

2021年度成果報告会

超臨界地熱発電技術研究開発／超臨界地熱資源の評価と調査井仕様の詳細設計／東日本・九州地域における超臨界地熱資源有望地域の調査と抽熱可能量の推定

(国研)産業技術総合研究所
(国)北海道大学
(国)東北大学
(国)東京工業大学
(国)九州大学
(地独)北海道立総合研究機構
地熱エンジニアリング(株)
地熱技術開発(株)

西日本技術開発(株)
地熱技術開発(株)
(国)京都大学（再委託）

問い合わせ先
(国研)産業技術総合研究所
浅沼 宏
E-mail: h.asanuma@aist.go.jp
TEL: 029-861-6204

事業概要

1. 期間

開始：2018年8月

終了：2021年3月

2. 最終目標

後志地域（ニセコ地点），仙岩地域（葛根田地点）および豊肥地域（九重地点）について地表調査結果，超臨界地熱システムモデル化結果，及び抽熱シミュレーション結果を総合評価し，地下5km以浅に比較的若い年代のマグマが定置した箇所を特定し，超臨界地熱資源量の規模を具体的に評価する（100MW規模）。

3. 成果・進捗概要

対象3地域について地表調査結果，超臨界地熱システムモデル化結果，及び抽熱シミュレーション結果を総合評価し，地下5km以浅に比較的若い年代のマグマが定置した箇所を特定するとともに，全地域について100MWの発電を30年間実現可能な開発モデルがあることを示した。また，調査対象である全3か所の調査対象地点の特徴をまとめるとともに，超臨界地熱開発に関連した社会的条件等を調査した。

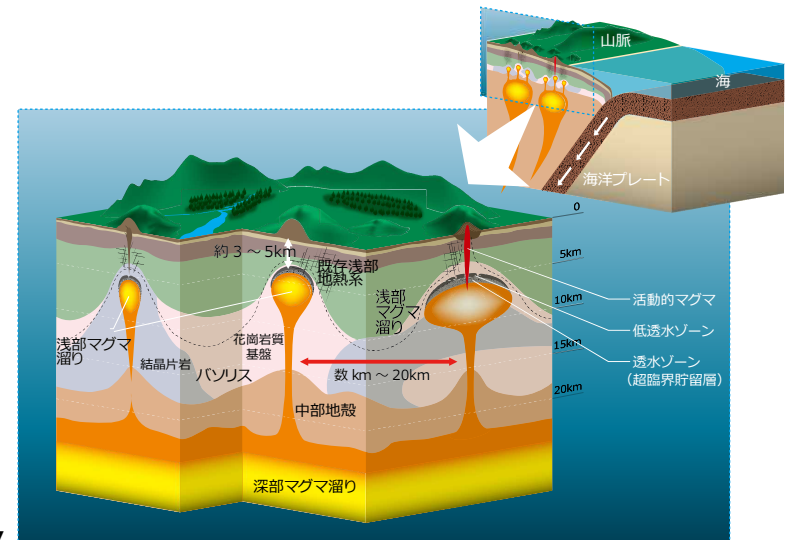
背景と目的

本事業の受託者の大部分が参画したNEDO「エネルギー・環境新技術先導プログラム・島弧日本のテラワットエネルギー創成先導研究」、およびNEDO「地熱発電技術研究開発／地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発」（以下、両者を合わせて「先行研究」と呼ぶ）を通じて、(a)シンプルなモデルによる超臨界地熱システムを利用した発電量の概算、(b)開発に必要な資材の検討、(c)経済性評価、(d)人工貯留層造成の可能性検討等を実施し、超臨界地熱発電の実現可能性を示した。

これらの研究開発成果を受け、内閣府等が策定した超臨界地熱開発ロードマップ中の研究開発課題「①超臨界水の状態の把握及び地下物理現象の把握・掘削技術」については、「試掘への詳細事前検討フェーズ」に入り、超臨界地熱資源システムが形成されている可能性が高い地域における超臨界水の状態把握と資源量評価を実施することとなった。

