

2024年度成果報告会 プログラムNo.1

NEDOの地熱発電研究開発の取り組み

発表日：2024年12月18日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名： 近藤 洋裕

団体名： NEDO 再生可能エネルギー部 熱利用・地熱発電ユニット

問い合わせ先： thermalgroup@ml.nedo.go.jp

- ・2012年度のFIT制度施行を受け、2013年度より地熱発電の導入拡大を推進するため、地熱研究開発事業を再開。
- ・2010年度「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」（2010年12月閣議決定）を踏まえ、2012年度から地熱資源開発・調査業務はJOGMECへ移管。
- ・地熱利用技術開発に係る業務は、引き続きNEDOが実施。

FY2013～2020

地熱発電技術研究開発

- ・高機能地熱発電システムの機器開発
- ・小型バイナリー発電システム開発
- ・環境保全対策技術開発
- ・高度利用化技術開発
- ・地熱発電革新的技術開発
- ・超臨界地熱の実現可能性調査
(FY2017)

2021

FY2018～2020

超臨界地熱発電 技術研究開発

- ・超臨界地熱資源評価
- ・調査井資材等の開発
- ・貯留層ETVリング手法開発

FY2021～2025

地熱発電導入拡大研究開発

- ・①超臨界地熱資源技術開発
- ・②地熱発電高度利用化技術開発
- ・③環境保全対策技術開発

背景：世界における日本の地熱資源・発電の現状



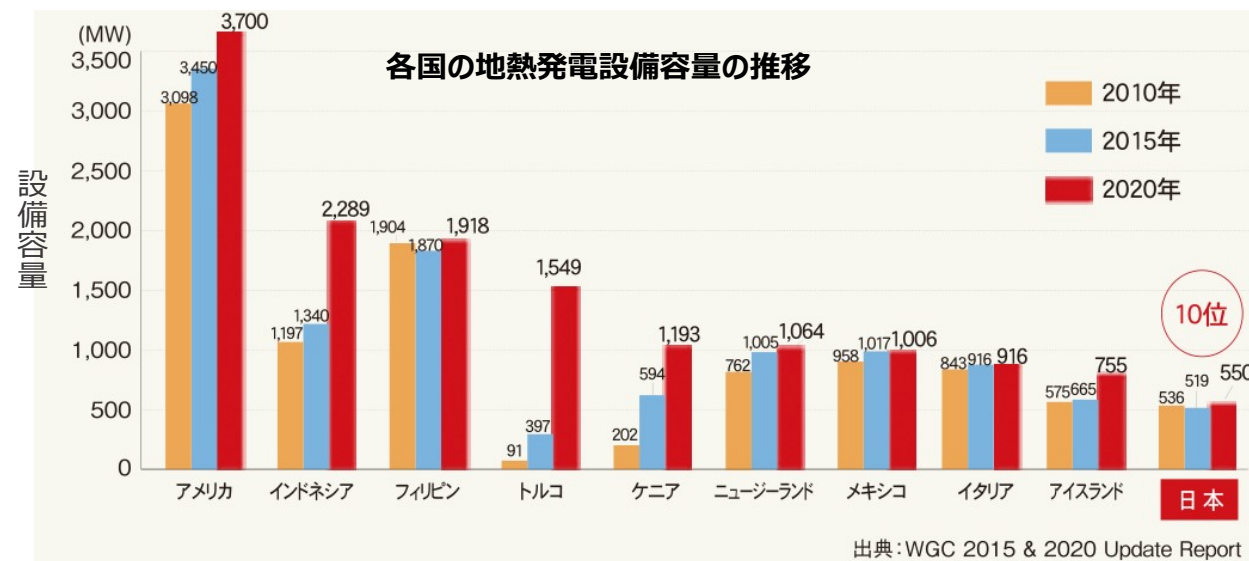
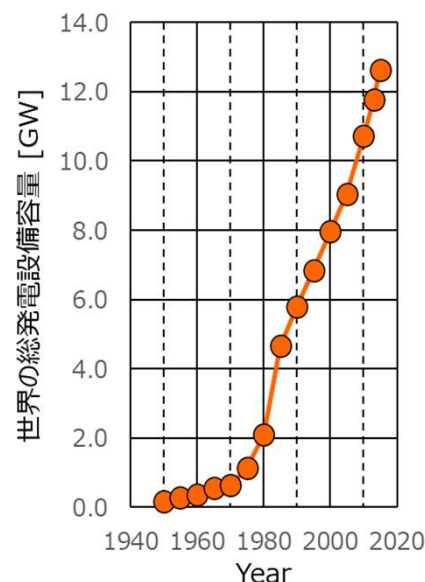
世界各国の地熱資源量と発電設備容量

