

第2章

2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と取組

はじめに

菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、日本が2050年までにカーボンニュートラル¹を目指すことを宣言しました。また、菅内閣総理大臣は2021年4月の地球温暖化対策推進本部及び米国主催の気候サミットにおいて、「2050年目標と整合的で、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す。さらに、50%の高みに向けて、挑戦を続けていく」ことを表明しました。

それ以前の日本の温室効果ガス削減目標は、2030年度に2013年度比で26%削減するというものであり、これを「国が決定する貢献」(Nationally Determined Contribution：以下「NDC」という。)として2015年7月及び2020年3月に国連に提出²しています。また、日本の長期的目標は、今世紀後半のできるだけ早期に脱炭素社会を実現し、2050年までに温室効果ガスを80%削減するというものであり、これを「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」として2019年6月に国連に提出しています。菅内閣総理大臣の宣言は、これまでの2030年度の温室効果ガス削減目標を大幅に引き上げるとともに、カーボンニュートラルの達成時期を大きく前倒しするものと言えます。

日本の歴史を振り返ると、エネルギー資源に恵まれない中でも経済成長を実現するために常に創意工夫が重ねられてきました。1970年代のオイルショックを契機に、エネルギーの効率的な利用を促進する「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」(省エネ法)が制定され、経済成長を維持しながら、世界最高水準のエネルギー消費効率を追求してきました。さらには、1973年には「サンシャイン計画」をスタートし、太陽や地熱、水素などの石油代替エネルギー技術に焦点を当て、重点的に研究開発を進めてきました。

近年、自然災害の激甚化が進み、気候変動に伴うリスクが顕在化してきています。地球温暖化への対応を制約やコストとして捉えるだけでは、必ずしも成長にはつながりません。発想を転換し、地球温暖化への対応を「成長の機会」として捉え、積極的に地球温暖化対策を行うことにより産業構造や社会経済を変革し、次なる大きな成長に繋げていくような「経済と環境の好循環」を作っていくことが重要です。

本章では、各国政府や民間企業が脱炭素化に向けてどのように取り組もうとしているのかを整理した上で、日本が2050年カーボンニュートラルを実現するための課題と道筋、そしてどのように「経済と環境の好循環」につなげていくのかを説明します。

第1節 エネルギーを巡る情勢の変化

1. 脱炭素化の潮流の加速

パリ協定は、2015年12月に開催された第21回国連気候変動枠組条約締約国会議(COP21)において、2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みとして採択されました。各国は、温室効果ガス削減に向けたNDCを定め(パリ協定第3条)、またNDCとは別に、長期的な温室効果ガス低排出型の発展すべきための戦略(以下「長期戦略」という。)を作成し、通報するよう努力すべきとされています(パリ協定第4条19)。各国は国家レベルの約束であるNDCや長期戦略に基づき、温室効果ガスの削減に向けた様々な取組を実施していますが、民間でも金融業やIT産業を筆頭に脱炭素化に向けた取組が加速しています。

(1) 金融の脱炭素化

金融機関や投資家が投融資を行う際には、収益性や回収可能性など様々な観点を考慮・評価して判断を行っていますが、その評価軸の一つとして、気候

¹ 温室効果ガス/CO₂の排出と吸収でネットゼロを意味する概念。

² 日本は、2015年7月に温室効果ガス排出量を2013年度に比べ26%削減する目標を掲げた「日本の約束草案」(Intended Nationally Determined Contribution)を国連に提出。これがそのままパリ協定のNDCとなっている。現行のNDCは、2020年3月に国連に提出したものの。

変動・脱炭素化への対応が重視され始めてきています³。具体的な動きとして、①ESG投資⁴等を通じた環境分野への資金供給量の増大と、②投資戦略多角化を通じた投融資先への関与の積極化が挙げられます。

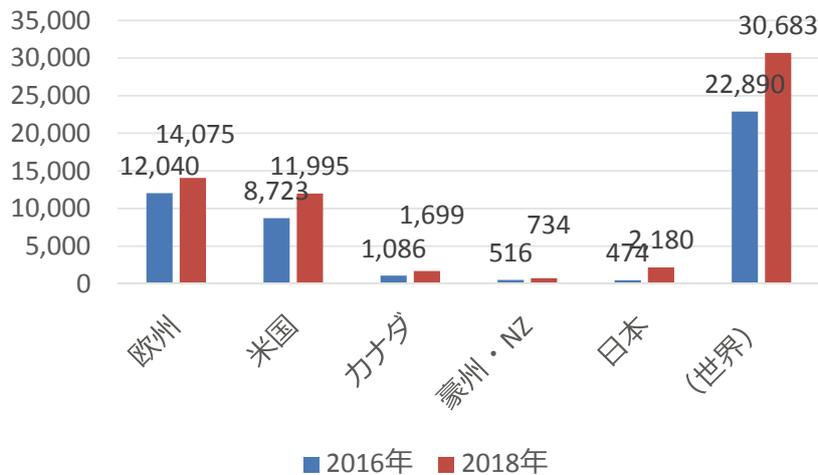
①ESG投資の増加

環境 (Environment) ・ 社会 (Social) ・ ガバナンス (Governance) 要素を投資判断に組み込む「ESG投資」の規模が近年大きく拡大しています。例えば、

世界全体のESG資産保有残高は2016年から2018年の間で1.3倍に増加しました(第121-1-1)。

このようにESG投資の規模が拡大してきた背景には、ESG要素の「E」に分類される気候変動リスクへの注目が高まったことが挙げられます⁵。国連防災機関(UNDRR)は、この20年(1998年～2017年)の自然災害経済損失額は2兆9,080億ドルにのぼりますが、そのうち気候変動による経済損失額は全体の77%に当たる2兆2,245億ドルと推計しています。これはその前の20年間(1978年～1997年)の気候変動関連経

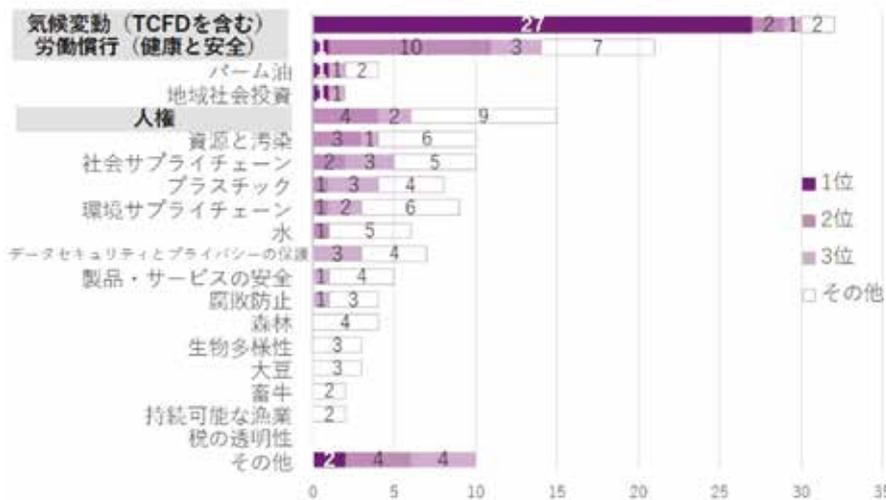
【第121-1-1】地域別のESG資産保有残高



出典：GSIA, Global Sustainable Investment Review 2018/2020より経済産業省作成

【第121-1-2】機関投資家がエンゲージメント活動において重視するテーマ

2020年度に重視するエンゲージメントテーマ (有効回答社数：34)



出典：QUICK ESG研究所「ESG投資実態調査2020」経済産業省作成

3 2006年に100機関で始まった国連責任投資原則 (PRI : Principles for Responsible Investment) への署名機関数は2021年1月には3,500機関以上へと増加。
 4 2006年に国連の提唱で「責任投資原則 (PRI : Principle for responsible Investment)」が策定され、環境・社会・ガバナンス要素を投資判断に組み込む「ESG投資」の考え方が打ち出された。
 5 「S」や「G」の要素と比較して、「E」の要素は二酸化炭素排出量など定量的に評価しやすいという側面もあると指摘されている。

済損失額の1.5倍になっているとの報告をしています⁶。災害の激甚化など、気候変動リスクが顕在化する中、金融機関や投資家は、企業による気候変動リスクへの対応状況や関連情報の開示状況を投資判断の一部として重視しています(第121-1-2)。

②投資戦略の多角化

ESG投資の投資戦略としては、伝統的に欧州では、投資家が設定した基準を満たさない企業を一律に投資対象から外す「ネガティブ・スクリーニング」の割合が高く、環境関連では、温室効果ガスを多く排出する投資を対象から排除する手法が用いられてきました(第121-1-3)。

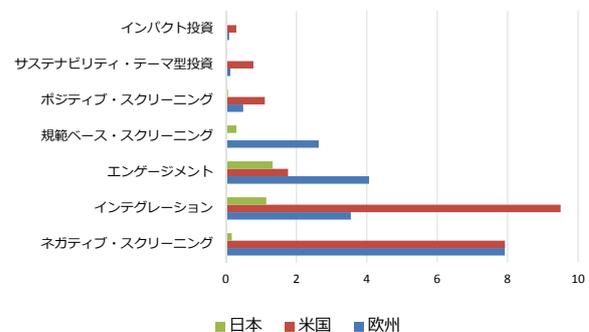
日本でも、大手金融機関や損害保険会社が、新設の石炭火力発電所に対する投融資を原則として行わないとした上で、環境配慮技術が導入された案件については別途考慮する等の投融資方針の表明が行われています。また、石炭火力発電の輸出支援に関しては、2020年12月に経協インフラ戦略会議で決定された「インフラシステム海外展開戦略2025⁷」において、世界の実効的な脱炭素化に責任を持って取り組む観点から、それまでの要件の明確化を行い、石炭火力輸出支援を厳格化しました。世界では、石炭に止まらず、化石燃料全般の投資から撤退する動きも出てきています⁸。

しかしながら、ネガティブ・スクリーニングだけでは、結果的に温室効果ガスの削減につながらないとの指摘があります。投資対象から外した企業に対し、別の金融機関から資金が供給されることがあるためです。そこで米国を中心に拡大してきたのが「エンゲージメント」や「インテグレーション」の手法です。「エンゲージメント」は、投資家が投資先企業と温室効果ガス削減を事業の中でどのように実現するか等について建設的に対話を行い、投資先企業に行動を促す手法です。例えば、米大手資産運用会社のブラックロックは、2020年1月にESGを軸とした

運用を強化し、投資先企業がサステナビリティに関する情報開示において十分な進展がなければ、議決権を行使し反対票を投じることをより積極的に検討することなどを表明しています。また、「インテグレーション」は、投資判断に当たって、財務情報に加えて、環境や社会問題への対応等に関する取組を非財務情報として組み入れ、総合的に企業を評価するものです。インテグレーションにおいて、非財務情報の活用方法は様々ですが、比較的取り組みやすい手法として、米国や日本で拡大してきています。

パリ協定の実現には、世界で最大8,000兆円必要との試算⁹もあります。脱炭素化のための取組に対して資金を供給する観点から、世界で3,000兆円ともされるESG投資を呼び込むことは今後も重要です。ただし、ESG投資を行う機関投資家が受託者責任¹⁰を果たす上で重要な論点であるESG投資と経済的リターンの関係については、必ずしも定量的な相関関係が見出されていないとされています¹¹。ESG投資が一時的なブームとならず、脱炭素化に向けた資金が将来にわたって安定的に供給されるためにも、ESG投資による経済的、社会的リターンの定量化手法のさらなる改善が期待されています。

【第121-1-3】投資戦略別のESG投資額



出典：GSIA, Global Sustainable Investment Review 2018/2020
より経済産業省作成

⁶ UNISDR (2018) 「Economic Losses, Poverty & Disasters 1998-2017」。なお同レポートが執筆された2018年時点では、設立時の名称である「UNISDR: United Nations International Strategy for Disaster Reduction」(国連防災戦略事務局)であったが、2019年5月に「United Nations Office for Disaster Risk Reduction」(国連防災機関)に名称変更された。

