

IGES CEウェビナーシリーズ 気候変動トラック第6回
2021年7月8日(木)

IEA（国際エネルギー機関）による 2050年ネットゼロに向けたロードマップの解説

—Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector—

公益財団法人 地球環境戦略研究機関(IGES)

連絡先

有野洋輔: arino@iges.or.jp

田村堅太郎: tamura@iges.or.jp

第1部

IEAレポートの背景と意義

- 本レポートは石油危機後の1974年創立のIEAの歴史上、最も重要かつ挑戦的な事業の1つ
 - ▶ 半世紀がたち、脱炭素化へと世界のエネルギー政策の潮流が劇的に変化
 - ▶ 化石燃料安定供給から**再生可能エネルギーを主軸としたエネルギー安全保障・経済成長への転換**
- IEAの2つのフラッグシップレポート（World Energy Outlook、Energy Technology Perspectives）のモデル技術を統合したIEAの“最高到達点（culmination）”といえるレポート
- 多様なレビューア（国際機関、各国研究機関、政府、エネルギー、鉄、セメント、自動車等の民間企業）の存在
 - ▶ **ネット・ゼロ**をキーワードにして、**多様なステークホルダーと分野横断的な対話**を喚起
- 2021年初頭に、IEA事務局長ファティ・ビロル氏がGlobal Commission on People-centered Clean Energy Transitionsを招集し、COP26までに提言
 - ▶ **GDP影響**はもとより、**雇用や生活の質**（大気等）など**人々（people）**にも焦点を当てた**包摂的な分析**
- 2050年CO₂ネットゼロ排出への道は大変狭いが技術的、社会的に可能性はあることを提示
 - ▶ **ネットゼロを達成した場合に世界のエネルギー部門がどのように変わる必要があるか**をロードマップの形で提示（→バックカスティング手法で～2050年の姿を定量的に推定。「こうなるだろう」という予測ではない。）

IEAレポートの構成

第1章 ネットゼロに関する政治目標の現況とNDCs延伸シナリオの分析

- 世界のネットゼロ目標を掲げる国・地域の増加
- 国別削減目標（NDCs）・現行政策を延伸した**STEPS(Stated Policies Scenario)**シナリオ下のエネルギー需給とCO₂排出量の推計

ネットゼロ排出シナリオ（NZE）の分析

第2章 世界全体のエネルギー部門の分析

- 2050年CO₂ネットゼロ排出に向けた世界のシステム転換経路を提示
- **1次エネルギー供給・最終エネルギー消費**
- **脱炭素化の7本の柱（省エネ、行動変容、電化、再エネ、水素、バイオエネルギー、CCUS）**
- エネルギー投資
- 主な不確実性：**行動変容** etc.

第3章 セクター別のエネルギー部門の分析

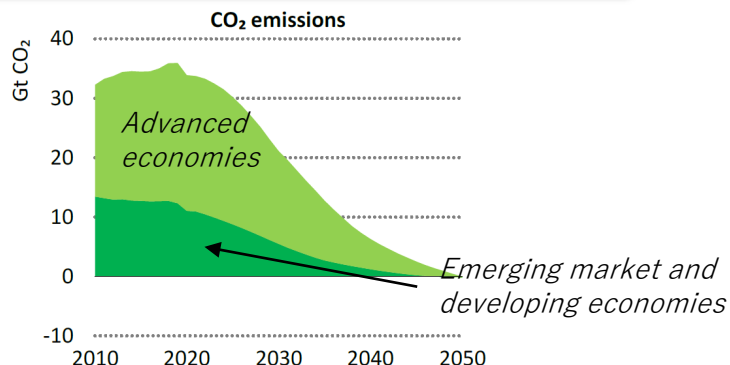
- 化石燃料供給
- 低排出燃料供給（バイオ燃料、水素・水素ベース燃料）
- 電力部門
- 産業
- 運輸
- 建物

第4章 経済、エネルギー、市民、政府の分析

- 経済（**投資**・ファイナンス、**経済活動**、雇用）
- エネルギー産業（石油・ガス、石炭、電力、エネルギー多消費産業）
- 市民（エネルギー関連SDGs、安価なエネルギー、**行動変容**）
- 政府（**エネルギー安全保障**、インフラ、税収、イノベーション、国際協力）

