



TSC Foresight 調査分析レポート

フロンティア領域における
トランスフォーマティブ・イノベーション創発に向けて

～米国 ARPA-E の分析を踏まえた NEDO の新たな取組～

2026年8月

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
イノベーション戦略センター

エグゼクティブ・サマリー

NEDO は、トランスフォーマティブ・イノベーションの創発・社会実装の確度を高めるために、米国 ARPA-E¹の設計思想を参照しつつ、日本の制度制約を前提に再構成した「日本型 ARPA モデル」の導入・確立を目指す。本稿では、その方向性を具体化するために、ARPA-E の先導的事例も参照しつつ NEDO の取組との比較から、実装論点を整理する。

複雑化する社会課題に対応するためには、個別技術の高度化や既存市場の延長線上にある研究開発支援だけでは不十分であり、社会システム全体の変革を伴う「トランスフォーマティブ・イノベーション政策」が求められる。近年の科学技術・イノベーション政策においても、基礎研究から社会実装までを一貫通貫で捉える必要性が強調されている。本稿はその観点から、先導的事例である米国 ARPA-E の制度を参照しつつ、日本の制度・慣行を踏まえた「日本型 ARPA モデル」の方向性を考察するものである。

【1 章 我が国における課題認識】

日本は、基盤産業を中心に高い技術力と競争力を有する一方で、構造的な課題から、新規領域では研究成果を事業化・社会実装へ十分に接続できず、新たな産業の創出につなげられていない。ここでいう構造的な課題とは、既存の産業構造の強化やバリューチェーンの最適化に取組が偏っており新規産業の育成が進んでいないということ、ハイリスク・ハイリターンの研究開発マネジメントや事業化を担う人材が不足していること、技術開発から成長投資までを一貫して支援する制度と資金が十分でないことを指す。

【2 章 ARPA-E の制度概要と成功の要諦】

ARPA-E のマネジメントモデルは、革新的技術開発を推進する制度として国際的に評価されている。マーケットの課題を起点に研究開発プログラムの方向性を定め、PD (Program Director: 重点領域の設定や社会実装までの道筋を検討し、資源配分を主導する責任者) が初期の構想から採択、進捗管理、方向修正、後続支援への橋渡しまで一貫通貫で担う制度として設計されている。その成功の要諦は、①外部との対話を通じた徹底したプログラム構想の磨きこみ、②ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計、③PD によるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援、④有能な PD が集まり活躍できる組織設計、の 4 点に整理できる。ARPA-E の本質は、単なる研究開発支援ではなく、マーケット課題の解決に資する破壊的なインパクトを持つ技術を育て、社会実装に至るまでの道筋を体系的に構築する制度的枠組みにある。

¹ 米国エネルギー省に属する Advanced Research Projects Agency-Energy: エネルギー先端研究計画局

【3 章 NEDO における ARPA モデル実装の進展】

これまでTSC(NEDOのイノベーション戦略センター)は、技術戦略の策定を通じて、あらかじめ重要性が特定された技術の研究開発支援を行ってきたが、リニアモデルでの開発が前提で破壊的なトランスフォーマティブ・イノベーションへの取組はあまり行われてこなかった。また、技術戦略における社会実装までのロードマップの描き方や、後続事業の支援への橋渡し体制の構築は不十分であった。しかしながら、近年のイノベーションを取り巻く環境の急速な変化を踏まえ、NEDOにおいてもトランスフォーマティブ・イノベーションの創発・実装を見据えた取組の拡充に着手した。特に、技術の現場に近いという強みを生かし、技術シーズと市場・社会ニーズを双方向につなぐとともに、プロセス・コンサルテーションによる伴走支援や、グローバル市場を見据えた国際連携を取り入れてきた。こうした取組の上に、概ねTRL2~4²程度を対象とするフロンティア育成事業を2025年度から開始した。この事業では、ARPA-Eにおける「5E」³の考え方も参照しつつ、社会課題起点をより意識した領域探索、産学とのコミュニケーションを通じた段階的な案件形成、公募・採択、契約時の事業化観点も含めた目標設定、事業実施中の伴走支援までを一気通貫で実装する仕組みを取り入れた。

【4 章 日本型 ARPA モデルの実現に向けた論点と今後のアクション】

ARPA-Eと、NEDOがARPA-Eを参考に1年間運用してきた具体例の「フロンティア育成事業」を比較し、フロンティア領域⁴に有効な制度要素と、その実装に向けた論点を整理した。その結果、ARPA-Eの成功の要諦に鑑みると主に以下の4項目で依然改善の余地があることが分かった。

- ① 外部との対話を通じた徹底したプログラム構想の磨きこみ:PDがプログラム構想の早期段階から関与・主導し、外部との対話を繰り返しながら解決すべき社会課題及びその解決手法を具体化・精緻化する
- ② ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計:採択時には、複数のリスクシナリオを想定しつつ、多様な案件への分散投資を行うとともにチャレンジングな目標を設定し、開始後には進捗や成果に応じて機動的に資源配分を見直していく
- ③ PDによるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援:採択時にPDと採択者が共同でマイルストーンを設定、高頻度での進捗管理を行うとともに、事業化の専門性を有するT2M人材を初期段階から組み込み、一体的な支援を提供する

² TRL=Technology Readiness Levelsの略であり、Horizon Europe等で用いられる一般的な技術成熟度の参考指標である。TRL1が最も初期、TRL9が最も実用化に近い段階の9段階で示される。なお、トランスフォーマティブ・イノベーションの進展はTRLの上昇のみで捉えられるのではなく、用途探索、市場形成、制度・規制対応、事業化検証等と相互作用しながら進むものである点に留意されたい。

³ ARPA-Eの研究開発プログラムの一連のプロセスを示す設計思想「5E」:Envision、Engage、Evaluate、Establish、Execute

⁴ 将来的なポテンシャルが大きい一方で、技術開発や市場の不確実性といったリスクの高さ、巨額の研究開発設備投資の必要性などの理由で、国としては重点投資していきたいにもかかわらず、個社だけでは投資が進みにくい新領域。TSCが各分野の国内外の技術、市場、政策動向を俯瞰し、国として新たに取り組むべき領域として経済産業省に提案する。

- ④ 有能なPDが集まり活躍できる組織設計:PDの権限・機能を強化するとともに、T2M人材や運用人材による支援体制を整備し、PDが意思決定とプログラム推進に専念できる組織基盤を構築する

これらはフロンティア領域における不確実性を適切にマネジメントし、後続のNEDOプロジェクトや民間投資への接続確度を高めるための中核的な論点である。

NEDOではARPA-Eの要素を単純移植するのではなく、日本固有の制度・実務環境を踏まえて再構成した「日本型ARPAモデル」の導入・確立を目指す。そのために、本稿ではARPA-Eのマネジメントと、NEDOが1年間運用してきた「フロンティア育成事業」を比較し、フロンティア領域に有効な要素と、その実装に向けた論点を整理する。そして、最終的には、2026年2月「NEDOによるプロジェクトマネジメントの進化に向けて」⁵において示しているように、企画・立案、伴走支援、事業化支援の強化といった一連の取組により、日本におけるトランスフォーマティブ・イノベーション創発を促進する進化したプロジェクトマネジメントを実現し、研究・開発から事業化まで途切れることなく支援する唯一無二のファンディング・エージェンシーを目指す(図1)。

本稿が、米国ARPA-Eを参照した研究開発マネジメントの考え方の紹介にとどまらず、NEDOにおいてもその実装に着手していることを示すことで、研究開発の進め方や事業化・社会実装への橋渡しに課題を抱える関係者にとって実践の参考となることを期待する。

フロンティア育成事業マネジメントモデルの進化； ARPA-Eの成功要諦を日本の制度・環境に合わせた「日本型ARPAモデル」の構築

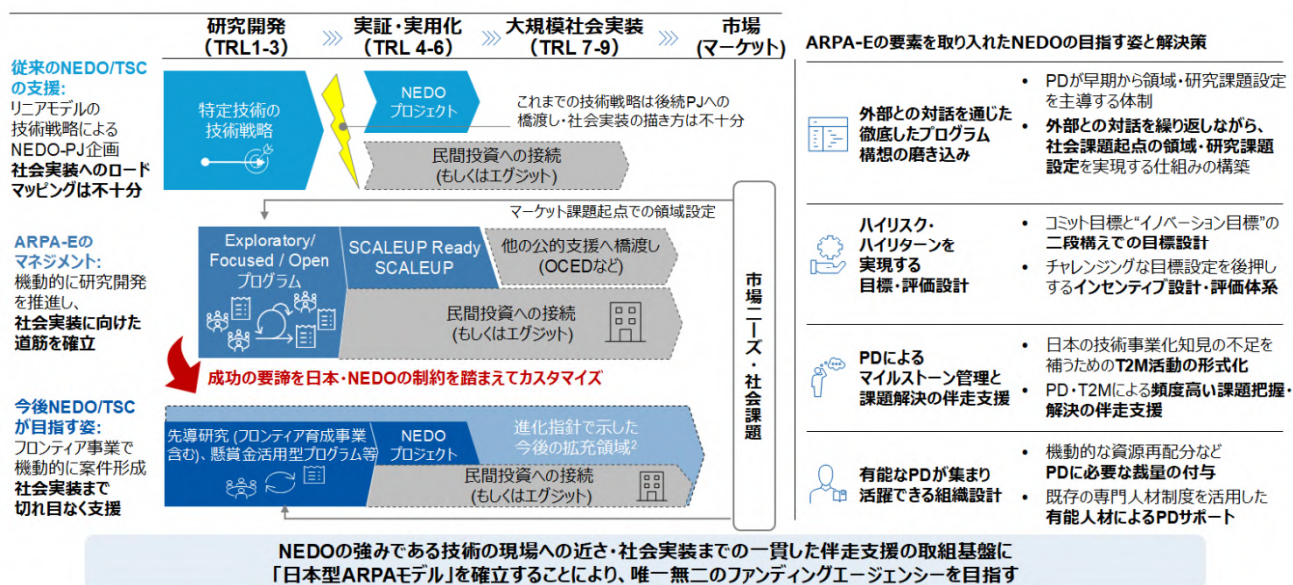


図1 NEDOが目指す姿

⁵ NEDO「NEDOによるプロジェクトマネジメントの進化に向けて」(2026年2月)

目次

はじめに： トランスフォーマティブ・イノベーションの必要性	1
1 章 我が国のイノベーションが抱える課題認識	3
2 章 ARPA-E の制度概要と成功の要諦	4
2-1 ARPA-E の概要と基本的な制度設計	4
2-2 ARPA-E 成功の要諦	11
3 章 NEDO における ARPA モデル実装の進展	19
4 章 日本型 ARPA モデルの実現に向けた論点と 今後のアクション	24
おわりに	32

はじめに：トランスフォーマティブ・イノベーションの必要性

複雑化する社会課題に対応するためには、社会システム全体の変革を伴うイノベーションが不可欠である。今日の社会課題は、気候変動、エネルギー安全保障、健康・医療、災害対応、労働力不足といった複数の論点が相互に絡み合い、単一の技術や主体だけでは解決できない複雑な様相を呈している。こうした中で、個別技術の高度化や既存市場の延長線上での事業化にとどまらず、革新的技術についてコンセプト・アイデア段階から事業化まで一貫した開発を推進し、社会システム全体の変革を伴う破壊的イノベーションに迅速に昇華することが求められている。

同様の問題意識は、我が国の近年の科学技術・イノベーション政策にも明確に反映されている。2026年3月に閣議決定された第7期科学技術・イノベーション基本計画は、科学技術・イノベーションを国家の持続的発展を支える中核的要素と位置付け、基礎研究から社会実装、さらには産業競争力の強化に至るまで一貫通貫で政策を形成する必要性を示している。さらに同計画は、近年、基礎研究から社会実装に至るまでの時間軸が大幅に短縮するとともに、大学・研究機関と産業界との連携が深化する中で、従来型の研究開発支援では対応が困難になりつつあることを指摘している。

こうした要請を背景として、近年注目されているのがトランスフォーマティブ・イノベーション政策である。これは、社会課題の解決に向け、技術開発のみならず制度、社会実装、需要形成及びそれに関与する多様なステークホルダーを視野に入れ、イノベーションを通じた社会変革を志向する考え方である。その推進のためには、従来の STI に関連する府省だけでなく、変革が必要な社会課題を担当する分野担当省庁を含めた府省横断型の連携・調整のための体制が必要になる。我が国を含む各国・組織で多様な取組が展開されており、EU のホライゾン・ヨーロッパ、ノルウェーの Pilot-E プログラム、日本の内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)等がある。⁶

トランスフォーマティブ・イノベーション政策の先導的事例が米国 ARPA モデルである。ARPA モデルは、研究の初期段階から事業化の専門人材や投資家など多様なステークホルダーを巻き込みつつ、社会実装を見据えたチャレンジングな研究開発を推進する仕組みとして特徴的である。

これまでも NEDO は、TRL1～5 の技術を対象に、戦略策定とそれに基づく研究開発の推進を支援してきたが、後続支援への橋渡しや社会実装までの道筋の検討が不十分で、トランスフォーマティブ・イノベーションの創発に向けては多くの課題があった。これに対し、ARPA-E の取組は NEDO の課題解決に向けた重要な示唆を与えられられる。

そこで本稿では、まず先行研究を踏まえて我が国のイノベーションが抱える課題を整理する。その上で、その解決の方向性を考えるためのベンチマークとして米国の ARPA-E を取り上げ、日本の制度や慣行に合わせてカスタマイズした「日本型 ARPA モデル」の導入に向けた方向性を考察する。

⁶ 科学技術振興機構 研究開発戦略センター 調査報告書「社会変革型イノベーション政策/ミッション志向型イノベーション政策の推進に関する国内外の動向」(2024年4月)(2026年8月閲覧)

TSC Foresight 調査レポート

フロンティア領域におけるトランスフォーマティブ・イノベーション創発に向けて

なお、本レポートの作成にあたっては、調査事業「フロンティア領域の探索・重点支援のためのGX イノベーション・エコシステム構築事業推進に係る検討」(受託事業者:マッキンゼー・アンド・カンパニー・インコーポレイテッド・ジャパン)の報告資料を参考にした。

