

2020年版

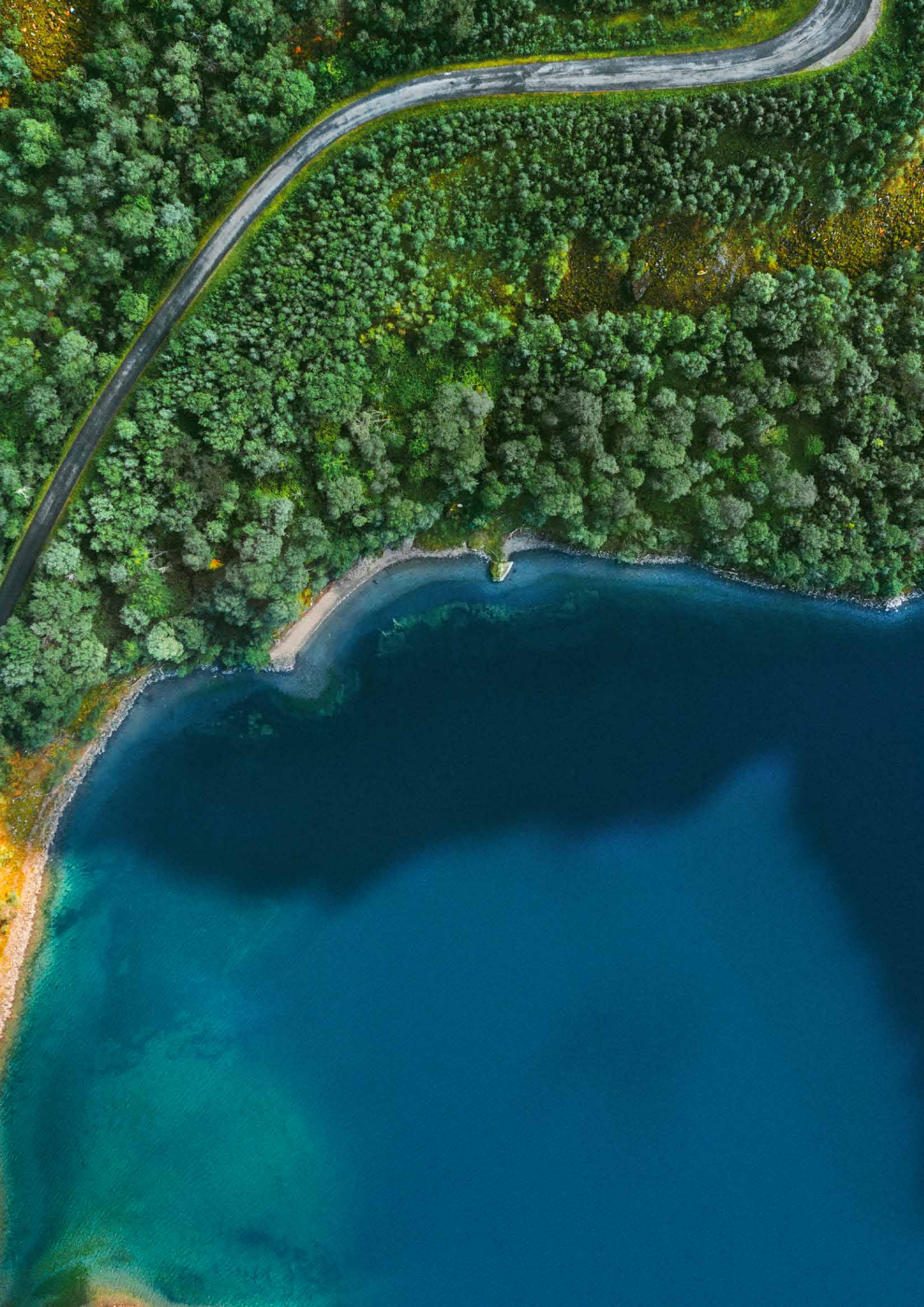
気候テックの現状

ベンチャーキャピタルの次なるフロンティア



pwc

www.pwc.com/jp



日本語翻訳版刊行にあたり

地球温暖化の影響と考えられる気候災害が世界中で頻発していますが、IPCC第6次評価報告書は、人間の活動が地球を温暖化させていることは「疑いの余地がない」と断定しています。人間活動による地球温暖化／気候変動の影響を軽減するため、その原因となる温室効果ガス排出を削減することは、人類の喫緊の課題となっています。

世界的にネットゼロ／カーボンニュートラルに向けた動きが加速しており、日本も2050年までのカーボンニュートラルを目指すことを宣言し、2030年度までに2013年度比で温室効果ガス排出量を46%削減する目標を掲げました。

こうした脱炭素の目標を実現するには、政策的対応も重要ですが、脱炭素に向けたテクノロジー「気候テック」の進化が欠かせません。そして、気候テックの大胆で迅速なイノベーションを担うのは、スタートアップ企業であり、それを資金面でサポートするベンチャーキャピタルです。

本レポートでは、ベンチャーキャピタル等による世界の気候テック投資の現状を分析し、エネルギー、建築環境、モビリティ、重工業、食品・土地利用といった幅広い業種において、どのような分野への投資が行われているか、明らかにしています。

日本企業の皆さまが、数年前のAI企業への投資を大きく超える速度で増加する気候テック投資の幅広さ、どの気候テックへの投資が加速しているかなど、そのダイナミズムや方向性を読み取り、脱炭素に向けたイノベーション戦略、M&A戦略等にお役に立てていただけることを期待します。

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

今、社会の目は新型コロナウイルス感染症（COVID-19）に集中しています。しかし気候変動という喫緊の課題がなくなったわけではありません。

パンデミックの終息後に目を向けると、そこには間違いなく、人類史上最大のイノベーション課題が私たちを待ち構えています。世界は10年の間に温室効果ガスの排出量を半減させ、地球の気温上昇を1.5°C以下に抑えなければなりません。1.5°Cを超えると危険な影響が始まると科学者が警告しています¹。この目標を達成するために、世界の経済界はビジネスサイクルが2循環する短い間に全セクターで脱炭素経済への転換を果たし、2050年までに世界経済が排出する炭素量を実質ゼロにする「ネットゼロ」を達成する必要があります。その転換を可能にする重要な技術やソリューションの実効性がすでいくつか明らかになっていますが、それらはまだ迅速な実用化を待っている状態です。その他の技術に至っては研究中であるか、多くはコンセプトの構築すらできていません。

イノベーションやトランスフォーメーションの火付け役と言えば、ベンチャー起業家です。彼らは不可能を可能にする力を持った重要なプレイヤーであり、事実、これまでなかった新しい技術や破壊的なアプローチを産業界に持ち込み、それを生かして新しい未来を作り出してきました。インターネット検索、eコマース、スマートフォン、ライドシェアリング、電気自動車（EV）など多様な市場が産業の主役に成長しましたが、その担い手は出資者主導型のベンチャー企業であり、そうした企業の成功はいずれかの時点で受けたベンチャーキャピタルに支えられています。加えて、各社の新しいアプローチや技術がスケールアップできたのは、アーリーステージ投資家の出資のおかげでもあります。この両者は、産業界がネットゼロに向けて転換を図るためのカギとなる存在なのです。

とは言え、スタートアップの世界の現状を見ると、ベンチャーキャピタルが探しているのは、商業的に大規模な成功が見通せる企業やソリューションを最速でマネタイズできる企業、パーセント単位ではなく「倍数」レベルのリターンを生む企業などです。スタートアップの世界を動かしているのはインパクトではなく、投資の機会なのです。

かつて、2000年代後半に一時的な環境技術ブームがありました。そのときに損失を出してしまった多くのベンチャーキャピタルにとって、「クリーンテック」は、今も耳にしたくない言葉でしょう。では、起業家とそれを支援した投資家は、これに懲りて及び腰になっているのでしょうか？

本報告書で明らかにしているように、これからの20年は「気候テック」の存在感が大きくなるでしょう。優秀な起業家がスケラビリティの高い事業に取り組む兆しが見え始め、ベンチャーキャピタルも強力に支援しています。従来よりも対象セクターの幅が広く、スタートアップコストが（おおむね）明らかに低く、スケールアップの道筋が明確な、新世代の投資が始まっています。そうした中から、Tesla、Beyond Meat、Nestといった優れた気候テックユニコーン²が登場しています。それらの成功が実証しているのは、現状を打破し、サステナビリティに不可欠な貢献をすることによって、10億米ドル規模の巨大ブランドになれるということです。

気候テック投資の現状分析を年次報告書（予定）として初公開するにあたり、PwCは、気候変動対策において欠かせ

ないプレイヤーであるスタートアップのエコシステムについて、新しい手法を用いて分析を行いました。Dealroomと連携して2013年から2019年まで7年間にわたる世界のスタートアップの実情を調査し、得られた市場データを使って気候テックベンチャーへの投資額、最も多額の投資を集めたセグメント、投資家の顔触れ、資金ギャップが最も大きい分野とその理由を判定しました。さらに、市場で活躍する起業家や投資家にご協力をお願いし、データの解釈についてご意見を伺いました。

分析の結果、まず目立ったのは気候テック分野のアーリーステージ投資の急速な伸びでした。過去7年間、気候テック企業への投資総額、スタートアップ起業率、平均投資額は一貫して上昇傾向にあります。期間全体の動きを見ると、アーリーステージの気候テック企業に対するベンチャーキャピタル投資は、2013年には約4億1,800万米ドルでしたが、2019年には161億米ドルとなり、3,750%以上の急増を示しています。ベンチャーキャピタルがAI（人工知能）への投資を急増させたことが話題になった時期の約3倍という急速な伸びです。

¹ 「1.5°C特別報告書」（IPCC：気候変動に関する政府間パネル、2018年）

² 「ユニコーン」は一般に、評価額10億米ドル超の未公開スタートアップ企業と定義されています。

気候テック投資家の顔触れは、2000年代のクリーンテックの頃とは根本的に異なります。気候テックの場合、市場のあらゆるタイプの投資家から資金を集めているようです。いわゆるベンチャーキャピタルの存在感は変わりませんが、政府系資産運用会社やプライベートエクイティといったグロースステージの投資家もリスクを取って投資ステージを前倒しにしつつあります。また、石油メジャー、消費財のグローバル企業、さらにはビッグテックと呼ばれる巨大IT企業などの各社も、戦略的投資家として新事業のスケールアップに重要な役割を果たしています。

コロナ禍にあっても、気候テック投資は減速していません。コロナ危機発生以降も大企業が十億米ドル単位の投資を次々に決定しています。AmazonのClimate Pledge (20億米ドル)、MicrosoftのClimate Innovation Fund (10億米ドル)の他、Unileverも気候ファンドを立ち上げ、10億ユーロの出資を決めました³。さらに、現段階で300社近い企業が2050年までに炭素排出量ネットゼロを達成することを確約しています⁴。こうした積極的な姿勢は全て、市場の需要シグナルの強さを反映したものです。すなわち、自社の目標達成に役立つソリューションを求め、新しい顧客が登場しているのです。多くの場合、必要なソリューションはまだ完成しておらず、今後数十年にわたって、スタートアップ企業と技術者の力で実現していく必要があります。

しかし、市場全体の成長率が極めて高いとは言え、気候テックはまだ揺籃期です。資金一つとってもまだ十分とは言えませんし、起業家からは投資家の選択肢が少ないという声が聞こえます。投資家は有望な案件があるとしながらも、もっとたくさんの優秀な起業家に参入してほしいと切望しています。政策や規制環境も正しい方向へ動いてはいますが、資本集約的でリスクの高いブレイクスルーを目指す企業は、優遇政策がない中で「死の谷」を越えて市場競争力を獲得するのに苦労しています。



結論を申し上げます。気候テックの需要は加速の一途をたどっています。世界中の企業、投資家、政府がバリューチェーン、ポートフォリオ、地域において、ネットゼロへの転換を誓約する中、その実現は全て、気候変動対策に有効な画期的技術が見つかり、スケールアップし、産業や社会を変革できるかどうかにかかっています。需要はまだ爆発的ではありませんが、市場は活発に動き出しています。全てのステークホルダーにとって、世界が本当に必要とするイノベーションを支援する好機がやって来たのです。



Dr. Celine Herweijer
Global Leader, Innovation & Sustainability, Partner, PwC UK



Azeem Azhar
Senior Advisor to PwC UK, and Founder, Exponential View

³ Amazon、Microsoft、Unilever各社の発表をご参照ください。

⁴ Science Based Targetsなどをご参照ください。また、Science Based Targets に署名していなくても、2050年までのネットゼロ実現を誓約している企業もあります。

目次

エグゼクティブサマリー	1
序文	5
分析手法の概要	11
主な分析結果:投資額と件数	13
主な分析結果:投資家	37
主な分析結果:推進要因と阻害要因	41
提言および結論	48
謝辞	52
付属資料	54

エグゼクティブサマリー



エグゼクティブサマリー

ベンチャーキャピタルの世界はこの10年で大きく変化した。10年前、米国のユニコーン企業は20社に満たなかったが⁵、今では200社を超えている⁶。この間に世界のベンチャーキャピタルの年間投資額は5倍以上に増え、2019年は2,640億米ドルである。その投資が向かう先はITセクターが圧倒的に多く、クラウドコンピューティング、モバイルアプリ、マーケットプレイス、データプラットフォーム、機械学習、ディープテックなど、最新のデジタルを駆使して従来の産業を破壊する企業が資金を集めている⁷。こうしたエコシステムが未来の消費や産業セクター、市場を形作るイノベーションやブランドを生み出す場になっている。

新型コロナウイルス感染症が世界を席巻している今、ベンチャーキャピタルをはじめとする投資家のアーリーステージ投資は、世界が本当に必要とするイノベーションを支援し、その普及に貢献できているのかという問いが、これまでになく鋭く迫っている。短期的に見れば、コロナ禍に最も強く、最も適した資産クラスは、間違いなくライフサイエンスとバイオテクノロジーだろう。しかしもう一つ、重大な影響力を持つ分野がある。重要性がますます高まる投資フロンティアとして存在感を増している気候テックである。

この報告書は、世界の気候テック投資の現状を分析した初めての調査報告書である。気候テックとは何かを定義し、2020年代にベンチャーキャピタルが目指すべき新たなフロンティアとして、いかに有望な投資機会に育ちつつあるかを明らかにした。2019年、気候テックは世界のベンチャーキャピタル投資額の6%を占めた。PwCの分析では、その投資額は2013年比で3,750%の成長となっており、同じ期間にベンチャーキャピタルがAI（人工知能）への投資を大きく増やしたことが知られているが、そのAIの約3倍の伸び率である⁸。

2020年代の気候テックを見通したとき、2010年代の人工知能（AI）投資ブームと同様の道筋をたどると考えられるのだろうか？ 気候テックが2010年代後半からかなりの成長率を見せていることや、さまざまな業種でビジネスを転換させる新しいソリューションが幅広く求められていることを考えれば、答えはイエスである。機は熟したと見られる。今後10年の間に、気候テックは投資や企業活動の中心に躍り出るだろう。

気候テック投資とは？

気候テックには、幅広い業種が含まれる。世界経済の脱炭素化に向けて、2050年までにネットゼロの実現を目指すセクターを対象とする。すなわち、エネルギー、建築環境、モビリティ、重工業、食品・土地利用といった各セクターにおいて、主要な排出源を減らすための低炭素あるいはカーボンネガティブなアプローチ、さらには炭素の回収・貯留、透明性や説明責任を通じた炭素の管理方法改善など、分野横断的なアプローチなどを指す。

気候テックの投資機会：今がそのとき

現代の起業家、技術者、業界のリーダー、投資家にとって、これ以上の大きなイノベーション課題はないだろう。世界は10年の間に温室効果ガスの排出量を半減し、地球の気温上昇が1.5°Cに達するのを食い止めなくてはならない。1.5°Cは、それを超えると危険な影響が発生すると科学者が警告する数値である⁹。その抑制目標を達成するために、世界の経済界はビジネスサイクルが2循環する短い間に全セクターで転換を達成し、脱炭素化を一気に進めなくてはならない。ネットゼロへの転換実現に不可欠なテクノロジーやソリューションの多くが、いまだ迅速な実用化を待っている状態である。また、研究やコンセプト構築すら完了していないものもあり、対応が急がれる。



世界の経済界は、ビジネスサイクルが2循環する短い間に全セクターで転換を達成し、脱炭素化を一気に進めなくてはならない。’

5 「A Decade of ‘Unicorns’ Ends With a Little Less Magic」(ウォールストリートジャーナル、2019年12月17日)

6 「MoneyTree Report」(PwC/CB Insights、2020年Q2)

7 「The Decade in Technology and Venture Capital: Looking Back on the 2010s」(Nnamdi Okike、2019年12月)

8 出所：PwCおよびDealroomの分析による

9 「1.5°C特別報告書」(IPCC：気候変動に関する政府間パネル、2018年)

2050年を目標とした炭素排出量ネットゼロへの転換実現に向けて、多数の国、都市、企業、投資家が行動を起こしている。その結果、ブレイクスルーを求める需要シグナルが雪だるま式に増大している。とは言え需要シグナルは、気候テックへの投資を促進し、投資家の関心を高めるトレンドの一例にすぎない。他には以下のようなものがある。

- **安価な新テクノロジー**：技術の発展とインフラ投資が進んだことにより、コストカーブが低下した。また、AI、クラウド、ブロックチェーン、先進センサーといった強力な新テクノロジーが登場し、ソリューションの最適化とスケールアップが可能になっただけでなく、これまでにない全く新しいビジネスモデルが生まれた。
- **消費者の需要増大**：消費財セグメントでは、サステナビリティが新たなディスラプターになっている。ブランドに対する消費者の要求は高まり、同種の商品でもサステナビリティに対応したものが、成長率が高くなっている¹⁰。Tesla、Nest、Oatly、Impossible Foodsなど「気候テックユニコーン」と呼ぶべき新たな資産クラスの台頭も、サステナビリティに大きな影響を与える破壊的アプローチが、消費者市場で有望であることを示している。
- **政策と規制による支援**：100を超える国が、2050年までにネットゼロ経済を実現すると宣言した。そのため、今後数年にわたって政策が迅速に強化され続けることが期待できる。具体的には、カーボンプライシング、助成金、基準や禁止事項の設定、段階的削減策、財政投入、グリーンインフラ投資などが進むだろう。

- **企業の需要増大**：2019年中盤に、2050年までにネットゼロを実現することの必要性が強調されて以来、すでに300社近くの企業がこの目標達成を誓約した¹¹（そして、その数は週単位で増え続けている）。

- **投資額の増加**：投資会社が結束して、ポートフォリオを通じた気候変動対策の促進に取り組んでいる。参画した投資会社の運用資産（AUM）の総額は45兆米ドルを超える。各社はポートフォリオの脱炭素化、気候リスクの開示、株主としての権利を活用した対応などを行っている¹²。

主な結論と提言

投資の現状に関するデータから、次のような結論が得られた。

1. スタートアップは資金を有効活用しており、成果を出すために何兆米ドルもの大金は必要ない。
2. 画期的なテクノロジーや革新的なビジネスモデルに適した人材が現れ始めている。こうした人材のもとに投資家が集まり、将来性のある案件を対象とした規模の大きい投資ラウンドが増えている。
3. 2013年以降、気候テックは大幅に成長し、7年間（2013～19年）の成長率は3,750%超である。
4. しかし課題の大きさを考えれば、2019年現在で約600億米ドルという投資額は少なすぎ、アーリーステージの投資を促進する必要がある。加えて、トップレベルの起業家の参加を促し、支援することも必要である。
5. 財務面以外にも、人材から規制までさまざまな阻害要因がある。こうした要因は、社会が求める大きなインパクトを実現しようとする企業の活動を阻害しかねない。
6. 気候対策では、優れた個人が起業して膨大な成果を上げることが可能である。しかし、そうしたスタートアップもスケールするまでには時間がかかる。したがって、現在のビジネスサイクル（今後5～7年）で最大のインパクトを発揮するのは、2010年代に創業した企業になるだろう。

¹⁰ 「サステナブルな商品は消費者に強く支持されている」（ハーバードビジネスレビュー、2019年7月）

¹¹ Science Based Targetsなどを参照。また、Science Based Targets に署名していないが、2050年までのネットゼロ実現を誓約している企業もある。

¹² Climate Action 100+を参照。

600億米ドル

気候テックに対する2013~19年のベンチャーキャピタル投資額

84%

年平均成長率
(2013~19年に約3,750%増加)

1,200超

気候テックのスタートアップ企業数

160億米ドル

2019年にベンチャーキャピタルが気候テックの投資案件590件で実施した投資額
(2019年のベンチャーキャピタル投資額の約6%)



地域別の状況

上位3地域

1. 北米

290億米ドル

3. 欧州

70億米ドル

2. 中国

200億米ドル¹³

上位の投資ハブ

- 1. サンフランシスコ・ベイエリア
- 2. 上海
- 3. 北京
(モビリティを含む)

- 1. サンフランシスコ・ベイエリア
- 2. ボストン
- 3. ベルリン
(モビリティを含まない)



投資額が最大だった分野は、
モビリティ・輸送

63%

気候テック全体に占める割合

370億米ドル

モビリティ・輸送分野への投資額

151%

年平均成長率 (CAGR)



ユニコーン

43

評価額10億米ドル超の気候テックスタートアップ数

30

上記のうち、モビリティ・輸送分野の企業数

(数値は概数)



投資家

(約) 2,700

確認した投資家数

10

年平均投資件数が3件以上の投資家数

78%

気候テックへの投資件数が2件以下の投資家の割合

¹³ 今回の調査データ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相対的水準が保守的に推計されている可能性がある

序文

序文

気候変動がなぜ、今後10年間を決定づける危機と言えるのか

世界は気候変動の抑制という闘いの中にいる。去年のできごとは、世界全体を襲う衝撃に対して、グローバル経済が根本的に脆弱であるという厳しい現実をあらわにした。コロナ禍によって世界中で人々の活動や経済が機能停止に追い込まれ、私たちは、自然界が人間の生活や経済、社会全体に及ぼす力の大きさを目の当たりにした。

国連事務総長は気候変動を「私たちの時代を決定づける問題」であると述べた¹⁴。これに呼応して世界では、温室効果ガス排出量を実質ゼロにする「ネットゼロ」への積極的な取り組みが増えている。2015年のパリ協定では、地球の気温上昇を今世紀末までに2°Cを十分に下回る水準まで抑制すること、さらに、1.5°C未満を目指して努力することで世界のリーダーが合意した。これを受けて120カ国以上で、1.5°C目標達成の目安となる2050年までに炭素排出量ネットゼロ達成という目標を設定、もしくは設定案を提出した¹⁵。これらの国のGDPを合計すると、世界のGDPの半分近くを占める（39兆米ドル）。産業界でも目標を支持する動きが大きくなり、世界で300社近くの企業が2050年までにネットゼロに転換することを表明した。

とは言うものの、ネットゼロに向けた実際の進展は遅い。PwCの**Carbon Economy Index**分析によると、世界の脱炭素率は本来必要な率に比べて極めて低いのが現状で、人類が危険に直面する境界値とされる1.5°C目標を達成するには、気候対策を現在の7倍に増やす必要がある¹⁶。すなわち「気候非常事態」と言いながら、現実の世界の対応は不十分であり、そこには大きなギャップが存在しているのである。このギャップの解消に重要な役割を果たすのがスタートアップ企業である。優れた起業家と有力なベンチャーキャピタルにとって、脱炭素経済への転換に必要なソリューションの開発に乗り出すことは、2020年代につかむべき重要なチャンスである。

現在のような破壊的改革の時代にあって、投資家や企業がついやりたくなくなってしまうのが、トライはするものの、従来の方法に戻ってしまうことである。しかし、従来のままのサプライチェーン、労働慣行、投資決定のあり方が将来にも適していると考えるのは正しいとは言えない。将来の持続可能な成長という大きなチャンスに備えるには、組織のあり方を見直し、再構築することが必要である。インクルーシブなネットゼロの未来に向けたリセットと再構築のために、スタートアップ企業が果たす役割は重大である。

ここで重要なのは、国や都市からグローバルな大企業まで、ネットゼロ達成を宣言する組織が増えているが、その多くが一部条件付きだということである。排出量削減が難しい分野で、技術やビジネスモデルのブレイクスルーが時期を逃さず実現し、スケールすることが前提なのである。そこで、スタートアップの役割がカギとなる。

すでに世界中で、スタートアップ起業家が経済の脱炭素化という大きな課題に注目し始めている。その動きは、気候変動の根源にある問題に取り組もうとする起業家や投資家の数の増加に、はっきりと表れている。とりわけ、気候変動の原因となる温室効果ガス、特にCO₂の大気中への放出量抑制が関心の中心になっている。また、温室効果ガスを除去・回収する革新的な手法も注目されている。