IEAネットゼロ排出(NZE)シナリオの想定

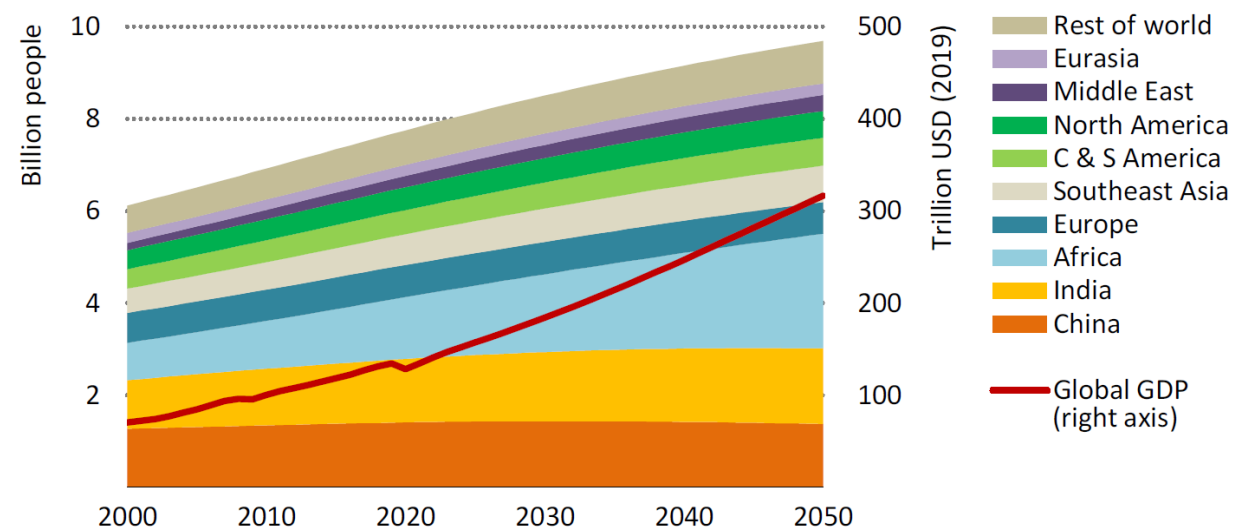
ネットゼロ達成年の想定



先進国はおよそ2045年、世界全体は2050年にネットゼロCO₂排出を達成することを前提に炭素価格を調整（先進国の方が高く設定）

社会経済シナリオの想定

- 人口は2050年に97億人
- GDPは年率3%で成長
 - COVID19からの急激な回復を前提
 - 2050年には2020年の2倍以上のGDP規模
 - 年率3%のGDP成長率は、国際通貨基金（IMF）モデル分析の結果と照合させて設定

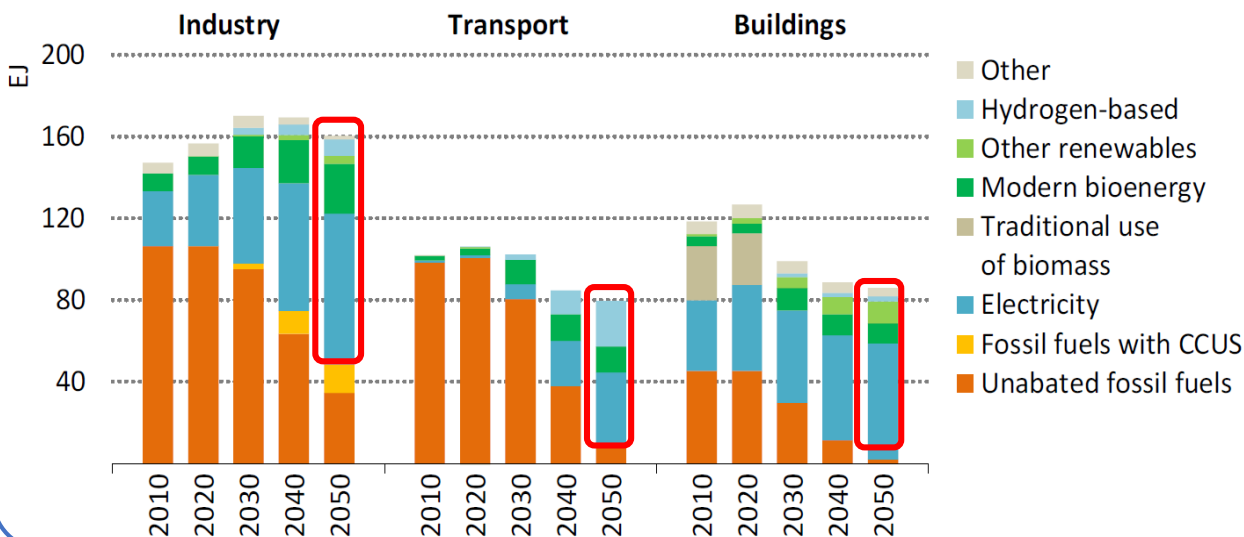


【キーポイント】 IMFモデルで上記経済成長率が達成されることを検証した上で、世界全体で2050年にネットゼロを達成しつつ堅調な経済成長も実現することを想定（NZEシナリオはSTEPSシナリオ比でGDP+0.4%、2030年までの年平均値）

2050年のエネルギー需給構造

最終エネルギー消費（セクター別）

- 産業（工場）、運輸、建物（家庭、業務）すべてのセクターで省エネ、電化、再エネ、水素、合成燃料（水素ベース）、バイオエネルギー、CCUSを広く採用
- CCUS無しの化石燃料使用は2050年には産業と運輸の一部で残るのみに

