

《第3節 カーボンニュートラルに向けた国際的な動向と我が国の取組》

1 カーボンニュートラルの実現に向けた国際的な動向

世界規模で異常気象や大規模な自然災害が増加し、気候変動問題への対応は人類共通の課題となっている。カーボンニュートラル目標を表明する国・地域が増加し、世界的に脱炭素の実現に向けた気運が高まる中、2022年は、COP27（国連気候変動枠組条約第27回締約国会議）の開催や各国政府の取組が進んだことに加え、産業等の脱炭素化に向けた国際的イニシアティブにおける議論も活発化した。

さらに、2022年2月に、ロシアによるウクライナ

侵攻が開始されると、世界各国では、エネルギーの価格が高騰した。欧州連合（EU）では、10年間に官民協調で約140兆円程度の投資実現を目標とした支援策を定め、一部のEU加盟国では、国家を挙げて発電部門、産業部門、運輸部門、家庭部門等における脱炭素につながる投資を支援し、早期の脱炭素社会への移行に向けた取組を加速している。また、米国では、超党派によるインフラ投資法に加え、2022年8月には、10年間で約50兆円程度の国による対策（インフレ削減法）を定める等、欧米各国は国家を挙げた脱炭素投資への支援策に取り組んでいる（図531-1）。

図531-1 諸外国におけるGXへの政府支援

国	政府支援等	参考:削減目標	参考:GDP
米国 2022.8.16 法律成立	10年間で 約50兆円 (約3,690億\$)	2030年▲50-52% (2005年比)	約23.0兆\$
ドイツ 2020.6.3 経済対策公表	2年間を中心 約7兆円 (約500億€)	2030年▲55% (1990年比) ※EU全体の目標	約4.2兆\$
フランス 2020.9.3 経済対策公表	2年間で 約4兆円 (約300億€)	2030年▲55% (1990年比) ※EU全体の目標	約2.9兆\$
英国 2021.10.19 戦略公表	8年間で 約4兆円 (約260億£)	2030年▲68% (1990年比)	約3.2兆\$
EU 2020.1.14 投資計画公表	官民のGX投資額 10年間で 約140兆円 (約1兆€)	2030年▲55% (1990年比)	約17.9兆\$

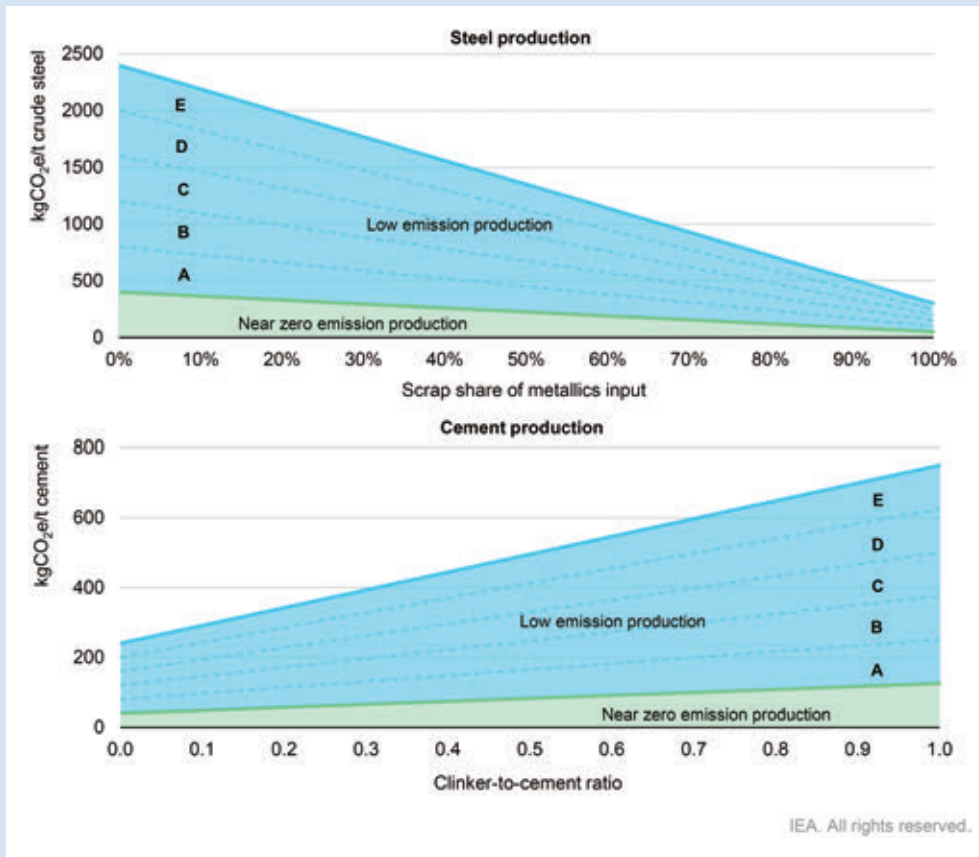
出所：内閣官房「第3回GX実行会議」（2022年10月）

コラム

G7主導の産業脱炭素化の推進

G7では、産業脱炭素化に関連する協力を強化するために、2021年のG7議長国の英国と米国が主導し、「産業脱炭素化アジェンダ（IDA）」を立ち上げ、産業脱炭素化の議論が進められている。2022年は、議長国のドイツを中心に、鉄鋼とセメント分野に焦点を当て、G7の共同アクションをとりまとめ、その成果はG7気候・エネルギー大臣会合の成果文書に反映された。その中で、主たる成果物として、国際エネルギー機関（IEA）によるレポート「Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members」が提案した「ニアゼロ排出素材生産（Near Zero Emission Materials Production）」の定義を「確かな出発点」として認識するとともに、製造事業者のネットゼロ素材生産への移行を支援するための政策リストである「政策ツールボックス」の開発が行われた。

図 IDAによるニアゼロ排出素材の定義



備考：鉄鋼、セメントの生産時において、CO₂の排出量が、前者はスクラップ比率、後者はクリンカ比率に応じた上限値以下の場合、ニアゼロ排出素材と定義される。

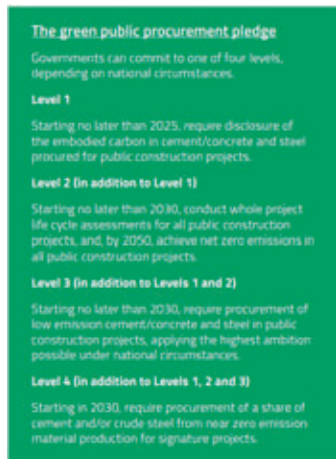
出所：IEA “Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members”（2022年5月）

コラム

国連機関主導の産業脱炭素化イニシアティブ

2021年6月、世界29か国が加盟するクリーンエネルギー大臣会合（CEM）内で、英国とインド主導により、鉄鋼とセメントを含む低炭素排出材料の市場を活性化させることを目的として、産業高度脱炭素化イニシアティブ（Industrial Deep Decarbonisation Initiative：IDDI）が設立された。国連工業開発機関（UNIDO）の支援の下、低炭素排出製品の公共調達を推進するため、製品の排出原単位の標準化、公共・民間部門の意欲的な調達目標を設定し、低炭素排出製品の開発、産業ガイドラインの制定を奨励している。IDDIに参加する政府は、4つの項目からなる「グリーン公共調達プレッジ」に、各国の状況に応じてコミットが可能となっている。我が国は、2022年11月のCOP27でIDDIへの加盟を発表した。

図 IDDIのグリーン公共調達プレッジ



IDDI グリーン公共調達プレッジ

各国政府は、国の状況に応じて、4つのレベルのいずれかにコミットすることができる。

- レベル1：2025年までに、公共建設プロジェクトで調達するセメント/コンクリート、鉄鋼に含まれる炭素排出の開示を義務付ける。
- レベル2：レベル1に加え、2030年までに、すべての公共建設プロジェクトについて、プロジェクト全体のライフサイクル評価を実施し、2050年までにすべての公共建設プロジェクトでネットゼロエミッションを達成する。
- レベル3：レベル1, 2に加え、2030年までに、公共建設プロジェクトにおいて低排出セメント/コンクリート及び鉄鋼の調達は義務付け、各国事情に応じて可能な限り高い野心を適用する。
- レベル4：レベル1, 2, 3に加え、2030年以降、著名なプロジェクトにおいて、ニアゼロエミッションのセメントや鉄鋼の調達を義務付ける。

*レベル3, 4ではIEALレポートにおけるセメントと鉄鋼の低排出量生産の定義を採用

資料：経済産業省

出所：IDDI “Using the power of public procurement to incentivize the production of low and near-zero emission materials” (2022年9月)

コラム

経済安全保障・エネルギー安全保障の観点を踏まえた新たなサプライチェーン構築とGXの推進・・・三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株） 持続可能社会部長・上席主任研究員 清水 孝太郎 氏

2022年2月、ロシア軍がウクライナへの侵攻を開始した。ウクライナが生産を担っている希ガス類やレアメタル類の調達に影響が生じると思われたが、我が国における同国からの輸入割合は相対的に低く、また、それ以外の国からの輸入へ切り替えることができたおかげで、供給途絶の影響は比較的小さい範囲にとどまった（図1）。希ガス類は半導体産業等には必要不可欠な資材であり、レアメタル類は、自動車、電気電子機器等には必須の原料である。一方で、欧米諸国によるロシアへの経済制裁や、これに歩調を合わせた我が国の輸入停止・抑制措置、ロシアによる報復措置としての各種原材料やエネルギーの輸出停止措置は、特に欧州を中心として世界各国に大きな影響を与えた。

カーボンニュートラル社会の推進、原子力に依存しないエネルギー供給体制の確立を目指し、ドイツは脱原子力及び脱石炭を長らく国の方針として掲げてきた。天然ガスは、石炭に比べると温室効果ガスの排出量が相対的に小さいことから、ドイツは天然ガスの利用を重視し、ロシア産天然ガスへの依存を次第に高めつつあった。しかし、ロシアとの関係性が悪化したことで、ドイツとロシアを結ぶ天然ガスパイプライン「ノルドストリーム1・2」によるドイツへの天然ガス供給は停止したままとなっており、好調だったドイツ経済に打撃を与えている（図2）。

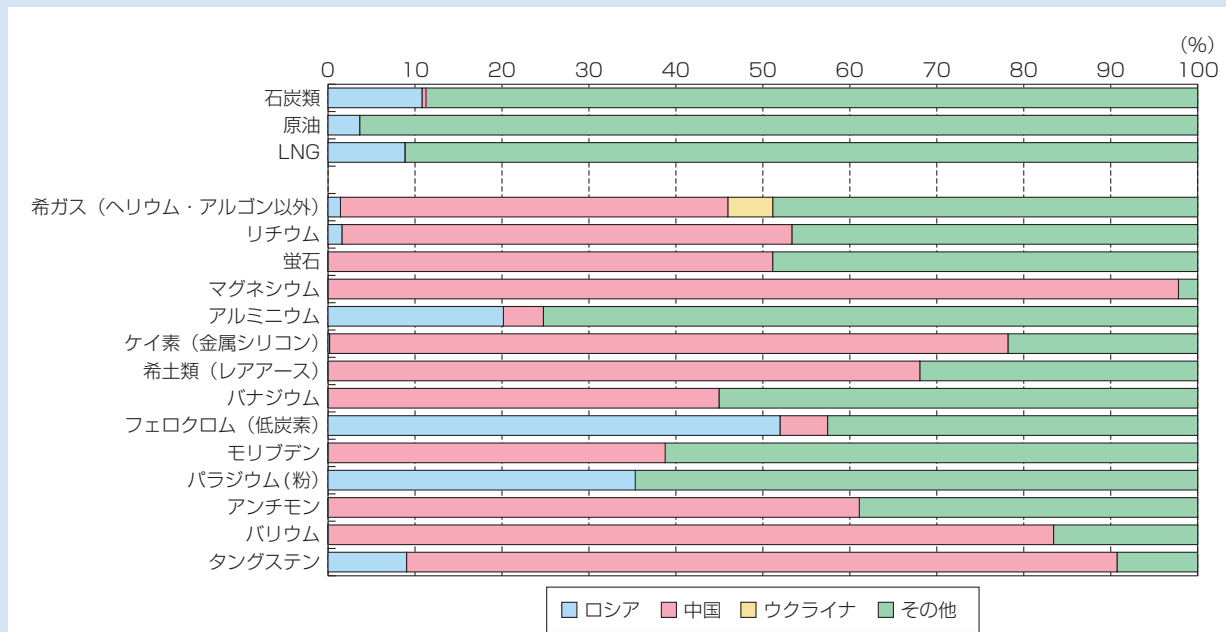
欧州議会は、2022年7月、EUタクソノミー規則の中で、原子力発電を脱炭素に貢献する持続可能なエネルギー源であるとした。処理が容易ではない放射性廃棄物が発生することから、これまで原子力発電には否定的な評価が下されていたが、他国からの輸入に依存する要素が小さいこと、化石燃料を使用しないため、温室効果ガスの発生抑制にも貢献することから、安全保障及び脱炭素に資するエネルギー源として新たな位置づけを与えられた。欧州各国は、脱炭素をはじめとして、持続可能な社会づくりに力を注ぐが、ロシア軍によるウクライナ侵攻を経ても、その基本方針に変化はない。しかし、安全保障の観点が加わったことで、個別のエネルギー政策の在り方は大きく変わりつつある。

