

2019 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においては、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。さらに、松尾八幡平地域（岩手県）では本年 1 月 29 日に、中規模以上の国内地熱発電として 22 年ぶりに運転を開始した。

一方、「地熱発電の推進に関する研究会 平成 29 年度報告書（経済産業省）」によ

ると、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、70,329MWt、年間エ

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を円滑に進めるための要件を整理し、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熱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た。また基本計画に基づき、公募により委託先、助成先を決定し、以下の研究開発を実施した。

4. 1 2018 年度事業内容

研究開発項目④「地熱エネルギーの高度利用化に係る技術開発」

テーマ名：「酸性熱水利用のための化学処理システム開発」（委託事業）

滝上発電所や八丁原発電所などを対象として、熱水の pH を変化させた時の腐食性およびスケール生成状況の変化を評価した。重量変化からは主に腐食が生じていると判断される pH の低い条件下でも、詳細に表面分析を行うことによりスケールが生成していることが明らかになった。また、次年度以降の試験に用いる通水型オートクレーブの製作やスケールセンサの改良、スケールや金属などによるコーティング試験片の準備などを行った。

テーマ名：「未利用地熱エネルギーの活用に向けた技術開発（在来型地熱資源における未利用酸性熱水活用技術の開発）」（委託事業）

これまで未利用であった 300～370℃、pH3 以下の高温酸性熱水環境に対応した「地熱発電プラント評価システム」の概念設計を行った。材料選定チャート開発では、高温酸性熱水環境における材料腐食データを整備するため、サンシャイン計画データ等の酸性熱水に係る材料腐食データ調査、実坑井および熱水フロー式暴露試験に着手した。腐食対策技術開発では、酸性熱水環境に適したインヒビターの候補を入手し、性能試験を開始した。さらに、流れの乱れによる腐食に関する腐食加速シミュレーションの開発に着手した。

テーマ名：「酸性熱水を利用した地熱発電システム実現に向けた耐酸性・低付着技術の研究開発」（委託事業）

レーザーを用いた金属/フッ素樹脂接合技術については、接合候補材としてフッ素樹脂 3 種を抽出した。低エネルギー表面改質によるスケール低付着化については、DLC によるシリカ付着低減効果を確認した。粒子法に基づく水滴捕集機構位置の最適化につ

いては、翼の構造を模擬した試験方法を検討し、水滴の飛散が発生することを確認した。

テーマ名：「未利用地熱エネルギーの活用に向けた坑口装置の研究開発」（助成事業）

強酸性環境で使用可能な坑口装置開発として、次年度以降に本格的に実施するレーザー溶接盛金のためのレーザー発振器等を導入し、簡易的な盛金を実施した。

テーマ名：「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」（委託事業）

AI 技術を活用した地熱発電設備 O&M の最適化システム開発のために、全体システムの設計および動作検証方法の検討を行った。また、既設の地熱発電所の O&M の状況をヒアリングし、トラブル発生メカニズムを分析して、不具合の把握方法を体系化した。加えて、蒸気・熱水系合流蒸気制御系のシステムの概念設計を行った。

テーマ名：「地熱発電所の利用率向上に関する研究」（助成事業）

トラブル発生率を低減させる予兆診断の研究として、対象の発電所から過去の運転履歴データを取得し、過去に起こったトラブル事例に対し、それ以前のデータから AI 手法により予兆検知可能かどうかの評価を行った。また、地熱タービンスケール対策技術の開発として、対象の発電所から採取した蒸気の性状と付着したスケール成分の分析を行うとともに、薬剤選定のため、簡易的な模擬試験装置を製作し、ラボレベルでの効果検証を行った。

テーマ名：「地熱発電システム（冷却塔排気）の管理高度化に関する研究開発」（委託事業）

冷却塔から排出される排気（硫化水素、蒸気）の管理高度化に係る開発として、硫化水素の拡散状況や蒸気による着氷状況等を把握するための実験フィールドをそれぞれ確保した。また、硫化水素拡散予測モデルや白煙予測モデルを用いた拡散予測を行うため、実験フィールドにおけるモデル整備を実施した。さらに UAV（無人航空機）を活用したモニタリング手法検討のため、UAV の試験飛行を実施し、測定する際の課題を明らかにした。