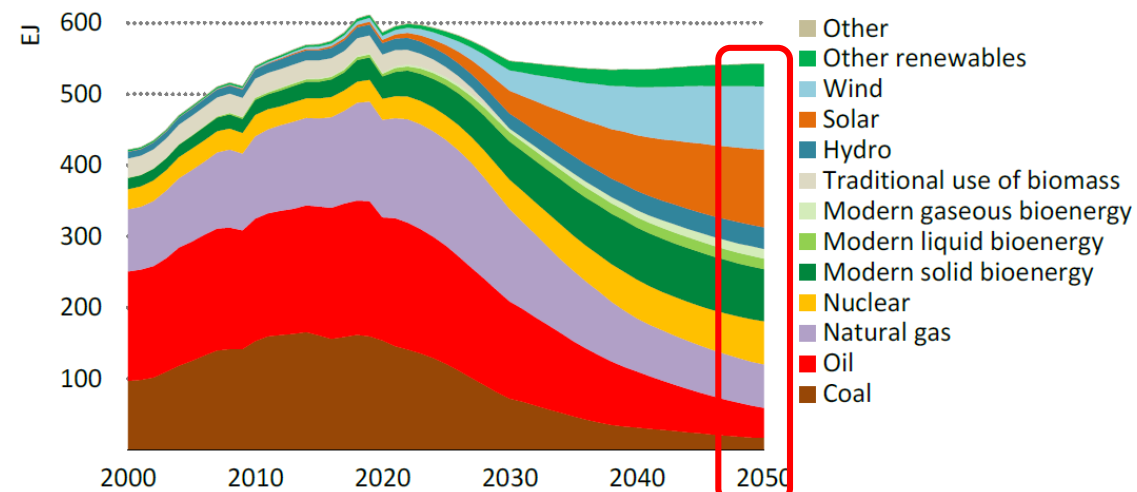


CCUS : Carbon Capture, Utilization and Storage → 二酸化炭素回収・利用・貯留

需要サイドでは、エネルギー効率向上、行動変容、電化、水素、バイオエネルギー、CCUSが脱炭素化の柱

1次エネルギー供給

- 化石燃料比率は大きく低下（2020～2050年に80%から20%まで低下）
- 再エネが約6割を占める
- 再エネと原子力がほとんどの化石燃料使用を代替



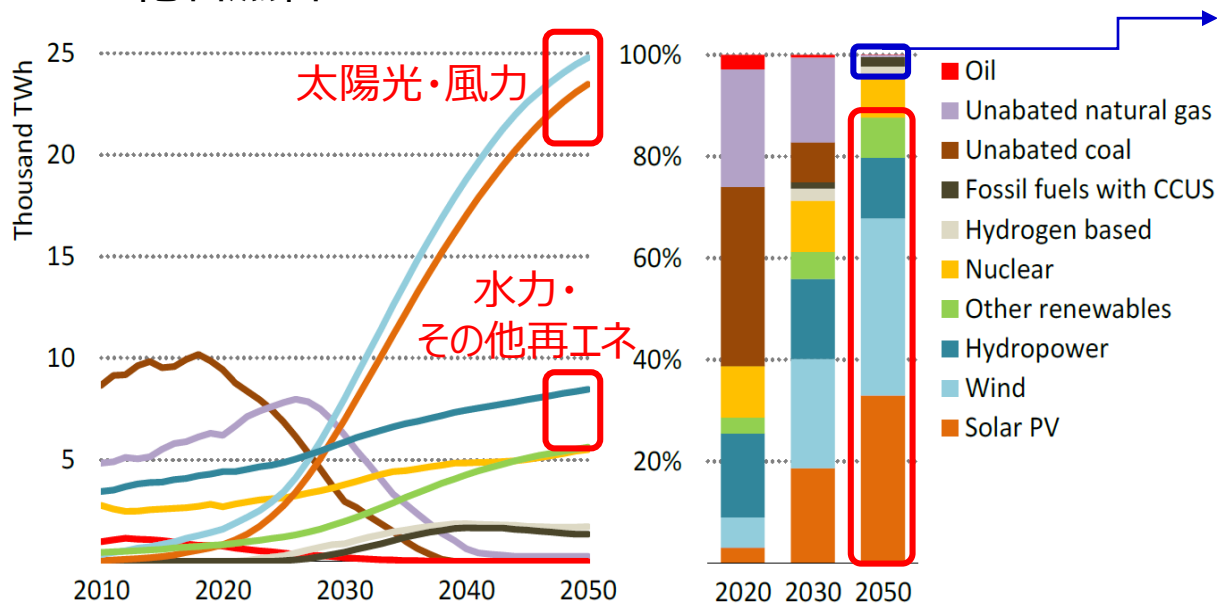
供給サイドでは、再エネ、バイオエネルギー、原子力、CCUSが脱炭素化の柱

2050年の発電電力の構成

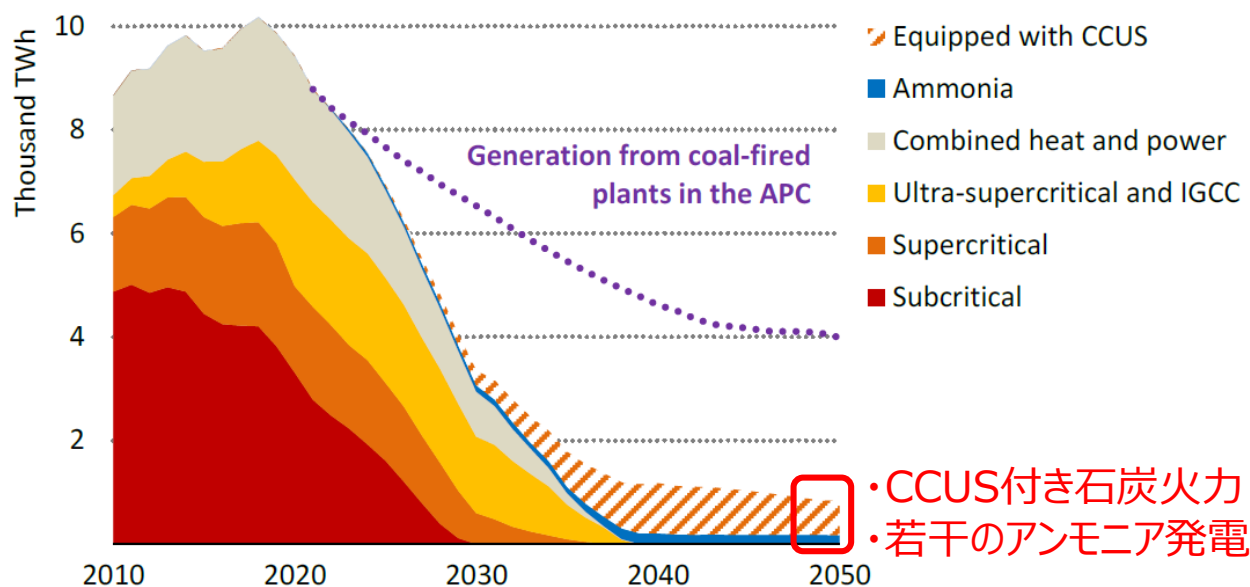
発電電力の構成（2020～2050年）

- 2050年に再エネ比率が約90%まで増加
(そのうち太陽光と風力が約70%)
- 残りの10%は、原子力、水素ベース燃料、および化石燃料+CCUS

- 2050年の石炭火力発電はCCUS付き石炭火力設備またはアンモニア発電設備に転換（下図）
- CCUS無し火力発電設備は2040年までにフェーズアウト



石炭火力発電電力量（技術別）



【キーポイント】IEAネットゼロシナリオでは**太陽光・風力等の再エネが大幅に拡大する**
(ただし、この結果はコスト想定等に依存するため、その検証作業が肝要)

