

# 「世界エネルギー見通し」 レポート比較

2023年12月18日

小野章昌

# フォアキャストとバックキャスト

- **フォアキャスト** (Forecast) は現実を起点に将来軌道を描く。代表例: エクソン・モービル社「Global Outlook: Our view to 2050」。他に米DOE/EIA、日IEEJによるシナリオの一部。
- **バックキャスト** (Back cast) は将来時点の理想像から逆算して将来軌道を描く。代表例IEA(国際エネルギー機関)「World Energy Outlook 2023」。他にIPCC、IRENA、BPなどの年次レポート、日本第6次エネルギー基本計画、GX(グリーン・トランスフォーメーション)等多数

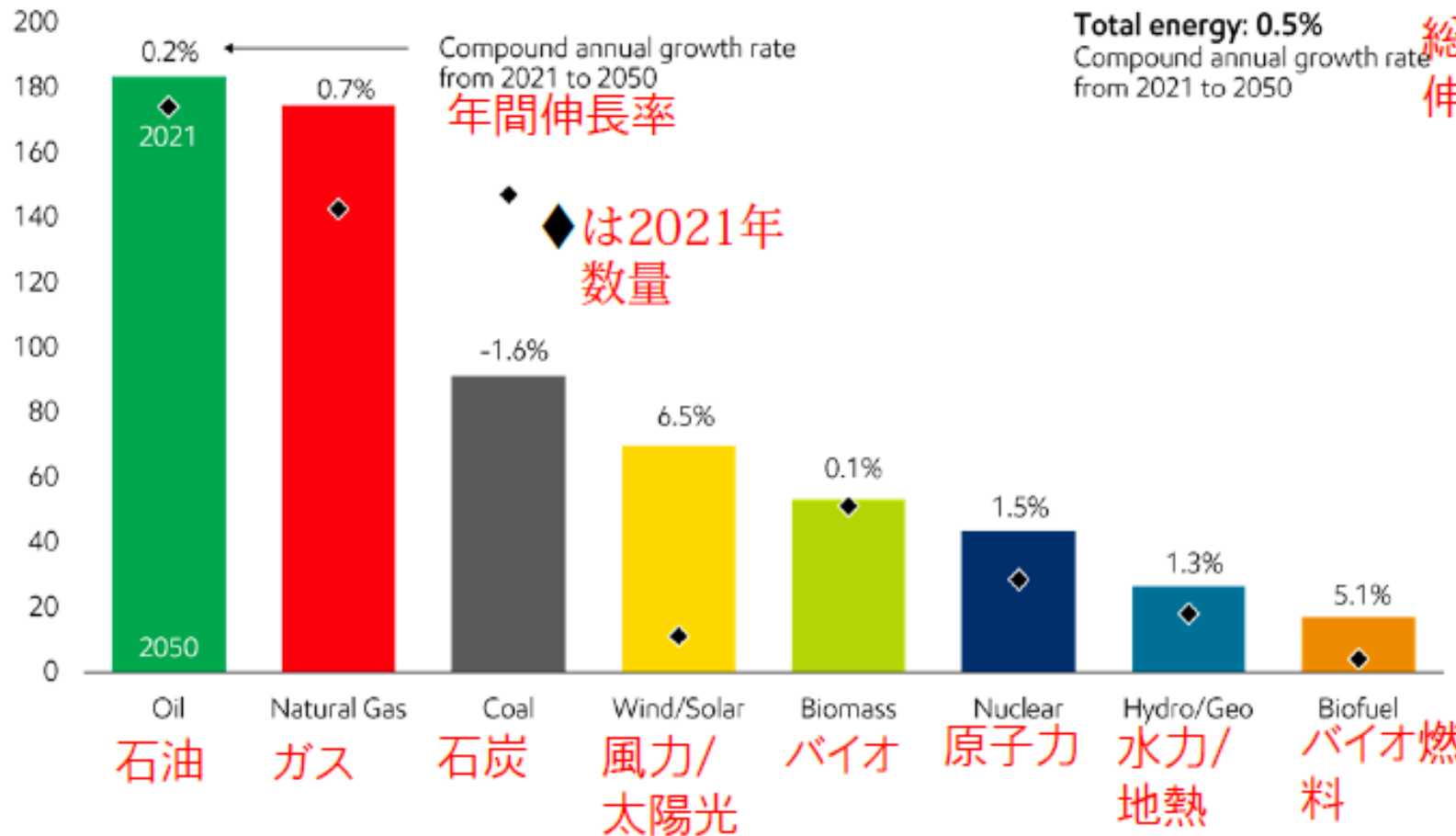
# フォアキャスト代表 エクソン・モービル社レポート(要点)

- 2050年一次エネルギーに占める石油・ガスの割合は54%、太陽光・風力は11%(発電シェア23%)
- 新興・開発途上国のエネルギー消費増が先進国の削減ペースの5倍に達するため、世界のエネルギー需要量は2050年までに15%増加(2021年比)
- 世界のCO2削減は25%に留まる(2021年比)
- 原子力は年率1.5%で増加、2050年の一次エネルギーに占める割合は7%、発電シェアは15%

