

ALPS国際シンポジウム

2023年3月6日

---

# DXによる低エネルギー需要社会と GXの実現の分析

---

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)

システム研究グループ グループリーダー

秋元 圭吾

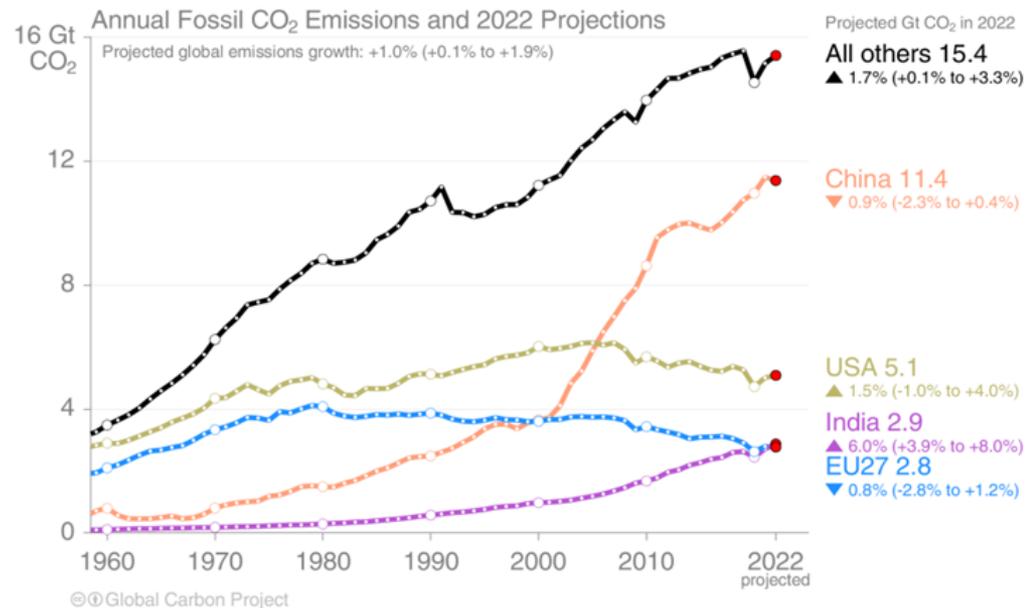
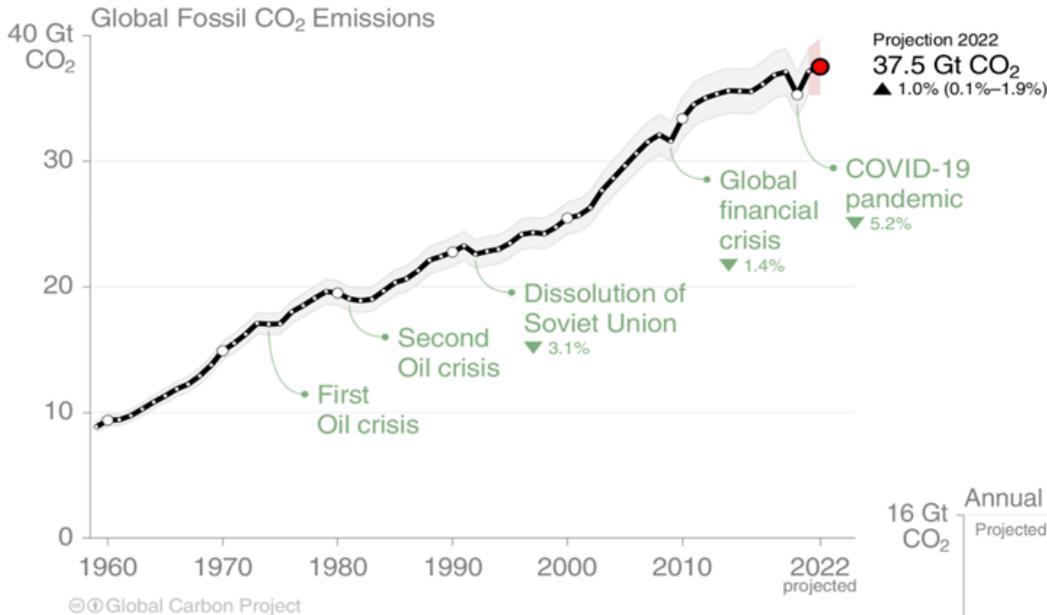


1. 世界の温室効果ガス排出動向とカーボンニュートラル対策の方向性
2. パリ協定長期目標達成のためのトランジションを含む排出削減の展望
3. DXによる低エネルギー需要社会の実現の可能性分析
4. まとめ

# 1. 世界の温室効果ガス排出動向と カーボンニュートラル対策の方向性



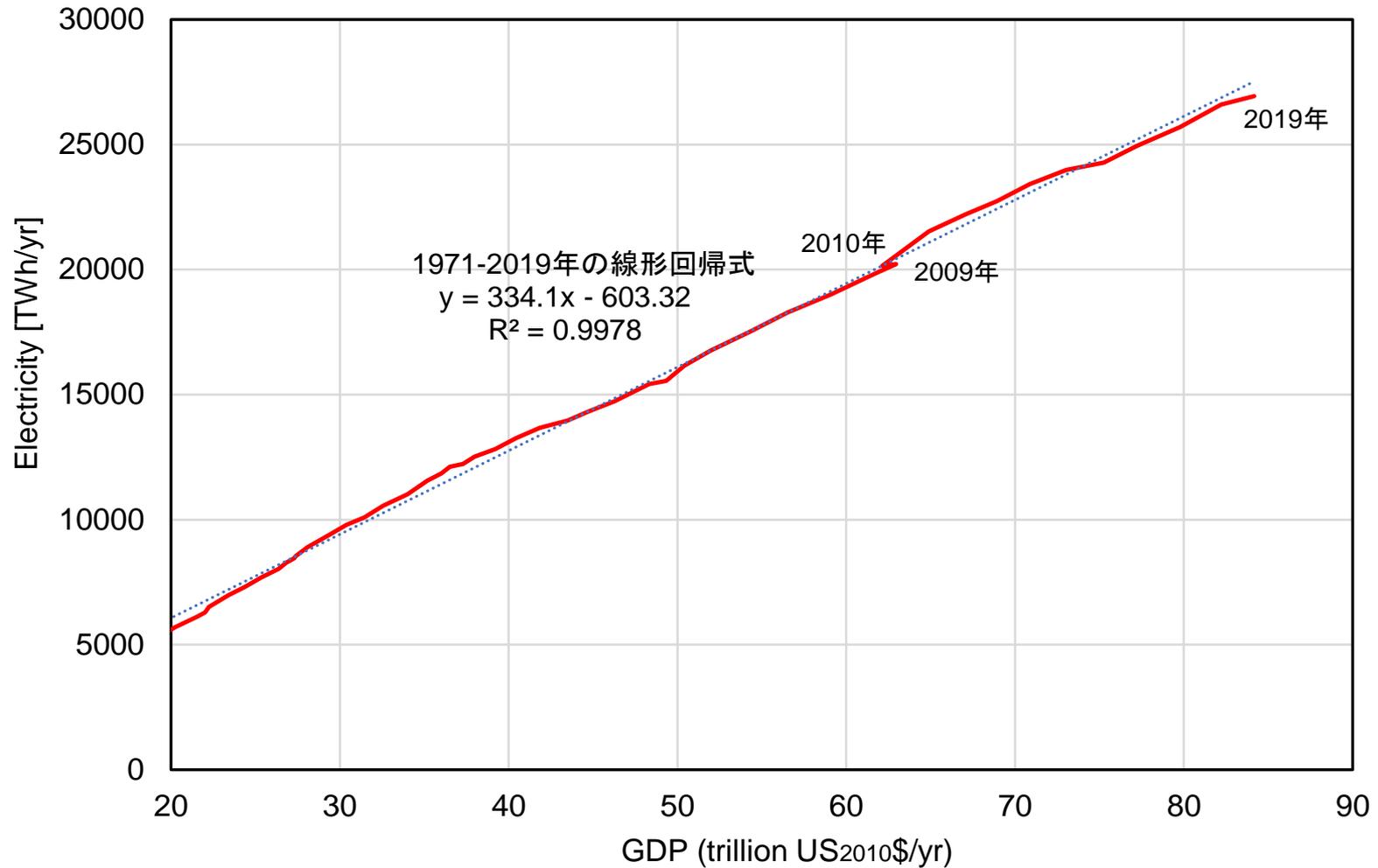
# 世界のCO<sub>2</sub>排出量の推移



出典) Global Carbon Project, 2022

- 経済とCO<sub>2</sub>排出量のカップリングは続いている。CO<sub>2</sub>排出も大きく減少したときは、経済(GDP、所得)も悪化している状態。世界の排出量を簡単に減らせる状況にはない。

