

2021年版気候テックの現状

脱炭素ブレイクスルーの 拡大に向けて





日本語翻訳版刊行にあたり

気候変動が人類最大の課題であることは、論をまちません。安価で使いやすく、エネルギー密度の高い化石燃料を主要なエネルギー源として、経済的発展を実現してきた現在の社会経済システムが、脱炭素、サステナビリティに向けた大きな変革を迫られています。

今後、サステナビリティに向けてどのような変化が起こるのか、その未来を左右する主要な変数としては、①規制・ソフトロー、②人々の価値観、③テクノロジーの3つがあります。気候変動対応のような構造的な変革は、この3つが相乗的に変化しなければ実現できません。このうち、③のテクノロジーは、企業が主体的に対応できるものであり、将来的な機会や差別化にもつながるものです。自社で技術開発を行っていなくても、テクノロジーがどう進化しているかを把握することは、未来を洞察する上で、非常に重要です。

現在のテクノロジーの進化を先導しているのは、ベンチャーキャピタル投資です。ベンチャーキャピタル投資がどの方向に向かっているか、どのくらいの投資が行われているかを把握することで、テクノロジーがどの方向へ、どのくらいのスピードで進化するかを洞察することができます。

PwCの報告書「2020年版気候テックの現状」では、脱炭素ソリューション（気候テック）を提供する企業にベンチャーキャピタルが投資した金額は、2013年の時点では世界全体でわずか4億1,800万米ドルでしたが、2019年には3,750%増の161億米ドルに急増していることを示しました。その続編である本レポートでは、この投資がさらに加速していることを示しています。今やベンチャーキャピタル投資全体の14%が気候テックに向かれています。

一方で、現在の気候テックへの投資は、脱炭素の実現に向けては、まだ非効率であることも分かりました。EVをはじめとしたモビリティ分野など、気候テックでも比較的成熟している分野に投資が集中しており、グリーン水素製造や食品廃棄物技術など、GHG削減ポテンシャルが大きい新しい技術には、十分な投資が行われていません。気候テックに関しては、GHG削減ポテンシャルや現在の技術開発のステージなども踏まえて、今後の投資や進化の方向・スピードを見通す必要があります。

本レポートでは気候テック投資に関する多角的な情報を提供しています。日本企業の皆様が、サステナビリティに向けた大きな変革の方向性やスピードを洞察し、新しい世界で企業価値と社会価値を創出するために、役立つものと確信しております。

PwC Japanグループ
サステナビリティ・センター・オブ・エクセレンス
エグゼクティブリード

坂野 俊哉

はじめに

2021年国連気候変動枠組条約締約国会議（COP26）が終わり、私たちは逃れようのない1つの結論に達しました。人類は目の前に立ちはだかる山に登るしかない、という結論です。PwCが2021 Net Zero Economy Indexで分析したところによると、温暖化を1.5°C以下に抑えるには、世界は毎年12.9%の炭素を削減しなければならず、これは2000年以降実現してきた削減率の8倍超に相当します。世界経済がCOP26の2030年目標を目指した場合でも、気温は2.4°C上昇すると予測され、国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が基本分析で示した「人類の非常事態（code red for humanity）」は解消されません。



Leo Johnson

Disruption & Innovation Leader, Partner,
PwC United Kingdom

どうすれば社会はこのギャップを埋められるでしょうか？ COP26でブレイクスルー技術に注目が集まつたことからも明らかなように、新世代の気候テックによるイノベーションが重要な役割を果たすだろうという認識が高まっています。このイノベーションが脱炭素化を加速させ、炭素集約度の高い業種（運輸、エネルギー、工業、食品関連からは、世界全体の50%を超える炭素が排出されています）の脱炭素化を一気に進めるビジネスモデルを生み出すことが期待されています。

気候テック分野のスタートアップに対する関心が、急速かつ劇的に高まっています。新世代のイノベーションの担い手である彼らは、気候テックの力によって、もはや破壊を待つばかりとなつた高炭素のビジネスモデルにゆさぶりをかけています。しかし、問題はスケールアップです。多くのスタートアップが、「死の谷」を越えるための資金確保という極めて深刻な課題を抱えています。エンジニア投資家に頼るには大きすぎ、商業融資を受けるにはリスクが高すぎるという「死の谷」の橋渡し、それこそがベンチャーキャピタルの果たすべき重要な触媒的役割です。

PwC「2020年版気候テックの現状」では、気候テック市場の急激な成長が明らかにされました。気候テックへの投資額は、世界全体で2013年の4億1,800万米ドルから2019年には163億米ドルまで急増し、わずか7年の間に3,750%超成長しました。今年はさらに加速して2021年上半年には案件当たり平均投資額が4倍近くに増え、投資総額は前年比200%を超える増加率となりました。BlackRockのCEO、Larry Fink氏は、次の10億ドル企業は気候テックから生まれるだろうと予測しています。

しかし、世界が迅速かつ大規模な脱炭素化を目指すなら、商業的に実現可能であるにもかかわらずまだ資金を調達できていない気候テックのビジネスチャンスを特定することも不可欠です。今年の調査では初めて、炭素分野の資金ギャップについても分析しました。気候テック分野における「carbon (US) \$5 notes lying on the ground」、すなわち脱炭素化の可能性の高さに投資が追いついていない分野について検討しています。



Emma Cox

Global Climate Leader, Partner,
PwC United Kingdom

テクノロジーは問題を解決しません。人々の意思を增幅させるだけです。また、気候テックが唯一の万能薬でもありません。しかし、炭素排出量の上昇カーブを下降に向かわせ、世界が1.5°C目標達成への道筋に戻るための不可欠なメカニズムとして、急速に存在感を増しているのが気候テックなのです。



エグゼクティブ

サマリー

気候問題が熱を帯び、グリーン復興が急務になった1年

昨年は、ベンチャーキャピタルの世界で変革が起きた。新しいタイプの資本調達メカニズムが登場し、それによって未公開市場に新たに巨額の投資が流れ込んだことに加えて、2019年から2020年にかけて蓄えられていた手元資金がいよいよ動き出し、ベンチャーキャピタル投資が2021年の経済回復を先導するかたちになっている。

そうした中で、社会は気候変動の影響をますます強く実感するようになり、気候テックの投資環境も同様に活気を帯びてきた。2021年8月に公開されたIPCCの第6次評価報告書では、抜本的な対策の必要性が強調されている。これを受けCOP26ではグラスゴープレイスクルーという重要な取り組みが発表され、各國政府や企業が密接に協力して低価格のクリーンテックを世界中で速やかに普及させるための計画が提示された。

未公開市場でも、環境・社会・ガバナンス(ESG)基準の採用を重視する動きが加速している¹。さらに、EUのサステナブルファイナンス開示規則(SFDR)といった新しい規制の導入も相まって、市場の成長が促され、さまざまな企業や投資家が戦略を変更している。今では多数の企業がネットゼロを宣言したり、サイエンスベース目標を設定したり、社会への幅広い関与を実証するB Corp認証を取得したりしている。さらに、BrookfieldのGlobal Transition Fund(70億米ドル)²やTPGのRise Climate Fund(54億米ドル)³など、気候テックのみに特化した大型ファンドも組成されている。

気候テックをスケールアップしてインパクトを生む：本年の分析で判明したトレンド

気候テックへの投資は力強く成長し続け、新しい資産クラスとして確立しつつある。この報告書で分析対象とした直近の12カ月(2020年下半期と2021年上半期⁴)の投資額は、総額で875億米ドルに上了った。2021年上半期は、半期単独で600億米ドルを超え、過去最高額を記録した。その直前の12カ月が285億米ドルなので、増加率は210%である。現在、ベンチャーキャピタルが投資した1ドルのうち14セントを気候テックが占めている。

1案件当たりの平均投資額は約4倍になった。2021年上半期の平均投資額は9,600万米ドル、前年は2,700万米ドルである。気候テックの大型案件が一般的になったことが、最近の投資総額の増加に大きく貢献している。

イノベーティブファイナンス(革新的な金融手法)も、気候テックの成長の中心的要因である。上場を目指し、大規模な資金調達を望むスタートアップが新しい調達手段として使い始めた特別買収目的会社(SPAC)は、この18カ月の間に定着しつつある。この新たな資金調達方法によって気候テックへの投資割合の大幅な増加がけん引され、2021年上半期のSPACの投資額は全体の3分の1にあたる250億米ドルだった。



今では多数の企業がネットゼロを宣言したり、サイエンスベース目標を設定したり、社会への幅広い関与を実証するB Corp認証を取得したりしている。さらに、ブルックフィールドのGlobal Transition Fund(70億米ドル)²やTPGのRise Climate Fund(54億米ドル)³など、気候テックのみに特化した大型ファンドも組成されている。

最も投資額が大きかった課題分野は、昨年に引き続きモビリティ・輸送だった。2020年下半年～2021年上半年の投資額は580億米ドルで、全分野の総額の3分の2以上を占めており、このうち、電気自動車（EV）と温室効果ガス排出量の少ない（低GHG）車両が前回と同様に圧倒的に多かった。2021年上半年に特徴的だったのは、極めて規模の大きいひと握りの大規模案件が投資額の大半を占めたことで、Lucid Motorsが69億米ドル、Northvoltが28億米ドル、Cruiseが28億米ドル、Rivianが27億米ドルをそれぞれ調達した。

工業・製造業・資源管理も大幅に増加した。2020年下半年～2021年上半年の投資額は、前年の3倍を超える69億米ドルに跳ね上がった。その要因となったのが大型案件で、2021年上半年に25億米ドルを調達したGinkgo Bioworksの他、2021年上半年にはBack Market（3億3,500万米ドル）やVinted（3億米ドル）など、循環や再利用に関する事業を手掛ける多くの企業が資金調達を行った。

地域別では、米国の圧倒的優位が続いた。2020年下半年～2021年上半年の投資件数は、世界で最多だった。世界一活発な気候テック投資ハブのサンフランシスコ・ベイエリアは、調査対象の12カ月間に全ての課題分野でスタートアップ投資が実施されるなど、昨年に続いて米国の優位をけん引している。代表的なラウンドとしては、CruiseがMicrosoft、General Motors、ホンダから20億米ドル超を調達した大型案件や、それぞれの業界にイノベーションを起こしたElectric Hydrogen（シリーズAで2,400万米ドル）やSound Agriculture（シリーズCの追加調達として4,500万米ドル）などの案件がある。サンフランシスコ・ベイエリア以外で気候テック投資が活発だった投資ハブは、ロンドン、ベルリン、ニューヨークだった。



インパクトにつながる投資機会

第2版となる今回のPwC「気候テックの現状」では、主要な気候テック分野における知見や動向について新しい分析を行い、技術の成熟度、セクターのティッピングポイントの近さ、削減可能な炭素排出量、投資額といった項目の間にどのような関連があるかを調べた。この分析によって、投資が不足していると考えられる分野も明らかになり、投資機会を示すことにつながった。

具体的には、15の特定の気候テック分野を取り上げ、それらの中で迅速に炭素を削減する可能性が最も高いソリューションが、スケールアップに必要な資金を獲得できているかどうかを調べた。

その結果、いわゆる「carbon (US) \$5 notes lying on the ground」と言われる未開拓の機会が膨大な分野で残されていることが明らかになった。分析対象とした15の技術分野のうち、削減可能な排出量が多い上位5分野に将来見込まれる2050年までの削減量は、合計で全体の80%を超えるが、それらが2013年から2021年上半年までに調達した資金は気候テック投資全額の25%に過ぎない。

すなわち、機会が見過ごされているのである。気候へのインパクトの可能性に応じた額の資金が投入されておらず、成熟度の高いひと握りの技術分野が資金の大半を集めている状態なのだ。全ての課題分野に資金を配分する必要はあるが、未成熟な技術分野に集中的な投資を行うことで、ブレイクスルーイノベーションを実現し、業界のティッピングポイントを超えて普及を加速させ、業界の脱炭素化を進めるとともに財務的にも大きなリターンを得ることができる。

聞き取りを行った投資家の多くが、単に気候への好影響だけを目指しているわけではなく、大きな財務リターンが見込めることも動機だと語っている。社会ではこれからも、SBT（サイエンス・ベースド・ターゲット：科学的根拠に基づく目標）に基づいて、バリューチェーンの全ての段階で炭素排出量削減が求められていだろうが、その中でまだ対応されていない低減ニーズを充足できるスタートアップ企業があれば、財務的にも、そして環境という視点からも価値を生み出すため、未開拓の機会になり得る。

現状で投資が不足している分野でブレイクスルーアイノベーションを実現するには、投資家と政府の行動変容が求められる。業界の既存企業各社に聞き取りを行った結果、気候テック分野でブレイクスルーを起こすには、ベンチャーキャピタルがもっと長期的に投資を行う必要があることが明らかになった。加えて、政府が長期的な戦略計画を策定し、目標を明確に絞った政策（カーボンプライシングなど）を実施することも必要だ。それによって排出量削減が難しい業種の技術（低GHGコンクリートやグリーン水素製造など）やネットゼロに向けたグローバル目標の達成に不可欠な炭素除去技術への投資にも弾みがつくだろう⁵。

こうした複合的な分析や知見を通して分かったことは、気候変動はさまざまな分野にまたがる複雑な課題であるため、全体を包括的に捉えなければならないということだ。私募市場には、それまでの業種や地域の枠を積極的に超えることが望まれる。私募市場は気候テックというものをもっと包括的に捉える必要があり、これによって、複数業種にわたる深い脱炭素化が実現でき、年間1ギガトンの炭素を削減しながら事業として成立する可能性のある未来的「ギガコーン企業」を見出ことにつながる。



“

現状では注目されていない分野でブレイクスルーイノベーションを実現するには、投資家と政府の行動変容が求められる。

この3種類は相互に関連し合っており、社会は3つを組み合わせて気候変動に対応する。例えばIPCCは、世界が 1.5°C 目標を達成するためには、大幅な排出量削減と炭素除去が必要だと明言している。もし削減のための技術開発が迅速に進まなければ、 1.5°C 目標を超えてしまう恐れがあり、そうなると気候変動の影響に対応するために大規模な適応策が必要になる。同様に、品質の高いデータを確保し、モニタリングを可能にすることも、排出量の削減や影響への適応には不可欠である。

しかし、一定の温暖化はすでに避けられない状況になっている。そしてその影響を最も強く実感するのが社会の、特にグローバルサウスの最貧困層である。これらの人々は、温室効果ガスの排出量が最も少ないにもかかわらず、最も深刻な影響を受ける。したがって、気候テックの全ての分野に資金を投入して公正な転換を達成し、全ての人にとって公平でグリーンな未来を実現しなければならない。先般のCOP26でも、世界的リーダーが「グラスゴー・ブレイクスルー」⁶を発表し、各国や企業が密接に協力して、開発途上国がネットゼロへの転換に必要な技術革新やツールを利用できるよう、支援する計画であると表明した。

成熟した資産クラスとしての気候テック

気候テック市場は、資産クラスとして急速に成熟が進んでおり、財務上のリターンだけでなく、環境や社会に並外れたインパクトを与える機会を投資家にもたらしている。気候テックは、もはや概念実証の段階を過ぎて、これまで縁のなかった投資家の関心をも引きつけている。気候テックは財務的に有望な投資機会を提供してはいるが、その価値は炭素排出量の削減と不可分であり、いざれバリデーションにグローバル炭素価格が反映されると考えられるため、適切な投資先に資金が流れるようにするためには、やるべきことが多く残っている。

グリーン復興と公正な転換の必要性

気候テックソリューションは、おおまかに次の3種類に分類される。

- 炭素排出量削減や炭素隔離により、気候変動を抑制するもの
- 気候変動の影響への適応を可能にするもの
- 気候変動とその影響を、データを通じて理解するためのもの

主な分析結果

2,220 億米ドル 2013年～2021年 上半期の気候テック投資額	210% 投資額の前年比増加率	3,000超 確認された気候テック スタートアップ数	600 億米ドル 2021年上半期の気候テック 投資額は600億米ドルを超 えている	14% 現在、ベンチャーキャピタル が投資した1ドルのうち14セ ントを気候テック投資が占め ている
---	--------------------	----------------------------------	---	--

地域別の分析結果（2020年下半期～2021年上半期の気候テック投資の総額）



最も投資が活発だった 投資ハブ（2020年下半期～ 2021年上半期）

- サンフランシスコ・ベイエリア
(米国カリフォルニア州)
- ロンドン (英国)
- ベルリン (ドイツ)
- ニューヨーク
(米国ニューヨーク州)
- ボストン
(米国マサチューセッツ州)



モビリティ・輸送

気候テック投資総額の
60%

1,320 億米ドル 全課題
分野の中で投資額が最も多い

133% 年平均成長率



ユニコーン企業

78 評価額10億米ドル超の
気候テックスタートアップ数

43 上記のうち、モビリティ・
輸送分野の企業数



投資家

6,000超
確認された投資家数

2,500 2020年下半期～
2021年上半期に投資を実施した
投資家数

1,600 2021年上半期に
投資を実施した投資家数



インパクト分析

分析対象とした15の特定の気候
テック分野のうち、削減可能な排
出量が多い上位5分野に見込まれ
る2050年までの削減量は、合計
で全体の80%を超えるが、それら
が2013年から2021年上半期まで
に調達した資金は気候テック投資
全体の25%に過ぎない。

注：使用したデータソースは欧州と北米の方
が充実しているため、分析では中国およ
びグローバルの投資の水準が相対的に控
えめに推計されている可能性があります。



1

序文

人類の非常事態（code red）

世界は気候変動の脅威を認識し始めたが、その言葉に行動が追いついていない。COP26を目前に控え、IPCCが厳しい警告を発した。IPCCが約10年ぶりの大規模なアセスメントを行い、2021年に公表した最新の報告書によると、大気温の上昇が人類の影響であることは間違いない、今世紀の上昇幅を1.5°C未満に抑え、壊滅的な気候変動を回避するために残されたチャンスは、急激に小さくなっている。

取り組みが本格化し、投資が激増した1年

新しいファンドが数多く組成され、気候テックにスピード的に資本が流れ込み、新しいタイプのさまざまな投資家が気候テック投資に参加するようになった。加えて、SPACなどの革新的な資金調達メカニズムが成長したことや、留保されていた手元資金が動き出したことも相まって、気候テックの投資規模は劇的に拡大した。この傾向は2021年下半期も続くとみられ、下半期はすでに現時点までRivian（25億米ドルを調達。上半期には27億米ドルを調達済みである他、引き続き増資やIPOを行う）、GoodLeap（8億米ドル）、Redwood Materials（7億5,000万米ドル）など、気候テックの大型案件がある。

政策面では、米国政府が超党派による1.2兆米ドル規模のインフラ計画法案に合意するなど、グリーン復興に向けて動き出している⁷。それと並行して、COP26では米国と中国が今後10年間の気候変動対策に向けて協力を強化すると表明し、英国はクリーンで安価なテクノロジーを普及させるための国際的な計画であるグラスゴーブレイクスルーを発表した。また、EUはグリーンウォッシング対策として3月にサステナブルファイナンス開示規則（SFDR）を導入した他、野心的かつ包括的な改革を行い、2021年7月に水素戦略などのGHG削減政策パッケージ「Fit for 55」を公表した。

このように、イノベーションを通じて気候変動対策を進めようという新しい政策が示されたことで、投資家と政府が協力し、気候テックの採用・普及を加速するために巨額の資金を確保する動きも進んでいる。その一例が、欧州委員会とBill Gates氏が支援するBreakthrough Energy Catalystのパートナーシップである。この取り組みでは、クリーンテックとサステナブルエネルギーのプロジェクトを対象に、5年間で最大10億米ドルの新規投資を行う計画である⁸。

民間セクターも、ネットゼロ転換を積極的に推し進める意欲と能力を見せており。今年は、民間企業が気候テックを取り入れた新しい事業運営モデルを市場に投入しており、例えば、StripeとShopifyは、テクノロジーソリューションを活用して炭素除去につながる新しい需要の創出に取り組んでいる。

こうしたさまざまな動きを背景に、投資家は極めて高い関心を持って気候テック資産に注目するようになった。

分析に使用した投資データ

本報告書で示した分析には、100万米ドル以上の資金を調達したスタートアップに対するベンチャーキャピタル投資とプライベートエクイティ投資のデータを使用した。調達ラウンドの種類については、グラント、エンジェル、シード、シリーズA～H、IPO（SPACを含む）を対象とした。

なお、次の点に十分な注意が必要である。本報告書は、気候テックの未公開市場への投資全般について包括的に分析することを目的としておらず、新しいイノベーションのスケールアップを目的とした投資に特に注目したものである。その観点から、例えばプロジェクトファイナンスや負債は分析対象外としている。プロジェクトファイナンスや負債は、近年、再生可能電力事業の大規模な拡大に活用されるなど、気候テックのスケールアップに役立つ重要な資金調達手段であることは実証されているが、成熟度の高い技術が中心で、通常、ブレイクスルーアイノベーションを開発中のスタートアップの利用は少ない。今回の分析評価対象の範囲については、付属資料2に詳述した。

2

投資状況の分析：

手法

気候テックとは？

気候テックは、温室効果ガスの排出量削減や気候変動影響への対策を明確な目的とするテクノロジーと定義されている。気候テックの応用例は、セクターに関係なく全体を大きく分けると、次の3グループに分類できる。

1. 温室効果ガスの排出を直接的に削減あるいは解消するもの
2. 気候変動の影響への適応を推進するもの
3. 気候への理解を深めるためのもの

気候テックという言葉は、温室効果ガス削減策に適用されるさまざまなテクノロジーやイノベーション、またそれらを活用する各種産業を幅広く網羅するため、あえて幅広く定義されている。

気候テックスタートアップを課題分野ごとに分類

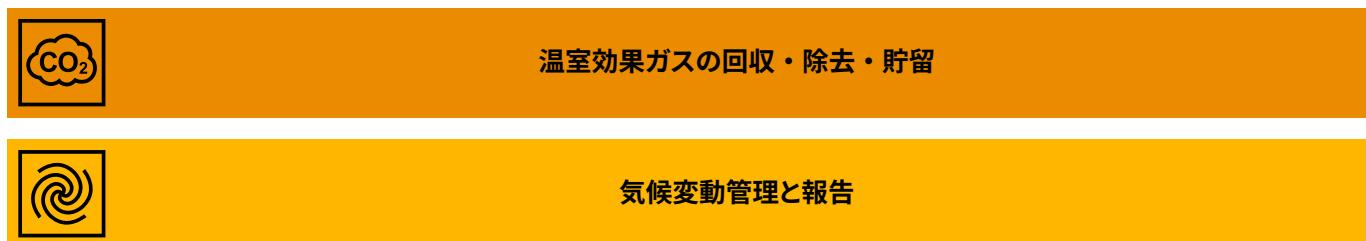
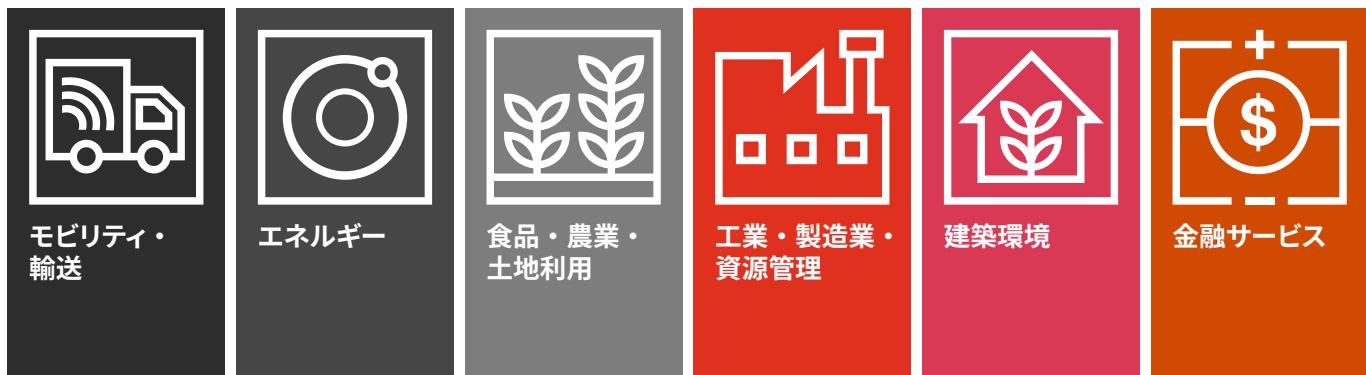
本報告書では、気候テック市場を詳細に検討するため、業種を垂直に分類した一般的な6項目と業種横断的に水平に切り分けた2項目それぞれについて気候テックを検討し、各項目に存在する気候変動対策の主要な機会を挙げた。具体的な分類は次ページのとおりである。昨年版からの改善点として、垂直分類項目に「金融サービス」を新たに加えた他、水平分類項目の1つを「気候変動管理と報告」と名称変更し、重要なこの分野に属するスタートアップの幅広さと種類が的確に反映されるよう定義も変更した。

本報告書の根拠に使用したデータの生成方法

投資状況の分析は、PwCの気候テック投資インデックス（Climate Tech Investment Index）をもとに実行した。このインデックスは、気候テックのスタートアップと投資家の情報を集めたPwC独自のデータベースであり、機械学習モデルと人手による大掛かりな認証によって構築され、継続的に更新されている。PwCの幅広い気候テックプラットフォーム（Climate Tech Platform）を構成する一部である¹¹。資金調達のデータは、スタートアップ、投資家、投資案件に関する情報収集を手掛けるグローバルデータプラットフォームのDealroom.coから提供を受けた。

投資家の方々からのフィードバックをもとに、気候テックスタートアップが私募市場と政府から調達した資金に的を絞って分析した。この手法は、スケールアップを目指すイノベティブな気候テックがどのような方法で資金調達をしているかの傾向を実証するために採用したものである。したがって、大規模な公募市場や、成熟した気候テック（風力や太陽光を活用した大規模な再生可能エネルギー事業など）のプロジェクトファイナンスは含まれない。また、一般企業が気候テックの研究開発に投じた資金も含まれていない。分析手法については、付属資料で詳述している。





PwCでは、上図に示した**8項目の課題分野**を全て合わせて気候テックソリューション全体の「ユニバース」とした。この8項目は、具体的なネットゼロ対策として項目ごとにさらに細分化した⁹。ネットゼロ対策の詳細な定義は、付属資料に記載した。課題分野の分類は、排出量削減の議論において一般的に使用されるIPCCの産業分類¹⁰におおむね沿ったものとした。

3

主な分析結果：

投資額と件数

全般的な投資水準

2021年上半年の気候テック投資額は、600を超えるスタートアップが600億米ドルを上回る資金を調達し、過去最高水準を記録した。伸び率についても前年比200%を超え、PwCがデータを記録した中で最も急激な伸びとなつた。序文でも述べたように、2021年下半期についても注目の大規模案件がすでに複数発表されていることから、この傾向は当分続くと思われる。

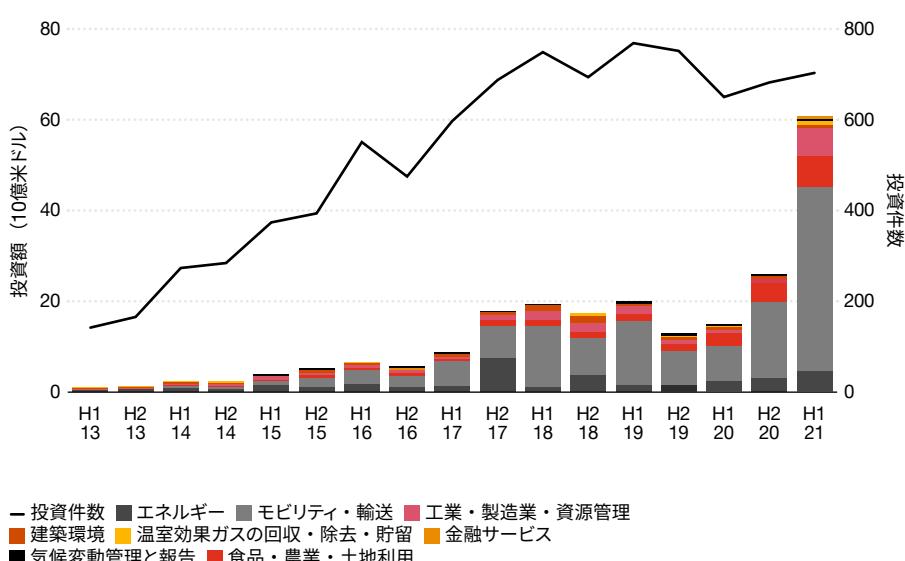
主な注目点¹²

気候テック投資は、2013年から2018年にかけて急速に伸びた後、2018～2020年はおおむね横ばいとなった。この時期はマクロ経済のトレンドや世界的パンデミックの影響を受けて、気候テック以外の分野も含めたベンチャーキャピタル投資およびプライベートエクイティ(PE)市場全体が軟調だった。

