

2050年脱炭素社会実現に向けた排出経路 追加分析

2024年4月22日

国立環境研究所 AIMプロジェクトチーム

はじめに

- ・ 地球温暖化対策計画(令和3年10月22日閣議決定)は、2050年までにわが国の温室効果ガス(GHG)の排出を実質ゼロにすること(吸収量の分だけ排出が可能で差し引きゼロにすること)を目指して策定されたもので、その目標と統合的で野心的な目標として、2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指し、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けていくとしている。また、同計画では2050年GHGネットゼロの実現に向けて、普及段階にある技術については着実な普及を目指し、また、実証及び導入初期の段階にある技術については2030年以降の大規模展開に向けて、必要な制度・基準の検討、研究開発の強化、基金を活用した支援などを行うとしている。
- ・ 2050年GHGネットゼロの実現には、現状において実証及び導入初期の段階にある革新的な脱炭素技術の2030年以降の大規模な実装が不可欠である。2050年までにそれらの実装が十分に進まなかった場合にはGHGネットゼロの実現はなしえない。そこで、我々が2023年4月に公表した「2050年脱炭素社会実現に向けた排出経路分析」では、2030年以降に革新的な脱炭素技術の展開が十分に進展しなかった場合と、2050年GHGネットゼロを実現する経路とのギャップに対する分析を行うことで、2030年以降に注力すべき対策について考察した。
- ・ 分析の結果、2050年GHGネットゼロの実現のためには、再生可能エネルギーの普及や新燃料の導入が不可欠であることが明らかとなったが、これらの実現には諸条件の不確実性も大きく、その効果や影響を幅広にとらえておくことが必要である。そこで、脱炭素社会の実現に向けて重要な役割を担う対策の1つである発電電力量に対する再生可能エネルギーの比率や、水素や合成燃料に代表される新燃料の国産・輸入比率について、複数の想定を行い、対策の組み合わせの差異がもたらすエネルギーシステムへの影響について分析した。加えて、2050年に向けてGHG排出量を直線的に削減させていくことを想定した場合に、必要となる対策の導入程度を示し、GHGネットゼロに向けて2050年までに取り得る政策の方向性について考察を行った。

1. 前回分析からの進展

前回分析からの進展

- 発電構成・新燃料国内生産に関して、複数のケース設定を行い、その影響を分析
- 2050年のみならず、2030年～2050年にかけての経路についても分析を実施
- その他、対策導入の前提や削減効果などについて最新の情報をもとに変更

地球温暖化対策計画フォローアップ専門委員会の今後の検討課題(令和5年8月17日)

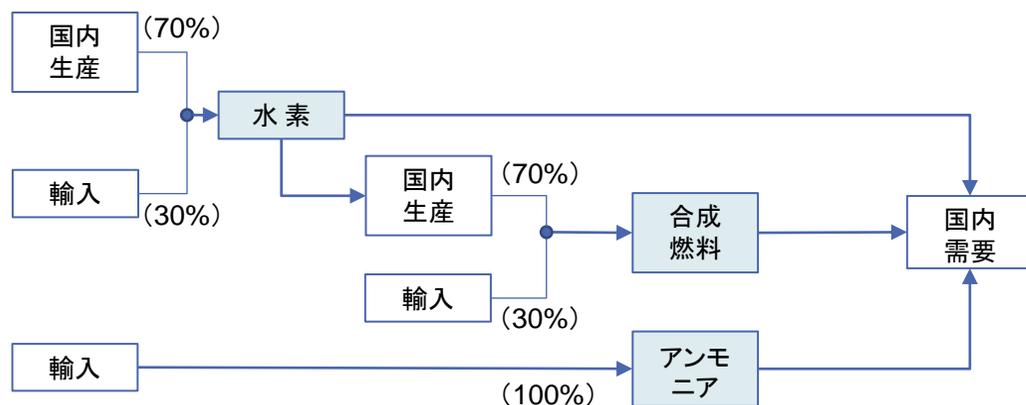
- 1) 最新の科学的知見の充実と重要対策・施策の計画的なフォローアップ
- 2) フォローアップを含むPDCAサイクルの実施等を通じた、より効果的な国民各界各層への普及啓発の展開
- 3) 勝負の10年の中にある2030年度46%削減の蓋然性を高める具体的アクションの深掘
- 4) 2050年カーボンニュートラルを見据えた2030年以降の革新的な対策技術の大規模展開のための準備の具体化
- 5) 2030年から2050年までを結ぶ途中地点で必要な対策・施策等の水準の見える化
- 6) モデルを活用した以下のようなシナリオ分析
 - ・ 社会変容による脱物質化、輸送量の低減等に伴う需要減
 - ・ 電化シフトによるヒートポンプ、電動貨物自動車等の普及に伴う化石由来燃料の需要減
 - ・ 再生可能エネルギー・新燃料の導入拡大に伴う電力・燃料の脱炭素化
 - ・ 非エネルギー部門(セメント石灰石由来CO₂のCCUS、メタン・N₂O・代替フロン等4ガス、森林吸収強化等)における対策
- 7) 削減目標の達成に向けた日本の進捗管理手法の国際展開・支援策の検討

参考：2023.4 分析における新燃料国内生産比率・再生可能エネルギー発電構成比

- ・ 2023.4の分析では、新燃料の国産生産の比率について、水素70%、合成燃料70%、アンモニア0%と想定した1ケースのみであった。(新燃料全体では国産生産比率は45%程度)
- ・ 再生可能エネルギー発電の比率については、2050年GHGネットゼロを実現する革新技術及び社会変容シナリオでは74~75%。

【新燃料生産フロー】

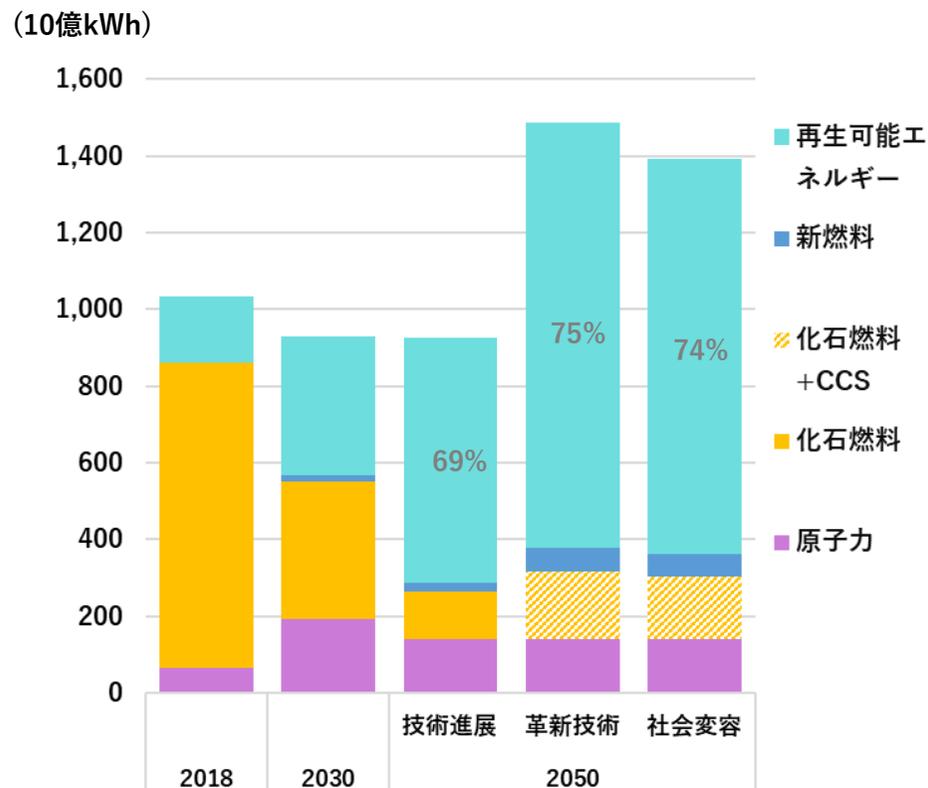
(2023.4分析における新燃料国産・輸入比率)



()内の数字は新燃料の輸入率依存率の想定。

【電源別発電電力量(粗分類)】

(2023.4分析における再生可能エネルギー発電比率)



2. 主たる対策の2030年以降における想定

2.1 分析に用いた3つのシナリオ

- ・ 2023年4月の分析と同様に、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。

<2050年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)

2030年はAと同様で、2030年以降には革新的な脱炭素技術が加速度的に大規模展開し、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

2.2 「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

| 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 103億人km追加。 |
| | 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 | 7% | ・ 2050年 鉄道へのモーダルシフト 59億トンkm, 船舶へのモーダルシフト 80億トンkmを追加。 |

表中の引用文献: IEA (2020) Energy Technology Perspective 2020, 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

2.3 ケース設定 | 新燃料・再エネの導入率

- ・発電における再生可能エネルギー発電の比率と、新燃料の国産比率について複数のケース設定を行った。
- ・なお、2030年と2050年との間の排出経路については、両年の目標を直線で結んだ経路を仮定し、概ねその経路を通るような対策の組み合わせを推計した。対策普及に対する経済面、社会面、技術面等の様々な検討によって、GHG排出経路は異なってくるものであり、経過年におけるGHG排出量については、各年の目標の目安を示すものではないことに留意する必要がある。

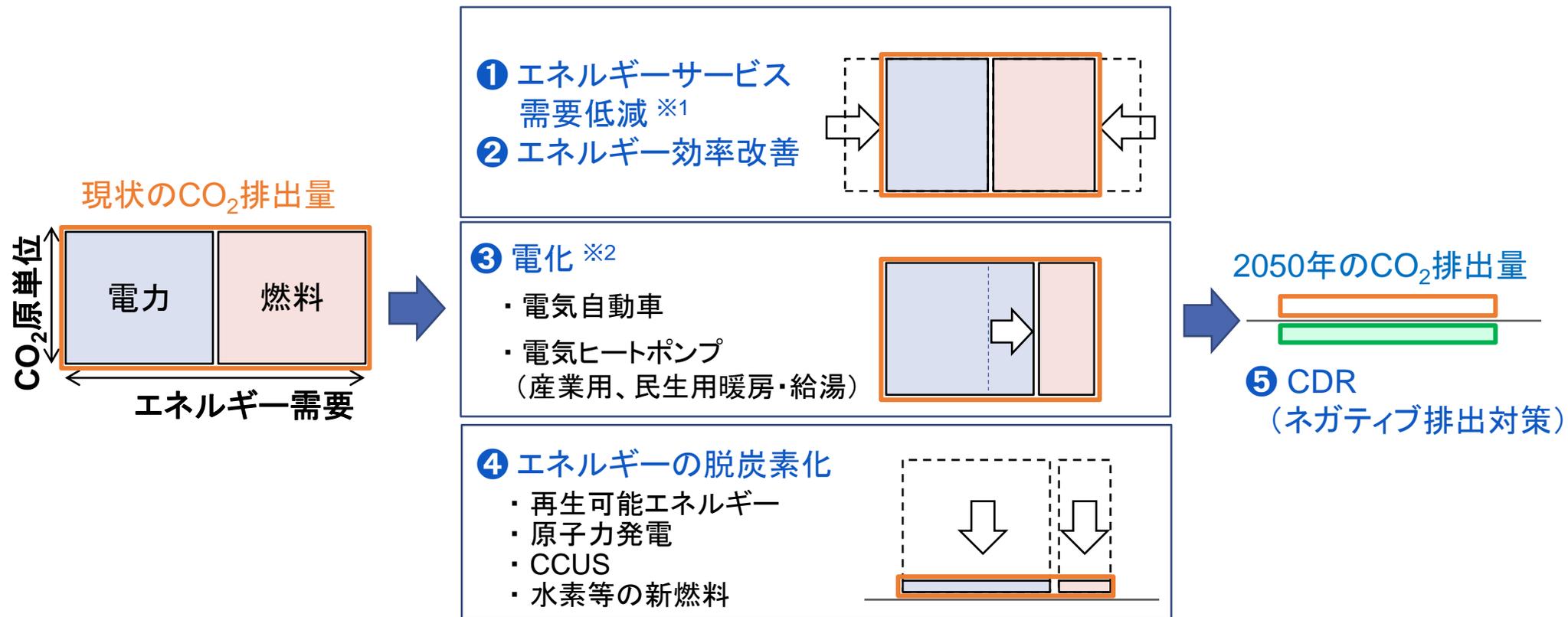
【再エネ発電比率・新燃料国産比率に関する想定】

| ケース | 最終エネルギー消費 | 再生可能エネルギー発電電力量比率 ^{*1} | 新燃料国産比率 ^{*2} | 2050年GHG排出量 | |
|-----|------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| 1 | 技術進展 | 技術進展シナリオ | 発電容量 2030年延長 | 新燃料ゼロ | |
| 2 | 革新技術 再エネ60 新燃料国産10 | 革新技術シナリオ | 発電電力量比率 60%程度 | 10%程度 | GHG ネットゼロ |
| 3 | 革新技術 再エネ75 新燃料国産25 | 〃 | 発電電力量比率 75%程度 | 25%程度 | 〃 |
| 4 | 社会変容 再エネ75 新燃料国産25 | 社会変容シナリオ | 〃 | 〃 | 〃 |
| 5 | 社会変容 再エネ75 新燃料国産45 | 〃 | 〃 | 45%程度 | 〃 |

^{*1} 発電比率を制約条件としているのではなく、この比率を目安に再エネ導入量の上限值を設定している。そのため、発電比率は発電電力総量や他電源との比較で値が変化する。

^{*2} 新燃料の対象は、水素、アンモニア、合成燃料であり、それらの熱量ベースでの合計値の国産比率をここでは示している。

2.4 最終エネルギー消費部門の対策 | (1) 対策の柱

【CO₂ネットゼロのエネルギーシステムに向けて】

※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。

※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。

上図は環境省(2015) [温室効果ガス削減中長期ビジョン検討会 とりまとめ](#)を参考に作成

2.4 最終エネルギー消費部門の対策 | (2) 削減対策

【分析の対象とした主な削減対策】

| | 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、CCUS、アンモニア・水素発電、系統対策 | 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CO ₂ 吸収 |
| | 農業 | 廃棄物 | HFCs等4ガス |
| 非エネCO ₂ ・メタン・N ₂ O・HFCs等4ガス排出削減対策 | 家畜・稲作・土壌対策 | 埋立・焼却・排水対策 | 冷媒・洗浄・発泡剤対策 |

※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: 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。

2.5 再生可能エネルギー発電の想定 | (1)再生可能エネルギー発電の上限値

- ・ 2030年については全シナリオ・ケースともに現状のNDCのもととなる見通しを引用。
- ・ 陸上風力、地熱、バイオマスは現状から2030年までの傾向が2030年以降も続くと想定。
- ・ 水力の低位は地熱らと同様の想定。高位は環境省REPOSの中小水力のポテンシャルのうち50%が顕在化すると想定。
- ・ 太陽光と洋上風力の想定については次頁に記載。

