

緩和策に関する研究の最新動向

増井利彦・森田香菜子・久保田泉

第2回「スクール・パリ協定2022」

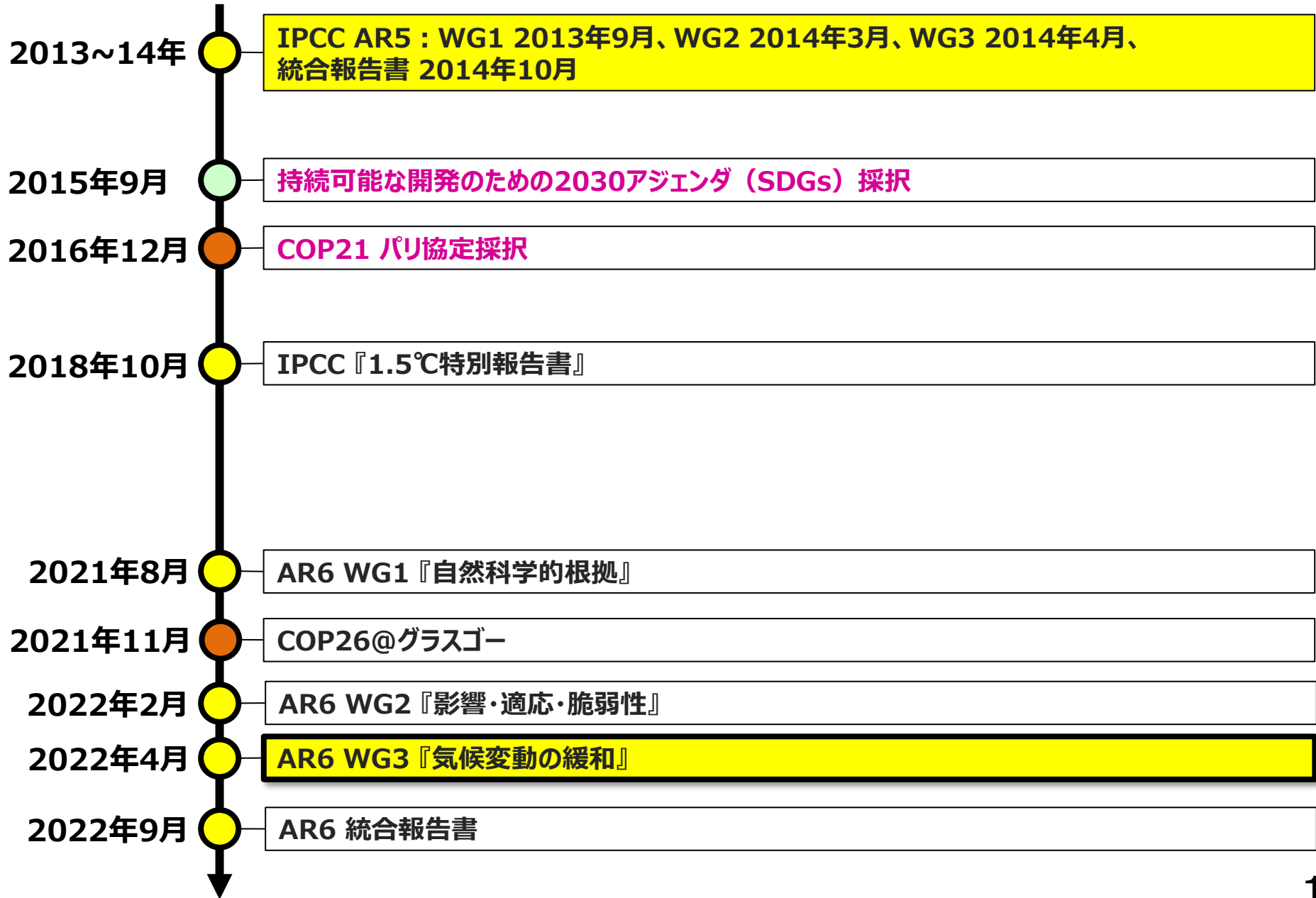
～ 気候変動の国際交渉・国内対策のシリーズ勉強会 ～

2022年3月16日

本資料は下記の方々と作成しました。ここに記して謝意を表します。

- ・ 長谷川知子様（立命館大学）
- ・ 水口哲様（東京工業大学大学院生/日本記者クラブ会員）
- ・ 日比野剛様（国立環境研究所）
- ・ 榎原友樹様、内藤彩様、小川祐貴様（E-Konzal）
- ・ 元木悠子様、大澤慎吾様（みずほリサーチ&テクノロジーズ）
- ・ 川村淳貴様（デロイトトーマツコンサルティング）

IPCC 第5次報告書～第6次報告書



AR6 WG1 : 人間活動の温暖化への影響について「疑う余地がない」

<温暖化と人間活動の影響の関係についての表現の変化>

報告書	公表年	人為起源の気候変動影響についての評価
FAR	1990年	「気温上昇を生じさせるだろう」 人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせる恐れがある。
SAR	1995年	「影響が全地球の気候に表れている」 識別可能な人為的影響が全球の気候に表れている。
TAR	2001年	「可能性が高い」 (66%以上) 過去50年に観測された温暖化の大部分は、温室効果ガスの濃度の増加によるものだった可能性が高い。
AR4	2007年	「可能性が非常に高い」 (90%以上) 20世紀半ば以降の温暖化のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の増加による可能性が非常に高い。
AR5	2013~14年	「可能性が極めて高い」 (95%以上) 20世紀半ば以降の温暖化の主な要因は、人間活動の可能性が極めて高い。
AR6	2021年	「疑う余地がない」 人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない (unequivocal) 。

(出典) IPCC資料より作成

＜気候変動が及ぼす観測された影響の表現の変化＞

報告書	公表年	気候変動が及ぼす観測された影響
TAR	2001年	近年の地域的な気候変化、特に気温の上昇は既に 多くの物理・生物システム に対して 影響を及ぼしている 。
AR4	2007年	多くの自然システム が、地域的な気候変動、とりわけ気温上昇の 影響を受けつつある ことを示している。
AR5	2014年	ここ数十年で、すべての大陸と海洋において、気候の変化が 自然及び人間システム に対して 影響を引き起こしている 。
AR6	2021年	人為起源の気候変動により、自然の気候変動の範囲を超えて、 自然や人間 に対して 広範囲にわたる悪影響 とそれに関連した 損失と損害 を引き起こしている。

AR6 WG2 : 1.5°Cの気温上昇ですら影響リスクが存在

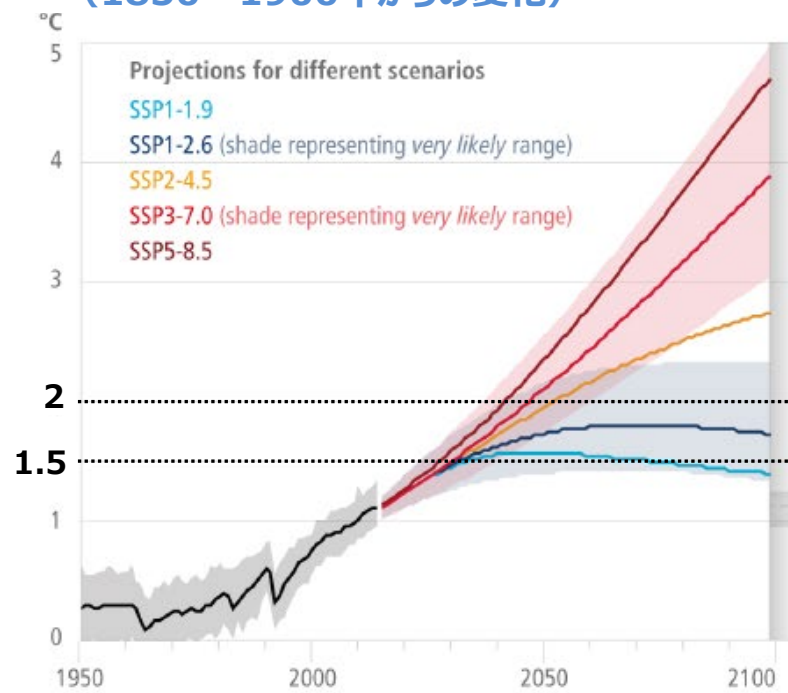
■ 気温上昇を1.5°Cに制限すれば、RFC3、RFC4、RFC5のリスクレベルは「中程度」に留まるが、RFC2のリスクは1.5°Cで「高い」に移行し、RFC1は「非常に高い」への移行がかなり進む。(TS.C12.2)

< 5つの懸念材料 >

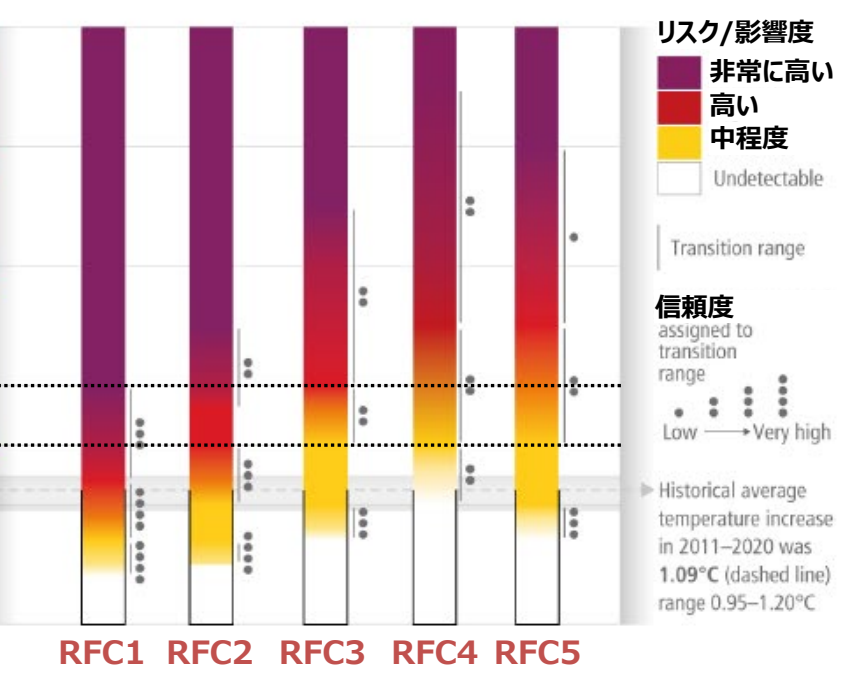
- RFC1 固有性が高く脅威に曝されるシステム：サンゴ礁、北極圏とその先住民、山岳氷河、生物多様性ホットスポットなど
- RFC2 極端な気象現象：熱波、大雨、干ばつとそれに伴う山火事、沿岸部の洪水など
- RFC3 影響の分布：脆弱な社会や社会生態系などの特定のグループに不均衡に影響を与えるリスク/影響
- RFC4 世界全体で総計した影響：地球規模で金銭的損害、人命、種の喪失、生態系の劣化など
- RFC5 大規模な特異事象：氷床崩壊や熱塩循環の減速など

< 温暖化レベル上昇によるリスク評価 >

(a) 全球の地表気温の上昇量 (1850~1900年からの変化)



(b) 5つの懸念材料に関するリスク評価 (適応が低いもしくは全くない場合)