現在「復活」を見せつつあるイノベーション、スタートアップの起業と成長、投資は、ある分野に収められていく。最近、ますます盛んに聞かれるようになった「気候テック」と呼ばれる分野である¹⁷。気候テックには、一般に次のようなものが含まれる。

- エネルギー（製造と貯蔵）、輸送、建築環境、工業プロセス、食品・土地利用における温室効果ガス（GHG）排出量削減に向けたアプローチ
- 資源集約度の低いビジネスモデルへの移行。例えば循環型消費やマイクロモビリティなど。
- アナリティクスとデータを活用した資源の有効活用推進
- 積極的な炭素回収・貯留

14 気候変動に関する国連事務総長演説（国際連合、2018年9月）

15 ECIU Net Zero Tracker（2020年8月閲覧）

16 The Low Carbon Economy Index 2019（PwC、2019年）

17 参考文献例：「Where's Silicon Valley's investment in climate tech?」（Marketplace、2019年9月17日）、「Is Climate Tech Different Enough From the Cleantech of Old?」（Bloomberg、2020年2月13日）、「Why 'climate tech' is the new cleantech」（GreenBiz、2020年2月5日）



昨年のできごとは、世界全体を襲う衝撃に対して、グローバル経済が根本的に脆弱であるという厳しい現実をあらわにした。’

気候テックは、新たなクリーンテックか？

現在の動きを「復活」と呼んだのは、かつて広く知られた「クリーンテック」セクターへの投資ブームがあったからである。2006年から2011年にかけて盛んだったこのブームがすぐに終息してしまったのは有名な話である。このブーム（とその終焉）の中でベンチャーキャピタルは、250億米ドルをクリーンテックに投資し、その約半分を数年の間に失った¹⁸。その結果、2010年代の終わりまで、投資家はクリーンエネルギーへの投資から遠ざかってしまった。

しかし、現在新しい波を起こしている気候テックは、かつてのクリーンテックをはるかに超える。エネルギーセクターだけでなく、あらゆる業種の脱炭素化に焦点を当てる広範な概念は、検討を重ねた上での方向転換であり、気候問題に内在する複雑さや規模の大きさを反映している。

ネットゼロ達成に向けた第一歩として、まずは化石燃料依存から脱却しなければならない。さらに、モビリティシステムを脱炭素化し、食品・農業・土地利用や小売を含む消費活動全般を見直し、建築環境のアプローチを根本から変え、革新的な工業プロセスや素材を見いだすことも必要である。これらは、電池技術やバイオケミカルの技術革新を待っているだけでは達成できない。最終的に役立つソリューションを実現するには、消費者と企業の双方で行動変容を引き起こす幅広いアプローチと斬新なビジネスモデルが求められている。さらに、大規模に使える安全な炭素除去技術も、大きな役割を果たす必要があるだろう。

今なぜ気候テックなのか？

気候テックは、クリーンテックとは「登場のタイミング」が全く違う。主な違いは、次の点である。

- **低価格の新しいテクノロジーが使える。** 技術が進歩し、インフラ投資が進んだ結果、コストカーブが下がり、ソリューションの最適化とスケールアップが進んだ。また、これまでとは全く異なる新しいビジネスモデルも生まれた。先進素材、AI、アドバンスドコンピューティング、ブロックチェーン、コネクテッドデバイス、バイオテクノロジーといった新しいテクノロジーの急激な発展は、いずれも私たちの活動を根本から変革し、新しい方法を可能にした。これらのソリューションによって、産業の脱炭素化を急速かつ大規模に進めることが可能になった。PwCとMicrosoftの分析によると、わずか4業種にAIを適用しただけでも、2030年には世界のCO2排出量を年間2.4ギガトン削減できることが分かった。これはオーストラリア、カナダ、日本の排出量の合計に相当する。また炭素集約度も、既存の事業運営を続けた場合に比べて4.4～8%低下すると考えられる¹⁹。
- **サステナブルな事業運営に対する消費者の意識が急上昇した。** 気候テック分野のユニコーン企業の第一世代であるTesla、Nest、Beyond Meatなどの台頭は、サステナビリティに大きく貢献する革新的な消費者ブランドの重要性を示している。

¹⁸ 「Venture Capital and Cleantech: The Wrong Model for Clean Energy Innovation」 (Gaddy et al., MIT Energy Initiative, 2016年6月)

¹⁹ 「AIの活用で実現する持続可能な未来とは」 (PwC/Microsoft, 2019年4月)

- **ネットゼロに向けた規制当局の対応が活発化している。**規制環境も大きく変化した。気候対策のための世界的協定が結ばれ²⁰、それを受けてカーボンライジングの取り組みが動き出した他、各国の政策、規制、法令も素早く強化された。それに伴い、100を超える国々が2050年のネットゼロ達成を確約している。わずか10年前、今とは反対に政策の支援も少なく、政府の助成金に大きく依存していたクリーンテックとは対照的である。
- **企業からの底堅い需要シグナルが存在している。**それを示す一例が、過去12~18カ月の間に300社近くの大手グローバル企業がネットゼロを確約したことである²¹。その中には、BP、Iberdrola、Shell、Total、Maersk、Rio Tinto、Daimler、Nestle、Oneworldに所属する航空会社など、温室効果ガス排出量が多く、2050年までにネットゼロを実現するには画期的なソリューションの導入が必要な大企業も含まれている。こうした企業は新しい脱炭素化

ソリューションを開発したり購入したりするだけでなく、自ら資金を投じて革新的なコーポレートベンチャーキャピタルの活動にも乗り出している。最近ではAmazon、Microsoft、Unilever、Rio Tintoの各社が、ネットゼロのためのソリューション開発を目指してそれぞれ10億米ドルを超える投資ファンドを立ち上げた（Box 1を参照）。

- **投資が増加し続けている。**今、「グリーン」や「気候対策」を標ぼうする資産に資金が急速に流れ込んでいる。脱炭素化を目的としたポートフォリオや、低炭素のためのファンドや資産に投入された資金は45兆米ドルを超え、全世界の運用資産額の半分近くに上る。これに加えて気候テック分野では、第一波と言うべきユニコーンが登場するなどの幅広い成功を背景に、さらに多くの投資が集まり、才能ある起業家も参入してさらなる成功例を作り出している。機関投資家に対しても脱炭素化関連への投資を求める声が高まっている上、気候テック分野は他分野を含めた市場全体を上

回る超過利益が期待できるとして、専門ファンドが次々に組成されている。信頼される有力なベンチャーキャピタルの一つ、Social CapitalのCEO兼Founder、Chamath Palihapitiya氏も、サステナビリティへの大規模な投資を宣言している。

こうした要素が複合した結果、活力あるエコシステムが形成され、自らの力でますます勢いを増している。すなわち成功を目指すスタートアップ企業にとって、かつてのクリーンテック全盛期よりも安定した良い環境が整っていると言える。課題の大きさ、ソリューションを求める需要シグナルの将来的な強さ、投資機会の増大と政策環境の後押し、これらを投資家が認識しているため、気候テックのアーリーステージに投資が向かう傾向はこの先も続くと思われる。

活発なスタートアップ・エコシステムがなぜ重要なのか

気候テックに必要なのは大胆で迅速なイノベーションであり、その実現に役立つのがスタートアップ企業である。スタートアップやベンチャーのエコシステムは、技術的強みを持ち、成長が早く大きくスケールする企業が生まれやすい態勢が整っている。それこそがまさに今、気候テック分野に必要なものだ。優秀な人材に革新的な技術を加え、多くの場合、現状を否定あるいは破壊するビジネスモデルで包む—これが、成功するスタートアップの作り方である。Apple、Amazon、Google、Genentech、Uber、Teslaなどは創業から10年足らずの間に、新しい産業や市場、人々の日常の新しい行動を生み出したり、旧来のあり方を完全に転換させたりした。

Box 1：最近相次ぐベンチャーキャピタルの発表は、気候テックの新たな波の到来を裏付けている

先般、テクノロジーによる気候変動対策には、数兆億米ドル規模の投資機会があるという記事が公表された²²。気候テックには、企業と投資家も注目している。Amazonは数カ月前、クリーンエネルギー事業に投資する20億米ドルのベンチャーキャピタル、Climate Pledge Fundの設立を発表し、CEOのJeff Bezos氏は気候変動と闘うために100億米ドルを出資してBezos Earth Fundを設立すると宣言した。これは、気候変動対策に向けた個人の出資としては米国最大である。この他にMicrosoftが10億米ドルのClimate Innovation Fundの設立を、Unileverが10億ユーロを投じて自然再生と炭素隔離を目的とした専門ファンドのClimate & Nature Fundの設立を発表した。さらに、Sequoia Capital、Founders Fund、Khosla Ventures、Kleiner Perkins、Union Square Venturesなど一般のベンチャーキャピタルも、気候テック関連の投資機会を探していることを公表している。

20 パリ協定（UNFCCC、2015年）

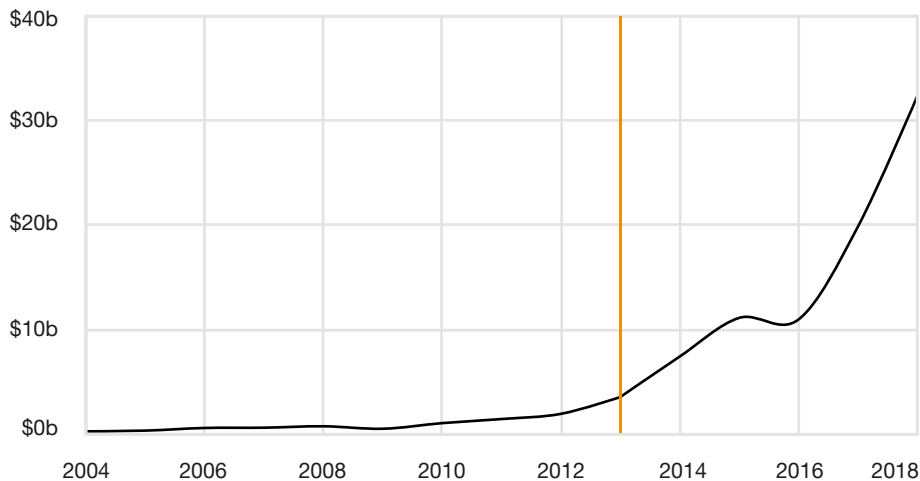
21 Science Based Targetsイニシアチブなどを参照

22 「There's a Trillion Dollar Investing Opportunity in Green Innovation, Bill Gross Says, Here's How.」 (MarketWatch、2020年7月2日)、 「Climate Smart Growth Could Deliver 26 Trillion USD to 2030, Finds Global Commission」 (UNFCCC、2018年9月5日)

しかし、スタートアップ・エコシステムが全ての成功を保証するわけではなく、達成できることには限りがある。ある分野で、それほど複雑ではない技術があまり普及していない場合、タイミングを的確に捉えれば、スタートアップは成功できる。例えば、1990年代の初めにタッチスクリーンコンピューティングを扱った企業は、当時の技術が不安定で価格も高かったために成功できなかったが、今やタッチスクリーンは身の回りにあふれている。また、新しいサービス構築の土台となるインフラがしっかりと整備されている場合も、成功しやすい。eBayやAmazonのサービスは、政府が主導権を取りながら何十年にもわたって投資し続けたグローバルなインターネットインフラの上に構築されている。しかし、その逆の場合、資本集約的なインフラの存在に多くのスタートアップが苦戦する。最終的に、スタートアップの世界はいかに標準を外れるか、予測を超えた成果を出せるかが勝負であり、多くの場合、勝者総取りとなる。例外はほとんどない。

現状、気候危機との闘いにおけるスタートアップの活動は比較的控えめだが、彼らは、一定の重要な役割を果たすだろう。スタートアップが先陣を切って世に出した商品やサービスが広く普及することも多い。市場に存在する潜在的な需要シグナルと、それに合いそうな技術をうまく結び付けられるかが、起業家の腕の見せ所である。起業家と彼らを支援するベンチャーキャピタルには、不確実だが巨大な市場や高いリターンの可能性を持つ分野を目指す構造的なインセンティブがある。そうした人材のもとに資金が流れれば、新しい商品やサービスの創出とその市場化や、関連商品の需要開拓が加速する。

AIスタートアップへのベンチャーキャピタルの投資額（年額）



出所：Dealroom.coによる分析

気候テックはAIの投資ブームと同じ道をたどるのか？

AI投資の活況を見ると、スタートアップがテクノロジーのスピーディーかつ広範な普及にいかん貢献するか、また、多様な種類の投資がいかん重要かが分かるだろう。AIスタートアップに対するベンチャーキャピタルの投資は、2011年まではごくわずかで、AIの第一波を支えたのは政府の財源とプラットフォームを運営する巨大IT企業だった。しかしマシンビジョンという重要な研究分野でブレイクスルーが起きると、これをきっかけにAI技術が成熟し、幅広い実用化が可能になった。2013年には、ベンチャーキャピタルが約30億米ドルをAI企業に投資した。そして2018年にはその10倍の320億米ドルまで増加した²³。そうした投資を背景に多くの業種でAI技術が利用可能になり、それに伴ってベンチャーキャピタルだけでなく政府や一般企業もベンチャー投資に参加した。IDC Groupの試算によると、2016年に大企業がAIに投資した金額は50億米ドルだったが、2019年には375億米ドルまで増加した²⁴。

こうした大企業のアーリーステージ投資は、AIの活用による革新的な恩恵の獲得に積極的に乗り出すという姿勢の表れであり、企業の競争力確保や価値創出にAIがいかん重要であることを物語っている。気候テックの実用化を進めるためには、このようなAIと同じ状況になることが必要である。

「歴史は繰り返さないが、しばしば韻を踏む」と言われる。気候テックは取り組む課題分野も利用されるテクノロジーも多様で幅広く、成熟度も一様ではないため、AIのモデルをそのまま当てはめることはできない。しかし一定の共通性はあり、AIを参考にすることで、起業家やさまざまな種類の投資家がどこで活躍できるか、また、彼らの取り組みをスケールアップし、ネットゼロへの転換に有益な貢献をもたらすにはどうするかを、理解しやすくなる。

23 出所：Dealroom.coによる分析

24 「Worldwide Spending on Artificial Intelligence Systems Will Be Nearly \$98 Billion in 2023, According to New IDC Spending Guide」(IDC、2019年9月4日) および 「Worldwide Spending on Cognitive and Artificial Intelligence Systems Forecast to Reach \$12.5 Billion This Year, According to New IDC Spending Guide」(Business Wire、2017年4月3日) 参照

次の3つの基準を満たす案件は、ベンチャーキャピタル投資の適合性が高い。

- **そのセクターで排出量削減が実現可能である**：そのセクターに適した排出量削減ソリューションを実現し、幅広く実用化することが、技術的にどの程度可能か？ またコスト効果はどれくらいか？
- **そのセクターでの資本効率が高い**：そのモデルの実効性を証明するために、ソリューションへの大規模な先行投資をする必要があるか？
- **価値創造が可能である**：大規模な組織にソリューションを適用した場合、実質的な価値創造につながるか？ 具体的には、オペレーションモデルの強化から、商品・サービスの顧客増加、ブランド最適化、または資本投資リターンや租税効率といったバランスシート最適化など。

資本効率が高く、実用化やスケールアップが技術的に可能で、明確な価値を創出するアイデアは、事業を急速に拡大させ、投資家の強い関心を得ることができる。モビリティの効率を高めるシェアリング、サステナブルな消費財の新ブランド、既存の再生可能エネルギー発電における消費者バンドリング、精密農業技術などがその好例である。

太陽光発電 (PV) など、実現可能ではあるが多額の資金が必要なソリューションについては、プロジェクトファイナンスなどベンチャーキャピタル以外の投資で賄われることが多いが、こうした課題分野でも、例えばアナリティクス、最適化、マーケットプレイス、配電などの面でスタートアップが活躍する機会が生まれる可能性がある。

まだ研究開発段階にあり、技術的リスクの高い課題分野（削減が困難と言われる多くの分野も含む）にアーリーステージで投資する際は、高いレベルの投資とバリュエーションが必要である。一般に政府や、関連業種で革新的なソリューションを模索する大企業などが重要な資金の支え手となる。しかし、事業構築や試験までの道のりがどれだけ遠いかによっては、ベンチャーキャピタル投資が適していない場合がある。

代替タンパク質は、ベンチャーキャピタルの資金で実現したブレイクスルーの例である。一方、炭素隔離や核融合の技術は、投資段階としてはまだ未成熟で、企業や政府が重要な戦略パートナーあるいは投資家の役割を果たしている。スタートアップがたどるべき道筋が明確に見えない分野は、技術開発の先行きが不明瞭で、資金効率も低い。地熱や地球工学を活用した大規模なアプローチの試験などが、その例である。



90年代生まれの子どもたちの影響で家族の意識も変わり、気候変動をリスクと捉える文化が育っています。この世代はサステナビリティに関心が高く、企業がサプライチェーン全体でどう対応しているかに注目しています。ブランドを毀損したくなければ、気候変動対策に取り組む必要があります。

テクノロジーはあらゆる業種に影響を強めています。AIはサステナビリティに大きく貢献するでしょう。「必要は投資の母」なのです’

Vinod Khosla氏
Founder, Khosla Ventures

分析手法の概要



分析手法の概要

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地球温暖化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。そしてそのテクノロジーを活用するのが、気候テックスタートアップである。気候テックという言葉は、温室効果ガス対策に適用される広範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広範な産業を網羅するために、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

国、企業、国際機関は、あらゆる業種の温室効果ガス削減に向けて本腰を入れて取り組んでいる。しかし、排出量の過半を**主要5セクター**が占め、重要な「課題分野」となっている。

PwCは気候テックのソリューションを上述のセクターごとに分類した。これはセクターを縦割りにした「垂直的」な分類だが、これに加えて、セクターを問わずソリューションが排出量削減に大きく寄与すると考えられるテーマを反映するため、「水平的」な課題分野2項目もあわせて設定した。

これら合計**7項目の課題分野**を示したのが右の図である。これを気候テックソリューション全体の「ユニバース」として、分析を行った。7項目はさらに、代替タンパク質、垂直農業、農業バイオ技術といった具体的な**ネットゼロ対策**に細分化した。これについて詳細な説明は付属資料を参照されたい。課題分野の設定は、排出量削減の議論において一般的に使用されるIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の産業分類におおむね沿ったものとした²⁵。



本報告書の根拠となるデータはどのように生成したか？


初期データはDealroom.coから提供されたものである。同社はグローバルなデータプラットフォームであり、スタートアップ、投資家、投資案件に関する情報を収集している。また、ベンチャーキャピタル各社からのフィードバックやPwCの経験をもとに、投資時期や最低投資金額でスタートアップ企業を絞り込み²⁶、ベンチャーキャピタルの関心が高いと思われる企業を選出した。このプロセスを通じて、相対的に規模がまだ小さい企業（ベンチャーキャピタルからの調達額が100万米ドル未満）、今後も未公開期間が続きそうな企業、アーリーラウンドの資金調達をしているスタートアップと言うより事業会社との共通点が多い企業を除外した。

さらに、PwCが開発した**機械学習アプローチ**を使って、選出した企業が気候テックに該当する蓋然性の高さを基準にさらに絞り込み、優先順位を付けた。その結果について、さらに人間が広範な確認作業を行い、企業と該当する課題分野およびネットゼロ対策に紐づけた。

定量的分析にはDealroom.coから提供されたデータを使い、投資額、地域分布、参加した投資家、その他重要な項目について分析した。詳細は分析結果のセクションを参照されたい。分析方法についてさらに詳しい説明は、付属資料に掲載する。

25 「IPCC第5次評価報告書」第10章（IPCC、2014年）

26 分析対象の分類に関する詳細は、付属資料に記載



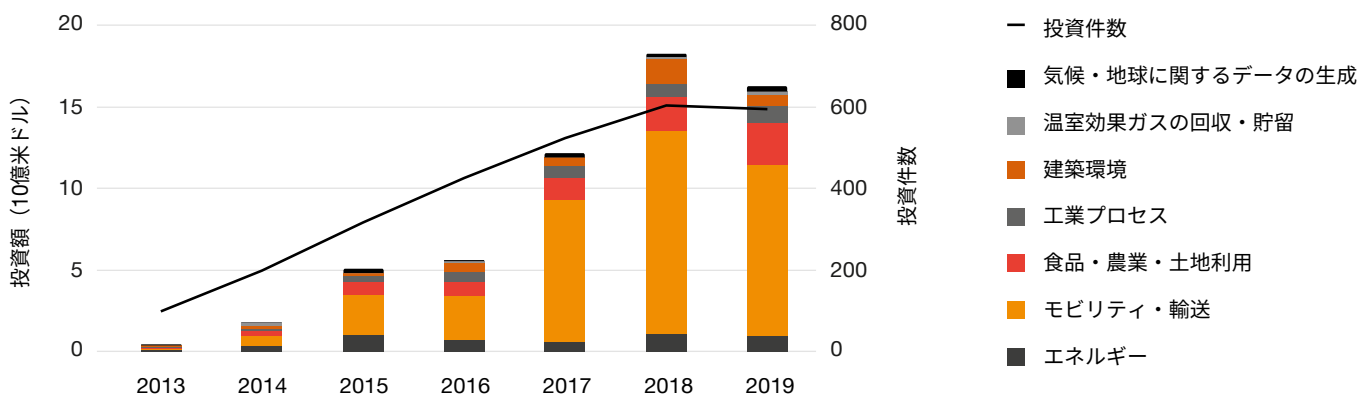
主な分析結果： 投資額と件数

主な分析結果：投資額と件数

全般的な投資水準：2013～19年

気候テックへの投資額は、世界のベンチャーキャピタル投資全体の約5倍の伸びを示している。投資件数についても同様で、2013年から2018年の間に10倍に増えたが、2019年はベンチャーキャピタル投資全体の傾向を反映して、やや減少した²⁷。

全般的な投資水準：2013～19年



出所：DealroomのデータをPwCが分析

データが示す主な動向

- PwCは、ベンチャーキャピタル、コーポレートベンチャーキャピタル、エンジェル投資家、フィランソロフィスト、政府系ファンドのうち2013年から2019年までに**気候テックスタートアップ**に出資した**2,700社**を特定した。対象となったスタートアップ企業は**1,200社以上**、**投資ラウンドは2,700以上**だった。
- 初期には低水準だった投資金額はその後、急速に増加した。分析対象の基準を満たす企業がベンチャーキャピタル（もしくは同様の投資家）から調達した資金の合計額は、2013年から2019年の間に**年平均84%増加**した。ベンチャーキャピタル全体の増加率は年18%なので、その**ほぼ5倍**である。一時期、AI分野へのベンチャーキャピタル投資が急増したことはよく知られているが、そのAIと比べても**約3倍**となっている。
- 調査対象期間の7年間に、ネットゼロ達成に貢献するスタートアップ企業に対し、**ベンチャーキャピタルから595億米ドルの資金**が投入された。
- 2013年に気候テックが集めたベンチャーキャピタル投資はわずか4億1,800万米ドルだったが、2018年には約50倍に成長した。その後やや冷え込んで、2019年には163億米ドルになった。同年のベンチャーキャピタル全体の投資額は2,644億米ドルなので、**気候テックは2019年のベンチャーキャピタル投資の6%を占めている**ということになる。
- 投資件数の増加も加速している。調査対象期間の7年間に**投資ラウンド数は年平均35%増加**した。投資額の増加率に比べると低いですが、案件当たりの投資額が平均的に増加しているためと考えられ、気候テック市場が成熟しつつあることを表している。この傾向は、モビリティ・輸送分野において特に顕著である。
- 課題分野別では、気候テックに対する7年間の投資額全体のうち63%がモビリティ・輸送を対象としたものだった。電気自動車やマイクロモビリティなどの転換モデルに対する投資家の関心が極めて高かったためである。調達額の大きい企業上位10社のうち9社がモビリティ・輸送分野だった。この分野のみの7年間の年平均成長率は151%だった。他の気候テック分野の成長率はモビリティ・輸送に比べると緩やかだが、それでも57%という高率である。

²⁷ 投資を実行してからそれが公表されるまでに時間差が生じる場合が多い点に注意が必要である。本報告書は2020年第2四半期時点のデータを使用しており、そのため2019年の数値が低く算定されている可能性がある。本報告書用データの抽出以降にDealroomが追加で確認した投資額の水準に基づき、この「報告上の差異」は2019年の投資額の約3%と見込んでいる。

