

グリーンイノベーション基金事業

「次世代型地熱技術の開発」プロジェクトに関する 研究開発・社会実装計画（案）

令和●年●月●日

経済産業省

資源エネルギー庁

目次

1. 背景・目的	3
2. 目標	11
3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援.....	15
4. 実施スケジュール.....	20
5. 予算	23

1. 背景・目的

- 地熱発電産業の重要性と課題解決の方向性
- 2050年カーボンニュートラル実現に向け、再生可能エネルギーを主力電源として最大限導入することが政府の方針。特に、地熱発電は天候に左右されず安定的に供給が可能な再生可能エネルギーであり重要な電源である。
- これまで、日本では、地下深部（約1,500m～3,000m）に存在する蒸気・熱水が貯まる地熱貯留層より、蒸気・熱水を採取して発電を行う従来型の地熱発電の導入を進めてきた。具体的には、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以降、NEDO）による自然公園等の規制が掛からない高い地熱ポテンシャルが見込まれる地点の全国地熱基礎調査等（掘削・噴気試験含む）を実施し、それらの調査結果が発電所の開発及び運転開始につながってきた。
- 2012年以降は再生可能エネルギーの固定価格買取制度（Feed-in Tariff：FIT）の導入や自然公園法の規制緩和及び運用見直しにより、事業者を主体とした地熱発電所の開発及び運転開始が進められてきた。また、同年より、地熱資源量調査等の事業がNEDOから独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構（以降、JOGMEC）に移管され、地熱ポテンシャルが高いとされる有望地点を中心に、JOGMECが実施する先導的資源量調査や事業者の初期調査等への助成金支援、掘削成功率等の向上に向けた技術開発、地熱発電に対する理解醸成等の取り組みを通じて、地熱資源開発を促進してきている。
- その結果、開発可能な有望エリアでの従来型地熱発電の開発が促進されたが、地熱資源開発特有の課題である地熱貯留層（熱・水・亀裂）を見つけることの必要性に加え、地熱資源が火山周辺の山間地域に偏在していること、地熱資源の偏在性に伴う関連規制（温泉法・自然公園法・森林法など）への対応、発電出力に対する発電コストの大きさ、運転開始までの長いリードタイムなど、従来型地熱発電の導入には様々な課題が存在している。
- これらの課題を踏まえて、従来型地熱発電については、地熱貯留層の特定のために、より国が前面に出た資源量調査を実施し、事業者の初期開発リスクの低減につなげる支援や、資源エネルギー庁・環境省・林野庁などの関係省庁と事業者・関係団体等による会議体（次世代型地熱推進官民協議会）を設置し、円滑な許認可等の調整を行う等、リードタイムの短縮に向けた取組を進めている。
- また、今後、拡大が見込まれるデータセンター等に伴う電力需要の増加や、熱利用の拡大の可能性を踏まえると、カーボンニュートラル価値、ベースロード電源価値、エネルギー安全保障に寄与する国産・内製化、調整電源機能の可能性等の特性を持つ地熱発電への期待は高まっており、これ

までの従来型の地熱発電とは異なる開発・発電方式として次世代型地熱発電（超臨界地熱、クローズドループ、EGS¹）はそれに寄与する技術と整理された²。

- IEA（国際エネルギー機関）の報告によれば、次世代型地熱発電の市場ポテンシャルは、世界全体で 2035 年までに 1 兆ドル、2050 年までに 2.8 兆ドルを超える投資が期待されるとされ、この投資により次世代型地熱発電は、2050 年までに世界の電力供給の最大 8%を賄うことが可能になる、とされている³。海外においても、2000 年代より、欧米を中心に、シェールガス開発の加速等に伴い、それらの関連技術の地熱分野への転用等により、次世代型地熱発電の導入に向けた技術開発や実証事業が急速に進められているところ。具体的には、超臨界地熱については、アイスランドが 2008 年より掘削調査を進めており、米国やニュージーランドも政府による財政支援を通じて、掘削調査に向けた研究・技術開発を進めている状況。また、クローズドループについては、2023 年よりカナダのスタートアップ企業がドイツにて実用化に向けた実証事業を進めている。そのほか、Enhanced Geothermal Systems（以降、EGS）についても、米国での実証段階を終えて、次のフェーズとして 2026 年の商業化に向けた具体的な大規模発電のプロジェクトが進められている。
 - 日本は 1970 年代からの地熱資源開発の実績などを有しており、特に従来型地熱発電で使用するタービンや発電機は世界シェア約 7 割を占めるなど、トップ集団に位置している。
 - こうした状況を踏まえ、断層が少なく地質構造が安定した大陸地塊を有している欧米とは異なり、多くの断層や活火山を有し様々な地質が複雑に分布する日本特有の地質環境に適用した技術を確立するため、産学官が連携して世界に先駆けて次世代型地熱技術の国内実証を行い、その先の次世代型地熱技術の確立、2030 年代早期の次世代型地熱発電の実用化及び類似した地質環境を有する国々を中心とした海外市場の獲得につなげていく。
- 本プロジェクトを取りまく現状と課題解決の具体的方策
- 次世代型地熱発電の実用化に向けては、早期の次世代型地熱技術の確立が必要である。特に、次世代型地熱技術ごとに必要な技術課題及び開発要素技術等について官民一体での検討・整理に加え、実証に向けた環境整備が必須と言える。
 - 過去、日本国内においても、次世代型地熱発電の各技術について一定の検討が進められてきた。具体的には、超臨界地熱については、2017 年より NEDO を中心に国内における実現可能性調査や必要な技術開発項目及び具体的な候補地の検討を進めている。また、クローズドループについては、1990 年代と 2010 年代にクローズドループ方式の実現を検討するための掘削等を伴う実証事業を実施し、小規模な発電に成功している。EGS についても、1980 年代から 2000 年代に

¹ Enhanced Geothermal Systems

² 次世代型地熱推進官民協議会

https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/geothermal/nextgeneration/data/4_4.pdf