# エネルギー別需要量(2050年)

2050 global demand by fuel – Quadrillion Btu

単位: 10の15乗  
英国熱量単位



Compound annual growth rate  
from 2021 to 2050  
年間伸長率

は2021年  
数量

Total energy: 0.5%  
Compound annual growth rate  
from 2021 to 2050

総合エネルギー  
伸長率は0.5%

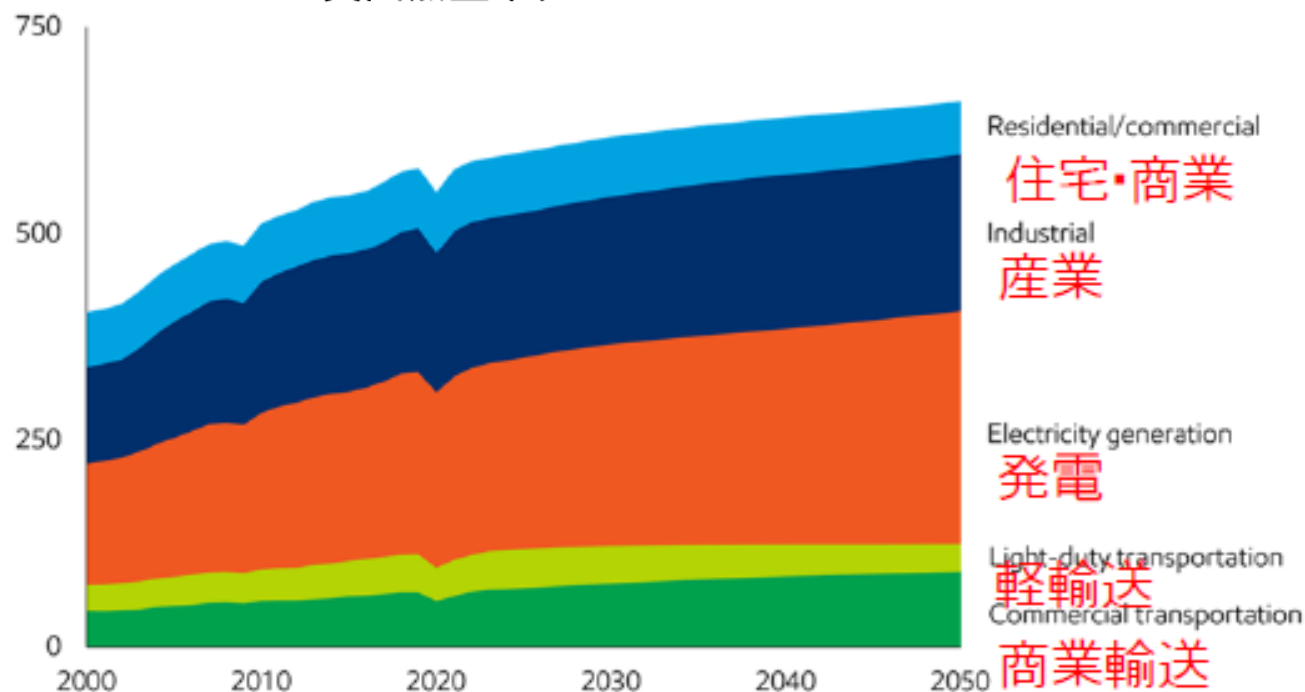
出典: エクソンモービル「Our view to 2050」

# 分野別一次エネルギー伸長

Primary energy – Quadrillion Btu

単位: 10の15乗

英国熱量単位



Growth 2021-2050



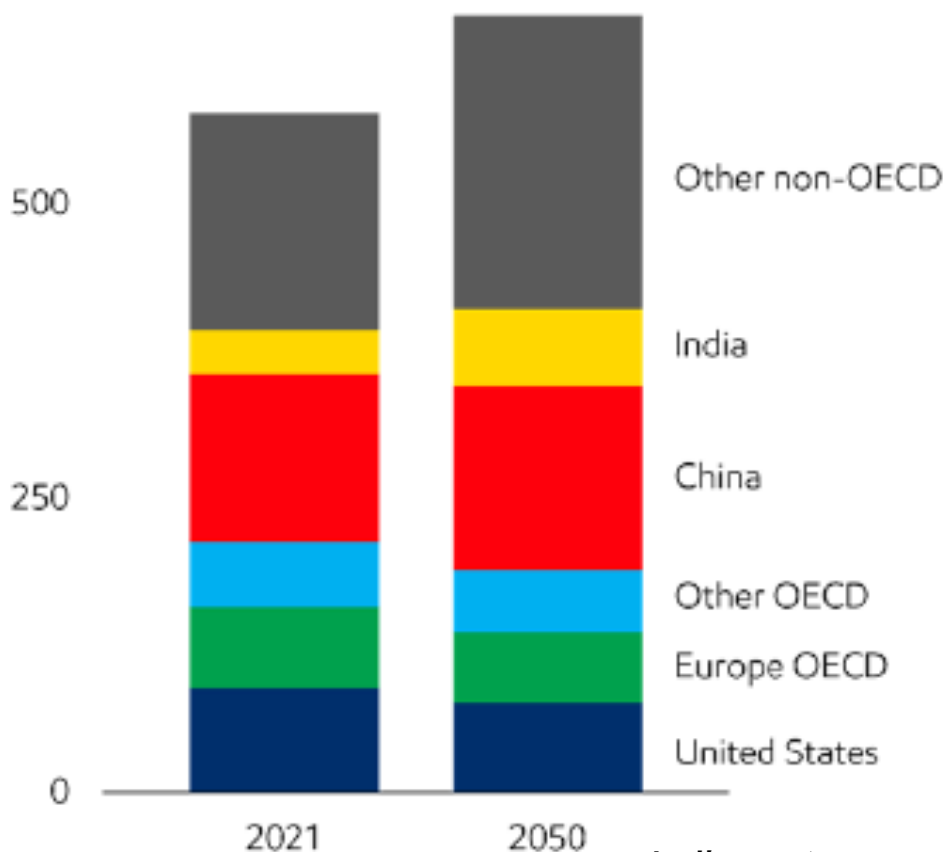
拡大分野内訳

# 新興・途上国が増大をリード

Primary energy – Quadrillion Btu

一次エネルギー 10の15乗Btu

750



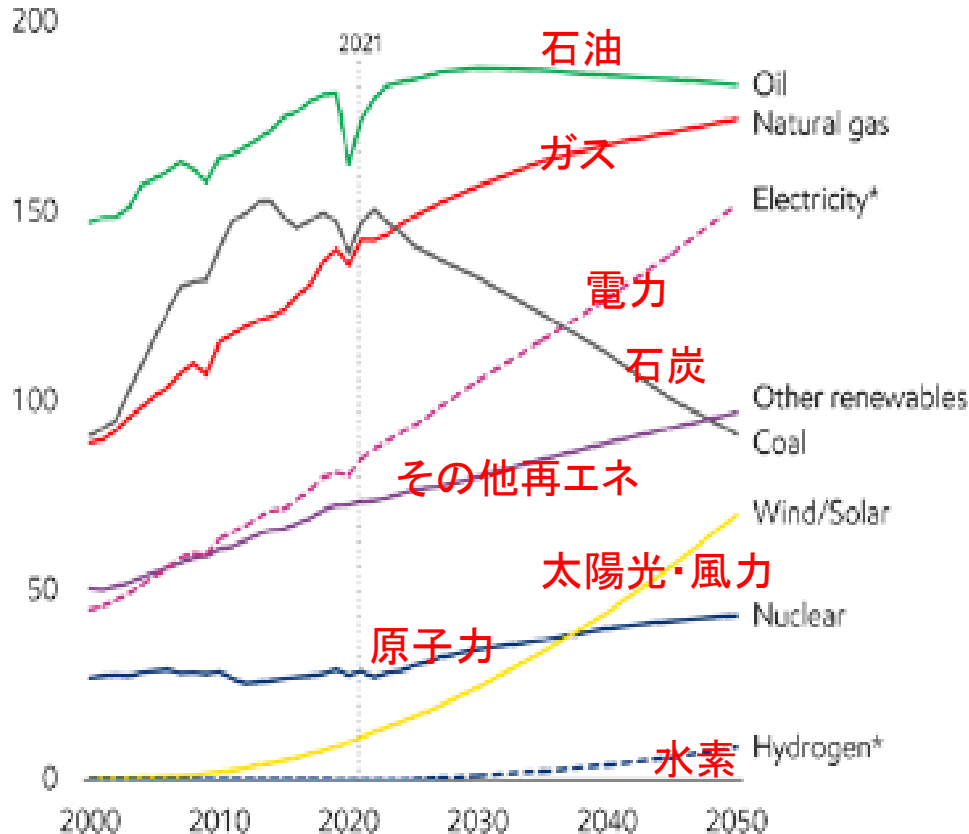
出典: エクソンモービル「Our view to 2050」

# 燃料別伸長度

## エネルギー需要

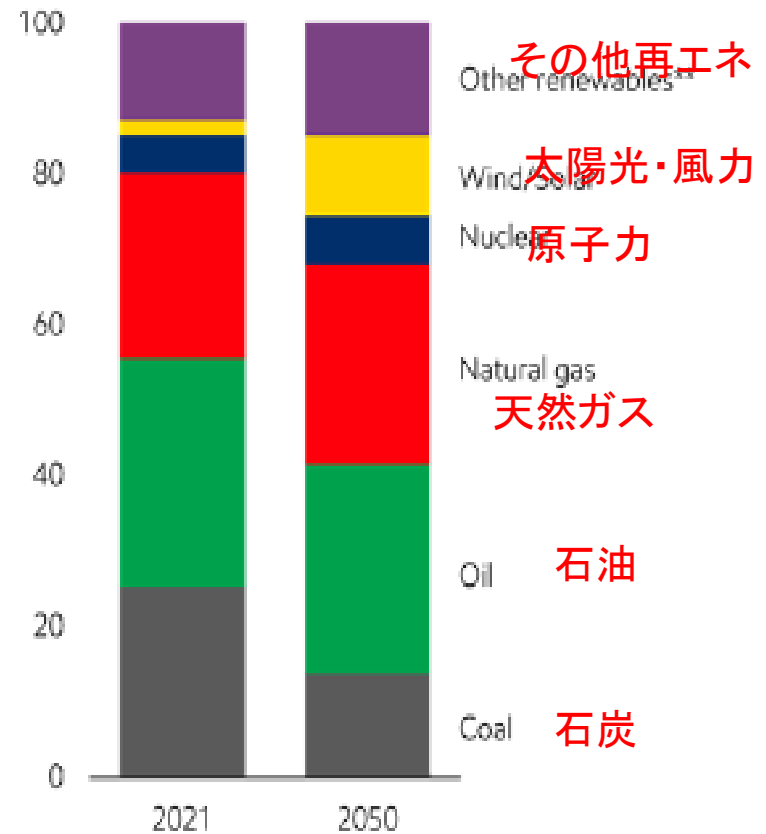
Global energy demand by fuel

Primary energy- Quadrillion Btu



## 一次エネルギー割合

Percent of primary energy

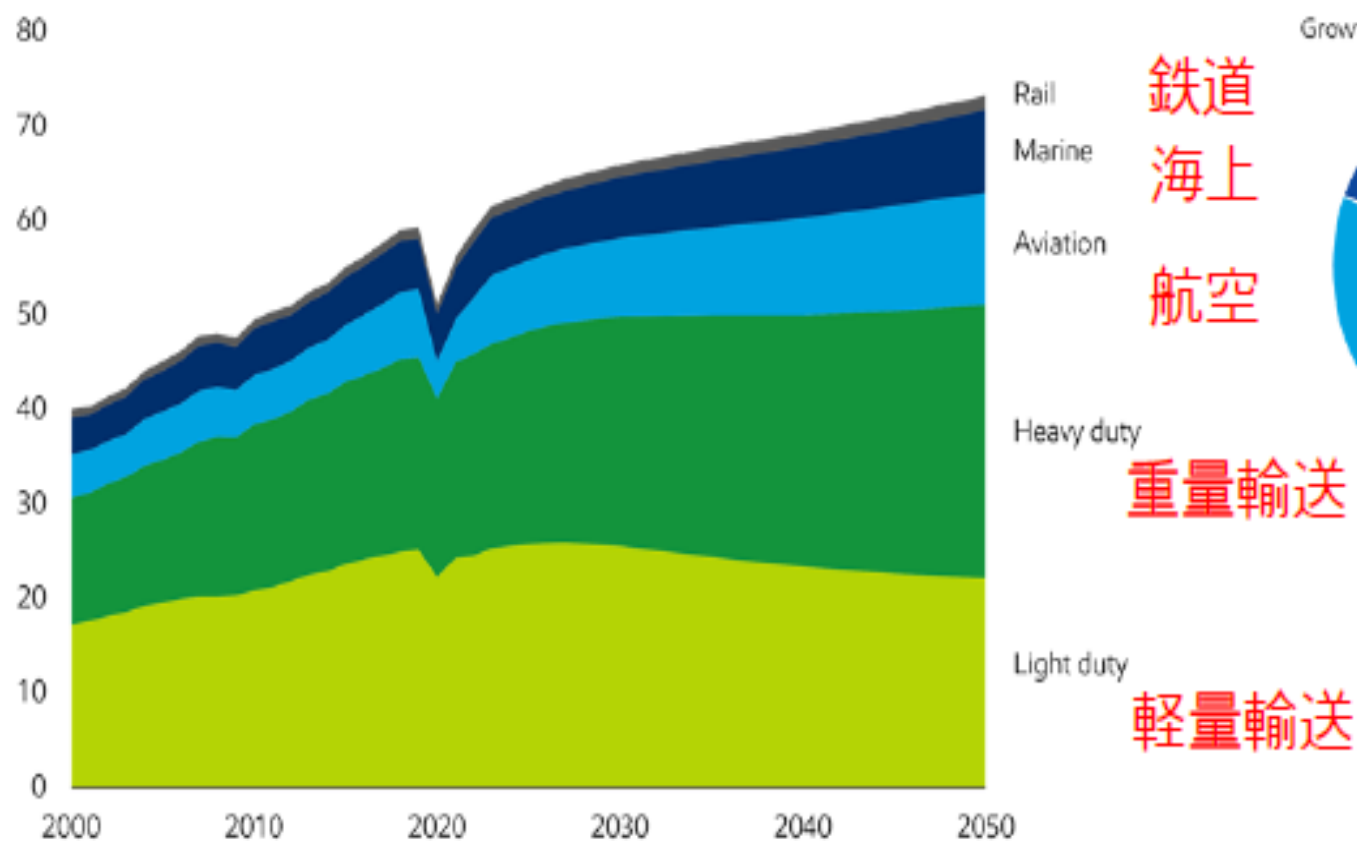


出典:エクソンモービル「Our view to 2050」

# 輸送部門の消費割合

Million of oil-equivalent barrels per day

100万バレル石油当量/日



Growth 2021-2050 成長シェア

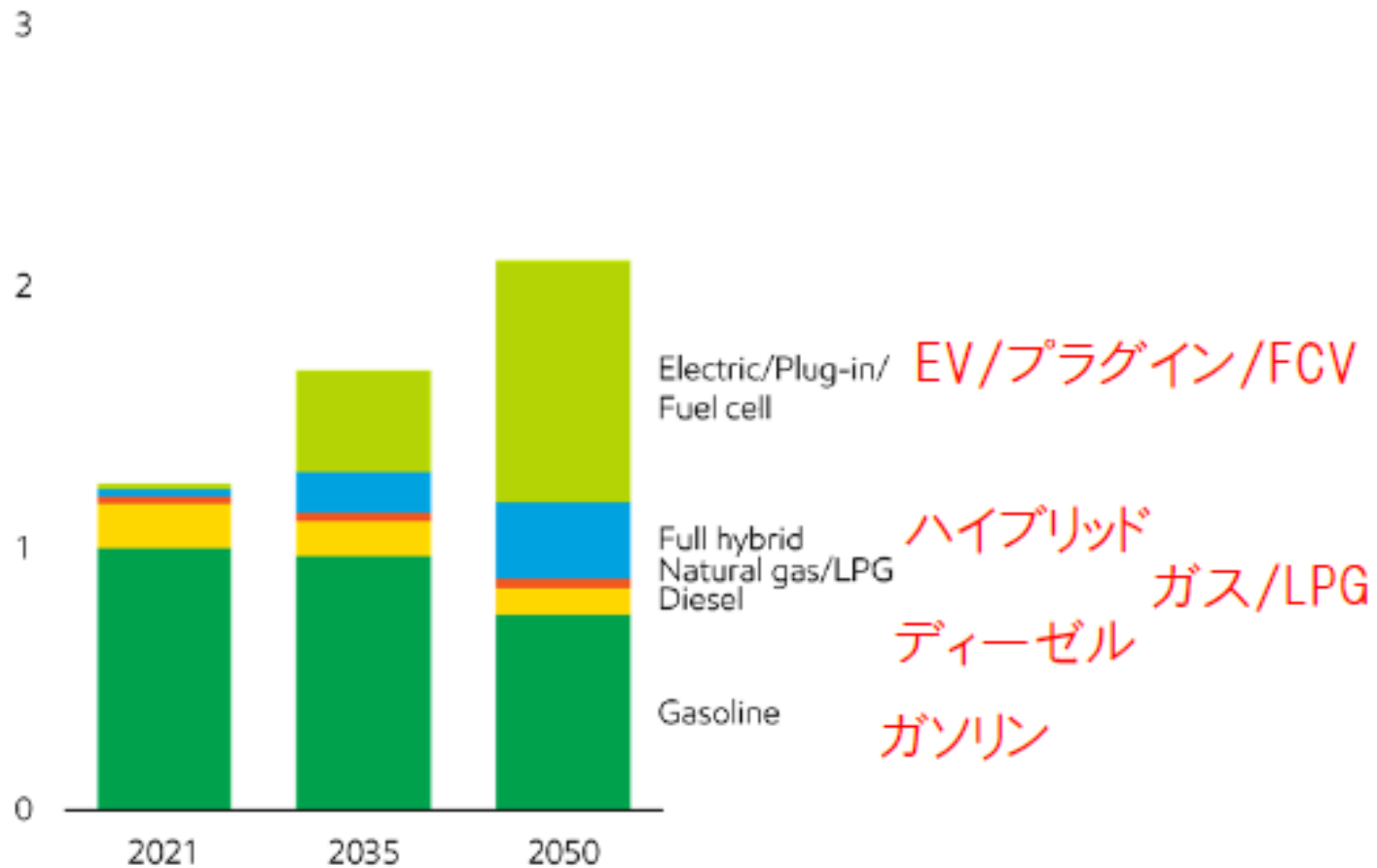




# 軽量車両別伸長度

EVs take market share – Billion fleet vehicles

EV市場シェア: 10億台

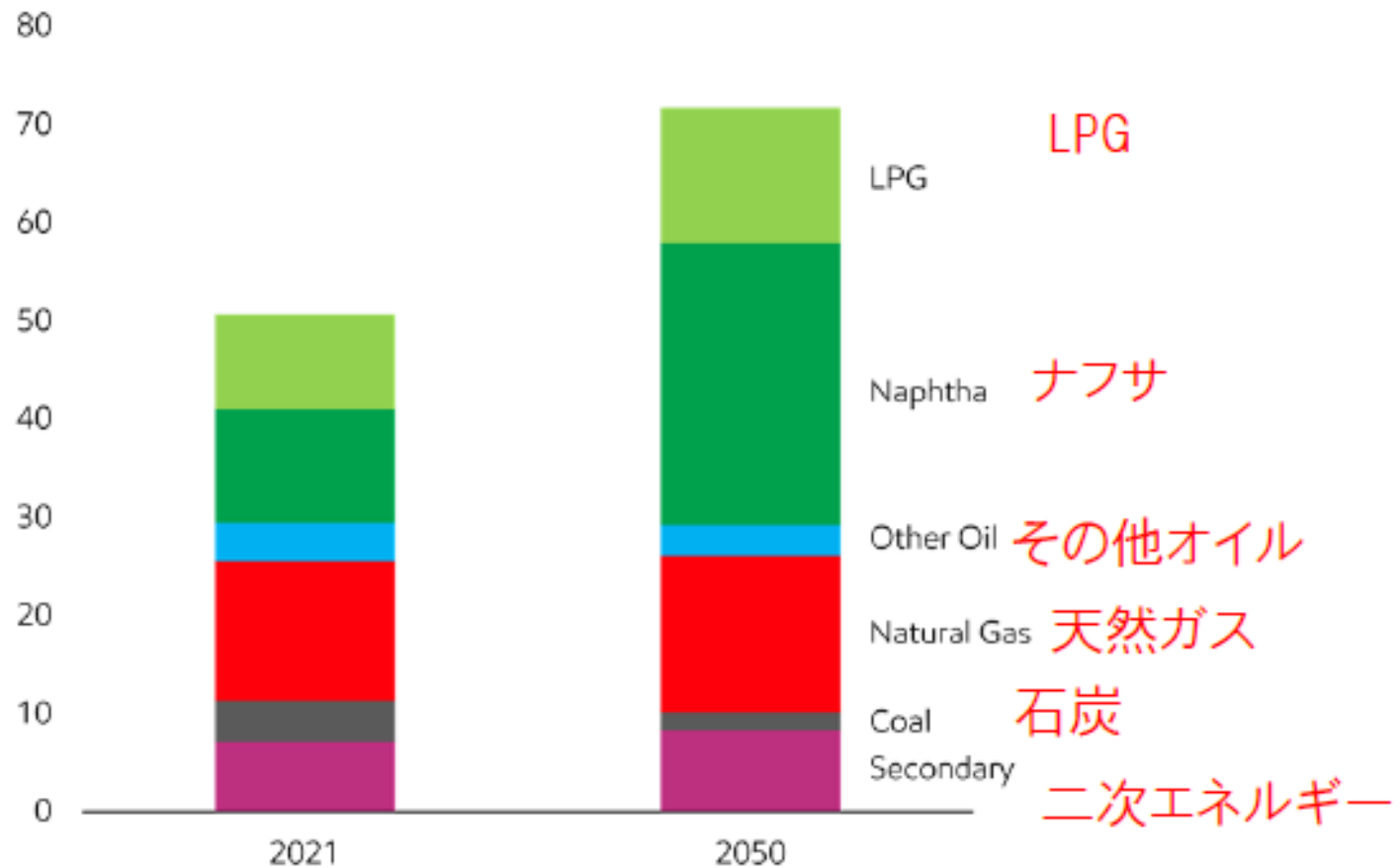


出典: エクソンモービル「Our view to 2050」

# 化学製品の化石燃料依存

World – Quadrillion Btu

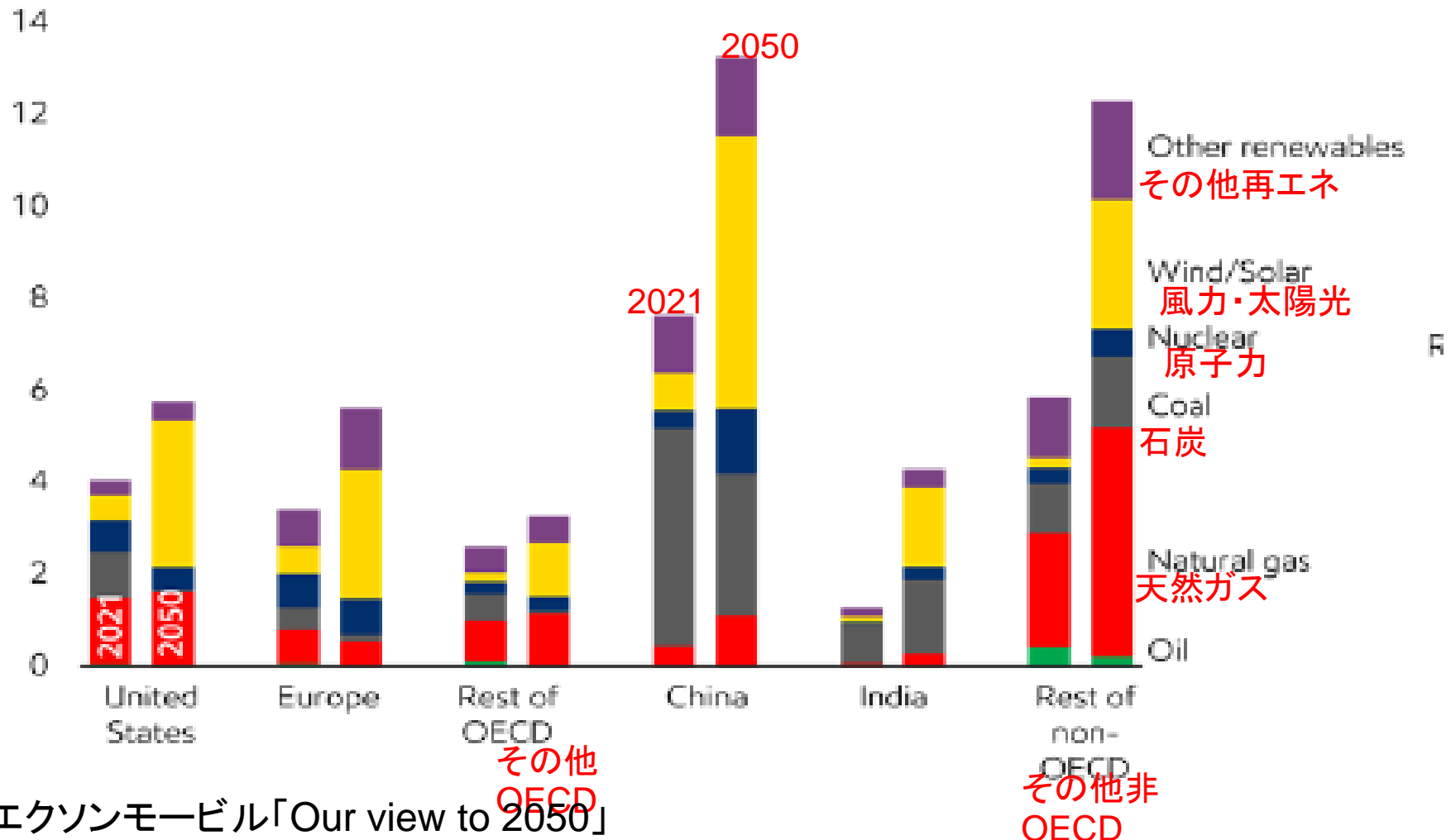
世界:10の15乗Btu



出典:エクソンモービル「Our view to 2050」

# 電源の内訳は地域毎に異なる

Net delivered electricity – Thousands of terawatt-hours  
ネット需要量 単位:兆kWh

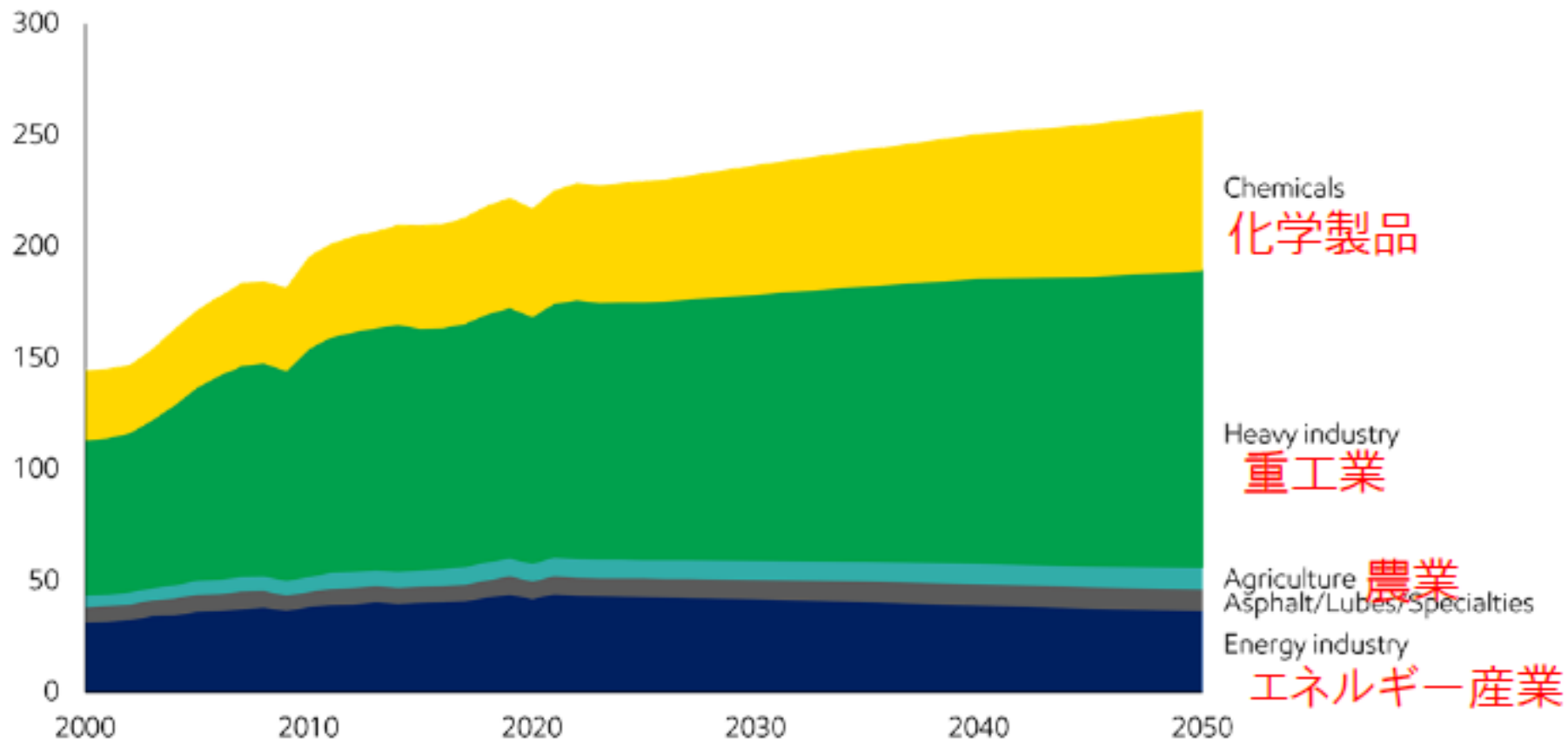


出典: エクソンモービル「Our view to 2050」

# 産業分野別エネルギー需要

Global industrial energy demand – Quadrillion Btu

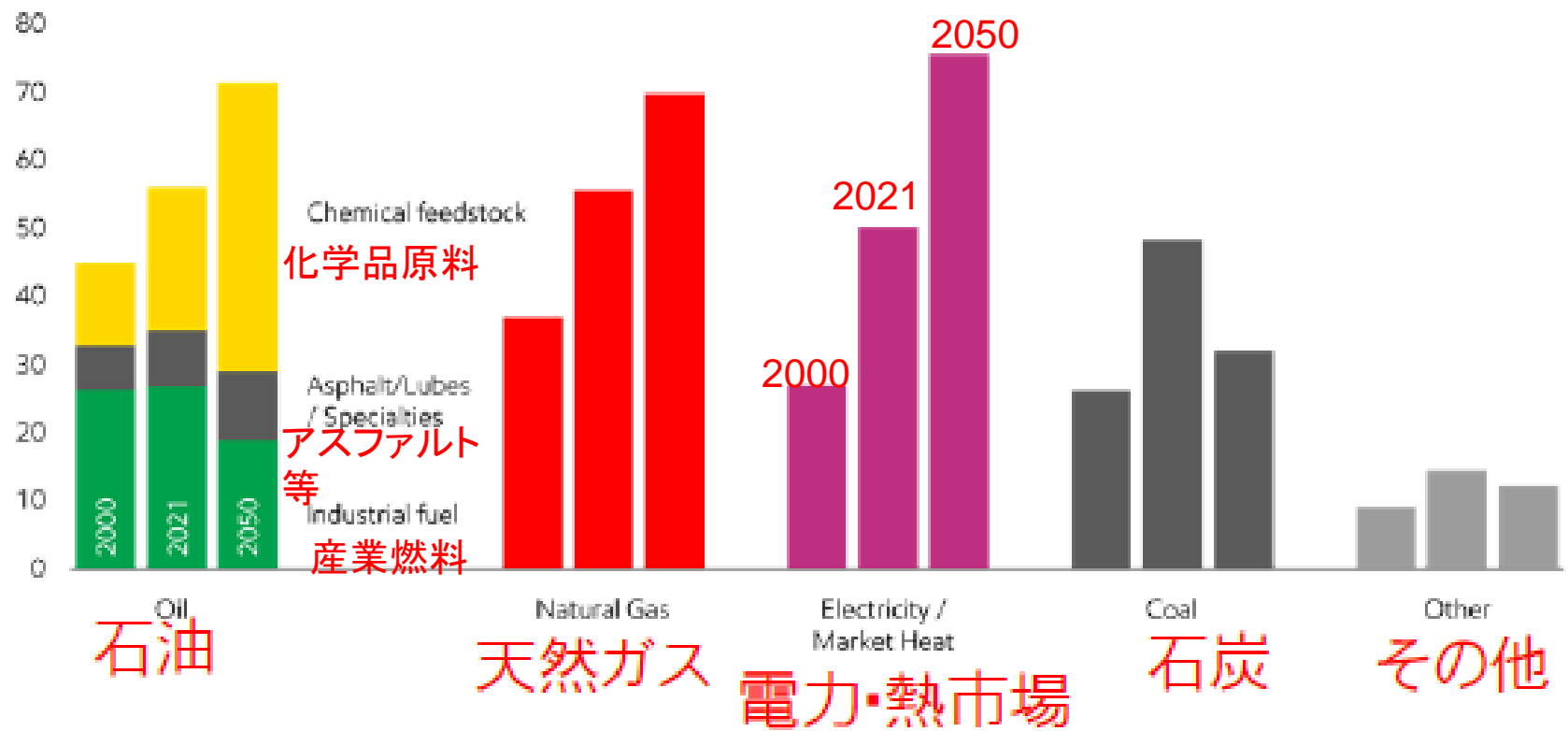
世界エネルギー需要 10の15乗Btu



# 最終需要別伸長度

World – Quadrillion Btu

単位: 10の15乗Btu

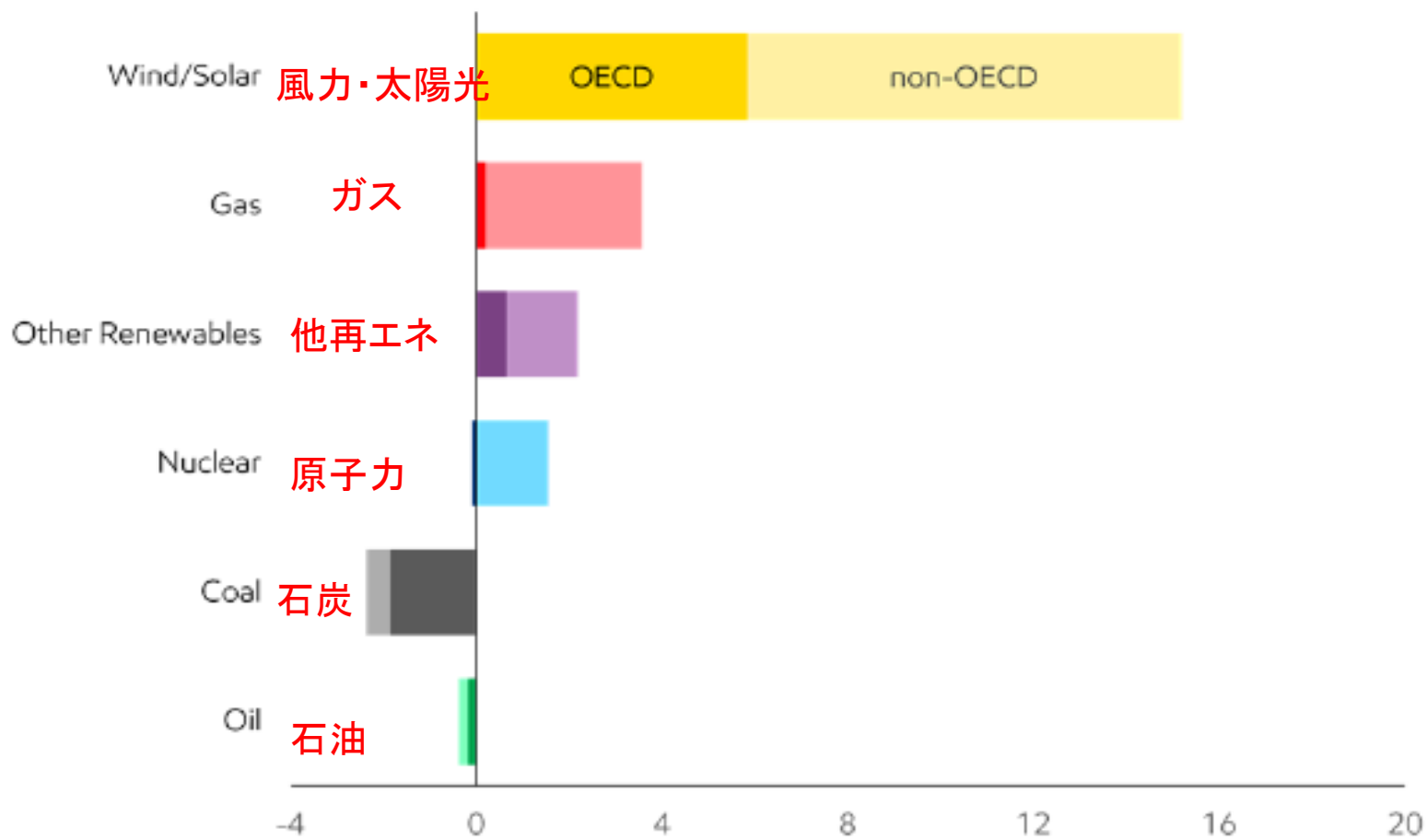


出典: エクソンモービル「Our view to 2050」

# 電力：再エネとガスが伸びる

Global growth 2021-2050 – thousand TWh (net delivered)

