

## 事業の背景

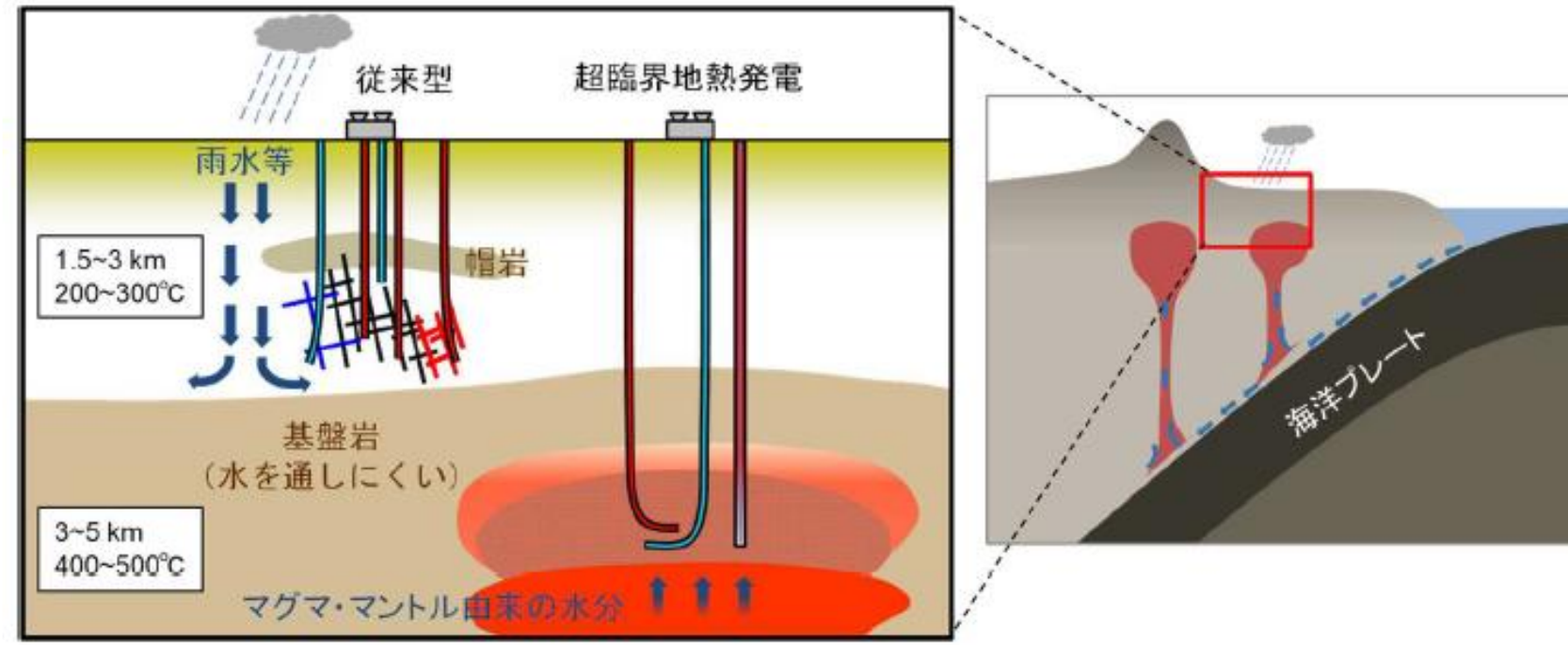
### 超臨界地熱発電

浅部マグマ内外の高温・高圧（374℃，22.1MPa（純水の臨界点）以上）の地熱系を熱源として使用する発電方式

＊流体の組成により臨界点は異なるが，それについては考慮しない

＊坑井から生産される流体は亜臨界状態

＊世界の地熱先進国（日，米，NZ，アイスランド）で発電容量を飛躍的に増大可能な方式として研究開発・実証試験を実施中



NEDO TSCフォーサイト（2021）

- ＊地熱開発加速化パッケージ（エネ庁，2024）において「次世代型地熱」のひとつにリストアップ
- ＊GI基金を使用したプロジェクト公募を予定（2026.6現在）