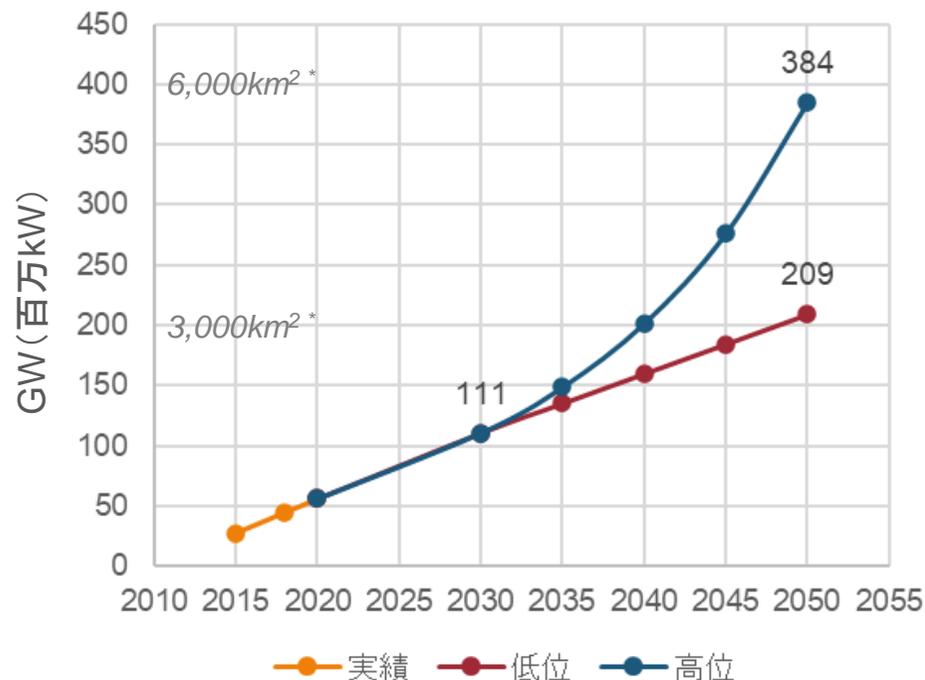
<再生可能エネルギー発電の上限値の想定>

| (単位:GW) | 2030 | 2035 | | 2040 | | 2050 | |
|---------|------|------|-----|------|-----|------|-----|
| | NDC | 低位 | 高位 | 低位 | 高位 | 低位 | 高位 |
| 太陽光 | 111 | 135 | 149 | 160 | 201 | 209 | 384 |
| 陸上風力 | 18 | 25 | 25 | 32 | 32 | 46 | 46 |
| 洋上風力 | 6 | 9 | 16 | 15 | 45 | 45 | 179 |
| 水力 | 23 | 24 | 24 | 24 | 25 | 25 | 27 |
| 地熱 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| バイオマス | 8 | 10 | 10 | 11 | 11 | 14 | 14 |

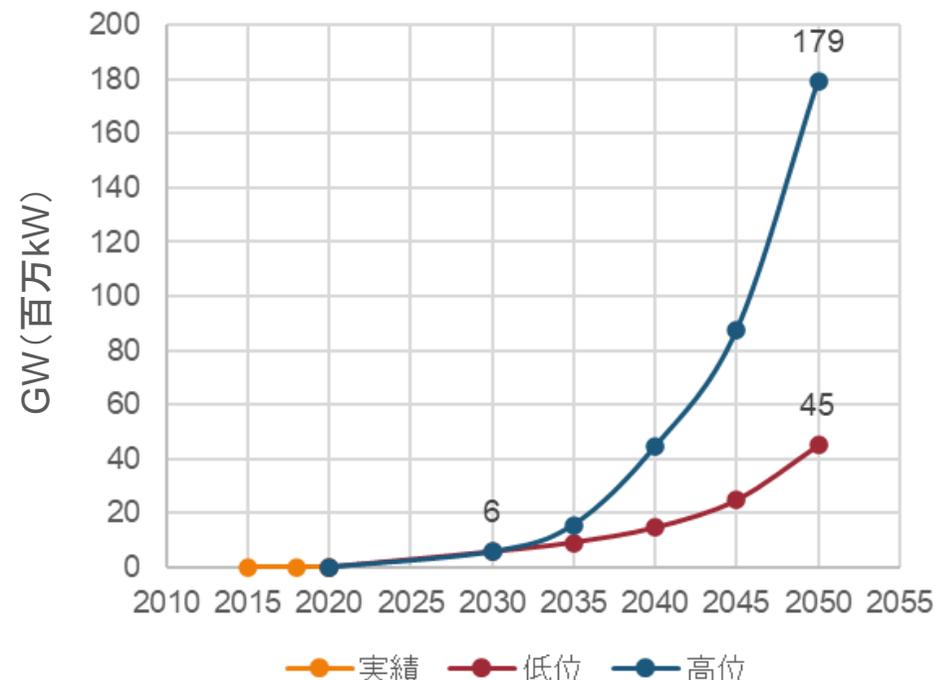
低位:「技術進展シナリオ」、「革新技術 | 再エネ60 | 新燃料10」に適用

高位:「革新技術 | 再エネ75 | 新燃料25」、「社会変容 | 再エネ75 | 新燃料25/45」に適用

< 太陽光発電 >



< 洋上風力発電 >



* グラフ中のkm²の値は該当する発電容量に対して、15m²/kWで換算した場合の太陽光発電パネルが占める面積を示す。

上限値の想定

低位

- ・ 太陽光: 現状から2030年にかけての導入量の変化を線形外挿。
- ・ 洋上風力: 2050年 45GW (洋上風力産業ビジョン(第一次)(2020年)において2040年までに30~45GWの案件形成を目標としていることを参考に設定)。2030~2050年は等比補間。

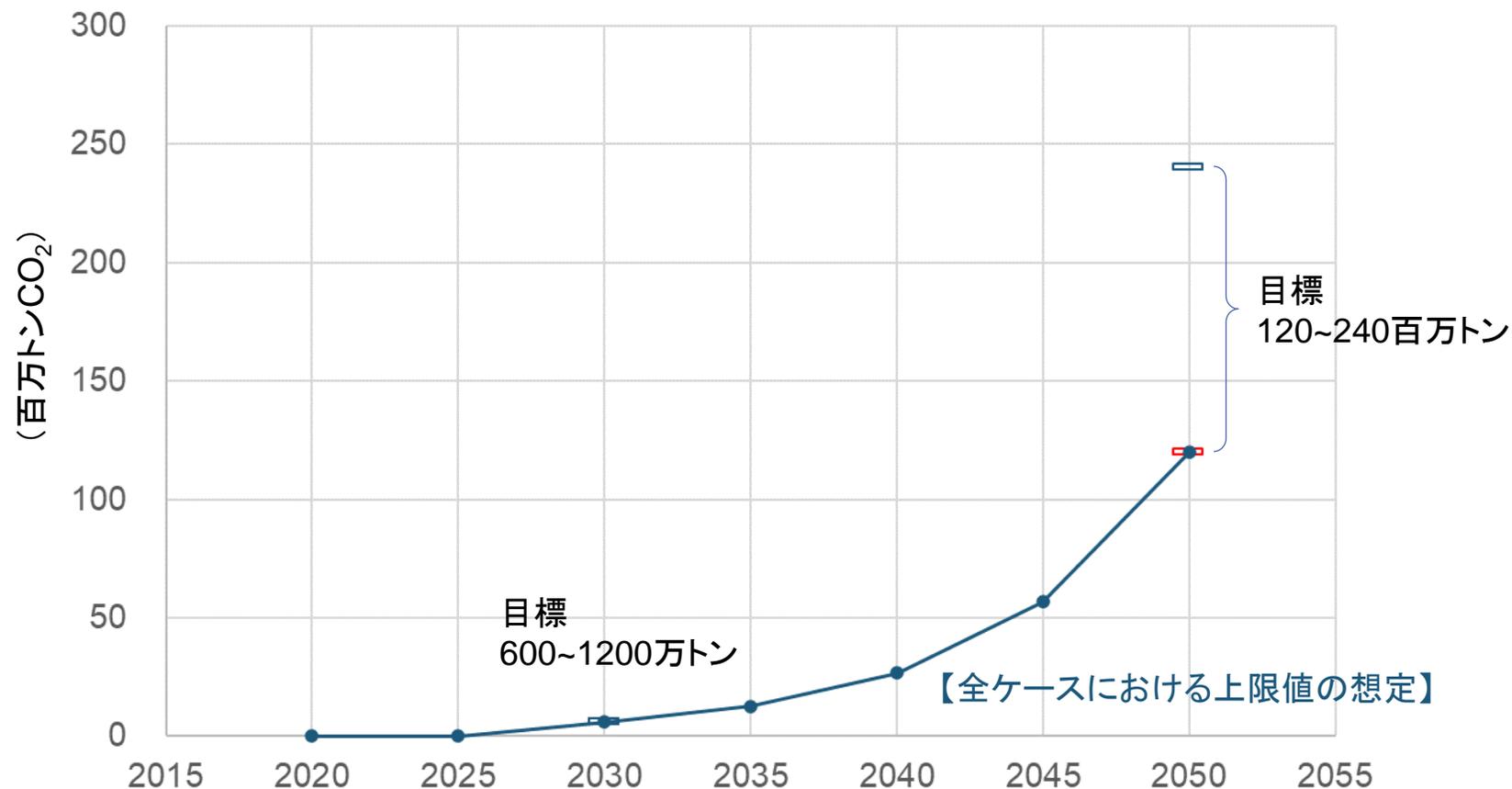
高位

- ・ 太陽光: 2050年 REPOSにおける各地域の導入ポテンシャルの35%相当分が顕在化すると想定。但し、北海道・東北の土地系については導入ポテンシャルの17.5%。2030~2050年は等比補間。
- ・ 洋上風力: 2050年 REPOSにおける各地域の導入ポテンシャルの着床は30%、浮体は10%に相当する量が顕在化すると想定。2040年は45GW。経過年は等比補間。

2.6 CO₂地下貯留の想定

- ・ 経済産業省「CCS 長期ロードマップ検討会 最終とりまとめ」(2023年) を参考に、CO₂地下貯留量の上限值を2030年6百万トン、2050年120百万tCO₂と設定した。経過年については等比補間した。

【CCSの導入量の上限値の想定】

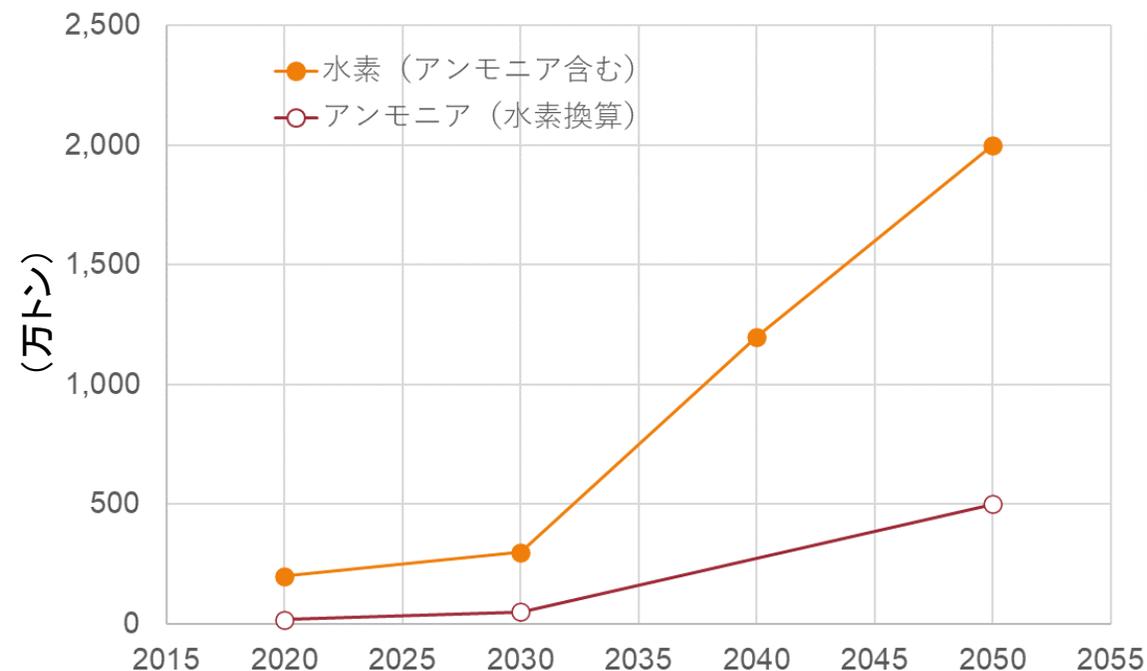


目標値は経済産業省「CCS長期ロードマップ検討会」(2023.3)

2.7 水素・アンモニアの導入量の想定

- ・ 水素の供給量については、水素基本戦略(2023)の供給目標を参照しつつも、これを上限とはせず分析を実施。
- ・ アンモニアの供給量については、燃料アンモニア導入官民協議会(2021)の見通しをもとに、2030年300万吨(水素換算50万吨)、2050年3,000万吨(水素換算500万吨)を上限値とした。

【水素・アンモニアの導入量の見通し】



【水素・アンモニアの導入量(単位別)】

| | 導入量目標(2050年度) | | (参考) 化石燃料 国内供給 (2021年度) |
|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|
| | 水素 | アンモニア | |
| 重量換算 | 2,000 万吨 | 3,000 万吨 | - |
| エネルギー 換算(高位) | 68 百万toe | 16 百万toe | 371 百万toe |
| | 2.8 EJ | 0.7 EJ | 15.5 EJ |

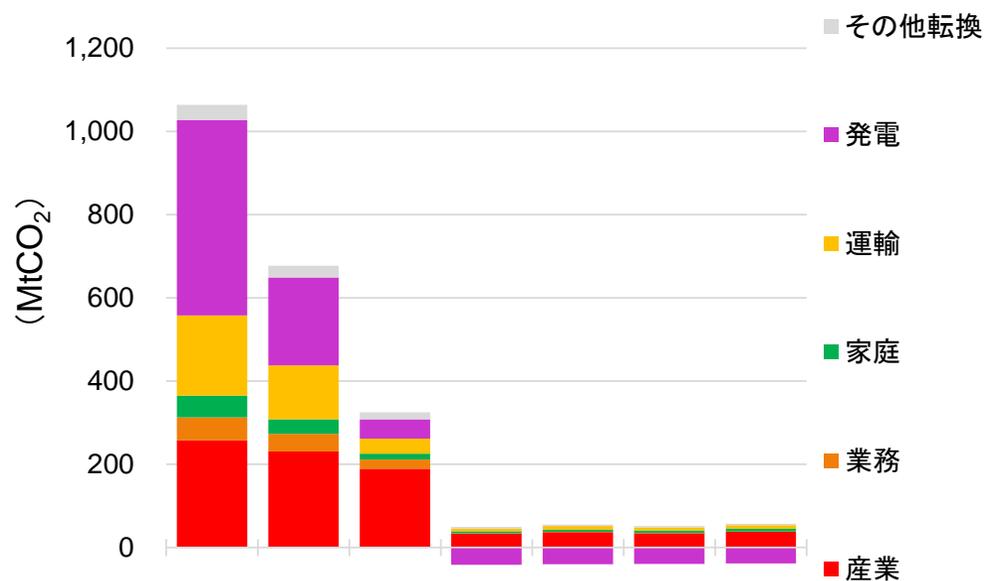
目標・実績は水素基本戦略(2023.6), 水素政策小委員会/アンモニア等脱炭素燃料政策小委員会 合同会議 中間整理 (2023.1)