- 日本の地熱資源量は米国、尼国に次いで世界第3位だが、設備容量は世界第10位。

👉 日本では豊富な地熱ポテンシャルを活かしきれていない。

- 世界の地熱発電設備容量は年平均270MWの増加率で急速に拡大。
- 米国、尼国、トルコ、ケニアで設備容量が顕著に増加。
- フィリピン、メキシコ、イタリア、日本では停滞傾向。

国名	地熱資源量 (万kW)	地熱発電設備容量 (万kW) 2016年末時点
米国	3,000	360
インドネシア	2,779	195
日本	2,347	54
ケニア	700	68
フィリピン	600	193
メキシコ	600	91
アイスランド	580	67
ニュージーランド	365	97
イタリア	327	92
ペルー	300	0



背景：地熱発電の設備容量と発電電力量

➤ 1990年代後半以降の設備容量はほぼ横ばい状態だが、発電電力量は低下。

☞ 貯留層圧力の低下、貯留層の透水性低下、低温流体の貯留層への流入、坑井の経年変化（スケール付着による生産能力低下）などが原因

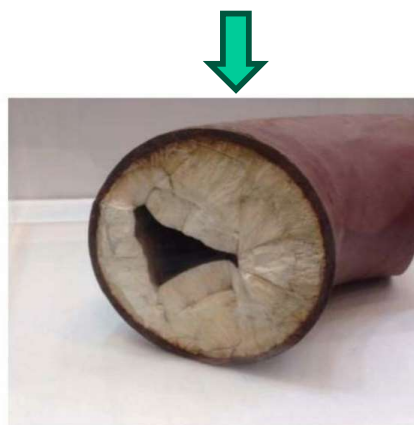
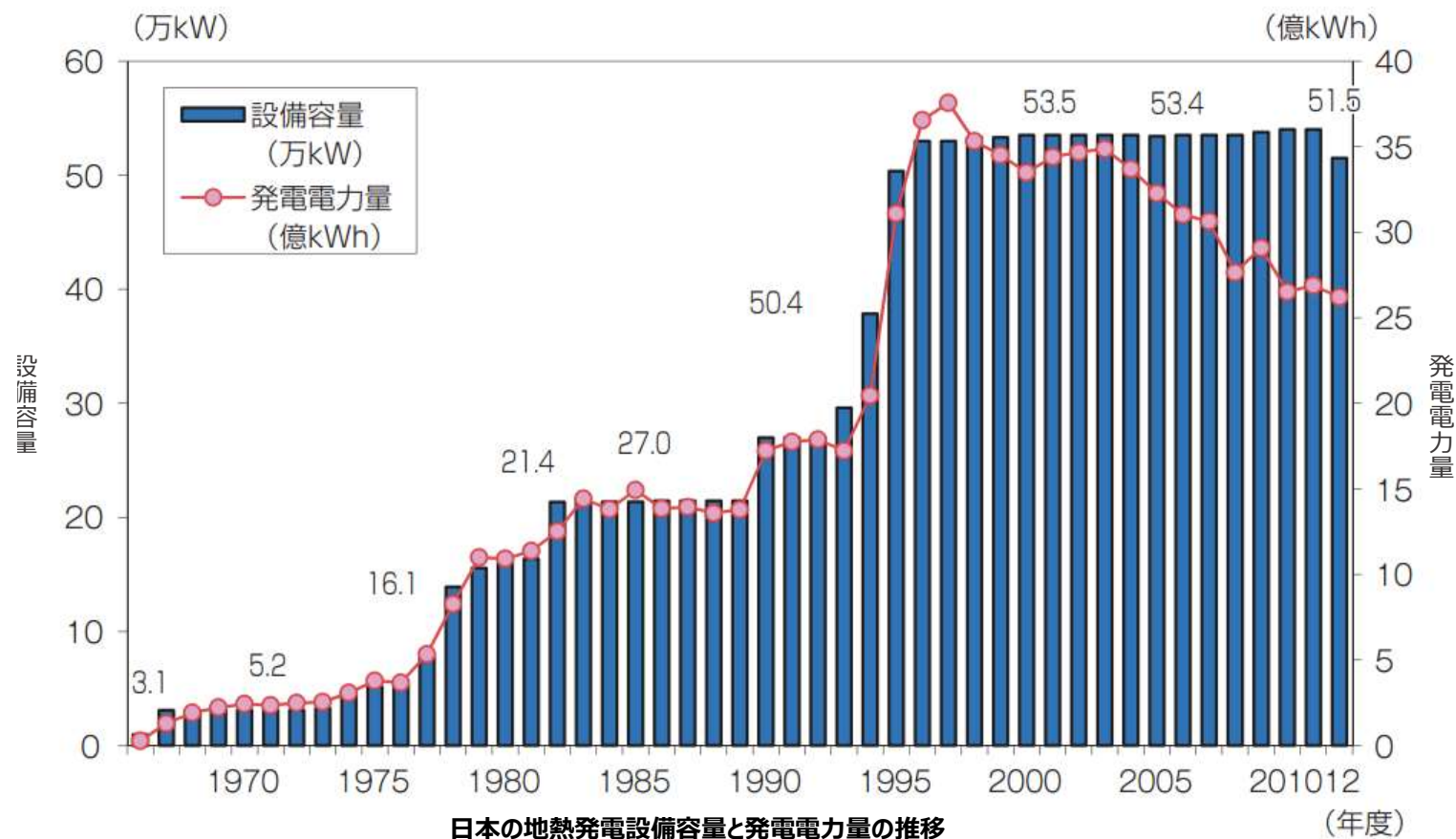
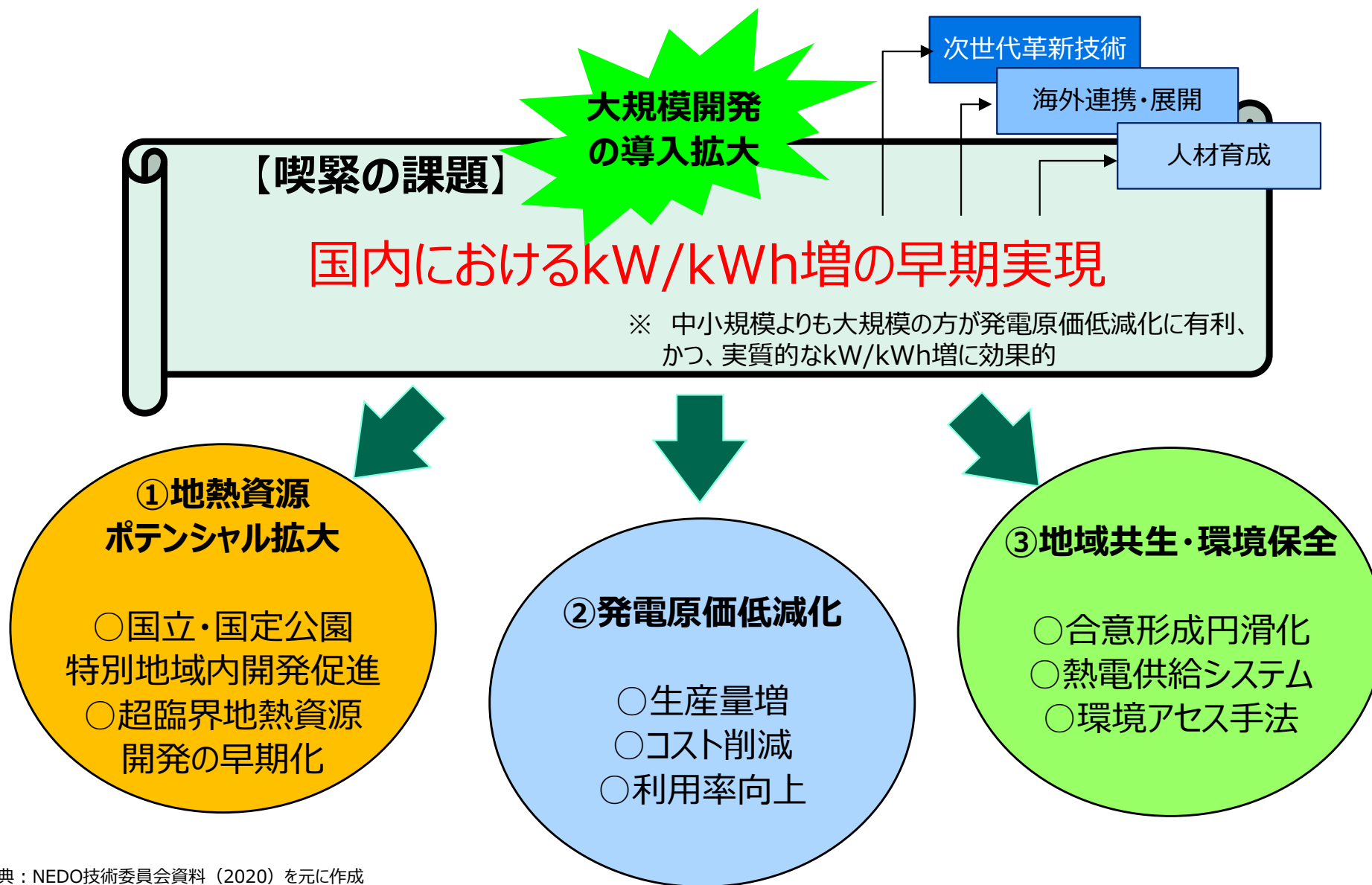