しかし、2021年上半年はESGへの注目が高まるとともに、眠っていた資金が活用され始めたため、気候テック投資は力強い復調を見せた。

PwCは、気候テックに投資した6,000を超える投資家を特定した。そこには、ベンチャーキャピタル、プライベートエクイティ、コーポレートベンチャーキャピタル、エンジニア投資家、ファンドソロリスト、政府系ファンドなどが含まれている。2013年から2021年までを合計すると、これらの投資家は全体で約9,000件の資金調

気候テックスタートアップへの投資額と投資件数



出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析

達ラウンドを実施し、3,000社を超える気候テックスタートアップに投資している。

2021年上半年に投資を実行した投資家は約1,600で、700件を超える資金調達ラウンドが実施された。これに対して、2020年上半年に

投資を実行した投資家数は900未満であるから、気候テック投資の競争率が上昇していることが分かる。資産クラスとしての気候テックの投資機会に精通した投資家の幅が広がりつつある。

モビリティ・輸送分野は、電気自動車やマイクロモビリティといった革新的な輸送モデルへの投資家の高い関心が継続し、投資額も引き続き最大となった。2021年上半期の調達額が大きかったスタートアップ上位10社のうち、8社がモビリティ・輸送分野に属していた。

成長率もモビリティ・輸送が最高だったが、工業・製造業・資源管理分野（IM&R）と金融サービス分野も僅差で迫っており、両分野とも2019年下半期から2021年上半期までの前年比が260%を超えていた。垂直分類した分野の中で成長率が90%に届かなかったのは唯一建築環境のみで、わずか20%だった。2つの水平的分類による課題分野の成長率は、温室効果ガスの回収・除去・貯留が前年比27%、気候変動管理と報告が前年比16%だった。各課題分野の成長の要因については、それぞれのセクションで解説する。

気候テック分野のユニコーンの数は、78社に増加した¹³。大半がモビリティ・輸送分野の企業（43社）で、次いで食品・農業・土地利用（13社）、工業・製造業・資源管理（10社）、エネルギー（9社）となった。

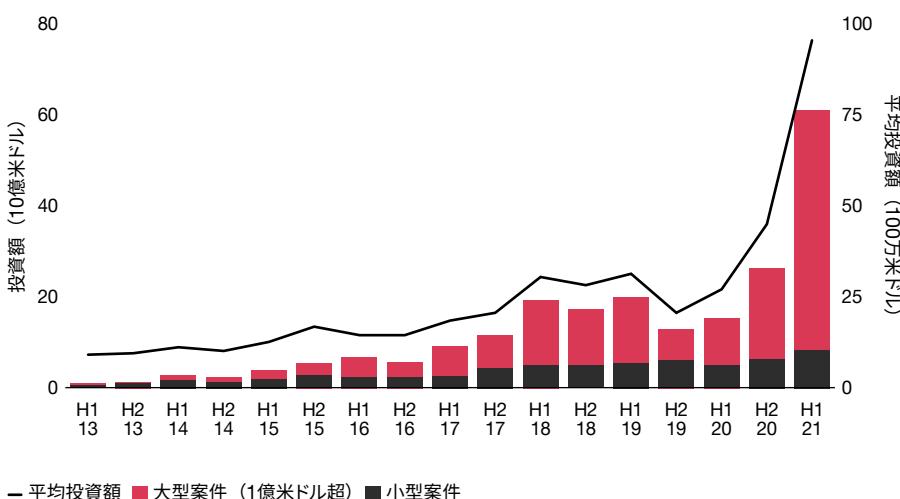
案件当たりの投資額：資産クラスとして成熟し、大型案件が増加

案件当たりの平均投資額は、2021年上半期に9,600万米ドルとなり、前年の2,700万米ドルから4倍近くに拡大した。2013年上半期に比べると、10倍を超える規模である。

大型案件（投資額1億米ドル超）も一般的となり、2021年上半期は大型案件の数が初めて3桁（122件）となった。

気候テックスタートアップ全体の投資総額の増加分の大半は、これらの大型案件によるものである。上述した大型件数の増加と、案件当たりの平均投資額増加の両方が要因となった。大型案件の平均投資額は、2013年上半期の1億3,000万米ドルから2021年上半期には4億3,000万米ドル超に増加した（これに伴って、全案件の平均投資額も9,600万米ドルに増加した）。高い将来性があり、多額の資金を調達できるスタートアップの一群が、投資額の増加をけん引していることが示されている。

案件規模別の気候テックスタートアップ投資額



— 平均投資額 ■ 大型案件（1億米ドル超）■ 小型案件

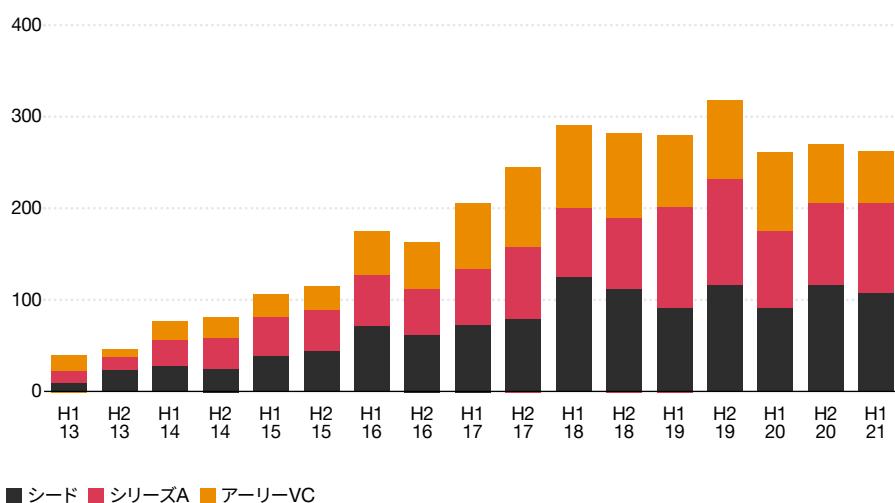
出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析



アーリーステージのスタートアップへの投資：停滞を脱し、勢いを維持するためにやるべきこと

気候テックがどこまで拡大するかについて、著名な投資家が予想している。Bill Gates氏は今年、「(気候テック分野で) Tesla級の企業で名が知られているのは今のところTeslaだけだが、これから8社、10社と登場してくるだろう¹⁴」と述べたと言われる。Larry Fink氏も同様に、「これから誕生するユニコーン1,000社は、(中略) グリーン水素、グリーン農業、グリーンスチール、グリーンセメントなどを開発する企業だろう」と述べている¹⁵。

アーリーステージにおける投資ラウンド数（100万米ドル超）



出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析

そうした予想に反して、アーリーVC、シード、シリーズAの投資件数は2018年以降停滞しており、半期ごとの件数は260～320件で推移している¹⁶。先に述べたように、規模の大きいスタートアップの資金調達は、気候テックが1つの資産クラスとして成熟度を増していることを反映して、順調である。しかし、これからも成長を続けようとするセクターでは、やがて気候テック分野のユニコーンあるいはギガコーンになるスタートアップの新しい波を起こす必要がある。

投資家への聞き取り調査では、気候テックのアーリーステージ投資はわずか数年前に比べても競争が激しくなっているという声が聞かれた。すなわち、投資案件の数が伸びないのは、投資家の関心の低さがボトルネックになっているからではないようだ。むしろ、主に次の2つの要因が重なって、アーリーステージの投資額の増加を抑制しているのではないかと考えられる。

リスク回避：1つめの要因は、アーリーステージの投資先が依然として「安全な」課題分野に著しく集中していることである。課題分野別の投資の状況が、アーリーステージとレイットステージでよく似ている。すなわち、アーリーステージ投資家は、成功が実証された分野で、いずれレイットステージでの調達に移行する予備軍に集中的に投資していると言える。現段階では未熟な課題分野で気候テックにおけるブレイクスルーイノベーションの新しい波を起こすには、もっと忍耐強い投資が必要だ。そうした分野の活動や研究開発のリスクを低下させるために、政府や政府系投資家が果すべき役割があると思われる。

人材確保：2つめの要因は、気候テックに限らずスタートアップ全般に言えることだが、今後の気候テックを担う人材確保の問題である。聞き取り調査では、他のテクノロジー分野の専門家が気候テックに多数参入して人材が厚みを増しつつあると話す投資家も少数いたものの、気候テックの課題と解決策を深く理解した上で起業できる人材となると、やはりまだ不足している。気候テックは、複数の業種にまたがる学際的な分野だという特徴があるため、バイオテクノロジーのような独立性の高い投資分野とは異なり、多様な人材を確保しなければならない。



SPAC：気候テックの成長を加速させるツール

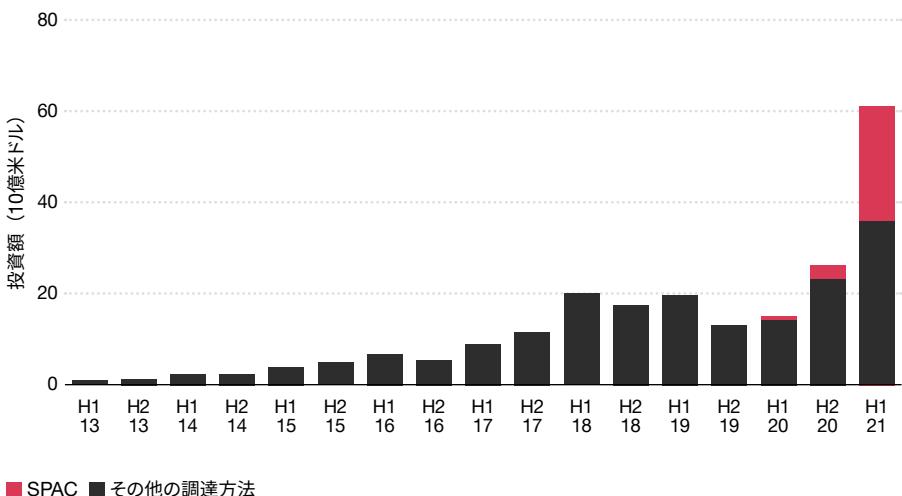
気候テック分野でも、SPAC（特別目的買収会社）を使った投資が始まった。SPACによる投資は、PwCのデータでは2019年までは1件もなかったが、2020年には35億米ドル、2021年上半年には250億米ドル（2021年上半年の投資総額の40%超）と急増した。このうち大半を占める200億米ドルがモビリティ・輸送分野で、29億米ドルが工業・製造業・資源管理、14億米ドルが食品・農業・土地利用、6億5,000万米ドルがエネルギーだった。

気候テックスタートアップの経営陣や出資者が、会社を上場して公開市場で資金を調達したいと考えたとき、SPACは新しい手段になる。気候テック投資を行うベンチャーキャピタルの多くは、SPACは気候テックにとって有利な方法だと考えている。しかし、最近は規制当局（特に米国の証券取引委員会）の審査が厳しくなっており、市場参加者の間では、「ツールとしてのSPACは時間とともに洗練されていくだろう」という認識が広がっている。



SPACは、スタートアップに高い流動性と新しい資金調達手法を提供している。特に、リスクが高いとみられるディープテックには有益だ。
(Ramez Naam, Singularity University)

SPACによる気候テック投資



出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析



気候テックの業績はポストIPOも好調

気候テック企業は、IPO後も力強く業績を上げている。下図は、Energy Impact Partners (EIP) の気候テックインデックスの業績をS&P 500と比較したものである¹⁷。EIPのインデックスは、幅広い気候テックソリューション分野の多くの企業をカバーしており、モビリティ・輸送、エネルギー、食品・農業・土地利用、工業・製造業・資源管理の各課題分野に属する企業を含んでいる。

気候テックインデックスのリターンはベンチマークよりはるかに高く、2020年1月から2021年10月までに3倍のリターンを生んでいる。成長が市場を上回った時期は、ネットゼロに向かう規制当局や企業の取り組みがさらに強化されるなど、昨年版の「気候テックの現状」報告書で挙げた推進要因の多くが顕在化してきた時期と重なっている。このように、気候テック企業は上場後の成長が市場を上回り、公開市場の投資家からも強く選好されていることが分かる。これを未公開市場の投資家から見れば、気候テックのスタートアップ投資はイグジットの機会が大きいことを示すシグナルになる。

2021年にはEIP気候テックインデックスのリターンが対ベンチマーク比で低下しているが、パンデミックなどで世界経済が縮小した時期の後なので、これは想定内である。縮短期があ

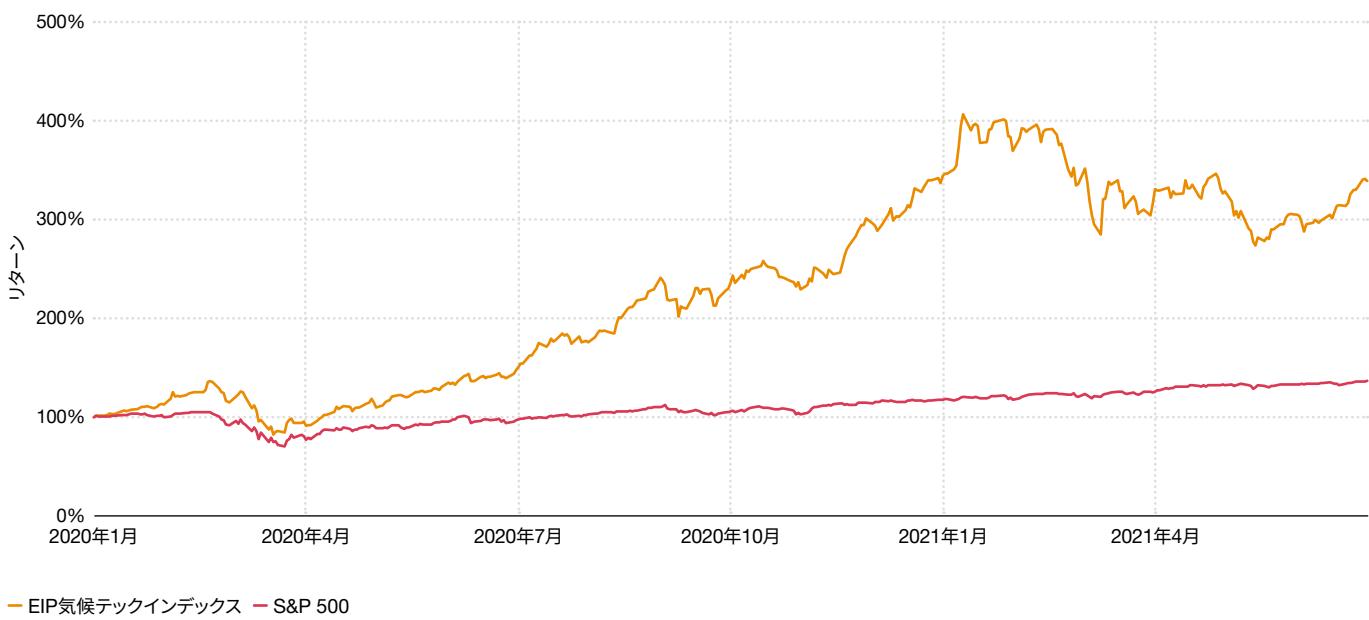


ると、投資家は通常、資金を短期的に安全な資産クラスに退避させる。しかし、COP26開催間近の2021年10月になると、需要シグナルの強さが追い風となって、EIP気候テックインデックスのリバウンドが始まった。

著名なベンチャーキャピタルの中には、IPO後も関与し続けて大きなリターンを得るために、新しいファンド設計を取り入れるところも出てきた。その1つであるSequoia Capitalは今年、ファンドを期限のない単一の構造に変更すると発表した。この新しい構造によってファンド、起業家、リミテッドパートナーの利益の一致が進み、柔軟性が向上して長期資金を確保しやすくなる¹⁸。新たな財務的価値を生み出す可能

性もある。Sequoiaが過去15年間の投資について試算したところでは、株式の保有期間をあと12カ月延ばしただけで、リターンが80億米ドル多かったと考えられる¹⁹。同時に、次世代の気候テックギガコーンの成長にもつながっていたはずである。

気候テック企業の株主総利回り



出所：RefintivのReturn Index表題：Energy Impact Partners (EIP) の気候テックインデックスとベンチマークのS&P 500との株主総利回り比較（許可を得てインデックスを使用）

4

課題分野の概要

このセクションでは、課題分野について個別に分析した。各分野の投資額は、属する技術の成熟度によってばらつきがある。また、各課題分野の中で、その業種に属するネットゼロ対策を分析して主要な投資テーマを2つ選び、解説した。

- 1 調達額が最も大きかったネットゼロ対策
- 2 調達額が最も急速に増加したネットゼロ対策

解説の対象は、今回PwCが行った調査分析の対象期間である直近12カ月（2020年下半期～2021年上半期）である。

モビリティ・輸送



モビリティ・輸送分野の概要と気候対策上の課題

輸送機関は、世界的に見て温室効果ガスの排出量が最も急速に増えている排出源の1つである。1990年比で71%増加しており²⁰、全排出量の16.2%を占める²¹。その排出量を削減する対策として人気が高まっているのが、電気自動車への移行である²²。また、輸送機関向け合成燃料に使われるグリーン水素の開発も、将来の水素経済を促進する鍵になるとして期待されている²³。グリーン水素の活用例については、本報告書の「エネルギー」のセクションでさらに詳しく解説している。

もしも現状のまま旅客や貨物の輸送が増え続けると、さまざまな削減策を取ったとしても、全てが帳消しになりかねない。輸送機関からの排出量とGDPの成長を明確に切り離すことが必要だ。さらに、輸送システムの電化も排出量ゼロ実現のために不可欠な対策の1つである。その点、モビリティプラットフォーム大手のUber、Lime、Arrivalが先日、2035年までに排出量を実質ゼロにすると公表したことは注目に値する²⁴。

加えて、新しいモビリティの選択肢（モーダルシフト、シェア交通、移動をしない選択など）の魅力を高めること、車両の性能向上、代替燃料、インフラ整備、環境投資の推進により注力するなど、今以上に幅広い取り組みを行うことも必須である。

課題分野の定義

モビリティ・輸送分野には、次のような課題がある。

- 空路、陸路、海路を使った人や物の移動に関連する（エンジン、設計、素材の）効率改善ツールの開発
- 電気自動車やマイクロモビリティ車両の開発、およびそれらの技術を普及させるためのインフラ（自動車の共同所有モデルや充電ポイントなど）の開発
- モビリティ用途の電池技術および関連インフラの開発
- 輸送システムの効率改善（自律走行技術やセンサー技術の活用、保守修繕の改善、都市計画や都市設計など）

主な項目に関するPwCの分析

投資額

580億米ドル

(↑前年比281%増)

2020年下半期～2021年上半期

1,320億米ドル

(年平均成長率133%)

2013年上半期～2021年上半期

投資件数

348件

(↑前年比3.6%増)

2020年下半期～2021年上半期

2,223件

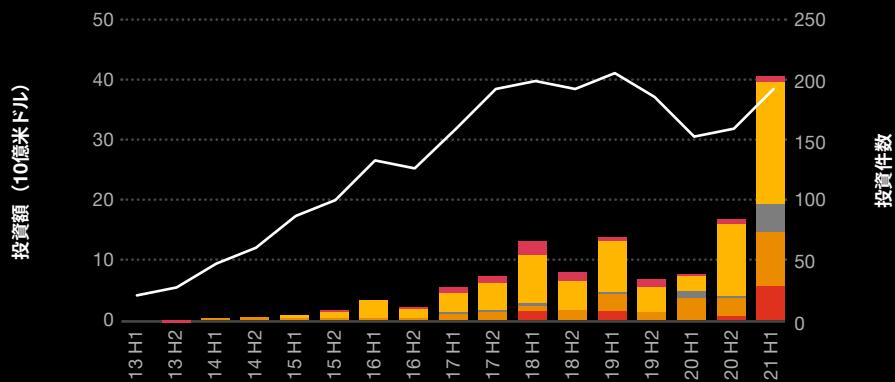
(年平均成長率33%)

2013年上半期～2021年上半期

ユニコーン企業

PwCが分析した範囲では、全課題分野のユニコーン企業78社のうち最多の43社がモビリティ・輸送分野に属している。中でも多いのがEV関連(16社)、次いで高効率交通システム(13社)、電池・燃料電池(5社)、低GHG航空輸送(5社)と続く。この分野のユニコーン企業のうち、19社が米国企業、15社が中国企業である。

モビリティ・輸送分野の投資額と投資件数



投資件数が最も多かった投資家

(EIC、EIT InnoEnergy、Eurostarsなど、公的資金が投入されているイノベーション機関は除く)

- Y Combinator
- Sequoia Capital
- トヨタ自動車

— 投資件数 ■ 移動に代わる手段（VR、テレワークなど） ■ マイクロモビリティ ■ 低GHG船舶輸送
■ 低GHG陸上輸送：電気自動車と高効率車両
■ 低GHG航空輸送 ■ 高効率交通システム ■ 電池・燃料電池

出所：PwC 「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析



PwCの見解

投資件数は、2013年上半期の20件から順調に増え、2019年上半期には207件と最多を記録した。その後、技術が成熟したため件数は減少した（2020年下半期は155件、2021年上半期は193件）が、1件当たりの金額は増加した。それに伴って投資額の合計も増加している（2020年下半期は170億米ドル、2021年上半期は400億米ドル）。これは大型案件が増えたためで、案件ごとの平均投資額は2020年下半期の1億1,000万米ドルから、2021年上半期には2億1,200万ドルに増加した。

投資件数は、高効率交通システムや低GHG道路輸送など一部の主要な対策分野が成熟期を迎えたことから、2018年をピークに減速の兆しを見せ始めた。低GHG船舶輸送、低GHG航空輸送、電池・燃料電池への投資件数は他の対策分野に比べて特に少なく、これらの技術の成熟度が相対的に低いことがうかがえる。

主要なネットゼロ対策

2020年下半期～2021年上半期の投資テーマ

(1) 調達額が最も大きかったネットゼロ対策：低GHG軽負荷・重負荷道路輸送

この対策分野への投資件数は、2020年下半期の49件から2021年上半期には58件に増加し、投資額は2020年下半期の1,220万米ドルから2021年上半期の2,040万米ドルと、件数の増加を大幅に上回る伸びを見せている。これによって1件当たりの平均投資額は、24万9,000米ドルから、35万2,000米ドルに増加した。EVなどの技術が成熟してその浸透率が市場のティッピングポイントに到達した結果、大型案件が増加したと考えられる。

注目のスタートアップ企業：²⁵

- Lucid Motors**は、ラグジュアリーEVの設計、開発、製造を行うシリコンバレーのスタートアップ企業である。期間中、69億米ドルを調達した。
- Plus**は、自動運転トラックを開発することによって、長距離トラック輸送の安全性、経済性、快適性を向上するとともに、環境負荷を減らすことをミッションとしている。期間中、10億米ドルを調達した。

(2) 調達額が最も急速に増加したネットゼロ対策：電池・燃料電池

電池・燃料電池分野への投資額は、2021年上半期に最高額を記録し、わずか18件で前年比1,722%増の59億米ドルとなった。背景には、再生可能エネルギーを支える貯蔵技術へのニーズが高まったことや、EVが市場のティッピングポイントに到達したことなど、多くの要因がある。

注目のスタートアップ企業：

- Northvolt**は、クリーンエネルギーを利用してリチウムイオン電池を製造している。期間中、34億米ドルを調達した。
- Ample**は、モジュール式バッテリーパックを用いて高速充電を可能にし、価格競争力の高い充電インフラを提供している。期間中、2,450万米ドルを調達した。





低GHG船舶輸送

船舶輸送セクターは、世界のGHG排出量の3%近くを占め²⁶、汚染度が高いにもかかわらず、これまで見落とされがちだった。しかし、世界貿易の約90%を担う船舶輸送に対して、脱炭素化の圧力が高まっている。それでも、船舶輸送関連スタートアップへの投資は依然として限定的であり、2013年から2021年上半年の間に資金調達を実現したスタートアップはわずか15社、調達額は約1億1,350万米ドルにとどまった。これは、モビリティ・輸送分野に属する対策技術の中で2番目の低さである。

輸送効率の向上

最も多額の資金を調達したのは、船荷主が高精度の輸送データや予測データにアクセスして輸送効率を向上できるようにするソフトウェアソリューションだった。これによって、サプライチェーン全体の排出量を削減できる。そのうちの1社であるNautilus Labsは、1,300万米ドルを調達し、海運事業の効率を進化させるAIソフトウェアを構築した。またEnvoyは、580万米ドルを調達し、世界各地の船舶に電気推進技術を活用して、汚染の防止に貢献している。

化石燃料の削減

船舶輸送では、化石燃料の削減に向けた投資は依然として初期段階にある。電動船外機などのモーター技術に注力し、資金を調達したスタートアップも一部あるが（Oceanvolt、Pure Watercraft）、開発する技術は小型のプレジャーボート向けが多く、長距離輸送向けではない。水中翼船や船舶用風力補助推進システムといった省燃費技術への投資もあったが、その水準はやはり限定的である。

その理由は？

- 炭素税のような規制上のインセンティブがないため、セクターとして野心的な脱炭素化目標が設定されない。
- 新しい技術やインフラの開発には、資金と時間が必要である。
- よりクリーンな燃料の価格にはグリーンプレミアムが含まれるため、コスト効率が低下し、商品価格が上がる。
- 国、海運会社、港湾、メーカーなど、サプライチェーンの多様な参加者の間で、コミュニケーション、コラボレーション、技術の統一が行われていない。
- 國際海運業界はもともと寡占性が高いため、競争が少なく革新的企業が参入しにくい。



エネルギー



エネルギー分野の概要と気候対策上の課題

エネルギーの製造、輸送、使用によって排出される温室効果ガスは、世界全体の総排出量の約4分の3を占める。エネルギー部門に直接に分類されるものだけでも総排出量の13.6%になる。すなわちエネルギー部門は、気候テックのみならず行動変容なども含む脱炭素化戦略を通じた対応が求められる、最大の機会が存在する部門の1つである²⁷。温室効果ガスの排出量を減らし、世界がパリ協定の目標達成に向けて歩み続けるためには、低炭素エネルギーを迅速に拡大させることが不可欠である。しかし、国際エネルギー機関（IEA）の推計によると、コロナ禍のダメージを受けた米国経済の再建に政府が投じた16兆米ドルの財政支援のうち、クリーンエネルギーに配分されたのはわずか2%だった²⁸。

その一方、学習曲線と規模の経済の効果で、再生可能エネルギーの単位当たりのコストは年々低下し²⁹、エネルギー効率は向上し続けている³⁰。エネルギー分野全体の投資は他の課題分野に比べて低くなっているが、これは、風力発電や太陽光発電が成熟度を増して、資金調達の手段をベンチャーキャピタル以外の負債やプロジェクトファイナンスなどに変更していることが影響しているためである。

反対に、核融合産業への投資は世界的に増加しており、2010年以降に設立された35社が資金を調達した。加えて、エネルギー貯蔵、送電用スマートグリッドの効率化といった技術についても、イノベーションを支え、再生可能発電を拡大し、e-モビリティへの移行を推進するために、ベンチャーキャピタルによる投資が求められている。

課題分野の定義

エネルギー分野には、次のような課題がある。

- 代替燃料の製造、開発、販売
- 負荷平準化（貯蔵）や需給平準化のメカニズムなど、再生可能エネルギーの普及を支援する施策
- エネルギーセクター やエネルギー集約的な電子技術（データセンターなど）の効率を向上させ、また、それに伴うGHG排出量を削減するための施策

ただし、石油精製やガス精製における換気やフレアリングの改善機構など、化石燃料発電の効率化を目的としたものは除く。

主な項目に関するPwCの分析

投資額

82億米ドル

(↑前年比96%増)

2020年下半期～2021年上半期

315億米ドル

(年平均成長率32%)

2013年上半期～2021年上半期

投資件数

295件

(前年比増減なし)

2020年下半期～2021年上半期

2,110件

(年平均成長率17%)

