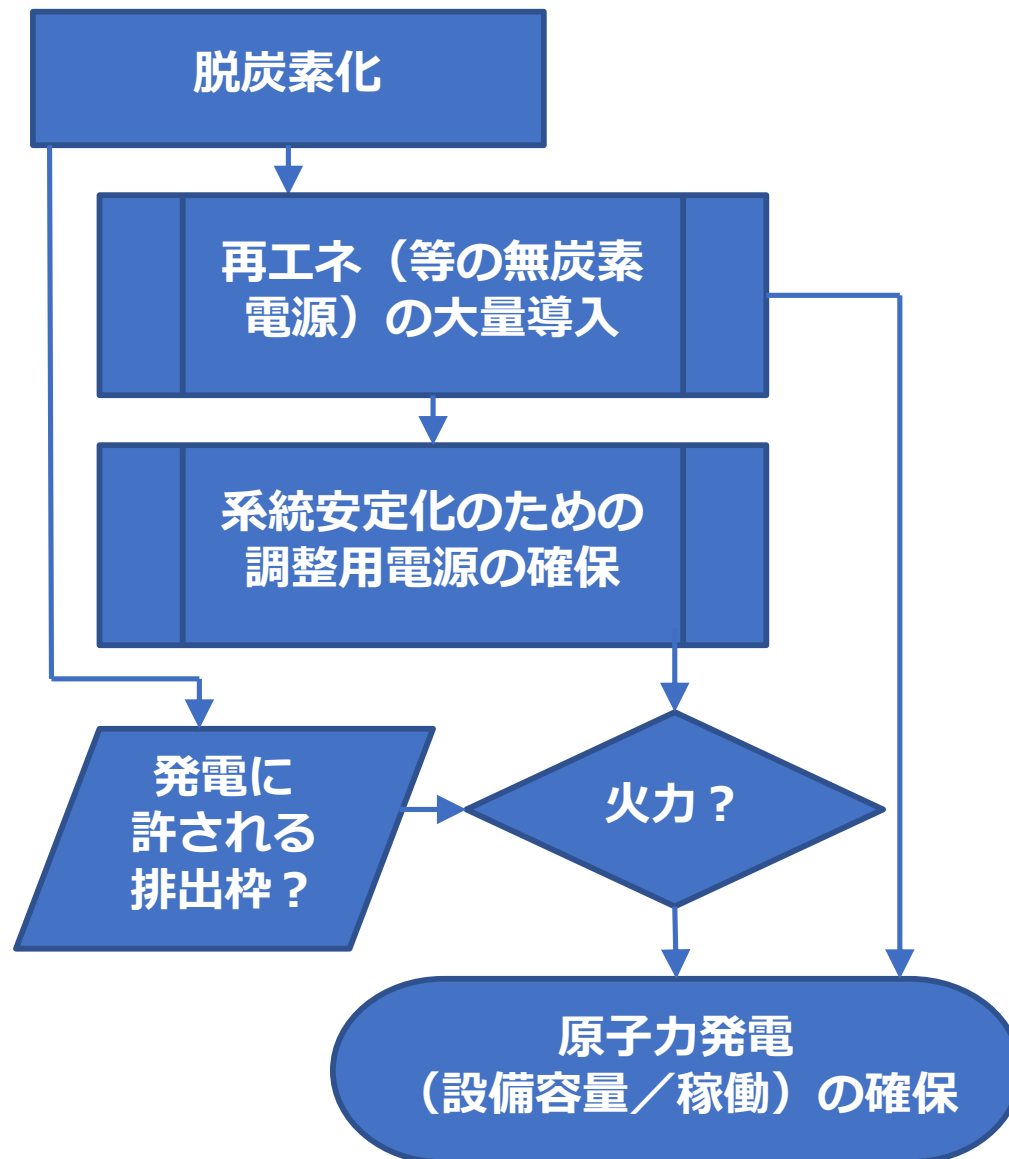
36基の原子力発電所（建設中含む）の 2050年以降の設備容量

- 資源エネルギー庁(2021b)に記載されている36基の発電所を対象※
 - 運転期間について、機械的に、40年運転、原子炉等規制法第43条3の32に基づく60年運転、さらに80年運転を想定した場合の2050年以降の設備容量



※島根2号機は許可済に区分。建設中の大間・島根3号機・東京電力HD東通は2030年以降に稼働と想定。

原子力が必要とされる論理



- ◆ 脱炭素化する中で、火力発電の寄与の低下は不可避？
 - 系統安定化のため、回転機発電としての原子力への期待が高まる？
- ◆ 資本集約的技術
 - 初期の資本投資は巨額だが、運転中の経費（燃料費、運転維持費）は安価
 - 卸電力市場の機能が（収益・投資回収の予見性から）重要
 - FIT-CfD、RABモデル等の制度的支援策も必要？
- ◆ 「分散」の進展？
 - SMRなど、需要・系統規模に適合する出力へのニーズ？