## 事業の概要

＊先行研究開発（NEDO2021～2023超臨界地熱プロジェクト）の成果を用いて，現実的な仮定のもと，発電シミュレーションを通じて先行研究開発における**有望4地点での最大発電可能電力，コスト概算値を算出**する。また，これまでの成果の比較検討を行う（実施項目①）

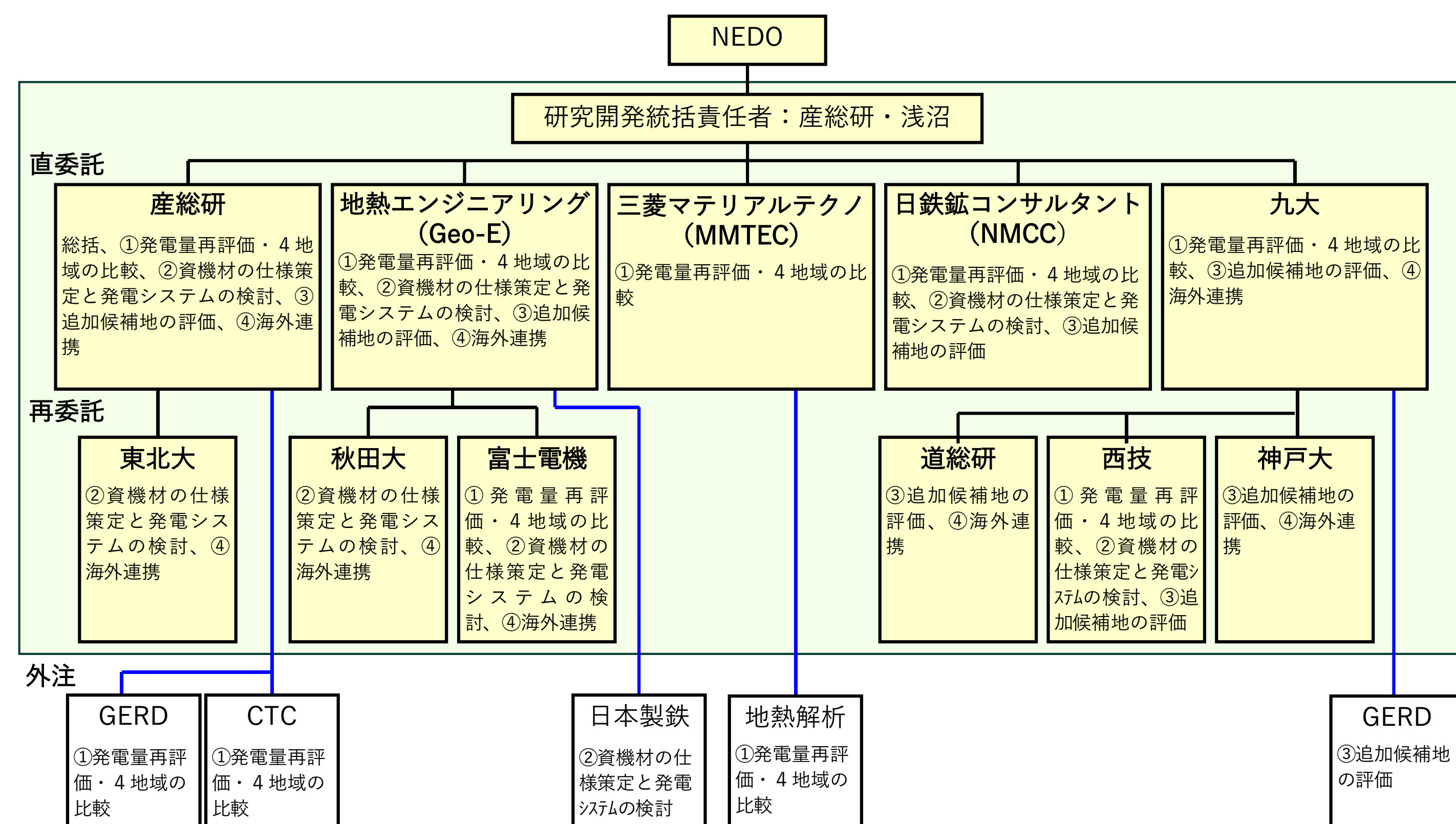
＊超臨界地熱井および地上システム内での流体組成を推定し，超臨界地熱発電を安全に経済性をもって実用化するために**必要な部材に求められる仕様，開発プラン等を具体化**する。また，発電システム全体について検討する（実施項目②）