資源やエネルギーの問題は、持続可能性への配慮だけではなく、経済安全保障の観点からも考えなければならない問題となっている。ロシア軍によるウクライナ侵攻以前から、米国と中国の対立は存在していたが、現在はロシアや中国といった国に依存しない資源・エネルギーのサプライチェーンを構築しようとする動きが進みつつある。例えば、航空機用の軽量化材料として用いられているチタンの場合、これまで

ロシアやウクライナから輸入する航空機等メーカーが大半であったが、現在は代わりに我が国チタンメーカーからの輸入を増やす方向にある。また、我が国におけるエネルギーのサプライチェーンへの影響も無視できない。国内の都市ガス供給事業者は、必要とする液化天然ガスのほぼ全てを輸入に依存しているため、その価格高騰の問題に直面している。また、一部の都市ガス供給事業者は、樺太（サハリン）に有する権益の維持で難しい綱渡りを迫られた。我が国でもロシア産エネルギーへの依存を見直そうとする動きが拡大しており、エネルギーの脱炭素化を目指す意味からも、再生可能エネルギーの導入拡大や、原子力発電所の再稼働も進みつつある。日本企業にとっても、脱炭素は地球環境への配慮のみならず、経済安全保障の観点からも極めて重要な経営課題となっている。

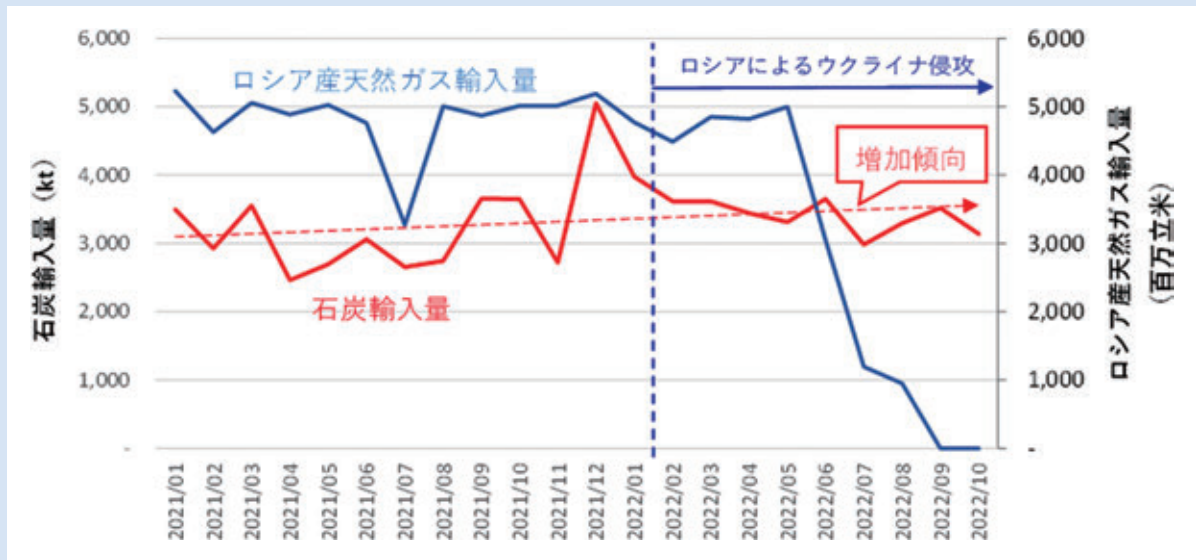
原材料の生産において、持続可能性への配慮を評価し、これを可視化しようとするルールづくりが、ISOなどの国際標準化機関で進められている。ISO/TC298（希土類）では、発電機やモータに用いられるレアアースの採掘や、生産における持続可能性への配慮状況を記録し、需要家へ開示していくための国際規格づくりが進んでいる。また、ISO/TC333（リチウム）でも、リチウムイオン二次電池の原料となるリチウムの採掘や生産を対象として、同様の国際規格づくりが進められようとしている。持続可能性に配慮したサプライチェーンの構築は、環境分野にとどまらず、社会分野にも及んでいる。例えば、鉱石採掘や処理時において、労働安全、先住民保護、反政府勢力等への資金提供回避等を求める「責任ある調達」という取組が、国際NGO等によって制度化されつつある。ISOにおける国際標準化の方向性を勧告する戦略諮問グループ（SAG）でも、2022年6月、持続可能な重要鉱物のサプライチェーン構築に向けて取り組まなければいけない事項を提言にまとめたところである。

図1 主要産出国がロシア・中国・ウクライナである資源の輸入先割合（2021年）



備考：財務省「貿易統計」により作成。

図2 ドイツのロシア産天然ガス・石炭輸入量の推移



資料：Eurostat

2 カarbonニュートラルの実現に向けた我が国の取組

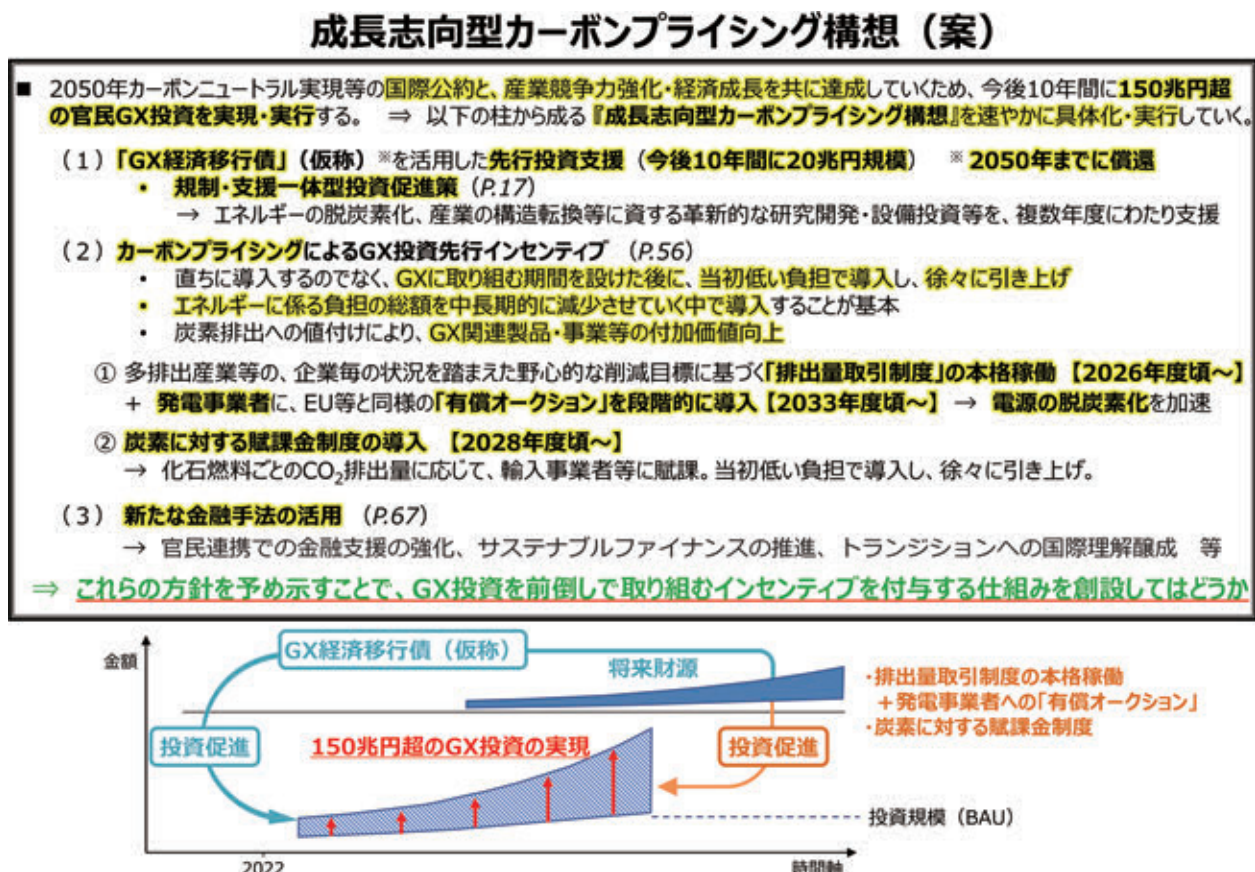
(1) GX実行会議

産業革命以来の化石燃料中心の経済・社会、産業構造をクリーンエネルギー中心に移行させ、経済・社会システム全体の変革、すなわち、GXを実現するため、必要な施策を検討することを目的として、2022年7月、内閣総理大臣を議長とする「GX実行会議」を設置した。

本会議では、2022年7月から12月まで全5回の議論を行い、同年12月22日開催の第5回会議では、「GX実現に向けた基本方針」をとりまとめ、2023年2月10日に同基本方針を閣議決定した。

基本方針では、気候変動問題への対応やロシアによるウクライナ侵攻を受け、国民生活と経済活動の基盤となるエネルギー安定供給を確保するとともに、我が国の産業競争力強化・経済成長の同時実現に向けて、今後10年間で官民合わせて150兆円を超える投資が必要であることを示し、このような巨額のGX投資を官民協調で実現するため、「成長志向型カーボンプライシング構想」を速やかに実現・実行していくこととした。具体的には、「GX経済移行債」等を活用した大胆な先行投資支援や、炭素に対する賦課金などのカーボンプライシングによるGX投資先行インセンティブ、さらに、新たな金融手法の活用といった措置を講じることとしている（図532-1）。

図532-1 成長志向型カーボンプライシング構想（案）



出所：クリーンエネルギー戦略検討合同会合事務局「GXを実現するための政策イニシアティブの具体化について」（2022年12月）

(2) サプライチェーン全体でのカーボンニュートラルに向けたカーボンフットプリントの算定・検証等に関する検討会

カーボンニュートラルを実現するためには、個々の企業の取組のみならず、サプライチェーン全体での温室効果ガスの排出量削減を進めていく必要があるが、そのためには、脱炭素・低炭素製品（グリーン製品）が選択されるような市場を創出する必要があり、その基盤として製品単位の排出量（カーボンフットプリント（CFP））を見える化する仕組みが不可欠である。

製造事業者は、顧客企業、消費者、金融市場、政府などの様々なステークホルダーから、サプライチェーン全体における排出量の見える化が求められるようになっており、取組の有無が企業価値を左右する評価指標となりつつある。その結果、サプライチェーン全体でのCFPの見える化を求める動きが広がりつつある。