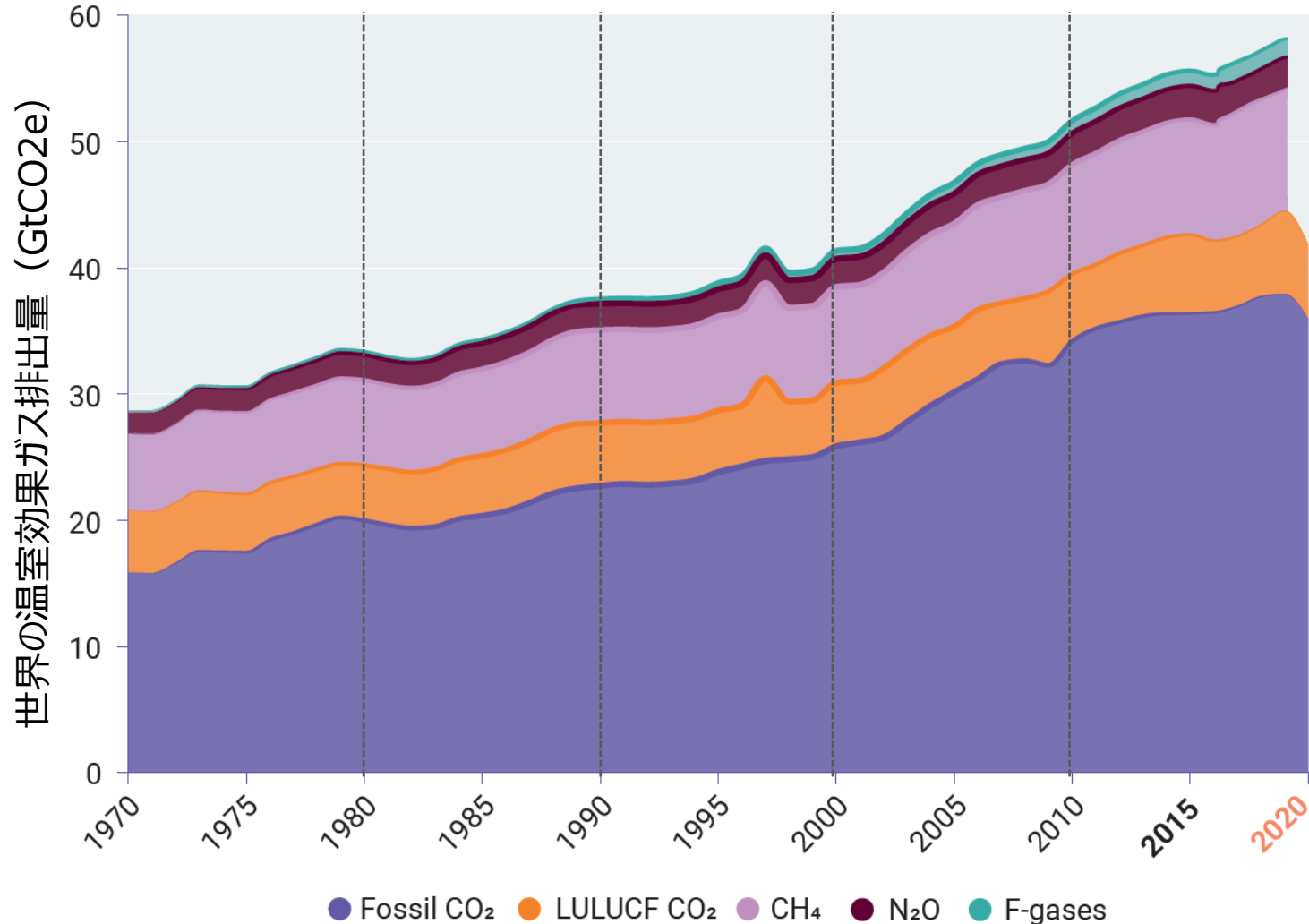
(出所) IPCC AR6 WGII SPM Figure SPM.3

AR6 WG3 章構成

AR6 WG3	AR5 WG3
1. Introduction and Framing	1. 序章
2. 排出傾向と駆動要因	5. 駆動要因・トレンド・緩和
3. 長期目標と整合する緩和経路	6. 移行経路の評価
4. 短期・中期の緩和・開発経路	
5. 需要、サービス、緩和の社会的側面	
6. エネルギーシステム	7. エネルギーシステム
7. 農業、森林、その他土地利用	11. 農業、森林、その他土地利用
8. 都市システムとその他居住地	12. 人間居住・インフラ・空間計画
9. 建物	9. 建物
10. 運輸	8. 運輸
11. 産業	10. 産業
12. 部門横断の展望	
13. 国・地域の政策と制度	15. 国・地方自治体の政策と制度
14. 国際協力	13. 国際協力：合意と措置
	14. 地域開発と協力
15. 投資とファイナンス	16. クロスカutting、投資と資金問題
16. イノベーション、技術開発、移転	
17. 持続可能な発展の文脈における移行の加速	
(AR5 WG3の2~4章は、AR6 WG3 4~5, 13~14, 16~17章に含まれる)	2. リスクや不確実性での気候変動政策 3. 社会・経済・倫理的側面からの概念と方法 4. 持続的発展と衡平性

