

2050年に向けたガス事業の在り方研究会

2020年10月6日

世界の気候変動対応の動向と ガスに関連するエネルギー展望

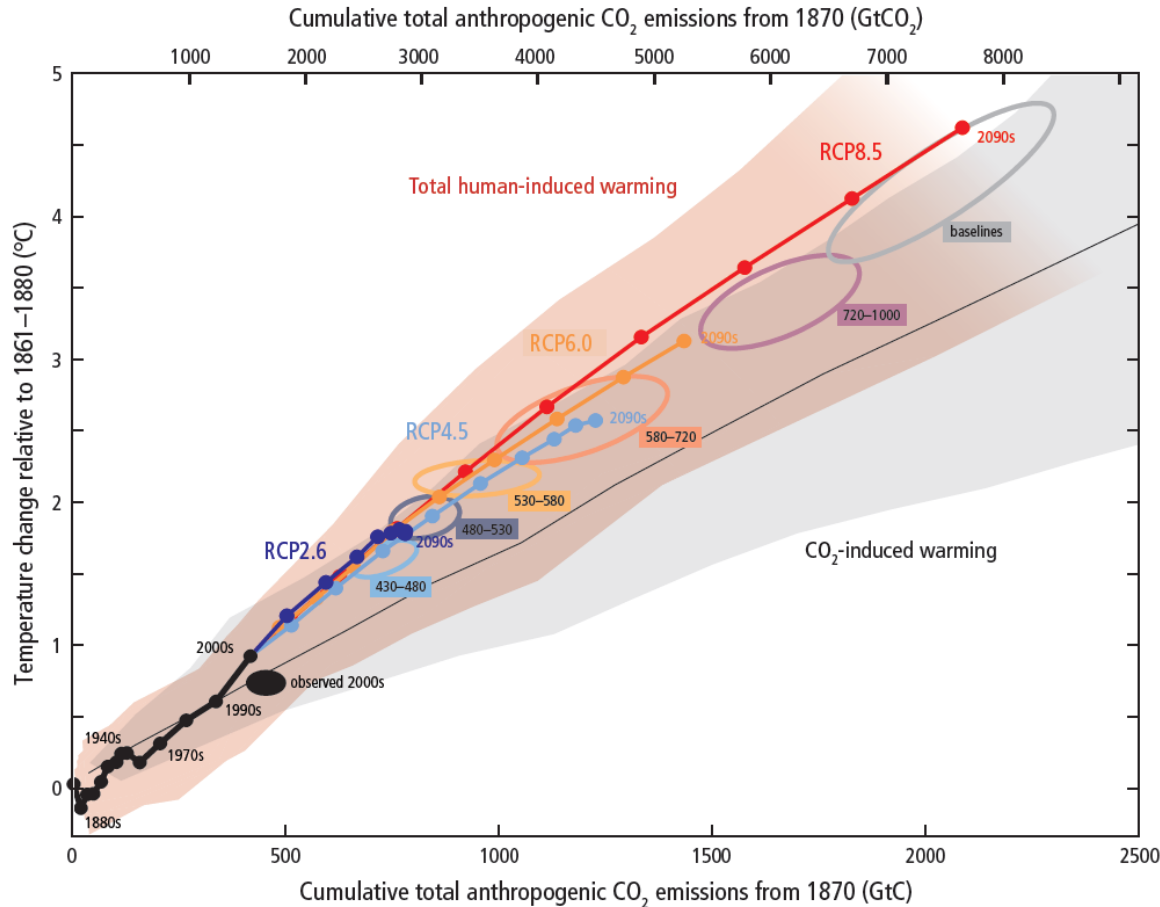
(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)

システム研究グループ グループリーダー

秋 元 圭 吾



累積排出量と気温上昇の関係



出典) IPCC AR5 統合報告書

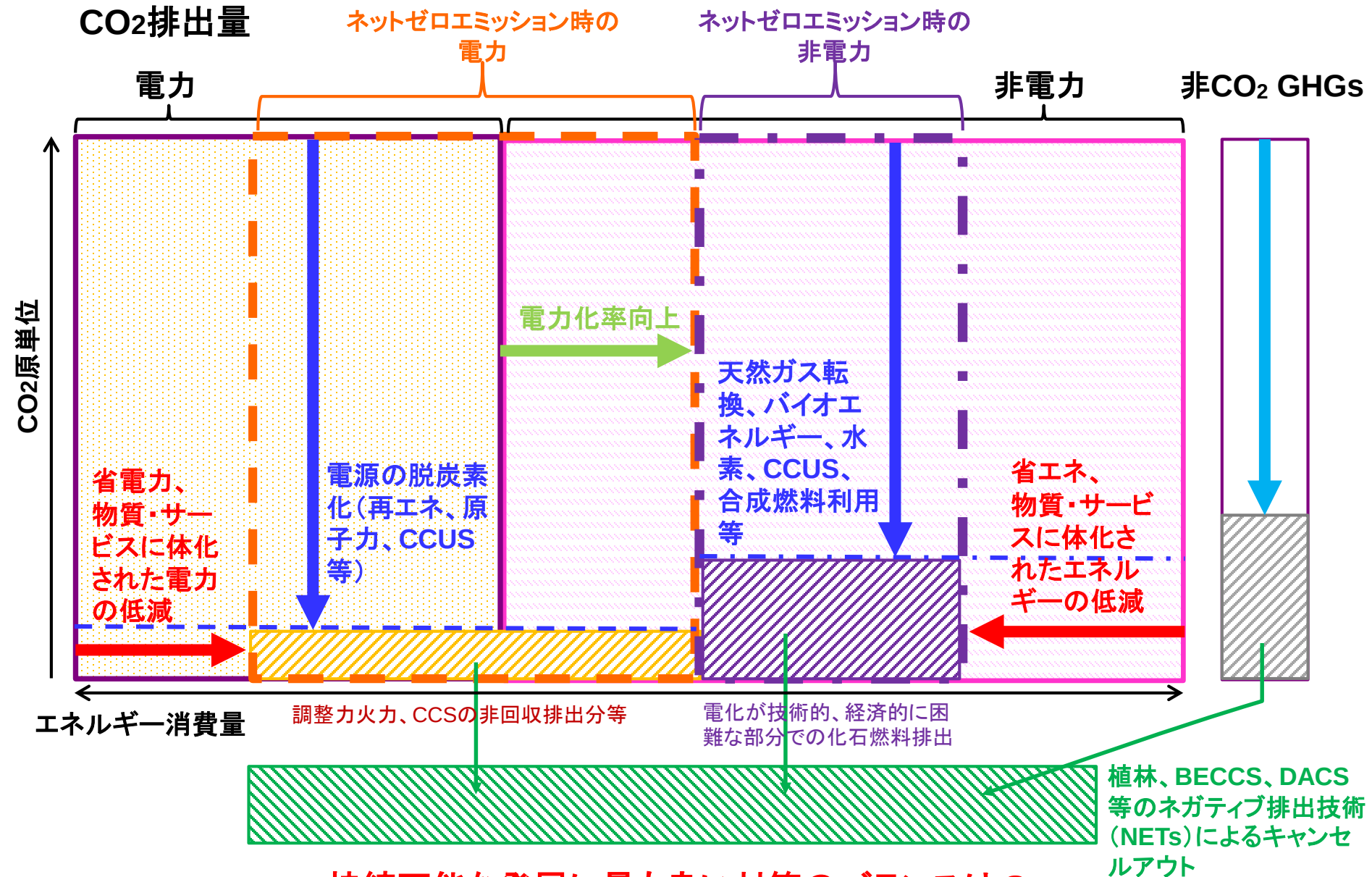
【長期のビジョン】 累積排出量と気温上昇には線形に近い関係が見られる。CO₂排出に対する気温応答は減衰に非常に長い時間を要する。すなわち、いずれのレベルであろうとも、気温を安定化しようとするれば、いずれはCO₂の正味ゼロに近い排出が必要。長期的には正味でCO₂排出をゼロに近づけていくことは重要(時間スケールの問題は残る)

【現実におけるとるべき方策】 一方、気候感度には大きな不確実性あり。長期でCO₂正味ゼロ排出に近づけていく過程は大きな排出経路の幅が存在し得る。総合的なリスクマネジメントが重要

