

# 2023年度成果報告会 プログラムNo.15

## 地熱発電導入拡大研究開発 / 超臨界地熱資源技術開発 / 超臨界地熱資源量評価（八幡平地域）

発表日：2023年1月31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

岩崎隆一

三菱マテリアルテクノ（株），地熱解析（株）

問い合わせ先 三菱マテリアルテクノ（株）担当：岩崎

E-mail: tiwasaki@mmc.co.jp TEL: 03-6628-6913

## 1. 背景・目的

「超臨界地熱発電技術研究開発」の一環として、超臨界地熱資源の分布、性状、規模等を把握することを目的に、超臨界地熱資源システムが形成される可能性が高い地域における超臨界水状態把握と資源量評価の詳細検討を行う。

## 2. 実施期間

開始 : 2021年6月  
終了（予定） : 2024年3月

## 3. 実施内容・目標（最終）

**対象地域（モデルフィールド）** : 「八幡平地域」（岩手県八幡平市）

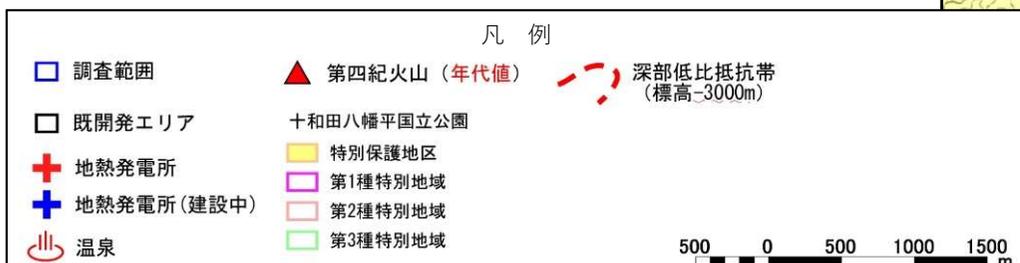
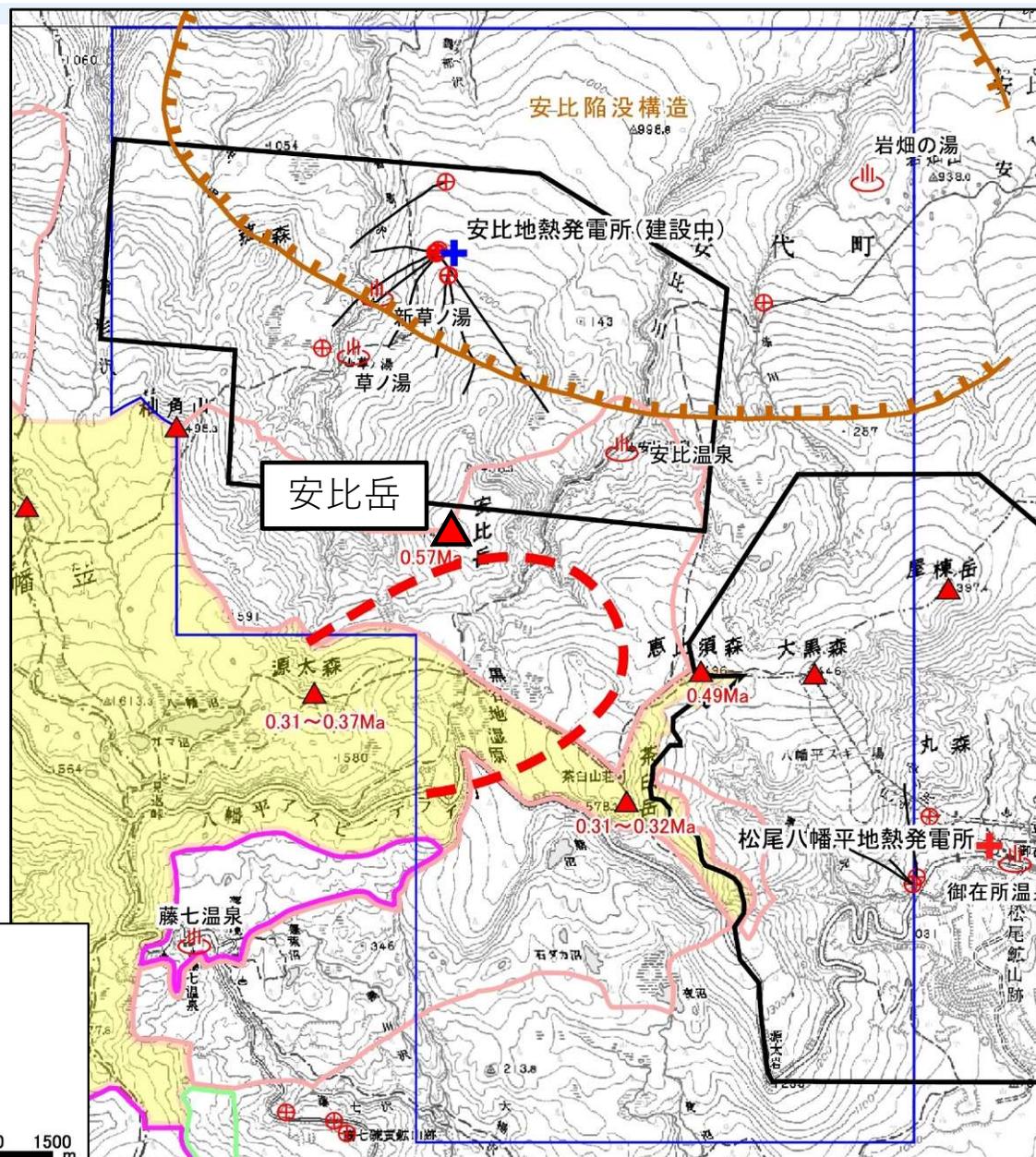
**研究開発項目** : 地表調査, 資源量評価, 調査井仕様の検討, 経済性評価