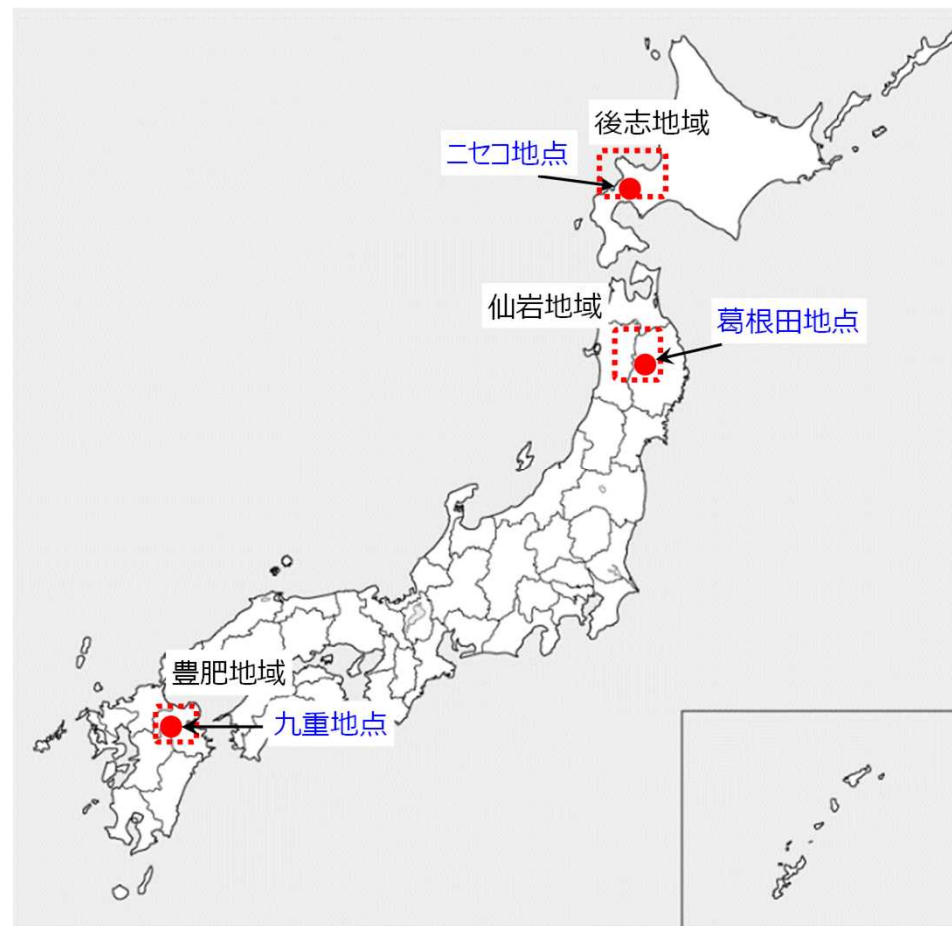
このためには以下の点について調査・研究を行う必要がある、これらを本研究開発の目標とした。

- * 有望地域での地質学的・地球化学的データの取得、統合解析、モデル化
- * 超臨界地熱システム対応 3Dシミュレーションコードによる抽出可能熱量の推定、および抽熱システム等の検討



先行研究開発により得られた東北地方での超臨界地熱システム概念図

開発内容



本研究開発における対象地域（地下情報等の収集を行う範囲）及び対象地点（超臨界地熱システムの評価を行う予定地点）。概ね1Ma以下の火山岩年代の火山が存在しており、また比較的浅い深度にマグマが定置している可能性が示唆されている地域を選択した。

開発内容

- ① 資源量・発電ポテンシャル評価法の検討（○産総研，北海道大学，東北大学，東京工業大学，京都大学，九州大学，道総研，地熱エンジニアリング，地熱技術開発，西日本技術開発）
- * 現地調査における調査方法・資源量評価方法を検討し，調査方法の具体的内容を決定する
 - * 抽熱シミュレーションで使用する抽熱モデルを決定する
 - * 抽熱シミュレーション及び資源量評価の結果の妥当性を検証する
 - * 海外の超高温地熱開発プロジェクトにおける資源量評価手法を用いて本プロジェクトにおける調査地点の資源量評価を行う
- ② 東日本における超臨界地熱システム調査（○産総研，北海道大学，東北大学，東京工業大学，京都大学，道総研，地熱エンジニアリング，地熱技術開発）
- * 後志地域（ニセコ地点），仙岩地域（葛根田地点）における各種規制・社会的条件，地理・地形条件，火山活動履歴，地化学温度，浅所熱水，深部熱水，マグマインプット等に関する情報について調査を行い，その結果をGISへ入力する
 - * 後志地域（ニセコ地点），仙岩地域（葛根田地点）において広域MT法探査を実施し，深部比抵抗イメージを得る
 - * 後志地域（ニセコ地点），および仙岩地域（葛根田地点）について，研究開発項目①で策定された評価方法に基づき，各地点の超臨界地熱システムの特徴を明らかにするとともに，有望域候補地点を絞り込み，超臨界地熱システムのモデルを決定する

