

NEWS RELEASE2021年9月7日
株式会社三菱総合研究所**2050年カーボンニュートラル実現に向けた提言**

株式会社三菱総合研究所（本社：東京都千代田区、代表取締役社長：森崎孝）は、2050年までのカーボンニュートラルの実現に向けたキーポイントとして、①電力部門の早期ゼロエミッション化、②戦略的なイノベーションの誘発、③需要側の行動変容の3点を掲げ、それぞれに関し変革を後押しする具体施策を提言する。

2050年カーボンニュートラル達成に向けた三つのキーポイント

2021年9月現在、カーボンニュートラルを宣言した国・地域は120を超えており、脱炭素化に向けた動きは世界的な潮流となっている。日本も2020年10月に「2050年カーボンニュートラル」を宣言したが、発電量に占める火力発電の割合が7割を超え、産業部門のエネルギー消費割合が大きいこともあり、その達成は他国と比べても容易ではない。しかしながら、三菱総合研究所では、次に示す3点を適切な時間軸のもとで実行することにより、2050年までのカーボンニュートラルの達成は実現可能と考える。

① 電力部門の早期ゼロエミッション化

日本のカーボンニュートラル達成には、電力部門のゼロエミッション化は最初の必要条件となる。今後、再生可能エネルギー（以下、再エネ）はさらに進展するが、電力安定供給の観点から一定程度の火力系の発電設備は必要となる。そのため、火力系電源の脱炭素化を進めるために、水素発電、アンモニア発電、CCUS（二酸化炭素貯留・有効利用・回収）等の適用が必要となる。また、再エネの導入が進むにつれ出力抑制により無駄が大きくなるため、系統増強、蓄電池活用、需要施設の移転といった対策を組み合わせ、社会コストの低減を図ること、および、脱炭素化に向かうための持続的な事業環境整備も重要となる。

② 戦略的なイノベーションの誘発

カーボンニュートラル達成のためには、技術・制度両面でのイノベーションが必須になる。産業部門では特に鉄鋼、化学、セメント等の素材系産業のイノベーションの実現が鍵となる。これらは技術的な課題は大きいものの、商用化までつなげることができれば新たな産業競争力にもなりうる。総花的な取り組みではなく、社会実装までを見据えた重点分野への戦略的な投資が必要になる。また、家庭・業務・運輸部門では技術革新よりも、膨大な数の需要家設備に脱炭素技術を実装させる方が課題として大きい。中長期的には規制的措施を含む大胆な政策アプローチが不可欠だろう。

③ 需要側の行動変容

需要側の行動変容とは、「エネルギーを利用する企業や消費者（需要家）が、価値観の変化やインセンティブなどを契機として脱炭素化に向かう選択をすること」である。例えば、企業が購入電力を再エネ由来に切り替えたり、人々が自動車をガソリン車から電気自動車に買い替えたりといった行動も該当する。需要側の行動変容は「今からでもできる」対策であり、脱炭素化への動きを加速させる重要な役割を持つ。

需要側の行動変容によるカーボンニュートラルの貢献

三つのキーポイントのうち、時間軸上で最も早期に取り組むべきものは「需要側の行動変容」になる。需要側の行動変容は、従前のエネルギー政策の議論では注目度が低かったが、イノベーションの実現とは異なり比較的早期に実施可能であることに加え、再エネ利用拡大、電力需要の構造変化、省エネ・燃料転換、EV（電気自動車）への転換といった産業・社会構造の転換にもつながることから、非常に重要な対策となる。

三菱総合研究所では行動変容のポテンシャルを分析するため、企業・消費者向けにアンケート調査を実施した。再エネ電力に対しては、7割強の企業、4割強の消費者が「コスト増を許容できる」と回答しており、脱炭素化への社会要請に直面している企業の意識は既に変化してきている。また、同アンケートでは化石燃料から電気への切り替え（電化）として電気自動車への切り替え意向が高まっていること、また、需要施設を移転する意向としてはサプライチェーン上の制約が少ないデータセンターでその検討が進んでいることも示された。これらの結果をもとに、需要側の行動変容によるCO₂（二酸化炭素）削減ポテンシャルを試算したところ、約2億t-CO₂が削減され、2013年度比では約14%減少との結果が得られた。行動変容の一つ一つは小さな変化だが、これらが積み重なり日本全体で見た場合は相応のボリュームを持つと考えられる。

需要側の行動変容を促すカーボンプライシングの提案

需要側の行動変容を促す具体策の一つとしてカーボンプライシングが挙げられる。カーボンプライシングの基本コンセプトは、資金の流れを通じて、「炭素を増やす行動」から「炭素を減らす行動」に企業や個人の行動をシフトすることにある。これを円滑に促すためには、電力、産業、民生・運輸の各部門の特性にフィットした制度設計を行うことが現実的である。

まず、電力部門は、排出主体が大規模・少数であるほか、卸電力市場を通じて火力の稼働率を調整することで短期的な排出削減が可能であるという特徴を持っている。他方、炭素コストを賦課しても大半が電気料金の形で電力需要家に転嫁される点に留意が必要となる。これらを踏まえると、電力部門には排出量取引を導入して有償で割り当てるとともに、それによる政府の歳入増加分を、一部の電力需要家に還元した上で、再エネの普及に向けた環境整備や、水素の技術開発等に充てることが望ましいだろう。

一方、産業部門は電力部門と同様に排出源が大規模・少数であるものの、削減対策については革新技術の開発に長期間要するものが少なくない。加えて、多くの業種は国際競争にさらされているため、炭素コストの賦課による影響に一定の配慮が必要だ。こうしたことから、産業部門に対しては排出量取引を導入しつつも、排出枠は無償で割り当て、長期目線で革新技術の開発を促すための原資を出し合う仕組みと組み合わせることを提案する。民生・運輸部門は、小規模の排出源が多数分散している点に特徴があり、また、ヒートポンプや電気自動車に代表される電化設備への更新が削減対策の中心となるだろう。特に自動車は日本経済をけん引している産業であり、サプライチェーンを通じて国内の中小企業に与える影響が大きいだけでなく、自動運転などIoTも絡んで将来性の高い分野でもあり、早期に国内市場を形成して変革を後押しする視点が欠かせない。そこで民生・運輸部門については脱炭素賦課金（炭素税の一種）を導入するとともに、その財源を活用して設備導入補助と組み合わせることが有効である。

カーボンニュートラルを社会変革の契機に

現在、炭素国境調整措置など通商ルールの中にも脱炭素化の動きが組み込まれ、世界的な潮流はますます強くなっている。カーボンニュートラルの達成は容易ではないが、取り組みを「コスト」ではなく「未来への投資」と位置づけ、新たな産業競争力につなげていくことが重要である。カーボンニュートラル達成には、消費者、企業、政府、自治体、研究機関、非営利団体等、全てのステークホルダーの参画が不可欠である。本提言がカーボンニュートラルに関連する多くの方々の挑戦を後押しすることを願っている。

目次

1. はじめに：カーボンニュートラルを取り巻く環境	1
2. 2050年カーボンニュートラル達成に向けた三つのキーポイント	3
2.1. 電力部門の早期ゼロエミッション化	3
2.2. 戦略的なイノベーションの誘発	6
2.3. 需要側の行動変容	8
3. 需要側の行動変容によるカーボンニュートラルへの貢献	11
3.1. 需要側の行動変容の種類と効果	11
3.2. 行動変容のポテンシャル調査	13
3.3. 行動変容によるCO ₂ 削減効果	15
3.4. 行動変容の促進策	16
4. 需要側の行動変容を促すカーボンプライシングの提案	18
4.1. 制度デザインの基本コンセプト	18
4.2. 各部門の制度骨子	20
5. おわりに：カーボンニュートラルを社会変革の契機に	23

1. はじめに：カーボンニュートラルを取り巻く環境

気候変動問題を取り巻く状況は、近年急激に変化し、世界各国のカーボンニュートラル¹に向けた取り組みは世界的な潮流にまで拡大している。2021年9月現在、120を超える国・地域が2050年までのカーボンニュートラルを宣言している。

主要国では、まず欧州が2020年3月に国連に提出した長期戦略にてカーボンニュートラルを宣言、その後、2020年9月には中国が2060年までのカーボンニュートラルを国連一般討論にて発表、米国も2021年1月にバイデン大統領が就任早々にパリ協定への復帰を果たし、公約で示していた2050年までのカーボンニュートラルについてあらためて宣言を行った。日本においても、2020年10月に菅首相が所信表明演説にて2050年カーボンニュートラルを宣言し、2021年4月の気候変動サミットではその途中地点となる2030年時点での目標値として、温室効果ガスを2013年比46%減少することを発表、脱炭素社会の構築に向けて大きくかじが切られることになった。

ただし、日本のカーボンニュートラルの達成へのハードルは他の国々より高い状況にある。大きな理由としては発電構成と産業構造の二つがある。

発電構成については、日本は他国と比較して、人口・経済規模等により電力需要が大きい一方で、発電量の70%以上を化石燃料由来の火力発電が占めている（図表1-1）。特にカーボンニュートラル宣言国の中では発電量・火力比率ともに上位に入っており、国土面積あたりの太陽光導入量は既に現状でも主要国で最大となっている中、今後必要となる脱炭素電源の量が他国よりも大きいことが示されている。また、日本は島国であり他国と電力系統が接続されておらず、自国内での需給バランス確保が前提となっている点も電力部門の脱炭素化のハードルの一つとなっている。

産業構造については、日本は鉄鋼業など産業部門のエネルギー消費が他国と比べて大きい（図表1-2）。こうした業種は高温の熱需要など、現状では脱炭素化が難しい領域があり、水素活用、CCUS（二酸化炭素貯留・有効利用・回収）などの技術革新が求められることになる。

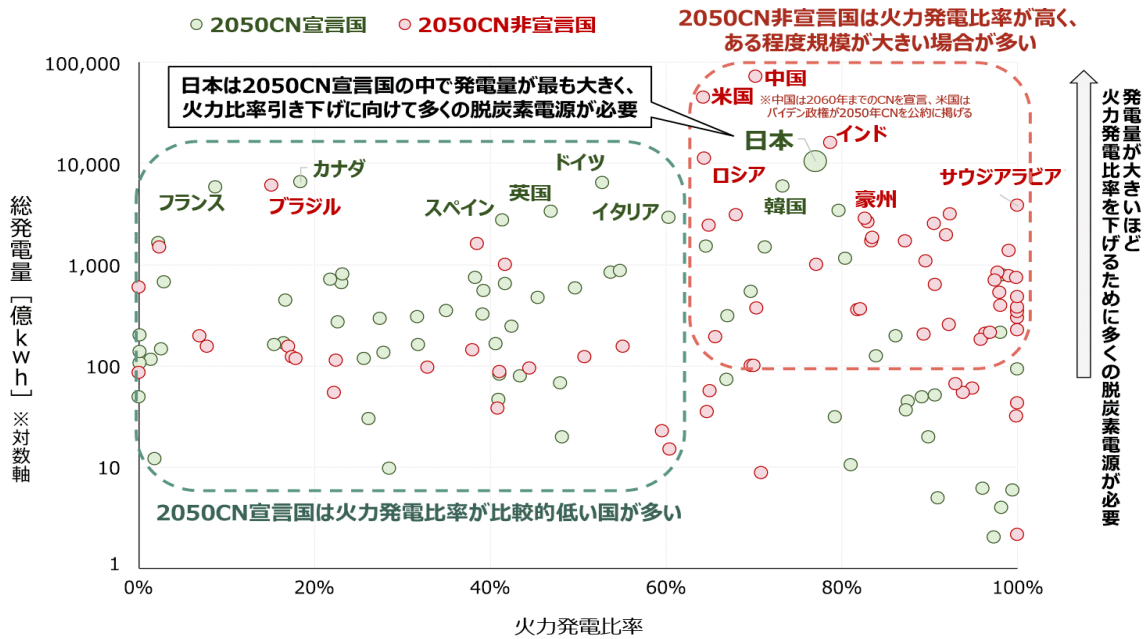
しかしながら、三菱総合研究所は、日本の2050年までのカーボンニュートラルは達成可能であり、その方向に向けて社会変革を進めていくことこそが、目指すべき「レジリエントで持続可能な社会²」の実現に必要なと考える。本提言では、2050年カーボンニュートラル達成に向けた三つのキーポイントとして、①電力部門の早期ゼロエミッション化、②戦略的なイノベーションの誘発、③需要側の行動変容を挙げ、それぞれの意義と方向性を提示している。