世界伸長度合い 単位：10億kWh

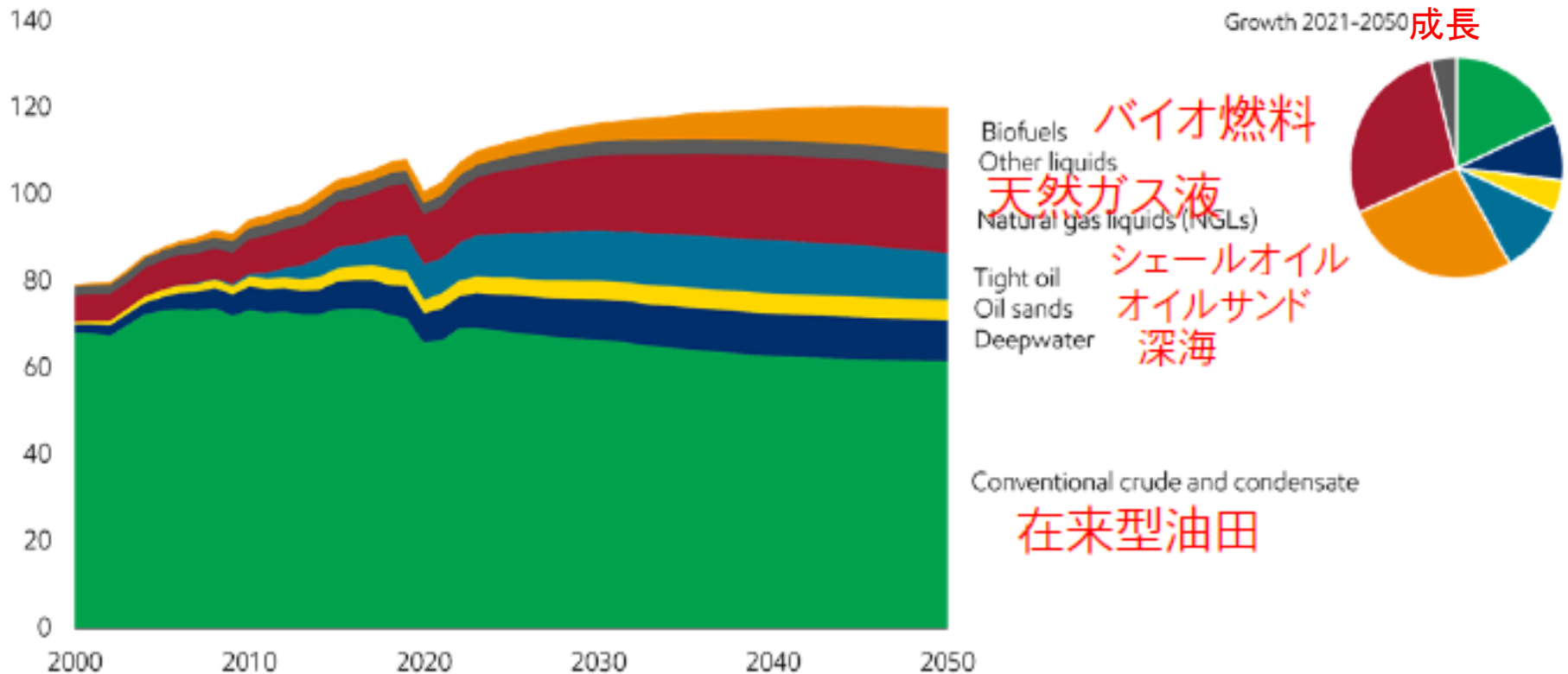


出典：エクソンモービル「Our view to 2050」

# 液体燃料の供給源

Global liquids supply by type – Million of oil-equivalent barrels per day

供給源種類 単位:100万バレル石油当量/日

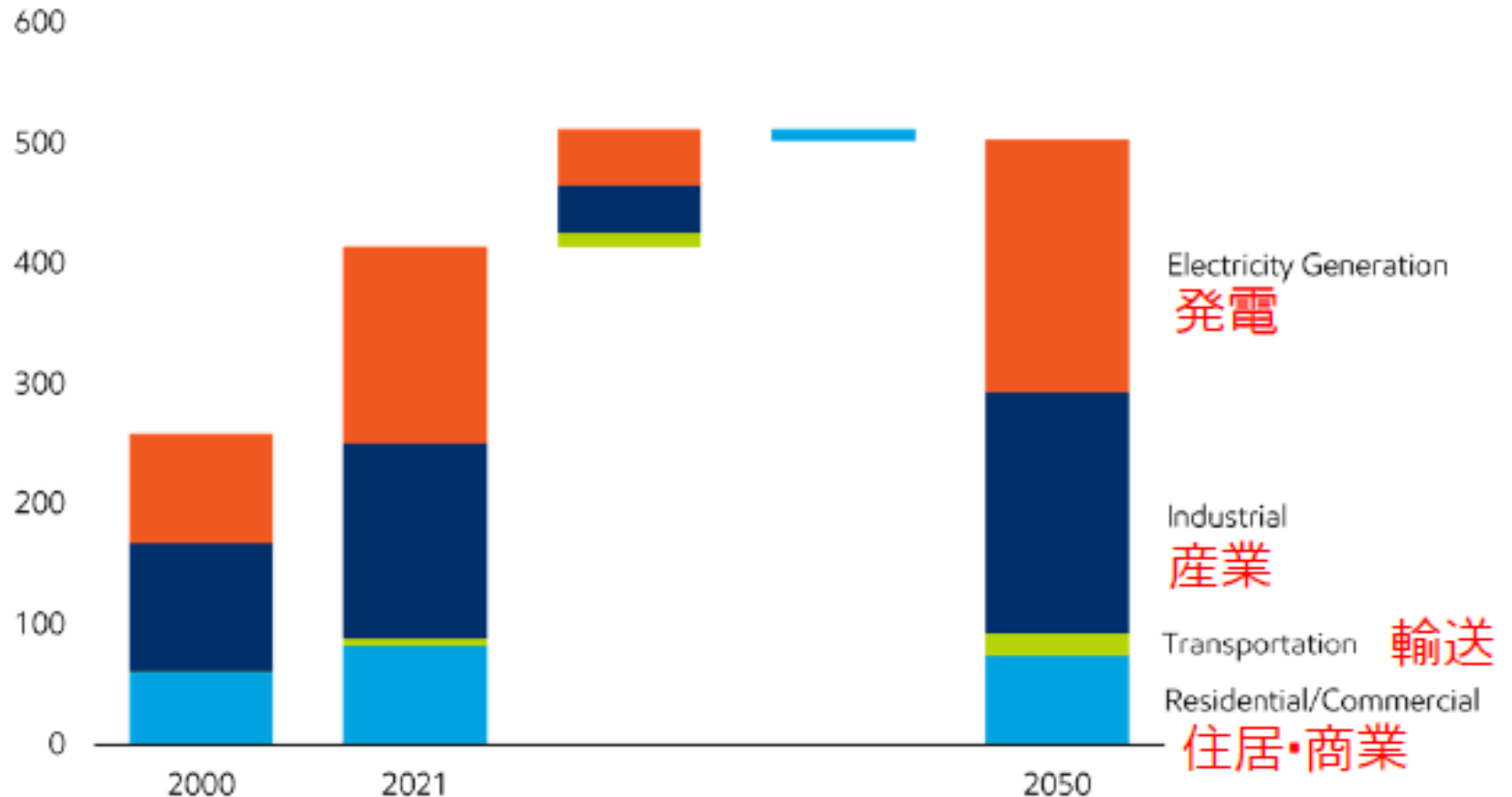


出典:エクソンモービル「Our view to 2050」

# 天然ガスの伸長

World – Billion cubic feet per day

単位: 10億立方フィート/日



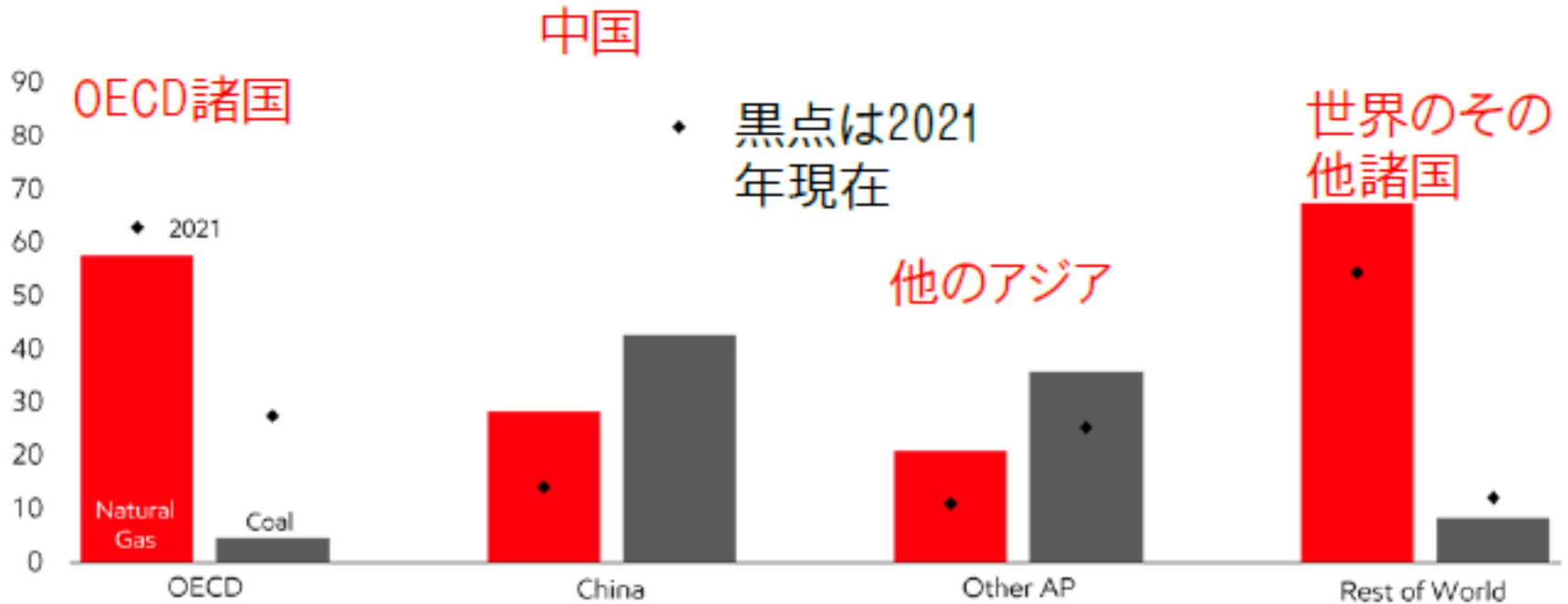
出典: エクソンモービル「Our view to 2050」



# ガス(赤)が伸び、石炭(黒)も残る

2050年時点 単位:10の15乗Btu

2050 - Quadrillion Btu

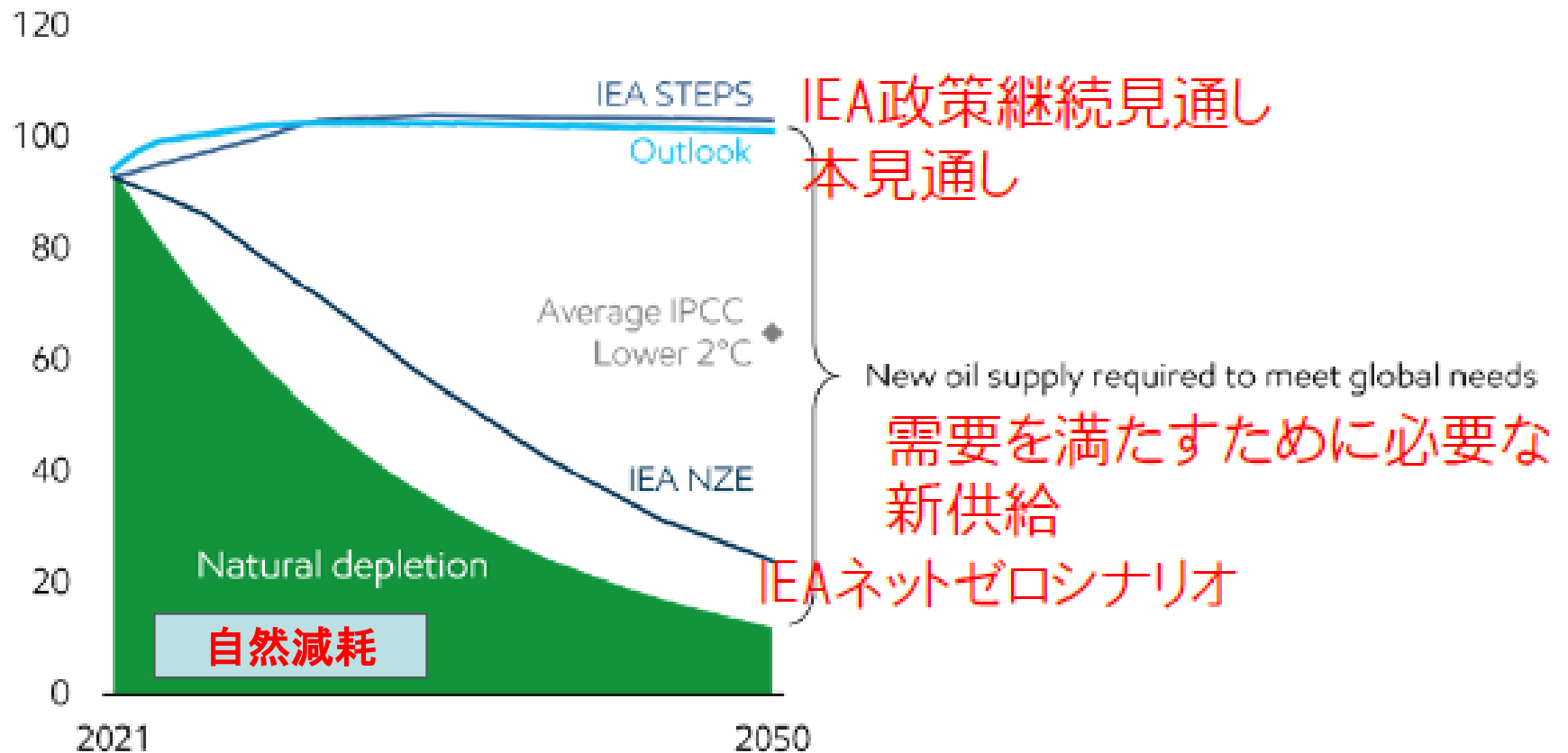


2050 - Share of primary energy



# 石油需給：新規開発の必要性

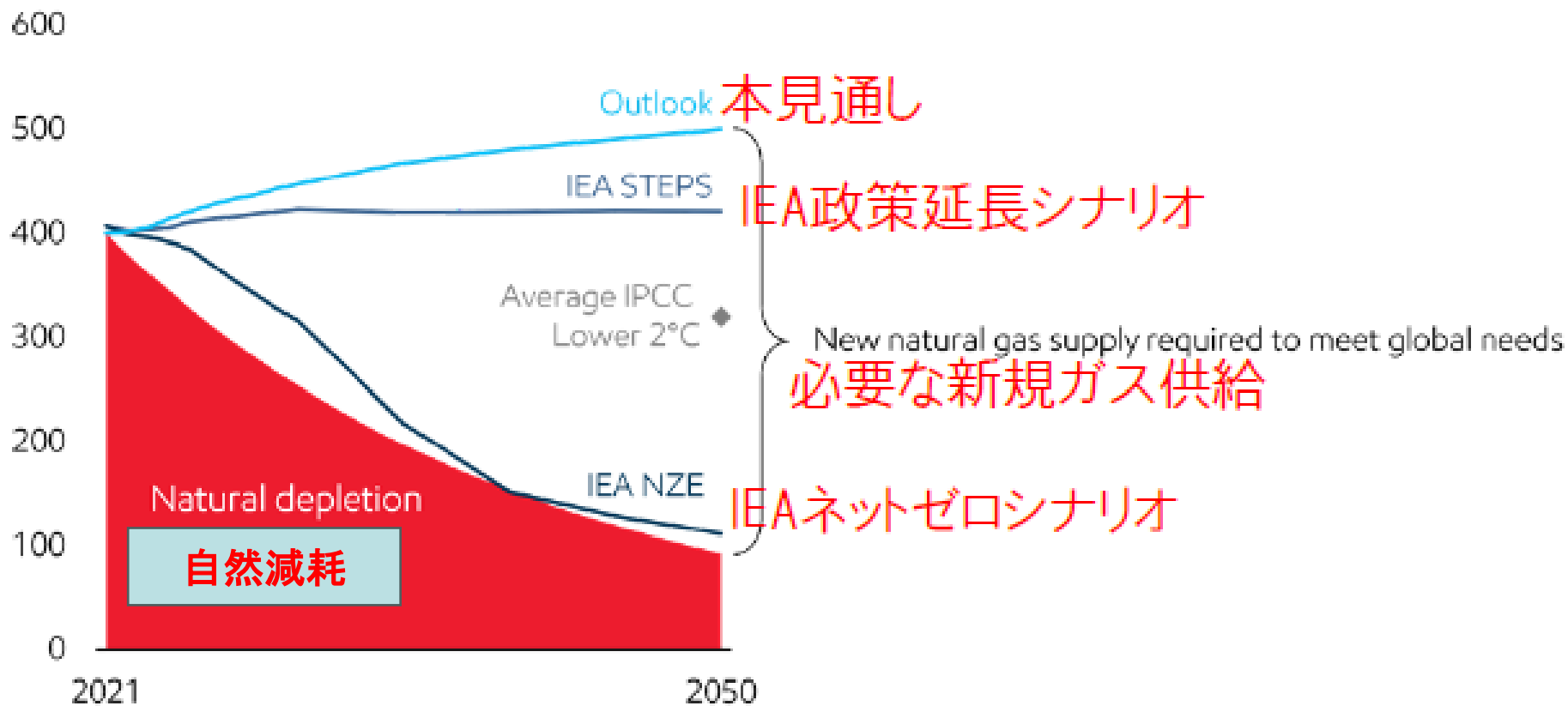
Million barrels per day  
100万バレル/日



# 天然ガス需給：新規開発が必要

Billion cubic feet per day

10億立方フィート/日

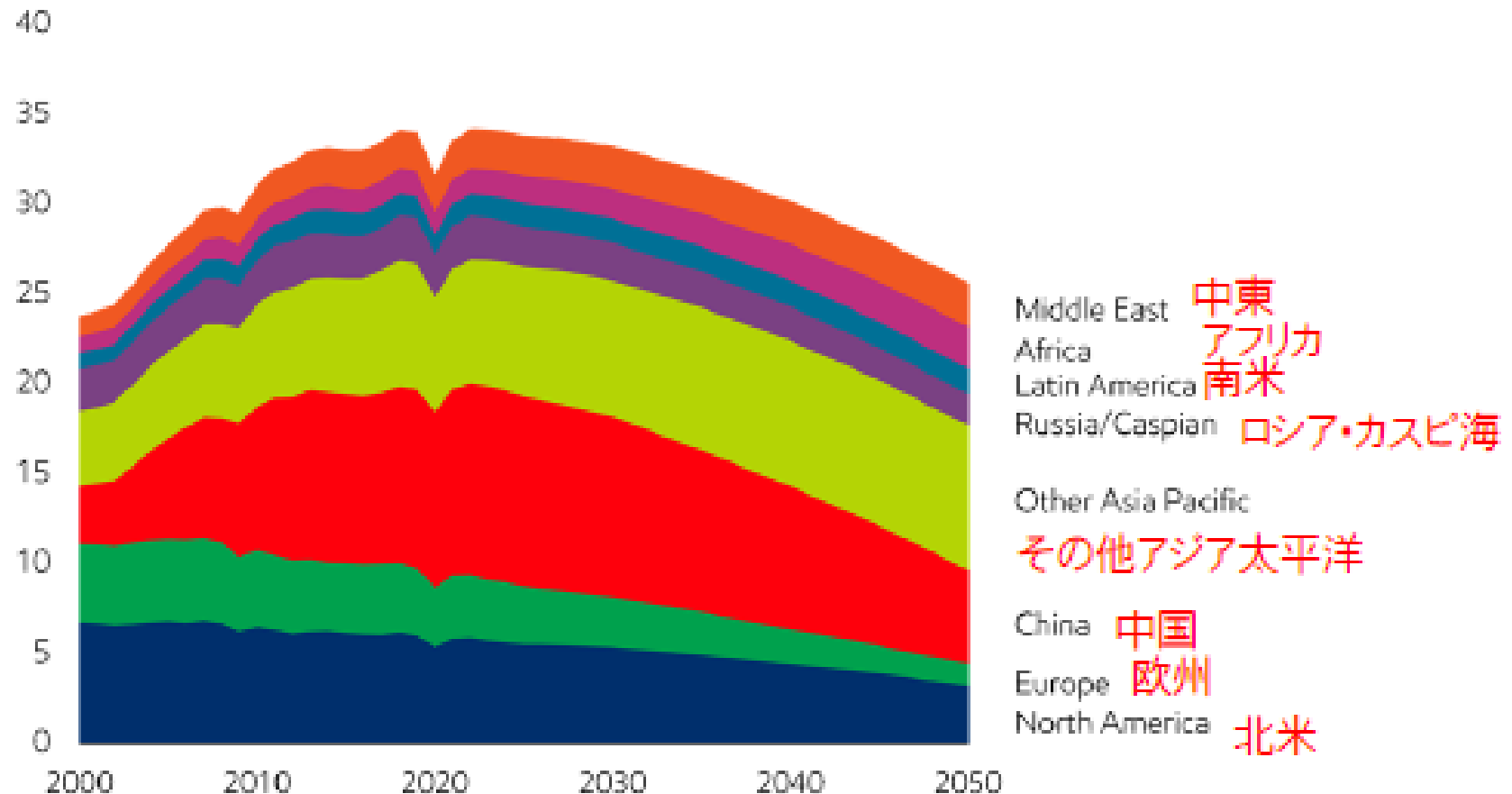


出典：エクソンモービル「Our view to 2050」

# CO2排出量：地域別削減努力

Billion tonnes

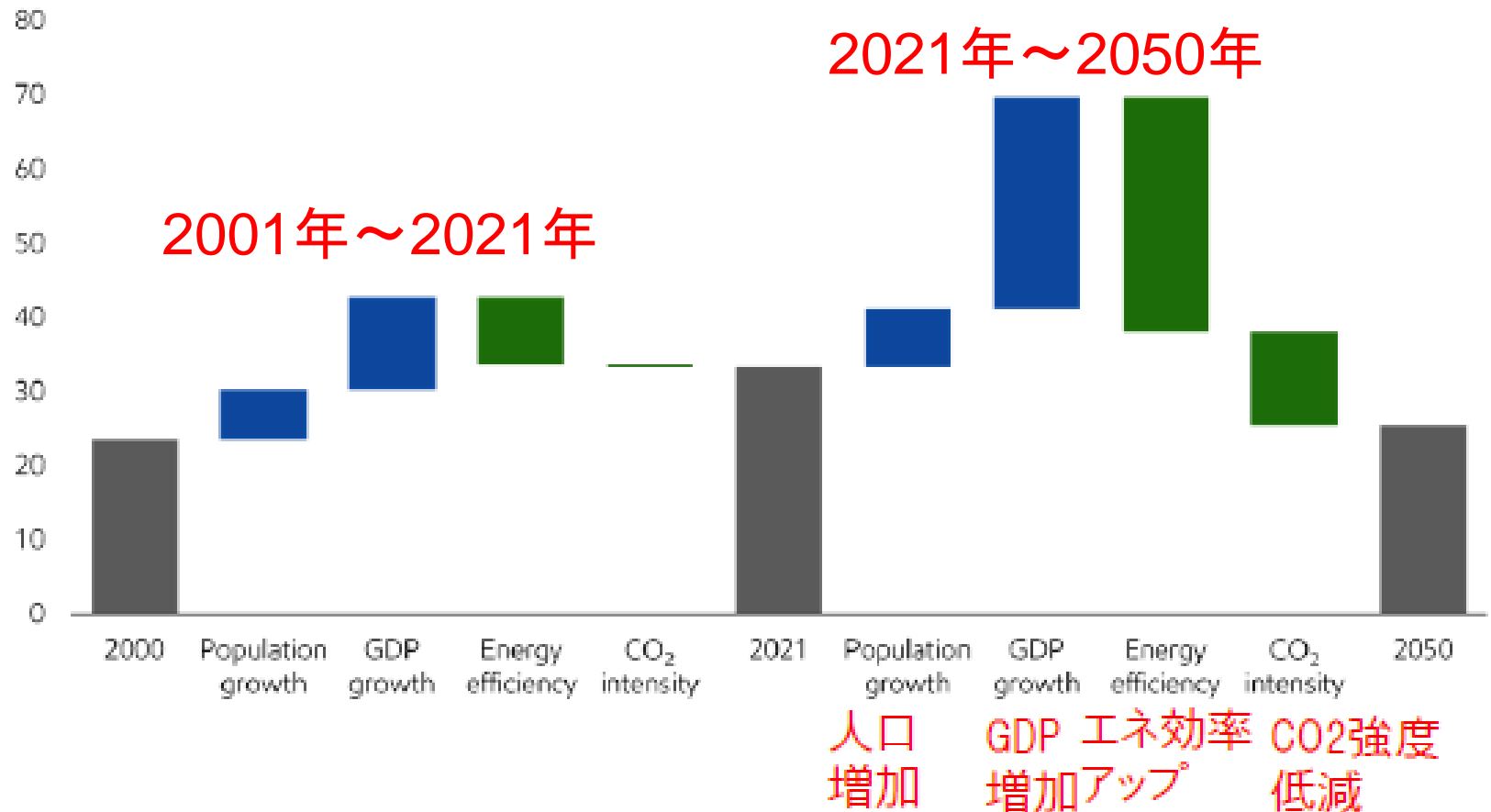
10億トン



出典：エクソンモービル「Our view to 2050」

# CO2増大要因と低減努力

Billion tonnes

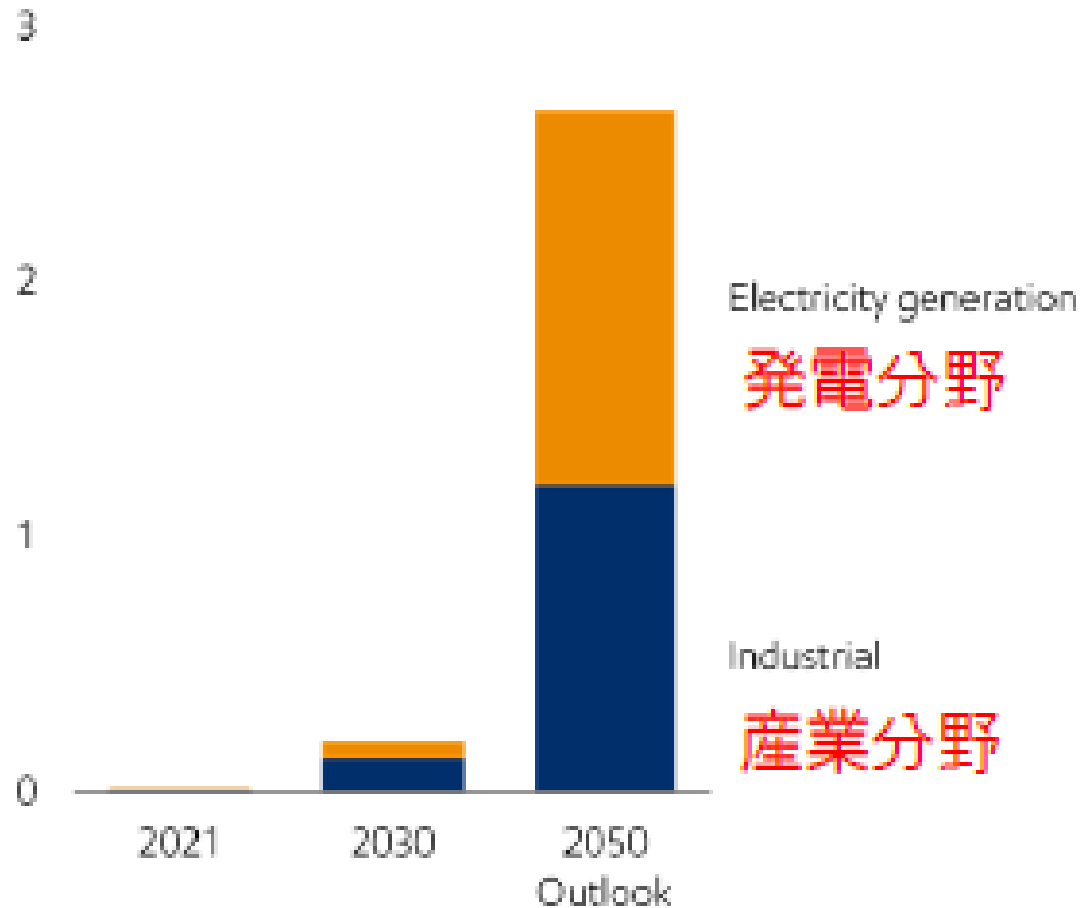


出典:エクソンモービル「Our view to 2050」

# CCSの進捗

Billion tonnes per year

10億トン/年

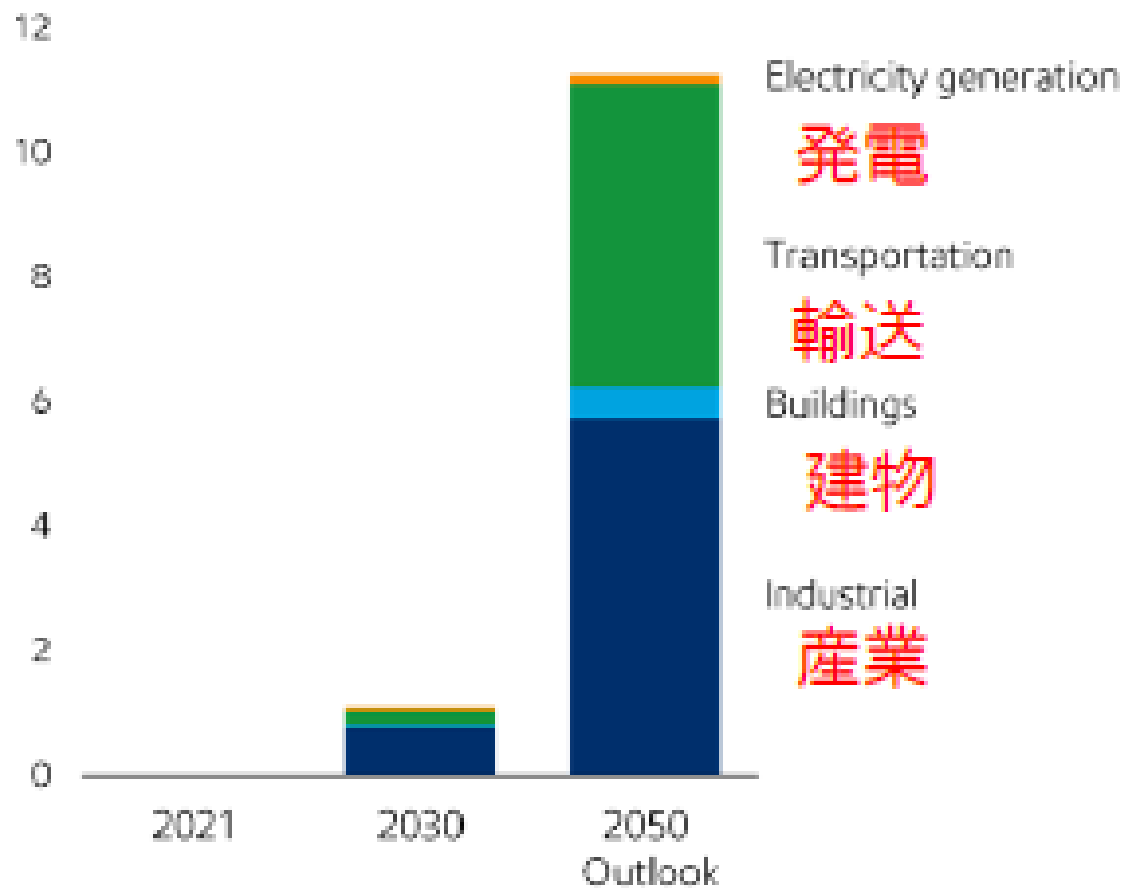


出典: エクソンモービル「Our view to 2050」

# 水素ベース燃料の用途

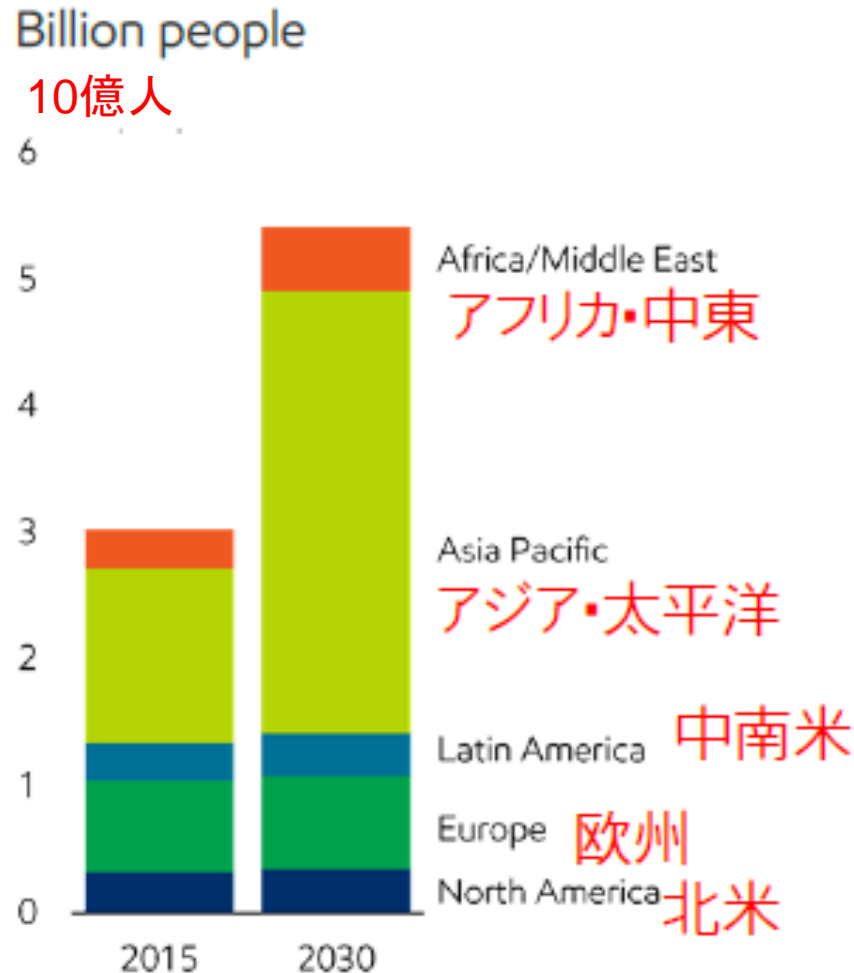
Quadrillion Btu

10の15乗Btu



出典: エクソンモービル「Our view to 2050」

# 世界のミドルクラス人口増



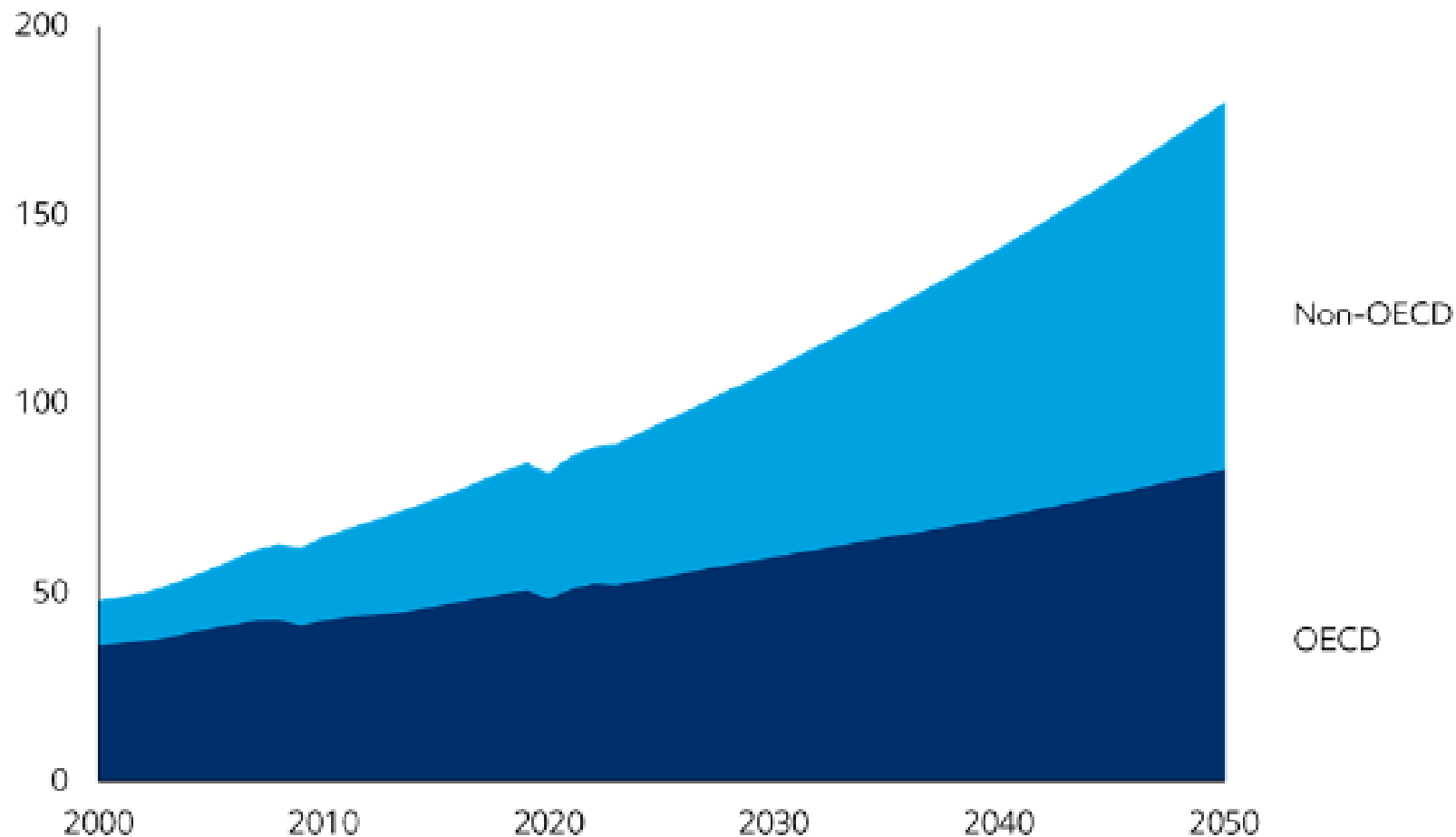
Source: Brookings Institution 出典: エクソンモービル「Our view to 2050」



# 世界のGDP増

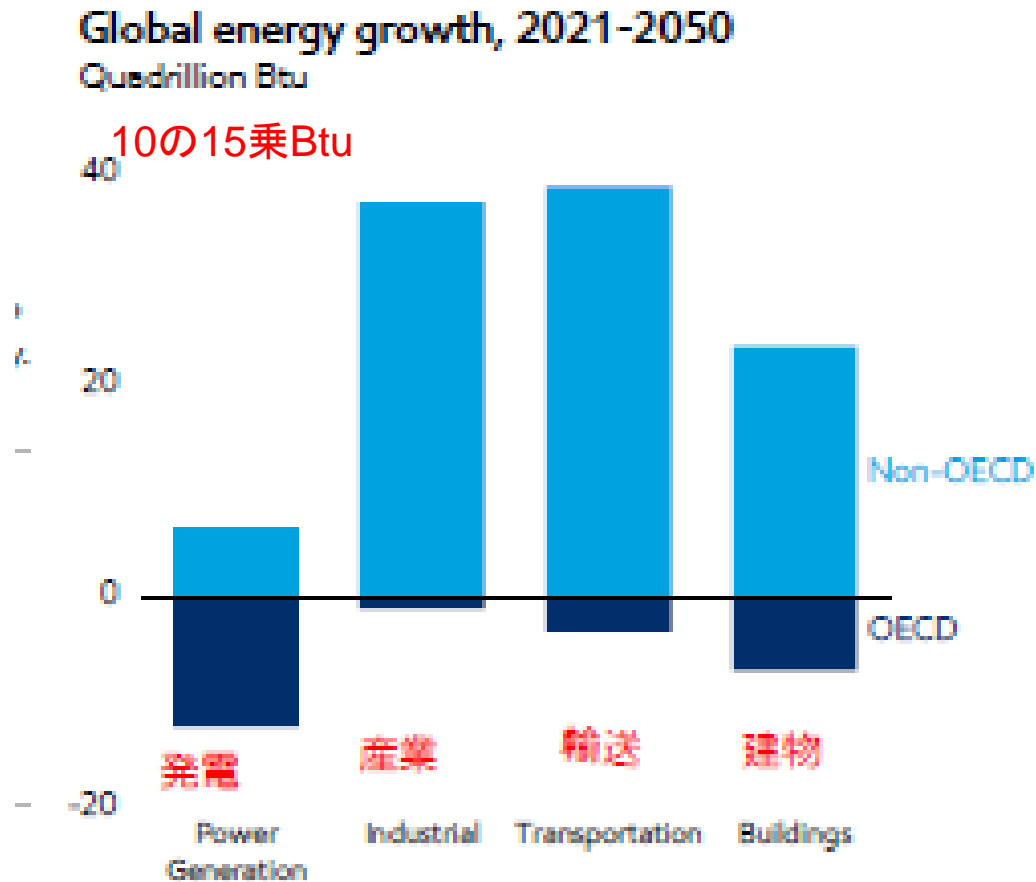
Trillions of 2015\$

単位: 1兆ドル



出典: エクソンモービル「Our view to 2050」

# 世界の分野別地域別エネ需要増減



出典: エクソンモービル「Our view to 2050」

