

ネットゼロ実現に向けた 炭素市場の活性化のために

機関投資家が脱炭素化に向けた取り組みを
後押ししつつ、投資リターンを確保するには

2021年10月



著者について

GIC (シンガポール政府投資公社)

GICは、シンガポールの未来の財政を確保すべく1981年に設立された世界有数の投資機関である。GICは、シンガポール政府の外貨準備金を運用する機関として、長期的かつ規律ある投資アプローチを採用し、世界中の株式、債券、不動産、プライベート・エクイティ、ベンチャー・キャピタル、インフラを含む、幅広いアセットクラスに投資するアクティブな戦略で独自の存在感を発揮している。GICは、長期的なアプローチ、マルチアセット運用、グローバルなコネクティビティにより、「選ばれる投資機関」としての地位を確立しており、常に投資先に対して付加価値を提供することを目指している。GICはシンガポールに本社を置き、主要な金融センター10都市に1,800人以上のグローバル人材を擁し、40カ国以上で投資を行っている。

GICのWebサイト (英語のみ) : gic.com.sg

EDB (シンガポール経済開発庁)

EDB (Economic Development Board: シンガポール経済開発庁) は、貿易産業省傘下の政府機関であり、ビジネス、イノベーション、人材のグローバル拠点としてシンガポールの地位を促進するための戦略を担当している。EDBは、投資促進と産業開発を担い、パートナーとのつながりと、投資に対する情報と政府の優遇制度へのアクセスを提供することで、国内外の国際企業と協力している。EDBは、活気あるビジネスと価値ある雇用機会によって、シンガポールの持続的な経済成長を創出することを使命としている。

EDBのWebサイト (英語のみ) : edb.gov.sg

マッキンゼー

マッキンゼーは、組織が「Change that Matters (真に重要な変化)」を生み出す支援を行うグローバルな経営コンサルティングファームである。世界65カ国、130以上の都市に拠点を置き、民間、公共、ソーシャルセクターのクライアントに対して、大胆な戦略の策定、働き方の変革、新たな価値を生み出す技術の導入、そして変革を持続するための能力開発を支援している。マッキンゼーは、組織、その従業員、そして社会全体にとって「真に重要な変化」を追求している。

マッキンゼーのWebサイト: mckinsey.com/jp (日本語)、mckinsey.com (英語)

Vivid Economics

Vivid Economicsは、商業的意思決定から公共政策にいたるまで幅広く支援している戦略コンサルティングファームで、炭素市場に関する深い専門知識およびグローバルな視点からの知見を有している。Vivid Economicsの気候リスクの定量化・報告・管理を可能にする分析プラットフォームであるPlanetricsは、企業による気候変動に関わる喫緊の課題への対応およびネットゼロ達成に向けた変革を支援する。2021年3月4日に、Vivid EconomicsおよびPlanetricsはマッキンゼー傘下となった。

Vivid EconomicsのWebサイト (英語のみ) : vivedeconomics.com

謝辞

GIC、EDBおよびマッキンゼーは、本稿の執筆にあたり、ご協力いただいたすべての方々に深く謝意を表する（名前のアルファベット順）。

また、以下のマッキンゼーのメンバーから多大なる協力を得た。ここに謝意を表する：関満 亜美、Aeri Yeo、佐藤 愛季、茶木 安奈、Antonio Castellano、Asilah Azil、Badrinath Ramanathan、Christopher Blaufelder、Cindy Levy、Duncan Kauffman、Jiao Chen、Joyce Tan、Kaushik Das、小西 啓為、Melissa Yeo、Mengrui Ni、Minna Qiu、Oliver Tonby、Stacy Yulianto、渡邊 哲、Vincent Barnard、山田 唯人、およびVivid Economics/PlanetricsチームのStuart Evans、Thomas Kansy、Ethan McCormac、Shyamal Patel、Mark Westcott。

また、GICのAlvin Lim Shan-Jia、Daniel Luo Yiding、Ding Li、Er Wenjun、Georgios Tsapouris、Shang Thong Chie、Wong De Rui、およびシンガポールEDBのAdeline AwとCui-Yun Tan（敬称略）にも感謝の意を表したい。

さらに、関連業界のエキスパートからも多大なる協力および専門的知見をいただいた。国際排出量取引協会（IETA）のBrett Orlando、Simon Henry、Stefano De Clara、スタンダードチャータード銀行およびボランタリー市場拡大のためのタスクフォース（TSVCM）のBill Winters、TemasekのNeo Gim Huay、Carbon Cap ManagementのMichael Azlen、Molecule VenturesのNick Kracov（敬称略）にも執筆者一同より謝意を表する。

法的免責事項

本レポート（以下「本稿」）で言及したすべての分析および意見は、本稿の日付の時点における一般的な仮定および事実に基づいている。本稿においてなされたすべての分析および記述（口頭および書面の両方）は情報提供のみを目的としており、特定の個人または法人の特定の目的、財務状況、または特定のニーズを考慮したものではない。本稿で示したすべての分析および記述（口頭および書面の両方）は、本稿で明示的に議論された事項にのみ関わるものである。本稿においてなされたすべての分析および記述は、何ら予測あるいは意見を表明するものではない。本稿に記載された情報および意見は、信頼できるとされる情報源に基づいているが、第三者機関による検証を受けたものではない。したがって、本稿に含まれる情報や意見の正確性、完全性、公正性、タイムライン、正当性に関して、明示または黙示を問わず、いかなる表明や保証も行わない。また、契約の記述または不法行為のあるなしを問わず（過失または法的義務違反を含むがこれに限定されない）、著者はいかなる当事者に対する注意義務または責任も負わないものとする。同様に、本稿の情報の使用から生じるいかなる種類の直接的、特別、間接的、結果的または偶発的な損害、その他の損失、損害または費用についても、著者は一切の責任を負わない（本稿の誤り、省略または誤った記述、過失またはその他を含むがこれに限定されない）。

さらに、本稿で示した分析および記述のうち、過去の事実に関するもの以外はすべて「将来の予想に関する記述」に該当する。これらには、予想される財政状態、事業戦略、計画および見通し、関連する事業部門または市場の状況、ならびに世界または地域の経済状況または特定の国の経済状況に関する記述が含まれるが、これらに限定されない。このような将来の予想に関する記述は、既知および未知のリスク、不確実性およびその他の要因を含んでおり、実際の結果、業績および成果は、明示または黙示を問わず、かかる将来の予想に関する記述が示す将来における結果、業績および成果とは大きく異なる可能性がある。将来の実際の結果、業績、または成果は、明示または黙示を問わず、本プレゼンテーション資料における将来の予想に関する記述によって示した予測と大きく乖離する可能性があり、リスクや不確実性があるため、これらの分析および記述に依拠することはできない。

本稿で議論された取り決めを実行することによって生じるすべての結果の責任は読者が負うものとする。著者は、本稿に記載された事実に従って、あるいは記載された推奨事項または見解に従って取り決めを実行すること、あるいは実行しないことから生じる責任または義務を負わないものとする。

目次

13	エグゼクティブサマリー
16	序文:炭素市場における課題と機会
26	第1章:炭素市場の投資適格性および魅力度の評価
44	第2章:機関投資家の気候変動リスク管理に有効となり得る排出権
60	第3章:VCMの発展に向けて機関投資家が取り組むべき課題
78	テクニカルノート

炭素市場における機会：機関投資家として、いかに脱炭素化に向けた取り組みを後押しできるのか

GIC、EDB、マッキンゼーの共著による本レポートでは、ネットゼロ達成を後押しする強固な炭素市場を構築するうえで、機関投資家が果たし得る役割およびその意味合いを提示している

コンプライアンス市場 (CCM)

国・地域や国際機関が設定する排出削減義務や排出量報告制度などの規制・制度に基づいて温室効果ガス (GHG) の排出権を取引する市場



ボランタリー市場 (VCM)

企業や個人がカーボンオフセット¹やカーボンニュートラル²達成のためにカーボン・クレジットをボランタリー (自主的) に取引する民間主導の市場



市場規模*は
1,000億ドル



ここ5年間、**排出権取引制度 (ETS) において排出権価格は上昇中**



投資適格な市場も存在するが、規制の影響を受けやすい



市場規模*は
3億ドル



需給状況に応じて
価格が変動



現時点では投資対象として適格性に欠けるが、CCMを超える規模にまで成長する可能性がある

機会

排出権をポートフォリオに組み入れることで、**下振れリスクに備えられるだけでなく、「秩序ある移行」シナリオおよび「無秩序な移行」シナリオなど、各シナリオ下においてリスク調整後リターンを改善できる**



年率リターン³が
50 ~ 70
ベースポイント
改善



排出権の組入比率を平均で約**0.5% ~ 1%**とすることで、ポートフォリオのリターンの下振れリスクを低減できる⁴



自然気候ソリューション (NCS) プロジェクトは、2030年にかけてカーボン・クレジットの供給ポテンシャルの**65 ~ 85%**を占める見込み



ネットゼロ達成を誓約する企業数が2020年に**倍増**



2030年にかけてカーボン・クレジットの需要は**15倍**に拡大する見込み

機関投資家が考慮すべき事項

- 1 CCMの流動性を高める取り組みなどを通じて、**排出量をネットゼロにするという政策の最終目標達成に貢献することを目的とした投資を実行**
- 2 実行リスク、レピュテーション・リスク、規制リスクを含むさまざまなリスクに留意
- 3 価格の安定性を高めるための各種施策など、規制の影響を受けやすい**市場の動きを定期的に検証し、機会を模索**

- 1 VCMバリューチェーンへの投資を通じて**高品質なクレジットの供給を拡大**。例えば、技術を活用した炭素除去プロジェクトや森林保護・森林再生を含む自然を活用した解決策 (NBS) への投資が考えられる
- 2 VCMについて信頼性の高い**基準およびガバナンスの整備を支援**することで、透明性、流動性および品質を確保
- 3 脱炭素目標の設定・報告やカーボン・クレジットの活用など、**投資先企業に対して、ネット・ゼロへの道筋を照らす提言を実施**

* 2020年時点

1. カーボンオフセットの取り組み事例として、更なる排出を回避するための施策 (二酸化炭素吸収源となる森林などの保全) や、炭素集約度の低い技術を活用して他者の排出削減を支援することなどが挙げられる
2. カーボンニュートラルの取り組みは、自然ベース (森林再生など) や技術ベース (DACなど) の炭素隔離技術により、大気中からCO₂e除去を図るもの
3. 期待リターンが約4%の株式60%、債券40%で構成されたリファレンス・ポートフォリオに対する、排出権の組入比率を5%としたポートフォリオの期待リターン
4. 期待リターン (年率) が約4%である株式60%、債券40%で構成されたリファレンス・ポートフォリオに対して、排出権の組入比率を5%としたポートフォリオ場合のリターン

資料: ボランタリー市場拡大のためのタスクフォース (TSVCM: Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets) 2021年1月, iif.com

エグゼクティブサマリー

地球温暖化対策が加速するなか、ネットゼロ（温室効果ガス排出量実質ゼロ）の実現に向けて、炭素市場の重要性が一層高まってきている。炭素市場は、コンプライアンス市場（CCM: Compliance Carbon Markets）およびボランタリー市場（VCM: Voluntary Carbon Markets）で構成されている。CCMは、国・地域や国際機関が設定する排出削減義務や排出量報告制度などの規制・制度に基づいて温室効果ガス（GHG: Greenhouse Gas）の排出権が取引される市場で、排出削減を推進する国が増えるなか、その重要性が高まっている。一方、VCMは、企業や個人が温暖化対策で削減したGHGの量を「カーボン・クレジット」として認証し、それをボランタリー（自主的）に取引する民間主導の市場であり、こちらの市場もGHG排出量の補償（排出回避・削減）およびGHG排出量の中和（炭素除去）に関連するプロジェクトへの投資を増やすうえで重要な役割を担っている。

世界の炭素市場の2020年の成長率は前年比で20%を超え、4年連続で過去最高を更新した¹。

GIC、EDBおよびマッキンゼーが共同で執筆した本稿では、有望なアセットクラスとしてその存在感を急速に高めつつある炭素市場について取り上げる。特に、機関投資家が自身の利益目標を達成しつつも、企業や国家が炭素市場を活用してネットゼロ目標を達成するために、極めて重要な役割を果たし得る点

についても触れる。無論、本稿の目的は投資を推奨することではなく、炭素市場の今後の展望およびそれが機関投資家にとって持つ意味合いを示すことである。

炭素市場の構造に関わる課題に加えて、市場のダイナミクスや先行きの不透明感の強さから、現在のところ同市場に参加している機関投資家の数は限られている。これら2つの市場のうち、CCMは比較的成熟度が高く、市場規模が1,000億ドル超と大きく²、年間取引高は2,500億ドルを上回る。とはいえ、世界の機関投資家トップ100社の運用資産残高19兆ドル（2018年）と比較すると、CCMの規模は依然として小さい³。一方、市場規模が2020年時点で3億ドルと小さいVCMでは⁴、取引もまだ標準化されておらず、価格設定の仕組みも不透明であることから、カーボン・クレジットの流動性が低く、機関投資家の投資対象としては適格性に欠けるとされてきた。

しかし、そのような状況も急速に変わりつつある。CCMはすでに安定していることから、機関投資家にとって把握しやすくなってきている。また、急成長中のVCMについても、ガバナンスやインフラの整備が進んでいる。機関投資家は、以下の3つの理由から、これらの炭素市場の流動性の向上および活性化を支える重要な役割を担っていると考える。

¹ 取引量および炭素価格の評価に基づいたCCMおよびVCMの規模の合計; Refinitiv社「Review of Carbon Markets in 2020」(2021年1月)

² 4つの主要な排出量取引制度(ETS)の排出権の価格に2020年の平均炭素価格を乗じて推計

³ Thinking Ahead Institute発行「The Asset Owner 100」(2019年)、<https://www.thinkingaheadinstitute.org/research-papers/the-thinking-ahead-institutes-asset-owner-100/>

⁴ 市場規模 = カーボン・クレジットの価格にカーボン・クレジットの活用量(無効化・償還量)を乗じて推計

1つ目に、炭素市場は機関投資家から見て魅力的な市場へと急成長しつつあるということ。新たな排出量取引制度（ETS）の整備が進んでいることに加え、既存の取引制度下における近年の市場改革によって、より透明性の高い枠組みが整備されている。VCMはCCMと同規模まで成長する可能性を秘めており、2030年には50億～1,800億ドル規模に達する見込み⁵である。マッキンゼーが、ボランタリー市場拡大のためのタスクフォース（TSVCM: Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets）と共同で実施した調査研究によると、企業による目標設定や取引される商品の標準化を含む一定の条件が満たされれば、VCMは機関投資家にとって魅力的な投資の選択肢となり得ることが明らかとなった。

2つ目に、世界の平均気温の上昇を1.5℃に抑えるという世界共通の目標を達成するためには、活発かつ流動性の高い炭素市場の存在が不可欠であること。TSVCMが発行した「High Ambition Path to Net Zero」でも、「ネットゼロに到達するまでの道のり」で各企業は自社の事業活動およびバリューチェーン全体の脱炭素化に努めるだけでなく、質の高いカーボン・クレジットを活用することにより、自社の排出量に対して補償あるいは中和措置を講じることが望ましいと提言している⁶。実のところ、この目標の達成を目指すことは、機関投資家の利害とも一致するのである。なぜなら、この目標が達成できなければ、投資ポートフォリオが気候変動による物理的リスクにさらされることになるからである。

3つ目に、炭素市場は機関投資家に投資リターン（リスク調整後リターン）を確保する重要な機会をもたらすこと。今回の分析の結果、ポートフォリオにわずかでも排出権を組み入れることで、気候変動に伴う移行リスクに対する耐性を高められることが明らかになった。その理由は、炭素価格の先行きは依然として不透明であるものの、政策に大きく影響を受けるため、各国政府が脱炭素化に向けた取り組みを強化することで炭素価格が上昇する可能

性が考えられるからである。

今回の調査研究では、マッキンゼー傘下の戦略コンサルティング会社であるVivid Economicsおよび気候リスク分析企業のPlanetricsと共に、各アセットクラスに対する気候変動リスクの相対的な影響度を計測するボトムアップ型のモデルを構築した。ここでは、NGFS（気候変動リスク等に係る金融当局ネットワーク）による3つの気候シナリオに基づいて、排出権を含むポートフォリオのパフォーマンスを評価することを目指した⁷。そして、シナリオの普及状況、技術基準、関連性および比較可能性に基づき、パリ協定で定められた「世界の平均気温の上昇を2℃未満に抑える」という目標を反映したNGFSのREMINDシナリオを採用した。なお、平均気温の上昇を1.5℃未満に抑えるシナリオでは、移行リスクや投資への影響はより大きくなる。今回採用した3つのシナリオについては、10年および30年の時間軸を設定し、排出権を組み入れたポートフォリオと、株式および債券のみ（比率：60%対40%）で構成されるリファレンス・ポートフォリオのパフォーマンスの予測値を比較した⁸。

今回の調査研究を通じて、排出権をポートフォリオに組み入れることにより、下振れリスクに備えられるだけでなく、「秩序ある移行」シナリオおよび「無秩序な移行」シナリオのいずれについても、リスク調整後のリターンを改善できることが明らかになった。平均で、排出権の組入比率を約0.5～1%とすることで、株式60%、債券40%で構成されたリファレンス・ポートフォリオ（60/40ポートフォリオ）のリターンの下振れリスクを低減できる。「秩序ある移行」シナリオまたは「無秩序な移行」シナリオでは、仮に60/40ポートフォリオへの排出権の組入比率を5%とした場合、30年の時間軸では年間リターンが50～70ベースポイント（リファレンス・ポートフォリオの期待リターンは約4%）、ボラティリティは30～50ベースポイント改善する（リファレンス・ポートフォリオのボラティリティ予測値は約9.8%）。一方、新たな気候変動対策が講じられない「ホットハウス・ワールド」シナリオでは、ポー

⁵ Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets (2021年1月)、iif.com

⁶ Calling for a High Ambition Path to Net-Zero、国際金融協会（IIF: Institute of International Finance）、(2021年7月8日)、共著者の所属機関など：ロンドン・スクール・オブ・エコノミクス（LSE）、ネットゼロ資産保有者連合（国連により設立）、国連気候アクション・ファイナンス特使、スタンダードチャータード銀行、デービス・ボーク、国際金融協会；https://www.iif.com/Portals/1/Files/High_Ambition_Path_to_Net_Zero.pdf

⁷ NGFSには83の主要な中央銀行や金融規制当局が加盟しており、グリーンファイナンスを拡大させ、気候変動対策において中央銀行が果たすべき役割に関する提言活動を行うことを目指している（公式サイト：<https://www.ngfs.net/en>）。ここで取り上げている3つのシナリオとは、「ホットハウス・ワールド（hot house world）シナリオ」「秩序ある移行（Orderly transition）シナリオ」「無秩序な移行（Disorderly transition）シナリオ」を指す。「ホットハウス・ワールド」シナリオでは、炭素価格の世界平均が横ばいで推移する。「秩序ある移行」シナリオでは、気候政策が早期に導入され、漸進的に厳格化されることで炭素価格の世界平均も徐々に上昇していく。「無秩序な移行」シナリオでは、2030年まで環境政策が導入されないため、破壊的な影響を与える無秩序な移行となり、物理的リスクが甚大化し、炭素価格が急上昇する

⁸ マッキンゼーのソリューションの一つ（Vivid Economics社独自のモデリングプラットフォームであるPlanetrics）を活用し、ETSの5年分の日次取引データに基づいて、気候変動が各アセットクラスに与える影響を企業レベルで、ボトムアップで推計した。また、これとは別に、モンテカルロ法を適用し、10万件的ポートフォリオを対象としてシミュレーションを行い、ポートフォリオの主要なパフォーマンス指標（期待リターン、ボラティリティ、アセットクラス間の相関関係など）に基づいて、様々な気候シナリオに沿って排出権の組入比率を変えて（株式60%、債券40%で構成されたリファレンス・ポートフォリオをベースに0%～5%）、10年間および30年間の累積リターンを推計した

トフォリオに排出権を組み入れたとしてもリターンが低下することが明らかになった。排出権への投資は、機関投資家が気候変動に伴う移行リスクを回避するために有効な対策の一つといえる。

その他の対策としては、銘柄の選択（アセットクラスごとに気候変動の影響を受けにくいビジネスモデルを有する企業を選択）、脱炭素化への移行によって最も大きな影響を受ける化石燃料などのセクターの組入比率の引き下げ、環境に配慮した「グリーン」な鉱物事業者（銅、コバルト、リチウム、亜鉛、ニッケル）といった、「移行期の勝ち組」になり得る企業の組入比率の引き上げ、気候変動の影響を受けにくいビジネスモデルを有するアセットクラスの選択、気候変動への耐性強化に向けたポートフォリオ企業の巻き込みなどが考えられる。機関投資家は、これらの対策を組み合わせると予想される。

以上のことから、機関投資家が炭素市場への積極的な参入を検討すべき理由は明らかではあるものの、市場固有のリスクの存在についても注意を払わなければならない。機関投資家の運用資産の規模を考えると、CCMの市場規模は比較的小さいため、実行リスクが伴う。例えば、CCMにおける流動性の問題から、排出権を売却したいタイミングで売却できない可能性がある。また、ETSについては政治的に慎重な対応が求められることから、レピュテーション・リスクもはらんでいる。取引量が拡大することで、市場が成長し、流動性が高まる一方で、排出権の相場の変動を利用して利益を得ているとして投資家に批判が集まる可能性がある。また、極端な相場の動きが見られたり、排出権が投機目的で使用されているのではないかという疑惑が浮上したりした場合、規制当局の監視の目がますます厳しくなる可能性がある。したがって、機関投資家は、金銭的リターン追求と、排出権の価格を年々下げていくことで排出削減を促進するという市場の基本的な目的とのバランスをとることを意識しなければならない。どの市場においても、流動性は金銭的リターンを期待して行われる取引量によって決まるが、CCMについては、単なる投機的利益の追求ではなく、真の脱炭素社会の実現を目的とすることが望まれる。

また、機関投資家はVCMにおいても様々なリスクにさらされる可能性がある。例としては、企業や投資家が気候変動戦略の一環としてVCMを活用す

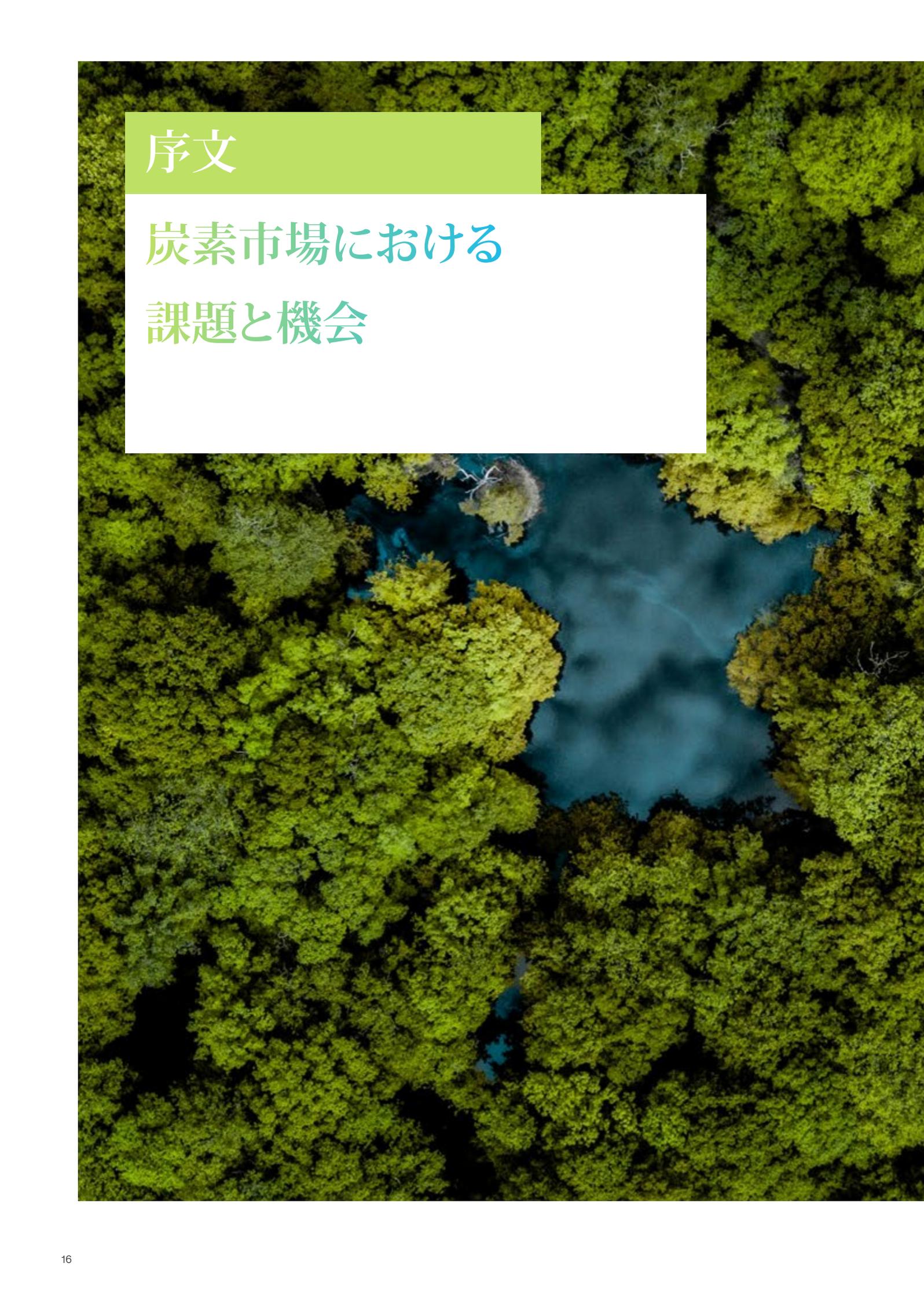
る際に求められる、カーボン・クレジット取引における枠組みの信頼性が確立されていない場合、あるいは航空業や海運業からの需要が期待通りに伸びなかった場合など、カーボン・クレジットの需要が期待通りに伸びないリスクがある。この他にも、一定の基準がないことから質の低いカーボン・クレジットに投資してしまうリスク、流動性リスク、カーボン・クレジットを創出するまでに数年要することに起因する実行リスク、そして一般的に考えられるリスクとして、排出量の補償および中和に向けたプロジェクトをグリーンウォッシュ（環境に配慮しているような見せかけ）とする批判的な考え方に起因するレピュテーション・リスクが存在する。