特に最後の「需要側の行動変容」は早期にその効果が期待できる対策として、その削減ポテンシャルを示すとともに、「需要側の行動変容」につながる具体施策の一つとして部門別の特徴に合わせたカーボンプライシングの適用を提案している。

¹ カーボンニュートラルの定義については国・地域によってやや不明確な部分があるが、日本では「温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする」として宣言がなされており、二酸化炭素以外の温室効果ガスであるメタンや一酸化二窒素等も含めたものとなっている

² 三菱総合研究所では2020年7月にポストコロナで目指すべき社会を「レジリエントで持続可能な社会」と位置づけ提言。<https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/eccooutlook/2020/20200714.html>

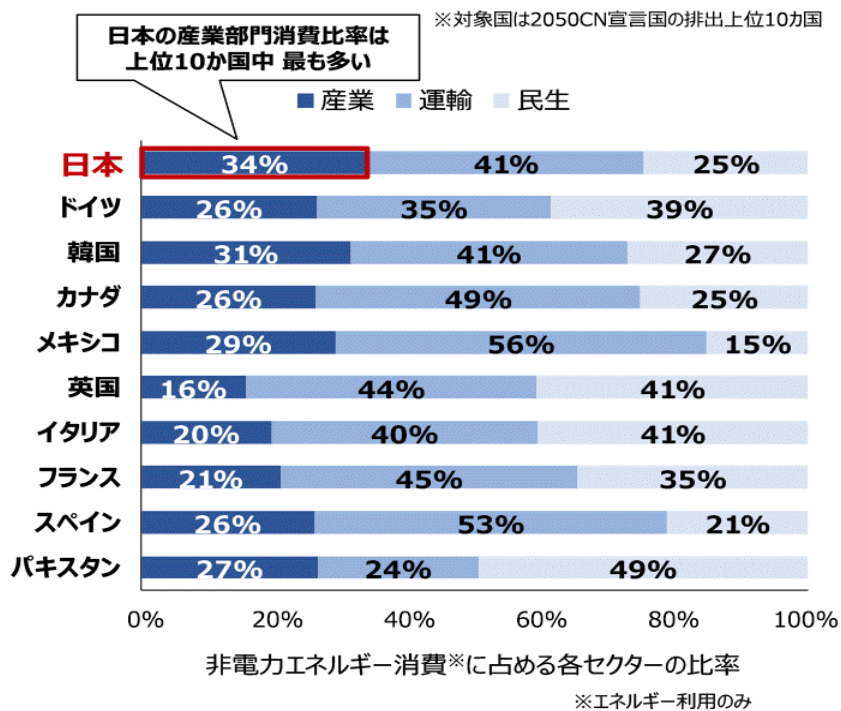
図表 1-1 日本は火力発電比率が高く、総発電量自体も大きい



出所：三菱総合研究所 環境・エネルギーピックアップ「カーボンニュートラルに向けた日本の国際的立ち位置」
<https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20210128.html>

※図中の CN はカーボンニュートラルの略

図表 1-2 日本は非電力エネルギー消費に占める、産業部門の割合が大きい



出所：三菱総合研究所 環境・エネルギーピックアップ「カーボンニュートラルに向けた日本の国際的立ち位置」
<https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20210128.html>

2. 2050年カーボンニュートラル達成に向けた三つのキーポイント

2050年カーボンニュートラル達成という野心的な目標の達成のためには、政策・技術の文字通りの「総動員」が求められることになる。三菱総合研究所は中でも、①電力部門の早期ゼロエミッション化、②戦略的なイノベーション誘発、③需要側の行動変容の3点がキーポイントであり、これらの対策について時間軸を持って実行することが達成には不可欠であると考える。

2.1. 電力部門の早期ゼロエミッション化

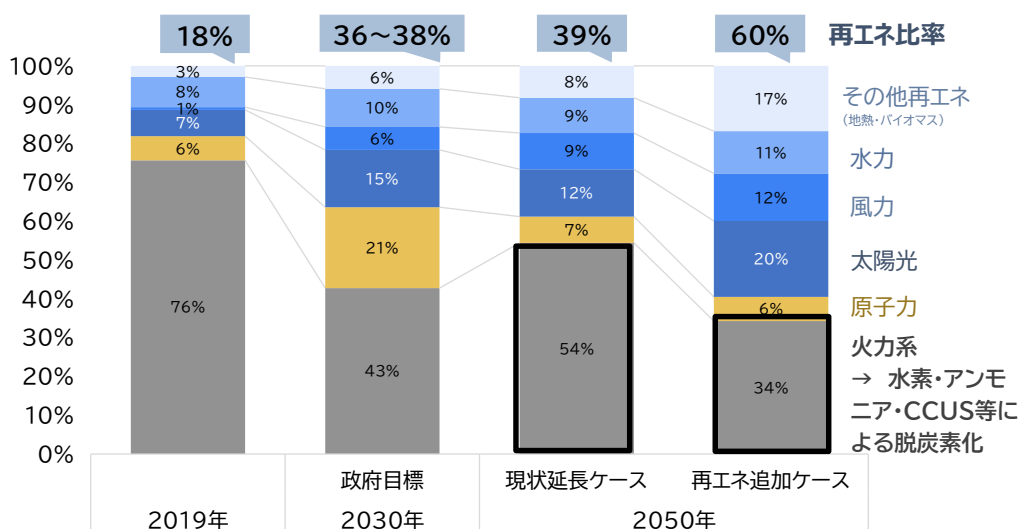
1点目は「電力部門の早期ゼロエミッション化」である。日本全体でのカーボンニュートラル達成のためには、電力部門のCO2排出はゼロ、もしくは、マイナスになることが最初の必要条件となり、2050年よりも早い段階で実現することが求められる。

電力部門のゼロエミッション化のためには火力系電源の脱炭素化が必要

資源エネルギー庁が2021年7月に発表した第6次エネルギー基本計画の素案では、再エネが2030年の発電電力量に占める割合は約36~38%と、第5次エネルギー基本計画の22~24%から大幅な積み増しがなされた。2050年に向けた主力電源化の絵姿が描かれており、今後、再エネはさらに進展し、電力システム変革の最も大きな要因となることは間違いない。

他方、再エネのみで日本全体の電力を賄うことは難しい。図表2-1は三菱総合研究所が保有する電源モデルにて試算した2050年の発電電力量構成とその主要な試算条件を示している。再エネの導入ペースが現状程度で継続する「現状延長ケース」、および、資源エネルギー庁の基本政策分科会資料をもとに設定した「再エネ追加ケース」の2種類を計算しているが、いずれのケースにおいても火力系の発電割合が一定程度残存している。これは太陽光、風力の出力変動をカバーするために調整用の火力系電源が必要になることが理由である。電力部門全体でゼロエミッションを達成するためには、これら残存する火力電源のゼロエミッションが必須であり、現在検討されている水素発電、アンモニア発電の専焼火力化、および、CCUSの活用などを早期に実現する必要がある。

図表 2-1 2050年時点でも火力系電源は残存する



出所：総合エネルギー統計、基本政策分科会（第48回会合）資料をもとに三菱総合研究所にて作成（2030年の電源ミックスについて幅で示されたものは中間値を採用）

主要な計算条件

計算手法	三菱総合研究所が保有する電力需給モデルを用いて、1時間単位で10地域別に需給バランスを考慮。部分負荷効率、地域間連系線容量、調整力制約等を考慮。
電力需要	人口動態の変化、産業構造変化等、2050年の将来像を踏まえ、地域別の電力需要を最終消費ベースで三菱総合研究所にて想定。水素製造等による電力需要増は見込んでいない。
再エネ	【現状延長ケース】 2030年まではFIT認定・環境アセスを考慮し太陽光・風力導入量を想定。2050年までは国際エネルギー機関見通し等から伸び率を設定。 【再エネ追加ケース】 基本政策分科会で示された参考値（太陽光260GW、風力90GW）をもとに設定
原子力	新規制基準適合性にて2021年6月時点で設置許可完了のプラントのみ稼働、60年の運転延長後、廃炉を想定。
火力発電	エリア供給予備率8%を保つように各エリアで整備されると仮定
地域間連系線	広域系統整備計画の長期計画に基づき、地域間連系線の増設を想定（2030年以降の追加増設は見込まず）

再エネの設備量増加だけでは無駄が多くなる

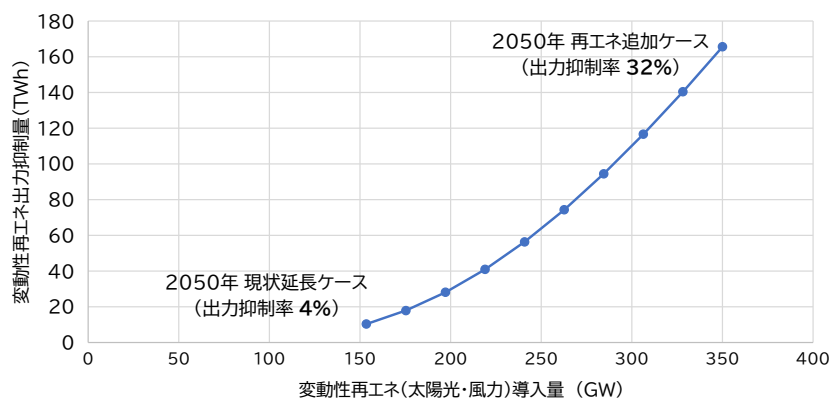
再エネの大量導入時は新たな問題も顕在化する。その中の一つが「出力抑制」であり、ある時間の電力供給が過剰となることで再エネ電源の出力を制御せざるを得ない状況を指す。太陽光・風力といった自然変動電源は設備量を増やすほど、こうした電力需給のミスマッチが生じやすくなり、発電した電気が利用できず無駄が多くなってしまふことになる。