テーマ名：「硫化水素の高精度モニタリング装置に関する研究開発」（委託事業）

地熱発電所の硫化水素の高精度かつ簡易なモニタリング装置の開発として、技術的課題の整理・開発目標の設定等に関する基礎調査及び事業性調査を実施した。基礎調査は、海外製品の性能評価、火山性ガスの成分把握、モニタリング装置に関する管理高度化の将来像の検討、要求性能の設定を行った。事業調査は、高性能センサの開発の可能性を検討し、開発目標を設定した。また、連続測定・低コストな定電位電解式センサに関する

る改良の可能性を検討し、開発目標を設定した。

テーマ名：「地熱資源適正利用のための AI-IoT 温泉モニタリングシステムの開発」（委託事業）

「地熱発電と温泉の共生のための AI/IoT システム開発」において、事例調査等を通じて AI 処理システムの概念設計を実施し、泉質（流量、温度等）の気象条件等の外的要因による変動を検出できるシステムを実現した。「温泉資源と温泉資源適正利用のための AI/IoT システム開発」において、実証試験予定の別府市において、温泉の現状調査を行うとともに、別府市に取り付けた温泉モニタリング装置の IoT システムの一部（クラウド上でのデータ閲覧機能）を開発した。

テーマ名：「IoT-AI 適用による小規模地熱スマート発電&熱供給の研究開発」（委託事業）

小規模バイナリー地熱発電所、熱利用施設、バイナリー発電機メーカーを複数個所訪問し、それぞれからデータを取得した。また 1ヶ所の発電所で、熱水流量等を変化させた時の各種センサ・計測システムの動作確認を実施し、熱効率解析ソフト (EnergyWinTM) によってそれらの出力データに基づく熱効率解析が可能であることを確認した。さらに発電所及び熱利用施設のデータを図化し、一部の発電所データを対象にした POC (Proof of Concept) に着手して、FS を行った。

4. 2 実績推移

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|------|----|
| | 委託・共同研究 | 委託・共同研究 | 委託・共同研究 | 委託・共同研究 | 委託・共同研究 | 委託 | 助成 |
| 需給勘定 (百万円) | 182 | 619 | 1,164 | 1,415 | 1,138 | 625 | 97 |
| 特許出願件数 (件) | 1 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | — |
| 論文発表件数 (件) | 0 | 3 | 9 | 10 | 9 | 0 | — |
| フォーラム等 (件) | 3 | 49 | 51 | 49 | 54 | 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 2019年度（委託・助成）事業内容

2019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④「地熱エネルギーの高度利用化に係る技術開発」

テーマ名：「酸性熱水利用のための化学処理システム開発」（委託事業）

酸性熱水に薬剤を添加した際の腐食性およびスケール生成状況の変化を評価し、有効性が期待される条件について、通水型オートクレーブ試験を実施する。また、次年度に実施する実証試験の条件の選定を行うと共に試験設備の設計や製作を行う。

テーマ名：「未利用地熱エネルギーの活用に向けた技術開発（在来型地熱資源における未利用酸性熱水活用技術の開発）」（委託事業）

地熱発電プラントリスク評価システムの酸性熱水対策モジュールの基本設計に着手し、仮モジュールの開発を行う。材料選定チャート開発では、昨年度に引き続き、高温酸性熱水環境における材料腐食データを整備するため、文献調査、実坑井および熱水フロー式暴露試験を行うとともに、材料腐食の予測式を開発する。腐食対策技術開発では、インヒビター候補の性能試験を継続する。さらに、腐食シミュレーション開発では、腐食防止効果としてのスケールの利用可否を検証するためのシミュレータ開発を行う。

