

「地熱発電技術研究開発」 (中間評価) 分科会資料

(平成25年度～平成29年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

新エネルギー部

平成27年8月5日

I. 事業の位置づけ・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性

II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発の実施体制の妥当性
- (3)研究開発計画の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産権等に関する戦略の妥当性

III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2) 知的財産等の取得、成果の普及

IV. 成果の実用化・事業化に向けての取り組み及び見通し

- (1)成果の実用化・事業化の見通し
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み
- (3)波及効果

◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景

- 平成23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。

事業の目的

- 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。

◆政策的位置付け

- エネルギー基本計画(平成22年6月閣議決定)※事業開始時
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おり、開発余地の大きい電源として位置付けられている。

- エネルギー基本計画(平成26年4月閣議決定)※現行
世界第3位の地熱資源量を誇る我が国では、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であると位置付けられている。一方、開発には時間とコストがかかるため、投資リスクの軽減、送配電網の整備、円滑に導入するための地域と共生した開発が必要となるなど、中長期的な視点を踏まえて持続可能な開発を進めていくことが必要であるとされている。
エネルギーミックスの議論に於いては、2030年度における導入見込量は最大ケースで約155万kWとされている。(最小ケースは約90万kW)

◆国内外の研究開発の動向と比較

- 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。2008年8月にはアイスランド、オーストラリアとの3ヶ国間（さらに2010年10月スイス加盟、2011年11月ニュージーランド加盟）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。
- 日本ではNEDOにおいて、昭和55年度から地熱発電の技術開発を行ってきたが、大規模地熱発電（フラッシュ発電）が新エネルギーの枠組みから外れたこと等から平成10年ころから予算が減り始め、平成14年度までに技術開発予算はなくなり、それ以降、国による技術開発が行われていなかった。日本は世界第3位という豊富な地熱資源量を有し、地熱発電は安定した電力供給を行えることから、今後さらなる導入促進が期待されているが、地熱設備容量では世界第8位（事業開始時）に留まっている。このため、導入ポテンシャルの高い自然公園内での立地や、各地域に分散する現在未利用の低温地熱資源の有効利用が期待されているとともに、研究開発ニーズが高まっている。

◆技術戦略上の位置付け

3. 地熱発電

当該技術を必要とする背景

- 再生可能エネルギーはCO2を排出せず、国内で生産できる重要な低炭素エネルギー源であることから、その導入を最大限加速していくこととしている。
- そのような中で地熱発電は、設備利用率が約80%と高く、他の再エネの中でも比較的発電コストの低いベースロード電源である等のメリットがある。また、我が国には世界第3位の地熱資源ポテンシャル(約2340万kW)がある。しかしながら、現在の合計出力は約52万kWと、日本全体の総発電量の1%にも満たない状況である。
- このことから、地熱発電における高い開発コストやリスク等の課題を解決するため、地下を精度良く解析する技術や環境に配慮した高性能な地熱発電システムの開発等が求められている。

当該技術の概要及び我が国の技術開発の動向

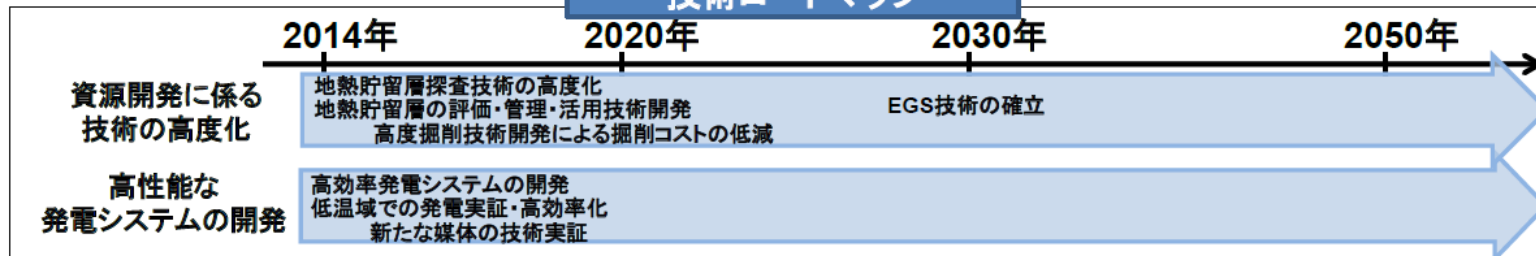
- 地熱探査技術は、地下に存在している地熱貯留層を、より正確に把握するための技術であり、掘削コスト等の低コスト化を図る技術と合わせて、フラッシュ発電の普及に向けて必要な技術。また、地下に存在する地熱貯留層を正確に評価・管理等し、安定的な電力供給に資する技術開発も重要であり、国主導の下、これらの技術開発が進められている。
- また、長期的には、地熱の活用範囲を飛躍的に拡大可能なEGS技術※についても検討を行う。
- 低温地熱資源を有効活用することが可能なバイナリー発電の拡大に向け、発電実証や高効率化に関する研究が必要であり、国による開発が進められている。
- なお、我が国のタービン技術の世界シェアは約7割を占めている。

導入に当たっての制度的制約等の社会的課題

- 地熱発電の導入を促進していくためには、地熱探査技術の高度化や環境に配慮した高性能な地熱発電システムの開発を進めるとともに、以下のような取組を進めていくことが必要。
- ①我が国における地熱資源開発については、自然公園内も含め、地域の地熱資源を十分に活かした規模での、地域と共生した持続可能な開発の促進のため、大規模開発を促進するための課題の解消や地理解促進支援事業の着実な実施が必要。
- ②大規模開発であれば10年程度とされる開発期間の短縮化のための環境アセスメントの迅速化や、地域内送電線等の強化が必要。

※EGS(Enhanced Geothermal System)技術とは、人工的に地熱貯留層の作成や熱水量を増大させる技術であり、熱水不足などから開発が出来なかったエリアでの新たな開発が可能となる。

技術ロードマップ



備考(海外動向、他の機関における取組)

【普及の現状】

○地熱発電については、米国が世界最大の設備容量を持ち、フィリピンやインドネシア、メキシコ、イタリアが後に続く。米国では、バイナリー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ほか、EGS技術を含む高度地熱発電システムの検討を行っている。