1章 我が国のイノベーションが抱える課題認識

イノベーションを取り巻く環境が急速に変化するなかで、科学研究と社会実装を一体的に進めていくことの重要性が高まっている。先述の「第7期科学技術・イノベーション基本計画」によれば、近年のイノベーションを取り巻く環境として、基礎研究から社会実装までのプロセスの加速度的短縮や、AI、量子といった経済・社会や安全保障に決定的影響を与える破壊的技術をめぐる国際競争の激化などが挙げられる。その中で、日本の研究力低下や研究開発投資の伸び悩みもあいまって、将来のトランスフォーマティブ・イノベーション創発に向けた研究力維持に対する懸念が強まっている。こうした状況を踏まえ、科学研究と社会実装を一体的に推進し、科学技術を国力の源泉にすることが必要である。

しかしながら、日本のイノベーションの課題に関する主要な先行研究⁷によれば、研究成果の事業化やTRL2～5における「死の谷」を越える体制が弱いことが共通して指摘されている。その背景には、素材・部材・装置産業や自動車など既存のバリューチェーンの最適化に強みが偏り、新領域への展開が起こりづらいという産業構造上の特性がある。この構造を突破するには、革新的技術を対象とした研究開発から事業化までの一貫したマネジメントを担う人材が不可欠であるが、そうした人材が不足しており、これが探索的研究の推進や大学発スタートアップの発掘・成長を妨げている。産学官連携も大学等研究開発費に占める企業等負担割合が3.2%と主要諸国を下回る水準にとどまり(NISTEP「科学技術指標2024」)、VCによる投資額や大企業によるスタートアップ買収の少なさにみられるように、技術開発から事業化に至るまでの資金循環も弱い。この段階を支援する枠組み(橋渡し研究プログラム、先導研究・フィージビリティスタディ、大学発ディープテックのインキュベーション等)は複数存在するものの、事業化に向けた統合的・継続的な伴走支援は限定的と考えられる。

これに対し、米国のARPA-Eの支援制度は、マーケット課題の解決に資する破壊的なインパクトを持つ技術を育て、社会実装に至るまでの確度が高い道筋を構築する上で示唆のある一例といえる。ARPA-Eは、資金提供主体として強い主導権を持ち、トランスフォーマティブ・イノベーション創発・社会実装を見据えた研究開発とロードマップの策定を一貫して支援しており、社会実装に至るまでの確度を上げ、後続のスケールアップ支援・民間投資・エグジット等への橋渡しを実現するための制度を有していると考えられる。

次章では、ARPA-Eをベンチマークとして、こうした制度要素が具体的にどのように実装され、機能しているのかを整理する。

⁷先行研究としては、先述した「第7期科学技術・イノベーション基本計画」(2026)のほか、NEDO・JOIC「オープンイノベーション白書 第三版」(2020)、文部科学省「科学技術イノベーションの創出に向けた研究開発マネジメント業務・人材に係る課題の整理と今後の在り方」(2024)、経済産業省「令和6年度技術開発調査等推進事業 大学発ベンチャーの実態などに関する調査」(2025)などがある。

2章 ARPA-E の制度概要と成功の要諦

2-1 ARPA-E の概要と基本的な制度設計

ARPA-E は米国におけるエネルギー技術革新の停滞を打破するため 2007 年に米国エネルギー省(DOE)に設立された研究開発推進・資金配分機関である。化石燃料への依存の高さや CO₂排出問題への対応の遅れなどを受け、従来の研究開発支援の枠組みでは抜本的な技術革新を生み出すことが難しいとの認識が広がったことを契機とし、米国国防総省の先端研究開発機関 DARPA の「国家安全保障に資するハイリスク・ハイリターン」の革新的技術の推進」の枠組みをエネルギー分野に適用する形で創設された。ARPA-E の設立背景と特徴を図 2 に示す。

エネルギー技術革新の停滞を打破すべく、DOE傘下にARPA-Eが創設。ハイリスク・ハイリターンな技術の社会実装を使命とし、設立以来多くのエネルギー技術の事業化に貢献

設計思想・背景

- 2000年代初頭、米国では化石燃料依存とCO₂排出問題、再生可能エネルギーの技術的停滞が課題化
- インターネットやGPSを生んだDARPAの「ハイリスク・ハイリターン」イノベーションモデルをエネルギー分野にも応用すべきとの考えにより、DOE（エネルギー省）傘下での新組織設立を検討
- 2007年の「America COMPETES Act（アメリカ競争力法）」により、インパクトのあるエネルギー技術の研究開発及び事業化を目的に、ARPA-Eが設立

ARPA-Eの特徴

- 支援対象：**
 - 民間投資が届きづらい領域（TRL2-5）を支援
 - 「If it works, will it matter?」（その技術が確立したとして、意味のある大きなインパクトを生むか）という問いに基づき支援対象を選定
- プログラム：**
 - 領域の性質により、5種のプログラム(Focused・Exploratory・OPEN・SCALEUP Ready・SCALEUP)を使い分け、1～4年の期間で数億～数十億円の出資を実施
 - ハイリスク・ハイリターン実現のため、分散投資及び採択後の機動的な資源再配分を前提としたポートフォリオ
- プロセス：**
 - 構想から伴走支援まで5段階のプロセスに区分
 - 特に、社会ニーズと技術シーズの徹底的な検証を行うプロセス精査や出口戦略に至る伴走支援に特色あり
- 組織：**
 - スピーディーな意思決定を行うべく、任期制PDを核とする小規模・フラットな組織構造を採用

実績

- 2009年の設立以降、**1,700件を超えるプロジェクトに約42.1億ドルの資金を助成**(2025年5月時点)
- 約150億ドルの民間投資を引き出し、これまでに34社がExitした(2025年5月時点)
- 多くの技術が**商用化・実用化段階**に到達
例：EV向け高性能バッテリー（24M Technologies）、電力変換技術（Ambri）、CO₂利用プロセス（CarbonCure）等

図 2 ARPA-E の設立背景・概要

ARPA-E は設立以降、1,700 件超のプロジェクトに約 42 億ドルを助成し、約 150 億ドルの民間投資を誘発、30 社以上のエグジットを実現してきた。EV 向け高性能バッテリー（24M Technologies）、電力変換技術（Ambri）、CO₂利用プロセス（CarbonCure）等、多くの技術が事業化・実用化段階に到達している。

コラム: ARPA-E における代表的な事業化の事例

熱電池技術(Antora Energy)の事業化

ARPA-E の DAYS program では、長時間蓄電を実現する新技術の開発に対して、Antora Energy の Solid State Thermal Battery に 300 万ドルが拠出された。事業化に向けた局面では、Antora は ARPA-E による SCALEUP プログラムに進み、世界初の専用 TPV(thermophotovoltaic: 熱光起電変換技術) manufacturing line を立ち上げ、年産 2MW の初期能力を持つ製造体制を整備するとともに、一部のサイトでは商用スケールの熱蓄電システムを稼働させた。その後、実装段階では、ARPA-E よりも高い TRL 段階のプロジェクトを支援する OCED の Industrial Demonstrations Program において、Summit Materials 社が採択者として支援を受け、4 基の焼成設備を建設する低炭素セメントの商用スケール実証プロジェクトを進めた。

滑液コーティング技術(Adaptive Surface Technologies)の事業化

2012 年採択の ARPA-E「OPEN 2012」program では、エネルギー多消費産業の効率改善につながる、液体ベースで自己修復性を持つ滑りやすいコーティング技術の開発に対して、約 568.9 万ドル(約 8.5 億円)が支援された。事業化に向けた局面では、ARPA-E の T2M アドバイザーがチームとともに「analyze market conditions and identify commercial opportunities」を行い、より有望な市場用途へピボットする支援を実施した。その結果、この技術は産業用途の SLIPS Repel と消費者向けパッケージ用途の SLIPS Zero として事業化され、2020 年には SABIC と包装向け IP ライセンス契約を締結、海運分野では Hafnia と商用船での実証を進めるなど、研究成果を製品上市までつなげた。

こうした実績を持つ ARPA-E の制度設計は国際的に評価されており、欧州でも ARPA 型の仕組みを取り入れる動きが広がっている。具体的には、以下の取組が挙げられる。

- **SPRIND(独、2019～)**: 破壊的技術の創出と市場導入を加速する、ドイツ連邦政府のイノベーション機関。民間や既存の公的資金では支えづらいハイリスク案件を対象とする。
- **ARIA(英、2023～)**: ハイリスク・ハイリターンな研究開発を支援する、英国の政府系 R&D 資金配分機関。PD(Programme Director)主導で「機会領域」を設定し、研究を機動的に支援する。
- **EIC(EU、2021～)**: PM(Programme Manager)主導でプロジェクトの進捗や方向性を管理するとともに、「Pathfinder」「Transition」「Accelerator」等の段階を通じて研究開発支援から後続投資への接続まで切れ目ない伴走支援を行う。

我が国においても、ハイリスク・ハイリターンを目指したイノベーション支援において、ARPA 型の仕組みの導入が従前から行われてきた。例えば以下の例が挙げられる。

- **ImPACT⁸(日本、2014～2018)**:内閣府の総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)が推進したプログラム。PM に大胆な権限を付与する。
- **SIP⁹(日本、2014～)**:CSTI がリードするプログラム。PD 主導で基礎研究から事業化まで一気通貫の研究開発を推進する。
- **ムーンショット型研究開発制度(日本、2020～)**:CSTI の下で、関係府省・研究推進法人が推進する制度。より大胆な目標を掲げ、PD/PM 体制の下で研究開発を推進する。

もっとも、これらの取組はいずれも PD/PM の機能発揮や事業化への橋渡しにおいて固有の課題を抱えており、ARPA型の制度要素を導入するだけでは十分な成果につながるとは限らないことが示唆されている。こうした状況を踏まえ、本章では ARPA-E が成果を生み出してきた本質的な要因を明らかにすべく、その制度設計と運営原理を詳細に整理する。

⁸ Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program:革新的研究開発推進プログラム

⁹ Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program:戦略的イノベーション創造プログラム

ARPA-E は基礎研究と事業化の間に存在する、ハイリスク領域である TRL2～5 を支援の対象とし、公的資金の注入を通じて民間投資を誘発させることを目的とする。図 3 で示すように、ARPA-E は、基礎・応用研究(TRL1～3)を担う Science 等のプログラムと、パイロット・プロトタイプ実証(TRL6～7)や商用スケール実証(TRL8)を担う OCED などのプログラムとの橋渡しとして位置付けられる。

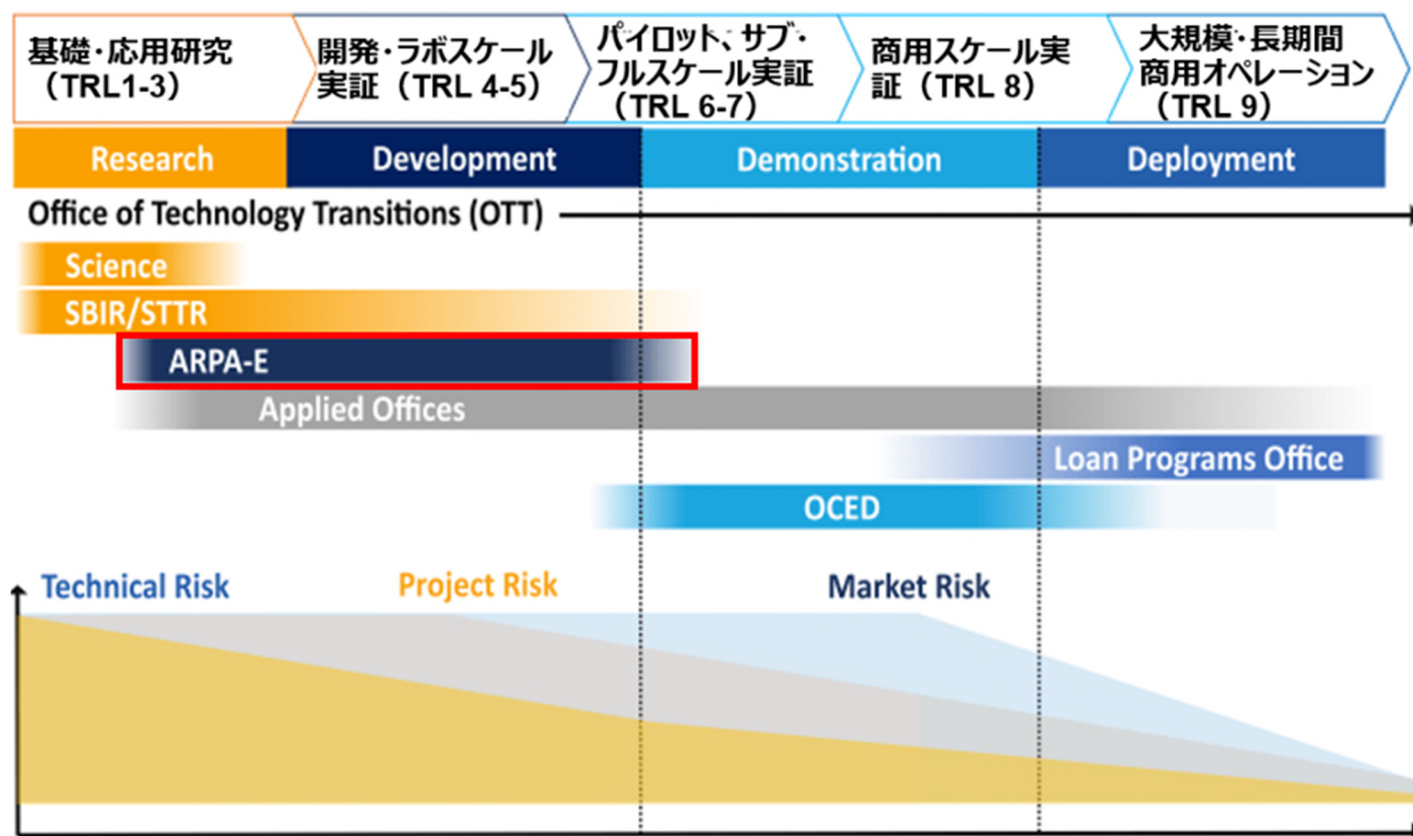


図3 米国のエネルギーに関連する科学技術・イノベーション支援政策

ARPA-E の中核は PD であり、PD がプログラムの成果責任を担えるように設計されている。ARPA-E においてプログラムの立ち上げと実行は、Envision、Engage、Evaluate、Establish、Execute の 5 段階で進む(図 4)。

