

脱炭素技術の開発・実装を後押しする  
民間資金供給に係る動向調査

2022年4月

日本貿易振興機構(ジェトロ)

サンフランシスコ事務所

### 【免責条項】

本報告書は、日本貿易振興機構（ジェトロ）サンフランシスコ事務所が Nomura Research Institute America, Inc. に作成委託し、2022年3月時点までに入手した情報に基づくものであり、その後の法律改正などによって変わる場合があります。本レポートで提供している情報は、ご利用される方のご判断・責任においてご使用下さい。ジェトロでは、できるだけ正確な情報の提供を心掛けておりますが、本レポートで提供した内容に関連して、ご利用される方が不利益等を被る事態が生じたとしても、ジェトロおよび執筆者は一切の責任を負いかねますので、ご了承下さい。

### 【本報告書に係る問い合わせ先】

日本貿易振興機構（ジェトロ）

ジェトロ・サンフランシスコ事務所

E-mail: [sfc@jetro.go.jp](mailto:sfc@jetro.go.jp)

## 1. 調査背景

カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現に向け、官民挙げての世界的な動きが加速している。日本では、昨年10月、菅総理（当時）が所信表明演説において「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」と宣言し、それを踏まえ、同年12月に開催された成長戦略会議において、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定された他、欧州連合（EU）においても2050年までに域内で排出する温暖化ガスを実質ゼロにする「欧州グリーンディール」を掲げて産業戦略を検討しており、また、米国も、バイデン大統領の就任以来、パリ協定の復帰や「グリーンニューディール」を打ち出すなど、本年秋に開催されたCOP26までに様々な取り組みが官民で表面化している。カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現に向けた動きがグローバルに加速する中で、脱炭素社会の実現を後押しする資金供給の流れに着目すると、昨今のESG投資への期待の高まりも受けて、ESG投資におけるE（Environment）、すなわち、脱炭素化につながるベンチャー企業の技術開発や社会実装に向けた取り組みも含めた、気候変動問題の解決に資する民間企業のビジネスに対して、従来の政府サイドからの補助金や融資（保証）だけでなく、民間サイドからも資金（特にエクイティー資金等のリスクマネー）を供給していく動きが注目されている。（例：Breakthrough Energy Fund, Climate Pledge Fund）

昨年度(2020年度)は、北米地域における民間セクターの技術開発とその社会実装の動向に焦点を当てた「脱炭素技術をめぐる北米の動向調査」を実施したところであるが、今年度(2021年度)は、エコシステムにおけるもう一つの重要なピースである、民間サイドからの脱炭素技術の開発・実装を後押しする資金供給の流れに着目した実態調査を行う。具体的には、従前は、気候変動対応が、（典型的なシリコンバレーの伝統的VCがターゲットにしているような、ハードウェアに可能な限り依存しない）ソフトウェア中心の短期の投資リターンを実現する領域に比べて、一般的に、研究開発投資や設備投資資金が多額で、かつ投資回収期間も長く、そもそも（政策の動向に左右されやすいという意味で）投資回収の不確実性も相対的に高いことを踏まえ、従来型のプロジェクトファイナンスやベンチャー投資のスキームと比較しつつ、北米及び欧州における気候変動対応に係る民間サイドの資金供給の動きの全体像及び具体的な実態を把握するための、公開情報の収集・分析、データ分析及び有識者ヒアリングからなる調査を行った。

なお、脱炭素技術が前述の「グリーン成長戦略」では14分野も存在して極めて幅広い概念であることを踏まえ、今回の調査では、特に以下の5つの分野に焦点を当てた調査分析を行なった。

- ① （我が国の脱炭素化を進める上で大きな鍵となる）再エネ関連（風力、太陽光等）
- ② （再エネの間欠性の問題を解消する鍵でもある）蓄電池
- ③ （発電から産業セクターの熱代替まで、様々な用途で活用が期待される）水素（製造、貯蔵、輸送）
- ④ DAC（Direct Air Capture）を含むCCS（Carbon Capture Storage）及びCCUS（Carbon Capture Utilization and Storage）
- ⑤ （世界的に大きな課題となっている、持続可能な）航空燃料

## 目次

1. 調査背景 .....	3
2. 調査対象技術における投資金額の推移 .....	5
2.1. データ取得の方法 .....	5
2.2. 再エネ（太陽光発電および風力発電） .....	11
2.3. 蓄電池.....	15
2.4. 水素 .....	18
2.5. DAC を含む CCS 及び CCUS.....	21
2.6. 持続可能な航空燃料（Sustainable Aviation Fuel：SAF） .....	24
3. 民間投資機関の特長.....	26
3.1. 投資環境全体のランドスケープ .....	26
3.2. 投資環境の課題.....	29
3.3. 投資機関の特長の説明 .....	32
3.3.1. フィランソロピー・ファンド .....	39
3.3.2. VC.....	43
3.3.3. PE・インフラファンド .....	46
3.3.4. CVC.....	49
3.4. Breakthrough Energy .....	53
3.5. 脱炭素技術への投資に使われるツール・メソッドの説明 .....	57
報告書のまとめ.....	64

## 2. 調査対象技術における投資金額の推移

このセクションでは米国およびヨーロッパにおける脱炭素技術へのエクイティー投資のデータの集計および分析結果についての説明を行う。

### 2.1. データ取得の方法

今回の調査では、ベンチャー投資のデータベースであるクランチベースが集計している、スタートアップ等の新興技術企業へのベンチャー投資ラウンドから、上場後の新株発行までの資金調達データを抽出し、経年での投資額の推移の可視化のための加工を行った。

#### クランチベースについて

クランチベースは、民間企業および公開企業に関するビジネス情報を検索するためのプラットフォームである。クランチベースの情報には、投資と資金調達の情報、指導的立場にある創設メンバーとパートナー、合併と買収、ニュース、業界の動向が含まれる。もともとスタートアップを追跡するために構築されたクランチベース Web サイトには、世界規模の公的および民間企業に関する情報が含まれる。クランチベースは、ベンチャープログラム、機械学習、社内データチーム、クランチベースコミュニティの4つの方法でデータを収集している。クランチベースコミュニティでは、登録された一般ユーザーがデータベース上に、スタートアップの資金調達などの情報を入力できる。これらの入力された情報は、モデレータによってレビューされたあと、公開される。<sup>1</sup>

#### データ抽出のクライテリアについて

今回投資データの取得にあたっては、同プラットフォーム上から抽出した、2つのデータセットを掛け合わせる形での整理・分析を行った。

- **ラウンドデータ：**

個別の資金調達ラウンド（個社の特定の資金調達）のデータであり該当ラウンドの調達総額や、投資日時、投資種別、投資機関名、被投資企業名および、そのカテゴリーや概要など、といったデータが含まれる。

- **インベスターデータ：**

投資家のプロフィールのデータであり、投資分野や投資家の種別等のデータが含まれる。上記ラウンドデータには、投資機関の名称は記載されているが、そのカテゴリーが記載されていないため、このデータも取得し、突合を行うことで、投資家種別ごとの投資額の内訳を可視化できるようにした。

ラウンドデータを抽出する際、同プラットフォームの仕様上いくつかのフィルターを設定することができる。具体的にはカテゴリーの検索と、キーワード検索を組み合わせた検索の仕方を行った。一

---

<sup>1</sup> クランチベースホームページ (<https://www.crunchbase.com/>)

部の技術については、現在クランチベース上でのカテゴリ設定が行われていないため、キーワード検索を用いて検索を行った。表1において具体的な検索フィルターの設定を示す。

表1 調査対象技術ごとのデータ抽出の設定

対象技術名	該当カテゴリ	キーワード検索	備考
① 再エネ関連 (太陽光、風力等)	「Solar」, 「Wind」	設定の必要なし	太陽光、風力以外の、バイオマスや地熱等、他のエネルギー源は含まない
②蓄電池	「Energy Storage」	設定の必要なし	揚水式貯蔵等を含む
③水素 (製造、貯蔵、輸送)	該当カテゴリなし	「Hydrogen」, 「H2」	スタートアップの概要説明に左記キーワードを含まないものは抽出されない
④DAC を含む CCS 及び CCUS	該当カテゴリなし	「Carbon capture」, 「Direct Air Capture」, 「Carbon Storage」, 「Carbon utilization」 「Enhanced Oil Recovery」 <sup>2</sup> , 「BECCS」 <sup>3</sup>	スタートアップの概要説明に左記キーワードを含まないものは抽出されない
⑤持続可能な航空燃料 (SAF)	該当カテゴリなし	「Aviation Fuel」, 「Jet Fuel」	スタートアップの概要説明に左記キーワードを含まないものは抽出されない

また、今回の集計では、投資種別ごと、投資家種別ごとの投資額の推移の整理も行っている。クランチベースでは各投資種別の定義および、投資家種別の定義を、そのホームページ上で公開している。同ホームページに記載されている投資種別と投資家種別のうち、本調査において集計した投資種別と投資家種別の定義を、それぞれ表2と3に示す。<sup>4</sup>

<sup>2</sup> Enhanced Oil Recovery (原油増進回収) は、原油の回収率をあげるための CCUS 技術の一つである。通常の生産方法では回収率が低い地層や、生産開始からの年月経過などにより、生産効率が下がった生産井に適用される (出所: <https://www.japex.co.jp/technology/research/eor/>)。スタートアップの概要説明において、この技術名を用いている企業が多いため、キーワードとして採用している。

<sup>3</sup> BECCS (Bio-energy with Carbon Capture and Storage) とは、バイオマスからエネルギーを生産するバイオエネルギー施設に CCUS を組み合わせた技術で、具体的には、バイオマスを燃焼して発電する施設から出る CO<sub>2</sub> を地中に貯留する (出所: <https://www.yomiuri.co.jp/choken/kijironko/ckeconomy/20211209-OYT8T50062/>)。こちらも、スタートアップの概要説明において、この技術名を用いている企業が多いため、キーワードとして採用している。

<sup>4</sup> クランチベースホームページ (<https://support.crunchbase.com/hc/en-us/sections/115002795407-Crunchbase-Glossary>)

表2 クランチベースによる投資種別の定義

タイプ	説明
Angel	通常、新会社を軌道に乗せるために行われる小規模なラウンドである。エンジェルラウンドの投資家には、個人のエンジェル投資家、エンジェル投資家グループ、友人、家族などが含まれる。
Pre-Seed	機関投資家がない、もしくは15万ドル以下の非常に低額のシードラウンドのことである。
Seed	企業が受ける最初の資金調達の一つで、ラウンドの規模は10万ドルから20万ドルの間であるが近年はより大規模なシードラウンドが一般的になってきている。シードラウンドは通常、エンジェルラウンド（該当する場合）の後、企業のシリーズAラウンドの前に行われる。
Venture-Series Unknown	明らかにベンチャーラウンドであるが、シリーズが特定されていない資金調達ラウンドには、この資金調達タイプが適用される。
Series A and Series B	ベンチャーキャピタルからの投資を指し、シリーズA、シリーズB、のラウンドを指す。
Series C	このラウンド以降は、後期ステージの企業やより確立された企業のための資金調達ラウンドである。これらのラウンドは通常1000万ドル以上であり、より大規模になることが多い。
Equity Crowd funding	エクイティー・クラウドファンディングのプラットフォームは、個人ユーザーが株式と引き換えに企業に投資することを可能にする。通常、これらのプラットフォームでは、投資家は少額を投資するが、個人が投資の評価を率先して行い、個人投資家のグループから資金をプールできるようにシンジケートが形成されている。
Private Equity	プライベート・エクイティ・ファームやヘッジファンドが主導するもので、レイトステージのラウンドとなる。企業がより強固に確立されているため、よりリスクの低い投資であり、ラウンドは通常5,000万ドル以上となる。
Convertible Note	企業が次のラウンドの資金調達を希望するまで持ちこたえるための「中間」ラウンドの資金調達である。次のラウンドを調達する際、この債券は新ラウンドの価格で割引され「転換」される。通常、転換社債は、例えば、企業がシリーズAラウンドを調達した後、まだシリーズBラウンドを調達することを望んでいない場合に見受けらる。
Corporate Round	ベンチャーキャピタルではなく、企業が他社に投資を行うこと。ベンチャーキャピタルではなく、企業が他社に出資することで、戦略的パートナーシップを形成することを目的として行われることが多い。
Post-IPO Equity	会社がすでに公開された後に、企業がその会社に投資する際に行われる。
Funding Round	資金調達の種類をより具体的に示す情報がない場合に用いられる

表3 クランチベースによる投資家種別の定義

タイプ	説明
Angel Group	小規模なスタートアップ企業や起業家に集団で投資するエンジェル投資家のネットワークのこと。通常、エンジェル、シード、場合によってはシリーズ A ラウンドに投資する。
Corporate Venture Capital	企業の一部門であり、投資資金は企業から提供され、革新的な新興企業に投資するための資金を提供する。
Co-Working Space	通常オフィスで働く異なる従業員のために、チームで働く共有の作業環境を提供する企業のこと。
Entrepreneurship Program	より広範に構成されたイニシアティブで、創業者に、アドバイス、金銭的または非金銭的なリソースの提供、新規事業の育成を行うもの。このプログラムは、必ずしも株式を取得したり、企業に特定の要件を課すものではない。
Family Investment Office	超富裕層投資家一族のファンドのこと。通常、単発の投資を行う。
Fund of Funds	債券、株式、その他の証券に直接投資するのではなく、他の投資ファンドのポートフォリオを保有する投資戦略を有するファンドのこと。
Government Office	政府機関は、その自治体、地区、州、または国の新興企業に投資することがある。政府機関は、資本や指導と引き換えに、企業の株式を取得することもある。しないこともある。
Hedge Fund	富裕層や機関投資家のために投資する投資パートナーシップのこと。通常、プライベート・エクイティー・ラウンドやレイトステージ・ベンチャー・ラウンド（シリーズ D 以降）に投資する。
Incubator	インキュベーターは、インキュベーター内で開発されたアイデアを管理するために、外部のチームを招聘する。また、アクセラレータとは対照的に、インキュベーターはより多くの株式を取得することになる。
Investment Bank	新規に発行された株式を購入し、投資家に転売する金融機関。企業に直接投資する場合は、IPO 後のエクイティーやプライベート・エクイティーのラウンドになるのが一般的。
Micro-VC	新興企業に投資し、通常 1 億ドル以下の資金規模を持つベンチャーキャピタルのこと。マイクロ VC はベンチャー企業の一つで、アーリーステージのシードやシリーズ A への投資に重点を置く。
Pension Fund	雇用主が出資し、従業員に退職金を支給する制度または基金のこと。通常、雇用主は年金基金口座に、税制優遇を受けながら長期にわたって拠出する。従業員は、退職時に年金を受け取ることができる。
Private Equity Firm	投資管理会社。新興企業に投資する場合は、通常、プライベート・エクイティーか、後期のベンチャー・ラウンド（シリーズ C 以降）である。
Secondary Purchaser	会社から直接株式を購入するのではなく、株主から会社の株式を購入すること。これは、企業が株式公開する前に行われることが多く、通常、公表されることはない。
Start-up Competition	スタートアップ・コンペティションは、さまざまな企業、官庁、会社によって開催される。多くのスタートアップ・コンテストの賞品は、株式の要素を含まない資本金となる。

Syndicate	通常「シンジケートローン」と呼ばれる融資を借り手に提供するために結成された貸し手のグループのこと。シンジケートを組むことで、複数の貸し手にリスクを分散し、借り手（企業、政府、特別プロジェクトなど）は、自分たちだけではできないような取引を行えるというメリットがある。
University Program	多くの大学には、起業に特化したプログラムがある。そのサービスは、資本金やメンターによる起業家の支援など多岐にわたる。
Venture Capital	ベンチャーキャピタルは、シードからシリーズ A 以降の様々な段階のスタートアップに投資する。ベンチャーキャピタルは資本と引き換えに株式を取得し、初期段階のシリーズ A から、企業の成長に伴う後期段階まで投資することを目的としている。ベンチャーキャピタルは通常、1 ラウンドのみをリードし、次のラウンドでは他の投資家に譲ることで、次のラウンドの価格設定における利益相反を回避する。
Venture Debt	ベンチャー・デット会社は、後日返済されるローン（と利息）と引き換えに資本を提供する。

その他の集計に係る留意点は以下のとおり。

- a) エクイティー性の投資データのみを集計している。新株発行を伴うものとしており、発行済み株式の2次売買などは集計していない。
- b) 投資種別ごとの集計では、可視化の観点から、表2における類似の投資種別をひとまとめにして集計を行っている。具体的には、アーリーステージ以降のベンチャーシリーズの投資に分類される「Venture Series Unknown」、「Series A and Series B」、「Series C」を「Venture Investment」、シード期の投資に分類される「Pre-seed」、「Seed」を「Seed Money」としている。その他の投資種別は個別に集計を行っている。
- c) ラウンドデータには、資金調達そのものがあつたことは示しているが、調達金額が記載されていないものも含まれる。
- d) 投資家名が非公開なため記載されていないものもある。この場合、投資家種別を「Unknown」と記載している。
- e) 投資家名の記載はあるが、投資家種別がクランチベースのデータベース上に記載がない場合がある。この場合も、投資家種別を「Unknown」と記載している。
- f) 投資家種別ごとの投資の集計にあたっては、1ラウンドにおいて複数の投資家が投資を行った場合、合計の資金調達の値のみが公開されるため、その資金調達額を等分し、該当ラウンドの各投資家が投資した投資額とするという処理をおこなっている。そのため、投資家種別ごとの投資額の推移はあくまで目安としての数値となる。
- g) 今回の調査対象地域は米国およびヨーロッパである。そのため、米国もしくはヨーロッパに位置するスタートアップに対する投資データのみを抽出している。投資家の所在地は、同2地域以外のものも含まれる。
- h) クランチベースでの「ヨーロッパ」の定義は、EU等の経済圏ではなく、純粋に地理的な分類であり、以下の53の国および地域が含まれる。

クランチベース上において、「ヨーロッパ」に分類される国および地域一覧

スイス、ウクライナ、ベルギー、マルタ、アイルランド、ボスニア・ヘルツェゴビナ、トルコ、スロバキア（スロバキア共和国）、サンマリノ、ポルトガル、マン島、ポーランド、スウェーデン、モルドバ、スペイン、フィンランド、チェコ共和国、オランダ、ギリシャ、ドイツ、リヒテンシュタイン、オーストリア、アイスランド、モナコ、セルビア、スヴァールバル・ヤンマイエン諸島、モンテネグロ、ノルウェー、ルーマニア、イタリア、英国、リトアニア、ジャージー、クロアチア、キプロス、マケドニア、アンドラ、エストニア、ロシア、ルクセンブルク、ハンガリー、スロベニア、ブルガリア、ガーンジー、アルバニア、ラトビア、ベラルーシ、マイヨット、フランス、デンマーク、ジブラルタル、フェロー諸島

## 2.2. 再エネ（太陽光発電および風力発電）

太陽光発電の普及が特に注目されるのは、この技術のユニークな技術的特徴のためである。1つの家庭用の設備で発電容量がkW単位のものから、従来の大規模施設で発電容量が数百MW単位のものまで、あらゆる規模で効果的に導入が可能であるという。この展開の柔軟性は、政策支援と相まって、分散型太陽光発電の広範な成長をもたらした。さらに、分散型太陽光発電の普及と新しいデジタル技術の組み合わせは、双方向の電力の流れを可能にし、消費者は屋上のソーラーパネルで発電した電力を電力網に売り戻すことができるようになった。<sup>5</sup> 国際エネルギー機関 IEA によると、太陽光発電は、世界のほとんどの地域で発電コストの最も低い選択肢となりつつあり、今後数年間の投資を促進することが期待されている。<sup>6</sup>

風力発電は、日本においても特に、最近洋上風力によって注目を浴びている技術である。まず、従来の陸上風力は実績のある成熟した技術であり、過去5年間で、風速が低い場所でも発電量を最大化できるように風力タービンが大型化してきている。次に、洋上風力発電はより成長が期待されている技術である。洋上風力発電のメリットは2つある。1つは、陸上に比べてより大きな風力を持続的に得られるため、安定的に大きな電力供給が可能になる点、もう1つは洋上であるため、騒音や万が一の際の人的被害リスクが低く、設置場所の確保がしやすい点である。これらのメリットから、風力発電市場において、洋上化の動きが活発になってきている。<sup>7</sup> CB Insight によると、風力発電は陸上でのウィンドファームの適地が少なくなっていることも、沖合での洋上風力発電の開発に拍車をかけているという。<sup>8</sup>

図1では米国における太陽光発電と、風力発電へ投資額とラウンド数の推移を示している。同図より、過去10年間の投資額は概ね横ばいであったが、2020年から2021年にかけて米国での投資額が大きく増加していることが読み取れる。ラウンド数は2014年から2016年にかけて減少しており、その後は2021年まで、概ね横ばいで推移している。2021年には、再エネ関連の分野でのインフラ・エネルギープロジェクトの開発・運営から、投資まで、幅広い事業を手掛ける Generate Capital 社が20億ドルの大型の資金調達を行っている他、複数のIPOが起きている。

---

<sup>5</sup> Breakthrough Energy 「Advancing the Landscape of Clean Energy Innovation2019」 2019-02 (<https://www.breakthroughenergy.org/reports/advancing-the-landscape/>)

<sup>6</sup> IEA ホームページ(<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/solar>)

<sup>7</sup> IEA ホームページ(<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/wind>)

<sup>8</sup> CB Insight 「Solar Is Displacing Wind In Renewables Funding — 4 Things You Need To Know About The Transition」 2021-10(<https://www.cbinsights.com/research/renewables-tech-funding-trends/>)

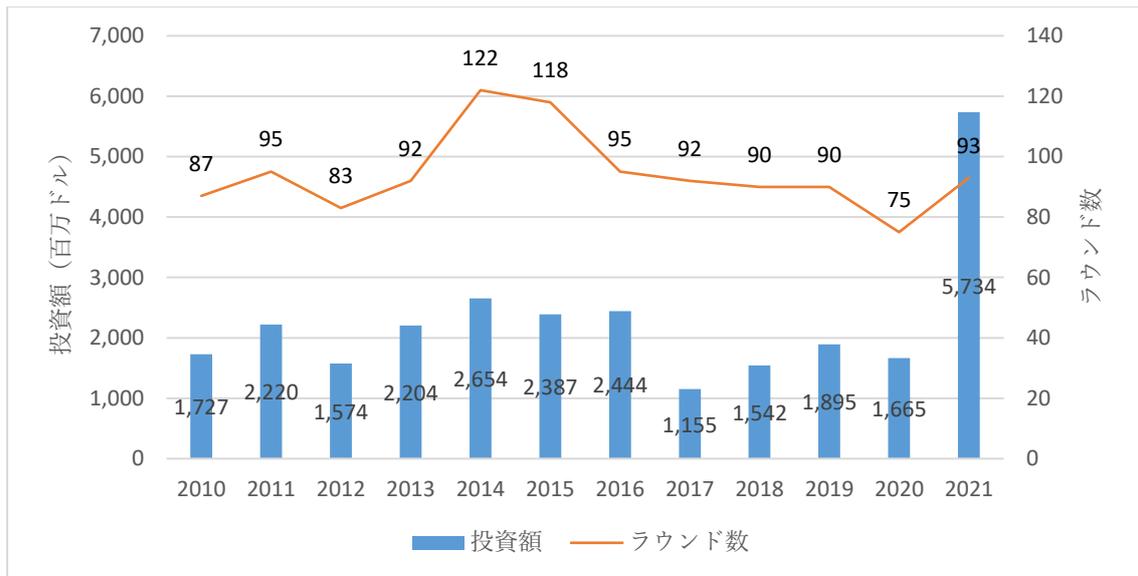


図1 米国における再エネ関連スタートアップへの投資額の推移

図2ではヨーロッパにおける、太陽光発電と風力発電への投資額とラウンド数の推移を示している。2016年以降、ラウンド数は伸びていないが、投資額が増加していることから、投資がより大型化してきていることが読み取れる。特に2019年にはシリーズDラウンドやプライベート・エクイティーといった、より後期のラウンドでの投資が、投資額の増加につながっていることを確認している。