図表 2-2 は前述の電源モデルを用いて、横軸に太陽光・風力の設備導入量、縦軸に出力抑制量をプロットしたものになる。設備導入量を増加させるにつれ出力抑制量が大きくなるだけでなく、出力抑制率も上昇している。すなわち、太陽光・風力を同じ設備量だけ追加しても、徐々に利用可能な量が低減していく関係にある。再エネの大量導入を行う際には社会コストの低減を図ることが重要であり、導入した再エネの出力抑制を可能な限り避ける、つまり利用率を高めていくことが必要になる。その方策として最も一般的なものは電力系統の増強であり、現在、広域連系系統のマスタープランにおいても、洋上風力のポテンシャルの高い北海道エリアから東京エリアまでをつなぐ海底直流送電が検討されている。こうした再エネのポテンシャルが高い地域から電力需要の大きい大都市圏へ送電できれば出力抑制の頻度を減らすことにつながる。

また、系統用蓄電池や需要側リソースを活用して需要変動を平準化することも当然有効であり、これらは連系線の利用率向上にも資することになる。加えて、電力系統増強とは逆の発想で、電力需要自体を再エネ近傍に移転するという考えられる。例えば、データセンターのようなサプライチェーン上の制約が比較的小さい企業の事業所・拠点の移転などが挙げられる。

いずれにせよ、再エネの導入規模に併せて、上記のような系統増強、蓄電池活用、需要施設の移転を組み合わせ、再エネを電力系統に統合するための社会コストの低減を図ることが重要となる。

図表 2-2 再エネ導入量が多くなるにつれ、再エネ出力抑制量も増加



出所：三菱総合研究所

卸電力市場だけでは電気事業は成り立たない

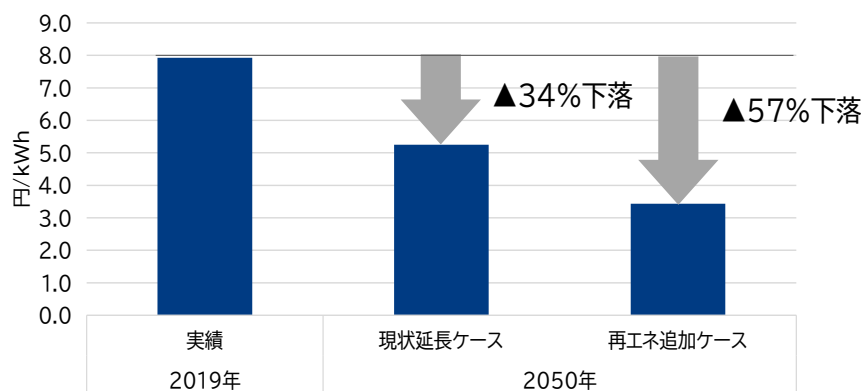
再エネの大量導入に伴う別の課題として、持続的な事業環境の整備がある。

図表2-3は足元の卸電力価格³と、前述の電源モデルを用いた2050年の卸電力価格の推計値を示している。卸電力価格は基本的に発電限界費用をもとに決定されるメカニズムとなっているため、限界費用ゼロの太陽光・風力等の導入が進むと、卸電力価格は低下していく。しかしながら、卸電力価格の低下は、小売電力価格（企業や消費者が購入する電力価格）の低下には必ずしもつながらない。小売電力価格は、卸電力価格だけでなく、送配電に係る料金（託送料金）、小売事業に係る各種費用、FIT（固定価格買取制度）賦課金に代表される各種制度対応費用等で構成される。再エネ大量導入に伴う系統増強費用や、供給力確保のための容量拠出金などが付加されることで、小売電力価格は卸電力価格の低下分を超えて上昇する可能性もある⁴。

足元では、導入済みの再エネの多くはFITによる安定的な収益を得ているが、2032年以降、買取期間の期限切れを迎えることになる。こうした「FIT切れ」再エネに対して、適切なアセットマネジメントのもと既存設備が維持されるか、もしくは、適切にリプレースが行われるかが重要な論点となる。また、仮に事業継続となった場合においても、今後は再エネも他電源と同様に卸電力価格の低下や変動のリスクに晒（さら）されることになる。再エネの導入が進むにつれ、事業に適した場所は少なくなり設置コストが上昇する中、再エネの事業性確保は今後大きな課題になっていく。

自立的な再エネの導入を促すためには、適正な競争を基本としながらも、再エネ事業の予見性確保のための環境整備が重要となる。それと同時に再エネ事業者側も主力電源にふさわしいリスク管理が必要になるだろう。精緻な発電量予測による事業リスクの軽減、環境価値や容量価値などの新市場での収益性評価、蓄電池併設や他分散電源とのアグリゲーションによる差別化など、従来のFIT電源とは大きく異なるビジネスモデルに転換していく必要がある。

図表 2-3 卸電力価格は再エネ導入が進むにつれ下落する一方、コストは増加していく



出所：三菱総合研究所

³ 日本卸電力取引所のシステムプライスの年平均を日本全体の卸電力価格を代表するものとして試算。

⁴ 資源エネルギー庁 基本政策分科会においては適地の減少に伴い再エネ導入量が一定程度を超えると導入費用が大きく上昇する分析が示されている。大きな導入費用を超えるインセンティブを与えるとすると、制度対応費用として小売電力価格に付加されることが一例として想定される。

2.2. 戦略的なイノベーションの誘発

2点目は「戦略的なイノベーションの誘発」である。カーボンニュートラル達成のためには技術・制度両面でのイノベーションが必須になるが、熱需要が高温・大規模で局所的に存在する産業部門と、小規模で地理的に広く分散している家庭・業務・運輸部門とで異なるアプローチが求められる。

産業部門は素材系でのイノベーションの実現が鍵に

前述のように、産業部門は現状の技術では脱炭素化が難しい部分が存在する。特に鉄鋼、化学、セメントといった素材系産業では、鉄鋼石還元のための石炭コークスの利用、化学品原料製造のための石油精製、セメントの中間生成物であるクリンカ生産等、製造プロセス上 CO₂ 発生が避けられないものが多い。

こうした領域で抜本的な脱炭素化を図るためには製造プロセスそのものを大きく変革する、技術的なイノベーションの実現が鍵となる。例えば、製鉄プロセスでは還元剤として水素を利用する水素還元製鉄の他、電炉製鉄の品質向上による適用領域拡大、電炉還元法等への転換、CCUS の適用などが考えられる。化学品原料については石油精製ではなく、CO₂ と水素を原料とした人工光合成の実用化、バイオマスを原料としたバイオマスプラスチックの適用を図っていくことが考えられる。セメントのような非エネルギー起源⁵CO₂ については CCUS のような排出源からの直接回収以外にも、ネガティブエミッション技術として大気中の CO₂ を回収する DAC (Direct Air Capture : 直接空気回収) や BECCS (CCS 付きバイオマス発電) 等の適用が考えられる。また、ビジネスモデルや社会構造自体の変革を伴うものとして、サーキュラーエコノミーの確立はカーボンニュートラル実現において重要な役割を果たす。省エネ型のマテリアルリサイクルが確立されれば、エネルギーを多く消費する一次資源の利用割合が減少するほか、長寿命化・シェアリングにより必要資源量自体が減少することにもつながる。

上記で挙げた例の中には、現状、日本が要素技術として優位性を持つものも含まれているが、重要なのはカーボンニュートラルに向けた対策と成長戦略とのリンクである。太陽光パネルに代表されるように、かつて日本製が市場シェアの大半を占めていたが、その後、価格競争力が劣後し徐々にシェアを落とした製品はエネルギー関連に限らず幾つも存在している。現在、カーボンニュートラルに向けた対策として、グリーンイノベーション基金事業 2 兆円が造成され、今後 10 年間の研究開発・実証から社会実装までの支援が決定されているが、総額以上にその配分が重要となる。諸外国においても同様の政府支出・基金が検討される中、日本の新たな産業競争力にまでつなげるためには総花的な取り組みではなく、社会実装までを見据えた重点分野への戦略的な投資が必要になる。

⁵ 燃料の燃焼や、電気・熱の使用に伴って排出されたもの以外での CO₂ 排出のこと。製造プロセスで発生するものや廃棄物の燃焼等が該当。

⁶ EU ではグリーン・ディール投資計画において 10 年間で約 1 兆ユーロの投資を計上する他、英国ではグリーン産業革命として総額 120 億ポンドを投じることを発表。フランス・ドイツ等でも水素を始めとしたグリーン技術開発を発表している。なお、これらは新型コロナウイルスによる経済落ち込みに対する、景気刺激・雇用対策等の意味も有している。

図表 2-4 産業部門では素材系のイノベーションが鍵



出所：三菱総合研究所

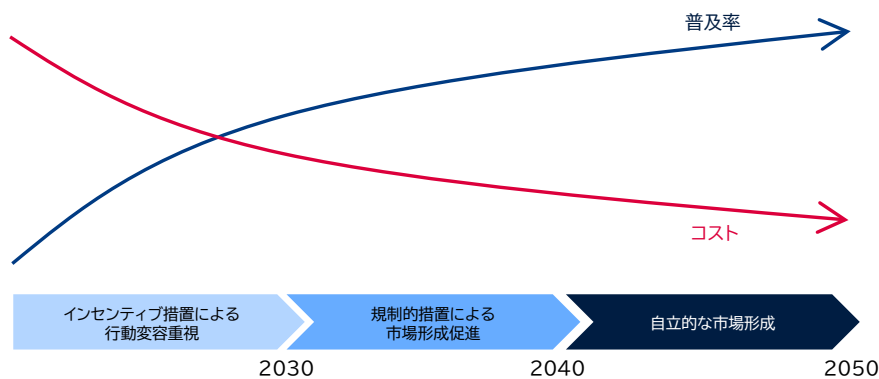
家庭・業務・運輸部門は大胆な政策アプローチが必要

家庭・業務・運輸部門については、オール電化住宅や電気自動車など既に市場投入されている製品・サービスがあり、供給側である電源の脱炭素化ができれば、多くの場合、現行技術でもゼロエミッションは可能と考えられる。最も大きな課題は技術革新ではなく「膨大な数の需要家設備に対して脱炭素技術を適用すること」にあり、中長期的には規制的措施を含む大胆な政策アプローチが求められる。

ただし、その適用にあたっては段階を踏むことが重要になる。図表 2-5 は脱炭素技術の普及とコスト低減のイメージを表したものであるが、短期的にはインセンティブ措置による市場拡大でコストを下げつつ、中期的には規制的措施により非効率機器等を市場から排除し、自立的な市場に誘導することが有効である。

例えば、家庭・業務といった民生部門では住宅・建築物の省エネが一例として挙げられる。耐用年数の長い建物躯体の断熱性能は足元で導入されたものが 2050 年までストックとして存在する可能性が高く、一定基準以上の性能の採用義務化を急ぐことが必要だろう。また、建物設備でも新規着工の集合住宅や建築物で旧来型の燃焼系技術が導入された場合、脱炭素技術への転換を後から図るのは容易ではない。「需要側の機器設備のロックイン⁷」は足元で既に始まっていると認識することが重要である。運輸部門では英国・EU 等が発表しているガソリン車・ディーゼル車販売禁止方針が規制的措施の一例であるが、日本においても前述の産業競争力との兼ね合いの中、脱炭素技術を広く展開するための施策が求められるだろう。なお、脱炭素技術の「普及」は国内だけに限った話ではない。先行する海外市場での普及からコスト低減を図り、国内に逆輸入することも方策として視野に入れることも重要となる。