# 世界の経済成長と電力消費量の関係

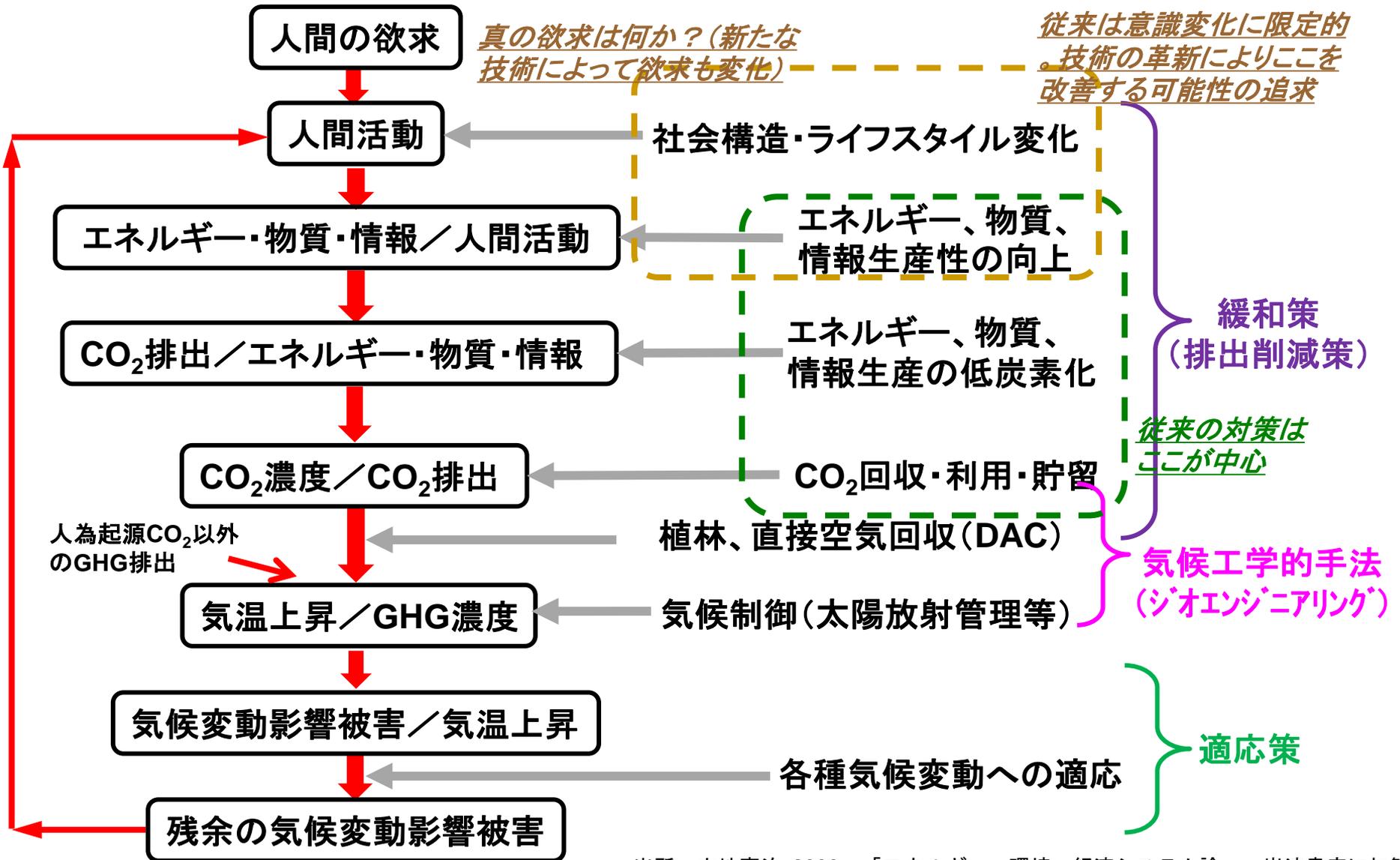


出典) 国際エネルギー機関 (IEA) 統計、2021

**世界GDP(経済成長)と電力消費量の関係は、強い正の相関関係が見られる。経済成長と電力消費量は密接な関係。世界の電力需要は増加基調が続く可能性が高い。**

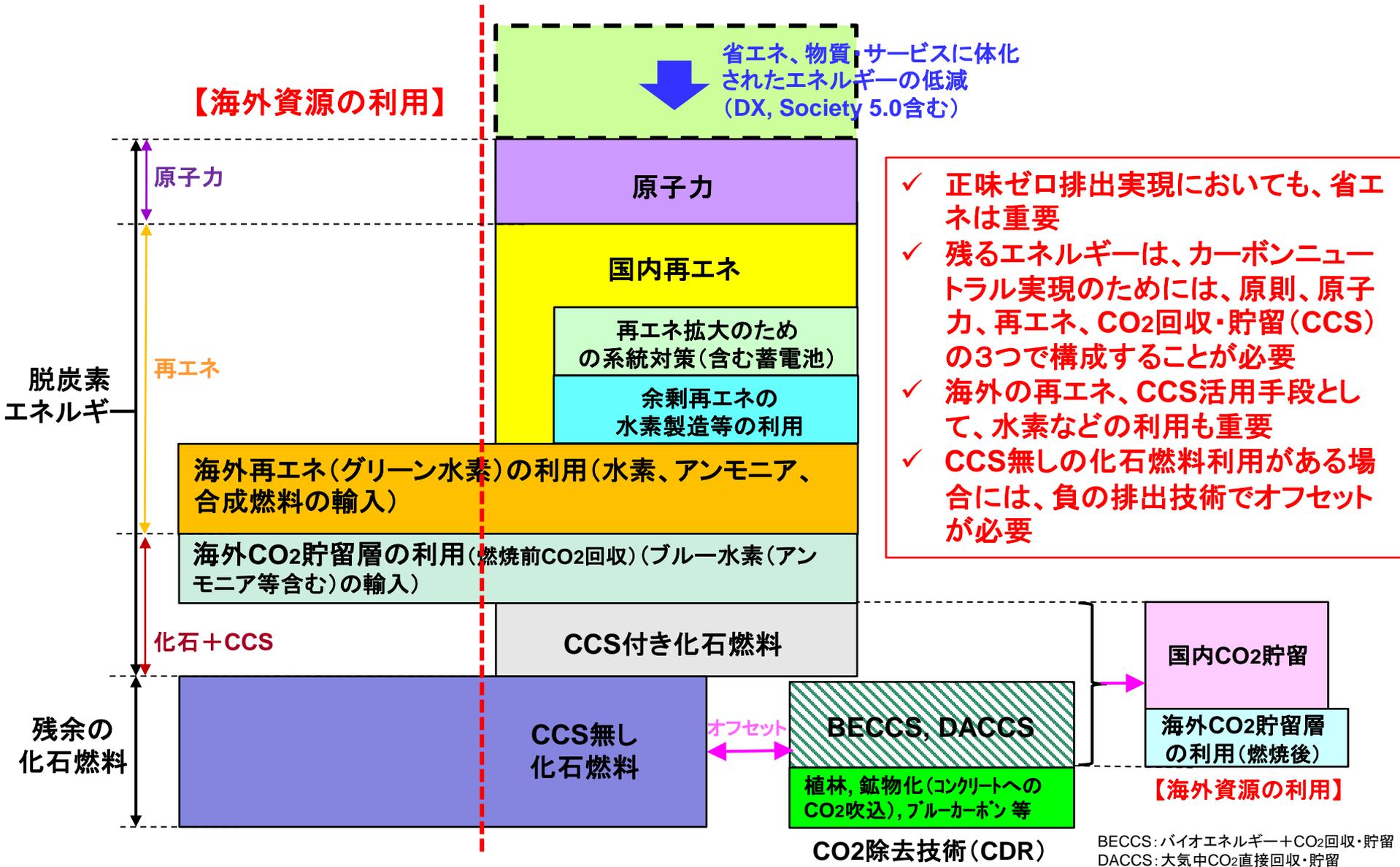
# 地球温暖化対策の基本構造

様々な段階での不確実性や各種対策の特徴を踏まえながら、総合的なリスクマネジメントが重要

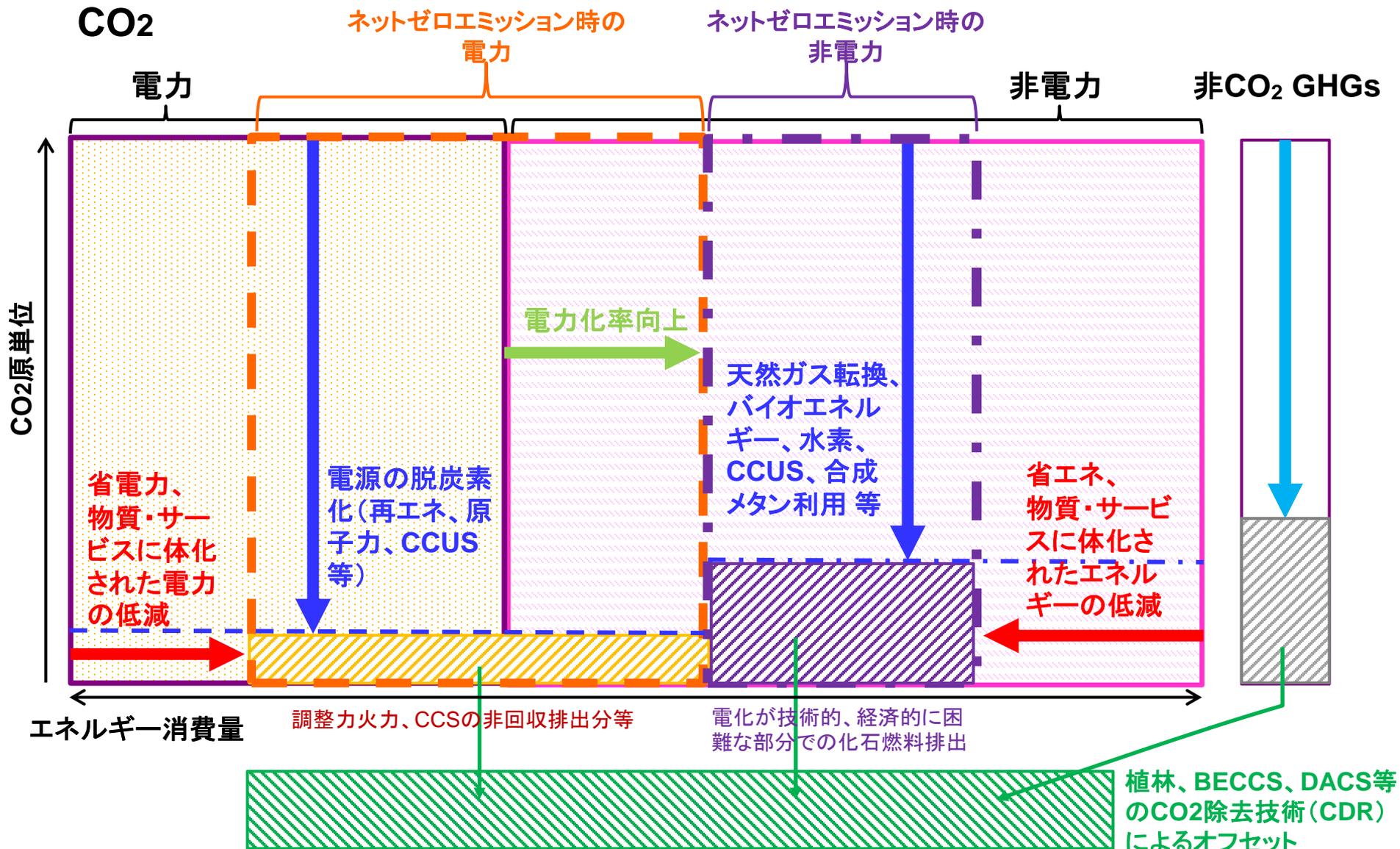


# 正味ゼロ排出のイメージ (1/2)

## 【国内の一次エネルギー供給】



# 正味ゼロ排出のイメージ (2/2)



## 2. パリ協定長期目標達成のための トランジションを含む排出削減の展望



Category	Scenario	Physical risk		Transition risk		
		Policy ambition	Policy reaction	Technology change	Carbon dioxide removal <sup>†</sup>	Regional policy variation <sup>‡</sup>
Orderly	Net Zero 2050	1.4°C	Immediate and smooth	Fast change	Medium-high use	Medium variation
	Below 2°C	1.6°C	Immediate and smooth	Moderate change	Medium-high use	Low variation
Disorderly	Divergent Net Zero	1.4°C	Immediate but divergent across sectors	Fast change	Low-medium use	Medium variation
	Delayed Transition	1.6°C	Delayed	Slow / Fast change	Low-medium use	High variation
Hot house world	Nationally Determined Contributions (NDCs)	2.6°C	NDCs	Slow change	Low-medium use	Medium variation
	Current Policies	3°C +	Non-current policies	Slow change	Low use	Low variation

Colour coding indicates whether the characteristic makes the scenario more or less severe from a macro-financial risk perspective<sup>§</sup>

- Lower risk
- Moderate risk
- Higher risk

(出典) NGFS (2022)

## Orderly

**Net Zero 2050:** 野心的な気候変動政策及びイノベーションを通じて世界の気温上昇を1.5°Cに抑制し、2050年頃に世界でネットゼロCO<sub>2</sub>排出量を達成

**Below 2°C:** 気候変動政策の強度を段階的に高め、67%の確率で世界の気温上昇を2°C未満に抑制

## Disorderly

**Divergent Net Zero:** 2050年頃にネットゼロを達成するが、セクター間で導入される政策が異なるため高い費用を要する。

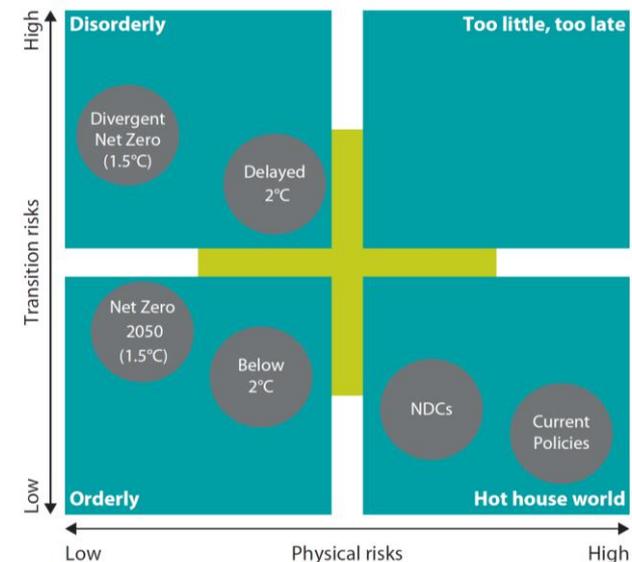
**Delayed transition:** 2030年までは年間の排出量は減少せず、2°C以下に抑制するために強度のある政策が必要。また、CO<sub>2</sub>除去に制約がある。

## Hot House World

**NDCs:** 2020年12月時点のNDCsを使用

**Current Policies:** 現行政策を反映

NGFS scenarios framework



# 温暖化対策評価モデルDNE21+の概要

## (Dynamic New Earth 21+)

- ◆ 各種エネルギー・CO<sub>2</sub>削減技術のシステム的なコスト評価が可能なモデル
- ◆ 線形計画モデル(エネルギーシステム総コスト最小化。決定変数:約1千万個、制約条件:約1千万本)
- ◆ モデル評価対象期間: 2000~2100年(代表時点:2005, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70, 2100年)
- ◆ 世界地域分割: 54 地域分割(米国、中国等は1国内を更に分割。計77地域分割)
- ◆ 地域間輸送: 石炭、原油・各種石油製品・e-fuels、天然ガス・e-メタン、電力、エタノール、水素、アンモニア、CO<sub>2</sub>(ただしCO<sub>2</sub>は国外への移動は不可を標準ケースとしている)
- ◆ エネルギー供給(発電部門等)、CO<sub>2</sub>回収・利用・貯留技術(CCUS)を、ボトムアップ的に(個別技術を積み上げて)モデル化
- ◆ エネルギー需要部門のうち、鉄鋼、セメント、紙パ、化学、アルミ、運輸、民生の一部について、ボトムアップ的にモデル化。その他産業や民生においてCGSの明示的考慮
- ◆ 国際海運、国際航空についても、ボトムアップ的にモデル化
- ◆ 500程度の技術を具体的にモデル化、設備寿命も考慮
- ◆ それ以外はトップダウン的モデル化(長期価格弾性値を用いて省エネ効果を推定)

- 地域別、部門別に技術の詳細な評価が可能。また、それらが統合的に評価可能
- 非CO<sub>2</sub> GHGについては、別途、米EPAの技術・コストポテンシャル推計を基にしてRITEで開発したモデルを利用

これまで様々なエネルギー・気候変動政策の政府検討において活用されてきた。またIPCCシナリオ分析にも貢献

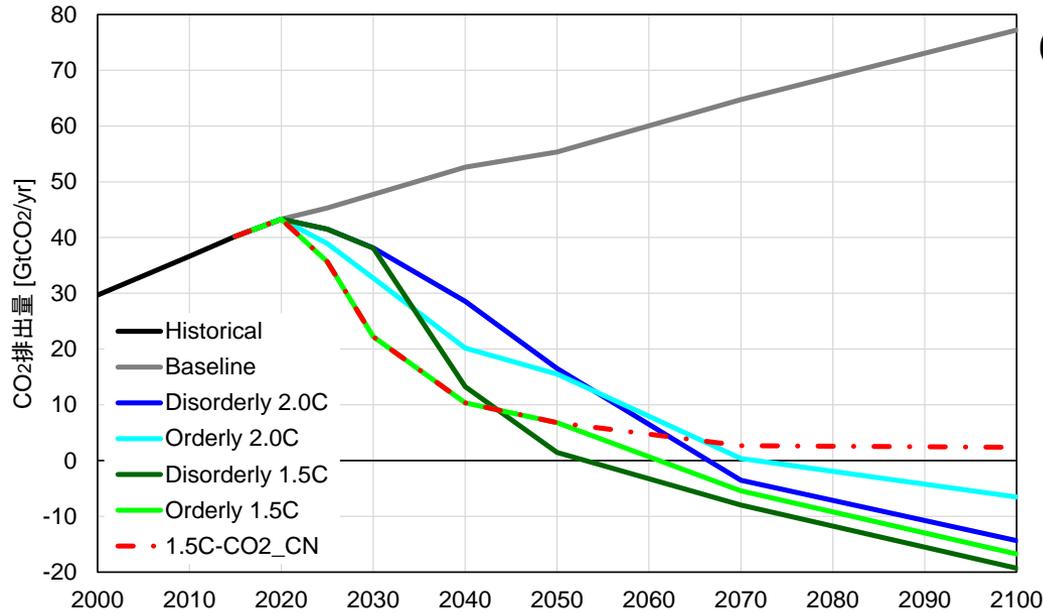
# シナリオ想定（概略）

シナリオ名	気温上昇	政策のスピード	CDR	再エネ, EV	政策の地域差	他シナリオとの類似性		
						IPCC AR6	NGFS	IEA
<b>Disorderly Below 2 °C</b>	1.7~1.8°C (ピーク:1.8°C、 2100年 1.7°C)	遅 (2030年 NDC:各国 別)	中	中位 進展	大(主要 先進国 2050年 CN)	Likely below 2 C, NDC [C3b]	Disorderly: Delayed Transition	APS (WEO 2022)
<b>Orderly Below 2 °C</b>	1.7°C程度	早(2030年 NDC:全世 界MAC均 等化)	小	高位 進展	小 (MAC均 等化)	Likely below 2 C with immediate action [C3a]	Orderly: Below 2C	SDS (WEO 2021)
<b>Disorderly 1.5 °C</b>	1.4°C (ピーク:1.7°C、 2100年 1.4°C)	遅 (2030年 NDC:各国 別)	大	中位 進展	大(主要 先進国 2050年 CN)	1.5 C with high overshoot (IMP-Neg) [C2]	(Disorderly : Divergent Net Zero)*	
<b>Orderly 1.5 °C</b>	1.4°C (ピーク:1.6°C、 2100年 1.4°C)	早(2030年 NDC:全世 界MAC均 等化)	中	高位 進展	中(主要 先進国 2050年 CN)	1.5 C with no or limited overshoot [C1]	Orderly: Net Zero2050	
<b>1.5C-CO2_CN</b>	1.5°C程度 (CO2パスから の概略値)	早(2030年 NDC:全世 界MAC均 等化)	小 (部門別 Near-zero of CO2)	高位 進展	中(主要 先進国 2050年 CN)	1.5 C with no or limited overshoot [C1]		NZE

