

## 平成 27 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第 15 条第 1 項第 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。

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、環境に配慮した取り組み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り組みや、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り組みが重要である。

### ③世界の取り組み状況

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り組みが実施されている。

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も積極的で、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。

### 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

以下の研究開発を実施した。

### 4. 1 平成26年度までの事業内容

研究開発項目①「環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発」

(i) 地熱複合サイクル発電システムの開発

- ・低沸点媒体に求められる要求性能と熱サイクルポテンシャル評価により、候補低沸点媒体を選定した。また複合サイクルを模擬したヒートバランスの検討から選定した候補媒体が高い効率を有することを確認した。
- ・地熱熱水によるスケール抑制技術の開発として、スケール付着メカニズム解明に向けたスケール原因物質の特性に関する情報収集を行った。
- ・低沸点媒体の特性に適したバイナリータービンの最適化設計やバイナリータービンからの抽気蒸気を用いた超臨界蒸発器・再生ヒータ・凝縮器の設計を行った。
- ・低沸点媒体の特性に適したバイナリータービンの通路部最適化設計とタービン構成の検討を行うと共に概念図を作成した。超臨界媒体向けの蒸発器および凝縮器の設計を行った。

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) 無給油型スクロール膨張機を用いた高効率小型バイナリー発電システムの実用化

- ・無給油型スクロール膨張機を用いたバイナリー発電システムの試験を開始し、評価した。
- ・膨張機内の潤滑機構を評価する摩耗試験機により、摺動部材料をスクリーニングした。

(ii) 炭酸カルシウムスケール付着を抑制する鋼の表面改質技術の開発

- ・浸漬サンプルのスケール付着試験および熱水輸送管に付着したスケールを分析し、スケール成長形成過程を理解した。また、スケール付着量の熱交換器効率への影響を評価した。
- ・炭酸カルシウムスケール付着量を低減する耐スケール鋼の基盤技術を確立した。また、実証に供するために必要な設計事項を整理した。

(iii) 温泉の蒸気と温水を有効活用し、腐食・スケール対策を施したハイブリット型小規模発電システムの開発

- ・蒸気発電部の試作機評価から、改良した二次試作機で温泉蒸気を用いた発電を行った。
- ・源泉の蒸気セパレータを設計・評価し、温泉蒸気を用いた発電システムへの組込試験を行った。

(iv) 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

- ・実現可能性調査を実施し、発電効率7%以上を可能とするバイナリー発電の実用化シ

システムと実証装置の規模及びその前提条件、運用条件を明確にし、採算性のある装置及びシステムの実現見込み等を提示した。

(v) 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

- ・流体の熱物性値に対する指針獲得のため、熱交換器シミュレーション手法を構築した。
- ・低沸点流体の伝熱性能評価のための疑似バイナリーシステムの構築に向け、既設実験装置を用いた予備実験を行った。
- ・新しいバイナリー発電用熱交換器構造を検討するための解析手法に関する予備検討を行った。
- ・高性能低沸点作動流体の構造設計に向けて、シミュレーション技法拡張の予備検討を行った。

(vi) 水バイナリー

- ・温排水を利用した実証試験用システムの基本設計を開始した。
- ・熱交換器内部の水側強制対流熱伝達を再現するシミュレーションコードを開発した。
- ・タービンの構成要素の技術開発を組み込んだタービン機の設計を行った。

研究開発項目③「発電所の環境保全対策技術開発」

(i) 硫化水素拡散予測シミュレーションモデルの研究開発

- ・代表的な先行事例の風洞実験結果を利用して、検証を行いながら硫化水素拡散予測数値モデル構築を行った。
- ・風洞実験計画を進め、実験地点の選定、実験条件のまとめを行った。

(ii) 地熱発電所に係る環境アセスメントのための硫化水素拡散予測数値モデルの開発

- ・簡易予測数値モデルの開発では、過去に行われた風洞実験結果と比較を行い、再現性を明らかにした。
- ・詳細予測数値モデルの開発では、単純地形を再現した風洞実験との比較を行い、モデルの改良およびパラメータの妥当性検証を行い、再現性を確認した。

(iii) 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

- ・温泉モニタリング装置開発について、温泉利用やセンサ等に関する現状調査、概念設計および予備試験を行った。

- (iv) 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
  - ・自然環境、風致景観への配慮手法の事例を収集し、一部内容をとりまとめた。
  - ・自然環境分析手法や景観分析手法の分析プロセスの明確化について検討を進めた。
  - ・エコロジカル・ランドスケープ支援アプリの要求要件定義の明確化を行った。