2013年上半期～2021年上半期

ユニコーン企業

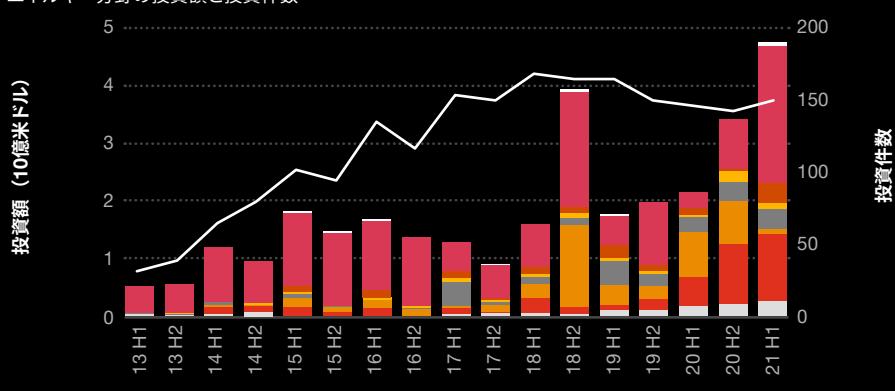
本報告書で明らかになった気候テック分野のユニコーン78社のうち、エネルギー分野の企業は9社（12%）だった。中でも多かったのは、エネルギー集約型エレクトロニクスの効率化・モニタリングと管理のスマート化を扱う企業（3社）と、再生可能エネルギー発電を行う企業（3社）だった。

投資件数が最も多かった投資家

（EIC、EIT InnoEnergy、Eurostarsなど、公的資金が投入されているイノベーション機関は除く）

- Total Energies Carbon Neutrality Ventures
- Breakthrough Energy Ventures
- Demeter

エネルギー分野の投資額と投資件数



— 投資件数 ■ 廉熱の回収・転換・貯留 ■ 再生可能エネルギー発電 ■ 新型原子力発電
■ 抽出・メンテナンスの低GHG化 ■ エネルギー集約型エレクトロニクスの効率化・モニタリングと管理のスマート化 ■ 送電網管理 ■ エネルギー貯蔵（熱または電気） ■ 代替燃料

出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析

PwCの見解



全体の投資額が増加した要因は、投資件数の増加ではなく、各案件の規模が大きくなったことである。1件当たりの平均投資額は、2020年上半期の1,500万米ドルから2021年上半期には3,100万米ドルに倍増した。EVがティッピングポイントを迎えたことを背景に、水素とエネルギー貯蔵が投資家の関心を集めたことに加え、リチウムが不足するかもしれないという予測も投資を後押しした³¹。水素市場、電池貯蔵市場は相対的に成熟が遅れているが、企業からの需要と規制の要請を考え合わせれば、両市場は間もなくディスラプション（破壊的変革）を迎えると思われる。

世界では、各国による水素戦略の発表が相次いでいる。フランス、ポルトガル、スペイン、オーストラリア、ドイツ、オランダ、英国、ノルウェー、カナダ、チリ、フィンランド、日本がすでに戦略を策定している。これを受け、水素関連プロジェクトも複数発表された。グリーン水素の製造が中心ではあるが、それ以外にも幅広い多数の用途がある³²。グリーン水素は、世界的な気候目標やセクターごとの活動によって、今後も伸び続けると思われる³³。しかし、各国の公約や目標には拘束力がないため、水素が化石燃料並みの価格競争力を持つのがいつになるかは不透明だ。次ページのコラムでは、水素にスポットライトを当て、この点について詳しく検討する。

欧州ではEUの「Fit for 55」の水素戦略によって水素インフラの普及が加速し、グリーン水素スタートアップが活躍できる市場が広がった³⁴。また、EUは「ReFuelEU Aviation」の取り組みにも着手した。この取り組みでは、欧州における持続可能な航空燃料（SAF）の割合を2020年の0.05%から2030年には5%、2050年には63%まで引き上げる計画になっている³⁵。こうした代替燃料は既存のインフラをそのまま使ってすぐに展開できるため、投資家は、代替燃料を転換期に重要な役割を果たす技術だと考えている。

主要なネットゼロ対策

2020年下半期～2021年上半期の投資テーマ

(1) 調達額が最も大きかったネットゼロ対策：再生可能エネルギー発電

再生可能エネルギー発電への投資件数は、ほぼ横ばい（2020年下半期が144件、2021年上半期が151件）だった。一方で、投資額は2020年下半期の8億8,200万米ドルから2021年上半期の24億米ドルに増加した。この対策分野では、高額の投資を集めやすい成熟した技術が使われているため、大型案件が増えていると考えられる。大型案件は昨年同様、太陽光発電や風力発電といった成熟した技術を活用する案件だった。

注目のスタートアップ企業：

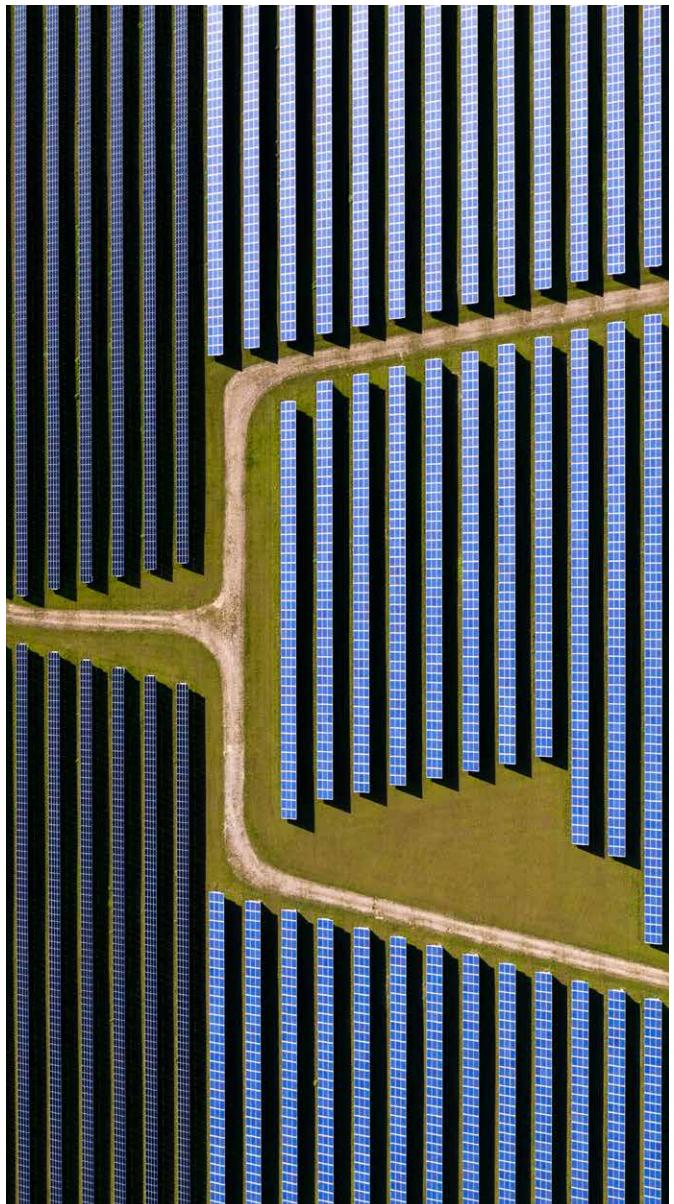
- Green Hydrogen Systems**は、グリーン水素製造用に、標準化したモジュール式電解槽を生産している。期間中に1億9,600万米ドルを調達した。
- Eavor Technologies**は、地熱エネルギーソリューションを提供している。期間中に4,000万米ドルを調達した。同社のEavor-Loopは、閉じたパイプを使って地中深くから熱を取り出すシステムで、商業用の熱源として利用したり、既存の発電機関を使って熱から電力を生み出したりできる。

(2) 調達額が最も急速に増加したネットゼロ対策：エネルギー貯蔵

エネルギー貯蔵への投資は、引き続き増加している（2020年下半期は10億米ドル、2021年上半期は12億米ドル）。その要因は件数の増加である（2020年下半期は20件、2021年上半期は27件）。気候テック分野の他の資産クラスに比べると大型案件が少なく、この技術分野の成熟度が相対的に低いと考えられる。

注目のスタートアップ企業：

- QuantumSpace**は、EV用固体電池を生産している。幅広い投資家やコーポレートベンチャーキャピタルから投資を集め、期間中、7億8,000万米ドルを調達した。
- Malta**は、グリッドスケールの新しい技術で電力を集めて長期間貯蔵できる熱電エネルギー貯蔵システム事業に向け、期間中5,000万米ドルを調達した。





グリーン水素

ここ4年間は、再生可能電力を使って水を電気分解して製造するグリーン水素への関心が高まっている。世界では、重工業、長距離輸送、発電をはじめ、さまざまなセクターで脱炭素化の取り組みが進んでいるが、グリーン水素はこうした取り組みに貢献しながら将来の電気需要にも対応できる方法として有望視されている。

グリーン水素のバリューチェーン



1. 製造

予測されるグリーン水素需要を満たすには、電気分解のコスト低下と効率向上が必須である。グリーン水素製造は、2013年上半期から2021年上半期の間に14億米ドルを調達し、年平均成長率は60%だった。グリーン水素の広範な普及に向けて、大半の企業が大規模かつ長期運用可能な電気分解技術の開発に取り組んでいる。代表的なスタートアップには、Green Hydrogen SystemsやH2Proなどがある。

2. 貯蔵と輸送

現在、水素は保存もできるし、合成燃料に転換したり、パイプラインやトラック、船舶などを使って製造地から各地へ輸送したりすることも可能になっている。実際に使用する場所では、圧縮、貯蔵、ディスペンサー、メーター、不純物検知と精製などの技術インフラが追加で必要である。水素のバリューチェーンの中で、貯蔵と輸送は、製造に比べてベンチャーキャピタルの投資額がはるかに少ない。それは、水素の輸送にはインフラ整備に多額の投資が必要になることが主な理由である。しかし、燃料電池自動車の普及を促進させるため、水素充填ステーションに投資が向かい始めた。先日、HTECがChart Industries Inc.とISQから2億1,700万カナダドルを調達したのも、その一例である。

3. 最終用途

現段階で最も有望なグリーン水素の用途は、工業プロセス（鉄鋼、鉄、化学）と長距離輸送（水素燃料電池技術、民間輸送への水素技術の活用）である。グリーンスチールを製造するスウェーデンのスタートアップ企業H2 Green Steelは今年、鉄鋼の製造プロセスを脱炭素化するためシリーズA投資ラウンドで1億500万米ドルを調達した。投資したのはExor、Wallenberg傘下のFAM、イタリアの鉄鋼会社Marcegaglia、スウェーデンの起業家Cristina Stenbeck氏などである。

水素は次のブームになるか?

政府による水素への取り組みは明らかに加速している。12の国とEUが国としての水素戦略をすでに公表した他、19の国が戦略の策定を進めている³⁶。英国政府は、炭素排出量の少ない水素エネルギー生産に対し、2030年までに民間から約40億ポンドの投資が集まることを期待している³⁷。

一方、民間企業の側でも取り組みが進んでいる。Shell、BP、三菱パワーワークスの各社は、それぞれ水素戦略を発表し、グリーン水素事業を含むネットゼロ戦略を宣言し、水素エネルギーのインフラへの投資を増大させ始めている。PwCは、世界のグリーン水素の需要は2050年までに約5億3,000万トンに達し、石油に換算すると約104億バレル（コロナ禍前の世界の石油生産量の約37%）を代替すると予測している³⁸。

しかし、グリーン水素を使えば全てのセクターで脱炭素化が一気に進むと考えるのは、過剰な期待というものである。規制上の課題や技術的・経済的課題が脱炭素化を阻んでおり、一部の最終用途セクターでは特に深刻である。そのため投資に際しては、最も将来性があるのはどの最終用途セクターなのかを自問するところから始める必要がある。

食品・農業・土地利用



食品・農業・土地利用分野の概要と気候対策上の課題

世界で排出される温室効果ガスの20.1%は、食糧システムからのものである³⁹。中でも最も多いのが、農業と土地利用活動からの排出である⁴⁰。社会は、人口増加、都市化の進行、環境悪化といった人為的な圧力を受け、さらに、世界の食品産業が気候変動の深刻化につながるという課題にも直面している⁴¹。

消費者ニーズの高まりや報道の影響で、植物由来の代替肉や代替乳製品への投資が増えている⁴²。また、それに続く次世代ソリューションとして、昆虫タンパク質（食用および飼料用）⁴³、培養肉⁴⁴、遺伝子編集⁴⁵も期待されている。

食品ロスや食品廃棄物の削減、食品の保存期間を延ばせるサステナブルな包装の開発にも注目する必要がある。食料システムの温室効果ガス排出量の約4分の1を、食品のロスや食品廃棄物が占めていることを考えれば、この問題は重大である⁴⁶。

課題分野の定義

食品・農業・土地利用分野には、次のような課題がある。

- 食品生産の方法。炭素集約度の高い動物由来食品を代替するものが多く、一般的にバイオテクノロジーを活用する（合成タンパク質など）
- 低GHG農法。効率が高く、炭素排出量が少ない農業。精密農業、垂直農業、エアロポニックなど
- 自然環境の管理と改良。特に、森林再生、造林、森林破壊の回避などを通じて行う
- 土地管理による炭素排出量の削減。例えば、土壤二酸化炭素の隔離など
- 食品サプライチェーンのGHG排出量削減に関するあらゆる活動（食品の腐敗防止など）

主な項目に関するPwCの分析

投資額

107億米ドル

(↑前年比132%増)

2020年下半期～2021年上半期

249億米ドル

(年平均成長率80%)

2013年上半期～2021年上半期

投資件数

354件

(↑前年比3.5%増)

2020年下半期～2021年上半期

1,922件

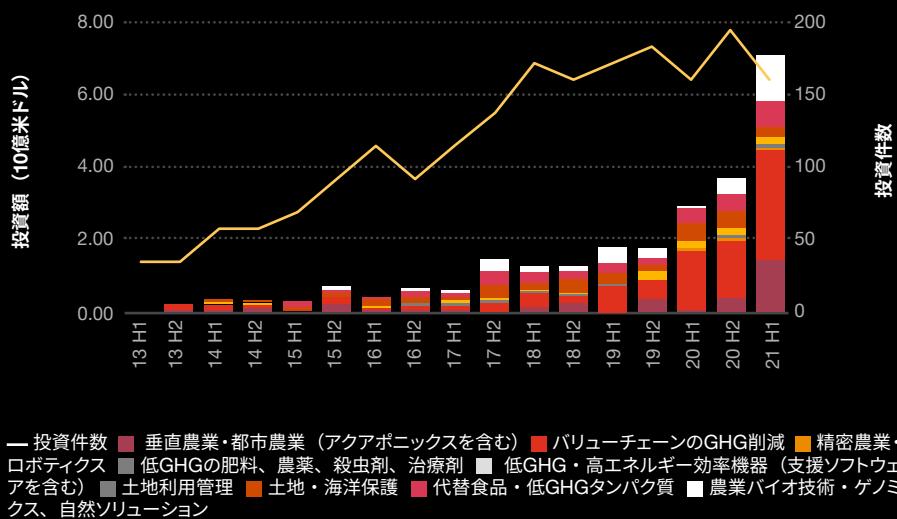
(年平均成長率28%)

2013年上半期～2021年上半期

ユニコーン企業

PwCの調査によると、食品・農業・土地利用分野はモビリティ・輸送分野に次いで2番目にユニコーンの数が多く、気候テック全体の78社のうち13社がこの分野だった。その内訳は、5社が代替食品・低GHGタンパク質、3社がバリューチェーンのGHG削減、2社が精密農業・ロボティクス、2社が垂直農業・都市農業、1社が農業バイオ技術・ゲノミクスだった。

食品・農業・土地利用分野の投資額と投資件数



出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析

PwCの見解



食品・農業・土地利用分野では、昨年同様に投資案件の大半が代替食品と低GHGタンパク質企業へのもので、前年比増加率は111%だった。増加の原動力となったのは、消費者がよりサステナブルなライフスタイルを実現する新たな製品を求めるようになったことと、課題分野が成熟して投資家の信頼感が高まり、案件の規模が拡大したことである。

農業バイオ技術・ゲノミクス・自然ソリューション、バリューチェーンのGHG削減、垂直農業と都市農業の各分野では、2020年下半期から2021年上半年の間に調達額が10億米ドルを超えた。

主要なネットゼロ対策

2020年下半期～2021年上半期の投資テーマ

(1) 調達額が最も大きかったネットゼロ対策：代替食品・低GHGタンパク質

この対策分野に対する投資は、件数は減少しているものの（2020年下半期は86件、2021年上半期は70件）、金額は増加した（2020年下半期は15億米ドル、2021年上半期は30億米ドル）。1件当たりの平均投資額は、1,740億米ドルから4,030億米ドルへと2倍超に増加している。市場の成熟が案件規模の拡大に反映しているかたちだが、平均調達額はまだ大型案件の基準には届いていない。主な成長要因は、肉の摂取量を減らして生活スタイルのサステナビリティを向上したいという消費者の要望である。

注目のスタートアップ企業：

- **Mosa Meat**は、牛の細胞を材料として、クレエルティフリーな（動物を傷つけない）培養肉を工場で生産する企業である。期間中に9,000万米ドルを調達した。
- **The Protein Brewery**は、動物性の素材を使わずに食用の真菌タンパク質を製造し、代替タンパク質市場に供給している。期間中、2,600万米ドルを調達した。

(2) 調達額が最も急速に増加したネットゼロ対策：垂直農業・都市農業

垂直農業・都市農業への投資額は急速に増えたが（2020年下半期は4億2,000万米ドル、2021年上半期は12億米ドル）、件数はほぼ横ばいだった（2020年下半期は12件、2021年上半期は13件）。2021年上半期に投資額が急増した要因は、ESGへの関心が高まったことに加え、コロナ禍によって大きく混乱したサプライチェーンを合理化する動きが進んだためと考えられる。

注目のスタートアップ企業：

- **Bowery Farming**は、都市近郊で大規模な垂直農業を行い、輸送距離を短くして効率的に農産物を消費者に届けている。また、少ない水の量で、農薬を使わずに栽培している。期間中に3億米ドルを調達した。
- **Intelligent Growth Solutions**は、垂直農業や都市農業を対象に、IoT（モノのインターネット）を活用した遠隔による監視・制御システムで栽培条件を管理し、作物に理想的な気候環境を作り出している。期間中に500万米ドルを調達した。



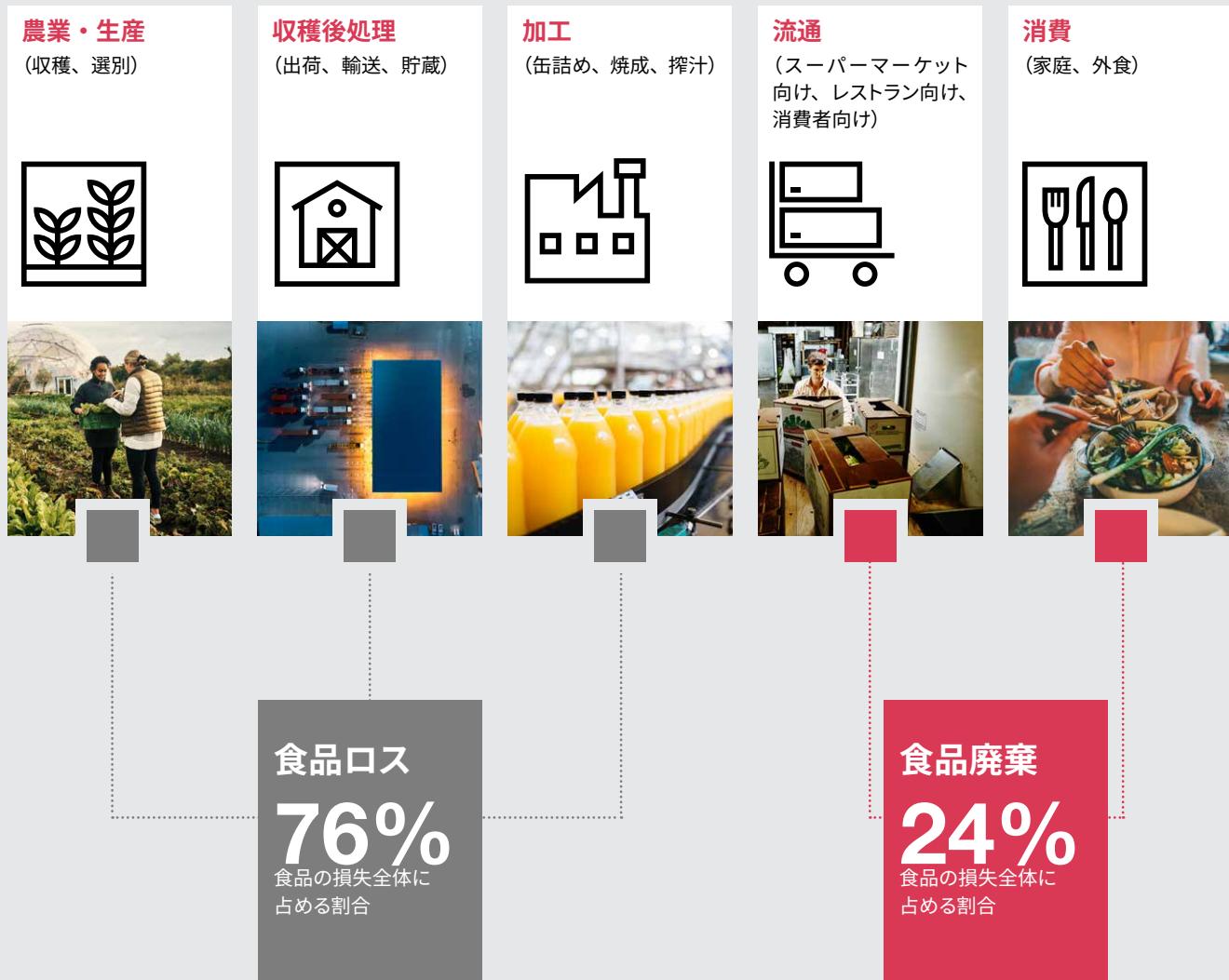


食品廃棄物削減の技術

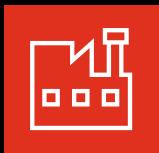
世界の温室効果ガス排出量のおよそ6%は、食品廃棄物が原因である⁴⁷。しかしこの数値には、出荷されずに農場で廃棄されたものは含まれていないため、実際の数値はさらに高いと考えられる。このセクションでは、畑から食卓までのサプライチェーン全体について検討し、どこにイノベーションや投資が必要かを明らかにする。

食品のサプライチェーンは、農業に始まり、収穫後の処理、加工、流通、そして消費に至るまで、細かく分かれている。ここでは、食品廃棄と食品ロスを明確に区別することが重要だ。食品廃棄とは、食用に適しているにもかかわらず、流通の段階でサプライチェーンから外れてしまった食品を指す。一方、食品ロスとは、製造や供給の非効率性により発生するものを指す⁴⁸。食品廃棄は小売店や消費者などサプライチェーンの末端で発生することが多く、食品ロスはサプライチェーンの上流側で発生することが多い。

下の図は、気候テックスタートアップがどの段階で介入しているかを示している。食品廃棄と食品ロス全体を見ると、生産から流通までの間に発生する食品ロスの占める割合が大きく、全世界における総量の約76%になっている。一方、消費者が廃棄する食品の割合は約24%である⁴⁹。このことから、上流の食品ロス対策に取り組むためのイノベーションやスタートアップ投資を継続する必要があることが分かる。例えば、農業バイオ技術産業などが考えられる。加工段階については、参入するスタートアップがいない点にも注目すべきだろう。加工段階においても具体的な製品について、企業が研究開発やイノベーションに取り組む必要がある。



工業・製造業・資源管理



工業・製造業・資源管理分野の概要と気候対策上の課題

工業と製造業は、世界の温室効果ガス排出量の29.4%を占めている⁵⁰。しかも、削減するには既存の設備を改造したり、更新したり、入れ替えたしなければならず、関連するサプライチェーンの転換も必要になるため、削減が最も難しい分野の1つである。私たちの日常生活は、工業プロセスに必要な素材や資源に支えられている。化学物質はプラスチック、肥料、合成繊維の材料になり、コンクリートと金属はさまざまなインフラ資材のもとになっている。

温室効果ガスは、素材の製造、製品の製造プロセスや工業プロセスで使われるエネルギーから排出される。加えて、工業プロセスそのものからも生じる（化学反応によってCO₂が発生するなど）。そのため、工業・製造業分野全体の絶対的な排出量を減らすには、より有効な資源の活用や、プロセス効率やエネルギー効率の改善など、幅広い対策を実施する必要がある。

課題分野の定義

工業・製造業・資源管理分野には、次のような課題がある。

- 重量やサイズの大きい製品の製造や素材の生産によって排出される炭素排出量の削減
- 製造過程からの廃棄物を削減し、再利用し、管理するための取り組みや対策
- 従来型の材料（化学品、鋼鉄、プラスチックなど）の代替品となる低GHG素材の開発
- 製造、輸送、処分において、素材の廃棄を減らしたり、リサイクル率を上げたり、素材の回収や再生を可能にする方法の開発。循環型経済モデルなど

主な項目に関するPwCの分析

投資額

69億米ドル

(↑前年比266%増)

2020年下半期～2021年上半期

189億米ドル

(年平均成長率75%)

2013年上半期～2021年上半期

投資件数

168件

(↑前年比10.6%増)

2020年下半期～2021年上半期

1,137件

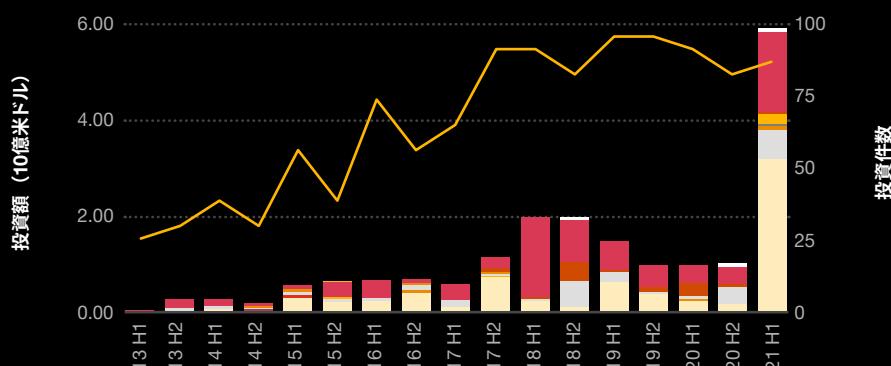
(年平均成長率15%)

2013年上半期～2021年上半期

ユニコーン企業

今回PwCが分析したユニコーン企業78社のうち、工業・製造業・資源管理分野に属するのは10社だった。最も多かったのが循環、リサイクル、材料効率対策（5社）、次いで高エネルギー効率・高資源効率の製造プロセス（3社）だった。

工業・製造業・資源管理分野の投資額と投資件数



— 投資件数 ■ 廃棄物管理技術 ■ 革新的な循環・リサイクル、低GHG・高効率素材 ■ 低GHGのプラスチックまたは代替物 ■ 低GHG素材と素材リサイクル ■ 低GHGの鉄・鉄鋼・アルミニウム ■ 低抽出・供給・メンテナンスの低GHG化 ■ 低GHGの建築用コンクリートおよび代替物 ■ 低GHG化学品（プラスチックを除く） ■ 産業廃棄物の処理・管理 ■ 高エネルギー効率・高資源効率の製造プロセス

PwCの見解



調査期間中、工業・製造業・資源管理分野の投資件数はほぼ横ばいだった（2020年下半期は82件、2021年上半期は86件）一方で、投資金額は急増した（2020年下半期は9億9,600万米ドル、2021年上半期は59億米ドル）。また、案件当たりの平均投資額は、同期間に1,210万米ドルから6,860万米ドルに増加した。すなわち、規模の大きい案件が大幅に増えたわけだが、とは言え、この課題分野の技術はまだ相対的に未成熟なため、大型案件に分類されるものは出てきていません。

ネットゼロ達成に役立つ技術の拡大と普及を加速させようと、民間企業もこの課題分野に参入してきており、その結果、市場需要が発生している。例えばSteelZeroの取り組みもその一例で、LandsecやLendleaseといった大手民間企業が、自社が調達する鉄鋼製品の50%を2030年までにネットゼロとし、2050年には100%をネットゼロにすると発表している⁵¹。これが市場へのシグナルとなり、技術がまだ未成熟な分野ではあるものの、投資を後押ししている。

この課題分野の成長を中心的に支えている対策はエネルギー効率や資源効率の高い製造プロセスで、2020年下半期から2021年上半期の投資額の50%近くを占めている。また、資源の効率的利用や循環型ビジネスモデルへの関心も高まっており、同期間の革新的な循環・リサイクル、低GHG素材への投資は30%となっている。