このようなリスクは存在するものの、ネットゼロを実現するには、民間部門から資金を調達し、質の高い排出量の補償・中和プロジェクトを推進させることが喫緊の課題となっている。ある推計によると、気候変動、生物多様性および劣化した土地の回復に関する目標を達成するには、2050年までに4.1兆ドルを調達する必要がある⁹。こうした資金を調達し、流れを作り出すうえでVCMは極めて重要な市場となる。**機関投資家は、3つの取り組みを通じてVCMの発展を後押しできると考える。**具体的には、(1) 自然を活用した気候変動対策（NCS）など、質の高い排出量の補償・中和プロジェクトの供給拡大に向けたVCMへの直接投資、(2) VCMの発展において必要不可欠であるカーボン・クレジットの整合性およびガバナンスに関する高い基準の整備に向けた支援、(3) 最も重要な点として、投資先企業に対するネットゼロへの取り組みに関する指針の提示、である。例えば、脱炭素化に向けた目標設定やその目標に対する年次活動報告書の作成の支援、カーボン・クレジットを利用して不可避な排出量を相殺するサポート、さらには排出削減目標の引き上げの促進などが考えられる。

本稿では、これらの取り組みを推進していくうえで、脱炭素化への支援を第一の目的として成長機会のある炭素市場を拡大させるにあたり、機関投資家が果たすことのできる、および果たすべき役割に焦点を当てている。2021年初頭時点で、世界の上場企業2,000社の5社に1社、および世界のGHG排出量の61%を占める国々が、ネットゼロ達成を目標に掲げている¹⁰。しかし、炭素市場が安定し、投資対象として適格性が認められない限りこれらの目標達成は難しくなることから、機関投資家の積極的な関与が必要不可欠となる。

⁹ 国連環境計画(UNEP)「自然保護のために必要なファイナンス事情(State of Finance for Nature)」(2021年5月27日)、UNEP, WEF, ELD, Vivid Economicsによる共著、<https://www.unep.org/resources/state-finance-nature>

¹⁰ エネルギーと気候変動に関するインテリジェンス・ユニット(ECIU)「Taking Stock: A global assessment of net zero targets」(2021年3月23日)、ECIUおよび Oxford Net Zeroによる共著、<https://eciu.net/analysis/reports/2021/taking-stock-assessment-net-zero-targets>



序文

炭素市場における
課題と機会



世界がネットゼロへの移行を進める中、活発で流動性の高い炭素市場の重要性が一層高まっている¹¹。2015年にパリ協定が採択され、大気中のGHG濃度の増加に伴う世界の平均気温の上昇を産業革命以前に比べて1.5°Cに抑えることを目指して、今世紀半ばまでに世界のGHG排出量を実質ゼロにするという目標が設定された¹²。そして、2021年初頭時点で、世界の上場企業の上位2,000社の5社に1社、および世界のGHG排出量の61%を占める国々がネットゼロ達成を目標に掲げている¹³。

ネットゼロを実現するにはCCMおよびVCMの両方が必要となる

ネットゼロ達成に向けたコミットメントは、企業や国の排出量削減のためのアクションプランに反映されているだけでなく、次の2つの形で炭素市場を後押ししている。まず、各国政府によってキャップ・アンド・トレード方式による排出量取引制度が定められたことで、排出権を取引できるCCMが生まれた。また、成長著しい新興市場であるVCMは、カーボン・クレジットの購入を通じて、炭素の除去あるいは削減を目的としたプロジェクトに投資することで、自社の排出量をオフセットできる仕組みとなっている。企業は自社の排出量削減に最優先に取り組むべきではあるが、この取り組みを補完し、さらに加速させていくための手段としてカーボン・クレジットが必要となる可能性がある。

世界の炭素市場の成長率は2020年の時点で前年比20%を超え、4年連続で過去最高を更新した¹⁴。パリ協定で掲げられた目標の文脈において、これらの市場が享受し得る便益は明確である。政策立案者は、CCMを通じて特定の領域における排出量の限度を定めるとともに、炭素排出に価格をつけることで企業に対して排出削減の動機づけを行うことができる。VCMは、ネットゼロ達成にコミットする企業から何十億ドルもの資金を調達し、排出量を除去あるいは削減するプロジェクトや技術に配分することで目標達成に貢献できる可能性を秘めている。

金融市場は、資金の配分、事業活動に必要な流動性の確保、ヘッジ取引などによるリスク管理を通じて世界経済を動かすという重要な役割を担っている。金融市場がこの役割を担える理由としては、金融市場自体が流動性や透明性が高く、関連するアセットクラスの需給バランスの変化を捉えやすいことが挙げられる。実際、ここ数十年で、金融取引の対象は商品先物・オプション取引といった新しいアセットクラスに拡大し、農産物の生産、取引、購入といった活動における投資の配分やリスク管理が可能となっている。

炭素市場は、排出量の多い事業活動への投資を引き揚げ、炭素除去・削減のプロジェクトへの投資に注力することで、金融市場と同じような役割を担える可能性を秘めている。ただし、これを実現するには、流動性および透明性が高く、投資対象となり得る代表的なアセットクラスが必要となる。

機関投資家は炭素市場において重要な役割を担うと同時に便益を享受できる

機関投資家は、巨額の資金を調達、配分、分散できることから、CCMおよびVCMの両市場で極めて重要な役割を果たし得る。具体的には、機関投資家が参入することで、供給者と需要家をつなぎ、流動性の高い市場を構築することが可能となる。例えば、CCMの場合、機関投資家はETSの下で排出権を取引することで、流動性を高め、需給ギャップを埋めることができる。また、VCMでは、排出回避・除去に向けたカーボン・クレジットに直接、もしくは、サードパーティファンドを通じて間接的に投資することで、脱炭素に向けた世界的な取り組みを推進することができる。さらに、機関投資家が投資先企業に対して影響力を行使し、経営における脱炭素化の優先順位を上げさせ、ベストプラクティスを共有するよう促すこともできる（図表1）。

¹¹ 「ネットゼロ」とは、GHGの排出量と大気中からのGHGの除去量が釣り合っている状態を意味する。この状態は、現在の排出量の削減および大気中に存在するGHGの積極的な除去によって達成でき、これらの取り組みは同時に進める必要がある

¹² 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) に基づいて策定されたパリ協定は、気候変動対策 (緩和策、適応策) および資金支援に関わるもので、2016年に発効された。同協定では、「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く保つとともに、1.5°Cに抑える努力を追求する」ことを長期目標として掲げている

¹³ Taking Stock: A global assessment of net zero targets, Energy & Climate Intelligence Unit (2021年3月23日)、エネルギーおよび気候インテリジェンスユニット (ECIU) および Oxford Net Zero による共著; <https://eciu.net/analysis/reports/2021/taking-stock-assessment-net-zero-targets>

¹⁴ 取引量および炭素価格の評価に基づいたCCMおよびVCMの規模の合計、Refinitiv社「Review of Carbon Markets in 2020」(2021年1月)



他の金融市場と同様に、炭素市場でも資金の再配分を行うことができ、排出量の多い事業活動から資金を引き揚げて排出削減活動に充てることができる

な投資マンドートを考慮しながら、どのような形で炭素市場に参加し、いかにすれば便益を享受できるのかについて検討する際に、サポートとしての役割を果たすことである。

ここ数年で、主要な機関投資家やファンドマネジャーは炭素市場の開拓を進めている。代表的な例としては、2019年にBlackRockが新設したLEAF (Liquid Environmentally Aware Fund) が挙げられ、売上の一部がカーボン・クレジットの購入に充てられる仕組みとなっている¹⁵。

しかし実際は、炭素市場の構造上の課題に加えて、市場のダイナミクスの不透明感の強さから、参加している機関投資家の数は限られている。本稿の目的は、炭素市場の現在および今後のトレンドに関する洞察を提示することで、機関投資家が様々

¹⁵ BlackRock「The new environment for cash investing」(2020年3月) <https://www.blackrock.com/cash/literature/brochure/the-new-environment-for-cash-investing-leaf.pdf>

実際のところ、現時点では炭素市場に参加している機関投資家の数は限られている

の手段を考慮して、それぞれ検証していく。そして、それを踏まえて、炭素関連商品によっていかに投資ポートフォリオを最適化できるかを検討し、投資家が炭素市場に参加する際の心構えについて提案していく。なお、VCMに関しては、2021年1月にTSVCMが発行した青写真に基づき見解を示している（コラム参照）¹⁶。

まず、CCMおよびVCMについて、現在の投資機会および今後の投資機会をさらに広げていくため

¹⁶ TSVCMは、パリ協定の目標達成のために効果的かつ効率的なVCMの拡大に取り組む民間セクター主導のイニシアチブであり、国際金融協会（IIF）がスポンサーを務めており、マッキンゼーはナレッジ面でサポートを提供している

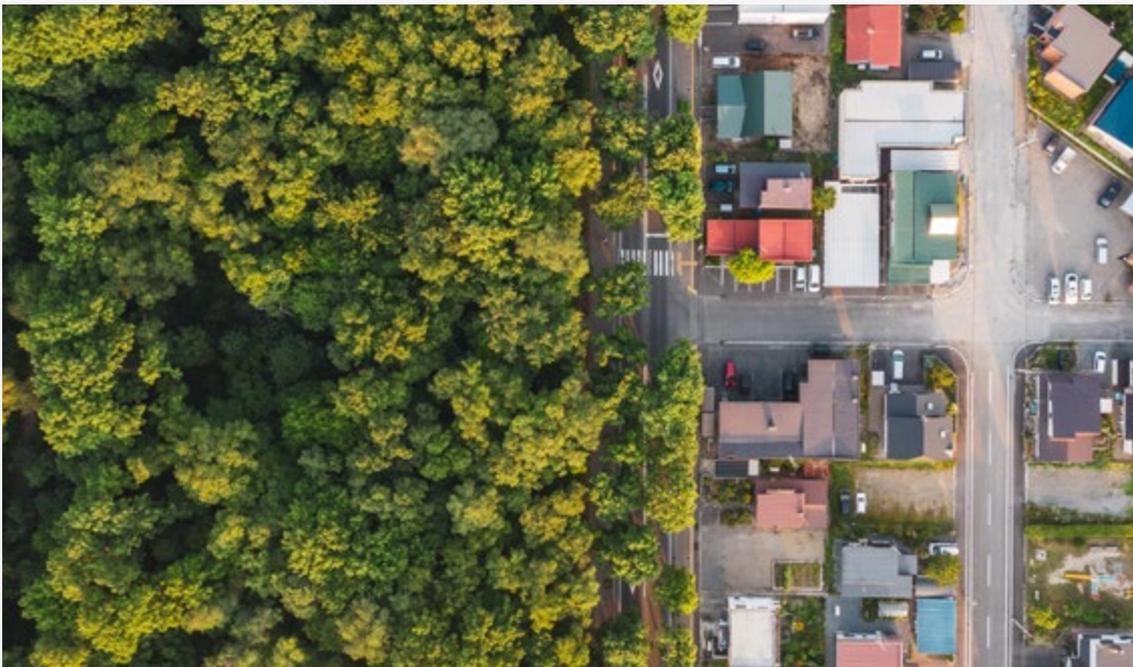
コラム

ボランタリー市場拡大のためのタスクフォース（TSVCM: Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets）の概要

TSVCMは、パリ協定の目標達成のために効果的かつ効率的なVCMの拡大に取り組む民間セクター主導のイニシアチブである。

同イニシアチブには、カーボン・クレジットの需要家および供給者、基準設定機関、金融セクター、市場インフラ提供者、市民社会、国際機関、学術機関を含む250以上の企業や団体が参加している。また、20の環境NGO、投資家連合、学術機関および国際機関から成る諮問委員会が、TSVCMの提言に関してガイダンスを提供している。

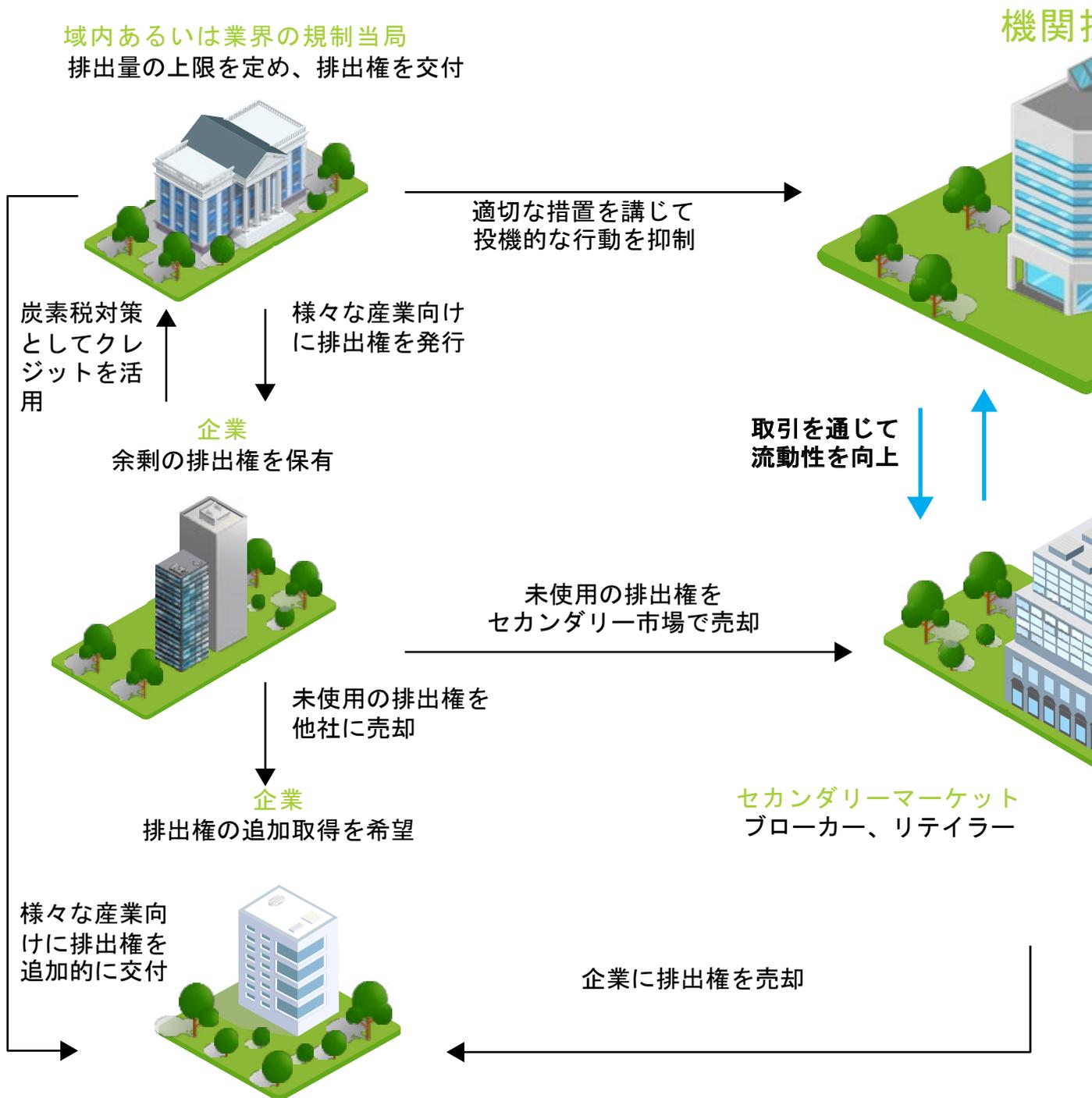
TSVCMは、バリューチェーンを構成するすべてのステークホルダーの連携・協働促進、およびVCMにおける喫緊の課題への対応策の提案など、独自の貢献を果たしている。



図表1: 機関投資家は、炭素市場において市場流動性の創出やプロジェクトへの資金提供など...

→ 排出権取引、カーボンオフセットの流れ → 炭素市場における機関投資家の役割

CCMにおける主なステークホルダー



1. 提言の例としてはTSVCMによる「High Ambition Path to Net-Zero Statement」を参照

...極めて重要かつ中心的な役割を担っている

VCMにおける主なステークホルダー

投資家

炭素補償・中和プロジェクトの
サプライヤー

直接融資やファンドを通じて
プロジェクトに資金を提供

機関投資家にカーボン・
クレジットを直接供給

確認・検証を要請

認証済みのカーボン・
クレジットを発行

独立したレジストリー

企業

ボランタリークレジットの
取得を希望

投資先企業に対し、ネットゼロ目標達成
に向けてカーボン・クレジットの適切な
利用について提言¹

企業にクレジットを売却

企業および
セカンダリー
マーケットに
クレジットを
売却

マーケットメーカーにオフセットを売却
(または取引所やブローカーに直接売却)

機関投資家は、炭素市場への投資を通じて様々な目標を達成し得る

投資家は、財務的リターンの追求から、ESG（環境、社会、ガバナンス）の基準といったその他の要素を考慮したものまで、様々な投資マニデートを達成しなければならない。本稿では、炭素市場は機関投資家にとって多様なニーズを満たす市場となる可能性があることを示している。

図2では、機関投資家が炭素市場への投資を通じて達成し得る目標を示している。

図表2: 機関投資家は、炭素市場メカニズムを通じて、投資目標および環境目標の両方を達成できる可能性が高い



炭素市場は、機関投資家にとって多様なニーズを満たす市場になり得る

まず、自社の排出量の補償・中和対策としてのVCMにおけるカーボン・クレジットの購入やESG目標の達成に向けた排出回避・炭素除去プロジェクトへの資金供給が挙げられる。次に、価格上昇を見込んで投資対象としてカーボン・クレジットを購入することもできる。そして、自社のポートフォリオに含まれる他のアセットクラスのパフォーマンスに影響を及ぼすおそれのある、気候変動に伴う移行リスクを回避するために排出権を購入することもできる。また、間接的なアプローチとして、投資先の企業に対し、排出量の補償対策としてVCMにおけるカーボン・クレジットの購入や、残余排出量に対する炭素除去のスキームへの投資を促すことも可能である。

機関投資家は、炭素市場への関与を高めることで、投資目標を追求できるだけでなく、排出削減に寄与する市場メカニズムも確立できる。したがって、機関投資家は、投資戦略における排出権やカーボン・クレジットの位置づけ、および炭素市場への参加に向けた備えについて今から考え始める必要がある。

コラム

ニッチからメインストリームのアセットクラスとしてのポジションを確立するために

最近の国際金融市場では、機関投資家のポートフォリオに占める割合がごくわずかなニッチなアセットクラスから、主力のアセットクラスへと変貌を遂げた金融商品が数多く存在する。例えば、コモディティ市場では、先物・オプション取引が1970年代以降、コモディティの価格変動リスクをヘッジする手段として急速に拡大し、今や主力のアセットクラスとして位置づけられている。さらに、同市場が発展した最新の事例として、液化天然ガス（LNG）のスポット・先物取引市場の出現が挙げられる。

また、より広範な資本市場におけるクレジット・デフォルト・スワップ（CDS）の歴史をたどることで、排出権やカーボン・クレジットがアセットクラスとしてのポジションを確立していくうえでの貴重な教訓を得ることができる。CDSは2000年からの10年間で急成長を遂げ、債務不履行（デフォルト）・信用リスクを回避する

手段として急伸したが、2008～2009年の世界金融危機では高リスク資産として悪名高いものとなってしまった。しかし、その後に規制の強化、取引における契約およびクリアリングハウス（清算機関）の標準化などが行われた結果、市場の安定化につながった。そして現在、CDSは有用なポートフォリオ管理ツール、そして金融市場の重要な一部として幅広く認識されている。

現時点では、炭素市場は1990年代のCDS市場のように発展の初期段階にあるが、適切な基準の設定および規制整備が行われるようになれば、メインストリームのアセットクラスとしてのポジションを確立できる可能性を秘めているといえる。

機関投資家への問い

- Q1. 炭素市場は、現在、投資マンドレートとどの程度の整合性があるのか
- Q2. 炭素市場をオペレーションに組み込むには、どのような戦略を策定すべきか



第1章

炭素市場の 投資適格性 および 魅力度の評価



機関投資家が新たなアセットクラスへの投資を検討するにあたって、投資適格性（投資の実行・実現可能性および魅力度）が重要となる。機関投資家は、実行可能なオプションがなければ、たとえ潜在的な投資対象資産が投資マニフェストと合致していたとしても具体的な投資戦略を立てられない。本章では、炭素市場の投資適格性に関する5つの評価基準を提示し、今後の展望について考察する。

現在、投資対象になり得るCCMも存在するが、市場は厚みに欠け、価格の変動も激しく、制度改正（排出枠の割当てに関するものなど）による影響を受けやすいため、機関投資家への訴求力は依然として弱い。一方、VCMはCCMに比べて小規模で成熟度が低く、機関投資家が望む規模で投資することは難しいものの、極めて流動性の高い市場メカニズムとなっている。これは、VCMではカーボン・クレジットの価格は市場参加者の需給に応じて決定されており、各国の規制要件や制度の影響を受けにくいことに起因している。

しかし、CCMおよびVCMを取り巻く状況は急速に変化しつつある。CCMは安定性が増し、より把握しやすくなっており、VCMについては急成長を後押しするガバナンスの枠組みおよびインフラの整備が進んでいる。したがって、機関投資家には、各炭素関連資産のアセットクラスとしての信頼性および堅実性の向上につながる可能性のある市場の重要なマイルストーンを注視し、参入に向けて備えることを勧めたい。

投資対象になり得るCCMも存在するが、機関投資家への訴求力は依然として弱い

CCMおよびVCMの違い

序文で触れたように、炭素市場は大きく「CCM（コンプライアンス市場）」と「VCM（ボランタリー市場）」の2種類に分けられる。

EU域内排出量取引制度（EU ETS）のようなCCMは、通常、特定の業界や企業に対して排出枠を割り当てる形で排出量を規制している。CCMでは、自社の排出量が排出枠を超えた場合は、超過分の排出枠を購入して相殺する必要がある、排出枠が余った場合は売却することができる。

VCMはCCMと仕組みが異なり、排出者である企業は、削減が困難な排出量の補償・中和対策として、民間団体独自の認証基準に基づいたクレジットを自主的に購入してオフセットすることができる。補償対策とは、排出回避クレジット（森林破壊防止策など）や炭素除去クレジット（炭素の回収・貯留事業の支援など）の購入を通じて行う。一方、中和対策とは、炭素除去クレジットを購入することで排出量と同等量の炭素を除去することを目指すものである。炭素除去クレジットは、ネガティブエミッションを実現するためのクレジットとしても知られ、NCS（森林再生など）や技術を活用したアプローチ（CO₂の直接空気回収および貯留¹⁷など）に関するプロジェクトから創出される。

CCMは規制当局が主導しており、政治的な介入や経済危機への対応によって相場が変動する。一方、VCMは、民間企業のネットゼロコミットメントやカーボンニュートラル商品に対する消費者のニーズに加え、投資先企業の事業活動の脱炭素化および削減が困難な排出量に対する補償対策を求める投資家の圧力が原動力となっている。

CCMの中には、独自のクレジットを使って削減義務量の不足分を相殺することを認めているところもあるが（例えば、中国および米カリフォルニア州では、CCMの年間削減義務量のそれぞれ最大5%および4%までクレジットの使用を認めている）、CCMおよびVCMは互いに独立して機能していることを認識することが重要となる（図表3）。したがって、本稿ではそれぞれの市場を個別に検証している。

なお、本稿では、クリーン開発メカニズム（CDM）に基づいた国際的な炭素市場は対象外としている。国際的な炭素市場では各国間での排出権の取引が可能であるが、近年は需要が低迷し、価格は下落している。ただし、COP26でパリ協定第6条の運

¹⁷ 直接空気回収（DAC: Direct Air Capture）とは、大気中のCO₂を直接回収する技術である。回収されたCO₂は、深い地層に永久貯蔵されるか、燃料、化学物質、建材、あるいはCO₂を含むその他の製品の生産に使用される

用ルール（実施指針）が合意されたことが、このメカニズムにとって追い風になるとみられる。

機関投資家向けのアセットクラスとしての炭素市場への投資判断基準

ここでは、炭素市場関連の各商品の特徴を理解するために、機関投資家が重視する要素、つまり、「長期的な投資戦略に照らして、カーボン・クレジットや排出権はアセットクラスとして確立されているのか」という観点からCCMおよびVCMの評価を行った。今回の分析では、投資マニフェストを問わず、機関投資家が一般的に成熟度の高いア

図表3: CCMとVCMは市場メカニズムが根本的に異なるため、それぞれ異なる視点から市場への参加を検討する必要がある

主な特徴



CCM (コンプライアンス市場)

所定の規制目標を達成するために規制対象の事業者が取得したクレジット。クレジットは主にキャップ・アンド・トレード方式で、プライマリーマーケットおよびセカンダリーマーケットで売買される

比較的**流動性が高く**、ボラティリティの高い電力、ガス、石炭の相場の影響を直接受ける

市場規模が大きい (2020年は約2,600億ドルで、そのうち欧州が約300億ドル、北米が約250億ドルを占めていた)

高度に規制されており、監視、報告、品質保証に関する厳格な基準が定められている

VCM (ボランタリー市場)