世界のGHG排出量は継続的に増加している

＜世界のガス種別GHG排出量の推移＞

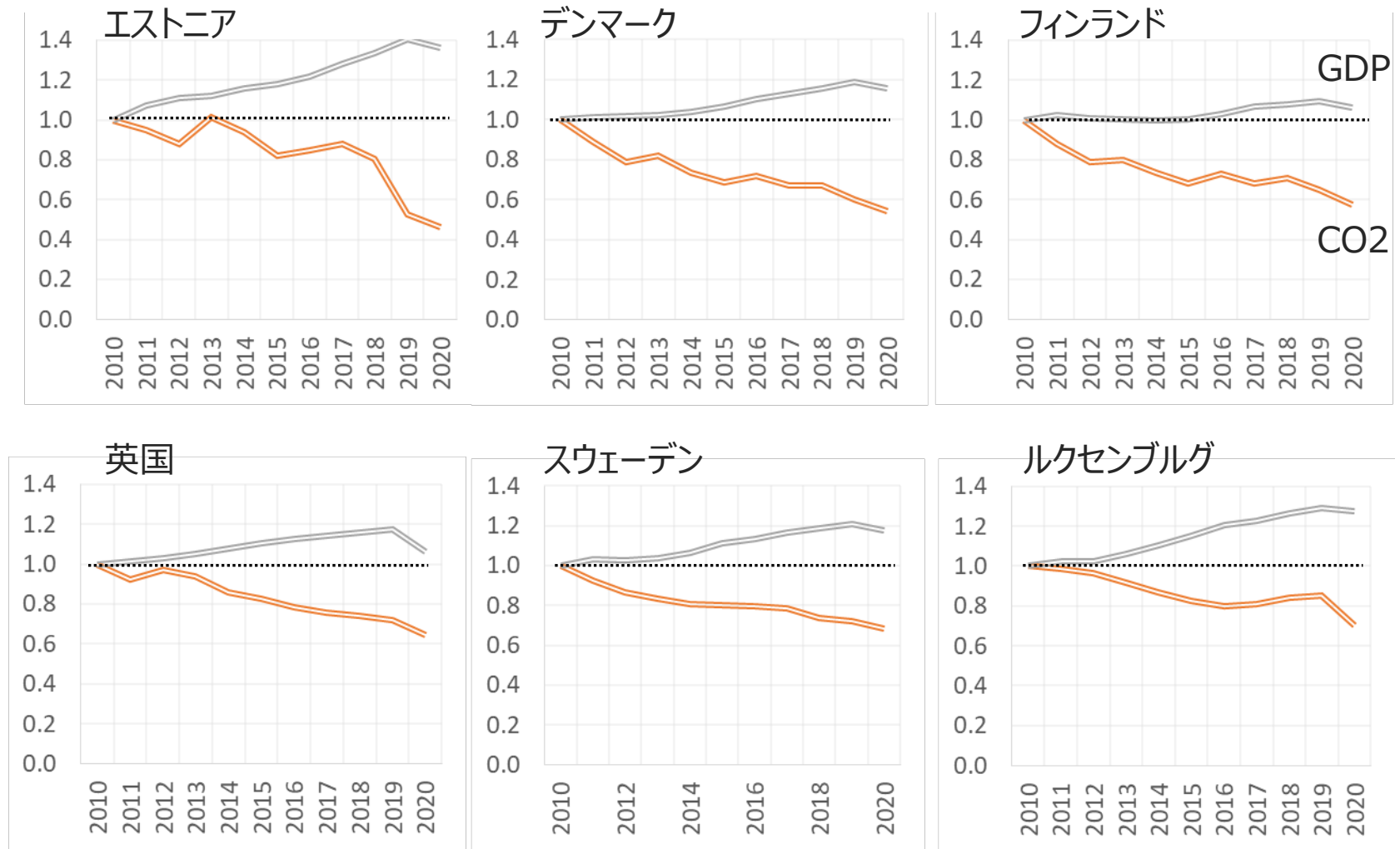


2020 data only available for fossil and LULUCF CO₂

過去10年間に於いてCO2の大幅削減を達成している国も存在

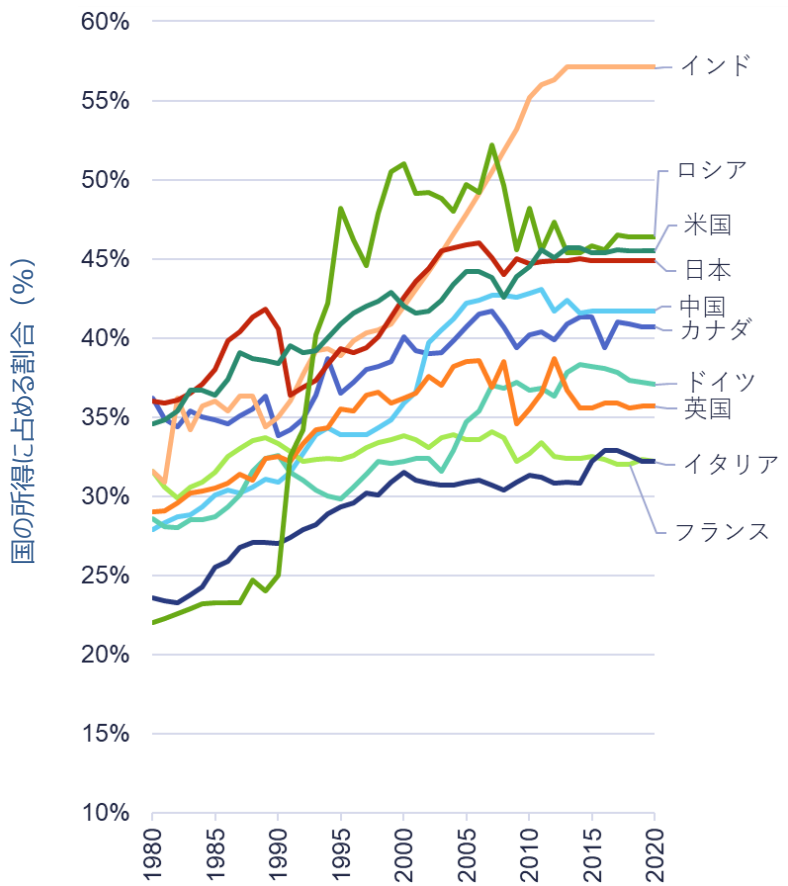
＜過去10年間に於けるGDPとCO2排出量＞

GDPを増加させつつ、CO2を年率3%以上で削減している国々



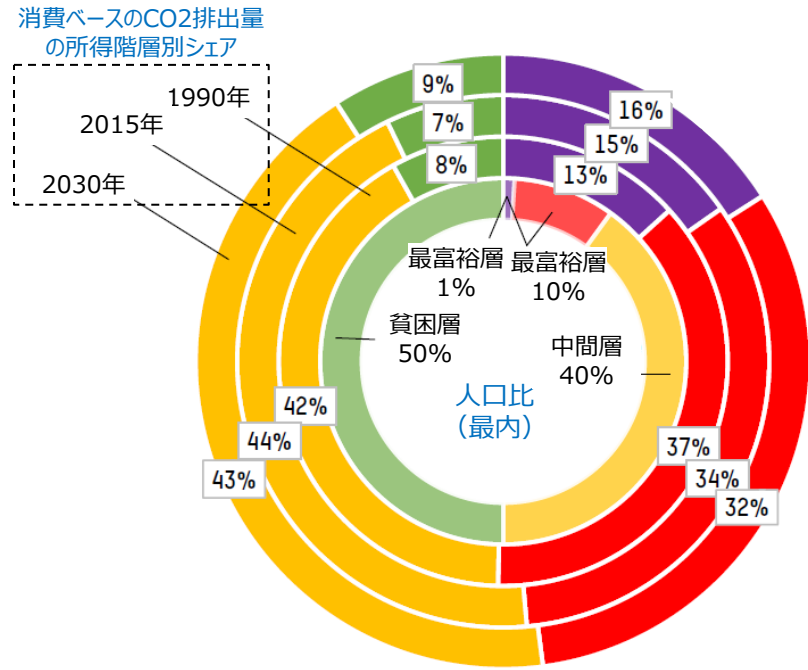
世界人口の10%を占める最富裕層が排出量の約半分を占め、人口の半分を占める富裕層 + 中間層は排出量の9割を占めている。

<各国の最富裕層10%の収入割合>



(出所) World Inequality Lab (2021) 「World Inequality report」データより作成

<消費ベースの排出量に占める各所得階層の内訳>



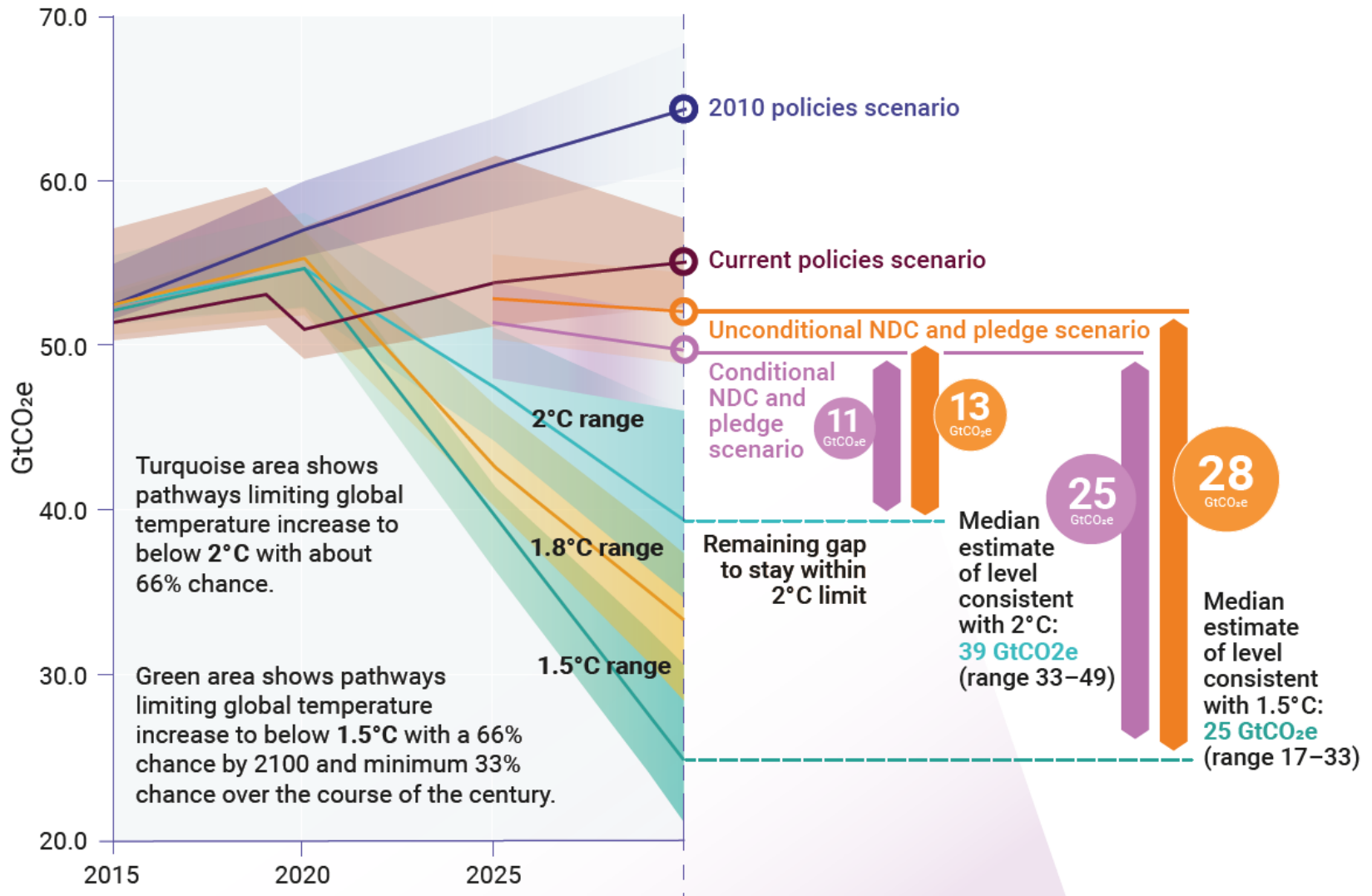
Source: IEEP and SEI analysis

2015年において、世界人口の1%を占める最富裕層が排出量の15%を占め、世界人口の10%を占める最富裕層は排出量の約半分を占め、人口の半分を占める富裕層 + 中間層は排出量の9割を占めている。2030年においても同様の傾向は維持され、特に人口の1%を占める最富裕層の排出量が占める割合は更に増加する。

(出所) Oxfam (2020) 「Carbon inequality in 2030」

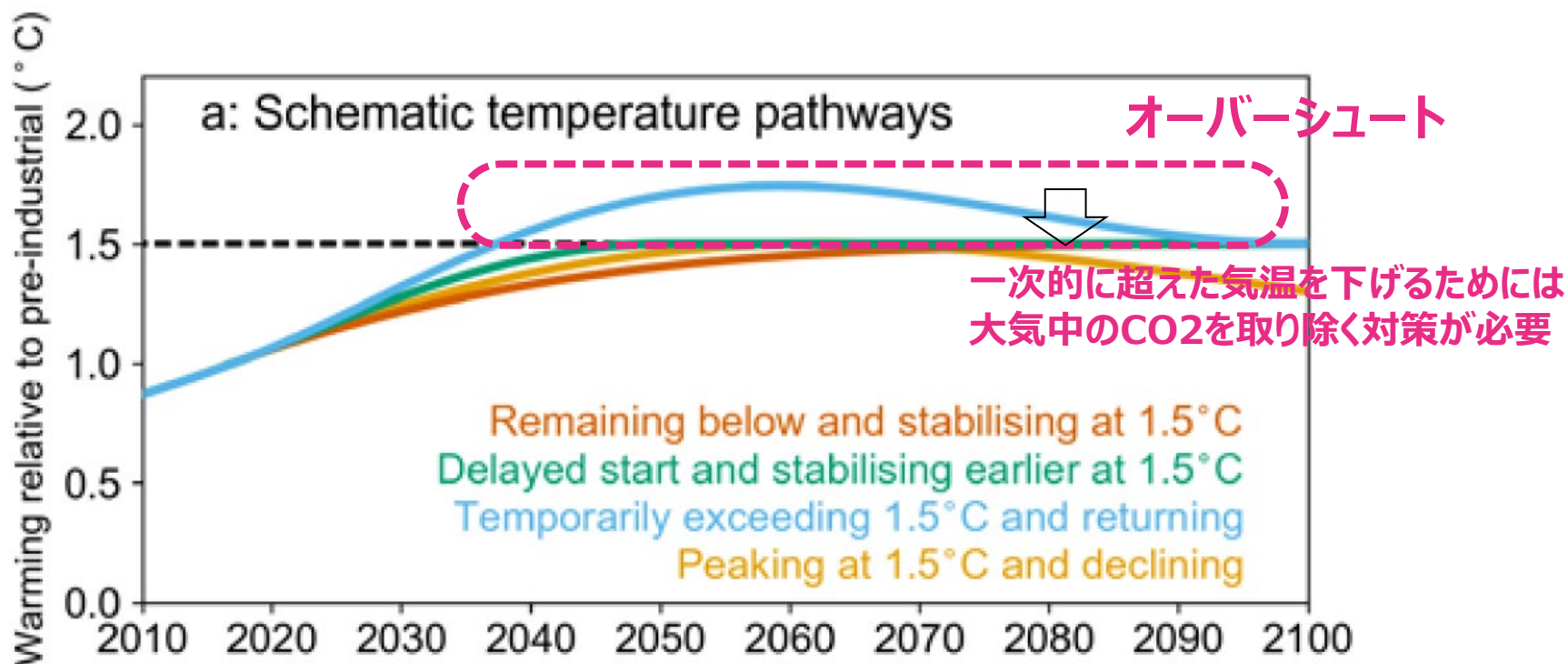
2°C・1.5°C目標の達成には現行のNDCでは極めて不十分

<温度目標とNDC目標とのギャップ>



(参考) オーバーシュートとは(1)

<気温目標に対するオーバーシュート>



(出所) IPCC (2018) 「SPECIAL REPORT Global Warming of 1.5 °C」

(参考) オーバーシュートとは(2)

<1.5°Cオーバーシュートの影響>

B.6 地球温暖化が、次の数十年間又はそれ以降に、一時的に1.5°Cを超える場合(オーバーシュート)、1.5°C以下に留まる場合と比べて、多くの人間と自然のシステムが深刻なリスクに追加的に直面する(確信度が高い)。オーバーシュートの規模及び期間に応じて、一部の影響は更なる温室効果ガスの排出を引き起こし(確信度が中程度)、一部の影響は地球温暖化が低減されたとしても不可逆的となる(確信度が高い)。