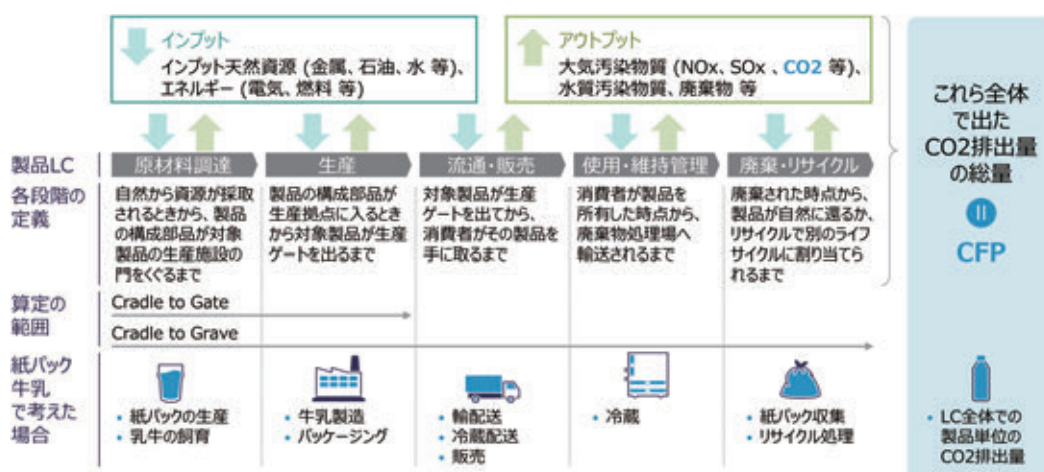
また、EUの炭素国境調整措置（CBAM）、デジタルプロダクトパスポートなどのルールや、First Movers Coalition（FMC）のような、グローバル企業によるグリーン製品の調達行動など、CFPに着目した国際的なイニシアティブが動き出しており、我が国産業の国際競争力の維持・強化のためにも、CFPの見える化、削減を促す必要がある。

経済産業省は、2021年8月にとりまとめた「世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会中間整理」において、今後、IT技術等も活用したCFP見える化の基盤整備に

ついては、既存の取組を踏まえながら、専門的な議論を進めることとした。また、2022年5月にとりまとめた「クリーンエネルギー戦略中間整理」においても、製品の排出量等の表示ルールの策定等により、グリーン製品が選定されるような市場を創出していくとともに、サプライチェーン全体でCFPの見える化、削減を行うことで、製品の競争力強化、サプライチェーンの強靱化を図るような取組を後押ししていくこととしている。

このような背景を踏まえ、経済産業省では2022年9月より、「サプライチェーン全体でのカーボンニュートラルに向けたカーボンフットプリントの算定・検証等に関する検討会」を開催し、CFPをめぐる現状と課題、今後の方向性について議論を行った。全4回の議論の成果を踏まえ、2023年3月には、①国内外のCFPをめぐる状況を整理するとともに、このような状況を踏まえ、日本企業のサプライチェーン全体での排出量削減と製品・産業の競争力強化の観点から、参照すべきルールを考察するとともに、CFPに関連する政策対応の方向性を明示するレポート（カーボンフットプリントレポート）に加え、②CFPの算定及び検証について、具体的に必要と考えられる事項・枠組について整理し、それを満たすことで一定の確かさを担保することができるガイドライン（カーボンフットプリントガイドライン）の2つをとりとまとめ、公表した。

図 532-2 カーボンフットプリントの定義



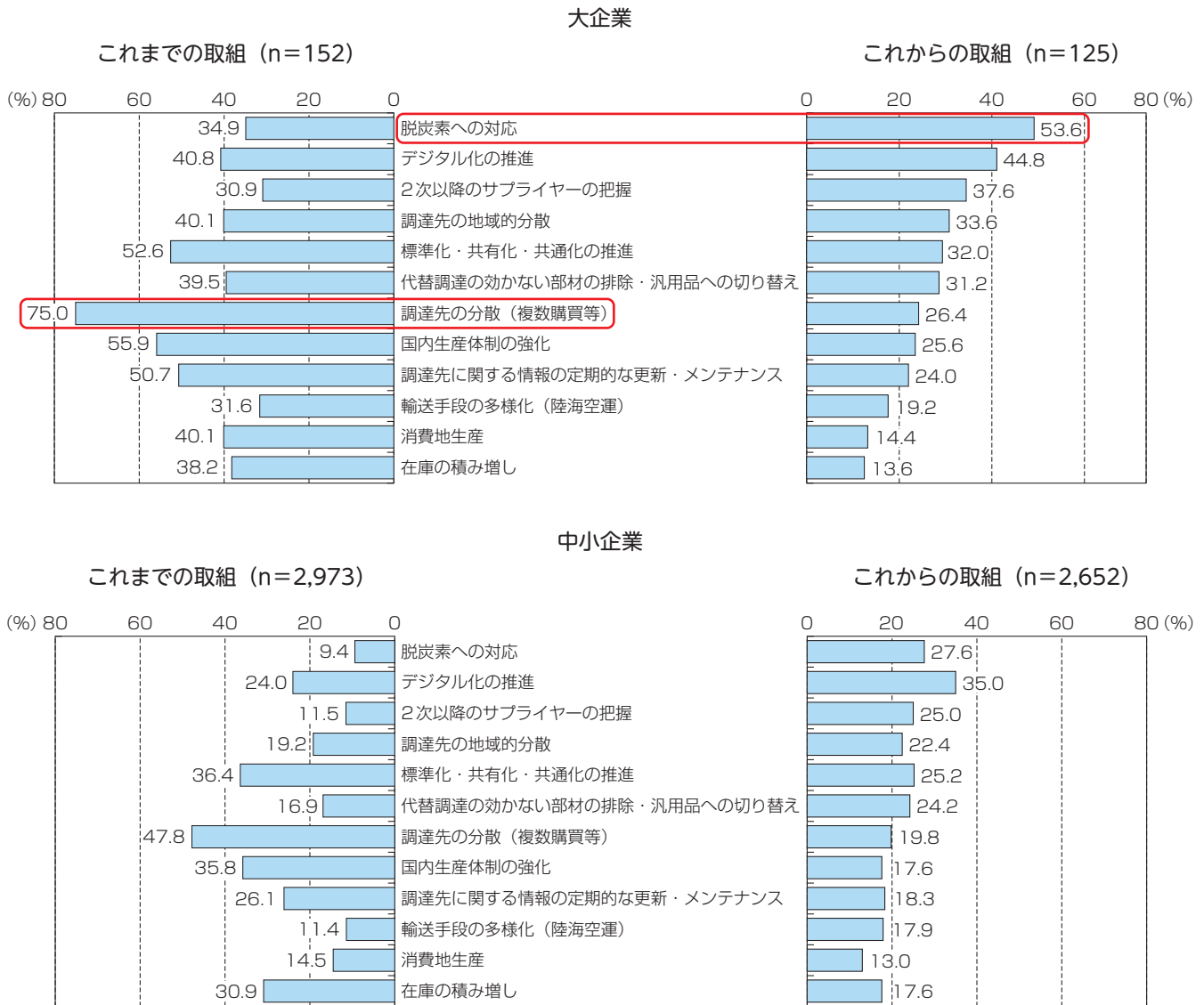
出所：経済産業省「第1回サプライチェーン全体でのカーボンニュートラルに向けたカーボンフットプリントの算定・検証等に関する検討会」（2022年9月）

3 脱炭素に関わる我が国製造事業者の動向

我が国製造事業者に対して、サプライチェーンの安定化に向けた取組を聞いた調査をみると、これまで実

施してきた取組としては、調達先の分散や国内生産体制の強化といった項目を挙げる企業が多かったが、これから実施する取組としては、過半数の大企業が「脱炭素への対応」を挙げている（図533-1）。

図533-1 サプライチェーンの安定化に向けた取組の内容

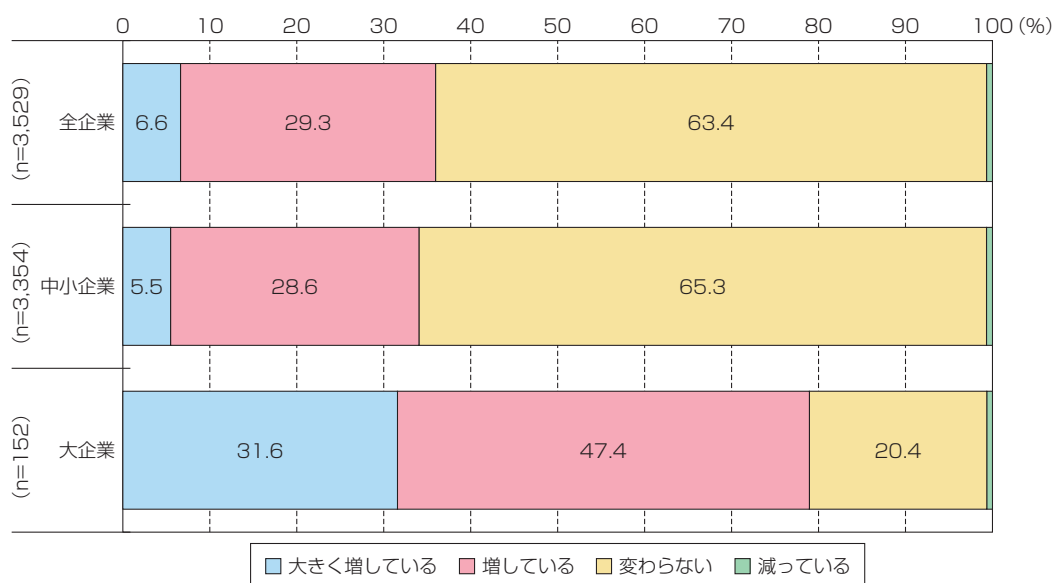


資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年3月）

また、前年と比較した場合の脱炭素に向けた取組の重要性の変化については、重要性が「大きく増している」又は「増している」と回答した中小企業の割合は約3割、大企業は約8割となっている（図533-2）。

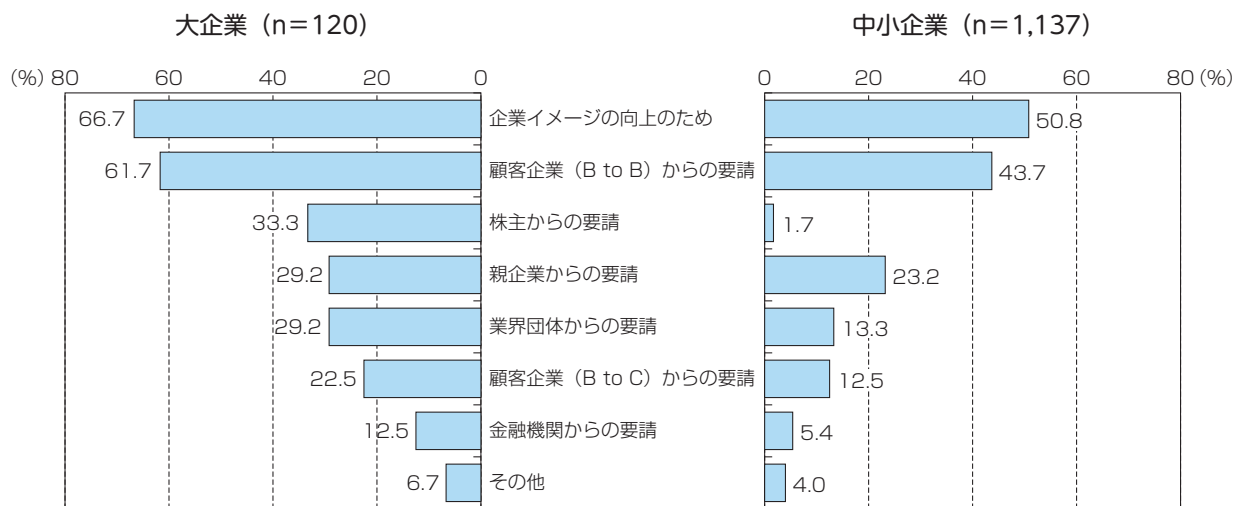
また、その背景としては、大企業、中小企業ともに、「企業イメージの向上のため」と「顧客企業（BtoB）からの要請」の割合が大きくなっている（図533-3）。