企業や個人が自主的に購入したクレジット(購入に支払われた資金はプロジェクト開発に充当) 主に**民間のプロジェクト開発会社およびOTCブローカー**がクレジットを販売

セカンダリーマーケットでのクレジットの取引ポテンシャルが低い**ため、流動性が低い**

現時点では市場規模は小さいが、成長ポテンシャルが大きい (2020年時点では約3億ドル。シナリオが具現化すれば2030年には50億~1,800億ドル規模にまで拡大する可能性がある)¹

規制がほとんど、あるいはまったく定められていない細分化された複雑な市場で、業界ごとに独自の基準が定められており、会計基準も厳密さも異なる

CCMとVCMはそれぞれ別々に運営されており、市場内および市場間のオーバーラップはほとんどない (コンプライアンス目標達成のために、一定の割合でボランタリークレジットの使用を認めているCCMもある)

1. VCMの市場規模は、各シナリオに基づき予測。低コストの炭素クレジットが優先された場合のシナリオでは、低めの予測値(50~400億ドル)、技術ベースのソリューションへの投資、および域内取引が選好された場合のシナリオでは、高めの予測値(250~1,800億ドル)となる。2030年の市場規模は、最終的には需要シグナルおよびバイヤーの選好によって決まる

資料: CFAレポート、エキスパートインタビュー、Refinitiv、Carbon Markets Year in Review 2020

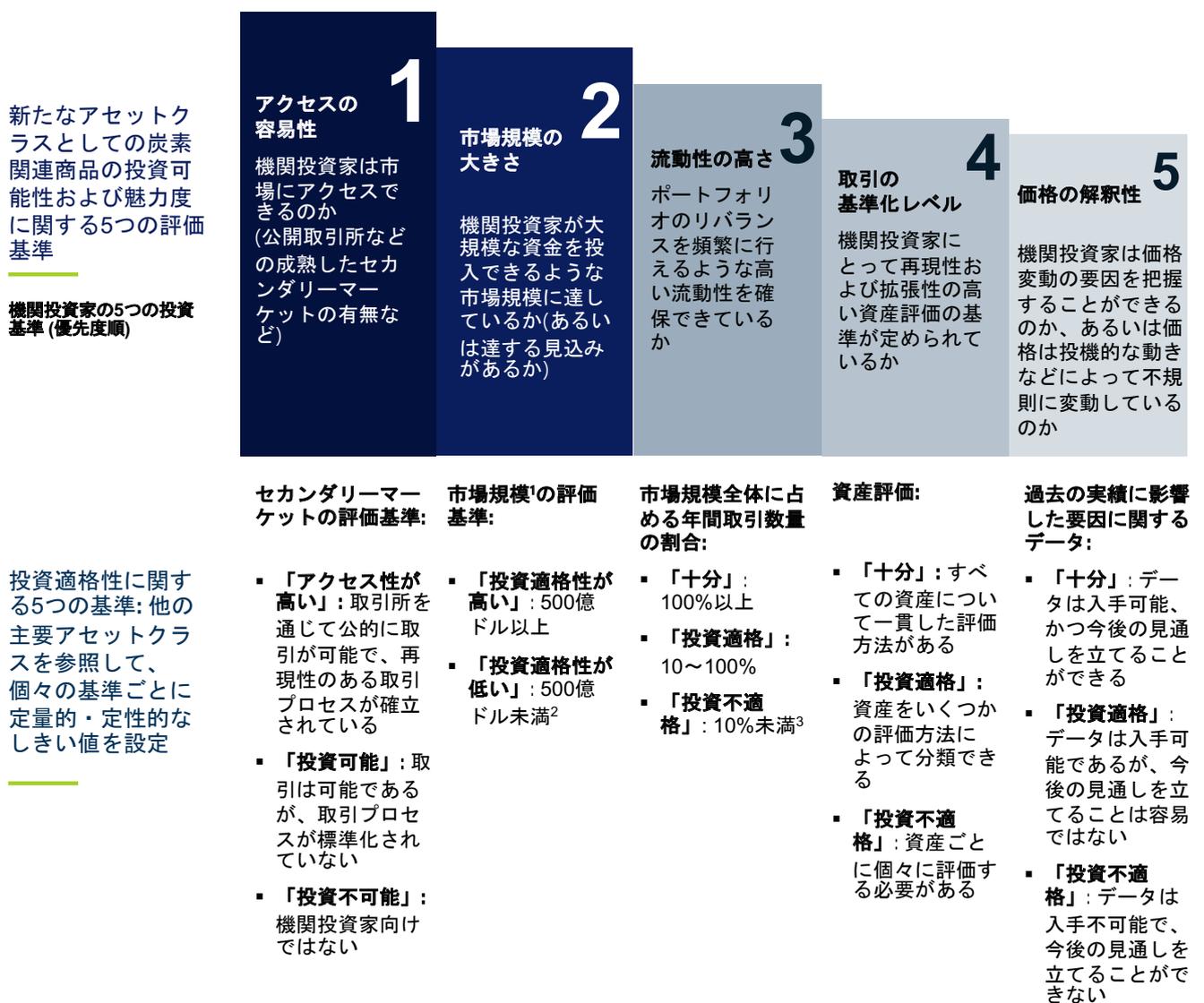
セットクラスを評価する際に重視する5つの基準を対象とした。具体的には、投資家にとって重要度の高いものから、「アクセスの容易性」「市場規模の大きさ」「流動性の高さ」「取引の標準化」「価格の解釈性（価格変動に関する合理的または解釈可能な根拠）」である（図表4）¹⁸。

ここでは、すでに確立された人気のあるアセットクラスの中には、これらの基準をすべて満たしてい

ないものもあることを認識したうえで評価を行っている。しかし、炭素市場については、これらの基準が複合的に作用することで、市場全体で透明性が高く、標準的な価格への収束につながることに着目している。投資適格性を評価する際には、排出権の法的定義や金融商品に関する規制など、機関投資家にとって赤信号となる可能性のある他のリスク要因も考慮している。

¹⁸ 注記：リスク・リターン・プロファイルを含む炭素市場の魅力度は次のセクションで取り上げ、本セクションでは、投資の実行可能性、つまり投資適格性に焦点を置いている

図表4: 炭素市場の投資可能性および魅力度の評価



このフレームワークは、大規模な機関投資家がCCMおよびVCM市場の炭素資産を自身のポートフォリオに組み入れることの妥当性を検証するために構築したものである。なお、必ずしもこれらの基準によって、ネットゼロ目標達成のためにカーボン・クレジットを購入する企業の投資実現性を評価できるわけではない。

1. ETSの市場規模 (2020年) に炭素価格 (2021年) を乗じて定義
 2. 世界の機関投資家上位20社が、毎年ポートフォリオの0.5%を炭素市場に配分し、5年後には組入比率が2.5%に達すると想定
 3. 2020年の運用資産残高に占める割合としての世界の民間市場における資金調達額に基づいて10%を設定

備考: 各基準の定量的・定性的なしきい値の詳細については「テクニカルノート」を参照のこと

資料: Thinking Ahead Institute、Willis Towers Watson、McKinsey's Private Markets Annual Review 2021、マッキンゼー分析

CCM: 機関投資家の投資対象になり得る市場も存在する

CCMはVCMに比べて規模が大きく、成熟しており、時価総額は1,000億ドルを超え、年間取引高は2,500億ドルを上回っている¹⁹。なお、この数字は世界の石油消費額の20%、LNGの世界市場の時価総額の2倍に相当する²⁰。よって、これらの市場は現在、投資対象になり得るが、市場の厚みに欠けるため、機関投資家の参加が思うように進んでいない。現在、世界では24のETSが存在し、今後、8つのETSが導入される予定で、さらに14のETSの導入に向けた検討が進んでいる²¹。代表的な例としては、中国でも2021年から全国ETSの取引を開始している²²。

機関投資家にとって最も重要な指標となる「アクセスの容易性」という観点では、多くの国のETSはキャップ・アンド・トレード²³方式ですでに取引所で取引されている。つまり、投資家はオークションに参加するか、あるいはセカンダリーマーケット（発行済の株式や証券を投資家間で売買する市場）において排出権証書を購入したり、先物取引を行ったりすることができる。その他の指標を見ると、EU ETSは投資可能な規模であり（2020年の取引額は2,300億ドル超）、流動性も高く（年間取引高は時価総額の3～4倍）、すべての資産について評価方法が統一されており、商品の標準化が進んでいる。

機関投資家の観点から見ると、CCMは厚みに欠ける。2018年の世界の機関投資家上位100社の投資一任契約に基づいた運用資産は総額19兆ドルであった²⁴。仮に、上位の機関投資家がポートフォリオのわずか1%でも排出権を組み入れた場合、その額は1,900億ドルに達し、CCMの現在の時価総額のほぼ2倍に相当する規模となる。

これらの市場が発展していく中で、機関投資家に無制限のアクセスが許されるかどうかはまだ分からない。例えば、いくつかのETSに関しては、機動的な取引を最小限に抑え、市場を安定させる目的で余剰排出枠の繰越制限に関する議論が進んでいるが、これによって機関投資家の行動範囲が狭まる可能性がある。したがって、投資家はバランスの取れたアプローチをとり、純粋に財務的リターンを追求する戦略ではなく、流動性を高め、排出削減を促進するという役割を確実に果たす必要がある。ただし、さしあたり重要なのは、CCMは規模および成熟度の両面で成長しているということである。2060年までにカーボンニュートラルを目指すと表明した中国は、国内の排出量の40%に相当する年間約40億トンのCO₂排出量を対象とするETSを立ち上げた。ドイツでは、段階的に国内排出量取引制度を輸送・建物暖房部門へと対象を広げている。また、ベトナム、インドネシア、メキシコのように、ETSのパイロットプロジェクトに取り組んでいる国もある。

さらに、既存の市場（EU、米国、韓国、ニュージーランド）は、排出枠の縮小を見越した価格の上昇、および市場インフラ、価格の透明性、品質基準の改善に伴い、セカンダリーマーケットの流動性が高まることで、さらなる成長が見込まれる。そして、すでにVCMを上回るスピードで取引高が伸びている²⁵。

¹⁹ 4つの主要な排出量取引制度（ETS）の排出権の価格に2020年の平均炭素価格を乗じて推計

²⁰ 米国エネルギー情報局（EIA: Energy Information Administration）は、2020年の世界の石油およびその他の液体燃料の消費量を1日あたり9,220万バレル（b/d）に達すると推計している（<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=46596>）。1バレルあたりの原油の平均終値は39.68ドル（WTI原油先物価格 - 10年分の日足チャート | MacroTrends, <https://www.macrotrends.net>）、世界の年間石油消費量の推定総額は1兆3,000億ドルとなっている。LNG市場の時価総額:2019年の世界のLNG市場の規模は1,022億ドルで、2020年から2030年にかけて年平均成長率9.9%で成長すると見込まれている（<https://www.alliedmarketresearch.com/planned-lng-market>）

²¹ <https://icapcarbonaction.com/en/icap-status-report-2021>

²² <https://icapcarbonaction.com/en/ets-map>

²³ キャップ・アンド・トレード: キャップは、国、地域、または制度内における全体排出量の上限を指す。一般的に、規制当局は年々、徐々に排出枠の総量を減らすと同時にキャップも引き下げ、排出権の価格を引き上げている。トレード（取引）とは、排出量を排出上限内に収めるために排出権を売買する行為を指す。

²⁴ Thinking Ahead Institute, 「The Thinking Ahead Institute's Asset Owner 100」, <https://www.thinkingaheadinstitute.org/research-papers/the-thinking-ahead-institutes-asset-owner-100/>

²⁵ 排出権の主な用途は、排出枠を順守する必要がある事業者が自らの排出量を排出上限内に収めることであるため、実際に取引可能な金額（フロートなど）が大幅に少なくなる可能性がある

CCMは規模および成熟度の両面で成長しており、中国は自国の排出量の約4割を対象としたETSでの取引を開始している

CCMは規制の影響を大きく受けるため、将来の相場の変動を予想することが困難であることが大きな障壁の1つとして挙げられる。これまでもCCMは政治的な介入や経済危機への対応によって相場が変動してきたため、根拠のある予想を立てることは難しい。このことが、機関投資家がEU ETSに投資することを難しくしている。

これは、ここ10年間のEU ETSの動向を見れば明らかである。10年前は、2009年の世界的な不況の長引く影響により、排出枠の価格は下落、排出量は減少し、国際的なクレジットメカニズムによって高いコンプライアンスが実現し、排出枠が供給過多となっていた。その結果、市場が発信する価格シグナルが弱くなったため、EU当局は構造改革を検討することとなった。

2014年から2016年にかけて9億トン相当の排出枠が入札から取り置かれ、さらには長期的な価格安定を図るために市場安定化リザーブ (MSR: Market Stability Reserve) が導入された。2018年、EU排出枠 (EUA: EU Allowance) の価格は、2013年から2017年の平均水準の4倍に高騰した²⁶。2019年のMSRの導入に伴い、当時の流通量の24%に相当する3億9,700万EUAが取り下げられた。少なくとも2023年までは排出枠の縮小が進むことが見込まれるため、さらに価格が高騰しており、投機筋や不適格投資家を市場に呼び込んでいる。その結果、2016年以降のEU ETSの年率換算ボラティリティは約50%に達しており、投資家にとって価格の見通しを立てにくい状況となっている。

これに対し、米国カリフォルニア州のETSは、オークション相場の安定的上昇を促すカーボン・プライス・フロア (炭素の下限価格) の仕組みを取り入れたこともあり、安定したリスク・リターンプロファイルを享受しており (2016年以降、年率約7%のリターンと年率約10%のボラティリティ)²⁷、今後もこの傾向は続くと考えられる²⁸。しかし、カリフォルニア市場単体では、投資家がまとまった資金を投じるほどの規模には達していない (2021年時点で60億ドル規模)。

今後の発展は、明確で安定した価格シグナルを発出する仕組みを確立できるかにかかっている。

CCMの発展と普及は、炭素価格の上昇を目指す政府の政策、毎年着実に炭素供給量を減らしていく市場構造、一般市民の意識の高まりという3つの要素によって後押しされる。CCMの投資適格性を急速に高めるには、政府の介入により、価格シグナルの発信に向けて安定的な枠組みを整備することが極めて重要であると言える。EU ETSおよびカリフォルニア州のETSでの事例は、いずれもこの点で重要な示唆を与えている。

²⁶ EUAとは、EU ETSの取引単位で、1単位はCO₂1トン分の排出量に相当し、亜酸化窒素 (N₂O) およびパーフルオロカーボン (PFC) の温室効果ガスも取引対象となっている

²⁷ 国際炭素行動パートナーシップ (ICAP) による月次レベルの排出枠価格のボラティリティに基づく。日次レベルでは、負の自己相関により、年換算のボラティリティは20%と高くなる

²⁸ カリフォルニア州のETSは、米国カリフォルニア州大気資源局 (CARB: California Air Resource Board) が制定し、2013年に施行された。カリフォルニア州のETSにおける排出枠 (CCA) は、同州のGHG排出量の約85%を占めている発電、エネルギー多消費型産業、燃料販売事業などが対象となっている。CCAは、キャップ・アンド・トレード制度に基づいており、規制の対象となる産業に対してGHG排出量の上限值を設定するものである。この上限値は経時的に引き下げられ、それに伴う価格上昇により、すべての対象企業の限界削減費用の均等化につながる

前述の市場安定化リザーブなどの大規模な改革を経て、EU ETSの価格は近年一貫して上昇し続けている(図表5)。この制度では、2020年以降、そして今後10年で急速に排出削減を進めることを義務づけており、排出権の割当方法としてオークションの比率を増やしており、ボランタリークレジットの活用は認めていない。さらに、欧州グリーンディールでは、対象事業者にネットゼロへの移行に向けた投資を促すために、将来価格の推移の可視化を進めていく可能性がある。このような背景から、ETSの価格は今後3年から5年で安定的に上昇し続け、一部のアナリストによる最新の価格予想によると、2030年にはCO₂換算1トン当たり48~80ユーロに達するとされている^{29,30}。このような価格の見通しによってEU ETSの投資適格性は高まるが、投資家は各地の規制に影響を与える要因を注視しつつ、今後の価格の見通しを立てる必要がある(例えば、EU

ETS 第4フェーズ〔2021~2030年〕および欧州グリーンディールにおける関連制度改正)。価格は今後も上昇するというのが一般的な見方であるものの、ETS市場はこれを抑制しようとする各種規制の動向に影響を受けるため、EUAの価格はボラティリティが大きく、予測することが難しい。

カリフォルニア州のETSも、市場の安定化を重要な目的の一つとして掲げている。同市場の特徴として、供給過剰を回避するために、炭素の下限価格を毎年5%+インフレ率で引き上げている。この制度により、これまでカリフォルニア州ETSの価格は安定的に推移してきた。近年は、CO₂排出量1トン当たりの価格高騰を抑制するために、上限額を設定して同制度を強化してきた。具体的には、上限額未満で2段階の排出枠価格抑制引当(Allowance Price Containment Reserve)を設定

²⁹ S&P Platts Analytics社は、2020年以降にEUAの供給量が制限され、市場安定化リザーブが継続されることにより、2030年には1トン当たり48ユーロまで価格が上昇すると予測している; <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/coal/020421-eu-carbon-price-surge-justified-by-fundamentals-seb-bank>
³⁰ ICISの予測では、EUAの価格は2030年にかけてCO₂換算1トン当たり80ユーロに達する見通し; <https://www.icis.com/explore/resources/news/2021/02/16/10606727/early-eu-carbon-price-cap-change-to-have-biggest-price-impact-icis-analysts>

図表5: 大規模な改革を経て、EU ETSの価格はここ数年間で安定的に上昇している

EU ETS排出権の価格の推移、ユーロ/トン(月間平均)



資料: ICE(インターコンチネンタル取引所)、記事検索

したり、ボランタリークレジット（特に、同州に直接的に環境上の便益をもたらさないプロジェクト由来のクレジット）の使用を制限したりすることなどが挙げられる。これらの措置は市場の安定化を図るうえで重要であり、2030年にかけて価格は安定的に上昇し、CO₂換算1トン当たりの価格は、2021年の約15～20ドルから30ドル以上に上昇する見込みである（規定の下限価格引き上げ分の5%に、2%としたインフレ率を加えたものから推定）。

重要な不確定要素としては、規制当局による補完的な気候変動対策の影響を受け、排出枠の価格が下落する可能性があることが挙げられる。各国政府は、低炭素社会への移行を加速するために、炭素税導入や運輸・電力部門に対する排出基準の厳格化など、様々な施策を講じている。このような施策によって、排出権需要が減少し、炭素価格の上昇が抑えられる可能性がある。

図表6では、EU ETSおよびカリフォルニア州ETSの投資適格性を比較している。

結論: CCMは比較的安定しているが、規制の影響を受けやすい

前述の分析が示すように、今まで政府の介入がCCMの安定化に寄与してきた。また、これまでの傾向から、CCMは依然として規制の影響を受けやすいため、価格上昇の兆しが見えるものの、投資家はCCMに対して慎重な姿勢を維持する可能性が高い。それでもなお、投資家に対しては、価格の安定性を高めるための各種施策など、市場の動きを定期的に検証しつつ、機会を模索することを提案したい。これに関連して、徐々にではあるが各地の市場で価格の収束に向けた動きがみられる。例えば、カリフォルニア州ETSでは、2013年から下限価格と排出枠価格抑制引当が導入された。米国における地域温室効果ガスイニシアチブ（RGGI: Regional Greenhouse Gas Initiative）は、当初（2008年）から下限価格を設定していたが、2014年には排出枠価格抑制引当を導入した。ニュージーランドは当初、上限額を設定していたが、その後、下限価格を設定し（2020年から適用開始）、排出枠価格抑制引当を導入した（2021年から開始）。

炭素市場は、経済状況や規制の違いにより、地域ごとに特性が異なるため、特定の地域のベストプラクティスを他の地域で適用できるとは限らないということを念頭におく必要がある。今後、これらの取り組みがどう発展していくかにより、排出権は機関投資家にとって投資対象となるアセットクラスになり得る。

図表6: CCM の深掘り分析ー5つの基準でEU ETS およびカリフォルニア州 ETS の投資適格性を比較評価

アセットクラスの評価:

- 十分
- 投資適格
- 投資不適格
- ① 条件付き



現在

EU ETSの排出権はすでに投資適格であり、2030年にかけてこの状況は変わらないとみられる

- 公的な取引所においてキャップ・アンド・トレード方式による取引が可能
- 市場規模: 約900億ドル (2021年)
- 年間取引高は市場規模全体に対して2~3倍の約2,500億ドル
- すべての資産について一貫した評価方法がある (すべての排出権について価格が統一されている)
- 過去の価格変動の要因に関するデータは入手可能であるものの、今後の見通しを立てるための根拠としては不十分 (政府介入による影響が大きいため、将来の価格を予測するには信頼性に欠ける)

今後の見通し (2030年)

- 取引所で売買できる見込み
- 排出上限の引き下げや脱炭素化に向けた移行に伴う価格上昇により、市場規模は安定化する見込み
- 排出上限の引き下げや市場安定化措置に伴い、流動性がさらに高まる可能性がある
- 現状維持の可能性が高い
- 政府の介入をめぐる不確実性が残る: 第4フェーズで市場が安定すれば、見通しが立てやすくなる可能性がある

主なインサイト: EU ETSは、すでに投資適格である(公的な取引所を通じて取引が可能で、投資するうえで十分な規模と流動性があり、商品が標準化されている)。しかし、価格は規制の影響を大きく受けることから、将来の価格の「解釈性」が課題となっている(2016年以降のEU ETSの年率パーティリティは、株式の14%に対して約50%となっている)

カリフォルニア州のETSの排出権は、市場規模が小さいため、独立した市場としては投資不適格である

現在

- 公的な取引所においてキャップ・アンド・トレード方式による取引が可能
- 市場規模: 約60億ドル (2021年)
- 年間取引高は市場規模全体に対して4~5倍
- すべての資産について一貫した評価方法がある (すべての排出権について価格が統一されている)
- 入札においてカーボン・プライス・フロアの制度が導入されたことで価格の解釈性が高くなっている(これにより、落札価格は安定的に上昇する見込み)

今後の見通し (2030年)

- 取引所で取引できる可能性が高い
- 市場規模は、排出上限の引き下げやプライスフロアの仕組みによる価格上昇に伴い、2030年にかけて横ばいで推移、またはわずかに拡大する見込み
- 排出上限の引き下げや市場安定化措置に伴い、流動性がさらに高まる可能性がある
- 現状維持の可能性が高い
- 現状維持の可能性が高い

主なインサイト: カリフォルニア州ETSについては、(オークション相場の安定的な上昇につながる可能性のある)カーボン・プライス・フロアの仕組みが導入されたことが価格の解釈性の向上に寄与しており、今後も寄与する可能性が高い。しかし、カリフォルニア市場単体では、機関投資家がまとまった資金を投じるほどの規模には達していない(2021年時点で60億ドル規模)

1. ETSの市場規模 (2020年) に炭素価格 (2021年) を乗じて定義

資料: ICAP; Refinitiv

VCM: 現時点では投資不適格だが、将来的には投資適格になる可能性がある

VCMで機関投資家が投資戦略を実行することは困難であるため、VCMは現時点では投資不適格とみなされる可能性が高い。VCMは、それぞれ品質や基準が異なり、OTC取引への依存度が高いセカンダリーマーケット経由でかろうじてアクセスできる。また、現時点では市場規模は比較的小さく、2020年時点では約3億ドルで、内訳は概算で排出回避クレジット市場が2億5,000万ドル、炭素除去型市場が5,000万ドルとなっている。さらに、市場の流動性や価格の解釈性も低い。今まで価格はプロジェクト開発会社とブローカー間の非標準的なプロセスで決められることがほとんどであった。

つまり、カーボン・クレジットは現時点ではコモディティ化されておらず、代替性がないことを意味する。コモディティ化を阻む要因としては、多くの企業がクレジットのビンテージ（削減年）、オリジン、種別、コベネフィットなどについてそれぞれ独自の要件を定めていることがある。そのため、多くの機関投資家はVCMに対して様子見の姿勢をとっている。ただし、TSVCMなどの団体が提唱する大規模な改革が実現すれば、この状況が変化する可能性がある。

改革を通じて流動性が高まり、コモディティ化が進めば、VCMは投資適格とみなされ、CCMを上回る高成長を遂げ、早ければ2030年にもCCMと同等の市場規模に達する見込みである。また、VCMは主にボランタリークレジットの需給動向に左右され、CCMと比べて規制リスクにさらされる可能性は低い。したがって、機関投資家は適切なタイミングで市場に参加できるよう、VCMの成長ドライバーと市場のマイルストーンについて理解を深める必要がある。これを踏まえ、機関投資家はCCMと同様、「アクセスの容易性」「市場規模の大きさ」「流動性の高さ」「取引の標準化」「価格の解釈性」の5つの指標に着目することを提案したい。

現在、多くの機関投資家はVCMに対して様子見の姿勢をとっているが、この状況は急転する可能性がある

アクセスの容易性:

VCMについては、現時点では一貫性のある確立された基準や標準化された契約が存在せず、また市場インフラも整っていないため、機関投資家がアクセスすることは難しい。したがって、機関投資家はこれらの要素、特にグローバル市場を機能させ、ガバナンスの確立に向けたTSVCMの取り組みを注視して、今後の市場の変化を追っていく必要がある。