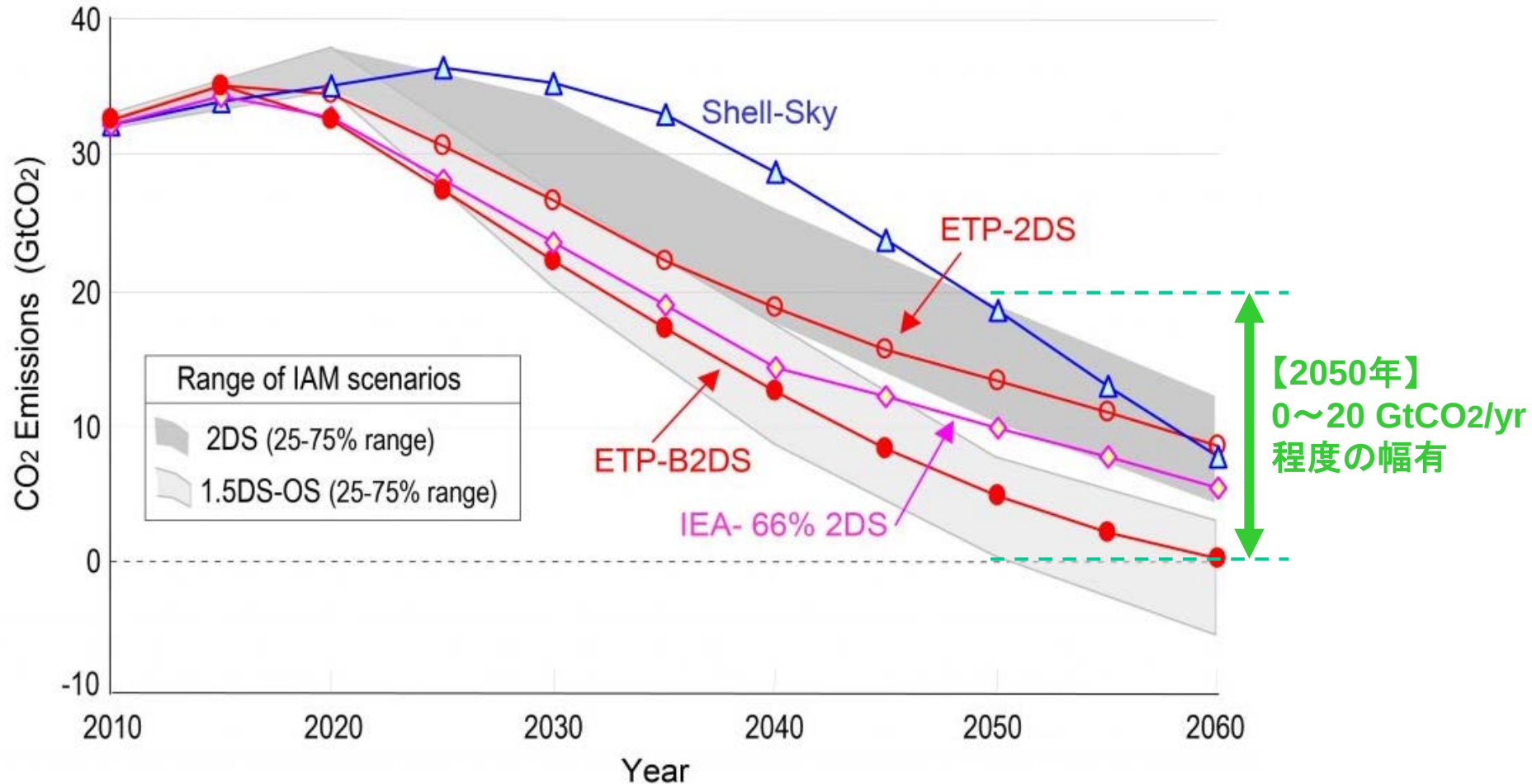
- ◆ 最終エネルギーは、原則、電気か、水素（＋バイオエネルギーおよび太陽熱等の直接熱利用）の利用とする必要あり。なお、水素も燃料電池で利用するケースは多く、この場合、最終的な利用形態は電気とも言える。
- ◆ ただし、CO₂フリー水素と回収CO₂による合成燃料（合成メタンや合成石油）での利用（CCU）は可（水素の形を変えた利用形態の一つ。水素よりも貯蔵しやすく、都市ガスやガソリン等の既存の供給インフラ、また、既存の機器を活用できる利点あり）
- ◆ 電気、水素製造においては、脱炭素化が必要であり、一次エネルギーとしては、原則、①再生可能エネルギー、②原子力、③化石燃料＋CCSのみで構成が必要。特に①の再エネが主力とならざるを得ない。
- ◆ なお、完全に化石燃料を使わないことは現実的ではないので、正味ゼロ排出においても、ある程度の排出は許容し、植林、バイオエネルギーCCS（BECCS）、DACCS（直接大気回収・貯留）等の負の排出技術（NETs）活用はあり得る。
- ◆ 一方、NETsに過度に依存するシナリオは、実現可能性が低くなる可能性や生物多様性への悪影響の可能性もある。よって、脱炭素社会実現のためには、（経済自律的な）低エネルギー需要社会の実現も重要
- ◆ 脱炭素化に向けた移行過程も重要。気候変動影響被害、技術発展動向に伴う緩和費用を総合的に考え、実効ある低炭素化を進めることが必要

- ◆ とりわけ先進国では、人口の低下と、サービス産業化の進展によって、総エネルギー需要の潜在的な増加は止まってきている。
- ◆ そのような中、右肩上がりの需要増大局面と異なり、長期の大規模な投資リスクを取りにくくなってきている。
- ◆ また、エネルギーシステム改革は、短期的な効率性の追求には良いが、長期の大規模な投資は過小になりやすい。
- ◆ 一方、デジタル化技術は着実に進展。分散リソースをより安価に活用できる可能性が高まってきている。
- ◆ いずれにしても、ガス事業としては、分散リソースとして、熱を利用しやすい長所を引き続き、生かすことは重要
- ◆ 大規模なエネルギー供給技術は引き続き重要であるが(政府の適切な政策、支援が必要)、分散化とそれをつなぐデジタル化技術の役割が増している。
- ◆ COVID-19によって、デジタル化の進展は一層加速する可能性あり。

ネットゼロエミッションへの対策のイメージ



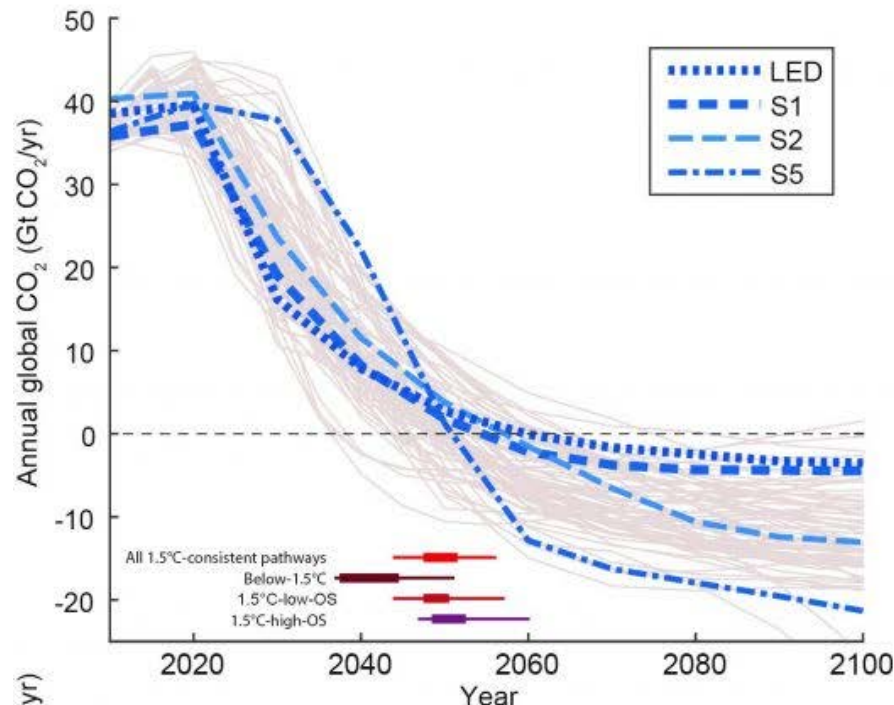
2°Cおよび1.5°C目標下の世界CO₂排出量推移 (IPCC SR15、IEA、Shellシナリオ)



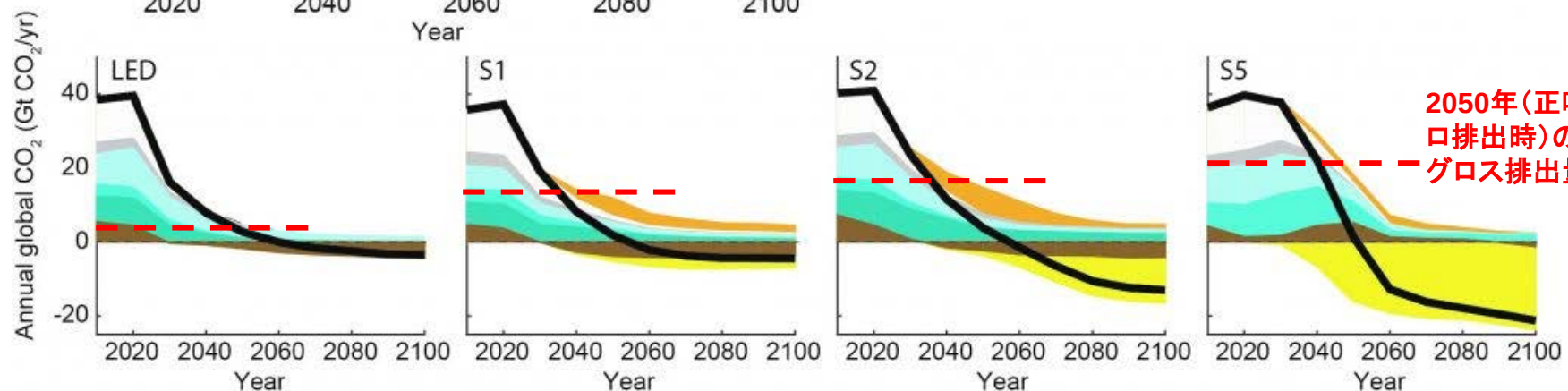
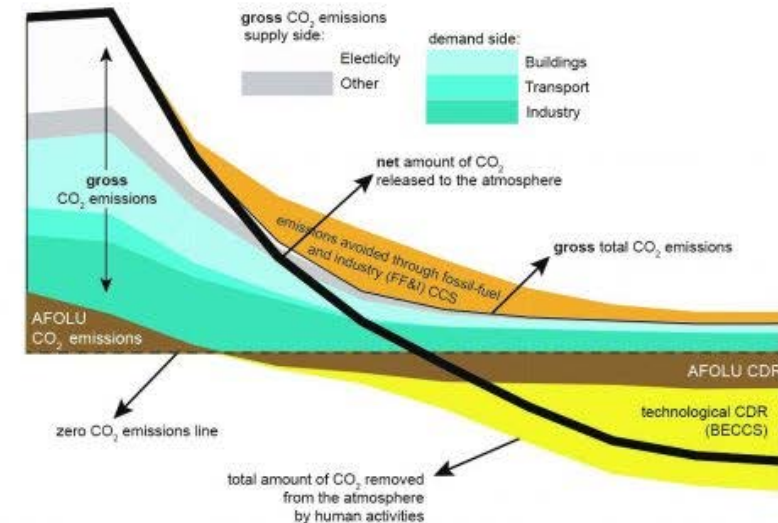
注) エネルギー起源CO₂のみ
出典) IPCC SR15, 2018

