

Technical Report

IGES 1.5°Cロードマップ

日本の排出削減目標の野心度引き上げと
豊かな社会を両立するためのアクションプラン

キーメッセージ

本レポートは、世界平均気温の上昇を産業革命前と比べて1.5℃以内に抑えるという目標の達成に向けて、2050年までにカーボンニュートラルを実現するだけでなく、累積排出量をできる限り小さくする観点から、日本国内で早期に大幅な温室効果ガス（GHG）排出量削減を果たす可能性を検討し、その実現のためのアクションプランをまとめたものである。

エネルギーの需要と供給において脱炭素化に資する技術の導入を進めるだけでなく、デジタル化を起点とする社会経済の変革に直ちに取り組むことが重要である。無形資産投資の増加による高付加価値化や、製造業のサービス産業化、ビッグデータや自動運転技術を活用した人流・物流の合理化、効率的で循環的なエネルギー・素材利用といった社会経済の変化を考慮したシナリオでは、最終エネルギー消費量が早い段階から減少していき、2035年までに2019年比で60%以上のGHG排出量削減が可能になる。

エネルギーの省エネと電化を早期に進めると同時に、再生可能エネルギー（以下、再エネ）を中心とする電力システムへの転換を進めることで、大幅な排出削減を実現しつつ、エネルギー自給率を約90%まで高める可能性を見出すことができる。省エネ、電化の促進、再エネの拡大のいずれも、現在直面している様々な課題を克服するための戦略的な取組が求められる。省エネ、電化については、エネルギーコストの削減につながることも多く、企業のデジタル化や生産性向上との相性も良い。専門的知識を持つ人材による知見・情報の提供や、機器の設置スペース・配管等の建物の物理的制約が障壁とならないよう、長期的視点を持った設備投資を可能とするなどの対応が求められる。

再エネ中心の電力システムへの転換については、需給バランスを確保し、効率的なシステム運用を行うため、様々な取組が必要である。特に、自然条件によって発電出力が変動する再エネが中心の電力システムにおいて、秒単位・時間単位といった短期の変動と、季節間・年間といった長期の変動の双方に対応するため、柔軟性を高める必要がある。このため、電力システムの運用ルールを見直すとともに、EV蓄電池を用いたV2Gや、国内での水素製造のための水電解装置などによるデマンドレスポンスといった、需要側の柔軟性の活用を可能とする環境整備を進めるべきである。

自然環境や地域社会への悪影響を抑制しつつ、再エネの大幅な導入量拡大を見込むことは可能であり、経済循環や雇用の創出などの便益を地域にもたらす可能性がある。太陽光発電については、景観や生態系へのインパクトが少ない建物屋根上を中心に大幅な導入拡大を見込むことができる。その実現には、新築建物への太陽光導入を原則化する政策措置、屋根置き太陽光を促進するファイナンス支援、余剰電力を他の需要家と融通できる仕組み、適切な機器の選定と施工ができる事業者の確保、地域で太陽光発電を利用する便益とリスクに関わるコミュニケーションの促進等を早急に進める必要がある。また、将来的には、ペロブスカイト太陽電池とシリコン太陽電池を組み合わせたタンデム型は、限られた面積でより多くの発電量を得ることに貢献する。風力発電については、ポテンシャルが大きく、高い設備利用率

が期待できる洋上風力発電を中心に導入拡大を見込むことができる。その実現には、海域の先行利用者との調整を含め、導入目標や利用海域について社会的合意を早期に進めることや、浮体製造、風車組立、風車やメンテナンス部品の製造に関わる国内工場や港湾の整備を進め、洋上風力を国内産業として拡大することが重要となる。

将来の再エネの初期投資コストの低下や化石燃料価格、蓄電や水素製造にかかるコストによっては、現状よりも低いコスト水準でエネルギー供給が行われる可能性がある。モビリティや水素製造など電力以外のセクターと共有しているコストをどのように配分するかにもよるが、早期かつ大幅に電力システムからの排出削減を行う際に想定される将来の電力コストの上昇幅は、現状の燃料価格の高騰による電力コストの上昇幅よりも小さくなる可能性が高い。電力供給及び水素供給設備に対する投資規模は、2021～2050年の平均で、3.9兆円/年～4.6兆円/年となり、現在の年間の化石燃料輸入額（20兆円/年～30兆円/年）を大幅に下回る。