＊国内の超臨界地熱資源存在の可能性が高い地域を対象として，超臨界地熱発電のための有望な地域の**追加候補地点のモデル化，発電量概算値の算出**等を行う（実施項目③）

＊日本における超臨界地熱研究開発の取り組みを世界に発信するとともに，**国際連携の可能性**を検討する（実施項目④）

- ＊有望地点数，ポテンシャルの増大による導入意義の拡大
- ＊商用発電に向けた資機材開発の活性化

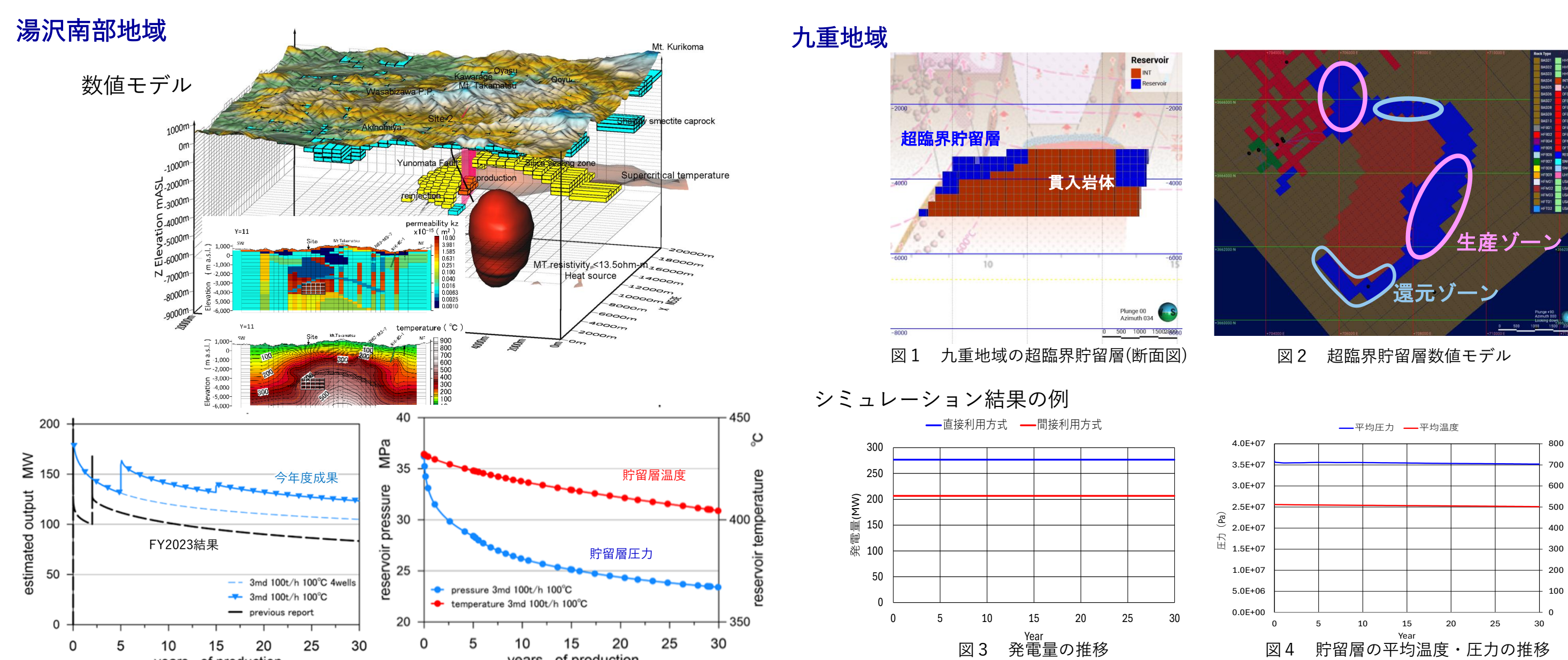
## 研究開発体制



## 研究開発工程表（事業開始時）

| 実施項目                    |                     | FY2025                             |                                                                                                          |              |                  |                 |
|-------------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|-----------------|
|                         |                     | 1Q                                 | 2Q                                                                                                       | 3Q           | 4Q               |                 |
| ①発電量再評価・4地域の比較          | 発電量再評価Sim.          | 最大発電量推定Sim.<br>(暫定版)               | 最大発電量推定Sim.<br>(最終版)                                                                                     |              | 発電量評価<br>成果取りまとめ |                 |
|                         | 4地域比較Sim.           | 4地域比較Sim.<br>(自然状態)                | 比較・検討<br>4地域比較Sim.<br>(自然状態&生産)                                                                          |              |                  |                 |
|                         | 4地域成果取りまとめ          | 内容<br>取りまとめ                        | 今後の超臨界地熱資源評価法に関する検討                                                                                      |              |                  |                 |
|                         | 4地域成果取りまとめ          | 成果取りまとめ                            |                                                                                                          |              |                  |                 |
| ②資機材の仕様策定と<br>発電システムの検討 | 流体組成                | 貯留層における流体化学組成推定                    | 坑井内・地上設備での流体化学組成推定                                                                                       |              | 成果<br>取り<br>まとめ  |                 |