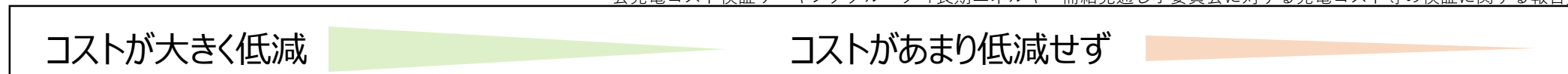
IEAネットゼロ排出シナリオのコストの想定

Table B.1の情報を抜粋

1ドル=110円で換算

	技術	IEAレポートのコスト想定			日本のコスト低減目標等 (モデルケース試算想定含む)	
		2020	2030	2050	2030	2050
発電	原子力 [USD/kWh]	0.07-0.15	0.07-0.12	0.06-0.12	0.09	—
	太陽光 [USD/kWh]	0.04-0.06	0.02-0.04	0.02-0.03	0.11-0.14	—
	陸上風力 [USD/kWh]	0.04-0.06	0.04-0.05	0.03-0.04	0.12-0.2	—
	洋上風力 [USD/kWh]	0.08-0.13	0.04-0.07	0.03-0.05	0.07-0.08	—
蓄電池	車載用バッテリー [USD/kWh]	130-155	75-90	55-80	90以下	—
水素製造	低温水電解装置 [USD/kWe]	835-1300	255-515	200-390	—	—
	ガス改質設備・CCUS付 [USD/kW H ₂]	1155-2010	990-1725	935-1625	—	—

出典：日本の洋上風力、車載用バッテリーコストは経済産業省（2020）グリーン成長戦略、その他は総合資源エネルギー調査会基本政策分科会発電コスト検証ワーキンググループ「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告」（平成27年5月）



【キーポイント】IRENA（国際再生可能エネルギー機関）のコスト情報を参照しつつIEA独自にコストを想定。太陽光や洋上風力などの再エネ発電、EV、グリーン水素（再エネ電気による水電解）への転換が促進する結果を導出

2050年の化石燃料使用とネガティブエミッション技術

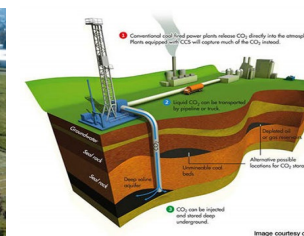
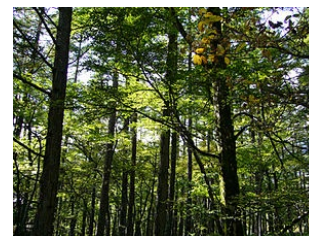
2050年にも化石燃料を使用するセクター

- 30%は主に石油化学製品の原料として使用
- 50%はCCUS付き発電・産業設備で使用
- 残りの20%のCCUS無しの化石燃料は、主に下記のセクターで使用
 - ▶ 石炭：鉄鋼部門、石油：運輸部門、ガス：電力、産業用の熱エネルギー等



残存するCO₂排出量はネガティブエミッション技術で相殺

- BECCS (Bioenergy and carbon capture and storage)
 - ▶ バイオエネルギー + CCS
- DACCS (Direct air capture and carbon capture and storage)
 - ▶ CO₂直接空気回収・貯留