日本国民は原子力を選びなおすか？

- ◆ 少なからぬ日本人が、過去に原子力を社会的に選択した記憶を持たず、「押し付けられた(involuntary)」ものと受け取っているのではないか。
 - Voluntaryなもの（喫煙、自家用車…）より、メリットの認識は低く、リスクなどデメリットの認識は高い。
- ◆ カーボンニュートラルが原子力への光明となるか？
 - CO₂排出削減＝電化×電源の低炭素化（×省エネ）
 - 日本では、再エネを最大限導入したとしても、CO₂フリー kWhが不足する。
 - 原子力の潜在的な活躍余地は大きい。
 - 長期運転、新增設・リプレース、SMR・次世代炉などのオプションを持ちつつ、kWh以外の価値（系統安定化、熱・水素の製造）などにも活路を求めていくべき。

第6次エネルギー基本計画

2050年に向けた技術開発における重要な視点

■ 技術自給率の向上

- カーボンニュートラルを目指す上で、安定的で安価なエネルギーの供給の確保は、国力を維持・増強するために不可欠
- エネルギーそのものの自給性、強靱性を高めるのみならず、様々な脱炭素技術を国内で調達できる技術自給率を向上させる

■ 技術動向等の定期的な把握・検証

- 技術動向や情勢の変化を定期的に把握・検証し、透明な仕組み・手続の下、評価・検討していくことが重要

□ 技術自給率とは？

- 国内のエネルギー消費に対して、自国技術で賄えているエネルギー供給の程度
- 第5次エネルギー基本計画で注目された概念
 - ✓ エネルギーのサプライチェーンの中でコア技術を自国で確保し、その革新を世界の中でリードする

再エネ導入ポテンシャル評価

■ 導入ポテンシャルについて

- 設置可能面積や平均風速等から求められる理論値から、自然要因、法規制等の開発不可となる地域を除外して算出
- 開発不可条件の設定は難しく、ポテンシャル評価を行う各機関で前提が異なることが多く、結果の差異を生む一因

■ 当所では、**地理情報システム（GIS）**を活用し、再エネの導入ポテンシャルを評価

- 地上設置型PV、陸上風力、洋上風力を対象に実施
- 評価の特徴：再エネ導入に伴う**地域住民との紛争の増加**も踏まえ、
 - ① 土地利用にかかわる法規制の影響の受けやすさの程度をランク付けした上で、影響を受けにくい地域に優先的に導入されると想定
 - ・ 洋上風力では「再エネ海域利用法」に基づく評価
 - ② 同じ土地を異なる再エネが利用し得る場合の土地利用競合を考慮

再エネ導入量GIS評価ツール公開による エビデンスベースの議論

- 洋上風力の設置対象となる海域、および同海域に設置可能な洋上風力の設備容量を評価するツールを公開
 - <https://www.denken-serc.jp/rpg/offshore/>
- 本評価ツールにより、ポテンシャル評価に影響を与える要因の把握が可能
 - 今後、陸上風力・地上設置型PVについても同様のツール公開を予定