\* 排出経路についてはOrderly 1.5 °Cに近い

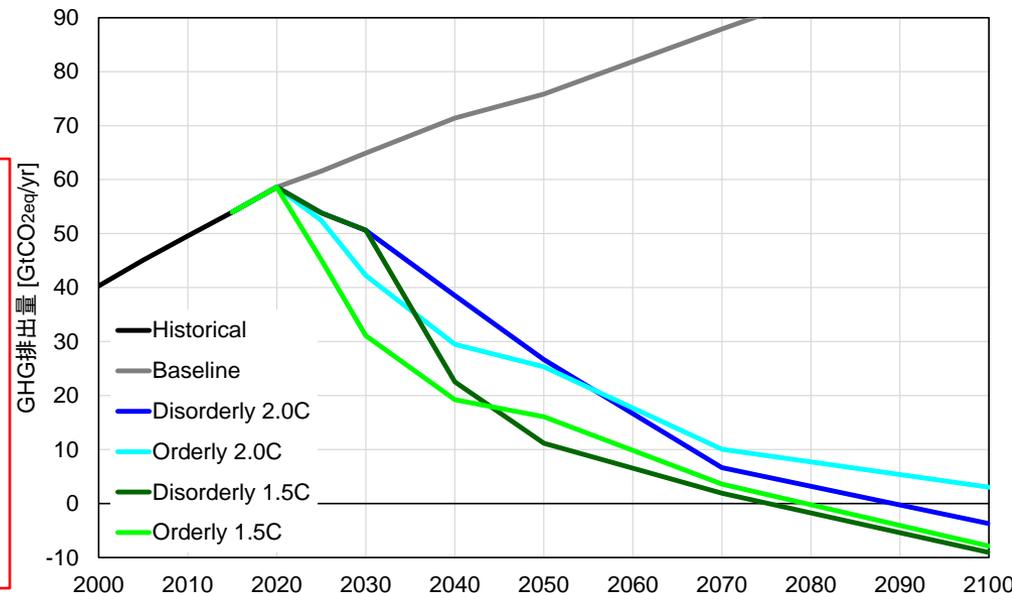
- ✓ パリ協定2°Cおよび1.5°Cと整合的で、かつ、既存の国際機関等の排出パスとも整合的なシナリオを想定
- ✓ その中で、将来の技術進展の幅についてもある程度カバーし得るシナリオを想定

# 分析シナリオの世界排出経路



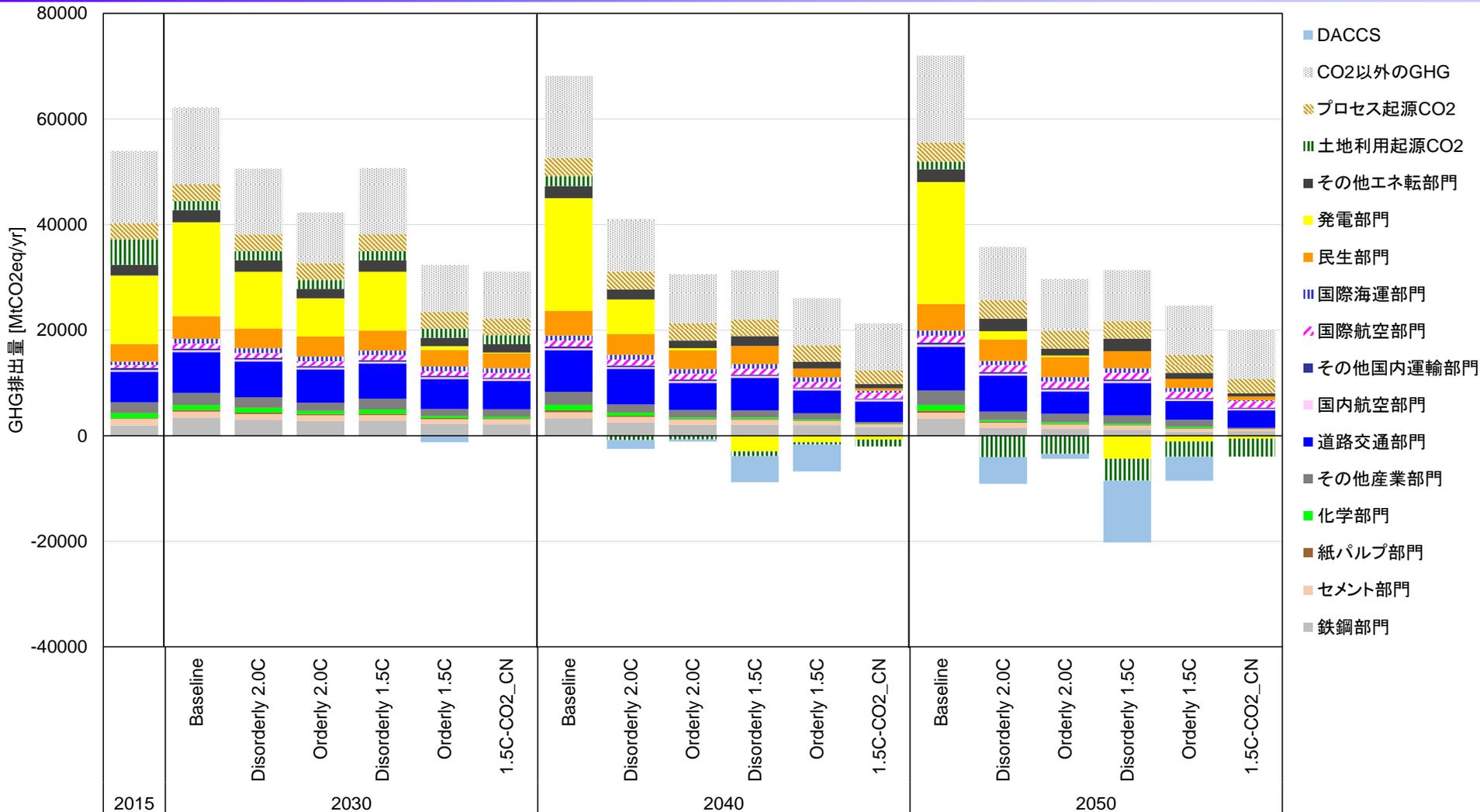
CO2

GHG



- ✓ CO2では1.5°Cシナリオでは2050～2060年頃に実質ゼロ、GHGでは2075～80年頃に実質ゼロ
- ✓ 2.0°Cシナリオでは2065～2080年頃に実質ゼロ、GHGでは2090～2100年頃に実質ゼロ
- ✓ 2030年のNDCsのGHG排出量評価は51 GtCO2eq./yr

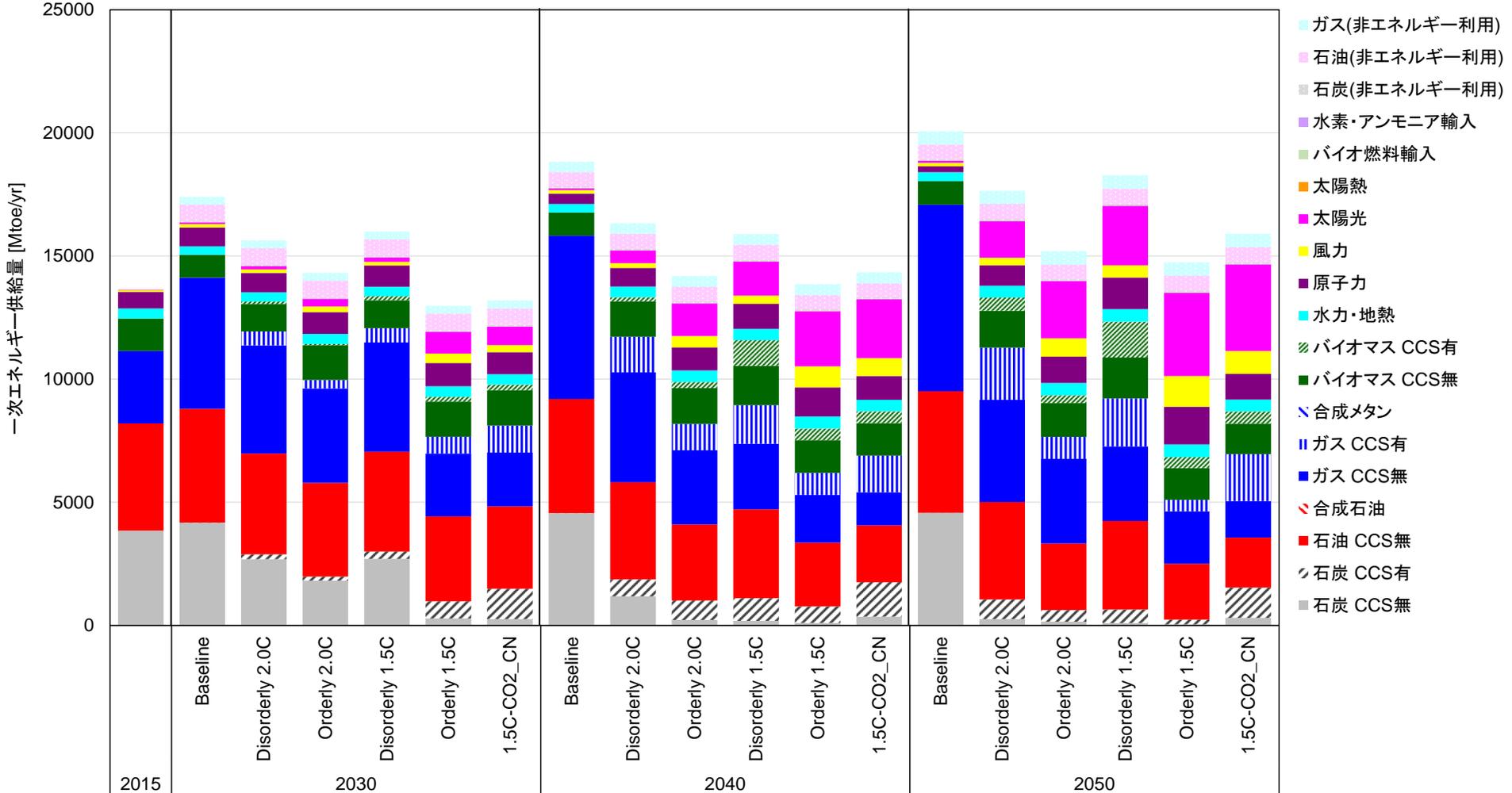
# GHG排出量（世界全体）



✓ 2050年におけるCDRによるCO<sub>2</sub>固定量は、Disorderly 1.5Cで20GtCO<sub>2</sub>eq/yr程度、その他のシナリオで10GtCO<sub>2</sub>eq/yr未満。

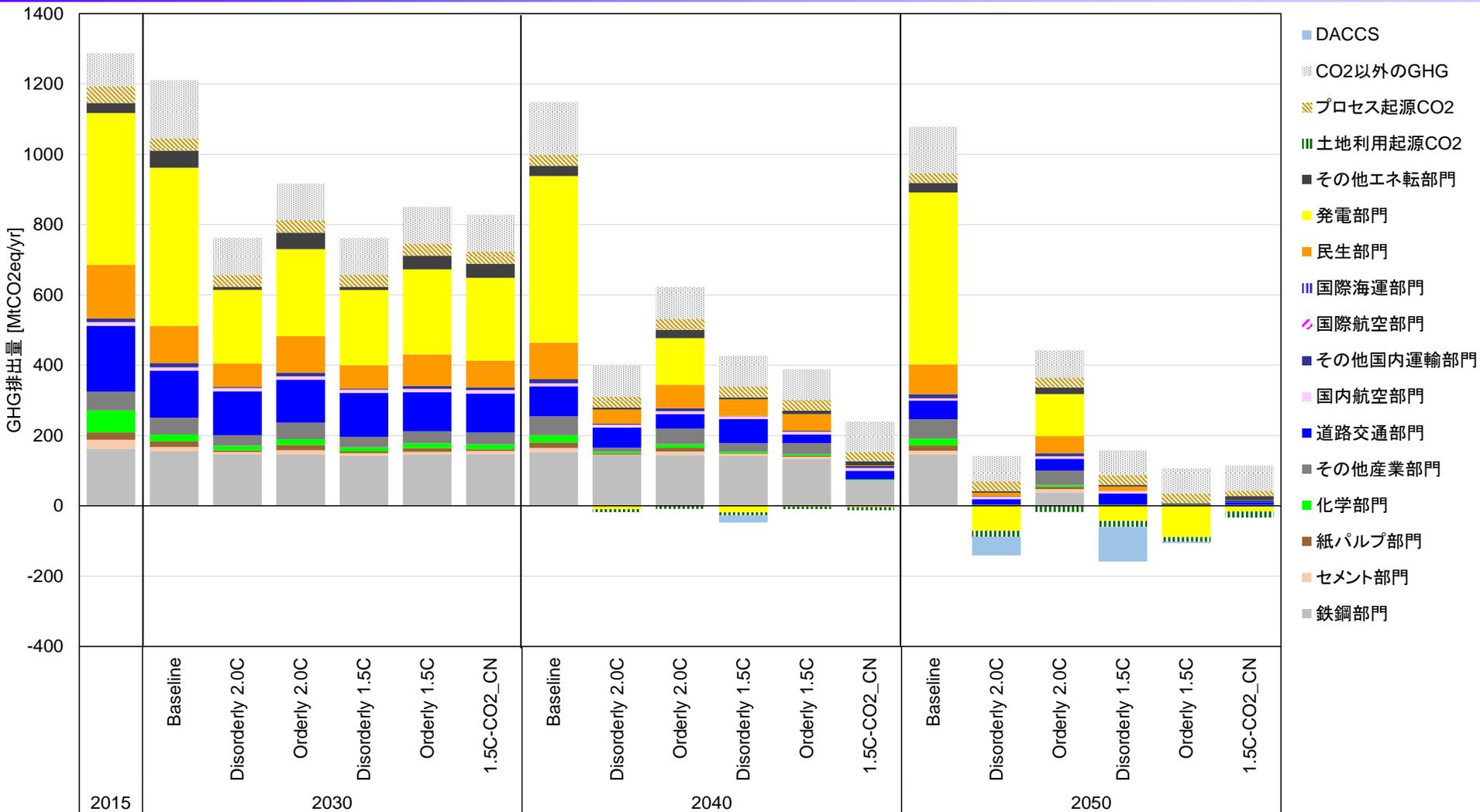
✓ 2°C、1.5°Cシナリオでも、2050年では非CO<sub>2</sub> GHG排出が10 GtCO<sub>2</sub>eq/yr程度残っている。

# 一次エネルギー供給量（世界全体）



- ✓ CDRによる負排出のオフセットがあること、世界全体では2050年までにGHG排出量をゼロとするわけではないことから、1.5℃目標であっても2050年でも化石燃料利用は相当残っている。
- ✓ 2050年までの化石燃料利用量の水準は、IPCC AR6 IMP-Negシナリオと近い水準

