

IPCC第6次報告書統合報告書のポイントと 1.5°Cを実現するシナリオ

増井 利彦
国立環境研究所

JCIウェビナー
「科学を知る: IPCC第6次評価報告書 統合報告書の
ポイントと削減目標・移行計画策定の最新動向」
2023年7月13日

本日の報告内容

- IPCC第6次評価報告書からのメッセージ
- 日本で脱炭素社会を実現できるか？

詳しくは、下記のホームページに掲載の資料を参照して下さい。

- ✓ IPCC 第6次報告書 第3作業部会 (IPCC AR6 WG3) 解説サイト
<https://www-iam.nies.go.jp/aim/ipcc/index.html>
- ✓ 2050年脱炭素社会実現に向けた排出経路分析
https://www-iam.nies.go.jp/aim/projects_activities/prov/index_j.html

本日の報告内容

- IPCC第6次評価報告書からのメッセージ
- 日本で脱炭素社会を実現できるか？

気候変動に関する政府間パネル IPCC 第1次報告書(FAR)～第6次報告書(AR6)

IPCCは世界気象機関(WMO)及び国連環境計画(UNEP)により1988年に設立された政府間組織であり、195の国と地域が参加。IPCCの目的は、各国政府の気候変動に関する政策に科学的な基礎を与えること。



■ 気候変動の影響・適応・緩和の現状・見通し

- **既に1.1℃の温暖化**：人間活動により既に1.1℃の温暖化。人為的な気候変動は広範な悪影響、損失と損害をもたらしている。
- **今後短期のうちの気温上昇とその影響**：GHG排出は発展段階や所得水準によって大きく異なっている。一方、開発が遅れている地域や人々は、気候ハザードに対し脆弱性が高くなっている。
- **不釣り合いに温暖化影響を受ける地域**：今後10～20年以内に1.5℃に達する可能性が高い。温暖化の漸増に伴い、気象・気候の極端現象が拡大。温暖化の進行に伴い適応オプションが制限され、損失と損害が増大。
- **残された排出量**：気温上昇を1.5℃までに留めるために残されたカーボンバジェットは500GtCO₂。2050年までにCO₂ネットゼロの実現。
- **進展とギャップ**：AR5以降、緩和・適応のための対策・政策には幅広い進展が見られる。但し、要求される水準との間にはギャップが存在する。

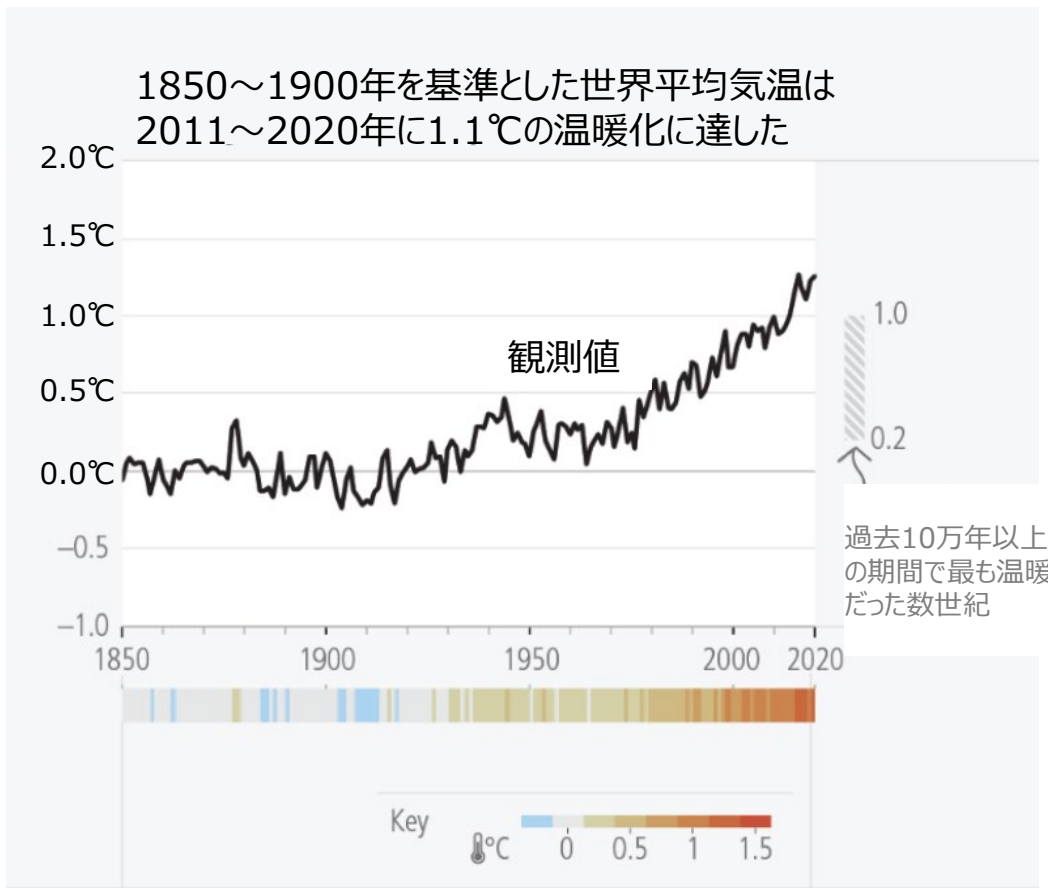
■ 気候にレジリエントな開発・ネットゼロ排出の実現に向けて

- **気候にレジリエントな開発**：気候にレジリエントな開発を促進する経路は、緩和策と適応策の統合に成功し、持続可能な開発を促進させる開発の道筋。持続可能な未来を確保するための機会の窓は急速に狭まっているが、まだ実現の経路は存在する。私たちが今取る選択と行動は、何千年にもわたって影響を与える。
- **大規模展開が可能な短期オプションの存在**：短期の対応は損失・損害を軽減し、遅延は実現可能性を低減。緩和・適応ともに短期的に大規模展開可能なオプションが存在する。
- **統合的・包摂的な取組**：統合的（緩和・適応・SDGs）かつ包摂的（衡平性、公正な移行）な取組は、リスクの低減、変革への支持を深めることに繋がる。
- **「可能にする条件」の強化**：ガバナンス、政策、ファイナンスなど「可能にする条件」の強化は適応・緩和オプションの大規模展開の実現可能性を高める。

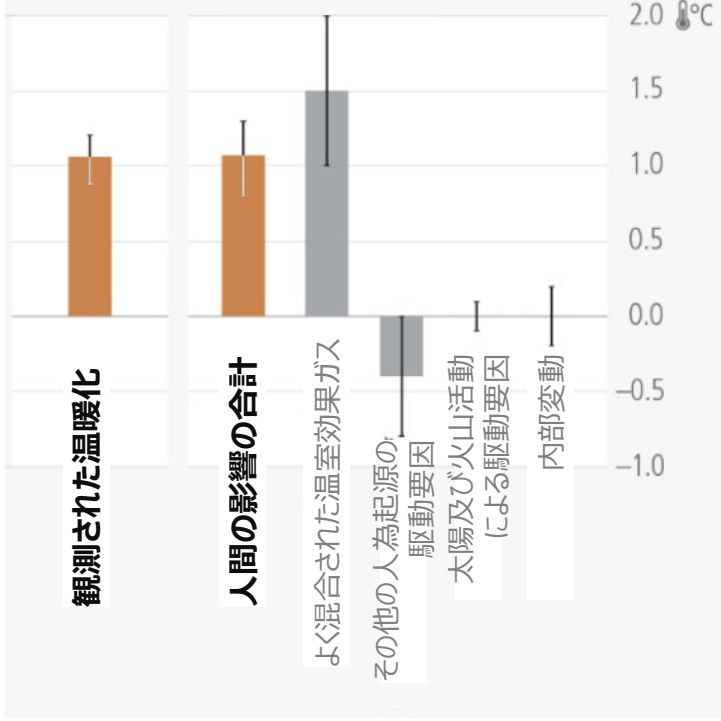
【+1.1°C】 人間の影響により既に約1.1°Cの温暖化。

- 人間活動が主に温室効果ガスの排出を通して地球温暖化を引き起こしてきたことには疑う余地がなく、1850～1900年を基準とした世界平均気温は2011～2020年に1.1°Cの温暖化に達した。・・(SYR SPM A.1)

1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化



観測された温暖化は、人間活動からのGHG排出によって引き起こされている。エアロゾルの冷却によって部分的に打ち消されている。



【+1.1°Cの影響】 人為的な気候変動は広範な悪影響、損失と損害をもたらした。

- 大気、海洋、雪氷圏、及び生物圏に広範かつ急速な変化が起こっている。人為的な気候変動は、既に世界中の全ての地域において多くの気象と気候の極端現象に影響を及ぼしている。このことは、自然と人々に対し広範な悪影響、及び関連する損失と損害をもたらしている（確信度が高い）。・・（SYR SPM A.2）

観測された気候変動の影響、損失・損害

気候変動に起因する広範かつ実質的な影響と関連する損失と損害が観測されている

水利用可能量と食糧生産



健康と福祉



都市、居住地、インフラ



生物多様性と生態系



Key

地球規模で評価され、観測された人間システム・生態系に対する気候変動の影響の増加

- 悪影響
- 悪影響と好ましい影響の混在
- 気候変動による変化が観測されるが、地球規模での影響の方向性を評価できていない

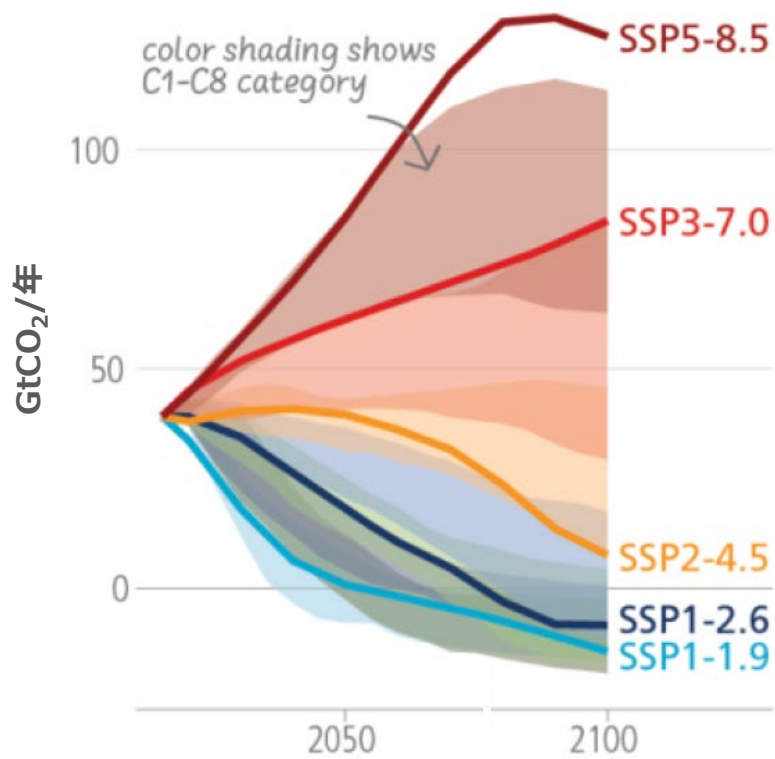
気候変動に起因することの確信度

- 確信度が高い/確信度が非常に高い
- 確信度が中程度
- 確信度が低い

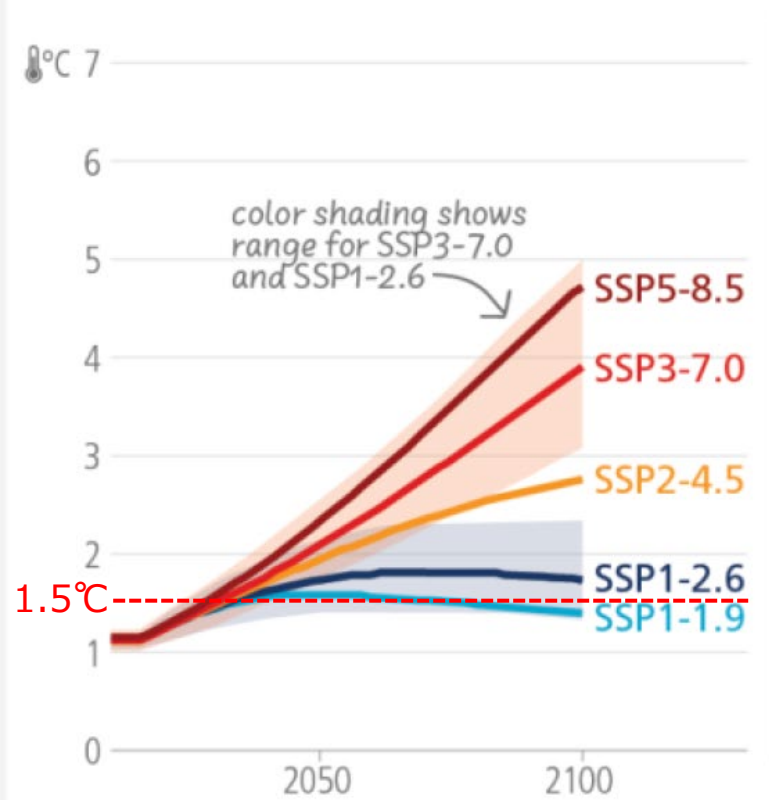
【+1.5°C】 今後近い将来に1.5°Cに達する可能性が高い

- 継続的な温室効果ガスの排出は更なる地球温暖化をもたらし、考慮されたシナリオ及びモデル化された経路において最良推定値が**短期のうちに1.5°Cに到達**する。.. (SYR SPM B.1)