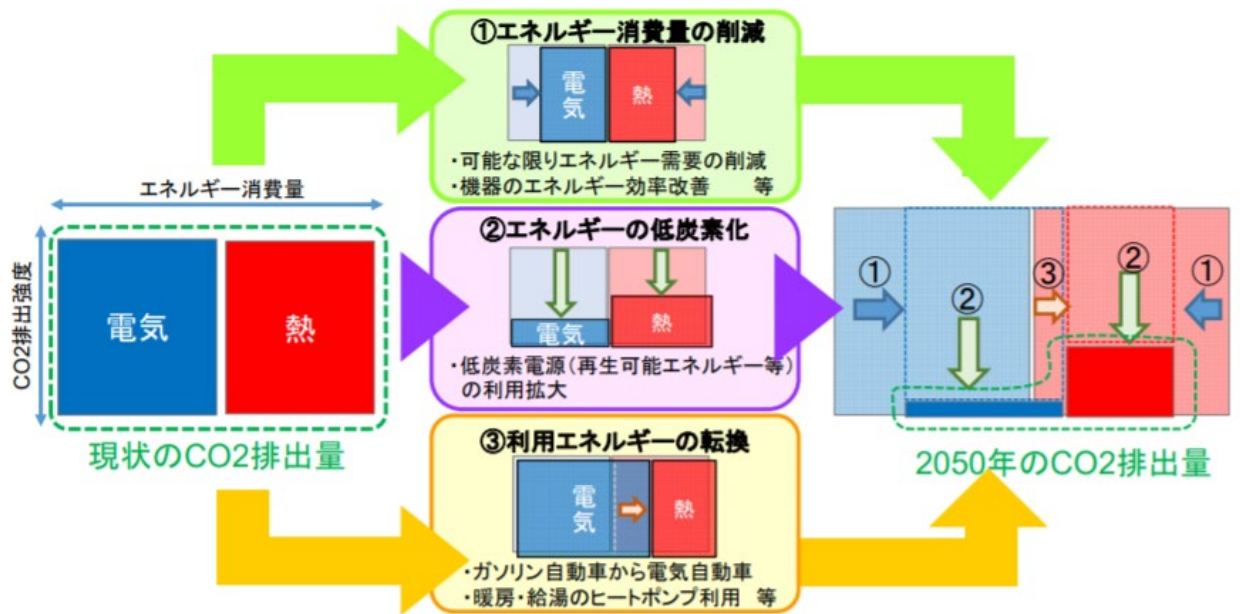
(出所) IPCC (2022) AR6 WG2 SPM

脱炭素社会の実現のためには、エネルギー消費量の削減、使用するエネルギーの低炭素化、利用エネルギーの転換を総合的に進めていくことが重要

<エネルギーシステムの脱炭素化の対策>

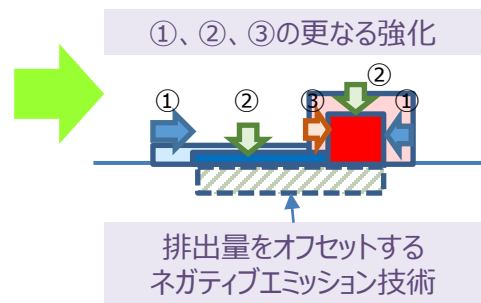
- 脱炭素社会の実現のためには、①エネルギー消費量の削減、②使用するエネルギーの低炭素化、③利用エネルギーの転換を総合的に進めていくことが重要である。
- カーボンニュートラルを実現するためには、①～③の強化とともに、④ネガティブエミッション技術*の導入が不可欠になる。

脱炭素社会実現に向けた方向性について（イメージ図）



(出典) 環境省 (2015) 温室効果ガス削減中長期ビジョン検討会 とりまとめ (破線までの図)

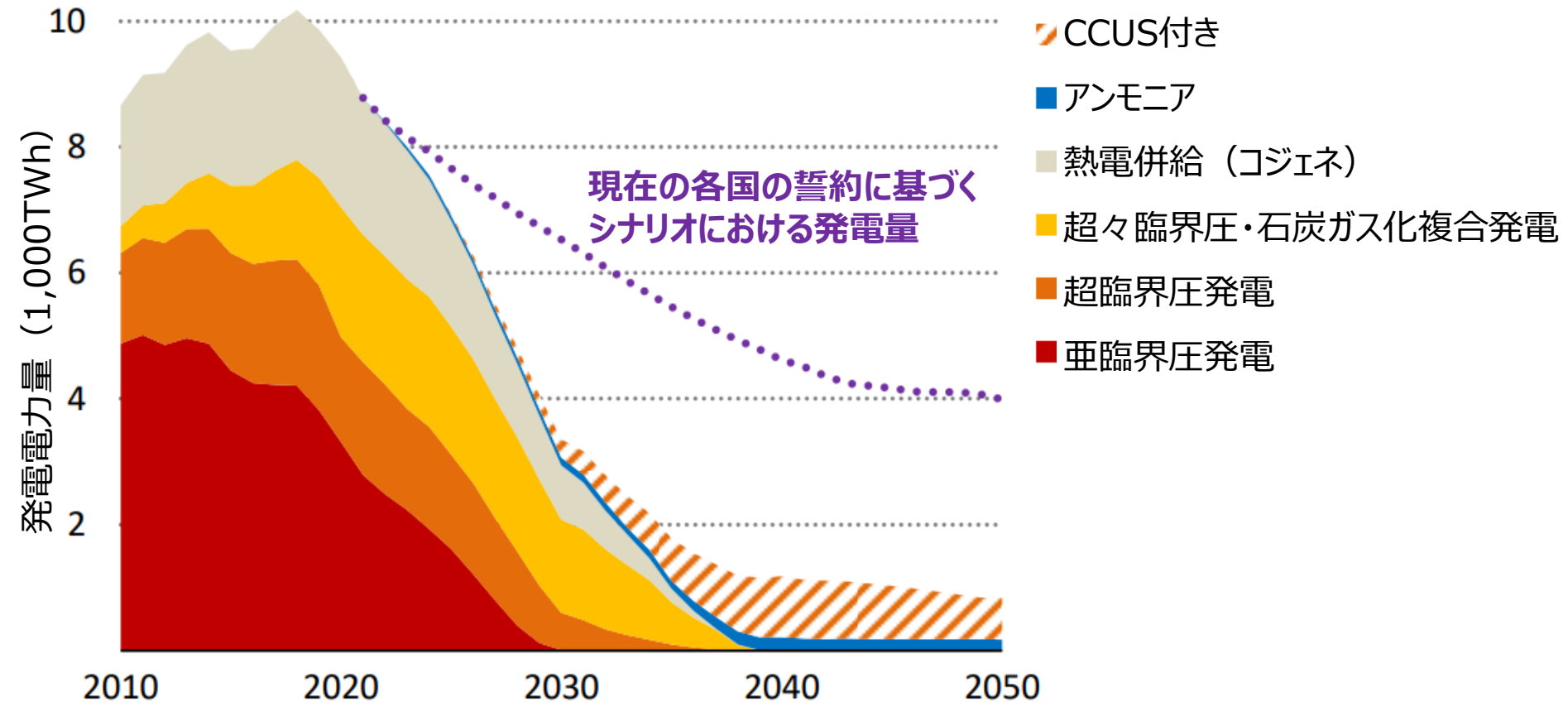
ネットゼロのための
ネガティブエミッション技術



- 上記の技術的対応に加えて、さらに⑤社会変容（消費行動や生産の見直し）も重要となる。

気温上昇を1.5℃までに留めるためには、世界の石炭火力発電は閉鎖や利用率低減が必要がある。

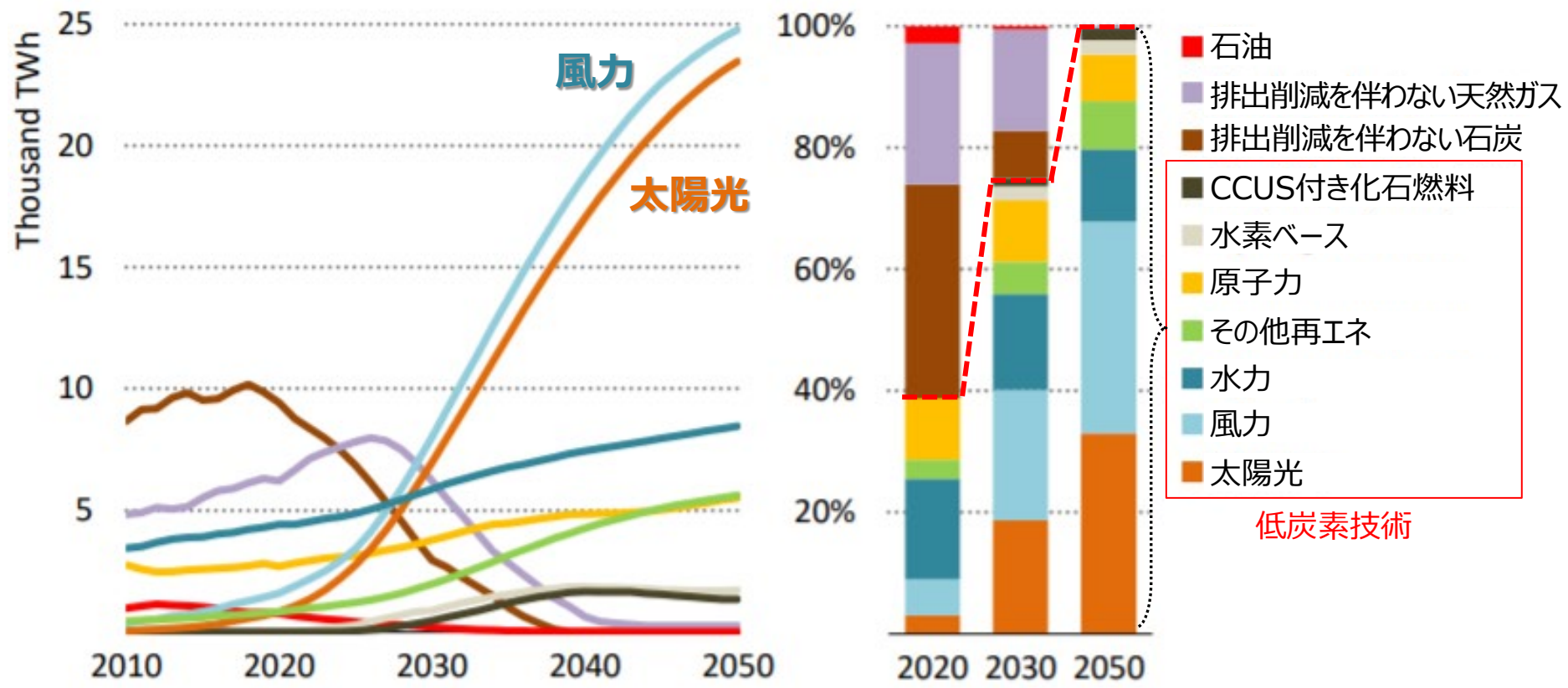
<2050年ネットゼロシナリオにおける石炭火力発電の技術別内訳>



「NZE (2050年ネットゼロ排出シナリオ) では、先進国では2030年までに、新興国や発展途上国では2040年までに、すべてのCCUSを伴わない石炭火力発電所を段階的に廃止する。」 (IEA2021)