³ <https://www.iea.org/reports/the-future-of-geothermal-energy>

かけて国内で EGS 方式による掘削等を伴う実証事業を実施し、水圧破碎方式による貯留層の造成と熱抽出、そして小規模な発電に成功している。

- 一方で、先述の通りクローズドループや EGS は、石油・天然ガス等の技術を転用することで技術革新が生じつつあり、それらの技術を適用することで過去の日本の実証時より事業性を見据えた実用化に向けた期待が高まりつつある。
- こうした過去の検討及び実証結果を踏まえつつ、次世代型地熱発電の具体的な実用化に向けた課題及び対応方針を改めて整理するために、2025 年 4 月に地熱事業者や金融機関、有識者、関係省庁とともに“次世代型地熱推進官民協議会”を設置。同協議会にて次世代型地熱発電の実用化に向けた課題や必要な技術開発要素などを議論し、2025 年 10 月に次世代型地熱発電の 2030 年代早期の実用化と 2050 年時点における抜本的な導入拡大に向けたロードマップを取りまとめた。
- 同ロードマップを踏まえて、それぞれの次世代型地熱技術における現状と課題解決の具体的な方策について以下のとおり整理した。
- それぞれの次世代型地熱発電が有する特徴を踏まえて、従来型地熱発電では開発が難しいエリアの開発を進めるなど、開発エリアの拡大を通じて、長期的かつ安定的な脱炭素電源である地熱発電の導入拡大につなげていくこととしている。

① 超臨界地熱

- 超臨界地熱は、従来型地熱発電と比較し、より深部の超臨界状態の熱源を抽出するため、出力が大きく、結果として発電コストの低減が期待される。
- 一方で、高温・高圧対応の掘削・生産（噴気）の手法、事業性のある掘削・発電技術開発（持続的に生産が可能な坑井仕様に向けた技術開発、高温・耐腐食性等の特異性を考慮した発電設備のエンジニアリング等）についての課題が挙げられている。
- そのため、本プロジェクトによる研究・技術開発や国内実証を通じて、①大出力の生産能力を有する坑井構築のための坑井能力及び発電技術の検討に向けた生産流体の確認、②適切な生産技術の確立のための坑内冷却技術や高温・高圧の地熱流体の生産に耐え得る耐高温機材の開発、③事業性のある発電事業につなげるための坑井能力・生産流体の確認を加味したエンジニアリング開始時期と必要な基礎研究項目の整理、などを行うことで課題解決を目指す。

② クローズドループ

- クローズドループは、地下に人工のループ状の坑井の掘削や坑内にループを構築し、その坑井を活用して流体を循環して熱を回収することから、熱水・蒸気がない地域での開発により、従来型地熱発電と異なり様々な地域での拡大が期待される。
- 一方で、貯留層における継続的な熱供給や熱伝導率の維持、発電量に見合う掘削コスト低減等、の課題が挙げられている。

- そのため、本プロジェクトによる研究・技術開発や国内実証を通じて、①地質不確実性の低減のため、循環流体が減耗しない地層の確認、裸坑仕上げ時の坑壁安定性の確立、②事業性のある長大かつ複雑な坑井掘削のための熱回収量に応じた掘削コストの低減策（掘進率の向上、坑井仕上げ技術の確立等）の整理、③熱回収の不確実性（熱回収の持続性等）の低減のための流体の循環テストを通じた熱供給が維持される貯留層の確立、などを行うことで課題解決を目指す。

③ EGS

- EGS は、人工的に貯留層を造成することで熱水・蒸気がない地域での開発が可能となるため、従来型地熱初発電と異なり様々な地域での拡大が期待される。
- 一方で、発電量に見合う水準への掘削コストの削減、自然亀裂の活用や人工貯留層造成等による増進手法（フラクチャリングや水圧刺激、化学的手法等）の確立、循環流体の回収率の向上、微小振動の抑制等、の課題が挙げられている。
- そのため、本プロジェクトによる研究・技術開発や国内実証を通じて、①地質不確実性の低減のための適切な循環流体の回収率が望める地層の特定及び微小振動対応策の確立、②事業性のある掘削技術とするための掘削コストの削減策（掘進率の向上、低コストのフラクチャリング技術、化学処理技術）の整理、③熱回収の不確実性を低減するための日本に合った貯留層造成技術（増進手法の選定、貯留層シミュレーション等）の確立、などを行うことで課題解決を目指す。

➤ 海外市場の獲得に関しては、以下の方針で取り組む。

- IEA レポート等では、次世代型地熱技術の実用化により、地熱発電が 2050 年までに世界のエネルギー需要の 15%を占めることや、2035 年までの地熱への累積投資額は 1 兆ドル、2050 年までに 2.5 兆ドルに達するとする試算も出されており、今後の市場拡大が期待される。⁴
- これまで日本は、従来型地熱発電の国際市場において、発電用タービン（世界シェア：約 70%）などを中心に地熱関連技術の市場を獲得してきた。次世代型地熱技術においても、世界に先駆けた日本国内での実用化を通じて、以下のような観点で国際競争力の獲得を目指していく。
 - ✓ 日本と類似する複雑な地層を有する環太平洋火山地帯の国々に対して、次世代型地熱発電の導入に向けた調査・開発・オペレーション等、一連の地熱発電開発に必要な技術の展開。
 - ✓ 発電用タービン等を中心とした、次世代型地熱発電用の発電設備の展開。

⁴ <https://www.iea.org/reports/the-future-of-geothermal-energy>

- 既存事業
 - 地熱資源等開発事業（2024 年度予算額 50 億円⁵）

本予算事業を通じて、次世代型地熱技術の早期事業化のため、次世代型地熱技術の事業化に向けた官民協議会を設置し、日本に適した次世代型地熱技術の特定を実施。そのうえで特定された技術等の実証事業および事業化に向けて、事業可能性を精査するための調査への支援を実施。

- グリーン成長戦略の実行計画における記載（抜粋）
 - （1）洋上風力・太陽光・地熱産業（次世代再生可能エネルギー）
 - iii) 地熱
 - ✓ 地熱発電は、発電時に CO2 をほとんど発生しない再生可能エネルギーの中で、太陽光発電や風力発電等と異なり、ベースロード電源となり得る再生可能エネルギーである。2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、再生可能エネルギーの最大限の導入が求められる中で、安定的な再生可能エネルギーの導入に資する電源として地熱発電の推進は非常に重要である。
 - ✓ 2050 年に向けては、これらに加えて、新たな技術の開発により、これまで開発できていなかった地熱資源の開発を図る。
 - ✓ このような取組を通じ、地熱発電の大幅な導入を目指すとともに、導入拡大に伴い、これを担う掘削やタービン等の発電システム、坑井の素材・部材等の地熱開発に関する様々な産業の更なる成長を図ることが重要である。
 - ✓ 特に、現在国内外での地熱発電に使用されている発電用タービンの 7 割を日本企業の製品が占めているというアドバンテージを活かし、途上国を中心とする世界の膨大な未開発の地熱開発に対し、世界トップクラスにある発電システムとともに、マスタープランの作成から探査、試掘調査、掘削、プラント建設まで資金面を含め途上国を支援することにより市場を拡大し、我が国地熱産業の競争力を強化していく。また、超臨界地熱発電等の、次世代型の地熱発電技術を世界に先駆けて実現し、超臨界地熱資源の探査技術や大深度掘削技術、地上・地下の配管、タービンを含めた発電システム全体をパッケージで海外に売り込むことで、我が国地熱産業における海外展開の更なる拡大に取り組む。