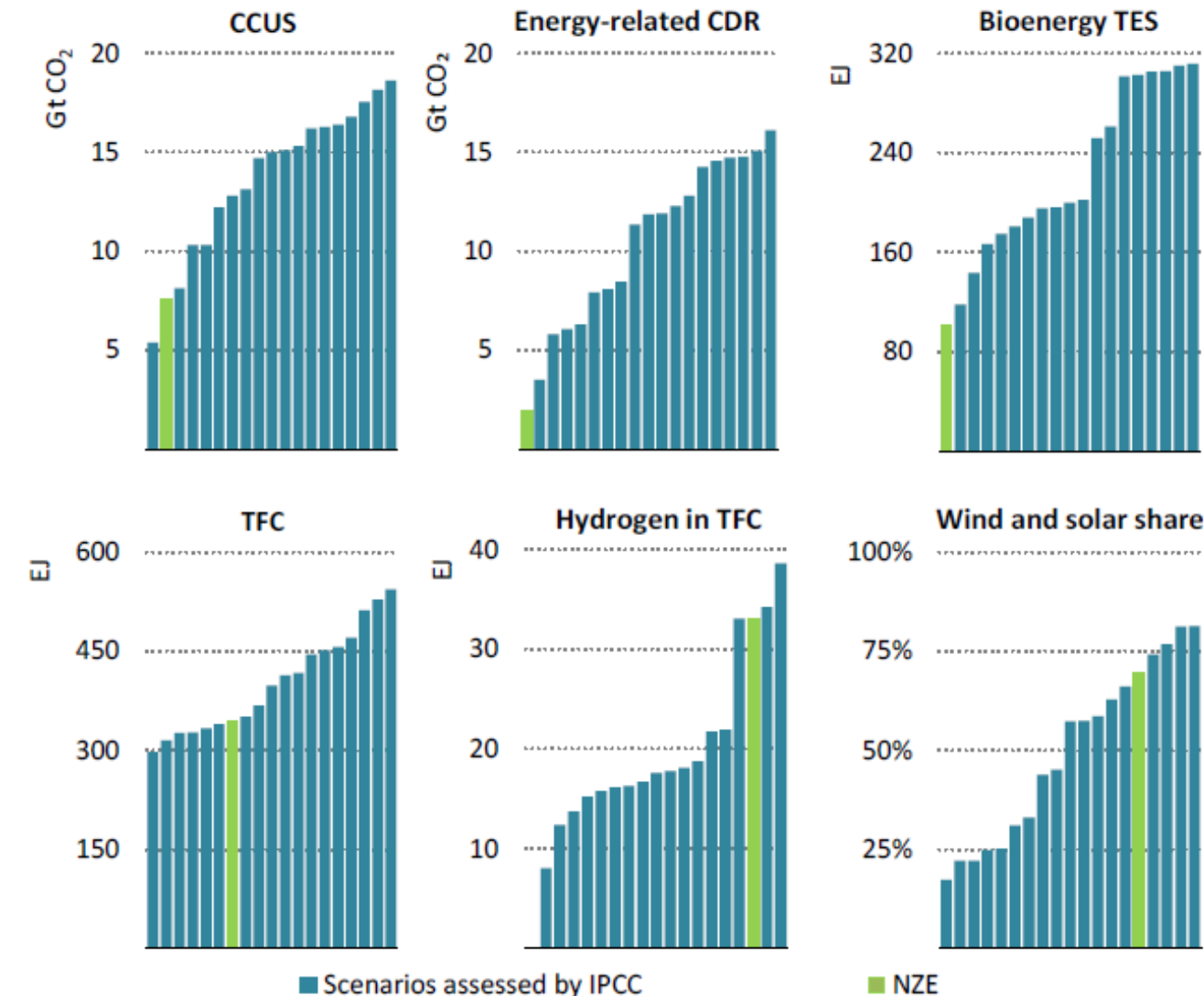


【キーポイント】

- EUのネットゼロシナリオにおいても、排出残余分を同様のアプローチで相殺することを想定
- ただし、IEAではネガティブエミッション技術には出来る限り依存しないシナリオ想定を置いている点はきわめて重要（次頁参照）

IEAネットゼロ排出シナリオの特徴

IEAシナリオとIPCCシナリオの比較



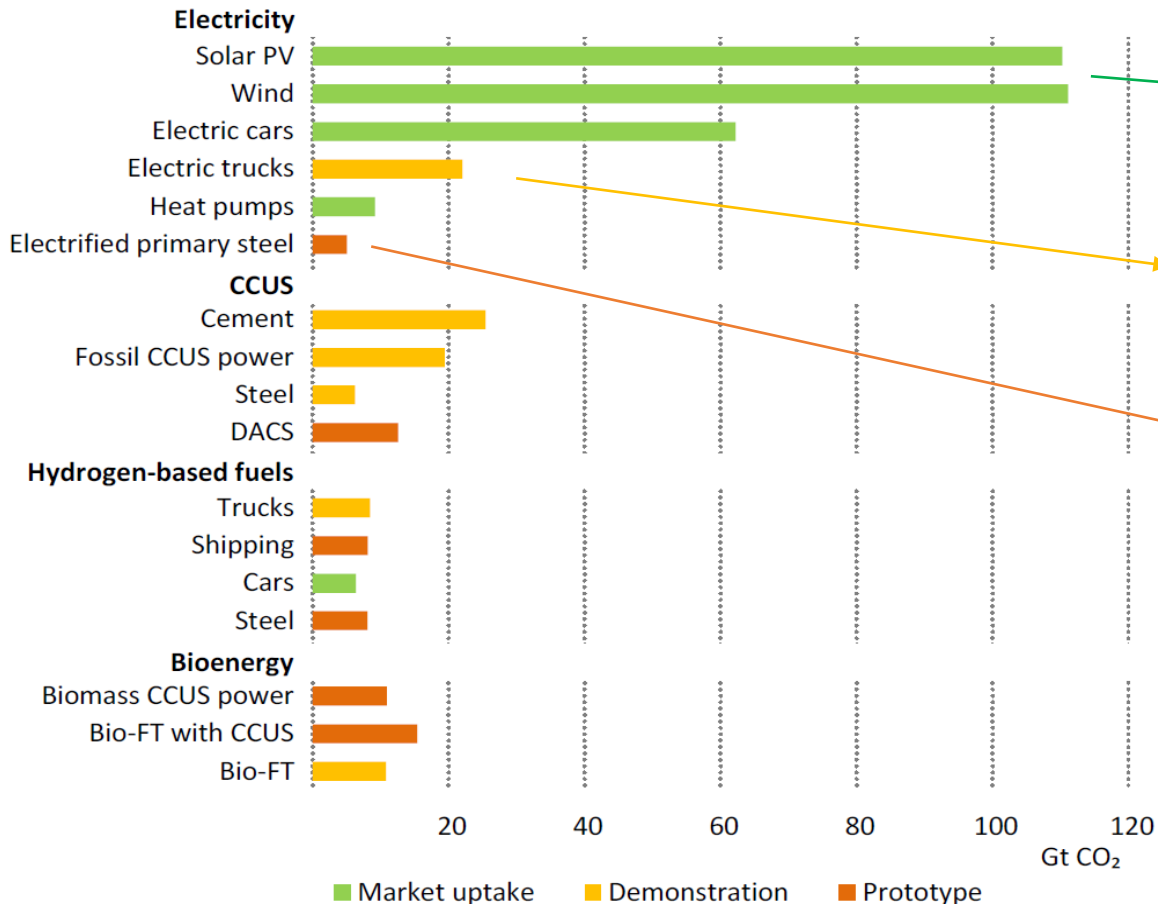
IEAシナリオの特徴

- 最終エネルギー消費は少ない (340EJ)
▶ 大幅な省エネを示唆
- 水素使用量 (最終エネルギー消費) は多い (33EJ)
- 太陽光・風力の発電シェアは高い (70%)
- バイオエネルギー使用量は最も少ない (100EJ)
- CCUS使用量は少ない (7.6GtCO₂)
- エネルギー関連のCDR(BECCS+DACCS)は最も少ない (約2GtCO₂)
(CDR: Carbon Dioxide Removal)

【キーポイント】
IEAネットゼロシナリオの特徴は、**省エネ・再エネ**（主に**太陽光・風力**）・**水素の寄与が大きく**、**CCUSやネガティブエミッション技術の寄与が小さい**点にある。

IEAネットゼロ排出シナリオの技術的イノベーションへの示唆

技術別の累積排出削減量(2020~2050年、2020年比)



