

## 平成 29 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

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

2014 年 4 月に「エネルギー基本計画」が閣議決定され、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（2012 年度実績 53 万 kW）、発電電力量 113 億 kWh（2012 年度実績 26 億 kWh）の導入拡大が掲げられている。また、2016 年 4 月に策定された「エネルギー・環境イノベーション戦略」においては、温室効果ガス排出量を削減するポテンシャル・インパクトが大きい有望な革新技術として次世代地熱発電技術が特定され、その具体例として超臨界地熱発電が記載されている。

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 位となる地熱資源を有する我が国では、ベース電源として活用可能な地熱発電が大きな注目を集めている。

我が国における地熱資源の有効活用に向けて、導入ポテンシャルの高い自然公園内での開発が重要とされており、環境省において、第 2 種特別地域、第 3 種特別地域における地熱開発の規制が緩和された。しかしながら、自然公園内での新規地熱発電所建設を行う場合、依然として、小規模で風致景観等への影響が小さいものが求められることから、環境に配慮した取組が必要不可欠となっている。

また、近年、比較的温度の低い蒸気や熱水でも、低沸点媒体を熱変換して利用することで発電可能なバイナリー発電の導入が米国を中心に進みつつある。特に、我が国では、低温地熱エネルギーの中でも温泉熱エネルギーが全国各地に分布し、温泉熱を発電に利用することで地域分散型の電源として活用できることから、バイナリー発電の導入

拡大が期待されている。

さらに、環境保全対策や新規発電所建設に係る環境アセスメントの円滑化に資する技術開発により地熱開発を促進する取組や、地熱発電所の発電能力や利用率の回復・維持・向上に資する技術開発の取組が重要である。

### 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、米国や欧州においても国家レベルで技術開発や導入拡大に向けた取組が実施されている。

世界最大の設備力を持つ米国は、バイナリー方式の地熱発電の開発に積極的で、多くの商用プラントが稼働している。2015年7月時点でアイスランド、オーストラリア、スイス、ニュージーランドとの5カ国間で地熱技術国際パートナーシップを締結し、国際協力を通じて地熱発電の技術開発を加速させている。また、EUは高温岩体の研究開発で世界を主導している。

## (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、小型かつ高効率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ともに、環境保全対策や環境アセスメント円滑化等に資する取組を行う。

### 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等技術開発

ガス漏洩防止技術や拡散シミュレーション技術、高度利用化に向けた技術（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）等を確立する。

## 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 28 年度までの事業内容

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) スケール対策を施した高効率温泉熱バイナリー発電システムの研究開発

- ・開発したバイナリー発電システム実機を用いて、温泉地（温泉井戸）での実証試験を行い、発電効率を評価し、当初目標を達成した。

###### (ii) 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

- ・タービンを組み込んだバイナリーシステム・テストベンチを構築し、既存流体を用いた伝熱性能評価実験を実施した。
- ・熱交換器設計のための気液相変化を伴う 2 相流熱流動解析手法を開発した。
- ・これまでに得た分子シミュレーション技法を、既存の化合物も含む混合物系に広げて、有力な構造を選定した。
- ・要求仕様を満たす可能性がある新流体の合成ルートを考案し、実際の合成を行った。

###### (iii) 水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発

- ・選定した温泉地でのフィールドテストに向けて、温泉水を利用した水媒体バイナリー発電システムを製作し、温泉地への設置を完了した。
- ・温排水を利用した水媒体用バイナリー発電システムを設置し、運転評価を行った。

##### 研究開発項目③「発電所の環境保全対策等技術開発」

###### (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

- ・実証試験用に製作したプロトタイプ機を国内温泉地へ設置し、実証試験を開始した。
- ・実証試験により得られた課題を解決するための実用モデルの設計を開始した。

###### (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することで、エコロジカル・ランドスケープの適用手法を明確化し、支援アプリの適用課題の抽出を行った。
- ・CG、フォトモンタージュ等を利用し、一般被験者に対する評価実験を行い、景観要素、景観構成に係る印象、評価の傾向を分析した。