社会経済の大きな変革を促すために、また、再エネなどへのエネルギー転換を早期に進めるために、十分なインセンティブを与える制度を構築する必要がある。投資の流れの変化や需要家の行動変容を促すため、十分に高い水準でのカーボンプライシングを導入することが不可欠である。また、積極的労働市場政策や職業能力開発・教育訓練などの人的資本への投資の拡充によって、労働生産性や炭素生産性の高い活動への労働者の公正な移行を促進することは、脱炭素化推進政策の社会的受容性を高める鍵となる。

変化が実現するためには、エネルギーに限らない統合的な視点での政策形成や、企業による変化を成長の機会と捉えた積極的な戦略構築が重要である。本レポートが想定する社会経済の変化は、都市・建物・道路空間・土地利用の変化や、地域・企業・消費者の活動の変化なども包含したものであり、エネルギーの関係者のみならず幅広い関係者を巻き込んだ政策形成が必須である。一方、本レポートで検討した社会経済変化は、生産性を高め、より安全・便利・快適な社会に向かう大きな潮流に根差している。1.5℃目標の追求に向けた取組を、各業界や社会・インフラが抱える課題の解決やウェルビーイングの向上にも資する統合的な戦略として構築する必要がある。また、本レポートは、企業が脱炭素の世界的潮流を踏まえた自社戦略を構築する際に参照でき、今後一層加速する変化を成長の機会とするために、いつ、どのような変化が起こるかを判断する目安として活用できるものと考えている。

エグゼクティブ・サマリー

2021年に英国で開催されたG7（主要7か国）気候・エネルギー大臣会合では、各国は1.5℃目標を追求する決意を確認した。また、同年開催されたCOP26（国連気候変動枠組条約第26回締約国会議）において1.5℃目標を追求する決議が採択された（グラスゴー気候合意）。それ以降、国際社会におけるパリ協定の軸足は2℃目標から1.5℃目標へと移っており、2023年に日本で開催されたG7気候・エネルギー大臣会合の合意文書および広島G7サミット共同声明においても、日本を含むG7各国がこの目標にコミットすることが再確認されている。しかしながら、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の最新の報告によると、現在提出されているNDC（国が決定する貢献）が全て実現されたとしてもこの目標を達成するために必要な温室効果ガス排出削減水準には達しない。2035年までに世界全体で温室効果ガスの排出量を2019年比で60%削減することを目指し、各国が目標を引き上げる必要があることが指摘されている。パリ協定には、年月とともに各国が目標の野心度を引き上げる「ラチェット・メカニズム」が組み込まれており、進捗を評価し、より野心的な排出削減を継続的に目指していくことが、パリ協定の長期的目標の達成のために極めて重要である。

そこで、本レポートでは、エネルギーの需要と供給における脱炭素化に資する技術の導入に加えて、デジタル化を起点とする社会経済の変化を多面的に検討することにより、日本の温室効果ガス排出量をより早期に、より大幅に削減する可能性を検討した。