開発内容

- ③ 九州における超臨界地熱システム調査（○九州大学，産総研，北海道大学，東京工業大学，京都大学，西日本技術開発）
 - * 豊肥地域（九重地点）における各種規制・社会的条件，地理・地形条件，火山活動履歴，地化学温度，浅所熱水，深部熱水，マグマインプット等に関する情報について調査を行い，その結果をGISへ入力する
 - * 豊肥地域（九重地点）において広域MT法探査を実施し，深部比抵抗イメージを得る
 - * 豊肥地域（九重地点）について，研究開発項目①で策定された評価方法に基づき，各地点の超臨界地熱システムの特徴を明らかにするとともに，有望域候補地点を絞り込み，超臨界地熱システムのモデルを決定する
- ④ 資源量評価（○地熱技術開発，産総研，東北大，地熱エンジニアリング）
 - * 既存抽熱シミュレータの3D化を行い，妥当性を検証する
 - * 複数の開発形態を対象とし，容積法ならびに抽熱シミュレーションにより，対象3地点の抽熱量を推定する
 - * 公開データを基に，海外高温地熱地域での抽熱量を推定する
- ⑤ まとめ（○産総研，北海道大学，東北大学，東京工業大学，京都大学，九州大学，道総研，地熱エンジニアリング，西日本技術開発，地熱技術開発）
 - * 抽熱シミュレーション結果，地質学的・社会的条件等を勘案し，3地点の特徴をまとめるとともに，調査井掘削候補地点としてのランキングを行う

開発スケジュール

事業項目	2018年度				2019年度				2020年度			
	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
① 資源量・発電ポテンシャル評価法の検討												
② 東日本における超臨界地熱システム調査												
③ 九州における超臨界地熱システム調査												
④ 資源量評価												
⑤ まとめ												

実施体制

NEDO

代表研究機関

産業技術総合研究所

* 研究項目：
総括, ①資源量評価法の検討, ②東日本での調査, ③九州での調査, ④資源量評価, ⑤まとめ

北海道大学

* 研究項目：
①資源量評価法の検討, ②東日本での調査, ③九州での調査, ⑤まとめ

東北大学

* 研究項目：
①資源量評価法の検討, ②東日本での調査, ④資源量評価, ⑤まとめ

東京工業大学

* 研究項目：
①資源量評価法の検討, ②東日本での調査, ③九州での調査, ⑤まとめ

九州大学

* 研究項目：
①資源量評価法の検討, ③九州での調査, ⑤まとめ

再委託

京都大学

* 研究項目：
①資源量評価法の検討, ②東日本での調査, ③九州での調査, ⑤まとめ

道総研

* 研究項目：
①資源量評価法の検討, ②東日本での調査, ⑤まとめ

地熱エンジニアリング(株)

* 研究項目：
①資源量評価法の検討, ②東日本での調査, ④資源量評価, ⑤まとめ

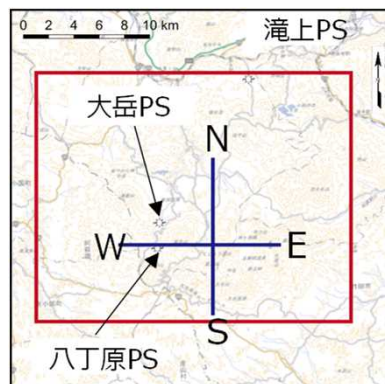
西日本技術開発(株)