シナリオ別のCO2排出量



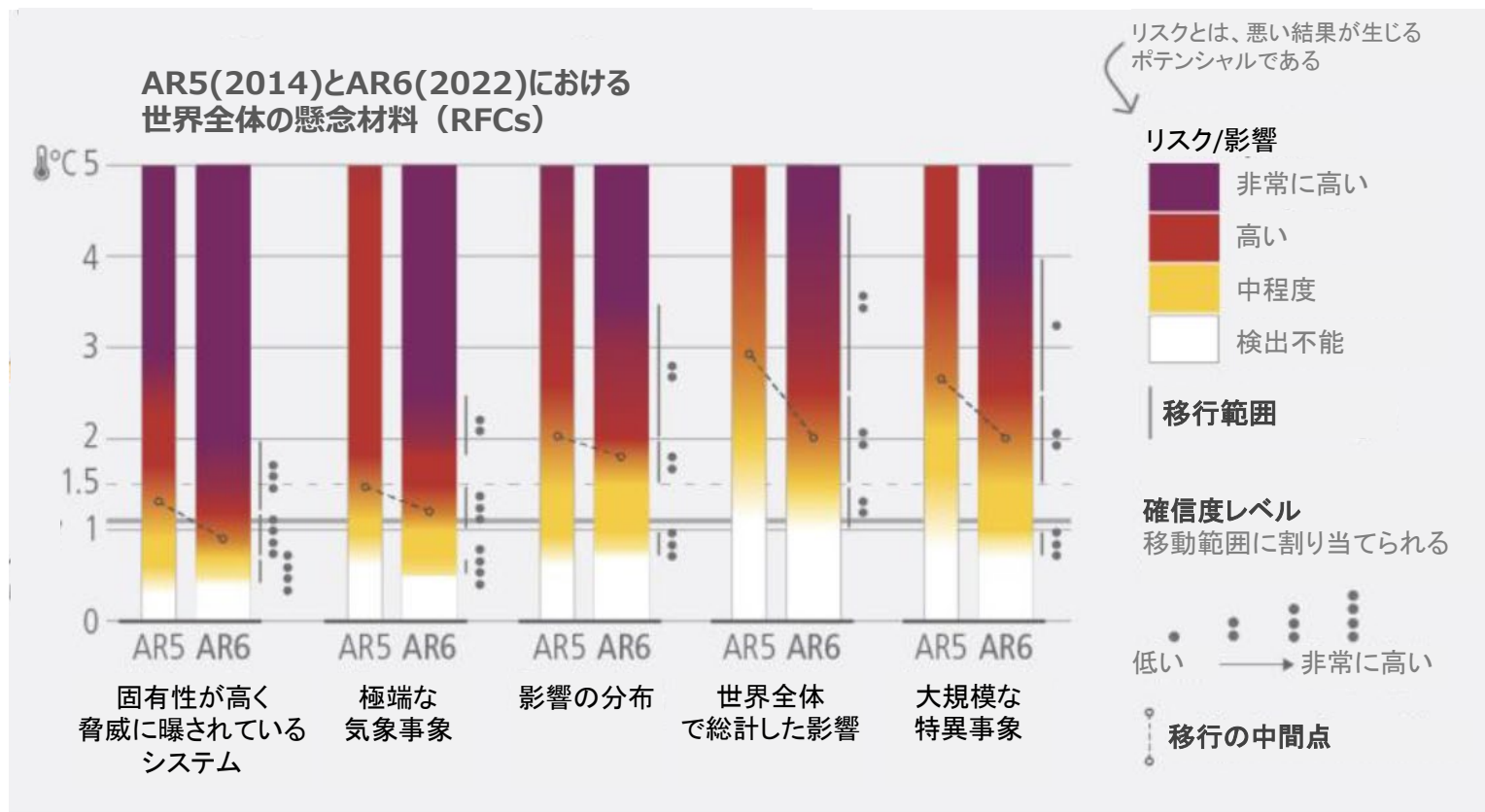
シナリオ別の気温上昇



【適応の限界】 温暖化の漸増に伴い、気象・気候の極端現象が拡大。温暖化の進行に伴い適応オプションが制限され、損失と損害が増大する。

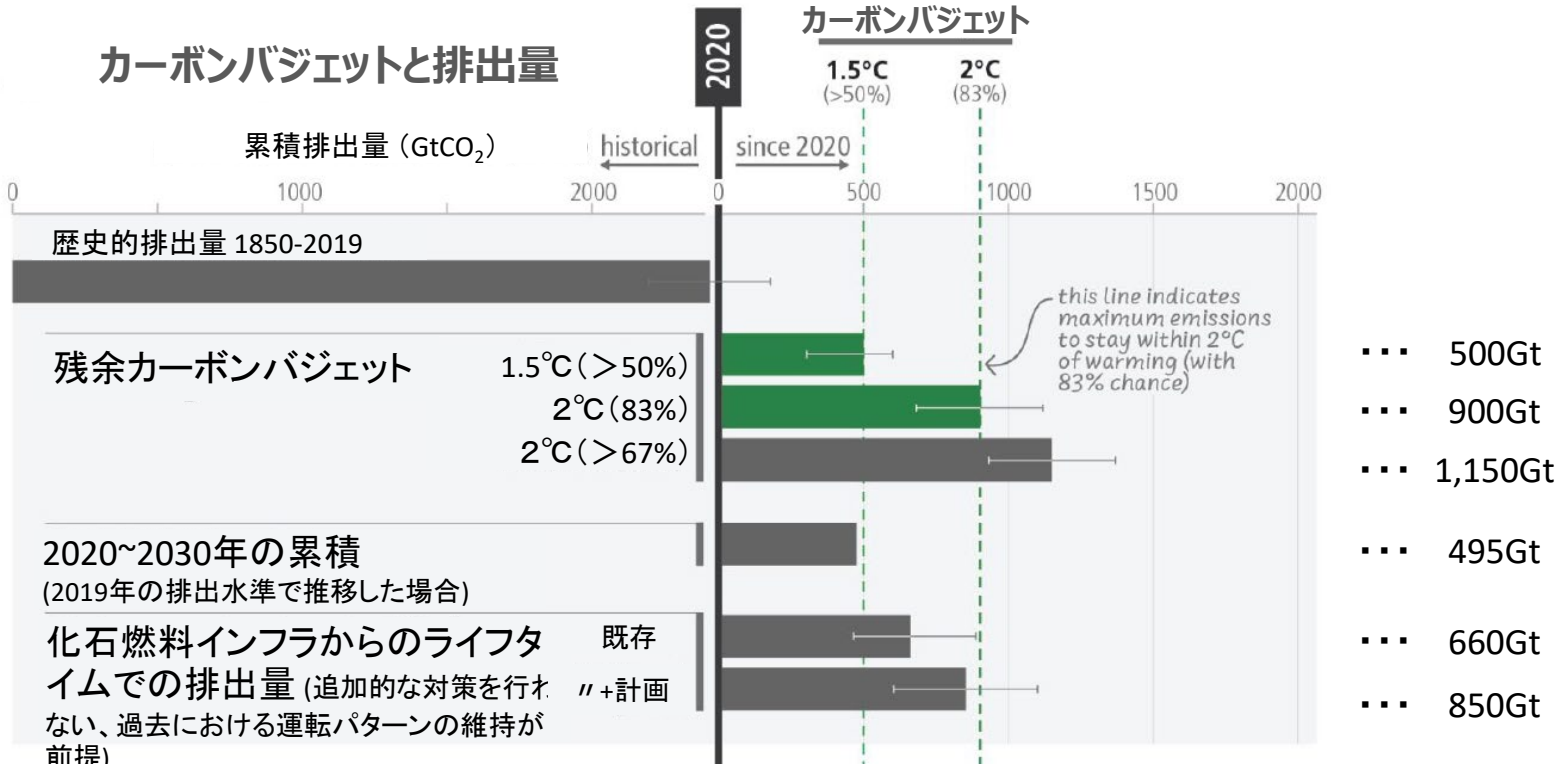
- 排出が続くと、気候システムの主要な構成要素にさらに影響を及ぼす。地球温暖化が少しでも増すごとに、極端な現象の変化は大きくなり続ける。(SYR SPM B.1.3)
- 今日実現可能で効果的な適応オプションは、地球温暖化の進行に伴い制限され、効果が減少する。地球温暖化の進行に伴い、損失と損害が増加し、より多くの人間と自然のシステムが適応の限界に達する。..(SYR SPM B.4)

気温上昇と世界全体の懸念材料 (RFCs)



【カーボンバジェット】1.5°C/2°Cに残されたCO₂排出量は5000億トン/1兆1500億トン

- 人為的な地球温暖化を抑制するには、正味ゼロのCO₂排出量が必要である。温暖化を1.5°C又は2°Cに抑制しうるかは、主に正味ゼロのCO₂排出を達成する時期までの累積炭素排出量と、この10年の温室効果ガス排出削減の水準によって決まる（確信度が高い）。追加的な削減対策を講じていない既存の化石燃料インフラに由来するCO₂排出量は、1.5°C（50%）の残余カーボンバジェットを超えると予測される（確信度が高い）。（SYR SPM B.5）
- カーボンバジェット(炭素予算): 他の人為的な気候変動要因の影響を考慮した上で、地球温暖化を所定の確率で所定のレベルに抑制する、地球上の人為的なCO₂排出の累積量の最大値。最近の特定時期を起点とする場合に「残余カーボンバジェット」と呼ぶ。（IPCC AR6 WG3 Annex I）



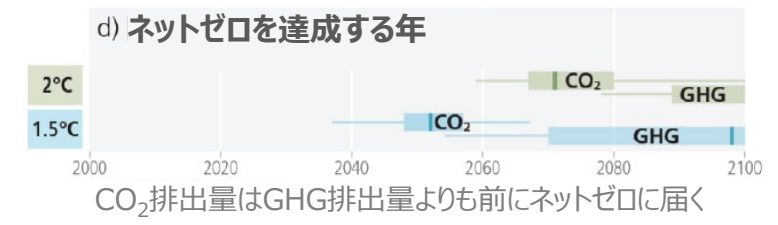
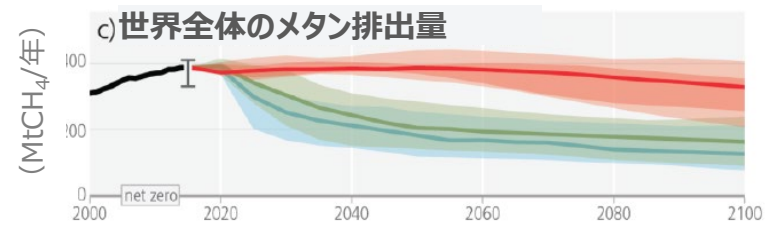
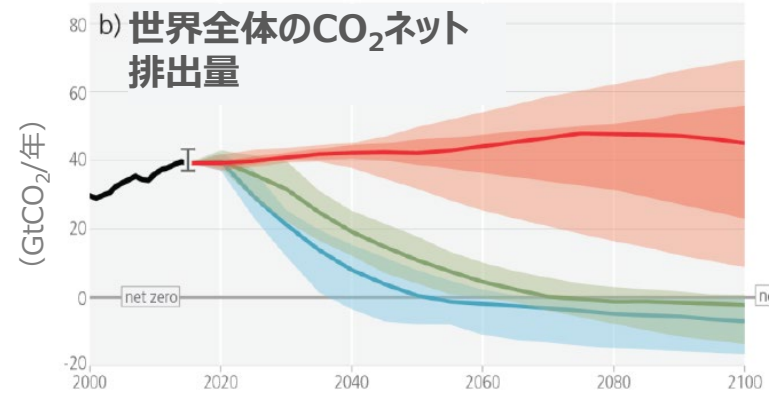
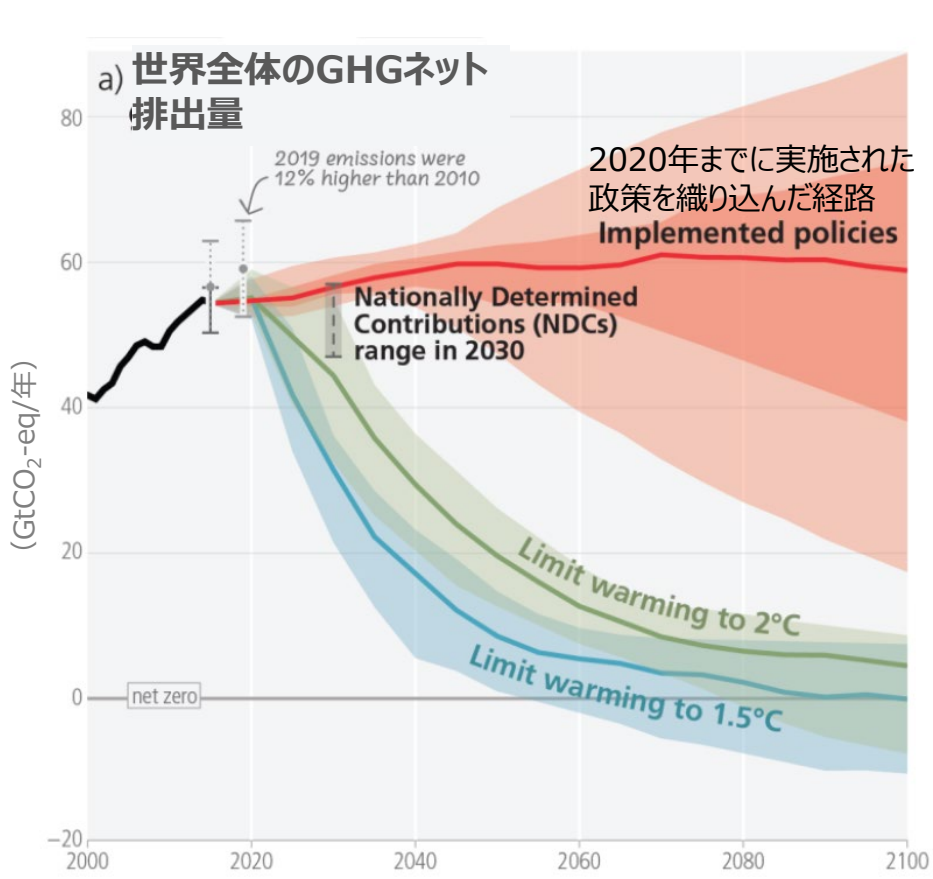
(出所) IPCC AR6 SYR Longer Report Figure 3.5 a)