# CO2は25%低減、しかし2°Cシナリオにははるかに及ばず

## Energy-related emissions

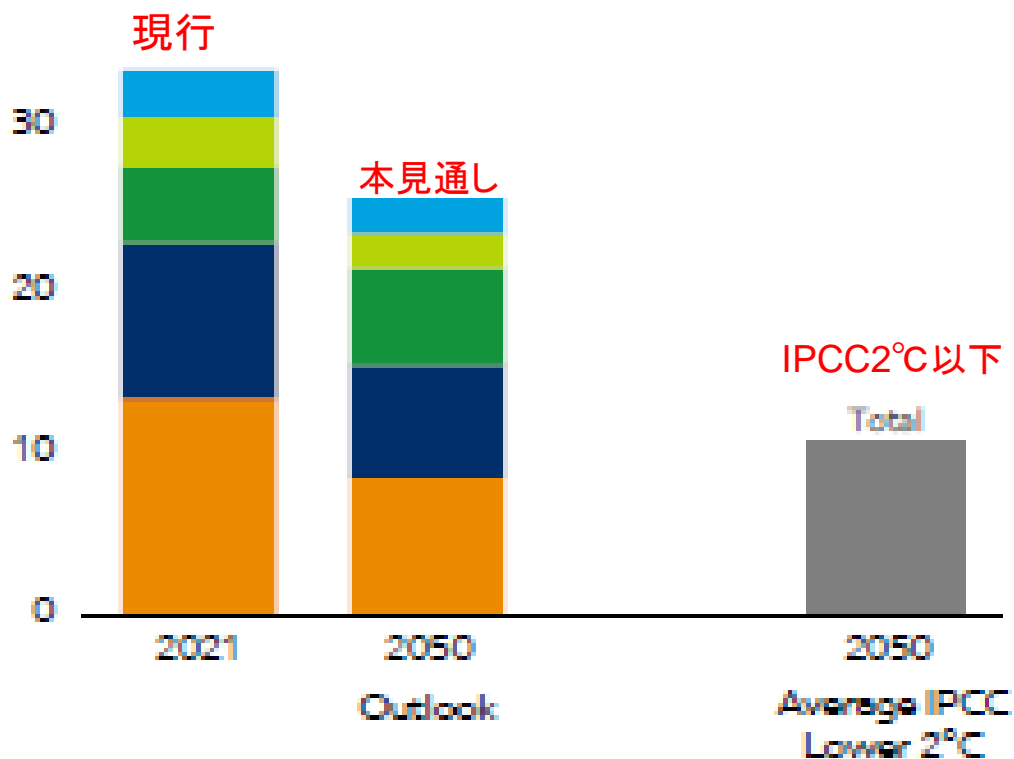
CO<sub>2</sub> Billion metric tons

単位: 10億トン

エネルギー関連排出量

単位: CO<sub>2</sub> 10億MT

40

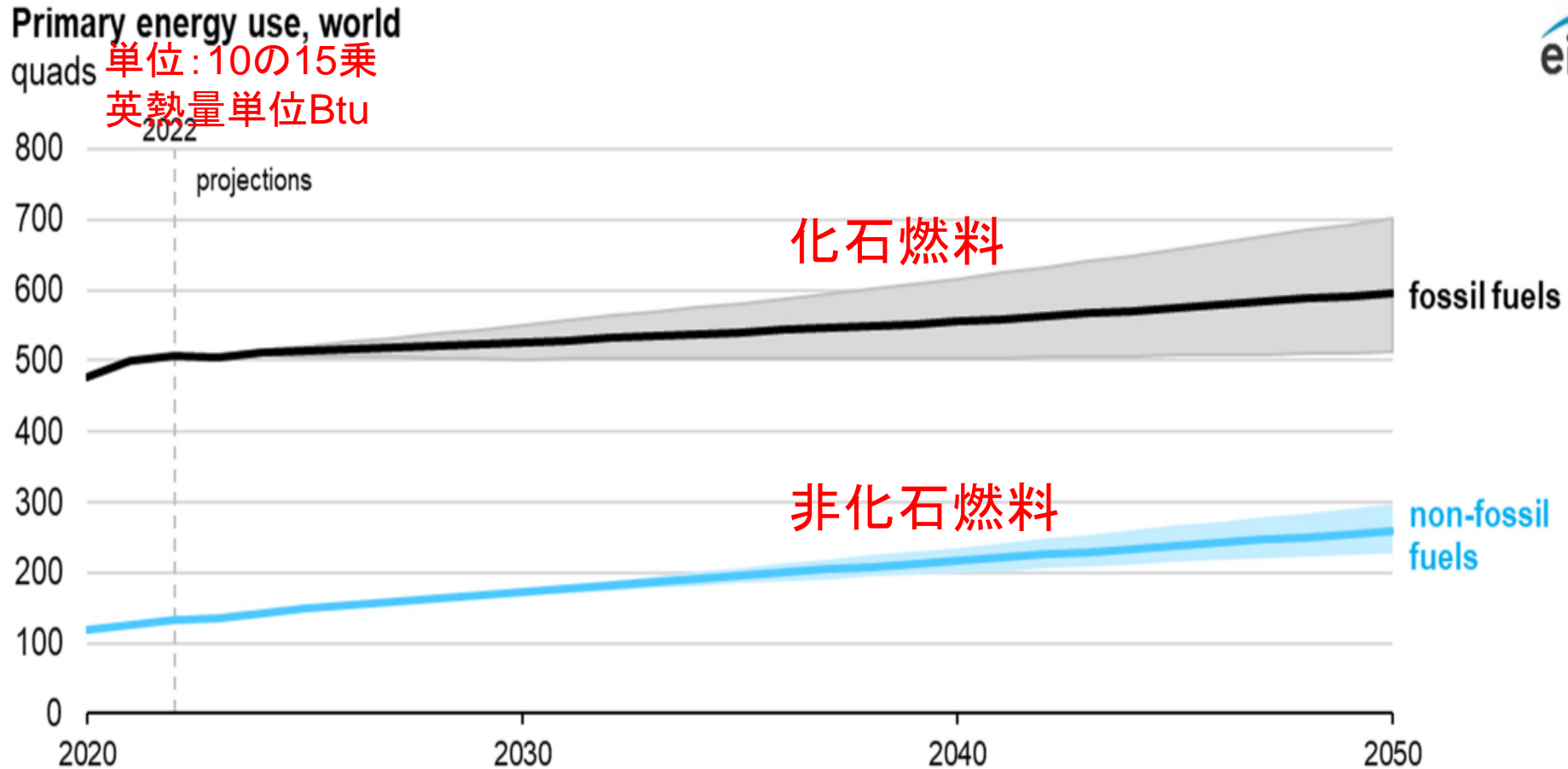


出典: エクソンモービル「Our view to 2050」

## 第2のフォアキャスト:米EIA(エネルギー情報局) 「国際エネルギー見通し2023」

- 米EIAはエネルギー省に属する機関、しかし独立した機関として第三者的な見通しを立てる
- 環境政策が国内政治に左右されるため、民主/共和両方に通じる幅を持った見通しを立てることになる
- 参照(リファレンス)ケースを中心に最大値、最小値を合わせてグラフに提示。参照値は現政策の延長上として提示している

# 世界一次エネルギー消費量 (米IEA「国際エネルギー見通し2023」)

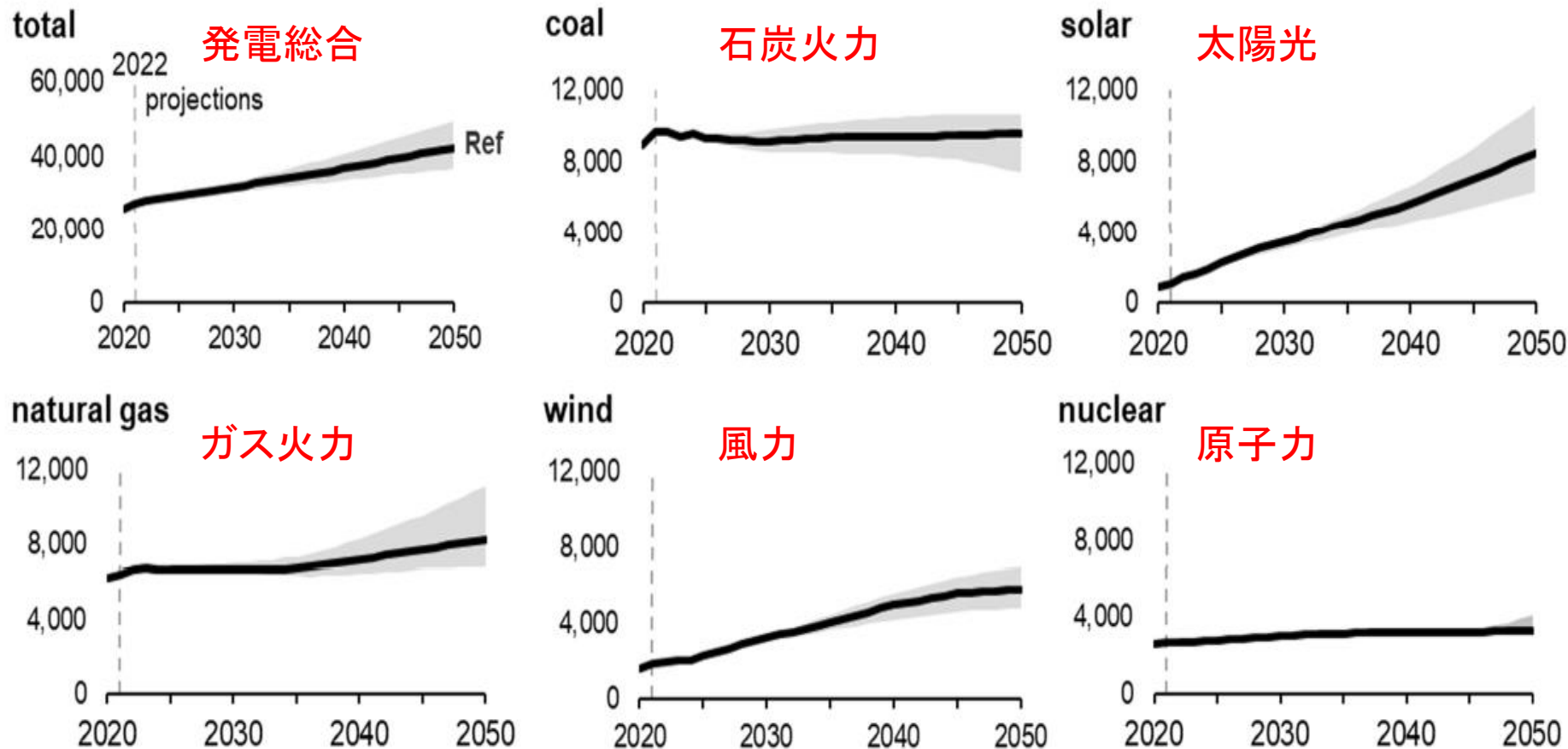


出典: 米DOE/EIA「International Energy Outlook 2023」

# 世界電源別発電量(単位:10億kWh)

## Electricity generation by fuel, world

billion kilowatthours



出典: 米DOE/EIA「International Energy Outlook 2023」

# 第3のフォアキャスト: 日本エネルギー経済研究所 IEEJ「アウトルック2023」

- 2つのシナリオを示しており、**リファレンス(参照)シナリオ**は**現行政策の延長上**のもので、積み上げ式であり、フォアキャストになっている。原子力設備容量は2021年の407GWが2050年には477GW。2050年CO2排出量は2020年比16.9%増
- もう1つの**技術進展シナリオ**は後述の**IEA「約束宣言シナリオ」**に近似するものであるが、2050年ネットゼロに引っ張られているものでバックキャストに属する。しかしこのシナリオでもネットゼロには程遠く、46.9%減。2050年原子力設備容量は767GW

# バックキャストの代表 「IEA WEO-2023」

- 「WEO-2023」では3つのシナリオを示す
- **STEPS** (Stated Policies Scenario: **公表政策シナリオ**): 2100年2.4°C上昇
- **APS** (Announced Pledge Scenario: **約束宣言シナリオ**): 2100年1.7°C上昇
- **NZE** (Net Zero Scenario: **ネットゼロシナリオ**): 2100年: 1.4°C上昇

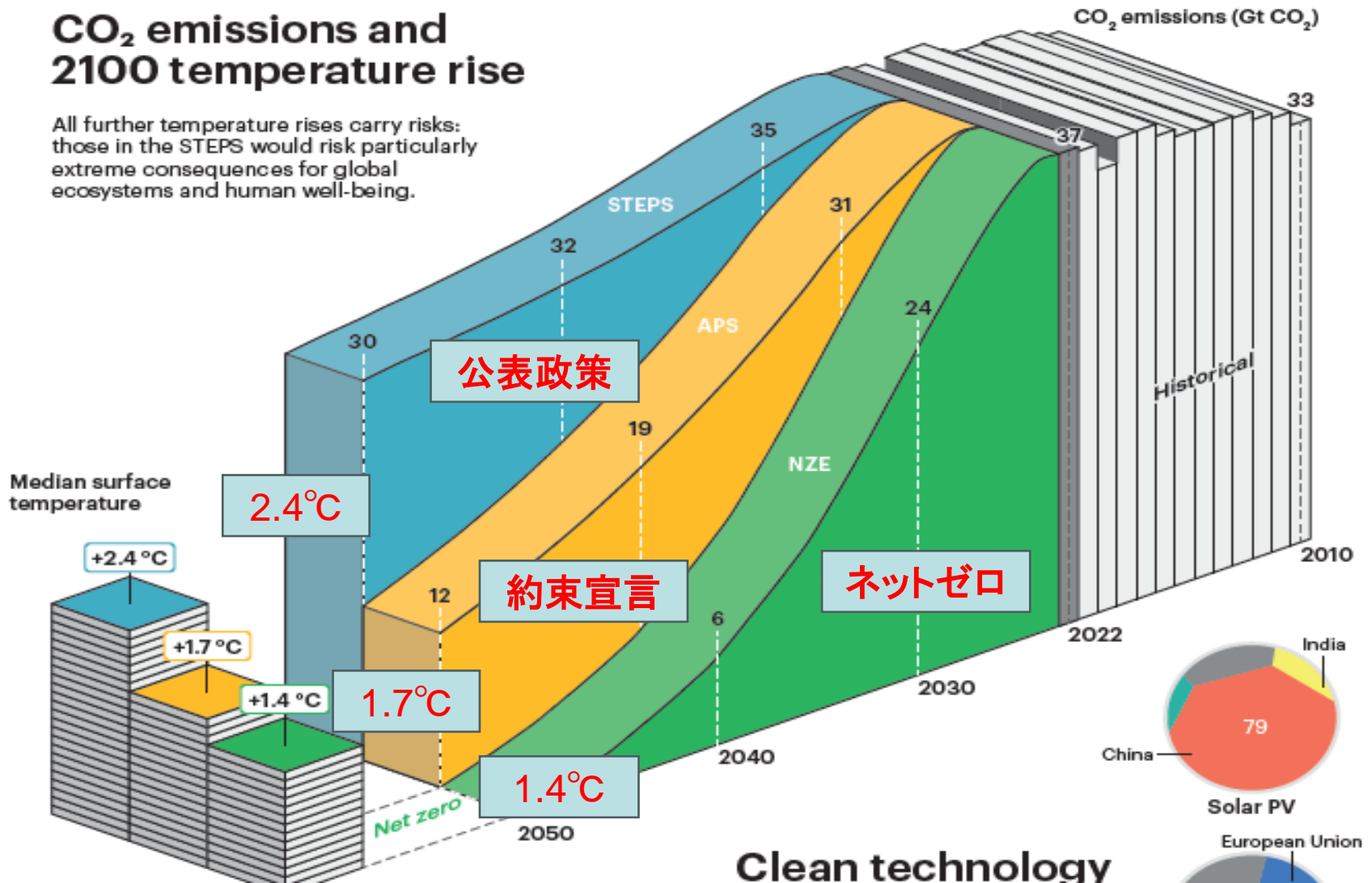
**いずれも2100年目標(1.5°C以下)を  
念頭に逆算したシナリオ**



# シナリオ別気温上昇(2100年)

## CO<sub>2</sub> emissions and 2100 temperature rise

All further temperature rises carry risks: those in the STEPS would risk particularly extreme consequences for global ecosystems and human well-being.