【技術開発の動向】

○米国では、2025年に向けた開発計画において、低コストかつ高効率な掘削・仕上技術の開発、貯留層の寿命及び生産性維持のための管理手法の開発等の分野の研究開発に取り組むこととしている。また、欧州地熱エネルギー協会(EGEC)の技術ロードマップの中では、2020年に向けた技術開発テーマとして、発電効率の改善、熱源の探査手法や掘削技術の改良等が挙げられている。

◆NEDOが関与する意義

- 自然環境に配慮した機器開発は、自然公園外においてもニーズがあることから、NEDOがリードし、ベース電源となる地熱発電の小型化・高効率化に係る機器開発を行う必要がある。
- 各メーカーが温泉熱を利用可能な小型バイナリー発電のプロトタイプシステムを開発しているが、スケール問題や初期コストの高さから、実用・普及レベルに到達しておらず、国によるリードが必要である。
- 地熱発電は資源探査から運転までのリードタイムが極めて長く、特に一定規模の地熱発電所建設にあたっては環境アセスメントが義務付けられており、地熱開発期間の大きなウェイトを占めている。事業者単独での迅速化や環境保全に関する技術開発は困難で、国が関与する必要がある。



NEDOが持つこれまでの知識、実績を活かしてリード推進すべき事業

◆実施の効果

- 小型化・高効率化された高機能地熱発電システム（バイナリー発電含む）の機器開発を行うことで、自然公園などのポテンシャルの高い地域への導入拡大につながる。
- 未利用の低温域のバイナリー発電システムを導入することにより、新たな発電市場を開拓することが期待される。
- 地熱発電は開発から運転開始までのリードタイムが長いことから、本事業により開発期間を短縮することで、地熱開発を促進させ、地熱発電の導入拡大に結び付けることが可能になる。

◆事業の目標（目標設定の背景情報）地熱発電所立地推進のためには

1. 開発コストの低減 井戸掘削コスト、**発電所建設コスト**
連系送電線建設費、運転開始後の追加掘削
2. 開発リスクの低減 **調査・開発段階のコスト、リードタイムの短縮化**
3. 自然環境との調和 自然公園内での開発推進
→**環境に配慮した優良事例作り**
4. 温泉バイナリー発電システムの導入拡大
72万kWのポテンシャル
→**高効率・低価格機器開発、温泉事業者との連携**
5. 地熱発電と立地地域（地元自治体、温泉・観光業者他）との共生
→**温泉源泉の湧出量、温度等の継続的なモニタリング**
データ積極公開
6. 関連技術人材の育成
新規開発の途絶に伴う技術者の減少
→**新規開発、技術開発の積極推進**

◆事業の目標

研究開発項目と最終目標

(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。

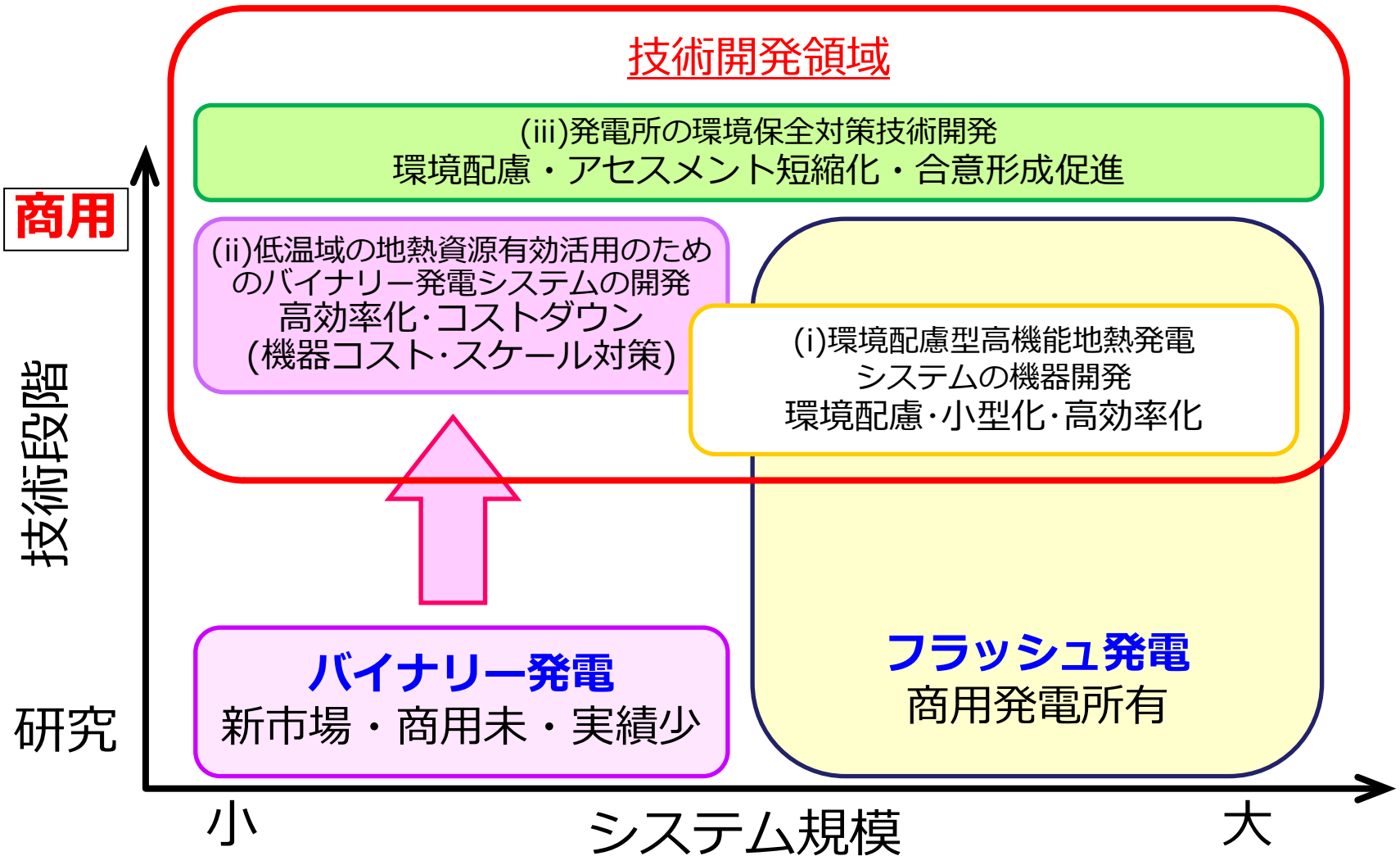
(3) 発電所の環境保全対策技術開発

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。

(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)以外で地熱発電導入拡大に資する革新的技術開発を行う。