⁷ 「インフラシステム海外展開戦略2025」第49回経協インフラ戦略会議(令和2年12月10日)決定。

⁸ 世界主要都市の気候変動対応ネットワークC40(世界大都市気候先導グループ)は、2020年9月に12市長の共同宣言として、自市の運用資産からの化石燃料関係の除外、年金基金や政府にも化石燃料の除外を呼びかけるなどしている。

⁹ IEA (2020), World Energy Outlook 2020

¹⁰ 機関投資家は、資産保有者から資産運用を受託していることから、受託者として資産を運用する責任を負っている。経済的リターン以外の要素を考慮しうるESG投資は、受託者責任を果たしていると言えるのかという論点が存在し、米国では、「1974年従業員退職所得保障法」(通称ERISA法)に規定される受託者責任の解釈通達が2008年や2015年に発出されている。

¹¹ 日本銀行「ESG投資を巡るわが国の機関投資家の動向について」(2020年7月)

【第121-1-4】石炭火力輸出支援の厳格化

現在のエネルギー基本計画	インフラシステム海外展開戦略2025
<ul style="list-style-type: none"> □ パリ協定を踏まえ、世界の脱炭素化をリードしていくため、相手国のニーズに応じ、再生可能エネルギーや水素等も含め、CO2排出削減に資するあらゆる選択肢を相手国に提案し、「低炭素型インフラ輸出」を積極的に推進する。 □ その中で、 	<ul style="list-style-type: none"> □ 我が国は、関係省庁連携の下、相手国の発展段階に応じたエンゲージメントを強化していくことで、世界的実効的な脱炭素化に責任をもって取り組む。具体的には、世界の脱炭素化をリードしていくため、相手国のニーズを深く理解した上で、風力、太陽光、地熱等の再生可能エネルギーや水素、エネルギーマネジメント技術、CCUS/カーボンリサイクル等も含めたCO2排出削減に資するあらゆる選択肢の提案やパリ協定の目標達成に向けた長期戦略など脱炭素化に向けた政策の策定支援を行う、「脱炭素移行政策誘導型インフラ輸出支援」を推進していくことを基本方針とする。 □ その上で、今後新たに計画される石炭火力発電プロジェクトについては、エネルギー政策や環境政策に係る二国間協議の枠組みを踏まえ、我が国が相手国のエネルギーを取り巻く状況・課題や脱炭素化に向けた方針を知悉していない国に対しては、政府としての支援を行わないことを原則とする。その一方で、特別に、
<ol style="list-style-type: none"> 1 エネルギー安全保障及び経済性の観点から石炭をエネルギー源として選択せざるを得ないような国に限り、 2 相手国から、我が国の高効率石炭火力発電への要請があった場合には、 3 OECDルールも踏まえつつ、相手国のエネルギー政策や気候変動対策と整合的な形で、 4 原則、世界最先进水平（USC）以上の発電設備について導入を支援する。 	<ol style="list-style-type: none"> 1 エネルギー安全保障及び経済性の観点などから当面石炭火力発電を選択せざるを得ない国に限り、 2 相手国から、脱炭素化へ向けた移行を進める一環として我が国の高効率石炭火力発電への要請があった場合には、 3 関係省庁の連携の下、我が国から政策誘導や支援を行うことにより、当該国が脱炭素化に向かい、発展段階に応じた行動変容を図ることを条件として、OECDルールも踏まえつつ、相手国のエネルギー政策や気候変動対策と整合的な形で、 4 超々微塵圧（USC）以上であって、我が国の最先端技術を活用した環境性能がトップクラスのもの（具体的には、発電効率43%以上のUSC、IGCC及び富境技術やCCUS/カーボンリサイクル等によって発電電力当たりのCO2排出量がIGCC並以下となるもの）の導入を支援する。

出典：経済産業省作成

C O L U M N

トランジション・ファイナンス ～脱炭素社会への「移行」の重要性～

金融業界での脱炭素化に向けた動きをより強化するものとして、欧州では、「持続可能な金融推進のためのアクションプラン」の一環として、「グリーンな経済活動に関するEUタクソノミー（以下「EUタクソノミー」という。）」を策定し、「グリーンな活動」を定義する動きが出てきています。EUタクソノミーは、EUのサステナビリティ方針に資する経済活動を分類するに当たっての基準を示すもので、提供する金融商品や投資対象となる事業活動がサステナブルであるか（基準に適合しているか）の開示が金融機関と企業に求められます。EUタクソノミーでは、対象となる活動（発電方法など）ごとに、パリ協定の1.5度シナリオへの適格性の基準を示し、その基準に達しないものは「グリーンな活動」としては認められません。EUタクソノミーは、欧州委員会により制定される規則として、2021年4月時点では立法段階にありますが、規則の適用が開始されると、金融機関や企業はEUタクソノミーへの適合についての開示を義務付けられることになります。

EUはサステナブル・ファイナンスを提唱し、グリーンな経済活動を限定的に定義する形で取組を進めていますが、再生可能エネルギー等へのグリーン投資の一層の推進に加え、パリ協定の実現に向けて、世界

【第121-1-5】EUタクソノミーとICMAクライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック

EUタクソノミー	
概要	<ul style="list-style-type: none"> ➢ EUのサステナビリティ方針に資する経済活動を分類するもの。 ➢ パリ協定1.5度シナリオに従って活動ごとに技術的基準を整理。タクソノミーの基準を満たす活動は、サステナブルな活動と分類される。
位置付け	EU規則（欧州委員会による立法）
具体的な効果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 今後、EUの金融市場参加者はタクソノミーに適合する金融商品の割合を、EU域内の大企業及び上場企業はタクソノミーに適合する売上高の割合を開示することが義務付けられる。
ICMAクライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック	
概要	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 世界60か国の債権発行体、発行市場、アセットマネージャー、投資家等500以上の会員を持つ国際資本市場協会（ICMA）が発行したハンドブック。 ➢ トランジション戦略の実現を目的とした資金調達を行う場合の情報開示項目等を提示するもの。 ➢ パリ協定の目標と整合する長期目標及びそれに向けた軌道にある妥当な中期目標の設定及び開示を推奨している。
位置付け	金融業界の国際的な団体が定めた原則
具体的な効果	<ul style="list-style-type: none"> ➢ トランジションとラベリングした債券の発行に際して、本ハンドブックを参照することができる。

出典：経済産業省作成

全体で排出量を着実に削減していく観点からは、排出削減困難なセクター (hard-to-abate) (現段階において、脱炭素化が困難な産業部門・エネルギー転換部門)における低炭素化の取組など、脱炭素へのトランジション(移行)を図っていくことも重要となります。

パリ協定の目標に整合する「移行」のための投融资(クライメート・トランジション・ファイナンス)を実施するための国際的に統一した考え方を共有するため、国際資本市場協会 (International Capital Market Association: 以下「ICMA」という。)において、2020年12月に「クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック」が作成されています。

新興国のCO₂削減なくして、世界のカーボンニュートラルは実現できません。トランジション・ファイナンスを通じて、これらの国に低炭素技術の導入が進み、CO₂排出削減につながる事が期待されています。

経済産業省では、世界全体のカーボンニュートラル、さらには過去のストックベースでのCO₂削減(「ビヨンド・ゼロ」)を可能とする革新的技術の確立と社会実装を目指す「革新的環境イノベーション」の実現に向け、個別の挑戦課題とこれらを社会実現する道筋・手法について提示するため、2020年10月に関連の6つの国際会議¹²を連続的に開催しました(東京ビヨンド・ゼロ・ウィーク)。とりわけ、世界で約3200人が参加したTCFDサミット2020では、新たなTCFD(気候関連財務情報開示タスクフォース(Task Force on Climate-related Financial Disclosures)¹³)活用の在り方として、トランジションへの取組開示による資金供給促進の重要性が共有されました。

(2) 民間事業の脱炭素化

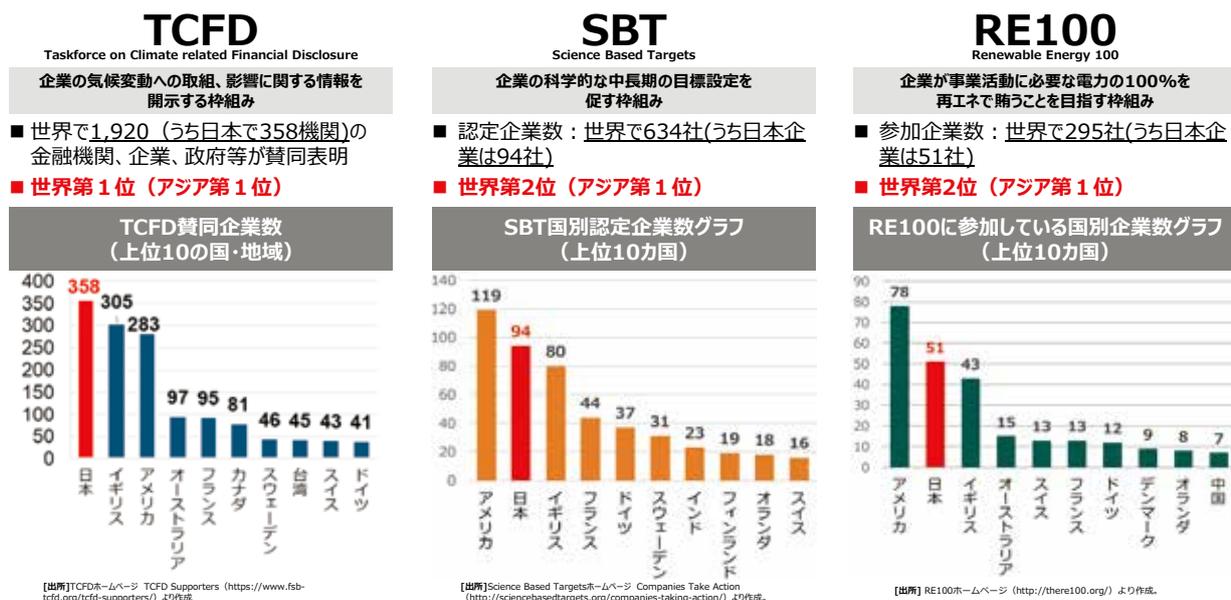
金融機関や投資家が脱炭素化に向けた取組を進め、エンゲージメントを通じて、企業に対して、気候変動リスクへの対応等を求める中、IT企業が先導し、製造業なども追従する形で企業の脱炭素化の取組が近年加速しています。

なかでも日本企業は脱炭素化に積極的に取り組んでおり、気候変動関連の情報開示を行う枠組みであ

るTCFDの賛同機関数は日本が世界で第1位、脱炭素化に向けた中長期の目標設定を行うSBT (Science Based Target)の認定企業数は米国に次ぐ第2位(アジアでは首位)、事業活動に必要な電力を100%再生可能エネルギーで賄うことを目指すRE100 (Renewable Energy 100)も米国に次ぐ第2位(アジアでは首位)となっています(第121-1-6)。

さらに、自社が排出する温室効果ガスの削減(ス

【第121-1-6】TCFD、SBT、RE100の賛同機関数(国別)



出典：環境省・経済産業省「グリーン・バリューチェーンプラットフォーム」より抜粋(2021年3月29日時点)

12 「ICEF2020」「RD20」「TCFDサミット2020」「第9回LNG産消会議」「カーボンリサイクル産学官国際会議2020」「水素閣僚会議2020」が開催された。