2050年にはほぼ全ての世界の電力は低炭素技術によって供給

<2050年ネットゼロシナリオにおける世界の電源構成の推移>

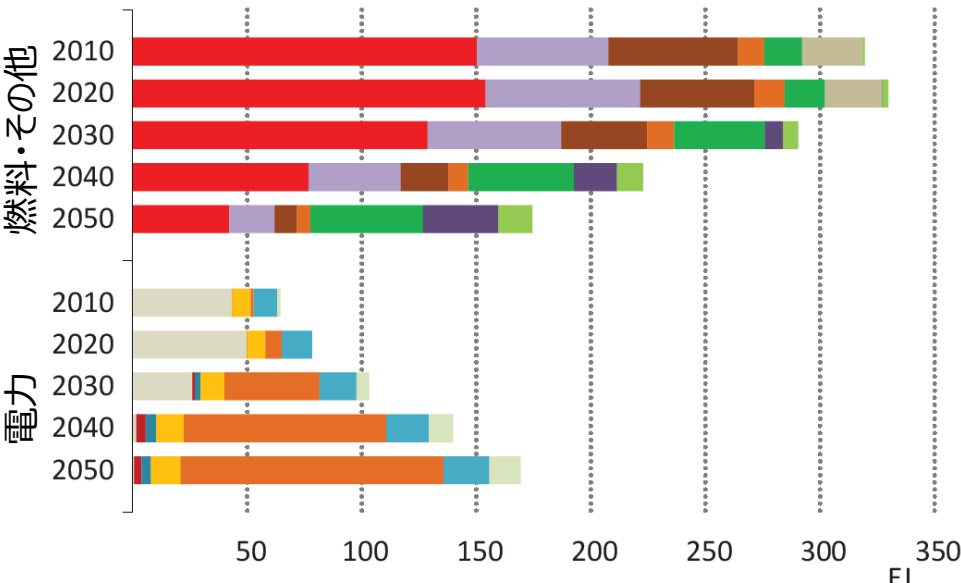


(出所) IEA (2021) 「Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector」

大幅削減の実現には、エネルギー効率の改善、低炭素エネルギー源の利用、電力・水素利用の拡大など、エネルギー需給構造の大幅な変革が必要。

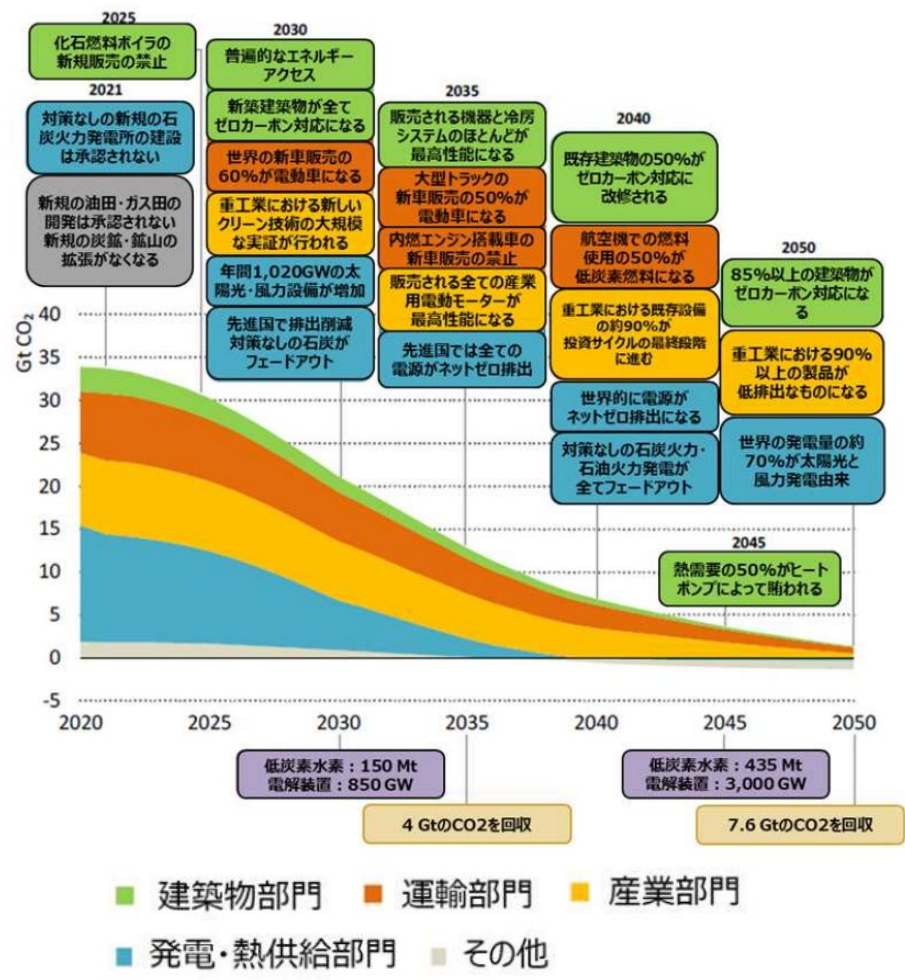
<ネットゼロ実現のためのエネルギー需給経路>

ネットゼロに向けた最終エネルギー消費量



- 燃料・その他**
 - 石油
 - 天然ガス
 - 石炭
 - 熱
 - 近代的なバイオエネ
 - 伝統的なバイオマス利用
 - 水素由来
 - その他再エネ
- 電力**
 - 対策無し化石燃料
 - CCUS付き化石燃料
 - 水素由来
 - 原子力
 - 太陽光・風力
 - 水力
 - その他再エネ