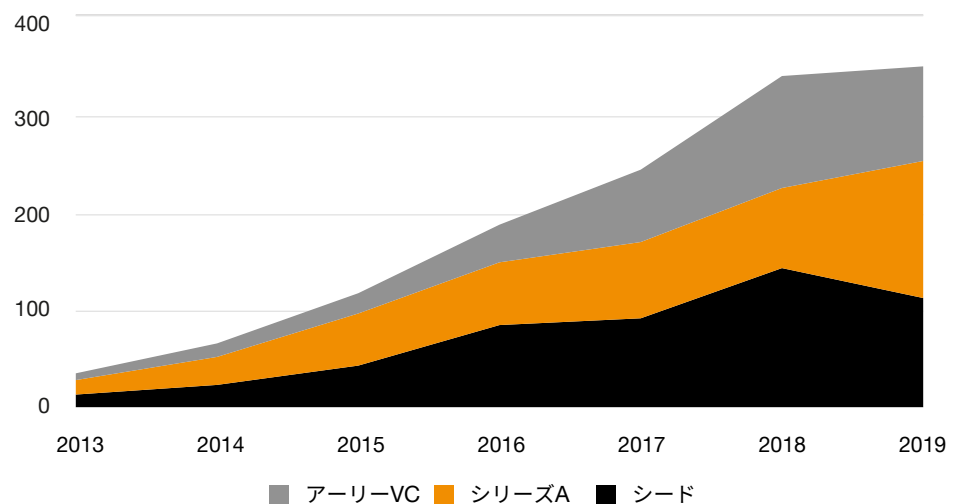


投資の状況は、ステージごとにどんな差があるか？

アーリーステージ企業の状況

PwCの分析では、アーリーステージの企業や投資家のエコシステムが活況で、成長を続けている状況も明らかになっている。2013年時点で、アーリーステージ、シード、シリーズAのいずれかの段階にあって100万米ドル超を調達した企業は35社だった。これが2019年には桁が一つ上がり353社になった。これはすなわち健全な若い企業が市場の中で育ちつつあることを示唆しており、今後何年かのうちに成熟して新しい資金調達の節目に近づこうとしていると考えられる。

アーリーステージにおける100万米ドル超のラウンド数



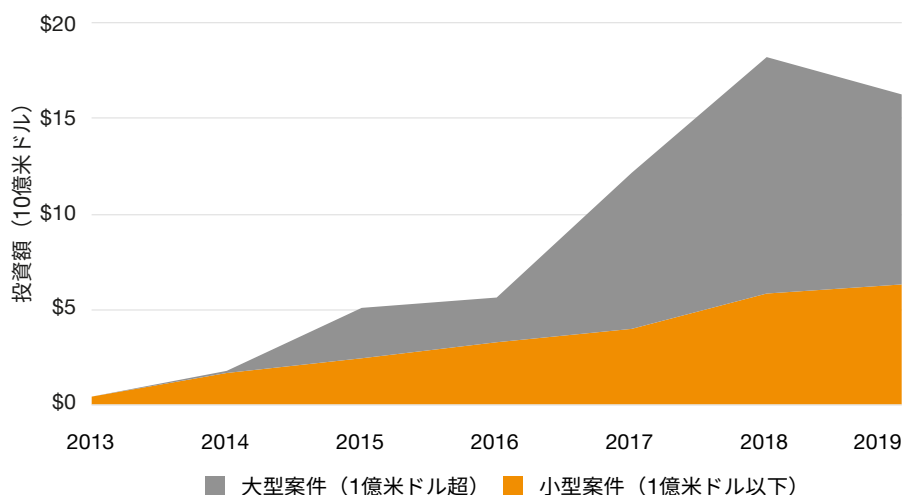
「アーリーVC」は、自己申告ではなく、標準的な100~1000万米ドルの投資ラウンドとして分類

出所：DealroomのデータをPwCが分析

大型案件

ベンチャーキャピタル投資額の増加は、その大部分が大型案件（1億米ドル超の案件）にけん引されている。2013年には気候テックの大型案件はごくわずかだったが、2019年になるとベンチャーキャピタル投資額1米ドル当たり61セントが大型案件のものである。これは気候テック分野が成熟してきたため、中でもモビリティ・輸送分野の勢いが強く、レイトステージのスタートアップ企業が電気自動車やマイクロモビリティの提供を通じて既存の都市輸送を変革し、成功を収める例が増えている。

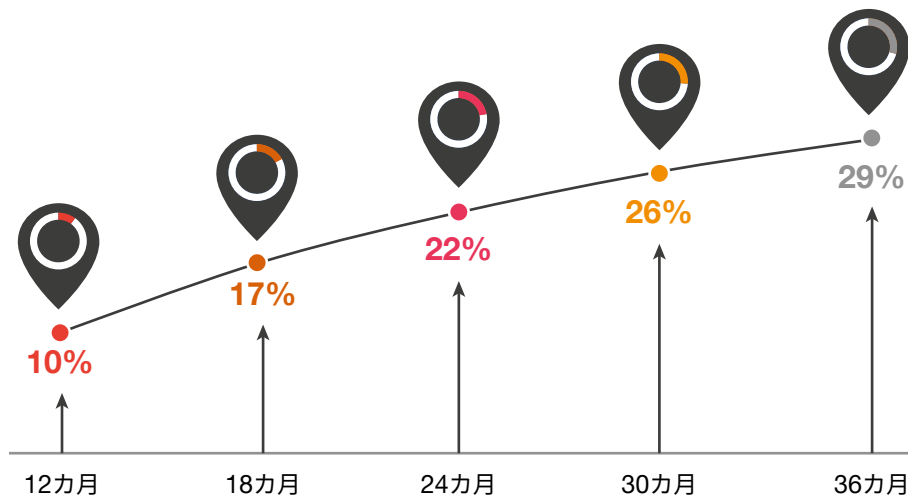
案件規模別の投資額



ステージ移行のタイミング

シードラウンドで資金調達した気候テックスタートアップのうち、約29%の企業が36カ月以内にシリーズAに移行して資金を調達している²⁸。これはベンチャーキャピタル投資全体と比較しても遜色がない。Dealroomが以前行った分析では、一般的なスタートアップ企業の場合、シードラウンドから36カ月以内にシリーズAで資金調達を成功させた企業の割合は19%にとどまっている²⁹。

シードラウンドからの経過時間別に見たシリーズAへの移行状況



出所：DealroomのデータをPwCが分析

²⁸ ラウンドが実施されたという情報と、実際に実施されたタイミングに差が生じる場合がある。また、投資家は気候テックスタートアップへの投資を他分野よりも積極的に公表する場合があるが、この点について外部から評価することが不可能であるため、バイアスが生じている可能性がある。

²⁹ シリーズAの約90%が、シードラウンドから36カ月以内に実施されている。そのため、ステージ移行の成功率を図る基準値として有益である。



各課題分野における投資の状況

全般的な分析結果

投資金額は、課題分野によって大きく異なる。それだけでなく、各課題分野に含まれるネットゼロ対策にも、それぞれの基盤となる技術の成熟度を反映して状況に差がある。例えば太陽光発電や風力発電は実証が進み、技術も確立・証明され、ビジネスモデルも成熟しているため、各方面から多額の資金を集めているが、ベンチャーキャピタルからの投資は相対的に少ない。

モビリティ・輸送分野もこれに似たシナリオである。分野全体としてはほぼ成熟しているが、表面的に見ているだけでは、そこに含まれる各ネットゼロ対策の詳しい状況は分からない。例えば電気自動車のスタートアップは、特に中国を中心として各地で多額の資金を集めているし、マイクロモビリティにも大きな投資が行われている一方、船舶など国際輸送による炭素排出量の削減への投資は、不可欠なソリューションであるにもかかわらず、ほとんどないに等しい。

気候テック投資では、モビリティ・輸送、食品・農業・土地利用、建築環境の各課題分野への投資額が大きい。’

エネルギー

エネルギー分野の概要と気候対策上の課題

発電や熱エネルギーによる温室効果ガス排出量は、世界が毎年排出する総量の約3分の1を占める³⁰。そのため気候変動の影響を抑えるには、実質的な排出量がゼロで、しかも信頼性が高く安価なエネルギー源の開発が決め手となる。すでに主力となるソリューションがいくつか開発されており、風力や太陽光などを利用した再生可能エネルギーはコスト低下と効率改善が進み、化石燃料に対する競争力も向上している³¹。しかし、それらに加えて、信頼性と安定性に優れ、誰でも使える新しいツールの開発が必要である。多くの再生可能エネルギーの課題である間欠性を補うための電池貯蔵技術、また、クリーンエネルギーを蓄えて、必要なときに社会の必要な場所に届けるためのスマートで効率的な送電網の整備などが必要だ。再生可能電源には分散型グリッドが適しているが、AIやブロックチェーンなどの新しいテクノロジーを使えば分散型グリッドの実現や最適化が可能になる。すなわち、炭素ベース燃料からクリーンな燃料に転換するには、現在のエネルギーシステムよりも炭素排出量を減らすことができるツールの開発も合わせて行わなければならない。

主な項目に関するPwCの分析

投資水準：エネルギーは、投資水準では3番目に重要な課題分野であり、2013～19年の投資額は49億米ドルで、気候テックへの投資総額の8.2%を占めている。

成長率：エネルギー分野のスタートアップへの投資の伸びは緩やかである。投資額の年平均成長率は41%で、気候テック全体より大幅に低い（ただし、ベンチャーキャピタルエコシステム全体に比べると2倍である）。主要な再生可能エネルギー源の風力と太陽光の二つがかなり成熟してきてグローバル規模で展開されるようになり、資金調達も従来型のプロジェクトファイナンスやデットファイナンスなど、ベンチャーキャピタル以外の方法が増えてきたためである。

投資件数：エネルギー分野の案件数は、2013年の14件から2019年の101件へ、順調に増加している。しかし、増加分の過半数を再生可能発電、エネルギー貯蔵、送電網管理への投資が占めている。これらは新型原子力や代替燃料など、投資開発の初期段階にある他の施策に比べると明らかに成熟度が高い。

投資家：投資額が最大となるのはVolkswagen Group、Kleiner Perkins、Schneider Electricである。一方、投資件数ではTotal Energy Ventures、GE Ventures、InnoEnergyが上位となった。

ユニコーン：ソーラーエネルギー専門のSolarCityがTesla Inc.に買収された際のバリュエーションは26億米ドルだった。分析対象期間に確認できた10億米ドル超の投資はこの1件のみ。

その他の注目点：2017年の投資額が目立って落ち込んでいるが、前年比で見ると案件数の動向はおおむね一定である。これについては、2015年と2018年に再生可能エネルギー発電とエネルギー貯蔵の分野で大型案件が終結したことが主な要因である。

エネルギーセクターの定義：

- 代替燃料の製造、開発、販売
- 再生可能エネルギーの普及を支援する施策。負荷平準化（貯蔵）や需給平準化のメカニズムなど。
- 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）の効率向上
- 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など、化石燃料発電の効率化を目的としたものは除く。

³⁰ 「4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Countries and Sectors」 (WRI、2020年2月6日)

³¹ 「Renewables Increasingly Beat Even Cheapest Coal Competitors on Cost」 (IRENA、2020年6月2日)



主要なネットゼロ対策

再生可能エネルギー発電

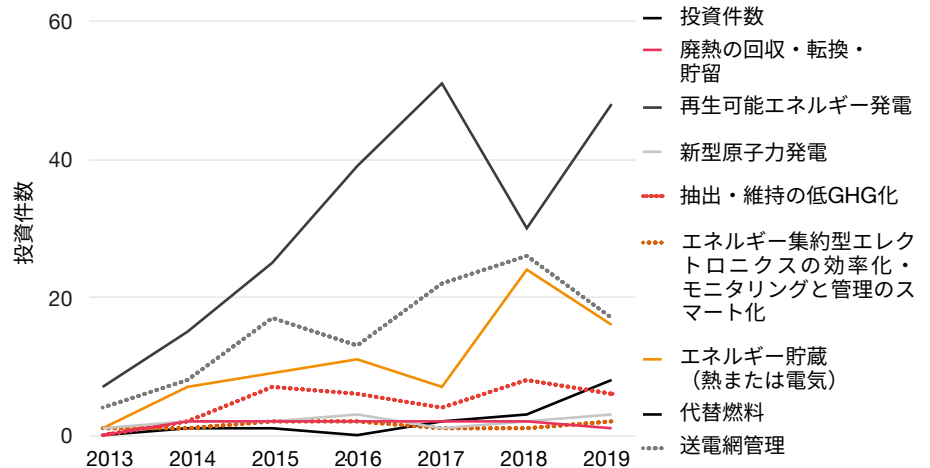
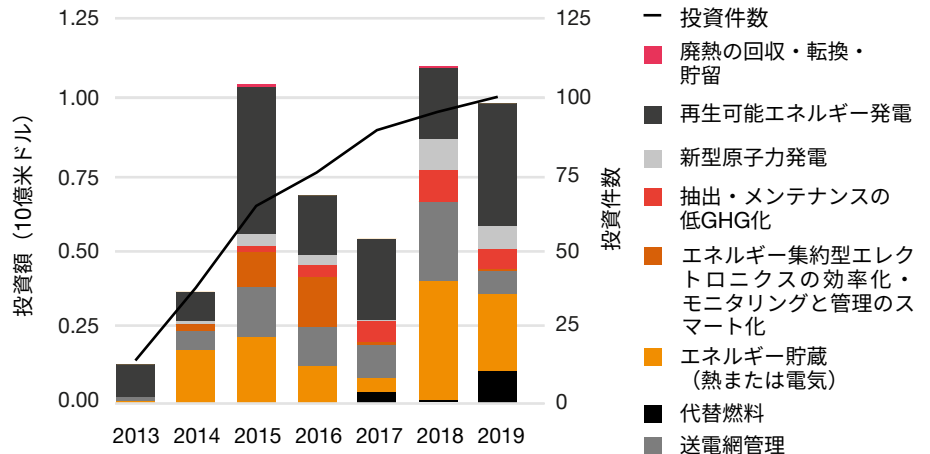
- **主な投資テーマ：**投資額の36%を占める重要なソリューションである（件数は215件）。クリーンテックブーム以降、高水準の投資や政策の後押しでかなり成熟が進んでいる。太陽光を中心に再生可能エネルギーに注目するスタートアップは非常に多く、関連技術の開発、太陽光発電や風力発電のための新しい資金調達・分配モデルなどがテーマになっている他、波力エネルギーや地熱エネルギーなどの技術の探索も行われている。

- **注目のスタートアップ企業：**Oxford Photovoltaicは1億2,000万米ドルを調達し、シリコンにペロブスカイトを積層したタンデム型太陽電池によって従来型電池よりも飛躍的に効率を高め、ブレイクスルーを起こそうとしている。また、1億3,000万米ドルを調達したFenix Internationalは、送電網につながっていない遠隔地の家庭に電気を届けるため、安価な自家用太陽光発電システム（ソーラーホームシステム）を構築している。同様にBboxも9,000万米ドルを調達。ソーラーホームシステムを活用してクリーンなエネルギーを届け、エネルギー貧困問題の解決に取り組んでいる。

エネルギー貯蔵

- **主な投資テーマ：**エネルギー貯蔵は投資額の25%を占めている。電池の開発が中心だが、一部には化学や力学による周辺のソリューションも見られる。風力発電や太陽光発電への依存度が高まるにつれ、供給の不安定さを解消する手段として貯蔵技術が必要になるため、貯蔵関連の投資は間欠的な再生可能エネルギーの普及と並行して増加している。

- **注目のスタートアップ企業：**Quantumscape、Sonnen GmbH、Aquion Energy、Energy Vault SA、Vionx Energyのわずか5社で全体の投資額の半分以上を占める。このうちEnergy Vault SAは、化学反応ではなく新しい重力エネルギー貯蔵方法による電池システムを扱っている。



出所：DealroomのデータをPwCが分析

新型原子力発電

- **主な投資テーマ：**分析期間中、新型原子力発電全体へのベンチャーキャピタル投資額はあまり多くなく、スタートアップ6社の合計で2億6,200万米ドルだった。そのうち3分の2が2018年と2019年に実行された投資で、主なテーマは核融合発電関連だった。今後も注目すべきテーマである。

- **注目のスタートアップ企業：**Energy General Fusionが1億3,600万米ドルを調達。また、Commonwealth Fusion Systemsは2020年5月に8,400万米ドルの調達ラウンドを終了した（今回の分析対象期間の直後だったため、対象外となった）。

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一つで、1990年から71%増加し³²、現在、世界の排出量全体の約4分の1を占めている³³。輸送機関全体の排出量の72%が道路車両からのものである現状を考えれば、排出量削減ツールとして電気自動車への移行が好まれるのも意外なことではない。

しかし、輸送機関の温室効果ガス排出量削減は今後も課題である。GDPの成長は輸送量（と炭素集約的なエネルギーシステム）に連動しているため、ここを強く切り離さなければ、増大し続ける旅客輸送と貨物輸送があらゆる削減策を帳消しにしてしまいかねない。ネットゼロ社会に移行するためには輸送機関の電化が不可欠であることは変わらないが、それ以外の変化も必要である。気候変動の影響を減らすには、これまでと異なるモビリティの選択肢（モーダルシフトの推進、交通のシェアリング、移動そのものの削減）のさらなる魅力向上、自動車の性能向上、代替燃料、関連インフラへの投資、建築環境の変化を含むあらゆる施策をとることが必要である。

主な項目に関するPwCの分析

投資水準：この分野への2013~19年の投資額は374億米ドルと全体の63%を占め、他を大きく引き離して最大である。その大半が、中国の大規模なEV投資（上記投資額の約半分が中国のスタートアップのものである）と、マイクロモビリティ（電動スクーターのレンタルプラットフォームなど）に向けられた。

成長率：投資額は劇的に増加し、年平均成長率151%を記録した。気候テック全体の84%を大幅に上回っている。投資件数の年平均成長率はそれよりも低い47%だが、気候テックの平均35%を上回る。投資額と件数の成長率の差は、大型案件が増えているために生じるものである。

投資件数：モビリティ・輸送分野の案件数は、2013年の18件から2019年の182件へ、順調な増加傾向を示している。中でも、高効率交通システムへの投資が最多だった。ただし2017年から伸び鈍化の予兆が見られており、これは、全案件数の31%を占める高効率交通システムや、22%を占める低GHG道

路交通など、一部の主要な対策が成熟期を迎えたためである。低GHG船舶輸送、低GHG航空輸送、電池および燃料電池は他のソリューションに比べて件数が極めて少なく、成熟度の低さを表している。

投資家：投資額が最大となるのは、Evergrande Health Industry Group、SoftBank、China Cinda Asset Management、Zhongji Holdingである。Softbank以外は全て中国企業であり、中国企業以外で上位10位に入ったのは、SoftBankの他にSequoia CapitalとDST Globalのみである。一方、投資件数ではY Combinator、Sequoia Capital、Tencentが上位となった。

ユニコーン：輸送・モビリティ分野は、全課題分野のユニコーン企業43社のうち、最多の30社が属している。中でも多いのがEV関連（15社）とマイクロモビリティ関連（7社）である。30社の半数近くが中国のスタートアップだが、ここでもEV関連（9社）とマイクロモビリティ（3社）が他を圧倒している。

モビリティ・輸送セクターの定義：

- 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の開発。ライドシェア・アプリや充電ポイントなど。
- 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。

32 「4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Countries and Sectors」 (WRI, 2020年2月6日)

33 「Everything You Need to Know About the Fastest-Growing Source of Global Emissions: Transport」 (WRI, 2019年10月16日)



主要なネットゼロ対策

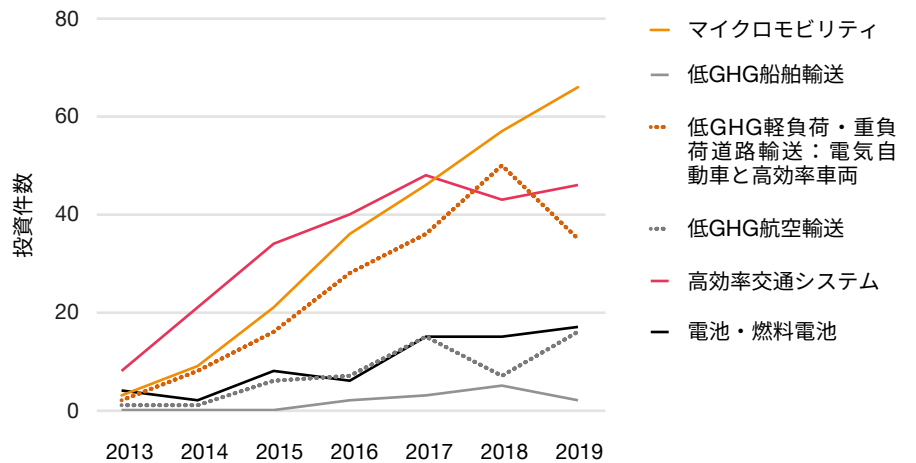
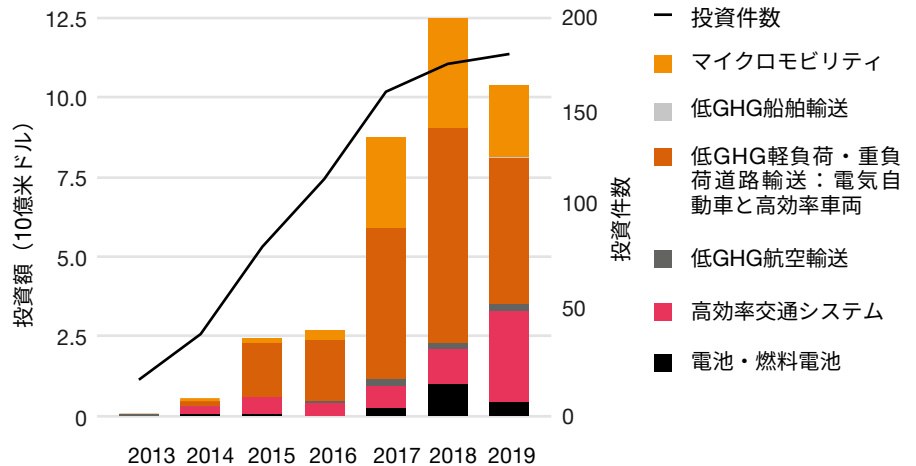
マイクロモビリティ

- **主な投資テーマ：**マイクロモビリティは、2013年から2019年までの投資額が91億米ドルと、輸送・モビリティ分野で2番目に大きい（同分野の約4分の1を占め、他のどの課題分野の投資額よりも大きい）。世界中の大都市でドックレス型の自転車やキックスクーターのサービスを展開する企業が増えていることを踏まえれば、投資水準が高いのも当然である。また電動スケートボードや自走式ロボットなど新たな形の輸送手段も登場している。

- **注目のスタートアップ企業：**分析対象の期間に最も多くの資金を調達したのはOfoで、最も多いときには世界20カ国250都市に1,000万台の自転車を配備し、毎月6,300万人がアクティブユーザーとして利用していた。中国を本拠とするHellobikeとMobikeも多額の資金を調達し、自転車のシェアリングシステムを提供している。しかしマイクロモビリティは昨今、特に中国以外の地域で、やや不安定化する傾向にある。

低GHG軽負荷・重負荷道路輸送：電気自動車と高効率車両

- **主な投資テーマ：**最も多額の投資を集めたのは、温室効果ガス（GHG）排出量の少ない道路輸送だった。2013年から2019年の投資額は194億米ドルで、モビリティ・輸送分野の半分以上であり、他の課題分野全ての合計額にも迫る高水準である。このうち85%近くは、電気自動車（EV）や水素電気自動車の開発を行う中国のスタートアップへの投資である。その他に、バスやトラックなど重負荷車両の開発、EV用スマートインフラ、排出量削減を目的としたシェアリングプラットフォームやレンタルサービスなども注目された。



出所：DealroomのデータをPwCが分析

- **注目のスタートアップ企業：**NIOは自動走行電気自動車の設計・開発を行う中国のスタートアップである。今回の分析で最大となる31億米ドルを

調達し、2018年にニューヨーク証券取引所に上場した。

注目点：

- 新型コロナウイルス感染症の発生は、マイクロモビリティセクターをさらなる成長に向かわせることになった。英国をはじめ各国政府が、コロナ対策としてマイクロモビリティへの取り組みを加速させているからである。
- 今回の分析で名前が挙がった電気自動車（EV）スタートアップは、圧倒的に中国企業が多かった。これは、中国ではベンチャーキャピタルが大規模なEV投資を行っているため、欧州や北米はそれとは異なり、今回の分析対象とならない既存の自動車メーカーが中心となって投資を行っている。
- EV、マイクロモビリティ、高効率輸送システムなどの主要なネットゼロ対策がすでに成熟しつつある輸送・モビリティ分野が高い成長率を示したことは意外かもしれない。しかし分析の結果、科学的リスクや製品のリスクが解消され、投資対象から目に見える価値が創出できると投資家が自信を深めれば、どれほど大幅に投資が増大するかが明らかになった。