図533-2 前年と比較した脱炭素に向けた取組の重要性の変化



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年3月）

図533-3 重要性が高まっている要因



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年3月）

以下では、取引先からの要請により、脱炭素に向けた取組の必要性に迫られる製造事業者に対して、自社の

サービスの販売拡大に成功した企業の事例を紹介する。

コラム

脱炭素をきっかけとしたDXの推進
・・・旭鉄工（株）

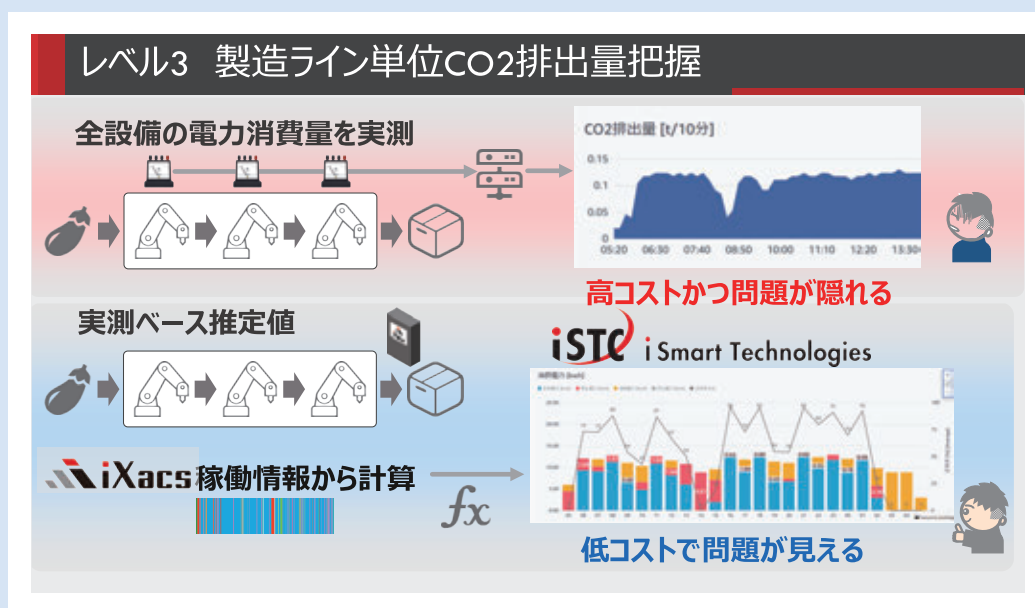
旭鉄工（株）は、トヨタ自動車（株）の1次サプライヤーとして、エンジン、トランスミッション、サスペンション、ブレーキなどの自動車部品を製造している企業である。カイゼンを進めるためのIoTシステム「iXacs（アイザックス）」を自社開発し、工場のカイゼンに活用することで、労務費を年間4億円も削減するなどの大きな成果を挙げている。同社は、このシステムとノウハウを他社に展開するため、i Smart Technologies（株）という関係会社を立ち上げた。

しかし、IoTの活用による生産性向上には、従来のやり方を否定する必要もあることから、取り組む企業が限られるのが実情であった。一方で、取引先からの脱炭素に向けた取組への要請は高まりつつあり、製造事業者にとって重要な経営課題の1つとなっている。また、月ごとあるいは年ごとの電力やガスの消費量を調査し、CO₂排出量を可視化するサービスは既に存在するが、実際に削減につなげるのは困難である。

そこで、同社は「iXacs」を活用したCO₂排出量の削減を目指し、工場の建屋など、一定以上の大きさのエリアごとに電力の消費量をモニタリングして、10分ごとのリアルタイムのCO₂排出量を可視化すると、具体的な対策が明らかになった。例えば、ほとんどの設備を止めている夜間の工場でも、大型のコンプレッサが大量の電力を消費していること等が分かり、小型のコンプレッサに置き換えることで、年間260万円分の節電（CO₂排出量削減）を達成できた。

しかし、CO₂排出量の更なる削減のために、製造ラインごとや製品ごとの排出量を可視化するには、工場の全ての生産設備にセンサーを取り付ける必要があるため、相当の手間やコストがかかる。そこで同社は、設備の稼働状況を基にムダな排出量を算出する、「実測ベース推計値」という独自の手法を考案した。具体的には、電力ロガーという測定機器を用いて、電力消費量を一定期間だけ実測し、そのデータを基に電力消費量を計算する関数を求める。その関数に稼働状況のデータを代入することで、リアルタイムでムダな排出量を計算できるようになる。この関数は停止・稼働のリアルタイムの状況及び製品ごとの消費量の違いについても対応可能で、かつ、計算値と実測値の誤差が1%程度という高い精度を誇る。さらに、電力消費量を「正味電力（付加価値を生み出す電力）」、「停止電力（設備トラブル等によりロスする電力）」、「待機電力（昼休みや稼働終了後に消費する電力）」に分けることができる点が重要である。

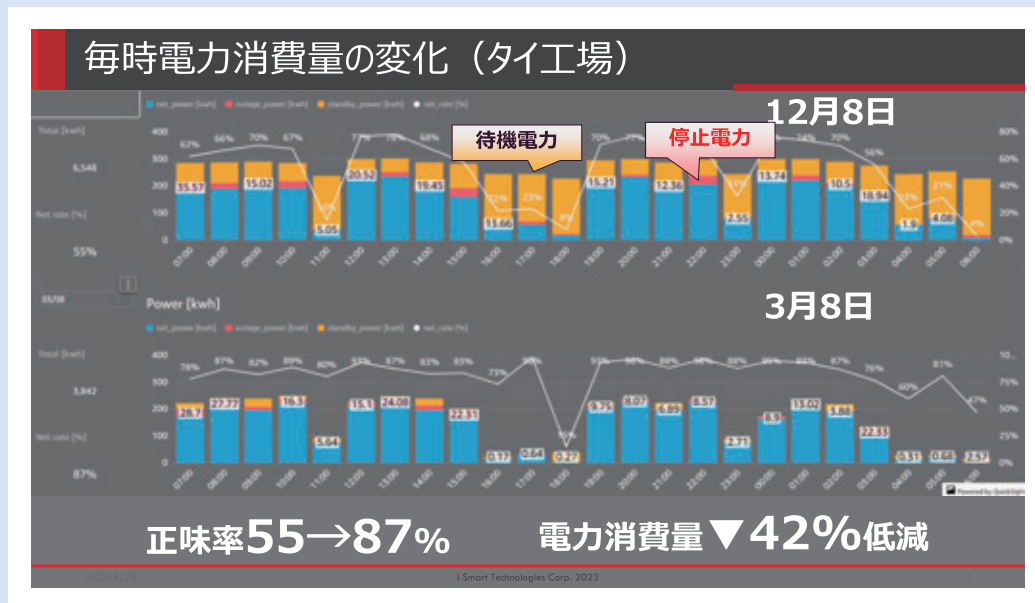
図1 旭鉄工（株）における消費電力見える化の仕組み



出所：旭鉄工（株）

この可視化により、同社の多くの製造ラインの電力消費量に占める正味電力量の割合（正味率）は30～50%にとどまることが分かった。正味率を上げるためには、不要な時は設備の電源を切るという単純な対策が大きな効果を挙げている。例えば、同社のタイ現地法人であるSiam Asahi Manufacturingにおける、12月8日と3か月後の3月8日の1日の電力消費量を1時間ごとに可視化したグラフをみると、24の製造ラインにおいてこまめな電源オフを行うことで正味率が55%から87%に上がり、電力消費量は42%も低減している。

図2 旭鉄工タイ現地法人における可視化による電力消費量低減の効果

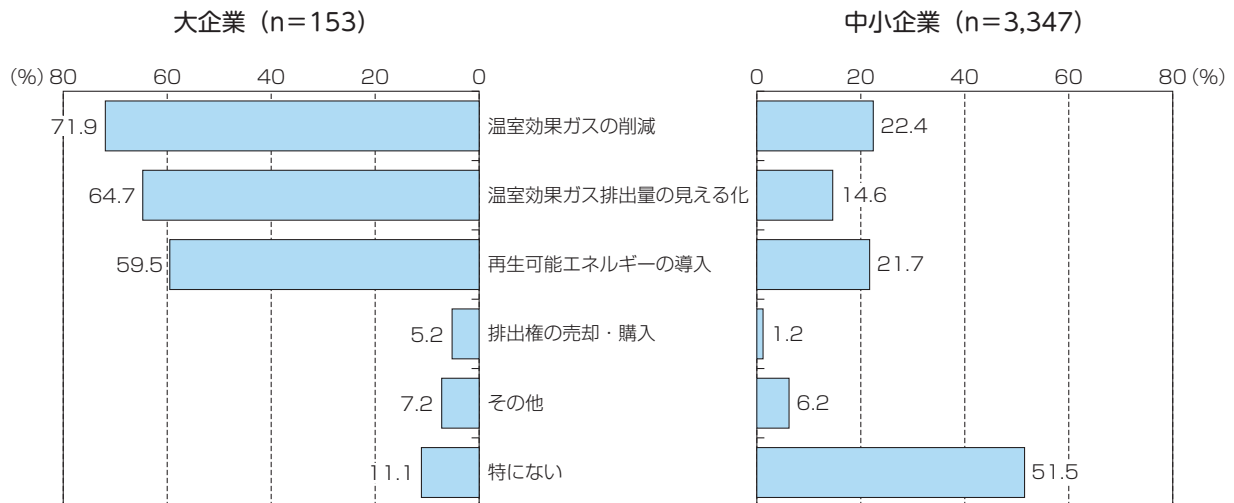


このように、工場のIoT化によるムダなCO₂排出量の可視化により、低コストで脱炭素の取組を大きく前進させることができる。これまで工場カイゼンのツールとしていた「iXacs」を、脱炭素のためのツールとしてアピールしたところ、具体的な商談に進むケースが増えてきた。CO₂排出量削減は電力料金の削減につながり、電力価格高騰の中、経営にも大きなメリットをもたらす。同社は、脱炭素の取組は生産性を向上させ、さらに、競争力強化にもつながるとしている。

次に、我が国製造事業者の脱炭素に向けた取組内容を確認する。具体的な取組に着手している企業の割合は、大企業が約9割、中小企業が約5割であり、内容

としては、温室効果ガスの排出量の削減や見える化、再生可能エネルギーの導入等となっている（図533-4）。

図533-4 脱炭素に向けた取組の内容

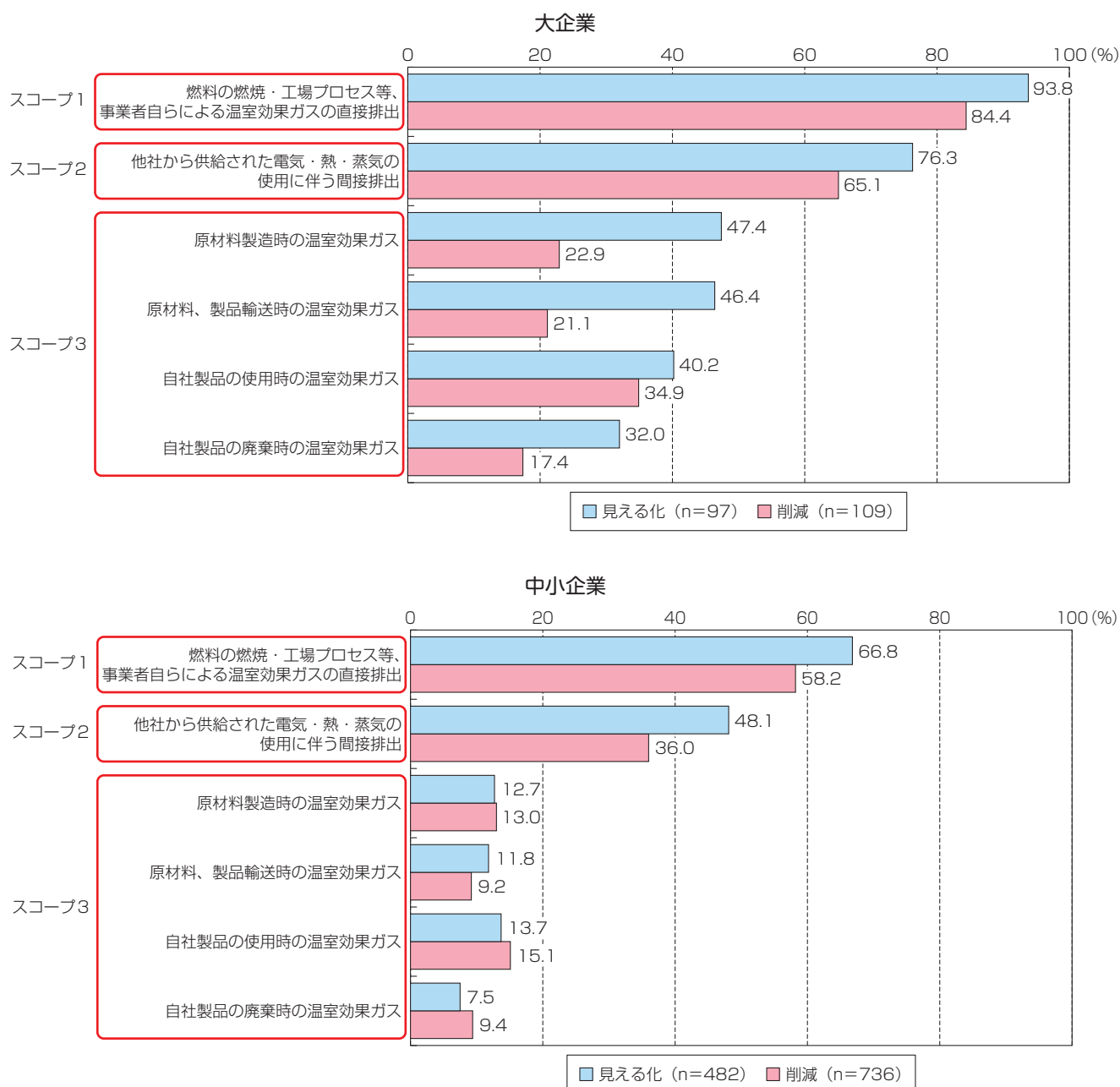


資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年3月）

また、実際に温室効果ガスの排出量の削減、見える化に取り組んでいると回答した企業に、取組を行っている範囲を聞いたところ、大企業、中小企業ともに、自社が直接排出する温室効果ガス（スコープ1）の削