13 企業の気候変動への取組、影響に関する情報を開示する枠組み。

コープ¹⁴)や自社で使用するエネルギーに係る温室効果ガスの削減(スコープ²¹⁵)のみならず、サプライチェーン全体(スコープ³¹⁶)での脱炭素化を図る企業も増加しています(第121-1-7)。例えば、Appleは、2030年までにサプライチェーン全体でカーボンニュートラルを実現することを目標に掲げ、サプライヤーに対して省エネルギー化や再生可能エネルギーの利用を求めています。このように、サプライチェーンの脱炭素化を目指す企業との取引関係を継続するために、我が国の企業も脱炭素化を図らな

ればならないといった状況が今後増えていくことが想定されます。こうした観点から、脱炭素エネルギーへのアクセスのしやすさが、国際的な、そして地域間の産業の立地競争力に将来的に影響を及ぼすとの指摘もあります¹⁷。

2. 新型コロナウイルス感染拡大が与えたエネルギーへの影響

2019年12月に新型コロナウイルス(COVID-19)の最初の症例が中国で確認されて以降、世界経済は急速に悪化しました。新型コロナウイルスが世界的に感染拡大した2020年のGDPと石油需要の前年同期比を比較すると、2020年第1四半期(1月～3月)及び第2四半期(4月～6月)にかけてGDP・石油需要ともに大幅に減少していますが、石油需要の方が大きな落ち込みを見せています。また、2020年第3四半期(7月～9月)以降は、GDPの回復と軌を一にして、石油需要も回復基調にあります。GDP成長率が2020年第3半期の時点で前年同期と同水準まで回復した一方で、石油需要は2020年第4四半期(10月～12月)でも前年同期比5%以上のマイナスが続いています(第121-2-1)。

GDPよりも石油需要の方が大きく落ち込み、そして回復の幅も小さくなっていますが、これは経済の需要と供給の両面による影響が理由と考えられます。

まず、供給面では、感染拡大防止のため、人同士のコミュニケーションや人の移動が制限された結果

【第121-1-7】脱炭素化をサプライヤーに求めている企業の例

海外	Apple	2030年までにサプライチェーン全体でカーボンニュートラル実現
	Microsoft	自社は2030年にゼロ。調達先には削減計画の提出を求める。
国内	積水ハウス	2050年までにサプライチェーン全体でカーボンニュートラル実現
	NTTデータ	2030年までに自社は2016年比60%減を目標。サプライヤーには55%減を求める。
	ナブテスコ	2050年度までに自社は2015年度比80%減を目標。サプライヤーには2025年までに自主削減目標設定を求める。

出典：各社プレスリリース等から経済産業省作成

【第121-2-1】世界の石油需要とGDPの推移



出典：IEA, Oil Market Report, IMF, World Economic Outlookより経済産業省作成

14 事業者自らによる温室効果ガスの直接排出(燃料の燃焼、工業プロセス)

15 他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出

16 Scope1、Scope2以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)

17 横浜市と12の市町村が2019年に結んだ「脱炭素社会の実現を目的とした再生可能エネルギーに関する連携協定」等において言及がある

【第121-2-2】石油製品別の需要の比較



出典：IEA, Oil Market Report

として、生産活動や物流が停滞しました。また、ロックダウン(都市封鎖)やレストラン・エンターテインメント等の営業が停止するなど、通常の経済の停滞では発生しないような人や物の移動を減少させる事象が生じました。こうした事象が、GDPと比較して石油需要が大きな落ち込みをした要因として考えられます。

次に、需要面では、ガソリンは、需要の落ち込みは2021年後半にかけて回復すると見込まれていますが、ジェット燃料は需要の低迷が続くと見られています(第121-2-2)。これは、各国の移動制限措置が解除されるまでに時間がかかることが予想されていることに加え、会議のオンライン化等に伴う移動需要の構造的減少が影響しているとの指摘がされています¹⁸。こうした事象が重なって、GDPと比較して石油需要の回復が小さいと考えられます。

新型コロナウイルス感染拡大の影響は、短期的な

需要・供給の減少のみならず、デジタル化や電子商取引等の増加等の接触回避、リモートワークや在宅勤務等の職住不接近、生産現場等の無人化やAI化の進展等の省人化・合理化など、持続的なものとなる可能性があり、エネルギー需要にも影響を及ぼしていくものと考えられます。

第2節 諸外国における脱炭素化の動向

1. 脱炭素化に向けた諸外国の動向

2021年4月現在、125カ国・1地域が、2050年までにカーボンニュートラルを実現することを表明¹⁹しました(第122-1-1)。これらの国におけるCO₂排出量が、世界全体に占める割合は37.7%²⁰にのぼります。また、世界最大のCO₂排出国(28.2%²¹)である

【第122-1-1】2050年までのカーボンニュートラルを表明した国



出典：COP25におけるClimate Ambition Alliance²²及び国連への長期戦略提出状況等を受けて経済産業省作成(2021年4月末時点)
※ブラジルは気候サミット(2021年4月)において、2050年CNを表明。
<https://climateaction.unfccc.int/views/cooperative-initiative-details.html?id=94>

18 IEA「Oil Market Report」(2021年3月17日)

19 米国及びブラジルは、2021年4月に開催された気候サミットでの表明。

20 2017年実績。エネルギー起源CO₂のみを算出。日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧2020」より。

21 同上

22 2050年までにカーボンニュートラルを目指す国や企業、自治体等が参加する枠組み。

【第122-1-2】日本・EU・英国・米国・中国のカーボンニュートラル表明状況

	日本	EU	英国	米国	中国
2020				2021年1月 パリ協定復帰 を決定	
2030	2013年度比で 46%減、さらに 50%の高みに向け て挑戦(温対会 議・気候サミット にて総理表明)	1990年比で 少なくとも 55%減(NDC)	1990年比で 少なくとも 68%減(NDC)	2005年比で 50~52%減 (NDC)	2030年までに CO2排出を減 少に転換 (国連演説)
2040					
2050	カーボン ニュートラル (法定化)	カーボン ニュートラル (長期戦略)	カーボン ニュートラル (法定化)	カーボン ニュートラル (大統領公約)	
2060					カーボン ニュートラル (国連演説)

出典：各国資料から経済産業省作成

中国は、2060年までにカーボンニュートラルを実現することを、2020年9月の国連総会で習主席が表明しています。

各国の表明内容は様々ですが、いずれの国も、カーボンニュートラルに至る単一の道筋にコミットすることはなく、ビジョンとして複数のシナリオを掲げて取り組んでいます(第122-1-2)。本項では、複数の「シナリオ」に基づき、目標の達成手法を検証しているEUや、カーボンニュートラルを実現するために必要な電力需要やエネルギー構成などをシミュレーションしている英国、具体的な戦略ははまだ示していない米国及び中国の現在の取組状況を整理します。

(1) EU

2018年11月、欧州委員会は、2050年のカーボンニュートラル経済の実現を目指す「A clean planet for all」という「ビジョン」を公表しました。2020年3月に国連に提出したパリ協定長期戦略²³において、このビジョンに基づく議論の結果として2050年カーボンニュートラル表明に至ったとの説明がされています²⁴。

本ビジョンでは、具体的なエネルギーミックスの目標を決定しておらず、削減の道筋には様々なオプションが考えられることから、対策内容について複数の前提を置き、3つの削減目標(80%減、90%減、ネットゼロ)とそれらに対応する計8つのシナリオを分析しています(第122-1-3)。

【第122-1-3】EUが想定する8つのシナリオ

	電化 (ELEC)	水素 (H2)	Power-to-X (P2X)	省エネルギー (EE)	資源循環 (CIRC)	組み合わせ (COMBO)	1.5°C技術 (1.5TECH)	1.5°C行動変容 (1.5LIFE)
主要な要素	全てのセクターで電化を重点化	産業、輸送、建物での水素利用	産業、輸送、建物での合成燃料利用	全セクターでのエネルギー効率向上	資源、材料効率の工場	2°Cシナリオから費用対効果の高い方法で組み合わせ	COMBOからBECCS、CCSの更なる利用	COMBOとCIRCからさらに行動変容
温室効果ガス2050年目標	-80%GHG (吸収源を除く) ("2°Cを大きく下回る"野心)					-90%GHG (吸収源を含む)	-100%GHG (吸収源を含む) ("1.5°C"野心)	
主要仮説	2030年以降の省エネの向上 / 持続可能、高度なバイオ燃料の展開 / 適度な資源循環対策 / デジタル化					インフラ配備のための市場調整 / 2°Cシナリオ下ではBECCSは2050年以降のみに存在 / 低炭素技術について着しい learning by doing / 輸送システム効率の著しい改善		
電力部門	2050年までに電力はほぼ脱炭素化 / システム最適化による再エネシステム施設の強力な浸透力 (デマンドサイドレスポンス、貯蔵、相互接続、プロシューマーの役割) / 原子力は依然として電力部門で役割を果たし、CCS配備は限界に直面。							
産業	プロセスの電化	対象アプリケーションでの水素利用	対象アプリケーションでの合成ガス利用	省エネによるエネルギー需要の減少	高いリサイクル率、代替材料、循環対策	対象アプリケーションでの「2°Cを大きく下回る」シナリオから費用効果のあるオプションの組み合わせ	COMBOの強化	CIRC + COMBOの強化
建物	ヒートポンプの配備増加	暖房用水素の配備	暖房用合成ガスの配備	リノベーション率の向上	持続可能な建物			CIRC + COMBOの強化
輸送部門	全輸送方法用の電化の迅速化	HDVs (LDVs) 用水素配備	全ての方法のための再生燃料配備	モーダルシフトの増加	サービスとしての可動性			CIRC + COMBOの強化 航空旅行の代替
他の要素		配ガス網における水素	配ガス網における合成ガス				自然吸収源の限定的向上	・食生活の変化 ・自然吸収源の向上
	80%減 (2°Cシナリオ) 異なる技術オプション					90%減 組合せ	ネットゼロ (1.5°Cシナリオ) BECCS/CCS、行動変容	

出典：A Clean Planet for all IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018), Table 1より経済産業省作成

²³ "Long-term low greenhouse gas emission development strategy of the EU and its Member States"

²⁴ 欧州グリーン・ディールに関する欧州委員会のコミュニケーション(2019年12月11日発表)

(2) 英国

2020年12月14日に英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省(BEIS)が公表した報告書(Energy White Paper)では、ネットゼロ(100%削減)を達成する上での電力分野の戦略的な位置づけを示しつつ、2050年の電力分野の将来像を例示しています。

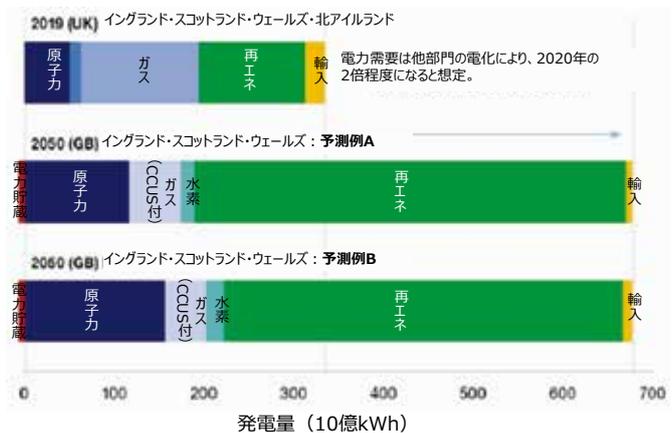
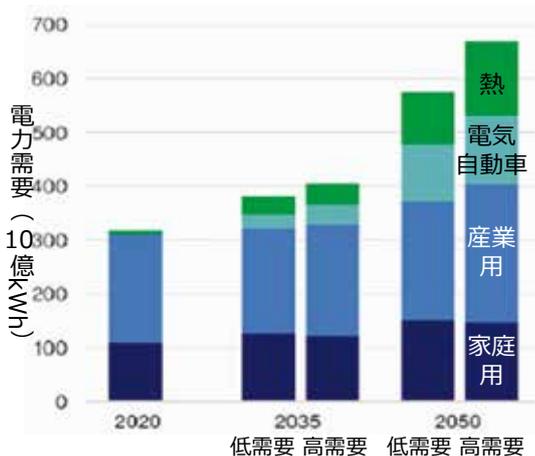
ネットゼロを実現する上での電力需要のシナリオでは、電気自動車の普及や熱需要の電化等の影響で、電力需要は現在の3,000億kWhから2050年には5,700億~6,700億kWhと倍増し、最終エネルギー消費に占める電力の割合は、2019年の17%から2050年には50%以上に増加する可能性があることが示されています。また、増加した電力需要に対応するため

