



日興リサーチレビュー別冊  
カーボンプライシング調査報告書2023年4月



日興リサーチセンター

SMBC日興証券グループ

## はじめに

---

温室効果ガスの排出による地球温暖化の問題には解決を難しくする2つ（空間軸と時間軸）の側面があります。1つは自国の温室効果ガスの排出が他国（地域）に影響する世界全体の問題であること（空間軸）、もう1つは現在の排出が将来に影響する世代を超えた長期的な問題であることです（時間軸）。前者については、地球温暖化対策には国際協調が必要であるにもかかわらず、地政学リスクの顕在化という厳しい現実が突きつけられています。ロシアのウクライナ侵攻から1年以上が経過し、国際的なエネルギー情勢が大きく変化し、各国のカーボンニュートラルへの取り組みにも多大な影響を及ぼしています。後者については、産業革命以降、経済成長の原動力として人類が温室効果ガスを排出し続けたことが地球温暖化の一因であると考えられ、このまま排出を続けると将来の世代が地球温暖化の影響によって、現在の自然環境を維持できなくなる懸念が増大しています。将来の世代は、現在の地球温暖化対策の意思決定に加わることができないので、現在の世代は将来の世代に対して重い責任を負っていることを認識する必要があります。

厳しい現実の中でも地球温暖化の進行は待ってくれません。カーボンニュートラルへの歩みを緩めることはできず、対応策の1つとして温室効果ガスの排出に経済的な負担を課すカーボンプライシングの導入が各国で進んでいます。一般に、カーボンプライシングという用語は排出量取引や炭素税といった制度を指しますが、弊社では制度だけでなく、温室効果ガスの排出という地球温暖化の一因を経済学における負の外部性として捉えた経済モデルや金融市場の分析によるプライシング（価格付け）も視野に入れて調査・研究を行っています。地球温暖化問題に対する国際協調の必要性を知り、世代を超えた長期的な利害関係を考慮するためには経済理論に基づく価格とその前提を知ることは重要だと考えます。

企業の取り組みに目を向けると、カーボンニュートラル社会の実現には、大規模な設備投資や革新的な技術開発が求められ、投資家や金融機関による多額の投融資が必要になります。そのためには企業の適切な情報開示が鍵を握ります。国内では東証プライム市場に上場する企業にTCFD提言にもとづく開示が求められ、今後、さらに広いサステナブルな分野に関する開示が要請されることとなります。

また、低炭素投資・対策を推進するために温室効果ガスの排出に対して企業内部で価格付けするインターナショナルカーボンプライシング制度を導入する企業が増加しています。

弊社が注力すべきテーマとしてカーボンプライシングに取り組み始めて2年目になります。昨年の4月にカーボンプライシング研究室として組織化し、弊社の研究員が新しいリサーチテーマを設定し、調査・研究を行っています。

その成果として、インターナショナルカーボンプライシングなどのカーボンプライシングの動向やマーケット

に関する分析、企業や金融機関の取り組みや情報開示に関する調査報告、そして、カーボンニュートラル技術の紹介などをレポートとして弊社のHPに公開しています。

本ブックレットは、これらのレポート15本をまとめたものです。カーボンプライシングに関するブックレットとしては、昨年5月に発行した「カーボンプライシング・プロジェクト報告書」に続き、2冊目の発行になります。

興味をもたれたレポートから読み進めていただければ幸いです。

2023年4月

日興リサーチセンター株式会社  
取締役社長 西岡 誠

-謝辞-

新たに立ち上げたカーボンプライシング研究室の活動を温かく支援して下さった  
前社長 吉良 俊志氏に感謝申し上げます。



# 要約

---

## カーボンプライスの動向

### ■ 国内企業のインターナル・カーボンプライシング（ICP）導入と情報開示の動向調査

近年、世界各国で脱炭素社会の実現に向けた取り組みが加速する中、わが国でも 2030 年度に温室効果ガス（GHG）の排出量を 2013 年度比で 46%削減、2050 年には GHG 排出量ネットゼロを目標に掲げ、官民挙げて様々な施策に取り組んでいる。その施策の 1 つに、排出される炭素に価格付けを行うことで、排出者に対し意識や行動の変化を促し、排出量の削減を目指すカーボンプライシングの導入がある。

カーボンプライシングにも「炭素税」や「排出量取引」など様々な手法があるが、本稿では、その中でも企業の取り組みとして注目度の高い施策であるインターナル・カーボンプライシング（以下、ICP）に着目する。ICP とは、企業が独自に企業内部で二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の価格を設定することであり、企業の低炭素投資や対策を推進する仕組みである。今回は、2023 年 1 月時点で日経平均株価に採用されている国内企業 225 社（以下、国内企業 225 社）を対象に、ICP を導入している企業について、各社の情報開示状況や導入目的などを調査し、国内における ICP の動向を詳細に確認した。

### ■ わが国におけるインターナルカーボンプライシングの導入と価格決定要因について

日本をはじめとする世界各国の企業が炭素排出削減に向けた様々な取り組みを行っている。そのなかでも、インターナルカーボンプライシング（ICP）は企業の将来的な意思決定の中で炭素価格を意識させることにより、炭素排出削減を動機づける一つの方法として導入されている。その際、各企業が社内炭素価格（ICP 価格）を設定することになる。本稿では、ICP を導入する企業の特徴と ICP 価格がどのような要因から決まるのかを分析した。

ICP を導入する企業の特徴を分析した結果、高排出の企業、海外依存度の高い企業、社外取締役比率の高い企業が ICP を導入し、他方で有形固定資産比率の高い企業では ICP を導入していない傾向が確認された。

また、ICP 価格を決定する際に、ICP 価格を利用する背景や気候エクスポージャーの大きさ、収益性やグローバルへの依存度などに応じて異なる価格を設定している。すなわち、各企業が一律の価格を用いているのではなく、それぞれの状況に応じた炭素価格を採用している。分析の結果からは、高排出企業や海外依存度の高い企業は相対的に高い価格を設定し、有形固定資産比率の高い企業や炭素規制の導入対応のために ICP を導入した企業では、低い価格を設定していることが分かった。

### ■ 企業の CO<sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付け ～役員報酬への反映と ICP の導入～

企業の脱炭素の実現に向けた取り組みに対して、投資家をはじめとするステークホルダーの関心が高まるなかで、企業内部で炭素価格を見積もるインターナルカーボンプライシング（ICP）が、企業行動に対する規律付けの仕組みとして注目されている。ICP に対しては、企業の脱炭素の実現に向けて CO<sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付けとしての効果を期待する声もある。

また、有価証券報告書等の開示情報によると、役員報酬における KPI 連動型報酬制度に、ESG 指標や気候変動に関する指標を反映させる企業が増加していることが確認できる。このような仕組みも、CO<sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付けとして考えられる。

これらの、「気候変動に関する指標の役員報酬への反映」と「ICP の導入」といった企業の CO<sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付けと、各企業が設定する削減目標との関係を分析したところ、高い削減目標掲げる企業では、そうでない企業

と比べ、動機付けのうち、「役員報酬への反映」を取り入れる企業の割合が高い傾向があり、脱炭素の実現に意欲的な企業ほど、KPIの実効性の確保を重視する可能性があることがわかった。

## ■ カーボン・クレジット市場の実証事業について

日本国政府は、GX（グリーン・トランスフォーメーション）への取り組みを温室効果ガスの削減だけではなく、国際競争力の強化と経済成長に向けた好機ととらえ、経済社会システム全体の変革のための議論を行う場、また新たな市場の創造を行う場として政府、大学などの教育機関や金融機関の協力のもと産業界を中心に「GXリーグ」を設立することとした。2023年度以降の本格稼働を前に2022年度は賛同企業が募られ、カーボン・クレジットの市場における取引を試験的に実施することが発表された。

本稿では、カーボン・クレジット市場の創設に先駆けて2022年9月22日に開始され2023年1月31日に終了した東京証券取引所でのカーボン・クレジット市場の実証事業について概観し、その先に見据える自主取引市場であるGX-ETSについて現在の議論をまとめた。

## ■ CO<sub>2</sub>排出権のデリバティブ取引の動向

CO<sub>2</sub>の排出量に応じて企業に金銭的な負担を求める「カーボンプライシング」の導入が国内で検討されている。GXリーグ本格稼働に向けて、東京証券取引所が2022年9月にカーボン・クレジットの試行取引を開始したが、欧州では2005年に欧州連合域内排出量取引制度（EU-ETS）が導入され、すでに多くの経験を積んでいる。

EU-ETSはキャップ&トレード型であり、欧州の企業は、排出枠の範囲内にCO<sub>2</sub>排出量を抑える必要があり、排出枠を超える場合は、排出権をトレードにより仕入れて排出量を各企業に割り当てられた排出枠に収める必要がある。

欧州証券市場監督局（ESMA）は、CO<sub>2</sub>排出権の取引市場について、CO<sub>2</sub>排出権のみならず、CO<sub>2</sub>排出権のデリバティブ取引も拡大していると報告している。

我が国においてもCO<sub>2</sub>排出量取引が拡大すれば、ヘッジツールとしてデリバティブ取引（先物取引、オプション取引）が重要になると考えられ、EU-ETSのデリバティブ取引の動向を見ていく。

まず、スポット価格の裁定の状況を確認の上、先物価格とオプション評価式（Black76）から算出されるインプライド・ボラティリティ（IV）の状況について調査したが、先物価格に金利上昇の影響が反映されており、また、IVについてはスマイルが観測され、株式の先物やオプション取引と同様の傾向が確認出来た。

## 企業、金融機関

### ■ 国内企業におけるカーボン・オフセット商品への取り組み

日本政府が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て以降、国内の企業においてもカーボン・ニュートラルを目標に掲げる動きが活発化し、各企業が排出量削減に取り組んでいる。その中で、企業が販売する商品やサービスにカーボン・オフセットを用いるケースも見られ、このようなカーボン・オフセット商品は、サプライチェーン排出量をゼロにしたい企業や環境問題に関心のある個人消費者の需要を喚起することが期待される。そこで本稿では、国内企業におけるカーボン・オフセット商品への取り組みの状況と、個人消費者でもオフセットされていることを判断できる認証ラベルについて調査した結果を報告する。

### ■ 株主資本コストで考える脱炭素社会への移行

地球温暖化の進行に対する危機感が高まる中、企業は二酸化炭素排出量の削減に向けた取り組みを進めている。二酸化炭素の排出削減のためには資金が必要であり、特に排出量が多い企業（多排出企業）は脱炭素社会への移行の過程

で金融機関等からの大規模な資金調達が必要になる。金融機関は投融資先の二酸化炭素排出量を把握し、削減に向けた企業の取り組みを支援することが期待される一方、投融資に係る GHG（Greenhouse Gas、温室効果ガス）排出量（ファイナンスド・エミッション）を減らしていくことも要請されている。

金融機関が現在のファイナンスド・エミッションの一時的な増加を懸念するために、多排出企業への投融資を避けた場合、多排出企業は脱炭素のための設備投資や新技術開発等の資金を調達できず、二酸化炭素の排出削減が進まないというジレンマに陥ってしまう。

本稿では企業価値評価の基本に立ち返り、インプライド株主資本コストの考え方に基づいてこの問題について考察する。具体的には、二酸化炭素排出削減に向けて取り組む企業に対して、投融資を行う金融機関を取り巻く環境を概観した後、企業価値評価の観点で二酸化炭素排出削減への取り組みを評価することを企図して、ROE をもとに資本コストを計算する方法を提示する。そして、企業が選択しうる気候変動対応シナリオのもとで将来の ROE の推移に関するパターンを想定して実際に資本コストの計算を行い、その結果から二酸化炭素排出削減への取り組みに関して考察を行う。

## ■ ポートフォリオの予想温度上昇（ITR）の計測

金融機関がカーボンニュートラルの達成を目指す際には投融資先企業の温室効果ガス（GHG）排出量の把握が必要になるが、GHG 排出量の数値をそのままでは気候変動にどの程度の影響があるのか実感が湧きにくい。そこで、投資ポートフォリオの GHG 排出量を将来の気温上昇に換算した「予想温度上昇（Implied Temperature Rise, ITR）」という指標が考案されている。ITR を用いると、例えば「この投資信託に投資すると 3.5 度の気温上昇につながる」といった表現ができ、気候変動への影響の大きさが直観的に伝わりやすい。本稿では ITR について調査した結果を報告する。

## ■ BERT を用いた気候変動リスク文の抽出と可視化

気候変動問題への世界的な関心の高まりから、ESG 投資やサステナブル・ファイナンスの取組が重要となっている。投資家や金融機関にとって、企業の気候変動問題への取組は重要な判断要素であり、企業の取組に関する情報開示の枠組みや法令は、近年急速に整備されている。

本稿では、気候変動に関する情報開示の要請が急速に強まっている中での企業の対応状況について、TCFD 提言における気候変動リスク 6 項目の記載に着目する。機械学習の手法を用いて開示情報から気候変動リスク 6 項目に該当する気候変動リスク文を抽出し、可視化することで、企業の気候変動リスクの情報開示の変化を定量的に分析する。

## ■ 金融機関の気候変動対策の開示状況調査（2022 年 3 月期）

2020 年以降の温室効果ガス排出削減等のための国際枠組みであるパリ協定の運用が開始し、世界的に脱炭素に向けた取り組みが加速している。金融分野においても気候変動問題に関する議論が活発化し、2021 年 7 月に金融安定理事会（FSB）が「気候関連金融リスクに対処するためのロードマップ」を公表するなど、気候変動に向けた対応が本格化している。

わが国における金融機関に関する最近の気候変動政策においては、東京証券取引所が 2021 年 6 月に「コーポレートガバナンス・コード」を改訂し、コーポレートガバナンス・コードの補充原則において、TCFD 提言等に基づいた開示の充実を追加した。一方、日本銀行は 2021 年 9 月に「気候変動対応を支援するための資金供給オペレーション」の実施を発表し、TCFD の提言する 4 項目（ガバナンス、戦略、リスク管理、指標と目標）および投融資の目標・実績を開示している金融機関を対象として、民間における気候変動対応を支援することになった。

以上のように気候変動に向けた金融機関の対応については TCFD 提言による開示が重要な役割を果たしており、2021

年3月期と比較しても金融機関のTCFD提言への賛同表明の増加や開示内容の充実が見られる。そこで、本稿では昨年を引き続き、TCFD提言を踏まえ銀行が気候変動への対策について現状どのような開示をしているか、さらに気候変動のリスクと機会に関するシナリオ分析、温室効果ガス排出量の基準の一つであるScope3排出量の算定等にどのように取り組んでいるかについて調査した。

その結果、全体として銀行のTCFDの賛同表明が2021年3月期と比較すると増加し、情報開示も充実した。一方で、TCFDの提言する4項目に沿って見ていくと、2021年3月期と同様に銀行によって取り組み状況に差があることがわかる。特に「温室効果ガス排出量（Scope3）の目標と実績」の開示については、銀行としてカテゴリー15である投融資ポートフォリオの算定が困難であることから2022年3月期は未公表とした先が多く、先行して開示した銀行では試算ベースでの公表が多かった。この点については、投融資先排出量の測定と開示を標準化するためのイニシアティブであるPCAF（Partnership for Carbon Accounting Financials）に参加する銀行が増加していることから、今後ますますTCFD提言に基づく気候変動対策の情報開示が充実していくと考えられる。

## ■ CO<sub>2</sub>排出量と収益性指標から見る 地方銀行の政策保有株式の状況調査

2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための国際枠組みであるパリ協定の運用が開始され、世界的に脱炭素に向けた取り組みが加速している。日本国内においても東京証券取引所が2021年6月に「コーポレートガバナンス・コード」を改訂し、プライム市場の上場会社に対して、TCFD提言等に基づく「気候変動に係るリスク及び収益機会が自社の事業活動や収益等に与える影響」について開示の充実を求めるなどの取り組みが進んでいる。

TCFD提言の中では温室効果ガス排出量（Scope1、2、3）の開示が求められているが、銀行セクターは業種の特性上、Scope3のカテゴリー15「投融資」に関する温室効果ガス排出量が相当なウェイトを占める。

そこで本稿では、銀行セクターにおけるScope3排出量の特徴を知るための一つの切り口として、地方銀行が政策保有目的で保有している株式の発行体企業（以下、政策保有株式）のCO<sub>2</sub>排出量に関する調査を行う。また、併せて地方銀行の政策保有株式のリターンやROEとCO<sub>2</sub>排出量について確認する。

## ■ 環境省の利子補給事業とその指定金融機関（地方銀行）の特徴

地球温暖化の進行に伴い、日本においては2050年までに温室効果ガスの排出を全体でゼロにするカーボンニュートラルの実現を目指すことを宣言しており、またその過程で2030年度の温室効果ガス排出量（以下、GHG排出量）を2013年度比で46%削減することを目標に掲げている。その実現に向け、企業においては自社におけるGHG排出量を把握し削減する行動が求められているが、カーボンニュートラルへの対応は各社でばらつきがある。特に、中小企業においては課題と認識しているものの具体的な方策の実施・検討には至っていない企業が多い。

日本全体でカーボンニュートラルを達成するためには日本の企業数全体の99.7%を占める中小企業における脱炭素が必要であり、中小企業の中心的な資金調達手法である間接金融においてもESG金融を拡大する必要がある。多くの中小企業との接点を持つ地方銀行は、自身の投融資に係るリスク管理や新たな収益機会創出等の課題を抱えながら、同時に中小企業のカーボンニュートラル課題に果たす役割が大きく期待されている。

本稿では地方銀行におけるESG課題を確認した後、ESG金融を拡大する目的で施行されている事業の一例として環境省の「地域脱炭素融資促進利子補給事業」を紹介する。また、環境省の事業において指定金融機関となっている地方銀行をESG金融に積極的な銀行（以下、ESG積極的銀行）とみなして、それ以外の地方銀行と比較することでESG積極的銀行の特徴を考察する。



## カーボンニュートラル技術

### ■ 核融合発電技術の展望と課題

核融合による発電は、CO<sub>2</sub>を排出しないクリーンエネルギーとしてカーボンニュートラル推進に貢献できる期待の技術と位置付けられて、世界各国で注目されている。日本も参画している核融合の国際共同プロジェクト「国際熱核融合実験炉」(ITER)は、2007年10月からフランスにて実験炉建設を開始、2025年に実験炉の運転を目指している。

また、2022年12月には、米国ローレンス・リバモア国立研究所の国立点火施設(NIF)において、レーザー方式により入力エネルギーの1.5倍の出力を得られたことが話題となった。また、国内外のスタートアップ企業への資金流入も増加しており、官民両方による商用核融合発電の実現に向けた研究開発が加速しつつある。ただし、核融合発電の商用化には、まだ克服すべき課題が技術面だけでなく、経済性などそれ以外にも残されている。

本稿では、核融合発電の原理や利点、技術開発の進捗状況、国際共同プロジェクトやスタートアップ企業の動向、核融合発電の実用化への課題などについて取り上げた。

### ■ ネガティブエミッション技術に係る動向調査

近年は、世界の至るところで干ばつや水害、熱波、寒波など大規模な自然災害の発生が頻発しており、多くの人々の生命が危険にさらされ、多大な経済的損失を被っている。気候変動が及ぼす甚大な災害を低減するため、各国では異常気象の要因の一つとしてとらえられている温室効果ガス(GHG)の排出量を削減し、産業革命以前と比較して平均気温上昇を1.5℃に抑える目標を掲げ、その目標を実現すべく、カーボンニュートラル(CN)への取り組みを加速させている。

CNの実現のためには、あらゆる経済活動において排出されるGHGの排出量を削減する必要があり、さまざまな新技術の開発に注目が集まっている。その中でも期待されているのが、ネガティブエミッション技術(NETs)である。NETsとは、大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を分離・回収し、貯留・固定化もしくは有効利用(資源化)することで大気中のCO<sub>2</sub>を除去する技術のことである。

そこで本レポートでは、このNETsに焦点を当て、取組状況や課題などに関する最新の動向を調査し、その内容を簡潔にまとめた。

### ■ 国内における燃料アンモニア導入拡大の取組動向

ロシアのウクライナ侵攻が勃発し、エネルギーの供給制約が長期化する中、世界中で既存エネルギーに依存しないエネルギー源移行および大転換が進んでいる。わが国が、2050年までに温室効果ガス排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」という目標を達成するためには、各産業のエネルギー構造の転換、新エネルギーのインフラの推進等、大胆な投資によるイノベーション創出を実現させなければならない。そこで、大きな期待を寄せられているのが燃焼時に二酸化炭素を排出しない次世代カーボンフリーエネルギーである。

本稿では、次世代カーボンフリーエネルギーとして期待されているアンモニアに焦点をあてる。具体的には、アンモニアの基本特性と、燃料として利用されるアンモニアの製造工程別の種類について紹介する。そして、燃料アンモニアの長所について概説した後、燃料アンモニア導入工程表を示し、サプライチェーン構築の拡大における課題を挙げる。最後に、燃料アンモニア拡大への取り組みとして、日本政府の支援制度の現状と予定、企業の最新動向を紹介する。



# 目次

---

## カーボンプライスの動向

国内企業のインターナル・カーボンプライシング（ICP）導入と情報開示の動向調査 .....	9
わが国におけるインターナルカーボンプライシングの導入と 価格決定要因について .....	17
企業の CO <sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付け ～役員報酬への反映と ICP の導入～ .....	30
カーボン・クレジット市場の実証事業について .....	39
CO <sub>2</sub> 排出権のデリバティブ取引の動向 .....	47

## 企業、金融機関

国内企業におけるカーボン・オフセット商品への取り組み .....	54
株主資本コストで考える脱炭素社会への移行 .....	61
ポートフォリオの予想温度上昇（ITR）の計測 .....	73
BERT を用いた気候変動リスク文の抽出と可視化 .....	83
金融機関の気候変動対策の開示状況調査（2022 年 3 月期） .....	90
CO <sub>2</sub> 排出量と収益性指標から見る 地方銀行の政策保有株式の状況調査 .....	106
環境省の利子補給事業とその指定金融機関（地方銀行）の特徴 .....	115

## カーボンニュートラル技術

核融合発電技術の展望と課題 .....	125
ネガティブエミッション技術に係る動向調査 .....	143
国内における燃料アンモニア導入拡大の取組動向 .....	152

# 国内企業のインターナル・カーボンプライシング（ICP）導入 と情報開示の動向調査

2023年2月

資産運用研究所 主任研究員 藤原 崇幸  
社会システム研究所 研究員 小原 萌香

## 1. はじめに

近年、世界各国で脱炭素社会の実現に向けた取り組みが加速する中、わが国でも2030年度に温室効果ガス（GHG）の排出量を2013年度比で46%削減、2050年にはGHG排出量ネットゼロを目標に掲げ、官民挙げて様々な施策に取り組んでいる。その施策の1つに、排出される炭素に価格付けを行うカーボンプライシングの導入がある。

カーボンプライシングは、排出される炭素に価格付けを行うことで、排出者に対し意識や行動の変化を促し、排出量の削減を目的とする施策である。カーボンプライシングにも様々な手法があり、燃料や電気の利用量に応じて課税される仕組みの「炭素税」や、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の「排出量取引」などがある。

今回は、その中でも企業の取り組みとして注目度の高い施策であるインターナル・カーボンプライシング（以下、ICP）に着目する。ICPとは、企業が独自に企業内部で二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の価格を設定することであり、企業の低炭素投資や対策を推進する仕組みである。本稿では、2023年1月時点で日経平均株価<sup>1</sup>に採用されている国内企業225社（以下、国内企業225社）を対象に、ICPを導入する企業について導入目的や開示内容などを調査し、国内におけるICPの動向を詳細に確認する。

## 2. ICPに関する情報の開示状況

まず、国内企業225社について、ICPの導入状況及び、各社の情報開示状況について整理する。

CDP<sup>2</sup>が公表している「気候変動レポート2021：日本版」のうち、CDP気候変動質問書への日本企業の回答状況を確認すると、国内企業225社のうち、「インターナル・カーボンプライシングを導入している」と回答した企業は103社、「現在導入していないが2年以内に導入予定」と回答した企業は52

<sup>1</sup> 日経平均株価とは、東京証券取引所プライム市場上場銘柄のうち代表的な225銘柄を対象として日本経済新聞社により算出、公表される株価指数のこと。

<sup>2</sup> 2000年に英国で設立された国際環境非政府組織（NGO）で、投資家、企業、国家、地域、都市が自らの環境影響を管理するためのグローバルな情報開示システムを運営している。

社であった（図表 1）。

一方、今回の日興リサーチセンターの調査にて、国内企業 225 社の企業サイトや統合報告書、環境報告書等各社の開示情報から ICP を導入していることを確認できた企業は 85 社、現在導入を検討中であることが確認できた企業は 24 社であった（図表 2）。

今回確認を行った範囲では、CDP への回答状況と企業の情報開示状況には少なからず乖離があり、気候変動質問書に対しては、ICP を導入していると回答しているものの、企業の開示情報には ICP に関する情報の記載が見られず、投資家などステークホルダーに向けた情報開示に至っていない企業も散見された。

なお、今回、企業の情報開示状況を確認するにあたり、ICP に関する情報が掲載されていた場所としては、統合報告書や、企業サイト上での TCFD に沿った開示やサステナビリティ関連情報が多く、その他、プレスリリースや環境報告書、ESG 又は CSR 関連情報などに記載されている場合もあった。

図表 1 国内企業 225 社の CDP への ICP 導入に関する回答状況

導入済み	2 年以内	導入予定なし	掲載なし・非公表 回答対象外
103 社	52 社	29 社	41 社

（出所）「気候変動レポート 2021：日本版」より日興リサーチセンター作成

図表 2 国内企業 225 社の ICP 導入に関する情報開示状況（2023 年 1 月末時点）

導入済み	導入を検討中	未導入	掲載なし
85 社	24 社	7 社	109 社

（出所）各社開示情報より日興リサーチセンター作成

### 3. ICP の導入目的

次に国内企業 225 社のうち、公開情報から ICP を導入していることが確認できた 85 社が、どういった目的で ICP を導入しているのか集計したところ、各企業の導入目的・用途は、

- （ア） 投資判断や事業判断などに用いる場合（85 社中 61 社）
- （イ） 気候変動リスクの財務インパクトを定量的に評価する場合（85 社中 25 社）

の 2 つに大別された（重複 1 社あり）。

①については、社内での気候変動問題への取り組みといった内部要因であり、設備投資や環境投資の判断基準のほか、再生可能エネルギーの推進強化、事業ポートフォリオの管理、炭素排出量に価格づけを行うことで社内のコスト意識を高めるといった導入目的なども見られた。例えば、旭化成は「旭化成レポート 2022」の中で次のように記載している。

“カーボンニュートラル実現に向けた意識を高め、行動を促進する観点から、事業活動における GHG 排出量を金銭価値として可視化するインターナルカーボンプライシング (ICP) を運用しています。CO<sub>2</sub> 1 トン当たり 1 万円として設備投資採算の計算に織り込み、増産を目的とする投資案件の厳選と CO<sub>2</sub> 排出量を削減する投資の加速を図っています。また、社内表彰制度の業績評価にも ICP を織り込んでいます。さらに、社会全体の GHG 排出量削減を加速する目的で、原材料の採掘から当社製品の製造・出荷までの GHG 排出量である、カーボンフットプリントの算出と顧客へのデータ提供を進めています。”

一方、②については、各国の制度・規制や、2℃未満シナリオや 4℃シナリオで地球温暖化が進んだ場合といった外部要因であり、自社への将来的な影響を定量的に算出するために導入しており、シナリオ分析によって影響度を算出するためなどに ICP を活用している。例えば、清水建設が、TCFD 提言に基づく気候関連の情報開示<sup>3</sup>の中で、次のように記載している。

“気候関連のリスクと機会が与える影響の財務的定量評価については、「炭素価格付け (カーボンプライシング) の導入」に関してリスクの定量的な評価を行いました。ただし炭素価格付け導入の仕組みの詳細が不明なため、シミスグループ (国内連結) が 2017 年度 (SBT 基準年) に排出した Scope1+2 の CO<sub>2</sub> 全量 (250,408t-CO<sub>2</sub>、国内外連結では 275,575t-CO<sub>2</sub>) に課金されると仮定して金額を算出しました。なお、炭素価格は国際通貨基金 (IMF) が設定している 1t-CO<sub>2</sub> 当たり 75 ドルと、国際エネルギー機関 (IEA) が Net Zero Emission 2050 で設定している 130 ドルで試算しました。

直接排出の財務的影響想定額は、IMF 設定額で

$$250,408\text{t-CO}_2 * \$ 75 \text{ (IMF 炭素価格)} * ¥ 125 \text{ (1 ドル 125 円換算)} = 2,348 \text{ 百万円}$$

IEA 設定額で

$$250,408\text{t-CO}_2 * \$ 130 \text{ (IEA 炭素価格)} * ¥ 125 = 4,069 \text{ 百万円}$$

となりました。この試算は、CO<sub>2</sub> の総排出量に課金されるという想定であり、実際の金額はこれより少額になると予想されます。また、建設資材等の価格が炭素価格導入により上昇する場合も、建設費に価格転嫁できれば影響は小さいと考えられます。これらのことを勘案し、「炭素価格付けの導入」に関する影響度は「↓ (小)」と評価しています。”

また、今回調査した中で、ICP 価格決定の際に最も多く参照 (重複含む) されていたものは、国際エネルギー機関 (IEA) の公表しているシナリオで、24 社あった。次いで GHG 排出量に関するわが国の認証制度である J-Credits や EU 域内排出量取引制度 (EU-ETS) が参照されており、このほか、わが国で定める地球温暖化対策税<sup>4</sup>や FIT 非化石証書<sup>5</sup>、グリーン電力証書<sup>6</sup>などを参照している企業もあつ

<sup>3</sup> <https://www.shimz.co.jp/company/csr/environment/tcfid/> (最終アクセス日: 2023 年 1 月 31 日)

<sup>4</sup> 地球温暖化対策を強化するとともに、エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出抑制のための諸施策を実施していく観点から導入された税制。

<sup>5</sup> FIT (固定価格買取制度) で買い取られた電気の非化石証書のこと。

<sup>6</sup> 再生可能エネルギーによって発電された自然エネルギーの価値を取引できるようにした証書のこと。



た。なお、参照元に関する情報を記載していた企業は、ほとんどが外部要因で ICP を導入している企業であり、内部要因で ICP を導入している企業については、企業それぞれの特性や事業方針を踏まえて価格を決定しているためか、8割超の企業で参照先や価格の決定方法に関する情報の記載が見られなかった。

#### 4. ICP 導入状況 –通貨別編–

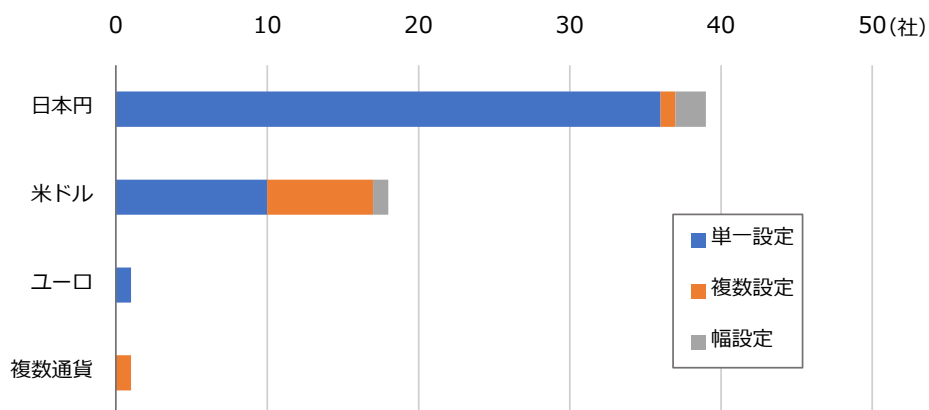
第4章では、各社の公開情報から ICP を導入していることを確認できた 85 社について、ICP の導入状況を通貨別の側面から確認する。この 85 社のうち、ICP 価格も併せて情報開示している企業は 59 社であった。

図表 3 は、ICP 価格を公表している企業数を通貨別に集計したものである。59 社のうち日本円で設定している企業が最も多く 39 社あり、次いで、米ドルで設定している企業が 18 社、ユーロで設定している企業が 1 社あった。また、日本円、米ドル、ユーロを組み合わせで設定している企業も 1 社存在している。なお、米ドルで設定している 18 社のうち最も多い参照先は IEA で 14 社であった。一方、日本円で設定している 39 社のうち最も多いのは参照先が不明のもので 24 社であり、次いで IEA が 9 社であった。

また、図表のうち「単一設定」は ICP 価格を 1 つ設定している企業、「複数設定」は ICP 価格を 2 つ以上設定している企業、「幅設定」は ICP 価格を一定の幅をもって設定している企業を表しており、日本円で設定している企業 39 社のうち 36 社が「単一設定」、「複数設定」は 1 社、「幅設定」は 2 社であった。

一方、米ドルで設定している企業 18 社のうち「単一設定」は 10 社、「複数設定」は 7 社、「幅設定」は 1 社であった。米ドルで設定している企業では「複数設定」が相対的に多く、設定通貨の違いで価格設定の方法に相違がみられた。なお、ユーロで設定している企業 1 社は「単一設定」である。

図表 3 ICP 価格の公表企業数（通貨別）

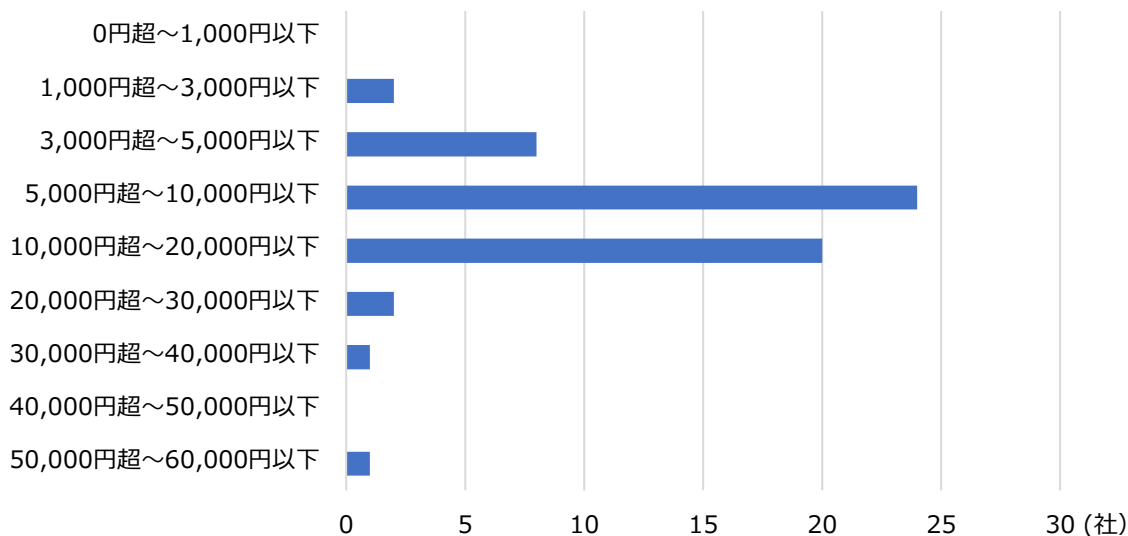


(出所) 日興リサーチセンター作成

次に、図表 4 は ICP 導入企業 59 社のうち、CO<sub>2</sub>1 トン当たりの ICP 価格を設定している 58 社の価格帯を集計したものである（「複数設定」の場合は最も高い価格、「幅設定」の場合は上限価格を採用）。

集計結果をみると、5,000 円超～10,000 円以下の価格帯に設定している企業が 24 社と最多で、10,000 円超～20,000 円以下の価格帯に設定している企業が 20 社と続いた。また、集計結果の統計量をみると、ICP 価格の平均値は 11,741 円、中央値は 10,000 円、最小値は 1,500 円、最大値は 60,000 円であり、現時点で ICP を導入している企業の ICP 価格は非常に幅広いことが分かった。

図表 4 ICP 価格公表企業の設定価格帯<sup>7</sup>



(出所) 日興リサーチセンター作成

## 5. ICP 導入状況 –セクター別編–

第 5 章では、ICP 価格を開示している企業 59 社について、ICP の導入状況をセクター別の側面から確認する。なお、セクターは東証 17 業種を用いる。

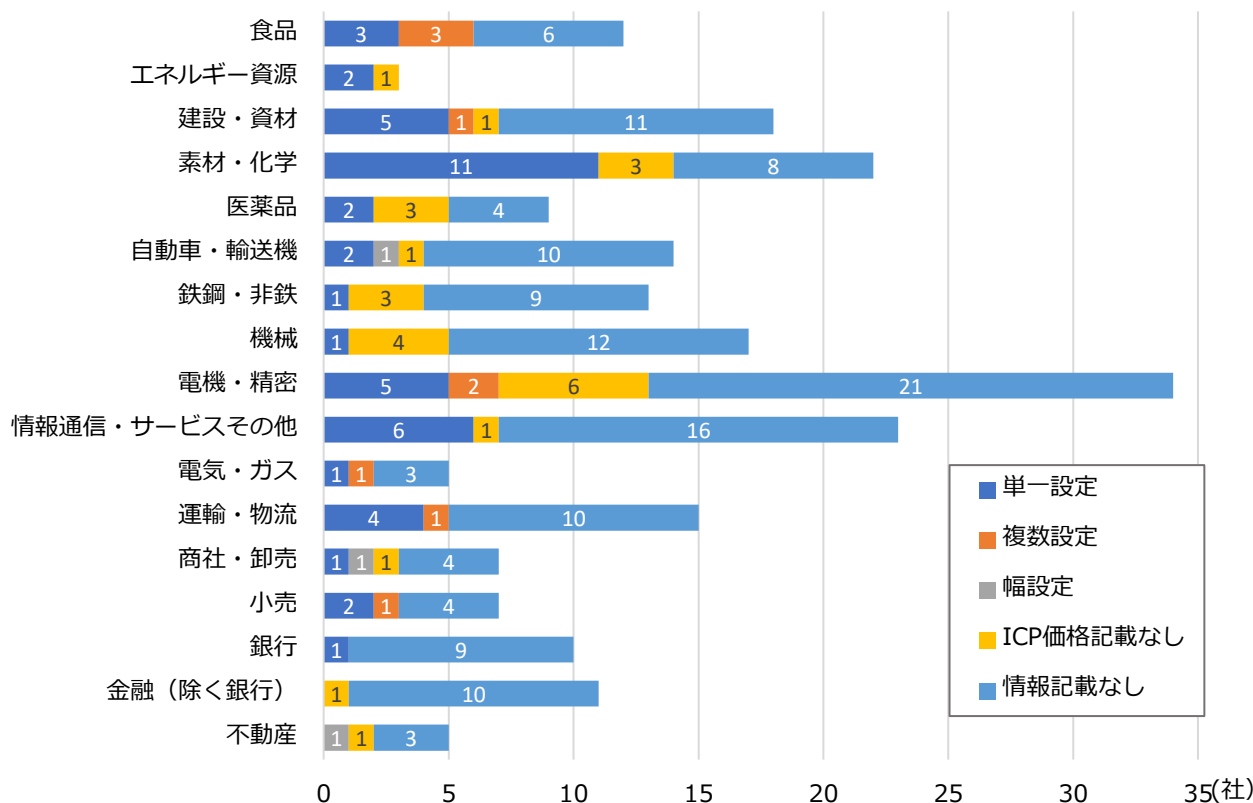
図表 5 は、ICP 価格を公表している企業数をセクター別に集計したものである（参考のために ICP を導入しているが価格を公表していない企業数、ICP に関する情報を開示していない企業数も集計した）。59 社のうち「素材・化学」（同セクターの日経平均株価採用企業数は 22 社）に分類される企業が 11 社と最も多く、「電機・精密」（同 34 社）が 7 社、「食品」（同 12 社）、「建設・資材」（同 18 社）、「情報通信・サービスその他」（同 23 社）が 6 社で続いている。なお、「金融（除く銀行）」（同 11 社）に分類される企業では ICP 価格を開示している企業は皆無であった。

日経平均株価採用企業のうち ICP 価格公表企業数のセクター別割合をみると、3 社のうち 2 社が ICP 価格を公表している「エネルギー資源」の割合が最も高く、「食品」が 12 社中 6 社、「素材・化学」が

<sup>7</sup> 外国通貨で設定している場合は、2022 年 12 月末時点の為替レート（米ドル：131.95 円、ユーロ：140.82 円）で日本円に換算して集計した。

22 社中 11 社で続く。一方、「銀行」、「鉄鋼・非鉄」、「機械」、「金融（除く銀行）」は ICP 価格の公表が遅れており、割合としては 10%以下となっている。

図表 5 ICP 価格の公表企業数<sup>8</sup>（セクター別）



（出所）日興リサーチセンター作成

次に、図表 6 は、ICP 価格を公表している企業 59 社のうち CO<sub>2</sub>1 トン当たりの ICP 価格を設定する 58 社をセクター別に集計したものである（「複数設定」の場合は最も高い価格、「幅設定」の場合は上限価格を採用）。

集計結果をみると、ICP 価格を公表している企業が複数あるセクターのうち、最も価格差が大きいのは「自動車・輸送機」で、設定する ICP 価格の最大値は 60,000 円、最小値は 4,100 円でその差は 55,900 円であった。このほか「食品」や「電機・精密」、「運輸・物流」、「建設・資材」、「素材・化学」でも相対的に設定される ICP 価格の価格差が大きかった。

一方、最も価格差が小さかったセクターは「医薬品」で、ICP 価格の最大値は 11,000 円、最小値は 10,000 円で価格差は 1,000 円であった。このほか「エネルギー資源」や「小売」でも相対的に設定される ICP 価格の価格差は小さかった。

<sup>8</sup> 参考のために ICP を導入しているが価格を公表していない企業数（ICP 価格記載なし）、ICP に関する情報を開示していない企業数（情報記載なし）も集計している。

図表6 ICP 価格公表企業の設定価格帯（セクター別）<sup>9</sup>

セクター	0円超	1,000円超	3,000円超	5,000円超	10,000円超	20,000円超	30,000円超	40,000円超	50,000円超
	1,000円以下	3,000円以下	5,000円以下	10,000円以下	20,000円以下	30,000円以下	40,000円以下	50,000円以下	60,000円以下
食品	0	0	2	1	2	0	1	0	0
エネルギー資源	0	0	0	2	0	0	0	0	0
建設・資材	0	1	1	1	3	0	0	0	0
素材・化学	0	0	1	7	3	0	0	0	0
医薬品	0	0	0	1	1	0	0	0	0
自動車・輸送機	0	0	1	1	0	0	0	0	1
鉄鋼・非鉄	0	0	1	0	0	0	0	0	0
機械	0	0	0	1	0	0	0	0	0
電機・精密	0	0	1	2	3	1	0	0	0
情報通信・サービスその他	0	0	0	5	1	0	0	0	0
電気・ガス	0	0	0	1	1	0	0	0	0
運輸・物流	0	1	1	1	2	0	0	0	0
商社・卸売	0	0	0	0	0	1	0	0	0
小売	0	0	0	0	3	0	0	0	0
銀行	0	0	0	1	0	0	0	0	0
金融（除く銀行）	0	0	0	0	0	0	0	0	0
不動産	0	0	0	0	1	0	0	0	0

（出所）日興リサーチセンター作成

## 6. おわりに

本稿では、国内企業 225 社の ICP に関する情報の開示状況を確認した。CDP の気候変動質問書への回答状況から確認できる日本企業の ICP の導入状況と、各企業の開示情報から確認できる ICP 関連情報の状況には乖離があり、これは、企業に対する脱炭素社会の実現に向けた取り組みへの投資家などステークホルダーの関心が高まる昨今、ICP に関連した情報の開示はまだ道半ばであることと推察される。加えて、企業ごとに ICP に関する情報を記載している場所は様々であり、情報開示の内容についても、導入の有無についてのみ記載している企業から、価格や価格設定した背景、用途まで記載している企業まであり、表記方法や開示情報量など千差万別であった。このことから、既に環境省が作成している ICP 導入企業の活用事例集<sup>10</sup>に加えて、今後、情報開示のモデルケースやベストプラクティスを提示していくことも ICP 制度を推進するうえで重要性が増すと考える。

また、今回 ICP 価格も併せて開示していた企業の価格帯は、最小値は 1,500 円、最大値は 60,000 円と非常に差が大きく、特に「自動車・輸送機」セクターでその傾向が強く感じられた。第 3 章で述べたように、企業ごとの ICP 導入目的の違いと、それに伴って価格の決定方法の違いが生じることも価格差

<sup>9</sup> 外国通貨で設定している場合は、2022 年 12 月末時点の為替レート（米ドル：131.95 円、ユーロ：140.82 円）で日本円に換算して集計した。

<sup>10</sup> 環境省「インターナルカーボンプライシング活用ガイドライン ～企業の脱炭素・低炭素投資の推進に向けて～（2022 年 3 月更新）」を参照。



---

を生じさせる一因となっていると考えられる。

企業がどのような気候変動リスクに晒されているか、その対処にどのように取り組んでいるか、そのためにどのような方法で ICP 価格を算出したのかなどについて具体的な開示を行うことは、投資家などステークホルダーにとっても非常に重要な情報となる。

今回は国内企業 225 社に限定して調査を行ったが、さらに対象企業数を増やすなどして、ICP をはじめとする日本企業の脱炭素実現に向けた今後の取り組みの変化についても引き続き調査していきたい。

#### 参考文献

CDP[2022], 「CDP 気候変動レポート 2021 : 日本版」

(END)

---

# わが国におけるインターナショナルカーボンプライシングの導入と 価格決定要因について

2023年1月

社会システム研究所 主任研究員 杉浦 康之

## 1. はじめに

気候変動対策は、グローバルでの対応が叫ばれており、国だけでなく企業にも求められている。年金基金をはじめとする機関投資家は、企業が気候変動への取組みをどのように実施するのかに関心があり、それには気候変動に関連した事業機会だけでなく、気候変動リスクに対するリスク管理や、削減を実施する上で企業が負担するコスト（投資も含め）にも着目する。こうした情報開示の重要性から、気候関連財務情報開示タスクフォース(Task Force on Climate-related Financial Disclosures, 以下、TCFD)が気候変動に対する情報開示について提言し、さらには国際サステナビリティ基準審議会(International Sustainability Standards Board、以下、ISSB)もTCFDに沿った開示基準を策定している。だが、企業が気候変動のような外部性のある問題に取り組むためには、それに対する規律付けが必要となる。その手法の一つとして、企業自身がCO<sub>2</sub>の価格を設定し、事業の意思決定に反映させる、いわゆるインターナショナルカーボンプライシング(以下、ICP)がある。気候変動開示を推進するCDPは、ICPを含めた質問を企業から収集しており、そのデータによれば、2019年から2021年の過去3年間でも国内でのICPの導入が増えており、その価格も幅広い(杉浦(2022))。

こうした価格の設定は、炭素排出市場や炭素税などの価格だけでなく、企業自身の状況やセクターにおける負担など、あらゆる状況から判断されるものと推察される。ここでは、わが国企業のICP価格がどのような要因に起因するのかを簡易的な分析方法により把握する。

以下、2章ではICPにおける価格決定に関連する先行研究について概観する。3章では先行研究やそのほかの仮説に基づき分析を行う。4章では分析結果について考察する。

## 2. ICP 価格導入の要因について

炭素の社会的費用には二つの概念が考えられる。一つは、将来の追加的なCO<sub>2</sub>排出によって生じる将来と現時点(あるいは将来時点の)の経済損失を表す社会的費用としての考え方である。この社会的費用は社会全体に対して負の外部性をもたらす、一国あるいは世界全体が負担する費用と考える。もう一つはCO<sub>2</sub>排出削減に対する費用便益(限界費用)の視点である。これは、将来のCO<sub>2</sub>削減を達成する際の技術開発や削減コストの増加と、抑制することによって生まれる厚生上の追加便益が一致した点をCO<sub>2</sub>の価格として捉えるものである。いずれの視点にしても、企業は炭素排出が増えることによる外生

---

的な影響を受けると考えられる。

だが、気候変動は企業に一律に影響を及ぼすとは限らない。例えば、高排出企業は、厳しい気候変動対策が必要となれば、そのことが収益を圧迫する可能性がある。国際的な事業を行ってれば、各国の気候変動政策の変化によって、その影響も異なってくる。つまり、気候変動に対する対応は、気候リスクの大きさ、個別企業の状況、排出削減の難しさなど様々な影響によって異なり、ICP の価格も変化する可能性がある。以下では、ICP の価格決定の背景に関する仮説について検討する。

## 2.1 ICP 価格決定の仮説

ICP の価格決定要因について、Bento and Gianfrate (2020)は、ICP での炭素価格（以下、ICP 価格）に寄与する要因として、各国の炭素税や炭素市場の価格、気候政策の不確実性、高排出セクター、ガバナンスの強さなどを挙げている。だが、ICP の導入は任意の制度であるため、ICP の導入に企業の偏りがあることが確認されている（Ben-Amar et al. (2022)）。具体的には、気候リスクの大きい企業や取締役会の独立性のある企業が ICP を導入する傾向にある。本分析では、CDP が収集する日本企業に限定したサンプルを用いるため、ICP 導入企業の偏りに留意する必要がある<sup>1</sup>。

これらの先行研究を踏まえ、4 つの視点から仮説を検討する。すなわち、①炭素価格設定の背景、②気候エクスポージャー、③企業の財務状況、④ガバナンスである。

### ① 炭素価格設定の背景

炭素価格設定の背景とは ICP を導入する際の理由のことを指す。ICP は、将来の意思決定、あるいは排出削減を誘引することを目的に導入される（WBCSD(2015)、杉浦(2022)）。気候変動開示を推進する CDP は、炭素価格設定の背景として、「規制導入」「ステークホルダー期待」「行動変化」「エネルギー効率」「低炭素投資」「ストレステスト」「事業機会」「エンゲージメント」の 8 項目を挙げている。ここでは、ICP が将来の意思決定に影響を及ぼすための導入だと仮定し、次の 6 項目を利用する。

---

<sup>1</sup> なお、CDP に対して回答する企業にも偏りがあることにも留意する必要がある。

#### 仮説① 炭素価格設定の背景

変数	予想
(1) 規制導入	+
(2) 行動変化	+/-
(3) エネルギー効率	+
(4) 低炭素投資	+
(5) ストレステスト	+
(6) 事業機会	+/-

(出所) 日興リサーチセンター

これら 6 項目が炭素価格とどのように関連するのかを考える。

(1) 規制導入は将来的な炭素税などへの準備のための ICP の導入のことを指す。したがって、将来の炭素税の課税や排出量取引の導入を意識していると考えられ、将来に排出削減を先延ばしすると社会費用が増大するため、ICP 価格を高く設定する可能性がある。

(2) 行動変化は、企業内での炭素排出を抑制するように行動を仕向けることを指す。従業員に対して効率性や生産性を通じて排出削減を意識づけるための価格である。したがって追加的な排出削減の程度に応じて、ICP 価格が変化すると考える。たとえば、追加的な排出削減が小規模であれば、ICP 価格は相対的に低く設定され、その規模が大きければ相対的に高く設定すると予想される。

(3) エネルギー効率は、エネルギーの利用効率を高めることを通じて CO<sub>2</sub> の排出を抑制するために ICP を導入することを指す。上述の (2) 行動変化と同様の考え方であるが、石炭火力など炭素排出量の多いエネルギー価格の高騰が想定されている、あるいは、石炭火力から再生エネルギーへの転換に必要な追加的な資本支出の増加が想定されている場合、炭素価格を高く設定する可能性が考えられる。例えば、IEA (2022) はネットゼロ目標に沿った電力や産業、エネルギー製品等に対する炭素価格を、先進国では 2025 年に 75USD/トン、2030 年には 130USD/トンと想定しており、炭素価格は上昇していくと考えている。これらのことが考慮されている場合、炭素価格を相対的に高く設定する可能性がある。

(4) 低炭素投資とは、低炭素への投資を促すために ICP を導入することを指す。このとき、低炭素投資は主に設備投資などの資本支出であり、追加的な CO<sub>2</sub> 排出削減に応じてその投資額が増加し、ICP 価格が上昇することが予想される。

(5) ストレステストは、ストレステストを実施する際の ICP 価格のことを指す。ストレステストはまさしく将来起こりうるリスクを想定するため、ICP 価格を高く設定する可能性がある。

(6) 事業機会は、低炭素に関する事業機会の認識などのために ICP を導入することを指す。これまで負の外部性に対する ICP 価格が設定されているが、ここでは収益機会として捉えている可能性がある。例えば、炭素吸着技術や人工光合成など、新たな事業機会に対する価格となる。そのため、CO<sub>2</sub> を



いくらで除去・吸収、削減できるのかといった費用便益の視点から ICP 価格が設定される。その結果、その技術の複雑さや投資の程度に応じて ICP 価格が決定されるものと予想される。

## ② 気候エクスポージャー

気候エクスポージャーについて、先行研究でも、エネルギー産業に代表される CO<sub>2</sub> 排出量の多い企業は、排出削減をより積極的に行う必要があるため、移行や削減に係る費用負担が大きい。したがって、CO<sub>2</sub> 排出量の多い企業の ICP 価格を高く設定していると予想される。

本分析では、高排出企業については2つの変数を基に定義する。一つは、高排出企業ダミーであり、ICP 導入の有無に関係なく、Scope1 と Scope2 の総排出量のうち上位 5 分位に分類された企業を高排出企業として定義する。

もう一つは有形固定資産比率を用いる。有形固定資産比率は、工場や設備などを多く保有する企業の CO<sub>2</sub> 排出量が多い。そのため、有形固定資産比率の高い企業は、追加的に削減する CO<sub>2</sub> 排出量が多くなり、それに対する追加的な投資も増えることから、CO<sub>2</sub> 価格を高く設定するものと予想される。

### 仮説② 気候エクスポージャー

変数	予想
高排出企業ダミー	+
有形固定資産比率	+

(出所) 日興リサーチセンター

## ③ 企業の状況

ICP に関する先行研究からは、企業の財務的な状況が ICP 価格にどのように寄与するのか理論的な仮説が提示されていない。WBCSD(2015)や杉浦 (2022) などが示すように、ICP が「将来の企業の意思決定に反映させる」ことが目的であると仮定した場合、ICP 価格は、自らの収益機会を阻害するコスト、あるいは追加的な排出削減を実施する際の追加的な資本支出と考えられる。すなわち、排出削減を実施したい規模や関連する技術などに応じて、ICP の価格も変化すると考える。

この仮定を基にすると、収益性のある企業は、長期的な気候変動対策への資源配分に余裕があり、より大きな削減を実施することが可能である。すなわち、収益性のある企業は ICP 価格を高く設定すると予想される。

さらに、海外依存度の高い企業では、海外で厳しい気候変動対応が要求されることにセンシティブであると予想され、より大きな削減を実施する可能性がある。そのため、海外依存度の高い企業は、ICP 価格を高く設定すると予想される。ここでは、収益性指標として ROA、海外事業依存度として海外売上比率を採用する。

### 仮説③ 企業の状況

変数	予想
ROA	+
海外売上比率	+

(出所) 日興リサーチセンター

#### ④ ガバナンス

ガバナンスは、ICP 価格設定の規律の指標として挙げられる。先行研究ではガバナンスの強い企業は高い ICP 価格を設定する傾向にある。CO<sub>2</sub> 排出削減を安易に達成可能なものにすると経営者のインセンティブにリンクするような報酬方針を設定したり、あるいは ICP 価格を適切に設定しないことによって、グリーン事業への移行を遅らせ、短期的な利益を追求することが考えられる。こうした経営者がレントを追求するような行動を抑制するためには、経営者に対するモニタリングがカギとなる。すなわち、社外取締役によるモニタリングや外国人投資家などによる規律付けによって、適切な ICP の価格設定が行われる可能性が考えられる。例えば、ガバナンスが効いていない状況で、経営者は ICP 価格を低く設定することにより、排出削減をわずかにしか実行しない可能性がある。この場合、有効なガバナンスにより、ICP 価格にプラスに機能すると予想される。本分析では、ガバナンスの変数として、社外取締役比率と外国人持ち株比率を採用する。

### 仮説④ ガバナンス

変数	予想
社外取締役比率	+
外国人持ち株比率	+

(出所) 日興リサーチセンター

上記の説明変数をもとに ICP 価格の分析を行う。従属変数については ICP 価格の対数値を採用するが、杉浦（2022）によれば、わが国の ICP 価格は、大きく 2 つに分類される。このうち、将来的な気候変動に関連した意思決定に用いる Shadow price が本来のインターナショナルカーボンプライシングに用いられる価格である。そのため、本分析では、全サンプルを用いた結果に加え、Shadow price の結果についても確認する。

### 3. 記述統計量

ここでは、ICP 導入価格を分析する上での各変数の記述統計量について確認する。分析の範囲を 2019 年から 2021 年の過去 3 年間とし、気候変動に関するデータは、CDP の質問票を用いる。なお、ICP 価格を通貨単位（円、ドル、ユーロ、ポンド）/トンで公表している一般事業会社を対象とした。また、円

以外の通貨単位で記載している企業については、回答日前月末の仲値から円建てに変換している。財務関連のデータについては、日経財務データ、社外取締役比率は日経 Cges データを利用した。分析では CDP へ回答した年の 1 期前の決算期時点のデータを説明変数として用いる。

図表 1(上)は、ICP 導入に関する分析記述統計量、図表 1 (下) は、ICP 価格に関する分析に用いる変数の記述統計量である。ICP を導入する企業は、図表 1 (上) にあるように、3 年間で 0.262 (26.2%) と CDP に回答する企業の中でも 1/4 程度に限定される。

さらに、図表 1 (下) を確認すると、ICP の価格は最小値 200 円/トンから最大 2000 万円/トンまでと幅が広い。そのため分析では、ICP 価格の対数を従属変数として利用する。

炭素価格設定の背景に関する指標の中では、低炭素投資が 0.65 (65.0%) と最も多く、エネルギー効率 (51.2%)、行動変化 (45.8%) と続く。この結果からもわかるよう CDP では各項目について複数回答可能としている。気候エクスポージャーのうち、高排出企業ダミーは CDP 回答企業全体のうち上位 5 分位に分類された企業についてのダミー変数である。図表 1 (上) では平均が 0.262 に対し、平均値が 0.471 となっており、ICP 価格についてのデータは高排出企業に偏っていることが確認できる。そのほかの変数からそこまでの偏りは見られない。なお、以降の分析を行う際、上位・下位 1% で各変数の winsorizing<sup>2</sup>を施すことで、異常値処理を行う。

図表 1 記述統計量 (上: ICP 導入の分析データ、下: ICP 価格の分析データ)