(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

- ・凝集剤と地熱水中のアルミニウム及びシリカとの反応試験を行い、最適な回収条件について検討を行った。
- ・試験用プラントの設計・製作を行い、凝集剤を用いてシリカ除去性能試験を行った。
- ・シリカ除去後の処理熱水が還元井や地熱貯留槽に与える影響を検討するため、コラム通水試験や処理熱水と岩石との反応試験、反応予測シミュレーションを実施した。

研究開発項目④「その他 上記①～③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

- ・試験機を制作し、実験室での検証を行った後、発電所において実際の地熱流体を用いた予備実証実験を行い、平成 29 年度に実施する長期蒸気過熱試験及び二相流加熱試験の安全性を確認した。

(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

- ・有隔膜式電解装置のインジェクション方式、および洗浄循環方式の 2 方式について有効性を確認し、設置コストや運用コストを評価した。
- ・製作した有隔膜式電解装置の実証実験を温泉地で実施し、スケール除去/析出防止の有効性を明確化した。

(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）

- ・リスク評価システムに海外先進事例情報を反映させ、そのプロトタイプの開発を完了した。
- ・腐食試験を実施し、その結果を利用して腐食予測モデルの改良に向けた検討を行った。
- ・スケールモニタリング装置を用いて実証試験を実施し、その結果についてデータ解析を行った。

(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

- ・超音波及び高周波電磁処理のハイブリッドスケール防止装置を製作し、実証試験によってその効果を実証した。
- ・基礎実験として、スケール付着加速化試験を実施し、重量計測をした結果、実証試験と整合性が認められた。
- ・ハイブリッドスケール防止装置の経済性評価を実施した。

- (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
  - ・温度モニタリング装置及びスケール除去装置を用いた現場性能確認実験を実施し、動作確認や除去・切削効果の検証を行った。また、スケール除去作業時間および作業費用に関するデータ収集を行い、コスト低減方法を検討した。
  - ・ウォータージェットによるデスケーリングにおいて、スケールに働く応力分布を解析し、効率良くデスケーリングできる噴射条件を検討した。
  
- (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
  - ・高速発電機の選定及びタービン最高回転数において、最も効率良く出力できる発電機ロータの形式を設定した。
  - ・磁気軸受搭載の回転体（ロータ）設計を完了した。
  - ・タービン内の作動媒体の流れを3次元CFD解析し、タービンノズル、タービン翼の形状を設計完了した。
  
- (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）
  - ・コロイダルシリカ回収プロセスの基本設計を完了した。
  - ・シリカ回収パイロットプラントの製作を行い、熱水を用いて実証試験を行った。
  - ・リチウム回収試験装置を製作し、模擬熱水を用いて性能試験を行った。

#### 4. 2 実績推移

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

#### 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 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る。

##### 5. 1 平成 29 年度（委託・共同研究）事業内容

平成 29 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

- ・目標とする沸点、ODP、GWP、熱伝導率を有する新しい高性能低沸点流体の合成手法を確立する。
- ・新たに構築したバイナリー発電システムを用いて、新低沸点流体の伝熱特性を実機環境で評価する。
- ・詳細な熱流動構造の知見に基づき、よりコンパクトな熱交換器の設計を行う。

##### (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長時間運転実験を行い、発電効率 7%以上を実証し、安定性、およびメンテナンス性を評価する。

#### 研究開発項目③「発電所の環境保全対策等技術開発」

##### (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、国内温泉地での実証試験を実施し、実用上の課題抽出を行う。
- ・実証実験結果に基づき、実用モデルを開発し、性能評価する。

##### (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

- ・エコロジカル・ランドスケープ支援アプリにケーススタディを実施することで、アプリの拡充・改善を図り、支援アプリを完成させる。
- ・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る。