* 研究項目：
①資源量評価法の検討, ③九州での調査, ⑤まとめ

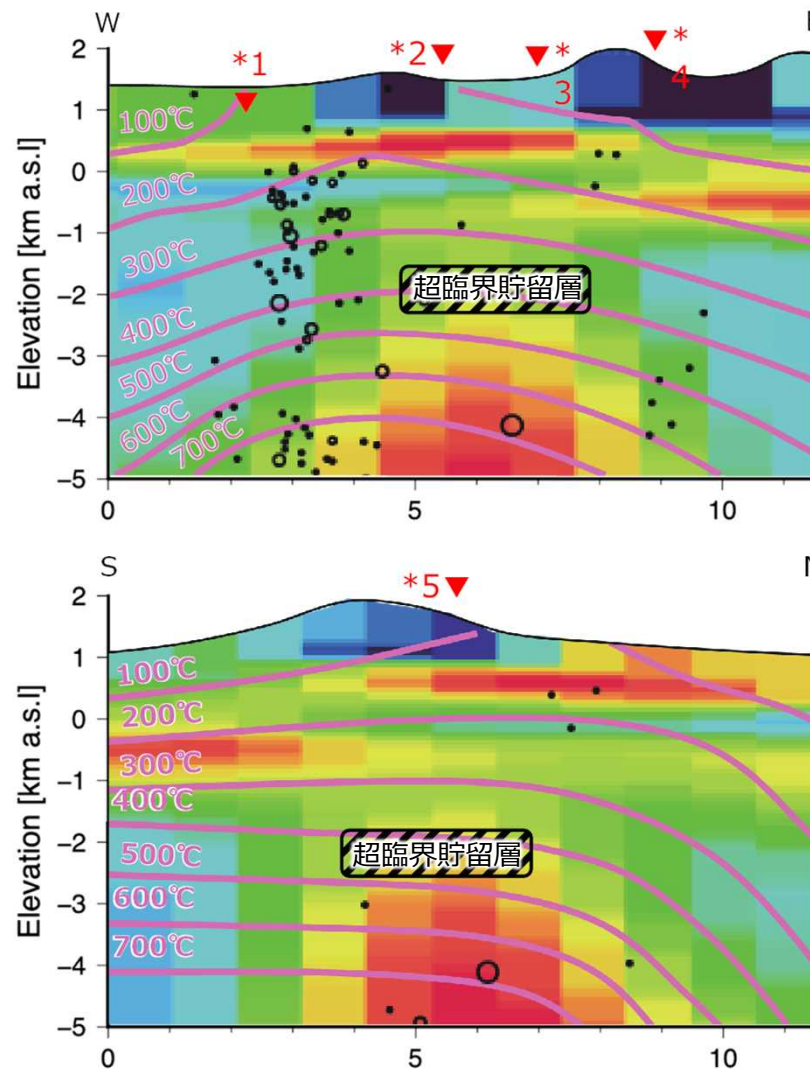
地熱技術開発(株)

* 研究項目：
①資源量評価法の検討, ②東日本での調査, ④資源量評価, ⑤まとめ

成果の例



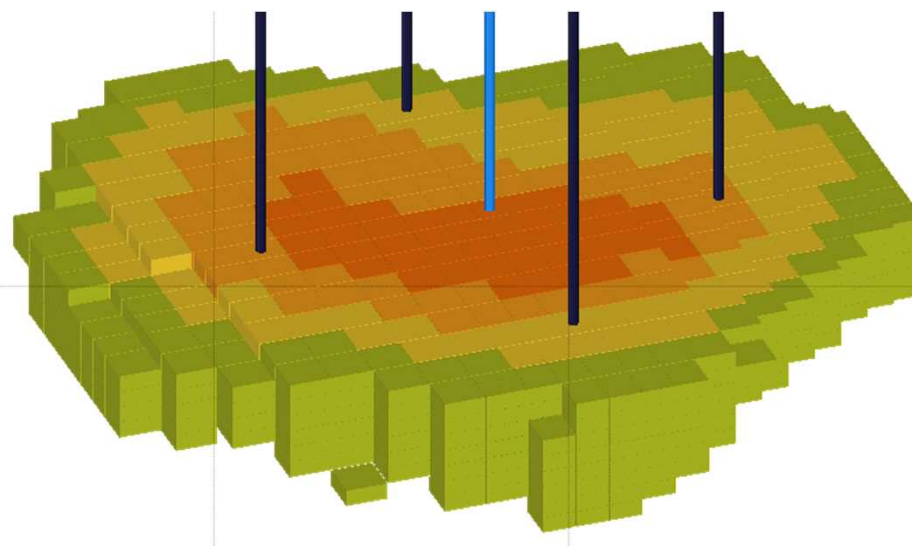
- *1▼ : 八丁原発電所
- *2▼ : 黒岩山
- *3▼ : 南北断面位置
- *4▼ : 九重硫黄山
- *5▼ : 東西断面位置



成果

* 豊肥地域において八丁原地熱発電所から九重硫黄山にかけての領域の海拔-2000m程度の位置に超臨界地熱貯留層として有望な構造が存在していることを確認した。同様の結果が他の2地域についても得られた。

成果の例



貯留層主要領域のブロックモデル

	Permeability [m ²]	Porosity [-]
	3.16×10^{-15}	0.051
	1.00×10^{-14}	0.064
	3.16×10^{-14}	0.079
	1.00×10^{-13}	0.097

成果

* 各地域において、物理探査データ、坑井データ等から超臨界貯留層内の温度分布、浸透率分布等を推定し、抽熱シミュレーションを行ったところ100MWの発電を30年以上実現可能であることが明らかとなった（図は豊肥地域の例）。

