

2050年カーボンニュートラル 実現に向けた課題

—IEA報告書からの示唆—

J-POWER

中山 寿美枝

ALPS国際シンポジウム 2022年3月8日

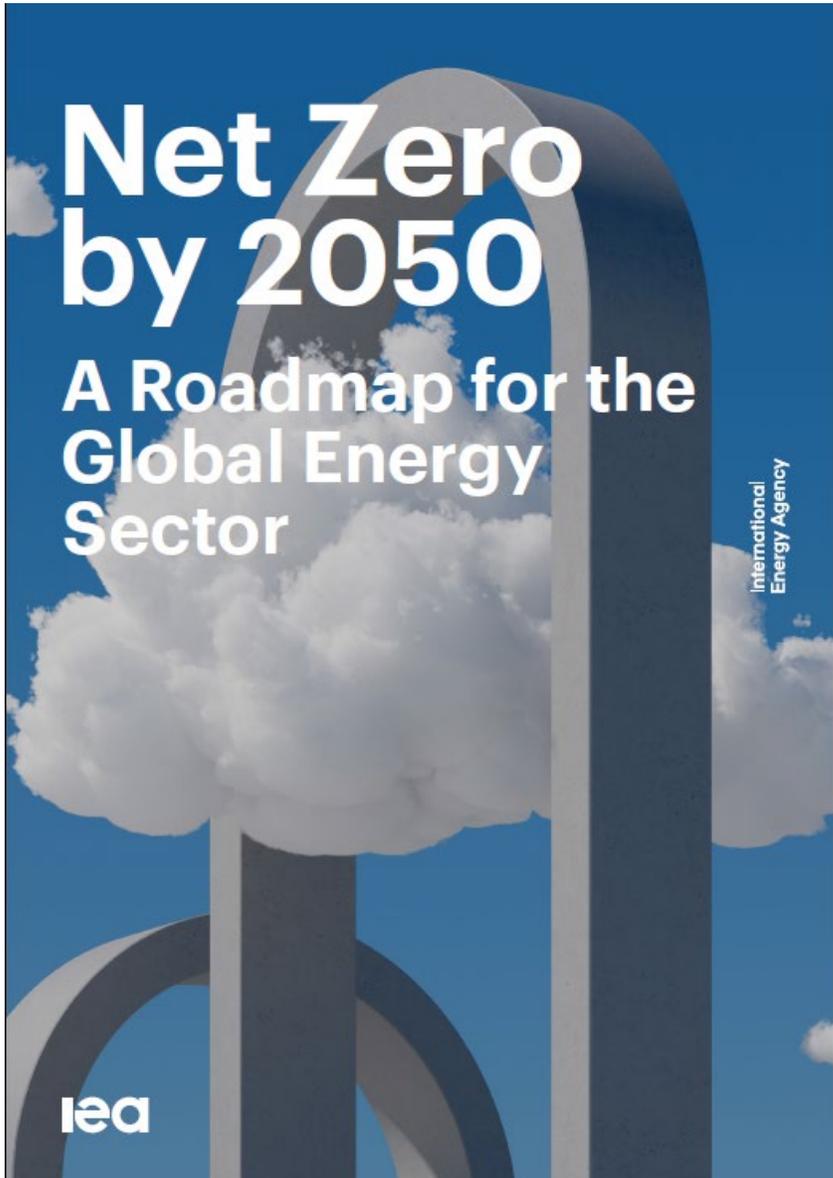
2030年目標の位置づけ

- 日本の2030年目標の「2013年度比46%削減」への見直しは、2050年カーボンニュートラル達成に向けて行われたもの
- 2030年の瞬間的な目標達成ではなく、2050年目標に向けた通過点と捉えるべき

IEAの2つの報告書が示す「一つの道筋」

- **2050年世界カーボンニュートラル達成** ・ ・ ”Net Zero by 2050”
- **2050年日本カーボンニュートラル達成** ・ ・ ”World Energy Outlook 2021”

IEA “Net Zero by 2050”



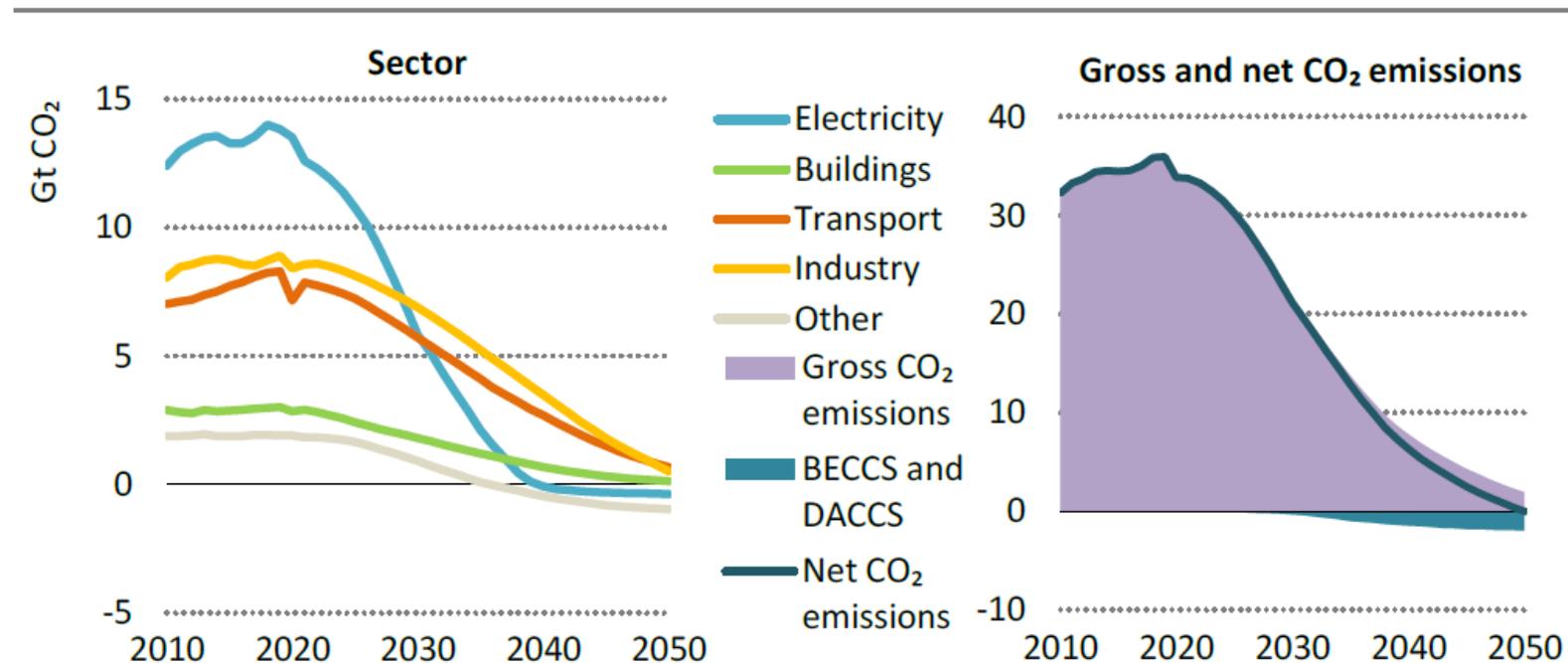
- IEAはCOP26議長の要請に基づいて作成した”Net Zero by 2050”を2021年5月18日を公表
- NZE（2050年世界ネットゼロ達成）というシナリオの技術別、部門別ロードマップを示す
- IEA事務局長は「2050年ネットゼロへの道は狭いが実現可能」、「このロードマップはその達成に向けて政府、産業、市民を支援するもの」と表現
- フルレポートの他、全ての図と付表のエクセル、などが無料でダウンロード可能、ただしデータは世界合計値のみ

NZEの部門別CO2排出展望とネット・グロスCO2排出

- 電力部門は2040年には脱炭素化、その後はマイナス排出（下左図）
- 産業、輸送は脱炭素化のスピードも遅く、2050年にも排出が残る（下左図）
- 2050年に残る排出ははBECCSとDACCSでオフセットしてネットゼロを達成（下右図）

Figure 2.3 ▶ Global net-CO₂ emissions by sector, and gross and net CO₂ emissions in the NZE