には脱炭素電源での発電量を4倍に増やす必要があります(第122-1-4)。

電力以外の需要を含む排出量全体のネットゼロシナリオとしては、2050年においても農業と航空分野における排出量が残存し、BECCSなどのネガティブエミッションで相殺する必要があるとされています。また、他の部門でも、電力需要のシナリオで想定した以上の更なる電化を行う必要がある可能性があると示しています(第122-1-5)。

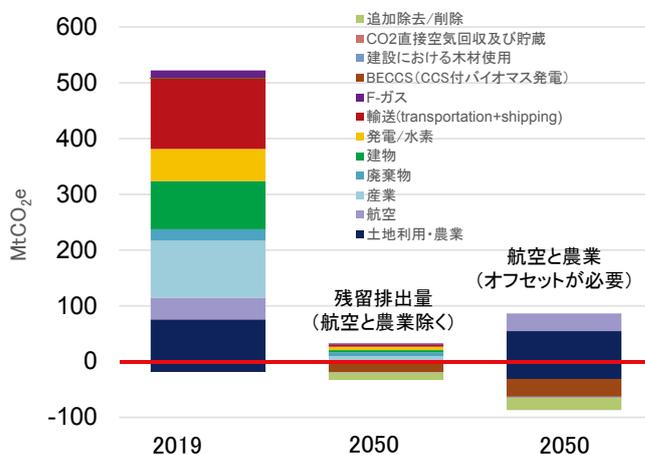
これらのシナリオは蓋然性のある予測やあるべき将来像として示したシナリオではなく、英国の政策目標や政策ではないという位置付けとされています。

【第122-1-4】電力需要のシナリオと2050年の電力構成予測



出典：BEIS「Energy White Paper」より経済産業省作成

【第122-1-5】CO₂排出量のネットゼロシナリオ



出典：BEIS「Energy White Paper 2020」より経済産業省作成

【第122-1-6】バイデン政権発足後に発表・実行された政策(2021年4月時点)

- バリ協定に復帰した(就任初日(1月20日)に再加入の文書を国連に提出、2月19日に復帰が発効)。
- 中国を含む主要温室効果ガス排出国に、さらに野心的な排出削減目標を掲げるよう働きかけるため、4月22日のアースデイに気候サミットをオンラインで開催する。開催日までに、就任前の公約で示していなかった、30年目標値を提出することを表明した。
- 行政命令により、石油ガス鉱区のメタン汚染規制強化、自動車の燃費・排ガス基準厳格化等、トランプ政権時の措置の見直し等に取り組むよう関係省庁に指示した。
 - ✓ エネルギー省(DOE)は、国家気候タスクフォースの気候イノベーション作業部会に参加、国内のグリーンエネルギーのサプライチェーンを強化・構築のための研究する事を表明した。
 - ✓ トランプ政権時代に大統領許可を与えていた「キーストンXLパイプライン」原油パイプライン建設について、グリーンエネルギー経済の実現を優先することを目的に、許可の取り消しを命じた。
- 大統領令により、温室効果ガス排出の総コストを可能な限り正確に把握することが不可欠と規定し、気候変動抑制メリットの計量に向けた検討開始した。
- インフラ、自動車産業、輸送、電力セクター、建築、住宅、イノベーション等、グリーンエネルギー分野に4年間で2兆ドルの投資を実施する。これにより米国の競争力を強化し、何百万もの新規雇用を創出する。

出典：各種発表より経済産業省作成

(3) 米国

米国は、気候変動を生存基盤に関わる脅威であるとし、気候変動対策をコロナ対策、経済回復、人種平等と並ぶ最重要課題の一つとして重視しています²⁵。また、気候への配慮を外交政策と国家安全保障の不可欠な要素に位置付けています²⁶。「気候変動への対応、クリーンエネルギーの活用、雇用増」を同時達成する「ウィン・ウィン・ウィン」の実現を目指し、喫緊の課題である雇用政策の観点からも重視しています²⁷。

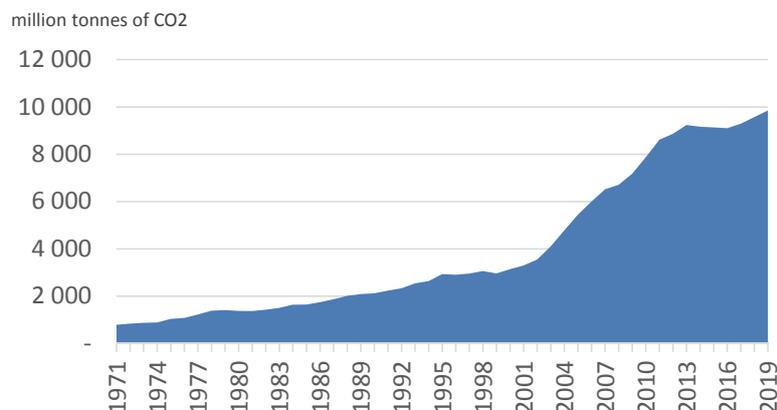
バイデン政権は2050年までに温室効果ガス排出を実質ゼロに、2035年までに発電部門の温室効果ガス排出をゼロに移行すること、2030年までに洋上風力による再生産量を倍増し、2030年までに国土と海洋の少なくとも30%を保全すること等を目標に掲げています。

バイデン大統領は就任初日(2021年1月20日)にパリ協定の復帰を決定し、4月22日には気候サミットを開催するなど、就任直後から様々な政策等を打ち出しています(第122-1-6)。

(4) 中国

習近平国家主席は、2020年の国連総会一般討論演説で「2030年までにCO₂排出を減少に転じさせ、2060年までに炭素中立を達成するよう努める」旨を表明しました。また、同年12月の気候野心サミットで、同主席は「2030年にGDP当たりCO₂排出量を65%以上(2005年比)削減する」旨表明しました。具体的には2030年までにCO₂排出のピーク達成を目指すとの目標に向けて行動計画の作成を検討しています。

中国は、新エネルギー自動車向け補助金などによ

【第122-1-7】中国のCO₂排出量の推移出典：IEA「CO₂ Emissions from Fuel Combustion.」より経済産業省作成

²⁵ ホワイトハウスHP (<https://www.whitehouse.gov/priorities/>)

²⁶ 国家安全保障の暫定的方針(2021年3月3日公表) (<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/03/NSC-1v2.pdf>)

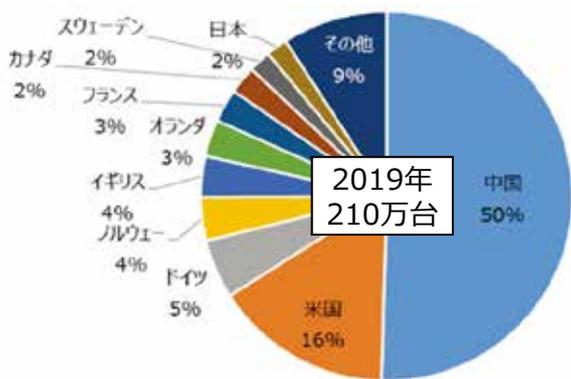
²⁷ 2020年7月14日クリーンエネルギー投資計画に関するバイデン大統領候補(当時)演説

り、中国の電動車市場は急速に拡大しており、2019年時点で世界市場の約半分を占めていますが、さらに2025年までに新車販売における新エネルギー車²⁸の割合を20%前後に引き上げ（現在は約5%²⁹）、2035年までに新車販売の主流を電気自動車（EV）とすることを目標とする、新エネルギー車産業発展計画を公表（2020年11月）しました。加えて2021年に、気候変動の影響への適応に係る「国家適応気候変動戦略2035」が策定される予定とされています³⁰。

2. 脱炭素化に向けた諸外国の政策

新型コロナウイルス感染拡大に伴う景気の落ち込みからの回復等の一環として、各国は脱炭素分野への政策的支援を表明しています。各国とも、地球温暖化対策をコストや制約として捉えるのではなく、成長戦略として捉え、グリーン分野の研究開発支援や先端技術の導入支援等を積極的に行っています（第122-2-1）。

【第122-1-8】中国の電動車の導入状況



出典：IEA「Global EV Outlook 2020」より経済産業省作成

【第122-2-1】各国のグリーン分野への投資内容

EU 2020年7月欧州委で合意	<ul style="list-style-type: none"> ● 10年間で官民で120兆円（1兆€）の「グリーンディール」投資計画。うち、7年間のEU予算で、総事業費70兆円（約5,500億€）を「グリーンリカバリー」に。復興基金で、総事業費35兆円（2,775億€）をグリーン分野に投入。 ※復興基金全体では、半分が補助金、残り半分が融資。3年間で大半を執行見込み。EUの復興基金について、気候変動・グリーン分野に独は115億ユーロ、仏は208億ユーロ提案中。主なものは独は充電インフラ、グリーン自動車分野に約55億ユーロ、仏は建築物の省エネに58億ユーロ。今後、加盟国の復興計画に基づく資金配分がされる予定。
ドイツ 2020年6月3日発表	<ul style="list-style-type: none"> ● 6兆円（529億€）の先端技術支援による景気刺激策のうち、水素関連技術に0.8兆円（70億€）、充電インフラに0.3兆円（25億€）グリーン技術開発（エネルギーシステム、自動車、水素）に約1兆円（93億€） ※大半の予算は2年で執行見込み。
フランス 2020年9月3日発表	<ul style="list-style-type: none"> ● 2年間で、クリーンエネルギーやインフラ等のエコロジー対策に、総事業費：3.6兆円（300億€）。（全体1000億ユーロの3割をグリーン分野）グリーン技術開発（水素、バイオ、航空等）に約1兆円（82億€）
韓国 2020年7月16日発表	<ul style="list-style-type: none"> ● 5年間で、再エネ拡大、EV普及、スマート都市等のグリーン分野に、政府支出：3.8兆円（42.7兆ウォン）（総事業費は7兆円（73.4兆ウォン））（雇用創出：65.9万人）
米国 2021年3月31日発表	<ul style="list-style-type: none"> ● インフラ・研究開発への投資＜歳出期間：8年間、総額約220兆円（約2兆ドル）＞インフラ・研究開発等への投資として、米国雇用計画の第1弾。 デジタルやグリーンを含んだ研究開発には総額約20兆円（1,800億ドル）。うち、ARPA-C設立、気候変動研究に約4兆円（350億ドル）、優先実証課題（エネルギー貯蔵、CCS、水素、先端原子力、洋上風力、バイオ燃料、粒子コンピューティング、EV等）に約1.7兆円（150億ドル）
英国 2020年11月18日発表	<ul style="list-style-type: none"> ● 2030年までに、政府支出：1.7兆円（120億£）誘発される民間投資：5.8兆円（420億£）（雇用創出：25万人、CO2削減効果：累積1.8億トン（2023年～2032年）） ● 10分野に投資（洋上風力、水素、原子力、EV、公共交通、航空・海上交通、建築物、CCUS、自然保護、ファイナンス・イノベーション）

出典：各種公表資料より経済産業省作成

28 プラグインハイブリッド車（PHEV）、電気自動車（BEV）、燃料電池車（FCV）を指す（2019年NEV規制）

29 2019年の新車販売台数での新エネルギー車の比率（中国汽车工業協会）

30 気候適応サミット（2021年1月25日）での韓正・副首相による表明

第3節 2050年カーボンニュートラルに向けた我が国の課題と取組

1. 2050年カーボンニュートラル宣言と現状の評価

菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、我が国が2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言しました。加えて、2021年4月には、菅内閣総理大臣は、地球温暖化対策推進本部及び米国主催の気候サミットにおいて、「2050年目標と整合的で、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す。さらに、50%の高みに向けて、挑戦を続けていく」ことを表明しました。