③ 次世代型地熱発電技術の開発

<現状と課題>

2050 年カーボンニュートラルを目指すためには、上述の取組に加えて、新たな技術開発による抜本的な地熱導入を進める必要がある。

⁵ https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2024/hosei/pdf/r6_pr.pdf#page=21

従来の地熱発電では、地下 1,000～2,000m 程度にある約 150℃の熱水資源を活用しているが、地下 5,000m 程度にある約 400 以上の熱水資源（温度、圧力により「超臨界状態」となっている水）を活用することで、従来より大規模な地熱発電が可能となる。

海外では、アイスランドにおいて大深度高温域への実験的な掘削プロジェクトを実施し、深さ 4,650m 地点で、超臨界状態の条件を満たす、温度 427℃、圧力 34MPa の水を確認したが、発電までの実用化には至っていない。また、イタリアにおいても超臨界状態の水を活用するための掘削調査を行ったが、掘削技術や扱う部材等の検証が不十分であったことから、事業が停止している状況である。

日本における従来地熱発電での最大の発電容量は 1 地点当たり数千～数万 kW だが、超臨界地熱発電は約 10 万 kW 以上の発電施設の大規模化や発電コストの低減が期待され、2050 年のカーボンニュートラル実現に向けて重要な地熱発電技術である。

日本の企業は、5 km 以上の地下深くの高温な地層まで掘削する技術や、高温・高酸性の状態の流体に対応する部材・素材開発、掘削・流体の挙動等を精緻にシミュレーションし全体の発電システムを設計・構築するノウハウ等、超臨界地熱発電に関する先進的な技術・知見に強みを持つ。

日本の企業がこれらを総動員し、さらに難易度の高い高温・高圧・高酸性の超臨界状態の流体を利用した地熱開発に取り組むことで、世界に先駆けて超臨界地熱発電技術を確立し、商用化を実現することが期待される。

<今後の取組>

超臨界地熱資源は、超高温であることに加え、従来地熱資源よりもシリカや酸性熱水の濃度が高いため、坑井やタービン等の地上設備の腐食対策等の要素技術開発が必要である。また、超臨界状態の水を効率的に発電に利用するためのシステムや坑井等の部材開発等も必要となる。さらに、地下深くの超高温・高圧な環境下での掘削技術の確立も必要不可欠である。

大学や研究機関、企業等との連携による長期間の技術開発・実証等を一気通貫で推進する。具体的には、2030 年までに上述の技術開発と並行して実際に調査井の掘削・試験を行い、超臨界地熱資源の存在実証及び開発した掘削技術やケーシング、配管等の部材・素材の検証を行う。2040 年までにこれら検証結果を踏まえた技術開発を行いつつ、パイロットプラントの設置等を通じてタービン等の地上設備を含めた発電システム全体としての検証を行う。約 10 年程度の開発リードタイムに鑑み、2050 年頃の商用化・普及を目指す。世界でもこうした技術を用いた商業ベースでの開発は実現しておらず、世界に先駆けて商用化を実現する。

超臨界地熱発電が実現できれば、国内での市場規模は 1 兆円以上が見込まれる。さらに、世界に技術を展開することで、国内と同等以上の市場の獲得が期待できる。

また、超臨界地熱発電以外の次世代型技術についても、更に効率的・経済的な地熱開発を実現することが期待されるため、これらの次世代型技術の海外動向を把握し、国内での地熱開発への適用可能性を検討していく。

- 脱炭素成長型経済構造移行推進戦略（GX 推進戦略）における記載（抜粋）
 - 2) 再生可能エネルギーの主力電源化
 - ✓ 脱炭素電源として重要な再生可能エネルギーの導入拡大に向けて、国民負担の抑制 と地域との共生を図りながら、S+3E（安全性（Safety）、安定供給（Energy security）、経済性（Economic efficiency）、環境（Environment））を大前提に、主力電源として最優先の原則で最大限導入拡大に取り組み、関係省庁・機関が密接に連携しながら、2030年度の電源構成に占める再生可能エネルギー比率 36～38%の確実な達成を目指す。
 - ✓ 再エネの更なる拡大に向け、安定的な発電が見込める、地熱、水力やバイオマスについても、必要となる規制や制度の不断の見直しを行うなど、事業環境整備を進め、事業性調査や資源調査、技術開発、AI や IoT の導入支援など、それぞれの電源の特性に応じた必要な支援等を行う。

- GX2040 ビジョンにおける記載（抜粋）
 - 5. GX を加速させるためのエネルギーを始めとする個別分野の取組
 - (1) DX による電力需要増に対応するため、徹底した省エネルギー、再生可能エネルギー 拡大、原子力発電所の再稼働や次世代革新炉の開発・設置、火力発電の脱炭素化に必要な投資拡大や系統整備

 - 3) 再生可能エネルギーの主力電源化
 - ✓ エネルギー政策の原則である S+3E を大前提に、再生可能エネルギーの主力電源化を徹底し、関係省庁や地方公共団体が連携して施策を強化することで、地域との共生と国民負担の抑制を図りながら最大限の導入を促す。
 - ✓ 地熱発電については、海外では、日本企業も参画し、熱水のない場所でも発電が可能なクローズドループや地熱増産システムなどの実証が進められており、日本でも、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）や産業技術総合研究所等が、地下深くの高温・高圧な熱水を活用した超臨界地熱に関する調査を行っている。抜本的な地熱発電の導入拡大を実現するため、こうした 次世代型地熱技術について、2030 年代の早期の実用化を目指し、研究開発・実証を進め、事業化につなげる。加えて、国が選定した複数地域において、独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構（JOGMEC）自らが地熱資源の調査（噴気試験を含む。）を行い、開発リスク・コストの低減を図る。