◆事業の目標



◆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。

◆研究開発テーマ一覧(1/2)

研究開発テーマ名		委託・共同研究先
(1)	地熱複合サイクル発電システムの開発	(株)東芝
(2)	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)
	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	東京海洋大学、(株)エディット 横浜国立大学、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ト型小規模発電システムの開発	アドバンス理工(株) (株)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)
	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	東京大学 旭硝子(株)
	水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発	(一財)エネルギー総合工学研究所 (株)アーカイブワークス、東京大学

◆研究開発テーマ一覧(2/2)

研究開発テーマ名		委託・共同研究先
(3)	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) 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	(一財)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	(国研)産業技術総合研究所 地熱エンジニアリング(株)
	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)、(株)風景デザイン研究所 法政大学
(4)	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)超電導機構、大阪大学 (国研)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	(一財)電力中央研究所 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	イノベーティブ・デザイン&テクノロジー(株) 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)、(国研)産業技術総合研究所 エヌケーケーシームレス鋼管(株)
	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	東北大学、東北特殊鋼(株) (株)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リング法の研究開発	秋田大学、(株)管通 東北大学、東京海洋大学

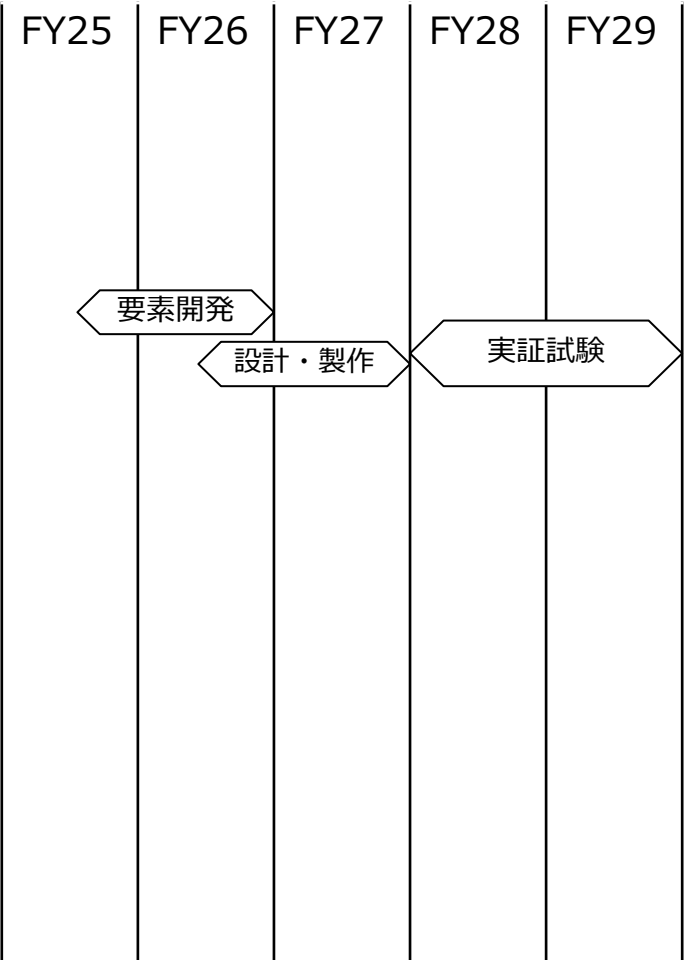
◆ 研究開発の実施体制

(1) 環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発

NEDO

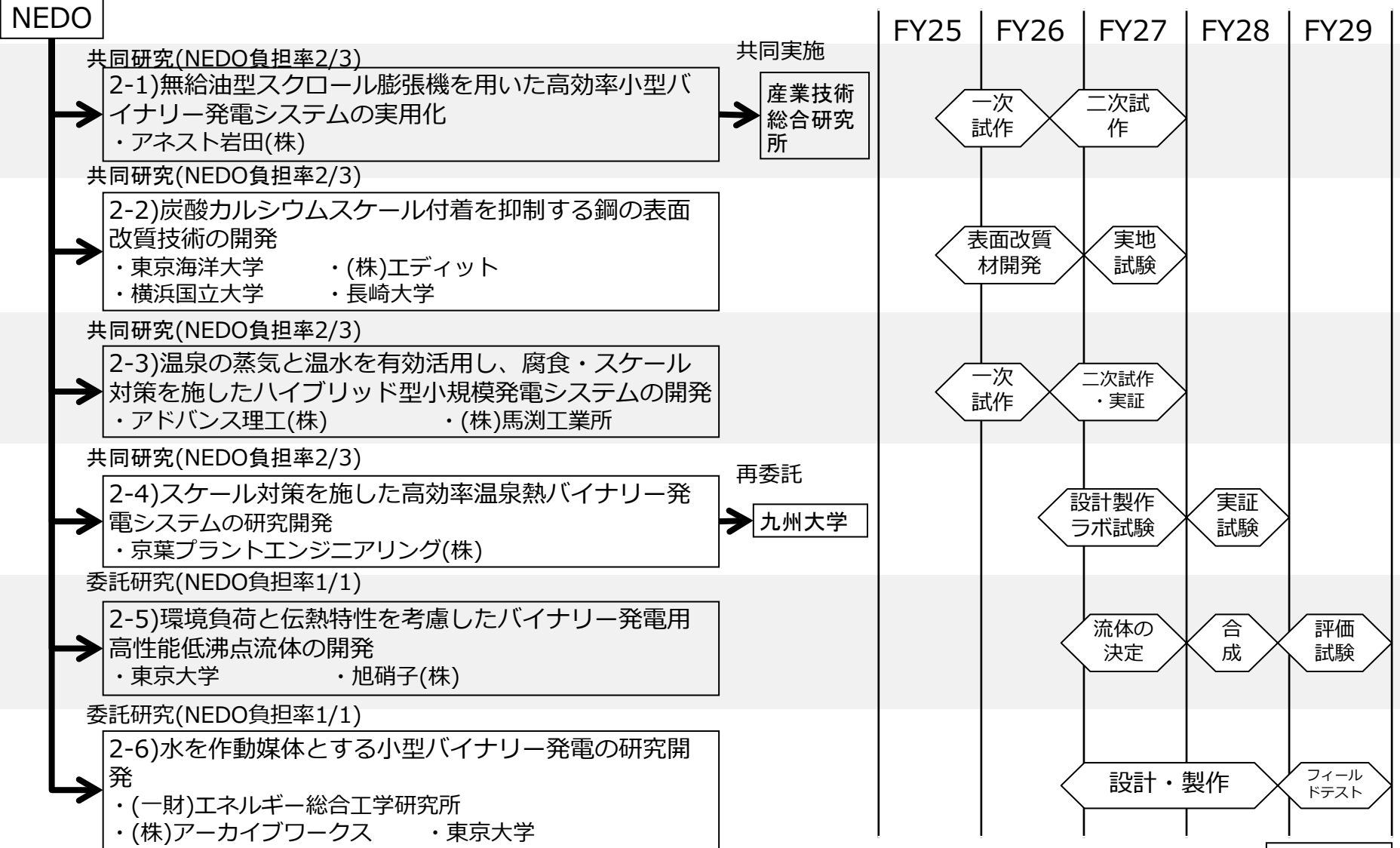
共同研究(NEDO負担率2/3)