3. 将来見通し

3.1 温室効果ガス排出量・削減量 | (1) 2050年の排出量

- ・ 技術進展シナリオでは、2030年以降の革新的な脱炭素技術の加速度的な展開を見込んでいないため、2050年における温室効果ガス排出量の削減率は7割程度(2013年度比)に留まっている。
- ・ エネルギー起源CO₂排出量については、革新技術・社会変容シナリオでは、残存するCO₂排出量がBECCSによって概ねオフセットされる。また、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CDR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。

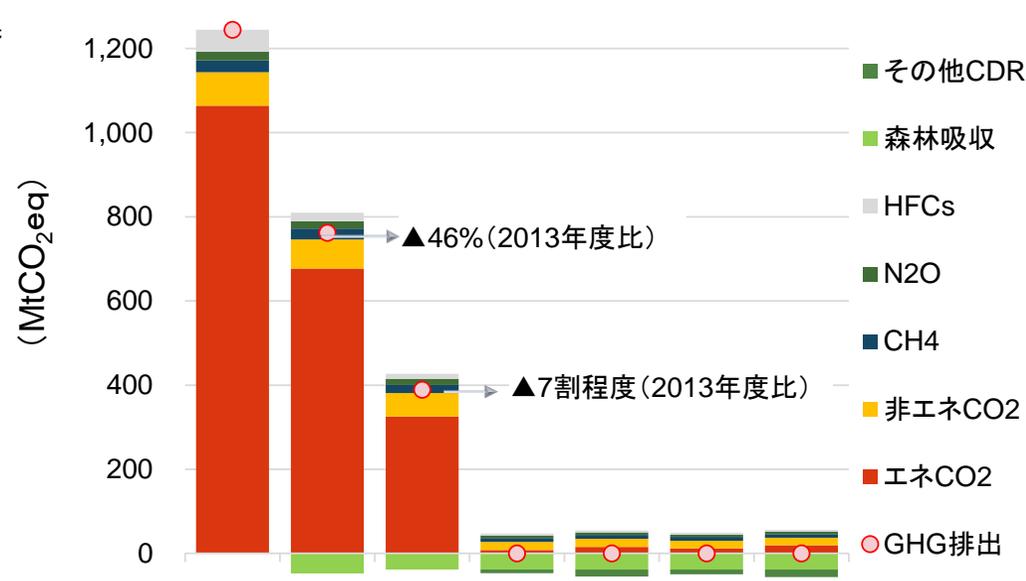
＜エネルギー起源CO₂排出量＞



(200)



＜温室効果ガス排出量＞



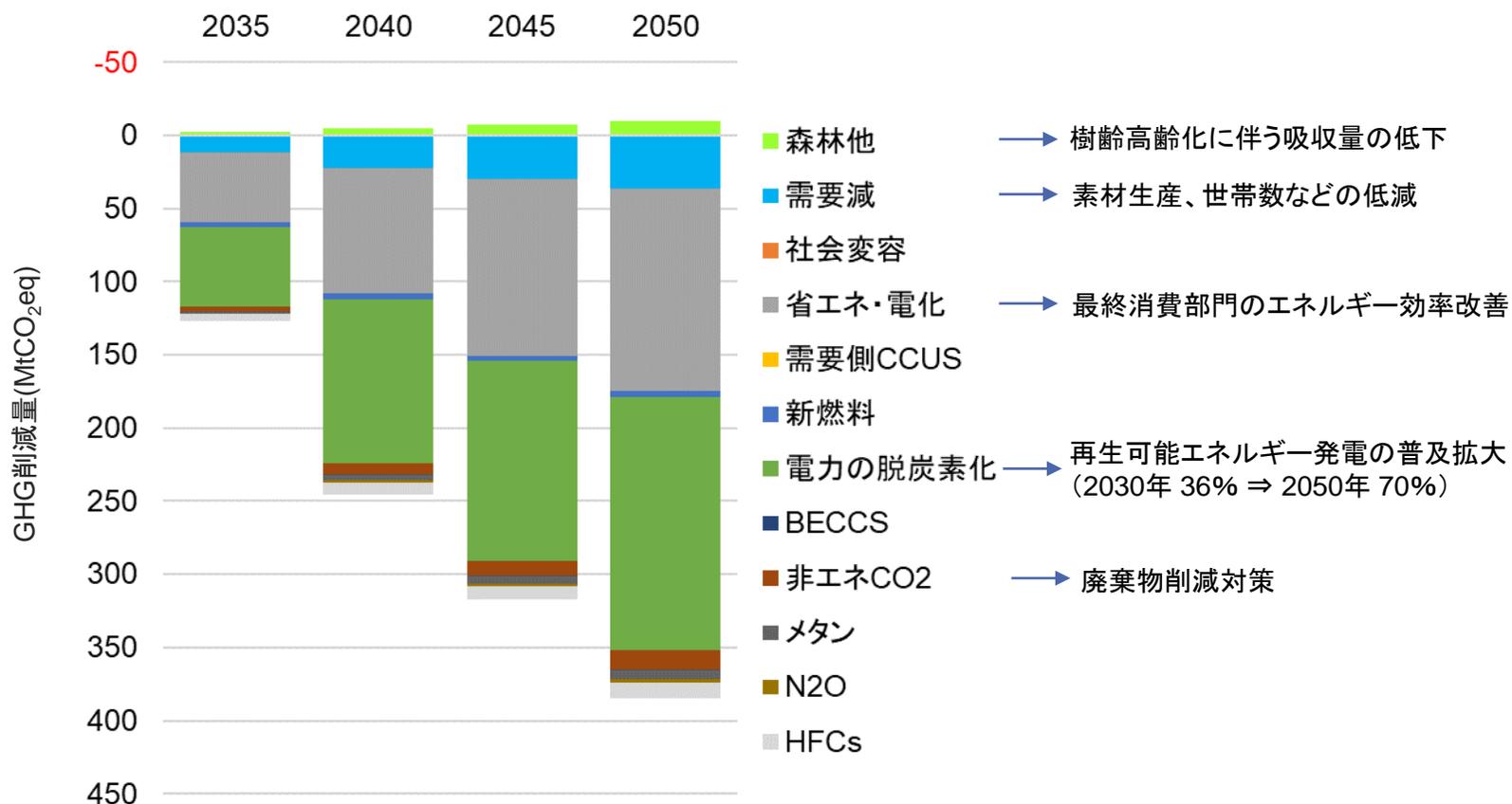
(200)



3.1 温室効果ガス排出量・削減量 | (2) 2030年 vs 技術進展シナリオ

- ・ 技術進展シナリオによる2030年排出量からの削減要因は、電力の脱炭素化と最終消費部門の省エネ・電化 が大きな割合を占めている。
- ・ 人口減少や素材生産量低下などの影響から、産業部門、家庭部門、運輸部門の活動量が低減することも排出量の削減要因となっている。

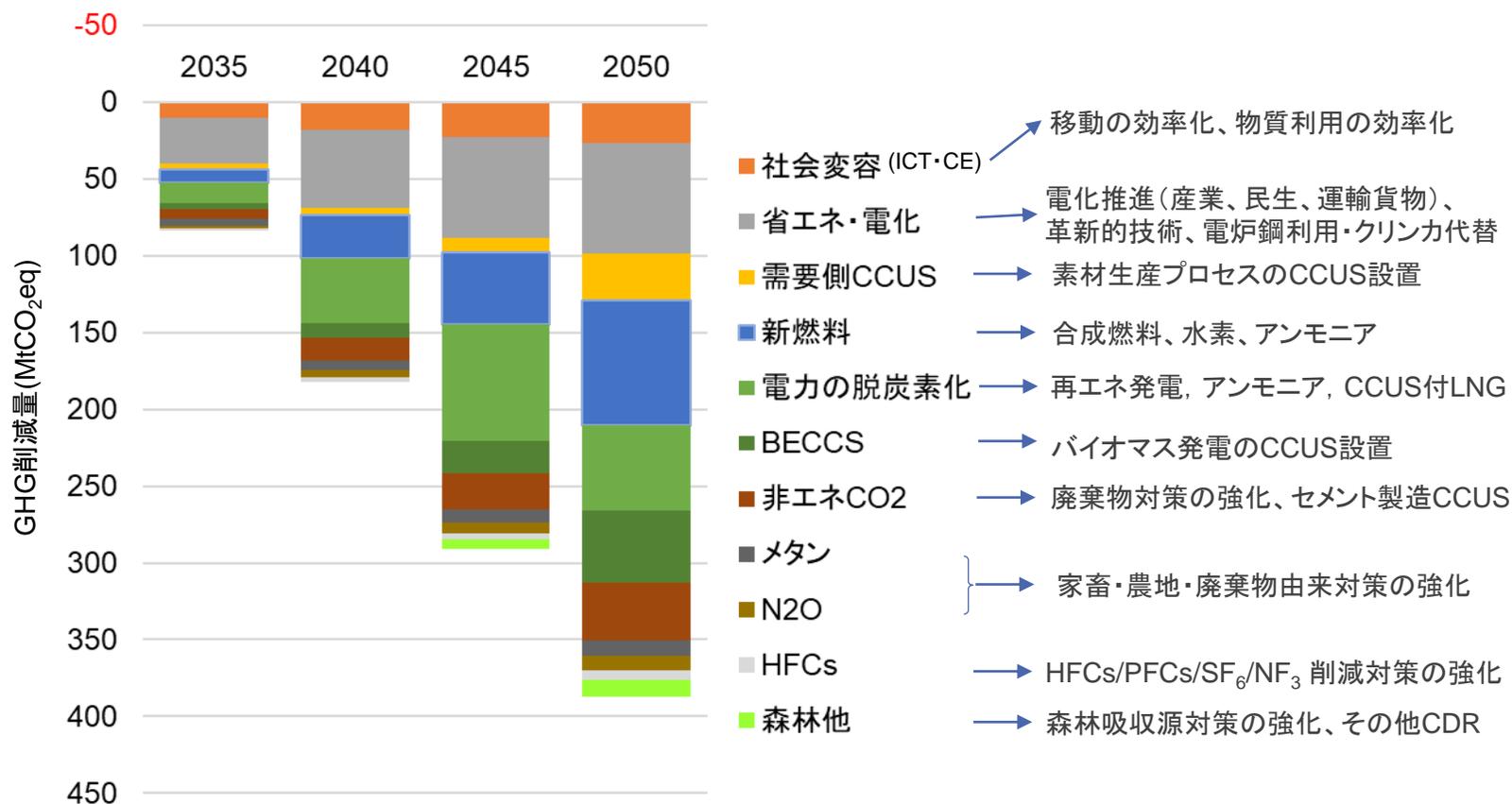
＜2030年排出量と比較した技術進展シナリオの排出量の削減要因＞



3.1 温室効果ガス排出量・削減量 | (3) 技術進展シナリオ vs 社会変容シナリオ

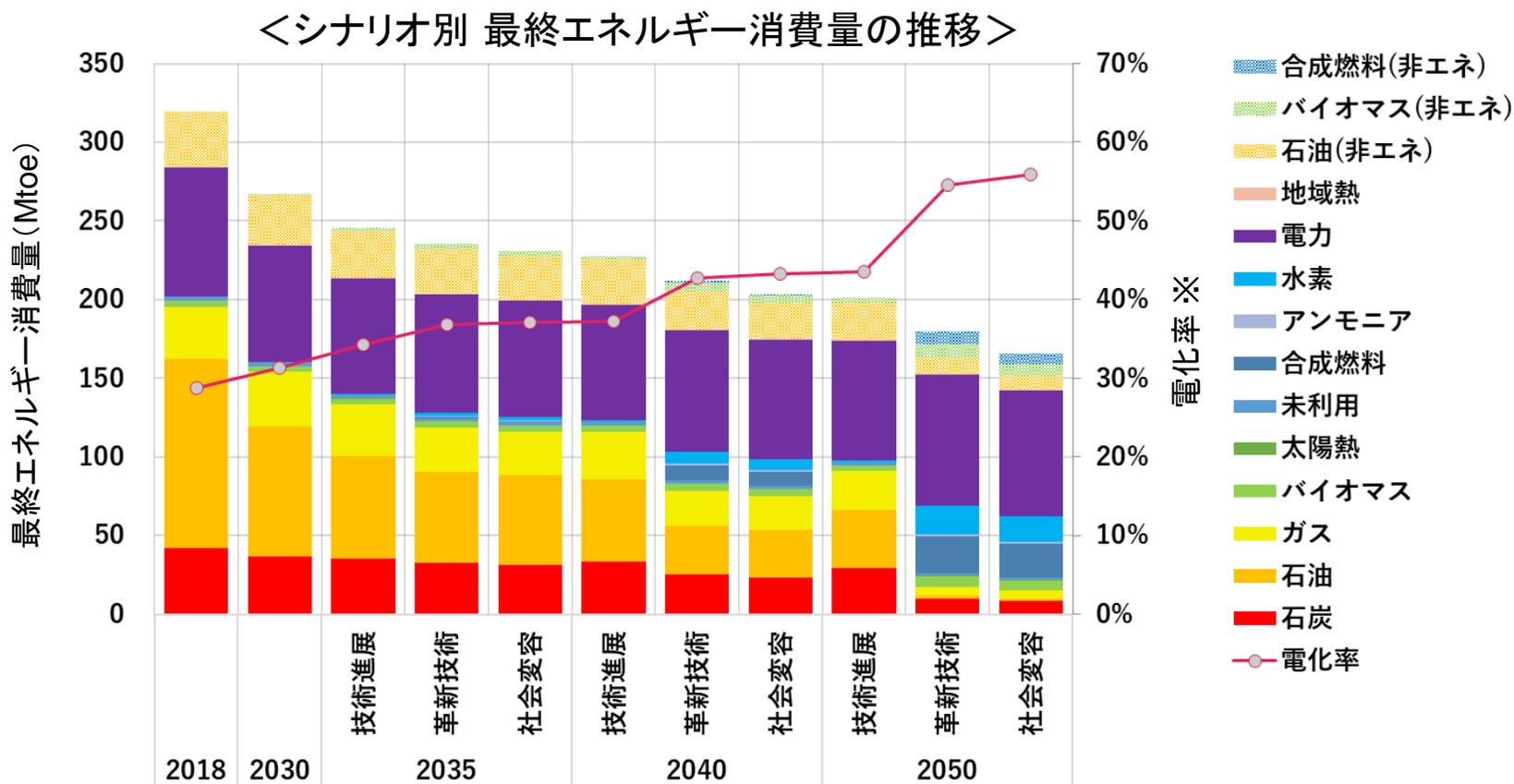
- ・ 技術進展シナリオと比較した社会変容シナリオにおける排出量の削減要因は、電力の脱炭素化と最終消費部門の省エネ・電化だけではなく、新燃料、BECCS、需要側CCS、社会変容など様々な対策が削減に貢献している。2050年GHGネットゼロの実現のためには省エネ・電化の進展と再エネの普及のみならず革新的技術の普及や社会変容などが必要。

