

令和３年度クライメート・イノベーション・ファイナンス推進事業委託費
イノベーション・ファイナンスのあり方に関する調査

報告書

2022 年 3 月
株式会社野村総合研究所

目次

1.	はじめに.....	3
2.	サステナブルファイナンスの現状と我が国におけるクライメート・イノベーション・ファイナンスの現状	4
2.1.	脱炭素をめぐるファイナンスの状況	4
2.2.	クライメート・イノベーション・ファイナンスの特徴と促進に向けた論点	7
2.2.1.	気候関連の革新的技術の特徴	7
2.2.2.	気候関連の革新的技術の実用化・商用化に向けた資金供給面の課題	7
2.3.	クライメート・イノベーションへの我が国の対応	10
2.3.1.	クライメート・イノベーション・ファイナンスの促進に向けた我が国の施策の推移	10
2.3.2.	ゼロエミ・チャレンジ	10
2.3.3.	クライメート・イノベーション・ダイアログ	11
3.	脱炭素技術の現状とファイナンスの論点	13
3.1.	水素を巡る現状	13
3.2.	水素発電	13
3.2.1.	水素発電の概要（市場規模・開発目標等）	13
3.2.2.	資金供給へ向けた課題とリスク	14
3.3.	大規模水素輸送	14
3.3.1.	大規模水素輸送の概要（市場規模・開発目標等）	14
3.3.2.	資金供給へ向けた課題とリスク	16
3.4.	水素電解装置	17
3.5.	まとめ	19
4.	クライメート・イノベーション・ファイナンスにおける官民連携の在り方	20
4.1.	官民連携のオプション	20
4.1.1.	官民連携のオプション ①安定した需要の創出	20
4.1.2.	官民連携のオプション ②安定した操業	21
4.1.3.	官民連携のオプション ③資金供給におけるリスクシェアリング	22
4.2.	クライメート・イノベーション・ファイナンスの加速に向けて	25
5.	おわりに	26
別添 1 :	参考資料① CID の議事要旨	エラー! ブックマークが定義されていません。
別添 2 :	参考資料② CID の各回ごとの報告内容	エラー! ブックマークが定義されていません。

1. はじめに

昨今、世界的に気候変動問題への関心が急速に高まっている。パリ協定の合意に基づき、世界全体で温室効果ガス（GHG）の排出削減に向けた取組が進められている。また、これに伴ってサステナブルファイナンスが拡大し世界の資金の流れに大きな変化が生じている。我が国としても、昨年閣議決定した「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」において、「グリーン・ファイナンスの推進」を大きな柱として掲げ、2020年10月には総理から「2050年カーボンニュートラル、脱炭素化社会の実現を目指す」ことを宣言している。

2050年カーボンニュートラルに向けて、温暖化への対応を経済成長の制約やコストとする時代は終わり、翻って成長の機会と捉える時代に突入していることを考えれば、積極的に脱炭素対策を行うことが産業構造や社会経済の変革をもたらす。このような転換を背景に、「経済と環境の好循環」を更なる大きな成長につなげていくための産業政策をグリーン成長戦略として2020年12月に「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を公表した。グリーン成長戦略は、各政策を総動員し持続的な成長とイノベーションの実現を企図して2050年カーボンニュートラル社会の実現可能性を高めるものであり、企業の研究開発方針や経営方針の転換といった動きを加速させるため、2021年6月にはグリーン成長戦略をより具体化した。

グリーン成長戦略において言及されているように、2050年カーボンニュートラルの実現は並大抵の努力では実現できず、エネルギー・産業部門の構造転換、大胆な投資によるイノベーションの創出といった取組を、官民連携で大きく加速することが必要である。本事業では、着実な低炭素化・脱炭素化に向け、低炭素技術や革新的な脱炭素技術に対して、ファイナンスがなされる環境を整備するために必要となる情報を調査することを目的に、脱炭素化社会の実現に向けて、イノベーションの取組に果敢に挑戦する企業を「ゼロエミ・チャレンジ企業」と位置づけをし、リストを公表するとともに、制度の在り方についての検討実施。また、水素関連事業をテーマとし、資金供給の課題やその克服に向けた施策の在り方を検討するための調査及びダイアログ（「クライメート・イノベーション・ダイアログ」）を行った。

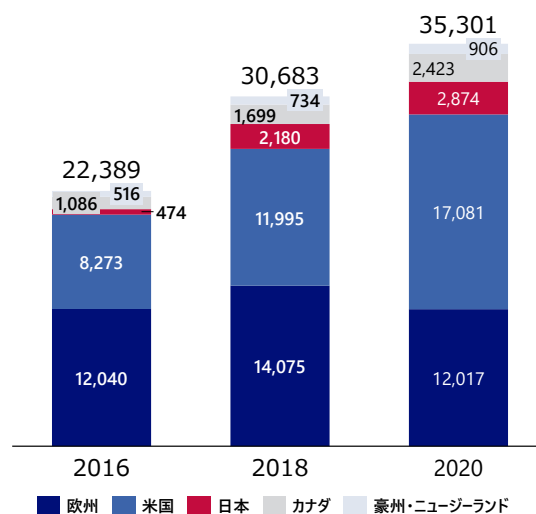
本報告書は、同事業での実施内容を踏まえたものである。第2章では、クライメート・イノベーション・ファイナンスの現状について、同事業で実施した施策にも触れながら説明をする。第3章では、ダイアログで扱った水素をテーマとし、現状の開発動向や政策目標、資金供給を行う上での課題・リスクについて整理をしている。そして、第4章では同事業を通じて得られた知見などを踏まえ、クライメート・イノベーション・ファイナンスの促進に向けた官民連携の在り方について述べる。

2. サステナブルファイナンスの現状と我が国におけるクライメート・イノベーション・ファイナンスの現状

2.1. 脱炭素をめぐるファイナンスの状況

世界の平均気温の上昇を産業革命前と比べて少なくとも2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をすることが、2015年にパリ協定として採択され、世界的な共通目標となっている。さらに、2018年のIPCC1.5℃特別報告書において、気温上昇を1.5℃に抑えるためには2050年前後に温室効果ガスの排出量を実質ゼロにすることが示されて以降、2050年カーボンニュートラルを目標に掲げる動きが加速している。パリ協定の実現には、化石燃料からの脱却をはじめ、エネルギー・産業構造の転換、大胆なイノベーションの創出等社会経済システムの大きな変革が必要となり、多額の資金が必要とされている。例えば、IEAが2021年3月に公表した2050年までにNet Zeroの実現を前提としたシナリオにおいては、2050年までに、2020年からの累計で約140兆ドル（1.67京円）の資金が必要とされている¹。また、国立環境研究所の試算では、2050年までに約100～200兆円の資金が必要と試算されている²。このような中、金融の世界では、ESG金融に対する理解の拡大とともに、気候変動対策を考慮する金融機関が増え、サステナブル投資額が拡大している。Global Sustainable Investment Review2020では、2020年の世界のサステナブル投資額は35兆3,010億ドルとされ、2016年の22兆3,890億ドルから約1.6倍の拡大となっている。我が国も4,740億ドル（2016年）から2兆8,740億ドル（2020年）へと拡大している³。

図表 1 世界のサステナブル投資額の推移(10億ドル)



(出所)Global Sustainable Investment Alliance 2020より作成

また、革新的な技術への資金供給の面でも、同様の傾向が示されている。2021年上期のClimate Techの投資額は2020年上期よりも3倍近くになっている。こうした資金供給の拡大の背景には、企業等の資金調達手段として、サステナブルファイナンスを活用することが可能となったことも要因としては考えられる。

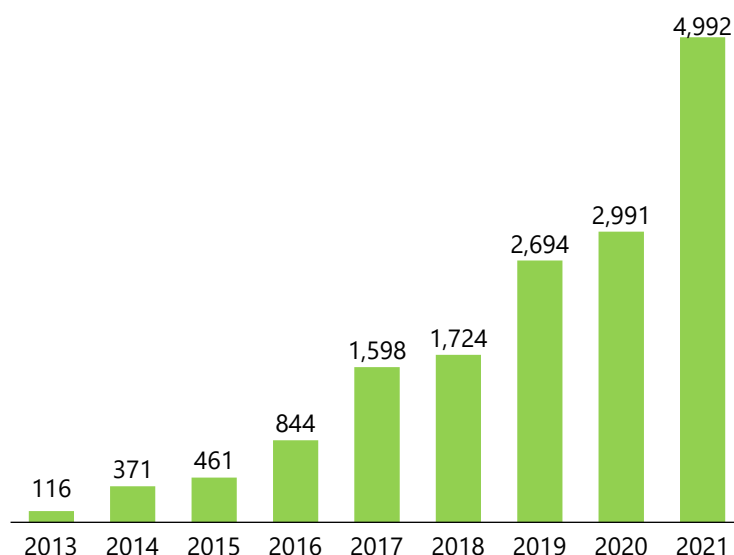
¹ IEA Net Zero by 2050。日本円へは1ドル＝115.15円（2021年11月24日時点）で計算。

² 国立環境研究所「2050年脱炭素社会実現の姿に関する - 試算」p.24

³ Global Sustainable Investment Alliance2020

例えば、グリーンボンドは、2014年に国際資本市場協会（ICMA）によりグリーンボンド原則が策定され、その発行におけるプロセスのガイドラインが示された。その後、パリ協定の採択とともに発行額が拡大している。

図表 2 世界のグリーンボンド発行額（億ドル）



（出所）環境省 グリーンファイナンスポータル

現在では、グリーンボンドの他、グリーンローンやサステナビリティ・リンク・ボンド、サステナビリティ・リンク・ローン、トランジション・ファイナンスに係る原則やガイドライン、基本指針等が策定され、資金調達におけるサステナブルファイナンスの活用にも選択肢が増えてきている。