テーマ名：「酸性熱水を利用した地熱発電システム実現に向けた耐酸性・低付着技術の研究開発」（委託事業）

レーザーを用いた金属/フッ素樹脂接合技術については、接合性、腐食性評価により候補材の絞り込みを行う。また、接合性評価による材料選定を行う。低エネルギー表面改質によるスケール低付着化については、シリカ低付着化のために水素量、DB量などのDLC組成を明らかにする。粒子法に基づく水滴捕集機構位置の最適化については、液滴および動翼の液膜コードの開発を行う。また、水滴飛散を模擬した評価試験のため試験設備仕様を検討し、タービン模擬構造設計製作に着手する。

テーマ名：「未利用地熱エネルギーの活用に向けた坑口装置の研究開発」（助成事業）

強酸性環境で使用可能な坑口装置開発として、レーザー溶接機を用いて耐食性金属のテストピースに盛金を実施し、耐食性について評価する。また、実地試験用バルブの製作を開始するとともに、実地試験地選定に係る調査を開始する。

テーマ名：「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」（委託事業）

AI 技術を活用した地熱発電設備 O&M の最適化システム開発のために、全体システムの基本モデルの作成および動作検証の準備を行う。また、既設の地熱発電所における想定する貯留層の状態変化、およびその状態変化に伴う坑口弁の操作要領の概念設計を行う。地熱発電設備においては、発電システムのトラブル・性能低下を評価可能なシステムを構築する。蒸気・熱水輸送設備および地熱発電設備の O&M を最適化することにより、各種 AI ツールの効果を検証する。

テーマ名：「地熱発電所の利用率向上に関する研究」（助成事業）

トラブル発生率を低減させる予兆診断の研究として、対象の発電所においてリアルタイムで運転データを分析するツールを発電所現場に実装するとともに、将来の故障予兆診断システムを構築する。地熱タービンスケール対策技術の開発として、前年度に引き続き簡易試験装置を用いた薬剤の効果検証を行う。また次年度実施する発電所現場での実証試験のための準備として、現地調査、試験装置の仕様決定、製作等を行う。

テーマ名：「地熱資源適正利用のための AI-IoT 温泉モニタリングシステムの開発」（委託事業）

「地熱発電と温泉の共生のための AI/IoT システム開発」では、AI 機能開発を継続し、人的行為や欠測の判別および除去方法について検討するとともに、地熱開発地域近傍の温泉地で実証試験を開始する。「温泉資源と温泉資源適正利用のための AI/IoT システム開発」では、温泉モニタリング装置の計測データを収集・AI 処理・可視化可能な IoT システム開発を継続するとともに、別府市内に温泉モニタリング装置を多点設置し、クラウドを介した連続モニタリングを実施する。

テーマ名：「IoT-AI 適用による小規模地熱スマート発電&熱供給の研究開発」（委託事業）

発電所及び熱利用施設のデータ取得を継続し、EnergyWinTM と連携した EMP (Energy Management Platform) のプロトタイプを作成して、井戸評価、事業性評価・運営、運転管理に適用することで、IoT-AI 適用の基本設計を実施する。また、次年度に行う実証実験の適地選定を行う。

5. 2 2019 年度事業規模

需給勘定 800 百万円（NEDO負担分）（継続）

※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

「NEDO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NEDO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

2019年3月に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

NEDO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NEDO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、NEDO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。事後評価を2021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。また、プロジェクトの進捗状況や当該分野における技術動向、政策動向等を踏まえ、経済産業省、JOGMEC、研究開発実施者、外部有識者等と連携し、当該分野における技術開発ロードマップを策定する。

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

2019年度～2020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

2019年 3月上旬・・・公募開始

3月中旬・・・公募説明会

4月上旬・・・公募締切

5月中旬・・・契約・助成審査委員会

5月中旬・・・採択決定

9. 実施方針の改定履歴

(1) 2019年2月21日 制定。

(2) 2020年1月28日 改定。公募、採択に伴い実施体制図を変更。

(別紙) 実施体制図