図表 2-5 家庭・業務・運輸部門では脱炭素技術を広く行き渡らせるための施策が必要



出所：三菱総合研究所

⁷ ロックイン：一度導入された設備が固定化し、設備更新が妨げられることを意味する。

2.3. 需要側の行動変容

3点目は「需要側の行動変容」である。前述のように日本政府は2050年カーボンニュートラルだけでなく、2030年に2013年比温室効果ガス46%減を宣言している。2030年という比較的短期の時間軸では、革新技術を社会に実装することは難しく、現時点で確実に効果を持つ対策を優先することが必要になる。

早期の脱炭素化には「需要側の行動変容」が契機に

「需要側の行動変容」とは、エネルギーを利用する企業・消費者（需要家）が、価値観の変化やインセンティブなどを契機として脱炭素に向かう選択をすることを指している。詳細は後述するが、例えば、近年ではRE100⁸やSBT⁹などのイニシアティブに参加する企業が増えている。自社の購入電力を非FITの太陽光などの再エネに切り替えることは、追加的な再エネ導入を促すことにつながる。また、エネルギー利用機器を、電気自動車のように化石燃料から電力をエネルギー源とするものに変更したり（需要側の電化）、より高効率なものに買い替えたり（省エネ強化）することも重要な脱炭素化の動きになる（図表2-6）。

需要側の行動変容を契機とした対策は、一つ一つは小さな変化だが全体が積み重なることで相応のボリュームになると共に、「既に確立している技術・対策を適用する」ため比較的早期にその効果が期待できることが特徴である。

図表 2-6 需要側の行動変容により、早期の効果が期待



出所：三菱総合研究所

図表 2-7 は 2030 年の温室効果ガス削減目標達成に向けた試算結果を示したものである。現状延長ケースは、産業・民生・運輸部門をさらにそれぞれ業種別、かつ、電力／非電力で分解し、活動量 (P)、エネルギー消費原単位(E/P)、炭素集約度(CO2/E)のそれぞれの時系列トレンドと足元の制度状況等から将来の温室効果ガス排出量を推計したものである。基準年となる 2013 年度以降、日本の温室効果ガス排出量は下降トレンドを示しているものの、現状延長ケースでの削減量は 2013 年比最大 28%減にとどまり、目標である 46%減には未達となる。

現状延長ケースからさらに削減を進めるためには、需要側の行動変容を契機とした対策の積み増しが必要となる。ここでは部門別・業種別の状況を加味しながら、需要側の行動変容を契機とした電源構成の変化、

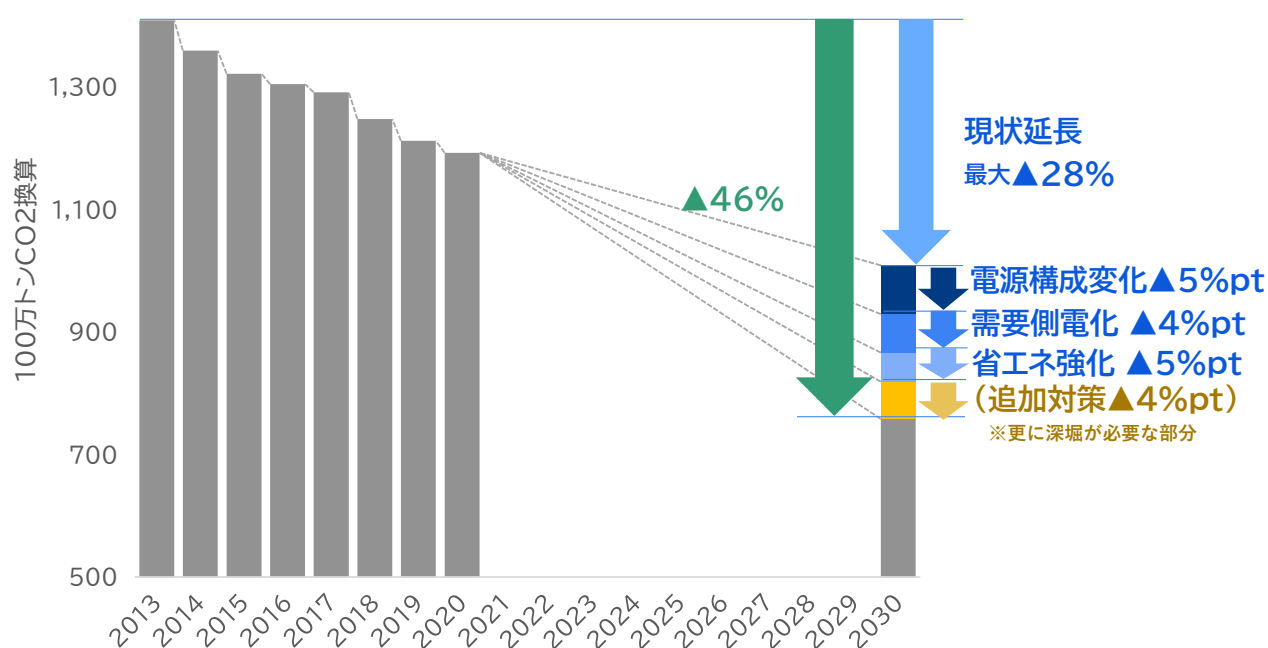
⁸ RE100：企業が自らの事業活動における消費電力を 100%、再生可能エネルギー由来とする国際的なイニシアティブを指す。

⁹ SBT：Science Based Targets の略であり、パリ協定が求める水準と整合した、各企業が定める温室効果ガス削減目標を指す。

需要側の電化、省エネの強化がそれぞれどの程度の効果を有しうるかを試算した。主要な試算条件は次表のとおりだが、それぞれの効果は5%pt、4%pt、5%ptと試算され、合計削減率は42%減まで積み増されるものの、目標達成にはさらなる深掘りが必要との結果となった。

ここではさらなる深掘りに相当する二つの追加対策として、①さらなる発電構成の変化、および、②クレジット取引の活用、の2種類を例示した。①については太陽光・風力を太陽光135GW、風力29GWまで導入し、石炭発電量は足元の約1/4まで低下といったドラスティックな変化を見込んだものであり、実現にあたっては分散型電源の立地制約やアセス期間の短縮化などの課題がある。②については既に一部民間企業で活用が始まっているカーボンニュートラルLNG¹⁰を活用し、燃焼に伴うCO₂をゼロと見なすことを想定している。ただし、これは第三者機関による認証を得たクレジットであることを活用企業がアピールすることは問題ないが、パリ協定によって定められた国別温室効果ガス削減目標（NDC）への算定については、全てのクレジットが適用可能とはならないこと、また、ルール上一部不明確な部分が残されていることが課題となる。クレジット取引を実効的に活用するためには、国際協調のもとでのルールメイキングが不可欠となる。

図表 2-7 ▲46%達成には需要側の行動変容を契機としながら、さらなるブレイクスルーが必要に



出所：三菱総合研究所

¹⁰ 天然ガスの採掘・燃焼により発生するCO₂を、別の場所での環境保全プロジェクトによるクレジットを購入し相殺したLNGを指す。同燃料の使用によるCO₂の発生をゼロと見做すことができる。

主要な計算条件

現状延長	活動量指標	<ul style="list-style-type: none"> 産業部門は鉄鋼以外の業種は過去トレンド延長。鉄鋼については基本政策分科会設定に基づき、2030年粗鋼生産量 9000万トンにて設定。 民生部門は世帯数、業務用床面積を指標として活動量を想定。 運輸部門は人口推計・GDP推計をベースに旅客輸送量・貨物輸送量を想定。人口想定は国立社会保障・人口問題研究所、GDP想定は三菱総合研究所試算。
	非電力部門	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー消費原単位の過去トレンドを推計。部門・業種ごとのトレンドから2030年度を想定。(年率ベースで0~2%程度の改善)。 炭素集約度も業種別のトレンドから推定。
	電力部門	<ul style="list-style-type: none"> 火力発電の設備量についてはビンテージ、各種公表計画、資源エネルギー庁資料から想定。 再エネ導入量は基本政策分科会における現状延長(既導入量+FIT既認定未稼働)より設定。 原子力は新規規制基準適合性にて2021年6月時点で設置許可が完了しているプラントのみ稼働と想定。 設備利用率は過去トレンドを踏まえ電源種別に設定。
	その他	<ul style="list-style-type: none"> 非エネルギー起源CO2は第5次エネルギー基本計画、CO2以外のGHGは地球温暖化対策計画の想定に準拠。
対策実施	電源構成変化	<ul style="list-style-type: none"> 2030年時点で再エネは基本政策分科会の政策強化ケース(太陽光は90GW)を想定。 石炭火力は予定廃止時期を10年程度前倒しと年間設備利用率の減少により、2030年時点は現状の発電量の約半分まで低下。 【追加対策▲4%として算入する場合】 太陽光・風力を1.5倍程度導入(太陽光135GW、風力29GW)、石炭は足元の約1/4まで低下が必要。
	需要側電化	<ul style="list-style-type: none"> 業種別に追加電化率・需要側の機器効率を設定し、非電力部門からの代替効果を試算。 自動車の電動化は次世代自動車戦略での2030年EV・PHV販売比率に向かうとして保有台数ベースで電化率を想定。
	省エネ強化	<ul style="list-style-type: none"> 住宅・建築物の省エネ進展、機器効率向上など、電力部門・非電力部門ともに現状延長よりもさらに対策が進展すると想定。
	クレジット取引	<ul style="list-style-type: none"> 【追加対策▲4%として算入する場合】 カーボンニュートラルLNGの利用拡大を想定するとLNG火力発電のうち3割程度に相当。

3. 需要側の行動変容によるカーボンニュートラルへの貢献

近年、台風や洪水などによる自然災害が毎年のように発生しており、気候変動による被害は企業の経済活動、人々の生活の両面で大きなリスクとなっている。この気候変動に対する危機感から、そのリスクや機会に関する情報開示を行う TCFD¹¹の枠組みに賛同する企業が増加しており、このような非財務情報に基づく ESG¹²投資が 2020 年には世界全体で 35 兆ドルにも達している。こうした流れを受け、気候変動への対応は株価や資金調達 の側面からも企業にとって無視できないものとなっており、RE100 への加盟など、自らが消費する電力を再エネに切り替えていくといった行動を起こす企業も増えている。

このような動きは大企業を中心に始まったものではあるが、自身のサプライチェーン全体での脱炭素化を実現するため、サプライヤーに対しても対応を要求する企業も出てきており、脱炭素化のための行動を起こしていくことが企業の規模を問わず事業を継続していく上での必要条件になってきている。

また、企業における行動変容だけでなく、一般消費者の認識も徐々に変化している。家庭での電力を再エネ由来の電力に切り替える消費者や、気候変動への対応に積極的な企業や製品を評価し、購買行動を変える消費者なども出てきており、社会全体での行動変容が起き始めている。