主要なネットゼロ対策

2020年下半期～2021年上半期の投資テーマ

(1) 調達額が最も大きかったネットゼロ対策：高エネルギー効率・高資源効率の製造プロセス

この対策に対する投資は、投資件数と投資額のいずれも増加しているが、増え方の程度には差がある（2020年下半期の投資件数は11件で投資額は1億2,300万米ドル、2021年上半期は16件で32億米ドル）。すなわち、案件の平均投資額は同期間に1,120万米ドルから2億米ドルに急増したわけである。エネルギーと資源の効率的利用は、政府にとっても、またネットゼロを掲げる企業にとっても優先度の高い課題として浮上しており、その結果、投資総額も平均投資額も増加している。

注目のスタートアップ企業：

- **Ginkgo Bioworks**は、バイオ技術を活用して細胞をプログラミングし、効率的な方法で食品、素材、治療剤などを製造している。期間中、25億米ドルを調達した。
- **Diamond Foundry**は、エネルギー効率の高い新しい技術で発生させたプラズマによるプロセスを用いて、カーボンフットプリントゼロでダイヤモンドを成長させている。鉱山での採掘も不要である。同社は期間中、2億米ドルを調達した。

(2) 調達額が最も急速に増加したネットゼロ対策：低GHGの鉄・鉄鋼・アルミニウム

低GHG金属の技術は依然として開発の初期段階にあり、価格也非常に高いが、SteelZeroなどの取り組みによって民間の投資需要が発生しつつある。加えて、一部の企業が他社に先行して鉄鋼産業のネットゼロ化への転換を加速させていることも、投資の後押しになっている。

SteelZeroのような取り組みや、政府と企業のネットゼロ宣言などが呼び水となって、低GHG金属技術への関心がさらに高まると期待される。この対策技術は、スタート地点が歴史的に低かったことも影響して（2020年下半期は0米ドル、2021年上半期は1億7,100万米ドル）、前年度比で驚異的な伸びを見せている（7,271%）。

注目のスタートアップ企業：

- **H2 Green Steel**は、原材料のイノベーション、AIを活用したプロセスの効率化、再生可能エネルギー電力の利用を通して、鉄鋼生産の脱炭素化を推進している。期間中、1億500万米ドルを調達した。
- **Boston Metal**は、特許を持つ溶融酸化物電気分解技術を使って電気による一次鋼材の製造を実現し、液状鉄を製造している。加えて、炭素排出量ゼロの再生可能電力を使用している。期間中、6,600万米ドルを調達した。





建築環境

建築環境分野の概要と気候対策上の課題

世界の温室効果ガスの20.7%は、建築・建設分野から排出されている⁵²。このうち3分の2近くが建物の運用によって排出されるものであり、その他は内包炭素、すなわち建築資材や建設作業に伴う炭素から排出されるものである。

建築環境分野のカーボンフットプリントを減らすには、建物と建築資材の両方について、効率が高く、スマートで、安価なものを実現しなければならない。暖房、照明、電気器具などの効率を高める細かい対策も有益であるが、建築環境は影響を及ぼす範囲が広いため、より中枢的なソリューションも必要である。例えばビル単位での蓄電や蓄熱、イノベーティブな建築方法や革新的な循環、センサーを用いたスマートなビル管理などである。

課題分野の定義

建築環境分野には、次のような課題がある。

- 商業用、住居用建物向けの高効率な備品、設備、照明、空調（地域レベルのソリューションを含む）
- 建物のエネルギー消費のスマート管理。センサー、スマートデバイス、後続データのAI分析、消費者用アプリによるコントロールなどを活用する
- 建築を簡便化し、現場の廃棄物を減らすための高効率な建築方法（特に、モジュール建築、3Dプリント、映像・コンピューティング）

主な項目に関するPwCの分析

投資額

14億米ドル

(↑前年比19.3%増)

2020年下半期～2021年上半期

86億米ドル

(年平均成長率25%)

2013年上半期～2021年上半期

投資件数

79件

(↓前年比30.1%減)

2020年下半期～2021年上半期

830件

(年平均成長率11%)

2013年上半期～2021年上半期

ユニコーン企業

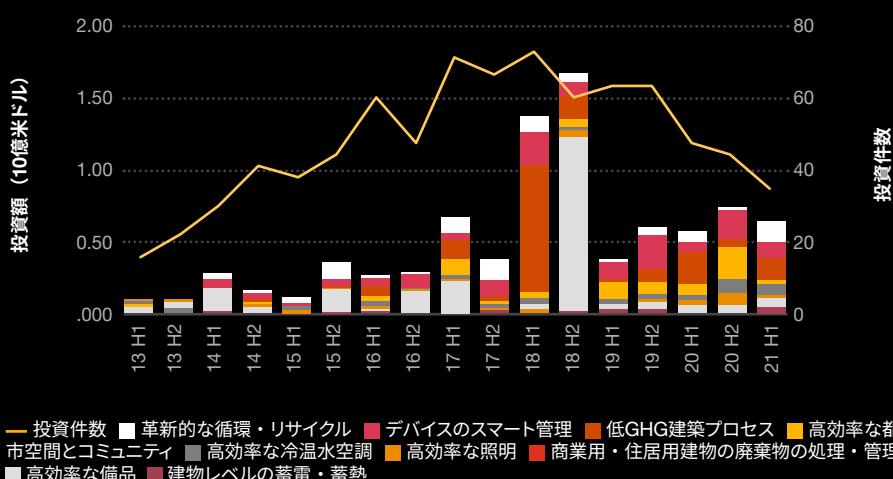
今回PwCが分析したユニコーン企業78社のうち、建築環境分野に属するのは、廃棄物およびリサイクル関係のソリューションをクラウドベースで提供するRubiconのみだった⁵³。

投資件数が最も多かった投資家

(EIC、EIT InnoEnergy、Eurostarsなど、公的資金が投入されているイノベーション機関は除く)

- Demeter
- Khosla Ventures
- Bpifrance

建築環境分野の投資額と投資件数



出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析

PwCの見解



建築環境スタートアップへの投資は低調で、2013年から2021年上半期までの年平均成長率は25%と、気候テック全体の68%よりはるかに低い。2021年上半期の建築環境分野への投資額は、分析対象とした全ての垂直分類分野の中で最も少なかった（6億3,200万米ドル）。建築環境分野は資本集約的かつスタートアップの技術リスクが高いという特徴があり、それが從来のベンチャーキャピタルの投資意欲を低下させていると考えられる。

そこで重要な役割を果たしているのが、企業戦略によるコーポレートベンチャーキャピタルだ。コーポレートVCは、スタートアップの能力や資本の拡大を支えるのみならず、使用する素材を特定の素材に切り替えることで市場需要を作り出している。建築環境分野は排出削減が難しい分野だが、そうやって企業が作り出す新たな需要がイノベーションの加速につながると考えられる。国際的な業界団体であるグローバルセメント・コンクリート協会も「グローバル・ネットゼロ・ロードマップ」を策定し、2050年までに建築業界のネットゼロを達成しようと取り組んでいる⁵⁴。

投資額と投資件数は、やや減少している（2020年下半期の投資件数は45件で投資額は7億5,300万米ドル、2021年上半期は34件で6億3,250万米ドル）。案件当たりの平均投資額は1,670万米ドルから1,860万米ドルへわずかに変化した。

主要なネットゼロ対策

2020年下半期～2021年上半期の投資テーマ

（1）調達額が最も大きかったネットゼロ対策：デバイスのスマート管理

デバイスのスマート管理は件数、金額とも最も多くの投資を集めたが、いずれも昨年よりは減少した（2020年下半期の投資件数は12件で投資額は2億600万米ドル、2021年上半期は5件で1億300万米ドル）。これには、建築環境分野全体の投資が低調だったことと、スマート技術が成熟してきたことが影響している。技術が成熟して普及が進むに従い（大規模なスマートシティ構想やデジタルツインプロジェクトなど）、当該分野のスタートアップ各社はベンチャーキャピタル以外の方法でプロジェクト資金を調達するようになったと考えられる。

注目のスタートアップ企業：

- Connexinは、スマートシティのインフラ構築と運営を専門とする企業である。IoTを活用して、建物の効率を高めている。期間中、1億300万米ドルを調達した。
- Metrikusは、建物の効率を高めるため、スマートビルディング用プラットフォームシステムを開発し、スターターキットも提供している。期間中、670万米ドルを調達した。

（2）調達額が最も急速に増加したネットゼロ対策：建物レベルの蓄電・蓄熱

建物レベルの蓄電・蓄熱に取り組むスタートアップは、全社の合計で5,000万米ドルを調達し、前年比増加率181%を記録した。ただし、件数が歴史的に少ない中で結果的に達成した増加率の高さには、注意が必要だ。規模の大きい案件の影響で投資額が跳ね上がり、順位がねじれ現象を起こしている可能性がある。今回の場合、2021年上半期にDcbelが4,000万米ドルを調達したことが影響して、増加率が急増した。

投資件数、投資額は、いずれも前期より増加している（2020年下半期の投資件数は1件で投資額は690万米ドル、2021年上半期は3件で4,350万米ドル）。1件当たりの平均投資額は、690万米ドルから1,450万米ドルに倍増した。こうした点は、エネルギー貯蔵技術が最大の増加率を示す対策であったエネルギー分野と同じ傾向を示している。したがって、大規模な案件の影響を受けているとは言え、ネットゼロ社会の実現に向けてシステムの電化がますます注目を集め、建物レベルの蓄電・蓄熱分野の好調は続くと見られる。

注目のスタートアップ企業：

- Dcbelは、AIを活用して消費者向けの再生可能電力エコシステムを構築した。これによって消費者は、太陽光発電によるEV充電、家庭の電力のスマート管理、バックアップ電源を利用できる。Dcbelは期間中、4,000万米ドルを調達した。
- VoltStorageは、商業用ビル、居住用ビルで建物レベルの蓄電を行うための次世代バッテリーを開発した。希少なリチウムの代わりに豊富な鉄を使い、鉄塩技術や鉄をベースとした蓄電媒体を利用している。期間中、690万米ドルを調達した。



金融サービス



金融サービス分野の概要と気候対策上の課題

金融機関は最近まで、主として自社事業が直接影響を及ぼす温室効果ガスの排出量のみを公開していた。そのため、スコープ3の公開が課題として残されている。最大の排出源であるポートフォリオからの排出量が公開されていないケースは少なくない。出資先からの排出量は、金融機関が直接排出する量の平均700倍と試算されており、現在公開している排出量との間に重大なギャップがある⁵⁵。

金融サービス分野の脱炭素化を進めるには、新旧のテクノロジーを革新的な方法でサービスに応用したり、グリーンな金融商品を新たに開発したり、正確で信頼性の高い情報源からデータを収集するなど、さまざまな方法が有効である。気候関連リスクは、保険業界にとどまらず課題である。物理的リスク（急性リスク、慢性リスクとも）が引き受け、準備金確保、保障、プライシングといった業務に影響を及ぼす可能性が高まっているためである⁵⁶。

消費者からも、グリーンな金融商品や投資商品を求める声が高まっている。そうした要望に対する金融サービス部門の対応については政府も関心を持っており、イノベーションを後押ししている。その結果、新たなプレイヤーが参入して競争が活性化しており、消費者は自身の支出のカーボンフットプリントを追跡したり、ネットゼロに連動した基金に年金を投資したり、自宅を低炭素化するための改築資金を借り入れたりすることができるようになった。

課題分野の定義

金融サービス分野には、次のような課題がある。

- ・ 機関投資家から個人投資家まで、さまざまな投資家がネットゼロに関連した企業やポートフォリオに投資できるよう、アドバイス、サービス、プラットフォームを提供する
- ・ 気候に関する財務上のリスクや機会をより深く理解するため、財務実績や状況、ファンド、ポートフォリオに関する情報を提供する
- ・ 物理的リスク、低炭素への移行リスク、レビューションリスクを考慮したオーダーメードの金融商品やサービス（保険を含む）を提供する

投資件数が最も多いかった投資家

(EIC、EIT InnoEnergy、Eurostarsなど、公的資金が投入されているイノベーション機関は除く)

- Engie
- Phitrust Investors
- Anthemis Group

主な項目に関するPwCの分析

投資額

12億米ドル

(↑前年比260%増)

2020年下半期～2021年上半期

22億米ドル

(年平均成長率193%)

2013年上半期～2021年上半期

投資件数

42件

(↑前年比35.5%増)

2020年下半期～2021年上半期

189件

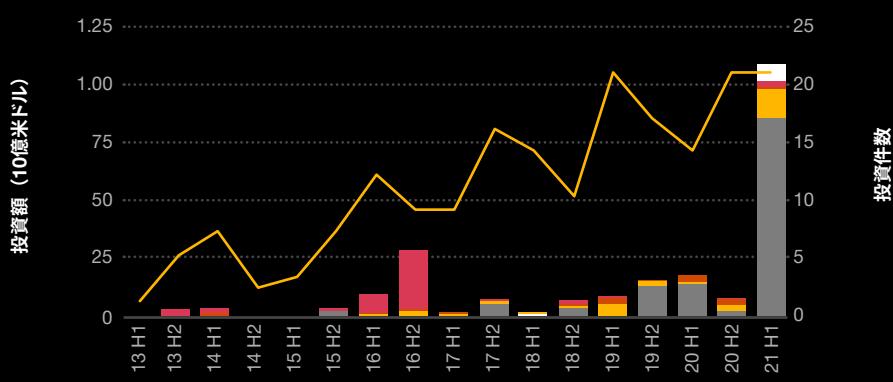
(年平均成長率46%)

2013年上半期～2021年上半期

ユニコーン企業

今回PwCが分析したユニコーン企業78社のうち、金融サービス分野に属するのはGoodLeap（旧Loanpal）のみだった。同社は銀行業務を専門とし、住宅にサステナブルな融資ソリューションを導入するためのフレキシブルなタームローンを提供している。

金融サービス分野の投資額と投資件数



— 投資件数 ■ 年金 ■ 融資 ■ 保険・再保険 ■ ファンド・ポートフォリオ・投資銀行 ■ 銀行業（法人・リテール）

出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析

PwCの見解



金融サービスは、課題分野としては比較的未成熟である。しかし2021年上半年に拡大を見せ、2013年上半年以来の投資額の55%が、2021年上半年のものである。投資件数はここ数年おおむね横ばいだが、投資額の方は激増した（2020年下半期の投資件数は21件で投資額は7,560万米ドル、2021年上半年は21件で11億米ドル）。その要因は、気候テック全体と同様に大型案件の増加で、案件当たりの平均投資額は360万米ドルから5,000万米ドルに増大している。

2021年上半年の投資総額のうち、55%を英国が占めている。英国政府によるグリーンファイナンスフレームワーク⁵⁷などの政策の変更が投資を加速させたためだ。また、英国の規制当局である金融行為規制機構が、イノベーションハブを設立して規制のサンドボックス制度を導入するなどした。それによってフィンテック企業が規制に関する知見や手段を手に入れ、実験や試験を行いやすくなった。こうしてイノベーションの環境が整い、ロンドンはフィンテックの先端都市になった。2021年上半年における英国以外の投資は、欧州各国に分散している。

主要なネットゼロ対策

2020年下半期～2021年上半年の投資テーマ

(1) 調達額が最も大きかったネットゼロ対策：銀行業（法人・リテール）

銀行業務への投資は、金額は増え、件数は減っている（2020年下半期の投資件数は8件で投資額は2,240万米ドル、2021年上半年は4件で8億5,500万米ドル）。案件当たりの平均投資額はこの期間に280万米ドルから2億1,380万米ドルに増加した。消費者の需要と政府の関心の双方の高まりによって、投資が加速したとみられる。

注目のスタートアップ企業：

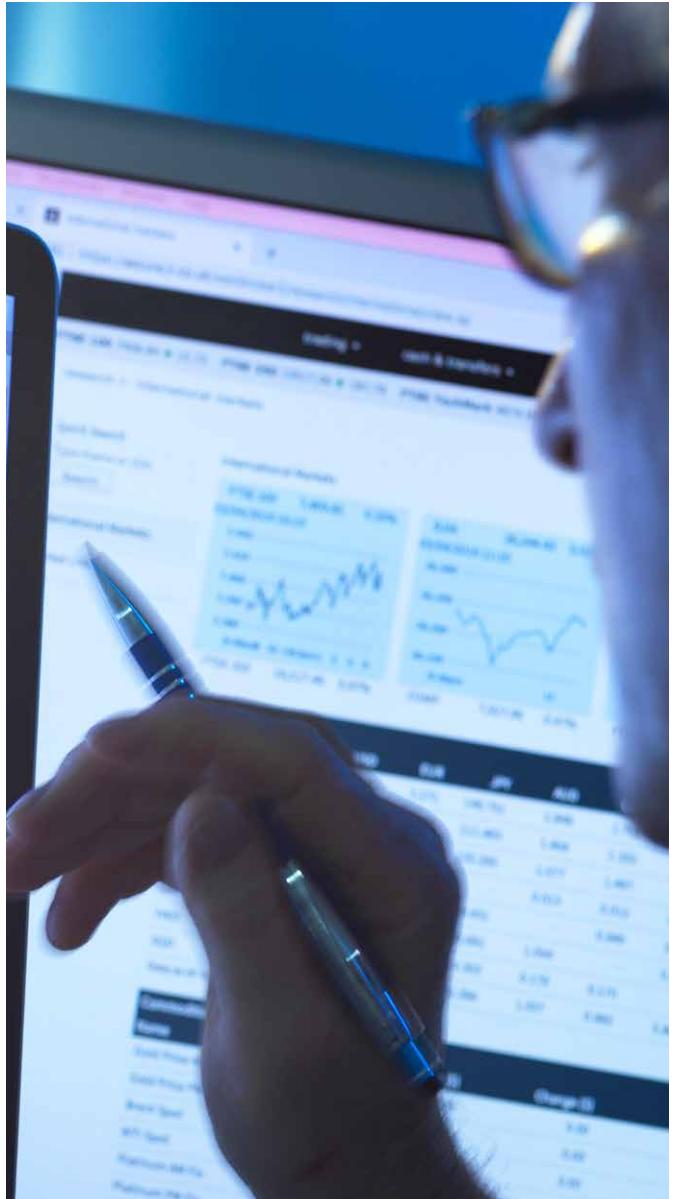
- Aspiration**は、「地球ファースト」を掲げ、グリーン金融サービスを提供するロサンゼルスのフィンテック企業である。期間中、5,000万米ドルを調達した。コンシャスな消費を目指し、自身の消費習慣がサステナビリティに及ぼす影響をユーザーにスコアで示す。
- Riculf**は、農業向けのデジタル金融ソリューションを開発し、農業バリューチェーン全体の生産性向上を目的とする融資を行っている。衛星画像、農学モデル、気象データなどを活用して診断的分析や予測分析を行い、農作業の改善を提案したり、クリーンな農法を実践するための融資を提供したりしている。期間中、350万米ドルを調達した。

(2) 調達額が最も急速に増加したネットゼロ対策：ファンド・ポートフォリオ・投資銀行

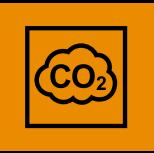
この対策分野は、投資額、投資件数ともに増加した（2020年下半期の投資件数は6件で投資額は2,180万米ドル、2021年上半年は12件で1億2,550万米ドル）。案件当たりの平均投資額は、この期間に360万米ドルから1,050万米ドルに増加した。消費者の需要が高まり、その結果、投資銀行の商品が充実したためと思われる。

注目のスタートアップ企業：

- Clim8**は、クリーンエネルギーやサステナブルな企業に投資するサステナブル投資のプラットフォームを提供している。期間中、1,390万米ドルを調達した。
- Ethic**は、資産運用にテクノロジーを活かし、サステナブルな投資ポートフォリオを構築している。期間中、2,900万米ドルを調達した。個別の管理口座を開設・最適化し、市場の追跡、投資配分の調整、顧客が選定したサステナビリティ基準に対するアウトパフォームを可能にしている。



温室効果ガスの回収・除去・貯留



温室効果ガスの回収・除去・貯留分野の概要と気候対策上の課題

先日公開されたIPCC報告書では、何らかの方法で炭素を回収しなければ気候変動による破壊的な影響を抑止することはできず、大気中の炭素を除去しなければ1.5°C目標の達成を目指すことは難しいだろうと指摘されている⁵⁸。化石燃料は、入手しやすく、確実性が高く、価格も低いため、当面の間は主なエネルギー生産源として使用され続けるだろう。

政府や企業がネットゼロへの取り組みを宣言したこともあるが、昨年はこの対策分野への関心が高まった。しかし、これらの技術はまだ価格が高く、学習曲線からベネフィットを得るには、さらに多額の投資が必要である。

エネルギーーシステムや工業システムの転換を進め、温室効果ガスの排出量を抑制・削減するには、回収・除去・貯留が重要な役割を果たすと思われる。今後も世界の人々が化石燃料を主要エネルギー源として使い続けるならば、早急に炭素隔離技術を開発して広く普及させる必要がある。

課題分野の定義

温室効果ガスの回収・除去・貯留分野には、次のような課題がある。

- 大気中の温室効果ガス（主にエネルギー生産や工業プロセスから排出されたもの）の回収と長期貯留。温室効果ガス分離を目的に開発された自然活用ソリューション（造林および土地管理に分類されないもの）も含む

投資件数が最も多いかった投資家

(EIC、EIT InnoEnergy、Eurostarsなど、公的資金が投入されているイノベーション機関は除く)

- Chevron Technology Ventures
- OGCI Climate Investments
- The Roda Group

主な項目に関するPwCの分析

投資額

3億8,300万米ドル 13億米ドル

(↑前年比27%増)

2020年下半期～2021年上半期

(年平均成長率9%)

2013年上半期～2021年上半期

投資件数

24件

(↑前年比4.3%増)

2020年下半期～2021年上半期

123件

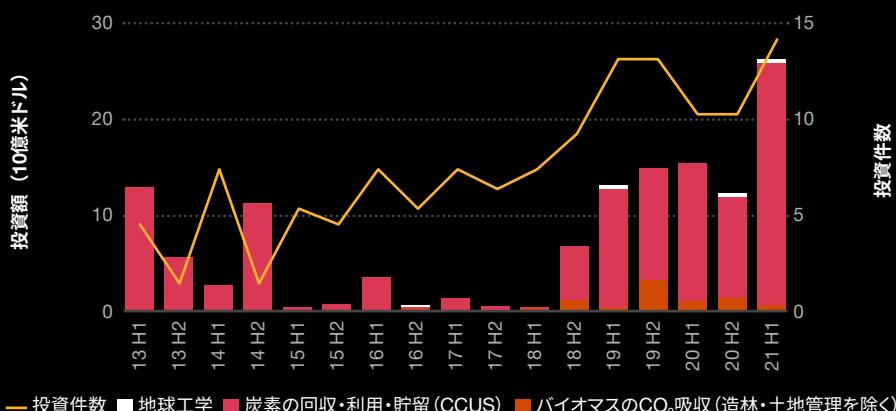
(年平均成長率17%)

2013年上半期～2021年上半期

ユニコーン企業

この対策分野は唯一、ユニコーン企業が確認できなかった⁵⁹。COP26の会期前から会期中にかけて数多くの誓約が発表され、その中には炭素回収・除去技術に頼るものもあったことを考えれば、ユニコーン企業が見つからないのは意外かもしれない。市場では、この分野の成長に適した環境を整える必要があるという見方が一般的だ。具体的には、グローバルな炭素価格を設定して、ソリューションの潜在的なユニットエコノミクス（単位当たりの収益性）を変化させることなどがある。

温室効果ガスの回収・除去・貯留分野の投資額と投資件数



出所：PwC 「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析

PwCの見解



温室効果ガスの回収・除去・貯留分野は、投資額、投資件数ともに増加した（2020年下半期の投資件数は10件で投資額は1億2,090万米ドル、2021年上半年は14件で2億6,260万米ドル）。案件当たりの平均投資額も1,200万米ドルから1,880万米ドルに増えた。全体として相対的に投資件数が少ないので、この対策分野の技術の成熟度が低いことの表れである。しかし、2021年上半年は半期ベースで過去最高の14件となった。

炭素削減への取り組みや炭素市場の将来性が力強い原動力となり、今後は炭素の二次流通市場が形成され、学習曲線も上昇するだろう。現在はまだ価格が高すぎて競争力が弱く、商業的に成立するビジネスモデルを構築できていない。しかし、今年は異例の年になった。Stripe、Shopify、Ocado、Microsoftといった民間企業が炭素除去の需要を生み出したことが契機となり、回収・除去・貯留分野で新しい気候テックソリューションが求められるようになった。

この対策分野はとりわけ成熟度が低いため、政策の影響を強く受け、その結果、投資がU字型で推移している。しかし、2018年下半期以降は前年比の成長パターンが成熟の兆しを見せ始め、現時点では25.5%になっている。このように2013年上半年から2018年上半年までの長期間にわたって不安定な時期が続いたことが影響して、年平均成長率はわずか9%にとどまり、気候テック全体の68%を大きく下回っている。

主要なネットゼロ対策

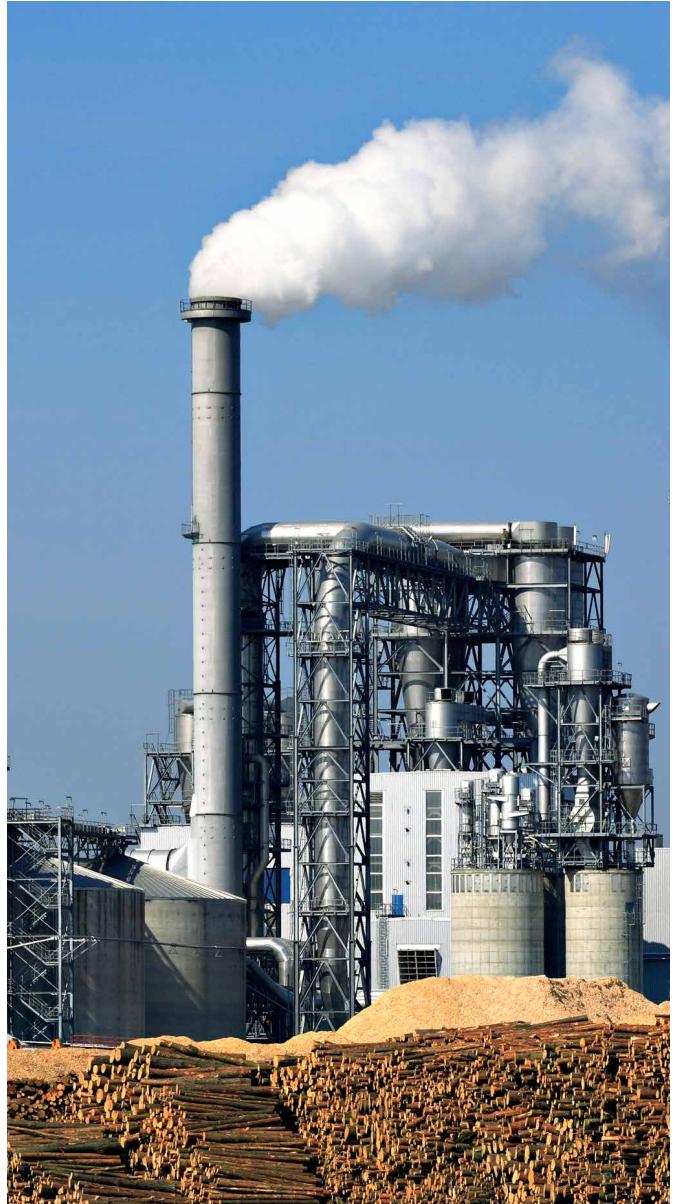
2020年下半期～2021年上半年の投資テーマ

- (1) 調達額が最も大きかったネットゼロ対策および
- (2) 調達額が最も急速に増加したネットゼロ対策

炭素の回収・利用・貯留（CCUS）は、この課題分野で最も成熟したネットゼロ対策であり、当期間中の投資総額の93%（3億5,800万米ドル）を調達した。とは言え、成熟度は決して十分ではなく、スタートアップ企業の数はわずか29社、調査開始以降の調達額（2013年上半年～2021年上半年）を全て合計しても12億米ドルである。この分野のスタートアップの事業は、主に次の2種類に分類できる。1つはさまざまな業種を対象として排出源で炭素を回収する技術、もう1つは有効利用可能な副生成物を生産し、工業用資材として販売する（サーモプラスチックなど）事業である。産業界の炭素排出をめぐる規制環境が主な要因となり、CCUSへの投資が増加する兆しが見えている。