具体的には、まず、対策技術の導入量と社会経済の変化幅に差をつけた複数のシナリオに対して、2021年から2050年までの累積GHG排出量の推計を行い、シナリオ比較分析を行った（第2章～第5章）。構築したシナリオは、最大限の技術（再エネや輸入水素など）導入が行われる「①技術変容シナリオ」、脱炭素化に寄与する形で社会経済が大幅に変化し技術導入はより緩やかになる「②社会変容シナリオ」、社会経済の変化も技術導入も両者の中庸となる「③バランスシナリオ」である。さらに、政府が策定するトランジション・ファイナンス推進のためのセクター別ロードマップ等で公開されている情報をもとに、政府が目標としていると考えられるカーボンニュートラルに向けた道筋を示した「④政府目標シナリオ」を設定した。各シナリオにおける社会経済に関する想定と対策技術の導入量に関する想定を基にエネルギー及び電力の需要を推計し（第3章）、電源構成と電力システム・水素輸入を検討し、電力需給及び国内水素製造のシミュレーションを行った（第4章）。その結果をもとに温室効果ガス排出量やエネルギー自給率、電力コスト・水素コストといった主要な指標を推計した（第5章）。なお、社会経済の変化については、無形資産投資の増加による高付加価値化や、製造業のサービス産業化、ビッグデータや自動運転技術を活用した人流・物流の合理化、効率的で循環的なエネルギー・素材利用といった多面的な変化を想定している。これらの想定を産業関連表などに投影することで、可能な限り整合的に、かつ定量的に、将来の社会経済の姿を描いている。また、対策技術の導入量については、技術成熟度やポテンシャルなどに基づいて導入の規模や速度を想定している。電力需給のシミュレーションについては、送電線等の制約を考慮して全国450地点における1時間ごとの需給バランスが成立する

ことを条件に、安定供給確保に向けた対策等についても検討している。

次に、バランスシナリオに対して、どのような想定内容がいつ現実化すればシナリオを実現しうるのかを意味するマイルストーン、およびそれぞれのマイルストーンを達成するために必要な政策や行動変容につなげるアクションプランを整理した（第6章）。また、これらの分析結果を、実際に行動を起こすことが期待されるビジネス界のステークホルダーに提示し、そのフィードバックを踏まえてシナリオの修正を行うプロセスを反復的に行った。これにより、多様な視点からの意見や実務的知見も踏まえたシナリオ及びアクションプランを構築するとともに、それらに対するステークホルダーの理解や受容性が向上するよう配慮した。

シナリオ分析の結果、まず、デジタル化など社会経済の変化は、2050年までの最終エネルギー消費量の減少に対して、無視することができない程度の影響を及ぼしうることが明らかとなった。図ES-1はバランスシナリオにおける現状（2015-2019年の平均）と2050年の最終エネルギー消費量の差を要因別に分解した結果を示している。社会経済の変化を社会変容シナリオと技術変容シナリオの中庸程度に設定したバランスシナリオでも、最終エネルギー消費量が47%減少するうち16%程度は、デジタル化・素材利用変化等の取組が貢献している。

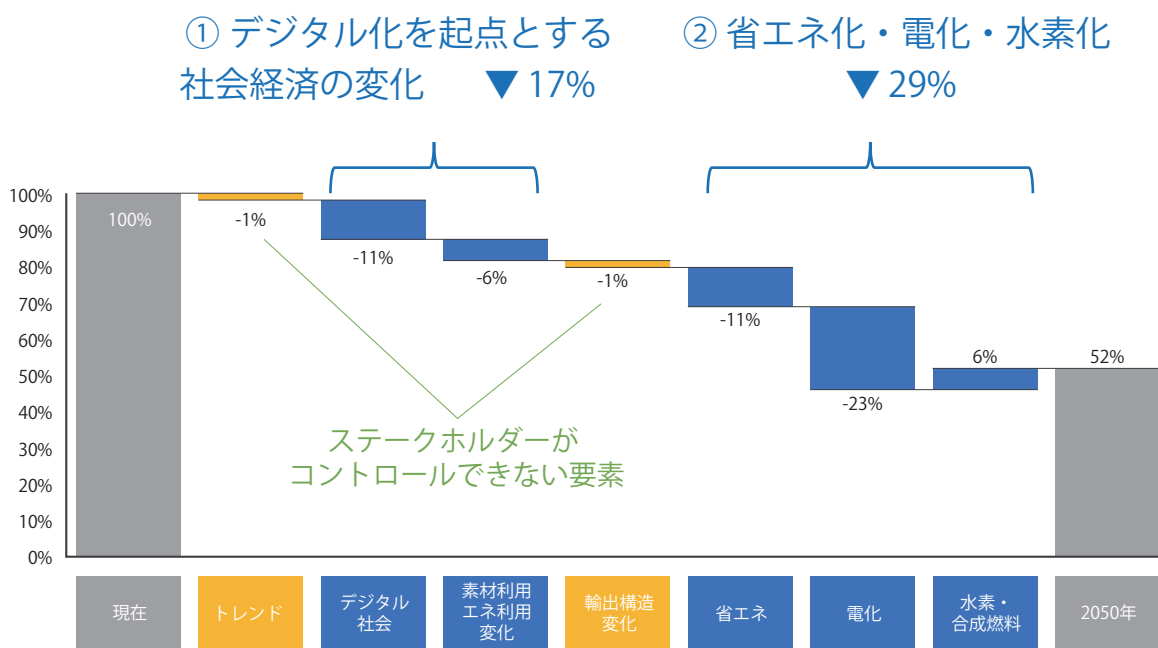
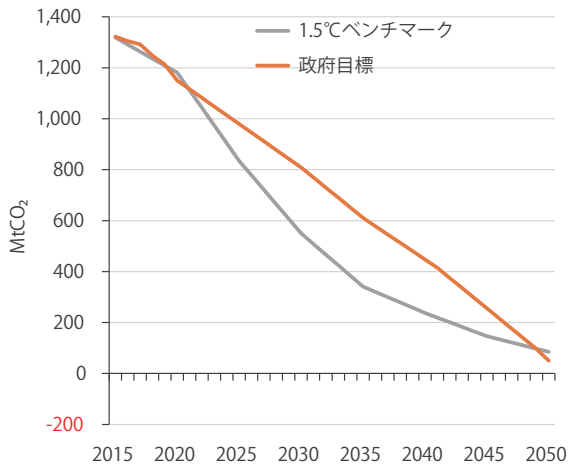


