

「地熱発電技術研究開発」
中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	6

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第31条に基づき研究評価委員会において設置された「地熱発電技術研究開発」（中間評価）の研究評価委員会分科会（平成27年8月5日）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第44回研究評価委員会（平成27年10月14日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成27年10月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「地熱発電技術研究開発」分科会
（中間評価）

分科会長 笹田 政克

「地熱発電技術研究開発」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成27年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	ささだ まさかつ 笹田 政克	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 理事長
分科 会長 代理	あまの よしはる 天野 嘉春	早稲田大学 基幹理工学部 機械科学・航空学科／理工 学研究所 教授／副所長
委員	いのうえ ゆうし 井上 裕史	株式会社三菱総合研究所 環境・エネルギー研究本部 低炭素エネルギー戦略グループ 主席研究員
	かねこ まさひこ 金子 正彦	西日本技術開発株式会社 特別参与
	ごとう ひろき 後藤 弘樹	出光興産株式会社 資源部 地熱事業統括マネジャー
	まつやま かずお 松山 一夫	株式会社地熱総合研究所 代表取締役
	むらおか ひろふみ 村岡 洋文	弘前大学 北日本新エネルギー研究所 教授／所長

敬称略、五十音順

「地熱発電技術研究開発」(中間評価)

評価概要(案)

1. 総合評価

「エネルギー基本計画」に基づき地熱発電設備容量を現状の3倍程度へと拡大するとした目標に対応し、国内外における新技術の適用を念頭に戦略目的が提示されている。具体的には既存の温泉熱を有効利用することによりリードタイムを短縮することが期待できるバイナリー発電などの、小型発電装置の高性能化、低コスト化のための戦略目標が設定されている。

地熱発電の拡大には長期ロードマップが重要であり、研究開発の進捗を見極めながら、次のステージでの研究開発課題を明らかにすることが重要である。地熱技術開発に関してはNEDOとJOGMECとで分野調整されているものと思慮するが、技術開発テーマ、技術開発成果に関する情報交換を適時適切に行うことで、両制度の相乗効果が発揮できるように努めていただきたい。

地熱発電の拡大は技術開発のみで進むものでなく、自然公園等での環境面での課題や温泉事業者との共生等、制度的社会的な視点も必要であることを、研究開発課題の選定において考慮している。また、これらの課題に関連して、環境省の検討会や経済産業省の環境アセスメントへの対応もよく行われている。なお、研究開発が実用化される段階で停滞しないよう、例えば固定価格買取制度などの政策支援について、資源エネルギー庁をはじめとする行政側との連携を密にして頂きたい。

選定された技術開発テーマは地熱開発を推進する上でいずれも重要なテーマであり、それぞれに数値による開発目標が設定されている。ただし、普及を図るためには仕上がりでの経済性が問われるため、成果としては技術達成度だけでなくコストが重要である。

本事業開始時点でスタートした研究では、中間評価時点でよい成果が出ているものが多い。特に、硫化水素拡散予測数値モデルの開発は風洞実験結果ともよく一致し、一日も早い完成が期待される。多くの事業で課題としているスケールの問題については、情報交換会を設けてNEDO及び事業者間で情報の共有を図っている点も評価したい。

2. 各論

2.1 事業の位置付け・必要性について

2030年のエネルギーミックスや温暖化対策目標達成のために導入拡大が求められている再生可能エネルギーのなかでも、安定的な出力が期待される地熱発電は積極的に導入拡大を図るべきであり、事業の目的は妥当である。

地熱発電は開発のリードタイムが長く、資源開発のリスクも大きいことから、NEDOの関与は必要である。環境負荷の小さい地熱発電システムは、経済性に係る開発リスクを伴っており、FSから実証までの研究開発をNEDO事業として行うことが望ましい。温泉発電

システムにかかる技術も、また地熱発電の探査から運転までのリードタイムを短縮するための技術も、地熱発電に係る国の政策を実効性のあるものにするには、当面 NEDO による研究開発の支援が必要である。

将来的には固定価格買取制度の支援がなくとも開発が進むよう、技術力及び経済性の向上が望まれる。発電機器が低コストであれば、潜在能力のある温泉発電はかなり進んでいくことが期待できる。国内だけでなく海外での普及可能性、コストにおける国際競争力についてのアプローチが欲しい。

地熱技術開発においては、地下貯留層技術と地上設備開発技術とが連続的、複合的であることから、JOGMEC で実施されている事業との情報交換をさらに進め、将来的には連携して事業を推進する体制を構築することが望ましい。

地熱技術開発は長期的な取り組みを必要とする。わが国の地熱開発推進という所期の目的を達成するためには、本事業 1 回限りで終了するのではなく、第 2 次、第 3 次の技術開発を継続していくことが必要である。なお、事業者のもつノウハウなどを活用し、地熱技術開発に係るこれまでの NEDO 事業を総括した上で、再度研究課題を整理してみることも必要ではないか。

2. 2 研究開発マネジメントについて

地熱発電拡大のために必要な課題の抽出にあたり、技術的側面だけでなく制度的側面および社会的側面を含め背景の分析が的確に行われており、適切な研究開発課題と目標が設定されている。募集時に分野ごとに概ねの開発目標が設定され、また、採択案件のそれぞれに関しても具体的な数値による開発目標が設定され、開発担当者の挑戦への意識づけを図りつつ、達成度を評価する上での重要な指標となっている。ただし、自然公園内での立地に関連して設定された研究開発目標については、最近の環境省の検討会での議論を踏まえて再検討した方がよい部分がある。また、硫化水素の環境アセスメントに係る研究開発では、数値シミュレーションの検証を風洞実験で行うという方法について、妥当性の確認が重要である。

エネルギー基本計画中の地熱発電量の目標値を実現するためには、発電目標とともに具体的に研究開発目標を記したロードマップが重要である。

技術開発の空白期間が長かった分野であるので、年を追うごとにテーマが増え、研究予算が大きくなる形は、無理のない事業実施の流れをつくっている。ほとんどの案件で、最終的に現地での実証試験を行う計画になっており、望ましい計画だと考えられる。複数の類似テーマを実施している場合、採択意図が整理され、その結果として、様々な成果が生み出されていることから、複数の類似テーマを採択するという戦略は成功しているものと評価できよう。