注目のスタートアップ企業：

- **Climeworks**は、二酸化炭素を大気中から直接回収する技術を開発した。期間中、2,950万米ドルを調達した。
- **Newlight Technologies**は、排出された温室効果ガスを高性能で費用効果の高いサーモプラスチックに転換した。期間中、4,500万米ドルを調達した。





気候変動管理と報告

気候変動管理と報告分野の概要と気候対策上の課題

水平的分類による課題分野の1つであるこの分野は、昨年版では「気候・地球に関するデータの生成」と呼んでいたが、新たに2つのネットゼロ対策を追加して範囲を拡大した。追加したのは「気候リスクとレジリエンスの管理」と「排出量データと排出量の監視・管理・報告」である。変更是この分野を取り巻く情勢の変化を反映したもので、さまざまなステークホルダー（民間企業、投資家、国・地方・地域レベルの政府など）がネットゼロへの取り組みを策定・実行する中、それに役立つ事業を行う多くのスタートアップが新たに登場している。

気象観測データや地球観測データの収集に衛星やマイクロセンサーが活用されるようになり、世界の脱炭素化、一層の環境保護、より多くの持続可能な目標の達成に必要なデータの提供が始まった。この1年半の間に各国の政府、投資家、企業がネットゼロ宣言を相次いで公表したことを背景に、こういったデータを利用したベースライン排出量の設定や排出量削減目標達成に向けた活動の優先順位づけを支援するソフトウェアソリューションに関する事業の立ち上げが進んでいる。

課題分野の定義

気候変動管理と報告分野には、次のような課題がある。

- 炭素排出量の削減や、気候テック企業の活動に有益な、地球や気候に関するデータの記録と分析。データは通常、衛星、センサー、気象観測器で収集され、機械学習アルゴリズムを使って分析される
- 企業、政府、個人などが使い、カーボンフットプリント、気候リスク、レジリエンスを監視または管理するシステム。ソフトウェアを活用するのが一般的

投資件数が最も多かった投資家

(EIC、EIT InnoEnergy、Eurostarsなど、公的資金が投入されているイノベーション機関は除く)

- Space Angels
- Lux Capital
- Capricorn Investments

主な項目に関するPwCの分析

投資額

7億9,700万米ドル 33億米ドル

(↑前年比16%増)

2020年下半期～2021年上半期

(年平均成長率54%)

2013年上半期～2021年上半期

投資件数

73件

(↑前年比2.8%増)

2020年下半期～2021年上半期

386件

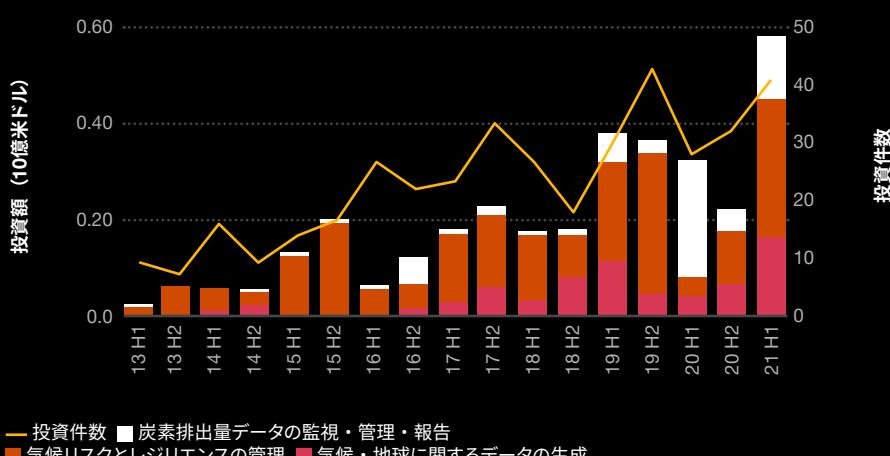
(年平均成長率23%)

2013年上半期～2021年上半期

ユニコーン企業

今回PwCが分析したユニコーン企業78社のうち、気候変動管理と報告分野に属するのは、航空宇宙・分析を扱う米国企業のPlanet Labsのみだった。

気候変動管理と報告分野の投資額と投資件数



出所：PwC 「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析

PwCの見解



水平的分類による課題分野の1つである気候変動管理と報告分野は、投資額、投資件数ともに増加した（2020年下半期の投資件数は32件で投資額は2億1,780万米ドル、2021年上半期は41件で5億7,900万米ドル）。案件当たりの平均投資額は、この期間に680万米ドルから1,410万米ドルに増加した。政府・民間ともに自らの活動による炭素排出量を監視・管理しようとしているが、この分野への関心がピークを迎つつあるため、成長が落ち着きつつある可能性もある。

排出量の監視と管理分野および気候リスク予測分野での成長が期待される。世界各地で気候変動による異常気象現象が激しさを増す中、社会がそれに対応するため、現象の発生リスクを把握し、発生した場合の影響を定量化することの重要性が高まっている。2020年には異常気象現象によって、世界全体で1,400億米ドルのコストが発生した⁶⁰。

主要なネットゼロ対策

2020年下半期～2021年上半期の投資テーマ

(1) 調達額が最も大きかったネットゼロ対策：気候・地球に関するデータの生成

この対策分野は、投資額、投資件数ともに増加した（2020年下半期の投資件数は8件で投資額は1億400万米ドル、2021年上半期は13件で2億9,100万米ドル）。案件当たりの平均投資額はこの期間に1,300万米ドルから2,240万米ドルに増加し、この対策分野への関心の高まりを示した。しかし件数は比較的少なく、成熟度はまだ低いと考えられる。

注目のスタートアップ企業：

- **Climavision**は、自社のセンサーネットワークで収集した独自の気象データを提供し、クラウドやAIを活用した最先端の予報モデルを可能にしている。期間中、1億米ドルを調達した。
- **Wingtra**は幅広い業種を対象に、ドローン技術を用いて的確な判断、コスト削減、リスク低減を実現する。例えば、測量・地理的情報システム、掘削と集積、建築とインフラ、環境モニタリング、農業などに活用される。期間中、1,250万米ドルを調達した。

(2) 調達額が最も急速に増加したネットゼロ対策：気候リスクとレジリエンスの管理

この対策分野は、期間中に投資額は増えたが、投資件数は減少した（2020年下半期の投資件数は10件で投資額は6,780万米ドル、2021年上半期は7件で1億6,090万米ドル）。これまで投資額の水準が低かったこともあり、最近の増加によって前年比173%の高い成長率となった。また、全体的に投資件数が少ないのは、この対策分野がまだ未成熟であることを示している。しかし、社会の人々が気候変動の初期的な影響を強く実感するに従い、気候リスクとレジリエンス管理分野への関心も高まることが予想される。

注目のスタートアップ企業：

- **Tomorrow.io**は、新しい方法で天候を感知し、そこからビジネスに役立つ知見を抽出して業務効率を向上させる気象技術会社である。期間中、1億7,200万米ドルを調達した。
- **Cervest**は、地球科学AIを専門とし、政府や農家の他、多様な事業者向けに、天候の変化に対応し、物理資産を保護するソリューションを提供する。期間中、4,280万米ドルを調達した。



5

投資の地域別

分布

地域別状況の概要

2020年下半期から2021年上半期にベンチャーキャピタルが気候テックスタートアップに投資した金額のうち、65%近く（556億米ドル）が米国企業への投資だった⁶¹。2番目に多かったのが欧州の183億米ドル、3番目が中国の90億米ドルだった。

この1年、大半の地域で投資額は増えており、前年比増加率は平均で208%に達した。中国のスタートアップへの投資増加率は平均を下回ったが、それでも138%という好調ぶりである。

気候テック投資が4番目に好調だった地域はアジア（中国を除く）で、期間中の投資総額は30億米ドルだった。その他の地域は、全体のほぼ1%だった。

次ページの図は、左軸の投資家から右軸のスタートアップへ、投資が地域間でどう流れているかを示している。大半の投資が同一地域内で実施されているものの、新興市場の企業は外国からの投資も多く集めている。北米と欧州のスタートアップは資金の80%以上を同じ地域内の投資家から調達しているが、この割合は中国の場合は55%、アフリカの場合はわずか40%にまで低下する。

地域別の気候テック投資の状況
(2020年下半期～2021年上半期)



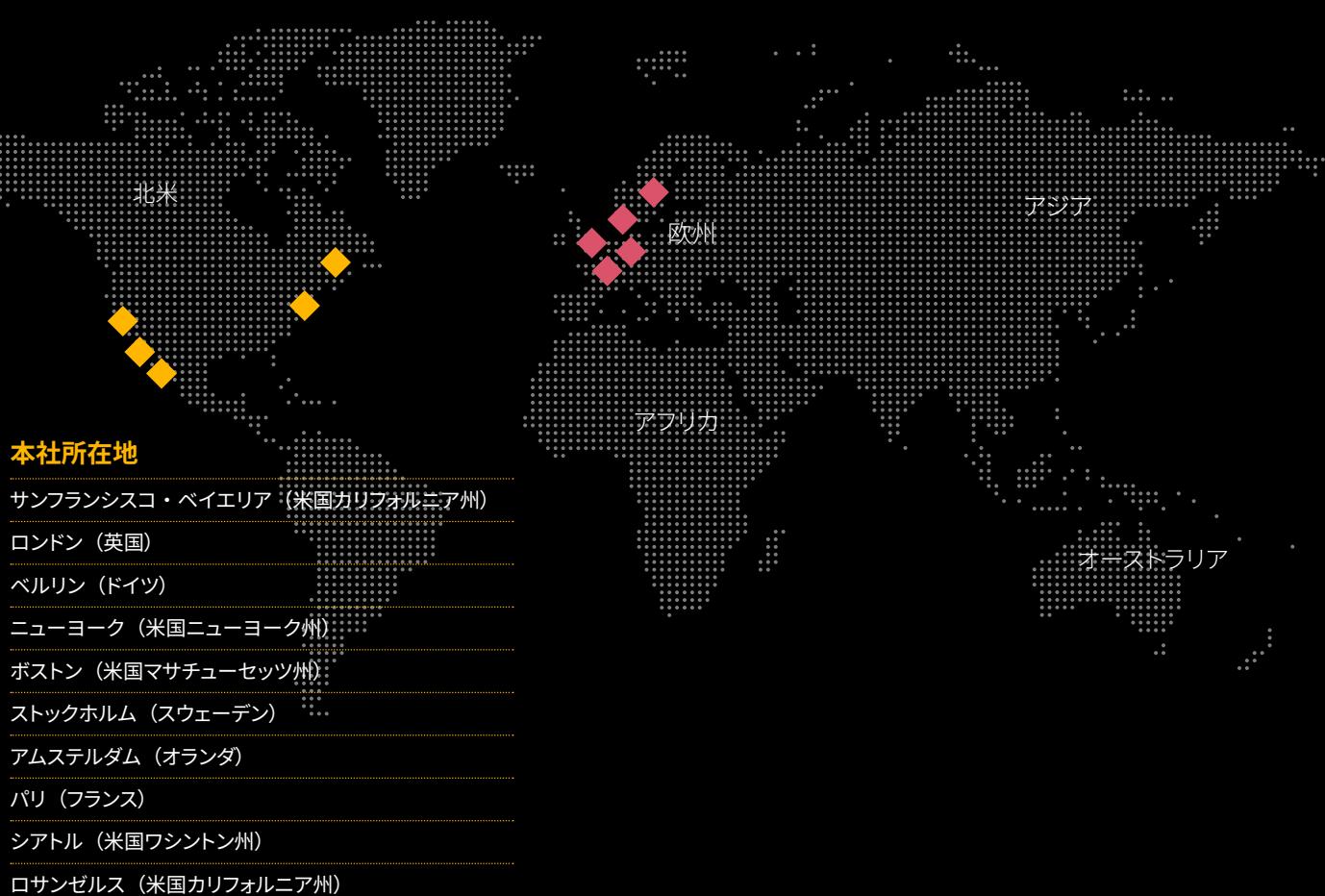
地域別の気候テック投資の状況（2020年下半期～2021年上半期）



出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析

多額の気候テック投資を集めた投資ハブ上位10地域

2020年下半期～2021年上半期に人気があった投資ハブは米国と欧州に集中しており、それぞれ5カ所ずつとなっている。



上位3地域の状況

米国

2020年下半期から2021年上半期の間に、全ての地域の中で、気候テック分野に最も多額の投資が行われたのは米国だった（566億米ドル）。気候テックの投資ハブのうち5都市が米国にあること、米国のベンチャーキャピタル市場が成熟していることが要因である。その投資の大部分がモビリティ・輸送分野に集中しており、投資額は364億米ドル（66%）に増加した。この期間の全世界でのモビリティ・輸送分野の投資総額のうち、半分以上を米国が占めていることになる。

それに次いで投資額が多かったのは、食品・農業・土地利用分野の69億米ドル（13%）、エネルギー分野の49億米ドル（9%）だった。一方、投資額が最低だったのは、金融サービス、建築環境、気候変動管理と報告、温室効果ガスの回収・除去・貯留の各分野で、いずれも投資総額の2%以下だった。

欧州

気候テック投資額が2番目に大きかった地域は、分析期間であるこの1年の間に何とか中国を追い越した欧州で、投資総額は183億米ドルだった。最大の投資先は米国と同じくモビリティ・輸送分野で、次いで食品・農業・土地利用、エネルギーとなっている。

2020年下半期から2021年上半期に、欧州のモビリティ・輸送分野への投資額は前年比で494%増加した。これに対して投資額が最も少なかったのは、金融サービスと温室効果ガスの回収・除去・貯留で、投資総額に占める割合はそれぞれ1%と0.5%だった。

中国

2020年下半期から2021年上半期の気候テック投資額が3番目に大きかった地域は中国だった（90億米ドル）。投資先はモビリティ・輸送分野に極端に集中しており、中国の気候テック投資総額の99%を占める89億米ドルをこの分野が調達した。

他の地域に比べて、特に中国はモビリティ・輸送分野への集中ぶりが際立っている。米国や欧州では、他の課題分野にも投資が振り向けられている。

モビリティ・輸送分野に限ると、中国の投資額は米国に次いで世界第2位となる。中でも投資額が多い対策分野は全体の83%を調達した低GHG軽負荷・重負荷道路輸送で、次に多いのが9.3%を調達した高効率交通システムである。

ちなみに、2020年下半期から2021年上半期の間に、モビリティ・輸送分野の他、工業・製造業・資源管理、食品・農業・土地利用への投資が行われているが、それ以外の分野は

垂直的分類分野、水平的分類分野を含めて投資は行われていない。

中国のベンチャーキャピタル市場には、他の地域に比べるといつかの明らかな違いがある。まず、市場としては比較的若く、最初の国有ベンチャーキャピタル会社が設立されたのは1985年である。その後、急速に成長して世界最大規模の市場となったが、成長の大半はこの10年以内に達成したものだ⁶²。また、国家の支援が大きいことも特徴である。中国政府は技術イノベーションを促進するため、数千のベンチャーキャピタルファンドに合計12兆5,000億人民元（1兆8,000億米ドル）を出資したり⁶³、2060年までネットゼロを実現するという国家目標を実現するため、低コスト融資など幅広い資金調達メカニズムを提供したりしている⁶⁴。

米国のスタートアップに対する課題分野別
気候テック投資額
(2020年下半期～2021年上半期)



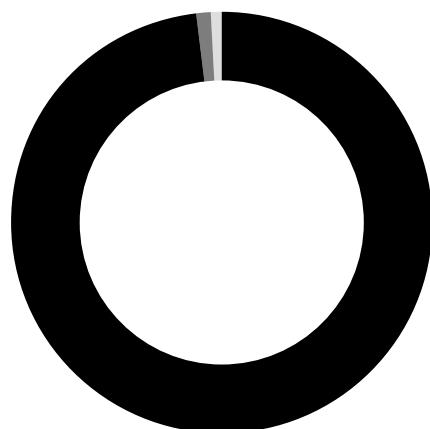
■ 66% モビリティ・輸送 ■ 12.5% 食品・農業
■ 8.2% エネルギー ■ 9% 工業・製造業
■ 1.7% 金融サービス
■ 0.0% その他（気候変動管理と報告、温室効果ガスの回収・除去・貯留）

欧州のスタートアップに対する課題分野別
気候テック投資額
(2020年下半期～2021年上半期)



■ 58.4% モビリティ・輸送 ■ 16.9% 食品・農業
■ 10.1% エネルギー ■ 9.4% 工業・製造業
■ 2.5% 建築環境
■ 0.0% その他（金融サービス、気候変動管理と報告、温室効果ガスの回収・除去・貯留）

中国のスタートアップに対する課題分野別
気候テック投資額
(2020年下半期～2021年上半期)



■ 99% モビリティ・輸送 ■ 0.7% 食品・農業
■ 0.0% 工業・製造業・資源管理

6

主な分析結果：

投資家

新しく参入している投資家の状況

気候テック市場は生まれてからそれほど時間が経っていないが、1つの資産クラスとして急速に成熟しつつある。それに伴ってあらゆる種類の投資家が参入している。コロラド州やアイントホーフェンでエンジェル投資家やアクセラレーターが、シリコンバレーや東京でベンチャーキャピタルが、ニューヨークやロンドンでプライベートエクイティが、そして世界各地では政府系投資ファンドや事業会社が活躍している。

本調査では、2013年上半期から2021年上半期までの期間に8,900件の投資案件に関わった投資家6,000社を特定した。次ページの「気候テック投資家の概況」は、気候テックへの投資が多かった投資家の状況を資金調達ステージごとにまとめたものである。

参加している投資家の総数はかなり多いが、それに反して気候テックの投資家エコシステムはまだ初期段階にとどまっていることが、詳細な調査の結果、明らかになった。頻繁に投資を実施して十分な知見を蓄積している投資家は、ほんのひと握りに過ぎない。2013年から2021年上半期の間に気候テック投資を10件以上実施している投資家は500社のみで、75%以上の投資家は1~2件しか投資を行っていない。80 Acres FarmsのCo-Founder兼CEOのMike Zelkind氏がPwC「[気候テックの現状](#)」初版で、ベンチャーキャピタルエコシステムにおいて「成長を支えるアクセラレーターがどう

いうものがまだ理解されていない」と語っているように、スタートアップ各社に合わせて成長を支援した経験を持つ投資家が気候テック分野で増えるのは、しばらく先のことになりそうだ。

投資の「死の谷」

気候テックがさらに主流になるためには、この分野で実際に投資を行う投資家の数を増やす必要がある。全ての課題分野で増やすなければならないし、投資家の種類についても、アーリーステージのスタートアップが抱えるリスクを軽減する政府やインキュベーターから、公開株式に投資して長期的な成長を支える投資家まで、あらゆる種類の投資家が必要である。

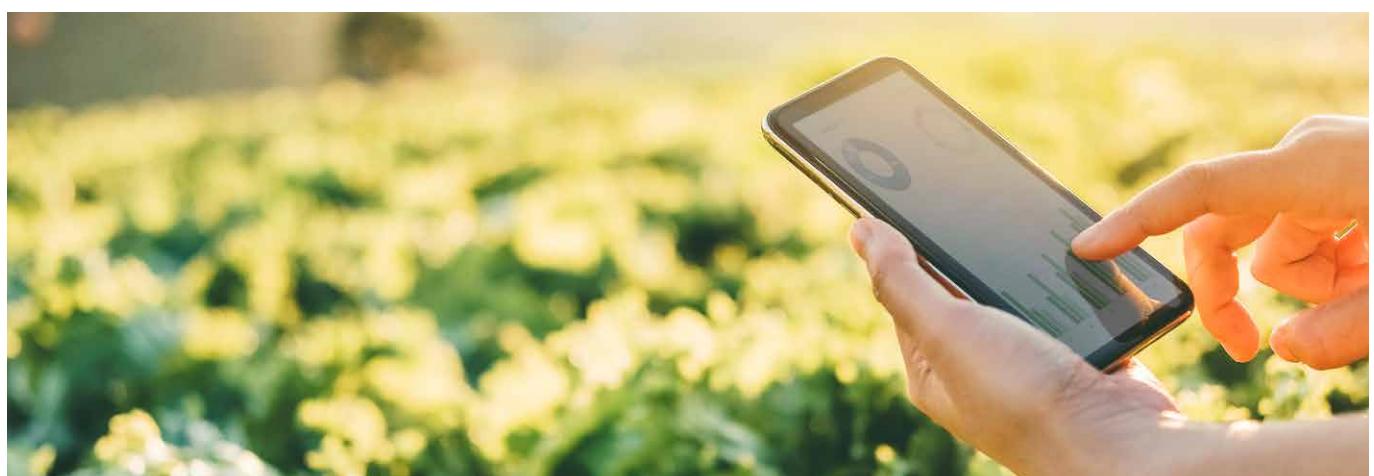
特に求められるのは、気候テックの専門知識を持ち、スタートアップがそれぞれの専門分野で直面する個別の課題に対応できるよう支援してくれる投資家である。しかし、経験のある投資家（ここでは、気候テック投資を5回以上実施したことがある投資家と定義する）が関わった案件について調査した結果、回答者の意見から「死の谷」が存在する可能性が読み取れた。スタートアップ企業が事業をスケールアップするための大規模な投資を行う投資家が不足していると思われる。



気候テック投資家の概況：2013年上半期～2021年上半期

下図は、主な投資家の種類を資金調達ステージごとに示したものである。

プライベート エクイティ/ 投資ファンド					BlackRock Goldman Sachs T. Rowe Price	BlackRock Fidelity Neuberger Berman Wellington Management
コーポレート ベンチャー キャピタル		Engie	Alphabet ソフトバンク Tencent	Amazon Daimler ソフトバンク	Amazon GE Ventures Volkswagen	
ベンチャー キャピタル	SOSV 500 Start-ups Almi Invest New Crop Capital	Demeter Breakthrough Energy Ventures Khosla Ventures	Khosla Ventures Sequoia Prelude	Khosla Ventures Breakthrough Energy Ventures Eurazeo	Vision Ridge Partners	
クラウド ファンディング	CrowdCube Seedrs	OurCrowd		OurCrowd		
アクセラレーター	Y Combinator Techstars EIT InnoEnergy	EIT InnoEnergy Y Combinator Plug and Play				
政府 (国有投資ファ ンドを含む)	European Innovation Council Eurostars SME Programme 米国エネルギー省	Bpifrance European Innovation Council	Temasek Bpifrance	Temasek Bpifrance		
エンジエル/ シード/補助金		シリーズA/ アーリーVC	シリーズ B~D	シリーズE~H/ レイトVC	グロース エクイティ	IPO、SPAC、 ポストIPO



そうした状況は、PwCの調査データにも表れている。データによると、全体の中ではシードとシリーズAの投資家が多い。これは、聞き取り調査で得られた「アーリーステージ投資の競争が激しさを増している」という回答と一致している。しかし、シリーズCから先になると、経験ある投資家の数が急激に減る。気候テック以外の業種に比べても、減り方が急である。市場が成熟するに従って金融機関から多くの資本が気候テックに向かうようになれば、こうしたギャップも解消されるだろうが、短期的には、スケールアップを目指すスタートアップの障壁になると思われる。

その他の主な考察

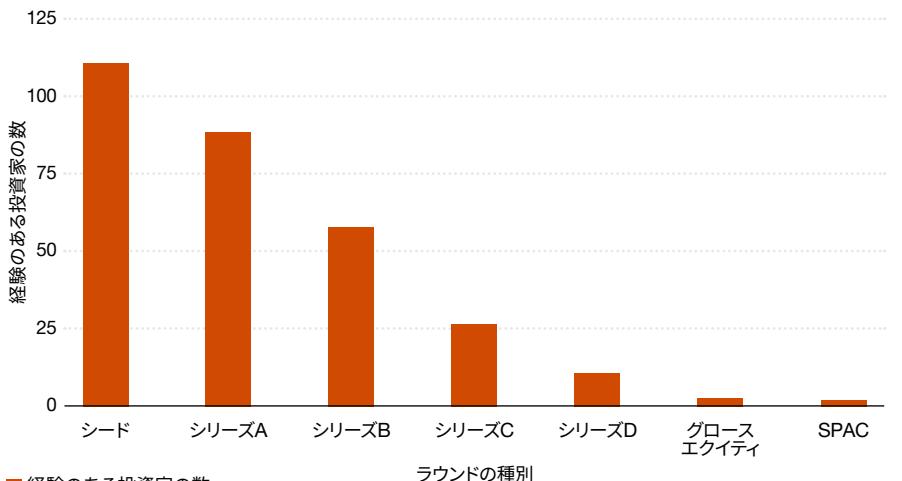
- 投資が地理的境界線を超えない：聞き取り調査では、アーリーステージ向けのファンドを中心とする一部の投資家が、特定の業種や地域のみを対象とし、単発的な投資を行っているという意見が聞かれた。リミテッドパートナー（LP）からの要請や、地域の人間関係やネットワークに依存することが多い投資資金の集め方が原因の1つではあるが、こうした地理的境界線のリスクがあるために、削減可能な排出量の大きいソリューションへの投資が限定されてしまっている。地理的競争がイノベーションを支えているという側面を持つ他部門とは異なり、気候問題の緊急性を考慮すると、気候テック部門では効果の高い技術を急いでスケールアップするために、スピード感を持って協力することが必要になるだろう。Pale Blue DotのHampus Jakkobson氏は、「気候問題に国境はない。だから、これまでのように地域や業種の中だけを見る狭い視野で気候テックを捉えてはいけない」と語っている。**

- インパクト分析を通じて価値を明確にし、グリーンウォッシングに対抗する：気候テック企業に投資する場合のデューデリジェンスの重要なステップとして、温室効果ガス削減の可能性を必ず予測するようになったと、多くの投資家が話している。リミテッドパートナーにアピールするためでもあるが、EUのサステナブルファイナンス開示規則（SFDR）にも見られるように、規制当局もこうした報告を推奨したり義務づけたりしているからである。**

しかし、投資家の多くは、削減量の指標を単なるコンプライアンス問題とはみていらない。TAM（獲得可能な最大市場規模）など従来からある指標と同様に、成功の可能性を示す重要指標だと捉えている。聞き取りに協力した投資家の多くが、ベンチャーキャピタル市場は排出量削減などの指標をより一貫性のある方法で報告する方向に向かうと感じているが、業界では柔軟なアプローチが望まれており、特にアーリーステージのスタートアップなどはその思いが強い。

- メガファンドが増加している：気候テックに特化したメガファンドが登場している。Brookfieldはネットゼロシフトを目指す75億米ドルのファンドを組成、Inclusive Capitalはインパクト投資をテーマに80億米ドルのファンドを組成した。PwCが先日公開した報告書「Unlocking investment for Net Zero infrastructure」によると、ネットゼロに投資できる低コストの民間資本が分厚く積み上がっている。しかし、それを保有する機関投資家は、もっと確実な政策環境を必要としている。具体的に言えば、アーリーステージ企業のテクノロジーリスクを軽減するための政府支援などである⁶⁵。政策を立案する側もこうしたニーズに対応しているようで、COP26では世界のリーダー40人以上がグラスゴーブレイクスルーに署名し、2030年までに最も環境汚染度の高い業種で、クリーンテクノロジーが最も安価で、利用しやすく、魅力的な選択肢になるよう、世界全体で取り組むことになった⁶⁶。**

気候テック投資に経験のある投資家の数（調達ステージ別）



表題：経験のある投資家の数（ラウンド別）。ここでは、気候テック投資を5回以上実施したことがある投資家を経験のある投資家と定義する。期間：2013年上半期から2021年上半期まで。