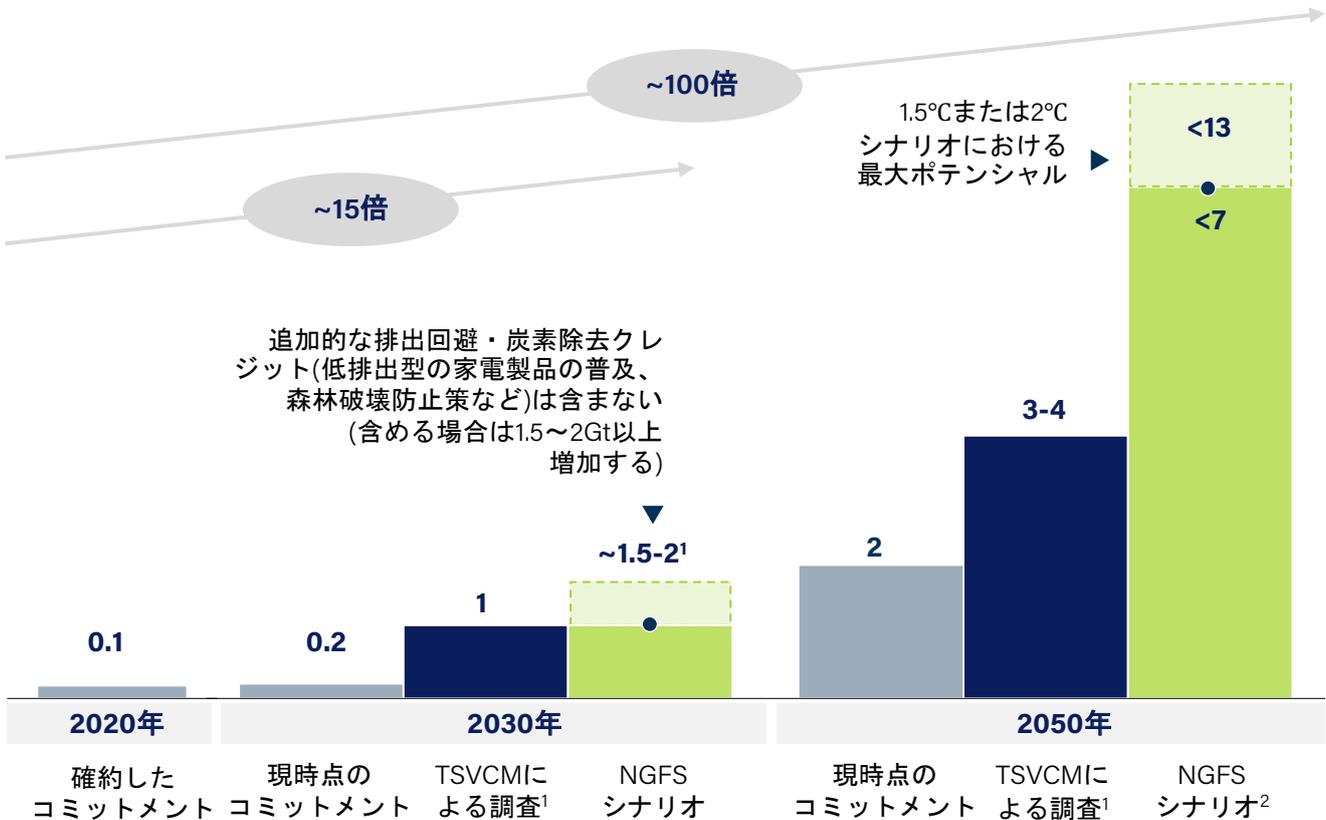
市場規模の大きさ:

VCMの需要は、2030年には約15倍の年間1.5~2GtCO₂、2050年には約100倍の年間7~13 GtCO₂に拡大する可能性がある（図表7）。取引量増加の鍵となるのは、技術ベースのソリューションおよび自然を活用した気候変動対策（NCS）由来のクレジットの供給量や、ネットゼロコミットメントを掲げる企業数などが挙げられる。実際、ネットゼロ達成を誓約する企業は、2019年後半から1年も経たないうちに倍増している。

図表7: VCM 市場の規模—ボランティアークレジットの需要は、2030年までに約15倍、2050年までには約100倍まで増加する可能性がある

TSVCMの調査では、ボランティアークレジットの需要は2030年には1Gt、2050年には3~4Gtに伸びると予測

2030年および2050年のVCMの需要シナリオ、年間GtCO₂



機関投資家にとって重要なインサイト

- 需要量のみがVCMの主要な価格決定要因ではない
- 需要の性質も市場ダイナミクスを評価するうえで重要な要素となる(例えば、質の高いカーボン・クレジットの需要の増加が見込まれると、特定の高品質クレジットの価格は上昇するが、その他のカーボン・クレジットについては利用されないままとなる可能性がある)
- したがって、市場動向を包括的に把握するには、高品質なカーボン・クレジットの発行状況を評価する必要がある

1. TSVCMのエキスパートがクレジット需要を予測

2. 炭素除去・隔離をすべてボランティアークレジットでまかなうものと仮定しているため、これが2050年時点の上限となる

資料: NGFS、マッキンゼー分析

価格が上昇するかどうかは、バイヤーが選好するプロジェクトの種類により左右される。高コストなクレジットに対する需要が伸びると（つまり、技術ベースのソリューションまたは域内の排出削減を実現するクレジットに対する選好が高まった場合）、クレジットの平均価格は上昇し、市場全体の規模も拡大する。今回の調査研究では、2030年にかけての5つのシナリオを検証した。5～15ドル/tCO₂（低コストなクレジットを優先したシナリオ）から、50～90ドル/tCO₂（域内の排出削減を実現するクレジットを選好したシナリオ）を想定した。この場合、CO₂排出削減の需要を1～2 Gtと想定すると、2030年の市場規模は前者のシナリオで50億～300億ドル、後者のシナリオで500億～1,800億ドルに達する。

流動性の高さ:

企業のネットゼロ目標をより明確に示すことによって流動性を生み出すこともできる。バイヤーは、ネットゼロ達成に向けた道筋が企業にとってどのような意味を持つのか、そして排出量を補償あるいは中和するためにクレジットを活用することの妥当性をより明確に示すことを求めている。この指針として、企業はTSVCMの声明文「Calling for a High Ambition Path to Net-Zero」を参照することが望ましい（コラム参照）³¹。これにより、流動性や規模などの面で、市場の成長への確信度を高めることができる。カーボンプライシングリーダーシップ連合（CPLC: Carbon Pricing Leadership Coalition）によるネットゼロ目標達成およびカーボンプライシングに関するレポート³²、SBTi（Science Based Targets Initiative: 企業に対して科学的根拠に基づく目標を立てることを求めるイニシアチブ）による企業ネットゼロ基準³³の策定、VCMi（Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative: ボランティアカーボン市場十全性イニシアチブ³⁴）、またSMI（Sustainable Markets Initiative: 持続可能な市場のためのイニシアチブ）などの各種タスクフォース³⁵をみると、ネットゼロ達成に向けて排出量の補

償・中和対策が必要であることは明らかである。TSVCMが前述の声明文で提唱する「ネットゼロに向けたより野心的な道筋」をとらざるを得なくなる状況がますます現実味を帯びてきており、VCMiは今後加速的に発展していくと思われる。したがって、機関投資家は、パリ協定第6条をめぐる協議や、企業の目標策定に関する基準策定（SBTi、ISOなど）を通じて、VCMiが成長を加速させていく様子を注意深く見極める必要がある^{36,37}。

取引の標準化:

TSVCMが提唱しているように、流動性の高い市場を育成するためには、取引を標準化し、品質保証体制およびデータの透明性を強化する必要がある。これらの課題に対応するべく、いくつかの基準策定団体によってセーフガード対策が設けられたが、ステークホルダーはこの効果については依然として懐疑的であり、バイヤーは脱炭素化プロジェクトの透明性と効果も高め、品質保証体制を強化することを求めている。機関投資家の市場参加を促すためには、主な投資手法について、十全性と品質を確保し、国際的に認められた基準を策定する必要がある。このような基準が整備されることで、価格の解釈性および評価に大きな影響を与え、VCMのコモディティ化が進む。

現在進行中の重要なイニシアチブの一つに、GEO（Global Emissions Offset: グローバル・エミッション・オフセット）の先物取引契約がある。これは、VerraのVCS（Verified Carbon Standard）、ACR（American Carbon Registry: アメリカン・カーボン・レジストリ）、CAR（Climate Action Reserve: 気候アクション・リザーブ）の3つのレジストリが発行するCORSIA（国際民間航空のためのカーボン・オフセットおよび削減スキーム）適格なボランティアクレジットの売買を可能にする現物決済契約である。この取引は、エネルギー・環境のスポット取引市場で世界をリードするCBL Marketsを通じて行われる。このイニシアチブは、複数の認証基

³¹ Calling for a High Ambition Path to Net-Zero, 国際金融協会 (IIF: Institute of International Finance)、(2021年7月8日)、共著者の所属機関など: ロンドン・スクール・オブ・エコノミクス (LSE)、ネットゼロ資産保有者連合 (国連により設立)、国連気候アクション・ファイナンス特使、スタンダードチャータード銀行、デビス・ポーク、国際金融協会; https://www.iif.com/Portals/1/Files/High_Ambition_Path_to_Net_Zero.pdf

³² Carbon Pricing Leadership Coalition, "Report of The Task Force on Net Zero Goals & Carbon Pricing" (2021年9月22日), <https://www.carbonpricingleadership.org/news/1/2021/9/22/netzero-report>

³³ SBTi Foundations for Net-Zero Target-Setting in the Corporate Sector (2021年9月); <https://sciencebasedtargets.org/net-zero>

³⁴ 2021年7月29日に設立されたVCMiは、カーボン・クレジットの取引や排出削減目標の表明に関して十全性を確保するための指針の策定に重点を置いている; <https://vcmintegrity.org/>

³⁵ SMIの金融サービス・タスクフォースは、世界を代表する金融機関の幹部がメンバーとして名を連ねており、持続可能な社会への移行を加速させるための有意義かつ実行可能な施策の策定に取り組んでいる; <https://www.sustainable-markets.org/taskforces/financial-services-taskforce/>

³⁶ SBTiは、CDP Worldwide (投資家、企業、都市、国家、地域が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非営利団体)、UNGC (United Nations Global Compact: 国連グローバル・コンパクト; 組織に対して一貫したサステナビリティポリシーの導入を促している自発的なイニシアチブ)、WRI (World Resources Institute: 世界資源研究所)、WWF (World Wide Fund for Nature: 世界自然保護基金)の4つのパートナー組織で構成されている

³⁷ ISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構)は、世界165カ国の国家標準化団体で構成される、政府から独立した非営利組織で、カーボンオフセット基準を含む、自発的合意に基づいた国際的な基準を策定している

準をまたいでクレジットの品質を標準化することを目的としている。

図表 8 は、排出回避・削減クレジットおよび炭素除去・隔離クレジットの投資適格性を比較したものである。

価格の解釈性:

VCMが機関投資家に投資適格とされるためには、透明性が高く、分かりやすい価格設定のメカニズムやそれを支える市場インフラ（取引所など）の整備が不可欠である。現在、カーボン・クレジットはOTC取引が主体で市場データ（取引量や価格水準）の透明性が低く、参考データが少ないことが市場の成長を阻む要因となっている。透明性の高い市場インフラを通じて、標準化された商品や契約の取引が可能になることで流動性が高まり、取引の規模は拡大し、機関投資家の市場参入を促すことができる。ただし、取引されるクレジットの品質および市場参加者の健全性の確保が前提条件となる。

コラム

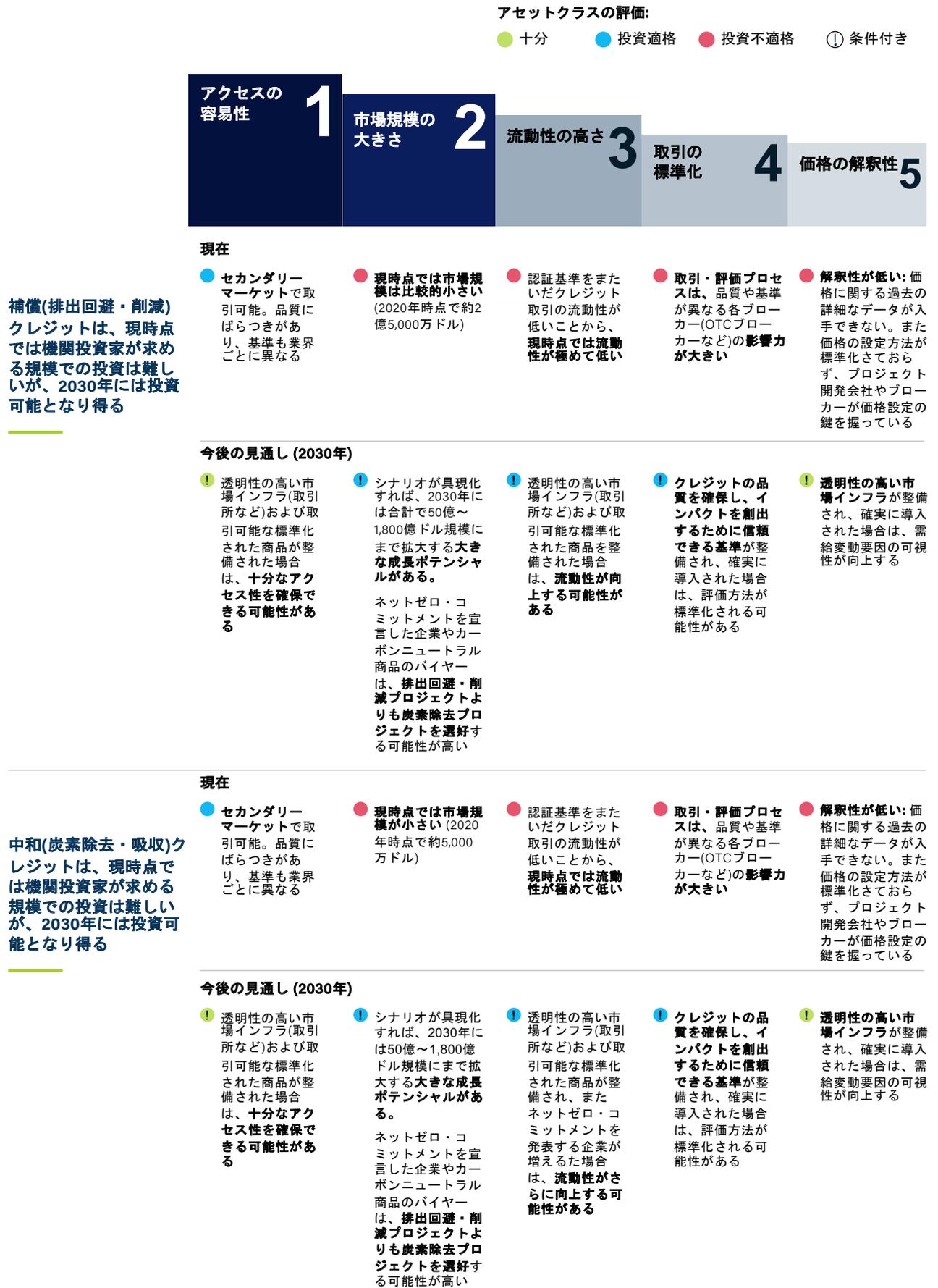
TSVCMによる声明文「Calling for a High Ambition Path to Net Zero」

TSVCMのメンバーが署名したこの公開声明では、企業に対して、ネットゼロを最終的な目標として捉えることなく、その先を見据えたより野心的な目標を掲げることを求めている。この声明は、企業が科学的コンセンサスに基づいて自らの事業活動およびバリューチェーン全体の脱炭素化に努めることに加え、「ネットゼロ達成に向けた道筋」に沿って排出量を補償（排出回避・削減）および中和（炭素除去）することを奨励している。

社会に便益をもたらすものでなければならない。

企業による高いコミットメントを促し、「グリーンウォッシュ」を防ぐためには、十全性の高いカーボン・クレジット市場を確立し、中和（炭素除去クレジット）と補償（排出回避・削減クレジット）を明確に区別する必要がある。TSVCMはまた、炭素除去、排出回避・削減により気候変動の緩和に貢献するカーボン・クレジットは、高品質なものでなければならないとしている。例えば、「追加的」で（すなわち、カーボン・クレジットなしでは不可能であったと思われる大規模な排出削減効果を有しているなど）、目に見えるかたちで地域経済や地域

図表8:VCM の深掘り分析: 5つの基準に基づいた補償(排出回避・削減)クレジットおよび中和(炭素除去・隔離)クレジットの投資適格性評価



コラム

VCMクレジットのパフォーマンス

VCMの投資適格性を阻む要因の一つとして、リターン、ボラティリティ、他のアセットクラスとの相関関係の分析に利用できる過去の価格データが不足していることが挙げられる。また、入手可能なデータを見ても、VCMの過去のリターン実績は機関投資家の投資対象としての魅力に欠けている。2007年から2013年の間、価格は1トン当たり5ドルを超えていたが、近年は供給量が需要を上回ったことで1トン当たり約3ドルまで低下した。過去のデータに基づいてプロジェクトの種類別に価格を検証しても、ほとんどの種類について魅力的な水準までの価格上昇は見られなかった。なお、現時点で、平均以上の価格水準を維持しているカテゴリーは、「家庭部門」「林業・土地利用」「エネルギー効率化・燃料転換」である。ただし、同一カテゴリー内でも価格に大きなばらつきがある。例えば、2016年から2019年にかけて、廃

棄物処理については1トン当たり約1.80ドルから約2.50ドルへの上昇が見られた一方で、再生可能エネルギーは1トン当たり1.40ドル近辺で横ばい傾向となっている。したがって、カーボン・クレジットの品質が標準化され、より透明性の高い価格設定が可能となるまでは、機関投資家が特定の種類のプロジェクトを投資対象として捉えることは困難とみられる。





つまり、

VCMは2030年にはCCMの成長率を上回り、ほぼ同等の市場規模になる可能性がある。このため、機関投資家はVCMを慎重に評価し、上述の指標に大きな変化が生じた場合は、自身の投資ポジションの見直しを行うことが重要となる

機関投資家への問い

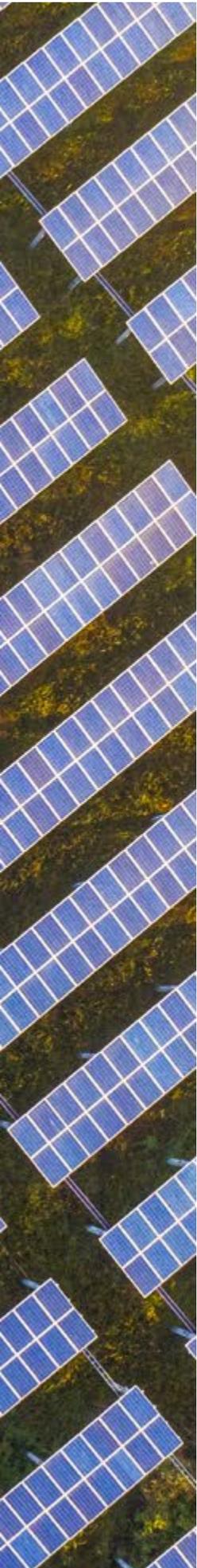
- Q1. 現在、機関投資家の視点から、アセットクラスとしてのCCMをどのように捉えているのか
- Q2. VCMが機関投資家にとって投資適格性のあるアセットクラスとなるには、どのような発展を遂げる必要があるのか





第2章

機関投資家の 気候変動リスク管理に 有効となり得る排出権



多くの機関投資家にとって炭素市場への投資は依然としてハードルが高いものの、こうした状況は今後急速に変化する可能性がある。したがって、本稿ではこの点を踏まえ、機関投資家が投資ポートフォリオに排出権を組み入れることで期待できる効果について調査を試みた。具体的には、CCMの取引データを用いて、3つの代表的な気候シナリオ下で投資ポートフォリオに排出権を組み入れた場合の潜在的な影響を10年および30年の時間軸で検証した。

その結果、炭素市場は機関投資家に対してリスク調整後リターンの向上およびリスク管理の重要な機会をもたらすという結果にたどり着いた。検証により、投資ポートフォリオのごく一部でも排出権に割り当てることで、気候変動関連の移行リスクに対する耐性を強化できることが明らかになった。なぜなら、炭素価格の先行きは依然として不透明であるものの、政策に大きく影響を受けるため、各国政府が脱炭素化に向けた取り組みを強化することによって、炭素価格が上昇する可能性があるからである。

機関投資家がポートフォリオのうち、ごく一部でも排出権に割り当てることで、気候変動に関わる移行リスクに対する耐性を高めることができる

CCMの最近の実績データをみると、ポジティブなリターンを生み出している

今回は、EU ETS、CCA ETS（米国カリフォルニア州）、RGGI ETS（米国北東部州地域）、NZ ETS（ニュージーランド）の4つの主要な排出量取引制度における過去の5年間の取引実績データを分析し、グローバルETSインデックスを構築した。これにより、ETSの将来のボラティリティおよび他のアセットクラスとの相関関係を推計する際に用いる代替指標を設定した。第1章で述べたように、この時期は次の10年間にわたり市場で取引される排出量に上限を設けるといった規制強化により、ETS価格の安定した上昇傾向が続いていた。よって当然ながら、データでは2016年以降、4つの主要ETSすべてについてポジティブなリターンが生み出されている³⁸。

2016年以降の年率リターンは、均等型インデックス（各25%）で22.5%、時価総額加重型インデックスで34.7%となっている。これに対して、同期間のグローバル株式のリターンは14%、債券のリターンは3%であった。2016年以降、60/40ポートフォリオ（株式60%、証券40%）に、ETSへの投資が10%含まれていたと想定すると、年率1.3%（均等型インデックスの場合）あるいは2.8%（時価総額加重型インデックスの場合）の超過リターンを享受できたことになる³⁹。

ETSのパフォーマンスは規制当局の動きと密接に関係しているため、過去のデータのパターンに基づいて将来を予測することは難しい。しかし、過去のETSのデータを用いることで、本章の焦点でもある各気候シナリオが金融資産や排出権に与える影響を評価するうえで、将来的な展望を示すことはできる。

気候変動リスクをヘッジする手段としての排出権の利用

排出削減に向けて政府や企業がたどる道筋は、今後、世界経済が直面する移行リスクの規模や性質を決定づける重要な要因となる。今回は、投資ポートフォリオにおいて排出権が果たし得る役割を検討するために、気候シナリオに基づいたモデリングを行った。これは仮説に基づいたモデルに過ぎないが、機関投資家がそれぞれの精緻な仮説に基づいて、高度にカスタマイズした投資ポートフォリオのシミュレーションを行う際のベースラインとなり得る。なお、本稿では、10年の時間軸をベースとし、2050年までの予測は主要なメッセージを裏付けるための補足的なものである。分析の手法については以下のコラムで詳述している。

今回の分析では、NGFSによる信頼性の高いシナリオを3つ選定した。具体的には、NGFSのREMINDシナリオで、これは経済および金融システムに対する気候リスクを分析する際に活用できる共通のスターティングポイントを提供するために策定されたものである。REMINDシナリオを選択した理由は、幅広く採用されていること、技術的基準がパリ協定に整合していること、金融セクターとの関連性が高いこと、一貫したモデリング手法を用いていることによる。

公表されているNGFSシナリオのうち、パリ協定で定められた「世界の平均気温の上昇を2℃より十

³⁸ 2014年にはオークション時期を後ろ倒しすることにより排出枠の供給過剰が解消され、また2019年にはEUが市場安定化のためにMSR(市場安定化リザーブ)を導入した(第1章、図表6参照)

³⁹ 2016年1月から2021年3月にかけての株式、債券、ETSの取引データを用いて行ったポートフォリオのヒストリカル分析

分低く保つ」という目標を反映したシナリオ（2℃未満シナリオ）を採用した。なお、平均気温の上昇を1.5℃未満に抑えるより野心的なシナリオでは、移行リスクや投資への影響はより大きくなる。これらのシナリオは、世界各地で講じられている様々な気候変動対策を想定して考えられる様々な影響を提示している。

「ホットハウス・ワールド」シナリオ: 現状と変わらず、世界における1トン当たりの炭素価格の平均が3～4ドルで比較的安定的に推移⁴⁰

「秩序ある移行」シナリオ: 長期目標に沿って最適な炭素価格を想定。気候変動対策は早期に講じられ、段階的に強化されるため、1トン当たりの炭素価格は2020年の3ドルから、2030年には70ドルへと上昇して年率約35%の強い伸びを示し、2050年には230ドルとなり、年率約6%で安定的に伸びる見込み

「無秩序な移行」シナリオ: 2030年まで気候変動対策が講じられない結果、秩序だった移行が行われず、物理的リスクが甚大化し、1トン当たりの炭素価格が2030年には約3ドル（「ホットハウス・ワールド」シナリオと同水準）から2050年には約740ドルへと大幅に上昇する見込み