**最終目標** : 地表調査を行うことで、地下5km 以浅に超臨界領域（あるいはそれに準じた高温領域）を特定し、超臨界地熱資源の質、量及び規模を定量的に評価する（1 地域あたり100MW 規模）。

# 対象地域

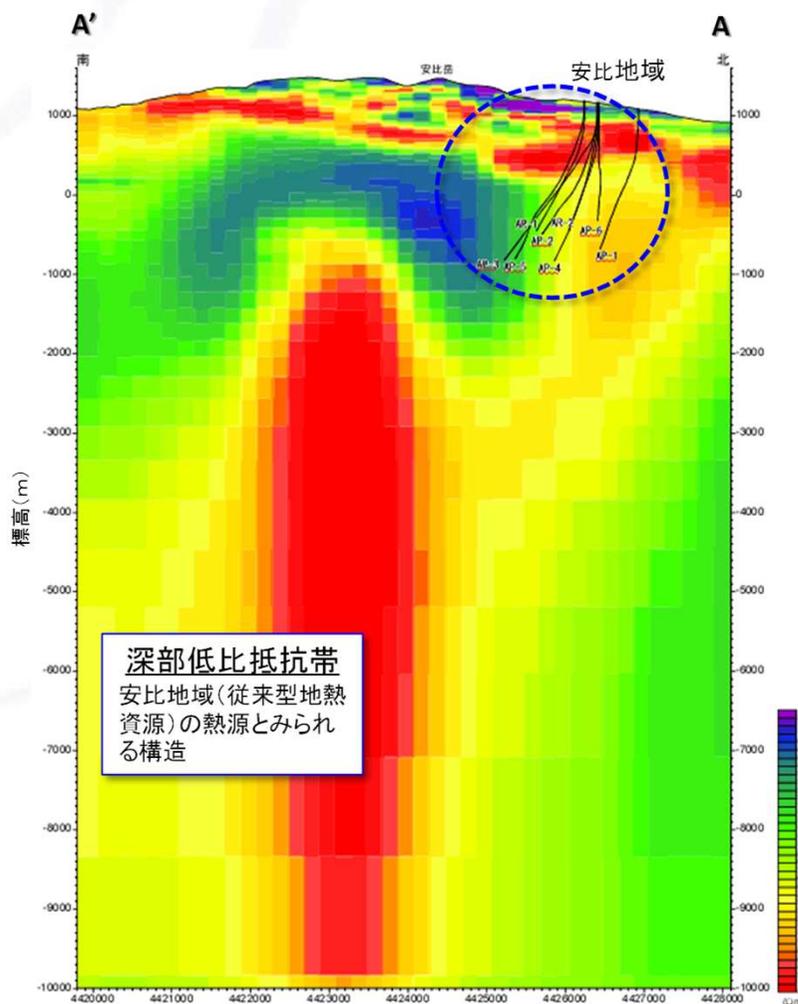
## 「八幡平地域」（岩手県八幡平市）

- ▶ 本地域には第四紀火山が多数分布し、安比および松尾八幡平地域で従来型地熱資源の開発が行われている。
- ▶ 過去の地熱調査における掘削により、300℃を超える高温が実測で確認されており、超臨界地熱資源が賦存する可能性が高い。
- ▶ 前回PJにおいて、その高温の地熱資源の熱源とみられる構造（深部低比抵抗帯）が安比岳の南方深部に検出された。