こうした 2050 年カーボンニュートラル実現に向けた社会全体での行動変容が起きつつある中で、特に需要側の行動変容を加速させていくことがキーポイントであることは前章にて述べたとおりであるが、それでは具体的にどのような脱炭素化に向けた行動が求められることになるのだろうか。また、行動変容によってどの程度の CO2 削減効果が期待できるのだろうか。本章では、この需要側の行動変容について、具体的な内容や期待される効果について整理すると共に、三菱総合研究所にて実施した企業および一般消費者へのアンケート調査結果に基づき、行動変容による CO2 削減ポテンシャルを示す。

さらに、脱炭素化に資する行動変容については、需要側の自主的な取り組みにのみ依拠するのではなく、行動変容を促進することが可能なさまざまな施策を活用することで、脱炭素化を加速させていくことが重要である。このような促進策についても本章においていくつかの例示を行う。

3.1. 需要側の行動変容の種類と効果

前述のように、需要側の行動変容とは、本提言では「エネルギーを利用する企業や消費者が、価値観の変化やインセンティブなどを契機として脱炭素化に向かう選択をすること」と定義している。例えば、自らが使用する電気を再エネ由来のものに切り替える選択をすることや、ガソリン車から電気自動車 (EV) に買い替えることなどが、この定義に基づく脱炭素化に資する行動変容に該当する。

また、その選択による脱炭素化効果についても、再エネ利用の拡大への貢献、省エネへの貢献など、いくつかのパターンが存在する。図表 3-1 は需要側の行動変容の種類やその具体例を整理するとともに、各行動変容が結果としてどのように脱炭素化へ貢献するのかを示している。

行動変容の種類は大きく四つに分類される

行動変容の種類としては、①使用するエネルギーを再エネ由来に切り替える「エネルギー選択の変更」、②ボイラーやガソリン車などの化石燃料を消費する製品からヒートポンプや EV 等に切り替える「エネルギー利用機器の切り替え (電化)」、③節電や高効率製品への買い替えなどによる「エネルギー利用方法の変更 (省

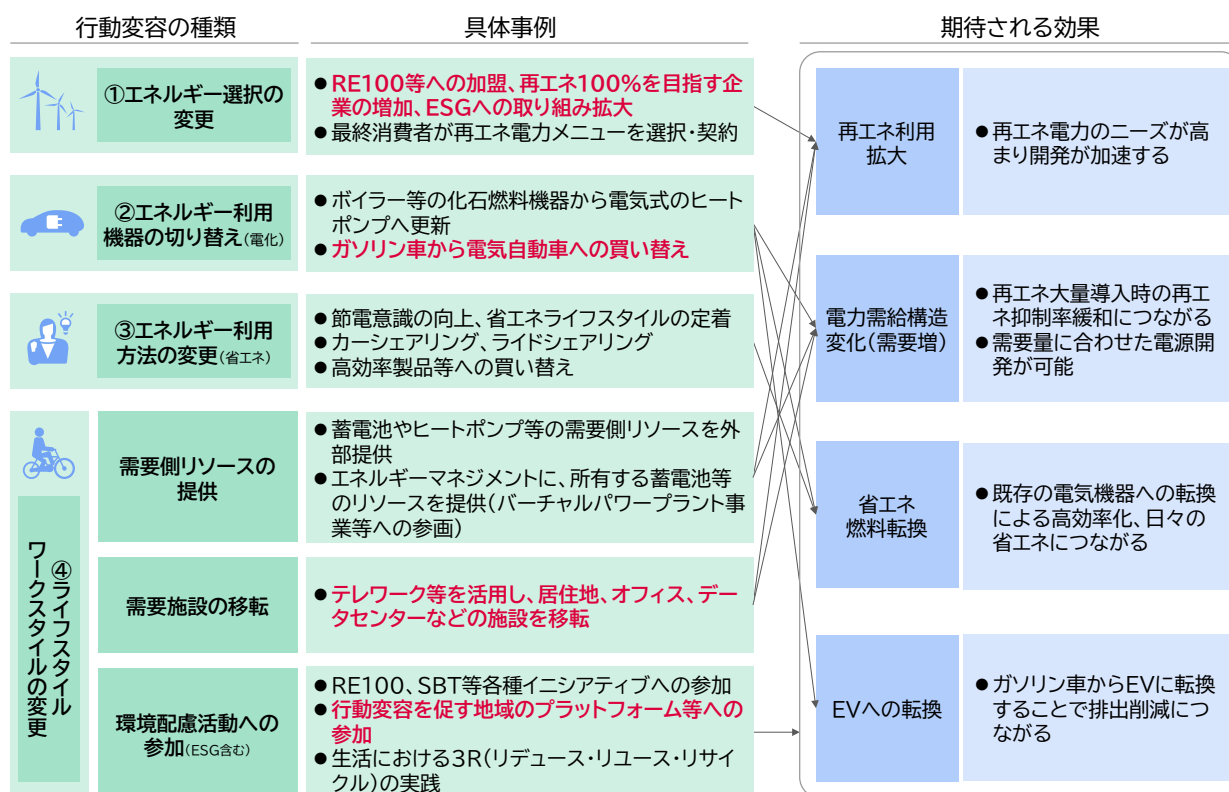
¹¹ 気候関連財務情報開示タスクフォース (Task Force on Climate-related Financial Disclosures)

¹² 環境 (Environment)、社会 (Social)、ガバナンス (Governance)

エネ)」、④自らの生活や働き方を変える「ライフスタイル・ワークスタイルの変更」の四つに大きく分類される。④については、自らが所有する蓄電池等のエネルギーリソースを他者が行うエネルギー需給のマネジメントに提供する「需要側リソースの提供」、再エネ大量導入およびその有効活用の後押しにつながる居住地の分散やオフィス、データセンター等の移転など再エネ立地地域での需要を創出する「需要施設の移転」、行動変容を促す地域のプラットフォーム等に参加する「環境配慮活動への参加」に分類することができる。

これらの行動変容に対して、企業においては ESG への取り組み拡大などを背景に既に一定層が取り組んでいるものであるが、サプライチェーン全体での脱炭素化に向けては、中小企業も含めたさらなる拡大が必要である。また、消費者における行動変容はまだ十分ではなく、さまざまな施策を活用して脱炭素化に資する選択を加速させることが必要である。企業や消費者の行動を変えるための具体的な施策は、3.4 節にて後述する。

図表 3-1 さまざまな行動変容による脱炭素化への効果が期待される



出所：三菱総合研究所

行動変容の結果として脱炭素化が期待される

①～④のような需要家の行動変容により、さまざまな脱炭素化効果が期待できる。具体的に挙げられる効果の一つは「再エネ利用の拡大」である。エネルギー選択の変更により、需要家によって再エネが選ばれるようになれば、そのニーズを満たすために新たな再エネ電源を開発する機運も高まるだろう。

二つ目の効果としては「電力需給構造変化(電力需要増)」が挙げられる。前述したように、変動性を持った再エネの設備容量と発電電力量は比例関係になく、導入量が増えれば増えるほど出力抑制率が高まるという課題がある。この課題に対して、そもそもの電力需要を増加させる電化や需給のマネジメントを可能とする需要側リソースの提供などの行動変容は出力抑制率を緩和させることにつながり、有効に再エネを活用することが可能となる。

三つ目は「省エネ、燃料転換」である。高効率な製品の使用や日々のライフスタイルの変更などにより、エネルギーの需要を減らすことができれば、需要側におけるエネルギー消費量の削減だけでなく、そのエネ

ルギーを創るための供給側のエネルギー消費量の減少にもつながる。

最後に四つ目として「EV への転換」が挙げられる。EV への転換は上述の三つの効果と重複するものではあるが、化石燃料を使用する製品からより CO2 排出量の小さい電力を使用する製品への置き換えにおいて、自動車は最もインパクトの大きな製品であると考えられる。その理由としては、電化、燃料転換による効果だけでなく、EV は蓄電池としての役割を担うことも可能であり、需要側リソースとして電力需給マネジメントへの活用可能性を有することが挙げられる。

このように、需要側の行動変容はさまざまな形で脱炭素化に貢献することが可能であり、その行動変容は必ずしもイノベーションを必要としたものではなく、既存の技術の活用や、企業・消費者の意識を変えることで実現可能なものが多い。つまり、需要側の行動変容を促進することで、カーボンニュートラルの実現に向けた社会コストを最小化しつつ早期の脱炭素化を進めることが可能となる。

なお、3.4.にて後述するように需要側の行動変容にはデジタル技術の活用が不可欠となる。今後はこうしたデジタル化が社会全体で進むにつれ、情報通信に係るエネルギー消費量の増加も考えられる。デジタル化とカーボンニュートラルを同時に実現するためには、電力のゼロエミッション化とデジタル機器の省エネルギー化の両方を同時に進めることが前提になるだろう。

3.2. 行動変容のポテンシャル調査

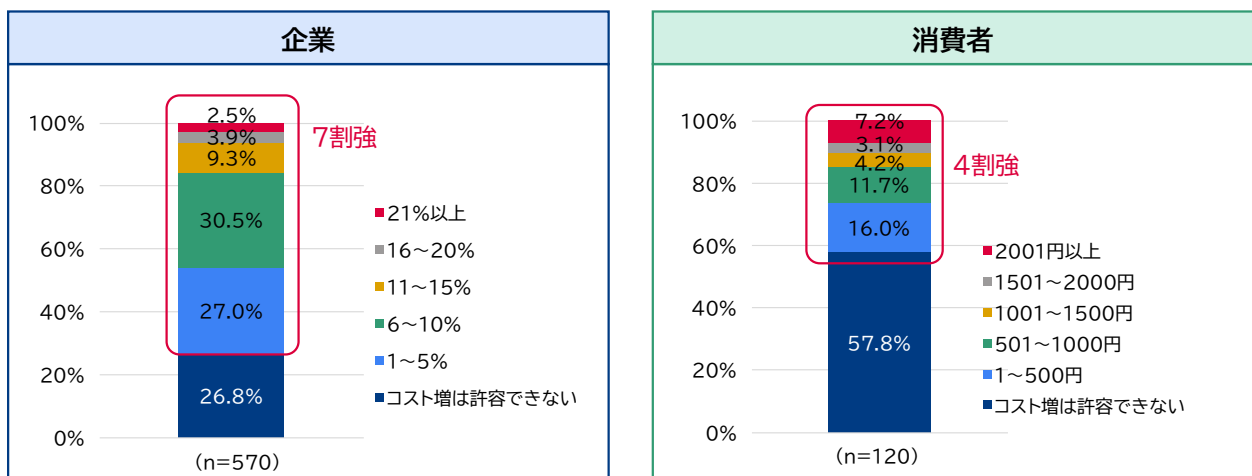
需要側の行動変容が脱炭素化につながることは前節で示したとおりだが、需要側の行動変容のポテンシャル・CO2 削減効果を試算するため、企業・消費者を対象としたアンケート調査を実施した。

企業で 7 割、消費者で 4 割の需要家が再エネ電力への追加コストを許容

エネルギー選択の変更に関して、再エネ電力への切り替えによる追加コストをどの程度まで許容することができるかについて調査を行った結果を図表 3-2 に示す。企業では 7 割強の需要家がコスト増を許容できると回答したのに対し、消費者では 4 割強にとどまっている。消費者よりも脱炭素化に対する周囲からの評価や要請を受ける機会の多い企業における意識変化が顕在化したものと考えられる。