減、見える化は比較的進んでいる一方で、原材料製造時や製品輸送時等に発生する温室効果ガス（スコープ3）については、削減、見える化ともにスコープ1より進んでいない。（図533-5）。

図533-5 温室効果ガスの排出量の削減、見える化の範囲



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年3月）

以下では、自社内でのCO₂排出量の削減に取り組みつ、他の事業者を巻き込み、サプライチェーン全

体での脱炭素に向けた取組を進める製造事業者の事例を紹介する。

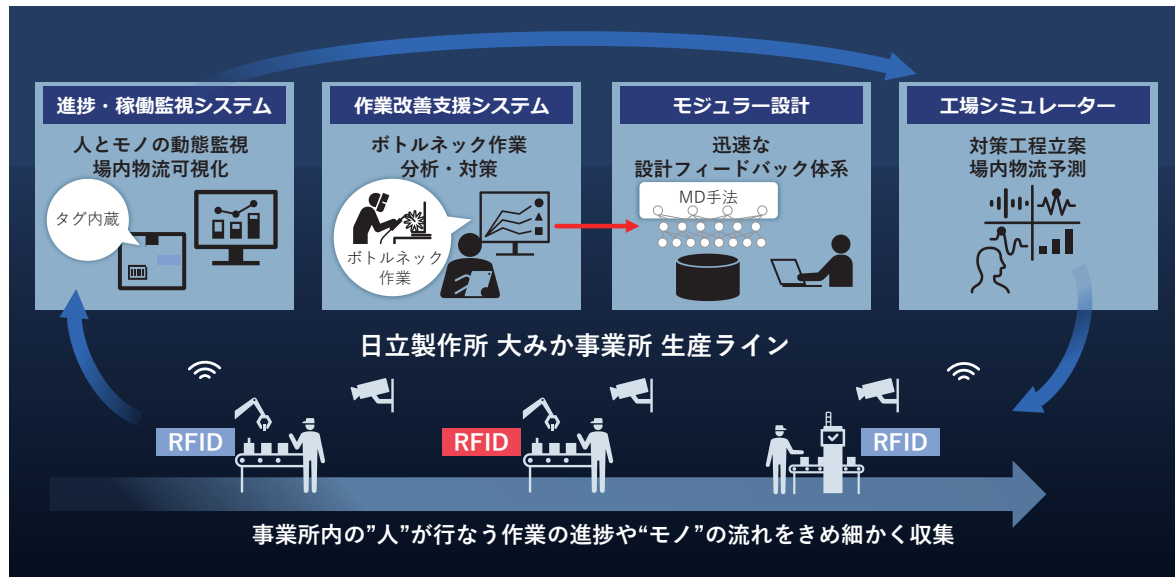
コラム

デジタルツインを活用したGXに向けた取組
・・・(株) 日立製作所

(株) 日立製作所の大みか事業所は、電力、鉄道、鉄鋼、上下水道といった社会インフラの安定したサービス提供に欠かせない、情報制御システムを担う同社の中核事業所であり、早くからIoTを活用したデジタルソリューションの提供に取り組んできた。この大みか事業所は2020年1月に、世界経済フォーラムが認定する「Global Lighthouse」に日本で初めて選出されている。①生産リードタイムの約50%短縮を実現した「高効率生産モデル」、②約4,000もの高信頼な重要インフラシステムの実現を可能とし、約4,000システムに適用されているとする「自律分散フレームワーク」、③大規模なシステム検証を行うことができる「総合システムシミュレーション環境」、④セキュリティリスクへ対応するための運用・保守支援としての「サイバー防衛訓練検証設備／安定稼働サービス」、⑤太陽光・蓄電池・FEMS (Factory Energy Management System：工場エネルギー管理システム) によるBCP対応強化を図る「環境エネルギーマネジメント」という5つのポイントが評価された。

この大みか事業所の現場には、約8万枚のRFIDタグと約450台のRFIDリーダー、ビデオカメラが導入されており、生産現場全体の「ヒト」と「モノ」の動態をリアルタイムに俯瞰できる進捗・稼働監視システムが構築されている。同社がDXを進める上でのコアとなっているのは「生産現場の4Mデータ」、すなわちヒトの動態 (huMan)、設備稼働 (Machine)、3D指示書 (Method)、部品在庫 (Material) に関するデータである。このようなデータを用いて、仮想空間に現実世界を再現する「デジタルツイン」を実現したことで、生産の進捗状況を見ながらボトルネック作業の分析・改善に結びつけたり、生産における気付きを設計にフィードバックしたりすることが可能となっている。

図1 デジタルツインを活用した「ヒト」「モノ」の動態をリアルタイムに把握できる進捗・稼働監視システム



出所：(株) 日立製作所

このような生産改革の経験を活かし、現在、大みか事業所ではデジタルツインを駆使した脱炭素に向けた取組に力を入れており、CO₂排出量実質ゼロに向けた実証を行っている。工場内900か所に設置された電力センサーにより電力の使用状況が見える化し、さらに、FEMSの導入により、電力がどこにどれくらい供給されているか見える化している。これらの情報を活用して、省エネ（ピーク電力のカットや待機電力の削減）、蓄エネ（蓄電池の導入）、創エネ（太陽光パネルの導入）に取り組んでおり、このようなエネルギー関連のデータと、製造ラインや設計のデータを組み合わせることで、仮想空間で工場全体のCO₂排出モデルに基づく様々なシミュレーションを実施している。その効果を可視化することで、脱炭

素に向けた最適な設備導入やオペレーション制御を行うとともに、必要となる太陽光などの再生可能エネルギー設備投資を実施する、といったPDCAサイクルを回している。さらに、2023年度後半には、日立市に立地している大みか事業所を含む4事業所でマイクログリッド型エネルギー供給サービスを導入し、4事業所が一体となって電力・熱エネルギーの最適化を図ることにより、年間CO₂排出量の約15%に相当する約4,500トンのCO₂排出量削減を見込んでいる。

しかし、一企業やグループ企業だけでは2050年までの目標であるカーボンニュートラルを達成することは困難であり、サプライチェーン上の様々なステークホルダーを巻き込みながら、共通の課題解決に取り組む必要がある。そこで、2022年6月に「大みかグリーンネットワーク」構想を立ち上げ、パートナー企業や地域とも連携しながら、大みか事業所をハブとして様々な脱炭素実証を行い、脱炭素に向けたソリューションを提供するための活動に力を入れている。具体的には、まず、大みか事業所の4Mデータを活用して最適な生産管理を行う「工場経営DX」と、環境データを活用して電力適正化を行う「環境経営GX」を組み合わせ、前述した脱炭素デジタルツイン上に脱炭素に向けたノウハウを蓄積・集約し、「大みかGXモデル」として体系化する。また、再エネの導入には電力系統への影響も考慮する必要があることから、電源構成の電力系統をモデル化し、解析シミュレーションによる事前検証により、導入拡大をサポートしている。

さらに、発電量が自然条件に影響される再エネの普及拡大を図るため、この大みかGXモデルと地域エネルギーマネジメント基盤を組み合わせ、地域全体で需給調整を行い、グリーンエネルギーの調達・最適利用を可能とする体制を構築する。また、地域中小企業の脱炭素の実現に向けて、地域中小企業への支援スキームを持つ自治体や地域金融機関とも連携しながら、地域発の社会インフラエコシステムの形成と、成長につながる脱炭素社会の実現を目指している。

図2 「大みかグリーンネットワーク」がめざす社会インフラエコシステム

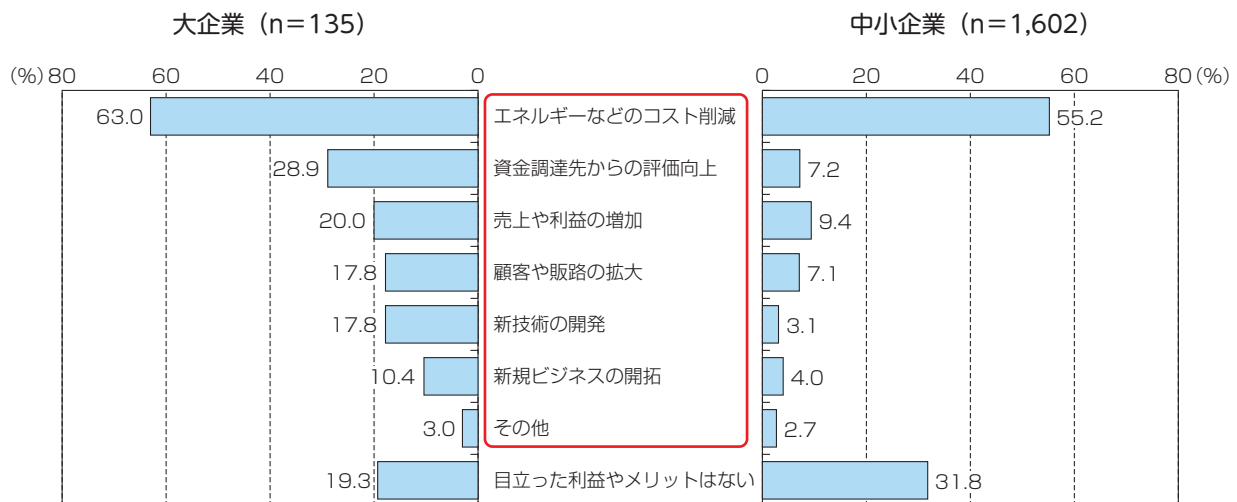


出所：(株)日立製作所

また、大企業の約8割、中小企業の約7割が、脱炭素に向けた取組によって利益やメリットを得ている。利益やメリットの内容としては、「エネルギーなどのコスト削減」という回答が最も多く、大企業では、資金調達先（投資家、金融機関等）からの評価が向上したという回答がその次に多くなっている（図533-6）。

一方で、その利益やメリットが取組コストに見合っている（もしくはその見込みである）と回答した製造事業者は、大企業、中小企業ともに、利益やメリットを得ている企業のうち約4割となっている（図533-7）。

