

エグゼクティブサマリー

# ネットゼロへの移行に 向けて

取るべきリスクと得られるリターン



マッキンゼー・グローバル・インスティテュートおよび  
マッキンゼー・サステナビリティ研究グループ、  
グローバルエネルギー・素材研究グループ、  
先端産業研究グループによる共著

# マッキンゼー・グローバル・インスティテュート

マッキンゼー・グローバル・インスティテュート (MGI) は、世界のビジネスおよび経済に関するマッキンゼー・アンド・カンパニーの研究部門である。1990年の設立以来、民間企業、公的機関、社会部門のリーダーに対して経営・政策に関する意思決定に向けた知見を提供することを目的に活動している。

MGIの研究手法は、経済学の分析ツールとともに各業界のビジネスリーダーのビジネス知見を活用しつつ、経済学と経営理論を組み合わせたものである。MGIは、「ミクロからマクロへ」と呼ばれる方法論により、ミクロの産業トレンドを検証することで、事業戦略や公共政策に影響を与えるマクロ経済の潮流に対する理解を深めている。最近のレポートでは、新型コロナウイルスが未来の働き方、生産性・経済成長、消費者の需要に与える影響、健康増進、社会契約、黒人の経済的流動性、グローバルバランスシート、バイオ革命、気候変動による物理的リスク、企業が経済や家計に与える影響などについて取り上げている。

MGIは、マッキンゼーの複数のシニアパートナーが主導しており、スヴェン・シュミット (Sven Smit) およびジェームス・マニーイカ (James Manyika) が共同議長を務め、クリス・ブラッドリー (Chris Bradley)、ケイリン・エリングラッド (Kweilin Ellingrud)、マルコ・ピッチット (Marco Piccitto)、オリビア・ホワイト (Olivia White)、ジョナサン・ウーツェル (Jonathan Woetzel) がディレクターを務めている。

また、MGIのパートナーをマイケル・チュウイ (Michael Chui)、メカラ・クリシュナン (Mekala Krishnan)、アヌー・マドガカー (Anu Madgavkar)、ジャン・ミシュク (Jan Mischke)、ヤーナ・レメス (Jaana Remes)、ジョンミン・ソン (Jeongmin Seong)、ティルマン・タッケ (Tilman Tacke) が務めている。プロジェクトチームはMGIのパートナーが主導しており、世界中に広がるマッキンゼーのパートナー陣および産業やマネジメントの専門家から成るネットワークを活用し、世界各地のマッキンゼーのコンサルタントがチームメンバーとして参加している。

MGIカウンシルは、世界各地のマッキンゼーのオフィスや産業別研究グループのリーダーで構成されている。カウンシルメンバーとして、ヘマン・アフラワット (Hemant Ahlawat)、マイケル・バーシャン (Michael Birshan)、アンドレ・カデナ (Andrés Cadena)、サンドリーヌ・デビヤール (Sandrine Devillard)、アンドレ・ドゥア (André Dua)、ケイティ・ジョージ (Katy George)、ラヤット・グプタ (Rajat Gupta)、エリック・アザン (Eric Hazan)、ソルヴェイ・ヒエロニムス (Solveigh Hieronimus)、アチャ・リーク (Acha Leke)、クラリス・マグニン (Clarisse Magnin)、ユリカ・ノヴァク (Jurica Novak)、ゲイリー・ピンカス (Gary Pinkus)、ハミッド・サマンダリ (Hamid Samandari)、シャ・シャ (Sha Sha)、オリバー・トンビー (Oliver Tonby)、エックハート・ヴィントハーゲン (Eckart Windhagen) などが挙げられる。これらのカウンシルメンバーのサポートのもと、リサーチのアジェンダを策定してインパクトの高いリサーチを遂行し、得られた知見を世界中の意思決定者に共有している。また、ノーベル賞受賞者を含む世界屈指のエコノミストもリサーチアドバイザーとして参加している。

## マッキンゼー・サステナビリティ研究グループ、グローバルエネルギー・素材研究グループ、先端産業研究グループ

マッキンゼー・サステナビリティ研究グループの目標は、2030年までに炭素排出量を半減させ、2050年までにネットゼロ (温室効果ガス排出量実質ゼロ) を実現すべく、あらゆる産業部門の変革を支援することである。このため、サステナビリティ、クライメート・レジリエンス (気候変動の影響からの回復力)、エネルギー転換、環境・社会・ガバナンス (ESG) に関する卓越したインパクトパートナーそしてアドバイザーとして、経営層から現場担当者に至るまで幅広くサポートを行っている。また、ソートリーダーシップ、革新的なツールやソリューション、一流の専門家、そして業界団体およびナレッジパートナーシップから構成される活気に満ちたエコシステムを活かして、地球環境を守り、持続可能な未来を創るためのイノベーションおよび経済成長を牽引している。

マッキンゼー・グローバルエネルギー・素材研究グループは、石油・ガス、鉱業、鉄鋼、紙・パルプ、セメント、化学、農業、電力業界の顧客企業が抱える戦略、オペレーション、営業・マーケティング、組織などに関わる最重要課題の解決を支援している。さらに、この研究グループ内の MineLens、MineSpans、Energy Insights などの専門部隊が、コモディティ市場のダイナミクスに関する知見を提供している。同研究

グループは、民間企業から国有企業まで、数多くのグローバルトッププレーヤーにサービスを提供しており、世界最大規模の鉱業会社の80%以上、および石油・ガス会社の約90%と協働している。

マッキンゼー・先端産業研究グループは、技術的に設計や製造の複雑性が高い分野を扱うグローバルレベルの3つの研究グループ(自動車・組立産業、航空宇宙・防衛、先端エレクトロニクス・半導体)を統合したものである。経験豊富な産業界のパートナーで構成する同研究グループのグローバルネットワークが各業界の経営幹部と協働し、戦略、組織、オペレーション、テクノロジー、営業・マーケティング、リスクなどに関わる課題に取り組んでいる。競争力の中核となるオペレーション能力に焦点を当て、日々変化し続ける競争環境を、サイクルを勘案した長期的な視点で捉えられるよう、顧客企業を支援している。各業界を代表する数多くの企業と共に、収益の創出、技術の統合、オペレーションの設計、利益率とキャッシュフローの改善を促進するべく、機能、事業部、そして全社レベルの変革に取り組んでいる。

# ネットゼロへの移行に向けて

取るべきリスクと得られるリターン

2022年4月

## 著者

メカラ・クリシュナン | ボストン

ハミッド・サマンダリ | ニューヨーク

ジョナサン・ウーツェル | 上海

スヴェン・シュミット | アムステルダム

ダニエル・バショ | ニューヨーク

ディコン・ピナー | サンフランシスコ

トマス・ノークレール | スtockホルム

フマユン・タイ | ニューヨーク

アナベル・ファー | モントリオール

ウェイジ・ウー | ニューヨーク

ダニエル・インペラート | ブリュッセル

山田唯人 | 東京

# 序文

一万年以上にわたって継続的かつ加速的に進化してきた人類の文明は、その進化を可能にした地球の気候の安定性そのものを大きく脅かしている。気候変動がもたらす物理的な影響は、社会経済的な影響と同様に、世界各地で顕在化している。よって、ネットゼロ経済へ移行し、気候変動適応の取り組みを進めない限り、これらの影響は非線形的に増大し続ける。このようなことから、各国政府や企業が気候変動への対応を加速させることにコミットしていることは自然な流れといえる。

しかし、ネットゼロ達成に向けた道筋はまだ見えていない。温室効果ガス (GHG: Greenhouse Gas) の削減は進んでおらず、排出除去によるオフセット (相殺) も間に合っていない。ネットゼロへの移行に向けた備えもできていない。実際、先行研究によると、ネットゼロ誓約や各国の気候変動対策に関する誓約がすべて達成されたとしても、世界全体の平均気温の上昇を産業革命以前に比べて1.5℃に抑えることは難しく、生物学的な負のフィードバックループが誘発されるリスクを含め、極めて壊滅的な影響をもたらす気候変動が起こる確率が増す。そのうえ、これらの誓約の多くについてはまだ詳細な実行計画が立てられていない、あるいは計画はあっても実行に移されていない状態にある。また、経済発展や包括的な成長を目指しながら取り組む必要があるため、これらの計画を実行することは容易ではなく、短期的なリスク (移行に向けた備えが十分ではない、あるいはステークホルダー間の足並みの乱れなど) と、長期的なリスク (対策の遅れや不十分さなど) のバランスを慎重にとる必要がある。無秩序な移行は、エネルギー供給を滞らせ、特に低所得層や低所得地域においてエネルギーへのアクセスが困難になり、上昇した価格を許容できなくなる可能性がある。そしてこの影響が経済全体に広がり、世間が反発することで移行が遅れる恐れがある。

これらの問題が起こることは想像に難くない。なぜなら、ネットゼロの実現は世界経済の抜本的な変革を意味し、世界全体の排出源である電力、産業、運輸、建築物、農業、林業・その他の土地利用、廃棄物の7つのエネルギーおよび土地利用システムの改革が不可欠となるためである。こうした経済的・政治的課題を踏まえて改革を実現するには、「物理的要素」「経済的・社会的調整」「ガバナンス、制度、コミットメント」の3つのカテゴリーに分類される9つの要件を満たす必要がある。

つまり、次のような数多くの複雑な問いと対峙しなければならないことを意味する: 「炭素排出量をカーボンバジェット (炭素予算) の範囲内にとどめつつ、コストを抑え、必要な性能基準 (送配電網の安定性の確保など) を満たし、排出量を削減していくためには、どのような技術を組み合わせるべきか」「サプライチェーンやインフラのどの部分で移行のボトルネックが発生する可能性があるのか」「自然資源の可用性あるいは設備の拡張といった物理的制約によって移行のペースに影響が出る領域とはどこか」「移行を実現するために必要となる有形資産への投資額はどのくらいか」「誰が移行コストを負担するのか」「移行によって市場や企業の経営はどのような影響を受けるのか」「労働者や消費者の観点から、どのような影響が想定されるのか」「国や企業に対してどのような機会とリスクがもたらされるのか」、「確実にネットゼロに移行するうえで、どのような動機づけ要因があれば、消費者に行動変容を促すことができるのか」など。

本レポートでは「経済的・社会的調整」に焦点を当て、このうちいくつかの問いに対する解を探っている。そして世界全体の平均気温の上昇を1.5℃未満に抑えるというシナリオのもと(1.5℃シナリオ)、ネットゼロへ向けて移行するための経済的変化を推計している。マッキンゼーでは、ネットゼロへの移行に関する外部の膨大な文献を基に、移行がもたらす経済的変化の特性および規模について粒度の細かい視点を提示することを目指している。その結果、ネットゼロへの

移行に伴う有形資産への年平均投資額の推計は、これまでの分析で推計された3兆～4.5兆ドルを大幅に上回った。

本レポートでは、1.5℃シナリオに基づいた一次分析の結果を示している。したがって、様々な制約が存在する。

1つ目の制約は、そもそも1.5℃シナリオの実現可能性や世界がどのような経路をたどるのが明確でないということである。現在までの排出量の推移、気候変動のフィードバックループが誘発される可能性、そしてエネルギーおよび土地利用システムの改革に伴う課題などを考慮すると1.5℃目標の達成は不可能という見解も存在する。しかし、本レポートではこれらに関する見解を示すことではなく、1.5℃目標の達成を目指して秩序ある移行を実現するために必要となる変化を示すことを目指している。

2つ目は、本レポートはその性質上、必然的に範囲が限定されるということである。つまり、技術革新、自然資源の拡充や可用性に関わる物理的制約、移行の遅延に伴い発生するコスト、適応策の意味合い、またはその他の不確実性や不確定要素等のすべての要素を考慮しているわけではない。また、ネットゼロへの移行に伴うすべての経済効果のモデル化も行っていない。よって、特にネットゼロへの移行がより無秩序な経路をたどった場合、あるいは気温の上昇を1.5℃に抑えることが困難であることが判明した場合には、実際の値と推計値のずれが生じる可能性がある。例えば、エネルギーシステムの柔軟性と冗長性を確保するための追加投資や、増大する物理的リスクへの適応策のコストによって必要となる投資が増加することが考えられる。

3つ目に、本レポートでは移行コストを誰が負担するべきかといった課題の深掘りは行っていない。移行に伴う負荷は一樣ではないため、脱炭素化社会へ移行するためには、世界各国が足並みを揃えて行動を起こす必要がある。従来の概念や働き方に固執せず、リーダーが不断の決意を持って一致団結し、英知を結集させて取り組む必要がある。

以上のような制約があるとはいえ、本レポートで示すシナリオベースの推計が、ネットゼロへの移行がもたらす変化の大きさおよび特性、そしてこれに対応するために必要となる取り組みの規模について、意思決定者が理解を深める一助となることを目指している。また、今後直面し得る課題を可能な限り精緻に示すことで、課題の緊急度と重要度を理解し、断固たる行動をとるきっかけとなれば幸いである。

本レポートは、マッキンゼーのサステナビリティ研究グループ、グローバルエネルギー・素材研究グループ、先端産業研究グループおよびマッキンゼー・グローバル・インスティテュートによる共同調査の結果をまとめたものである。マッキンゼーは、1970年代初頭から長年にわたって顧客企業と共に環境サステナビリティの課題解決に取り組んでおり、2007年にはグローバルなGHG削減コストカーブを作成し(2009年に更新)、それ以来、ブラジル、中国、ドイツ、インド、ロシア、スウェーデン、英国、米国を含む様々な国でGHGの排出削減に関する調査研究を行っている。本レポートは、2020年1月に発行したレポート「Climate risk and response: Physical hazards and socioeconomic impacts (邦題: 気候変動リスクとその対応策物理的リスクと社会経済的影響)」、2021年1月に発行した論文「Climate math: What it takes to limit warming to 1.5°C」、2021年10月に発行した2つの論文「Our future lives and livelihoods: Sustainable and inclusive and growing」、「Solving the net-zero equation: Nine requirements for a more orderly transition (邦題: ネットゼロ実現への道筋を立てるために—秩序ある脱炭素社会移行を実現するための9つの要件)」を踏まえた最新の調査研究結果をまとめたものである。

本調査研究は、ボストンのMGIパートナー/メカラ・クリシュナン (Mekala Krishnan)、ニューヨークのシニアパートナー/ハミッド・サマンダリ (Hamid Samandari)、MGI ディレクター兼上海のシニアパートナー/ジョナサン・ウーツェル (Jonathan Woetzel)、MGIの共同議長兼アムステルダム/スヴェン・シュミット (Sven Smit)、ニューヨークのシニアパートナー/ダ

ニエル・パシヨ (Daniel Pachthod)、サンフランシスコのシニアパートナー/ディコン・ピナー (Dickon Pinner)、ストックホルムのシニアパートナー/トマス・ノークレール (Tomas Nauclér)、ニューヨークのシニアパートナー/フマユン・タイ (Humayun Tai) が統括した。調査研究チームの指揮は、アナベル・ファー (Annabel Farr)、ダニエル・インペラート (Danielle Imperato)、ヨハンケ・トゥマーズ (Johanneke Tummers)、ソフィー・アンダーウッド (Sophie Underwood)、ウェイジ・ウー (Weige Wu) が交代で行った。チームメンバーは、Wouter van Aanholt、Rishi Arora、Carolyn Barker、Ryan Barrett、Anna Benkeser、Mélanie Bru、Gene Chang、Jonas DeMuri-Siliunas、William Désilets、Julia Dhert、Spencer Dowling、William Edwards-Mizel、Karina Gerstenchlager、Jakob Graabak、Chantal de Graaf、Pragun Harjai、Laura Hofstee、Jania Kesarwani、Dhiraj Kumar、Joh Hann Lee、Youting Lee、Diego Miranda、Ian Murphy、Prit Ranjan、Shresth Sanghai、Lex Razoux Schultz、Ruben Robles、Kevin Russell、Nick Thiros、Ben D. Thomas、Sarah Vargese、Colin Varn、Jan-Paul Wiringa である。

なお、本レポートに多大なるサポートをいただいた次の学術アドバイザーの方々に感謝の意を述べたい: ブルッキングス研究所のシニアフェロー/マーティン・ベイリー (Martin Beily) 氏、Centre for Social and Economic Progress (CSEP) のプレジデント兼ディステイニングイッシュ・フェロー/ラケッシュ・モハン (Rakesh Mohan) 氏、カリフォルニア大学バークレー校ハース・スクール・オブ・ビジネスの特別教授/ローラ・D・タイソン (Laura D. Tyson) 氏。

加えて、新たな知見を提供いただいた以下のアドバイザーにも感謝の意を表したい: Centre for Social and Economic Progress (CSEP) のシニアフェロー/Laveesh Bhandari 氏、Generation Investment Management の共同創設者兼シニアパートナー/David Blood 氏、国連気候アクション・ファイナンス特使/Mark Carney 氏、Probable Futures 創設者/Spencer Glendon 氏、英オックスフォード大学・企業環境スミススクール (SSEE) ディレクター/Cameron Hepburn 氏、GFANZ (Glasgow Financial Alliance for Net Zero) のインプリメンテーション、テクニカルリード/Ronan Hodge 氏、RMI の CEO/Jules Korstenhorst 氏、WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) Imperatives Advisory Board の共同議長/Claire O' Neill 氏、SYSTEMIQ の創設者兼シニアパートナー/Jeremy Oppenheim 氏、英国気候変動委員会 (CCC) のチーフエコノミスト/Michael Thompson 氏、国連ハイレベル気候行動チャンピオン/Nigel Topping 氏、ウッドウェル気候研究センターの代表兼エグゼクティブディレクター/Philip Duffy 氏、同センター・シニアサイエンティスト兼気候リスクプログラム・ディレクター/Christopher Schwalm 氏、同センター・シニアサイエンティスト/Richard Birdsey 氏、同センター・名誉シニアサイエンティスト/Richard Houghton 氏、同センター・アソシエイトサイエンティストの Wayne Walker 氏。

このように、多様な分野の専門家やアドバイザーから得た知見により大きな恩恵を受けているが、本レポートではマッキンゼー独自の見解を提示している。

また、貴重な洞察および様々なサポートを提供いただいた次のマッキンゼーのメンバーにも感謝の意を表す: Elaine Almeida、Daniel Aminetzah、Paolo D'Aprile、Vicente Assis、Pedro Assunção、Nikhil Ati、Marcelo Azevedo、Mark Azoulay、Deston Barger、Chantal Beck、Frank Bekaert、Donatella Bellone、Fabian Billing、Emily Birch、Brodie Boland、Lyes Bouchene、Ivo Bozon、James Bragg、Giorgio Bresciani、Julian Conzade、Felipe Child、Julien Claes、Rory Clune、Xavier Costantini、Peter Crispeels、Luis Cunha、Thomas Czifler、Nicolas Denis、Rajat Dhawan、Julien Diederichts、Dirk Durinck、Joseba Eceiza、Jason Eis、Karel Eloot、Hauke Engel、Fernando Ferrari-Haines、David Fine、Luciano Di Fiori、Lori Fomenko、Tracy Francis、Peter Gaius-Obaseki、Paul Gargett、Godart van Gendt、Will Glazener、Lutz Goedde、Stephan Gorner、Rajat Gupta、Alastair Hamilton、Eric Hannon、Viktor Hanzlik、Stephanie Hauser、Kimberly Henderson、Ruth Heuss、Solveigh Hieronimus、Christian Hoffmann、Duko Hopman、Jerry van Houten、Eric Huang、Thomas Hundertmark、Focko Imhorst、Kartik Jayaram、Alex Kazaglis、Arjen Kersing、Naina Khandelwal、Somesh Khanna、Gassan Al-Kibsi、Tim Koller、小松原 正浩、Gautam Kumra、Alexandre Lichy、Connie Jordan、Sean Kane、Joshua Katz、Adam Kendall、Sajal Kohli、桑原 祐、Elena Kuznetsova、Nick Leung、Cindy Levy、Guangyu

Li, Johannes Lüneborg, Anu Madgavkar, Rachid Majiti, Jukka Maksimainen, Peter Mannion, James Manyika, Sebastien Marlier, Ryan McCullough, Tapio Melgin, Tilman Melzer, Daniel Mikkelsen, Timo Moller, Vitaly Negulayev, Jesse Noffsinger, Loik-Maël Nys, Glen O' Kelly, Asutosh Padhi, Alex Panas, John Parsons, Maria Persson, Alexander Pfeiffer, Harald Poeltner, Carter Powis, Pradeep Prabhala, John Pratt, Sebastian Reiter, Demian Roelofs, Matt Rogers, Robert Samek, Aditya Sanghvi, Gregory Santoni, Tarek El Sayed, Patrick Schaufuss, Patrick Schulze, Liz Hilton Segel, Suvojoy Sengupta, Nestor Sepulveda, Marcus Sieberer, Vivien Singer, Bram Smeets, Ben Snyder, Ken Somers, Peter Spiller, Dan Stephens, Jack Stephenson, Antoine Stevens, Matt Stone, Carlos Tanghetti, Ozgur Tanrikulu, Pankaj Tanwar, Karl Tojic, Oliver Tonby, Andreas Tschiesner, Magnus Tyreman, Alex Ulanov, Bryan Vadheim, Thomas Vahlenkamp, Francesca Ventimiglia, Shally Venugopal, Steven Vercammen, Maurits Waardenburg, Amy Wagner, Daan Walter, John Warner, Alexander Weiss, Jake Wellman, Pawel Wilczynski, Robert Wilson, Markus Wilthner, Maaik Witteveen, Hao Xu, Dee Yang, Benedikt Zeumer、渡邊 哲、佐藤 愛季、小西 啓為。

本レポートは、MGIのエディトリアル・ディレクター/Peter Gumbel、およびMcKinsey Publishingのエグゼクティブ・エディター/Josh Rosenfieldが、MGIのエディトリアル・オペレーション・マネージャー/Vasudha Gupta、シニア・グラフィック・デザイナー/Marisa Carder、Anand Sundar Raman、Patrick White、データ・ビジュアライゼーション・エディター/Chuck Burke、Rich Johnson、Matt Perry、画像エディター/Diane Riceとともに編集・制作した。本レポートに関する広報活動については、マッキンゼー・サステナビリティ研究グループのグローバル渉外ディレクター/Kristen JenningsおよびMGIの渉外ディレクター/Rebeca Robboyから協力を得た。本レポートのデジタル版は、Janet Michaud およびNathan Wilsonが作成し、デジタルアセットはLauren Melingが作成・発信を担当した。また、マッキンゼーのメンバーであるGitanjali Bakshi、Tim Beacom、Amanda Covington、Ashley Grant、Deadra Henderson、Malgorzata Rusieckaの協力にも感謝したい。

本レポートは、ビジネスリーダーおよび政策立案者に対して、世界経済に大きな影響を与える要因に関する理解を促進するというMGIの使命に合致するものである。また、本レポートに関する調査研究は、MGIの他のすべての調査研究と同様に独立的に実施したものであり、いかなる企業、政府、機関、組織から依頼や報酬を受けたものではない。

2022年4月



# ネットゼロへの移行に向けて: 取るべきリスクと 得られるリターン

各国政府や企業が気候変動対策に取り組む動きが活発化している。しかし、そこにはネットゼロへの移行がもたらす大規模な経済的変化のみでなく、短期的なリスク（移行に向けた備えが十分ではない、あるいはステークホルダー間の足並みの乱れなど）と長期的なリスク（対策の遅れや不十分さなど）のバランスをとることの難しさなど多くの課題が立ちはだかっている。本レポートでは、世界全体の排出量の約85%を占めるエネルギーおよび土地利用システムに関わる需要、資本配分、コスト、雇用に対して、2050年に向けて移行が世界に与える経済的影響を推計し、69カ国の経済的変化を検証する。ここに示す分析結果は単なる予測や予想ではなく、また網羅的なものでもない。それは、気候変動リスク等に係る金融当局ネットワーク（NGFS: Network for Greening the Financial System）が2050年のネットゼロ達成を想定したNZE（Net-Zero Emissions by 2050）シナリオを用いて、1.5°C目標達成に向けた秩序ある1つの道筋を仮説に基づきシミュレーションしたもので、ネットゼロへの移行に伴い生じる経済コストを概算し、社会的調整に関する視点を提示している。ネットゼロへの移行は成長機会を創出する一方で、普遍的で規模が大きく、前倒しで取り組む必要があり、部門、地域、コミュニティに不均衡な影響をもたらす。

**ネットゼロへの移行に向けた2021年から2050年にかけてのエネルギーおよび土地利用システムに関わる有形資産への累積投資額は約275兆ドル、つまり年平均投資額は現在より3.5兆ドル増の9兆2,000億ドルとなる。**この投資額の増分は、2020年の世界中の主要企業が生み出した総利益の約50%、総税収の25%、家計支出の7%に相当する。また、現在の年平均投資額のうち約1兆ドルは高排出資産から低排出資産へ再配分する必要がある。所得や人口の増加により見込まれる支出額の増加および現時点で法制化されている移行政策を考慮すると、必要な年平均投資額の増分は少なくなる可能性はあるものの、依然として1兆ドル程度になるとみられる。投資は前倒しで進める必要があり、ピークに達する2026年から2030年にかけての投資額は、世界の対GDP比で現在の6.8%から8.8%に増加する。設備投資需要は大きく、資金調達の見通しはまだ立っていないが、ほとんどの投資については（増大する物理的リスクの回避という効果以外にも）様々なリターンが期待できるため、単にコストとして認識することは望ましくない。また、技術革新によって、ネットゼロ達成に向けた技術関連の設備投資額が予想を上回るペースで減少する可能性もある。

本レポートで想定しているシナリオでは、**世界の平均発電コストは短期間でピークに達した後、減少に転じる見込みであるが、その時期や程度は地域によって異なる。**電力部門で再生可能エネルギーの発電容量および送配電容量の拡大を進めているため、運用費、設備投資費、新設・既存資産の減価償却費などの直接費・間接費を含む世界の平均発電コストは、本レポートのシナリオでは2020年の水準と比較して2040年にかけては約25%、2050年時点でも約20%上昇する見込みである。ただし、例えば再生可能エネルギーの出力安定性に関わる課題への対応が不十分であった場合など、この推計を大幅に上回る割合で短期的なコストが増加する可能性がある。その一方で、安価で柔軟性と信頼性が高い電力網の整備が進み、再生可能エネルギーの運用コストが低下した場合は、長期的には発電コストが2020年の水準よりも低くなる可能性もある。

**ネットゼロへの移行に伴い、2050年までに世界全体で直接的・間接的に約2億人の雇用が創出される一方で、約1億8,500万人の雇用が失われる可能性がある。**これには、有形資産の新設や運用に関わる雇用が含まれる。移行に伴い、2050年にかけて化石燃料の採掘・生産部門で約900万人、化石燃料による火力発電部門で約400万人の直接雇用が失われる一方で、再生可能エネルギー、水素、バイオ燃料部門では約800万人の直接雇用が創出される見込みである。自動化などのその他のトレンドに比べて労働力の再配分の規模は小さいものの、無視できるものではなく、移行期間を通じて失業者に対するトレーニングや再教育を含む支援が必要となる。

ネットゼロへの移行は様々な機会をもたらすものの、製造過程やオペレーション時の排出量が多い部門（世界のGDPの約20%を創出）は、需要、生産コスト、雇用の面で大きな影響を受ける。NGFSのNZEシナリオでは、エネルギー源としての石炭の生産は2050年までにほぼ終了し、石油およびガスの生産量はそれぞれ現在の水準より55%および70%減少する見込みである。生産プロセスが変わることでその他の部門でも生産コストが上昇し、同シナリオでは、鉄鋼およびセメント部門について2050年には現在の水準からそれぞれ約30%および45%増加する見込みとなる。一方で、低炭素型の商品やサービスに対する需要は増加するとみられ、例えば、2050年には低炭素電力の需要は現在の2倍以上となる見通しである。

ネットゼロへの移行に伴う変化は成長機会をもたらす一方で、**低所得国および化石燃料への依存度が高い国に最も大きなリスクをもたらす。**これらの国では、炭素集約度の高い産業への依存度が比較的高いため、生産高、資本ストック、雇用の変化によって

大きな影響を受ける。サブサハラ・アフリカ地域やインドなどネットゼロへの移行に伴い大きなリスクにさらされる地域では、経済発展を支え、低炭素インフラを構築するには対GDP比で先進国の1.5倍以上の投資が必要になる。なお、先進国であっても影響を受ける可能性があり、例えば、米国の44の郡(カウンティ)では、化石燃料の採掘・精製、化石燃料による火力発電、自動車製造分野の雇用が全体の10%以上を占めている。一方で、どの国も太陽光、森林などの自然資本や技術的・人的資源を活用することで成長機会を追求できる。

**消費者については、初期コストの負担増やコスト増分の転嫁による電気料金の上昇によって家計が圧迫される可能性があり、必然的に地域を問わず低所得層がより大きなリスクにさらされる。**脱炭素化の取り組みの推進にあたって、消費者は自動車や家庭用暖房器具など化石燃料を消費する製品の買い替えや、生産時に大量のGHGを排出する牛肉や羊肉を控えるといった消費行動の見直しを求められる可能性がある。ただし、初期コストの負担が増したとしても、長期的には運用コストが下がる可能性があり、例えば電気自動車(EV)の総保有コスト(TCO)は、ほとんどの地域で2025年までに内燃機関車(ICE車)よりも低くなる見通しである。

**無秩序な移行となった場合、主に本分析で考慮していない高次元の影響によって経済的変化の規模が著しく大きくなる可能性がある。**また、移行が急激にあるいは緩やかに進むことで生じる経済的および社会的コストによって、資産が座礁化し、労働者が職を失い、世間の反発を招くことで移行が遅れるリスクが高まる。比較的緩やかな移行であっても、排出量が多い事業活動の縮小・廃止と排出量が少ない事業活動の拡張を慎重に進めなかった場合、生産設備の拡充が追いつかず、供給不足に陥り、価格のボラティリティが増す恐れがある。よって移行をいかに進めるかが重要となる。

**移行にはコストやリスクが伴うものの、ネットゼロの実現に向けて必要となる経済的調整が進むことで機会が生まれるだけでなく、気候変動に伴う物理的リスクの更なる増大を回避できる可能性がある。**排出量の少ない新しい製品、それを支えるサービスやサプライチェーンに関連して有形資産への投資額が増えることで成長機会が生まれる。最も重要なことは、ネットゼロを実現し気温の上昇幅を1.5°Cに抑制することで、生物学的なフィードバックループのリスクを低減し、温暖化の進行を食い止めることで、気候変動による壊滅的な影響を抑えられる可能性があるということである。

**政府や企業は一致団結した取り組みを強化させ、機会を捉えるための緊急対策を講じつつ、長期的な視点に立った計画策定や投資を行う必要がある。**企業はスコープ1およびスコープ2の排出量を削減あるいはオフセットするための計画を策定、実行、改善し、事業の特性や重要課題(マテリアリティ)、実行可能性や必要性にもよるが、将来的には対象をスコープ3の排出量にも広げていくことが求められる。そして条件の変更や新たに生じる機会に応じて経時的にビジネスモデルを見直し、特に戦略、財務、資金計画に関する意思決定プロセスに気候変動の要素を組み込み、他の業界プレーヤーや投資家、サプライチェーン、顧客や規制当局から成るエコシステムと共に取り組みを進めていく必要がある。特に金融機関は自らのリスクや機会に対応しながら大規模な資金の再配分を支える重要な役割を担う。各国政府や国際機関は、既存あるいは新規の政策、規制、財政手段を活用してインセンティブを整備し、脆弱なステークホルダーを支え、協働を推進していかなければならない。ネットゼロ移行に求められるスピードや規模から、多くの既存企業では組織改革が不可欠となる。また、ベストプラクティスの共有、基準やトラッキングの仕組みの整備、広範囲への資本配分、そして不均衡な影響への対処、そしてさらなる連携強化のためには新たな組織を立ち上げる必要がある。