ICP導入の分析データ	変数	サンプル数	平均	標準偏差	最小値	最大値
ICP導入	ICP導入	1,025	0.262	0.440	0.000	1.000
気候エクスポージャー	高排出企業ダミー	1,025	0.269	0.444	0.000	1.000
	有形固定資産比率	1,025	0.304	0.165	0.000	0.872
企業の状況	ROA	1,025	0.056	0.045	-0.192	0.256
	海外売上比率	1,025	0.365	0.296	0.000	0.955
ガバナンス	外国人持ち株比率	1,025	0.269	0.124	0.000	0.781
	社外取締役比率	1,025	0.395	0.123	0.000	0.909

ICP価格の分析データ	変数	サンプル数	平均	標準偏差	最小値	最大値
ICP価格	ICP価格 (対数)	297	8.661	1.786	5.298	16.811
	ICP価格	297	145,259	1,337,599	200	20,000,000
炭素価格設定の背景	規制導入	297	0.209	0.407	0.000	1.000
	行動変化	297	0.458	0.499	0.000	1.000
	エネルギー効率	297	0.512	0.501	0.000	1.000
	低炭素投資	297	0.650	0.478	0.000	1.000
	ストレステスト	297	0.077	0.268	0.000	1.000
	事業機会	297	0.229	0.421	0.000	1.000
気候エクスポージャー	高排出企業ダミー	297	0.471	0.500	0.000	1.000
	有形固定資産比率	269	0.290	0.168	0.018	0.791
企業の状況	ROA	269	0.058	0.043	-0.060	0.189
	海外売上比率	297	0.348	0.305	0.000	0.955
ガバナンス	外国人持ち株比率	269	0.295	0.107	0.066	0.656
	社外取締役比率	269	0.426	0.122	0.182	0.833

(出所) 日興リサーチセンター

<sup>2</sup> データサンプルに対し上下に閾値を設定し、閾値を超えた値を閾値の値に置き換えること。

## 4. 分析結果

### 4.1 ICP 導入企業の特徴

ICP の価格要因を把握する前に、ここでは ICP を導入する企業の特徴について把握する。前述のように ICP を導入する企業のセレクションが ICP 価格の決定にも影響する可能性があるためである。記述統計量の結果からも、高排出企業ダミーの平均が 0.471（ランダムサンプリングであれば、5 分位であるため 0.2 近辺となるはず）となっており、これは、ICP を導入している企業が全体的に高排出企業群に偏っていることを示唆している。

ICP 導入企業の特徴を把握するため、以下の方法で分析を行う。説明変数には、②気候エクスポージャー、③企業の状況、④ガバナンスの 3 項目と、産業ダミー変数と年ダミー変数を採用し、従属変数には ICP 導入企業ダミー（ICP 導入企業を 1、その他を 0 とする変数）を採用し、ロジット回帰を行う。

図表 2 はロジット回帰の結果である。モデル 1 は②～④の全変数を用いたロジット回帰の結果であり、モデル 2～4 は各仮説と産業ダミー、年度ダミーのみでロジット回帰した結果である。モデル 1 とモデル 2～4 の結果でともに有意となった結果について言及する。

まず、②気候エクスポージャーについては、高排出企業が統計的に有意に正の係数が確認される一方で、有形固定資産比率は負となっている。すなわち、高排出企業は ICP を導入する傾向にあるが、それでも有形固定資産の大きい企業では ICP を導入しない傾向がある。次に、③企業の状況については、海外売上高比率で正となり、海外事業依存度の高い企業が ICP を導入している。最後に、④ガバナンスについては、社外取締役比率の高い企業が ICP を導入する傾向が確認された。

以上のことから、高排出企業や海外やグローバル企業、社外取締役比率の高い企業が ICP を導入する傾向にあり、このことが ICP 価格の決定に影響を与える可能性もあることに留意する。

図表 2 ロジット回帰の分析結果

変数		モデル1 ICP導入	モデル2 ICP導入	モデル3 ICP導入	モデル4 ICP導入
気候エクスポージャー	高排出企業ダミー	1.735*** (0.179)	1.823*** (0.171)		
	有形固定資産比率	-1.919*** (0.614)	-2.574*** (0.572)		
企業の状況	ROA	2.730 (2.018)		0.860 (1.769)	
	海外売上比率	0.840** (0.426)		1.511*** (0.371)	
ガバナンス	外国人持ち株比率	0.263 (0.731)			1.806*** (0.623)
	社外取締役比率	1.518** (0.697)			2.359*** (0.624)
	定数	-2.346*** (0.541)	-1.247*** (0.437)	-1.738*** (0.371)	-2.754*** (0.432)
	産業ダミー	YES	YES	YES	YES
	年度ダミー	YES	YES	YES	YES
	回帰方法	Logit	Logit	Logit	Logit
	Observations	1,025	1,025	1,025	1,025
	R-squared				

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

(出所) 日興リサーチセンター



## 4.2 ICP 価格の要因

ICP 価格の決定要因に関する分析では、仮説①～④の各変数と産業ダミー変数、年度ダミー変数を説明変数とし、ICP 価格の対数値を従属変数として、重回帰分析を行う。なお本サンプルは限定的であるため、単純な重回帰分析を行う<sup>3</sup>。図表 3 は全データを用いた ICP に対する回帰結果である。モデル 5 は①～④のすべての変数で回帰した結果であり、モデル 6～9 は各仮説に対する変数と産業ダミー、年度ダミーのみで回帰した結果である。モデル 5 とモデル 6～9 の結果でともに有意となった結果について言及する。

まず、①炭素価格設定の背景については、規制導入、行動変化で負の結果、低炭素投資、事業機会で正の結果を得た。規制導入は仮説と逆の結果となっている。その背景には、日本での温暖化防止対策税が 1 トン当たり 289 円であり、他国と比較しても炭素価格が低い (OECD (2021)) ことが挙げられる。この価格を前提とした場合、全体からすると低い ICP 価格が設定されたと考える。行動変化については、追加的な排出削減量を少なく見積もった結果から低い ICP 価格が設定されたと考える。低炭素投資については仮説通りであり、将来の追加的な削減に対する限界費用の増加から、高い ICP 価格が設定されたと推察される。また、事業機会についても CO<sub>2</sub> 排出に関連した技術への投資やクリーンにするための価格が高いことが想定されたと推察される。

つぎに、②気候エクスポージャーでは、高排出企業が正、有形固定資産比率が負となった。高排出企業では、追加的な排出削減量が多いことから高い ICP 価格を設定したと推察される。他方、有形固定資産比率については仮説とは逆の結果となった。有形固定資産の多い企業は、本来排出削減が多い企業であり、多くの削減が必要となるため、その資本支出が多くなるはずである。だが、これらの企業では排出削減に対する炭素費用を低く見積もっており、排出削減に対する資本支出を抑制しているものと推察される。

③企業の状況では、ROA、海外売上高比率ともに正の結果であり、仮説通りの結果となった。ROA の高い企業は排出削減に対する資源配分の余裕から、高い ICP 価格を設定したと考える。また、海外売上高比率の高い企業では海外の厳しい排出規制などに配慮し、高い ICP 価格を設定していると推察される。

最後に、④ガバナンスについては、いずれの変数とも有意な結果は得られなかった。

<sup>3</sup> なお、各係数の統計的な頑健性を高めるため、企業間のクラスターロバスト標準誤差を用いる。

図表 3 全データを用いた回帰結果

変数		モデル5 ICP価格	モデル6 ICP価格	モデル7 ICP価格	モデル8 ICP価格	モデル9 ICP価格
炭素価格設定の背景	規制導入	-0.598*** (0.224)	-0.528** (0.228)			
	行動変化	-0.456** (0.207)	-0.418** (0.199)			
	エネルギー効率	0.0526 (0.207)	0.0251 (0.198)			
	低炭素投資	0.526** (0.215)	0.590*** (0.226)			
	ストレステスト	0.345 (0.258)	0.548* (0.286)			
	事業機会	0.505** (0.228)	0.461* (0.261)			
気候エクスポージャー	高排出企業ダミー	0.447* (0.247)		0.443* (0.226)		
	有形固定資産比率	-4.133*** (1.012)		-5.057*** (0.978)		
企業の状況	ROA	4.134* (2.218)			5.763** (2.324)	
	海外売上比率	1.853*** (0.435)			2.071*** (0.433)	
ガバナンス	外国人持ち株比率	0.366 (1.126)				3.094*** (1.116)
	社外取締役比率	-1.312 (0.971)				-1.336 (0.935)
	定数	8.547*** (0.833)	6.751*** (0.425)	9.630*** (0.625)	6.725*** (0.394)	6.604*** (0.577)
	産業ダミー	YES	YES	YES	YES	YES
	年度ダミー	YES	YES	YES	YES	YES
	回帰方法	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS
	データ	全データ	全データ	全データ	全データ	全データ
	Observations	269	297	269	269	269
	R-squared	0.338	0.182	0.222	0.214	0.165

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

(出所) 日興リサーチセンター

図表 4 は Shadow price として ICP を用いている企業に限定した結果である。モデル 10 は全変数を用いた結果、モデル 11~14 は、各仮説と産業ダミー、年度ダミーのみを用いた結果である。これまで同様、モデル 10 とモデル 11~14 でともに有意となった結果のみ言及する。

まず、①炭素価格設定の背景については、規制導入で負となった。Shadow price として導入した場合でも、規制導入は前述のモデル 5 と同じ結果である。②気候エクスポージャーでは、有形固定資産比率で負となり、モデル 5 と同じ結果である。さらに、③企業の状況では、海外売上高比率で正となり、モデル 5 と同じ結果である。

この結果から、Shadow price として ICP を設定する場合、企業の導入する意図や企業の排出状況、企業の状況などが ICP 価格に影響を及ぼしている。

図表 4 Shadow price を選択した企業を用いた回帰結果

変数		モデル10 ICP価格	モデル11 ICP価格	モデル12 ICP価格	モデル13 ICP価格	モデル14 ICP価格
炭素価格設定の背景	規制導入	-0.794*** (0.243)	-0.944*** (0.230)			
	行動変化	-0.305 (0.216)	-0.385* (0.207)			
	エネルギー効率	0.434* (0.238)	0.310 (0.246)			
	低炭素投資	-0.476* (0.242)	-0.333 (0.255)			
	ストレステスト	0.690 (0.442)	1.110*** (0.353)			
	事業機会	-0.100 (0.177)	-0.138 (0.180)			
気候エクスポージャー	高排出企業ダミー	0.319 (0.250)		0.491* (0.255)		
	有形固定資産比率	-2.560** (1.115)		-3.809*** (1.061)		
企業の状態	ROA	2.228 (2.227)			2.924 (2.116)	
	海外売上比率	0.884* (0.515)			1.956*** (0.513)	
ガバナンス	外国人持ち株比率	1.007 (1.023)				2.984*** (0.974)
	社外取締役比率	1.273 (0.997)				1.521 (0.994)
	定数	8.216*** (0.811)	8.302*** (0.460)	9.099*** (0.622)	7.359*** (0.402)	6.187*** (0.560)
	産業ダミー	YES	YES	YES	YES	YES
	年度ダミー	YES	YES	YES	YES	YES
	回帰方法	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS
	データ	Shadow price	Shadow price	Shadow price	Shadow price	Shadow price
	Observations	153	167	153	153	153
	R-squared	0.417	0.249	0.250	0.224	0.247

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

(出所) 日興リサーチセンター

### 4.3 その他の回帰手法を用いた ICP 価格の要因

上記の分析では、説明変数が多く、多重共線性の懸念もある。この懸念に対して、ステップワイズ回帰と Lasso 回帰という2つの手法による分析結果を確認する(図表5参照)。ステップワイズ回帰は、複数の変数の組み合わせから、統計的な有意性の評価を繰り返しながら、変数を選択する方法である。Lasso 回帰は、変数選択を行う中で、回帰に罰則項を与えることで関連性の低い変数について回帰係数をゼロとするような回帰手法である。なお、いずれの方法においても、変数選択の方法やハイパーパラメータの決定において恣意性があるため、補完的な分析として行う。

ステップワイズ回帰、Lasso 回帰を実施するにあたって、いずれも説明変数の候補は、前述と同じ変数を用いる。なおステップワイズ回帰では統計的な有意性の基準を5%とする。また、Lasso 回帰では K-分割交差検証(クロスバリデーション)<sup>4</sup>により変数を選択する。図表内では、ステップワイズ回帰、Lasso 回帰それぞれで特定された変数の結果のみを記載するが、産業ダミーと年度ダミーについては省略する。

<sup>4</sup> クロスバリデーションはデータを K 個に分割し、そのうちの一つをテストデータ、残りを教師データとして正答率を評価する方法。本稿では同手法で予測された値から平均二乗予測誤差を推定し、1σ内で最大となる罰則項を採用している。

---

図表 5 は、各結果であり、モデル 15 は全データのステップワイズ回帰の結果、モデル 16 は Shadow price のステップワイズ回帰の結果、モデル 17 は、全データの Lasso 回帰の結果、モデル 18 は Shadow price の Lasso 回帰の結果である。

まず、モデル 15 について確認すると、①炭素価格設定の背景では、規制導入、行動変化が負、低炭素投資では正の結果となり、これらの変数は図表 3 のモデル 5 と同様の結果である。②気候エクスポージャーでは、有形固定資産比率が負となり、モデル 5 と Lasso 回帰の結果であるモデル 17 で同様の結果を得ている。③企業の状況は、海外売上高比率で正となり、モデル 5、モデル 17 でも同様の結果を得ている。

次にモデル 16 について確認すると、①炭素価格設定の背景では、規制導入、低炭素投資が負となり、図表 4 のモデル 10 と同じ結果を得ている。特に規制導入は Lasso 回帰の結果であるモデル 18 でも同様の結果を得ている。②気候エクスポージャーでは、有形固定資産比率で負であり、モデル 10、モデル 18 でも同様の結果である。さらに③企業の状況では、海外売上高比率が正の結果であり、モデル 10、モデル 18 でも同様の結果である。④ガバナンスについては社外取締役比率が正の結果であり、モデル 18 でも同様の結果である。

多重共線性を考慮した分析から、前述の結果を踏まえると、規制導入を動機としたときや有形固定資産の大きい企業では ICP 価格を低く抑える傾向にある。他方で海外売上高比率の高い企業は、ICP 価格を高く設定する傾向が確認された。

図表5 ステップワイズ法による結果

変数		モデル15 ICP価格	モデル16 ICP価格	モデル17 ICP価格	モデル18 ICP価格
炭素価格設定の背景	規制導入	-0.505** (0.214)	-0.703*** (0.226)		-0.082
	行動変化	-0.376** (0.187)			
	エネルギー効率				
	低炭素投資	0.509*** (0.191)	-0.401** (0.200)		
	ストレステスト		0.687** (0.285)		
	事業機会				
気候エクスポージャー	高排出企業ダミー				
	有形固定資産比率	-3.725*** (0.616)	-1.585** (0.627)	-1.666	-0.554
企業の状況	ROA				
	海外売上比率	1.671*** (0.323)	1.443*** (0.336)	1.130	0.788
ガバナンス	外国人持ち株比率				0.947
	社外取締役比率		2.070** (0.880)		0.413
	定数	9.027*** (0.274)	7.896*** (0.366)	8.734	7.943
	産業ダミー	YES	YES	YES	YES
	年度ダミー	YES	YES	YES	YES
	回帰方法	Stepwise	Stepwise	Lasso	Lasso
	データ	全データ	Shadow price	全データ	Shadow price
	Observations	269	153	-	-
	R-squared	0.284	0.337		
	Lamda			148.554	60.263

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

(出所) 日興リサーチセンター

## 5. まとめ

本稿では、わが国企業のインターナルカーボンプライシング導入の状況と、設定された ICP 価格の決定要因について分析を行った。ICP を導入する企業の特徴として、高排出の企業や海外依存度の高い企業、社外取締役比率の高い企業が ICP を導入し、他方で有形固定資産比率の高い企業は ICP を導入していない。

さらに、ICP 価格を決定する際、ICP 価格を利用する背景や気候リスクの大きさ、収益性やグローバルへの依存度などに応じて異なる価格を設定している。換言すれば、各企業が一律の炭素価格を用いているのではなく、それぞれの状況に応じた価格を採用しているといえる。

ただし、有形固定資産比率の高い企業のように、排出量が比較的多い企業が低い価格を設定しており、ICP 価格の自由度の高さから裁量的に低い価格を設定していることが懸念される。また、規制導入を背景にした場合、相対的に低い価格を設定しているが、将来的に日本での炭素税あるいは GX リーグでの炭素価格などによって、設定される ICP 価格が変わってくる可能性も考えられる。



---

本結果は、高排出セクター企業や資産規模の大きい企業などに限定された分析でありサンプルの限界もある。また ICP の導入に偏りがあり、ICP 価格にもそのことが影響している可能性は否定できない。今後 ICP 導入が進み、データが拡充されていくことを期待したい。

#### 参考文献

- Ben-Amar, W., Gomes, M., Khurshheed, H., & Marsat, S. (2022). Climate change exposure and internal carbon pricing adoption. *Business Strategy and the Environment*.  
<https://doi.org/10.1002/bse.3051>
- Bento, N., & Gianfrate, G. (2020). Determinants of internal carbon pricing. *Energy Policy*, 143, 111499. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2020.111499>
- OECD. (2021). *Effective Carbon Rates 2021: Pricing Carbon Emissions Through Taxes and Emissions Trading*, OECD Publishing., <https://www.oecd.org/tax/tax-policy/effective-carbon-rates-2021-0e8e24f5-en>
- WBCSD. (2015). *Emerging Practices in Internal Carbon Pricing*.
- IEA. (2022). *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*,  
<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- 杉浦康之 (2022) 「日本企業のインターナルカーボンプライシングの動向について」、日興リサーチレビュー 2022 年 4 月、<https://www.nikko-research.co.jp/library/11227/>

(END)

---

# 企業の CO<sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付け ～役員報酬への反映と ICP の導入～

2023 年 2 月

投資工学研究所 松木 健志

## 1. はじめに

企業の脱炭素の実現に向けた取組みに対して、投資家をはじめとするステークホルダーの関心が高まるなかで、企業内部で炭素価格を見積もるインターナルカーボンプライシング（以下、ICP）が、企業行動に対する規律付けの仕組みとして注目されている。ICP は、グローバルでは Unilever<sup>1</sup>や Microsoft<sup>2</sup>など、国内企業でも、帝人<sup>3</sup>、日立製作所<sup>4</sup>などで導入されている。ICP に対しては、その導入が、企業の脱炭素の実現に向けて CO<sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付けとしての効果を期待する声もある。

CO<sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付けには、経営陣の業績評価にあたって、取組みや成果を考慮する仕組み（気候変動に関する指標を反映した KPI<sup>5</sup>連動型報酬制度）の導入も考えられる。これについては、有価証券報告書における役員の報酬等の項目を中心に、開示がなされているケースも確認される。有価証券報告書等の開示情報によると、役員報酬における KPI 連動型報酬制度に、ESG 指標や気候変動に関する指標を反映させる企業が増加しており、これらの課題に対する取組みへの本気度が窺える（松木（2022））。

企業の脱炭素の実現に向けた取組みの出発点となる CO<sub>2</sub> 排出量の削減目標（以下、削減目標）は、国内外の規制・指針、投資家の要求、そして経済的合理性を考慮し、設定されるものと考えられる。意欲的な削減目標を掲げる企業は、その達成のために、動機付けをより重視する可能性がある。

本稿では、「気候変動に関する指標の役員報酬への反映（以下、役員報酬への反映）」と「ICP の導入」といった企業の CO<sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付け（本稿における「動機付け」は特段の断りがない限りこれを指す）を整理したうえで、これらの動機付けと各企業が設定する削減目標との関係を分析した。

---

<sup>1</sup> Unilever plc Web サイト：

<https://www.unilever.com/news/news-search/2018/explainer-what-is-carbon-pricing-and-why-is-it-important/>

<sup>2</sup> Microsoft Corporation Web サイト：

<https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030/>

<sup>3</sup> 帝人株式会社 Web サイト：[https://www.teijin.co.jp/csr/environment/climate\\_change.html](https://www.teijin.co.jp/csr/environment/climate_change.html)

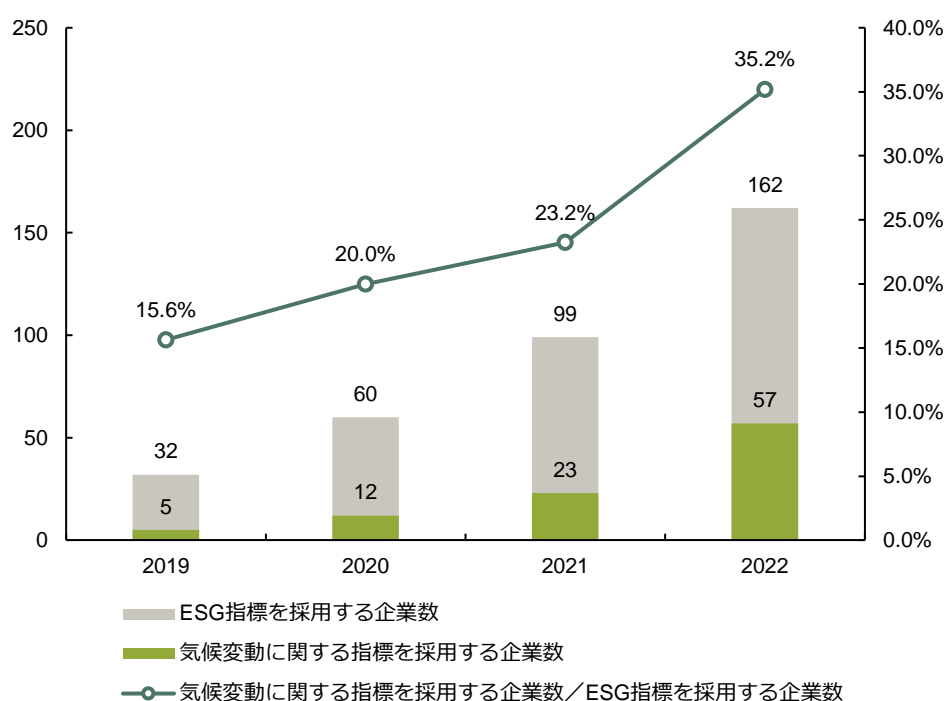
<sup>4</sup> 株式会社日立製作所 Web サイト：<https://social-innovation.hitachi/ja-jp/article/icp/>

<sup>5</sup> Key Performance Indicator の略。

## 2. 役員報酬への反映

役員報酬における KPI 連動型報酬制度の導入目的の一つは、KPI の達成度等が経営陣の報酬額等に直接反映されることで、経営陣に対して取組みへの意識づけを強化し、KPI の実効性を確保することである。図表 1 は、2022 年 6 月末時点の東証プライム上場企業のうち時価総額上位 500 社の中で、役員報酬に ESG 指標や気候変動に関する指標を反映させる企業数を、2019 年から 2022 年の各年の 9 月末時点でそれぞれ集計したものである。図表 1 から、ESG 指標を反映した役員報酬を導入する企業は、直近 3 年で急激に増加しており、そのなかでも気候変動に関する指標を反映させる企業の割合が増えていることがわかる。

図表 1 ESG 指標および気候変動に関する指標を反映させる企業数と割合の推移



(注) 左軸：企業数、右軸：割合（気候変動に関する指標を採用する企業数／ESG 指標を採用する企業数）

(出所) 各社公表資料より日興リサーチセンター作成

有価証券報告書等の開示情報によると、気候変動に関する指標のなかには、「CO<sub>2</sub> 排出削減量」のようにシンプルなものから、「自社の脱炭素の実現に貢献するとされる製品の販売額・量」、「エネルギー消費の削減量」のような CO<sub>2</sub> 排出量の削減に結び付いた定量的な指標を用いるもの、あるいは、具体的な取組みの内容は示さず「気候変動対策の取組み」とするものなどがあり、設定される指標やその具体性は様々である（図表 2 参照）。報酬制度自体の設計が企業毎に異なることも併せて、動機付けの効果は決して一様ではないと考えられるが、前述したように、取組みや成果が経営陣の報酬額等に直接反映されることから、いずれも取組みを推進する効果は期待できるだろう。

図表 2 気候変動に関する指標を反映させる場合の具体的な指標の例

区分	指標の例
CO <sub>2</sub> 排出削減量など	温室効果ガス排出量（日本電信電話）、 CO <sub>2</sub> 排出量（セブン&アイ・ホールディングス）、 CO <sub>2</sub> 排出量削減目標達成状況（資生堂）、 輸送トンキロあたりの CO <sub>2</sub> 排出量目標値（ANA ホールディングス）、 有償トンキロ当たりの CO <sub>2</sub> 排出量評価（日本航空）など
自社製品の販売に関するもの	戸建 ZEH <sup>6</sup> 比率（積水ハウス）など
省エネルギー・再生可能エネルギーに関するもの	基地局再生可能エネルギー比率（ソフトバンク）、 BEI <sup>7</sup> （野村不動産ホールディングス）、 自社の直接的なエネルギーの使用量の削減（双日）など
気候変動対策の取組みなど	気候変動対応を含む ESG 各要素（三井物産）、 地球温暖化対応（UBE）など

（出所）各社公表資料より日興リサーチセンター作成

<sup>6</sup> Net Zero Energy House の略。外皮の断熱性能等を大幅に向上させるとともに、高効率な設備システムの導入により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギーを実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、年間の一次エネルギー消費量の収支がゼロとすることを目指した住宅。

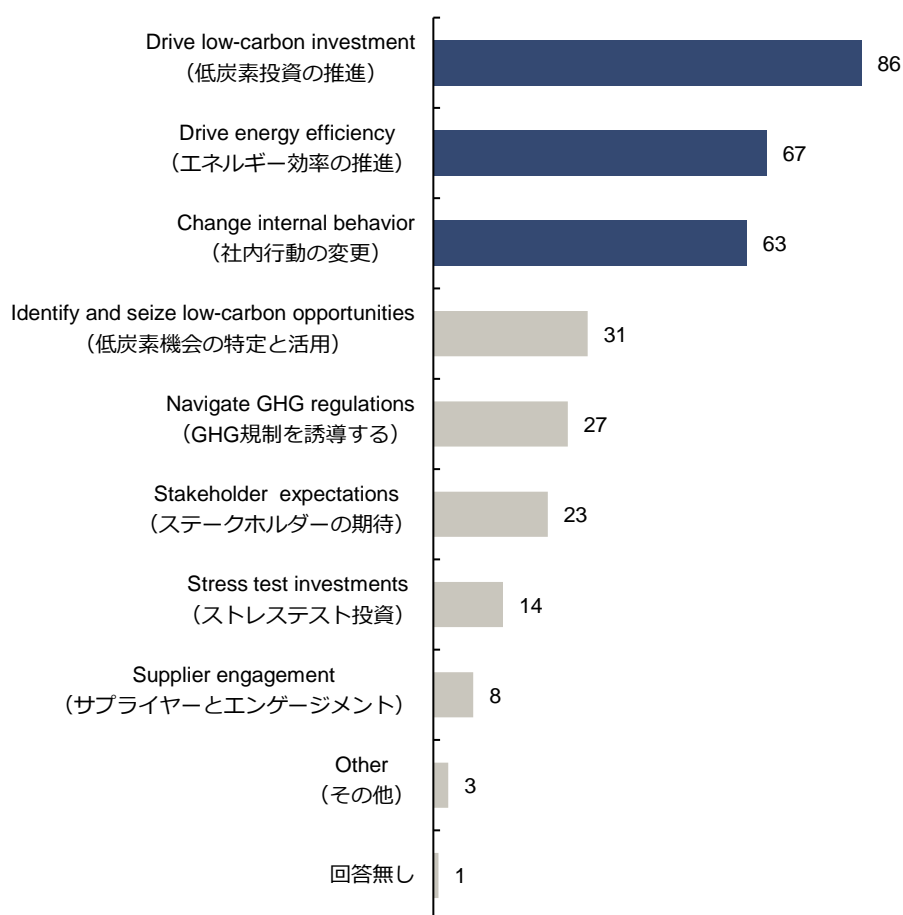
<sup>7</sup> Building Energy - efficiency Index の略。エネルギー消費性能計算プログラムに基づく、基準建築物と比較した時の設計建築物の一次エネルギー消費量の比率。

### 3. インターナルカーボンプライシング（ICP）の導入

インターナルカーボンプライシング活用ガイドライン（環境省（2022））（以下、活用ガイドライン）によると、ICPは、「企業内部で見積もる炭素の価格であり、企業の脱炭素投資を推進する仕組み」、「気候変動関連目標（カーボンニュートラル/SBT/RE100）に紐づく企業の計画策定に用いる手法であり、脱炭素推進へのインセンティブ、収益機会とリスクの特定、あるいは投資意思決定の指針等として活用される」と、定義されている。

図表3は2021年版のCDP<sup>8</sup>の回答データを集計したものである。図表3から、ICPを導入していると回答をした上場企業<sup>9</sup>130社のうち111社が、ICPの導入に対して、「Change internal behavior（社内行動の変更）」、「Drive energy efficiency（エネルギー効率の推進）」、「Drive low-carbon investment（低炭素投資の推進）」のいずれかを意図していることがわかる。

図表3 ICPの導入意図



(注) 数字は回答のあった企業数、複数の意図があると回答する場合はそれぞれにカウント。

(出所) 2021年版のCDPの回答データより日興リサーチセンター作成

<sup>8</sup> 気候変動、森林、水セキュリティのそれぞれの分野において、企業等に対して課題の開示を求める英国の非政府組織（NGO）。

<sup>9</sup> 2022年10月31日時点における東証プライム上場企業。



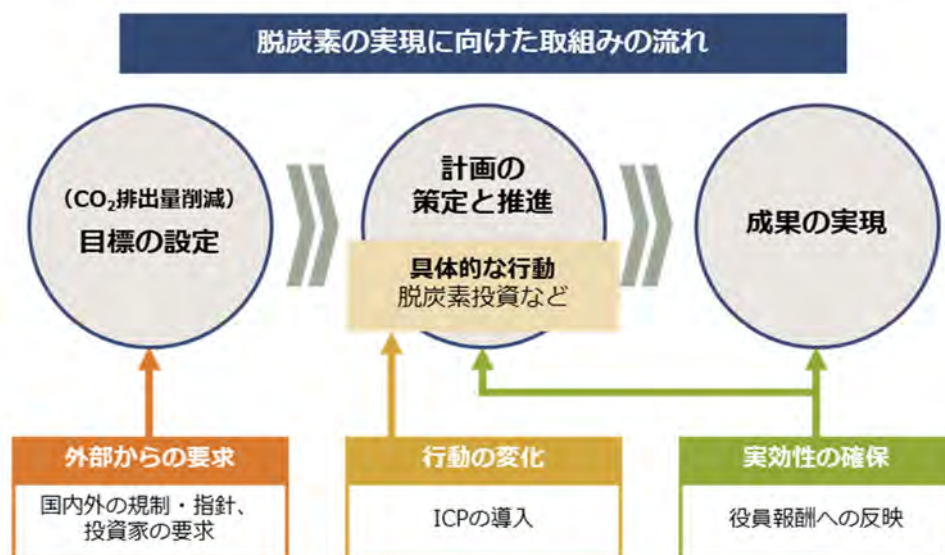
#### 4. CO<sub>2</sub>排出量の削減を促す動機付けの考え方

ここでは、企業のCO<sub>2</sub>排出量の削減を促す動機付けとして想定される「役員報酬への反映」と「ICPの導入」が、脱炭素の実現に向けた取組みの流れのなかで、どの箇所に影響を与えるのかを整理したうえで、それぞれが持つ性質の違いについて述べる。

脱炭素の実現に向けた取組みの流れと、各動機付けが、どの箇所に影響を与えるかを図表4に整理した。取組みの出発点は、主に国内外の規制・指針の存在や企業価値の維持・向上を求める投資家の要求といった「外部からの要求」に応えることであり、これを受けて各企業は、CO<sub>2</sub>排出量の削減目標を設定し、計画の策定と推進を経て、成果の実現に至る。以上が、多くの企業に当てはまる流れと考えられるだろう。

「外部からの要求」は、それをCO<sub>2</sub>排出量の削減を促す動機付けの一つとした場合、各企業が主体的に取り入れることができない可能性がある。具体的には、指針の一つとして、日本政府は2021年4月に、2030年度までに温室効果ガス46%削減（2013年度比）を目指すとしており、このような指針は企業間に共通する。そして企業は、このような共通の指針を踏まえ、個別に財務的な影響や社会的価値への影響などを考慮したうえで、削減目標を設定する。本稿では各企業が主体的に取り入れることのできる、「計画の策定と推進」以降に影響を与えると考えられる動機付けについて述べる。

図表4 企業の脱炭素の実現に向けた取組みの流れと動機付けの位置付け



（出所）日興リサーチセンター作成

「役員報酬への反映」は、KPIの達成度等の成果が、経営陣の報酬額等に反映されることで、そのKPIの実効性を確保する仕組みである。したがって、図表4に示すように、「役員報酬への反映」は、「計画の策定と推進」と「成果の実現」に影響を与える。ただし、KPIの達成度等によって業績を測ることから、脱炭素の実現に向けて具体的な行動を促す、あるいは行動を変化させるような効果は乏しい可能性

がある（図表 5 参照）。

一方、「ICP の導入」は、投資活動等における意思決定に際して、設定された炭素価格を考慮することから、考慮しなかった場合と比較して、企業行動を変化させる可能性がある。つまり「ICP の導入」は、「計画の策定と推進」の中で、具体的な行動に対して影響を与える。ただし、「ICP の導入」は「役員報酬への反映」のような、経営陣に対してのインセンティブの付与はないため、KPI の実効性を確保するといった効果は期待できない（図表 5 参照）。

このように、「役員報酬への反映」と「ICP の導入」は、脱炭素の実現に向けた取組みの流れのなかで、それぞれが影響を与える箇所とその性質に違いがある。以上を踏まえて、企業がどれほどの排出量削減を考えるかによって、企業の各動機付けを必要とするかの判断が変わる可能性について考える。排出量削減に向けた高い目標を設定し、それを実現できる動機付けを与えることが必要となるであろう。また、実現したい高い目標への対応策を検討するためのベンチマーク（炭素価格）を設定することで、より高い目標に沿った計画を策定し、その実現に向けて、具体的な行動を促す可能性がある。つまり、脱炭素の実現に意欲的な企業とそうでない企業とでは、これらの動機付けを利用するか否かにも影響すると考える。以下では、排出量の削減目標と動機付けとの関係性について簡易的な分析を行う。

図表 5 「役員報酬への反映」と「ICP の導入」の性質の違い

性質	役員報酬への反映	ICP の導入
行動の変化を促す	△*	○
KPI の実効性を確保する	○	×

\* CO<sub>2</sub> 排出量の削減手段を KPI とするケースがある。

その場合は、行動を規定し、変化させる動機付けとなり得るだろう。

（出所）日興リサーチセンター作成

## 5. CO<sub>2</sub> 排出量の削減目標と動機付け

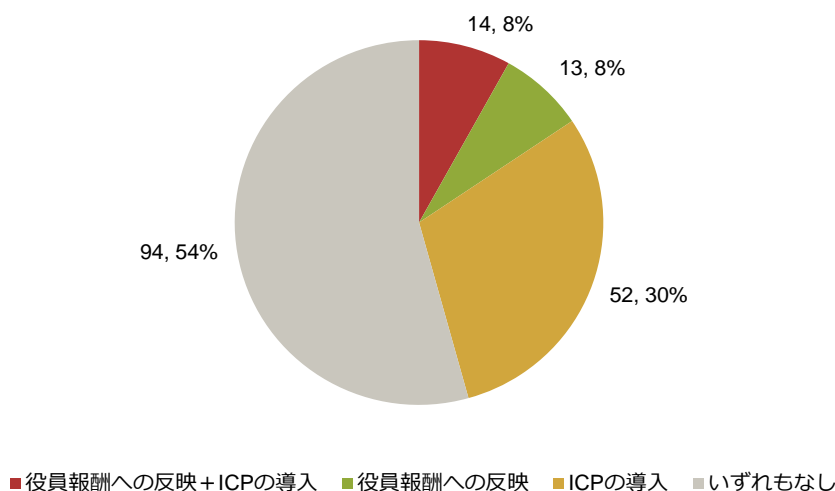
ここでは、前章で述べた、脱炭素の実現に意欲的な企業とそうでない企業の間で、重視する動機付けの性質に違いがあるかを分析する。本稿では、脱炭素の実現に意欲的な企業とそうでない企業を区分するにあたって、CO<sub>2</sub> 排出量の削減目標<sup>10</sup>の設定状況を用いた。高い削減目標を掲げる企業は、早期（ここでは 2030 年とする）の目標の達成に向けた取組みが、企業価値の向上において重要であると位置づけられており、相対的に意欲的な企業であるとみなした。

分析の前に、「役員報酬への反映」と「ICP の導入」のそれぞれの動機付けを取り入れる企業の状況と削減目標の設定状況について確認する。まず、動機付けについて、図表 6 は、2021 年版の CDP の回答データより、削減目標に関する回答がある上場企業 173 社が取り入れる動機付けを集計したものであ

<sup>10</sup> 2022 年 10 月 31 日時点における東証プライム上場企業のうち、CDP2021 に対して、2030 年までの削減目標に関する回答がある企業 173 社において、各企業におけるそれぞれ最も基準年からの期間が長い Scope1+Scope2 の削減目標に対して、1 年ずつ均等な割合で削減すると仮定した場合の「削減目標の 1 年あたりの割合」を示す。

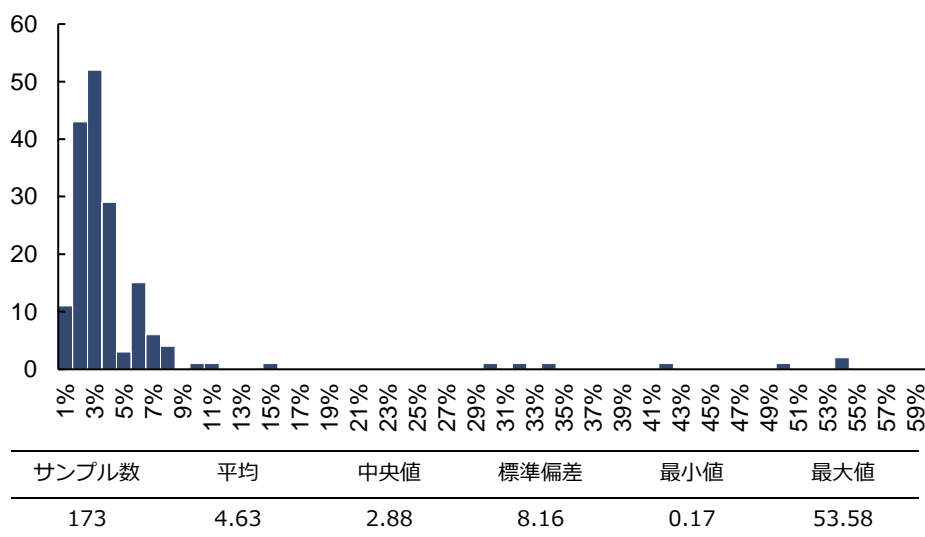
る。これを見ると、「役員報酬への反映」と「ICPの導入」の両方の動機付けを取り入れる企業は14社、片方のみを取り入れる企業は、65社と、半数弱の企業において、いずれかの動機付けが取り入れられていることがわかる。次に、削減目標の設定状況について、図表7は、図表6と同様の173社における2030年迄のScope1+Scope2の削減目標の分布である。これを見ると、削減目標の分布は0-10%に集中していることがわかる。

図表6 「役員報酬への反映」と「ICPの導入」の状況



(出所) 2021年版のCDPの回答データおよび各社公表資料より日興リサーチセンター作成

図表7 1年あたりのCO<sub>2</sub>排出量の削減目標の分布



(注) 削減目標を1% (0%以上1%未満) から1%刻みで区分し、

削減目標がそれぞれの範囲に含まれる企業数を示す。

統計量における数字は小数点第三位を四捨五入。サンプル数を除き、単位は%。

(出所) 2021年版のCDPの回答データおよび各社公表資料より日興リサーチセンター作成

脱炭素の実現に意欲的な企業と、そうでない企業の間で、重視する動機付けの性質に差があるかを分析するにあたって、削減目標の高いグループ（中央値以上、相対的に意欲的である）と低いグループ（中央値未満、相対的に意欲的でない）に分け、それぞれの動機付けを取り入れる企業の割合の差を比較した。分析には「二群の比率の差の検定」を用いた。

図表 8 に示す通り、「役員報酬への反映」を取り入れる企業の割合は、削減目標の高いグループと低いグループで、それぞれ 22.7%と 8.2%となり、5%有意水準で有意差が認められた ( $p=0.009<0.05$ )。一方で、「ICP の導入」を取り入れる企業の割合は、それぞれ 38.6%と 37.6%となり、こちらは有意差が認められなかった ( $p=0.108>0.05$ )。このことから、削減目標の高いグループでは、低いグループに比べ、「役員報酬への反映」を取り入れる企業の割合が高い傾向にあると確認された。

この結果から、高い削減目標を掲げ、脱炭素の実現に意欲的な企業ほど、KPI の実効性の確保を重視する可能性がある。

図表 8 削減目標の高低それぞれにおける各動機付けの導入割合

動機付け		削減目標			検定統計量 (z)	p 値
		高い	低い	合計		
役員報酬への反映	あり	20	7	27	2.626	0.009
	なし	68	78	146		
	割合	22.7%	8.2%	15.6%		
ICP の導入	あり	34	32	66	0.134	0.108
	なし	54	53	107		
	割合	38.6%	37.6%	38.1%		
合計		88	85	173		

(注) 削減目標の「高い」は、削減目標の中央値以上、「低い」は、中央値未満を示す。

中央値は 2.88%（小数点第三位を四捨五入）である。

(出所) 2021 年版の CDP の回答データおよび各社公表資料より日興リサーチセンター作成

## 6. おわりに

本稿では、「役員報酬への反映」と、「ICP の導入」といった、脱炭素の実現に向けて CO<sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付けについて、それぞれの性質の違いを述べたうえで、各企業の設定する CO<sub>2</sub> 排出量の削減目標と動機付けの関係を調べ、データを分析した。今回の分析では、高い削減目標を掲げる企業では、そうでない企業と比べ、動機付けのうち、「役員報酬への反映」を取り入れる企業の割合が高い傾向にあることを確認した。このことから、脱炭素の実現に意欲的な企業ほど、KPI の実効性の確保を重視する可能性があるとした。

TCFD<sup>11</sup>提言においても、「指標と目標」のなかで、本稿で述べた「役員報酬への反映」と「ICP の導

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

---

入」に関する項目の開示が推奨されている。また、TCFD コンソーシアム<sup>12</sup>は、2022年10月に公表した『気候関連財務情報開示に関するガイダンス 3.0』において、投資家は、これらの開示項目が、企業がどの程度気候変動対策を重要と考えているかを測るための目安になると考えていることを挙げている。本稿の分析からも、「役員報酬への反映」が、企業の脱炭素の実現に向けた高い目標の実現を後押しする動機付けとして捉えられていることが確認され、投資家が考える視点とも一致している。

今後、企業の脱炭素の実現に向けた取組みに対する関心が、より一層高まることが想定される。このような状況において、CO<sub>2</sub>排出量の削減をはじめとする気候変動対策、脱炭素の実現に向けた取組みに関する KPI を役員報酬に反映する際には、KPI の実効性が十分に確保されるような丁寧な制度設計が求められるとともに、「ICP の導入」も含めた、各企業の取り入れる動機付けの効果に対する検証が進むと考えられる。引き続き、脱炭素の実現に向けて CO<sub>2</sub> 排出量の削減を促す動機付けを巡る状況を注視していきたい。

#### 参考文献

- 村中靖、浅井優（2021）、『役員報酬・指名戦略（改訂第2版）』、日本経済新聞出版
- 環境省（2022）、『インターナショナルカーボンプライシング活用ガイドライン～企業の脱炭素・低炭素投資の推進に向けて～』 <https://www.env.go.jp/content/900440896.pdf>
- TCFD コンソーシアム（2022）、『気候関連財務情報開示に関するガイダンス 3.0』  
[https://tcfcd-consortium.jp/pdf/news/22100501/TCFD\\_Guidance\\_3.0\\_J.pdf](https://tcfcd-consortium.jp/pdf/news/22100501/TCFD_Guidance_3.0_J.pdf)
- 杉浦康之（2022）、『日本企業のインターナショナルカーボンプライシングの動向について』、日興リサーチレビュー <https://www.nikko-research.co.jp/library/11227/>
- 松木健志（2022）、『非財務指標を反映した役員報酬制度 ～ESG 指標の種類と採用企業の傾向～』、日興リサーチレビュー <https://www.nikko-research.co.jp/library/11636/>

(END)

---

<sup>12</sup> TCFD 提言へ賛同する企業や金融機関等が一体となって取組を推進し、企業の効果的な情報開示や、開示された情報を金融機関等の適切な投資判断に繋げるための取組について議論する場として、2019年に設立された民間の団体。



---

# カーボン・クレジット市場の実証事業について

2023年2月

資産運用研究所 主任研究員 藤江 弘和

## 1. はじめに

我が国は2050年カーボン・ニュートラルを目標に掲げ、NDC（国が決定する貢献）では、2050年カーボン・ニュートラルと整合的で野心的な目標として、2030年度には温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指すこと、さらに50%に向けて挑戦を続けることを表明している。

政府は、GX（グリーン・トランスフォーメーション）への取り組みを温室効果ガスの削減だけではなく、国際競争力の強化と経済成長に向けた好機ととらえている。産業界を巻き込んだ議論を行うために、経済産業省はGXに積極的に取り組み牽引していくような「企業群」（産業界）を中心に「GXリーグ」を設立するとし2022年2月に基本構想を公表した。

「GXリーグ」は、「企業群」に加え、政府、大学などの教育機関や金融機関（産官学金）の協力のもと経済社会システム全体の変革のための議論を行う場、また新たな市場の創造を行う場である。2023年度以降の本格稼働を前に2022年度は賛同企業が募られた。そのキックオフの場でカーボン・クレジットの市場における取引を試験的に実施することが発表され、主にJ-クレジット<sup>1</sup>の取引が東京証券取引所で実証されることとなった。

本稿では、カーボン・クレジット市場の創設に先駆けて2022年9月22日に開始され2023年1月31日に終了した東京証券取引所でのカーボン・クレジット市場の実証事業について概観し、その先に見据える自主取引市場であるGX-ETSについて現在の議論をまとめた。

## 2. カーボン・クレジット市場の実証事業制度概要

東京証券取引所から発表されたカーボン・クレジット市場の実証事業の概要は①プロジェクト由来のクレジット（主にJ-クレジット）、②GXリーグにおける企業由来の超過削減枠の取引（シミュレーション）である。②は実証事業開始時点で開始時期未定であったこと、実証期間中の取引が公開されていなかったこともあり、本稿では①のプロジェクト由来のクレジット（主にJ-クレジット）についてまとめている。

---

<sup>1</sup> J-クレジット制度は、省エネルギー設備の導入や再生可能エネルギーの利用による温室効果ガスの排出削減量や、適切な森林管理による温室効果ガスの吸収量を「クレジット」として認証する制度であり、経済産業省・環境省・農林水産省が運営。

図表 1 実証事業取引制度概要

項目	概要
売買の対象	プロジェクト由来クレジット 主に J-クレジット
売買の方法	東京証券取引所におけるカーボン・クレジット市場システムを使用 約定は午前 1 回（11：30）、午後 1 回（15：00）の節立会で競争売買による
売買の種類	通常売買 約定成立日の翌営業日から起算して 5 取引日を決済日とする（T+5）
売買注文の種類	指値注文のみ
注文受付時間	午前 9 時から午前 11 時 29 分及び午後 0 時 30 分から午後 2 時 59 分
売買単位	1t-CO2（J-クレジット）
呼び値の単位	1 円（J-クレジット）
約定値等の公表	東京証券取引所のウェブサイト

（出所）東京証券取引所より日興リサーチセンター作成

なお、売買の区分（クレジットの取引銘柄の指定）であるが、カーボン・クレジット市場の実証事業では区分方法を「層」と位置づけている。第 1 層は J-クレジットなどの制度、第 2 層は再生可能エネルギーや省エネなど方法論（大分類）、第 3 層は再生可能エネルギーのうち、太陽光発電などの個別方法論、第 4 層は移転銘柄と 4 層で構成されている。

売買注文は 2 層（方法論）のみ、もしくは 3 層（個別方法論）まで指定することが可能となっており、2 層のみ指定したものと、3 層まで指定したものとで約定することになっていた。ただし、実証事業中に J-クレジットの売買区分が見直され、2023 年 1 月 4 日からは第 3 層での売買を指定することはできなくなった。また、第 2 層の分類において再生可能エネルギーは電力由来、熱由来、両方にまたがる混合の 3 分類に区分され、省エネルギーと森林以外の工業プロセス、農業、廃棄物、混合型はその他としてまとめられたため、第 2 層は 7 分類からクレジット活用用途に応じた 6 分類となった。売買の区分は当初の 71 種類（2 層 7、3 層 64）から第 2 層のみの 6 種類に大きく減少した。（図表 2）。

図表 2 J-クレジットの売買区分の変更

区分	2022 年 12 月 28 日まで	2023 年 1 月 4 日以降
1 層	J-クレジット	J-クレジット
2 層	方法論体系（大分類） <b>7 分類</b>	クレジット活用用途に応じた <b>6 分類</b>
	省エネルギー、再生可能エネルギー、工業プロセス、農業、廃棄物、森林、混合型	省エネルギー、再エネ（電力）、再エネ（熱）、再エネ（混合）、森林、その他

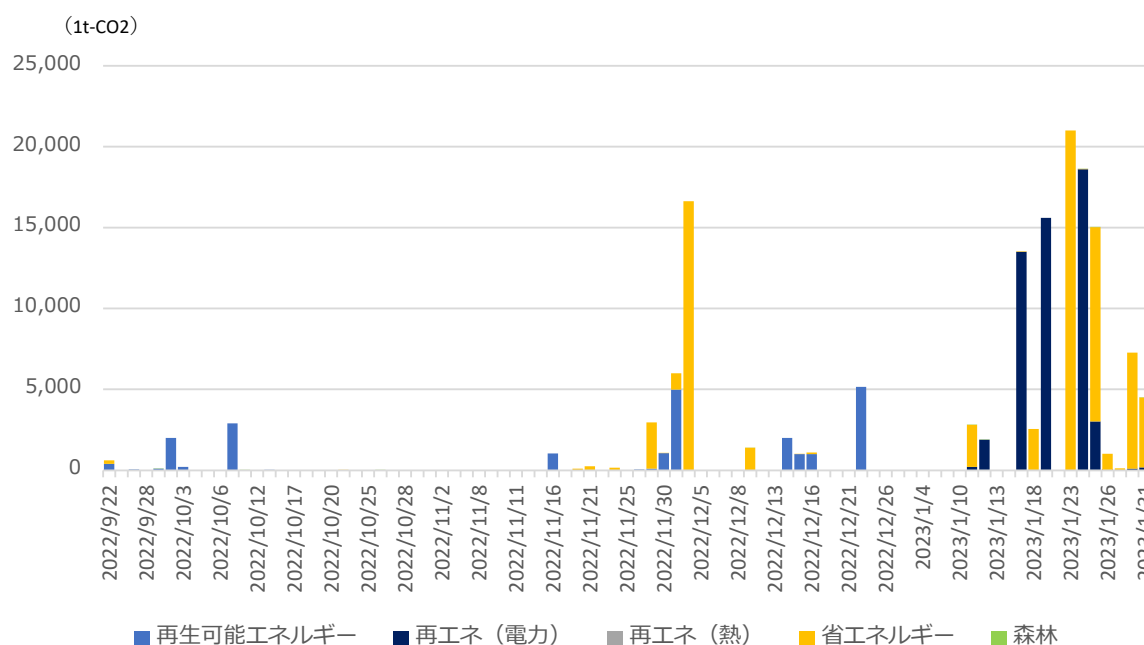
3層	個別方法論：64種 <sup>2</sup> (2022年10月時点)	設定中止
4層	移転クレジット	移転クレジット

(出所) 東京証券取引所より日興リサーチセンター作成

### 3. 実証期間におけるカーボン・クレジット取引について

図表3は実証期間(2022年9月22日から2023年1月31日)におけるJ-クレジット制度におけるクレジット取引量<sup>3</sup>の推移である。なお、図表2にある通り、2022年12月28日まで(以下、前半)は3層を指定しての取引があったが、図表3における集計は2層の大分類で集計している。2023年1月4日以降(以下、後半)は再生可能エネルギーを電力由来の再エネ(電力)、熱由来の再エネ(熱)に区分<sup>4</sup>し集計している。

図表3 実証期間における日々の取引量推移



(出所) 東京証券取引所「カーボン・クレジット市場日報」より日興リサーチセンター作成

実証期間ということもあり、実証参加者の意見<sup>5</sup>を取り入れ2023年1月4日から売買の区分を変更

<sup>2</sup> J-クレジット方法論に準拠 <https://japancredit.go.jp/about/methodology/>

<sup>3</sup> 実証期間中J-クレジット以外の取引はJ-VER(2008年10月に環境省により創設された「オフセット・クレジット制度」)の2件51トンだけであった。図表4、図表5もJ-クレジットのみを集計している。

<sup>4</sup> 再エネ(混合)は実証期間中に取引がなかった。

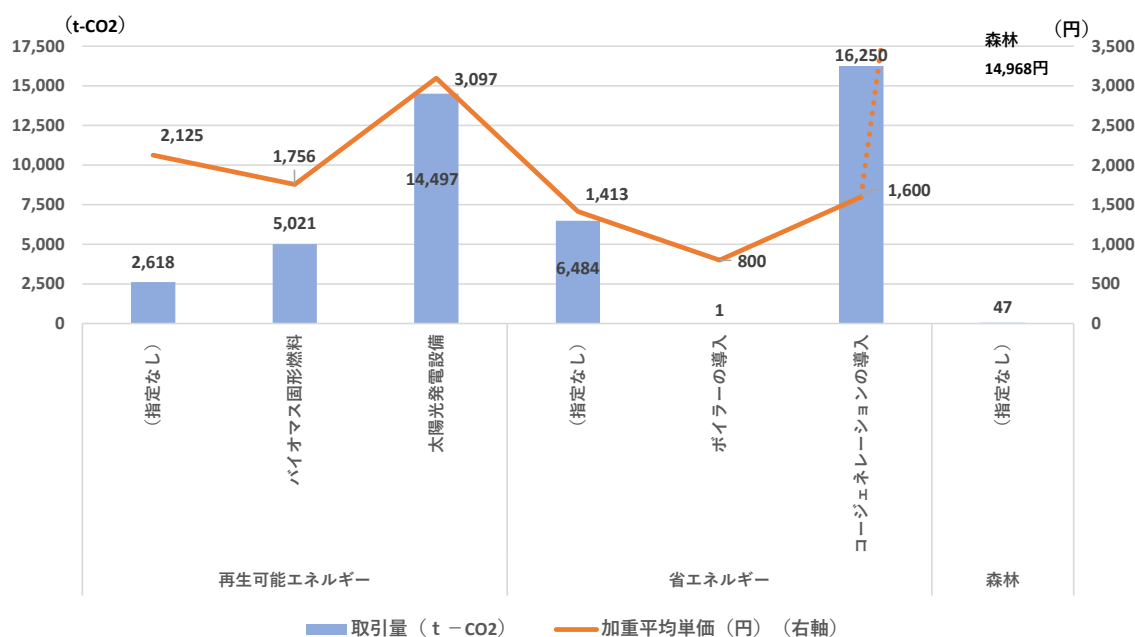
<sup>5</sup> 再生可能エネルギーの売買の区分に電力由来と熱由来のクレジットが混合しており、どちらが移転されてくるかわからないままでは買い注文を発注することができないなど。

[https://www.jpx.co.jp/equities/carbon-credit/market-system/nlsgeu000006f14i-att/baibai\\_kubun.pdf](https://www.jpx.co.jp/equities/carbon-credit/market-system/nlsgeu000006f14i-att/baibai_kubun.pdf)

したことで取引量の増加が顕著となっており、市場が大きく変化したことがわかる。

そこで、実証期間における取引の区分別取引量や加重平均単価等については前半と後半に分けて取り扱うこととする。

図表 4 実証期間前半の売買区分別取引量、加重平均単価<sup>6</sup>



(出所) 東京証券取引所「カーボン・クレジット市場日報」より日興リサーチセンター作成

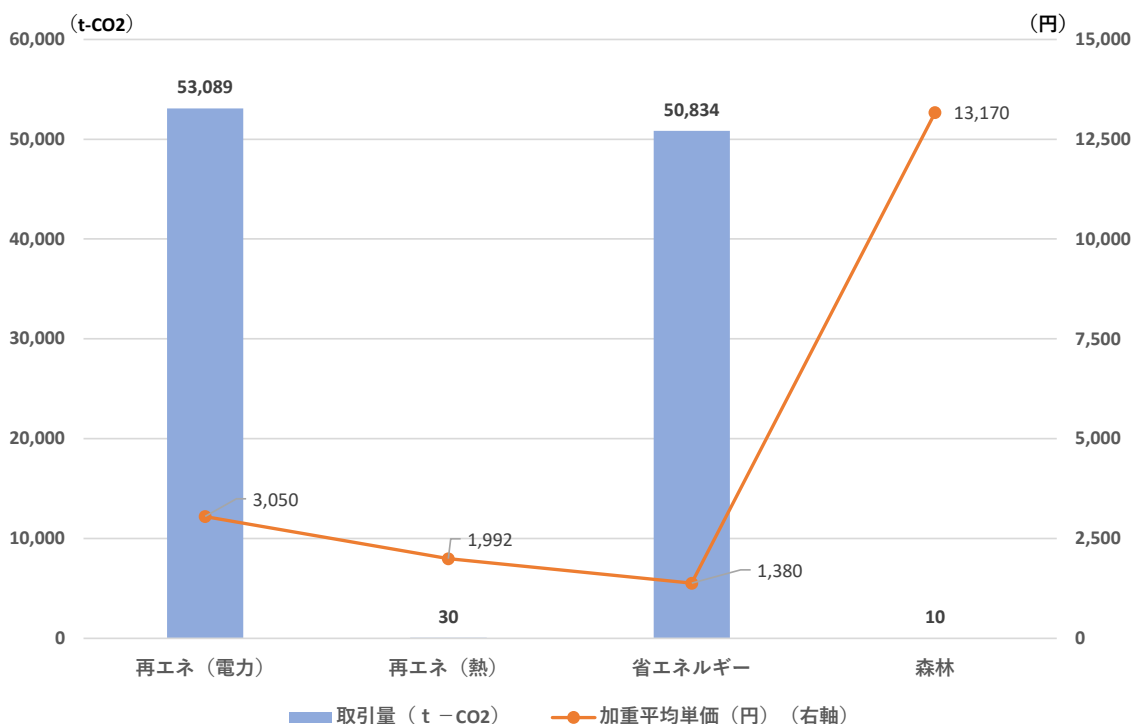
実証期間前半は取引可能な区分数は当初 71 種類あったが、取引があった区分は 7 種類のみであった (図表 4)。前半の取引量の合計は約 4.5 万トンで総取引金額は約 9,500 万円であった。取引量が最も多かったのはコージェネレーションの導入による省エネルギーの取引で 16,250 トンの取引があったが、取引があったのは 2 日間だけであった。取引価格 (加重平均単価) は、再生可能エネルギーの方が省エネルギーより単価が高いことがわかる。なお、取引量こそ少ないものの森林は約 15,000 円と他のクレジットと比べ非常に単価の高いクレジットである。また、再生可能エネルギー (指定なし) が約 2,100 円に対し、バイオマス固定燃料による代替が約 1,800 円、太陽光発電が約 3,100 円と同じ再生可能エネルギー由来のクレジットであっても区分により価格差があることがわかる。