- 第7次エネルギー基本計画における記載（抜粋）
 - V. 2040年に向けた政策の方向性
 - 3. 脱炭素電源の拡大と系統整備
 - ① 総論
 - (ア) 基本的考え方

再生可能エネルギーは、世界的に発電コストが急速に低減し、コスト競争力のある電源となっており、導入量が急増している。我が国においても、2012年7月の固定価格買取制度（FIT制度）の導入以降、当時10%であった電源構成に占める再生可能エネルギー比率は2022年度には約22%にまで拡大した。特に、我が国は、陸上の平地面積が小さく、洋上は急峻な海底地形であるなど、地理的制約がある中で、導入容量は再生可能エネルギー全体で世界第6位となるなど、導入が着実に進展している。

今後とも、エネルギー政策の原則であるS+3Eを大前提に、電力部門の脱炭素化に向け、再生可能エネルギーの主力電源化を徹底し、関係省庁や地方公共団体が連携して施策を強化することで、地域との共生と国民負担の抑制を図りながら最大限の導入を促す。再生可能エネルギーの主力電源化にあたっては、電力市場への統合に取り組み、系統整備や調整力の確保に伴う社会全体での統合コストの最小化を図るとともに、再生可能エネルギーの長期安定電源化に取り組む。また、導入拡大にあたっては、イノベーションの加速とサプライチェーンの構築を戦略的に進め、国産再生可能エネルギーの普及拡大による技術自給率の向上を図るとともに、使用済太陽光パネルへの対応等を講じていく。

④ 地熱発電

(ア) 基本的考え方

- ✓ 地熱発電は、安定的に発電を行うことが可能なエネルギー源であり、地域資源の有効活用を通じて産業振興や地域社会に貢献し、地域活性化にも資するものである。日本の地熱資源のポテンシャルは世界第3位であるが、地熱発電の開発には、開発リスク・開発コストの高さ、リードタイムの長さ、地熱資源の有望地域の偏在による開発適地や系統接続の制約、地元との調整や開発のための各種規制への対応等の課題がある。こうした課題を克服し、中長期的には競争力ある自立化した電源としていく。現状の4倍以上に地熱資源のポテンシャルを拡大する可能性がある次世代型地熱技術の開発も進める。

(イ) 今後の課題と対応

- ✓ 海外では、日本企業も参画し、熱水のない場所でも発電が可能なクローズドループや地熱増産システムなどの実証が進められている。また、日本でも、NEDOや産総研等が、地下深くの高温・高圧な熱水を活用した超臨界地熱に関する調査を行っている。抜本的な地熱発電の導入拡大を実現するため、こうした次世代型地熱技術について、2030年代の早期の実用化を目指し、研究開発・実証を進め、事業化につなげる。

2. 目標

- アウトプット

- 研究開発の目標

2030年度までに、安全かつ適切な開発手法のもとで、超臨界地熱流体の性状確認（物理検層や噴気試験等）や、クローズドループ方式/EGS方式の坑井を用いた熱回収システムの構築を行い、可能な限り早期に従来型地熱発電と同じ発電コスト（13.8～36.8円/kWh（2025年時点））及び将来的にLNG（専燃）や原子力などの他のベースロード電源と同じ発電コスト（12円～19円/kWh（2025年時点））を見通せる次世代型地熱技術等を確立し、同発電コストを見通すために必要な技術開発項目等を整理する。

※2030年度時点で、インフレや物価高騰等の外的要因により各種電源の発電コストが変動している場合は、2030年度時点の従来型地熱発電及び他のベースロード電源の発電コストを踏まえた値に読み替える。

（目標設定の考え方）

- 現在、従来型地熱発電が事業化出来ているのは、地下の地熱エネルギーを探索・掘削・採取・管理することが出来る技術により、不確実性を低減させているとともに、それらリスクを踏まえて投資判断や事業運営ができているためである。
- 次世代型地熱発電の場合、それぞれの次世代型地熱発電で活用する地下の地熱エネルギーを探索・掘削・採取・管理する技術が確立されておらず、そのため次世代型地熱発電は事業化に至っていない状況。
- 本プロジェクトでは、技術面・商務面の不確実性を低減するため、2030年度に向けて資源化に資する技術開発及び技術実証を目指す。
- 発電コストについて、事業化に向けた基準として、従来型地熱の発電コスト（13.8～36.8円/kWh）と、将来的に他のベースロード電源と競争が可能な発電コスト水準である12円～19円/kWhの水準を目指すことを整理している。なお、2030年度時点で、インフレや物価高騰等の外的要因により各種電源の発電コストが変動している場合は、2030年度時点の従来型地熱発電及び他のベースロード電源の発電コストを踏まえて、従来型地熱の発電コストと、将来的に他のベースロード電源と競争が可能な発電コスト水準を目指す。なお、発電事業以外の熱利用等の事業性向上に資する取組も含める。

（目標達成の評価方法）

- 提案者の柔軟性を確保する観点から、各目標の評価方法については、現時点で特定せず、その方法についての考え方のみ示すにとどめ、今後案件の採択時により具体的に決定することとする。
- 当該プロジェクト内で掘削した坑井については、各種試験の結果を鑑みて目標達成に資する成果物であるかどうかを総合的に判断する。

- 当該プロジェクト内で掘削した坑井を活用した超臨界地熱流体の確認については、各種試験の結果を鑑みて目標達成に資する成果であるかどうかを総合的に判断する。
- 当該プロジェクト内で掘削したクローズドループ方式の坑井を活用した地熱流体の循環システムについては、各種試験の結果を鑑みて目標達成に資する成果であるかどうかを総合的に判断する。
- 当該プロジェクト内で掘削した EGS 方式の坑井を活用した地熱流体の循環システムについては、各種試験の結果を鑑みて目標達成に資する成果であるかどうかを総合的に判断する。