---

本調査研究の目的は、ネットゼロへの移行に伴って必要となる経済的・社会的調整の特性および規模に対するステークホルダーの理解を深めることである。この分析が、2050年のネットゼロ実現に向けてリーダーたちが足並みをそろえて秩序ある移行を推進する一助となることを願っている。今回の分析では、より慎重かつ断固とした対策を早急に講じる必要性を明示している。ネットゼロへの移行がもたらす恩恵は、気候変動対策を講じなかった場合に直面し得る大規模かつ壊滅的な混乱の回避や自然資源の保全にとどまらない。移行によって経済的機会がもたらされるだけでなく、物理的そしてガバナンスに関わるグローバルな課題解決の可能性が広がる。つまり、長期的にエネルギーコストが低下することでその他の資源に関わる課題が解決し、世界経済の更なる繁栄につながる。さらに重要なこととして、移行の実現に必要な前例のないペースと規模での国際的な連携を通じて、従来からの国際的な経済・政治課題に対する解を見出すことができる。目の前にある課題の克服は困難に思えるかもしれないが、人類は過去1万年の間に様々な難問を創意工夫で解決してきたように、今回もネットゼロ実現への道筋を立てることができるはずである。そして今後10年で世界がいかに大胆さと決意をもって幅広い対策を推進できるかが、移行の特性を決定づける重要な鍵となるであろう。



# ネットゼロへの移行: 6つの特徴

## 1 普遍的である

世界のCO<sub>2</sub>およびメタンの排出量は、すべてエネルギーおよび土地利用に関わる7つのシステムに由来している



## 2 規模が大きい

今後30年間にわたってエネルギーおよび土地利用システムに関わる有形資産への年平均投資額は3.5兆ドル増加し、9.2兆ドルとなる

### 9.2 兆ドル

■ 新規投資額  
■ 現在の投資額

### 3.5 兆ドル

低排出資産への投資の拡充

### 1 兆ドル

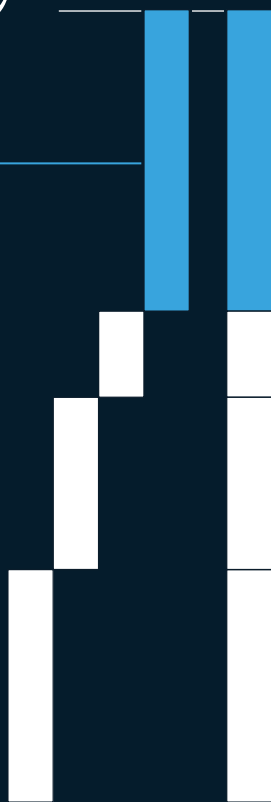
高排出資産から低排出資産へ再配分される投資額

### 2 兆ドル

低排出資産への継続的な投資額

### 2.7 兆ドル

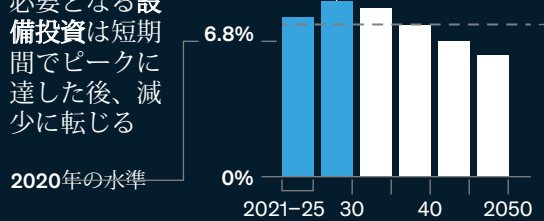
高排出資産への継続的な投資額



## 3 前倒しで取り組む必要がある

移行に向けて必要となる設備投資は短期間でピークに達した後、減少に転じる

2026-30年の投資額は、世界の対GDP比で8.8%



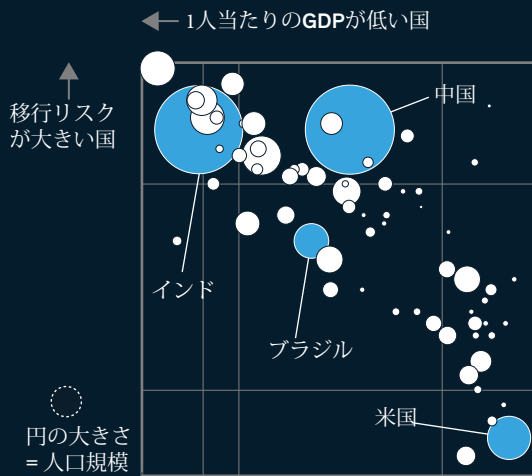
累積投資額:

### 約 275 兆ドル

2021-50年の投資額は、世界の対GDP比で約7.6%

## 4 不均衡な影響をもたらす

途上国や化石燃料資源が豊富な国ほど、ネットゼロへの移行によって大きなリスクにさらされる



一部の部門は、より大きなリスクにさらされる



移行リスクが最も高い部門の対GDP比

## 5 リスクを伴う

高排出資産の縮小・廃止、および低排出資産の拡充が進むことで、エネルギー価格の不安定化を招き、エネルギー供給が滞り、資産価値の減損といったリスクが生まれる



### 2.1 兆ドル

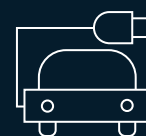
2050年までに電力部門のみで座礁資産化する可能性がある資本ストック

## 6 大きな機会が創出される

ネットゼロへの移行は、企業や国に対して主に以下の3つの領域で機会をもたらす



従来の製品やプロセスの脱炭素化



低炭素型の製品やプロセスによる従来の高炭素型の製品・プロセスの代替



脱炭素化を支える新たな製品・サービスの提供(原材料、物的資本、インフラ、サポートサービスを含む)

1.5°C目標達成確率を50%とした仮定シナリオであるNGFSのNZEシナリオに基づいた推定値であり、予測や予想ではない。



# エグゼクティブサマリー

本レポートを執筆した2021年12月時点で、世界のGDPの9割以上、および世界の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量の8割以上を占める70カ国以上がネットゼロ達成に向けて取り組むことを表明している<sup>1</sup>。また、5,000社以上の企業が国連主導の「Race to Zero (レース・トゥ・ゼロ)」キャンペーンの一環でネットゼロ達成を目標に掲げている。しかし、推計によると、これらの目標がすべて達成されたとしても、世界全体の気温上昇は産業革命以前に比べて1.5°C以上に達し、生物学的なフィードバックループを含め、気候変動による最も壊滅的な影響が生じる可能性がある<sup>2</sup>。そして、これらの目標に対してまだ詳細な実行計画が立てられていない、あるいは計画はあっても実行に移されていない状態にある。また、短期的なリスクと長期的なリスクとのバランスを慎重に見極めなければならないため、実行は容易ではない。

現在、ネットゼロ実現の重要性は広く認識されるようになってきているが、実現に向けた道筋はいまだ見えていない。目の前の課題の大きさを考えればこの状況は驚くに値しない。なぜなら、2050年までにネットゼロを達成するには世界経済の根本的改革が必須となり、そのためには、様々な経済的課題(インフレなど)や政治的課題(各国内および世界の二極化など)を踏まえて、「物理的要素」「経済的・社会的調整」「ガバナンス、制度、コミットメント」の3つのカテゴリーに分類される9つの要件を満たす必要があるからである<sup>3</sup>。

本レポートでは、2つ目のカテゴリーである「経済的・社会的調整」の特性および規模を把握することに焦点を当て、ネットゼロへの移行に伴う現在から2050年にかけての需要、資本配分、コスト、雇用の変化のシミュレーションを行い、潜在的な利益や、機会、損失、コストを検証している。なお、今回の分析はGHG総排出量の約85%を占めるエネルギーおよび土地利用システムを対象とし、ネットゼロへの移行が69カ国に与え得る影響を明らかにしている。

本分析の結果は単なる予想や予測ではなく、2017年12月に各国の中央銀行および金融監督当局によって設立された「気候変動リスク等に係る金融当局ネットワーク(NGFS: Network for Greening the Financial System)」が構築したネットゼロのシナリオにおいて想定される経済的変化の点推定を行っている(マッキンゼーの調査研究方法と限界については、コラムE1「マッキンゼーの調査研究方法:アプローチ、シナリオ、限界、不確実性」を参照)。本分析で想定しているNGFSのシナリオでは、50%の確率で気温の上昇幅を1.5°Cに抑制できるとしているが、実際にそれが実現できるのか、あるいはどのような経路をたどれば実現できるのかは明らかではない。しかし、ここではこれらの点に関する見解ではなく、1.5°C目標の達成を目指して秩序ある移行を実現するために必要となる経済的変化を示すことを目指している。

<sup>1</sup> これらの国には、ネットゼロ目標を達成した、目標を法制化した、政策文書にまとめた、あるいは宣言や誓約を公表した国などが含まれる。Net Zero Tracker, Energy and Climate Intelligence Unit, Data-Driven EnviroLab, NewClimate Institute, and Oxford Net Zero (2021年)。2019年のGDPデータは世界銀行「世界開発指標(WDI: World Development Indicator)」のデータバンクから引用。2018年の排出量データは、EDGAR (Emissions Database for Global Atmospheric Research) v6.0 (2021年5月)から引用。“Race to Zero campaign”、気候変動枠組条約(UNFCCC)

<sup>2</sup> 現在法制化されている政策に基づいて、国連環境計画(UNEP)、Climate Action Tracker、および国際エネルギー機関(IEA)は、2100年までに世界の平均気温の上昇幅は2.6~2.7°Cになると推定している。また、これらの機関は現在のネットゼロ目標と2030年にかけての誓約がすべて達成されることを想定した別のシナリオにおいても、平均気温の上昇幅は2.1~2.2°Cになるとしている。ただし、IEAでは、現在検討中の目標がすべて達成された場合、上昇幅は1.8°Cにとどまると推定している。Emissions gap report 2021: The heat is on, UNEP (2021年); Warming projections global update, Climate Action Tracker (2021年11月); World energy outlook 2021, International Energy Agency (2021年10月)。NGFSの推定によると、現在行っている対策を継続した場合、大気中に放出されるCO<sub>2</sub>は、2050年までに約1,250ギガトン増加し、世界全体の平均気温の上昇を1.5°Cに抑えるための限界量を超えるとしている。REMIND-MAgPIE 2.1/4.2 モデルを用いたNGFSの「現行政策シナリオ」の分析に基づく。Climate change 2021: The physical science basis: Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021年)も参照のこと

<sup>3</sup> Mekala Krishnan, Tomas Naucleér, Daniel Pachthod, Dickon Pinner, Hamid Samandari, Sven Smit, and Humayun Tai, “Solving the net-zero equation: Nine requirements for a more orderly transition,” McKinsey & Company (2021年10月)

## マッキンゼーの調査研究手法: アプローチ、シナリオ、限界、不確実性

マッキンゼーは、ネットゼロへの移行を「部門」および「地域」の2つの側面から検証している。「部門」については、世界の排出量の約85%を占める電力、産業（鉄鋼・セメント）、運輸（特に道路輸送）、建築物、農業、林業・その他の土地利用、廃棄物の7つのエネルギーおよび土地利用システムに焦点を当てている。加えて、これらのシステムの多くにとってエネルギー供給源となっている化石燃料についても検証している。「地域」については、世界のGDPの約95%を占める69カ国を分析対象としている。

また、マッキンゼー独自の移行シナリオは作成せず、その他の機関が作成し、幅広く受け入れられているシナリオ、具体的にはNGFSによるNZE (Net Zero Emissions by 2050) シナリオを基に起こり得る影響を分析している。この仮定シナリオは、排出量を2030年までに半減、そして2050年までにネットゼロにするという世界目標を反映したものである(図表E1)。「2050年までに経済全体のCO<sub>2</sub>排出量をネットゼロにする」とは、排出削減が困難な部門や一部の地域で排出削減の努力を行ったとしても発生してしまう残余CO<sub>2</sub>排出量について同等量のCO<sub>2</sub>を除去し、オフセットすることを意味する。このシナリオを採用した理由として、主要なエネルギーシステムや土地利用のシステムを首尾一貫して網羅していること、地域単位の粒度に分けられていること、リスクや機会を分析できるように設計されていること、そして金融機関や規制当局、監督機関が使用する標準的なシナリオになりつつあるということなどが挙げられる<sup>1</sup>。

比較として、NGFSの「現行政策シナリオ」も使用している。現行政策シナリオでは、現行の気候変動緩和策のみを実施した場合に発生するGHGの排出量の見通しを立てており(2020年初頭にNGFSが行った評価に基づく)、2100年までに3°C強の気温上昇を見込んでいる<sup>2</sup>。これらのシナリオを比較することによって、GDP成長率や人口成長率といった要因が現在から2050年にかけて経済にどのような影響を及ぼすのかを解明することができる。また、Vivid Economics社と連携し、NGFSの2つのシナリオを使用し、必要に応じて部門単位で粒度の細かい変数を導出した(新車販売台数など)。なお、このような場合でも部門固有の変数は関連するNGFSシナリオに基づいている。

分析の流れとしては、まず、NGFSシナリオとVivid Economics社によるダウンスケーリングの手法を用いて、エネルギーシステムおよび土地利用のシステムに関する重要な変数の変化(電源別の発電電力量の変化など)を定量化した。ダウンスケーリングの手法は、NGFSシナリオでは得られない、部門単位あるいは技術単位の粒度で評価するためのもので、需要の変化を検証した後、脱炭素技術およびその資本コストと運用コスト、労働集約度、バリューチェーンなどに関する情報を基に、資本ストックと投資、生産者コストと消費者コスト、そして雇用への影響を評価した。また、可能な限り、マッキンゼーの分析に基づいた地域別のコストと労働力に関する仮説、および技術学習曲線について予想される経時的変化を考慮している。

**アプローチの限界と不確実性:** ネットゼロ移行は比較的新しい研究分野であるため、ここではその他の移行シナリオと同様に、NGFSのシナリオにも限界があることを前提としている。まず、一部の変数については部門レベルで検証しているものの、どのシナリオにおいても各取り組みがどのような影響を受けるかを探るのに十分な情報が提示されていない場合があるため、検証に必要な粒度を確保するためにダウンスケーリングが必要となる。次に、NGFSシナリオの根底にあるモデルは、特定の部門の重要なダイナミクスや制約が反映されていない可能性がある。例えば、ここで使用したモデルは、その他の部門に特化した脱炭素化への経路と異なり、エネルギーや産業(水素製造など)においてバイオマスの利用が進むと想定している。そして、モデルでは継続的な学習や技術イノベーションを考慮しているものの、脱炭素化への経路を変えるような破壊的技術の出現や、想定よりも早くコストが低下する可能性を十分に予測できていない場合がある。さらに、一部のNGFSシナリオについては経済モデルに物理的リスクに起因して発生する様々な損害が反映されつつあるものの、物理的リスクを脱炭素化への経路に完全に反映するためには更なる労力が必要となる。よって、ここでは物理的リスクを考慮していないシナリオに焦点を当てている。このアプローチにより、移行による影響のみを分析することが可能となる<sup>3</sup>。最後に、これらのシナリオは新型コロナウイルス感染症の世界的大流行(パンデミック)前の気候変動対策や技術トレンドを反映したものである。また2021年11月にスコットランドのグラスゴーで開催された第26回気候変動枠組条約締約国会議(COP26)における交渉内容や誓約は反映されていない。

<sup>1</sup> NGFSによると、本シナリオでは「徹底した気候変動対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年頃にはCO<sub>2</sub>排出量を実質ゼロにし、平均気温上昇が1.5°Cを大きく超えないようにして(0.1°C未満)、今世紀末までに少なくとも50%の確率で地球温暖化を1.5°Cより低く抑えられるようにする」ことを想定している。ここではNGFSが2021年に公表したREMIND-MAGPIEシナリオを使用し、2020年以降のCO<sub>2</sub>の累積排出量(カーボンバジェット)を約440ギガトン(Gt)と推定している

<sup>2</sup> 詳細は、NGFS Scenarios Portal and Climate Scenarios Database, NGFS (2021年6月)を参照

<sup>3</sup> 物理的リスクのモデリングに関わる不確実性に関する詳細については、『Climate risk and response: Physical hazards and socioeconomic impacts (気候変動リスクとその対応策 物理的リスクと社会経済的影響)』, McKinsey Global Institute(2020年1月)を参照

本レポートでは主に移行による直接的な影響に関する分析を行っているが、様々な不確定要素により、ここで示す見積もりとは異なる結果になる可能性がある。見積もりを下回る可能性もあるが、いくつかの要素は移行が進むにつれ、追加のコストと影響が生じる可能性を示唆している。同様に、気候変動の物理的リスクに対応するためのコストは、ここで提示した推計値よりも高くなる可能性がある。

主な不確定要素として、以下のものが挙げられる。

- **温暖化シナリオおよび排出経路:** 温暖化シナリオで想定する気温の上昇幅が高いほど(例えば、産業革命以前の水準に比べて2°C上昇すると予測しているシナリオなど)、排出削減量が少なくなり、現在の生産・消費パターンからの乖離が小さくなるため、1.5°Cシナリオと比べて移行による影響が小さくなる可能性がある(但しこの場合、当然のことながら物理的リスクは高くなる)。
- **各部門の脱炭素化に向けた取り組みとそのレベル:** ここでは脱炭素化に向けた取り組みを把握することではなく、経済的な変化の特徴と規模を検証することに重点を置いているため、NGFSが策定したNZEシナリオを採用している。テクノロジーミックスが変わることで、コストや見通しが本レポートで提示したものとは異なり、更に技術革新が進むことで、より低コストな経路をたどることも考えられる。また、世界全体の脱炭素化に向けた移行経路がここで示すものとは違ったものになる可能性もある。例えば、CO<sub>2</sub>回収・貯留(CCS)技術<sup>4</sup>の活用拡大や炭化水素バリューチェーンの脱炭素化に焦点を当てたシナリオが考えられる。ただし、これはCO<sub>2</sub>回収技術のコストが下がり、CCS技術の利用を促す規制枠組みが整備され、CO<sub>2</sub>を再資源化するカーボンリサイクル市場が成熟した場合に実現可能となるであろう。
- **直接的・間接的な社会経済的影響の度合い:** 移行が本レポートで提示したものよりも複雑化した場合、影響が局所的に増大し、エネルギーシステムの柔軟性や冗長性の確保のために追加投資が必要となる可能性がある。主要原料や低排出なエネルギー源の供給が需要に追いつかない場合、供給が不足し、価格が高騰する可能性があるが、今回はこの影響は定量化していない。また、高次元の影響により、特に短期的にリスクが著しく増大することも考えられる。例えば、移行資金の調達方法によっては経済全体への影響が本レポートでの推計を上回る場合がある。さらに、移行が急激に、あるいは緩やかに進んだ場合も影響が増大する恐れがある。
- **移行に向けて必要となる経済的・社会的調整:** 経済的・社会的調整のための社会的支援制度を設ける場合は、必要となるコストや投資額がここで示す推計を上回る可能性がある。同様に、特に世界の気温上昇を1.5°Cに抑えることが困難であることが判明した場合、移行計画の遅延・頓挫の影響により、また緊急性の高い適応策を講じるために追加コストが発生する可能性がある。本分析では、移行による一次的効果を定量的に検証し、必要となる調整を定性的に示している。

**本レポートで対象外となるもの:** 本レポートでは次に挙げるテーマは分析対象としていない: 様々な脱炭素化シナリオに関わる可能性、妥当性やコスト比較、各種排出削減技術のメリットの比較、脱炭素化技術の導入・展開に関する制約(サプライチェーンの拡大など)、脱炭素化を推進し、動機づけを行うために必要となる取り組み、移行が経済にもたらす高次元の影響(生産高、成長率、バリュープール、企業価値、貿易量、人々の心身の健康など)の定量評価、脱炭素化や適応策のコストとメリット、気候変動による物理的リスクが与え得る影響。なお、後半部分については、外部の文献やマッキンゼーのこれまでの調査のベンチマーク結果を活用している。上述の通り、本分析では一次推定値を示している。増大する物理的リスクおよび移行に関わるすべてのコストを算出するのは複雑なプロセスである。増大する物理的リスクおよび適応のための対策費用がもたらす影響を推定し、前述の高次元の影響を考慮したうえで、ネットゼロへの移行が経済に与える影響の推計に対して妥当性の検証を行い、上記の様々な不確定要素に取り組みつつ、これらを時間をかけて行う必要がある。

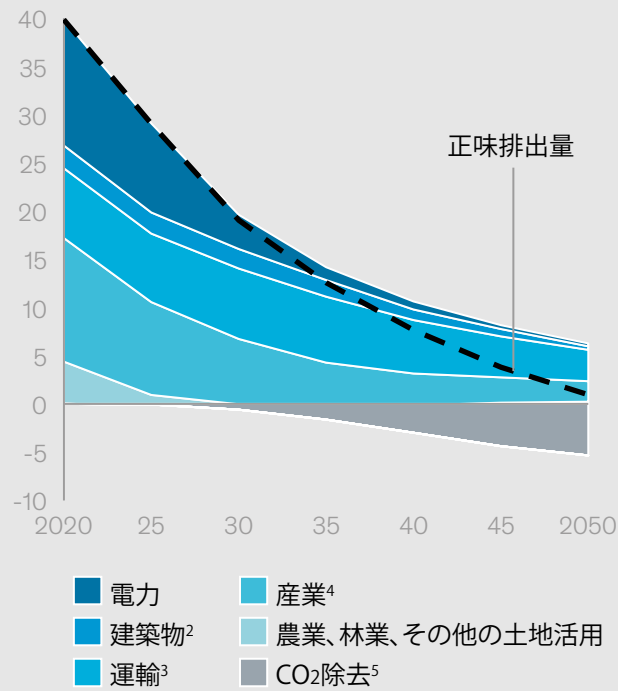
<sup>4</sup> CCS技術の詳細は第1章を参照のこと



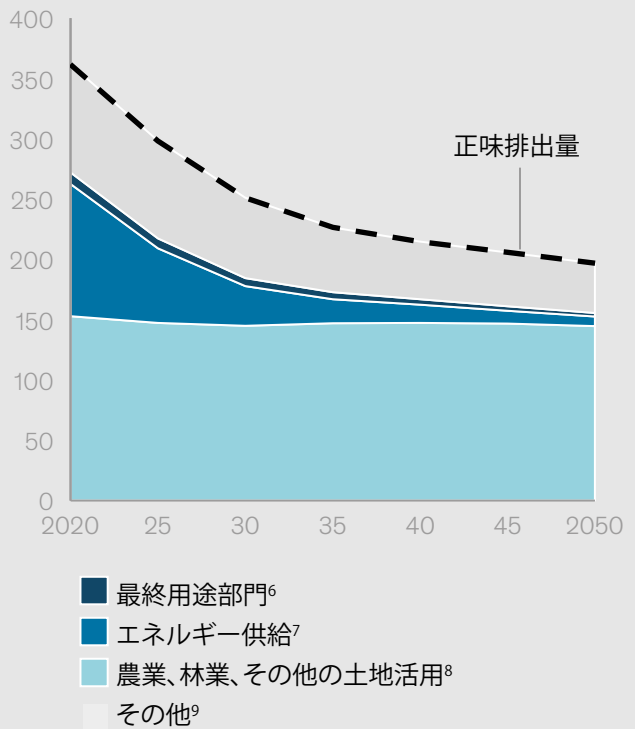
## NGFSのNZEシナリオに基づいて分析を実施

### NGFSのNZEシナリオに沿った経路<sup>1</sup>

二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量; 十億トン



メタン(CH<sub>4</sub>)排出量; 百万トン



1. ネットゼロシナリオは、NGFSのNZEシナリオに基づいており、NGFSが2021年に公開したREMIND-MAgPIEモデルを使用している(フェーズ2)
2. 居住用・商業用建築物におけるエネルギー利用に伴うCO<sub>2</sub>排出量
3. 運輸部門(道路、鉄道、船舶、航空)におけるエネルギー利用に伴うCO<sub>2</sub>排出量
4. 産業部門およびその産業プロセスにおけるエネルギー利用に伴う排出量およびエネルギー転換に伴うCO<sub>2</sub>排出量(電力、燃料からの漏洩排出、CO<sub>2</sub>輸送・貯蔵に伴う排出量を除く)
5. バイオエネルギー-CCS(BECCS)による吸収される総CO<sub>2</sub>排出量。BECCSは複数のエネルギーシステムに導入される(発電、水素生産、産業など)
6. エネルギー利用に伴うメタン排出量
7. 電力や燃料からの漏洩排出を含むエネルギー転換に伴うメタン排出量
8. 農業、林業およびその他の土地利用に関わるメタン排出量
9. その他の排出源(廃棄物など)からのメタン排出量

注記: NGFSデータベースに基づく。調査研究手法の違いにより、最新の排出量の数字はその他の排出量データベースと異なる場合がある  
 資料: Network for Greening the Financial System scenario analysis 2021 phase 2 (Net Zero 2050 scenario) REMIND-MAgPIEモデル; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

したがって、特にネットゼロへの移行がより無秩序な経路をたどった場合、あるいは気温の上昇を1.5℃に抑えることが困難であることが判明した場合には、実際の数値がここで示す推計値を上回る可能性がある(コラムE2「誰が移行コストを負担するのか」参照)。本レポートで示すシナリオベースの推計が、ネットゼロへの移行がもたらす変化の規模および特性、そしてこれに対応するために必要となる取り組みの規模について、意思決定者が理解を深める一助となることを願う。

今回のシナリオベースの分析を通じて、ネットゼロへの移行の6つの特徴が明らかになった。1つ目は、移行は普遍的なものであるということである。実際、排出量の多いあらゆるエネルギーおよび土地利用システムの脱炭素化を進めない限り、ネットゼロ達成は不可能で、すべての部門およびすべての国の関与が不可欠となる。

2つ目は、大胆な経済改革が必要になるということである。2021年から2050年にかけて、ネットゼロへの移行に向けた有形資産への累積投資額は推計で約275兆ドルに達する見込みである。したがって、2050年にかけて年平均投資額を現在の5.7兆ドルから、3.5兆ドル増となる9.2兆ドルに引き上げる必要がある。所得や人口の増加による支出可能額の増加や現時点で法制化されている移行ポリシーを考慮すると年平均投資額の増分は少なくなる可能性はあるものの、依然として1兆ドル程度になる見込みである。

3つ目は、前倒しで取り組む必要があるということである。2026年から2030年にかけて年平均投資額は、対GDP比で現在の約7%から9%まで増加し、その後、減少に転じる見込みである。同様に、電力コスト(発電、送配電、蓄電設備に関わるコストおよび既存・新設資産に関わる運用コスト、設備投資コスト、減価償却費を含む)は、2020年から2040年にかけて現在の水準から約25%上昇した後、減少に転じると考えられる(ただし、時期や規模は地域によって異なる可能性がある)。

4つ目は、移行は不均衡な影響をもたらす、一部の部門、地域、コミュニティがより深刻な課題に直面する可能性があるということである。

5つ目は、移行は長期的な物理的リスクへの対応を可能にする一方で、数多くの短期的なリスクを伴うということである。適切な対策が講じられなかった場合、エネルギー価格が上昇し、特に低所得層の人々や地域についてはエネルギーへのアクセスが困難になり、価格を許容できなくなり、広くは経済全体に影響が波及する可能性がある。したがって、慎重に対応しなければ、ネットゼロへの移行が阻まれる恐れがある。

6つ目は、経済的・社会的調整に関わる様々な課題はあるものの、移行はあらゆる部門や地域に成長機会をもたらす、さらには物理的リスクの増大を抑制し得るということである。

今回の調査研究の目的は、ネットゼロへの移行に必要な経済的変化の特性と規模を明らかにすることである。調査研究で得た結果により、目の前にある大きな課題がどのようなものであるかを提示し、また2050年までに秩序だった移行によりネットゼロを達成するために、より思い切った対策を、速やかに講じることの重要性を唱えている。各国政府、企業、個人は、それぞれの役割を果たすことを求められるようになる。これらの変化に効果的に適応するには、政府や企業は長期的な視点をもって一致団結して取り組みを推進すると同時に、短期的な視点をもってリスクに対応しつつ機会を捉える取り組みも必要となってくるであろう。

## 本調査研究では、より思い切った 対策を、速やかに講じることの 重要性を提唱している

## 誰が移行コストを負担するのか

本編で後述するように、ネットゼロへの移行に向けた有形資産への投資額は膨大なものとなり、現在の水準を大きく上回る見込みである。また、高排出資産から低排出資産への投資の再配分が進むなど、投資対象も現在とは大きく変わるとみられる。一部の投資についてはリターンが得られるポテンシャルがあるが、大規模な資金調達に関わる様々な課題に効果的に対応していく必要がある。対応すべき課題として、不確実性を伴う技術への投資、リスクとリターンのトレードオフの検討、途上国への資金フローの促進、そして最も排出量の削減が求められる部門や地域における資本需要の確保などが挙げられる。

そこで問題となるのが、移行に向けた最適な資金調達方法である。資金源（公的資金と民間資金のどちらを活用するのか、または先進国と途上国からの資金調達の構成比など）、資金調達の方法（債券か株式か、または企業や消費者への課税など）、そしてこれらの組み合わせなど、様々な観点から検討する必要がある。例えば、公的資金の調達方法としては、法人税、炭素税、消費税の引き上げや借入などが挙げられる。

各ステークホルダーが移行に向けた最適な資金調達方法を判断する際には、次の3つの要素を考慮する必要がある:「どのアプローチを組み合わせれば、求められるスピードと規模で資金を調達し、資本を分配するインセンティブを高めることができるのか」、「いかに公平性の原則を資金調達に反映できるのか(排出量の実績や支払い能力に基づいてどのような公平性が求められるのかを含む)」、「それぞれの資金調達方法は、どのような波及効果をもたらすのか」。

3つ目の要素は、ネットゼロへの移行が社会経済活動に及ぼす影響に大きく関わってくるため、特に重要となる。まず、資金調達の種類によっては(例えば、消費者への課税など)、財政刺激策とのバランスを取らなければ消費支出が抑制される恐れがあり、関連部門の企業の収益や雇用、また広くは経済成長に影響が波及する可能性がある。次に、資金調達源を慎重に検討しなければ、既に存在する不平等が一段と深刻化する恐れがある。例えば、途上国は移行に必要な資金を自国で調達することが難しい場合がある。最後に、資金調達の種類によってはネットゼロへの移行スピードに影響を与える可能性がある。例えば、電気自動車(EV)の充電インフラなど、技術によってはネットゼロ移行に求められるスピードで普及させるためには、大規模な公的資金の投入が必要になるとみられる。

今回の調査研究結果では、需要の規模を把握することに焦点を当てているため、これらの要素は考慮していない。しかしながら、各ステークホルダーがネットゼロへの移行に必要な経済改革を進めていくにあたり、「誰がそのコストを負担するのか」という点は避けられない問題であることから、上述の資金調達が与え得る影響も念頭に置いて調査研究を行った。

# エネルギーおよび 土地利用システム全体を 根底から変革しない限り、 ネットゼロ達成は困難である

気候科学の知見によると、気候を安定させ、気候変動による物理的リスクを抑制するには、大気中に排出される GHG をネットゼロにする必要がある（コラム E3 「ネットゼロを達成しない限り、気候変動による物理的リスクは増大し続ける」参照）。地球上の直接排出源となるエネルギーおよび土地利用のシステムは7つある（図表 E2、E3）<sup>4</sup>。7つのシステムそれぞれが世界全体の排出量に占める割合は以下の通りである。

- 電力（発電・発熱）: CO<sub>2</sub>の排出割合は30%、N<sub>2</sub>O（亜酸化窒素）の排出割合は3%<sup>5</sup>
- 産業（鉄鋼、セメント、化学品などの生産、石油、ガス、石炭の採掘・精製などの様々な産業プロセスを含む）: CO<sub>2</sub>の排出割合は30%、CH<sub>4</sub>（メタン）の排出割合は34%、N<sub>2</sub>Oの排出割合は8%
- 運輸（道路、航空、船舶、その他を含む）: CO<sub>2</sub>の排出割合は19%、N<sub>2</sub>Oの排出割合は2%
- 建築物（冷暖房・給湯、調理による排出を含む）: CO<sub>2</sub>の排出割合は6%
- 農業（農場での直接的なエネルギー利用と農業・漁業の生産活動に伴う排出を含む）: CO<sub>2</sub>の排出割合は1%、CH<sub>4</sub>の排出割合は38%、N<sub>2</sub>Oの排出割合は79%
- 林業・その他の土地利用（主に土地被覆の変化に伴う排出）: CO<sub>2</sub>の排出割合は14%、CH<sub>4</sub>の排出割合は5%、N<sub>2</sub>Oの排出割合は5%
- 廃棄物（固形廃棄物処理、焼却、下水処理に伴う排出を含む）: CH<sub>4</sub>の排出割合は23%、N<sub>2</sub>Oの排出割合は3%
- いずれの場合も、エネルギー起源CO<sub>2</sub>（石油、ガス、石炭などの化石燃料の燃焼に伴って生じたもの）と非エネルギー起源CO<sub>2</sub>（鉄鉱石還元による鉄鋼生産などの産業プロセスや森林破壊に伴って生じたもの）が含まれる。現在の排出量の算定方法によると、エネルギー起源CO<sub>2</sub>は全体の83%を占めている<sup>6</sup>。