Technology Acceleration Model

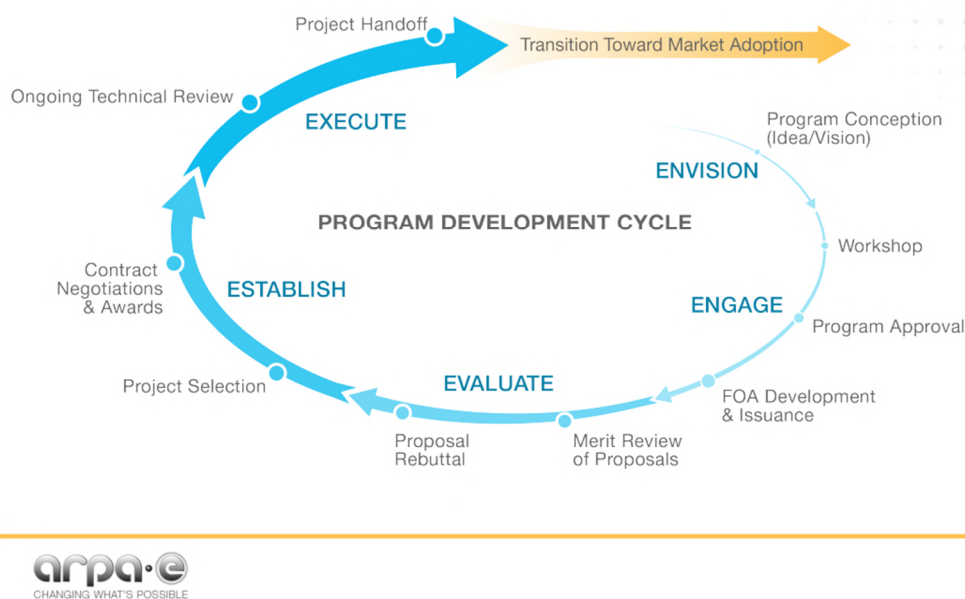


図 4 ARPA-E における一連のプロセス

そのなかで、PD はプログラム初期構想の段階から携わり、研究テーマの具体化、募集要項の作成、案件の採択、進捗管理、必要な支援の提供に加え、場合によっては方向修正や中止判断まで担う。すなわち、PD は単なる審査者ではなく、個別プログラムの構想・設計から実行・資源配分までを一気通貫で担うリーダーとして位置付けられる。

以下に、5E の各段階における PD の役割を示す。

1. Envision / 構想

- **PD 候補によるプログラム初期構想**: PD 候補は約半年かけて自身の専門性や問題意識(パッション)と米国のエネルギー分野における重要課題とを接続しながら、プログラムとして立ち上げるべき内容の検討を行う。
- **ワークショップやサミットによるブラッシュアップ**: PD はワークショップや ARPA-E サミットにおいて、アカデミア・企業・投資家等との対話を通じてプログラム構想を磨きこむ。特に、ARPA-E サミットでは PD 候補が約 10 分にわたり、解決すべき市場課題、未解決である要因、解決のために必要な技術革新、今取り組むべき理由、技術課題、応用先についてプレゼンテーションを行い、想定されるステークホルダーからの反応を通じて仮説を検証・修正する(「ファストピッチ」という)。

2. Engage / 精査

- **プログラムの承認:** ARPA-E の長官は大統領や DOE の政策方針とも整合を図りながら、「米国の社会課題・市場課題を解決し得るか」の観点からプログラムを承認する。
- **NOFO に基づく段階的な案件選抜:** NOFO(Notice of Funding Opportunity: 資金提供機会の公告。従来の FOA(Funding Opportunity Announcement)の最新の呼称)により公募を実施し、有望な提案を幅広く収集したうえで段階的に選抜を行う。具体的には、初期段階で数ページ程度の Concept Paper を提出させ、その後の Full Application、本採択に向けた交渉という複数段階を通じて提案内容を評価する。これにより、新規性、社会的インパクト、技術的実現可能性等を多面的に見極めていく。

3. Evaluate / 評価

- **公募案件のレビュー:** プロジェクト審査時には事業化ポテンシャルも評価するため T2M プラン(事業化に向けたロードマップにあたるもの)の提出を義務付け、T2M アドバイザー(PD とペアを組み、研究成果の事業化・社会実装に向けた活動を支援する専門人材)も含めて内容を評価する。具体的には、T2M プランでターゲット顧客・市場、事業化に向けた準備(研究開発に必要なリソース、ARPA-E 後の資金ニーズやパートナーシップ計画)、ビジネスモデル案、IP(Intellectual Property)戦略案、財務分析(TEA、すなわち Techno-Economical Analysis: 技術の経済性・事業性を評価する分析)などを確認する。¹⁰
- **二次審査(rebuttal)の実施:** ARPA-E 側から示された懸念やコメントに対して応募者側は追加説明を行うことが可能であり、PD と応募者の間での対話的・反復的なプロセスを通じてプロジェクトをブラッシュアップしていく。

4. Establish / 構築

- **採択案件の決定:** 採択案件を決定し、採択者(Prime Recipient)に目標・マイルストーンとワークプランの提出を義務付ける。この際、資金配分の考え方として、個別案件ごとの単発支援ではなく、複数の仮説に資源を振り分けるポートフォリオ運営の考え方を前提としている。ARPA-E では、技術の成熟度や不確実性に応じて支援規模や期間を変えながら、複数の案件を並行して支援することで、プログラム全体としての成功確度を高めている。
- **共同研究契約の締結:** PD と採択者は共同研究契約(Cooperative Agreement)を締結し、研究成果の実現に向けて協働するパートナー関係を構築する。その関係性の下、PD は採択者に対して成功率 10%程度のチャレンジングな目標設定を交渉する(10%より高いと目標設定が甘く、低いと難しすぎると判断される)。

5. Execute / 伴走

- **マイルストーン管理と伴走支援:** プロジェクト開始後は四半期ごとの PD とのレビューミーティング、フィードバック受領、報告書の提出といったサイクルで、マイルストーンが示されたロードマップどおり進捗しているかを管理する。この際、ミーティングのアジェンダや報告書などは形式化されており、PD や採択者側の負担を軽減し、本質の議論に集中できる仕

¹⁰ なお、ARPA-E では、PD や T2M アドバイザーが少人数で巨額の予算と多くのプロジェクトを動かすため、外部のコンサルティングファーム(Booz Allen Hamilton)に運営・実務(分析なども含む)を幅広く委託している。

組みが構築されている。また、進捗に応じてマイルストーンの見直しや支援内容の調整を行うなど、柔軟な軌道修正が前提となっている。

- **後続支援への橋渡し:** プログラム期間中はキックオフミーティングやアニュアルレビューに関連ステークホルダー(投資家含む)も招待され、関係性構築の機会を提供する。また、採択されたプロジェクトは ARPA-E 公式 HP 上の「Investor Hub」においてプロジェクト内容、支援金額、コンタクト情報などを確認でき、常時投資家側からコンタクトが可能となっている。このように、ARPA-E は資金提供にとどまらず、後続のスケールアップ支援や民間投資への接続を促す「橋渡し機能」を制度的に組み込んでいる。

【ARPA-E サミット】

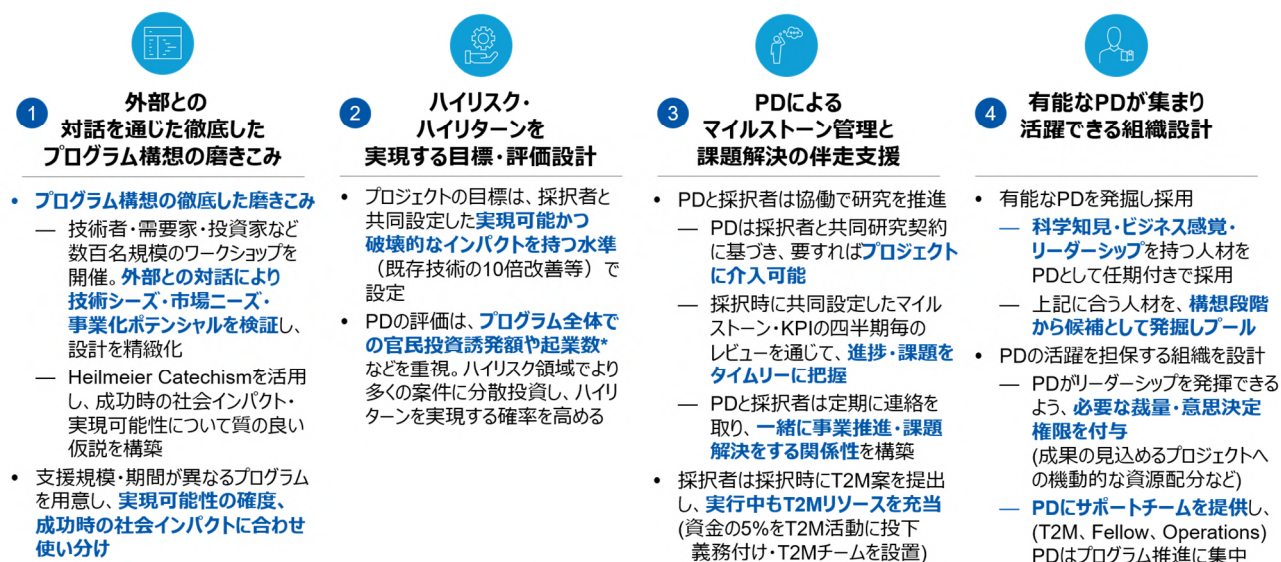
この一連のプロセスにおいて、年 1 回 3 日間にわたり開催される ARPA-E サミットは、単なる成果発表の場ではなく、ARPA-E の思想や運用を体現するとともに、多様なステークホルダーとの対話を通じて新たな連携や事業化の可能性を生み出す「場」として機能している。2026 年は世界中の研究者・企業・投資家など約 3,000 人規模の参加者と 400 以上の技術展示が集まるなど、本イベントに対する関心は高い。また、政府高官や大企業 CEO などが登壇し、最先端のエネルギー技術や政策の議論が行われるため、エネルギー分野のイノベーション動向を把握する重要な国際会議としても広く注目されている。3 日間のサミット冒頭では ARPA-E リーダーシップより、「アメリカの暮らしを前進させる」というミッションの下、“If it works, will it matter?”を常に問い続けることの重要性が強調されるとともに、Ambitious、Resourceful、Pioneering、Accountable、Excellent といったコア・バリューが共有される。さらに 2026 年開催時には DOE 長官からも、エネルギー供給の信頼性・安全性・低コスト化の重要性と、AI 時代における需要増に対応するための供給拡大の必要性が語られるなど、国家課題と技術開発の方向性が明確に接続されている。

こうした思想の下で、サミットを通じた参加者同士の関係性構築・強化のため、様々な工夫が施されている。例えば、サミット参加者のプロフィールやスケジュールは専用アプリで共有され、その場で 1on1 ミーティングを申し込み、会場内のブースで即座に対話が可能となっている。また「Coffee with ARPA-E」と呼ばれるセッションでは、参加者が関心のある PD や T2M アドバイザーの周囲に集まり、自由に議論を行うことができる。このように ARPA-E サミットは、プログラム構想の検証、ステークホルダーとの対話、投資機会の創出を一体的に実現する場として機能しており、ARPA-E が単なる資金配分機関ではなく、トランスフォーマティブ・イノベーション創発のためのエコシステムを設計・運営する主体であることを象徴する重要なイベントとなっている (ARPA-E サミット公式 HP <https://www.arpae-summit.com/>)。

2-2 ARPA-E 成功の要諦

ARPA-E の成功の要諦は、社会課題起点で方向性を定め、PD を中心に、初期設計から実行、事業化支援までを一体で運営する制度モデルにある。ARPA-E は、①外部との対話を通じた徹底したプログラム構想の磨きこみ、②ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計、③PD によるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援、④有能な PD が集まり活躍できる組織設計という 4 つの要素を組み合わせることで、成果を生み出している(図 5)。

成功の要諦：徹底的なプログラム構想の磨きこみ、ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計、PDによる課題解決支援、PDが活躍できる組織、が成功を支えている



* ARPA-Eは「Our Impact」として民間部門による継続的な資金配分を獲得したプロジェクト数とその額、新に設立された企業の数、エグザクト数と市場評価額、開発継続のための他の政府機関との連携などの指標を追跡している

図5 ARPA-Eの成功の要諦

① 外部との対話を通じた徹底したプログラム構想の磨きこみ

ARPA-E は、外部との対話を通じてプログラム構想を徹底的に磨きこむ点に特徴がある。また、プログラム構想の段階では、ARPA-E があらかじめ設定した重点投資領域に加え、それ以外の領域からの提案も受け入れる枠組みを設けており、有望な技術シーズや新たな発想を外部から幅広く取り込めるようにしている。

・徹底したプログラム構想の磨きこみ – Guiding Questions の活用：

ARPA-E では、プログラム構想の初期段階から、成功時の社会的インパクトや実現可能性をステークホルダーが納得する水準まで具体化することが PD に求められている。この際活用される「Guiding Questions」は、DARPA の元ディレクターである George H. Heilmeier が研究開発プロジェクトが真に価値のあるものかを評価する際に問うべき質問群として提唱した「Heilmeier Catechism(ハイルマイヤーの問い)」を基に ARPA-E が策定したものである。PD は 1.5 年程度をかけて、ワークショップや ARPA-E サミットな

どにおける外部との対話を通じてプログラム構想を磨きこむ。その際、Guiding Questions のすべての問いに応えられるピッチ・プレゼンテーションを繰り返し行うことが求められ、PD はプログラムの意義、実現可能性、必要な技術革新、想定されるインパクト等について、一貫した説明ができることを求められる(図 6)。