図26 スケールが付着した配管断面の例
出所：NEDO技術戦略研究センター撮影（2014）



kW/kWh増の早期実現を目指したNEDOの重点課題として、①**地熱資源ポテンシャル拡大** ②**発電原価低減** ③**地域共生・環境保全** の3点にフォーカスし、研究開発事業を実施。



地熱発電導入拡大研究開発の実施内容・目標



研究開発項目	実施内容	目標
①超臨界地熱資源技術開発	地表調査（地質、地化学、物理探査等）及び地熱構造調査試錐を行うことで、地下5km以浅に 超臨界水領域 の（或いはそれに準じる） 地熱資源の賦存を推定・評価 し、次フェーズで実施する調査井掘削および噴気試験の仕様を提案する。併せて、 深部地熱資源探査手法 を開発する。	超臨界地熱資源量評価として、 <u>1地域あたり100MW以上（合計で500MW以上）を提示し、調査井掘削に向けた実施可能な有望域を選定する。</u>
②地熱発電高度利用化技術開発	生産量増大・コスト削減・利用率向上に資する技術開発として、地熱発電設備や地熱貯留層の管理をIoTやAI 技術等を活用し効率化・最適化する手法を開発し、 発電原価低減化 を図る。	<u>生産量増大、コスト削減、利用率向上等を目指す（それぞれ10～20%）。</u>
③環境保全対策技術開発	環境アセスメントにおける項目（例えば、大気質等）の調査・予測・評価手法を開発する。具体的には、(1)気象観測を代替し調査期間を大幅に短縮させるための 気象モデル手法 開発、(2)データの質・量を大幅に向上させ、予測・評価の精度を引き上げることに資する 硫化水素連続モニタリング装置 開発、を行い、環境保全対策技術の向上を図る。	<u>環境アセスの調査・予測・評価の新たな手法を開発し、環境アセス仕様書「発電所に係る環境影響評価の手引」の改定を支援する。併せて調査解析に係る時間とコストの削減に向けた提案を行う。</u>

研究開発項目	FY2020	FY2021	FY2022	FY2023	FY2024	FY2025
超臨界地熱資源技術開発		モデルフィールドにおける資源量評価				
		深部探査技術手法開発				
環境保全対策技術開発		硫化水素連続モニタリング装置開発				
		気象モデリング手法開発				
地熱発電高度利用化 技術開発		発電設備管理手法開発				
		貯留層管理手法開発				
評価（事前・中間・事後）	前事業の事後評価 ▲ 事前評価 ▲		中間評価 ▲			事後評価 ▲

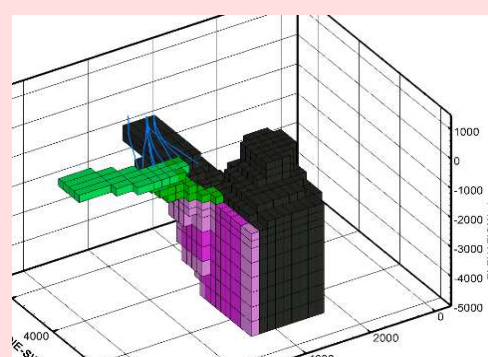
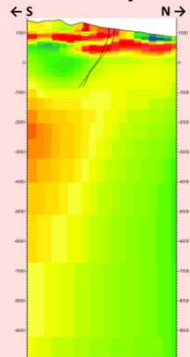
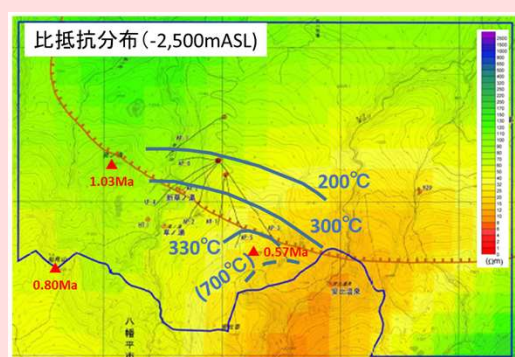
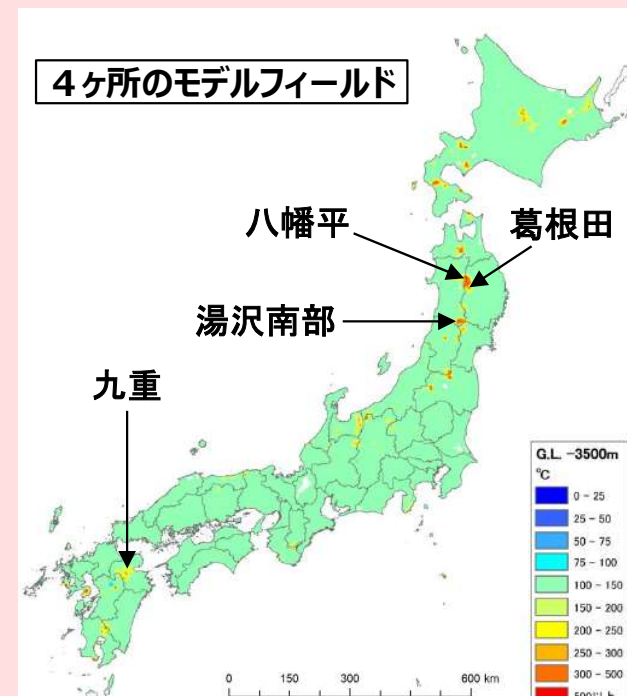
研究開発項目①：超臨界地熱資源技術開発