## ネットゼロを実現するには世界経済の 改革が必須となる

<sup>4</sup> UN Food and Agriculture Organization (FAO) (2020年); "Energy use," FAOSTAT; EMIT データベース, McKinsey Sustainability Insights (2021年9月), McKinsey Global Energy Perspectives

<sup>5</sup> 熱には、熱電併給発電所の熱が含まれる

<sup>6</sup> ここでは現在の排出量測定システムに基づき、森林システムの排出量については、GHGの排出源および吸収源の両方の役割を考慮した純排出量となっている。ただし、排出源としての側面のみを焦点を当て、森林破壊の副次的効果を考慮した場合、森林の排出割合は大幅に高まる。詳細については第3章を参照のこと

## ネットゼロを達成しない限り、気候変動による物理的リスクは増大し続ける

地球の気温上昇に伴った気候変動により、熱波や洪水などの急性リスクの発生頻度および影響度は増加し、干ばつや海面上昇などの慢性リスクの深刻度が高まる<sup>1</sup>。2020年にマッキンゼーが発行した『気候変動リスクとその対応策 エグゼクティブサマリー 物理的リスクと社会経済的影響』で示したように、社会経済的影響は非線形化し、連鎖する可能性がある<sup>2</sup>。最近公表された国連気候変動に関する政府間パネルによる第6次評価報告書(IPCC AR6)では、GHGの継続的な排出は、地球システムに重大な影響をもたらす、転換点(ティッピングポイント)を超えてしまうことでシステムが変遷し、突然、大災害が発生する可能性が高まるとされている<sup>3</sup>。

気候変動による物理的リスクが増大すると、経済、金融、社会活動により幅広く混乱をもたらす恐れがある<sup>4</sup>。推計によると、GHGの排出量を抑制できなかった場合、2050年にかけての損失額は、高排出量(RCP 8.5)シナリオのもとでは世界のGDPの2~20%に相当する<sup>5</sup>。この推計値の幅の広さは推計の難しさを表している。そして、永久凍土の融解などの予測困難な生物学的なフィードバックループ、通貨価値の切り下げによる影響といった経済へのマイナスの波及効果によって、推定値をはるかに超える損失が発生する可能性がある。

気候科学の知見によると、気候を安定させ、気候変動による物理的リスクを抑えるには、大気中に排出されるGHGをネットゼロにまで削減し、産業革命以前と比べて気温上昇を1.5℃に抑えることで最も深刻かつ不可逆的な影響が生じる可能性を低減させる必要がある<sup>6</sup>。現在、世界のGHG排出量はCO<sub>2</sub>換算で約40ギガトン(GtCO<sub>2</sub>)に達している。ここ数年では伸び率は鈍化しているものの、1970年以降、CO<sub>2</sub>の排出量は増大し続けてきた<sup>7</sup>。IPCC AR6では、今後のCO<sub>2</sub>の純排出量を全体で400~500Gtに抑え、メタンなどの大気中の寿命が短いGHGの排出量を大幅に減らすことができれば、50~67%の確率で産業革命以前と比べて気温上昇を1.5℃に抑えられると推定している<sup>8</sup>。現在の排出レベルでは、1.5℃に抑えるためのカーボンバジェットは今後10年程度で使い果たすことになる。気候科学の知見によると、ネットゼロへの移行が進む中でも地球システムは変化し続け、地球の温暖化を食い止めたとしても影響が続く可能性があるという。そのため、排出削減対策と並行して適応策を講じていく必要がある<sup>9</sup>。したがって、今後10年間の意思決定が極めて重要となる。

<sup>1</sup> Noah S. Diffenbaugh and Christopher B. Field, "Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions," *Science*, volume 341, number 6145 (2013年8月); Seth D. Burgess, Samuel Bowring, and Shu-zhong Shen, "High-precision timeline for Earth's most severe extinction," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, volume 111, number 9 (2014年3月)

<sup>2</sup> Climate risk and response: Physical hazards and socioeconomic impacts(気候変動リスクとその対応策 物理的リスクと社会経済的影響), McKinsey Global Institute(2020年1月)

<sup>3</sup> Climate change 2021:The physical science basis: Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021年)

<sup>4</sup> Climate risk and response: Physical hazards and socioeconomic impacts, McKinsey Global Institute (2020年1月)のコラム1参照

<sup>5</sup> この種の推定を行うことは困難であり、マッキンゼーの調査では試みていない。ここで示す範囲は、気候変動の物理的影響が実質GDPあるいはGDP成長率に与える様々な影響を定量化することに焦点を当てた文献に基づいたものである。ソースの詳細については第1章および参考文献一覧を参照のこと

<sup>6</sup> "Summary for policymakers," in Climate change 2021: The physical science basis: Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report, IPCC (2021年)

<sup>7</sup> その他のGHGの排出量の報告は少なく、2019年の年間排出量はメタン(CH<sub>4</sub>)が364メガトン、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)が10トンとなっている。Global Carbon Budget (2021年); EMIT database McKinsey Sustainability Insights (2021年9月)も参照のこと。パンデミックの影響に関する詳細については、Corinne Le Quéré et al., Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement, Global Carbon Project (2021年3月)参照

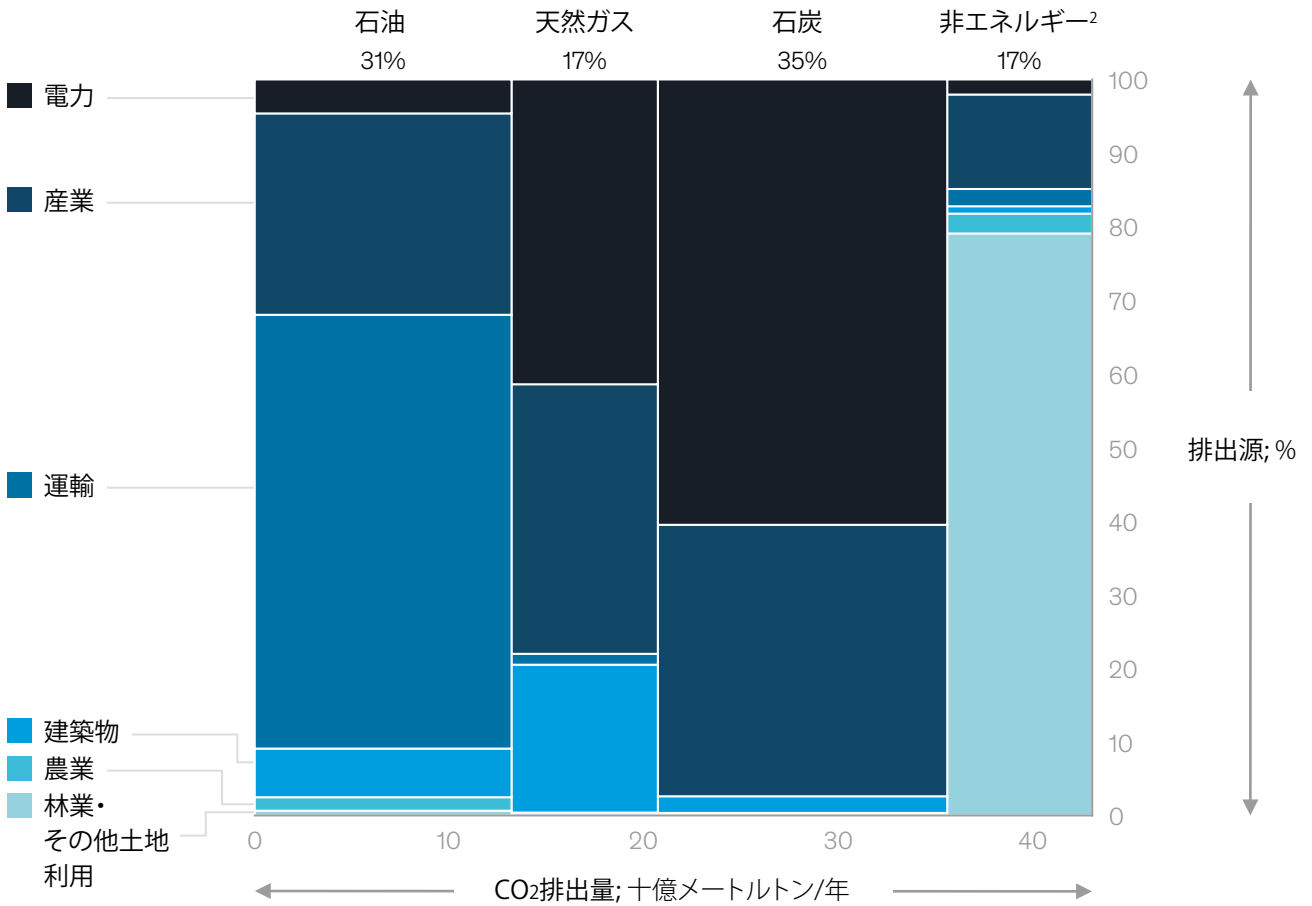
<sup>8</sup> 今後の純排出量を1,150~1,350GtCO<sub>2</sub>に抑えた場合、50~67%の確率で気温上昇を2.0℃に抑えられるとされている。ただし、現在の排出レベルでは1.5℃に抑えるためのカーボンバジェットは今後10年程度、2.5℃に抑えるためのカーボンバジェットは今後30年程度で使い果たすことになる

<sup>9</sup> H. Damon Matthews et al., "Focus on cumulative emissions, global carbon budgets, and the implications for climate mitigation targets," *Environmental Research Letters*, volume 13, number 1(2018年1月)

図表 E2

## エネルギーおよび土地利用のシステムでは、 エネルギー起源CO<sub>2</sub>の排出量が全体の83%を占めている

燃料、エネルギー、土地利用システム毎のCO<sub>2</sub>排出量<sup>1</sup>; %; 2019年



- 化石燃料由来のCO<sub>2</sub>排出源および短周期の排出量(大規模なバイオマスの燃焼、森林火災など)を含む。「電力」には、電気、熱からの排出量(熱電供給設備や発電所など)、「産業」には、鉄鋼、セメント、化学品などの生産、石油、ガス、石炭の採掘・精製といった様々な産業プロセスが含まれる。「運輸」には、道路、航空、鉄道、船舶、その他の輸送機関の排出量が含まれる。「建築物」には、商業施設や住宅の冷房・暖房、調理、照明による排出量が含まれる。「農業」には、農場での直接的なエネルギー利用と農業・漁業の生産活動に伴う排出量が含まれる。本図表で示す世界全体のCO<sub>2</sub>排出量はすべての部門の排出量の合計を表しており、本レポートで対象としているサブ部門の総排出量ではなく、2019年の排出量をベースとしている
- 人為的な排出量には、エネルギー起源CO<sub>2</sub>と産業プロセスや森林破壊に伴って生じる非エネルギー起源CO<sub>2</sub>が含まれる

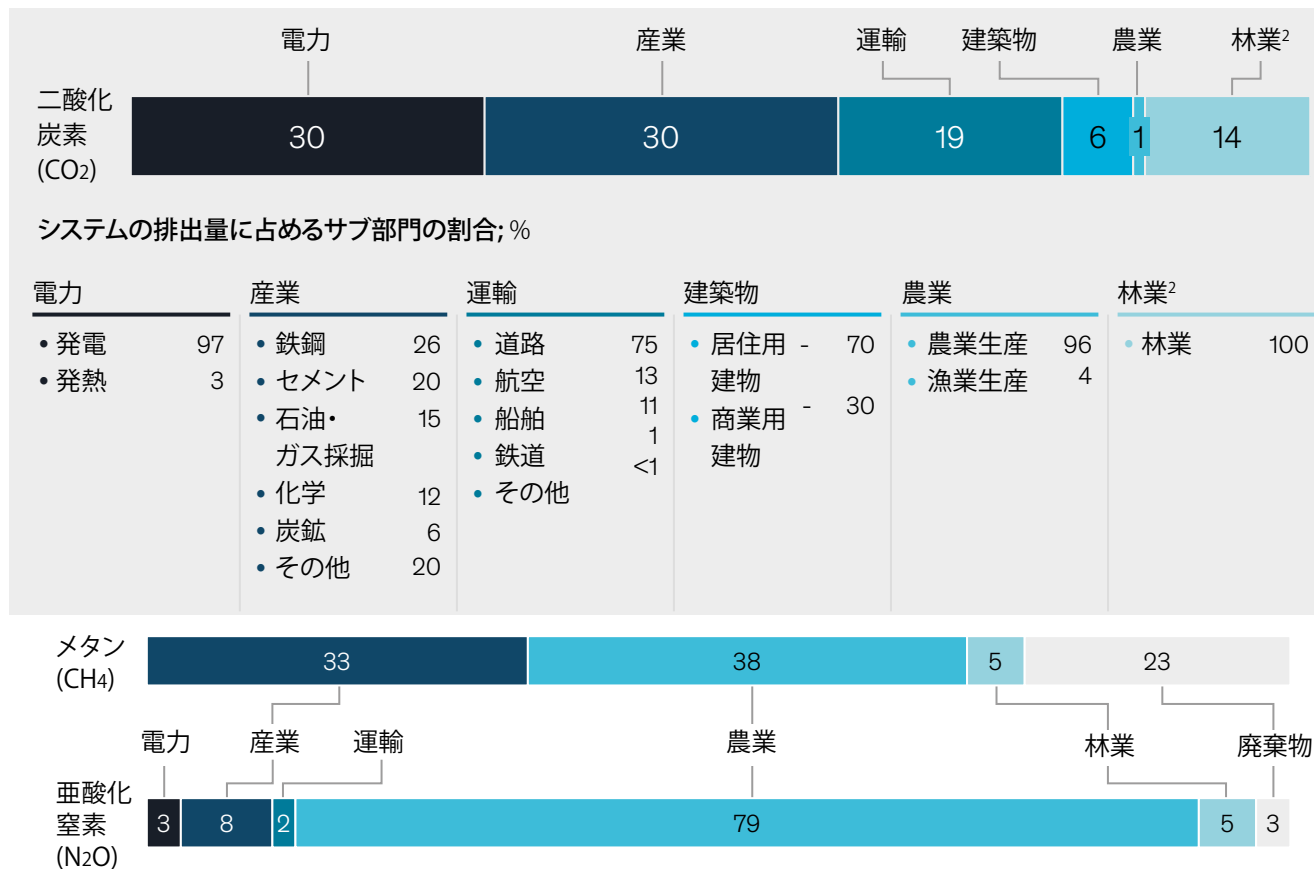
注記：様々なボトムアップソースを活用したマッキンゼーのEMITデータベースに基づいている。部門や国に関するデータは使用する排出量データベースによって異なる可能性がある。また、端数処理のため合計が100%にならない場合がある

資料：McKinsey Sustainability Insights によるEMITデータベース(2021年9月, 2019年時点のデータ); International Energy Agency; McKinsey Global Energy Perspectives; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

図表 E3

## 電力および産業はエネルギー消費量が大きく、世界全体のCO<sub>2</sub>排出量の約60%を占めている

エネルギーおよび土地利用に関わる各システムの排出割合<sup>1</sup>; %; 2019年



- 化石燃料由来のCO<sub>2</sub>排出源および短周期の排出量 (大規模なバイオマスの燃焼、森林火災など) を含む。「電力」には、電気、熱からの排出量 (熱電供給設備や発電所など)、「産業」には、鉄鋼、セメント、化学品などの生産、石油、ガス、石炭の採掘・精製といった様々な産業プロセスが含まれる。「運輸」には、道路、航空、鉄道、船舶、その他の輸送機関の排出量が含まれる。「建築物」には、商業施設や住宅の冷房・暖房、調理、照明による排出量が含まれる。「農業」には、農場での直接的なエネルギー利用と農業・漁業の生産活動に伴う排出量が含まれる。「林業」には土地の利用や土地被覆の変化に伴う排出量が含まれるが、炭素吸収源の喪失に伴う機会費用は考慮していない。「廃棄物」には、固形廃棄物処理、焼却、下水処理に伴う排出量が含まれる。本図表で示す世界全体のCO<sub>2</sub>排出量はすべての部門の排出量の合計を表しており、本レポートで対象としているサブ部門の総排出量ではなく、2019年の排出量をベースとしている
- 林業、その他の土地活用

注記: 様々なボトムアップソースを活用したマッキンゼーのEMITデータベースに基づいている。システムや国に関するデータは使用する排出量データベースによって異なる可能性がある。また、端数処理のため合計が100%にならない場合がある

資料: McKinsey Sustainability Insights による EMIT データベース (2021年9月、2019年時点のデータ); マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

脱炭素化に向けた効果的な取り組みとしては、化石燃料から水素など排出量がゼロあるいは少ないその他のエネルギー源にシフトすることによるエネルギーミックスの見直し、エネルギー効率の向上、エネルギー需要の管理、循環型経済モデルの活用、高排出型製品の利用縮小、CCS (二酸化炭素回収貯留) 技術の導入、大気中の長寿命および短寿命GHG双方の吸収源対策の推進などが挙げられる。GHGの吸収源を復活させ、増やすためには、森林破壊を食い止め、回復させることが特に重要となる<sup>7</sup>。マッキンゼーが最近行った1.5°C目標の達成要件に関する調査研究で様々なシナリオを検証したところ、すべての部門で上記の取り組みを推進する必要があり、早急に排出削減に取り組む必要があることが明らかになった<sup>8</sup>。

<sup>7</sup> 推定によると、30年にわたる1本の木のCO<sub>2</sub>吸収量は、木が伐採され燃やされた際のCO<sub>2</sub>排出量の60~85%で、森林破壊に起因する副次的な排出量と失われる炭素隔離量は、直接排出量の3~9倍とされている。調査によると、森林破壊による排出量に関する現時点の検証では、失われる炭素隔離量と森林劣化が過小評価されていることが明らかになっている。詳細については第1章と第3章を参照のこと

<sup>8</sup> Kimberly Henderson, Dickon Pinner, Matt Rogers, Bram Smeets, Christer Tryggstad, and Daniela Vargas, "Climate math: What a 1.5-degree pathway would take," McKinsey Quarterly, (2020年4月)参照。"Curbing methane emissions: How five industries can counter a major climate threat," McKinsey & Company (2021年9月)も参照のこと

ここで重要なことは、ネットゼロへの移行はあらゆるエネルギーおよび土地利用のシステム、そして世界経済全体にまたがる普遍的なものであるということである。これには2つの理由がある。1つ目は、世界全体の排出量に占めるエネルギーおよび土地利用の各システムの割合が大きいことが挙げられる。したがって、ネットゼロ目標を達成するためには、これらのシステムの改革が必要となる。2つ目の理由は、これらのシステムは相互依存性が高いため、システム、部門、地域の枠を超えて連携し、大規模に排出削減策を講じなければならないからである。

例えば、電気自動車は排出量の少ない電力の供給を受けて初めて意味をなす。エネルギーおよび土地利用のシステムには、グローバルなバリューチェーンを介してあらゆる経済部門が関与している。同様に、すべての国が直接的あるいはバリューチェーンを通じて間接的に排出している。したがって、ネットゼロを実現するには世界経済の改革が必須となる。

## ネットゼロへの移行は、早い段階から需要、資本配分、コスト、雇用に大きな影響をもたらす可能性がある

前述のように、エネルギーおよび土地利用システムの脱炭素化は、9つの要件が満たされて初めて可能となる。これらの要件は、「物理的要素」「経済的・社会的調整」「ガバナンス、制度、コミットメント」の3つのカテゴリーに分類される(コラムE4「ネットゼロ実現への道筋とシステムレベルで満たすべき要件」参照)。

なお、本レポートでは、ネットゼロへの移行に必要な経済的・社会的調整に焦点を当て、移行の特性、および需要、資本配分、コスト、雇用に与える影響の大きさを分析することで、必要となる調整を示している。また、移行がもたらす波及効果は、バリューチェーン、財務評価、GDP、世界の貿易の流れにも及ぶ。ここでは、これらの波及効果の定量化は行っていないが、一部については本レポートにおいて定性的に検証している<sup>9</sup>。

- **需要:** ネットゼロへの移行過程における政策、技術、消費者や投資家の選好の変化により、排出量の少ない製品やサービスの需要が増加し、排出量の多い製品やサービスの需要が減少することでバリューチェーン構造は変革を迫られる可能性がある
- **資本配分:** 世界経済の脱炭素化を進め、排出量を抑えるためには、新たな有形資産の構築および既存資産の改修に向けて、多額の投資が必要となる見通し
- **コスト:** 低排出型のプロセスの導入およびこれに関わる投資が進むことで運用コストや生産コストが低減し、排出量が少ないエネルギー源への移行が進むと思われる
- **雇用:** 市場が再形成され、企業において新たな事業慣行やプロセスが取り入れられることで、労働力に関する要件が変化する

NGFSのNZEシナリオを用いたマッキンゼーの分析結果は、仮説に基づいたシミュレーションの結果であり、予測や予想ではない。以降では、このシナリオに基づき、相互依存関係にある世界における需要、投資、コスト、雇用にに関するマッキンゼー独自の一貫した見解を提示している。なお、この分析ではすべてを網羅しているわけではなく、限界および不確実性を前提としている。

<sup>9</sup> 高次元の影響のモデル化には大きな不確実性が伴い、移行の影響に対応するための具体的な措置によって変わる可能性があるため、ここでは移行の直接的影響の定量化に焦点を当てている。なお、調査研究手法の詳細についてはコラムE1を参照のこと



## ネットゼロ実現への道筋とシステムレベルで満たすべき要件

マッキンゼー・サステナビリティ研究グループが過去に行った調査研究によると、ネットゼロを達成するには、GHGの排出量を可能な限り減らして排出量と吸収量の均衡を図る一方で、貯蔵量を増やして大気中に残るGHG排出量を除去する道筋をつける必要がある<sup>1</sup>。そして、この道筋を立てるため、ネットゼロへの移行に向けて満たすべき9つの基本的かつ相互依存関係にある要件を特定した。今回の調査研究の起点となっているこれらの要件は、以下の3つのカテゴリーに分類される。

**物理的要素:** (1) 技術革新、(2) 大規模なサプライチェーンを構築し、インフラをサポートする能力、(3) 必要となる自然資源の可用性が含まれる。マッキンゼーのこれまでの調査によると、世界全体の平均気温の上昇を産業革命以前と比べて1.5℃に抑制し得る技術的な見通しは立っているものの、継続的なイノベーションが必要である<sup>2</sup>。さらに、大規模に展開可能な新技術の開発と、これらの技術のコスト削減を図るためのイノベーションも不可欠となる。例えば、平均気温の上昇を1.5℃に抑えるには、世界の1週間当たりの太陽光パネルの設置枚数を現在の8倍に、風力発電用タービンの設置数を5倍に増やさなければならない<sup>3</sup>。さらに、銅、ニッケル、レアアース、土地、水などの自然資源を慎重に管理し、十分な量を確保し、ボトルネックを最小限に抑え、価格の急騰やインフレを回避する必要がある。このような大きな変化に対応できるサプライチェーンを構築するには、膨大な資金と適切な能力だけでなく、広範な連携が求められる。

**経済的・社会的調整:** (4) 効果的な資本再配分と資金調達の仕組み、(5) 需要の変化や短期的な原価上昇への対応、(6) 社会経済的影響に対応するための仕組みが含まれる。ネットゼロに向けて秩序ある移行を実現するには資本配分を大きく変えなければならない。企業および国は、個人やコミュニティの生活および支出に多大な影響を与える可能性があるとしても、エネルギーおよび土地利用システムを抜本的に転換し、需要およびコストの変化に対応する必要がある。

**ガバナンス、制度、コミットメント:** (7) 管理基準、市場およびトラッキングのメカニズム、効果的な制度、(8) 公共、民間、非営利部門のリーダーによるグローバルなコミットメントと連携、(9) 市民・消費者の支持が含まれる。ネットゼロ移行に求められるスピード、規模やその特性上、あらゆるステークホルダーがそれぞれの役割を果たすとともに、新たな連携の形を模索する必要がある。秩序ある移行を実現するには、リーダーが明確で信頼できる有効な政策を策定することへの強いコミットメントおよび能力を備え、来たる変化に対する組織の適応力を高めることが求められる。また、市民や消費者の支持なしに移行を実現することは難しく、場合によって消費者は排出削減のために自らの行動を根本的に変えることが求められる。

各ステークホルダーはネットゼロ達成に向けたコミットメントを強化しているものの、これを実行に移すとすると一筋縄ではいかない。これには5つの理由がある。第1に、1~2世紀をかけて進化してきたエネルギーおよび土地利用の各システムを今後30年間で改革するには短期間で大規模に集中投資する必要があるということ、第2に、移行に伴う負荷は一様ではなく、ステークホルダーによっては他より重くのしかかるため、グローバルな協働が不可欠となること、第3に、長期的な恩恵を得るには短期間で変化を遂げる必要があること、第4に、数十年にわたって進化してきた商慣習やライフスタイルを変える必要があること、第5に、エネルギーはすべての経済活動において中心的な役割を果たしているため、改革には慎重な対応が求められることが挙げられる。ネットゼロへの移行は、人々の生活や健康に最も深く関わるシステムの改革を伴う。これらのシステムについてはごくわずかな変化であっても、生産者や消費者が負うコストが増大し、エネルギーへのアクセスが困難になるなど、人々の日常生活に多大な影響が生じ、計画に遅れが生じたり、世間から反発を受けたりする恐れがある。これらの要素について総合的に考えると、「啓発された自己利益」の概念だけではネットゼロを実現できないことは明らかである。

本レポートでは、これらの課題とステークホルダーが取り得る打ち手の理解を深めるために、2つ目のカテゴリーである「経済的・社会的調整」に焦点を当てている。企業や国が既存の製品・サービスの需要および価格への影響に対応しきれなかった場合、あるいはコミュニティがネットゼロ経済への移行から取り残されてしまった場合などに備えて何らかの措置を講じない限り、多くのステークホルダーが移行に伴うコストをまかなえなくなるリスクが存在する。

<sup>1</sup> Mekala Krishnan, Tomas Nauclér, Daniel Pachod, Dickon Pinner, Hamid Samandari, Sven Smit, and Humayun Tai, "Solving the net-zero equation: Nine requirements for a more orderly transition," McKinsey & Company (2021年10月)

<sup>2</sup> 例については、Paolo d'Aprile, Hauke Engel, Godart van Gendt, Stefan Helmcke, Solveigh Hieronimus, Tomas Nauclér, Dickon Pinner, Daan Walter, and Maaike Witteveen, "How the European Union could achieve net-zero emissions at net-zero cost," McKinsey & Company, (2020年12月)を参照。例えば、欧州における脱炭素化に向けた取り組みに関する調査研究によると、現在の排出量の85%以上は実証済みの技術を活用することで削減可能で、そのうち28%は成熟技術、32%は導入直後の技術で対応できる。ただし、これらの技術の導入に向けた経路は明確ではなく、ここに示す一連の要件を満たす必要がある点を考慮することが重要となる

<sup>3</sup> Kimberly Henderson, Dickon Pinner, Matt Rogers, Bram Smeets, Christer Tryggestad, and Daniela Vargas, "Climate math: What a 1.5-degree pathway would take," McKinsey Quarterly, (2020年4月)も参照のこと

## 需要: NZEシナリオでは、排出量の多い製品の需要が縮小し、排出量の少ない製品・サービスの需要が増加することで成長機会が生まれると想定されている

マッキンゼーの分析によると、NGFSのNZEシナリオでは、政策および技術の変化、また消費者や投資家の選好の変化に伴い、様々な製品・サービスに対する需要が大きく変化することが見込まれる(図表E4)。2050年に石油とガスの生産量はそれぞれ現在の55%と70%の水準まで減少し、エネルギー資源としての石炭の生産は2050年末近くにほぼ終了する見通しである。化石燃料を使用している製品の需要についても同様の影響が見込まれる。例えば、新車販売台数に占めるバッテリー式電気自動車(BEV)および燃料電池車の割合が2020年の5%から2050年に実質100%になった場合、内燃機関車(ICE車)の需要の段階的縮小が予想される。

その他の部門では、需要の変化に伴い、排出量が少ない方法で生産された製品による代替が進むとみられる<sup>10</sup>。例えば、鉄鋼の生産量は現在と比べて約10%増加する見込みであるが、低排出の鉄鋼の割合が現在の25%から2050年にはほぼ100%になる見通しである。農業および食料については、ネットゼロへの移行には食生活の見直しが必要となり、消費者によってはたんぱく質源を排出量の多い牛肉や羊肉から、鶏肉のような排出量の少ない食料への切り替えが徐々に進むと考えられる。

その他の分野の中でも、特に低排出エネルギーに関わる分野では需要の拡大が見込まれる<sup>10</sup>。2050年の電力需要は現在の2倍以上になる。そして、水素およびバイオ燃料の生産量はいずれも2021年から2050年にかけて10倍以上増加する見込みである<sup>11</sup>。また、自然を基盤とした解決策(NBS: Nature-based Solutions)やCCS技術を活用して排出量を管理する部門も今後伸びていくものと考えられる(移行による機会については後述)。例えば、林業および土地利用部門は、今世紀半ばまでに約9GtのCO<sub>2</sub>の隔離に貢献すると推定される。

## 資本配分: NGFSのNZEシナリオでは、2050年にかけて有形資産に必要な累積投資額は約275兆ドルにのぼる

ネットゼロへの移行過程における需要の変化によって、既存の有形資産の処分・改修および新たな資産の追加が必要となる。マッキンゼーの分析によると、これらの動きは有形資産への投資に2つの影響を与える。まず、有形資産への投資額は現在と比べて大幅に増加する。そして、現在、高排出資産に割り当てられている資金の一部が、CCSを活用しているものも含め、低排出資産へ割り当てられるようになる<sup>12</sup>。

マッキンゼーによるNGFSのNZEシナリオの分析によると、対象部門において2021年から2050年にかけて有形資産に必要な累積投資額は約275兆ドル、つまり年平均投資額は約9.2兆ドルとなる(図表E5)<sup>13</sup>。

<sup>10</sup> 現在よりもエネルギーへのアクセスが向上し、世界の人口および所得が増加する場合も、ここで示した傾向に更に拍車がかかると思われる

<sup>11</sup> 水素については精製・化学品等の産業用途の自家生産量は含まれない

<sup>12</sup> 本分析では高排出資産と低排出資産とそれを実現するためのインフラを区別している。低排出資産とは、比較的排出量が少ない資産を指しており、必ずしもカーボンニュートラルではない。これにより、ネットゼロへの移行に向けて必要となる資本の再配分の規模を推計している。なお、マッキンゼーでは高排出と低排出の区別は必ずしも明確ではないことを認識している。低排出資産とそれを実現するためのインフラには、CCSを活用したブルー水素の生産、電気とバイオマスを活用したグリーン水素の生産、バイオ燃料の生産、風力・太陽光・水力・地熱・バイオマス・ガス(CCS付き)・原子力発電と送配電・蓄電インフラ、バイオマスなどの低排出資源を利用した熱供給、電気アーク炉(EAF)、水素を活用した直接還元鉄(DRI)、CCSを活用した酸素転炉、バイオマスまたは化石燃料を用いたCCS付きのセメントキルン、ゼロエミッション車とそれを支えるインフラ、電気またはバイオマスを用いた冷暖房機器(ヒートポンプを含む)、地域冷暖房ネットワーク、化石燃料を使用しない調理技術、建物の断熱材、GHG削減効果の高い農法、食用作物、鶏肉・鶏卵の生産、土地の修復などに関するものが含まれる