右の数字：カーボンバジェット IPCC AR6 WG1 SPM 表 SPM.2より引用, 2020-30年の累積 IPCC AR6 WG3 SPM Figure SPM.1 の値から作成, 化石インフラからの排出 IPCC AR6 WG3 SPM B.7.1より引用

【1.5°C排出経路】 1.5°Cを実現する経路では、世界のGHG排出量は、2030年までに4割削減し、2050年代初頭にCO₂を正味ゼロ排出

- オーバーシュートしない又は限られたオーバーシュートを伴って温暖化を1.5°C(>50%)に抑える全てのモデル化された世界全体の経路、そして温暖化を2°C(>67%)に抑える全てのモデル化された世界全体の経路は、この10年の間に全ての部門において急速かつ大幅な、そしてほとんどの場合即時のGHG排出量の削減を伴っている。世界全体でのCO₂排出量正味ゼロは、これらのカテゴリーの経路においてそれぞれ2050年代初頭及び2070年代初頭に達成される。(確信度が高い) (SYR SPM B.6)

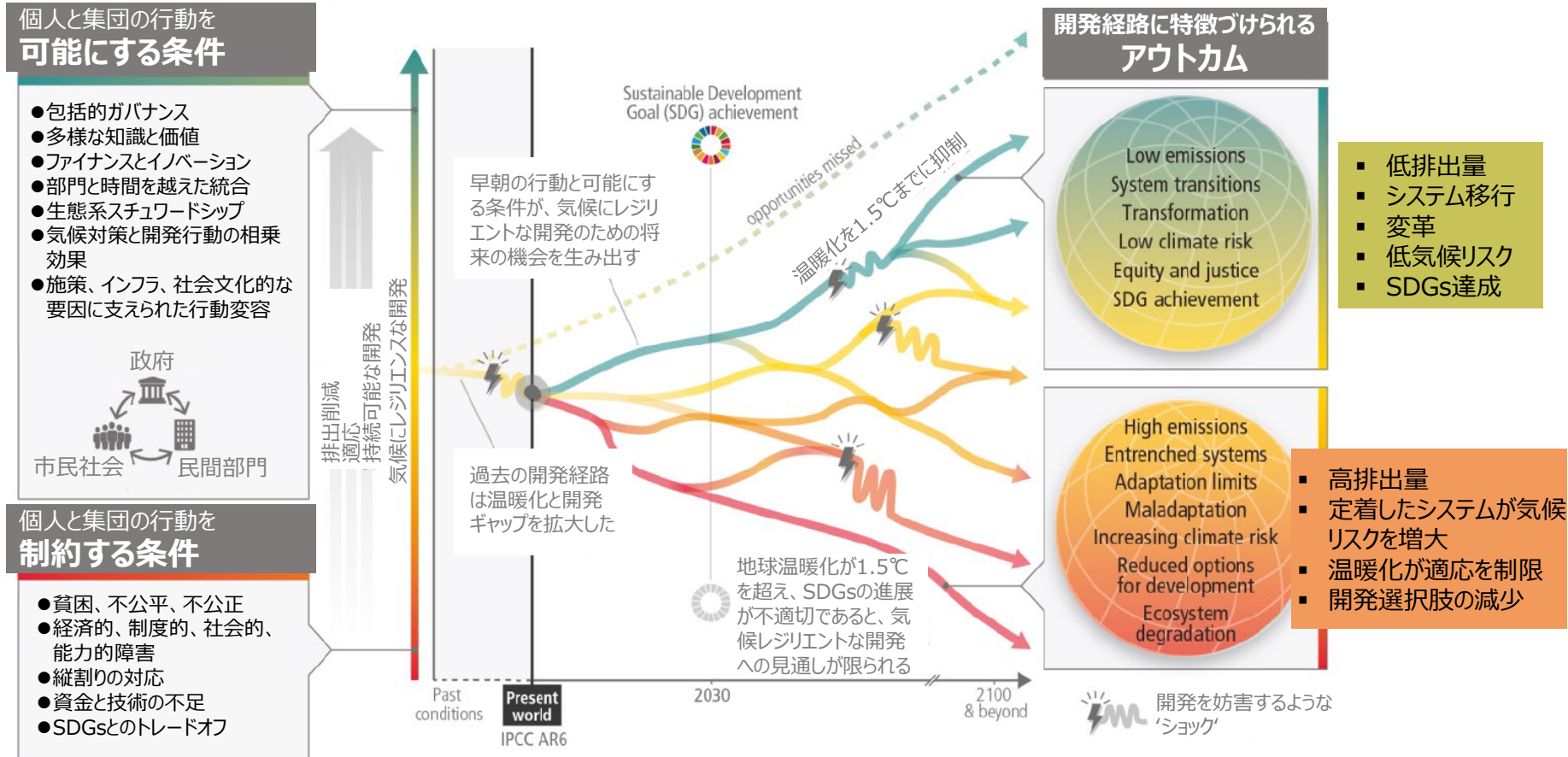
将来の温暖化水準に応じた世界の排出経路



【現在の選択】 私たちが今取る選択と行動は、何千年にもわたって影響を与える

- 全ての人々にとって住みやすく持続可能な将来を確保するための機会の窓が急速に閉じている（確信度が非常に高い）。
● 気候にレジリエントな開発は、適応と緩和を統合することで全ての人々にとって持続可能な開発を進展させ、特に脆弱な地域、部門及び集団に向けた十分な資金源へのアクセスの改善、包摂的なガバナンス、協調的な政策を含む国際協力の強化によって可能となる（確信度が高い）。
● この10年間に行う選択や実施する対策は、現在から数千年先まで影響を持つ（確信度が高い）。 (SYR SPM C.1)

複数の開発経路とそのアウトカム



【システム移行】あらゆる部門やシステムにおいて緊急、迅速、広範囲の移行が不可欠

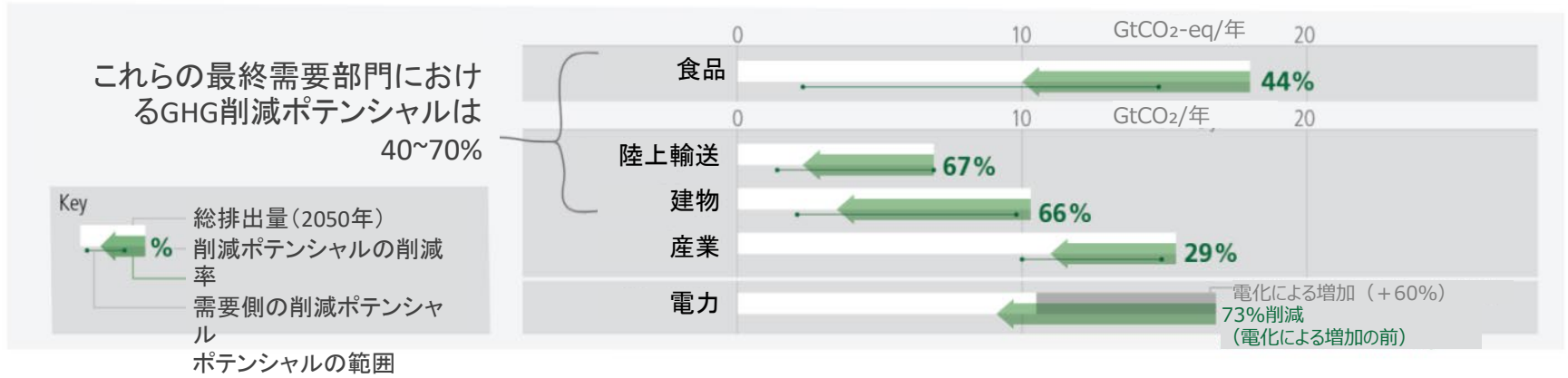
- 大幅かつ持続的な排出削減を達成し、全ての人々にとって住みやすく持続可能な将来を確保するためには、**全ての部門及びシステムにわたる急速かつ広範囲に及ぶ移行が必要**である。..（確信度が高い）（SYR SPM C.3）

分野	緩和	適応
エネルギーシステム	<ul style="list-style-type: none"> 化石燃料消費の削減、残りの化石燃料システムでCCS CO₂排出ゼロの電力システム 電化の促進 ・ 代替エネルギーキャリアの利用 省エネと効率化 ・ エネルギーシステム全体の広範な統合 	<ul style="list-style-type: none"> 発電の多様化（風力、太陽光、小規模水力） 需要管理（蓄エネ、エネルギー効率の改善） スマートグリッド技術、強固な送電システム
産業・運輸	<ul style="list-style-type: none"> 需要管理・エネルギーとマテリアルの効率化 循環型マテリアルフロー ・ 削減技術・生産プロセスの変革 (運輸) 持続可能なバイオ燃料、電化、バッテリー技術の進歩 	—
都市・居住・インフラ	<ul style="list-style-type: none"> 統合された包摂的な土地利用計画と意思決定、職住近接のコンパクトな都市形態 エネルギーとマテリアル消費の削減または変化 水・廃棄物管理インフラの改善 建物の低排出建材、高効率設計、再エネソリューションの統合、建材のリサイクル 自転車や徒歩のための道路整備、デジタル化（テレワーク等） 	<ul style="list-style-type: none"> 低排出源と組み合わせた電化 都市環境における炭素吸収・貯留の強化（都市緑化等）
陸・海・食・水	<ul style="list-style-type: none"> 森林や生態系の保全、管理の改善、回復 森林破壊の停止 持続可能で健康的な食生活への移行、食ロス・廃棄物の削減 持続可能な農林業の強化 	<ul style="list-style-type: none"> 品種改良 ・ アグロフォレストリー コミュニティベースの適応 農業・土地利用の多様化 都市農業
健康・栄養	<ul style="list-style-type: none"> 食糧需要の変化及び廃棄物の削減 クリーンエネルギー源・技術へのアクセス改善 アクティブトラベル（徒歩・自転車）や公共交通機関へのシフト 	<ul style="list-style-type: none"> 水・衛生システムの洪水への暴露の低減 早期警報・対応システムの改善
社会・生活・経済	<ul style="list-style-type: none"> 気候リテラシー、コミュニティ等での情報提供による行動変容 社会規範の適切な表示、参加型モデル、コミュニケーション 	<ul style="list-style-type: none"> 天候・健康に関する保険、災害リスク管理 社会的保護や適応の社会的セーフティネット

【システムの移行】 システムの移行には需要側の緩和オプションも含まれ、その削減ポテンシャルは40~70%。

- ...システムの移行には、低排出量またはゼロエミッション技術の展開、**インフラの設計とアクセス、社会文化や行動の変化、技術の効率化と普及を通じた需要の削減と変化**、社会保護、気候サービスまたはその他のサービス、生態系の保護と回復が含まれる（確信度が高い）。...（SYR SPM C.3.1）

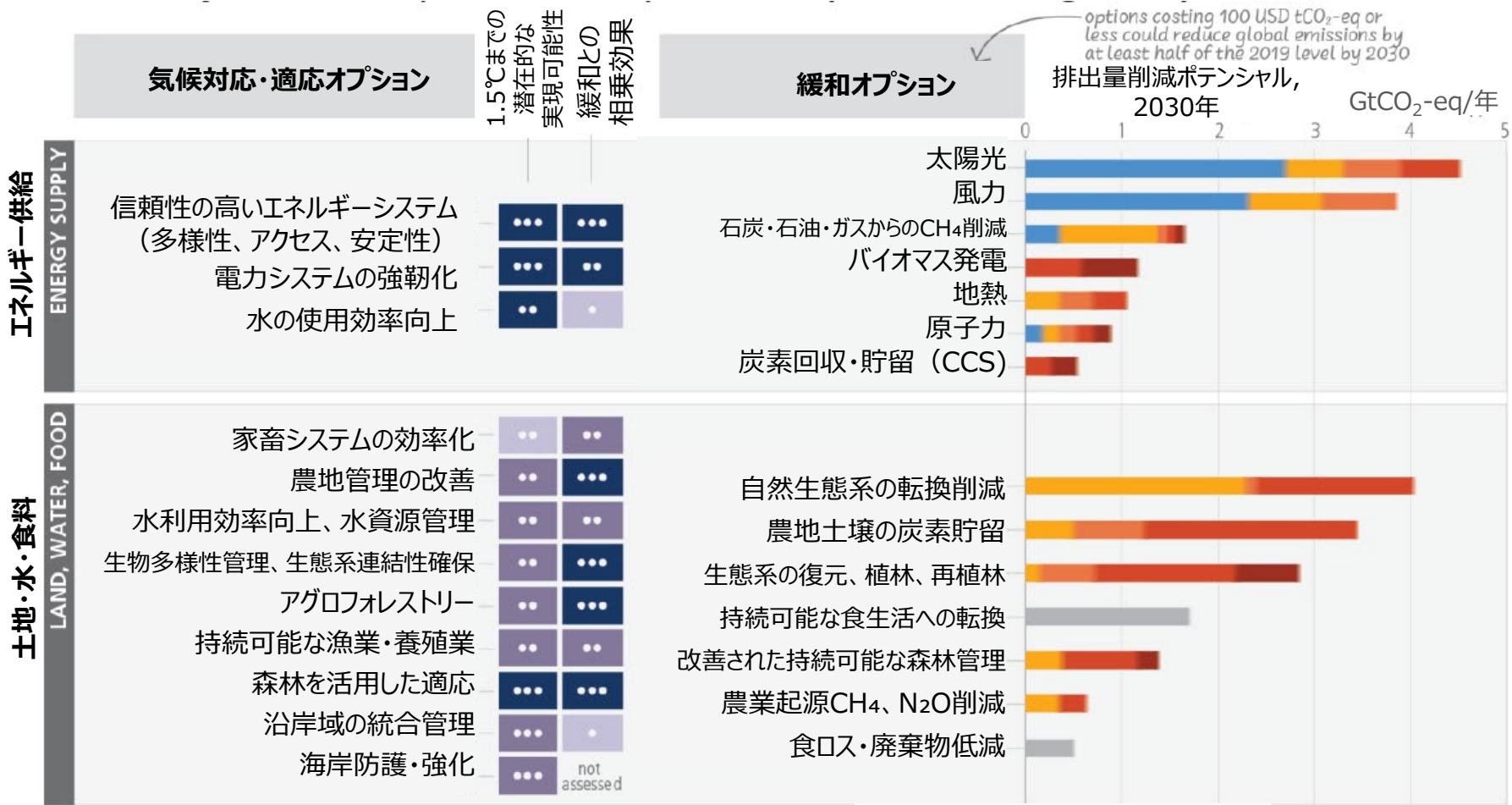
2050年までの需要側の緩和オプションのポテンシャル



	排出量(削減織込前)	削減ポテンシャル	最大削減率
食品	180 億トンCO ₂ eq	80 億トンCO ₂ eq	44%
陸上交通・輸送	69 億トンCO ₂	47 億トンCO ₂	67%
建物	103 億トンCO ₂	58 億トンCO ₂	66%
産業	154 億トンCO ₂	41 億トンCO ₂	29%
電力	105 億トンCO ₂	77 億トンCO ₂ 追加電化 63 億トンCO ₂	73% (=77÷105)