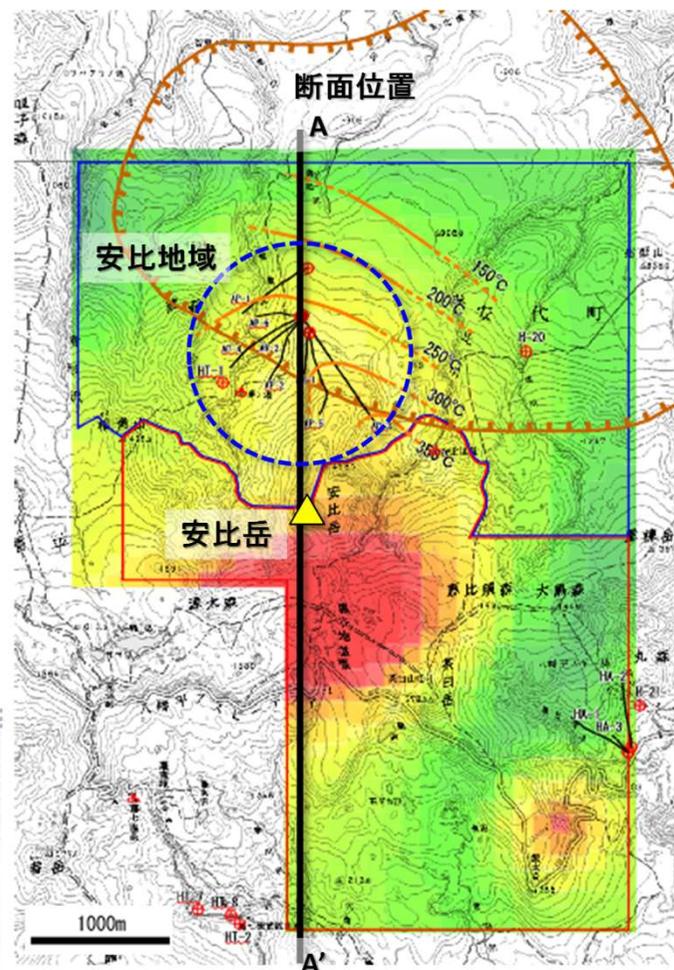


# 前回PJにおける成果： 電磁探査による熱源構造の抽出

MT法電磁探査により検出された深部低比抵抗帯

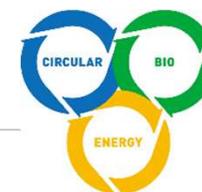


比抵抗断面図(南北:A-A'断面)



比抵抗平面図  
(標高-3000mの比抵抗分布を投影)