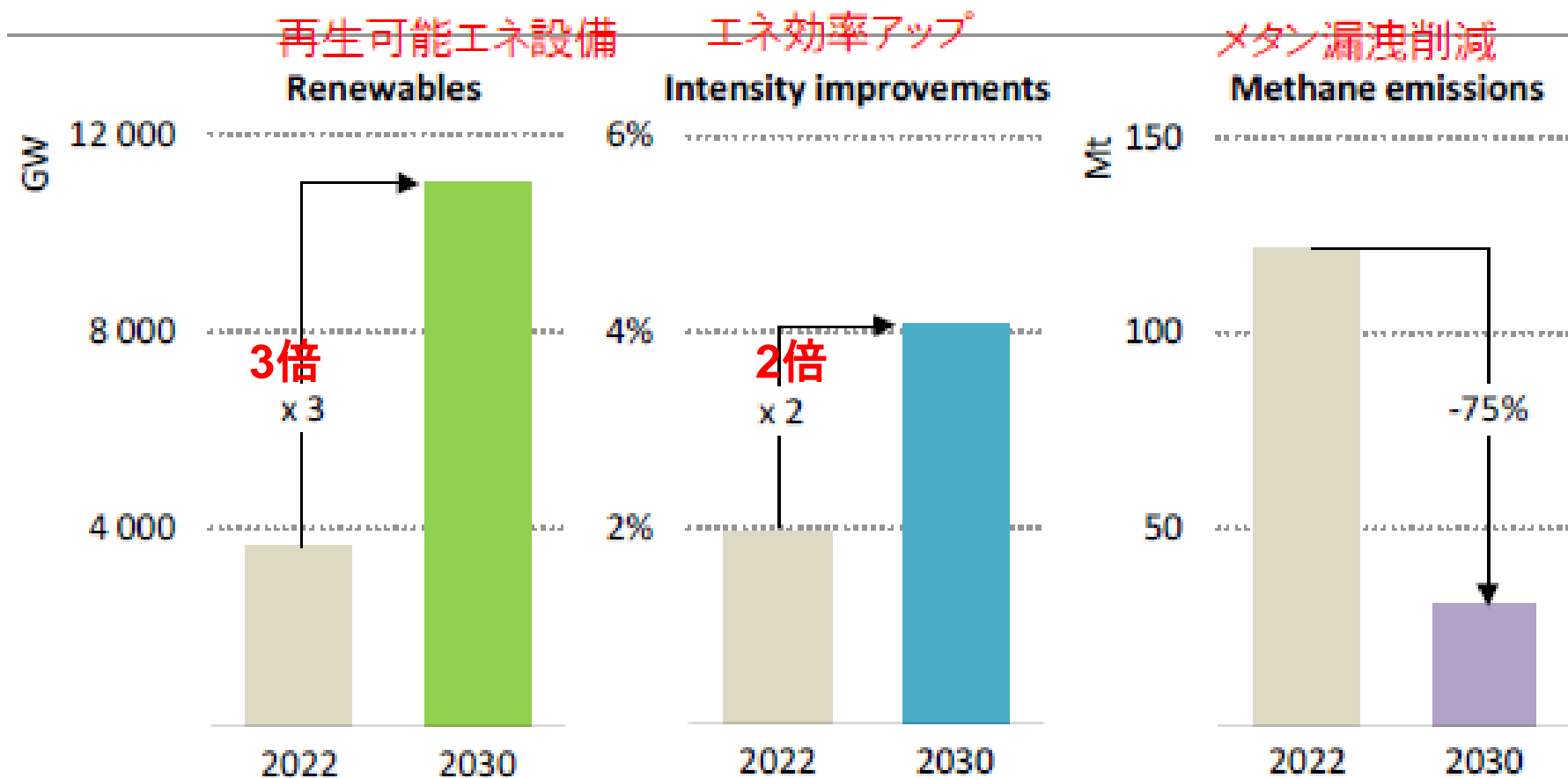
# IEAシナリオの定義

- **公表政策シナリオ** (STEPS: Stated Policies Scenario): 現行政策延長線上の姿 (例: 米インフレ抑制法、日第6次エネ基、GX)、実現を前提とせず
- **約束宣言シナリオ** (APS: Announced Pledges Scenario): 各国NDCや長期ネットゼロ排出目標を含む気候約束がフルに実現した場合の姿 (例: 米・日・EUの2050年ネットゼロ、中国の2060年ネットゼロ、インドの2070年ネットゼロ)
- **ネットゼロシナリオ** (NZE: Net Zero Emissions by 2050): 世界全体の2050年ネットゼロ実現

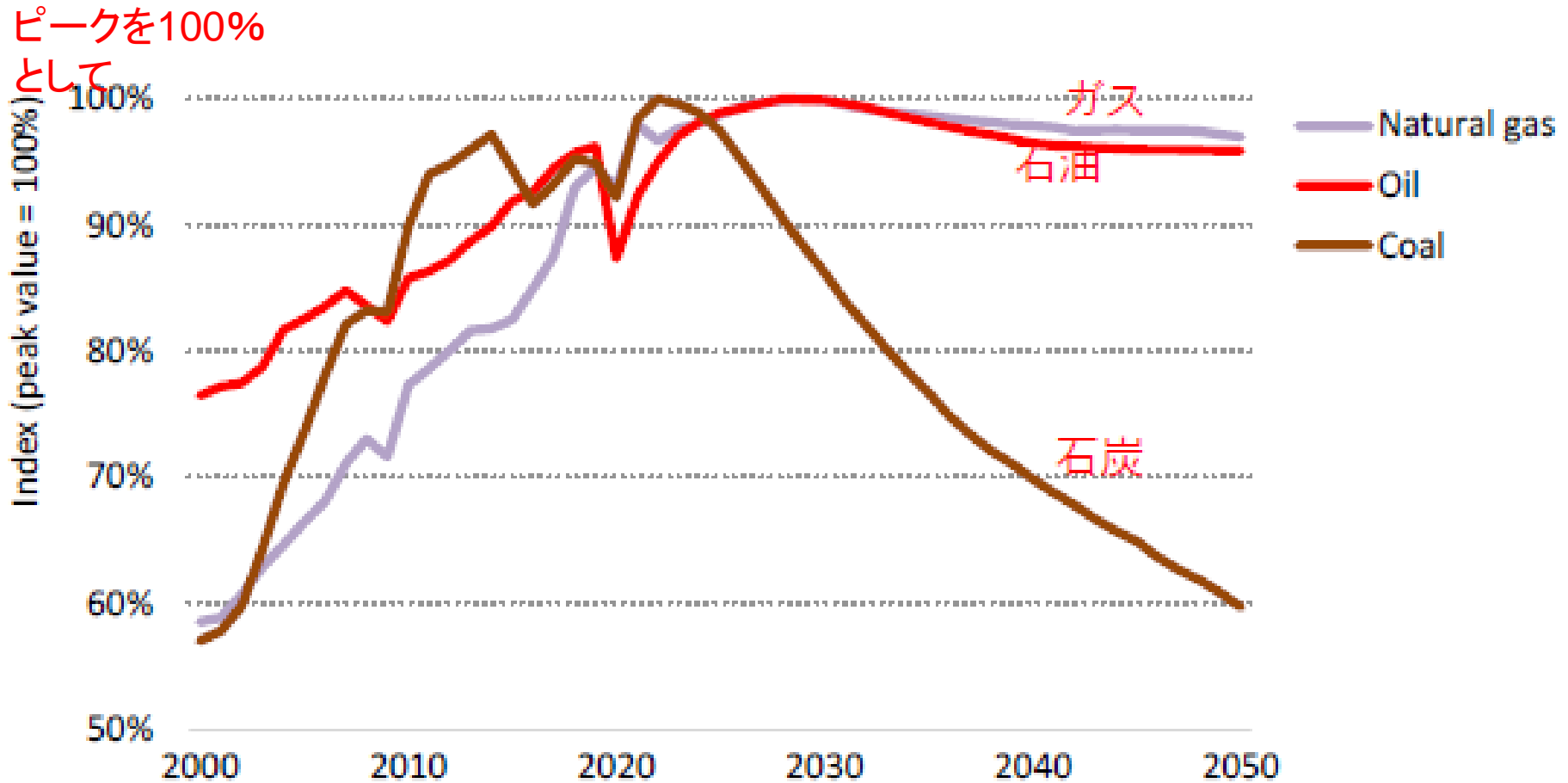
# IEAの強調ポイント

- WEO-2023は1.5°C目標達成の可能性が現在でもあることを示し、COP28成功のための青写真を示すことにある。2030年までに果たすべき5本柱は以下：
  - 再生可能エネルギー設備量を3倍に増やす
  - エネルギー効率の改善率を2倍に加速
  - 化石燃料操業のメタン漏洩を75%削減
  - 新興国・開発途上国のクリーンエネルギー支援の大規模ファイナンス・メカニズムの設定
  - 化石燃料消費段階的低減の保証メカニズム

# 2030年に向けたCO2削減三本柱 (ネットゼロシナリオ念頭)

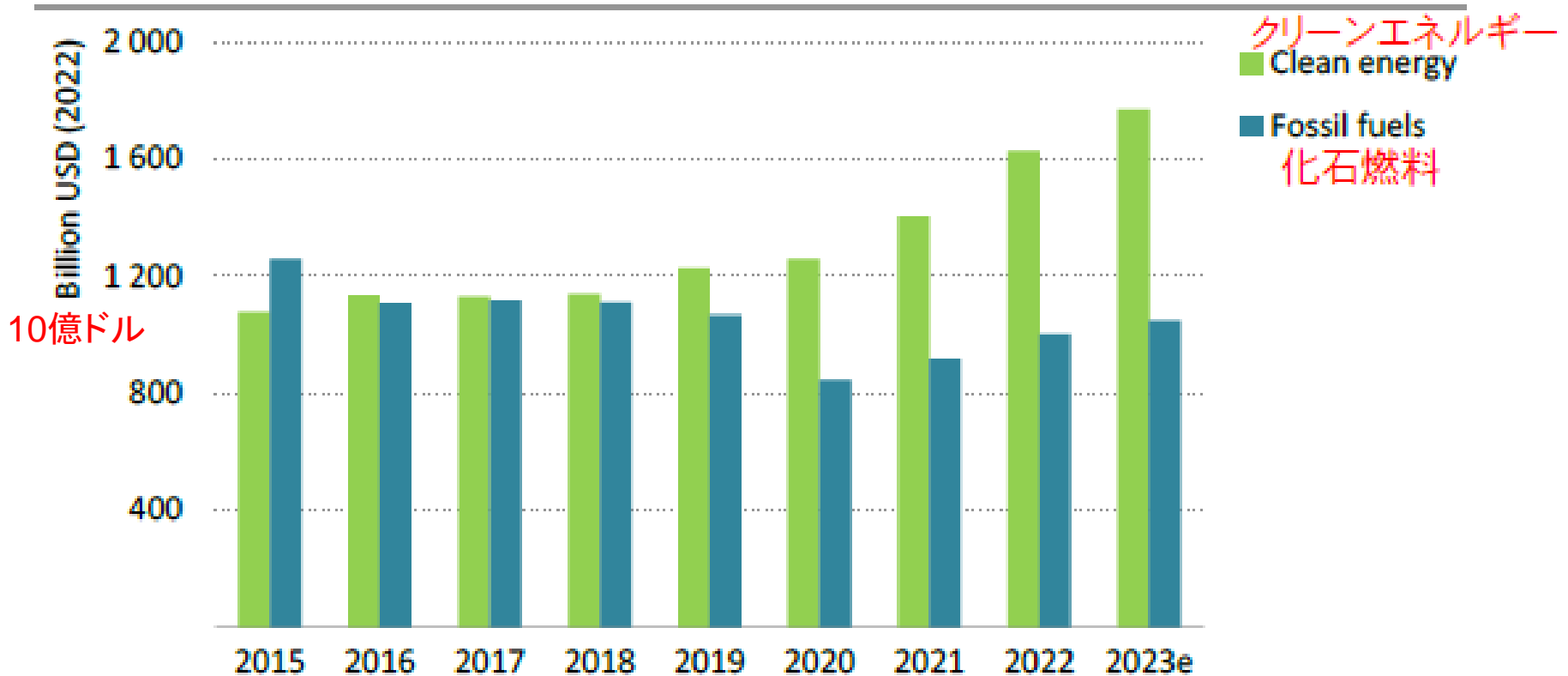


# 「化石燃料は2030前にピーク」 (公表政策シナリオ)

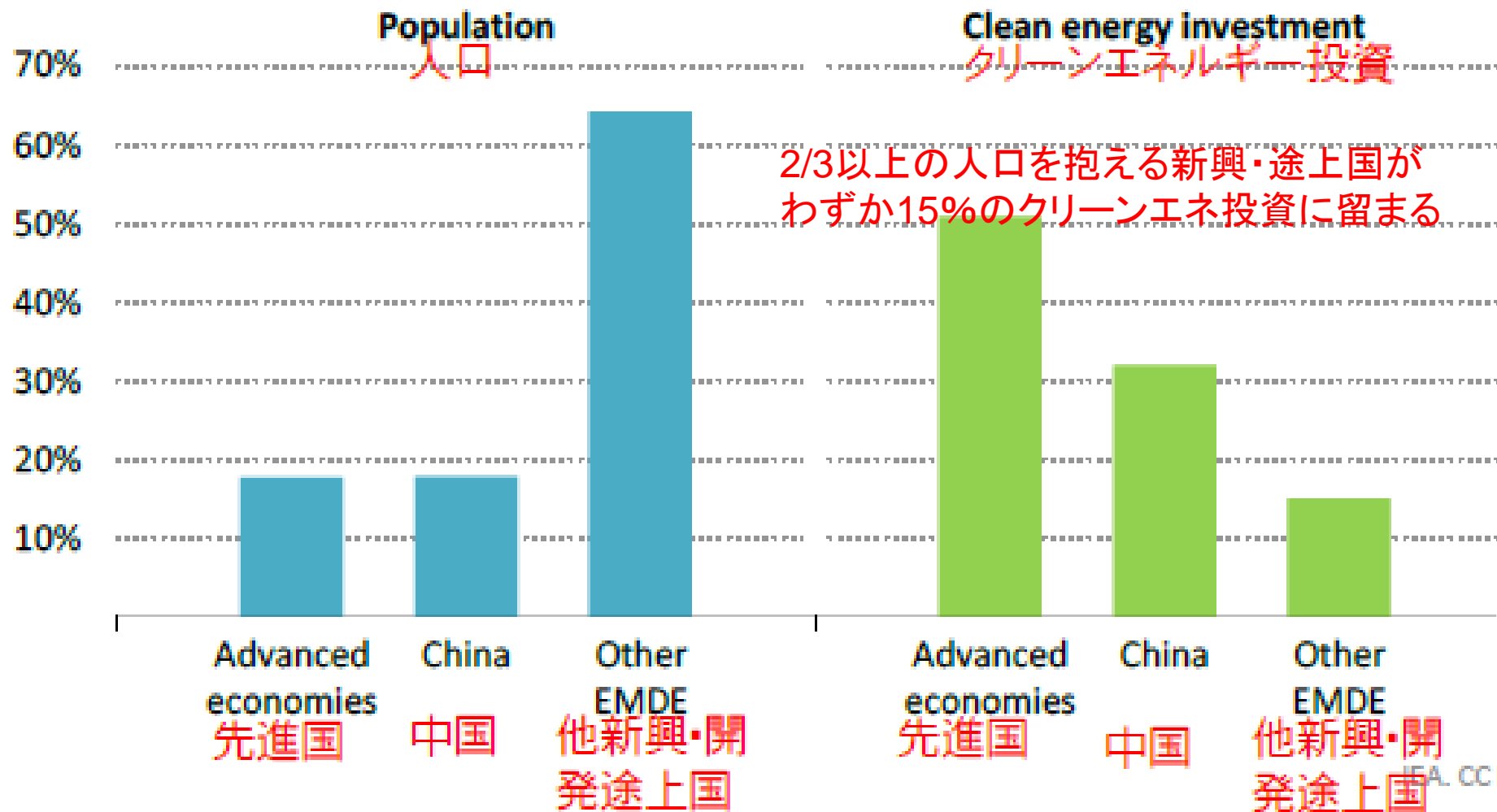


# 世界エネルギー投資

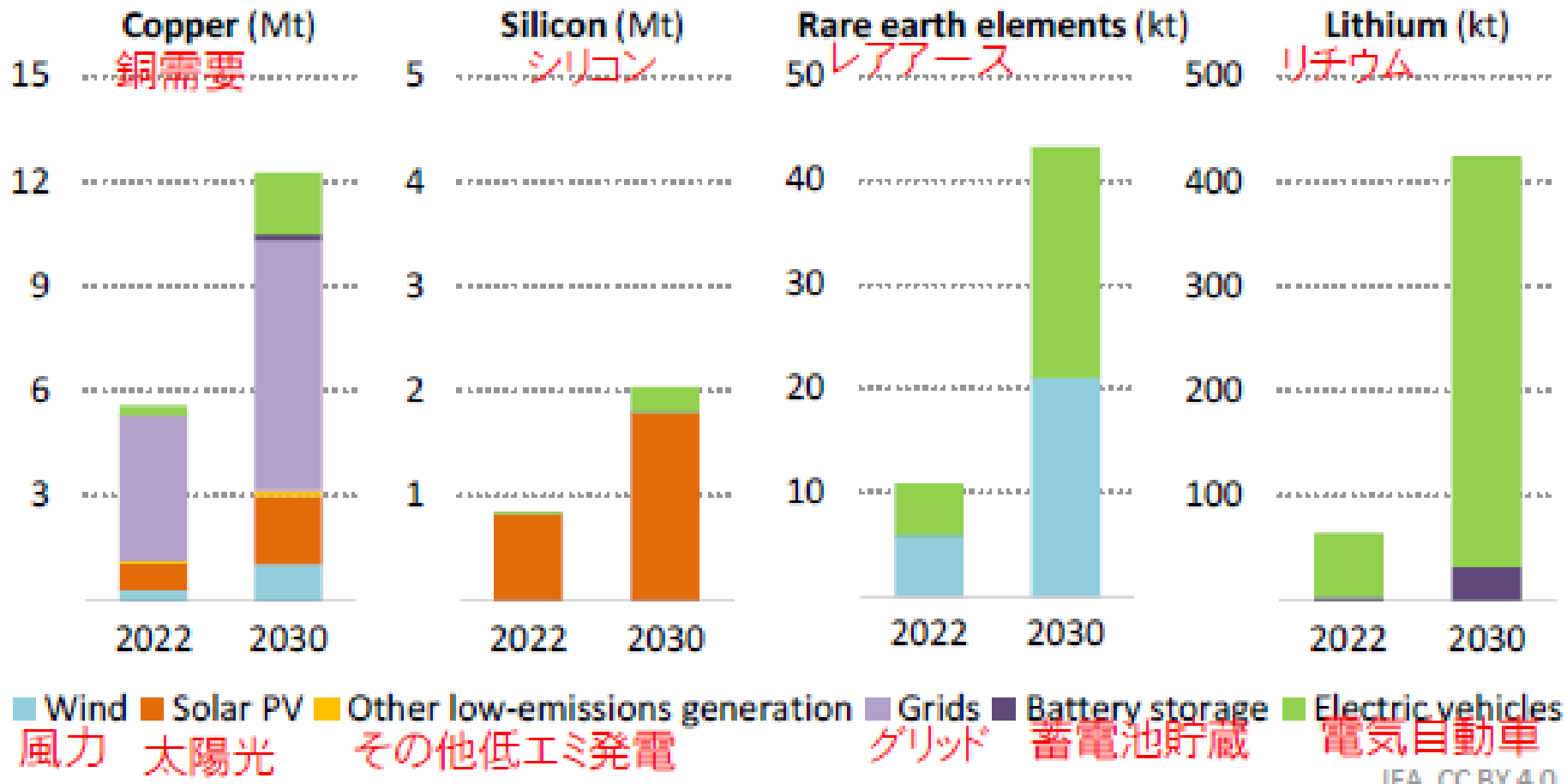
(クリーンエネルギー電源へ重心移動)



# 新興・途上国への投資必要性



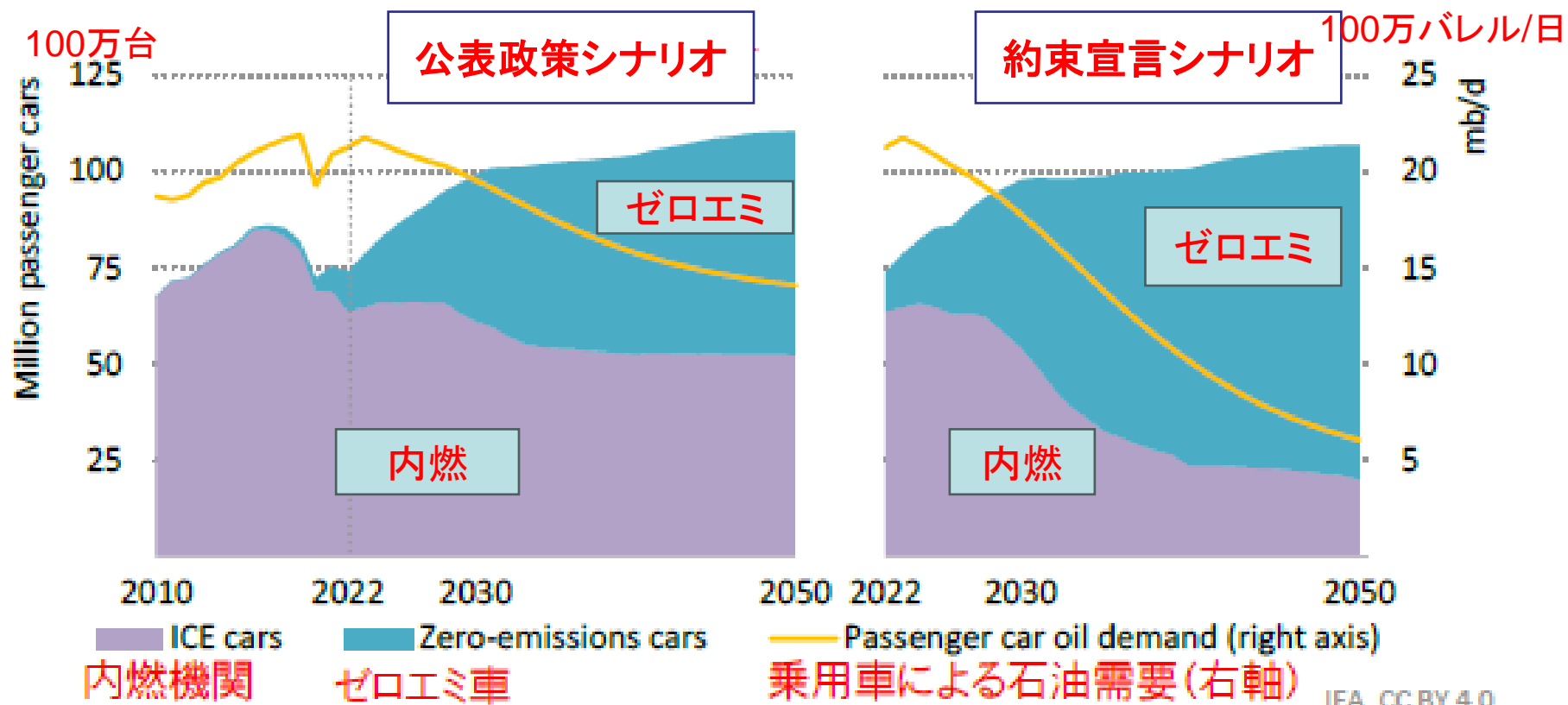
# 重要鉱物消費量 (APS:約束宣言シナリオ)