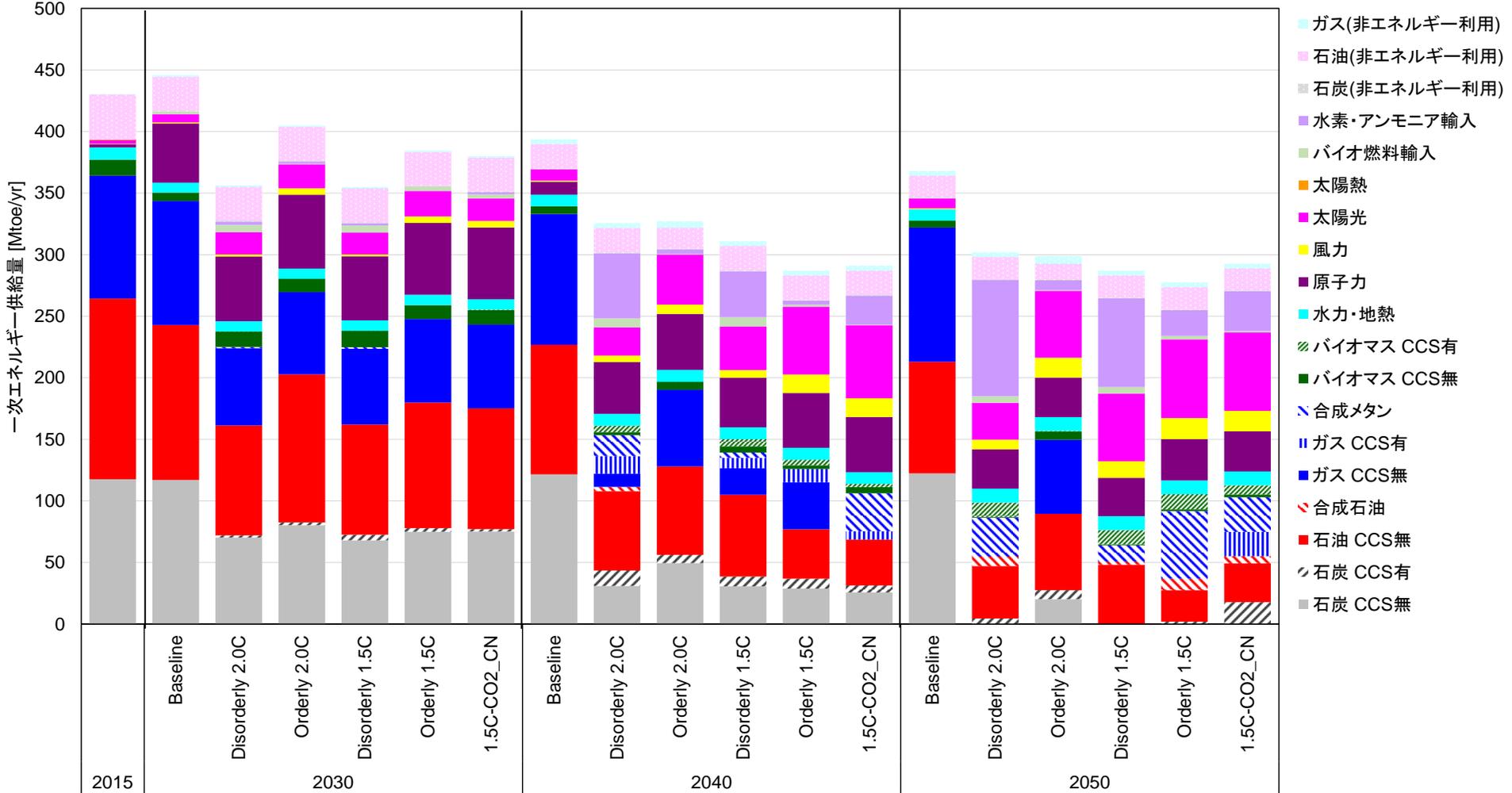
# GHG排出量（日本）



注) 1.5C-CO2\_CNはCO2のみの分析をしており、グラフ中のCO2以外のGHG排出量は便宜上、Orderly 1.5Cの数値を掲載

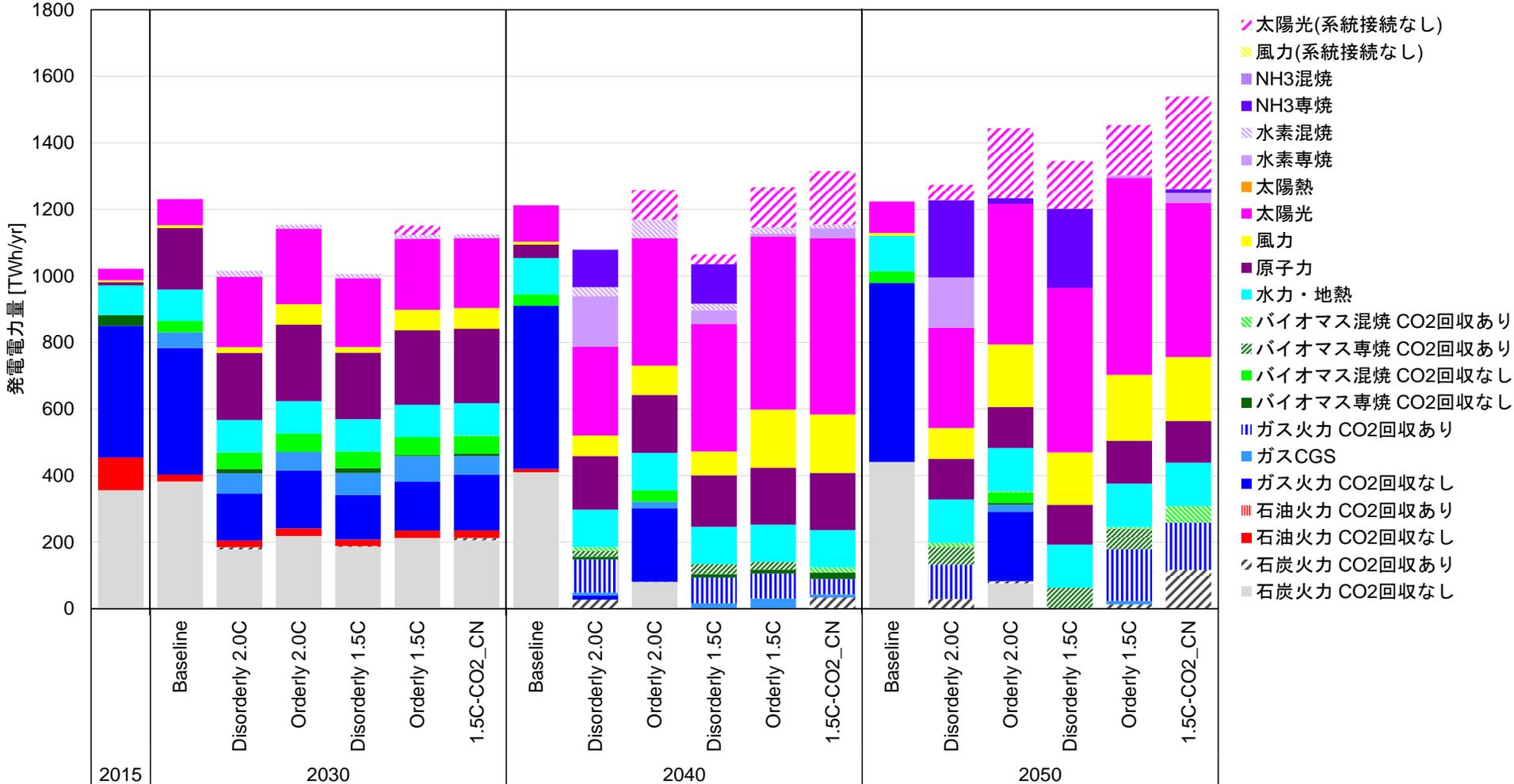
- ✓ GHGでCNとする2050年においては、DACCSや土地利用起源CO<sub>2</sub>(植林によるCO<sub>2</sub>固定)の活用の他、発電部門からのCO<sub>2</sub>排出を正味負とする(BECCSやe-メタン+CCS)といった対策がみられる。
- ✓ 2050年にGHGでCNを想定していないOrderly 2.0Cにおいては、全体で2013年比▲69%程度。発電部門や鉄鋼部門からのCO<sub>2</sub>排出も正である。

# 一次エネルギー供給量（日本）



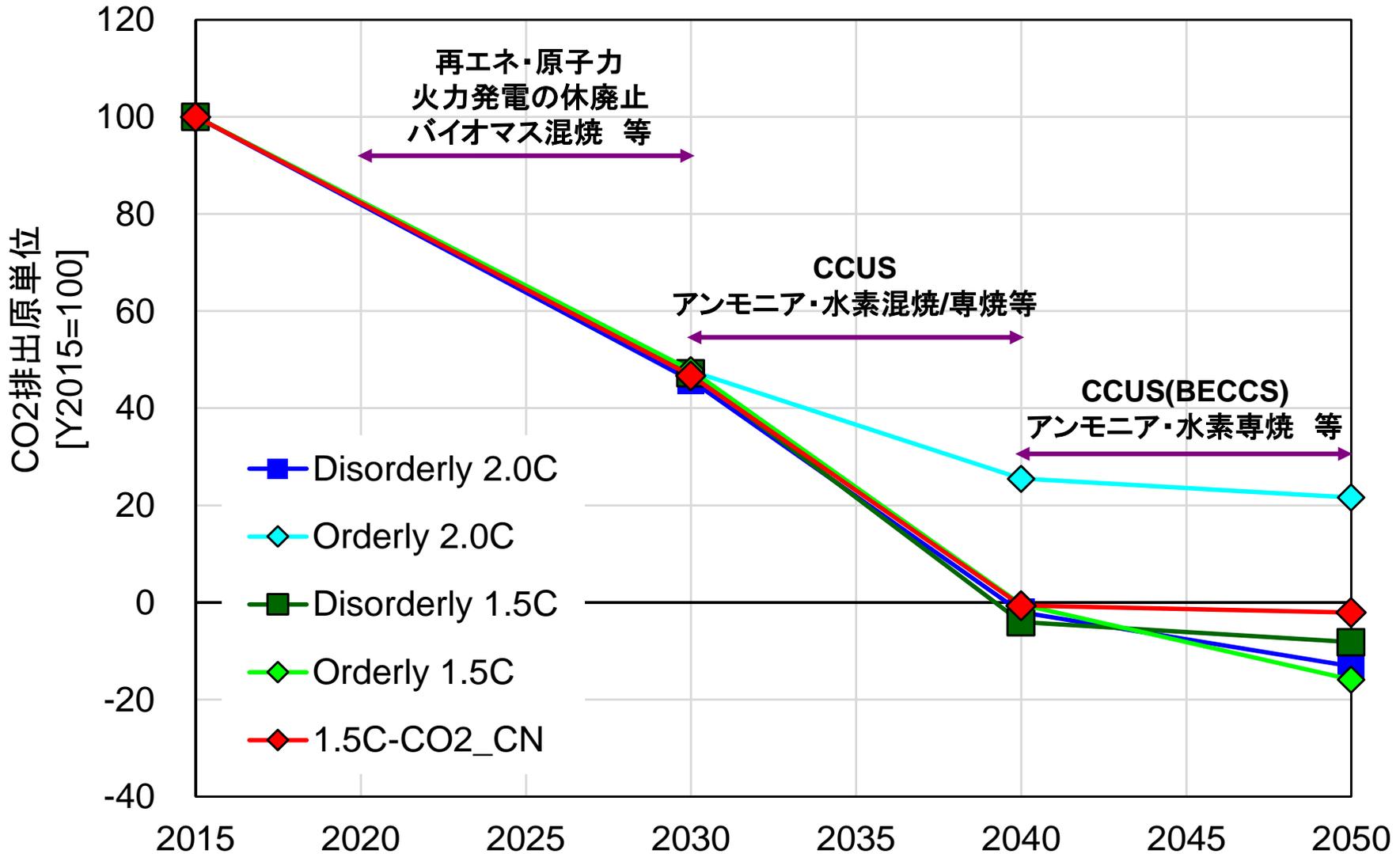
- ✓ 水素・アンモニアの他、合成メタンやバイオ燃料を輸入して利用することが費用効率的（日本はCN達成としており、他国よりCO2限界削減費用が高いため）。但し、Orderly 2.0C（2050年に2013年比▲69%程度）では、その量は相対的に少ない。
- ✓ 2050年にGHG CNのシナリオでは、CCS有も含めて石炭はほとんど利用されない。ただし、Orderly 2.0Cでは一部のみ、CCS無し石炭も残っており、CCS無しガスは相応に残っている。
- ✓ 1.5C-CO<sub>2</sub>\_CNの下でも、水素・アンモニアの他、合成メタンやバイオ燃料を輸入して利用することが費用効率的。

# 発電電力量（日本）



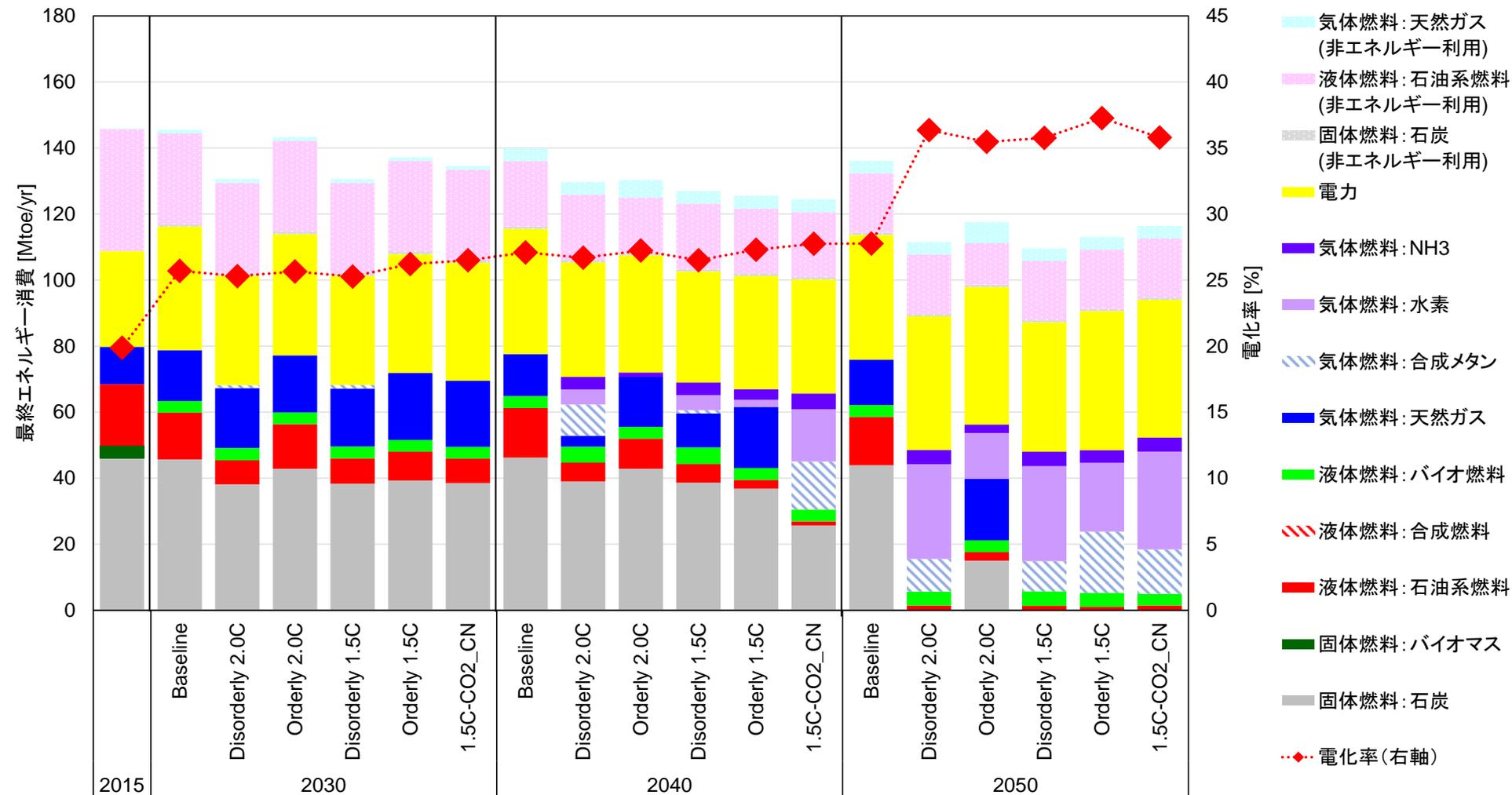
- ✓ 発電電力量は、とりわけ厳しい排出削減シナリオ下で上昇傾向有
- ✓ 太陽光等の再エネの普及拡大やCCSの利用の他、輸入した水素・アンモニアによる発電が行われる。また、ガス火力発電は、2050年において、Orderly 2.0C以外のシナリオの下ではe-メタンが利用されている。
- ✓ 太陽光、風力発電の更なるコスト低減を見込んでいるOrderly 1.5Cでは、より普及が進む結果
- ✓ 1.5C-CO<sub>2</sub>\_CNでは、BECCS及びe-メタン+CCSの制約により、CCS付き石炭火力の比率が上昇