図表 3 サステナブルファイナンスの種類

種類	概要	原則・基本指針の要素
グリーンボンド/ローン	調達資金の全てが適格なグリーンプロジェクトの一部または全部の投資・リファイナンスに充当されるもの	グリーンボンド原則 - 調達資金の用途 - プロジェクトの評価と選定のプロセス - 調達資金の管理 - レポートニング
サステナビリティ・リンク・ボンド/ローン	- 資金用途を特定せず、KPI が事前に定義された SPTs を達成したか否かで財務や構造が変化するもの - 一般的に SPTs の未達によりクーポンが上昇する場合が多い	サステナビリティ・リンク・ボンド/ローン原則 - 重要業績評価指標（KPI）の設定 - サステナビリティ・パフォーマンス・ターゲット（SPTs）の設定 - 債権/融資の特徴 - レポートニング - 検証
トランジション・ファイナンス	資金用途の特定、不特定に関わらずパリ協定と整合した発行体の長期戦略に基づく取組を対象とする	クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針 - 発行体のクライメート・トランジション戦略とガバナンス - ビジネスにおける環境面のマテリアリティ - 科学的根拠のあるクライメート・トランジション戦略 - 実施の透明性

このようにサステナブルファイナンスは拡大をしているものの、資金供給の対象領域に偏りが生じるとの課題も顕在化してきている。企業の資金調達手段の1つであるグリーンボンドでは、その性質上、「グリーン」と分類される再生可能エネルギー、グリーンビルディングを資金使途とした発行が大半であり、6割以上をその2つの領域が占めている。一方、多排出産業を含む産業分野を対象とした発行は0.4%と1%にも満たない。

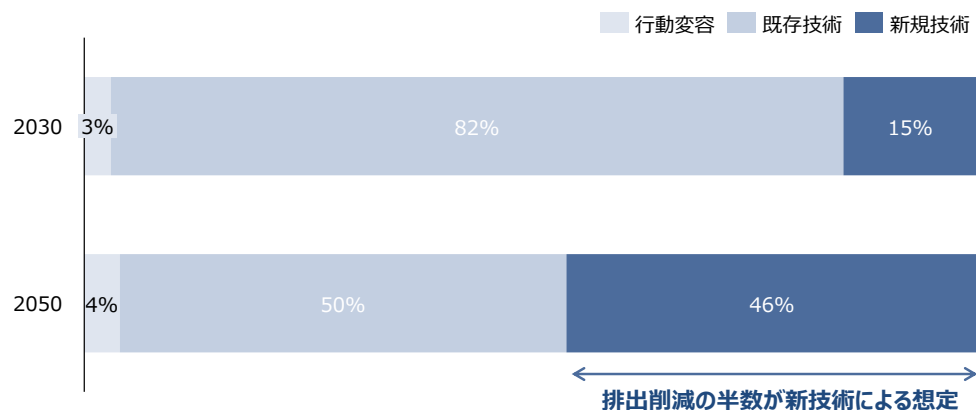
図表 4 資金使途タイプ別のグリーンボンド発行額（2014～2020）



(出所) Climate Bond Initiative より作成

また、気候関連の新技术向けの投資の多くは、足元での需要拡大が顕著な EV を中心とする交通セクター向けである。一方で、2050 年カーボンニュートラルを実現するに当たり、2020 年時点の排出量からの約半数程度は現在商用化されていない、新技术による削減との試算⁴もあるように革新的な技術に向けたファイナンスの重要性は高まっている。特に、航空や海運などの長距離輸送や鉄鋼や化学などの多排出産業はこれら革新的技術の導入が脱炭素化に向けてカギを握っており、当該領域や技術への資金供給の促進が課題となっている。次節では、気候関連の革新的技術への資金供給、クライメート・イノベーション・ファイナンスに焦点を当て、その特徴及び促進に向けた論点について説明をする。

図表 5 取組別 CO₂削減への寄与度合



出所) IEA Net Zero by 2050

⁴ IEA Net Zero <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

■ 2.2 クライメート・イノベーション・ファイナンスの特徴と促進に向けた論点

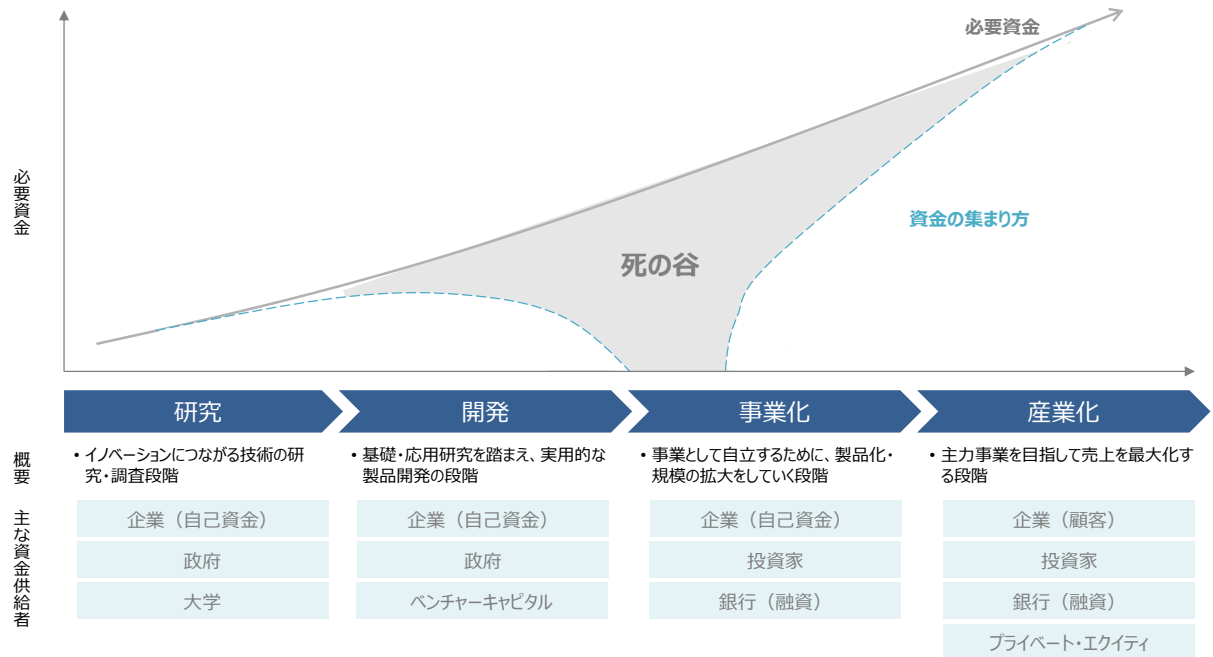
2.2.1. 気候関連の革新的技術の特徴

気候関連の革新的な技術（クライメート・イノベーション技術）は、多額の資金供給がなされている IT 分野等の技術とは異なる点がある。以下の 3 点を気候関連の革新的技術への資金供給の点から主な特徴として列挙する。1 点目は、多くの技術が資本集約型であること。一般的に、投資家は少額の先行投資で大きなリターンを得られる技術を好むとされているが、気候関連の革新的技術の研究開発や実証段階においても設備投資を含め多額の資金が必要となる。2 点目は、研究開発～社会実装までの期間が長いこと。多くの気候関連の革新的技術は 2030 年以降の社会実装を想定しているように、10 年以上を超える期間が研究開発～実証に充てられる。3 点目は、流動性が限定的な点であること。上記のように、開発、実証においても非常に長い期間を要するため投資期間が長期にわたることに加え、特にインフラプロジェクトに対する証券化市場はまだ発展していないため、開発や実証段階での投資は流動性リスクが高くなる傾向にある。

2.2.2 気候関連の革新的技術の実用化・商用化に向けた資金供給面の課題

2.1 節では、気候関連の技術では、EV を中心とした交通セクター向けに資金供給が偏っていることを述べた。この背景には、EV に関連する政策が打ち出され、足元での需要拡大とともに将来的な市場の拡大がより見通せるようになった点に加え、技術の多くが導入拡大・コスト低減、商用化段階に入っている点があると考えられる。気候変動対策への革新的な技術への資金供給面の課題となりやすいは導入拡大・コスト低減、商用化の前段階であり、特に商用化へ移行していく際の資金である。この段階では、設備規模も実験段階からより商用規模へと拡大していくこともあり、必要資金が大きくなる。一方で、当該段階では、公的資金による支援が難しい上、資金規模が大きくなることからサステナブルファイナンスの主流である株式や債券などによるコーポレートファイナンスでの資金調達を基にした事業会社の自己資金の投入だけでなく、プロジェクトファイナンスによる資金調達の必要性も出てくる。しかし、投融資を実施する民間金融機関としてもキャッシュフローの見通しが不確実であり、資金供給を躊躇するケースも多い。ゆえに資金ショートが発生しやすく、必要資金と実際に資金供給規模との乖離から「死の谷」と呼ばれる。

図表 6 死の谷のイメージ



以下では、気候関連の革新的な技術をより早期に社会実装、商用化させるために、死の谷を回避するに当たって克服すべき課題を提示し、次章以降における議論へとつなげる。まずは、対象となる技術テーマやプロジェクトに関する一般的な課題を列挙する。従来からプロジェクトへの資金供給を行うに当たっては、収入リスクや原料調達リスク、技術・操業リスク、完工リスク等が考慮されてきた。