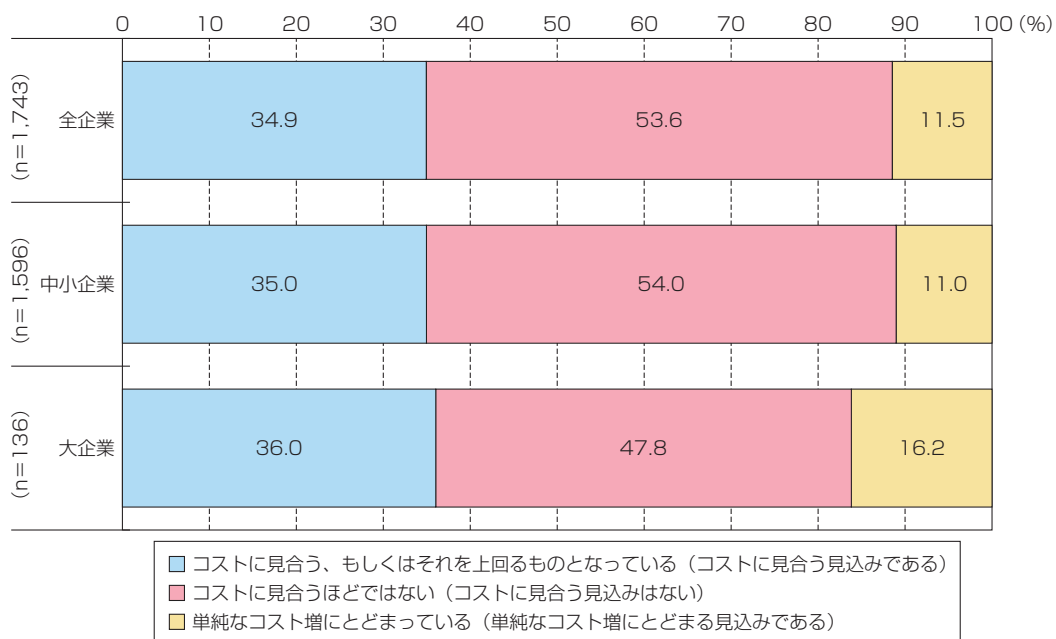
図533-6 脱炭素に向けた取組による利益やメリット



備考：今後の見込みも含む。

資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年3月）

図533-7 取組により得られる利益やメリットとコストとの関係



資料：三菱UFJリサーチ&コンサルティング（株）「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（2023年3月）

脱炭素に向けた取組により、利益やメリットを得るためには、自社の取組が評価される仕組みを作り、市場を拡大する等、自社のビジネスを成長させる取組も必要である。以下では、脱炭素に向けた取組への要請

が強まる中で、環境負荷の低い製品を開発する技術力だけでなく、知財の活用や標準化に向けた取組を合わせて行うことで市場を拡大するルール形成力を持つ企業の事例を紹介する。

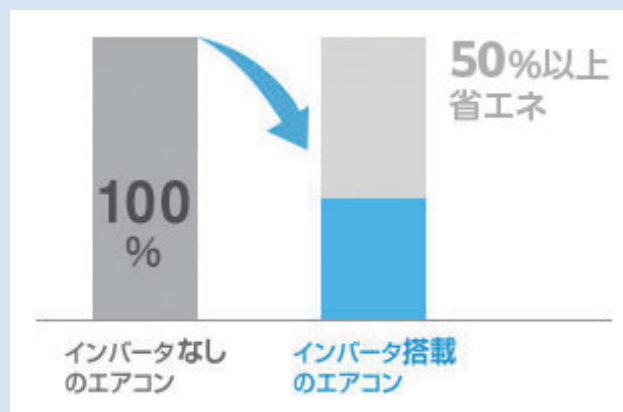
カーボンニュートラルをビジネスチャンスに変える ・・・ダイキン工業（株）

エアコンなどの空調設備はエネルギー消費量が多いため、脱炭素への対応や、電力価格高騰を受けてより省エネ性が重視されるようになってきている。空調機器の販売額で世界首位の空調機メーカーであるダイキン工業（株）は、従来より省エネ技術に対する研究開発に力を入れており、省エネ性の高いインバータやヒートポンプなどの技術に強みを持っている。

同社のインバータ搭載のエアコンは、インバータなしのエアコンに比べ、消費電力を5割以下に削減できることから、日本をはじめEU、中国、東南アジア、中南米、中東等で高いシェアを有している。バイデン政権でパリ協定に復帰した米国でも脱炭素に向けた取組が進み、同社は、全館空調システムを採用している家庭や商業ビル向けに、消費電力を2～3割ほど削減できるインバータ搭載エアコンのシェア拡大が見込めるとして、米国における流通網やサービス網の拡充に取り組んでいる。

また、同社が得意とするヒートポンプは、空気中の熱をポンプのようにくみ上げて、空気中から熱だけを集めて大きな熱エネルギーとして利用する技術である。化石燃料等を用いた場合と比べて少ないエネルギーで、冷暖房や給湯に利用することが可能となり、温室効果ガスの排出量を削減できる。そのため、欧州では「REPowerEU」計画により、脱炭素の手段としてガスを使ったボイラーからヒートポンプ暖房給湯への置き換えが政策として掲げられているほか、米国では、インフレ抑制法によりヒートポンプへの補助金が拠出され、ガスボイラーからヒートポンプ暖房給湯への置き換えが推進されている等、今後一層の需要拡大が見込まれる製品である。

図1 インバータ技術による消費電力の削減



出所：ダイキン工業（株）

図2 ヒートポンプの仕組みと、大型業務用ヒートポンプ給湯システム「MEGA・Q（メガキュー）」年間CO₂排出量比較



出所：ダイキン工業（株）

これらの製品の製造に加え、同社は、自社の技術を国際市場に流通させるための規格作りやルール形成にも力を入れている。そのうちの1つが、空調機器に使用する冷媒の国際規格形成に向けた取組である。

空調機器には冷媒が使われているが、1980年代以降、従来のHCFC冷媒は空気中に排出されると、オゾン層の破壊や地球温暖化などの環境問題につながると指摘されるようになった。同社では、オゾン層の保護と温暖化抑制に向けた研究開発を続け、1990年代半ばには、オゾン層を破壊しないHFC冷媒へと切り替え、2012年には世界で初めて低温暖化冷媒R-32を住宅用エアコンに搭載した。R-32は、2012年当時、既に混合冷媒に多く使用されていたが、単独で使用することは世界でも初めてのことであった。さらに、同社はR-32を使用した空調機の製造、販売に関わる特許を全世界において無償で開放したことで、空調機にR-32を選択するメーカーが増加し、他メーカーを含めるとグローバル累計販売台数は約2.1億台以上（2022年6月時点、同社の試算による）、R-32空調機のCO₂排出抑制効果は約3.4億トン（地球温暖化への寄与度が高いとされる従来のHFC混合冷媒であるR-410A冷媒を継続して使用した場合との比較）になると試算されている。

R-32空調機がここまで世界的に拡大した要因の1つが、国際規格の改定であった。同社は、欧米の子会社を積極的に活用しながら粘り強く規格改定の活動に参画し、「高可燃」、「可燃」、「不燃」という3カテゴリしかなかったISO817（冷媒安全分類規格）に、「微燃」という新カテゴリを設立することに貢献し、それまで「可燃」として扱われてきたR-32の安全性を評価する基準を確立したことが、その後のR-32冷媒の普及につながった。

このように、カーボンニュートラルやGXへの対応をビジネスチャンスに変えるには、技術力に加えて、自社技術を普及させるルール形成力も極めて重要となる。

国際的には、脱炭素に向けた取組を企業の評価軸とする動きが高まっており、かつ、温室効果ガスの排出量等に基づく規制強化や、市場ルールの形成が進んでいる。

2050年までにカーボンニュートラルを実現するために、製造事業者はサプライチェーン全体での取組を着実に進める必要がある。取引先を含め、温室効果ガ

スの排出量の削減、見える化を進めるためには、DXに向けた取組が不可欠である。このような取組を進めることで、サプライチェーンの最適化を実現し、生産性やエネルギー効率の改善、製品やサービスの付加価値の向上につなげるほか、新たなビジネスの展開等に戦略的に取り組むことで、産業全体で国際競争力を向上させていくことが重要である。

4 脱炭素の気運の高まりに伴う資金調達方法の多様化

企業が脱炭素に向けた取組を行うに当たっては、設備投資や技術開発に多額の資金が必要となることが課題となっている。このような課題を背景に、企業の脱炭素化を含む新たな産業・社会構造への転換を促す「持続可能な社会を実現するための金融（サステナブル

ファイナンス）」に対する注目が高まっている。

ESG（Environment Social Governance）投資はその1つであり、世界のESG投資額を集計しているGSIA（Global Sustainable Investment Alliance）の報告書をみると、世界の運用総額に占めるESG投資額の割合は、2016年から2020年にかけて、27.9%から35.9%に増加している（図534-1）。

図534-1 世界の運用総額に占めるESG投資額の推移

FIGURE 2 Snapshot of global assets under management 2016-2018-2020 (USD billions)

REGIONS	2016	2018	2020
Total AUM of regions	81,948	91,828	98,416
Total sustainable investments only AUM	22,872	30,683	35,301
% Sustainable investments	27.9%	33.4%	35.9%
Increase of % sustainable investments (compared to prior period)		5.5%	2.5%



35.9% of total assets under management are sustainable investments

資料：GSIA “Global Sustainable Investment Review 2020”

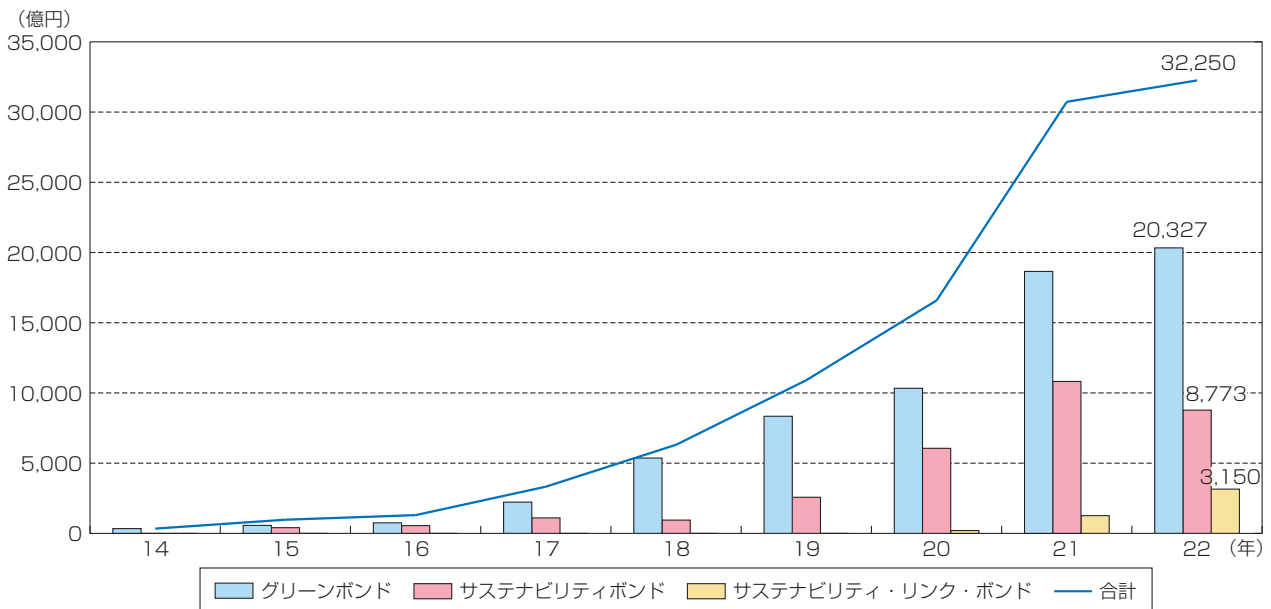
国内の状況については、環境省が、サステナブルファイナンスであるグリーンボンド、サステナビリティボンド、サステナビリティ・リンク・ボンドの発行実績、グリーンローン、サステナビリティ・リンク・ローンの組成額を集計し公表している。

グリーンボンドは、再生可能エネルギーや環境に配慮した製造プロセス等に関するグリーンプロジェクトに用途を限定した債券、サステナビリティボンドは、グリーンプロジェクトやソーシャルプロジェクトに用途を限定し、かつ、グリーンボンド原則（又はグリーンボンドガイドライン）とソーシャルボンド原則（又は金融庁策定のソーシャルボンドガイドライン）のい

ずれか又は両方の4つの中核要素に適合した債券である。サステナビリティ・リンク・ボンドは、事前に設定したサステナビリティ目標の達成状況に応じて財務的・構造的特性が変化する性質を有し、資金用途が限定されていない債券である。