コスト増を許容する需要家がさらに拡大していけば、さらなる再エネ導入余地の高まりにも期待することができる。

図表 3-2 再エネ電力に対する追加コストの許容度



出所：三菱総合研究所

注：アンケート調査は 2021 年 3 月に日本全国の企業および消費者を対象として実施した

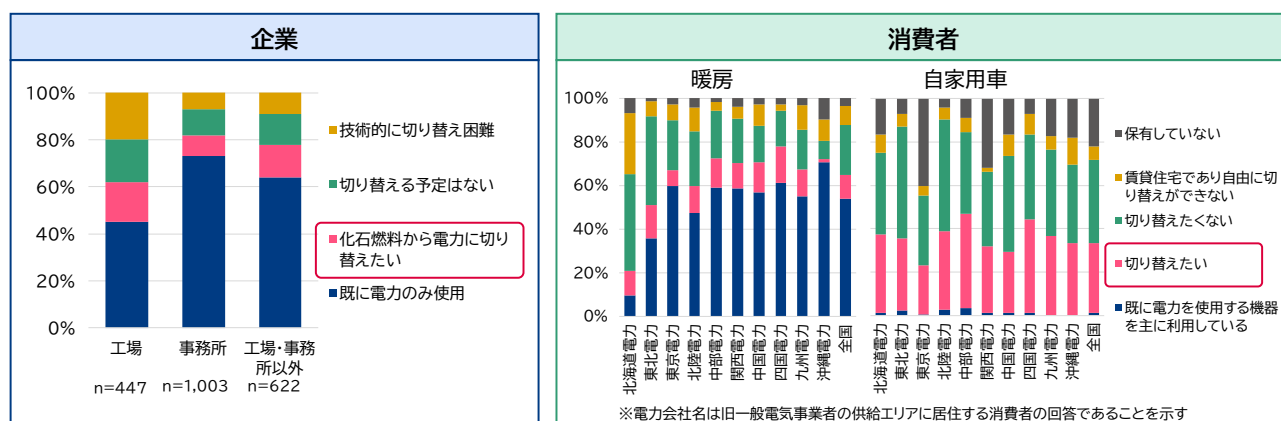
企業では売上規模・業種、消費者では居住地・年齢などの偏りが生じないよう考慮したサンプルを対象としている

電化意向は地域や用途によって異なる

エネルギー利用機器の切り替えによる電化意向として、化石燃料を使用する機器から電力を使用する機器への切り替え意向を調査した結果を図 3-3 に示す。企業では事業所の種類によって違いがみられ、工場においては技術的に電化が困難であると答える需要家の比率が高くなっている。消費者では地域による違いや機器の用途による違いがみられる。例えば暖房について地域ごとに比較すると、現時点での電化率が異なっていることが分かる。加えて、機器の用途間での違いとして、自家用車の電化意向が高いという結果が得られており、2~4 割程度の需要家が切り替え意向を示している。

EV への切り替えは蓄電池の普及という意味でも脱炭素化への貢献に対する期待が大きい。

図表 3-3 エネルギー利用機器の切り替え意向



出所：三菱総合研究所

注：アンケート調査は 2021 年 3 月に日本全国の企業および消費者を対象として実施した

企業では売上規模・業種、消費者では居住地・年齢などの偏りが生じないように考慮したサンプルを対象としている

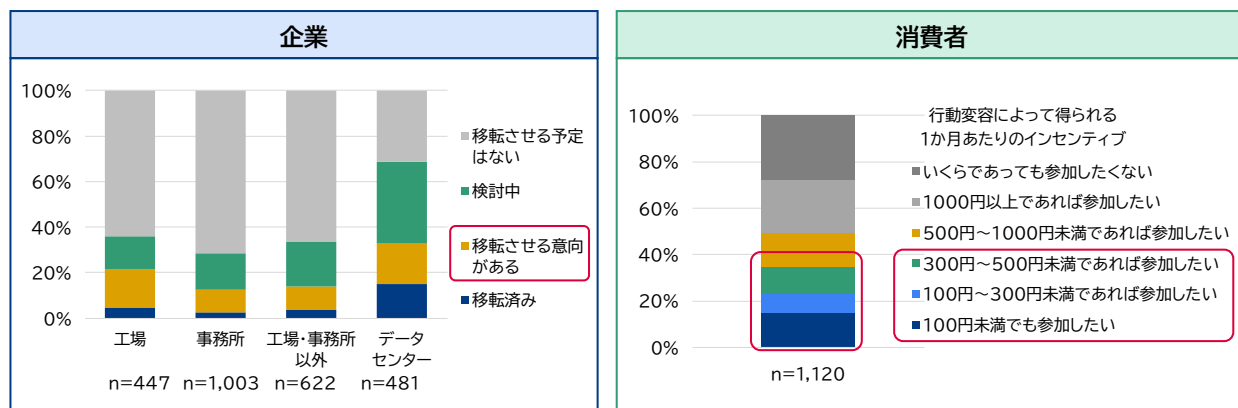
データセンターの移転意向が高い

ライフスタイル・ワークスタイルの変更に関して、企業に対しては需要施設の移転意向、消費者に対しては行動変容プラットフォーム¹³への参加意向を調査した結果を図表 3-4 に示す。企業による需要施設の移転意向としては、サプライチェーン上での立地制約が比較的弱いと考えられるデータセンターでその割合が特に高くなっている。実際にデータセンターのような電力需要の大きな施設の再エネ立地地域への移転が進めば、再エネの有効活用に加えて、導入拡大に伴う系統増強費用の緩和効果も期待できる。

消費者の行動変容を促すためには、何らかのインセンティブを備えた消費者参加型プラットフォームの活用が想定される。このようなプラットフォームへの参加意向は経済的なメリットの大小によって大きく異なるものの、少額であっても参加意向のある需要家が 3 割強存在している。

¹³ 生活における CO2 排出量を削減する行動に対して、何らかの経済的なインセンティブ（ショッピングサイトなどで活用可能なポイント、地域の店舗で活用可能なポイント）が付与される仕組み（スマホのアプリケーションなど）

図表 3-4 需要施設の移転意向、環境配慮活動等への参加意向



出所：三菱総合研究所

注：アンケート調査は2021年3月に日本全国の企業および消費者を対象として実施した

企業では売上規模・業種、消費者では居住地・年齢などの偏りが生じないように考慮したサンプルを対象としている

3.3. 行動変容によるCO2削減効果

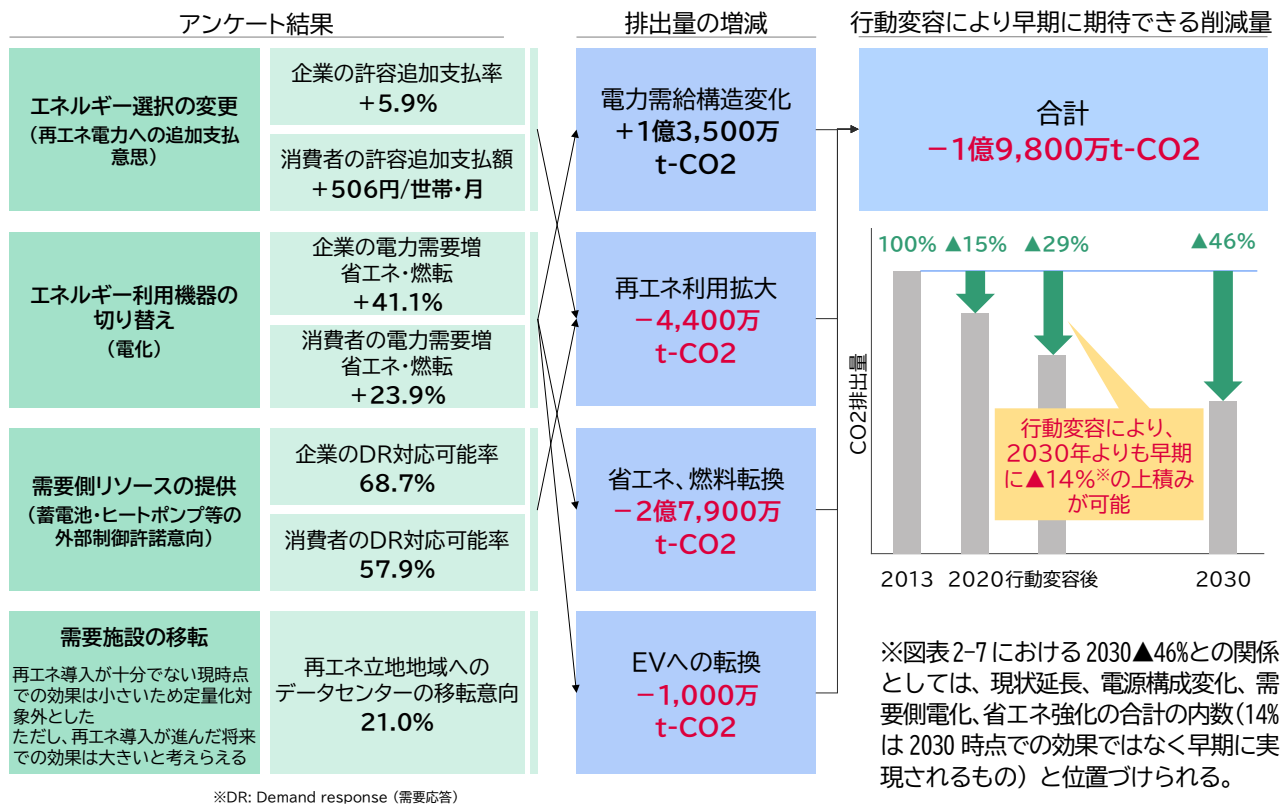
現時点での需要側の行動変容がポテンシャルどおりに発現した場合、それによってどの程度のCO2排出量の削減が期待できるのだろうか。その効果の大きさが定量的に示されていることで、需要家自らが自身の貢献可能性を認識し、行政側もそれを後押しすることの重要性を確認することにつながる。そこで、アンケート調査結果に基づいたCO2削減効果の試算を行った。

行動変容による早期に実現可能なCO2削減量は約2億t

ここでは、「エネルギー選択の変更」「エネルギー利用機器への切り替え」「需要側リソースの提供」の3点が足元のエネルギー需給構造に与える影響について、それぞれ再エネ電力への追加支払意思、電化意向、蓄電池・ヒートポンプ等の外部制御許諾意向に関するアンケート調査結果を基に分析を行い、そのCO2削減効果を試算した。図表3-5に示すとおり、上記3点の行動変容による削減効果は合計で1億9800万t-CO2となった。これは2013年度におけるCO2排出量を100%とした時の14%に相当するボリュームであり、需要側の行動変容が顕在化すれば、比較的早期に大きな効果が得られることを示唆している。なお、2020年度現在では、2013年度比で15%程度の削減が進んでいる状況であるため、行動変容による効果と合わせると29%の削減となる。

今回の分析においては、再エネの大量導入が進んでいない現時点での効果が小さいと考えられる「需要施設の移転」などの効果は含めていないが、将来的には余った再エネ電力の有効活用やより低炭素な電力への転換が期待できることから、さらに効果が大きくなる可能性も見込まれる。