1-1) 地熱複合サイクル発電システムの開発
・(株)東芝



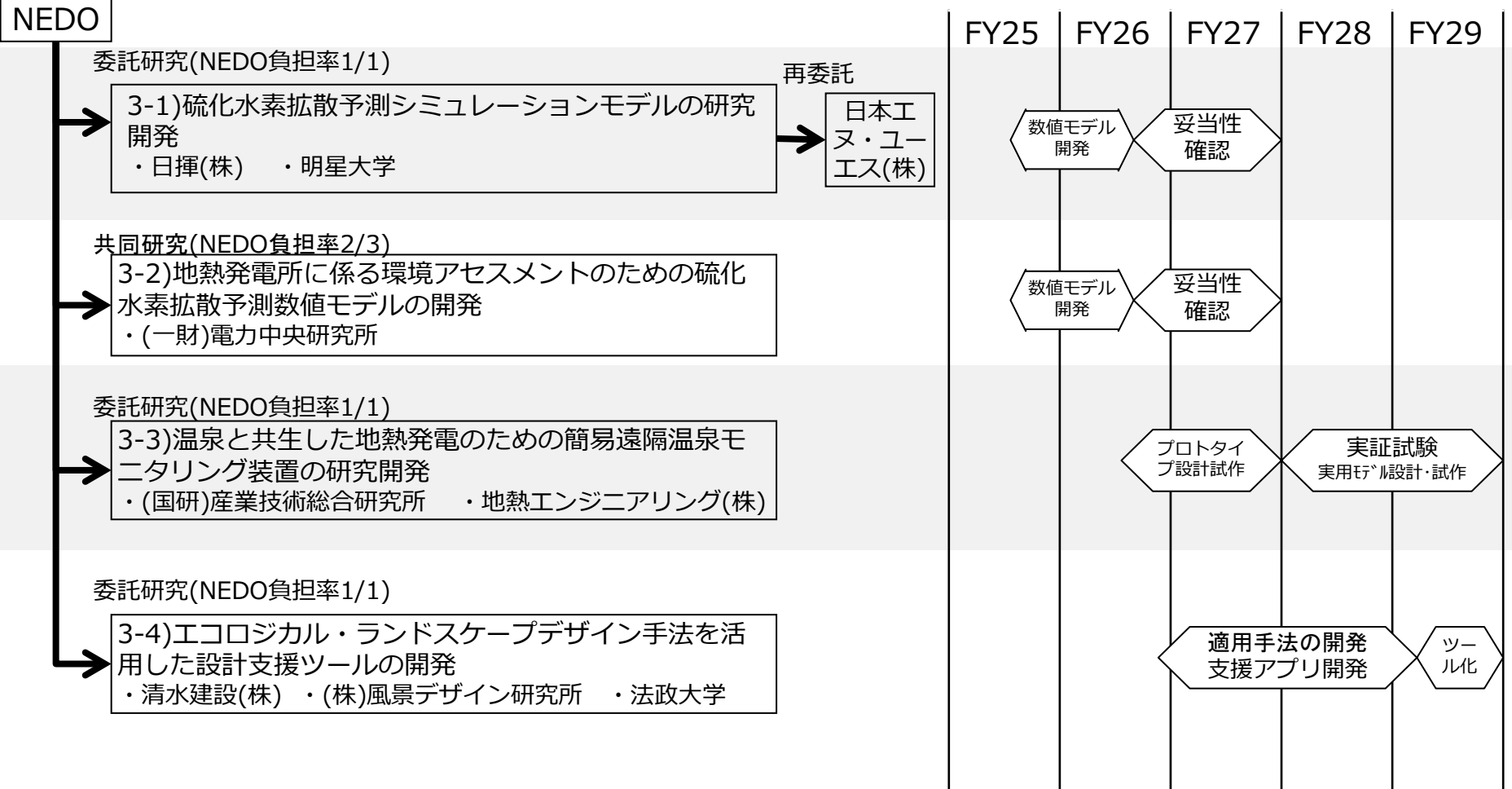
◆ 研究開発の実施体制

(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



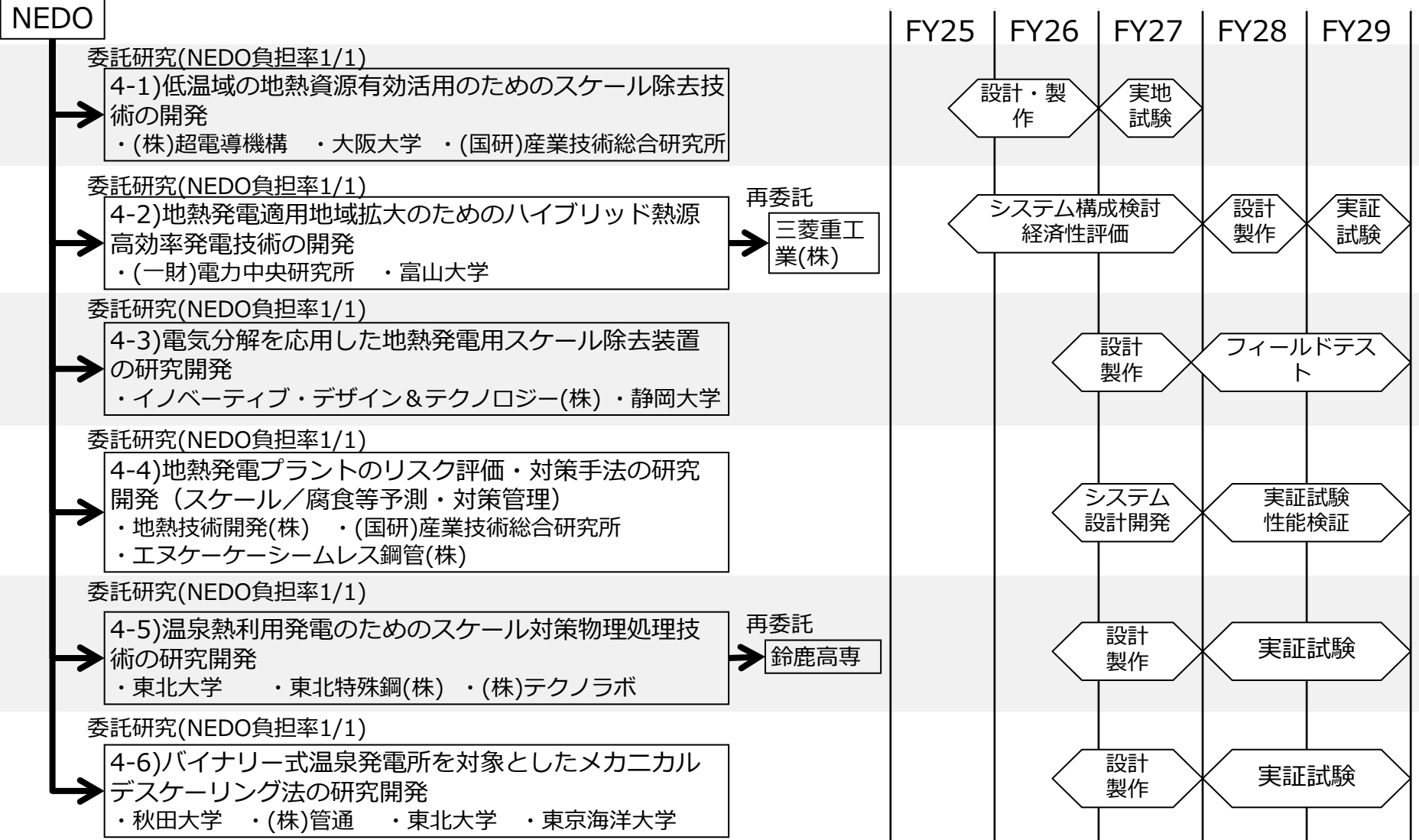
◆ 研究開発の実施体制

(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

◆研究開発の進捗管理・プロジェクトマネジメント

- ・ 開発項目の着実な実施と確実な達成に向け、適時、技術委員会を開催（現地開催を含む）し、N E D Oおよび実施者で実施内容や進捗を確認する会議を設け、必要に応じた対応方法の修正等を実施した。
- ・ 地熱発電所開発への期待が高まる社会情勢を鑑み、追加公募を複数回実施する等、時勢を捉えた新しい手法や取り組みを新規に採択。また、更なる期待の高まりの中、当該事業の進め方・あり方について、外部有識者による検討委員会をN E D Oにて設置し、これまでの開発項目のみならず、新たな開発項目に関する議論も実施した。
- ・ スケール対策技術について、重複の排除や共通課題の整理、開発の効率化を目的に、複数事業者によるシナジー効果も期待して情報交換会をN E D O主催で実施した。

◆ 動向・情勢変化への対応

関係省庁との情報交換を密にすることにより、動向と情勢を把握しつつ、開発マネジメントに活かしている。

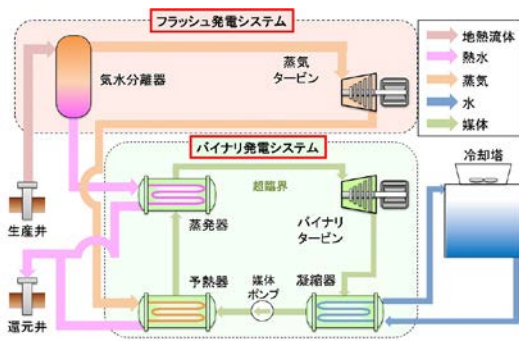
情勢	対応
平成26年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画(震災以降、最初の計画)においても地熱発電は、発電コストも低く、安定的に発電を行うことが可能なベースロード電源を担うエネルギー源として位置づけられ、期待は更に高まっている。	平成26年度には追加公募を2回実施。また、「研究開発項目」の再構築・拡充に取り組むべく、「NEDO地熱発電技術研究開発の今後の進め方に関する検討委員会」を設置して議論を実施。