【短期の対応】 短期的に大規模展開が実現可能なオプションは複数ある

短期における気候対応・適応の実現可能性、緩和オプションのポテンシャル



実現可能性の水準と緩和とのシナジー

High Medium Low

Insufficient evidence

実現可能性の水準と緩和とのシナジーの
確信度の水準

High Medium Low

オプションの正味のライフタイムコスト

Costs are lower than the reference

0-20 (USD per tCO₂-eq)

20-50 (USD per tCO₂-eq)

50-100 (USD per tCO₂-eq)

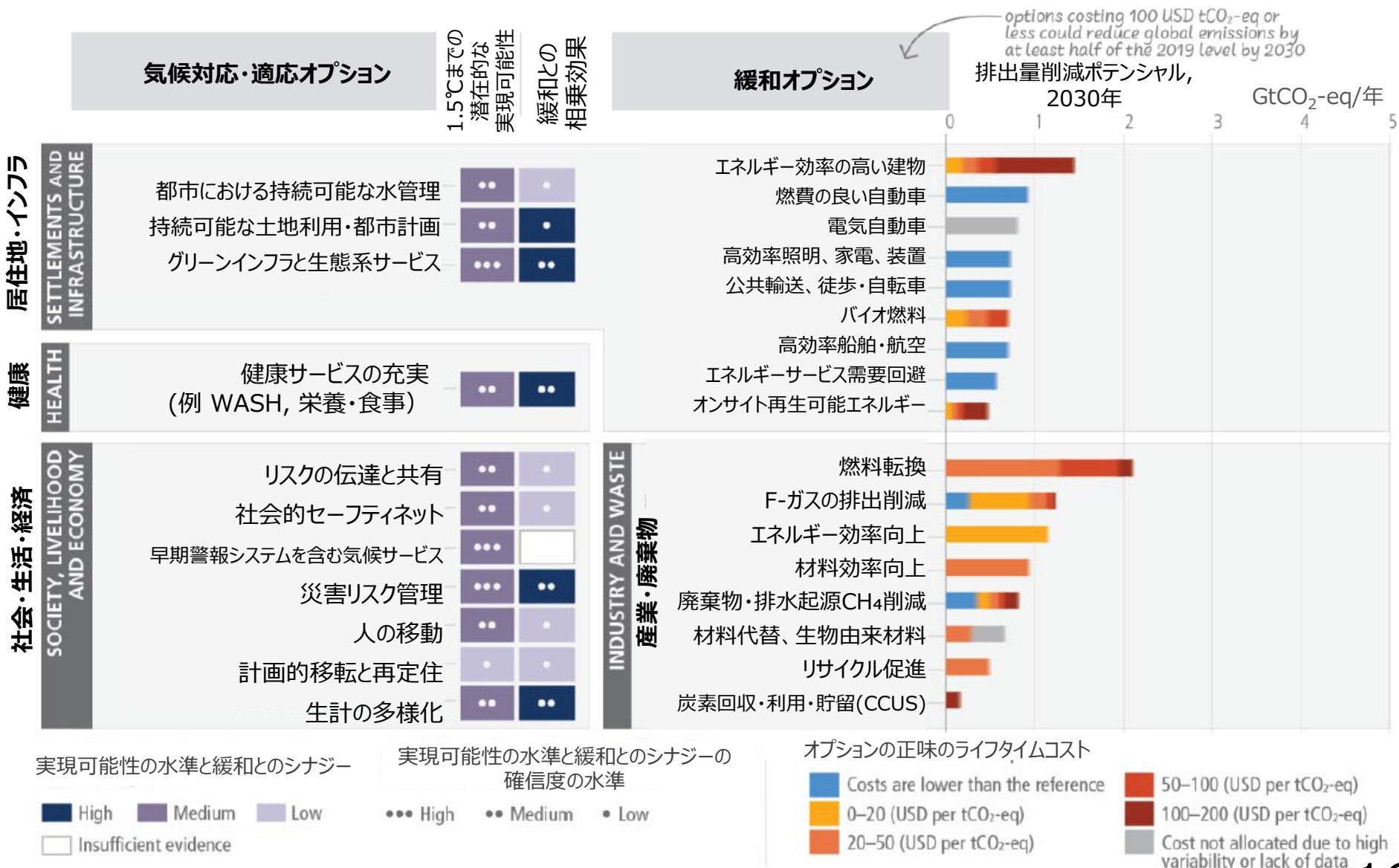
100-200 (USD per tCO₂-eq)

Cost not allocated due to high variability or lack of data

(出所) IPCC AR6 SYR SPM Figure SPM.7 a)

【短期の対応】 短期的に大規模展開が実現可能なオプションは複数ある

短期における気候対応・適応の実現可能性、緩和オプションのポテンシャル（続き）

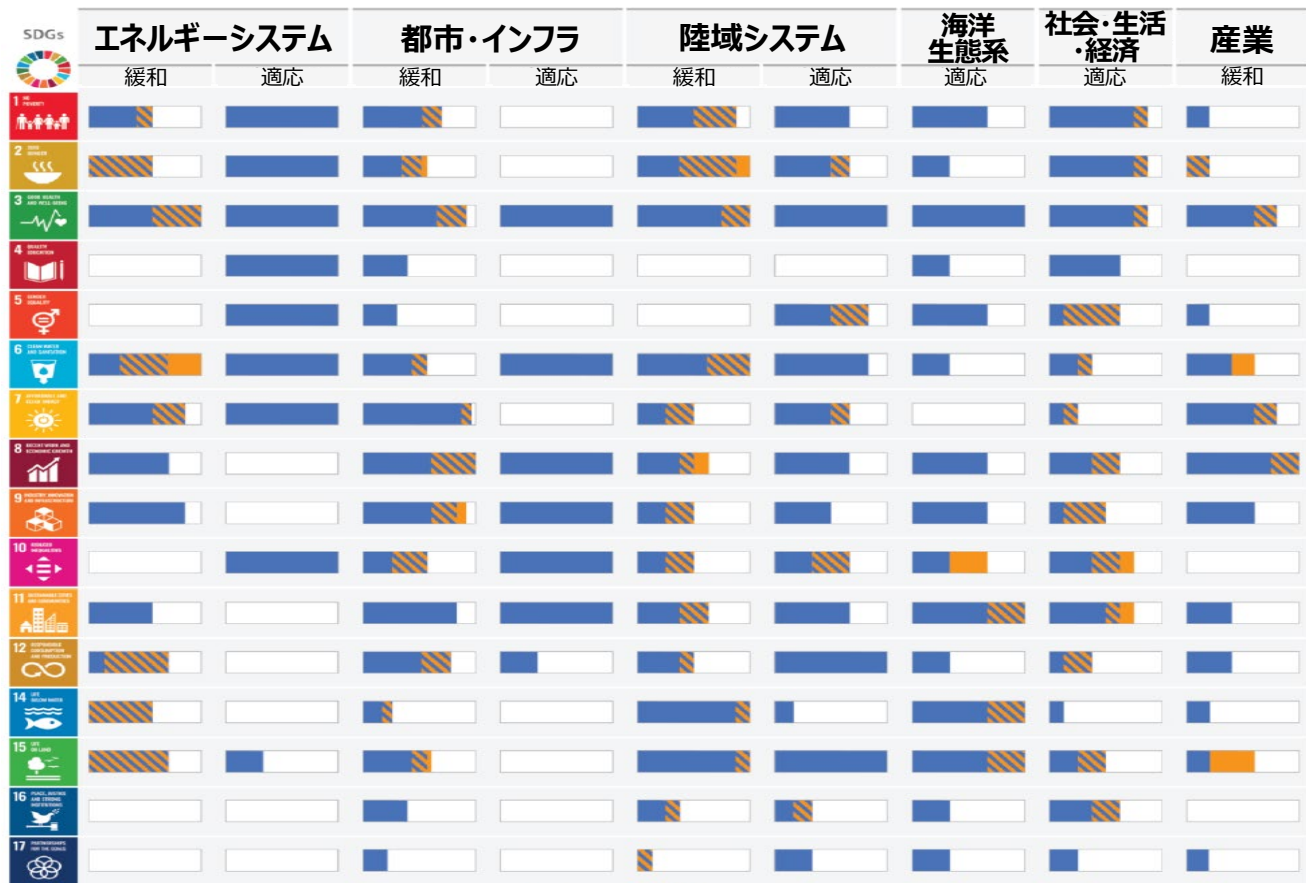


(出所) IPCC AR6 SYR SPM Figure SPM.7 a)

【SDGsと緩和・適応】 持続可能な開発目標と緩和・適応行動は相乗効果を有する。

- 気候変動の影響の緩和と適応における加速的かつ衡平な行動が、持続可能な開発に不可欠である。緩和行動及び適応行動は、持続可能な開発目標とのトレードオフよりも相乗効果を多く持つ。相乗効果とトレードオフは、文脈と実施の規模に依存する。（確信度が高い）（SYR SPM C.4）
- より広範な開発の文脈に組み込まれた緩和の取組は、排出削減の速度、深度、幅を拡大することができる（確信度が中程度）。・・（SYR SPM C.4.1）

短期的な適応・緩和策はSDGsとのトレードオフよりも相乗効果が多い



Key ■ 相乗効果 ■ トレードオフ ■ 相乗効果・トレードオフ双方・混在 □ 証拠が限定的／証拠がない／評価されていない

(出所) IPCC AR6 SYR Longer report Figure 4.5

■ 気候変動の影響・適応・緩和の現状・見通し

- **既に1.1℃の温暖化**：人間活動により既に1.1℃の温暖化。人為的な気候変動は広範な悪影響、損失と損害をもたらしている。
- **今後短期のうちの気温上昇とその影響**：GHG排出は発展段階や所得水準によって大きく異なっている。一方、開発が遅れている地域や人々は、気候ハザードに対し脆弱性が高くなっている。
- **不釣り合いに温暖化影響を受ける地域**：今後10～20年以内に1.5℃に達する可能性が高い。温暖化の漸増に伴い、気象・気候の極端現象が拡大。温暖化の進行に伴い適応オプションが制限され、損失と損害が増大。
- **残された排出量**：気温上昇を1.5℃までに留めるために残されたカーボンバジェットは500GtCO₂。2050年までにCO₂ネットゼロの実現。
- **進展とギャップ**：AR5以降、緩和・適応のための対策・政策には幅広い進展が見られる。但し、要求される水準との間にはギャップが存在する。

■ 気候にレジリエントな開発・ネットゼロ排出の実現に向けて

- **気候にレジリエントな開発**：気候にレジリエントな開発を促進する経路は、緩和策と適応策の統合に成功し、持続可能な開発を促進させる開発の道筋。持続可能な未来を確保するための機会の窓は急速に狭まっているが、まだ実現の経路は存在する。私たちが今取る選択と行動は、何千年にもわたって影響を与える。
- **大規模展開が可能な短期オプションの存在**：短期の対応は損失・損害を軽減し、遅延は実現可能性を低減。緩和・適応ともに短期的に大規模展開可能なオプションが存在する。
- **統合的・包摂的な取組**：統合的（緩和・適応・SDGs）かつ包摂的（衡平性、公正な移行）な取組は、リスクの低減、変革への支持を深めることに繋がる。
- **「可能にする条件」の強化**：ガバナンス、政策、ファイナンスなど「可能にする条件」の強化は適応・緩和オプションの大規模展開の実現可能性を高める。