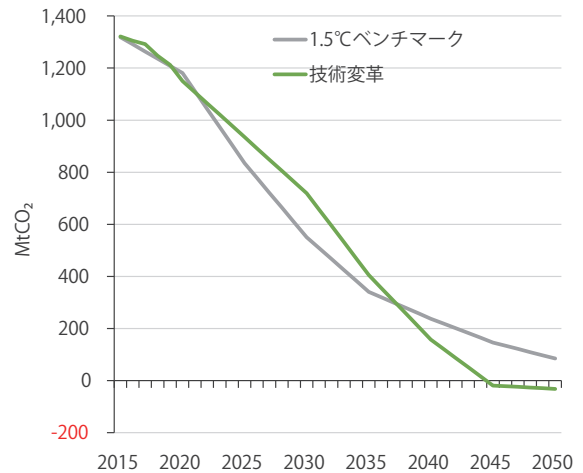
図 ES-1. バランスシナリオにおける最終エネルギー消費量減少の内訳

また、社会経済の変化を想定するシナリオでは、より早期のGHG排出量削減が達成できることも明らかになった。気温上昇を1.5°C以内に抑える場合の世界全体での排出経路から、日本における2020年から2050年までのGHG及びCO₂の累積排出量のベンチマークを設定し、各シナリオの推計結果と比較した（図ES-2）。その結果、社会変容シナリオとバランスシナリオのみが、ネガティブエミッション技術やCCSへの依存リスクを抑えつつ、ベンチマークとして設定した累積排出量以下に収まった。両シナリオともに、程度は異なるが社会経済の変化を想定している。デジタル技術を起点とした生産構造や暮らしの変化によって、最終エネルギー消費量が早い段階から減少し、その結果、2030年代の化石燃料利用も縮小できることから、早期のGHG排出量削減が達成できると考えられる。

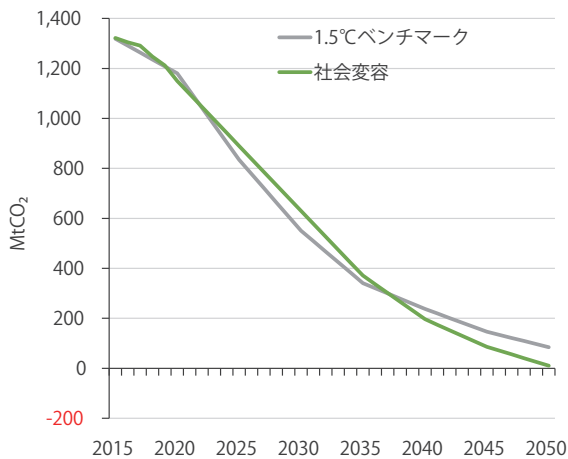
政府目標 累積 GHG 排出量 19.3GtCO₂ (2020-2050)