パリ協定2°Cや1.5°C目標下であっても、2050年に世界のCO₂排出量はゼロが必須ではなく、相当大的な幅がある。

1.5°Cの世界CO₂排出量推移の比較(IPCC SR15)



LEGEND: EMISSION CONTRIBUTIONS



1.5°C目標では、2050年頃に正味ゼロ排出が求められる可能性が高いが、負の排出技術(NETs)の見通し次第では、グロスの正の排出もかなり許容できる場合もある。

1.5°C、2°CシナリオのCO₂限界削減費用(炭素価格)



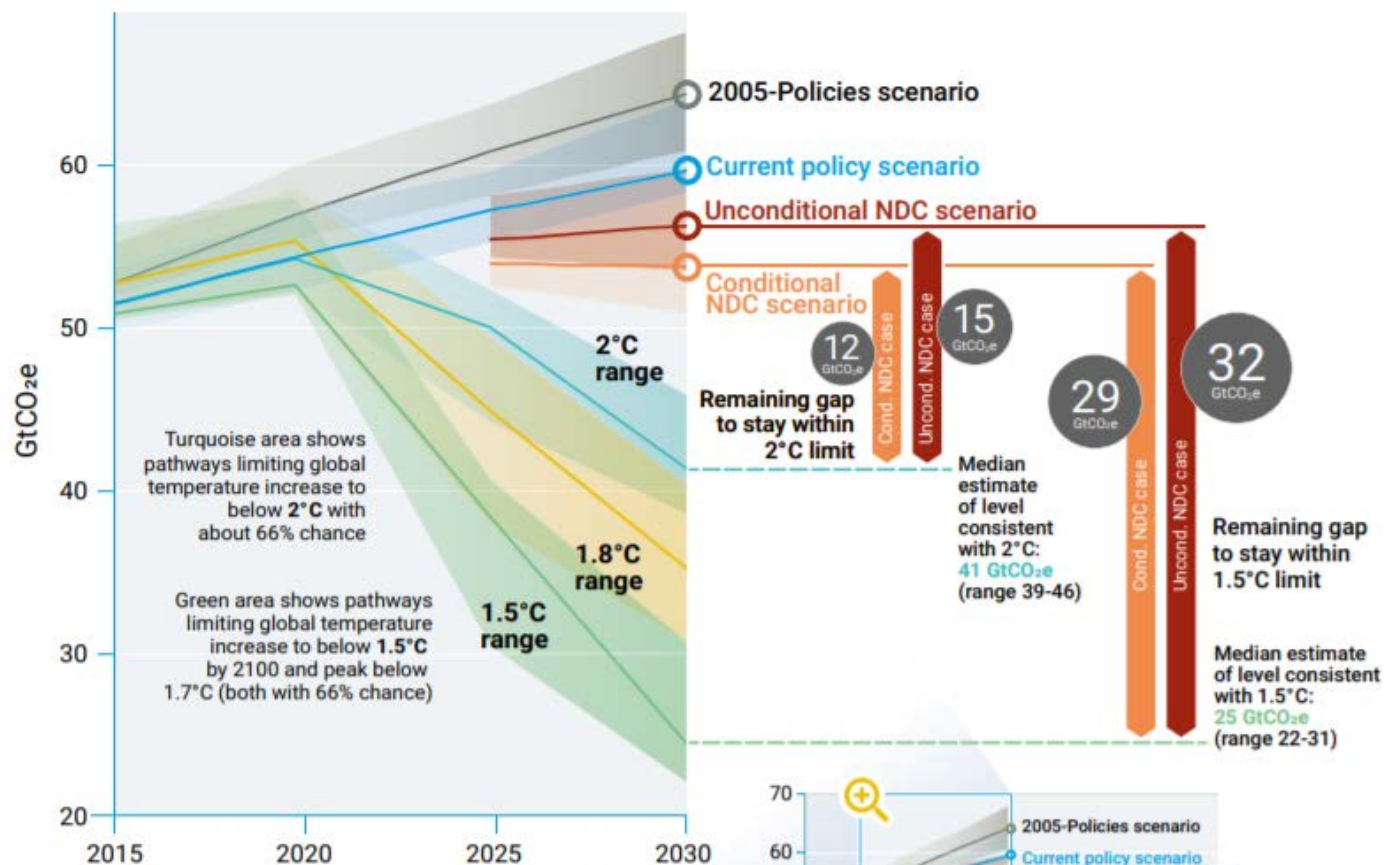
出典) IPCC 1.5°C
特別報告書 (第2章)

1.5°C以下: 300 \$/tCO₂以上

(このように相当高い排出削減費用が世界全体で許容できることがシナリオ実現の前提となっているとも言える)

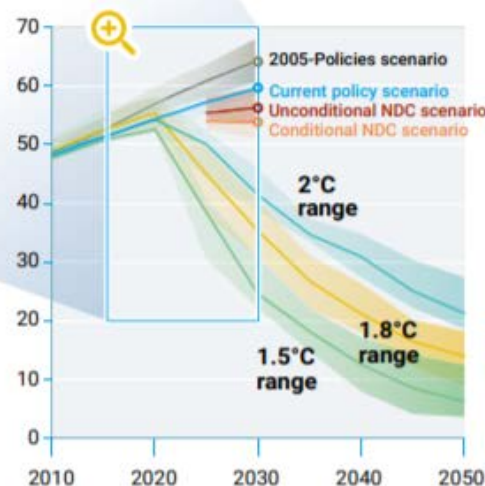
注) IPCC SR1.5では、1.5°C目標の炭素価格は、2°C目標の炭素価格の3~4倍程度と評価されている。
(ただし、解が得られたモデルでの比較であり、1.5°C目標では解が得られなかったシナリオ分析も多いことに留意が必要)