後半は取引可能な区分が 6 種類に絞られたこともあり、取引があった区分は再エネ (混合) とその他を除く 4 種類となった (図表 5)。特に実証参加者の意見を踏まえ、再生可能エネルギーを電力由来と熱由来に分けたことから電力由来の再生可能エネルギーは 5.3 万トンを超える取引量となり、後半はほぼ

<sup>6</sup> 1 日の取引量しか公表されていないため、1 日 2 回約定があった区分については午前と午後の平均値を取引価格として全量約定したものと仮定して算出。(1 日のうちに同一銘柄で異なる価格で約定があったのは前半 3 回、後半 1 回となっている)

再エネ（電力）と省エネルギーの取引で占められた。取引量は合わせて約 10.4 万トンとなっており、前半 4.5 万トンの約 2.3 倍となっている。取引価格（加重平均単価）は再エネ（電力）が約 3,100 円に対し、再エネ（熱）は約 2,000 円、省エネルギーが約 1,400 円と電力由来の再生可能エネルギーの需要が大きいと考えられる。

図表 5 実証期間後半の売買区分別取引量、加重平均単価



（出所）東京証券取引所「カーボン・クレジット市場日報」より日興リサーチセンター作成

1 トン当たりの二酸化炭素の価格はその由来により、森林 >> 再エネ（電力） > 再エネ（熱） > 省エネルギー という図式になっている。この価格差はそのクレジットが何に活用できるかで生じていると考えられる。図表 6 は J-クレジットのクレジットの種別による活用先を示した表である。表は再エネ（電力）、再エネ（熱）、省エネルギーと森林の 4 つのクレジットの種別に絞って記載した。温対法での報告やカーボン・オフセットの活用としては 4 つの種別をすべて使うことができる。一方で、CDP<sup>8</sup>の質問への回答や SBT<sup>9</sup>への報告は Scope2 排出量算出に対して再エネ（電力）、再エネ（熱）は活用できるが、省エネルギー、森林は CDP の回答や SBT への報告に使うことができない。また、RE100<sup>10</sup>

<sup>7</sup> 「地球温暖化対策の推進に関する法律」（温対法）第 26 条 1 項に基づき、温室効果ガス算定排出量の報告義務がある。

<sup>8</sup> 投資家向けに企業の環境情報の提供を行う英国の NGO 団体。気候変動リスクに対し企業がどのように対応しているか質問形式で調査し公表している。

<sup>9</sup> Science Based Targets の略。パリ協定で定められた国際的な目標に整合するよう、5 年～15 年先を目標年として各企業が設定する温室効果ガスの排出削減目標のこと。

<sup>10</sup> 企業が自らの事業で使用する電力を 100%再生可能エネルギー由来の電力で賄うことを目指す国際的なイニシアティブ。



への活用は再エネ（電力）に限られている。価格の高い順に再エネ（電力）、再エネ（熱）、省エネルギーであったが、これは図表 6 の活用先が多い順番となっている。なお、森林であるが、この分類の中で唯一の炭素吸収クレジットであり、温室効果ガスを減らすことができるクレジットとして価値が高いと考えられているようである。また、審査費用が他のクレジットより高い<sup>11</sup>ことも影響していると思われる。

図表 6 J-クレジットのクレジットの種別による活用先

	再エネ (電力)	再エネ (熱)	省エネルギー	森林
温対法での報告 (排出量・排出係数調整)	○	○	○	○
カーボン・オフセットでの活用	○	○	○	○
CDP 質問書での報告	○	○	×	×
SBT での報告	○	○	×	×
RE100 での報告	○	×	×	×

(出所) J-クレジット HP より日興リサーチセンター作成

2022 年 11 月 16 日から実証事業最終日である 2023 年 1 月 31 日までの期間中、政府所有のクレジットの販売が実施された。東京証券取引所の公表によると販売予定量は「再エネ発電」が約 32 万トン、「省エネ」が約 26 万トンの合計約 58 万トンであった。「再エネ発電」は、前半では 2 層の再生可能エネルギー（3 層は指定なし）、もしくは 3 層の太陽光発電設備の導入のいずれかの区分、後半は再エネ（電力）の区分として取引された。これらの区分は 11 月 16 日以降では約 6.95 万トンの約定となっている。「省エネ」は前半では 2 層の省エネルギー（3 層は指定なし）か 3 層のコージェネレーションの導入のいずれかの区分、後半は省エネルギーの区分として取引された。これらの区分は 11 月 16 日以降で約 7.3 万トンの約定となっている。「再エネ発電」と「省エネ」のすべての区分の取引量は合わせて約 14.25 万トンとなり実証期間における全取引量の約 96%を占めている。約定のすべてが政府所有分とは限らず、また政府所有分の販売があわせて約 58 万トンあったと考えると約定量は少ないが、政府保有分の売却は市場の実証に一定の貢献はあったと考えられる。

#### 4. GX-ETS

GX リーグでは、2023 年 2 月 1 日より参画企業の募集が始まっている。募集にあたり GX リーグ規程が制定されており、その第 6 章には GX-ETS の規程が掲載されている。排出量の算定や報告、検証な

<sup>11</sup> J-クレジット制度について（データ集）方法論別審査費用推移参照。https://japancredit.go.jp/data/pdf/credit\_002.pdf

---

どのガイドラインの詳細についてはこれから策定されるようであるが、2023年度から2025年度までをGX-ETS第1フェーズとして概要を公表している。その公表された概要は以下のとおりである。

- ① 国内直接・間接排出のそれぞれについて2030年度及び中間目標（2025年度）の排出削減目標および2023年度から2025年度まで（第1フェーズ）の目標排出量の合計を自ら設定する必要がある。
- ② 各年度終了後にはその年度の排出量の実績を算定報告し、第三者による検証を受けなければならない。
- ③ 「超過削減枠」や適格カーボン・クレジットを排出量取引により調達し、無効化することを自主目標達成のための手段とすることができる。
- ④ 目標達成状況および取引状況は情報開示プラットフォーム「GXダッシュボード」上で公表する。  
上記③の「超過削減枠」の取引はGX-ETSの根幹をなす国内の新しいクレジット取引であり、2章でJ-クレジット同様に東京証券取引所での実証事業の対象であった②GXリーグにおける企業由来の超過削減枠の取引（シミュレーション）のことである。この超過削減枠は直接排出量がNDC水準<sup>12</sup>を下回った場合、その下回った部分を超過削減枠として売却することが可能となるとのことである。

## 5. おわりに

政府は2022年6月7日に閣議決定した「骨太方針」の中でグリーントランスフォーメーション(GX)へ投資を加速させるためのロードマップ作成、政策イニシアティブのための「GX実行会議」の設置を決めた。「GX実行会議」は2022年12月までに5回開催され、2023年2月10日に「GX実現に向けた基本方針～今後10年を見据えたロードマップ～」をまとめ閣議決定を行った。

国際公約としての2050年カーボン・ニュートラル実現に対して、産業競争力強化、経済成長をも同時につなげられるように政府は強い決意をもって政策実現に挑んでいるようにみえる。しかしながら、脱炭素に取り組みながらエネルギーの安定供給につなげるなど技術面の進歩、国民のマインドの醸成など解決すべき課題は多い。

このような中、我が国で初めてカーボン・クレジットに関する市場取引の実証事業が東京証券取引所において始まった。取引量や価格などは第3章まで見てきた通りであるが、今後はGX-ETSの進捗を通して企業由来の「超過排出枠」の取引による企業自らが設定した温室効果ガス削減目標に向けた取り組みが一層進むことを期待したい。GX-ETSによる本格的な取引は2026年度（第2フェーズ）以降であり、その時までの実証や議論の中身、方向性を注視していきたいと考えている。

---

<sup>12</sup> 基準年度が2013年の場合、基準年度排出量からの削減率が2023年度27.0%、2024年度29.7%、2025年度32.4%。

---

参考文献

経済産業省 (2022) GX リーグ基本構想

[https://www.meti.go.jp/policy/energy\\_environment/global\\_warming/GX-league/gx-league.html](https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/GX-league/gx-league.html)

日本取引所グループ カーボン・クレジット市場

<https://www.jpx.co.jp/equities/carbon-credit/index.html>

GX リーグ事務局 (2023) GX リーグ規程

<https://gx-league.go.jp/howtojoin/>

J-クレジット事務局 (2023) J-クレジット制度について (データ集)

[https://japancredit.go.jp/data/pdf/credit\\_002.pdf](https://japancredit.go.jp/data/pdf/credit_002.pdf)

J-クレジット事務局 J-クレジットの活用方法

<https://japancredit.go.jp/case/outline/>

(END)

---

# CO<sub>2</sub> 排出権のデリバティブ取引の動向

2022 年 12 月

投資工学研究所 二俣 新

## 1. はじめに

CO<sub>2</sub>の排出量に応じて企業に金銭的な負担を求める「カーボンプライシング」の導入が国内で検討されている。GX リーグ本格稼働に向けて、東京証券取引所が 2022 年 9 月に試行取引を開始したが、欧州では 2005 年に欧州連合域内排出量取引制度（EU-ETS）が導入され、すでに多くの経験を積んでいる。EU-ETS はキャップ&トレード型であり、欧州の企業は、排出枠の範囲内に CO<sub>2</sub> 排出量を抑える必要があり、排出枠を超える場合は、排出権をトレードにより仕入れて排出量を各企業に割り当てられた排出枠に収める必要がある。

欧州証券市場監督局（ESMA）は「Final Report - Emission allowances and associated derivatives」において CO<sub>2</sub> 排出権の取引市場について報告しており、CO<sub>2</sub> 排出権のみならず、CO<sub>2</sub> 排出権のデリバティブ取引の拡大についても報告している。

我が国においても CO<sub>2</sub> 排出量取引が拡大すれば、ヘッジツールとしてデリバティブ取引（先物取引、オプション取引）が重要になるだろう。

そこで、本稿では、EU-ETS のデリバティブ取引の概要を紹介し、取引の動向を見ていく。そして、オプション取引については、株式のオプション取引で観測されるようなボラティリティの構造（スマイル）が見られるかどうか、また、気候変動に関連するイベントの前後でのボラティリティの水準の変化についても確認した事柄を報告する。

## 2. CO<sub>2</sub> 排出権のデリバティブ取引の概要

### 2.1 EU-ETS の概要

欧州において、2005 年に欧州連合域内排出量取引制度（EU-ETS: European Union Emissions Trading System）が導入された。EU-ETS 制度は導入後変遷しており、Phase1（2005～7 年）に始まり、Phase2（2008～12 年）、Phase3（2013～20 年）を経て、現在は Phase4（2021～30 年）となっている。対象活動については、当初、EU25 か国の燃料燃焼施設及び一定規模以上の 10 セクターの施設であったが、対象国は欧州経済領域（EEA: European Economic Area）の 31 か国となり、対象セ

クターは、航空及び 15 セクターが追加となり、国・施設共に拡大している<sup>1</sup>。

EU-ETS はキャップ&トレード型であり、対象となる施設等からの排出可能量に、上限（キャップ）となる排出枠（EUA : European Union Allowance）を設定する。規制対象者は、排出量の削減や市場取引（トレード）の活用により、EUA に排出量を収める必要がある。なお、EUA が不足した際には、ペナルティ（課徴金）<sup>2</sup>が課されるため、EUA の遵守及びトレードの活用が期待される。EU-ETS 導入当初、EUA は主に無償配分でありオークションによる割当は一部であったが<sup>3</sup>、Phase3 以降は、オークションがデフォルトとなっている。

EUA の総枠について、現行の Phase4 において、年率 2.2%で削減しており、2030 年の気候変動とエネルギーの枠組み<sup>4</sup>と整合的に、CO<sub>2</sub>の排出量を削減している。

## 2.2 デリバティブ取引の概要

EU-ETS の CO<sub>2</sub> 排出権は、ドイツ取引所グループ及びインターコンチネンタル取引所グループ傘下の取引所において取引可能であり、取引概要は、図表 1 の通りである。どちらもほぼ同様な条件での取引となっており、オプション取引については、12 月限先物を原資産とした、European タイプのオプションとなっている。

図表 1 CO<sub>2</sub> 排出権のデリバティブ取引の概要

略	EEX	ICE
取引所	親会社: Deutsche Börse AG European Energy Exchange AG	親会社: Intercontinental Exchange, Inc. The European Climate Exchange
スポット	EUA Spot 取引単位: 1,000EUA(=1,000t)	Daily Future 取引単位: 1,000EUA(=1,000t)
先物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年次: 直近と 8 年</li> <li>・四半期: 直近と 11 四半期</li> <li>・月次: 直近と 2 カ月</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年次: 7 年</li> <li>・四半期: 9 四半期</li> <li>・月次: 2 カ月</li> </ul>
オプション	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原資産: 12 月限先物</li> <li>・取引タイプ: European</li> <li>・行使: 取引終了時、インザマネーは自動行使</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原資産: 12 月限先物</li> <li>・取引タイプ: European</li> <li>・行使: 取引終了時、インザマネーは自動行使。 インザマネーにも関わらず放棄は出来ない。アウト オブザマネーやアットザマネーの際に行使不可。</li> </ul>

(出所) EEX 及び ICE の Product Specifications<sup>5</sup>より日興リサーチセンター作成

<sup>1</sup> 上野、水野 (2019) p7 総括表

<sup>2</sup> Phase1 : €40/tCO<sub>2</sub>、Phase2 : €100/tCO<sub>2</sub>、Phase3 以降 : €100/tCO<sub>2</sub> に対し 2013 年基準でインフレ調整

<sup>3</sup> Phase1 : 無償配分 95%以上 (5%までオークション可能)、Phase2 : 同 90%以上 (同 10%)

<sup>4</sup> [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_14\\_54](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_14_54)

<sup>5</sup> EEX: <https://www.eex.com/en/markets/environmental-markets/eu-ets-spot-futures-options>

ICE: <https://www.theice.com/products/Futures-Options/Energy/Emissions>

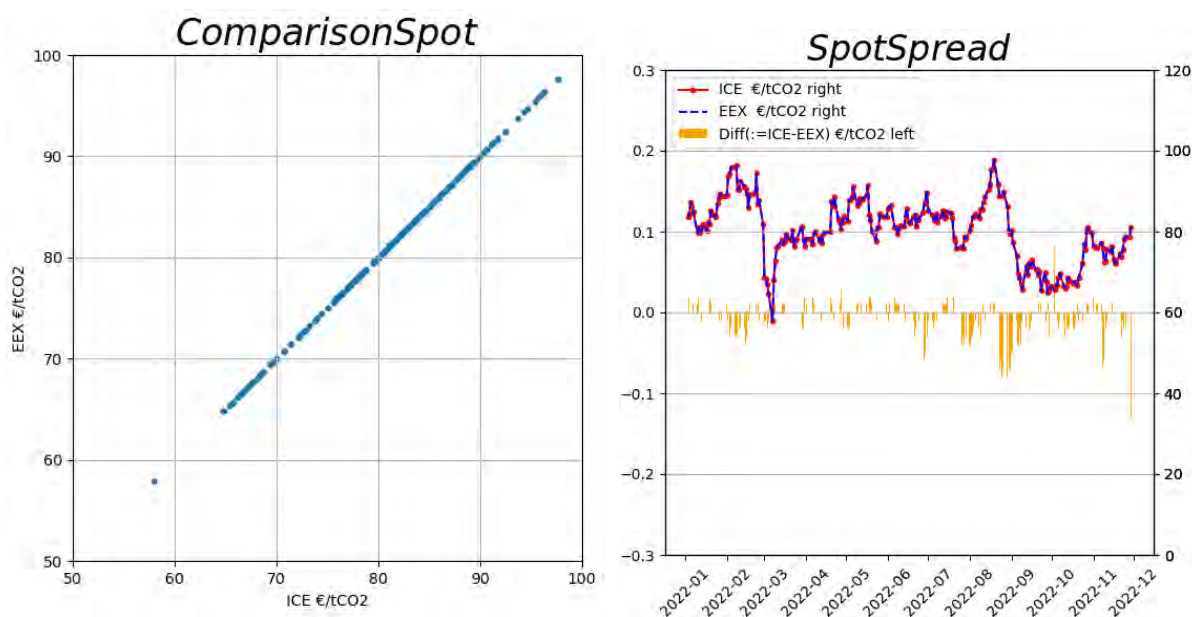
### 3. デリバティブ取引の動向

#### 3.1 スポット取引の動向

デリバティブ取引の動向を確認するうえで、土台となるスポット（CO<sub>2</sub> 排出権）取引の状況について、最初に確認する。欧州証券市場監督局（ESMA : European Securities and Markets Authority)の「Final Report - Emission allowances and associated derivatives」（2022年3月）（以下、ESMA-FR）によれば、EEX と ICE のスポット価格の差は、絶対値の平均が€0.015 であり裁定機会は無いとされている。2022年以降の状況を確認した結果、引き続き価格差が小さい状況に変化は見られなかった。

以下、図表2の左グラフにおいて、横軸をICEの価格、縦軸をEEXの価格とすると、ほぼ45度の直線上に並んでおり価格差は小さい状況にある。また、右グラフは時系列の推移となるが、€0.1程度の価格差が発生することもあるが、スポット価格が€80等に対して、価格差は小さい状況である。

図表2 EEX及びICEのスポット価格の比較



(出所) Refinitiv より日興リサーチセンター作成

#### 3.2 先物取引の動向

続いて、先物取引の動向について確認する。ESMA-FRにおいては、12月限先物の4限月分(4年分)を用いて先物カーブの形状を確認している。期先の2025年12月限(以下、Dec25)と期近の2022年12月限(以下、Dec22、その他の年も同様)の価格差は、概ね€0~€5程度で推移し2022年2月の時点で最大の€6.5であった。

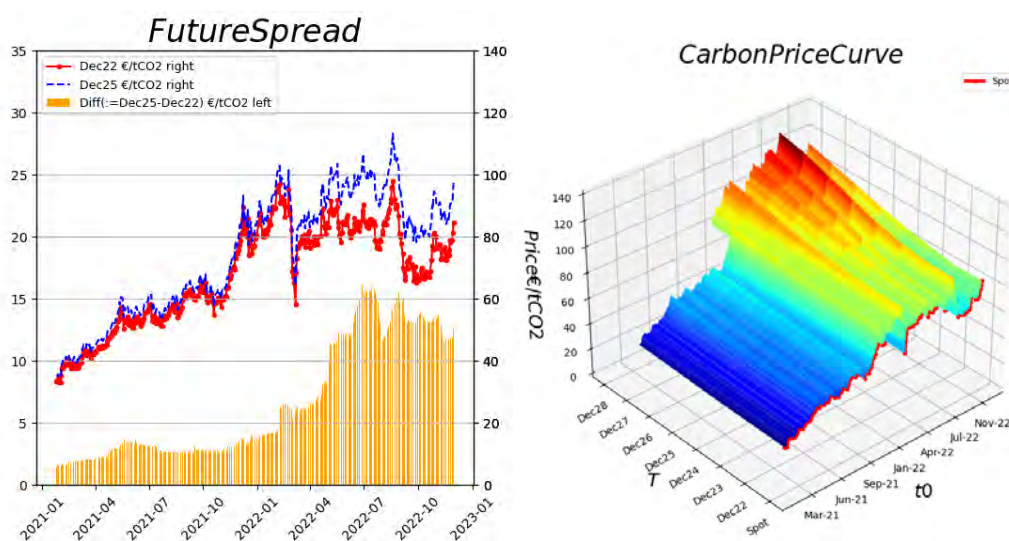
ESMA-FRは2022年3月の報告書であり、その後、世界的な金利上昇局面となっている。一般的に先物価格は、受け渡しまでの期間が長い、または金利上昇するほど、スポット価格対比で高くなる。

図表3の左グラフは、先物価格であるが、2022年4月以降、期先の先物価格は更に上昇し、Dec25



と Dec22 の価格差は、2022 年 6 月には最大の€16.5 までスプレッドの拡大が確認された。金利上昇が、スプレッド拡大の一因となっている。図表 3 の右グラフは、時系列 (t0) に限月別 (T) に先物価格を確認した。最長 Dec28 までの先物価格を確認したところ、スプレッドについて上記と同様の傾向が見られ、2021 年前半は、先物カーブが概ねフラットの形状であったが、2022 年 4 月以降は、相対的に期先の価格が高くなっており、スティーピングの傾向が見られる。期先の先物価格について€100 を上回る水準となっているものの、EUA 不足によるペナルティは€100 にインフレ率を調整した額となっているため、ペナルティが、スポット価格や先物価格の上値に影響を与える可能性が考えられる。

図表 3 スポット及び先物価格の時系列データ



(出所) Refinitiv より日興リサーチセンター作成

### 3.3 オプション取引の動向

ESMA-FR によれば、オプション取引の想定元本がデリバティブ取引全体に占める割合は、17%から27%に増加<sup>6</sup>しており、オプション取引の重要性が増している。

一般的に、オプション価格はスポット価格や行使価格に大きく依存するため、ボラティリティによって動向を確認することが多い。ボラティリティを確認するためには、オプション価格からボラティリティを算出するため、CO<sub>2</sub> 排出権のオプション取引の評価式が必要となる。

株式等を原資産とするオプション取引について、Black/Scholes[1973] (BS 式) により評価式を得ることが出来るが、CO<sub>2</sub> 排出権のオプション取引の原資産は、排出権の先物となっているため、BS 式の原資産を先物に拡張した Black[1976] (Black76) により評価されると考えた。

<sup>6</sup> デリバティブ取引の種類別の想定元本の割合 (2020 年初から 2021 年末) 先物は 70%から 53%に減少、オプションは 17%から 27%に増加。なお、取引量については、先物が約 90%。

Black76 によるオプション評価式を以下に示す。

$$PV\ Call = e^{-rt}(FN(d_1) - KN(d_2))$$

$$PV\ Put = e^{-rt}(KN(-d_2) - FN(-d_1))$$

$$d_1 = \frac{\ln(F/K) + (\sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}, d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$N(x)$ : 標準正規分布の分布関数

$F$ : 先物価格

$K$ : 行使価格

$T$ : オプション満期までの年数

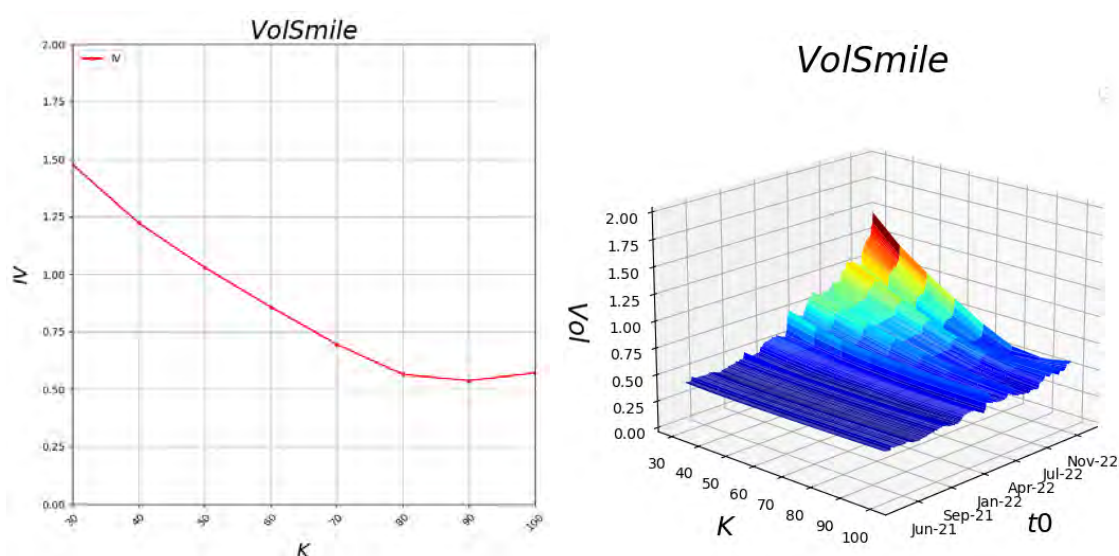
$r$ : オプション満期までの金利

$\sigma$ : 原資産価格のボラティリティ

上記のうち $\sigma$ 以外は、オプションの条件及びマーケット情報をインプットとするが、 $\sigma$ は、取引するトレーダーが決定してオプションの価格を算出することになる。そのため、オプション取引は、実質的にはボラティリティを取引していると言われることがある。反対に、取引所からオプション価格を取得し、Black76 にインプットすることにより、 $\sigma$ を逆算可能であり、これをインプライド・ボラティリティ (IV) と呼ぶ。IV は、株式等のオプション取引の場合であれば、行使価格を横軸に、ボラティリティの水準を縦軸にとった際に、下に凸の形状が観測され、それをスマイル等と呼んでいる。

そこで CO<sub>2</sub> 排出権のオプション取引の IV について時系列に観測し、どのような挙動、そしてどのような形状をしているか確認する。

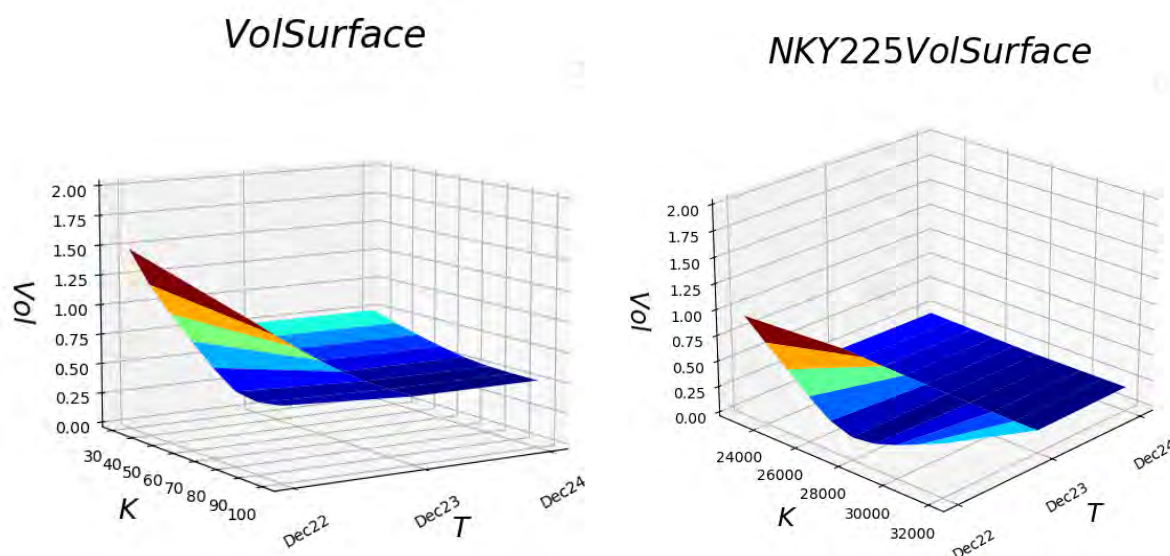
図表4 Volatility Smile の状況



(出所) Refinitiv 及び Bloomberg より日興リサーチセンター作成

図表4の左グラフは、2022年11月末基準のDec22を原資産としたIVである<sup>7</sup>。行使価格（K）が低い水準で、高いボラティリティとなっており、ボラティリティのスマイルが確認できた。図表4の右グラフは、IVを時系列（t0）に確認したグラフである。IVを2021年から確認したところ、2021年当時は、行使価格（K）に依存せず、IVは50%未満でほぼ水平であったが、直近になり、低行使価格においてIVが100%を超えて高まっており、スマイルが観測され始めている。

図表5 Volatility Surface の状況



(出所) Refinitiv 及び日本取引所グループより日興リサーチセンター作成

図表5の左グラフは、2022年11月末基準の行使価格（K）別、限月（T）別のIVであるが、期近のDec22について、スマイルが強く観測されたが、Dec24については、ほぼ水平となっていた。また、スポット価格に近い€80の行使価格（ATM）で確認すると、Dec22からDec24の残存期間が長期化する方向に対して、IVは概ね水平であった。図表5の右グラフは、日経225のIV<sup>8</sup>である。CO<sub>2</sub>排出権と日経225のIVのサーフェイスは、水準は異なるものの良く似た形状となっていることが確認できた。株式の場合はイベント前後に大きく期近のIVが変動することがあるが、CO<sub>2</sub>排出権オプションのDec22からDec24までのATM近傍のIVを残存期間方向に確認をしたところ、2022年11月末基準で概ね水平で2022年10月末基準と同様であったため、COP27のイベント時に期近のIVが一時的に高まる等の事象は観測できなかった。

<sup>7</sup> Call と Put では、IV の形状が同様であることを確認した。

<sup>8</sup> 日本取引所グループのHP 日経225 2022/12/5のCallのボラティリティ  
<https://www.jpx.co.jp/markets/derivatives/jnet-derivative/index.html>

---

#### 4. おわりに

本稿では、EU-ETS の取引市場について、スポット価格の裁定の状況を確認の上、先物価格と IV の状況について調査した。先物価格に金利上昇の影響が反映されており、また、IV についてはスマイルが観測され、概ね一般的な有価証券の先物やオプション取引と同様の傾向が確認出来た。一方、国内においては、GX リーグ本格稼働に向けスポットについての試行取引が開始されたところであり、EU-ETS の取引市場と比較し成熟度の差は大きい、国内市場の発展にあたり、貴重な知見をもたらす EU-ETS の取引市場の動向を、引き続き注視したい。

#### 参考文献

ESMA(2022). Final Report Emission allowances and associated derivatives

[https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/library/](https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/library/esma70-445-38_final_report_on_emission_allowances_and_associated_derivatives.pdf)

[esma70-445-38\\_final\\_report\\_on\\_emission\\_allowances\\_and\\_associated\\_derivatives.pdf](https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/library/esma70-445-38_final_report_on_emission_allowances_and_associated_derivatives.pdf)

EU(2015).EU ETS Handbook

[https://climate.ec.europa.eu/system/files/2017-03/ets\\_handbook\\_en.pdf](https://climate.ec.europa.eu/system/files/2017-03/ets_handbook_en.pdf)

上野訓弘、水野勇史(2019). 欧州連合域内排出量取引制度の解説,

公益財団法人地球環境戦略研究機関(IGES), IGES Working Paper

高村幸治(2022). 欧州で拡大する排出量取引と金融機関の現状,

野村総合研究所 金融 IT フォーカス 2022 年 9 月号 サステナブルファイナンス

Black, F、M.Scholes(1973). "The Pricing of Options and Corporate Liabilities,"

Journal of Political Economy, Vol.81, pp.637-654.

Black, F(1976). "The Pricing of Commodity Contracts,"

Journal of Financial Economics, Vol.3, pp.167-179.

マーティ・スブラマニウム、宇野淳、斎藤和久(1989). 日本の株式指数オプション市場－初期の株価形

成とインプライド・ボラティリティ, 証券アナリストジャーナル 1989 年 9 月号,pp.30-42

村瀬安紀子(1997). 日経 225 オプション・ボラティリティーのシステムティック・エラーと原資産価

格トレンド,現代ファイナンス 1997 年 3 月号

加藤敏康、吉羽要(1999). 金利派生商品モデルの実務的活用について,

IMES Discussion Paper Series 99-J-24 補論 1.ブラック・モデル

森本祐司、吉羽要直(1999). BGM 金利モデルの実用化に向けて,

IMES Discussion Paper Series 99-J-39 2.2 ブラック・モデル

服部努(2000). 債券先物オプションのスマイルカーブについて,

証券アナリストジャーナル 2000 年 10 月号,pp.66-81

服部孝洋(2022). 国債先物オプション入門, 東京大学公共政策大学院,日本取引所グループ

(END)

## 国内企業におけるカーボン・オフセット商品への取り組み

2023年1月

資産運用研究所 野首 文徳

### 1. はじめに

2020年10月に日本政府が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て以降、国内の企業においても、カーボン・ニュートラルを目標に掲げる動きが活発化している。国の達成に向けては、個々の企業がCO<sub>2</sub>排出量の削減に取り組むことが重要となるが、どうしても削減できない部分に関してカーボン・オフセットが有効になる。国内の排出量に対する規制としては温対税等があるものの、税率がそこまで高くないため、現在、カーボン・クレジット等を用いたカーボン・オフセットの取り組みのほとんどが企業の自主的な取り組みとなっている。

一方、カーボン・オフセットは企業の排出量だけでなく、企業が販売する商品やサービスについても用いられている。企業が商品を工場で製造する際にCO<sub>2</sub>を排出するが、カーボン・オフセット商品は製造の過程で発生するCO<sub>2</sub>排出量のすべてもしくは一部をオフセットしている。このようなカーボン・オフセット商品は、サプライチェーン排出量をゼロにしたい企業や環境問題に関心のある個人消費者の需要を喚起することが期待される。

そこで本稿では、国内企業におけるカーボン・オフセット商品への取り組みの状況と、個人消費者でもオフセットされていることを判断できる認証ラベルについて調査した結果を報告する。

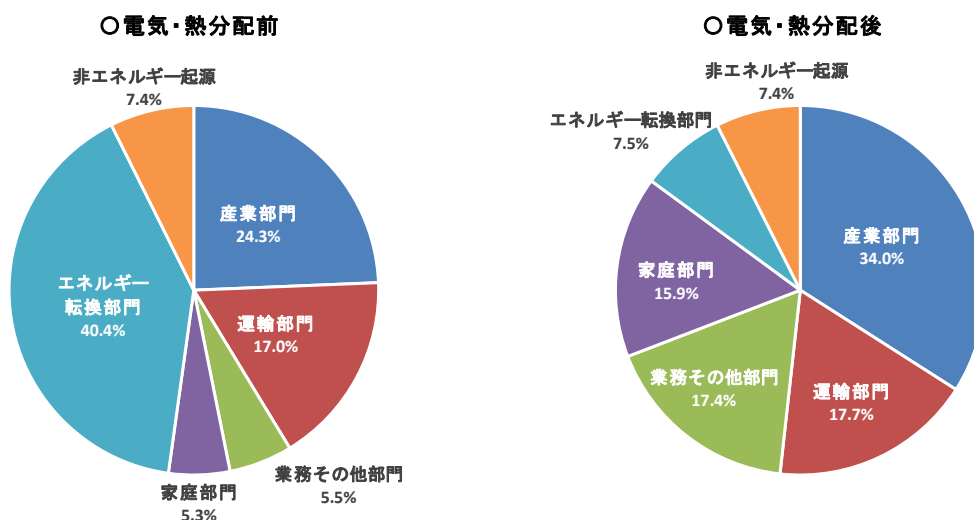
### 2. 部門別の排出量とカーボン・オフセット商品

環境省が公表した「2020年度の温室効果ガス排出量（確報値）について」<sup>1</sup>によると、2020年度のCO<sub>2</sub>排出量は10億4,400万トンである。このうち、電気・熱分配前のCO<sub>2</sub>の部門別排出量を見ると、エネルギー転換部門の割合が最も高く全体の40.4%を占めている（図表1）。また、電気・熱分配後では、産業部門が34.0%と最も高く、運輸部門が17.7%で続く。カーボン・ニュートラルの目標達成のためには、こういった排出量の多い部門の取り組みが重要となる。この章では排出量の多い部門を中心に企業のカーボン・オフセット商品への取り組みを確認する。

<sup>1</sup> <https://www.env.go.jp/content/900445425.pdf>



図表 1 CO2 の部門別排出量（2020 年度）



（出所）環境省「2020 年度の温室効果ガス排出量（確報値）について」より日興リサーチセンター作成

## 2.1 エネルギー転換部門

エネルギー転換部門に計上されている CO2 排出量は、主に化石燃料を用いた火力発電に伴うものである。それに対して、多くの電力会社がカーボン・ニュートラルの電力プラン等の取り組みを進めている。カーボン・ニュートラルの電力プランには、風力発電や水力発電等の再生可能エネルギー由来の電力を供給するものが多いが、一部の電力会社では、再生可能エネルギーだけでなく、J-クレジット等のカーボン・クレジットも活用してカーボン・ニュートラルなプランとしている。再生可能エネルギーの供給事業者とプランについては環境省のホームページで公表されている<sup>2</sup>。これを見ると電力事業が本業でない企業においても、新電力に参入しカーボン・ニュートラルの電力を提供している企業もいくつか確認できる。

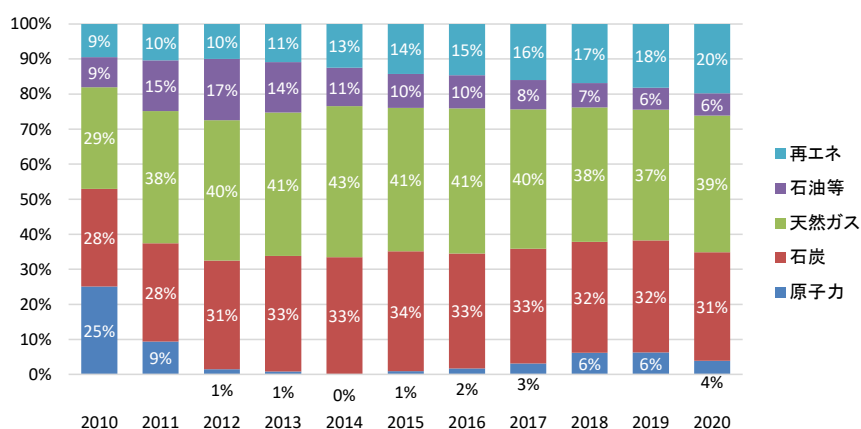
こうした再生可能エネルギーへの取り組みは、資源エネルギー庁が公表した「2020 年度エネルギー需給実績（確報）」<sup>3</sup>の電源構成比の推移からもわかる（図表 2）。電力量のうち再生可能エネルギーが占める割合は 2010 年の約 9%から年々増加し、2020 年では約 20%と増加の傾向にある。一方、2011 年以降に原子力発電の割合が大幅に低下したことで、天然ガスや石炭、石油等の化石燃料を用いる火力発電の割合も、2010 年の約 66%から 2020 年では約 76%と増加した。このうちオフセットされて供給されている電力は少ないと考えられるが、国内全体のカーボン・ニュートラルに向けては、再生可能エネルギーが増加しても残る火力発電由来の排出量に対して、効率化による削減もしくは電力の供給サイド、需要サイドのどちらかがオフセットする必要がある。

<sup>2</sup> <https://www.env.go.jp/content/900399529.pdf>

<sup>3</sup> <https://www.meti.go.jp/press/2022/04/20220415003/20220415003-1.pdf>



図表 2 電源構成比の推移



(出所) 資源エネルギー庁「2020 年度エネルギー需給実績 (確報)」より日興リサーチセンター作成

## 2.2 産業部門

電気・熱分配後の排出量が最も多かった産業部門を確認する。産業部門について、さらに業種別に排出量の内訳を見ると、鉄鋼の排出量が 36.7%と最も多くなっている(図表 3)。鉄鋼の CO2 排出量は、高炉による鋼材の生産プロセスによるものが多い。高炉は高品質の鋼材が製造できる一方で、鋼材の原料である鉄鉱石を石炭によって還元するため、生産プロセスの中で多くの CO2 が発生する。国内の主要な製鉄会社も CO2 排出を環境課題として受け止めており、カーボン・ニュートラルに向けて、比較的 CO2 排出量の少ない電炉の活用や、水素を用いた鉄鉱石の還元、CCUS<sup>4</sup>等に取り組んでいる。こうした取り組みは、海外企業がやや進んでいるが、国内企業においても水素還元等によって実質カーボン・ニュートラルとなった鋼材の販売を開始した事例もある。また、直近ではその鋼材が大手自動車メーカーの市販車に採用されることが決まる等、徐々にカーボン・オフセット商品が広まりつつある。なお、産業部門の 2013 年度比および前年度比の削減率は、鉄鋼がもっとも大きい。

図表 3 産業部門の CO2 排出量の内訳

	2020年度 (百万トン)	シェア	変化率	
			2013年度比	前年度比
食品飲料	19	5.4%	-23.6%	-4.1%
パルプ・紙・紙加工品	20	5.6%	-20.8%	-4.8%
化学工業	55	15.3%	-21.4%	-5.1%
窯業・土石製品	28	7.9%	-19.1%	-2.8%
鉄鋼	131	36.7%	-28.3%	-15.5%
機械	46	12.9%	-25.0%	-2.5%
その他製造業	30	8.5%	-24.2%	-4.5%
非製造業	27	7.6%	4.9%	3.7%
計	356	100.0%	-23.3%	-8.1%

(出所) 環境省「2020 年度の温室効果ガス排出量 (確報値) について」より日興リサーチセンター作成

<sup>4</sup> Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage : CO2 の回収・有効利用・貯留

次に鉄鋼以外のカーボン・オフセット商品を確認すると、数は多くないものの、様々な業種でカーボン・オフセット商品を提供している事例が確認できる（図表 4）。スーパーマーケット等で目にしやすい身近な商品としてはビールが挙げられ、ビール製造にかかる工場の電力にグリーン電力を用い、そのことを示すグリーン・エネルギー・マークを商品にプリントして販売している例が見られた。このようにグリーン電力を用いて、電力使用に伴う排出量をオフセットしている企業は比較的多くなっている。

大型の商品では、建物の建設により生じる CO2 や、建設機械の製造により生じる CO2 に対してカーボン・クレジットでオフセットしている例が見られた。なお、建設業界では建設に伴う排出量への取り組みだけでなく、建物を使用する際の CO2 排出量を大幅に抑えた ZEB、ZEH<sup>5</sup>の取り組みも盛んに行われている。

国内において森林を大量に保有するパルプ・紙・紙加工品では、コピー用紙や封筒等のカーボン・オフセット商品を製造・販売しているが、これらに加え、森林活動によって吸収される CO2 をクレジット化し、そのカーボン・クレジットを販売している企業も複数存在する。

図表 4 カーボン・オフセット商品<sup>6</sup>の例（鉄鋼を除く）

業種	オフセット商品
食品飲料	ビール、冷凍食品
パルプ・紙・紙加工品	コピー用紙、封筒
化学工業	化粧品、発泡スチロール、インク
窯業・土石製品	壁材
機械	建設機械、印刷機、給湯器
その他製造業	印刷物、シール、リストバンド
非製造業	ビル、住宅、魚

（出所）各企業のホームページより日興リサーチセンター作成

### 2.3 運輸部門

電気・熱分配後の排出量が産業部門に次いで多かった運輸部門を確認する。運輸部門の中でも航空業界では、国連の専門機関である国際民間航空機関（ICAO）によって温室効果ガス削減のための対策検討や国際的なルール作りが進められている。その中で、国際民間航空のためのカーボン・オフセット及び削減スキーム（CORSIA<sup>7</sup>）が定められ、2021 年より運用が開始された。これにより各航空会社は、ルールに沿って割り当てられた必要量のカーボン・クレジットを購入し、オフセットする義務が課されている。

このような背景もあり排出量削減に積極的に取り組む国内の大手航空会社では、自社の削減とともに顧客向けにもカーボン・オフセットのサービスを行っている。このオフセットサービスは搭乗する航空

<sup>5</sup> ZEB : net Zero Energy Building、ZEH : net Zero Energy House

<sup>6</sup> 過去に取り組んでいて、現在扱っていないものもある。

<sup>7</sup> Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation

機が排出する CO2 排出量を計算し、その排出量を相殺するためのカーボン・クレジットを購入できるサービスである。

さらに、鉄道会社でも一部の路線をカーボン・クレジットによってオフセットして運行している企業が見られたほか、陸運ではカーボン・ニュートラル宅配便が、海運においてもオフセット輸送している例が見られた。

その他の業種のカーボン・オフセット商品を確認すると、カーボン・ニュートラル LNG<sup>8</sup>に取り組む企業が多く見られた。カーボン・ニュートラル LNG は天然ガスの採掘から輸送、製造、供給、燃焼に至るまでの工程で発生する温室効果ガスをカーボン・クレジットでオフセットしたものである。国内の都市ガス会社の多くが、このカーボン・ニュートラル LNG を受け入れ、顧客に販売しているほか、大手商社や鉱業では供給にも取り組んでいる。また、業種に関係なく、企業のイベントや投資家向けの報告書等の印刷物がオフセットされているケースも多く見られた。

### 3. 商品へのカーボン・オフセット認証

カーボン・オフセット商品は企業独自の取り組みであるが、購入する側からすると、オフセットされていることへの信頼性が重要である。カーボン・クレジットの認証制度として、国連・政府主導の CDM や J-クレジット制度、民間主導の VCS 等があるように、カーボン・オフセット商品についても認証制度があり、認証されたカーボン・オフセット商品であることを示す認証ラベルもある（図表 5）。ここでは、国内で利用されているカーボン・オフセット商品の認証制度について代表的なものを紹介していく。

図表 5 環境ラベル



(出所) 環境省ホームページより日興リサーチセンター作成

<sup>8</sup> <https://carbon-neutral-lng.jp/>

---

● カーボン・オフセット第三者認証プログラム：一般社団法人カーボン・オフセット協会

個別のカーボン・オフセット、カーボン・ニュートラルの取り組みのうち、環境省の第三者認証基準に基づいて認証された案件に対して、カーボン・オフセット認証ラベル、カーボン・ニュートラル認証ラベルを付与している。これらは信頼性の高いカーボン・オフセット、カーボン・ニュートラルの取組の普及を図り、国民および事業者等による温室効果ガス排出量の認識および一層の削減努力を促進することを目的としている。2012年に環境省が始めた同制度は、2017年4月からは環境省の公開文書に準拠しながら民間主導にて行われており、ホームページ<sup>9</sup>ではそれぞれの取り組みが紹介されている。

● SuMPO 環境ラベルプログラム：一般社団法人サステナブル経営推進機構（SuMPO）

事業者のさらなる削減行動を実施し、社会的責任を果たすことと、消費者の生活スタイルの変革を行い、これを通じて環境負荷の低減を図ることを目的として、①製品カテゴリー毎の算定と宣言の基本ルールである PCR（Product Category Rule）の認定・公開、②個別の製品・サービスの算定結果と公開情報に対する第三者による検証、③国際規格に基づいた宣言の開示を行っている。2022年4月1日に「エコリーフ環境ラベルプログラム」から「SuMPO 環境ラベルプログラム」へ名称を変更した。宣言には複数の環境側面を対象としたタイプ III 環境宣言（EPD）を行うエコリーフと、地球温暖化負荷のみを対象とし CFP 宣言を行うカーボンフットプリント（CFP）の2種類があり、事業者が選択できる。なお、こちらも認定された商品はホームページ<sup>10</sup>で確認できる。

● FSC 認証制度：FSC（Forest Stewardship Council：森林管理協議会）ジャパン

FSC 認証制度は、NPO である FSC（Forest Stewardship Council）が運営する国際的な制度であり、適切な森林管理が行われていることを認証する「森林管理の認証（FM 認証）」と、森林管理の認証を受けた森林からの木材・木材製品であることを認証する「加工・流通過程の管理の認証（CoC 認証）」の2種類の認証制度がある。認証された製品については、FSC 認証製品であることを示すためのロゴや、FSC 認証林からの原料を使用していることを示す FSC ラベルを付けることができる。また、どのような事業者がどのように活用したかについてデータベース化されている。

● グリーンエネルギー認証：一般社団法人日本品質保証機構

資源エネルギー庁のグリーン電力証書ガイドラインに基づき、グリーンエネルギーによる環境価値の認証を行うことにより、グリーンエネルギーに対する社会的認知度の向上やグリーンエネルギーの環境価値の取引における信頼度の向上に取り組んでいる。グリーンエネルギー認証は、環境への負荷が小さなエネルギーに関する認証および調査研究を行うことを通じて、グリーンエネルギーの普及拡大による地球環境の保全ならびに国民経済の健全な発展と国民生活の安定に寄与することを目的としている。

---

<sup>9</sup> <https://co-a.org/category/jcos-attempt/attempt-carbon-offset/>  
<https://co-a.org/category/jcos-attempt/attempt-carbon-neutral/>

<sup>10</sup> [https://ecoleaf-label.jp/declaration\\_list/](https://ecoleaf-label.jp/declaration_list/)

---

また、資源エネルギー庁および環境省が運営する「グリーンエネルギーCO2削減相当量認証制度」では、民間で取引されているグリーン電力・熱証書について、証書のCO2排出削減価値を国が認証することにより、温対法に基づく算定・報告・公表制度における国内認証排出削減量として活用できるようにしている。

グリーン・エネルギー・マークは製品の製造等に必要な電力をグリーン電力で賄ったことを製品に添付して表現するマークで、グリーン電力の普及拡大を図るとともに、消費者がグリーン電力を使用した製品を信頼して購入できるよう、2008年5月からスタートしている。

#### 4. おわりに

本稿では、国内企業におけるカーボン・オフセット商品への取り組みと認証ラベルについて調査した。国内のあらゆる企業がCO2の排出削減に取り組むと同時に、様々なカーボン・オフセット商品の提供を行っていることが確認できた。こうしたカーボン・オフセット商品への取り組みが広がることで、多くの企業のサプライチェーン排出量削減に貢献する可能性がある。特にエネルギー使用の基となる電気・ガスやCO2排出量が相対的に多い鉄鋼等では、数パーセントがカーボン・オフセット商品に置き換わるだけでも、排出量全体に与える削減効果は大きい。

一方、一部のカーボン・オフセット商品については、オフセットに使用したカーボン・クレジットが本当にCO2削減に寄与するものなのかを疑うような事例がメディアにて報じられる等、信頼性には課題も残る。カーボン・オフセット商品を通じてCO2排出量の削減に寄与するためには、商品の購入者が信頼できるような認証ラベル等の制度の拡充や、使用したカーボン・クレジット等の情報開示が不可欠である。そのためカーボン・オフセット商品の増加に加え、カーボン・オフセット等の制度面においても今後の発展を期待したい。

#### 参考文献

寺山恵[2022],「ネットゼロを実現するカーボン・オフセット」,日興リサーチレビュー

<https://www.nikko-research.co.jp/library/11335/>

カーボンニュートラルの実現に向けたカーボン・クレジットの適切な活用のための環境整備に関する討論会[2022],「カーボン・クレジット・レポート」

<https://www.meti.go.jp/press/2022/06/20220628003/20220628003-f.pdf>

世界銀行[2020],「State and Trends of Carbon Pricing 2020」

<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33809/9781464815867.pdf>

TASKFORCE ON SCALING VOLUNTARY CARBON MARKETS [2021],「FINAL REPORT」

[https://www.iif.com/Portals/1/Files/TSVCM\\_Report.pdf](https://www.iif.com/Portals/1/Files/TSVCM_Report.pdf)

(END)

---

# 株主資本コストで考える脱炭素社会への移行

2023年2月

主席研究員 本山 真

## 1. はじめに

地球温暖化の進行に対する危機感が高まる中、企業は二酸化炭素排出量の削減に向けた取り組みを進めている。二酸化炭素の排出削減のためには資金が必要であり、特に排出量が多い企業（以下、多排出企業）は脱炭素社会への移行の過程で金融機関等からの大規模な資金調達が必要になる。金融機関は投融资先の二酸化炭素排出量を把握し、削減に向けた企業の取り組みを支援することが期待される一方、投融资に係る GHG（Greenhouse Gas、温室効果ガス）排出量（以下、ファイナンスド・エミッション）を減らしていくことも要請されている。

金融機関が現在のファイナンスド・エミッションの一時的な増加を懸念するために、多排出企業への投融资を避けた場合、多排出企業は脱炭素のための設備投資や新技術開発等の資金を調達できず、二酸化炭素の排出削減が進まないというジレンマに陥ってしまう。

本稿では企業価値評価の基本に立ち返り、インプライド株主資本コスト（以下、資本コスト）の考え方に基いてこの問題について考察する。次章で二酸化炭素排出削減に向けて取り組む企業に対して、投融资を行う金融機関を取り巻く環境を概観する。3章で企業価値評価の観点で二酸化炭素排出削減への取り組みを評価することを企図して、ROEをもとに資本コストを計算する方法を提示する。そして、4章では、企業が選択しうる気候変動対応シナリオのもとで将来の ROE の推移に関するパターン（以下、ROE パターン）を想定して実際に資本コストの計算を行い、その結果から二酸化炭素排出削減への取り組みに関して考察を行う。

## 2. 金融機関を取り巻く環境

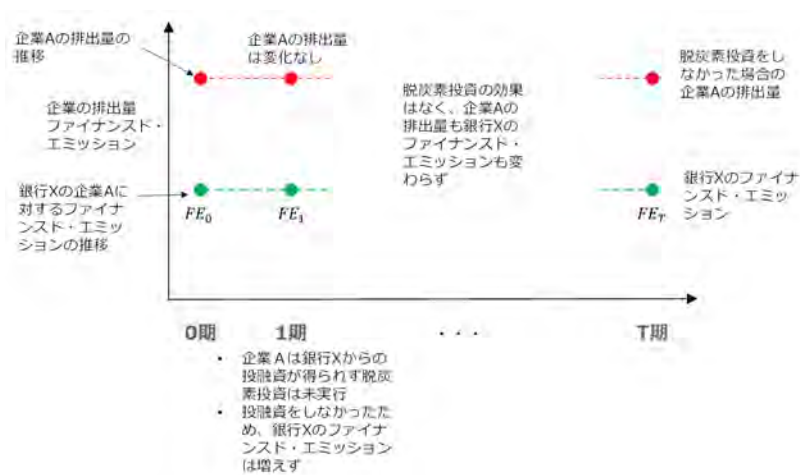
金融機関の二酸化炭素の排出量のうち、自社の直接排出（Scope1）、電気の使用等による間接排出（Scope2）はオフィスの利用等に伴うものが主であり、他の業種と比較して相対的に多くはない。しかし、Scope1、2以外による間接排出（Scope3）として、金融機関の場合は投資（Scope3のカテゴリ15、ファイナンスド・エミッション）がある。2015年にオランダで設立された金融業界主導のイニシアティブである PCAF（Partnership for Carbon Accounting Financials）は、「金融機関がファイナンスド・エミッションを評価・開示することを可能とする」ことを目的としており、金融機関の投融资先ポートフォリオの GHG 排出量について、対象となるアセットクラス、GHG 排出量の算定等の把握



プロセスやその方法論を公表している。金融機関が二酸化炭素を排出する企業に投資や融資を行うとファイナンスド・エミッションは増加することになる。

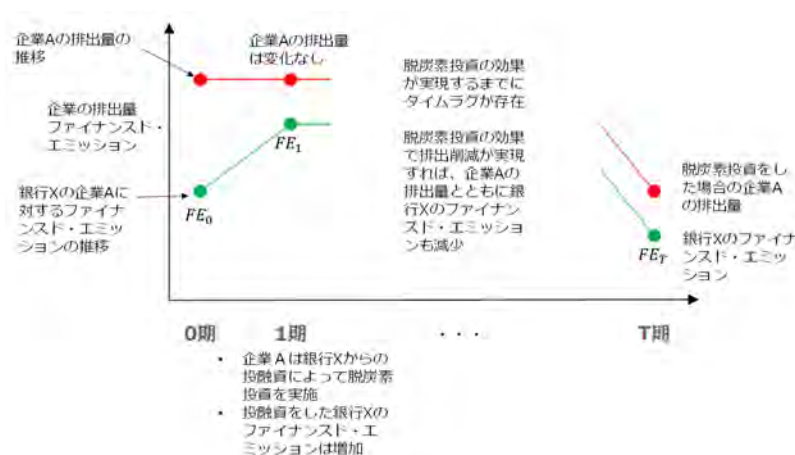
また、GFANZ (Glasgow Financial Alliance for Net Zero : ネットゼロのためのグラスゴー金融同盟)<sup>1</sup>傘下の各アライアンスに参加する金融機関や投資家等は、2050年までにファイナンスド・エミッションをネットゼロにすることが求められている。アライアンスに参加していない金融機関や投資家等においてもTCFD提言に基づく開示等でファイナンスド・エミッションを公表すれば、その時点におけるファイナンスド・エミッションの絶対量やその増減が注目されることになるだろう。

図表 1-1 企業の二酸化炭素排出量とファイナンスド・エミッションの推移のイメージ図  
(銀行が投融資を実行しなかった場合)



(出所) 日興リサーチセンター作成

図表 1-2 企業の二酸化炭素排出量とファイナンスド・エミッションの推移のイメージ図  
(銀行が投融資を実行した場合)



(出所) 日興リサーチセンター作成

<sup>1</sup> ネットゼロへの移行を目的に設立された銀行、保険、アセットオーナー、運用機関等のイニシアティブの連合体。

しかし、多くの産業では二酸化炭素排出削減の過程で抜本的な設備投資や新技術開発等を実行するために、金融機関等からの資金調達が必要になる。図表 1-1、1-2 は企業の脱炭素への取り組みにおける企業の二酸化炭素排出量とファイナンス・エミッションの推移のイメージ図である（図表 1-1 は銀行が投融資を実行しなかった場合、図表 1-2 は実行した場合）。脱炭素に取り組むために企業 A が銀行 X から投融資を受けた場合、企業 A の排出量は変化しなくても、投融資をした銀行 X の企業 A に対するファイナンス・エミッションは  $FE_0 < FE_1$  となり、一時的に増加する（図表 1-2 の 1 期）。最終的に脱炭素投資の効果が実現して、企業 A の排出量が減少し、 $FE_0 > FE_T$  となるまでには時間を要するため、銀行がファイナンス・エミッションの一時的な増加を避けて投融資が行われなければ、銀行 X の企業 A に対するファイナンス・エミッションは  $FE_0 = FE_1 = FE_T$  であるが、将来の企業 A の排出削減は実現しない（図表 1-1 の T 期）。