研究開発に伴い、スケール対策技術の複雑性・重要性が認識された。	事業者間の知見を共有し開発を効率化する事を目的にスケール対策検討会(12テーマ、21事業者、26名参加)を開催し、各テーマの間の情報交換の促進を図った。
環境省において平成27年3月より「国立・国定公園内の地熱開発に係る優良事例形成の円滑化に関する検討会」が開催され、優良事例形成に向けた議論が開始された。	優良事例形成に資する取り組みについては、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を採択(平成26年12月採択)し、既に取り組みを開始している。

◆知的財産管理

- ・ 開発成果に対する取り扱いとして、委託事業の成果に関わる知的財産権等については原則として、すべて実施機関に帰属させることとする（「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等）。
- ・ 実施機関においては、我が国の産業競争力の強化に資するべく、開発した技術や成果の特徴を踏まえた知的財産マネジメントを実施する。

◆各実施者の開発概要

(1) 環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発

実施者	(株)東芝
概要	1-1) フラッシュ方式と超臨界バイナリー方式の複合サイクル発電システムの開発
開発項目	低沸点媒体の選定、複合サイクルの最適化、機器の開発、スケール抑制技術の開発
開発対象イメージ	

◆プロジェクトとしての達成状況

(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

	平成27年度末目標	成果	達成見込
開発成果と中間目標に対する達成度	複合サイクル発電システム実証設備の各機器の設計を完了し、実証場所を確保出来た場合に各機器の製作を完了する。	複合サイクルに適する低沸点媒体を選定し、目標熱効率20%を可能とするヒートバランスを構築した。このヒートバランスに基づき、バイナリータービンおよび各種熱交換器の機器開発・設計を完了した。	△