（目標の困難性）

- 現状、世界において次世代型地熱発電は持続可能な商業ベースのビジネスを確立するまでには達していない。
- 次世代型地熱発電は要素技術の段階であり、探査・掘削・採取・管理等にかかる技術確立や、それらが事業性を含む技術とするための開発も進められている段階であり、高いリスクが伴う事業である。
- 環太平洋火山地帯である日本列島の地質は、様々な地質が複雑に分布し、多くの断層や活火山が存在しており、これらの地質環境下で活用できる技術の開発が必要である。
- 2024 年 12 月の IEA の報告によれば、現在の各国の研究・実証・商業状況を踏まえると、次世代型地熱発電の初期プロジェクトの発電コストは約 14,000 ドル/kW（約 290 円/kWh）⁶とされており、2030 年度目標を達成するには最大約 1/24 まで低減する必要がある。
- 通常の地熱開発に要する期間を鑑みると、今後、2030 年度までの短期間において、国内実証を通じて技術開発及び確立の目標を達成することは極めて野心的である。

● アウトカム

➤ CO₂削減効果（ポテンシャル推計）

本事業で扱う技術は 2030 年代早期からの先行導入を見据えたものであるため、2050 年時点のみ算出した。

○ 約 3,654 万^億トン/年（2050 年）

【算定の考え方】

次世代型地熱技術による CO₂ 削減量は、次世代型地熱ポテンシャルの 10%にあたる 7.7GW を開発し、それらが火力により発電された電力を代替すると仮定した場合の CO₂削減効果を試算。

【利用したパラメータ】

- ① 次世代型地熱発電の国内の導入容量：7.7GW⁷

⁶ <https://www.iea.org/reports/the-future-of-geothermal-energy>

⁷ https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/geothermal/nextgeneration/data/4_4.pdf

- ② 年間時間：8,760 時間（24 時間×365 日）
- ③ 設備稼働率：90.6%⁸
- ④ CO₂排出係数：0.598 kg-CO₂/kWh⁹

計算式：①×②×③×④

➤ 経済波及効果

本事業で扱う技術の 2030 年代早期からの先行導入を通じて、2050 年に国内の導入容量 7.7GW 分の開発及び稼働している場合を見据えて経済波及効果を算出した。

- 約 3 兆～4.7 兆円（2050 年）

【算定の考え方】

事業性のある発電コストにおいて次世代型地熱ポテンシャルの 10%にあたる 7.7GW が 2050 年に稼働している場合の、5 年間の建設コスト及び 2041 年～2050 年の 10 年間の操業コストに伴う経済波及効果を試算し、2050 年断面の数字として算出。
今回は一例として超臨界地熱発電の実証事業を基にしたコスト構造を参照。

【利用したパラメータ】

- ・ 次世代型地熱発電の導入容量：7.7GW¹⁰
- ・ 発電コスト：12～19 円/kWh¹¹
- ・ 年間：8,760 時間（24 時間×365 日）
- ・ 設備利用率：90.6%¹²
- ・ 所内率：8%¹²
- ・ 設備稼働期間：30 年間

【試算の流れ】

- ① 試算の前提となる上記各パラメータを踏まえて、建設費及び 10 年間の操業費を必要コスト総額として計上。（2035 年に建設開始、2040 年に稼働開始すると仮定）
- ② 次世代型地熱発電の実証事業報告書のコスト項目の割合を引用して、探査・評価、建設、発電操業の各コスト項目の割合を整理。

⁸ 2021 年度～2023 年度成果報告書 地熱発電導入拡大研究開発/超臨界地熱資源技術開発/資源量評価（葛根田地域）（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）<https://www.nedo.go.jp/content/800017547.pdf>

⁹ 総合エネルギー統計

¹⁰ [次世代型地熱推進官民協議会中間取りまとめ（2025 年 10 月）](https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/geothermal/nextgeneration/data/4_4.pdf)

https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/geothermal/nextgeneration/data/4_4.pdf

¹¹ 発電コスト検証 WG、発電コスト検証に関するとりまとめ（2025 年 2 月）2040 年の試算結果概要を基に試算。

¹² 2021 年度～2023 年度成果報告書 地熱発電導入拡大研究開発/超臨界地熱資源技術開発/資源量評価（葛根田地域）（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）<https://www.nedo.go.jp/content/800017547.pdf>

- ③ ①必要コスト総額と②各コスト項目の割合を掛け合わせて、各産業における需要額を試算。産業連関分析により経済波及効果を試算し、2050年断面の数字を算出。

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

【研究開発項目】次世代型地熱技術の開発

- 目標：2030年度までに、安全かつ適切な開発手法のもとで、超臨界地熱流体の性状確認（物理検層や噴気試験等）や、クローズドループ方式/EGS方式の坑井を用いた熱回収システムの構築を行い、可能な限り早期に従来型地熱発電と同じ発電コスト（13.8～36.8円/kWh（2025年時点））及び将来的にLNG（専燃）や原子力などの他のベースロード電源と同じ発電コスト（12円～19円/kWh（2025年時点））を見通せる次世代型地熱技術等を確立し、同発電コストを見通すために必要な技術開発項目等を整理する。

※2030年度時点で、インフレや物価高騰等の外的要因により各種電源の発電コストが変動している場合は、2030年度時点の従来型地熱発電及び他のベースロード電源の発電コストを踏まえた値に読み替える。

➤ 研究開発内容：

① 超臨界地熱技術の開発

【(2/3 補助) + (1/10 インセンティブ)】

① - 1 超臨界地熱流体の性状確認

地域の理解醸成を得ている実証地点において、調査井の掘削等を通じて、超臨界地熱貯留層の存在の兆候を確認し、その後の超臨界地熱流体の確認に向けた試験井の掘削・噴気準備等の計画及び環境影響に配慮したモニタリング技術等の開発・運用指針を策定する。

同計画等を踏まえて、試験井の掘削等（試験井の掘削の他、既存井の改修や坑内作業（ワイヤーライン作業やスリックライン作業等）、安全性や事業性の評価に必要な坑井の廃坑（仮廃坑を含む））を行い、超臨界地熱流体の確認や物理検層や噴気試験等による流体兆候サンプリングなどを踏まえた経済性評価を行うとともに、地質モニタリングや貯留層シミュレーションを確認し、環境影響に配慮したモニタリング技術等の開発・運用指針の最適化を行う。

① - 2 超臨界地熱発電の導入促進に向けた技術開発

研究開発内容① - 1での実施内容と連携しながら、超臨界地熱発電の導入促進に向けた技術開発（例えば、従来型地熱（200～350℃、数～十数MPa）より、高温・高圧（400℃以上、22MPa以上）な地層への掘削手法（適切なウェルコントロール手法や泥水冷却等）の確立のために必要な技術として、断熱ドリルパイプ等の掘削技術や超臨界地熱流体に耐え得る坑内機器（ケーシングパイプ等）、抜本的なコストの低減に資する掘削手法、発電システム（耐酸性タービンや、シリカ処理等）等の開発）を行う。

