

平成 30 年度実施方針

新エネルギー部

1. 件名 : 地熱発電技術研究開発
2. 根拠法 :
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 号イ及び第 3 号

3. 背景及び目的、目標

(1) 本事業の背景及び目的

①政策的な重要性

2018 年 7 月に「第 5 次エネルギー基本計画」が閣議決定され、同計画において地熱発電は、発電コストも低く、安定的に発電を行うことが可能なベースロード電源を担うエネルギー源と位置付けられている。エネルギーミックスの議論において、地熱発電の 2030 年度における導入見込量として最大で約 155 万 kW（2016 年度実績 54 万 kW）、発電電力量 113 億 kWh（2016 年度実績 25 億 kWh）の導入拡大が掲げられている。

また、2015 年 10 月には、環境省自然環境局から出された「国立・国定公園における地熱開発の取り扱い」の通知により、これまで開発が認められていない国立・国定公園第 2 種及び第 3 種特別地域での開発が条件付きで承認され、今後、地熱資源ポテンシャルが高い同エリアでの地熱開発が、積極的に推進されていくことが予想される。

②我が国の状況

2011 年の東日本大震災以降、再生可能エネルギー導入拡大が望まれる中、世界第 3 位となる地熱資源ポテンシャルを有する我が国では、地熱発電に大きな期待が掛かっている。また、地熱は、太陽光や風力と異なり、安定した出力が得られるため、ベースロード電源としても注目を集めている。

近年の地熱開発では、山葵沢・秋ノ宮地域（秋田県）や安比地域（岩手県）等で大型の新規地熱開発が進捗している。またバイナリー発電においても、メディポリス指宿発電所、菅原バイナリー発電所や滝上バイナリー発電所等が運転開始している。

一方、「地熱発電の推進に関する研究会 平成 28 年度報告書（経済産業省）」によると、平成 29 年度末時点において、初期調査から開発段階にある地熱開発案件すべてを含めても出力規模が約 32 万 kW であり、平成 42 年度の導入目標を達成するために

は、更なる案件（約 60 万 kW）が必要と報告されている。

また、前述のとおり、自然公園内での開発が推進されるために、環境に配慮した取り組みが必要不可欠とされる場所、開発のための具体的なルール化や環境保全対策技術の向上等、解決されるべき重要な課題は少なくない。

さらに、温泉地の中には、既存の温泉井を利用して、小規模な地熱発電を行う事例も少しずつ増えており、発電と合わせた熱利用により、地場産業（特に、農業等）の発展に貢献している成功事例もある。こうした取り組みは、地域経済の発展とともに、地熱開発事業者と温泉事業者との合意形成が困難なケースの解決策にも繋がり、温泉地で地熱開発を促進していくために、上記の成功例の実績を数多く積み上げていくことは重要と考えられる。

加えて、既存の地熱発電所の発電量低下も大きな課題となっており、それらの発電能力の回復・維持・向上に資する技術開発にも取り組むことが必要である。

こうした状況の中、エネルギーミックスにおける導入目標達成に向け、NEDOでは、平成 25 年度以降「新規地熱発電所の立地促進」及び「既存地熱発電所の発電能力の回復・維持・向上」に資する技術開発に取り組み、環境アセスメント手続きの迅速化に係る硫化水素拡散予測数値モデルの開発に成功するなどの成果が上がっている。

③世界の取組状況

再生可能エネルギーの拡大が推進されている中、地熱発電については、火山国である地熱資源を保有する米国、フィリピン、インドネシア、メキシコ、ニュージーランド、イタリア等で、国家レベルで導入拡大に向けた取組が実施され、発電設備容量や発電量は年々上昇を続けている。

例えば、アイスランドでは、電力構成比の中で地熱の占める割合は、25%と非常に高く、発電のみならず熱利用も盛んに行われており、発電及び熱利用含むエネルギー比率では、地熱の占める割合は 60%となり、世界一、地熱資源を有効活用している国といえる。近年、深部高温領域をターゲットとする掘削のプロジェクト IDDP（Iceland Deep drilling Project）が実施され、成果が挙がっており、今後の動向についても注目されている。