図表 7 技術テーマやプロジェクトに関する資金供給を行うに当たって考慮する主なリスク

リスク	主な視点（例）
収入リスク	・ 事業を通じて、安定的な収入を確保できるか
原料調達リスク	・ 安定的にかつ調達コストを抑えた形での調達ができるか ・ 原材料の製造技術や輸送技術が確立されているか
技術・操業リスク	・ 技術が想定通りのパフォーマンスを発揮するか ・ 安定的に操業をおこなえるか
完工リスク	・ 実証やサプライチェーン関連施設等が完工できるか
政策・規制上のリスク	・ 政策変更がありコスト構造等が変更しないか

資金供給にあたってはこれらリスクが従来通り想定されるとの認識のもと、気候関連の革新的技術への資金供給を想定した対応を検討すべき点を次に列挙する。

① 長期のプロジェクト期間に伴う不確実性：技術リスクと政策リスクの増加

- ・ 環境・エネルギー関連の革新的技術については、社会実装・自立商用までの道のりは長く、社会実装まで 10 年以上かかる技術もある。
- ・ そのため、技術の確立に対しても不確実性が大きく、また、複線的なアプローチをとる場合、どの技

術がより良い選択となるかは不明瞭である。

- ・ 更に、対象技術の導入による炭素排出の削減効果についても、実際に創出されるのか、また気候変動以外の環境・社会に関して想定していなかった悪影響が生じる可能性もある。
- ・ 規制面においても、政府が明確にビジョンを示し、そこに対する具体的なアクションが見える化し、フレームワークを調整し、一貫性のある支援を行っていくことが必要となる。

② ビジネス・市場の創出・需要の確保：収入リスクの増加

- ・ 気候関連の革新的な技術についてはエネルギー分野に関する技術も多い。同分野では製品やサービスにおける差別化が難しいコモディティであり、既存エネルギーと比してコストが安価でなければ代替されず普及しないという問題がある。
- ・ 既存の安価な化石エネルギーに対し、グリーンエネルギーを少なくとも同等かそれ以下のコストにするとの目標が各国で掲げられているが、その実現に向けては再生可能エネルギーのような早期の需要創出も重要になる。

③ 情報の非対称性と先進的（Forward-looking）な技術の評価

- ・ 革新的な技術が有するリスクを資金供給者が見極めることは難しく、資金の出し手と受け手の間に情報の非対称性が存在することとなる。
- ・ 特に、先進的な技術は総じて長期的な運転実績がないことが多く、運転開始後のリスクの把握が困難である。
- ・ そのような Forward looking な技術の取扱いの経験が、既存技術に対して僅少であることが資金供給を妨げる一因となる。
- ・ 資金供給のため、革新的な技術に対する投資評価の考え方やフレームワークが定まっていない等が問題であり、これらを整理することで資金供給者のリスクを低減することが出来ると考えられる。

④ 投融資期間のミスマッチと資金供給者同士の連携不足

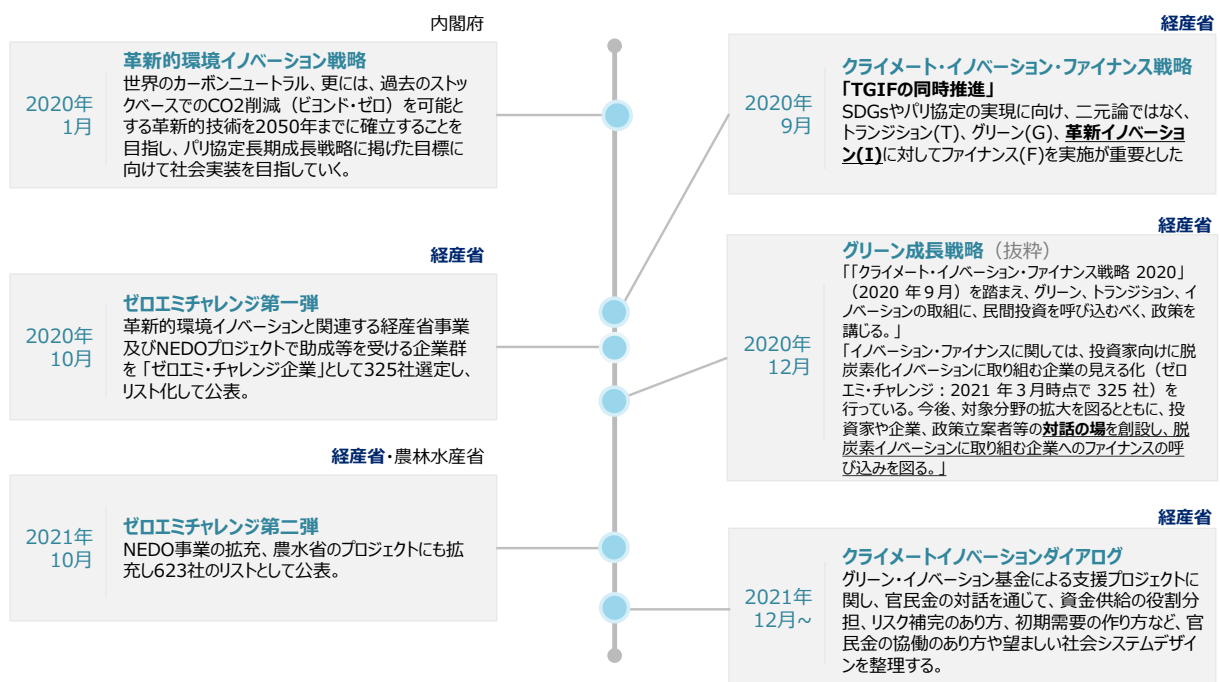
- ・ 革新的な環境関連の技術については、開発や実証段階においても期間が 10 年を超え、また設備建設等に多額の資金が必要になることも多い。そこで問題になるのが、資金の出し手となる民間金融機関の償還期間と社会実装・商用化までの期間のミスマッチである。
- ・ 開発や実証を資金使途の一部とした債券や融資の償還期間は 5 ～ 10 年程度であり、長期での技術開発が必要な気候関連の革新的技術の開発期間に対しミスマッチが生じる。また、ベンチャー向けの資金供給を行うファンドの運用期間も 10 年程度が多く、それを超える時間軸で革新的な技術商用化を目指すベンチャー等への資金供給は難しくなる。
- ・ また、技術の開発段階ごとに資金供給者が異なるが、脱炭素という社会全体を巻き込んだ取り組みにおいて、各資金供給者同士における連携も重要となると想定される。

2.3 クライメート・イノベーションへの我が国の対応

2.3.1 クライメート・イノベーション・ファイナンスの促進に向けた我が国の施策の推移

我が国では、パリ協定の実現に向けた排出削減目標の達成に向け 39 テーマを選定し、革新的環境イノベーション戦略を2020年1月に公表している。経済産業省では、2020年2月より環境イノベーションに向けたファイナンスのあり方研究会を開催しており、同研究会での議論を通じ、グリーンか否かの二元論ではなく、トランジション（T）、グリーン（G）、イノベーション（I）を同時に推進し、これらの事業に対してファイナンス（F）をしていくことを重要とし、そのために、政府の気候変動対策へのコミットメント、企業の積極的な情報開示、資金の出し手によるエンゲージメントの3つの基盤を整備していくとの基本的な考え方のもと、「クライメート・イノベーション・ファイナンス戦略 2020」を策定した。イノベーション・ファイナンスに関しては、イノベーションの創出に積極的に行う、企業を資本市場が評価していく仕掛けが必要とし、企業の見える化や、クライメート・イノベーションに関するエンゲージメントの場の設定が重要であるとした。

図表 8 イノベーション・ファイナンスを巡る政府の議論の進展



2.3.2 ゼロエミ・チャレンジ

上記のクライメート・イノベーション・ファイナンス戦略における企業の見える化に関する施策として、革新的環境イノベーション戦略に果敢にと調整する企業を見える化する「ゼロエミ・チャレンジ」が実施された。第一段は2020年10月に公開され、324社を公表。本事業では第二弾を行った。第二弾では、第一弾同様に経済産業省の事業や国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が実施しているプロジェクトに参加する企業を対象にすることに加え、農林水産省の事業も対象に追加した。また、経済産業省やNEDOの事業についても、ベンチャー企業等が参加する事業を対象とする等し、リストの拡充を行っ

た。結果的に同事業の趣旨に賛同いただいた 623 社をリストアップして公表している⁵。なお、リストには、業種や参加するプロジェクト情報に加え、TCFD への賛同有無や SBT 認定の取得有無、CDP のスコア等を記載するとともに、第二弾では 2050 年カーボンニュートラルの宣言の有無に関する情報を追加している。

2.3.3 クライメート・イノベーション・ダイアログ

クライメート・イノベーションに資する事業への資金供給を官民連携して行っていくに当たり、官民金の協働のあり方や望ましい社会システムデザインを整理することを目的にクライメート・イノベーション・ダイアログ（CID）を開催。今年度の CID では、グリーンイノベーション基金に対する理解を深化させるとともに、同基金において支援を行う水素事業（水素製造、大距離輸送、水素発電）のそれぞれの分野を対象に、資金供給を行う上でのリスクや、リスクを緩和、補完するための官民金の協働の在り方について対話を実施した。

