

## 2020 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（2017 年度実績 51 万 kW）、発電電力量 113 億 kWh（2017 年度実績 24 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（岩手県）では、2019 年 5 月に 1 万 kW 以上の国内地熱発電として 23 年ぶりに運転を開始し、バイナリー発電では、滝上バイナリー発電所や山川バイナリー発電所等が運転を開始している。さらに、安比地域（岩手県）や小安地域（秋田県）等で大型の新規地熱開発が進捗している。

一方、日本地熱協会（第 47 回調達価格等算定委員会資料）によると、多くの大規模案件は未だ調査・開発途上にあり、これらの公表出力は合計 11.4 万 kW と報告されてお

り、2030年度の導入目標を達成するためには、更なる案件が必要である。

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、2013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 2019 年度事業内容

###### 研究開発項目③「発電所の環境保全対策技術開発」

テーマ名：「冷却塔排気に係る環境影響の調査・予測・評価の手法に関する研究開発」（委託事業）

硫化水素の拡散予測手法の最適化開発については、硫化水素拡散予測数値モデルの解析結果と秋季の現地調査結果の適合性を評価した。硫化水素測定装置開発として、新規の高性能センサの適用可能性調査、及び既存の硫化水素小型連続測定器の改良設計・試作機製作等を行った。

硫化水素による植生への影響評価手法開発については、苗木を用いた生育状況、生長量調査を行うとともに、目視及び UAV（無人航空機）を活用した樹木活力度の解析を行った。

蒸気による樹木の着氷影響の予測、評価手法開発については、冷却塔白煙予測モデルによる解析結果と現地での疑似木による着氷実験の結果の適合性を評価した。

テーマ名：「優良事例形成の円滑化に資する環境保全対策技術に関する研究開発」（委託事業）

地熱開発事業の関係者（計 46 社）に対し、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認知度を計るためのアンケートを実施した。3 事業地の現地調査（秋季）を行い、概況を把握するとともに、主要な眺望点からの写真撮影を実施した。また、各事業者が保有する自然環境等の情報を入手した。試験運用として、「自然環境・風致景観配慮マニュアル」、「配慮手法パターン参考集」にのっとり、各事業地の進捗状況に合わせ、GIS による候補地の検討、緑化計画の検討、「アプリ G」による可視領域や立体画像を作成した。

###### 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）

昨年度に製作した通水型オートクレーブなどを用いて、現地および室内にて熱水の pH

を変化させた時および腐食抑制剤を添加した時の腐食性およびスケール生成状況の変化を調査した。現時点では高温下で有効な腐食抑制剤は見つかっていないことから、pH調整で対策を行う場合の条件について検討した。また、来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概念設計などを行った。

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）

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った。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、材料腐食の予測式の開発を実施した。腐食対策技術開発では、スクリーニング試験で選定したインヒビター候補について、より高温環境での性能試験を実施した。さらに、腐食シミュレーション開発では、エルボー部をモデルとした腐食シミュレーションを実施し、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った。

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、接合性、腐食性評価により候補材の絞り込みを行った。また、接合性評価による材料選定を行った。

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、シリカ低付着化のために水素量などの DLC 組成を明らかにした。

粒子法に基づく水滴捕集機構位置の最適化については、静翼に付着する液滴の解析コード開発を行った。また、水滴飛散を模擬した回転試験にて翼端から飛散する水滴の可視化手法を確立した。

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の開発として、レーザー溶接機を用いてテストピースに耐食性金属の盛金を実施し、盛金条件の評価を行った。また、実地試験用バルブの製作に向けた盛金条件の評価を開始した。

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 技術による地熱発電プラント O&M 最適化システム開発のために、基本モデルの作成および動作検証の準備、弱い能力の生産井の合流後に発生する解列現象に対する坑口弁操作要領の概念設計を行い、地熱発電プラントのトラブル・性能低下を評価可能な基本システムを構築した。また、一部の M2M センサ技術の開発を行った。加えて、蒸

気・熱水輸送設備および地熱発電設備の O&M に関する生産井の解列現象を予測する AI ツールの開発・検証を行った。

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した。地熱タービンスケール対策技術の開発として、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、試験装置の仕様検討を行った。また、前年度と同様に蒸気・スケールのサンプリングと分析を行い、経年的な変化がないかを確認するため前年度との比較を行った。

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」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」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）

詳細分析を実施する小規模バイナリー地熱発電所を選定し、源泉状態やスケール付着厚さのモニタリング、熱効率解析ソフト EnergyWin™ によるプラント状態の把握、発電機モニタ画面を取得するための IoT 機器の設置を行った。異常予兆検知ソフト Predict-It の適用により、発電停止の 1 ヶ月程度前より冷却システムの異常を検知することが可能であることを示した。EMP プロトタイプには、複数の発電所や熱利用施設のデータを格納、データの可視化を可能とした。

#### 4. 2 実績推移

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018		2019	
	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	委託	助成
需給勘定 (百万円)	182	619	1,164	1,415	1,138	596	74	758	99
特許出願件数 (件)	1	3	5	4	3	2	—	2	—
論文発表件数 (件)	0	3	9	10	9	0	—	1	—
フォーラム等 (件)	3	49	51	49	54	4	—	38	—

※2019年度は見込値。

#### 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 2020年度（委託・助成）事業内容

2020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」

テーマ名：「冷却塔排気に係る環境影響の調査・予測・評価の手法に関する研究開発」（委託事業）

硫化水素の拡散予測手法の最適化開発については、春季等に現地調査を行い、2019年度に引き続き硫化水素拡散予測数値モデルの解析結果と現地調査結果の適合性を評価するとともに、必要に応じて、数値モデルの改良を行う。さらに、気象観測の最適化のための調査を行う。硫化水素測定装置開発として、高性能センサを用いた新規測定装置の開発計画の策定、2019年度から開発し試作した既存の硫化水素小型連続測定器の性能評価、改良を行う。