# 発電部門CO<sub>2</sub>排出係数（日本）



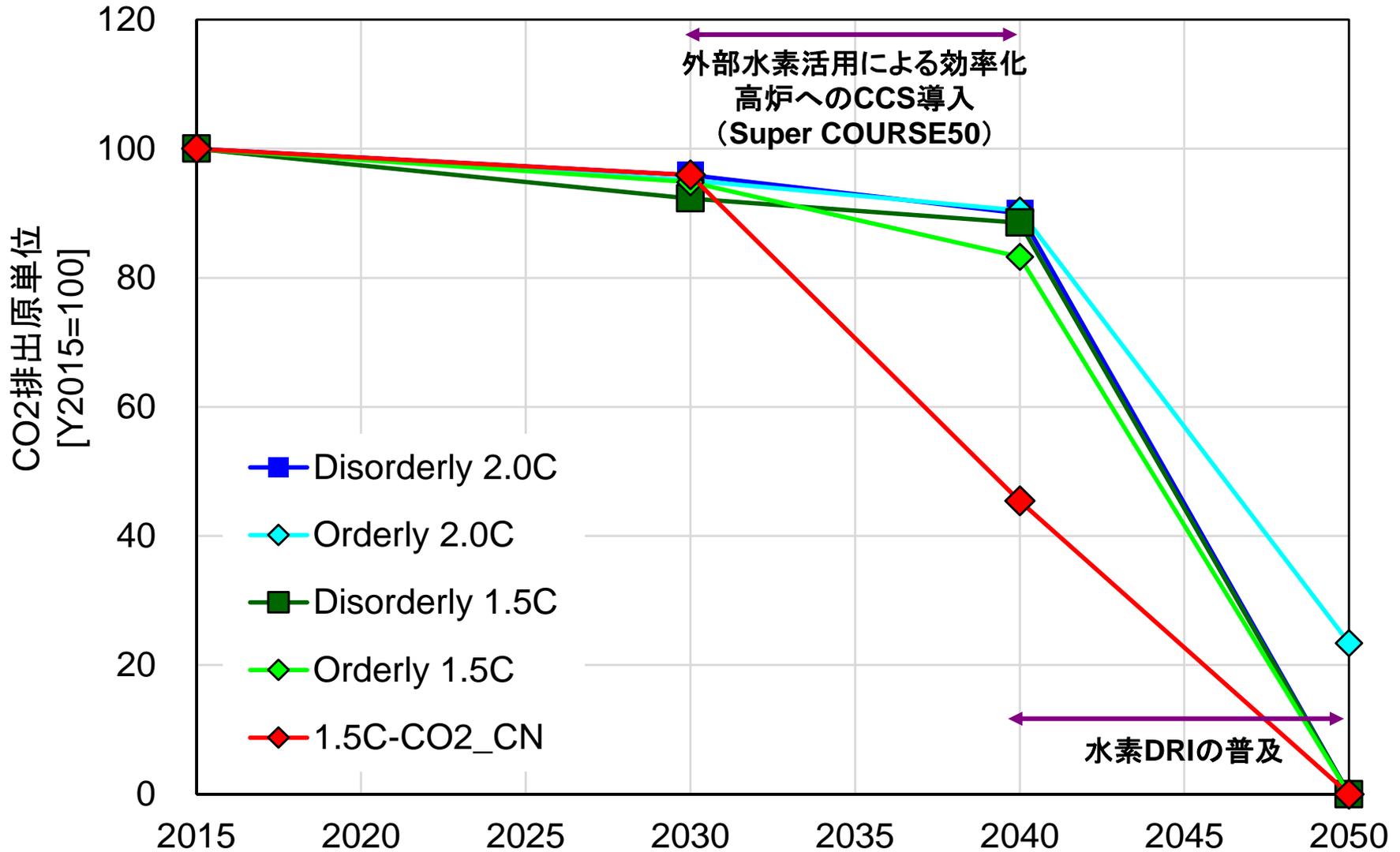
✓ 2050年にGHG排出をゼロとするDisorderly 1.5C/2.0C、Orderly 1.5Cでは電源構成は異なるものの、CO<sub>2</sub>排出係数の推移に大きな差異はなく、2040年頃にはCNとすることが全体として費用効率的との評価。

# 産業部門最終エネルギー消費量（日本）



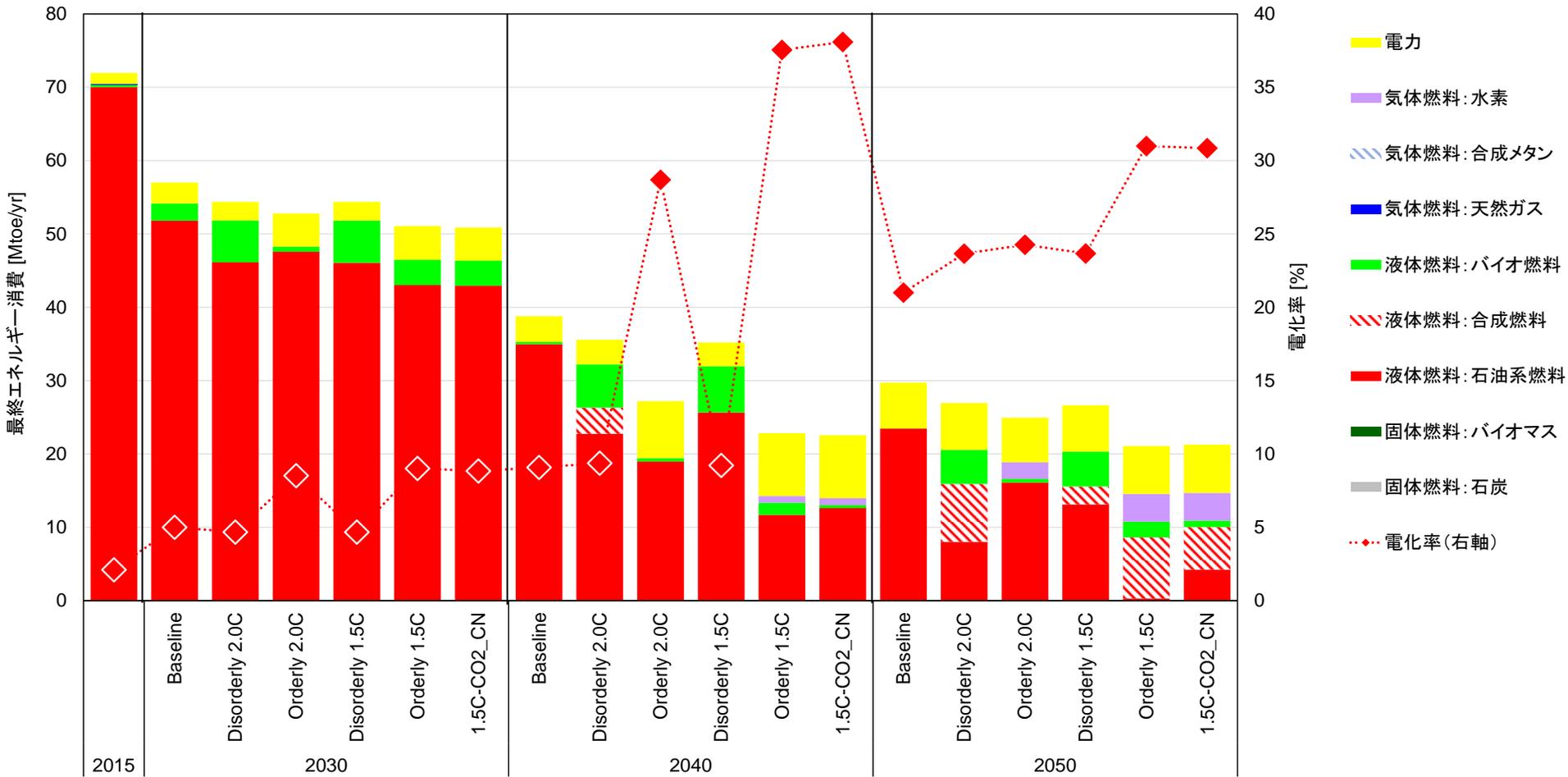
- ✓ 2040年は、鉄鋼部門の高炉・転炉法での石炭利用が残っている。
- ✓ 2050年はOrderly 2.0C以外では石炭の利用は無く、水素やアンモニア、e-メタンの利用が見られる。

# 鉄鋼部門CO<sub>2</sub>排出原単位（日本）



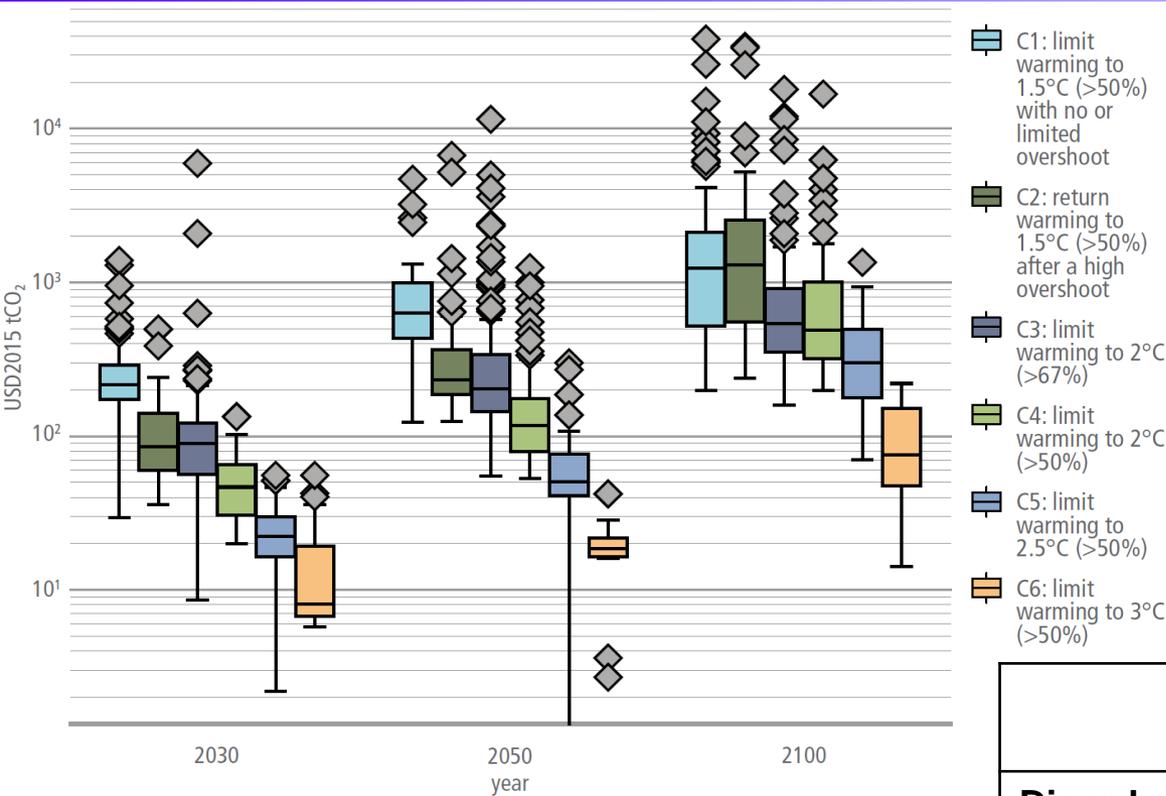
✓ いずれのシナリオも2030年以降高炉へのCCS導入および外部水素利用を進め、更に2040年以降は水素DRIへと転換することで2050年にほぼゼロエミッションとしている。ただし、Orderly 2.0Cでは2050年で一部排出が残る。

# 運輸部門最終エネルギー消費（日本）



- ✓ 2050年においても、Orderly 1.5Cを除いて、石油は一定程度残る。
- ✓ 2040年頃からは2050年にかけて、水素、合成燃料等の利用が見られる。

# IPCCの各シナリオと本シナリオのCO<sub>2</sub>限界削減費用の比較



AR6, Fig. 3.33

## IPCC AR6 (2050年) 【25-75%タイル】

C3: 150~350 USD/tCO<sub>2</sub>程度

C2: 200~350 USD/tCO<sub>2</sub>程度

C1: 450~1000 USD/tCO<sub>2</sub>程度

## DNE21+シナリオ (2050年)

	CO <sub>2</sub> 限界削減費用 (炭素価格) \$/tCO <sub>2</sub> eq.	IPCC
Disorderly 2.0C	119~500	C3
Orderly 2.0C	158	C3
Disorderly 1.5C	268~685	C2
Orderly 1.5C	268~465	C1
1.5C-CO <sub>2</sub> _CN	293~351	C1

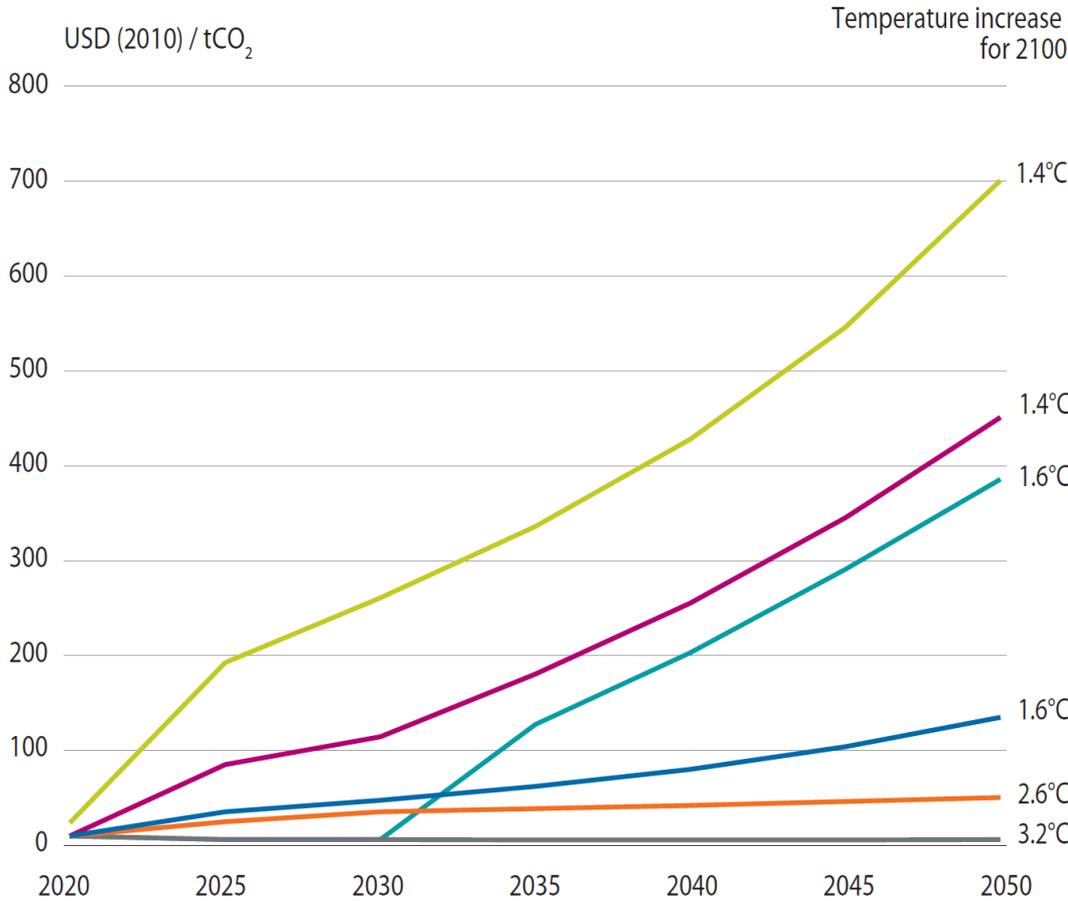
## IEA WEO2022 NZE 【IPCC C1相当】

2050年炭素価格: 180~250 \$/tCO<sub>2</sub>

(IPCC報告、DNE21+シナリオと比較すると、かなり安価な推計)