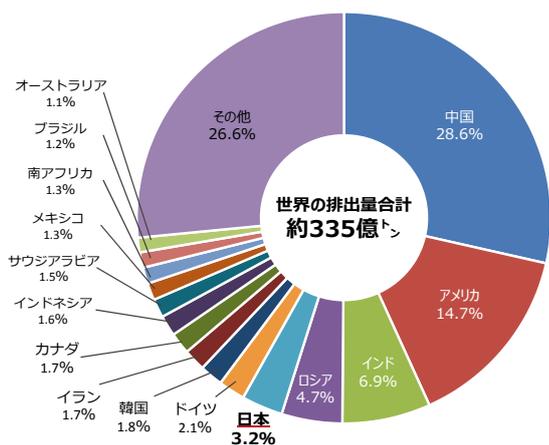
日本が排出する温室効果ガスのうち約9割がCO₂であり、CO₂の排出量の約4割が電力部門、残りの約6割が産業や運輸、家庭などの非電力部門からの排出となっています(第123-1-1)。ここでは、電力部門と非電力部門に分けて、現状とカーボンニュートラルに向けた課題について整理します。

(1) 電力部門の現状

電力部門のCO₂排出量の大半を占めるのが火力発電所からのCO₂排出であり、2050年までにカーボンニュートラルを実現するためには、火力発電所からのCO₂排出量を削減していく必要があります。

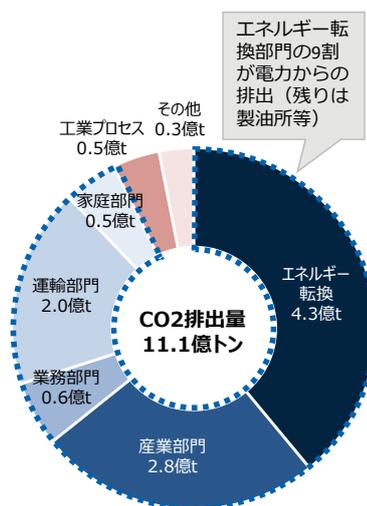
火力発電はCO₂を多く排出しますが、一方で、太陽光発電や風力発電など出力が変動する再生可能エネルギーの導入拡大を支える機能も持っています。太陽光発電や風力発電は、①天候等の自然条件によって出力が変動する、②日照量や風況などの適地と電力の需要地が必ずしも一致しておらず、送電網の整備が必要であること、③災害等により電源が脱落した際のシステムの安定性を保つ機能(慣性力等)を有していないこと、④自然制約(太陽光発電に適した平地や風力発電に適した遠浅の海などが我が国は少ないこと)や社会制約(農業や漁業等の他の利用との調和や地域との調整が必要であること)がある中で、⑤以上の諸課題を克服していくために大規模な投資が必要であり、適地不足により今後コストが上昇するおそれがある等の課題があります³¹。こうした課題に対して、火力発電は、①安定して大きな供給力持ち、②電力の需要と、太陽光発電や風力発電等により変動する電力供給を一致させ

【第123-1-1】世界の温室効果ガス排出量(2018年)



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」より
経済産業省作成

【第123-1-2】日本の部門別のCO₂排出量(2019年度)



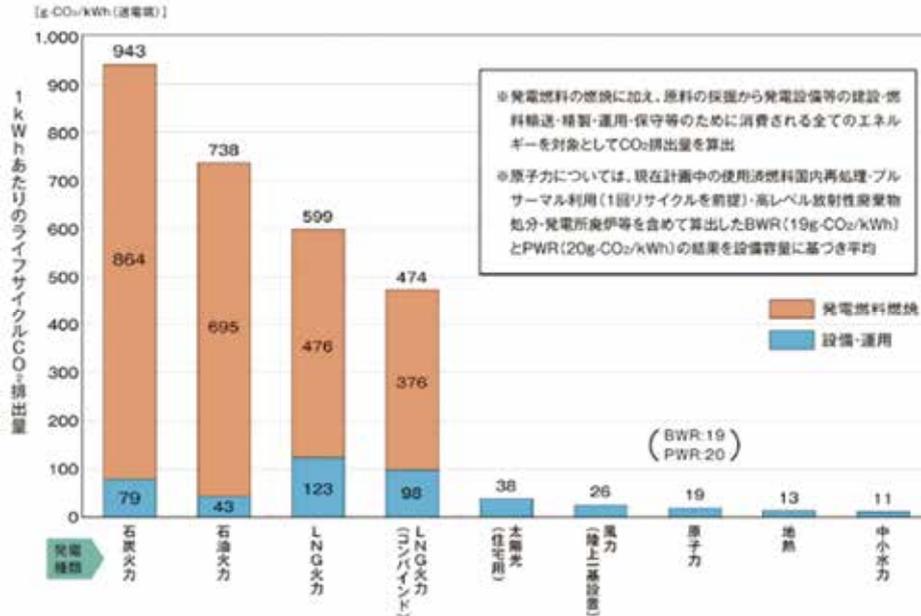
出典：国立環境研究所「温室効果ガスインベントリオフィス」より
経済産業省作成

31 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会(第33回会合)(2020年11月17日開催)資料を参照

る上での重要な調整力(需要に合わせて供給量を調整できること)であること、③系統で突発的なトラブルで生じた場合でも、周波数を維持し、ブラックアウトを防ぐなど、重要な役割を果たしています³²(第123-1-4)。今後、脱炭素電源、特に再生可能エ

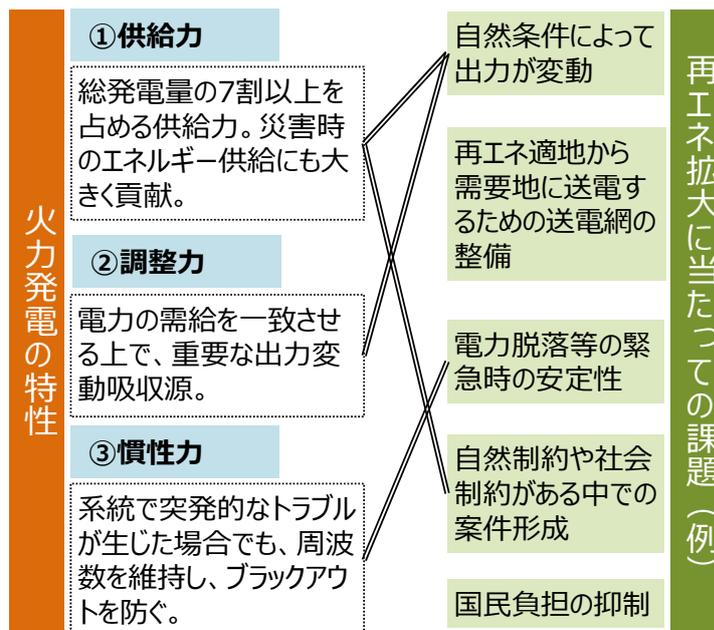
ネルギーを主力電源化していく中で、火力発電が担ってきた役割を、水素・アンモニア等のCO₂フリー電源、CO₂の貯留・利用(CCUS)、蓄電池等の技術を組み合わせながら代替していく必要があります。

【第123-1-3】電源別のライフサイクルCO₂排出量の比較



出典：一般財団法人電力中央研究所「日本における発電技術のライフサイクルCO₂排出量総合評価(2016.7)」より電気事業連合会作成

【第123-1-4】火力発電の特性と再エネ拡大に当たっての課題



出典：経済産業省作成

³² 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会(第35回会合)(2020年12月21日開催)資料を参照

C O L U M N

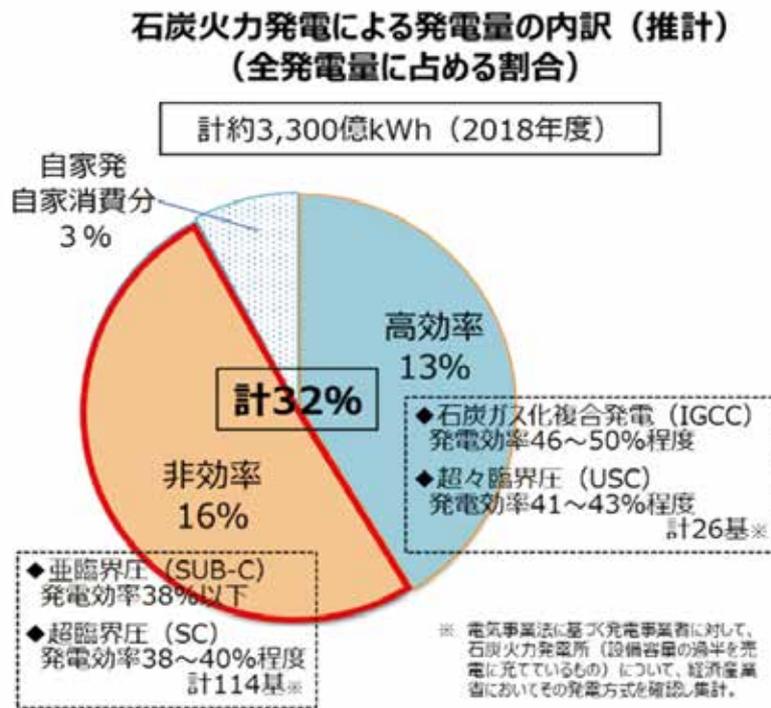
非効率石炭火力発電のフェードアウト

2020年7月、梶山経済産業大臣は、第5次エネルギー基本計画において明記された非効率石炭火力のフェードアウトについて、より実効性のある新たな仕組みを導入するべく、検討を開始することを表明し、総合資源エネルギー調査会電力・ガス分科電力・ガス基本政策小委員会を中心に検討が行われました。

2018年度において、石炭火力発電による発電量は、総発電量の32%を占め、その内訳は、高効率の石炭火力発電³³が総発電量の13%（計26基³⁴）、非効率の石炭火力発電³⁵が総発電量の16%（計114基）、自家発・自家消費分が総発電量の3%となっています（第123-1-5）。

こうした中で、経済産業省は、非効率石炭火力のフェードアウトを着実に進めるため、①省エネ法上で石炭火力の発電効率目標を最新鋭のUSC（超々臨界）の水準に設定する規制措置、②容量市場により安定供給に必要な供給力を確保しつつ、稼働抑制に対するインセンティブを付与することにより発電量(kWh)削減を促進する誘導措置、に加え、事業者の取組を確認・担保するためにフェードアウトに向けた計画の提出を求めることで、安定供給を確保しつつフェードアウトを進めていく方針を示しました。（第123-1-6）。