モデルフィールドにおける資源量評価

※2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略のポテンシャル調査に位置づけられます。

- ・前プロジェクトで得られた知見を基に、超臨界地熱資源の賦存が期待される有望4地域（右図）で、補完地表調査(MT法電磁探査、微小地震観測、反射法地震探査)、物性データ収集（文献調査含む）、地質構造モデル/地熱系概念モデル構築、生産予測シミュレーション等を実施し資源量进行评估する。
- ・掘削候補地の選定、構造試錐/調査井の仕様検討を行う。



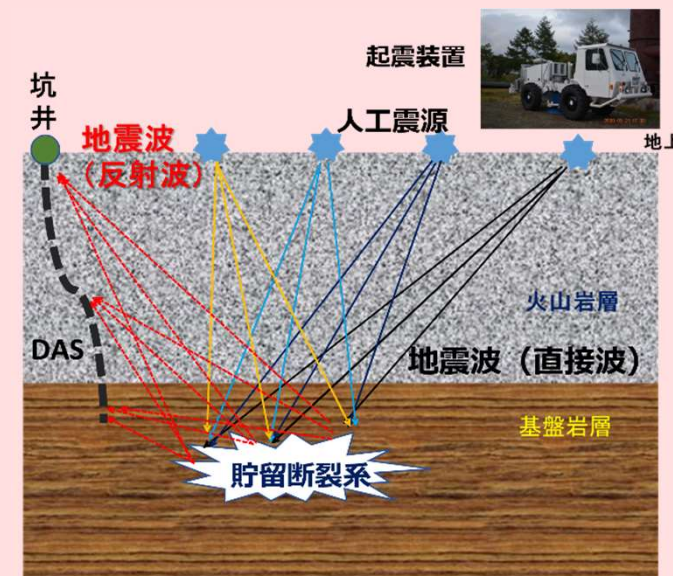
MT法電磁探査に基づく比抵抗解析平面図（左）と断面図（右）

生産予測シミュレーションのための3次元数値モデル

出典：NEDO成果報告書（2019、2021）

深部地熱探査手法の開発

超臨界地熱貯留層をイメージする探査手法として、既存地熱井を利用した光ファイバーDAS（Distributed Acoustic Sensor: 分布型地震計）による弾性波探査の実証試験を行い、既存井より深い大深度においても精度の高い断裂系探査技術を開発する。