図表 9 2021 年度のクライメートイノベーションダイアログの開催概要

名称	クライメート・イノベーション・ダイアログ
日程	【第 1 回】令和 4 年 1 月 17 日（月） 【第 2 回】令和 4 年 2 月 3 日（木） 【第 3 回】令和 4 年 2 月 17 日（木） 【第 4 回】令和 4 年 3 月 1 日（火）
場所	経済産業省 及び オンライン
議題	【第 1 回】 (1) 経済産業省産業技術環境局環境経済室室長ご挨拶 (2) 自己紹介タイム (3) 参加者各自ご紹介 (4) インプットトーク①クライメート・イノベーション・ダイアログ (5) インプットトーク②グリーンイノベーション基金 (6) インプットトーク③水素 (7) 次回に向けて 【第 2 回】 (1) 経済産業省 産業技術環境局 環境経済室 室長 ご挨拶 (2) 参考資料のご紹介 (3) 三菱 UFJ 銀行様「水素発電に係る官民共同の資金連携の在り方について」ご説明 (4) ディスカッション (5) GI 基金「水素大距離輸送事業」の概要の説明、質疑応答 (6) 次回に向けて 【第 3 回】 (1) 経済産業省産業技術環境局環境経済室室長ご挨拶 (2) みずほ銀行様「水素サプライチェーンに係るディスカッションマテリアル」ご説明 (3) ディスカッション (4) グリーンイノベーション基金「水電解による水素製造」の概要説明資料 (5) 次回に向けて (6) 【第 4 回】 (1) 経済産業省 産業技術環境局 環境経済室 室長 ご挨拶 (2) 三井住友銀行様「「水電解による水素製造」に関するディスカッション資料」ご説明 (3) ディスカッション (4) 今年度総括

⁵ ゼロエミ・チャレンジ <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211005004/20211005004.html>

図表 10 2021 年度クライメート・イノベーション・ダイアログの参加者

参加者 (五十音)	浦田 秀行 (株)日本貿易保険執行役員 営業第二部長
	尾坂 北斗 (株)産業革新投資機構経営企画室 兼 ファンド投資室 ディレクター
	加藤 晶弘 (株)三菱 UFJ 銀行サステナブルビジネス部 部長
	金子 忠裕 (株)三井住友銀行ホールセール統括部 サステナブルビジネス推進室長
	佐久間 佳寿子 (株)国際協力銀行 資源ファイナンス部門石油・天然ガス部長
	角田 真一 (株)みずほ銀行 サステナブル・ビジネス推進室 室長
	原田 文代 (株)日本政策投資銀行執行役員経営企画部サステナビリティ経営室長
オブザーバー: (国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	

なお、対象とする脱炭素技術は、グリーン成長戦略で定められた「成長が期待される 14 分野」に係る事業を支援対象としており、次年度以降、他テーマも対象として議論を進めていく予定である。次章では、水素サプライチェーンにおける各要素プロジェクトである、水素発電・水素大規模輸送・水素電解装置の現状、政策目標、技術リスク等を整理する。

3. 脱炭素技術の現状とファイナンスの論点

3.1. 水素を巡る現状

水素は、化石燃料や再生可能エネルギー等様々なエネルギー源から製造することが可能であるとともに、アンモニアや合成燃料等の製造にも用いることが可能である。また、水素は、発電部門において、燃料として直接的に脱炭素化に貢献するだけでなく、余剰電力を水素に変換し、貯蔵・利用することで、再生可能エネルギー等のゼロエミッション電源のポテンシャルを最大限活用することが可能である。加えて、産業部門においては、原料利用や熱エネルギー源にもなり、電化による脱炭素化が難しい分野における貢献も期待されている。その他、輸送部門における燃料での活用など多岐にわたる利用が期待される、カーボンニュートラルの達成には不可欠な二次エネルギーとして位置付けられる。

水素関連市場については、2050 年に世界全体で 2.5 兆ドルになり、約 3,000 万人の関連雇用を創出するとの試算もある⁶。このように世界全体で市場の拡大が見込まれる中、我が国では、国内水素市場の早期立ち上げに向け、2030 年の最大導入量を 300 万トンとすることを目指すとともに、そのうち、グリーン水素の供給量は約 42 万トン以上⁷を目指すことが掲げられている。また、2050 年には 2,000 万トン程度の供給量を目指すことが打ち出されている。コストに関する目標値としては、現在 100 円/Nm³ に対して 1/3 以下となる 30 円/Nm³ を 2030 年の供給コスト目標とし、2050 年には水素発電コストをガス火力以下にするとの点から 20 円/Nm³ とすることを目標としている。上記目標の実現に向け、水素の社会実装を促すためには、大規模な水素需要の創出と供給コストの低減が同時に行われることが必要となる。以下では、水素発電、水素大規模輸送、水素電解製造に焦点を当て、それぞれの現在の開発状況と課題、更に将来想定されるビジネスモデルを踏まえ、資金供給を行うに当たっての課題とリスクについて整理を行う。

3.2. 水素発電

3.2.1 水素発電の概要（市場規模・開発目標等）

大規模な水素需要の創出が可能な技術として位置づけられるのが、水素発電である。水素発電は燃焼しても CO₂ を排出しない脱炭素電源であり、また、変動電源である再生可能エネルギーの導入が拡大する中で、供給力や調整力、慣性力といった電力の安定供給上重要な役割を担うことが想定される技術である。世界では、水素発電タービンは 2050 年までに累積導入容量は最大約 3 億 kW、約 23 兆円規模⁸の市場になることが見込まれている。また、我が国では、2030 年頃に国際的な水素サプライチェーンの構築とともに商用化を実現することを目標として掲げている。その際、コストは 17 円/kWh を目指しており、その実現のためには年間約 30 万トンの水素調達量が必要となるとしている。また、将来的には、環境価値を含め、既存の LNG 火力発電と同等のコスト水準を目指しており、その実現のためには、年間 500 万トン～1,000

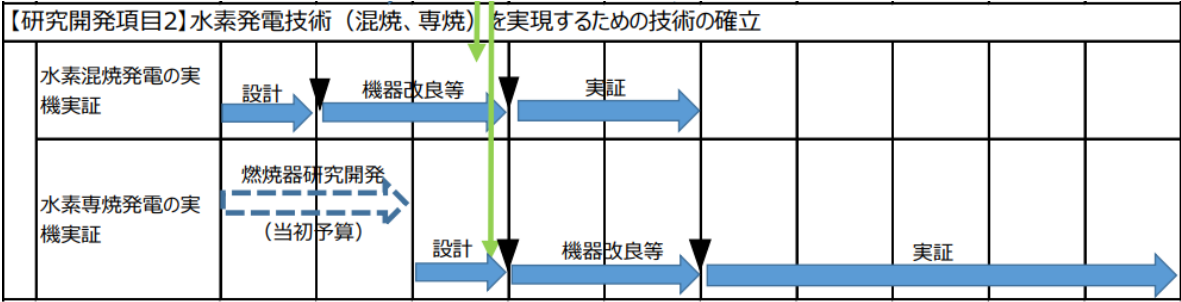
⁶ Hydrogen Council

⁷ 2020 年 6 月に発表した国家水素戦略で掲げられている再エネ由来の水素供給量以上

⁸ グリーン成長戦略（令和 3 年）p.42 より引用。引用下では IEA 「Energy Technology Perspectives 2020」 Sustainable Development Scenario(SDS)等を基に推計（タービン価格は 8 万円/kW と仮定。）

万トン程度の目安として水素調達量が必要となるとしている⁹。この場合の発電容量は 15～30GW 程度になるとされ、2050 年の発電電力量の約 1 割を水素・アンモニアが賄う可能性があるとグリーン成長戦略等で参考値として示されている。これらの実現に向け、大規模火力発電（500MW 級）及び地域における熱電供給のコジェネ発電（1 MW 級）のそれぞれの分野で技術開発や小型機での実証が開始されている。また、今後、グリーンイノベーション基金事業として実用化に向けた開発・実証が実施されていることが予定されている。技術的には、水素ガスタービン発電技術は、混焼率 30%を達成するための燃焼器の技術開発が完了している。今後、水素の燃焼特性に合わせた専焼用の燃焼器開発がなされるとともに、実機に搭載して実際に水素を活用した発電を行い、燃焼安定性を確認するための実証が行われていく予定である。また、日本企業は本分野において、技術的に世界をリードしており、すでにオランダや米国等の海外での案件を受注している。

図表 11 水素発電技術関連プロジェクトの想定スケジュール



3.2.2 資金供給へ向けた課題とリスク

水素発電については、商用規模での実績がないこともあり、実証後の実装初期段階では特に、実績や技術成熟度が求められるノンリコース・リミテッドリコースでのプロジェクトファイナンスよりは、事業者による自己資金やコーポレートファイナンスを前提としたファイナンスを組むことが優先されると想定する。普及拡大早期においては、水素発電の新設・改修が増加するにつれ、極めて大規模な設備資金が必要となるとともに、プロジェクト毎の関係者も多岐にわたるため、事業者への財務負担が限定的なプロジェクトファイナンスへの取組が求められることになる想定される。プロジェクトファイナンスにおける具体的なリスクは電力販売先の創出（収入リスク）と原料調達リスクが大きいと想定される。また、この段階での技術的なリスクとしては、安全性を含め、予期せぬ悪影響が生じることである。

3.3. 大規模水素輸送

3.3.1. 大規模水素輸送の概要（市場規模・開発目標等）

グリーン水素の場合は再エネ価格、ブルー水素の場合は資源価格に強く依存し、製造方法によっては国内で水素製造を行うより輸入をしたほうが、水素価格がより廉価となる場合がある。主要な水素需要地域と