BECCS: Bioenergy CCS
DACCS: Direct Air CCS

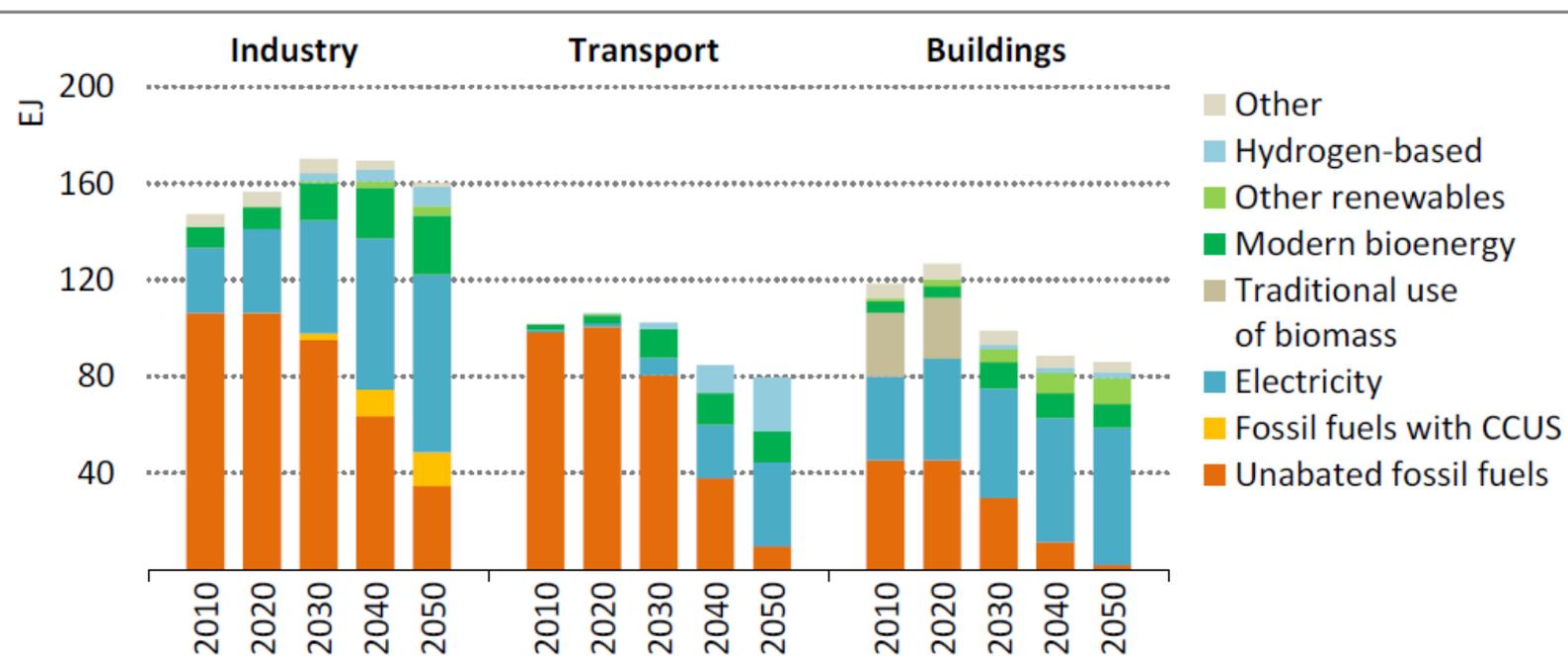


NZEにおける部門別、グロス/ネット別の世界のCO2排出

部門別のカーボンニュートラル達成のエネルギー消費

- ネットゼロ達成のためのエネルギー消費は、部門別に異なる
- 民生は電化を進め、8割を電気にすれば2050年カーボンニュートラル達成
- 一方、産業と運輸では、電力、バイオ燃料、水素と多様なゼロエミ・エネルギーを最大限利用しても2050年に一部化石燃料が残る⇒CCUSでオフセット

Figure 2.10 ▶ Global final energy consumption by sector and fuel in the NZE

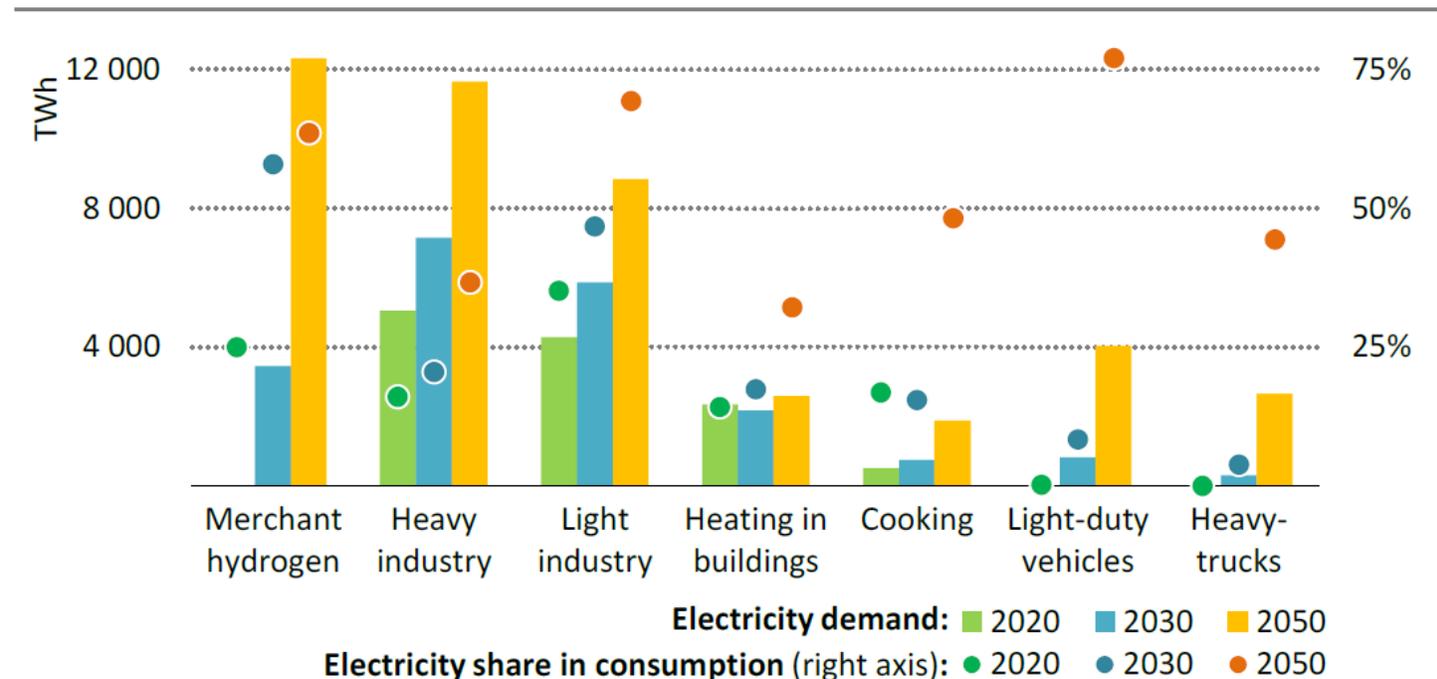


NZEにおける部門別・燃料別最終一次エネルギー消費

NZEでは電化が重要、しかし全てを電化することは不可能

- NZEシナリオでは、2050年の世界全体のエネルギー消費に占める電力利用は50%
- 電化は（電力の脱炭素を前提に）シンプルなカーボンニュートラル実現手段だが、乗用車や軽産業など有効な分野と、重工業やビル暖房など不向きな分野がある（下図）
- さらに、航空、船舶など、ほぼ電化が不可能な分野もある（下図にも描かれていない）

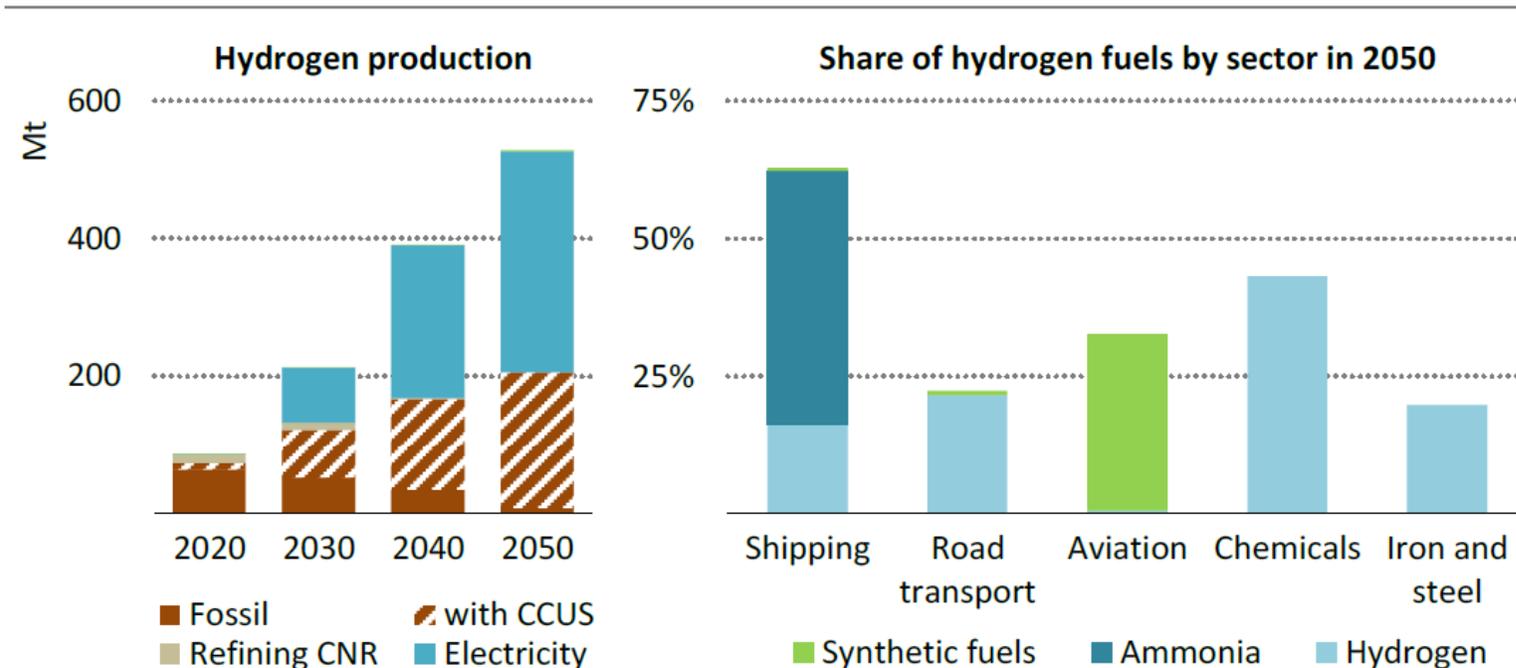
Figure 2.16 ▶ Global electricity demand and share of electricity in energy consumption in selected applications in the NZE