ネットゼロの主要なマイルストーン

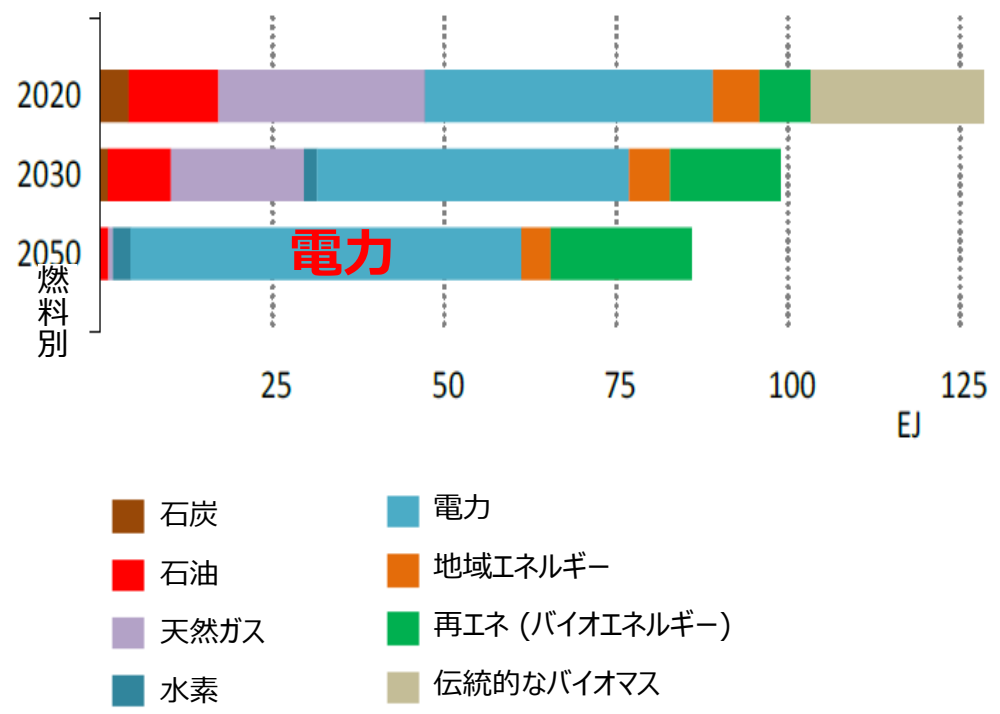


(出所) IEA (2021) 「Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector」

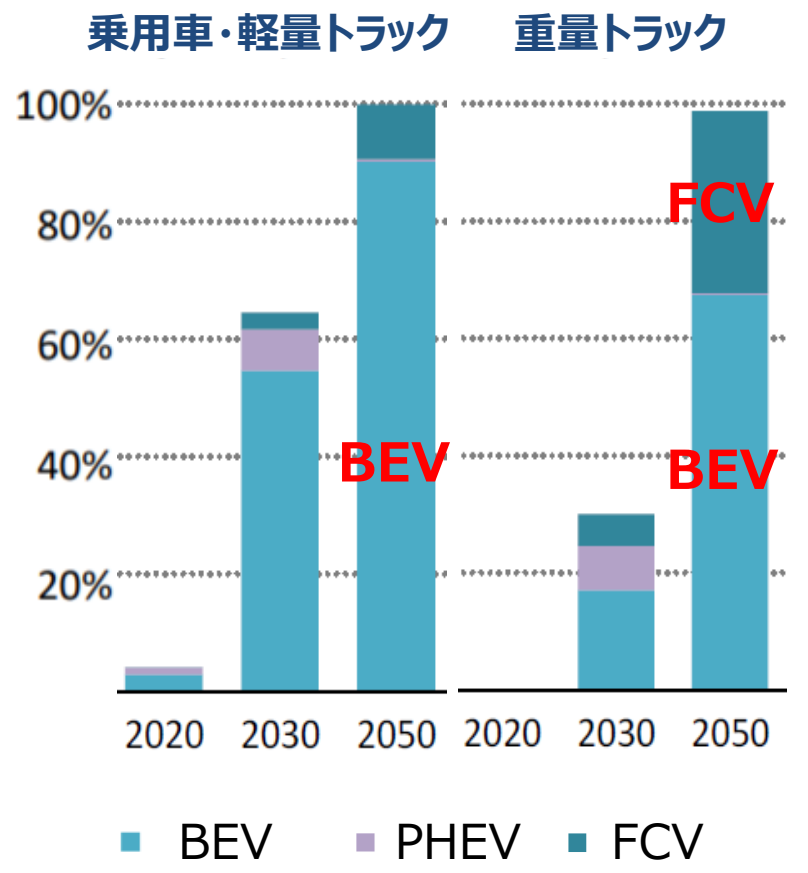
最終エネルギー消費は化石燃料から電力へシフト

<2050年ネットゼロシナリオにおける民生部門・運輸部門の姿>

民生部門のエネルギー消費量推移



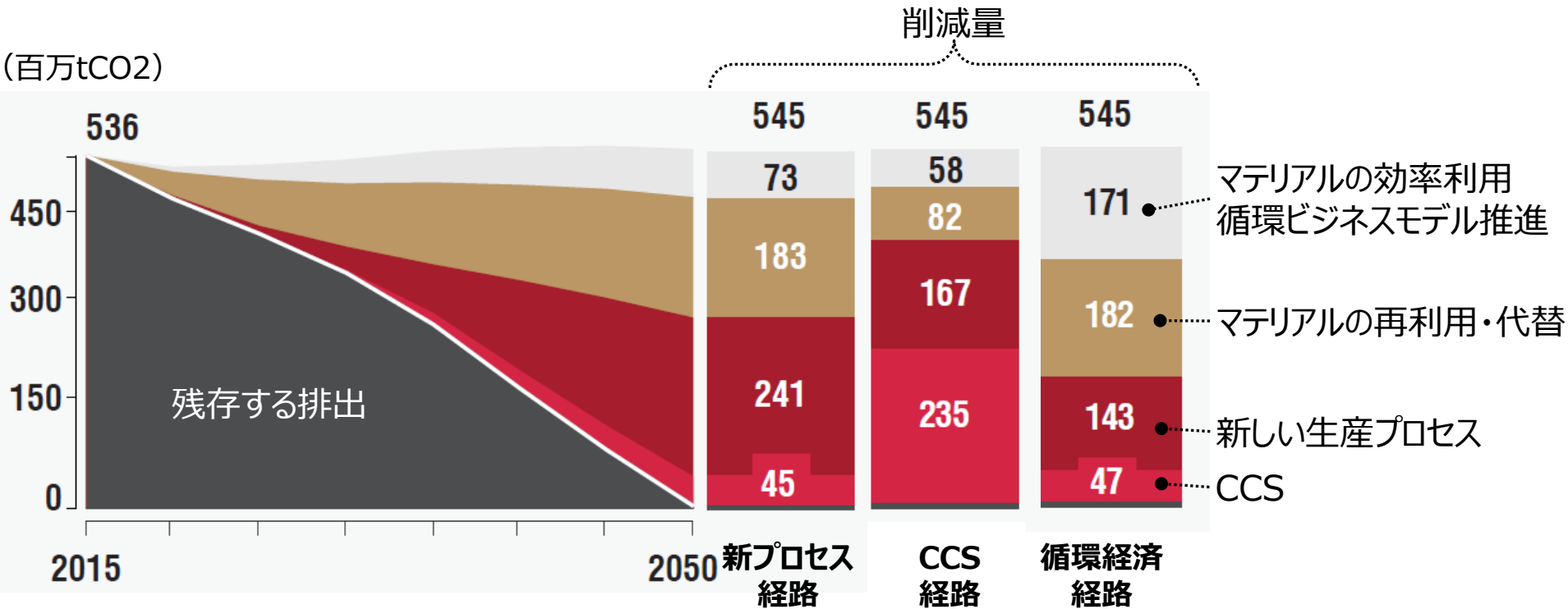
新車販売に占める電動車の割合



(出所) IEA (2021) 「Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector」

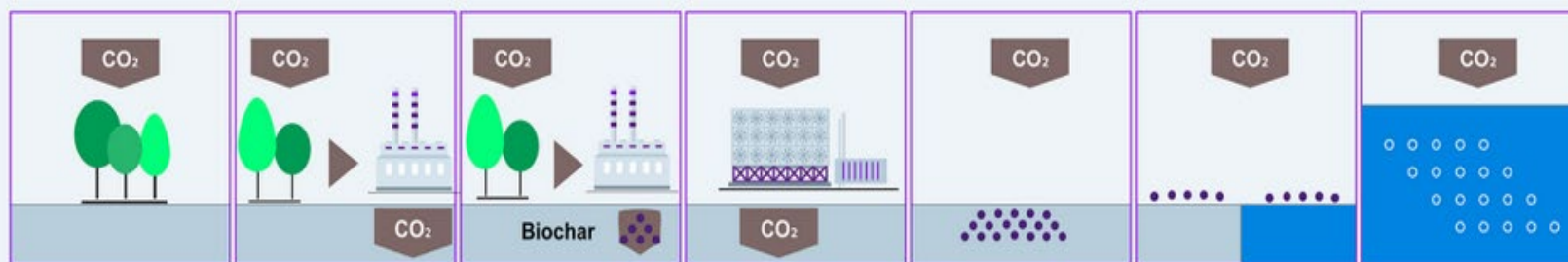
産業部門の脱炭素化には、マテリアル効率利用、革新的な生産プロセスおよびCCSの導入が必要

<EUにおける鉄鋼、化学、セメントのゼロ排出経路>



CDR（大気中のCO₂を除去し、貯留・固定化する対策）には様々な選択肢が存在するが、技術の実現とSDGsとの関係について課題がある。

<CDR（Carbon Direct Removal）の例>

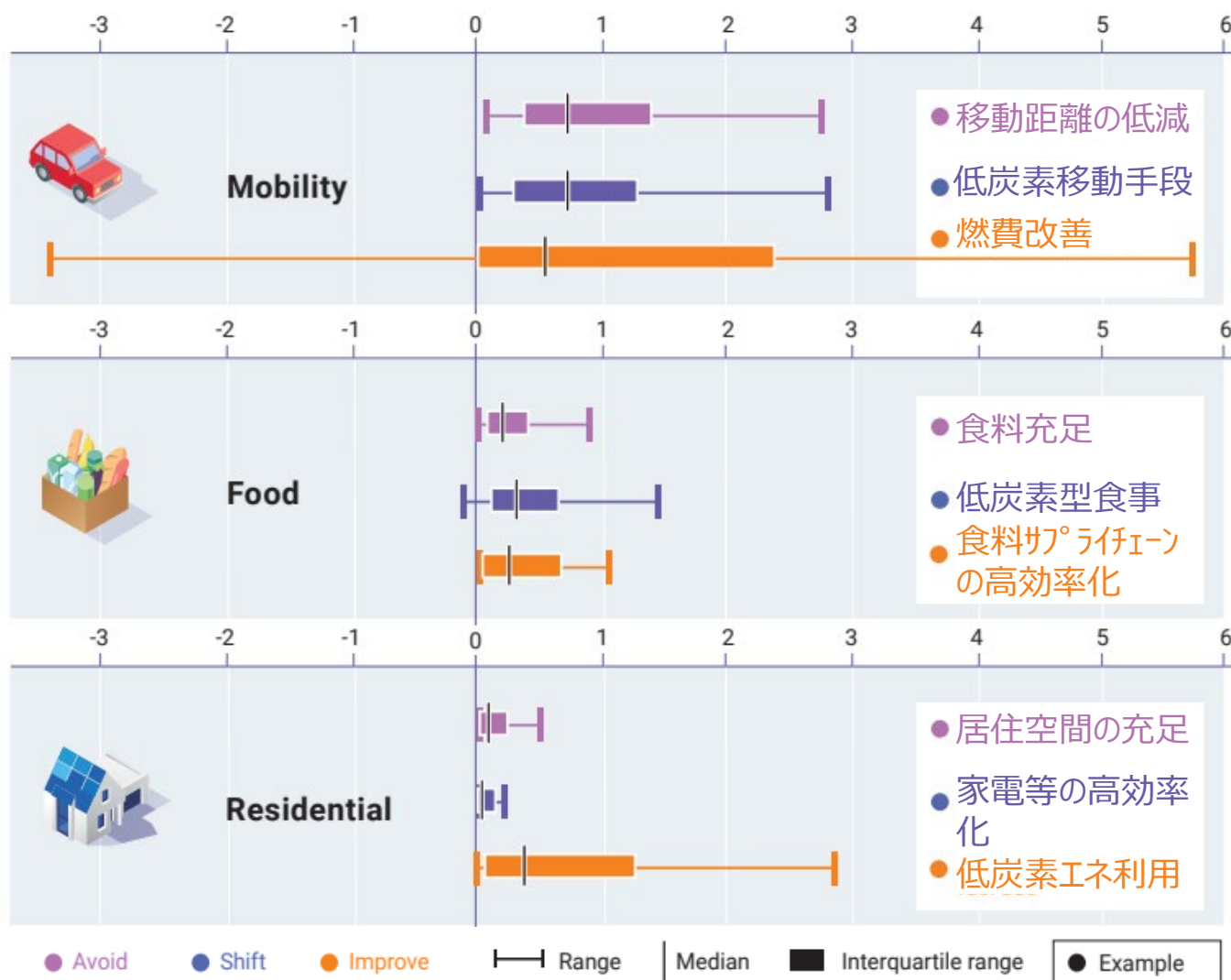


技術	植林と森林再生	バイオマスエネルギー＋CCS	バイオ炭	直接回収・貯留	土壌炭素隔離	風化と海洋アルカリ化の促進	海洋の富栄養化
2050年ポテンシャル	0.5-3.6 Gt CO ₂ /p.a.	0.5-5 Gt CO ₂ /p.a.	0.3-2 Gt CO ₂ /p.a.	-	2.3-5.3 Gt CO ₂ /p.a.	1-16 Gt CO ₂ /p.a. 0.1-10 Gt CO ₂ /p.a.	0-44 Gt CO ₂ /p.a.
コスト	USD 5-50/t CO ₂	USD 200/t CO ₂	USD 30-120/t CO ₂	USD 100-300/t CO ₂	USD -45-100/t CO ₂	USD 15-40/t CO ₂ USD 14-400/t CO ₂	USD 2-457/t CO ₂
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 大きな土地と大量の水が必要 地質的な貯留より貯留期間が短い 数十年～数世紀に渡る森林の飽和 山火事・干ばつ・害虫による貯留に対する脅威 	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスの持続可能な利用可能量と、安全な貯留可能量により制限される 栄養素とエネルギーを多量に消費 大規模化に関する不確実性 土地利用と対立 	<ul style="list-style-type: none"> 大きな土地が必要 利用可能な土壌により貯蔵可能な最大年数が制約される 土壌の肥沃さの向上に寄与 	<ul style="list-style-type: none"> 現時点では高コスト 技術的な課題 土地利用は小さい 	<ul style="list-style-type: none"> 10～100年後に土地に浸透 土地の肥沃さを向上させる 	<ul style="list-style-type: none"> 大規模化や副作用に課題がある より高いpH値、重金属の放出、生態系変化 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の生態系に対して大きな副作用