⁹ 水素基本戦略

水素を安価に製造できる地域は必ずしも近傍ではないため、海上輸送を含めた長距離輸送技術の研究開発が課題である。将来的な国際水素取引市場は 2030 年時点で約 0.3 兆円、2050 年時点で 5.5 兆円に成長することが見込まれている¹⁰。我が国の場合、再エネ価格が高価であり、資源量が少ないこともあり、再エネ価格が USD60/MWh¹¹を超える場合は、大規模供給地であるオーストラリアや中東等海外から水素を輸入したほうがコストは低いとされ、当該地域からの輸入が計画されている。そのため、長距離輸送技術の開発の必要性は高く、特に近年水素製造の技術発達や大規模実証が進む中、輸送技術におけるコスト低下の重要性は増している。長距離かつ大規模な水素の輸送方法としては液化水素、LOHC（液体有機水素キャリア）、アンモニアの 3 つが主流となっている。技術毎に特徴と課題があり、現時点では優位性を見極めることは困難とされる。各技術の特徴と技術課題を以下表にまとめた。

図表 12 水素輸送方法の分類（抜粋）

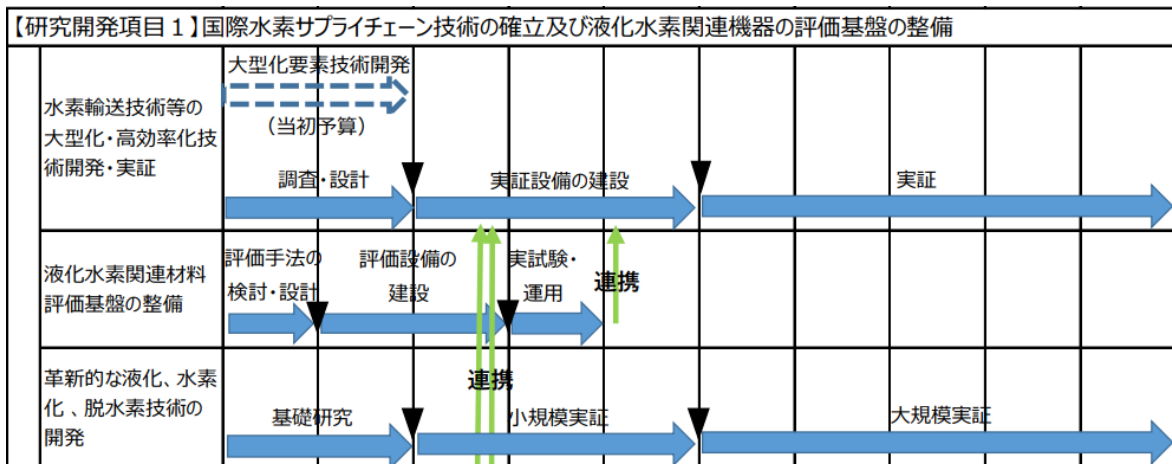
輸送手段	特徴	技術課題
液化水素	- 常圧水素と比較した体積が 800 分の 1 程度になるため大規模輸送に適した技術。 - 利用する際に他物質から変換する必要がないため、高純度を維持でき、直接水素としての活用を想定する需要家への供給に適する。	- 大型輸送技術の開発 - 新規インフラの整備
MCH	- 常温・常圧で運搬することが可能なため既存の輸送船設備が活用できる。 - 脱水素化/水素化を必要とするためエネルギーコストが高い。	- エネルギーロスの低減 - 輸出側/輸入側のインフラを整備
アンモニア	- 他キャリアと比較して体積水素密度が約 1300 分の 1 と高い。 - 水素として利用する際の変換コストは高いが、アンモニアとして直接利用も可能。	利用先拡大に向けた技術開発

こうした課題を踏まえ、長距離輸送のコスト低減に向けて規模の経済を最大限利用するための大規模化と、エネルギーロスの低減に向けた革新的プロセスの開発が方向性として打ち出されており、NEDO やグリーンイノベーション基金事業を通じて国の支援のもと研究開発、実証が行われる。

¹⁰ グリーン成長戦略における導入目標量及び Hydrogen Council の値より経済産業省推計

¹¹ Hydrogen Council

図表 13 水素発電技術関連プロジェクトの想定スケジュール



現在我が国における水素運搬船の既存容量は 1 基あたり 1,250m³ だが、商用化に向けて化石燃料と同価格を目指す場合は 32 倍にあたる 40,000m³ の規模が必要となる試算もある¹²。このギャップに対し、水素運搬船の商用化へ向け、向けグリーンイノベーション基金事業を通じ 2,550 億円の予算を投じる予定。エネルギーロスの低減については液化プロセスや MCH 製造プロセスでの効率化技術等が想定され、大型化と同様グリーンイノベーション基金事業における研究開発内容の一つとして、150 億円の予算が確保されている。具体的には MCH におけるプロセスとして水電解を経ない MGH 電解合成の技術開発が行われている。我が国は輸送技術の開発を先駆的に行っており、世界初となる実証を複数実施している。液化水素ではオーストラリアで製造された水素を輸入する計画が進められ、MCH ではブルネイにて水素化プラントを開所する等、国際連携が積極的に推進される。

3.3.2. 資金供給へ向けた課題とリスク

大規模なインフラ開発や今後の実証に向けて資金供給が必要な一方、水素の貯蔵・輸送分野への投資件数は水素産業全体に対して 10%未満にとどまる¹³。背景には、大型水素輸送技術が資本集約型の技術であること、技術の不確実性が高いこと等が挙げられる他、輸送手段であるために需要の創出が不可欠である点も挙げられる。MCH 等一部の輸送技術では製造場所での水素化と利用先での脱水素化を目的とした設備開発が必要等、初期段階から大規模なインフラへの投資が求められる。一方脱水素化技術には発展途上のものもあるため技術確立の不確実性が大いことが資金供給へのリスクにつながる。

また、需要側の利用方法によって最適な輸送方法が異なる点や、ビジネス化に向けた需要側の水素利用技術の開発が必要な点等、輸送技術の特性上需要側の動向への依存度が高い。水素発電同様、実装初期は自己資金やコーポレートファイナンス、拡大期はプロジェクトファイナンスやシップファイナンスなど事業ベースでのファイナンスが組まれることが想定される。

¹² 経済産業省「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理（案）」

¹³ 日本経済新聞 2021 年 10 月 18 日「脱炭素の救世主か 水素の課題と可能性、イチから学ぶ」

3.4. 水素電解装置

3.4.1. 水素電解装置の概要（市場規模・開発目標等）

2018 年時点での水素の供給方法は化石資源由来、特に天然ガス由来改質であり、約 7,000 万トンの約 4 分の 3 を占めている¹⁴が、IEA 予測におけるパリ協定等を遵守するシナリオでは、2050 年時点で約 3 億トン、うち半分を電解装置由来の水素が必要であると示している¹⁵。水素電解装置はボイラ・水素発電・FCV 等の燃料や系統の調整力等として多様な需要が見込まれる一方、各用途に対する競合がそれぞれあり、コスト低減を推進し普及を進めていく必要がある。

現在、2 種類の手法が水素電解装置として商用化に近い技術水準にある。アルカリ型と PEM(Polymer Electrolyte Membrane：固体高分子電解質膜)型があり、前者は一般的に高効率で低コスト、大型化が容易という特徴があり、後者は小型化しやすく、負荷追従性が高いため、調整力として活用が期待されている。特徴は以下の通り。

図表 14 アルカリ型と PEM 型各種比較¹⁶

	アルカリ型	PEM 型
主なメーカー	旭化成、Hydrogenics(加)、Thyssenkrupp(独)、Nel(ノルウェー)	日立造船、東レ(電解膜等)、ITM Power(英)、Hydrogenics(加)、Siemens Energy(独)、Nel(ノルウェー)
電解効率(LHV,%)	63-70	56-60
資本コスト(USD/kW)	500-1400	1100-1800
製品寿命(時間)	60000-90000	30000-90000
電流密度(A/cm ²)	-0.6(調整力としての活用)	-2(セルスタックの小型化に寄与)
必要圧力(bar)	1-30	30-80(追加圧縮コスト低減可)
負荷追従性 (調整力としての活用)	負荷変動範囲が狭い	負荷変動範囲が広い

水素電解装置は 2050 年まで世界で毎年平均 88GW 分(約 4.4 兆円/年)の導入が見込まれる¹⁷。各国の供給能力の目標としては、EU では 2030 年までに 40GW の電解水素設備能力を目指しており¹⁸、フランスは 2030 年までに 6.5GW の設置、ドイツは国内水素製造能力の目標設定(2030 年 5GW、2040 年 10GW)等欧州では電解装置における目標設定が為されているなどしている。我が国における取組としては、先行する欧州等の市場獲得を目指し、優れた要素技術の装置への実装等を集中的に支援することで、製造コストの低減等を目指すこととしている。また、欧州等と同じ条件で水電解装置の性能評価を行えるよう支援することで、要素部品の輸出を志向する企業の海外市場への参入障壁を低下させることを目指している¹⁹。

¹⁴ IEA「The Future of Hydrogen」2019 年 7 月

¹⁵ IEA「Energy Technology Perspectives 2020」

¹⁶ 資源エネルギー庁「今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理(案)」2021 年 3 月 22 日