NZEは水素社会が大前提、産業と運輸の脱炭素に必須

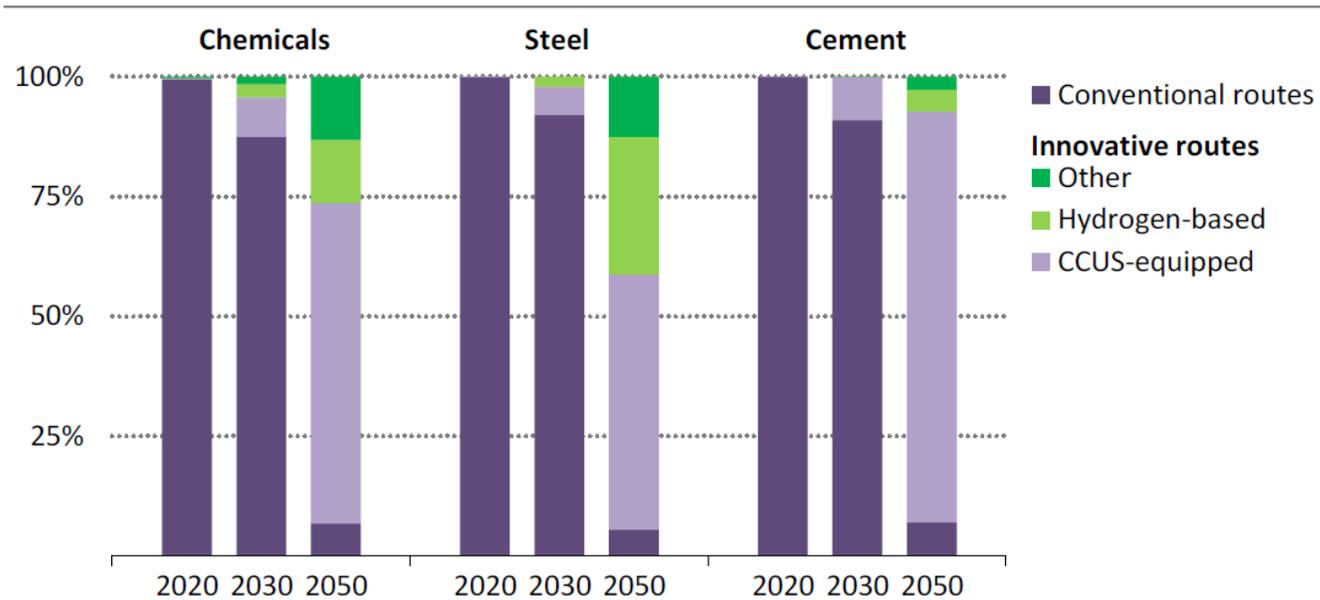
- 電化できない分野のカーボンニュートラル実現には、水素が不可欠
- 水素は産業、運輸で活躍
 - 直接利用：水素タービン燃料、高温の熱源、鉄鉱石の還元剤、燃料電池燃料
 - 水素ベース燃料の原料：アンモニア、大型車・航空用の合成燃料

Figure 3.8 ▶ Global production of hydrogen by fuel and hydrogen demand by sector in the NZE



NZEはhard to abate sectorの従来技術（設備、燃料）の総入れ替えが必要

Figure 3.19 ▶ Global industrial production of bulk materials by production route in the NZE



IEA. All rights reserved.

産業：NZEの主要な素材の生産方法構成

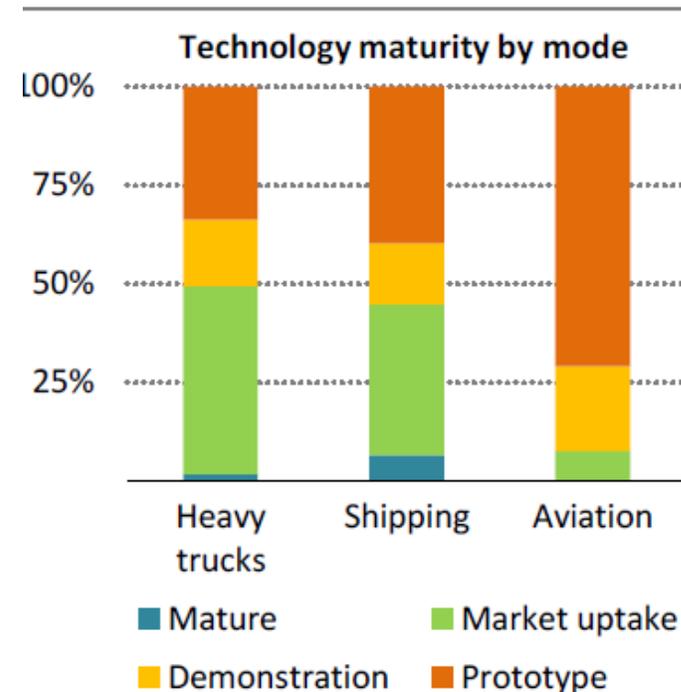
化学、製鉄、セメントのいずれも2050年には従来のプロセスとは異なる新しい生産方法が大半を占める

運輸：NZEの削減技術の成熟度

削減の多くは開発中の燃料や駆動システムの利用を想定

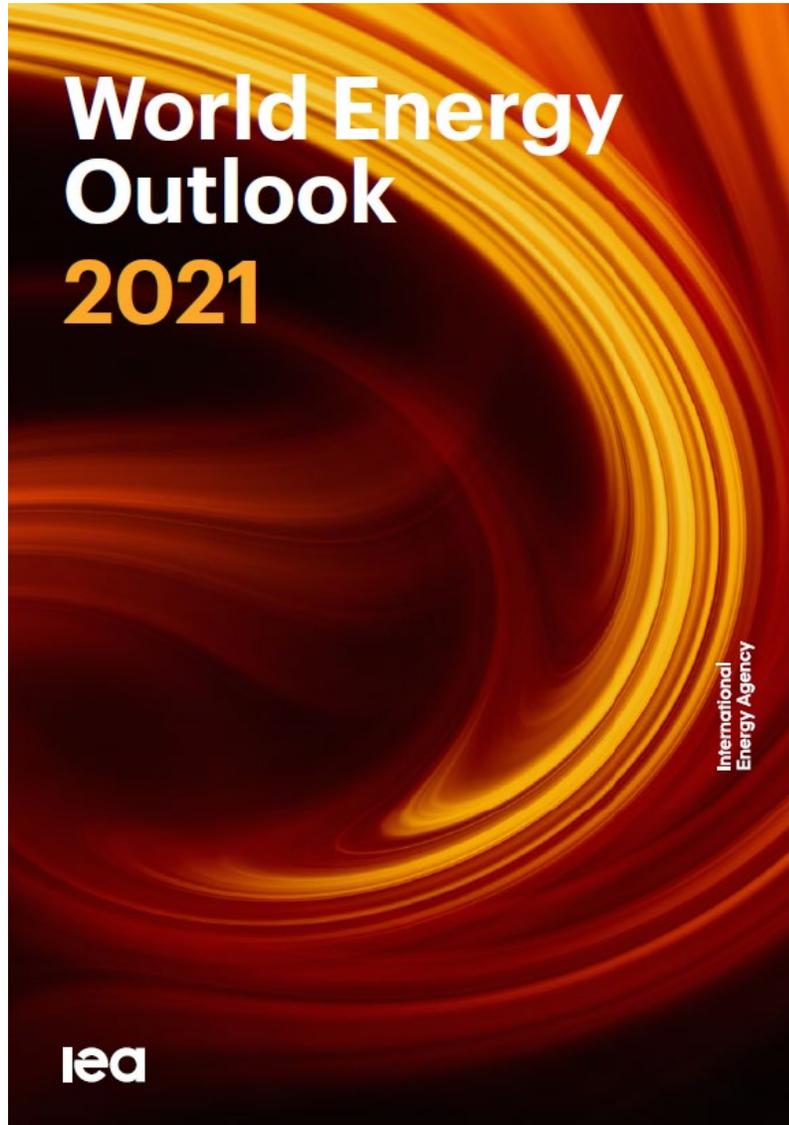
現状プロトタイプ（実験室レベル）が大型車両で3割、船舶で4割、航空では7割超

Figure 3.21 (left) Share of emission reduction to 2050 by technology maturity in the NZE



IEA. All rights reserved.

IEA World Energy Outlook 2021

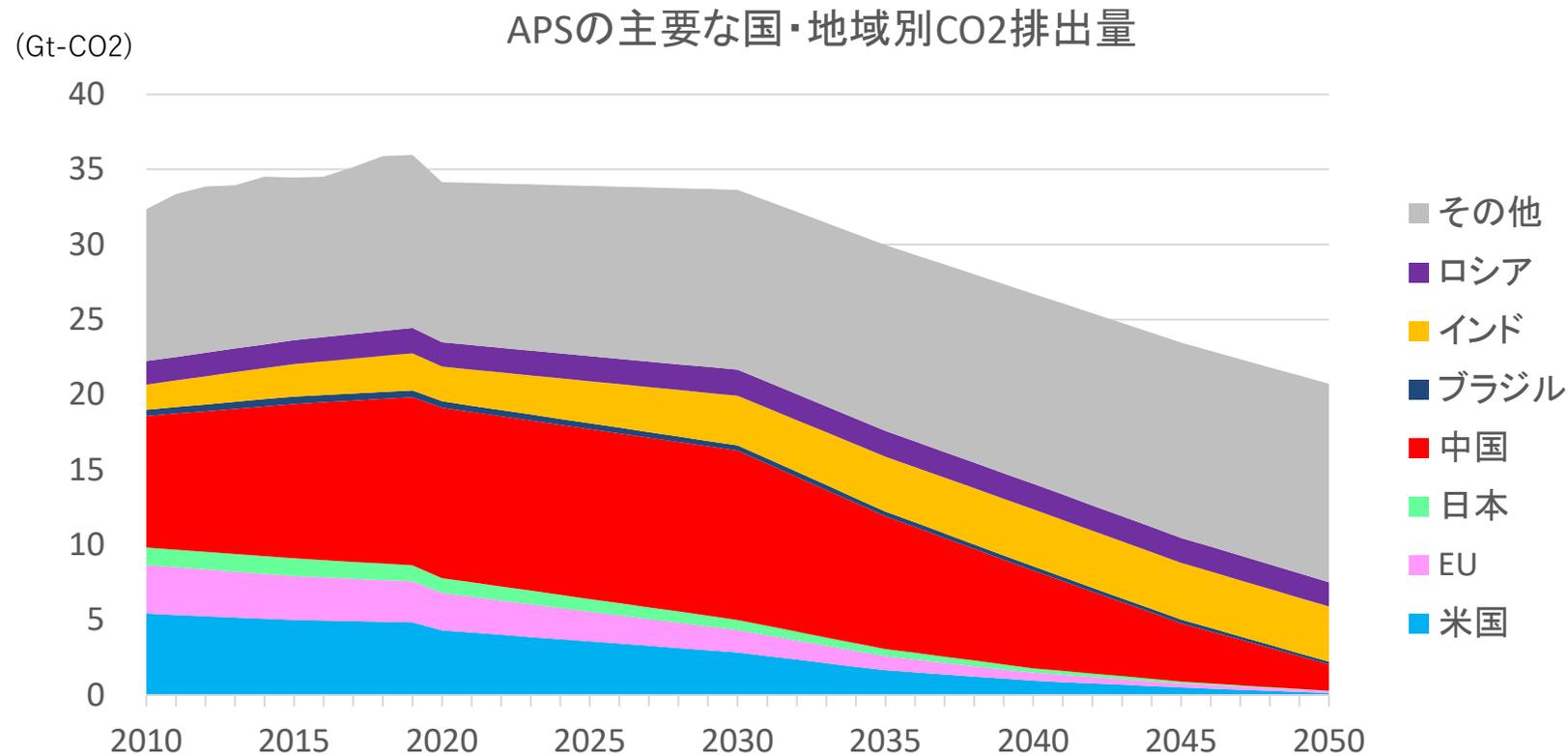


- 国際エネルギー機関（IEA）が毎年秋に発行するWorld Energy Outlookは世界のエネルギー関係者のバイブル的存在
- 従来は有料で販売されていたが、昨年IEAはWEO2021を無料でリリース
- 「本書は11月にグラスゴーで開催されるCOP26のハンドブックとしてデザインしたものであり、無料で利用可能とした」とのこと
- 無料版のWEO2021は世界合計値のみ示す
- IEAは詳細データを有料で販売しており、有料データにはNZE以外のシナリオの主要国・地域別のデータを掲載