出所：PwC 「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析



7

主な分析結果：

インパクト分析

気候テック投資と気候インパクトの比較⁶⁷

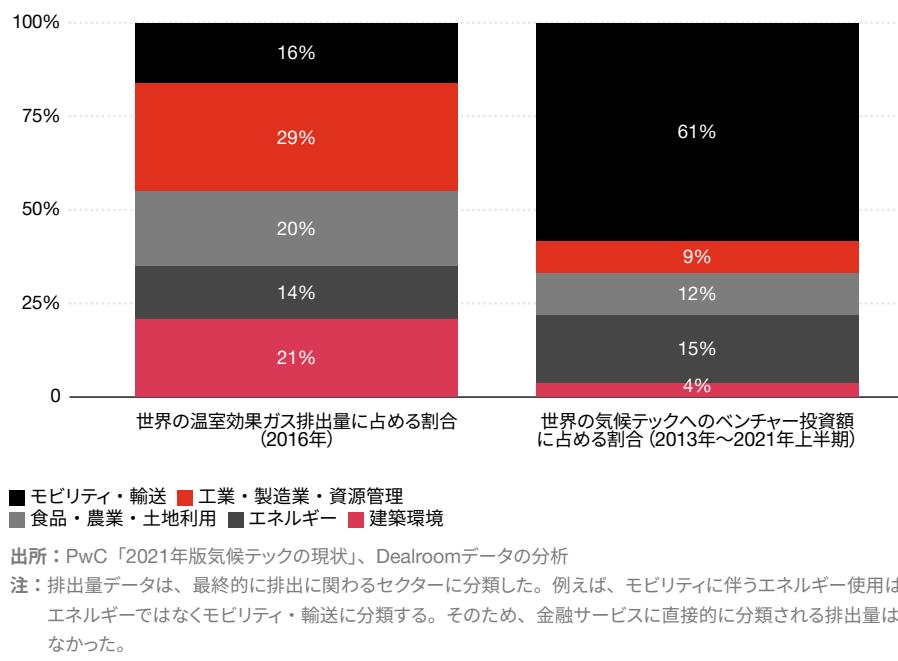
2030年に向けて気候テックの導入を加速し、2050年のネットゼロを達成するために、ベンチャーキャピタルは極めて重要な役割を果たすことができる。2021年上半期の投資の傾向を見ると、民間セクターが資本を拡大し、気候テックに迅速に投入できることが実証されている。

一方、2050年までに世界で削減されるCO₂排出量のほぼ半分は、現在まだ実証段階あるいは試作段階の技術がもたらすものと考えられる⁶⁸。今後10年以内に商業化の準備が整ったソリューションをスケールアップし、それと並行して、将来のために必要なブレイクスルーの実現に向けて研究開発を加速させるためには、イノベーションのライフサイクル全体を通じて大規模かつ継続的な投資を行っていくことが必要だ。こうした未成熟な技術のスケールアップが早ければ早いほど、その技術が社会にもたらす削減可能な排出量の合計が多くなる。

世界の温室効果ガス排出量を課題分野ごとに分類し、それぞれの投資額と比較すると、排出量と投資額の割合が必ずしも一致していないことが明確である⁶⁹。モビリティ・輸送分野は今回の調査で把握した投資額全体の61%を受け取っているが、排出量は全体のわずか16%である⁷⁰。投資額のギャップが最も大きいのは建築環境分野で、投資は4%しか受けていないが、排出量は21%となっている。

このセクションでは、これらの課題分野について深く掘り下げ、各分野を支える技術を個別に検討して、不均衡パターンの原因を探る。

課題分野別に見た世界の温室効果ガス排出量と気候テック投資額の割合



分析結果の概要

・ビジネスモデルと気候テックの両面で実用化が見通せる分野に、大規模な投資が行われている。モビリティ・輸送に代表される一部のテクノロジーが盛り上がりを見せ、気候変動の抑制に期待される貢献度以上に多額の資金を呼び込んでいる。ある技術についてビジネスモデルの有効性が証明されると、すぐに資金が流れ込み、その技術の普及に大きなインパクトをもたらすことができるのだ。しかし一方で、削減可能な排出量(ERP)の合計が相対的に少ない課題分野に多額の投資が行われ、削減可能な排出量が多いにもかかわらずテクノロジーが成熟していない課題分野は資金不足のままになっている、という現状がある。

・全ての課題分野にわたって投資を増やすことが必要である。それによって、ブレイクスルーノベーションを実現してセクターのティッピングポイントを超えて、現時点ですでに実用化間近な技術を今後10年の間に大きく成長させたりすることが可能になる。投資家に対する優遇政策も欠かせない。民間の投資を促進し、技術ノベーションを加速するためには、政府が明確な行動計画を示し、安定した炭素価格や研究開発投資を支える必要もある。こうした対応によって、今後10年間、そしてそれ以降も、社会が必要とする気候テックに迅速に投資される資金がますます増えるだろう。

・ベンチャーキャピタルのアーリーステージ投資には、より長期的な視点が求められる。それが将来のブレイクスルーを可能にするからだ。政府が長期的な戦略計画を策定し、目標を明確に絞った政策（例えば炭素価格など）を導入することも必要だ。それによって排出量削減が難しい業種の技術（低GHG建築資材など）やネットゼロに向けたグローバル目標の達成に不可欠な炭素除去技術への投資にも弾みがつくだろう。



これらの数十年間は、脱炭素化がインターネット革命以来の大きなビジネスチャンスになるだろう。むしろ、その100倍大きな規模になるかもしれない。私たちがGoogleやAmazonで経験した以上のこととが、気候テックで起きるだろう。

(Extantia、Yair Reem氏)



結果は保証されていないが有望と思われる投資先である、という点が課題だ。そこで、政府の対応によって安心感を醸成することができる。不透明なことが多い中で政府の対応は役に立つし、必ずしも100%の助成金を出す必要もない。(PwC英国がインフラ投資家に実施した聞き取り調査より)⁷¹

気候テックにおける技術の成熟度について

分析にあたっては、学術文献や灰色文献をもとに各技術の技術成熟度レベル（TRL）を評価し、成熟度を判定した⁷²。その上で、技術分野における各技術の応用やプロセスのTRLを集計して評価し、技術分野を「試作（TRL4～6）」「実証（TRL7～8）」「事業化（TRL9以上）」の3ランクに分類した⁷³。

試作段階（TRL4～6）

炭素直接空気回収・貯留 (DCC/S)
低GHGの鉄・鉄鋼
低GHG船舶輸送
波力・潮力発電

これらの技術の大半は、研究開発段階、すなわち研究室環境での概念から、実際の展開条件に合わせた最終的な試作を行うまでの段階にある。個別の技術の使用事例には、実働環境でのテストが始まり実証段階に入っているものもあるが、そうした技術についても現状の展開レベルを考慮した結果、実証段階に分類される技術に比較して成熟度が低いと判断した。

試作段階（TRL4～6）

代替食品・低GHGタンパク質
発電におけるCCUS
精密農業
食品廃棄物技術
グリーン水素製造
低GHGコンクリート・セメント
SAF（持続可能な航空燃料）

このカテゴリーには、本格的な実証実験あるいはパイロットプロジェクトが進行中の技術が属している。投資家や規制当局からの信頼獲得のためにデータを収集すると同時に、事業化を目指していることが多い。

中には、一部の市場で事業化を達成している技術分野も含まれているが（精密農業、食品廃棄物技術など）、その大半が、進出可能な市場全体の規模に比べると極めて小規模であるため、成熟度のスコアが低くなつた。

事業化段階（TRL9以上）

軽負荷バッテリーEV
太陽光発電
風力発電
マイクロモビリティ

これらの技術は、それぞれに適した環境の中でビジネスモデルの事業性が立証されている。中には、太陽光発電や風力発電など、10年を優に超えて事業として成立しているものもある。一方で、生産効率向上に役立つ先進材料の開発、再生可能発電と送電網の相互連絡を管理・最適化するソフトウェアの開発など、末端部分のノベーション推進に向けて、ベンチャーキャピタルの投資機会がまだある。

PwCの調査では、これらの技術分野がグローバルレベルで業界のティッピングポイントに急速に近づいていることが示された。これらの技術分野を大規模に展開し、実用化に向けて残された障壁を克服し、最適化し、取り残された顧客セグメントに届けるために、資金調達のライフサイクル全体にわたって、継続的な投資が必要である。

気候へのインパクトに応じた資金配分が行われているか？

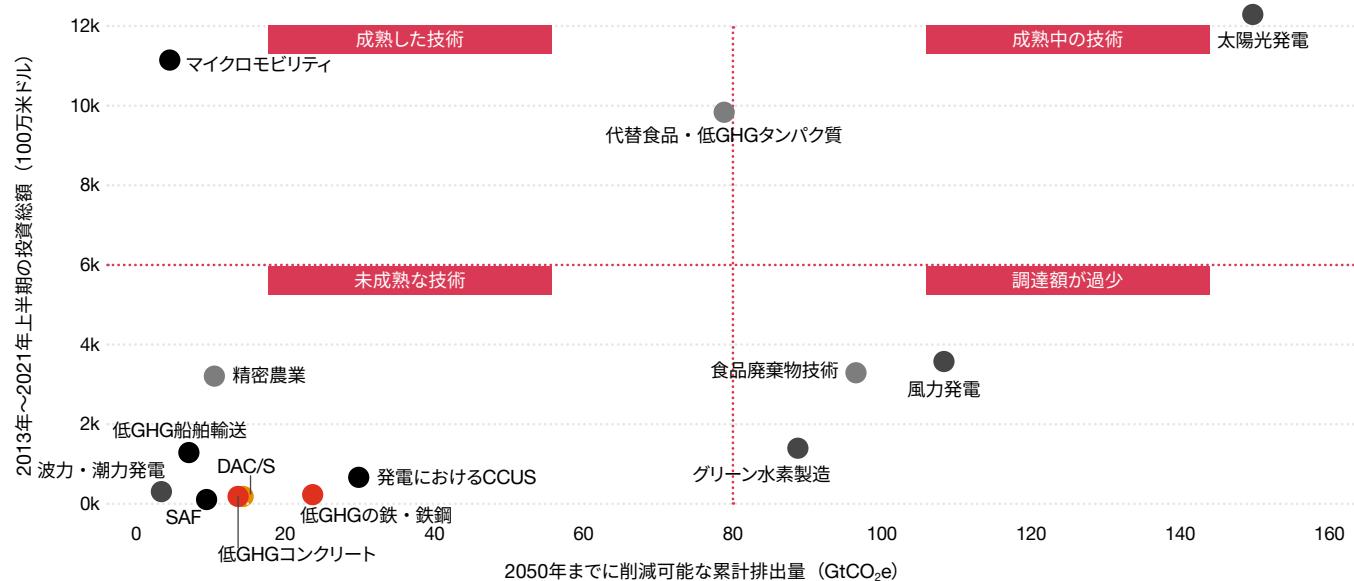
ひと握りの技術が投資という「パイ」の大部分を独占している

この質問にひと言で答えるなら「ノー」だ。PwCの調査では、2050年までに削減が可能な累計排出量について見た場合⁷⁴、上位5位までの技術に見込まれる削減量を合計すると全体の81%となるが、2013年から2021年上半期までの分析対象期間にそれらの技術が調達した資金は全体のわずか25%に過ぎない。気候テックでは、ひと握りの技術分野が資金の大部分を独占し、大半の技術ソリューションがわずかな資金しか受け取っていない⁷⁵。

ここで、顕著な2例について言及しておきたい。軽負荷バッテリーEV⁷⁶とマイクロモビリティである。軽負荷バッテリーEVによって削減が可能な総排出量は全体のわずか3%だが、資金調達額の割合は全体の60%を超えており、また、マイクロモビリティが削減可能な排出量は全体のたった0.4%であるのに対し、9%の資金を受け取っている。



気候テック別に見た削減可能な排出量と投資総額の比較（2013年～2021年上半期）



■エネルギー ■食品・農業・土地利用 ■温室効果ガスの回収・除去・貯留
■工業・製造業・資源管理 ■モビリティ・輸送

出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析、Project Drawdownデータ、灰色文献詳細は付属資料を参照。

注：今回の分析では、ベンチャーキャピタル投資を中心に資金を集めるスタートアップ、および新しい技術を対象とする資金調達ラウンドを分析対象とした。公開市場での資金調達（ポストIPO）および大規模なプロジェクトファイナンスは、成熟度の高い技術のスケールアップに使われるものであるため対象外とした。

次のギガコーンはどこから?⁷⁷

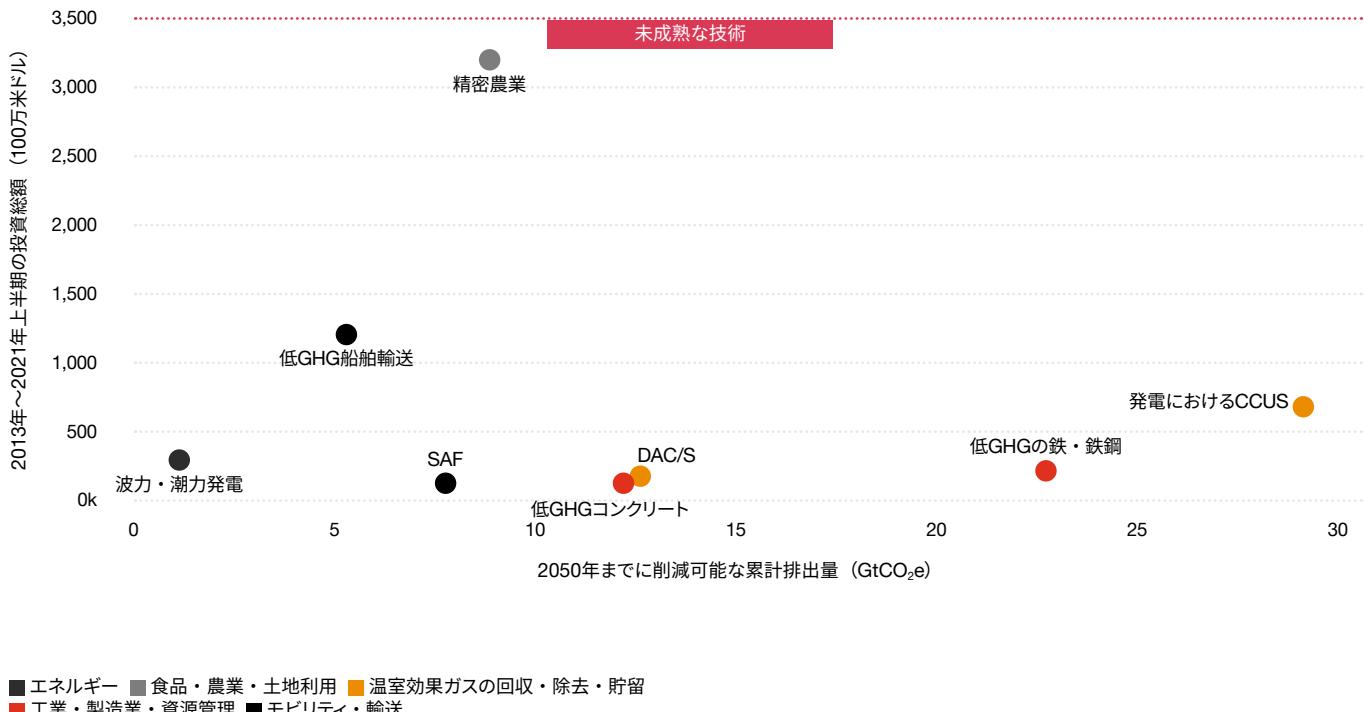
下図は、現在の普及シナリオをもとに各技術分野が2050年までに削減可能な累計排出量を算出し、30ギガトン二酸化炭素換算（GtCO₂e）未満の分野を示したものである。これらの技術は、代替食品や太陽光発電などの分野に比べると削減可能量は少ないが⁷⁸、それでも各セクターの脱炭素化に不可欠な役割を果たし、世界の温室効果ガス排出予算に大きく貢献すると考えられる。

今のところギガコーンを達成しそうな企業はまだないが、CO₂という点から見れば、汚染度の高い課題分野の多くが、近い将来ギガコーンを生み出すに足る大きな問題を抱えている。すなわち、下図に示した技術が将来、ギガコーン企業を代表する技術になる可能性がある。現在、コンクリート・セメント製造は世界の温室効果ガス排出量の8%、鉄・鉄鋼は6～8%を占めている⁷⁹。これらの業界では、技術と投資の適切な組み合わせが実現すれば、大規模なインパクトが達成されることは間違いない。ただし、たった1つの技術で気候変動のカーブを抑えることはできず、この報告書で示した全ての課題分野でイノベーションを起こし、スケールアップすることが必要であることも確かだ。とは言え、成熟途中的段階にある気候テッ

クの市場は拡大し続けており、10倍から100倍さらにそれ以上のリターンを求める投資家ならば、市場を奪い合う複数のユニコーンがまだ存在しない比較的の成熟度の低い技術に注目すべきだろう。

成熟した技術	成熟中の技術
未成熟な技術	調達額が過少

気候テック別に見た削減可能な排出量と投資総額の比較（2013年～2021年上半期）——「未成熟な技術」象限拡大図



■エネルギー ■食品・農業・土地利用 ■温室効果ガスの回収・除去・貯留
■工業・製造業・資源管理 ■モビリティ・輸送

出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析、Project Drawdownデータ、灰色文献詳細は付属資料を参照。

注：今回の分析では、ベンチャーキャピタル投資を中心に資金を集めスタートアップ、および新しい技術を対象とする資金調達ラウンドを分析対象とした。公開市場での資金調達（ポストIPO）および大規模なプロジェクトファイナンスは、成熟度の高い技術のスケールアップに使われるものであるため対象外とした。この図は、前ページ図のうち、X軸30GtCO₂e、Y軸35億米ドルまでの「未成熟な技術」象限を拡大したものである⁸⁰。

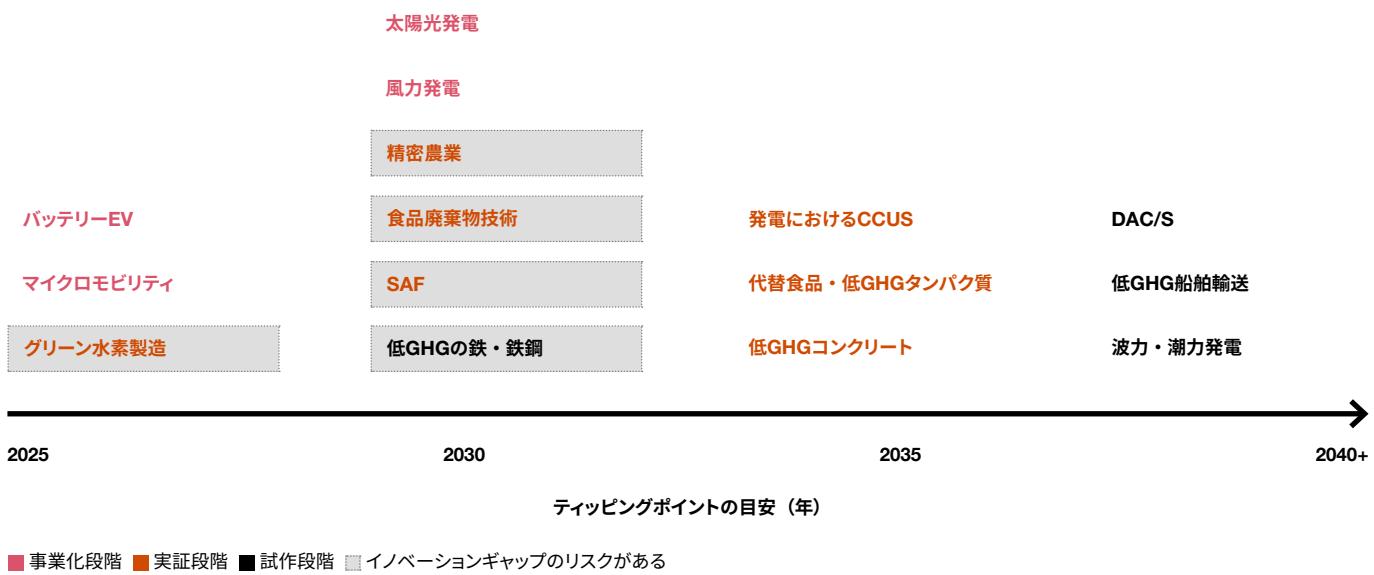
イノベーション推進におけるベンチャーキャピタルの役割

イノベーションのギャップを見つけ出す

調査の結果、研究開発におけるイノベーションが遅れていると考えられる5つの技術分野（グリーン水素製造、食品廃棄物技術、精密農業、持続可能な航空燃料（SAF）、低GHG鉄・鉄鋼）が明らかになった。下図に、それらが他の技術に比べてどのくらい成熟が遅れているかと、各セクターのティッピングポイントがどのくらい近いかを示した。試作・実証段階を経て事業化を実現するまでには何年、あるいは何十年もかかることがあるし、早急に脱炭素化を進めなければならない炭素集約的な産業も存在していることを考えれば、社会のためにこれらの技術を迅速に結集させて進化を加速させる必要がある。

PwCは、気候テックソリューションの進化にベンチャーキャピタルが果たしている役割の現状について、市場がどう見ているかを知るために、ベンチャーキャピタル投資家に聞き取りを行った。何人かの投資家からは、金融テクノロジーを対象とする投資の水準について、この技術は急速に拡大しているが、グローバルな脱炭素化に有意義な貢献にはならないだろうという懸念の声が聞かれた。しかし、さまざまな分野で新たに登場してきた多くの未成熟な技術については、ベンチャーキャピタルが自らの得意を活かしてグリーンプレミアムを縮小し、それら新技術の普及を後押しするだろうと期待を示した投資家も多かった。そうしなければ機会を逃すリスクを負うことになるし、気候問題の解決を支援することもできない。

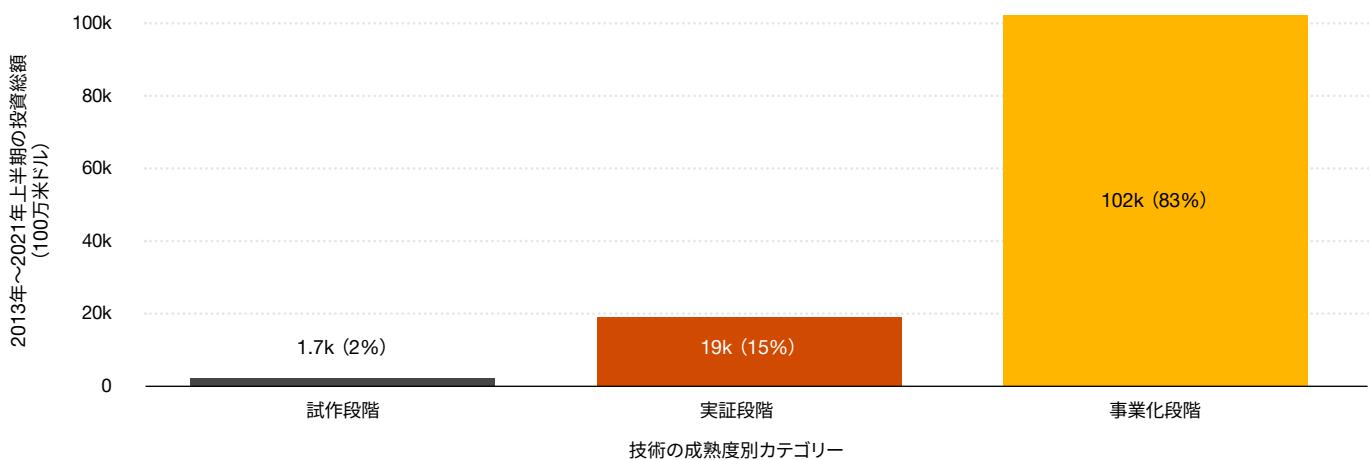
ティッピングポイントと技術成熟度の比較



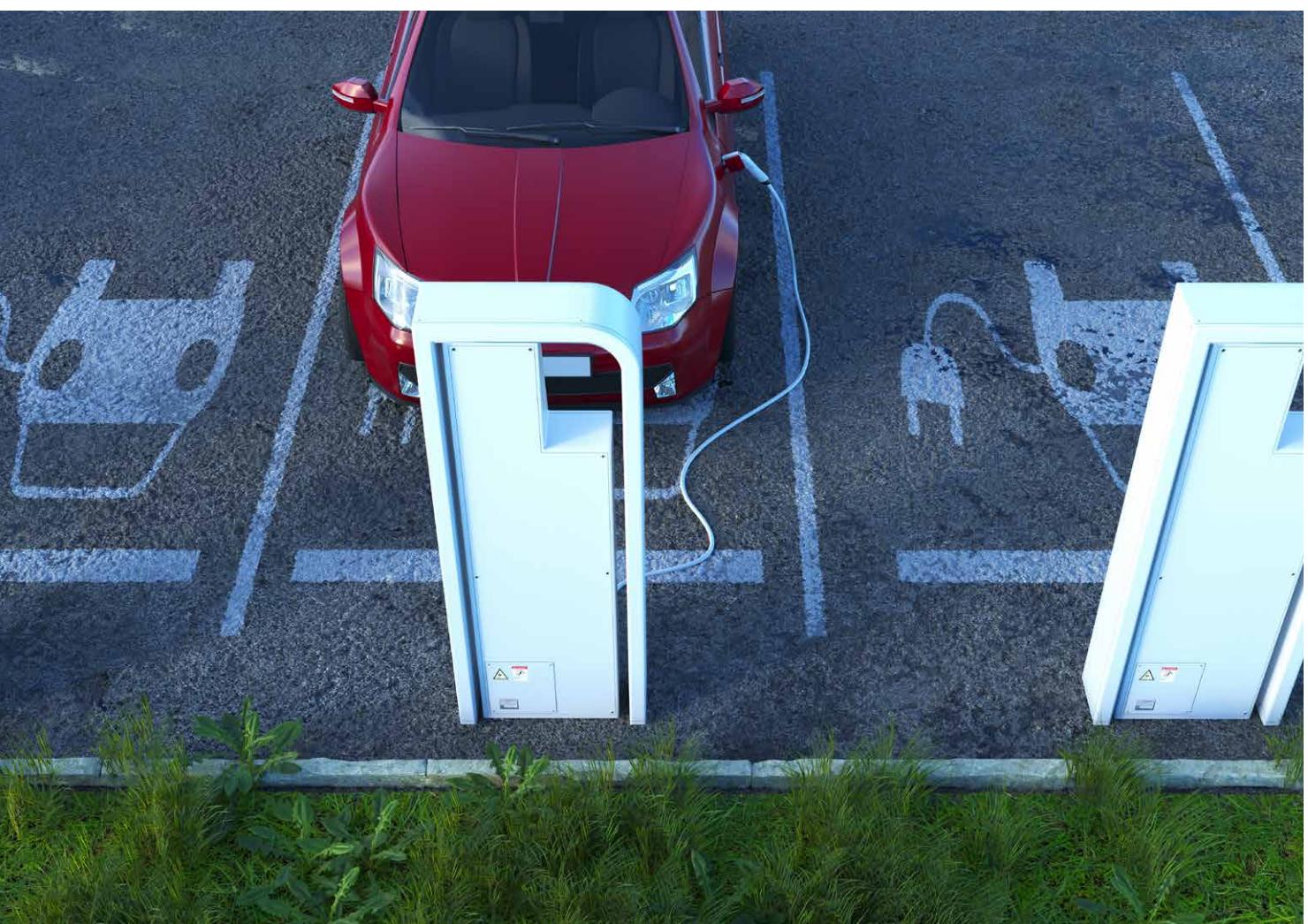
出所：IEA「Energy Technology Perspectives 2021」をもとにPwCが分析

成熟度が異なる技術間、成熟度が同じ技術間の資金格差

成熟度別に見た技術の投資総額（2013年～2021年上半期）



出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析



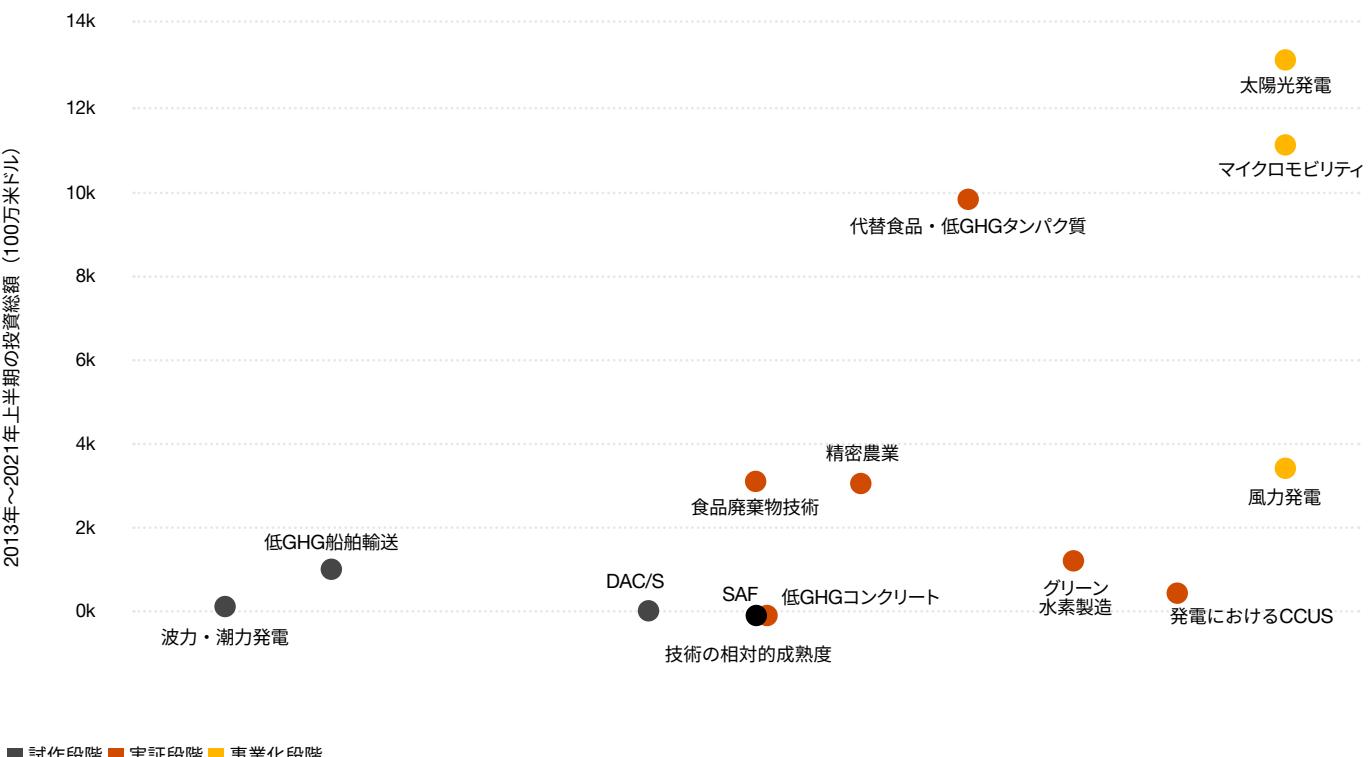
資金調達額を成熟度別の3カテゴリーについて分析したところ、予想どおりのパターンが明確に表れていた。すなわち、成熟度の高いカテゴリーがより多くの資金を調達する傾向があった。製品や事業化モデルのリスクが少ないためである。