<sup>13</sup> 現在のGHG総排出量の約85%を占めるシステムの分析に基づく。この推計には、様々な形態のエネルギー供給(電力システム、水素、バイオ燃料など)、エネルギー需要(自動車、鉄鋼やセメントの代替生産方法など)、土地利用(GHG削減効果の高い農法など)に関わる有形資産への投資額が含まれている。また、自家用車などの耐久消費財といった、国民経済計算で一般的に「投資」とみなされるものも含まれる。ここでは基本的に排出源となる有形資産を入れ替えるための支出を考慮している(自動車など)。また、バリューチェーン全体で追加の支出が発生する可能性もあるが、二重計算を最小限に抑えるため、これらの支出は推計していない

NGFSのNZEシナリオでは、エネルギーおよび土地利用のシステムの改革が必要となる見通し(1/2)

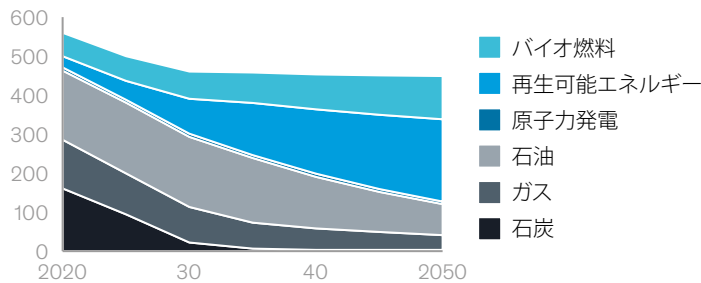
非包括的

活動量の推移; 2020-50<sup>1</sup>

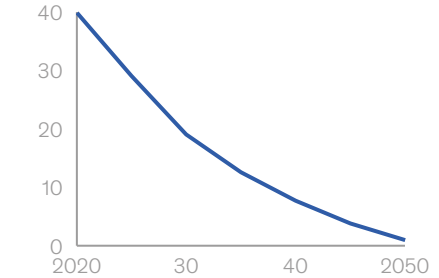
排出量の推移; 2020-50<sup>1</sup>

全体

一次エネルギー;  
エクサジュール (EJ)

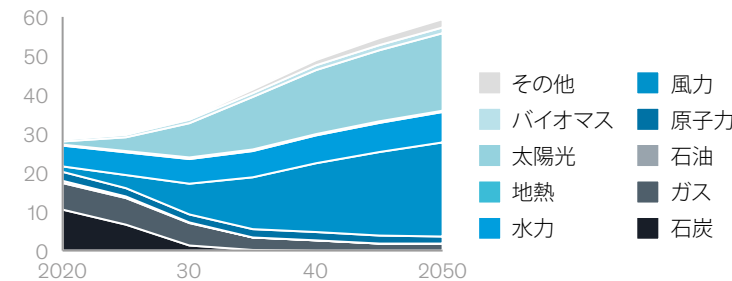


世界の CO<sub>2</sub> 排出量;  
十億トン<sup>2</sup>

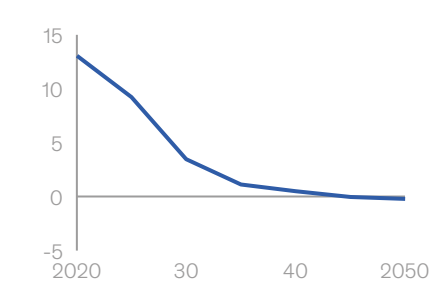


電力

電源別、発電電力量;  
ペタワット時(PWh)

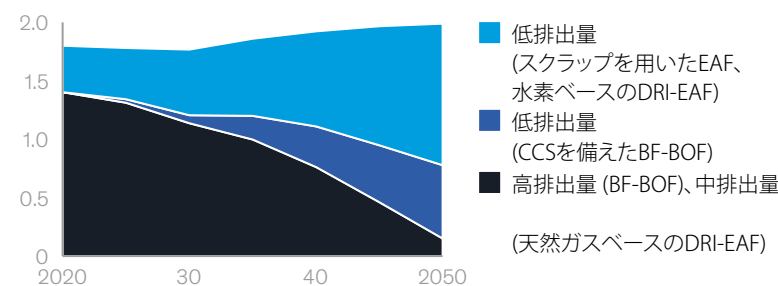


発電由来のCO<sub>2</sub>排出量;  
十億トン

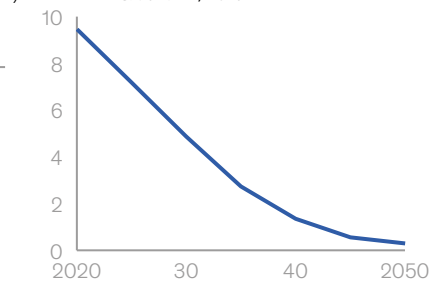


産業:  
鉄鋼

粗鋼生産;  
十億トン

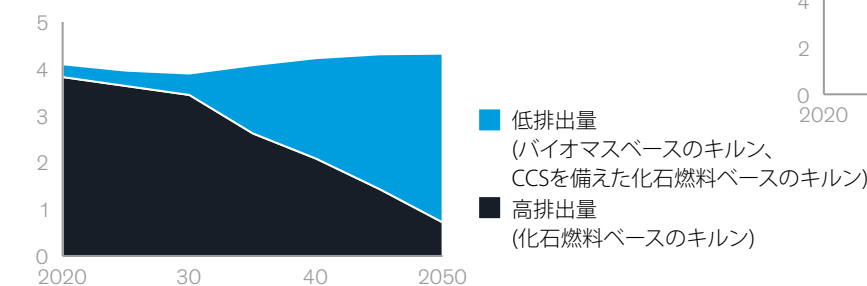


産業プロセスおよび  
エネルギー利用に伴う  
CO<sub>2</sub>排出量; 十億トン<sup>3</sup>



産業:  
セメント

セメント生産;  
十億トン



1. REMIND-MAGPIE モデルを用いた NGFS の NZE シナリオに基づく。一部の 변수については、Vivid Economics 社によるダウンスケーリングの手法を用いて評価を行っている。この値はグローバルな活動量と排出量を表している。NZE シナリオでは、システムによってネットゼロ達成時期が異なる  
2. CO<sub>2</sub> 排出量は一次エネルギーの構成とその利用量によって大きく変わるが、植林や森林破壊や産業プロセスといったその他の要因によっても影響を受ける  
3. セメントや鉄鋼部門のみでなく、産業システム全体の排出量を指す

資料：REMIND-MAGPIE (フェーズ 2) モデルを用いた NGFS の NZE シナリオ ; McKinsey Sustainability Insights; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

NGFSのNZEシナリオではエネルギーおよび土地利用のシステムの改革が必要となる見通し(2/2)

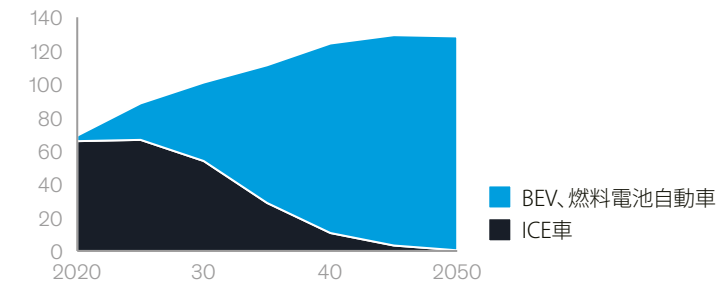
非包括的

活動量の推移; 2020-50<sup>1</sup>

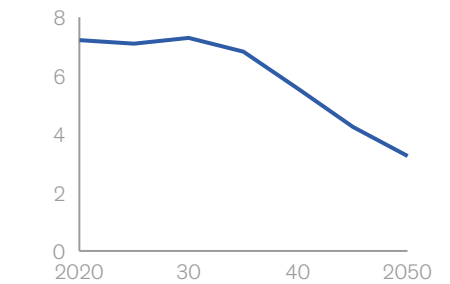
排出量の推移; 2020-50<sup>1</sup>

運輸

年間新車総販売台数;  
百万台

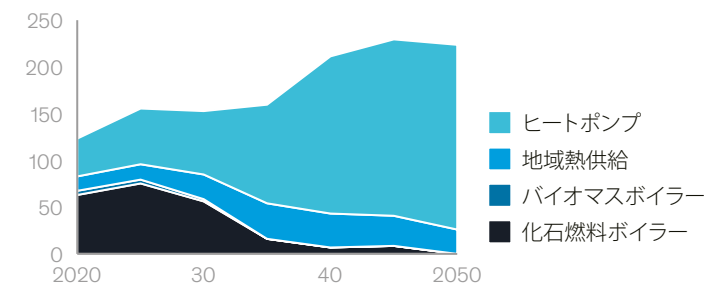


運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量;  
十億トン<sup>2</sup>

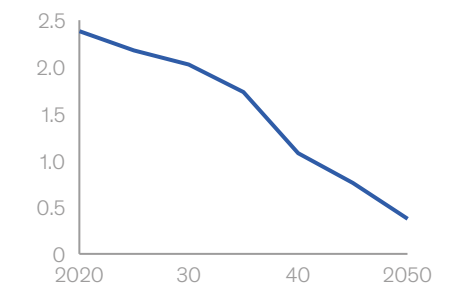


建築物

冷暖房器具の年間販売台数;  
百万台

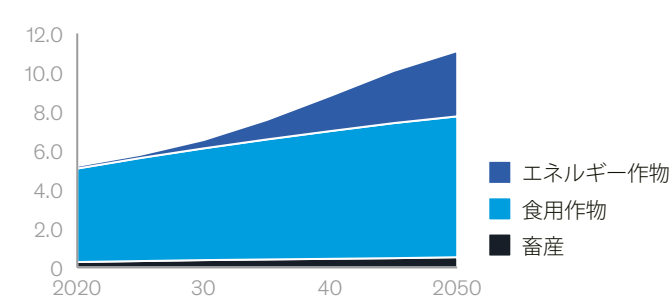


建築物のCO<sub>2</sub>排出量;  
十億トン

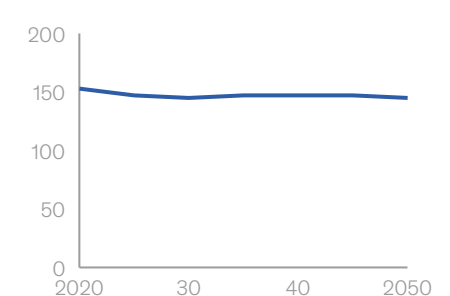


農業

農業生産;  
十億トン; 乾物

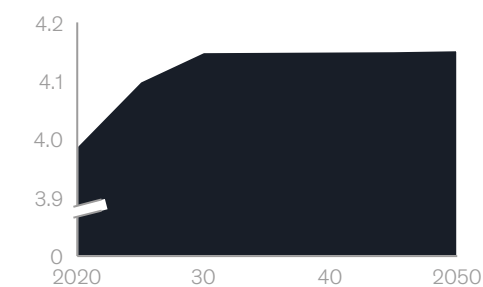


農業 (+林業およびその他の土地利用)  
のメタン排出量; 百万トン<sup>3</sup>

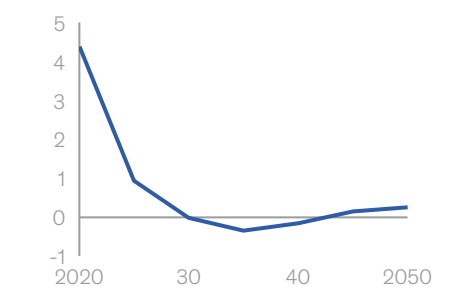


林業および  
その他の  
土地活用

森林被覆率;  
十億ヘクタール



林業およびその他の土地活用  
(+農業)のCO<sub>2</sub>排出量; 十億トン<sup>4</sup>

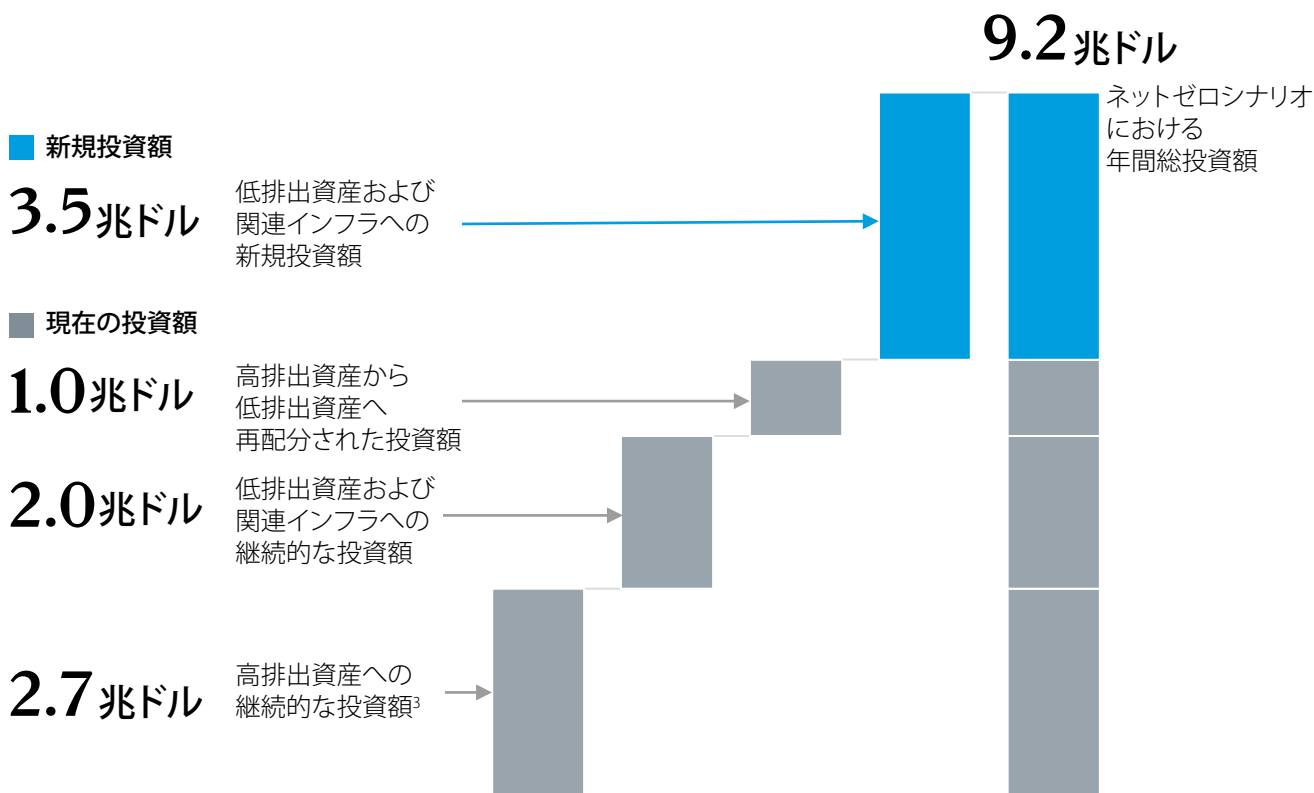


1. REMIND-MAGPIE モデルを用いた NGFS の NZE シナリオに基づく。一部の 변수については、Vivid Economics 社によるダウンスケーリングの手法を用いて評価を行っている。この値はグローバルな活動量と排出量を表している。NZE シナリオでは、システムによってネットゼロ達成時期が異なる  
2. 道路交通、航空、船舶、鉄道を含む  
3. 農業、林業およびその他の土地利用に関わるメタン排出量は農業由来のものが大半を占めるが、林業やその他の土地利用に関わる排出量もわずかながら含まれる  
4. 林業およびその他の土地利用に関わる排出量が大半を占めるが、農業に関わる排出量もわずかながら含まれる。NGFS の NZE シナリオにおいては、植林は 2050 年にかけて累積約 9 ギガトン規模の CO<sub>2</sub> 隔離に寄与する

資料：REMIND-MAGPIE (フェーズ 2) モデルを用いた NGFS の NZE シナリオ; McKinsey Sustainability Insights; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

## NGFSのNZEシナリオによると、エネルギーおよび土地利用システムの有形資産投資額は年間9.2兆ドルにのぼり、現在の水準から3.5兆ドル以上増加する

NZEシナリオ<sup>1</sup>におけるエネルギーおよび土地利用システム<sup>2</sup>の有形資産への年間投資額  
2021–50年の平均



1. REMIND-MAGPIEモデル (フェーズ2) を用いた NGFS の NZE シナリオに基づく。現在の総 CO<sub>2</sub> 排出量の約 85% を占めるシステムの分析に基づく。ここでは、炭素集約型の技術、農業やその他の土地利用に関する投資額を含めており、最終用途部門で必要となる投資を幅広い観点から捉えているため、その他の文献の推計を上回っている
2. 電力、運輸、化石燃料、バイオ燃料、水素、熱、CCS (貯留を除く)、建築物、産業 (鉄鋼、セメント)、農業、林業の有形資産への総投資額を推計している。この推計には、様々な形態のエネルギー供給 (電力システム、水素、バイオ燃料など)、エネルギー需要 (自動車、鉄鋼やセメントの代替生産方法など)、土地利用 (GHG 削減効果の高い農法など) に関する有形資産への投資額が含まれている
3. 本分析では高排出資産と低排出資産を分けている。高排出資産には、化石燃料の採掘・精製用資産、CCS を伴わない化石燃料発電用資産、化石燃料熱生産、グレー水素生産、鉄鋼 BOF、セメント化石燃料キルン、ICE 車、化石燃料を使用した暖房・調理機器、乳製品、単胃・反すう動物の食肉生産などが含まれる。低排出資産とそれを実現するためのインフラには、CCS や CCUS (二酸化炭素回収・有効利用・貯留) を活用した化石燃料の採掘・精製、CCS を活用したブルー水素の生産、電気とバイオマスを活用したグリーン水素の生産、バイオ燃料の生産、風力・太陽光・水力・地熱・バイオマス・ガス (CCS 付き)・原子力発電と送配電・蓄電インフラ、バイオマスなどの低排出資産を利用した熱生産、電気アーク炉 (EAF)、水素を活用した直接還元鉄 (DRI)、CCS を活用した酸素転炉、バイオマスまたは化石燃料を用いた CCS 付きのセメントキルン、低公害車 (LEV) とそれを支えるインフラ、電気またはバイオマスを用いた冷暖房機器 (ヒートポンプを含む)、地域冷暖房ネットワーク、化石燃料を使用しない調理技術、建物の断熱材、GHG 削減効果の高い農法、食用作物、鶏肉・鶏卵の生産、土地の修復などに関するものが含まれる

資料 : McKinsey Center for Future Mobility Electrification Model (2020年); McKinsey Hydrogen Insights; McKinsey Power Solutions; McKinsey–Mission Possible Partnership collaboration; McKinsey Sustainability Insights; McKinsey Agriculture Practice; McKinsey Nature Analytics; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

これは、新規の有形資産の追加・整備および既存資産の脱炭素化に関わる投資であり、労働者の再教育・再雇用、座礁資産関連の損失の穴埋め、世界経済のバリューチェーンの損失への対応といったその他の調整を支援するための投資は含まれていない。また、移行過程における安定供給の確保のため、エネルギーシステムの予備装置の配置に対する投資額が推計値を上回る可能性がある。今まで行われてきたその他の調査研究では、移行に必要となるエネルギー関連の投資額の推計に焦点を当てているが、マッキンゼーは対象の支出カテゴリーを広げて推計を行っている<sup>14</sup>。その結果、ネットゼロへの移行に必要となる年平均投資額の推計値は、他の調査研究で導出された3~4.5兆ドルを有意に上回った<sup>15</sup>。

累積投資額は2021年から2050年にかけてのGDPの約7.5%に相当する。必要となる投資は前倒しで進める必要があるため、2026年から2030年にかけてピークに達し、対GDP比は現在の約6.8%から9%に増加する見通しである。年平均投資額はドルベースで約3.5兆ドル増加し(60%)、そのすべてが将来的に低排出資産に割り当てられる見込みである。この年平均投資額の増分は、2020年から2050年にかけての世界全体のGDPの約2.8%を占め、2020年の世界の主要企業が生み出した総利益の約50%、総税収の25%、総固定資本形成額の15%、家計支出の7%に相当する。

資金の再配分も大規模なものとなる。現在、年間3.7兆ドルあるいは総投資額の65%が石炭火力発電所やICE車などの高排出資産に投じられているが、NZEシナリオではそのうち約1兆ドルを低排出資産に再配分する必要がある。つまり、現在のトレンドとは全く異なり、今後30年でネットゼロへの移行に向けて必要となる9.2兆ドルの年平均投資額のうち、その70%に相当する6.5兆ドルは低排出資産が占めるようになる。NZEシナリオでは、有形資産への総投資額に占める運輸、電力、建築物の3つの部門の割合は約75%となっている(部門ごとに必要となる投資の詳細については次のセクションを参照)。

## ネットゼロへの移行に必要となる 年平均投資額の推計値は、 他の調査研究で導出された3~4.5兆ドルを 有意に上回った

<sup>14</sup> 本レポートでは、家庭や企業においてエネルギーを消費する資産に関する支出(自動車やヒートポンプにかかる総コストなど)、農業における設備投資、化石燃料を使用する自動車や電力関連資産のような排出量の多い有形資産について継続的に発生するコストを含め、より包括的な視点から分析を行っている

<sup>15</sup> Net Zero by 2050: A roadmap for the global energy sector, IEA (2021年); NGFS climate scenarios for central banks and supervisors, NGFS, 2021; Christoph Bertram et al., "Energy system developments and investments in the decisive decade for the Paris Agreement goals," Environmental Research Letters, volume 16, number 7 (2021年6月); David McCollum et al., "Energy investment needs for fulfilling the Paris Agreement and achieving the Sustainable Development Goals," Nature Energy, volume 3 (2018年6月); Making mission possible: Delivering a net-zero economy, Energy Transitions Commission (2020年9月); Better growth, better climate: The new climate economy report, The Global Commission on the Economy and Climate (2014年)参照

人口が継続して増加し、世界のGDPの伸び率が上昇し、ネットゼロへの移行に向けた勢いが増していくことを考えると、この投資額は比較的小さいように思えるが、それでも大きな額であることには変わらない。所得および人口の増加、現在の政策の継続および主要な低排出技術のコストの低減を想定しているNGFSの現行政策シナリオを基準とした場合、ネットゼロ達成のための年平均投資額の増分は前述の3.5兆ドルではなく0.9兆ドルにとどまる(図表E6)<sup>16</sup>。現行政策シナリオでは、8.3兆ドルの年平均投資額の約半分は低排出資産が占めており、現在の技術トレンドや政策から投資の再配分が起こると想定されている。

移行に伴い、遊休化あるいは耐用年数前に除却される「座礁資産」が生まれる可能性がある。しかし、ネットゼロへの移行という観点から見ると、化石燃料や排出量に関わる資本ストックは何兆ドルもの価値があり、世界の資本ストックのかなりの割合を占めているだけでなく、その他の多くの資本ストックがこれらの資産に間接的に依存している。

したがって、資本ストックの多くを無秩序に、あるいは突然に座礁化させてしまうと多くの産業部門、ひいては世界経済の価値創出が妨げられることになるため、慎重に対応する必要がある。例えば、電力部門の座礁資産は2050年には約2.1兆ドル規模に達すると推計されるが、この中には現在稼働している化石燃料発電資産の約80%が含まれており、特に中国やインドの石炭火力発電所は比較的新しく(運転開始から15年未満)、残存耐用年数が長い<sup>17</sup>。

さらに、座礁資産化する可能性のある資産の多くは、上場企業のバランスシートに資産として計上されている。これらの資産を耐用年数前に除却した場合、(現在認識されている)価値の低減、倒産や債務不履行につながり、世界の金融システムに波及的影響を及ぼす可能性がある。また、座礁資産化する前に、市場によって座礁資産として扱われる可能性もある。当然ながら、座礁資産化のリスクが金融部門に与える影響も懸念され、リスクを定量化し、管理する能力を構築する必要がある<sup>18</sup>。

このように、ネットゼロへの移行には膨大な資金が必要となるが、その意味合いを理解することが重要となる。後で述べるように、何よりもまず、ネットゼロ達成に向けて秩序ある経済調整が進むことで、無秩序な移行によって生じる物理的リスクや追加コストを回避できる可能性がある。長期的かつ総合的に考えると、部門によってはネットゼロへの移行に先行投資を行うことで、燃料消費量の抑制、資源・エネルギー利用の効率化、保守費用の削減を通じて運用コストを抑えることができると考えられる。

## 長期的には、部門によってはネットゼロへの移行に向けた先行投資は運用コストの削減につながる可能性がある

<sup>16</sup> NGFSの現行政策シナリオでは現在実施中の政策が継続された場合に発生するGHG排出量を予測しており、2100年にかけて世界の平均気温は約3℃上昇するとしている。コラムE1を参照のこと

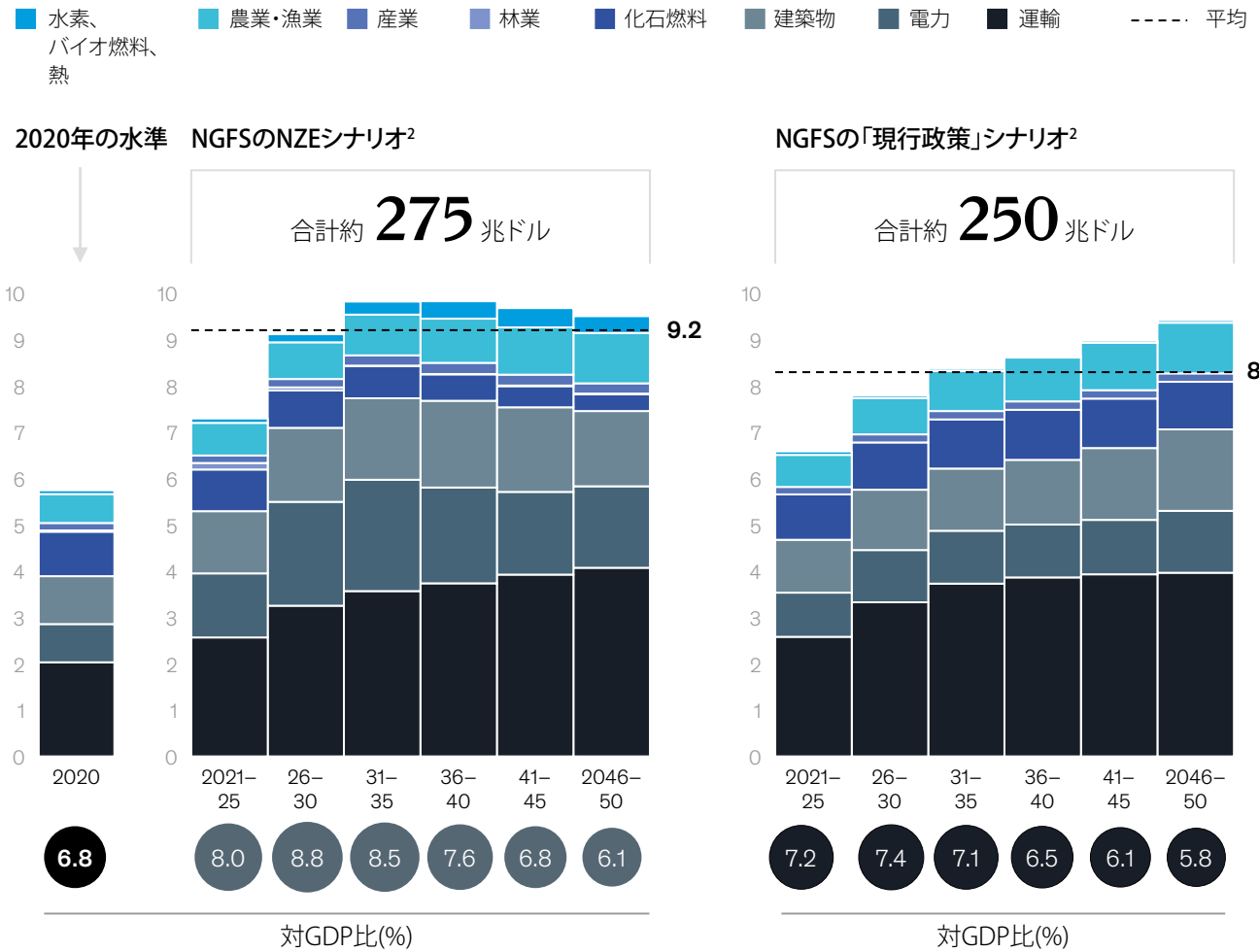
<sup>17</sup> ここでいう「座礁資産」とは2020年～2050年にかけて耐用年数を迎える前に除却された、あるいは遊休化した資産の累積価値(値引き前)を指す。まず、世界資源研究所(WRI)によるグローバル発電所データベースのデータを活用して、想定される資産の耐用年数および経済的耐用年数から一年間の減価償却費を導出し、この数字に過去(2005年～2020年)の平均稼働率と比較して稼働率が低い資産の割合を乗じ、合計額を算出した。なお、他の調査研究でも、電力やその他の部門について同様の影響が特定されている。Stranded assets and renewables: How the energy transition affects the value of energy reserves, buildings and capital stock, International Renewable Energy Agency (2017年); David Nelson et al., Moving to a low-carbon economy: The impact of policy pathways on fossil fuel asset values, Climate Policy Initiative (2014年10月); Jean-Francois Mercure et al., "Reframing incentives for climate policy action," Nature Energy (2021年11月)

<sup>18</sup> David Nelson et al., Moving to a low-carbon economy: The impact of policy pathways on fossil fuel asset values, Climate Policy Initiative (2014年10月)参照

図表 E6

NGFSのNZEシナリオでは、30年間の累積投資額は約275兆ドルに達するとされており、「現行政策」シナリオの推計を約25兆ドル上回っている

エネルギーおよび土地利用システムの有形資産の年間投資額<sup>1</sup>; 兆ドル/年



- 電力、運輸、化石燃料、バイオ燃料、水素、熱、CCS(貯留を除く)、建築物、産業(鉄鋼、セメント)、農業、林業の有形資産への総投資額を推計している。この推計には、様々な形態のエネルギー供給(電力システム、水素、バイオ燃料など)、エネルギー需要(自動車、鉄鋼やセメントの代替生産方法など)、土地利用(GHG削減効果の高い農法など)に関する有形資産への投資額が含まれている。また、自家用車などの耐久消費財といった、国民経済計算で一般的に「投資」とみなされるものも含まれる。なお、5年毎の年平均値となる。
- REMIND-MAgPIEモデル(フェーズ2)を用いたNGFSのNZEシナリオに基づく。「現行政策」シナリオは、REMIND-MAgPIEモデル(フェーズ2)を用いたNGFSの「現行政策」シナリオに基づく。現在の総CO<sub>2</sub>e排出量の約85%を占めるシステムの分析に基づく。本分析では、家庭や企業における、エネルギーを消費する資産に関する投資、農林業における設備投資、化石燃料を使用する自動車や電力関連資産のような排出量の多い有形資産について継続的に発生するコストを含め、より包括的な視点から分析を行っている。

資料: Network for Greening the Financial System 2021 (Net Zero 2050 scenarios) REMIND-MAgPIE model; Vivid Economics; McKinsey Center for Future Mobility Electrification Model (2020年); McKinsey Hydrogen Insights; McKinsey Power Solutions; McKinsey-Mission Possible Partnership collaboration; McKinsey Sustainability Insights; McKinsey Agriculture Practice; McKinsey Nature Analytics; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析



ほとんどの設備については投資対効果が期待できるため、単なるコストとして捉えないことが重要となる。例えば、他のネットゼロシナリオを分析した調査研究によると、約40～50%の投資についてプラスのリターンを得られる可能性がある<sup>19</sup>。

ただし、そのようなリターンを得るには、短期的には大規模な資金調達、不確実性を伴う技術への投資、リスクとリターンのトレードオフの検討、先進国と途上国双方への資本流入の確保など、様々な課題に対応する必要がある。また、部門や地域によっては資金の調達・分散が容易ではない場合もある。