* 以下に示すグラフは全てIEA World Energy Outlook 2021有料データベースから筆者が作成したものである

WEO2021のAPSのCO2排出量と主要国の内訳

- Announced Pledges Scenario (APS) は、2021年6月末までにネットゼロ宣言をした国が達成するとしたシナリオ
- APSの世界の排出量と主要な国の排出量を図示すると、2050年に米国、EU、日本はほぼゼロになっている
- 中国の2060年ネットゼロ達成も反映されている



WEO2021 APS分析の意味

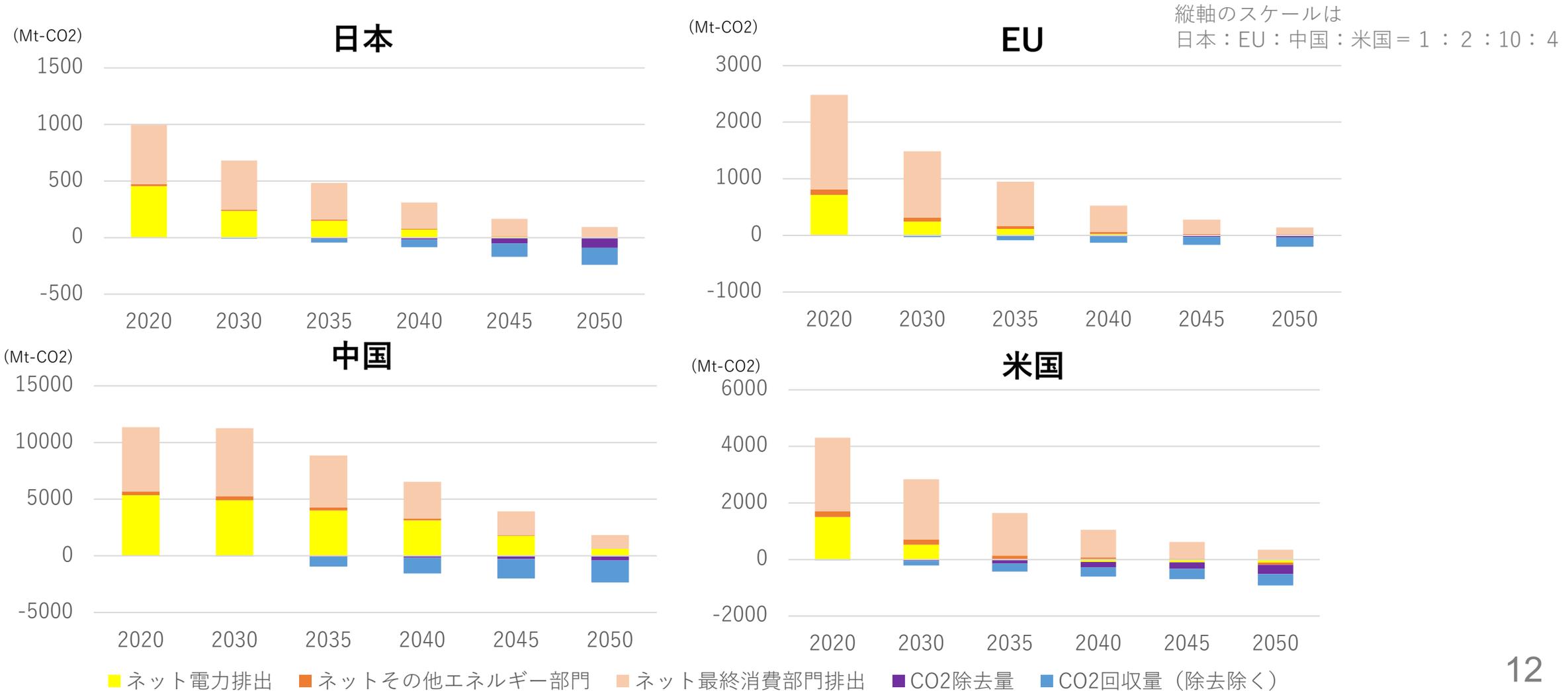
- 両者を比較して、一次エネルギー需要、最終エネルギー消費、発電電力量構成、CO2排出量のいずれにおいても高い整合性が確認された
- APSの日本の2050年の排出量はほぼゼロで、日本に関してはAPS = 2050年カーボンニュートラル

⇒ということは、

- 2030～2050年のAPSを詳細に見ることで、日本の2050年カーボンニュートラル達成の一つの道筋を知ることができる
- 日本と同様に2050年ネットゼロが想定されている米国、EU、2060年にネットゼロが想定されている中国との比較により、国・地域毎のネットゼロへのアプローチの特徴を知ることができる。
- 旧NDCと整合しているSTEPSとAPSを比較することで（2030年までは）2030年目標の変化（26%減⇒46%減）の影響を評価できる

CN宣言国のネットCO2排出、回収・除去

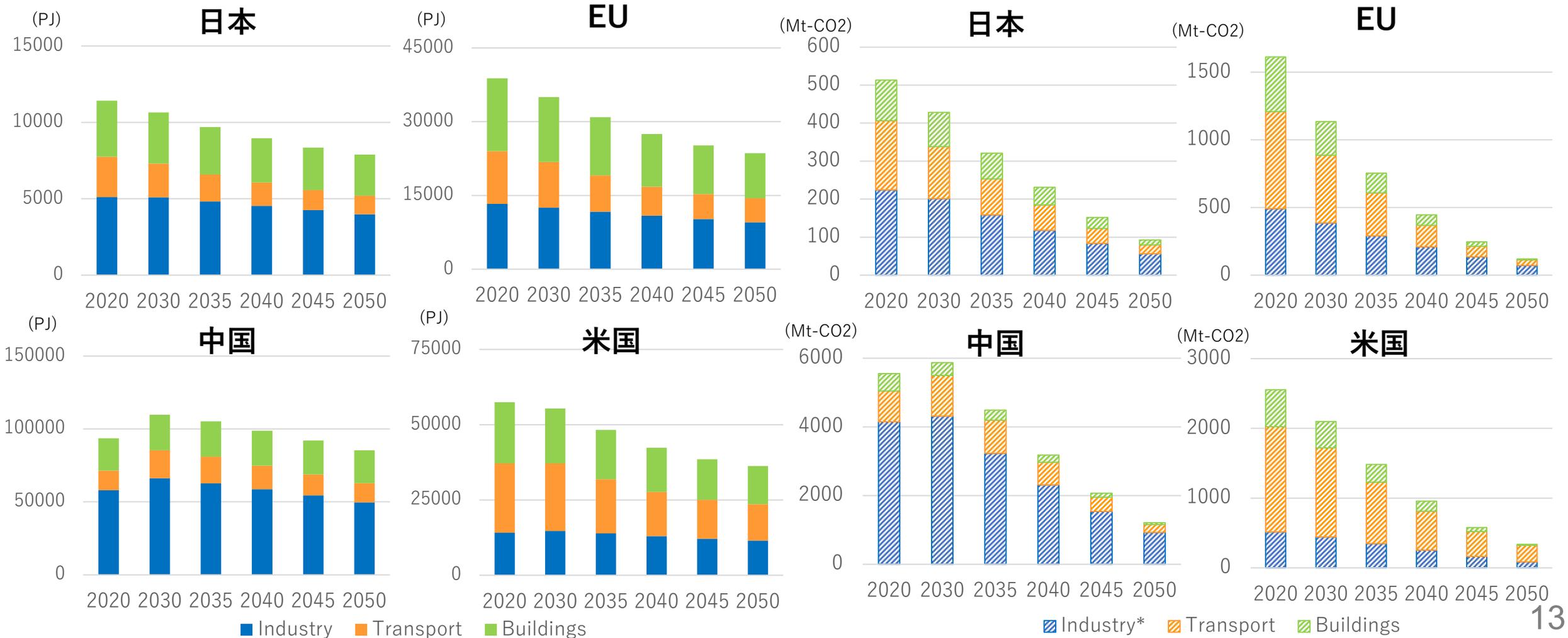
- CN宣言国はいずれも、CO2回収、除去を行ってネット排出量を減らしている
- 2050年のCO2回収量は、いずれにおいてもネット排出量を上回るボリューム



CN宣言国の最終消費部門別エネルギー消費（左）とCO2排出(右)