地熱に関する国際機関である IGA（International Geothermal Association、設立 1988 年）では、5 年に一度国際会議 WGC（World Geothermal Congress）が開催されている（日本では、2000 年に、別府および盛岡で開催）。そこでの報告によると、2014 年末時点での世界の地熱発電設備容量は、26 か国で 12,635MWe、年間発電量は約 74TWh であり、年々ほぼ線形に増加している。この 5 年間の増加量は、ケニア、米国、トルコ、及びニュージーランドが多い。一方、直接利用の設備容量は、70,329MWh、年間エネルギー利用量は、約 163TWh であり、指数関数的な増加を示す（この中には、地中熱利用も含まれる）。

また、我が国は、JICAにより ODA 活動が実施され、アフリカ（ケニア、エチオピア、ジブチ等）、東南アジア（インドネシア等）、及び中南米（コスタリカ、ペルー、ボリビア、エクアドル等）のそれぞれの諸国に対して、人材育成、探査技術の技術開発、円借款等の資金提供、試掘支援等の活動を実施している。

（２）研究開発の目標

ポテンシャルの高い地域への地熱発電の導入拡大を目的とし、既存の発電設備よりも、小型化・高効率化の地熱発電システムの機器開発及び低温域の地熱資源を活用したバイナリー発電システムを開発すると共に、環境保全対策や環境アセスメント円滑化に資する取り組みを行う。また、地熱エネルギーの高度利用化に係る技術開発を行う。なお、公募により研究開発実施者を選定後、目標の具体化等を行うこととする。

①環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発

地熱発電システムの高効率化に資する技術（熱効率を 20%以上に向上させる技術等）を確立する。

②低温域の地熱資源有効活用のための小型バイナリー発電システムの開発

未利用の温泉熱を利用した低温域のバイナリー発電について、熱効率 7%以上に資するシステムを確立するとともに、スケール対策、腐食対策、二次媒体の高性能化に係る技術を確立する。

③発電所の環境保全対策技術開発

ガス漏洩防止技術やガス拡散シミュレーション技術を確立する。

また、環境アセスメントにおける各種調査を最適化し、期間短縮に資する技術の開発を実施するとともに、定量的な知見に乏しい分野（硫化水素や着氷による植生への影響等）について、科学的知見を提示する（例えば、硫化水素濃度 1ppm に対する植生への影響度合いを把握する）。

加えて、自然公園内での地熱開発が円滑に進むように、必要とされる技術を確立する。

④地熱エネルギーの高度利用化に係る技術開発

地熱エネルギーの高度利用化に係る技術（発電能力や利用率の回復・維持・向上のための技術、付加価値増大を実現する技術等）として、発電所の還元井延命化技術や未利用地井エネルギーを活用可能にする技術、発電所の運転管理高度化に係る技術を確立する。具体的には、還元井の寿命を 2 倍以上にする技術の確立や、これまで未利用であった pH3 の熱水が噴出する地熱井を利用可能にする技術の確立、IoT や AI 等の

イノベーション技術を活用し、発電所のトラブル発生率を 20%低減し、利用率を 10%向上させることを目指す。

4. 実施内容及び進捗（達成）状況

プロジェクトマネージャーにNEDO新エネルギー部生田目修志統括研究員を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させた。

4. 1 平成 29 年度事業内容

以下の研究開発を実施した。

研究開発項目②「低温域の地熱資源有効活用のための小型バイナリー発電システムの開発」

(i) 環境負荷と伝熱特性を考慮したバイナリー発電用高性能低沸点流体の開発

- ・分子シミュレーションで有力であった構造の化合物について、実際に合成した現物の物性を測定し、推算通りである事を確認した。
- ・初期的な毒性試験を行い、低毒性で目標の物性を有する化合物を選出した。
- ・新たに構築したバイナリー発電システムおよび単管流路を用いて、選出化合物の伝熱特性を評価し、新流体の最終設計指針を獲得した。
- ・新設計コンセプトに基づく試作熱交換器の伝熱性能評価実験を行い、コンパクト化に資する高性能化を達成した。