脱炭素社会への移行のためには、企業は多期間における排出削減の目標を作り、計画的に実行していくことが必要である。そして、ファイナンス・エミッションの制約がある金融機関や投資家等から見ると、企業の排出削減目標とその実現可能性とともに脱炭素投資等の収益性の両面で企業とビジョンを共有できることが重要であろう。そこで、企業価値評価の観点で企業の脱炭素の取り組みを評価する方法を検討する。

### 3. 資本コストの計算方法

ROE の水準や株主への利益還元が重視される企業経営において、企業の中長期の経営計画や目標と資本コストの関係を把握することは重要だろう。株主資本の収益性を表す ROE が株主資本の機会費用である資本コストを上回ったときに企業は正の経済的付加価値を生み出していると言える<sup>2</sup>。つまり、ROE 単独ではなく、資本コストとの関係を把握することが必要になる。

企業価値評価に用いられる資本コストの計算方法には、CAPM を前提とした方法や配当割引モデルに基づく内部収益率による方法等、様々な方法がある<sup>3</sup>が、本稿では ROE を所与とした残余利益モデルによって資本コストを計算する方法を提示する。

資本コストの計算では、1 期先（あれば 2 期先以降）の利益や配当について株式アナリストや金融情報ベンダーによる予想値を用いることがあるが、ここでは企業が想定する ROE と配当性向を用いる。配当性向は一定値とするが、ROE は一定値だけでなく、期中に変化することも想定する。一般に、ROE は一時点での企業の資本利益率を表す指標であるが、本稿では気候変動対応によるシナリオのもとで将来の ROE パターンを考える。脱炭素社会への移行の過程で一定期間、設備投資や新技術開発、借入金の増加等に伴ってコストが増えることやカーボンプライシングの導入による経済負担で ROE が低下し、その後、脱炭素投資や二酸化炭素排出量の削減の効果によって ROE が上昇するといったパターンに対

<sup>2</sup> 「ROE－資本コスト」をエクイティ・スプレッドと呼ぶ。エクイティ・スプレッドは資本コストを計算する方法によって異なる値になるため、本稿の結果も特定の前提に基づく 1 つの結果であることに留意されたい。

<sup>3</sup> 株主資本コストは株式の期待リターン、株主の要求収益率と呼ばれることもある。一般に知られている資本コストの計算方法は、伊藤・萩島・諏訪部（2009）に詳しい。

---

応する。

まず、 $t$ 期の $ROE_t$ を $t - 1$ 期末の純資産 $w_{t-1}$ に対するリターン（利益率）として定義する。つまり、 $t$ 期の税引き後利益 $e_t$ は次式で計算される。

$$e_t = ROE_t \cdot w_{t-1} \quad (1)$$

次に、一定期間に得られた税引き後利益の一部は株主への配当支払いで処分され、配当支払い後の利益が純資産に組み込まれていくクリーン・サープラス関係を仮定する。

$$w_t = w_{t-1} + (1 - d) \cdot e_t \quad (2)$$

ここで、 $w_t$ は $t$ 期末の純資産、 $d$ は配当性向である。1期前の $t - 1$ 期末の純資産 $w_{t-1}$ に配当支払い後の利益 $(1 - d) \cdot e_t$ を加えて、 $t$ 期末の純資産 $w_t$ が得られる。

そして、 $t$ 期の残余利益の現在価値 $s_t$ は、残余利益モデルにより、

$$s_t = \frac{e_t - r \cdot w_{t-1}}{(1 + r)^t} \quad (3)$$

であり、残余利益を資本コスト $r$ で割り引いた値となる。さらに、一定期間が経過した $T$ 年後に残余利益が一定値 $(e_T - r \cdot w_{T-1})$ になることを仮定し、初期時点での純資産 $w_0$ に1期先以降の残余利益の現在価値 $s_t$ の合計値が株式の時価総額 $V$ と等しくなる $r$ として、（インプライド）資本コストを計算する。

$$V = w_0 + \sum_{t=1}^{\infty} s_t = w_0 + \sum_{t=1}^{T-1} s_t + \frac{s_T \cdot (1 + r)}{r} \quad (4)$$

Appendix では、(4)式を用いて計算を行い、次章では、気候変動対応によるシナリオごとの比較を行うため、一定期間が経過した $T + 1$ 年後に残余利益はゼロになることを仮定して、次式を用いる。

$$V = w_0 + \sum_{t=1}^T s_t \quad (5)$$

企業の気候変動対応だけでなく、経営計画の中で非財務を含めた多様な要素を勘案した結果としてROEパターンや配当性向の目標を決めれば、その値を前提とした資本コストを計算することができ、本章の計算方法は応用範囲が広いと考える。

#### 4. 資本コストの計算結果

気候変動対応による資本コストへの影響を考えるため、図表 2 のシナリオのもとで ROE パターンを想定する。

図表 2 気候変動対応シナリオと ROE パターン

シナリオ	ROE パターン
①施策なし	8%
②気候変動に対応	10 年目まで 6%、その後は 10%
③より強く気候変動に対応	10 年目まで 4%、その後は 12%
④将来先送り	10 年目まで 10%、その後は 6%
⑤より強く将来先送り	10 年目まで 12%、その後は 4%

(出所) 日興リサーチセンター作成

資本コストの計算において (5) 式の年数は 20 年とする。ROE パターンごとの平均 ROE を 8% で同じにするために 21 年以降の残余利益はゼロとする<sup>4</sup>。

図表 2 の①「施策なし」は 20 年間 ROE が 8% で一定、②「気候変動に対応」は設備投資や新技術開発、借入金の増加等に伴うコストによって税引き後利益が減少すると考えて 10 年間 ROE が 6%、その後の 10 年間は脱炭素投資の効果が表れて ROE が 10% に上昇、③「強く気候変動に対応」は②より強いシナリオとして、ROE は 10 年目まで 4%、その後は 12% になることを想定する。また、④、⑤は気候変動対応を先送りするシナリオとし、②、③と逆の ROE パターンを想定する。

そして、配当性向は 30% とし、PBR は 0.5 倍、1 倍、2 倍（株式の時価総額は 500 億円、1,000 億円、2,000 億円、純資産は 1,000 億円）の 3 通りで資本コスト、将来の税引き後利益と純資産を計算する。

図表 2 で示したシナリオごとの ROE パターンに加えて、上記の配当性向及び 3 通りの PBR による計算結果が図表 3、図表 4、図表 5 である。

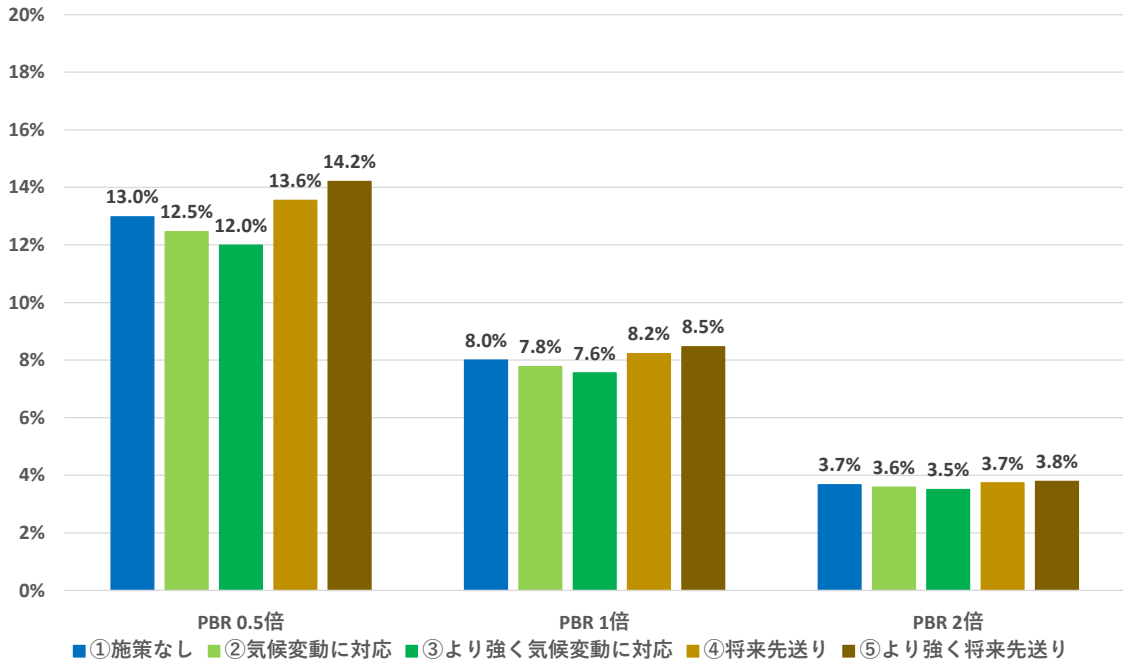
図表 3 では、PBR の 3 通りとも資本コストは「③より強く気候変動に対応 < ②気候変動に対応 < ①施策なし < ④将来先送り < ⑤より強く将来先送り」となり、②、③のシナリオ、すなわち脱炭素社会への移行のための設備投資等で ROE が低下しても、その後 ROE が上昇するパターンの方が、①施策なし、及び④、⑤の先送りシナリオより資本コストが低くなるという結果が得られた。

そして、図表 4 のように②、③では 10 年目までは税引き後利益が他のシナリオと比較して少ないが、11 年目以降は他のシナリオと比較して大きくなることによって、図表 5 で 20 年後には純資産はどのシナリオもほぼ等しくなることが確認できる<sup>5</sup>。

<sup>4</sup> より正確には ROE の幾何平均を等しくする必要がある。ここでは算術平均を等しくしているが、本章の結論に影響はない。

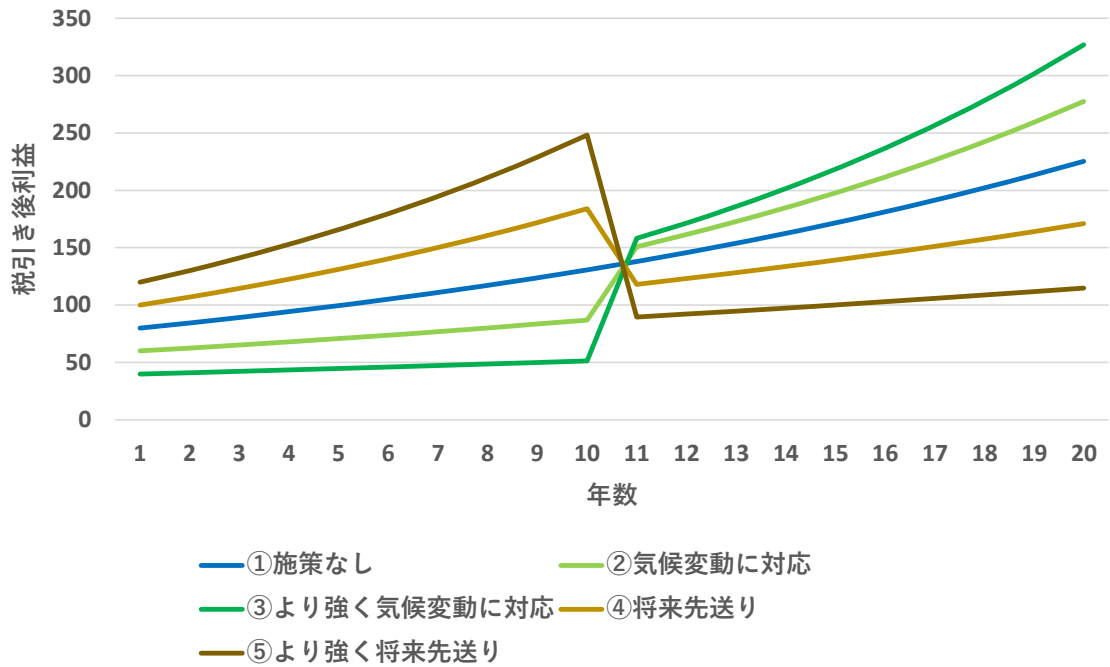
<sup>5</sup> 各シナリオの将来の税引き後利益と純資産は PBR に関わらず同じ値となる。

図表3 資本コストの比較



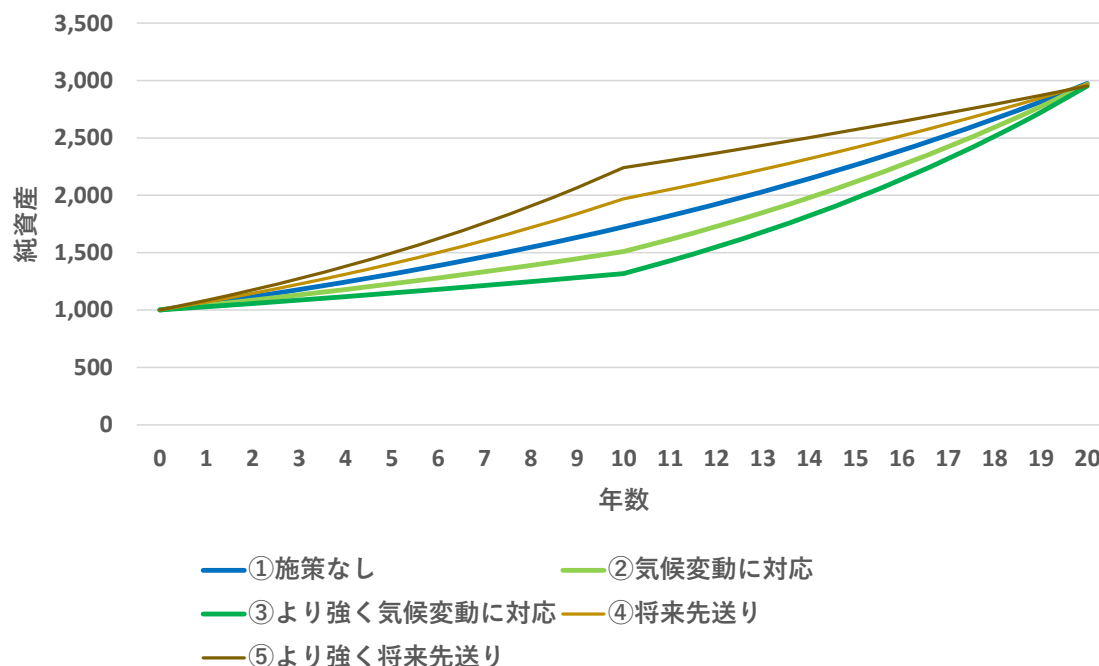
(出所) 日興リサーチセンター作成

図表4 税引き後利益の推移 (PBRによる差異はなし)



(出所) 日興リサーチセンター作成

図表 5 純資産の推移（PBR による差異はなし）



（出所）日興リサーチセンター作成

20年間の平均 ROE を 8% として、エクイティ・スプレッド（ROE－資本コスト）がプラスになるのは、PBR が 1 倍のときは②、③の気候変動に対応するシナリオ、PBR が 2 倍のときはすべてのシナリオであった（図表 3）。一般論として脱炭素社会への移行は不確実性が大きく、長期的な取り組みが必要になる。そのため、企業は将来の排出削減の見込みと業績への影響を長期的な計画で金融機関や投資家等に見える化し、株式市場で評価されることが重要だと言えるだろう。企業の脱炭素への取り組みに対する評価として PBR の重要性を示唆する点も本稿で提示した計算方法の優位な点として考える。この点はさらに Appendix において補足する。

## 5. おわりに

本稿では企業価値評価の観点で企業の脱炭素への取り組みを評価することを企図して、ROE パターンのもとで資本コストを計算する方法を提示した。そして、将来 20 年間で前半の 10 年間に ROE が低下して、後半の 10 年間で ROE が回復するパターン等、ROE の平均値を等しくした複数の気候変動対応シナリオで資本コストを計算した結果、脱炭素投資等で ROE が低下してもその後回復する方が、資本コストが低くなるという結果が得られた。また、PBR が高ければ、資本コストが低くなり、シナリオ間での差異が小さくなるという結果となり、脱炭素投資等の気候変動対応の将来ビジョンが株式市場で評価されることの重要性が示唆された。

脱炭素社会への移行において、企業は時間軸を決めて計画的に排出削減に取り組むこと、そして脱炭素を収益機会として捉えて収益性を向上することが大切であり、ファイナンスド・エミッションの制約



がある金融機関や投資家等に見える化することが重要だろう。今回は計算方法の提示と単純な気候変動対応シナリオのもとでの計算結果を示すにとどまるが、さらに脱炭素社会への移行における企業と金融機関や投資家等の対話に資することを目指して、実際の企業のデータをもとに分析を進めていきたい。

### Appendix. 資本コストとエクイティ・スプレッドの特徴

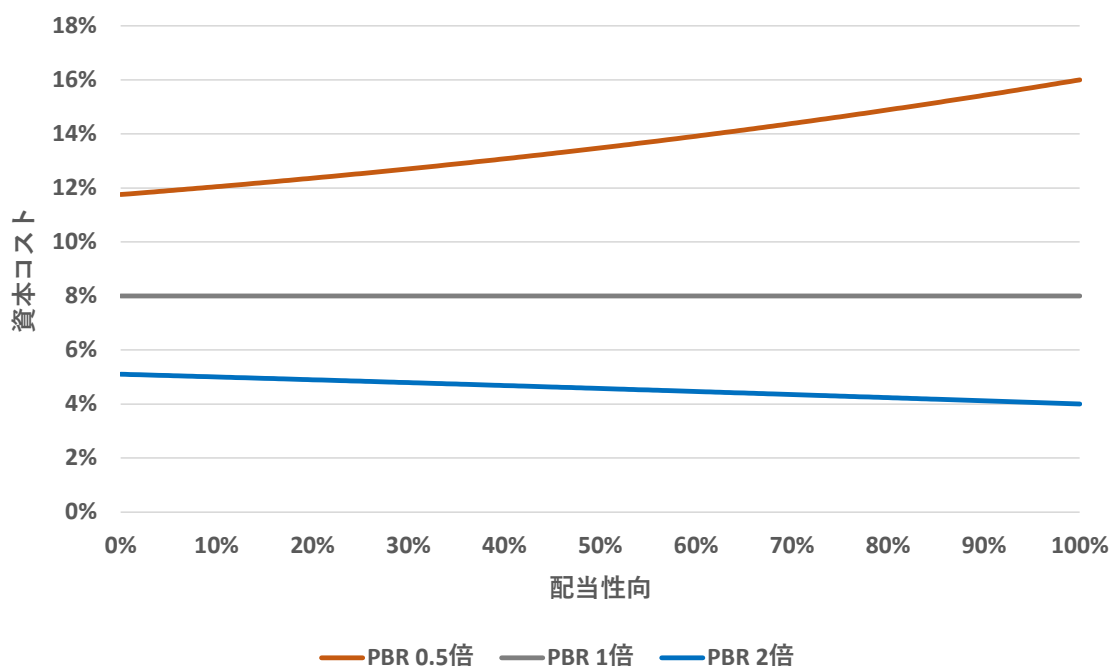
3章で示した計算方法はROEの目標値の検討等、応用範囲が広いと考える。ここでは、資本コストとエクイティ・スプレッドの特徴を確認するために、以下に計算結果を示す。(4)式におけるROEは期間中一定、年数は10年とし、10年目以降の残余利益を一定とする。また、純資産は1,000億円とする。

#### (1) 配当性向と資本コストの関係

ROEを8%とし、PBRを0.5倍、1倍、2倍(株式の時価総額を500億円、1,000億円、2,000億円)の3通り、配当性向を0%から100%とした場合の資本コストを計算する。

図表6は、配当性向と資本コストの関係を図示したものである。配当性向に関わらず、PBRが高いほど資本コストは低いことが確認できる。また、PBRが2倍のときは、配当性向が高くなるほど資本コストは低下し、逆にPBRが0.5倍のときは、配当性向が高くなるほど資本コストが上昇すること、そして、PBRが1倍のときは、ROEと等しい8%で一定であることが確認できる。

図表6 配当性向と資本コストの関係



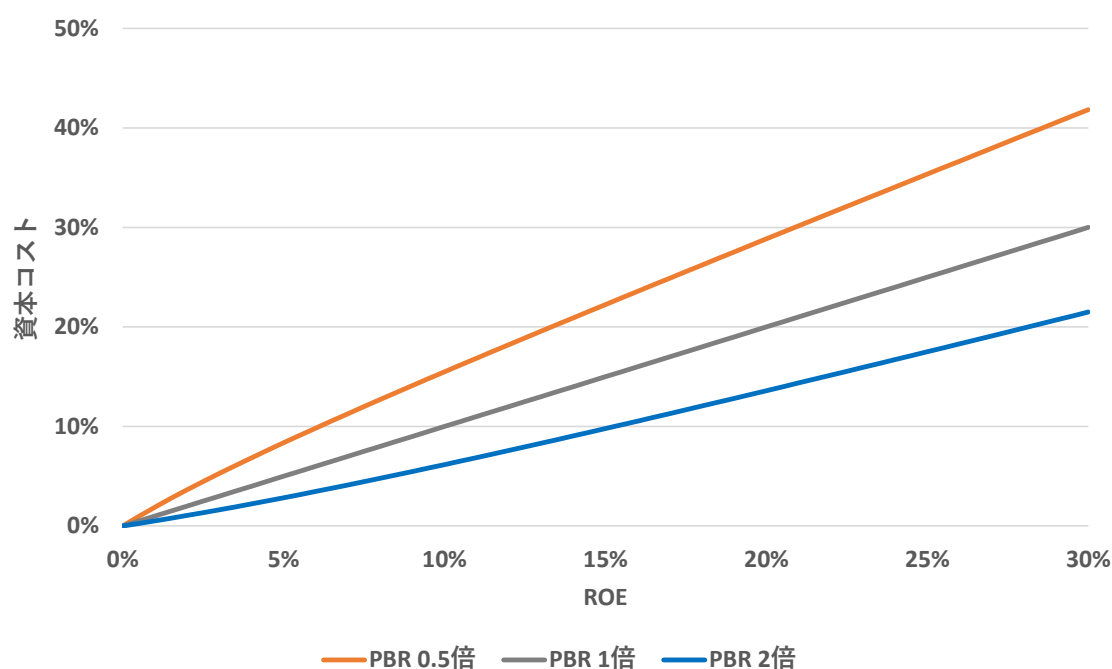
(出所) 日興リサーチセンター作成

## (2) ROE と資本コストの関係

配当性向を 30%とし、PBR を 0.5 倍、1 倍、2 倍（株式の時価総額を 500 億円、1,000 億円、2,000 億円）の 3 通り、ROE を 1%から 30%とした場合の資本コストを計算する<sup>6</sup>。

図表 7 は、ROE と資本コストの関係を図示したものである。ROE に関わらず、PBR が高いほど資本コストは低いことが確認できる。また、PBR に関わらず、ROE が高くなるほど資本コストは上昇するが、PBR が低いほど資本コストの上昇度合い（傾き）が大きいことが確認できる。

図表 7 ROE と資本コストの関係



(出所) 日興リサーチセンター作成

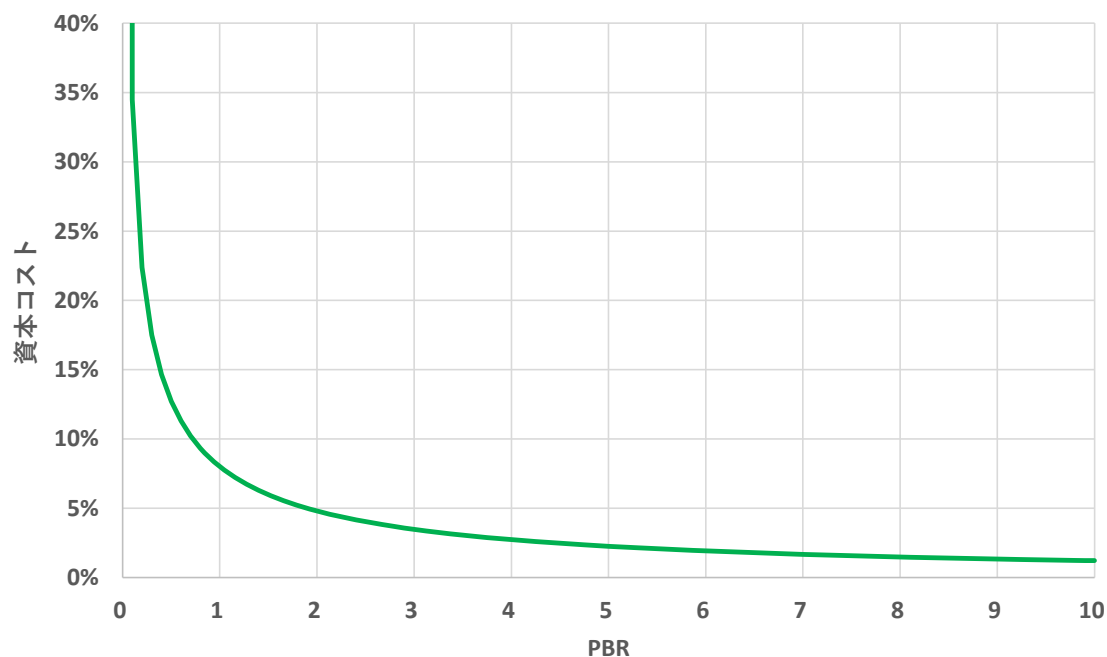
## (3) PBR と資本コストの関係

ROE を 8%、配当性向を 30%とし、PBR を 0.1 倍から 10 倍（株式の時価総額を 100 億円から 1 兆円）とした場合の資本コストを計算する。

図表 8 は、PBR と資本コストの関係を図示したものである。PBR が高いほど資本コストが低くなり、資本コストの低下度合いが小さくなることが確認できる。また、PBR が 1 倍を越えたところで 8%とした ROE より資本コストが低くなり、エクイティ・スプレッドがプラスになることもわかる。

<sup>6</sup> ROE が 0%のときは、資本コストが計算できないことがあるが、図表 7 では 0%として図示している。

図表 8 PBR と資本コストの関係



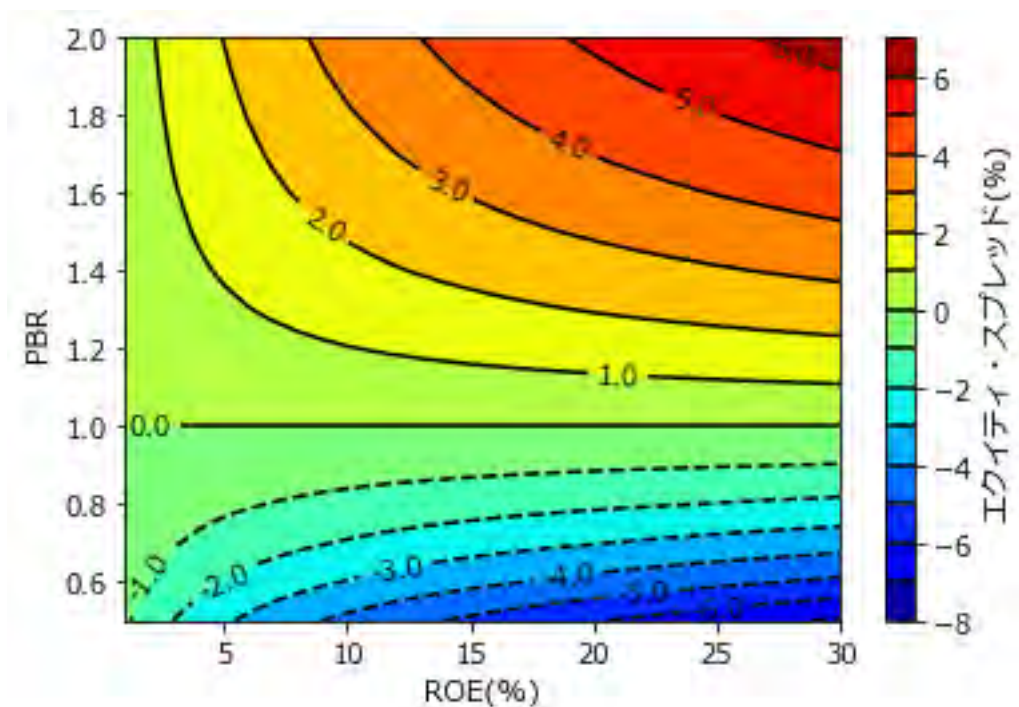
(出所) 日興リサーチセンター作成

#### (4) ROE、PBR とエクイティ・スプレッドの関係

ROE、PBR とエクイティ・スプレッドの関係を確認するために、ROE を 1%から 30%の 1%刻み、PBR を 0.5 倍から 2 倍 (株式の時価総額を 500 億円から 2,000 億円) の 0.1 倍刻み、配当性向を 0%、30%、100%の 3 通りとして、エクイティ・スプレッドを計算する。

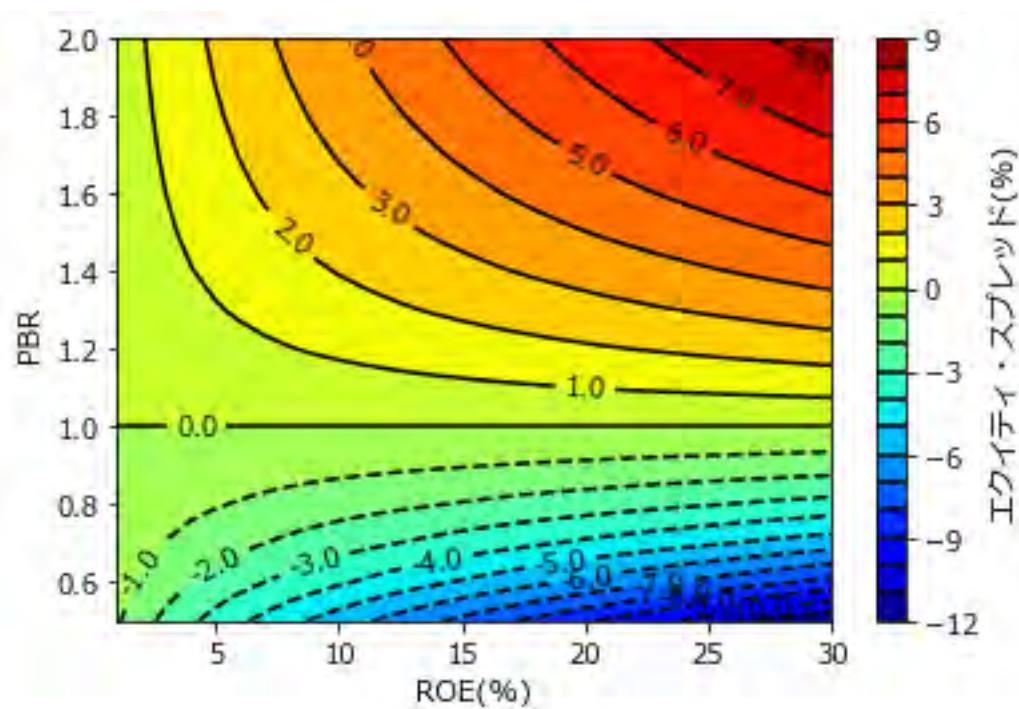
図表 9、10、11 は、横軸 (X 軸) を ROE、縦軸 (Y 軸) を PBR として、等高線 (Z 軸) としてエクイティ・スプレッドを図示したものである。これらの図表からエクイティ・スプレッドは PBR が 1 倍より高くなるとプラスにならないことが確認できる。そして、ROE が高くなり、PBR も高くなるとエクイティ・スプレッドも大きくなることがわかる。一般に ROE が高くなれば、株式市場で評価されて株価の上昇、時価総額の増加、PBR の上昇につながると考えるのが自然であるが、ROE が高くなっても株価が低迷したままで、PBR が 1 倍未満の場合は、ROE が高くなるほどエクイティ・スプレッドがさらに小さく (マイナスが大きく) なってしまうことも確認できる。

図表 9 ROE、PBR とエクイティ・スプレッドの関係（配当性向 0%）



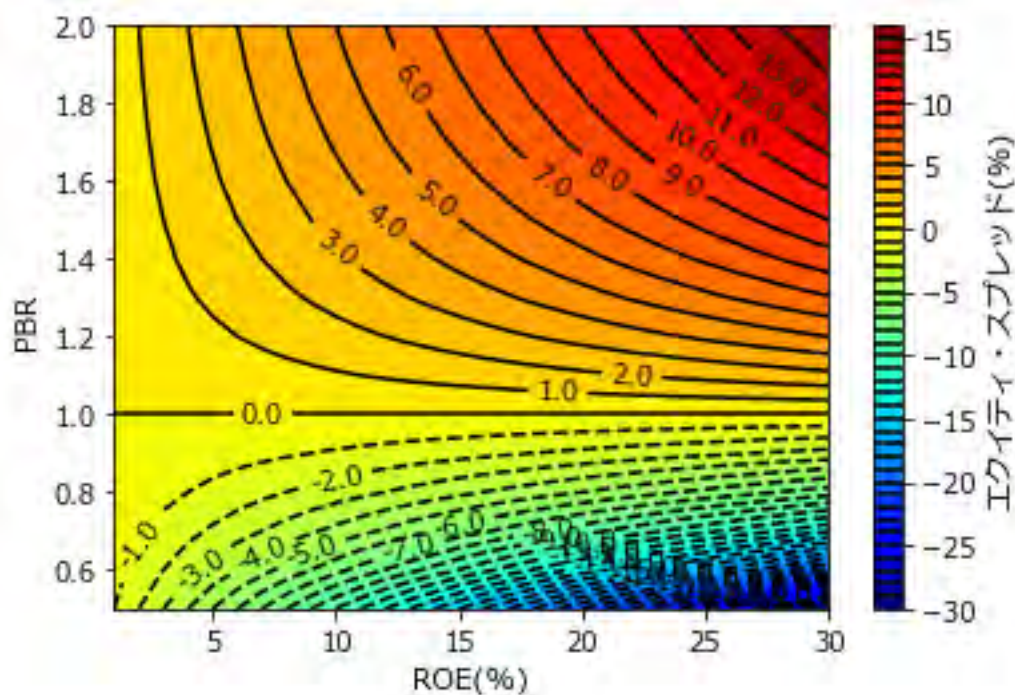
(出所) 日興リサーチセンター作成

図表 10 ROE、PBR とエクイティ・スプレッドの関係（配当性向 30%）



(出所) 日興リサーチセンター作成

図表 11 ROE、PBR とエクイティ・スプレッドの関係（配当性向 100%）



(出所) 日興リサーチセンター作成

#### 参考文献

本山真(2021),「気温上昇を前提にしたマクロ経済成長モデル」,日興リサーチレビュー

<https://www.nikko-research.co.jp/library/10496/>

本山真(2021),「脱炭素社会における企業の存続確率モデル」,日興リサーチレビュー

<https://www.nikko-research.co.jp/library/10786/>

伊藤敬介,萩島誠治,諏訪部貴嗣(2009),「新・証券投資論 第2巻 -実務篇-」,日本経済新聞出版社

(END)

---

# ポートフォリオの予想温度上昇（ITR）の計測

2022年12月

投資工学研究所 伊藤 央峻

## 1. はじめに

気候変動への懸念が高まるなか、金融業界においても脱炭素に向けた取組が急ピッチで進んでいる。カーボンニュートラルの達成を目指す金融機関の有志連合である「ネットゼロのためのグラスゴー金融同盟（GFANZ）」の発足はその1例だ。

金融機関がネットゼロを目指すうえで、投融資先企業の温室効果ガス（GHG）排出量（ファイナンス・エミッション）の把握が必要になる。ファイナンス・エミッションはGHG排出量の国際的な算定基準であるGHGプロトコルにおいてスコープ3のカテゴリー15<sup>1</sup>に分類され、金融機関のGHG排出量の大部分を占めることになる。

GHG排出量の数値をそのままでは気候変動にどの程度の影響があるのか実感が湧きにくい。そこで、投資ポートフォリオのGHG排出量を将来の気温上昇に換算した「予想温度上昇（Implied Temperature Rise, ITR）」という指標が考案されている。ITRを用いると、例えば「この投資信託に投資すると3.5度の気温上昇につながる」といった表現ができ、気候変動への影響の大きさが直観的に伝わりやすい。GFANZはポートフォリオのGHG排出量を把握する指標の1つとしてITRを挙げている<sup>2</sup>。国内では年金積立金管理運用独立行政法人（GPIF）がESG関連の開示資料で公表している<sup>3</sup>。

本稿ではITRについて調査した結果を報告する。第2章でITRの概要等について述べ、計算式を説明する。第3章では、GHG排出量と企業活動のデータを用いて実際にITRを計算し、考察する。第4章では、3つの算出機関が提供するITRを比較し、個別論点や課題について述べる。

## 2. ITRの基本的な説明

2015年に採択された地球温暖化対策の国際的な枠組みである「パリ協定」では、産業革命以前からの世界の平均気温上昇を2度よりも十分低く抑え、1.5度以内にするよう努力するという目標を定めている。ITRはこの目標を達成可能な投資ポートフォリオであるかどうかを示す指標となっている。

---

<sup>1</sup> スコープ3は事業者の活動に関連する他社のGHG排出量。そのうち、カテゴリー15は株式・債券投資等による排出量を指す。スコープ1は事業者自らの直接排出（燃料の燃焼等）。スコープ2は他社から供給された電気・熱・蒸気の使用に伴う間接排出。

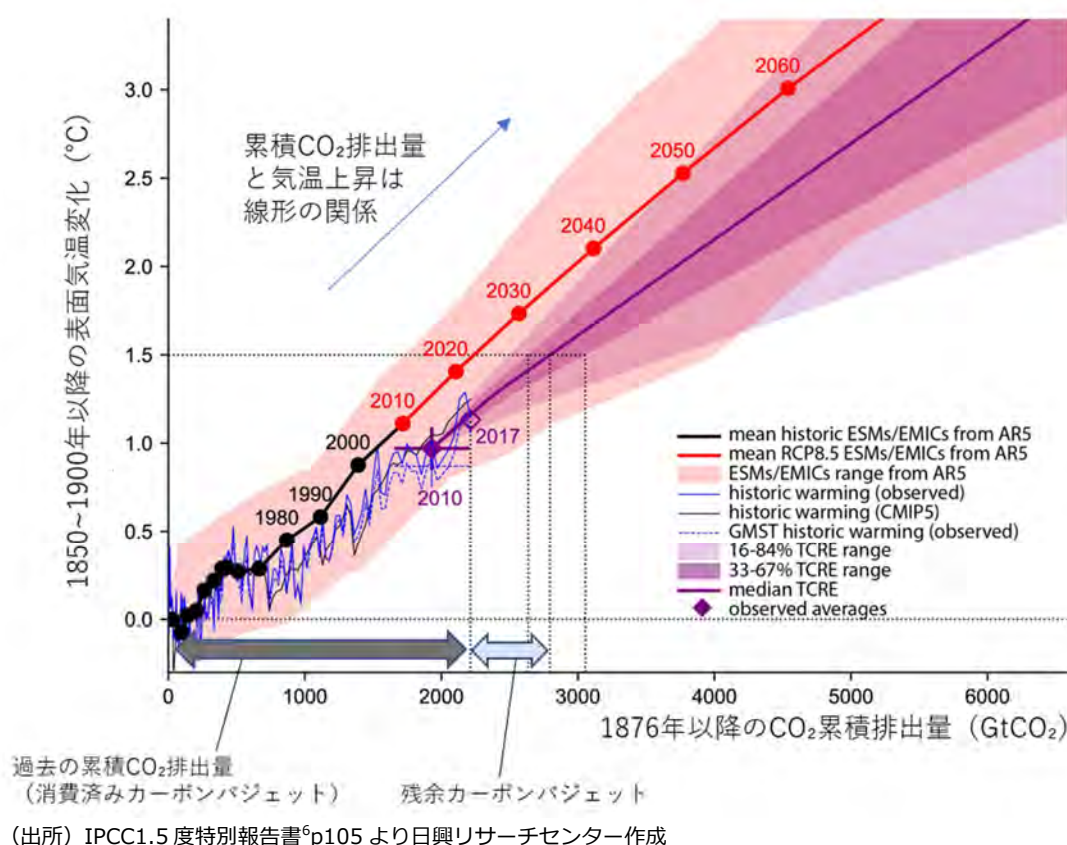
<sup>2</sup> <https://assets.bbhub.io/company/sites/63/2022/07/GFANZ-Portfolio-Alignment-Measurement-August2022.pdf>

<sup>3</sup> 「2021年度ESG活動報告」（[https://www.gpif.go.jp/esg-stw/GPIF\\_ESGReport\\_FY2021\\_J\\_01.pdf](https://www.gpif.go.jp/esg-stw/GPIF_ESGReport_FY2021_J_01.pdf)）によると、GPIFのポートフォリオのITRは国内株式が2.7度、国内債券が2.4度、外国株式が2.7度、外国債券が2.7度となっている。



図表 1 に示すように、累積 GHG 排出量と気温上昇には線形の関係があることが知られている<sup>4</sup>。この関係とパリ協定の気温上昇に関する目標を組み合わせると、気温上昇を一定の範囲に抑えるために満たすべき、世界が排出可能な残りの GHG 排出量を推定できる。これが「カーボン・バジェット<sup>5</sup>」という概念だ。地球の気温上昇を 2 度あるいは 1.5 度といった一定の水準に抑えるためには、今後の人為的な CO<sub>2</sub>排出量をカーボン・バジェットの範囲内に抑える必要がある。

図表 1 累積 CO<sub>2</sub>排出量と気温上昇の関係



図表 1 の線形関係は TCRE (Transient Climate Response to Cumulative Carbon Emissions, 累積炭素排出量に対する過渡的気候応答) と呼ばれる。ある量の炭素排出量に対する地球平均気温の上昇の大きさを示す。地球の平均気温が 2 度上昇するのに必要な累積 CO<sub>2</sub>排出量がおよそ 3670GtCO<sub>2</sub>であることから、TCRE の係数は  $2 \text{度} / 3670 \text{GtCO}_2 = 0.000545 \text{(度/GtCO}_2)$  と計算できる (Portfolio Alignment Team, 2020)<sup>7</sup>。この値はこの後説明する ITR の計算式にも用いる。

<sup>4</sup> 観測値を根拠としている。IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の第 5 次評価報告書 (2014 年) で初めてこの考え方が示され、第 6 次評価報告書 (2022 年) ではこの知見を再確認し、確信度が高いと評価している。

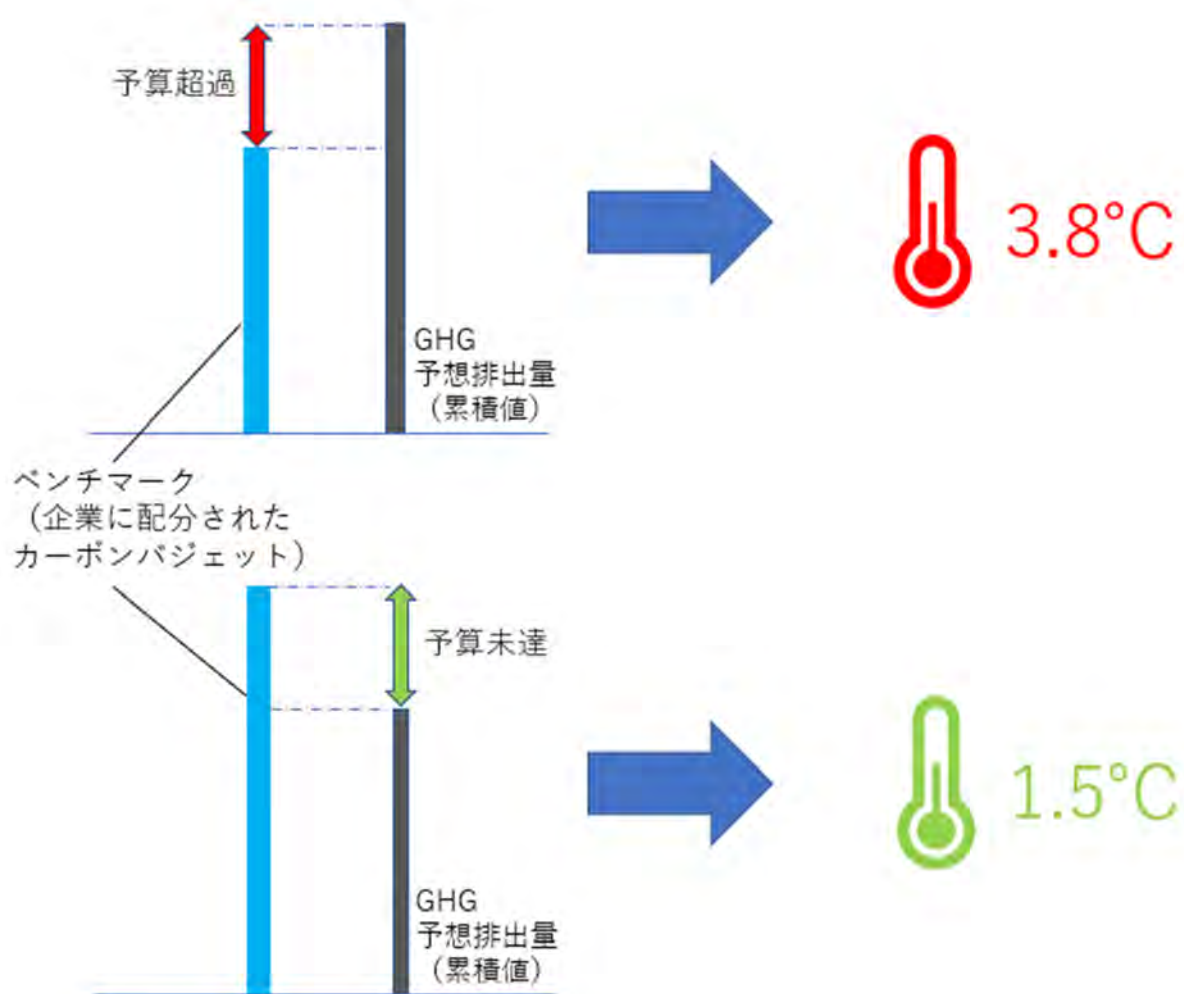
<sup>5</sup> 工業化以前の時代を起点とした場合は「総カーボン・バジェット」、最近の特定の時点を起点とした場合は「残余カーボン・バジェット」と呼ばれる。

<sup>6</sup> <https://www.ipcc.ch/sr15/>

<sup>7</sup> TCRE の正確な値は確定しておらず、IPCC の第 5 次評価報告書では 1000GtC(3670GtCO<sub>2</sub>)あたり 0.8~2.5 度のいずれかの

ITR の計算イメージを図表 2 に示した。投資先企業がパリ協定等のベンチマーク対比で CO<sub>2</sub>を排出しすぎていないかどうかを確認する指標となっている。

図表 2 ITR の計算例



(出所) 日興リサーチセンター作成

図表 2 で示した ITR の計算式は以下のようになる。

$$ITR = 2 + \text{ベンチマーク乖離率} \times 1150 \times 0.000545$$

$$\text{ベンチマーク乖離率} = \frac{\text{予想累積GHG排出量}}{\text{ベンチマーク排出量}} - 1$$

ベンチマーク乖離率はその企業の予想累積 GHG 排出量とベンチマーク排出量の比率から 1 を引いて

値とされている。値を推定する研究が複数なされている (Spafford/MacDougall, 2020)。

---

算出する。1150 (GtCO<sub>2</sub>) は気温上昇を 2 度までに抑えようとする際の世界の残余カーボン・バジェット  
の値<sup>8</sup>、0.000545 は前述した TCRE の係数の値である。本稿ではこの計算式を TCRE 法と呼ぶことと  
する。

この計算式を使うと、例えばベンチマーク排出量対比で 40%多く排出している企業の場合、その企業  
の ITR は約 2.3 度と計算できる。ベンチマーク排出量と企業の予想排出量がちょうど一致した場合には  
その企業の ITR は 2 度になり、上回った場合にはその分だけ ITR が上昇し、下回った場合には ITR は  
低下する。

予想累積 GHG 排出量は、これまでの実績排出量や今後の目標排出量等をもとにした値を用いる。ベン  
チマーク排出量には、個別企業に割り振ったカーボン・バジェットや、排出強度<sup>9</sup>等を用いる。予想累  
積 GHG 排出量の計算やカーボン・バジェットの配分方法については次章で計算を通じて説明する。

排出強度を用いる場合には、SBTi<sup>10</sup>が推奨する 2 つのアプローチが採用される場合が多い。1 つ目は  
GEVA (Greenhouse gas Emissions per unit of Value Added, 付加価値あたり GHG 排出量) と呼ば  
れる手法で、付加価値 (売上総利益) あたりの炭素排出量をベンチマークに設定し、減らしていく目標  
を立てる。売上総利益はどの企業でも計算できるためあらゆるセクターに適用できるが、後述の SDA と  
比べると、セクターの特徴を反映していない粗い計算になってしまうという問題がある。少排出業種向  
けの手法とされている。

2 つ目は SDA (Sectoral Decarbonization Approach, 部門別脱炭素アプローチ) と呼ばれる手法で、  
セクター別に適切な気候シナリオ<sup>11</sup>を使い、1 製品あたりの炭素排出量 (例えば一定の発電量あたりの  
排出量) を減らしていく義務があるとする。重工業など気候シナリオが準備できる限られた業種のみ  
だがより精緻に目標を立てることができる。

### 3. 実際の計算による説明

本章ではいくつかの仮定を置きながら日本企業の ITR を簡易的に算出し、結果を考察する。算出にあ  
たり、①企業の CO<sub>2</sub> 排出量データ、及び②企業の業績データが必要になる。①については CDP のデー  
タを使用する<sup>12</sup>。②は QUICK の Astra Manager から取得したデータを用いる。前章で説明した TCRE  
法を使い算出する。

#### 3.1 各企業のベンチマーク排出量の設定

日本の各企業がベンチマークとすべき排出量を計算するために、まずは 2020 年時点で日本が使うこ  
とのできる残余カーボン・バジェットの量を考える。世界の残余カーボン・バジェットを人口比で日本

---

<sup>8</sup> IPCC 第 6 次評価報告書を参照。67%の確率で地球温暖化を 2 度までに抑える場合の推定値。

<sup>9</sup> 排出強度の場合は予想生産量をかけた値の累積値をベンチマーク排出量とする。

<sup>10</sup> SBTi は科学と整合された GHG 排出削減目標イニシアチブ。企業に科学的な裏付けのある GHG 削減目標の設定を求めている。

<sup>11</sup> 気候シナリオは、将来の社会や政策を想定してどの程度気候変動の影響があるか、状況を予測したもの。

<sup>12</sup> CDP は、企業や自治体などに対して気候変動をはじめとする環境課題に関する開示を求める英国の非政府組織 (NGO)。

に割り振ると、約 162 億トン<sup>13</sup>になる。また、日本が目標として打ち出した、2030 年に排出量を 2013 年比で 46%削減、2050 年にカーボンニュートラルという目標値を使い、線形補間した場合、2020 年から 2050 年のカーボン・バジェットは約 164 億トンとなる。以上を踏まえ、日本の 2020 年から 2050 年までのカーボン・バジェットは上記 2 種の推計の中間の値である 163 億トンとする。

次に日本のカーボン・バジェットを各企業に割り振る。今回は上場企業の ITR を計算したいので、非上場企業の分のカーボン・バジェットを除く必要がある。日本の 2020 年の名目国内総生産（GDP）は約 538 兆円、同年の国内上場企業の売上総利益の合計は約 176 兆円であった。売上総利益を各企業の生み出した付加価値としてとらえると、2020 年の日本の GDP のおよそ 32.64%<sup>14</sup>が上場企業からのものであったと計算できる<sup>15</sup>。カーボン・バジェットを GDP ベースで割り振ると、163 億トン×32.64% = 53.2 億トンが上場企業のカーボン・バジェットとなる。

以上により計算した上場企業のカーボン・バジェットを、売上高や業種を考慮して各企業に配分した値を各企業のベンチマーク排出量とする。具体的には、①単純に売上高ベースで配分した場合、②業種別の炭素強度により各業種にカーボン・バジェットを配分しさらに業種内の売上高で各企業に配分した場合、の 2 パターンを考える。

### 3.2 各企業の予想累積 GHG 排出量を推定

次に各企業の予想累積 GHG 排出量を推定する。今回は、各企業が 2050 年のカーボンニュートラル達成という目標に向けて排出量を一定の割合で減らしていくと仮定して各年の排出量を計算し、その累計値を使う<sup>16</sup>。

図表 3 に予想累積 GHG 排出量の分布を載せた。一部の多排出企業に排出量が偏っていることがわかる。今回はスコープ 1 の排出量しか用いていないため、自社では排出しないが取引先企業が多排出の場合等にペナルティが課せられておらず、排出ゼロに近い企業が多くなっている。

算出に必要な GHG 排出量のデータが揃ったのは約 300 社である。ポートフォリオの ITR を算出する場合には幅広い企業の ITR を計算する必要があるので、排出量データがない場合にどういった対応をするか決めておく必要がある。

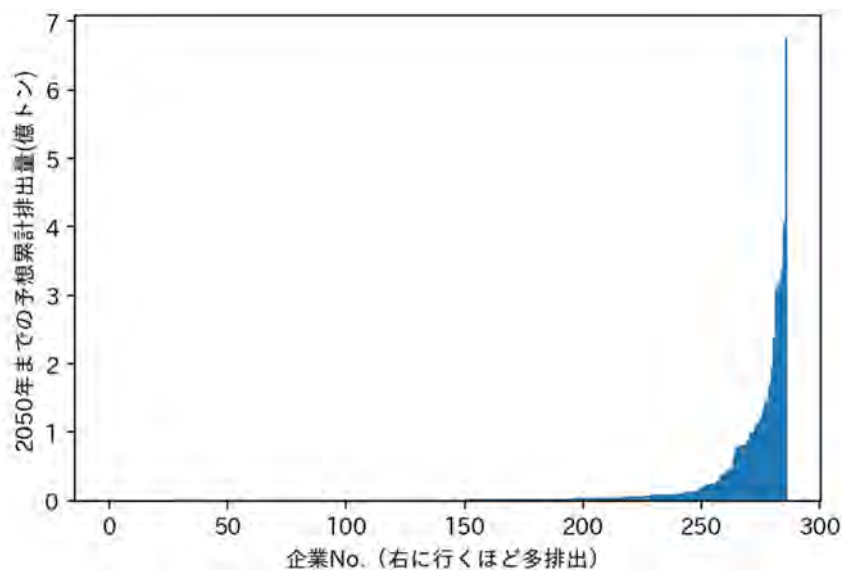
<sup>13</sup> 2020 年の日本の人口は 1.265 億人、世界の人口は 77.95 億人。2 度目標のための残余カーボン・バジェット 1000GtCO<sub>2</sub>（1GtCO<sub>2</sub>は 10 億トン）を割り振ると 10000\*1.265/77.95=約 162.3 億トン。人口比による負担配分は IPCC の第 5 次評価報告書（[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter6.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter6.pdf)）において、過去の排出量比や GDP 比等での配分とともに手法の 1 つとして挙げられている。

<sup>14</sup> 175.6 兆円/538 兆円 = 32.64%

<sup>15</sup> GDP を企業の付加価値（売上総利益）の総和であると考えたことで国家の GEVA 削減目標を企業レベルの目標に落とし込むことができる（Randers, 2012）。売上総利益には海外拠点の影響が考えられるが、国内の付加価値の影響が主とみなした。

<sup>16</sup> EU のパリ協定ベンチマークでは、排出強度を少なくとも年率 7%減少させる必要があるとしており、この値を用いる。2050 年に各企業がカーボンニュートラル（排出量ゼロ）となるように線形に減少させるような計算でも同様の結果が得られる。予想 GHG 排出量の推定の際は、企業の将来の削減目標や過去の排出経路等も検討する必要があるが、今回は使用しない。

図表3 予想累積 GHG 排出量の分布



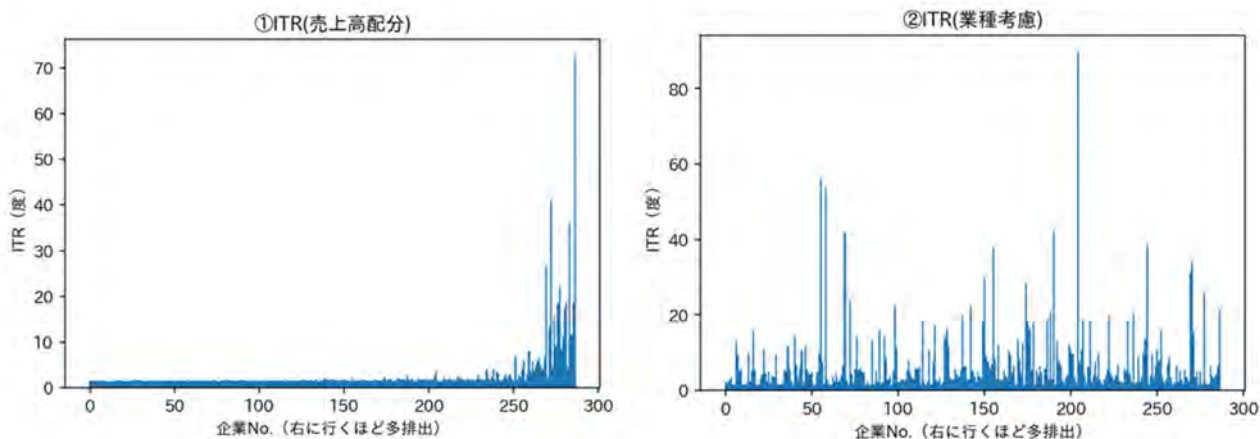
(出所) 日興リサーチセンター作成

### 3.3 計算結果の考察

各企業のベンチマーク排出量と予想排出量を 2 章の TCRE 法の式に代入することで ITR が計算できる。3.1 節で説明した 2 パターン（①単純に売上高ベースで配分した場合、②多排出業種の企業により多く配分した場合）の各社ベンチマーク排出量について ITR を計算し、結果を図表 4 に載せた。

①の方法で企業にカーボン・バジェットを割り振ると、ほとんどの企業では ITR が低くなるが多排出企業は売上高対比の排出量が多いので ITR が高くなる。②の方法では、多排出業種に多くのカーボン・バジェットを割り振るようにしているため、多排出企業の ITR は低くなるが、少排出業種の企業であっても ITR が高まることもある。

図表 4 2 種類の方法で計算した ITR



(出所) 日興リサーチセンター作成



保有しているポートフォリオの ITR を計算する場合には、ポートフォリオ内の各企業の ITR を計算し、時価総額ウェイト等で加重平均して求める。①の ITR の平均値は 2.94 度、②の ITR の平均値は 7.38 度だった。②のように少排出企業にも高い ITR がついてしまっている場合、実際はほとんど GHG を排出しない企業に高いペナルティを課してしまっている状態になり、ポートフォリオ全体の GHG 排出量の把握には適切でなく調整が必要になり、注意が必要である。