事業者別に推進委員会を構成し、助言を与えるだけではなく、NEDO 推進部主導によるスケール対策技術に関する情報交換のための機会設定は、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制の構築として効果的であったと認められる。

地熱複合サイクル発電システムの開発に関し、実証試験場所が確保できず中断した形となった点に関してはやむを得ないものであり、また、対策検討有識者協議会でも検討されてい

るから対応は妥当であった。

2. 3 研究開発成果について

現在実施されている 17 の研究は、開始時期が異なることから同列に評価できないが、地熱発電技術研究開発が開始された年度にスタートした研究では、概ね中間目標を達成しているといえる。公募時期が異なることからスタートが遅れている研究に関しても、研究開発目標の達成に向けて大きな問題なく、研究が進捗しているように見える。開発されつつある小型バイナリーサイクル発電設備や小型復水式蒸気フラッシュ発電設備などは、諸外国の追随を許さず、世界最高水準にあると評価される。

ほとんどの事業者が予定された内容をスケジュール通り実施していると報告されており、最終目標を達成する見込みは高いと期待できる。遅れてスタートしている研究については、最終目標達成の可能性について、それぞれの研究マネジメント中で検討するなどして、意義のある成果が出るようにしていただけたらと思う。

なお、技術が最終的に普及していくかという点については、やはりコスト低減が不可欠であると考えられることから、コスト低減を意識して進めて頂きたい。

2 年余での研究開発成果の実績はかなりの数に上る。これまでの技術開発の空白期間のことを考えると、この技術開発が産業界のみならず、学界の活性化に役立っていることも高く評価できる。ただし、モニタリング技術、景観配慮デザインなど、他用途への適用が期待できる成果があることを積極的に広報すべきである。地熱学会、地熱協会、火力原子力発電技術協会等国内外の関係団体に対して積極的に成果報告し外部へ発信することが望ましい。

技術情報流出に配慮しつつ、積極的に情報発信を進める NEDO の姿勢は高く評価できる。最終的な成果については「すべて実施機関に帰属させること」となっているが、普及に当たっては、実施者のみでなく、NEDO も可能な限り連携して取り組んでほしい。

2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通しについて

本年度で終了となるテーマでは、実用化に繋がる研究開発目標を達成できているものが多く、今後十分な実証試験を行い、製品化に進むことが期待できる。特に小規模な温泉発電システムに関しては、現場での実証を経て、商用に提供できるものとなるであろう。硫化水素拡散シミュレーションの開発が低コストかつ短期間での検討ができるものになれば、アセス対応や地元対応（合意形成）に十分貢献できる。また、エコロジカル・ランドスケープのツール化により景観対策が適切に行われれば、自然公園内での環境・景観配慮設計に貢献でき、地元及び関係省庁との協議も円滑化されると期待できる。

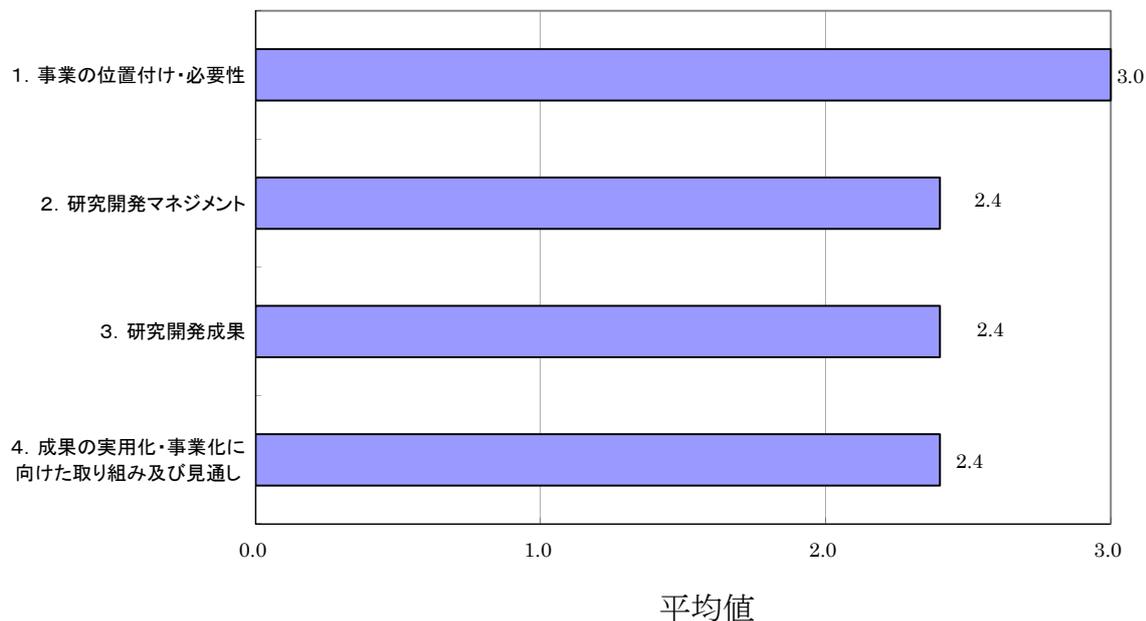
遅れてスタートした研究については、研究の進捗状況から見て、今回の中間評価で実用化・事業化に向けての評価を行うまでに至っていない研究がある。これらについては、今後の NEDO の研究マネジメントの中で対応して頂きたい。

成果の実用化・事業化には、現場の地下情報が必要である。JOGMEC や産総研には多くの地下情報が蓄積、整理されており、また、実際に地熱、温泉を扱っている発電事業者、温泉事業者、開発事業者は、事業化に関連する多くの情報をもっている。これらの関係者と連

携する体制を作ることにより、地熱発電技術研究開発の成果の事業化が促進できるものと考ええる。

温泉発電システムは数多くの泉源が対象となっており、本事業の中では一番実用化に近いところにあるものの一つである。温泉モニタリングのツールに関しては、自治体等を介して利用してもらう仕組みをつくるという方針はよいと考える。温泉事業者を受容される製品を期待している。また、スケール対策技術のニーズが最も高いのは100℃未満の小規模な温泉のバイナリーサイクル発電であり、事業家も温泉所有者を中心に構成されるもの推定される。したがって、複雑なスケール対策技術は普及しにくく、シンプルな技術を提供する必要がある。また、ある熱水性状に対して効果のあるスケール対策が開発された場合、類似の性状を有する温泉に対して適用するなど、成果の水平展開や適切な広報活動などが望まれる。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.4	A	A	B	B	B	A	B	B
3. 研究開発成果について	2.4	A	B	B	B	B	A	A	A
4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通しについて	2.4	B	B	A	A	B	A	B	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|--------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