2°C、1.5°C目標と2030年NDCsとの排出量ギャップ



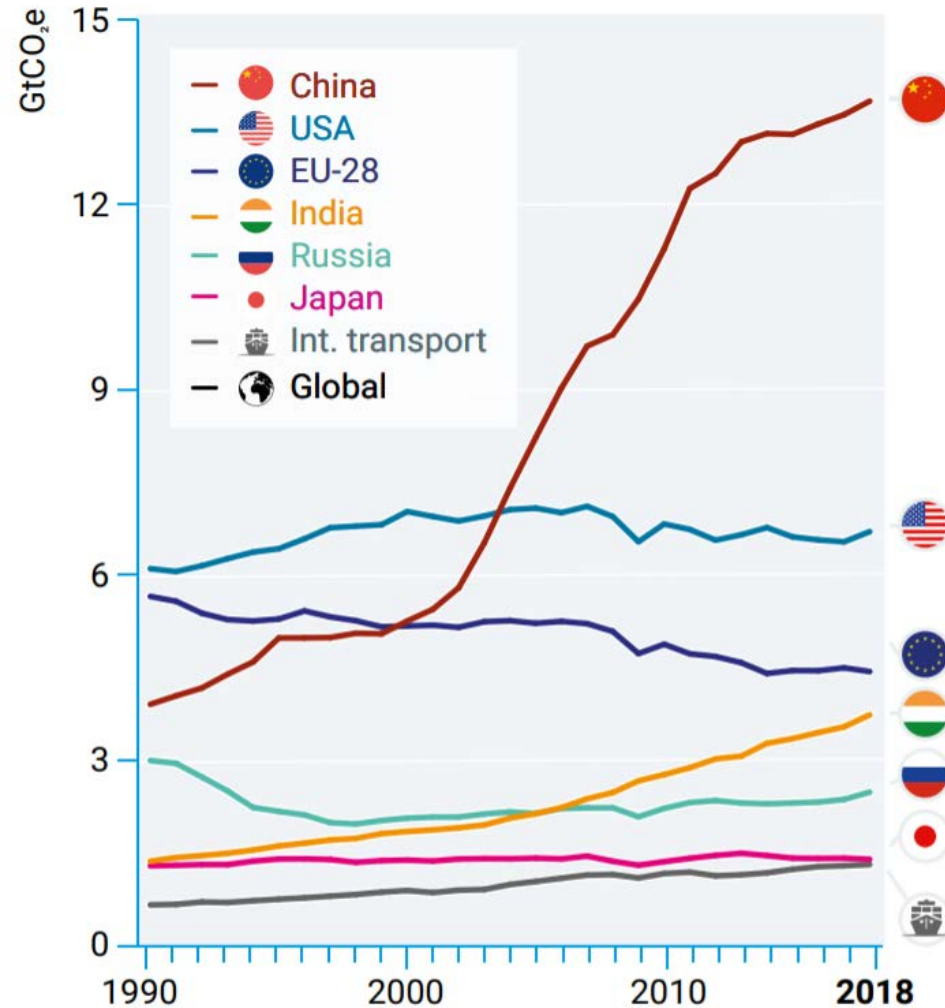
出典) UNEP, Emissions Gap Report 2019

パリ協定国別貢献NDCsと、2°C目標の大きなギャップが存在。1.5°C目標は更に大きなギャップ

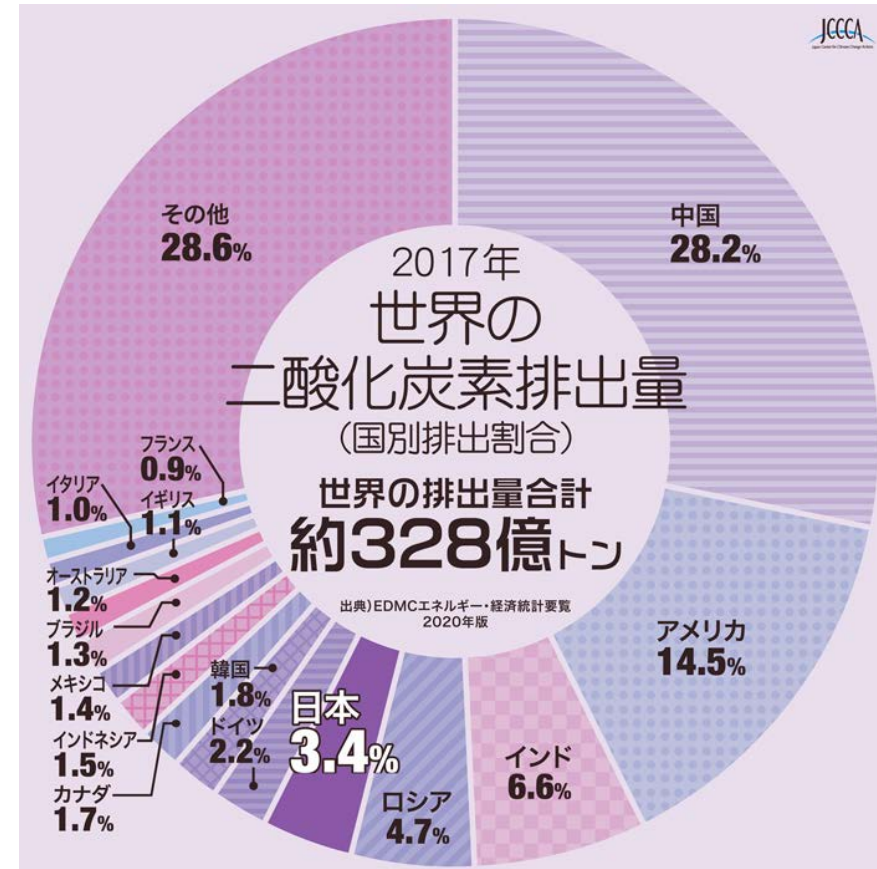


世界の国別の排出量

主要国のGHG排出量の推移

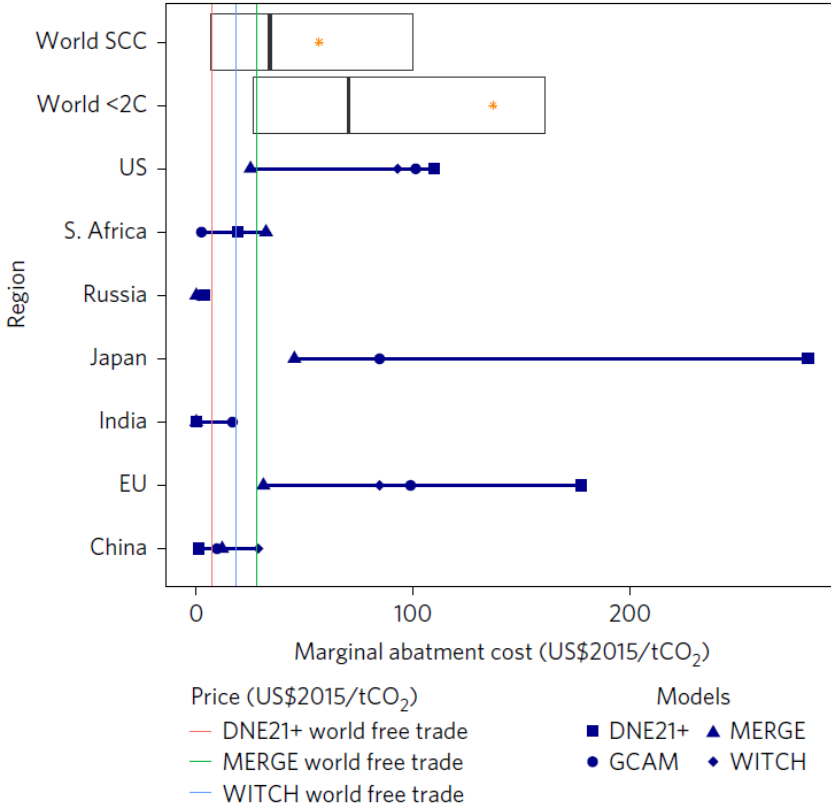


2017年のCO2排出量の国別シェア



- ✓ 世界全体の排出量動向を踏まえた、日本の役割、戦略を考える必要あり。
- ✓ 2019年の国連気候行動サミットにおいて、66か国・地域が2050年正味ゼロ排出を約束したが、世界全体に占める排出量は約13%【RITE推計】

パリ協定国別貢献NDCsのCO₂限界削減費用推計(2030年頃)



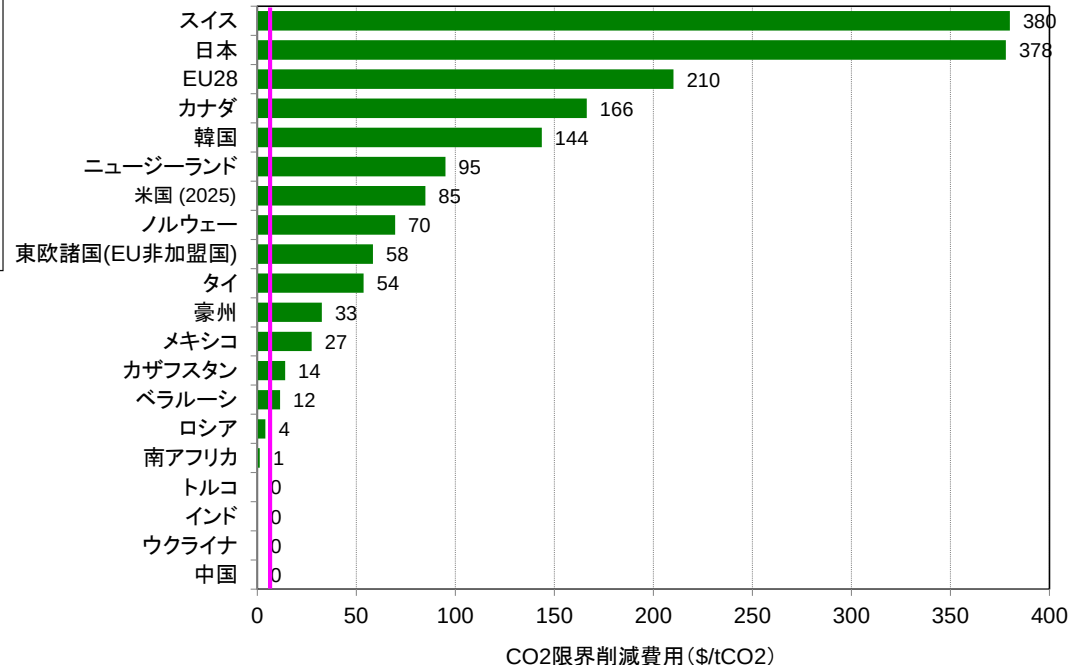
Source: J. Aldy et al., Nature Climate Change, 2016

2025-30年平均値

2030年(米国のみ2025年)

【世界GDP比削減費用】NDCs:0.38%、最小費用:0.06%

最小費用(限界削減費用均等化):6\$/tCO₂



Source: K. Akimoto et al., Evol. Inst. Econ. Rev., 2016

- NDCsの排出削減費用は各国間で大きな差異あり。
- 限界削減費用の大きな差異は、特に製造業を中心に国際競争力に影響を及ぼし、炭素リーケージも引き起こし得る。
- 他国との相対的なエネルギー価格を高め過ぎないようにしながら、CO₂排出削減に取り組む必要性有