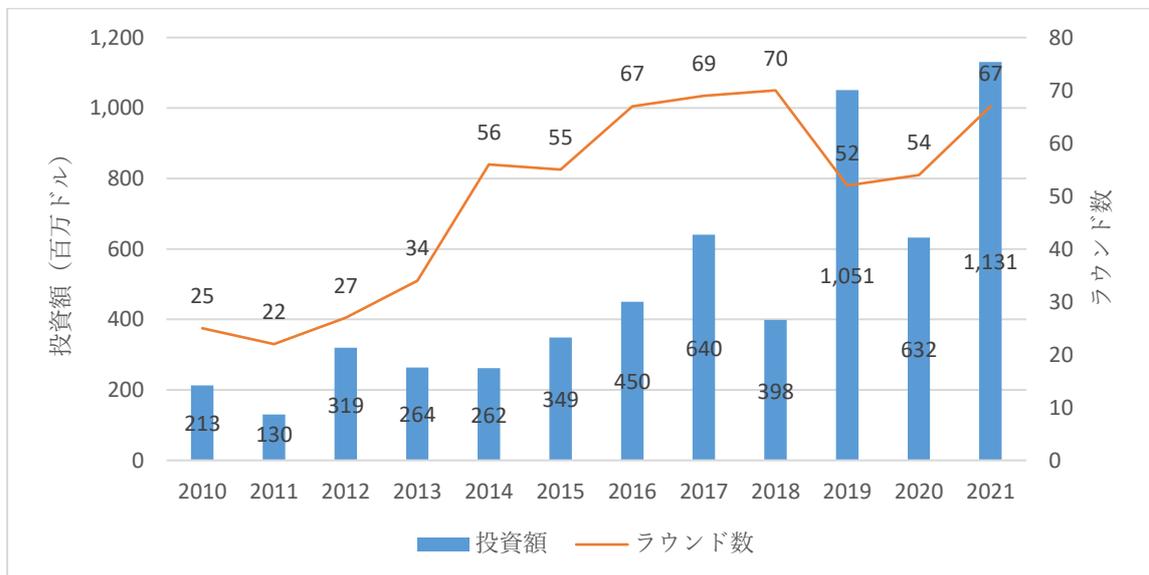


図2 ヨーロッパにおける再エネ関連スタートアップへの投資額の推移

また、図3、4では、投資種別ごと、投資家種別ごとの投資額の推移を示している。同図より、この分野でのベンチャー投資は2010年以降下降気味であり、プライベート・エクイティや、上場による資金調達割合が増えていたが、2020年から2021年にかけて再び急激にベンチャー投資の額が増加していることが読み取れる。

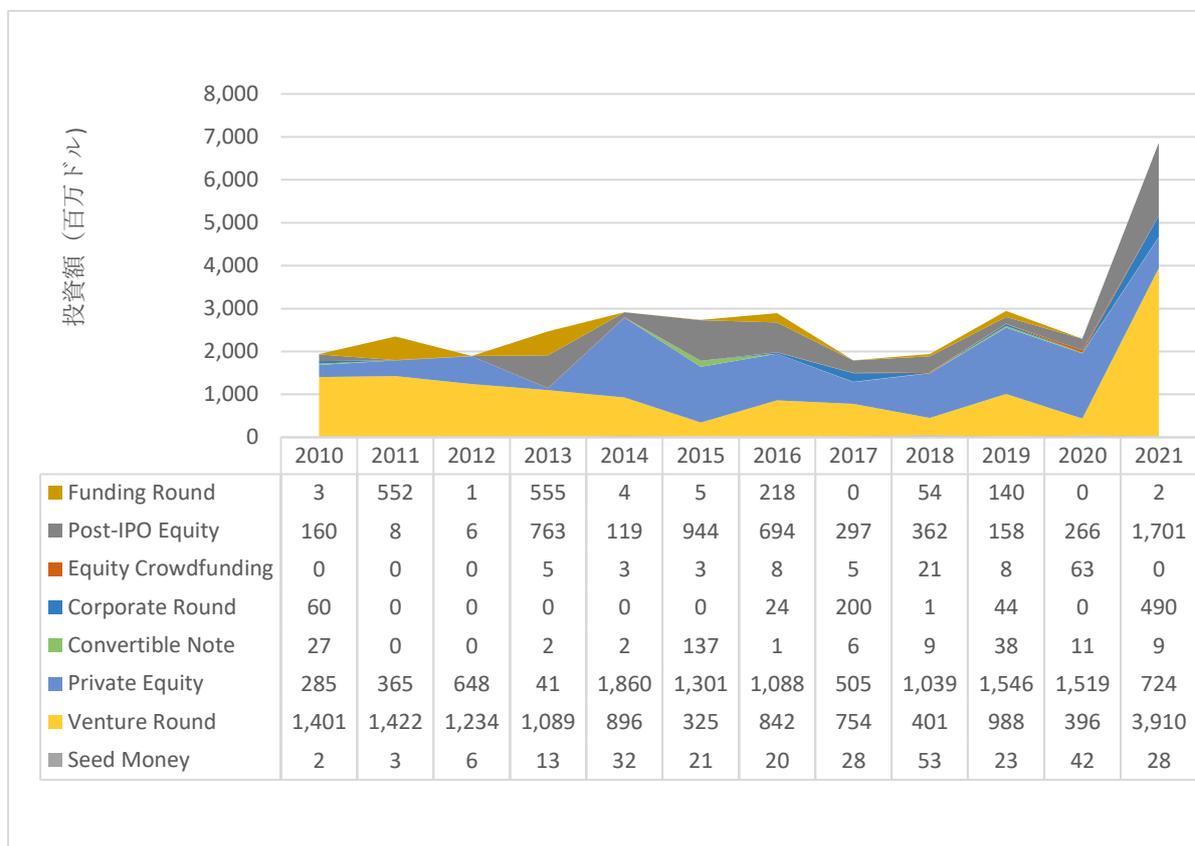


図3 投資種別ごとの米国およびヨーロッパにおける再エネ関連スタートアップへの投資額の推移

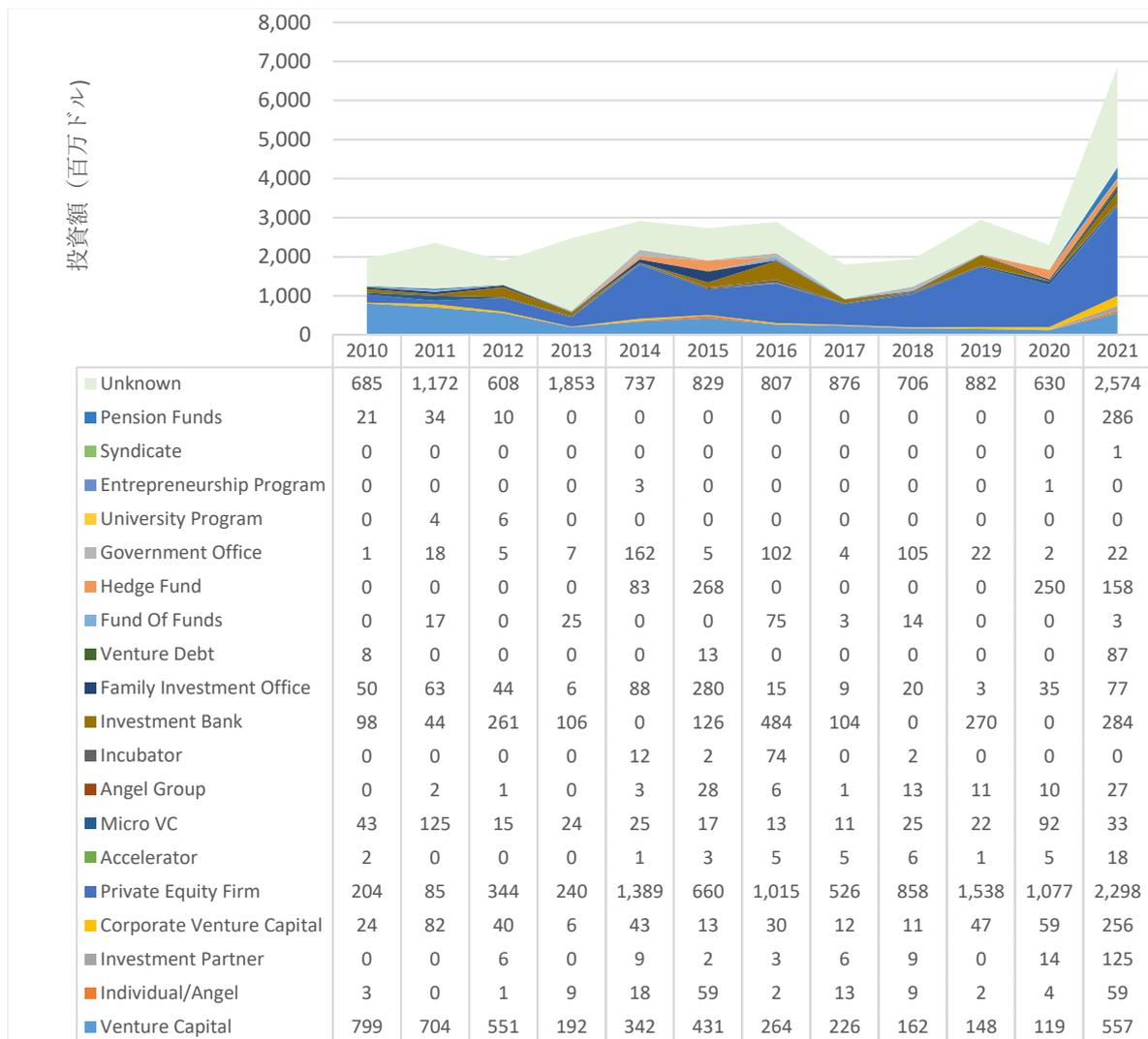


図4 投資家種別ごとの米国およびヨーロッパにおける再エネ関連スタートアップへの投資額の推移

### 2.3. 蓄電池

蓄電池は、上述の再生エネルギーの間欠性を補うものとして、電力セクターが直面している多くの課題に対処するために利用することができる。具体的には、送電網全体で電力の供給量に余剰が生じている時はエネルギーを貯蔵し、逆に供給量が不足している時には放電を行うことで、供給量が天候や時間により変動する再生エネルギーを電力系統へ統合し、電力供給を効率化する。蓄電池はまた、配電網上の分散エネルギー資源の送電システムの平衡化と調整をサポートすることができる。さらに、地域コミュニティや電力の消費者の家屋・施設に配置して、緊急時のバックアップに貢献したり、ピーク需要の削減に使用したりすることもできる。これらのテクノロジーを、制御ソフトウェアなどのソリューションとともに導入することで、配電網の機能と柔軟性をさらに向上させる。<sup>9</sup>

図5では、米国における、蓄電池を含むエネルギー貯蔵技術への投資額とラウンド数の推移を示している。投資額は、2010年より、2018年、2019年までは前後しながらも、総体的に横ばいで推移していたが、過去2年間投資額が上昇していることが読み取れる。ラウンド数は2018年にピークに達し、2019年には減少しているが、その後再び増加の傾向が見られる。

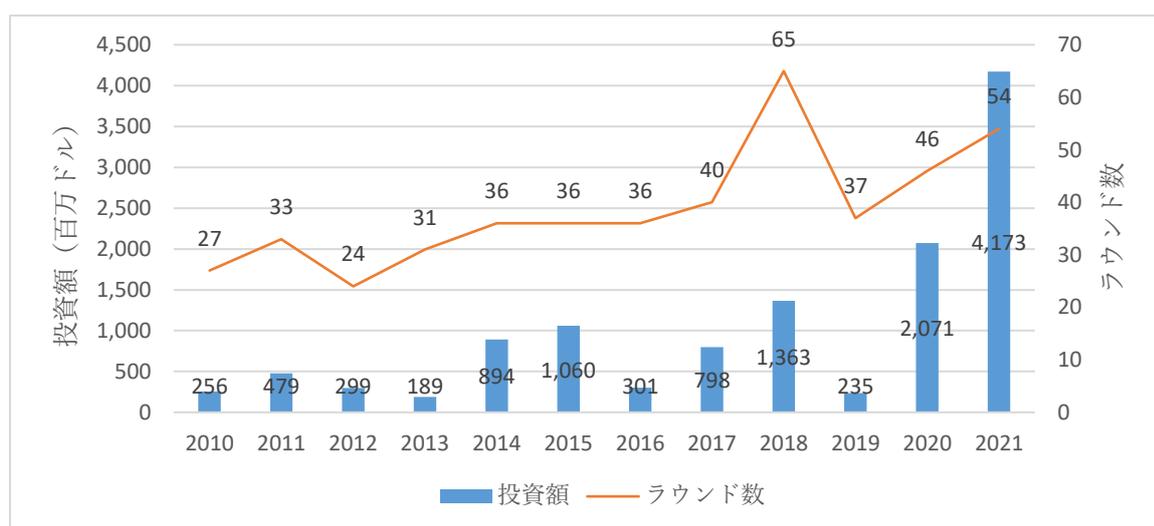


図5 米国における蓄電池関連のスタートアップへの投資額の推移

図6ではヨーロッパにおける蓄電池を含むエネルギー貯蔵技術への投資額とラウンド数の推移を示している。ヨーロッパでは2018年以降、投資額とラウンド数が減少していたが、2021年では再度、投資が回復し、投資額とラウンド数の双方が最も高い数値を示している。

<sup>9</sup> Breakthrough Energy 「Advancing the Landscape of Clean Energy Innovation2019」 2019-02

(<https://www.breakthroughenergy.org/reports/advancing-the-landscape/>)

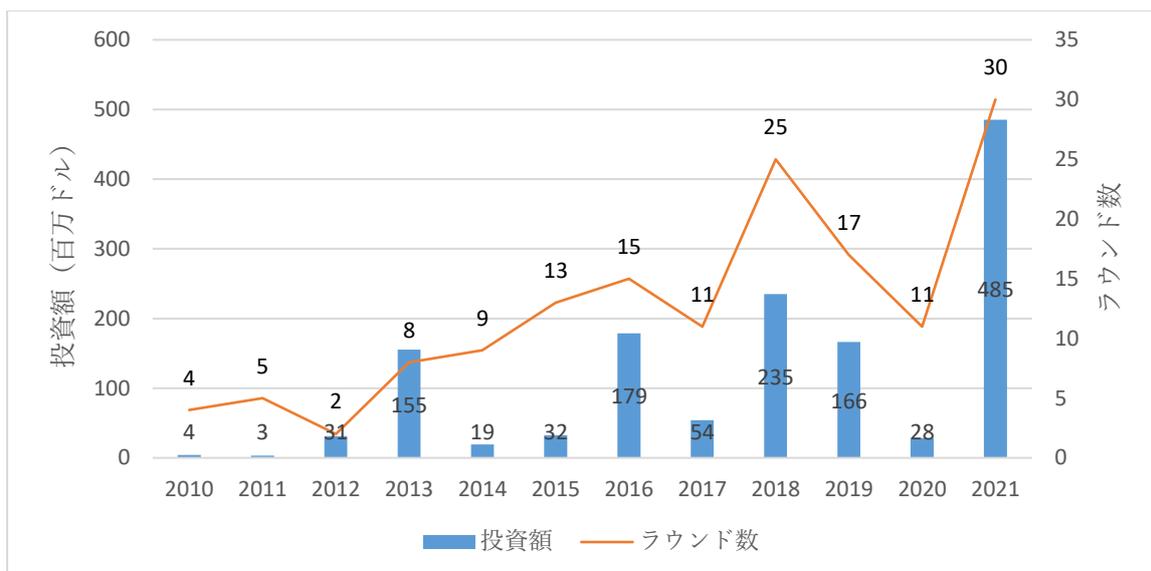


図6 ヨーロッパにおける蓄電池関連スタートアップ投資額の推移

図7、8では、投資種別ごと、投資家種別ごとの投資額の推移を示している。ここ2年間の上昇は上場によるエクイティ投資など、より後期のラウンドによる資金調達で、この投資額の伸張が起きていることがわかる。2021年には、全固体電池技術<sup>10</sup>を開発する Quantum Scope 社など数社が数億ドル単位での資金調達を行っている。

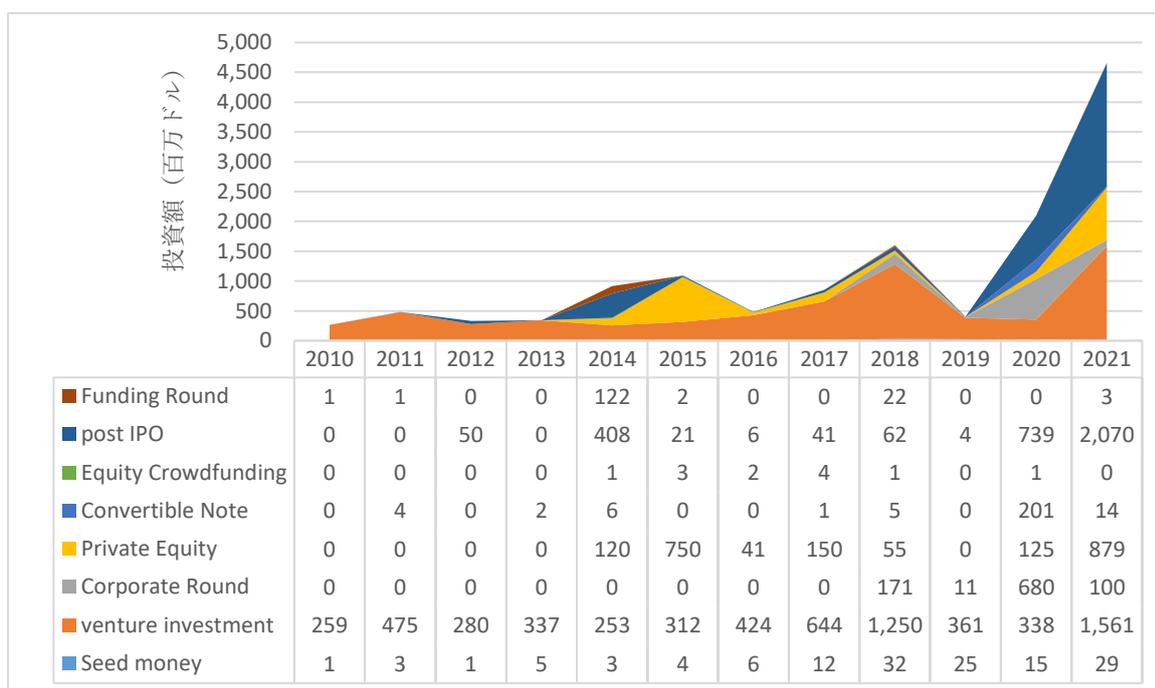


図7 投資種別ごとの米国およびヨーロッパにおける蓄電池関連スタートアップへの投資額の推移

<sup>10</sup> 全固体電池とは、電流を発生させるために必要でこれまで液体だった電解質を固体にした仕組みの電池のこと。(出所：<https://www.sbbi.jp/article/cont1/37046>)

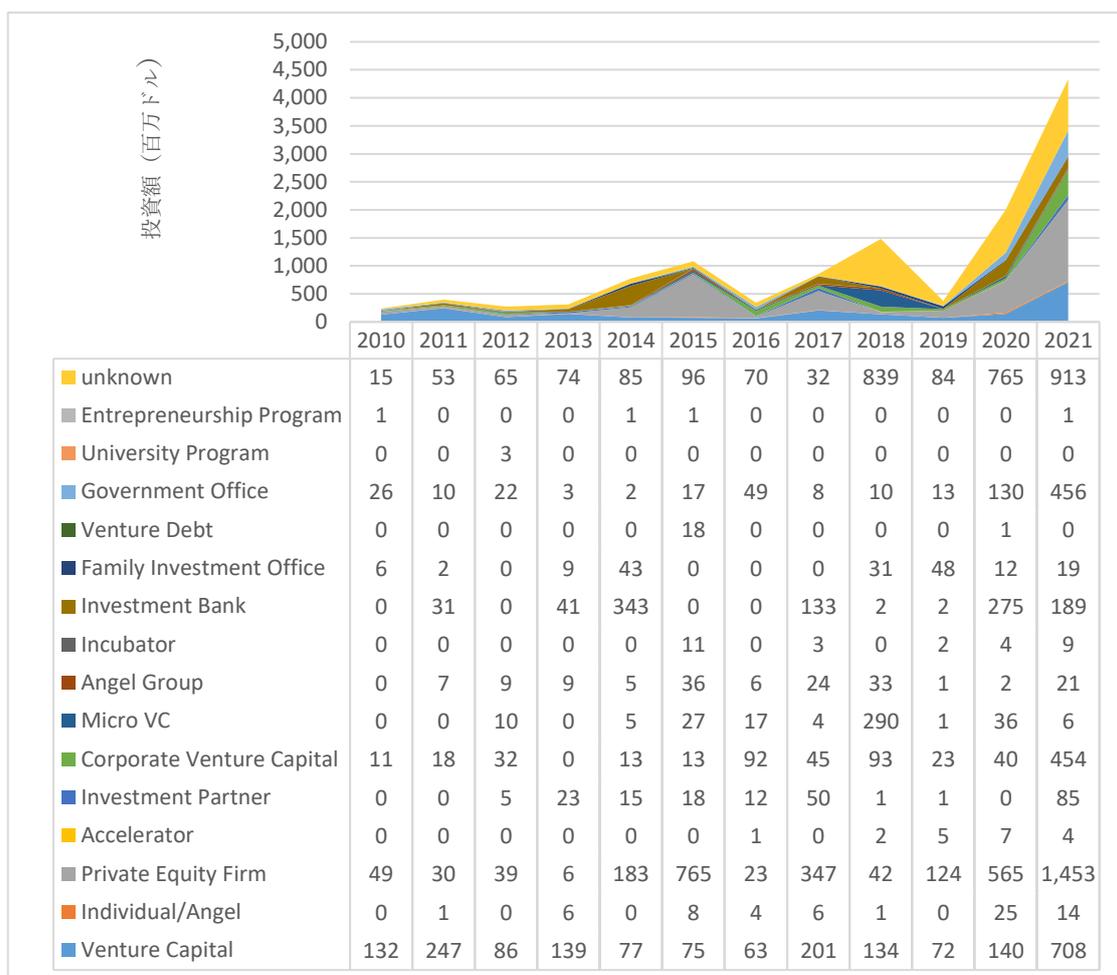


図8 投資家種別ごとの米国およびヨーロッパにおける蓄電池関連スタートアップへの投資額の推移

## 2.4. 水素

水素は、輸送、製造、および電力を含む低炭素環境において、非常に広範な潜在的用途を有するという。以下に水素の代表的な用途を挙げる。<sup>11</sup>

- 自然エネルギー、原子力、CCUS で製造されるクリーンな水素（ブルー水素<sup>12</sup>やグリーン水素<sup>13</sup>）は、長距離輸送、化学、鉄鋼など、排出量の削減が困難とされているさまざまな分野の脱炭素化に貢献することができる。
- 水素は、都市の大気汚染の改善やエネルギー安全保障の向上にも貢献する。
- また、水素は、数日、数週間、数カ月にわたって電気を蓄えることができる数少ない選択肢であるため、電力システム上で、出力が変動する再生可能エネルギーの統合を支援することもできる。

現在製造されている水素の大半はその製造工程において、化石燃料を利用し、二酸化炭素排出が多量に発生することからグレー水素と呼ばれ、メタンと水の化学反応で生じた水素を取り出す水蒸気メタン改質（SMR）<sup>14</sup>によって製造される。各社は脱炭素化の一環として、より二酸化炭素排出量の少ないブルー水素やグリーン水素の利用を増やそうとしている。特に、より環境負荷の低いグリーン水素の生産の増加のためには、水を酸素と水素に分解する電気分解で製造する水素を増やさなくてはならない。そのため、電気分解を行う水電解装置の開発は、グリーン水素の供給を増やすカギとなる。建設中の大半のプラントは固体高分子膜（PEM）水電解装置<sup>15</sup>を採用している。これは不安定な再生エネ由来の電気でも、従来の電解装置よりも簡単に水素を製造できるという。<sup>16</sup>