本日の報告内容

- IPCC第6次評価報告書からのメッセージ
- 日本で脱炭素社会を実現できるか？

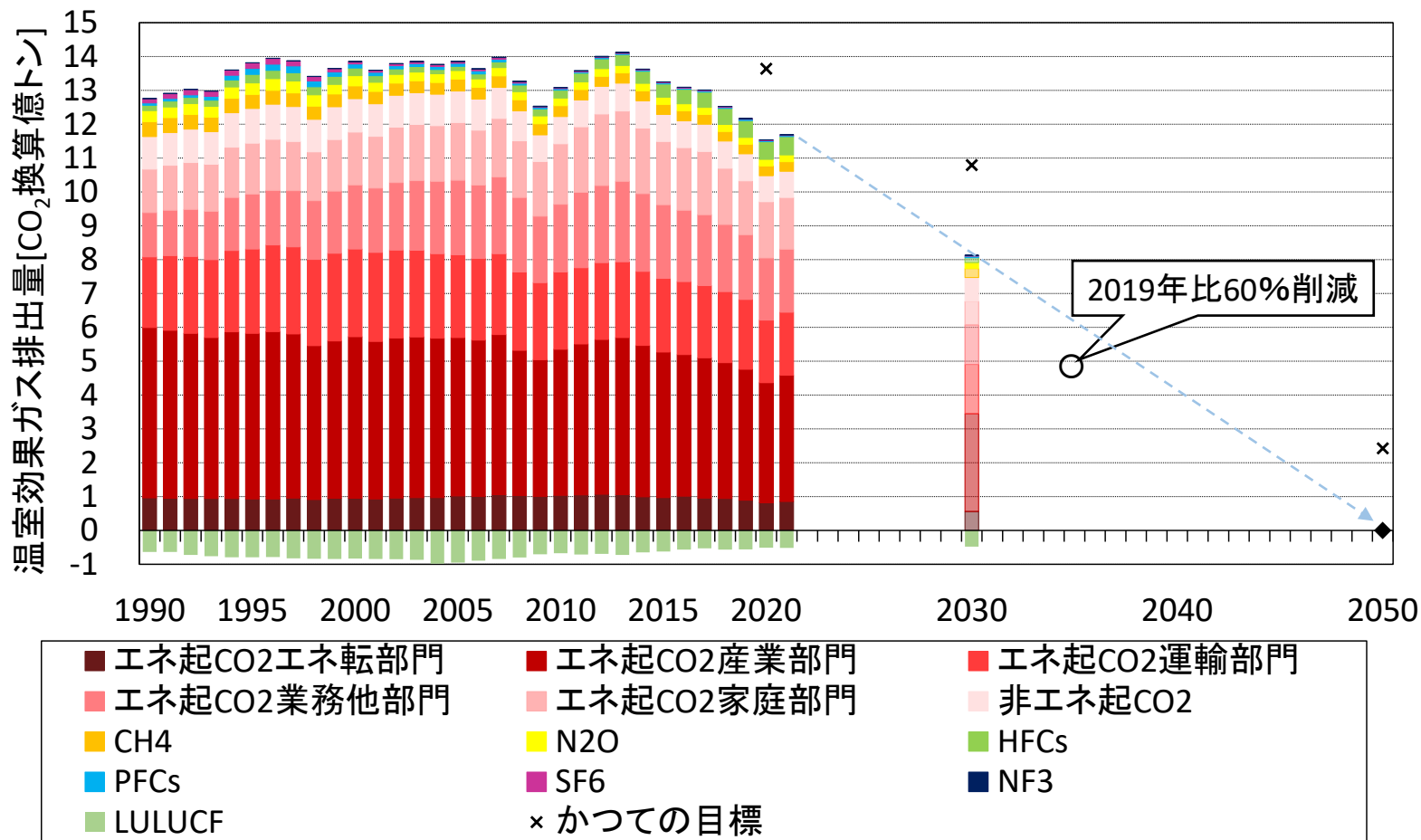
2021年6月30日の総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会(第44回)において、「日本の2050年脱炭素社会を実現する分析結果」を公表。

2023年4月28日に開催された中央環境審議会 地球温暖化対策計画フォローアップ専門委員会において「2050年脱炭素社会実現に向けた排出経路分析」として、最新のNDCや温暖化対策計画を反映させた分析結果を公表。

これまでの試算結果も含めて、資料は下記にて公表。

https://www-iam.nies.go.jp/aim/projects_activities/prov/index_j.html

日本の温室効果ガス排出量の推移と削減目標



データ出典: 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス <https://www.nies.go.jp/gio/archive/ghgdata/index.html>

IPCCが示した「2035年の排出量を2019年比60%削減」という目標には遠く及ばない。カーボンバジェット(排出量の累積値)の観点から、2050年にゼロにするだけでなく、出来るだけ早くゼロにすることが重要。

シナリオ | 本分析における3つのシナリオ

- ・本分析では、3つのシナリオを想定し、それぞれについて2050年までの排出経路を推計した。A) 効率改善、再エネ普及は進展するものの、2030年以降、革新的技術の実装が十分に進展しないことを前提とした「脱炭素技術普及進展シナリオ」、B) A)に対して、2030年以降に革新的な脱炭素技術の大規模展開が進展することを前提とした「革新的技術普及シナリオ」、C) B)に加えて、社会変容による財や輸送の需要の低減を織り込んだ「社会変容シナリオ」を設定。

A「脱炭素技術進展シナリオ」(技術進展)

エネルギー効率改善、再生可能エネルギー技術について2030年まで計画通りに普及が進み、2030年以降もその速度で普及が進展。一方で、2030年以降に加速度的に大規模展開されることが期待される革新的脱炭素技術については、その展開が十分に進まないことを想定。

<GHGネットゼロシナリオ>

B「革新的技術普及シナリオ」(革新技術)

A)に対して、2030年以降に加速度的に大規模展開されることが期待される革新的な脱炭素技術の展開も十分に進展し、2050年GHG排出ネットゼロを実現するシナリオ。

C「社会変容シナリオ」(社会変容)

B)に加えて、デジタル化・循環経済の進展などの社会変容に伴って、人々の効用等を維持または向上させつつ財や輸送の需要が低減することを織り込んだシナリオ。2050年GHG排出ネットゼロを実現。

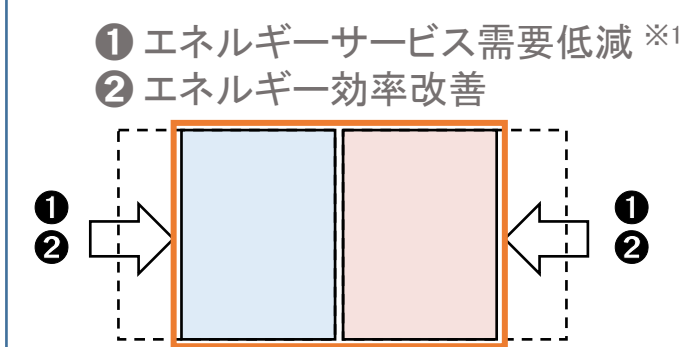
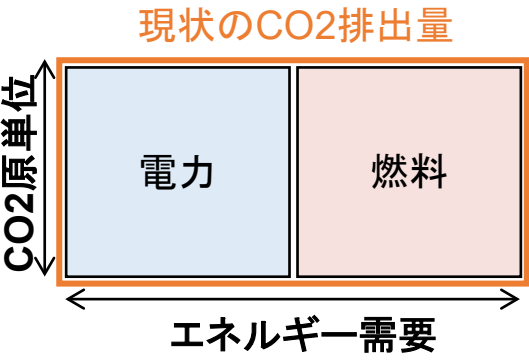
2030年以降の大規模展開を想定した革新的な脱炭素技術

- ・新燃料(水素、合成燃料、アンモニア)・バイオ燃料の利用拡大
- ・PV・洋上風力の更なる大量普及
- ・貨物自動車の電動化の進展
- ・HP機器の更なる普及
- ・発電・産業におけるCCUS実装
- ・ネガティブエミッション技術

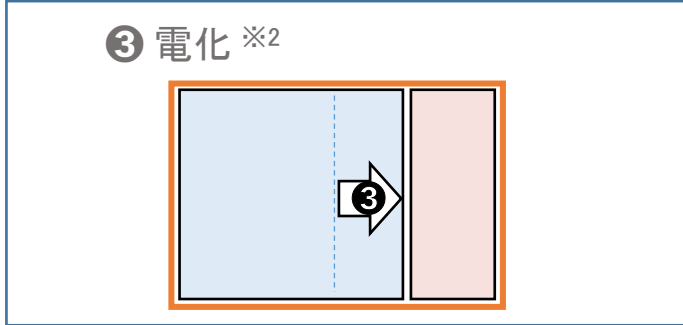
想定した社会変容

- ・マテリアルの効率的利用: シェアリング、長寿命化、循環利用、省資源設計など
- ・業務・通勤移動の低減: ICTによる移動需要の代替など
- ・貨物輸送の低減: マテリアルの効率的な利用による貨物輸送の低減など

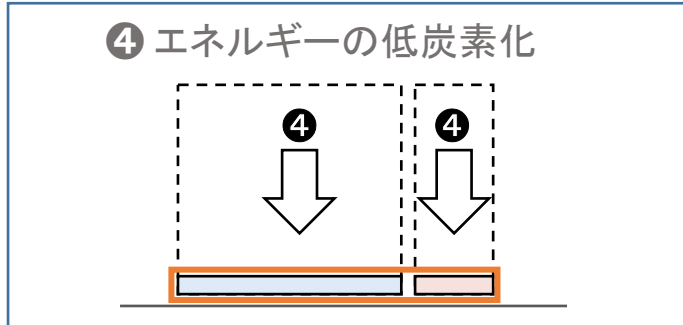
【削減対策とCO2排出量の関係】



※1人々の効用等を維持または向上させつつ、エネルギー消費に繋がるような財やサービス需要を低減させること。本分析での扱いについてはスライド7参照。



※2 内燃機関自動車から電気自動車、ボイラ・ストーブから電気ヒートポンプなどの電化はエネルギー効率改善の効果も持つ。



2050年のCO2排出量



⑤ ネガティブ排出対策

【削減対策の柱ごとの本分析で対象した対策】

	家庭・業務	運輸	産業
① エネルギーサービス 需要低減	断熱強化、エネルギー管理	(エネルギー機器による) 移動・輸送需要の低減 ※1	財の需要低減 ※1 電炉利用拡大、クリンカ率 の低減
② エネルギー効率改善	家電機器、情報機器、業 務機器のエネルギー効率 改善	輸送機器のエネルギー効 率の改善	生産機器のエネルギー効 率の改善
③ 電化	空調、給湯、厨房の電化	自動車のBEV、FCV化 船舶、航空の電化	電炉利用拡大(再掲)、産 業用ヒートポンプ利用拡大
	電力	燃料	CCUS
④ エネルギーの 脱炭素化	再生可能エネルギー、原 子力、火力発電CCUS、 アンモニア・水素発電、系 統対策(送配電強化、蓄 電)	新燃料(水素、アンモニア、 合成燃料) バイオマス由来燃料	産業CCUS 火力発電CCUS BECCS
	土地	海洋	その他※2
⑤ ネガティブ排出対策 (NETs, CDR)	森林吸収源強化、農地 土壌吸収、BECCS(再 掲)、バイオ炭等	ブルーカーボン	コンクリートCO2吸収

※1: 詳細はスライド7「社会変容シナリオ」における財や運輸サービスの低減に関する想定 参照

※2: 本分析ではDACCS(大気中からのCO2を強制的に除去する技術)は含めていない。

対策 | 「社会変容シナリオ」におけるの財や運輸サービスの低減に関する想定

部門	対象	対策	低減率	出典等
産業	鉄鋼	寿命延長、最適構造等	17%	・ IEA(2020)によると物質効率改善対策(寿命延長、構造最適化、再利用など)によって、2070年には29%の鉄鋼の需要が低減。これを参考に2050年に17%低減と想定。
	セメント	寿命延長、最適構造等	16%	・ IEA(2020)によると物質効率改善対策(寿命延長、構造最適化、再利用など)によって、2070年には26%のセメントの需要が低減。これを参考に2050年に16%低減と想定。
	紙	DX進展	30%	・ 国内紙・板紙生産量のうち、印刷用途は4割程度。DX進展によりこれらの需要が大幅に低減と想定。
	有機化学	循環利用、脱物質化	15%	・ IEA(2020)によると物質効率改善対策(リサイクル、再利用など)によって、2070年までに25%の一次化学物質の需要が低減。これを参考に2050年に15%低減と想定。
	自動車	カーシェア	15%	・ 国内販売台数の8割が乗用車。年間走行距離が4,000km未満の世帯が22%、4,000~8,000kmが26%(2020年度, 環境省)。前者のほぼ80%、後者の50%がカーシェアに移行(1台を平均2~3世帯利用相当)と想定。
	衣類	退蔵衣類の活用、長期使用	10%	・ 国内衣類の新規供給量82万トン、廃棄量51万トン、リユース量15万トン、家庭における未着用衣類 139万トン(環境省・日本総研(2022))。左記対策により新規供給量の2050年1割程度の低減を想定。
	食料品、農水産品	食ロス低減	5%	・ 2019年度 食品ロス570万t(A)、摂取量5,658万t(B), $A/(A+B)=9\%$ (農林水産省統計値より引用・推計)。これを最大ポテンシャルとし、その半分程度の達成を想定。
運輸	旅客輸送	DX進展	20%	・ 通勤による移動の3割程度の低減、かつ、私事による移動の2割程度の低減された場合に相当。
		公共交通機関	2%	・ 2050年 自家用交通から乗換量 206億人km(温対計画 2030年目標の2倍, 自動車貨物輸送の1割程度相当)。
	貨物輸送	脱物質化	7%	・ 上記脱物質化対策による輸送量低減効果。財別輸送量データから推計。
モーダルシフト		10%	・ 2050年 鉄道へのモーダルシフト 119億トンkm, 船舶へのモーダルシフト 160億トンkmを想定(温対計画 2030年目標の2倍, 自動車貨物輸送の1割程度相当)。	