- ・ H28年度以降に予定した実証試験については、実証試験場所が確保出来ず未実施。
- ・ 本研究開発テーマ（複合サイクル発電システムの開発）において、地熱複合サイクル発電システム開発案件対処検討有識者協議会をH27年4-7月に開催の上、実証試験未実施で契約を完了する事を決定した。

当該研究開発項目は、大型地熱発電所への適用を想定した目標を設定し、技術例示を行った上で、公募を実施したが、現在進行している案件がない状況。

研究開発目標：地熱発電システムの小型化に資する技術の確立

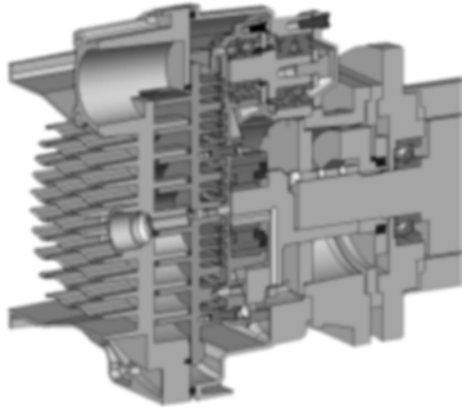
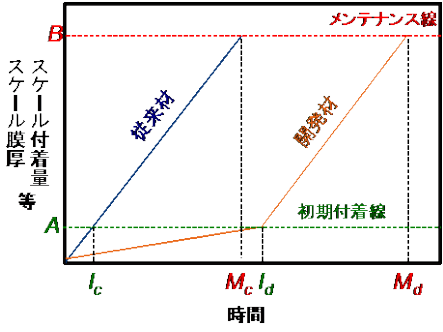
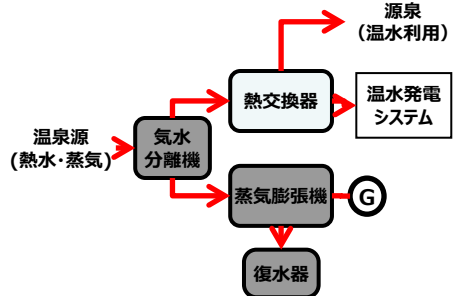
技術例示	実施者	問題意識
熱効率を20%以上に向上させる技術	(株)東芝	実証試験の困難性に直面
冷却塔高さを10m以下に低減する技術	提案者なし	実施者の不在 実証試験の困難性
敷地面積を1割程度低減する技術	提案者なし	実施者の不在 実証試験の困難性

N E D O の取り組み

これらの状況を踏まえ、外部有識者からなる「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、実証試験のあり方や「研究開発項目」の再構築・拡充などを議論した。

◆各実施者の開発概要

(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

実施者	アネスト岩田(株)	東京海洋大、(株)エディット、長崎大、横浜国立大	アドバンス理工(株)、(株)馬淵工業所
概要	2-1)無給油型スクロール膨張機を用いたバイナリー方式発電システムの開発	2-2)表面改質によりスケール初期付着を抑制しメンテナンス周期を延長	2-3)小規模の蒸気発電・温水発電のハイブリッドシステムの開発
開発項目	発電効率向上、メンテナンスサイクル延長、コスト低減	表面改質材の開発、スケール抑制機構のモデル化	スクロール型蒸気膨張機の開発、温泉発電システムとのハイブリッド化
開発対象イメージ			

◆各実施者の開発概要

(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>実施者</p>	<p>京葉プラントエンジニアリング(株)</p>	<p>東京大、旭硝子(株)</p>	<p>I礼ギ-総合工学研究所、(株)ア-カブワークス、東京大</p>
<p>概要</p>	<p>2-4)温泉水から低圧蒸気を生じさせ、スケールを除去する高効率バイナリー発電システムの開発</p>	<p>2-5)環境負荷、安全性に加え、熱効率向上及びシステムの小型化を考慮した新たな低沸点媒体の開発</p>	<p>2-6)水を作動媒体として用いるバイナリー発電システムの開発</p>
<p>開発項目</p>	<p>スケール除去フラッシュタンク、高効率熱交換器、蒸発式凝縮器、温泉井戸における性能確認</p>	<p>要求される物性値の指針、新規媒体の合成、コンパクトなバイナリーシステムの提案</p>	<p>水潤滑軸受など発電装置の開発、熱交換器の高性能化、フィールドテスト</p>
<p>開発対象イメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="285 835 749 1178"> </div> <div data-bbox="830 849 1304 1163"> <p>ベース材料: 例えばAE3000 (HFE-347pc-f)</p> <p>データマイニングを用いた分子設計</p> <chem>C=C</chem> <chem>O=C</chem> <p>OHラジカルとの反応性の分子シミュレーション</p> <p>目標とする沸点、熱伝導率、潜熱、GWP、引火点、毒性の実現</p> </div> <div data-bbox="1400 806 1816 1220"> </div> </div>		

◆プロジェクトとしての達成状況

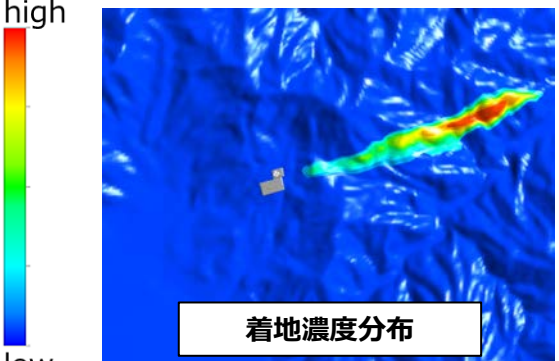
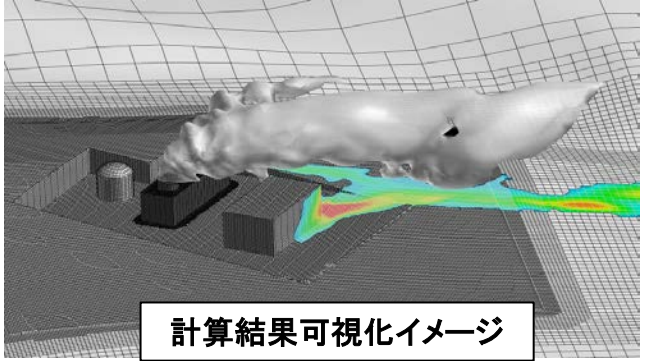
(2) 低温域の地熱資源有効活用のための小型バイナリー発電システムの開発
例、2-1) 無給油型スクロール膨張機を用いた高効率小型バイナリー発電システムの実用化