研究評価委員会「地熱発電技術研究開発」
(中間評価)分科会

日時:平成 27 年 8 月 5 日(水)11:00～17:00

場所:WTC コンファレンスセンター RoomA

(東京都港区浜松町 2 丁目 4 番 1 号 世界貿易センタービル 3 階)

議事次第

(公開セッション)

- | | |
|---|-------------------|
| 1. 開会、資料の確認 | 11:00～ 11:05 (5分) |
| 2. 分科会の設置について | 11:05～ 11:10 (5分) |
| 3. 分科会の公開について | 11:10～ 11:15 (5分) |
| 4. 評価の実施方法について | 11:15～ 11:20 (5分) |
| 5. プロジェクトの概要説明 | |
| 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント、研究開発成果、
成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し(NEDO) | 11:20～12:00 (40分) |
| 5.2 質疑応答 | 12:00～12:30 (30分) |

昼食休憩

12:30～13:20 (50分)

(非公開セッション)

- | | |
|---|-------------------|
| 6. プロジェクトの詳細説明及び成果の実用化・事業化に向けた取
り組み及び見通し | |
| 6.1 環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発 | 13:20～13:50 (30分) |
| 6.2 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 | 13:50～14:30 (40分) |
| 6.3 発電所の環境保全対策技術開発 | 14:30～15:10 (40分) |
| | |
| 休憩 | 15:10～15:20 (10分) |
| | |
| 6.4 地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発 | 15:20～16:00 (40分) |

7. 全体を通しての質疑 16:00～16:25 (25分)

一般傍聴者入室 16:25～16:30 (5分)

(公開セッション)

8. まとめ・講評 16:30～16:55 (25分)

9. 今後の予定
10. 閉会

16:55～17:00（5分）

概要

		最終更新日	平成 27 年 7 月 22 日				
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム						
プロジェクト名	地熱発電技術研究開発	プロジェクト番号	P13009				
担当推進部/担当者	新エネルギー部/ 統括主幹 徳岡 麻比古 (平成 25 年 4 月～平成 25 年 5 月) 統括研究員 生田目 修志 (平成 25 年 4 月～平成 27 年 8 月現在) 主査 田中 清隆 (平成 25 年 4 月～平成 25 年 6 月) 主任 安生 哲也 (平成 25 年 6 月～平成 27 年 8 月現在) 主査 高橋 正樹 (平成 25 年 10 月～平成 27 年 8 月現在) 主査 吉田 明生 (平成 26 年 3 月～平成 27 年 8 月現在) 主査 太田 勝啓 (平成 25 年 4 月～平成 27 年 3 月) 主査 田中 順 (平成 27 年 4 月～平成 27 年 8 月現在) 主査 上村 和孝 (平成 25 年 4 月～平成 27 年 1 月) 主査 田中 彰 (平成 27 年 2 月～平成 27 年 8 月現在) 主査 実島 哲也 (平成 27 年 4 月～平成 27 年 8 月現在) 主査 井出本 穰 (平成 27 年 5 月～平成 27 年 8 月現在) 職員 村上 慶 (平成 27 年 1 月～平成 27 年 8 月現在)						
0. 事業の概要	(1) 概要:地熱資源の有効活用のための、環境配慮型高機能地熱発電システムに係る機器開発、現状未利用である低温域でのバイナリー発電システム開発、環境保全対策や環境アセスメント円滑化に資する技術開発等により、我が国の地熱発電の導入拡大を促進する。(委託及び共同研究(NEDO負担率 2/3)) (2) 事業期間:平成 25 年度～29 年度(5 年間)						
I. 事業の位置付け・必要性について	平成22年6月に「エネルギー基本計画」(事業開始時)が閣議決定され、その中で、地熱発電は2030年までに設備容量165万kW(2007年度実績 53万kW)、発電電力量103億kWh(2007年度実績 30億kWh)の導入拡大が掲げられている。 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の地熱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を行い、地熱開発を促進する取り組みを行うことが重要である。						
II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	中間目標(平成27年度) 平成28年度以降継続するテーマについては個別に中間目標を定めている。 最終目標(平成29年度) 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。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小型化に資する技術(冷却塔高さを10m以下に低減する技術、敷地面積を1割程度低減する技術、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拡散シミュレーション技術等を確立する。						
事業の計画内容	主な実施事項	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	
	(1) 環境配慮型高機能地熱発電						→

	電システムの 機器開発						
	(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						
	(3) 発電所の環境保全対策技術開発						
	(4) 地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発						
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	総額
	特別会計(需給)	182	619				801
	総予算額	182	619				801
	(委託)	75	455				530
	(共同研究) :負担率 2/3	107	164				271
開発体制	経産省担当原課 プロジェクト リーダー	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課 —					
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載)	<p>(1) 環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「地熱複合サイクル発電システムの開発」 株式会社東芝 <p>(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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「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」 アネスト岩田株式会社 ・「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」 国立大学法人東京海洋大学 株式会社エディット 国立大学法人横浜国立大学 国立大学法人長崎大学 ・「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」 アドバンス理工株式会社 (平成26年12月、アルバック理工株式会社から名称変更) 株式会社馬淵工業所 ・「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」 京葉プラントエンジニアリング株式会社 ・「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」 国立大学法人東京大学 旭硝子株式会社 ・「水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発」 一般財団法人エネルギー総合工学研究所 株式会社アーカイブワークス 国立大学法人東京大学 <p>(3) 発電所の環境保全対策技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「硫化水素拡散予測シミュレーションモデルの研究開発」 日揮株式会社 学校法人明星大学 ・「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」 一般財団法人電力中央研究所 ・「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」 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 					