国際政治の複雑性：気候変動の公式目標と現実のギャップ



COP25:「失望した。ただ諦めてはいない」



ドイツ・ロシア：天然ガスパイプライン（ノルド・ストリーム2）



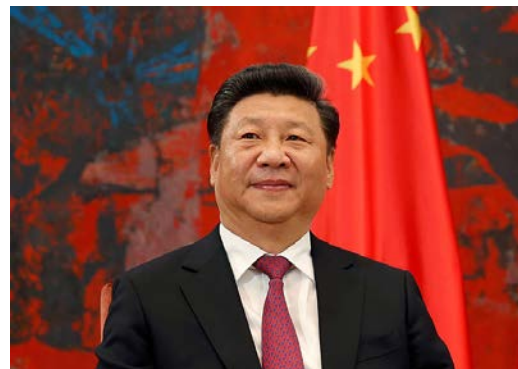
パリ協定離脱を宣言



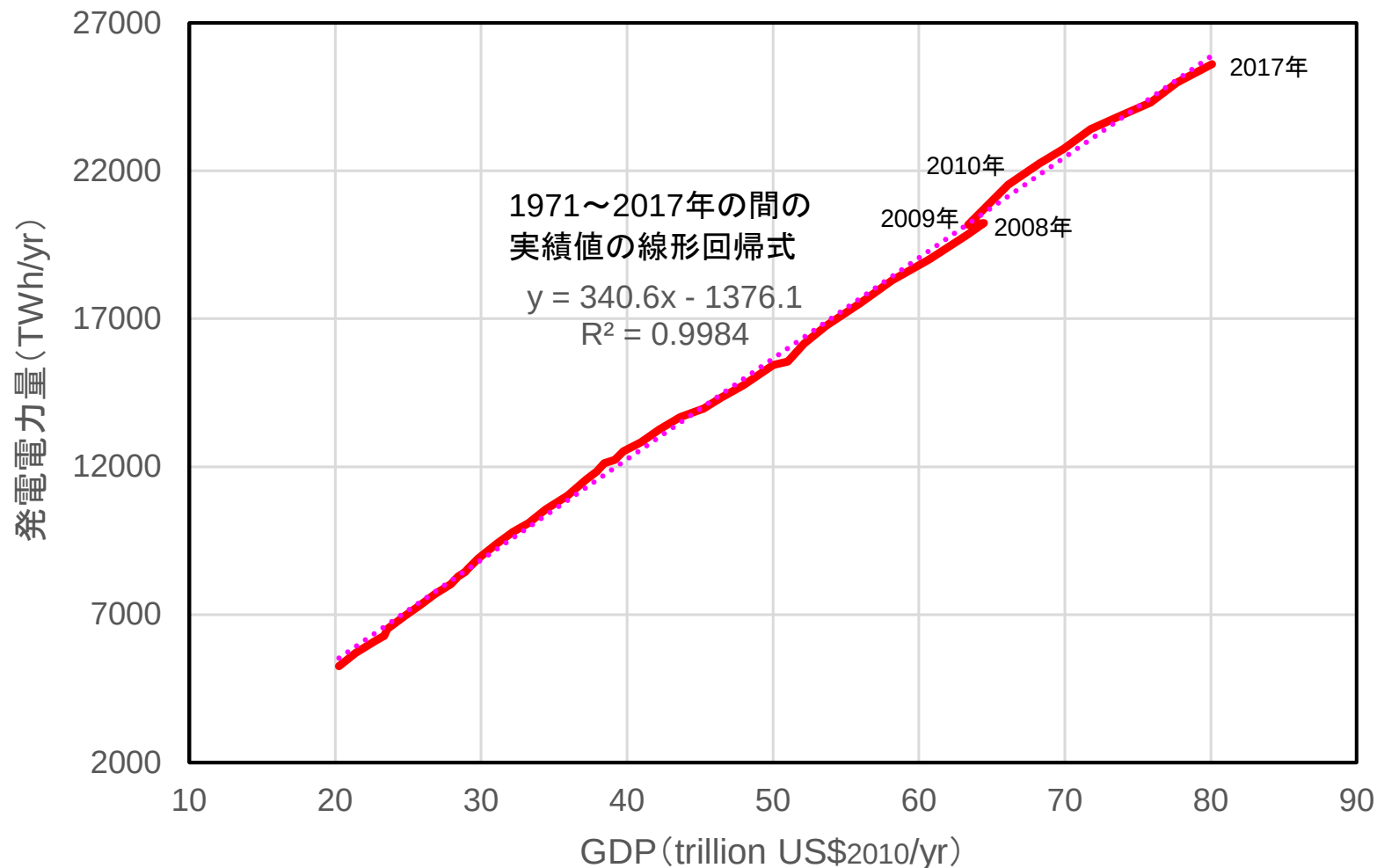
「皆さんを落胆させるかもしれないが、共感していない。現代の世界が複雑で多様であることを誰もグレタに教えていない」



気候のための学校ストライキ



世界の経済成長と電力消費量の関係

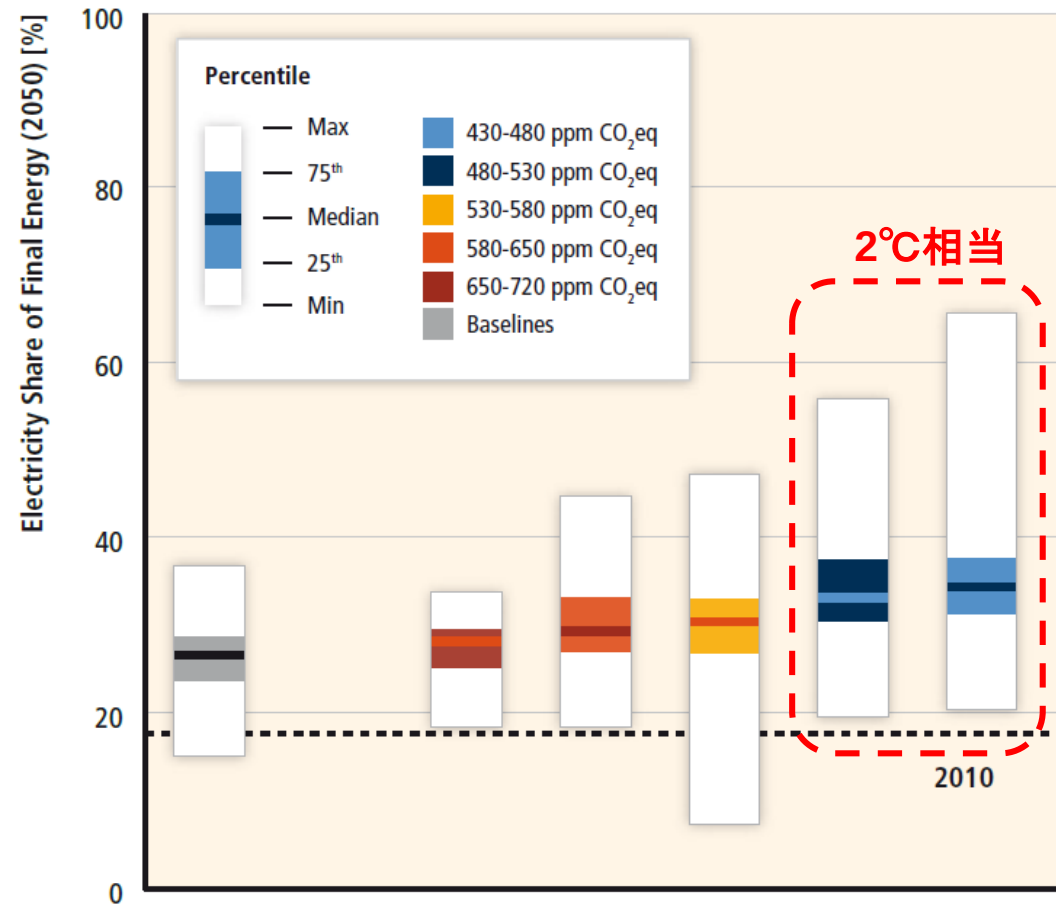


出典) 国際エネルギー機関 (IEA) 統計、2019

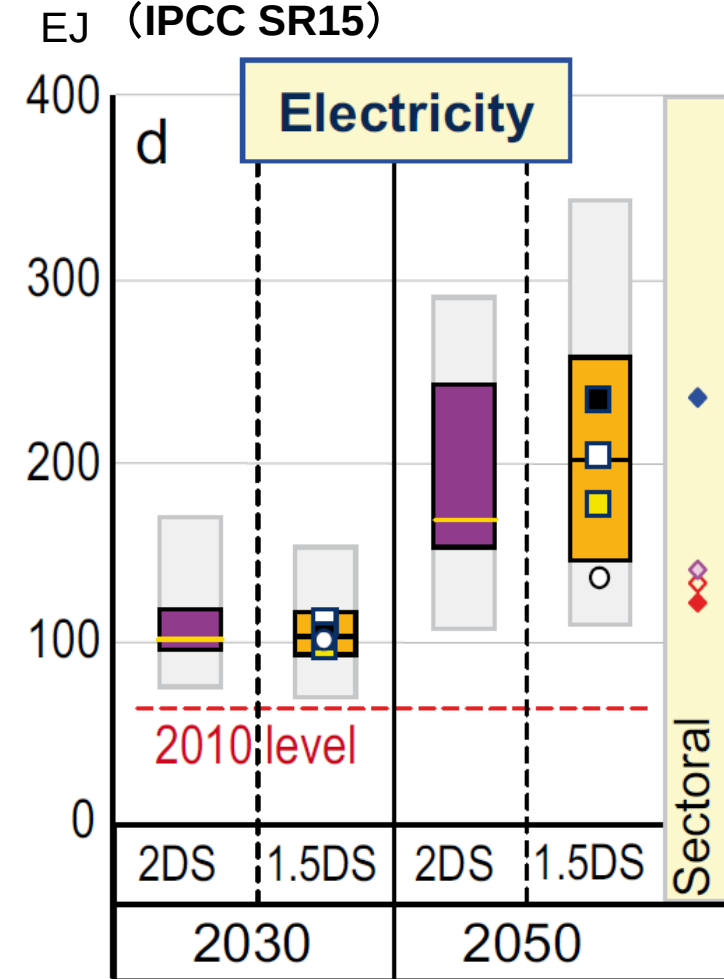
世界GDP(経済成長)と世界の電力消費量には、強い正の相関関係が見られる。経済成長と電力消費量は密接な関係。

大幅排出削減における電力需要

各種排出レベルにおける最終エネルギー消費における電力化率(IPCC AR5)