環境省によれば、グリーンボンド、サステナビリティ・リンク・ボンドの発行実績は、発行開始から毎年増加している。サステナビリティボンドのみ、2021年から2022年にかけて減少しているが、3種合計の発行額は2021年から2022年にかけても増加しており、サステナブルファイナンスのうち、ボンドの活用が拡大していることが分かる（図534-2）。

図534-2 国内のグリーンボンド、サステナビリティボンド、サステナビリティ・リンク・ボンド発行実績の推移



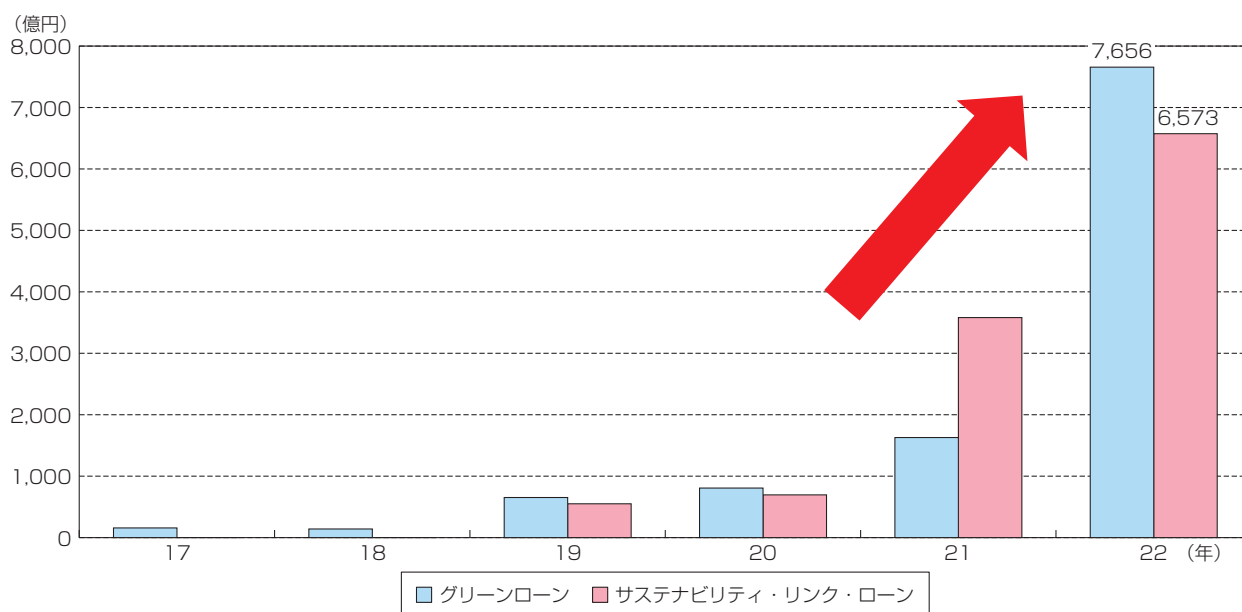
資料：環境省「グリーンファイナンスポータル」より経済産業省作成

グリーンローンは、再生可能エネルギーや環境に配慮した製造プロセス等に関するグリーンプロジェクトに用途を限定したローンである。サステナビリティ・リンク・ローンは、事前に設定したサステナビリティ目標の達成状況に応じて、金利などの借入条件が変化する性質を有し、資金用途が限定されていないロー

ンである。

環境省によれば、2022年のグリーンローンの組成金額は7,656億円で2021年の約5倍、2022年のサステナビリティ・リンク・ローンの組成金額は6,573億円で2021年の約2倍であるとされており、いずれも1年間で大幅に増加している（図534-3）。

図534-3 国内のグリーンローン、サステナビリティ・リンク・ローンの組成額の推移



資料：環境省「グリーンファイナンスポータル」より経済産業省作成

このように、脱炭素に向けた気運の高まりに伴い、我が国におけるサステナブルファイナンスの利用は拡大している。その中で、(株) みずほフィナンシャルグループ（みずほFG）、(株) 三菱UFJフィナンシャルグループ（MUFG）、(株) 三井住友フィナンシャルグループ（SMFG）の3メガバンクグループは、

2022年度中間決算時点において、サステナブルファイナンスの組成金額を3グループ合わせて累計90兆円¹²となる長期目標を掲げ、3グループ合計で約46.9兆円と、既に目標の半分以上を達成している（表534-4）。

表534-4 3メガバンクグループのサステナブルファイナンス目標と実績

3メガバンクグループのサステナブルファイナンス目標と実績			
	みずほFG	MUFG	SMFG
目標時期	2019年度～2030年度	2019年度～2030年度	2020年度～2029年度
目標金額（累計）	25兆円	35兆円	30兆円
実績（2022年9月末時点）	約16.4兆円	約19.4兆円	約11.1兆円

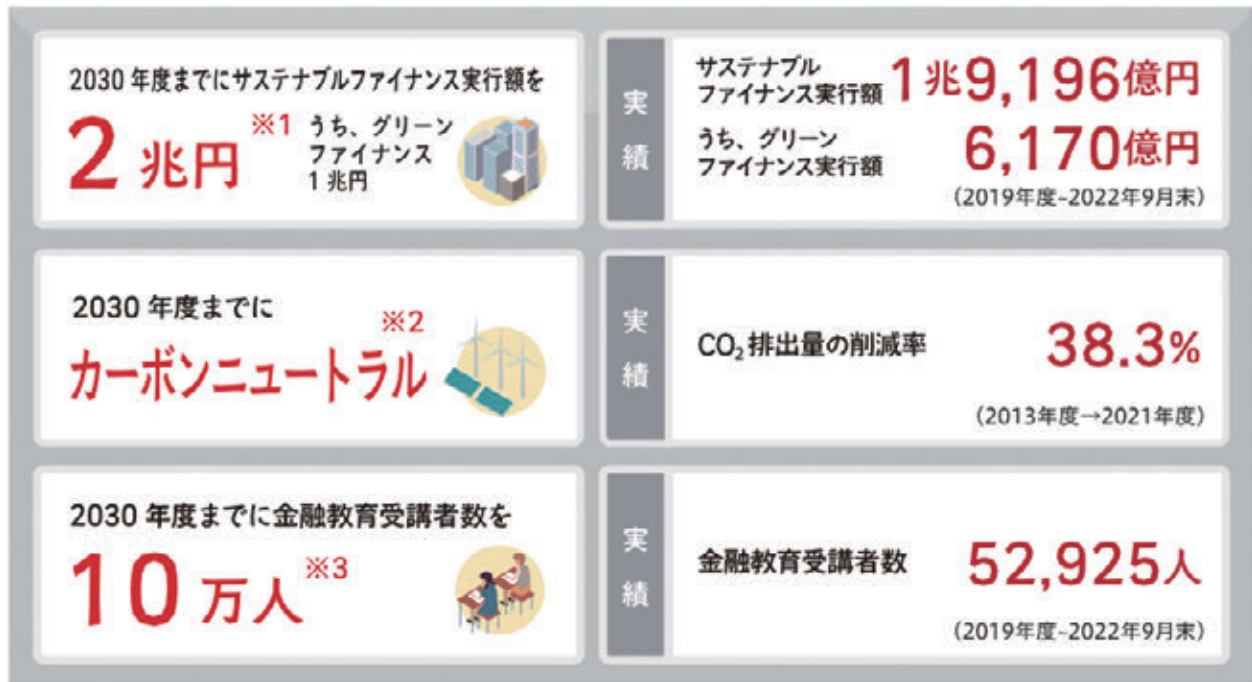
資料：(株) みずほフィナンシャルグループ「2022年度中間決算会社説明会資料」（2022年11月）、
(株) 三菱UFJフィナンシャルグループ「2022年度中間決算投資家説明会資料」（2022年11月）、
(株) 三井住友フィナンシャルグループ「2022年度上期投資家説明会資料」（2022年11月）
より経済産業省作成

12 (株) みずほフィナンシャルグループは、2023年4月に、サステナブルファイナンス目標の100兆円への引き上げを発表した。

民間金融機関によるサステナブルファイナンスの推進に向けた動きは、メガバンクグループのみにとどまらない。例えば、大手地方銀行グループの（株）コンコルディア・フィナンシャルグループは、傘下の（株）横浜銀行と（株）東日本銀行のサステナブルファイナ

ンスの実行累計額（2019年度から2022年9月末）が1兆9,196億円であると発表しており、既に、2030年度までの目標であった2兆円に迫っている（図534-5）。

図534-5 コンコルディア・フィナンシャルグループ サステナビリティ長期KPI



※1 当社グループの環境・社会課題の分野を資金使途とする投融資、SDGsへの取り組みを支援または促進する投融資（グリーンファイナンスは、環境分野を資金使途とする投融資）の、2019年度から2030年度までの実行累計金額。

※2 CO₂排出量から吸収量と除去量を差し引いた合計をゼロ（ニュートラル）にする。

※3 当社グループの実施する各種金融セミナーや職場体験・出張授業などの金融教育受講者の、2019年度から2030年度までの総合計人数。

出所：（株）コンコルディア・フィナンシャルグループ「サステナビリティブックレットVol. 5」（2023年1月）

このような金融機関の動きもあり、我が国製造事業者においても、積極的にサステナブルファイナンスを

活用する企業が現れている。

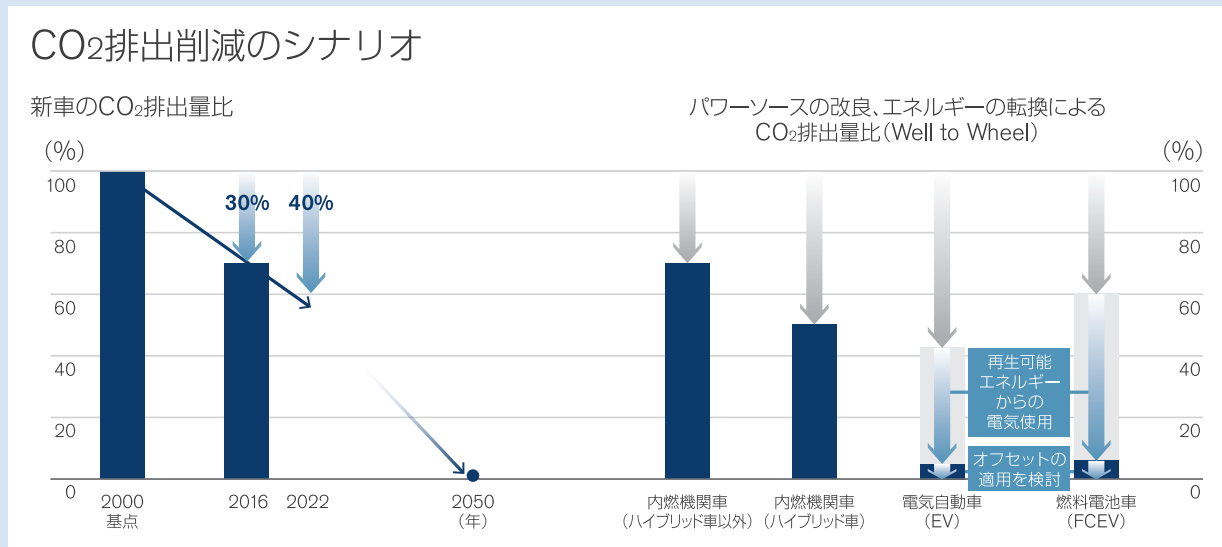
コラム

グリーンローンを活用したゼロ・エミッションモビリティ関連費用の調達 ・・・日産自動車（株）

日産自動車（株）は2022年7月に、サステナビリティ投資の一層の拡大に向けて、サステナブル・ファイナンス・フレームワークを策定すると、同年11月には、（株）みずほ銀行を主幹事とする2,000億円のシンジケーション方式でのグリーンローン契約を締結した。ここで調達した資金は、電気自動車やゼロ・エミッション車と、その構成部品の設計、開発、製造のための投資や費用等に活用される予定で、このような取組を通じて、より持続可能な企業へと成長する考えを表明している。

公表されている事例の中では、グリーンローンの活用による調達額としては国内最高額となるとともに、大手自動車メーカーとしてグリーンローンを活用した国内初の事例となった。