⁴⁰ 本稿における炭素価格は、特段の記載のない限り、世界の実質的な暗示的炭素価格の平均を指す（ドル、2020年）

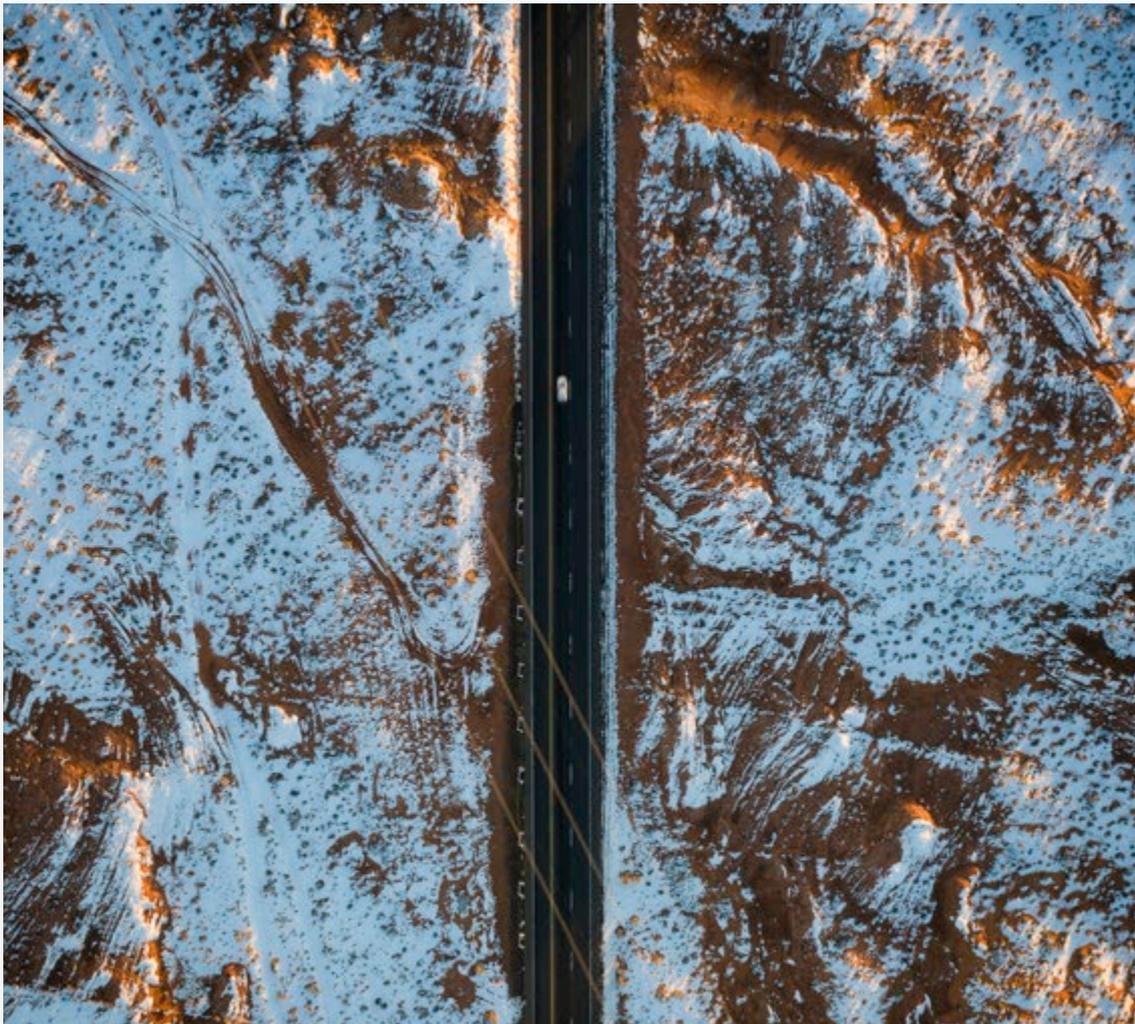
コラム

NGFSによる気候シナリオ

NGFSシナリオは、様々な政策シナリオに沿って実際の影響を示すために作成されたもので、電力部門の急速な脱炭素化、電化の進展、資源の効率的利用、削減が困難な排出量に対応するための一連の新技术の導入といった重要な課題を取り上げている。

NGFSでは、気候変動対策が早期に講じられ、段階的に強化される「秩序ある移行」シナリオ、気候変動対策が先送りされる、あるいは国やセクター間で足並みが乱れることによって移行リスクが高まる「無秩序な移行」シナリオ、地球の温暖化を防ぐために十分な気候変動対策が講じられないことで物理的リスクが甚大化する「ホットハウス・ワールド」シナリオの3つ

の категорияに分類される6つのシナリオを提示している。



コラム

本分析におけるモデリングアプローチ

今回は5ステップのアプローチを採用した(図表9)。

図表9: Vivid Economics の気候変動に関するボトムアップ型の影響分析を活用し、モンテカルロ・シミュレーションを含む5ステップのアプローチを採用。3つの気候シナリオに沿って、仮説に基づく投資ポートフォリオに対して10万通りの累積リターンを推定した



ステップ1: 気候シナリオの作成

3つのNGFS REMINDシナリオを用いて各資産の気候変動リスクをモデル化

- 「ホットハウス・ワールド」シナリオ¹: 地球温暖化を防ぐために追加的な気候変動対策を講じないことで物理的リスクが甚大化する
- 「無秩序な移行」シナリオ: 2030年まで気候変動対策が導入されず、気温上昇を2°C未満に抑制するための移行措置が2030年以降に急速に進むことで無秩序な移行となる
- 「秩序ある移行」シナリオ: 気温上昇を2°C未満に抑制するための移行措置が速やかに講じられる

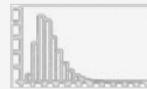
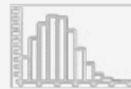


ステップ2 資産レベルでのインプットの導出

各アセットクラスについて期待されるリターン、ボラティリティ、相関行列

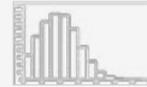
株式

債券



グローバルETS
指数

グローバル
REIT指数



Vivid Economics
のPlanetricsチー
ムが、シナリオ
ごとに気候変動
リスクが各ア
セットクラスの
評価に対して与
える影響を評価



ステップ3: ポートフォリオレベルのインプット

ポートフォリオの組入比率に関する仮定
ベースとなるリファレンスポートフォリオ:

- ポートフォリオ1: 株式 60%、債券 40%
- ポートフォリオ2: 株式 57%、債券 38%、ETS 5%

不動産関連の資産を組み入れたオルタナティブ・
ポートフォリオ:

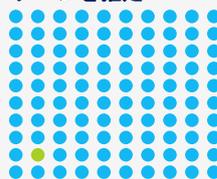
- ポートフォリオ1: 株式 40%、債券 40%、
REIT 20%
- ポートフォリオ2: 株式 38%、債券 38%、
REIT 19%、ETS 5%



ステップ4: モンテカルロ・シミュレーションの実 行

ポートフォリオをシ
ミュレーションして
10万通りの累積リ
ターンを推定

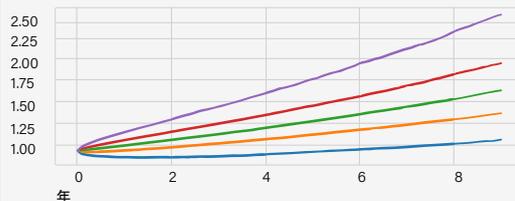
ポートフォリオNo.
8,243の累積リターン



ステップ5: 分析結果の集約

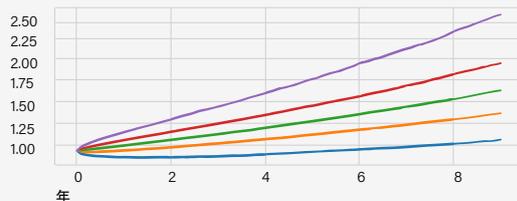
ポートフォリオの推定パフォーマンス

ポートフォリオ1: 株式 60%、債券 40%



— 5.0%パーセンタイル — 50.0%パーセンタイル — 95.0%パーセンタイル
— 25.0%パーセンタイル — 75.0%パーセンタイル

ポートフォリオ2: 株式 57%、債券 38%、ETS 5%



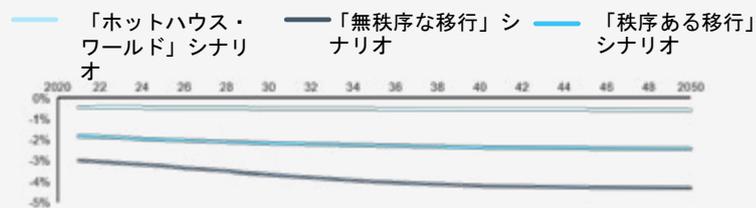
1. 「ホットハウス・ワールド」シナリオは、特定の国・地域に限らない、理論上の仮定であり、NGFSが2020年6月に予測を公表する前の時点で実施されていたもの以外の気候変動政策は実施されないと仮定している。同シナリオが世界の炭素価格に与える影響は、世界各国が実施する様々な移行政策を統合的に捉えるために単純化している

ステップ1: モデリングのベースとなる気候シナリオを選択する（上記参照）。

ステップ2: Vivid Economicsの Planetrics 分析プラットフォームを使用して、株式、債券、グローバルETSインデックスの資産レベルのインプットを導出する。各シナリオにおける各資産の財務的影響は、機関投資家が気候変動の影響を見通すことができると想定し、資産モデリングコンポーネントからのキャッシュフローの見積値を正味現在価値に割引引いて導出する。例えば、株式および債券は、ポートフォリオに

含まれる一般的な投資対象商品である。いずれのアセットクラスの価値も物的損害、需要破壊、炭素コストといった様々な物理的リスクや移行リスクによる影響を受ける（図表10）。

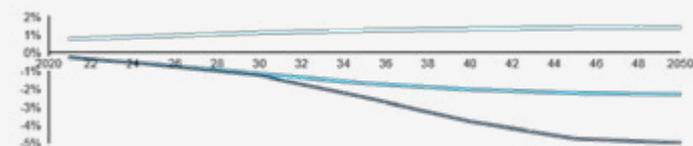
図表10: 期待リターンに関する資産レベルでのインプットの導出—2050年にかけての各アセットクラスの相対的価値への影響



株式の相対的価値への影響

iシェアーズ MSCI ACWI ETFは、先進国と新興国の約2,300の株式で構成されている

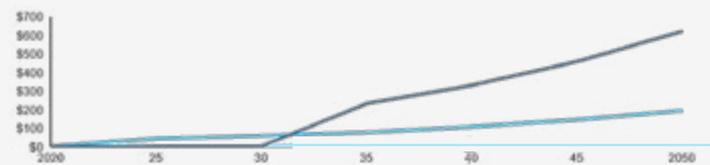
企業レベルでの価値への影響は、気候変動が各社の年間収益に与える影響を評価し、2050年までの期間にわたって割引引くことで、現在の評価額に対する相対的な影響を導出した



債券の相対的価値への影響

J.P. Morgan Hedged Global Government Bond Index。テナー(期間)の異なるソブリン債で構成されている

ここでは、エネルギー消費量やエネルギーコストの変化に起因するマクロ経済ショック、気候変動による物理的リスクの変化やこれらのショックに対する政府や中央銀行の対応を考慮している



NGFS炭素価格パスウェイ

NGFSのREMIND シナリオは、中央銀行や金融セクターによって気候変動ストレステストに広く活用されている

排出権の期待リターンは、予測される価格経路に基づいて算出した

1. 「ホットハウス・ワールド」シナリオは、特定の国・地域に限らない、理論上の仮定であり、NGFSが2020年6月に予測を公表する前の時点で実施されていたもの以外の気候変動政策は実施されないと仮定している。同シナリオが世界の炭素価格に与える影響は、世界各国が実施する様々な移行政策を統合的に捉えるために単純化している

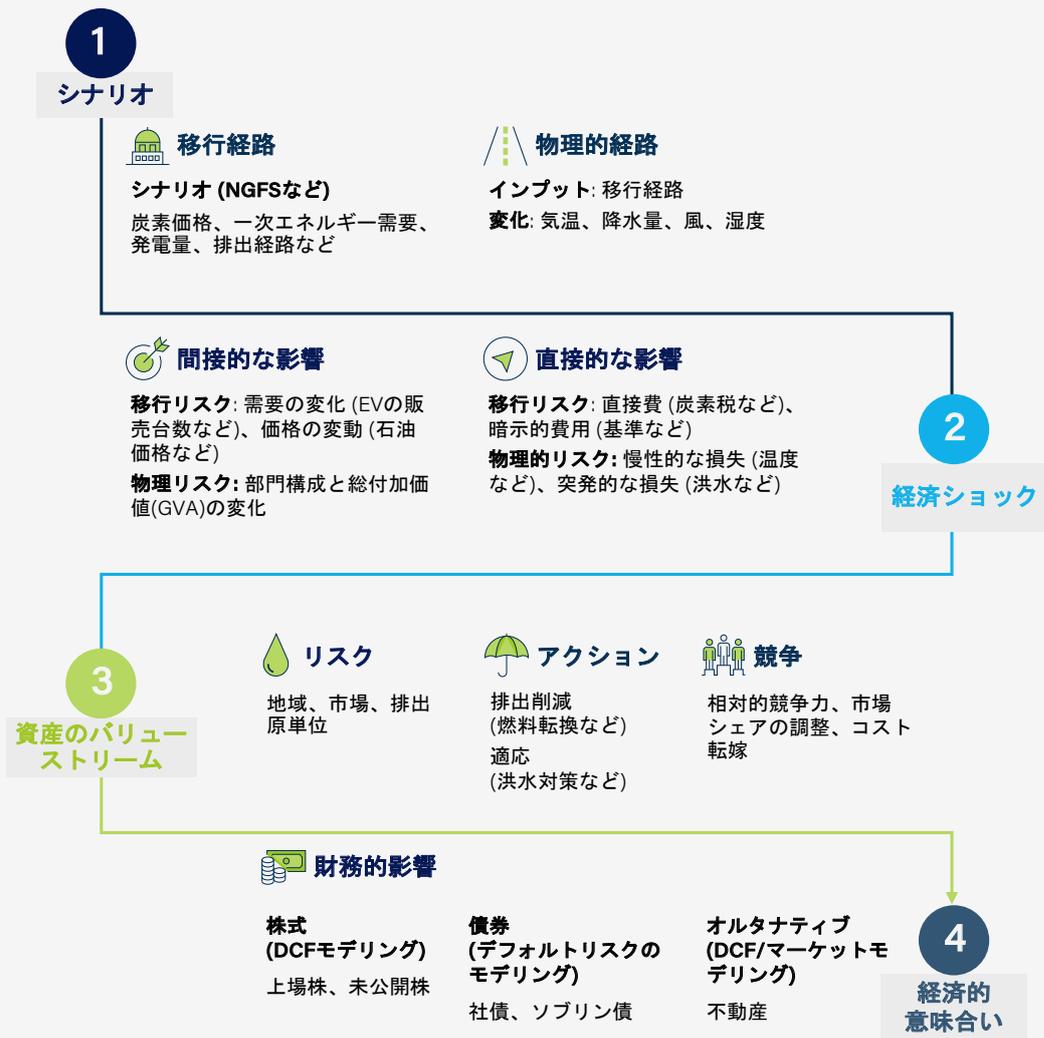
サステナビリティおよびマクロ経済に関わる幅広いケイパビリティを備えたマッキンゼー傘下の戦略コンサルティング会社であるVivid Economicsと、Planetricsの気候リスクの定量化・報告・管理を可能にする分析プラットフォームとの連携で、企業による気候変動に関わる喫緊の課題への対応およびネットゼロ達成に向けた変革を支援する(図表11)

ステップ4: 3つの気候シナリオ下で、仮説に基づいた投資ポートフォリオに対してモンテカルロ・シミュレーションを実行し、10年間(2030年)および30年間(2050年)の期間で10万通りの潜在リターンを導出する。ここではリターンが正規分布すると想定する。

ステップ5: 情報を集約して投資ポートフォリオのパフォーマンス予測を作成する。仮説に基づいた2つの投資ポートフォリオを構築し、そのうちの1つは排出権の組入比率を5%とすることでポートフォリオのパフォーマンスにどのような影響が出るかを評価する。さらに、それぞれについてモンテカルロ・シミュレーションを実行し、リターンの推移を推定して期待リターンを算出

ステップ3: パブリックアナリストによる予測や過去のデータを参考にしつつ、各資産の期待リターン、ボラティリティ、相関関係に基づいて、投資ポートフォリオを構築する(図表12)。

図表11: 期待リターンに関する資産レベルでのインプットの導出: Planetricsモデルは、4ステップのフレームワークで、気候シナリオごとに各部門一や株式が投資家に与える影響をボトムアップで定量化



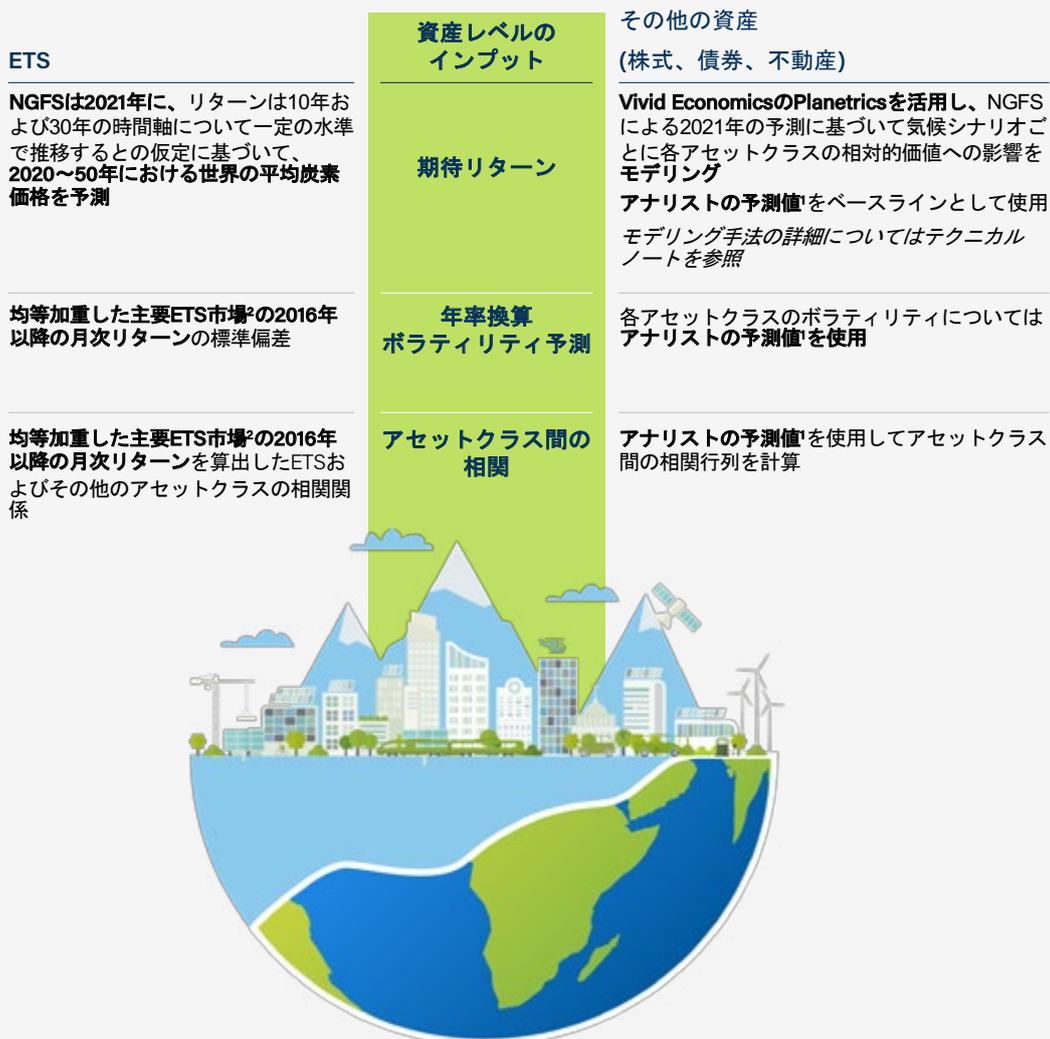
する。

- リファレンスポートフォリオ: 株式60%、債券40%で、投資ポートフォリオの株式部分についてはiシェアーズMSCI オール・カンントリー・ワールド・インデックス・ファンド (ACWI)、債券部分にはJPモルガン・グローバル・ガバメント・ボンド・インデックスを代理指標として使用する。
- 排出権の組入比率を5%に設定: 株式57%、債券38%、排出権5%の組入比率とする。

現在、主要なETS市場では価格上昇が見られている(例えば、1トン当たりの炭素価格は2021年

の最初の9カ月間で33.5ユーロから61.7ユーロ超まで上昇し、80%以上の伸びとなった)。これは、今回のモデリングのベースとなっているNGFSの2021年の炭素価格の予測値を上回っている。よって、現在の伸びが止まった場合、炭素関連資産の期待リターンが低下する可能性がある。詳細については、テクニカルノートを参照いただきたい。

図表12: 資産レベルでのインプットの導出の概要: Vivid EconomicsのPlanetViewモデル、マーケットアナリストレポートおよび入手可能な市場データを活用



1. J.P. Morgan, BlackRock, Invescoの超長期市場予測の業界コンセンサス
2. EU、米国のCCA、RGGI、NZの4つの主要ETS市場を考慮

排出権の投資リターンは、気候シナリオによって異なる

排出権を組み入れた仮説上の投資ポートフォリオのパフォーマンスは、気候シナリオによって大きく異なる。例えば、このシナリオのモデルリングの結果をまとめた図表13を見ると、排出権を投資ポートフォリオに組み入れたとしても、「ホットハウス・ワールド」シナリオでは排出権の年率リターンが低くなるため、リターンが全体的に低下する。

気候シナリオによって、ポートフォリオのパフォーマンスは大きく異なる

一方、「秩序ある移行」シナリオでは、炭素価格は安定的に上昇し、株式・債券市場は移行コストの上昇によりマイナス影響を受ける。排出権を5%組み入れたポートフォリオの年率リターンは、排出権を組み入れていないものと比べて、2030年に約1.4%pt、2050年に0.5%pt上回る。さらに、4つの市場にわたる排出権を組み入れてポートフォリオを多様化することで、ボラティリティが10~20ベースポイント低下する⁴¹。

「無秩序な移行」シナリオでは、早期に気候変動対策が講じられない状態で排出権の組入比率を5%とした場合、炭素価格の急上昇とその他のアセットクラスに対する移行リスクの影響により、2030年にかけてリターンが低下するものの、2050年には、排出権を組み入れていないものと比べてリターンが年率0.7%pt上回る見込みである。この場合、ボラティリティは10ベースポイントとなり、若干低くなる。

別の言い方をすると、「秩序ある移行」および「無秩序な移行」シナリオでは、排出権を組み入れない株式60%、債券40%で構成されたリファレンス・ポートフォリオは、今後30年間でパフォーマンスが毎年20~40ベースポイント低下する可能性がある。

⁴¹ 本稿で言及されているポートフォリオのリターンは、特段の記載のない限り、年率リターンを指す

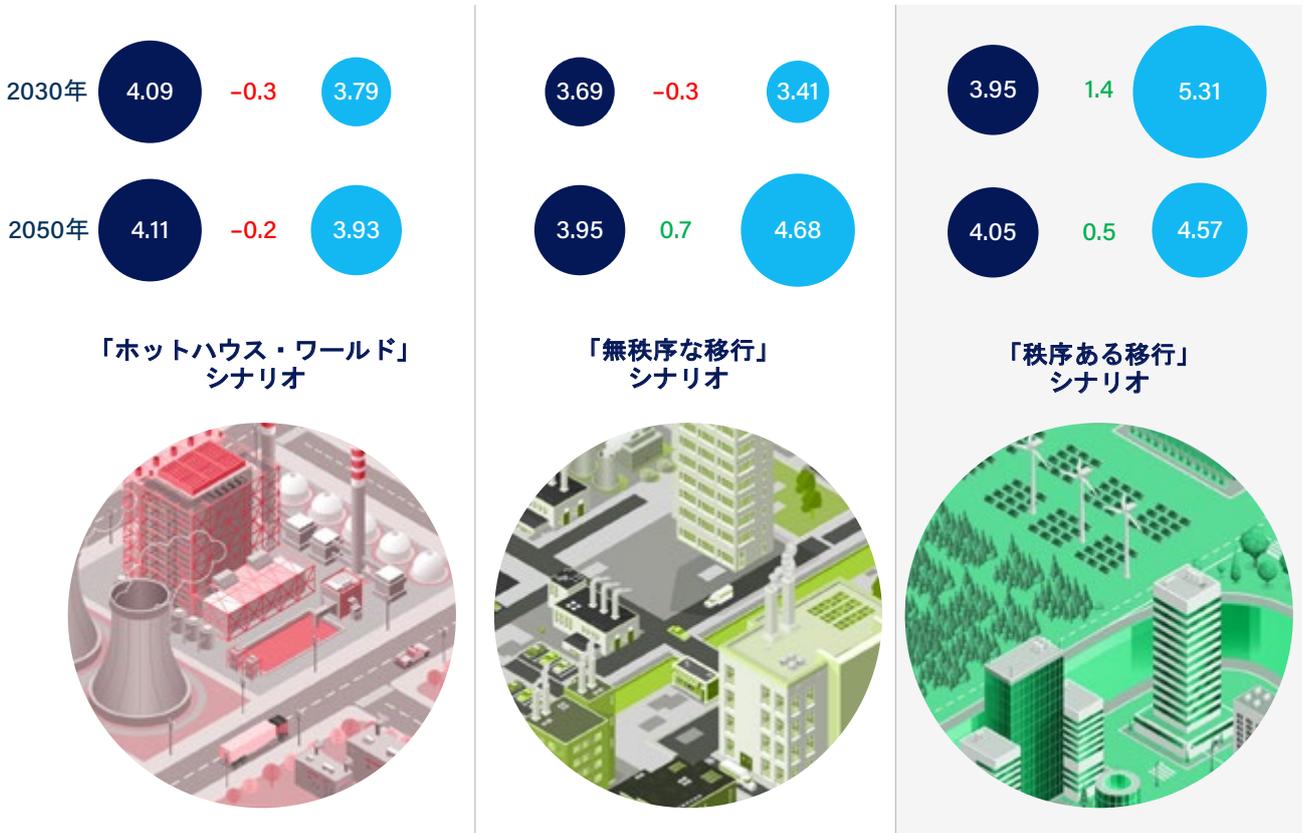


図表13: 60/40リファレンス・ポートフォリオのパフォーマンス: 排出権の組入比率を5%にすることで、気候シナリオ、期間によってはポートフォリオの全体的なリターンが0.5%~1.4%上昇する可能性がある

ポートフォリオのパフォーマンス予測

%

● A. リファレンス・ポートフォリオ² ● B. ETSの組入比率を5%としたリファレンス・ポートフォリオ **XX / XX** リターンの差 (B-A)、%pt