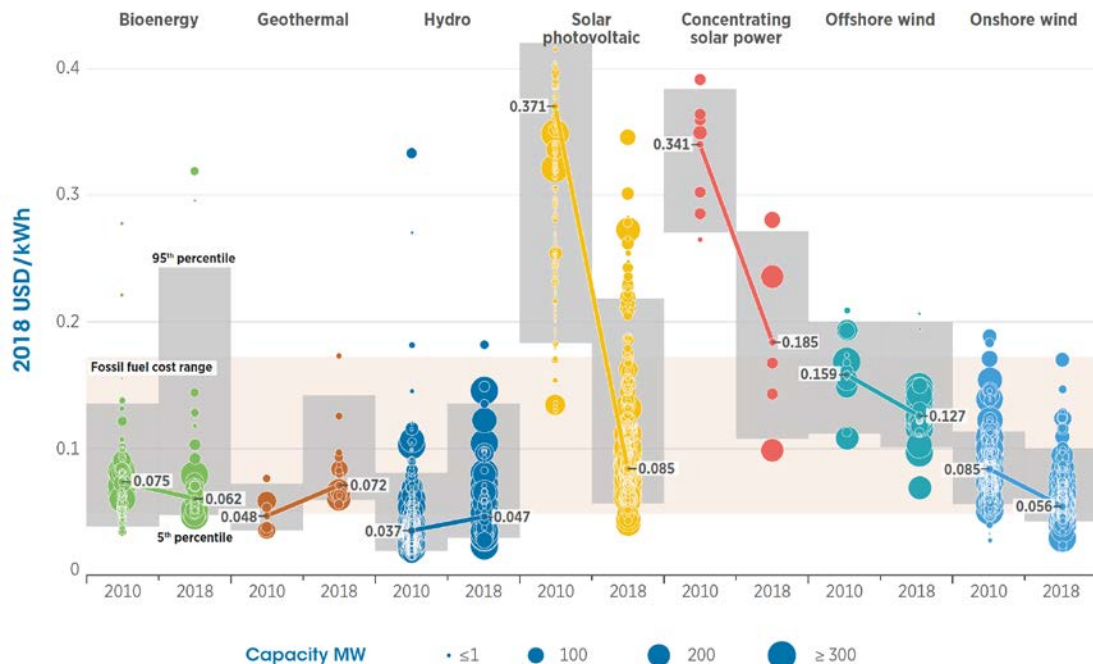


世界の電力消費量
(2°C、1.5°Cシナリオ)
(IPCC SR15)



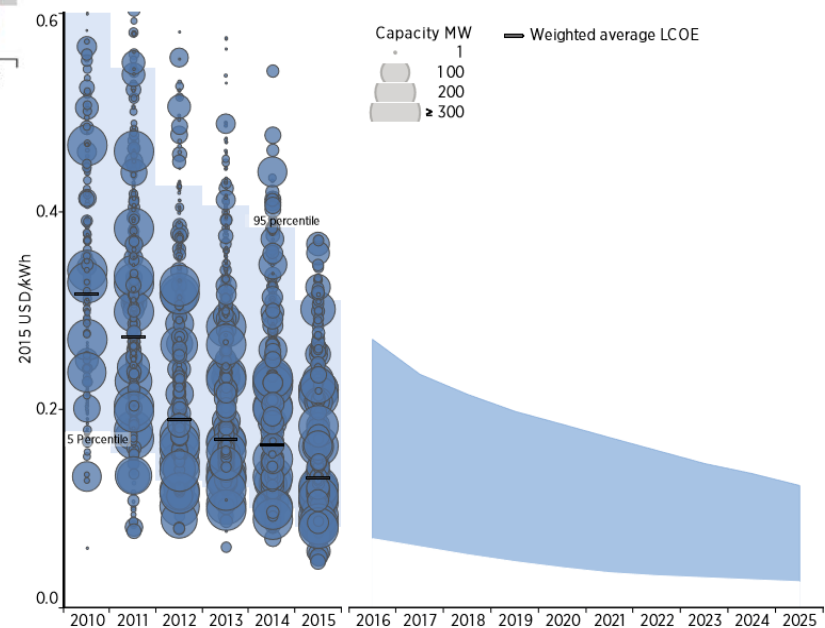
厳しい排出削減ほど、電力化率の向上が求められる傾向あり。

世界の再生可能エネルギーの動向



出典) IRENA

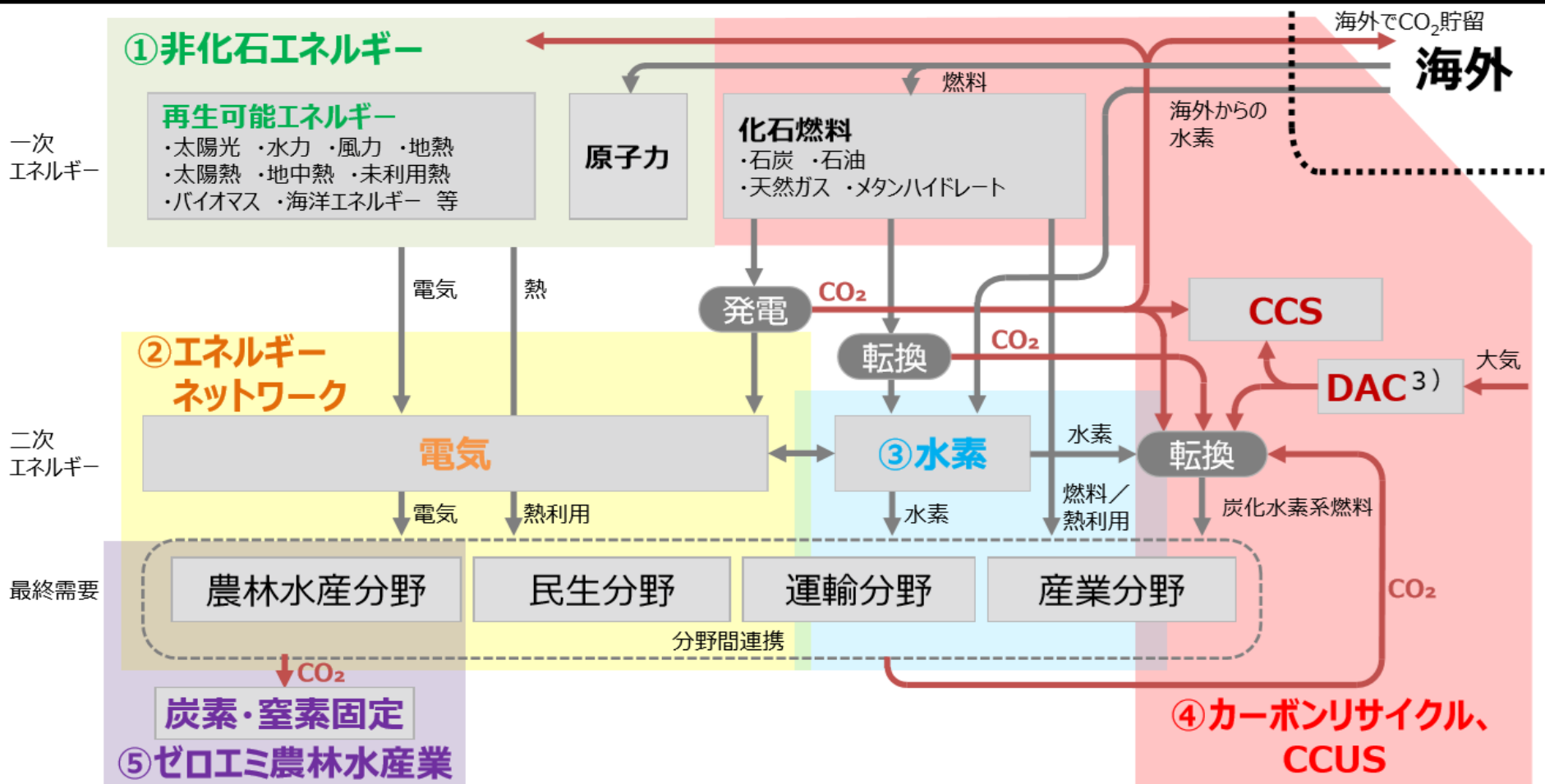
太陽光発電のコスト低減見通し



特に変動性再生可能エネルギー（太陽光、風力）のコスト低減は大きく進展してきている。

イノベーション・アクションプランの重点領域

技術領域で整理すると、①電力供給に加え、水素・カーボンリサイクルを通じ全ての分野で貢献する非化石エネルギー、②再生可能エネルギー導入に不可欠な蓄電池を含むエネルギーネットワーク、③運輸、産業、発電など様々な分野で活用可能な水素、④CO₂の大幅削減に不可欠なカーボンリサイクル、CCUS¹⁾、⑤世界GHG排出量の1/4²⁾を占める農林水産分野の5つが重点領域となる。