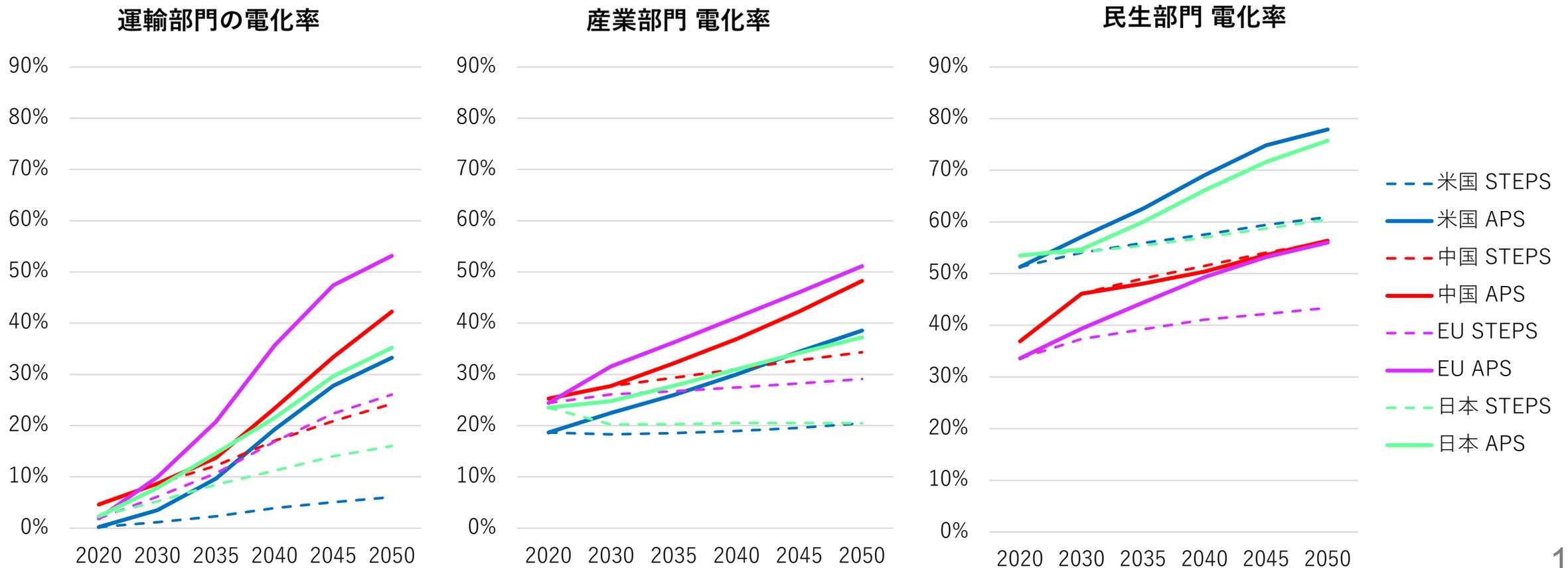
- 共通の傾向：産業部門はエネルギー消費低下は小、CO2排出低下は大
省エネが難しい その手段は？
- 日本と中国は産業部門のエネルギー消費とCO2排出量が多い（ものづくりの国）

縦軸のスケールは
日本：EU：中国：米国 = 1：3：10：5



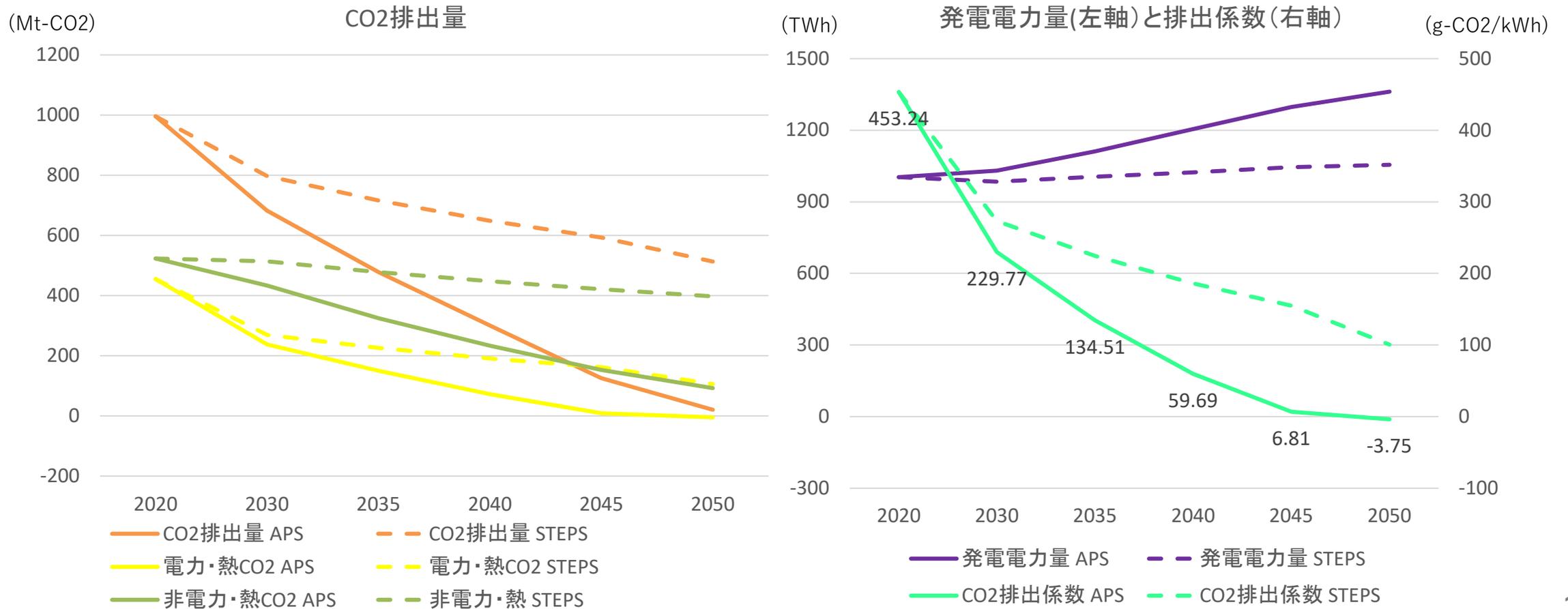
CN宣言国の部門別の電化率の向上

- 運輸部門の電化率： 1～ 5%（2020年） → 33～53%（2050年）
- 産業部門の電化率： 19～25%（2020年） → 38～51%（2050年） **産業部門でも大きく増加**
- 民生部門の電化率： 34～54%（2020年） → 56～78%（2050年）



日本のCO2排出と電力部門

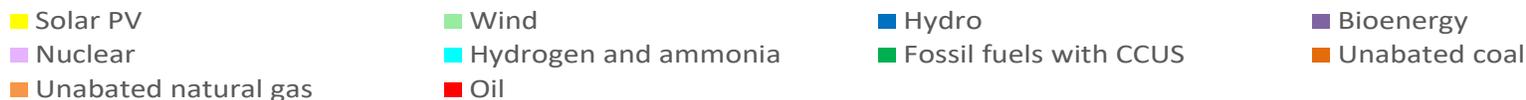
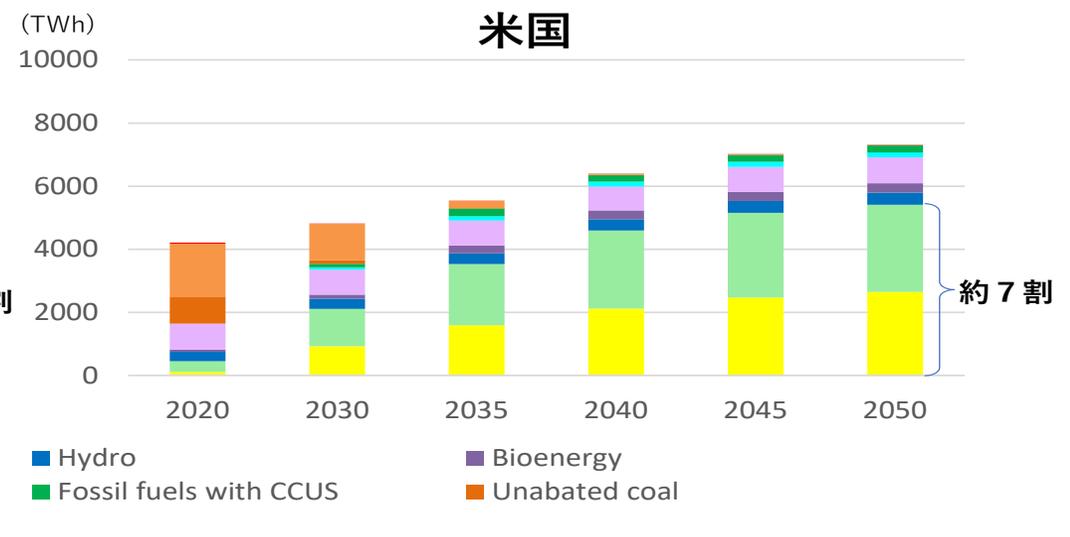
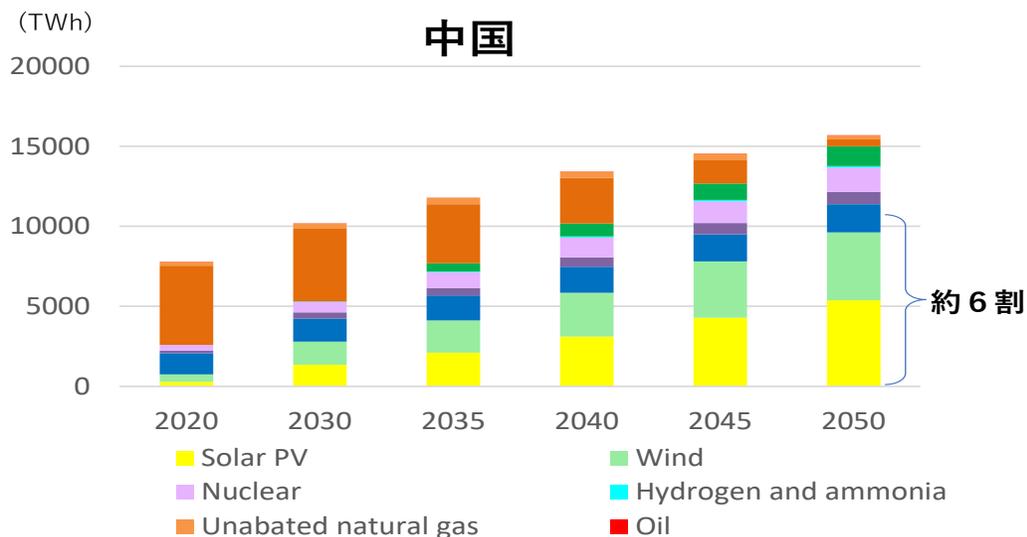
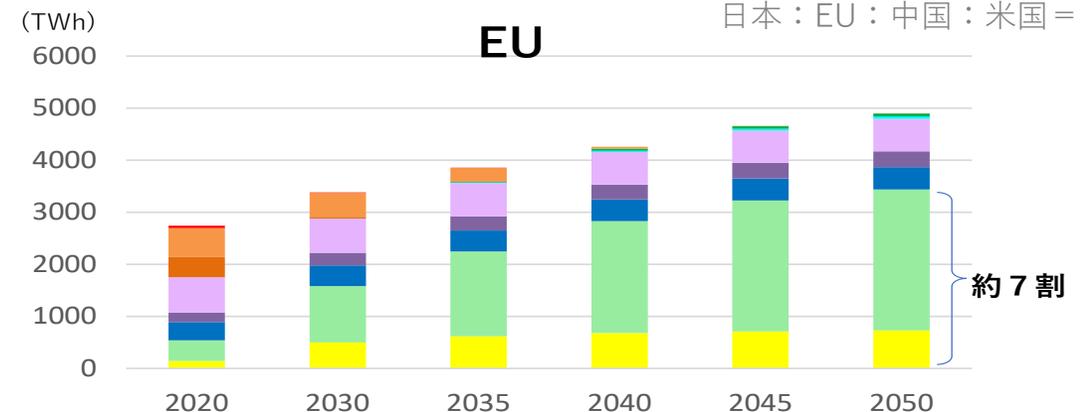
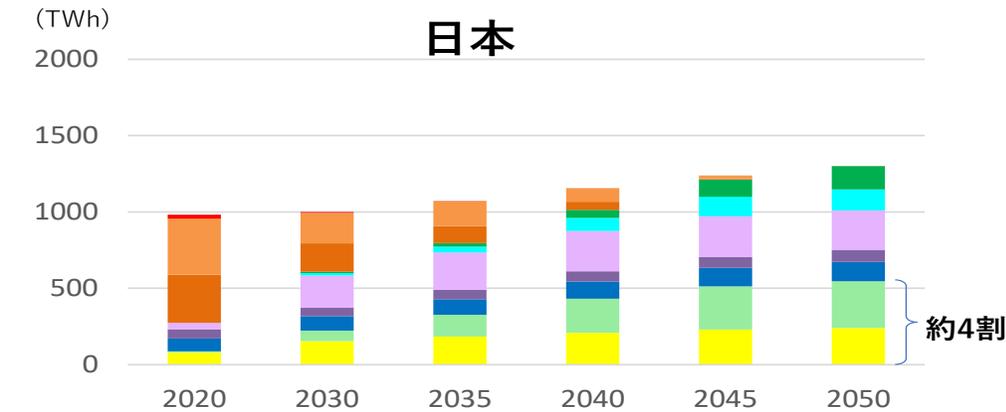
- CO2排出量は2050年まで直線的に減少というより下に凸
- 電力からの排出は明確に下に凸、2030年までの10年間の低下率が大きい
- 電力の排出係数が2030年までの10年間で半減することが要因（右図）