##### (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課題点を抽出し、試験用プラントの改良を行う。
- ・改良した試験用プラントを用いて、シリカ除去性能試験を実施し、凝集剤添加量、添加時期などを変えて最適なシリカ回収条件を決定する。
- ・試験用プラントを用いた試験結果、シリカ回収の効率化に向けた検討結果に基づき、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する。

研究開発項目④「その他 上記①～③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
  - ・開発した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、発電システムの長期信頼性を証明する。
  
- (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する。
  - ・温泉地での現場実験を通じて、温泉泉質の違いによる有隔膜式電解装置の適応性を実証する。
  - ・薬剤使用に対する有隔膜式電解装置の価格優位性を検証する。
  
- (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）
  - ・材料腐食モニタリング装置、およびスケールモニタリング装置について実証試験を行い、モニタリング技術の性能を実証する。
  - ・開発したプラントリスク評価システムに基づき選定した問題発生への対応策を施すことにより、問題発生までの期間を延長できることを確認する。
  
- (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、実証試験の結果から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う。
  - ・実証試験を継続実施し、スケール対策の運用コストを低減可能な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する。
  - ・実証試験を行いながら装置の改善を図り、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する。
  
- (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する。
  - ・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する。
  - ・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、スケール除去装置を開発する。
  
- (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

- ・システム熱効率7%以上を達成するタービン発電機を設計する。
- ・設計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事業性を検証する。

(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行う。
- ・シリカ回収による濾過後の地熱水を用いたりチウム回収試験を行い、プロセスの有効性を確認する。
- ・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）程度を検証する。

その他、地下の超高温・高圧の状態（超臨界状態）にある水を利用する地熱発電（超臨界地熱発電）の熱抽出に関する実現可能性調査等を行う。また、多用途含め展開・普及を期待できる成果について広報活動を行う。

## 5. 2 平成 29 年度事業規模

需給勘定 1200 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

平成 29 年 3 月に 1 回行う。

#### (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

原則平成 25～29 年度の複数年度契約を行う。

8. スケジュール

平成 29 年 4 月下旬・・・公募開始

5 月上旬・・・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、採択決定

9. 実施方針の改定履歴

(1) 平成 29 年 2 月 22 日 制定。

(別紙) 実施体制図

NEDO

プロジェクトマネージャー

・所属 新エネルギー部

・氏名 生田目 修志

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」

委託

国立大学法人東京大学、旭硝子株式会社  
「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」

委託

一般財団法人エネルギー総合工学研究所、株式会社アーカイワークス、国立大学法人東京大学  
「水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発」

研究開発項目③「発電所の環境保全対策等技術開発」

委託

国立研究開発法人産業技術総合研究所、地熱エンジニアリング株式会社、横河電機株式会社  
「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」

委託

清水建設株式会社、株式会社風景デザイン研究所、学校法人法政大学  
「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」

委託

国立大学法人富山大学、国立大学法人九州大学、三菱マテリアルテクノ株式会社  
「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」

研究開発項目④「地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発」

委託

一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人富山大学  
「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」

再委託

三菱重工業株式会社

委託

イノベティブ・デザイン&テクノロジー株式会社、国立大学法人静岡大学  
「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」

委託

地熱技術開発株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所、エヌケーケーシームレス鋼管株式会社  
「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)」

委託

国立大学法人東北大学、東北特殊鋼株式会社、株式会社テクノラボ  
「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」

再委託

独立行政法人国立高等専門学校機構  
鈴鹿工業高等専門学校

委託

国立大学法人秋田大学、株式会社管通、国立大学法人東北大学、国立大学法人東京海洋大学  
「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リング法の研究開発」

2/3共同研究

丸和電機株式会社  
「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」

委託

地熱技術開発株式会社、公立大学法人北九州市立大学、日揮株式会社  
「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延命・バイナリー発電の事業リスク低減)」