以上のように、単純な仮定とデータ及び TCRE 法を用いて ITR を実際に計算した。計算過程を通じ、いくつかの課題が見えた。排出量が不明な企業の取り扱い、ベンチマーク排出量や予想排出量の妥当性、等である。これらについて、次章で 3 つの算出機関が提供している ITR をみながら解決策を確認していく。

#### 4. 各社の ITR の比較、個別論点、課題

本章では ITR の計算事例を比較しながら必要な要素を考察し、課題についても述べる。図表 5 に 3 つの算出機関が提供する ITR の比較表を示した。算出の背景にある考え方は近いものの、様々な手法の違いから最終的なスコアはそれぞれ変わってくる。

図表 5 各算出機関が提供する ITR を比較

算出機関	MSCI	S&P Trucost	CDP
温度換算手法	TCRE 法	不明	回帰式を作成
排出量 or 排出強度	不明	排出強度	両方
スコープ 3 を含むか	含む	含む	含む
GHG 排出量測定法	・現在の排出量 ・排出削減目標	・現在の排出量 ・排出削減目標	短期、中期、長期の 排出削減目標
開示なし企業への対応	不明	自社のモデル等 から推定	暫定的に 3.2℃とする
算出対象企業	約 10000 社 (2021 年 8 月時点)	不明	約 2850 社 (2020 年 10 月時点)

(出所) 各社資料より日興リサーチセンター作成

##### 4.1 温度換算手法

気温上昇と GHG 排出量の線形関係を利用して計算するという点では各社共通している。MSCI が用いている TCRE 法が典型的な方法の 1 つである。S&P Trucost の ITR 算出方法の資料では温度換算について明言していないが、TCRE 法を用いていると思われる。CDP は TCRE 法とは少し異なり、気候シナリオから企業の排出削減目標と気温上昇の回帰式を複数作成し、各企業の特성에応じて対応するモデ



---

ルを選び、短期・中期・長期の排出削減目標値から気温スコアを算出するといった手順となっている。

## 4.2 排出量 or 排出強度

GHG 排出量を絶対値と排出強度どちらで表現するかという違いがあるが、総量で表すか、1 単位あたりで表すかという見方の違いであって、その企業の排出量という点でどちらも同じものとなるはずである<sup>17</sup>。排出強度をベンチマークとして用いる場合に、2 章で説明した SDA を使うと、セクター別のシナリオを考慮でき正確性の向上が期待できる。

## 4.3 スコープ 3 排出量の取り扱い

GHG 排出量のうち、スコープ 1・2・3 のどの数値を採用するかによっても違いが出る。今回比較した算出企業はいずれもスコープ 1・2 だけでなくスコープ 3 も採用している。

3 章の計算では、スコープ 1 の排出量のみで ITR を算出したため、スコープ 1 が多い一部の企業に排出量が集中した。スコープ 2 や 3 を使うことでこの状況を改善し幅広い企業に GHG ガス排出量が配分される。多くの企業に GHG 排出量削減を促す指標とするために、ITR の算出にはスコープ 3 が含まれていることが望ましい。

ただ、スコープ 3 はサプライチェーン上の他社のスコープ 1 の GHG 排出量でもあるため、全体でみたときに過剰に GHG 排出量を見積もってしまうダブルカウントの問題が発生する。これによって、ITR の数値が全体として高い値になってしまうため、一定の係数で排出量を割り引く<sup>18</sup>等の対策をとる必要がある。

## 4.4 GHG 排出量の測定方法

今回比較した算出企業は主に企業が開示している GHG 排出量の削減目標の値を用いて ITR を算出している。削減目標をその企業の将来の排出量として扱うことで、ITR は企業の気候変動対策に向けた野心を測る指標となる。

ここで、企業が達成できそうにない高い目標を掲げているとすると、その企業の ITR は下がり、気候変動対策に野心的な良い企業に見せかけることができってしまう。それを防ぐために、企業の掲げた目標が SBTi のガイドライン等にしがった適切な値かどうかを確認する必要がある。また、削減目標だけでなく、過去の排出量の傾向から外挿した値を採用するといった方法も考えられる。

---

<sup>17</sup> 排出強度の削減目標は、分母である利益や生産量の成長によって目標が達成しやすくなるので、成長を目指す企業にはメリットとなる。

<sup>18</sup> MSCI では、ダブルカウント回避のために重複する排出量を推定し、調整係数を算出している。  
(<https://www.msci.com/www/blog-posts/scope-3-carbon-emissions-seeing/02092372761>)

---

#### 4.5 開示無し企業への対応

GHG 排出量を開示していない企業についてどのような扱いをするかという点は重要になる。S&P Trucost は開示がない企業については自社のモデル等から推定した値を用いている。また CDP では十分なデータが揃っておらず算出できない企業の ITR は一律で 3.2 度に設定される。

算出に十分なデータを開示している企業は少なく、ITR の値も必然的に推計を多く含んだ値にならざるを得ないだろう。

#### 4.6 共通の課題

ITR という指標が抱える課題として、シンプルであるがゆえに誤解を生みやすい点が挙げられる。3 章の計算でも確認したように、前提とするデータや計算手法の違いで温度が大きく変わる<sup>19</sup>。そのため、気候変動という複雑な事象を正確に捉えられず誤った結論が導かれる可能性があることには留意が必要だろう。

### 5. おわりに

本稿では、ポートフォリオの GHG ガス排出量を温度に換算した指標である ITR について説明し、計算や実例比較を通じて考察した。ITR のメリットとしては、直観的に理解できるため社内外とのコミュニケーションに有用で、ポートフォリオの排出量を包括的に把握できるといった点がある一方、シンプルに表現するがゆえに誤解を生む可能性（手法によって値が変わる）や、排出量が不明な企業の取り扱い等の課題もあった。

投資が気候変動にどのような影響を与えるかの参考値となり、計算の流れを通じてパリ協定やカーボン・バジェット等の概念も理解できる点でもよい指標であると感じた。今後算出に用いる排出量データの開示企業が増加し、実用が広がっていくことを期待したい。

#### 参考文献

CDP Worldwide and WWF International(2020), “Temperature Rating Methodology - A temperature rating method for targets, corporates, and portfolios”,  
[https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/003/741/original/Temperature\\_scoring\\_-\\_beta\\_methodology.pdf](https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/003/741/original/Temperature_scoring_-_beta_methodology.pdf)

Fryer, D., et al.(2021), “Investor Portfolio Alignment with the Paris Agreement – A Trucost

---

<sup>19</sup>イングランド銀行の調査では、同じポートフォリオの ITR が、比較的小さな方法論の違いによって 1.75℃未満から 4℃までの幅で推定された(<https://www.bankofengland.co.uk/paper/2021/options-for-greening-the-bank-of-englands-corporate-bond-purchase-scheme>)

---

multi-sector, multi-asset class approach”,  
[https://www.spglobal.com/\\_assets/documents/marketplace/sp-global-sustainable1\\_investor-portfolio-alignment-with-the-paris-agreement.pdf](https://www.spglobal.com/_assets/documents/marketplace/sp-global-sustainable1_investor-portfolio-alignment-with-the-paris-agreement.pdf)

Institut Louis Bachelier et al.(2020), “The alignment cookbook - a technical review of methodologies assessing a portfolio’s alignment with low-carbon trajectories or temperature goal”, <https://www.louisbachelier.org/wp-content/uploads/2020/10/cookbook.pdf>

Krabbe, O., et al.(2015), “Aligning corporate greenhouse-gas emissions targets with climate goals.”, *Nature Clim Change* 5, 1057–1060, <https://doi.org/10.1038/nclimate2770>

MSCI ESG Research(2021), “Implied Temperature Rise Methodology”,  
<https://www.msci.com/documents/1296102/27422075/Implied-Temperature-Rise-Methodology-Summary.pdf>

Portfolio Alignment Team(2020), “Measuring Portfolio Alignment: Assessing the position of companies and portfolios on the path to Net Zero”, <https://www.tcfhub.org/wp-content/uploads/2020/10/PAT-Report-20201109-Final.pdf>

Randers, J.(2012), “Green house gas emissions per unit of value added(“GEVA”) — A corporate guide to voluntary climate action”, *Energy Policy Vol. 48*

Spafford, L., and A.H. MacDougall(2020), “Quantifying the probability distribution function of the transient climate response to cumulative CO<sub>2</sub> emissions”, *Environ. Res. Lett.* 15,  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab6d7b>

Vleeschhouwer, M., et al.(2021), “Please Mr. Postman! -10 Messages on Portfolio Alignment & Implied Temperature Rise.”, [https://2degrees-investing.org/wp-content/uploads/2021/07/2DII\\_Postman\\_final.pdf](https://2degrees-investing.org/wp-content/uploads/2021/07/2DII_Postman_final.pdf)

(END)

---

# BERT を用いた気候変動リスク文の抽出と可視化

2023 年 2 月

投資工学研究所 川崎 正勝

## 1. はじめに

気候変動問題への世界的な関心の高まりから、ESG 投資やサステナブル・ファイナンスの取組が重要となっている。投資家や金融機関にとって、企業の気候変動問題への取組は重要な判断要素であり、企業の取組に関する情報開示の枠組みや法令は、近年急速に整備されている。

2017 年 6 月に TCFD<sup>1</sup>は、企業など<sup>2</sup>に対し気候変動の情報開示の推奨と開示の枠組みを提言した (TCFD [2017])。開示のフレームワークとして、「ガバナンス」、「戦略」、「リスク管理」、「指標と目標」の 4 項目が開示推奨項目とされ、また、重要な要素として気候変動のリスクと機会が 11 項目 (リスク 6 項目、機会 5 項目) に分類された。

日本においては、2021 年 6 月に改訂された「コーポレートガバナンス・コード」(東京証券取引所 [2021]) により、東京証券取引所のプライム市場上場企業 (プライム企業) は「TCFD またはそれと同等の枠組みに基づく開示の質と量の充実」が求められ、コーポレート・ガバナンス報告書において対応することとなった<sup>3</sup>。

また、2022 年 11 月に「企業内容等の開示に関する内閣府令」(金融庁 [2022]) が公表され、有価証券報告書の記載事項について改正がなされた。2023 年 3 月期以降の有価証券報告書では、「サステナビリティに関する考え方及び取組」の記載欄が新設され、「ガバナンス」、「リスク管理」については必須記載事項、「戦略」、「指標と目標」については重要性に応じて記載が求められる。

一方、テキスト分析の分野では企業の開示文書から情報を抽出する研究が進んでいる。例えば、土橋ら[土橋・中田 2022]は、有価証券報告書から機械学習モデルを用いて ESG に関連する文を抽出し、ESG 情報の開示は、時価総額が大きい企業ほど積極的であることを示した。また、若月ら[若月他 2022]はテキスト分析を用いて、統合報告書の評価スコアの算出を行っている。

本稿では、気候変動に関する情報開示の要請が急速に強まっている中での企業の対応状況について、TCFD 提言における気候変動リスク 6 項目の記載に着目する。機械学習の手法を用いて開示情報から気

---

<sup>1</sup> TCFD とは、「Task Force on Climate-related Financial Disclosures」の略で金融安定理事会によって気候関連の情報開示及び金融機関の対応をどのように行うかを検討するために設立された気候関連財務情報開示タスクフォースのことである。

<sup>2</sup> 債券や株式を発行する全ての組織 ((TCFD [2017]))

<sup>3</sup> 2022 年 4 月 4 日以降に開催される定時株主総会後に提出されるコーポレート・ガバナンス報告書が対象。

候変動リスク 6 項目に該当する気候変動リスク文を抽出し、可視化することで、企業の気候変動リスクの情報開示の変化を定量的に分析する。対象とする開示文書は、企業の法的な開示書類であり、統一されたフォーマットで記載される有価証券報告書とする。

本稿の構成は、以下の通りである。2 章で気候変動リスク 6 項目に該当する文を抽出するモデル（抽出モデル）の作成に関して説明する。2.1 では抽出対象とするテキストデータについて、2.2 では抽出モデルの学習に用いるデータのラベリングについて、2.3 では抽出モデルについて説明する。3 章で抽出モデルを使って抽出した結果を用いて、気候変動リスク 6 項目に関する記載量の変化を時系列で分析する。

## 2. 抽出モデルの作成

### 2.1. 対象テキストデータ

本稿では、2017 年～2022 年の 3 月が本決算の企業で、有価証券報告書が取得できた企業を対象企業とする。対象企業の有価証券報告書の「事業等のリスク」に記載されている文を、句点や改行などを考慮したルールベースにより一文ずつに分割し、一文が 15 文字以上の文を、抽出対象の文（以下、対象テキストデータ）とした。年度ごとの企業数と文数を図表 1 に示す。

図表 1 対象テキストデータの基本情報

年度	2017	2018	2019	2020	2021	2022
企業数	2,422	2,419	2,399	2,387	2,368	2,345
文数	87,849	90,334	92,290	120,736	126,121	132,544

(出所) 日興リサーチセンター作成

### 2.2. データラベリングについて

本稿では TCFD 提言に基づき気候変動リスクを 6 項目とする。各リスクとその具体例を図表 2 に示す。気候変動リスクは「移行リスク」と「物理的リスク」の 2 つのカテゴリーに分類される。「移行リスク」は、脱炭素社会への移行に伴う幅広い分野（規制、技術、市場、評判）におけるリスクであり、「物理的リスク」は、台風や洪水などの異常気象の激甚化（急性）と、より長期的な気象の変化や影響（慢性）に分類される。

また、単に該当する単語があるかではなく、重要な文を抽出するために 3 つの条件に当てはまる文を抽出対象とする。条件は以下の通り。

- ① リスクの原因が気候変動に関連している
- ② リスクの内容が具体的である
- ③ リスクが企業に影響を与えている

図表 2 気候変動リスク 6 項目とその具体例

リスク カテゴリー	リスク 項目	具体例
移行 リスク	規制	炭素税、GHG 排出規制、製品への規制強化、運営コストの増加、開示義務
	技術	低炭素製品への置き換え、新技術や設備への投資の先行投資や失敗
	市場	エネルギーミックスの変化、消費者の嗜好の変化、原材料コストの上昇
	評判	顧客・投資家の評判の変化、ステークホルダーの懸念の増大
物理的 リスク	急性	異常気象の激甚化
	慢性	平均気温の上昇、降水・気象パターンの変化、水不足

(出所) 日興リサーチセンター作成

2.1 の対象テキストデータから、気候変動に関連する文をキーワード（「二酸化炭素」や「気候変動」などの一般的な語）によるスクリーニングで抽出した。抽出したテキストデータに対し、気候変動リスク各 6 項目の正例データがそれぞれ 200 を超えるようにラベリングを行い、学習用データを作成した。ラベリングは 4 人で行い、正例・負例<sup>4</sup>を多数決で判定し、多数決で判定できない場合や信頼性に疑義が生じた場合は再度相談して合議により判定した。

### 2.3. 抽出モデル

機械学習モデルには、代表的な言語モデルである BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) を用いる。BERT は、大規模教師なしデータを用いる双方向型の Transformer による事前学習モデルであり、少量の教師ありデータで Finetuning することにより、汎用性が高く、高性能な予測モデルを作成することができると言われている。

本稿では、気候変動リスク 6 項目について抽出モデルをそれぞれ作成する。2.2 で作成した学習用データを用いて Finetuning を行い、訓練データ、検証データ、評価データそれぞれで正例データと負例データが 1:1 となるように分割した。実装においては、BERT は東北大学乾・鈴木研究室が公開している日本語 Wikipedia の学習モデル<sup>5</sup>を用いた。

気候変動リスクのリスク項目ごとの評価結果は図表 3 に示す。F 値は適合率と再現率の調和平均であり、二項分類の統計において一般的な指標である。また、適合率は正例と予測したもののうち、本当に正例だったものの割合で、再現率は本当の正例のうち、正例として予測した割合であり、適合率と再現率はトレードオフの関係にある。「評判」以外の項目で F 値は 0.8 を超えた。また、全体的に適合率より再現率の方が高く、正例判定を出しやすいモデルであると解釈できる。

<sup>4</sup> 正例…気候変動リスク各 6 項目に該当する抽出対象の文

負例…気候変動リスク各 6 項目に該当しない抽出対象外の文

<sup>5</sup> 下記 HP にて、Pretrained Japanese BERT models released / 日本語 BERT モデルは公開されている。  
(<https://www.nlp.ecei.tohoku.ac.jp/news-release/3284/>)



図表3 気候変動リスクのリスク項目ごとの評価結果

リスク項目	F 値	適合率	再現率
規制	0.87	0.82	0.92
技術	0.93	0.92	0.94
市場	0.87	0.81	0.94
評判	0.77	0.67	0.90
急性	0.86	0.80	0.94
慢性	0.82	0.82	0.82

(出所) 日興リサーチセンター作成

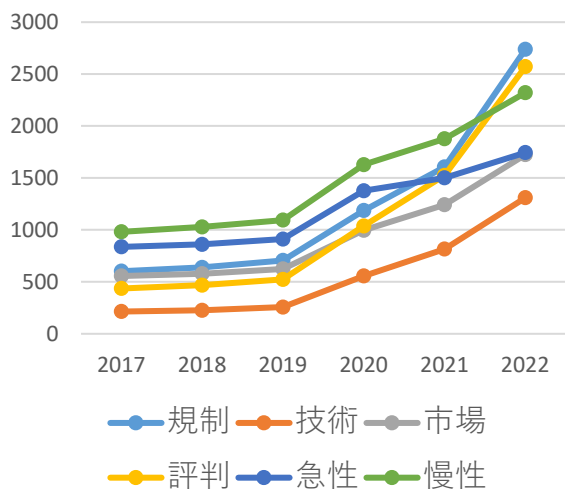
### 3. 時系列での気候変動リスクの抽出結果の可視化

2章で作成した抽出モデル（リスク項目ごとの6種類）による気候変動リスクの抽出結果を、文・企業ごとに、記載数、記載割合、増加率の時系列（2017年度～2022年度）で集計した（図表4・5）。

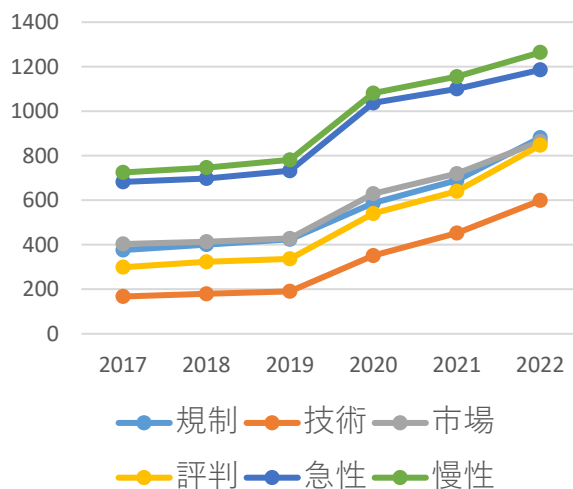
図表4-1の記載文数、図表5-1の記載企業数、図表4-2の記載文割合、図表5-2の記載企業割合を確認すると、すべての項目、すべての年度において増加している。これは、近年の気候関連情報の開示の質と量の充実という動きと合致している。また、図表4-3の記載文増加率、図表5-3の記載企業増加率をみると、特に2020年度からすべての項目で急激に増加している。これは、2019年1月に行われた有価証券報告書の開示の充実を求める内閣府令（金融庁[2019]）の影響だと考えられる。内閣府令は、「財務情報及び記述情報の充実」として「事業等のリスクについて、顕在化する可能性の程度や時期、リスクの事業へ与える影響の内容、リスクへの対応策の説明を求める」としている。また、2022年度は2021年度よりも記載文数、記載企業数の増加率が大きく、2021年の「コーポレートガバナンス・コード」（東京証券取引所[2021]）の改訂による、プライム企業の気候変動リスクの開示義務化が影響していると思われる。

図表4-1、4-2と図表5-1、5-2をみると、記載文数、記載文割合では2020年度以前の年度で、記載企業数、記載企業割合では全ての年度で「物理的リスク」（急性、慢性）が多い。一方で、図表4-3、5-3の増加率を確認すると、傾向として、特に2020年度以降では、「移行リスク」（規制、技術、市場、評判）の増加率が大きく、個別にみると、技術と評判の増加率が大きい。気候変動リスクの整理と記載内容の充実に伴い、気候変動の直接的なリスクである災害の激甚化や気温の上昇などの「物理的リスク」だけでなく、それまで注目度の低かった「移行リスク」の記載が増えたと考えられる。

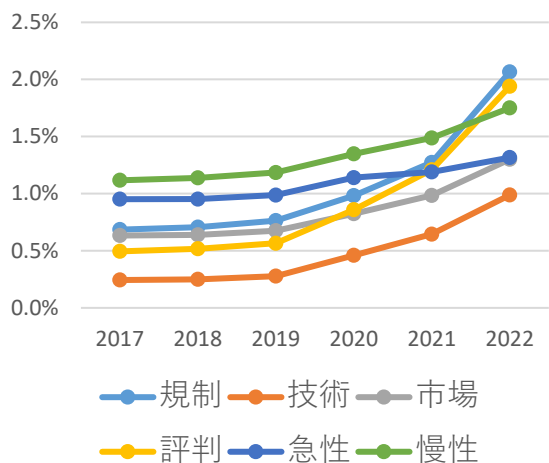
図表 4-1 記載文数



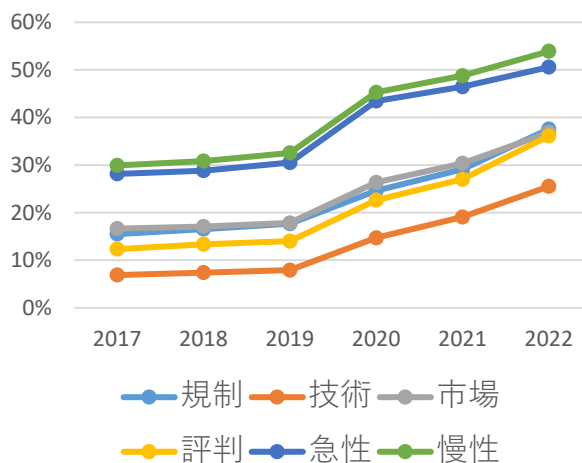
図表 5-1 記載企業数



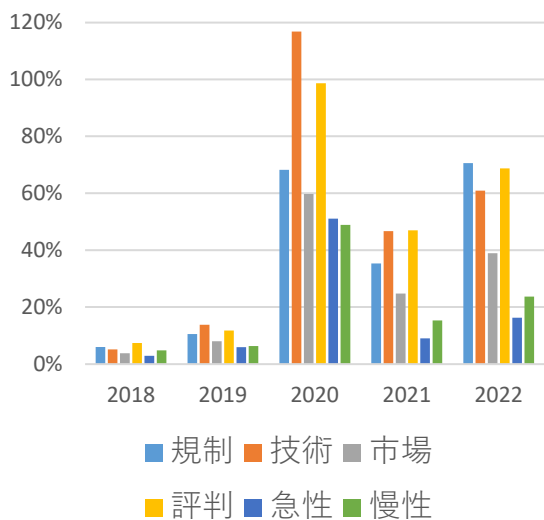
図表 4-2 記載文割合



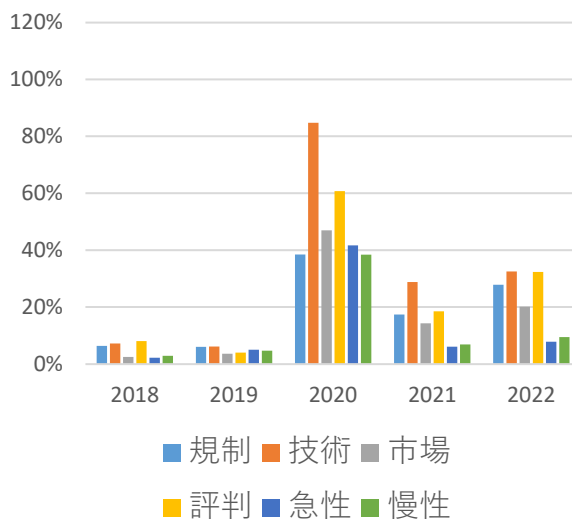
図表 5-2 記載企業割合



図表 4-3 記載文増加率



図表 5-3 記載企業増加率

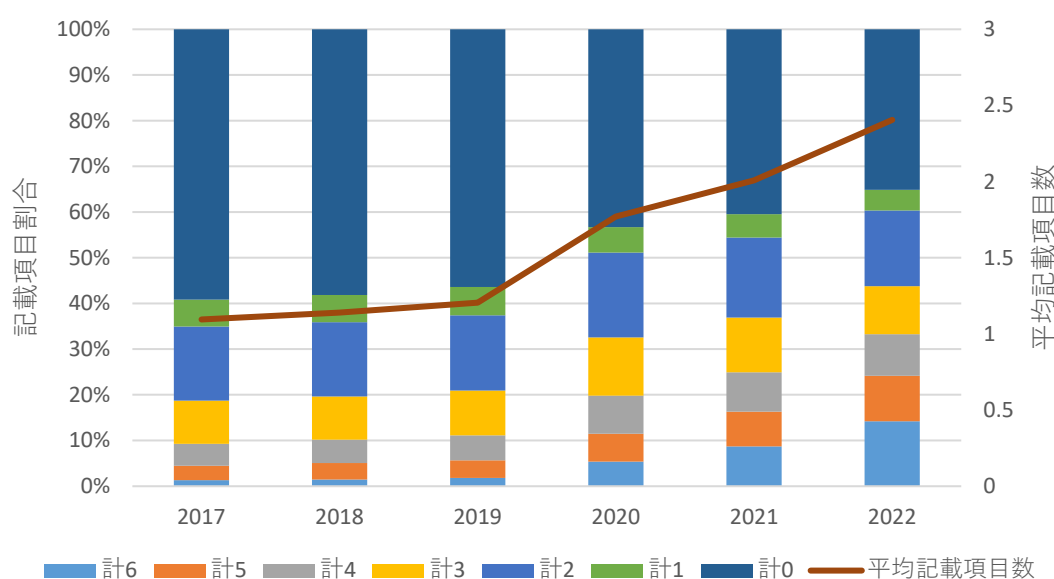


(出所) 各社有価証券報告書より日興リサーチセンター作成

次に、企業が気候変動リスクをいくつ記載しているかを図表 6 に示す。

図表 6 からは、企業の気候変動リスクの記載数が毎年増えていることが確認できる。平均記載リスク項目数は 2017 年度の 1.1 から 2022 年度の 2.4 になり、2 倍以上に増えている。また、2017 年度には気候変動リスクを一つも記載していない企業が 60% 近くあったが、2020 年度に大きく減少し、2022 年では 35% となっている。特に 4 項目以上記載している企業が大きく増加しており、気候変動リスクの記載項目数が多ければリスクを丁寧に記載していると解釈すると、年々記載内容は充実してきていると言える。

図表 6 気候変動リスクの記載項目割合と平均項目数の推移



(出所) 各社有価証券報告書より日興リサーチセンター作成

#### 4. おわりに

本稿では、開示情報から TCFD 提言による気候変動 6 項目のリスクの記載量に着目して、機械学習の手法を用いて気候変動リスク文を抽出し、可視化することで、企業の気候変動リスクの情報開示の変化を定量的に分析した。

抽出した気候変動リスク文の記載量を確認すると、特に 2020 年度から急激に記載量が増えていることが分かった。リスク項目別にみると、「移行リスク」に関する記載の増加が大きく、企業の記載が「物理的リスク」だけでなく、「移行リスク」にも拡大している。また、企業の気候変動リスクの記載数は年々増加しており、気候変動リスクの記載のない企業は 2017 年度の 60% から 2022 年度には 35% まで減少し、平均記載リスク項目数は 1.1 から 2.4 まで倍増しており、年々記載が充実してきていることが確認された。

---

今後の課題として、抽出モデルの拡張と、抽出対象の拡大が挙げられる。抽出モデルの拡張としては、本稿では気候変動の6項目のリスクに着目したが、更なる抽出対象として、TCFD 提言における、気候変動の機会の5項目、さらに、「ガバナンス」、「戦略」、「リスク管理」、「指標と目標」の4項目などがある。今後、TCFD 提言に沿った情報開示が期待されるが、企業の記載がどの項目に当てはまるかを確認することは、開示状況を確認する上で重要だと考える。また、抽出対象の拡大では、有価証券報告書だけでなく、統合報告書やCSRレポートなども対象となる。統合報告書やCSRレポートは有価証券報告書と異なり、記載の内容・形式は定まっておらず、自由記述となっている。分析には困難が伴うが、自由記述のため、企業固有の情報を捉えることができる可能性がある。

2023年度からは、有価証券報告書で、「サステナビリティに関する考え方及び取組」の記載欄が新設され、開示情報の更なる充実が予想される。今後も気候変動に関する情報に注目して、有益な分析情報の発信に努めたい。

#### 参考文献

TCFD [2017], 「気候関連財務情報開示タスクフォースによる提言 (最終版)」

[https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2020/10/TCFD\\_Final\\_Report\\_Japanese.pdf](https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2020/10/TCFD_Final_Report_Japanese.pdf)

東京証券取引所 [2021], 「コーポレートガバナンス・コード」

<https://www.jpx.co.jp/news/1020/nlsgeu000005ln9r-att/nlsgeu000005lne9.pdf>

東京証券取引所 [2022], 「コーポレートガバナンス・コードへの対応状況について」

<https://www.jpx.co.jp/news/1020/nlsgeu000006jro6-att/nlsgeu000006jrqr.pdf>

金融庁 [2019], 「企業内容等の開示に関する内閣府令等の一部を改正する内閣府令」

<https://www.fsa.go.jp/news/30/sonota/20190131/191018.pdf>

金融庁 [2022], 「企業内容等の開示に関する内閣府令等の一部を改正する内閣府令」

<https://www.fsa.go.jp/news/r4/sonota/20230131/03.pdf>

土橋、中田 [2022], 「BERT を用いた有価証券報告書からの ESG 関連分抽出」、第 28 回 人工知能学会 金融情報学研究会

<https://sigfin.org/?028-25>

若月、南、河合、松原、花城 [2022], 「テキストマイニングを活用した統合報告書評価の試み」、第 26 回 人工知能学会 金融情報学研究会

<https://sigfin.org/?026-02>

(END)

---

# 金融機関の気候変動対策の開示状況調査（2022年3月期）

2022年12月

資産運用研究所 常泉 和也

## 1. はじめに

2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための国際枠組みであるパリ協定の運用が開始し、世界的に脱炭素に向けた取り組みが加速している。金融分野においても気候変動問題に関する議論が活発化し、2021年7月に金融安定理事会（FSB）が「気候関連金融リスクに対処するためのロードマップ」を公表するなど、気候変動に向けた対応が本格化している。

わが国における金融機関に関する最近の気候変動政策においては、東京証券取引所が2021年6月に「コーポレートガバナンス・コード」を改訂し、コーポレートガバナンス・コードの補充原則において、TCFD提言等に基づいた開示の充実を追加した。これは、プライム市場の上場会社に、気候変動に係るリスク及び収益機会が自社の事業活動や収益等に与える影響について、必要なデータの収集と分析を行い、国際的に確立された開示の枠組みであるTCFDまたはそれと同等の枠組みに基づく開示を求めるものである。一方、日本銀行は2021年9月に「気候変動対応を支援するための資金供給オペレーション」の実施を発表し、民間における気候変動対応を支援することになった。これは、TCFDの提言する4項目（ガバナンス、戦略、リスク管理、指標と目標）および投融資の目標・実績を開示している金融機関を対象として、気候変動対応に資する投融資（国際原則・政府の指針に適合する投融資もしくはそれに準ずる投融資）の残高の範囲内で行う資金供給オペレーションであり、2031年3月末まで継続して実施予定となっている。

以上のように気候変動に向けた金融機関の対応についてはTCFD提言による開示が重要な役割を果たしており、2021年3月期と比較しても金融機関のTCFD提言への賛同表明の増加や開示内容の充実が見られる。そこで、本稿では昨年に引き続き、TCFD提言を踏まえ銀行<sup>1</sup>が気候変動への対策について現状どのような開示をしているか、さらに気候変動のリスクと機会に関するシナリオ分析、温室効果ガス排出量の基準の一つであるScope3排出量の算定等にどのように取り組んでいるかについて調査した。

---

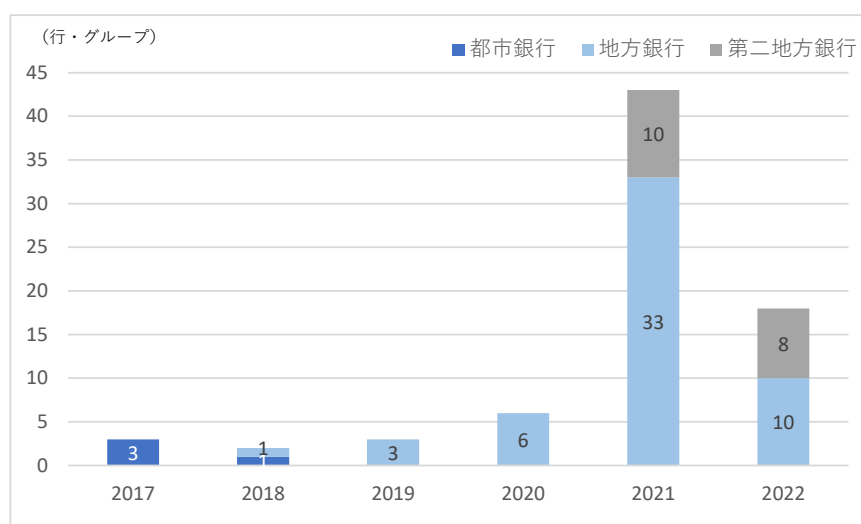
<sup>1</sup> 本稿において「都市銀行」は三菱UFJフィナンシャルグループ、みずほフィナンシャルグループ、三井住友フィナンシャルグループ、りそなグループの4グループ、「地方銀行」は都市銀行グループ行を除く一般社団法人全国地方銀行協会会員行の54行・グループ（2022年11月末時点）、「第二地方銀行」は都市銀行グループ行、地方銀行グループ行を除く一般社団法人第二地方銀行協会加盟行の29行・グループ（2022年11月末時点）。ただし、2022年10月以降に経営統合をしたグループについては傘下の個別行ごとに集計している。また、都市銀行、地方銀行、第二地方銀行を合わせて「銀行」と表記する。

## 2. 気候変動対策への取り組み状況

TCFD 提言への賛同を始めとした銀行の気候変動対策の取り組み内容は、TCFD レポート、統合報告書・ディスクロージャー誌、各行・グループのウェブサイト等で開示されている。

まずは TCFD 提言への取り組みの前提として、銀行の TCFD 提言への賛同表明の状況を図表 1 に示す。各行・グループの TCFD 提言の賛同表明の時期を年別に見ると、都市銀行は 2017 年以降いち早く賛同表明をし、地方銀行が 2018 年から、第二地方銀行が 2021 年から賛同を始めていることが分かる。特に 2021 年は地方銀行、第二地方銀行とも現時点までで年別賛同数がピークをつけており、上述の東証によるコーポレートガバナンス・コードの改訂、日銀による気候変動対応を支援するための資金供給オペレーション等の政策が一定程度影響を与えたものと考えられる。

図表 1 銀行における年別 TCFD 提言の賛同表明数（2022 年 11 月末時点）



(出所) 各行・グループの開示資料より日興リサーチセンター作成

TCFD 提言においては、4 つの開示基礎項目である「ガバナンス」、「戦略」、「リスク管理」、「指標と目標」について、気候関連リスクと機会の考え方に基づく説明が求められている。本稿では、2022 年 3 月期の TCFD レポート、統合報告書・ディスクロージャー誌もしくはウェブサイト（2022 年 11 月末時点）等における各行・グループの気候変動関連の開示状況について調査を行い、TCFD の 4 つの開示基礎項目における対応状況を集計した。（図表 2）

TCFD 提言への賛同表明は、2021 年以後も賛同表明が相次ぎ、都市銀行 100%（4 グループ）、地方銀行 98%（53 行・グループ）、第二地方銀行 62%（18 行・グループ）となった。TCFD への賛同表明の増加に伴い各行・グループの開示内容も充実してきているが、「戦略」項目における定量的なシナリオ分析に関しては、2021 年 3 月期よりも算定を実施し結果の開示をした銀行が増加したものの、移行リスク、物理的リスクの双方を開示している銀行は地方銀行で 46%（25 行・グループ）、第二地方銀行で 10%（3 行・グループ）の水準に留まっている。また、「指標と目標」項目における「温室効果ガス排出



量 (Scope3)」の実績の開示<sup>2</sup>に関しては、地方銀行で 19% (10 行・グループ)、第二地方銀行で 3% (1 行・グループ) と、銀行全体でまだ一部のみしか実施されていない。

図表 2 銀行における項目ごとの開示状況

		都市銀行 (4グループ)	地方銀行 (54行・グループ)	第二地方銀行 (29行・グループ)	
TCFD提言賛同表明		4	53	18	
基礎項目	ガバナンス	サステナビリティ推進委員会	4	50	14
		サステナビリティ方針	4	41	13
	戦略	リスクと機会	時間軸あり:4 時間軸なし:0	時間軸あり:17 時間軸なし:31	時間軸あり:9 時間軸なし:5
		移行リスクシナリオ分析	4	25	3
		物理的リスクシナリオ分析	4	27	3
		炭素関連資産割合	4 (改訂版:4)	39 (改訂版:9)	8 (改訂版:1)
	リスク管理	投融資方針	4	45	13
	指標と目標	温室効果ガス排出量 (Scope1・2)	目標:4 実績:4	目標:47 実績:45	目標:12 実績:11
		温室効果ガス排出量 (Scope3)	目標:3 実績:4	目標:3 実績:10	目標:0 実績:1
		サステナブル・ファイナンス実行目標	4 (環境分野あり:3)	36 (環境分野あり:20)	8 (環境分野あり:2)

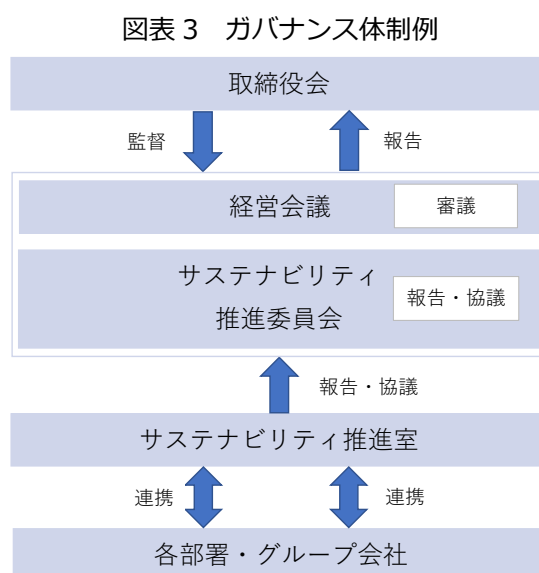
(出所) 各行・グループの開示資料より日興リサーチセンター作成

### (1) ガバナンス

TCFD 提言では「ガバナンス」において、リスクと機会に対する取締役の監督体制、リスクと機会を評価・管理する上での経営陣の役割に関する説明が求められている。多くの銀行が取り組みとして「サステナビリティ推進委員会での審議」、「サステナビリティ方針の策定」を挙げており、「サステナビリティ推進委員会での審議」は、都市銀行の 100% (4 グループ)、地方銀行の 93% (50 行・グループ)、第二地方銀行の 48% (14 行・グループ) が開示している。銀行によって名称、組織の違いはあるもの

<sup>2</sup> 目標策定の前提となる実績 (部分的な開示を含む) の公表ベース。

の、多くの銀行では図表 3 のように、取締役会、経営会議の下に「サステナビリティ推進委員会」を設置し、グループ CEO の総括のもとグループ CSuO（Chief Sustainability Officer）が中心となり気候変動リスクに関する協議を行い、各種施策の取り組みを推進しつつ取締役会に報告し決議を行う体制としている。



(出所) 各行・グループの開示資料より日興リサーチセンター作成

「ガバナンス」におけるもう一つの指標である「サステナビリティ方針の策定」は、気候変動への取り組み推進を定めたものであり、銀行によって名称の違いはあるものの、都市銀行の 100%（4 グループ）、地方銀行の 76%（41 行・グループ）、第二地方銀行の 45%（13 行・グループ）が開示している。「サステナビリティ方針」と「環境方針」の両方を定めている銀行がある一方で、「環境方針」のみの銀行もあり、銀行によっては「環境方針」をもって「サステナビリティ方針」としている事例もあった。

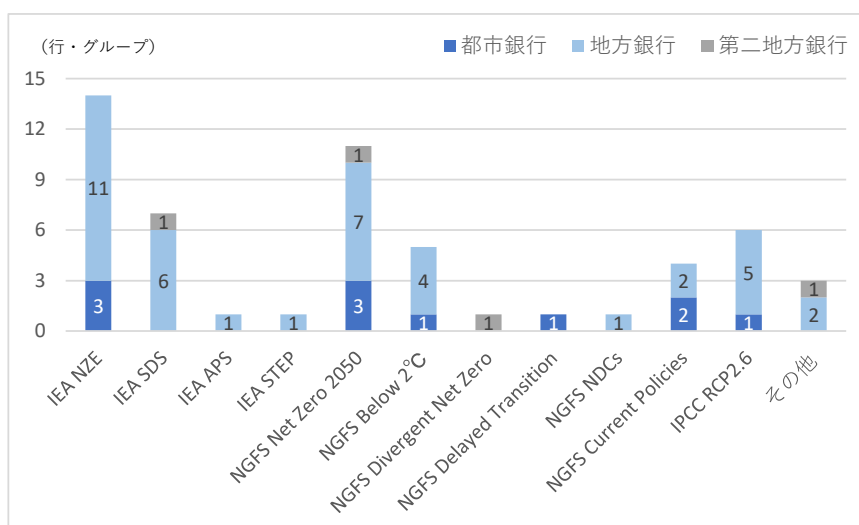
## (2) 戦略

TCFD 提言では「戦略」において、リスクと機会、事業・戦略・財務に及ぼす影響、2℃目標等の気候シナリオを考慮した組織戦略の強靱性について、短期・中期・長期の時間軸に分けて開示することを推奨している。多くの銀行では「リスクおよび機会の認識」、「移行リスクのシナリオ分析」、「物理的リスクのシナリオ分析」、「炭素関連資産割合」を挙げており、「リスクおよび機会の認識」は、都市銀行の 100%（4 グループ）、地方銀行の 89%（48 行・グループ）、第二地方銀行の 48%（14 行・グループ）が開示している。ただし、TCFD が推奨している短期・中期・長期の時間軸を踏まえた分析を行っている銀行に絞ると、都市銀行は 100%（4 グループ）であるが、地方銀行は 31%（17 行・グループ）、第二地方銀行は 31%（9 行・グループ）となり、特に地方銀行および第二地方銀行では時間軸まで踏まえた具体的な分析は今後検討していくという銀行が目立つ。なお、時間軸の考え方は各行・グループによ

って異なるが、短期 5 年、中期 10 年、長期 30 年として分析をしている銀行が多い。

次に、移行リスク、物理的リスクに関する定量的なシナリオ分析については、都市銀行の 100%（4 グループ）、地方銀行の 46%（25 行・グループ）<sup>3</sup>、第二地方銀行の 10%（3 行・グループ）が開示している。TCFD では、「戦略」項目において気候関連のリスクと機会が財務へ与える影響を評価するためにシナリオ分析による情報開示を推奨し、技術的補足文書で気候関連シナリオの種類、シナリオ分析の適用、およびシナリオ分析を実装する場合の主要課題を提供している。

図表 4 シナリオ分析の採用シナリオ（移行リスク）



（出所）各行・グループの開示資料より日興リサーチセンター作成

図表 5 移行リスクに関する主なシナリオの概要

IEAシナリオ	気温上昇予測 (2100年)	概要
Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE)	1.4°C	世界のエネルギー部門が2050年までにCO <sub>2</sub> 排出量のネット・ゼロを達成するための道筋を示すシナリオ
Sustainable Development Scenario (SDS)	1.6°C	先進国は 2050 年までに、中国は 2060 年頃に、他のすべての国は遅くとも 2070 年までにネット・ゼロを達成するシナリオ
Announced Pledges Scenario (APS)	2.1°C	国が決定する貢献（NDC）や長期的なネット・ゼロ目標を含む、世界中の政府による目標が完全かつ予定通りに達成するシナリオ
Stated Policies Scenario (STEP)	2.6°C	既に行われている特定の政策、および世界中の政府によって発表された政策のセクターごとの評価に基づいて、現在の政策設定を反映したシナリオ

※IEA シナリオの気温上昇予測（2100 年）は産業革命以前の水準と比較して 50%の信頼水準で最大の温度上昇を示す

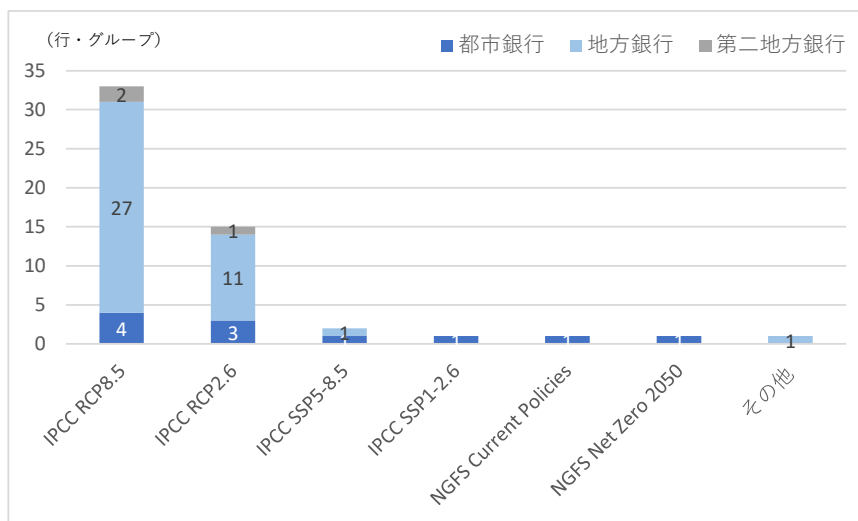
<sup>3</sup> 移行リスク、物理的リスク双方に関して定量的なシナリオ分析を実施している割合。地方銀行では、物理的リスクのみシナリオ分析を実施している銀行・グループもあった。

NGFSシナリオ	気温上昇予測 (2100年)	概要
Net Zero 2050	1.5°C	厳格な気候政策とイノベーションを通じて地球温暖化を1.5°Cに制限し、2050年頃に世界のCO <sub>2</sub> 排出量がネット・ゼロに達するシナリオ
Below 2°C	1.7°C	気候政策の厳格さが徐々に高まり、67%の確率で地球温暖化を2°C未満に抑えるシナリオ
Divergent Net Zero	1.5°C	2050年頃にCO <sub>2</sub> 排出量がネット・ゼロに到達するが、産業間で相違する政策が導入されることによりコストが上昇し、石油使用の段階的廃止が早まるシナリオ
Delayed Transition	1.8°C	CO <sub>2</sub> の年間排出量が2030年まで減少しないことを前提としており、CO <sub>2</sub> の削減に限界があるシナリオ
NDCs	~2.5°C	まだ実施されていない場合も含め、すべての公表された政策（=国が決定する貢献）が含まれるシナリオ
Current Policies	3.0°C+	現在実施されている政策のみが継続されることを前提としているため、物理的リスクが高くなるシナリオ

※NGFSシナリオの気温上昇予測（2100年）は産業革命以前の水準と比較した温度上昇を示す

(出所) IEA「World Energy Outlook 2021」、NGFS「NGFS Climate Scenarios for central banks and supervisors June 2021」より日興リサーチセンター作成

図表6 シナリオ分析の採用シナリオ（物理的リスク）



(出所) 各行・グループの開示資料より日興リサーチセンター作成

図表 7 物理的リスクに関する主なシナリオの概要

IPCC RCPシナリオ	気温上昇予測 (2100年)	概要
RCP 2.6	1.0°C	地球温暖化を産業革命前の気温から2°C未満に抑えることを目指す低位安定化シナリオ
RCP 8.5	3.7°C	GHG排出量が非常に多い高位参照シナリオ

※IPCC RCP シナリオの気温上昇予測（2100年）は 1986～2005 年平均を基準とした世界平均地上気温の変化予測の平均値

IPCC SSPシナリオ	気温上昇予測 (2100年)	概要
SSP 1-2.6	1.8°C	CO <sub>2</sub> 排出が2050年頃またはそれ以降にネット・ゼロになり、その後はCO <sub>2</sub> 排出が正味負になるGHG排出が少ないシナリオ
SSP 5-8.5	4.4°C	FR <sub>5</sub> 排出が2050年までに現在の約2倍の水準となり、GHG排出が非常に多いシナリオ

※IPCC SSP シナリオの気温上昇予測（2100年）は 2081～2100 年の 20 年移動平均における最良推定値

(出所) IPCC「AR5 Synthesis Report」、 「AR6 The Physical Science Basis」より日興リサーチセンター作成

移行リスクのシナリオ分析については図表 4 の通り、IEA<sup>4</sup>の「NZE」、NGFS<sup>5</sup>の「Net Zero 2050」の採用が多数であった。これらは 2050 年頃までに世界の CO<sub>2</sub> 排出量がネット・ゼロになることを想定したシナリオ（図表 5 参照）となっており、移行リスクに対する影響が大きくなることから各行・グループにおいて多く採用されていると考えられる。

一方、物理的リスクのシナリオ分析については図表 6 の通り、IPCC<sup>6</sup>の「RCP8.5」の採用が多数であった。IPCC の「RCP8.5」は非常に多い温室効果ガス排出となり、21 世紀末（2081～2100 年）までに 1986～2005 年平均を基準とした気温上昇が 2.6～4.8°C になることを想定した高位参照シナリオである（図表 7 参照）。これは地球温暖化に対する気候変動対策が進まないことを想定したシナリオとなっており、物理的リスクに対する影響が大きくなることから各行・グループにおいて多く採用されていると考えられる。

次に、移行リスクの対象としているセクター（図表 8）は、「ユーティリティ」<sup>7</sup>が最多で、「エネルギー」、「自動車」がそれに続いた。当該セクターは炭素関連資産として直接的または間接的な GHG 排出

<sup>4</sup> 「国際エネルギー機関」(International Energy Agency)。

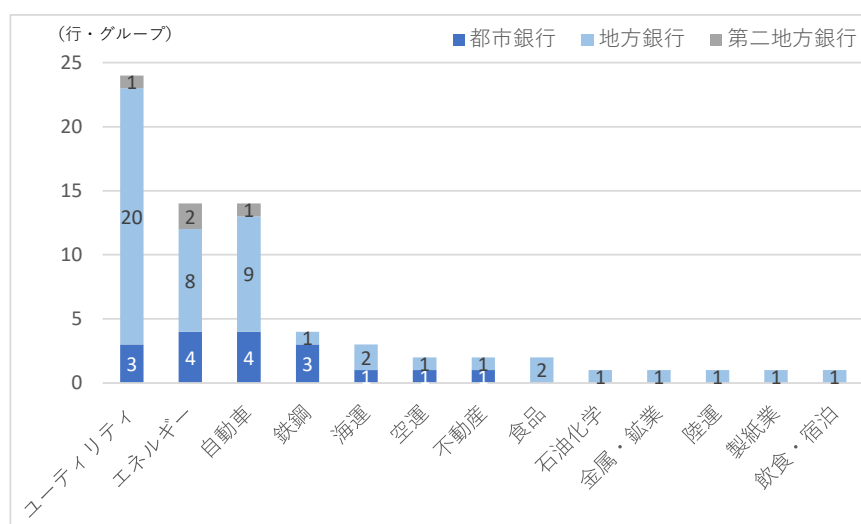
<sup>5</sup> 「気候変動リスク等に係る金融当局ネットワーク」(Network for Greening the Financial System)。

<sup>6</sup> 「気候変動に関する政府間パネル」(Intergovernmental Panel on Climate Change)。RCP は「代表的濃度経路」(Representative Concentration Pathways) の略称であり、2100 年時点での放射強制力に対応した温室効果ガスの濃度を仮定したシナリオ。SSP は「共通社会経済経路」(Shared Socio-economic Pathway) の略称であり、気候変動緩和策の困難性、気候変動適応策の困難性より設定した社会経済シナリオ。IPCC の第 6 次評価報告書では、SSP と放射強制力を組み合わせたシナリオを使用している。

<sup>7</sup> GSCI (世界産業分類基準) における電力、ガス、水道等の公益事業セクターを指す。

量が比較的高い資産と位置付けている銀行が多いことから、移行リスクの影響が大きいセクターとしてシナリオ分析の対象に選定されたものと考えられる。その他、営業基盤とする地域特性によって「海運」、「製糸業」および「飲食・宿泊」といったセクターを分析対象としている地方銀行もあった。

図表 8 移行リスクの分析対象セクター



(出所) 各行・グループの開示資料より日興リサーチセンター作成

移行リスクに関する分析手法の開示例を図表 9 に示す。銀行における移行リスクのシナリオ分析は、低炭素社会への移行が与信関係費用に与える影響を分析するものであり、今回分析対象とした銀行では、炭素税導入による費用増加、低炭素社会への移行に伴う設備投資や研究開発費の増加等によってもたらされる与信先の財務の変化を予測し、与信関係費用の増加を推計することが主要な分析手法となっていた。図表 8 で取り上げたように、移行リスクの分析対象セクターにおいて「ユーティリティ」、「エネルギー」、「自動車」を対象とした銀行が多いことから必然的に炭素税の影響について言及している銀行が多くなっているが、分析対象としたセクターごとに異なる観点で与信コストの増加額を試算した銀行もあった。



図表 9 シナリオ分析の分析手法の開示例（移行リスク）

移 行 リ ス ク	
分析手法	個社レベルのボトムアップ手法とセクターレベルのトップダウン手法を組み合わせる統合的アプローチを採用し、各シナリオにおける信用格付への影響を分析するとともに、当該セクターの与信ポートフォリオ全体の財務インパクトに影響について分析
	分析対象セクターに属する取引先企業が直面する、リスクと機会の影響評価のためのパラメータを特定。シナリオ下におけるパラメータ変化を基に取引先企業の業績影響の予想を作成することにより、与信コストの変化を分析
	各セクターに想定されるリスクファクターが業績に与える影響を、各シナリオごとに分析。分析結果を、信用リスク影響を推定するストレステストモデルに反映させ、2050年までに想定される与信関係費用を試算
	炭素税の導入・引上に伴う与信先企業の追加費用発生、企業の今後のカーボンニュートラル対応を踏まえた信用リスク影響を推定
	セクターに対して想定される事業インパクトを定性的に評価。定性分析結果を踏まえ、シナリオに基づき炭素税導入などのコスト増加などを反映した将来の業績変化を予想し、与信費用への影響を推計
	資源需要や発電における電源別構成に関する将来予測及び炭素税の予測等を踏まえ、2050年までの融資先の財政状態や経営成績に関する変化についての試算を行い、与信関係費用の増加額を分析

（出所）各行・グループの開示資料より日興リサーチセンター作成

物理的リスクに関する分析手法の開示例を図表 10 に示す。銀行における物理的リスクのシナリオ分析は、気候変動による物理的な影響が与信関係費用の変化に与える影響を分析するものであり、今回分析対象とした銀行では、台風・豪雨等の風水害によって保有する担保の価値毀損、顧客である事業法人が事業停滞することによる逸失利益の影響等を評価し、与信関係費用の増加を推計することが主要な分析手法となっていた。風水害による被害額の算定については、国土交通省が開示しているハザードマップによる想定浸水深を用いて担保の価値毀損、融資先の財務悪化影響を推計している銀行が多かった。なお、都市銀行では物理的リスクを上述の急性リスクだけでなく感染症・熱中症の増加といった慢性リスクについても別途分析していたり、国内だけでなくグローバルな地域も含めた分析を実施したりする銀行もあった。地方銀行ではシナリオの想定だけでなく営業基盤とする地域の過去の風水害の被災データを活用した銀行もあった。

図表 10 シナリオ分析の分析手法の開示例（物理的リスク）

物理的リスク	
分析手法	水害発生時の被害推定の分析を実施し、水害の発生が与信先に与えるデフォルト確率の変化を用いて与信ポートフォリオへの影響を計測するアプローチを採用。財務インパクトの計算においては、与信先の業務停止期間や保有資産の毀損等を反映
	台風・豪雨による風水災に伴う影響を算出。直接影響（資産価値影響）では資産（建物・備品）の毀損額や担保不動産の損傷での与信コスト、間接影響（事業停滞影響）では被災に起因した企業の事業停滞による与信コストを分析
	水災の業績への波及について、事業法人における担保価値の毀損、財務状況の悪化に伴う債務者区分の劣化という2つの経路から発生が見込まれる与信関係費用を試算。国内においては、国土交通省が開示しているハザードマップ（想定最大規模降雨による洪水想定区域）を用い、当該マップ上に所在する担保、事業法人ごとの想定浸水深を把握。海外においては、提携先のAI分析により事業法人ごとの想定浸水深を算出。それらの浸水深に基づき、担保毀損影響、財務悪化影響を分析。試算された与信関係費用に、気候変動シナリオ毎の洪水発生確率を勘案し、想定される与信関係費用を算出
	急性リスクが顕在化することによる水災の発生頻度、被害増加をハザードマップ、自然災害モデルから想定し、与信先企業の業績、当社担保物件への影響を踏まえた信用リスク影響を推定
	不動産担保（建物）が洪水などの浸水被害で損壊することによる担保価値毀損の影響と、与信取引のある事業先（本社）が洪水などの浸水被害を受けることで発生する逸失利益の影響を、それぞれの所在地の浸水深に基づき影響を推計
	融資先の担保不動産の所在地及び建物階数、融資先企業の売上データ、拠点数及び拠点所在地のデータを収集。所在地データに基づく、各拠点の洪水発生時の想定浸水深をハザードマップにより把握。各拠点の浸水深及び浸水深別被害率に基づき、被害額を推計。被害額を基に、財務への影響を推計