食品・農業・土地利用 (FALU)

FALU分野の概要と気候対策上の課題

温室効果ガスの19~29%は、世界の人々を支える食料システムから排出されている³⁴。世界人口は2050年までに25%増加すると予測されており³⁵、食料の生産方法を転換しなければ温室効果ガス排出量も急増すると考えられる。増加する人口を養いつつ食料生産に伴う環境負荷を減らすには、効率的で生産性の高い方法を開発しなければならない。

現在の排出量削減策は、農業プロセスの効率改善を目指すものが多い。しかし自然やその恵みにある程度、あるいは高度に依存して創出する経済価値が44兆米ドルにも上る現状を踏まえれば、土地に頼りすぎない革新的なアプローチを見いだすことが必要である。例えば、全く新しい形の栄養摂取のあり方、自然環境の効果的な管理方法、農業プロセスにおける炭素の削減や回収、既存の食料サプライチェーンの破壊的変革などが考えられる。

主な項目に関するPwCの分析

投資水準：FALU分野は、2013~19年の投資額が81億米ドル（全体の13.6%）と、気候テックで2番目に大きい。この大部分が、代替食品（植物由来バーガーや代替肉など）と精密農業の成長によると見られる。

成長率：投資額は、気候テック全体の成長率84%をわずかに下回るものの、年平均75%と堅調に伸びている（気候テック全体の年平均成長率は、単独で影響力の大きいモビリティ・輸送を除いて偏りを是正した場合、57%になる）。一方、投資件数の年平均成長率は41%と投資額の伸び率よりも低いが、これは大型の案件が増えていることによる。

投資件数：年間の投資ラウンド数は、2013年の21件から2019年には162件まで増加した。増加分の半数以上が代替食品または精密農業であり、2019年の全案件のうち64%をこの2分野が占めている。

この他、都市農業やバリューチェーンのGHG削減といった新しいネットゼロ対策も登場し、成長加速の兆しを見せている。一方で、土地利用管理、エネルギー効率の高い農業機器、土地・海洋保護はまだ萌芽期であり、2019年に投資を受けた企業は、それぞれ1社ずつにとどまった。

投資家：投資額が多いのはTemasek、Kleiner Perkins、Insight Partners、投資件数が多いのはSOSV、New Crop Capital、S2G Venturesだった。

ユニコーン：この分野のユニコーン数は、モビリティ・輸送分野に次いで2番目に多く、7社（気候テック全体では43社）である。その過半数が代替食品（4社）で、あとは精密農業が2社、バリューチェーンのGHG削減が1社である。

FALUセクターの定義：

- 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。合成タンパク質や昆虫タンパク質など。
- 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。
- 土地管理を通じた炭素排出量の削減。例えば、土壌炭素の排出抑制など。
- 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）。
- カーボンフットプリントの低い新しい肥料の開発や、既存の肥料の生産・使用によるGHG排出量を削減する新しいプロセスの開発。

34 Vermeulen et al., 2012年

35 「世界人口予測2019年版」（国際連合、2019年）



主要なネットゼロ対策

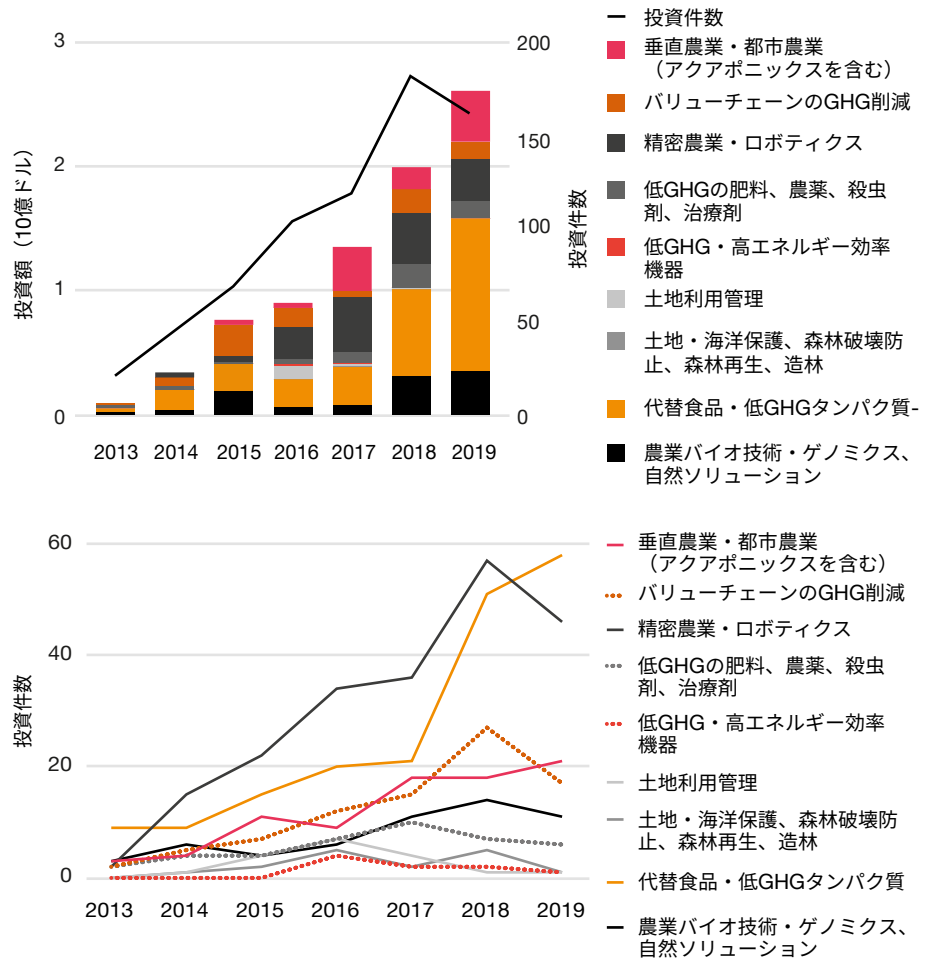
代替食品・低GHGタンパク質

• **主な投資テーマ**：FALU分野で最も投資額が大きく、分野全体の3分の1を占める。また、スケールアップを目指す動きが増えているため、1社当たりの投資額も平均より大きい。代表的な企業は、動物由来の食品から植物由来食品や人口食品への代替を目指す食品テクノロジー企業である。Beyond MeatやImpossible Foodなどの最近の成功が投資家に安心感を与え、投資額、投資件数ともに2017年以降飛躍的に伸びた。

• **注目のスタートアップ企業**：植物由来の代替肉を開発したImpossible Foodsは、2011年に創業した米国企業である。同社は分析対象期間中、FALUのスタートアップとしては最大の資金を調達し、2019年の評価額は20億米ドルに達した。動物性食品を分子レベルで研究し、植物から適切なタンパク質や栄養素を選び出して肉と同様の食感や栄養を再現する。看板商品のImpossible Burgerは、数年の研究開発期間を経て2016年7月に発売された。

精密農業・ロボティクス

• **主な投資テーマ**：2番目に投資額が大きかった分野は、精密農業とロボティクスである。投資件数が最大だった反面、1件当たりの平均投資額は最低レベルだったが、これはスタートアップ企業の多くがまだアーリーステージであること反映している。また、AI、センサー、ドローン、ロボティクスなどを使って情報収集や資源配分を行い、効率性と生産性を高めるなど、すでに確立された技術を活用することが多いため、それほど大規模な資本投資を必要としない。



出所：DealroomのデータをPwCが分析

• **注目のスタートアップ企業**：Indigo Agricultureは、2014年創業の米国企業である。2020年にシリーズFで5億米ドルを調達し、調達後の評価額は35億米ドルと、アグリテックのスタートアップとしては最大となった。同社の最初の事業は、綿、大麦、米の種子を微生物を使って処理し、収穫量を増やすというものだった。

その後進化を続け、穀物のオンライン販売、販売した穀物の輸送をオンラインで仲介するサービスも開始。さらに炭素市場へも進出し、炭素隔離を行う農家に金銭的インセンティブを提供して再生可能な農業を推進している。また、衛星画像のTellusLabsを買収し、データプラットフォーム事業にも乗り出した。



ベンチャーキャピタルは土地利用セクターに特に高い関心があります。他のセクターより遅れているので、テクノロジーによる破壊的変革が起りやすいからです’

Hampus Jakobsson氏
General Partner, Pale Blue Dot

重工業

重工業分野の概要と気候対策上の課題

重工業は、温室効果ガス排出量の約5分の1を占めている³⁶。しかも増加ペースが最も速く、削減が最も難しい分野である。

私たちの日常生活は、工業プロセスを必要とする素材に支えられている。化学物質はプラスチック、肥料、合成繊維の材料になり、インフラの土台の大半はコンクリートと金属でできている。また、工業分野からはエネルギー使用と工業プロセスそのもの（化学反応によってCO2が発生するなど）の両方から温室効果ガスが排出される。そのため、セクター全体の排出量を減らすには、単にエネルギー効率を上げるだけでなく、多様な方法を幅広く活用する必要がある。社会のために、素材の効率的な利用、革新的なリサイクル、製品の効率向上、需要抑制などを実現する新たなイノベーションが求められている。

主な項目に関するPwCの分析

投資水準：重工業分野が2013年から2019年の間に集めたベンチャーキャピタル資金は38億米ドル（全体の6.4%）で、他分野に比べると小規模だった。この分野は成熟度が低く、新しいブレイクスルー技術が登場するたびそこに資金が流れ込む現象が起きるため、投資対象となるネットゼロ対策は年によって大きく異なる。安定的に資金を集めているのはその他の低GHG素材（生物工学で遺伝子を組み替えた酵母を使って絹糸を作るBOLT Threads、バイオレザーを開発したModern Meadow、ウールシューズのAllbirdsなど）と、エネルギー効率・資源効率の高い製造プロセスの2分野で、両方で重工業分野の投資額の4分の3を占めている。

成長率：重工業分野のスタートアップへの投資は着実に伸びており、年平均成長率は75%と、気候テック全体の成長率84%をわずかに下回る水準だった。

投資件数：重工業分野の投資件数は、2013年の22件から2019年の45件へ、緩やかな増加傾向を示している。ピークは2017年で、これは高効率な製造プロセスに異例の件数の投資が集まったことによる。大半の投資が高効率な製造プロセスに集まる一方、成長率が最も高かったのは、低GHGプラスチックおよびプラスチック代替物だった。

投資家：投資額の上位を占めたのはViking Global Investors、Cascade Investment、General Atlanticで、投資件数が多かったのはSOSV、Y Combinator、O' Reilly AlphaTech Venturesだった。

ユニコーン：重工業分野では4社のユニコーンが確認された。その他の低GHG素材が3社（Ginkgo Bioworks、Allbirds、Zymergen）、高効率な製造プロセスが1社（Carbon）だった。

重工業セクターの定義：

- 重量やサイズの大きい製品の製造や素材の大量生産によって排出される炭素排出量の削減。
- 製造業における廃棄物を削減、再利用、管理するための活動を含む。
- 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。

36 「Global Greenhouse Gas Emissions Data」(WRI、2020年8月閲覧)



主要なネットゼロ対策

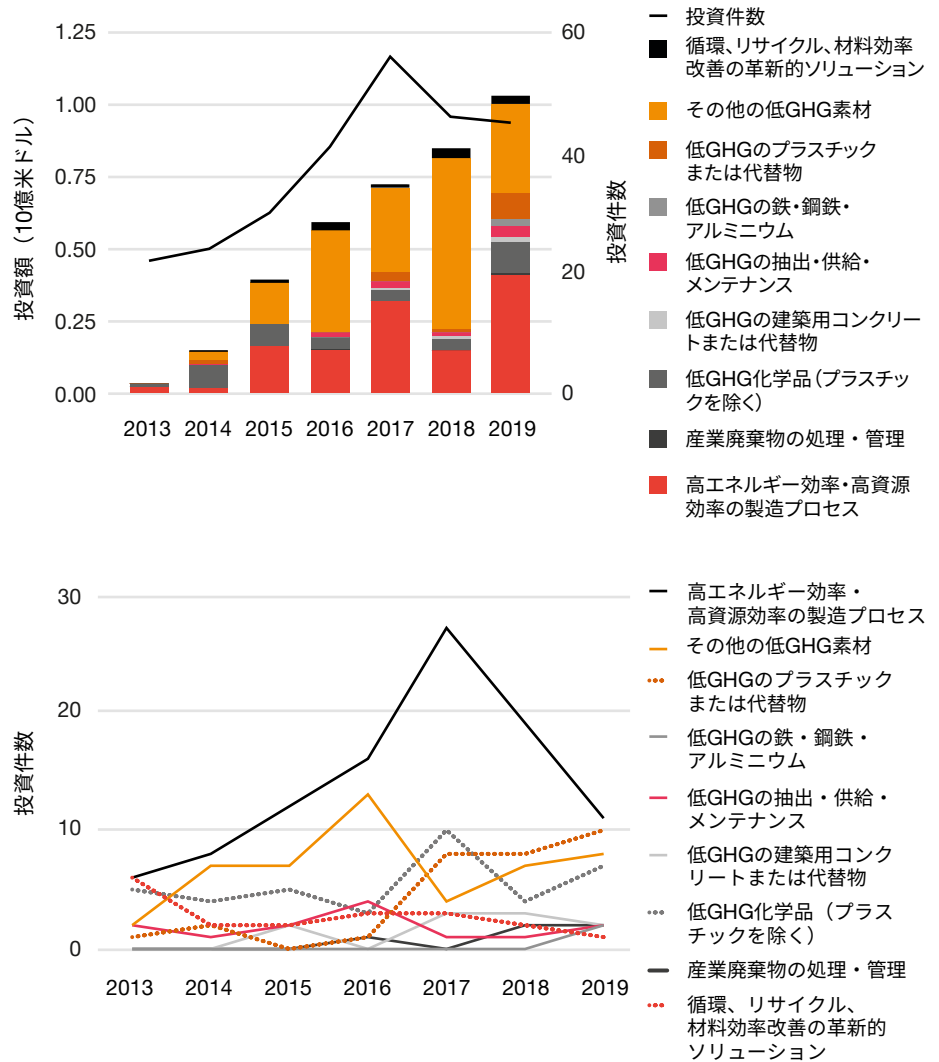
エネルギー効率・資源効率の高い製造プロセス

- 主な投資テーマ：**スタートアップ数、投資額ともに重工業全体の3分の1近くを占めた。その一因は、このネットゼロ対策が、ソフトウェアやハードウェアを活用した製造プロセスの効率化など、スタートアップの機会として技術的・財務的にハードルが極めて低いことにある。具体的なソリューションの例には、効率改善のためのAI、モノのインターネット (IoT)、センサー、ドローンの活用、3Dプリンターによる製造、工業ロボティクスによる材料のムダ削減、自律型のロボットやドローンを活用した自動メンテナンスなどである。

- 注目のスタートアップ企業：**Carbonは、2013年に創業した米国のデジタルマニュファクチャリング企業である。3Dプリンターのハードウェアとソフトウェアの開発、プリント材料の開発を行っている。

その他の低GHG素材

- 主な投資テーマ：**18社のスタートアップのうち多くが、次の二つの事業に取り組んでいる。幅広い工業用途向けバイオベースの代替製品、もしくはファッション業界向けのバイオベースの植物性代替製品である。規模が大きいのはバイオテック企業で、ファッション業界向け企業は、数は多いものの、投資額は極めて少ない。



出所： DealroomのデータをPwCが分析

- 注目のスタートアップ企業：**投資額の75%をGinkgo BioworksとZymergenの2社が占めている。両社とも米国のバイオテック企業で、遺伝子工学を用いてさまざまな工業用途向けのバクテリアを製造している。未公開のバイオテック企業としては、世界で1位と2位の規模である。

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39%は、建築・建設分野から排出されている³⁷。このうち3分の2近くが、建物の冷暖房や照明に使われるエネルギーからの排出によるものであり、その他は内包炭素、すなわち資材や建設作業に伴う炭素排出によるものである。そのため、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、既存のものより効率が良く、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小規模な対策も有益ではあるが、建築環境の影響の大きさを考えれば、もっと決定的なソリューションが必要である。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、センサーを中心とするスマートなビル管理などである。

主な項目に関するPwCの分析

投資水準：2013年から2019年の間にベンチャーキャピタルが建築環境に投資した額は37億米ドル（全体の6.2%）で、セクター別の課題分野の中では最も少ない。

成長率：建築環境のスタートアップへの投資は、年平均成長率57%と堅調に伸びているが、気候テック全体の成長率84%を大幅に下回る結果となった。

投資件数：投資件数は、2013年の13件から2019年の65件へ、着実な増加傾向を示している。そのうち約3分の1がセンサー技術と建物・インフラのスマート管理で、高効率の電気製品・照明・冷房システムもほぼ同水準である。これら2分野は投資コストが比較的安く、一般的なテクノロジー投資として投資家の安心感もあり、消費者需要のシグナルも堅調である（詳細は「主要なネットゼロ対策」を参照）ことが反映された結果である。その他の分野は成熟度が低く、投資件数も少ない。例えば低GHG建築プロセスは合計35件、革新的な循環・リサイクルは合計32件だった。

投資家：投資額が多いのはKhosla Ventures、Obvious Ventures、DFJ Growth、投資件数が多いのはAmazon Alexa Fund、Demeter、New Enterprise Associates、Prelude Ventures leadだった。

ユニコーン：分析対象期間に評価額10億米ドル以上となったスタートアップは、米国の建築会社Kateraのみだった。同社は、テクノロジーを活用して現場での作業を大幅に合理化している。

その他の注目点：多額の資金を集めたのは、2016年が高効率な冷温水空調、2017年が高効率都市・コミュニティ、2018年が低GHG建築プロセスと、毎年変化している。これらの分野がいずれも未成熟であることの反映である。これまではごく少数の企業に投資が集中していたが、今後この分野のスタートアップが発展すればやがて平準化されていくと考えられる。

建築環境セクターの定義：

- 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管理にセンサー、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を活用するスマート管理。
- 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）。

³⁷ 「New report: the building and construction sector can reach net zero carbon emissions by 2050」
(World Green Building Council, 2019年9月23日)



主要なネットゼロ対策

低GHG建築プロセス

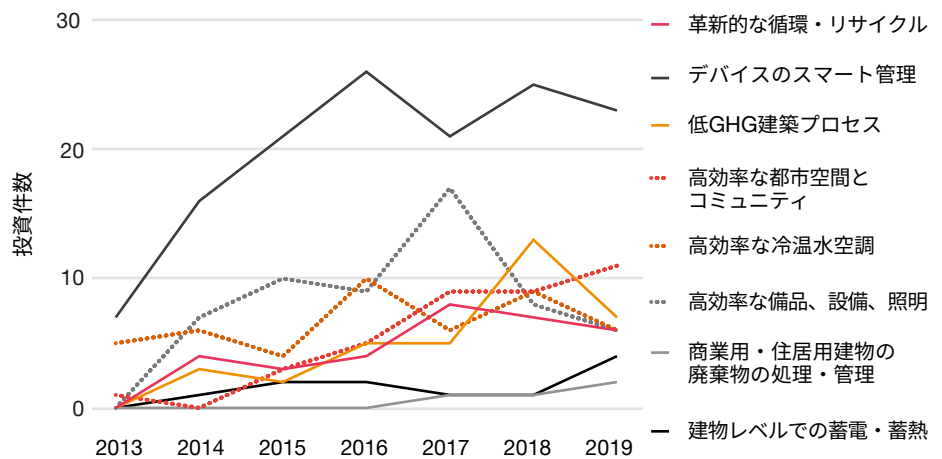
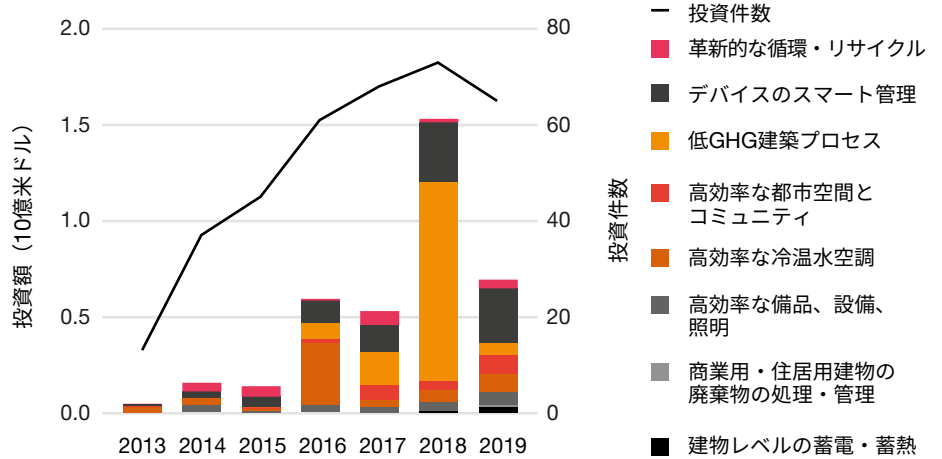
● **主な投資テーマ：**低GHG建築プロセスの投資額は、建築環境全体の37%を占めるが、その90%は1社のみ、すなわちKaterraへの投資である。この対策分野に取り組むスタートアップは13社のみだが、その全てが建築中の廃棄物削減もしくは、建築環境の管理に取り組んでいる。例えば、オフサイト建築、モジュール建築、3Dプリント、建築計画に役立つ3D画像など。

● **注目のスタートアップ企業：**Katerraが2016年以降12億米ドルを調達し、今回のデータではこの対策分野最大の調達額となった。この他にNODE、Biokableなどがある。また、一部のスタートアップは従業員数を減らしており、この分野には課題もある。

デバイスのスマート管理

● **主な投資テーマ：**建築環境分野の投資額の26%、139件が該当するのがデバイスのスマート管理である。商業用・住居用建物のエネルギー消費関連費用削減に取り組んでいる。主に、センサーによるデータ収集、エネルギー消費状況の分析、エネルギーデバイスのリモート管理などの手法を使う。

● **注目のスタートアップ企業：**カナダのホームオートメーション企業Ecobeeは、スマートサーモスタット、温度センサーと在室検知センサー、照明用スマートスイッチ、スマートカメラ、接触センサーを製造している。同社のサーモスタットはタッチスクリーン、ウェブのポータルサイト、アプリのいずれかを使って制御する。デバイスのスマート管理を手掛けるスタートアップの多くが、同様の製品やサービスを提供している。



出所：DealroomのデータをPwCが分析

注目点：

建築環境分野では、デバイスのスマート管理への投資件数が多い（約3分の1）が、これにはいくつかの理由が考えられる。第1に、起業家が理解しやすく、取り組みやすかったため目指した可能性がある。技術的背景を持った起業家にとって、この分野は建築環境の中で最も具体的で分かりやすい。第2に、テクノロジー投資家が過去に経験した投資に近いという点である。スマートセンサー、消費者用アプリを使ったデバイスの遠隔管理、AIによる基本データの分析などは全て、一般のテクノロジー企業と共通しており、その点が3Dプリント住宅などと異なる（すなわち資本投資が少なく、早期の投資収益回収が期待できる）。第3に、家庭のエネルギーをもっと楽しく安価に利用したいという消費者のニーズが高まっている点も、スマート管理への投資が伸びている理由の一つと思われる。

温室効果ガスの回収・貯留

温室効果ガスの回収・貯留分野の概要と気候対策上の課題

一部の主要な経済圏では、エネルギーシステムを石炭からクリーン燃料に転換する動きが出ている。しかし、化石燃料がエネルギー生産の中心となる状況はしばらく続きそうだ。化石燃料は安価なエネルギーの供給源として使いやすく、依存度も高い現状を踏まえると、ネットゼロを達成するためには温室効果ガスの排出量を大幅に減らす対策が必要である。排出量の増加を抑え、削減するには、エネルギーシステムや産業システムを転換すると同時に、温室効果ガスを回収・貯留・再利用することが有効である。化石燃料を主要エネルギー源として使い続けるなら、炭素隔離技術を迅速に開発しなければならない。

主な項目に関するPwCの分析

投資水準：温室効果ガスの回収・貯留は、横断的な課題分野（すなわち、全ての業種に共通する課題分野）二つのうちの一つである。横断的分野の中でも、また全課題分野の中でも、最も投資額が小さい。気候テック全体で確認できたベンチャーキャピタル投資の1%未満の5億600万米ドルしか調達していない。なお、ここで示す3つのソリューションのうち、炭素の回収・有効利用・貯留（CCUS）が調達額の80%以上を占めている。