硫化水素による植生への影響評価手法開発については、2019年度に引き続き苗木を用いた生育状況、生長量調査を行うとともに、目視及びUAV（無人航空機）を活用した樹木活力度の解析を行う。これらの結果を基に、硫化水素による植生への影響評価に関し、

留意事項を整理する。

蒸気による樹木の着氷影響の予測、評価手法開発については、冷却塔白煙予測モデルによる解析結果と現地での疑似木による着氷実験の結果を基に、着氷影響予測・評価における留意事項等を整理する。

最終的には、得られた知見や調査手法等について、一般地熱事業者が参照しやすい形（マニュアル等）として取りまとめる。

テーマ名：「優良事例形成の円滑化に資する環境保全対策技術に関する研究開発」（委託事業）

3事業地の現地調査（春季）を行い、主要な眺望点からの写真撮影を実施する。また、前年度に引き続き、各事業者が保有する自然環境等の情報を随時入手する。立体画像の景観シミュレーションを協議会等で活用し、出席者の反応やアンケートを実施する。各事業関係者から当該地熱事業に関する課題や解決方法をヒアリングする。掘削機械に関する最新情報を収集し、環境配慮の観点から整理する。既存事業地の成果とこれまでの試験運用結果を比較し、エコランツールの課題を明らかにするとともに、優良事例形成に係る先進技術の有効性評価を行う。最終成果として、得られた知見や実施事例等について、地熱開発関係者が参照しやすい形（ガイド版等）として取りまとめる。

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）

酸性熱水にアルカリを注入する実証試験を行い、腐食性およびスケール生成状況の変化を評価する。腐食抑制剤は、耐熱性のあると思われる薬剤を、室内試験で評価・検討する。また、モデルフィールドに最適な酸性熱水の化学処理方法を検討し、概念設計やコスト評価を行う。

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）

2019年度に引き続き、酸性熱水に対応した地熱発電プラントリスク評価システムを製作し、要素技術である腐食速度予測技術、データベース、腐食対策技術を統合し、システム開発を完了する。腐食対策技術開発では、熱水フロー式金属材料腐食試験装置を用い、選定したインヒビターを実際の地熱フィールドでの試験に適用し、数種類の試験条件で腐食試験成果を解析することで、インヒビターの性能評価を実施する。腐食シミュレーション開発では、腐食シミュレーションとスケール付着シミュレーションから、腐食防止効果としてのスケールの利用可否を検証する。取得した各種金属材料に対する腐食データを地熱発電プラントリスク評価システムに反映させるとともに、過去の



事例により、酸性熱水に対応した地熱発電プラントリスク評価システムを検証する。

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、タービンブレード本体と樹脂の接合面を高密着化するため、最適な接合工法を開発し、耐食性の検証を行う。

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、シリカの付着を抑制する組成の薄膜を成膜する手法の開発と抑制効果の検証を行う。

粒子法に基づく水滴捕集機構位置の最適化については、水滴飛散を模擬した回転試験にて、ドレンキャッチャーの位置を最適化した際の捕集効果を確認する。

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で低コストな坑口装置開発として、2019年度に引き続き、レーザー溶接機を用いてテストピースに耐食性金属の盛金を実施し、耐食性について評価を行う。これらの評価結果を踏まえ、実地試験用バルブを製作し、溶接部の評価等を行うとともに、試作バルブの経済性を評価する。また、実地試験方法を計画し、試験が可能な地熱井戸の選定を行う。

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）

全体を統合したプロトタイプシステムを構築して、異常の予兆監視・検知、最適操業条件について、発電所の半模擬データを利用して動作検証を行うとともに、坑井条件の変動に伴う坑口弁操作要領の概念設計をまとめる。また、設備トラブル・性能低下の評価方法の概念設計に基づく地熱発電プラント全体の系を評価できるシステムを構築する。加えて、一部の M2M センサ技術の試作と実証試験を行う。さらに、2021年度以降の実証システム構築に向けての概念設計をまとめる。

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、前年度に引き続き、予兆診断システムの実機を用いた実証試験を行うとともに、システム導入による効果を評価する。また、地熱タービンスケール対策技術の開発として、前年度に検討した実証試験装置を用いて試験を行い、スケール付着抑制効果を検証する。

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、

実証実験を通して、温泉泉質（流量、温度等）の変動要因を60%以上判別可能なAI-IoTシステムを実現する。「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、給湯システムの管理を半自動で行えるAI-IoTシステムの開発を継続し、別府市内での実証実験を通して、温泉資源の適正な供給に資するデータを提供可能にするとともに、温泉管理者の作業時間を現状に比して20%程度低減できるAI-IoTシステムを実現する。

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）

分析対象として選定した発電所を中心に、研究開発項目となる既存井戸の評価・モニタリング、事業性評価・運営、運転管理のデータを統合した詳細分析を完了させる。その分析結果を踏まえ、トラブル減少に繋がる対策を施し、発電事業者や発電機メーカー等によるシステムの利用検証を行い、必要に応じシステムを改善する。これにより、設備利用率の向上が可能なEMPプロトタイプを完成させる。

## 5. 2 2020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. 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。

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

2018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。)

(7) 継続事業に係る取扱いについて

助成先は、前年度と変更はない。

2019年度助成先：株式会社ティクス I K S、東芝エネルギーシステムズ株式会社

7. 実施方針の改定履歴

(1) 2020年2月7日 制定。

(別紙) 実施体制図