技術変容 累積 GHG 排出量 14.3GtCO₂ (2020-2050)



社会変容 累積 GHG 排出量 14.3GtCO₂ (2020-2050)



バランス 累積 GHG 排出量 14.3GtCO₂ (2020-2050)

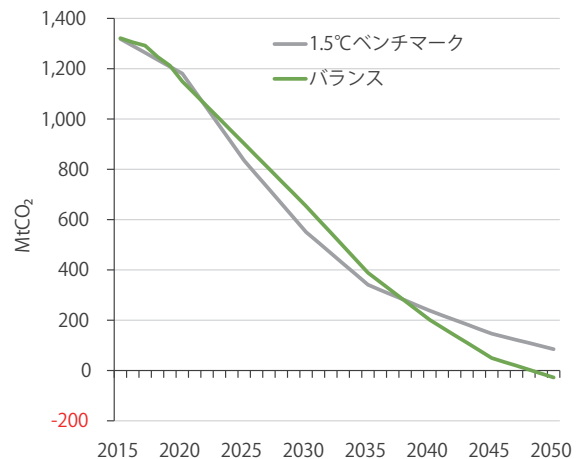
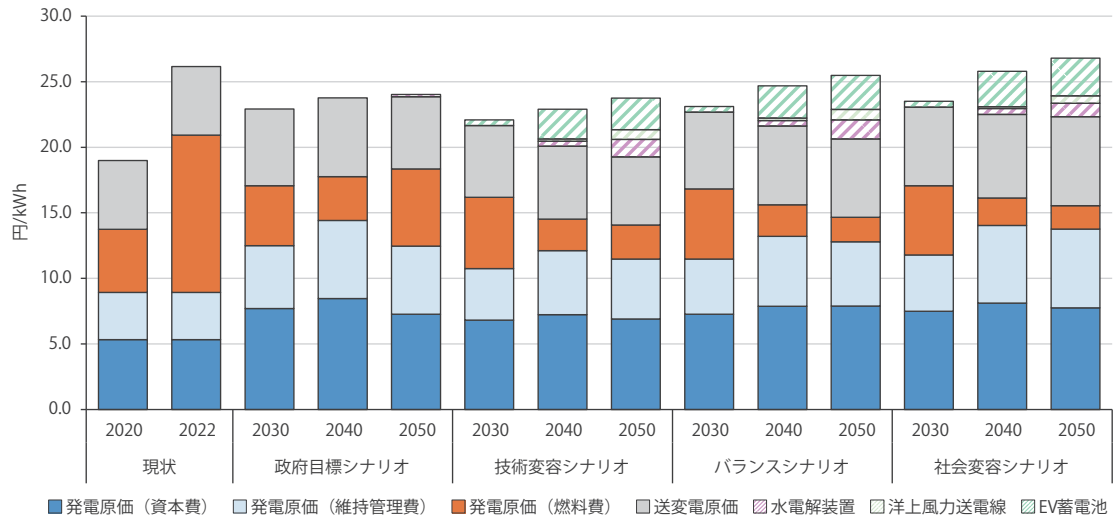


図 ES-2. 各シナリオのGHG時系列排出量変化とベンチマークとの比較

さらに、屋根置き太陽光発電、洋上風力発電を中心とした再エネ拡大に早期に着手すると同時に、再エネからの電力を効果的に利用できるような電力制度や需要側設備の整備、再エネの変動性への対応を進めることで、2040年には40%、2050年頃には90%近いエネルギー自給率の達成を望めることが分かった。