＜技術進展シナリオの排出量と比較した社会変容シナリオの排出量の削減要因＞



3.2 最終エネルギー消費量

- 最終エネルギー消費量は2050年にかけて着実に低減し、社会変容シナリオでは2018年度比で半減。革新技術・社会変容シナリオでは電化率も年々上昇し2050年には55~56%。
- 技術進展シナリオでは2050年においても化石燃料の消費が5割程度残存しているが、革新技術・社会変容シナリオでは電化率の増加とともに、2040年以降の合成燃料や水素の利用拡大によって、2050年における化石燃料の消費は一部の用途に限られる。



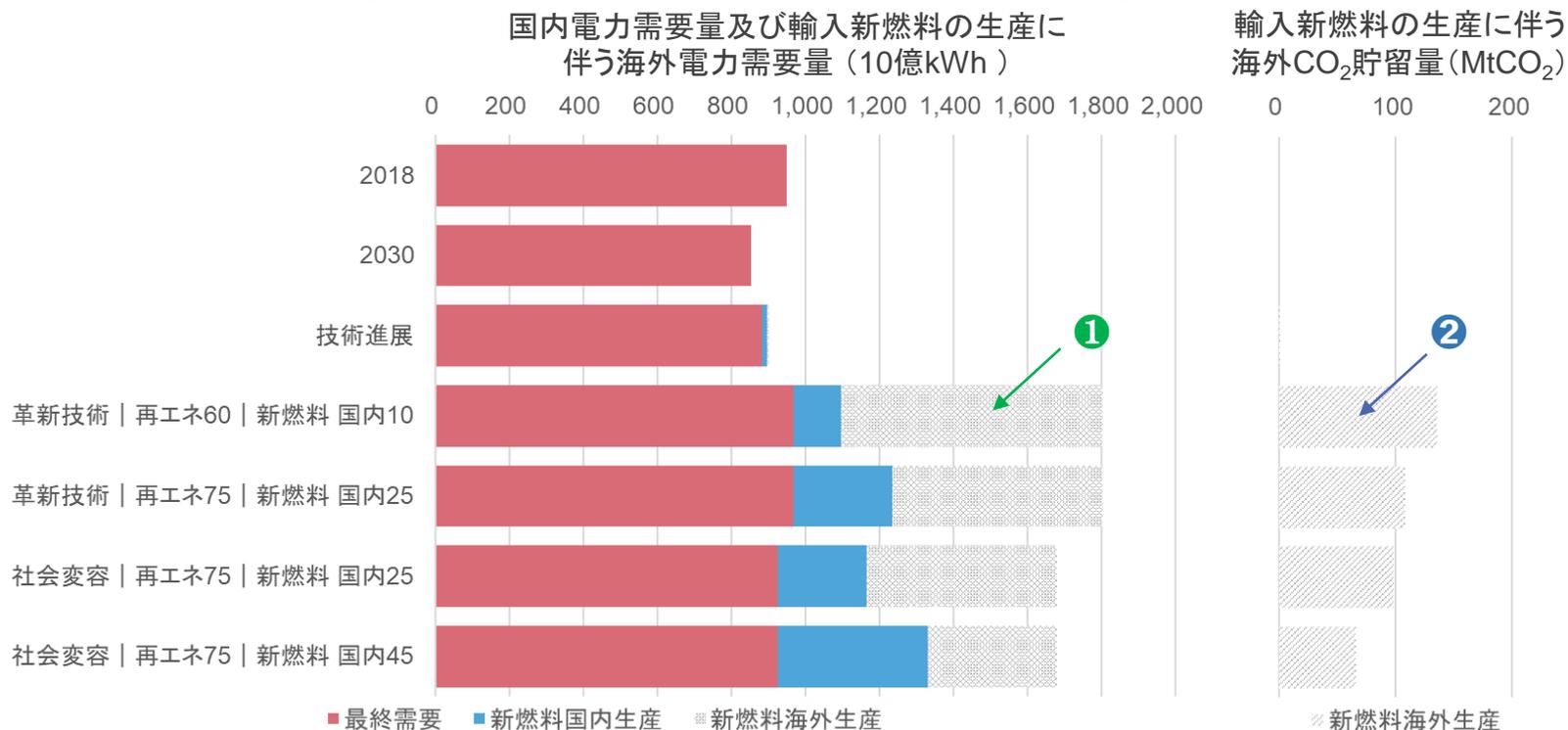
※ 非エネ利用除く最終エネルギー消費量に占める電力消費量の割合

注) 再生可能エネルギー発電や新燃料に関するケース分けはエネルギー供給に関するものであって、最終エネルギー消費量についてはシナリオ内の各2ケースとも同じ値である。

3.3 電力需要 | (1) シナリオ・ケース別電力需要量

- ・ 2050年の最終エネルギー消費部門の電力需要は、電化進展といった増加要因を、サービス需要の低減、省エネ進展といった減少要因が相殺し、現状程度となっている。一方、新燃料の生産のための電力需要が増加し、2050年の革新技術・社会変容シナリオでは新燃料の国内生産量に応じて1,260～4,060億kWhの追加需要が生じている。
- ・ 海外で生産される国内向け新燃料を全てグリーン水素と想定した場合、その生産のために必要な電力量は両シナリオにおいて、3,470～7,080億kWhとなる。また、もし全てブルー水素と想定した場合には、CO₂貯留量は66～136 MtCO₂。

【2050年 シナリオ・ケース別 電力需要量等】



- ① 新燃料輸入量に相当する水素を生産するために必要な電力量 (新燃料輸入量の全てをグリーン水素とした場合)
 ② 新燃料輸入量に相当する水素を生産するために回収するCO₂量 (新燃料輸入量の全てをブルー水素とした場合)

3.3 電力需要 | (2) 電化が遅れた場合

- ・ 民生部門、産業部門において主にヒートポンプ機器の普及が遅れた場合の電力需要量について推計。いずれにせよ2050年GHGネットゼロの達成を前提とするため、電化が遅れることで残存した燃料需要については、新燃料がその需要を満たすことになる。
- ・ 電化が遅れた場合には最終エネルギー需要部門における電力需要は低下するが、新燃料の生産のための電力需要が増加し、電力需要の合計は電化が遅れた場合の方が大きくなる。

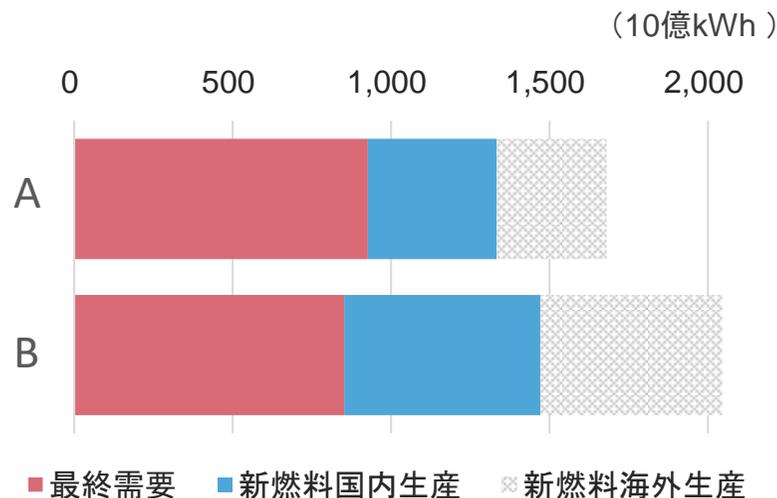
【分析の想定】

A: 社会変容 | 再エネ75 | 新燃料 国内45, 2050年GHGネットゼロ

B: 同上 + 電化技術の遅れ(下表), 2050年GHGネットゼロ

| 部門 | 対策 | 普及見込み量(保有ベース) | | |
|----|----------------|---------------|--------|--------|
| | | 2030年 | 2050年A | 2050年B |
| 家庭 | 暖房の電化: エアコン | 78% | 95% | 78% |
| | 給湯の電化: 電気HP給湯機 | 38% | 80% | 38% |
| | 炊事の電化: 電気調理器 | 23% | 58% | 23% |
| | 新燃料 | 0% | 100% | 100% |
| 業務 | 空調の電化 | 76% | 96% | 76% |
| | 給湯の電化: 電気HP給湯機 | 8% | 100% | 8% |
| | 炊事の電化: 電気調理器 | 19% | 70% | 19% |
| | 新燃料 | 0% | 100% | 100% |
| 産業 | 熱供給の電化: 産業用HP | 4% | 62% | 4% |

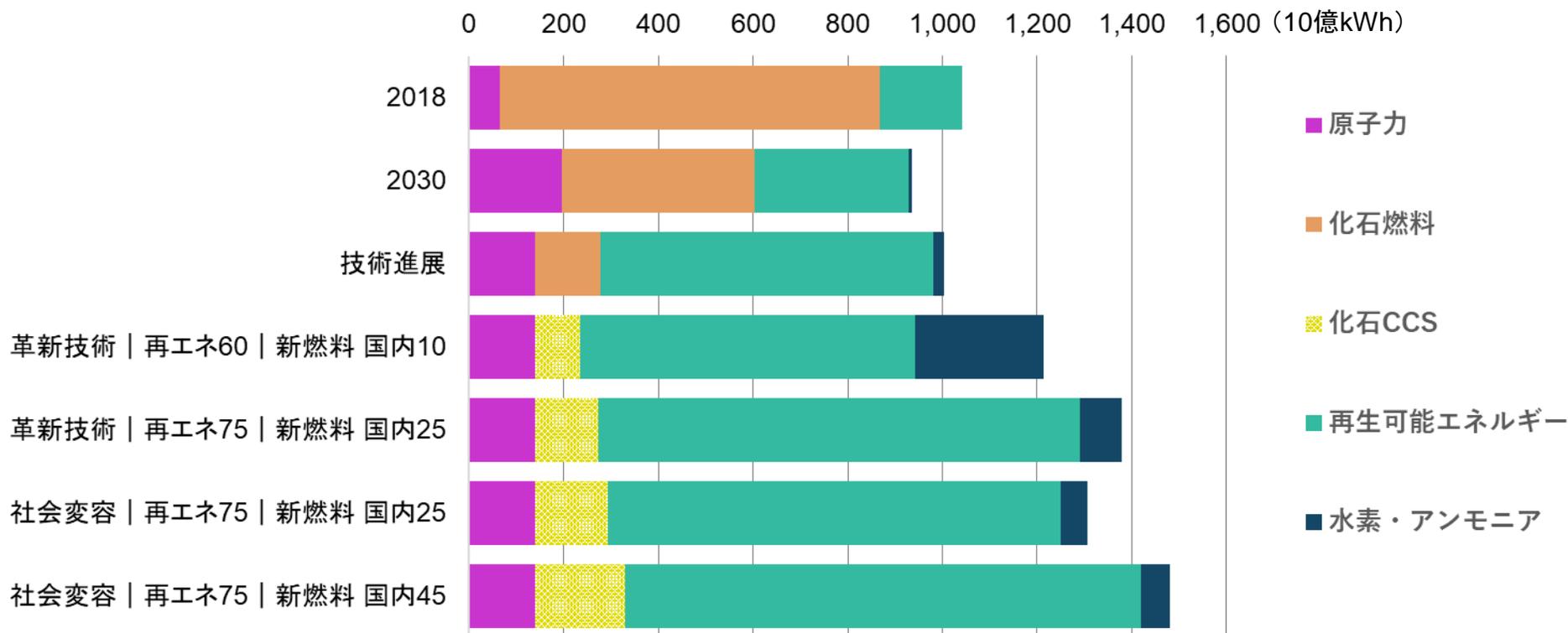
【2050年 電力需要量】



3.4 発電電力量 | (1) 2050年 総発電電力量

- 2050年GHGネットゼロを実現する4つのケース全て脱炭素電源の構成比が100%であり、そして、現状よりも発電電力量が増加している。中でも 社会変容 | 再エネ75 | 新燃料 国内45ケースは高い電力需要に応じるために発電電力量が他よりも高く、1兆4,000億kWhを超えている。
- 革新技術 | 再エネ60 | 新燃料国内10ケースでは、水素・アンモニア発電に対する依存が大きく、2050年におけるその発電電力量は2,720億kWhである。

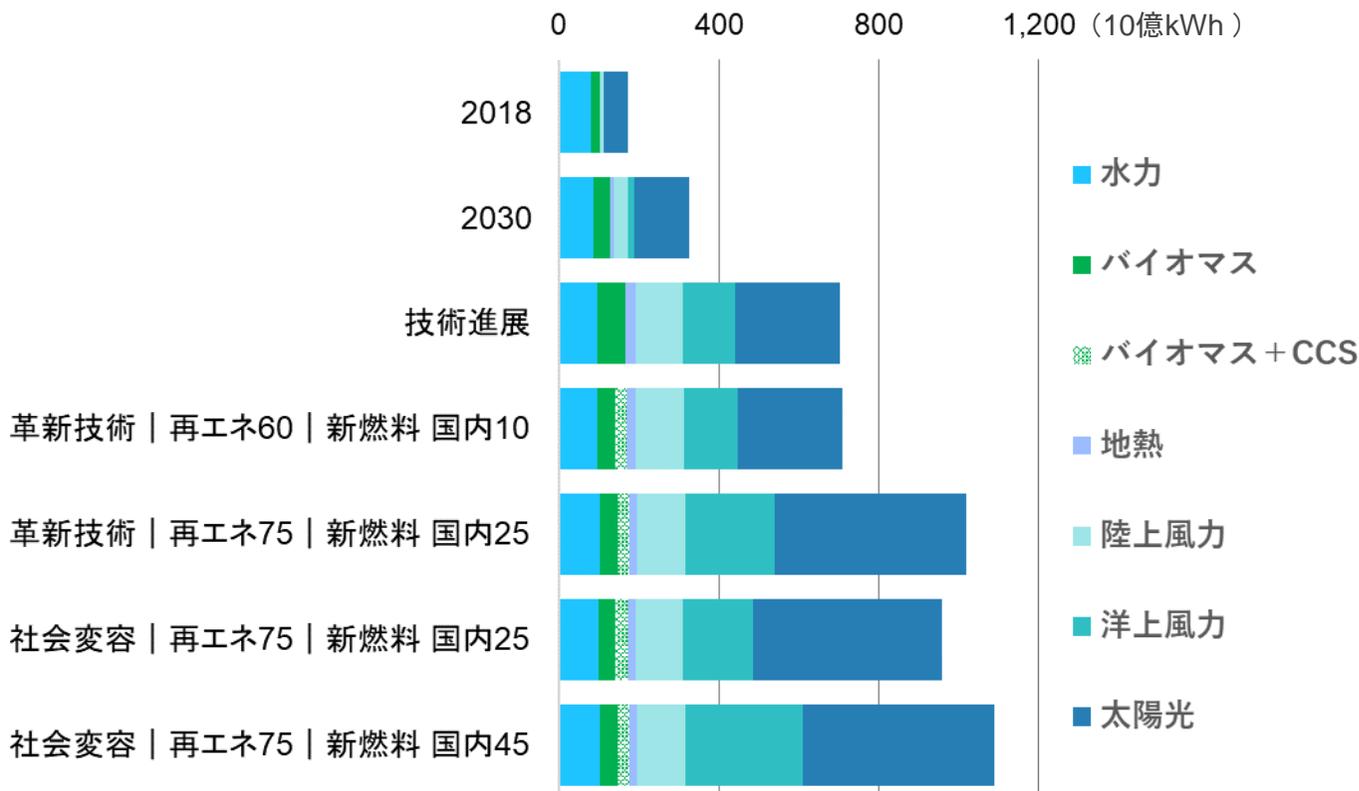
【 2050年 シナリオ・ケース別 電源種別 発電電力量 】



3.4 発電電力量 | (2) 2050年 再生可能エネルギー発電電力量構成

- 2050年においては、太陽光と洋上風力が大きな割合を占めている。太陽光は洋上風力よりも価格が安く優先的に導入され、想定した上限値まで導入が進む。再エネ75 | 新燃料 国内45ケースにおけるにおける洋上風力・太陽光発電の発電容量は、太陽光発電は2030年目標(104~118GW)の3倍以上、洋上風力は2040年案件化目標(45GW)の2倍以上の導入が必要となる。
- 社会変容シナリオと革新技術シナリオの電力需要の違いの影響は、洋上風力の導入量に表われており、同じ再エネ75 | 新燃料 国内25ケースにおいて、2割程度の違いになっている。