• **市場で導入済み（緑色）**の太陽光、風力、電動車による累積排出削減量がきわめて多い

• **実証試験中（黄色）**の電動トラック、CCUS付き火力発電、セメント部門のCCUS導入、トラックの水素燃料等の排出削減量、**開発段階（オレンジ色）**の船舶の水素燃料、水素還元製鉄、DACCS、BECCS等による個別の累積排出削減量は比較的小さい

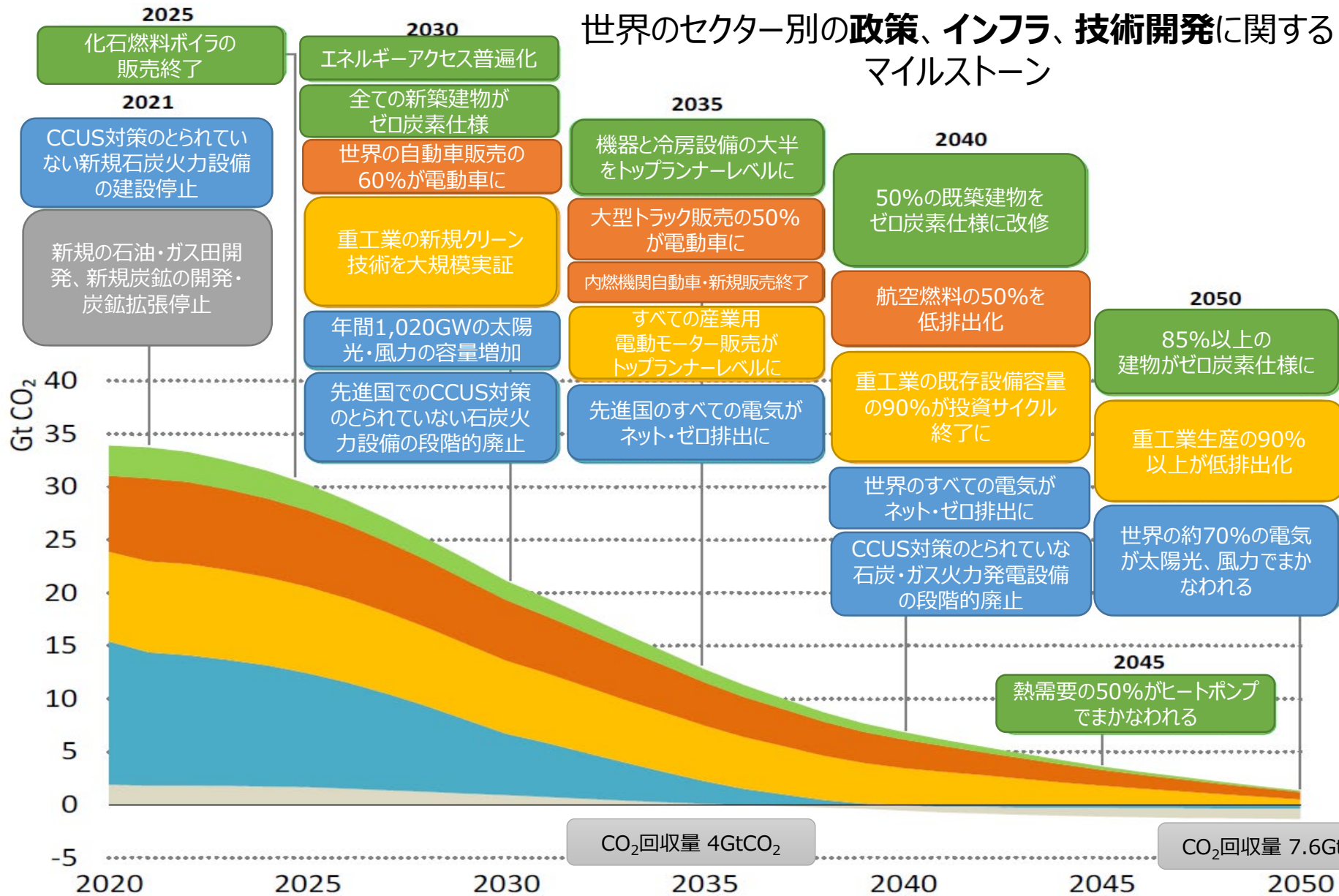
- ▶ ただし、2050年断面では約50%程の寄与に上る
- ▶ **脱炭素技術のイノベーションは必須**となる

【キーポイント】

現在普及している再エネ、省エネ技術の最大限の導入と技術的イノベーションは、両方とも**必須**となる

- 電化に比べて、CCUS、水素、バイオエネルギー技術の成熟度は低い。
- 重工業やトラックの技術の大半が開発初期段階

IEAの2050年ネットゼロに向けたセクター別ロードマップ



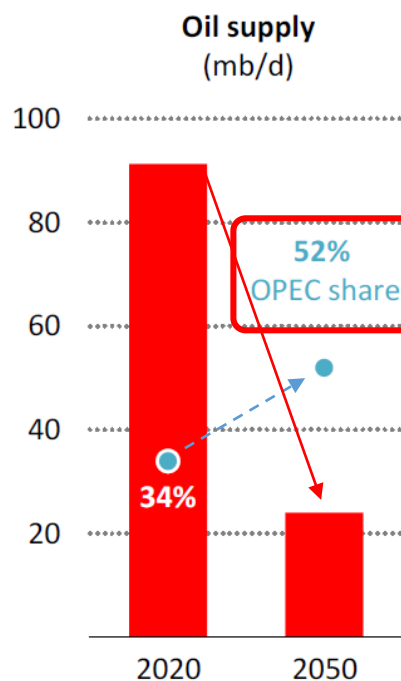
建物	■
運輸	■
産業	■
電力・熱	■
その他	■

【キーポイント】
 2050年ネットゼロに向けては数多くのマイルストーンがあり、どれか1つでも遅れると本ロードマップで想定したネットゼロ実現が困難（不可能）になり得る