Input

シナリオと
設置条件
を選択

設置条件選択

(1) 受容性重視シナリオ

離岸距離

☐ 10.0 - 22.2 kmには設置しない

年間平均風速

☐ 9.0 m/s以上には設置しない

☐ 8.0 - 9.0 m/sには設置しない

☐ 7.0 - 8.0 m/sには設置しない

水深

☐ 0 - 30 mには設置しない

☐ 30 - 50 mには設置しない

☐ 50 - 60 mには設置しない

☐ 60 - 100 mには設置しない

☐ 100 - 200 mには設置しない

漁業権

☐ 漁業権内には設置しない

船舶通行量

☐ 0 - 3 隻/月には設置しない

設置条件選択

(1) 受容性重視シナリオ

(2) 設置優先シナリオ

(3) 再エネ海域利用法設定

(4) 環境省設定

から一つ選択。

選択した設置条件から、更に以下の項目を任意に指定。

離岸距離

陸地に近い場所に風車を設置する程、景観に影響を与える。英国やドイツでは22.2km以上の設置が基本。(参考)。

年間平均風速

発電量に特に影響を与える。再エネ海域利用法のガイドラインでは、事業性の判断目安として年間平均風速7m/s以上と記載(参考)。

水深

水深に応じて設置可能な風車の種類が異なる。水深60m未満には着床式風車、水深60m以上深には浮体式風車が適用しているとされる(参考)。

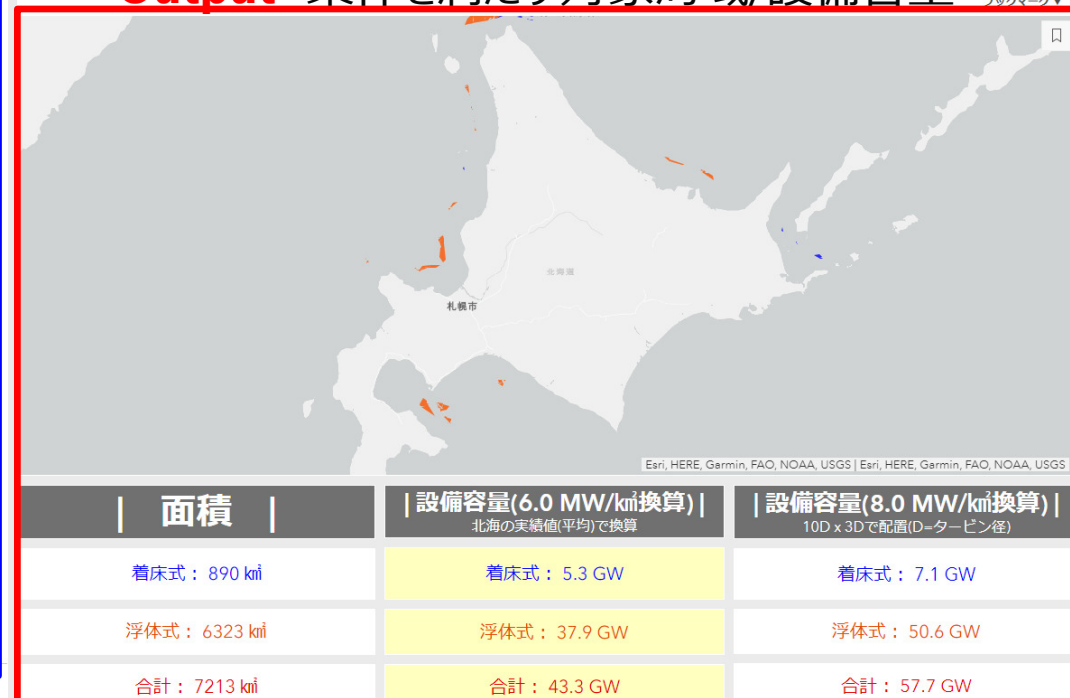
漁業権

いかなる海域でも漁業者との調整が必要となる場合があるが、漁業権に影響する区域では、漁業権者は妨害行為に対して、損害賠償請求権と、差止請求権を有する(参考)。

船舶通行量

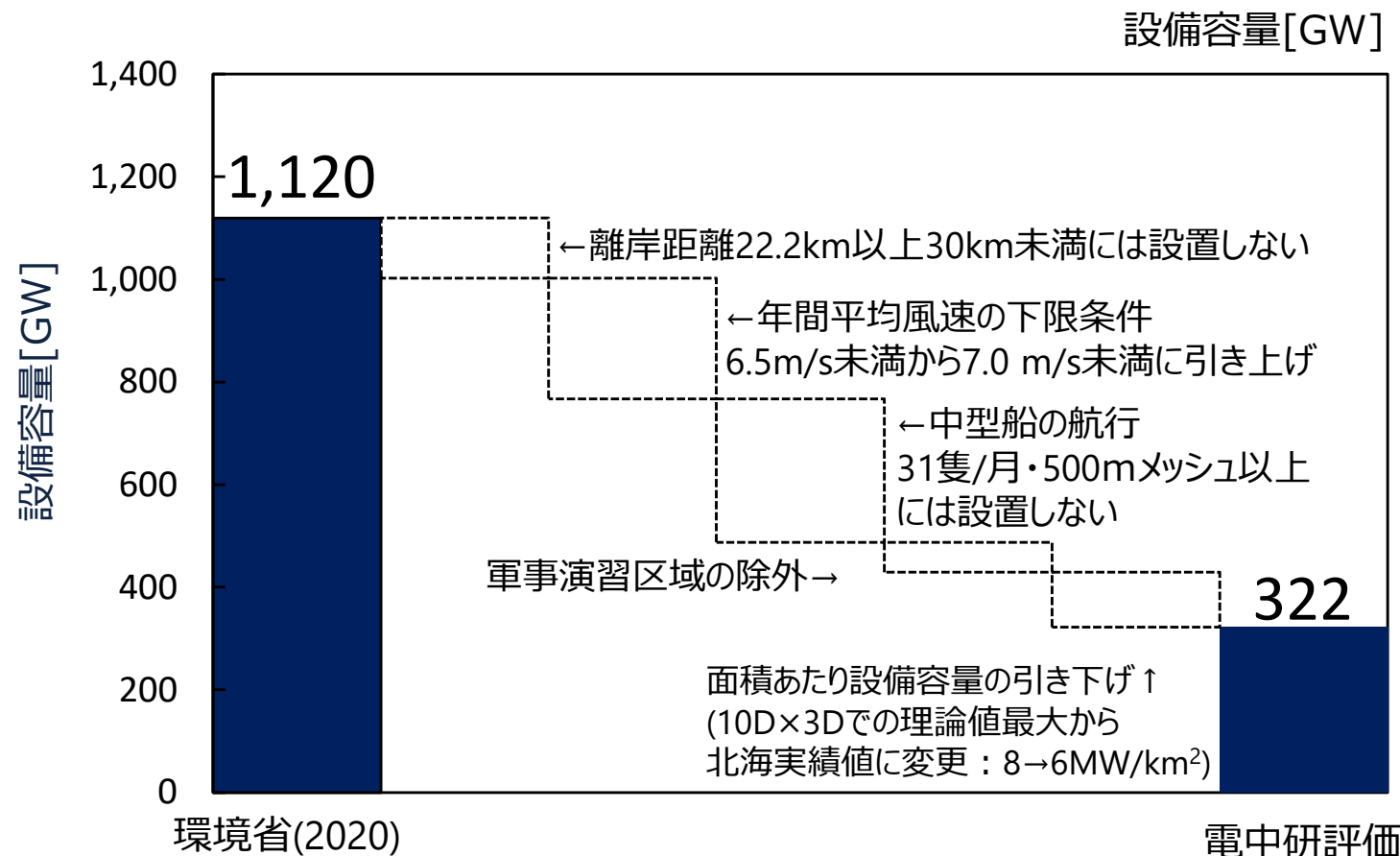
500m四方内における、船舶の通行量(主に中型船以上が対象)。新上五島町と西海市では、21隻/月以上の海域を適地から除外(参考)。