		<ul style="list-style-type: none"> ・「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」 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 (4)地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発 ・「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」 株式会社超電導機構 国立大学法人大阪大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 ・「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」 一般財団法人電力中央研究所 国立大学法人富山大学 ・「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」 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 ・「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)」 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 エヌケーケーシーームレス鋼管株式会社 ・「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」 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 ・「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ルリング法の研究開発」 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
情勢変化への対応	平成 26 年 4 月に閣議決定されたエネルギー基本計画においても地熱発電は、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して位置づけられており、重要なテーマであるとの認識のもと、平成 26 年度には追加公募を 2 回実施した。また、「研究開発項目」の再構築・拡充に取り組むべく、「NEDO 地熱発電技術研究開発の今後の進め方に関する検討委員会」を設置し、議論を行っている。	
中間評価結果への対応	—	
評価に関する事項	事前評価	平成 24 年度実施 担当部 新エネルギー部 平成 24 年度 NEDO POST3 実施
	中間評価	—
	事後評価	—
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>地熱発電技術研究開発</p> <p>1) 中間目標 (平成 27 年度) 平成28年度以降継続するテーマについては個別に中間目標を定めている。</p> <p>2) 最終目標 (平成29年度) 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。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。</p> <p>(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小型化に資する技術(冷却塔高さを 10m 以下に低減する技術、敷地面積を 1 割程度低減する技術、熱効率を 20%以上に向上させる技術等)を確立する。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 発電所の環境保全対策技術開発 ガス漏洩防止技術や拡散シミュレーション技術等を確立する。</p> <p>3) 全体の成果 (平成 27 年度末)</p> <p>(1) 環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発 地熱複合サイクル発電システムの開発は、目標である熱効率20%以上を達成できるシステム設計を完了した。</p> <p>(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</p>	

平成27年度末で終了予定のテーマについては、熱効率7%以上、あるいは、メンテナンス間隔を1.5倍に延長を達成見込みである。

(3) 発電所の環境保全対策技術開発

拡散シミュレーション技術等を確立見込みである。

4) 個別テーマの成果

(1) 環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発

(1.1) 地熱複合サイクル発電システムの開発

低沸点媒体の要求性能と新旧媒体の比較および熱サイクル効率ポテンシャルの比較から、複合サイクルに適する低沸点媒体を選定した。

井戸条件および各要素機器の運転条件をパラメータまたは制約条件として、上記低沸点媒体を用いたシステムの最適化を行い、熱効率20%へ到達する複合サイクルのヒートバランスを構築した。他の発電方式と比較し、優位となる条件を推測した。

構築したヒートバランスに基づき、バイナリータービンの通路部性能を検討し、軸シールシステム設計した。それら結果を元にバイナリータービン計画図を作成した。そのヒートバランスに従って、上記低沸点媒体の特性に応じた各種熱交換器を計画した。

2種のスケール抑制手法を検討した結果、カルシウム結合剤とシリカ分散剤を用いる手法を選定し、それら薬剤添加によるスケール抑制効果を確認した。

目標である熱効率20%以上を達成できるシステム設計を完了した。

(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

(2.1) 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

地熱資源活用に適した小型バイナリー発電システムを調査し、設計コンセプトを確立した。また、バイナリー発電システムにおけるスクロール膨張機の単体試験を実施するとともに、1次試作機を製作して実際の温泉熱を使った環境での評価試験を開始した。さらに、スクロール膨張機のトライボシステムの開発では、スクロール膨張機の摺動材を摩耗試験機で評価し、最適材料候補を絞り込んだ。

(2.2) 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

スケール付着を抑制する材料開発を行った。種々材料のスケール付着性を評価するために炭酸カルシウムスケール付着加速試験装置を作製した。その評価試験法において、炭酸カルシウムスケールの初期付着量を75%削減する材料の創製に成功した。

実地環境で、炭酸カルシウムスケール付着箇所と付着条件を把握し、スケール形成機構をモデル化した。また、スケールと伝熱性能の関係性を評価した。スケール付着に関与する物理因子を整理した。開発材を実地環境で試験して、実用化の見通しを得た。

(2.3) 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

宮城県 鳴子温泉と長崎県 小浜温泉で配管と熱交換器へのスケール付着試験を行った。各々のスケール定性分析の結果から、スケール付着防止効果とコストを両立する熱交換器を試作し、実証試験を開始した。

また、スクロール型膨張機を搭載した蒸気発電機を試作し、実験室の性能試験でほぼ設計通りの性能が得られた。それを受けた長崎県小浜温泉での蒸気発電システム実証試験では、試作した気水分離器の気液分離効果を検証し、源泉を用いた蒸気発電機の発電確認を前倒しで完了した。

これら結果から、温泉水発電と蒸気発電のハイブリッド発電では、温泉水と蒸気の流量割合を制御して発電出力を最大化することで目標効率達成の見通しを得た。

(2.4) 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

高効率温泉バイナリー発電を実現するための、スケール除去フラッシュタンク、高効率蒸気/冷媒熱交換器、低圧蒸気制御システム、小型蒸発式凝縮器を開発し、製作した。

(2.5) 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の熱交換器シミュレーション手法を構築した。また、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た予備実験を実施し、新設実験装置の設計を完了した。さらに、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2相流解析手法を構築した。

(2.6) 水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発

20kW級発電装置において、システム送電端で発電効率6%以上を達成するための蒸発器、及び凝縮器の流動条件を決定し、これを反映させた数理モデルを構築した。温排水を利用する発電装置の設置地点を選定し、既存配管における温水および冷却水の温度および流量とその変動状況を調査し、発電装置への温水および冷却水の供給システム実現可能性について見通しを得た。

(3) 発電所の環境保全対策技術開発

(3.1) 硫化水素拡散予測シミュレーションモデルの研究開発

国内の地熱発電所の硫化水素放散に関する環境影響評価等の先行事例を調査し、予測上考慮すべき因子を抽出し、数値モデル構築に当たり考慮すべきパラメータ等を明確化した。次に抽出した硫化水素拡散挙動影響因子の影響を考慮して、CFDの汎用コードを用いて数値モデルを構築し、地勢データの取り込みから拡散計算結果の導出までの一連の計算作業が可能であることを確認した。また、開発モデル検証のために実施する風洞実験計画を策定した。