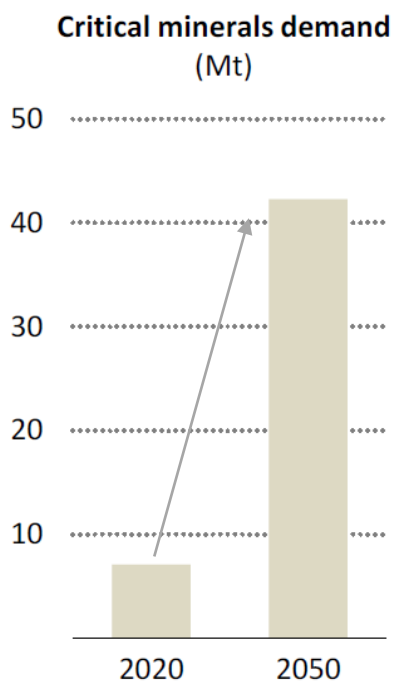
2050年ネットゼロ排出シナリオにおけるエネルギー安全保障

エネルギー安全保障環境の変化

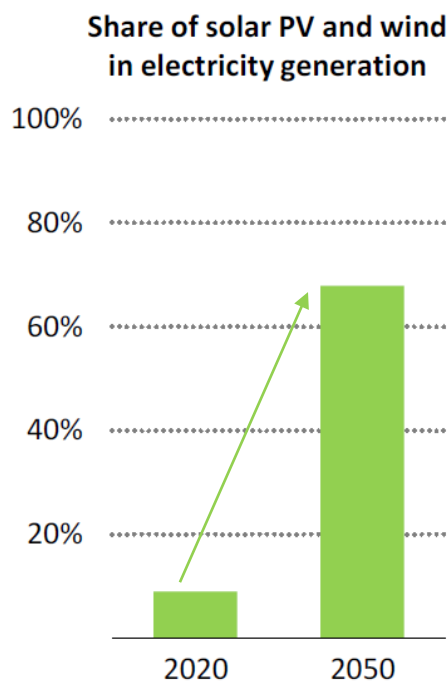
石油供給



Critical mineral需要



太陽光・風力発電シェア



Note: mb/d = million barrels per day; Mt = million tonnes.

エネルギー安全保障の各指標の変化

石油供給

- 世界全体の原油供給は1/4に減少するがOPEC原油供給シェアは増加（34→52%）

Critical mineral（レアメタル等の重要鉱物）需要

- 脱炭素技術普及拡大により需要は増加(約5倍)

太陽光・風力発電シェア

- 現在の10%程度から70%近くまで増加

【キーポイント】

再エネを中心とするエネルギー安全保障へと大幅に概念がシフトするが、OPECへの原油集中やレアアース等の資源採取のリスク・懸念も提示された

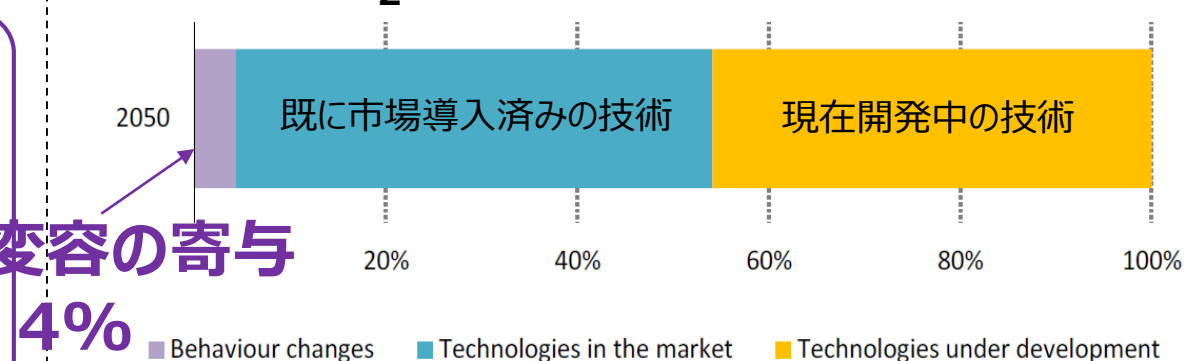
2050年ネットゼロシナリオにおける行動変容の排出削減効果

行動変容の具体例

- **都市の車両減少**
 - 内燃機関自動車のフェーズアウト、ライドシェア
 - ウォーキング、サイクリング、公共交通機関
- **省エネ運転**
 - 高速道路の時速を100km未満に低減、エコドライブ、車載エアコン温度調整（冷房温度+3℃）
- **国際航空便の減便**
 - ビジネス利用を2019年レベルに抑制、レジャー目的の長距離便利用を2019年レベルに抑制
- **空調（暖房）の温度設定**

【キーポイント】 IEAレポートは、上記の推計値には不確実性が大きいことを指摘している。今後どれだけ働き方・移動のあり方等の変化が定着するかが要検討事項と考えられる。