（出所）各行・グループの開示資料より日興リサーチセンター作成

「炭素関連資産割合」については、都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の72%（39行・グループ）、第二地方銀行の28%（8行・グループ）が開示している。「炭素関連資産」という用語は明確に定義されていないが、TCFDの最終報告書では銀行のための補足ガイダンスにおいてエネルギーおよびユーティリティセクター（水道事業、独立系電力事業、再生可能電力事業を除く）に関連する資産として定義することを提言しており、当該セクターの与信エクスポージャーを開示している銀行が多い。この補足ガイダンスは2021年10月に改訂され、炭素関連資産の定義をTCFDが提言する4つの非金融グループのセクター（「エネルギー」、「運輸」、「素材・建築物」、「農業・食料・林業製品」）すべてを含むように拡張された。今回の分析対象とした銀行のうち、都市銀行100%（4グループ）、地方銀行17%（9行・グループ）、第二地方銀行3%（1行・グループ）が、改訂版の定義にて炭素関連資産割合を算定していることを明らかにしていた。

### （3）リスク管理

TCFD提言では「リスク管理」において、リスク識別・評価のプロセス、リスク管理のプロセス、組織全体のリスク管理への統合状況に関する説明を求めている。当該項目において多くの銀行が取り組みとして挙げていることが「投融資方針の公表」であり、都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の83%（45行・グループ）、第二地方銀行の45%（13行・グループ）が開示している。投融資方針は、主に環境・社会に対する負の影響が大きいと考えられる事業・セクターへの投融資に関する取り組みの

---

方針を策定するものであり、銀行によって名称や分類が異なるものの、概ね図表 11 の 3 つの区分（特定のセクターに関する取り組み方針、セクター横断的に投融資を禁止する項目、セクター横断的に投融資に留意する項目）に分類することができる。

まず、「特定のセクターに関する取り組み方針」は、個別のセクターごとに投融資の方針を表明しているものであり、「石炭火力発電」、「非人道兵器製造」、「森林・木材・パルプ」、「パーム油農園開発」の 4 項目が多数を占めている。項目別で最も多い「石炭火力発電」については、新設、既存発電設備の拡張への投融資を原則禁止しつつ、脱炭素に向けた取り組みについては支援するといった方針が多い。「非人道的兵器製造」の項目では、開示をしているほぼすべての銀行が、大量破壊兵器、クラスター爆弾等の非人道的な兵器の開発や製造を行っている企業に対して資金使途に関わらず投融資を禁止する方針を示している。「森林・木材・パルプ」、「パーム油農園開発」の項目では、一律に投融資を禁止するのではなく、FSC<sup>8</sup>認証、PEFC<sup>9</sup>認証、RSPO<sup>10</sup>認証等の取得状況等を踏まえ、違法伐採や児童労働等の人権侵害が行われていないかを確認したうえで投融資を実行するとしている銀行が多い。

次に、「セクター横断的に投融資を禁止する項目」は、個別のセクター項目に関わらず該当する場合は投融資を禁止する方針を表明しているものであり、法令違反はもとより、公序良俗に反する事業、児童労働や強制労働といった人権侵害、絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関するワシントン条約に違反する事業、ラムサール条約指定湿地やユネスコ指定世界遺産に対して負の影響を与える事業等が挙げられている。特に「人権侵害・強制労働・児童労働」の項目に関しては、特定のセクターで取り上げられている「非人道的兵器製造」、「森林・木材・パルプ」、「パーム油農園開発」の項目に関する方針と重なる内容でもあり、セクター横断的に投融資を禁止する項目として表明している銀行が多い。

最後に、「セクター横断的な投融資に留意する項目」は、一律に禁止するものではないものの社会、環境等への影響に留意したうえで投融資を判断することを表明している項目である。現状では都市銀行を中心に一部の銀行の開示に留まっているが、地域社会や保護価値の高い地域への負の影響といった幅広い概念が用いられており、投融資を検討する際に先住民族の地域社会に対する文化的、社会的、経済的に深刻な被害を与えてしまうことを回避する、若しくはリスク低減策を確認するといったことが挙げられている。

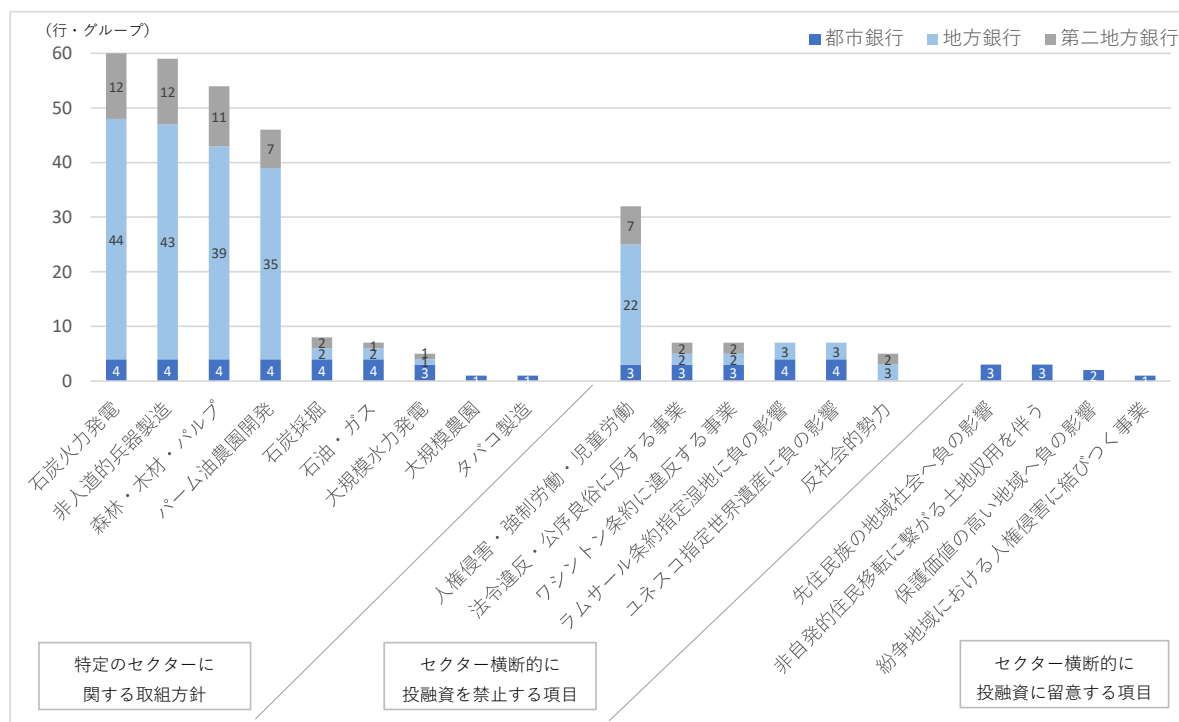
---

<sup>8</sup> Forest Stewardship Council（森林管理協議会）の略称であり、責任ある森林管理を世界に普及させることを目的に設立された国際的な非営利団体。

<sup>9</sup> Programme for the Endorsement of Forest Certification Scheme（森林認証プログラム）の略称であり、世界各国の森林認証制度との相互承認を行う国際認証組織。

<sup>10</sup> Roundtable on Sustainable Palm Oil（持続可能なパーム油のための円卓会議）の略称であり、持続可能なパーム油の生産と利用を促進することを目的として国際的な認証基準を策定する組織。

図表 11 投融資方針の対象項目・セクター



(出所) 各行・グループの開示資料より日興リサーチセンター作成

#### (4) 指標と目標

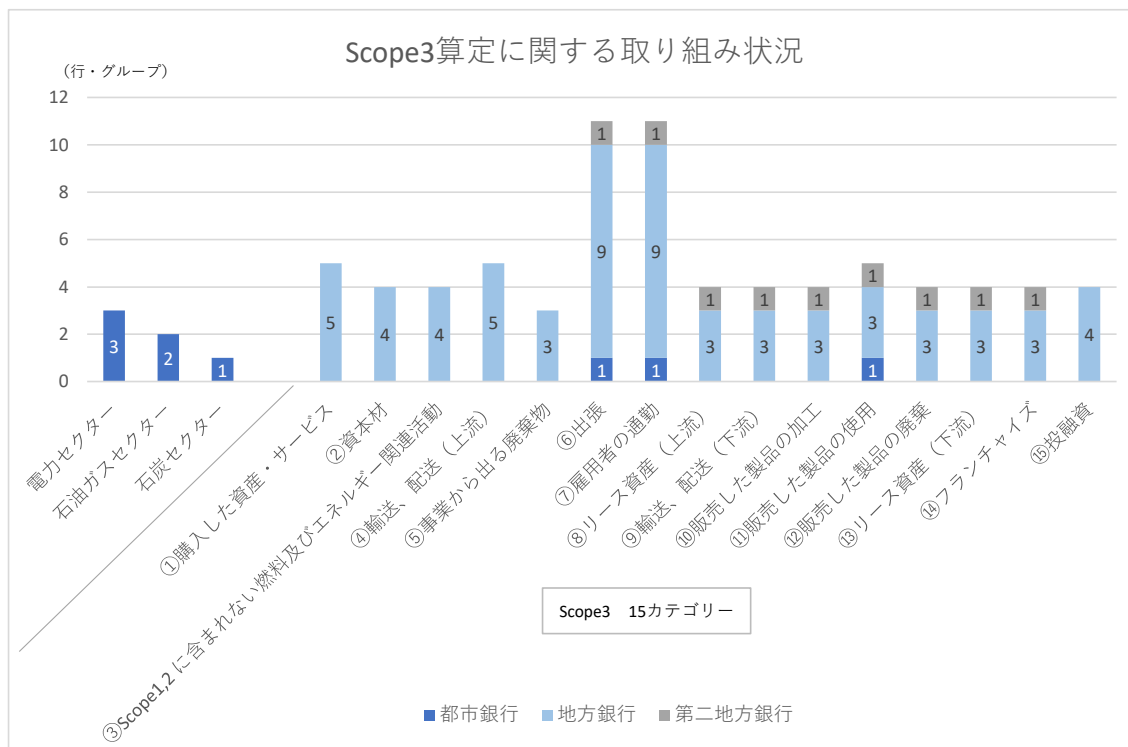
TCFD 提言では「指標と目標」において、組織が戦略・リスク管理に則して用いる指標、温室効果ガス排出量 (Scope1、2、3<sup>11</sup>)、リスクと機会の管理上の目標と実績に関する説明を求めている。当該項目において多くの銀行が取り組みとして挙げていることが「温室効果ガス排出量 (Scope1・2) の目標と実績」、「温室効果ガス排出量 (Scope3) の目標と実績」、「サステナブル・ファイナンス実行目標」であり、「温室効果ガス排出量 (Scope1・2) の目標と実績」は、都市銀行の 100% (4 グループ)、地方銀行の 83% (45 行・グループ)、第二地方銀行の 38% (11 行・グループ) が実績、同 100% (4 グループ)、87% (47 行・グループ)、41% (12 行・グループ) が目標を開示している。また、「温室効果ガス排出量 (Scope1・2) の目標と実績」については、都市銀行 4 グループすべてが 2030 年度でのネット・ゼロもしくはカーボンニュートラルの目標を開示している。地方銀行では 46 行・グループが 2030 年度の温室効果ガス削減目標を開示しており、第二地方銀行では目標を開示している 12 行・グループすべてが同様に 2030 年度の温室効果ガス削減目標を開示していた。

「温室効果ガス排出量 (Scope3) の目標と実績」は、都市銀行の 100% (4 グループ)、地方銀行の 19% (10 行・グループ)、第二地方銀行の 3% (1 行・グループ) が実績、同 75% (4 グループ)、6%

<sup>11</sup> 温室効果ガスの排出量を算定・報告するにあたっては、国際的な基準である GHG プロトコルに基づき、事業者自らの温室効果ガスの直接排出である Scope1、他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出である Scope2、ならびに Scope1、Scope2 以外の間接排出である Scope3 (15 カテゴリー) に分類される。

(3行・グループ)、0%が目標を開示している。ただし、Scope3の算定対象、開示方針は銀行によって異なっており、セクター別・カテゴリー別の実績一覧を図表12にまとめた。

図表12 Scope3のセクター別・カテゴリー別実績開示状況



(出所) 各行・グループの開示資料より日興リサーチセンター作成

まず、都市銀行ではScope3についてセクター別脱炭素アプローチを採用し、炭素集約的なセクターのうち「電力」、「石油ガス」、「石炭」といったセクター別の直近実績を開示しているグループが多かった。一部カテゴリー別のデータも開示している場合もあるが、あくまでセクター別の実績開示に必要であるためという位置づけとなっている。なお、直近実績としての開示はしていないものの、カテゴリー15の「投融資」についてセクター別に詳細な計測プロセスとともに試算結果を公表しているグループもあった。Scope3実績を開示している都市銀行はすべてScope3目標を合わせて開示しており、各グループ同様に投融資ポートフォリオのGHG排出量を2050年ネット・ゼロと策定していた。

次に、地方銀行では4行・グループがカテゴリー15の「投融資」について開示していた（一部のみを含む）。銀行をはじめとした金融機関において投融資を介した間接的な排出量であるカテゴリー15はScope3の中で大きな割合を占めるものであり、これを把握することは気候変動関連の移行リスクに対処するためにも重要である。一方で、投融資先排出量の算定についてはその元となる投融資先の排出量データを収集することが困難であると同時に、基準の明確化に向けた議論が進んでいる最中であるという一面もある。そういった事情もあり、2022年3月期は各行・グループとも一定の前提を置いたうえでの試算ベースでの公表をしていた。



---

最後に、第二地方銀行では1行・グループがカテゴリ6の「出張」、カテゴリ7の「雇用者の通勤」におけるScope3実績の開示（カテゴリ8からカテゴリ14は該当無し）をしていた。

「サステナブル・ファイナンス実行目標」は、環境問題や社会課題の解決を目的とする融資の実行額目標のことであり、銀行によって名称の違いはあるものの、都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の67%（36行・グループ）、第二地方銀行の28%（8行・グループ）が目標とする期間と金額を開示している。なお、ファイナンスを実行する目標期間は銀行によってそれぞれであるものの、都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の59%（32行・グループ）、第二地方銀行の24%（7行・グループ）が2030年度若しくは2031年度までの目標を開示している。また、サステナブル・ファイナンスのうち再生可能エネルギー関連融資、グリーンボンドの引受・販売等の「環境分野」について、都市銀行の75%（3グループ）、地方銀行の37%（20行・グループ）、第二地方銀行の7%（2行・グループ）が別途目標を設定している。

### 3. まとめ

銀行の気候変動対策に関する開示内容について、TCFD提言に基づく取り組みを調査した。取り組みの前提となるTCFD提言への賛同表明は、2022年11月末時点で都市銀行100%（4グループ）、地方銀行98%（53行・グループ）、第二地方銀行62%（18銀行・グループ）となっている。

TCFDで推奨されている4つの基礎開示項目を個別に見ると、1つ目の「ガバナンス」のうち、「サステナビリティ委員会での審議」が都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の93%（50行・グループ）、第二地方銀行の48%（14行・グループ）となっており、「サステナビリティ方針の策定」が都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の76%（41行・グループ）、第二地方銀行の45%（13行・グループ）となっている。

2つ目の「戦略」のうち、「リスクと機会の認識（時間軸あり）」を開示している都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の31%（17行・グループ）、第二地方銀行の31%（9行・グループ）となっている。「移行リスク・物理的リスクの定量的なシナリオ分析」を開示している銀行は都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の46%（25行・グループ）、第二地方銀行の10%（3行・グループ）となっている。「炭素関連資産割合」を開示している銀行は都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の72%（39行・グループ）、第二地方銀行の28%（8行・グループ）となっている。

3つ目の「リスク管理」の「投融資方針」については、都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の83%（45行・グループ）、第二地方銀行の45%（13行・グループ）となっている。

4つ目の「指標と目標」のうち、「温室効果ガス排出量（Scope1・Scope2）の実績」を開示している銀行は都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の83%（45行・グループ）、第二地方銀行の38%（11行・グループ）となっている。「温室効果ガス排出量（Scope3）の実績」を開示している銀行は都市銀行の100%（4グループ）、地方銀行の19%（10行・グループ）、第二地方銀行の3%（1行・グ



---

ループ)となっている。「サステナブル・ファイナンス実行目標」を開示している銀行は都市銀行の100% (4グループ)、地方銀行の67% (36行・グループ)、第二地方銀行の28% (8行・グループ) となっている。

パリ協定の運用が開始され世界的に脱炭素に向けた取り組みが加速するなか、東証、日銀の政策もあり、2021年3月期と比較すると全体として銀行のTCFDの賛同表明が増加し、情報開示も充実した。一方で、4つの開示基礎項目に沿って見ていくと、2021年3月期と同様に銀行によって取り組み状況に差があることがわかる。特に「温室効果ガス排出量 (Scope3) の目標と実績」の開示については、銀行としてカテゴリ15である投融資ポートフォリオの算定が困難であることから2022年3月期は未公表とした先が多く、先行して開示した銀行では試算ベースでの公表が多かった。この点については、投融資先排出量の測定と開示を標準化するためのイニシアティブであるPCAF (Partnership for Carbon Accounting Financials) に参加する銀行が増加するなど、今後より充実した開示が期待される。TCFD提言における開示を始めとした気候変動対策に関する銀行の動向については、今後も引き続き注視していきたい。

#### 参考文献

TCFD (2017) 「Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures」  
<https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/10/FINAL-2017-TCFD-Report.pdf>

TCFD (2021) 「Implementing the Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures」  
[https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/07/2021-TCFD-Implementing\\_Guidance.pdf](https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/07/2021-TCFD-Implementing_Guidance.pdf)

東京証券取引所 (2021) 「コーポレートガバナンス・コード (2021年6月版)」  
<https://www.jpx.co.jp/news/1020/nlsgeu000005ln9r-att/nlsgeu000005lne9.pdf>

日本銀行 (2021) 「「気候変動対応を支援するための資金供給オペレーション基本要領」の制定等について」  
[https://www.boj.or.jp/announcements/release\\_2021/rel210922a.pdf](https://www.boj.or.jp/announcements/release_2021/rel210922a.pdf)

IEA (2021) 「World Energy Outlook 2021」  
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/888004cf-1a38-4716-9e0c-3b0e3fdbf609/WorldEnergyOutlook2021.pdf>

NGFS (2021) 「NGFS Climate Scenarios for central banks and supervisors June 2021」  
[https://www.ngfs.net/sites/default/files/media/2021/08/27/ngfs\\_climate\\_scenarios\\_p\\_hase2\\_june2021.pdf](https://www.ngfs.net/sites/default/files/media/2021/08/27/ngfs_climate_scenarios_p_hase2_june2021.pdf)

IPCC (2014) 「AR5 Synthesis Report」

---

[https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_wcover.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf)

IPCC (2021) 「AR6 Working Group I report」

[https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_FullReport.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf)

PCAF (2020) 「The Global GHG Accounting and Reporting Standard for the Financial Industry」

<https://carbonaccountingfinancials.com/files/downloads/PCAF-Global-GHG-Standard.pdf>

常泉 (2021) 「【Short Review】金融機関の気候変動対策への開示状況調査」、日興リサーチレビュー  
2021年12月号

<https://www.nikko-research.co.jp/library/10728/>

(END)

---

# CO<sub>2</sub>排出量と収益性指標から見る 地方銀行の政策保有株式の状況調査

2023年2月

資産運用研究所 鈴木 高信

## 1. はじめに

2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための国際枠組みであるパリ協定の運用が開始され、世界的に脱炭素に向けた取り組みが加速している。日本国内においても東京証券取引所が2021年6月に「コーポレートガバナンス・コード」を改訂し、プライム市場の上場会社に対して、TCFD提言等に基づく「気候変動に係るリスク及び収益機会が自社の事業活動や収益等に与える影響」について開示の充実を求めるなどの取り組みが進んでいる。TCFD提言の中では温室効果ガス排出量（Scope1、2、3<sup>1</sup>）の開示が求められているが、銀行セクターは業種の特性上、Scope3のカテゴリー15「投融資」に関する温室効果ガス排出量が相当なウェイトを占める。一方で地方銀行<sup>2</sup>のScope3の開示状況を見ると、現時点では算定基準や定義等が不明瞭な点が多いなどの課題があり、カテゴリー15「投融資」の実績ベースでの開示は2022年3月期において第一地銀の4行に留まっている。しかし今後は、従来の収益性やリスク管理等に関する指針や指標に加えて、脱炭素社会に向けた取り組みやCO<sub>2</sub>排出量などの定量的な指標についても企業運営において重要視されていくことが想定される。

そこで本稿では、銀行セクターにおけるScope3排出量の特徴を知るための一つの切り口として投資先として保有している株式の発行体企業（以下、政策保有株式）のCO<sub>2</sub>排出量に関する調査を行う。また、併せて地方銀行の政策保有株式のリターンやROEとCO<sub>2</sub>排出量について確認する。

## 2. 地方銀行の政策保有株式のCO<sub>2</sub>排出量の算出

### 2.1 地方銀行の業態・預金量・地域別の政策保有株式ポートフォリオ

本稿では、地方銀行が保有する政策保有株式のCO<sub>2</sub>排出量の調査にあたり、2022年3月期の有価証券報告書において政策保有目的株式の個別の銘柄名および株数の開示<sup>3</sup>があった地方銀行81行を分析対

---

<sup>1</sup> 温室効果ガスの排出量を算定・報告するにあたっては、国際的な基準であるGHGプロトコルに基づき、事業者自らの温室効果ガスの直接排出であるScope1、他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出であるScope2、ならびにScope1、Scope2以外の間接排出であるScope3（15カテゴリー）に分類される。

<sup>2</sup> 本稿では「第一地銀」62行、「第二地銀」37行を総称して「地方銀行」としている。

<sup>3</sup> 本稿では国内に上場している企業を集計対象としている。

象とし、業態・預金量・地域別<sup>4</sup>の株式ポートフォリオ（以下、政策保有株式ポートフォリオ）に分類した。図表 1 はその概要である。なお有価証券報告書での政策保有目的株式の開示銘柄数は原則 60 銘柄までであるため、すべての政策保有目的株式の銘柄を開示していない対象行もあるが、「開示銘柄の時価合計が政策保有目的株式全体の時価合計に占める割合」は、1 行(83.9%)を除いた 80 行で 90%以上を占めている。

図表 1 地方銀行の業態・預金量・地域別の政策保有株式ポートフォリオの概要

区分	政策保有株式 ポートフォリオ	対象行数	開示 銘柄数	開示銘柄の 時価合計 (億円)	開示銘柄の時価合計が 政策保有株式時価全体に占める割合(個別行) (%)			
					平均値	中央値	最大値	最小値
-	地方銀行	81	1,212	53,978	98.4	99.8	100	83.9
業態別	第一地銀	57	1,078	49,241	97.9	99.4	100	83.9
業態別	第二地銀	24	396	4,737	99.4	99.8	100	94.8
預金量別	預金量A	28	848	43,755	96.1	97.1	100	83.9
預金量別	預金量B	30	668	8,934	99.5	99.9	100	94.8
預金量別	預金量C	23	287	1,289	99.7	99.8	100	97.1
地域別	北海道・東北地方	17	244	3,159	98.7	99.8	100	83.9
地域別	関東地方	11	315	7,076	97.4	99.4	100	90.6
地域別	中部地方	18	474	15,976	98.2	99.8	100	93.5
地域別	近畿地方	7	274	16,414	98.4	98.7	99.9	96.8
地域別	中国地方	6	209	2,359	97.2	98.3	99.9	92.8
地域別	四国地方	8	233	5,364	99.1	99.8	100	97.1
地域別	九州・沖縄地方	14	223	3,629	99.0	99.9	99.9	92.0

(出所) 各行有価証券報告書より日興リサーチセンター作成

## 2.2 東証 17 業種別の炭素強度の算出

政策保有株式の CO<sub>2</sub>排出量の算出にあたって本稿では 2021 年の CDP のデータを使用している。CDP は企業や自治体などに対して気候変動をはじめとする環境課題に関する開示を求める英国の非政府組織(NGO)である。CDP のデータはすべての企業を網羅しているわけではなく、政策保有株式の一部となるために本稿では、東証 17 業種<sup>5</sup>にまとめて、その業種ごとの CO<sub>2</sub>排出量を使うことで簡易的に政策保有株式の CO<sub>2</sub>排出量を算出する。なお、集計対象<sup>6</sup>は CDP がグローバルな企業に求める質問書において

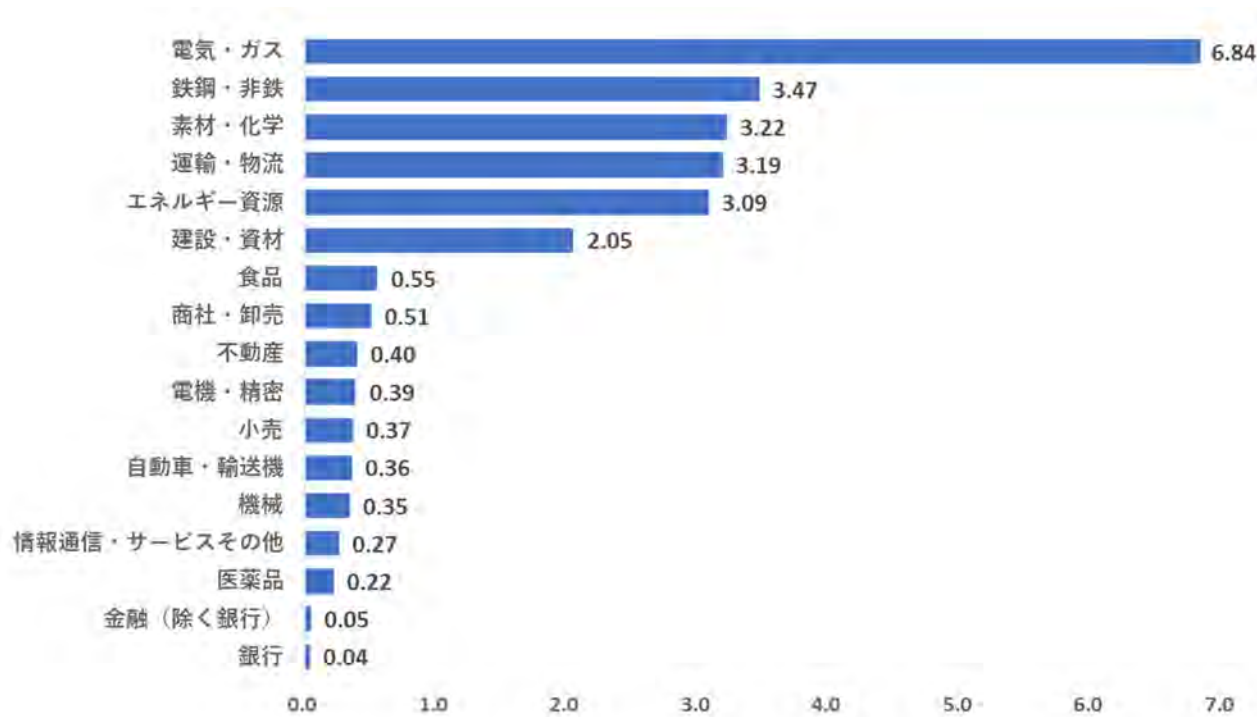
<sup>4</sup> 本稿では地方銀行を業態（第一地銀、第二地銀）、預金量（A:預金量 5 兆円以上、B:2 兆円以上 5 兆円未満、C:2 兆円未満）、地域（北海道・東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州・沖縄）に分類し検証を行う。

<sup>5</sup> 東証 17 業種分類は、証券コード協議会が定める企業の業種分類の 1 つであり、国内株式の業種分類として広く用いられている。本稿ではすべてこの業種分類を用いる。

<sup>6</sup> CDP の質問に回答する国内企業は、環境対策などに積極的な日本を代表する企業が多く、サンプルとしてはバイアスがある。また質問に回答する日本企業は年々増加しているものの、全上場企業数から見れば一部の企業の回答に留まっている点に留意されたい。

Scope1、2の排出量の報告があった国内企業 366 社としている。Scope3 については報告企業による集計方法に差異があり、企業間の比較ができないため集計の対象外とした。また、CO<sub>2</sub>排出量の単純比較では企業の規模の影響が大きくなるため、本稿では CO<sub>2</sub>排出量(tCO<sub>2</sub>、Scope1 と Scope2 の合計)を売上高(百万円)で割った炭素強度 (売上高 100 万円に対してどれだけ CO<sub>2</sub>を排出しているかを示す) によって比較をしていく。図表 2 は各企業の CO<sub>2</sub>排出量の計測期間に合わせた決算期の売上高を用いて、「業種ごとの CO<sub>2</sub>排出量の合計値」÷「業種ごとの売上高の合計値」によって算出した東証 17 業種ごとの炭素強度を推定した。

図表 2 東証 17 業種の炭素強度 (Scope1、2、tCO<sub>2</sub>/売上高 (百万円))



(出所) CDP、東洋経済新報社より日興リサーチセンター作成

### 2.3 政策保有株式ポートフォリオの炭素強度の算出

次に政策保有株式ポートフォリオの炭素強度を算出する。図表 3 は各政策保有株式ポートフォリオの東証 17 業種の構成比である。図表 2 で算出した東証 17 業種の炭素強度と図表 3 の東証 17 業種の構成比を掛け合わせることで各政策保有株式ポートフォリオの炭素強度が算出できる (図表 4)。なお、比較のために図表 3 に TOPIX の構成比、図表 4 に TOPIX の炭素強度を図示している。

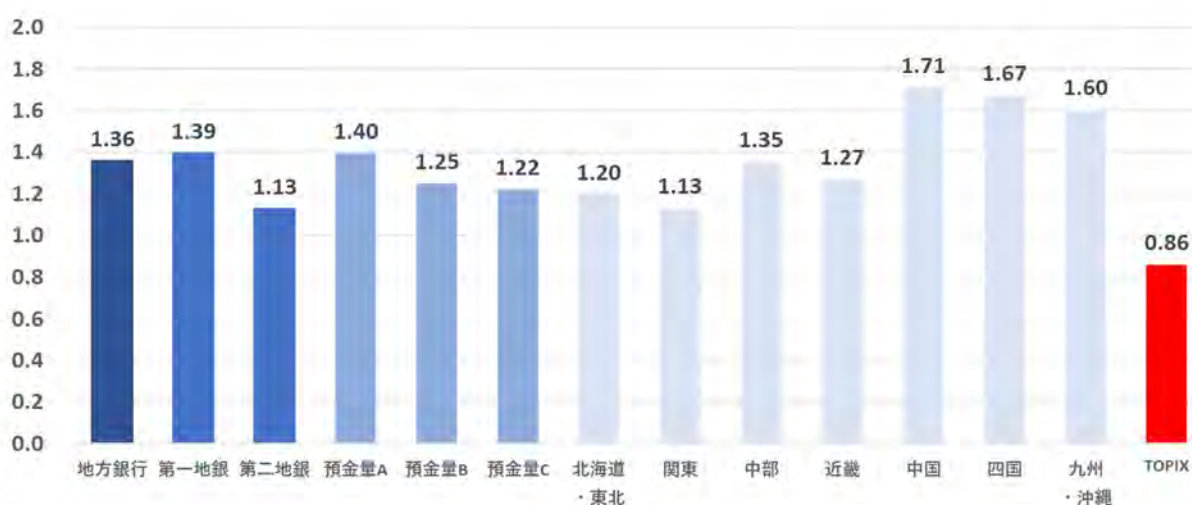
図表 3 各政策保有株式ポートフォリオの東証 17 業種構成比(%)

	地方銀行	第一地銀	第二地銀	預金量A	預金量B	預金量C	TOPIX
電気・ガス	2.78	2.51	4.55	2.35	3.96	5.34	1.13
鉄鋼・非鉄	2.10	2.37	0.35	2.24	1.84	0.69	1.66
素材・化学	15.96	17.32	6.90	18.14	9.18	7.63	7.09
運輸・物流	8.16	8.27	7.39	7.63	9.69	10.73	4.32
エネルギー資源	0.27	0.28	0.15	0.30	0.16	0.12	0.76
建設・資材	5.36	5.38	5.19	5.70	4.38	3.56	3.51
食品	3.99	4.14	2.93	3.86	4.12	6.03	3.34
商社・卸売	2.05	1.90	3.11	1.61	3.55	3.06	6.10
不動産	4.35	4.51	3.27	4.17	5.61	1.11	1.97
電機・精密	8.12	9.12	1.37	9.34	3.93	5.64	20.61
小売	8.81	7.17	19.85	9.09	8.76	2.99	4.23
自動車・輸送機	10.21	9.21	16.92	9.94	12.33	3.96	9.03
機械	5.45	5.38	5.96	5.47	5.46	4.94	5.35
情報通信・サービスその他	5.62	5.29	7.83	5.52	5.28	9.76	16.56
医薬品	6.13	6.85	1.26	5.67	8.10	4.76	4.92
金融(除く銀行)	5.97	5.86	6.66	5.38	6.21	17.27	4.14
銀行	4.67	4.42	6.31	3.58	7.44	12.41	5.30
	北海道・東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州・沖縄
電気・ガス	4.81	0.30	2.40	2.22	3.84	3.09	8.93
鉄鋼・非鉄	1.40	1.99	0.86	5.12	6.14	4.38	0.54
素材・化学	11.45	9.03	19.83	8.24	19.82	28.93	4.49
運輸・物流	4.73	11.20	7.67	10.18	7.73	3.16	12.44
エネルギー資源	0.25	0.51	0.10	0.08	1.26	0.19	0.60
建設・資材	3.98	6.94	3.36	6.01	7.27	5.40	12.20
食品	2.34	9.95	2.12	2.78	5.96	4.00	1.61
商社・卸売	2.14	1.65	2.40	1.20	3.45	1.73	2.22
不動産	4.15	9.94	2.41	7.33	2.50	2.05	1.53
電機・精密	3.64	5.81	10.50	2.25	5.90	5.33	19.07
小売	30.95	15.17	4.90	6.71	5.70	2.61	5.02
自動車・輸送機	2.67	2.88	16.31	26.45	0.91	1.00	0.04
機械	1.20	4.65	4.99	7.93	7.17	10.35	2.42
情報通信・サービスその他	6.73	8.15	6.11	2.12	8.22	2.58	3.98
医薬品	0.60	0.16	6.95	2.33	1.26	18.95	8.59
金融(除く銀行)	12.68	6.83	5.69	4.60	7.10	2.23	5.73
銀行	6.29	4.84	3.39	4.45	5.76	4.02	10.61

(出所) 各行有価証券報告書より日興リサーチセンター作成



図表 4 各政策保有株式ポートフォリオと TOPIX の炭素強度 (tCO<sub>2</sub>/売上高 (百万円))



(出所) CDP、東洋経済新報社、各行有価証券報告書より日興リサーチセンター作成

図表 4 で炭素強度はすべての政策保有株式ポートフォリオで TOPIX を上回っていることが確認できる。その要因としては 17 業種ごとの炭素強度が特に大きい「電気・ガス」の構成比が「関東」以外のすべてで TOPIX の構成比を上回っていること（「関東」については「運輸・物流」の構成比が「九州・沖縄」に次いで 11.20%と高く、TOPIX の構成比 4.32%を大きく上回っていることが押し上げ要因となっている）や、炭素強度が比較的大きい「素材・化学」、「運輸・物流」、「建設・資材」の構成比がほとんどの政策保有株式ポートフォリオで TOPIX を上回っていることが挙げられる。特に「素材・化学」は各ポートフォリオによって構成比が大きく異なるため、その構成比が炭素強度に与える影響は大きい。

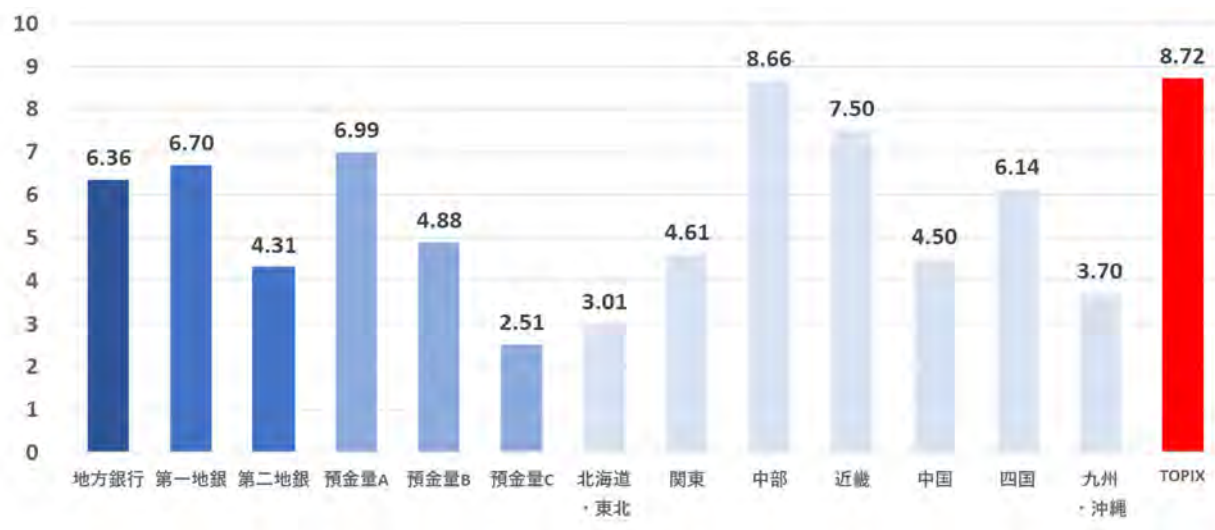
業態別で比較をすると「電気・ガス」の構成比は「第一地銀」の方が低い一方で、「素材・化学」は「第二地銀」より 10.42%も高く、その影響もあり炭素強度は「第一地銀」の方が大きくなっている。預金量別でも、業態別と同様の理由から預金量が多いほど炭素強度は大きくなっていることが分かる。地域別では、「鉄鋼・非鉄」の構成比が高い「中国」、「素材・化学」の構成比が高い「四国」、「建設・資材」の構成比が高い「九州・沖縄」の炭素強度が大きくなっている。

### 3. 炭素強度と収益性指標による政策保有株式の状況調査

#### 3.1 炭素強度とリターン

炭素強度と配当込みリターンに関して各ポートフォリオの検証を行う。配当込みリターンについては各政策保有株式ポートフォリオが過去も不変であったと仮定し、2022年3月31日までの過去5年間の日次リターン（配当込み）を年率換算して算出している。図表 5 は各ポートフォリオと TOPIX の年率リターン（配当込み）である。

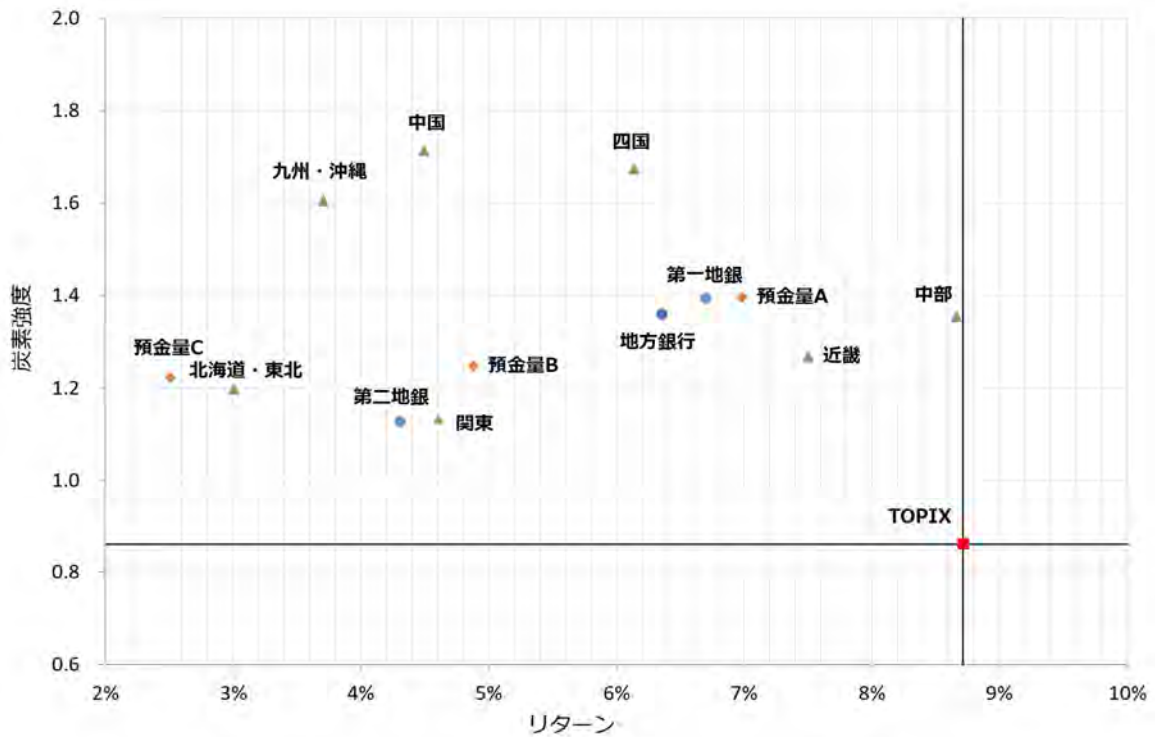
図表 5 各政策保有株式ポートフォリオと TOPIX の年率リターン(%)



(出所) NPM、各行有価証券報告書より日興リサーチセンター作成

図表 5 からはすべての政策保有株式ポートフォリオでリターンは TOPIX を下回っており、地方銀行では TOPIX を 2.36% 下回っていることが確認できる。また、業態別では、「第一地銀」が、預金量別では預金量が多い区分ほどリターンが高い。特に「預金量 A」と「預金量 C」では 4.48% もリターンに開きがあり、規模の大きい区分の方がリターンは高い傾向にあることが読み取れる。次に地域別で見ると「中部」は、TOPIX との乖離が 0.06% と僅かであったのに対し、「北海道・東北」や「九州・沖縄」では 5% 以上も TOPIX を下回るなど、地域によってリターンに大きな差があることが分かる。また、図表 3 の東証 17 業種別構成比も併せて確認すると、各政策保有株式ポートフォリオでリターンが 7% を上回っている「中部」、「近畿」では「素材・化学」や「自動車・輸送機」の比率が高いのに対し、4% を下回っている「預金量 C」、「北海道・東北」、「九州・沖縄」では「銀行」や「金融(除く銀行)」の比率が高いことが読み取れる。図表 6 は縦軸に炭素強度、横軸にリターンを取ったプロット図である。図表 6 からは地方銀行の政策保有株式ポートフォリオをはじめ、すべての政策保有株式ポートフォリオにおいて炭素強度は TOPIX を上回り、リターンは TOPIX を下回っていることが確認できる。

図表 6 炭素強度とリターン

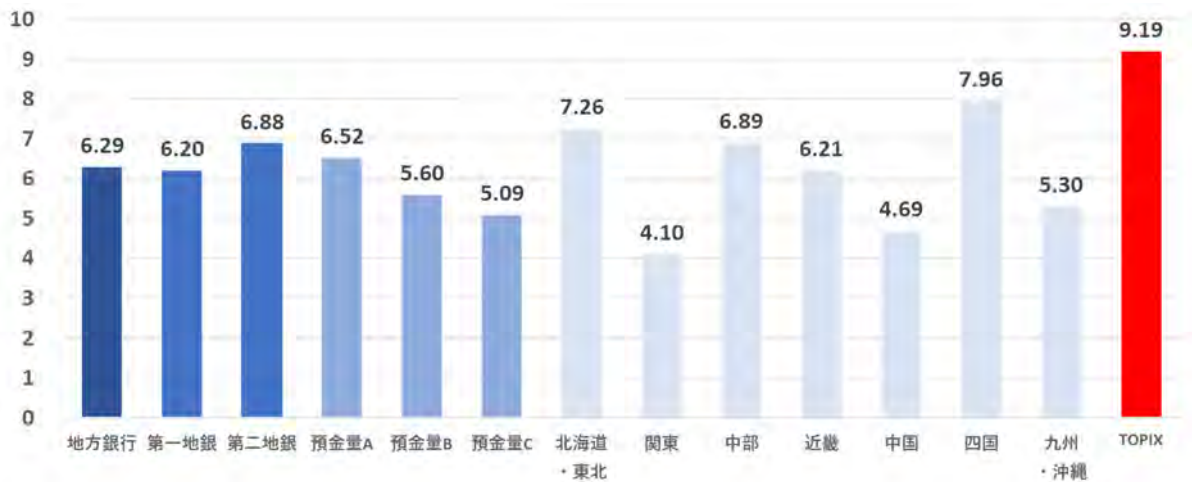


(出所) CDP、東洋経済新報社、NPM、各行有価証券報告書より日興リサーチセンター作成

### 3.2 炭素強度と ROE

次に炭素強度と ROE の状況について確認する。ROE<sup>7</sup>については各政策保有株式ポートフォリオと TOPIX の 2022 年 3 月 31 日時点での値である。図表 7 は各政策保有株式ポートフォリオと TOPIX の ROE を示している。

図表 7 各政策保有株式ポートフォリオと TOPIX の ROE(%)



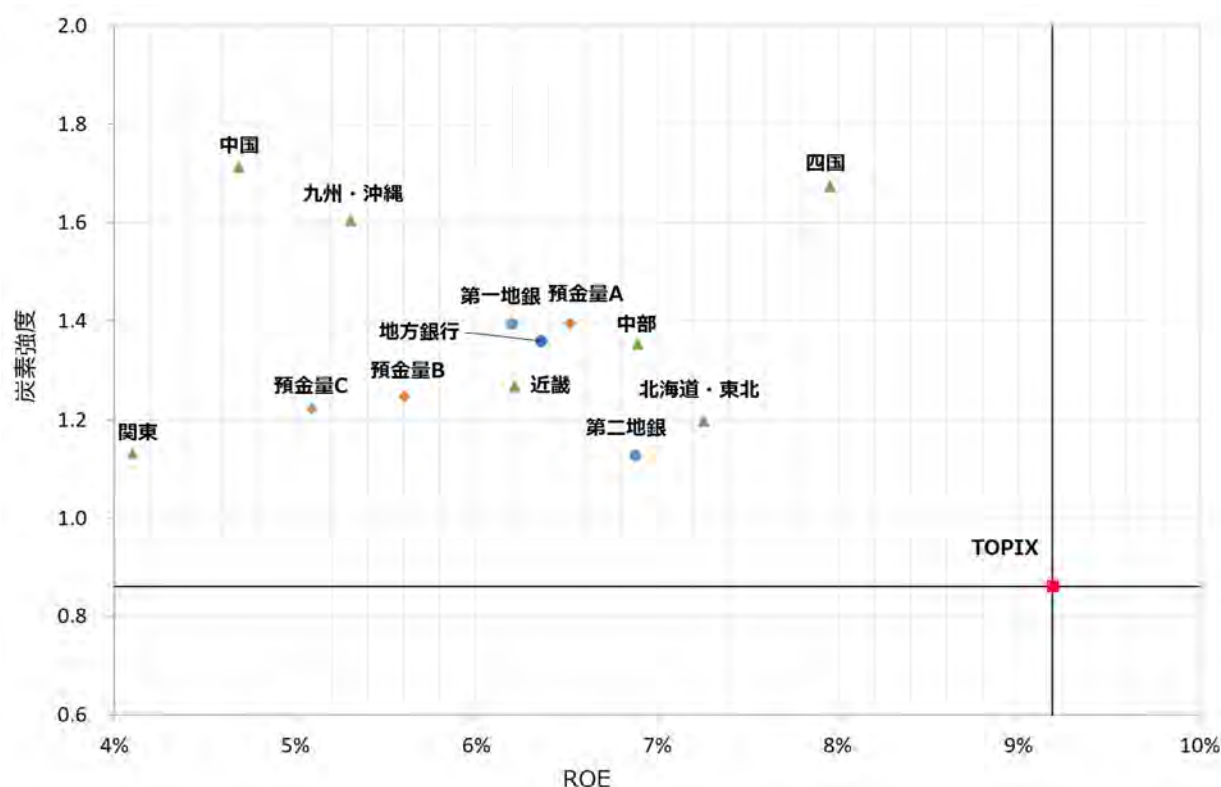
(出所) NPM、各行有価証券報告書より日興リサーチセンター作成

<sup>7</sup> 各ポートフォリオを構成する個別銘柄の ROE を加重平均して算出。

図表 7 からはすべての政策保有株式ポートフォリオで ROE は TOPIX を下回っており、地方銀行全体では TOPIX を 2.90% 下回っていることが確認できる。また、業態別では、「第二地銀」の方が ROE は高い一方で、預金量別では預金量が多い区分ほど高い傾向にあった。地域別の ROE を比較すると、「北海道・東北」、「四国」では 7% を超える一方で、「関東」、「中国」では 5% を下回るなどリターンと同様に地域によって大きく差がある。また「中部」、「近畿」、「四国」はリターン・ROE 共に地域別の比較においては高い水準である一方で、「関東」、「中国」、「九州・沖縄」はどちらも低い水準であった。また「小売」の比率が高い「北海道・東北」はリターンが地域別で最も低かったのに対し、ROE は 2 番目に高かった。

図表 8 は縦軸に炭素強度、横軸に ROE を取ったプロット図である。図表 8 からは図表 6 と同様に地方銀行の政策保有株式ポートフォリオをはじめ、すべての政策保有株式ポートフォリオにおいて炭素強度は TOPIX を上回り、ROE は TOPIX を下回っていることが確認できる。

図表 8 炭素強度と ROE



(出所) CDP、東洋経済新報社、NPM、各行有価証券報告書より日興リサーチセンター作成

#### 4. おわりに

本稿では地方銀行の保有する政策保有株式を業態・預金量・地域別に分類し、政策保有株式を東証 17 業種にまとめ、CDP のデータから算出した業種ごとの炭素強度を掛け合わせることで政策保有株式ポートフォリオの炭素強度を算出した。TOPIX との比較では、炭素強度はすべての政策保有株式ポー

---

トフォリオで TOPIX を上回った。東証 17 業種の中で炭素強度が特に大きい「電気・ガス」や、比較的大きい「素材・化学」、「運輸・物流」、「建設・資材」の構成比がほとんどの政策保有株式ポートフォリオで TOPIX を上回っていたことがその主な要因であることが確認できた。

政策保有目的株式の保有効果や意義については、リターンや ROE などの収益性指標や保有先企業の CO<sub>2</sub>排出量だけでは測れないところもあるが、株主などのステークホルダーが求める資本効率の改善や脱炭素社会に向けた取り組み強化といった観点から、より重要視されていくことが想定される。特に地方銀行においては、投融資先との対話（エンゲージメント）を通じた温室効果ガスの排出削減などで地域社会や経済への貢献していくことも大きく期待されていると考えられる。

Scope3 のカテゴリ-15「投融資」の温室効果ガス排出量については、本稿で分析対象とした政策保有株式以外の投融資先も含めた調査が必要であるが、現時点では算定基準や定義等が不明瞭な点が多いこともあり、2022 年 3 月期時点で「投融資」に関する開示があった地方銀行はごく一部に限られるなど、情報収集の面で課題があった。今後は統一の算定基準が定まることで各行の「投融資」に関する開示が拡充していくことが考えられるため、開示内容を引き続き注視していきたい。

#### 参考文献

環境省（2017）「サプライチェーン排出量算定の考え方」

[https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply\\_chain/gvc/files/tools/supply\\_chain\\_201711\\_all.pdf](https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/tools/supply_chain_201711_all.pdf)

東京証券取引所（2021）「コーポレートガバナンス・コード（2021 年 6 月版）」

<https://www.jpx.co.jp/news/1020/nlsgeu000005ln9r-att/nlsgeu000005lne9.pdf>

成田（2022）「【Short Review】国内株式のバリュエーションと CO<sub>2</sub>排出量の関係」、日興リサーチレビュー-2022 年 5 月号

<https://www.nikko-research.co.jp/library/11351/>

常泉（2022）「【Short Review】金融機関の気候変動対策への開示状況調査」、日興リサーチレビュー-2022 年 12 月号

<https://www.nikko-research.co.jp/library/12134/>

鈴木・森田（2022）「【Short Review】地方銀行の政策保有・純投資株式に関する開示調査」、日興リサーチレビュー-2022 年 12 月号

<https://www.nikko-research.co.jp/library/12045/>

(END)



---

# 環境省の利子補給事業とその指定金融機関（地方銀行）の特徴

2023年1月

資産運用研究所 森田 和喜

## 1. はじめに

地球温暖化の進行に伴い、日本においては2050年までに温室効果ガスの排出を全体でゼロにするカーボンニュートラルの実現を目指すことを宣言しており、またその過程で2030年度の温室効果ガス排出量（以下、GHG排出量）を2013年度比で46%削減することを目標に掲げている。その実現に向け、企業においては自社におけるGHG排出量を把握し削減する行動が求められているが、カーボンニュートラルへの対応は各社でばらつきがある。特に、中小企業においては課題と認識しているものの具体的な方策の実施・検討には至っていない企業が多い<sup>1</sup>。

日本全体でカーボンニュートラルを達成するためには日本の企業数全体の99.7%を占める中小企業<sup>2</sup>における脱炭素が必要であり、中小企業の中心的な資金調達手法である間接金融においてもESG金融<sup>3</sup>を拡大する必要がある。多くの中小企業との接点を持つ地方銀行<sup>4</sup>は、自身の投融資に係るリスク管理や新たな収益機会創出等の課題を抱えながら、同時に中小企業のカーボンニュートラル課題に果たす役割が大きく期待されている。

本稿では地方銀行におけるESG課題を確認した後、ESG金融を拡大する目的で施行されている事業の一例として環境省の「地域脱炭素融資促進利子補給事業」を紹介する。また、環境省の事業において指定金融機関となっている地方銀行をESG金融に積極的な銀行（以下、ESG積極的銀行）とみなして、それ以外の地方銀行と比較することでESG積極的銀行の特徴を考察する。

## 2. 金融機関による取引先企業の気候変動対応支援

金融機関の気候変動対応は①金融機関自身の気候関連リスクと機会の把握、②監督当局や株主などのステークホルダーに向けた情報開示やその他対応、③取引先企業やその地域への資金提供やコンサ

---

<sup>1</sup> カーボンニュートラル進展の影響に対する方策について、調査に回答した中小企業の約80%は実施・検討していない。  
<https://www.shokochukin.co.jp/report/research/pdf/other211021.pdf>

<sup>2</sup> 日本全体のGHG排出量のうち、1割～2割弱（推計1.2億t～2.5億t）は中小企業が占めている。  
[https://www.meti.go.jp/policy/energy\\_environment/global\\_warming/SME/network/02.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/SME/network/02.pdf)

<sup>3</sup> 長期的な視点を重視し、ESG（Environment（環境）、Social（社会）、Governance（ガバナンス））情報を考慮して行う投融資行動。

<sup>4</sup> 本稿では、一般社団法人全国地方銀行協会会員行（62行）を「第一地銀」、また一般社団法人第二地方銀行協会加盟行（37行）を「第二地銀」と表記し、第一地銀と第二地銀を総称して「地方銀行」としている。（2022年12月末時点）



ルティング等の脱炭素支援に大別できる。したがって金融機関においては自身の脱炭素への取り組みや開示のみならず、取引先企業の気候変動対応支援や脱炭素への取り組みを促す働きが期待されている。背景には GHG 排出量が多い業種・企業に資金提供をすることへの厳しい視線があるが、一方で多くの中小企業は気候変動対応が進んでおらず、また対応を進めるためには金融機関からの資金調達が必要となる。特に地域金融機関においては、こうした中小企業に脱炭素の意義を説明したうえで実現に向け長期的に対話をする必要があり、ひいてはそれが地域脱炭素・地域の持続可能性、また営業基盤やリレーションの強化へと繋がっていく。

こうした観点から多くの中小企業と繋がりのある金融機関に期待される脱炭素支援の役割は大きい。第 3 章以降は、全国の中小企業における地域脱炭素を推進するにあたり特に期待される役割の大きい地方銀行に焦点を当てる。

### 3. 環境省による利子補給事業

地方銀行は中小企業との長期的な対話を通じて地域や産業の特性を把握し地域脱炭素を推進する役割が期待されている。そのためには取引先企業やその地域への資金提供やコンサルティング、ESG の観点を考慮した事業性評価をする必要がある。

こうした点から、環境省は地域金融機関自身の脱炭素化に関する取り組み、脱炭素の観点からの ESG 融資、脱炭素事業への投資拡大を促進する目的で、2013 年度から間接補助事業（利子補給事業）を行っており、2022 年度は新たに「地域脱炭素融資促進利子補給事業」に係る指定金融機関の募集が実施された（公募期間は 2022 年 4 月 28 日～12 月 28 日）。この制度は、採択された金融機関を対象に、地球温暖化対策のための再生可能エネルギー・省エネルギー設備投資に対する融資について、年利 1.0%を限度に最大 3 年間利子補給を行うという制度である。なお、融資利率が 0.3%未満の場合は当該利子補給事業の対象外となる。図表 1 は融資利率と利子補給利率の関係式をまとめた表である。

図表 1 地域脱炭素融資促進利子補給事業における利率

融資利率の範囲	利子補給利率
1.3% ≧ 融資利率	利子補給利率 = 1.0% (上限)
0.3% ≧ 融資利率 < 1.3%	利子補給利率 = 融資利率 - 0.3%
融資利率 < 0.3%	対象外

(出所) 環境省より日興リサーチセンター作成

当該利子補給事業の特徴的な条件をまとめたものが図表 2 である。対象となる融資は地球温暖化対策に資する設備導入への融資であり、この融資を行うことができる金融機関は一定の応募資格を満たし一般社団法人環境パートナーシップ会議による審査を経た金融機関（以下、指定金融機関）である。

また、融資を受ける事業者が当該制度の対象となるためには自身の二酸化炭素排出量を算定していることが求められている。

図表 2 地域脱炭素融資促進利子補給事業の主な条件<sup>5</sup>

	利子補給金の交付の対象となる融資
融資内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域脱炭素に資するESG融資である</li> <li>・地球温暖化対策のための設備投資に対する融資で、対象となる融資額の上限が10億円</li> </ul>
第一地銀 第二地銀	<ul style="list-style-type: none"> <li>・TCFDが策定した提言を支持している</li> <li>又は</li> <li>・「ガバナンス」「戦略」「リスク管理」「指標と目標」に沿った情報開示を行っている</li> </ul>
信用金庫（又は連合会） 信用共同組合（又は連合会）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自らが行うESG融資に係る目標の設定等を行い、組織方針として明確化している</li> </ul>
融資先事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自らの二酸化炭素排出量を算定している</li> </ul>

（出所）環境省より日興リサーチセンター作成

当事業における新規融資を通じた支援で取引先企業の光熱費・燃料費が低減し、GHG 排出量の削減が実現すれば当該企業の移行リスクは小さくなり、それに伴い金融機関の経営の安定に寄与する。第2章で述べたように、中小企業において地域脱炭素の実現に向けて GHG 排出量を減らすためには金融機関からの資金調達が必要となる一方、気候変動への対応や自身の二酸化炭素排出量の把握はハードルが高くできていない企業も多い。地域における間接金融の担い手である地域金融機関は、脱炭素を促す ESG 融資を拡大する過程で、こうした取引先企業の GHG 排出量把握などを支援することが重要である。