※①－1と①－2の研究開発内容については、複数企業による共同提案や関連企業の検討・開発状況を踏まえた適切な連携（協力覚書等における役割の明確化等）の下で研究開発を行う。

（委託・補助の考え方）

➤ 当該研究開発は、地熱発電導入量の飛躍的な増大に繋げるための事業であり、研究開発を推進することは、上述のGX2040ビジョンにおける記載等でも明記されているとおり、政策としても重要である。また、諸外国において当該研究開発の実現に向けた実証事業が進められている状況。そのため、国内企業が市場のシェアを獲得していくためには、当該研究開発内容を従来よりも短期間で実施し、社会実装を早期に実現する必要がある。一部の技術については要素技術の開発段階であり、十分な基礎データなどが得られていないことから事業化にコミットするためには高いリスクを負う必要があり、野心的な目標を掲げながらも新規参入を促進して競争を促しつつ実用化の前倒しを実現するため補助率2/3で事業を実施する。

② クローズドループ技術の開発

【(2/3 補助) + (1/10 インセンティブ)】

②－1 クローズドループ方式の坑井による熱回収システムの構築

地域の理解醸成を得ている実証地点において、調査井の掘削を通じて、地質条件等を確認するとともに、熱交換構造のシミュレーションや検証を行い、熱回収システムの構築および循環テストの実施に向けた掘削計画等を策定する。

同計画等を踏まえて、クローズドループ方式の試験井の掘削等（試験井の掘削の他、既存井の改修や坑内作業（ワイヤーライン作業やスリックライン作業等）、安全性や事業性の評価に必要な坑井の廃坑（仮廃坑を含む））を通じて、熱回収システムを構築し、それらを活用して循環試験を実施し、安定的な熱回収システムを構築する。これらを踏まえ、事業性向上の検討を含めた経済性評価を行う。

②－2 クローズドループ導入促進に向けた技術開発

研究開発内容②－1での実施内容と連携しながら、クローズドループの導入促進に向けた技術開発（例えば、クローズドループに適した地層（亀裂がなく、崩壊しにくい地層）を見つけるための技術開発（DXSや3軸地震計、それらの組合せ手法等）、マルチラテラル方式の掘削手法の確立（分岐技術や坑跡コントロール等）、同軸二重管方式の出力維持・増大のための技術開発（坑内の流量・圧力コントロール等）、マルチラテラル方式における裸坑部のコーティング技術の開発、抜本的なコストの低減に資する掘削手法の確立、クローズドループ方式による確実かつ持続的な熱回収手法の確立（地層からの熱供給条件の確認や坑内圧のコントロール等）等）を行う。

※②-1と②-2の研究開発内容については、複数企業による共同提案や関連企業の検討・開発状況を踏まえた適切な連携（協力覚書等における役割の明確化等）の下で研究開発を行う。

（委託・補助の考え方）

➤ 当該研究開発は、地熱発電導入量の飛躍的な増大に繋げるための事業であり、研究開発を推進することは、上述のGX2040ビジョンにおける記載等でも明記されているとおり、政策としても重要である。また、諸外国において当該研究開発の実現に向けた実証事業が進められている状況。そのため、国内企業が市場のシェアを獲得していくためには、当該研究開発内容を従来よりも短期間で実施し、社会実装を早期に実現する必要がある。一部の技術については要素技術の開発段階であり、十分な基礎データなどが得られていないことから事業化にコミットするためには高いリスクを負う必要があり、野心的な目標を掲げながらも新規参入を促進して競争を促しつつ実用化の前倒しを実現するため補助率2/3で事業を実施する。

③ EGS 技術の開発

【(2/3 補助) + (1/10 インセンティブ)】

③-1 EGS 方式の坑井を通じた人工貯留層の造成による熱回収システムの構築

地域の理解醸成を得ている実証地点において、調査井の掘削を通じて、地質条件等を確認するとともに、熱交換構造のシミュレーションや検証を行い、熱回収システムの構築および循環テストの実施に向けた掘削計画及び環境影響に配慮したモニタリング技術等の開発・運用指針を策定する。

同計画等を踏まえて、EGS 方式の試験井の掘削等（試験井の掘削の他、既存井の改修や坑内作業（ワイヤーライン作業やスリックライン作業等）、安全性や事業性の評価に必要な坑井の廃坑（仮廃坑を含む））を通じて、熱回収システムを構築し、それらを活用して循環試験を実施し、安定的な熱回収システムを構築する。これらを踏まえ、事業性向上の検討を含めた経済性評価及び環境影響に配慮したモニタリング技術等の開発・運用指針の最適化を行う。

③-2 EGS 導入促進に向けた技術開発

研究開発内容③-1での実施内容と連携しながら、EGS の導入促進に向けた技術開発（例えば、EGS に適した地層（孔隙率が低い地層）を見つけるための技術の開発（DXS や 3 軸地震計、それらの組合せ手法等）、抜本的なコストの低減に資する低コストの掘削・フラッキング手法の確立、微小振動の制御・モニタリング技術の開発、循環流体の損失が少なく、安定的な生産技術の開発（地層からの熱供給条件の確認や循環流体の損失が少ないフラッキング手法）等）を行う。

※③－１と③－２の研究開発内容については、複数企業による共同提案や関連企業の検討・開発状況を踏まえた適切な連携（協力覚書等における役割の明確化等）の下で研究開発を行う。

（委託・補助の考え方）

➤ 当該研究開発は、地熱発電導入量の飛躍的な増大に繋げるための事業であり、研究開発を推進することは、上述のGX2040ビジョンにおける記載等でも明記されているとおり、政策としても重要である。また、諸外国において当該研究開発の実現に向けた実証事業が進められている状況。そのため、国内企業が市場のシェアを獲得していくためには、当該研究開発内容を従来よりも短期間で実施し、社会実装を早期に実現する必要がある。一部の技術については要素技術の開発段階であり、十分な基礎データなどが得られていないことから事業化にコミットするためには高いリスクを負う必要があり、野心的な目標を掲げながらも新規参入を促進して競争を促しつつ実用化の前倒しを実現するため補助率2/3で事業を実施する。