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) 低温域の地熱資源有効活用のためのスケール除去技術の開発
  - ・磁気分離による温泉水内シリカ除去のための磁気シーディング工程の評価を実施し、磁気フロックの生成方法と磁気分離方法の設計指針を示した。
  - ・温泉水処理能力 5t/h の小型磁気分離装置を製作し、温泉地で実証試験を行った。
  - ・既存の温泉データを収集し、温泉発電のポテンシャルを有する地域を抽出するとともに、化学分析値から、シリカスケールの発生する可能性がある温泉の推定を行った。
- (ii) 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
  - ・ハイブリッド熱源発電システムの成立性評価として、バイオマス関連設備・機器の概略システム構成や蒸気過熱器仕様を検討した。
  - ・スケールセンサーの開発として、室内試験において、炭酸カルシウムスケールについて、ファイバーコア径、ファイバー長、測定波長、飽和度等の各種条件で、透過率の変化を観測した。
- (iii) 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
  - ・温泉水の水質に対応した無隔膜電解装置試作機的设计・製作を完了し、実証試験を開始した。
  - ・スケール析出および溶解のメカニズムを把握すべく基礎実験と理論解析に着手した。
- (iv) 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を構成する各モジュールのプロトタイプ設計等の基本設計を行った。
- (v) 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複合効果確認のための基礎実験系の構築を行った。
  - ・温泉地の現地調査を行い、水質データ等のデータベース構築を行った。
  - ・スケール防止装置の高周波電源の基本設計を行い、同プロトタイプの製作と試運転

を行った。

- (vi) 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
- ・ウォータージェット式ならびにピグ式のスケール除去装置の基本設計等を行った。
  - ・温泉を止めないことによる、経済性及び実用化後の波及効果を評価した。
  - ・主に小浜温泉スケールの分析を実施し、スケール構造や力学的特性の把握を行った。
  - ・スケール付着状況計測の実験場所の選定、試験装置の準備および基礎データの収集を行った。
  - ・抗井内の洗浄実験場所の確保及び使用契約を締結した。

#### 4. 2 実績推移

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

#### 5. 事業内容

平成27年度は以下の研究開発を行う。また、必要に応じて追加公募を行い事業の補強・加速をはかる。

##### 5. 1 平成27年度（委託・共同研究）事業内容

研究開発項目①「環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発」

###### (i) 地熱複合サイクル発電システムの開発

- ・複合サイクル発電実証試験場所を確保し、実証プラントの全体設計、機器の製作を行う。

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) 無給油型スクロール膨張機を用いた高効率小型バイナリー発電システムの実用化

- ・一次試作機評価の課題に対して改善したバイナリー発電システムで、温泉地での実証試験を開始する。

###### (ii) 炭酸カルシウムスケール付着を抑制する鋼の表面改質技術の開発

- ・開発耐スケール材のスケール付着抑制効果をさらに高める。
- ・耐スケール鋼の基盤技術を実地試験用の機器や試験片へと適用し、スケール付着量

の比較試験を実施する。

- ・バイナリー発電所におけるスケール付着状況と発電性能の関係を解析し、付着状況と伝熱特性の関係から総合的な発電システム性能への影響評価を実施する。
- (iii) 温泉の蒸気と温水を有効活用し、腐食・スケール対策を施したハイブリッド型小規模発電システムの開発
  - ・蒸気発電部、蒸気セパレータ、温泉水熱交換器の要素評価から機器を改良し、ハイブリッド発電システムの実証試験を開始する。
- (iv) 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
  - ・スケール対策を施した、低温、小型バイナリー発電システムの基本設計等を行う。
- (v) 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
  - ・熱交換器シミュレーションにより熱流動特性から要求される低沸点流体の物性値指針を獲得する。
  - ・低沸点流体の伝熱性能評価のための疑似バイナリーシステムの構築に向け、熱交換器評価実験装置を改良する。
  - ・新しいバイナリー発電用熱交換器構造を検討するための熱交換器3次元数値解析技術を構築する。
  - ・高性能低沸点作動流体の構造設計を実施し、候補構造を絞り込む。
  - ・高性能低沸点作動流体候補について合成ルート開発の予備検討を行う。
- (vi) 水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発
  - ・水媒体用タービン発電機の構成要素、システム制御装置、低コストプレート熱交換器等の検討評価を実施し、バイナリー発電実証システムの設計を開始する。