IEA CO2V4.0

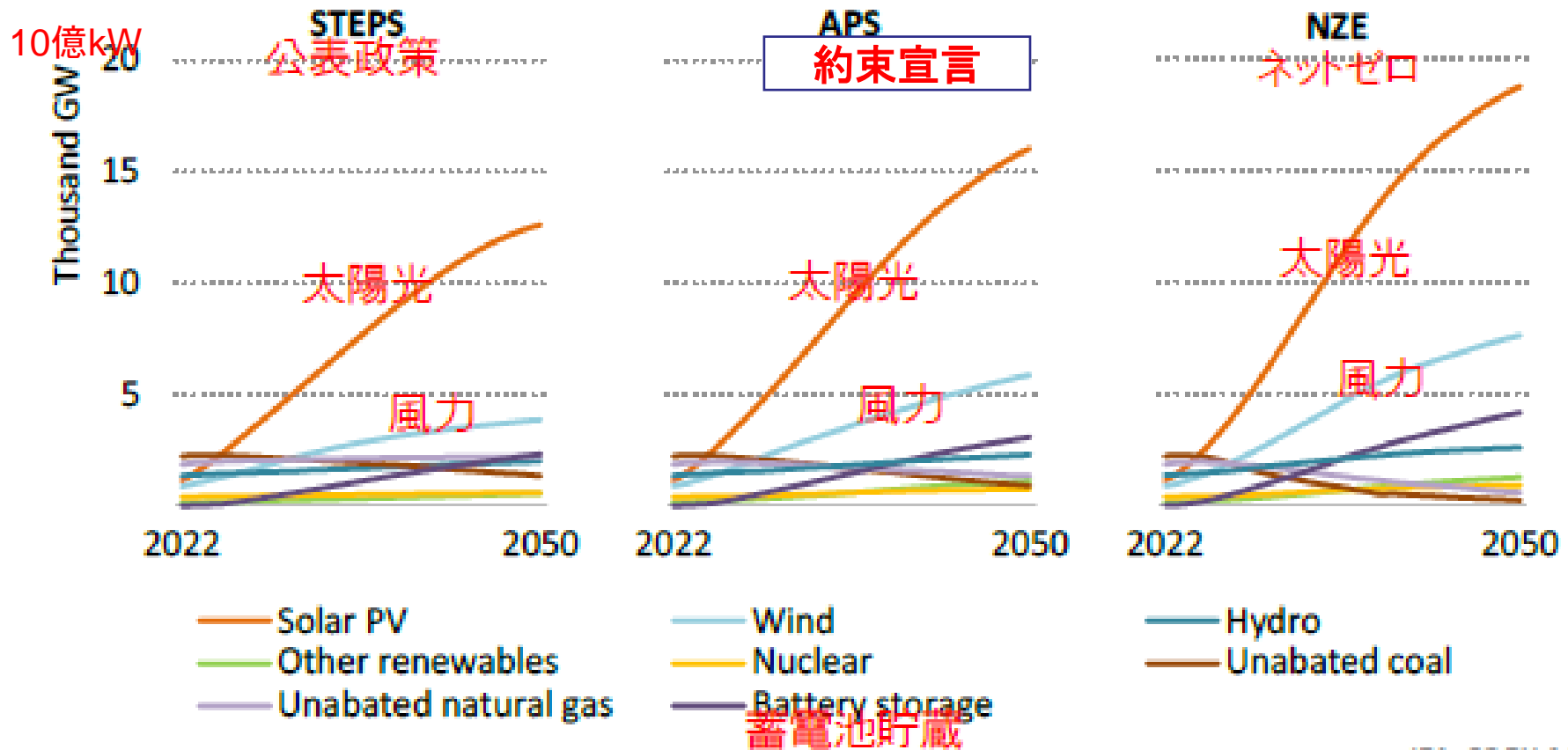


# 乗用車年間登録車数と石油需要



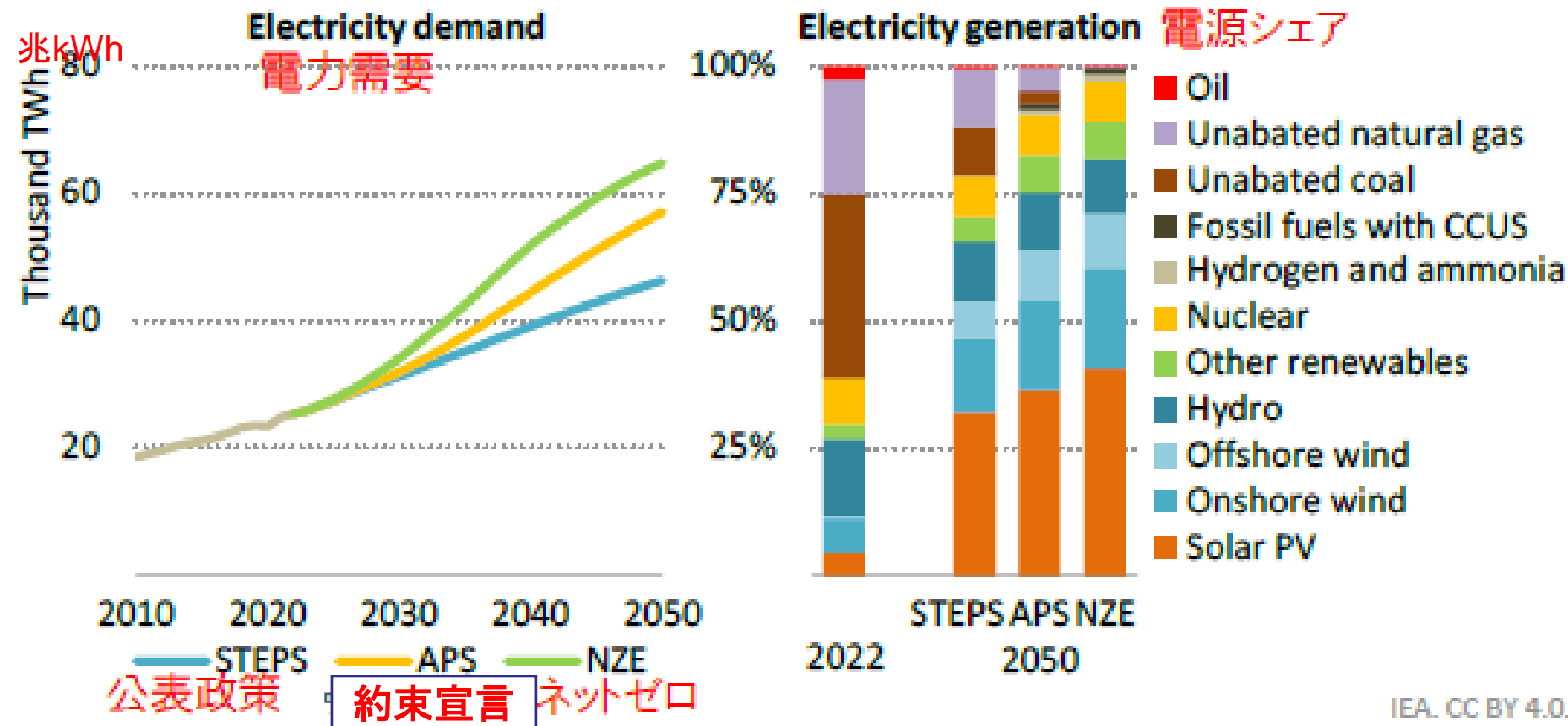
IEA. CC BY 4.0.

# シナリオ別電源規模(単位:兆kW)



IEA. CC BY 4.0.

# シナリオ別電力需要と電源シェア



IEA. CC BY 4.0.

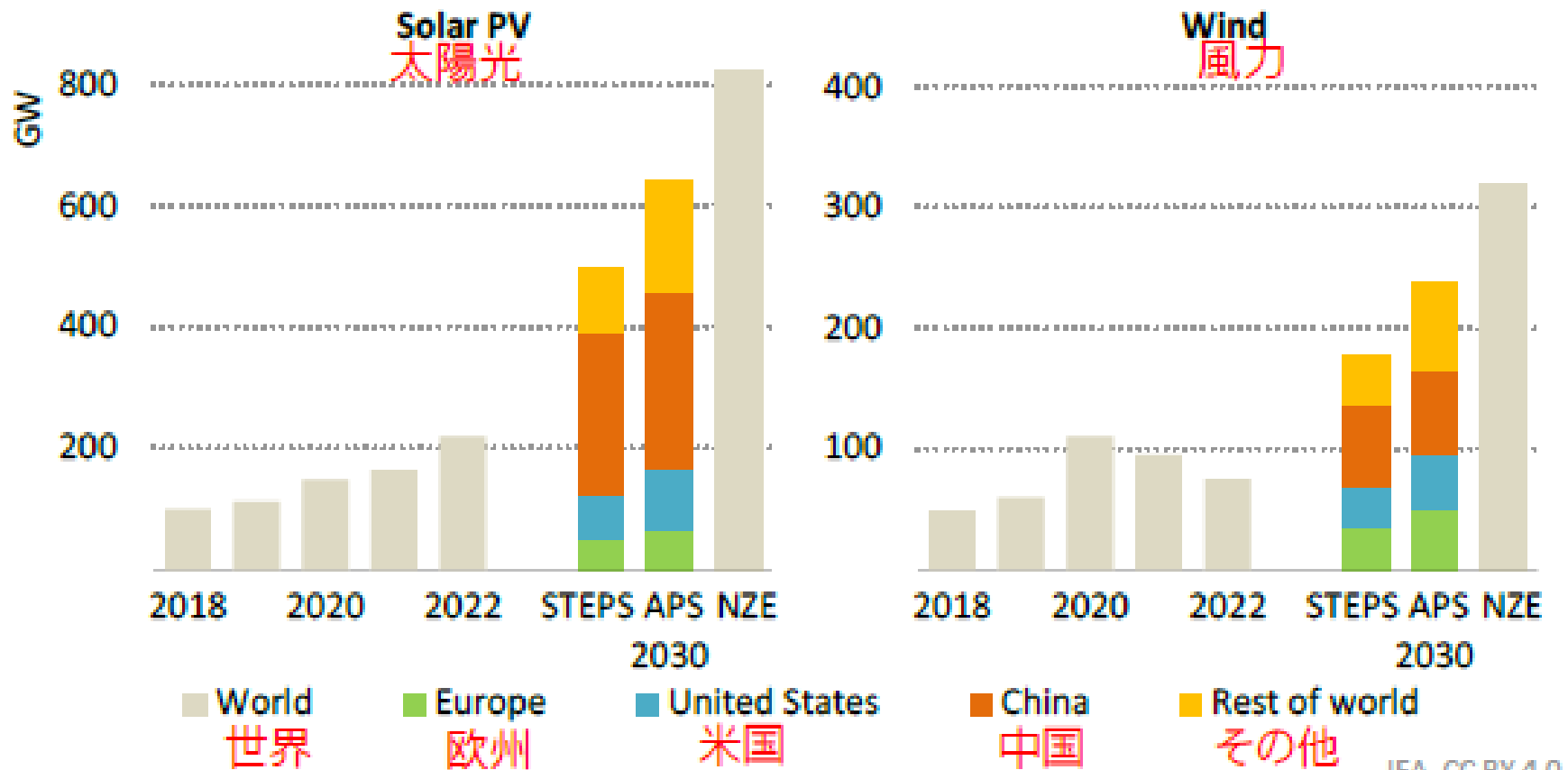
原子力2050年設備規模 (GW)

現在: 417GW、STEPS: 620GW、APS: 770GW

NZE: 900GW

出典: IEA「WEO-2023」

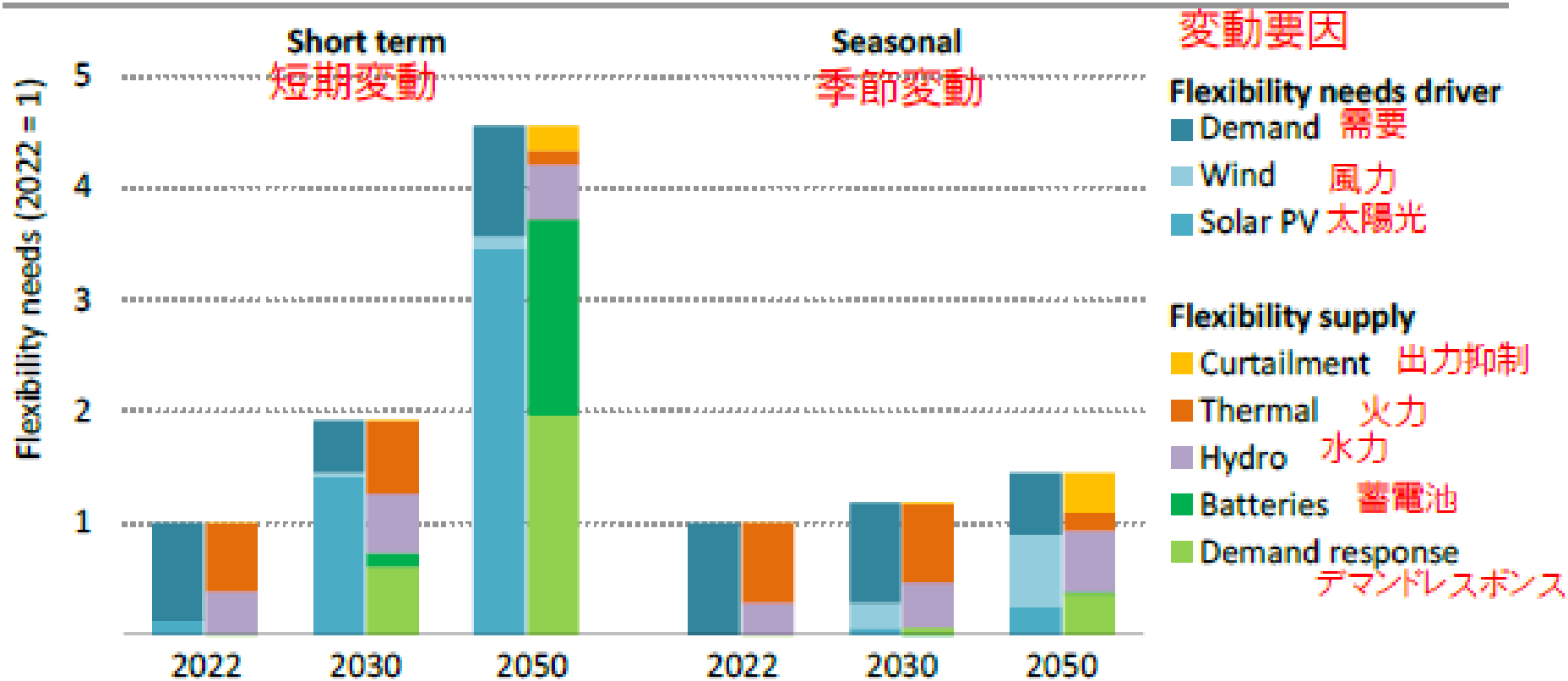
# 太陽光・風力地域別年間建設設備量(GW)



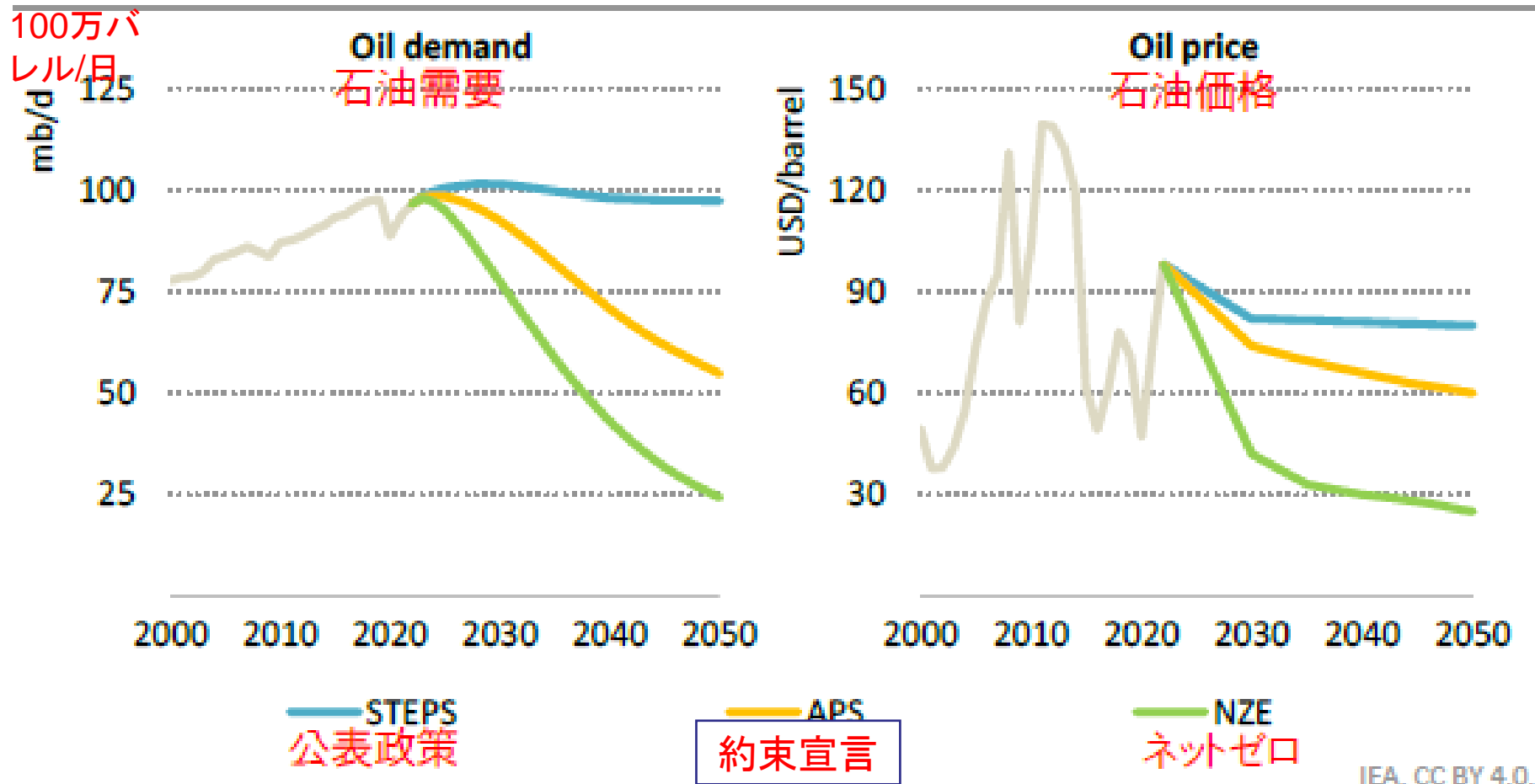
IEA. CC BY 4.0.

# 出力変動対応ニーズ

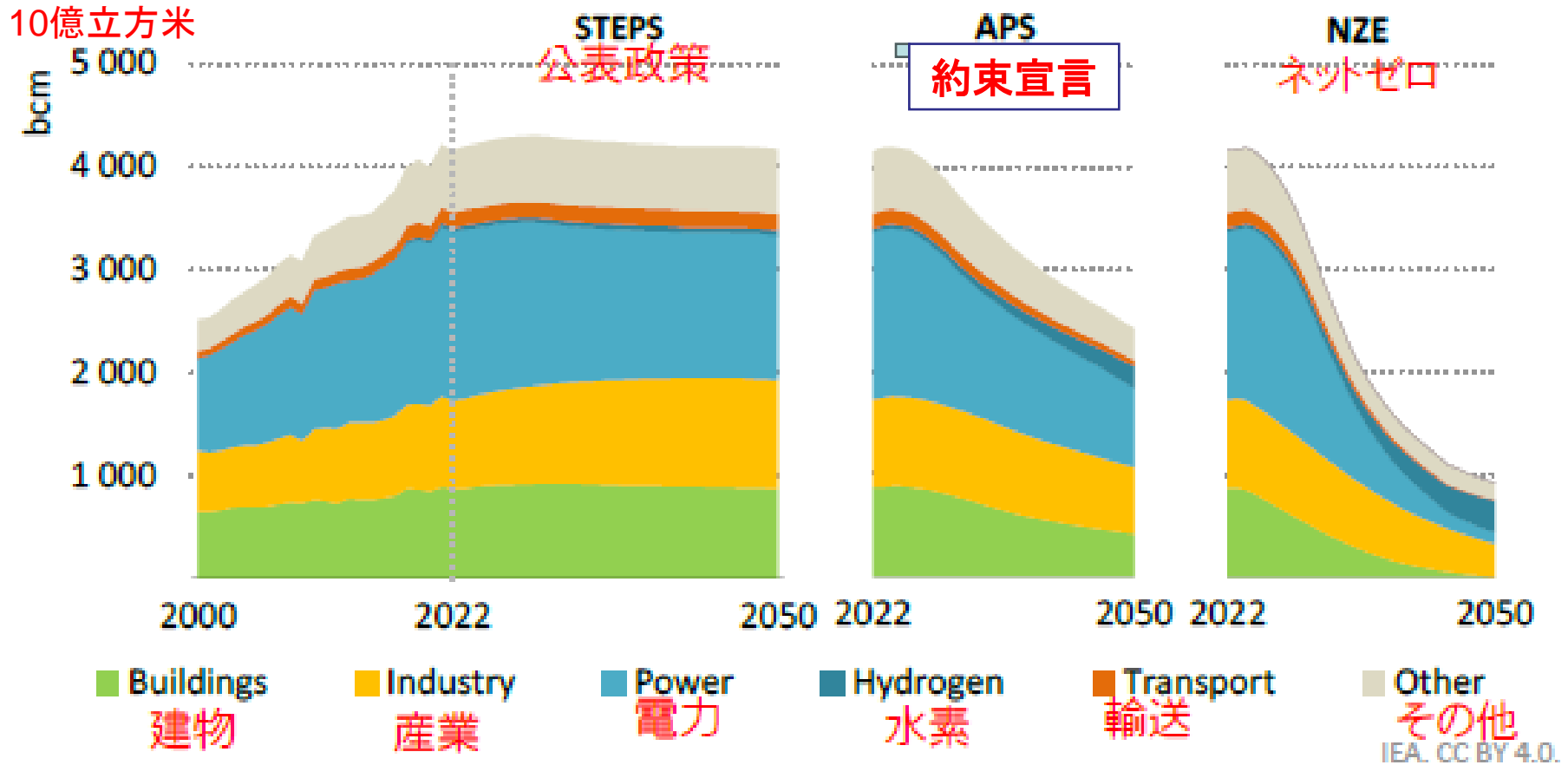
(APS:約束宣言シナリオ2022年相対比)