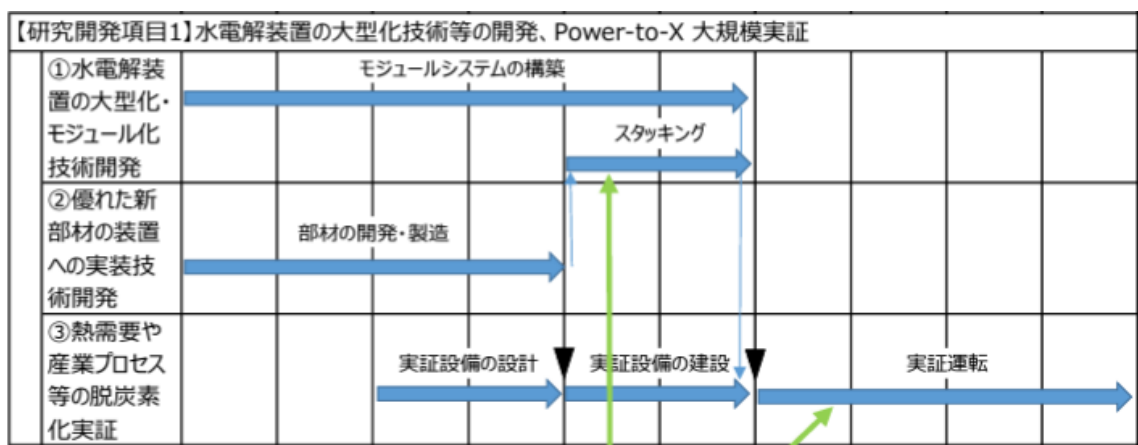
¹⁷ 内閣官房「(第 6 回) 配付資料 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略成長戦略会議」2020 年 12 月 25 日

¹⁸ 欧州委員会「A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe」2020 年 7 月

¹⁹ 経済産業省・資源エネルギー庁「「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画」2021 年 5 月 18 日

我が国におけるグリーンイノベーション基金事業を通じた 2030 年までの研究開発の目標として、①アルカリ型水電解装置の設備コスト 5.2 万円/kW、PEM 型水電解装置の設備コスト 6.5 万円/kW を見通せる技術の実現、②2025 年までに水電解装置の性能評価基盤を整備すること、を掲げている。これらのコスト目標は欧州の公的機関（FCH-JU）の 2030 年時点における設備コスト目標を参考に設定しており、海外のコスト目標とそん色のない数値であり、克服の為に高い技術的課題がある。これら目標の実現に向け、水電解装置の大型化・モジュール化技術開発、優れた新部材の装置への実装技術開発、熱需要や産業プロセス等の脱炭素化実証の三つのテーマに対する実証が今後予定されている。

図表 15 「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画の想定スケジュール



3.4.2. 資金供給へ向けた課題とリスク

水素電解装置については、現時点では商用規模での実績がないこともあり、実証後の初期実装段階では事業者による自己資金やコーポレートファイナンスを前提としたファイナンスを組むことが優先されると想定する。しかしながら、すでに海外の一部案件では既存技術（太陽光発電、蓄電など）との組み合わせによりプロジェクトファイナンスを組成している事例²⁰もある。水素は多様な需要に対応できる二次エネルギーであり、熱・電気需要のみならず調整力等を組み合わせながら如何にマネタイズするかが求められていくと考えられる。

また、2022 年 2 月 28 日に山梨県、東京電力ホールディングス株式会社及び東レ株式会社が「やまなしハイドロジェンカンパニー」を設立し、国内初の P2G 事業会社として「水素等の製造、供給、販売並びにエネルギーサービスに係る事業」「水素等の製造、貯蔵、輸送に係る技術開発並びに実証事業」「水素等の利用の普及、拡大に係る事業」等に取り組む²¹とある。国内の水素製造事業の先駆者として、今後の事業拡大方針や資金調達手法はひとつのベンチマークに成り得ると考えられる。

²⁰ 「Large scale solar-plus-hydrogen project secures 25-year PPA in French Guiana」 [Large scale solar-plus-hydrogen project secures 25-year PPA in French Guiana – pv magazine International \(pv-magazine.com\)](https://www.pv-magazine.com/2022/03/02/large-scale-solar-plus-hydrogen-project-secures-25-year-ppa-in-french-guiana/)（閲覧日 2022 年 3 月 2 日）

²¹ 東レ株式会社プレスリリース「国内初の P2G 事業会社「やまなしハイドロジェンカンパニー」の設立について」2022 年 2 月 28 日

水素電解製造事業の具体的なリスクは収入リスクと原料調達リスク（電力）が大きな割合を占めると想定される。中長期的なオフテイクの確保、並びに OPEX の大半を占める電力コスト（再エネ）を如何に低減するかが求められる。しかし、国内では中長期的な水素需要の有無と低廉な再エネ電力の調達がネックであり、これらのボトルネックを如何に解消するか、政策を含めた市場整備が必要であると考えられる。

3.5. まとめ

水素事業については、多くの技術が現在実証段階であり、今後の事業化へと移行していく段階で多額の資金が必要となり、現在の公的資金や事業者の自己資金で賄う構図から徐々に民間の金融機関から供給される資金の割合が大きくなっていくことが想定される。この移行期において、リスクがまだ高い中、水素事業に対して資金供給を行っていくにあたり課題とされるのが「将来的な需要に関する予見性の確保」の点である。需要を確保するには水素供給コストの低下も必要となるが、規模の経済によるコスト低減を図るには一定程度の需要を創出することが重要となる。それゆえに、初期需要を作り出すのかというのが事業における課題となる。

水素は発電分野の他、鉄鋼、自動車、船舶等での需要が想定される。発電および、製鉄、FCトラックについては現在の政府目標である 2050 年に 2,000 万 t に含まれており、確実にその需要を創出することが必要となる。また、ある程度の需要が見通せたとしても、新たな技術であり、技術リスクについては初期段階では残る。特に、現段階では複数技術を同時開発・実証しており、代替可能性も含めそれぞれの違いを把握することが重要となる。4. 1 節では、上記の課題を中心に民間資金の供給を促進するに当たっての官民連携のオプションについて検討を行う。

4. クライメート・イノベーション・ファイナンスにおける官民連携の在り方

4.1. 官民連携のオプション

第3章では2019年度のCIDで対象とした水素事業に焦点を当て、現状の開発動向及び政策目標に加え、資金供給を行っていく上での課題について整理した。事業面については①安定した需要の創出（収入リスク）、②安定した操業（原料調達リスク、技術リスク等）をいかに担保していくか重要であることが示された。また、上記を行えたとしても技術リスク等は初期段階では依然として大きいことが想定されることを踏まえ、③資金供給におけるリスクシェアリングを検討していくことが重要とした。本節では、①安定した需要の創出、②安定した操業、③資金供給におけるリスクシェアリングについて、それぞれ官民連携のオプションを説明する。

4.1.1. 官民連携のオプション | ①安定した需要の創出

初期需要の創出における公的な役割としては、買取制度の導入や政府における優先調達が挙げられる。買取制度については、再生可能エネルギーの固定買取価格（FIT）制度が主な例である。同制度では、再エネ設備から発電された電気を予め決められた価格で買取ことを義務づけた制度であり、わが国では再エネの普及を目的に2012年度に導入され、急速な拡大につながった。その一方で、買取によるコストの一部が国民負担で賄われており、その負担の抑制が課題と指摘されている。また、例として優先調達制度を挙げれば、CO₂排出の大幅な削減等環境や社会に対してインパクトのある製品・サービスを政府が優先的に調達することで一定程度の初期需要の創出につながるができる。国内ではグリーン購入法が整備されており、対象商品及び商品ごとに基準が設定されている。

優先調達の取り組みは、海外では民間企業にも拡大している。2021年のCOP26では、米国のケリー特使と世界経済フォーラム主導のもと、2050年までにネットゼロを実現するために必要な重要技術の早期市場創出に向けたグローバル企業によるイニシアチブ「First Movers Coalition（FMC）」が立ち上げられた。FMCには鉄鋼、自動車、海運、航空、エネルギー関連企業その他、ITや金融機関等参加している。参加企業は2030年までに開発初期、実証、試作段階にある技術により提供されるゼロエミッションの製品やサービスを購入することをコミットすることとされている。フェーズ1では、航空、海運、輸送、鉄鋼のいずれかの分野で1つ以上の公約を表明することが求められている。鉄鋼分野では、「2030年までに、年間に購入する鉄鋼の少なくとも10%（体積比）を“near zero-emissions steel”²²とする」ことがコミットメントとされている。

²² CO₂排出量がゼロに近い技術を持つ生産施設からの粗鋼であり、粗鋼1トンあたりのCO₂排出量が0.4トン未満（スクラップを0%投入した場合）から0.1トン未満（スクラップを100%投入した場合）のもの

図表 16 First Movers Coalition の概要

参加企業

鉄鋼 Fortescue Metals Group SSAB Swedish Steel	海運 A.P. Møller – Mærsk Aker ASA	IT Amazon Apple Western Digital Nokia Trane Technologies
自動車 Mahindra Group Volvo Group ZF Friedrichshafen AG	航空 Airbus Boeing Delta Air Lines United Airlines	エネルギー ENGIE Invenery Ørsted Vattenfall
製造 Trafigura Group Yara International Agility	建築 Cemex Johnson Controls Dalmia Cement (Bharat) Ltd Holcim	その他 Bain & Company Bank of America Boston Consulting Group Breakthrough Energy
その他輸送 Deutsche Post DHL Group Scania		

支援団体

- Primary Implementation Member Breakthrough Energy
- Boston Consulting Group

取組

取組のフェーズ 1において、参加企業は航空、海運、輸送、鉄鋼のいずれかの分野で1つ以上の公約を表明。

ー鉄鋼分野でのコミットメントー

2030年までに、年間に購入する鉄鋼の少なくとも10%（体積比）を“near zero-emissions steel※”とする

※CO2排出量がゼロに近い技術を持つ生産施設からの粗鋼であり、粗鋼1トンあたりのCO2排出量が0.4トン未満（スクラップを0%投入した場合）から0.1トン未満（スクラップを100%投入した場合）のもの