需要側の緩和策の削減ポテンシャルは大きい

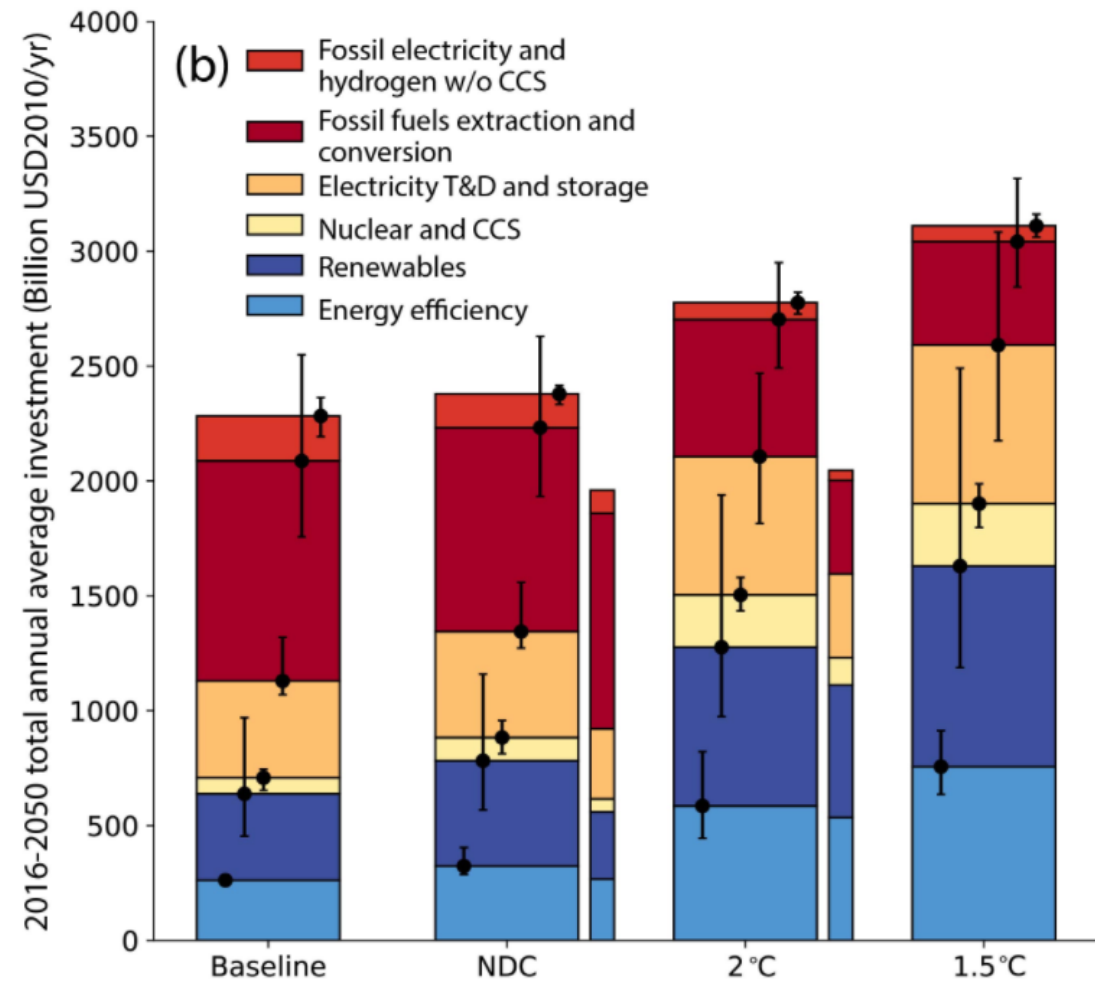
<生活からの排出に対する緩和策の削減ポテンシャル>

(tCO₂eq/人・年)

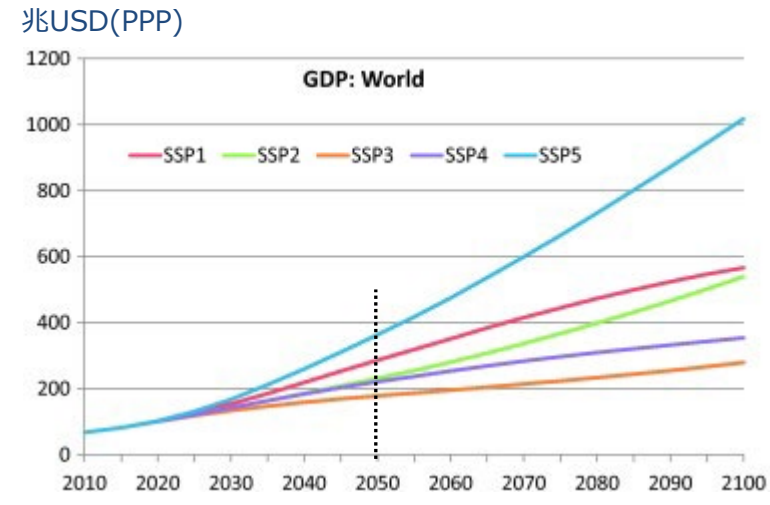


エネルギー関連投資額はエネルギー効率の高効率化、再生可エネルギーへの投資は増加するが、化石燃料関連への投資が減少

<エネルギー関連投資額 2016-50 年平均, 10億円/年>



<参考：世界のGDP | SSP>



(出所) RobDellink (2017)

緩和策とSDGs・適応策との間にはシナジーとともに、トレードオフも存在。

<緩和策とSDGsとの間のトレードオフとシナジー（SDG1~7）>

Length shows strength of connection



The overall size of the coloured bars depict the relative potential for synergies and trade-offs between the sectoral mitigation options and the SDGs.

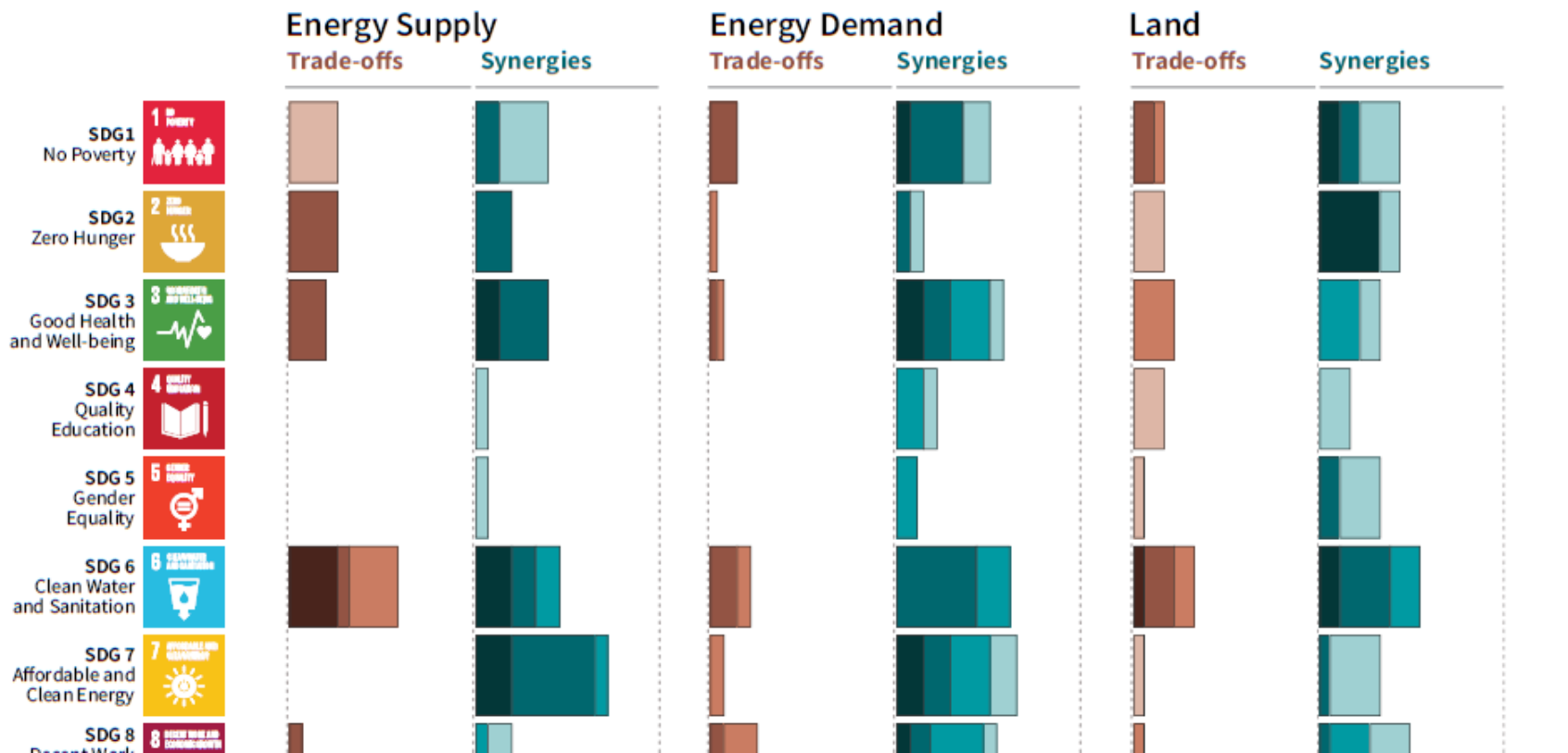
Shades show level of confidence



The shades depict the level of confidence of the assessed potential for Trade-offs/Synergies.

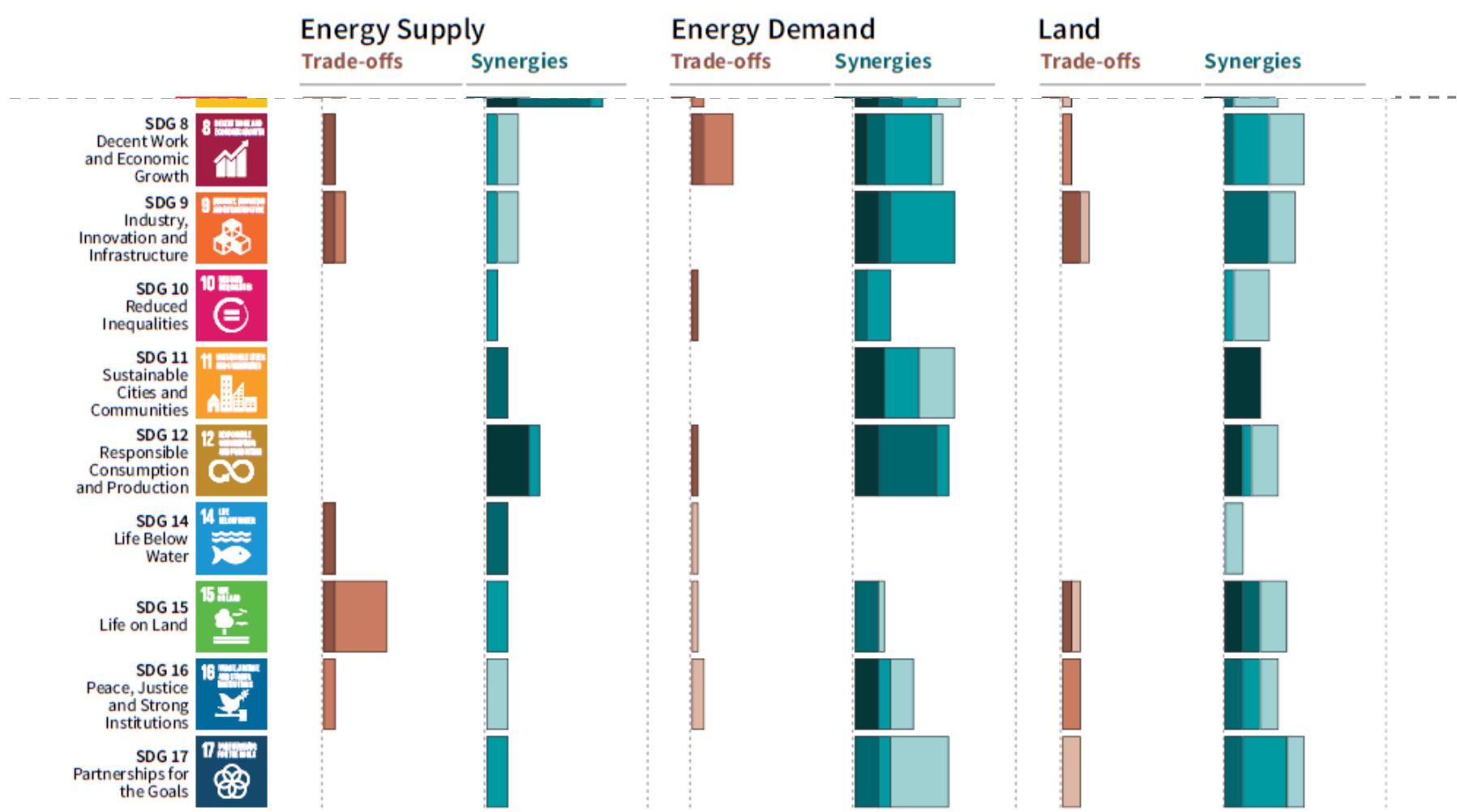
Very High

Low



緩和策とSDGsとの間にはシナジーとともに、トレードオフも存在。

<(続き) 緩和策とSDGsとの間のトレードオフとシナジー (SDG8~17) >



(出所) IPCC (2018) 「SPECIAL REPORT Global Warming of 1.5 °C」 SPM (一部抜粋)