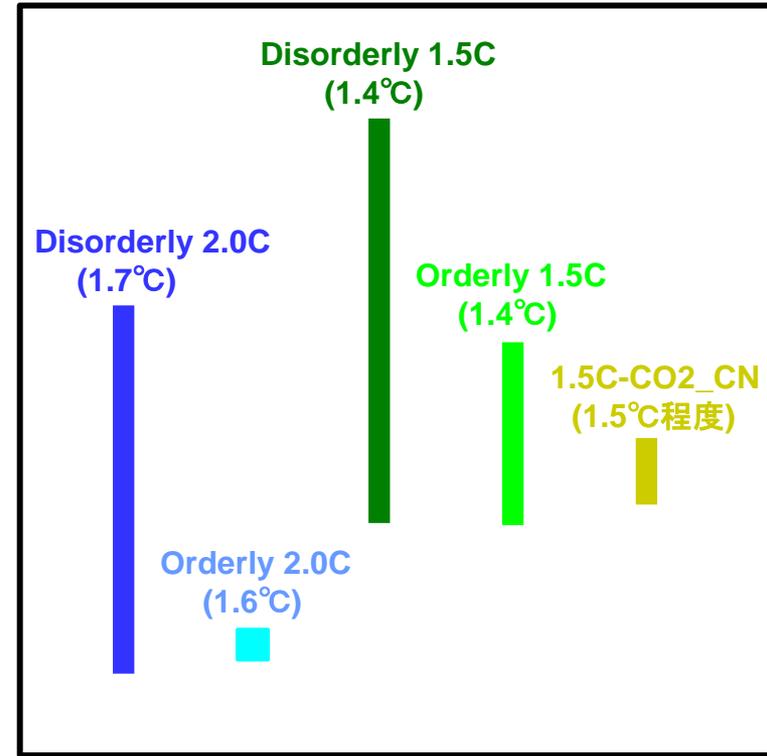
IPCC報告の多くのモデルでは、限界削減費用の均等化の条件下で計算。DNE21+シナリオは、IPCC報告値と整合的な水準。なお、IPCCシナリオでは、DACCSの想定がほとんどなされていないが、DNE21+分析ではDACCSを想定している。そのため、2050年の費用は、IPCC報告のC1と比較すると若干安価な推計

# NGFSの各シナリオと本シナリオの炭素価格の比較



— Delayed Transition    — Divergent Net Zero    — Current Policies  
— NDCs    — Net Zero 2050    — Below 2°C

## DNE21+シナリオ : 2050年



注) 括弧内は2100年の気温上昇

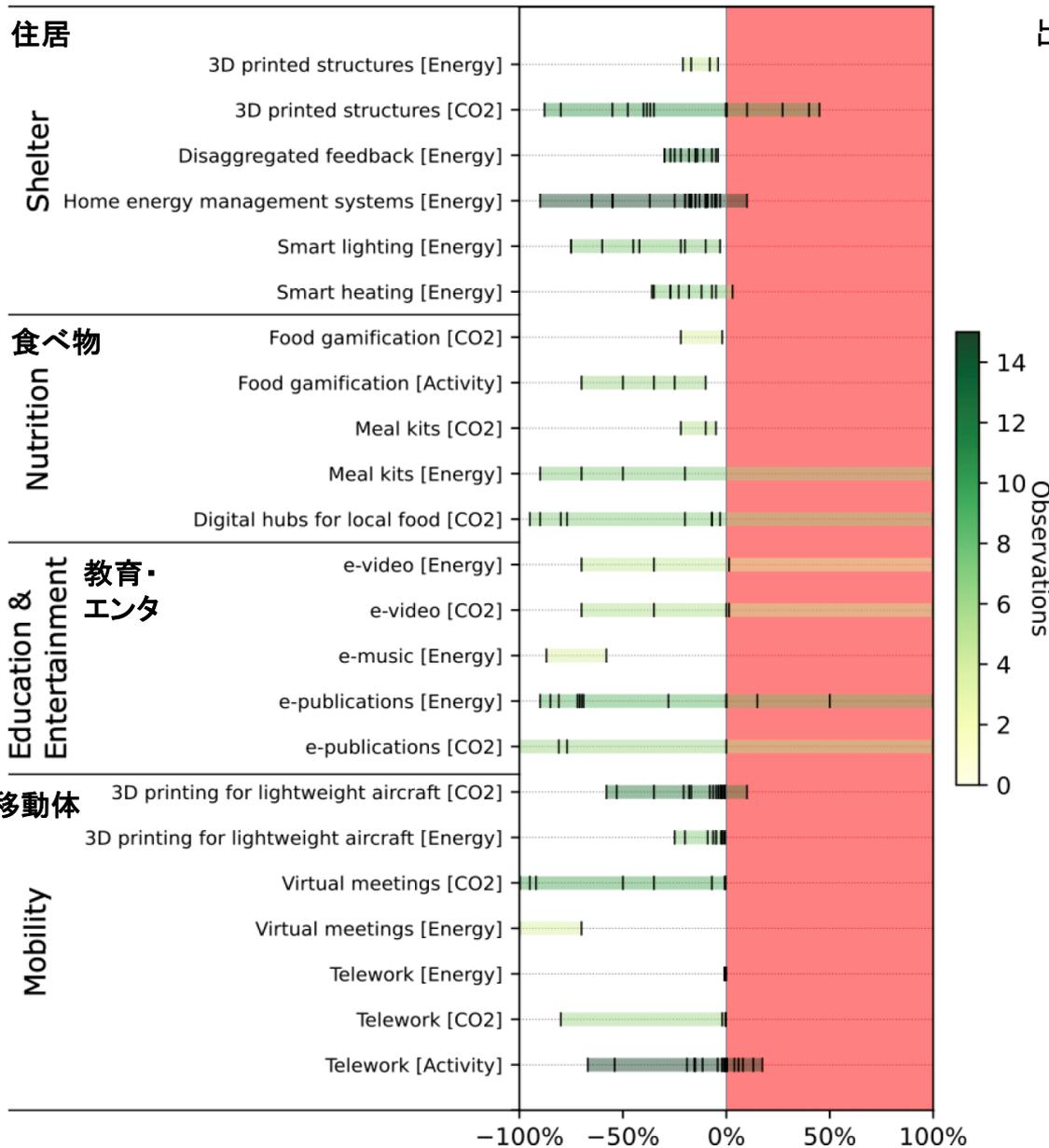
- ✓ DNE21+ではDACCSを想定しているため、特に1.5°Cシナリオでは、CO<sub>2</sub>限界削減費用(炭素価格)がNGFSシナリオよりも若干抑制される傾向有
- ✓ 全般的にはNGFS推計と整合的

# 3. DXによる低エネルギー需要社会 の実現の可能性分析

DX: デジタルトランスフォーメーション



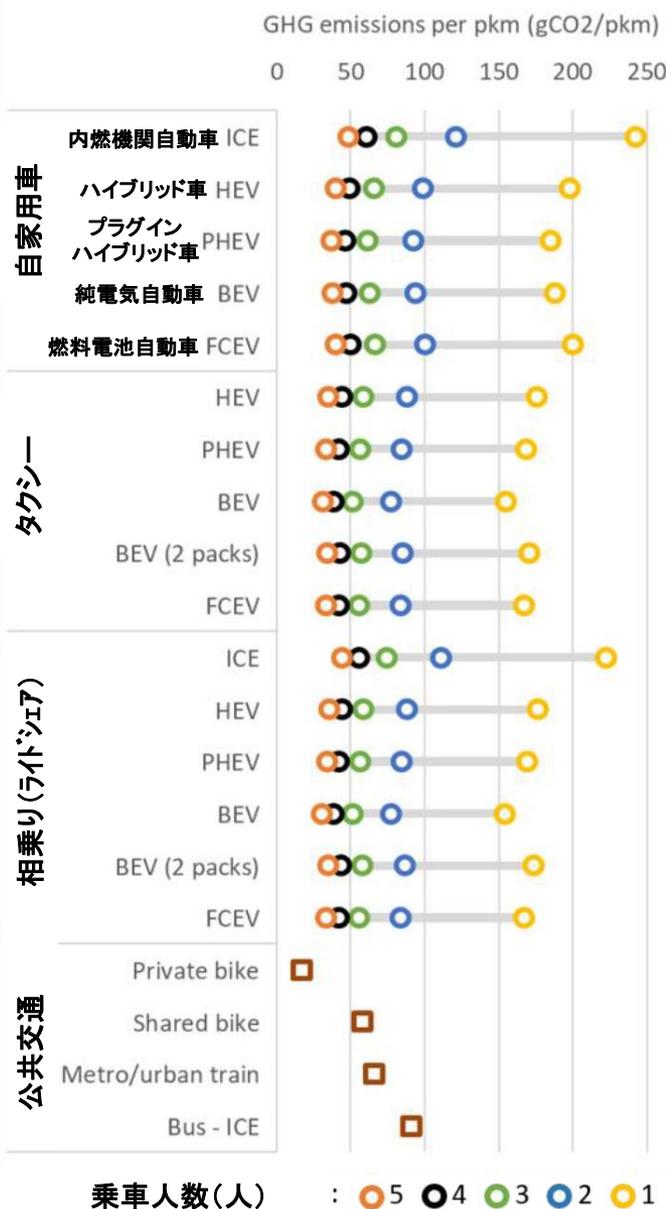
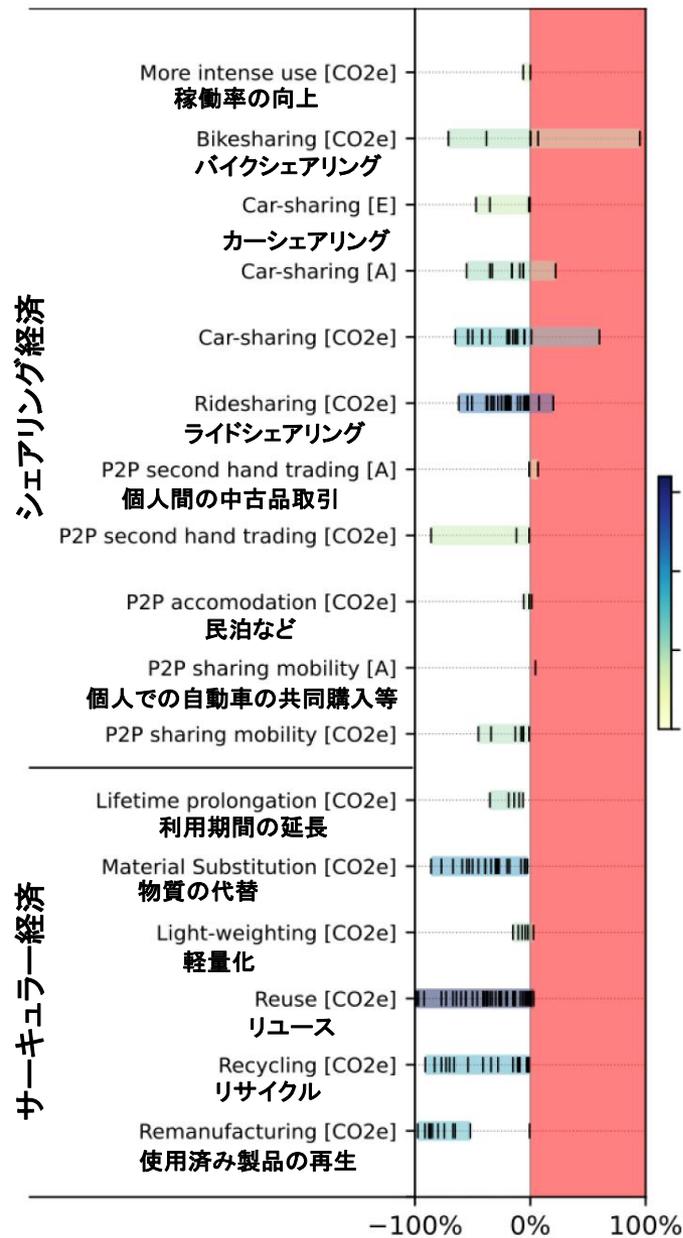
# IPCC報告: DXによるエネルギー消費・CO2排出への影響



出典) IPCC第6次評価報告書 (2022), Fig. 5.12

- ✓ 各種デジタル化によって、大きなエネルギー消費低減やCO2排出量の低減が推計される。
- ✓ 一方、推計の不確実性は極めて大きい。大きなリバウンド効果もあり得る。