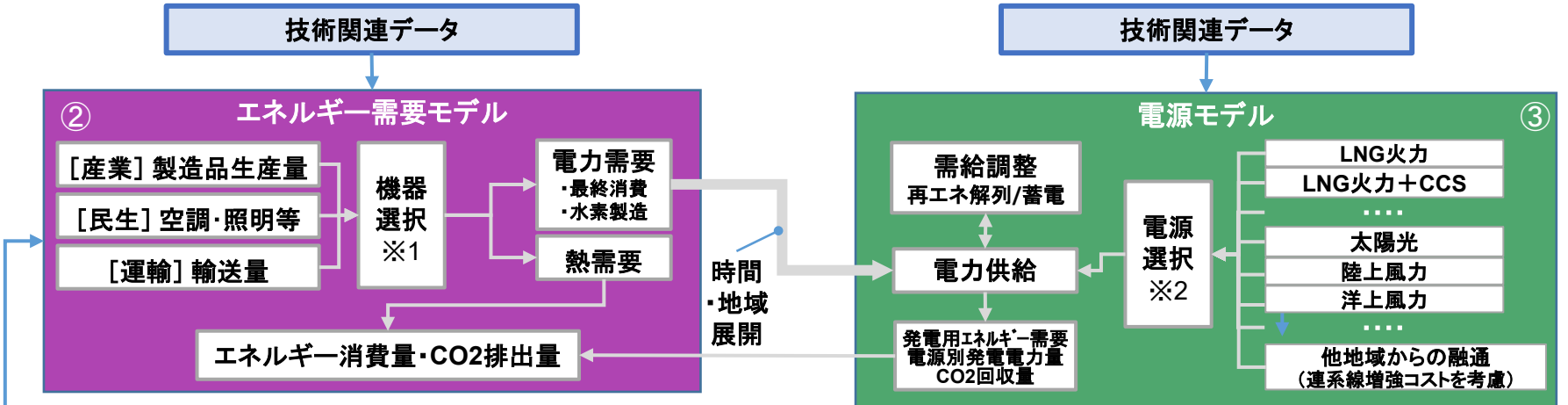
出典: IEA (2020) Energy Technology Perspective 2020
 環境省・日本総研 (2022) 環境省 令和2年度 ファッションと環境に関する調査業務

【技術進展シナリオと革新技術・社会変容シナリオで対策導入量の違いが生じる主な対策】

部門・用途			2030年	2050年 技術進展	2050年 革新技術・社会変容
産業	エネルギー多消費	水素還元製鉄	0%	0%	50%
		鉄鋼・セメントCCUS	0%	0%	100%
民生	給湯・厨房	電気HP給湯機(家庭)	38%	75%	80%
運輸	貨物自動車	BEV・FCV	6%	41%	76~78%
バイオマス			19Mtoe	23Mtoe	38~44Mtoe
新燃料		水素需要	0	1Mtoe	43~47Mtoe
再エネ	太陽光発電		111百万kW	202百万kW	357百万kW
	洋上風力		6百万kW	45百万kW	115~147 百万kW
CCUS	地下貯留		0	0	99~104 百万tCO2

モデル分析 | 分析に用いたモデル群

・ 経済成長率や人口の想定を所与として、応用一般均衡モデルを用いて、将来におけるマクロフレームを設定(①)。続いて、エネルギー需要モデルにより、将来のエネルギー需要量を推計(②)。②で推計した年間電力需要量を1時間毎の地域別需要量に展開し、同時同量制約や地域間連系線制約を考慮できる費用最適化型電源モデルで発電設備構成及び供給構成を推計(③)。その結果をエネルギー需要モデルにフィードバックし、日本の全体のエネルギー需給量、CO2排出量を算定。



※1: 資本費、運用費、エネルギー・炭素費用を考慮した経済合理性に基づく技術選択

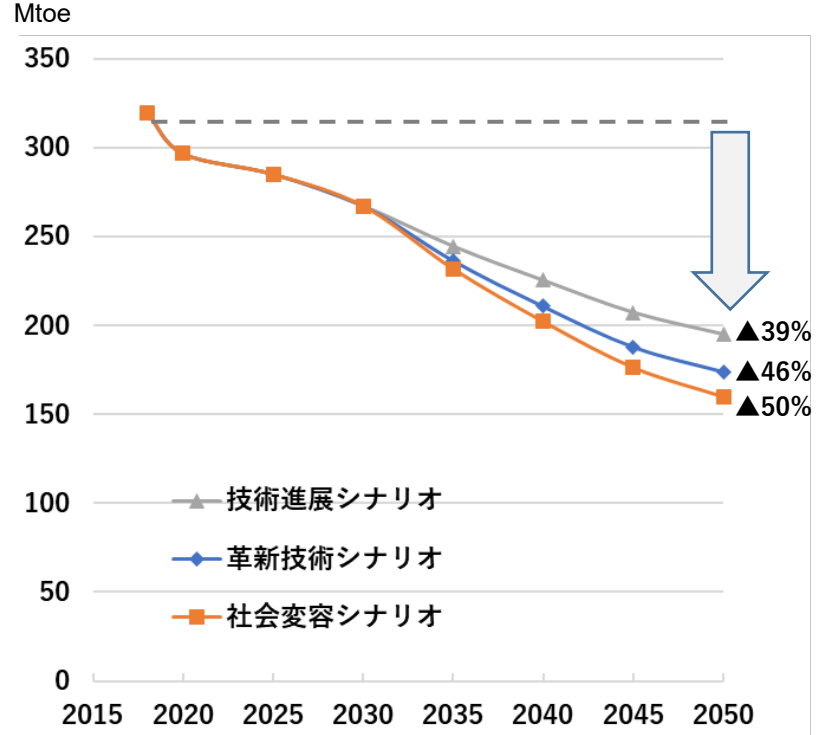
※2: 1時間毎の同時同量制約のもと、発電設備、蓄電設備、地域間連系線の導入と運用上の解列を最適化分析する日本10地域の電源モデル。

- 電源モデルが考慮しているもの...地域間電力融通、出力抑制、揚水発電・蓄電池による電力貯蔵、送電・充電損失、余剰電力による水素生産など
- 電源モデルが考慮していないもの...電気自動車・電気HP給湯機など蓄エネ設備やダイナミックプライシングを活用した需要サイドのエネルギー管理、域内の送配電網、慣性力確保など

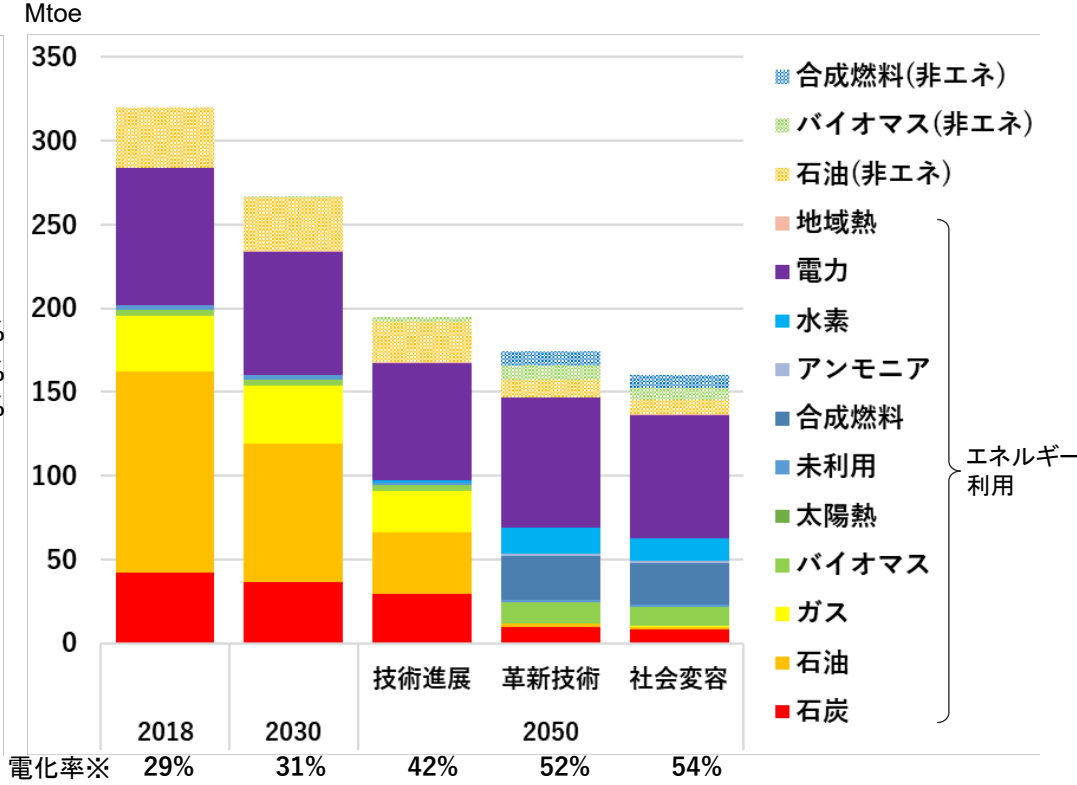
将来見通し | 最終エネルギー消費量 (最終エネルギー消費部門: 産業+業務+家庭+運輸)

- ・ 2050年最終エネルギー消費量はシナリオによって、39%、46%、50%低減(2018年度比)。
- ・ 2050年のエネルギー種構成については、技術進展シナリオでは化石燃料が現状の半分程度の量が残存している。一方、革新技術・社会変容シナリオでは、電化率の増加、合成燃料や水素の利用拡大によって化石燃料の消費は一部の用途に限られる。2050年の電化率は技術進展シナリオで42%、革新技術・社会変容シナリオで52%、54%である。

【最終エネルギー消費量の推移】



【最終エネルギー消費量・シナリオ別×エネルギー種別】

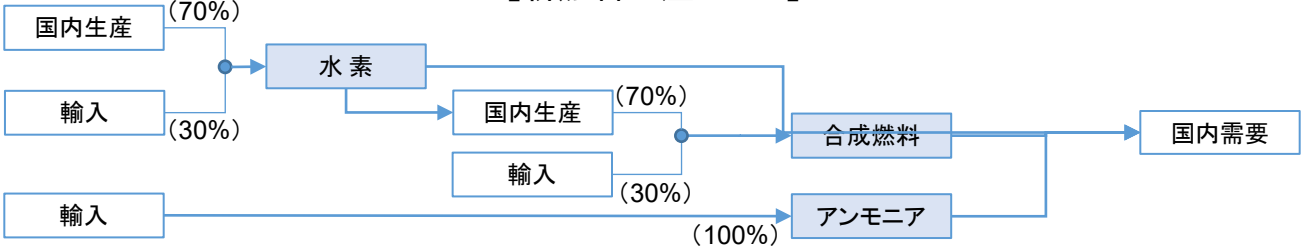


電化率※ 29% 31% 42% 52% 54%
 ※非エネ利用除く最終エネルギー消費量に占める電力消費量の割合
 (部門別の最終エネルギー消費量は参考資料に掲載)

将来見通し | 新燃料需要量

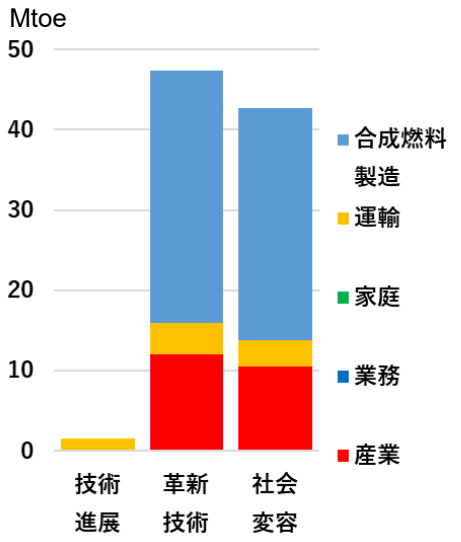
- ・ 2030年以降、CNに向けて新燃料の需要が増加。主な需要先は以下の通り。
 - 水素：産業部門 製鉄及び高温熱、運輸部門 FCV、合成燃料製造用
 - 合成燃料：産業部門 高温熱、家庭部門 都市ガス、運輸部門 貨物自動車・船舶・航空
 - アンモニア：運輸部門 船舶、火力発電用燃料

【新燃料生産フロー】

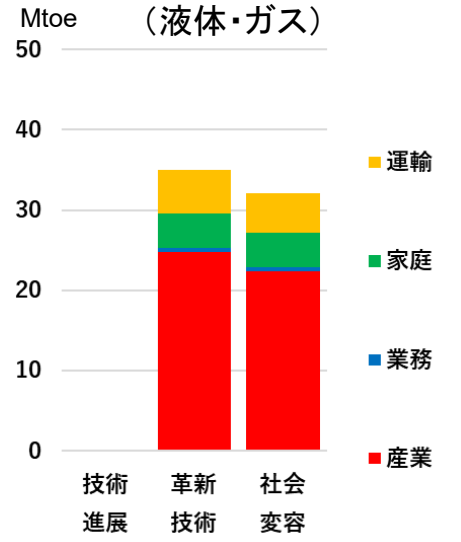


()内の数字は本分析における新燃料の輸入率依存率の想定。また、本分析では海外における新燃料生産はカーボンニュートラルな方法が採用されていること、また、海外で生産される合成燃料の炭素分は化石燃料起源ではないことを前提とし、その日本国内での消費に伴うCO2排出量はゼロとする。

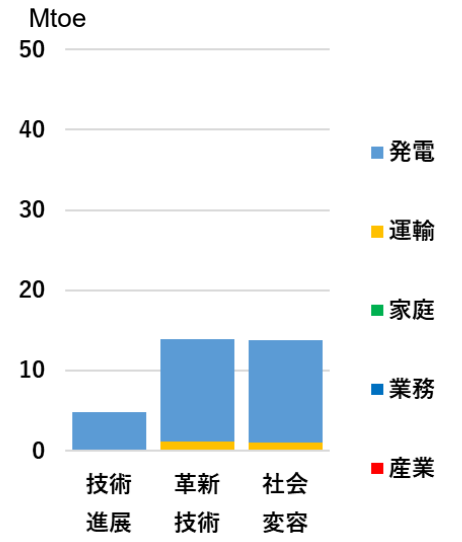
【水素需要】



【合成燃料需要】
(液体・ガス)