ARPA-Eにおけるプログラム設計過程

 元ARPA-E PD (5年間で複数 プログラムの 立ち上げを担当)	1.5年かけつつ、多様な関係者との対話を通じて、プログラムの内容や形式を精緻化。以下活動例： ・ 構想の方向性を初期的に検討 - Guiding Questionsで自己問答 - ステークホルダーと初期的にディスカッション ・ 構想が破壊的イノベーションにつながるか分析 - サポートチーム (PhDレベルの研究者など) と3～6か月かけて共同で調査 ・ 構想のインパクト・実現可能性を社内ピッチでテスト - Guiding Questionsに沿ったピッチを他PDやT2Mアドバイザーに対して複数回実施 - フィードバックをもとに構想を練り上げ、再度ピッチ ・ 技術シーズ・市場ニーズなどをワークショップで検証 - 技術者・需要家・投資家と技術シーズ・市場ニーズ・事業ポテンシャルを検証(ARPA-Eサミット活用) - 将来のプロジェクトチーム (大学・企業連携など) の形成を検討 ・ ディレクターへのピッチでGo/No-Goを判断 - Guiding Questionsで問答 - 誰もが納得できる水準であればプログラム設立 (だが、ほとんどの場合で再検討を求められる。場合によっては見送りも判断)
--	--

【参考】 Guiding Questions

- ・ George H. Heilmeier (DARPA元ディレクター) が研究開発プロジェクトを評価・企画する際に自問すべき質問群として提唱したHeilmeier Catechismを基にARPA-Eが策定
- ・ 新しい技術や研究提案が、本当に社会的に価値があるものか否かを見極めるために活用
 1. 解決すべき問題は何か？ 専門用語を使わず簡潔に述べると？
 2. 現在、この問題が解決されていない理由 (障壁) は何か？
 3. 新規性は何か？ なぜ「今」この問題に取り組むべきなのか？
 4. プログラムの目標は何で、そこに向けた進捗はどのように測定されるのか？
 5. プログラムの費用はいくらか？ また、どれくらいの期間が必要か？
 6. プログラム内で目標とする実用的なインパクト (実装) への道筋は何か？ 商業化の障壁をどのように克服するのか？
 7. リスクは何か？
 8. このプログラムは、他省庁/機関の支援プログラム、民間企業のR&D活動をどのように補完するか？
 9. 誰がR&Dを実施するのか？ どの専門分野が協力する必要があるのか？
 10. もし成功した場合、この提案されたプログラムはARPA-Eのミッション領域のどれにどのような影響を与えるか？

図 6 ARPA-E のプログラム設計過程・GUIDING QUESTIONS の質問群

・ プログラムの使い分け：

ARPA-E は、対象技術の探索の幅及び支援の深さの両立を図るべく、技術の性質やフェーズに合わせて、5種のプログラムを使い分けている。なかでも注目されるのは、研究者や事業者の発案を広く受け入れる Open プログラムを設け、あらかじめ定めた領域の支援では拾いきれない技術シーズにも資金を配分している点である。また、事業化に近いフェーズを支援する枠組みとして SCALEUP、SCALEUP Ready プログラムが整備されている(図 7)。

- **Exploratory トピック:** TRL2～3 の研究を対象とした、短期的で小規模な初期的・試行的プログラム。不確実性の高い分野を対象に、破壊的な技術シーズの発見を目的として実施。
- **Focused プログラム:** 主として TRL4～5 の研究を対象に 3～4 年の期間での集中的な課題解決と実証を目指す中期的で中規模なプログラム
- **OPEN プログラム:** 研究者・事業者からボトムアップに研究テーマ案を収集する、数年単位で不定期に募集されるプログラム。特定の技術領域を指定しないことで、上記 2 つのプログラムでの見落としを防ぐ

- **SCALEUP Ready プログラム:** SCALEUP よりもさらにその前段階を支援するため、2026 年に最初の採択がなされた新設プログラム。一斉公募ではなく継続的に提案を受け付ける(ローリング型)。
- **SCALEUP プログラム:** 主としてパイロット実証・初期スケールアップに入る段階(TRL5~7 程度)の技術を対象に、大規模実証や初期導入支援を通じて市場展開を加速するプログラム。

有望エネルギー技術の探索の幅および支援の深さの両立を図るべく、 技術の性質やフェーズ合わせて、プログラムを使い分け

プログラム	支援内容	プログラムの特徴
「シーズの発見」  Exploratory トピック	小規模・短期 • 約200~500万USD • 1~2年	- 特定の技術領域に焦点を当て、初期的・試行的研究 (原則) TRL2~3にある、破壊的な技術シーズの妥当性・実現可能性を見極める
「育成・集中投資」  Focused プログラム	中規模・中期 • 約500万~2,000万USD • 3~4年	- 特定の技術領域に焦点を当て、明確な課題解決と実証を目的とする中規模研究 - 一般的にはTRL4~5にある、有望領域に集中投資 (例外的にニーズ・政策的優先度でTRL2~3の技術も含まれる)
「見落としを防ぐ」  OPENプログラム	中規模・短期 • 約500万~2,000万USD • 1~3年 • 数年ごとに実施	- それぞれの採択者が取り組む技術の課題解決と実証を目的とする中規模研究 - 上2つのプログラムでの見落としを防ぐため、技術領域を限定せず、ボトムアップで提案を広く定期的に募集
「出口に向けた準備」  SCALEUP Ready プログラム	中規模・中期 • 数百万~千万USD • 数年程度 • 随時実施	- 実証済み技術の事業化準備を支援 随時提案を受け付けており、機動的に選抜を行っている
「スケール化の推進」  SCALEUP プログラム	大規模・中~長期 • 数千万USD • 数年程度	- 事業化に向けた実証を支援 (実際の事業環境における初期導入や運用など) - TRL5~7程度であり、市場展開・社会実装に向けた開発を加速化

図 7 ARPA-E における支援プログラム

TSC Foresight 調査レポート

フロンティア領域におけるトランスフォーマティブ・イノベーション創発に向けて

図 8 に、各支援プログラムの位置付けを示す。各プログラムは、技術成熟度だけでなく市場の見通しに応じて段階的に接続されており、複数のステップアッププロセスが存在する。

**技術成熟度だけでなく、市場（T2M）を見据えたステップアッププロセスを複数形成。
また、Focused以降のSCALEUPプログラムで更なる政府支援も可能。**

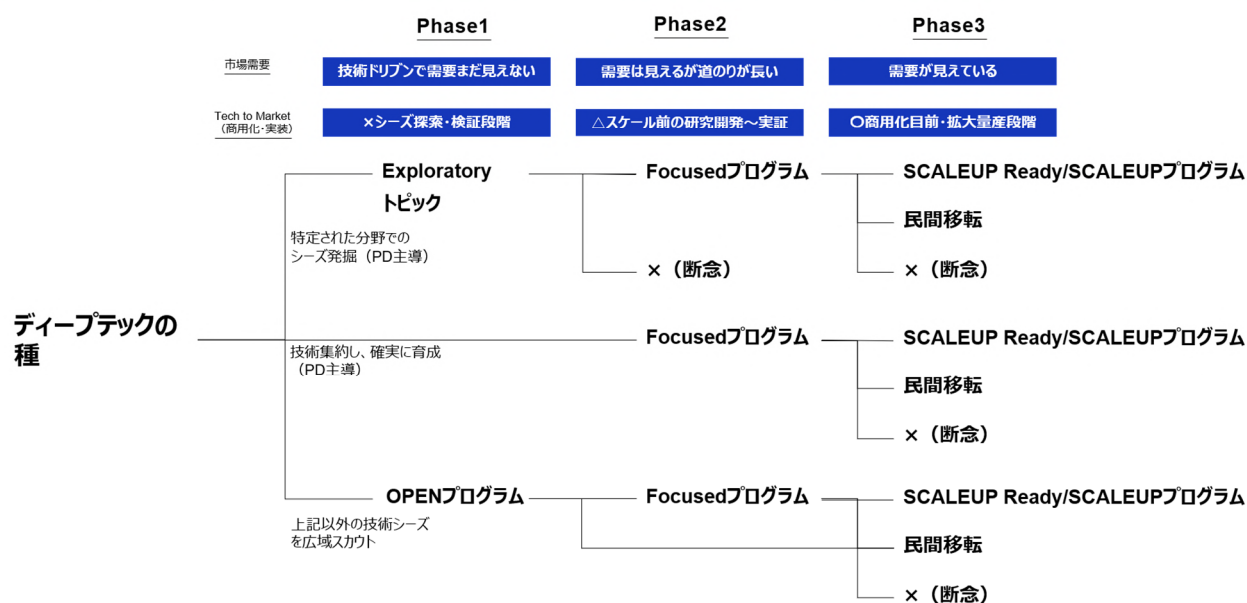


図 8 ARPA-E の各支援プログラムの位置付け

② ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計

ARPA-E でのプログラム・プロジェクト目標の達成状況の評価は、社会的・経済的インパクトを重視するものとなっている。

- **プロジェクトの目標:**ARPA-E では採択者と PD が共同で、実現可能でありながら破壊的なインパクトを持つ水準(例:既存技術に対して 10 倍の性能改善等)を定量的に設定する。また、ハイリスク案件である以上、一定割合が進展しない可能性も織り込まれており、ARPA-E が公募時に発出する資金支援公募文書冒頭におけるプログラム趣旨の説明においても“Given the high risk inherent in these projects, many will fail to progress, but some may succeed”と明記されている。さらに、元 ARPA-E の PD である Jennifer E. Gerbi の「Building a Culture of Risk-Taking」(2023)によれば、ARPA-E では“failing well(うまく失敗する)”という考え方が重視されている。これは、ある技術的アプローチが行き詰まっていることを示す“質の高い証拠”は、他のプロジェクトや、より広い技術コミュニティにとって有益な知見となる、という考え方である。このように、PD や採択者は、マイルストーンに到達しなかったプロジェクトであっても、そこで得られた学びが適切に共有されれば、より大きな使命に貢献し得ると理解している。
- **プログラムの評価:**ARPA-E では、官民投資の誘発額や研究プロジェクトのエグジット数を評価指標としており、数の多寡ではなく、本支援を通じて社会実装に近づいたか、すなわち後続のスケールアップ支援、民間投資、エグジット等への橋渡しが進んだかを評価できる仕組み¹¹となっている。併せてハイリスク領域において複数の技術アプローチを採択することで、プログラム全体として成果を創出しやすくする構造が採用されている。

なお、ARPA-E では、トップダウンによる戦略的な資源配分と、PD による現場レベルでの機動的な資源再配分が組み合わせられることで、ハイリスク・ハイリターン型の研究開発を支える柔軟な予算運用が実現されている。具体的には、まず米国議会の歳出承認を経て、DOE の下で ARPA-E に年間数億ドル規模の予算が措置される。その後、ARPA-E のマネジメントが、PD の提案や外部有識者との対話を踏まえつつ、重点投資領域¹²やプログラムの新設・継続を判断し配分する。プログラムに配分された後は、PD が中心となり、各採択プロジェクトの進捗や成果見通しを踏まえつつ、成果の見込めるプロジェクトに機動的に資源配分を調整できる仕組みが担保されている。

③ PD によるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援

将来の社会実装を見据えた事業化・市場接続の道筋を具体化し、後続のスケールアップ支援や民間投資への橋渡しを実現するため、PD によるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援体制が構築されている。具体的には、四半期・年次レビューでの採択者の T2M マイルストーン審査(Go/No-Go 判断や機動的なマイルストーン修正を含む)、PD・T2M アドバイ

¹¹ ARPA-E は“Our Impact”として民間部門による継続的な資金配分を獲得したプロジェクト数とその額、新たに設立された企業の数、エグジット数と市場評価額、開発継続のための他の政府機関との連携などの指標を追跡している

¹² ARPA-E の重点投資領域は、国家戦略上の優先課題に加え、既存技術の延長では達成困難な性能目標の実現に向けて、基礎科学の成立可能性や初期的な実証可能性、技術的・経済的な実現可能性等を踏まえて選定される。

TSC Foresight 調査レポート

フロンティア領域におけるトランスフォーマティブ・イノベーション創発に向けて

ザーが二人三脚で進める技術開発の戦略構築・課題解決、及び T2M アドバイザーと一体で行う事業化・市場接続の伴走(出口戦略の立案支援、投資家・事業会社等とのコネクティビティ創出)がある。なお、これらの目標・マイルストーンは技術成熟度に応じて設定される。

- 採択者と PD による協働モデル: PD と採択者は協働しながら研究を推進し、技術面・事業化面のボトルネックを把握・解決する存在として位置付けられる。ARPA-E では、採択後に ARPA-E と採択者との間で協力協定が締結されることが一般的であり、この枠組みの下で ARPA-E 及び PD がプロジェクトの技術的方向付けに実質的に関与できる。さらに、PD と採択者は四半期ごとの定量的マイルストーンや Go/No-Go 基準を共有し、採択者が定期的に進捗と課題(リスク)を報告することで、PD が継続的に進捗を把握し、必要に応じて方向修正や支援重点化を行える体制が構築されている。Goldstein and Kearney(2016)の分析によれば、2015 年末までに完了した 234 件のプロジェクトのうち 85%の案件で期間変更、43%で予算変更、45%でマイルストーンの追加・削除がされるなど機動的な方向修正が行われている(The Impact of Active Program Management on Innovation at ARPA-E¹³)。図 9 に ARPA-E 四半期報告のサンプルを、図 10 にリスクマトリックスを示す。

内容はあくまでもイメージであり、実際に ARPA-E プロジェクトで設定されたものではない

※WBS = Work Breakdown Structure

WBS	タスク/マイルストーン	期限
1.0	地質・物理探査	
⋮		
2.0	基礎探査とPoC	
2.1	テストボーリング(試掘)	
M2.1.1	浅層掘削を完了し、深度500m 地点でのスポットコアを回収	FY25'Q2
M2.1.2	中間層の掘削を進め、深度1,000m 地点での高品質コア回収率70%以上	FY25'Q4
M2.1.3	深度1,500m に到達し、ターゲット地点での高品質コア回収率90%以上(初期目標)	FY26'Q2
2.2	初期ガス濃度実証	
M2.2.1	坑口ガス、泥水ガスなどから、水素濃度1%以上(微量存在の事実)を確認	FY26'Q3
M2.2.2	サンプリング手法を改善し、水素濃度5%以上を確認	FY27'Q1
M2.2.3	第三者機関の分析により、目標である水素濃度10%以上を公式に実証(中間目標)	FY27'Q2
2.3	パイロット生産試験およびガス処理実証	
M2.3.1	プラント初期稼働で、1日あたり20 Nm ³ の安定流量を7日間維持	FY27'Q2
M2.3.2	ガス分離・脱水・不純物除去を行い、1日あたり50 Nm ³ の安定流量を維持(最終目標)	FY27'Q4
M2.3.3	定格最大負荷での稼働により、1日あたり100 Nm ³ の安定流量を維持(チャレンジングな目標)	FY28'Q2
3.0		
⋮		
M0.0.0	→完了したマイルストーン	M0.0.0 →詳細確認のため遅延しているマイルストーン
M0.0.0	→この四半期に完了したマイルストーン	M0.0.0 →作業は開始したが、この四半期が期限ではないマイルストーン