光ファイバーDAS探査手法の概念図

研究開発項目②：地熱発電高度利用化技術開発



【全体システム設計】

- ・地熱発電持続可能性維持のためのIoT-AI技術開発

【設備管理技術】

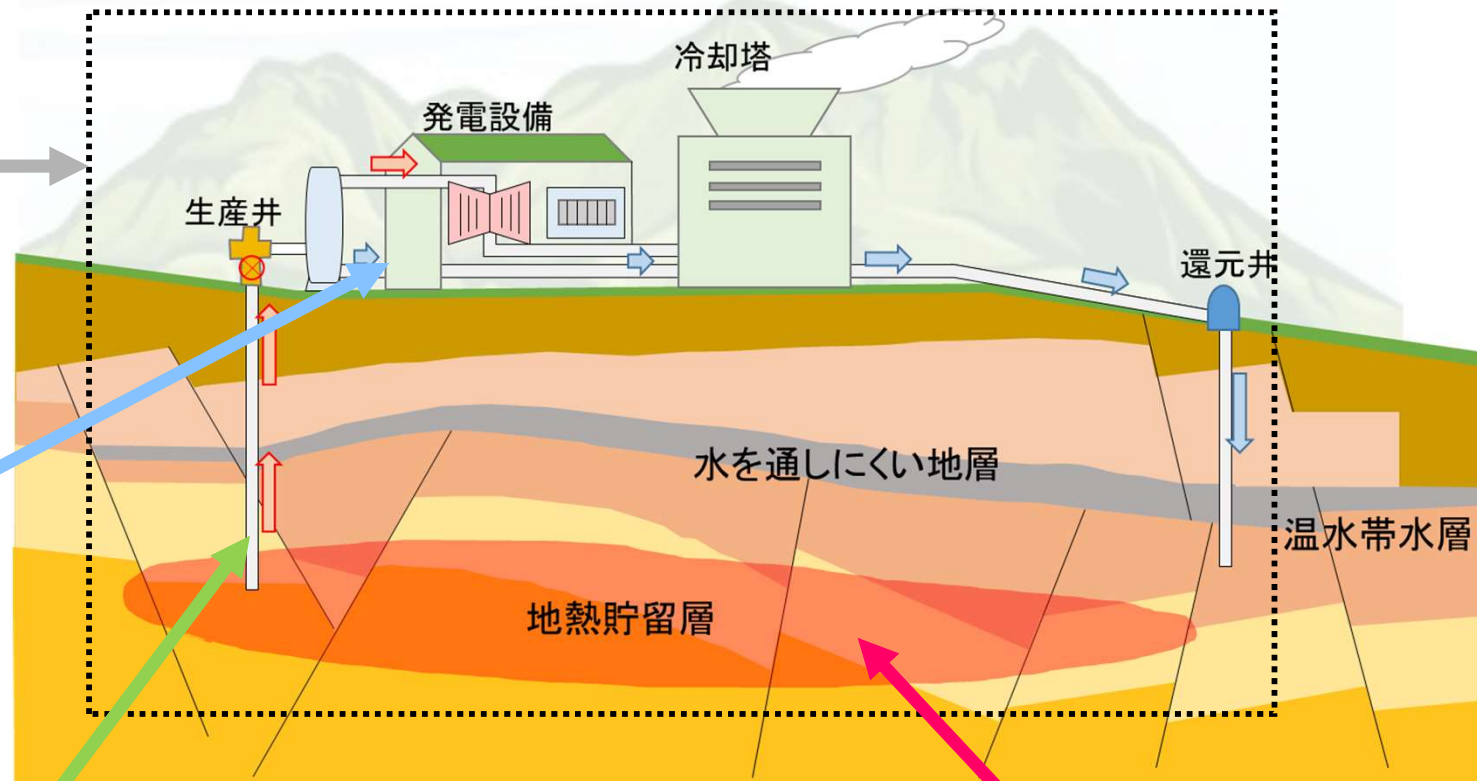
- ・発電設備利用率向上に向けたスケールモニタリングとAI利活用に関する技術開発