図 日産自動車（株）のCO₂削減シナリオ



出所：日産自動車（株）「サステナビリティレポート2022」（2022年7月）

このように、持続可能な社会の実現を目指すために、サステナブルファイナンスによる資金調達を活用する事例が出てきているが、特に、気候変動への対応については、2050年カーボンニュートラル目標の達成に向けた経済・社会の移行（トランジション）を円滑に進

めるために、長期にわたる多大な投資が必要となることから、これを支えるトランジション・ファイナンスの重要性が増している。以下では、温室効果ガス排出削減が困難な鉄鋼業におけるトランジション・ファイナンスを活用した脱炭素経営を目指す取組を紹介する。

コラム

トランジション・ボンドを活用したカーボンニュートラルに向けた製鉄プロセスの転換 ・・・JFEホールディングス（株）

トランジション・ファイナンスは、脱炭素社会の実現に向けた長期的な戦略に則り、着実な温室効果ガス削減の取組を行う企業に対し、その取組を支援するための新しいファイナンス手法であり、特に“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）、温室効果ガスを多く排出し、排出削減が困難な産業に向けたものである。このような温室効果ガス多排出産業が脱炭素に取り組まなければ、2050年カーボンニュートラルの実現は難しいが、脱炭素を支援する資金調達方法として普及しているグリーンボンドは、発行要件が厳しく利用が難しかった。

そのような中、トランジション・ファイナンスの利用環境の整備が進められ、2020年12月、国際資本市場協会（ICMA）は国際原則「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」を公表し、資金調達者が満たすべき4つの要素を挙げた。それを受けて経済産業省は、金融庁、環境省とともに、ICMAの国際原則を踏まえた「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」を策定した。さらに、温室効果ガス多排出産業の2050年カーボンニュートラル実現に向けた具体的な脱炭素経営への移行の方向性を示すためのロードマップも策定した。

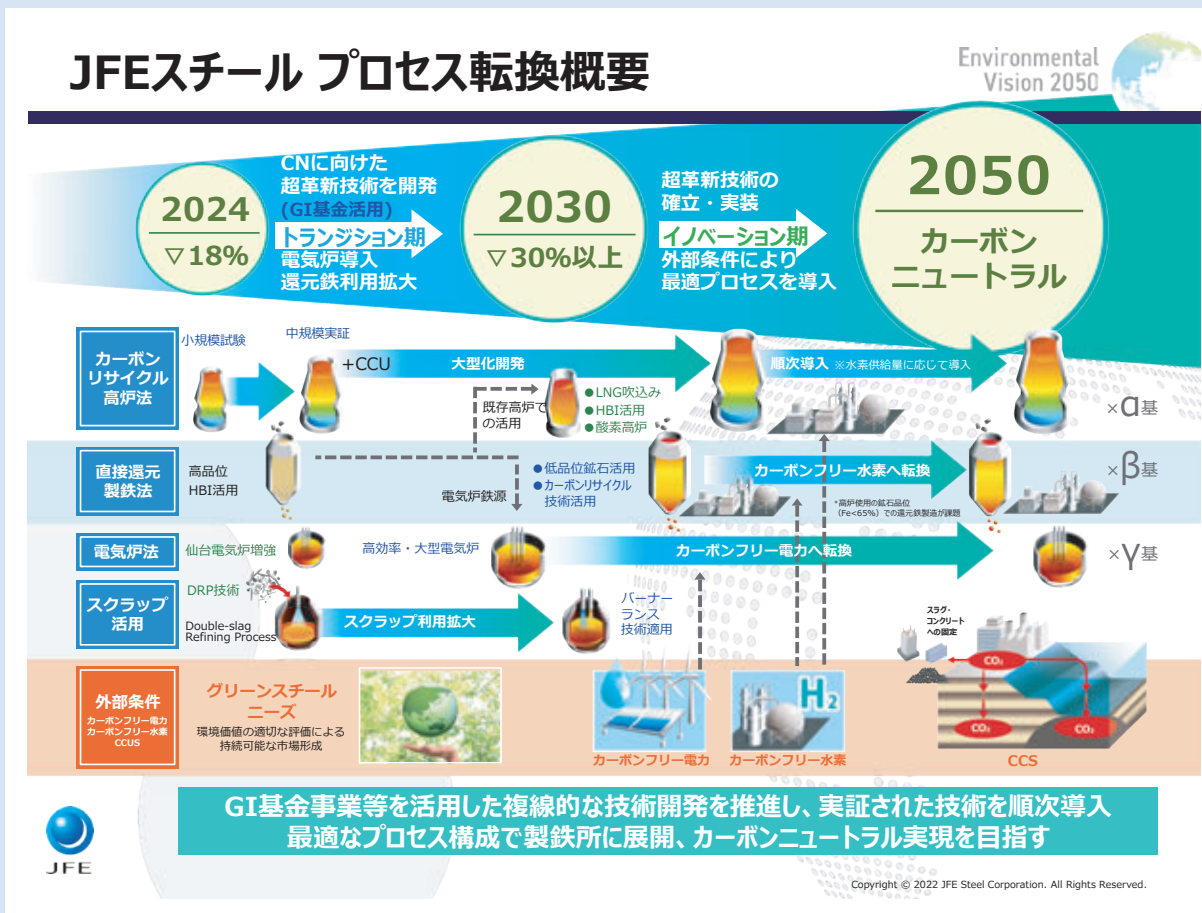
このような温室効果ガス多排出産業の1つである鉄鋼産業において、日本を代表する企業であるJFEホールディングス（株）は、2050年カーボンニュートラル実現を目標に掲げ、その達成に向けた鉄鋼製造プロセス転換にかかるロードマップを策定した。また、第7次中期経営計画では、グループ全体で3,400億円（その内、鉄鋼事業には1,600億円）のGX投資を行うと発表しており、2022年にトランジション・ボンドを総額300億円発行した。

本社債での調達資金も、「省エネ・高効率化に関する取組」、「エコプロダクトの製造」、「超革新的製鉄

プロセスの開発」及び「再生可能エネルギーに関する取組」などに充当するとしている。

本社債は、経済産業省の「令和3年度クライメート・トランジション・ファイナンスモデル事業に係るモデル事例」に、国内製造業として初めて選定された。国は、発行に必要な、外部評価機関による適合性の評価、意見書の作成・提供及び助言等に要する費用の最大9割を補助することで、脱炭素に向けた設備投資や研究開発投資等を資金面からも後押ししている。

図 カーボンニュートラルに向けたプロセス転換概要



出所：JFEスチール（株）「カーボンニュートラル戦略説明会」（2022年9月）

日産自動車及びJFEホールディングスの事例はいずれも、社会の持続可能性に資する長期的な価値提供を行うことを通じて、社会の持続可能性の向上を図るとともに、自社の長期的かつ持続的に成長原資を生み出す力の向上へとつなげる取組である。経済産業省は、このような社会のサステナビリティと自社のサステナビリティを同期させることや、そのために必要な事業変革を、「サステナブルな企業価値創造に向けた対話の実質化検討会」において「サステナビリティ・トランスフォーメーション (SX)」と定義した。

サステナビリティ課題は脱炭素だけでなく、人権の尊重、ダイバーシティの推進、働き方改革など多くの観点を含むものである。それらの解決を通じた利益創

出は困難を伴うものであることから、その多くが解決されずに取り残されてきた。しかしながら、今やサステナビリティ課題への対応は、企業の経営戦略の根幹をなす要素となりつつある。その一方で、SXは企業による努力のみでは達成できず、SXを実現するためには、投資家をはじめとしたインベストメントチェーン全体での長期にわたる建設的な対話が重要となる。

そこで、経済産業省は、(株)東京証券取引所（以下「東証」という。）と共同で、企業と投資家の双方に対するSXの重要性への理解の向上と両者の対話促進に向け、サステナビリティ課題の解決を通じて企業価値向上に取り組む企業を「SX銘柄」に選定する制度の検討を行っている。

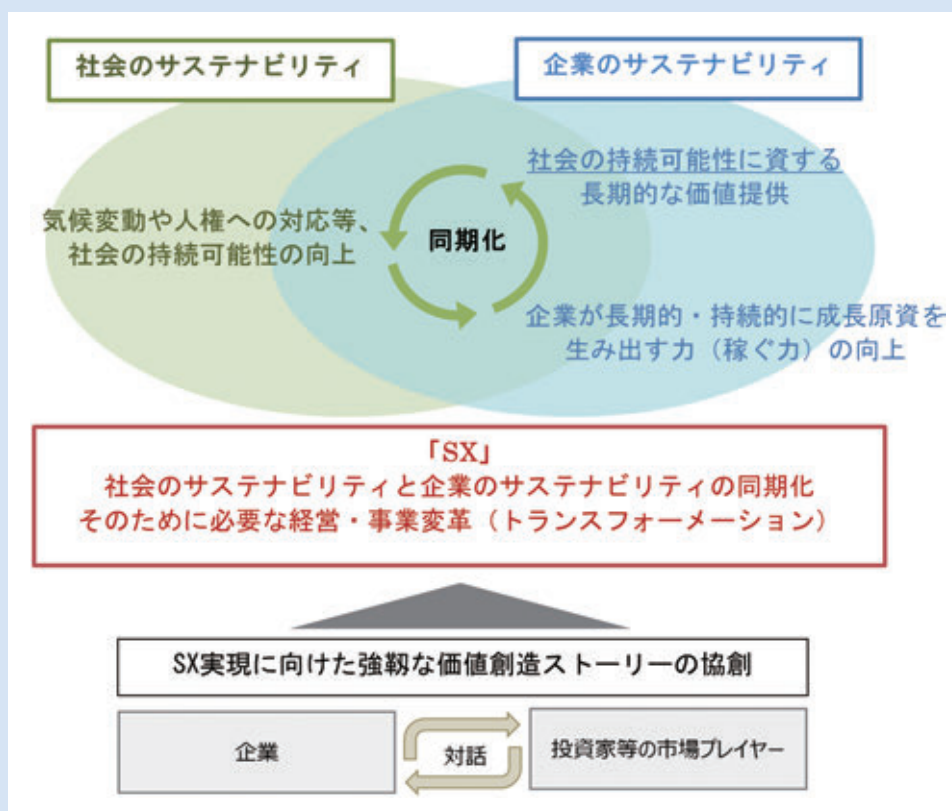
日本企業の資本効率性や長期成長に向けた投資は伸び悩み、TOPIX500を構成する企業の4割以上が株価純資産倍率（PBR）1倍を割っている。また、気候変動や地政学リスクといった、企業活動の持続性に大きな影響を及ぼすサステナビリティ課題が一層複雑化する中、長期的かつ持続的な価値創造に向けた企業経営が一段と難しい状況にある。

このような中、経済産業省では、「サステナブルな企業価値創造に向けた対話の実質化検討会」での議論を引き継ぐ形で、2021年5月に企業、投資家、有識者から成る研究会（「SX研究会」）を立ち上げ、東証もオブザーバーとして参加しつつ、長期的かつ持続的な企業価値の向上に向けた議論を実施し、その議論の成果を2022年8月に「伊藤レポート3.0（SX版伊藤レポート）」及び「価値協創ガイダンス2.0」としてとりまとめ、公表した。本レポートでは、長期的かつ持続的な企業価値向上のためには、SXをキーワードとする経営変革こそが、今後の経営に必要な不可欠とのメッセージを発信した。

今後、多くの日本企業がSXの視点による事業再編や新規投資を通じて価値創造を進めるためには、その実現に向けた取組を投資家等も含めたインベストメントチェーン全体で推進していくことが重要となる。このような課題意識の下、経済産業省と東証は、投資家等との建設的な対話を通じて、社会のサステナビリティ課題やニーズを自社の成長に取り込み、事業再編・新規事業投資等を通じて、長期的かつ持続的な企業価値の向上に取り組んでいる先進的企業を、「SX銘柄」として選定・表彰し、変革が進む日本企業への再評価と市場における新たな期待形成を促す事業を開始する。

なお、「SX銘柄評価委員会」において、SX銘柄の審査基準などの詳細を策定の後、2023年7月頃から「SX銘柄2024」の公募を開始し、2024年春頃に選定結果の公表を行う予定としている。その後、国内外に向けたSX銘柄の普及を検討している。

図 SXの概要



出所：経済産業省「伊藤レポート3.0（SX版伊藤レポート）」（2022年8月）