(3.2) 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

地熱発電所に係る環境アセスメントにおける排ガス拡散予測評価のための風洞実験の代替として用いることができる硫化水素拡散予測数値モデルの開発に取り組み、簡易予測数値モデルおよび詳細予測数値モデルの二種類の硫化水素拡散予測数値モデルを作成した。正規分布型ブルーム式に基づき濃度予測を行う簡易予測数値モデルの開発では、基本拡散式のプログラミングおよび地理情報システム(GIS)と結合するためのインターフェースの設計・開発を行い、排出諸元の設定や標高データの入力、風向・風速などの各種計算条件の設定などをグラフィカルユーザーインターフェース(GUI)により簡便に行うことができる見通しを得た。また、3次元数値流体力学(CFD)モデルにより濃度予測を行う詳細予測数値モデルの開発では、用いる乱流モデルや計算格子生成システムに関する検討を行い、地形周りの気流場および拡散場を十分な精度で再現できる見通しを得た。

(3.3) 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

配管、泉質、給湯方式等温泉の利用状況に関する現状調査を行うとともに、センサ、マイコン、データ通信等に関する現状調査を実施し、これらの成果をもとにプロトタイプ機を試作した。また、本装置評価のための実験装置を設計・製作した。

(3.4) 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

既存の地熱発電所について、現地調査や文献による調査を実施し、それぞれの発電所で実施されている自然環境・風致景観配慮について、地熱開発事業者が活用しやすい成果物(パターン集)として取りまとめた。

自然環境や景観の分析手法(手順、分析内容)を明確化すると共に、これらの分析に基づきエコロジカル・ランドスケープを適用するためのプロセスについて整理した。

ケーススタディに適用可能な、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にむけ、要求要件定義の明確化した。

(4) 地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発

(4.1) 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

地熱水中のシリカ成分を低減させるため、前処理および磁気分離装置の設計と試作を行い、その評価試験を実施し、その低減が可能であることが示した。また、北海道・東北・関東・九州地方の33個の温泉地について現地調査を実施し、うち9個の温泉地で温泉発電時におけるスケール発生の可能性を推量した。

5t/hの処理能力の性能評価試験を完了した。コスト面等から適正な処理容量と見込まれる装置は10t/hの処理能力の磁気分離装置であることがわかった。

(4.2) 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

バイオマス、燃料電池排熱、太陽熱等を外部熱源とするハイブリッド熱源発電システムについて成立性評価を実施し、バイオマスを外部熱源とするシステムにおいて、バイオマス種によっては発電効率が高く、発電原価がFIT価格を下回るなど、同出力規模のバイオマス専焼発電システムに対する優位性を示した。また、本事業にて開発している光ファイバーを用いたスケールセンサについて室内試験、および実際の地熱発電所における加速試験を実施し、炭酸カルシウムおよびシリカスケールのセンサへの付着量に応じたセンサの透過率の減衰を確認した。

(4.3) 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

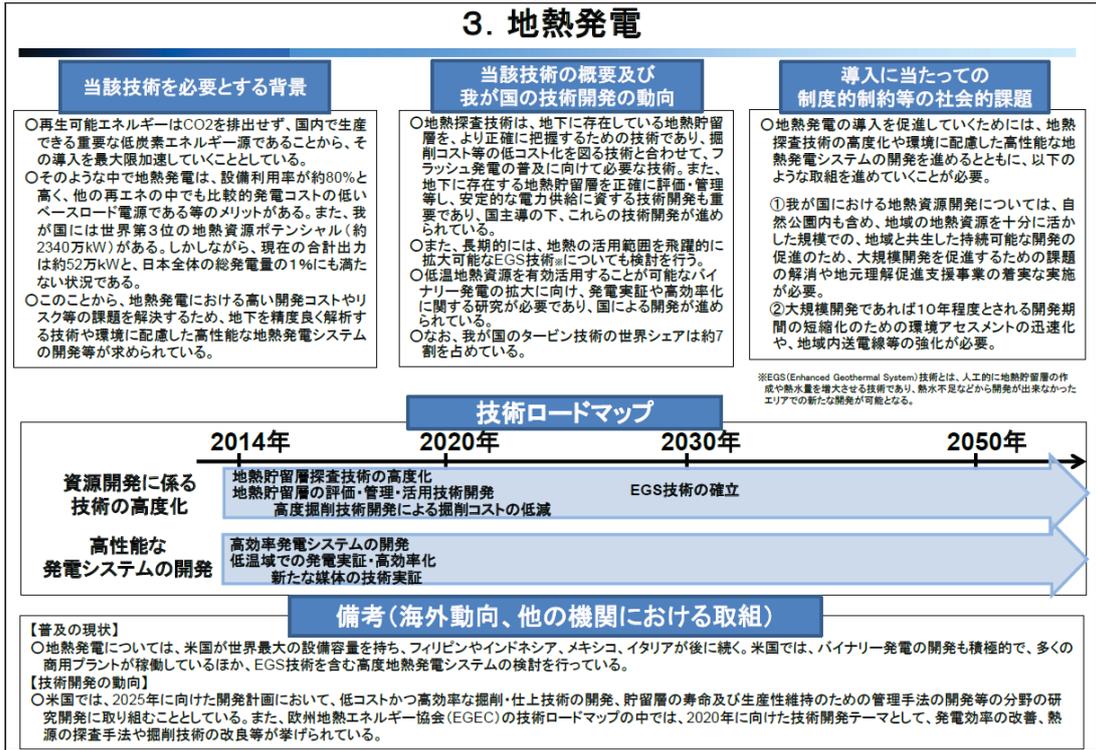
平成26年度に行った無隔膜式電解スケール除去装置の予備・実証試験により、地熱水および地熱スケールに対する電解水の有効性を確認した。スケールの溶解性を確認することで、有隔膜式電解スケール除去装置の有効性を見通しを得た。さらに、スケール除去の要因と推察するイオン輸送モデルを構築した。この結果、イオン輸送現象の一つである電気透析の理論解と実験データを比較し良好な一致が得られることを確認した。これにより、スケール析出・溶解メカニズムのモデリングについての見通しを得た。