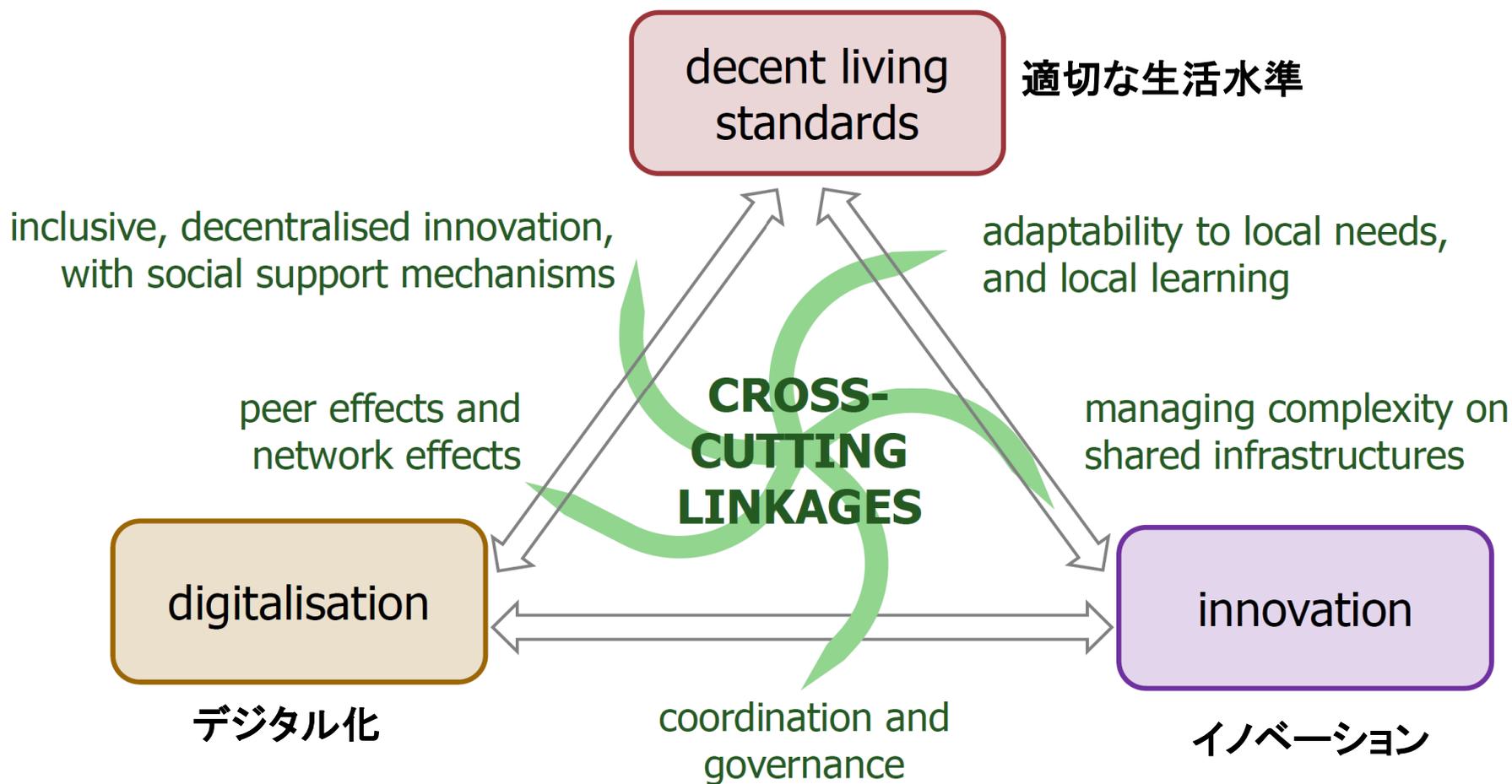
# IPCC報告：シェアリング・サーキュラーエコノミーによるエネルギー消費・CO2排出への影響



出典) IPCC第6次評価報告書 (2022), Fig. 5.13

- ✓ シェアリングエコノミー・サーキュラーエコノミーによる排出削減余地は大きい。
- ✓ 一方、推計の不確か性は極めて大きい。

## high wellbeing with low resource use



# サーキュラー・シェアリング経済シナリオの想定(1/2)

DXによるCE誘発等	エネルギー消費への直接的な影響	エネルギー消費への間接的な影響	DNE21+モデル分析における想定(暫定試算)
1) 完全自動運転車実現により誘発されるライドシェア、カーシェアリング(2030年時点までは想定せず)	- ライドシェアによる乗用車用エネルギー消費量の低減	- カーシェアリングに伴う乗用車台数の低下に伴う、鉄鋼、プラスチック、ゴム、ガラス、コンクリート等の低減 - 製品、素材の国際貨物輸送の低減⇒項目 8)	- 鉄鋼製品生産量:▲4%(車両+立体駐車場。道路建設含まず) - プラスチック製品:▲1% - タイヤ製品:▲28%(乗用車向け比)(エネルギー消費量低減換算値をモデルで想定) - ガラス製品:▲28%(乗用車向け比)(エネルギー消費量低減換算値をモデルで想定) - セメント製品:▲1%(立体駐車場のみ。道路建設含まず)
2) バーチャルミーティング、テレワーク	- 移動の低減に伴う運輸部門のエネルギー消費量の低減	- 長期的に建築物の稼働率上昇、必要な空間面積の低減により、鉄鋼、コンクリート等の低減の可能性有【今回のモデル分析では未考慮】	- 旅客需要:▲10%
3) E-publication等による紙の代替	- 紙の生産のためのエネルギー消費量の低減	- 紙媒体の配送等の貨物需要低減の可能性有【今回のモデル分析では未考慮】	- 紙パ生産量:▲20%
4) E-コマースや他のDXによるアパレルのリサイクル・シェア化の促進	- アパレル製造のエネルギー消費の低減	- ショッピングセンター等、小売店舗の低減と、それに伴うエネルギー消費、また建築物建設の低減により、鉄鋼、コンクリート等の低減の可能性有【今回のモデル分析では未考慮】	- アパレル生産量:▲20%(エネルギー消費量低減換算値をモデルで想定)

赤字: 家庭部門関連、緑字: 業務部門関連、青字: 輸送部門関連、紫字: 産業部門関連、茶字: 非CO2 GHG等

# サーキュラー・シェアリング経済シナリオの想定(2/2)

DXによるCE誘発等	エネルギー消費への直接的な影響	エネルギー消費への間接的な影響	DNE21+モデル分析における想定(暫定試算)
5) 都市開発、設計等の進展による建築物の高寿命化	- 建築物の高寿命化による、セメント、鉄鋼製品の低減に伴うエネルギー消費量の低減		- 建築物の高寿命化: +40%、それに伴うセメント: ▲3%、鉄鋼製品需要の低減: ▲3%
6) 需要予測の向上等による食品廃棄の低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 必要食品生産量の低減等に伴う、窒素肥料、プラスチック製品等の生産に伴うエネルギー消費量の低減</li> <li>- 小売店舗棟のエネルギー消費量の低減</li> <li>- 必要食品生産量の低減等に伴う、メタン、一酸化窒素排出量の低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 農畜産物、食品等の低減に伴う国際貨物輸送の低減 ⇒ 項目8)</li> <li>- 食品販売量の低減に伴う、小売店舗の低減に伴う鉄鋼、コンクリート製品等の低減の可能性【今回のモデル分析では未考慮】</li> <li>- 他用途への利用可能な土地面積の増大に伴う植林等によるCO2固定可能性【今回のモデル分析では未考慮】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 石油化学製品(窒素肥料含む)の低減: ▲1%</li> <li>- プラスチック製品: ▲1%</li> <li>- 紙パ製品: ▲0.5%</li> <li>- 輸送サービス需要: ▲1%</li> <li>他 (以上、産業連関表より算定)</li> <li>- メタン、一酸化窒素排出低減: ▲493 MtCO<sub>2</sub>eq/yr in 2050</li> </ul>
7) 3Dプリンティングの適用による素材の低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>- アルミニウム、鉄鋼製品等の低減</li> <li>- 製造段階による電力消費量の低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 航空機の軽量化に伴う運航時のエネルギー消費量の低減</li> <li>- 自動車等の軽量化に伴うエネルギー消費量の低減【今回のモデル分析では未考慮】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- アルミニウム製品: ▲1%</li> <li>- 鉄鋼製品: ▲0.02%</li> <li>- 直接的電力消費量: ▲1%</li> <li>- 航空機の運航時のエネルギー消費量: ▲10%</li> </ul>
8) 基礎素材やその他製品需要の低減に伴う国際海運需要の低減	- 国際海運需要の低減によるエネルギー消費量の低減		- 国際海運需要: ▲1%

# モデル分析のためのシナリオ想定

	排出削減経路	主にデジタル化によるエネルギー需要低減						電力需要の フレキシビリティ(EV, HP, CGS)	小規模技術(PV, 風力、EV等)の より急速なコスト 低減
		運輸 1)	家庭 2, 3, 4)	建築物 5)	農業・ 食品 6)	産業 7)	派生 効果 8)		
BL-Std	Baseline (特段の気 候変動緩和 政策を想定 せず。炭素 価格0)	—	—	—	—	—	—	—	—
BL-Mobil		○							
BL-Resid			○						
BL-Build				○					
BL-Food					○				
BL-Ind						○			
BL-All_CE			○	○	○	○	○	○	
BL-All_CE+FL			○	○	○	○	○	○	
BL-All_CE+FL+GR			○	○	○	○	○	○	○
B2DS-Std	B2DS 2°Cを十分 に下回る排 出に抑制 (かつ2030 年の各国 NDCsを想 定、主要先 進国:2050 年GHGでの CN)	—	—	—	—	—	—	—	—
B2DS-Mobil		○							
B2DS-Resid			○						
B2DS-Build				○					
B2DS-Food					○				
B2DS-Ind						○			
B2DS-All_CE			○	○	○	○	○	○	
B2DS-All_CE+FL			○	○	○	○	○	○	
B2DS-All_CE+FL+GR			○	○	○	○	○	○	○

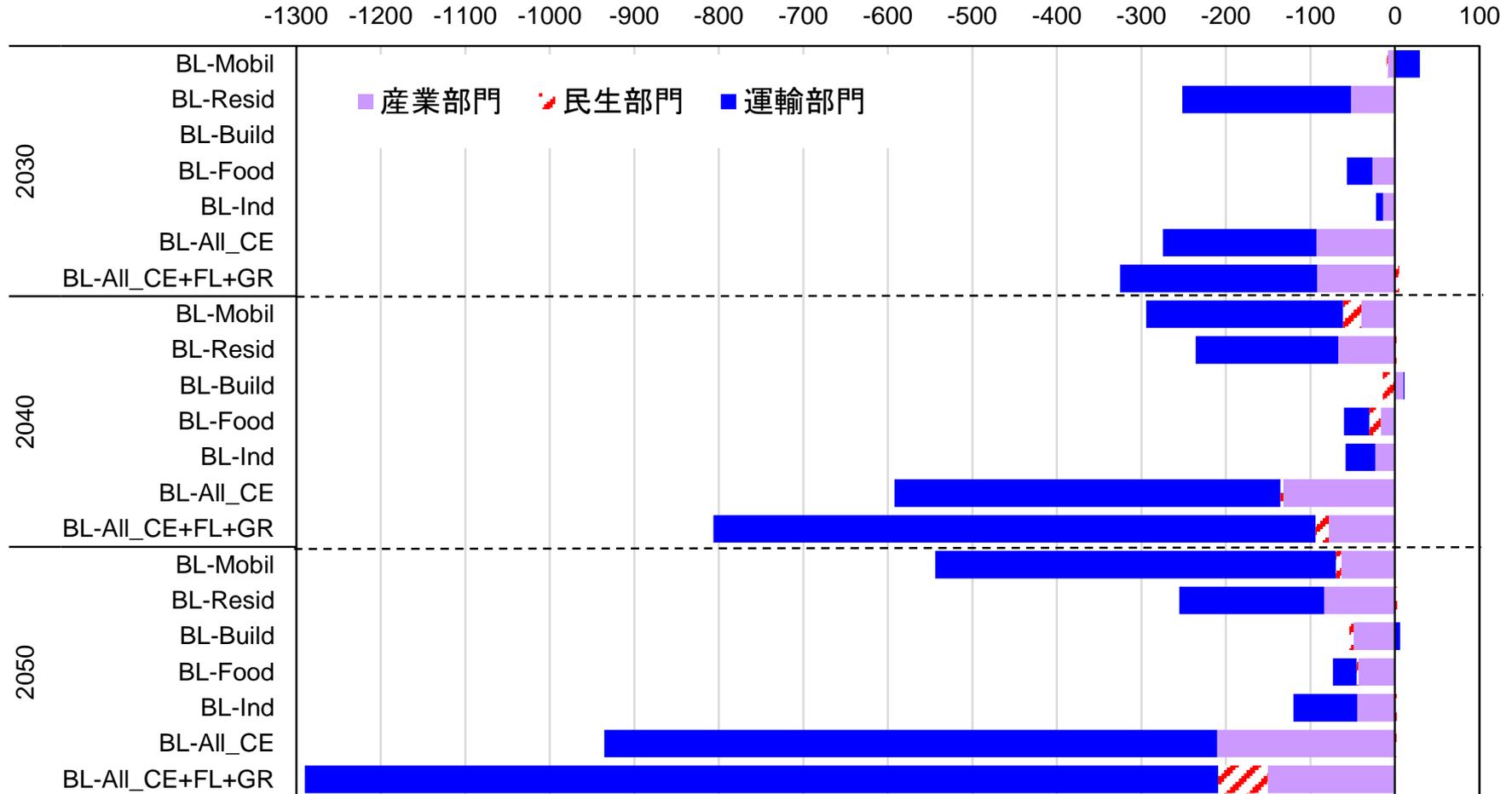
注1) 今回の分析では、IPCC等で用いられている共有社会経済パス(SSP)は、中位的なSSP2ベースで分析

注2) 本来、DXによる電力消費量の増大等のリバウンド効果も考えられるが、CO2限界削減費用低下に伴うリバウンド効果以外のリバウンド効果は今回考慮していない

# 世界エネルギー消費量 (CE想定時の変化)

## ベースライン

最終エネルギー消費量 [Mtoe/yr]



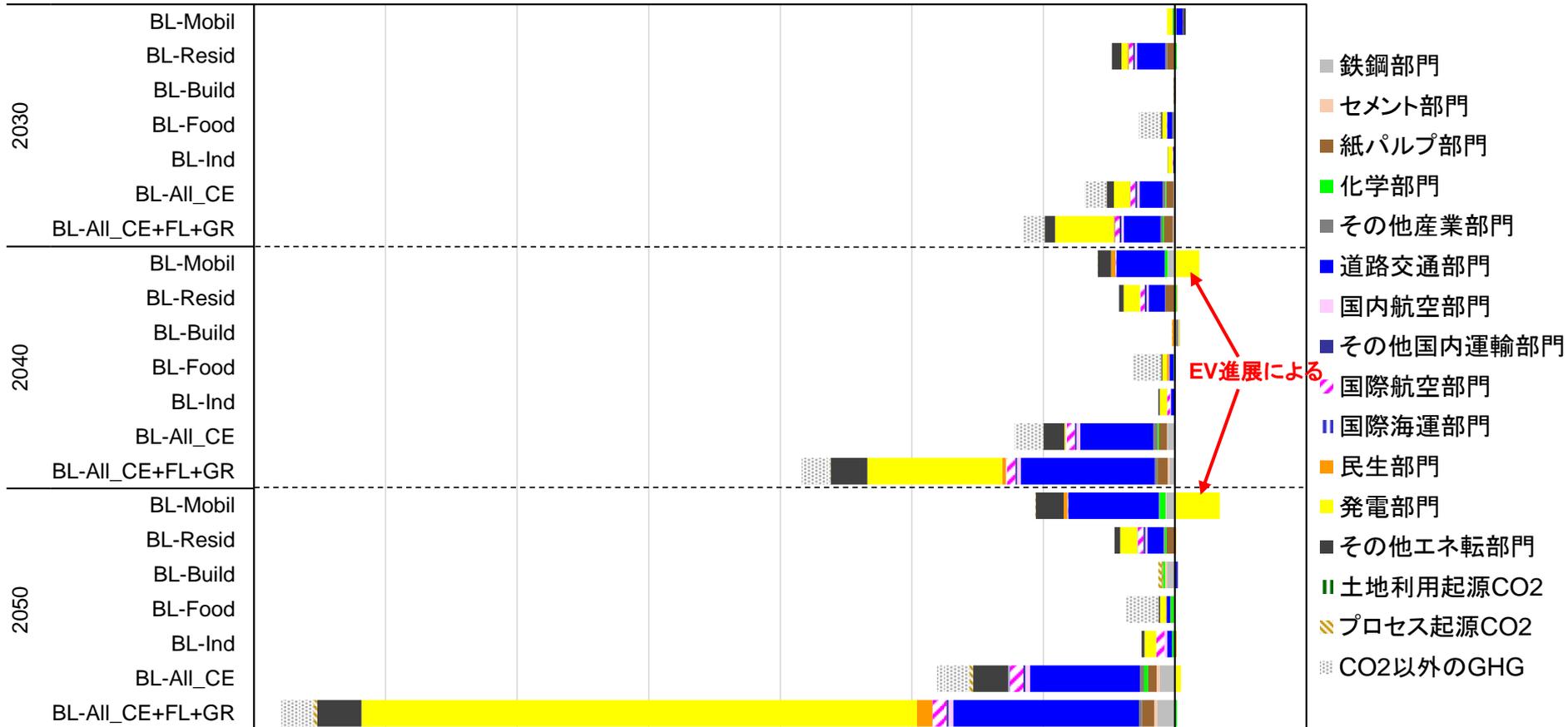
✓ かなり限定された波及効果のみを考慮した分析段階ではあるものの、想定したサーキュラーエコノミー・シェアリングエコノミー実現によって部門横断的に大きな省エネ効果が期待できる。