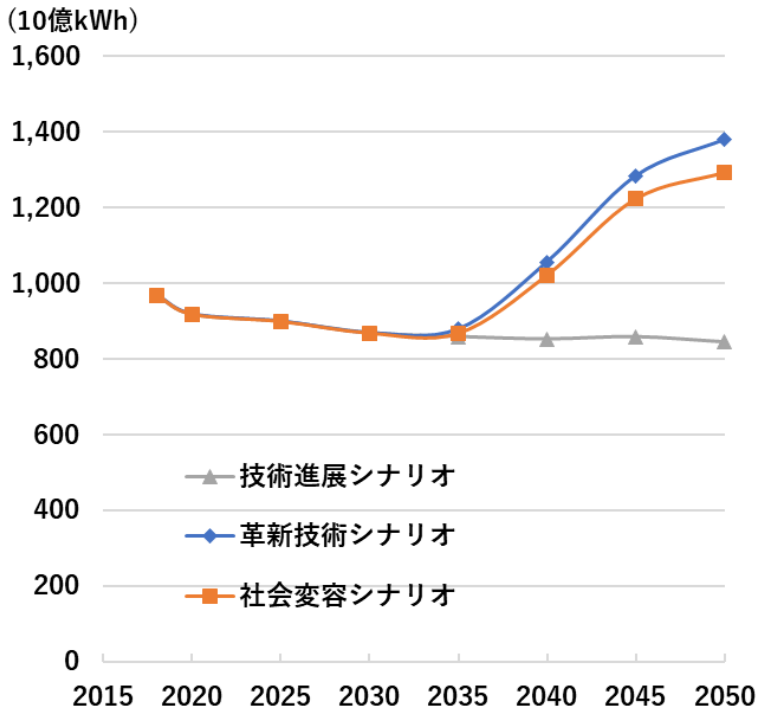
【アンモニア需要】



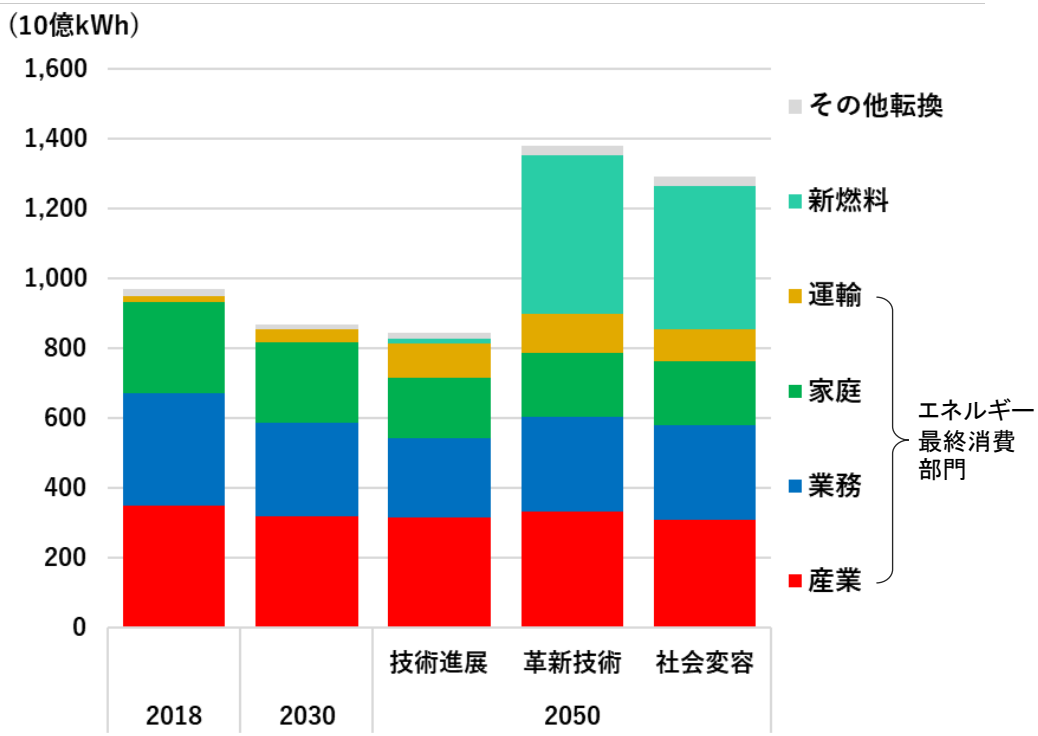
将来見通し | 電力需要量 (最終エネルギー消費部門+エネルギー転換部門)

- 最終エネルギー消費部門の電力需要は2030年以降、概ね横這いで推移。GHGネットゼロを実現する革新技術・社会変容シナリオでは、新燃料生産用の電力需要の増加に伴い、2050年の電力需要全体が4割程度増加する見込み。

【電力需要量の推移】



【電力需要量・シナリオ別×部門別】

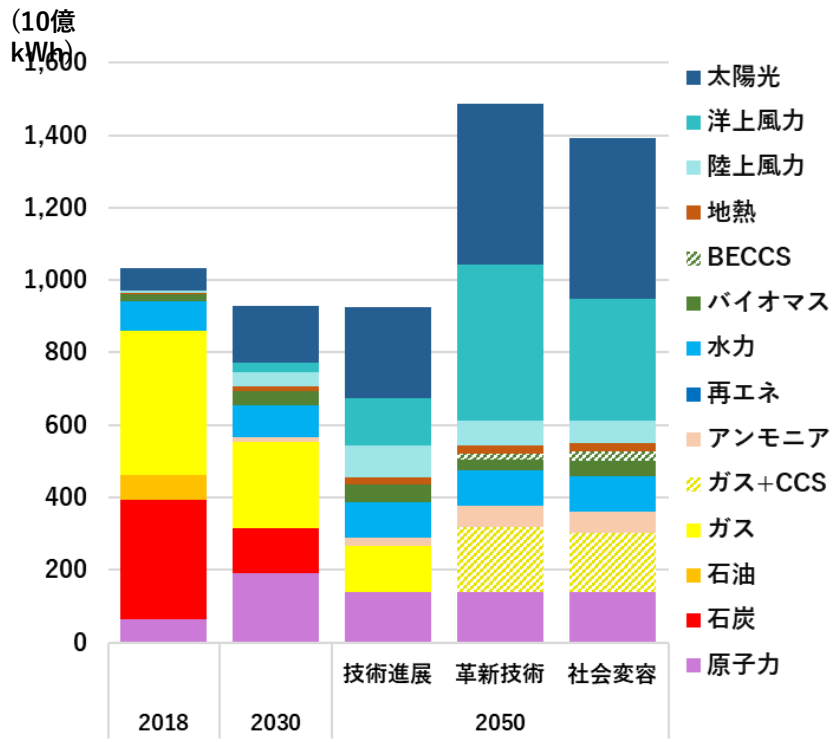


将来見通し | 発電電力量

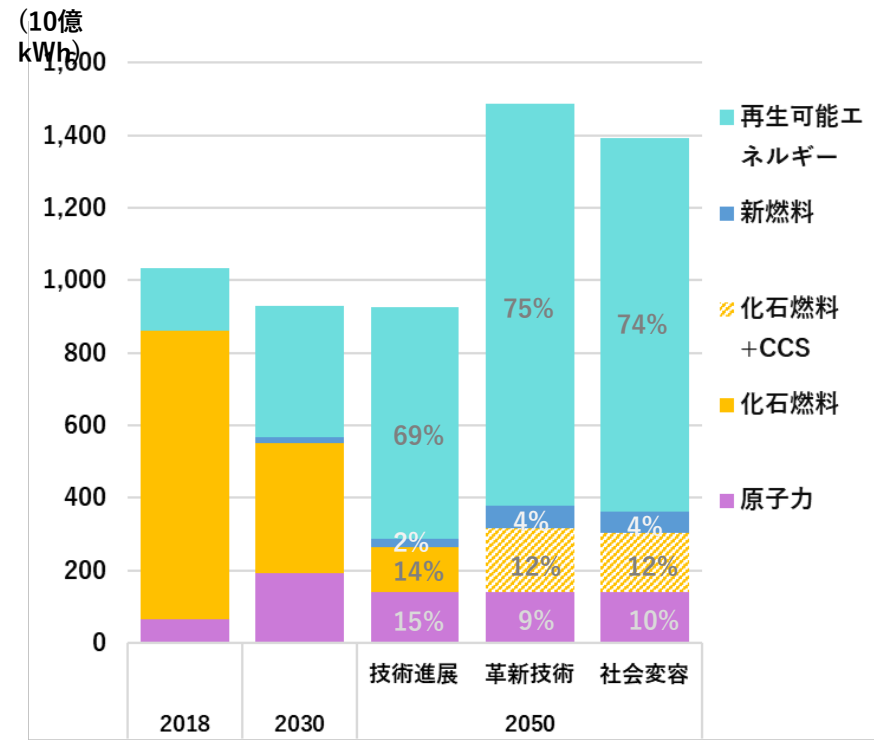
・ 革新技术・社会変容シナリオでは、新燃料生産用の電力需要の増加に伴い、発電電力量も増加。また、その両シナリオでは、原子力、CCS付き火力発電、新燃料火力発電、再生可能エネルギー発電で構成され、脱炭素電源が100%を占めている。中でも洋上風力発電、太陽光発電の発電電力量は大きく、それぞれ3,380~4,320億kWh、4,440億kWhとなっている。

注) 本分析はバイオマス火力を除く再生可能エネルギー発電の比率の上限を7割として推計したものである。また、再生可能エネルギー発電の上限については、技術進展シナリオでは2030年までの傾向を延長し、革新技术と社会変容シナリオについては、環境省における再生可能エネルギーポテンシャル調査を参考にして設定(設定の詳細は参考資料参照)。

【電源別発電電力量(詳細分類)】

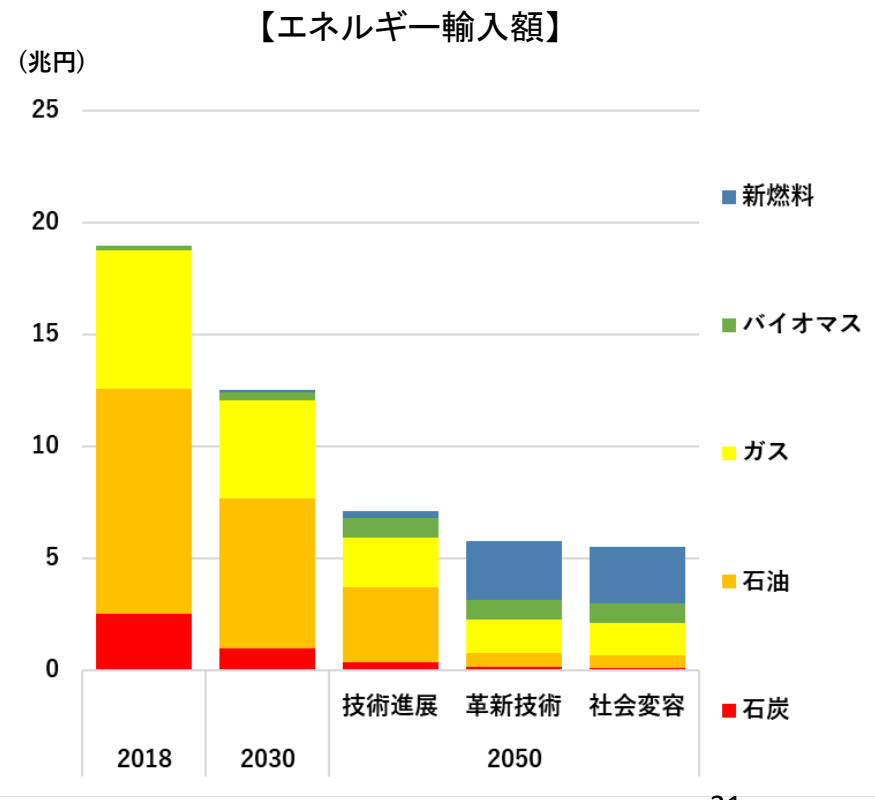
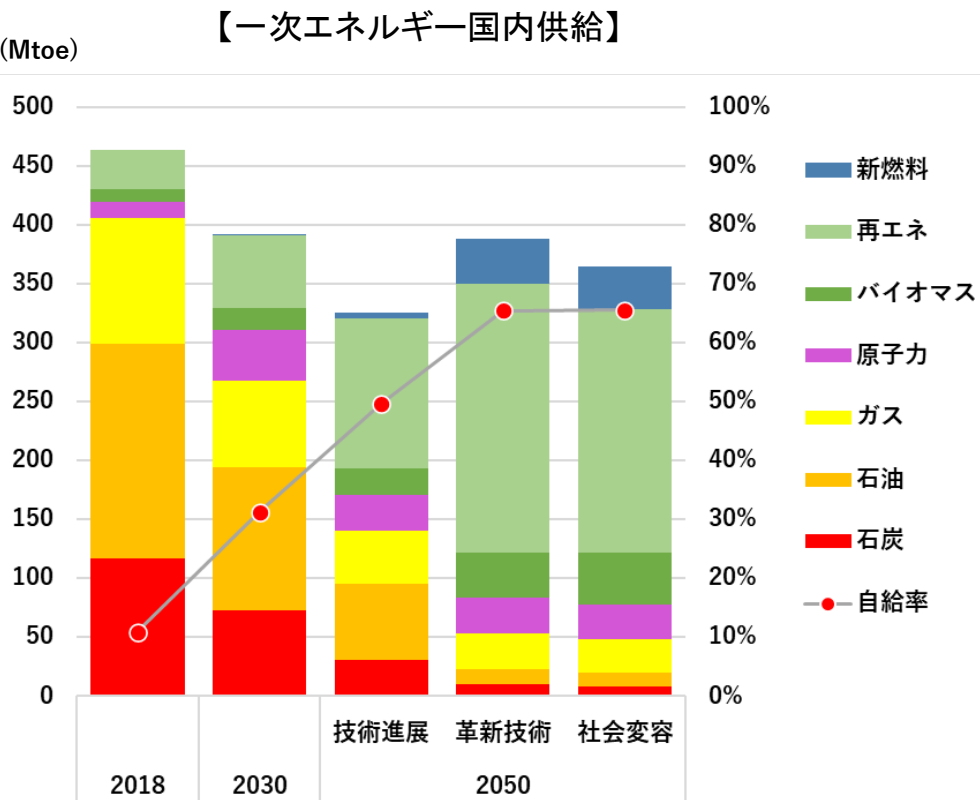