(ii) 水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発

- ・温泉水を利用したバイナリー発電の運転実験を行い、発電効率 7%以上の見通しを得た。また実証試験をもとに安定性、およびメンテナンス性の評価を実施した。

研究開発項目③「発電所の環境保全対策技術開発」

(i) 温泉と共生した地熱発電のための簡易遠隔温泉モニタリング装置の研究開発

- ・平成 28 年度に引き続き、国内 11 か所の温泉地での実証試験を実施し、実用上の課題抽出を完了した。
- ・実証実験結果に基づき、実用モデルを設計、製作し、性能評価を完了した。

(ii) エコロジカル・ランドスケープデザイン手法を活用した設計支援ツールの開発

- ・ケーススタディを実施し、エコロジカル・ランドスケープ設計支援アプリを完成させると共に、自然環境・風致景観への配慮に関するプロセスや、支援アプリの操作・活用方法等についてマニュアル化を図り、エコロジカル・ランドスケープ手法を実案件で活用可能な配慮ツールとしてとりまとめた。

(iii) シード循環法によるシリカスケール防止技術の研究開発

- ・平成 28 年度の試験結果を踏まえて、試験用プラントの部品や熱水供給方法の改良を行った。
- ・改良した試験用プラントを用いて、山川発電所にてシリカ除去性能試験を実施し、凝集剤及び生石灰添加量、添加時期などを変えて最適なシリカ回収条件を決定した。
- ・プラントを用いた現地試験結果、シリカ回収の効率化に向けた検討結果等に基づき、実用化プラントの設計を行い、あわせて経済性評価を実施した。

研究開発項目⑤「その他 上記①～④以外で地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発」

(i) 地熱発電適用地域拡大のためのハイブリッド熱源高効率発電技術の開発

- ・ハイブリッド熱源高効率発電システムの蒸気過熱試験及び二相流過熱試験を発電所にて行い、発電システムとしての長期信頼性を確認した。

(ii) 電気分解を応用した地熱発電用スケール除去装置の研究開発

- ・20kW 級の温泉バイナリー発電機まで対応可能な有隔膜式電解装置を開発した。
- ・温泉地での現場実験を通じて、温泉泉質の違う 2 か所での実験により、有隔膜式電解装置のスケール抑制効果を確認した。
- ・現場実験結果から価格試算を行い、従来の薬剤使用に対し、有隔膜式電解の価格優位性を確認した。

(iii) 地熱発電プラントのリスク評価・対策手法の研究開発（スケール／腐食等予測・対策管理）

- ・整備されたデータベースを含むこれまでの成果をリスク評価システムに統合した。
- ・開発したポータブル型フロー試験装置を用いて、1 か月間の長期腐食試験を実施して、各金属材料の腐食速度を求めて腐食予測モデルとの比較を行った。また、新しい環境安全性の高い腐食抑制薬品を選定して試験を行い、その性能評価を行った。
- ・開発したスケールモニタリング装置を用いて、実証試験を実施し、これまでの計測結果に基づきスケール成長予測モデルの性能評価を行った。

(iv) 温泉熱利用発電のためのスケール対策物理処理技術の研究開発

- ・基礎実験、実証試験結果を整理し、ハイブリッドスケール防止装置の運用条件の体系化を行い、装置導入のための手順書を取りまとめた。
- ・超音波及び高周波電磁処理によるハイブリッドスケール防止装置を開発し、スケール対策に係る運用コストを低減可能な成果を得た。
- ・実証試験の結果から必要な装置スペックを検討し、量産化可能なハイブリッドスケ