#### 4. 指定金融機関の特徴

指定金融機関は第3章で述べたように TCFD 提言の支持などの一定の条件を満たし、一般社団法人環境パートナーシップ会議による審査を経ているため、ESG 積極的銀行とみなすことができる。この章では ESG 融資や中小企業との脱炭素に向けた対話に力を注いでいる地方銀行の特徴を捉えるため、環境省の利子補給事業への取り組みに関する情報を用いて分析する。

#### データ

第3章で紹介した環境省の「地域脱炭素融資促進利子補給事業」は2022年度からの新規募集となるため、この章では2021年度まで募集が行われていた「地域 ESG 融資促進利子補給事業」<sup>6</sup>の採択情

<sup>5</sup> 「地域脱炭素融資促進利子補給事業」の詳細な条件等については、下記環境省サイトの添付資料（公募要項等）を参照されたい。

<https://www.env.go.jp/press/110985.html>

<sup>6</sup> 2022年度の新規募集はなく、2022年度の新規募集事業である「地域脱炭素融資促進利子補給事業」とは条件等の内容は異なるものである。一般社団法人環境パートナーシップ会議の当該サイトでは2019年度、2020年度、2021年度の指定金融機関が確認可能である。なお、ESG 融資目標設定型と CO2 削減目標設定支援型の2種類があり、図表3および以降の ESG

報を用いる。なお、分析対象期間は「地域 ESG 融資促進利子補給事業」において指定金融機関となった銀行が確認できる 2019 年度から 2021 年度とする。

「地域 ESG 融資促進利子補給事業」において指定金融機関となった地方銀行の行数の推移を図表 3 にまとめる。なお参考として、2022 年度に「地域脱炭素融資促進利子補給事業」において指定金融機関となった地方銀行の行数も合わせて載せている。「地域 ESG 融資促進利子補給事業」では、2019 年度に指定金融機関となった地方銀行は 19 行であったが、2021 年度には 43 行まで増加している。また、2022 年度から新規募集となった「地域脱炭素融資促進利子補給事業」において指定金融機関となっている地方銀行は 60 行と昨年の事業よりも増加している。

図表 3 地域 ESG 融資促進利子補給事業において指定金融機関となった地方銀行数



※いずれの年度も集計対象は全 99 行<sup>7</sup>

※2022 年度は地域脱炭素融資促進利子補給事業（2022 年 12 月 14 日現在）

（出所）一般社団法人 環境パートナーシップ会議より日興リサーチセンター作成

#### 仮説・方法

2019 年度の指定金融機関となった地方銀行 19 行のうち、2020 年度、2021 年度も指定金融機関となった地方銀行は 18 行であった。この 18 行の地方銀行と、のち 2021 年度までに指定金融機関となった 25 行（43 行－18 行）の地方銀行、2021 年度末時点で該当しない地方銀行の 3 つのグループでは貸出金の業種別比率や収益性、健全性に違いがあるのではないだろうか。

そこで、2019 年度から 2021 年度まで一貫して指定金融機関となっている地方銀行 18 行を「ESG 積極的銀行 先行群（以下、先行群）」とし、2019 年度時点では異なるものの 2021 年度までに指定金融機関となった地方銀行 25 行を「ESG 積極的銀行 後続群（以下、後続群）」とする。また、2021

積極的銀行へのグループ分けでは、どちらか一方でも指定金融機関となっていればカウントしている。

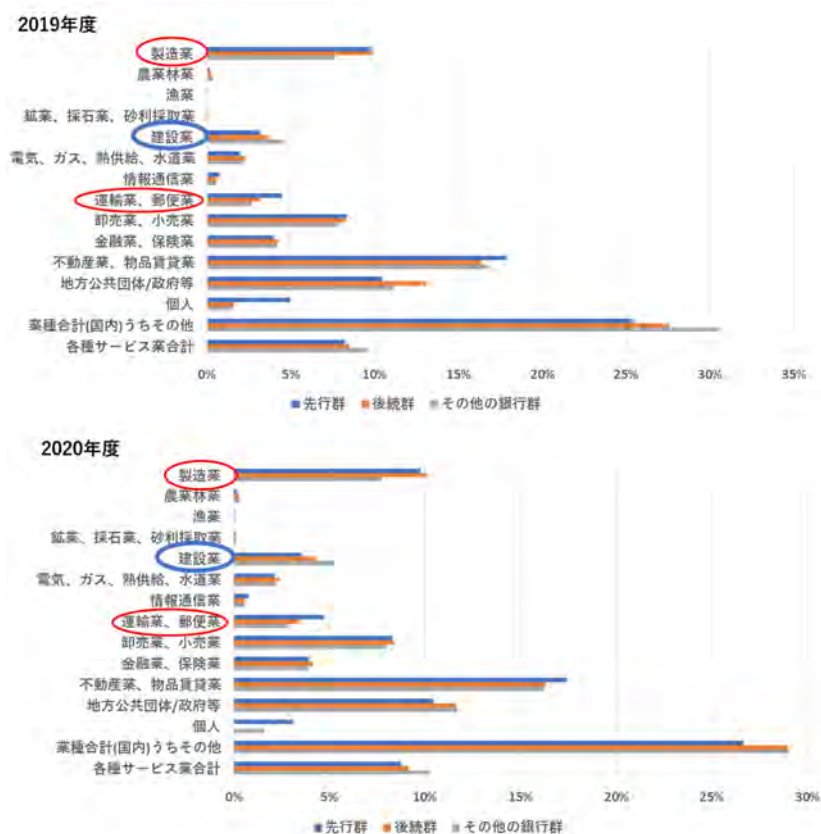
<sup>7</sup> 2019 年度、2020 年度の三重、第三、2019 年度の第四、北越、十八、親和は合算して、三十三、第四北越、十八親和としてカウントしている。以降のデータについても合算して集計している。

年度末時点で指定金融機関となっていない銀行 56 行<sup>8</sup>を「その他の銀行群」<sup>9</sup>とし、これら 3 つのグループで収益性や健全性を示す指標を比較し特徴的な差がみられるか確認する。

## 分析結果

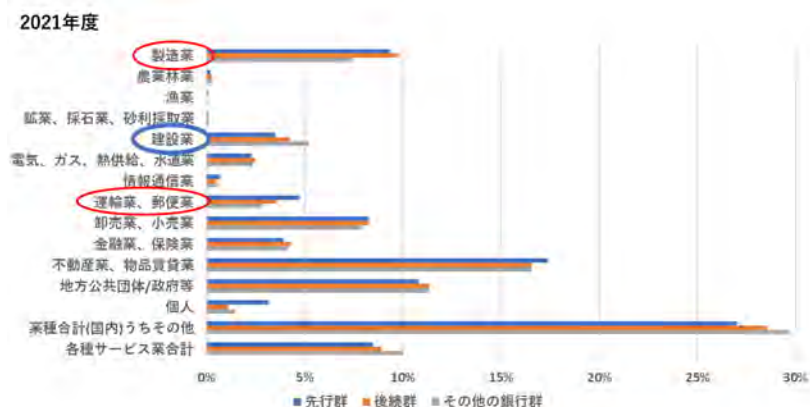
まず、3 つのグループにおける業種別貸出金の構成比（平均値）を確認する（図表 4）。業種別貸出金の構成比をみると、ESG 積極的銀行の先行群および後続群は、その他の銀行群に比べ「製造業」「運輸業、郵便業」の割合が高い。当該利子補給事業に参加している銀行は、ほかの業種に比べ比較的 GHG 排出量の多い「製造業」への貸し出しが多く、早くから気候変動対応の必要性を認識していると考えられる。また、どの年度も「建設業」は先行群が低めでその他の銀行群が高めという割合になっていた。

図表 4 業種別貸出金の構成比（平均値）



<sup>8</sup> 2019 年度の指定金融機関となった地方銀行 19 行のうち、2020 年度以降は指定金融機関となっていない 1 行は、その他の銀行群に含めている。

<sup>9</sup> その他の銀行群にカウントしている地方銀行のうち TCFD 提言への賛同を表明していない銀行（グループでの賛同を表明している先は除く）は 13 行であった。（2022 年 12 月末時点）



(出所) QUICK FINER COMPASS、各行決算資料より日興リサーチセンター作成

次に図表 5 は 3 つのグループにおける利益指標と健全性指標を比較した表である。

図表 5 各群における利益指標と健全性指標<sup>10</sup>

実施年度	2019年度			2020年度			2021年度			
	先行群	後続群	その他の銀行群	先行群	後続群	その他の銀行群	先行群	後続群	その他の銀行群	
自己資本比率	平均値	10.58	9.57	9.26	10.89	9.86	9.55	10.71	9.75	9.56
	標準偏差	2.00	1.49	1.80	2.37	1.51	1.92	2.06	1.45	1.74
	第一四分位	9.05	8.51	8.18	9.13	8.77	8.33	9.28	8.78	8.47
	中央値	10.34	9.14	8.50	10.43	9.43	9.12	10.26	9.57	9.38
	第三四分位	12.01	10.33	9.98	11.96	11.25	10.03	11.79	11.11	10.14
不良債権比率 (総与信残高比率)	平均値	1.67	1.78	2.26	1.83	1.82	2.29	1.87	1.89	2.36
	標準偏差	0.57	0.44	1.85	0.79	0.44	1.81	0.95	0.48	1.65
	第一四分位	1.16	1.43	1.37	1.32	1.44	1.40	1.25	1.48	1.57
	中央値	1.53	1.69	1.82	1.68	1.73	1.95	1.69	1.77	2.04
	第三四分位	2.10	2.09	2.44	2.21	2.20	2.56	2.05	2.32	2.52
ROA(当期純利益 ベース)	平均値	0.15	0.09	0.13	0.09	0.15	0.11	0.18	0.17	0.12
	標準偏差	0.15	0.17	0.12	0.15	0.06	0.12	0.08	0.06	0.13
	第一四分位	0.11	0.10	0.07	0.06	0.12	0.07	0.09	0.13	0.09
	中央値	0.18	0.14	0.11	0.12	0.15	0.10	0.18	0.16	0.13
	第三四分位	0.23	0.17	0.18	0.18	0.20	0.15	0.23	0.21	0.17
ROE(当期純利益 ベース)	平均値	2.98	1.87	2.64	1.91	3.61	2.63	4.04	4.06	2.83
	標準偏差	2.80	4.15	2.08	3.39	1.32	2.52	1.52	1.11	3.86
	第一四分位	2.51	1.92	1.70	1.73	2.41	2.00	3.31	3.36	2.39
	中央値	3.20	2.48	2.37	2.50	3.81	2.48	4.14	4.13	3.25
	第三四分位	4.54	4.09	3.54	3.70	4.84	3.37	4.64	4.94	4.18

(出所) QUICK FINER COMPASS、各行決算資料より日興リサーチセンター作成

<sup>10</sup> 各指標は下記の計算により算出しているため各行が開示している数値と異なる場合がある。なお平均値はいずれも各行の単純平均である。

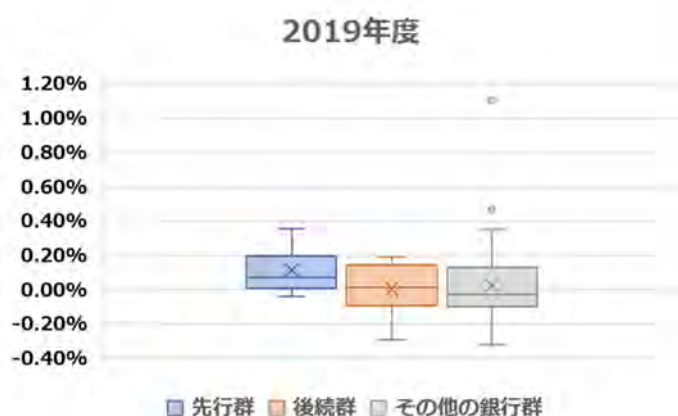
- ・自己資本比率については、国内基準行は自己資本比率、国際統一基準行は Tier1 比率を使用。
- ・不良債権比率 = 金融再生法開示債権残高 (単体) ÷ 総与信残高 (単体)
- ・ROA = 当期純利益 (単体) ÷ 総資本 (単体)
- ・ROE = 当期純利益 (単体) ÷ 純資産の額 (単体)

健全性の指標である自己資本比率は標準偏差を除く各統計値でいずれの年度も先行群、後続群、その他の銀行群の順に大きくなっている。また不良債権比率の平均値はいずれの年度においてもその他の銀行群が2.2%を越しているが、ESG 積極的銀行は1.9%未満となっており、2020年度を除けば平均値、中央値とも後続群よりも先行群の方が小さい値になっている。2019年度から当該利子補給事業に参加している先行群は経営状態の安定している銀行が多く、こうした事業への積極的な参加には企業体力に余力のある銀行が多いと推察される<sup>11</sup>。

一方、収益性の指標であるROAおよびROEの平均値は先行群、後続群とも年度によって大きく異なり、その他の銀行群と比較すると年度により関係性にばらつきがある。収益性の面では、ESG 積極的銀行か否かで特徴的な差は見られなかった。

次に図表6は3つのグループにおける顧客向けサービス業務利益率<sup>12</sup>を比較した図である。なお、顧客向けサービス業務利益とは地方銀行における貸出・手数料ビジネスの利益であり、金融庁はこの指標を地方銀行の本業の利益としている（詳しくは森田[2022]を参照されたい）。

図表6 顧客向けサービス業務利益率の比較<sup>13</sup>

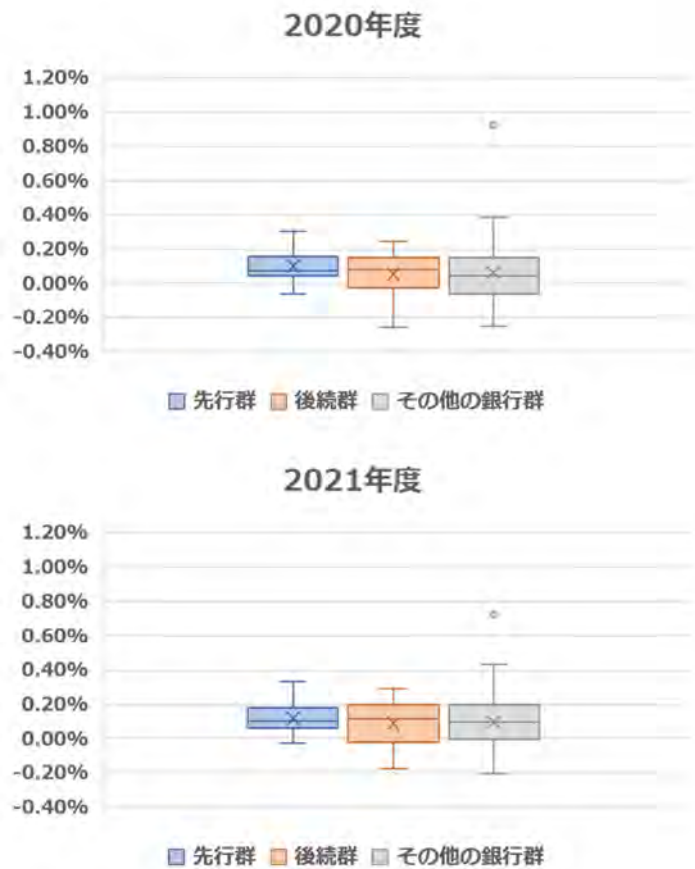


<sup>11</sup> 本稿での国際統一基準行は、2022年3月末時点における群馬、千葉、横浜、八十二、静岡、滋賀、中国、山口、伊予、名古屋、北國の11行であり、内訳は先行群に6行、後続群に3行、その他の銀行群に2行となっている。

<sup>12</sup> 顧客向けサービス業務利益率 = (貸出金残高 × 預貸金利回り差 + 役務取引等利益 - 営業経費) / 預金残高

<sup>13</sup> 最大値の外側に表示されている点は外れ値とみなされる。





(出所) QUICK FINER COMPASS、各行決算資料より日興リサーチセンター作成

各年度において先行群の顧客向けサービス業務利益率の最小値は、後続群やその他の銀行群の最小値よりも高くなっている。しかし、後続群、その他の銀行群では各年度において平均値、中央値、最小値が前年度比プラスになっており、先行群との差は縮小している。顧客向けサービス業務利益率という収益性の指標でも先行群、後続群とその他の銀行群の間には特徴的な差は見られなかった。

## 5. まとめ

カーボンニュートラル実現のため、金融機関は自身における取り組みや開示以外にも間接金融の面から ESG 金融を拡大し取引先企業の脱炭素支援を進める必要がある。特に全国の中小企業において地域脱炭素を進めるにあたり地方銀行に期待される役割が大きい。そこで地域脱炭素に意識的に取り組んでいる地方銀行の特徴を調査するため、今回は一例として、環境省の「地域脱炭素融資促進利子補給事業」を紹介し、同じく環境省の「地域 ESG 融資促進利子補給事業」において指定金融機関となった地方銀行を ESG 積極的銀行とみなし、先行群、後続群、その他の銀行群とグループに分けて比較した。なお、当該支援事業のほかにも ESG・SDGs 関連の支援事業は多くあり、今回 ESG 積極的銀行とカウントしなかった地方銀行においても脱炭素への活動が行われており、両者に差が出にくいことは留意すべき点である。

---

分析結果は先行群、後続群、その他の銀行群の順に自己資本比率が高く不良債権比率が小さいことが分かり、ESG 金融に積極的な銀行は比較的経営が安定していることが分かった。一方で ROA や ROE、顧客向けサービス業務利益率などの収益面で比較すると、両者に特徴的な差は見られなかった。ESG 金融は短期的な収益性の追求ではなく、長期的な目線で中小企業の脱炭素支援とそれに伴う長期的な収益に歩を合わせることが重要であろう。1 期間での ROA や ROE ではなく、長期的な視点での分析は今後の課題としたい。

#### 参考文献

金融庁, 金融機関における気候変動への対応についての基本的な考え方

[https://www.fsa.go.jp/news/r4/ginkou/20220712/kikouhendou\\_dp\\_final.pdf](https://www.fsa.go.jp/news/r4/ginkou/20220712/kikouhendou_dp_final.pdf)

環境省, カーボンニュートラルに向けた地域での脱炭素経営

[https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/sho\\_energy/data/r3\\_shoene\\_seminar01.pdf](https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/sho_energy/data/r3_shoene_seminar01.pdf)

環境省, ESG 地域金融に関する取組状況について

<https://www.env.go.jp/content/900518832.pdf>

森田[2022], 「【Research Report】顧客向けサービス業務利益から考える地方銀行の役割」

<https://www.nikko-research.co.jp/library/11546/>

---

## 【Appendix】気候変動対応において金融機関をとりまく環境

第2章で大別した金融機関の気候変動対応①～③は独立ではなく相互的に繋がっていると考えられる。ここでは情報開示とGHG排出量の計測の面から相互的な繋がりを確認する。

- ①金融機関自身の気候関連リスクと機会の把握
- ②監督当局や株主などのステークホルダーに向けた情報開示やその他対応
- ③取引先企業やその地域への資金提供やコンサルティング等の脱炭素支援

情報開示についてはTCFDという効率的な気候関連財務情報開示を促す民間のタスクフォースがあり、2022年12月22日時点において世界で4,075の金融機関、企業、政府等が賛同表明をしている。日本においてはプライム市場の上場会社にTCFDまたはそれと同等の枠組みに基づく開示を求める動きがあるなど、TCFDの提言する4項目（ガバナンス、戦略、リスク管理、指標と目標）を開示することの重要性が大きく増している。

TCFDにおける気候関連リスクは物理的リスクと移行リスクに大別され、物理的リスクは自然災害や天候の変化による資産や担保の毀損、事業への影響が生じるリスクのことである。仮に上記のリスクが顕在化すると、金融機関側にも当該取引先企業への投融資を通じて影響が出ることになる。また、移行リスクはカーボンニュートラルの実現に伴う規制の強化や技術の変化、消費者行動や選好の変化によって事業への影響が出るリスクのことを言い、これも信用リスクや与信の面などから金融機関にも影響が生じると考えられる。これらのリスクは金融機関のリスクにも繋がるため、リスクを把握（①）し情報を開示する（②）必要がある。金融機関はリスクの評価に基づき、リスクを軽減するために対応が遅れている取引先企業の支援をする（③）ことが重要であり、取引先企業の業態や地域の特性、投融資額、各取引先企業の気候変動への対応状況などを考慮した対話が必要となる。

GHG排出量の計測については、オランダで設立されたイニシアティブであるPCAF（Partnership for Carbon Accounting Financials）が投融資先の排出量を測定する方法を提示しており、TCFDは金融機関に対して当該測定手法を用いることを推奨している。PCAFによる投融資先のGHG排出量の算定方法では個別企業の排出量を推定値ベースで代替することも可能であるため、排出量の評価（①）と開示（②）を可能にするイニシアティブとなっている。排出量の評価（①）では、データクオリティが高くより正確なのは投融資先の企業が算定・公表した排出量の数値を用いることである。取引先企業が自社のGHG排出量を算定していない場合には、金融機関が算定の支援を行う（③）ことで金融機関自身の正確なリスク把握に繋がり、新たな取引・収益機会、リレーションの確立に繋がる可能性がある。

(END)

## 核融合発電技術の展望と課題

2023年2月

投資工学研究所 成田 和弥

社会システム研究所 中澤 安弘

### 1. はじめに

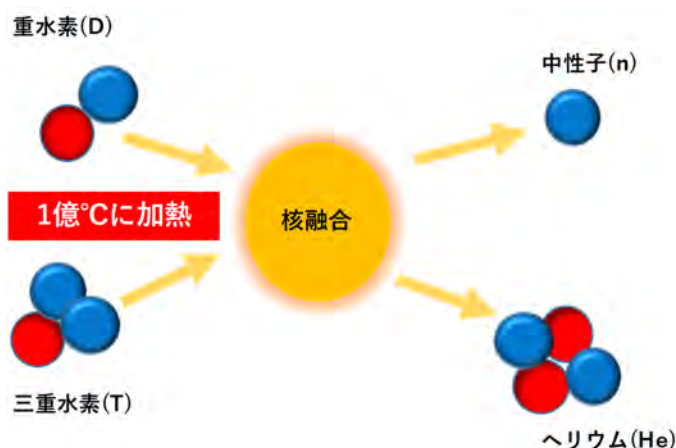
核融合発電の研究は、太陽の中心部で起こる核融合反応を地球上において再現しようとする試みで、「夢の技術」と捉えられてきた。研究開始から約70年の歴史があるが、実用化には更に30年程度を要するとみられている。しかし、ここ2年間で、日米欧など世界の核融合実験炉においていくつかの注目される成果が発表されるとともに、関連するスタートアップ企業への多額の資金流入もあり、実用化に向けて研究開発が加速しつつある。もはや、「夢の技術」は「夢」でなくなりつつある。本稿では、核融合発電の原理や利点、技術開発の進捗状況、国際共同プロジェクトやスタートアップ企業の動向、核融合発電の実用化への課題などについて報告する。

### 2. 核融合発電とは

#### 2.1 核融合と核分裂の違い

核融合反応は、原子力発電の炉内で起こる核分裂反応とは全く異なる反応である。核分裂は、ウラン235のように質量の重い原子核が分裂するときに莫大な熱が発生する反応であり、分裂が始まると連鎖的に反応が続く。一方、核融合では、図表1のように重水素(Deuterium)や三重水素(Tritium)のような軽い原子核同士が融合しヘリウムなどの元素に変わる時に中性子が分離し、質量欠損に伴い莫大なエネルギーが発生する。

図表1 核融合反応のイメージ図



(注)赤丸は陽子、青丸が中性子、通常の水素は中性子を持たないが、重水素は1つ、三重水素は2つの中性子を持つ  
(出所) 文部科学省資料などをもとに日興リサーチセンター作成

---

現状の核融合炉の研究では、図 1 に示した重水素と三重水素を燃料として核融合反応を起こさせる方式が主流である。この反応を各燃料の頭文字を取って DT 反応と呼ぶ。この反応を起こさせるために 1 億℃レベルに加熱し、重水素と三重水素を高温プラズマの状態（原子核と原子核の周りを回る電子を超高温度状態にすることでバラバラに飛び回る状態）とし、原子核同士がぶつかり合い合体（融合）しやすい環境を作る必要がある。太陽中心部の温度は約 1600 万℃で、通常の水素である軽水素同士が反応して核融合を起こすが、これは太陽の強い重力により高密度状態であるため、この反応が起こる。しかし、地球上での反応では、そこまでの高密度は再現できないため、1 億℃レベルの加熱が必要となる。因みに重水素同士の DD 反応では 5 億℃以上の加熱をしないと地球上では核融合反応を起こせない。

## 2.2 核融合発電がなぜ注目されるのか？

最近、日本でも核融合発電が注目され始めたのは、2021 年秋に岸田政権発足後に打ち出された「新しい資本主義」における成長戦略の中で、脱炭素の実現に向けたクリーンエネルギー政策として、「核融合発電」が盛り込まれたことも関係する。2023 年 3 月には国家戦略として「核融合戦略」が策定される予定である。また、この 2 年程度で日本の国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 (QST)、米国のローレンス・リバモア国立研究所 (LLNL) の国立点火施設(NIF)、英国の公的研究機関 UK Atomic Energy Authority (UKAEA) の STEP (Spherical Tokamak for Energy Production) など、国内外でのプロジェクトで実用化に向けて研究開発の進展が見られたことも挙げられよう。加えて、これらに関連した日米欧などのスタートアップ企業に対し、ベンチャーキャピタルや民間企業、著名 IT 系企業経営者などから多額の資金が流れ始めており、核融合エネルギーの研究開発が加速しつつある。

核融合発電のメリットとして、①**特定の国に偏在しない豊富な資源**～海水から燃料である重水素やリチウム(三重水素生成に使用)がほぼ無尽蔵に入手可能、②**少ない燃料から莫大なエネルギーを取得可能**～燃料 1g から石油 8 トン分(タンクローリー 1 台分)のエネルギーが取得可能 (原子力発電の場合、ウラン燃料 1g から石油 1.8 トン分のエネルギー)、③**原子力発電と比較して安全**～核融合反応は燃料投入や加熱を止めれば、反応は停止、④**環境保全性**～発電時に二酸化炭素は排出しない、などが挙げられる。加えて、反応後の放射性廃棄物管理については、原子力発電(核分裂)が出す高レベルの放射性廃棄物を出さず、**低レベルの放射性廃棄物**にとどまる。原子力発電が出す高レベルな放射性廃棄物は半減期が極めて長く、1 万年以上経過しないと安全な放射性レベルには達しない。一方、核融合反応で出る放射性廃棄物は半減期が比較的短く、100 年で 100 万分の 1 になり、安全な放射性レベルに達する。

図表 2 次世代エネルギー候補として注目される核融合発電

核融合発電のメリット	
①	特定の国に偏在しない豊富な資源(重水素やリチウムは海水から入手可能)
②	少ない燃料から莫大なエネルギーを取得可能(燃料1gから石油8トン分のエネルギー)
③	原子力発電と比較して安全(燃料投入を止めれば、核融合反応も停止、暴走しない)
④	環境保全性(発電時にCO2を排出しない)

(出所) 文部科学省および内閣府などの資料をもとに日興リサーチセンター作成

核融合エネルギーは実用化までには未だ 30 年以上かかる見通しで、詳細は後述するが、課題としては、①技術的なハードル、②経済性の問題が挙げられる。前者では、超高温レベルの長時間の維持、もう一つの燃料である三重水素の核融合炉内での増殖効率向上、熱効率の大幅な向上などが挙げられる。一方、後者では膨大な投資規模がある。後述する国際プロジェクト ITER の実験炉は発電機能を有さない施設ながら、3兆円近い投資規模に膨らみ、発電機能を有する原型炉の建設には更に2兆円規模の投資が必要、将来、商用核融合炉1基を建設するのに5千億～1兆円程度の投資規模となる可能性もある。

ただ、投資規模は巨額とは言え、核融合発電は、燃料がほぼ無尽蔵で、少ない燃料で莫大なエネルギーを取得でき、CO2を排出しない電源となる可能性があり、長期的な観点で、環境問題とエネルギー安全保障問題を解決できる次世代のエネルギーとして重視する必要もあろう。燃料資源に乏しく、海に囲まれる島国日本にとって、理想的な発電方式になる可能性を秘めていると捉えられる。

### 3. 核融合エネルギーに対する各国の取り組みと国際プロジェクト

#### 3.1 核融合エネルギー実用化に向けた各国の取り組み

核融合発電技術は、エネルギー自給率を向上させ、CO2を排出しないクリーンエネルギーとしてカーボンニュートラル推進に貢献できる期待の技術と位置付けられる。

核融合発電における核融合炉の実用化までの開発には1兆円単位の巨額な投資が必要なため、宇宙産業と同様に主要国が協力し技術開発を進める国際共同プロジェクトが行われている。この核融合エネルギーの国際共同プロジェクトは、1985年に米国と旧ソ連の首脳会談において、核融合研究を国際協調のもとで進めることが提唱されたことに端を発している。その後、日米中露を中心として検討が進められ、2001年11月に国際共同プロジェクト「国際熱核融合実験炉」(ITER、イーター)設立に向けた政府間協議を開始、2006年11月には日本、欧州、米国、ロシア、インド、中国、韓国の7極がITER協定を締結、ITER計画が本格的に始動した。2007年10月にフランスのサン・ポール・レ・デュランスにて実験炉の建設を開始、2025年に実験炉の運転、2035年に核融合反応の実証を目指している。



図表 3 国際共同プロジェクト ITER と日本における核融合実験炉



(出所) 文部科学省資料 ([https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shinkou/iter/019.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/iter/019.htm))

核融合発電の研究は、実用化に向けて3つの段階に分けられ(図表 3)、プロジェクトが進められている。

### (1) 科学的実現性の確立

核融合プラズマ生成に必要な加熱エネルギーにより、核融合反応(DT反応)が起きた時に出力されるエネルギーが大きくなる状態「臨界プラズマ条件」を達成する。「臨界プラズマ条件」の達成については目途が立ちつつある。

### (2) 科学的・技術的実現性の確立

核融合プラズマが加熱を止めても核融合エネルギーにより、反応が持続する状態「自己点火条件」の達成と核融合プラズマの長時間維持を目指す。実験炉建設を通して炉工学技術の進化、エネルギー源である中性子に耐えうる材料開発、核融合炉から熱を取り出す技術など、研究開発が進む。

### (3) 技術的実証・経済的実現性の確立

実際に発電を行い、発電効率を高めるなど経済性の向上を図る段階。日本においても核融合原型炉(発電機能を有する核融合実験炉)JA-DEMOの建設が検討されている。

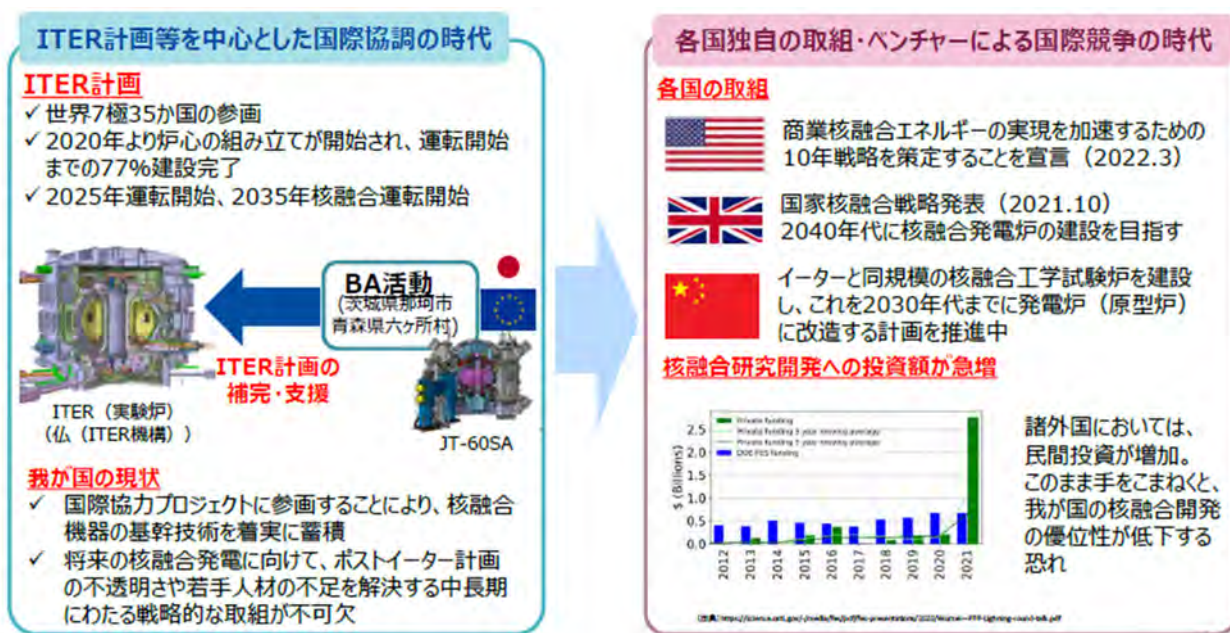
大型国際共同プロジェクト ITER 計画の目標は、①高い核融合エネルギー増倍率、②長時間燃焼の実証、③核融合炉工学技術の実証であるが、現状では上記の(2)の段階にある。ITER 計画では、上記(1)科学的実現性の確立、(2)科学的・技術的実現性の確立をクリアし、50万kW(大型原子力発電所は約100万kW/基)の核融合出力を長時間継続するという最終目標の達成に向け、各要素技術や各装置・部品・素材の開発や実験が進められている状況にある。

### 3.2 国際協調から国際競争の時代へ

7 極が参画する ITER 計画では、2025 年を目標に核融合実験炉 ITER（発電機能のない実験炉）の運転開始を目指し、2.5 兆円以上の投資規模となっている。また、日欧の国際条約である、より広範な取り組みに対する協定（BA 協定、Broader Approach Agreement）が締結されており、核融合炉の原型炉（熱から電気を取り出す発電機能実証のための実験炉、「DEMO」と呼ぶ）の稼働を目指した ITER 計画を補完する研究開発プロジェクト(BA 活動)も進められている。日本は ITER 計画では準ホスト国、BA 活動では、ホスト国として主導的な役割を果たしている。本格的な BA 活動は、ITER 計画において核融合実験炉が運転に成功することが前提であるが、設備設計や必要となる装置・部品・材料の開発などの準備は着実に進められているようだ。ITER 計画、BA 活動の計画では、2035 年頃を目途に原型炉の完成、運転開始を目指している。

ITER 計画の進捗状況や研究成果は各国に共有されるとともに、主要国にある各実験炉や関連研究所は ITER への装置、材料などの供給で貢献をしている。ITER 計画の進捗や世界の核融合実験の成果を見極めながら、米国、英国、中国など主要国でも核融合炉の開発を加速する動きもみられ、核融合技術を有するスタートアップ企業に対する資金流入も大型化しつつある。もはや、核融合エネルギーの研究開発は、ITER 計画を中心とした「国際協調の時代」から、各国独自の取組・ベンチャーによる「国際競争の時代」に突入しつつある(図表 4)。日本としても、核融合発電の開発において、主要装置・部品の研究開発を加速し、諸外国との技術優位性を確保しつつ産業競争力の強化につなげる必要がある。岸田内閣は、国家戦略のひとつとして、2022 年より有識者会議なども開催し「核融合戦略の策定」（産業支援策）を進めてきた。2023 年 1 月に骨子はまとまっており、3 月には完成する予定である。

図表 4 核融合エネルギー開発は国際協調から国際競争の時代へ



(出所) 内閣府「核融合戦略の策定について」(<https://www8.cao.go.jp/cstp/fusion/index.html>)

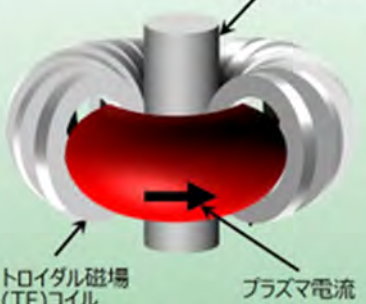
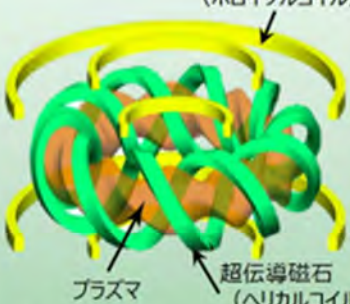
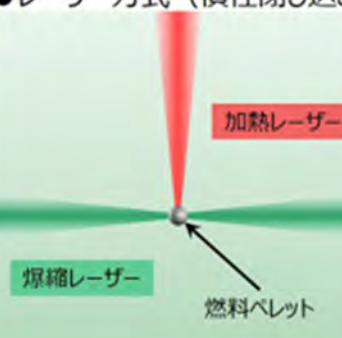


## 4. 核融合発電の種類と利点・弱点、各プロジェクトの進捗状況

### 4.1 核融合発電におけるプラズマの閉じ込め方法

核融合反応における高温プラズマを包み込む方法として、磁場閉じ込め方式であるトカマク型とヘリカル型、慣性閉じ込め方式であるレーザー方式と主に3つが挙げられる(図表 5)。ここでは、この3つの方式について解説する。

図表 5 核融合反応における3つの方式

<p>●トカマク型 (磁場閉じ込め)</p> <p>中心ソレノイド(CS)コイル</p>  <p>トロイダル磁場 (TF)コイル</p> <p>プラズマ電流</p>	<p>●ヘリカル型 (磁場閉じ込め)</p> <p>超伝導磁石 (ポロイダルコイル)</p>  <p>超伝導磁石 (ヘリカルコイル)</p> <p>プラズマ</p>	<p>●レーザー方式 (慣性閉じ込め)</p>  <p>加熱レーザー</p> <p>燃料ペレット</p> <p>爆縮レーザー</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○TFコイルが作る磁場と、プラズマ電流が発生させる磁場を重ね合わせ、ドーナツ状のねじれた磁場のかごを形成</li> <li>○閉じ込め性能が高く、核融合反応に必要な条件のプラズマ生成に成功 ⇒ITERで採用</li> <li>○プラズマ電流はCSコイルや加熱装置により発生 ⇒プラズマの安定性に課題</li> <li>○日本は、JT-60でイオン温度5.2億度(世界記録)達成など、世界トップレベル</li> </ul> <p>核融合実験炉ITER &lt;ITER機構&gt; 大型トカマク装置JT-60SA &lt;(国研)量子科学技術研究開発機構&gt;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ドーナツ状のねじれた磁場のかごを作るためにねじれたコイルを使い、プラズマ電流を必要としないことが特徴</li> <li>○プラズマの安定性に優れ、長時間運転に優位性 ⇒LHDによる定常運転(約1時間)は世界記録</li> <li>○プラズマはコイルに沿ってらせん状になる ⇒粒子が飛び出しやすく、閉じ込め性能に課題</li> </ul> <p>大型ヘリカル装置LHD &lt;(共)核融合科学研究所&gt;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○燃料ペレットをレーザーで瞬時に加熱・蒸発させ、中の燃料に爆発的な圧力をかける爆縮という現象が発生</li> <li>○閉じ込め時間は燃料プラズマが慣性によりその場に留まるほんの瞬間であり、その間に核融合反応を起こす必要</li> <li>○レーザーの効率向上や、大量のペレットに順次レーザーを精密に照射し続けること等が課題</li> </ul> <p>激光XII号・LFEX &lt;大阪大学&gt;</p>

(出所) 文部科学省資料 ([https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shinkou/iter/019.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/iter/019.htm))

#### 4.1.1 トカマク型

トカマク型は炉内での高温プラズマ状態を、磁場を使って閉じ込めるため、図表 5 左のように D の形をした TF コイルを円状に並べ、コイルの中にドーナツ状の磁場を発生させる。一方、ドーナツの穴を通した円筒形の CS コイルと加熱装置により、ドーナツ中心部にもプラズマ電流を流すことで磁場を発生させ、この2つの磁場の重ね合わせにより作られた磁場のかごによって、高温プラズマを包み込む形である。

#### 4.1.2 ヘリカル型

ヘリカルとは日本語で「螺旋」、「捻れ」を意味する。トカマク型と同様にドーナツ状の磁場のかごで

安定的にプラズマを閉じ込めるために捻れた磁力線を作る必要がある。この捻れを作るためにヘリカルコイルという捻れたコイルを使用する。複雑な形状のコイルであるため製作の難易度が高いが、トカマク型のようにプラズマに誘導電流を流す必要がない。トカマク型との比較では、定常運転能力に優れるが、プラズマはコイルに沿って螺旋状になり、粒子が飛び出しやすく閉じ込め性能に課題が残る。

#### 4.1.3 レーザー方式

強力なレーザーを、燃料を封じ込めた直径数ミリ程度のペレット内燃料球に照射し、「爆縮」を起こしてペレットの中心部に高温プラズマ状態を作り核融合反応を発生させる。「爆縮」とは、非常に強力なレーザーをごく瞬間的(10億分の1秒程度)に燃料球に照射し、燃料球が固体密度よりも高密度に圧縮され超高温状態となりプラズマ状態が形成され核融合反応が起こる。一瞬の強力なレーザーの照射で圧縮・加熱を起こす中心点火方式と、圧縮時の強度レーザー照射、加熱時の超強度加熱レーザー照射の二段階にレーザー照射を行う高速点火方式(図表5右は同方式のイメージ図)がある。今後の課題として、核融合発生率の向上などが挙げられる。

図表6 磁場閉じ込め方式と慣性(レーザー)閉じ込め方式の比較

方式	磁場閉じ込め方式(トカマク型/ヘリカル型)	慣性(レーザー)閉じ込め方式
主な施設名	国際共同プロジェクトITER、JT-60SA(量子科学技術研究開発機構)、LHD(核融合科学研究所)など	米国NIF(ローレンス・リバモア国立研究所)、小型核融合炉CANDY、大阪大学レーザー科学研究所など
利点	長年の研究実績とデータの蓄積 (国際共同プロジェクトITER計画)	核融合発生領域が狭い(数mm程度) 要素技術の独立した形での開発が可能 レーザー入射頻度で発電量を調整可能
課題	定常運転(ヘリカル型は定常運転に優れる点があるが、閉じ込め性能に課題が残る)、要素技術の同時実現・設計等に課題、巨額な投資の抑制	核融合発生率(反応効率/安定性)の向上、燃料ターゲットは狭いが、レーザー光を照射するため、通常の核融合炉並みの施設スペースが必要

(出所) 文部科学省資料など各種資料や講演を参考に日興リサーチセンター作成

## 4.2 各プロジェクトの進捗状況

ここで、前節で紹介した核融合発電の各方式における研究開発の進捗状況について紹介する。

### 4.2.1 トカマク型

トカマク型は、IAEA(国際原子力機関)の統計<sup>1</sup>によれば、世界に約140施設の実験炉があるなか77

<sup>1</sup> IAEA (International Atomic Energy Agency) FusDIS <https://nucleus.iaea.org/sites/fusionportal/Pages/FusDIS.aspx>

---

施設で同方式が採用されている。核融合の3方式の中では、国際プロジェクト ITERをはじめ、世界で最も多くの研究施設で採用されており最も研究が進められている方式である。日本においても、QST 那珂研究所の JT-60SA などこの方式が採用されているおり、トカマク型の核融合実験におけるこれまでの世界最高プラズマ温度は、JT-60SA の前身である JT-60U が 1996 年に達成した 5.2 億℃である。また、エネルギー増倍率  $Q$  も 1998 年に 1.25 を記録しており、これもトカマク型としては、2023 年 2 月現在の世界最高値である。

また、民間企業においても、2022 年 3 月 10 日に英国の核融合ベンチャーであるトカマク・エナジーが民間資金で建設された施設では初めて、商用核融合発電を行える温度であるプラズマ温度 1 億℃を核融合実験装置「ST40」にて達成させたことを発表している。

今後トカマク型は、ITER 実験などを通して、エネルギー増倍率  $Q$  の増大（ITER 実験ではエネルギー増倍率  $Q \geq 10$  が目標。商用化にはエネルギー増倍率  $Q \geq 30$  程度が必要）やプラズマ持続時間を延ばすことを目指し、商用核融合に繋げていくことを計画している。

#### 4.2.2 ヘリカル型

IAEA 調査によれば、世界の実験炉 15 施設でヘリカル型（欧米ではステラレーター型、日本ではヘリオトロン型と呼ぶこともある）が採用されている。ヘリカル型の世界最大級の核融合炉が日本の核融合科学研究所にある大型ヘリカル装置(LHD ; Large Helical Device)である。LHD では、1 時間以上のプラズマの維持を 2005 年に達成しており、1.2MW の出力時でもプラズマの維持を 48 分間達成している。日本の「大規模学術フロンティア推進事業」の一環であった、重水素を用いた LHD プロジェクトは 2022 年度で終了するが、今後は軽水素を用いてプラズマの性質についてより学術的な研究を行う方針である。

海外のヘリカル型核融合実験炉としては、ドイツにあるマックス・プランクプラズマ物理学研究所が建設したヴェンデルシュタイン 7-X が著名である。これまでの実績として、2018 年に「プラズマ温度 4000 万℃、閉じ込め時間 0.2 秒」、「プラズマ温度 2000 万℃、閉じ込め時間 100 秒」を達成し、当時の核融合積（プラズマ温度、プラズマ密度、閉じ込め時間の積でプラズマの品質を表す指標の一つ）の最高値を達成した。現在はコロナの影響のため計画がやや遅れているものの、30 分に及ぶ長時間のプラズマの持続を目標に装置のアップデートを行っている。

#### 4.2.3 レーザー方式

世界の実験炉 11 施設でレーザー方式が採用されている。2022 年 12 月 5 日、米国の LLNL の NIF が、史上初めて核融合エネルギー(3.15MJ)が投入エネルギー(2.05MJ)を上回る核融合点火状態を達成した。NIF は、2023 年にはレーザーエネルギーをさらに 8%アップグレード(2.2MJ) にすることでより高いエネルギー増倍率を達成することを計画している。

日本においては、大阪大学レーザー科学研究所にある「激光 XII 号」などで採用されている。

レーザー方式全般の実用化への課題としては、定常運転性能を上げることが求められている。今回のNIFによる実験では1回のレーザー射出に8時間必要だが、商用化するには、その射出頻度を1秒間に10回程度に高める必要がある。また、エネルギー増倍率Qも100以上を目指す必要があり、高効率のレーザー装置の開発が行われている。

## 5. 核融合発電の技術研究開発における各プレイヤーの動向

### 5.1 巨額の資金を集める欧米のスタートアップ企業

米核融合産業協会（Fusion Industry Association ※以下、FIS）の2022年版のレポートやブルームバーグなどによると、2022年現在、全世界の核融合のスタートアップ企業に投じられた資金は累計48億ドル超となっている。2021年時点では、調達資金の総額は20.3億ドルであったため、1年間で倍以上となっており、核融合に世界的な注目が集まっていることをスタートアップ企業への投資額からも読み取れる。また、資金だけでなく、直近は前述した1億℃のプラズマ温度を達成させたトカマク・エネルギーのように公的な機関に匹敵する技術力を持ったスタートアップ企業もいくつか誕生しており、技術的にも民間企業への注目が高まっている。国際的にスタートアップ企業の数も増えているが、ここではFISの2022年版のレポートに記載されている33社のスタートアップ企業のうち資金調達金額上位10社を図表7に示す。

図表7 核融合技術の海外スタートアップ企業（資金調達金額上位10社）

会社名	所在国	設立年	調達金額	核融合方式
COMMONWEALTH FUSION SYSTEMS	アメリカ	2018	200,000万ドル超	磁場閉じ込め
TAE TECHNOLOGIES	アメリカ	1998	100,000万ドル超	磁場閉じ込め
HELION ENERGY	アメリカ	2013	57,700万ドル	複合式（磁場、慣性）
GENERAL FUSION	カナダ	2002	30,000万ドル超	複合式（磁場、慣性）
TOKAMAK ENERGY	イギリス	2009	25,000万ドル	磁場閉じ込め
ENN	中国	2006	20,000万ドル	磁場閉じ込め
ZAP ENERGY	アメリカ	2017	20,000万ドル	磁場閉じ込め
FIRST LIGHT FUSION	イギリス	2011	9,781万ドル	慣性閉じ込め
MARVEL FUSION	ドイツ	2019	6,500万ドル	慣性閉じ込め
TYPE ONE ENERGY GROUP	アメリカ	2019	5,175万ドル	磁場閉じ込め

（出所）各社ホームページ、FISの2022年版のレポートより日興リサーチセンター作成



10社の国別の内訳は、アメリカが半数の5社、イギリスが2社、カナダ、中国、ドイツが各1社となっており、欧米の企業がスタートアップでは中心的地位にいることが分かる。また、核融合の方式については、磁場閉じ込め方式が6社、慣性閉じ込め方式が2社、磁気閉じ込めと慣性閉じ込めの複合方式が2社となっており、磁場閉じ込め方式が多くなっている。ただし、大別すると同じ磁場閉じ込め方式でも各社によって実際の核融合の方式が異なっており、それぞれ独自技術や装置の研究開発を行い商用化の実現を目指している。

上位5社について直近の取り組み内容について簡単に紹介する。

### (1) COMMONWEALTH FUSION SYSTEMS

COMMONWEALTH FUSION SYSTEMS は、マサチューセッツ工科大学からスピノフした核融合ベンチャーである。高温超電導磁石の開発に強みがあり、2021年9月には、プラズマの閉じ込め性能に関わる磁場強度について、世界最高レベルの20テスラの磁場を発生させることに成功している。現在は、ITERより小型の核融合炉(SPARC)をMIT プラズマサイエンス&フュージョンセンターと協働し、2025年稼働を目標にマサチューセッツ州に建設中である。SPARCでは、自己点火条件を達成し、50～100MWの核融合電力を生成し、エネルギー増倍率Qは10を超えることを目標にしている。また、2030年代初頭に世界初の商業核融合炉(ARC)の稼働を計画している。

図表8 核融合技術の海外スタートアップ企業 ①COMMONWEALTH FUSION SYSTEMS

企業名	COMMONWEALTH FUSION SYSTEMS
会社HP	<a href="https://cfs.energy/">https://cfs.energy/</a>
設立年	2018年
本社所在地	アメリカ
社長/CSOなど	Bob Mumgaard, Dan Brunner, Brandon Sorbom, Dennis Whyte, Martin Greenwald, and Zach Hartwig
資本金/資金調達規模	200,000万ドル超
核融合方式	トカマク式
従業員数	300名以上
母体大学/提携企業・提携大学等	マサチューセッツ工科大学、Eni、Breakthrough Energy Ventures

(出所) 各社ホームページ、FISの2022年版のレポートより日興リサーチセンター作成

### (2) TAE TECHNOLOGIES

TAE TECHNOLOGIES は、1998年に物理学者ノーマン・ロスターカーを含む科学者によって設立された。磁場反転配位型という手法で核融合発電を目指している。2022年に第5世代原子炉であるノーマンが7500万℃以上のプラズマを維持することを達成し、住友商事も出資するコペルニクスと呼ばれる第6世代の研究用原子炉を現在建設中である。

また、日本の自然科学研究機構核融合科学研究所と連携し、LHDを用いて、DT反応と比較して放射

性中性子を発生させないクリーンでより安価な水素-ホウ素 (p-B11) 核融合反応について研究を行うことが決まっている。

図表 9 核融合技術の海外スタートアップ企業 ②TAE TECHNOLOGIES

企業名	TAE TECHNOLOGIES
会社HP	<a href="https://tae.com/">https://tae.com/</a>
設立年	1998年
本社所在地	アメリカ
社長/CSOなど	Michl Binderbauer
資本金/資金調達規模	100,000万ドル超
核融合方式	逆転磁場配位型 (磁場閉じ込め方式)
従業員数	400名程度
母体大学/提携企業・提携大学等	カリフォルニア大学、Google、核融合科学研究所(NIFS)

(出所) 各社ホームページ、FIS の 2022 年版のレポートより日興リサーチセンター作成

### (3) HELION ENERGY

2020 年に第 6 世代核融合発電炉「Trenta」では、16 カ月以上連続稼働し、1 万回以上の高エネルギー核融合パルスを発生させる実験を実施した。本実験ではプラズマ温度 1 億 400 万℃を達成している。なお、1 億℃を達成したのは民間核融合会社としては、HELION ENERGY が初めての会社である。

現在は、第 7 世代核融合発電炉「Polaris」のプロトタイプを 2024 年に稼働させることを目指して開発中。本実験では、投入エネルギーよりも大きい核融合エネルギーの生成を目標としている。また、重水素と重水素による核融合 (DD 反応) によるヘリウム 3 の生成も実証する。また、同時に核融合の定常運転のために、核融合反応の頻度を高めることも目標にしている。Trenta では、10 分に 1 回だった反応を、Polaris は 1 秒に 1 回に向上させる予定である。

図表 10 核融合技術の海外スタートアップ企業 ③HELION ENERGY

企業名	HELION ENERGY
会社HP	<a href="https://www.helionenergy.com/">https://www.helionenergy.com/</a>
設立年	2013年
本社所在地	アメリカ
社長/CSOなど	David Kirtley
資本金/資金調達規模	57,700万ドル
核融合方式	磁気慣性核融合方式 (磁場閉じ込め方式と慣性方式の複合)
従業員数	90名
母体大学/提携企業・提携大学等	NASA、国防総省、Y Combinator、Mithril Capital Management

(出所) 各社ホームページ、FIS の 2022 年版のレポートより日興リサーチセンター作成

#### (4) General Fusion

General Fusion は、2002 年にミシェル・ラベルジュ博士によって設立された。現在、英国原子力公社（UKAEA）と実証用プラント建設に合意し、英国政府によって財政的に支援を受けて、2025 年稼働を目標に商用発電所に必要なサイズの 70%相当で、プラズマ温度 1 億 5 千万℃を目指す核融合発電所をイギリスに建設中である。2030 年代に商用核融合炉の稼働を目指している。

図表 11 核融合技術の海外スタートアップ企業 ④General Fusion

企業名	General Fusion
会社HP	<a href="https://generalfusion.com/">https://generalfusion.com/</a>
設立年	2002年
本社所在地	カナダ
社長/CSOなど	Michel Laberge
資本金/資金調達規模	30,000万ドル超
核融合方式	磁気慣性核融合方式（磁場閉じ込め方式と慣性方式の複合）
従業員数	207名
母体大学/提携企業・提携大学等	ジェフ・ベソス、イリノイ大学など

（出所）各社ホームページ、FIS の 2022 年版のレポートより日興リサーチセンター作成

#### (5) TOKAMAK ENERGY

TOKAMAK ENERGY は 2009 年にイギリスに設立され、ITER と同じくトカマク型で核融合発電を目指している。2022 年 3 月に球状トカマク型核融合実験装置「ST40」で、民間資金で建設された実験装置では、世界で初めてプラズマ温度 1 億℃を達成した。また、商用核融合を見据えた実験を行うため、新しい高温超電導磁石を用いた核融合炉「ST80-HTS」を建設中である。最終的には 2030 年代半ばに商用核融合発電所を世界的に展開することを目指している。

図表 12 核融合技術の海外スタートアップ企業 ⑤TOKAMAK ENERGY

企業名	TOKAMAK ENERGY
会社HP	<a href="https://www.tokamakenergy.co.uk/">https://www.tokamakenergy.co.uk/</a>
設立年	2009年
本社所在地	イギリス
社長/CSOなど	Chris Kelsall
資本金/資金調達規模	25,000万ドル
核融合方式	トカマク式
従業員数	190名
母体大学/提携企業・提携大学等	Culham Centre for Fusion Energy、英国原子力庁、東京大学、イリノイ大学、オックスフォード大学

（出所）各社ホームページ、FIS の 2022 年版のレポートより日興リサーチセンター作成

## 5.2 日本の核融合関連注目スタートアップ企業4社

ここでは前節に続き、日本の核融合関連スタートアップ企業として、京都フュージョニアリング、ヘリカルフュージョン、EX-Fusion、クリーンプラネットの4社を取り上げる。

### (1)京都フュージョニアリング

2019年10月に設立。ITERに主要部品であるブランケットやジャイロトロンを納入する契約を締結。欧米の大学関連企業や国際共同で建設が進められている複数の核融合炉プロジェクトに対してブランケット(三重水素生成用装置)、ダイバータ(ヘリウム等不純物排出装置)、ジャイロトロン(プラズマ発生用電磁波発生装置)などの主要機器やプラント設計を供給することにより、核融合発電実用化に向けて貢献することを目指す。「究極的なエネルギーソリューション『核融合』によって地球の課題を解決し、人類に新たな未来をもたらす。」をビジョンに、「核融合を産業として確立させ、日本ならではの技術優位性に立脚した産業競争力を身につける。」をミッションに掲げる。

図表 13 日本のスタートアップ企業 ①京都フュージョニアリング

企業名	京都フュージョニアリング株式会社
会社HP	<a href="https://kyotofusioneering.com/">https://kyotofusioneering.com/</a>
設立日	2019年10月1日
本社所在地	東京都千代田区大手町一丁目6番1号 大手町ビル6階 Inspired.Lab
社長/CSOなど	共同創業者&CEO 長尾 昂(たか) /共同創業者&Chief Fusioneer 小西 哲之(さとし)
資本金/資金調達規模	1億円/累計調達額16.7億円と京都銀行、三井住友銀行、三菱UFJ銀行と総額7億円の無担保融資契約
主要な株主	京都大学イノベーションキャピタル(株)、Coral Capital、JICベンチャー・グロース・インベストメンツ、ジャフコグループ、大和企業投資、DBJキャピタル、JGI MIRAI Innovation Fund L.P.(日揮グループ)
シリーズ	シリーズBラウンドで総額13.3億円の資金調達(2022年2月2日付リリース)
従業員数	50名
事業内容	核融合炉に関する装置の研究開発・設計・製造、装置・コンポーネントの輸出
母体大学・研究所/提携企業・大学等	京都大学エネルギー理工学研究所/日揮HDなど

(注)資本金、資金調達額は会社HPやニュースリリースより日興リサーチセンター推計

(出所) 各社HP、日興リサーチセンター作成

### (2)ヘリカルフュージョン

2021年10月に設立。磁場閉じ込め方式で核融合エネルギーの早期実現を目指す。DNAに似た二重らせん構造の超伝導ヘリカルコイルを用いて高温のプラズマを安定に閉じ込めるヘリカル型に独自の最先端技術を取り入れた、世界初の定常運転の核融合炉の開発を目指している。「必要なエネルギーを必要な時に安心して得られる社会を」をビジョンに、「核融合エネルギーを実装した持続可能な世界を実現する」ことをミッションに掲げる。