目標達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度
①「資源量・発電ポテンシャル評価法の検討」	<ul style="list-style-type: none"> * 抽熱シミュレーション及び資源量評価の結果の妥当性を検証する。 * 海外の超高温地熱開発プロジェクトにおける資源量評価手法を用いて本プロジェクトにおける現地調査地点の資源量評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> * 複数地点の資源量を比較可能にするため、客観性の高いMT法3次元インバージョン最適化法坑井温度プロファイル等にもとづく3次元地下温度構造推定法を導出した。 * Archie則、RPGZ式を用いて比抵抗値から超臨界地熱貯留層の浸透率、間隙率を推定する手法を導出した。 * 抽熱シミュレーション結果の妥当性を示した。 * 海外の超高温地熱開発プロジェクトにおけるheat in place法（USGS）等の資源量評価手法を用いて本プロジェクトにおける現地調査地点の資源量評価を行った。 	100%
②「東日本における超臨界地熱システム調査」	<ul style="list-style-type: none"> * 仙岩地域（葛根田地点）および後志地域（ニセコ地点）について地表調査結果及びシミュレーション結果を総合評価し、地下5km以浅に比較的若い年代のマグマが定置した箇所を特定し、超臨界地熱資源量の規模を具体的に評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> * 仙岩地域（葛根田地点）および後志地域（ニセコ地点）について、それぞれ110地点、116地点のMT法データを使用して3次元比抵抗構造解析を実施した。また、坑井プロファイルに基づいて3次元温度構造を推定した。 * 両地域について地表調査結果及びシミュレーション結果を総合評価し、地下5km以浅に比較的若い年代のマグマが定置した箇所を特定し、超臨界地熱資源量の規模を具体的に評価した。 	100%

目標達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度
③「九州における超臨界地熱システム調査」	<ul style="list-style-type: none"> * 豊肥地域（九重地点）について地表調査結果及びシミュレーション結果を総合評価し，地下5km以浅に比較的若い年代のマグマが定置した箇所を特定し，超臨界地熱資源量の規模を具体的に評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> * 豊肥地域（九重地点）について94地点のMT法データを使用して3次元比抵抗構造解析を実施した。また，坑井プロファイルに基づいて3次元温度構造を推定した。 * 地表調査結果及びシミュレーション結果を総合評価し，地下5km以浅に比較的若い年代のマグマが定置した箇所を特定し，超臨界地熱資源量の規模を具体的に評価した。 	100%
④「資源量評価」	<ul style="list-style-type: none"> * 調査対象地域（3地点）の抽熱量を推定する。 * 海外の高温地熱開発プロジェクトで取得され公開されている地下データを基に，海外高温地熱地域での抽熱量を推定する。 	<ul style="list-style-type: none"> * 複数の抽熱・発電方式想定し，調査対象地域（3地点）の抽熱量を推定した。 * 米国ガイザースでの地熱開発プロジェクトで取得され公開されている地下データを基に，同地熱地域での抽熱量を推定した。 	100%
⑤「まとめ」	<ul style="list-style-type: none"> * 全3地域での地表調査結果及びシミュレーション結果を総合評価し，地下5km以浅に比較的若い年代のマグマが定置した箇所を特定し，超臨界地熱資源量の規模を具体的に評価する（1地域あたり100MW規模）。 * 全3地域の特徴をまとめるとともに，調査井掘削候補地点としてのランキングを行う。 * 不確定性を十分低減できなかった項目について今後の研究開発方針を提示する。 	<ul style="list-style-type: none"> * 調査対象である全3地域での地表調査結果及びシミュレーション結果を総合評価し，地下5km以浅に比較的若い年代のマグマが定置した箇所を特定し，超臨界地熱資源量の規模を評価した（各地域100MWe以上）。 * 調査対象である全3か所の調査対象地点の特徴をまとめるとともに，社会的条件等を調査した。 * 不確定性を十分低減できなかった項目について今後の研究開発方針を提示した。 	100%

実用化の見通し

本事業を通じて、調査対象3地域において、超臨界地熱システムが存在する地点および、その深度が示されるとともに、100MW以上の発電が可能であることが示された。今後、最有望地点においてより詳細な調査・モデル化を行うとともにパイロット孔、調査井の仕様を策定し、超臨界地熱資源の存在実証に結び付ける。その後の早い段階でパイロットプラントを設置し、実用上の課題抽出、およびその解決等を通じて、2040年頃までの商用発電実現を目指したい。