(4.4) 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の開発を実施し、国内事例・海外事例の整理を行い、概念設計と複数の実証試験候補地点の選定を完了した。腐食・浸食・スケール付着予測技術の開発を実施して、地化学反応モジュール(EXCELベース)を製作し、既存三次元流体シミュレーションの検証を実施して、基本設計を完了した。地熱腐食・スケールについて、既存の材料腐食報告書、及び関連論文164件を収集し、データベースシステムの設計を完了した。材料選定の研究開発を実施し、既存事業者からの聞き取り調査21件、新規情報37件の収集を完了した。プラントリスク評価システムのためのモニタリング技術開発により計測機器設計を完了し、モニタリング手法の抽出と試験における課題を整理した。地熱発電プラントリスク評価実証試験の検討を実施

	<p>して、実証試験装置設計を完了した。</p> <p>(4.5) 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 スケール対策の年間運用コストを、従来の浸漬もしくは薬注による対策コストと比較し20%以上低減することを目標として、超音波及び電磁処理のハイブリッドスケール防止装置とその運用方法体系化に係る技術開発を実施し、H26年度までに複合処理効果確認のための基礎的実験系の構築、実験及び実証試験のための高周波電源プロトタイプ製作、温泉源泉の現地調査、及び水質等のデータベース構築を行い、高周波電源プロトタイプ開発、国内10か所の現地調査、過去の電磁処理導入事例から500件のデータベース化等の目標を達成した。今後、複合処理効果等のデータ取得を行い、超音波処理における使用周波数等の検討、発信部の耐熱等の耐久化を図ることで、当初最終目標以上の成果を達成できる見通しを得た。</p> <p>(4.6) 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 開発中のメカニカルデスケーリング法の経済性及び実用化後の波及効果の評価、スケール構造・組成とスケール強度との関係についての検討解析、モニタリング装置開発のためのスケール付着状況計測の試験装置の準備及び基礎データの収集、並びにスケール除去装置の小規模な試作機開発を実施した。以上の研究開発の結果、新手法が将来的に経済的導入可能性の見込みがあること、鉱物学的・結晶学的見地からデスケーリング装置の設計指針を作成すること、非破壊で外部からスケール付着厚さを測定可能であることを示すとともに、温泉熱水蒸気二相流中でのデスケーリング実験成功の成果を達成した。今後、同装置の実用化において重要となる耐熱性及び耐久性等の課題の解決に向けて、室内実験や現地実証実験で得られた知見に基づき改善したデスケーリング装置を開発することで、最終目標を達成できる見通しを得た。</p>	
	投稿論文	「査読付き」1件、「その他」2件
	特許	「出願済」5件、「登録」0件、「実施」0件(うち国際出願0件)
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「研究発表・講演」49件、「新聞・雑誌等への掲載」3件、「展示会への出展等」4件
IV. 実用化・事業化の見通しについて	<p>本実証事業における「実用化」とは、当該研究開発において開発した発電システムやスケール対策、各種ITツールなどの開発技術が、利用者へ商用に提供されること。開発している発電システムの商用システムとしての運転、開発技術の利用者への提供開始に向けて取り組んでいる。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成25年4月 作成
	変更履歴	なし