Output 条件を満たす対象海域/設備容量



洋上風力発電の導入ポテンシャル評価

- 環境省(2020)による洋上風力ポテンシャル評価(1,120GW)と比較
- 再エネ海域利用法の各要件（自然条件・航路への支障など）を踏まえ、「促進区域」の対象と想定される海域を抽出し、322GWと評価



出典：電中研 研究資料Y19502、朝野・永井・尾羽 (2020)

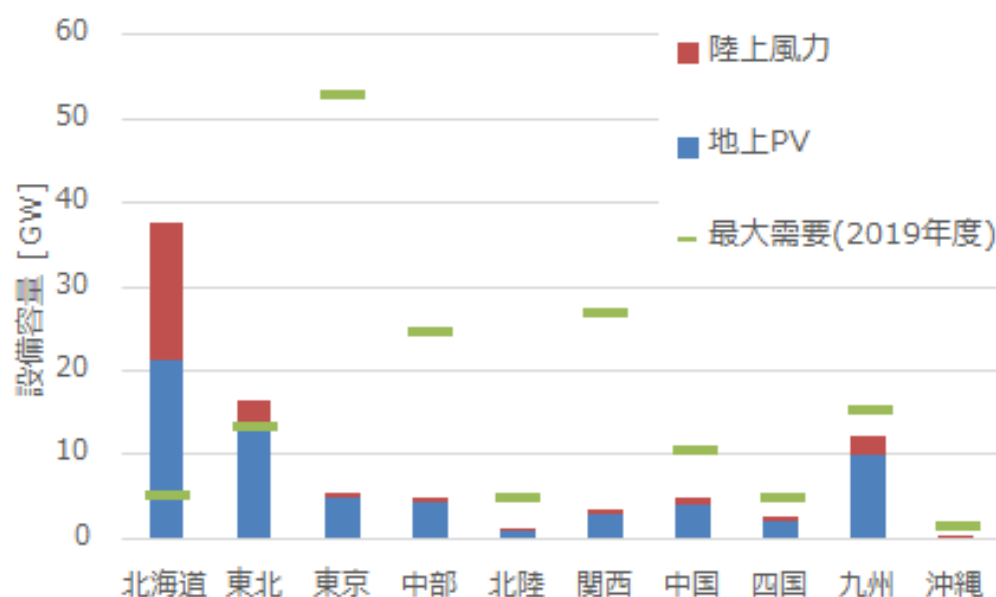
導入ポテンシャルの地域偏在

■ 地上設置型PV・陸上風力

- 北海道・東北では、合計容量が最大電力需要を超過

■ 洋上風力

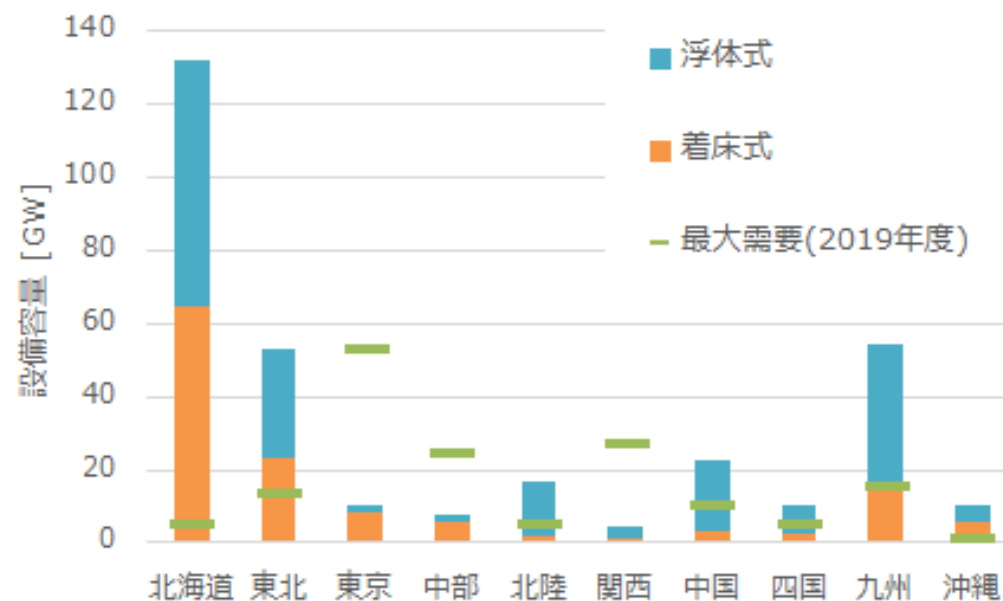