図表 14 日本のスタートアップ企業 ②ヘリカルフュージョン

企業名	株式会社HELICAL FUSION (ヘリカルフュージョン)
会社HP	<a href="https://www.helicalfusion.com/">https://www.helicalfusion.com/</a>
設立日	2021年10月22日
本社所在地	東京都中央区銀座1丁目12番4号N&E BLD.6F
社長/CSOなど	共同創業者 代表 (研究開発担当) 宮澤 順一、共同創業者 代表 (経営担当) 田口 昂哉、共同創業者 取締役 柳 長門(ながと)、共同創業者 取締役 後藤 拓也
資本金/資金調達規模	N.A. /累計調達額約2億円
主要な株主	KDDI Green Partners Fund、Nikon-SBI Innovation Fund、日本マイクロソフト元社長 成毛 眞、レオス・キャピタルワークス代表取締役社長 藤野 英人、医学博士・メディアデザイン学博士 浅田 一憲、ユークレナ代表取締役社長 出雲 充、リバネス代表取締役社長 丸 幸弘、Sony Innovation Fund、Plug and Play Japan、BIOTOPE
シリーズ	シリーズA (2022年11月7日時点)、プレシードラウンドで6500万円を調達 (2022年 5月10日リリース)
従業員数	10名
事業内容	核融合炉の設計、要素技術の開発・提供など
母体大学・研究所/提携企業・大学等	核融合科学研究所/総合研究大学院大学、青山学院大学、徳島大学、東北大学

(注)資本金、資金調達額は会社 HP やニュースリリースより日興リサーチセンター推計

(出所) 各社 HP、日興リサーチセンター作成

### (3)EX-Fusion

2021 年 7 月に設立。レーザー核融合商用炉の開発。レーザープラズマの受託研究、プラズマ連続発生装置の製造、核融合システムの技術提供を手掛ける。大阪大学レーザー科学研究所と光産業創成大学院大学の研究者が共同創始者。浜松ホトニクスとの共同研究により 1 秒間 10 回の強力なレーザーの照射が可能になる。高速点火という独自のレーザー方式により、2035 年の核融合実用化を目指す。

図表 15 日本のスタートアップ企業 ③EX-Fusion

企業名	株式会社EX-Fusion(エクスフュージョン)
会社HP	<a href="https://www.ex-fusion.com/ja">https://www.ex-fusion.com/ja</a>
設立日	2021年7月19日
本社所在地	大阪府吹田市山田丘2-8 大阪大学テクノアライアンスC棟 C806
社長/CSOなど	共同創設者兼CEO 松尾 一輝、共同創設者兼CTO 森 芳孝、CRO 増田 晃一
資本金/資金調達規模	6,865万円/ 1.35億円
主要な株主	大阪大学ベンチャーキャピタル、ANRIなど
シリーズ	シード (2022年 3月時点)
従業員数	10名
事業内容	レーザー核融合商用炉の開発。レーザープラズマの受託研究、プラズマ連続発生装置の製造、核融合システムの技術提供。
母体大学・研究所/提携企業・大学等	大阪大学レーザー科学研究所/光産業創成大学院大学 (GPI) 、トヨタ自動車、浜松ホトニクス、ジェイテック・コーポレーション

(注)資本金、資金調達額は会社 HP やニュースリリースより日興リサーチセンター推計

(出所) 各社 HP、日興リサーチセンター作成

#### (4)クリーンプラネット

2012年9月に設立。「量子水素エネルギー」の基礎研究・実用化研究を進める。「量子水素エネルギー」は同社の造語で、ごく微少な金属粒子(金属メゾ触媒)に水素を吸蔵させ一定の条件下で刺激を加えることで、投入熱量を上回るエネルギーを放出する反応システムを指す。東北大学と産学連携体制によって量子水素エネルギーの実用化開発に取り組む。「ビッグサイエンスファースト」を企業哲学とし、原子物理学、量子力学、物性物理学、材料工学、熱力学、電気工学の世界トップレベルの研究者と共に研究開発を進め、国内外で40件以上の特許を取得(2022年時点)。ボイラー大手の三浦工業と量子水素エネルギーを利用した産業用ボイラーの共同開発を進める。

図表 16 日本のスタートアップ企業 ④クリーンプラネット

企業名	株式会社クリーンプラネット
会社HP	<a href="https://www.cleanplanet.co.jp/ja/">https://www.cleanplanet.co.jp/ja/</a>
設立日	2012年9月10日
本社所在地	東京都千代田区丸の内1-5-1 新丸の内ビル10階
社長/CSOなど	代表取締役社長兼CEO 吉野 英樹/執行役員 CSO 伊藤 岳彦、東北大学 特任教授 岩村 康弘、東北大学 名誉教授 笠木 治郎太(じろうた)、執行役員兼CEO(Chief Engineer Officer) 遠藤 美登(よしと)、執行役員兼CTEO(Chief Thermal Engineering Officer) 吉野 伸
資本金/資金調達規模	3億2,888万円/ 累計調達額約20億円
主要な株主	三浦工業、三菱地所など
シリーズ	シリーズCラウンド(2022年6月15日時点)
従業員数	20名
事業内容	量子水素エネルギー※(常温核融合)の基礎研究・実用化研究 ※「量子水素エネルギー」は同社の造語で、ごく微少な金属粒子に水素を吸蔵させ一定の条件下で刺激を加えることで、投入熱量を上回るエネルギーを放出する反応システムを指す。
母体大学・研究所/提携企業・大学等	東北大学/三菱地所、三浦工業、三菱商事など

(注)資本金、資金調達額は会社 HP やニュースリリースより日興リサーチセンター推計  
(出所) 各社 HP、日興リサーチセンター作成

## 6. 核融合発電の実用化への課題

### 6.1 技術面でのハードル

核融合発電実用化に向けて着実に前進しているが現実にはまだ課題は存在する。

技術的には、大きく分けて以下の3つの課題が存在すると考えられている。

図表 17 核融合発電実用化への課題

核融合発電のメリット	
①	高温プラズマの長時間維持
②	ブランケット内での燃料となる三重水素の効率的な増殖
③	得られたエネルギーからの発電効率の向上

(出所) 日興リサーチセンター作成



### ① 高温プラズマの長時間維持

商用発電するためには、実験のような瞬間的な核融合ではなく、高温状態のプラズマを長時間維持して核融合反応させる定常長時間運転を可能にする必要がある。現状、磁場閉じ込めでは、プラズマ温度を1億℃以上で数十秒程度維持できているが、これを数カ月～1年間維持する必要がある。また、レーザー方式では、NIFの2022年12月の実験では、1回射出するのに8時間程度かかっているが、こちらも1秒間に10回程度の頻度でレーザーを射出できるようにする必要がある。

### ② ブランケット内での燃料となる三重水素の効率的な増殖

燃料となる三重水素は自然界にはほとんど存在しない（水素同位体における天然存在比 $10^{-18}$ ）。したがって、三重水素は核融合によって発生する中性子をリチウムに衝突させることで生成することになる。この生成をより効率よく増殖させるブランケットについて、今のところ結論が出ていない。ITER実験とは別に、最良のブランケットを見つけるITER-TBM計画が行われることが決まっている。ITER-TBM計画では、日本を含む4カ国がそれぞれ独自に開発したブランケットの性能試験を行う予定になっている。

### ③ 得られたエネルギーからの発電効率の向上

②にも関連するが、ブランケットの役割は三重水素の生成だけではなく、核融合によって発生した中性子をとらえて熱エネルギーに変換させ、その熱を冷媒に伝える役割も担っている。現在、より効率的に熱エネルギーを取り出すためにブランケット素材などについて研究が行われている。

なお、上に挙げた3つの技術的な課題は、単体では克服するのは可能だが、商用核融合炉では、3つの課題を同時にすべて達成することが求められる。

またそれ以外にも、核融合によって高温になる炉の部品についても耐熱性を高めるとともに排熱性能を高める研究なども併せて行われている。

## 6.2 制度・インフラ・経済性などの面でのハードル

技術的な課題のほかにも、核融合発電が実用化されるためには制度、経済性などの面でのハードルも存在している。2022年12月現在、核融合のみを対象とした規制が制定されている国はまだないが、アメリカ、イギリス、EUでは規制に関して議論が行われている段階にある。日本においては、ITER誘致時に規制について議論が行われたことがあり、文部科学省核融合科学技術委員会 原型炉開発総合戦略タスクフォースで提示された案において、規制に関するスケジュールが示されており、2027年ごろまで検討を行い2035年までに安全審査までを行える体制にすることを計画している。

経済性についても見ていく。現時点において将来の核融合の発電コストは原子力（核分裂）と同程度になると考えられている。なお、経済産業省（2021）によると2030年時点の電源別の発電コストを比較すると、最も発電コストが安いのは太陽光発電になるとの試算も発表されている。太陽光などの再生

---

可能エネルギーと比較して天候など自然状況に左右されないというメリットはあるものの、核融合が実用化、普及していくには発電コストが下がる必要があると考えられる。また、日渡・後藤ら（2019）、岡野（2022）によると実用核融合炉の建設費については、初号機は 92.6 億ドルかかり、10 基目では 79.7 億ドルかかると 2019 年に試算されている。なお、原子力発電と比較すると、日本において新しく原子力発電所を建設する場合の費用は 5,000 億円程度と言われており、核融合発電所との差はまだ大きく実用化には建設費の縮小も重要になるだろう。

そのほか、核融合に関する産業技術・人材の確保や育成の検討も必要である。また、核融合に対するリテラシーを高めることも実用化にむけて大きな課題である。日本の「核融合」に関する認知度やイメージに関する分析（武田・長嶋(2020)「『核融合』の国内認知度・イメージ分析」）によると、核融合を知っているかの一般認知度は 40.0%であること、核融合については「危険」、「不安」、「信頼できない」などマイナスイメージが強いことが示されている。また、この調査では 86.0%が「核融合」と「原子力（核分裂）」を混同していることも示されている。国民の「核融合」に対する正しい理解が無いままでは、技術的課題を克服しても実用化は難しいことが想像できる。

## 7. まとめ

核融合発電が実用化するまでの道のりは長く、越えなければならないハードルは多い。技術的な課題としては、①プラズマ高温の長時間維持、②ブランケット内での燃料となる三重水素の効率的な増殖、③得られたエネルギーからの発電効率の向上などである。

ただ、これら技術的な課題については、突然のブレークスルーで前倒しとなる可能性は十分にあると思う。それは、サイエンスの世界と捉えたい。新型コロナウイルスワクチンの開発を思い出してほしい。2020 年初頭に新型コロナウイルスが世界中に蔓延した時、多くの感染症の専門家は、彼らの長年の経験則からワクチン開発製品化には 2~3 年以上はかかると主張していた。ところが、モデルナという米国のベンチャーはその常識を大きく打ち破り、新型コロナウイルスの遺伝子情報を入手、ウイルスのタンパク構造を同定して、約 2 ヶ月で臨床試験用のワクチン候補を設計・製造し臨床試験を開始した。約 7 ヶ月間の臨床開発を経た後に FDA に申請し承認を取得、わずか 11 ヶ月程度で実用化に結び付けたのだ。現代は、見えなかったものが見える技術があり、途方もなく時間がかかっていた計算は超高速・短時間で計算できるコンピューターがあり、AI ツールもある。30 年という道のりが少しでも短くなり、核融合発電が 2050 年カーボンニュートラルを実現するために一躍を担い、2050 年以降の未来永劫の地球と人類に優しいエネルギーの主役であり続ける存在となることに大いに期待したい。

## 参考文献

内閣府 イノベーション政策強化推進のための有識者会議「核融合戦略」各種資料

<https://www8.cao.go.jp/cstp/fusion/index.html>

---

The global fusion industry (2022)、「The global fusion industry in 2022」

経済産業省 資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 (第 48 回会合)、「資料 1  
発電コスト検証について」

日渡・後藤 (2019)「Assessment on Tokamak Fusion Power Plant to Contribute to Global Climate  
Stabilization in the Framework of Paris Agreement」、Plasma and Fusion Research: Letters  
Volume 14

岡野 (2022)「ITER 建設以後の知見に基づく核融合実用炉のコスト」、国際環境経済研究所  
<https://ieei.or.jp/2022/06/expl220629/>

武田・長嶋(2020)「『核融合』の国内認知度・イメージ分析」、Journal of Plasma and Fusion Research  
Vol.96

「核融合エネルギーのきほん」出版委員会編「図解でよくわかる 核融合エネルギーのきほん」、成文堂  
新光社

文部科学省ホームページ 核融合の実現に向けて(Fusion Energy-Connect to the Future-)

[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shinkou/fusion/](https://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/fusion/)

[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shinkou/iter/019.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/iter/019.htm)

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構ホームページ

<https://www.qst.go.jp/site/fusion/>

日本原子力学会誌「よくわかる核融合炉のしくみ」

<http://www.aesj.or.jp/~fusion/aesjfnt/jp/publications/rensai1/rensai01.pdf>

(END)

# ネガティブエミッション技術に係る動向調査

2023年2月

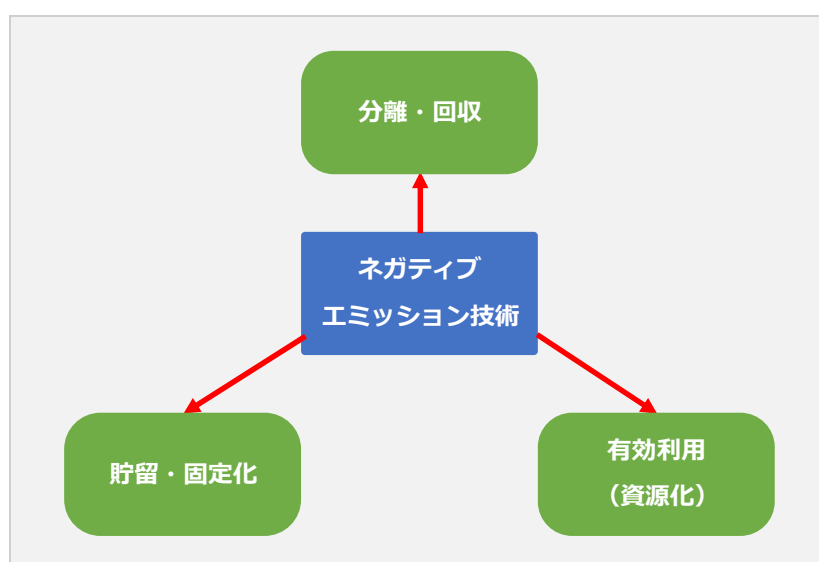
資産運用研究所 主任研究員 藤原 崇幸

## 1. はじめに

近年は、世界の至るところで干ばつや水害、熱波、寒波など大規模な自然災害の発生が頻発しており、多くの人々の生命が危険にさらされ、多大な経済的損失を被っている。気候変動が及ぼす甚大な災害を低減するため、各国では異常気象の要因の一つとしてとらえられている温室効果ガス（GHG）の排出量を削減し、産業革命以前と比較して平均気温上昇を1.5℃に抑える目標を掲げ、その目標を実現すべく、カーボンニュートラル（CN）への取り組みを加速させている。

CNの実現のためには、あらゆる経済活動において排出されるGHGの排出量を削減する必要があり、さまざまな新技術の開発に注目が集まっている。その中でも期待されているのが、ネガティブエミッション技術（NETs）（図表1）である。NETsとは、大気中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を分離・回収し、貯留・固定化もしくは有効利用（資源化）することで大気中のCO<sub>2</sub>を除去する技術のことである。

図表1 主なネガティブエミッション技術



（出所）日興リサーチセンター作成

そこで本レポートでは、このNETsに焦点を当て、取組状況や課題などに関する最新の動向を調査し、その内容を次章以降にまとめる。

## 2. 分離・回収に関する技術の動向

第2章では、各国の状況を交えながら、CO<sub>2</sub>を分離・回収する技術の最新動向について確認していく。

例えば、米国では2022年12月にエネルギー省が大気中のCO<sub>2</sub>を直接分離・回収する技術であるDAC (Direct Air Capture) を活用した事業などに2022会計年度～2026会計年度の5年間に渡って37億ドルを拠出すると発表した。また、2022年8月に成立したインフレ抑制法 (Inflation Reduction Act) では気候変動対策に3,700億ドルの歳出を盛り込み、CCS (CO<sub>2</sub>を貯留・固定化する技術) やDAC、EOR (Enhanced Oil Recovery: 石油増進回収技術) などに対する支援の強化を打ち出している。

我が国においても2030年のGHG排出量の2013年比46%削減や2050年のカーボンニュートラルの達成を見据えた動きが活発で、令和2年度第3次補正予算において2兆円の「グリーンイノベーション基金」を国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) に創設し、エネルギー構造転換分野の枠内でCO<sub>2</sub>の分離・回収に関する技術開発プロジェクトが起ち上げられている。

例えば、住友化学とOOYOO (株式会社ウーユー) では分離膜を用いたCO<sub>2</sub>分離回収システムの開発・実装、昭和電工 (現: レゾナック) と日本製鉄では革新的分離剤による低濃度CO<sub>2</sub>分離システムの開発が同基金に採択されるなど、多くの企業の参加で技術的な進展が期待されている。

このように、各国で取り組みが進んでいるCO<sub>2</sub>の分離・回収技術開発について、経済産業省や環境省などの公表資料をもとに、以下に同技術の主な方法と特徴を記す (図表2)。

図表2 主なCO<sub>2</sub>分離・回収技術

技術	方法	内容
発電所などから排出されたCO <sub>2</sub> を分離・回収	化学吸収法	CO <sub>2</sub> と液体との化学反応を利用して分離・回収する方法
	物理吸収法	CO <sub>2</sub> を液体中に溶解させて分離・回収する方法
	物理吸着法	固体の吸着剤にCO <sub>2</sub> を吸着させ、減圧または加熱により分離・回収する方法
	固体吸収法	固体の吸収材にCO <sub>2</sub> を吸収させ、化学反応により分離・回収する方法
	膜分離法	CO <sub>2</sub> 分離機能を持つ膜を利用して分離・回収する方法
	クローズドIGCC	CO <sub>2</sub> 分離・回収機能を持つ発電システムで、石炭をガス化してガスタービン、蒸気タービンの2種類の発電形態で複合発電を行う
大気中のCO <sub>2</sub> を分離・回収	DAC	吸収液や吸着材に大気中のCO <sub>2</sub> を吸収・吸着させ分離・回収する方法

(出所) 経済産業省、環境省資料より日興リサーチセンター作成

CO<sub>2</sub>を分離・回収する技術であるが、大別すると2つに分かれ、一つは「発電所などから排出される

---

CO<sub>2</sub>を分離・回収する技術」、もう一つは「大気中のCO<sub>2</sub>を分離・回収する技術」である。

① 化学吸収法

化学吸収法は、CO<sub>2</sub>と液体との化学反応を利用して分離・回収する方法であり、主に用いる液体はアミン<sup>1</sup>（特にモノエタノールアミンが用いられることが多い）である。NEDO の資料<sup>2</sup>によると分離・回収コストとして4,200 円/t-CO<sub>2</sub>と見込まれている。

② 物理吸収法

物理吸収法は、高圧下でCO<sub>2</sub>を Selexol（ポリエチレングリコールジメチルエーテル）液などの吸収液に溶解させて分離・回収する方法である。NEDO の資料によると分離・回収コストとして2,000 円台/t-CO<sub>2</sub>と見込まれている。

③ 物理吸着法

物理吸着法は、ファンデルワールス力（分子間力）を利用して固体の吸着材にCO<sub>2</sub>を吸着させ、減圧または加熱により分離・回収する方法である。

④ 固体吸収法

固体吸収法は、CO<sub>2</sub>と固体吸収材との化学反応を利用して分離・回収する方法である。化学吸収法よりCO<sub>2</sub>分離に要するエネルギーを低く抑えることができるとされている。NEDO の資料によると分離・回収コストとして物理吸収法と同じ2,000 円台/t-CO<sub>2</sub>と見込まれている。

⑤ 膜分離法

膜分離法は、CO<sub>2</sub>を分離する機能を持つ膜を利用して分離・回収する方法である。NEDO の資料によると分離・回収コストとして1,000 円台/t-CO<sub>2</sub>と見込まれている。

⑥ クローズド IGCC

クローズド IGCC は、石炭をガス化してガスタービン、蒸気タービンの2種類の発電形態で複合発電を行う発電システム（IGCC）にCO<sub>2</sub>を分離・回収する設備を備えたものである。ガスタービン、蒸気タービンに加えて燃料電池の3種類の発電形態で複合発電を行う場合はIGFCという。

⑦ DAC

DAC は、大気中に0.04%程度含まれるCO<sub>2</sub>を吸収液や吸着材に吸収あるいは吸着させ、大気から直接分離・回収する方法である。

### 3. 貯留・固定化に関する技術の動向

第3章では、各国の状況を交えながら、CO<sub>2</sub>の貯留・固定化に関する技術の最新動向について確認し

---

<sup>1</sup> アミンとは、アンモニアの1つもしくは複数の水素がアルキル基で置換された化合物の一群のこと（ボルハルト・ショアー現代有機化学より）

<sup>2</sup> 「CO<sub>2</sub>分離・回収技術の概要」（<https://www.nedo.go.jp/content/100932834.pdf>）



ていく。

例えば、カナダでは、シェルやシェブロン、マラソンが事業主体となって CCS 施設を建造、2015 年に商業運転を開始し、地下 2,000m に 600 万トン以上の CO<sub>2</sub>を貯留・固定化を行う予定としている。また、豪州では、シェブロンやエクソンモービル、シェルに加え大阪ガスや東京ガス、JERA が事業主体となって CCS 施設を建造、2019 年 8 月に商業運転を開始し、地下 2,000m 以上に 2022 年 7 月までに 700 万トン以上の CO<sub>2</sub>を貯留・固定化を行うとしている。

我が国では CCS を CN の実現に不可欠な技術と位置づけ、2022 年 1 月に「CCS 長期ロードマップ検討会」が設置された。まもなく最終とりまとめが出されようとしており、2050 年時点で年間約 1.2～2.4 億 t-CO<sub>2</sub>の貯留を目標に、2030 年までの事業開始を目指している。

このような動きに合わせ、JX 石油開発、ENEOS、電源開発では本格的な国内での CCS 実装に向け合併会社を設立した。また、伊藤忠、三菱重工、INPEX、大成建設では船舶輸送を用いた大規模広域 CCS バリューチェーン事業の検討に入るなど民間の動きも活発となっている。

このように、CO<sub>2</sub>の貯留・固定化技術も分離・回収技術と同様に各国で取り組みが進んでいる。なお、CO<sub>2</sub>を貯留・固定化する主な技術は 2 つあり、一つは「発電所などから排出される CO<sub>2</sub>を地中に貯留・固定化する技術」、もう一つは「発電所などから排出される CO<sub>2</sub>を深海域に貯留・固定化する技術」である（図表 3）。

図表 3 主な CO<sub>2</sub>貯留・固定化技術

技術	方法	内容
CCS	CO <sub>2</sub> を地中に貯留・固定化	発電所などから排出された CO <sub>2</sub> を回収設備を通じて分離・回収し、陸地あるいは海底の地層へ貯留・固定化する方法
ハイドレート	CO <sub>2</sub> を深海域に貯留・固定化	発電所などから排出された CO <sub>2</sub> を回収設備を通じて分離・回収し、深海域（水深500m～）の低温・高圧を利用して CO <sub>2</sub> をハイドレート化して貯留・固定化する方法

（出所）経済産業省、環境省資料より日興リサーチセンター作成

経済産業省や環境省などの公表資料をもとに、以下に CO<sub>2</sub>を分離・回収する技術の主な方法の特徴を記す。

#### ① CCS

発電所などから排出された CO<sub>2</sub>を、回収設備を通じて分離・回収し、陸地あるいは海底の地層へ貯留・固定化する方法。我が国では、北海道・苫小牧にて 2012 年度～2015 年度にかけ実証試験場を建設、2016 年度～2019 年度にかけ地層へ 30 万トンの CO<sub>2</sub>圧入を実施し、現在はモニタリングを行っている。CO<sub>2</sub>と水が地層の岩石に反応し、鉱物化することで半永久的に固定化さ

れることも期待されている。

## ② ハイドレート<sup>3</sup>

発電所などから排出されたCO<sub>2</sub>を、回収設備を通じて分離・回収し、深海域（水深 500m〜）の低温・高圧を利用してCO<sub>2</sub>をハイドレート化して深海域に貯留・固定化する方法。2022 年 12 月に、電源開発と国立研究開発法人海洋研究開発機構の共同研究により、深海域でのCO<sub>2</sub>ハイドレート化現象を確認したことを発表し、CO<sub>2</sub>ハイドレート貯留・固定化の実用化に向けた期待を抱かせている。

## 4. 有効利用（資源化）に関する技術の動向

第 4 章では、各国の状況を交えながら、CO<sub>2</sub>の有効利用（資源化）に関する技術の最新動向について確認していく。

CO<sub>2</sub>の有効利用（資源化）については、CCS などを通じて分離・回収したCO<sub>2</sub>を資源として捉え、CO<sub>2</sub>を再利用（リサイクル）することで大気中へのCO<sub>2</sub>排出を抑制することが期待され、CCUS とも呼ばれている。

例えば、米国や英国では鉄鋼製品の製造過程で発生する製鋼スラグとCO<sub>2</sub>から炭酸カルシウムなどの炭酸塩を製造、CO<sub>2</sub>を固定化する技術の開発を行っている。カナダではセメント硬化中にCO<sub>2</sub>を注入することで、CO<sub>2</sub>を固定化したコンクリートの製造技術の開発を行っている。また、カーボンリサイクル燃料を開発・製造するチリの企業は約 60 億ドルを投じて、米国にカーボンリサイクル燃料生産拠点を建設し、2026 年の操業を目指している。

我が国でも、2019 年 6 月にカーボンリサイクル技術ロードマップを策定、さらに 2021 年 7 月に改訂版のカーボンリサイクル技術ロードマップを策定した。現在は、このロードマップに基づいて、官民が協力して取り組みを加速させている。

例えば、神戸製鋼所と神鋼環境ソリューションでは、NEDO の「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発」において「製鋼スラグを活用したCO<sub>2</sub>固定化プロセスの開発」が採択され、研究開発を行っている。また、世界で初めて人工光合成の実証試験に成功した豊田中央研究所は、人工光合成のリーディングカンパニーとして 2021 年には太陽光変換効率 10.5%を達成、植物の光合成効率の約 10 倍という高い変換効率を実現させている。

このように、各国でCO<sub>2</sub>の有効利用（資源化）技術開発の取り組みも進んでおり、以下に主なCO<sub>2</sub>の有効利用（資源化）技術やそれらに関する方法、特徴などを記す（図表 4）。

<sup>3</sup> ハイドレートとは、メタンやCO<sub>2</sub>などのガスが、低温高圧の条件下で水分子にガス分子が取り込まれ、氷状の固体結晶となった状態を言う。総称して、ガスハイドレートと呼ばれる。

図表 4 主なCO<sub>2</sub>有効利用（資源化）技術

技術	方法	内容
EOR/EGR	直接圧入	発電所等から排出されたCO <sub>2</sub> を回収し、油層（もしくはガス層）に直接圧入することで、1次回収等では回収できなかった油槽（もしくはガス層）に留まっている残余原油（ガス）の状態を変化させて回収率を大幅に改善させる方法
人工光合成	CO <sub>2</sub> と水素による有機化合物生成	発電所等から排出されたCO <sub>2</sub> を回収設備を通じて分離・回収し、太陽光と光触媒を利用して水を水素と酸素に分解、生成された水素と反応させて有機化合物を生成する方法
メタネーション	CO <sub>2</sub> と水素によるメタン生成	発電所等から排出されたCO <sub>2</sub> を回収設備を通じて分離・回収し、水素と反応させメタンを生成、エネルギーとして利用し、燃焼した際に発生するCO <sub>2</sub> をさらに回収して再利用（リサイクル）する方法
次世代FT合成	CO <sub>2</sub> と水素から液体合成燃料生成	発電所等から排出されたCO <sub>2</sub> を回収設備を通じて分離・回収し、FT合成技術を用いて水素と反応させ液体合成燃料を製造する方法
炭酸塩固定技術	CO <sub>2</sub> を製鋼スラグにより固定化	発電所等から排出されたCO <sub>2</sub> を回収設備を通じて分離・回収し、アルカリ土類金属とCO <sub>2</sub> を反応させ炭酸塩を製造する方法

（出所）経済産業省、環境省資料より日興リサーチセンター作成

① EOR（Enhanced Oil Recovery：石油増進回収技術）/EGR（Enhanced Gas Recovery：ガス増進回収技術）

発電所等から排出されたCO<sub>2</sub>を分離・回収し、油層（もしくはガス層）に直接圧入することで、1次回収や2次回収では回収できなかった油槽（もしくはガス層）に留まっている残余原油（もしくは残余ガス）の状態を変化させて回収率を大幅に改善させる方法である。例えば原油の場合、一般的には2次回収の時点でも地下に60～70%程度の残余原油がある。EOR/EGRによってさらなる効率的な資源利用が期待されている。

② 人工光合成

発電所等から排出されたCO<sub>2</sub>を、回収設備を通じて分離・回収し、太陽光下で水を光触媒により水素と酸素に分解、生成された水素と反応させて化学品などの原料となるオレフィンなど有機化合物を生成する方法である。光触媒が重要なキーデバイスであり、高い太陽光変換効率の実現がカギを握っている。

③ メタネーション

発電所等から排出されたCO<sub>2</sub>を、回収設備を通じて分離・回収し、水素と反応させメタンを生成、エネルギーとして利用し、燃焼した際に発生するCO<sub>2</sub>をさらに回収して再利用（リサイクル）する方法である。LNGとのコスト差額などの課題が残るが、メタネーションによるエネルギーサイ

---

クルが実用化・商用化されれば、コンビナート等のCO<sub>2</sub>大量排出施設におけるCN化などが期待される。我が国でも2021年6月に「メタネーション推進官民協議会」を設置し、メタネーションの実現に向けた取り組みが進んでいる。

④ 次世代 FT 合成<sup>4</sup>

発電所等から排出されたCO<sub>2</sub>を、回収設備を通じて分離・回収し、FT合成技術を用いて水素と反応させ液体合成燃料を製造する方法である。再生可能エネルギーなどを由来とするCO<sub>2</sub>フリー水素と回収CO<sub>2</sub>から合成燃料を製造することでCN実現が期待される。ただし、商用化に向けて、安価かつ大量の水素の製造、高濃度のCO<sub>2</sub>の調達などが課題として挙げられている。

⑤ 炭酸塩固定技術

発電所等から排出されたCO<sub>2</sub>を、回収設備を通じて分離・回収し、アルカリ土類金属とCO<sub>2</sub>を反応させ炭酸塩を製造する方法である。炭酸塩固定技術によってCO<sub>2</sub>を固定化するためには大量のアルカリ土類金属（カルシウムやマグネシウムなど）を必要とするが、製鋼スラグは酸化カルシウムやシリカを主成分とし、酸化マグネシウムなども含有しており、固定化の原料として有望視されている。

## 5. おわりに

本レポートでは、CNの実現に向けて大きな期待を寄せられているNETsの中でも特に注目を集めている「分離・回収」、「貯留・固定化」及び「有効利用（資源化）」に関する技術を取り上げ、それぞれについて最新動向などを紹介した。

2015年に採択されたパリ協定において「世界共通の長期目標として地球の気温上昇を産業革命以前と比べて2度以内の目標設定、1.5度以内に抑える努力の追求」が掲げられ、全世界でCNの実現に向けた取り組みが行われている。

地球温暖化の主な要因と考えられているGHGの中でもとりわけ排出量が多いCO<sub>2</sub>も、2050年のCO<sub>2</sub>排出ネットゼロ社会を実現するため大幅な削減が求められており、削減のための様々な技術開発が進行している。ただし、これら技術が実用化・商用化へと進んでいくためには、技術的な課題の他、制度面やコスト面の課題解決も必要となる。

特に、コスト的課題はCO<sub>2</sub>削減のための技術開発において非常に大きな課題として認識されており、コスト低減のための努力も続けられている。ただし、これまでコストフリーで排出してきたCO<sub>2</sub>をコストフリーで削減することはほぼ不可能であり、全世界でCNを実現、ひいては持続可能な社会を構築していくためには応分のコスト負担が不可避である。したがって、地球上で生活するすべての人がコスト負担の必要性を理解し、受け入れる努力をすることも必要である。

---

<sup>4</sup> FT合成は、合成ガス（例：一酸化炭素と水素の混合ガス）から石油代替燃料や化学品を合成する触媒反応のことで、フィッシャー・トロプシュ合成とも言う。

---

2050年のネットゼロ社会の実現に向けて、これからも様々なハードルが出現してくると思われるが、CO<sub>2</sub>削減に向けた NETs の早期進展が期待される。

#### 参考文献

エネルギー省（米国,2022）,「Biden-Harris Administration Announces \$3.7 Billion to Kick-Start America's Carbon Dioxide Removal Industry」

<https://www.energy.gov/articles/biden-harris-administration-announces-37-billion-kick-start-americas-carbon-dioxide>

ホワイトハウス（米国,2022）,「Inflation Reduction Act Guidebook」

<https://www.whitehouse.gov/cleanenergy/inflation-reduction-act-guidebook/>

経済産業省,「グリーンイノベーション基金事業」

<https://green-innovation.nedo.go.jp/>

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（2021）,「CO<sub>2</sub>分離・回収技術の概要」

<https://www.nedo.go.jp/content/100932834.pdf>

Shell Canada（カナダ）,「Quest Carbon Capture And Storage」

[https://www.shell.ca/en\\_ca/about-us/projects-and-sites/quest-carbon-capture-and-storage-project.html](https://www.shell.ca/en_ca/about-us/projects-and-sites/quest-carbon-capture-and-storage-project.html)

Chevron Australia（豪州）,「Gorgon Carbon Capture And Storage」

<https://australia.chevron.com/our-businesses/gorgon-project/carbon-capture-and-storage>

経済産業省,「CCS 長期ロードマップ検討会」

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/ccs\\_choki\\_roadmap/index.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ccs_choki_roadmap/index.html)

苫小牧市,「苫小牧における CCS 大規模実証試験」

<https://www.city.tomakomai.hokkaido.jp/kigyoritchi/ccs/ccsnogaiyo.html>

電源開発株式会社,「深海域でのCO<sub>2</sub>ハイドレートの生成を確認しました」

[https://www.jppower.co.jp/news\\_release/2022/12/news221215.html](https://www.jppower.co.jp/news_release/2022/12/news221215.html)

独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構,「令和元年度 JOGMEC 石炭開発部成果報告会海外炭開発高度化等調査」

<https://www.jogmec.go.jp/content/300368454.pdf>

テキサス州政府（米国,2022）,「Governor Abbott Announces Highly Innovative Fuels Selection Of Matagorda County For eFuels Facility In Bay City」

<https://gov.texas.gov/news/post/governor-abbott-announces-highly-innovative-fuels-selection-of-matagorda-county-for-efuels-facility-in-bay-city>

---

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2021), 「「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/CO2 排出削減・有効利用実用化技術開発」に係る実施体制の決定について」

[https://www.nedo.go.jp/koubo/EV3\\_100235.html](https://www.nedo.go.jp/koubo/EV3_100235.html)

株式会社豊田中央研究所, 「実用サイズの人工光合成で植物の太陽光変換効率を超える」

<https://www.tytlabs.co.jp/presentation/case-11.html>

独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構, 「令和元年度 JOGMEC 石炭開発部成果報告会海外炭開発高度化等調査」

[https://www.jogmec.go.jp/oilgas/technology\\_004.html](https://www.jogmec.go.jp/oilgas/technology_004.html)

外務省, 「2020 年以降の枠組み : パリ協定」

[https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w\\_000119.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000119.html)

(END)



---

# 国内における燃料アンモニア導入拡大の取組動向

2023年3月

資産運用研究所 後藤 孝輔

## 1. はじめに

ロシアのウクライナ侵攻が勃発し、エネルギーの供給制約が長期化する中、世界中で既存エネルギーに依存しないエネルギー源移行および大転換が進んでいる。わが国が、2050年までに温室効果ガス排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」という目標を達成するためには、各産業のエネルギー構造の転換、新エネルギーのインフラの推進等、大胆な投資によるイノベーション創出を実現させなければならない。そこで、大きな期待を寄せられているのが燃焼時に二酸化炭素を排出しない次世代カーボンフリーエネルギーである。

本稿では、次世代カーボンフリーエネルギーとして期待されているアンモニアに焦点をあてる。次章で、アンモニアの基本特性と、燃料として利用されるアンモニアの製造工程別の種類について紹介する。3章では、燃料アンモニアの長所について概説し、4章では、燃料アンモニア導入工程表を示し、サプライチェーン構築の拡大における課題を挙げる。最後に5章では、燃料アンモニア拡大への取り組みとして、日本政府の支援制度の現状と予定、企業の最新動向を紹介する。

## 2. アンモニアの基本特性

アンモニアの化学式は「NH<sub>3</sub>」、窒素原子（N）と水素原子（H）で構成されており、基本的な特性として、常温・常圧では無色透明の気体で特有の刺激臭があることが一般的に知られている。最近では、水素と同様、燃焼させても二酸化炭素が発生しないという特性のため燃料としてのアンモニア（燃料アンモニア）が注目されている。燃料アンモニアはアンモニア単体だけでなく、石炭火力に混ぜて使うこと（混焼）もできる。混焼の技術が進歩すれば、石炭の量を減らしてアンモニアを混焼させることで、発電量が変わらず二酸化炭素排出量を削減することができる。

燃料アンモニアは製造工程における二酸化炭素の排出を基準にして色調による名称がつけられており、類型が大きく分けて3種類ある（図表1）。単に化石燃料から生成される「グレーアンモニア」、化石燃料を使用していながらも、製造工程で排出する二酸化炭素を回収・貯蔵（CCS<sup>1</sup>）・利用（CCUS<sup>2</sup>）し、全体の二酸化炭素排出量をオフセットするのが「ブルーアンモニア」、そして、CO<sub>2</sub>の排出を伴わ

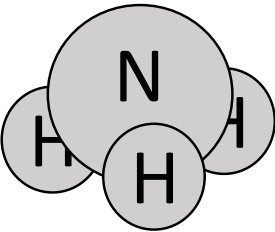
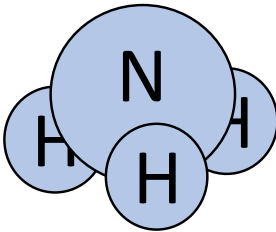
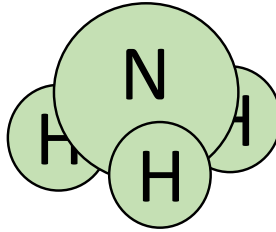
---

<sup>1</sup> CCS（Carbon dioxide Capture Storage）は二酸化炭素を回収し、貯留する技術。

<sup>2</sup> CCUS（Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage）は二酸化炭素を回収し、分離・貯留した分を利用する技術。

ない「グリーンアンモニア」の3種類に分類される。

図表 1 アンモニアの製造工程別の呼称

類型			
色調	グレーアンモニア	ブルーアンモニア	グリーンアンモニア
生成元	化石エネルギー	化石エネルギー	再生可能エネルギー
用途	原料用	石炭火力・工業炉・船舶用	
CO2排出	発生	オフセット(CCS、CCUS等)	発生しない

(出所) 日興リサーチセンター作成

### 3. 燃料アンモニアの長所

アンモニアは、一般に、肥料や化学製品の原料として使われているが、近年、カーボンニュートラルに貢献するエネルギー源として、輸送・発電・産業といった多様な分野に応用されている。アンモニアに期待が寄せられる理由は大きく3つある。

1つ目は、アンモニアは燃焼時に二酸化炭素が発生しないことである。アンモニア単体だけでなく、混ぜても燃料として活用することができ、燃焼速度が近い石炭との相性が良く、石炭火力発電では混焼の技術開発が進んでいる。

2つ目は、基本的な運搬方法が確立されている点である。工業原料として使用されてきたアンモニアは、合成・液化・輸送までの商業サプライチェーンが既に構築されており、既存のケミカルタンカーや設備を活用できるため追加コストが限定的であり、早期の社会実装が期待できる。

3つ目は、水素のエネルギーキャリア<sup>3</sup>としての特性を持っている点である。アンモニアは、常温で家庭用プロパンガスの圧力と同程度で簡単に液化することができる。また、液化アンモニアは体積当たりの水素密度が極めて高いため、輸送・貯蔵が比較的難しい水素のキャリアとしての役割が期待されている。

これらの3つの理由からわかるように、アンモニアは次世代燃料として有効な特性を有しており、官民において、火力発電の燃料、船舶の燃料や燃料電池等への実証実験が行われている。

### 4. 燃料アンモニアの課題

図表2は資源エネルギー庁の「水素政策小委員会/アンモニア等脱炭素燃料政策小委員会合同会議 中間整理」で論議されている内容をまとめた、燃料アンモニアの導入工程表である。導入工程表の供給サ

<sup>3</sup> 気体のままでは貯蔵や長距離の輸送の効率が低い水素を、液体や水素化合物にして効率的に貯蔵・運搬する方法。

イドは、アンモニア供給拡大のための製造技術の開発や貯蔵施設の設備、アンモニアを安定供給するための拠点として、港湾におけるカーボンニュートラル、いわゆるカーボンニュートラルポート（CNP<sup>4</sup>）の整備など大規模サプライチェーン構築の工程についてまとめている。利用サイドは、石炭火力発電用途（混焼/専焼）、船舶等（長距離の外航船）の燃料用途の拡大についてまとめている。

図表 2 燃料アンモニアの導入工程表

	供給サイド	利用サイド	目標コスト	目標年間供給量
現在	<b>【貯蔵・製造】</b> ・アンモニア供給拡大に向けた調査・実証 <b>【港湾CNP】</b> ・各港湾のCNP構想の検討	<b>【石炭火力】</b> ・アンモニアの混焼率向上 ・専焼に向けた必要な基礎技術の開発 →アンモニア混焼バーナーの製造開発 <b>【船舶】</b> 小規模輸送、貯蔵設備 ・外航船: 2.5万トン ・タンク: 1.5万トン	20円程度/Nm3	108万トン/年 (原料利用のみ)
～2025年	<b>【貯蔵・製造】</b> ・アンモニア貯蔵タンクの等の装置大型化、海上タンクの整備 ・直接利用先拡大のための技術開発、脱炭素設備の技術開発 <b>【港湾CNP】</b> ・CCSやCCUSの技術動向を踏まえながら港湾施設等の整備	<b>【石炭火力】</b> ・アンモニア混焼バーナーの製造開発及び石炭火力実機への20%混焼実証 <b>【船舶】</b> ・代替設計承認の取得、国際標準規格に向けた検討と調整 ・内航船は2024年に竣工予定		
～2030年	<b>【貯蔵・製造】</b> ・製造効率化、新触媒製造、ブルー・グリーンアンモニア製造に向けた技術開発、実証 <b>【港湾CNP】</b> ・小名浜港アンモニア輸入目標量128万トン/年 ・その他港湾導入検討/拡大 発電量電源構成: 水素・アンモニアで1%	<b>【石炭火力】</b> ・20%混焼実証開始 <b>【船舶】</b> アンモニア燃料アンモニア輸送船舶の導入・拡大 ・外航船2026年竣工予定 ・外航船: 10万トン超 ・タンク: 10万トン超	10円台後半/Nm3	300万トン/年
～2050年	<b>【貯蔵・製造】</b> ・アジアを中心とした商用サプライチェーンを構築し燃料アンモニア供給を開始・展開 <b>【港湾CNP】</b> ・各港湾自立商用拡大	<b>【石炭火力】</b> ・高混焼化の拡大 ・アンモニア混焼技術の海外展開 <b>【船舶】</b> 導入・拡大		
2050年～	<b>【貯蔵・製造】</b> ・商用的輸入経路拡大 <b>【港湾CNP】</b> ・小名浜港アンモニア輸入目標量1,678万トン/年	<b>【石炭火力】</b> ・アンモニア専焼開始 <b>【船舶】</b> 導入・拡大		3000万トン/年

(出所) 資源エネルギー庁「水素政策小委員会/アンモニア等脱炭素燃料政策小委員会合同会議 中間整理」より、日興リサーチセンター作成

次に、工程表において最も重要なサプライチェーン構築のための課題を「製造」、「運搬」、「利用」の観点から確認する。

### 「製造」

製造における課題として主に、製造コストが挙げられる。製造コストにおいては、現在、アンモニア

<sup>4</sup> 次世代エネルギーのサプライチェーン構築に向けた、製造・貯蔵先として港湾を整備する取り組み。

---

を生成するのに 1Nm<sup>3</sup> (大気圧 (101.32kPa)、0℃の標準状態での体積) 当たり 20 円のコストがかかる。技術開発や効率性向上の追求により、2030 年には 1Nm<sup>3</sup> 当たり 10 円台後半に抑える計画である。年間供給量は、現在の 108 万トンから 2030 年に 300 万トン、2050 年には 3,000 万トンとする目標である。世界の原料用アンモニア生産量は約 2 億トン (2019 年時点) で、内 9 割が地産地消され、残りの 1 割の約 2,000 万トンが国際貿易されている状況である (日本は、108 万トンの内、地産地消で 8 割、残りの 2 割を輸入に頼っている状況)。2050 年の目標 3,000 万トンは現在の国際貿易量を超える規模となるので、大規模サプライチェーンの構築は急務である。

#### 「運搬」

前章で燃料アンモニアの長所として、基本的な運搬方法が確立されている点を述べた。これからアンモニアの国内供給量の増加に対応するには、海外のサプライチェーンを強化し大量に輸入する必要がある。そのため海運における二酸化炭素削減が課題となる。そこで、国際標準化に向けた規格の検討・調整を目的に、NEDO<sup>5</sup>事業で「次世代船舶の開発/アンモニア燃料船の開発」の公募を行い、船舶のゼロエミッション化へ取り組んでいる。公募に参加した民間企業数社 (「5 章 政府の財政支援制度と企業の取り組み」で一部について触れる。) がアンモニア燃料アンモニア輸送船の基本設計承認 (AiP<sup>6</sup>) を取得し、2026 年度の実証運航を目指している。

#### 「利用」

石炭火力発電において、アンモニアを燃焼する際に問題になることは、「窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>)」 (以下、NO<sub>x</sub>) の排出である。アンモニア内の窒素と空気中の酸素が反応して生じる化合物で、一般的には火災温度が上昇すると生成され、温室効果ガスの一種に含まれるとされる。そこで、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) では、燃焼段階を工夫することで NO<sub>x</sub> 生成の抑制を可能にした混焼バーナーの基礎技術を世界に先駆けて確立した。現在、NEDO 事業では、石炭火力発電のバーナーにアンモニアを 20%混焼して、安定燃焼で NO<sub>x</sub> 排出量の抑制に成功している (1 万 kW)。今後は、燃焼効率の高度化、大型化、商用化、混焼割合を変えたときの影響の検証が課題となっている。

上記の通り、原料アンモニアの現在の国内供給量は年間 108 万トンであるが、日本政府は燃料アンモニアの国内供給量を 2030 年に年間 300 万トン、2050 年時点では 3,000 万トンと想定している。課題を解決しつつ、これまでの原料アンモニアとは異なる大規模かつ強靱なサプライチェーンの構築が求められている。次章では、そのための政府の支援制度、民間の先行投資、技術開発等の取り組みを紹介する。

---

<sup>5</sup> 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構。

<sup>6</sup> 認証機関が基本設計を審査し、技術要件や安全性の基準を満足すると承認されたことを示すもの。

## 5. 政府の財政支援制度と企業の取り組み

2023年2月10日「GX実現に向けた基本方針～今後10年間を見据えたロードマップ～」が閣議決定された。そこでは、水素・アンモニアの導入を促進し早期の社会実装を実現するため、今後10年間で大規模かつ強靱なサプライチェーン構築に5兆円、インフラ整備・既存設備改修に1兆円、研究開発に1兆円の計7兆円を超える規模のGX投資を実施すると公表されている。そこで、どのような取り組みがなされているのか、日本政府の支援動向と企業の取り組み動向に分けて紹介する。

### 日本政府

経済産業省は燃料アンモニアサプライチェーン構築事業として、「2050年カーボンニュートラル」という目標に向け、NEDOにおいて、グリーンイノベーション基金事業を立ち上げた。当事業では、2兆円の基金を造成し、官民で野心的かつ具体的な目標を共有したうえで、これに経営課題として取り組む企業等に対して、10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援する。2兆円の基金の内、4,000億円超が水素・アンモニアの普及開発に使われ、アンモニア分野においては、燃料アンモニアサプライチェーンの構築に上限598億円が配分された。

製造面はハーバー・ボッシュ法<sup>7</sup>によるアンモニアの量産が困難であるため、同手法に代わるアンモニア合成技術の確立（参画企業・団体：千代田化工建設、JERA、東京電力ホールディングス等）や、グリーンアンモニア製造に向けた電解合成技術の開発（参画企業・団体：出光興産、東京大学、九州大学、大阪大学、東京工業大学等）、利用においては、混焼率向上・専焼に向けたバーナーの技術開発（NOx抑制・収熱技術等）（参画企業・団体：IHI、三菱重工業、JERA、東北大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所等）が基金対象とされた。

### JERA

東京電力ホールディングスの100%子会社の東京電力フュエル&パワーと中部電力が折半出資した合併会社。米シェブロンと共同でオーストラリアにおいて「ブルーアンモニア」を製造することを発表し、2023年末までに事業性を探って、日本などへの輸送を検討している。また国内ではJERAが管理する碧南火力発電所にて2023年度内に燃料アンモニア20%混焼の実証実験を開始する。

### IHI

UAEのドバイ首長国有石油・ガス公社であるEmirates National Oil Company(ENOC)とUAE・ドバイ及び周辺首長国において、豊富な太陽光資源を活用した再生可能エネルギー由来のグリーンアンモニア製造・販売の事業性を検討・調査する覚書を締結した。また、IHIは未燃アンモニアとNOxの排出をほぼゼロにしたガスタービンを開発し、米国のGE Gas Power社とアンモニア専焼大型ガスタービン開発に関する覚書を締結した。

<sup>7</sup> 触媒を用いて窒素と水素から直接アンモニアを合成する方法。

---

国内においては、JERA と IHI で碧南火力発電所において、燃料アンモニアの大規模実証実験（アンモニア 20%混焼）に必要な設備である、バーナー、タンク、配管等の設備工事の工程短縮を調整し、開始時期を約 1 年前倒しし、2023 年度に取り行うことを発表した。

## INPEX

INPEX は、新潟県柏崎市にブルー水素・アンモニア製造実証プラントを建設し、2024 年の運転開始を目指し準備を進めている。実証試験の結果を元に既存の天然ガスインフラを活用して商業化を目指すとしており、2030 年頃までには年間 10 万トン以上の水素・アンモニアを生産・供給することを目指している。また、アンモニアサプライチェーン構築のため、アブダビ酋長国、豪州、インドネシア等の海外で大型事業開発を行っている。

## 日本郵船

2023 年 1 月 5 日、日本郵船、日本シッパヤード、IHI の 3 社は、世界初となる A-FSRB<sup>8</sup>（浮体式アンモニア貯蔵再ガス化設備搭載バージ）の基本設計承認を取得した。この基本設計承認は、グリーンイノベーション基金事業の公募採択を受けた「アンモニア燃料国産エンジン搭載船舶の開発」の一環で行われた。

## 伊藤忠商事

2022 年 11 月 28 日、伊藤忠商事は、日本シッパヤード、三井 E&S マシナリー、川崎汽船、NS ユナイテッド海運と共同し、日本海事協会より、アンモニア燃料船（載貨重量トン 20 万トン級大型ばら積み船）の基本設計承認を取得した。この基本設計承認の取得は、グリーンイノベーション基金事業の公募した事業「グリーンイノベーション基金事業/次世代船舶の開発/アンモニア燃料船の開発」において共同採択された案件によるものである。

## 6. おわりに

本稿では、これまで肥料や化学製品の原料として使用されてきたアンモニアが、燃焼させても二酸化炭素を排出しないためカーボンニュートラル実現のための次世代エネルギーになり得ること、水素のエネルギーキャリアとしての役割を担えることを紹介した。さらに、わが国のカーボンニュートラル実現に向けたトランジションのために、燃料アンモニア導入拡大が期待されており、その工程表を示した（図表 2）。

図表 2 の燃料アンモニアの目標年間供給量を確認すると、現状の 108 万トンから、2050 年には 3,000 万トンの目標としている。2050 年のカーボンニュートラルの実現を見据える中で、供給の絶対量を確

---

<sup>8</sup> A-FSBR (Ammonia Floating Storage and Regasification Barge) は、舢舨（はしけ）のことで、主に内陸水路や港湾内で重い貨物を積んで航行するために作られている平底の船舶。



---

実に増やすことが急務であり、そのためにも、大規模で強靱なサプライチェーンを構築することは不可欠である。

官民の取り組みとして、2021年12月、日本政府はグリーンイノベーション基金事業を立ち上げ、「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」プロジェクトで国内の公募のあった企業に対し、アンモニアの製造や技術開発に、既に598億円を投じており、2028年頃に案件完了する企業が多数あるとしている。日本政府からの支援、民間企業のグローバルなサプライチェーン構築や技術力によって、燃料アンモニアという次世代カーボンフリーエネルギーが拡大することを期待したい。

#### 参考文献

経済産業省「GX実現に向けた基本方針～今後10年を見据えたロードマップ～」

[https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002_1.pdf)

「日本郵船HP」より

[https://www.nyk.com/news/2022/20220907\\_02.html](https://www.nyk.com/news/2022/20220907_02.html)

資源エネルギー庁「燃料アンモニアの導入・拡大に向けた取組について」

<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001418023.pdf>

資源エネルギー庁「水素政策小委員会/アンモニア等脱炭素燃料政策小委員会合同会議 中間整理」

[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/suiso\\_seisaku/pdf/20230104\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230104_1.pdf)

(END)



### 【 免責事項 】

本資料は証券その他の投資対象の売買の勧誘ではなく、日興リサーチセンター株式会社（以下「当社」といいます）が情報の提供を目的に作成したものです。本資料は、当社が信頼できると判断した情報源から入手した情報に基づいて作成していますが、これらの情報が完全、正確であるとの保証はいたしかねます。情報が不完全または要約されている場合もあります。本資料に記載する価格、数値等は、過去の実績値、概算値あるいは将来の予測値であり、実際とは異なる場合があります。かかる価格、数値等は予告なしに変更することがありますので、予めご了承くださいませようをお願いいたします。本資料は将来の結果をお約束するものでもありませんし、本資料にある情報をいかなる目的で使用される場合におきましても、お客様の判断と責任において使用されるものであり、本資料にある情報の使用による結果について、当社が責任を負うものではありません。本資料は、本資料を受領される特定のお客様の財務状況、ニーズ又は投資目的を考慮して作成されているものではありません。本資料はお客様に対して税金・法律・投資上のアドバイスを提供する目的で作成されたものではありません。投資に関する最終決定は、契約締結前交付書面、上場有価証券等書面、目論見書、お客様向け資料等をよくお読みになり、お客様ご自身の判断でなさるようお願いいたします。

当社が本資料で推奨されている投資や見解と整合しない又は矛盾するコメントを顧客に対して行う場合があります。当社の役職員は、本資料で言及されている証券、その派生商品又は本資料の対象会社の別の証券の売買を行う可能性があります。

本資料は、当社又は当社の関連会社から配布しています。本資料に含まれる情報は、提供されましたお客様限りでご使用ください。

本資料は当社の著作物です。本資料のいかなる部分についても電子的または機械的な方法を問わず、いかなる目的であれ、無断で複製または転送等を行わないようお願いいたします。本資料に関するお問い合わせは、当社の営業担当者までお願いいたします。

追加情報をご希望の場合にはご連絡ください。

本資料に記載された会社名、商品名またはサービス名等は、当社または各社の商標または登録商標です。

### 【 金融商品取引法第 37 条（広告等の規制）にかかる留意事項 】

#### 【 手数料等について 】

当社と有価証券投資等にかかる助言、コンサルティングのお取引をされる場合、所定の手数料等をご負担いただく場合があります。手数料の額は当社の助言内容により異なり、定額の場合、投資助言対象資産額に一定の年率（0.25%～1.00%）を乗じた金額の場合、運用成果に応じた報酬をいただく場合がありますが、お客様との契約により決定いたします。

#### 【 リスク等について 】

当社は、お客様との契約に基づいて投資助言を行う場合、当社が信頼できると判断した情報源から入手した市場等の情報と、当社が有効と信ずる分析手法等に基づいて投資助言を行います。その正確性や運用の成果を保証するものではありません。金融商品等への投資のご判断はお客様ご自身が行ってください。当社が投資助言を行う金融商品等には、株式相場、金利水準、為替相場、不動産相場、商品相場等の価格の変動等および有価証券の発行者等の信用状況（財務・経営状況含む）の悪化等それらに関する外部評価の変化等を直接の原因として損失が生じるおそれ（元本欠損リスク）、または元本を超過する損失を生じるおそれ（元本超過損リスク）があります。なお、市場デリバティブ取引には、対象となる株式等または指標等の価格変動により損失の額が、お客様が金融商品取引業者等に差し入れた委託証拠金または証拠金の額を上回るおそれ（元本超過損リスク）があります。

投資助言、コンサルティングの内容により手数料等およびリスクは異なりますので、当該サービスの契約締結前交付書面やお客様向け資料、契約書等をよくお読みください。

#### 【 商号等 】

日興リサーチセンター株式会社

金融商品取引業者 投資助言・代理業 登録番号 関東財務局長（金商）第 915 号

#### 【 加入協会名 】

一般社団法人日本投資顧問業協会

日興リサーチレビュー別冊  
カーボンプライシング調査報告書 2023 年 4 月

2023 年 4 月

発行 日興リサーチセンター株式会社  
〒135-8532 東京都江東区木場 1-5-55  
深川ギャザリアウエスト 1 棟 4 階  
<https://www.nikko-research.co.jp/>

問い合わせ先 カーボンプライシング研究室  
電話：03-5677-7832

本資料は、信頼性の高いデータから作成されておりますが、当社はその正確性・確実性に関し、いかなる保証をするものでもございません。本資料は、情報提供を目的としており、投資勧誘を目的としたものではありません。証券投資に関する最終判断は、投資家ご自身の判断でなさるようお願いいたします。

本資料の著作権は当社に帰属し、本資料の転用および販売は固く禁じられております。



日興リサーチセンター

SMBC日興証券グループ