図9では、米国における水素関連のスタートアップへの投資額とラウンド数の推移を示している。同図より、米国では、ここ2年間投資金額が急激に上昇していることが読み取れる。特に2021年では、2020年と比較してラウンド数は同数であるものの、投資額は急激に上昇している。この投資額の急激な増加は、上場企業である、燃料電池製造メーカーのPlug Power社の資金調達額が大きく影響している。

---

<sup>11</sup> IEA ホームページ (<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/hydrogen>)

<sup>12</sup> 水素の製造過程において排出される二酸化炭素を大気への放出前に回収することで、製造における総排出量を低減させた水素のこと。

(出所：[https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suiso\\_tukurikata.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suiso_tukurikata.html))

<sup>13</sup> 再生可能エネルギーによる電力で、水を電気分解して生成する水素。

(出所：[https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suiso\\_tukurikata.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suiso_tukurikata.html))

<sup>14</sup> 触媒を用いてメタンガスを水素と一酸化炭素に変換するプロセス。

(出所：<https://www.mcet.co.jp/news/2019/10/post-46.html>)

<sup>15</sup> 固体高分子形は、動作温度が100°C以下で、常温でスタートでき、且つ小型・軽量であるということから、家庭用、電気自動車用、携帯用として現在最も有望な電解質である。

(出所：<https://www.neomag.jp/mailmagazines/topics/letter201307.html>)

<sup>16</sup> CB Insight 日経新聞「脱炭素の救世主か 水素の課題と可能性、イチから学ぶ」2021-10 (<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC14EMF0U1A011C2000000/>)

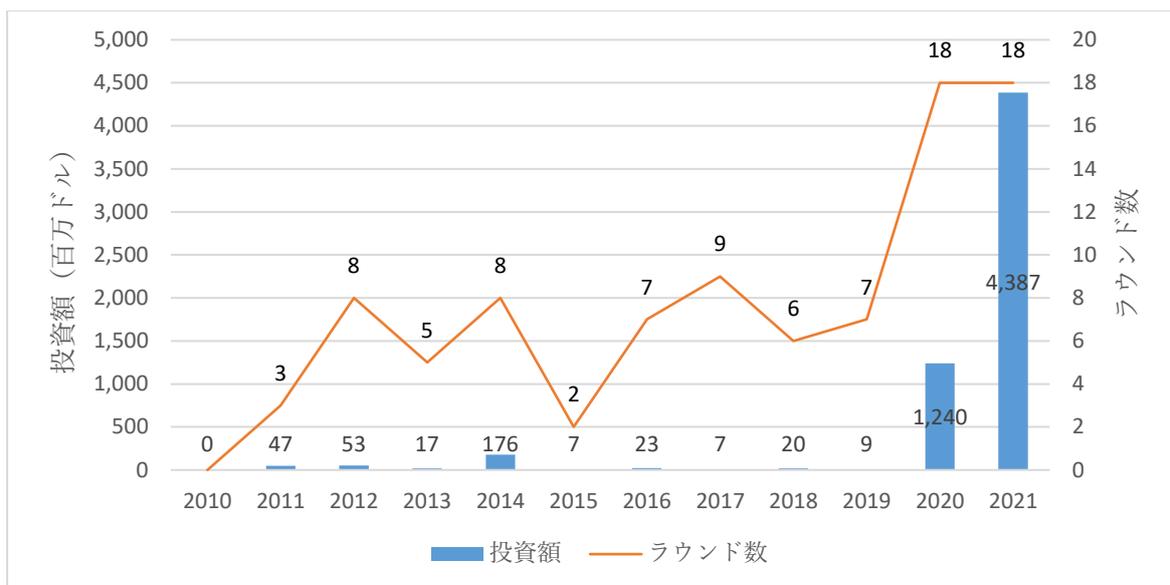


図9 米国における水素スタートアップへの投資額の推移

図 10 では、ヨーロッパにおける、水素関連のスタートアップへの投資額とラウンド数の推移を示している。米国と同様にヨーロッパでも、過去 2 年間の投資額とラウンド数の増加が著しい。特に 2021 年は、上場企業である、燃料電池製造メーカーの ITM Power 社の新株発行による、約 3 億 4 千万ドルの資金調達と、製鉄プロセスにおける二酸化炭素排出量実質ゼロを目指す、ストックホルム発 H2 Green Steel 社のシリーズ A での、約 1 億ドルの資金調達と、この 2 社の資金調達額が総額のおおよそ半分を占める。

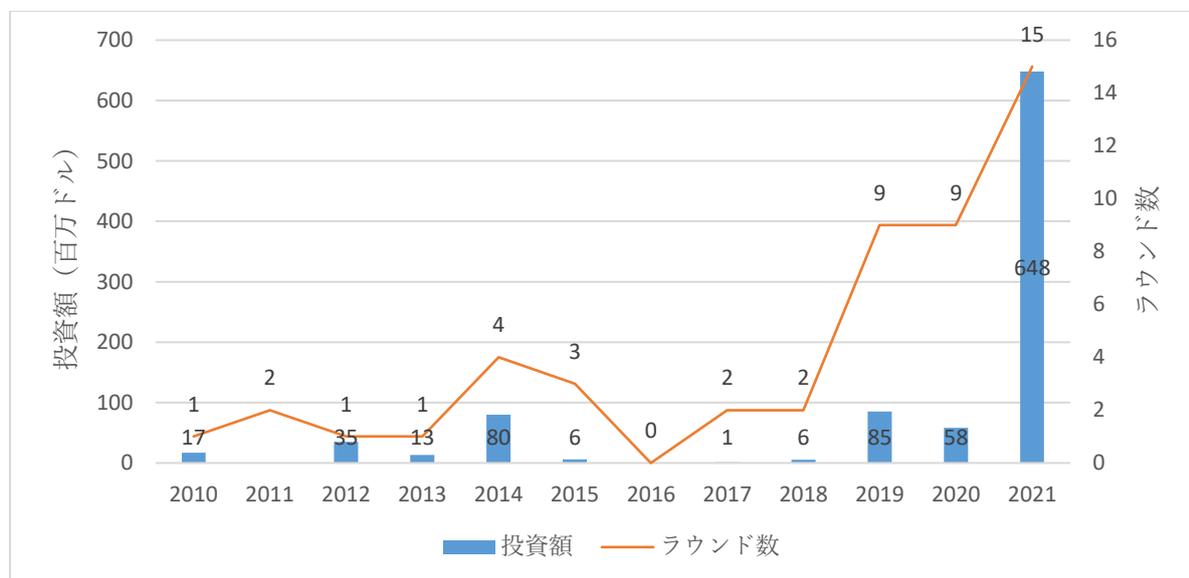


図 10 ヨーロッパにおける水素スタートアップへの投資額の推移

図 11、12 では、投資種別ごと、投資家種別ごとの内訳を示している。同図より、この分野での資金調達の大半が上場による公開市場での資金調達となっていることが読み取れる。上述のとおり、こ

の分野では、過去2年で、燃料電池の製造を行うスタートアップによる上場や上場後の資金調達起きており、その資金調達額が多くの割合を占める。

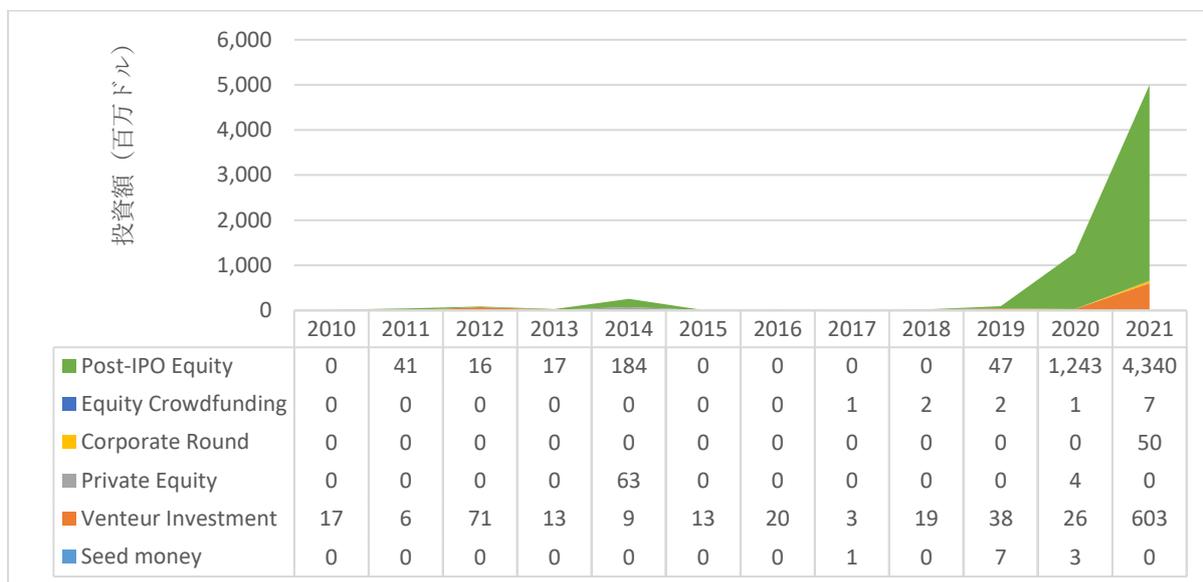


図 11 投資種別ごとの米国およびヨーロッパにおける水素関連スタートアップへの投資額の推移

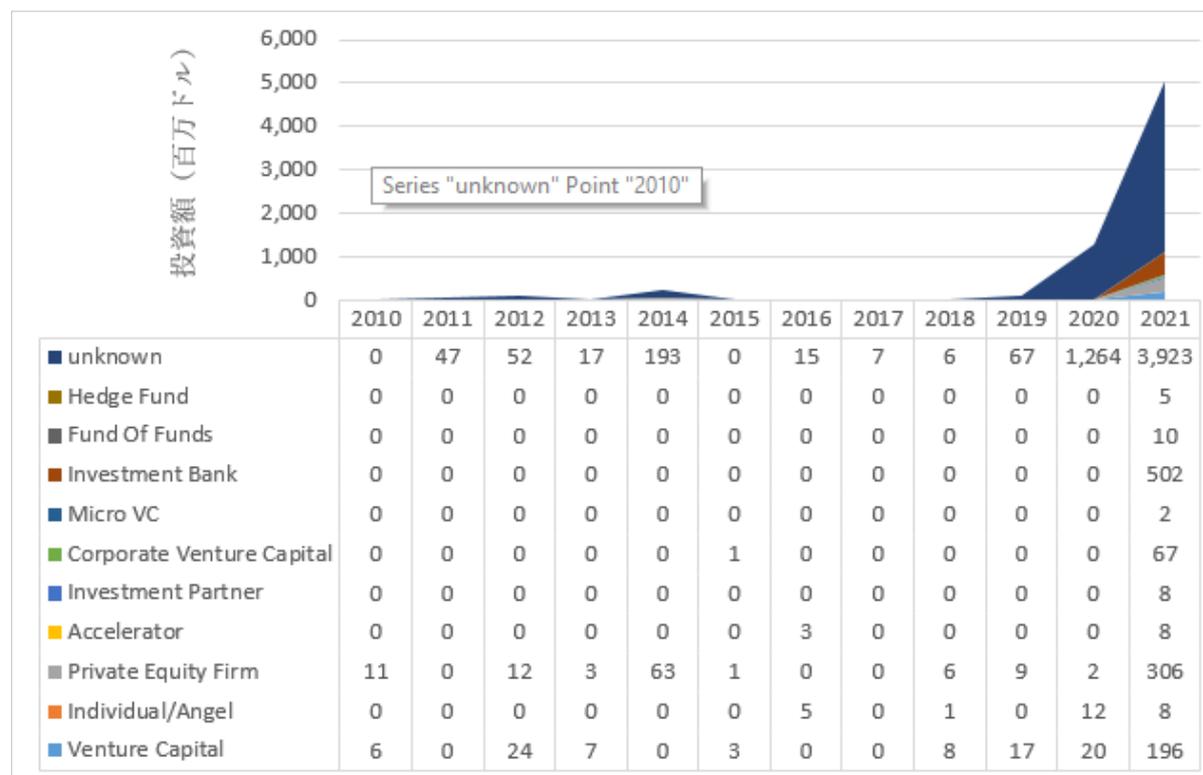


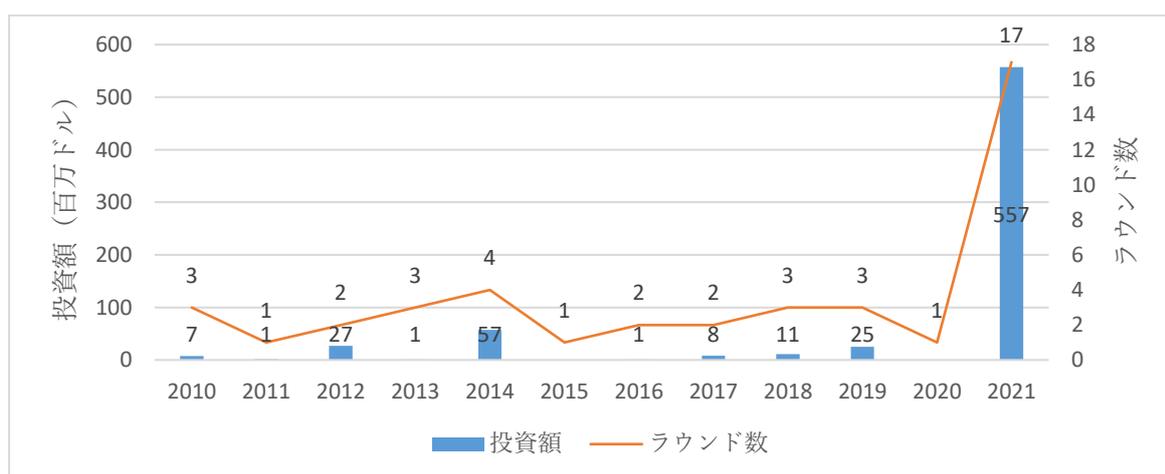
図 12 投資家種別ごとの米国およびヨーロッパにおける水素関連スタートアップへの投資額の推移

## 2.5. DAC を含む CCS 及び CCUS

CCS は発電所や化学工場などから排出された二酸化炭素を、他の気体から分離して集め、地中深くに貯留・圧入する技術である。CCUS とは、燃料の燃焼や工業プロセスから発生する二酸化炭素を回収し、船やパイプラインで輸送し、価値ある製品やサービスを生み出す資源として利用する技術のことである。たとえば、二酸化炭素を古い油田に注入することで、油田に残った原油を圧力で押し出しつつ、二酸化炭素を地中に貯留するという CCUS などがある。<sup>17</sup>

ダイレクト・エアキャプチャー（以下、DAC）とは、大気中の二酸化炭素を直接回収するテクノロジーの総称であり、上記 CCS に内包されるものである。DAC の利点は、限られた土地と水の使用で空気中の二酸化炭素を回収できることである。植物は二酸化炭素を吸収してくれるため、これまでカーボンオフセットには植林などの手法が用いられてきたが、DAC を用いるとより効率的に二酸化炭素の回収が実現できるとされている。また、工場や発電所などの排気ガスから二酸化炭素を回収する CCS と異なるのは、DAC の設置場所が、工場や発電所の場所に依存しない点である。DAC を適切な貯蔵場所や利用場所の近くに設置すれば、改修後に使用する二酸化炭素を長距離輸送する必要がなくなる。DAC は、産業社会がこれまで過去に排出してきた二酸化炭素も含めて回収することができるネガティブエミッションの重要なパーツとして注目されている。<sup>18</sup>

図 13 では、米国における CCS 関連のスタートアップへの投資額とラウンド数の推移を示している。同図より、米国では、2021 年で投資額とラウンド数の双方が急激に上昇していることが読み取れる。同年 CCS のプラント開発を手掛ける、Elysian 社は 3 億 5 千ドルのプライベート・エクイティ・ラウンドでの資金調達を行っており、当該の調達額が、同年の他スタートアップを含めた投資総額の半分以上の割合を占める。他の投資は、ほとんどがシリーズ A やシードラウンドの投資となっている。



<sup>17</sup> 経済産業省資源エネルギー庁

(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/keyword/?k=%E5%9F%BA%E7%A4%8E%E7%94%A8%E8%AA%9E%E3%83%BBQ%EF%BC%86A>)

<sup>18</sup> 地球環境センターニュース (<https://www.cger.nies.go.jp/cgernews/201404/281003.html>)

図 13 米国における CCS 関連スタートアップへの投資額の推移

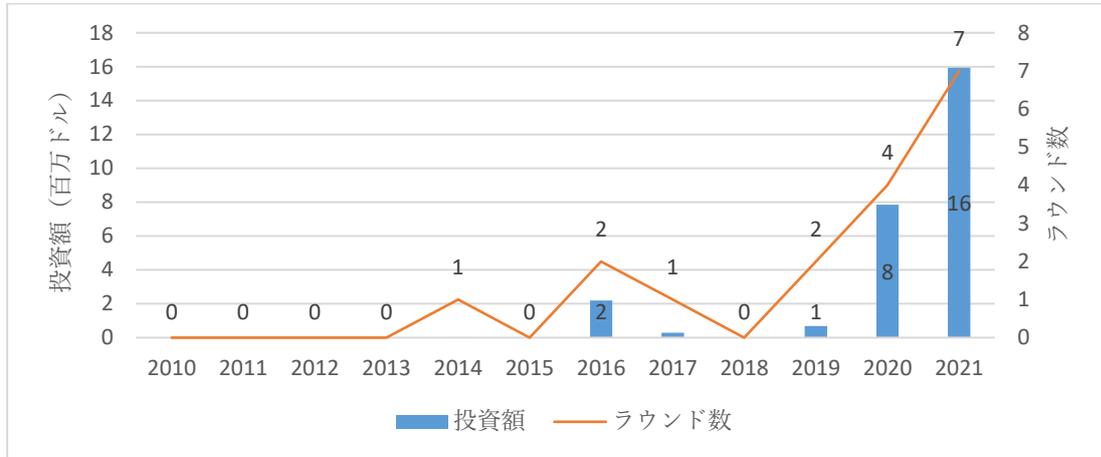


図 14 ヨーロッパにおける CCS 関連スタートアップへの投資額の推移

図 14 ではヨーロッパにおける CCS 関連のスタートアップへの投資額とラウンド数の推移を示している。取得したデータ上、ヨーロッパでは、2016 年までこの分野でのスタートアップ投資が行われていないが、過去 2 年で投資額とラウンド数の双方が増加してきていることがわかる。

図 15 及び 16 では投資種別・投資家種別ごとの投資額の推移を示している。下図より、上述の再エネ、蓄電池、水素の 3 技術とは異なり、CCS 関連の投資では、前述 Elysian 社による資金調達額を除き、ベンチャー投資がメインとなっていることが読み取れる。

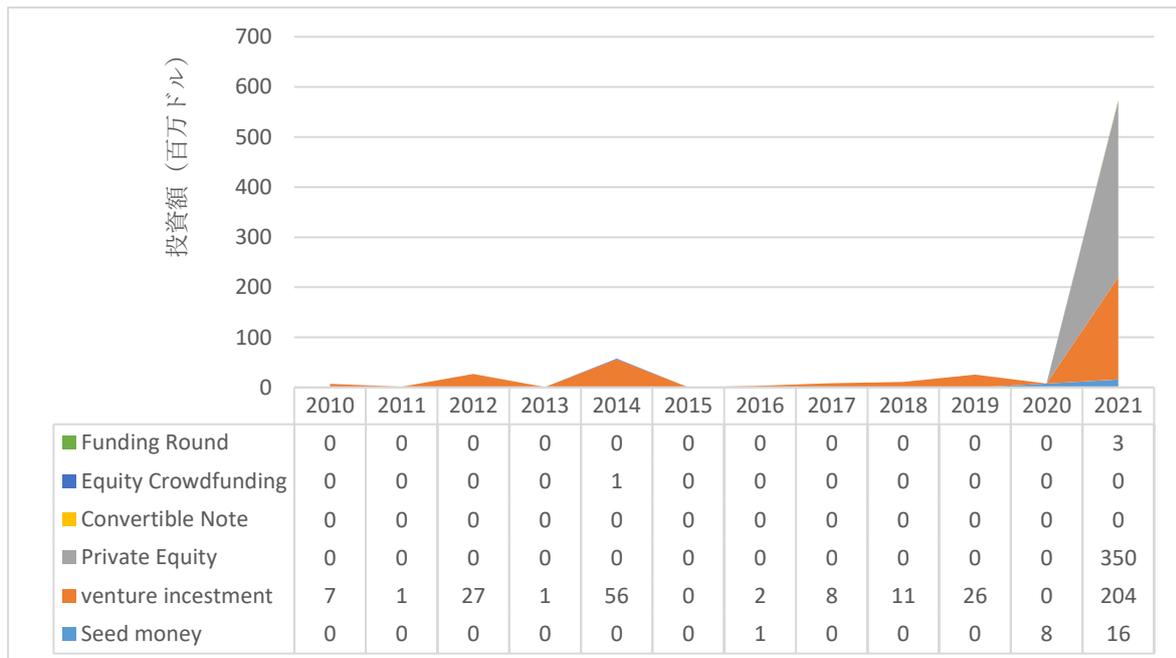


図 15 投資種別ごとの米国およびヨーロッパにおける CCS 関連スタートアップへの投資額の推移

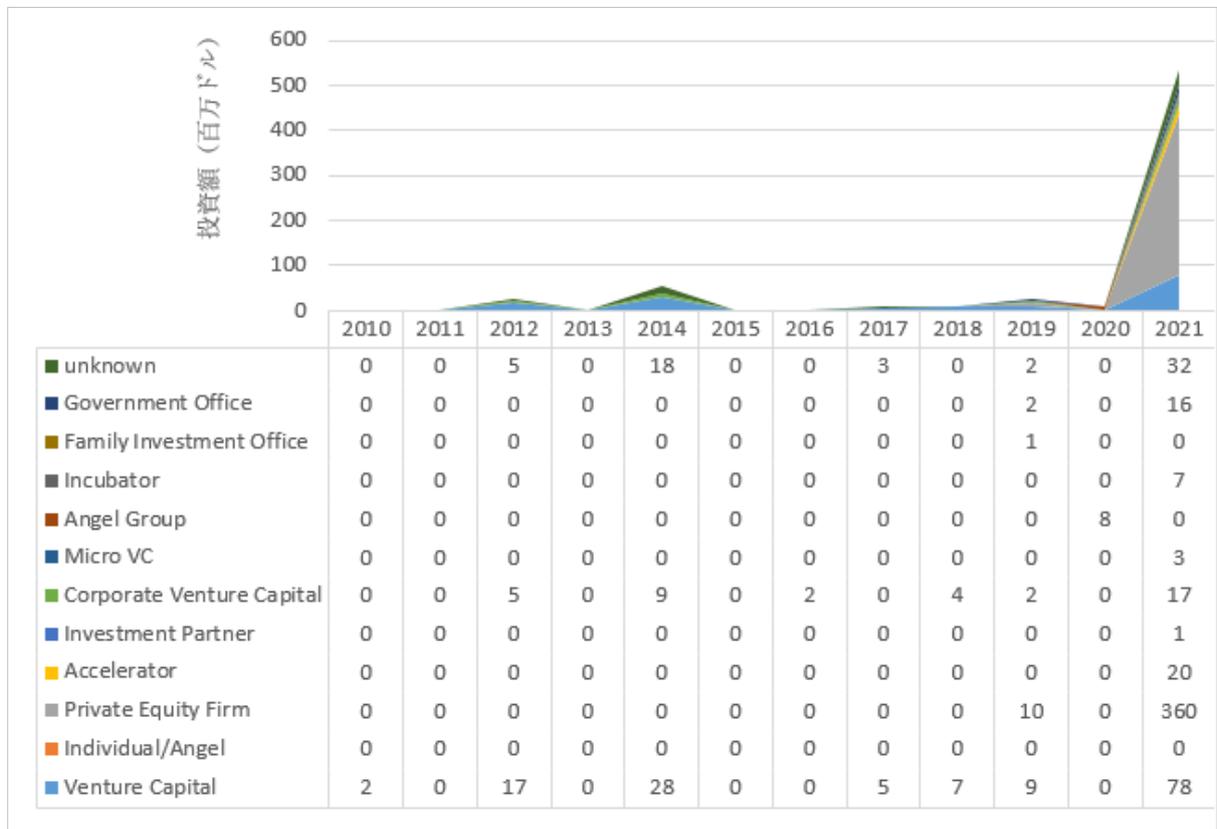


図16 投資家種別ごとの米国およびヨーロッパにおける CCS 関連スタートアップへの投資額の推移

## 2.6. 持続可能な航空燃料（Sustainable Aviation Fuel：SAF）

SAFは、ライフサイクルベースで従来のジェット燃料と比較してGHG排出量を70%~99%削減できる可能性があることから、航空業界における最も有望な短期的脱炭素化ソリューションとして注目されている。バッテリー電気や水素を動力とする小型の航空機のような次世代脱炭素技術の技術的な成熟度レベルが未だ低いため、特に中長距離航空輸送のために、すぐに利用できる排出削減ソリューションとなる。SAFは、様々な形態の原料から製造することができるうえに、航空機やエンジンに何の改修もせずに使え、従来のジェット燃料とも混ぜて使えるドロップイン燃料として、利用することができる。また、既存の燃料供給インフラストラクチャと互換性もあるため、サプライチェーン上で大規模なインフラ投資を必要としない点において優れている。<sup>19</sup>