【電源別発電電力量(粗分類)】



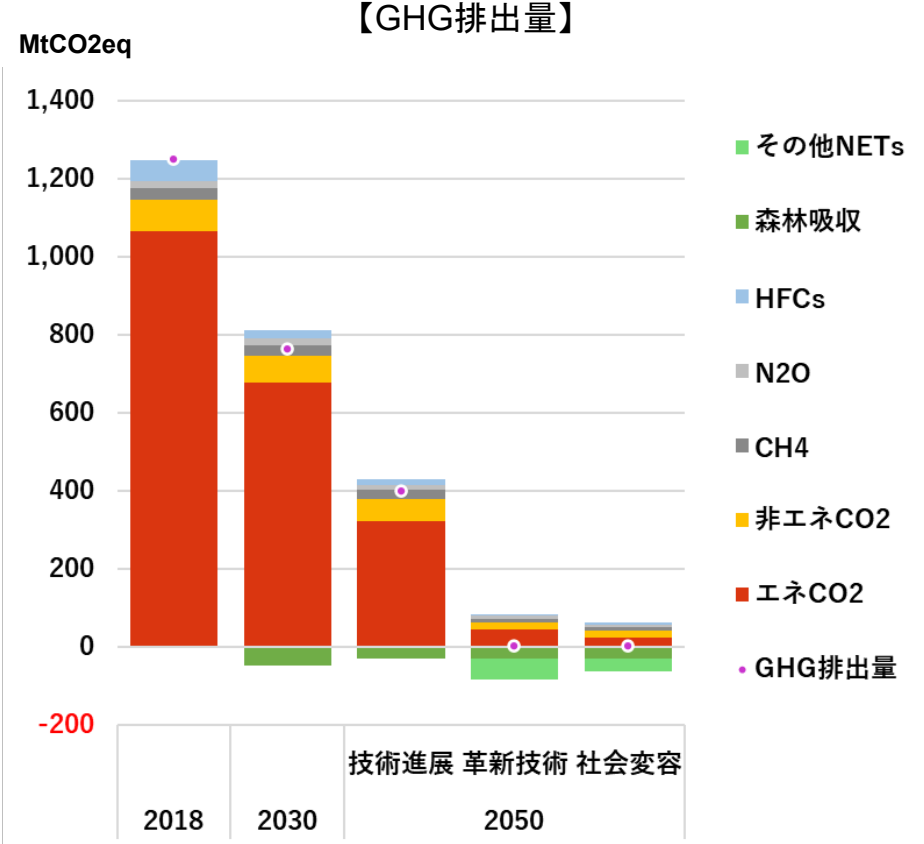
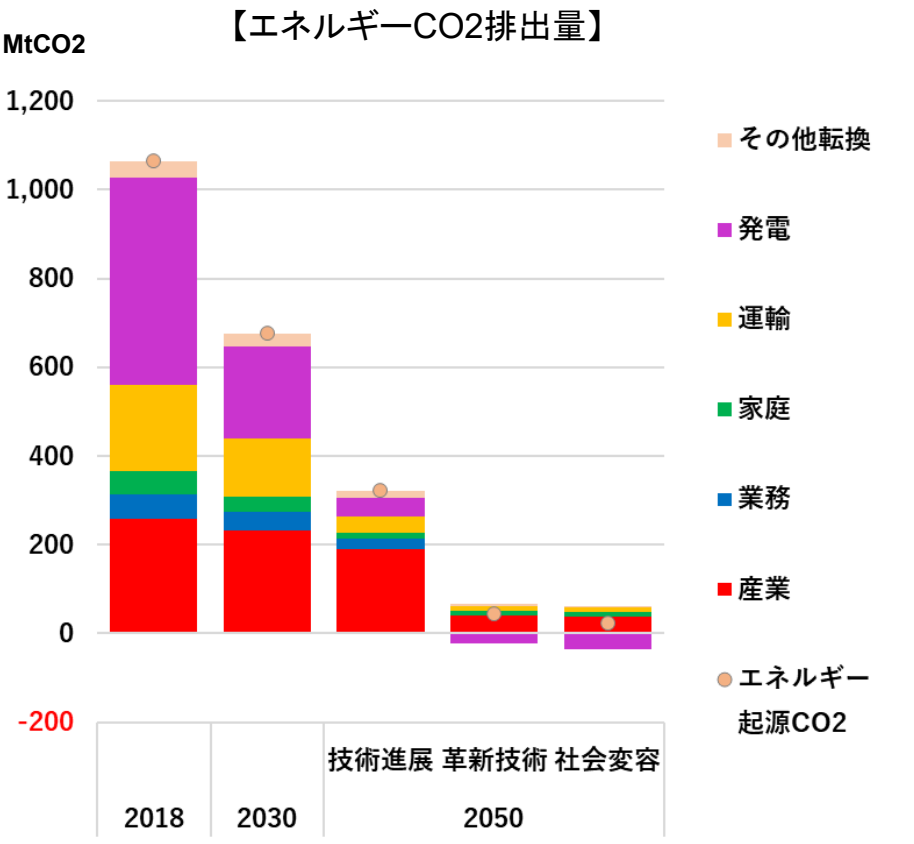
将来見通し | 一次エネルギー国内供給

- 一次エネルギー国内供給は、現状は化石燃料が8割以上を占めるが、2050年には再生可能エネルギーが7割程度を占める。2018年11%のエネルギー自給率は2050年の革新技術・社会変容シナリオでは66%となり、大幅に改善。
- 2018年のエネルギー純輸入額は19兆円程度であるが、化石燃料に対する依存の低下によって輸入額は2050年には約10兆円以上低下する。
- 技術進展シナリオと革新技術・社会変容シナリオを比較すると、更なるCO2の削減は自給率の向上につながる。一方で、輸入額については、新燃料を一定程度輸入に依存することもあって両者に大きな差はない。



将来見通し | エネルギー起源CO2排出量・GHG排出量

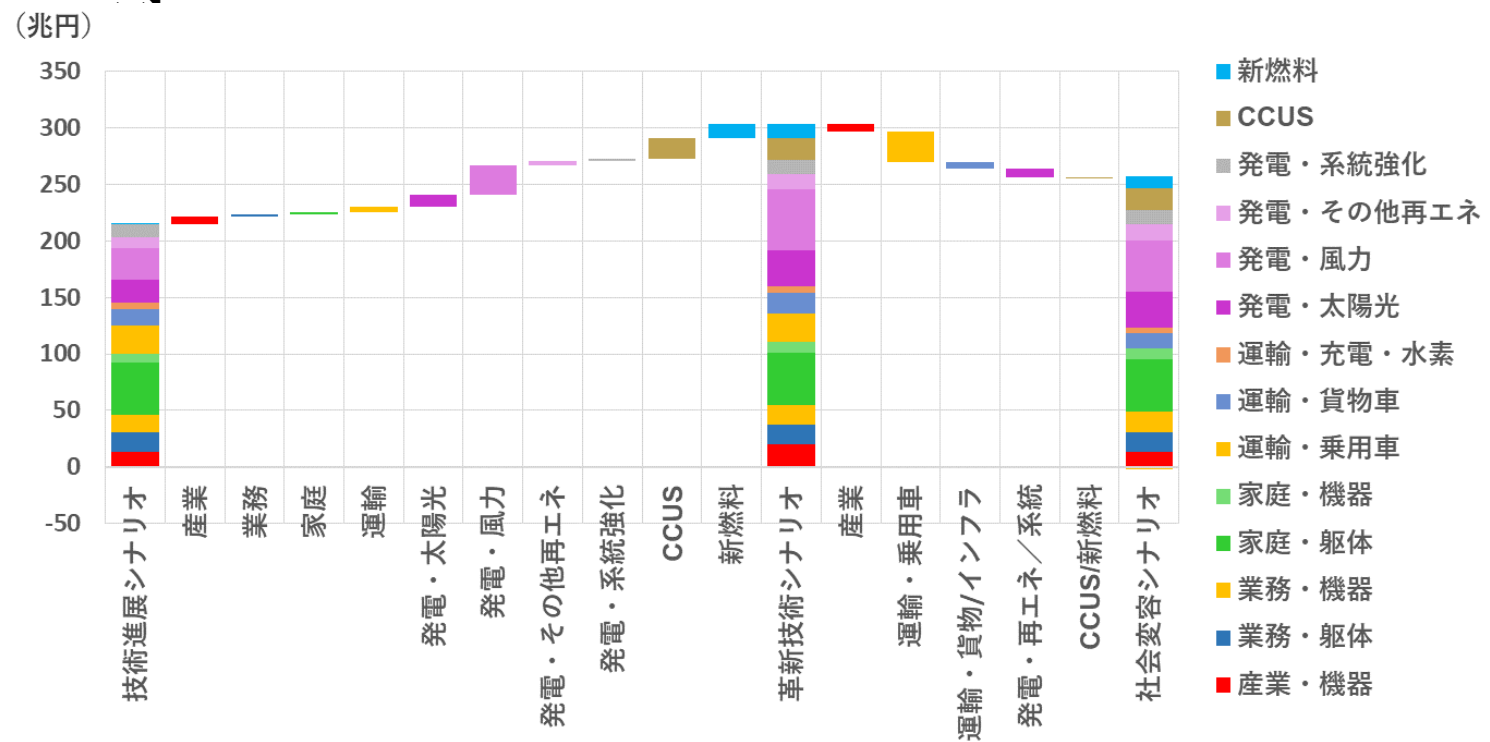
- エネルギー起源CO2排出量は2050年の技術進展シナリオでは全ての部門において化石燃料消費が残存し、300MtCO2を超える排出がある。革新技術・社会変容シナリオにおいてはBECCCSの導入もあり、発電部門における排出はマイナスに転じるが、化石燃料由来の炭素を含む合成燃料の消費もあり、全体としてCO2排出量が残存する。
- GHG排出量においてはエネルギー起源CO2以外のガスにおいても排出量が残存するが、森林吸収などのネガティブ排出対策によってオフセットされ、ネットゼロ排出となっている。



将来見通し | 2050年ネットゼロ排出に向けた総投資額

- ・ GHGネットゼロの実現に向けては、2030年以降に大規模に加速度的な展開が期待される技術に対して、投資額を増加させていくことが必要。特に、太陽光、風力、CCUS、新燃料の金額が大きくなっている。
- ・ 一方、社会変容はGHG低減効果だけでなく、エネルギーシステムに対する投資額を低減させる効果を有する。そのため、社会変容の実現は、GHGネットゼロの実現性を高めることにつながる。

【総投資額 (2021~2050年)



※ ・ 技術・対策導入率を現状水準で固定した場合(固定シナリオ)における投資額との比較。期間における投資額を単純に累積した値。機器固定費用に対する投資額であり、維持管理費用、研究開発費用、政策費用は含まれていない。
 ・ エネルギー起源CO2排出量の削減及びセメント生産プロセスのCO2回収のための費用が対象で、その他GHG削減やBECCSを除くネガティブ排出対策のための費用は含まれていない。

- 2030年以降に加速度的な普及が期待される脱炭素技術について、その社会実装が十分に進まなかった場合には、GHGネットゼロの達成は難しくなる。 GHGネットゼロの実現に向けては、既に普及段階にある対策技術を着実に普及させていくとともに、以下に示すような革新的な対策技術を2030年以降、大規模展開させてしていくための後押しが今から必要である。

- 1) 需要側:
- ① 社会変容 (脱物質・輸送低減)
 - ② 素材生産の革新的技術
 - ③ 電化技術 (産業用HP、電動貨物自動車)
 - ④ エネルギーの脱炭素化 (産業CCUS、新燃料・バイオ燃料利用拡大)
- 2) 供給側:
- ① 新燃料供給
 - ② 再生可能エネルギー発電
- 3) 非エネルギー
- ① セメント石灰石由来CO₂のCCUS
 - ② メタン・N₂O・HFCs等4ガス対策
 - ③ 森林吸収強化等

- エネルギー由来のCO₂削減に向けて、上記対策を後押しを進めていくために投資が必要となるが、特に再生可能エネルギー発電、CCUS、新燃料の普及に対する投資額を増加させる必要がある。ネットゼロに向けた投資によって、エネルギー自給率は大幅に向上し、また、輸入額も現状よりも年間10兆円以上低減される見込みである。

まとめ | GHGネットゼロに向けて (2)社会変容を通じた脱炭素社会の実現性の向上

○ 一方で、デジタル化・循環経済の進展を前提とした社会変容は、エネルギーシステムに対する投資額を低減させる効果を有するために、脱炭素の推進に向けて合わせて実施すべき対策となろう。さらに、技術的・社会的な制約・不確実性が高い、新燃料、変動性の高い電力、ネガティブ排出対策などに対する依存を低減することにつながり、脱炭素社会の実現性を高めることに繋がる。

革新技术シナリオと社会変容シナリオとの比較

・ 投資額の低減	30年間の総投資額	303兆円 → 255兆円
・ 新燃料需要量の低減	水素需要量	47 Mtoe → 43Mtoe
・ 発電電力量の低減	PV・風力発電量	943億kWh → 843億kWh
・ ネガティブ排出対策に対する依存の低減		84MtCO ₂ → 77MtCO ₂

○ GHGネットゼロの実現のためには、革新的技術の社会実装と、(人々の効用等を維持または向上させつつ)エネルギー需要を低減させるような方向への需要側対策への社会変容を両輪して推進していくことの重要性が示された。一方で将来の技術開発や社会動向は不確実性が高いため、今後更に様々な可能性を視野に入れて検討を行っていく所存である。

- ・ 経時的及び詳細セグメント毎の緩和策の障壁・導入可能性の分析
- ・ 新燃料、バイオ燃料、CO₂貯留に関する海外依存に関する複数シナリオによる分析
- ・ 再生可能エネルギー発電の導入可能量とその影響に関する複数シナリオによる分析
- ・ 更なる社会変容の可能性及びその効果分析