【坑内計測技術】

- ・坑内異常自動検出AI方式、耐熱坑内可視カメラ（BHS）開発

【坑内計測技術（貯留層管理）】

- ・光ファイバマルチセンシング・AIによる長期貯留層モニタリング技術の開発
- ・地熱貯留層の設計/管理のための耐高温・大深度地殻応力測定法の実用化



【貯留層管理・評価技術】

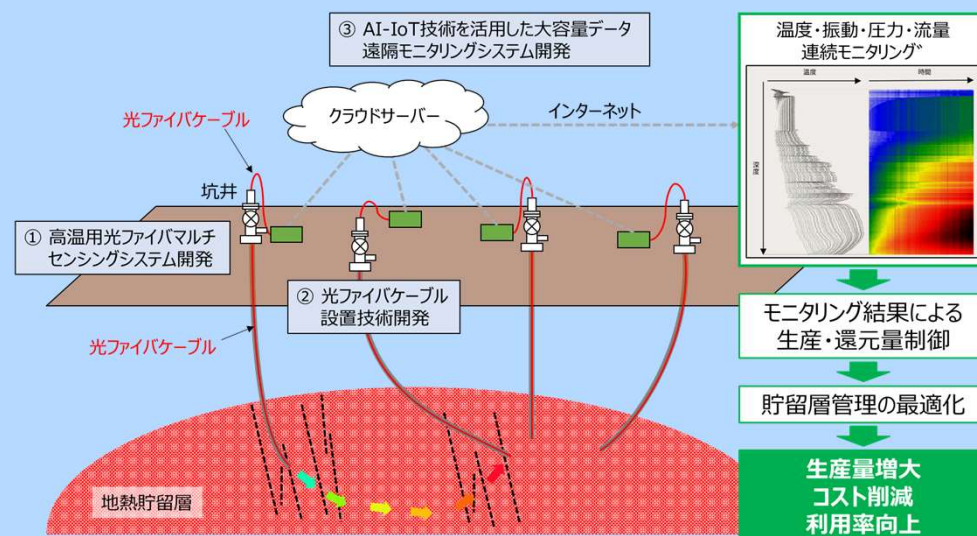
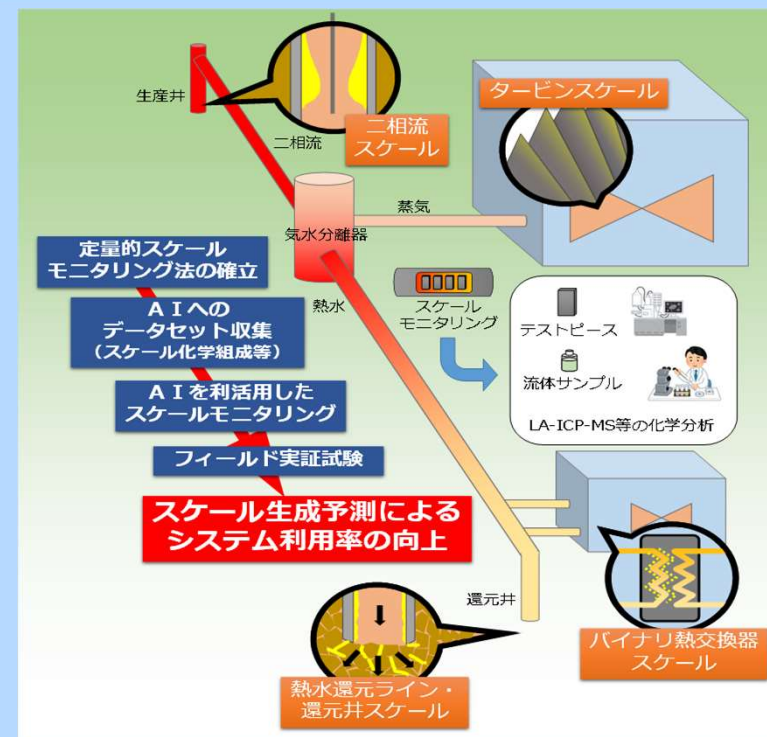
- ・蒸気生産データのAI処理による坑内および貯留層での早期異常検知技術の開発
- ・AIを利用した在来型地熱貯留層の構造や状態の推定

発電設備管理手法の開発

- ・IoT-AIを活用して発電設備と坑井設備・蒸気設備のデータを集約しクラウド上で一括管理することで、最適な運用・保守を実現し、利用率の向上を図る。
- ・AIによるスケール生成予測技術を確立し、スケールに起因する種々の問題に対し、適時・適切な対策を施す。最適なスケール抑制方法（抑制剤の種類・濃度）を求め対策案を検討する。

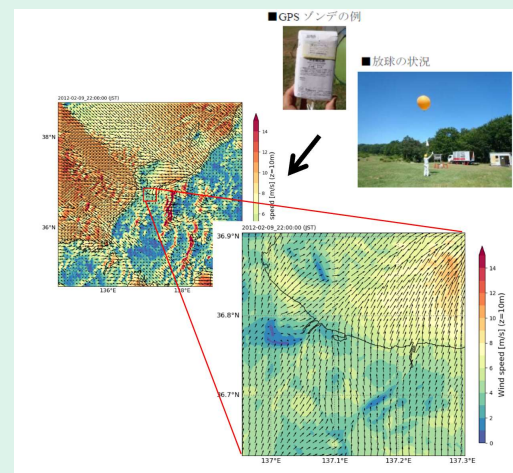
貯留層管理手法の開発

- ・AI、統計数理学的手法を用い、蒸気生産データに含まれる目視では検出困難な生産変動に関する情報を抽出し、生産変動の原因を推定。坑内および貯留層での異常を早期に検知し、利用率を向上。
- ・最新の光ファイバセンシング技術を駆使したマルチセンシングシステムにより、貯留層モニタリングデータの質と量を向上させ、貯留層管理の最適化、利用率向上、運転コスト削減を図る。