# 石油需要: 2030年前にピーク

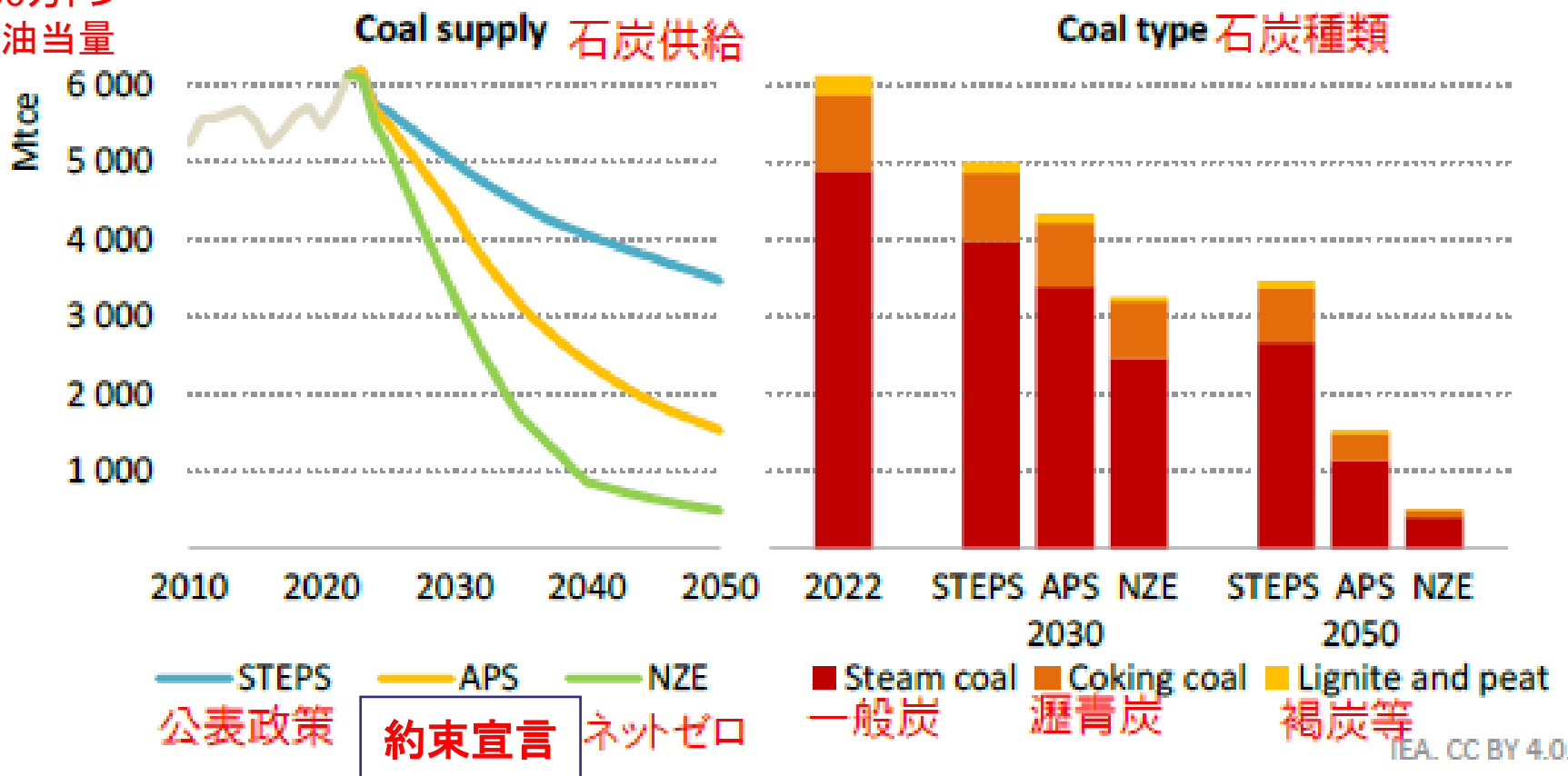


# シナリオ別ガス需要



# シナリオ別石炭供給量と炭種

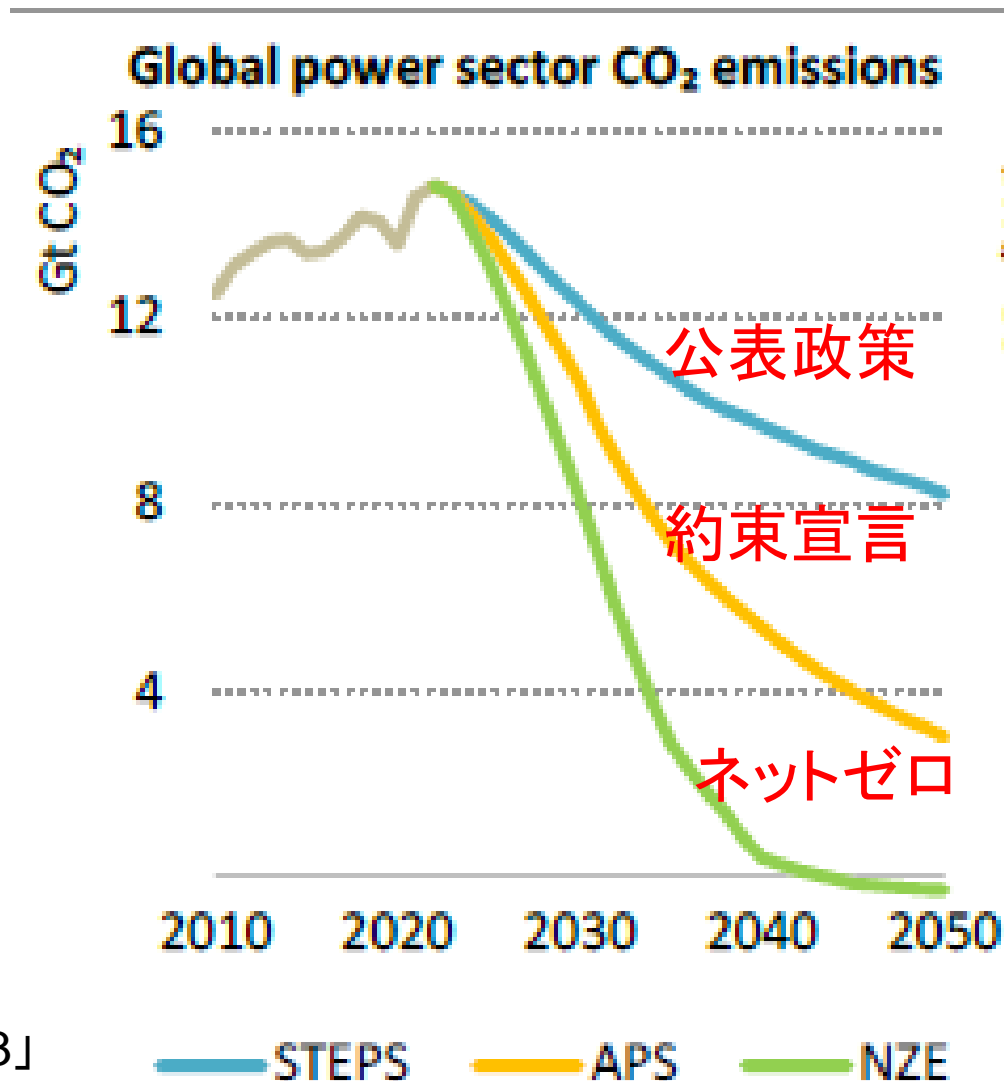
100万トン  
石油当量



Coal production falls by nearly 45% between 2022 and 2050 in the STEPS, 75% in the APS and over 90% in the NZE Scenario; coking coal supply declines much less than steam coal

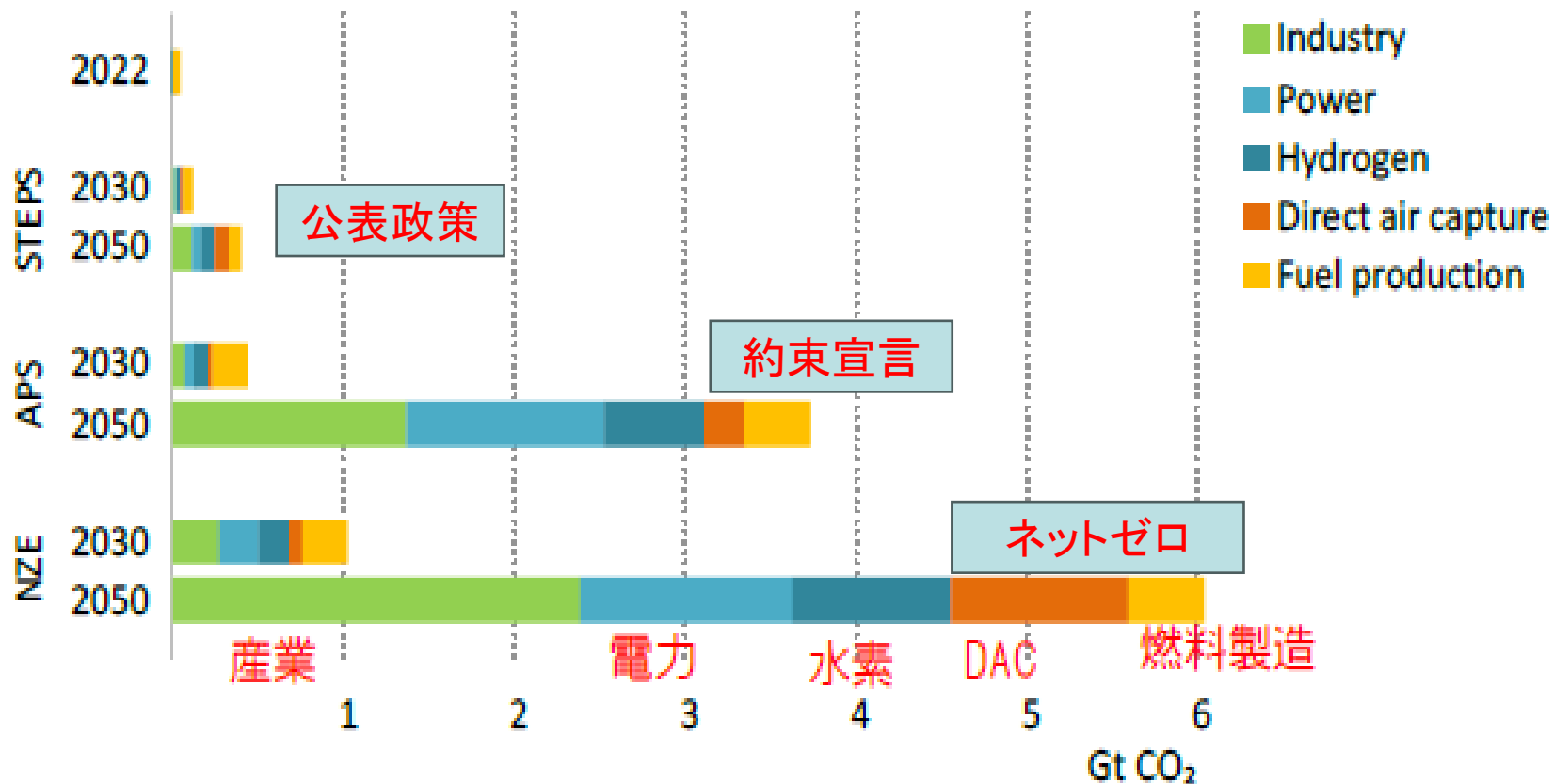


# 電力シナリオ別CO2排出量 (単位:10億トン)

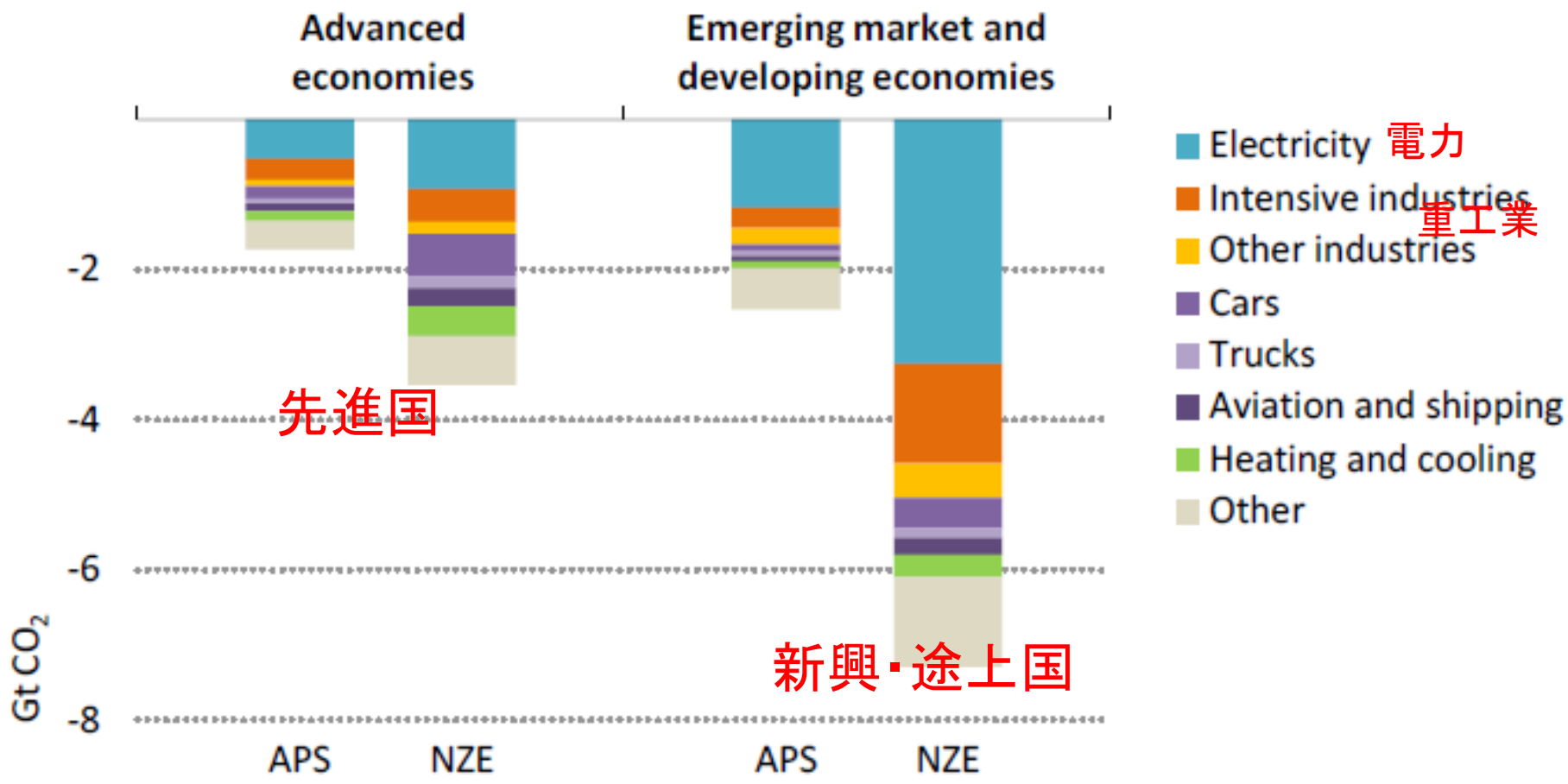


出典:IEA「WEO-2023」

# CCUS利用CO2埋設量(単位:10億T)



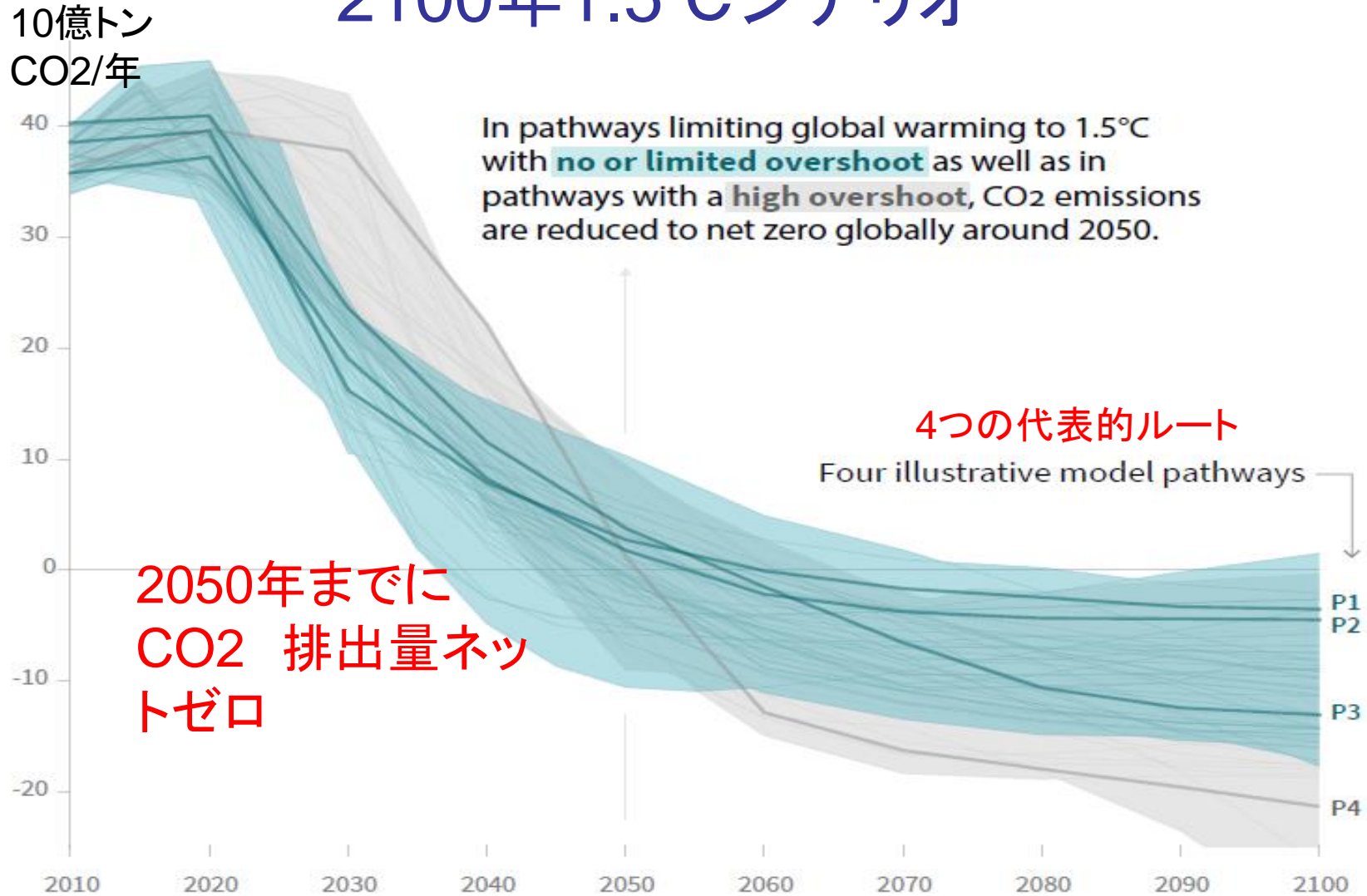
# 2030年までに無くすべきCO2ギャップ



注)・国連提出の各国約束(NDC)はSTEPSにも届いておらず、ネットゼロとは大きな差がある。これを埋めるのがCOP28の目標。・最大ギャップの電力分野では再エネによって石炭火力を削減するシナリオであるが、再エネのkWでは石炭のkWを代替できない。

# IPCCレポートがバックキャストの源流

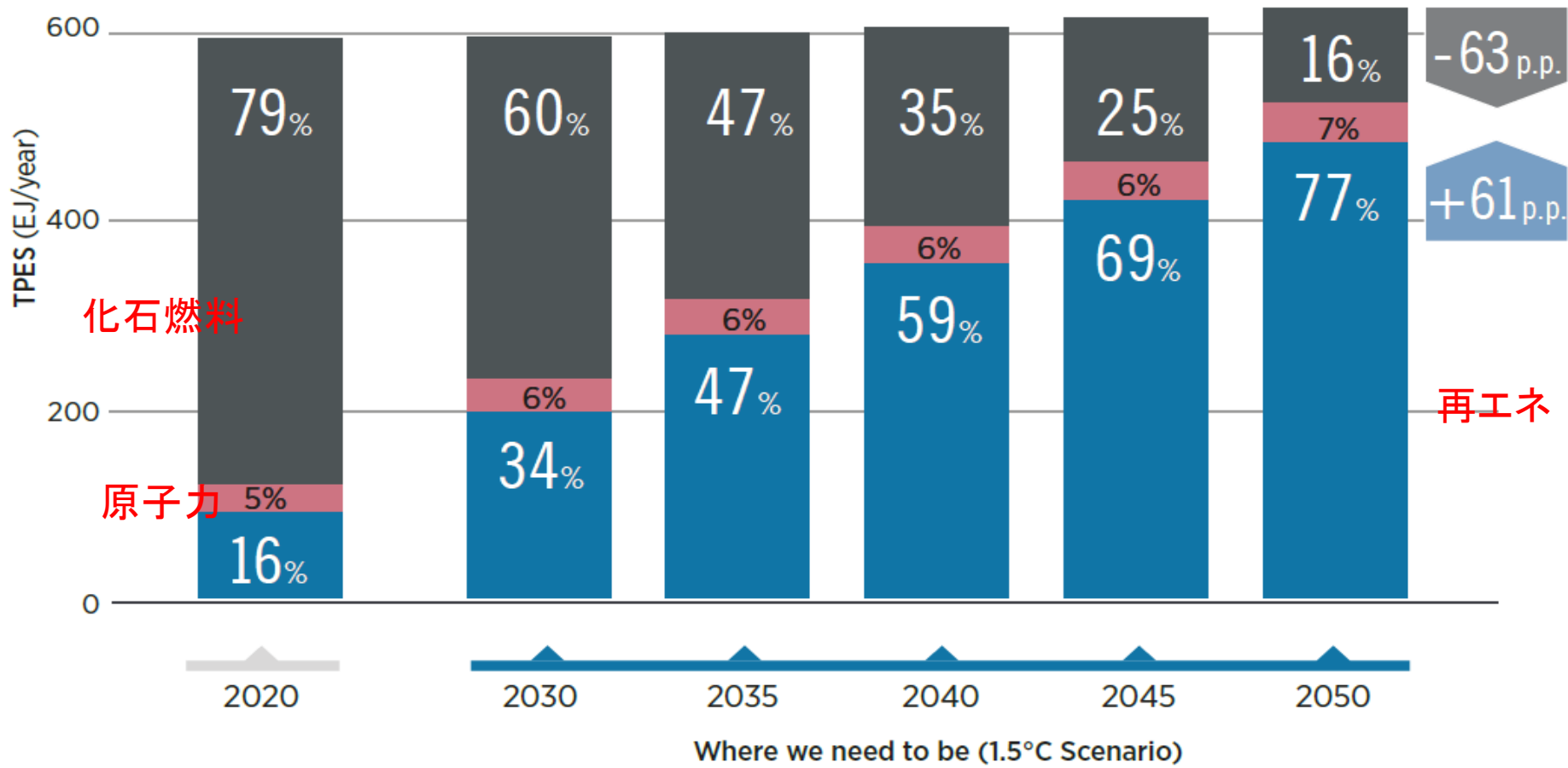
## 2100年1.5°Cシナリオ



出典: IPCC「Global Warming of 1.5°C」

# バックキャストその2 IRENA 「世界エネルギー変革見通し2023」

## 一次エネルギーベース



# 1.5°Cシナリオ

● Renewables ● Nuclear ● Fossil fuels

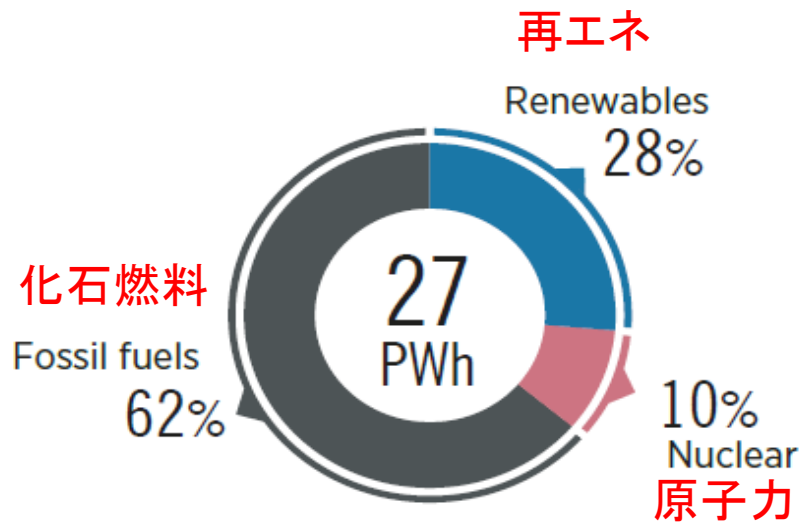
出典: IRENA「World Energy Transitions Outlook 2023」

# 電力供給(単位:1兆kWh)

2020

Gross electricity generation (PWh)

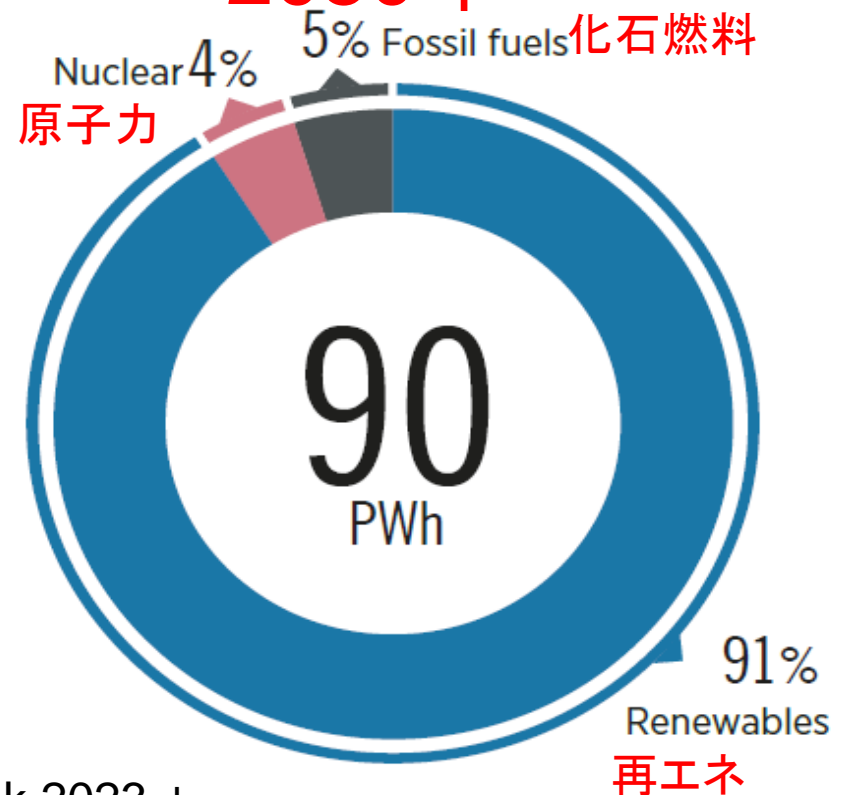
2020年



2050 (1.5°C Scenario)