【2050年 再生可能エネルギー発電電力量】



【2050年 発電・蓄電容量】

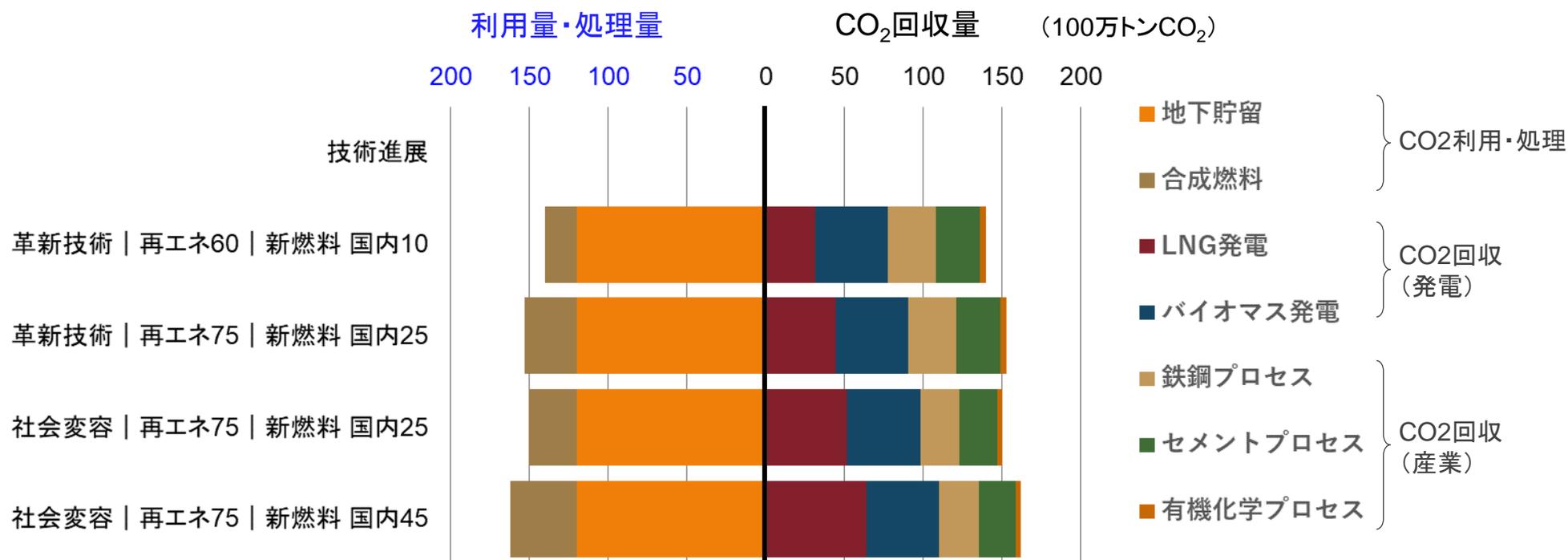
| | 洋上風力 (GW) | 太陽光 (GW) | 蓄電池 (GW) | 解列 * |
|--------------------------|-----------|----------|----------|------|
| 技術進展 | 44 | 209 | 103 | 2% |
| 革新技術 再エネ60 新燃料国内10 | 45 | 209 | 144 | 0% |
| 革新技術 再エネ75 新燃料国内25 | 75 | 384 | 143 | 2% |
| 社会変容 再エネ75 新燃料国内25 | 59 | 378 | 143 | 2% |
| 社会変容 再エネ75 新燃料国内45 | 99 | 384 | 136 | 2% |

* 太陽光、風力、バイオマス発電の年間発電電力量のうち、電力系統から切り離される電力量の割合 23

3.4 発電電力量 | (3) 2050年 CCUS

- 合成燃料の国内生産量に応じてCO₂回収量が増減し、その変化によってCCUS付きLNG火力の導入が変化している。合成燃料の国内生産量が多いケースにおいて、CCUS付きLNG火力の導入量が最も大きくなっている。

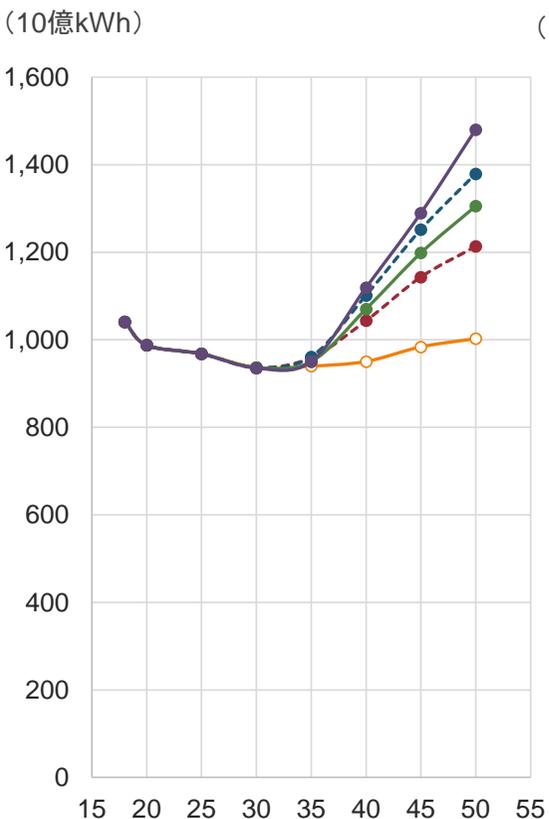
<2050年 シナリオ別 CO₂回収・利用・処理量>



3.4 発電電力量 | (4) 発電電力量の経年推移

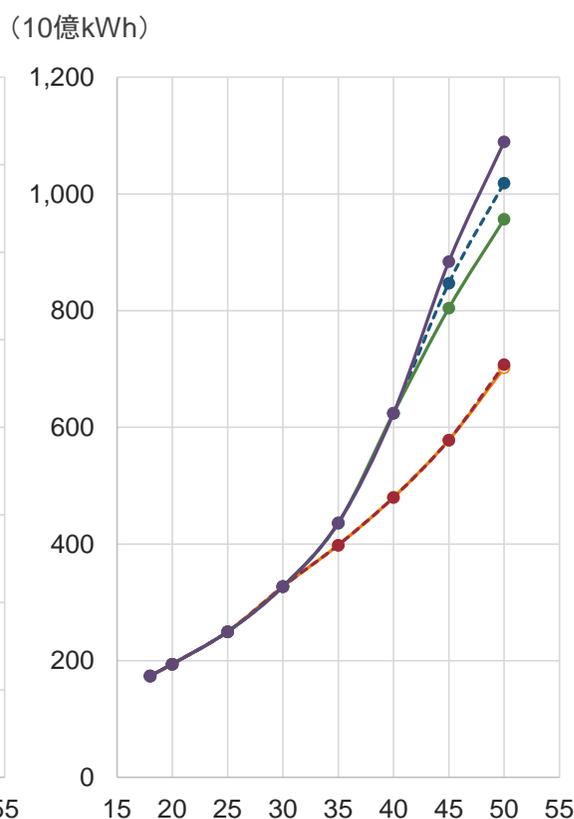
- 新燃料の需要が水素需要が2035年以降に急速に増加していくため、発電電力量も2030年以降に急速に増加する。その需要を満たすために、特に、新燃料の国内生産率が高いケースでは、2035年以降に再生可能エネルギーの導入量を急速に増加させる必要がある。

＜総発電電力量の推移＞



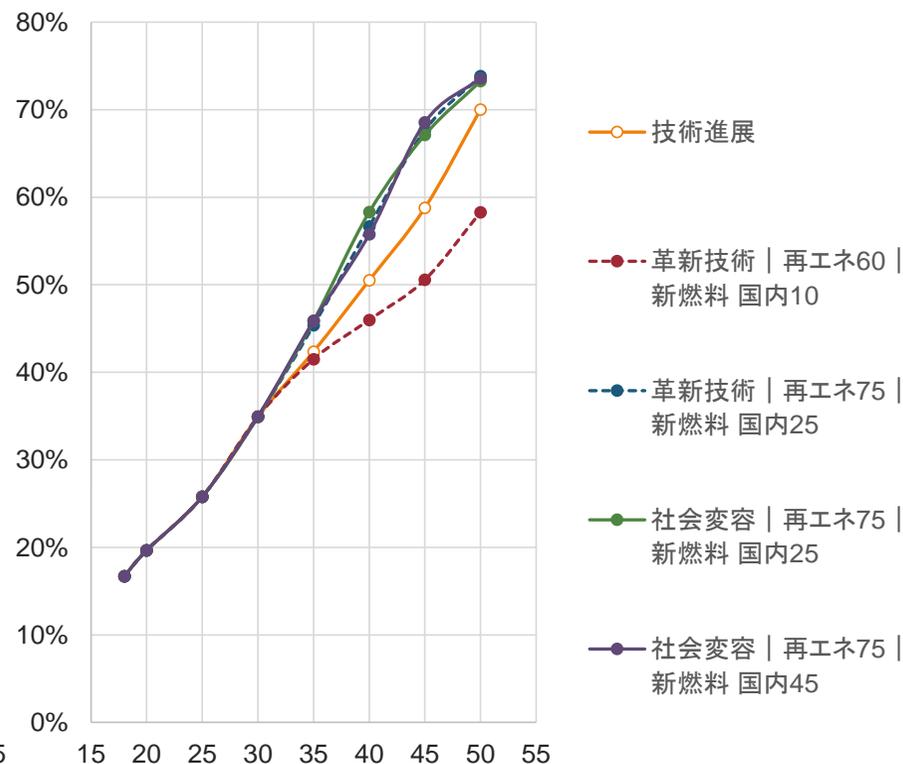
(a)

＜再エネ発電電力量の推移＞



(b)

＜再エネ発電電力量のシェア＞

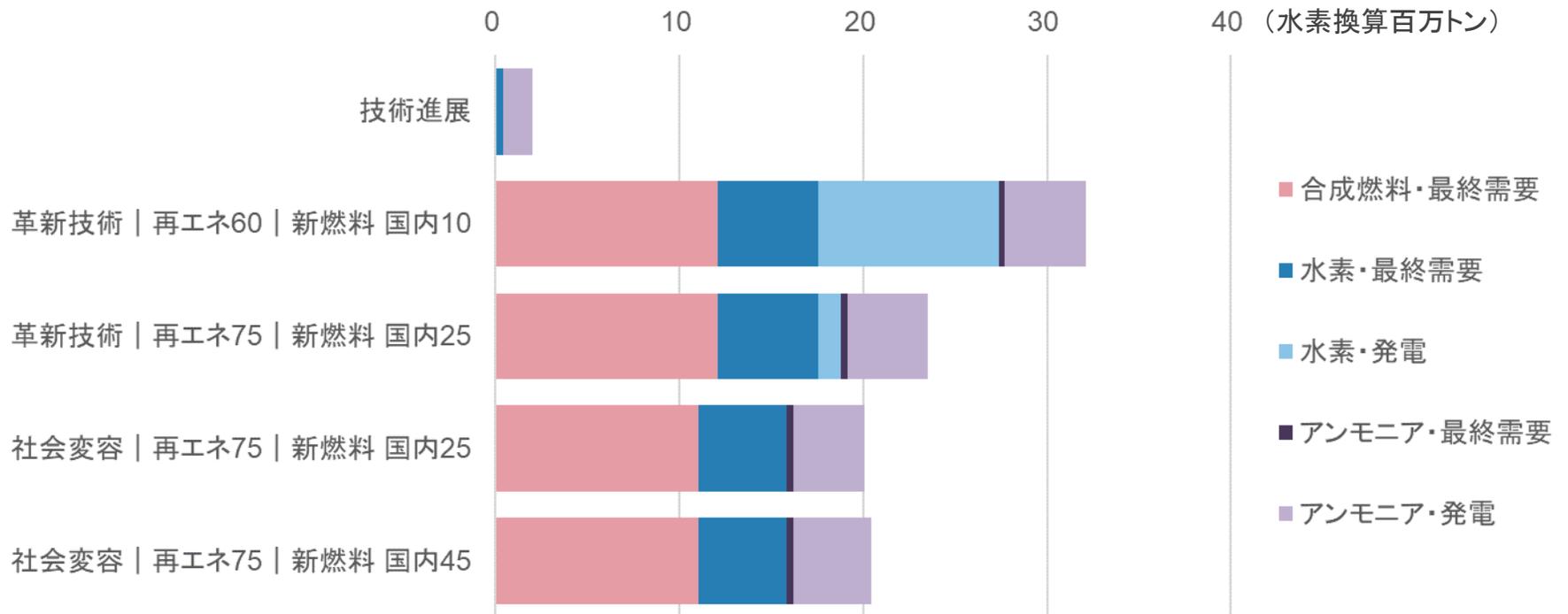


(c)

3.5 新燃料需要量

- ・ 社会変容シナリオの2つのケースにおける2050年の新燃料需要量は20百万トン(水素重量換算)であり、2023年6月に公表された水素基本戦略における2050年度の水素導入量目標は同水準である。
- ・ 「革新技術 | 再エネ60 | 新燃料国内10」ケースにおける2050年の新燃料需要量は発電用の需要が大きく、32百万トン(水素重量換算)であり、水素基本戦略の目標を大きく上回っている。