## ほとんどの設備については 投資対効果が期待できるため、 単なるコストとして 捉えるべきではない

<sup>19</sup> マッキンゼーの調査研究によると、ネットゼロ達成に向けて欧州で必要となる投資のうち約半分についてはプラスのリターンが期待できることが明らかになっている。つまり、各部門やセグメントにおいて低排出技術に移行するための設備投資を行うことでコスト削減が期待できることを意味する。Paolo D'Aprile, Hauke Engel, Godart van Gend, Stefan Helmcke, Solveigh Hieronimus, Tomas Nauclicr, Dickon Pinner, Daan Walter, and Maaik Witteveen, "How the European Union could achieve net-zero emissions at net-zero cost," McKinsey & Company (2020年11月)参照。また、IEA(国際エネルギー機関)による「2050年に二酸化炭素排出量ネットゼロを実現するシナリオ」(Net Zero Emissions by 2050 Scenario)では、低排出ガス車への乗り換えなど消費者に求められる行動も検証しており、その結果、各国政府が表明した気候変動に関する目標や公約を反映した公表政策シナリオと比べて40%のコスト削減を実現できる可能性があることが明らかになった。World economic outlook, IEA (2021年)参照。マクロ経済レベルでは、公共投資および民間投資の増加が経済を刺激し、GDP成長率への負の影響は軽微なものに留まる、あるいは小幅ながら正の影響をもたらす可能性がある(ただし、前述のとおり、移行に向けた資金調達の方法と移行の進め方によって変わる)。例えば、欧州委員会(EC)は、欧州連合(EU)が提案した2030年のGHG排出削減目標の影響評価を行った結果、政策の野心度を高めることによる2030年にかけてのGDPへの累積的な影響はベースライン予測に対して-0.7%から+0.55%となるとしている。Impact assessment: Stepping up Europe's 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people, Commission Staff Working Document SWD/2020/176 (2020年9月)参照

## コスト：NZEシナリオでは、鉄鋼、セメント、電力部門は、生産プロセスの変更および設備投資によりコストが増加するが、運輸部門では電気自動車の総所有コストは下がる見込み

移行に伴う財務的影響は、有形資産への投資額のみにとどまらない。生産コストは、運用コストおよび新規投資や資産の減価償却に関わる資本コストの変化だけでなく、プロセスの変更や高排出資産の入れ替え・改修によっても影響を受ける。そしてコストの上昇分が価格に転嫁される場合、生産コストの変化は消費財の価格に影響を与える可能性がある。ここからは影響の一つひとつを検証していく。

継続的なイノベーションによって推計値を下回る可能性はあるものの、鉄鋼・セメント部門については、運用コスト、資本コスト、減価償却費を含む生産コストが現在の水準に比べてそれぞれ30%および45%増加する見込みである。電力部門については、発電、送電、配電、蓄電を含む世界の電力コストの平均はピークに達した後、減少に転じる見通しである。2040年にかけて新規および既存資産の運用コスト、資本コスト、減価償却費を含むコストは2020年の水準から約25%増加する見込みである(図表E7)。これには2つ理由がある。1つは再生可能エネルギー資産の構築、電力系統や蓄電容量の拡張のために高額な先行投資が必要となるため、設備投資と減価償却費が発生することが挙げられる。そしてもう1つは、一部の化石燃料発電資産については、遊休化したり、早期に除却したりしたとしても資本コストが発生し続けることが挙げられる<sup>20</sup>。また、ここでは世界平均について議論しているため、地域単位では電力システムの現状や太陽光や風力といった自然資源の可用性、火力発電所の経過年数などによって様相が異なる場合がある。イノベーションやスケールメリットによって設備投資および電力系統への投資額が下がる可能性も考えられ、その場合、今世紀前半の電力コストは、シナリオの推計値を下回る可能性がある。

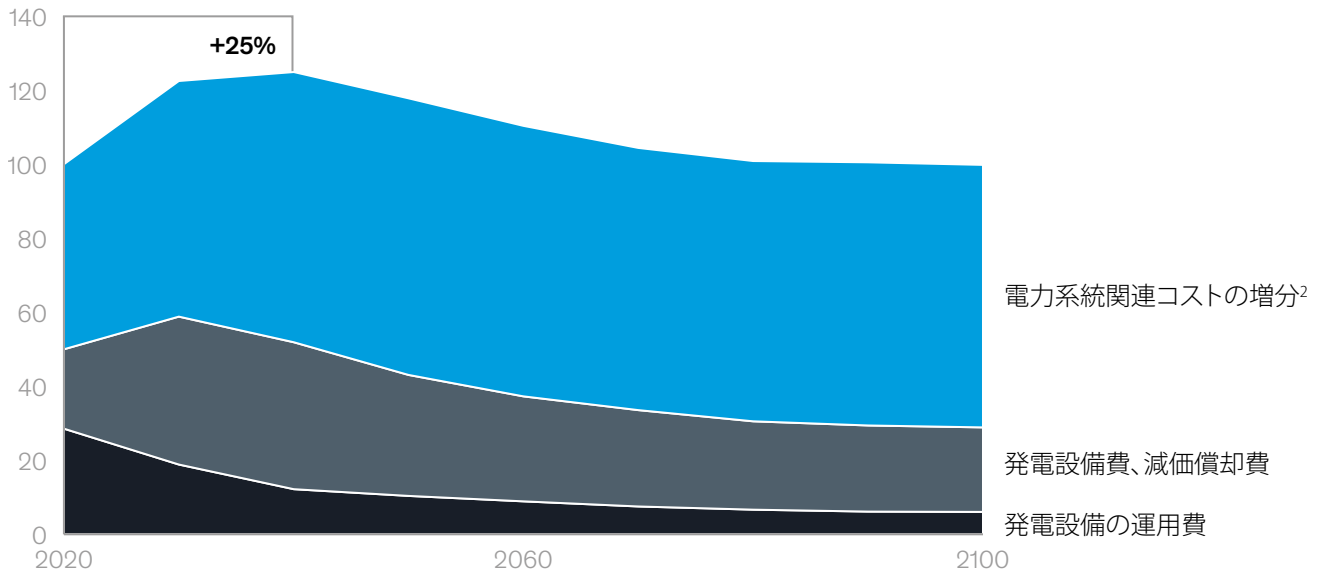
その一方で、実際の数値がここで示す推計値を大きく上回る可能性もある(なお、ここで推計している電力コストは電力小売価格とは異なる)。これには、再生可能エネルギー資産の拡張に伴い発生し得る間欠性の問題、ピーク負荷に対応し、再生可能エネルギーをバックアップするための化石燃料の発電電力量の不足、石炭やガスといった火力発電用化石燃料の供給不足など、様々な要因が絡んでくる。ネットゼロへの移行過程においては、暖房、運輸、産業など幅広い領域で電力が使用されるようになるため、これらの問題の潜在的な影響は更に増大する。さらに高排出型の化石燃料発電資産からの移行とそれに代わる低排出資産の開発・拡張に慎重に対処しなかった場合、エネルギーの価格が高騰し、変動幅がより大きくなり、電力供給の安定性が損なわれる可能性がある(コラムE5「エネルギー価格の上昇がもたらすリスク」参照)。

<sup>20</sup> 電力コストの変化を評価するために、まず「発電設備への投資額および減価償却費(6.5%の加重平均コスト)」「発電設備の運用コスト」「送電、配電、蓄電設備への投資額」という3つの要素の変化を定量化した。次に、各期間の発電電力量で除することで、電力コストを導出した。この指標は、電力部門全体の基本的なコスト構造の変化を表している。新規資産のLCOE(均等化発電原価)に焦点を当て、再生可能エネルギーのコスト優位性の高さを取り上げていることが多いその他の調査研究に比べて、調査研究範囲が広く、電力系統インフラ支出、資本費、既存資産の減価償却費(早期廃止あるいは遊休化されているかに関係なく)も考慮している。Rupert Way et al., Empirically grounded technology forecasts and the energy transition, Institute for New Economic Thinking Oxford, working paper number 2021-01 (2021年9月)も参照のこと。マッキンゼーの指標は、消費者が負担する電気料金とは異なるため、消費者に対する最終的なエネルギー価格と大きく異なる可能性がある。電気料金は電力システムの改革コストをどのように、どのくらいの期間にわたって回収していくのかといった様々な要因によって変わる。例えば、石炭火力発電所の廃止・償却費用をどのようにまかなうのかなどが挙げられる。また、予想されるコストの変化がすべて脱炭素化によるものとは限らず、例えば、送配電網への投資の一部は、電力へのアクセス向上の取り組みの一環として各国で行われる可能性がある。当分析では需給、助成金や税金の短期的な変化は考慮していない

図表 E7

## NGFSのNZEシナリオでは、世界の平均電力コストは短期間でピークに達した後、減少に転じる見通し

電力コスト; MWh当たりドル, 指数 (100 = 2020年), NGFSのNZEシナリオ, 世界平均



- この値は、発電、送電、蓄電などを含む電力システム全体のコストを表しており、運用コスト、資本コストおよび減価償却費が含まれる。電力コストの変化を評価するために、まず「発電設備への投資額 (6.5% の加重平均コスト)」「発電設備の運用コスト」「送電、配電、蓄電設備への投資額」という3つの要素の変化を定量化した。次に、各期間の発電電力量で除することで、電力コストを導出した。この指標は、電力部門の基本的な原価構造の変化を示すものであり、一般向けの電気料金とは異なる。ここで示したトレンドは世界の平均値であるため、地域単位では異なる可能性がある
- ここでは送電、配電、貯蔵に関するコストが含まれる

資料：Network for Greening the Financial System scenario analysis 2021 phase 2 (Net Zero 2050 scenario) REMIND-MAgPIE (phase 2) model; Vivid Economics; World Resources Institute Power Plant Database; McKinsey Power Solutions; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

ここでモデル化したシナリオによると、例えば、エネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合が増えることで、電力コストは2040年のピークを境に徐々に下がる見込みで、2050年には発電所の運用コストが現在の水準に比べて60%近く低くなる可能性がある。発電に関わる運用およびその他のコストの削減は、電力システムの柔軟性確保や送配電に関わる運用およびその他のコストの増加によって相殺される。そのため、当該シナリオの2050年時点の電力コストは、2020年の水準と比べて依然として約20%高くなる。長期的に電力コストがどのように変化するかについては大きな不確実性が存在し、電力技術や電力システムの設計の刷新および電力システムの発展により、柔軟性に関わる課題が改善された場合は2020年の水準を下回る可能性がある。

その他の部門についても全体的にコストが低下する可能性がある。代表的な例として運輸部門が挙げられる。マッキンゼーの分析によると、2025年までにほとんどの地域で電気自動車 (EV) の総所有コスト (TCO) がICE車を下回る可能性がある<sup>21</sup>。例えば、1日の走行距離が200~300kmのBEVの中型トラックは、2025年頃にはTCOがICE車と同等になり、大型の長距離トラックについては欧州で2030年頃に、その他の地域ではそれ以降に同等になると予想されている。

<sup>21</sup> 総所有コスト (TCO) とは、新車を3年間所有した場合の購入価格、燃料費やメンテナンス費用などの運用コスト、およびリセールバリューを指す

## エネルギー価格の上昇がもたらすリスク

2021年第3四半期にエネルギー価格が世界的に高騰し、市場の不均衡が消費者に与える影響の広がりや速さ、および低所得者向け支援などを通じて政府が迅速に対応する姿が垣間見られた。

欧州とアジアにおける天然ガスのベンチマーク価格は2021年10月時点で前年の10倍まで上昇し、米国の天然ガス価格の月間予測は2008年以来の高水準となった。同様に、石炭価格も2020年秋の5倍の水準まで上昇した<sup>1</sup>。一次エネルギー価格の高騰によって、ドイツやスペインといった欧州の家庭向け電気料金は大幅に上昇した。米国では、ガソリン価格が過去7年で最高値となる1ガロン当たり3.50ドルに達した<sup>2</sup>。これに伴い、エネルギー事業者や肥料製造などの電力集約型産業の企業の一部は収益が悪化し、操業停止に追い込まれた<sup>3</sup>。

エネルギーは消費者や経済活動にとって欠かせないものであるため、エネルギー価格は平常時であっても極めて重要なトピックである。例えば、欧州委員会(EC: European Commission)によると、欧州では3,100万人がエネルギーへのアクセスが困難な状態にあり、自宅で暖房などを十分に使えない状況にあるという<sup>4</sup>。そのような状況において、インド、日本、韓国、英国、米国は2021年11月に価格の高騰を緩和するために、自国の戦略的石油備蓄を放出する方針を発表した<sup>5</sup>。さらに、政府の中には助成制度を導入したところもあり、例えば、米国政府は低所得家庭エネルギー支援プログラム(LIHEAP)に約40億ドルの予算を拠出し、500万世帯以上を対象に支援を行った<sup>6</sup>。また、イタリアやスペインでは、家庭用電気・ガス料金に上限を設け、ユーティリティ会社の利益を低所得層や中小企業への支援にまわす措置を導入した<sup>7</sup>。

価格の高騰には、新型コロナウイルスのパンデミックによるロックダウンが緩和されたことで消費活動が回復したことの他に、労働力不足やサプライチェーンの寸断といった様々な要素が関係している。また、北海海域における風速の低下、テキサス州の寒波によるガス生産の停止、ブラジルの干ばつに伴う水力発電ダム水位の低下(過去5年間の平均値を25%下回る水準まで減少)、中国における炭鉱の洪水被害(オーストラリア産石炭の輸入禁止措置の影響もあり、石炭不足が深刻化)といった気象現象によっても状況が悪化した<sup>8</sup>。

このような現象は、ネットゼロへの移行と直接的な関係はないものの、サプライチェーンや電力システムの脆弱性を露呈している。したがって、世界のエネルギー・素材市場の需要と供給が同時に急激に変動することでエネルギー市場のボラティリティが上昇する可能性を示唆しているといえる。例えば、再生可能エネルギーへの依存度が高まり、化石燃料発電への投資の縮小が進んだ場合、ソーラーパネルやバッテリーなどに使用される一次資源等価物投入量(RMI: Raw Material Input)がひっ迫し、資本集約的な鉱業部門のリードタイムが長くなることでエネルギー価格の変動が大きくなる可能性がある。世界各国がネットゼロ誓約の達成に向けて取り組みを進める最中において、2021年後半の数ヶ月で見られたエネルギー価格の乱高下は、慎重な移行管理の重要性を再認識させるものとなった。

また、移行の柱として電化の重要性が増すことによっても、これらのリスクが高まる可能性がある。なぜなら、エネルギーミックスや天候の変化、あるいはオペレーターのミスなど原因に関係なく停電が起こった場合、暖房、冷房、電化製品、自動車、産業用アプリケーションなどのために日常的に信頼できる電源からの電力を頼りにしている家庭や企業に多大な影響を与えるからである。また、今回分析しているネットゼロ移行シナリオに沿ってエネルギーミックスに占める再生可能エネルギー比率が拡大することで、様々な要因により、電力コストや消費者が支払う電気料金に影響が出る可能性がある。まず、前述のようにNGFSによるNZEシナリオでは、発電資産の入れ替えや送配電・蓄電設備容量の拡充に伴い、当初は電力コストが増加する見込みである。コスト増加幅はこれまで述べた様々な理由により、ここに示す推定値を大きく上回り、変動幅も大きくなる可能性がある。次に、電力コストの大半を占める蓄電・送電コストは、消費者に不均一に転嫁され、負担が増加する場合と軽減される場合が生じる可能性がある。これは、既存の送配電網の容量や長期電力貯蔵のニーズといった地域的な要因にも左右される。最後に、電力システムの変化に合わせて電力市場も変化していく必要があるため、マーケットデザインも重要な要素となり得る。現在、電

<sup>1</sup> Carlos Fernández Alvarez and Gergely Molnar, "What is behind soaring energy prices and what happens next?" International Energy Agency, (2021年10月)

<sup>2</sup> 米国ガソリン小売価格データ(全グレード、全調合)、米国エネルギー情報局

<sup>3</sup> Carlos Fernández Alvarez and Gergely Molnar, "What is behind soaring energy prices and what happens next?" International Energy Agency (2021年10月)

<sup>4</sup> State of the Energy Union 2021, European Commission (2021年10月)

<sup>5</sup> Zolan Kanno-Youngs, Stanley Reed and Jim Tankersley, "The United States and other world powers will tap oil reserves," New York Times (2021年11月23日)

<sup>6</sup> Biden Administration Deploys American Rescue Plan Funds to Protect Americans from Rising Home Heating Costs; Calls on Utility Companies to Prevent Shut Offs This Winter, White House Fact Sheet (2021年11月18日)

<sup>7</sup> "Italy sets aside more than 3 bln euros to curb energy bills," Reuters (2021年9月23日); "Spain targets energy firms as European bills surge," BBC News (2021年9月14日)

<sup>8</sup> Joe Wallace, "Energy prices in Europe hit Records after wind stops blowing," Wall Street Journal, (2021年9月13日)。Carlos Fernández Alvarez and Gergely Molnar, "What is behind soaring energy prices and what happens next?" International Energy Agency (2021年10月)

## エネルギー価格の上昇をもたらすリスク

力はスポット市場で取引されている。スポット市場では、発電事業者の限界発電コスト、および発電事業者と需要家との間で締結する双務締結に基づいて価格が設定されている。これまで電力販売量に占める容量市場の割合は比較的小さかったが、将来的にはより重要な役割を果たし、電力系統全体で需給バランスを維持している柔軟性の高い発電事業者を補完していく可能性がある。しかしながら、これらを実現するにはどのように費用をまかなうのか、またコストが増加することで最終消費者にどのような影響を与えるのかなど、まだ数多くの課題が存在する。

## コスト増分が転嫁された場合、消費者は追加的な初期コストおよび短期的な電気料金の上昇に直面する可能性がある。低所得層は地域を問わず必然的により大きなリスクにさらされる

ネットゼロへの移行は消費者支出にも影響を及ぼすとみられる。消費者は短期的に電気料金の上昇やイニシャルコストの負担増という問題に直面し、大幅な排出削減が必要となった場合は、消費行動の見直しを迫られることになる。影響の度合いは消費者の支出構成や企業がコストを転嫁するかどうかなどによって変わってくるが<sup>22</sup>、いずれにせよ特に低所得層が大きなリスクを負うことになる。ただし、長期的にはすべての消費者に何らかの恩恵がもたらされる見込みである。以下に、4つの主なポイントを挙げる。

1つ目は、脱炭素化の流れによって消費者の消費行動が変化する可能性がある。例えば、化石燃料を使用する車や暖房器具を買い替えたり、牛肉や羊肉の消費量を減らしたりすることなどが考えられる。

2つ目は、電気料金が上昇することで、消費者の中でも特に家計の消費支出に占めるエネルギーの割合が大きい低所得層は影響を受ける。しかし、これは電力コストの増分をどの程度最終消費者に転嫁するのかなど、コスト回収に関わる消費者の負担割合によって変わってくる。

3つ目は、運輸と建築物の分野で初期コストの負担が増す。例えば、ICE車が段階的に廃止されるためにEVに乗り換える必要が生じるが、EVはバッテリーが大型であることからICE車よりも高価となる。ただし、長い目で見ると、EVはTCOが低く燃費も良いことから消費者にとってメリットは大きく、マッキンゼーの分析によると、2025年にはほとんどの地域において購入費、燃料費、メンテナンス費、リセールバリューを含むEVのTCOはICE車に比べて低くなる見込みである。例えば、欧州では2025年に、米国では2030年に、BEVのTCOはICE車を下回る見通しである<sup>23</sup>。バッテリー価格の低減が早期に実現あるいは各地で助成制度が展開されれば、より早い段階でICE車と同等のTCOに達する可能性がある。しかし、それでも低所得層にとっては高額な初期コストが負担となる可能性がある。一方で、食費については消費者の支出が減少する可能性がある。これは、農業・食料部門において脱炭素化に必要な食生活の変容が進み、排出量が多く、高価な反すう動物(牛肉・羊肉など)由来たんぱく質を、他のたんぱく質(鶏肉など)に置き換えることによるものである<sup>24</sup>。

4つ目は、生産コストが上がると消費財やサービスの価格にも影響が生じる可能性がある。排出量が少ない輸送手段の導入によるコスト増分は、輸出先の消費者に転嫁される可能性があるが、どの程度転嫁されるかは国や商品によって異なる<sup>25</sup>。また、鉄鋼・セメントといった排出削減が困難な部門におけるコストの上昇によって最終製品への価格転嫁が起きる可能性もあるが、これも最終製品やサービスのコストに占める材料費の割合によって異なる<sup>26</sup>。これらの課題には、移行を円滑に進めるための様々な補償メカニズムを設けることで対応できる可能性がある。

<sup>22</sup> 消費者への影響は、消費者の支出構成、企業による運用コストあるいは資本コストの増分の転嫁の有無、移行が国の収入に与える影響や助成制度によって変わるため、包括的に考慮することは難しい。消費者への影響は、地域によって異なり、例えば、途上国ではエネルギー関連の支出が増加することから、移行によって影響を受ける支出の割合が先進国よりも大きくなる可能性がある。また、生活様式の変化や、移行に伴う税制の変化によって個人の収入にも影響が出る場合がある

<sup>23</sup> McKinsey Center for Future Mobility Electrification Model (2021年)、主要市場の価格ベンチマーキング

<sup>24</sup> Derek Headey and Harold Alderman, "The relative calorific prices of healthy and unhealthy foods differ systematically across income levels and continents," *Journal of Nutrition*, volume 149, issue 11 (2019年11月)

<sup>25</sup> マッキンゼーの調査研究によると、ジーンズのコストの上昇幅は1%程度にとどまる見通しであるが、その他の製品については異なる可能性がある。*Hydrogen insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness*, Hydrogen Council and McKinsey & Company (2021年2月)参照

<sup>26</sup> See Eric Hannon, Tomas Nauclér, Anders Suneson, and Fehmi Yüksel, "The zero-carbon car: Abating material emissions is next on the agenda," McKinsey & Company (2020年9月)

## 雇用：ネットゼロへの移行に伴い、2050年にかけて直接的・間接的に約2億人の雇用が創出され、約1億8,500万人の雇用が喪失する可能性がある

NGFSのNZEシナリオに基づいたマッキンゼーの分析によると、移行に伴い、2050年にかけて主要な部門・業界の運用・保守関連で約1億6,200万人の直接・間接雇用が創出される一方で（「雇用創出」）、約1億5,200万人の雇用が喪失されること（「雇用喪失」）が示唆されている。また、2050年にかけて必要となる設備投資に関連して約4,100万人の直接・間接雇用が創出され、約3,500万人の雇用が喪失される見込みである（図表E8）<sup>27</sup>。後述するように、ネットゼロの移行に向けて必要となる設備投資に関わる雇用は、運用・保守関連の雇用に比べて一過性のものである可能性が高い。これらを合わせると、ネットゼロ移行モデルに基づいた直接・間接の雇用創出は約2億200万人、喪失は約1億8,700万人規模となる。なお、ここでは所得や人口の増大といった要因ではなく、ネットゼロへの移行と直接関連付けられる雇用の創出・喪失を検討している。

本レポートで分析しているシナリオ下での雇用喪失の規模は、その他のトレンドに起因する雇用喪失と比較して検討する必要がある。例えば、MGIが行った調査によると、自動化、リモートワーク、Eコマースといったトレンドにより、2018年から2030年にかけて世界8カ国で約2億7,000万人から3億4,000万人の雇用が喪失するものの、相当数の雇用創出が見込まれており、ネットゼロへの移行に伴う雇用の創出・喪失の推定値を大きく上回っている<sup>28</sup>。

ネットゼロへの移行が雇用に与える影響で特筆すべき点として、雇用の純増減数の規模というよりは、雇用の創出・喪失が均一ではなく一部の部門や地域に集中しており、また労働の再配分が起きることが挙げられる。雇用創出は、再生可能エネルギー発電といった低排出型の生産様式への移行に関わるものが大半を占めている。一方で、特に化石燃料多消費型あるいは排出量の多い部門において雇用喪失が進み、労働力の再配分が必要となる。NGFSのNZEシナリオによると、ネットゼロへの移行に伴い、化石燃料の採掘・生産部門、および化石燃料を使った火力発電部門では運用・保守関連でそれぞれ約900万人および約400万人の直接雇用が失われる見通しで、これは現在の労働力のそれぞれ約70%および60%に相当する。また、農業・食品部門については、動物性たんぱく質の需要の変化に伴い、労働力の再配分が進み、2050年にかけて、主に家畜・飼料に関わる約3,400万人の直接雇用が失われる可能性があり、これには反すう動物の食肉生産に関わる1,900万人の雇用も含まれている。なお、この雇用喪失は1,200万人の直接雇用が創出されることにより（このうち、1,000万人の雇用が養鶏分野で創出）、部分的に相殺される見通しである。

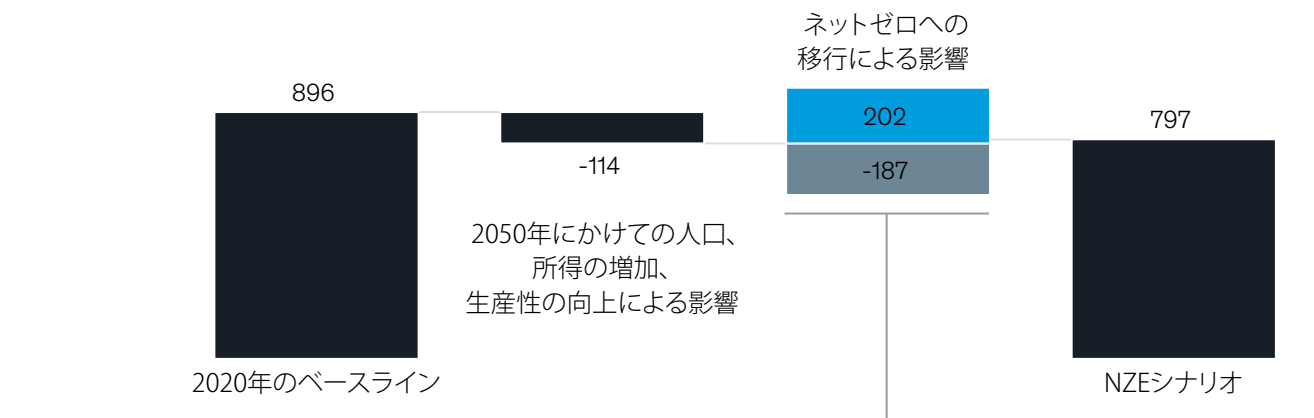
<sup>27</sup> ここでいう「直接雇用」とは、特定の部門での雇用を意味し、「間接雇用」とは当該部門の生産工程における投入物を生産する上流部門の雇用を意味する。ここで示している雇用喪失と雇用創出の影響は移行に関わるものを表している（化石燃料由来のエネルギー生産から太陽光・風力発電への移行が進むことで太陽光・風力発電に関わる雇用が創出され、石炭やガスに関わる雇用が失われるなど）。収入、人口、生産性といったマクロ経済的要因が雇用の創出や喪失に与える影響は考慮していない。なお、部門またはサブ部門間での労働移動、つまり職務変更や地域間の移動を伴う雇用を創出、損失としてカウントしている。雇用の創出・喪失は、現実には職業構造の変化として現れる可能性がある。マッキンゼーの調査研究手法では、高次元の影響は考慮しておらず、例えば、移行に向けた資金調達に伴う制約のない、秩序ある移行を想定している。

<sup>28</sup> 詳細については、*The future of work after COVID-19*, McKinsey Global Institute (2021年2月)参照。これらの数字はその他の要因によって変化し、より大規模な労働力の再配分につながる可能性があることに留意する必要がある。その他の要因として、秩序ある移行なのか否か、移行に向けた資金調達によってその他の経済分野への投資が阻まれるのか否か、財政・金融政策に関わる意思決定などが挙げられるが、ここではこれらはモデル化していない

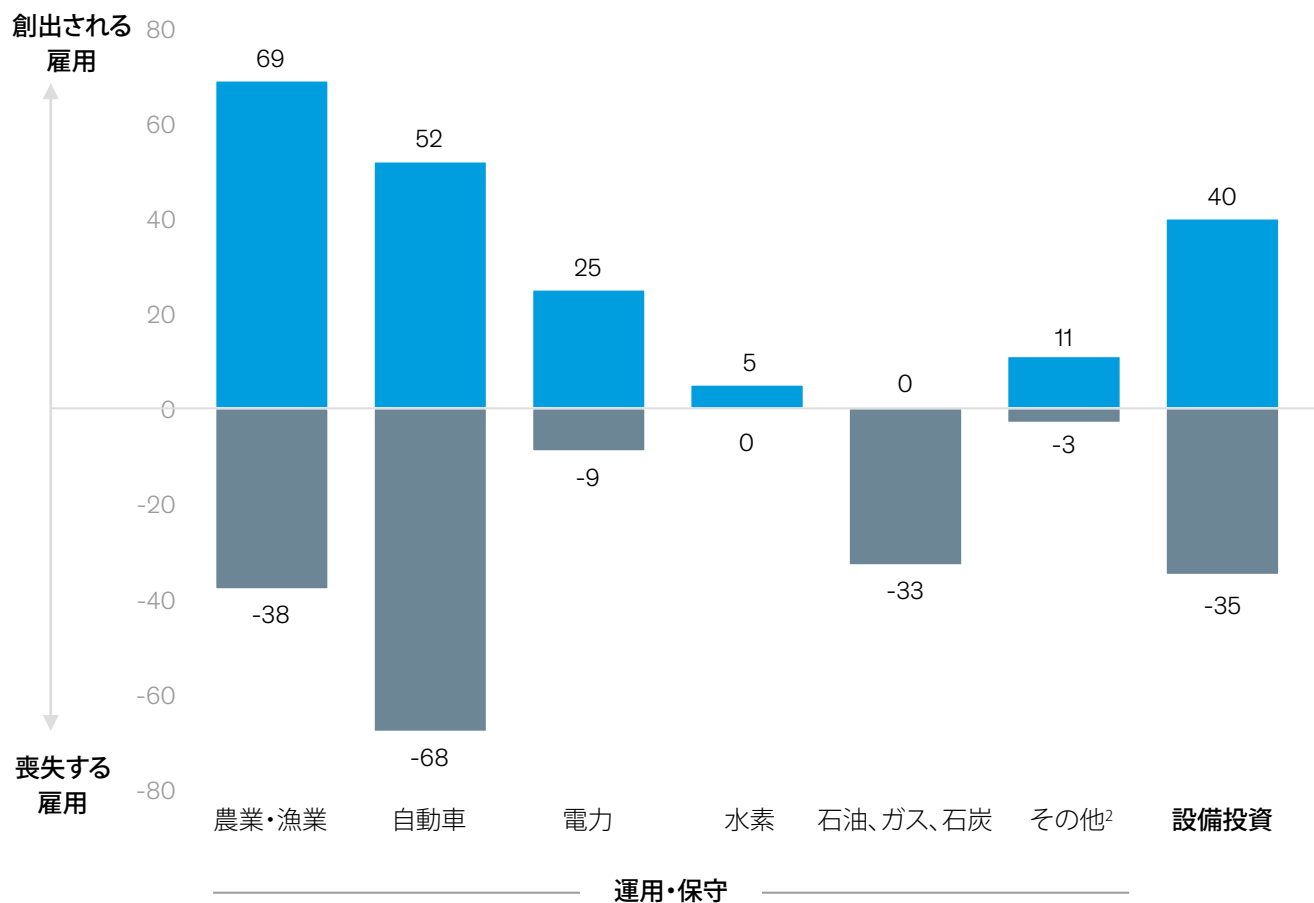
図表 E8

NGFSのNZEシナリオでは、2050年までに世界全体で直接的・間接的に約2億人の雇用が創出される一方で、約1億8,500万人の雇用が失われる可能性がある

2050年にかけての直接的・間接的雇用の変化; 百万人



2050年にかけての直接的・間接的雇用の変化(部門別)<sup>1)</sup>; 百万人



1. REMIND-MAGPIE モデル (フェーズ 2) を用いた NGFS の NZE シナリオに基づいており、すべての直接的・間接的雇用が含まれる。現在の総 GHG 排出量の約 85% を占めるシステムの分析に基づく。なお、部門またはサブ部門間での労働移動、つまり職務変更や地域間の移動を伴う雇用を創出、損失としてカウントしている。運用・保守関連の雇用には当該部門の運用・保守関連の雇用 (直接雇用) およびサプライチェーン関連の雇用 (間接雇用) が含まれる。設備投資関連の雇用とは、部門における設備投資に関連して創出される製造や建築物関連の雇用 (直接雇用) およびサプライチェーン関連の雇用 (間接雇用) を指すが、2020 年のベースラインには含まれていない。間接雇用には、金融サービス、卸売業、小売業、運輸業など、その他すべての経済部門の上流部門の雇用が含まれているが、ボトムアップアプローチで測定した部門 (農林、林業、漁業、鉱業、エネルギー採掘・採取、コークスおよび石油精製、その他の非金属鉱物製品、ベースメタル製造、自動車、トレーラーおよびセミトレーラー、電力、機械および装置、建設業) は含まれていない。「ネットゼロへの移行による影響」には、移行に直接関連する雇用の創出と喪失が含まれており、人口の増加や所得の伸びといったその他のマクロ経済学的要因は考慮していない