成長率：この分野はとりわけ新しく、そのため、2013～19年の投資額の年平均成長率は102%である。

投資件数：成熟度の低さは投資件数にも表れており、2013年の実績はわずか2件だった。その後、緩やかに増加しているものの2019年は15件であり、同年の他分野の合計件数が600件近くに増加していることを考えれば、まだまだ少ない。

投資家：この分野へのベンチャーキャピタル投資額が大きかったのはNovo HoldingsとZurich Cantonal Bank、投資件数が多かったのはChevron Technology VenturesとHusky Energyだった。ただし両社とも5件未満である。この分野はまだ、活発な投資を数多く呼び込む段階には至っていないと思われる。

ユニコーン：全ての課題分野の中で唯一、この分野は分析対象期間中にベンチャーキャピタルの投資を受けたユニコーン企業がなかった。しかし2020年6月に、LanzaTechの評価額が10億米ドル超に達した。

温室効果ガスの回収・貯留セクターの定義：

- 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も含む。
- 組織や政府のカーボンフットプリントをモニタリング・管理するためのシステム。

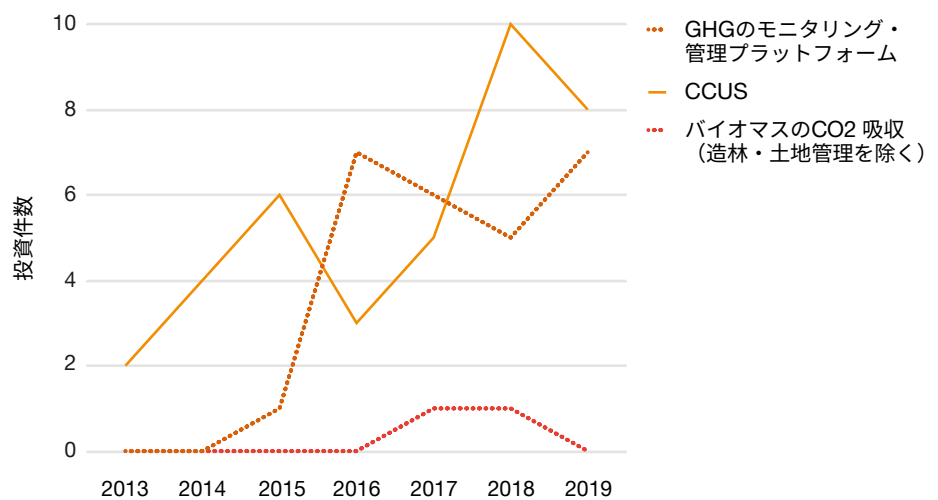
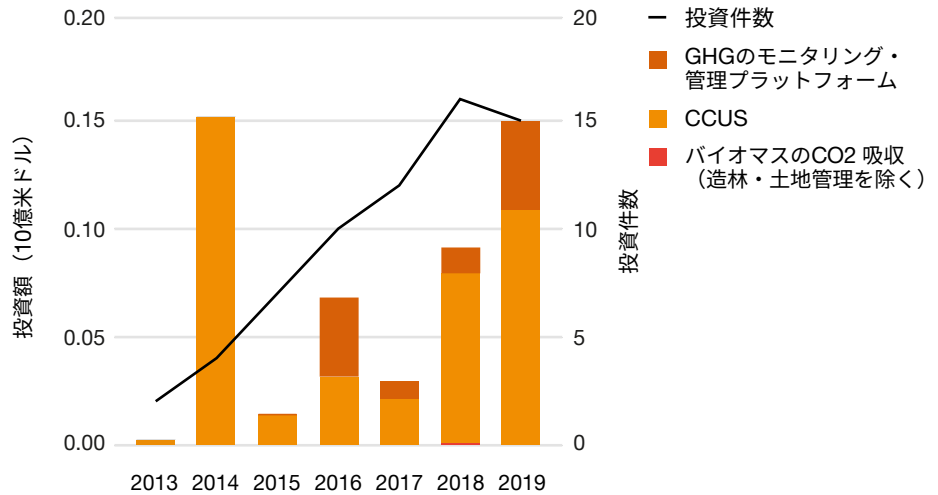


主要なネットゼロ対策

炭素の回収・有効活用・貯留 (CCUS)

- **主な投資テーマ**：CCUSはこの課題分野の中で最も成熟しており、投資額の80%を占めている。しかし、CCUSは決して単独で成熟したわけではない。18社のスタートアップが合計4億600万米ドルを調達したが、それらの企業は次の二つに分類される。炭素の排出源で回収技術を活用し、さまざまな工業目的に利用する企業と、有用な副産物（熱可塑性樹脂など）を生産し、工業目的利用のために販売する企業である。CCUSへの投資は成長の兆しが見られるが、炭素の工業利用をめぐる規制環境の充実が、その最大の要因と考えられる。

- **注目のスタートアップ企業**：炭素回収事業を行うLanzaTechは、2005年創業の米国のスタートアップである。炭素を含む排ガスをエタノールに変え、燃料や化学品用に提供する技術を開発している。今後はエタノール以外の有用な製品の製造に手を広げること考えている。Lanza Techが作り出したソリューションは今後、モビリティ・輸送、エネルギー、重工業を中心に、他分野で盛んに活用されることになるだろう。そしてCCUSのあらゆる部門から、同様の事業を行うさまざまなタイプの企業が登場することが期待される。



出所：DealroomのデータをPwCが分析

注目点：

炭素の回収・貯留をめぐる経済環境は厳しいため、取り組みやすい環境を適切に整備することが必要である。分析対象のスタートアップ各社は、炭素排出量を十分に削減するには、一定の資本投資と時間が必要だと強調している。その一方で、この分野への投資はまだ限定的だと言う。技術開発に時間がかかり、ベンチャーキャピタルが通常許容する投資回収期間を超えるケースが多いことが原因である。

気候・地球に関するデータの生成

気候・地球に関するデータ生成分野の概要と気候対策上の課題

気候テック関連事業を促進する大きな要因の一つである環境政策は、地球の現状把握と将来予測に関する迅速かつ正確な情報に依存している。米国ではSpaceXやPlanetの台頭に象徴されるように宇宙事業の規制緩和が進み、気候・地球に関するデータ生成という対策分野が発展した。衛星のオープンソース化でナノ衛星のコストが下がり、その結果、データ生成のコストも下がった。気象観測や地球観測をもとに、土地、海洋、大気に関するデータが豊富に提供され始めた。こうしたデータは、環境保護の強化や、持続可能な開発目標を幅広く実現するために不可欠なものである。データからは、これまで入手不可能だった詳細な情報が得られ、気候テックの活躍が求められる環境分野の規制の根拠となるとともに、スタートアップにとってはまたとないビジネスチャンスをもたらしている。

主な項目に関するPwCの分析

投資水準：気候・地球に関するデータの生成は、横断的な課題分野（すなわち、全ての業種に共通する課題分野）二つのうちの一つである。2013年から2019年の間にベンチャーキャピタルから11億米ドルの投資を受けた。データ生成は横断的な2分野の中では投資額が大きい。縦割りの課題分野と比べると、どの分野よりも小さく、投資額は分析対象となった気候テック全体の約2%しかない。

成長率：データ生成分野への2013～19年の投資額の年平均成長率は18%だった。しかし、実際の成長率はもっと高いと考えることができる。2013年にPlanetが、個別企業としては同年で最大となる資金調達を行ったことが、成長率算出に影響しているからである。この分野の成長率のほぼ全てが、気候・地球データ生成を明確に標榜している企業によるもので、低GHG衛星およびセンサーの企業による調達は、0.5%に届かなかった。

投資件数：この分野は比較的成熟度が低いため、それを反映して投資件数は少ない。2013年はわずか8件で、その後緩やかに増加したが、2019年になっても23件と、同年の全分野の合計が600件近くあったのに比べると、依然、低水準である。投資件数の大部分が気候・地球に関するデータの生成に関連するもので、低GHG衛星関連は全期間の合計で8件である。この8件は全て、2017年以降の投資である。

投資家：投資合計額が大きいのはPitanga FundとLux Capital、投資件数が多いのはDylan Taylor、GVだった。投資額もしくは投資件数が多いトップ5にエンジェル投資家が登場しているのは、この部門のみである。

ユニコーン：分析期間中に評価額が10億米ドル超となったスタートアップは、米国の宇宙・アナリティクス企業のPlanet Labs1社のみだった。

気候・地球に関するデータ生成セクターの定義：

- 炭素排出量削減や、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。衛星、センサー、気象観測器でデータを収集し、機械学習アルゴリズムを使って分析することが一般的。
- 小型衛星、電気打ち上げ装置、衛星のエネルギー効率向上、生分解性衛星など、衛星に関連する温室効果ガス排出量を削減する技術。

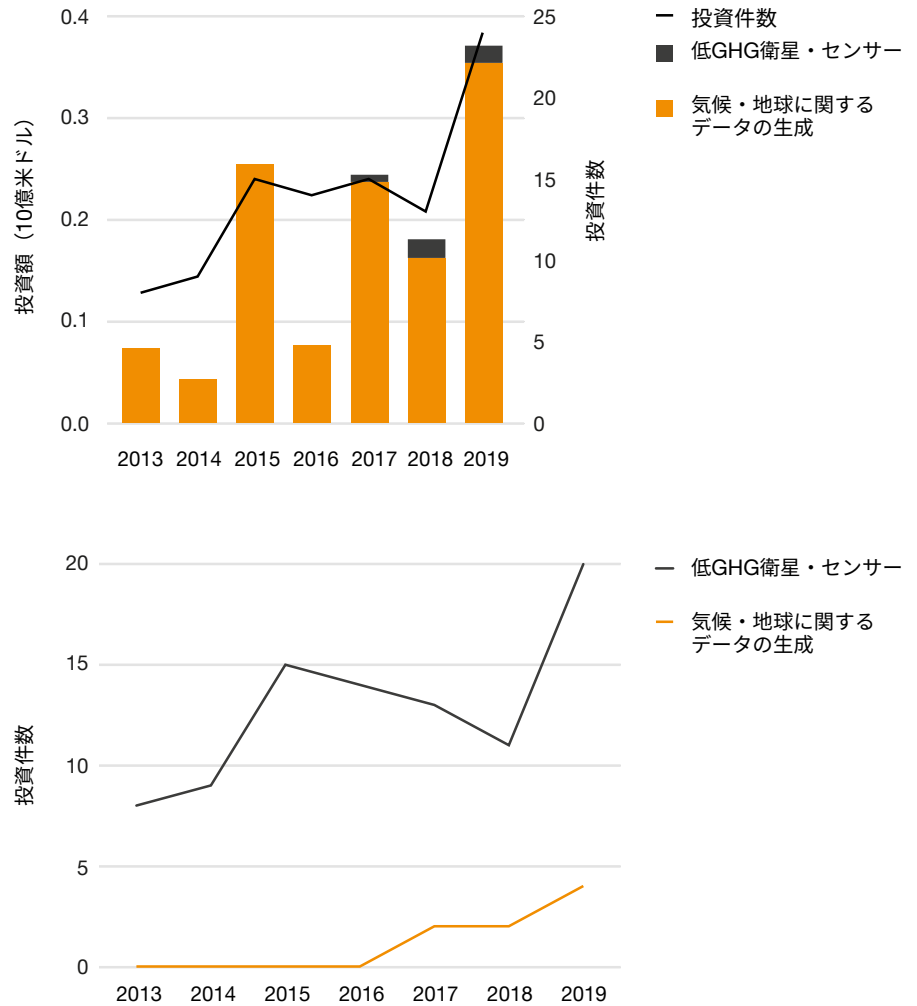


主要なネットゼロ対策

気候・地球のデータ生成

- 主な投資テーマ：**この課題分野の99.5%を気候・地球のデータ生成が占める。これは、宇宙ベンチャーのコストが低下したこと、低価格のハードウェアやソフトウェア（センサーや機械学習アルゴリズム）の能力が向上して業界に変革が起き、示唆に富むデータを政府や企業に提供できるようになったことの証明である。この対策では、さまざまな用途向けに気候・地球のデータを収集・処理する企業が多い。一方、同様の機能を果たすものの、この分野に分類されていないスタートアップもある。そうした企業は活動内容は似ているが、特定の業種（農業が多い）への提供を目的としているため、その提供先となる課題分野に分類している。しかし、そうした企業も幅広いデータを収集していることを考えれば、いずれ他の市場への進出を目指すことは十分考えられる。したがって、この分野のものとして記録されている投資情報は、保守的な推計だと見なすことができる。

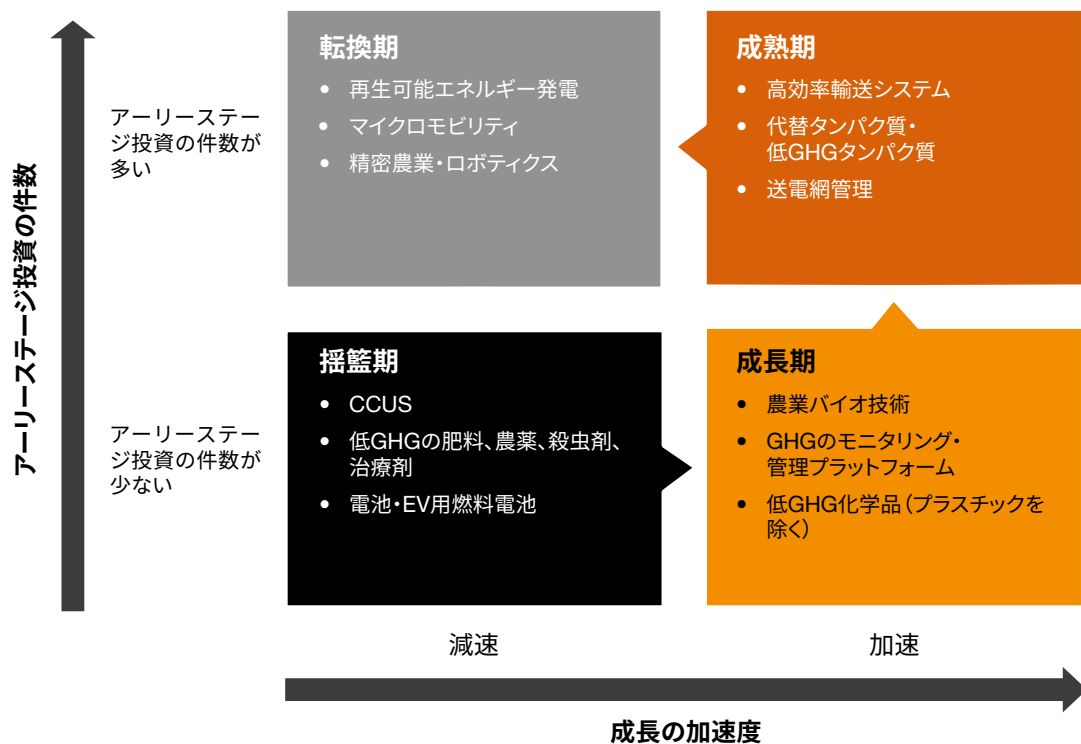
- 注目のスタートアップ企業：**2010年創業のPlanet Labsは、2019年に行った直近の資金調達後の評価額が22億米ドルとなった。小型衛星を製作し、ロケット打ち上げミッションのセカンダリーペイロードとして搭載し、軌道に乗せた。同社の衛星は最新情報を頻繁に発信し、気候観測、収穫量予測、都市計画、災害対応に関する知見を提供している。



出所：DealroomのデータをPwCが分析

成熟度

気候テックのネットゼロ対策を個別に詳しく分析すると、各対策が成熟度曲線のどの位置にあるかが理解できる。それぞれの加速度（ベンチャーキャピタル投資の成長率が増加しているか、減少しているかを示す測定値）とアーリーステージ投資の件数を対応させて、各対策がライフサイクルの4段階のどこにあるかを分類した。



ライフサイクルの4段階に属するネットゼロ対策の例
出所：PwCによる分析

揺籃期は、新しい活動も限定的で、ベンチャーキャピタル投資は減速（場合によっては縮小）する。この時期は、CCUSの例に顕著なように、研究開発リスクが過度に大きく、環境整備が不十分であることが多い。この中から今後、次のステージへ進むものも出てくるだろうが、それがどれで、いつになるかを予測するのは難しい。

成長期が、ライフサイクルの次の段階である。ベンチャーキャピタル投資も加速度的に増加するが、アーリーステージ投資の件数はまだ少なく、大規模な資本投下に対する成功の兆しがようやく見え始めたばかりである。

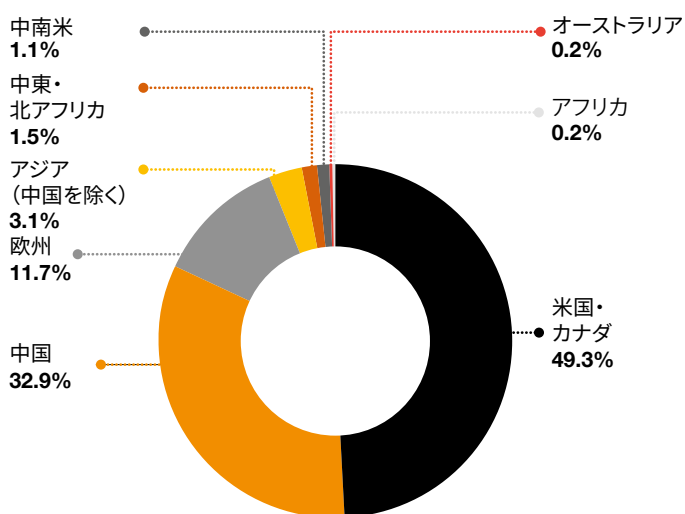
成熟期は、投資が加速し、アーリーステージ投資が増える。例えば**代替タンパク質**の分野では、Beyond Meatなどのユニコーンが成功して商用化の可能性が実証されたことが後押しとなり、シードラウンド、シリーズAラウンドの投資が盛んになっている。

転換期は、ベンチャーキャピタルエコシステムから徐々に離脱する段階である。引き続き革新的なアイデアを追求している企業も多いが、全体的に見ると、ビジネスモデルが十分に成熟し、従来の資金調達方法を活用できることが実証されている。例えば**再生可能エネルギー分野**では、ベンチャーキャピタルよりもデットファイナンスやプロジェクトファイナンスの活用が増えている。

投資の地域別分布

スタートアップの所在地別投資状況の概要

地域別の状況を見ると、気候テックスタートアップへの投資の半分近く、290億米ドルが米国・カナダの企業へのものである。2番目に大きいのは中国で、200億米ドルである。欧州は中国の約3分の1の70億米ドルである。



出所：DealroomのデータをPwCが分析

多額の気候テック投資を集めた投資ハブ上位10地域

投資額が最も大きかった課題分野はモビリティ・輸送であり、その大半が米国・カナダと中国の企業だった。そのため、多額の投資が集まる「投資ハブ」上位10地域の中にその3カ国の都市が多く含まれるのは当然である。その3カ国以外で上位10位に入ったのは、インドとドイツのみだった。

本社所在地	調達額
サンフランシスコ・ベイエリア (米国)	117億米ドル
上海 (中国)	75億米ドル
北京 (中国)	66億米ドル
ロサンゼルス (米国)	35億米ドル
ボストン (米国)	21億米ドル
広州 (中国)	17億米ドル
南京 (中国)	12億米ドル
杭州 (中国)	10億米ドル
ベルリン (ドイツ)	9億3,000万米ドル
ベンガルール (インド)	8億7,000万米ドル

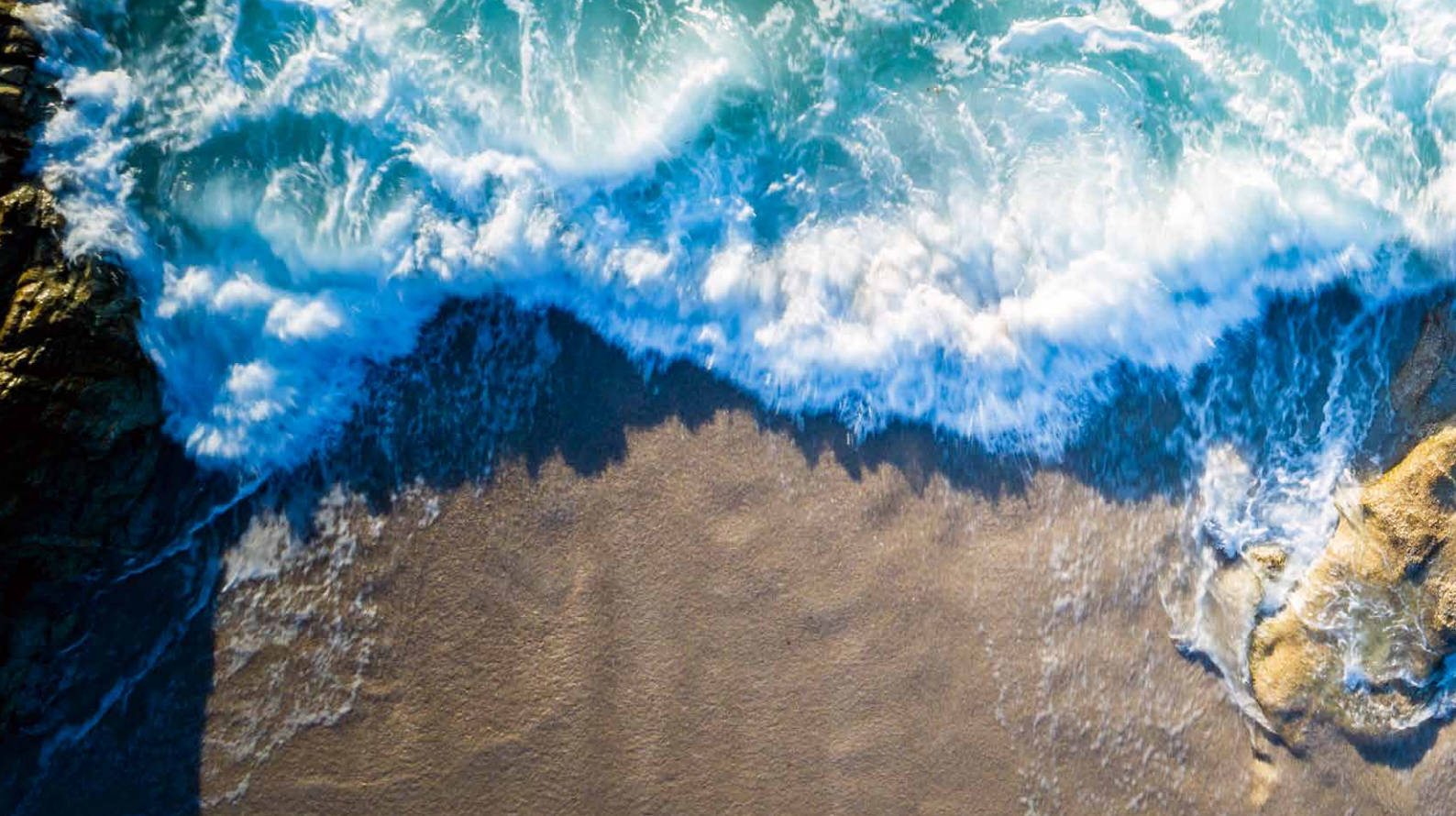
多額の気候テック投資を集めた投資ハブ上位10地域 (モビリティ・輸送を除く)

電気自動車とマイクロモビリティへの投資規模が圧倒的に大きいため、ここではこれらを除外した投資の状況を分析する。上記2分野が重要であることに疑問の余地はないが、データ数値が大きすぎて全体の傾向を正確に反映できない可能性を考えれば、除外した分析を行うことも有益である。

その結果、気候テック投資ハブの順位が大きく変化した。中国の都市は10位以内には入らず、一方で米国の優位は変わらなかった。また、上位10都市のうち3都市はスタートアップが1社しか所在しておらず、投資ハブとして定着した一部の地域以外では、投資がまだ揺籃期であることが伺える。

投資額が圧倒的に多かったのが、サンフランシスコのベイエリアである。このことから、気候テックのような新しい分野でも、スタートアップや投資家が集まる投資ハブが投資の好循環を作り出せることが分かる。

本社所在地	調達額
サンフランシスコ・ベイエリア (米国)	69億米ドル
ボストン (米国)	21億米ドル
ベルリン (ドイツ)	6億5,000万米ドル
ニューヨーク (米国)	6億5,000万米ドル
スーフォールズ (米国)	3億7,000万米ドル
ロンドン (英国)	3億5,000万米ドル
ラベージュ (フランス)	3億米ドル
ボルダー (米国)	3億米ドル
シカゴ (米国)	2億4,000万米ドル
ピッツバーグ (米国)	2億2,000万米ドル