- 着床式・浮体式ともに、北海道・東北・九州に対象海域が多く存在



一般送配電事業者エリア別

地上設置PV・陸上風力導入ポテンシャル

最大需要の出典は、電力広域的運営推進機関 (2021)



一般送配電事業者エリア別

洋上風力導入ポテンシャル

出典：電中研 研究報告Y18003・研究資料Y19502、朝野・永井・尾羽 (2020)

2050年に向けたPV・風力導入シナリオの検討

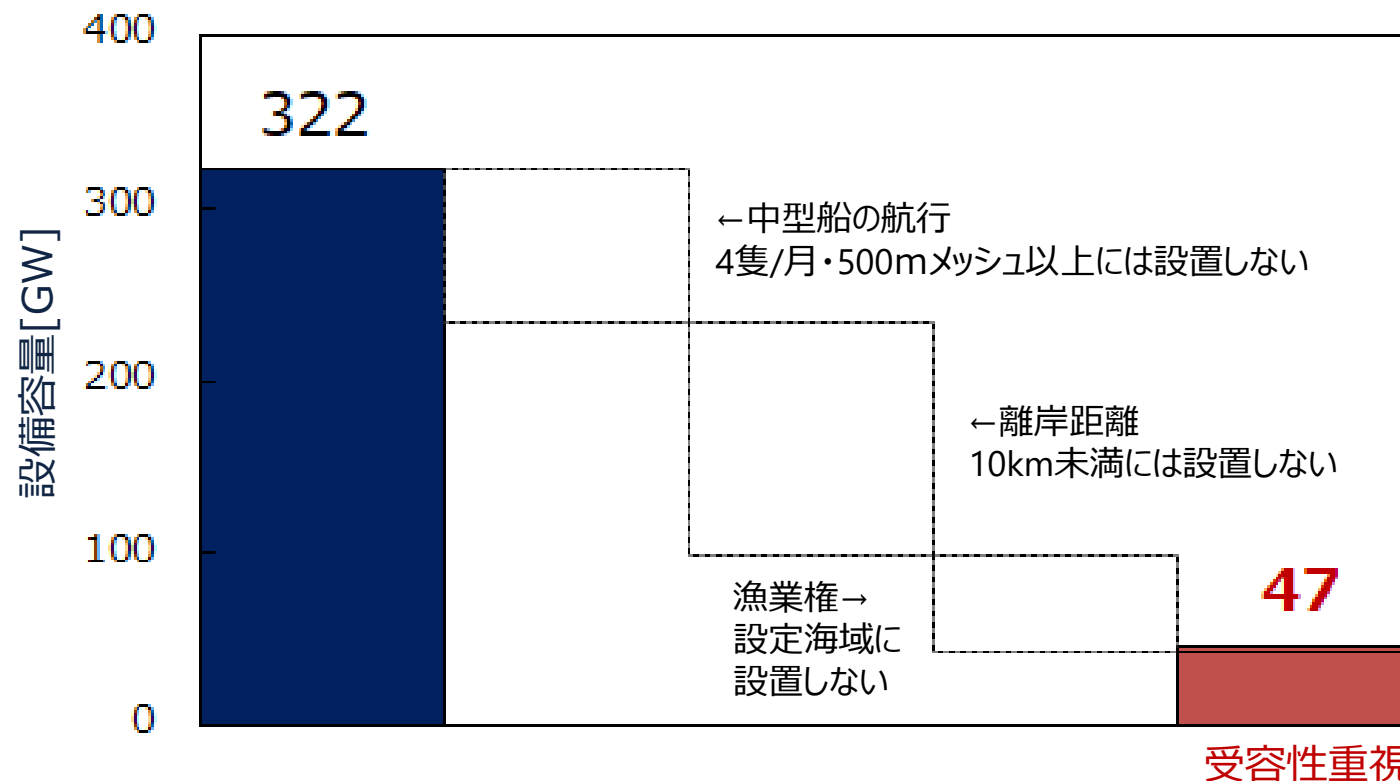
- 2050年に向けたPV・風力に関する二つの導入シナリオを検討
 - 受容性重視シナリオ
 - ・ 地域住民への影響や、農業など他の土地利用と競合をできるだけ回避しつつ最大限導入
 - すう勢シナリオ
 - ・ 比較のために現行導入傾向を外挿