- モンテカルロ・シミュレーションを用いてポートフォリオのパフォーマンスを予測。排出権のリターンはNGFSによる2021年の予測に基づいて算出し、他のアセットクラス(株式、債券など)の相対的価値への影響はNGFSによる2021年のデータに基づいて推定
- リファレンス・ポートフォリオの組入比率は、株式60%、債券40%

したがって、排出権は、機関投資家が様々な気候シナリオに対応するための投資対象としての可能性を秘めていると言える。モデリングから導出されたインサイトによると、株式60%、債券40%で構成されたリファレンス・ポートフォリオにわずかでも排出権を組み入れることで(約0.5~1%)、潜在的な気候変動リスクを回避し得ることが明らかとなった(図表14)。逆に、脱炭素化への移行が進まなかった場合は、投資ポートフォリオに5%の排出権を組み入れると、リターンは年率で20~30ベースポイント低下してしまう。

排出権は、機関投資家が様々な気候シナリオに対応するための投資対象となり得る可能性を秘めている

コラム

不動産関連の組入比率が20%のオルタナティブ・ポートフォリオ

アセットクラスの中でも、特に不動産は気候変動による物理的リスクにさらされる度合いが高い。Planetricsのモデルは、2030年にかけて不動産市場が被るマイナスの影響は、株式市場のそれを1~3%pt上回る4~8%になると予測している¹。

その意味合いを導出するために、不動産投信の組入比率を20%に設定した仮説上のオルタナティブ・ポートフォリオを構築した。この場合、排出権の組入比率を5%とすることで、「秩序ある移行」シナリオおよび「無秩序な移行」シナリオのいずれにおいても、2050年までにリターンが約50~70ベースポイント上昇する可能性がある^{2,3}。

このオルタナティブ・ポートフォリオについて気候変動リスクを十分に分散するためには、(株式60%、債券40%で構成したリファレンス・ポートフォリオと比較して) 排出権の組入比率

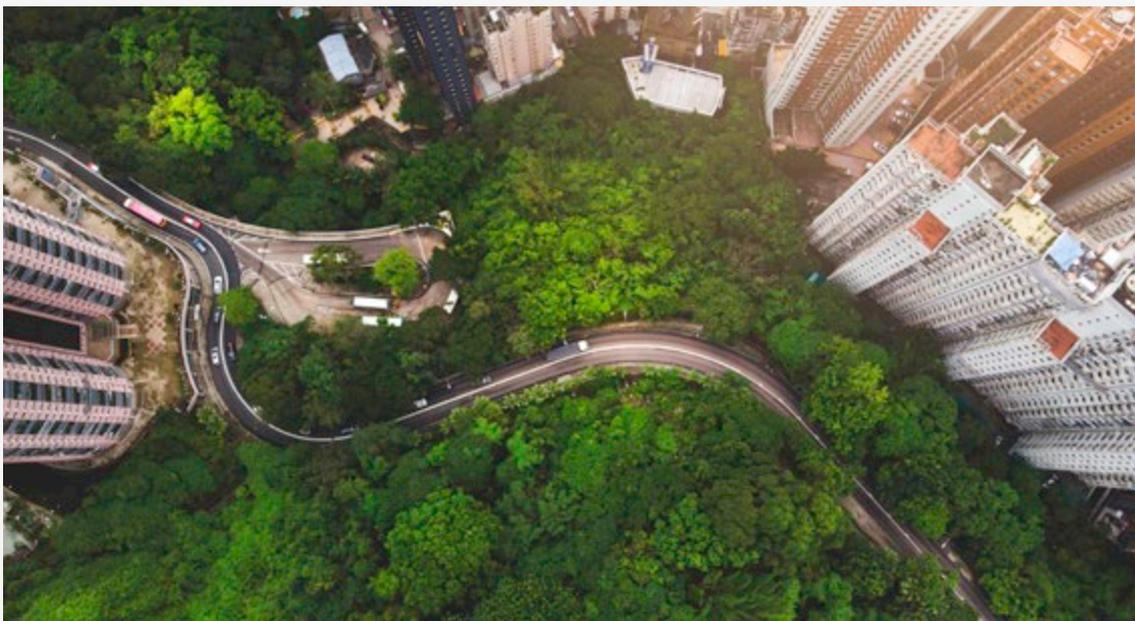
を約10ベースポイント引き上げることで、「無秩序な移行」シナリオにおける2030年以降の物理的リスクに対処する必要がある。

アジア太平洋地域は、3つの気候シナリオのいずれにおいても最も脆弱な地域であり、沿岸地域の人口密度が高いことおよびインフラが脆弱であることにより、物理的資産の損害は世界平均の2倍になると予想されている。アジアの不動産投信の組入比率が高い機関投資家は、適切な分散投資を行うために排出権の比率の引き上げを検討する余地があるであろう。

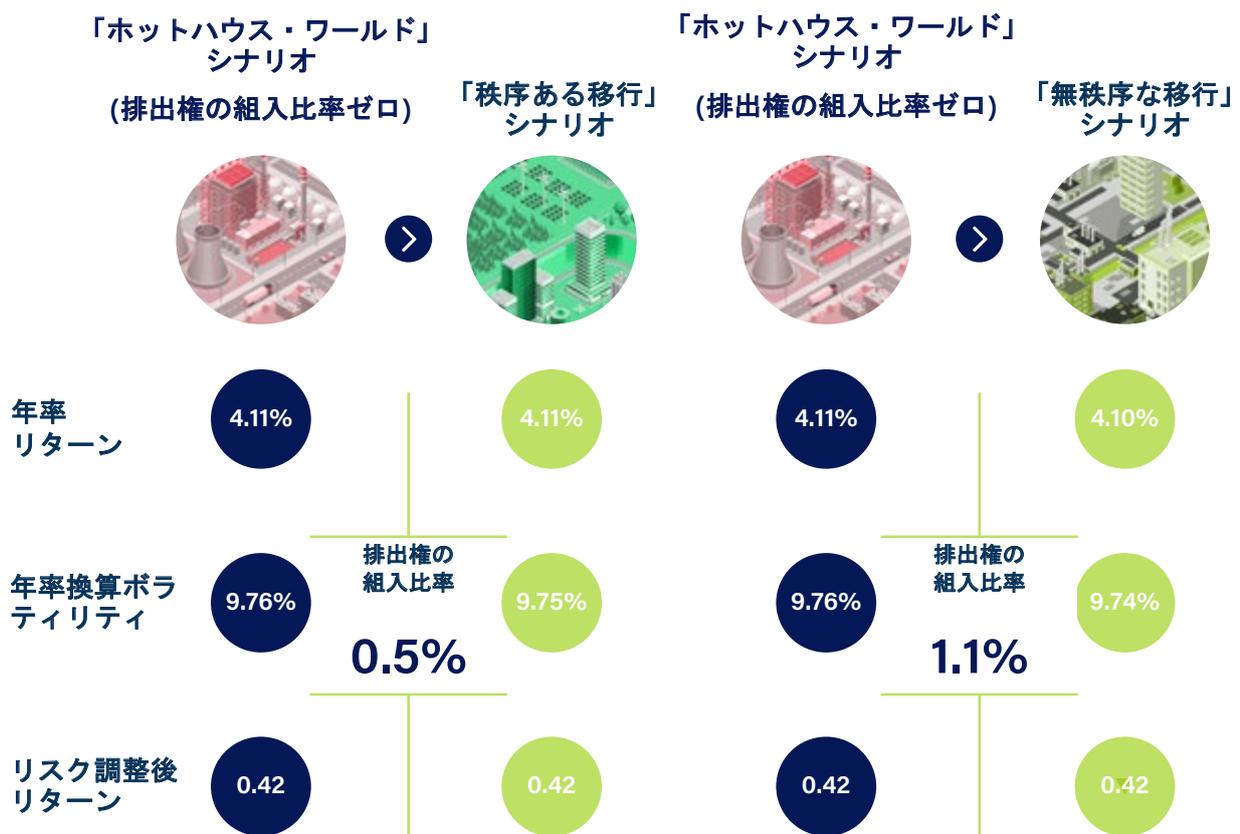
¹ 代表的な例としては、米国(67%)、日本(9%)、英国(5%)、オーストラリア(4%)、カナダ(3%)、シンガポール(3%)を中心に、約300銘柄の不動産投資信託(REIT: Real Estate Investment Trust)で構成されているiシェアーズ・グローバルREIT ETF (iShares Global REIT ETF)が挙げられる

² オルタナティブ・ポートフォリオは、株式40%、債券40%、REIT 20%の構成となっており、米国(67%)、日本(9%)、英国(5%)、オーストラリア(4%)、カナダ(3%)、シンガポール(3%)を中心に約300銘柄のREITで構成されているiシェアーズ・グローバルREIT ETFを代理指標としている

³ 排出権の組入比率を5%としたオルタナティブ・ポートフォリオのその他の投資資産の構成は、株式38%、債券38%、REIT19%としている



図表14: 60/40リファレンス・ポートフォリオのパフォーマンス: 排出権の組入比率を約1%にすることで、気候変動によるリターンの減少リスクを相殺することができる



機関投資家が留意すべき排出権への投資にまつわるリスク

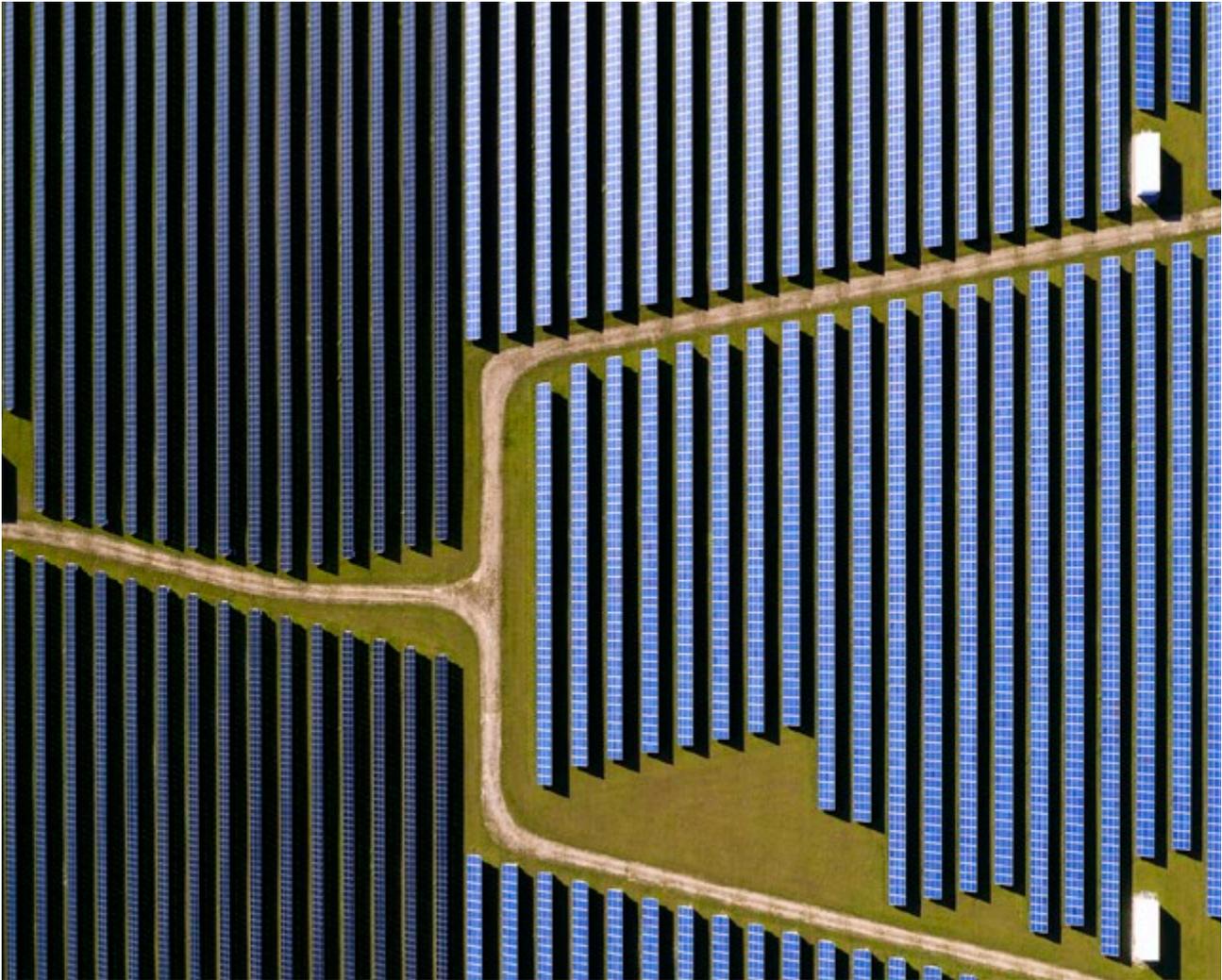
これまで様々な気候シナリオに基づいて、投資ポートフォリオに排出権を組み入れることによる潜在的な便益を示してきたが、CCMへの投資に内在するリスクも含めて網羅的に検討する必要がある。その代表的なものがレピュテーションリスクである。

政府の政策手段であるCCMは、他の金融市場に比べて、投機的利益のために政策主導型の市場が利用されることを警戒する金融規制当局、NGO、政治家、そして広くは一般市民の厳しい監視の目にさらされる。したがって、機関投資家にとっては、自らの行動が炭素排出量を実質ゼロにするという政策の究極的目標に確実に結びつくよう、戦略を慎重かつ丁寧に練ったうえでこれらの市場に参加することが今まで以上に重要となる。ネットゼロの目標達成を目指す過程で長期的な投資リターンを得ることは許容される可能性があるが、相場の変動を利用して利益を得ようとする投機的な投資行動は問題視される場合がある。機関投資家が有意

義な形で炭素市場に参加し得る様々な手段（CCMの流動性の向上や長期的な発展の後押しなど）は、図1に示した通りである。

これに関連して、政策の不確実性から生じるリスクもある。例えば、欧州議会で最も野心的な気候変動対策を掲げる政治団体である緑の党は、2021年5月に発表した政策方針の中で、ETSの投機的取引を防ぐためには、金融市場参加者が保有できるETSの量を制限するといった追加ルールを導入すべきであると述べている⁴²。投機の問題については、ポーランド政府からも抗議の声が上がり、ECに対して最近のETS価格の高騰における金融関係者の関与について調査を求めている。

⁴² Ewa Krukowska「EU Carbon Rally Triggers Greens' Call for Curbs on Speculation」、Bloomberg Green (2021年5月20日)、bloomberg.com



政府の政策手段である CCM は、本質的に他の金融市場に比べてより厳しい目にさらされる

専門的観点からいえば、排出権の法的な定義づけの違いから市場流動性リスクが存在する。例えば、管轄区域の違いによって、地域をまたいだ排出量取引のハードルが高まる可能性がある。カリフォルニア州では排出権は1クレジット当たり、CO₂換算で最大1トンの排出許可証であり、財産権または私的所有権はない。カリフォルニア州大気資源局（CARB: California Air Resource Board）は、不正行為や市場操作の問題が生じた場合に市場を守る手段として、排出権を廃止あるいは制限する権限を有している。一方、ルイジアナ州の連邦地裁は、排出権を報告、移転、販売する権利は財産権の一種とするに値するとの判決を下した。これは、カリフォルニア州外の排出権またはクレジットの販売に

影響を与える可能性がある。つまり、ルイジアナ州のカーボン・クレジットがカリフォルニア州で取引された場合、当該クレジットはルイジアナ州では財産権として認められるものの、カリフォルニア州では認められないというように、法的地位が変わることになる。このような状況で投資家が投資を行うことは難しい。なぜなら、償還請求権を認められないまま、CARBによって排出権が没収される可能性があるからである。

EU ETS についても同様に、排出権に関する不確実性が存在し、法的および会計上のリスクがある。ETS 指令は、取引される排出権の法的性質を明示しておらず、その定義は各 EU 加盟国の裁量に委ねられているが、各国の法令上の定義は実に様々である。排出権が財産権として認められており、証券や金融商品として取引できる国もあれば、行政権限あるいは独自の行政権としてみなしている国もあり、さらにこれらを組み合わせた制度としている国もある⁴³。排出権の詳細な定義は、バランスシート

⁴³ *Legal nature of EU ETS allowances report*, European Union, 2019, op.europa.eu; Ashley Seager 「European taxpayers lose €5bn in carbon trading fraud」, *The Guardian* (2009年12月14日), guardian.com; Jack Horgan-Jones 「Carbon credit fraud in the EU: how does it work?」 *Irish Times* (2019年5月7日), irishtimes.com

上の取り扱いや取引の性質に影響を与える。例えば、排出権を担保として利用できることは、排出量取引市場の発展にとって重要であり、流動性の向上につながる。ただし、そのためには排出権が金融商品として認められる必要がある。

CCMを含む総合的な投資戦略を練る際には、このような複雑性を理解し、対応策を検討する必要がある。実際、CCMの投資適格性を判断するためには、法律および規制の要件を十分に理解することが極めて重要となる。機関投資家は、投資資産に対する法的請求権の確実性を考慮する必要がある。財産権が明確に定義されていない、あるいは保護されていないなどの理由で法的請求権の確実性が乏しい場合は、注意が必要である。また、規制上の観点から、特定の資産への投資が認められているかも把握しておく必要がある。EUの金融商品市場指令（MiFID）では、排出枠は金融商品としてみなされているが、VCMクレジットについては明記されていない。また、ソルベンシーIIにおいては、炭素市場にまったく言及しておらず、EUの投資信託指令（UCITS指令：Undertakings for

Collective Investment in Transferable Securities Directive）では、純粋な炭素排出枠への投資を禁じているように見受けられる。

機関投資家への問い

- Q1. CCMに参加するにはどのような投資戦略を練り、関連するリスクにいかに対応するのか

- Q2. 試験的に排出権へ投資する場合、どの程度組み入れるのか

- Q3. 自身の投資ポートフォリオで最適な排出権の組入比率とは



第3章

VCMの発展に向けて 機関投資家に取り組むべき 課題



気候変動対策の目標の変化とともに、炭素市場も変化する。企業や投資家の気候変動への取り組みに対する社会の期待は急激に変化している。規制が早いペースで進化していくことにより、CCMの変革が促され、企業によるネットゼロ・コミットメントは急増し、ひいてはVCMにおけるカーボン・クレジットの需要が高まる可能性がある。CCMは現時点で投資適格とみなすことができるが、機関投資家にとっては規模がネックとなっている。ただし、状況は日々変化し続けている。一方、VCMはまだ初期段階にあり、流動性や透明性の面で投資適格水準に達しておらず、世界経済で金融市場が果たしている資源配分やリスク管理の機能には遠く及ばない。

このような状況が、短期・中期・長期の投資戦略の一環として炭素市場にアプローチすることを模索している機関投資家を困惑させる要因となっている。では、炭素関連資産がアセットクラスとしての地位を確立していない段階で、いかにして機関投資家は脱炭素化に向けた取り組みを支援できるのだろうか。また、VCMを発展させ、ネットゼロ移行に向けた世界的な取り組みを促進するには、機関投資家はどのような役割を果たすべきであろうか。

本章では、VCMの発展を支えるために機関投資家が検討すべき打ち手について考察し、潜在的な投資機会を特定すると共に、内在するリスクを評価している。ここでは、個別の投資マンドートに関わらず、機関投資家が自ら積極的に参加できる強固かつ十分な流動性を有する炭素市場の発展を支えることは、機関投資家にとっての便益になると考えている。その理由として、主に以下の3つが挙げられる。

1つ目に、炭素市場は、機関投資家から見て魅力的な市場へと急成長しつつあるということ。2つ目に、第2章でも触れたように、炭素市場は機関投資家にリスク調整後リターンを確保する重要な機会をもたらすということ。3つ目に、機関投資家の存在なしには世界の気温上昇を1.5℃に抑えるという目標を達成できない可能性が高く、強固で投資適格な炭素市場の発展に機関投資家が既得権を有するということが挙げられる。1.5℃目標が達成されなかった場合、機関投資家のポートフォリオ自体が気候変動による物理的リスクにさらされる度合いが高まることになるからである。

機関投資家が自ら積極的に参加できる強固かつ十分な流動性を有する炭素市場の発展を支えることは、機関投資家にとっての便益となる

機関投資家が今、模索できる3つの打ち手

機関投資家は、VCMの発展を支え、市場への参加に備えるために、以下3つの打ち手を検討する余地がある：

- VCMバリューチェーンへの投資を通じて、高品質なクレジットの供給を拡大
- VCMにおける信頼性の高い基準の策定およびガバナンスの確立の支援
- ネットゼロ達成に向けた投資先企業の取り組みを後押し

1) VCMバリューチェーンへの投資を通じて、高品質なクレジットの供給を拡大

ますます多くの企業が、1.5℃シナリオに沿って科学的根拠に基づいた排出量削減目標を設定するようになっており、その数は2019年後半には倍増した。この流れで、VCMバリューチェーンでは前例のない動きが見られており、各企業は、NCSやCCS（CO₂回収・貯留）といった新たな排出回避・炭素除去プロジェクトへの大規模な投資を発表し、市場インフラ整備の勢いが増している。

機関投資家は、すでにこの取り組みの中心的な役割を担っている。例えば、投資ポートフォリオ全体でネットゼロを目指すことを宣言する機関投資家が増えつつある。ネットゼロ・アセット・オーナーアライアンス（Net Zero Asset Owner Alliance）には、49の機関投資家が加盟しており（運用資産総額7兆ドル）、投融資先の排出量を2050年までにネットゼロとする目標を掲げている^{44,45}。

このような動きから、ボランタリークレジットの需要が急増している。700社以上の大手企業がネットゼロ達成へのコミットメントを宣言しているということは、ボランタリークレジットへの投資額が現在の水準から大幅に増加していることを意味する。ただし、これだけでは新たにコミットメントを宣言す

⁴⁴ Katherine Dunn「BlackRock's Larry Fink to CEOs: Get serious on net-zero targets, or else」Fortune (2021年1月27日)、fortune.com; Michael Mackenzie and Billy Nauman「BlackRock pushes companies to adopt 2050 net zero emissions goal」Financial Times (2021年1月26日)、ft.com
⁴⁵ <https://www.unepfi.org/net-zero-alliance/>

る企業が加速度的に増えていることを説明できない。TSVCM の調査によると、ボランタリークレジットの需要はCO₂換算で2030年には10倍の1Gt、2050年にはさらに3倍から4倍の3~4Gtに伸びる可能性があるという（第1章の図表7）。

このような需要の伸びは、技術を活用した炭素除去プロジェクト、および森林保護や森林再生を含む自然を活用した解決策（NBS: Nature-based solutions）のいずれについても、魅力的な投資機会を生み出すとみられる。前者の例としては、Drax Groupと三菱重工業が長期的なパートナーシップを結んでいる、毎年数百万トンのCO₂を大気から永久に除去することを目指している世界最大規模の炭素回収プロジェクトが挙げられる。Draxはす

でに英国のノースヨークシャー州セルビー近郊の発電所を転換させ、ヨーロッパ最大の脱炭素プロジェクトへと変貌を遂げており、さらにCCS付きバイオマス発電（BECCS）を利用して、毎年数百万トンのCO₂を大気から永久に除去し、自社の排出量をマイナスにする野心的な目標を掲げている⁴⁶。

後者のNBSについては、投資を表明する機関投資家が加速度的に増加している。大手機関投資家はボランタリークレジットの供給量を増やし、市場規模を拡大するために、すでに炭素の回避・削減・除去プロジェクトへの直接融資を積極的に行っている。例えば、多くの機関投資家は、ロンドンでアドバイザー業務を専門としているPermian Global Advisors LLPと共同で、気候変動への対策

⁴⁶ <https://www.drax.com/about-us/our-projects/bioenergy-carbon-capture-use-and-storage-beccs/>

が求められている企業に対してボランタリークレジットを販売し、リターンを得ることができる大規模な森林再生プロジェクトに出資している⁴⁷。また、シンガポールでは、地域の脱炭素化を促進し、炭素市場に関する知識を深めるために、様々な金融機関が東南アジアにおける脱炭素化プロジェクトへの融資を開始している⁴⁸。

によって投資家を得る便益も変わってくる。よって、機関投資家は今からでもこれらの特性の理解を深め、市場が発達するとともに参加できるように備える必要がある。

大手機関投資家はボランタリークレジットの供給量を増やし、市場規模を拡大するために、すでに炭素の回避・削減・除去プロジェクトへの直接融資を積極的に行っている

プロジェクトへの直接融資以外では、ファンドを通じて投資する方法もある。HSBC Global Asset Managementは、気候変動アドバイザーを専門とするPollinationと共同でファンドを立ち上げ、農地、森林、水などの資産を含む自然資源の世界最大級の運用会社となることを目指している⁴⁹。Temasek HoldingsとBlackRockは、CO₂削減技術に関わるアーリーステージの成長企業に投資するため、「脱炭素パートナーズ (The Decarbonization Partners)」を共同設立した⁵⁰。第1号ファンドの目標額は10億ドルで、両社の資本が含まれる予定である。同時に、英国の大手資産運用会社であるStandard Life Aberdeenは、シエラレオネのゴラ・レインフォレストを拠点とする脱炭素化プロジェクト（認証取得済み）を支援するために、環境コンサルティング会社のClimateCareと提携した。なお、本プロジェクト由来のカーボン・クレジットは、一般消費者および企業のいずれも利用できる⁵¹。また、Macquarieは、非営利団体のFlora and Fauna Internationalと提携し、2,500万ドルを投資して、破壊の危機に瀕する熱帯雨林を特定し、保全することでカーボン・クレジットを創出するプロジェクトを進めている⁵²。

NCS投資の成功の鍵は、機関投資家が質の高いプロジェクトを見極め、投資するための知識とノウハウにある。脱炭素化プロジェクトの規模、数、経済性は様々であり、プロジェクトの種類、拠点、質

⁴⁷ Stephen Rumsey「Protecting Tropical Forest in an Age of COVID-19」Permian Global (2020年12月1日)、permianglobal.com

⁴⁸ (記事)「DBS Bank raises sustainable finance target to SGD50 billion by 2024」DBS Bank (2021年2月4日)、dbs.com; OCBC sustainability report 2020, OCBC Bank, ocbc.com

⁴⁹ <https://pollinationgroup.com/climateassetmanagement-1/>

⁵⁰ (記事)「Temasek and BlackRock Launch Decarbonization Investment Partnership」Temasek Holdings (2021年4月13日)、temasek.com.sg.