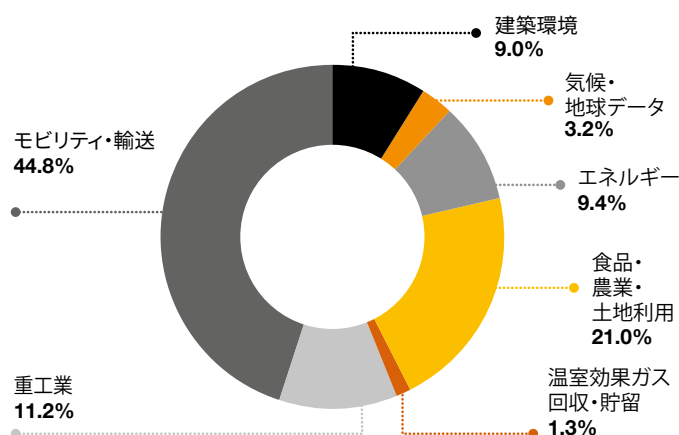
上位3地域の詳細

米国・カナダ

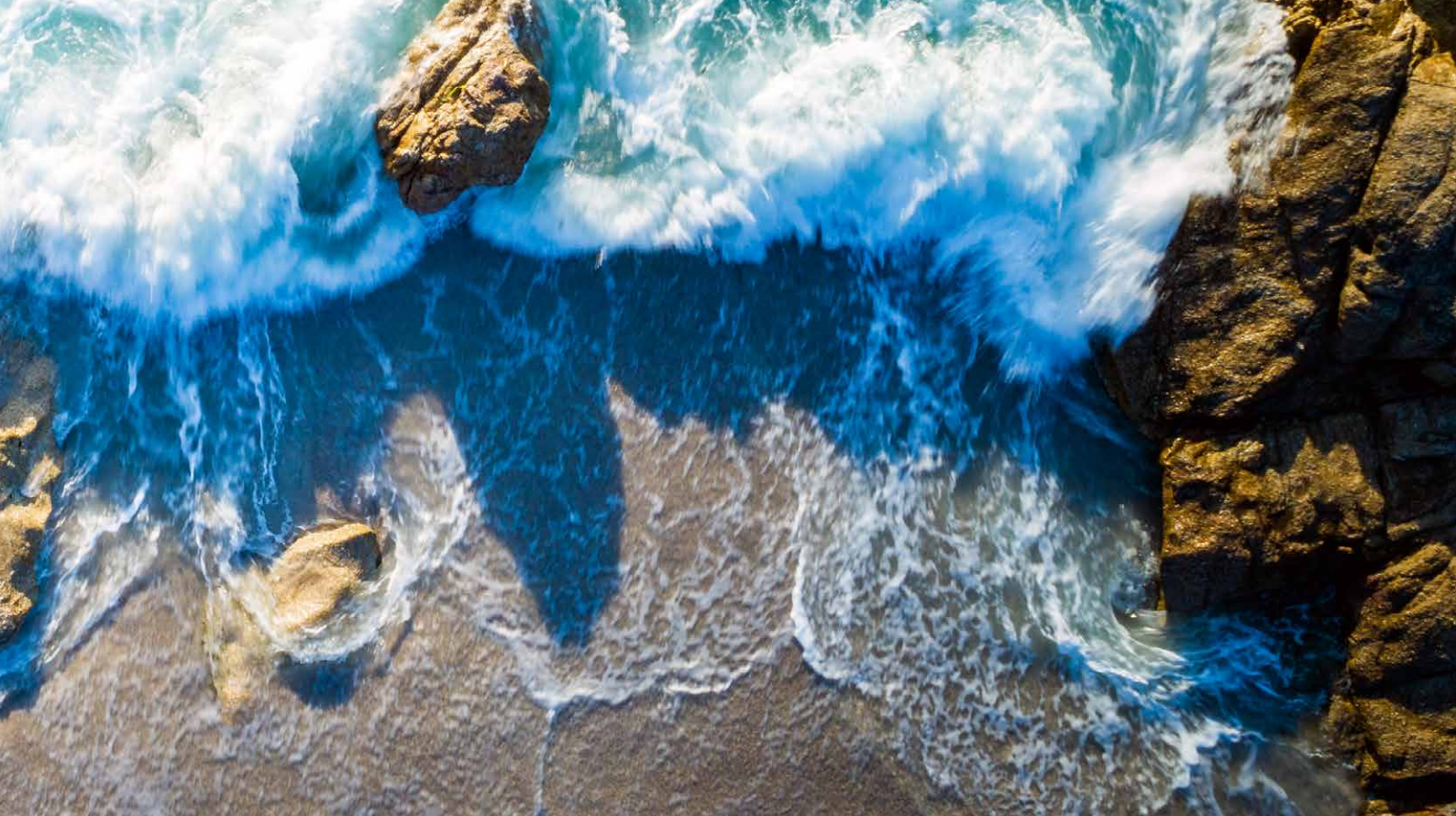
米国のベンチャーキャピタル市場は世界で最も成熟している。それを反映して、気候テックへの投資も北米が最大である。分野別ではモビリティ・輸送と食品・農業・土地利用（FALU）の2分野に投資が集中しており、総額の3分の2を占めているが、これは世界的な傾向をある程度反映したものと見られる。

この地域ならではの特徴は、食品・農業・土地利用（FALU）、重工業、気候・地球に関するデータの生成、温室効果ガスの回収・貯留の4分野への投資が平均より多いことである。また、核融合や炭素の回収・有効利用・貯留（CCUS）といった研究開発が重視される分野への投資が多いことも考え合わせると、米国の起業家や投資家はリスク選好度が高く、開発段階が比較的未熟な課題分野への興味関心が高いことが分かる。

このような、リスクに積極的な投資姿勢は、いくつかの成功事例として実を結んでいる。やや「成熟した」分野の例にはなるが、FALU分野で最高水準の資金を調達した北米のスタートアップ各社（Impossible FoodsやIndigoなど）は、欧州の同業者（HelloFreshなど）よりも数多くの新しい人工食品技術に取り組んだことはほぼ間違いなく、その成果はユニコーンへの成長として表れている。重工業も同様の状況で、欧州で最高額となったAvantium Technologiesの調達額は、米国の最高額だったGinkgo Bioworksの約10分の1で、米国の2～10位の企業と比べても少なかった。



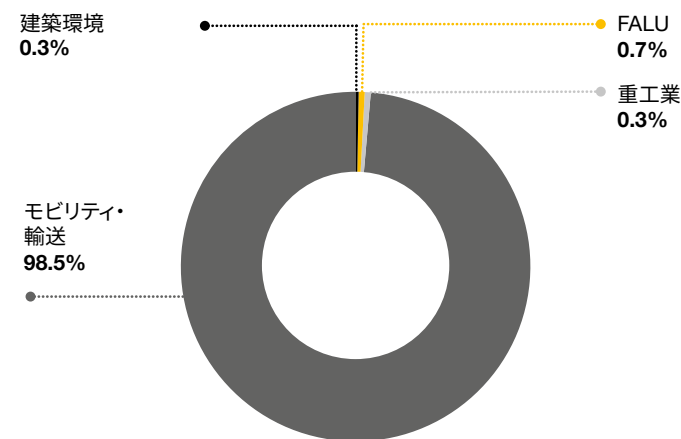
出所：DealroomのデータをPwCが分析



中国³⁸

中国の投資は、特定の課題分野に極端に集中している。気候テック関連のベンチャーキャピタル投資の98.5%がモビリティ・輸送分野に向けたものである。これは中国がこの分野に力を入れていることの反映で、全投資額の中でも53%を占めている。

大きな偏りを生む原因の一つが、中国の自動車産業が比較的若く、投資先の多くが新興企業だという点である。これに対して、欧米ではEVやEV用電池技術の開発は主に既存の自動車メーカーが行っているため、その投資の大半が、ベンチャーキャピタルにフォーカスした今回の分析の対象外である。



出所：DealroomのデータをPwCが分析

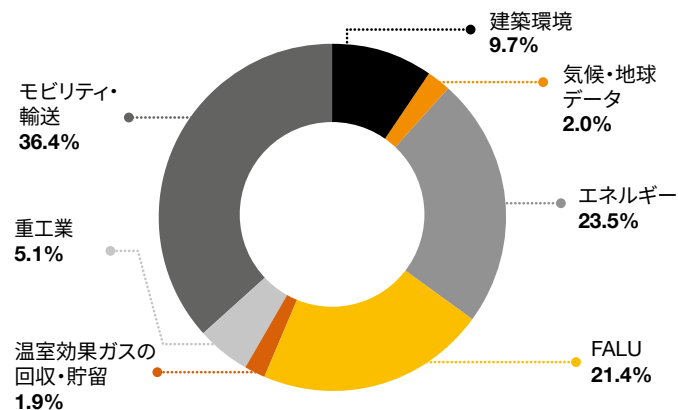
³⁸ 今回の調査データは欧州と北米の方が充実しているため、分析では中国の投資の相対的水準が低く推計されている可能性がある。

欧州

他の2地域同様、欧州でもモビリティ・輸送への投資が圧倒的に多いが、その大半がマイクロモビリティのシェアリングという新しいビジネスモデル（大半が電動スクーターと電動バイク）、効率的な輸送システム（ライドシェアリング用アプリなど）に向かっている。

他の地域に比べて多いのが、エネルギーへの投資である。大半が再生可能エネルギー発電のコア技術（大半が太陽光電池）の開発と、その普及に必要なエネルギー貯蔵技術（電池）の開発を目的としている。

欧州で3番目に多い課題分野がFALU（食品・農業・土地利用）である。これは代替食品・低GHGタンパク質への投資が多いことによる。FALUへの投資の75%が動物の飼料や水産養殖用の昆虫タンパク質を目的としており、人間が食べるための人工タンパク質が圧倒的に多い米国と対照的である。

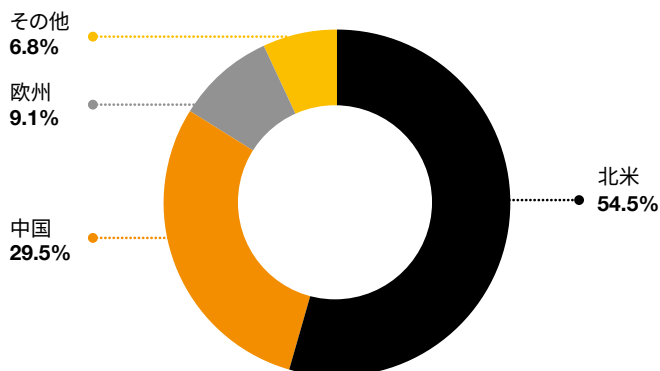


出所：DealroomのデータをPwCが分析

気候テックのユニコーン

Tesla、Nikola、Beyond Meat、Nestなどの成功で、気候テックのスタートアップもユニコーンの水準（評価額10億米ドル超）まで成長できることが実証された。PwCの調査では、ベンチャーキャピタルの出資を受けている未公開の気候テック企業で、評価額が10億米ドルを超える企業が現在43社であると推定される。これらは主にモビリティ・輸送分野に集中している。また、当然ながら調査対象期間の比較的早期に創業した企業が多いが、それはすなわち、今後、新たな気候テックユニコーンが次々に誕生する可能性があることを示唆している。

米国はユニコーン企業の数も種類も最多である。モビリティ・輸送、FALU（食品・農業・土地利用）、重工業、建築環境、気候・地球に関するデータの生成の各分野に、10億米ドル企業が存在している。



出所：DealroomのデータをPwCが分析

起業家のジェンダー多様性

スタートアップのエコシステムがさまざまな面で多様性の課題に直面していることは、よく理解されている。ジェンダー一つとっても問題があり、それはPwCの調査でも裏付けられた³⁹。今回分析した気候テック企業の創業者で、性別が判明している2万8,000人のうち、女性はわずか10%である（比較対象とした気候テック以外の企業の11%をわずかに下回る）。課題分野別では、FALU（食品・農業・土地利用）は女性創業者の割合が15%と最も多く、建築環境とエネルギーはどちらも7%で立ち遅れていた。

創業者が複数の場合はどうだろうか？ 調査の結果、気候テックスタートアップのうち、少なくとも1名は女性創業者がいる企業は16%であることが分かった。創業者が複数名いても、ジェンダーが混在する例は少ないのである。また女性創業者が1名以上いる企業への投資額は、全投資額のわずか15%だった。これに対して、気候テック以外の比較可能なスタートアップの場合、19%の企業に女性創業者が1名以上いて、全投資額の20%を獲得している。

ジェンダー多様性だけを見ても、多くの対応が必要であることは明らかだ。社会的平等の議論を別にしても、さまざまな考え方を持った多様な起業家がネットゼロに取り組むことによって、達成の可能性を最大化することは極めて重要である。加えて、経済的視点からの議論も起きようとしている。OECD（経済協力開発機構）加盟国で雇用と賃金のジェンダーギャップを解消することができれば、GDPが8兆米ドル増加すると試算されている⁴⁰。ベンチャーキャピタルもジェンダー平等の経済効果を認識し始めており、女性起業家への投資を義務化するところも出てきた⁴¹。



39 ジェンダーに関するデータの一部は本人の申告によらないものも含む。ジェンダーの確定は本人が行うことが望ましいが、この調査結果は、調査に基づく最近の同様の研究と幅広く一致している。ただし、この分析は気候テックへのジェンダーマイノリティーの参加状況を完全に把握したものではないことを認識しており、この分野に関するさらなる調査を推奨する。

40 「Women in Work Index 2020」（PwC、2020）。PwCウェブサイトの「Women in Technology」も参照されたい。

41 「14 Venture Firms That Are Helping to Close the Massive Gender Funding Gap」（Inc.、2018年10月）

主な分析結果： 投資家



主な分析結果：投資家

クリーンテックから気候テックへ：何が変わったのか？

クリーンテックのブームとその終焉については、序文で詳しく述べた。ベンチャーキャピタルは投資額の約半分を失い、重要な教訓を得た⁴²。クリーンテック投資はエネルギーセクターが中心だったが、投資家は、資本集約的で規制が複雑な同セクターのエコシステムに関する経験が不足していた。

しかし気候テックの成長で、多くの点が変わった。第1に、投資家はクリーンテックの経験から貴重な教訓を得て、参入しようとするセクターの複雑さへの対応力が向上している。第2に、気候テックの概念そのものがクリーンテックよりもあえて幅広く設定されており、エネルギーだけでなくあらゆる業種の脱炭素化を目指そうとしている。この多様化は、経済界全体のネットゼロ転換の必要性を明確に示した市場の需要シグナルに対応したものである。

第3に、これが最も重要な点だが、環境の変化により成功条件が整ってきたことである。先述したように企業や消費者の需要、先進技術によるユビキタス性の進展、規制環境の後押しなどが進んだ今、気候テックはかつてのクリーンテックと異なる「絶好のタイミング」で登場してきたのである。

気候テックに投資しているのは誰か？

PwCの調査では、2013～19年に気候テックに投資した約2,700社を特定した。ベンチャーキャピタル、コーポレートベンチャーキャピタル、エンジェル投資家、フィランソロフィスト、政府系ファンドなどが含まれ、出資を受けた気候テックのスタートアップは、全体で1,200社を超えた。

分析の結果、気候テック投資家のエコシステムは、まだ揺籃期にあることが判明した。上位10位の投資家は期間中に1社当たり平均約28件の気候テック投資を行っていた。1年に約4件である。しかし大半の投資家（75%超）が1～2件しか投資していなかった。すなわち、ひと握りの投資家が知見を積み上げて頻繁に投資を行う一方で、ほとんどの投資家は、気候テック投資におそろおそろ足を踏み入れている段階にいるのが現状である。

投資額上位の投資家

投資家の名称	投資家の種類
Sequoia Capital	ベンチャーキャピタル
Tencent	コーポレートVC
Temasek	政府
Kleiner Perkins	ベンチャーキャピタル
Founders Fund	ベンチャーキャピタル
GV	コーポレートVC
Khosla Ventures	ベンチャーキャピタル
Horizons Ventures	ベンチャーキャピタル
Tao Capital Partners	ベンチャーキャピタル
Y Combinator	アクセラレーター
Total Energy Ventures	コーポレートVC
Engie	コーポレートVC
GE Ventures	コーポレートVC
Prelude Ventures	ベンチャーキャピタル
Bpifrance	政府
S2G Ventures	ベンチャーキャピタル
Demeter	ベンチャーキャピタル
SOSV	アクセラレーター
InnoEnergy	政府
New Crop Capital	ベンチャーキャピタル
500 Startups	ベンチャーキャピタル
Techstars	アクセラレーター

投資件数上位の投資家

投資家の名称	投資家の種類
Y Combinator	アクセラレーター
SOSV	アクセラレーター
Sequoia Capital	ベンチャーキャピタル
Bpifrance	政府
GV	コーポレートVC
Khosla Ventures	ベンチャーキャピタル
Demeter	ベンチャーキャピタル
Kleiner Perkins	ベンチャーキャピタル
Techstars	アクセラレーター
Temasek	政府
Total Energy Ventures	コーポレートVC
Engie	コーポレートVC
500 Startups	ベンチャーキャピタル
Founders Fund	ベンチャーキャピタル
GE Ventures	コーポレートVC
Horizons Ventures	ベンチャーキャピタル
Prelude Ventures	ベンチャーキャピタル
Tao Capital Partners	ベンチャーキャピタル
S2G Ventures	ベンチャーキャピタル
InnoEnergy	政府
New Crop Capital	ベンチャーキャピタル
Tencent	コーポレートVC

42 「3 hard-won lessons from a decade of negative cleantech returns」(世界経済フォーラム、2020年3月)

投資家の種類

ベンチャーキャピタル

気候テック分野への投資が、件数・金額とも活発だったベンチャーキャピタルは、以下の各社である。

500 Startups	Matrix Partners
Accel	New Crop Capital
Breakthrough Energy Ventures	New Enterprise Associates
Data Collective	Obvious Ventures
Demeter	Partech
Founders Fund	Prelude Ventures
GGV Capital	S2G Ventures
Horizons Ventures	Sequoia Capital
Khosla Ventures	Tao Capital Partners
Kleiner Perkins	UpHonest Capital

投資家のインタビューから、リミテッドパートナー（LP）の構成が年月とともに変化し、メインストリームのベンチャーキャピタル投資に近いものになりつつあるという情報を得た。

コーポレートベンチャーキャピタル（CVC）

気候テックが今後も成功し続けるかどうかについては、事業会社の参加がカギになる。CVCは戦略的投資の重要性や、業界の主要なプレイヤーとの連携の重要性を認識するようになっている。とりわけ、モビリティ・輸送分野では投資案件の30%にCVCが参加し、エネルギー分野では投資額の32%をCVCが出資している。全体では、投資件数の4分の1弱（24%）にCVCが参加している（約670件）。最も多く参加したCVCは以下の通りである。

Acre Venture Partners	GE Ventures
Airbus Ventures	GV
BMW i Ventures	InMotion ventures
BP Ventures	Intel Capital
Chevron Technology Ventures	Next47
Constellation Technology Ventures	Qualcomm
Daimler	Shell
e.on	Tencent
Engie	Total Energy Ventures
Foxconn Technology Group	Verizon Ventures

気候テックにとって事業会社は、(1) ソリューションの利用者として、(2) ソリューションの開発とスケールアップに知見を提供するパートナーとして、(3) 戦略的資金の貴重な出し手として、重要である。気候テックに提供される投資額の大きさを推計する一つの方法として、主だった事業会社が2018年に使った研究開発費の合計が7,820億米ドルだったという試算結果を考慮してみよう⁴³。ネットゼロへの動きの中で各社がビジネスモデルの大胆な転換を目指す今、気候テックエコシステムに戦略的に参入するために、その金額のうちどれだけを振り向けてくるだろうか？

43 「What the top innovators get right」 (Strategy& (PwC)、2018年10月30日)



アクセラレーターとインキュベーター

アクセラレーターとインキュベーターの最も重要な役割は、初期段階の資金を提供することと同時に、スタートアップの創業者と密接に協力して事業面、技術面のリスクを減らし、シリーズA、Bにステップアップするプロセスを支援することである。

今回の分析では、さまざまな動機で気候テックに投資するアクセラレーターとインキュベーターを特定した。SOSVなどは、気候テック関連の課題分野を中心にプログラムを組成している。しかし、SOSVに加えてY CombinatorやTechstarsなど投資件数の上位を占めるアクセラレーター各社は、気候テックに限らずテクノロジー関連の多様なテーマに幅広く注目している。

Breed Reply	SOSV
EIT Digital	Techstars
Indie Bio	The Yield Lab
Oxford Sciences Innovation	Venture Kick
Plug and Play	Y Combinator

プライベートエクイティ、グロースステージ投資会社

プライベートエクイティ（PE）投資家やグロースステージの投資会社は従来、ベンチャーキャピタルよりも後のステージに投資してきたが、より早いステージへの参入が始まっていることが明らかになった。これらの投資家は、インパクトファンドとメインストリーム投資の両方で、気候テックへの関心を高めている。投資額概算による上位投資家は、以下の通りである。

China Fortune Ocean	Primavera Capital Group
Greenoaks Capital Management	Silver Lake Partners
Hillhouse Capital	Summit Partners
HPS Investment Partners	TPG Capital
LL Funds	Warburg Pincus

政府・大学

今回の分析ではベンチャーキャピタルのみを対象としたが、研究開発の負担が大きい課題分野で、気候テックが活性化した背景として、政府の財政支出や助成金が大きな役割を果たしていることは言うまでもない。分析の範囲を拡大すれば、そのことが明確に分かるだろう。例えば、分析対象期間にEuropean Innovation Councilは気候テックのスタートアップに200件以上の助成金を交付し、政府所有のTemasekは20億米ドル以上を投資した。



当社はもともと、銀行と基金を主な投資家としてスタートしましたが、2008年の金融危機で銀行が撤退し、その代わりにファミリーオフィスや超富裕層（UHNW）の個人、公的年金基金が参入しました。当初からの基金は参加を継続しています。最近では、気候対策を目的としたベンチャーキャピタル・ファンドのリミテッドパートナーが、サンドヒルロード（シリコンバレー）の投資家同様の重要な役割を果たしており、気候テックでは全ての資産クラスに対して幅広い支援が提供されています’

Nancy Pfund氏

Founder and Managing Partner, DBL Partners



主な分析結果：
推進要因と
阻害要因

主な分析結果： 推進要因と阻害要因

現在までの成功要因

ネットゼロ達成に向けて社会の転換が求められている。その転換を実現するため、気候テックはますます大きな役割を期待されており、急速な成長を続ける気候テック市場は、目覚ましいスケールアップを果たす能力をすでに実証している。ネットゼロに向けた今後の取り組みの中で、気候テックがこれまで以上に中心的な役割を果たすようになるとすれば、これまでの成功を支えた主要因は何だったのか、その要因を今後も拡大するにはどうすればいいのかを考えることは有益である。PwCの調査と分析では、過去7年間に気候テックエコシステムの発展と成長を支えた7つの重要な要因を明らかにした。

- **テクノロジーとインフラ**：特に再生可能エネルギー発電と電池製造を中心に、低炭素技術の価格が大幅に下がり、広く利用できるようになった。
- **消費者の需要**：Beyond Meat、Tesla、Nestなど、高品質・低炭素の製品やサービスを提供することで「勝者」となった企業がさまざまな業種で登場し、他社もそれらに追随している。
- **資金調達と投資家の需要**：組織的なベンチャーキャピタル・ファンドに加え、先述した新しい投資家からも多額の資金が拠出され、利用できるようになった。
- **起業家への刺激**：スタートアップの成功事例の増加が刺激となり、気候テックの課題に取り組もうとする起業家が増えている。
- **政策とプロセス**：政策や規制環境の整備がさらに進んだ。120カ国の政府⁴⁴が経済の脱炭素化を確約し、応分の財政支出と政策を実施。禁止事項などの規制基準導入と、カーボンプライシングなどの市場連動施策への段階的移行の両方が進んでいる。
- **人材**：気候対策を喫緊の重要課題として、あらゆるセクターや国で、さまざまな分野に関心を持つ優秀な起業家や能力の高い人材が増えた。
- **企業の需要**：企業も気候関連の目標を定め、それに向けた行動を加速させている。世界で約300社がネットゼロを確約するとともに、より広範で具体的な社会・環境・ガバナンス (ESG) 目標の設定も増えている。

気候問題対策の仕事に対する関心は高まっています。わが社は給与面では巨大ITにかないませんが、ハイレベルな人材が集まっています’

Tony Pan氏

Co-founder and CEO,
Modern Electron

気候テックエコシステムはこの10年でさらに発展しました。クリーンエネルギーやクリーン輸送のセクターも大きくなって、自律的な資金調達ができ始めています。例えば現在、何万基もの風力タービンが稼働しているのは、ベンチャー企業が機械学習を活用して風力タービンを最適化できるからです。2005年にはあり得なかったビジネスモデルですね’