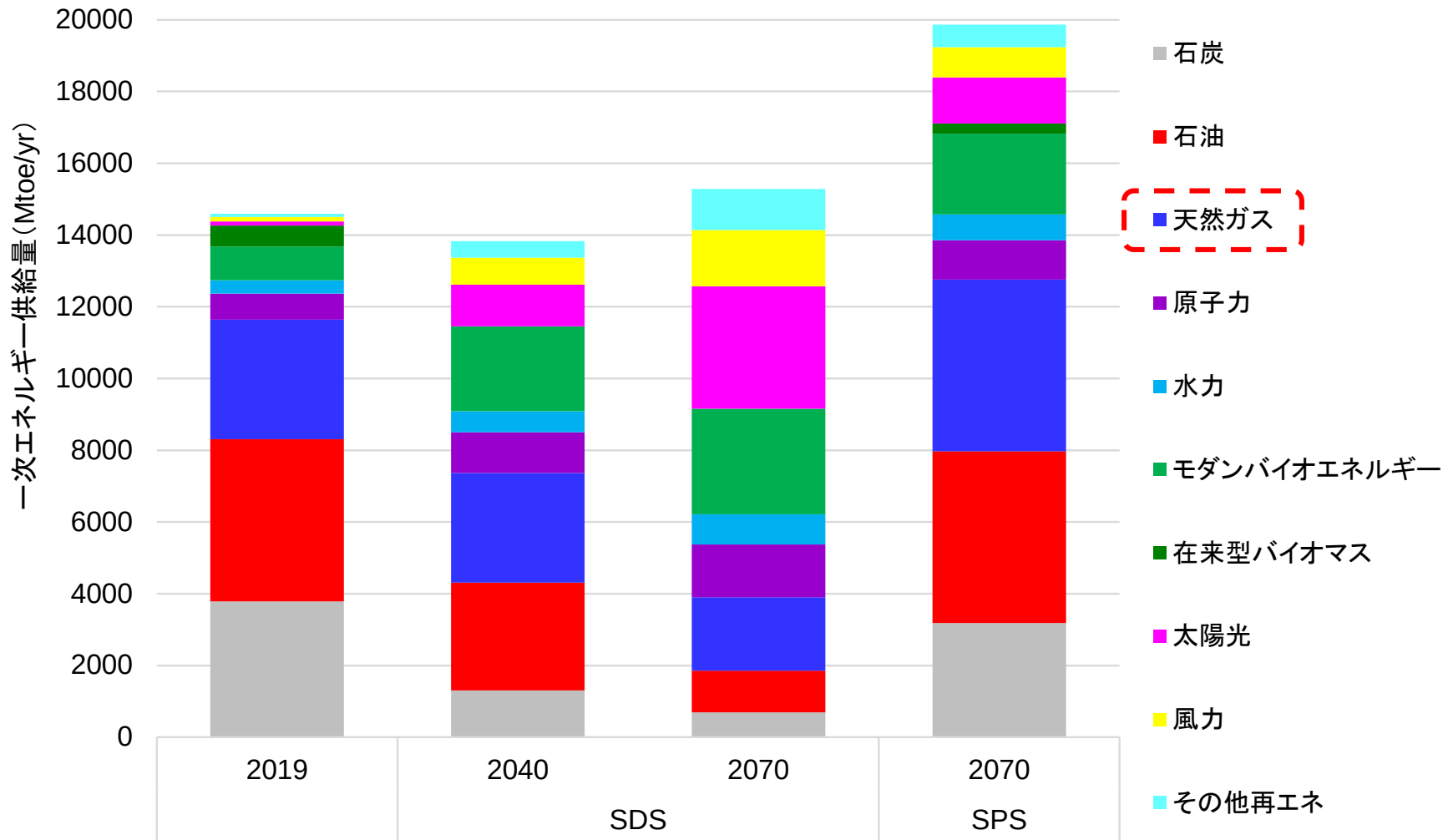


1) CCUS : Carbon Capture, Utilization and Storage (炭素の回収・利用・貯留)

2) 農業・林業・その他土地利用部門からのGHG排出量は世界の排出量の約1/4を占める (出典 : IPCC AR5 第3作業部会報告書)

3) DAC : Direct Air Capture (大気からのCO₂分離)

IEA ETP2020: 世界の一次エネルギー供給量



- ✓ IEAシナリオでも、2°C(>66%)シナリオ(SDS)の場合、2040年では世界のガス需要量は2019年と似通った水準であり、また、2070年であってもガスの比率は相応に残っている。
- ✓ 現状政策シナリオ(SPS)の場合は、2070年のガス需要は相当拡大

IEA ETP2020: 世界の最終エネルギー需要

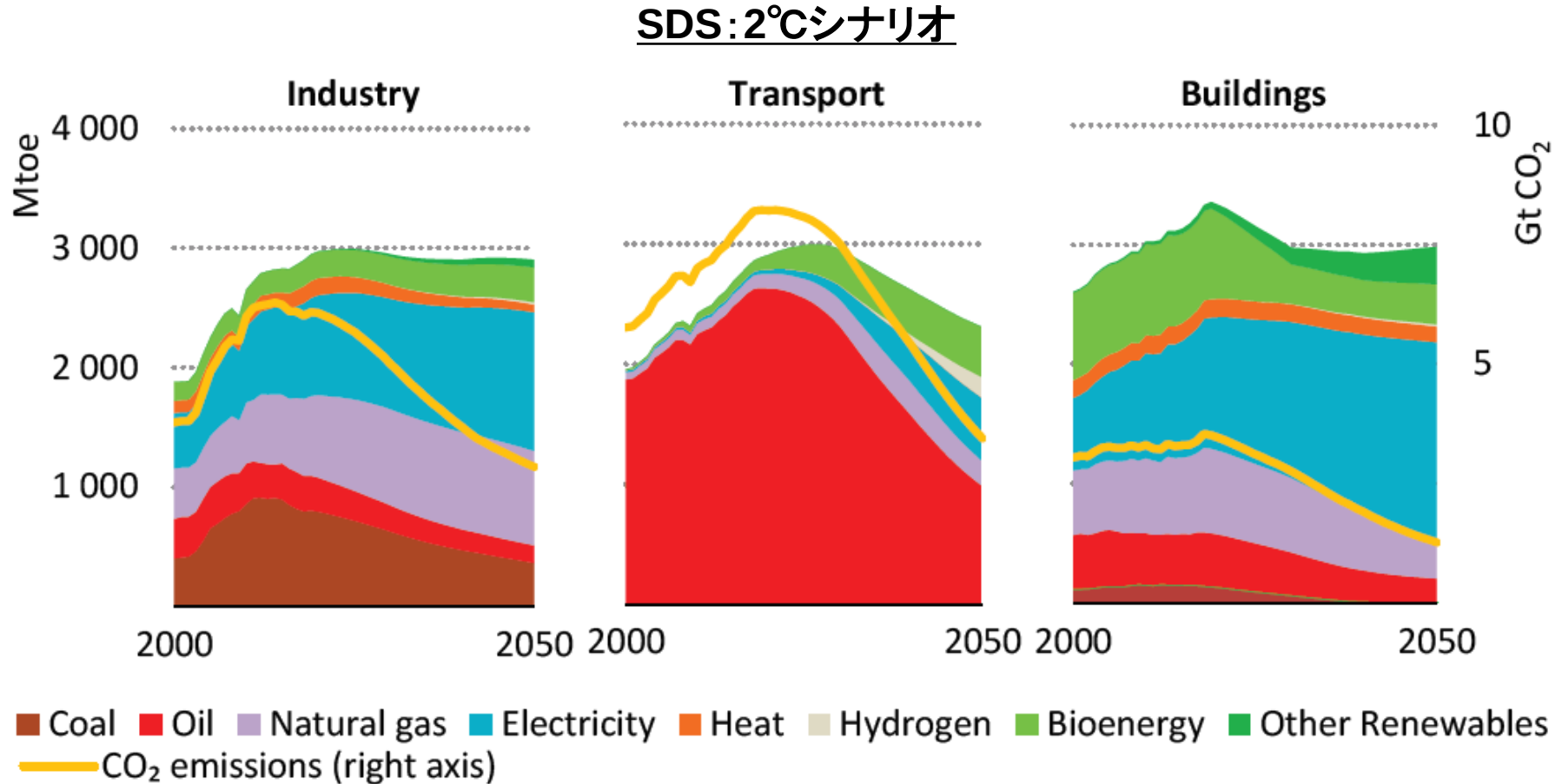
2°C、>66%

現状政策

	Sustainable Development Scenario				Stated Policies Scenario
	2000	2019	2040	2070	2070
Industry	2 054	3 278	3 162	3 077	4 513
Transport	1 961	2 865	2 537	2 461	3 923
Buildings	2 345	3 087	2 648	2 868	4 193
Other	950	1 153	1 310	1 081	1 639
Total	7 310	10 384	9 657	9 486	14 269
Coal	732	1 327	824	398	1 326
Oil	3 292	4 048	2 823	1 099	4 561
Natural gas	1 104	1 659	1 357	426	2 362
Electricity	1 076	1 943	2 909	4 507	4 004
Heat	240	312	272	187	356
Hydrogen	0	0	98	539	91
Ammonia	0	0	18	133	9
Bioenergy	859	1 035	1 035	1 315	1 285
Synfuels	0	0	32	254	0
Other renewables	7	60	290	629	275
Total	7 310	10 384	9 657	9 486	14 269
Hydrogen-related demand		94	290	1 199	229