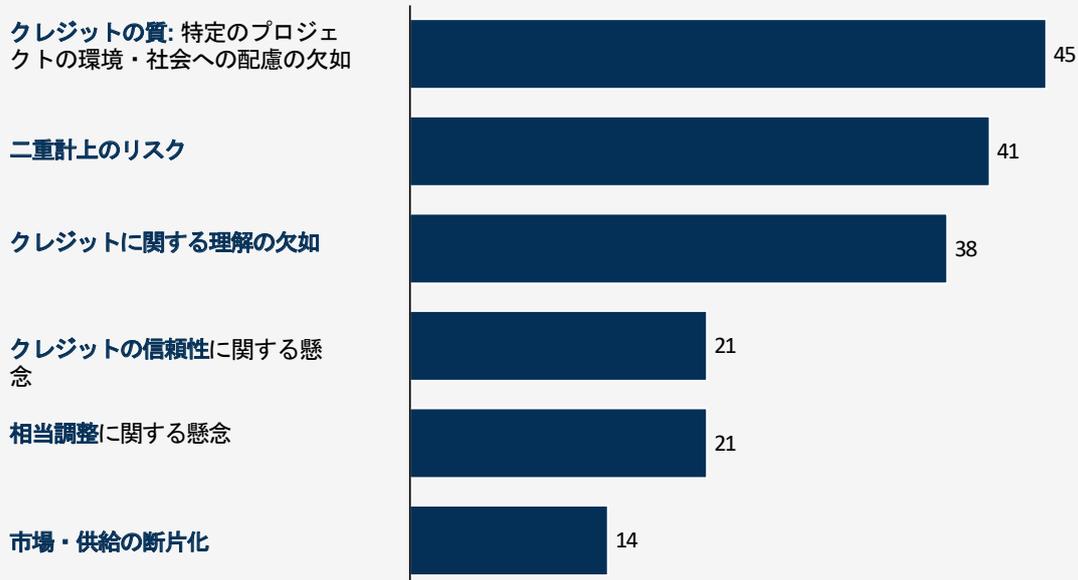
⁵¹ (記事)「Going carbon neutral for World Environment Day」Standard Life Aberdeen (2020年6月5日)、abrdn.com.

⁵² (記事) Ally Catterick「BioCarbon attracts new investment」Fauna & Flora International (2011年7月14日)、fauna-flora.org

図表15: TSVCM が参加企業を対象に実施した調査によると、カーボン・クレジットの大きな懸念として「品質」が挙がっていた

TSVCMによる現在または将来のバイヤーがカーボン・クレジットを取得する際の懸念に関する調査¹

コメントした回答者の割合(%)



カーボン・クレジットの品質基準の確立に向けた最近の動き

2021年9月21日、TSVCMは、VCMのための独立したガバナンス機関 (IC-VCM)を新たに設置することを発表。この発表は、VCMにおけるクレジットの品質と十全性の向上を使命とする同タスクフォースにとって大きな節目となる。これにより、CO₂ 排出量の削減、自然環境の保全、サステナブルテクノロジー開発の資金調達、そしてネットゼロへの移行の加速を図る。

新設のガバナンス機関は、22人の専門家から成る理事会が主導。迅速にVCMの規模を拡大し、十全性を高めることを目的とし、理事会メンバーは、多様性、スキルミックス、影響力を反映した構成となっている。また、しきい値となる基準の策定することで、カーボン・クレジットの品質および十全性の大幅な向上を目指している

1. TSVCMフェーズ1 アンケートで寄せられたバイヤーの声をもとに、2020年10月時点の結果を掲載。実際のアンケート回答者はこれより多かったが、クレジットについてコメントしなかったバイヤーが多かった

資料: TSVCM フェーズ2 レポート, TSVCMウェブサイト: <https://www.iif.com/tsvcm/Main-Page/Publications/ID/4586/New-Governance-Body-Formed-to-Ensure-Integrity-of-Voluntary-Carbon-Markets>

コラム

VCMへの投資機会の評価

VCMへの参加を検討している機関投資家にとって、プロジェクトの品質は最も重要な要素である。TSVCMが参加企業を対象に実施した調査によると(図表15)、カーボン・クレジットを取得する際の大きな痛みポイントとしてクレジットの品質が挙げられていた。同タスクフォースの2021年1月の報告書では、カーボン・クレジットおよびその基礎となる基準や方法論を評

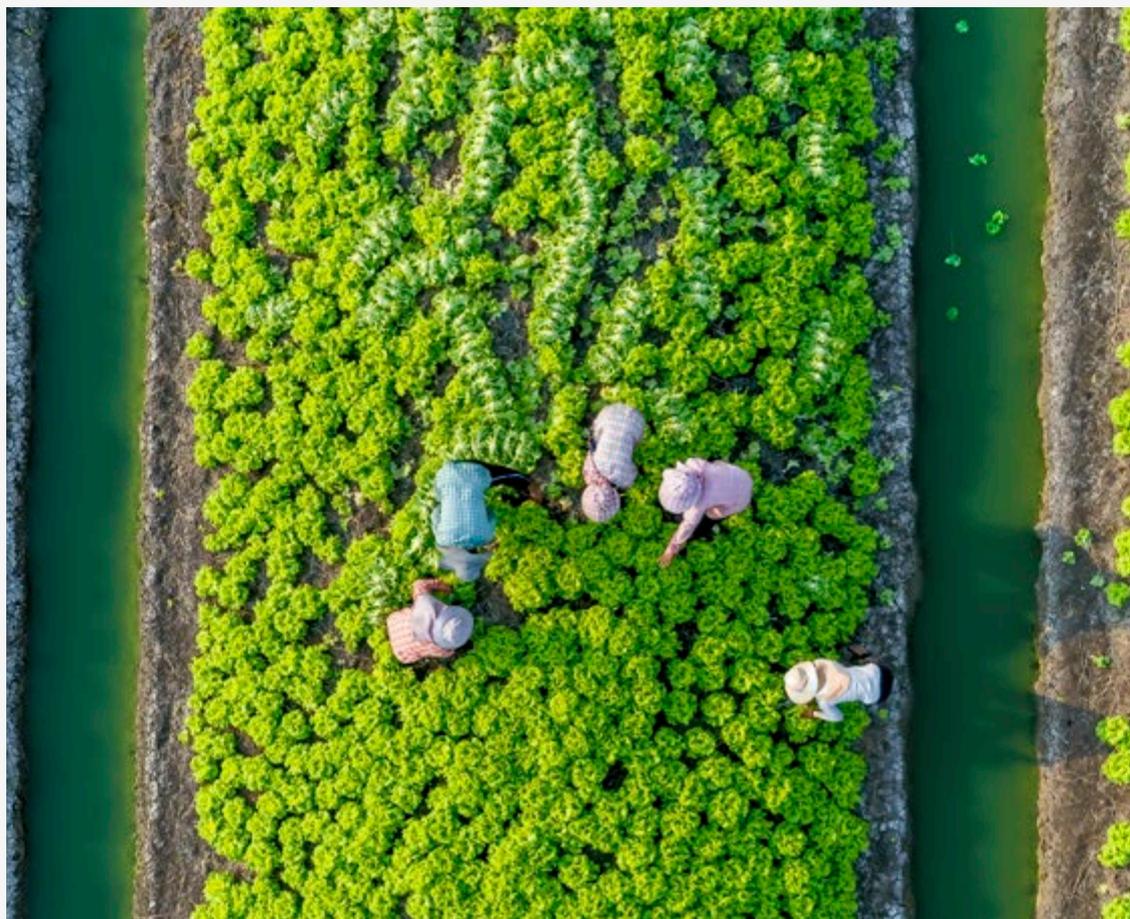
価するためのしきい値を定めたコアカーボン原則 (CCP: Core Carbon Principles) を策定する必要があるとしている。CCPは、透明性および十全性の高いカーボン・クレジット市場を確立し、規模を拡大していく足がかりとなる。同報告書は、機関投資家が適切な品質のプロジェクトを特定し、投資するために役立つCCP案の詳細を提示している。VCMの規模拡大に向

けて、同タスクフォースは、他の重点領域（ステークホルダーの関与、ガバナンス、標準化された文書、法的原則、契約など）に加えて、強固たるCCPと市場の十全性を確保するための原則を確立するよう働きかけている。

機関投資家は、総合的な品質基準以外に、各プロジェクト固有の様々な属性を考慮する必要がある。これには、ビンテージ（実際の削減年）および様々な特徴をもつプロジェクトの種類が含まれる。なお、林業・土地利用カテゴリーだけでも、植林、森林再生、保全（REDD+）、アグロフォレストリーなど様々な種類がある。また、CO₂回収といった技術を活用した炭素除去プロジェクトの種類も多岐にわたる。さらに、機関投資家は、プロジェクトに関する生物多様性などのコベネフィット、国連の持続可能な開発目標（SDGs）への貢献度、拠点などを考慮する必要がある。プロジェクトの種類についても、プロジェクトのコスト、追求

可能なコベネフィット、企業が果たせるクライメート・プレッジ（気候変動対策に関する誓約）と大いに関連するため、重要な要素といえる。

現在、市場で主流となっているプロジェクトの種類はNCSである（図表16）。NCSプロジェクトは、今後数年間のカーボン・クレジットの供給ポテンシャルの65～85%を占めると予想される。追加的な排出削減・炭素除去の機会が少なく、カーボン・クレジットの供給ポテンシャルが小さいことや、現時点では除去技術のコストが高いことから、2030年にかけての企業の需要を満たすにはNCSに資金を動員する必要があると考えられる。



第1章で述べたように、まとまった資金を投資したいと考えている機関投資家の観点からみると、投資候補のプロジェクトを特定し、関連するデータを評価することは難しく、NCSプロジェクトに融資するには深い専門知識と比較的小規模なプロジェクトを実行するための専門の投資チームが必要となる。

例えば、Shellは2050年までに炭素排出量実質

ゼロのエネルギー企業になるという野心的な目標を掲げており、シンガポールに炭素取引チームと脱炭素化プロジェクト・オリジネーションチームを設置した¹。同社は、ネットゼロを実現すべく、Permian Globalといった脱炭素化のアドバイザリー会社と共に、東南アジア（ボルネオ島など）における森林保全プロジェクトに取り組んでいる。同社は、この取り組みをきっかけとして、品質保証のために検証チームを

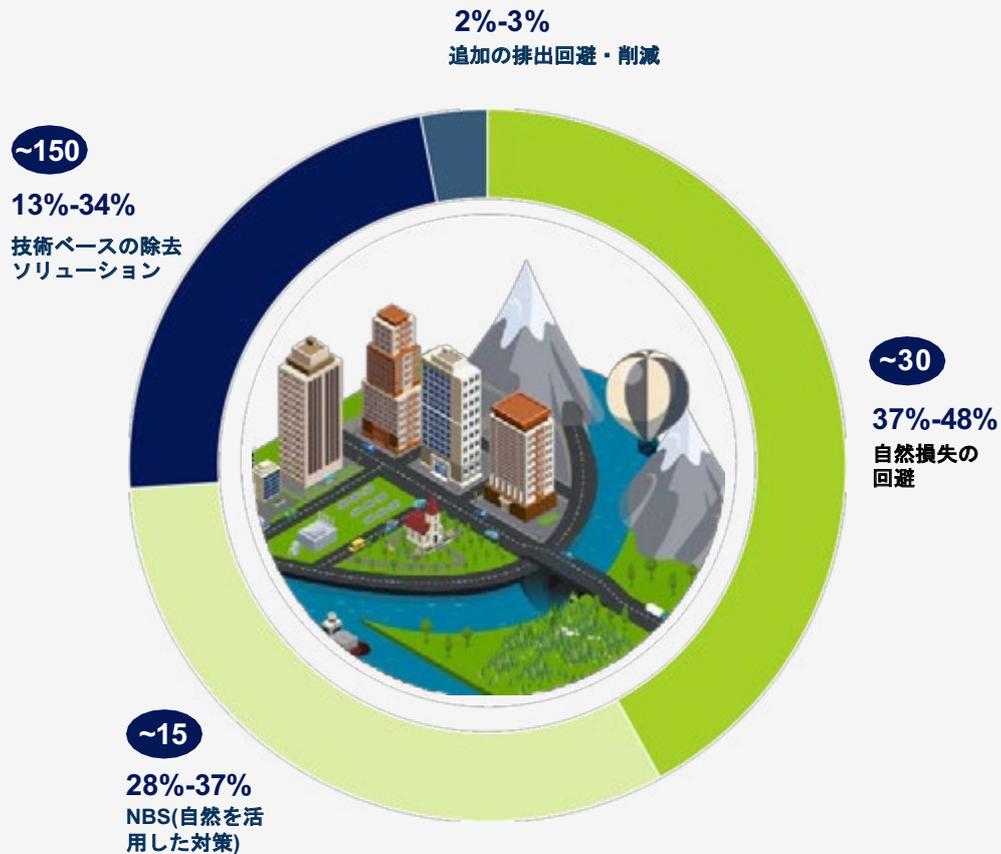
¹ (記事)「Shell Singapore outlines path to transform its business in the country」Shell (2020年11月10日)、shell.com.sg

図表16: カーボン・クレジットの総供給ポテンシャルに占めるNCSの割合は、2030年までに65%~85%となる可能性があり、技術ベースの削減ソリューションよりもコストを大幅に削減できる

市場に供給可能なカーボン・クレジットは、年間1.0~5.0Gt程度となる可能性が高い

2030年のカーボン・クレジット供給ポテンシャル
GtCO₂/年 (%)

XX 加重平均コスト
ドル/tCO₂



注: 資現在進行中のプロジェクトのみを対象とし、検討中のプロジェクトや新規プロジェクトの予測を除外しているため、0.2GtCO₂/年という値はかなり控え目な見積もりとなっている

資料: McKinsey Nature Analytics、マッキンゼー分析

発足させ、排出量を測定するためのソリューションおよび手法の研究開発に投資している。

また、Shellは、排出量の削減に向けて3年間で3億ドル投資するというパンデミック前の公約を達成するため、VCMに参加して2020年には約9,000万ドルをNBSプロジェクトに投じており、資金調達を強化している（図表17）²。

バリューチェーンにおいて必要となる専門知識および参加者規模を考えると、機関投資家がNCSに大量の資金を投入するためには、機関投資家に代わってこの種の炭素削減・除去プロジェクトを積極的に探索する、リスク許容度が高いブローカーが必要となる場合があると考えられる。ブローカーによってNCSプロジェク

トのリスクが軽減されることで（プロジェクトの品質の検証、ビジネスモデルの実証、森林地帯におけるプロジェクトの管理など）、機関投資家は資金を投入しやすくなり、市場の発展を支えることができる。代表的な例として、米国ニューヨークに本社を置くコモディティトレーディング会社であるHartree Partnersは、2021年5月にサステナビリティ企業のSYSTEMIQと提携し、顧客に対して質の高いNBSプロジェクト由来のカーボン・クレジットの取得を支援する合併事業を立ち上げた³。

² Shell Sustainability Report 2020, Shell, reports.shell.com

³ (記事)「New joint venture Vertree helps partners invest in nature & net zero」Systemiq (2021年5月26日)、systemiq.earth

図表17: Shellは、2050年までに炭素排出量実質ゼロのエネルギー企業になるという野心的な目標の達成に向け、バリューチェーン全体に専門知識を有する専任のチームを配置している





2) VCMにおける信頼性の高い基準の策定およびガバナンスの確立の支援

カーボン・クレジットに関する品質基準が合意・設定されていないことは、VCMの発展を大きく阻害するだけでなく、潜在投資家にとってのリスクともなる。TSVCMは、現在および今後のカーボン・クレジットのバイヤーにとってこれは重要な問題であるとしている。

TSVCMが実施した調査では、特定のプロジェクトの環境・社会への配慮の欠如を不安視する向きが多く、ほとんどの回答者がプロジェクトの評価方法およびピンテージの制限に関するセーフガード措置の追加導入を支持していた。これを受け、カテゴリーごとに十全性の高いクレジットを定義するため、TSVCMはしきい値の基準となるCCPおよびその運用を監督するガバナンス機関の設立を提案している。

機関投資家は、様々な投資家連合の他にもTSVCM、シンガポール政府といった利害関係者と連携しながら、十全性の高いクレジットの品質基準やガバ

ナンスの整備を支えるという点で重要な役割を担っている。より高い品質基準について合意を形成し、実際に導入されない限り、VCMは排出削減・炭素除去を支えるというポテンシャルを発揮できず、機関投資家は投資を通じて脱炭素化を後押しする重要な機会を失うことになる。

質の高いプロジェクトは、これまでも、そしてこれからもカーボン・クレジットのバイヤーにより良い便益をもたらす。したがって、現段階で品質基準に関する専門知識を身に付けておくと、カーボン・クレジットがアセットクラスとしての地位を確立した際に先行者優位性を享受できると言える。

十全性の高いクレジットの品質基準やガバナンスの整備を支えるという点で機関投資家は重要な役割を担っている

3) ネットゼロ達成に向けた投資先企業の取り組みを後押し

機関投資家は、すでに投資先企業と共に脱炭素化そしてパリ協定で定められた目標との事業戦略の整合性について、踏み込んだ議論を行っている。政府当局や金融規制当局が、気候変動による移行リスクや緩和策に関する企業の情報開示を求める公約を実行に移せば、今後、このような議論はますます活発化すると思われる。

機関投資家は、投資先企業に対してネットゼロ・コミットメントのような脱炭素目標や排出削減の中間目標を設定することを促し、毎年目標値に対して進捗状況を報告するための支援を行い、ボランタリークレジットを活用してコミットメントを果たす、あるいはより野心的な目標を設定するよう提言できる。これらを行うためには、機関投資家および投資先企業の双方が深い専門知識を身に付けることが大切で、なかでも特にネットゼロ・コミットメントを達成するうえで、ボランタリークレジットが果たし得る役割について理解を深める必要がある。

SBTiは、報告書において企業によるネットゼロ・コミットメントは、「バリューチェーン全体で温暖化を1.5°C以内に抑える排出経路での削減の深さと整合した排出削減の規模を達成」し、「残余排出量の影響は、同等量の大气中のCO₂を永続的に除去することで中和する」ことを目指すべきだとしている⁵³。しかし、同報告書でも指摘しているように、現在、企業によるネットゼロ目標は統一基準に基づいて設定されていないため、世界全体のネットゼロ目標への貢献度を測ることは難しい。

脱炭素への移行期において、企業がネットゼロ・コミットメントを果たすうえでのカーボン・クレジットの適切な役割に関しては様々な基準が並存している。例えば、ISOは、カーボンオフセットプロ

ジェクトとして認証を受けるためには、「プロジェクトが実施されなかった場合に比べて、追加的な排出削減・除去を実現すること」を要件としている⁵⁴。その一方で、SBTiは「クレジットは、SBT（科学的根拠に基づく目標）またはネットゼロ目標を超える追加的な削減努力を行う企業（期待値を大幅に上回っている状態）のための資金調達オプションの一つであり、（中略）また、回避された排出量は、SBT達成のための削減に算入できない⁵⁵」としている。排出回避クレジットの活用を含め、ネットゼロ達成に向けた道筋を立てるうえで適切とされる目標設定は日々変化している。したがって、ネットゼロ目標の検証や、企業に信頼性の高い目標設定を促すための詳細な基準はまだ検討段階にある⁵⁶。

とは言え、ネットゼロの意味合いは明確で、企業はバリューチェーン全体の脱炭素化に向けて取り組むことが求められ、削減が困難な残余排出量のみを除去することができるとしている。一方、それよりも要件がやや緩い「カーボンニュートラル」では、企業は脱炭素化に向けて取り組むことは求められておらず、排出量の全てをオフセット（相殺）することが認められている。TSVCMによる「Calling for a High Ambition Path to Net-Zero」は、企業に対して事業やバリューチェーンの脱炭素化の最終到達点としてネットゼロを掲げると同時に、「ネットゼロ達成に向けた道筋」に沿って排出量を補償・中和することを推奨している⁵⁷。そのため、ネットゼロ目標を掲げる機関投資家は、投資先企業にもネットゼロを最終目標として目指すよう促すべきである。そうすることにより、炭素除去クレジットの活用が可能になり、またネットゼロ達成に向けて排出量を補償する手段として、排出回避クレジットを活用することもできる。

したがって、ネットゼロ達成への道筋を立てることにコミットしている機関投資家は、自らの行動および投資先企業の行動と、パリ協定の目標の整合性を確保するうえで重要な役割を担う。ネットゼロ目標を掲げている機関投資家は、投資先企業が削減困難な残余排出量を中和するために炭素除去クレジットを活用するだけでなく、世界全体の脱炭素目標の達成に貢献すべく、排出回避クレジットを活用して移行期にわたって残余排出量を補償する

⁵³ 「Foundations for Science-Based Target Setting in the Corporate Sector」SBTi (2020年9月)

⁵⁴ ISO ウェブサイト、ISO 14064-2:2019(en) Greenhouse gases – Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14064-2:ed-2:v1:en>

⁵⁵ SBTi ウェブサイト、<https://sciencebasedtargets.org/faqs#does-the-sbti-accept-all-approaches-to-reducing-emissions>

⁵⁶ SBTの中間目標を超えた排出削減:「削減」とは、バリューチェーン内のGHG排出源を抑制、削減、除去するために企業がとる手段を指し、クレジットや属性証明書の購入などが含まれる。残余排出量の「中和」とは、削減できない排出量の影響を相殺すべく、同等量のCO₂を大気中から削減するために企業がとる手段であり、例としては除去クレジットやNBS系のクレジットが挙げられる。「補償」とは、企業がバリューチェーン外の排出源を抑制、削減、除去するための手段を指し、例としては排出回避または削減クレジットが挙げられる

⁵⁷ https://www.iif.com/Portals/1/Files/High_Ambition_Path_to_Net_Zero.pdf

ように促す必要がある。

カーボン・クレジットを効果的に活用することで、投資先企業のクライメート・プレッジ達成にとどまらない追加的便益を生み出すことができる（炭素を回避・除去するための重要な技術のコスト削減など）。しかし、このような便益を享受し、野心的な目標を達成するためには、機関投資家がカーボンオフセットに関する専門知識を高める必要がある（図表18）。大手機関投資家や資産運用会社の中には、すでに投資先企業に対し、パリ協定に沿った脱炭素に向けた行動計画の開示を求めているところもある。英国の資産運用会社であるCazenove Capitalは、生物多様性と森林再生に焦点を当てた

プロジェクトを通じて、エクイティ投資におけるカーボンフットプリントの中和に着手している⁵⁸。

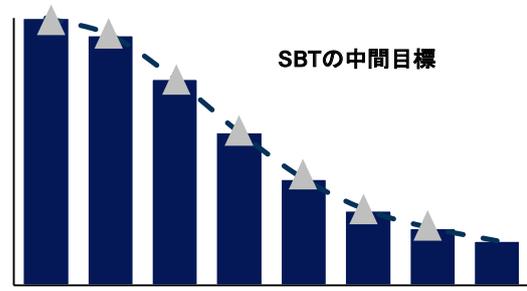
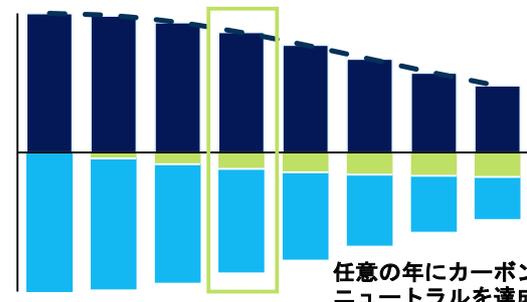
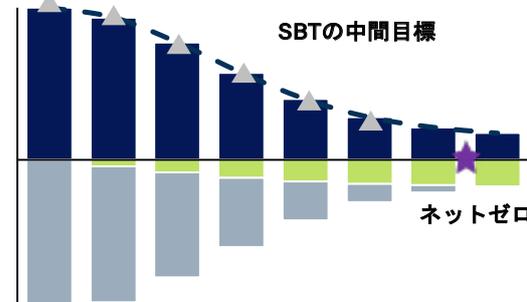
カーボン・クレジットを効果的に活用することで、投資先企業のクライメート・プレッジ達成にとどまらない追加的便益を生み出すことができる

⁵⁸ (記事)「Cazenove Capital unveils innovative carbon offsetting scheme」Cazenove Capital (2020年10月29日), cazenovecapital.com

図表18:

機関投資家は、投資先企業に対してネットゼロ達成の道筋を照らす提言を行うことができる

--- パリ協定の目標に整合した1.5°Cシナリオ ■ 総排出量 ■ 中和対策 (除去)
■ 補償対策 (回避・削減): 奨励 ■ 補償対策 (回避・削減): 想定

<p>企業Aの排出量 CO₂換算トン</p> <p>脱炭素化</p> <p>企業は科学的コンセンサスに基づいて、自らの事業活動とバリューチェーン全体の脱炭素化を推進</p>	 <p>SBTの中間目標</p>	<p>カーボン・クレジットの活用</p> <p>なし</p>	<p>ネットゼロ達成に向けた道筋</p>
<p>カーボンニュートラル達成に向けた道筋</p> <p>任意の年までに排出量を中和・補償</p>	 <p>任意の年にカーボンニュートラルを達成</p>	<p>質の高い排出削減クレジット (経時的に供給が大幅に増加する見込み)</p>	
<p>ネットゼロ達成に向けた道筋</p> <p>パリ協定目標で合意された時期までのネットゼロ達成へのコミットメント¹</p>	 <p>SBTの中間目標</p> <p>ネットゼロ</p>	<p>質の高い排出除去クレジット (経時的に供給が大幅に増加する見込み)</p> <p>質の高い排出回避・削減クレジット</p>	