2. 「その他」には鉱業、林業、セメント、炭素還元、鉄鋼、バイオ燃料が含まれる

注記: 端数処理のため、グラフ上の各部門の数値の総和が、必ずしも合計値と一致するとは限らない  
 資料: Network for Greening the Financial System 2021 (Net Zero 2050 scenarios) REMIND-MAGPIE model; Vivid Economics; McKinsey Center for Future Mobility Electrification Model (2020); McKinsey Hydrogen Insights; McKinsey Power Solutions; McKinsey Sustainability Insights; McKinsey Agriculture Practice; McKinsey Nature Analytics; Jobs baseline (ILO, OECD, MinSTAT, INDSTAT, IHS, WIOD, IEA, US BLS, India NSS-Employment Survey, China-NBS, IRENA); Jobs multipliers (McKinsey Economics Analytics Platform, GTAP, Asian Development Bank, US BEA, OECD, Oxford Economics); マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析



これとは対照的に、低排出部門では雇用創出が期待されている。例えば、再生可能エネルギー部門では、設備のオペレーションやメンテナンス業務で約600万人の雇用が創出される見通しである。そして、既述のように、特に移行の初期段階における設備投資に伴い雇用が創出される可能性がある。排出量が少ない有形資産の構築に関わる建設業や製造業などの産業では、2030年にかけては直接雇用の純増数(雇用創出数から雇用喪失数を引いた差)は約3,700万人となり、2050年にかけても約500万人の雇用が創出される見込みである(ただし、これらの雇用は一過性のものとなる可能性もある)。また、これまでに新たな技術が普及してきた過程でも見られたように、移行によって更に多くの雇用が創出されることも考えられる<sup>29</sup>。

## ネットゼロへの移行過程における雇用の創出と喪失について特筆すべき点として、一部の部門や地域に集中していることが挙げられる

特に部門やサブ部門全体に影響を及ぼし、特定のコミュニティ・地域で集中的に起こり得る雇用喪失については、移行過程において経済的・社会的調整が必要となる<sup>30</sup>。例えば、米国の44の郡では、労働者の10%以上が石炭、石油、ガスの採掘・精製部門、化石燃料を活用した火力発電部門や自動車製造部門に従事している(図表E9)。同様に、ドイツ、日本、メキシコ、韓国では、雇用全体に占める自動車製造業の割合が比較的高い(各国のネットゼロへの移行に伴うリスクと機会に関しては後述)。

## 移行が無秩序なものとなった場合、より大きな混乱が生じる恐れがある

したがって、移行をいかに進めるかが重要となる。ここで示す影響は、排出量を段階的かつ大規模に削減することで、比較的秩序だった移行を実現することを想定したNGFSのNZEシナリオを反映したものである。ただし、変化は複雑性が高いため、現実的には無秩序な移行となり、世界の平均気温の上昇を1.5℃に抑えることが難しくなる可能性がある。よって、早急に対策を講じることが強く求められる。

ここでは、主に3つのリスクが存在する。1つ目は、ネットゼロ実現に向けた経路に関するリスクである(緩やかな移行となるのか、急激な移行となるのか)。2つ目は、ネットゼロへの移行に必要な調整を進めるためにステークホルダーが講じる措置に関するリスクである。3つ目は、ネットゼロ実現に向けて比較的スムーズで緩やかな経路を選択したとしても、様々な制約により難航するリスクである。

<sup>29</sup> ある調査研究によると、米国では毎年新たに創出される雇用のうち、0.56%はそれまで存在しなかった全く新しいタイプの仕事である。Jeffrey Lin, "Technological adaptation, cities, and new work," *Review of Economics and Statistics*, volume 93, number 2(2011年5月)および *Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages*, McKinsey Global Institute (2017年12月) 参照

<sup>30</sup> 例えば、マッキンゼーとGHP(グレーター・ヒューストン・パートナーシップ)の共同分析によると、1.5℃実現に向けた経路では、エネルギー情勢の変化に対応しなかった場合、ヒューストンでは2050年までに最大65万人の雇用を喪失する可能性があるが、エネルギー転換に向けて断固たる措置をとることで最大56万人の雇用を創出することができるとしている。詳細については、*Houston: Leading the transition to a low-carbon world*, Greater Houston Partnership (2021年6月)を参照のこと

図表 E9

米国の44の郡では、採炭、石油・ガスの採掘・精製、化石燃料発電、自動車製造関連の雇用が郡全体の雇用の10%以上を占めている

低 高 雇用全体に対して調査対象部門が10%以上を占めている郡

採炭			石油・ガス採掘			化石燃料発電			自動車製造		
郡名 (州コード)	% of		郡名 (州コード)	% of		郡名 (州コード)	% of		郡名 (州コード)	% of	
	郡全体の 雇用に占める割合	部門全体の雇用に 占める割合		郡全体の 雇用に占める割合	部門全体の雇用に 占める割合		郡全体の 雇用に占める割合	部門全体の雇用に 占める割合		郡全体の 雇用に占める割合	部門全体の雇用に 占める割合
マクドウェル(WV)	18	3	アプトン(TX)	41	0	スチュアート(TN)	11	4	クレイ(IL)	31	0
ブキャナン(VA)	18	5	イリオン(TX)	34	0	インディアナ(PA)	2	8	ディカーブ(TN)	27	0
ブーン(WV)	16	3	ダン(ND)	26	0	ダンクリン(MO)	1	1	クレンショー(AL)	26	0
キャンベル(WY)	15	17	ハッチンソン(TX)	25	1	インペリアル(CA)	1	6	ワシントン(KY)	26	0
グリーン(PA)	14	8	リーガン(TX)	25	0	パークレー(SC)	1	4	エルクハート(IN)	25	7
ミンゴ(WV)	13	3	ヘンフィル(TX)	22	0	サムナー(TN)	0	3	ハワード(IN)	25	2
ワイオミング(WV)	11	2	スターリング(TX)	20	0	スクーカル(PA)	0	2	ラグレンジ(IN)	21	1
ハーラン(KY)	8	2	クロケット(TX)	16	0	アンダーソン(TN)	0	2	マリオン(KY)	18	0
レスリー(KY)	8	1	ミッドランド(TX)	15	7	オスウェゴ(NY)	0	1	ノーブル(IN)	17	1
ローガン(WV)	8	4	ウインクラーク(TX)	15	0	カンブリア(PA)	0	1	マディソン(OH)	15	1
ノット(KY)	7	1	ウッズ(OK)	14	0	クラークモント(OH)	0	1	マーシャル(OK)	15	0
ペリー(KY)	6	3	ドゥーシェイン(UT)	14	0	ノーサンプトン(PA)	0	2	ジャイルズ(TN)	13	0
パイク(KY)	6	5	パーク(ND)	14	0	ダーリントン(SC)	0	0	シャンペーン(OH)	13	0
ローリー(WV)	6	8	ウッドソン(KS)	12	0	コルバート(AL)	0	0	シェルビー(OH)	12	1
レッチャー(KY)	6	1	スティーブズ(TX)	12	0	マディソン(IL)	0	1	カルフーン(MI)	11	1
ベル(KY)	4	1	エディ(NM)	11	2	デラウェア(PA)	0	3	ペリー(IN)	11	0
ニコラス(WV)	3	1	クレーン(TX)	11	0	ハミルトン(OH)	0	6	ネルソン(KY)	10	0
サマセット(PA)	3	3	リッチランド(MT)	10	0	ランカスター(NE)	0	2	ティショミンゴ(MS)	10	0
フロイド(KY)	3	1	マウントレイル(ND)	9	0	プリンスジョージズ(MD)	0	3	ギブソン(IN)	9	0
ワイズ(VA)	3	1	リンカーン(WY)	9	0	ディアボーン(IN)	0	0	シェルビー(KY)	9	0

1. 採炭、石油・ガスの採掘・精製、化石燃料発電、自動車製造部門が雇用全体に占める割合に基づいて導出された米国の上位 20 の郡で、米国、プエルトリコ、ヴァージン諸島の 3,273 の郡および郡に相当する行政区画（バリッシュ、国勢統計区、自治体）を対象とした分析に基づいている

資料：米国労働統計局

ネットゼロ実現に向けた経路の中には、混乱に対処し、コストを抑える措置を講じることで、排出量を早期に削減して2050年にかけて移行を緩やかに進めることを想定しているものもある。一方で、排出量の削減開始時期は遅れるものの、その後急速に削減が進むことを想定しているものもある。後者については大胆かつ迅速な政策転換、高い炭素価格の設定、投資慣行の抜本的な見直しを伴い、社会経済的影響も大きく、より広範な対策が求められる<sup>31</sup>。その場合、労働市場における移行は更に難しくなり、座礁資産化リスクが増大する可能性がある。

さらに、エネルギーコストの上昇分が低所得層に転嫁される、あるいは失業者に対して適切な再教育・転職支援が行われないなど、移行による混乱に対して適切な措置が講じられなかった場合、脆弱なコミュニティはより多くの困難に直面することになる。

<sup>31</sup> Inevitable Policy Response 2021: Policy Forecast, Principles for Responsible Investment (2021年3月)

そして、大規模な改革が求められるため、比較的秩序だった経路をたどったとしても需要に供給が追いつかず、価格が高騰あるいは価格の変動幅が大きくなる可能性がある。移行に必要な低排出資産などの需要が急増したとしても、供給が追いつかなければ、需給の不均衡、供給不足、価格の上昇、インフレなどが発生する可能性がある<sup>32</sup>。先述のように、高排出資産の縮小・廃止と並行して低排出化を推進しなかった場合、エネルギー価格の変動だけでなく、信頼性に関わる問題が発生することで反発を招き、移行自体が遅れる恐れがある。また、ステークホルダーが非効率的かつ費用対効果の低い方法で2つのエネルギーシステムを並行して維持するリスクも存在するため、エネルギーシステムの改革は慎重に進める必要がある。そして、多くの初期投資が必要となるため、移行初期における資金調達など、その他の制約に直面することも考えられる。

また、労働者の再教育、経済の多様化など、本レポートに示していないものについてもコストが発生し、投資が必要となる。追加の投資が必要となるのは主に適応策に関わるものである。これは、ネットゼロ達成に向けて講じる脱炭素化施策の種類を問わず、継続的に増大する物理的リスクに対応するために必要となる。主な適応策としては、人や資産を守るための取り組み、例えば、防波堤などの「グレー」インフラの整備、グローバル在庫の拡充やサプライチェーンの多様化などによるシステムのレジリエンスおよびバックアップ体制の強化、必要に応じて資産を移転するなどのリスク低減のための取り組みが挙げられる。

今回、マッキンゼーでは移行経路による違いを示すために、世界全体の平均気温の上昇を産業革命以前に比べて2℃未満に抑えることを想定した2つのNGFSシナリオの分析を行った。排出削減が急速に進むことを想定している「2℃未満に抑えるシナリオ」では、2020年から2050年の間に増強される石炭火力発電の設備容量は比較的少なく、約1,500億ドル規模にとどまり、そのうち1,000億ドル相当の設備は早期に閉鎖あるいは遊休化する見込みである。一方、排出削減の開始時期が遅れることを想定しているシナリオでは、石炭火力発電の設備容量の増強に6,000億ドル規模の投資が行われ、そのうち4,000億ドル相当の設備が早期に閉鎖あるいは遊休化する見込みである。

排出削減の開始時期が遅れることによって直面する最大のリスクは、おそらく気候変動の物理的リスクである。排出削減を開始する時期が遅くなればなるほど、地球全体で残されたカーボンバジェットを早期に使い果たしてしまうことになる。つまり、排出削減する期間が短くなり、平均気温の上昇を1.5℃あるいは2.0℃にまでも抑えられなくなるリスクが高まる。

## 移行に伴い大規模な経済的調整が必要となるものの、成長機会を得られるだけでなく、物理的リスクの増大を回避できる可能性がある

上述のように、NGFSのNZEシナリオに基づくと、有形資産への年平均投資額が3.5兆ドル増加し、需要が変化する見通しであることから、近い将来、企業および国に大きな成長機会が創出されると考えられる。国に対する機会については、本セクションの後半で取り上げるが、企業に対しては主に以下の3つの領域において機会がもたらされる。

<sup>32</sup> “The raw materials challenge: How the metals and mining sector will be at the core of enabling the energy transition,” McKinsey & Company (2022年1月) 参照。この調査研究では、現在のプロジェクトのパイプラインを前提とし、さらなる供給を促す措置を講じなかった場合のシナリオに基づくと、2030年の銅とニッケルの需要量がそれぞれ500万～800万トン、70万～100万トンのレベルで供給量を上回る可能性があるとしている。2022 global outlook: Thriving in a new market regime, Blackrock Investment Institute (2022年)も参照のこと

**従来の製品やプロセスの脱炭素化:** 企業は、移行の過程において製品やプロセスの排出原単位の削減を進めることで優位性を高めることができる。脱炭素化が製品やプロセスのコスト効率化につながる場合もある。例えば、製鉄所の加熱装置のエネルギー効率を高めることで、排出量および運用コストの両方を削減できる。脱炭素化によって運用コストが増加したとしても、低炭素製品に対する消費者の購買意欲が高い場合、および企業としてカーボンプライシングを導入している場合は、この取り組みを通じてメリットを享受できる。

**低排出型の製品やプロセスによる従来の高排出型の製品・プロセスの代替:** 例えば、自動車メーカーがICE車の代わりにEVを生産したり、鉄鋼メーカーがグリーン水素を用いた直接還元鉄(DRI)-電気アーク炉製造などの低炭素型の生産プロセスを導入したりすることが考えられる<sup>33</sup>。また、電力会社は、再生可能エネルギー由来の電力を供給するために風力発電や太陽光発電の設備を設置し、エネルギー会社は、バイオ燃料や水素を導入することができる。

**原材料、物的資本、インフラ、サポートサービスの提供:** 上記の2つのカテゴリーを支えるには、バッテリー製造に必要となるリチウムやコバルトなどの原材料、ソーラーパネルやバッテリーなどの物的資本、EV充電ステーションや水素ステーションといったインフラなどが必要となる<sup>34</sup>。森林管理、設計とエンジニアリング、電力システムの統合といった技術サービスは低炭素型の資産の管理に役立つ。また、資金調達、リスク管理、認証、排出量を測定・追跡するためのソリューションや作業員のトレーニングに関わるサービスも必要となる。

さらに、前述のように2050年にかけて有形資産への年平均投資額が増加すること(マッキンゼーの推定で対GDP比約3%増)、およびネットゼロへの移行に向けてより広い範囲で経済改革が進むことにより、他にも利点をもたらされると考えられる。最も重要なポイントとして、ネットゼロを実現し、平均気温の上昇幅を1.5°Cに抑えることで、生物学的な負のフィードバックループが発生するリスクの回避および温暖化の進行防止など、気候変動による壊滅的な影響を抑制し得ることが挙げられる<sup>35</sup>。

## 移行に必要なとなる低排出な資産や製品の 需要が急増すれば、供給が追いつかない限り、 供給不足や価格上昇につながる可能性がある

<sup>33</sup> 直接還元鉄(DRI)は、鉄鉱石を還元性ガスや天然ガスや石炭燃焼由来の元素状炭素で化学的に還元して鉄にしたもので、高品位の鉄スクラップとともにEAFによる鉄鋼生産の原料となる。従来の高炉一貫製法や塩基性酸素転炉法では鉄鉱石を使用し、石炭を還元剤として利用している。Christian Hoffmann, Michel Van Hoey, and Benedikt Zeumer, "Decarbonization challenge for steel," McKinsey & Company (2020年6月)参照

<sup>34</sup> "The raw materials challenge: How the metals and mining sector will be at the core of enabling the energy transition," McKinsey & Company (2022年1月)参照。調査研究によると、現在の利用用途に留まらず大幅な需要増が見込まれる電化用の銅やバッテリーEVの材料であるニッケルといった、現時点で比較的供給量の多い原材料に留まらず、バッテリーの材料であるリチウムやコバルト、ソーラーパネルの原料であるテルル、風力発電やEVに使用される永久磁石の原料となるネオジムといった比較的ニッチな原材料についても追加的に供給量を確保する必要が生じる。また、インフラを追加する必要が生じるため、鉄鋼をはじめとするいくつかのコモディティが様々な技術の実現要因として重要な役割を担うことになる

<sup>35</sup> 学術文献の詳細および気候変動による物理的リスクに関する幅広い議論については、エグゼクティブサマリーのコラムE3、第1章、参考文献を参照のこと

# 移行の影響は一様ではなく、 製品や事業活動からの排出量が多 い部門ほど大きな影響を受ける

ネットゼロへの移行はすべての部門に影響を与えるものの、エネルギーおよび土地利用システムへの関与度合いの違いから、一部の部門はより大きな影響を受ける。具体的には石炭・ガス火力発電などの直接的なGHG排出量が多い部門や、化石燃料などといったGHG排出源となる製品を扱っている部門などはより大きな影響を受けることが想定される。これらの高排出部門が世界のGDPに占める割合は約20%で、さらに建設業などサプライチェーンの排出量が多い部門もGDPの10%を占めている。残りの約70%を占めているその他の部門は、移行による直接的影響は少ないと想定されるが、相互に関連し合う経済・金融システムなどを通じて、高排出部門に依存しているため、それなりに影響を受ける可能性がある。

本セクションでは、最も大きな影響を受けるとされる部門に的を絞り、経済的変化を検証する。これらの部門の製品や事業活動からの排出量は、世界全体のGHG排出量の約85%を占めており、ここではNGFSのNZEシナリオに基づいて、これらの部門が直面する経済的変化を分析する<sup>36</sup>。

**化石燃料:** 先述のとおり、世界のCO<sub>2</sub>排出量の83%は化石燃料の燃焼によるものである。現在、化石燃料部門では、自らの脱炭素化に向けてエネルギー効率化、電化、漏出メタンの抑制などを進めている<sup>37</sup>。それでもネットゼロに向けた移行に伴うエネルギーミックスの変化に伴い、電気、水素、バイオ燃料といったその他のエネルギー源の需要拡大と化石燃料の需要減少という大きな変化にさらされる可能性がある。本レポートで分析したシナリオによると、2050年には石油の生産量は現在より55%、ガスの生産量は70%低い水準まで減少し、エネルギー資源としての石炭の生産はほぼ終了する見通しである。ネットゼロへの移行に伴い、2050年にかけて化石燃料の採掘・生産部門では約900万人の直接雇用が減少する可能性がある。これに対して、石油・ガス会社は資源開発、多様なエネルギーの供給、あるいは低炭素を支援する会社へと転換を図ることで移行に適応しようとしている<sup>38</sup>。

**電力:** 脱炭素を実現するには、電力部門は化石燃料を使用した発電を段階的に廃止し、低排出型の発電設備容量を増強することで、経済発展およびその他の部門で電化が進むことで増加する需要に対応する必要がある。そのためには2021年から2050年にかけて毎年多額の設備投資を行う必要があり、NGFSのNZEシナリオではその額は発電関連で約1兆ドル、電力系統関連で8,200億ドル、エネルギー貯蔵関連で1,200億ドルと推定されている。機会は発電事業者だけでなく、発電設備、蓄電設備、関連サービスのプロバイダーにも存在する。マッキンゼーの分析によると、ネットゼロへの移行過程で2050年にかけて再生可能エネルギー発電設備の運用・保守関連で約600万人の直接雇用が創出され、化石燃料による火力発電関連で約400万人の直接雇用が失われる可能性がある。

<sup>36</sup> 各部門が移行により受ける影響は、それぞれの直接排出量（スコープ1排出量：需要や投資ニーズの変化、生産プロセスの見直しに迫られることで生じるコストによる影響を表す）、製品からの排出量（川下のスコープ3排出量：消費者選好の変化によって需要が変動することによる部門の設備投資やコストへの影響を表す）、サプライチェーンからの排出量（川上のスコープ3排出量：移行に伴い、原材料が影響をうけ、コストが変化する可能性を表す）、購入した電気などの使用による排出量（スコープ2排出量：世界のエネルギーミックスの変化によって部門が間接的に受ける可能性のある影響を表す）を測定して推定している

<sup>37</sup> Paul Gargett, Stephen Hall, and Jayanti Kar, "Toward a net-zero future: Decarbonizing upstream oil and gas operations," McKinsey & Company (2019年12月)

<sup>38</sup> Chantal Beck, Donatella Bellone, Stephen Hall, Jayanti Kar, and Dara Olufon, "The big choices for oil and gas in navigating the energy transition," McKinsey & Company (2021年3月)

ネットゼロへの移行に向けた発電設備の構築と設備投資により、移行初期に2,700万人、さらに2050年には建設・製造関連で約1,600万人の直接雇用が創出される可能性がある。そして、多くの資産が座礁資産化する見通しで、NGFSのNZEシナリオに基づいた分析によると、2050年までに発電部門の約2.1兆ドル相当の資本ストックが座礁資産化する可能性がある<sup>39</sup>。このうち80%は既存設備で、残りの20%は2021年から2050年にかけての新設設備となる見込みである<sup>40</sup>。

**運輸:** マッキンゼーでは、運輸部門全体の排出量の約75%を占めている道路交通セグメントに焦点を当てて分析を行った<sup>41</sup>。脱炭素化のためには、従来のICE車からバッテリー式電気自動車(BEV)や水素燃料電池自動車への転換を図る必要がある。NGFSのNZEシナリオでは、自動車や充電・燃料補給インフラの整備のための年平均投資額は2021年から2050年にかけて3.5兆ドルとなると推定されている。そして、ICE車関連で約1,300万人の直接雇用が失われるが、2050年までにEV製造関連で約900万人の直接雇用が創出されることで一部相殺される見込みである。雇用者数の増加数と減少数との差は、主にゼロエミッション車の生産効率が高いことから生じるとみられる。

**産業:** ここでは、世界全体のCO<sub>2</sub>排出量の約14%、産業部門全体のCO<sub>2</sub>排出量の約47%を占めている鉄鋼とセメントの2つの部門に焦点を当てている<sup>42</sup>。ネットゼロ実現に向けた技術的な経路はまだ確立していないが、鉄鋼やセメントについてはCCS設備を導入したり、排出量がゼロまたは少ないプロセスや燃料(水素など)に切り替えたりすることで脱炭素化を図ることができる。これにより、両部門の生産コストは、2050年にかけて現在の水準と比べて30%以上増加することになるが、継続的なイノベーションによって減少する可能性もある。

**建築物:** ネットゼロシナリオ下では、建築物部門では断熱材の使用などによる省エネ化や、化石燃料を使用する暖房器具や調理器具を低排出型の設備に転換することで脱炭素化が進む見込みで、2020年から2050年にかけての有形資産への年間平均投資額は1.7兆ドルにのぼる。また、建物の断熱改修などが進むことで、2050年にかけて約50万人の直接雇用の純増が見込まれる。移行過程において建築物部門が取り組むべき最も重要な調整として、改修に伴い最終消費者が負う初期コストの管理、および様々な利害関係者間(資本を投入する建物のオーナー、運用コストが下がるメリットを享受できるテナントなど)のインセンティブの調整が挙げられる<sup>43</sup>。

**農業・食料:** 本レポートで分析しているNZEシナリオでは、農業由来の排出量は、主に生産者がGHG効率性の高い農法を取り入れること、および一部の消費者が食生活を見直し、メタンを大量に発生する反すう動物の肉の消費量を減らすことで削減されると想定している<sup>44</sup>。また、同シナリオはバイオ燃料の原料となるトウモロコシやサトウキビといった作物の生産量が増加するとみている。

<sup>39</sup> ここでいう「座礁資産」とは2020年~2050年にかけて耐用年数を迎える前に除却された、あるいは遊休化した資産の累積価値(値引き前)を指す。合計額は、まず世界資源研究所(WRI)によるグローバル発電所データベースのデータを活用して、想定される資産の耐用年数および経済的耐用年数から一年間の減価償却費を導出し、この数字に過去(2005年~2020年)の平均稼働率と比較して稼働率が低い資産の割合を乗じ、算出した

<sup>40</sup> 電力部門に関する詳細については、Jason Finkelstein, David Frankel, and Jesse Noffsinger, "How to decarbonize global power systems," McKinsey & Company (2020年5月) および Rory Clune, Ksenia Kaladiouk, Jesse Noffsinger, and Humayun Tai, "A 2040 vision for the US power industry: Evaluating two decarbonization scenarios," McKinsey & Company (2020年2月) 参照

<sup>41</sup> EMIT データベース, McKinsey Sustainability Insights (2021年9月); 2019年のデータ。運輸部門に関する詳細については、"Why the automotive future is electric," McKinsey & Company (2021年9月); Timo Moller, Asutosh Padhi, Dickon Pinner, and Andreas Tschiesner, "The future of mobility is at our doorstep," McKinsey Center for Future Mobility (2019年12月); Eric Hannon, Tomas Naucler, Anders Suneson, and Fehmi Yuksel, "The zero-carbon car: Abating material emissions is next on the agenda," McKinsey & Company (2020年9月)

<sup>42</sup> EMIT データベース, McKinsey Sustainability Insights (2021年9月); 2019年のデータ。鉄鋼部門の脱炭素化に関する詳細については、Christian Hoffmann, Michel Van Hoey, and Benedikt Zeumer, "Decarbonization challenge for steel," McKinsey & Company (2020年6月) 参照。セメント部門については、Thomas Czigler, Sebastian Reiter, Patrick Schulze, and Ken Somers, "Laying the foundation for zero-carbon cement," McKinsey & Company (2020年5月); Thomas Hundertmark, Sebastian Reiter, and Patrick Schulze, "Green growth avenues in the cement ecosystem," McKinsey & Company (2021年12月)

<sup>43</sup> 建築物部門に関する詳細については、Paolo D'Aprile, Hauke Engel, Godart van Gend, Stefan Helmcke, Solveigh Hieronimus, Tomas Naucler, Dickon Pinner, Daan Walter, and Maaik Witteveen, "How the European Union could achieve net-zero emissions at net-zero cost," McKinsey & Company (2020年11月) を参照

<sup>44</sup> また、森林伐採の多くが農地拡大のために行われていることから、農業生産技術も林業の排出量に関連付けられる。詳しくは本レポートの林業に関するセクションを参照のこと

ネットゼロへの移行に伴うこれらの変化を通じて、2050年にかけて約3,400万人の直接雇用が失われる一方で(主に反すう動物の食肉の生産量が減少することによる)、6,100万人の雇用が創出される見通しである(主にエネルギー作物や鶏肉の生産量拡大による)。移行に伴う直接雇用の純増は約2,700万人で、これは世界全体の約7億2,000万人の農業就業人口の約4%に相当する。このような雇用の変化は、生産性、人口、収入の増加の他に、農業離れによる農業就業人口の減少という長期トレンドと照らし合わせて検証する必要がある。GHG効率の高い農業を実現するには、2050年にかけて年間600億ドル以上の設備投資が必要となるが、必ずしも新たに資金を調達する必要はなく、既存の助成金や投資額を転用することでそのほとんどをカバーできると思われる<sup>45</sup>。

**林業・その他の土地利用:** 土地利用システムでは、主に土地開墾や森林破壊が現在のCO<sub>2</sub>排出量の増加の要因となっている。ネットゼロを達成するためには、森林破壊を止め、積極的に森林やその他の自然環境の回復を図り、排出量の吸収源を確保する必要がある。今回分析したシナリオによると、これを実現するには2021年から2050年にかけて年間400億ドルの設備投資が必要となり、そのうち約75%は今後10年間で主に土地の取得と保全のために投じられる見通しである。また、森林破壊を抑制するには、商業的農業および自給農業の両方の活動を調整する必要がある(森林破壊のほとんどは農地拡大によるものであるため)<sup>46</sup>。経済的利益を創出する機会は、ボランタリークレジット市場や生態系サービス関連の産業で生まれる可能性がある<sup>47</sup>。

**新エネルギー部門(水素、バイオ燃料):** 低排出なエネルギー技術の普及拡大によって様々な機会が生まれる。そして、今回分析したシナリオによると低炭素燃料の生産量を拡大し、インフラを整備・拡充するためには、2021年から2050年にかけて年間約2,300億ドルの追加的な設備投資が必要となる。また、水素・バイオ燃料部門で2050年にかけて創出される雇用は、約200万人にのぼると推定される。

## 移行により、世界の低所得層および化石燃料資源の産出国が最も深刻な影響を受ける

マッキンゼーが今回行った69カ国の深掘り分析では、各地の気候アジェンダの策定に有用な「脱炭素化に向けた取り組みおよび投資」「移行リスクの管理」「移行がもたらす機会の捕捉」「物理的リスクへの対応」の4つを網羅している。前述のとおり、国や地域を問わず、低所得層はネットゼロに向けた移行によって最も大きな影響を受けるとみられる。そして分析の結果、移行によりすべての国が何らかの影響を受けるものの、その程度は一様ではない。1人当たりのGDPが低い地域および化石燃料資源が豊富な地域では、排出量を削減し、低排出型の経済を構築・発展させるには、対GDP比でみて他の地域より大規模な投資が必要となることが明らかになった。

<sup>45</sup> 詳細については、Incentivizing food systems transformation, World Economic Forum and McKinsey & Company (2020年1月) 参照。農業・食料部門に関する詳細については、Justin Ahmed, Elaine Almeida, Daniel Aminetzah, Nicolas Denis, Kimberly Henderson, Joshua Katz, Hannah Kitchel, and Peter Mannion, "Agriculture and climate change: Reducing emissions through improved farming practices," McKinsey & Company (2020年4月) 参照

<sup>46</sup> The state of the world's forests 2020: Forests, biodiversity, and people, FAO (2020年)

<sup>47</sup> "Valuing nature conservation," McKinsey & Company (2020年9月) 参照

また、これらの国々では、移行によって最も大きな影響を受ける部門が、雇用、GDP、資本ストックに占める割合が相対的に高く、移行に伴う調整および気候変動による物理的リスクの増大の二重負担に直面する国も出てくる<sup>48</sup>。これにより、これらの地域における経済成長の目標達成が困難になる可能性があり、世界的な連携が必要となる。一方で、移行は多くの地域に経済成長の機会をもたらす可能性も秘めている。

移行によるリスクおよび機会をより深く理解するために、分析対象とした69カ国を最もリスクの大きい部門や家計の領域に基づいて6つの類型に分類し、詳細な検証を行った。

各国はリスクを管理するために、資産への投資、労働者の再教育プログラムに対する資金支援、低排出部門の成長支援など、独自の対策を検討することができる。ただし、国によっては経済的・社会的調整が難航することが予想される。そのため、各国が協働・連携することで、これらの国が様々な課題を克服し、ネットゼロへの移行に求められる経済的・社会的調整を支援できる可能性がある。したがって、実行支援機関がこのような取り組みを推進する制度を整備することが重要となる。

### 途上国および化石燃料関連部門の規模が大きい国は、脱炭素化や低炭素成長に向けた有形資産への投資額が大きくなる見通し(対GDP比)

NGFSのNZEシナリオでは、経済成長を支えるために、すべての国と地域が排出量削減および低排出型のエネルギー源の開発に投資を行うことを想定している<sup>49</sup>。ただし、経済状況の違いから設備投資の必要性は各地域によって大きく異なり、NGFSのNZEシナリオにおける脱炭素化に向けた道筋も異なる。