CN宣言国の発電電力量の電源構成

- 日本はVRE（太陽光＋風力）の割合が他より低く、原子力、水素・アンモニア、CCUS付き火力の割合が他より高く、分散が大きいポートフォリオとなっている
- 日本の電力系統が大陸と異なり串型で、融通性、調整力に劣ることが反映されている

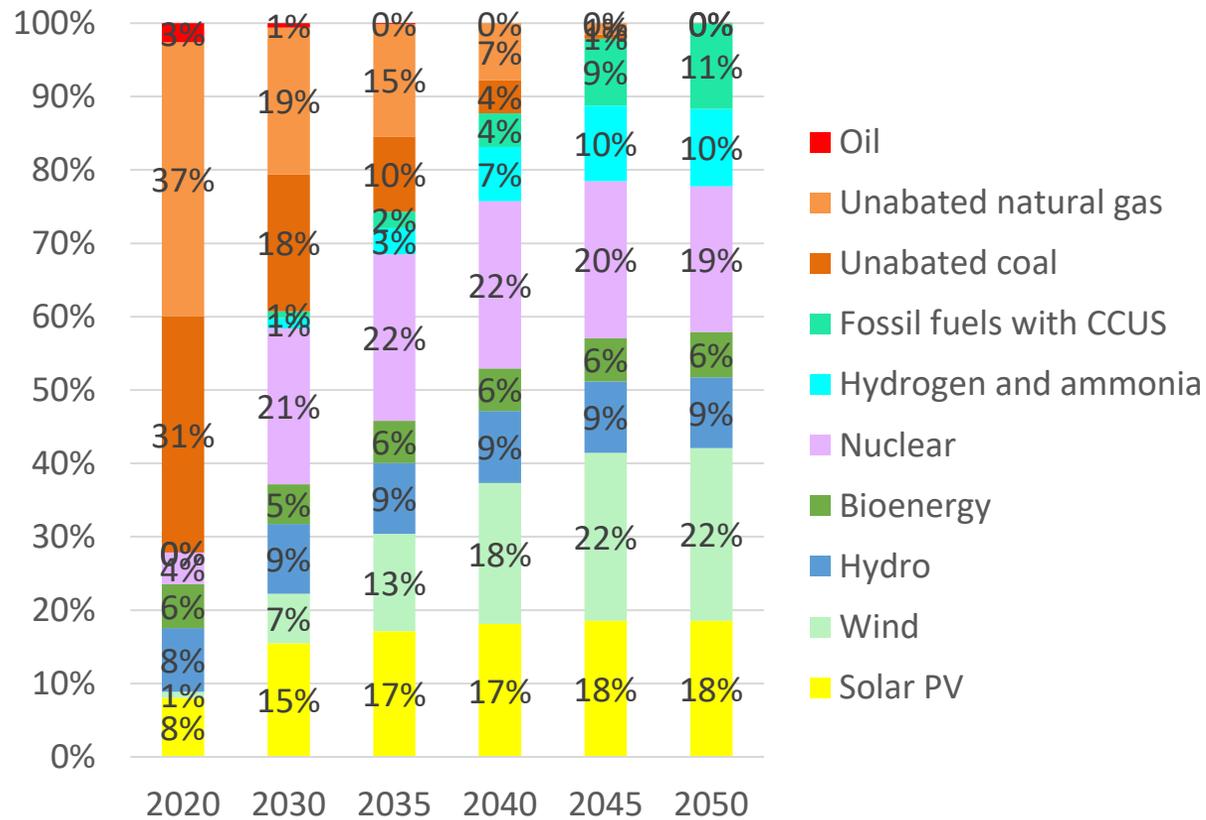
縦軸のスケールは
日本：EU：中国：米国 = 1 : 3 : 10 : 5



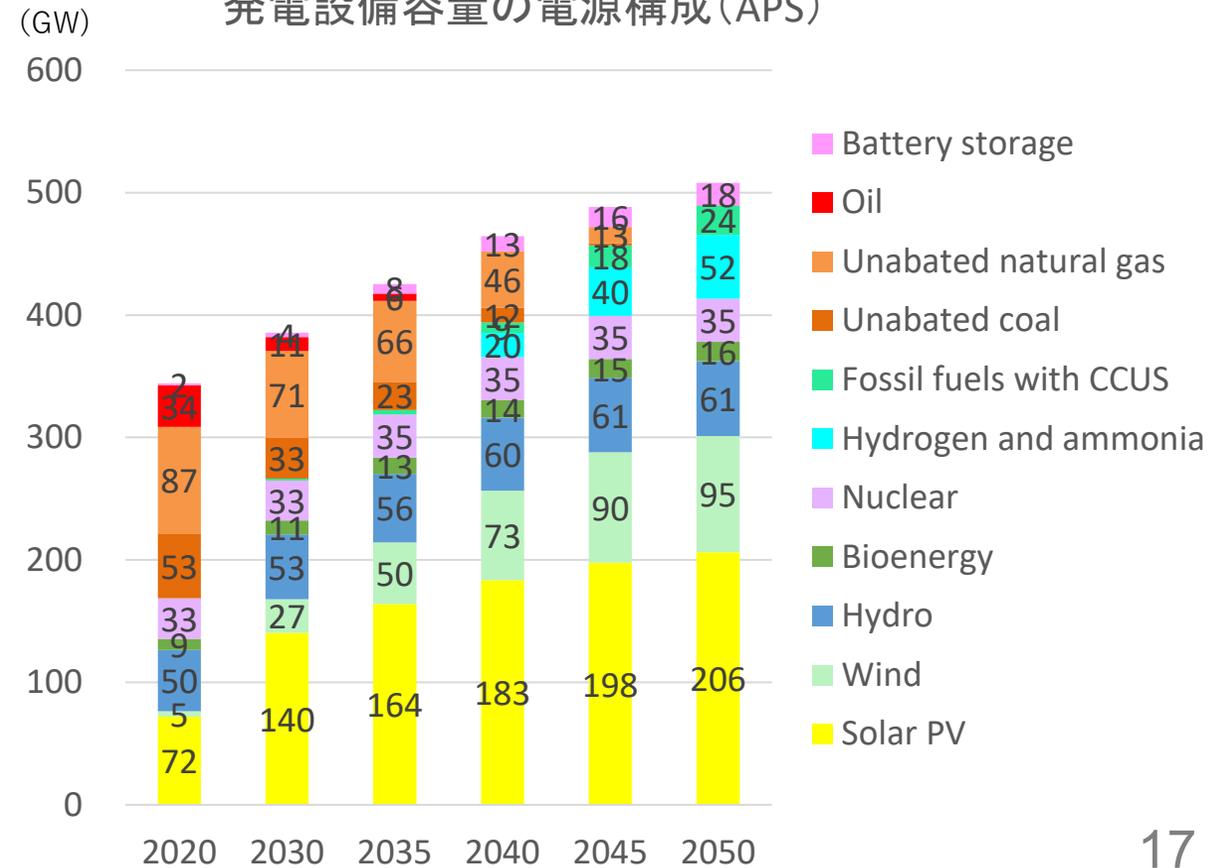
日本の発電電力量の電源シェアと発電設備の電源構成

- 発電電力量：2050年には発電電力量に占めるunabated火力がゼロ、水素・アンモニア発電が10%、CCUS付き火力が11%になり、原子力は2030年以降約20%を維持する
- 発電設備容量：原子力は2035年に2GW増加、その後2050年まで35GWを維持⇒新增設やリプレースが想定されている

発電電力量の電源別シェア(APS)