Gross electricity generation (PWh)

2050年

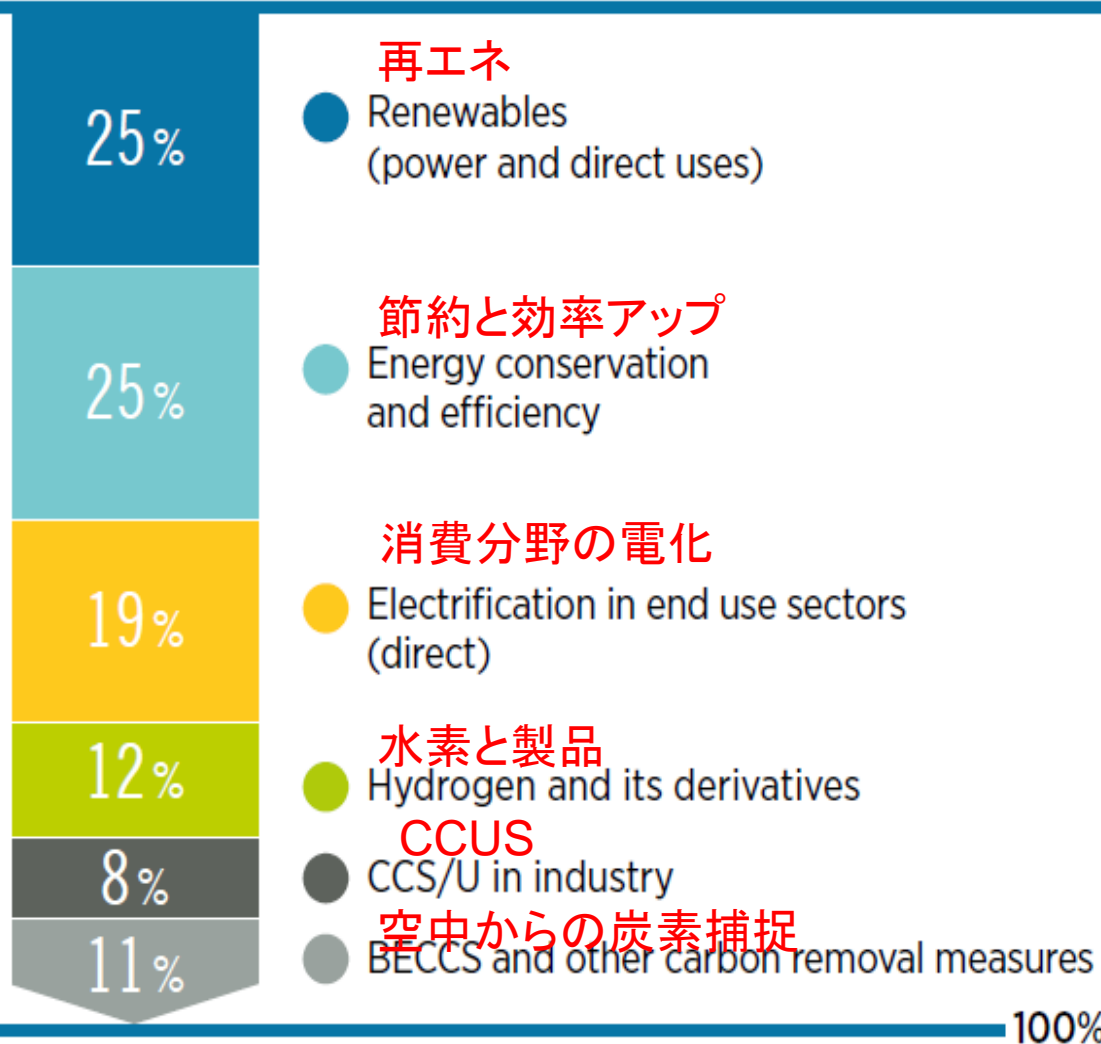


# CO2削減手段

Abatements

2050

1.5°C Scenario



年間削減量

-34.2

GtCO<sub>2</sub>/yr

100%

# IRENA2030年までの目標

- 1.5°Cシナリオ軌道に戻すには、2022年CO2排出量368億トン**を2030年230億トン**に低減する必要
- **再生可能エネ電源設備量**を2022年3,382GWから2030年11,174GWへと**3倍以上**にする
- **太陽光設備は5倍に、風力設備は4倍**にする  
(変動電源の割合は2021年の**10%**から**46%へ**)
- **蓄電池**の設備量は2020年の17GWから2030年の**359GW**へと**21倍**にする

**バックキャスト手法は2030年実績値を見ることで完全に否定されよう(小野意見)**



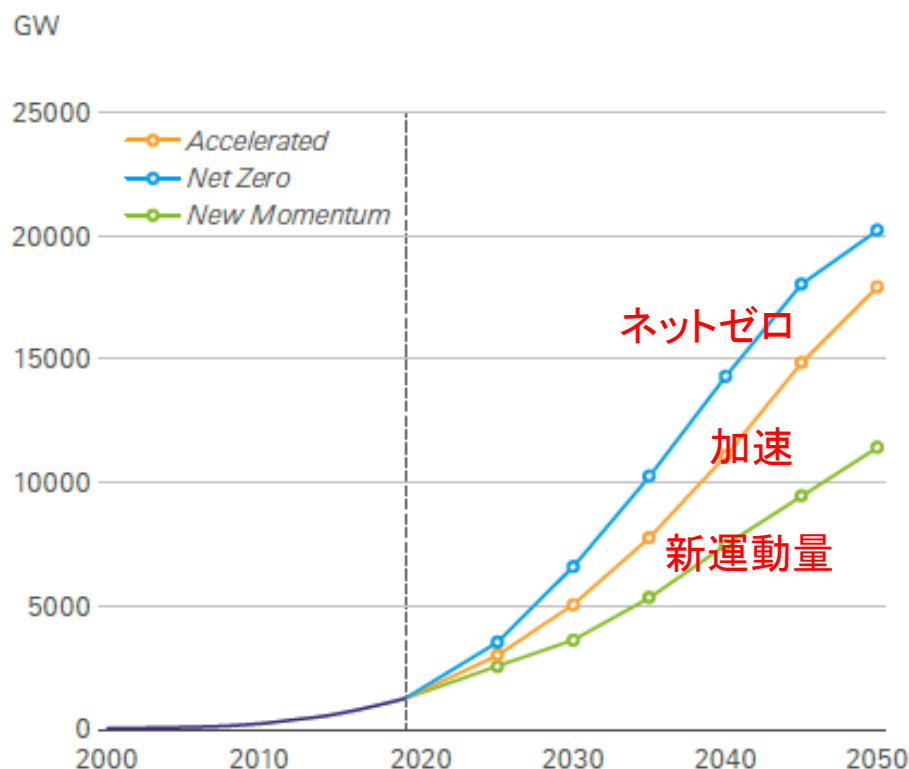
## バックキャストその3

# BP「エネルギーアウトルック2023」

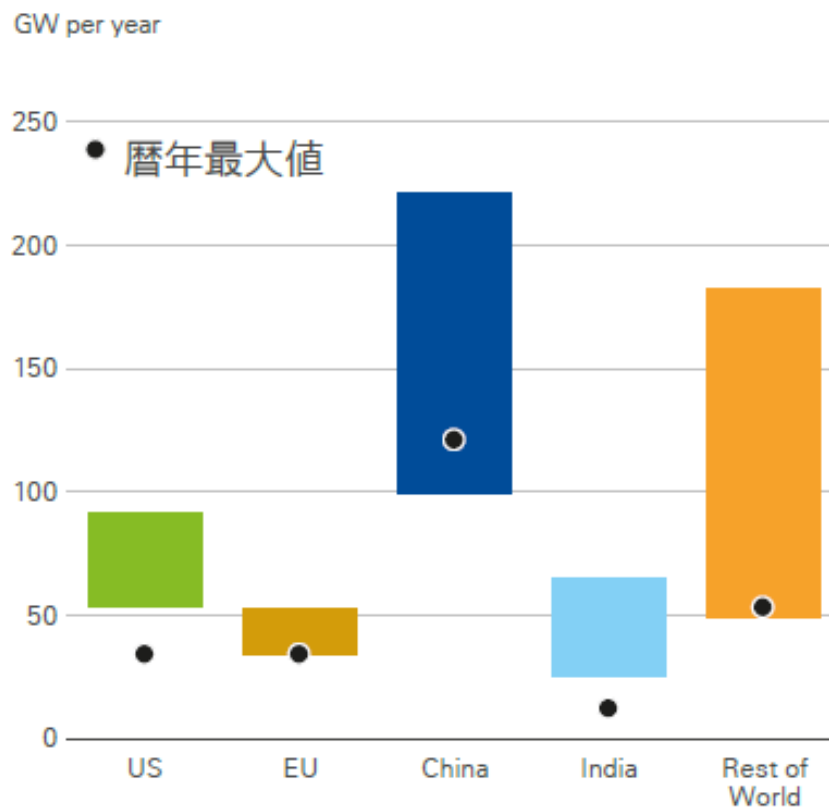
- **加速シナリオ (Accelerated)**  
2050年温暖化ガス75%削減
- **ネットゼロ・シナリオ (Net Zero)**  
2050年温暖化ガス95%削減(残りのCO<sub>2</sub>は  
空中より回収・固定)
- **新運動量シナリオ (New Momentum)**  
現行脱炭素の勢いを延長、2050年炭酸ガス  
30%削減

# 太陽光・風力設備の急速な拡大

## 太陽光・風力新設量GW



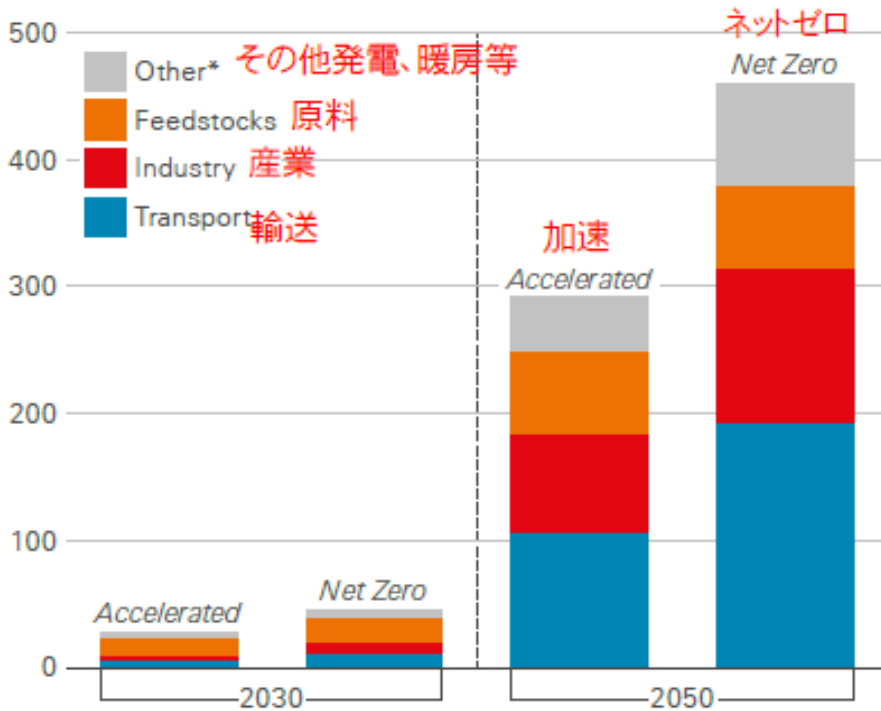
## 地域別年間新設量2022～2035



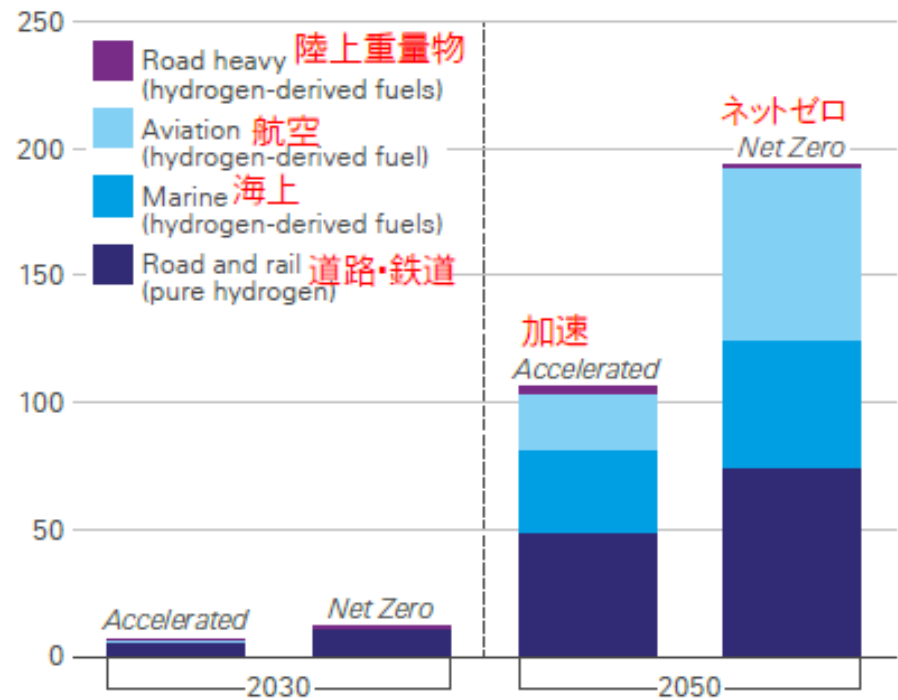
原子力はモデレートな伸長: 2050年までに設備量を1.8倍(加速)、2倍(ネットゼロ)にする。中国が増分の55~65%を占める。 出典: bp「Energy Outlook 2023」

# 積極的水素利用

Low-carbon hydrogen demand  
低炭素・水素需要  
Mt



Low-carbon hydrogen demand in transport  
輸送需要の内訳  
Mt



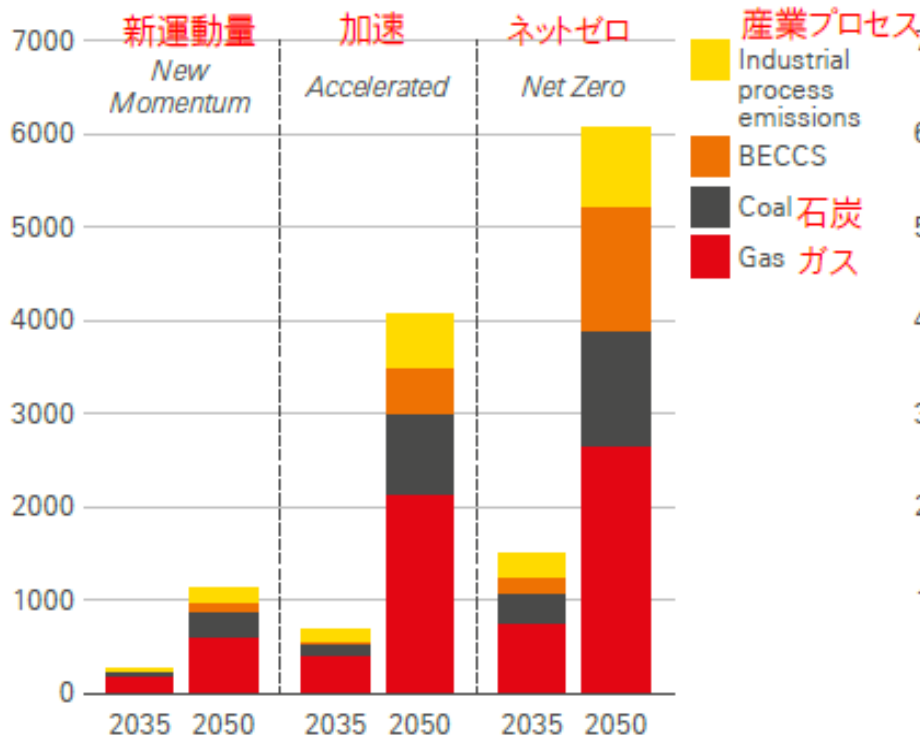
\*Other includes hydrogen demand for power, heating, and buildings

# 積極的CCUS利用

Carbon capture, use and storage by emissions source

CO<sub>2</sub>発生源

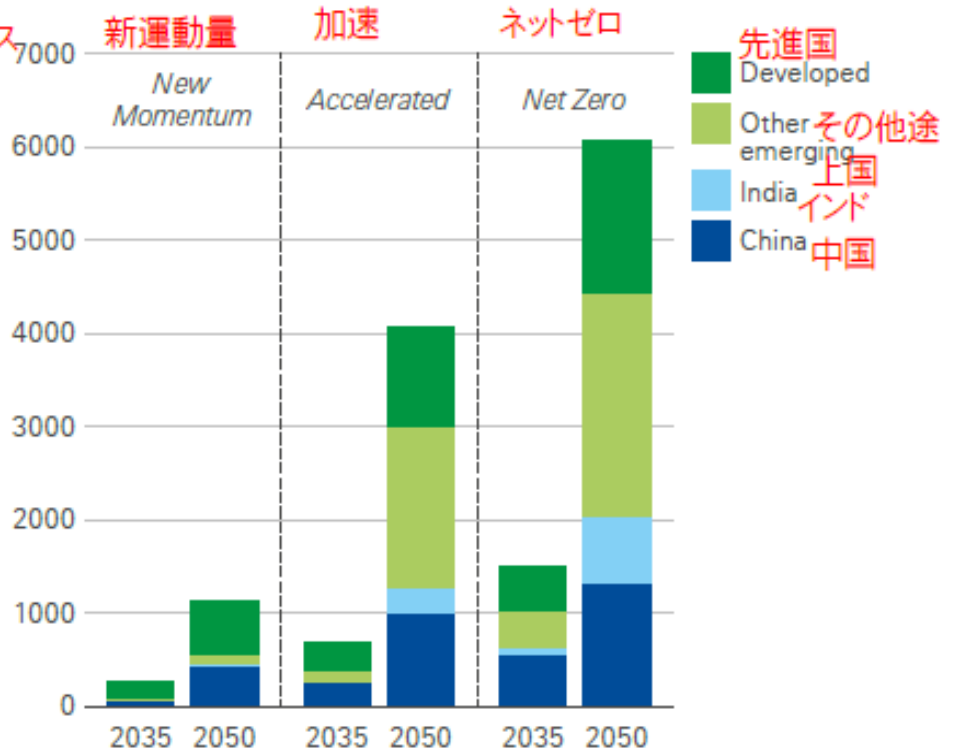
Mt CO<sub>2</sub>



Carbon capture, use and storage by region

CCUS利用地域別

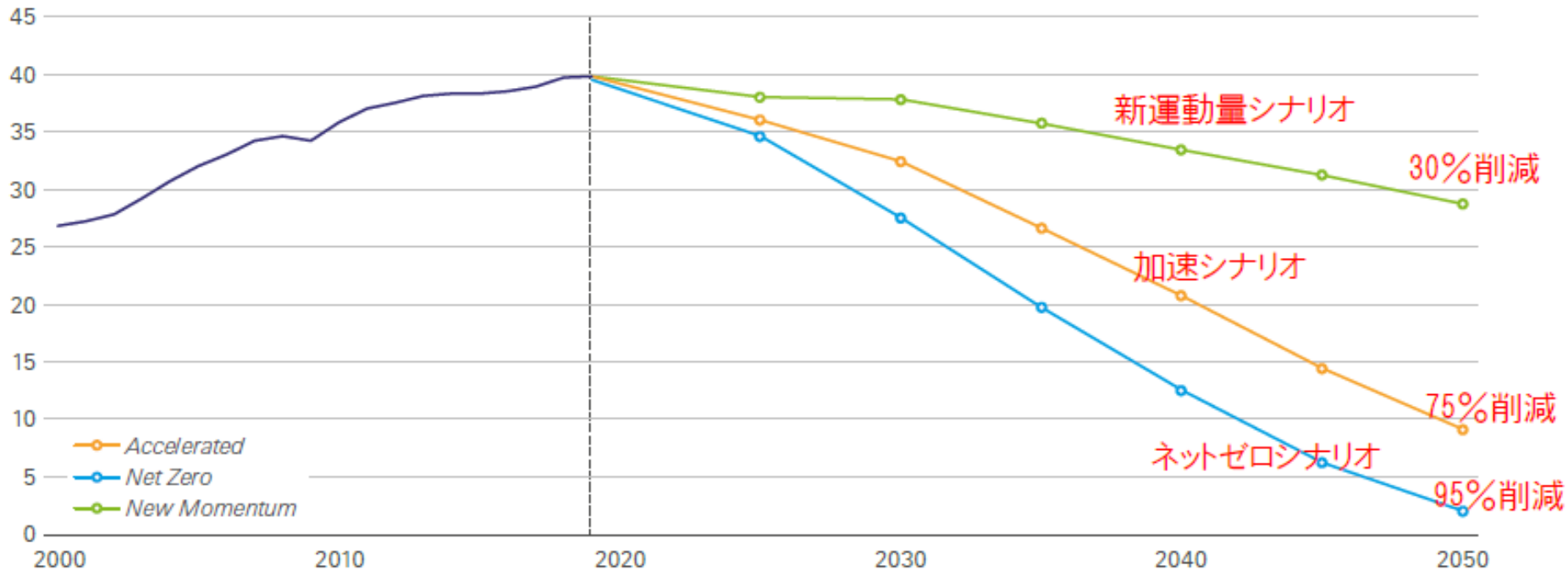
Mt CO<sub>2</sub>



# BP温暖化ガス削減見通し

Carbon emissions

Gt of CO<sub>2</sub>e



出典: bp「Energy Outlook 2023」

## 6レポートの総括 その1

- **フォアキャスト・レポート**(3件)は、今後の経済発展と人口増が新興国・途上国にあって、生活レベル向上が最大の課題として、今後のエネルギー需要増を予想する実際的見通し。
- **バックキャスト・レポート**(3件)は重点を再生可能エネルギー急速拡大に置いており、莫大な建設投資のためのファイナンスの重要性を謳っている。南北問題の震源地となり、容易に解決できる問題ではない。地球温暖化防止一辺倒の政策による見通しは外れ、2030年実績値で明確に否定されよう。

## 総括 その2(小野意見)

- 太陽光・風力は希薄なエネルギー源で、集めるには沢山のエネルギー投入が必要。変動対応のためのバックアップ電源用に更なるエネルギー投入が必要。したがって**物理的尺度(「エネルギー収支比の低さ」)**から主力電源にはなり得ない。
- 太陽光・風力は提供する**kWの面**でベースロード役割を果たせず、火力を代替できない。
- 太陽光・風力は**過大な発電設備**を生じ、発電事業そのものの存続を危うくする。**責任を負わない多数の事業者**による発電事業は一時的利益追求型となり、再投資や**持続性を期待できない**

## 総括その3(小野意見)

- 太陽光・風力は**直接の熱源**にはならない。**グリーン水素**製造による熱供給が示唆されているが、エネルギー収支比は極端に低いものとなり、**天然ガスや石炭には太刀打ちできない**。化石燃料資源が存続する今世紀一杯は普及が無理であろう。
- **高い炭素価格**を設定すれば、再エネが競争できるとする考えが透けて見えるが、世界共通の高い価格設定を行う必要があり、新興・途上国は同意しないであろう。自国の経済、国民生活がより大切と考えるから。



# 世紀後半のエネルギー供給こそ 人類最大の問題(小野意見)

- 6レポート全てが2050年までの見通ししか語っていない。カーボンニュートラル(CN)を達成できれば、その後の人類の生活は安泰なのか？そうではないであろう。
- 将来共に消費の「電化」が鍵であり、電力消費は世紀を通して増えて行こう。熱利用を含めて考えると、太陽光・風力では対応できない。したがって、
- 今世紀中は熱と電気の両面で化石燃料利用が不可避であろう。その化石燃料資源も世紀後半には乏しくなっていくと予想される。

# 世紀後半のエネルギー供給(続き)

- 再エネ(太陽光・風力)は蓄電設備と併用して調整電源として活用する道があろうが、不特定多数の所有者による設備更新が大きな問題となる。
- 水素は三次エネルギーであり、その製品(アンモニア、合成燃料)を含めてエネルギー収支比の劣る、競争力に欠けるものと言えよう。
- 世紀後半には熱も電力も原子力に重心を移さねば、供給の持続性を期待できないであろう。
- 温暖化問題は緩和(省エネや植林など)と適応(防潮堤や品種改良など)で対処して行くことになるろう。

# 終わりに: COP28の重点と結果

- 「2030年までに再エネ設備3倍」のIEA提言がグローバル・ストックテイク(GST)文章に盛り込まれ賛成表明国は多数に上ったが、日本を含め**他人事**の感あり。一方で2050年原子力3倍増についてはGSTにも最終文書にも文言見当たらない。
- **化石燃料使用の段階的廃止**や未対策石炭火力の廃止、新規建設禁止などが最終合意書に盛り込まれるかは見通し立たず(12月10日現在)。
- 気候変動による**ロス・アンド・ダメージ基金**の創立は合意されたが、先進国による資金提供は貧弱