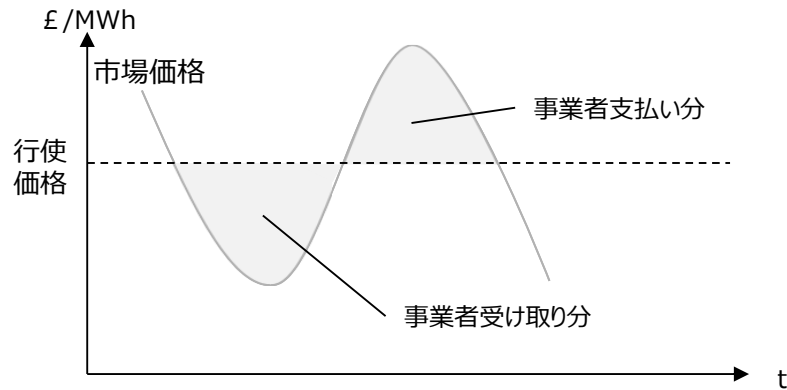
出所）World Economic Forum

FMCにも参加する Breakthrough Energy は、独自の取組として、Catalytic（実証～導入拡大・コスト低減）段階にある技術の商用化の早期実現を目的とした Breakthrough Energy Catalyst を組成している。米国における支援先募集の RFP の第 1 弾（～2027 年）では、グリーン水素、直接空気回収（DAC）、長寿命蓄電池、持続可能な航空燃料（SAF）を重点分野として特定し、実証プロジェクトを支援している。同事業では、政府との連携に加え、アメリカン航空や Arcelor Mittal、ゼネラルモーターズ等、将来的にオフテイクになり得る民間企業も協賛しており、金銭的な支援に加え、オフテイクの確保も支援内容に盛り込んでいる点が特徴的である。このオフテイクの確保は安定した需要を確保し、事業の予見性を高めるために非常に重要な点である。

4.1.2. 官民連携のオプション | ②安定した操業

水素事業については、水素発電に対するニーズと割高なコストのギャップを埋めることも重要となる。割高なコストに対する制度として、カーボンフリー電源として、クレジット・証書等の活用等で水素を評価し、水素を活用することに対してインセンティブを受け取れる電力市場の整備等が想定される。また、水素の製造における価格の上昇リスクを抑制することも重要となる。価格の上昇リスクの抑制としては、上振れ分の負担を行う制度の導入も想定される。類似事例としては英国の差額決済契約（CfD）制度がある。同制度では、政府が決定する価格（行使価格：Strike Price）と市場価格の差額分について、行使価格を市場価格が下回る場合は差額分を事業者が受け取り、反対に市場価格を行使価格が上回ればその差額分を事業者が支払う制度であり、事業リスクを軽減する方法として認識されている。水素供給のコストの低減を目的とした支援策としては、設備の導入のインシャルコストを補助する政策等も有用と想定される。

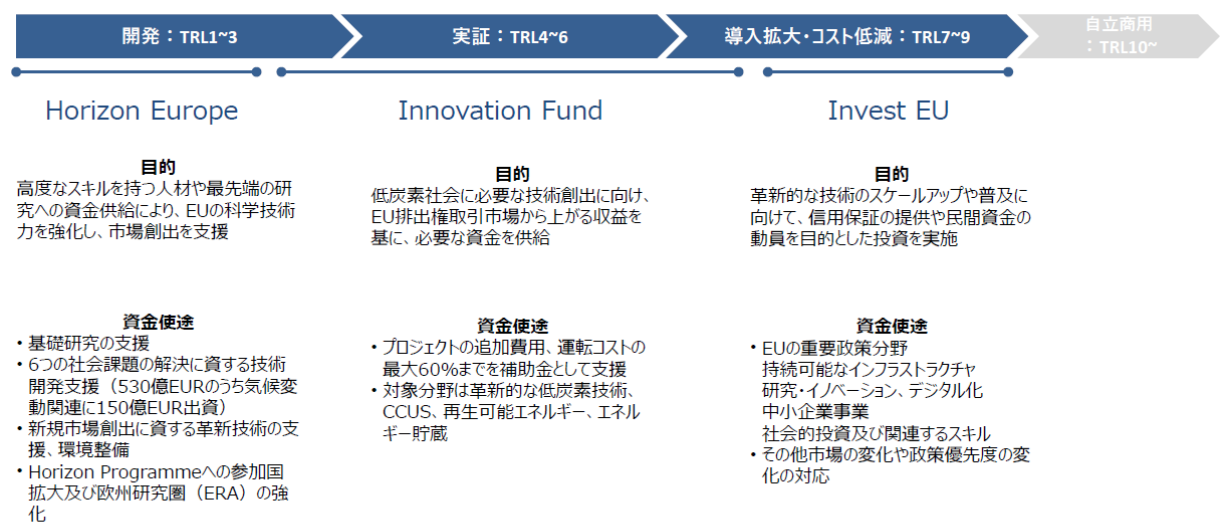
図表 17 差額決済契約制度 (CfD) イメージ



4.1.3. 官民連携のオプション | ③資金供給におけるリスクシェアリング

資金供給側のリスクシェアリングとして、融資だけでなく、エクイティの活用、政府系金融機関による保証制度の活用や、ファンドによるリスクマネーの供給なども考えられる。政府系金融機関と民間金融機関については、イニシャルコストに対して政府系金融機関がリスクマネーを供給することで、民間資金に対するリスクを軽減する方法として有用と考えられる。また、同様の考え方として、ファンドにおいても資金構造を優先劣後構造とし、政府系金融の資金をリスクが高い部分に供給するようなファンドの創設が想定される。EU では、グリーンディール投資計画のもと、官民で 2030 年までに最低 1 兆 EUR を環境関連の事業に動員することを目的に、政府側の支援策を整備している。研究開発から導入拡大までを一貫して支援するためにプロジェクトごとに対象とする技術ステージを設定している。死の谷ともされる導入拡大・コスト低減フェーズにおいては、Invest EU を設置し、革新的な技術のスケールアップや普及に向け、信用保証の提供や民間資金の動員を目的とした投資を行う。

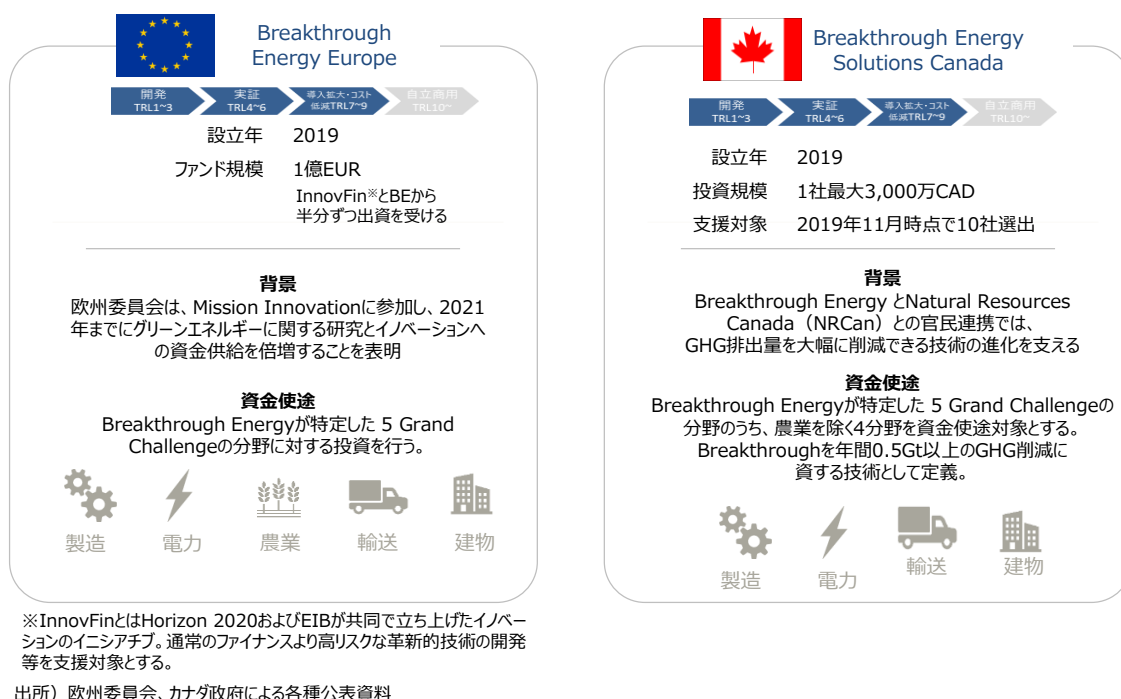
図表 18 EU における研究開発・イノベーション支援策



※技術ステージはグリーン成長戦略を参照。TRLやCatalystの段階との関係性は各ステージの概要をもとに作成。
出所）EU公表資料等より作成

また、EU は、上述した FMC の参加者でもある、Breakthrough Energy におけるイニシアチブの1つで出資を目的としたファンドである Breakthrough Energy Ventures と連携した官民ファンド（Breakthrough Energy Europe）を 2019 年に設立。ファンド規模は 1 億 EUR であり、Horizon 2020 及び欧州投資銀行が共同で立ち上げたイノベーションに関するイニシアチブである InnovFin と Breakthrough Energy から半分ずつ出資を受けている。同ファンドは、Breakthrough Energy が特定する5つの CO2 排出の要因となる分野（製造、電力、農業、輸送、建物）を資金対象として、各分野におけるクリーンエネルギーの普及や削減に資する技術を支援している。なお、Breakthrough Energy Ventures は、カナダ政府とも連携し、Breakthrough Energy Solutions Canada を設立。同取組では、Breakthrough Energy が特定した5つの分野のうち、農業を除く4分野において年間 0.5G t 以上の GHG 削減に資する技術を Breakthrough として定義して資金使途としている。投資規模は1社あたり最大 3,000 万 CAD とし、2019 年 11 月時点で 10 社を選出している。