◆ 技術戦略上の位置付け

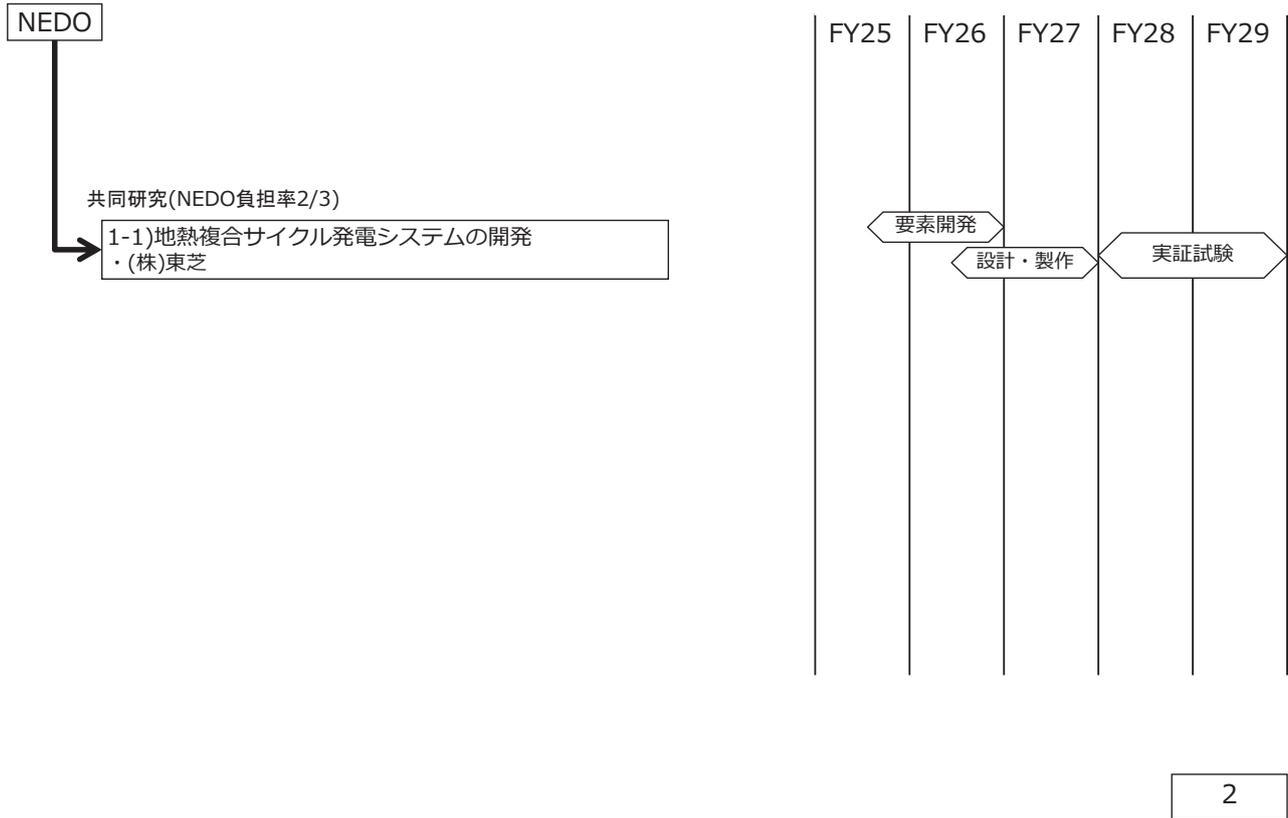


エネルギー関係技術開発ロードマップ(平成26年12月)より抜粋

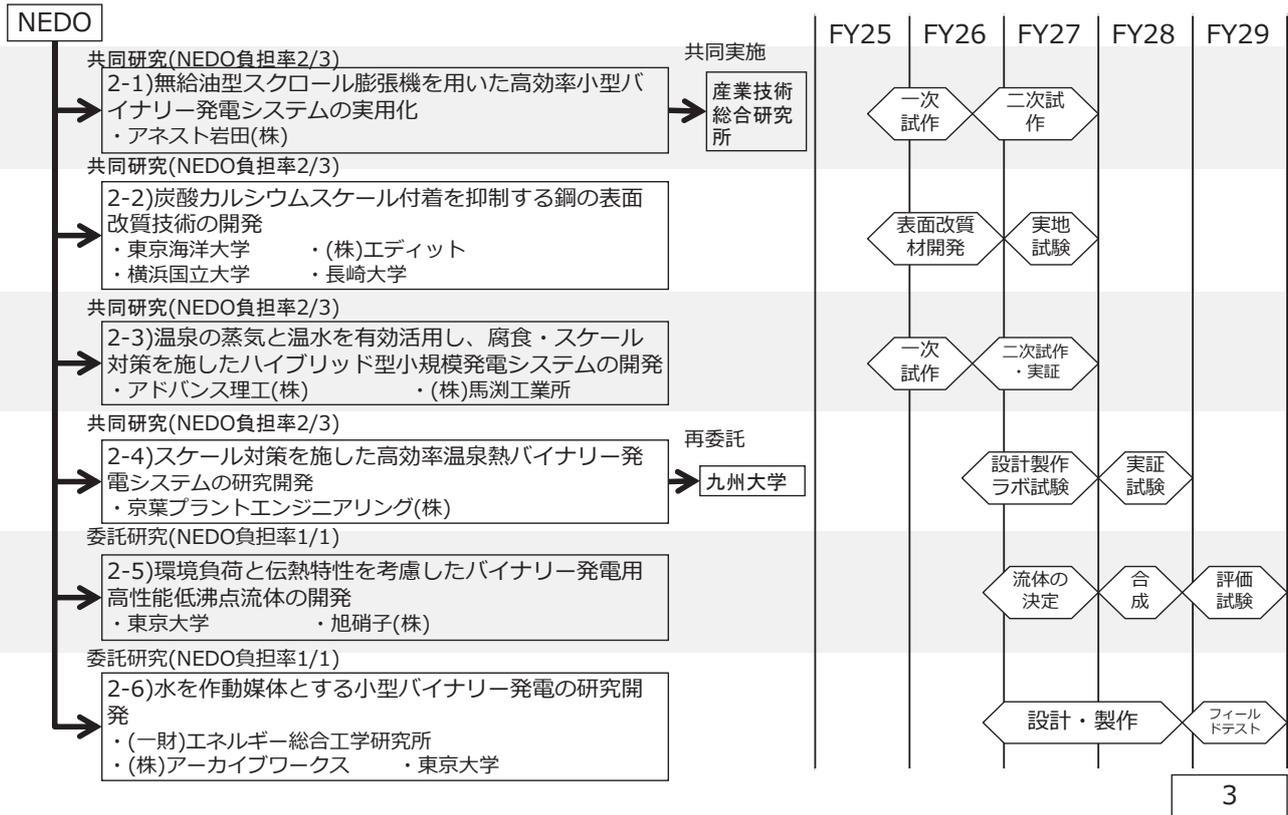
◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
(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小型化に資する技術(冷却塔高さを10m以下に低減する技術、敷地面積を1割程度低減する技術、熱効率を20%以上に向上させる技術等)を確立する。	国内既存地熱発電所の熱効率の実績である平均14%に対し、4割改善となる20%を目指す。
(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。	現状の先端技術であるアンモニアバイナリー発電システムの設計熱効率(年平均5.41%、冬期6.57%、夏期2.76%)の3割改善となる年平均7%とした。
(3)発電所の環境保全対策技術開発	ガス漏洩防止技術や拡散シミュレーション技術等を確立する。	環境アセスメントで必要な硫化水素拡散挙動予測が簡易に短期間でできれば、アセス期間が短縮できる。
(4)地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発	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を行う。	テーマが多岐に亘る為、個別に設定する。