シナリオ	シナリオの考え方
受容性重視	・ 土地利用・海域利用にかかわる法規制による影響を受けにくい地域で、優先的に導入されることを想定。その際に、分析時点で実施が確実な規制緩和（再生困難な荒廃農地の活用等）は織り込む ・ データの入手可能な範囲で2050年までの利用用途の変化等を織り込む
すう勢	・ FIT実施以降の導入ペース（トレンド）が継続することを想定 ・ 設備の耐用年数はコスト等検証委委員会の前提条件を参考に20年と想定
未考慮の要素	・ 系統制約・経済性・技術進歩は考慮しない

出典：朝野・永井・尾羽（2020）

洋上風力発電の受容性重視シナリオの検討

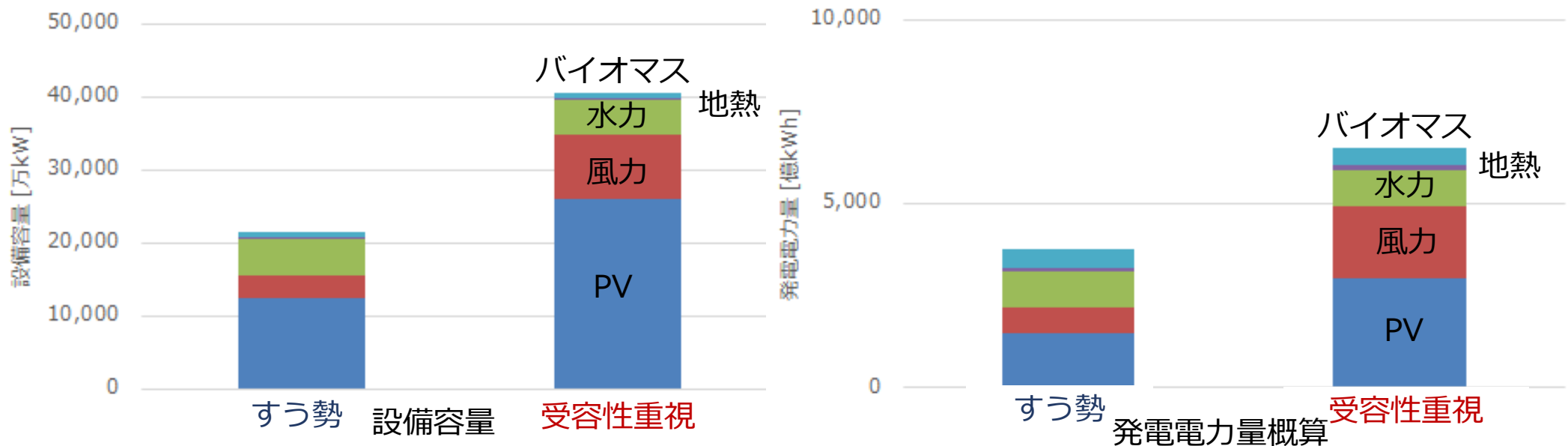
シナリオ	シナリオの考え方
受容性重視	- 海域利用法で既に「促進区域」に設定済み、「有望な区域」と「一定の準備段階の海域」の合計設備容量を約4GW - 以下条件の海域に設置を避ける想定で約43GW ✓ 中型船の航行4隻/月・500mメッシュ以上、景観や生態系影響等を踏まえた離岸距離10km以遠、漁業権設定海域（H. Obane, et al.(2020)を参考）



出典：朝野・永井・尾羽 (2020)