メタネーション
含む

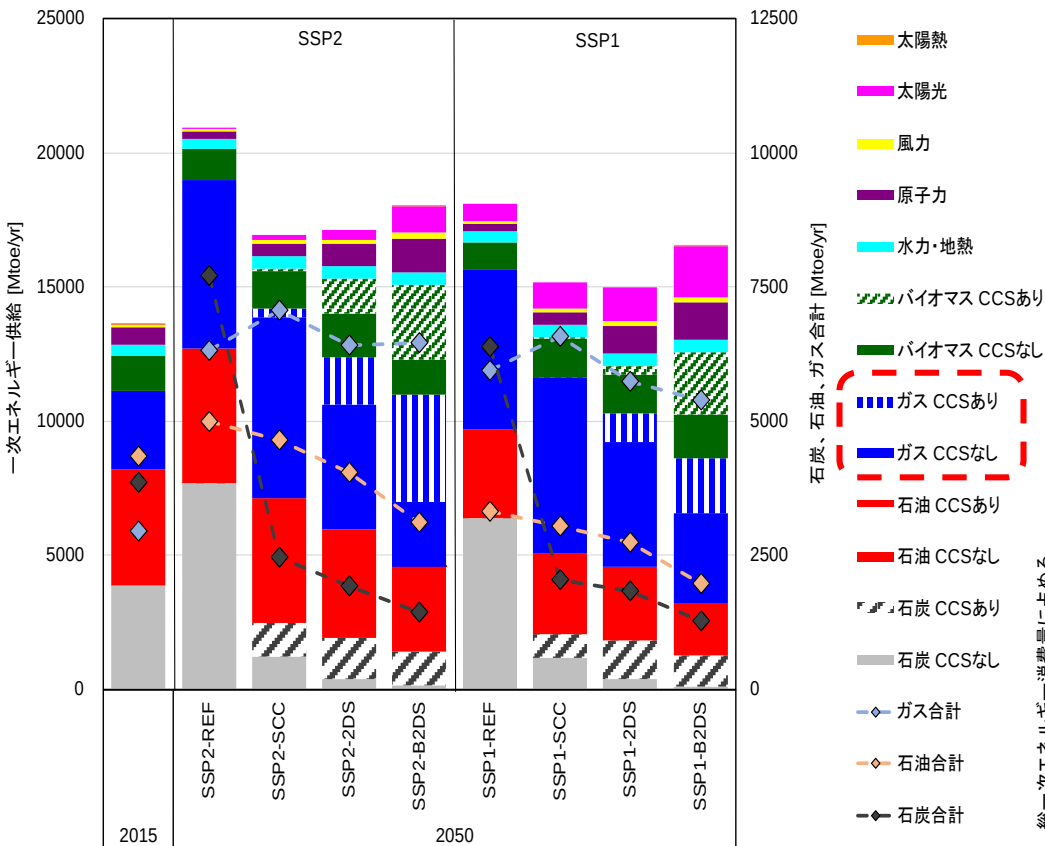
IEA WEO2019の最終エネルギー消費量



注) フィードストック含まず

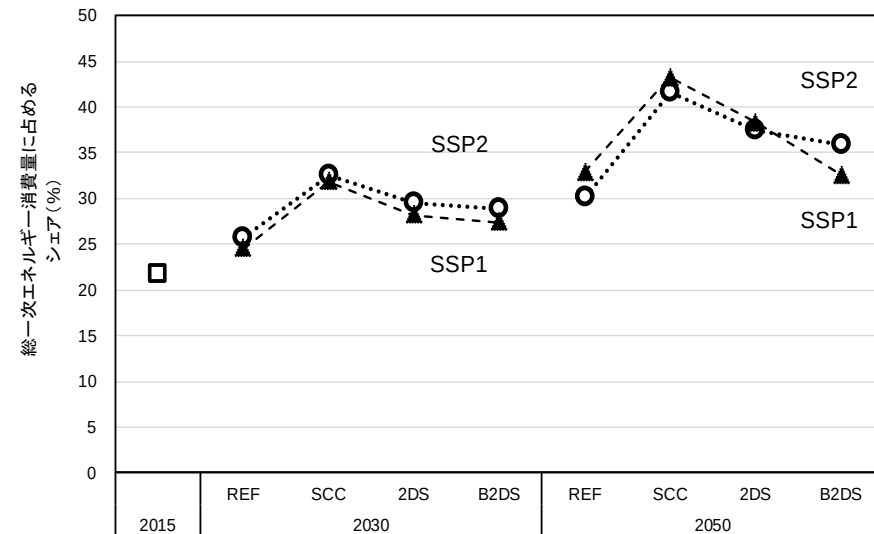
- ✓ 民生部門(Buildings)における電化率の向上が顕著に見られる。
- ✓ 全体として、2°C目標下であっても、2050年の天然ガス比率は劇的に小さくなるわけではない。

世界一次エネルギー供給量



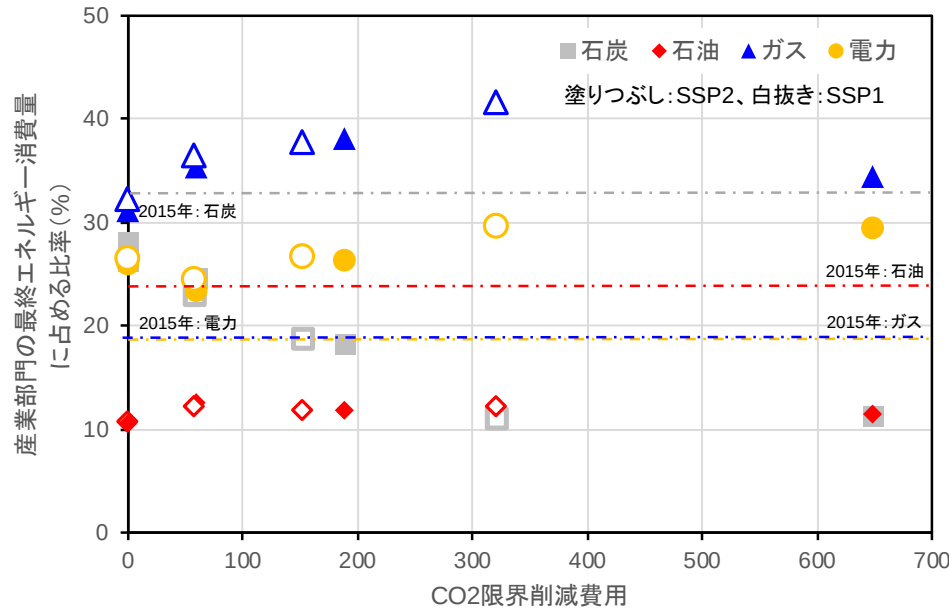
RITE DNE21+モデルによる分析
出典) 永田 他, エネルギー・資源, 2020

SCC: Social Cost of Carbon (炭素の社会的費用)
米国SCC (割引率3%/yr時) を参考に
2030年: 42 USD/tCO₂、2050年: 58 USD/tCO₂ 等
と想定したシナリオ (いずれも2000年価格表示)



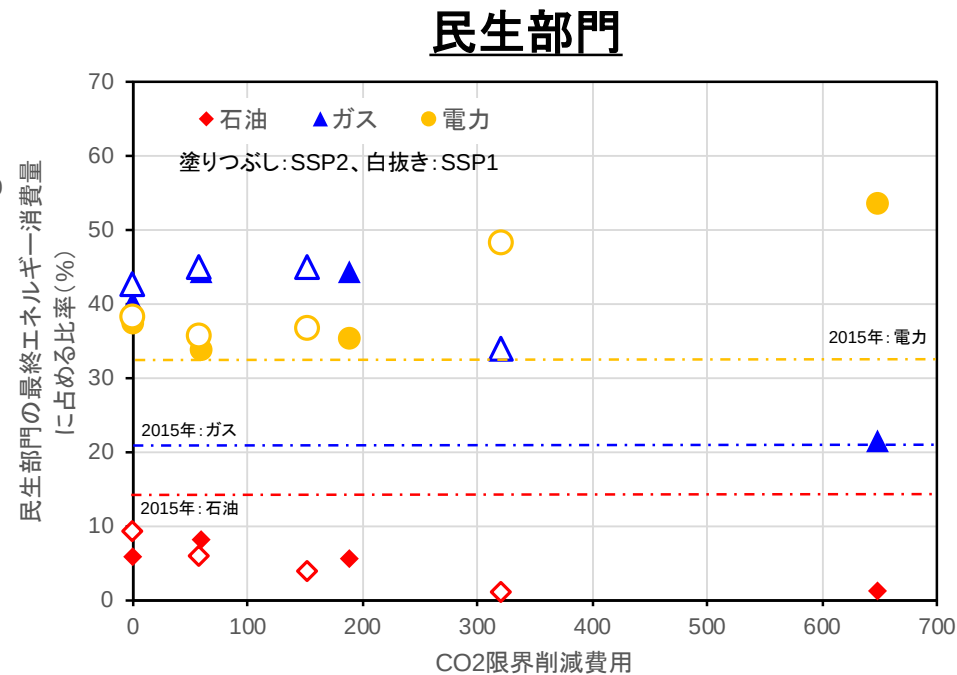
- ✓ 2100年までの排出削減経路を想定し、動的な最適解を導出した結果
- ✓ 2DS (2°C、>50%確率), B2DS (2°C、>66%) は正味CO₂ゼロ排出への経路を想定したもの (前者は2100年に、後者は2060年頃に正味ゼロ) であるが、それでも2050年には一定程度の天然ガスは残る結果
- ✓ SCCシナリオでは特にガスの経済性高い結果

2050年の世界最終エネルギー消費量（限界削減費用別）



RITE DNE21+モデルによる分析
出典) 永田 他, エネルギー・資源, 2020

産業部門



民生部門

- ✓ 産業部門では想定したすべてのシナリオで2015年実績よりもガスの比率を増やすことが経済的
- ✓ 民生部門でも、想定したシナリオの内、最も厳しい排出削減シナリオを除けば、2015年実績よりもガス比率を増やすことが経済的。ただし、厳しい排出削減シナリオでは、電力比率を大きく高めることが経済的

- ◆ いずれの気温レベルであったとしても、気温安定化のためには、世界におけるCO₂排出の正味ゼロの実現が必要。また、早期の正味ゼロ排出実現の要請が強まっている。
- ◆ 一方で、現実の国際政治は複雑であり、冷静な観察からは、2°C、1.5°C目標、2050年正味ゼロといった目標は、相当に意欲的なものと考えられ、真に実現できるかは相当大きな不確実性がある。公式的な目標が達成できない場合も含めて戦略を考えることも重要。柔軟性を有した、「複線シナリオ」で対応する戦略をとっておく必要がある。
- ◆ 更には、仮に正味ゼロ排出を実現するとしても、BECCSやDACCSなどの負排出技術(NETs)の役割もあり、それらの技術貢献次第で、化石燃料利用の可能性も大きく変化し得る。
- ◆ 少なくとも、2050年までという時間スケールにおいては、上記のような情勢の中で、天然ガスの役割は拡大、慎重に見たとしてもまだ継続すると考える方が蓋然性が高い。分散型、熱の有効利用という長所を最大限追求すべき。
- ◆ 再エネのコスト低下、デジタル化の進展の分散リソースの活用が高まっている。
- ◆ その中で、水準については議論があるものの、再エネ拡大と電力化率向上については、頑健な見通しがあると考えられる。
- ◆ 再エネの拡大とともに、水素の役割の拡大、更には多くの部門でゼロ排出に近付けるためには、水素の利便性を拡大するため、メタネーションなどの合成燃料(CCU)の利用も戦略として重要。高い不確実性下において、ガス戦略の柔軟性を増すと考えられる。

付 録

RITE 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・CO₂削減技術のシステムの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、天然ガス・合成メタン、電力、エタノール、水素、CO₂(ただしCO₂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)、CO₂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
- ◆ 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、それらが整合的に評価可能
- ・ 非CO₂ 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

- ・ 中期目標検討委員会およびタスクフォースにおける分析・評価
- ・ 国内排出量取引制度の検討における分析・評価
- ・ 環境エネルギー技術革新計画における分析・評価

はじめ、気候変動政策の主要な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