図 9 ARPA-E 四半期報告のサンプル

ARPA-E の関係者へのヒアリングをもとに NEDO イノベーション戦略センター作成

¹³ https://nap.nationalacademies.org/resource/24778/Goldstein-Kearney_WorkingPaper.pdf
(2026 年 8 月閲覧)

#	リスク	重大度	発生可能性	リスクレベル	リスク軽減後			
					リスク軽減策	重大度	発生可能性	リスクレベル
1	サブコンポーネントが高温環境下で故障するリスク	8	6	高	コストは上昇するが、高温での特性を持つ材料Bを採用	6	5	中
2	コーティングが製品寿命期間中、剥離するリスク	9	3	中	過酷条件下でテストを行い、製品寿命期間中に剥離しないことを確認	9	0	解消
3	フルスケールでの製造において、不良率が1%を超えるリスク	5	5	中	指定されたプロセスに対して低い不良率の実績を持つ、信頼性の高いメーカーを検討する	5	3	低
4	制御システムが、設定値の±5%以内のプロセス温度を維持できないリスク	5	3	低	制御システムは、要件を満たした既存システムからの軽微な修正に留まるためリスクは低い。仮に発生した場合も、市販品で代替し、スケジュールやコストへの影響を限定できる	3	2	低

図 10 ARPA-E 四半期報告におけるリスクマトリックス

ARPA-E 公開資料¹⁴を基に NEDO イノベーション戦略センター作成

- T2M 活動:** ARPA-E では、採択者に対して社会実装を見据えた事業化仮説やロードマップの策定とともに、後続のスケールアップ支援や民間投資への接続可能性を高める取組 (T2M 活動) を行うことを求めている。具体的には、採択時に、T2M リード (採択者側で T2M プランの作成・実行を主導する人材) の指名、市場分析、競合分析、規制対応、コスト構造評価等を含む T2M プランの提出を求めるとともに、プロジェクト予算の最低 5% を市場調査や特許出願等の T2M 活動に充当することを義務付けている。

これらの活動に対しては、ARPA-E 内部の T2M アドバイザー及びチームが支援を行う。T2M アドバイザー及びチームは、技術の事業化可能性を市場・競争・規制・経済性の観点から継続的に検証し、必要に応じて用途転換なども含めて事業化の仮説を磨き込む、ARPA-E に組み込まれた専門機能である。T2M を担う人材には、事業開発、技術マーケティング、製品開発、サプライチェーン、財務分析等を横断する実務知見に加え、エネルギー技術の事業化を主導した経験が求められる。

運用面では、プログラム構築段階から PD と密に連携し、解くべきマーケット課題や事業化ロードマップの設計を支援するとともに、市場動向分析や TEA 等を通じて事業化戦略やロードマップの策定を支援する。加えて、採択時には T2M プランの妥当性を見極め、契約時には T2M マイルストーンの設定に関与し、進捗確認や加速に向けた助言を行う。このように、T2M は制度の内部に組み込まれ、PD と一体となって技術と市場の適合性を見極め、社会実装の確度を高める点に特徴がある。

¹⁴ https://arpa-e.energy.gov/sites/default/files/2025-05/3b_Technical_reporting.pdf
(2026 年 8 月閲覧)

④ 有能な PD が集まり活躍できる組織設計

実務面をサポートするチーム体制の下、技術的知見、ビジネスへの理解に加え、リーダーシップを兼ね備える PD に採択・採択中止を含む強力な権限を与えることが、ARPA-E における支援を実行・推進する上で重要である。

- **PDの採用:**ARPA-E は、才能ある人材を PD として期間限定で登用する点に特徴がある。実際、ARPA-E の設立法である「America COMPETES Act」においても、“The term of a program director shall be 4 years, and may be renewed.”（プログラム・ディレクターの任期は 4 年とし、更新することができる）と、期間限定である旨が明記されている。この制度の根底には、既存技術や組織慣習に捉われない外部の有能人材が、キャリアを中断することなく国のために貢献できるようにするといった狙いがあり、それを可能にするため、ARPA-E では、プログラム構想前から候補人材を継続的に発掘することで、適切な PD を任命できるよう努めている¹⁵。
- **PD の育成:**上記のように外部からの人材登用を基本とするため、体系的な研修制度は存在しない一方で、新任の PD が経験豊富なベテラン PD とペアを組み、OJT を通じて厳格なマイルストーン管理や事業化への強い意識といった「ARPA-E 流儀」を学ぶ仕組みが根付いている。
- **PD の権限:**PD はプログラムの最終責任者としてプログラム起案段階から関与し、自らプログラムを構想・設計しながら、各プログラム 40～65 億円程度の予算を差配し意思決定を行うなどの強力な権限を有している。例えば、採択審査における最終判断は PD の裁量に基づいており、外部有識者はあくまでも助言的役割にとどまっている。採択後のプロジェクトがマイルストーン未達のプロジェクトに対しては PD が原則として中止・減額判断を行うことが可能である。
- **PD を支援する体制:**ARPA-E では、T2M チームのほか、フェローやオペレーションスタッフといったサポート体制により、PD がプログラム構想と伴走支援に専念できる環境が整備されている。具体的には、フェローは技術的な専門知見を生かした提案評価や技術動向の調査、プロジェクトの進捗レビュー等による支援、オペレーションスタッフは公募手続きや契約・予算管理、関係者との調整などの実務面を支援している。

¹⁵米科学アカデミーによる公式評価報告書「An Assessment of ARPA-E」(2017)においても、ARPA-E の成功の要因の一つとして「才能ある起業家精神旺盛なプログラム・ディレクターを期間限定で雇用すること」が挙げられている。

3章 NEDO における ARPA モデル実装の進展

NEDO が従来から行ってきた TRL が比較的低い段階の研究開発支援では、あらかじめ重要性が特定された技術について技術戦略を構築し、NEDO プロジェクトにつなげていくことが基本的な流れであった。しかし、こうした研究開発の推進アプローチは、途中で軌道修正や外部環境の変化を十分に取り込みづらいリニアなモデルとなりがちであり、戦略の完成時には、社会ニーズの変化や競合・代替技術の出現に追いつけず、結果的に研究開発内容が実態に合わなくなり、社会実装につながりづらいという課題を抱えていた。

こうした背景に加え、近年の科学技術の発展にとどまらず、社会システム全体の変革を通じて社会課題の解決に資するトランスフォーマティブ・イノベーションの必要性を踏まえ、NEDO としても研究開発の社会実装に向けた橋渡しにより一層注力することとした。「傾聴と問いかけ」による伴走支援手法である「プロセス・コンサルティング」によって、NEDO が答えを示すのではなく、支援される側が自ら解決策を見いだせるよう導くことや、当初からグローバル市場を見据えて海外の優れた技術や知見を取り込んだ国際連携型の研究開発を進めることに重点をシフトした。NEDO は、技術の現場に近いという強みを生かしながら、従来の「技術戦略」策定から、社会課題の解決に向けた技術シーズと技術以外の要素の俯瞰分析に基づいて取り組むべき領域を特定する「Innovation Outlook」の策定と、各領域の社会実装を見据えたロードマップである「イノベーション戦略」の策定に転換を図ろうとしている。

NEDO、特に TSC においては、上記のように、ARPA-E の成功の要諦を取り入れることで、フロンティア領域における研究開発支援と社会実装に向けた戦略形成の高度化を図ろうとしている。フロンティア育成事業は、日本・NEDO 特有の制度・実務環境、すなわち、合議制による意思決定慣習があること、現行契約及び日本の商慣習上プロジェクトの中止・減額が容易でないこと、さらに雇用保護が厳しく機動的な人員の交代が難しいこと等を踏まえ、ARPA モデルをカスタマイズした「日本型 ARPA モデル」の確立を目指している。この取組は、既存技術の更なる発展や実用化を支えてきた NEDO の従来のプロジェクト運営を置き換えるものではなく、それを補完する形で、フロンティア領域に適した探索・伴走・機動的な資源配分の仕組みを取り入れるものである。図 11 に NEDO のフロンティア領域マネジメントフローを示す。

TSC Foresight 調査レポート

フロンティア領域におけるトランスフォーマティブ・イノベーション創発に向けて

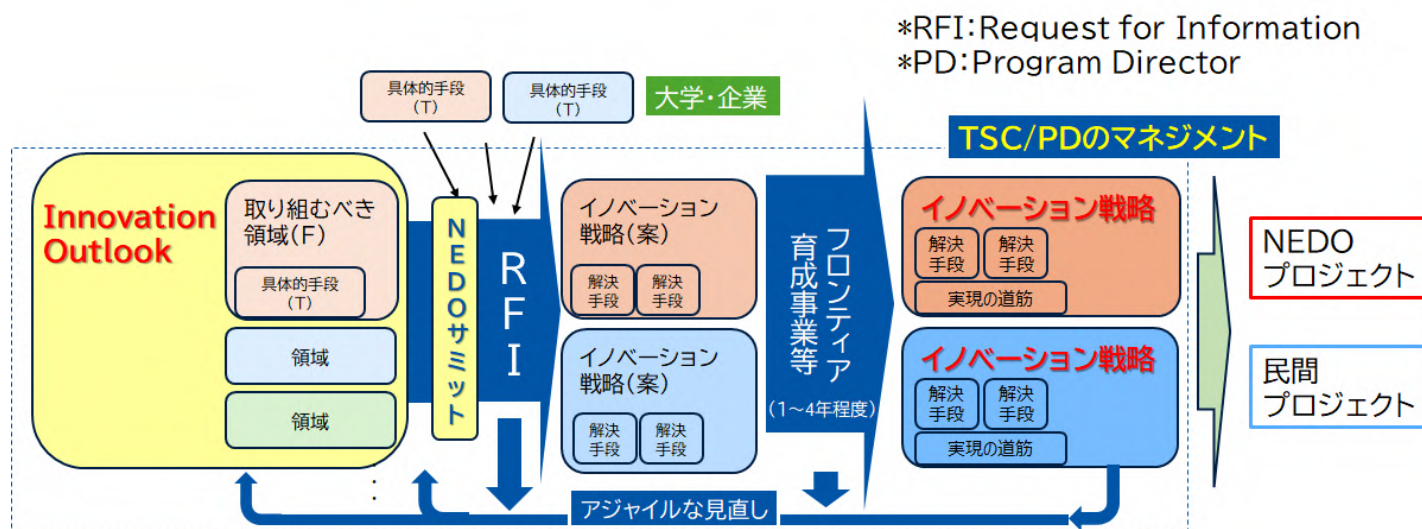


図 11 NEDO のフロンティア領域マネジメントフロー

なお、NEDO は、概ね TRL2～4 程度を対象としたフロンティア育成事業、TRL6～7 を対象とした NEDO プロジェクト、さらに後続フェーズでの支援拡充を通じて、社会実装まで一気通貫でサポートする体制の構築を目指している。これは、DOE 傘下において ARPA-E が探索的研究からスケールアップ段階までを担い、Applied Offices や OCED、Loan Programs Office が後続フェーズを支援する枠組みと構造的に対応するものである(図 12)。

NEDOはTRL2-5を対象としたフロンティア育成事業、同6-7を対象としたNEDOプロジェクト、更に後続フェーズでの支援拡充を検討しており、社会実装まで一気通貫でサポート可能

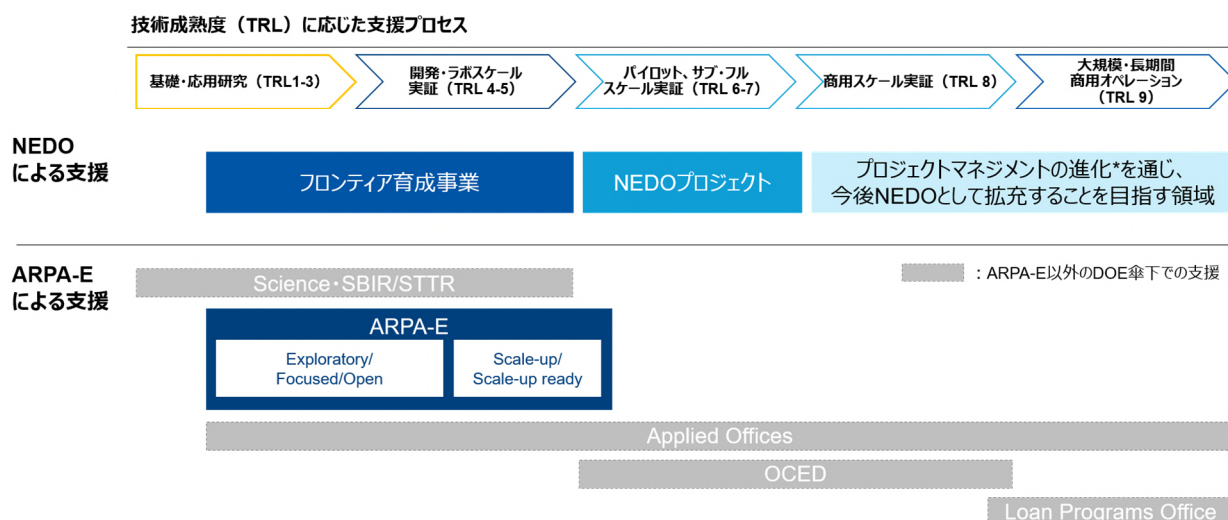


図 12 NEDO と ARPA-E による支援フェーズの比較

・ 2026年2月「NEDO によるプロジェクトマネジメントの進化に向けて」
<https://www.nedo.go.jp/content/800049016.pdf>