2050年CO₂削減量への寄与度（2020年比）

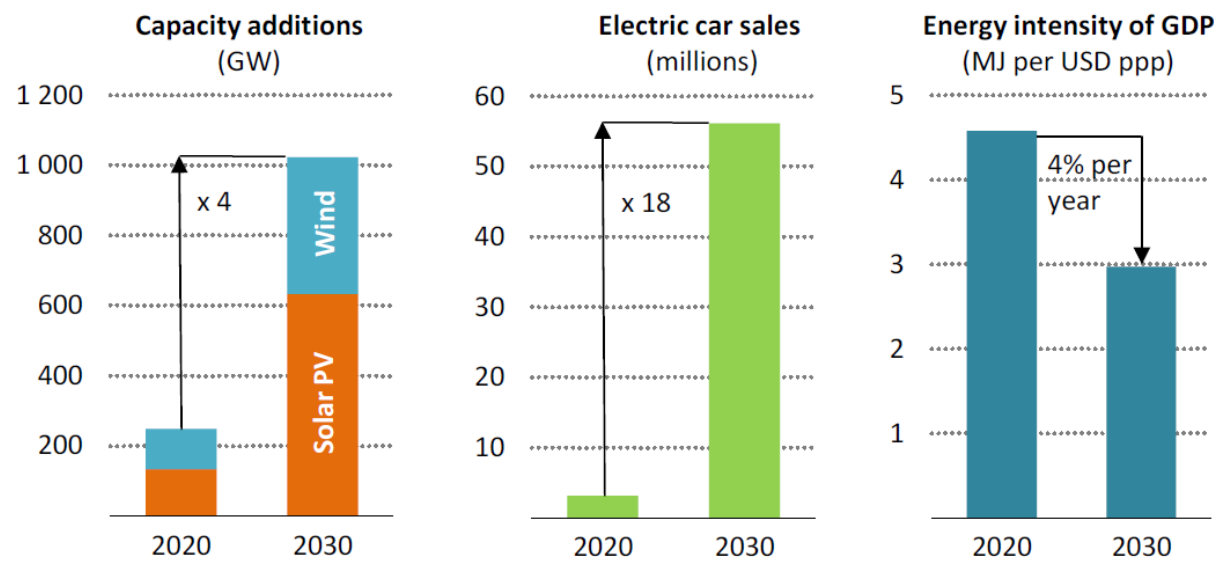


消費者・市民の役割の大きさ

- 「行動変容」以外の技術選択による削減も、交通（モビリティ）、暖房、調理から都市計画や雇用にいたるまで、市民生活に大きく関わる
- **2050年の年間排出削減量の55%が、消費者の購買行動**に関わる
 - EV、住宅の省エネ改修、ヒートポンプ等

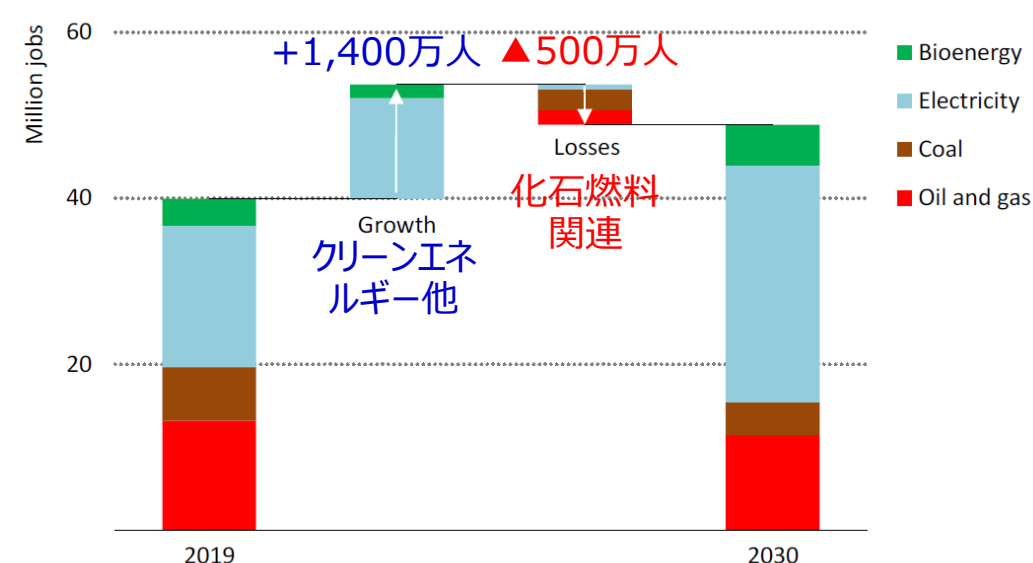
IEAロードマップにおける2030年までの変化の例

再エネ、電動車、省エネの変化（2020～2030年）



Note: MJ = megajoules; GDP = gross domestic product in purchasing power parity.

雇用の変化（2020～2030年）



- 500万人の化石燃料関連産業の雇用を失うが、1,400万人の再エネ発電・電力システムの雇用を得る
- 更に、省エネ機器・自動車・建物で1,600万人の雇用増

【キーポイント】

2050年ネットゼロ排出達成を前提とする場合、今後10年間にも急激な変化を遂げる必要があり、雇用環境への配慮（移行マネジメント）が必要不可欠

IEAネットゼロ排出シナリオのポイントのまとめ

- **化石燃料燃焼と産業プロセス由来のCO₂を対象としたネットゼロ排出のシナリオ**（GHG排出ネットゼロではない）に基づく2050年までのロードマップ
 - 現在の脱炭素技術の市場動向とコスト動向を踏まえて、可能な限りネガティブエミッション技術に頼らない、省エネ・行動変容・再エネ・水素中心の脱炭素化を描写（→DACCSのためにも安価な再エネが必須）
 - 地域によりネットゼロ到達時点は若干異なるが、世界各地に共通するセクター固有の課題と対策リスト（約400に上る）を提示
- **2050年までの長期的転換を踏まえた2030年までの行動強化の必要性**
 - 再エネ（太陽光・風力）は4倍、電動車売上台数は18倍、エネルギー効率は年率4%で改善
- **省エネ・再エネ・電化・水素等のエネルギー投資・雇用に牽引される経済成長の可能性**
 - 気候変動政策が産業政策として行われていく時代への変化を示唆
 - 約500万人の化石燃料関連産業の雇用減に対して、約3,000万人のグリーンエネルギー関連の雇用増（～2030年）
- **再エネを中心とするエネルギー安全保障への質的变化**
 - 化石燃料輸出国は世界の化石燃料需要の大幅な下落によりGDPロスを経験することを明示
- **脱炭素技術の市場拡大にともなうCritical Mineral消費量増大への懸念**
 - レアアース消費量を低減するイノベーション（材料技術の進展等）を起こしていく必要性を示唆

第2部

IEAネットゼロレポートに関するIGESウェビナー Q&Aセッション

ご参加をありがとうございました

連絡先

有野洋輔: arino@iges.or.jp

田村堅太郎: tamura@iges.or.jp

IGES Institute for Global Environmental Strategies
公益財団法人 地球環境戦略研究機関