### 研究開発項目③「発電所の環境保全対策技術開発」

- (i) 硫化水素拡散予測シミュレーションモデルの研究開発
  - ・複雑地形を再現した風洞実験を実施し、硫化水素拡散予測数値モデルの妥当性の検討・評価を実施する。
- (ii) 地熱発電所に係る環境アセスメントのための硫化水素拡散予測数値モデルの開発
  - ・簡易予測数値モデルの開発では、引き続き、過去に行われた風洞実験結果と比較を行い、再現性を明確にし、詳細予測数値モデルの開発では、複雑地形を再現した風洞実験を行い、実験データを整理しモデルの妥当性の検討・評価を実施する。
- (iii) 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
  - ・温泉モニタリング装置のプロトタイプを試作する。
  - ・室内での性能評価実験を行う。
  - ・温泉、地熱地域での試験を行う。
- (iv) 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
  - ・GISを活用した自然環境分析手法の開発、コンピュータ・シミュレーションに基づく

景観分析手法の開発を行う。

- ・エコロジカル・ランドスケープ支援アプリの試用版を開発する。

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) 低温域の地熱資源有効活用のためのスケール除去技術の開発

- ・5t/h 磁気分離装置の運転・試験結果から、50kW 温泉バイナリー設備用磁気分離装置の設計課題を明確化する。
- ・磁気分離装置の大型化に対応した磁気フィルターの設計指針を決定する。
- ・温泉発電の可能性が見込める地域の温泉水を採取して、シリカ濃度ならびにナトリウム、カルシウムなどの化学分析を行う。
- ・ビジネスプランの確立。

(ii) 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

- ・ハイブリッド熱源発電システムの既設地熱発電所への適用性評価やシステムインテグレーションの検討を行い実運転条件の整理を行う。
- ・簡易式過熱装置を用いて、実地での蒸気・熱水を用いた通水試験を行い、スケール成分、スケール量、沈殿速度とスケールセンサーの感度との関係や耐久性を検討する。

(iii) 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

- ・全国の温泉水の水量、水温、水質条件などを調査し、電解条件最適化のための実験分析と数式モデルを構築する。
- ・温泉スケール除去に適した、耐食性、耐熱性を有する電極と電解槽の検討と、電解装置の設計を実施する。また、無隔膜式／有隔膜式格式のスケール除去効果の評価および有効範囲の確認を行うため実証試験を実施する。

(iv) 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）

- ・プラントリスク評価システムのためのモニタリング装置の開発、実証試験装置の設計を行うとともに、予測技術、データベースなど基本モジュールを統合する全体システムの基本設計を行う。

(v) 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複合利用によるスケール防止効果を、スケール付着量比較等の基礎実験により確認する。
- ・スケール防止装置の高周波電源の製作を行うとともに、耐熱プローブの開発を行う。
- ・温泉水等のデータベースを拡充する。
- ・実証試験の実施準備を行う。

(vi) 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

- ・スケール・熱水試料の収集及び分析を実施し、スケール除去装置の設計指針を作成

する。

- ・ウォータージェットやピグによるスケール除去実験を実施可能な実験装置を製作する。
- ・スケール付着状況とスケール除去の効果を非破壊で外部から測定可能なモニタリング装置を開発する。

## 5. 2 平成 27 年度事業規模

需給勘定 1,400 百万円 (NEDO 負担分)

※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 実施体制 (別紙参照)

### 6. 2 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。

#### (2) 公募開始前の事前周知

公募開始の 1 ヶ月前に 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

公募は 1 回とし、平成 27 年 10 月に実施する。

#### (4) 公募期間

原則 30 日間以上とする。

#### (5) 公募説明会

NEDO 本部 (川崎) にて開催する。

### 6. 3 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。

外部有識者による事前書面審査・採択審査委員会を経て、契約・助成委員会により決定する。

#### (2) 公募締切から採択決定までの審査等の期間

原則 45 日間以内とする。

#### (3) 採択結果の通知

採択結果は、NEDO から申請者に通知する。なお、不採択の場合は、その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、申請者の名称、研究開発テーマの名称を公表する。

## 7. その他重要事項

### (1) 研究開発の運営管理

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り組みに協力するものとする。

### (2) 複数年度契約の実施

複数年度契約による研究開発を実施することを基本とする。

## 8. スケジュール

平成 27 年 10 月中旬	公募開始
平成 27 年 10 月下旬	公募説明会の開催
平成 27 年 11 月中旬	公募締切
平成 27 年 12 月中旬	契約・助成審査委員会
平成 27 年 12 月下旬	採択決定

## 9. 実施方針の改定履歴

- (1) 平成 27 年 3 月 27 日 制定。
- (2) 平成 27 年 9 月 15 日、改定。

(別紙) 実施体制図