|                         | ケーシング               | 有望4地点で想定する電気状況、坑井仕様等の調査            | 生産流体化学性状の情報（下記全項目で使用）                                                                                    |              |                  |                 |
|                         | セメント                | 先行研究で検討されていたセメント材料の再評価             | ①生産井・還元井・地上配管素材の候補を検討<br>②候補となる素材の腐食試験（Op）<br>③想定される環境下でのケーシング強度評価<br>④仕様の設定<br>⑤今後の課題とロードマップの検討         |              |                  |                 |
|                         | 地上設備・発電システム         | 有望4地点で想定する電気状況、発電システム等の調査          | ①超臨界環境下で必要な能力を有しているかの取り纏めと課題抽出<br>②海外の施工事例、開発動向の文献および選航調査<br>③現場施工に求められる仕様確認                             |              |                  |                 |
|                         | 超臨界地熱発電サイクル関連環境情報調査 |                                    | ①使用条件、流体条件に基づく発電サイクル立案<br>②サイクルに適用できるタービンの仕様の検討<br>③サイクルに基づく概略系統図検討<br>④各系統における最適な材質の検討<br>⑤今後の技術開発事項の検討 |              |                  |                 |
| ③追加候補地の評価               |                     | 手法、対象地域<br>検討                      | 対象地域決定                                                                                                   | 対象地域概念モデルの構築 | 追加調査の検討          | 成果<br>取り<br>まとめ |
|                         |                     | 自治体への説明                            | 資源量評価                                                                                                    |              |                  |                 |
| ④海外連携                   | 他国の地熱開発学会への交渉       | WSの詳細内容決定、講演依頼等                    | WS開催（GRC、SGW等を想定。1回開催）                                                                                   |              |                  | 成果<br>取り<br>まとめ |
|                         | 訪問先との交渉             | 他国の超臨界地熱PJ訪問（USA、NZ、Iceland各1回を予定） |                                                                                                          |              |                  |                 |
|                         |                     |                                    |                                                                                                          |              |                  |                 |