ール防止装置の仕様を決定した。

- (v) バイナリー式温泉発電所を対象としたメカニカルデスケーリング法の研究開発
- ・呼び径 150A までの鋼管を対象として、非破壊で外部から測定可能な温度測定式モニタリング装置を開発した。
 - ・設備利用率の向上を加味して従来法より年間の運用コストが低減できるスケール除去法を開発した。
 - ・現場性能確認実験を実施し、性能向上に関する課題を抽出し、スケール除去装置の改良を実施した。
- (vi) 事業採算性と環境保全を考慮したバイナリー発電システムに供するタービン発電機の開発設計
- ・タービン仕様とシステムの最適化により目標熱効率（システム熱効率 7%）を達成するタービン発電機の設計を完了した。
 - ・タービン発電機を搭載したバイナリー発電システムのコスト試算を実施し、事業性について検証を完了した。
- (vii) 還元熱水高度利用化技術（熱水中のスケール誘因物質の高機能材料化による還元井の延命・バイナリー発電の事業リスク低減）
- ・パイロットプラントを移設して、平成 28 年度に引き続きシリカ回収実証試験を実施した。
 - ・パイロットプラントによるシリカ回収実証試験結果、地熱発電所におけるユーティリティ条件を考慮し、実機プラントの概念設計を完了した。
 - ・シリカ回収による濾過後の地熱水を用いたリチウム回収試験を行い、プロセスの有効性を確認した。
 - ・シリカ回収実証試験の結果、実規模概念設計の結果等に基づき事業性評価を行い、IRR 10%（7 年）程度を検証した。
- (viii) 超臨界地熱発電の熱抽出に関する実現可能性調査等
- ・海外事例を整理し、地質学的データから天然に賦存する超臨界地熱貯留層システムのモデル化を行い、我が国の同システムの適用性を検討した。
 - ・水圧破碎に関し、コア（10cm 角立方体）による高温・封圧三軸応力の実験装置を用いた実験（200℃（亜臨界-脆性領域）、360℃（準臨界-準脆性領域）及び 450℃（臨界-延性領域））を実施した。
 - ・直接法及び間接法とも、簡易な貯留層モデル（円柱形の放射状流モデル）と坑井内モデルにリンクさせて、生産量予測を実施した。

- ・超臨界地熱のフィールドにおける耐熱と耐腐食性に関する技術課題を整理した。
- ・超臨界条件を再現するシミュレーション技術として、流動・輸送・化学反応現象に加え、変形・破壊現象を扱うモデル（THMC 連成モデル）を検討した。

4. 2 実績推移

年度	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年	平成 28 年	平成 29 年
需給勘定（百万円）	450	1400	1400	850	1200
特許出願件数（件）	1	2	4	4	3
論文発表件数（件）	0	9	17	14	12
講演件数（件）	0	16	59	46	60
プレスリリース（件）	0	0	1	0	4

5. 事業内容

プロジェクトマネージャーにNEDO新エネルギー部加藤久遠主任研究員を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

5. 1 平成 30 年度（委託・助成）事業内容

平成 30 年度は以下の研究開発を行う。また、必要に応じて調査、追加公募を行い事業の補強・加速を図る。

研究開発項目③「発電所の環境保全対策技術開発」

- (i) 環境アセスメントにおける各種調査を最適化し、期間短縮に資する技術の開発を実施するとともに、定量的な知見に乏しい分野（硫化水素や着氷による植生への影響等）について、調査・実験等を行う。
- (ii) 自然公園内での地熱開発の円滑化に資する技術開発を実施する。

研究開発項目④「地熱エネルギーの高度利用に係る技術開発」

- (i) 発電所の還元井延命化に係る技術開発

地熱発電所における還元井の還元能力の回復・維持または還元熱水の熱利用（バイナリー発電）を可能にする実証試験装置の制作・改良等を行う。
- (ii) 未利用地熱エネルギーの活用に係る技術開発

未利用地熱地熱坑井活用技術（耐食性向上、坑内中和技術、低圧蒸気活用等）に関する国内外事例調査及び耐食性向上・坑内中和材料候補の抽出等を行う。
- (iii) 地熱発電システムにおける運転等の管理高度化に係る技術開発