Michael Liebreich氏

Chairman and CEO, Liebreich Associates

44 「What Does ‘Net-Zero Emissions’ Mean? 6 Common Questions, Answered」 (World Resources Institute, 2019年9月)


阻害要因

気候テックは成長が著しく、強力な成長要因がそろってはいるが、一方で、次の点も明確しておかなければならない。気候テックへの投資とイノベーションは、ネットゼロ達成に求められる水準まで速度を上げてスケールアップするには、まだまだ足りない。しかも社会や経済は今、迅速な脱炭素化という課題に直面すると同時に、コロナ危機からさらに強くなって再生するための取り組みを進めている⁴⁵。

すなわち気候テックでは、これまで以上に迅速かつ斬新なイノベーションを直ちに実現することが求められている。そうした大胆な変革のために、ベンチャーキャピタル投資を大幅に増やす必要があるのはもちろんだが、気候テックのポテンシャルを存分に開花させるためには、資金面だけでなく、市場に存在する重要な課題を全て明らかにして積極的に克服しなければならない。

PwCは気候テック市場で中心的な役割を果たす人々へのインタビューを通じ、今も残る根本的な課題を特定した。

阻害要因一覧

 テクノロジー	 資金	 政策・プロセス	 人材
<ul style="list-style-type: none">研究開発スケジュールの不確実性十分な試行によって実証された標準的なプロダクトマーケットフィット到達の手順がない。	<ul style="list-style-type: none">気候テックに適したタイプの資金にアクセスできない。	<ul style="list-style-type: none">規制が市場ごとに分断され、迅速な拡大が難しい。複雑すぎる規制がイノベーションを阻害する場合がある。気候テックのための規制上の優遇がない	<ul style="list-style-type: none">人材やスキルの確保

これらの阻害要因についてこのあと詳述し、その次のセクションでは対策のための提言を示す。

変化の原動力はコスト低下ではありません。実際に行動を促すのは、（気候変動によって生まれた）4つの力の影響です。すなわち、消費者の嗜好と制度への不信、従業員と消費者に対応するコーポレートVC、政府の財政支出と規制、しっかりとした価値観を持った起業家、この4つです’

Hampus Jakobsson氏
General Partner, Pale Blue Dot

⁴⁵ 「Building back better: A sustainable, resilient recovery after COVID-19」(OECD、2020年6月)



研究開発スケジュールの不確実性

気候テックのエコシステムから、ネットゼロへの転換に影響を及ぼす新しいソリューションが生まれる可能性がある。しかし、研究開発は元来不確かなものであり、気候テックのスタートアップの多くはプロダクトの開発時期が予測できないという問題に直面する。

この不確実性が投資をけん制し、結果として起業が抑制されている可能性がある。ベンチャーファンドは通常10～12年の定められた期限内に、リミテッドパートナーにリターンを還元する仕組みだからである。実際に気候テック市場でも、新型原子力発電や炭素の回収・貯留 (CCS) といったセクターでベンチャー投資の額が低調 (2013～19年は7億米ドル未満) である。その原因の一つが、これらの技術のコスト効率や、ときには実用可能性すら実証されていないことである。

プロダクトマーケットフィット到達に伴う課題

著名な起業家で、投資家でもある Marc Andreessen氏は、プロダクトマーケットフィットを「その市場を満足させる商品を持って、良い市場の中にいること」⁴⁶と定義し、そこに到達することがスタートアップ成功のカギだと語っている。

気候テック以外の市場、例えばウェブやソフトウェアの市場では、多くの試行を経て、プロダクトマーケットフィット到達までの手順が確立されている。リーンスタートアップ、ブリッツスケーリング、アジャイルメソッドなどが知られているが、これらによって成功までのロードマップが示されているため、スタートアップは数多くの巨人、すなわち先人の成功例を活用することができる。また、この確立された手法は業界の共通言語としての機能も果たすので、次のステージ

の投資家などステークホルダーに対して、自社の成長を明確に伝えることもできる。

これに対して、アーリーステージにいる多くの気候テックスタートアップは、プロダクトマーケットフィットの到達に苦労している。参考にすべき長い歴史を持たない彼らは、自らの手で脚本を書いたり自ら演じるという方法を余儀なくされている。

46 「Product/Market Fit」 (Marc Andreessen, 2007年6月25日)





気候テックでは、資金調達も継続的な重要課題である。プロダクトを開発して市場に出すという困難な挑戦に乗り出すには、資本や労働力を獲得するための資金調達モデルをどのように構築するのかを、起業家や投資家は、自身に問わなければならない。

サステナビリティへの取り組みに必要な資金は、事業のライフサイクルごとに微妙に異なる。気候テックスタートアップは、他の一般的なスタートアップ企業がベンチャーキャピタルの支援を受ける場合と異なり、以下の3つの異なる性質の資本という課題に直面するだろう。つまり問題なのは、単にライフサイクルの各時点で必要な資金の額ではなく、その資金の参加構成が気候テックに適しているかということなのである。

- 研究開発期間が長いいため、忍耐強い資金支援が必要である。
- 概念実証またはパイロットプログラムの段階では、多額の資金が必要である。すなわち、プロダクトが実証されない段階で大規模な投資が必要になる。
- 多額の投資に対して回収期間が長く、何十年単位になることもある。こうした投資は通常、ベンチャーキャピタルではなくプロジェクトファイナンスなどの手段が想定されるものである。

Joshua Posamentier氏 (CongruentのCo-founder兼Managing Partner) は、次のように述べている。「気候テック市場は、特に予測される節目という点で、一般的なIT市場とは成熟度が全く異なります。ある企業にシードラウンドで投資しても、後にラウンドAの投資家が現れないのではないかと懸念する投資家もいます。そうした状況の結果、わずかでも牽引力がある企業に多額の資金が集中するという現象が起きます」この点はPwCの分析にも表れている。気候テック全体のベンチャーキャピタル投資の約3分の2が、上位5%のスタートアップに集中している。

息の長い資金支援へのアクセスは重要である。Vinod Khosla氏 (Khosla VenturesのFounder) 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は重要な課題です。忍耐強い投資が必要です。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ました」と語った。

Hampus Jakobsson氏 (Pale Blue DotのGeneral Partner) も、「後のステージで資金ギャップが生じる可能性があります」と述べている。ここ数カ月、年金基金が関心を高めている様子が見られるものの、同氏は、「一部の年金基金が気候テック投資について盛んに発言していますが、現時点で当社は、将来的にそうした資金ギャップを解消するには、ファミリーファンドの参入が必要ではないかと想定しています」との見解を示した。Michael Liebreich氏 (Liebreich Associatesの会長兼CEO) も「政府保証と民間資金を賢く組み合わせる複合的な資金構成を作り上げれば、大きな機会になるでしょう。低炭素ソリューションはどれも、常に、多額の資金を必要とします。そのため低コストの借入れが必要ですが、貸し手はリスクに見合った報酬を求めます。もし、コロナ禍後の信用リスクと開発途上国のソブリンリスクという二つの問題が解決できれば、資金の壁が開放されるかもしれません」と語っている。

スケールアップまでの長い道のりを支援した経験を持つ投資家の数を増やすには、時間をかけて、成功事例をさらに積み上げる必要があるだろう。Mike Zelkind氏 (80 Acres FarmsのCo-founder兼CEO) は、従来型のベンチャーキャピタルを避けていると言う。「成長を支えるアクセラレーターがどういものかがまだ理解されていないので、付加価値と健全なバランスシートを備えた (事業会社の) パートナーの方が有益だと感じています」

今回収集したデータやその分析から、コーポレートVCが気候テックへの投資を活発化させている現状が見える。さまざまなステージのスタートアップへの直接投資に加え、投資ファンドやアクセラレーターの投資にリミテッドパートナーとして参加もしており、その両方の投資を積極的に行っている。こうした資金が果たす役割について、好意的な見方をする投資専門会社もある。Albert Wenger氏 (Union Square VenturesのManaging Partner) は、「コーポレートVCの資金は、それが『ひも付き』でなければの話ですが、一定の役割を果たします」と話している。

Michael Liebreich氏 (Liebreich Associatesの会長兼CEO) は、気候テックにおける事業会社の役割を次のように説明する。「気候変動対策のための多額の資金は、企業が何千億米ドル、何兆米ドルという大金を投資して賄われるでしょう。しかし、そうした企業の多くはリスク選好度が低く、また、ビジネスモデルを一晩で転換するようなことはありません。それでは世界はうまく回りませんが、とはいえ、彼らはネットゼロに取り組むことを確約しています。企業は約5年に一度、意思決定サイクルの最初の段階で、ネットゼロに向けた自社の取り組みを支えるテクノロジーの『じょうご』の中に何が入っているかを評価します。テクノロジーやベンチャーキャピタルの役割は、そうした企業のビジネスを破壊することではなく、じょうごの中をスケール可能なテクノロジーで満たすことです。排出量の問題から大きな利益を得るために与えられた時間は、わずか2サイクルしかありません」

Michele Della Vigna氏 (Goldman SachsのHead of Natural Resources Research) は、「ポジティブな面として、幅広い『資本市場』が気候変動に関与しているため、資金調達に構造的な変化が起きています。炭素集約度の高い事業の資本コストが上昇し、低炭素事業の資本コストは低下しました。これによって、もし規制枠組みが有利であれば、クリーンテックに取り組むスタートアップの資本アクセスが改善するでしょう。これについては、当社の『Carbonomics research』で解説しています」と指摘する。



市場ごとに分断された規制と、スケールアップの複雑さ

市場とスケールアップに関して、気候テックのスタートアップは固有の課題を抱えている。規制という点で市場は分断されており、規制の内容は市、州、国など地域ごとに異なる。そのため大規模な概念実証を行おうとすれば、多額の資金が必要になりがちだ。また、既存企業とのパイロット契約締結にも危険が伴う。Lux Capitalでパイロット事業を担当するBilal Zuberi氏は、「交渉を誤れば、一巻の終わりになりかねません。2年以上も契約に縛られてしまうこともあります」と話す。

Elemental ExceleratorのCEOであるDawn Lippert氏は、現状を次のように語っている。「市場化の実現は、本当に厳しく長い道のりです。この業界では、市場拡大にも死の谷が存在するのです。固有の特徴を持った多くの市場に首尾よく売り込めますか？」

PowerhouseやElemental Exceleratorといったアクセラレーターは、起業家がこの「市場拡大の死の谷」を突破できるよう、積極的に支援している。Elementalは、政府機関に加えて世界各国の公益企業（韓国のSK Gas、英国のNational Grid、日本の東京電力など）と連携し、スタートアップが市場性を実証してビジネスを拡大できるよう支援している。

スケールアップを実現して幅広い顧客に到達するために、分断された規制環境への対応が必要な場合がある。例えば米国では、「国レベルのエネルギー政策はありません。州政府や、ときには地区の政府との交渉が必要です。その点を理解しておかないと非常に苦労します」（DBL PartnerのFounder兼Managing partner、Nancy Pfund氏）

こうした規制の複雑さは、逆に見れば、つぎはぎの規制環境にうまく対応できれば、大きなリターンが得られるということにもなる。「進歩的な規制や政策基盤が整ったアーリーアダプター市場を狙い、まずはそこで起業する」（Pfund氏）ことによって成功を目指す起業家もいる。また、サプライヤー、規制当局、パートナー、既存企業などの複雑なネットワークへの対応を迫られるスタートアップも多い。

規制が厳しい市場

主要産業の規制は、情報の非対称性を減らし、消費者を保護し、市場の信頼性を高めることに役立つ⁴⁷。しかし、規制が厳しすぎると、イノベーションを阻害しかねない。今回インタビューした人のひとり、米国の電力市場こそ、その実例だと強調した。分散化は、クリーンな分散型送電網のために重要なイノベーションだが、規制によって過剰な重荷となっている。

気候テックを推進するために、政府は規制することばかり考えず、規制緩和も考慮するべきである。他分野での成功事例の一つが、英国のFinancial Conduct Authorityのいわゆる「規制の砂場」である。これによって英国はフィンテック企業が集積する世界有数のハブとなった。また英国のエネルギー規制当局による「イノベーションの砂場」は、ネットゼロを目指す英国の取り組みを支えている⁴⁸。

規制上の優遇策不在の気候テック

優遇策は、重要な規制手段の一つである。現状、気候テック市場には、脱炭素化の推進に役立つ世界で統一された有効なカーボンプライシングの仕組みがない。今のところ、小さな経済セグメントごとや、特定の地域ごとに、異なるレベルで価格が設定されている（しかも、一部の価格は低すぎて変革につながらない）。制度が不十分だと、既存の高炭素産業を実質的に優遇することになるが、国際的な合意のもとで全セクターに適用されるカーボンプライシングが実現すれば、理想的な市場シグナルとなり、低炭素技術のイノベーションが促進されるだろう。海運、航空、炭素の回収・貯留といったセクターは削減が難しく、カギとなるソリューションには多額の資金が必要であり、そうしたセクターにおいてカーボンプライシングはとりわけ重要である。インタビューの中では、強力な政策や規制が伴わなければ、これらのセクターへの投資は改善しそうなという意見も複数あった。グローバルレベルのカーボンプライシングが存在しない現状、製品ベースの排出量をもとに下流で課税するといった現実的な方法や、削減が難しいセクターの炭素価格を高く設定するなどの価格に差をつける方法が使われている。

47 「3 ways that regulation benefits economies」 {世界経済フォーラム、2018年7月18日}

48 「Innovation Sandbox Service Overview」 (OFGEM、2020年2月27日)

人材



創業者の資質と採用できる人材の能力は、企業の成功に重要である。すでにスタートアップの成功事例が確立されているソフトウェア、インターネット、バイオテックなどのセクターでは、エコシステムが成熟しているため、優秀な人材を集め、育成し、供給することができる。事業を次々と立ち上げる連続起業家も多く、企業成長のさまざまなステージに深い経験を持つ多くの経営人材を活用することができる。一方、気候テックセクターは成功事例が少ないため、活用できる人材も少ない。加えて、さまざまな分野での高い専門知識と市場化のノウハウを備えたビジネス上のリーダーシップの両方が必要だという複雑な事情もある。

しかし、Vinod Khosla氏（Khosla VenturesのFounder）は、次のように述べている。「持続可能な地球へと変化するために必要な起業家の数は12人です。ひとりには電気自動車の前提を変えたElon Musk氏、もうひとりには植物性バーガーを作った（Impossible Foodの）Pat Brown氏。あと10人いればいいのです」

Aaref Hilaly氏（Bain Capital VenturesのPartner）も同様に楽観的である。「気候問題に取り組む人々の能力はどんどん向上しています」。そうした能力の高いチームがあれば、「起業家は質の高い投資家を求め、厳選することができます」（Growth Equity Strategy, Generation IMのCo-Head）

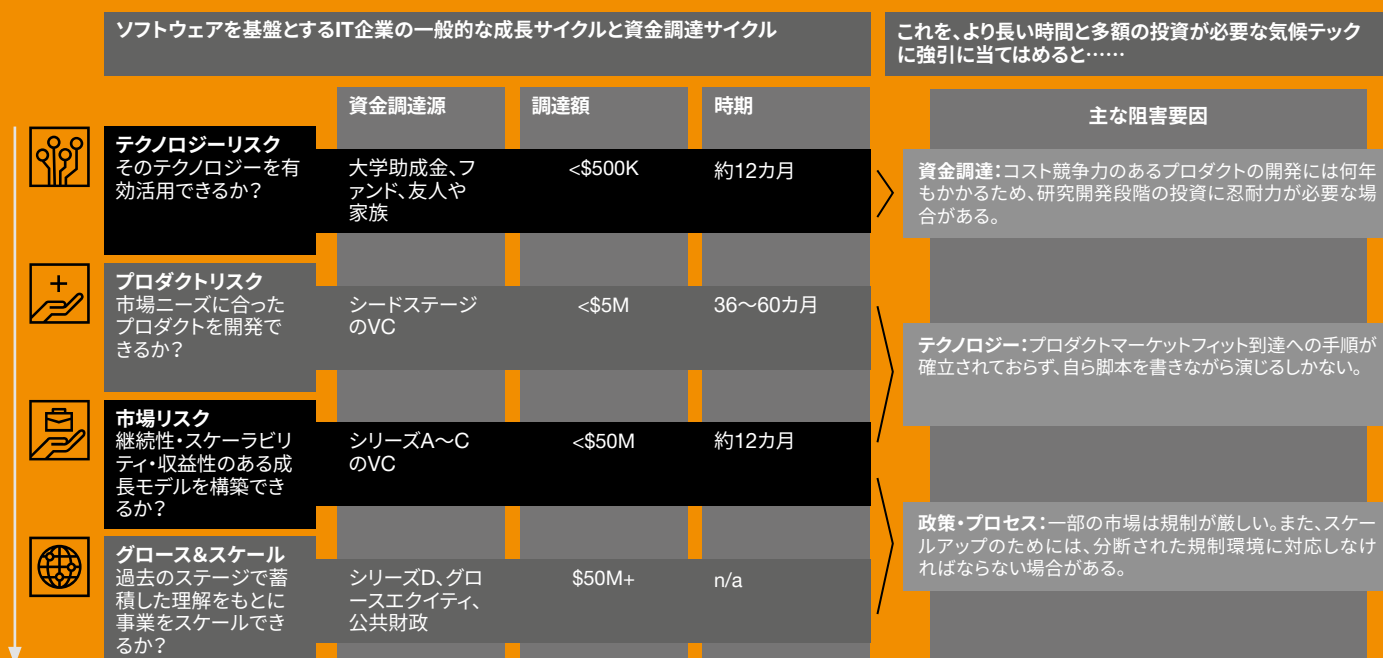
優秀な個人であれ、彼らを中心とするチームであれ、人材は非常に重要である。それは顧客対応についても言える。大口の重要な顧客が、必ずしもスタートアップと同じペースで動いているとは限らないが、そうした顧客と継続的な取引関係を築き取れば、「既存の大企業から人材を採用する必要があるかもしれない」とBilal Zuberi氏（Lux Capitalのパートナー）は語る。

気候テックに課された使命が企業の追い風になっている可能性がある。「目的志向型の企業には、人材が集まりやすい」と、Hampus Jakobsson氏（Pale Blue DotのGeneral Partner）は指摘する。Albert Wenger氏（Union Square VenturesのManaging partner）も「この問題に取り組みたいと希望する人材がたくさんいます。彼らは古い世界に閉じ込められることを望みません」と同意した。

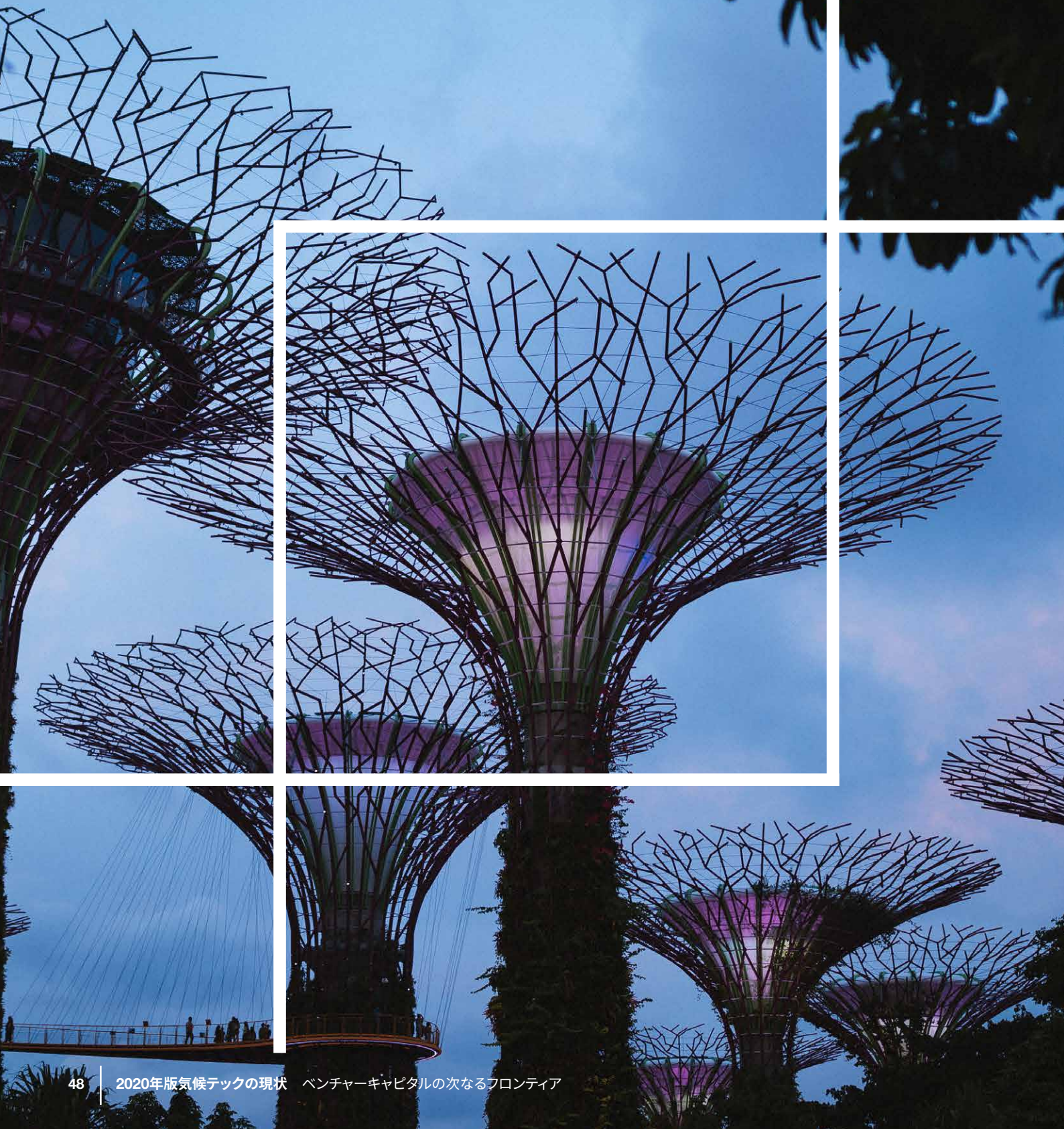
上記の阻害要因が、ベンチャーキャピタル投資の各段階でスタートアップに及ぼす影響

スタートアップは成長のステージごとに異なる課題に直面する。多くのスタートアップが上記の大半あるいは全ての阻害要因を経験することになるが、テクノロジー開発に集中しているアーリーステージのスタートアップに関連の深い要因もあれば、スケールアップを目指したり、上場を準備したりする成熟期のスタートアップに深く関わるものもある。起業家や投資家はそうした違いを認識し、それぞれの要因に成長速度がそがれることがないように、適切な知見を確保する必要がある。それができないと、開発が遅れたり、スケールアップの速度や可能性の低下を招いたり、場合によっては企業自体の成功確率が低下したりする。

主なライフサイクルの段階における阻害要因を図に表すと、このようになる。



提言および結論



提言および結論

提言

PwCによる調査・分析の結果、気候テックのスタートアップ企業がスケールするまでの推進要因と阻害要因が明らかになった。企業の成長段階ごとにさまざまな課題が発生するが、段階を問わず明確な点が一つある。それは、もし社会が気候テックを活用して2050年までに排出量ネットゼロ経済を実現したいと考えるなら、阻害要因の解消に取り組み、推進要因を強化することがぜひとも必要だということである。その取り組みは同時に、ステークホルダーがますます望み、投資家から必須条件とされることも増えてきたインパクト投資を活性化し、リターンを高めることにも寄与するだろう。

明らかになった多数の阻害要因と推進要因をもとに、気候テックエコシステムの拡大に役立つ包括的な提言をまとめた。提言は、資金ニーズ、人材、政府の役割という3つの主要項目に大別できる。

1. 気候テックのアーリーステージに投資する

気候テック企業のアーリーステージに投資を行う投資家が機会を捉えるには、スピードを重視し、戦略的に取り組むことが必須である。この点を強く認識し、より多くの資金を投入して大きな資金ギャップを解消する必要がある。

a. ベンチャーキャピタル系の投資会社やファンド

ベンチャーキャピタル系の投資家は気候テック全体やその一部に注目しており、既存のベンチャーキャピタルや気候テック専門のファンドのいずれも参入数が増えている。そうした投資のリミテッドパートナーである機関投資家も、これまで以上にポートフォリオの脱炭素化を確約したり⁴⁹、気候リスクの開示を求めたり、気候テックの投資機会に関心を高めたりしている。そのため、こうしたネットゼロ転換への動きに応えるベンチャーキャピタルの責任は重くなっている。一方で、ソブリンファンドからコーポレートVC、年金基金、