図表 3-5 行動変容によるCO2削減効果の試算



出所：三菱総合研究所

3.4. 行動変容の促進策




これまで示したように、需要側の行動変容は早期の脱炭素化を進める上で大きな役割を果たすことができる。一方で、需要家による「脱炭素化に向けた行動変容を起こしたい」というニーズに対して、現時点では十分な後押しをする仕組みが整備されているとは言い難い状況にある。

図表 3-6 は需要家の行動変容を促進する施策の一例である。例えば、「電源トラッキングシステムの構築」については、RE100 では再エネ由来であることが証明可能なトラッキング付きの証書であることが求められるのに対し、現在の非化石価値取引市場においては、十分な量のトラッキング付き非化石証書が供給されていない。この課題に対して、国ではFIT 非化石証書については全量トラッキング付きとしていく方針を打ち出しており、今後はトラッキング付きの証書の供給量が増加していくことが期待される。

また、「行動変容を促進するデジタル基盤の構築」については、企業の行動変容促進以上にハードルが高いと考えられる消費者の行動変容を促すことを想定している。東京都千代田区の大丸有地区では、何らかのSDGs 活動を行った地区のオフィスワーカーや来訪者に対して、ブロックチェーン技術を活用したデジタル地域通貨を付与する「東京ユアコイン」が実証実験として実施された。同様の仕組みとして、地域通貨やポイントなどの付与をインセンティブとして脱炭素化への行動を促すようなプラットフォームを、デジタル技術を活用しつつ構築することで、消費者が行動を変えることの負担感を軽減するだけでなく、積極的な変容の促進につなげていくことなどが期待される。

最後に、CO2 の排出に価格をつけるカーボンプライシングは、需要側・供給側双方の行動変容を促す効果が期待できる。このカーボンプライシングについて次章で詳述したい。

図表 3-6 行動変容促進策の例

	企業・消費者のニーズ	施策概要
<p>電源トラッキングシステムの構築</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 再エネ電力を選択して調達したい 特に、RE100の達成のため、どの発電所で発電されたかが証明された電力が欲しい 	<p>電力に色を付け、各需要家が使用した電力がどこで発電されたものであるかをトラッキングし、証明するシステムの構築</p>
<p>行動変容を促進するデジタル基盤の構築</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 日々の生活を脱炭素化させることは、これまでの生活スタイルの変化、多少のコストを伴う 楽しく、主体的・積極的に行動変容を起こせるような社会の仕掛けがあれば参加したい 	<p>地域通貨・ポイントなど、行動を変えるインセンティブを付与し、脱炭素化の取組を加速させる仕組みを構築</p>
<p>カーボンプライシングの導入</p> 	<ul style="list-style-type: none"> CO2排出がコストであると社内で認識されていない 従来の化石燃料を使用した機器、低効率な機器を更新するインセンティブがない 	<p>CO2の排出に価格をつけ、コストとして認識させることで需要側・供給側双方の排出削減を進める仕組みの導入 ▶次章に詳細解説</p>

出所：三菱総合研究所

4. 需要側の行動変容を促すカーボンプライシングの提案

カーボンプライシングとは、CO₂の排出量に応じて課税する炭素税や、CO₂の排出量に上限を設けた上で企業間の融通を認める排出量取引など、排出量に応じてコストを負担する仕組みである¹⁴。日本におけるカーボンプライシングの取り扱いをめぐるのは、社会・経済を脱炭素化に導く切り札として期待する声がある一方、コスト増に対する産業界の懸念も根強く、現在も経済成長に配慮した制度を模索している最中にある。

第3章までに述べたように、三菱総合研究所は2050年カーボンニュートラルの達成に向けて、①電力部門の早期ゼロエミッション化、②戦略的なイノベーション誘発、③需要側の行動変容が重要と考えており、とりわけ③の具体策のひとつとしてカーボンプライシングに着目している。加えて、カーボンプライシングのあり方として、政府が収入を得て①や②を進めるための投資に振り向ける制度設計も可能である。

本章ではこのようなカーボンプライシングについて、制度骨子を提案する。なお、本稿では主に国内動向に着目して制度検討を行ったが、今後は欧州等で検討されている国境調整措置を含む世界的な動きも見ながら制度を見直していく必要があると認識している。

4.1. 制度デザインの基本コンセプト

カーボンプライシングの制度骨子の提案に先立ち、脱炭素化におけるカーボンプライシングの役割を検討するとともに、制度設計上の留意点を述べ、制度設計の基本的考え方を整理する。

資金の流れを通じた行動のシフトがカーボンプライシングの役割

2030年46%減、ひいては2050年カーボンニュートラルを実現する上で、技術革新や行動変容が必要であることは前章までに示したとおりである。脱炭素化の取り組みに応じて企業や製品が選別される潮流が国際的に強まっていることに対し、危機感を持つ企業も少なくない。しかし、環境意識の高い一部の企業や個人の行動に委ねるだけでは、この急速な脱炭素化の実現は困難である。

脱炭素化を広く促すためには、「炭素を増やす行動」から「炭素を減らす行動」に誘導するよう、資金の流れをシフトすることが効果的と考える。それは、ESG投資による影響力の広がりを見ても明白だろう。

カーボンプライシングも同様である。CO₂の排出に価格を付けコストを賦課することによって、企業も個人も、これまでの投資や消費行動を見直すはずだ。加えて、政府がコスト賦課で得た収入を用いて革新技術の開発・導入を支援すれば、既存技術からのシフトも加速するだろう。

カーボンプライシングですべてが解決する訳ではないが、資金の流れを通じて企業や個人の行動をシフトすること、これがカーボンプライシングに期待される役割である。

各部門の特性にフィットした制度設計を

カーボンプライシングの制度を議論する際、「炭素税」や「排出量取引」といった単一の制度をイメージしがちであるが、一つの制度で多様な主体の行動を効果的にシフトさせるのは至難と言わざるをえない。電力、産業、民生・運輸の各部門はそれぞれに特性があり、それらの特性にフィットした制度を部門ごとに検討するアプローチが現実的であろう。具体的には、以下の二つの点に留意したい。

1点目は、部門によるCO₂排出や削減対策の特徴の違いを踏まえることである。具体的には、排出源の大

¹⁴ 自主的な排出削減に対しクレジットを付与する取り組みを含む場合もある。

きさ・数や、技術の実用可能時期・コスト、対策実施までのタイムラグなどに応じて、各部門における削減を効果的に促す設計とすることが重要である。

2点目は、経済成長への配慮である。例えば、電力部門に炭素価格を賦課すると、多くが需要家に転嫁されるのに対し、産業部門では国際競争にさらされることになるため、転嫁が難しい。この状況を踏まえれば、負担を許容範囲に収めるための方策を部門別に考える必要がある。また、日本が今後とも基幹産業・成長産業の生産拠点であり続けられる環境を整備する上で、各部門に求められる役割も異なるだろう。例えば、電力部門にはカーボンフリー電源の開発とアクセス整備、民生・運輸部門には電気自動車などの国内市場の早期形成が期待される。

制度の全体像

上述した基本コンセプトを踏まえて各部門の特性を整理し、制度の全体像を検討する。

まず、電力部門であるが、排出主体が大規模・少数であるほか、卸電力市場を通じて（火力の）稼働率を調整することで短期的な排出削減が可能という特徴を持っている。他方、炭素コストを賦課しても大半が電気料金の形で電力需要家に転嫁される点に留意が必要となる。これらを踏まえると、電力部門には排出量取引を導入して有償で割り当てる¹⁵とともに、それによる政府の歳入増加分を、一部の電力需要家に還元した上で、再生可能エネルギーの普及に向けた環境整備や、水素等の技術開発などに充てることが望ましい。

一方、産業部門は電力部門と同様に排出源が大規模・少数であるものの、削減対策については革新技術の開発に長期間を要するものが少なくない。加えて、多くの業種は国際競争にさらされているため、炭素コストの賦課による影響に一定の配慮が必要だ。こうしたことから、産業部門に対しては排出量取引を導入しつつも、排出枠は無償で割り当て¹⁶、長期目線で革新技術の開発を促すための原資を出し合う仕組みと組み合わせることを提案する。

民生・運輸部門は、小規模の排出源が多数分散している点に特徴があり、また、ヒートポンプや電気自動車に代表される電化設備への更新が削減対策の中心となるだろう。特に自動車は、日本経済をけん引している産業であり、サプライチェーンを通じて国内の中小企業に与える影響が大きいだけでなく、今後のデジタル化・電動化も絡んで将来性の高い分野でもあることから、早期に国内市場を形成して変革を後押しする視点が欠かせない。そこで民生・運輸部門については脱炭素賦課金（炭素税の一種）を導入するとともに、その財源を活用して設備導入補助と組み合わせることを想定している。

¹⁵ 競売などを通じて政府が有償で排出枠を対象企業に配分する。

¹⁶ 過去の実績や設備容量等に基づき、政府が無償で排出枠を対象企業に配分する。

図表 4-1 特性を踏まえて部門ごとに制度を検討する

分類	CO2排出・削減対策の特徴	成長に寄与する上での留意点	制度デザインの方向性
電力部門	<ul style="list-style-type: none"> 大規模 少数(電気事業者の火力発電所:300箇所) 卸電力市場を通じて、稼働率の調整による短期的な削減が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 炭素コスト(の大半)は電気料金に価格転嫁される カーボンフリー電源の開発とアクセス整備 	<ul style="list-style-type: none"> 排出量取引 <ul style="list-style-type: none"> 排出枠を有償で割り当て、政府収益を活用 低所得層、電力多消費産業への還元 カーボンフリー電源の開発 系統増強、充電設備等の整備
産業部門	<ul style="list-style-type: none"> 大規模 比較的小数(800事業所で80%カバー) 設備更新が必要であり、革新技术の開発に長期間要するものも多い 	<ul style="list-style-type: none"> 国際競争への影響に配慮する必要がある 設備更新や技術開発の「ベース」に整合した運用 	<ul style="list-style-type: none"> 排出量取引 <ul style="list-style-type: none"> 排出枠を無償で割り当て 全産業で技術開発原資を出し合う仕組みと組み合わせる
民生・運輸部門	<ul style="list-style-type: none"> 小規模、多数に分散 電化設備への更新が中心 	<ul style="list-style-type: none"> 電化設備の早期市場形成(需要家のイニシャルコスト負担軽減) 	<ul style="list-style-type: none"> 脱炭素賦課金(炭素税) <ul style="list-style-type: none"> 設備補助と組み合わせる

出所：三菱総合研究所

4.2. 各部門の制度骨子

ここでは、前節に述べた制度の全体像に基づき、各部門の制度内容について掘り下げて検討する。

電力部門：石炭火力退出と脱炭素電源の開発・普及を同時に進める

日本自動車工業会の豊田章男会長が2021年3月の記者会見で、ライフサイクルでCO2排出を評価されると、火力中心の電力を用いて日本で製造した自動車を将来輸出できなくなるかもしれない、とカーボンフリーエネルギーに乏しい日本の現状に危機感を表明したことは記憶に新しい¹⁷。電力部門の脱炭素化は、今や日本の製造業が生き残る必要条件でもある。

そのアプローチは、原子力が一定以上稼働することを前提に、短期的（～2030年）に石炭火力の退出と再エネの導入を進めつつ、中長期（～2050年）でペロブスカイト太陽電池¹⁸や洋上風力、水素発電などの開発・実装を図ることがメインシナリオだろう。ここで排出量取引（有償割当）は、炭素価格による石炭火力稼働率低下と、政府収入を用いた成長への投資を目指したものとなる。