地熱発電システムに適用可能なセンサーの調査選定及び IoT や AI 技術等を活用

したシステムの概念設計等を行う。

研究開発項目⑤「その他地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発」

上記①～④以外で地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発を行う。

5. 2 平成 30 年度事業規模

需給勘定 760 百万円 (N E D O 負担分) (継続追加)

※事業規模については、変動がありうる。

6. 事業の実施方式

6. 1 公募

(1) 掲載する媒体

「N E D O ホームページ」及び「e-Rad ポータルサイト」で行う他、新聞、雑誌等に掲載する。

(2) 公募開始前の事前周知

公募開始の 1 か月前に N E D O ホームページで行う。本事業は、e-Rad 対象事業であり、e-Rad 参加の案内も併せて行う。

(3) 公募時期・公募回数

平成 30 年 4 月及び 8 月にそれぞれ 1 回行う。また必要に応じて追加公募を行う。

(4) 公募期間

原則 30 日間とする。

(5) 公募説明会

N E D O 本部 (川崎) にて開催する。

6. 2 採択方法

(1) 審査方法

e-Rad システムへの応募基本情報の登録は必須とする。

委託事業者の選定・審査は、公募要領に合致する応募を対象に N E D O が設置する審査委員会 (外部有識者で構成) で行う。審査委員会 (非公開) は、提案の内容について外部専門家 (学識経験者、産業界の経験者等) を活用して行う評価の結果を参考に、本事業の目的の達成に有効と認められる委託事業者を選定した後、N E D O はその結果

を踏まえて委託事業者を決定する。

提案者に対して、必要に応じてヒアリング等を実施する。

審査委員会は非公開のため、審査経過に関する問い合わせには応じない。

(2) 公募締切から採択決定までの審査等の期間

45日間とする。

(3) 採択結果の通知

採択結果については、NEDOから提案者に通知する。なお不採択の場合は、その明確な理由を添えて通知する。

(4) 採択結果の公表

採択案件については、提案者の名称、研究開発テーマの名称を公表する。

7. その他重要事項

(1) 評価の方法

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、技術評価実施規程に基づき、プロジェクト評価を実施する。中間評価を平成30年度に実施する。

(2) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省と密接な関係を維持しつつ、事業の目的及び目標に照らして本研究開発の適切な運営管理を実施する。また、外部有識者や産業界の意見等を踏まえ、NEDOは研究進捗把握、予算配分、情報共有、技術連携等のマネジメントを行う。

本事業への参加者は、これらのNEDOのマネジメントに従い、地熱発電の開発普及のために必要な取組に協力するものとする。

(3) 複数年度契約の実施

平成30年度～31年度の複数年度契約を行う。

(4) 知財マネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。(委託研究のみを対象とする。ただし調査事業を除く。)

(5) 標準化施策等との連携

地熱発電技術分野に関わりのある、国際標準化機関やフォーラムの活動概要、これらの機関における規格、ガイドライン等の検討・策定状況及びその概要、主なプレイヤーの参加状況及び日本のポジション等について調査等を行う。

(6) データマネジメントにかかる運用

「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。(委託研究のみを対象とする。ただし調査事業を除く。)

8. スケジュール

(第1回公募)

平成30年 4月下旬・・・公募開始
4月下旬・・・公募説明会
5月下旬・・・公募締切
6月下旬・・・契約・助成審査委員会
7月上旬・・・採択決定

(第2回公募)

平成30年 8月下旬・・・公募開始
8月下旬・・・公募説明会
9月下旬・・・公募締切
10月下旬・・・契約・助成審査委員会
11月上旬・・・採択決定

9. 実施方針の改定履歴

- (1) 平成30年2月13日 制定。
- (2) 平成30年4月13日 改定。プロジェクトマネージャー変更のため。
- (3) 平成30年7月23日 改定。公募、採択に伴い実施体制図を追加等。
- (4) 平成31年2月19日 改定。3.(1)①及び②の一部内容修正。公募、採択に伴う実施体制図の追加等

(別紙) 実施体制図