	平成27年度末目標	成果	達成見込
開発成果と中間目標に対する達成度	潤滑油不使用の小型バイナリーシステム、ハイブリッド型小規模発電システムで熱効率7%以上を達成する。	H27.7現在、膨張機を設計・製作、単体試験による最適化、試作発電システムによる評価試験を実施。摩擦試験によるシール材料のスクリーニングを実施。	○

最終目標の達成に向けては、「熱効率7%運転の実現」が課題となるが、試作システムの試運転とチューニングを通じて改良を行い、平成27年度末迄に達成する見通し。

◆各実施者の開発概要

(3) 発電所の環境保全対策技術研究開発①

実施者	日揮(株)、明星大学	電力中央研究所
概要	3-1)硫化水素拡散予測評価期間の短縮化及び費用の削減を図るべく、風洞実験に代わる計算負荷・普及性を考慮した拡散予測数値モデルを開発	3-2)硫化水素拡散予測評価期間の短縮化及び費用の削減を図るべく、風洞実験に代わる簡易及び詳細拡散予測数値モデルを開発
開発項目	<ul style="list-style-type: none"> ・硫化水素の拡散挙動の調査 ・拡散予測数値モデルの構築及び評価 ・手法確立へ向けた取組 	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所周囲の地形概況調査 ・拡散予測手法の調査 ・既存データの整備・解析 ・簡易予測数値モデルの構築・評価 ・詳細予測数値モデルの構築・評価 ・手法確立へ向けた取組
開発対象イメージ	 <p style="text-align: center;">着地濃度分布</p>	 <p style="text-align: center;">計算結果可視化イメージ</p>

◆各実施者の開発概要

(3) 発電所の環境保全対策技術研究開発②

<p>実施者</p>	<p>産業技術総合研究所、地熱エンジニアリング(株)</p>	<p>清水建設(株)、(株)風景デザイン研究所、法政大</p>
<p>概要</p>	<p>3-3)温泉変動に関する正確なデータに基づいた科学的な説明を行い地熱発電と温泉の共生を図るため、高品位なバックグラウンドデータの取得ができるハードウェアを実用化。</p>	<p>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、地域の自然環境や風致景観に配慮した地熱発電所の設計・計画を支援するツールを開発する。</p>
<p>開発項目</p>	<p>モニタリング装置の設計・試作・実証試験</p>	<p>配慮手法のパタン化、自然環境分析手法、景観分析手法、支援アプリの開発</p>
<p>開発対象イメージ</p>		

◆プロジェクトとしての達成状況

(3) 発電所の環境保全対策技術開発

例、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

	平成27年度末目標	成果	達成見込
開発成果と中間目標に対する達成度	評価期間・コストを半減した風洞実験の代替となり得るモデルを開発する。	正規分布型ブルーム式に基づく簡易予測数値モデルおよび3次元数値流体力学（CFD）モデルによる詳細予測数値モデルの基幹部分の開発を完了。	○

最終目標の達成に向けては、「複雑地形の風洞実験結果を数値モデルで再現する」ことが課題となるが、シミュレーション結果の比較検証を通じて改良を行い、平成27年度末迄に解決する見通し。

◆各実施者の開発概要

(4) 地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発（スケール対策技術①）

<p>実施者</p>	<p>(株)超電導機構、大阪大、産業技術総合研究所</p>	<p>電力中央研究所、富山大</p>	<p>イノベーション・デザイン&テクノロジー(株)、静岡大</p>
<p>概要</p>	<p>4-1)スケールが析出する前段において磁気分離により温泉水内シリカを除去する</p>	<p>4-2)地熱発電にその他の未利用エネルギーを組み合わせ、地熱発電の熱効率向上、出力増加を図る</p>	<p>4-3)電解水によるスケール除去技術を応用し、電気分解によりスケールを除去する</p>
<p>開発項目</p>	<p>スケール成分の調査、スケール除去のための前処理工程の開発、磁気分離装置の開発</p>	<p>ハイブリッド発電システムの成立性・経済性評価、小規模実証試験、スケールセンサーの開発</p>	<p>無隔膜電解装置、有隔膜電解装置の開発</p>
<p>開発対象イメージ</p>	<p>The image contains three diagrams related to geothermal power generation and scale removal:</p> <ul style="list-style-type: none"> Scale Removal Process Flowchart: Shows the treatment of geothermal water (80°C以上, シリカ濃度 200~450ppm程度). It involves pH adjustment with inorganic flocculants and strong magnetic particles, followed by open-loop magnetic separation (OGMS) and high-loop magnetic separation (HGMS) using magnets and magnetic filters. The final treated water has a temperature of 80°C以上 and a silica concentration of 150ppm程度. Hybrid Power Cycle Diagram: Illustrates a system where solar heat (太陽熱), biomass (バイオマス), and fuel cell heat (燃料電池排熱) are used to heat water in a steam boiler (蒸気過熱器). This steam drives a turbine (タービン) connected to a generator (発電機). The turbine exhausts steam into a condenser (復水器) cooled by a cooling tower (冷却塔). The condensed water is pumped back to a reduction well (還元井) and then to a steam separator (汽水分離器). A note indicates the source is from the Environment Agency's HP. Binary Cycle Diagram: Shows a geothermal binary cycle. Geothermal water (地下熱水) is pumped through a pump (Pump) to a heat exchanger (バイナリー発電機熱交換器). The heat exchanger has two points, a and b. The water at point a flows through a valve (バルブA) to an electrolyzer (電解槽). The electrolyzer produces hydrogen and oxygen, which are then used in a binary power generator. The water at point b returns to the heat exchanger. The flow rates are labeled as 流量A and 流量B. 		