④ 共通基盤の技術開発★¹³

【委託（企業等の場合は1/10インセンティブ）】

次世代型地熱発電の開発にあたっては、発電量予測や開発に伴う環境影響（地下構造への影響、自然環境への影響、人や周辺環境への影響など）を事前に把握しておくことや、開発対象となる多様な温度・圧力条件下において、各種岩石や流体に関する物性・地化学データ等の把握が重要。室内実験等により、既存の国内地質情報等を最大限活用しつつ、岩石・流体の物性および地化学特性データベースを体系的に整備し、多様な温度・圧力条件や貯留層挙動を考慮した次世代型地熱対応シミュレーション手法の確立を行う。実開発地点のデータを用いた地下数値モデル構築と検証シミュレーションにより、高度シミュレータの妥当性を確認する。

これらは、それぞれの次世代型地熱発電の開発の不確実性の低減等のために共通して必要な技術等であり、2030年度までの次世代型地熱技術の確立及び2031年度以降に次世代型地熱発電の開発拡大にあたって、必要な事前準備等への適用、想定している事業内容への妥当性付与などの観点から、当該技術を実施主体の事業者等と第三者的視点より実施事業の妥当性を確認するための組織等が、双方の立場より活用できることが必要。

こうした点を踏まえて、上記の必要なシミュレーションやデータ等を①～③のそれぞれの次世代型地熱技術の実証プロジェクトと連携して整理等を行うためのシステムや技術等を確立する。

※④の研究開発内容については事業の一体的かつ効率的な推進を図る観点から、全体を対象とした提案のみを受け付けるものとし、個別技術のみの提案は受け付けない。

（研究内容の例）

¹³ ★マークがある研究開発項目（内容）については、大学・研究機関等が主たる実施者（支出が過半を占める実施者）となることが可能（★マークがない項目は、企業等の収益事業の担い手が主たる実施者となる必要）。その場合、1/10インセンティブは適用せず、10/10委託とする。

- ✓ シミュレーション整備
- ✓ 岩石・流体の物性・地化学データベース
- ✓ 安全装置
- ✓ モニタリング技術 など

(委託・補助の考え方)

➤ 当該研究開発は、研究開発内容①～③を含む次世代型地熱技術の開発に取り組む企業が共通して利用可能な共通基盤技術の開発であることから、開発に取り組む企業等が広く活用できるように、公平・公正な立場より関係者と連携しながら開発が可能な研究機関等の一の主体に委託し、事業を実施する。

- 社会実装に向けたその他の取組
 - 地熱発電の導入にあたっては、主な課題への対応方針として、地域の住民や温泉事業者等の方々に対して、地熱発電に関する適切な理解を深めていただくために、地熱発電に関する勉強会や視察等の支援を行うとともに、仮に地熱発電開発により周辺の温泉の湯量が著しく減少した場合には、代替の温泉井の掘削を支援するなど、地域と共生した地熱発電の開発に向けた支援を整理する。
 - その他、多くの関連規制について、適切な対応及び円滑な許認可手続きの完了に向けて、個別案件ごとに関連課題の対応方針を検討するために、資源エネルギー庁・環境省・林野庁などの関連省庁と関係事業者及び関係団体による会議体を設置し、関係者全体で対応方針を整理するとともに、日本全国の類似案件への横展開を行う等の取組みを進める。
 - また、次世代型地熱発電の実用化を促進するにあたっては、温泉法等の現行規制上の扱いやそれらの理解醸成を議論するためにも、次世代型地熱発電をより深掘りした技術的分析が不可欠。
 - そのため、「次世代型地熱発電の適切な活用」について、資源エネルギー庁に新たに議論・検討する会議体を設置し、今後の実用化に繋がる先行導入に向けて、技術的な可能性を議論するとともに、必要な制度整備等の課題を洗い出すことを目指す。
 - また、次世代型地熱技術の確立ののちに、国内にて導入を加速するために、残された国内の次世代型地熱発電の有望地域を特定するための資源量調査を実施するとともに、開発リードタイムの短縮に向けても、次世代型地熱発電の特徴を踏まえた環境アセスメントの最適化の検討を進める。

4. 実施スケジュール

具体的なスケジュールは提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、想定される実施スケジュールは以下のとおり。また、段階ごとに指標を設定し、事業進捗を見て、継続可否を判断。

● プロジェクト期間

【研究開発項目】次世代型地熱技術の開発

2026年度から2030年度までの最大5年間を想定している。

研究開発内容①～③については、前半は、地元の理解醸成や許認可の調整、調査井の掘削等を踏まえた適地選定、必要技術仕様の検討等を通じた掘削計画の策定を行い、後半は、①超臨界地熱においては試験井を掘削して超臨界地熱流体の性状等を確認し、②クローズドループ及び③EGSについては、それぞれの方式の坑井を掘削し、循環テスト等を通じて熱回収システムを構築する。

研究開発内容④共通基盤については、次世代型地熱発電の実用化に資するものであるため、2030年度までの国内実証を通じた各次世代型地熱技術の確立に向けて必要な技術は、適切な時期までの開発を求める。また、2031年度以降の次世代型地熱発電の導入促進に資する技術開発においては、2030年度の目標達成を求める。

なお、以下のスケジュールは、あくまで一例であり、事業者の提案において、早期の目標達成のために最適なスケジュールを組むことは妨げない。

● ステージゲート設定

研究開発目標の達成には、様々なアプローチが考えられることから、具体的な達成方法・スケジュールは提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、以下の通り、事業化段階の切れ目において、指標を設定し、事業の進捗、社会実装の見込みを踏まえて、継続可否を判断する。なお、下表の指標設定時期は目安であり年度にこだわることなく柔軟に設定すること。また、事業の進捗状況・社会情勢および海外の開発動向などに応じて、プロジェクトの実施中において、当初設定したステージゲート時期を早めることを妨げない。また、必要に応じて追加公募を行う。

【研究開発項目】次世代型地熱技術の開発

研究開発内容①超臨界地熱技術の開発

研究開発内容②クローズドループ技術の開発

研究開発内容③EGS技術の開発

- 調査計画の策定及び適地調査
- 事業可能性調査や坑井設計等

- 上記の完了を踏まえて、適切に試験井の掘削するための掘削計画等が策定されていること
（下表の例では 2028 年度頃に事業継続判断）
- 事業化に向けた概念設計等
- 試験井の掘削
- 地下流体の確認あるいは熱回収試験