再エネ導入シナリオ

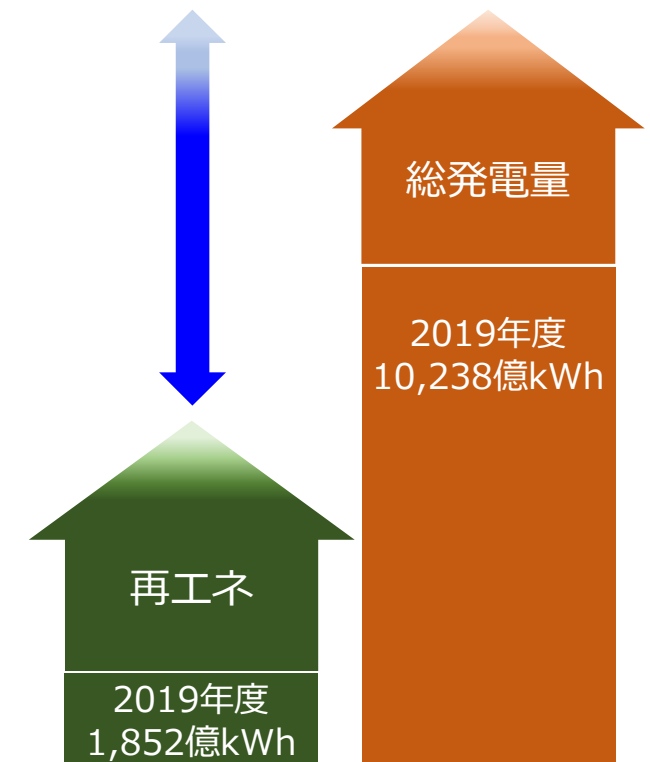
- PV・風力の導入シナリオにおける設備容量と、標準的な設備利用率を用いて発電電力量を概算
- 水力・地熱・バイオマスは、長期エネルギー需給見通し再エネ24%ケース（資源エネルギー庁（2015））から据え置きと想定した場合
 - 受容性重視シナリオ：約4億kW、約6,500億kWh
 - すう勢シナリオ：約2.1億kW、約4,000億kWh
- ✓ 水力・地熱・バイオマスで、資源エネルギー庁(2021b)の野心的水準を用いても同程度



出典：朝野・永井・尾羽（2020）

再エネ導入ポテンシャル評価、 導入シナリオ検討からの示唆

- 再生可能エネルギーの主力電源化に向けては、漁業への配慮や景観等
立地地域における理解も重要
- 北海道・東北・九州等を中心に、PV・風力のポテンシャルは偏在。また、シナリオの検討では**系統制約**を考慮しておらず、数値の実現には、**個別報告(4)「カーボンニュートラル実現に向けた系統分野に関する課題と取り組み」**で述べる課題の克服が必要
- 電力部門の脱炭素化のためには、**再エネ以外のエネルギー供給源・技術開発**も重要
- 当所では、GISに基づく研究成果の蓄積を踏まえて、Web上でユーザーが任意の条件を設定することで、再エネ導入量が増えるツールの公開を進めているところ。専門家・政策決定者等において、導入量に影響を与える要因の共通理解が進むことで、再エネ導入や設備形成に関する議論が深まることを期待



(参考) 将来の電化ポテンシャルの検討 産業部門

- エネルギー消費量の多い産業部門の電化の技術的ポテンシャルを検討
- 有機化学での電気分解水素により原料を代替する間接電化、鉄鋼の水素還元も考慮した結果（表のケース②）、10業種合計で約**8,500億kWh**との評価

業種	電力消費量(10億kWh)			概要
	2016年度	ケース①	ケース②	
紙・パルプ	31	57	62	①古紙パルプの乾燥工程、空調を電化。②加えて、木材パルプの乾燥工程のうち黒液を使わない一部分をヒートポンプ(HP)に代替
無機化学	11	21	23	①直接加熱（焼成）・ボイラ（濃縮，他生産工程）の90%を電化。②直接加熱，ボイラともに100%を電化
有機化学	30	45	295	①ボイラの洗浄・乾燥等の全てと反応・溶解、濃縮・蒸留工程の一部を電化。②ボイラの全電化と原料代替
医薬品	3	15	15	①②ともに，ボイラのすべてを電化
石油・石炭製品	2	2	7	②一部の蒸気駆動を電気駆動に置換
窯業・土石	18	21	26	ガラス溶融の①10%、②20%を全電気溶融に転換
鉄鋼（高炉）	58	68	353	①空調、ボイラ用途を電化。②製造プロセスを水素還元へ転換
鉄鋼（電炉）	12	14	14	圧延前加熱の電化
非鉄金属	13	21	23	HPによるボイラ代替に加え、①プロセス直接加熱の80%を電化、②100%を電化
輸送機械	26	32	32	塗装工程は蒸気をすべてHPに置換。浸炭工程もすべて電気熱源による真空浸炭へ置換
合計	204	297	850	

出典：中野・浜渦・永井・西尾・田頭（2020）より作成

2050年に向けた7つの目標（1）

- 当所では「**持続可能で社会に受容されるエネルギーシステム**」を2050年に目指す姿と定め※、その実現に必要な7つの目標に向けた研究を推進



※2019年度に策定

2050年に向けた7つの目標（2）

再生可能エネルギーの主力電源化	再生可能エネルギー発電の量・効率・多様性を向上。再生可能エネルギーの導入拡大に必要な系統安定化技術を開発し、主力電源化に貢献
新たな広域系統の形成	複雑化する電力系統において、経済的で信頼性の高い運用を実現する状態監視・制御技術を確立。さらに、デジタル化の進展や事業者の多様化によりリスクが高まるサイバー攻撃等に対応するための技術を確立
地域エネルギー需給基盤の構築	多様な主体（事業者・需要家・アグリゲーター等）間における日常的な電力取引を可能とする配電システムのプラットフォーム化に関わる技術を確立。さらに、電力以外の部門との相互取引（セクターカップリング）を支援する技術を開発

2050年に向けた7つの目標 (3)