さらには大学やファミリーオフィスまで、さまざまな投資家がネットゼロへの関心を高めているため、ベンチャーキャピタルは戦略的な視点でファンドのリミテッドパートナーを集められるようになっている。

b. 事業会社

多くの気候テックスタートアップにとって、コーポレートベンチャーキャピタルは重要な戦略的役割を果たすパートナーである。特に、エネルギー、重工業、輸送など、資産依存度が高く参入障壁の高い既存産業の中で破壊的変革を目指すスタートアップは、資本コストが高いという特徴があるが、業界での地位を確立した既存の事業会社なら、新しいイノベーションを迅速に市場化し、拡大するための資金調達手段、商業的ノウハウ、市場の知識を持っている。一方、出資する事業会社では、自社が誓約したネットゼロ目標の達成に不可欠な革新的ソリューションを提供してもらうために、スタートアップに積極的に関わる新しい関与モデルを開発する必要がある。早期のステージから出資者として関わることで、新しいソリューションの実用化と拡大の両方の場面でスタートアップと連携することができる。それには、次のような施策が必要である。

- i. 自社のイノベーション戦略やM&A戦略、傘下のコーポレートベンチャーキャピタルやアクセラレーターの活動にネットゼロを組み入れる。そうした方法で、まだ未熟な、あるいは実用化に至っていない気候テックソリューションを見出し、投資する。
- ii. 早期のステージでのパイロット事業や概念実証を積極的に行う。
- iii. 気候テックスタートアップ企業が目指す気候対策の目標を支援しつつ、スケールアップを可能にするパートナーシップ（例えば、イノベーション助成金、業務提携、投資など）を模索する。
- iv. 気候テックスタートアップが直面している資金ギャップを解消するための出資などを含めたパートナーシップを模索する。

c. レイターステージ投資家（プライベートエクイティ投資家、投資会社）

プライベートエクイティなどグロースステージの投資家も、気候テックの投資機会に関心を高めている。気候テックに積極的なベンチャーキャピタルへの投資に始まり、自ら投資ラウンドに参加し、直接リスクを取るようになっている。スタートアップながらすでに足場を固め、ベンチャーキャピタルから相当額の資金を調達した実績がある企業に対しては、特に積極

49 Climate Action 100+や国連が招集したNet-Zero Asset Owner Allianceなどを参照

的に投資している。今回の調査結果と同様の成長率が続けば、わずか数年のうちに、評価額が十分に大きい企業が相当数誕生するだろう。プライベートエクイティ投資家が気候テックの投資機会を捉えるには、次の施策が必要である。

- i. 気候テックのアーリーステージ企業に投資するベンチャーキャピタルやその他の関連投資家を介して資金を提供し、スタートアップの資金ギャップを解消してライフサイクルを加速させる。
- ii. 自社内で気候テックに関する技術面・経営面の能力を構築し、すでに実績を上げているスタートアップを含む気候テック企業への直接投資を成功させる。
- iii. ライフサイクルのより早い段階で投資し、気候テックエコシステムへのエクスポージャーを高め、関係と理解を深める。そうしておけば、組織再編や価値創出の決定を含め、今後のラウンドの投資に役立つ。

2. 優れた人材を育成・登用する

気候テック企業はまだ成功事例が少ないため、創業者として登用できる人材も少ない。創業者に適した能力を備えた多様な人材を確保すること、あるいは育成することは、投資に値するスタートアップの起業を増やすことにつながり、その結果さらに、能力と経験を備えた起業家がたくさん集まってくるだろう。気候テック分野に人材を呼び込むために、次のようなニーズを認識しておく必要がある。

- a. アーリーステージの企業で創業者がチームを作り、育成するとき、インキュベーター、アクセラレーター、プラットフォームVCはそれを補佐する重要な役割を果たす。気候テックのさまざまな分野に特化した深い専門能力を持つ人材と、経営幹部（成功経験を持つ起業家を含む）からオペレーション（グロースマーケティング、顧客体験など）までをカバーする経営人材が調和したチームの構築が必要である。

- b. 気候テックには若手エンジニア人材も不可欠である。彼らは世界中で引く手あまただが、採用においては巨大ITやグロースステージのソフトウェアスタートアップが優勢である。熱意のある優秀な学生を気候テック企業へ誘導するためには、人材会社の活用や、在学中の大学生への働きかけといった新しい手法が必要である。
- c. 国、地域、都市の各レベルで政府が気候テックのイノベーションハブを構築することで、起業家や投資家の専門性向上を支援することができる。フィンテックなどのイノベーションハブはすでに存在するが、世界的な気候テックハブを確立した地域はまだない。中でも多様性のある分野の場合、特定のセクターに特化したハブで、固有のギャップやニーズに対応する方法もあり得る。こうしたハブの存在がフィードバックの好循環を生み出し、投資家や起業家の知見を蓄積・確立することにもなるだろう。

3. 気候テック分野への財政支出や政策上のインセンティブを強化する

政府が介入して適切な環境を整えれば、気候テックスタートアップのエコシステム育成に重要な役割を果たすことができるし、実際に果たすだろうと思われる。特に、一部のセクターはベンチャーキャピタルの出資要件に適合しない（投資額が大きく、回収期間が長い）ため、出資を受けられない可能性がある。政府はこうしたセクターの発展を促すために、次のような施策を緊急に実施することが望まれる。

- a. 公的な研究開発資金が優先度の高い気候テック分野やネットゼロ課題分野に確実に流れるようにする。
- b. 官民共同の研究開発活動に財政支援を行い、公的な研究開発とベンチャーエコシステムの橋渡しをする。また、研究拠点の中にスタートアップのスペースを作る。
- c. 投資が集まりにくいセクターのアーリーステージのスタートアップに資金を提供する。その仕組みとして、研究開発助成金やイノベーション賞の提供、政府出資のインキュベーターやアクセラレーターの活用などが考えられる。

- d. 公的資金を使ったメカニズムを活用して、気候テックソリューション（特に、技術コストが高いもの）のスケールアップ促進と投資家の信頼醸成を図る。例えば、公共調達の場合、価格保証や事前購入契約（最初の100万台を購入するなど）、借入保証や譲許的グリーンローン、グリーン助成金などが考えられる。
- e. 安定的（長期的）で効率的で実用的なカーボンプライシングの仕組みを整備する、あるいは、気候テックエコシステムと競合し、圧迫する人為的支援（化石燃料に対する直接・間接の助成金や税控除など）を解消する。セクター別の例としては、排出量の多い航空、セメント、車両、プラスチック焼却への炭素税課税、エネルギー効率やグリーン燃料に関する基準の設定、建築基準の設定などがある。
- f. 2020年代前半の社会や経済は、コロナ危機からゆっくりとした立ち直りを見せ始めている。そこで、インフラ投資などコロナ危機からの回復策の大部分を環境に配慮した景気刺激策（欧州グリーンディールはその先事例である）に振り向けて、ネットゼロへの転換加速を目指す。施策の例としては、EVの充電や水素充填のインフラ整備、炭素隔離貯留やパイプラインインフラの整備、再生可能エネルギー発電の拡大などがある。

結論

過去7年間（2013～19年）、気候テックへの投資は急激に増え、わずか7年の間に3,750%以上増加した。この目覚ましい成長の原動力には、さまざまな要素が重なり合っている。推進要因の一部の例を挙げると、消費者や企業の需要増大、気候テックに参入する起業家の増加、投資家の関心の高まりと投資額の増加、インフラコストと技術コストの低下（コスト競争力の向上）、カーボンプライシングやその他の優遇政策を含む政策環境の改善などがある。しかし成長が著しいとは言え、気候テックの現状は国によって、またセクターによって成熟度が異なる上、全体としても、2050年までに炭素排出量ネットゼロという大きな目標を達成するには、まだまだ規模が足りない。

地域別に見ると、投資の現状に大きなばらつきがある。政策や規制環境が地域ごとに異なっていることが一因である。例えばEU、米国、中国の3地域だけを見ても、政策の広さと深さに大きな差がある。さらに、投資文化もさまざま、ベンチャーキャピタル投資の水準は、全体では米国が欧州を大きく上回っている。コーポレートVCの関与のあり方についても、例えばEUでは既存企業が先行して電池やEVへの投資を行っているが、中国ではスタートアップがそれらの開発の中心になっている。

セクター別では、一部のセクターが他を圧倒して成熟度が高い（特にエネルギーセクターが顕著である）。また同じセクターの中でも、例えばエネルギーやモビリティに見られるように、ソリューションごとに発達度に差がある。すでに開発・普及が進んでいる気候テックソリューションには共通した特徴がある。例えば、資本集約度が最低水準で、定着が進んだ主力技術（AI、センサー、ドローンなど）を気候テックに応用できるものや、政府規制が目標になったり、追い風になったりすることが明らかなもの（再生可能エネルギーなど）という特徴である。

投資面での成熟度の差はセクターのリスクの差が原因と考えられる。具体的には、投資額の大きさと利益を生み出すまでに必要な期間、投資対効果の下支えとなる政府その他からのスタートアップに対する財政支援の有無といった要因である。さらに、科学的リスクやプロダクトリスクも、これまでの投資や関与の水準にばらつきを生じさせている原因である。

マクロ視点で見れば、世界が排出量ネットゼロに向けてあらゆる業種の転換に取り組む中で、気候テックが重大な役割を果たすことは明らかである。気候テックは2010年代後半に非常に高い成長率を示したが、これは2010年代前半にベンチャーキャピタルがAI投資を急激に増やした状況とかなり似ている。ここ数年間のAIの躍進は広く知られているが、気候テックの現在の目覚ましい成長もこれと同様に、2020年代に投資や企業活動の主流に躍り出ることの予兆であることを望みたい。

しかしすでに、2010年代後半に創業し、スケールを果たした（すなわち「ユニコーン」になった）気候テックスタートアップの多くが、2020年代の大幅な排出量削減に大きく貢献する可能性の高さを見せている。2030年までに社会が目指す目標に向けて2020年代後半に急速に排出量を削減し、その先の世界のネットゼロを達成するために、気候テックセクターが有意義な貢献を果たせるよう、大規模かつ迅速な投資を今すぐ行うことが必要である。

気候テックに参入する優秀な起業家の数が増えるに従い、科学的リスク、プロダクトリスク、セクター固有のリスクは次々に解消されるだろう。投資家は慎重にはあるが、投資先として気候テックへの信頼を高めている。機関投資家が資産運用会社に気候テック関連のパフォーマンスを尋ねることが増え、コーポレートVCは自社の産業を転換するためのソリューションを探し、持続可能なソリューションを求める消費者や顧客からの需要の高まりとともにプロダクトマーケットフィットがより明確になっている。

適切な支援を提供し、環境を整えれば、起業家、研究機関、投資家、コーポレートVC、政府の全てから気候テックに流れ込む投資はますます増えるだろう。阻害要因を解消して望ましい結果を達成するためには、重要なステークホルダーが協力し、パートナーシップを組むなどして取り組む必要がある。

最後に、この先数カ月あるいは数年の間、世界中の国や地域でコロナ危機から回復するための政策パッケージが慎重に策定されるが、そこで示される景気刺激策は、政府が気候テックを支援し、加速させる重要な機会となる。気候テックは、排出量ネットゼロの経済成長という大きな目標を支える可能性を持った、貢献度の高い分野なのである。

謝辞

謝辞

本報告書は、Exponential ViewのAzeem Azhar氏の協力のもと、PwC UK Innovation & SustainabilityのDr Celine Herweijer、Ben Combes、Tarik Moussa、James Wark、Jess Wrigley、Marisa Donnellyが執筆した。



Celine Herweijer

Global Innovation & Sustainability Leader
Partner, PwC UK

E: celine.herweijer@pwc.com
Twitter: @CHerweijer



Azeem Azhar

Senior Advisor to PwC UK, and
Founder, Exponential View

E: azeem@azhar.co.uk
Twitter: @azeem



Ben Combes

Innovation & Sustainability
PwC UK

E: benjamin.combes@pwc.com



Tarik Moussa

Innovation & Sustainability
PwC UK

E: tarik.moussa@pwc.com



James Wark

Innovation & Sustainability
PwC UK

E: james.wark@pwc.com



Jessica Wrigley

Innovation & Sustainability
PwC UK

E: jessica.wrigley@pwc.com



Marisa Donnelly

Innovation & Sustainability
PwC UK

E: marisa.m.donnelly@pwc.com

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および下記の方々にPwCより謝意を表明いたします。

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、Antti Leivo、Matteo Renoldi

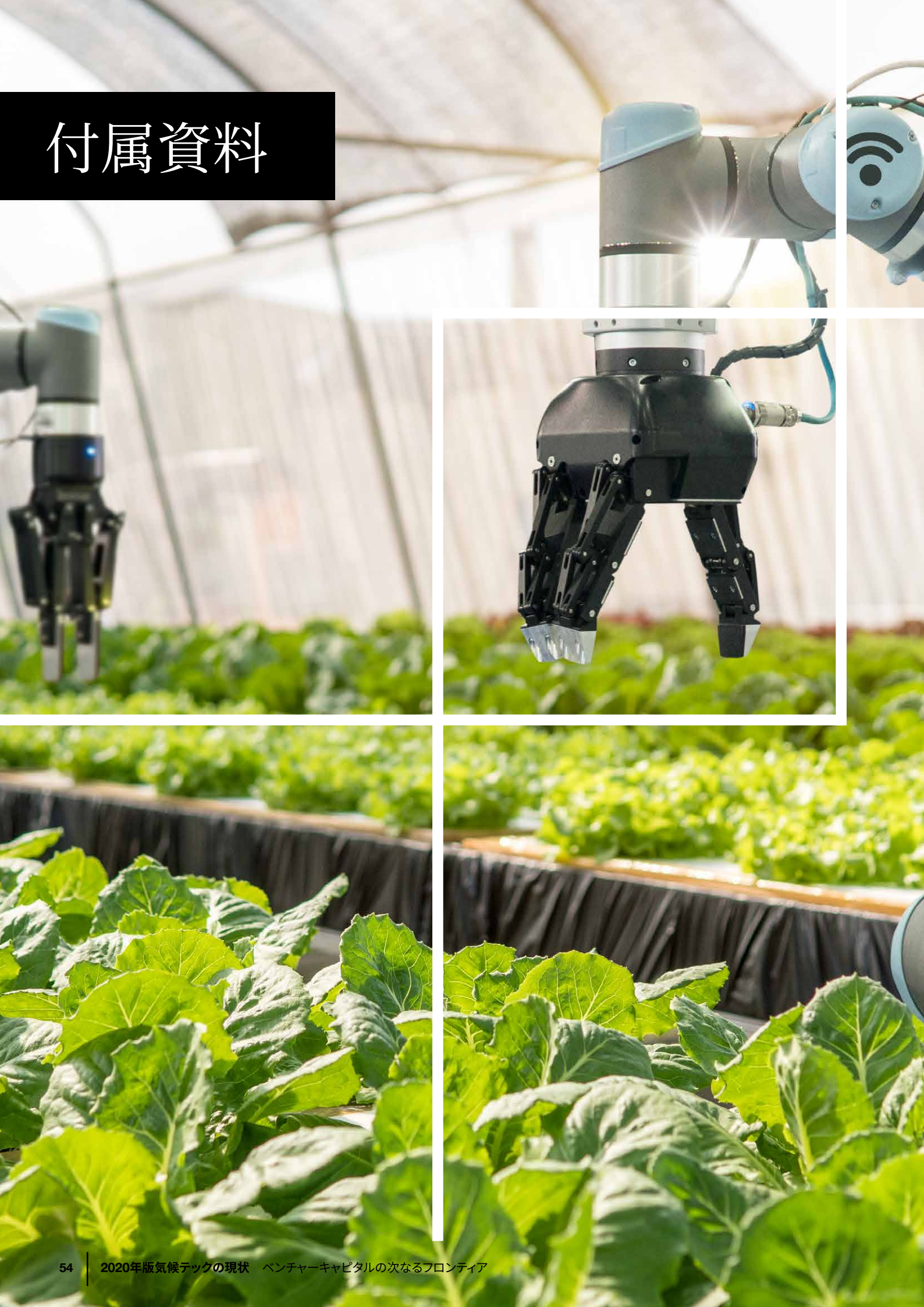
<https://dealroom.co/>

インタビューで知見を提供していただいた方々(敬称略)

Andrew Beebe (Managing Director, Obvious Ventures)
Landon Brand (Co-founder, Project Wren)
Michele DellaVigna (Head of European Natural Resources Research, Goldman Sachs)
Bill Gross (Chairman & CEO, Idealab)
Aaref Hilaly (Partner, Bain Capital Ventures)
Jason Jacobs (Host, My Climate Journey)
Hampus Jakobsson (General Partner, Pale Blue Dot)
Shayle Kann (Managing Director, Energy Impact Partners)
Vinod Khosla (Founder, Khosla Ventures)
Tommy Leep (Investor, Jetstream and Author, The Breeze)
Michael Liebreich (Chairman and CEO, Liebreich Associates)

Dawn Lippert (CEO, Elemental Excelerator)
Ramez Naam (Co-chair, Energy and Environment Program at Singularity University)
Tony Pan (Co-founder and CEO, Modern Electron)
Ryan Panchadsaram (Advisor to the Chair, Kleiner Perkins)
Nancy Pfund (Founder and Managing Partner, DBL Partners)
Joshua Posamentier (Co-founder and Managing Partner, Congruent)
Lila Preston (Co-Head of Growth Equity Strategy, Generation IM)
Albert Wenger (Managing Partner, Union Square Ventures)
Mike Zelkind (Co-Founder and CEO, 80 Acres Farms)
Bilal Zuberi (Partner, Lux Capital)

付属資料



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：分析対象を明確に区別する。

スタートアップに該当する企業としなない企業の区別や、(本分析において)何をもってベンチャーキャピタルと見なすかを定義して、分析の指針とした。区分の条件は以下の通りである。

- **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ピボット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）、債券発行など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、いくつか指針となる質問を適用し、そのスタートアップが十分に気候テックに取り組んでいるかどうかを評価した。

a. その企業には、炭素排出量や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。

b. その企業は、ネットゼロに不可欠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だと考えられる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、気候テック企業と見なした。例えば、地球を観測し、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データを収集する衛星を運用する企業などが該当する。

c. その企業は、排出量に一次的な影響を及ぼすか？

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、AIを活用してネットゼロ転換に取り組むスタートアップの役に立っている可能性があるが、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）ので、対象外である。

d. 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？

企業は、革新的なツールや技術を開発もしくは活用していることを実証するよう期待されている。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ティブであると見なされるが、植物性の栄養補助食品の販売は（他の形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。

一部に、複数の課題分野に活用できるソリューションを提供する企業もある。例えば電気自動車用の電池技術を開発する企業の場合、送電網につながる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、現実的にその企業が一

番に目指している業種（先ほどの例の場合は、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を紹介した。期間中に受けた投資をもとに選び出した企業、評価額が最も高かった企業などを紹介するとともに、各対策分野の中で生み出されたソリューションの多様性も示している。

分類表

課題分野 エネルギー



- 再生可能エネルギー発電
- 新型原子力発電
- 送電網管理
- 排熱の回収・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

課題分野 モビリティ・輸送



- 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
- 電池・燃料電池

課題分野 食品・農業・土地利用



- 代替食品・低GHGタンパク質
- 垂直農業・都市農業（アクアポニクスを含む）
- 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、森林破壊防止、森林再生、造林
- 土地利用管理
- バリューチェーンのGHG削減
- 低GHGの肥料、農薬、殺虫剤、治療剤

課題分野 重工業



- 低GHG化学品（プラスチックを除く）
- 低GHGの鉄・鋼鉄・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または代替物
- 高エネルギー効率・高資源効率の製造プロセス
- エネルギー集約的素材の超耐久性
- 低GHG抽出・供給
- 循環、リサイクル、材料効率改善の革新的ソリューション
- 産業廃棄物の処理・管理
- その他の低GHG素材

課題分野
建築環境



- 高効率な備品・設備
- 高効率な照明
- 高効率な冷温水空調
- 建物レベルの蓄電・蓄熱
- 低GHG建築プロセス
- 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

課題分野
温室効果ガスの回収・貯留

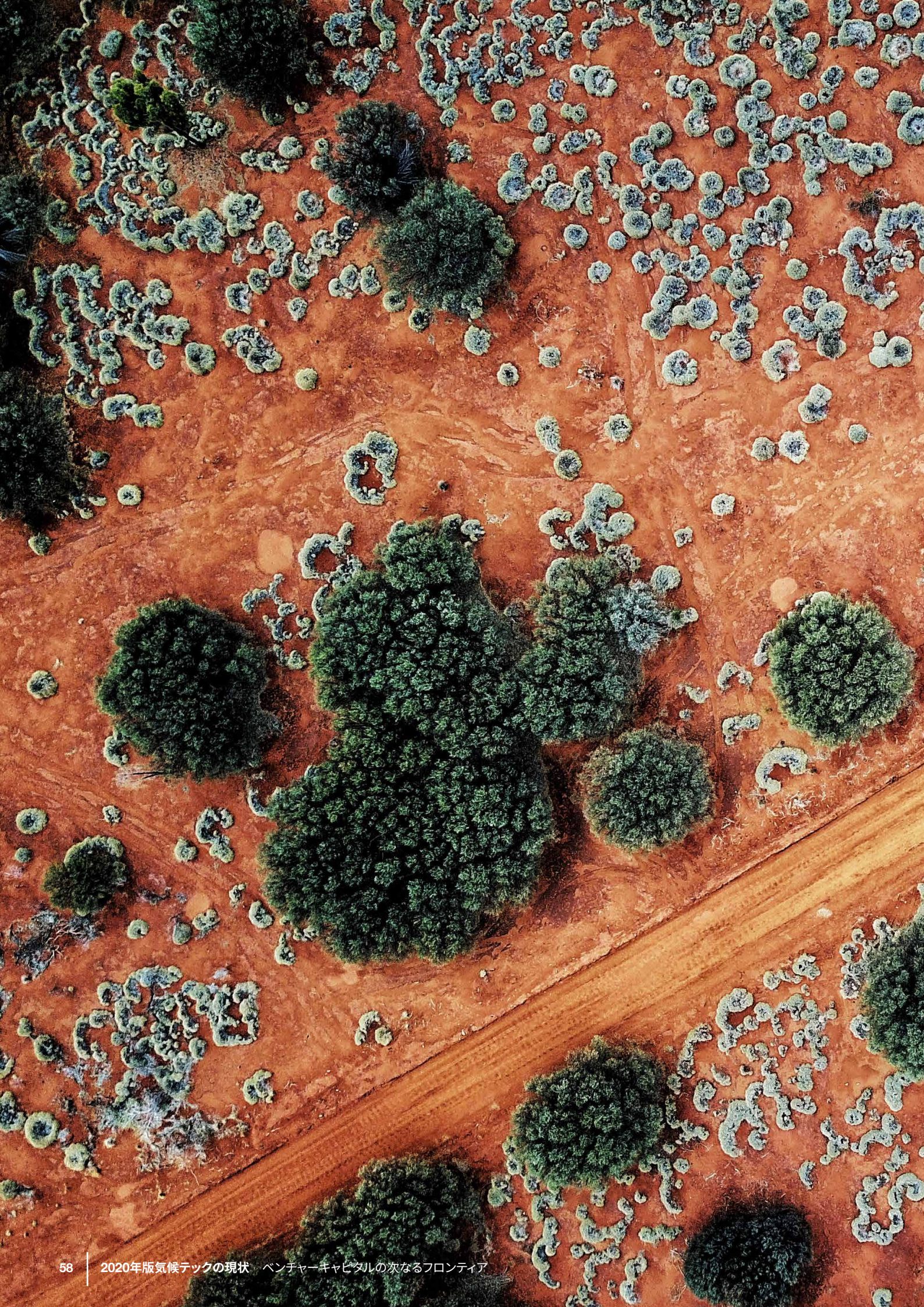


- CCUS
- バイオマスのCO2吸収(造林・土地管理を除く)
- 地球工学に基づく直接空気回収・貯留
- GHGのモニタリング・管理プラットフォーム

課題分野
気候・地球に関するデータの生成



- 気候・地球に関するデータの生成
- 低GHG衛星・センサー



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 信一郎

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

松岡 慎一郎

PwCアドバイザリー合同会社
パートナー
ディールズ・ストラテジー
バリュークリエーションオフィス

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9,000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、クライアントニーズにの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155カ国に及ぶグローバルネットワークに284,000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2020年9月に発行した『The State of Climate Tech 2020』を翻訳したものです。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。

電子版はこちらからダウンロードできます。 www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership.html

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-2020.html

日本語版発刊年月：2021年9月 管理番号：I202009-08

©2021 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.