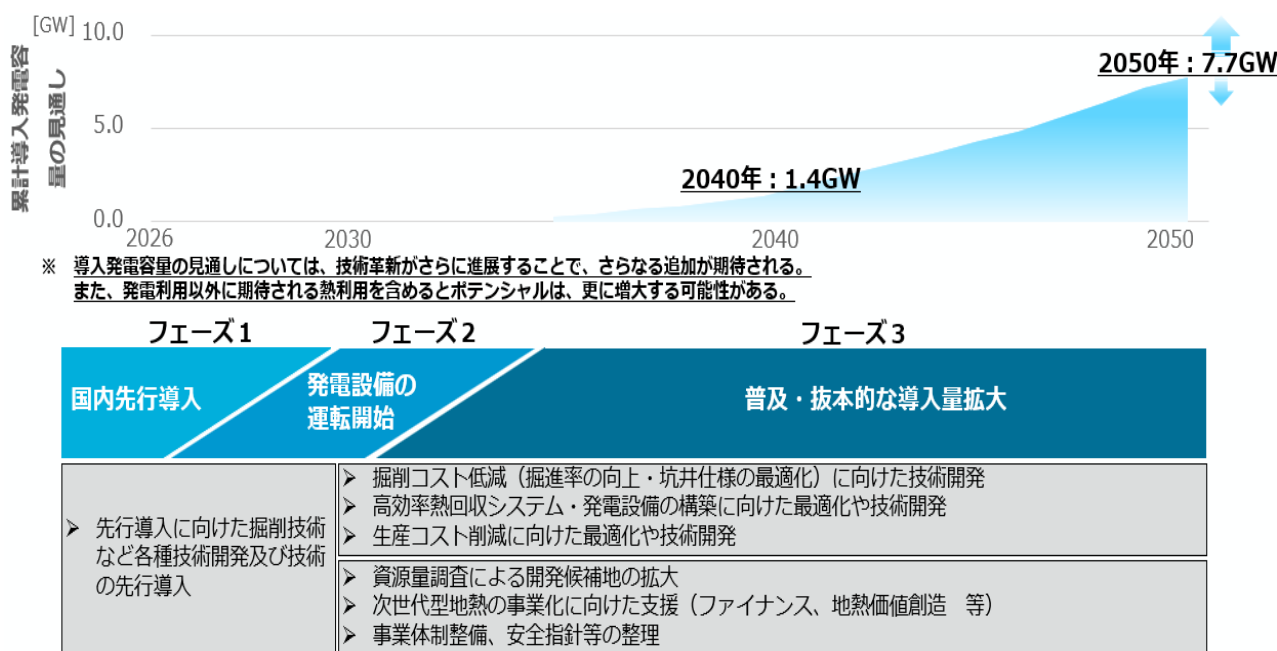
研究開発内容④共通基盤の技術開発

- 適切な技術開発仕様の策定（下表の例では 2028 年度頃に事業継続判断）
- 仕様を踏まえた技術開発
- 実証を通じた技術の妥当性の検証

表1：プロジェクトの想定スケジュール（例）

	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031～2040年度
【研究開発内容1】 超臨界地熱技術の開発	適地調査 調査計画の策定 事業可能性調査 坑井設計、長納期品調達等					2030年代早期の実用化 商用化に向けた設計・建設等
【研究開発内容2】 クローズドループ技術の開発	適地調査 調査計画の策定 事業可能性調査 坑井設計、長納期品調達等					2030年代早期の実用化 商用化に向けた設計・建設等
【研究開発内容3】 EGS技術の開発	適地調査 調査計画の策定 事業可能性調査 坑井設計、長納期品調達等					2030年代早期の実用化 商用化に向けた設計・建設等
【研究開発内容4】 共通基盤の技術開発	各坑井設計等を踏まえた技術設計等					

表2：社会実装スケジュール



5. 予算

- プロジェクト総額（国費負担額のみ。インセンティブ分を含む額）：上限 1,102 億円

【研究開発項目】次世代型地熱技術の開発

（研究開発内容 ①）超臨界地熱技術の開発

- 予算額：上限 153 億円¹⁴
- 予算根拠：次世代型地熱における研究・技術開発を行うために、過去事業（JOGMEC「次世代型地熱技術の事業化に向けた官民協議会（仮称）に係る調査等事業」）で整理した超臨界地熱の調査・開発費用や地熱関係事業者、大学、研究機関等へのヒアリングを参考にし、必要な予算額を算出。

（研究開発内容 ②）クローズドループ技術の開発

- 予算額：上限 621 億円¹⁴
- 予算根拠：次世代型地熱における研究・技術開発を行うために、過去事業（JOGMEC「次世代型地熱技術の事業化に向けた官民協議会（仮称）に係る調査等事業」）で整理した超臨界地熱の調査・開発費用や地熱関係事業者、大学、研究機関等へのヒアリングを参考にし、必要な予算額を算出。
※研究開発内容②における開発の状況や異なる開発方式等を踏まえて、3 者程度の実施を想定。

（研究開発内容 ③）EGS 技術の開発

- 予算額：上限 61 億円¹⁴
- 予算根拠：次世代型地熱における研究・技術開発を行うために、過去事業（JOGMEC「次世代型地熱技術の事業化に向けた官民協議会（仮称）に係る調査等事業」）で整理した超臨界地熱の調査・開発費用や地熱関係事業者、大学、研究機関等へのヒアリングを参考にし、必要な予算額を算出。

（研究開発内容 ④）共通基盤の技術開発

- 予算額：上限 20 億円¹⁴
- 予算根拠：次世代型地熱における研究・技術開発を行うために、過去事業（NEDO「エネルギー・環境新技術先導プログラム／島弧日本のテラワットエネルギー創成先導研究」（平成 26～27 年度）等）で検討された類似事業の規模や当時からの物価・為替変動を考慮するとともに、地熱関係事業者、大学、研究機関等へのヒアリングを参考にし、必要な予算額を算出。

¹⁴ 最初のステージゲートまでの 3 年程度の期間の想定規模。（ステージゲート審査を通過した場合には、当該予算額の更新を行うこととする）

- 取組状況が不十分な場合の国費負担額の返還率:返還が決定した時点における目標達成度を考慮し、WG において、「10%、30%、50%」の3段階で評価

(参考) 改定履歴

2026年●月 制定