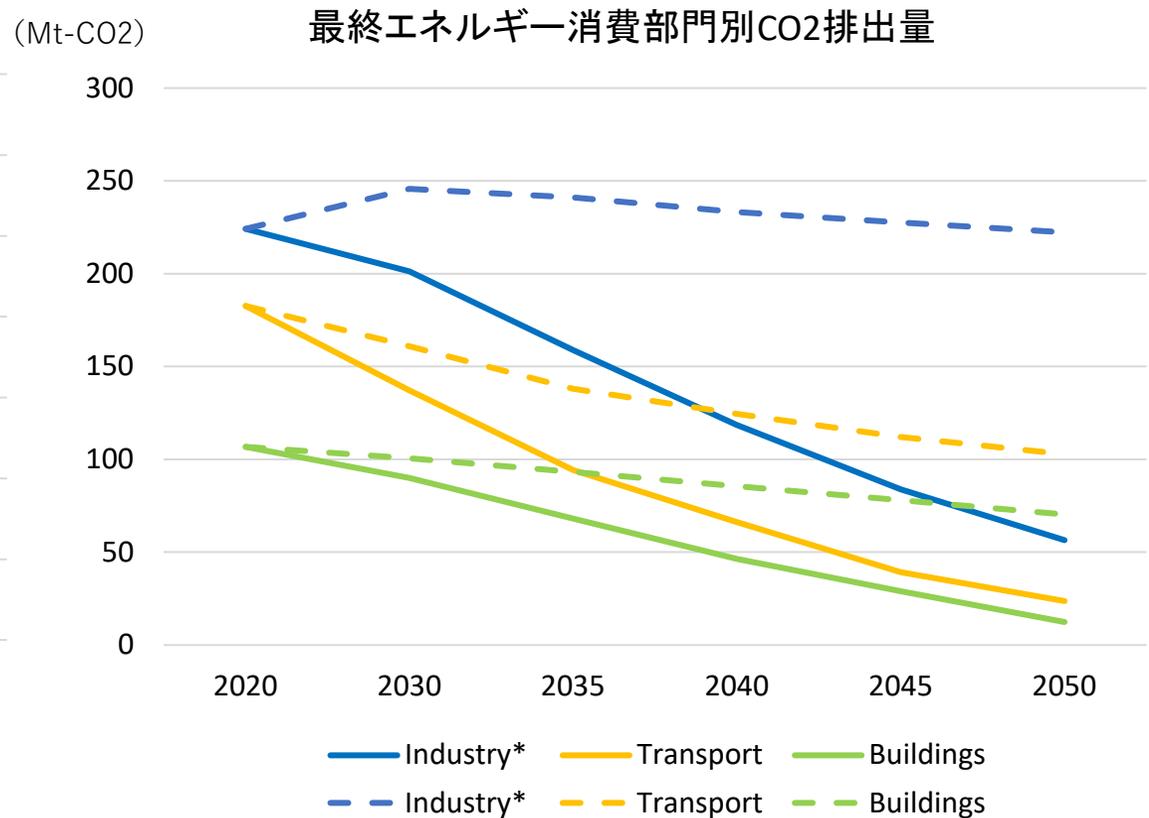
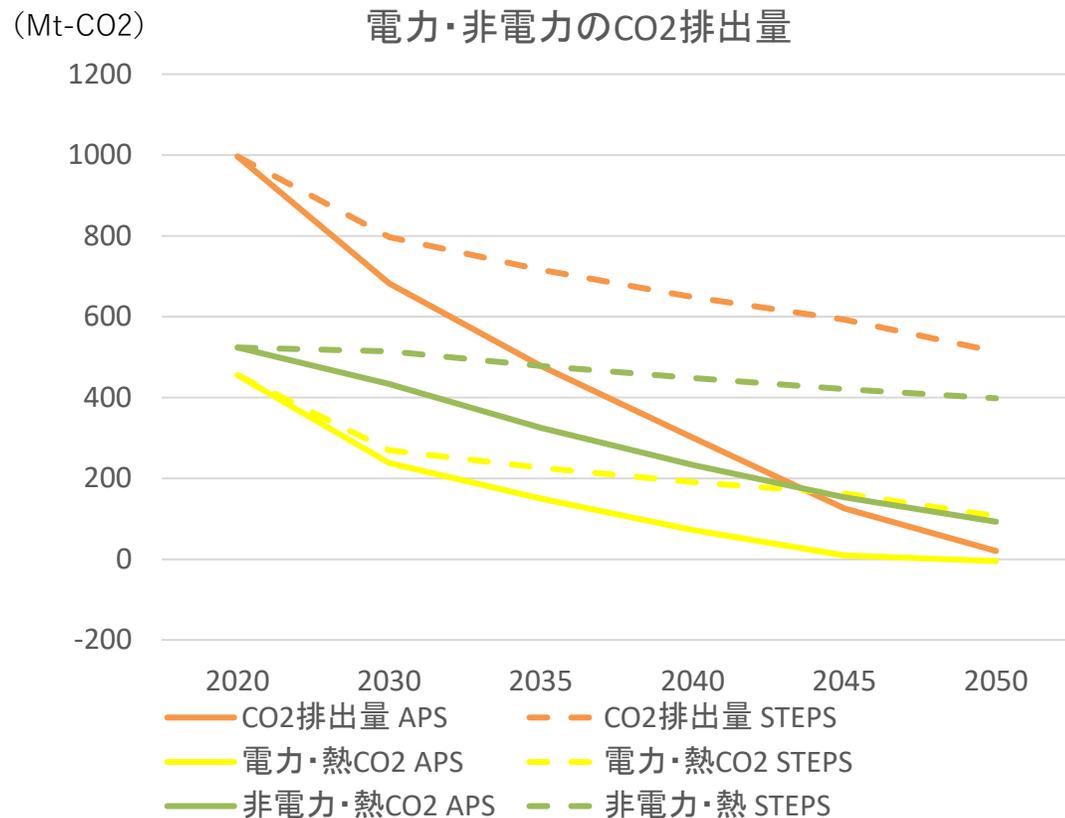


発電設備容量の電源構成(APS)



日本の部門別CO2排出

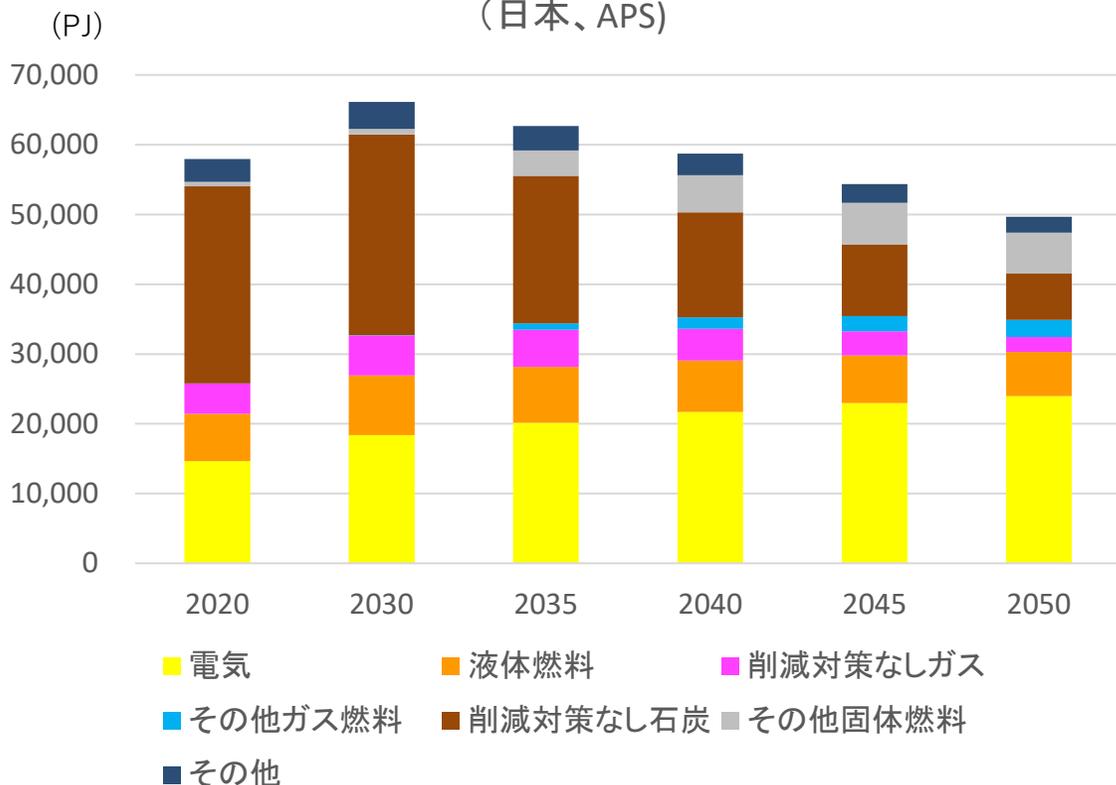
- 電力からのCO2排出は前述の通り、化石→非化石のシフトで急激に進むという想定
- 一方で、非電力（=最終消費部門）のCO2排出低下は電力よりペースが遅い
- 最終消費におけるCO2排出を部門別に見ると、運輸が最も早く低下、民生と産業は遅い