ゼロエミッション火力	火力発電のゼロエミッション化に向けて、水素やアンモニアの製造・供給・燃焼技術や、CCUS技術を開発
高安全・低コストの原子力	原子力発電所の安全性の定量化や長期運転を実現するための技術を確認。さらに今後の新增設・リプレイスで採用される次期原子炉に必要な技術を開発
電化社会	カーボンニュートラルの実現には電源の脱炭素化のみならず、エネルギーの最終消費の電化が不可欠であることを踏まえ、産業・運輸・家庭の各部門における電気利用拡大に向けた技術を開発
レジリエントなエネルギーシステム	激甚化・頻発化し広域に影響が及ぶ自然災害に対する効果的な防災・減災・復旧技術を確認。高経年設備や新たに導入される機器に対し、デジタル技術やセンシング技術を活用して低コストかつ効果的なアセットマネジメント手法を開発

カーボンニュートラルへの挑戦

- カーボンニュートラルの実現に向けて
 - 供給サイドでは、再エネ・系統安定化、原子力、火力、CO₂除去・固定に関する技術進展が不可欠
 - 需要サイドでは、電化促進が重要
 - 費用負担の在り方に関する議論、一般市民の理解も不可欠
- 当所の7つの目標は、カーボンニュートラル目標に向けて多大に貢献するもの
 - 加えて、カーボンニュートラルに貢献する研究課題に積極的に取り組んでいく
- 電気事業に関わる皆様、カーボンニュートラルに向けて一緒に歩む皆様と、共に進んでまいりたい



「技術と知恵で、脱炭素化と需給最適化を両立」

ご清聴ありがとうございました

IR 電力中央研究所

Central Research Institute of Electric Power Industry

参考文献

1. 長野(2020) : CO₂排出削減の基本方程式、エネルギー・資源 第41巻第3号、P.70-71、エネルギー・資源学会.
2. 浜渦他「2050年のCO₂大規模削減を実現するための経済およびエネルギー・電力需給の定量分析」研究資料Y19501(2019/4)
3. IPCC Working Group I (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Sixth Assessment Report.
4. IPCC (2018): Global Warming of 1.5°C, Special Report.
5. 坂本将吾・堀尾健太 (2020) : ネットゼロ排出達成時におけるCO₂排出・除去の態様、電力中央研究所 研究報告Y20001.
6. 堀尾健太・坂本将吾 (2020) : IPCC1.5度特別報告書におけるネットゼロ排出シナリオ、経済産業省 第3回グリーンイノベーション戦略推進会議、資料3-3.
7. 環境省 (2019) : IPCC1.5°C特別報告書 政策決定者向け要約 (環境省による仮訳) .
8. 環境省 (2021) : 2019年度 (令和元年度) の温室効果ガス排出量 (確報値) について.
9. 資源エネルギー庁 (2021a) : 総合エネルギー統計 2019年度 (令和元年度) エネルギー需給実績 (確報) 時系列表.
10. 尾羽秀晃・永井雄宇・朝野賢司 (2018) : 土地利用を考慮した太陽光発電および陸上風力の導入ポテンシャル評価、電力中央研究所 研究報告Y18003.

参考文献

11. 尾羽秀晃・永井雄宇・豊永晋輔・朝野賢司 (2019) : 再エネ海域利用法を考慮した洋上風力発電の利用対象海域に関する考察、電力中央研究所 研究資料Y19502.
<https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/source/Y19502.html>
12. 朝野賢司・永井雄宇・尾羽秀晃 (2020) : ネットゼロ実現に向けた風力発電・太陽光発電を対象とした大量導入シナリオの検討、資源エネルギー庁 第34回総合資源エネルギー調査会基本政策分科会、資料3-4.
13. 環境省 (2020) : 令和元年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報等の整備・公開等に関する委託業務報告書.
14. 電力広域的運営推進機関 (2021) : 全国及び供給区域ごとの需要想定 (2021年度) .
15. Hideaki Obane, Yu Nagai and Kenji Asano (2020): A study on level of possible conflict for developing offshore wind energies in Japanese territorial waters, SERC Discussion Paper 20005 (社会経済研究所 ディスカッションペーパー) .
<https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/20005.html>
16. 朝野賢司・尾羽秀晃 (2020) : 2030年における再生可能エネルギー導入量と買取総額の推計、電力中央研究所 研究資料Y19514.
<https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/source/Y19514.html>
17. 資源エネルギー庁 (2015) : 長期需給見通し関連資料、総合資源エネルギー調査会第10回長期エネルギー需給見通し小委員会、資料2.
18. 資源エネルギー庁 (2021b) : 2030年度におけるエネルギー需給の見通し (関連資料) 、第6次エネルギー基本計画 (案) に対するパブリックコメント関連資料.
19. 資源エネルギー庁 (2021c) : エネルギー基本計画 (案) 、第6次エネルギー基本計画 (案) に対するパブリックコメント対象資料.