図17では、米国およびヨーロッパにおけるSAF関連のスタートアップへの投資額とラウンド数の推移を示している。今回の調査において設定した検索フィルターでは、ヨーロッパにおける投資データの取得はなく、米国のみとなった。同図より、2011年の家庭ごみから航空燃料を含む、バイオ燃料を生産するFulcrum Bioenergy社による資金調達以降、この分野での投資はしばらく起こっていないが、2015年より徐々に復活し、ここ2年間では他の技術と同様に投資額とラウンド数が増加している。

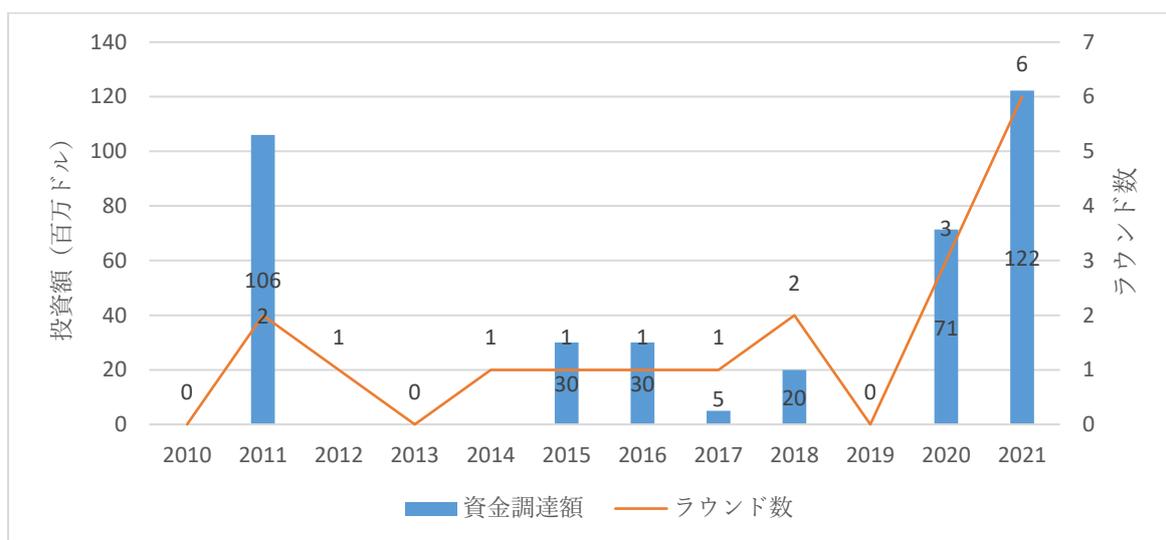


図17 米国におけるSAF関連スタートアップへの投資額の推移

図18,19では投資種別、投資家種別ごとの投資額の推移を示している。同図より、この技術にはベンチャーキャピタルによる投資や、コーポレート・ベンチャーキャピタルによる投資の割合が大きいことが読み取れる。

<sup>19</sup> Oliver Wyman, World Economic Forum 「Financing the Transition to a Net-Zero Future」 2021-10

(<https://www.weforum.org/reports/financing-the-transition-to-a-net-zero-future>)

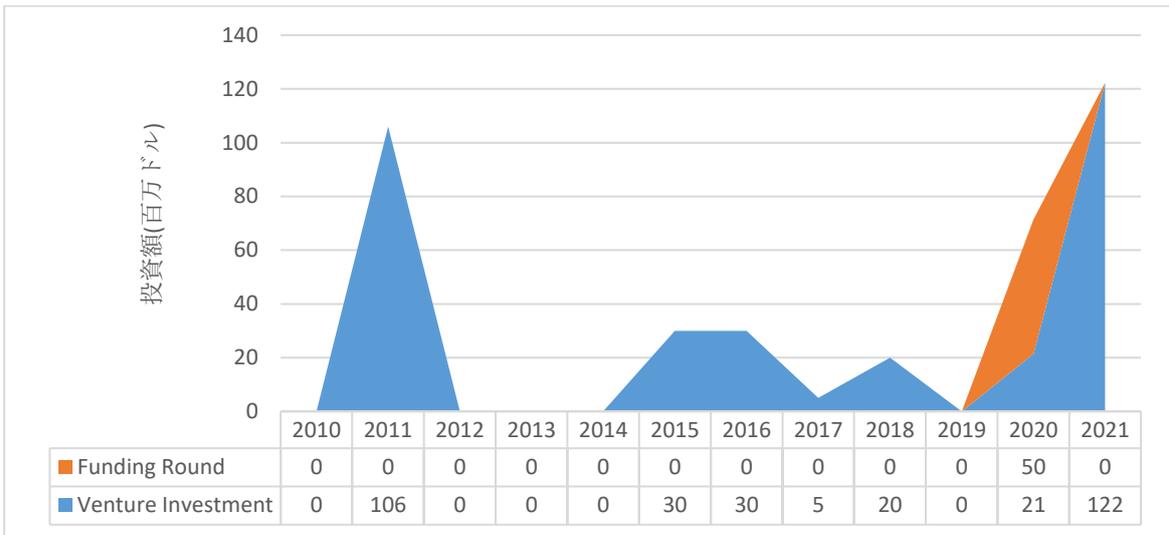


図18 投資種別ごとの米国およびヨーロッパにおけるSAF関連スタートアップへの投資額の推移

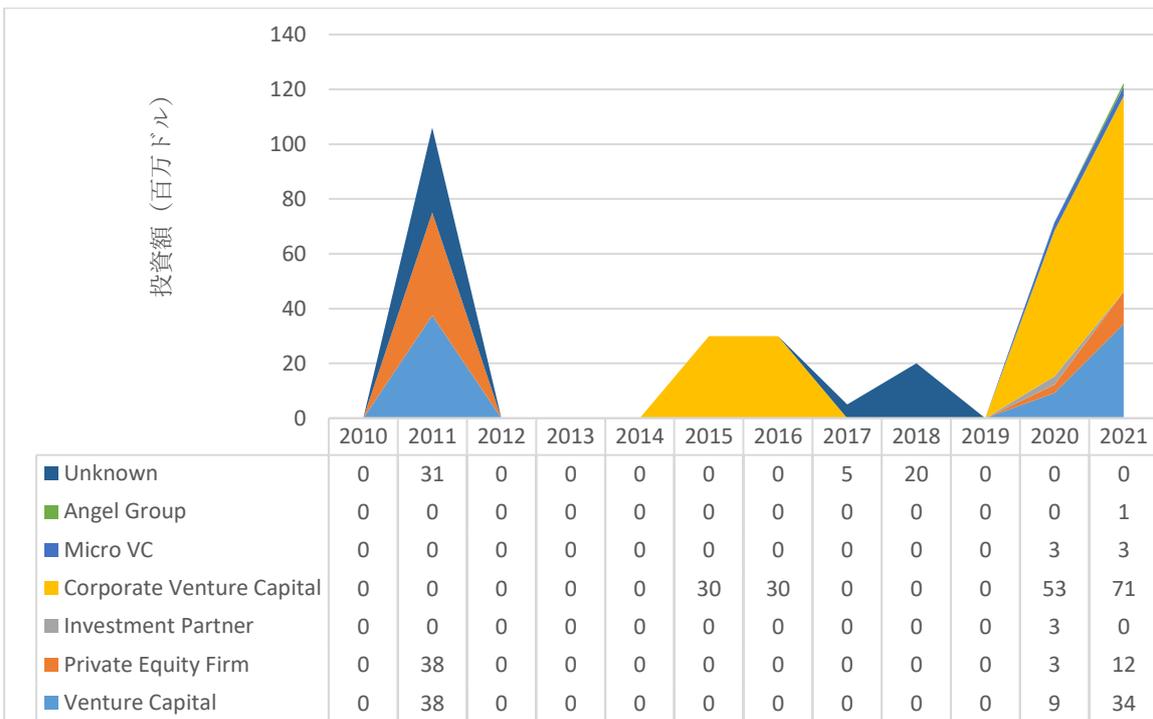


図19 投資家種別ごとの米国およびヨーロッパにおけるSAF関連スタートアップへの投資額の推移

### 3. 民間投資機関の特長

セクション2では、脱炭素技術への投資金額の推移についての説明を行った。このセクションではより定性的な情報に着目し、脱炭素技術への投資環境の全体像と課題、また投資を行う民間投資機関の特徴の整理を行う。

#### 3.1. 投資環境全体のランドスケープ

脱炭素技術など新興のイノベーションは、多段階の成長を通して市場まで展開される。この成長の各段階において、投資パターンは、資本の供給源と、提供された資本の用途の両方について変化する。Breakthrough Energy「Advancing the Landscape of Clean Energy Innovation2019」<sup>20</sup>では、技術の開発サイクルをその成熟度によって、技術研究、技術開発、技術実証、技術展開とに分け、それぞれの成熟度において、どのようなプレイヤーによる投資が行われているのかを整理している。また、PwC「State of Climate Tech 2021」によると、本調査の対象技術はそれぞれ異なる技術的成熟度に分類されており、それぞれの成熟度レベルにより、必要な財務的・非財務的な支援が異なる、とされている。<sup>21</sup>

各開発サイクルの概要と主な投資家				
	技術研究 発明につながる科学的・技術的発見	技術開発 発明の実用化	技術実証 試作や互換性の検証	技術展開 製品採用、市場拡大
活動	脱炭素につながる技術の研究・発見 ・ コンセプト・技術の確立	研究段階で有望視された技術が、商業生産が可能であることを証明する ・ 技術が許容できるコストで効率的に製造または普及できるかどうかを評価 ・ 商業的なリスク評価はまだ難しい	実用的な条件下で、既存システムとの互換性や製品の安全性・信頼性を実証する ・ ビジネスインフラを整備する。販売チャネルや顧客との関係を構築する	この商業展開段階の特徴は、市場での地位の確立と経済性の実証にある。 ・ 商業リスクも合理的に評価できる ・ 販売、契約、会計、保証などの基本的な商業機能 ・ 実証と試験を何度も繰り返す
技術の例	・ NA	・ DAC ・ 次世代製鉄 ・ 低炭素海運 ・ 海洋・潮力発電	・ 代替食品・低炭素プロテイン ・ CCUS ・ 精密農業 ・ グリーン水素製造 ・ 低炭素コンクリート ・ SAF	・ EV用バッテリー ・ 太陽光発電 ・ 風力発電 ・ マイクロモビリティ
公共セクタ	・ DOE ・ アカデミア ・ 研究所	この段階では、DOEの資金は、少ないながらも重要な役割を果たしている	DOEの資金提供のレベルは、ほぼ技術開発段階と同様	・ 政府系ファンド ・ 年金基金
民間セクタ	・ オイルメジャー等 (ただしR&Dの予算5%程度を投下しているのみ)	・ オイルメジャー等 ・ 競争上、継続的な技術革新と改善が必要なサプライヤー等 ・ フィランソロピー ・ 個人投資家	・ ベンチャーキャピタルが重要な役割を果たす ・ OEMやその他のサプライヤー ・ コーポレートベンチャーファンドを通じて行われ大半は社内の研究開発を通じて行われている。	・ プライベート・エクイティ・ファンド ・ 買収・合併 ・ 場合によってはノンリコースでプロジェクト・ファイナンスを提供 ・ プロジェクトの収益がオフテイク購入契約によって保証されている場合 ・ 環境・社会・経済的側面を考慮する投資ファンド

図20 脱炭素技術への投資のランドスケープ

<sup>20</sup>.Breakthrough Energy 「Advancing the Landscape of Clean Energy Innovation2019」 2019-02  
(<https://www.breakthroughenergy.org/reports/advancing-the-landscape/>)

<sup>21</sup>.PwC 「State of Climate Tech 2021」 2021

(<https://www.pwc.com/gx/en/services/sustainability/publications/state-of-climate-tech.html>)

これらのイノベーションの成熟度の段階、主要な脱炭素技術の技術の成熟度の分類、および投資家のランドスケープを、上記2つのレポートや、その他の文献<sup>22</sup>を参照し、図20のように整理した。上述「Advancing the Landscape of Clean Energy Innovation2019」では、各段階の概要を下記のように説明している。<sup>23</sup>

- **基礎・応用研究（技術研究）**

この段階では、商業的成功の可能性は非常に不確実であり、想定されるリターンは通常は長期的である。この段階では、政府や行政機関による投資が最も重要な役割を果たしており、民間部門による資金調達も、初期の研究段階において果たす役割は小さい。この段階での発見や発明は、政策選択に大きく依存している。

- **技術開発**

この段階では、研究段階で有望視されていた技術がスケラブルで商業生産可能であることを証明しなければならない。技術が許容可能なコストで効率的に製造または普及できるかどうかを評価することが可能な段階まで、開発を進める必要がある。この段階では商業的応用の可能性が焦点となるが、商業的リスク評価は依然として困難である。脱炭素技術では、イノベーションが市場に採用される速度が遅いこと、既存のエネルギー供給システムにイノベーションを統合することの複雑さが、技術的に成功したソリューションであっても、投資回収の可能性を制限している。この段階で投資を行う民間の資金源は、個人投資家や、フィンソロपीなどである。現在この段階に分類される技術はDACや、DRI（直接還元鉄）<sup>24</sup>などである。

- **技術実証**

この段階では、新しい技術が拡張可能であり、既存のシステムに統合できることを証明する必要がある。既存の顧客資産やシステムとの互換性を実証し、安全性と信頼性を確保する必要がある。この段階に特有の現象として、より集中的な資金を必要とすることが挙げられる。商業的な実行可能性を達成するために必要な販売チャンネルと顧客関係の開発を開始するために、ビジネス基盤を整備する必要がある。この段階では、製品またはサービスを実際のユーザーが採用する段階に持っていくことが目的となる。この段階では民間による投資が大幅に拡大している。また、VCが重要な役割を担う段階でもある。技術実証段階における民間投資の中で圧倒的に大きな割合を占めているのは、これらの技術の潜在的なユーザーである。

---

<sup>22</sup> CTVC「The Climate Capital Stack – A buyer’s guide to financing your climate venture」2021-10

(<https://climatetechvc.org/the-climate-capital-stack-a-buyers-guide-to-financing-your-climate-venture/>) 等。  
なお、それぞれの開発サイクルに分類される技術の説明は、PwC「State of Climate Tech 2021」2021からの引用である。

<sup>24</sup> 直接還元鉄（DRI）とは、高炉に依らない新世代型の製鉄法で、主として天然ガスを使用して鉄鉱石を還元する。（出所：<https://www.kobelco.co.jp/products/ironunit/dri/>）

る大企業などであり、こうした企業投資の一部は、企業のベンチャーファンド（CVC: Corporate Venture Capital）を通じて行われる他、VC への LP 出資という形で、間接的な投資にも反映されている。現在この開発段階に分類される技術は精密農業<sup>25</sup>や、SAF、グリーン水素の製造などである。

## ● 技術展開

この段階では、技術の拡張性はすでに実証されており、商業リスクは評価できるが、商業規模を達成するために必要な投資は急速に増加する。製品は経済規模を達成するのに十分な割合で採用されなければならず、販売、契約、会計、保証などの一連の基本的な商業的能力によって支えられなければならない。新技術を複数の顧客に普及させるには、デモとテストを何度も繰り返す必要があるため、この導入段階は前の段階と大幅に重なる可能性がある。この商業展開段階でのスタートアップの目標は、市場での地位の確立と経済性の実証である。そのため初期採用を超えて拡大し、新製品をより広い市場に普及させる必要がある。IPO や大企業、SPAC<sup>26</sup>による買収などを経て、VC はこの段階ではその投資による収益化を既に終えていることが多い。PE ファンドが主に参加する段階であり、プロジェクト収益がオフテイク購入契約<sup>27</sup>を通じて、合理的に保障されていれば、資金提供者はノンリコース<sup>28</sup>でプロジェクトファイナンスを提供することもある。しかし、投資のほとんどは企業のバランスシートから行われており、具体的には、利益剰余金、あるいは企業の株式や社債の発行によるものである。この種の企業投資の資金は、さまざまな資金源から調達されている。具体的には、政府系ファンド、年金ファンド、上場投資信託などである。現在この段階に分類される技術は太陽光発電、風力発電、EV の充電インフラなどが挙げられる。

---

<sup>25</sup> 農地の気候や土壌、農作物の状態を、きめ細かく観察・管理することで生産性と品質の向上をはかる手法や技術(出所: <https://boxil.jp/beyond/a6991/>)

<sup>26</sup> 自社事業を持たないペーパーカンパニーとして設立し、株式を公開していない企業を買収することによって上場する法人。脱炭素技術を含むクライメイトテックへの投資では、商業化前の段階で SPAC により上場が行われるケースも出てきている。(出所: [https://www.nihon-ma.co.jp/columns/2022/x2022\\_0113\\_02/](https://www.nihon-ma.co.jp/columns/2022/x2022_0113_02/))

<sup>27</sup> プロジェクトファイナンスにおいて、事業会社が生み出すサービスの購入を定めた契約のことをオフテイク契約(長期供給契約)という。(出所: <https://www.dbj.jp/glossary/>)

<sup>28</sup> ノンリコース(非遡及)とは、融資対象プロジェクトについて、その返済を親会社の保証に依存(=遡求)することなく、子会社である SPC が当該事業から生み出す収益とプロジェクトの資産のみに依存することをいう。(出所: [https://www.dbj.jp/pdf/CSR\\_disclo/2013/09.pdf](https://www.dbj.jp/pdf/CSR_disclo/2013/09.pdf))

### 3.2. 投資環境の課題

上述の投資ランドスケープの各段階において、脱炭素技術のスタートアップがどのような事業活動を行い、そのため、どのような投資機関から資金調達が必要か説明した。この分野の研究では、各開発サイクルのそれぞれの段階において、資金需要と資金供給者の特徴が大きく変わることにより、資金調達が困難になるポイント、いわゆる「死の谷」が複数存在し、さらに、この「死の谷」は、より後期の開発段階にいくほどスタートアップへのサポートのシステムが成立されていないということも指摘されている。<sup>29</sup>

以下、投資家へのヒアリングや、文献調査から得られた情報に基づき、脱炭素技術への資金供給上の課題について説明を行う。

#### 投資家による業界・技術の知識不足

脱炭素技術への投資には、気候変動とエネルギーシステム、特に特定の技術の炭素排出削減量への影響に関する知識も必要である。当該技術が既存の技術やシステムに統合される。もしくは、置き換わることを意図している場合が多いことを考えると、投資により得られる財務的リターンや、インパクトの推定は複雑になる可能性がある。<sup>30</sup>従来の投資家にとっての課題は、これらの投資家が該当技術を理解したり、評価したりするケイバビリティを持っていないことであるということが、脱炭素技術への投資を行うファンドへのヒアリング調査の際に、課題として指摘されている。同ファンドでは、他の投資機関とシンジケートを組成して投資を行うことが多いが、技術的デューデリジェンスの難しさを理由に、共同投資の提案を断られることがあるという。

#### ラボから商用化までの年数が長くかかる。かつその期間の予測が困難

実験室規模のコンセプトの最初の証明から、高品質の生産物を一貫して大量に生産する工場でのオペレーションの開始まで、脱炭素技術の開発には長期の開発や実証期間、ビジネスの成立までの時間がかかる。クリーンテックバブルでは、このスケールまでの時間が考慮されず、多くのハードウェア技術への投資が失敗したということが指摘されている。<sup>31</sup>

確かに、CCUS や、水素の製造、輸送に係る一部の技術などは、技術そのもの成熟度の成長と、投資市場の変化により、スケールまでの時間をそれほど考慮せずとも、通常のプロトタイプ期間の設定でも投資が行えるようになってきている。しかし、より新規性の高い、電気や水素を利用した低炭素の推進システムを採用した航空機など、開発中の技術については、依然として、長期目線での投資が必要になるということが、ヒアリング調査で指摘されている。

---

<sup>29</sup> Breakthrough Energy 「Advancing the Landscape of Clean Energy Innovation2019」 2019-02 (<https://www.breakthroughenergy.org/reports/advancing-the-landscape/>)

<sup>30</sup> Yale Center for Business 「From Solution to Scale」 2019(<https://cbey.yale.edu/research/from-solutions-to-scale-considerations-and-insights-for-investing-in-nascent-climate>)

<sup>31</sup> MIT Energy Initiatives 「Venture capital and cleantech: The wrong model for clean energy innovation」 2016-07(<https://energy.mit.edu/publication/venture-capital-cleantech/>)

## ポジティブなインパクトへの共通認識の不足

現在の投資市場において、新興の脱炭素技術への投資は、財務的リターンを確約はできなくとも、気候変動に大きなプラスのインパクトを与えうる。しかし、そのインパクトの測定や定量化は共通のコンセンサスが広く普及しているわけではない。投資対象の各々の技術が、既存のビジネスサプライチェーンに統合される際のインパクトを推定するのは複雑であり、上述のように技術的専門知識も必要になる。<sup>32</sup> その中で、いくつかのファンドや投資機関では、インパクト測定のフレームワークや、炭素排出削減量を計測するツールを開発し、共通の枠組みを広げる取組を行っている。

## 脱炭素技術はプレミアアが載っているため高価であり、商品市場での競争力が低い

本調査で取り上げる技術により生産される製品やサービスは基本的にコモディティである。そのため、一般的に既に市場に広く普及している、従来の製品と比較して割高な価格となる。例えば、グレー水素とグリーン水素の比較という観点では、生産の過程で低価格の化石燃料由来エネルギーを利用するグレー水素に比べて、グリーン水素の価格は高額になる。Breakthrough Energy によると、単位 Kg あたりの価格でおよそ 2.4 倍から 5.3 倍の価格差がある。また SAF と従来のケロシン燃料では 1 ℓ 当たりの価格が 1\$, 0.5\$ と約 2 倍異なる。<sup>33</sup> このように生産される製品に価格差が生じることで、該当技術は市場での競争力が価格面で大きく劣ることになる。結果として、キャッシュベースでの収益予想が必要になる、プロジェクトファイナンスによる資金調達が絡む一部の技術においては、特にこの市場価格との差がプロジェクトの収益性を損なうため課題になると考えられる。ビルゲイツ氏はこのプレミアムを「グリーン・プレミアム」と呼称し、脱炭素化社会への実現に向けて、この「グリーン・プレミアム」を減少させていくことを目標とすべきであると提唱している。<sup>34</sup>