# 世界のGHG削減効果 (CE想定時の変化)

## ベースライン

GHG emissions [MtCO<sub>2</sub>eq/yr]

-14000    -12000    -10000    -8000    -6000    -4000    -2000    0    2000

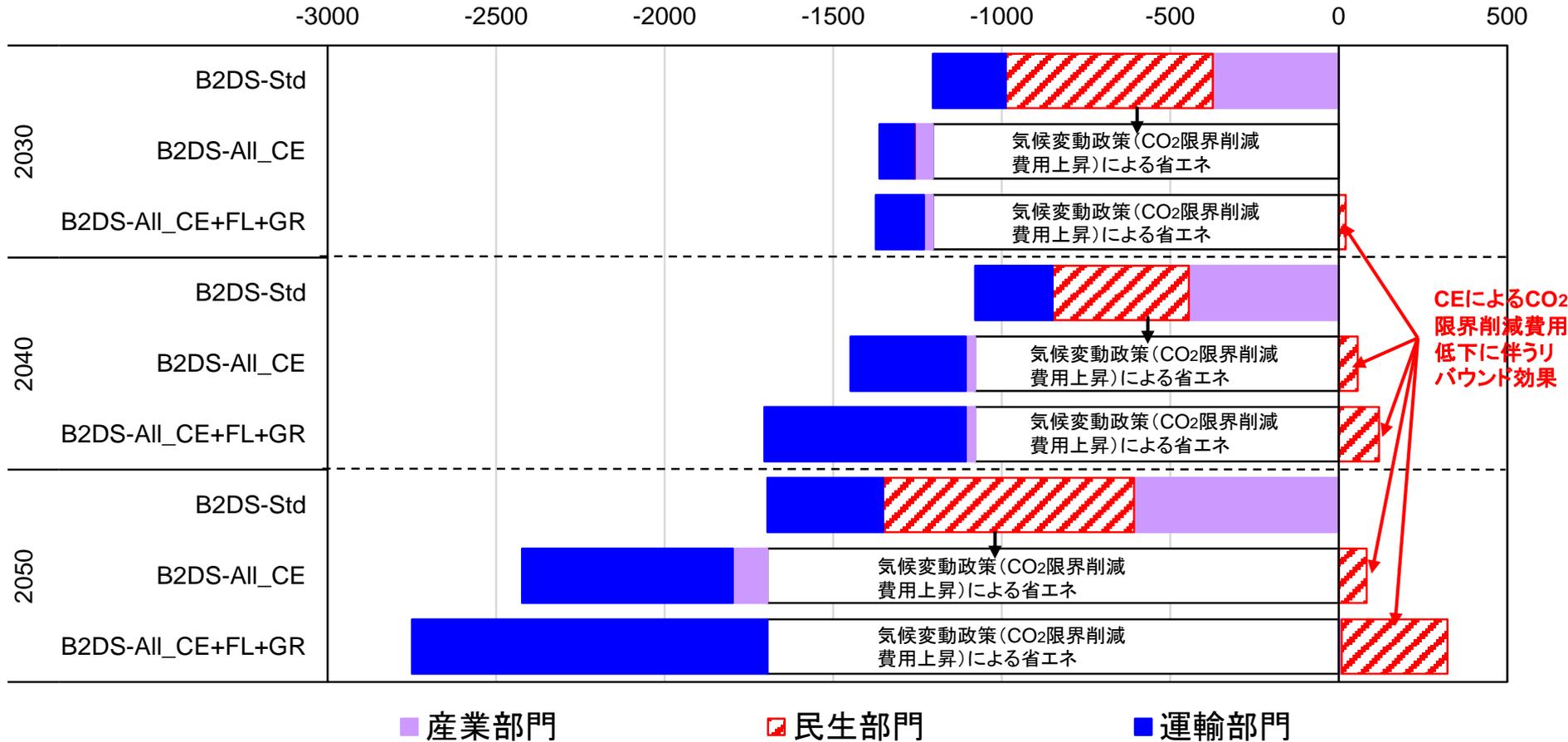


✓ かなり限定された波及効果のみを考慮した分析段階ではあるものの、想定したサーキュラーエコノミー・シェアリングエコノミー実現によって部門横断的に大きなGHG排出削減効果をもたらし得る。

# 世界エネルギー消費量(CE想定時の変化)

## B2DS(2°C制約シナリオ)

最終エネルギー消費量 [Mtoe/yr]



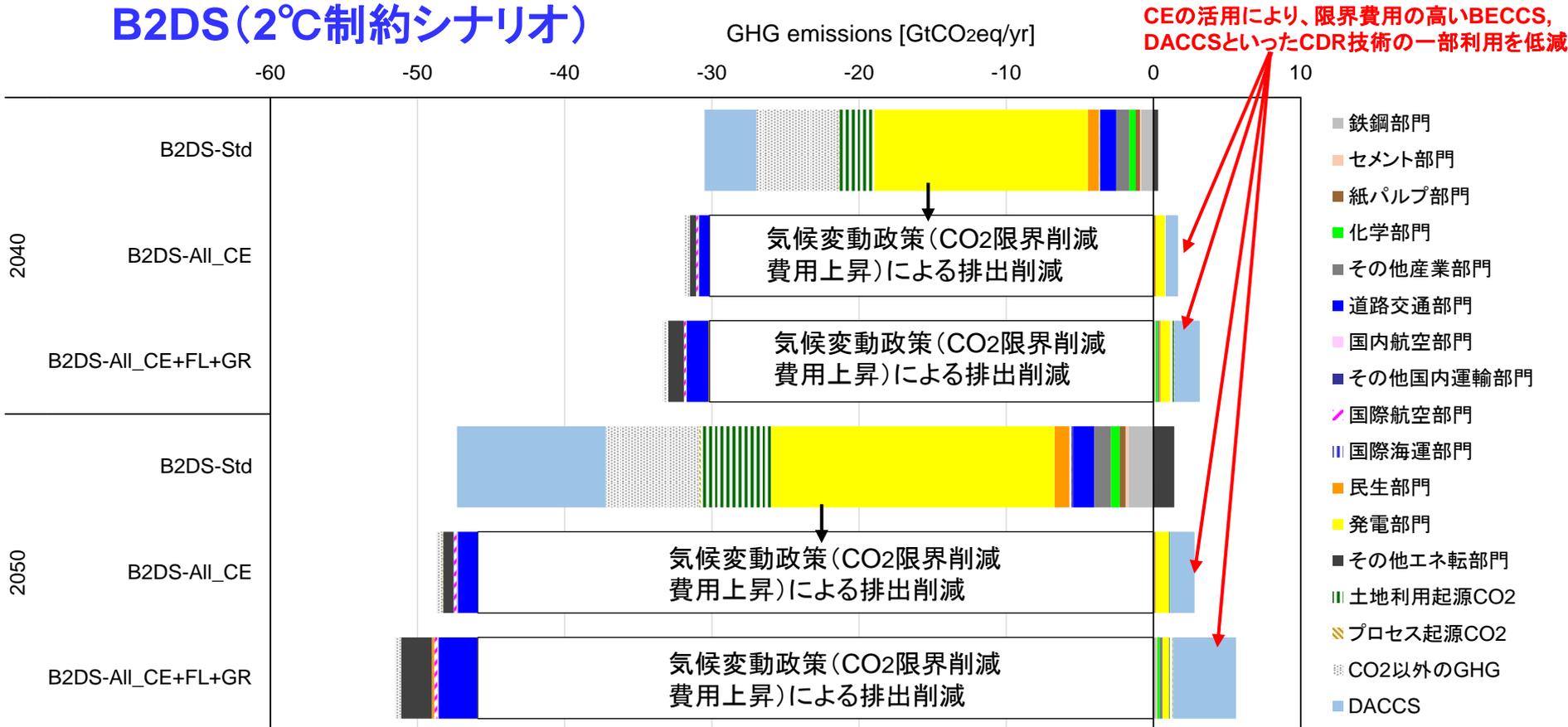
CEによるCO2  
限界削減費用  
低下に伴う  
バウンド効果

参考) 2019年の世界の最終エネルギー消費量実績値: 10 Gtoe/yr、2050年のベースラインの最終エネルギー消費量推計値: 14 Gtoe/yr

✓ かなり限定されたCEの事例および波及効果のみを考慮しただけでも、2050年には、現在の世界の最終エネルギー消費量全体の6%程度、また、2°C目標下で経済合理的と推計される省エネ量の半分程度もの省エネが、サーキュラーエコノミー・シェアリングエコノミーによって更に追加できる可能性が示唆される。

# 世界のGHG削減効果 (CE想定時の変化)

## B2DS (2°C制約シナリオ)



参考) 2019年の世界のGHG排出量実績値: 59 GtCO<sub>2</sub>eq./yr、2050年のベースラインの排出量推計値: 73 GtCO<sub>2</sub>eq/yr

- ✓ 排出削減目標が決まっている条件では、想定したサーキュラーエコノミー・シェアリングエコノミー対策は相対的に費用が安価なため、限界的な費用の対策と評価される、CCS付きバイオエネルギー (BECCS) や大気中CO<sub>2</sub>直接回収貯留 (DACCS) といった二酸化炭素除去 (CDR) 技術への寄与を低減し得る。
- ✓ なお、最終エネルギー消費量の低減効果は大きいですが、CO<sub>2</sub>削減効果は、エネルギー供給側のCO<sub>2</sub>原単位低減も伴っているため、エネルギー消費量ほど、大きくは算定されない。ただし、費用低減効果がある (後述スライド)。

# 世界の排出削減費用の低減

## エネルギーシステム総コストの低減：CE想定時（単位：Billion USD/yr）

	Scenarios	Mobil	Resid	Build	Food	Ind	All_CE	All_CE +FL	All_CE +FL+GR
2030-2040年の間の年平均値	Baseline	▲547	▲339	▲1	▲57	▲4	▲894	▲894	▲963
	B2DS	▲556	▲352	▲0	▲64	▲5	▲926	▲928	▲1038
2040-2050年の間の年平均値	Baseline	▲1601	▲459	▲1	▲74	▲7	▲1971	▲1971	▲2085
	B2DS	▲1635	▲477	▲6	▲90	▲14	▲2037	▲2038	▲2266

## B2DS時のCO2限界削減費用（単位：USD/tCO2eq）

	B2DS-Std	B2DS_All-CE	B2DS_All-CE+FL	B2DS_All-CE+FL+GR
2040年	68-310	57-238	57-240	50-195
2050年	146-739	123-524	122-522	60-364

注)費用の幅は国による差異  
(主要先進国に別途2050年CN  
制約を想定していることによる)

- ✓ DXに誘因されたCEの推進により、エネルギーシステムコストの大きな低下が推計される。
- ✓ 2°C目標等の長期目標の実現において、CO2限界削減費用の低下(2~3割程度)が期待できる。

# 4. まとめ



- ◆ 世界はパリ協定2°C、1.5°C目標に沿った意欲的な排出削減目標を掲げてきている。一方、現実の世界の排出量は増大傾向が続いている。産業のリーケージが見られる。
- ◆ 省エネ、電化、再エネ、原子力、CCUS・CDR、蓄電池・蓄エネルギー、水素系エネルギー（水素、アンモニア、e-methane、e-fuels）など、様々なオプションの活用によって、カーボンニュートラル（CN）の達成を目指していくことが必要。万能な技術は存在しておらず、技術進展や社会的な制約の不確実性も大きい。複数のシナリオを展望し、リスクヘッジしておくことが重要
- ◆ 一方、現状では、引き続き、相当な対策コストが見込まれる。部門横断的で、政策的には対応が後手に回りやすい、デジタルトランスフォーメーション（DX）による低エネルギー需要社会の実現を併せて進めることは重要。Well-beingの低下をもたらすことなく、グリーントランスフォーメーション（GX）の実現につながる可能性有
- ◆ CNに向けたトランジションにおける着実な排出削減を進めることが必要。地域・国、部門によって、全体システムにおける費用効率的な排出削減経路は異なっている。無理な対策は、産業のリーケージを生み、世界全体での排出削減に寄与せず、逆効果となる可能性もある。
- ◆ 様々な可能性の下での経済合理的なシナリオ、そして、地域・国別、部門別の差異を踏まえた経済合理的なシナリオを共有することで、各取り組み主体が、CNに向けた複雑な対策全体像を理解して、取り組みを強化できる支援となればと思う。

# 付録

# NGFSの気候変動緩和策評価の3モデルの概要

Integrated Assessment Model	GCAM 5.3+	MESSAGEix_GLOBIOM 1.1	REMIND-MAgPIE 3.0-4.4
Short name	GCAM	MESSAGEix-GLOBIOM	REMIND-MAgPIE
Solution concept	Partial Equilibrium (price elastic demand)	General Equilibrium (this version has fixed demands for materials)	REMIND: General Equilibrium MAgPIE: Partial Equilibrium model of the agriculture sector
Anticipation	Recursive dynamic (myopic)	Intertemporal (perfect foresight)	REMIND: Intertemporal (perfect foresight) MAgPIE: Recursive dynamic (myopic)
Solution method	Cost minimisation	Welfare maximisation	REMIND: Welfare maximisation MAgPIE: Cost minimisation
Temporal dimension	Base year: 2015 Time steps: 5 years Horizon: 2100	Base year: 1990 Time steps: 5 (2005-2060) and 10 years (2060-2100) Horizon: 2100	Base year: 2005 Time steps: 5 (2005-2060) and 10 years (2060-2100) Horizon: 2100
Spatial dimension	32 world regions	12 world regions	12 world regions
Technological change	Exogenous	Exogenous	Endogenous for Solar, Wind and Batteries
Technology dimension	58 conversion technologies	64 conversion technologies	50 conversion technologies
Demand sectors and subsector detail	Buildings (residential and commercial buildings with heating, cooling, and other services), Industry (Cement, Chemicals,	Buildings, Industry (Cement, Chemicals, Steel, Non-ferrous metals, Other), Transport	Buildings, Industry (Cement, Chemicals, Steel, Other), Transport (various modes and technologies)

# IEA WEO2022 NZEの世界CO<sub>2</sub>排出量と部門別排出量