以下では、NEDO が 1 年間運用してきたフロンティア育成事業の取組の内容と制度的工夫について、ARPA-E の研究開発プログラムの一連のプロセスを示す設計思想(先述の「5E」: Envision、Engage、Evaluate、Establish、Execute)に対比させて示す。

- フロンティア領域の探索・プログラムの構想(ARPA-E の Envision に相当):
 - **Innovation Outlook(IO)¹⁶の策定:** 社会課題の解決に向けて技術分野を俯瞰分析し、その内容を「Innovation Outlook」として策定・公開し、我が国として新たに取り組むべき領域、既存領域のうち取組を追加・加速すべき領域、及び、領域間の融合を図るべき領域(融合領域)を提案した。さらに、社会・産業上のインパクトや実装機会をとらえたうえで、経済産業省のイノベーション小委員会で提示された 5 つの観点(①将来性、②技術・アイディアの革新性、③日本の優位性、④民間のみで取り組む困難性、⑤重要経済安保技術)を踏まえ総合評価し、重点的に取り組むべきフロンティア領域を特定した。そして RFI(Request for Information:情報提供依頼)、NEDO サミットやワークショップの開催を通じた情報収集、NEDO が持つ関係者ネットワークからの俯瞰的情報の獲得に活用した。
- プログラム詳細の精査(Engage に相当):
 - **段階的案件形成:** 提案者が PD の求める研究内容を効率的かつ的確に把握し、より適切な提案を行えるようにする段階的な案件形成プロセスの構築に向けた取組を行った。具体的には、NEDO サミットにおいて PD や将来 PD となる候補者によるピッチと Concept Paper(1 枚程度)を起点とした意見交換を行い、その後、RFI(4~5 枚程度)で研究提案を求めた。また、必要に応じてワークショップを随時実施した。NEDO サミットや RFI は構想(Envision)段階における俯瞰的な情報収集とともに本段階(Engage)における具体的なテーマについて提案者との対話を重ねる段階的案件形成にも活用できる。
 - **プログラムの初期設計:**DARPA の Heilmeier Catechism を参考にし、NEDO 型の Guiding Questions の検討と、社会実装を見据えた戦略的ロードマップの策定に向けた検討を進めた。
 - **PD の選定・採用:**フロンティア育成事業を主導する PD として技術分野の専門知見とリーダーシップを兼ね備えた適任者を産業界・研究機関・アカデミアなど幅広い分野から採用した。確定前の領域候補については、将来 PD となる候補者を選定した。
 - **NEDO サミットの開催:** NEDO サミットでは、領域を精査・検討している PD あるいは PD 候補がその内容をピッチし、多様な外部ステークホルダーとの対話を通じて関心を喚起するとともに、構想をより具体的かつ精緻なものにするための示唆を得た。
 - **RFI¹⁷の収集:** 最新の研究開発動向について RFI を通じて広く一般から情報提供を求める形で収集した。RFI では、フロンティア領域以外も含めて幅広い情報提供を求めた。RFI で得られた情報は、最新の研究トレンドや関連プレイヤーを把握するとともに、領域立ち上げ後に公募を実施する際の母集団の想定に役立てることができる。

¹⁶ 「Innovation Outlook Version 1.0」(2025 年 7 月)<https://www.nedo.go.jp/content/800027826.pdf>

¹⁷ 「『NEDO 先導研究プログラム/新技術先導研究プログラム及びフロンティア育成事業』に係る情報提供依頼(RFI)について」https://www.nedo.go.jp/koubo/SM2_100001_00092.html

- **ワークショップ¹⁸の実施:** 一部の領域でワークショップを開催した。ワークショップは、領域に関連する事業者、研究者、投資家を集め、技術開発の方向性や取り組むべき技術課題をボトムアップに議論する場として機能する。
- プロジェクト提案の評価(Evaluate に相当):
- **公募・採択審査:** 事業者からの提案について、NEDO の内部・外部の有識者が公募内容を検討した上で、外部評価者による最終評価を経て、採択者候補を決定した。
- 採択・契約内容の構築(Establish に相当):
- **契約締結:** 外部評価者の審査結果を踏まえ、採択者、研究テーマ及び契約内容を決定した。採択者は社会実装を見据えた研究開発計画を検討、実施計画書に反映の上 NEDO に提出し、NEDO と共同研究契約を締結する。
- **目標とステージゲートの設定:** VUCA/BANI の時代における不確実性に対応するため、複数のシナリオを想定した上で目標を設定した。また、これらの進捗を管理し、継続または方向転換の判断を行うための基準として、ステージゲートを設けた。
- 採択後の伴走支援(Execute に相当):
- **PD/T2M 人材による伴走支援:** 採択後は、PD が中心となって事業者によるプロジェクト進捗を管理・支援し、社会実装を見据えた事業化仮説とロードマップの策定を支援することになる。現在推進中の領域においては、外部人材を活用した T2M 戦略策定支援も試行している。
- **委員会等を通じた PDCA の実施:** 領域の専門家や産業界・金融界などの有識者で構成する領域推進委員会やその分科会をプロジェクトの進捗確認・助言の場として位置付け、技術面・市場面の双方から PD 及び採択者に対して評価・助言を行う仕組みとした。また、設定したステージゲートに基づき継続または方向転換、場合によっては中止判断を行うこととした。
- **イノベーション戦略の策定:** フロンティア育成事業では、その実施前に、解決すべき社会課題、解決手法及び社会実装に向けた方策を整理し、イノベーション戦略(案)として策定した。本戦略(案)はフロンティア育成事業におけるフィージビリティスタディを通じて「イノベーション戦略」へと内容を練り上げ、TRL6~7 を対象とするスケールアップさせた NEDO プロジェクトや民間プロジェクトへの展開を志向する。

¹⁸ 過去実施のワークショップは以下のとおり。天然水素ワークショップ(2025/2/14、2025/10/28)、NEDO TSC Foresight セミナー「日本のマテリアルのイノベーション:共創が拓く新時代に向けて」(2025/3/7)、新産業技術促進検討会 シンポジウム TSC Innovation Outlook フォーラム(2025/9/25)

TSC Foresight 調査レポート

フロンティア領域におけるトランスフォーマティブ・イノベーション創発に向けて

以上のとおり、NEDOにおいては、ARPA-E の設計思想を参照しつつ、社会課題起点の領域選定からプログラム設計、段階的な案件形成・選抜、採択・契約、採択後の伴走支援に至るまでの一貫通貫のプロセスの実装が段階的に進められてきたといえる。図 13 の左に、NEDO のこれまでの取組に関する 5E に基づく整理を示す。

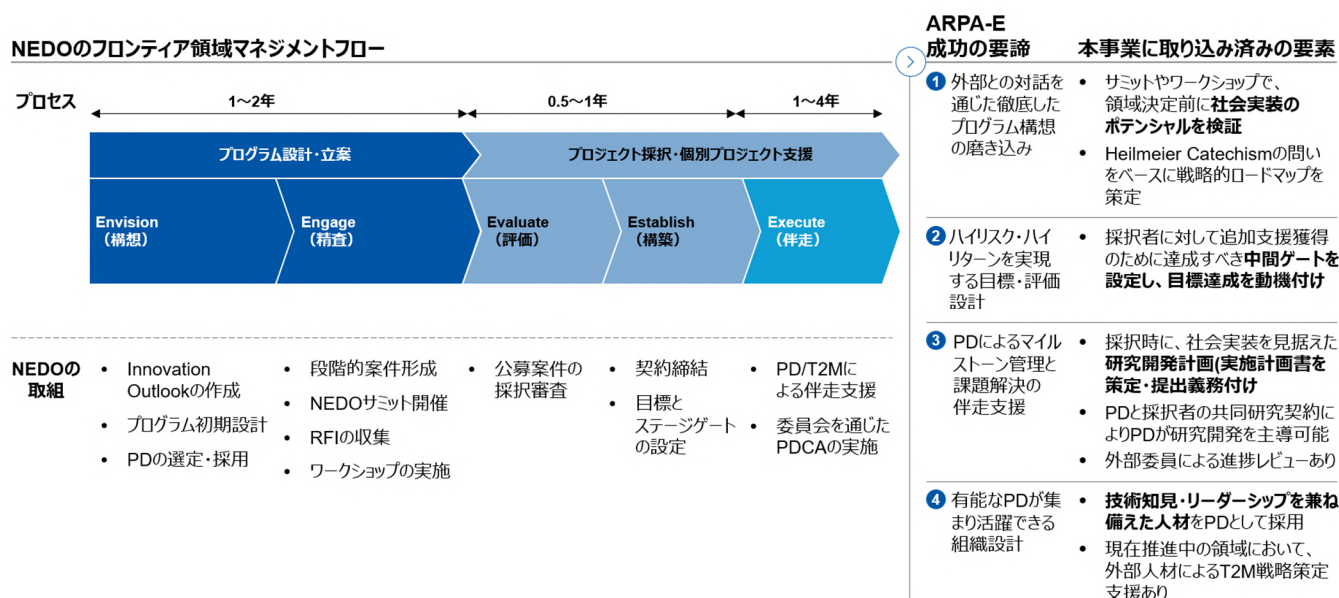


図 13 NEDO のフロンティア育成事業に関する 5E に基づく整理と ARPA-E の 4 つの要諦の取組

フロンティア育成事業で導入してきた要素を、ARPA-E の成功を支える 4 つの要諦の観点から整理すると、図 13 の右に示す通りとなる。

①外部との対話を通じたプログラム構想の磨きこみとして、サミットやワークショップを通じて領域決定前に社会実装のポテンシャルを検証するとともに、Heilmeier Catechism の問いをベースに戦略的ロードマップを策定している。②ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計として、採択者に対して追加支援獲得のために達成すべき中間ゲートを設定し、目標達成を動機付けている。③PD によるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援として、採択時に社会実装を見据えた研究開発計画(実施計画書)の策定・提出を義務付けるとともに、PD と採択者の共同研究契約により PD が研究開発を主導可能とし、外部委員による進捗レビューを実施している。④有能な PD が集まり活躍できる組織設計として、技術知見・リーダーシップを兼ね備えた人材を PD として採用するとともに、現在推進中の領域において外部人材による T2M 戦略策定支援を行っている。

4章 日本型 ARPA モデルの実現に向けた論点と 今後のアクション

本章では、ARPA-E のマネジメントと、NEDO が 1 年間運用してきたフロンティア育成事業を比較し、フロンティア領域に有効な制度要素と、その実装に向けた論点を整理する。

NEDO のフロンティア育成事業は、ARPA-E の設計思想を参照しつつ、METI のイノベーション小委員会の 5 観点を踏まえた社会課題起点の領域探索、採択時の社会実装を見据えた T2M プランの策定、PD 機能・T2M 観点の導入、外部有識者による進捗のレビューなど、制度面での実装を段階的に進めてきた。

しかしながら、2 章で整理した ARPA-E 成功の要諦に照らすと、フロンティア育成事業には、社会実装に向けた道筋の確度を高める上で、依然改善の余地がみられる。なかでも、採択者との高頻度の対話を通じた KPI・マイルストーン管理や初期から一貫した T2M 活動を推進するための仕組みなどは、これまでの我が国の ARPA 型の取組においても十分に実装されてこなかった要素であり、実装難度が高いことが見込まれる。T2M 活動は、フロンティア領域における不確実性をマネジメントし、後続のスケールアップ支援や民間投資への橋渡しを実現するために特に優先して取り組むべき中核課題である。以下では、各論点について、両者の違いやその背景を整理し(図 14)、NEDO において「日本型 ARPA モデル」を確立するための解決策を示す(図 15)。

TSC Foresight 調査レポート

フロンティア領域におけるトランスフォーマティブ・イノベーション創発に向けて

フロンティア育成事業では、これまでARPA-Eをベンチマークに制度設計を進めてきた。一方で、社会実装に向けた道筋の確度を高める上では、依然改善する余地がある。

ARPA-E 成功の要諦	以前改善余地が ある要素	ARPA-Eと本事業の比較 ARPA-E	本事業
① 外部との対話を通じた徹底したプログラム構想の磨き込み	①a PD主体のプログラム構築 ①b 課題設定	リストアップされた領域候補の中からPDが1.5年かけて領域を構築 「マーケット課題解決型」のプログラムを重点採択	研究課題確定後にPDを採用 「技術進化型」の研究課題が多い
② ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計	②a 実現可能で破壊的インパクトをもつ目標 ②b 分散投資と機動的な資源配分	既存技術の10倍改善等の破壊的な目標を採択時にPDが交渉して設定 1案件10-15プロジェクトを採択し、低い成功率を前提(10-20%)	目標未達を忌避する文化があり、チャレンジングな目標設定が不十分 1研究課題3-4個程度で個別案件の成功が前提。(運用慣行などもあり、成功率が相対的に高いと見込まれる案件が選好されやすい)
③ PDによるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援	③a KPI・マイルストーン管理 ③b T2M支援	四半期の技術・T2MKPI・マイルストーンを設定し、遅延の把握と先回りした問題解決を実施 5%以上のT2Mへの予算支出を義務付け、プログラム設計初期からT2Mアドバイザー・チームを配置	チャレンジングな目標を設定、マイルストーンに落とし込み管理し、採択者との高頻度な対話を行いながらPDCAを回す仕組みが不十分 初期段階からのT2M活動を推進するための仕組みが未設計
④ 有能なPDが集まり活躍できる組織設計	④a PDがリーダーシップを発揮できる環境構築 ④b PDを支える実務体制	PDが40-60億円の予算差配し、領域責任者としてプロジェクト中止も含めた強力な権限を有す PDを中心に、技術分析、事業化支援 (T2M)、契約・運営管理のサポートをプログラム構想段階から実施 (2~4名規模)	合議制で、PDのプロジェクトへの意思決定権が小さく、キャリアとしての魅力も限定的 今後の領域について、T2M、契約・運営管理含めた人員体制が未整備