## 政治と規制の不確実性

特にエネルギー業界では、政策や規制の影響がイノベーションの促進に大きな影響を与える。現在、多くの政治家が炭素税やグリーン燃料の一定割合の混合義務などの実施を検討しているが、大きな政治的不確実性が残る。そのため、現在の短期的なインセンティブ政策が脱炭素技術により生産される製品の需要と、供給の長期的な予測を不透明にしており、その結果、投資家は長期的な投資のリスクを効果的にヘッジすることが難しいという。<sup>35</sup>

---

<sup>32</sup> CDP・Breakthrough Energy 「EMERGING CLIMATE TECHNOLOGY FRAMEWORK」 2021([https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/005/163/original/ECT\\_Framework\\_v1.1\\_%284%29.pdf](https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/005/163/original/ECT_Framework_v1.1_%284%29.pdf))

<sup>33</sup> Breakthrough Energy プレゼン資料 ([https://ec.europa.eu/clima/document/download/4e3d6f4a-cba3-493c-b91e-add97c6fab5e\\_en](https://ec.europa.eu/clima/document/download/4e3d6f4a-cba3-493c-b91e-add97c6fab5e_en))

<sup>34</sup> Wired 「2050 年の CO2 ネットゼロに向け「グリーン・プレミアム」を指標にすべきだ」 2021-04(<https://wired.jp/membership/2021/04/23/bill-gates-interview-climate-crisis/>)

<sup>35</sup> Oliver Wyman, World Economic Forum 「Financing the Transition to a Net-Zero Future」 2021-10 (<https://www.weforum.org/reports/financing-the-transition-to-a-net-zero-future>)

## 資本集約度とリスク許容度のミスマッチ

ソフトウェアへの投資と比較して、ハードウェアを要する脱炭素技術への投資は、資本集約度が高くなる。特に技術展開の段階では、プラントの建設や、大規模な原材料の購入など大規模な投資が必要になる。VCは、新しい技術やビジネスモデルに対して非常にオープンである。しかし、VCはその特性上、数多くのベンチャーに投資し、その一部が莫大なリターンを上げるという投資を行う。そのため一つのプロジェクト、スタートアップに対して集中的に莫大な投資を行うことはできない。一方でPEファンドや、銀行など、大規模なプロジェクトの投資家は、より資本集約度の高い資本を提供することが可能であるが、技術リスクに関しては非常に保守的である。<sup>36</sup>

また、技術的リスクだけではなく、生産時に投入される原材料が高価かつ価格の変動幅が大きいことや、大規模な商業展開時の顧客開拓が未だ困難であるため、商業的なリスクも大きく残ることになる。これにより、技術展開のための資金を企業が確保することが難しくなる。さらに、下流サイドの投資家として、プロジェクトファイナンスにおけるデッドファイナンスの担い手である、銀行は、比較的短期の債権を保有しているが、脱炭素技術のプロジェクト化においては、建設期間が長く、収益性を確保するまでの事業拡大に時間がかかるため、より長期の資金調達を必要とする。また特に初期段階のプロジェクトは、証券化のソリューションが未開発であり、流動性が低いプロジェクトの投資家はリスクを吸収することが求められるという。<sup>37</sup>

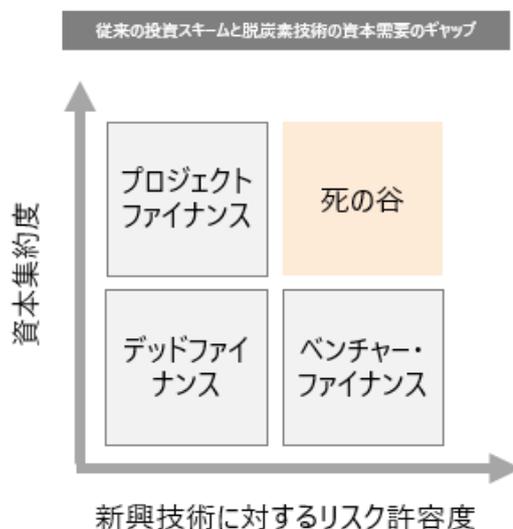


図21 資本集約度と技術へのリスク許容度の差異からみる「死の谷」  
(「Venture Capital Investment in the Clean Energy Sector」より作成)

<sup>36</sup> Shikhar Ghosh, Ramana Nanda 「Venture Capital Investment in the Clean Energy Sector.」 2010-08  
([https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/11-020\\_0a1b5d16-c966-4403-888f-96d03bbab461.pdf](https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/11-020_0a1b5d16-c966-4403-888f-96d03bbab461.pdf))

<sup>37</sup> Oliver Wyman, World Economic Forum 「Financing the Transition to a Net-Zero Future」 2021-10  
(<https://www.weforum.org/reports/financing-the-transition-to-a-net-zero-future>)

### 3.3. 投資機関の特長の説明

ここまでのセクションにおいて、脱炭素技術への投資環境の全体像の説明を行った。今回の調査では脱炭素技術への投資を行う投資機関の特徴を抽出すべく、各投資のランドスケープに関わる 20 数社の投資機関に対しての机上調査および、一部の投資機関へのヒアリング調査を行っている。これらの投資機関は、運用する資本の種類や、求めるリターンの種類により、上述のランドスケープの適切な段階で投資を行う。

各々の特徴の整理のために、便宜上、投資を行う開発サイクルの段階（除く技術研究の段階）に合わせて、民間ファンドを 4 種類に分類した。これらのファンド全体でみられる共通の特徴と、それぞれの種類の投資ファンドの特徴をこのセクションでは説明する。以下に本セクションで説明を行う投資ファンドの分類を示す。

- 1) 技術開発の段階で投資を行う、フィランソロピー・ファンド
- 2) 技術実証の段階で投資を行う、ベンチャーキャピタル
- 3) 技術展開の段階で投資を行う、PE・インフラファンド
- 4) 広範囲での投資を行う、CVC

	技術開発 発明の実用化	技術実証 試作や互換性の検証	技術展開 製品採用、市場拡大
①	②	③	
カテゴリー	① フィランソロピー・ファンド	② VC	③ PE・インフラファンド
ファンド投資家	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 個人投資家</li> <li>・ 財団</li> <li>・ 助成団体</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ファミリーオフィス</li> <li>・ 企業、起業家など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 企業</li> <li>・ 年金機構等</li> </ul>
投資種別	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ グラント</li> <li>・ コンバーティブルノート</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンバーティブルノート</li> <li>・ エクイティ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ グロースエクイティ</li> <li>・ プロジェクト/アセット・ファイナンス</li> </ul>
具体例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Decarbon8</li> <li>・ Prime Impact Fund</li> <li>・ Übermorgen Ventures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ AP Ventures</li> <li>・ World Fund</li> <li>・ DBL Partners</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Vision Ridge Partners</li> <li>・ Spring Lane Capitals</li> <li>・ Generate Capital</li> </ul>
④	④ CVC		
広範囲に投資活動を行うファンド	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 戦略的投資を行う、エネルギー企業、ビックテック企業等（例：Shell Ventures, Amazon climate pledge Fundなど）</li> <li>・ エクイティ投資からプロジェクトファイナンスまで幅広い資金供給が可能。</li> </ul>		

図22 調査した民間投資ファンドの分類およびその具体例

最初に、全カテゴリーで共通してみられる特徴を説明する。4つのカテゴリーの投資家に共通する特徴を以下のとおり抽出した。脱炭素技術の分野で新興技術に対して投資を行う投資機関は、4つの特徴の全て、もしくは一部を満たすものであるといえる。

- インパクト投資
- 技術評価のケイパビリティ
- ユーザーとなる大企業との戦略的パートナーシップ
- 政策・規制に対する提唱機能

## インパクト投資

まず1つ目に特徴として挙げられるのが、脱炭素技術への投資を行う多くの投資機関が、自社の投資活動をインパクト投資として位置付けていることである。GSG 国内諮問委員会<sup>38</sup>によると、インパクト投資とは、財務的リターンと並行して、ポジティブで測定可能な社会的及び環境的インパクトを同時に生み出すことを意図する投資行動である。<sup>39</sup>脱炭素技術への投資を行う投資家の多くは自分たちの投資活動をこのインパクト、具体的には気候変動対策のための二酸化炭素排出の削減に紐づけている。

インパクトを測定するにあたり、どのような手法があるかを説明する。文献調査や投資家へのヒアリングによると、各々の投資機関がこの測定手法の開発に力をいれており、GIIN（グローバル・インパクト投資ネットワーク）<sup>40</sup>が開発した、インパクト評価のフレームワーク IRIS+の他に、脱炭素技術への投資を行う投資機関が独自に開発したインパクト評価のフレームワークや、炭素排出削減量を測定するためのオープンソースのツールが存在する。これらのフレームワークや、ツールは現在も開発が進行中である。

- **IRIS+**

IRIS+は、GIINが開発したインパクト投資による成果を測定するための主要な指標とその運用方法のカタログである。事業者と投資家との共通言語の確立、透明性・信頼性・比較可能性の向上を目的としている。現在、インパクト投資に係る594個の指標が用意されており、インパクト測定・マネジメントのツールとしてオンラインで利用が可能である。投資家や事業者がインパクト戦略を立てるために、同ツール上で用意されている投資テーマやその戦略的目標を選択することで、効果的なインパクト測定とマネジメントを行うために測定すべき指標と、その運用のガイドが提示されている<sup>41</sup>。例えば、脱炭素に関連するテーマとして、「気候変動緩和」や、「気候変動への適応」などがあり、目標としては、「クリーン・モビリティ」、「持続可能な製造」などがある。これらのカテゴリーと目標に対して、脱炭素技

---

<sup>38</sup> GSGは、世界30カ国を超える加盟国や地域（EU）が参加し、金融機関、行政・国際組織、事業者などと連携しながら、インパクト投資を推進するグローバルネットワークである。GSG国内諮問委員会は、GSGネットワークの一員として、日本におけるインパクト投資推進のハブ組織として調査研究・普及啓発・ネットワーキング活動を通じて、インパクト投資やエコシステムの拡大に貢献している。

（出所：<https://impactinvestment.jp/index.html>）

<sup>39</sup> GSG国内諮問委員会ホームページ（<https://impactinvestment.jp/impact-investing/about.html>）

<sup>40</sup> インパクト投資の活性化を目的に、ロックフェラー財団を中心とした投資家により創設されたグローバルなネットワーク。社会的・環境的なインパクト評価指標の標準化を目指している。

（出所：<https://simi.or.jp/grc/tags/giin/>）

<sup>41</sup> IRISホームページ（<https://iris.thegiin.org/>）

術のインパクト指標としては、PI2764(Greenhouse Gas Emissions Avoided or Reduced)<sup>42</sup>を用いることが一般的なようである。<sup>43</sup>

## 個別のインパクト評価フレームワーク

今回調査を行った民間ファンドの中には、投資時のインパクトの測定と管理のために独自のインパクト測定フレームワークを開発しているファンドもある。

- **Climate performance potential(CPP): World Fund**

World Fund は脱炭素化に役立つテクノロジースタートアップを投資ターゲットにしており、ヨーロッパ最大の気候テック専門 VC であると主張している。ヨーロッパのテック起業家を含む約 60 人の投資家と、広告費用の利益の一部、植林・森林再生活動を行う非営利団体に寄付する検索エンジン「Ecosia」のリードにより、3 億 5000 万ユーロのファンドを立ち上げた。このファンドは、資金調達のための先行指標として、投資対象先スタートアップの技術の気候変動への潜在的なインパクトを 2 つの側面から測定し、評価する。1 つ目の側面では、そのスタートアップが扱う、競合企業も含めた技術全体で削減可能な炭素排出量の測定を行うことで、当該技術のインパクト面での競争力を確認する。2 つ目の側面では、当該スタートアップが扱うサービスやプロダクトのユニット当たりの削減量を算定することで、競合企業との比較可能性を高める。World Fund が支援するスタートアップは、毎年少なくとも 100 メガトンの二酸化炭素を削減する可能性があることを実証できる必要があるという。<sup>44</sup>

- **Impact Multiple Money (IMM) TPG Rise Climate**

米国のプライベートエクイティファンドである Rise Climate は 2017 年に 20 億ドルの資金調達目標を達成し、世界最大級の PE インパクトファンドとなった。同ファンドの LP には AXA といった民間金融機関の他にワシントン州やサンフランシスコ市の退職年金基金などが名を連ねている。現在では 60 億ドル以上の投資資産を運用しており、クリーンエネルギー、脱炭素輸送、緑化などにも投資を行っている。同社はインパクトを測定・定量化するための独自のツール開発に多額の投資を行い、インパクト測定の支援を目的とした Y Analytics という団体も立ち上げた。Y Analytics では Impact Multiple Money (IMM) という手法を展開している。この手法は、予想されるインパクト・リターンを経済効果、すなわちドルベースの財務価値で算出し、投資前の評価を行う。Rise Fund では、IMM の計算により、投資額 1 ドルに対して最低 2.50 ドルのインパクト・リターンが見込める場合のみ企業

---

<sup>42</sup> IRIS のカタログ指標の一つ。報告期間中に組織が回避または削減した温室効果ガス (GHG) 排出量と定義されている。(出所:<https://iris.thegiin.org/metric/5.2/pi2764/>)

<sup>43</sup> CDP・Breakthrough Energy 「EMERGING CLIMATE TECHNOLOGY FRAMEWORK」2021([https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/005/163/original/ECT\\_Framework\\_v1.1\\_%284%29.pdf](https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/005/163/original/ECT_Framework_v1.1_%284%29.pdf))

<sup>44</sup> World Fund ホームページ (<https://www.worldfund.vc/>)

に投資するという。<sup>45,46</sup>

- **炭素原単位：Amazon**

上記フレームワークとは意味合いが異なるが、Climate Pledge Fund を設立し、脱炭素技術への投資を積極的に行う Amazon は、サプライチェーン全体での炭素排出量の測定の他に、売上当たりの炭素排出量の測定を行い、彼らの事業活動における炭素排出削減量の可視化を行っている。自社の事業の拡大により、短期的には総排出の絶対量が増加していくが、この指標を測定することで、年間の炭素削減パフォーマンスを相対的に比較することが可能である。同社の ESG レポートによると、2019 年の炭素原単位の指標は 122.8 グラム/ドルであり、2018 年の 128.9g/ドルから前年比 5%減となった。Amazon は未だ同社の脱炭素への取組は道半ばであると説明している。<sup>47</sup>

- **Crane(Carbon Reduction Assessment for New Enterprises)：Prime Coalition**

CRANE は、オープンソースのウェブアプリケーションであり、ユーザーは新技術の温室効果ガス (GHG) 削減可能性を評価できる。このソフトウェアは脱炭素技術への投資を行う非営利団体 Prime Coalition により開発された。開発の目的は、投資家、起業家、政府機関、インキュベーター、慈善団体などが、複雑な気候影響への評価を行うのに必要な時間とリソースを削減することである。評価対象となる、脱炭素技術のカテゴリーや名称、市場への普及率の予測などの情報を入力することで、出力として、当該技術の導入により回避または削減できる温室効果ガスの排出量の分析を二酸化炭素換算百万トン単位で表示する。分析には、詳細なシナリオの提示、参考となる文献や研究、計算方法の説明を提供する要約レポートが含まれる。各分析結果は複数のフォーマットでダウンロードでき、関係者間で共有し、さらなる検討と改善に役立てることができるという。<sup>48</sup>

## 技術評価のケイパビリティ

いくつかの投資家へのヒアリングにより、投資対象となる技術への専門知識をそのファンドが有しているか否かが、従来の民間ファンドとの違いとして挙げられた。上述のとおり、特にこの産業では既存のシステムとの互換性など、複雑な専門知識が必要になるため、同分野での経験や知識が、投資の成功に不可欠であるという。一部のファンドは外部との提携により、技術的なデューデリジェンスを行える体制をとっている。

- **Shell Ventures**

エネルギー企業では、脱炭素技術の評価を行うことができる専門家を自社内に有しているこ

---

<sup>45</sup> TPG Rise Climate ホームページ(<https://therisefund.com/measurement>)

<sup>46</sup> The Bridgespan Group 「Calculating the Value of Impact Investing」 2018-12(<https://www.bridgespan.org/insights/library/impact-investing/calculating-the-value-of-impact-investing>)

<sup>47</sup> Amazon 社ホームページ (<https://amazon-press.jp/Top-Navi/Sustainability/Carbon-footprint.html>)

<sup>48</sup> Crane ホームページ(<https://cranetool.org/>)

とが一般的なようである。例えば、バッテリー技術への投資を行う場合、バッテリーの専門家が社内に在籍しており、電力網や電解質などのバッテリーに含まれる化学物質について理解しているので、当該のスタートアップに対して投資を行うべきか否か、より良い投資判断を行うことができるという。<sup>49</sup>

- **Microsoft Innovation fund**

マイクロソフトは、カーボンクレジットの購入プログラムにおいて、第三者の技術・科学専門機関である Carbon Direct および Winrock International と協力し、この提案を審査することを発表している。具体的には、炭素の除去期間や、プロジェクトを実施しない場合の炭素排出量、炭素を除去し別の場所に移す際の漏出リスクなどを調べたということが、同社のホームページ上に記載されている。同社の脱炭素技術への投資ファンドでの投資活動においても、こういったパートナーシップを活用し、技術的評価を行っているものと考えられる。

<sup>50, 51</sup>

- **E8**

米国で脱炭素技術への投資を行う、個人投資家のネットワーク E8 も外部とのパートナーシップにより、この技術評価のケイパビリティを有している。同ネットワークでは、投資先のスタートアップを評価する際に、ワシントン大学の研究員と協力し技術的なデューデリジェンスプロセスを行うという。<sup>52</sup>

### ユーザーとなる大企業との戦略的パートナーシップ

複数の投資家とのヒアリングや机上調査を通して、これらの投資機関の中には脱炭素技術のユーザーとなる企業側と連携して、ユーザーとスタートアップの情報ハブとして提携先のマッチングを戦略的に行っていることが確認されている。ここでは大きく二つのパターンがあると考えられる。

- **大企業の LP<sup>53</sup>**

ファンドの LP が戦略的リターンを求める企業の場合である。例えば、英国の AP ベンチャーは水素関連の技術に主眼を置く、民間の VC である。このファンドの LP はエネルギー、鉱業、自動車分野で重要な産業基盤を持つ戦略的投資家であるとホームページ上で述べられている。具体的には、日本の三菱商事や、住友商事などの総合商社も LP に名を連ねている。同社によると、このエコシステムにより、スタートアップと投資家の知識を結集しながら

---

<sup>49</sup> Shell 社ホームページ(<https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/shell-ventures/about.html>)

<sup>50</sup> マイクロソフト社ホームページ(<https://news.microsoft.com/ja-jp/2021/02/04/210204-one-year-later-the-path-to-carbon-negative-a-progress-report-on-our-climate-moonshot/>)

注) 他の投資機関へのインタビューでも、Microsoft Innovation fund は現状、単独で技術的なデューデリジェンスを行ってはいないことを説明されている。

<sup>52</sup> E8 ホームページ(<https://www.e8angels.com/>)

<sup>53</sup> リミテッド・パートナーの略。ファンドに有限責任での投資を行う投資家。

(出所: <https://creww.me/tips/limited-partner>)

らこれらの企業を結びつけ、価値向上の機会を提供することが可能であるという。<sup>54</sup>

- ネットワーク・パートナーシップ

LP とは別に、大企業とのネットワークプログラムをもつファンドも多く存在するようである。これらのネットワークプログラムでは定期的なマッチングイベントなどを行うことで、投資先スタートアップが、適切なユーザーや後続ラウンドにおける出資者を見つけることができる。

- エンジンネットワーク

Engine Fund は MIT 発のベンチャーファンドである。主に開発段階にあるタフテックと呼ばれる（新エネルギー、ロボット、宇宙事業、バイオテクノロジー、創薬など）への投資を行う。このファンドではエンジンネットワークと呼ばれるネットワークを開発し、アーリーステージのベンチャー企業と、企業や政府のパートナーとの関係を構築するためのイベントの開催などを行っている。例えば、毎年 10 月に開催される「タフテック・サミット」には、500 人の企業・政府関係者が集まり、スタートアップ企業のピッチイベントなどを行う。また、四半期ごとに開催される「テクノロジー・ランドスケープ・ブリーフィング」では、これらのタフテックに関するセミナーを行い、新分野の技術について、関係者が見識を深める機会を提供する。<sup>55</sup>

- エレメンタルアクセラレータ

モビリティ、エネルギー、水問題、サーキュラーエコノミーの分野に特化し、主に助成金を出す事業体として、2011 年にハワイで設立された。追加の仕組みやサポートを提供せずに資金だけを提供してもスタートアップが成功しないことに気づき、それ以降、プロジェクト管理や顧客開発などの様々なプログラムを用意して投資先のスタートアップをサポートしている。同社では現在ナビゲータープログラムと呼ばれる、スタートアップと企業によるマッチングを行うためのプログラムを提供しており、登録企業には、Amazon、United Airlines、Ford、Pepsi などの米国企業の他に、住友商事なども確認されている。<sup>56</sup>

## 政策・規制に対する提唱機能

これらの民間ファンドの中には、政策的バックグラウンドをもつスタッフや、専門家が在籍しており、ロビー活動や、政策的提唱活動を行うことがある。ただし、ヒアリング調査によると、この機能は戦略的に意図して実装したわけではないという指摘もあった。ソフトウェア産業とは異なり、脱炭

---

<sup>54</sup> AP ベンチャーズ(<https://apventures.com/#our-investors>)

<sup>55</sup> エンジンファンドホームページ (<https://www.engine.xyz/wp-content/themes/the-engine-wp-theme/templates/assets/The-Engine-Report.pdf>)

<sup>56</sup> エレメンタルアクセラレータ ホームページ (<https://elementalexcelerator.com/navigator/>)

素技術が分類されるエネルギー産業では多くの規制に対応しなければいけないことから、このような機能が備わる傾向があるのではないかと考えられる。

- **DBL Partners**

同社は JP モルガンよりスピニアウトした、ベンチャー投資によりイノベーションを加速させ、社会的インパクトにプラスの影響を与えることを使命とした VC である。同社は自社の方針を「ダブル・ボトム・ライン投資戦略」と称し、トップレベルの財務的なリターンを実現できるスタートアップに投資し、投資先企業と協働して、事業を展開する地域の社会・環境・経済の改善を実現するというアプローチをとる。DBL パートナーズは、政策立案や規制への関与を通じて、その支援を具体化するための積極的な役割を担っているという。具体的には、同社は、連邦、州、地方レベルの規制機関と協力し、コンプライアンス、許認可、公的リソースへのアクセスなどの問題について、ポートフォリオ会社の代理として提唱することがある。具体的には、エネルギー産業を管轄する複数の政府機関とのラウンドテーブルミーティングの主催や、クリーンスタートアップへの出資法案に対する支持、規制当局へのビジネスケースの説明などの働きかけなどを行っているという。<sup>57</sup>

- **Generate Capital**

Generate Capital は、持続可能なインフラストラクチャの構築、所有、運用を行う金融会社である。同社はエネルギー、モビリティ、水資源の資産を運用し、資金を調達している。同社はプロジェクト開発者のニーズに合わせた様々な資本提供および購買サービスと併せて、規制問題とアドボカシーなどの対応も行っている。例えば、下記の事例が同社のホームページにおいて説明されている。太陽光発電の開発企業、Cypress Creek Renewables 社は、ニューヨーク市において、同社の開発による、太陽光発電システムの展開を企図し、ポートフォリオの買い手を求めていた。しかし、規制が整う前であり、その動向の不透明さから、買い手の獲得が困難であった。Generate Capital はニューヨーク市において、同社がソーラーパネルを展開するための 1.3 億ドルの資金を拠出すると共に、規制への対応を担い、プロジェクトの展開をサポートしたという。<sup>58</sup>

---

<sup>57</sup> Yale Center for Business 「From Solution to Scale」 2019(<https://cbey.yale.edu/research/from-solutions-to-scale-considerations-and-insights-for-investing-in-nascent-climate>)

<sup>58</sup> Generate Capital 社 ホームページ(<https://generatecapital.com/>)