卸電力市場と連動して適切な炭素価格が決定されれば、電源間の経済性の順位は劇的に変わるだろう¹⁹。三菱総合研究所の電力需給モデルを用いた分析では、石炭火力よりもLNG火力や一部再エネの経済性が上回り、2030年46%減に見合った電源構成（原子力10%、再エネ35%、石炭火力10%、LNG火力45%程度）が実現される炭素価格の水準として1万3000円/t-CO₂²⁰程度と推計している。さらに、2050年脱炭素化に向けて6万円/t-CO₂以上に上昇する可能性が示唆されている²¹。

¹⁷ 一般社団法人日本自動車工業会 豊田章男会長記者会見（2021年3月11日）

（http://release.jama.or.jp/sys/interview/detail.pl?item_id=819）

¹⁸ ペロブスカイトと呼ばれる結晶構造の材料を用いた太陽電池。薄膜でありコストダウンが期待されているほか、軽量で折り曲げ可能なため設置場所を選ばない特徴を持つとされる。

¹⁹ 炭素価格は短期的にはLNG火力の稼働率向上と石炭火力の稼働率低下に作用するほか、FIT（固定価格買取制度）の期限が切れた後の再エネ電源の経済性向上にも寄与することから、長期的にはFITを補完する形で再エネ電源の開発を促進する。

²⁰ CO₂の排出量1トン当たりの価格を指す。

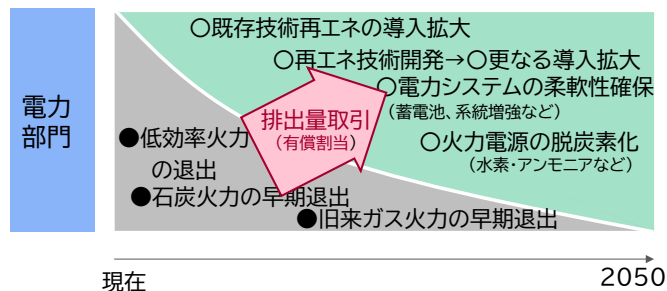
²¹ 輸入水素やCCS（Carbon Capture and Storage：CO₂回収貯留）、DAC（Direct Air Capture：大気からのCO₂直接回収）などの導入は織り込んでいない。

このコスト増は需要家の電気料金に転嫁され、2030年時点で電気料金が2.8円/kWh上昇するが、有償割当で政府収入が毎年3兆円近く得られる見込みである。この一部を低所得層や中小企業、輸出産業などに還元して影響を和らげるほか²²、

- 系統増強、水素調達インフラの整備
- 技術開発・導入支援（発電技術だけでなく大型電炉や水素利用技術なども含む）²³

に充当することで、エネルギーインフラの脱炭素化と併せて新たな産業の育成や雇用創出につなげることができる。

図表 4-2 排出量取引（有償割当）により、石炭火力低減と脱炭素投資を目指す



出所：三菱総合研究所

産業部門：革新技術の実現を全産業が支える

日本の製造業は、技術力が高い一方で海外とのコスト競争に長らく悩まされ、国際的な水平分業が進む中で工場の海外移転も進められてきた。近年では自動車がCASE（つながる・自動走行・共有・電動化）²⁴をキーワードに大変革期を迎えており、今後の動向によっては国内製造業全体に大きく影響が及ぶ可能性がある。

一方、産業部門のエネルギー起源CO2排出量のうち、鉄鋼は5割弱を占め、化学、窯業土石、紙・パルプを加えた素材産業全体で9割弱に達する²⁵。また、排出削減のアプローチとして、短期的（～2030年）に産業用ヒートポンプや大型電炉等の熱源電化を先行させつつ、中長期で革新的製鉄プロセスや人工光合成など水素利用技術の開発・導入を進めることが想定され、素材産業の取り組みに多くを依存している。

ここで排出量取引（無償割当）²⁶は、企業への経済的インパクトを抑えつつ脱炭素化の「ペースメーカー」として運用するとともに、イノベーションを全産業で支えるものとして位置づけたい。

具体的には、革新技術の実現時期を踏まえて割当量を設定した上で、最終的に目標を達成できない（排出量取引制度の義務を遵守できない）企業に対しては、技術基金への拠出を義務づけることを想定する。拠出金の水準は、欧米が検討している国境調整措置を目安にするのも一案であるが、上限を設けて企業への影響を一定以下に抑えることが望ましい。

拠出金（政府収入）は、先述した電力部門の政府収入や民間資金も加えつつ、企業の革新技術の開発・導入支援に充て、生産拠点の脱炭素化を加速する。ポイントは、これらの取り組みを導入企業だけが進めるのではなく、全産業で支えることである。

²² 欧州の一部の国でも似た措置がとられている。

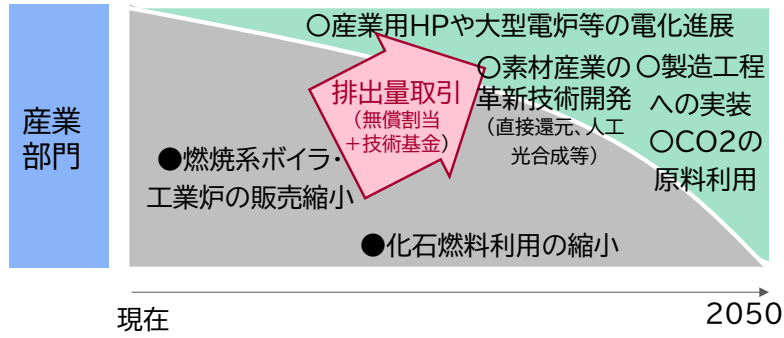
²³ 今年度より開始されるグリーンイノベーション基金（2兆円）へ充当することも一案である。

²⁴ Connected（つながる）、Autonomous（自動走行）、Shared（共有）、Electric（電動化）

²⁵ 電気・熱配分前の割合。（出所：国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2019年度）確報値」）

²⁶ 電力消費に伴うCO2は対象外と想定している（電力部門向けの制度でカバーする）。

図表 4-3 排出量取引（無償割当）は脱炭素化の「ベースメーカー」として機能する



出所：三菱総合研究所

民生・運輸部門：電化設備の普及と早期の国内市場形成を図る

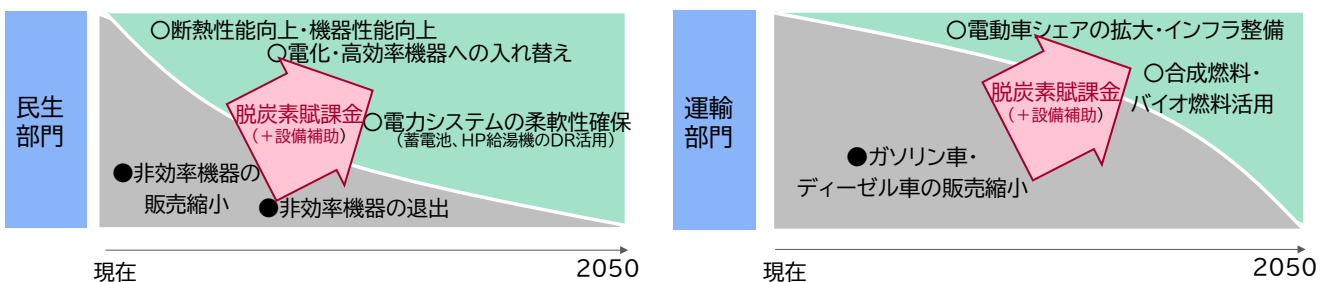
民生・運輸部門の脱炭素化に向けては、建物の断熱性能や設備効率の向上に加えて、ヒートポンプ給湯機や電気自動車に代表される電化設備の市場創出・普及が重要である²⁷。電化設備の多くは省エネ効果も大きく燃料代・電気代が半分程度になると期待できるものの、イニシャルコストが高く、従来技術とのコスト差を回収するのに10～15年かかってしまう。

これに対し、一般的には炭素税を導入して化石燃料価格を上昇させ、投資回収年数を短縮させる方法が想定される。しかし、5年での投資回収を実現するためには3～5万円/t-CO₂程度の税率が必要と推計され、国民の理解を得るのは難しいと言わざるをえない。

そこで、必要な電化設備の導入台数を想定した上で、その補助財源²⁸の確保を目的に料率を設定する「脱炭素賦課金」を提案する。

三菱総合研究所がヒートポンプ給湯機と電気自動車の導入に必要な料率を簡易的に推計したところ、2030年に数千円/t-CO₂、2040～2050年に向けて1万6000円/t-CO₂程度となった²⁹。2030年時点でガソリンや都市ガスなどの燃料価格は1～2割上昇するが、補助金でヒートポンプ給湯機や電気自動車等を導入すれば、省エネ効果も相まって電気代がガス代・ガソリン代の半分程度に節約され、イニシャルコストの増分も5年程度で回収できる。許容範囲といえるだろう。

図表 4-4 電化設備の普及原資として脱炭素賦課金を導入する



出所：三菱総合研究所

²⁷ 大型トラックはバッテリー容量による航続距離が課題であり、燃料電池自動車や水素エンジンなども想定している。

²⁸ ここでは、従来技術とのコスト差を5年で回収できるように補助することを想定している。

²⁹ 電力消費に伴うCO₂は対象外（電力部門向けの制度でカバーする）。

5. おわりに：カーボンニュートラルを社会変革の契機に

本提言では、2050年カーボンニュートラルの実現に向けたキーポイントとして、①電力部門の早期ゼロエミッション化、②戦略的なイノベーションの誘発、③需要側の行動変容の3点が特に重要であることを示した。また、③需要側の行動変容に対する深掘りとしてアンケート調査等を通じてそのポテンシャル分析を行うと共に、顕在化のための具体施策の一つとしてカーボンプライシングを提案した。

1985年にオーストラリアのフィラハにて地球温暖化に関する初めての世界会議が開かれ、その影響に対する警鐘が鳴らされてから36年が経過した。現在、気候変動に対する国際潮流は大きな転換点を迎えており、炭素国境調整措置など通商ルールの中にも脱炭素化対策が組み込まれつつある。

本提言内で繰り返し触れているように、こうした世界のルールチェンジが進む中で脱炭素化への動きに二の足を踏むと、日本という国の国際競争力を失うことにもつながりかねない。カーボンニュートラルの達成は決して容易ではないが、対策を「コスト増加」ではなく「未来への投資」と位置づけ、新たな産業競争力につなげていくことが重要である。カーボンニュートラル達成は消費者、企業、政府、自治体、研究機関、非営利団体等、全てのステークホルダーの参画が不可欠である。本提言がカーボンニュートラルに関連する多くの方々の挑戦を後押しすることを願っている。

担当者

志田龍亮、小川崇臣、橋本賢

本件に関するお問い合わせ先

株式会社三菱総合研究所

〒100-8141 東京都千代田区永田町二丁目 10 番 3 号

【内容に関するお問い合わせ】

政策・経済センター

電話：03-6858-2717 メール：pecgroup@mri.co.jp

【報道機関からのお問い合わせ】

広報部

メール：media@mri.co.jp