米国、中国、EU、日本、英国といった経済大国の有形資産への投資額は、世界全体の投資額の約半分を占め、2021年から2050年にかけてGDP合計額の約6%が投じられる見込みである。途上国では、エネルギーや土地に関連する投資の対GDP比が極めて大きくなり、サブサハラ・アフリカ、インド、アジア諸国の一部および中南米では約10%となる見込みである(図表E10)。

途上国の場合、経済成長率の見通しが明るいほど、先進国と比べてGDPに占める投資額の割合が高くなる<sup>50</sup>。NGFSの現行政策シナリオに基づいた分析によると、インド、サブサハラ・アフリカ、中南米における投資額の対GDP比は9%を上回る見込みで、NZEシナリオにおいてはこの比率は更に増す見通しである。例えば、NGFSのNZEシナリオでは、インドの必要投資額はGDPの11%相当で、世界平均の約7.5%を上回る水準となっており、投資割合も現行政策シナリオと異なる。例えば、NGFSの現行政策シナリオでは、インドの年間平均投資額に占める低排出資産への投資額の割合は約6割となっているのに対してNZEシナリオでは約8割となっており、その大半は既存の石炭火力発電を減らし、再生可能エネルギーの発電容量を拡充するために割り当てられる。

<sup>48</sup> 例えば、インドは移行コストと物理的リスクの増大という二重負担に直面する。マッキンゼーのこれまでの調査によると、適応策や緩和策を講じないシナリオでは、インドでは致命的な熱波の年間発生確率が0%ではない地域に居住する人口が2030年には1億6,000万人~2億人に達する見通しである。Will India get too hot to work? McKinsey Global Institute (2020年11月)

<sup>49</sup> NGFSシナリオでは、脱炭素化に向けた道筋を場合によって地域レベルと国レベルで示しているため、ここでは各国および複数の国が含まれる地域レベルで分析を行っている

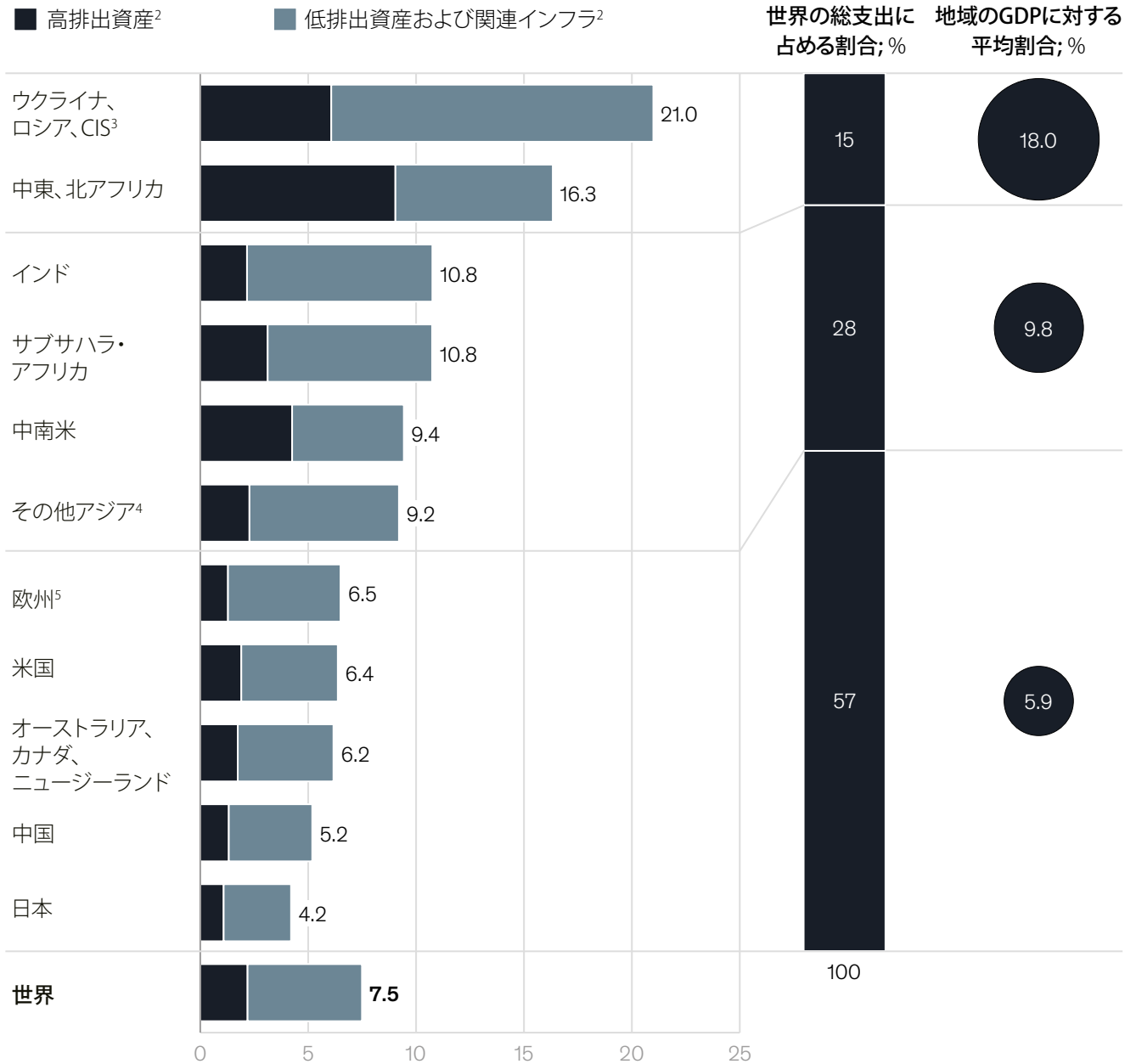
<sup>50</sup> 例えば、サブサハラ・アフリカ諸国とインドの今後30年の実質GDPの年平均成長率は約4~5%と予想されているが、今回分析しているNGFSシナリオの推定値は中国については3%、先進地域については1~2%となっている



図表 E10

## 対GDP比でみた場合、途上国や化石燃料関連部門の規模が大きい国はエネルギーおよび土地利用システムの有形資産への大規模な投資を迫られる

NGFSのNZEシナリオにおけるエネルギーおよび土地利用システムの有形資産への投資額<sup>1</sup>  
2021-50の対GDP比



- この推計には、様々な形態のエネルギー供給（電力システム、水素、バイオ燃料など）、エネルギー需要（自動車など）、土地利用に関わる有形資産への投資額が含まれている。また、自家用車などの耐久消費財といった、国民経済計算で一般的に「投資」とみなされるものも含まれる。REMIND-MAgPIE モデル（フェーズ 2）を用いた NGFS の NZE シナリオに基づく。現在の総 GHG 排出量の約 85% を占めるシステムの分析に基づく。本分析では、家庭や企業における、エネルギーを消費する資産に関する投資、農林業における設備投資、化石燃料を使用する自動車や電力関連資産のような排出量の多い有形資産について継続的に発生するコストを含め、より包括的な視点から分析を行っている。
- 本分析では高排出資産と低排出資産を分けている。高排出資産には、化石燃料の採掘・精製用資産、CCS を伴わない化石燃料発電用資産、化石燃料熱生産、グレー水素生産、鉄鋼 BOF、セメント化石燃料キルン、ICE 車、化石燃料を使用した暖房・調理機器、乳製品、単胃・反すう動物の肉生産などが含まれる。低排出資産とそれを実現するためのインフラには、CCS や CCUS（二酸化炭素回収・有効利用・貯留）を活用した化石燃料の採掘・精製、CCS を活用したブルー水素の生産、電気とバイオマスを活用したグリーン水素の生産、バイオ燃料の生産、風力・太陽光・水力・地熱・バイオマス・ガス（CCS 付き）・原子力発電と送配電・蓄電インフラ、バイオマスなどの低排出資源を利用した熱生産、電気アーク炉（EAF）、水素を活用した直接還元鉄（DRI）、CCS を活用した酸素転炉、バイオマスまたは化石燃料を用いた CCS 付きのセメントキルン、低公害車（LEV）とそれを支えるインフラ、電気またはバイオマスを用いた冷暖房機器（ヒートポンプを含む）、地域冷暖房ネットワーク、化石燃料を使用しない調理技術、建物の断熱材、GHG 削減効果の高い農法、食用作物、鶏肉・鶏卵の生産、土地の修復などに関するものが含まれる。
- CIS は、Commonwealth of Independent States（独立国家共同体）の略称
- 韓国や東南アジアなどが含まれる
- 27 の EU 加盟国、ノルウェー、スイス、トルコ、英国が含まれる

注記：また、端数処理のため合計が 100% にならない場合がある

資料：Network for Greening the Financial System 2021 (Net Zero 2050 scenarios) REMIND-MAgPIE model; Vivid Economics; McKinsey Center for Future Mobility Electrification Model (2020 年); McKinsey Hydrogen Insights; McKinsey Power Solutions; McKinsey-Mission Possible Partnership collaboration; McKinsey Sustainability Insights; McKinsey Agriculture Practice; McKinsey Nature Analytics; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

化石燃料部門の規模が大きい国では、GDPに対する投資額の割合が大きくなり、中東・北アフリカ、ウクライナ、ロシア、カザフスタンなどの独立国家共同体(CIS)では15%を超え、その大半は短期的には化石燃料資産に投じられる見込みである。しかし、これらの国においても、ネットゼロに向けた移行下では投資額の半分以上を低排出資産に再配分していくことになると思われる。

有形資産への投資の規模は、途上国および化石燃料部門への依存度が大きい国の方が相対的に大きくなるものの、それだけでは低排出型経済の実現の困難さを判断する指標とはなりにくい。実際、投資の大半は経済成長およびエネルギーへのアクセス拡大に伴い必要となる見通しである。しかし、ネットゼロへの移行に関するこれらの国に特有の5つの要素から、資金の投入が困難となる可能性がある。

1つ目の要素としては、途上国の場合、資本市場へのアクセスが困難になる可能性が挙げられる。これは資金調達が難しく、リスクとリターンの期待値も異なる低排出技術への投資を検討する場合に特に顕著になる可能性がある。2つ目の要素としては、前述のようにこれらの国では、既存の高排出資産は比較的新しく、座礁資産化への懸念から低排出資産への投資を行うインセンティブが低いことが挙げられる。3つ目は、プロジェクトを推進するうえで必要となるノウハウや能力が揃っていないことが挙げられる。4つ目は、ネットゼロへの移行に伴う社会経済的な影響、例えば雇用の喪失などの懸念がある。そして5つ目は、これらの国は排出量の多い部門への依存度が高いため、ネットゼロへ移行することによって国の税収や公共支出が抑制される可能性があることである<sup>51</sup>。

## 途上国および化石燃料資源の産出国は移行リスクが相対的に大きく、成長率の低下や不平等の拡大などの懸念が生じる

各国は、既存資産の脱炭素化と低排出資産の構築に投資するだけでなく、変革を推進していく必要がある。今回、マッキンゼーは分析対象とした部門が、雇用、GDP、物的資本ストック全体に占める割合を測定することで、各国の移行リスクを評価した。ここで重要なのは、各国が現在推進している取り組みによって、今後リスクが軽減する可能性があるということである<sup>52</sup>。分析によると、どの国もある程度の移行リスクを負うことになるが、前述のようにコスト増加分の価格転嫁により家計の負担が増すことが考えられるため、国を問わず低所得層は最も大きなリスクにさらされる。

最もリスクが高いのはバングラデシュ、インド、ケニアなどの1人当たりのGDPが相対的に低い国である。これらの国では、事業活動、製品やサプライチェーンの排出量が多く、移行リスクが高い部門が雇用、GDP、資本ストックに占める割合が相対的に高い(図表E11)。また、カタール、ロシア、サウジアラビアなど、化石燃料資源を大量に生産している国も大きなリスクにさらされるおそれがある。リスクの二次的影響は、ほとんどの場合、化石燃料採掘や鉄鋼などの高リスク部門に直結している政府の税収や輸出にも及ぶ可能性がある(コラムE6「ネットゼロ移行の貿易の流れへの意味合い」参照)。これとは対照的に、1人当たりGDPが高い国は、比較的风险が低いサービス部門のシェアが高いため、移行によるリスクが小さくなる傾向がある。

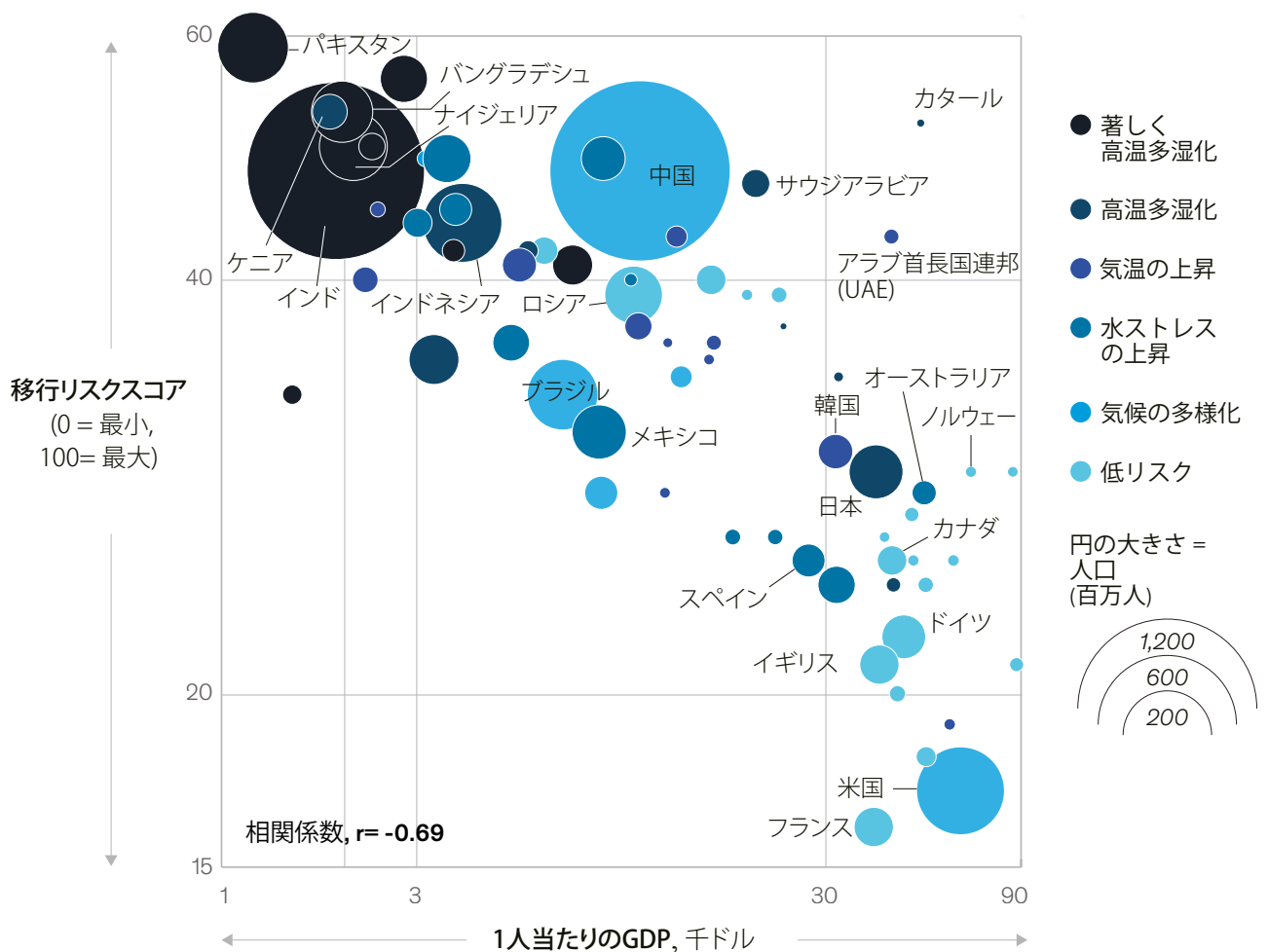
<sup>51</sup> IEAによる分析でも同様の結果となっている。Financing clean energy transitions in emerging and developing economies, International Energy Agency (2021年6月)参照

<sup>52</sup> ここでは各国の移行リスクを評価するために、移行リスクが最も高い16の部門(事業活動や製品の使用、あるいはサプライチェーンの排出量が多い部門)が各国の雇用、GDP、物的資本ストック全体に占める割合に基づいて0(最小)~100(最大)のスコアを算出した。詳細については第4章を参照のこと

したがって、低所得国、あるいは化石燃料資源の産出国の多くでは、いくつかのリスクが複合して増幅する可能性がある。これらの国は、経済活動における脱炭素化の推進およびこれに関わる設備投資、ネットゼロへの移行リスクへの対応、安価で安全なエネルギーのアクセス拡大を中心とした経済発展と成長の追求など、複数の優先課題にバランスよく取り組む必要がある。また、前述のように、一部の地域で致命的熱波の発生確率が高まる可能性があるインドのように、低所得国によっては気候変動による物理的リスクが高まることで、これらの課題解決がより困難となる可能性がある<sup>53</sup>。特に途上国は排出量が少ないにもかかわらず、ネットゼロへの移行に向けて大きな負担を背負わされていると主張していることから、今後、不均衡の問題が争点として浮上することも考えられる。

図表 E11

### 1人当たりのGDPが低い国および化石燃料資源の生産国はさらに高い移行リスクにさらされる



1. 詳細については Climate risk and response: Physical hazards and socioeconomic impacts(気候変動リスクとその対応策 物理的リスクと社会経済的影響)、McKinsey Global Institute(2020年1月) 参照
2. リスクにさらされる各セクターが雇用、GDP、資本ストック全体に占める割合に基づく。これらのセクターはスコープ 1、2、3 の排出原単位に基づいて特定

資料 : Oxford Economics; OECD; ILO; World Input-Output Database; IHS Connect; World Bank; International Energy Agency; US Bureau of Labor Statistics; India NSS.Employment survey; China National Bureau of Statistics; UN; International Renewable Energy Agency (IRENA); MINSTAT; INDSTAT; Global Solar Atlas; Global Wind Atlas; US Geological Survey; WEF; McKinsey Nature Analytics; Emissions Database for Global Atmospheric Research; McKinsey Global Energy Perspectives; IPCC; OECD; IHS Global; Penn World Tables; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

<sup>53</sup> Will India get too hot to work?, McKinsey Global Institute (2020年11月)

## ネットゼロ移行の貿易の流れへの意味合い

ここ数十年でバリューチェーンの規模と複雑さは増し、世界貿易も拡大している。2000年以降、世界における中間財の取引高は3倍に増え、年間10兆ドル超の規模となっている<sup>1</sup>。ほとんどの製造工程では炭素を排出、あるいはエネルギーを利用するため、輸出品の生産量拡大は国の炭素排出量の増加につながる可能性がある。例えば、化学品、繊維、皮革、衣料品などの一部の製造業では、中国やインドの排出量の30～65%が海外の最終需要によって誘発されていると推定している研究者もいる<sup>2</sup>。別の視点から考えると、輸出品には排出量が含有されていると考えられる。国境を越えて取引される製品の炭素含有量を見ると、毎年膨大な量のCO<sub>2</sub>が各国間を移動していることが分かる(図表E12)。

排出量の多い製品の需要が減少し、排出量の少ない製品の需要が増加すると、各国の比較優位の変化が貿易の流れに影響を及ぼす可能性がある。例えば、消費者嗜好の変化や、炭素税やその他の規制措置の導入により、排出原単位の低い製品を製造する国の優位性が高まると考えられる。また、各国は、海外市場で高まり続ける排出量の少ない新たな製品や脱炭素技術に対する需要に対応する機会を追求することもできる。ただし、脱炭素化によって生産コストが上昇し、脱炭素化を推進する国の輸出競争力が低下する懸念もある。これらの要素を踏まえると、電気自動車、ソーラーパネル、鉱物資源などの部門の貿易パターンが変化する可能性があり、問題解決に体系的に取り組むことが求められる。

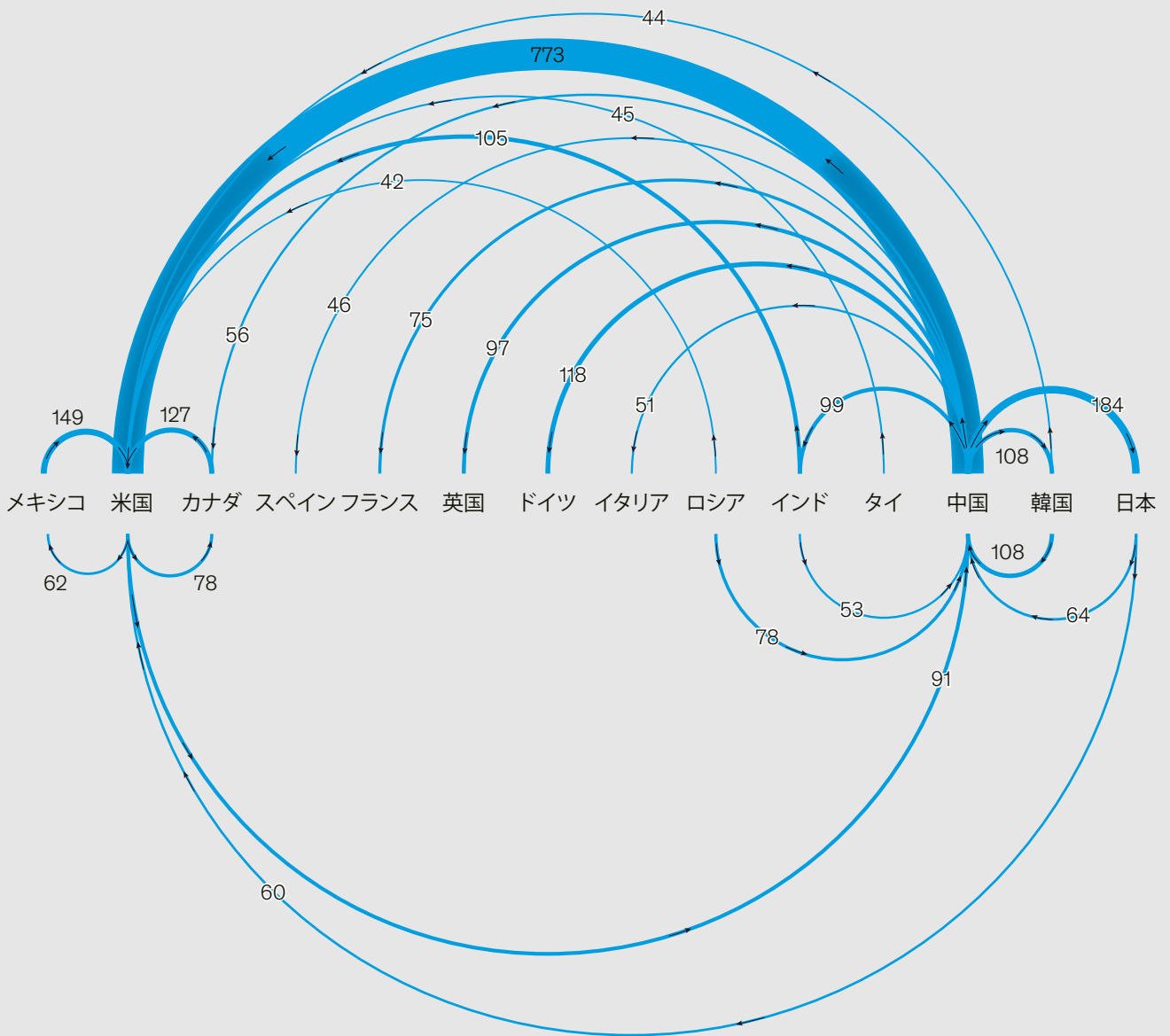
世界の貿易の流れの見通しは依然として不透明で、消費者嗜好や規制の変化、各地域が追求する機会など様々な要因によって影響を受ける。よって、企業は戦略的意思決定を下す際に、炭素排出量を貿易品の価値に反映させる国境炭素調整措置(CBAM)の導入に関する国際的な議論や日々変化する消費者嗜好、進化する市場の動向を考慮する必要がある。そして状況によっては、グローバルからローカルへの市場転換が進むことも考えられ、石油・ガスのグローバルなエネルギー市場が電力あるいは水素に特化したローカル市場に転換する可能性がある。また、一部の国では、ネットゼロへの移行により、国内産業を発展させ、化石燃料などのコモディティの輸入を減らす機会が生まれると考えられる。

<sup>1</sup> Risk, resilience, and rebalancing in global value chains, McKinsey Global Institute (2020年8月) 参照

<sup>2</sup> Daniel Moran et al., The carbon loophole in climate policy: Quantifying the embodied carbon in traded products, ClimateWorks Foundation (2018年8月)

図表 E12

世界中で取引されている製品の炭素含有量を見ると、膨大な量のCO<sub>2</sub>が各国間で移動していることが分かる



注記：消費ベースの排出量（カーボンフットプリントとも呼ばれる）の算定に基づいて算出。消費ベースの排出量の算定では、輸入品や輸出品と関連性のある排出量を計算し、各国の最終需要に紐づけて総排出量を算出している。上図は、各生産国 / 排出国から各仕向国 / 消費国への含有 CO<sub>2</sub> の流れを示している  
資料：Eora global supply chain database; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

## 各国は自然資源または技術的、人的、物理的資源を活用して、移行による成長機会を追求することができる

どの国も太陽光や風力といった自然資源や、技術的、人的、物理的資源を活用して、移行による成長機会を追求し、優位性を高めていくことができる<sup>54</sup>。

太陽光や風力、森林、鉱物資源などの自然資源やCO<sub>2</sub>吸収ポテンシャルが豊富な国は、移行の恩恵を享受できる（太陽光や風力発電のポテンシャルに関する例については図表E13、その他の例については第4章を参照）。一般的に、途上国の多くは太陽光発電や森林の保護・再生のための資源を有しており、カーボנקレジット市場などからの資金流入が支えとなる可能性がある。また、途上国であろうと先進国であろうと、ほとんどの国は、移行期において必要となる自然資源を何らかの形で保有している。例えば、オーストラリアやサウジアラビアは太陽光資源が豊富で、アルゼンチンや英国は風力発電の導入ポテンシャルが高く、チリや中国は鉱物資源の埋蔵量が豊富である。

一部の国は、すでにソーラーパネルやEVといった先進的な低排出型製品の市場において強固なポジションを築いているが、これらの市場は成長ポテンシャルが極めて高く、十分な技術的資本を有する国であれば参入しやすい。例えば、韓国は、気候変動の緩和策や人的資本関連の技術に関する特許出願件数は約6,600件となっている。中国やシンガポールなどは、人口に占めるSTEM（科学・技術・工学・数学）分野の卒業生の割合が高く、労働者の技術力の高さを表している。この能力を気候変動ソリューションの開発で活用できる可能性がある。

ネットゼロへの移行下においては、消費者の選好が変化した場合、あるいは国境炭素調整措置（CBAM）が導入された場合などで、低排出インフラや産業システムといった国の物理的資本によって成長ポテンシャルが高まる可能性がある。つまり、現時点では排出量の多いインフラであっても、例えば排出量の少ない代替燃料を使用するように改良できれば、恩恵をもたらす可能性がある。

# どの国も太陽光や風力といった自然資源や、 技術的、人的、物理的資源を活用して、 移行による成長機会を追求し、 優位性を高めることができる

<sup>54</sup> 各国が活用可能な資源の詳細なリストとデータについては、第4章を参照

図表 E13

## ネットゼロへの移行により、各国は成長機会を追求することができる： 再生可能エネルギーの事例

理論的に算出した太陽光発電導入ポテンシャルの平均値<sup>1</sup>  
kWh/m<sup>2</sup>/日

<2.0  >6.4



高度100m地点における風況上位10%のエリアの平均風力出力密度<sup>2</sup>  
W/m<sup>2</sup>

<25  >1,300



1. GHI(全天水平日射量または水平面に全天から到達する太陽からの日射量)、システムの性能に影響を与える気温、システム構成、遮光・遮蔽、地形・土地利用の制約などを考慮したうえで、一般的な構成のユーティリティ規模太陽光発電システムで達成可能な電力発電量として算出
2. 欧州中期気象予報センター (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts、ECMWF) の大規模予測データをダウンスケーリングして算出。次にこれらのデータをDTUの風力エネルギーモデリングシステムに反映し、250mメッシュごとに世界の各地の風況をモデル化した

注記：この地図に示されている境界線や名称は、マッキンゼーが正式に承認または認識したことを意味するものではない。  
資料：Global Solar Atlas; Global Wind Atlas; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

## 移行リスクの特性に基づき、分析対象国を6つの類型に分類

ネットゼロへの移行による影響の違いを明らかにするために、分析対象国を各部門や家計のリスクの性質や度合いに基づいて6つの類型に分類して検証を行った。ここでは、どの国も様々な課題に直面する可能性があり、必ずしも一つの類型のみに当てはまるわけではないということに留意しつつ、ネットゼロへの移行下で各国に求められる経済的・社会的調整を示すために各部門のリスクに基づいて国の類型を定義している。また、それぞれのケースにおいて、移行による機会を捉えるために各国が活用可能な資産および関連する場合は物理的リスクの度合いも示している。(移行リスクに基づく類型については図表E14、移行リスクや物理的リスクへの対応を進めることでもたらされる機会に関する詳細については第4章を参照)<sup>55</sup>。

6つの類型は以下の通り。

**化石燃料資源の産出国:** この類型には、オーストラリア、バーレーン、カナダ、エジプト、クウェート、ナイジェリア、ノルウェー、オマーン、カタール、サウジアラビア、アラブ首長国連邦、ベネズエラが当てはまる。これらの国では、化石燃料資源部門が GDP の大部分を占めており(オーストラリアの3%からクウェートの39%まで)、また有形資産に占める割合も大きい(その他のカテゴリーの国の平均が2%であるのに対して、これらの国の平均は約15%となっている)。移行リスクの度合いは同一類型内でも異なっており、サウジアラビアでは化石燃料資源部門のGDPに占める割合は約25%、カタールではGDPと資本ストック全体に占める割合が約3分の1と比較的高い一方で、オーストラリアでは対GDP比は約3%、資本ストックに占める割合は約13%と低くなっている。

特に割合が高い国では、高リスクな部門からの歳入の喪失、排出量が多い資産から少ない資産への資金の再配分、経済の多様化の必要性など様々な課題に直面する可能性がある。また、多くの国で物理的リスクが増大し、特に赤道付近に位置する国々は、温暖化が進むにつれて高温多湿化が進む。その一方で、ネットゼロへの移行によって機会がもたらされるが、これらを確実に捉え、歳入や輸出の損失を十分に補うことは極めて困難となる可能性がある。一般的にこのカテゴリーに属する国々は太陽光や風力発電の導入ポテンシャルが高いため、これを活かして再生可能エネルギー発電設備を整備し、グリーン水素を製造することも考えられる。そして中東などの化石燃料生産国は、石油やガスの採掘に伴う炭素強度およびコストが比較的低いため、本レポートでモデル化したシナリオ下では、ネットゼロ経済において最後まで必要となる化石燃料の供給者として残る可能性が高い。

**排出量の多い工業・農業国:** この類型には、バングラデシュ、中国、インド、インドネシア、パキスタン、南アフリカ、タイ、トルコ、ベトナムが当てはまる。これらの国では、排出量の多い製造業、化石燃料発電、農業といった高リスク部門の対GDP比の平均が約18%と比較的高い水準となっている。また、雇用者に占める農業従事者の割合が高く(20%以上)、資本ストックについては製造業や化石燃料による火力発電の割合が高い。これらの国では、主に産業プロセスの脱炭素化、再生可能エネルギー発電設備の拡充、低炭素型農業の推進あるいは農業からの撤退の支援というかたちで移行に向けた調整が進むとみられる。上述のように、多くの国では脱炭素化を推進し、低炭素成長を実現するために莫大な投資が必要となる。マッキンゼーの分析によると、このカテゴリーの国々は特に座礁資産化リスクにさらされる可能性が高い。資本ストック(石炭火力発電所など)は、先進国に比べて運転経過年数が浅いものも多く、中国およびインドの石炭火力発電所の平均経過年数は15年未満(米国は30年以上)となっている<sup>56</sup>。また、低所得国にとっては一部の低炭素技術(例えば、鉄鋼生産用の電気アーク炉や鉄鋼・セメント工場用のCCS設備など)の導入コストが依然として高く、大規模展開に向けた備えもできていない可能性がある。