### 3.3.1. フィランソロピー・ファンド

このカテゴリーに分類される投資ファンドの特徴は、より社会的インパクトの側面に重点を置いていることである。投資にあたっては、スタートアップの創業者のシェアの希薄化が少ない方法で資本を提供することも多い。これらのファンドによる投資は、他のより大型の資本を後続に呼び込むことがあることから、「触媒的資本」という呼ばれ方をすることもある。<sup>59</sup>例えば、米 Venter lab による投資ファンド Climate Impact Fund は CCS などの技術に対する投資を行っているが、投資対象の選定の判断基準として「従来の投資家から必要な資金を調達できない開発段階にあること」という項目を挙げている<sup>60</sup>。主にシードやプレシードを対象とした投資を行っている。

これらのファンドによって提供される資本は、投資先へのリターン設定等の条件が柔軟であることから、「忍耐強い資本」もしくは「譲許的な資本」とも呼ばれ、主にクリーンテックバブルの崩壊後から、2020 年以降のベンチャー投資の活性化までのキープレイヤーであったということが、複数の文献<sup>61</sup>により説明されている。また、現在においても、開発の初期段階にあるスタートアップにとっては依然として重要な資金の供給元であるといえる。

#### ファンドの投資家

これらのファンドへの投資を行う投資家は、気候変動に対して強い使命感を持つ、富豪や、助成団体などがメインとなる。

- **助成団体/ドナー・アドバイス・ファンド：**  
慈善資金を提供しようとする財団などが挙げられる。例えば上記 Climate Impact Fund は米国でも屈指の運用額を誇るバンガード慈善寄付プログラムからの資金調達を行っている。<sup>62</sup>
- **ミッション・マインドを持つ個人/個人投資家：**  
米国の個人投資家ネットワーク E8 による投資ファンド Decarbon8 は、個人からのドネーションを受け付けている。同社によると、これは家族、友人、従業員がつながり、気候変動の進行を促進するための方法であると述べられている。<sup>63</sup>

---

<sup>59</sup> Tideline 「Catalytic Capital」 2019-03([https://tideline.com/wp-content/uploads/2020/11/Tideline\\_Catalytic-Capital\\_Unlocking-More-Investment-and-Impact\\_March-2019.pdf](https://tideline.com/wp-content/uploads/2020/11/Tideline_Catalytic-Capital_Unlocking-More-Investment-and-Impact_March-2019.pdf))

<sup>60</sup> Venter lab ホームページ(<https://vertuelab.org/impact-fund>)

<sup>61</sup> MDPI 「Financing Energy Innovation: The Need for New Intermediaries in Clean Energy」 2020-12 (<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10440>) など

<sup>62</sup> Venter lab 資料

([https://static1.squarespace.com/static/5a9ee0b3e74940c5cc46249a/t/5e6ab01b4beadc658c1eac51/1584050225582/VertueLab\\_Fund+2020-03-10\\_5.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5a9ee0b3e74940c5cc46249a/t/5e6ab01b4beadc658c1eac51/1584050225582/VertueLab_Fund+2020-03-10_5.pdf))

<sup>63</sup> Decarbon8 ホームページ (<https://www.e8angels.com/decarbon8-us-fund>)

## 投資の手法

これらの投資機関による投資は、スタートアップの創業者のシェアの希薄化が少ないものも多い。例えば、コンペティションによる賞金や、プロジェクトベースの助成金、特定の分野に研究を集中させるための資金を提供するものなどである。通常、スタートアップは一定のタイムラインに従って実証、進捗の報告を求められる。無条件に資金を提供するものから、副次的に投資先スタートアップのシェアなどを得るものまで様々である。これらの投資家によって、投資される金額は1ラウンドあたり、数10万から100万ドル程度である。これらの投資家の特徴的な投資ツールとして、以下のツールがYale Center for business and the Environment「From Solutions to Scale」<sup>64</sup>において紹介されている。

- **無制限 Grant**

組織の一般目的を支援することを目的とした Grant。資金の用途についての規定がないため、無制限である。

- **回収可能 Grant**

融資と Grant の両方の要素を持つ投資ツールで、資本の受け手が、財務実績に基づいて、元本と可能であれば金利を投資家に返済する。投資家は、受領者が好業績をあげた場合には資本を回収することができ、受領者が好業績をあげなかった場合には債権を放棄することができる。回収可能 Grant は、米国では、手頃な価格、柔軟な資本の形態として、より広く普及しつつあるという。

- **転換社債**

あらかじめ決められた転換価額やクロージング時などの一定の条件の下で、保有者に株式または持分に転換する権利を付与するローン、または負債。投資ラウンド初期段階の会社にとって転換社債の利点のいくつかは、創業者や投資家がより多くの情報が入手できるまで評価の確定を遅らせることができること、他の多くの選択肢よりも容易で複雑性が低く柔軟性の高い資金調達方法を提供できること、そして多くの場合、創業者が自身のシェアを保持できることである。

- **Simple Agreement for Future Equity(SAFE)**

転換社債の代替手段として用いられることが多い。資金を投資し、あらかじめ設定された一定のパラメータに基づき、将来の株式を購入する権利を受け取る。ただし、SAFE は、転換社債とは異なり、デッド性の投資に対して、株式転換の権利を付与するものではないため、利息や満期などの条件が無い。米国の著名なアクセラレータである Y Combinator により開発された。シンプルでわかりやすい5ページ程度のフォームにより初期のスタートアップに広く普及しているという。<sup>65</sup>

---

<sup>64</sup> Yale Center for Business 「From Solution to Scale」 2019(<https://cbey.yale.edu/research/from-solutions-to-scale-considerations-and-insights-for-investing-in-nascent-climate>)

<sup>65</sup> TMI 総合法律事務所 (<https://www.tmi.gr.jp/eyes/crosstalk/2021/12489.html>)

## 投資事例

2018年、Prime Impact Fund は140万ドルのプレAラウンドを主導し、天然の塩水湖から、リチウムをより効率的かつ、環境負荷の低い方法で抽出する技術を持つスタートアップ企業ライラックへの投資を行った。

世界のリチウム埋蔵量のほとんどは、天然の塩水湖に存在する。従来、この塩水湖からリチウムを抽出するには、環境負荷が高く、天候に左右されやすい大規模な蒸発池が必要であった。ライラックは、蒸発池を必要としない、リチウム抽出用のイオン交換ビーズと呼ばれる材料を開発した。このビーズを、塩水を充填した大型のタンクに設置することで、ビーズがリチウムを吸収し、そのビーズからリチウムを抽出することができる。<sup>66</sup>

ライラックの安価で環境に優しいリチウム製造技術が大規模に導入すれば、2050年までに2億8000万トンの二酸化炭素を削減できる可能性があり、創業者たちのアイデアの背景には、科学的な裏付けがあった。しかし、従来のベンチャー投資家はライラックへの投資リスクが高すぎると考えていた。Prime Impact Fundの支援を受けて、ライラックは市場導入に向けた技術開発を行い、3つの大陸の顧客と商業的なパイロット契約を締結した。Prime Impact Fundが提供した資本はライラックが企業として成熟し、後続の投資家にとってより魅力的な投資対象となる触媒の役割を果たした。<sup>67</sup>

### 【コラム】多段階のサポートプログラムを展開するファンド

これらのファンドの中には、対象スタートアップの成長度と資金需要に合わせた、複数の投資・サポートプログラムを用意しているものもある。特に、過去1年の間に、より大きくなっている資本需要に合わせて、VCファンドをスピニアウトさせるといったケースも見られる。

#### ● エレメンタル・アクセラレータ

同社は従来より初期のスタートアップ支援のため2つのプログラムを用意している。「Go to Market」プログラムは、プレシード段階またはシード段階の、まだ技術開発中のスタートアップを支援している。より後段のステージでは、「Demonstration」プログラムが、ビジネスのスケールアップを考えているスタートアップをサポートする。Go to Marketプログラムに参加したスタートアップは、一定のマイルストーンの達成を条件に最大20万ドルの資金を受け取る。エレメンタルはスタートアップの所有権をその段階では取得せず、その代わりに3%の新株予約権を得る。(Demonstrationプログラムは100万ドルの資金に対して、1%の新株予約権を受け取る)。

同社は、これらのサポートプログラムに加えて、2021年に、気候変動テクノロジーに投資する

<sup>66</sup> ライラック社ホームページ(<https://lilacsolutions.com/technology/>)

<sup>67</sup> Yale Center for Business 「From Solution to Scale」2019(<https://cbey.yale.edu/research/from-solutions-to-scale-considerations-and-insights-for-investing-in-nascent-climate>) p31

VC ファンド Earth Shot Ventures をスピニアウトさせている。このファンドでは従来のエクイティ投資の他に、ハードウェアを要する脱炭素技術スタートアップ特有の資本需要に合せたプロジェクトファイナンスの提供も行う画期的なファンドである。<sup>68</sup>

- **E8**

E8 は上述のとおり、個人投資家のネットワークである。脱炭素技術スタートアップに対して、投資を行う際に、複数の投資手段を用意している。各々の投資家が、一緒にデューデリジェンスを行い、その後、個人として別々の投資を行う方法と、フィランソロピー・ファンド（名称 Decarbon8 Fund）、から資金を投入する方法とがある。後者のファンドでは、脱炭素社会の実現をテーマと合致するスタートアップからの提案を受け、株式投資やグラントなどの資金提供を行う。資金をどう使うかは、あくまでもインパクトの多寡をベースに判断するという。

また、3つ目の手段として、E8 Ventures という投資ファンドを 2022 年に立ち上げている。このファンドでは投資対象の選定において、上記の他の 2 つの投資手段と比較して高い技術リスクを負うことはないという。そのため、開発技術が十分な性能基準を達成していることや、資本効率の良いモデルなどを、投資先選定の条件として挙げており、E8 従来の、フィランソロピーに近い、よりインパクトに重点を置いた投資との差別化を図っているものと想定される。<sup>69</sup>

---

<sup>68</sup> Earthshot Venters ホームページ (<https://www.earthshot.vc/>)

<sup>69</sup> E8 Ventures ホームページ (<https://www.e8-ventures.com/about>)

### 3.3.2. VC

従来 VC はより少ない資本でスケールアップが可能なソフトウェアへの投資を 선호する傾向が強かった。しかし、欧米では、脱炭素関連の分野において、ソフトウェア技術だけではなく、ディープテックやタフテックと呼ばれるより資本集約度の高いハードウェアを要する技術スタートアップも、そのポートフォリオに含む VC が出現してきている。これらの VC は、投資にあたって社会的インパクトを追求しているが、最低でも市場並みの財務的リターン、もしくはそれ以上のリターンを求めている。<sup>70</sup>

ヒアリング調査によると、従来、投資家は既に実証された技術に対して投資を行う傾向があったため、技術実証の段階で資本を投入するのは困難であり、自社の事業に当該技術を統合することを企図した戦略的投資を行う大企業や、よりインパクトに重点を置くフィランソロピーに近いファンドなどが、そのリスクを取ることが可能であった。しかし、現在状況は変わりつつあるという。EU による、タクソノミー<sup>71</sup>の制定や、米国のバイデン政権によるパリ協定への復帰などのマクロの状況を受け、欧米グローバル企業を中心に、民間企業は、カーボンニュートラルの達成を経済的要件とみなし始めている。投資家や金融サイドのみならず、従業員や、消費者からのプレッシャーも踏まえて、自社事業への脱炭素技術の統合や、カーボンクレジットの獲得のため、当該技術を開発するスタートアップとの提携・出資に意欲的である。よって、アーリーアダプターのユーザー企業によるグリーン製品の採用が以前と比較して進み、初期の実証段階におけるユーザー獲得の難易度が下がっている。また、ハードウェアへのベンチャー投資が高いパフォーマンスを発揮できるということが認識されつつあり、一部のスタートアップが技術展開を達成する前から、SPAC や企業による買収を通して、エグジットを達成するようになってきている。（社会的・環境的）インパクトの実現が最終的に財務的なリターンにも繋がるということが認識されているとの意見も得られた。

#### ファンドの投資家

脱炭素技術への投資を行う VC の資本の供給元は、インパクトとファイナンシャルリターンを求め、個人投資家やファミリーオフィス<sup>72</sup>、戦略的リターンを求める大企業などが挙げられる。

- **大企業：**

上述のエレメンタルアクセラレータからスピンアウトした気候変動テクノロジーファンド「Earthshot Ventures」の LP には、資産運用会社や、個人投資家に並び、Microsoft も名を連ねている。Microsoft は脱炭素技術への直接投資以外にも、炭素クレジットの購入プログラム

---

<sup>70</sup> ヒアリング調査による聞き込みや、ホームページ上の記述より。例えば AP ベンチャーではマネジメントチームのよる当実績が IRR 40%超あること記載している。

(出所：[https://www.pic.gov.za/DocMedia/Media-Release\\_PIC-invests-in-AP-Ventures-\\_17-July2018.pdf](https://www.pic.gov.za/DocMedia/Media-Release_PIC-invests-in-AP-Ventures-_17-July2018.pdf))

<sup>71</sup> 投資家、金融機関、企業に透明性を提供し、EU 加盟国全体の基準を調和させ、環境的に持続可能な投資を促進するために、「グリーン」な経済活動と投資を分類する枠組み。

(出所：<https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/column/sustainability/taxonomy-and-sustainable-finance.html>)

<sup>72</sup> 資産家一族の資産管理を担う運用会社

(出所：<https://www.smd-am.co.jp/market/ichikawa/2021/04/irepo210413/>)

を展開しているが、このようにファンドのLPとして出資することで、ネットワークの獲得を行い、より良質なカーボンクレジットを得るという企図があると考えられる。<sup>73</sup>

- **ファミリーオフィス：**

米国 Prelude は気候変動にプラスの影響を与えるイノベーションにフォーカスしたベンチャーキャピタルである。同社は Breakthrough Energy Ventures の初期の投資家でもある、サイモンズ財団の慈善事業用の資産を独占的に運用していることをホームページ上で述べている。<sup>74</sup>

- **起業家：**

World Fund では、他の分野でスタートアップを立ち上げに成功した起業家のLPが多い。例えば、トリバゴの創業者ロルフ・シュレームゲンス氏などが挙げられる。彼らは気候変動の観点から社会に変化を起こす必要性を感じ、ファンドに投資しているという。これらの起業家のLPは単なる資金の提供だけでなく、それぞれの専門領域における事業のアドバイザーとしての役割を果たすこともあるとのことである。<sup>75</sup>

## 投資の方法

基本的にはエクイティーによるマイノリティー投資がメインとなる。調査当初の仮説では、これらのファンドは通常よりも長い投資期間を設定していることが想定された。しかし、実際の調査の結果によると、一部の投資家、Breakthrough Energy Ventures（20年）やフィランソロピー寄りのVCに分類される Prime Impact Fund（15年）といったファンドを除き、近年のVCは従来どおりのファンド期間を設定していることがわかった。

投資家へのヒアリングによると、VCの投資フェーズである技術実証の段階では、投資市場の活況と脱炭素技術の技術的成熟度の成長により、上記のような投資期間の長いペイジェントキャピタルの必要性が薄れつつあるとの意見もある。また、これらのVCファンドは、投資戦略として、従来のソフトウェアベースのスタートアップと、ハードウェアを要するスタートアップのポートフォリオの割合を、50:50程度としている、との指摘もあった。ハードウェアへの投資は相対的にリターンが高く望めるが、1ラウンドあたりの投資額が比較的高額になる。そのため、より少ない資本で投資可能なソフトウェア型のスタートアップにも投資を行うことで資本の展開のバランスをとっているという。さらに、ビジネスの成長段階では、ハードウェア企業の場合は顧客の獲得などのトラフィックがない状態でも投資をすることがあるが、ソフトウェア企業の場合には、ビジネスモデルが検証済みであり、ユーザー数などの一定のトラフィックを投資先選定時の要件としているとのことである。ヒアリング調査では下記の投資ツールの利用の説明を受けている。

- **エクイティー投資**

株式投資ラウンドに投資する。アーリーステージへの投資であれば、最低でも10から25%

---

<sup>73</sup> Earthshot Ventures ホームページ (<https://www.earthshot.vc/>)

<sup>74</sup> Prelude ホームページ(<https://www.preludeventures.com/>)

<sup>75</sup> Blue Future Partners 「#ESGinVC: Danijel Višević, Initiator At World Fund」 2021

(<https://www.bfp.vc/esginvc-danijel-visevic-world-fund/>)

程度のシェアの獲得とフォローオン投資<sup>76</sup>でのシェアの保持を目指すことが一般的なようである。投資金額は100万ドルから1、2千万ドル程度までとなっている。

- 転換社債等

3.3.1において示したフィランソロピー寄りのファンドと同様に、転換社債やSAFEといった、将来的に投資先スタートアップのシェアを得る投資ツールも活用することがある。

## 投資事例

APベンチャーズは、ファッション業界向けのカーボンニュートラルな素材を開発するフェアブリックスへの、プレシリーズAの650万ユーロ以上の資金調達を主導した。ファッション業界は、ネット・ゼロへの道のりにおいて大きな課題となっており、現在、世界の人為的な二酸化炭素排出量の約5%を占める。この排出量の主な原因は、化石燃料から生産されるポリエステルなどの合成繊維である。フェアブリックスはポリエステルの主成分の一つであるエチレングリコールを、工場などの排出からCCS技術により回収した二酸化炭素および、グリーン水素から製造する新しいプロセスを開発した。<sup>77</sup>

この調達資金は、二酸化炭素とグリーン水素から主要原料を製造する当社独自の技術を使って、年間30トン以上のポリエステルを製造できるパイロットプラントを建設するために使用されるといふ。これは、繊維業界を炭素排出量ゼロにするための重要なマイルストーンとなり、新製品の開発を加速させる。H&Mグループの投資部門であるH&MCO:LABもこの資金調達に参加している。<sup>78</sup>

APベンチャーズは水素製造を行っているスタートアップへの投資も多くおこなっており、このパイロットプロジェクトに対して、資金供給だけではなく原料となる水素の調達にあたって、サプライヤーの斡旋などのサポートを行っていることが想定される。

今回のAPベンチャーズによる投資はラボベースでの技術をパイロットプロジェクトに移行させる資金供給である。



図23 同社ラボの様子

(写真出所：フェアブリックス社 LinkedIn)

<sup>76</sup> フォローオン投資とは、あるVCが投資をした案件の次の資金調達ラウンドにも引き続いて投資を行うこと。  
(出所：<https://www.nedo.go.jp/content/100942324.pdf>)

<sup>77</sup> フェアブリックス社ホームページ (<https://fairbricks.co/>)

<sup>78</sup> APベンチャーズホームページ (<https://apventures.com/news>)

### 3.3.3. PE・インフラファンド

このカテゴリーに分類される投資家の特徴は、収益源が確立しており、長期的かつ安定したキャッシュフローが見込める企業に投資を集中する傾向があることである。インフラプロジェクトは低リスクのキャッシュフローを生み出す投資と見なされるため、プロジェクトファイナンスの資本コストはかなり低くなるという。伝統的に、プロジェクトファイナンスは、成熟した技術分野や大規模な資産分野、例えば大規模な太陽光発電や風力発電のプロジェクトでよく利用されてきた。しかし現在、一部の投資会社は、同じツールキットを新興の気候変動技術に適用している。<sup>79</sup>

例えば、自然エネルギーの効率的利用のためのプロジェクトファイナンス投資に焦点を当てたプライベート・エクイティー会社であるスプリング・レーン・キャピタルは、エネルギー、水、食品、廃棄物業界において、従来のプロジェクトファイナンスでは対応できない、家屋設置型の太陽光発電など、小規模で集中度の低い機器や設備を使用したソリューションを必要とする企業に対して、その需要に適した資本を提供する。具体的には成長中のそれらのスタートアップ企業に代わって、小型の資産を一括して所有し、かつ企業そのものに対してもエクイティー投資を行い、企業価値の上昇から最終的な利益を得るという投資手法をとっている。（同社はこれを“プロジェクトプールを開発する”と説明している）<sup>80</sup>

このように、技術展開の段階で投資を行うファンドも従来より多様化し、多くのリスクを負うようになり始めているが、これらのファンドによる投資は、太陽光発電や風力発電、蓄電池など成熟度の高い技術へのものが多く、SAF やグリーン水素の製造など、比較的成熟度の低い技術への資金供給には追いついていない状況といえる。

#### ファンドの投資家

これらのファンドには、その投資の特徴から、より安定的に長期のリターンを求める、投資家からの資本が集まる。

- **公的年金機構、公務員退職制度：**

これらの投資家は長期的に安定した投資利回りを求めている。そのため、安定したキャッシュフローベースを生み出すことができるインフラ投資との相性が良い。上記スプリングキャピタルのファンド LP としては、サンフランシスコ従業員退職金基金が 6000 万ドルの資金を提供していることが述べられている。<sup>81</sup>

- **大企業：**

上述の TPG Rise Climate もこのカテゴリーに分類される投資機関であると言える。その LP

---

<sup>79</sup> CTVC 「The Climate Capital Stack – A buyer’s guide to financing your climate venture」 2021-10

(<https://climatetechvc.org/the-climate-capital-stack-a-buyers-guide-to-financing-your-climate-venture/>)

<sup>80</sup> スプリングキャピタルホームページ(<https://www.springcapital.com/>)

<sup>81</sup> スプリングキャピタル資料([https://mysfers.org/wp-content/uploads/2021/12/120821-12-CIO-Report\\_Dec-8-2021\\_Final.pdf](https://mysfers.org/wp-content/uploads/2021/12/120821-12-CIO-Report_Dec-8-2021_Final.pdf))

には、3M、Allianz、Alphabet、Apple、AXA、Bank of America、Boeing、FedEx、GE、General Motors、NIKE など、グローバル企業も含まれる。TPG は、このようなグループ間の協力関係を正式に構築し、見識を共有するために、TPG ライズクライメイト・コーリションを設立。定期的に会合を開き、グループや広範なエコシステムの間で、知識交換、投資機会、ベストプラクティスの共有を加速させる予定であると同社は述べている。<sup>82</sup>

## 投資の手法

これらの投資機関が投じることができる資本の量は、前述の VC 等と比較して大型である。今回調査を行った各ファンドの公開情報によると、スタートアップへの 1 回のあたりの投資金額は、平均して数千万ドル以上の投資となっている。具体的な投資のツールとして、クライメイトテックの投資情報の提供を行う Climate tech VC によるレポート「The Climate Capital Stack – A buyer’s guide to financing your climate venture」では、以下の投資ツールを紹介している。<sup>83</sup>

- **プロジェクトファイナンス**

これらのファンドはエクイティ投資の他に、担保付融資の提供を含め、出資の形態を含まないデッドファイナンスによる投資も行う。これらは、長期的なキャッシュフローの確実性やリスクとリターンの調整を加味して決定されるという。またレベニューシェアモデルのような売上や利益に対して一定割合の利子を受け取る権利を取得するといった形で事業に参加をすることもあるようである。資本集約的なハードウェアや工場に資金を供給する場合、JV を設立し、企業の開発・運営経験（および銀行取引のための信用情報）とスタートアップ企業の新規技術を活用することが合理的である場合もある。

- **グロースエクイティ**

未上場株投資の一種であり、通常、マイノリティー投資である、ある程度成熟していて、事業をさらに拡大するための資金を求めている、もしくはオペレーションをリストラクチャリングするために資金を求めている企業に対する資本提供である。<sup>84</sup>

## 投資の事例

持続可能なインフラ投資を行う、グリーンバックカー社は、関連ファンドを通じて、カリフォルニア州のソーラー開発企業ノリア・エナジーに出資した。

---

<sup>82</sup> TPG Rise Climate ホームページ(<https://therisefund.com/news/tpg-announces-54-billion-first-close-tpg-rise-climate-fund>)

<sup>83</sup> CTVC 「The Climate Capital Stack – A buyer’s guide to financing your climate venture」 2021-10 (<https://climatetechvc.org/the-climate-capital-stack-a-buyers-guide-to-financing-your-climate-venture/>)

<sup>84</sup>. Signifiant style (<https://signifiant.jp/articles/growth-capital/>)