【第123-1-5】非効率石炭火力の全火力発電所に占める割合



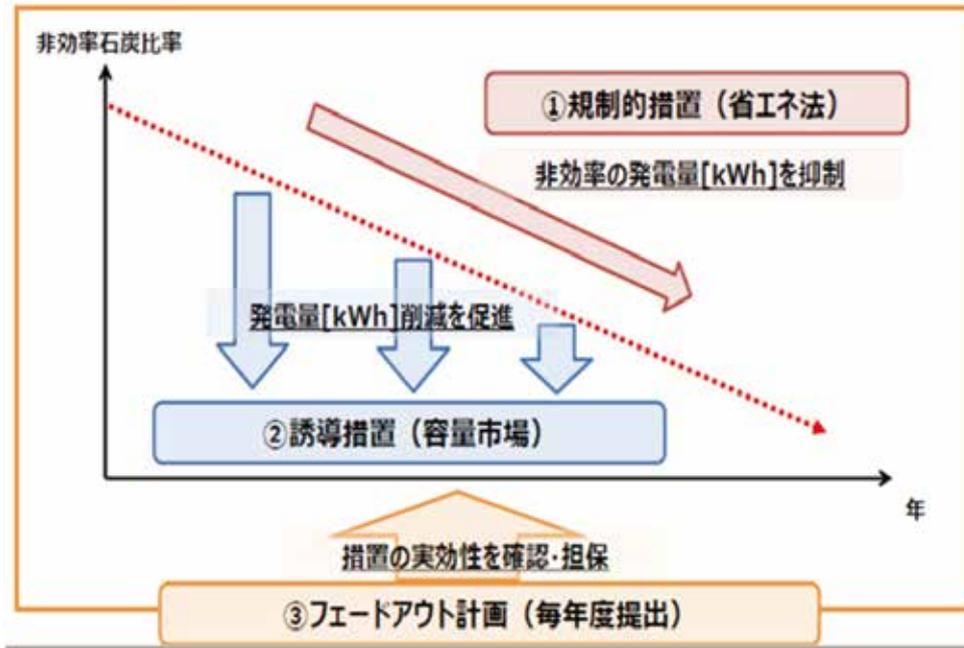
出典：総合資源エネルギー調査会電力・ガス基本政策小委員会(第26回)(2020年7月13日)資料より抜粋

33 ここでは石炭ガス化複合発電(IGCC)と超々臨界圧(USC)を指す。

34 電気事業法に基づく発電事業者に対して、石炭火力発電所（設備容量の過半を売電に充てているもの）について、経済産業省においてその方式を確認し、集計。非効率石炭火力についても同様。

35 ここでは亜臨界圧(SUB-C)と超臨界圧(SC)を指す。

【第123-1-6】非効率石炭火力フェードアウトに向けた対応の方向性

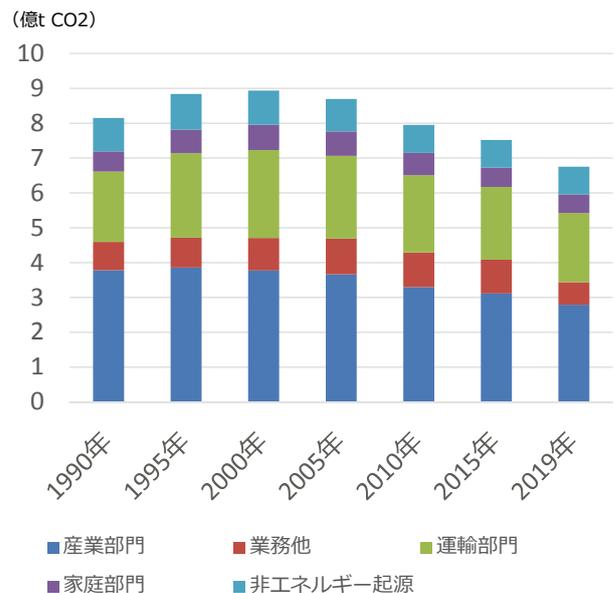


出典：総合資源エネルギー調査会電力・ガス基本政策小委員会(第32回)(2021年3月26日)資料より抜粋

(2) 非電力部門の現状

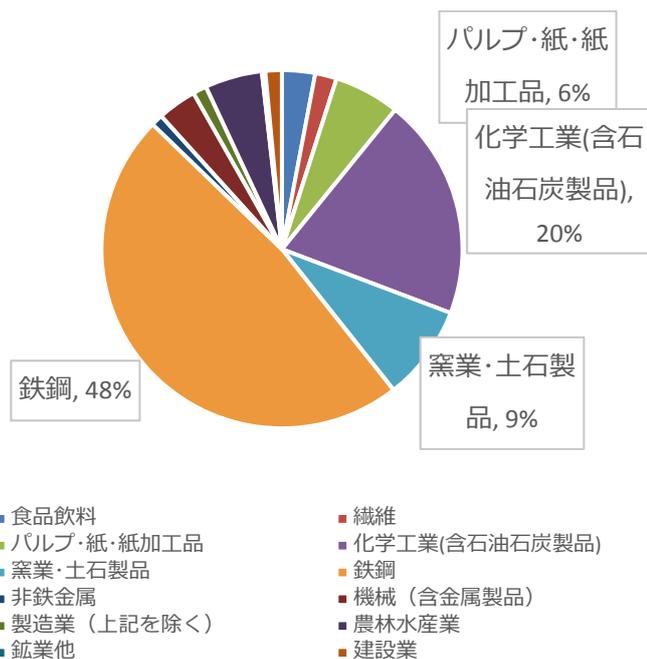
非電力部門のCO₂排出量は省エネ化等により減少を続けています(第123-1-7)。カーボンニュートラル実現のためには、①電化、②熱需要の水素の利用、③CCUSが必要ですが、電化では賄えないのが、製造プロセス上で大量の熱エネルギーを必要とする産業(例：パルプ・紙・紙加工業)や、化学反応においてCO₂が発生する産業(例：鉄鋼業、化学工業、セメント業)です。

【第123-1-7】非電力部門のCO₂排出量の推移(2019年度)



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」より経済産業省作成

【第123-1-8】産業部門のCO₂排出量の内訳(2019年度)



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」より経済産業省作成

①鉄鋼

鉄鋼業は産業部門のCO₂排出の約5割を占める最大の排出産業です。高炉による鉄鋼生産では、鉄鉱石から石炭を用いた還元反応を利用して鉄を精製していますが、この還元反応において、大量のCO₂が発生します。鉄鋼生産のカーボンニュートラル化を図るため、石炭ではなく水素を用いた還元反応により鉄を取り出す水素還元製鉄などの技術開発が必要になっています。

②化学

化学産業では、主に原料となるナフサを高温で熱分解しエチレンやプロピレンなどの基礎化学品を製造しています。現在は化石燃料などを燃焼させて熱エネルギーを得ており、この過程でCO₂が発生します。他方で、化学産業は炭素を原料利用できる産業でもあるため、発生するCO₂を回収し、水から光触媒により取り出した水素を使ってプラスチック原料を製造する人工光合成などのカーボンリサイクル技術の開発が必要になっています。

③セメント

セメントの主原料である石灰石は、炭酸カルシウム(CaCO₃)を成分としており、これを焼成してクリンカ(CaO)と呼ばれる中間製品を生成し、それに

石こう等を添加してセメントを作っていますが、石灰石の焼成過程での脱炭酸反応によりCO₂が発生します。このように、セメント製造では、焼成の熱源と化学反応の両方でCO₂を排出していることから、製造過程で発生するCO₂を回収するための技術開発等が必要になっています。

④パルプ・紙・紙加工品

紙の原材料は、木材チップや古紙が中心となっており、これらをパルプにし、水中に分散したパルプから水を蒸発させることで紙を作っています。現在は化石燃料や一部バイオ燃料などを燃焼させて熱エネルギーを得て乾燥させていますが、大量の熱エネルギーを必要とし、このプロセスの電化は現時点では困難とされています。カーボンニュートラルに向け、省エネルギー化やバイオ燃料の混焼割合を引き上げる技術開発等を進めるとともに、植林や廃材の利用等を組み合わせ、ライフサイクルでのCO₂排出量を削減する取組が行われています。

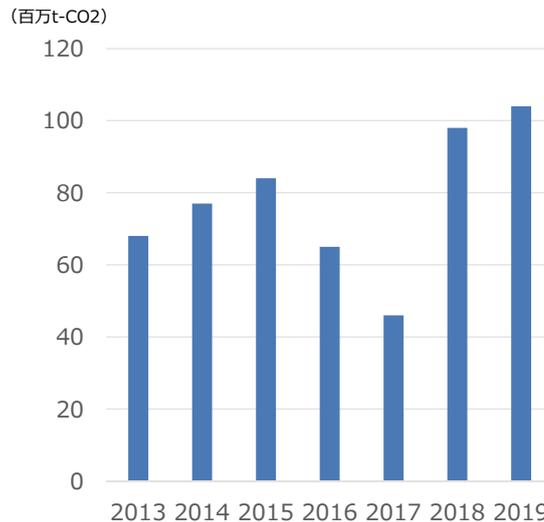
また、日本の企業数の99.7%を占める中小企業における脱炭素化の取組も重要です。大企業に比べ投資余力の小さい中小企業が脱炭素化に向けた取組を進められるような環境整備も求められます。

カーボンプライシングの動向

温室効果ガス排出削減のための手法としては、規制的手法(法令による統制や目標達成の義務付けなど)や経済的手法(経済的インセンティブの付与を通じた合理的な行動への誘導)、自主的取組手法(事業者等の自主的な努力目標の設定、対策の実施など)などが存在します。カーボンプライシングは、炭素への価格付けを通じて、民間事業者や消費者等の脱炭素への行動変容を促す経済的手法の一つであり、カーボンニュートラルを実現するための手法として注目を集めています。

カーボンプライシングの中にも様々な類型が存在します。CO₂の排出量に比例した課税を行う炭素税や、企業ごとに排出量の上限を決め、その超過分・余剰分を売買する国内排出量取引、CO₂削減価値を証書化・クレジット化して取引を行うクレジット取引が代表的です。特にクレジット取引は、欧米等の取引先からエネルギーの脱炭素化を求められている我が国の産業界を始め世界的にニーズが高まっており、近年取引量が增大しています(第123-1-9)。これらに加えて、国際的な市場メカニズムの整備や、企業内でCO₂排出に対して価格を付けて投資判断等に活用するインターナルカーボンプライシングといった手法も存在します。

【第123-1-9】クレジット取引量(世界)の推移



出典：Forest Trends「State of the Voluntary Carbon Markets 2020」より経済産業省作成

国内でCO₂に対する価格付けを行い排出量削減の誘導を行った結果、CO₂の価格が低い又は規制の弱い国に企業が移転してしまうと、結果として、世界全体のCO₂排出量が増大してしまう(いわゆる「カーボンリーケージ」)とともに、国内産業に大きな影響を与えることになります。このため、CO₂価格差等を国境で調整する仕組みとしての「炭素国境調整措置」について、EUでは具体的な制度の検討が行われています。

現在政府では、成長に資するカーボンプライシングの検討に取り組んでいます。検討に当たっては、成長戦略の趣旨に則った制度を設計しうるかについて、マクロ経済・気候変動対策の状況や脱炭素化に向けた代替技術の開発状況等を考慮した適切な時間軸を設定する観点、国際的な動向や多くの企業が脱炭素化に意欲的に取り組んでいることも含めた我が国の事情、企業の研究開発や設備投資への影響も含めた産業の国際競争力への影響等を踏まえることが必要です。企業が排出削減に向けた投資にメリットを感じ、具体的な投資を行うような制度となるよう、専門的・技術的な議論を進めていきます。

このように、カーボンプライシングを成長に資するものとするためには、炭素国境調整措置等を通じて国際的に公正な競争条件を確保すること、産業競争力強化やイノベーション、投資促進につながることで、国内で適切に還流・再配分されること等の観点を踏まえながら、脱炭素化の段階に応じて政策手法を組み合わせることが必要となります。

【第123-1-10】カーボンプライシングの類型

カーボンプライシングの類型

国内	<p>炭素税</p> <p>➢ 燃料・電気の利用 (= CO₂の排出) に対して、その量に比例した課税を行うことで、炭素に価格を付ける仕組み。</p>		<p>炭素国境調整措置</p> <p>CO₂の価格が低い国で作られた製品を輸入する際に、CO₂分の価格差を事業者に負担してもらう仕組み。</p> <p>※CO₂の価格が相対的に低い他国への生産拠点の流出や、その結果として世界全体のCO₂排出量が増加することを防ぐことが目的。</p> <p>※EU・米国で検討が進行中。</p>
	<p>国内排出量取引</p> <p>➢ 企業ごとに排出量の上限を決め、上限を超過する企業と下回る企業との間で「排出量」を売買する仕組み。</p> <p>➢ 炭素の価格は「排出量」の需要と供給によって決まる。</p>		
	<p>クレジット取引</p> <p>➢ CO₂削減価値を証書化し、取引を行うもの。日本政府では非化石価値取引、Jクレジット制度、JCM（二国間クレジット制度）等が運用されている他、民間セクターにおいてもクレジット取引を実施。</p>		
国際	<p>国際機関による市場メカニズム</p> <p>➢ 国際海事機関（IMO）では炭素税形式を念頭に検討中、国際民間航空機関（ICAO）では排出量取引形式で実施。</p>		
社内	<p>インターナル・カーボンプライシング</p> <p>➢ 企業が独自に自社のCO₂排出に対し、価格付け、投資判断などに活用。</p>		