1. SBTの中間目標を超えた排出削減: 「削減」とは、バリューチェーン内のGHG排出源を抑制、削減、除去するために企業がとる手段が含まれ、クレジットや属性証明書の購入などが含まれる。残余排出量の「中和」とは、削減できない排出量の影響を相殺すべく、同等量のCO₂を大気中から削減するために企業がとる手段であり、例としては炭素除去・隔離クレジットが挙げられる。「補償」とは、企業がバリューチェーン外の排出源を抑制、削減、除去するための手段を指し、例としては排出回避または削減クレジットが挙げられる

機関投資家は、VCMの主なリスク要因を考慮する必要がある

これまで述べてきたように、VCMはまだ初期段階にあり、現時点では投資適格なアセットクラスとして確立されていないが、この状況は一変する可能性がある。よって、機関投資家が留意すべきいくつかのリスクが存在する。前述のように、信頼性の高い基準や強固な市場インフラが整備されることでこれらのリスクはある程度低減するが、市場への参加を検討する際には、潜在的な落とし穴を見落としてはならない。

まず、カーボン・クレジットの需要が期待通りに伸

びないリスクである。例えば、気候変動戦略の一環として企業や投資家が利用するカーボン・クレジットに対して、信頼性の高い基準が策定されなかった場合に起こり得る。また、クレジットの需要は、航空業、海運業、重工業など特定の排出集約型産業におけるビジネス、技術、政策の発展からも影響を受ける。

投資の時間軸に起因するリスクも存在する。VCMではリードタイムの長いプロジェクトがほとんどで、NCSプロジェクト⁵⁹の実行には2~3年、林業・土地利用プロジェクトで最初のカーボン・クレジットが発行されるまでには5~7年かかるといわれてい

⁵⁹ 「The Business Case for Natural Climate Solutions」 Conservation International, DBS Bank, National University of Singapore (NUS), Temasek による共著レポート

る⁶⁰。炭素の削減・除去に関わる差し迫ったニーズを考えると、基準、ガバナンスやインフラが十分に整う前にVCMへの投資が急増しても不思議ではない。その一方で、市場は流動性、信頼できるデータ、価格設定の透明性に欠けるため、CCMに比べて実行リスクが高く、それだけリスクプレミアムも高い。

企業や投資家によるカーボン・クレジットの利用について信頼性の高い基準が策定されなかった場合、カーボン・クレジットの需要が期待通りに伸びないリスクがある

今日、投資家にとって最も重大なリスクは、**環境十全性への配慮に欠けているというイメージから発生するレピュテーションリスク**であるとみられる。このようなリスクを防ぎ、投資動機への批判を避けるためには、投資活動の目的を常に炭素市場の存在意義と合致させ、世界の脱炭素化に貢献する戦略を実行する必要がある。そのためには、以下のようなステップを踏むことが望ましい：

- ・ **カーボンオフセットへの投資ではなく、排出削減を優先**：機関投資家は、投資先企業と気候変動戦略に関して議論する際には、自社の事業活動やサプライチェーン由来の排出量を削減することを、コミットメントを果たす主要な手段とすべきであるということを常に強調することが求められる。排出削減・除去クレジットへの投資は、パリ協定との整合性を確保するうえで有用な補足的な手段で、また野心的な気候目標を設定するために利用するものとなる。
- ・ **環境十全性に関する5つの基準に照らしてプロジェクトを慎重に評価**：VCMの基準やガバナンスの整備は協働的に取り組むべき課題であるが、基準へのプロジェクトの準拠性やカーボンオフセット投資の検討は、それぞれの機関投資家に委ねられている。そこで、特に重要となるのが以下の5つの基準である。

- 追加性 (Additionality)**：プロジェクトを実施することで、そのプロジェクトが実施されなかった場合よりも排出削減量が多い場合に「追加的」とみなされる
 - 炭素リーケージ (Carbon leakage)**：プロジェクトを実施することで、拠点とする地域以外の排出量が増える事象（例えば、森林保全を行うことで、他の保護されていない地域の森林破壊が進むなど）
 - 二重計上 (Double counting)**：ホスト国が他国に売却したカーボン・クレジットを、自国の排出削減分としてカウントすること。COP26でパリ協定第6条（市場メカニズム）の運用ルール（実施指針）が合意に至り、二重計上を防止する仕組み（相当調整）もルールに盛り込まれたため、VCMにおける二重計上に対してより厳格なセーフガード措置が導入される可能性がある⁶¹
 - 永続性 (Permanence)**：自然災害による森林破壊などの影響で、除去された排出量が大气に再放出された場合、そのプロジェクトは「非永続的」なプロジェクトと評価される
 - 検証 (Verification)**：高品質なカーボン・クレジットとは、国際的に認められた規格による検証を受け、認証を得たうえで登録されているものを指す
- ・ **炭素市場全体に影響を与えるような副作用を避ける**。VCMは急速に成長しているため、投機的な資金が集まりやすく、価格シグナルや投資パターンに破壊的な影響が出る恐れがある。よって、機関投資家は長期的な視点に立って戦略を策定し、カーボン・クレジットの価格を持続不可能なレベルまで引き上げるような投機的バブルの発生を回避すべきである。

⁶⁰ 各管理簿(レジストリ)におけるモニタリングの開始(GHG排出量の削減あるいはCO₂換算での除去量が検証された時点)から最初のクレジットが発行されるまで平均年数に関するマッキンゼー分析。ただし、Plan Vivo(発行日なし)およびCAR(経時的にプロジェクトのコンプライアンスまたはボランタリークレジットの適格基準が変化)に登録されている約62のプロジェクトは分析対象外とした

⁶¹ TSVMの報告書では「相当調整とは、各国の温室効果ガス排出削減目標(NDC)に関連して、国際的に移転される温室効果ガスの排出削減量の二重計上を回避する方法として、現在進行中のパリ協定第6条に基づく交渉の中で議論されているアカウンティングの方法である。相当調整に関する具体的なルールは最終化されていないが、これは新しい概念であり、VCMへの適用の妥当性と適用方法については様々な意見が飛び交っている」としている



結論：炭素市場は、究極の目的を達成するための手段である

本稿では、健全かつ流動性の高い炭素市場が、世界の脱炭素化の促進および気候変動が機関投資家のポートフォリオにもたらすリスクへの対応を支援するうえで、潜在的に重要であることを示してきた。最後に今一度、炭素市場はあくまでも究極の目的を達成するための手段であるということを強調しておきたい。株式・債券市場は、経済成長、繁栄、価値創造といったより広い意味での社会的目的の実現に寄与し、その副産物として投資家にリターンがもたらされる。同様に、VCMおよびCCMに共通する究極の目的は、パリ協定に従って世界にネットゼロへの道筋を示すこと、そのためにリスクとリターンを調整する効果的なメカニズムとなることである。機関投資家は、炭素市場への参入・投資を行う際には、決してこの本来の目的を見失ってはならない。

機関投資家への問い

- Q1. バリューチェーンのどの領域に投資することで、VCMを大きく発展させることができるのか
- Q2. 投資先企業に対してどのようなサポートやアドバイスを行えば、カーボン・クレジットを排出量削減の代替手段としてではなく、自社の排出量削減を行ったうえでの追加的な対策として最大限に活用することを促進できるのか

- Q3. VCMにおいて、質の高い基準、ガバナンス、インフラを整備するには、他のステークホルダーとどのような連携を図っていくべきなのか
- Q4. 自身の行動および投資と、世界の脱炭素化に貢献するという究極の目的との整合性を確保するには、どのように戦略を組み立てるべきなのか



テクニカルノート

CCMおよびVCMの概要

CCM (Carbon Compliance Markets: コンプライアンス市場)

CCMは、主にETS (Emissions Trading System: 排出量取引制度) と炭素税の2つのメカニズムで構成されている。ETSについては、特定の国や地域では排出権および排出枠の流動性が高いことからキャップ・アンド・トレードが主流となっている。一方で、炭素税は直接投資などの取引対象ではないが、炭素税の負担軽減策としてボランタリークレジットが活用される可能性がある。ETSおよび炭素税はそれぞれ一長一短があるものの、いずれも有効かつ広く導入されている市場ベースの排出削減手段である。

現在までに、中国、EU、米国をはじめとする多くの排出国がETSを導入しており、世界のネットゼロへの移行の推進役としてCCMの重要性はますます高まっている。なお、ETSにおける機関投資家の取引方法としては以下の2つが挙げられる。

1. **現物取引:** CCMで最も一般的な取引手法で、市場参加者はオークションやセカンダリーマーケットで排出枠を購入し、その所有権は指定の排出枠登録簿に登録される。
2. **先物取引:** EUA (EU Allowance)、米国のCCA、RGGI排出枠は、先物市場で活発に取引され、物理的に確立された商品である。いずれもキャリアコストはゼロであるものの、コンタンゴ（順ざや: 期近物より期先物の価格が高い状態）となっている。先物市場の規模は現物市場と変わらず、2020年のICE (Intercontinental Exchange: インターコンチネンタル取引所) における先物・オプションの取引高は約14Gt、現物市場の取引高は約10Gtであった。

VCM (Voluntary Carbon Markets: ボランタリー市場)

機関投資家は投資機会を模索し始めたばかりで、多くの大手資産運用会社やアセットオーナーは、ポートフォリオ内での脱炭素化目標を定め始めた段階にあり、カーボン・クレジットの取引を行っているところはほとんどない。現在、ボランタリークレジットはセカンダリーマーケットにおいて以下の2つの方法で取引されている。

1. **リテイラーやプロジェクト開発会社** (ClimateCare、TerraPassなど) がOTC市場での主要な販売チャネルとなっている。クレジットは、Gold Standard、VerraのVCSといった民間の認証基準によって発行および無効化・償却される⁶²。リテイラーはプロジェクト開発会社と契約し、クレジットの所有権を取得する。したがって、特に営利目的の事業者の場合などは、エンドユーザーへの販売価格の透明性が低い。なお、プロジェクト開発会社の中には、カーボン・クレジットを利用者に直接販売しているところもある（例えば、South Pole社は、世界で700以上の炭素削減・除去プロジェクトを開発し、カーボン・クレジットを販売している）。
2. **ホールセールブローカーおよび取引所** (Air Carbon Exchangeなど) は、クレジットの所有権は持たずに、プロジェクト開発会社とバイヤー間のクレジットの売買を仲介し、手数料収入を得ている。しかし、現時点ではシェアは非常に低い。全体的に、民間認証機関と同様、プロジェクトの種類およびクレジットの品質が価格設定に影響している。

機関投資家は、カーボン・クレジットを通じて主に以下4つの要素に焦点を当てた炭素商品にアクセスできる:

1. **自然の消失を回避:** 大量の炭素を隔離する役割を担っている森林や泥炭地の減少・劣化を防ぐためのプロジェクトなど

⁶² 独立系第三者認証機関の基準は、カーボンオフセットに用いる炭素回避・除去プロジェクトの効果が現実的かつ実証可能で、追加的そして永続的であることを実証するうえで重要となる。主な認証機関・基準・制度としては、Gold Standard、VerraのVCS (Verified Carbon Standard)、クリーン開発メカニズム (CDM: 京都議定書に規定されている京都メカニズムの一つ)、Plan Vivo Foundationが挙げられる

2. 「追加的な」排出の回避・削減: 脱炭素化に対する金銭的インセンティブや規制要件のない既存排出源からの排出量を削減
3. NBS (自然を活用した対策): 生物圏のCO₂隔離に向けた森林、土壌、マングローブ、海草場、泥炭地の再生プロジェクトなどが挙げられる
4. 技術ベースの炭素除去: 最新技術を活用して大気中からCO₂を除去し、地圏に貯蔵あるいはその他の確実な方法で貯蔵

炭素商品の投資適格性評価に関する5つの基準

本分析では、炭素商品の投資適格性を5つの基準に照らして評価している。このフレームワークは、大規模な機関投資家がCCMおよびVCM市場の炭素資産を自身のポートフォリオに組み入れることの妥当性を検証するために構築したものである。なお、必ずしもこれらの基準によって、ネットゼロ目標達成のためにカーボン・クレジットを購入する企業の投資実現性を評価できるわけではない。

1. 機関投資家にとってのアクセスの容易性: 機関投資家が容易に資産にアクセスできることが重要となる。ここでは、セカンダリーマーケットが、「アクセス性が高い」(取引所を通じて公的な取引が可能で、再現可能な取引プロセスが確立されている)、「投資可能」(アクセスは可能であるが取引プロセスが標準化されていない)、または「投資不可能」のいずれであるかを評価した。
2. 市場規模の大きさ: 機関投資家に資産がアセットクラスとして認められるためには、市場が十分な規模に達している必要がある。その意味で、機関投資家がポートフォリオに十分な比率で組み入れることができる(または、今後できる見込み)時価総額(または発行額)に達していることが重要となる。ここでは、時価総額や発行額に基づいて投資適格性が「高い」(500億ドル以上)か、または「低い」(500億ドル未満)かを評価した⁶³。
3. 流動性の高さ: ポートフォリオのリバランスを十分な頻度で行えるような取引量であることを意味する。ここでは、市場規模全体(クレジットの総発行枚数)に占める割合としての取引量、つまり、排出枠1単位当たりの平均取引数量に焦点を当て、年間取引数量が、「十分」(100%

以上)、「投資適格」(10~100%)、「投資不適格」(10%未満)のいずれであるかを評価した⁶⁴。

4. 取引の標準化: 機関投資家の投資規模を考えると、大規模な資金投入を可能にするには取引の透明性が高く、標準化されている必要がある。ここでは、資産評価が「十分」(すべての資産について一貫した評価方法がある。つまり、評価方法が標準化されている)、「投資適格」(資産は複数の評価方法で分類できる)、「投資不適格」(資産ごとに個々に評価する必要がある)のいずれであるかを評価した。
5. 価格の解釈性: 長期的に安定したリターンが生まれることで、将来的な価格変動を予測できるようになるため、過去の実績に影響した要因に関するデータの入手可能性が重要となる。ここでは、入手の可能性が「十分」(データは入手可能で今後の見通しを立てることができる)、「投資適格」(データは入手可能であるが今後の見通しを立てることは容易ではない)、「投資不適格」(データは入手不可能)のいずれであるかを評価した。

⁶³ 世界の機関投資家上位20社が、毎年ポートフォリオの0.5%を炭素市場に配分し、5年後には組入比率が2.5%に達すると想定

⁶⁴ 2020年の運用資産残高に占める割合としての世界の民間市場における資金調達額に基づく

具体的なモデリング手法の概要

ステップ1:

今回は、NGFSの3つのREMIND-MAgPIE気候シナリオ、「ホットハウス・ワールドシナリオ」「秩序ある移行シナリオ」「無秩序な移行シナリオ」に基づいて分析を行った⁶⁵。これらのシナリオは、投資ポートフォリオのパフォーマンスおよび気候変動リスクの影響をモデル化する際のベースとなるものである。

1. 「ホットハウス・ワールド」シナリオ: 現状の気候変動対策のみを継続し、追加的な対策が講じられなかった場合。パリ協定に基づく各国の温室効果ガス排出削減目標（NDC）が達成されず、2080年まで排出量が増加し、3℃以上の気温上昇につながる。これにより物理的リスクが甚大化する。
2. 「秩序ある移行」シナリオ: 気候変動政策が早期に導入され、徐々に厳格化された場合。2070年までにネットゼロに達し、67%の確率で気温上昇を2℃未満に抑制できる。
3. 「無秩序な移行」シナリオ: パリ協定目標に整合した気候変動対策が2030年まで講じられなかった場合。気温上昇を2℃未満に抑えるためには、「秩序ある移行」シナリオよりも急速に排出量を削減する必要がある。そのため、社会の混乱を招くような厳格な対策が講じられることになり、移行リスクが高まる。

排出権価格は、温室効果ガス排出量増分1トン当たりの限界削減費用として定義される。NGFS気候シナリオの作成に用いたモデルでは、排出権のシャドープライスを政策強度の代理指標としている。価格は、予め定められた温度目標と整合するよう算出している（例: 67%の確率で気温上昇を2℃未満に抑制）。ただし、これは単純化したもので、現実には、各国政府が様々な政策を講じる可能性がある。つまり、炭素価格はモデルの最適水準から乖離することになる。また、排出権価格の推移は、最新技術のコストやその普及度合いなど、他の前提条件によってモデルごとに異なる。

ステップ2:

ポートフォリオのリターン予測には、J.P. Morgan、BlackRock、Invescoの長期市場予測の業界コンセンサスを各アセットクラスのリターンプロファイルのベースラインとし、マッキンゼー傘下のPlanetrics独自の気候リスクモデルに基づいて気候リスクが資産レベルの評価に与える影響を反映している。

ここでは、各アセットクラスについて、以下のグローバル指数を代理指標として採用し、ベースラインのパフォーマンスおよび気候変動への影響の両方を推定した。

- **世界の株式市場:** iシェアーズ MSCI ACWI ETF（先進国と新興国の約2,300の株式で構成）。企業の地域別構成としては、米国（約57%）、日本（約6%）、中国（約5%）、英国（約4%）、フランスとカナダがそれぞれ約3%、その他の国が約22%となっている。セクター別では、IT（21%）、金融（15%）、一般消費財（12%）が上位3位を占めている。
- **世界の債券市場:** J.P. Morgan Hedged Global Government Bond Index。主に日本、イタリア、米国の期間の異なるソブリン債で構成されている。
- **世界の不動産市場:** iシェアーズ・グローバル REIT ETF。米国（67%）、日本（9%）、英国（5%）、オーストラリア（4%）、カナダ（3%）、シンガポール（3%）を中心に約300銘柄のREITで構成されている。

このアプローチに基づき、以下の資産レベルのインプットを算出した。

• 年間期待成長率:

- カーボン・クレジットの年間期待成長率は、NGFSによる2021年の炭素価格の予測値から世界の平均価格を差し引いた値を将来のETS価格の代理指標として算出した。また、NGFSの2030年および2050年の炭素価格の予測値を用いて、予測期間を通じて横ばいで推移するとの想定で、期待リターンの推定値を算出した。

⁶⁵ REMIND-MAgPIEは、エネルギー、土地利用、水、大気汚染、健康、経済、気候システム間のダイナミクスのフォワード・ルッキング・モデルでシミュレーションを行うIAM(統合評価モデル)を用いた包括的なフレームワークである。これらのモデルは10年以上前に構築されたもので(Leimbach, Bauer, Baumstark, & Edenhofer, 2010; Lotze-Campen et al., 2008)、継続的に改善されており、気候変動の緩和およびSDGs戦略に関わる意思決定者や政策立案者、その他のステークホルダーに最新の科学的エビデンスを提供している

－ 株式、債券、不動産については、外部ソース（J.P. Morgan、BlackRock、Invesco）の市場予測の平均を成長率のベースラインとし、気候変動リスクの影響を考慮し、各気候シナリオ下での各アセットクラスの年間期待成長率を算出した。

• **年率換算ボラティリティ:**

－ カーボン・クレジットについては、均等加重した主要ETS市場の2016年以降の月次リターンを使用した。

－ 株式、債券、不動産市場の各アセットクラスのボラティリティについては、アナリストの予測値（J.P. Morgan、BlackRock、Invesco）を用いた。

• **アセットクラス間の相関:**

－ カーボン・クレジットについては、その他のアセットクラスと、均等加重した主要ETS市場の2016年以降の日次リターンとの相関を使用した。

－ 株式、債券、不動産については、アナリストの予測（J.P. Morgan、BlackRock、Invesco）を用いて、アセットクラス間の相関行列を計算した。

ステップ3:

カーボン・クレジットを組み入れることで、ポートフォリオ全体のパフォーマンスにどのような影響を及ぼすかを評価するために、カーボン・クレジットの組入比率を0%および5%とした仮説上の投資ポートフォリオを構築した。

ベースラインについては、単純化のために株式60%、債券40%で構成されたリファレンス・ポートフォリオを使用した。現代の投資ポートフォリオの多様性や、様々なタイプの機関投資家が幅広いポートフォリオを組んでいることを認識したうえで、不動産などの他の代替アセットクラスも検討・評価した。なお、カーボン・クレジットの組み入れに関する全体的な結論は変わらないため、本稿では、より複雑なリファレンス・ポートフォリオの分析は含めていない。

カーボン・クレジットがポートフォリオ・パフォーマンスに与える影響を評価するために、リファレンス・ポートフォリオをベースに、排出権の組入比率を5%とした仮説上のポートフォリオを構築した。ポートフォリオの排出権に相当する部分は、均等加重した主要ETS市場（EU ETS、CCA、RGGI、NZ ETS）で構成した。

その結果、以下の2つのポートフォリオを構築した。

- **ポートフォリオ1（リファレンス・ポートフォリオ）:** 組入比率を株式60%、債券40%とする。
- **ポートフォリオ2（カーボン・クレジットを5%含む）:** 組入比率を株式57%、債券38%、排出権5%とする。

ステップ4:

次に、モンテカルロ・シミュレーションを用いて、各気候シナリオの下ですべての投資ポートフォリオについて、10年間および30年間の10万通りの運用パフォーマンスを導出した。ここでは、アセットクラスのリターンは正規分布に従うと想定した。

ステップ5:

10万通りの運用パフォーマンスを集約し、ポートフォリオ・マネジャーが投資判断をする際に有用な主要指標を導出した（年率リターン、年率換算ボラティリティ、リスク調整後リターンなど）。

気候シナリオの選定理由

本分析では、2030年と2050年にかけての移行状況および物理的な影響をモデル化し、NGFS REMINDシナリオを使用している。その理由としては、(1) 中央銀行や金融部門の気候変動ストレステストに広く活用されていること、(2) 経済ショックの推定に必要なインプットである主要な物理シナリオおよび移行シナリオのパラメータ（気温上昇、炭素価格、エネルギーシステムの特性など）を提供していること、(3) 各シナリオは広く活用されており、技術基準、関連性、比較可能性が優れていること、などが挙げられる。なお、ここではNGFS REMIND-MAgPIEの8つの気候シナリオの中から、広範囲のシナリオを包括するため、次の3つのサブシナリオを選択した。

- **高い物理的リスク、「ホットハウス・ワールド」シナリオ:** 物理的リスク増大の影響をさらに詳しく検証するために、本シナリオでは、気候感度の上昇（温暖化による影響の90パーセントイル値）、氷床融解量の増加、熱帯低気圧のリスクの増大によって、物理的リスクが高まると想定している。
- **様々なレベルの移行リスク:** 「秩序ある移行」シナリオと「無秩序な移行」シナリオは脱炭素化対策が講じられるタイミングによるリスクを示している。
- **2°Cシナリオ:** 幅広く認知・採用されており、様々な企業、政府、中央銀行が気候変動ストレステストや目標設定に活用しており、パリ協定の「2°Cより十分低く保つ」という目標を満たしている。

各気候シナリオにおいて正味現在価値に影響する要因

潜在的な気候変動に対する先見性を想定した気候変動リスクシナリオを基に価値への相対的な影響を推定し、対象期間を通じて割引率を調整し、正味現在価値を算出した。なお、本稿では2050年までの時間軸に沿ってモデリングの仮説を設定しているが、気候変動によるほとんどの物理的リスクは2050年以降に顕在化する見通しである（特に「ホットハウス・ワールド」シナリオ）。したがって、現時点ではモデリングによる気候変動の物理的影響の評価には限界があるため、移行リスクに焦点を当てている。

- **物理的影響:** 気温上昇が企業のコストと収益に及ぼす慢性的および急性的な影響による、上場株式、未公開株式、または企業社債の正味現在価値の変化。これには、異常気象が有形固定資産に与える年間平均損害額の増加、および気温上昇による労働生産性と農業生産性の変化が含まれる。
- **適応:** 異常気象と気温上昇の影響を軽減するための対策を通じて、甚大化する物理的リスクに適応しようとする企業の能力に基づいた正味現在価値の変化。
- **需要破壊:** 企業の製品または関連製品（競合企業の製品および補完製品を含む）を消費する際に、炭素コストを回避する消費者の消費パターンの変化に伴い、需要が減少することによる正味現在価値の変化。
- **需要創出:** 企業の製品または関連製品（競合企業の製品および補完製品を含む）を消費する際に、炭素コストを回避する消費者の消費パターンの変化に伴い、需要が増加することによる正味現在価値の変化。
- **直接的な炭素コスト:** 企業の事業由来のスコープ1およびスコープ2排出量に対して直接的に発生する炭素コストに起因する正味現在価値の変化。排出量の多い事業ほど、カーボンプライシングにより生産コストが大幅に増加する。
- **排出削減:** 事業活動由来の排出量を削減または除去できる技術を導入することで炭素コストを削減する企業の能力による正味現在価値の変化。

- **市場への影響:** 企業が気候変動による物理的リスクまたは移行リスクに起因する生産コストの上昇分を消費者に転嫁する能力による正味現在価値の変化。消費者に転嫁できるコストは、企業が事業を展開する市場の構造、および競合他社に比べて気候変動リスクにどの程度さらされているかによって変わる。これには、コスト転嫁による価格の変動、企業の市場シェアの変化、電力会社から法人顧客への不完全なコスト転嫁に伴うコスト削減（スコープ2排出量のコストに影響）などに伴う、モデル化されたアウトプットの変化も含まれる。

October 2021
© Copyright
McKinsey & Company
Singapore Economic Development Board
GIC Singapore

 @McKinsey / @EDBsg / @gicsingapore
 @McKinsey / @EDBsg / @gicpossibilities
 <https://www.linkedin.com/company/mckinsey/>
 <https://sg.linkedin.com/company/singapore-economic-development-board>
 <https://sg.linkedin.com/company/gic>