ノリア・エナジーは浮体式太陽光発電の開発を行う。同技術は土地面積を必要とせず、水力発電用ダムの貯水池や、下水処理池などの穏やかな水域の表面など、他の地域では遊休となっている空間を利用することができる。また、設置した水域の藻類の繁殖を抑え、蒸発を遅らせることができる。また、水面からの冷却効果もあり、より効率的なクリーンエネルギー発電が可能になるという。<sup>85</sup>

米国では、浮体式太陽光発電は始まったばかりであり、今後大きな発展が期待されている。グリーンバックカー社の投資により、ノリアはこの分野での事業拡大を目指す。ノリアはすでに、カリフォルニア州ヒールズバーグの水再生施設に設置された国内最大の4.8MWの水上太陽光発電設備を設計、エンジニアリング、共同開発した実績があり、グリーンバックカー社の投資により、ノリアは既存の太陽光発電プロジェクトのパイプラインを実行・拡大しながら、そのプラットフォームを拡張することができるという。このパイプラインには、地上設置型および水上設置型の太陽光発電設備が含まれる。<sup>86</sup>



図24 ノリア社の浮体式太陽光発電  
(写真出所：同社ホームページ)

<sup>85</sup> ノリア・エナジーホームページ(<https://noriaenergy.com/>)

<sup>86</sup> Greenbacker Capital ホームページ(<https://www.globenewswire.com/news-release/2022/01/25/2372795/0/en/Greenbacker-Capital-announces-investment-in-floating-solar-developer-Noria-Energy.html>)

### 3.3.4.CVC

企業による脱炭素技術への直接投資も脱炭素技術の成長を牽引する。特にオイルメジャー等のエネルギー企業、OEM や炭素排出量の多い製造業におけるサプライヤーなどの他に、最近ではビッグテックによる脱炭素技術を対象とした投資ファンドとして Amazon Climate pledge Fund や、Microsoft Innovation Fund などが注目を浴びている。

これらの CVC による投資の目的は、主に戦略的リターン<sup>87</sup>を得ることである。3.3.2 の VC のセクションにおいて説明したように、企業はカーボンニュートラルの達成のため、事業のサプライチェーンに直接統合できる脱炭素技術の獲得もしくは、カーボンオフセットを行うことを企図して、脱炭素技術スタートアップへの直接投資も行う。このように、CVC は財務的リターンよりも、戦略的リターンを重視していることから、一般的にすぐに商品化されるとは限らない、開発の初期段階の技術にも投資することができるというユニークな立場を持つ。このようなコーポレートベンチャーキャピタル (CVC) の戦略的投資が果たす役割は、多くの気候変動関連ベンチャー企業にとって重要なものとなっていることが、文献調査及び、専門家へのヒアリングにおいて強調されていた。

これらの大企業では、内外のステークホルダーのエネルギー移行や脱炭素社会の実現への意向が強く、その影響を大きく受けている。

- **エネルギー企業 (シェブロン、シェル、BP、トタル等)**

エネルギー企業の CVC へのヒアリング調査によると、彼らの投資は彼らのコアビジネスとリンクしている。エネルギー企業として存続するために、産業で起こっているイノベーションに注力し、将来的にそのイノベーションを取り込んでいく必要がある。彼らは基本的には株主や市民からのエネルギー移行の圧力により、積極的アクションを取らざるを得ない状況にある。例えば、国際環境 NGO の Friends of the Earth (FoE) オランダは 4 月 5 日、ロイヤル・ダッチ・シェルに対し裁判所への出頭命令書を提出した。裁判所に対し、ロイヤル・ダッチ・シェルへ二酸化炭素排出量を 2030 年までに 2010 年比 45%削減、2050 年までにゼロとするよう命じられている。<sup>88</sup>

- **大手テック企業 (Amazon、Microsoft)**

Amazon Climate Pledge Fund や Microsoft Innovation fund といった大手テック企業による CVC ファンドも積極的な投資活動を行っている。2019 年 4 月に発表された Amazon の株主総会招集通知では、従業員による株主提案がなされていた。その内容とは、化石燃料への依存を減らし、気候変動によってもたらされるリスクをどのように管理するかを示した計画を報告するよう、同社に求めたものである。5,200 人以上の従業員が署名した公開状では、Amazon の最高経営責任者 (CEO) ジェフ・ベゾス (当時) と取締役会はこれらの提案を支

---

<sup>87</sup> 戦略的リターンとは、自社の既存事業とのシナジーによる売上増大や、関連需要の増大、新規事業の開拓といったリターンのこと(出所：[https://www.b-forum.net/series/pages/cvc\\_voll/](https://www.b-forum.net/series/pages/cvc_voll/))

<sup>88</sup> Sustainable Japan 「【オランダ】シェル、気候変動巡り NGO や投資家からのプレッシャー増加。取組内容を必死にアピールし対抗」2019-04 (<https://sustainablejapan.jp/2019/04/11/shell-climate-change/38824>)

持するよう要請されている。<sup>89</sup>こういった動きを受けて、Amazon は、国連気候変動枠組条約事務局のクリスティナ・フィゲレス前事務局長が創設した Global Optimism と、パリ協定の目標を 10 年前倒しで達成する取り組みである The Climate Pledge（気候変動対策に関する誓約）を、2019 年 9 月 19 日に発表した。Amazon は、この誓約書に最初に署名する企業となり。誓約に署名した企業は、パリ協定の達成目標である 2050 年よりも 10 年早い 2040 年までにネットゼロ（二酸化炭素排出量の実質ゼロ化）を達成することが求められるという。

90

## 投資手法

これらの投資機関へのヒアリング調査によると、彼らの投資は財務的な支援に留まらず、様々な商業的な支援も提供することができる。炭素排出量の削減や、エネルギー移行の実現の観点では、重要なのは資本提供だけではなく、そのスタートアップをスケールアップしていくために、どのように技術的なサポートやメンターを提供するかということが大事であるという。これらの企業が投資を行う際には、単に資本を投入するだけではなく、技術的なサポートのコミットを行う。社内の専門家が 3-5 年一緒に働き、実際に投資先企業をサポートする。さらに、これらの技術が成熟し、商業化した時に、彼らが最初の顧客となることができる。この一連のエンドツーエンドのサポートがこれらの CVC の特長であるといえる。その他の提供リソースとして、ラボ等の研究ファシリティ・実験スペースの提供なども行うことができる。具体的な投資の手法としてはいくつかの選択肢があるようである。

- **エクイティー投資：**

通常 10-25%程度のマイノリティー投資を行う。他の投資機関とのシンジケートの組成も行うことがあるという。基本的には長期的に投資先企業に対しての影響力を持ち続けることを企図して、フォローオン投資を行うことで、シェアの希薄化を防ぐという。<sup>91</sup>

- **ワラント（新株予約権）：**

一定のサービスの購買量に対して、一定の新株予約権を付与するという投資の手法である。投資の初期においては、サービスの提供者と利用者という関係性になるが、取引を通して、資本的な関係も高めていく。当該スタートアップの初期段階から Amazon や Shell といったネームバリューのある大企業が顧客となることで、対外的なブランド力が付与されることになる。これによりスタートアップは市場でのさらなる成長を見込めることになるが、この成長への寄与分として、株式のシェアを受け取ることになる。<sup>92</sup>

---

<sup>89</sup> wired「アマゾンの従業員が、株主として新しいかたちの実行使に動き出した意味」2019-05

(<https://wired.jp/2019/05/21/amazon-employees-try-new-activism-shareholders/>)

<sup>90</sup> Amazon ホームページ (<https://www.aboutamazon.jp/news/sustainability/amazon-and-global-optimism-commit-to-climate-change-measures-to-accelerate-the-goal-of-the-paris-agreement-by-10-years>)

<sup>91</sup> Shell ベンチャーズ・ホームページ(<https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/shell-ventures/about.html>)

<sup>92</sup> ヒアリング調査より情報取得

- **プロジェクトベースのデッドファイナンス：**

CVC ファンドの中にはデッド性の資本を提供するファンドもある。老朽化した都市ビルの緑化に注力する全米屈指の気候技術企業であるブロックパワーは、2022年2月、マイクロソフト社から3000万ドルのデッド性の資金調達を受けたことを発表している。<sup>93</sup>

- **プロダクトやサービスの購入**

投資を行うと同時に、これらの企業自体がサービスの直接的なユーザーとなることができる。単なる購入だけではなく、利用を通して製品やサービスに対するフィードバックを行うこともできる。そのため、投資を受けるスタートアップはこれらの企業との提携を通して、サービスやプロダクトの開発の向上を図ることができる。また、一定の購入条件や保証を提供することで、投資先企業が工場や設備を建設するための融資を確保したり、別の投資家からの資金調達をし易くなるという。<sup>94</sup>

## 投資の事例

2022年1月 Microsoft Innovation Fund は SAF の製造企業である Lanza Jet に 5000 万ドルの投資を行った。Lanza Jet は、炭素のリサイクルと、持続可能な航空燃料(SAF)及び再生可能なディーゼル燃料の生産に特化した、持続可能な燃料技術のリーディングカンパニーで、温室効果ガスの排出と航空及び地上輸送産業の脱炭素化を削減している。今回の投資は、2030年に目標としている「カーボンネガティブ」と「ネットゼロ経済」の達成に向けた Microsoft の取り組みの一環として行われた。これにより Microsoft は、同社のデータセンターの非常用発電機用に、持続可能で再生可能なディーゼル燃料を利用できるようになり、ネットゼロの目標へと近づく。<sup>95</sup>

投資された資金は、アルコールとジェット燃料を組み合わせた持続可能な航空燃料(SAF)製造工場である、ジョージア州ソパルトンの Freedom Pines Fuel s Plant(工場名)の建設に活用される。サプライチェーン、製造、労働力不足が世界経済に影響を与える中でも、Lanza Jet 社の工場の建設は計画通りに進んでいるという。2020年に設立された同社は、まだ収益をあげていないが、この施設は、同社の技術を商業化するための最終段階にあるという。同工場は2022年中に完成し、2023年には廃棄物ベースの原料を含む持続可能なエタノールから年間1000万ガロンの SAF と再生可能ディーゼルの生産を開始する予定である。Suncor、British Airways、ANA は、Lanza Jet の Freedom Pines

---

<sup>93</sup> ブロックパワー社ホームページ(<https://www.blocpower.io/press-release/blocpower-receives-30-million-from-microsoft-climate-innovation-fund-to-expand-existing-facility-from-goldman-sachs-for-equitable-electrification-projects>)

<sup>94</sup> CTVC 「The Climate Capital Stack – A buyer’s guide to financing your climate venture」 2021-10 (<https://climatetechvc.org/the-climate-capital-stack-a-buyers-guide-to-financing-your-climate-venture/>)

<sup>95</sup> Lanza Jet 社ホームページ(<https://www.lanzajet.com/lanzajet-secures-industry-leading-innovative-financing-with-microsoft-climate-innovation-fund-to-construct-the-worlds-first-commercial-alcohol-to-jet-sustainable-fuel-plant/>)

Fuels Plant で生産する持続可能な航空燃料と再生可能なディーゼル燃料を、自社のジェット燃料として調達する契約を結んだ。<sup>96</sup>

#### 【コラム】大企業同士による脱炭素技術への投資パートナーシップ

上述の CVC だけではなく、エネルギー業界の大企業による大規模な投資のパートナーシップも目立つ。

- **Oil and Gas Climate Initiative (OGCI)**

OGCI は、気候変動に対する石油業界の対応を方向づけることを目的とした、主要な石油ガス会社の CEO 主導のイニシアティブである。同グループは、世界の石油・ガス生産の 30%以上を占める、エクソンモービル、ロイヤル・ダッチ・シェル、BP、シェブロン、トタル、サウジアラムコなどの、10 の石油・ガス会社で構成されている。彼らは、脱炭素技術の開発と展開を促進するために、気候変動を抑制するための専門知識を共有し、戦略的パートナーシップを構築している。同グループは、10 年間で 10 億ドルの基金を展開する OGCI Climate Investments を通じて、温室効果ガス (GHG) 排出量に重大な影響を与える可能性のある技術や、新しいビジネスモデルの開発・導入・スケールアップを支援していく。イノベーションを支援するため、スタートアップへの共同出資、実証プロジェクトの支援、および成功した技術をメンバー企業の事業に展開するという。<sup>97</sup>

- **Energy Impact Partners**

エナジー・インパクト・パートナーズは、Southern Company、Ameren Corp、AvalonBay、Xcel Energy、Amistad Corp などの大手電力会社の広範な連合によって支援されており、スタートアップなど非公開企業への投資を主に行う。発電から消費までの電力サプライチェーン全体で革新的な技術、サービス、製品に戦略的に投資している。業界での専門的な知識と経験を活用して、将来の有用性に関連する新しいテクノロジーとビジネスモデルを特定する。その投資家であるユーティリティ企業を通じて、投資先のスタートアップ企業に財務的なサポートだけではなく、容易にアクセス可能な市場も提供している。<sup>98</sup>

---

<sup>96</sup> CNBC 「Microsoft and Shell are betting on a company making greener jet fuel」 2022-

02(<https://www.cnbc.com/2022/02/01/microsoft-shell-invest-in-lanzajet-sustainable-jet-fuel-start-up.html> )

<sup>97</sup> OGCI ホームページ(<https://www.ogci.com/>)

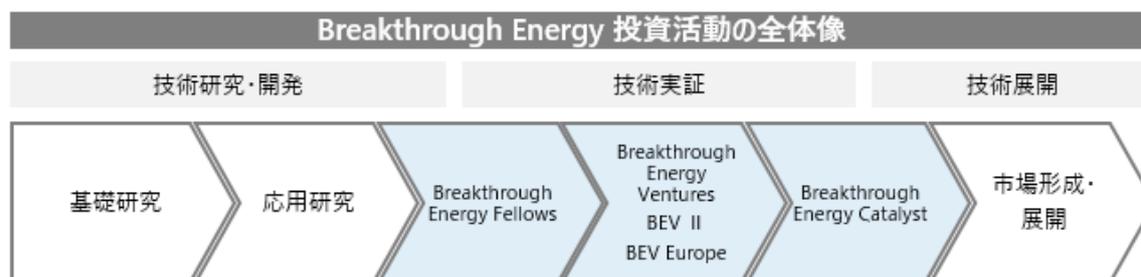
<sup>98</sup> Energy Impact Partners ホームページ(<https://www.energyimpactpartners.com/>)

### 3.4. Breakthrough Energy

Breakthrough Energy は従来のベンチャー投資だけではなく、プロジェクトファイナンスの支援を行うプログラムや、フェローシッププログラムをスタートアップに提供し、技術の開発サイクルの広範にわたって脱炭素技術への投資・支援活動を行う。脱炭素技術への投資促進の観点で、その動向が特に注目されていることから、その活動の概要について本セクションでの説明を行う。

同社はマイクロソフト創始者のビルゲイツが、二十数人の裕福な知人（リンクトインの創業者リード・ホフマン、アリババの CEO ジャック・マー、投資ファンド大手カーライル・グループの会長デビッド・ルーベンスタイン氏など）に呼びかけ、2015 年パリ目標の前に、ベンチャー資金を脱炭素技術に投じることで、エネルギー分野でのブレイクスルーを起こすために発足した。発足当時のこのエンティティはブレイクスルー・エナジー・コリレーションと呼ばれていた。<sup>99</sup>当初より、長期的な投資を行い、かつより多くのリスクを引き受けることをコミットメントとしている。また、投資活動にとどまらず、専門家チームによるアドボカシー活動も展開しているという。<sup>100</sup>

特に、グリーン水素製造など技術の実証段階から展開段階における、資金供給の少ない技術に対して、その商業化に焦点を当てたプログラムである、カタリストプログラムは、このプログラムは脱炭素技術への資金供給上の課題を解決するイニシアティブとして注目されている。



#### ■ Breakthrough Energy Fellows（フェローシップ）

毎年、世界で最も革新的な研究者、科学者、ビジネス・メンターからなるコホートに対し、2050年までに少なくとも年間5億トンの排出量を削減する可能性を持つ、新しいクリーン技術を開発するための資金を提供

#### ■ Breakthrough Energy Ventures（ベンチャーファンド）

農業、建物、電力、製造、輸送からの排出を大幅に削減できる企業を設立する大胆な起業家を支援するために、20億ドル以上のコミットメント資金を調達

#### ■ Breakthrough Energy Catalyst

低炭素経済を支える新しいソリューションの資金調達、生産、購入の方法を実証する初のプログラム

図 25 Break through Energy の投資活動全容

### Breakthrough Energy Fellows（フェローシッププログラム）

毎年、世界で最も革新的な研究者、科学者、ビジネス・メンターからなるコホート<sup>101</sup>に対し、2050

<sup>99</sup> ビルゲイツ著、山田文翻訳「地球の未来のため僕が決断したこと」早川書房 2021 年

<sup>100</sup> Breakthrough Energy ホームページ(<https://www.breakthroughenergy.org/>)

<sup>101</sup> インキュベーターなどの投資プログラムに参加する、起業家・研究者の集団のこと。（出所:

<https://thesaurus.plus/related/cohort/fellow>）

年までに少なくとも年間5億トンの排出量を削減する可能性を持つ、新しい脱炭素技術を開発するための資金を提供する。

### **Breakthrough Energy Ventures (ベンチャーファンド)**

農業、建物、電力、製造、輸送からの排出を大幅に削減できる企業を設立する起業家を支援するために、20億ドル以上の資金を調達。「ペイシエント・キャピタル(忍耐強い資本)」を提供することとしており、投資に対するリターンを最大20年は求めない方針を掲げている。

### **Breakthrough Energy Catalyst (BEC)**

低炭素経済を支えるソリューションの資金調達、生産、購入の方法を実証する初のプログラム。企業、政府、慈善団体、個人など、同社ネットワークの多様なステークホルダーの連携を構築。これらのステークホルダーとの連携を通して、脱炭素技術のプロジェクトファイナンスにおけるバンカビリティ<sup>102</sup>を向上させるための財務的/非財務的サポートを提供する。DAC、グリーン水素、長期エネルギー貯蔵(蓄電池)、持続可能な航空燃料の技術展開を加速させることに焦点を合わせている。同社の情報提供依頼書(RFI)によると、このプログラムではラボスケールで実証済みの技術(TRL<sup>103</sup>以上)の応募を求めており、企業ではなく、プロジェクトに対しての投資を行うため、ベンチャーキャピタルと競合することはないという。<sup>104</sup>

同プログラムには米国の多国籍企業がアンカーパートナーとして、出資もしくは寄付という形で資金を拠出している。マイクロソフトは、アメリカン航空、アルセロール・ミタル、バンク・オブ・アメリカ、ブラックロック財団、ボストン・コンサルティング・グループ、ゼネラルモーターズの6つの中核企業とともに、1億ドルを拠出した。<sup>105,106</sup>欧州委員会もBECと提携し、大規模な商用実証プロジェクトを構築するために、今後5年間で10億ドルを拠出することを決定している。このEUの拠

---

<sup>102</sup> 銀行が融資できるかどうかの判断基準。(出所: <https://www.fromhc.com/glossary/2016/09/post-37.html> )

<sup>103</sup> Technology Redness level の略。技術の成熟度を表し11段階で評価される。(出所: <https://www.iea.org/reports/innovation-gaps> )

<sup>104</sup> Breakthrough Energy Catalyst 「Request for Proposals – USA and Territories」(<https://www.breakthroughenergy.org/-/media/files/bev/catalyst-rfp/bec-us-rfp-final.pdf>)

<sup>105</sup> マイクロソフト社ブログ (<https://blogs.microsoft.com/blog/2021/09/19/further-faster-together-microsoft-donates-100-million-to-breakthrough-energy-catalyst-to-accelerate-and-scale-climate-tech/#:~:text=That%20is%20why%20today%20Microsoft,needs%20to%20reach%20net%2Dzero.>)

<sup>106</sup> CTVC 「Breakthrough catalyzes climate deployment #72」 2021-09(<https://climatetechvc.org/%F0%9F%8C%8E-breakthrough-catalyzes-climate-deployment-72/#:~:text=Breakthrough%20Energy%20Catalyst%20is%20a,storage%2C%20and%20sustainable%20aviation%20fuel.>)

出資金は、Horizon Europe<sup>107</sup>と Invest EU<sup>108</sup>の下で管理される Innovation Fund から提供される。公的資金 1 ユーロにつき 3 ユーロの民間資金を活用することが期待されている。<sup>109</sup>

同社の欧州委員会におけるプレゼンテーション資料<sup>110</sup>によると、同プログラムでは投資活動を通して下記の支援を、対象プロジェクトに提供する。

- グリーン・プレミアムと温室効果ガス排出の削減を加速させるための技術的専門知識を提供。
- フィランソロピー資金と競争力のある価格の株式・債券を中心とした低コストの資金調達を融合。
- 戦略的パートナーのコミットメントを組織化し、構造化されたオフテイクを通じて製品販売を支援。
- 投資による効果を最大化し、追加支援が必要なギャップを埋めるために、資金を政策的解決策と整合させる。

具体的な投資のツールとしては、BEC は主にグラントと劣後エクイティー<sup>111</sup>による資本提供と併せて、オフテイクや、直接のユーザーとのマッチングを行うということを述べている。明確な記述はないが、カタリストプログラムに参加しているパートナー企業の一部が、これらのオフテイクないし、ユーザーの第一候補になると考えられる。

カタリストプログラムにおいて提供される投資手法		
カテゴリー	レバー	説明
グラント	収益補助金	主要なプロジェクトの生産物の価格を補助して、グリーンプレミアムを買い取り、パンカビリティを改善する。
	設備投資額補助金	プロジェクトの先行投資として実施される補助金で、設備投資コストを削減することが可能
エクイティ	劣後エクイティを含む資本コストを抑えた株式の提供	プロジェクト費用の調達、資本コストの削減、プロジェクトのリスク軽減のために、低コストかつファースト・ロスの劣後エクイティを提供。
<b>オフテイク契約交渉</b> カタリストがプロジェクトに最適な資金調達構造を決定した後、プロジェクト開発者は潜在的な買い手からオフテイク契約を獲得することができる。カタリストは、市場価格を上回るオフテイク価格での企業の関心表明をプロジェクトに適用する。		

図25 カタリストプログラムで提供される資本および、サービス

<sup>107</sup> EU による研究とイノベーションのための EU の資金助成プログラム。（出所：

[https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en)）

<sup>108</sup> EU による持続可能な投資、イノベーション、社会的包摂、雇用創出をさらに後押しすることを目的とした投資プログラム。（出所：<https://www.eib.org/en/products/mandates-partnerships/investeu/index.htm>）

<sup>109</sup> EU ホームページ([https://ec.europa.eu/info/news/eu-catalyst-partnership-request-proposals-pioneering-green-technology-projects-launched-2022-jan-11\\_en](https://ec.europa.eu/info/news/eu-catalyst-partnership-request-proposals-pioneering-green-technology-projects-launched-2022-jan-11_en))

<sup>110</sup> Breakthrough Energy プレゼン資料 ([https://ec.europa.eu/clima/document/download/4e3d6f4a-cba3-493c-b91e-add97c6fab5e\\_en](https://ec.europa.eu/clima/document/download/4e3d6f4a-cba3-493c-b91e-add97c6fab5e_en))

<sup>111</sup> 配当金や残余財産の分配などで普通株よりも優先度が後になる株式のこと。

(出所: <https://www.nomura.co.jp/terms/>)

また、BEC によると彼らの投資活動には大きな2つの目的がある。<sup>112</sup>

- 大規模なインフラへの投資を行うことによって、市場のグリーン・プレミアムを低下させ、より多くの民間資本をこの市場に呼び込むこと。
- 投資によって引き起こされた上記グリーン・プレミアムの低減量および、炭素排出削減量の測定を行い、インパクト・リターンを可視化すること。