出典：経済産業省・環境省作成

2. 2050年カーボンニュートラルに向けた道筋

(1) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

2020年12月、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（以下「グリーン成長戦略」とい

う。）が公表されました。国として、可能な限り具体的な見通しを示し、高い目標を掲げて、民間企業の前向きな挑戦を応援し、大胆な投資とイノベーションを促す環境を作ることを目的としたものです。

グリーン成長戦略では、2050年カーボンニュートラルに向けた道筋として、電力部門では脱炭素電源の拡大、産業・民生・運輸（非電力）部門（燃料利

【第123-2-1】グリーン成長戦略の枠組み

グリーン成長戦略の枠組み

- **企業の現預金（240兆円）**を投資に向かわせるため、**意欲的な目標を設定**。予算、税、規制・標準化、民間の資金誘導など、**政策ツールを総動員**。グローバル市場や世界のESG投資（3,000兆円）を意識し、**国際連携**を推進。
- 実行計画として、重点技術分野別に、開発・導入フェーズに応じて、2050年までの時間軸をもった**工程表**に落とし込む。技術分野によってはフェーズを飛び越えて導入が進捗する可能性にも留意が必要。
 - ①研究開発フェーズ：政府の基金＋民間の研究開発投資
 - ②実証フェーズ：民間投資の誘発を前提とした官民協調投資
 - ③導入拡大フェーズ：公共調達、規制・標準化を通じた需要拡大→量産化によるコスト低減
 - ④自立商用フェーズ：規制・標準化を前提に、公的支援が無くとも自立的に商用化が進む
- 2050年カーボンニュートラルを見据えた**技術開発から足下の設備投資まで**、企業ニーズをカバー。**規制改革、標準化、金融市場を通じた需要創出と民間投資拡大を通じた価格低減**に政策の重点。
 - 予算（高い目標を目指した、**長期にわたる技術の開発・実証**を、2兆円の**基金で支援**）
 - 税（**黒字企業：投資促進税制**、研究開発促進税制、**赤字企業：繰越欠損金**）
 - **規制改革**（水素ステーション、系統利用ルール、ガソリン自動車、CO₂配慮公共調達）
 - **規格・標準化**（急速充電、バイオジェット燃料、浮体式風力の安全基準）
 - **民間の資金誘導**（情報開示・評価の基準など金融市場のルールづくり）

出典：成長戦略会議（第6回）（2020年12月25日）資料より抜粋

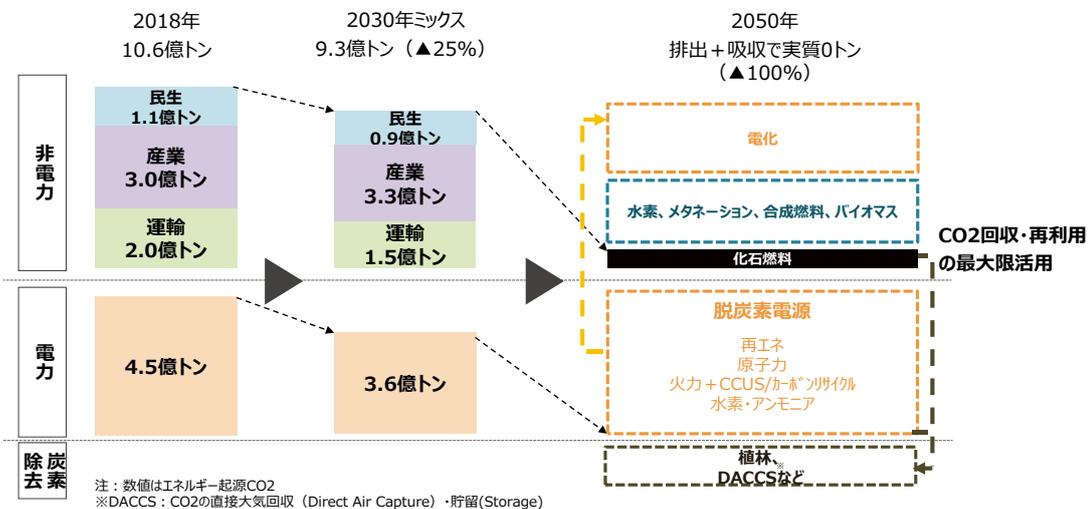
用・熱利用)においては、脱炭素化された電力による電化、水素化、メタネーション、合成燃料等を通じた脱炭素化を進める必要があります。こうした電源や燃料の転換を行ってもなお排出されるCO₂については、植林やDACCS(Direct Air Carbon Capture and Storage:炭素直接空気回収・貯留)などを用いて、実質ゼロを実現していくこととしています(第123-2-2)。

また、グリーン成長戦略では、2050年カーボンニュートラルを実現する上で不可欠な重点分野ごとに、①年限を明確化した目標、②研究開発・実

証、③規制改革・標準化などの制度整備、④国際連携などを盛り込んだ「実行計画」を策定し、合わせて2050年までの時間軸を持った工程表を提示しています。足下から2030年にかけて市場が立ち上がるものから、2050年にかけて市場が立ち上がってくるものまで、時間軸が異なる14分野を取り上げられています。

政府としては、2兆円のグリーンイノベーション基金をはじめ、税、規制改革・標準化、国際連携などあらゆる政策を総動員して、グリーン成長戦略を実行し、企業の前向きな挑戦を全力で後押しします。

【第123-2-2】2050年カーボンニュートラルへの転換イメージ



出典: 成長戦略会議(第6回)(2020年12月25日)資料を一部加工

【第123-2-3】グリーン成長戦略の重点14分野



出典: 成長戦略会議(第6回)(2020年12月25日)資料より抜粋

C O L U M N

脱炭素関連技術の日本の知財競争力

2050年カーボンニュートラル実現は、地球温暖化対策として、成長戦略として取り組む必要があります。グリーン成長戦略で取り上げられた14分野について、知財競争力を主要国と比較しました。

具体的には、知財競争力を代表する指標として、他社からの注目度(他社閲覧回数、情報提供回数など)や他社への脅威度(他社拒絶査定引用回数、無効審判請求回数など)等を評価し、それを各特許の残存年数等と掛け合わせ、国・地域ごとに集計をした指標(トータルパテントアセット)を用いています。過去10年(2010年から2019年)に、日本、米国、中国、韓国、台湾、英国、ドイツ、フランスの8か国に出願された特許を分析の対象としています。

日本は、「水素」、「自動車・蓄電池」、「半導体・情報通信」、「食料・農林水産」の4分野で首位、他の6分野(洋上風力、燃料アンモニア、船舶、カーボンリサイクル、住宅・建築物/次世代型太陽光、ライフスタイル)でも世界第2位又は第3位となっており、比較的高い知財競争力を保有していると言えます(第123-2-4)。

日本が首位になっている分野について、個別に概観すると、「水素」と「自動車・蓄電池」は、日本が他国と比較して強い分野と言えますが、両分野において日本の自動車メーカー・自動車部品メーカーが高い知財競争力を持ち、他国企業を大きく離していることが要因となっています。「半導体・情報通信」については、上位50社中19社を日本企業が占めており、半導体の素材から製造装置、情報通信機器・システムまで幅広い企業が上位に入っています。「食料・農林水産」では、日本の農業用機械の特許が強く、欧米の化学メーカーを抑え上位に入っています。

今回の分析は、知財競争力のあくまで一面を評価したのですが、日本が持つ知財競争力を、今後の社会実装の段階で産業競争力に変えていくことが重要です。そのためには、例えばカーボンニュートラルポート³⁶をはじめ、インフラの側面からも社会実装を支援すること、あるいは、燃料アンモニアの国際標準化の推進といった国際ルール形成の中で社会実装を支援することなど、環境整備を行うことが重要です。

【第123-2-4】14分野の知財競争力の国別比較

地域	国	1. 洋上風力発電	2. 燃料アンモニア	3. 水素	4. 原子力	5. 自動車・蓄電池	6. 半導体・情報通信	7. 船舶
北米	米国	111,695	188,071	4,446,582	339,254	17,888,117	8,126,236	231,415
	日本	117,766	110,725	10,408,492	66,092	41,031,435	8,374,314	207,923
アジア	中国	395,799	132,596	7,189,022	220,847	19,664,237	7,798,931	205,020
	韓国	72,335	11,248	4,084,474	27,257	16,487,746	2,238,312	331,374
	台湾	7,645	882	198,865	3,165	748,283	1,953,732	7,337
欧州	ドイツ	96,045	103,181	1,850,588	15,001	7,398,661	1,898,786	196,053
	フランス	62,831	8,393	1,133,446	28,364	2,998,717	730,967	32,060
	イギリス	35,046	21,324	770,201	66,596	493,248	243,323	51,966

地域	国	8. 物流・人流・土インフラ	9. 食料・農林水産	10. 航空機	11. カーボンリサイクル	12. 住宅・建築物/次世代型太陽光	13. 資源循環関連	14. ライフスタイル
北米	米国	1,771,988	140,671	155,096	1,727,312	401,992	1,636,011	167,744
	日本	645,048	252,610	23,981	1,136,507	487,430	441,670	38,253
アジア	中国	4,146,451	108,493	36,852	1,729,685	1,418,341	3,563,366	254,570
	韓国	922,864	129,503	5,427	489,824	301,729	456,702	23,241
	台湾	61,268	4,889	0	35,739	9,081	21,847	2,807
欧州	ドイツ	354,831	11,656	5,642	333,691	69,882	158,333	29,821
	フランス	170,935	19,903	68,515	387,132	16,217	173,150	35,548
	イギリス	65,059	13,239	8,940	68,923	5,404	69,784	8,563

出典：アスタミューゼ(株)「令和2年度エネルギーに関する年次報告書に係る脱炭素関連技術の日本の競争力に関する分析作業等」等の分析結果より経済産業省作成

36 国際物流の結節点・産業拠点となる港湾において、水素・燃料アンモニア等の次世代エネルギーの大量・安定・安価な輸入や貯蔵等を可能とする受入環境の整備や、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化等を通じて温室効果ガスの排出を全体としてゼロにすることを旨とするもの。