## 主な成果（最大発電量推定）



＊先行研究開発での有望4地点を対象に社会的・技術的条件を勘案した上で，最大発電量，コストを推定した。

## 主な成果（流体組成推定）

| 実施内容                                                                                                  | 達成目標                                | 本PJ成果                                                                                      | 今後の課題：後のプロジェクト、スタートアップ企業に託される課題                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (a) 文献調査や地化学モデリング等により，超臨界地熱貯留層における流体の化学組成を検討する。                                                       | (a)超臨界地熱貯留層において想定される流体組成の範囲を提示する。   | ・八幡平、葛根田、湯沢南部、九重地域それぞれで想定される超臨界地熱貯留層の流体組成範囲を推定した。起源流体と岩石が十分に反応した場合，貯留層のpHは中性～弱アルカリ性が推定される。 | 【実フィールドでの検証必要】超臨界貯留層の流体性状は起源流体と岩石との反応程度に支配されるが，反応の程度は不明である。そのため実フィールドに賦存する超臨界流体を採取して計算結果の妥当性を検証する必要がある。 |
| (b) (a)で検討した流体が噴出することを想定した地化学モデリング・水熱試験等により，坑井内および地上設備における流体化学組成を検討する。                                | (b)坑井内および地上設備において想定される流体組成の範囲を提示する。 | ・八幡平、葛根田、湯沢南部、九重地域それぞれで，坑井内および地上設備で想定される流体化学組成の範囲を推定した。多くのケースで酸性の流体性状が推定される。               | 【実フィールドでの検証必要】流体性状は温度圧力に対する相状態と相分離の程度により変化することが判明したが，実流体を採取して推定の妥当性を検証する必要がある。                          |
| (c) (b)の結果で得た坑井内および地上設備における温度、圧力、pH等の化学組成等を一覧表に整理して項目②担当者間で共有するとともに本事業で詳細検討の対象としない各種資機材等の設計指針として公開する。 |                                     | ・各地域の代表的な噴出熱水/還元熱水のpHを5.5にするに必要なNaOH量を推定した。                                                | 【手法のブラッシュアップ】流体性状を推定する手法をブラッシュアップする必要がある。                                                               |
|                                                                                                       |                                     | ・気相-液相2相領域で界面や流体の流れに影響するシリカ析出様式を実験で示した。NaClによりシリカ粒子の輸送・析出様式に与える影響を示した。                     | 【シリカ性状】塩水によるシリカ析出・輸送・付着プロセスについて，より系統的な実験を行う必要がある。室内実験での流体状態の変化によるシリカ析出挙動を実フィールドでの状況と対応づける検討が必要である。      |

＊先行研究開発での有望4地点を対象に貯留層から地上設備内での流体性状を推定した。

## 主な成果

### 研究開発項目①：発電量再評価・4地点の比較

＊今後，各種条件等をさらに精査する必要があるものの，有望4地域で最大145～420MW/地点の発電を8.5～17.6円/kWhで実現可能なケースがあることを示した。

### 研究開発項目②：資機材の仕様策定と発電システムの検討

- ＊地球化学的シミュレーションを通じて有望4地域での地下，坑内，地上設備内での流体組成を推定し，多くのケースで酸性流体の存在を推定した。
- ＊国内で短期間に試験可能な条件で市販材料を評価した。腐食の観点からはスーパー二相鋼が優れていることを確認した。
- ＊想定条件をもとに発電システムを設計し，建設費，運転費を算出した。

### 研究開発項目③：追加候補地の評価

＊東日本，九州地点で追加候補地の検討を行い，スクリーニング通過4地点について資源量の概算，および開発可能性検討を行った。

### 研究開発項目④：海外連携

- ＊国際学会において，我が国の超臨界地熱PJの現状に関する講演を行った。
- ＊各国の超臨界／超高温地熱PJを訪問し，現状調査，ならびに共同研究の企画立案を行い，新規NEDOプロ提案に結び付けた。

## 今後の展開

| 資源エネルギー庁(2026)         |         |         |         |         |         |              |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| GI基金での取組               |         |         |         |         |         |              |
| 設計・建設等（基金対象外）          |         |         |         |         |         |              |
| ★ステージゲート審査             |         |         |         |         |         |              |
| 【研究開発内容1】超臨界地熱技術の開発    | 2026年度  | 2027年度  | 2028年度  | 2029年度  | 2030年度  | 2031～2040年度  |
|                        | 調査計画の策定 | 調査計画の策定 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 2030年代早期の実用化 |
| 【研究開発内容2】クローズドループ技術の開発 | 調査計画の策定 | 調査計画の策定 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 2030年代早期の実用化 |
|                        | 調査計画の策定 | 調査計画の策定 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 2030年代早期の実用化 |
| 【研究開発内容3】EGS技術の開発      | 調査計画の策定 | 調査計画の策定 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 2030年代早期の実用化 |
|                        | 調査計画の策定 | 調査計画の策定 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 2030年代早期の実用化 |
| 【研究開発内容4】共通基盤の技術開発     | 調査計画の策定 | 調査計画の策定 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 2030年代早期の実用化 |
|                        | 調査計画の策定 | 調査計画の策定 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 事業可能性調査 | 2030年代早期の実用化 |

＊GI基金を使用した超臨界地熱プロジェクト成功のためには，それを支えるNEDO研究開発が非常に重要