<sup>55</sup> Climate risk and response: Physical hazards and socioeconomic impacts(気候変動リスクとその対応策 物理的リスクと社会経済的影響)、McKinsey Global Institute(2020年1月)

<sup>56</sup> World Energy Outlook 2021, 国際エネルギー機関 (IEA: International Energy Agency) (2021年)を参照のこと



しかし、低コストで高排出量の資産に投資し続けたとしても、綿密な計画を立てなければ、ネットゼロへの移行に伴いわずか数年でこれらの資産を除却あるいは遊休化しなければならなくなる恐れがある。このようなリスクはあるものの、これらの国々は拡大し続ける低排出製品市場のニーズに対応できる可能性がある。このカテゴリーに含まれるアジア諸国の多くは、広い意味で低排出型のイノベーションにつながる資源を有している<sup>57</sup>。また、これらの国の多くは温暖化が進むと高温多湿化し、洪水の発生確率が高くなるため、移行に向けた設備投資に加えて適応策に補完的に投資する必要性が生じる可能性がある。

**農業国:** この類型にはガーナ、ケニア、モロッコ、フィリピン、セネガル、スリランカが当てはまる。これらの国では、農業が大きな雇用創出源かつ収入源となっており、雇用とGDPに占める割合はそれぞれ最大55%と30%となっている。この類型に属する国にとって重要となる調整としては、排出量の少ない農法の導入で何百万人ももの労働者を動員する必要がある。前述したように、これらの国の多くは、経済成長に伴い、特に電力部門関連の新規資産に多額の投資を行うことが予想されるため、ネットゼロに向けた移行下では資金の確保が重要な優先課題となる。また、これらの国は太陽光発電を導入し、森林を活用してカーボンクレジットを供給するポテンシャルが高い<sup>58</sup>。気温や湿度は農業労働者に影響を与えるだけでなく、農作物の収量の変動幅も大きくなることから、これらのほとんどの国は、気候変動による物理的リスクにさらされている。

**土地利用の集約度の高い国:** この類型にはアルゼンチン、ボリビア、ブラジル、チリ、コロンビア、コスタリカ、エクアドル、ホンジュラス、マレーシア、パナマ、ペルー、ウルグアイが含まれる<sup>59</sup>。工業化の初期段階または中期段階にあるこれらの国では、農林業部門がGDP(5%以上)、雇用(10%以上)、資本ストック(5%以上)に占める割合が大きい。同部門では、土地利用と森林保全のニーズにバランスよく対応し、生計を農林業に依存しているコミュニティを支援する必要がある。ブラジルなどの一部の国においては、GDP、雇用、資本ストックに対するその他の部門(化石燃料生産、電力、産業)の寄与度が大きいため、その他の類型で示したリスクにもさらされる。これらの国は自然資源のストックが豊富であるため、再生可能エネルギー、移行に向けて必要な鉱物、森林管理部門の成長ポテンシャルが大きい。よって、森林再生や植林プロジェクトを通じて高価値なカーボンクレジットを供給し、生態系サービスを提供できる可能性がある。

**製造業の下流側排出量の多い国:** このカテゴリーにはオーストリア、ブルガリア、チェコ共和国、ドイツ、ハンガリー、イタリア、日本、メキシコ、ポーランド、ルーマニア、スロバキア、韓国、スウェーデンが当てはまる。これらの中高所得国の主なリスクは、自動車や産業機械などの製造に関するもので、これらの製品は化石燃料由来のエネルギーを使用していることから現状のままでは需要が縮小する可能性がある。したがって、製品やサプライチェーンを刷新することで、需要の変化によるリスクを管理できる可能性がある。さらに、研究開発投資額が多い国が多いため、低排出技術の開発や商業化において優位な立場にあると言える。

<sup>57</sup> Climate risk and response in Asia, McKinsey Global Institute (2020年11月) 参照

<sup>58</sup> For additional opportunities for African countries, see also Lynn Bouchene, Ziyad Cassim, Hauke Engel, Kartik Jayaran, and Adam Kendall, "Green Africa: A growth and resilience agenda for the continent," McKinsey & Company (2021年10月28日)

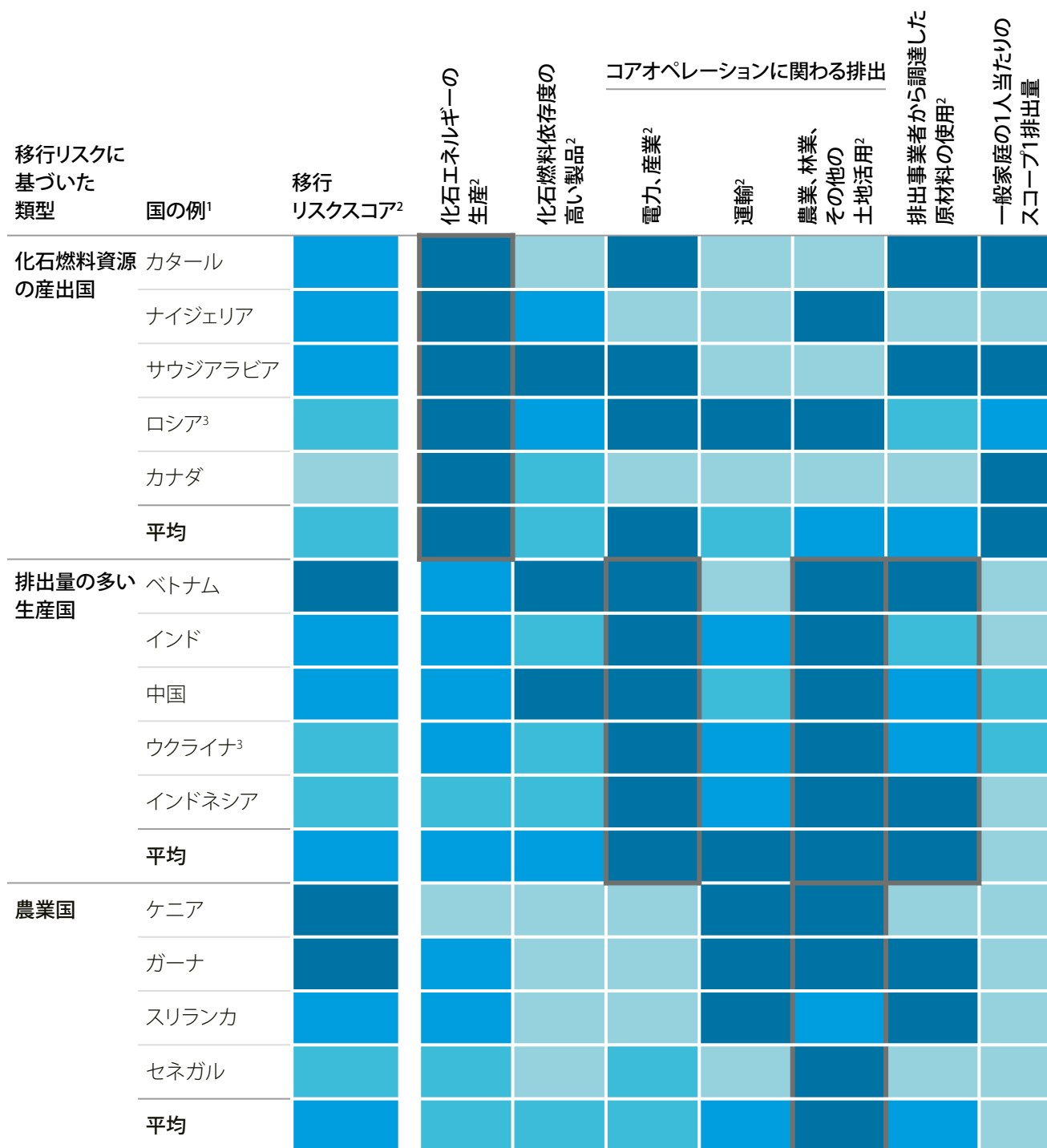
<sup>59</sup> 前述のように、どの国も複数の類型に当てはまる可能性がある。例えば、ブラジルは化石燃料がGDPの大半を占めているため、その他の類型において示したリスクにさらされることも考えられる

図表 E14

ネットゼロへの移行リスクに基づいて分析対象国を6つの類型に分類(1/2)

類型別の各国の移行リスク; スコア

低 高 高リスク領域



1. 各類型の平均値は、当該類型に分類される国の平均値に基づいており、本図に示されている国とその他の国の単純平均に基づいている。図で示されていないその他の国は、「化石燃料資源の産出国」ではオーストラリア、バーレーン、エジプト、クウェート、ノルウェー、オマーン、UAE、ベネズエラ、「排出量の多い生産国」ではバングラデシュ、パキスタン、南アフリカ、タイ、トルコ、「農業国」ではモロッコおよびフィリピン、「土地利用の集約度の高い国」ではボリビア、チリ、コロンビア、コスタリカ、エクアドル、ホンジュラス、マレーシア、パナマ、ウルグアイ、「製造業の下流側排出量の多い国」ではオーストリア、ブルガリア、チェコ共和国、ハンガリー、イタリア、ポーランド、ルーマニア、スロバキア、スウェーデン、「サービ産業への依存度の高い国」についてはベルギー、デンマーク、フィンランド、アイルランド、イスラエル、オランダ、ポルトガル、シンガポール、スペイン、スイスとなっている

2. ネットゼロへの移行リスクが最も高い部門の GDP、雇用、資本ストックに占める割合の単純平均値

3. 2022年3月15日現在

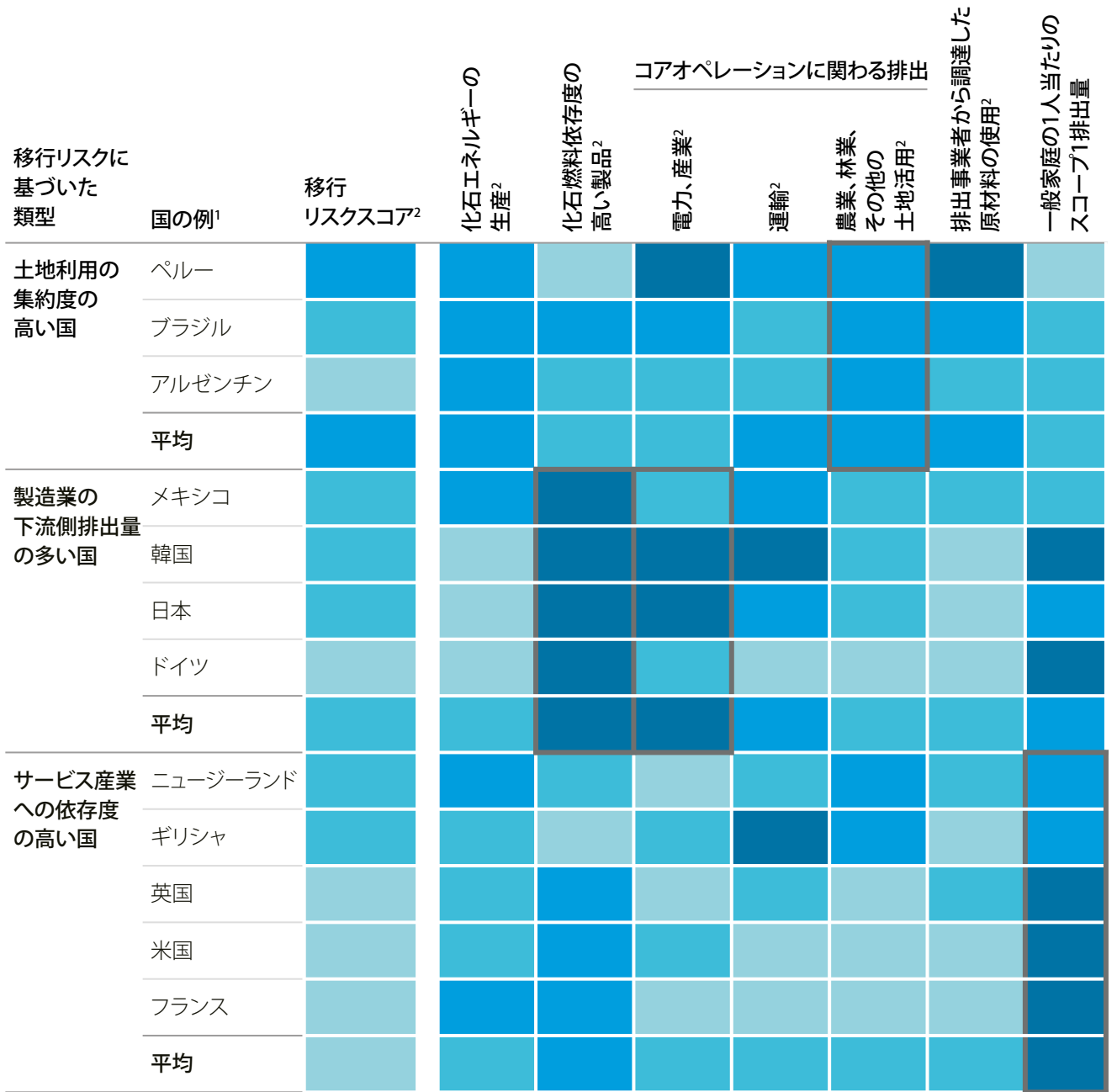
注記：各列の色は、列間ではなく、各列内の相対的な四分位数に基づいている。国は、その国がさらされる移行リスクを最も表している類型に分類されているが、どの国、特に経済の多角化が進んでいる国では、その他の類型を特徴づけるリスクに部分的にさらされる可能性がある。低 = 第1四分位数より下; 高 = 第3四分位数より上分析対象とした資料：Oxford Economics; OECD; ILO; World Input-Output Database; IHS Connect; World Bank; International Energy Agency; US Bureau of Labor Statistics; India NSS-Employment survey; China National Bureau of Statistics; MINSTAT; INDSTAT; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

図表 E14(続き)

ネットゼロへの移行リスクに基づいて分析対象国を6つの類型に分類(2/2)

類型別の各国の移行リスク; スコア

低 高 高リスク領域



- 各類型の平均値は、当該類型に分類される国の平均値に基づいており、本図に示されている国とその他の国の単純平均に基づいている。図で示されていないその他の国は、「化石燃料資源の産出国」についてはオーストラリア、バーレーン、エジプト、クウェート、ノルウェー、オマーン、UAE、ベネズエラ、「排出量の多い生産国」についてはバングラデシュ、パキスタン、南アフリカ、タイ、トルコ、「農業国」についてはモロッコおよびフィリピン、「土地利用の集約度の高い国」についてはボリビア、チリ、コロンビア、コスタリカ、エクアドル、ホンジュラス、マレーシア、パナマ、ウルグアイ、「製造業の下流側排出量の多い国」についてはオーストリア、ブルガリア、チェコ共和国、ハンガリー、イタリア、ポーランド、ルーマニア、スロバキア、スウェーデン、「サービス産業への依存度の高い国」についてはベルギー、デンマーク、フィンランド、アイルランド、イスラエル、オランダ、ポルトガル、シンガポール、スペイン、スイスとなっている
- ネットゼロへの移行リスクが最も高い部門の GDP、雇用、資本ストックに占める割合の単純平均値

注記：各列の色は、列間ではなく、各列内の相対的な四分位数に基づいている。国は、その国がさらされる移行リスクを最も表している類型に分類されているが、どの国、特に経済の多角化が進んでいる国では、その他の類型を特徴づけるリスクに部分的にさらされる可能性がある。低 = 第1四分位数より下；高 = 第3四分位数より上分析対象とした

資料：Oxford Economics; OECD; ILO; World Input-Output Database; IHS Connect; World Bank; International Energy Agency; US Bureau of Labor Statistics; India NSS-Employment survey; China National Bureau of Statistics; MINSTAT; INDSTAT; マッキンゼー・グローバル・インスティテュート分析

**サービス産業への依存度の高い国:** このカテゴリーには、ベルギー、デンマーク、フィンランド、フランス、ギリシャ、アイルランド、イスラエル、オランダ、ニュージーランド、ポルトガル、シンガポール、スペイン、スイス、英国、米国が含まれる。これらの国は、1人当たりのGDPが高く、サービス産業の対GDP比が高いため、ネットゼロの移行に伴う調整によるリスクは総じて小さい。しかし、一部の地域や部門は大きなリスクにさらされる可能性がある。また、消費者1人当たりの平均排出量が1.6トン(他国の平均は0.9トン)と多いため、脱炭素化を図るためには行動変容を促すと共に脱炭素化に向けて設備投資を前倒して行う必要がある(前述のようにこの投資を行うことで、長期的にはTCOが低減するなど恩恵もたらされる)。このカテゴリーの国は、豊富な自然資本、技術的資本、人的資本を活用して、新たに低排出型の産業を発展させ、金融または情報サービスなどを提供することで移行を後押しできるとみられる。

## 多くの低所得国や化石燃料資源の産出国では、いくつかのリスクが複合して増幅するため、複数の優先課題にバランスよく取り組む必要がある

**ネットゼロへの移行に向けて経済改革を推進するためには、ステークホルダーが不断の決意を持って一致団結し、英知を結集させて長期にわたり公正な成果を追求していく必要がある**

本レポートで示したネットゼロ移行を実現するためには、経済的・社会的に大きな調整が必要となるが、政府、民間企業、実行支援機関が連携して行動し、長期的な視点に立って計画や投資を実行していくことが最善の方法といえる。連携して取り組むべき理由は2つある。1つ目は、移行の普遍的な特性上、あらゆるステークホルダーがそれぞれの役割を果たす必要があるからである。すべての国や部門が、世界の生産および消費システムにおいて、直接的・間接的に排出源となっている。2つ目は、移行に伴う負荷は一様ではなく、ステークホルダーによっては他より重くのしかかるためである。各ステークホルダーの排出の寄与度は均一でないため、解決の難しい問題ではあるが、公正な精神に基づく努力なしには、最も深刻な影響を受けるステークホルダーが移行に向けて主体的な役割を果たすことができなくなる、またはその意志も持たなくなるであろう。

考えられる主な取り組みとして、以下の3項目が挙げられる<sup>60</sup>。

- クライメート・トランジション・ファイナンスの普及拡大、カーボンプレジット市場を含む新たな金融商品や市場の開発、官民連携の推進、座礁資産化リスクの管理などを通じて効果的な資本再配分および新たな資金調達の一環を整備
- 各部門が需要シフトや短期的なコスト上昇に対応できるよう、次のような取り組みを実施: 気候変動によって生まれるリスクや機会の認識および透明性の向上、研究開発による技術コストの低減、産業エコシステムの拡充、バリューチェーン全体の連携により移行に伴うコストの低減または転嫁、移行に関する適切な需要シグナルの発信やインセンティブの創出
- 経済多角化プログラム、移行による影響を受ける労働者を対象とした再教育・再雇用プログラム、社会的支援などを通じて、社会経済的影響に対応するための取り組みを確立

これらの取り組みを進めるために、各リーダーは各自の組織および利害関係者のリスクや機会を考慮しつつ、求められる調整を行ううえでそれぞれの役割を明確にする必要がある。以下に、各ステークホルダーが取り得る具体的な取り組みおよび役割を提案する。

**企業**は、自社の戦略を策定する際や意思決定の枠組みに、気候変動についても考慮に入れることを検討することが望ましいと言える。一部の企業はすでに、「攻めの要素」（例えば、新規市場への参入、研究開発への投資、イノベーションエコシステムへの参画など）と「守りの要素」（例えば、排出量削減に向けた事業の売却や高排出資産の改修など）を組み合わせることでネットゼロ実現に向けた包括的な実施計画を策定し、これを全社戦略に組み込んでいる<sup>61</sup>。これを実行するには、以下のような取り組みを行うことが推奨される:

- 変革に取り組むべき理由を明確にし、共有したうえで、ネットゼロ目標達成に向けて組織を導くべく、従業員のスキル向上を図ると同時に、経済的・社会的調整にも対応する。取り組みに着手するにあたり、一般的にはCEOが変革に取り組む一貫性のある理由を共有し、サステナビリティの課題に対して目に見える形でオーナーシップを示すことが望ましい。
- 規制、投資家の選好、消費者の行動、競争環境の変化を捉えるべく、移行に関わるリスクと機会を細かい粒度で包括的かつダイナミックに評価する能力を継続的に構築する。新たな動きや可能性を捉えるためには、新たな能力、データ、インフラ、人材が必要となる。そのためには、デジタルツールを活用して自社のオペレーションやサプライチェーンの排出量に関する透明性を確保し、スコープ1、2、3の排出量をより正確に追跡することが重要となる。

<sup>60</sup> 本セクションで示している取り組みは、本レポートのスコープである移行に向けて必要となる経済的・社会的調整に関わるものとなっている。気候変動に効果的に対応するためには、ネットゼロ移行に向けて経済的・社会的調整を行うだけでなく、先述の基本的な要件を満たすことが重要となり、マッキンゼーでは7つの要件を特定している。企業のリーダーたちは、ネットゼロへの移行について理解を深め、コミットすることが求められる。これには、1) 気候科学やネットゼロへの移行に関する基礎知識の習得、2) 個人や業界としての目標の表明・気候変動リスク評価能力の構築や脱炭素化促進計画といった具体的な行動の計画およびアセスメント、3) 行動計画に沿った排出量の抑制・削減、4) 自然資源の保全・再生による脱炭素化への貢献、5) 回避不可能な物理的リスクに対応するための適応策とレジリエンス対策の展開、6) 排出量の多いビジネスを縮小し排出量の少ないビジネスを拡大するなど資金の再配分によるビジネスの再構築と成長、7) 投資家、顧客、取引先、同業者、規制当局といった関係先との連携を通じて影響力を拡大すること、が含まれる。本セクションで示す取り組みは、移行に向けて必要となる経済的・社会的調整に関わるものであるが、上記の様々なカテゴリーにも当てはまる。Mekala Krishnan, Tomas Naucler, Daniel Pacthod, Dickon Pinner, Hamid Samandari, Sven Smit, Humayun Tai, 山田唯人共著“Solving the net-zero equation: Nine requirements for a more orderly transition (邦題: 秩序ある脱炭素社会移行を実現するための9つの要件)”, McKinsey & Company (2021年10月)参照

<sup>61</sup> Daniel Pacthod and Dickon Pinner, “Time is running out for business leaders who don’t have a ‘net zero’ strategy,” *Fortune* (2021年4月22日)

- カーボンオフセットを含めた脱炭素化計画を策定し、競争環境、財政、規制の変化に応じて見直しを行う。ここではスコープ1とスコープ2の排出量が対象となる（エネルギー効率化や大きなリターンが見込まれる脱炭素化に向けた投資など、確実性の高い施策を優先）。必要・重要かつ実現可能な場合、および事業活動の性質によっては、スコープ3の排出量を対象に含めることも考えられる<sup>62</sup>。
- 脱炭素化計画やネットゼロ経済から生まれるリスクと機会に対応するアジャイルなビジネス戦略のポートフォリオを策定する。そして、状況の変化や新たに生まれる機会に応じて実行に移す。企業は、新たな有形資産への投資や資本の再配分、製品の再設計、新たな低排出事業を通じて新たなポジションを築き得る。
- 気候変動に関わる要素を、戦略、リスクマネジメント、財務・資本計画、研究開発、オペレーション（サプライヤー管理・調達を含む）、組織構造・人材管理、価格設定、マーケティング、IR、政府との関係といった重要なビジネス上の意思決定に反映する。
- 企業が属する業界、およびその業界に関連する投資家、サプライチェーン、顧客、規制当局から成るエコシステムにおいてリーダーシップを追求すべきかどうか、また追求する場合はどの領域を狙うのかなどを検討する。

**金融機関**は、自らのリスクや機会に対応しながらも、大規模な資金の再配分を支える役割を担うことが可能である。短期的には、自らのリスクを評価・開示し、ポートフォリオ排出量を測定し、その削減を誓約することを検討する必要があるとみられる。長期的には、排出量削減に向けて、これらの誓約を行動に落とし込んでいくことが求められる。金融機関が検討すべき項目として、以下が挙げられる。

- リスクとリターンに関する固定概念からの脱却: 脱炭素化プロジェクトの中には、通常よりも投資回収が長期にわたるものもあるため、金融機関は融資判断基準の調整を余儀なくされる可能性がある。
- 気候変動リスクの評価と開示: すでに様々な規制当局および監督機関が、金融機関に対して気候変動リスクの評価を行うことを求めており、多くの金融機関が今後評価に着手する計画を立てている。
- ポートフォリオ排出量の測定および削減: ますます多くの金融機関が、1.5°Cまたは2.0°C目標に合わせてポートフォリオを調整する、あるいは特定の時期までにポートフォリオ排出量を実質ゼロにすることを誓約し、各部門や地域単位の削減目標に落とし込んでいる。ポートフォリオ企業の排出量であるという観点から、金融機関はこれらの企業の移行計画を支援することが有効であると考えられる。例えば、ポートフォリオ企業に対する新たな金融ソリューションの提供、排出削減対策に関する助言、パートナーシップの機会の提案などが挙げられる。
- 今後は排出削減に向けた目標を達成すべく、クライメート・トランジション・ファイナンス関連の商品やサービスを拡充させることが望まれる。例えば、排出量の少ない発電プロジェクトへの資金提供、ネガティブエミッションやNBS（自然を活用した解決策）、カーボンクレジット市場を支えるための新たな金融商品の開発などが挙げられる<sup>63</sup>。

<sup>62</sup> 本レポートにおいては、「スコープ1」の排出量とは、組織が管理・所有する資産からの直接的なGHG排出量、「スコープ2」の排出量は、他社から供給された電気、蒸気、熱、冷却源の使用に伴う間接的なGHG排出量、「スコープ3」の排出量は、報告主体である組織は管理・所有していないものの、バリューチェーン上で関連性のある資産からのGHG排出量を指す。つまり、「スコープ3」の排出量は、報告主体である組織のバリューチェーン上全体の排出量のうち、スコープ1・2以外の排出量が該当する。“Greenhouse gases at EPA,” United States Environmental Protection Agencyを参照のこと

<sup>63</sup> カーボンクレジット市場では、森林伐採回避などによる排出削減量と植林やCO<sub>2</sub>を直接回収するDAC (Direct Air Capture) などによる排出吸収量をクレジットとして売買している。詳細については、*Final report, Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets*, (2021年1月)を参照のこと

**各国政府や多国間機関**は、既存あるいは新たな政策手段、規制手段、財政手段を活用してインセンティブを整備し、脆弱なステークホルダーを支え、協働を推進する余地がある。公的機関は、部門やコミュニティへの不均衡な影響を是正するという特殊な役割を担っている。この役割を果たす手段としては以下が考えられる。

- リスクと機会を評価し、民間企業と同様に脱炭素化計画およびネットゼロ戦略を策定: 今後の変化に備えるべく、政府は気候変動を考慮して都市計画、インフラ開発、税制、助成制度などに関する意思決定を行うと共に、気候変動に関わるリスクと機会の透明性および認識を高める取り組みを実施することが望まれる。政府が行うことを検討すべき主な調整としては、需要の減少が見込まれる化石燃料産業や高排出型産業に代わる、低排出型の新たな産業の構築が考えられる。
- 政策や規制を通じて、あらゆる部門において脱炭素投資を促進する(例えば、どの分野で、どのように補助制度、需要シグナル、炭素税などを適用するのが最適かを検討する)。さらに、技術コストの低減につながる研究開発を促進する役割を果たすことも可能である。
- 低炭素投資を支援し、座礁資産化リスクを管理できるよう、多数国間基金や公的基金を設立する。
- 労働者向けの再教育、再就職、社会的支援プログラムを整備することで、移行が低所得層に及ぼす影響を抑制する。
- 他のステークホルダーとの連携・協働を推進: 例えば、政府はロードマップの策定、ステークホルダーの巻き込みなど様々な方法で、低排出型の新たな産業の構築に向けて民間の取り組みを後押しすることができる。

**実行支援機関**(標準化団体、業界団体、市民社会団体など)は、部門や地域の枠を超えて取り組みを展開していくうえで欠かせない存在である。ネットゼロへの移行過程において、各国政府や企業による取り組みは多岐にわたるステークホルダーにとって支えとなるものの、すべてのニーズに対応できるわけではない。ネットゼロ移行に求められるスピードや規模を考えると、多くの既存企業については組織改革が不可欠となる。また、ナレッジを共有し、資本を分散させ、ステークホルダー間の不均衡な影響に対処し、協働を推進するために、新たな組織を立ち上げる必要がある。ここでは、標準化団体、業界団体、市民社会団体などの実行支援機関は、基準の策定と運用(例えば、排出量の測定やクライメート・トランジション・ファイナンスに関するもの)、ステークホルダーの巻き込みと協働の推進(例えば、集団投資の調整やインフラ整備の計画などに向けて)、脆弱な労働者やコミュニティの声の吸い上げなどにおいて、重要な役割を果たすことになる。

**取り組みに着手するにあたり、一般的には  
CEOが変革に取り組む一貫性のある理由を共有し、  
サステナビリティの課題に対して目に見える形で  
オーナーシップを示すことが望ましい**

個人は、自ら移行リスクに対処することが求められ、消費者そして市民として大きな役割を果たす必要が生じるとみられる。個人は、消費者あるいは労働者として現在進行形の気候変動や、今後進むと思われるネットゼロへの移行から受ける影響を理解するところから始めることが望ましい。例えば、電気自動車への切り替え、省エネルギーフォームなど、人々が新しい行動様式や消費行動を取り入れることで、初めてネットゼロ目標は達成できる。理解を促進するためにも民間の議論は非常に重要で、市民がネットゼロ移行の実現に向けた要件を理解し、主体的に行動を起こすことで、政府や企業のリーダーによる変革のための断固とした行動を加速させることができるであろう。

---

2050年までにネットゼロを実現するためには大胆な経済改革が必須となるが、様々な要因が絡むため、実行することは容易ではない。移行は、需要、資本配分、コスト、雇用に大きな変化をもたらす、多くのステークホルダーは不均衡な影響などにより、困難な状況に置かれることになる。しかし、ネットゼロへの移行が無秩序に進んだ場合に生じ得るコストや混乱ははるかに大きく、移行によって物理的リスクの増大を防ぐことができる。本調査研究では、2050年にかけてより秩序ある移行を進めていくためにも、より思い切った対策を緊急に講じることの重要性を提起している。ここでは、移行を「厄介な問題」としてのみ捉えないことが重要となる。移行に必要な経済改革は様々な機会を生み出すだけでなく、エネルギーコストが低減され、世界経済の明るい展望を切り拓き、さらには健康の改善や自然資源の保全など様々な利点ももたらされる見込みである。そして個々の企業や政府の取り組みに加えて、より脆弱な部門、地域、コミュニティを支援する協調的な取り組みが、移行に必要な経済的・社会的調整の支えとなり得る。さらに、移行に必要な世界的な協働は、より広範囲の課題を解決するための模範として土台となる。ネットゼロ達成は困難に思えるかもしれないが、人類は過去1万年の間に様々な難問を創意工夫で解決してきたように、今回もネットゼロ実現への道筋を立てることができるはずである。そして今後10年で世界がいかに大胆さと決意をもって幅広い対策を推進できるかが、移行の特性を決定づける重要な鍵となるであろう。

**移行を「厄介な問題」としてのみ捉えないことが重要となる。移行に必要な経済改革は経済的な機会を生み出すだけでなく、エネルギーコストの低減など、世界経済の明るい展望をも切り拓くことになるであろう**





ネットゼロへの移行に向けて：  
取るべきリスクと得られるリターン  
2022年4月  
Copyright © McKinsey & Company  
[www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com)

 @McKinsey

 @McKinsey