過去の脱炭素技術への投資の分析では、より大きな資本展開が製品のユニットあたりのコストを削減し、それがさらなる展開を促し、ユニットコストの指数関数的な低下を引き起こすことが実証されているという。例えば太陽光発電は、1980年代から1990年代にかけて、政府が資金提供した研究開発費がコストを押し下げたが、民間部門が多額の投資を行おうとする前に、死の谷に陥った。最近の計算モデルによれば、もし、1985年に50億ドルの投資が太陽光発電に投入されていれば、1990年時点での価格は、当該投資がなされなかった現実のシナリオよりも、50%程低くなり、太陽光発電は化石燃料の代替を8年も早く始めたはずであった。このように、BECはこの投資活動により他の投資家に対して、新興の脱炭素技術をいち早くスケールアップさせるための投資を促すことを企図している。<sup>113</sup>

また、このように、新興の脱炭素技術への触媒的投資は、財務的リターンを確約はできなくとも、気候変動に大きなプラスの影響を与えうる。しかし、このような投資の社会的便益への共通認識は広く普及していない。そこで、企業や投資機関が、その投資により、新たな脱炭素技術の導入に貢献したことを認める、インパクト評価の新しい枠組みを作り、さらなる投資を促進することも期待されている。この新しい枠組みである ECTF (Emerging Climate Technology Framework) は、クリーン技術への投資が現在と将来の GHG 排出削減量、グリーン・プレミアムの削減に与える影響、また、インパクトリターンに重きをおいた譲許的な投資が、他の通常の投資をどれほど呼び込んだかを測定し評価する方法である。これにより、企業や投資機関が脱炭素技術への投資により、どれほどネットゼロに貢献できたかを明らかにする。<sup>114</sup>

---

<sup>112</sup> Breakthrough Energy ホームページ(<https://www.breakthroughenergy.org/>)

<sup>113</sup> GATE NOTE 「Financing the Clean Industrial Revolution」 2021-10  
(<https://www.gatesnotes.com/Energy/This-is-how-we-build-a-zero-emissions-economy>)

<sup>114</sup> CDP・Breakthrough Energy 「EMERGING CLIMATE TECHNOLOGY FRAMEWORK」  
2021([https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/005/163/original/ECT\\_Framework\\_v1.1\\_%284%29.pdf](https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/005/163/original/ECT_Framework_v1.1_%284%29.pdf))

### 3.5. 脱炭素技術への投資に使われるツール・メソッドの説明

このセクションでは、ここまでのパートで触れられてきた、脱炭素技術への投資に活用されるフィナンステールや、インパクト測定フレームワークの概要について説明を行う。

#### ブレンド・ファイナンス

ブレンド・ファイナンスとは、OECDによると、民間資金を新興市場向けに動員するための、戦略的な開発資金と慈善資金の利用と定義されている。ブレンド・ファイナンスは、民間投資を意図的に開発によるインパクトの大きい分野に振り向けると同時に、本来であれば収益性の低い投資対象について、財務的なリターンを求める投資家にとっても検討可能なリスク調整後利益を提供することで、環境に配慮したプロジェクトのために民間資金を育成し、気候変動関連技術を経済全体に普及させることができる。<sup>115</sup> 上述のBECによるカタリストプログラムは、脱炭素技術への投資を促進するためのブレンド・ファイナンスの一例と言えるが、従来では開発銀行など、公共セクター寄りの金融機関により主導されていたものが、民間主導で行われている点が画期的である。

他には、Prime Impact Fundもこのブレンド・ファイナンスを用いた投資をおこなっている。Primeは、触媒的な資本で構成される初期段階のベンチャーキャピタルファンドで、気候変動緩和のための慈善資本の動員を使命とする非営利の公共慈善団体Prime Coalitionによって設立された。ギガトン規模の気候変動に影響を及ぼす可能性のある変革的なテクノロジー企業に投資する。Primeは、サイクロトロン・ロード<sup>116</sup>のような大学・国立研究所やそのインキュベーター・プログラムと緊密に連携し、投資パイプラインをフィルタリングしている。また、新たな投資家層が、伝統的な資本源にとってリスクが大きすぎる民間のベンチャーを支援できるよう、法律および財務に関する専門知識と関連情報を提供している。Primeは、慈善団体やその他のインパクト重視の投資家から資金を調達し、財務的なリターンを求める投資家の資本と組み合わせて、投資を行う。具体的には同じ投資ビークルの中で、触媒的な資本を転換型社債の原資に、財務的なリターンを求める資本を、通常のエクイティ投資の原資に割り当てる。投資対象のスタートアップのリスクに合わせて上記投資ツールを使い分けている。<sup>117</sup>

---

<sup>115</sup> OECD ホームページ

(<https://www.oecd.org/dac/financing-sustainable-development/blended-finance-principles/>)

<sup>116</sup> ローレンス・バークレー国立研究所による、フェローシップ事業とスタートアップ企業振興策の中間的なプログラム。(出所: <https://ascii.jp/elem/000/001/478/1478133/>)

<sup>117</sup> MDPI 「Financing Energy Innovation: The Need for New Intermediaries in Clean Energy」 2020 12

(<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10440>)

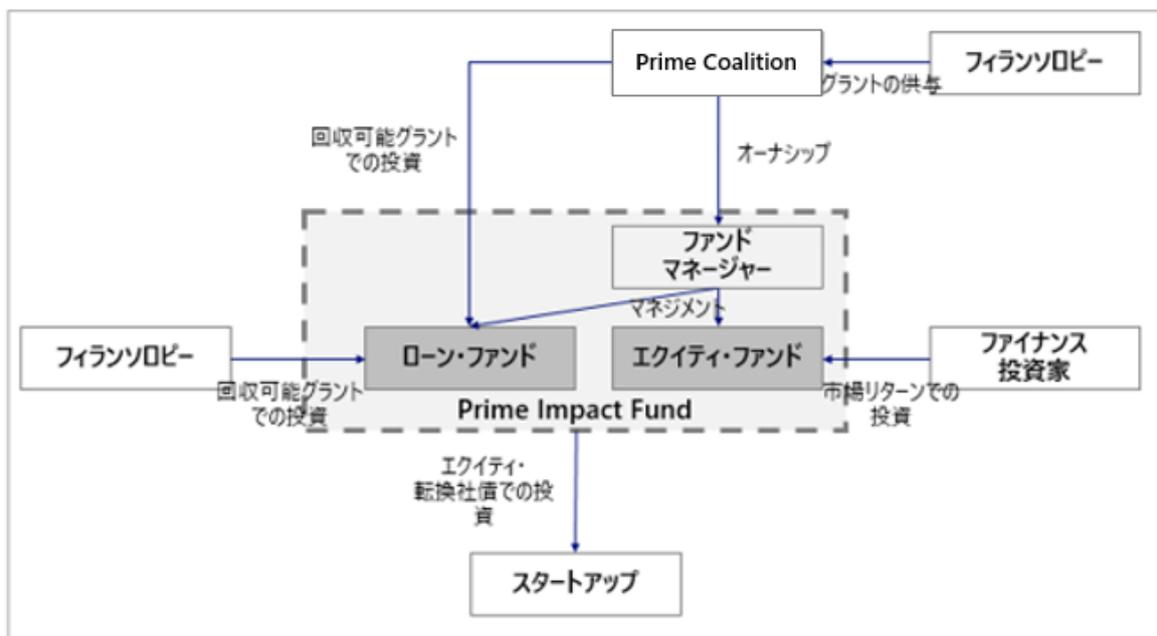


図26 Prime Impact Fund のブレンド・ファイナンスのスキーム (「Financing Energy Innovation: The Need for New Intermediaries in Clean Energy」より作成)

また、具体的な事例ではないが、Oliver Wyman と World Economic Forum によるホワイトペーパー「Financing the Transitional Net-Zero Future」では SAF プロジェクトの商業展開における資金調達のモデルを考察している。<sup>118</sup>同レポートによると、SAF 生産は非常に資本集約的であると述べられている。建設コストが数億から数十億ドルに及ぶ可能性があるが、銀行が 100%の負債で資金を提供したり、設計や建設のリスクを負う可能性は低い。そのため、SAF のプロジェクトにおけるノンリコースでの資金調達には、様々な資金源が必要になるという。具体的には、デッド性による資金調達は全体の 60%とレバレッジが低めの設定となり、その他の資本として、地方債や、国際開発金融機関 (MDB)による劣後債や、グラントの提供が必要であるということが述べられている。

ブレンド・ファイナンスは、BEC のカタリストプログラムを含め、脱炭素技術の市場への展開を加速させるツールとして注目されているが、専門家へのヒアリングによると、異なる種類の投資家間の利害調整に、時間と調整コストがかかることが、特に民間主導のブレンド・ファイナンスの導入の障壁となっていることが説明されている。

<sup>118</sup> Oliver Wyman, World Economic Forum 「Financing the Transition to a Net-Zero Future」 2021-10 (<https://www.weforum.org/reports/financing-the-transition-to-a-net-zero-future>)

## インパクト測定フレームワーク

### CPP・Climate performance potential(CPP)

World Fund はベルリン工科大学と協力し、投資の際のスタートアップのインパクト評価のフレームワークを開発している。具体的には大きく2つの側面から投資を検討するスタートアップの技術の潜在的な炭素排出削減量の評価を行う。1つ目は、該当スタートアップ単体ではなく、その競合企業も含めた、当該技術全体での炭素排出削減量である。2つ目は該当スタートアップのプロダクトやサービスの構成要素ごとの排出削減量の測定を行うという。<sup>119</sup>同ファンドのパートナーDanijel Višević氏のブログでは以下のフレームワークの概要が説明されている。<sup>120</sup>

#### ➤ 評価指標の選定・フォーカス

- 排出削減に重点を置き、定量的な評価を行う

気候変動へのリターンの評価を行う場合、まずは数あるインパクト指標のうち、温室効果ガス排出削減の可能性にフォーカスをするという。理想的には、気候変動のためだけではなく多次元的なインパクトの評価手段を持つことだが、現実には、すべてのインパクトの次元に対しての評価を行うことは困難であると述べられている。ここで比較的其他のESG分野の中でも研究が進んでいる排出削減量の指標に着目することで、定量的データの算出が比較的行い易くなる。

- 影響を与える可能性がある他の指標を特定し、定性的な評価を行い、安全性を確認する

スタートアップが主に取り組んでいるインパクトの指標が炭素排出削減量とは異なる場合、また逆に、スタートアップがこの炭素排出の削減量という指標の最適化にこだわりすぎる場合、グリーンウォッシング<sup>121</sup>を防ぐために、他のインパクトの指標を両立して評価することも必要であるという。ここでは、例えば、生物多様性といった他の指標に対する悪影響を及ぼす場合などを想定している。<sup>122</sup>より定性的なリスク評価を行い、該当スタートアップが規模を拡大したら、気候変動に関連する他のどの分野に影響があり、予期しない2次的な影響の有無がないかを確認するという。このステップで重大なリスクが検出された場合、投資決

---

<sup>119</sup> Blue Future Partners Partners 「ESGinVC: Danijel Višević, Initiator At World Fund」 2022-02(<https://www.bfp.vc/esginvc-danijel-visevic-world-fund/>)

<sup>120</sup> World Fund パートナーDanijel Višević氏のブログ (<https://visevic.medium.com/how-to-measure-the-climate-performance-potential-of-startups-6cc7fdb4110f>)

<sup>121</sup> うわべだけ環境に配慮しているかのように取り繕うこと

(出所: <https://about.bloomberg.co.jp/blog/scrutiny-of-esg-greenwashing-is-intensifying/>)

<sup>122</sup> 気候変動対策と、生物多様性とを別個に論じることによる弊害が指摘されている。例えば、外来種の木々を植樹して炭素を蓄える力を強化させるという手っ取り早い方法は、生物多様性および生態系を根絶させてしまうリスクを孕んだ、モノカルチャーのプランテーション(単一作物を大量に栽培する大規模農園やその手法)を促進する可能性がある。

(出所: <https://jp.weforum.org/agenda/2021/07/to-heno-ga-ni-subeki/>)

定とスタートアップの戦略に影響を与える。

➤ **炭素排出削減量の測定の際の2つのアプローチ**

● **トップダウンの評価**

トップダウンの評価として、スタートアップ単位ではなく、そのスタートアップが扱う、競合企業も含めた技術全体で削減可能な炭素排出量の測定を行うことで当該技術のインパクト面での競争力を確認する。古典的なベンチャーキャピタルが、該当スタートアップ単体の売上目標をみるのではなく、アクセスできるマーケットの大きさ TAM (Total Addressable Market) を指標とすることと似ているため、World Fund ではこれを Total avoidable emissions (TAM: 削減可能な総排出量) と呼んでいる。World Fund が TAM を選好する理由は、この分析により、優れた潜在的なインパクトを有するテクノロジーのセグメントを識別できるからであるという。該当スタートアップのチームの実行能力と、気候変動に効果的なテクノロジーのセグメントにある競争力のある製品を組み合わせれば、そのスタートアップが成功した場合の、気候変動へのインパクトを推し量ることが可能である。

● **ボトムアップの評価**

該当スタートアップが扱うサービスやプロダクトのユニット当たりの削減量を算定することで、競合企業との比較可能性を高める。該当スタートアップの製品の仕組みを理解し、そのスタートアップの扱うプロダクトもしくはサービスのユニット当たりの排出量の削減効果を測定する。製品やサービスに必要な原料の調達から、製品が使用され、廃棄されるまでのすべての工程での環境負荷を定量的に評価するライフサイクルアセスメント (LCA) を通じて行われる。ボトムアップ評価では具体的な製品の実際の影響を知りたい場合に適しており、短期的な予測にも有効であるという。また LCA によって、製品の構成要素ごとの排出量などがわかることにより、構成要素の改善を行うこともできる。

## IMM (Impact Multiple of Money)

Y Analytics は、世界最大級の PE インパクトファンド TPG Rise Fund が立ち上げた公益団体であり、インパクト投資を行うファンドマネージャーが投資のインパクトについて十分な情報に基づいた意思決定を行えるよう支援する。Rise Fund のインパクト測定に関する意思決定および管理ツールは、企業が生み出す社会的および環境的価値の見積もりと、そのインパクトを達成するために投下される資本の効率性を把握する。デューデリジェンスの際には、すべての企業について、Impact Multiple of Money(IMM)を推定する。IMM は、取引前のインパクト評価を経済効果に転換し、投資額あたりの社会的な経済リターンを算出するものである。Rise Fund では、IMM の計算により、投資額 1 ドルに対して最低 2.50 ドルのインパクト・リターンが見込める場合のみ企業に投資するという。この手法は、温室効果ガス排出量の削減、教育水準の向上、健康増進など、様々なインパクトを収益ベースで比較するために使用することができる。以下は、その 6 つのステップである。<sup>123</sup>

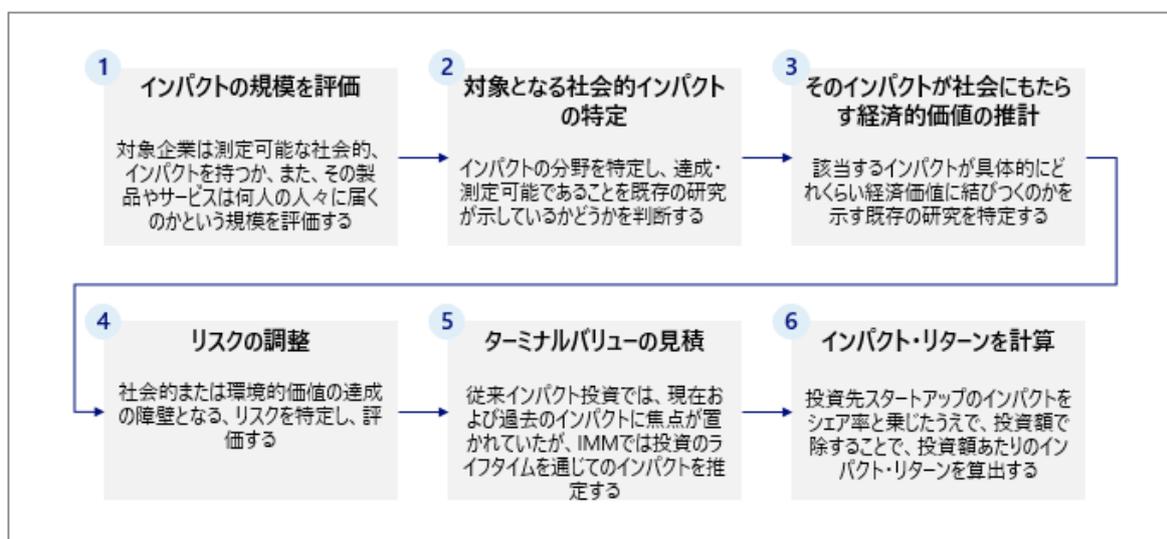


図 27 IMM 測定の 6 つのステップ (同社ホームページ記載情報より作成)

### 1) 関連性と規模を評価

評価の対象となる製品、サービス、プロジェクトの妥当性と規模を検討することからプロセスを開始する。規模に関して、投資家は、その製品やサービスがどれだけの人々に届くのか、また、その影響はどれだけの深さになるのかを問う必要がある。

### 2) 目標とする社会的・環境的成果の特定

IMM の計算の第二段階は、社会的・環境的成果を特定し、それが達成可能で測定可能であることを既存の研究が示しているか判断することである。投資家は、企業の影響の可能性を推定するために、膨大な数の学術誌や研究を利用する。

### 3) 社会的成果の経済的価値を見積もる

ターゲットとなる成果が特定されると、経済調査を利用して、予測される社会または環境の変化を金額に換算する。

<sup>123</sup> TPG Rise Fund ホームページ (<https://therisefund.com/measurement>)

#### 4) リスクを調整する

予測される社会的または環境的価値を達成するための障害となるリスクを推定するために、設定されたリスクカテゴリーに値を割り当て、それらを合計し、100点満点で、インパクト達成のリスクを評価する。

#### 5) ターミナル・バリューの評価

ターミナル・バリュー（終値）は、インパクト投資において、新しい概念であり、通常は現在または過去のインパクトを評価することに重点が置かれる。各投資案件について、企業のアウトプットと社会的価値が投資終了後5年間継続する確率を評価する。

#### 6) 社会的リターンの算出

IMMの計算の最終ステップは、評価された社会的又は環境的インパクトの推定値を投資総額で割ることで算出される。

## 炭素排出削減量の測定

### Crane

Crane は 200 種類以上の技術について、市場規模に基づいて炭素削減量を評価することができるオープンソースのプラットフォームである。このツールは上述のインパクトファンドマネージャーである Prime とウェブツール開発会社である Rho Impact により開発された。Prime はこのツールの開発を、アーリーステージ・ベンチャーが気候に与える潜在的な影響を評価するための手法を体系化する上で重要な役割を果たし、アーリーステージ投資分野全体において、気候変動影響評価を改善するための取組と位置付けている。また、現在もプラットフォームの機能拡充を続けており、利用可能な技術の種類や、分析する地域の設定などを追加している。CRANE はユーザーからのいくつかの情報インプットに基づいて、計算結果を表示する。計算結果の表示には、使用した計算モデルや、シナリオなどの記載も含まれるため、透明度が高い。以下に入力として求められるデータの例と、出力されるデータの例を示す。<sup>124</sup>

#### ▶ インプットデータの例

- 分析の地理的範囲
- 分析の時間軸
- 技術分野の選択
- 製品の予測市場浸透率
- 主要な物理的性能指標

(特定の技術のみ)

#### ▶ アウトプットデータの例

- 年間排出削減ポテンシャル
- 累積排出削減ポテンシャル
- 製品の市場浸透度
- 主要算定要素
- 想定シナリオ

同社によると、このフレームワークは、特定のスタートアップが商業的に成功する確率を評価するものではなく、様々な産業やサブセクターに属する投資家が、潜在的なインパクトを他のスタートアップと比較することに重点を置いているという。Break through Energy や World Fund といった他の民間ファンドも投資時のインパクト評価にあたり、同ツールを活用している。<sup>125</sup>

---

<sup>124</sup> Crane ホームページ(<https://cranetool.org/>)

<sup>125</sup> CDP・Breakthrough Energy 「EMERGING CLIMATE TECHNOLOGY FRAMEWORK」  
2021([https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/005/163/original/ECT\\_Framework\\_v1.1\\_%284%29.pdf](https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/005/163/original/ECT_Framework_v1.1_%284%29.pdf))

## 報告書のまとめ

本調査の対象となる脱炭素技術は、実証段階の後期にはいり、市場展開を迎える成熟度まで成長してきた。特に過去2年間での投資は急増しており、再エネ、蓄電池、水素関連のスタートアップは上場やレイターステージでの大型の資金調達が目立つ。また、DACやSAFについても従来では、投資数が非常に少ないものであったが、過去2年間で投資数が増えている。

資金の供給サイドに目を向けると、初期の開発サイクルにあたる、技術開発の段階では、スタートアップの収益化の明確な見通しが立たないため、民間の投資額の割合は相対的に少ないが、フィランソロピー・ファンドなどの投資家が投資を行っている。これらの投資ファンドの特徴は、より社会的インパクトの側面に重点を置いていることである。投資にあたっては、リターン設定等の条件が柔軟であり、スタートアップの創業者のシェアの希薄化が少ない譲許的な資本を提供する。

技術の実証段階ではVCの投資が活発になってきている。従来はよりインパクトを求める上記フィランソロピーや、戦略的リターンを求める大企業などの資本が、この段階でのメインストリームであったが、現在では財務的なリターンとインパクトの両立を目指すVCファンドが増えている。これらのファンドは、ハードウェアやエネルギー業界への経験が豊富なスタッフや、科学者をチーム内に（あるいは、少なくとも外部の協力先と連携することを）要する。また、スタートアップの製品やサービスのユーザーとなり得る大企業とのパートナーシップを開発し、投資先スタートアップとのマッチングを行うことで、ハイリスク・ハイリターンな投資を可能にしている。これらの投資は、投資環境の変化にも牽引されている。民間企業は欧米グローバル企業を中心に、カーボンニュートラルの達成を長期的な経済要件とみなし、カーボンクレジットの獲得や、自社事業の脱炭素化のため積極的な投資・提携活動を進めている。よって、アーリーアダプターのユーザー企業によるグリーン製品の採用が以前と比較して進み、初期の実証段階におけるユーザーの獲得の難易度が下がっている。また一部のスタートアップが、次の開発サイクルにあたる技術展開の段階で、商業的な成功を達成する前から、SPACや企業による買収を通して、エグジットを達成するようになってきている。

一方で、技術の市場への展開段階においては、プラントの本格的な建設や、原材料の大規模な購入のため、より資本集約度の高い資金調達が必要になる。典型的な投資ツールとしては、PE・インフラファンド等によるプロジェクト・ファイナンスやアセットファイナンスが用いられる。これらのファンドによる投資はベンチャーキャピタルファンドによる投資と比較して、より安定したリターンを長期的に求めるものである。そのため、高い技術リスクや商業的なリスクを負うことが難しい。一部のファンドは従来よりも、小型の資本の提供を行い、エンドユーザーのリスク軽減のために、リーシングを提供するなど、その投資の手法は多様化してきているが、これらの投資機関は、主に太陽光発電や風力発電、蓄電池など、より成熟度の高い技術への投資にとどまっている。

このような状況下において、従来脱炭素技術へのベンチャー投資を行っていた、Breakthrough Energyはカタリスト（触媒）プログラムという、譲許性の高い公的な資本やグローバル企業の資本を動員し、商業展開時のプロジェクト・ファイナンスにおける財務的・商業的な支援によって脱炭素技術のプロジェクトをバンカブルにするためのプログラムを発表している。これは、同分野に対する、さらなる民間投資を呼び込むことを企図している。またこのプログラムを通して、投資による、インパクト・リターンの定量化、測定手法の確立も目指すという。

また、脱炭素技術のユーザーとなる大企業によるインパクトファンドも注目を浴びている。これらの企業はカーボンニュートラルの達成を目指し、カーボンクレジットの獲得、もしくはより低炭素のソリューションを直接的に自社の事業の統合するために戦略的投資を行う。これらのファンドは、ある程度財務的なリターンよりもインパクトを重視したものであり、スタートアップに対して財務的な支援だけでなく市場への展開におけるビジネスの側面での支援ができること、また、自社のバランスシートから、スタートアップの資本需要に合せた多様な投資を行えるため、現状、資金供給が不足している市場展開時のギャップを埋めるキープレイヤーとなり得る。