再エネの変動性への対応として、ガス火力発電を改修した水素専焼火力、再エネ電力を用いた水素製造設備の導入、V2Gで運用される蓄電池など様々な柔軟性を活用したシステムの構築を検討した。その結果、電力需給シミュレーションにより地点ごと、時間ごとに需給バランスが成立することを確認した。加えて、電力コストについても検討し、再エネを主力電源化し、柔軟性を高める設備を導入した場合でも、現在よりも低い水準のエネルギー価格が形成される可能性を見出した(図 ES-3)。この場合の投資額は、2021~2050年の平均で、3.9兆円/年~4.6兆円/年となり、現在の年間の化石燃料輸入額(20兆円/年~30兆円/年)を大幅に下回る。バランスシナリオが想定するエネルギーシステムの実現には、現状において日本が化石燃料の輸入に費やしている資金や国際的な投資を、国内の再生可能エネルギー開発のための投資にいかに向かせせるか、また、そのためにいかに市場環境を整備できるか、が鍵となる。



図ES-3. 各シナリオにおける2030、40、50年の電力コスト推計結果と現状との比較

注：斜線部は電力以外のセクターと共有しているコストであり、全てが電力コストに上乗せされるとは限らない

バランスシナリオで描いた道筋を実現するためのマイルストーンとアクションプランを整理した（第6章、図ES-4）。概要は以下の通り。

- 社会経済全体の変化：**デジタル化や素材利用の変化など、脱炭素化を進めつつ生産性と付加価値の向上を推し進める戦略の立案と実行が求められる。社会全体の行動変容と産業構造転換を促す上で、十分なインセンティブを与えるカーボンプライシングを速やかに（2025年頃）導入することが有効と考えられる。同時に、社会経済の変化にあたり不平等・格差が拡大しないよう、人的資本への投資増などの積極的労働市場政策や失業手当等の充実を図るべきである。誰もが積極的にリスクを取れる環境を整備し、労働生産性や炭素生産性の高い産業への転換を社会的に受容できる形で進めることが望ましい。
- 建物・インフラ・設備の整備：**ZEB・ZEH化やEV充電インフラ整備は、建物更新のタイミングで順次行うのが合理的である。本格的設備導入がすぐに難しい場合、ZEB・ZEHレディ、電化レディ、IoTレディ化を進めておくことが重要である。産業部門も同様に、設備更新の投資のタイミングで円滑に脱炭素技術を取り入れられるよう、中長期的な計画が必要になる。交通分野については、少子高齢化に伴う人手不足や高齢者の移動問題の解決が課題となるが、自動運転技術の進展やオンライン・仮想空間技術の発展による移動需要の変化も見込まれる。これらの変化を踏まえた人流・物流の中長期的見通しを持って、効率的な施策を検討すべきである。
- 電力：**再エネの拡大のためには、電力システムの基盤である系統運用ルールの整備を2030年頃までに達成することが喫緊の課題である。これにより再エネ事業の安定性・予見可能性を高めることは、民間の再エネ投資促進に大きく貢献する。また、系統運用ルール整備は、V2Gやデマンドレスポンスなど柔軟性を様々なリソースを活用して確保することにつながり、系統安定化にも寄与する。加えて、投資対象となる再エネについても明確なシグナルを出すことが必要である。本レポートでの検討に基づく、ペロブスカイト太陽電池など新技术を活用した屋根置き太陽光発電や浮体式洋上風力発電がその中心となる。浮体式洋上風力発電については、造船所や火力発電所等の休廃止設備跡地も活用した港湾の整備など、設備導入のためのインフラ整備を2030年代を通じて進めることも重要となるため、国全体での長期の戦略を速やかに構築し明示することが、民間企業がこの分野でビジネスを展開するための必要条件となる。
- 水素：**カーボンニュートラル達成のためには、電化が困難な領域における水素利用が必要となる。2040年頃までに、鉄鋼・化学等の素材産業を中心とした水素利用による産業の脱炭素化を進展させるには、これらの工場周辺を中心とした水素サプライチェーンが構築されていることも望まれる。