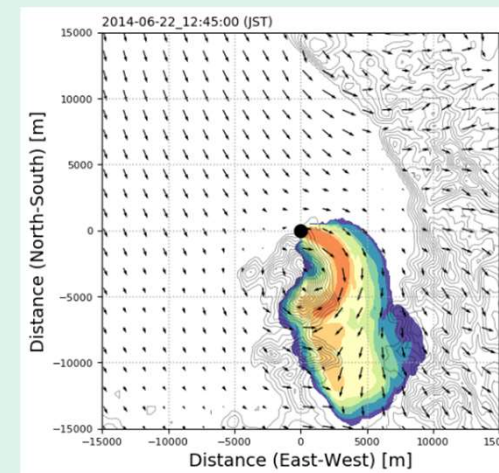


気象調査代替手法・大気拡散予測手法の開発

- ・従来の気象観測の代替として、地熱発電所が多く立地する山間部に適用可能な、**数値気象モデルを用いたシミュレーション手法を開発**することで、環境アセスの調査期間短縮や費用削減を図る(各50%以上削減を目標)。
- ・気象場の時間的/空間的变化や地形影響を考慮した**大気拡散予測手法を開発**し、アセス手法の高度化を図る。



現地気象調査を気象モデルにより代替



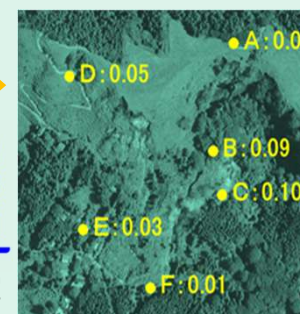
新たな大気拡散予測

IoT硫化水素モニタリングシステムの開発

- ・定電位電解式センサを用いた実証機を製作し、性能評価・実証試験・改良を経て**高時間分解能で可搬性に優れた小型連続測定器を開発中**。
- ・IoTを活用して複数地点の測定結果をクラウド上で集約し、リアルタイム遠隔モニタリングを実現（山間部にも対応）。
- ・シミュレーションにより面的濃度分布を推定し、視覚化する手法を開発。測定から視覚化するプロセスを省力化。

地点	ppm
A	0.02
B	0.09
C	0.10
D	0.05
E	0.03
F	0.01

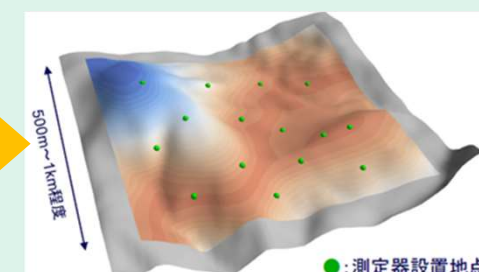
遠隔リアルタイム測定



地形図にプロット



小型連続測定器の実証試験

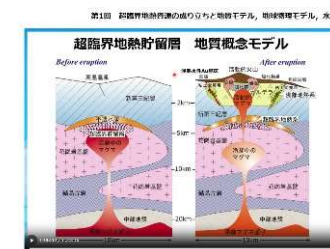


面的濃度分布を可視化

「超臨界地熱発電」に係る特別講座について



着実な実用化に向けては、研究開発を進めるとともにより高度な専門性を有した人材の継続的な育成が重要であり、2050年頃の超臨界地熱発電の実現・普及を目指し、同分野を支える人材の育成を目的として実施中。



オンデマンド講座
(全15回)

【活動概要】

- ・実施期間：2023～2024年度 拠点：東北大学
- ・人材育成プログラムとして、超臨界地熱資源の探査、開発に関して基礎から応用までを体系的に理解することを目的とし、オンデマンド講座及び現場実習を実施。
- ・超臨界地熱資源に関係する研究者、技術者等が人的ネットワークを構築することを目的とし、各イベントを実施。



現場実習の様子



超臨界地熱開発シンポジウム

参考：「NEDOプロジェクトを核とした人材育成、産学連携等の総合的展開」（中間評価）（https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/ZZBF_100763.html）



今年は、「サンシャイン計画」の策定から**50年**の節目の年！

「サンシャイン計画**50**周年記念シンポジウム（**6月20日**実施済み）」

特設サイト <https://www.nedo.go.jp/activities/sunshine50th.html>



サンシャイン計画の世界的成果：深部調査井が熱源マグマを貫通
Global outcome of the Sunshine Project: a deep well penetrated magmatic heat source

これからの再生可能エネルギー：地熱発電



～ 内容 ～

1. はじめに-地熱発電の必要性和意義ほか-
2. 在来型地熱発電
3. 我が国の地熱発電の政策
4. 次世代型地熱発電
5. おわりに-まとめ-



国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

New Energy and Industrial Technology Development Organization