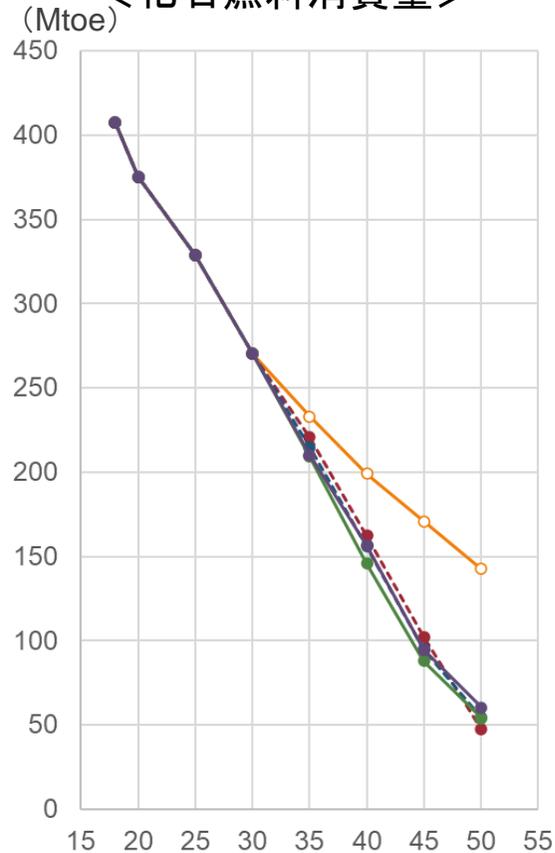
<2050年 新燃料需要量>



3.6 エネルギー自給

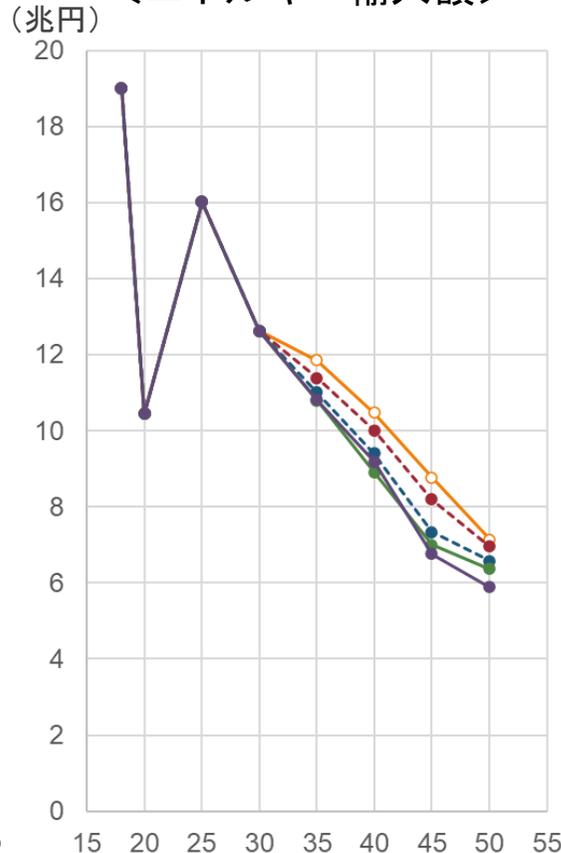
- ・化石燃料消費量は革新技術・社会変容シナリオでは、2050年には現状の1割程度となっている。2050年に石炭が残存しているが、これは鉄鋼とセメントの生産プロセスであり、全てCCUSによるCO₂回収が行われている。
- ・再生可能エネルギーの普及に伴い、エネルギー輸入額は大幅に低下し、2050年のエネルギー輸入額は、技術進展シナリオでは7.2兆円、革新技術・社会変容シナリオでは5.9~7.0兆円。
- ・エネルギー自給率も大幅に改善し、現状の11%から2050年には、技術進展シナリオでは51%、革新技術・社会変容シナリオでは58~64%。

＜化石燃料消費量＞



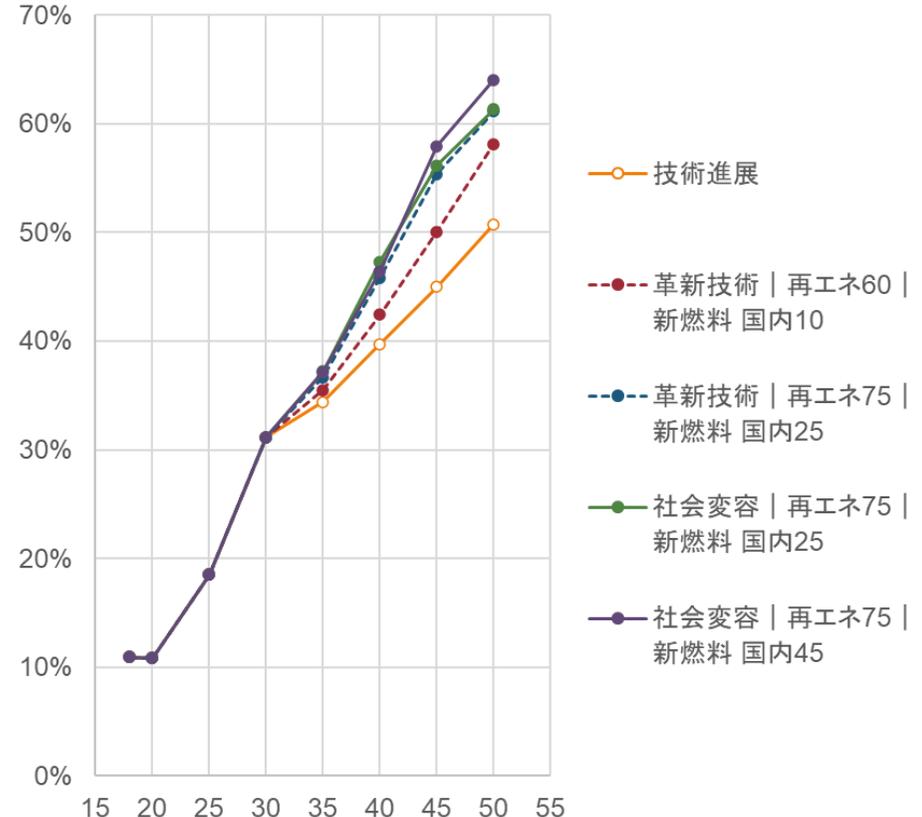
(a)

＜エネルギー輸入額＞



(b)

＜エネルギー自給率＞

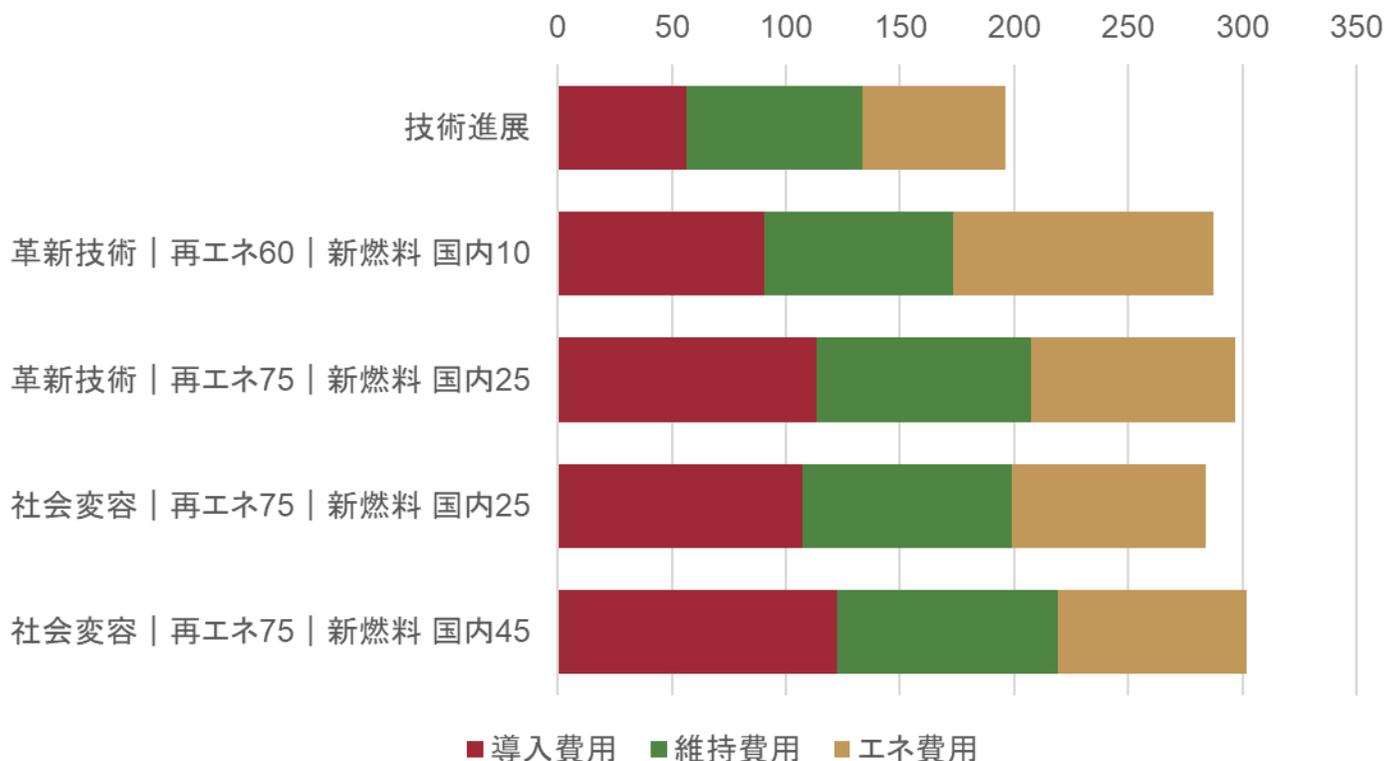


(c)

3.7 エネルギーシステム費用 | (1) エネルギー供給

- ・ 技術進展と比較すると、どのネットゼロシナリオにおいても2040年以降の総費用は大きく増加し、技術進展シナリオの1.5倍程度の費用がかかる。
- ・ 再エネ60・新燃料国内10のシナリオは、導入費用が抑えられるが、一方でエネルギー費用が増大する。 再エネ75・新燃料25/45のシナリオは、その逆で、エネルギー費用が抑えられるが、一方で導入費用が増大する。

＜エネルギーシステム(供給側※)費用(2026~2050年の累積, 兆円)＞

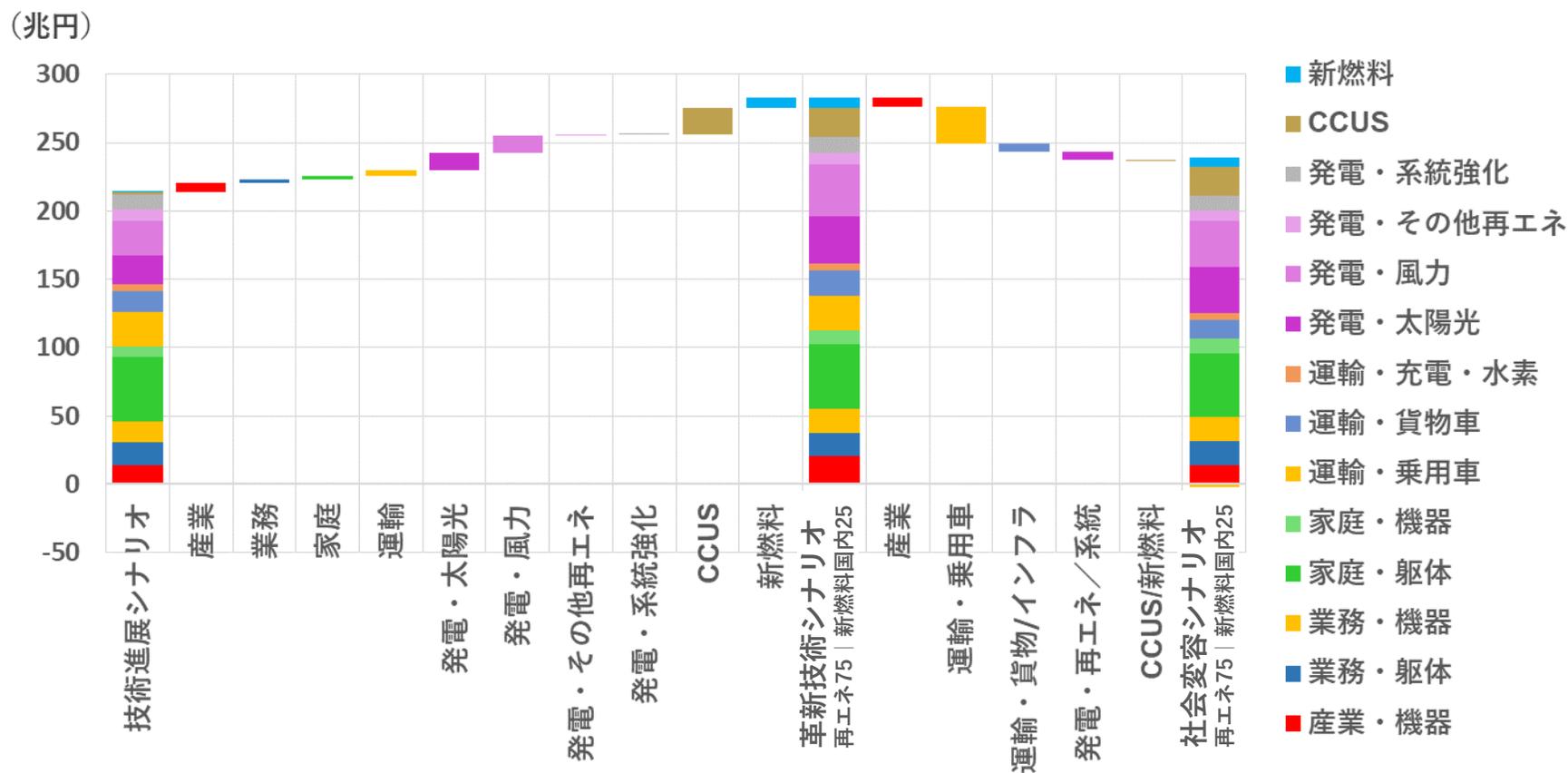


※ 発電、新燃料、CCUSに関わる費用

3.8 エネルギーシステム費用 | (2) 社会変容に伴う投資額の低減

- ・ 2050年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、2050年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：2050年までの累積（兆円）＞



4. 2050年GHGネットゼロの実現に向けた政策

- ・ 2050年GHGネットゼロの実現には社会、経済、エネルギーシステムの抜本的なトランジションが必要となる。インセンティブの付与によって緩和を強化するのみでなく、トランジションを可能にすること、多面的な目的も同時達成することも考慮して政策を検討することが必要である。