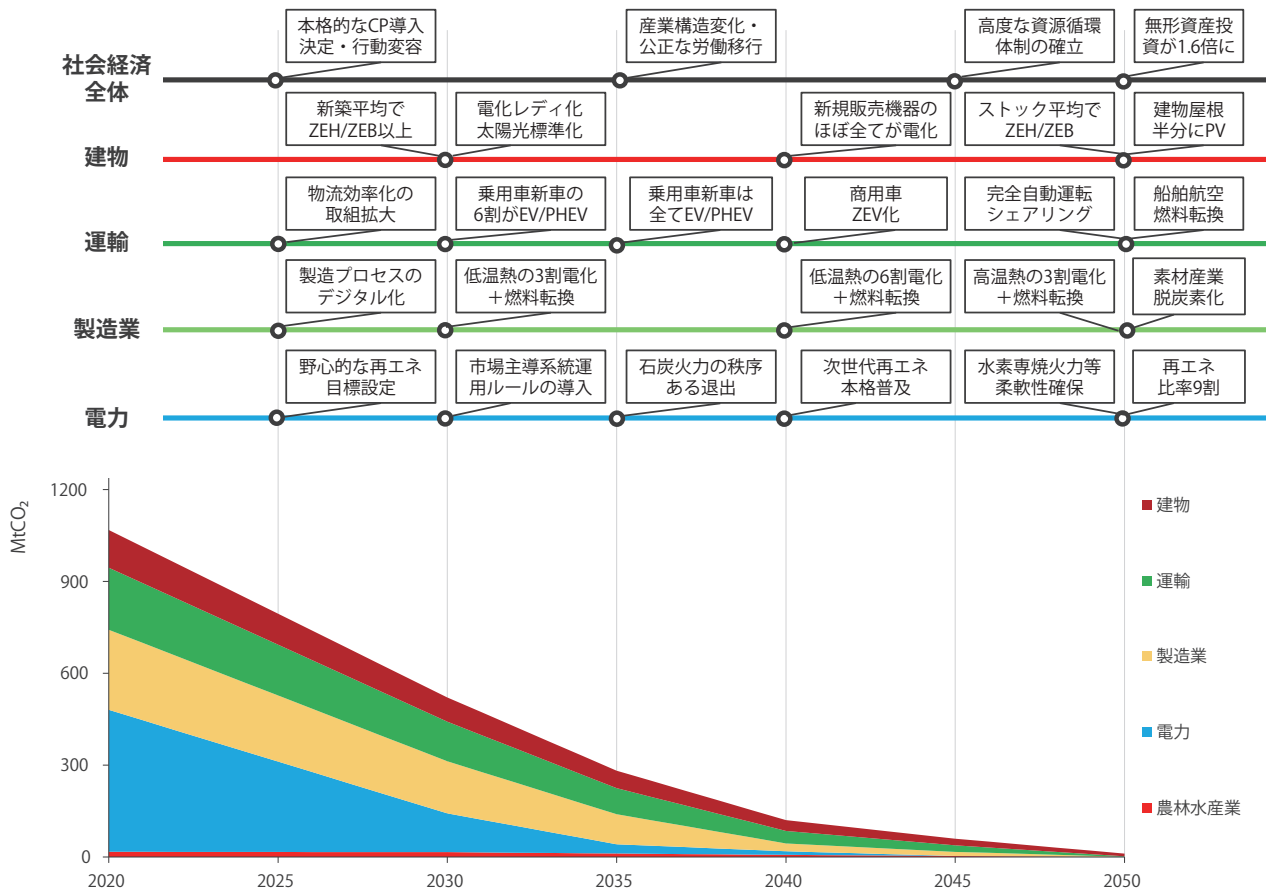


図 ES-4. 1.5°Cロードマップ（バランスシナリオ）における、部門ごとのエネルギー起源CO₂排出量時間変化と主要なマイルストーン

これらの取組は一企業で始められることもあるが、そのスケールアップや、様々な分野、企業、取組とのシナジーをもった発展のためには、様々な主体による、互いの強みを生かした連携的事業が数多く形成されることが必要である。これまでの部門最適のアプローチに留まらず、分野横断的な統合的な観点から、各主体が中長期的な戦略づくりに取り組むことが望まれる。



IGES 公益財団法人
地球環境戦略研究機関

〒240-0115 神奈川県三浦郡葉山町上山口2108-11

Tel: 046-855-3700

<https://www.iges.or.jp/>

2023年12月発行