図 14 フロンティア育成事業における取り込み済みである ARPA-E の要素と、依然改善余地がある要素

日本の制度・実務環境による制約を加味した「日本型ARPAモデル」の導入・確立に向けた方策

XX=ARPA型を日本に導入する上での本事業における工夫

ARPA-E 成功の要諦	日本・NEDO 固有の制約	目指す姿を実現するための解決策の方向性
① 外部との対話を通じた徹底したプログラム構想の磨き込み		PD主体のプログラム構築 PD候補の早期参画: 初期構想の段階からPD候補をアサインし、戦略の構築を主導。日本の雇用環境を踏まえ、最初はパートタイムでアサインし、その後（領域確定後など）にフルタイムに移行するなど柔軟な参画・登用の仕組みを整備する。
② ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計	- 合議制による意思決定文化（領域選定、追加予算、人事制度 等） - 現行契約および日本の商慣習上、プロジェクトの中止・減額を機動的に判断し、資源配分に反映する運用余地は限定的 - 雇用保護が厳しく、領域が変更された場合であっても、PDを変更・解雇することが困難	課題設定 社会課題起点での研究課題設定: NEDO版Guiding Questionsも活用し、社会課題の直接かつ重要な解決手段となっていることを精査。その上で本事業で目指すべきゴールKGIを設定する。 実現可能で破壊的インパクトをもつ目標 チャレンジングな目標設定を担保: 採択時にPDが応募者に野心的な目標設定の交渉を行い、採択者にコミット目標である「到達目標」と加算目標の「イノベーション目標」として設定。後者をチャレンジングな目標として位置づけ、実現を担保するためのインセンティブ設計や評価体系の構築も行う。 分散投資と機動的な資源配分 ハイリスク・ハイリターンを実現するための分散投資: 複数シナリオを検討し、初期により多くの案件を採択。その後は案件進捗に基づき、PDが成果の見込める案件への機動的な資源再配分を提案し、外部有識者を含む委員会での評価を経て最終決定する。
③ PDによるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援		KPI・マイルストーン管理 問題解決の仕組み: プロジェクト早期段階でKGI・KPI・マイルストーンを設定し、PDが高頻度で進捗と課題をレビュー・PDCAを回し、採択者側の納得感も高めながら方向修正や支援重点化の判断に繋げる。 T2M支援 初期からのT2M支援の提供: 事業初期(採択時など)からのT2M支援を開始するため、SSA制度におけるカタライザーなど既存の制度・人材基盤を活用し、T2Mアドバイザー・チームの整備する。
④ 有能なPDが集まり活躍できる組織設計		PDがリーダーシップを発揮できる環境構築 PDの採択者に対する裁量の拡大: 原則としてPDが意思決定を主導し、戦略の見直しなど領域推進上重要な事項については外部有識者の承認も必要とする体制を構築する。 PDを支える実務体制 PDを支えるチーム体制の構築: NEDOのNEP、MPMなど経営人材を育成・確保するプログラムの活用や、外部人材も登用し、T2Mの他、技術面の検討やプロジェクト運営・管理を支援する体制を構築する。

図 15 日本の制度・実務環境による制約を加味した「日本型 ARPA モデル」の確立に向けた方策

(1a) 外部との対話を通じた徹底したプログラム構想の磨きこみ – PD 主体のプログラム構築

両者の違いは、PD 関与のタイミングにある。ARPA-E では、PD が領域探索やプログラム構想から関与し、技術シーズの見立て、市場・社会課題との接続、必要な実証の筋道までを一体的に磨き込むことを前提としている。これは、仮説を一気通貫で構築しやすくなることに加え、PD が自らの意思を反映できる部分も多く、コミットメントの向上も期待できる。対して、フロンティア育成事業では、日本において雇用の柔軟性が限定的であり、領域が決定する前に外部人材を PD として採用・登用しづらいことを背景に、多くの場合は研究課題確定後の採用となり、初期構想段階から PD が領域構築を主導する運用には至っていない。

今後はプログラム構想の早い段階から、PD が関与できる仕組みを整える必要がある。PD の採用時期を早期化することで、技術シーズの発掘からその市場性を見立てまで、外部との対話を通じて PD が自分の意思・考えを反映させながら質の高い仮説を磨き込むことができる。現在フロンティア事業においても、今後の公募において PD 採用時期を前倒すことを試みているが、その際には日本の雇用環境を踏まえ、最初はパートタイムでアサインし、その後（領域確定後など）にフルタイムに移行するなど、柔軟な参画・登用の仕組みを整備することも併せて求められる。その上で、NEDO サミットやワークショップ等を、PD 候補が外部ステークホルダーとの対話を通じて構想を検証・具体化する場としてより活用していくことも重要である。図16にPDに関するARPA-EとNEDOフロンティア育成事業の比較を示す。

	ARPA-E	NEDO	
		足元領域	今後の領域
領域探索時	国が取り組む領域コントロールしつつ、PDが主体的にプログラムを構築できる状態を担保	領域・研究課題を先に決定し、PDは決定後に参画	PDが早期に参画し、戦略の構築を主導
領域候補確定後	トピックレベルで広くPDを募集（例：炭素回収、太陽光発電...） 募集時にPD候補者がプログラム案を提示	該当なし	プログラムの初期構想段階からPD候補が参画し、NEDO版Guiding Questionsを活用しながら、戦略を具体化
研究課題特定後	長官が未対応の領域を特定した後、候補を採用。採用PDが特定領域内でプログラムを構想。	該当なし	ステークホルダー間で調整後、領域追加がある場合はPDを追加で採用し、採用PDが研究課題を構想
	該当なし (PDは既に参画済、PD主導でプログラム具体化)	研究課題を指定したのちにPDを採用	該当なし (PDはこのタイミングでは既に参画済)

図 16 PD に関する ARPA-E と NEDO フロンティア育成事業の比較

(1b) 外部との対話を通じた徹底したプログラム構想の磨きこみ – 課題設定

両者の違いは、社会課題起点で研究課題が設定されているかにある。2022～24 年に実施された ARPA-E の Focused プログラムは、マーケット課題の解決を起点に、必要な技術はバ

TSC Foresight 調査レポート

フロンティア領域におけるトランスフォーマティブ・イノベーション創発に向けて

ックキャストで設計されるプログラムが 9 割を占めた。¹⁹また、ARPA-E サミットやワークショップなどを活用し、解決すべきマーケット課題やそのために必要な技術革新について外部との対話を行いながら、プログラムを磨きこんでいく点に特徴がある。一方、フロンティア育成事業の研究課題は、MFT モデル²⁰を活用しつつも、いまだ技術シーズ起点(「技術進化型」)になっているものも多いことは否定できない。

今後はプログラムが真に社会課題解決に資するものとなるよう、課題設定の質と客観性を高めるための仕組みを多角的に導入することが求められる。具体的には、研究課題承認時に、NEDO 版にカスタマイズした Guiding Questions に答えられる水準まで構想を検討するとともに、領域選定のロジックや KGI(Key Goal Indicator:重要目標達成指標)が社会課題の解決に資するものであるかどうか評価する仕組みを構築することも重要である。また、ARPA-E の Exploratory プログラムを参考に、比較的小規模・短期間の試行的プログラムを導入することも有効と考えられる。これにより、不確実性の高い領域における技術的・事業的な仮説を早期に検証し、より精度の高い課題設定・本格的なプログラム構築につながるための、機動的な手段となりうる。現在フロンティア育成事業では、中長期的にターゲットとする市場・アプリケーションとそれに紐づく社会課題を特定したうえで、必要な要求水準に基づく KGI を設定するなど、社会課題の解決に直接寄与するマーケット課題解決型のプログラムとしての再設計を試みている(図 17)。

NEDO特有の事情を考慮したGuiding Questionsの策定が必要

太字: 変更・加筆した点

ARPA-E Guiding Questions	NEDO特有の考慮すべき点	NEDO版Guiding Questions (初期案)
1. 解決すべき問題は何か？専門用語を使わず、簡潔に述べると？	社会課題が解決されていない研究課題に紐づく理由と、研究課題が解決されていない技術課題に紐づく理由の2種存在しており、設問の分割が必要	1. 解決すべき 社会課題 は何か？専門用語を使わず、簡潔に述べると？
2. 現在、この問題が解決されていない理由（障壁）は何か？	新規性にとどまらず、METIの5観点評価を採用	2. 現在、この 社会課題 が解決されていない理由（ 研究課題 ）は何か？
3. 新規性は何か？なぜ「今」この問題に取り組むべきなのか？	インパクトの評価も必要	3. METIの5観点評価 (国が優先的に研究開発や資金支援を行うべき領域・技術を評価する基準。経済安保などの観点も含む)に照らし合わせ、なぜ 現在NEDO がこの研究課題に取り組むべきなのか？
4. プログラムの目標は何で、そこに向けた進捗はどのように測定されるのか？	リスク分析を内包する社会実装に向けての長期的なロードマップと、当該ロードマップを掘り下げた結果導出される支援期間内での技術領域毎マイルストーンの2種が存在しており、設問の分割が必要	4. このプログラムは、他省庁/機関の支援プログラム、民間企業のR&D活動をどのように補完するか？
5. プログラムの費用はいくら？また、どれだけの期間が必要か？	他省庁での支援プログラムとの領域/内容の重複はMETI打ち込み時のバックアウトファクターとなりうるため、初期段階からの検討が必要	5. プログラムによるインパクトはどの程度と見込まれ、そのために達成すべき目標をどう設定するか？(逆にこの技術がないと社会にどのような負の影響があるか？)
6. プログラム内で目標とする実用的なインパクト（実装）への道筋は何か？商業化の障壁をどのように克服するのか？	NEDOのミッション領域に関連する社会課題を起点にプログラムを検討していることから、1.の議論と重複するため、設問の削除が必要	6. 現在、この研究課題が解決されていない理由（技術課題）は何か？
7. リスクは何か？	ARPA-Eと異なり、プログラム終了後の戦略策定も必要	7. 社会実装に向けた技術領域毎の障壁を支援期間内でのどのよう乗り越えるか？
8. このプログラムは、他省庁/機関の支援プログラム、民間企業のR&D活動をどのように補完するか？		8. プログラムの費用はいくら？また、どれだけの期間が必要か？
9. 誰がR&Dを実施するのか？どの専門分野が協力する必要があるのか？		9. 誰がR&Dを実施するのか？どの専門分野が協力する必要があるのか？
10. もし成功した場合、この提案されたプログラムはARPA-Eのミッション領域のどれにどのような影響を与えるか？		10. 社会実装に向けた道筋、および想定されるリスクはどのように描かれるか？
		11. 関連業界全体でどのような出口戦略を描くか？
		12. どのような出口戦略を個社レベルで描くか？

図 17 NEDO 版 GUIDING QUESTIONS(初期案)

¹⁹ ARPA-E、NEDO の公開資料を参照。プログラム・領域で設定されている KGI をもとに定性的に判断(対象市場の課題解決からバックキャストに生成されていると想定されるものを「マーケット課題解決型」、技術進化することで幅広い市場で利用できるという考え方が想定されるものを「技術進化型」と分類)

²⁰ ADL が考案した事業や政策を構造的に整理するためのロジックモデル。M - Mission(解決すべき社会課題), F - Function(社会課題解決のために取り組むべき領域), T - Technology(具体的な手段)の 3 つの項目により構成される

(2a) ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計 – 実現可能で破壊的インパクトを持つ目標

両者の違いは、実現可能性を踏まえつつ、破壊的なインパクトを持つ高い目標を設定できているかにある。ARPA-E では、採択時に PD が応募者と交渉しながら、実現可能かつ破壊的なインパクトを持つ水準（既存技術の 10 倍改善等）の目標を設定している。これに対し、フロンティア育成事業では、目標未達を忌避する文化もあり、チャレンジングな目標設定はいまだ十分ではなく、結果として実現可能性を重視した比較的保守的な目標に収れんしやすい。

今後は、ハイリスク・ハイリターンを方向付けるため、採択時に PD が応募者と対話しながら高い目標設定を行う仕組みを強化する必要がある。具体的には、採択者にコミットを義務付ける「到達目標」と、より高い水準を目指す「イノベーション目標」を設定し、後者の達成に向けて金銭的・非金銭的なインセンティブを講じることが重要である。こうした仕組みにより、保守的な目標設定に流れづらい制度運用を実現し、チャレンジングな研究開発を後押ししていくことが求められる。

(2b) ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計 – 分散投資と機動的な資源配分

両者の違いは、失敗を前提に複数仮説へ投資する設計か、個別案件の成功に依存する設計かにある。ARPA-E では、1 案件当たり 10～15 プロジェクト程度を採択し、低い成功率（10～20%）を前提に分散投資を行っている。その上で、各案件の進捗や成果見通しを踏まえつつ、有望な案件に資源を重点配分するポートフォリオ運営を行っている。これに対し、フロンティア育成事業では、1 研究課題当たり 3～4 件程度の採択にとどまることが多く、個別案件の成功がプログラム全体の成否に与える影響が大きい。

今後は、ARPA-E のような分散投資と機動的な資源再配分を前提としたポートフォリオ運営の考え方を取り入れることが必要である。具体的には、複数シナリオを検討した上で、予算制約の下で初期により多くの案件を採択し、その後は案件進捗に基づき、PD が成果の見込める案件への機動的な資源再配分を提案し、外部有識者を含む委員会での評価を経て最終決定する仕組みを整えることが重要である。これにより、個別案件の成否に過度に依存せず、プログラム全体としてハイリスク・ハイリターンの成果創出を目指す運営が可能となる。

(3a) PD によるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援 – 課題解決の仕組み

両者の違いは、PD が採択段階から高頻度で進捗を把握しながら課題解決し、研究開発の方向性を機動的に見直せるかにある。ARPA-E では、PD が採択段階から応募者と目標設定についての対話を行い、四半期の技術・T2M の KPI・マイルストーンを設定し、遅延の把握と先回りした問題解決を実施している。一方、フロンティア育成事業では、採択時におけるマイルストーン（特に T2M マイルストーン）の設計や、採択者との高頻度な対話を行いながら PDCA を回す仕組みはなお不十分である。進捗管理については、年数回の委員会や開始 2 年後の中間審査（ステージゲート審査という）を中心とする運用になっている。背景には、委託契約での運用、年度単位の予算執行、審査・承認プロセス上の制約などがあり、四半期単位での中止・減額や資源配分の見直しを柔軟に行いづらい面がある。