【第123-2-5】各分野の分析結果の特徴

分野	分析結果概要
1 洋上風力産業	✓ 中国が、日米を大きく離して首位。中国は、特許出願数も多いが、特許の注目度や排他性なども高く、知財競争力が高いと評価される。
2 燃料アンモニア産業	✓ 米国は、エクソンモービルが突出した知財競争力を持ち、首位となっている。 ✓ 中国が2位であるが、特許出願数は米国より多い。また、大学・研究機関が特許出願者の中心。
3 水素産業	✓ 日本は、自動車メーカー3社による燃料電池自動車関連の特許がけん引し、首位。 ✓ 他国も、自動車メーカーが上位を占めている。
4 原子力産業	✓ 日本は原子力関連機器の製造分野での競争力が高いが、本分析の対象は、SMRや高温ガス炉等の次世代革新炉や核融合であり、米国・中国が特許出願数、注目度や排他性ともに高い。
5 自動車・蓄電池産業	✓ 各国の自動車メーカーが上位を占め、電池メーカー・部素材メーカーがその後に並んでいる。日本は、自動車メーカー3社がけん引し、首位。
6 半導体・情報通信産業	✓ パワー半導体などの分野がけん引する形で日本が首位となっている。 ✓ 米国も出願数が少ないものの、特許の注目度や排他性等は高く、知財競争力が高い。
7 船舶産業	✓ 上位3位までを韓国企業が占めており、韓国が高い知財競争力を持つ。
8 物流・人流・土木インフラ産業	✓ 陸上運輸に関わる企業(自動車・重電)や物流部門の企業が上位に。中国は特許出願数が多く、特許の注目度や排他性なども高い。
9 食料・農林水産業	✓ 温室効果ガス吸収に関わる農林畜産技術や関連機具等の技術の特許を分析。日本の農機具メーカーが上位を独占(省エネ化など)しており、日本が首位に。
10 航空機産業	✓ 航空機メーカー(米ボーイング、仏エアバス)が強く、首位が米国、2位がフランス。
11 カーボンリサイクル産業	✓ バイオ燃料とCCS関係の特許が大宗を占めている。それに続くジャンルとして人工光合成、CO ₂ 吸収コンクリートがあるが、現時点では数は少ない(両分野では日本の知財競争力は高い)。
12 住宅・建築物産業／次世代型太陽光産業	✓ 太陽光発電関係の特許が上位を占め、中国は特許出願数が多く、特許の注目度や排他性なども高い。日本も太陽光発電関係企業を中心に健闘している。
13 資源循環関連産業	✓ ゴミ・汚泥処理などに関わる技術の特許を分析。中国は、特許出願数が多く首位に。大学・研究機関が上位を占めている。
14 ライフスタイル関連産業	✓ CO ₂ 削減に係る行動変容やシェアリング、気候変動予測などに関わる技術の特許を分析。中国が、特許出願数が多く首位に。

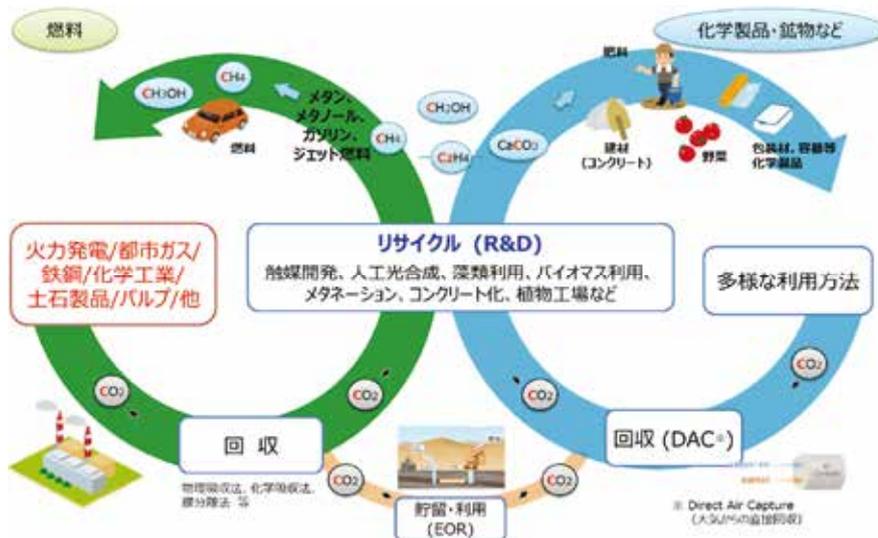
出典：アスタミューゼ(株)「令和2年度エネルギーに関する年次報告書に係る脱炭素関連技術の日本の競争力に関する分析作業等」等の分析結果より経済産業省作成

(2) CO₂を資源として利用する「カーボンリサイクル」

実行計画に取り上げられた分野のうち、「CO₂排出源の代替技術への置き換え」ではなく、「CO₂を資源として有効活用」する技術である「カーボンリサイクル」は、今後、日本が技術面・産業面で世界をリードしていくことが期待されている分野の一つです。

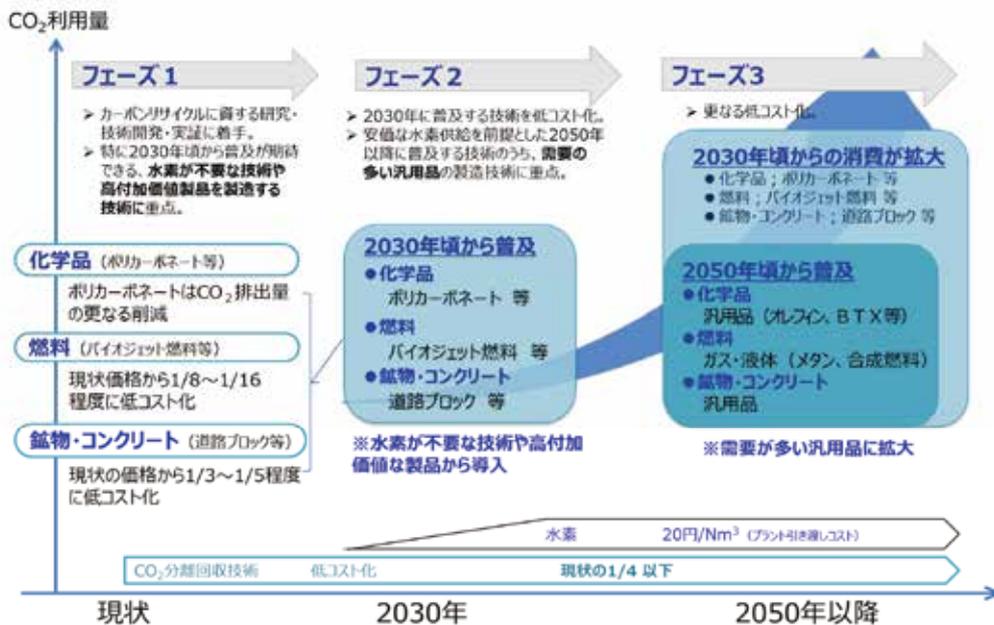
「カーボンリサイクル」により、火力発電所等から排出されたCO₂や大気中から直接回収したCO₂を、鉱物化(コンクリートの材料として利用)や水素と組み合わせることで化学製品など新たな素材を作ることが可能になります。

【第123-2-6】カーボンリサイクルの概念図



出典：経済産業省HPより抜粋

【第123-2-7】カーボンリサイクルの技術ロードマップ



出典：経済産業省HPより抜粋

2019年6月にカーボンリサイクル技術ロードマップが、経済産業省の取りまとめの下、内閣府、文部科学省、環境省の協力を得て策定されました。当該ロードマップでは、カーボンリサイクル技術を社会に実装していくに当たって、3段階で進めていくこととしています。

第1段階(フェーズ1)では、カーボンリサイクルに資する研究や技術開発、実証に着手することし、特に2030年頃から普及が期待できる、水素が不要な技術や高付加価値製品を製造する技術に重点を置くこととしています。第2段階(フェーズ2)では、2030年に普及する技術を低コスト化していくとともに、安価な水素供給を前提とした2050年以降に普及する技術のうち、需要の多い汎用品の製造技術に重点を置くこととしています。第3段階(フェーズ3)では、カーボンリサイクルによる製造技術・製品のさらなる低コスト化を図り、社会実装を進めていくこととしています。

このように、カーボンリサイクルは技術開発を伴って多くの製品に展開されていくことが期待されていますが、既に製品化されているものもあります。

●CO₂吸収型コンクリート

新たに開発された混和材を、セメントを一部代替する形でコンクリートに用いたものがCO₂吸収型コンクリートです。混和材がCO₂を吸収するとともに、

セメント使用量を減らすことでセメント製造時のCO₂を削減することができます。しかし、CO₂吸収型コンクリートは鉄筋が錆びやすいため、現状、鉄筋構造物には使用できず、用途は道路・舗装ブロックやパネル等に限定されています。また、コストが通常のコンクリート製品に比べて3～5倍であることが課題とされており、用途拡大・低コスト化を図るための技術開発が行われています。

●CO₂を原料とした化学素材(ポリカーボネート)

ポリカーボネート樹脂は自動車のヘッドライトカバーやパソコンの外装、CDやDVDなどに幅広く使われている素材です。従来のポリカーボネート製造技術は、有毒性が高いホスゲンを使用していましたが、新たな製造法では、ホスゲンを使用せずに、アルコール、CO₂、フェノールを原料として、ポリカーボネートを製造することが可能となっており、CO₂の有効活用と有毒物質の使用削減の両面で意義のあるものとなっています。

●CO₂を原料とした化粧品用プラスチック容器

フランスの大手化粧品メーカーが、フランスの石油化学会社と米国のスタートアップと共同で、排気ガス中のCO₂を再利用するカーボンリサイクル技術を活用して、化粧品用ポリエチレン容器を開発しています。

●人工光合成によるプラスチック原料

人工光合成では、水とCO₂を原料とし、太陽エネルギーを用いてプラスチック原料を製造することができます。現状では、太陽エネルギーを用いて水か

ら水素を製造する光触媒の変換効率が低く、また製造コストが高いため、大規模実証の実施には技術的課題があります。そのため変換効率の高い光触媒等の開発が行われています。

【第123-2-8】カーボンリサイクルの実用化事例

CO₂吸収型コンクリート

◆ 用途例

道路ブロック



型枠



舗装ブロック



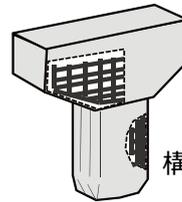
用途拡大の
技術開発



ダム



河川構造物



構造物の梁



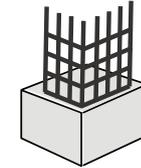
宅地造成用等のL字擁壁



共同溝・地下道等のボックスカルバート



護岸ブロック



構造物の柱

CO₂原料のポリカーボネート

◆ 用途例



【ヘッドライトカバー】



【携帯電話の筐体】

出典：旭化成HP

CO₂原料の化粧品用プラスチック容器

◆ 製品イメージ



出典：日本ロレアル(株)より提供

C O L U M N

カーボンリサイクルに関する知財競争力

グリーン成長戦略の14分野に関する知財競争力の分析(第123-2-5)において、カーボンリサイクルについても分析をしましたが、この分析では、CO₂の分離・回収技術や、燃料に転換するバイオ燃料の特許が上位を占めており、日本は、中国、米国に次ぐ第3位となっています。一方で、燃料以外の素材や製品に転換する部分では日本が強みを発揮しています。例えば、太陽光エネルギーを使って水から水素を作り出したり、CO₂を化学品に変換したりする「人工光合成」の分野では、日本の知財競争力の数値は他国を圧倒しており(第123-2-9)、企業別に見ても、上位を日本企業が独占する結果となっています。

【第123-2-9】人工光合成の知財競争力の国別比較

地域	国	人工光合成
北米	米国	1,265
	日本	94,117
アジア	中国	1,300
	韓国	1,536
	台湾	0
	ドイツ	717
欧州	フランス	2,826
	イギリス	0

出典：アスタミューゼ(株)「令和2年度エネルギーに関する年次報告書に係る脱炭素関連技術の日本の競争力に関する分析作業等」等の分析結果より経済産業省作成

注：知財競争力とは、他社からの注目度(他社閲覧回数、情報提供回数など)や他社への脅威度(他社拒絶査定引用回数、無効審判請求回数など)等を評価し、それを各特許の残存年数等と掛け合わせ、国・地域ごとに集計をした指標

アスタミューゼ社が保有する日本の科学研究費や米国の国立衛生研究所・国立科学財団等、世界25か国、約90兆円の研究投資情報のデータベースから、2010年以降に実施された「人工光合成」に関する研究テーマを、配布額が大きい順に上位20件をランキング化すると、20件のうち、米国が12件で最多(計9500万米ドル)、次いで英国と日本が3件ずつ(それぞれ計2300万米ドル、1700万米ドル)となっています。各国が公的な研究開発支出を増加させており、人工光合成分野における国際的な開発競争が激しくなることは予想されます。