＜日本 2050年GHGネットゼロに向けた政策＞

(IPCC AR6 WG3 13章における気候政策の分類(参考資料参照)に即して2050年GHGネットゼロの実現に必要な政策を記載)

| | | アウトカムのフレーミング | |
|-----------------------|--------------------|---|--|
| | | 緩和の強化 | 緩和・開発など多面的な目的への対処 |
| 政策立案 に対するア プローチ | インセンティブ をシフトさせる | 『緩和策そのものに焦点をあてる』 対策 ○ BATの普及 ○ エネルギーの低炭素化 政策 ○ カーボンプライシング ○ 排出の見える化 | 『コベネフィット』 対策 ○ 住宅・建築物の断熱性の向上 ○ 脱炭素交通・物流システム ○ 森林吸収源 政策 ○ グリーン建築基準 ○ 総合交通・物流計画 ○ 総合森林計画 |
| | トランジション を可能にする | 『社会・技術的移行』 対策 ○ 再生可能エネルギー ○ 新燃料・CCUS ○ 家庭・業務の電化 ○ 電動自動車 ○ 素材生産 革新的技術 政策 ○ 技術の「S字カーブ」のさまざま な段階に対する統合政策 | 『発展経路をシフトするためのシステム移行』 対策 ○ 気候レジリエンスな開発(SDGs/緩和/適応) ○ 脱物質・循環型社会への移行 ○ バイオマス資源 政策 ○ サプライチェーン・産業グリーン化 ○ 気候/循環/生物 統合戦略 ○ GHGネットゼロの実現に向けたガバナンス・ 政策・ファイナンス・国際協力の強化 |

まとめ(1)

(1) 2050年GHGネットゼロの実現に向けて強化すべき対策・政策

- 革新的な脱炭素技術の普及なしに2050年GHGネットゼロの実現は困難：2030年以降に加速度的な普及が期待される革新的な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、2050年GHGネットゼロの達成は難しくなり、2050年における削減量は7割程度(2013年度比)に留まる結果となった。一方で、革新技術の普及や脱炭素社会に資する社会変容に向けた取組を推進することで2050年GHGネットゼロに向けた道筋を描くことができる。
- 革新的な対策の普及に向けた後押し：2050年GHGネットゼロに向けては、既に普及段階にある対策技術を着実に普及させていくことは言うまでもないが、それに加えて2030年以降、下記のような取組を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。
 - ・ 省エネ・電化：産業、民生、運輸貨物の電化推進、電炉鋼利用・クリンカ代替推進
 - ・ 電力の脱炭素化：再生可能エネルギー発電、LNG・バイオマス火力のCCUS付与
 - ・ 産業プロセスのCCUS
 - ・ 新燃料利用・供給の拡大
 - ・ 廃棄物、農業、冷媒対策
 - ・ 社会変容
- トランジションの実現に向けて：2050年GHGネットゼロの実現には社会、経済、エネルギーシステムの抜本的なトランジションが必要となる。インセンティブの付与によって緩和を強化するのみでなく、トランジションを可能にすること、多面的な目的も同時達成することも考慮して政策を検討することが必要である。

まとめ(2)

(2) 新燃料利用の普及拡大に伴う電力需要の増加

- **新燃料の普及と電力需要の増加**：産業部門や運輸貨物部門など電化が容易ではない領域が存在する。その領域において脱炭素を実現するためには、新燃料利用の推進は必須となる。新燃料をグリーン水素から調達する場合にはその生産のために電力が必要となる。今回の推計では2050年の国内生産比率を10~45%で想定したが、そのために、1,260~4,060億kWhの新たな電力需要が生じると試算された。
- **電力需要増加の局面でも重要な電化**：電化の進展を停滞させることは最終エネルギー消費部門の電力需要の低減に繋がる。しかし、2050年GHGネットゼロに向けて新燃料の追加需要が生じ、この需要を賄うために更なる電力需要の増加を招くことになる。
- **新燃料の輸入は海外の発電増加を誘発**：新燃料を海外に依存することは、海外での再生可能エネルギー発電またはCO₂貯留の増加を誘発する。本研究では2050年の新燃料輸入比率を55~90%で想定したが、全てグリーン水素と仮定した場合、その生産のために必要な電力量は3,470~7,080億kWhと試算された。海外での再生可能エネルギー開発も視野に入れた戦略が重要となる。

まとめ(3)

(3) 脱炭素電源100%に向けて

- **増大する電力需要に対して脱炭素電源10割で供給**: 増大する電力需要に伴い、発電電力量が増加する。2050年GHGネットゼロを実現するケースにおける2050年の発電電力量は1.2~1.5兆kWhとなり、2018年度の1.2~1.4倍程度に相当する。しかもその全て脱炭素電源(再生可能エネルギー発電、原子力発電、CCUS付き火力発電、水素・アンモニア発電)による電力供給が必要となる。
- **再生可能エネルギー発電の弛まなき増強**: 脱炭素発電システムの実現に向けて、本推計では再生可能エネルギー発電が少ないケースでも、その発電量は2050年に2030年の2倍を超える。再生可能エネルギー発電、及び新燃料の国内自給率を高めた場合には、太陽光発電は2030年目標(111GW)の3倍以上、洋上風力は2040年案件化目標(45GW)の2倍以上の導入が必要となる。加えて、変動性の高い太陽光発電、風力発電の導入拡大に向けて、蓄電の増強など電力システムの強靱性を強化させる必要がある。
- **脱炭素対策を施した火力発電**: 再生可能エネルギー発電の割合が低位になると、脱炭素対策を施した火力発電の割合が高くなる。CCUS付き火力発電はCO₂利用量・処分量からその導入量に制約がかかるため、水素・アンモニア発電に期待がかかる。本推計では2050年の水素・アンモニア発電の発電電力量が最も大きいケースでは発電量は約0.3兆kWhとなる。そのために必要な水素・アンモニアは水素換算で14百万トンとなり、発電だけで2050年水素供給目標の4分の3に達する。
- **2035年以降の電力増加に向けて**: どの電源であれ、脱炭素電源の拡大は容易ではない。電力需要が急増するのは、2035年以降、新燃料の需要量が増加するためである。2035年までの期間は、将来的に大量導入が必要とされる再生可能エネルギー発電とCCUSの普及を進めつつ、その他の発電 についても、技術開発の進展、国際状況、国内立地制約などを勘案しつつ、将来の経路を検討していくことが必要となる。

まとめ(4)

(4)2050年GHGネットゼロに向けたデジタル化・循環経済の進展を前提とした社会変容

- 2050年GHGネットゼロの実現のためには再生可能エネルギーや新燃料に対する需要が増大するが、その需要に見合う供給を行うことは容易ではない。デジタル化・循環経済の進展を前提とした社会変容は、エネルギーを必要とするサービス需要量を低減させるため、エネルギー需要の低減につながる。また、エネルギーシステムに対する投資額を低減する。今回の分析では、社会変容によって、例えば、2050年の洋上風力発電の発電容量が73万kWから59万kWに、2050年の新燃料需要量が水素換算で24百万トンから20百万トンに低減し、30年間の総投資額については283兆円から237兆円に低減している。デジタル化・循環経済の進展を前提とした社会変容は脱炭素社会の実現性を高めることに繋がること示唆された。

(注) 文中の数字は、「革新技術 | 再エネ75 | 新燃料 国内25」ケースと「社会変容 | 再エネ75 | 新燃料 国内25」ケースとの比較

■ 今後の課題

- 2030年から2050年の排出経路について詳細な分析を行い、2035年、2040年の削減可能性を検討することが挙げられる。2050年までにはGHGネットゼロを達成する排出経路において、2035年、2040年にフォーカスをあてて、対策技術的の削減の組み合わせとそれぞれの排出量・削減量、それぞれの組み合わせの経済性評価、対策導入の障壁・トレードオフ・コベネフィットなどの検討などを通じて、各年における削減可能性を多面的に評価する予定である。

(参考) エネルギー最終消費部門の活動量の想定

| 部門 | 項目 | 単位 | 2018 | 2030 | 2035 | 2040 | 2050 |
|------|----------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 家庭部門 | 世帯数 | (千世帯) | 54,801 | 55,064 | 53,860 | 52,256 | 49,743 |
| 業務部門 | 業務床面積 | (百万m ²) | 1,903 | 1,965 | 1,931 | 1,881 | 1,757 |
| 産業部門 | 鉄鋼 粗鋼生産量 | (百万トン) | 102.9 | 90.0 | 87.0 | 84.0 | 78.0 |
| | セメント セメント生産量 | (百万トン) | 60.2 | 56.0 | 54.6 | 53.2 | 54.9 |
| | 有機化学 エチレン生産量 | (百万トン) | 6.2 | 5.7 | 5.5 | 5.3 | 4.7 |
| | 紙パルプ 紙板紙生産量 | (百万トン) | 26.0 | 22.0 | 21.3 | 20.6 | 19.8 |
| | 生活関連財 生産指数 | ('18=1.00) | 1.00 | 1.05 | 1.07 | 1.06 | 0.94 |
| | 機械 生産指数 | ('18=1.00) | 1.00 | 1.17 | 1.18 | 1.18 | 1.33 |
| | その他製造業 生産指数 | ('18=1.00) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 |
| 運輸部門 | 旅客輸送量 | (十億人km) | 1,459 | 1,375 | 1,330 | 1,280 | 1,176 |
| | 貨物輸送量 | (十億t-km) | 411 | 423 | 412 | 406 | 399 |

＜家庭部門における主な対策の導入見込み量＞

| 削減 | 対策 | 単位 | 2018 | 2030 | 2035 | 2040 | 2050 | |
|------------------|------------------|------------------------|----------|------|-----------|-----------|-----------|------|
| ① サービス 需要低減 | ・住宅高断熱化 | ZEH水準以上 | 普及率 新築 | 10% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| | | ZEH+水準 | 普及率 新築 | 0% | 50% | 63% | 75% | 100% |
| | | 断熱改修 | 年間実施戸数 | | 40万戸 | 40万戸 | 40万戸 | 40万戸 |
| | ・エネルギー管理 (10%改善) | 普及率 | 1% | 80% | 90% | 100% | 100% | |
| ② エネルギー 効率改善 | ・エアコンの効率改善 | 効率 販売 | 6.0 | 6.8 | 7.1 | 7.4 | 8.0 | |
| | ・電気HP給湯機の効率改善 | 効率 販売 | 3.3 | 3.9 | 4.1 | 4.4 | 5.0 | |
| | ・LED普及拡大 | LED電球 | 普及率 保有 | 46% | 96% | 100% | 100% | 100% |
| | | LED照明器具 | | 30% | 59% | 87% | 99% | 100% |
| ・家電機器・情報機器の効率改善 | — | トップランナー制度における見込みの着実な進展 | | | | | | |
| ③ 電化 | ・暖房の電化: エアコン | 普及率 保有 | 67% | 78% | 83% | 88% | 95% | |
| | ・給湯の電化: 電気HP給湯機 | 普及率 保有 | 15% | 38% | 48% 60% | 59% 70% | 75% 80% | |
| | ・炊事の電化: 電気調理器 | 普及率 保有 | 23% | 23% | 23% 37% | 23% 52% | 23% 58% | |
| ④ エネルギー の脱炭素化 | ・合成燃料の普及 | 燃料消費量比 | 0% | 0% | 0% | 0% 0% | 0% 100% | |

注) 同一セル内に2つの数字を示している場合、左は「技術進展」シナリオ、右は「革新技術」「社会変容」シナリオ。

＜業務部門における主な対策の導入見込み量＞

| 削減 | 対策 | | 単位 | 2018 | 2030 | 2035 | 2040 | 2050 |
|-----------------|-----------------|---------|------------------------|---------|---------|-----------|-----------|------------|
| ① サービス需要低減 | ・高断熱化 | ZEH水準以上 | 普及率 新築 | 24% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| | | 断熱改修 | 実施率 保有 | | 0.5%/年 | 0.5%/年 | 0.5%/年 | 0.5%/年 |
| | ・エネルギー管理 (5%改善) | | 普及率 | 16% | 48% | 64% | 80% | 100% |
| ② エネルギー効率改善 | ・空調の効率改善 | | 効率※ 販売 | 4.6~5.1 | 5.1~5.7 | 5.4~6.0 | 5.7~6.3 | 6.2~6.9 |
| | ・電気HP給湯機の効率改善 | | 効率 販売 | 3.9 | 4.6 | 4.9 | 5.2 | 5.7 |
| | ・LED普及拡大 | LED電球 | 普及率 保有 | 73% | 98% | 100% | 100% | 100% |
| | | LED照明器具 | | 37% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| ・家電機器・情報機器の効率改善 | | — | トップランナー制度における見込みの着実な進展 | | | | | |
| ③ 電化 | ・暖房の電化: 空調 | | 普及率 保有 | 59% | 76% | 88% | 94% | 96% |
| | ・給湯の電化: 電気HP給湯機 | | 普及率 保有 | 2% | 8% | 11% 55% | 13% 74% | 18% 100% |
| | ・炊事の電化: 電気調理器 | | 普及率 保有 | 19% | 19% | 19% 25% | 19% 38% | 19% 100% |
| ④ エネルギーの脱炭素化 | ・合成燃料の普及 | | 燃料消費量比 | 0% | 0% | 0% | 0% 0% | 0% 100% |

※ 冷暖房の効率は、個別式、中央式、冷房専用、冷暖房兼用などによる違いを幅で示している。

注) 同一セル内に2つの数字を示している場合、左は「技術進展」シナリオ、右は「革新技術」「社会変容」シナリオ。

<運輸部門における主な対策導入見込み量>

| 削減 | 対策 | 単位 | 2018 | 2030 | 2035 | 2040 | 2050 |
|--------------|-------------------|-------------|------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| ① サービス需要低減 | ・DX進展による移動低減(旅客) | 10億人km | - | - | ※ | ※ | ※ |
| | ・公共交通機関の利用促進 | — | - | 10 | 13 16 | 16 21 | 21 31 |
| | ・脱物質化進展による輸送低減 | 10億トンkm | - | - | ※ | ※ | ※ |
| | ・貨物輸送モーダルシフト | — | - | 14 | 17 21 | 21 28 | 28 42 |
| ② エネルギー効率改善 | ・乗用自動車の効率改善 | 販売 18=1.0 | 1.00 | 0.92~0.93 | 0.84~0.87 | 0.80~0.81 | 0.79~0.81 |
| | ・貨物自動車の効率改善 | 販売 18=1.0 | 1.00 | 0.89~0.91 | 0.81~0.86 | 0.76~0.81 | 0.73~0.81 |
| | ・鉄道・船舶・航空の効率改善 | 販売 18=1.0 | 1.00 | 0.91 | 0.87~0.89 | 0.82~0.87 | 0.73~0.83 |
| ③ 電化 | ・乗用自動車の電化:BEV・FCV | 普及率 保有 | 0% | 16% | 40% 39~41% | 62% 63~65% | 90% 93% |
| | ・貨物自動車の電化:BEV・FCV | 普及率 保有 | 0% | 6% | 12% 15~16% | 21% 33~34% | 41% 76~78% |
| ④ エネルギーの脱炭素化 | ・自動車 合成・バイオ燃料 | 普及率 | 0% | 0% | 0% 0% | 0% 13% | 0% 100% |
| | ・鉄道 合成・バイオ燃料 | 普及率 | 0% | 0% | 0% 6% | 0% 25% | 0% 100% |
| | ・船舶 アンモニア | 普及率 | 0% | 0% | 0% 25% | 0% 50% | 0% 100% |
| | ・航空 合成・バイオ燃料 | 普及率 | 0% | 10% | 0% 15% | 20% 20% | 30% 100% |