今後は、採択者と PD での課題解決の場と、委員会が採択者の進捗や課題を把握する場をより頻度高く設定する必要がある。具体的には、プロジェクトの早期段階で KGI・KPI・マイルストーンを設定し、領域・研究テーマごとに進捗管理の頻度は異なってくるものの、例えば四半期ごとに PD が進捗と課題をレビューすることで、採択者側の納得感も高めながら方向修正や支援重点化の判断につなげることが重要である。現在フロンティア育成事業では、採択者が研究開発課題について議論する場(「研究開発推進委員会」)の追加設定や PD と採択者の議論の機会の確保に向けた取組の検討がなされている。

(3b) PD によるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援 – T2M 支援

両者の違いは、T2M がプログラム全体を通じて組み込まれているか、個別活動における補助に留まるかにある。ARPA-E では 5%以上の T2M への予算支出を採択者に義務付けているとともに、プログラム設計初期から ARPA-E 側で T2M アドバイザー・チームを配置し、採択後には、採択者側でも T2M リードを設定する。これに対し、フロンティア育成事業では T2M は個別かつ一時的なものにとどまりやすく、結果として、市場分析、競合分析、規制対応、コスト構造評価(TEA)等の観点から、プログラムの初期から十分に効かず社会実装につながる確度を高めづらい。先に述べた内閣府の ImPACT の追跡評価においても、PM には目利き能力やマネジメント能力に加え、出口を自ら探す力まで求められ、その発揮には個人差があったことが示されており、T2M 支援の重要性が示唆される。

今後は、T2M を、初期から終盤まで PD を支える機能として制度に組み込むべきである。具体的には、各研究課題に対して、初期から T2M アドバイザーを配置し、PD の下で市場分析・TEA・規制対応・事業化支援を担う T2M チームを、非常勤アドバイザーと外部委託も活用しながら継続的に機能する体制として整備していくことを目指す。現在、フロンティア育成事業においては、NEDO の Startup Supports Academy(SSA)制度における事業カタライザー(技術シーズの事業化促進に向けて指導・助言を行う伴走支援人材)に加え、技術・専門カタライザーの T2M 人材としての登用や、事業化の観点から研究テーマの継続・中止を判断してきた経験を持つ人材(例えば R&D 所長・部長経験者など)を T2M アドバイザーとして登用することを検討している。もっとも、現状の支援は、月次での定期的なミーティングを通じた事業化観点のコーチングの色合いが強く、ARPA-E のように、事業期間中から後続支援や民間投資への橋渡しを見据えつつ、T2M マイルストーンの設定・管理や課題解決を一体的に支援する仕組みの構築に向けてはなお発展の余地がある。今後は、こうした既存の取組を基盤としつつ、より出口からバックキャストでの伴走支援へと高度化していくことが重要である。図 18 にカタライザーによる支援イメージ、図 19 に ARPA-E と比較したフロンティア育成事業における T2M 取組の課題を示す。

T2M活動をプロジェクト設計初期から機能させるための仕組みづくりが不足

		差分の大きさ： ● 大 ● 小
ARPA-E T2M取組の特徴	NEDO	課題
初期からのT2M観点の入れ込み： プロジェクト設計の早期段階から経済性や法規制などの非技術観点を補強	現在推進中の領域 ● プログラム設計段階におけるT2M観点の分析の一時的な外部支援の獲得 ● 領域推進委員会等で応募後のプロジェクトへの非技術観点からのレビューは確保	今後の領域 ● プログラム設計段階でのT2M観点の分析・助言を行う主体が不在
T2Mマイルストーンの設定： プログラム期間における各年/四半期のT2M活動の型があり、採択時にそれをベースにしたT2Mマイルストーンを設定	● T2M活動は型紙化されておらず、各採択者に委ねられている	● プログラム立ち上げ時点からT2Mを想定した分析・活動を行う必要 － 特に、初期段階からの T2Mマイルストーンの設定 － PDと対等なT2Mアドバイザーを複数配置 － 領域推進委員会でのレビューで T2M観点での客観性・中立性 を担保
T2Mアドバイザーによるレビューと支援： ARPA-E内部のアドバイザーが プログラム横断的に監督。中立的な立場 で事業化ポテンシャルをレビュー	● 課題設定委員会や領域推進委員会等において外部委員からのレビュー機会あり ● T2M観点からのレビューは担保されず。ARPA-Eには10名程度のアドバイザーが在籍する一方、NEDOでビジネス経験を有する有識者は1名のみ	● プロジェクト設計初期から出口まで全てをカバーするための T2Mのリソース（人材・予算）確保 が限定的
T2Mチームの工数確保： PDの手足として、市場動向分析、TEAモデル構築を遂行する メンバーを外注 。採択者側にも T2Mメンバーを設置	● 市場動向分析、モデル構築、戦略・マイルストーン策定の一時的な外部支援の獲得	● 今後のT2Mアドバイザー・チームによる支援体制は未構築 ● 採択者側のT2Mメンバーは不在
T2M予算確保の義務付け： プロジェクトへの助成額の 最低5%をT2M活動に充当 （初期の市場分析～最後の事業化準備までカバー）	● 別枠でT2M予算を確保することとしていない	

図 18 カタライザーによる支援イメージ(NEDO Entrepreneurs Program より)

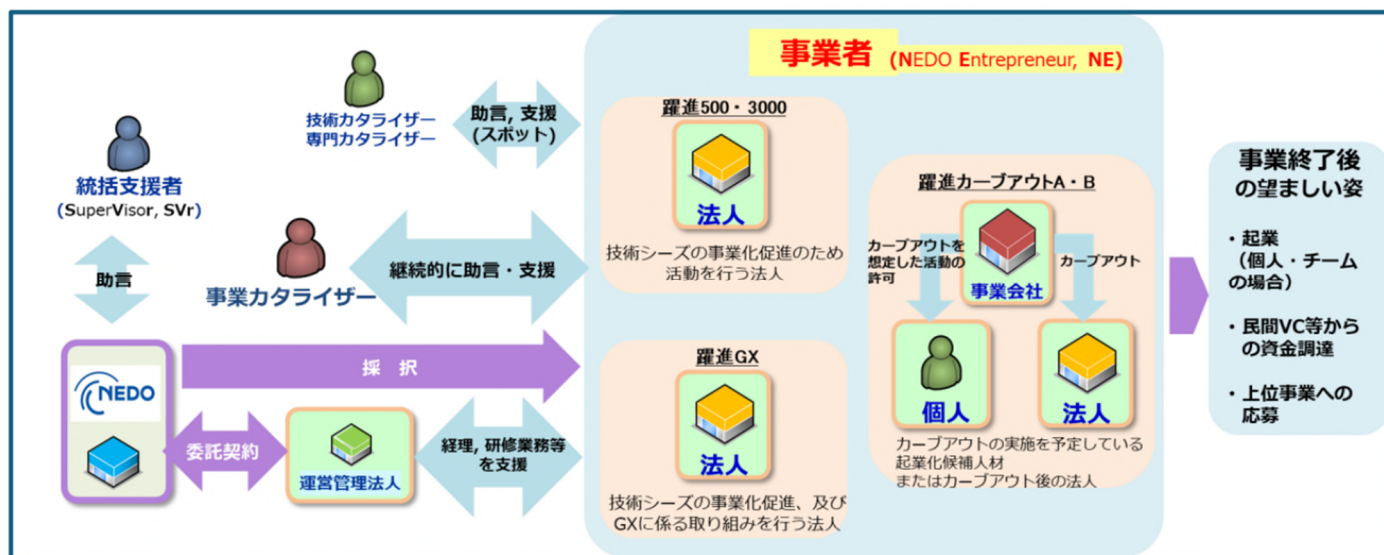


図 19 ARPA-E と比較したフロンティア育成事業における T2M 取組の課題

(4a) 有能な PD が集まり活躍できる組織設計 – PD がリーダーシップを発揮できる環境構築

両者の違いは、PD に意思決定権限があるかに加え、PD ポジション自体が魅力あるキャリアとして設計されているかにある。ARPA-E では、PD が採択や方針決定の最終責任を負い、複数仮説への投資や再配分の選択肢を持つことができる。そのため、PD のポジションは専門性の発揮と実績形成の機会として、キャリア上の魅力も相対的に高い。これに対し、フロンティア育成事業では、合議制という日本の文化の下、外部有識者で構成される委員会による決定・承認もあり PD の裁量は限定的である。また、ImPACT の追跡評価では、PM 人材の確保・登用上の懸念として PM 任期後のキャリアの見通しの弱さが指摘されるなど、PD 就任が一時的なキャリアの断絶として受け取られている可能性も否定できない。

今後は、採択方針や追加採択、方針決定・変更等の提案における PD の裁量を拡大するとともに、任期終了後のキャリアパスを明確化する必要がある。PD がリーダーシップを発揮するためにも、原則として PD がプロジェクトの採択や方向性修正(中止や予算の再配分など)の意思決定を主導し、戦略の見直しなど領域推進上重要な事項のみ外部有識者が承認する構図へ移していくことが重要である。フロンティア育成事業においても、PD が研究開発の方向付けや採択者との伴走支援において、その専門性とリーダーシップを最大限に発揮できるよう、運営体制やマネジメントプロセスの改善に向けた検討が開始されたところである。

(4b) 有能な PD が集まり活躍できる組織設計 – PD を支える実務体制

両者の違いは、PD を支える専門チームが制度として組み込まれているかにある。ARPA-E では、PD が意思決定に集中できるよう、フェロー、オペレーションスタッフ、T2M アドバイザー・チームなどの支援体制が整っている。これに対し、フロンティア育成事業では、現在推進中の領域では外部人材による T2M 戦略策定支援もみられるものの、今後の領域については、T2M、契約・運営管理を含めた人員体制が未整備である。背景として、日本において、T2M を含む専門人材の市場形成やキャリアパスが十分ではないことや、人材の育成が遅れていることが挙げられる。

今後は、PD の下に、事業化観点での出口戦略立案の検討支援等を担う実務支援チームを置き、一部は外部委託も活用して体制化することが必要となる。NEDO においても将来 PD・T2M アドバイザー／チームとなりうる人材を積極的に育成するため、NEP (NEDO Entrepreneurs Program)・MPM (Management Personnel Matching program) などの経営人材を育成・確保するプログラムや、SSA (NEDO Startup Supporters Academy) における事業カタライザー等の仕組みも活用しながら、PD・T2M 候補人材に実践機会を付与し、段階的に育成していくことが考えられる。あわせて、他省庁・他機関における同様の取組とも積極的に連携し、人材の発掘・育成と循環を促す仕組みを整備していくことが求められる。

おわりに

本稿では、米国 ARPA-E の制度設計・運営実態を参照しつつ、日本のイノベーションの現状と、NEDO フロンティア育成事業における日本型 ARPA モデル実装に向けた主要論点の整理と解決の方向性を提示した。

本稿を通じて示したように、ARPA-E の本質は、単なる研究開発支援ではなく、社会課題の解決を起点に破壊的イノベーションを生み出すための制度設計にある。以下に 4 つの成功の要諦を再掲する。

- ① 外部との対話を通じた徹底したプログラム構想の磨きこみ
- ② ハイリスク・ハイリターンを実現する目標・評価設計
- ③ PD によるマイルストーン管理と課題解決の伴走支援
- ④ 有能な PD が集まり活躍できる組織設計

日本において必要なのは ARPA-E の単純移植ではなく、設計思想を踏まえた制度の再構成である。日本国内には、合議制に基づく意思決定、予算制度上の制約、雇用流動性の低さなどにおいて米国とは異なる制約が存在しており、ARPA-E の制度や運用をそのまま導入することは現実的ではない。したがって、NEDO によるフロンティア領域の育成と日本のイノベーション政策が、真に社会課題解決型イノベーションの創発を実現するためには、ARPA-E の成功の要諦を日本に合わせてカスタマイズさせた「日本型 ARPA モデル」として定着させていくことが重要である。その際、NEDO には、資金を供給することにとどまらず、研究者、企業、投資家等の多様な外部主体が、有望な技術シーズや市場課題、さらにはそれらを踏まえた技術イノベーションの方向性について対話を行うための「場」を設計・提供する役割も担っていく。最終的には、2026 年 2 月「NEDO によるプロジェクトマネジメントの進化に向けて」において示しているように、企画・立案、伴走支援、事業化支援の強化といった一連の取組を通じて、日本におけるトランスフォーマティブ・イノベーション創発を促進する進化したプロジェクトマネジメントを実現する。

NEDO は今後、フロンティア育成事業で成果を生み出した技術について、後続のスケールアップ支援や民間投資への橋渡しによって、社会実装まで一気通貫で支援することを目指す。これにより、NEDO は研究・開発から事業化まで途切れることなく支援する唯一無二のファンディング・エージェンシーとして、日本のイノベーション戦略の更なる高度化に貢献していく。

本稿が、米国 ARPA-E を参照した研究開発マネジメントの考え方の紹介にとどまらず、NEDO においてもその実装に着手していることを示すことで、研究開発の進め方や事業化・社会実装への橋渡しに課題を抱える関係者にとって実践の参考となることを期待する。

TSC Foresight 調査レポート

フロンティア領域における トランスフォーマティブ・イノベーション創発に向けて ～米国 ARPA-E の分析を踏まえた NEDO の新たな取組～

2026 年 8 月 31 日発行

作成メンバー

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
イノベーション戦略センター(TSC)

■センター長	岸本 喜久雄
■事務局長	田辺 雄史
■統合戦略ユニット	
・ユニット長	澤田 篤志
・主幹	関口 貴子
・主査	竹内 大介
・アドバイザー	石本 仰
・専門調査員	杉本 浩一
・専門調査員	萩原 久美子
■マクロ分析ユニット	
・ユニット長	山田 英永

●本書に関する問い合わせ先
電話 044-520-5200(イノベーション戦略センター)

●本書は以下 URL よりダウンロードできます。
<https://www.nedo.go.jp/library/foresight.html>

本資料はイノベーション戦略センターの解釈によるものです。
掲載されているコンテンツの無断複製、転送、改変、修正、追加などの行為を禁止します。
引用を行う際は、必ず出典を明記願います。