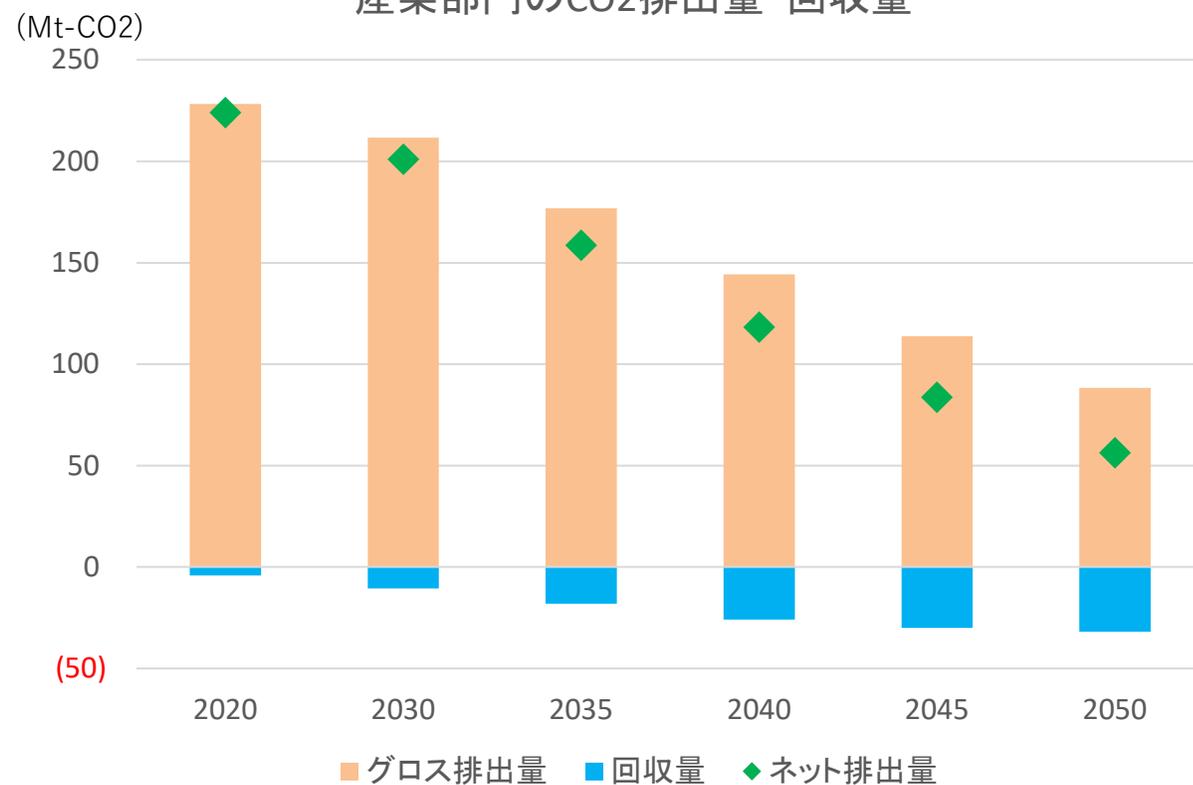
日本の産業部門のCO2排出量低下の要因：電化とCCUS

- 産業部門のエネルギー種別 最終エネルギー消費（左図）からも電化の貢献は明らか
- 同図の化石燃料消費量から産業部門のグロスの排出量を試算可能、ネットの排出量（p12）から産業部門のCO2回収量が推定できる（右図）
- 産業部門の排出量低下にはCO2回収が貢献しており、2050年には30Mt以上の回収が必要

産業部門のエネルギー種別TFC
(日本、APS)



産業部門のCO2排出量・回収量



APS分析が示す日本の2050年カーボンニュートラル実現の課題

電力部門

- いかにか ①電力部門の低炭素化、②電化の促進、を同時に進められるか
- ①の鍵；
 - 太陽光と風力の更なる導入促進
 - 原子力シェア20%実現のための再稼働、寿命延長、新增設・リプレース
 - VRE増加に伴う調整力ニーズに対応するための電力貯蔵、送配電システムの強化、VPPなど調整力供給メカニズムの多様化と普及

⇒これらが揃わなければ火力発電を削減できない
- ②の鍵はコスト、①が電力料金アップにつながれば電化は進まない

最終消費部門

- 産業部門：高熱（現在は重油・ガスを利用）、製鉄における鉄鉱石還元（現在は高炉で石炭を利用）の代替技術の商用化、安価で大量な水素の安定供給
- 運輸部門：乗用車の100%EVシフト、航空&船舶用のゼロエミ燃料の商用化
- 民生部門：寒冷地の暖房の電化、既設含めた建築物の断熱リフォーム

日本の産業界はどう受け止めるべきか（個人の見解）

- 輸出産業にとってコスト増加は国際競争力低下 = 死活問題
- カーボンニュートラルのコスト増加要因
 - ① 電力部門：電力の低炭素化（再エネ導入、電力系統強化、水素・アンモニア発電などの技術開発）、原子力活用不可（再稼働・寿命延長・新增設の遅延や不能）
 - ② 最終消費部門：低炭素化技術への投資（技術開発、設備更新）
 - ③ CCUS
 - ④ カーボンプライス

⇒国の支援による民間の負担緩和が必要

①～③：技術開発への支援、設備投資への免税措置等・・・**政策主導が必要**

④：雇用、産業、経済への影響を十分に評価した上で、悪影響を最小化して導入

⇒最も効果的なコスト増加緩和策は原子力の再稼働・寿命延長・新增設

- 適切な安全審査期間（過度の審査期間長期化の回避）
- 原子力の安全性等についての社会的受容性向上
- （情報公開等による国民理解の推進）
- 法規制見直しによる寿命延長の実現
- 新增設リプレースの投資回収予見性に向けた仕組み

政策主導が必要

2050年カーボンニュートラルシナリオへの期待

- NZEやAPSが示したのは2050年カーボンニュートラル達成の「一つの道筋」
 - NZEやAPSのようなbackcasting approachによる道筋の描き方では、エネルギー安全保障問題、燃料価格の不確実性などを考慮できない
 - 日本の2050年カーボンニュートラル達成の道筋については、状況変化に対応可能な複数のシナリオを、エネルギー安全保障含めた日本固有の条件を反映させて詳細に検討する必要がある
 - よりよいシナリオ選択のために必要なこと
 - backcasting型のシナリオだけでなく、forecasting型のシナリオも含めて複数のシナリオを検討
 - 技術やコストに関しては産業界に十分に取材して反映
 - シナリオごとに各種不確実性を考慮した感度分析を実施
 - 国内（審議会等）および国際的な議論（国際WS等）を通じて日本のCNシナリオへの理解を拡大
- RITEなど主要な研究機関に期待
- 政府主導を期待

J-POWER “BLUE MISSION 2050”

私たちは不断のエネルギー提供と持続可能な社会の実現に向けて
これまで培ってきた経験と技術力をもとにエネルギーの脱炭素化に取り組むとともに
最新技術の導入や新たな事業領域への挑戦など創意工夫を重ねグローバルに成長を続けてまいります。

ロードマップ°

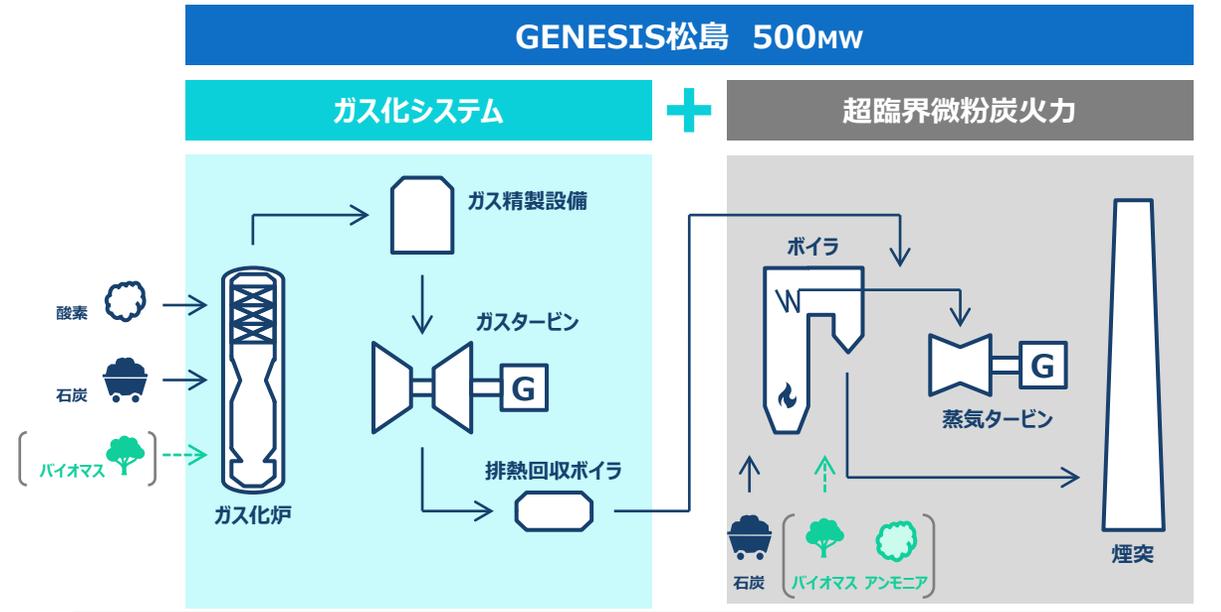
※ 本ロードマップは政策等条件、産業発展の進捗を前提条件として随時更新、詳細化します。また前提条件の変更に伴い、内容の見直しを図ります



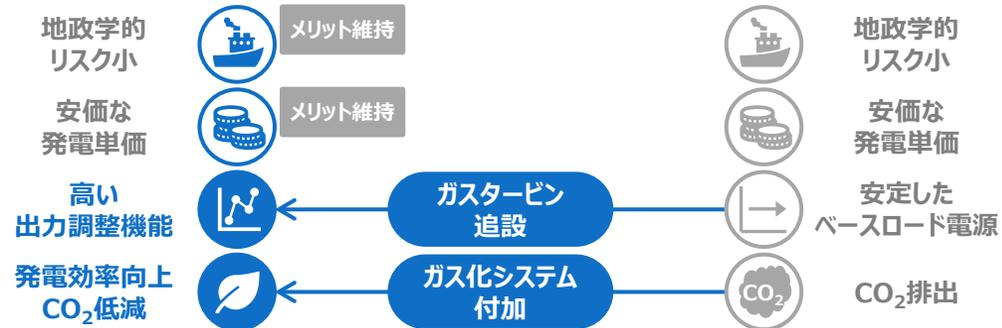
*1 2017-2019年度3年平均実績比 *2 Appendix参照 *3 電力ネットワークの増強はJ-POWER送变电の取組み

水素発電への第一歩～GENESIS松島

既存資産への石炭ガス化技術適用することで、電力安定供給を維持しつつ、経済合理性を高め環境負荷の低減を実現するアップサイクルを行います。

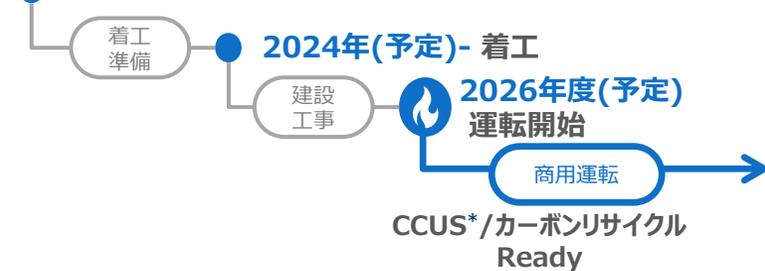


GENESIS松島



既設松島火力

2021年- 環境影響評価等



* CCUS : CO₂の分離・回収、有効利用および貯留



<https://www.jpowers.co.jp/bluemission2050/>