しかし、下図に見られるように、成熟度が同じ（したがって、投資家が目指す内部利益率もほぼ同等）であっても、技術によって調達額に大きな差がある⁸¹。例えば、食品廃棄物技術と低GHGコンクリートはほぼ同じ技術成熟度であるにもかかわらず、前者は後者の35倍の資金を調達している。おそらく、資本集約的な気候テックは、投資を検討するときに投資家に追加的なリスクが加わることが理由だろう。例えば資本集約的技術である炭素回収・貯留技術と低GHGタンパク質技術を比べると、低GHGタンパク質技術の方が設備投資は極めて少なく、最終製品のコストも低い。しかも、収益チャネルが実証されていることも強みになっている。また、成熟度に比して調達額の少ない技術は既存のスタートアップエコシステムに

組み込まれていない産業に含まれることも多く、それがイノベーションをさらに難しくしているという側面もある。

別の理由もある。ある技術に著名な投資家が資金を投じたことで市場の活況が続き、その結果、特定の技術に多くの投資が集まるケースである。こうした事例は、成熟度に比して投資が少ない技術が資金を獲得してイノベーションをスケールアップする機会になる。成熟度の近い他の技術に比べて投資が少ない技術はどれかを判断するには、どの地域・市場なのかが大きく関係する。さらに、市場ごとに個別に想定されるTAM（獲得可能な最大市場規模）にも左右される。

気候テック別に見た成熟度と投資総額の比較（2013年～2021年上半期）



気候テックには新しいクラスの投資家が必要

ベンチャーキャピタルの投資サイクルは一般的に10年以内である。一方、気候テック分野の製品やサービスを開発して大規模に提供できるようにするまでには、既存の技術製品より長い期間が必要だ。こうした現状を踏まえて、気候テックへの投資家には、これまでより長期的な視点で投資を行うことが求められている。また、投資家には投資における内部利益率の最適化という観点から、短い時間でスケールアップし、エグジットできる技術への投資を選ぶ動機がある。

資本集約度の高い技術分野でも、イノベーションによって財務上必要なリターンを生み、かつ環境や社会に甚大なインパクトをもたらすことができる。ベンチャーキャピタルはこうした技術にもっと忍耐強く資金を投じる必要がある。本報告書の2020年版で息の長い資金へのアクセスが重要であると指摘したが、今年の分析結果もそれを裏づけている。Khosla Venturesの創業者、Vinod Khosla氏は、「気候テックスタートアップが必要とする時間と、投資家が想定する時間をどう一致させるかが重要な課題だ。忍耐強い投資が必要で、そのためBreakthrough Energy Venturesは、10年以内にリターンを求める従来の時間枠を変更し、20年のファンドを組成した」と述べている。

適切なタイプの投資家と出会えば、これらの技術は劇的な成長を遂げる可能性がある。建築環境、工業・製造業、航空、海運といった排出量削減が難しいセクターの脱炭素化を実質的に前進させるために、これらの技術を大きく成長させることができた。課題になるのは、「インパクトファースト」だけでは納得しない投資家が、上述した現状を踏まえた方法で投資事業を運営し、手元にある何千億ドルもの巨額の資金を放出してくれるかどうかである⁸²。

資本集約的企業にアーリーステージ投資を行う際の障壁に関する分析

英国のEnergy and Climate intelligence Unitのデータによると、2021年6月現在、137カ国がネットゼロ目標に同意している。その目標を達成するには、急いで行動を起こす必要がある。特に、エネルギー、運輸、工業・製造業など汚染度の高い課題分野への対応が急がれるが、これらの事業には大規模なインフラが不可欠である。

そのため、初期投資が大きく耐用年数の長い**実物資産**を計画し、その資金を調達し、建設しなければならない。それを迅速かつ大規模に行って既存の高GHG原単位資産を低GHG原単位資産に入れ替えるには、明確な投資シグナルが必要だ。英国その他の国々が洋上風力発電に投資した経験を振り返ると、2020年までの10年間にコストが約60%低下しており、英国は今や洋上風力発電開発の最先進国である⁸³。この経験は、政策による支援と民間投資のバランスが適切であれば、2050年のネットゼロ達成に向けて大きな前進が可能であることを実証している。脱炭素化を加速するには、今、新たに登場した技術やネットゼロのイノベーションについても、洋上風力発電と同レベルの戦略的方向性と官民投資家の連携を構築しなければならない。加えて、カーボンプライシングを導入して市場の信頼感を高めるといった政策や、First Movers Coalitionなどの取り組みを通じて削減が難しいセクターでのイノベーションを促進するといった支援策も必要である⁸⁴。

インフラ技術の大規模展開には、年金基金、政府系ファンド、インフラファンドなど**機関投資家**からコストの低い長期資金を調達するのが一般的だが、試作段階および実証段階の企業が研究開発を行い、技術をスケールアップしてサプライチェーンを広げていくためには、今後もベンチャーキャピタルからの投資による支援が必要である。





市場の失敗を取り返す：グローバル・カーボンプライシング⁸⁵

CCUS（炭素の回収・利用・貯留）産業の事例を検討すると、実効性のあるカーボンプライシングを行った場合のインパクトに関する知見が得られる。炭素に価格を付けるのは、炭素汚染という外部性を全ての業種にわたって内部化するためだ。炭素税は、環境影響が少ないが高価な代替ソリューションの価格を素早く強制的に平準化し、「グリーンプレミアム」⁸⁶を縮小させる効果がある。そのため炭素税は汚染を減らすインセンティブになり、より再生可能なエネルギー源や生産方法への切り替えを促し、低消費やクリーンな消費につながる。

CCUS技術は複雑だ。発電や、エネルギー使用量の多い工業プロセスからの炭素排出量を大幅に減らすことができる反面、世界が化石燃料に依存する期間を長引かせることになるので、将来のネットゼロ達成に逆効果だとする意見もある。

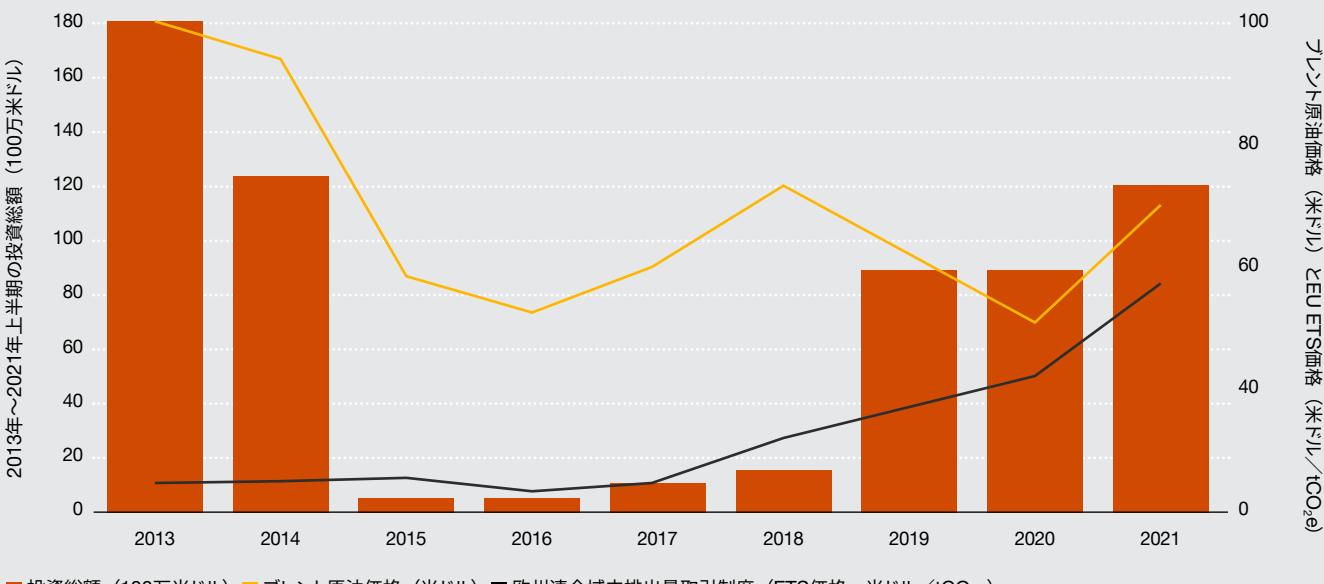
多くの国がCCUSの開発や活用への支援を強化し始めており、短期的には多くの事業計画が不透明感の増大に直面している。その理由はコロナ禍と、低迷が続く原油価格である。原油価格は二酸化炭素価格の指標として使われることが多く、それが不安定化することでCCUSの商業的な実現可能性が課題になっている。回収したCO₂を製品の製造や工業プロセスに活用する技術はまだ生まれたばかりであり、現状では、回収したCO₂の大半が原油増進回収に使われている。しかし、原油増進回収は高いコストがかかるため、原油価格が高くないと事業として成り立たない。コロナ禍で世界の原油価格が歴史的な低水準で推移する中、米国テキサス州にある世界最大の商業CCUS発電所であるPetra Novaが2020年半ばに操業を停止し⁸⁷、CCUS技術の普及に暗い影を落としている。

既存のCCUS技術は将来有望で、スケールアップのための資金を必要としているが、成熟度としてはアーリーステージであるものの、回収率やコスト競争力の向上に役立ちそうな新しい技術イノベーションも登場している。CCUSを活用した発電の事業化はまだ初期段階にあり、そのため十分な投資を確保するには、例えば長期的な戦略、税控除、助成金支給など、政府による明確な目的を持った補完的な政策が必要である。

グローバル・カーボンプライシングの導入をはじめとする各種インセンティブを適切に組み合わせれば、さまざまなクリーンエネルギー技術の採用が急速に進む可能性がある。それが実現するまでは、大半の投資家にとってこの分野への投資は依然としてハードルの高いままになるだろう。

分析対象期間において、発電技術分野へのCCUS活用に対する投資は6億4,600万米ドルにとどまった。これはインパクト技術分野全体の1%にも満たない。これまで(2013年～2021年上半期)の投資はLanza Tech(2億9,400万米ドル)、CarbonFree Chemicals(1億4,100万米ドル)、Svante(1億3,600万米ドル)の3社に大半が集中している。CCUSには資金ギャップがあり、需要も増大している上、世界が脱炭素目標を達成するために重要な技術であるという認識が高まっていることから、今後大きな投資機会が生まれる可能性がある。

発電におけるCCUSへの投資総額、ブレント原油価格、欧州連合域内排出量取引制度価格の比較（2013年～2021年上半期）



出所：PwC「2021年版気候テックの現状」、Dealroomデータの分析、米国エネルギー情報局および世界銀行グループのデータ

8

まとめ

昨年PwCが第1回報告書を公表してからの1年間、気候テックをめぐる状況は急速に動き、社会の機運も大きく高まった。そして、気候テック投資のインパクト最大化に向けて、考慮すべき多くの重要な知見が明らかになった。

- 1 気候テックへの投資は続いているが、ブレイクスルーイノベーションを加速させて、将来の気候危機対策に役立つ技術の進化・普及を可能にするには、**プレシードステージとシードステージに継続的に注目する必要がある**。
- 2 排出量削減が難しいセクターの技術をスケールアップするには、**投資家は目の前の成果だけにとらわれてはいけない**。今回PwCが調査対象とした技術の中で、削減可能な排出量の81%を占める技術に対して投資された額は全体の25%に過ぎなかつたことが、インパクト分析によって判明している。投資家は、資金の行き先を注視し、削減可能な排出量が多く経済の深いところから脱炭素化を促進できる技術であるにもかかわらず、致命的に投資が不足しているものへ、資金を流す必要がある。
- 3 **投資家やリミテッドパートナーは、投資前の分析や投資期間全体を通じた継続的な報告を求め、その実行をサポートしなければならない。**気候テック専門のベンチャーキャピタルの手法は、対象の規模を「大・中・小」に分けるものから、排出量を詳細に算出するものまでさまざまである。ただし詳細な計算を行うことは、対象のスタートアップにとって大きな負担になることがある。そのため、規模や成熟度をもとに分析の枠組みや手法を注意深く検討する必

要がある。従来型のベンチャーキャピタルでも、こうした点を理解・分析する能力を構築することが重要だ。そのために活用できる、優れた幅広い公的リソースもある。

- 4 気候テック投資からは巨大なリターンが期待できるが、多くの技術は成熟に時間がかかるため、**長期的な投資ホライズン**を設定しなければならない。その間に失敗に終わる技術も多く、したがって、気候テック投資家は**十分なリスクプロファイル**も把握していかなければならない。
- 5 多くのブランドや商品が、ESGの統合へと軸足を移している。**投資にあたっては、グリーンウォッシングを意図したものでないかどうかを警戒し**、削減可能な排出量と財務上のリターンを公平な目で見る必要がある。
- 6 **気候テックの開発先進国の経験から教訓を学び、新興市場での導入に活かす**という点では、大きな機会が存在している。多くの新興国は、温室効果ガスの排出量が非常に少ないにもかかわらず、気候変動から受ける影響が最も大きくなる可能性があるという不均衡な状態にあるため、先進国の教訓を活かすことは、公正な移行を実現するために特に重要である。
- 7 **資金の97%が気候変動を抑制する技術に投じられており、気候変動への適応のために投じられたのはわずか1%だった。**IPCCによると、1.5°C目標の達成を可能にするには、温室効果ガス削減や二酸化炭素除去を大規模に実現しなければならないことは明白である。したがって、これらの技術

の進展が加速しないようであれば、気候変動の影響に短期的・長期的に対応するために、大規模な適応が必要になるだろう。分析対象とした3,000社以上の気候テックスタートアップの中で気候変動への適応に着目していたのがわずか1%だったことからも、**イノベーションと資金との間にギャップがあることは明らかだ**。

この1年間、世界の人々は、気候危機に対応してネットゼロを実現しようという明確な意思を示した。そうした今、ベンチャーキャピタルは投資の行き先を定め、根本から脱炭素化を進める主要技術に焦点を合わせるという、極めて重要な役割を担っている。



謝辞

本報告書は、Exponential ViewのAzeem Azhar氏の協力のもと、PwC英国Innovation & SustainabilityのLeo Johnson、Emma Cox、Denise Chan、Tarik Moussa、Millie Foakes、Vish Arora、Jess Wrigleyが執筆しました。



Leo Johnson

Disruption & Innovation Leader
Partner, PwC UK

leo.f.johnson@pwc.com



Emma Cox

Global Climate Leader
Partner, PwC UK

emma.cox@pwc.com



Denise Chan

Innovation & Sustainability
PwC UK

denise.k.chan@pwc.com



Tarik Moussa

Innovation & Sustainability
PwC UK

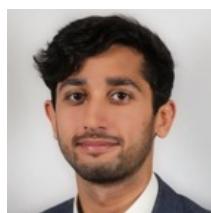
tarik.moussa@pwc.com



Millie Foakes

Innovation & Sustainability
PwC UK

millie.foakes@pwc.com



Vish Arora

Innovation & Sustainability
PwC UK

vishvas.q.arora@pwc.com



Jess Wrigley

Innovation & Sustainability
PwC UK

jessica.wrigley@pwc.com



Azeem Azhar

Senior Adviser to PwC UK,
and Founder, Exponential View

azeem@azhar.co.uk

本報告書の作成にあたり、貴重な情報を提供してくださったDealroomおよびインタビューで知見を提供してくださった方々にPwCよりお礼を申し上げます。Dealroom.co：投資に関する基本データを提供。Dealroom.coは、欧州をはじめ世界のスタートアップやアーリーステージ、成長企業のエコシステムに関するデータを提供しています。プロジェクトチーム（敬称略）：Yoram Wijngaarde、Matteo Renoldi。

インタビューで知見を提供してくださった方々（敬称略）

直近1年間における気候テック投資の動向について、最新の情勢を深く理解するため、下記の方々に聞き取り調査を行いました。幅広い地域のさまざまなタイプの投資家の皆様にご協力をいただきました。

Brett Bivens (Head of Research, Prima Materia)

Mark Cupta (Managing Director, Prelude)

Danielle Harris (Managing Director, Elemental Excelerator)

Christian Hernandez (Partner, 2150 VC)

Hampus Jakobsson (General Partner, Pale Blue Dot)

Sven-Christian Kindt (IS&P Private Equity Investments, Credit Suisse)

Alex Langguth (Co-Founder and Managing Partner, Übermorgen)

Ramez Naam (Co-chair, Energy and Environment Program at Singularity University)

Matt Ocko (Co-managing Partner, DCVC)

Yair Reem (General Partner, Extantia)

Kavita Surana (Assistant Research Professor, Center for Global Sustainability, University of Maryland)

Albert Wenger (Managing Partner, Union Square)

付属資料



付属資料1： PwCの気候テックプラットフォーム

世界中の市場で、環境・社会・テクノロジーをめぐって巨大な力が働き、市場のあり方を変化させています。PwCのクライアントは、そうした市場の変化への対応という大きな課題に直面しながら、ネットゼロへの転換や国連グローバル目標の達成に取り組みつつ、今日の市場で成果を挙げるべく取り組んでいます。

PwCは、テクノロジーが実現する持続可能な未来に向かって進むクライアントを支援します。ネットゼロ戦略の開発と目標設定、市場のスキャニング、提携先の調査からインパクトの評価や報告まで、ESG時代の新たなニーズへの対応をお手伝いします。気候に関する詳しい情報やお問い合わせ先についてはPwCの[気候関連ページ](#)をご覧ください。

付属資料2：

投資状況の分析方法

本セクションでは、気候テック分野におけるベンチャーキャピタル投資の評価を実施するにあたり、使用した手法の主な特徴を説明する。評価プロセスは以下の3ステップに大別される。

ステップ1：分析対象を正確に区別する。スタートアップに該当する企業としない企業の区別や、何をもってベンチャーキャピタルとみなすかを定義して、分析の指針とした。区分の条件は以下のとおりである。

- **時期による区分：**起業の時期は問わないが、2013年以降の資金調達のみを対象とした。インタビューによる質的対話やPwCの経験をもとに、気候テック投資への関心が2013年から高まってきたことを踏まえて、この基準を設定した。
- **投資額による区分：**100万米ドル以上の資金を調達したスタートアップを対象とした。それに満たない小規模な企業も気候テックにおける重要性が低いわけではないが、プロダクトマーケットフィットに向けて戦略を変更している段階の企業が多いため、今回設定した気候テック基準をもとにした評価では、信頼できる結果が得られにくい。
- **投資のタイプによる区分：**投資ラウンドがアーリーステージのベンチャーキャピタルおよびプライベートエクイティ投資のみを対象とした。IPO（新規株式公開）、ICO（新規仮想通貨公開）、債券発行は分析の対象外とした。

ステップ2：各スタートアップ企業が気候テック分野に属するかどうかを決定する。この区分は単純に二分できるものではないので、指針となる質問をいくつか適用し、そのスタートアップが気候テックに十分に取り組んでいるかどうかを評価した。

- **その企業には、炭素排出量またはネットゼロに注目した戦略があるか？** 排出量削減を明確な目標として公表しているスタートアップは、対象に含めた。
- **その企業は、ネットゼロに不可欠で重要な課題分野もしくは対策に取り組んでいるか？** 排出量削減に極めて重要な対策に取り組んでいる、または資源効率向上や排出量削減をほぼ唯一の目的とした活用事例を持つスタートアップは、最初の基準に適合するかどうかにかかわらず、気候テック企業とみなした。例えば、衛星を運用し、効果的な気候対策や資源利用の最適化に不可欠な情報となる地球観測データを収集する企業などが該当する。

• **その企業は、排出量に一次的な影響を及ぼすか？** 事業活動を通じて排出量を直接減らしている企業を分析対象とし、二次的な影響を及ぼす企業は（最初の基準に適合する場合を除いて）対象外とした。例えばAI用プロセッサの製造業者は、二次的な影響を及ぼす企業の例である。これらの企業は、他のスタートアップがAIを活用してネットゼロ転換に取り組む際に役立つ可能性があるが、製造業者自身が直接排出量を減らしているわけではない（しかも、プロセッサの用途によっては排出量を増加させる場合もあり得る）。

• **その企業は、イノベーションや技術活用のレベルを明らかにしているか？** 気候テック企業は、革新的なツールや技術の開発もしくは活用を実証することを期待されている。例えば代替タンパク質の場合、人工肉の開発は十分にイノベーティブであるとみなされるが、植物性栄養補助食品の販売は（他のかたちでの大きなイノベーションがない限り）、対象外となる。

ステップ3：課題分野およびネットゼロ対策ごとにスタートアップを分類する。 製品やサービスの目的に基づき、各社の「一番重要な」課題分野とネットゼロ対策を確定した。分類は継続的に見直し、企業が当初仮定した枠組みに必然的に一致しなくなったことが認められた場合は、調整を行った。

一部の企業は、複数の課題分野に活用できるソリューションを提供している。例えばEV用の電池技術を開発する企業の場合、送電網につなぐことによって送電網管理のソリューションとしても使える。この場合、その企業が実際に一番に目指している業種（この例の場合は、モビリティ・輸送）を選び、分類した。

注目のスタートアップ企業：本報告書では、いくつかのネットゼロ対策分野について、注目すべきスタートアップ企業を紹介している。主に分析対象期間の調達額やバリュエーションの高さを基準とし、対策分野ごとに多様なソリューションを紹介できるよう選出した。

付属資料3：

気候テック分類表

<p>課題分野 モビリティ・輸送</p>  <ul style="list-style-type: none"> 低GHG航空輸送 低GHG船舶輸送 マイクロモビリティ 低GHG軽負荷・重負荷道路輸送：電気自動車と高効率車両 高効率交通システム 移動に代わる手段（VR、テレワークなど） 電池・燃料電池 	<p>課題分野 建築環境</p>  <ul style="list-style-type: none"> 高効率な備品・設備 高効率な冷温水空調 デバイスのスマート管理 建物レベルの蓄電・蓄熱 低GHG建築プロセス 高効率な照明 高効率な都市空間とコミュニティ 革新的な循環・リサイクル 商業用・住居用建物の廃棄物の処理・管理
<p>課題分野 エネルギー</p>  <ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー発電 新型原子力発電 送電網管理 廃熱の回収・転換・貯留 代替燃料 エネルギー貯蔵（熱または電気） 抽出・メンテナンスの低GHG化 エネルギー集約型エレクトロニクスの効率化・モニタリングと管理のスマート化 	<p>課題分野 金融サービス</p>  <ul style="list-style-type: none"> 融資 銀行業（法人・リテール） ファンド・投資銀行 年金 保険
<p>課題分野 食品・農業・土地利用</p>  <ul style="list-style-type: none"> 代替食品・低GHGタンパク質 垂直農業・都市農業（アクアポニックスを含む） 農業バイオ技術・ゲノミクス、自然ソリューション 精密農業・ロボティクス 低GHG・高エネルギー効率機器 土地・海洋保護 土地利用管理 	<p>課題分野 温室効果ガスの回収・除去・貯留</p>  <ul style="list-style-type: none"> 炭素の回収・利用・貯留（CCUS） バイオマスのCO₂吸収（造林・土地管理を除く） 地球工学
<p>課題分野 工業・製造業・資源管理</p>  <ul style="list-style-type: none"> 低GHG化学品（プラスチックを除く） 低GHGの鉄・鉄鋼・アルミニウム 低GHGのプラスチックまたは代替物 低GHGの建築用コンクリートおよび代替物 高エネルギー効率・高資源効率の製造プロセス 抽出・供給・メンテナンスの低GHG化 革新的な循環・リサイクル、低GHG・高効率素材 廃棄物管理技術 産業廃棄物の処理・管理 	<p>課題分野 気候変動管理と報告</p>  <ul style="list-style-type: none"> 炭素排出量データの監視・管理・報告 気候リスクとレジリエンスの管理 気候・地球に関するデータの生成

付属資料4：

インパクト分析の詳しい分析方法

分析の目的

本報告書の「インパクト分析」セクションでは、気候テックの各課題分野が調達した金額と、各分野が気候に及ぼし得るインパクトを比較評価して、資金ギャップの状況を調査した。インパクトの可能性は、削減可能な排出量（ERP）によって判定した（具体的には、2050年までのERPの合計を用いた）。この分析によって、各技術の気候インパクトの大きさに応じた割合で投資が配分されているかどうかを判断した。また、削減可能な排出量のデータと技術の成熟度を比較することで、投資家が投資機会を特定できるようになる。現状、幅広い課題分野の気候対策が世界各地で次々に義務化されているため、気候テックは将来、大きな市場をカバーすることになるだろう。その市場の大きさと、現時点での技術リスクや事業リスクとの差を見極めれば、投資機会が明らかになる。

分析方法

15の気候技術を選定

既存の分類表をもとに、実社会での応用状況を踏まえながら、以下の3ステップによって15の気候技術分野に目的を絞った。

ステップ1：まず、全ての課題分野の中から、分析対象期間の調達資金額の大きい技術分野をリストアップし、ロングリストを作成した。

ステップ2：追加調査を行って、排出削減の難しいセクターに属する未成熟な技術、および将来のエネルギー믹스に大きな役割を果たす可能性のある技術を特定して、新たに追加した⁸⁸。

ステップ3：PwC内外の業界専門家によるロングリストの検証を繰り返して、15の技術分野にまで絞り込んだ⁸⁹。

技術分野^{90 91}

モビリティ・輸送

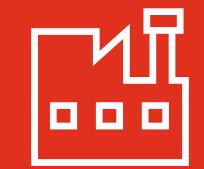
エネルギー

食品・農業・
土地利用

工業・製造業・
資源管理

建築環境

金融サービス

					
1. 風力発電 2. 太陽光発電 3. 波力・潮力発電 4. グリーン水素製造	5. 軽負荷バッテリーEV 6. マイクロモビリティ 7. 低GHG船舶輸送 8. SAF（持続可能な航空燃料）	9. 精密農業 10. 食品廃棄物技術 11. 代替食品・低GHGタンパク質	12. 低GHGの鉄・鉄鋼 13. 低GHGコンクリート・セメント	12. 低GHGの鉄・鉄鋼 13. 低GHGコンクリート・セメント	該当なし

温室効果ガスの回収・除去・貯留



14. 発電におけるCCUS
15. 炭素直接空気回収・貯留（DAC/S）

気候変動管理と報告



該当なし

技術分野の成熟度

本分析では、学術文献や灰色文献をもとに各技術の技術成熟度レベル (TRL) を評価し、成熟度を定めた⁹²。次に、技術分野における各技術の応用やプロセスのTRLを集計して評価し、技術分野を「試作 (TRL4～6)」「実証 (TRL7～8)」「事業化 (TRL9以上)」の3ランクに分類した。