◆各実施者の開発概要

(4) 地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発スケール対策技術②

<p>実施者</p>	<p>地熱技術開発(株)、産業技術総合研究所、Iマケケシムス鋼管(株)</p>	<p>東北大、東北特殊鋼(株)、(株)テクノラボ</p>	<p>秋田大、(株)管通、東北大、東京海洋大</p>
<p>概要</p>	<p>4-4)腐食・スケール付着による損傷事故の予測を行い、適正な対策手法を提示するリスク評価技術の確立</p>	<p>4-5)超音波及び高周波電磁処理によるスケール付着防止</p>	<p>4-6)源泉の自噴を止めず、配管を解体せずにスケールを機械的に除去する</p>
<p>開発項目</p>	<p>腐食・スケールデータベースの構築、モニタリング技術の開発、リスク評価システムの開発、評価実証試験</p>	<p>強度・周波数可変型高出力高周波電源、源泉坑井管内で運用できる超音波及び電磁場発生プローブの開発、実証。</p>	<p>スケール付着計測技術、ウォータージェット及びピグを用いたスケール除去装置</p>
<p>開発対象イメージ</p>			

◆プロジェクトとしての達成状況

(4)地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発

例、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

	平成27年度末目標	成果	達成見込
開発成果と中間目標 に対する達成度	地熱と、バイオマスを始めとする他の未利用エネルギーとを組み合わせたハイブリッド熱源高効率発電システムを提案し、その成立性を評価する。	発電コストがFIT価格を下回ることを確認したほか、国立公園内の仮想立地点において、バイオマスの集積可能量と、運搬・チップ化までを含めた調達コストとの関係を明らかにした。	○

◆プロジェクトとしての達成状況

スケール対策関連技術の開発

分類	利用技術	研究開発テーマ	開発内容	達成状況
付いたスケールを早く簡単に落とす	メカニカル(ウォータージェット、ピグ)	4-6	源泉を止めずに使用できる、ウォータージェット及びピグを用いたデスケーリング装置を開発する。	デスケーリング装置の試作として洗浄作業用ホース、ホース挿入部のプロトタイプを製作した。フィールド試験を準備中。
スケールを付かないようにする	金属材料の表面改質	2-2	金属表面改質により、スケールを付着しにくくして、温泉発電プラント環境におけるメンテナンス間隔を延長する。	ラボ実験で炭酸カルシウムの初期スケール付着量を4分の1にする表面改質に成功した。
	電気分解	4-3	出力20kW～50kWの温泉バイナリー設備(温泉水量60t/h)に対応した、電解スケール除去装置を開発する。	フィールド試験により電解水によるスケール除去効果を確認中。有隔膜式スケール除去装置の検討中。
	超音波及び高周波電磁処理	4-5	出力300W以上の高周波電源、150℃以上の耐熱性能を有し源泉内でも運用可能な、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開発する。	超音波、電磁場及びその複合処理効果を確認した。実証試験用高周波電源プロトタイプの製作を完了、実証試験準備中。
スケールの元を上流で取る	磁気分離	4-2	50kW級温泉バイナリー設備(湯量30t/h)に対応可能な、シリカの濃度を150ppmまで低減できる磁気分離装置を製作する。	処理温水量5t/hの磁気分離装置を試作し、シリカ濃度を150ppmまで低減できる性能を確認した。

これまで、上記5種の対策について進めてきたが、最終目標の達成に向けては、成果の評価に基づき、テーマの整理や開発費の重点投入なども検討していく。

◆知的財産等の取得、成果の普及

- 成果の普及については、NEDOは、技術情報流出に配慮しつつ、実用化・事業化を促進するため、情報発信を行うように指導。
- NEDO自身も、学会・シンポジウムでの講演、専門誌への寄稿等を行っている。
平成27年6月末時点で講演13件、専門誌への寄稿1件。

	平成25年度	平成26年度	平成27年度	計
特許出願(うち 外国出願)	1(0)	3(0)	1(0)	5(0)
論文(うち 査読付き)	0(0)	3(1)	0(0)	3(1)
研究発表・講演	3	42	4	49
新聞・雑誌等への掲載	0	1	2	3
展示会への出展	0	4	0	4

※平成27年度6月30日現在

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

本事業における「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とする。

◆「実用化・事業化」の見通し

①環境配慮型高機能地熱発電システムの機器開発

・複合サイクル地熱発電については、地熱井の気水比の特性に合わせた、最適なフラッシュ/バイナリー比を設計に織込むことで、地熱資源を最適に利用するシステムを構築することが可能となり、拠点毎の坑口発電の実用化にも資すると考える。

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

・事業者が目標とする11kWで1000万円のシステムはユーザーの関心が高く、開発されれば中小温泉宿でも投資可能（バンカブル）となり導入が進むと考える。また、温泉地の再活性化モデルとして、温泉発電を中心としたビジネスの創出について宮城県鳴子温泉等各地で注目されている。

③発電所の環境保全対策技術開発

・硫化水素の拡散シミュレーションについては、経済産業省電力安全課と情報交換を行っており、「改訂・発電所に係る環境影響評価の手引 平成27年7月改訂（経済産業省 電力安全課）」において奨励ツールとして掲載されれば、環境アセスメントに必須なツールとなる為、実用化は確実である。

・エコロジカルランドスケープのツール化が進めば、環境アセスメント検討時に利用を希望する事業者は既に複数おり、今後の地熱発電所立地開発に必携のツールとなると想定している。

④革新的技術開発

・スケール対策技術は、発電事業者やスケール対策が負担となる温泉地（長崎県小浜温泉等）において高い関心が有り、コストダウンが目標通りに進めば、採用を希望する事業者は多い。また、小型バイナリーや既存大型地熱発電所に於いても、その技術が利用され実用化する可能性は高い。

◆実用化・事業化に向けた具体的取り組み

・スケール対策技術開発については、可能な限り、実際にバイナリー発電システムの導入可能な温泉、或いは既に計画のある温泉にて実証事業を行い、実地にて問題を確認して、事業化に結びつける。

・エコロジカルランドスケープについては、多くの地熱開発事業者らが集まる、JOGMEC（※1）成果報告会にて、当該事業の取り組みを紹介するなど、将来ユーザとなりうる地熱開発関係者への情報提供に取り組んでいる。また、既に当該技術の利用希望者が複数いることや環境省が行った検討会（※2）においてエコロジカル・ランドスケープデザイン手法の活用が取り上げられる等、業界の期待は高い。

※1: 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

※2: 国立・国定公園内の地熱開発に係る優良事例形成の円滑化に関する検討会

◆波及効果

- ・事業性のあるバイナリー発電システムの開発により、国内温泉の対象市場(3kW相当1万台程度)への導入が見込める。また中小温泉地での地熱資源利用への理解が促進されることで、大規模地熱開発時の円滑な合意形成が期待できる。
- ・1990年代後半からの国内開発の沈滞による技術開発及び若手人材の育成が滞る現状に鑑みると、本事業による研究開発や人材育成等の波及効果が期待できる。
- ・また、小型バイナリー発電システムの研究開発については、未利用熱の有効活用の観点から、工場排熱等の分野にも成果の波及が期待される。