注) 同一セル内に2つの数字を示している場合、左は「技術進展」シナリオ、右は「革新技術」「社会変容」シナリオ。

＜産業部門における主な対策導入見込み量＞

| 削減 | 対策 | 単位 | 2018 | 2030 | 2035 | 2040 | 2050 |
|--------------|--|----------|--------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| ① サービス需要低減 | ・ 電炉鋼の利用拡大 | 粗鋼生産比 | 25% | 25% | 25% 31% | 25% 37% | 25% 50% |
| | ・ クリンカ比率の低減 | クリンカ比率 | 84% | 82% | 82% 79% | 82% 76% | 82% 70% |
| | ・ 物質需要の低減 | 普及率 保有 | - | - | ※ | ※ | ※ |
| ② エネルギー効率改善 | ・ 在来型横断的技術の効率改善 - 低炭素工業炉 - 高効率モーター | 普及率 保有 | 31~37% 6% | 51~53% 51~54% 59% | 58~60% 58~65% 79% | 64~66% 64~77% 100% | 79~82% 100% 100% |
| | ・ 革新的技術 - 水素還元製鉄 - 革新的製紙技術 | 普及率 保有 | 0% 0% | 0% 0% | 0% 0% 0% 13% | 0% 20% 0% 25% | 0% 50% 0% 50% |
| ③ 電化 | ・ 熱需要の電化 産業用HP | 普及率 保有 | 0% | 4% | 4% 33% | 8% 62% | 11% 62% |
| ④ エネルギーの脱炭素化 | ・ CCUS 鉄鋼・セメント・石化 | 普及率 | 0% | 0% | 0% 0~5% | 0% 0~17% | 0% 100% |
| | ・ プラスチックの脱石油化 | 普及率 | 0% | 4% | 6% 15% | 8% 27% | 12% 67% |
| | ・ 新燃料・バイオ燃料 | 普及率 | 2% | 3% | 4% 8% | 5% 22~23% | 5% 66% |

注) 同一セル内に2つの数字を示している場合、左は「技術進展」シナリオ、右は「革新技術」「社会変容」シナリオ。

＜農畜産業・廃棄物部門における対策導入見込み量＞

| | 対策 | 対象ガス | 排出削減率(2018年度比) | | | |
|-------------|---|-----------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 2030 | 2035 | 2040 | 2050 |
| ●農業 | | | | | | |
| 消化管内発酵 | ・ルーメンマイクロバイオーム完全制御等 | CH ₄ | 0% | 0% -18% | 0% -35% | 0% -67% |
| 家畜排せつ物管理 | ・発酵方法転換等 ・高度処理、飼料改良等 | CH ₄ | 0% | -5% -19% | -10% -37% | -20% -71% |
| | | N ₂ O | 0% | 0% -25% | 0% -47% | 0% -81% |
| 稲作 | ・すき込み・中干期間・品種の改善・改良、 | CH ₄ | -8% | -21% -28% | -33% -44% | -47% -71% |
| 農用地の土壌 | ・施肥方法転換、土壌微生物制御 | N ₂ O | -7% | -7% -10% | -8% -41% | -10% -72% |
| ●廃棄物 | | | | | | |
| 固形廃棄物の処分 | ・一般廃棄物の直接埋立削減 ・産業廃棄物の最終処分量削減 | CH ₄ | -17% | -24% -30% | -31% -44% | -45% -72% |
| 廃棄物の焼却 | ・プラスチック類排出抑制・再利用促進 ・廃油の焼却量の低減 ・下水汚泥焼却施設の燃焼高度化 | CO ₂ | -20% | -28% -36% | -37% -52% | -54% -84% |
| | | N ₂ O | -52% | -52% -60% | -52% -68% | -52% -84% |
| 排水処理 | ・CH ₄ ・N ₂ O発生抑制対策の開発・普及 | CH ₄ ・N ₂ O | 0% | -9% -15% | -17% -30% | -34% -61% |

注) 同一セル内に2つの数字を示している場合、左は「技術進展」シナリオ、右は「革新技术」「社会変容」シナリオ。

<HFCs等4ガス部門における対策導入見込み量>

| | 対策 | 単位 | 排出削減率(2018年度比) | | | | |
|-----------|--------------------------------|----------------------|----------------|-------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 2018 | 2030 | 2035 | 2040 | 2050 |
| ●HFCs等4ガス | | | | | | | |
| 冷蔵庫・空調機器 | 低GWPガス普及 稼働時漏洩低減 廃棄回収率向上 | ・冷媒GWP(出荷ベース) | 2,283 | 450 | 450 338 | 450 225 | 450 0 |
| | | ・業務用 使用時 漏洩低減率(18年比) | — | 80% | 80% 85% | 80% 85% | 80% 85% |
| | | ・業務用 廃棄時 回収率 | 39% | 75% | 75% 81% | 75% 87% | 75% 99% |
| | | ・その他 漏洩低減率(18年比) | — | 50% | 50% 62% | 50% 75% | 50% 99% |
| | | ・その他 漏洩低減率(18年比) | — | 50% | 50% 62% | 50% 75% | 50% 99% |
| 電子機器 | 低GWPガス普及 使用時漏洩低減 | ・GWP低減率(18年比) | — | — | 25% — | 50% — | 99% — |
| | | ・漏洩低減率(18年比) | — | — | 22% — | 45% — | 89% — |
| 発泡剤 | ノンフロン発泡剤 への切り替え | ・ウレタンフォーム用HFCs出荷量 | 3,109 t | 450 t | 450 t 0 t | 450 t 0 t | 450 t 0 t |

<温室効果ガス吸収源対策導入見込み量>

| 対策 | CO ₂ 吸収量(MtCO ₂) | | | |
|------------|---|------|------|------|
| | 2030 | 2035 | 2040 | 2050 |
| ●温室効果ガス吸収源 | | | | |
| 森林吸収 *1 | -38 | -36 | -34 | -30 |
| 農地土壌吸収 *2 | -8.5 | -6.5 | -6.5 | -6.5 |
| 都市緑化 *2 | -1.2 | -1.6 | -1.6 | -1.6 |

*1 2030年以降は近年の減少傾向を勘案して想定した目安の値

*2 2030年以降は2030年目標値や2021年の値をもとに想定

■ 脱炭素エネルギーの生産機器の費用

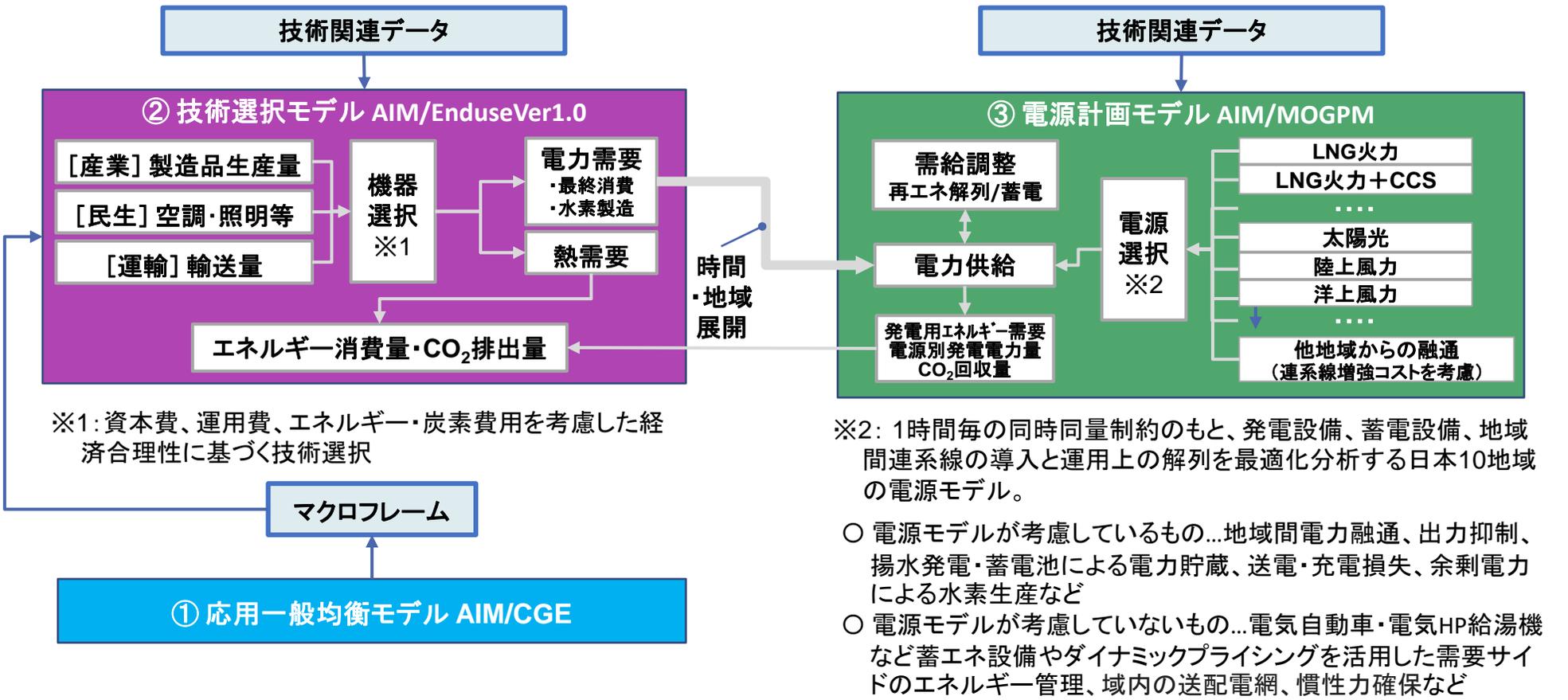
| | | 2018 | 2030 | 2050 | 出典等 |
|--------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|--|
| 太陽光発電 (事業用～住宅用) | 固定費(千円/kW) | 256~333 | 111~137 | 55 | 2030年 発電コスト検証WG(2021) IEA SDS習熟率をもとに想定 2050年 IEA WEO 2022 欧米における2050年の見通しをもとに想定 |
| | 維持費(千円/kW/年) | 3.0~4.8 | 3.0~4.8 | 3.0~4.8 | 発電コスト検証WG(2021) |
| 陸上風力 | 固定費(千円/kW) | 376 | 248 | 162 | 2030年 発電コスト検証WG(2021) 2050年 IEA WEO 2022 欧米における2050年の見通しをもとに想定 |
| | 維持費(千円/kW/年) | 10.4 | 10.4 | 10.4 | 発電コスト検証WG(2021) |
| 洋上風力 | 固定費(千円/kW) | 515 | 507 | 199 | 2030年 発電コスト検証WG(2021) 2050年 IEA WEO 2022 欧米における2050年の見通しをもとに想定 |
| | 維持費(千円/kW/年) | 22.5 | 18.4 | 13.5 | 2030年 発電コスト検証WG(2021) 2050年 IEA (2019) Offshore Wind Outlook 2019の見通しをもとに想定 |
| CO ₂ 回収 | 固定費(千円/tCO ₂) | 15 | 7 | 7 | カーボンリサイクルロードマップ(2021) 2030年 コスト目標(低圧 2,000円台/tCO ₂)を満たすように想定 |
| | 維持費(千円/tCO ₂ /年) | 0.8 | 0.4 | 0.4 | |
| CO ₂ 貯留 | 固定費(千円/tCO ₂) | — | 252 | 142 | CCS長期ロードマップ検討会 最終とりまとめ(2023)をもとに想定 |
| | 維持費(千円/tCO ₂ /年) | — | 1.0 | 0.4 | |
| 水分解装置 | 固定費(千円/toe-H ₂) | 472 | 341 | 204 | IEA (2019) The Future of Hydrogen |
| | 維持費(千円/toe-H ₂ /年) | 7 | 5 | 3 | |

■ エネルギー価格

| | | 2018 | 2021 | 2030 | 2050 | 出典等 |
|-------|----------|---------|---------|-------|------|--|
| 石炭 | (円/kgoe) | 25.5 | 33.0 | 16.0 | 12.7 | 実績値:財務省 通関統計の輸入価格から消費税、エネルギー税を考慮して算定 2030年、2050年:IEA World Energy Outlook (2022) Announced Pledges Scenario (APS)の想定値をもとに算定 |
| 原油 | (円/kgoe) | 62.9 | 68.6 | 63.6 | 59.7 | |
| LNG | (円/kgoe) | 51.2 | 59.0 | 52.7 | 42.8 | 燃料アンモニア導入官民協議会 中間とりまとめ(2021)より想定 |
| アンモニア | (円/kgoe) | (75.2) | (75.2) | 58.9 | 58.9 | |
| 水素 | (円/kgoe) | (327.0) | (327.0) | 134.5 | 65.4 | 水素・燃料電池戦略ロードマップ(2019)より想定 |

(参考) 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。



＜気候変動政策の概観(IPCC AR6)＞

| | | アウトカムのフレーミング | |
|-----------------------|--------------------|---|--|
| | | 緩和の強化 | 緩和・開発など多面的な目的への対処 |
| 政策立案 に対するア プローチ | インセンティブ をシフトさせる | <p>『緩和策そのものに焦点をあてる』</p> <p>[目的] 現状のGHGの削減</p> <p>[課題] <u>分配やその他の懸念に配慮して、政策手段を如何にデザインし、実施するか。</u></p> <p>[例] 炭素税、キャップ・アンド・トレード、国境炭素調整、情報開示政策</p> | <p>『コベネフィット』</p> <p>[目的] 緩和と開発のシナジー</p> <p>[課題] <u>気候変動と開発の目標間の相乗効果を実現し、トレードオフを回避するための政策とその範囲</u></p> <p>[例] 電気機器基準、燃料税、地域森林管理、持続可能な食生活ガイドライン、グリーン建築基準、大気汚染対策パッケージ、公共交通パッケージ</p> |
| | トランジション を可能にする | <p>『社会・技術的移行』</p> <p>[目的] 社会技術システムにおける低炭素シフトを加速する。</p> <p>[課題] <u>社会技術的な移行プロセスを理解し、技術の「S字カーブ」のさまざまな段階に対する統合政策を理解し、移行の構造的、社会的、政治的要素を探求する。</u></p> <p>[例] 再生可能エネルギー移行と石炭の段階的廃止のためのパッケージ、電気自動車の普及、主要産業におけるプロセスと燃料の転換</p> | <p>『発展経路をシフトするためのシステム移行』</p> <p>[目的] 緩和オプションを拡げるとともに、その他の開発目標を達成するために、システムの移行を加速し、開発経路を転換する。</p> <p>[課題] <u>構造的な開発パターンと、部門横断的かつ経済全体にわたる広範な対策が、統合政策と実現条件の調整を通じて、開発目標を達成しながら緩和する能力をどのように促進するかを検証。</u></p> <p>[例] 持続可能な都市化のためのパッケージ、土地・エネルギー・水のネクサス・アプローチ、グリーン産業政策、地域の公正な移行計画</p> |

出典: IPCC AR6 WG3 Figure 13.6 Mapping the landscape of climate policy