主な前提条件

- 官民双方で技術の研究開発が急速に進んでいるため、本報告書公表までの間に成熟度の判定が変わることの可能性がある。
- TRL9以上の技術分野は、商業環境での実証が終わり、大規模展開の実証を待つ段階にあるが、それらの技術が市場に広く浸透するまでに要する期間は、必要な設備投資、単位当たりのコスト、国の政策環境、投資総額、技術性能といった要因の影響を受け、数年から数十年まではばらつきがある。
- 定義の幅が広い技術分野については、さまざまな要素が重なり合っていることや業界の専門家の意見を踏まえて、中間点のTRLを成熟度として見積もり、有意な比較を可能にした。

ティッピングポイントの近さ

プラスのティッピングポイントとは、ある技術、行動、アイデアが市場で十分な普及率を達成し、それを超えると、その技術、行動、アイデアの飛躍的な進歩が起きたり、業界のシステムを転換させたりすることになる点のことである⁹³。気候変動に関する国際連合枠組条約のRace2Zero Breakthroughs報告書には、20項目のブレイクスルーアウトカム（セクターごとのティッピングポイントでもある）が示されている。この報告書を基準として用いることによって、業界内外の生産者、投資家、消費者が協力して、共通の気候目標や技術目標への進展を監視できるようになっている⁹⁴。UNFCCCのセクター別ティッピングポイントは、地球温暖化を1.5°C未満に抑えるためにMarrakech Partnershipで設定されたClimate Action Pathwaysにも一致している。

本分析では、UNFCCCの提示をもとに、それに準じるティッピングポイントの案を15の技術分野それぞれに設定した。各分野の定性的データと定量的データを組み合わせ、ティッピングポイントとの距離を次の3段階で見積もった。

- 近い（2025年までにティッピングポイントに到達すると予測）
- 中程度（2035年までにティッピングポイントに到達すると予測）
- 遠い（2040年以降にティッピングポイントに到達すると予測）

主な前提条件

1 ティッピングポイントの案は、高次元での方向性を示すものである。特定の地域における個別の技術分野については、技術ブレイクスルーの発生や政策環境の変化など予測し難い要素もあるため、実際のティッピングポイントはこれらの案よりも早く、あるいは遅くなる可能性がある。

削減可能な排出量（ERP）

各課題分野の削減可能な排出量を評価するため、2020年から2050年までの間に削減あるいは隔離が可能だと推定される等価CO₂排出量（ギガトン）の合計を示した。Project Drawdown⁹⁵の情報を中心に、可能な限り、文書化された定義の明確なシナリオや仮説からの情報を用いた。ただし、ERP予測は長期的な予測なので、当然ながら非常に高い不確実性が伴う。それでも、こうした予測を出すことによって、さまざまな気候テックソリューションの比較が可能になり、それぞれの有効市場の規模を相対的に示す有用な指標を提供できる。Project Drawdown以外（学術文献や灰色文献など）から引用したERPについては、参照を記載した。

主な前提条件

1 Project Drawdownで提示された2種類のシナリオの平均値を使用している場合がある。シナリオ1は2100年までの気温上昇を2°Cとする仮定におおむね沿ったもの、シナリオ2は気温上昇を1.5°Cとする仮定におおむね沿ったものである⁹⁶。

2 本報告書で示すERPの数値は、実際よりも低い可能性がある。今後、ベンチャーキャピタル投資が増え、政策の後押しによる技術のブレイクスルーが起きるなどして、多くの技術が早期に事業化される可能性がある。そのため、ここで使用した現時点でのシナリオにおける予測よりも削減量が多くなることも考えられる。

3 1つの技術分野の進化によって別の技術分野が相乗的に進化したり、増幅したりする（例えば、エネルギー貯蔵技術の継続的開発は、再生可能エネルギーの普及を左右する重要な推進要因であり、不可欠なパートナーである）といった二次的効果は考慮していない。場合によっては強力な増幅効果を実現し、技術の事業化までの期間を著しく短縮できる場合もあるが、それを予測することは困難であるため、考慮しないこととした。

ERPの引用元

大半の技術分野のERPは、Project Drawdownから引用した。Project Drawdownで提示された2種類のシナリオの平均値は、セクション7の図に示すとおりである。

インパクト技術（Project Drawdownのソリューションを使用）

風力発電：陸上風力タービン、洋上風力タービン

太陽光発電：分散型太陽光発電、事業規模太陽光発電、集光型太陽光発電

波力・潮力発電：波力発電

持続可能な航空燃料（SAF）：高効率航空輸送

軽負荷バッテリーEV：電気自動車、ハイブリッド自動車

低GHGコンクリート：代替セメント

食品廃棄物技術：食品廃棄物の削減

精密農業：農地の灌漑効率、栄養管理効率

低GHG船舶輸送：高効率海上輸送

代替食品・低GHGタンパク質：植物性食品中心の食生活

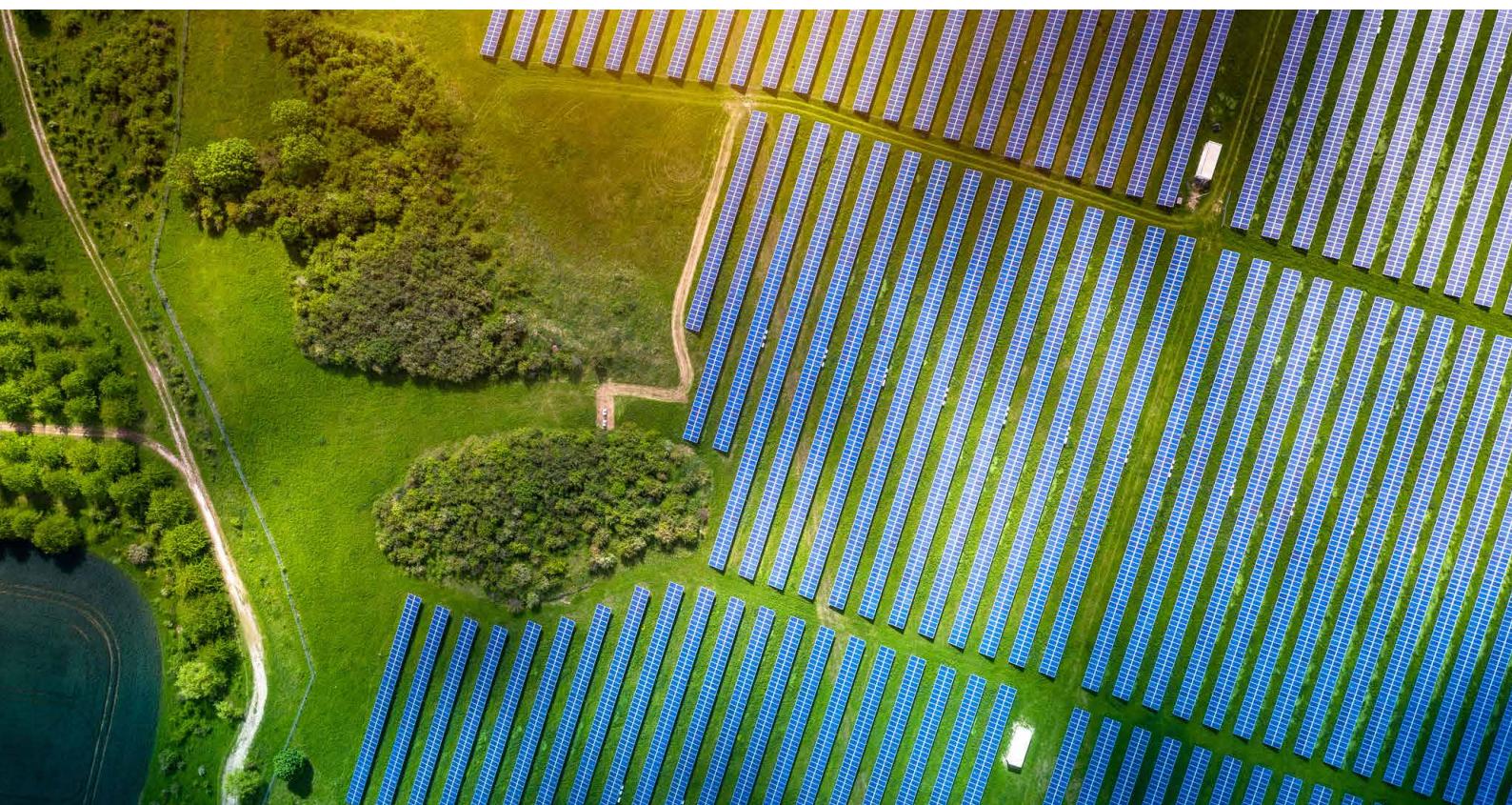
マイクロモビリティ：電動自転車

その他の引用元

グリーン水素製造：Hydrogen Councilの試算によると、水素経済は、2050年にはCO₂排出量を今日の技術よりも年に約6ギガトン削減できる。IEAのNet Zero Emissionsシナリオでは、2020年から2050年の間に水素の生産は増加し続け、2020年に11%だった低炭素方式による製造は、2050年には99%に上昇すると予測している。本報告書では、低炭素水素のGHG原単位は2050年まで一定であると仮定し、IEAのデータが提供されている今後数十年間については、製造量が線形に増加すると仮定した。上記で仮定した低炭素水素製造量の増加および現在の技術と比較した1年当たりの削減されるCO₂排出量（2020年は0トン、2050年は最大6ギガトン）から、水素経済によるERPは、2020年から2050年の合計で約88ギガトンと算定された。

発電におけるCCUSとDAC/S：IEAのNet Zero Emissionsシナリオには、世界のCO₂回収量の予測が排出源ごとに示されている。また、本報告書では、IEAのデータが提供されている今後数十年間については、CO₂回収量が線形に増加すると仮定した。以上の仮定をもとに予測した結果、2020年から2050年のERPの合計は、発電におけるCCUSが約28ギガトン、DAC/Sが約12.5ギガトンとなった。

低GHGの鉄・鉄鋼：鉄・鉄鋼分野で2020年から2050年に削減される排出量の合計は、IEAの「持続可能な開発シナリオ」に記載のものを利用した。



巻末注

1. PwC 「EU Private Markets: ESG Reboot」 2021年11月17日 <https://www.pwc.lu/en/sustainable-finance/eu-private-markets-esg-reboot.html>
2. GlobeNewswire 「Brookfield Announces Initial US\$7 Billion Closing for Brookfield Global Transition Fund」 2021年7月27日 <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/07/27/2269263/0/en/Brookfield-Announces-Initial-US-7-Billion-Closing-for-Brookfield-Global-Transition-Fund.html> <https://bam.brookfield.com/press-releases/brookfield-announces-initial-us7-billion-closing-brookfield-global-transition-fund>
3. Henry Sanderson 「TPG \$5.4bn climate fund backs long-duration battery start-up」 2021年8月23日
4. 上半期とは1年の前半の6ヶ月（1～6月）、下半期とは後半の6ヶ月（7～12月）を指す。
5. PwC 「Unlocking investment for Net Zero infrastructure」 2021年12月9日 [https://www.pwc.co.uk/industries/real-estate-and-infrastructure/real-assets/infrastructure-investment-in-netzero.html](https://www.pwc.co.uk/industries/real-estate-and-infrastructure/real-assets/infrastructure-investment-in-net-zero.html)
6. UNFCCC Climate Champions 「World leaders join UK's Glasgow Breakthroughs to speed up affordable clean tech worldwide」 2021年10月 <https://racetozero.unfccc.int/world-leaders-join-uks-glasgow-breakthroughs-to-speed-up-affordable-clean-tech-worldwide/>
7. The White House 「Fact Sheet:The Bipartisan Infrastructure Deal」 2021年11月6日 <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/11/06/fact-sheet-the-bipartisan-infrastructure-deal/>
8. European Commission 「Commission, Breakthrough Energy Catalyst and European Investment Bank advance partnership in climate technologies」 2021年11月2日 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_5586
9. 例えば、食品・農業・土地利用の課題分野には、代替タンパク質、垂直農業、農業バイオ技術などのネットゼロ対策がある。
10. IPPC 「Key Economic Sectors and Services」 2021年12月9日 <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/key-economic-sectors-and-services/>
11. PwCの気候テックプラットフォームに関する詳細については、付属資料を参照。
12. 投資に関する過去の数値は「2020年版気候テックの現状」とは異なっている。
<https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/state-of-climate-tech-2020.html>
13. ユニコーンの定義については、市場で統一された定義はない。本報告書では、2021年上半期現在、時価総額が10億米ドル以上で上場しておらず、また全株買収もされていないスタートアップをユニコーンと定義した（プライベートエクイティ出資のスタートアップを含む）。時価総額のデータはDealroom.coおよび報道から取得したもので、PwCによる検証は行っていない。
14. SOSV Climate Tech SummitでのBill Gates氏へのインタビュー。2021年10月13日
15. Nicholas Earl 「BlackRock CEO predicts a thousand sustainable ‘unicorns’」 2021年10月25日 <https://www.cityam.com/blackrock-ceo-predicts-a-thousand-sustainable-unicorns/>
16. 「アーリーVC」は、自己申告ではなく、100～1,000万米ドルの投資ラウンドに対する既定設定とした。
17. EIP 「Climate Tech Index」 2021年12月9日 <https://eipclimateindex.com/>
18. Sequoia 「The Sequoia Fund: Patient Capital for Building Enduring Companies」 2021年10月26日 <https://medium.com/sequoia-capital/the-sequoia-fund-patient-capital-for-building-enduring-companies-9ed7bcd6c7da>
19. Axios 「Scoop: Sequoia Capital just blew up the VC fund model」 2021年10月26日 <https://wwwaxios.com/sequoia-capital-fund-venture-capital-model-36425923-deff-430e-9945-09b0ccb69c78.html>
20. World Resource Institute 「Four Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Countries and Sectors」 2020年2月6日
21. Hannah Ritchie、Max Roser 「CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, Our World in Data」 2020年 <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
22. World Resource Institute 「Everything You Need to Know About the Fastest-Growing Source of Global Emissions: Transport」 2019年10月16日
23. PwC 「The green hydrogen economy, Predicting the decarbonisation agenda of tomorrow」 2021年12月9日 <https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources/future-energy/green-hydrogen-cost.html>
24. Edie 「Mobility platforms commit to zero-emissions manifesto for 2035」 2021年9月21日 <https://www.edie.net/news/8/Mobility-giants-commit-to-zero-emissions-manifesto-for-2035/>
25. 選定方法の詳細については、付属資料2を参照。
26. 欧州委員会 「Reducing emissions from the shipping sector」 2021年12月8日
27. Hannah Ritchie、Max Roser 「CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, Our World in Data」 2020年。エネルギー使用による排出量の多く（合計73.2%）が、実質的に他の主要セクター（モビリティ・輸送、工業・製造業・資源管理、建築環境など）に分類できる。しかし、そうした他のセクターでのエネルギー使用による排出量は、エネルギー分野で特定された多くの気候テックソリューションによって対応できる。ちなみに、エネルギー製造のみに起因するGHG排出量（漏出も含む）は、世界全体の排出量の13.6%である。

28. IEA 「With only 2% of governments' recovery spending going to clean energy transitions, global emissions are set to surge to an all-time high」 2021年7月20日 <https://www.iea.org/news/with-only-2-of-governments-recovery-spending-going-to-clean-energy-transitions-global-emissions-are-set-to-surge-to-an-all-time-high>
29. IRENA 「Renewable Power Generation Costs in 2020」 2021年6月 <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>
30. Elle Hardy 「Aussie start-up creates world's most efficient solar cell」 2021年10月4日 <https://createdigital.org.au/aussie-startup-creates-worlds-most-efficient-solar-cell/>
31. Davide Castelvecchi 「Electric cars and batteries: how will the world produce enough?」 2021年8月12日
32. Liebreich Associates 「The Clean Hydrogen Ladder」 2021年8月15日 <https://www.linkedin.com/pulse/clean-hydrogen-ladder-v40-michael-liebreich/>
33. PwC 「The Green Hydrogen Economy」 2021年 <https://www.pwc.com/hydrogen>
34. 欧州委員会 「In focus: Hydrogen – driving the green revolution」 2021年4月14日 https://ec.europa.eu/info/news/focus-hydrogen-driving-green-revolution-2021-abr-14_en
35. 欧州委員会 「Sustainable aviation fuels – ReFuelEU Aviation」 2021年 https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12303-Sustainable-aviation-fuels-ReFuelEU-Aviation_en
36. 世界エネルギー会議、EPRI（協力）、PwC（協力）「HYDROGEN ON THE HORIZON: READY, ALMOST SET, GO?」 2021年9月 https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Working_Paper_-_National_Hydrogen_Strategies_-_September_2021.pdf
37. 英国政府 「UK Hydrogen Strategy」 2021年8月17日 <https://www.gov.uk/government/publications/uk-hydrogen-strategy>
38. PwC Strategy& 「The dawn of green hydrogen」 2021年12月10日 <https://www.strategyand.pwc.com/m1/en/reports/2020/the-dawn-of-green-hydrogen/the-dawn-of-green-hydrogen.pdf>
39. Hannah Ritchie、Max Roser 「CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, Our World in Data」 2020年 <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
40. Crippa、Solazzo、Guizzardi、Monforti-Ferrario、Tubiello、Leip 「Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions」 2021年3月8日 <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00225-9>
41. Mario Herrero、Philip K. Thornton 「Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems」 2013年12月24日 <https://www.pnas.org/content/110/52/20878.full>
42. Vliet、Kronberg、Provenza 「Plant-Based Meats, Human Health, and Climate Change」 2020年10月6日 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.00128/full>
43. The Food Institute、 2020年6月22日 <https://foodinstitute.com/focus/edible-insect-market/>
44. Kate Whiting 「World Economic Forum, How soon will we be eating lab-grown meat?」 2020年10月16日 <https://www.weforum.org/agenda/2020/10/will-we-eat-lab-grown-meat-world-food-day/>
45. Nature 「Revamp of UK CRISPR regulation will require public trust」 2021年3月16日 <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00672-1>
46. Our World in Data 「Food waste is responsible for 6% of global greenhouse gas emissions」 2020年3月18日 <https://ourworldindata.org/food-waste-emissions>
47. Poore、Nemecek 「Reducing food's environmental impacts through producers and consumers」 2018年6月1日 <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:b0b53649-5e93-4415-bf07-6b0b1227172f>
48. FAO 「FOOD LOSS AND WASTE IN THE FOOD SUPPLY CHAIN」 2017年7月 <http://www.fao.org/3/bt300e/bt300e.pdf>
49. FAO 「Global food losses and food waste」 2011年 <https://www.fao.org/3/mb060e/mb060e.pdf>
50. Hannah Ritchie、Max Roser 「CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, Our World in Data」 2020年 <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
51. Climate Group 「Steel Zero」 2021年12月8日 <https://www.theclimategroup.org/steelzero>
52. Our World in Data 「Global GHG Emissions by Sector」 2016年 <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>
53. その他に、Katerraというスタートアップの時価総額が以前10億米ドルを超えていたが、その後、倒産した。
54. Edie 「Time to build our infrastructure on green foundations」 2021年10月10日 <https://www.edie.net/blog/Time-to-build-our-infrastructure-on-green-foundations/6098957>
55. Mark Evans 「Finance sector funds emissions over 700 times greater than its own」 2021年4月29日 <https://bettersociety.net/CDP-finance-sector-GHG-indirect.php>
56. World Economic Forum 「The Global Risks Report 2021, 16th Edition」 2021年 https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf
57. 英国財務省 「UK Government Green Financing Framework」 2021年6月 https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1002578/20210630_UK_Government_Green_Financing_Framework.pdf
58. IPCC 「第6次評価報告書」 2021年8月9日 <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>
59. Dealroomのプラットフォームでは、この課題分野に属するスタートアップのLanza Techが未確認のユニコーンに分類されている。同社が10億米ドルの資金を調達済みとの報道があるが、現段階では裏づけが取れていないためである。
60. Christian Aid 「Counting the cost of 2020: a year of climate breakdown」 2020年12月 <https://www.christianaid.org.uk/sites/default/files/2020-12/Counting%20the%20cost%202020.pdf>
61. 北米の投資総額のうち、大半（551億米ドル）は米国企業の調達であり、カナダ企業は14億米ドルだった。
62. Yingwei Fu 「After the Mania, China's VC Investment is Cooling Down」 2021年12月8日 <https://equalocean.com/analysis/2019100412026>
63. Financial Times 「China's state-owned venture capital funds battle to make an impact」 2021年12月8日 <https://www.ft.com/content/4fa2caaa-f9f0-11e8-af46-2022a0b02a6c>

64. Georgina Lee 「Climate Change: China's central bank unveils lending facility to spur funding for carbon-reduction projects in net zero drive」 2021年12月8日 <https://finance.yahoo.com/news/climate-change-chinas-central-bank-093000347.html>
65. PwC 「Unlocking investment for Net Zero infrastructure」 2021年 [https://www.pwc.co.uk/industries/real-estate-and-infrastructure/real-assets/infrastructure-investment-in-netzero.html](https://www.pwc.co.uk/industries/real-estate-and-infrastructure/real-assets/infrastructure-investment-in-net-zero.html)
66. UNFCCC Climate Champions 「World leaders join UK's Glasgow Breakthroughs to speed up affordable clean tech worldwide」 2021年10月 <https://racetozero.unfccc.int/world-leaders-join-uks-glasgow-breakthroughs-to-speed-up-affordable-clean-tech-worldwide/>
67. インパクト分析の方法およびアプローチについては、付属資料で詳述している。
68. IEA 「Net Zero by 2050」 2021年 <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
69. 金融サービス、温室効果ガスの回収・除去・貯留、気候変動管理と報告の各分野は、直接的に排出しないので、グラフに含まれていない。
70. 2016年の世界の温室効果ガス排出量は49.4Gt CO₂e。Hannah Ritchie、Max Roser 「CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, Our World in Data」 2020年 <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
71. PwC英国 「Unlocking capital for Net Zero infrastructure」 2020年 <https://www.pwc.co.uk/assets/document/Unlocking-capital-for-net-zero-PwC-Nov-2020.pdf>
72. IEA 「ETP Clean Energy Technology Guide」 2021年 <https://www.iea.org/articles/etp-clean-energy-technology-guide> に加え、学術文献、灰色文献、PwC内部の業界専門知識を使用した。
73. TRL1～3の技術分野は、成熟度が低すぎると判断して対象外とした。
74. 太陽光発電、風力発電、食品廃棄物技術、グリーン水素製造、代替食品・低GHGタンパク質
75. これらのERPの値は、現時点での普及シナリオに基づいている。投資の増加によって技術のブレイクスルーが起きたり、有利な政策決定が行われたりすることで、事業化までの期間が大幅に短縮される可能性がある。その場合、その技術分野は、2050年までに今回の予測よりもはるかに高いERPを達成することになる。
76. 軽負荷バッテリーEVは、投資額が極端に多いため（投資総額700億米ドル超）、掲載の図の枠内には表示できない。
77. ギガコーンとは、年間1ギガトンのCO₂排出削減または隔離を達成し、かつ事業性を維持している企業と定義する。Christian Hernandez 「On Gigacorns and Sustainability Tech」 2020年7月6日 <https://christianhernandez.medium.com/on-gigacorns-and-sustainability-tech-8b24efd04d00>
78. 本セクションでは「削減可能な排出量」を指す。ここでは「削減」としているが、この用語は、技術や自然を活用したソリューションによって「除去可能な排出量」（炭素直接空気回収、造林などによる）あるいは、「回避可能な排出量」（CCUS、代替タンパク質などによる）という意味でも使われる。
79. IEA 「World Energy Balances Database」 2018年 <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview>
80. マイクロモビリティ（5 Gt CO₂e未満）と軽負荷バッテリーEV（約20 Gt CO₂e）は、投資総額が極端に大きいため、図の枠内には表示できない。
81. 軽負荷バッテリーEVは投資額が極端に多いため、図の枠内には表示できない。
82. Dealroom 「Global venture capital is crushing all records in 2021」 2021年7月7日 <https://dealroom.co/blog/global-venture-capital-is-crushing-records-in-h1-2021>
83. 英国首相府 「World leaders join UK's Glasgow Breakthroughs to speed up affordable clean tech worldwide」 2021年11月2日 <https://www.gov.uk/government/news/world-leaders-join-uks-glasgow-breakthroughs-to-speed-up-affordable-clean-tech-worldwide>
84. 世界経済フォーラム、First Movers Coalition、2021年 <https://www.weforum.org/first-movers-coalition>
85. 炭素排出量削減のためのソリューションを模索する政府、企業、市民社会に対して議論に役立つ情報や知見を提供するため、PwCは先般、世界経済フォーラムと共に報告書を作成し、国際的なカーボンプライシングのシナリオが経済や産業に及ぼす影響を評価した。世界経済フォーラム 「Increasing Climate Ambition: Analysis of an International Carbon Price Floor」 2021年 <https://www.pwc.com/gx/en/services/sustainability/assets/economic-impact-of-a-carbon-price-floor.pdf>
86. OECD 「Tax and the Environment」 2021年12月8日 <https://www.oecd.org/tax/tax-policy/tax-and-environment.htm>
87. 国際エネルギー機関 「Tracking CCUS in Power 2020」 2020年6月 <https://www.iea.org/reports/tracking-ccus-in-power-2020>
88. 対象の技術分野は、英国のNet Zero Innovation Portfolio (NZIP) およびIEA報告書 「Net Zero by 2050」 から特定した。
89. 各技術分野が該当するかどうかの基準一覧については、付属資料2を参照。
90. インパクト評価の対象技術は、セクターレベル（「再生可能エネルギー」など）ではなく、応用技術レベル（「太陽光発電」など）で選定した。
91. 金融サービス分野および気候変動管理と報告分野の技術は、排出量を直接的には削減しない補助的な技術とみなされるため、除外した。
92. 主な情報源：IEA 「Energy Technology Perspectives」 に加え、学術文献、灰色文献、PwC内部の業界専門知識を使用した。
93. エクセター大学 「Our Positive Tipping Points are bringing change to the climate crisis」 2021年12月8日 <https://www.exeter.ac.uk/research/tippingpoints/>
94. UNFCCC 「Race to Zero Breakthroughs」 2021年 <https://racetozero.unfccc.int/wp-content/uploads/2021/02/Race-to-Zero-Breakthroughs-Transforming-Our-Systems-Together.pdf>
95. 出所：Project Drawdown 注：Project Drawdownは、気候テックソリューション（大気中の過剰な温室効果ガスの削減開始につながる手法やテクノロジー）に関する調査と分析を継続的に実施している。
96. Project Drawdown 「Solutions」 2021年12月8日 <https://drawdown.org/solutions>

日本のお問い合わせ先

PwC Japanグループ

www.pwc.com/jp/ja/contact.html



坂野 俊哉

PwC Japanグループ

サステナビリティ・センター・オブ・
エクセレンス
エグゼクティブリード

三治 信一朗

PwCコンサルティング合同会社

パートナー

テクノロジー・Technology Laboratory
所長

東 輝彦

PwCアドバイザリー合同会社

パートナー

バリュークリエーションオフィス
ディールズESG
リーダー

磯貝 友紀

PwC Japanグループ

サステナビリティ・センター・オブ・
エクセレンス
テクニカルリード

www.pwc.com/jp

PwC Japanグループは、日本におけるPwCグローバルネットワークのメンバー・ファームおよびそれらの関連会社（PwCあらた有限責任監査法人、PwC京都監査法人、PwCコンサルティング合同会社、PwCアドバイザリー合同会社、PwC税理士法人、PwC弁護士法人を含む）の総称です。各法人は独立した別法人として事業を行っています。複雑化・多様化する企業の経営課題に対し、PwC Japanグループでは、監査およびアシュアランス、コンサルティング、ディールアドバイザリー、税務、そして法務における卓越した専門性を結集し、それらを有機的に協働させる体制を整えています。また、公認会計士、税理士、弁護士、その他専門スタッフ約9,400人を擁するプロフェッショナル・サービス・ネットワークとして、グライアントニーズにより的確に対応したサービスの提供に努めています。

PwCは、社会における信頼を構築し、重要な課題を解決することをPurpose（存在意義）としています。私たちは、世界156カ国に及ぶグローバルネットワークに295,000人以上のスタッフを擁し、高品質な監査、税務、アドバイザリーサービスを提供しています。詳細は www.pwc.com をご覧ください。

本報告書は、PwCメンバー・ファームが2021年12月に発行した『State of Climate Tech 2021』を翻訳したもので、翻訳には正確を期しておりますが、英語版と解釈の相違がある場合は、英語版に依拠してください。

オリジナル（英語版）はこちらからダウンロードできます。www.pwc.com/gx/en/services/sustainability/publications/state-of-climate-tech.html

日本語版発刊年月：2022年6月 管理番号：I202201-01

©2022 PwC. All rights reserved.

PwC refers to the PwC network and/or one or more of its member firms, each of which is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/structure for further details.

This content is for general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.