図表 19 Breakthrough Energy と各国政府の連携例



革新的な技術に対して資金供給のリスクシェアリング手法として官民ファンド等が立ち上がる中、水素分野で同様の取組が始まっている。例えばオランダでは水素バレーの構築に向けて HEAVENN²³コンソーシアムが立ち上げられ、製造・輸送・貯蔵・利用に関して幅広い取組が 2020 年より始められている。本コンソーシアムは EU による補助金で 2,000 万€、オフテーカーを含む官民のパートナーによる共同出資により 7,000~8,000 万€の資金調達に成功した。参加企業は個々の取組に対してコンソーシアムを通じて資金供給を受けており、水素関連のプロジェクト推進に寄与している。

²³ HEAVENN<https://www.newenergycoalition.org/en/hydrogen-valley/>

4.1.4. 官民連携オプションのまとめ

我が国においては開発・実証段階はグリーンイノベーション基金による補助があるが、導入拡大・コスト低減段階までは同基金はスコープに含めていないため、この段階を対象とした制度・インセンティブ等の政策措置とともに、官民協働で資金供給を行うための仕掛けを整備することが必要となる。

なお、初期需要の創出については GX リーグにおいてその役割が果たされることが想定される。そのため、資金供給についても今後の CID 等における議論を継続させるとともに、実行に移していくために、民主導での資金供給がされる仕組みが求められる。

加えて、気候関連技術は資本集約型が多く、多額の初期投資が必要となるため、スタートアップ、ベンチャー企業の創出は IT 等と比べ難しいものの、イノベーションの担い手として革新的な技術を有するベンチャーが育っていくことは重要であり、ピッチイベントの活用等を通じてマッチング機会を創出するとともに、民間資金が投入されにくいシード期のスタートアップ企業の資金ニーズを埋めるための仕組みも必要である。上記では、本事業を踏まえ、実証から導入拡大フェーズを対象に、死の谷を回避するための官民連携オプションについて整理を行ってきた。実際には、研究開発～商用化までの各段階で関係するステークホルダーがそれぞれ推進のための取組を行っていくことが重要となる。例えば、事業者は将来的なイノベーション創出に向けた体制構築を行うとともに、目標・計画を策定・開示し、金融機関にも説明することが重要となる。また、金融機関においても事業者の研究開発を評価できる仕組みを整え、イノベーションを促進するための資金供給を実施することが求められる。図表 18 では、このような、各主体のクライメート・イノベーションに係るアクション例をまとめている。官民連携オプションを検討するに当たってはそれぞれのアクションを促進し、より早期に革新的技術が社会実装できるような、仕組み・社会経済システムを構築することが重要になる。

図表 20 クライメート・イノベーションに係る各主体のアクション（例）

		研究開発	実証	導入拡大	自立商用
金融機関	銀行	✓ コーポレートファイナンスにおける支援（グリーン債券等の購入や融資の実行）	✓ コーポレートファイナンスにおける支援（グリーン債券等の購入や融資の実行）	✓ コーポレートファイナンスによる支援に加え、プロジェクトファイナンスによる支援（デット中心）	✓ 普及に伴う事業運営ナレッジの蓄積と類似案件へ横展開
	ファンド・アセマネ	✓ 研究開発に取り組む企業を評価、関連する金融商品の組成	✓ 導入拡大（デット需要）を見越したエクイティ投資	✓ 技術導入を積極的に行う企業の評価	✓ プロジェクトファイナンスによる支援の拡大
	保険				
プレーヤー	プロジェクトオーナー	✓ 取組状況や目標・計画の策定・株式市場への開示 ✓ イノベーションを創出するためのガバナンス体制の構築 ✓ エクイティストーリーを交えた R&D への積極的な投資	✓ スモールスケールで開始 ✓ コンソーシアム組成によるリスクシェア等リスク低減策の実施 ✓ オフテイクの確保	✓ 大規模導入による需要喚起 ✓ ビジネスモデルの検討 ✓ オフテイクの確保 ✓ SPC 設立による分離 ✓ 資金供給元の探索	✓ 運営ナレッジ蓄積に伴う案件の継続的なバリエーションアップ ✓ IPO・M&A 等の Exit ✓ 類似案件の組成
	EPC				
公共機関	官公庁	✓ GI 基金等による援助 ✓ 対象事業への補助金 ✓ 新規参入者を増やす措置	✓ 政策目標への組込み ✓ 補助金の導入 ✓ 関連市場の整備 ✓ 政府系銀行によるエクイティ投資	✓ 先行者への優遇措置 ✓ グリーン調達を積極的な推進 ✓ 保証の付与 ✓ リスクマネーの供給	✓ 多様な出口戦略の支援 ✓ 政策変動の抑制 ✓ 継続的なフォローアップ
	政府系銀行				
	NEXI 等				
オフテイク	GX リーグ参加者 他海外需要家等	✓ 社内 R&D 組織との研究開発の連携 ✓ 設備等のシェアによる研究援助	✓ エクイティで参画 ✓ オフテイク契約の取付 ✓ CB 等引き受け	✓ オフテイク開始に伴う関連事業の早期のサービスイン ✓ 先行者メリットを活かした複数の事業展開	✓ スポンサーとして参画時は株式売却 ✓ サプライチェーンのより上流への進出等

4.2. クライメート・イノベーション・ファイナンスの加速に向けて

本節では、上記を踏まえ、現状のクライメート・イノベーション・ファイナンスの促進に向けた施策に関する今後の実施内容についての検討を行う。

4.2.1. クライメート・イノベーション・ダイアログ（CID）の継続・拡大

CID において、グリーンイノベーション基金事業の社会事業化に向けた金融機関によるコミュニティ形成を目的とし、今後の具合的案件に題材にしながら、最適な資金供給手法や必要な政策措置等の議論を展開していくことは、来るべき実証から社会実装への移行段階において死の谷を回避し、早期の社会実装を促すために有用である。今後はさらに、各分野における必要な資金規模なども同時に整理をしながら、実際に民間主導での資金供給がなされるように民間金融機関が主導するような場を設置し、CID での議論を踏まえた実践を促進することも重要である。

4.2.2. ゼロエミ・チャレンジ及びベンチャー企業向け施策

ゼロエミ・チャレンジについては、従来通りの手法では、当初の目的であった資金供給の促進へのつながりが明確でない。今後は、想定用途を投融資先企業の研究開発・実証内容の概要確認とし、投資家・金融機関が銘柄選定や評価/審査時に活用するとともに、エンゲージメントにも活用することを想定した取組がより効果的であると考えられる。

そのうえで、リストに掲載する情報については、政府が強みを持つ技術やプロジェクトに関する情報（技術開発計画、現状の技術ステージ等）を関連する企業情報と併せて公表していくことが、投資家・金融機関の認知を向上させ、株式価値への評価につなげると考えられる。また、2021 年度のゼロエミ・チャレンジでは、対象をベンチャーまで拡大した。今後も、どのような企業が革新的環境イノベーション戦略に記載のある 39 テーマと関連した事業を実施しているかを見える化していくことは政策の 1 つとしては想定されうが、国のプロジェクトに関与するベンチャー企業については、すでにベンチャーキャピタルなどから資金供給を受けていることが多く、政策による効果は限定的な可能性がある。ベンチャー企業のスケールアップにつなげ、更なる資金供給を生むような好循環を生むための施策としては、ピッチ等が考えられる。ベンチャー企業が投資家等にピッチをする方法もあるが、ここではグリーンイノベーション基金の採択企業や GX リーグに参加する企業が今後実施していきたいプロジェクトや取り組みに関してピッチを行い、その協力企業となるベンチャー企業等を募るリバースピッチも一案である。リバースピッチでは、ベンチャー企業の製品やサービスのオフテイクとなり得る企業との連携が計画段階から成立するため、将来的な資金供給や Exit に対する予見性を高めることができる。

5. おわりに

今回の事業では、2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、革新的な低・脱炭素技術に対する資金供給の促進のための環境整備に必要な調査及び金融機関とのダイアログ等を実施した。同事業を通じては以下の点が明確になった。

第 2 章で整理をしたように、気候変動への関心の高まりとともに、サステナブルファイナンスは規模を拡大はしているものの、対象領域に偏りが生じており、多排出産業を含む産業分野のアクセスが限定的になっている。同分野は世界の CO₂ 排出の 4 割を占めるとともに、2050 年の排出削減の半数程度が現在は商用化されていない革新的な技術によるとされており、同分野への資金供給の促進が非常に重要である。また、水素等の気候関連の革新的な技術については、研究開発から社会実装までの期間が長いこと等の特徴を有していることから、プロジェクトへの資金供給にあたり、従来から考慮されてきた主なリスクをより増大させる可能性があり、資金供給を行う上での課題となっていることがわかった。資金供給を行う上での課題の克服やリスクの緩和のためには、第 4 章で整理をしたように、革新的な技術に関わるステークホルダーがそれぞれに促進に向けた取組を行うとともに、より早期の社会実装が行い得るよう、仕組み・経済社会システムの構築が必要になる。それゆえに、今後も CID 等の関係者の対話の場を設け、共通認識を持ちながら実践へと移していくことが重要になると考えている。

(様式 2)

二次利用未承諾リスト

令和3年度クライメート・イノベーション・ファイナンス推進事業委託費
(イノベーション・ファイナンスのあり方に関する調査)

令和3年度クライメート・イノベーション・ファイナンス推進事業委託費
(イノベーション・ファイナンスのあり方に関する調査)

株式会社野村総合研究所

[illegible]