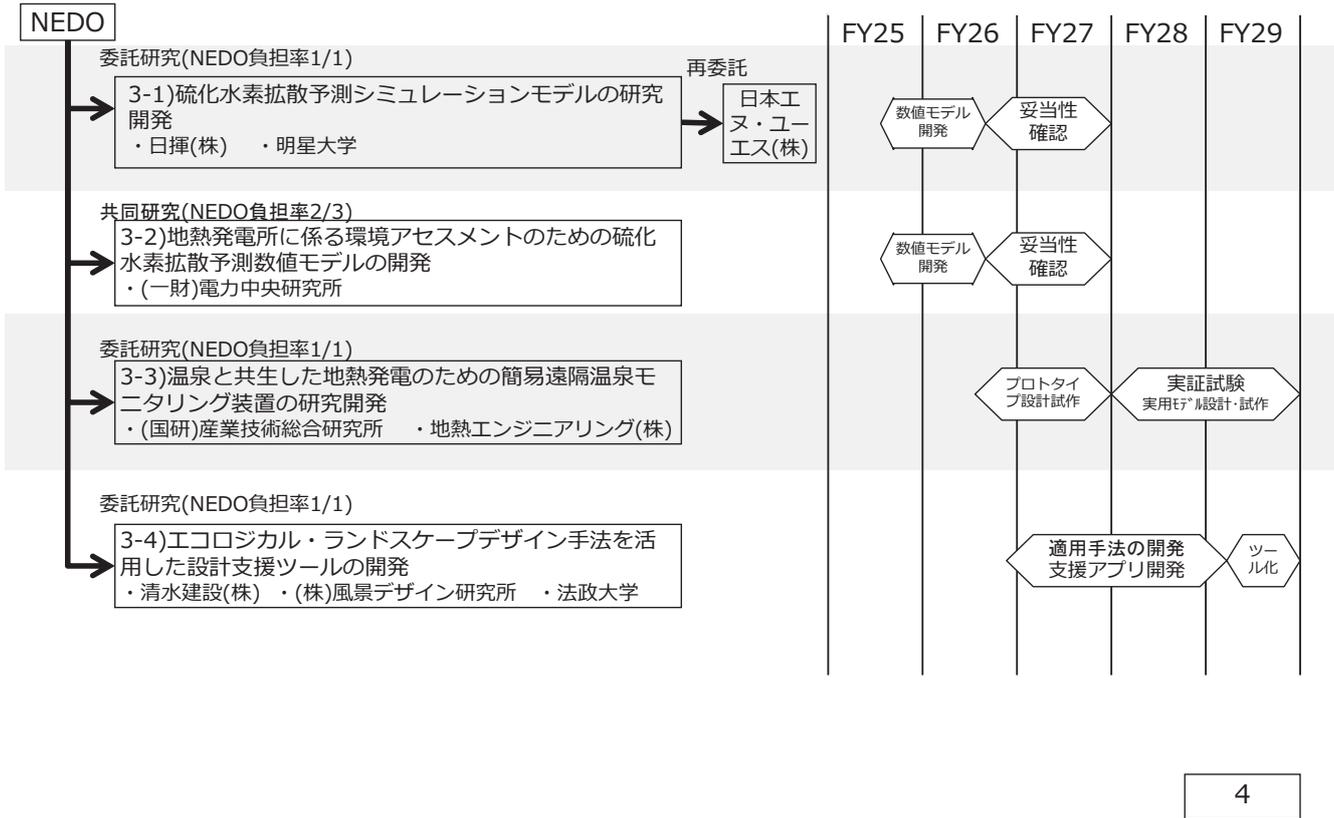
◆研究開発の実施体制 (1)環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発



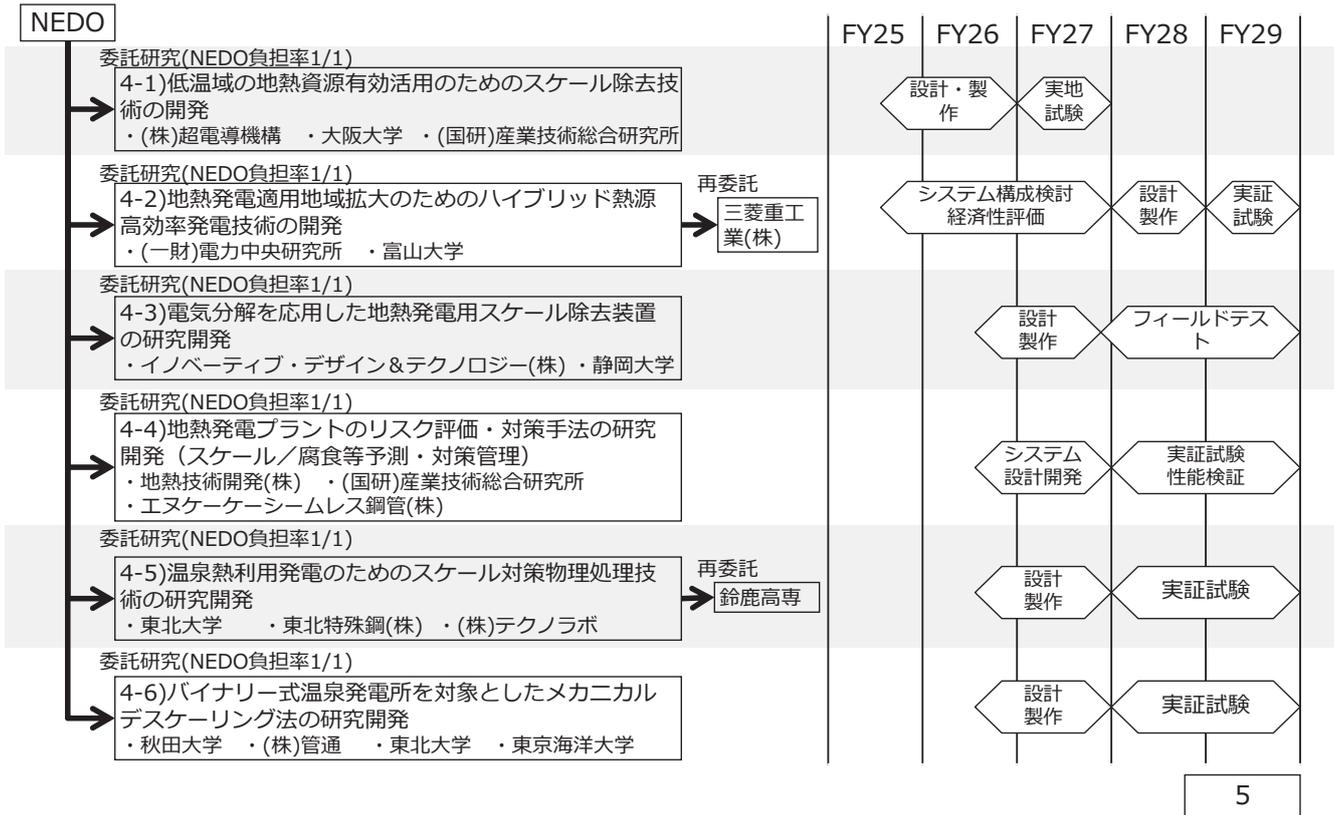
◆研究開発の実施体制 (2)低温域の地熱資源有効活用のための小型バイナリー発電システムの開発



◆研究開発の実施体制 (3) 発電所の環境保全対策技術研究開発



◆研究開発の実施体制 (4) 地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発



◆プロジェクト費用

◆実績・契約額

(単位:百万円)

研究開発項目	平成25年度 (実績)	平成26年度 (実績)	平成27年度 (契約)	合計
(1)環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発	1	2	0	3
(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	72	191	455	718
(3)発電所の環境保全対策技術開発	53	147	494	694
(4)地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発	56	279	484	819
NEDO負担額合計	182	619	1,432	2,233