＜公正な移行（Just Transition）に含まれる重要な原則＞

- 脆弱なグループの尊重と尊厳
- エネルギーへのアクセス・利用の公正さ
- 社会的対話・ステークホルダーとの協議
- 働きがいのある人間らしい雇用の創出
- 社会的保護
- 労働における権利

＜実現条件（Enabling Conditions）とは＞

適応と緩和の選択肢の実現可能性を高める条件。

実現条件には以下が含まれる。

- 資金（ファイナンス）
- 技術イノベーション
- 政策手段の強化
- 制度的能力
- マルチレベルのガバナンス
- 人間の行動やライフスタイルの変化

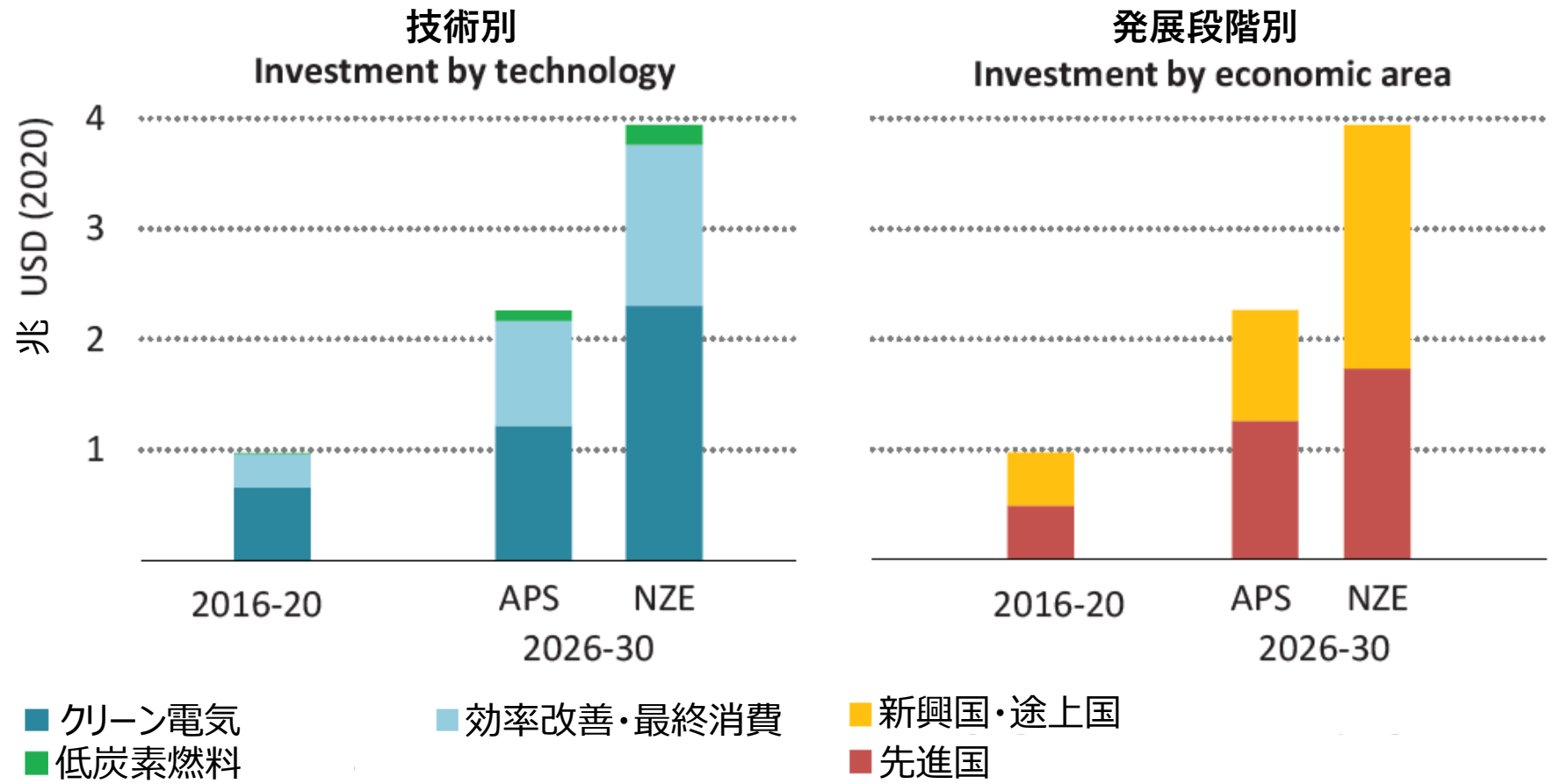
実現条件の強化によって開発経路が変化し、システム全体の緩和と変革が加速される

＜実現条件(Enabling condition)の強化＞

実現条件の強化	具体的な方策
マルチレベルのガバナンスの強化	国際的ガバナンス, 地方政府によるガバナンス, マルチレベルのガバナンスの協働
制度能力の強化	監視・報告・検証, ファイナンス制度, 社会保障制度等との連携
ライフスタイル・行動変容の実現	行動推進のための戦略・政策, 政策・システム変容に対する受容
技術イノベーションの実現	緩和策推進する技術, 1.5℃対応技術政策における政府の役割, パリ協定に基づく技術移転
政策手段の強化	カーボンプライシング, 規制・情報, 政策統合
気候ファイナンスの実現	気候ファイナンスの拡大, 低炭素投資のリスク低減,

1.5°C目標の実現に必要な投資額と現在の状況には大きなギャップがある

<クリーンエネルギーに対する年平均投資額>



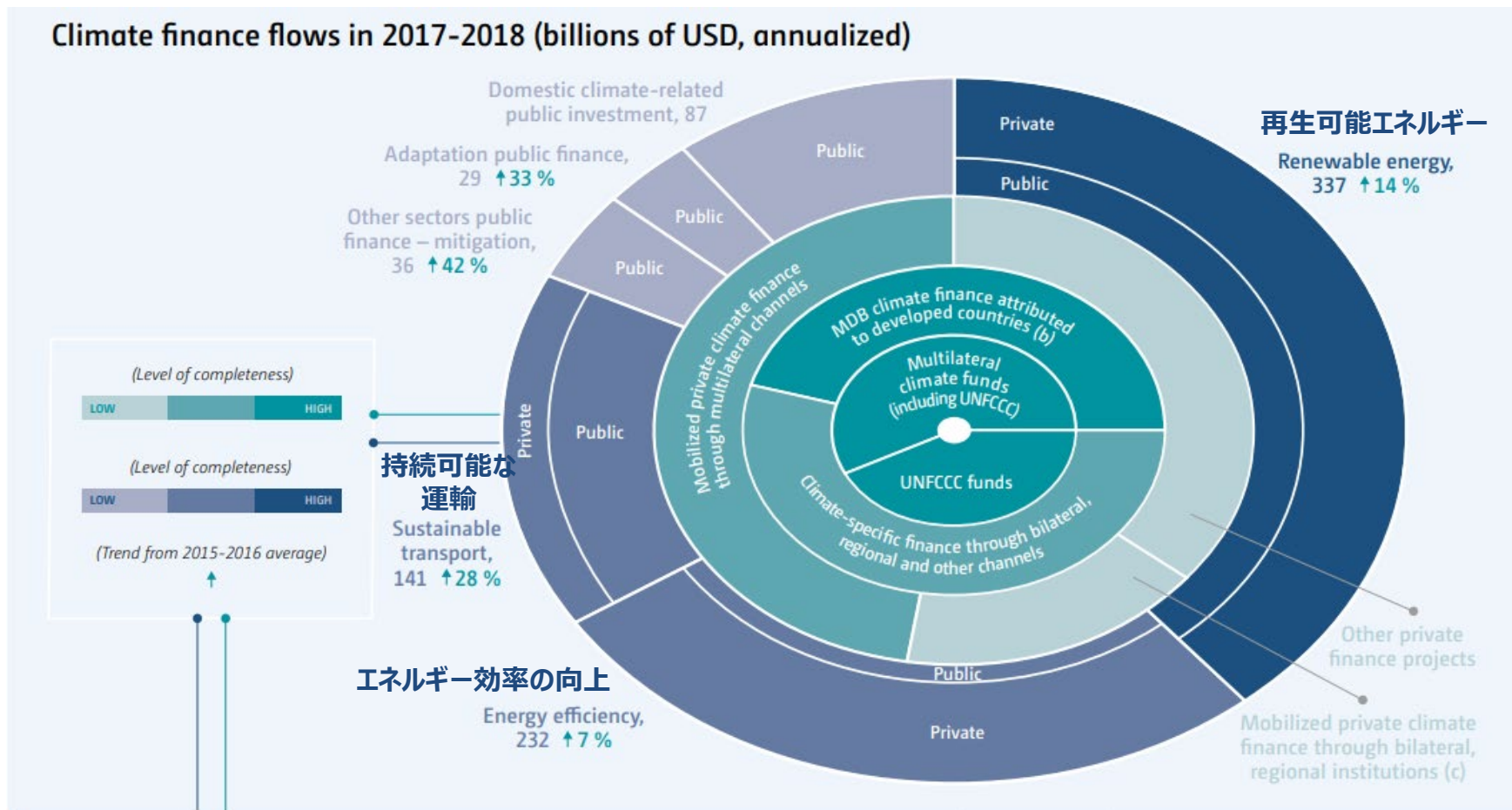
IEA. All rights reserved.

APS : Announced Pledges Scenario, NDC・長期戦略の目標を全ての国が達成, 気温上昇は2100年2.1°Cまでに留まる
 NZE : Net Zero Emissions by 2050 Scenario, 気温上昇は2100年1.5°Cまでに留まる

(出所) IEA, 2021: World Energy Outlook 2021

(参考) 現状の気候資金フローは世界全体で年間7,750億USドル

<世界の気候資金の流れ (2017年と2018年の平均) >



(出所) UNFCCC Standing Committee on Finance Fourth (2020) Biennial Assessment and Overview of Climate Finance Flows

まとめ

- 緩和策の取組は進んでいるものの、世界のGHG排出量は依然として増加している。
- 現状のNDC目標では1.5℃目標どころか、2.0目標の達成すら難しい。気候変動問題への対応のためのマネーフローも充分でない。但し、この10年間、大幅な削減を実現する経路に向かっている国も出てきている。
- 1.5℃目標の達成には、全ての部門において、これまでに類をみないシステムトランジションが求められる。
- 早期の野心的な取組の実施は、オーバーシュートの低減・回避、CDRへの依存の低減につながる。
- エネルギーや財の供給側の対策だけでなく、需要側の取組や生活様式の変容がに大きな削減の可能性がある。
- 緩和策だけを行うよりも、SDGs・適応策と組み合わせた方がより多くの削減機会を増やすことにつながる。また、社会的配慮を行うことが緩和策の受容性の向上につながる。
- ガバナンス、制度能力、行動変容、イノベーション、政策、ファイナンスなど、促進要因(enabler)を強化することは、分野や目的を超えたシナジーなどによって、緩和策を加速させることができる。