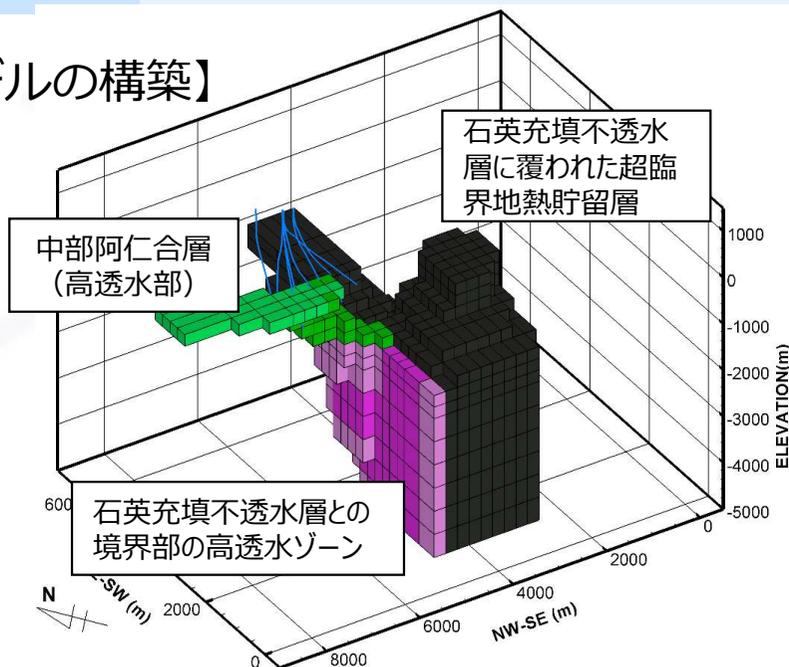
国土地理院発行 5万分の1地形図  
「八幡平」・「田山」を使用



# 前回PJにおける成果：資源量評価の流れ

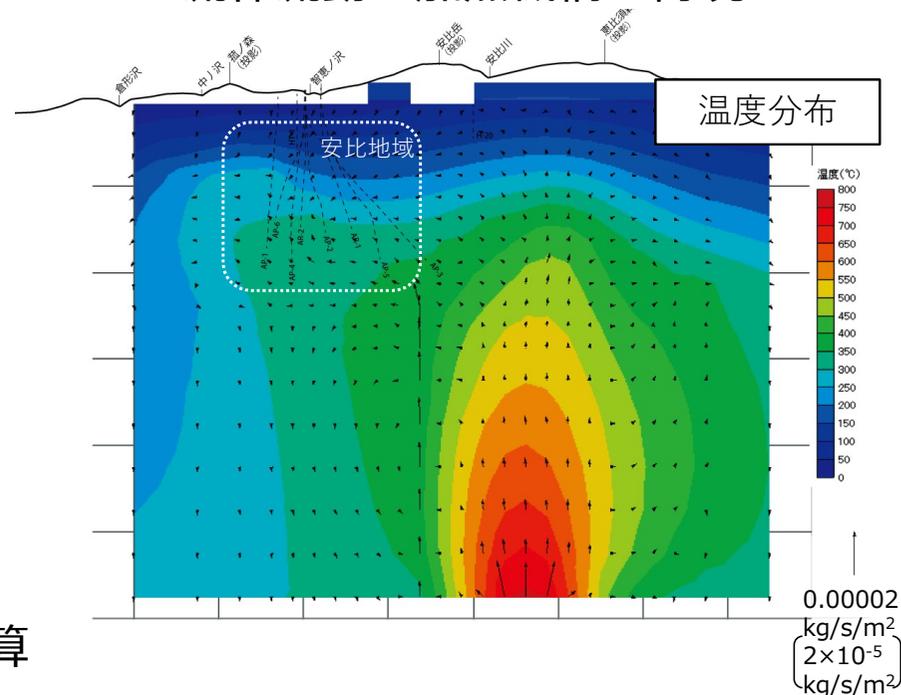


## 【数値モデルの構築】

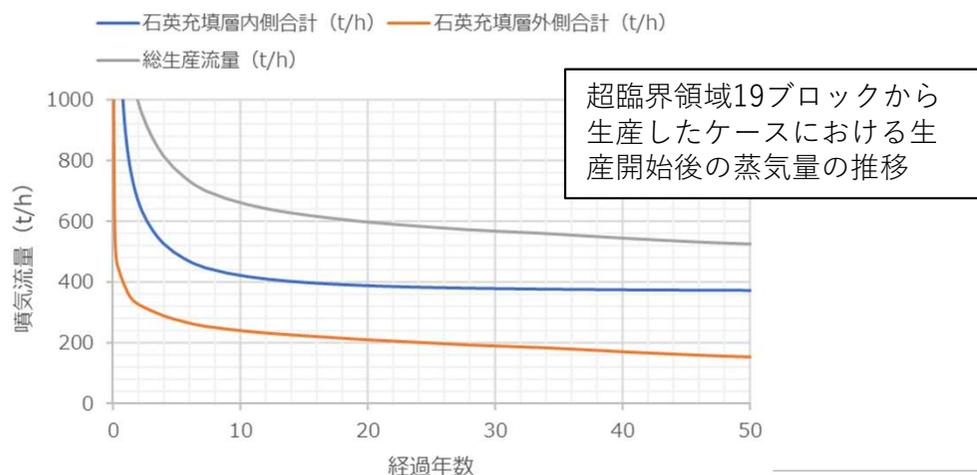


## 【自然状態シミュレーション】

流体流動・加熱機構の再現



## 【生産予測シミュレーション】 蒸気量の予測計算



## 【前回PJでの資源量評価結果】

手法名	超臨界地熱資源量
モンテカルロ容積法	<b>170 MW</b> (40~300MW)
数値モデルによる生産予測	<b>110 MW</b> (生産開始10年後)



# 研究開発項目とフロー



2019～2020年度

前回PJ※成果

- MT法電磁探査, 微小地震観測データ
- 予察的資源量評価

2021～2023年度

①補完地表調査と  
概念モデル構築

- MT法電磁探査 (補足調査)
- 微小地震観測
- 重力探査

数値モデル化

概念モデル  
の修正

掘削ターゲット, 想定温度・圧力環境

②資源量評価

温度・圧力  
試算結果

③深部構造調査試錐の検討

最適生産システムを  
ベースとした検討

④超臨界地熱調査井の検討

掘削費用を考慮

⑤経済性評価

※2019～2020年度「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/  
八幡平地域における超臨界地熱資源の評価に関する研究開発」



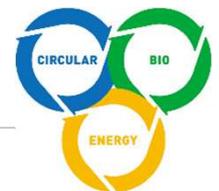
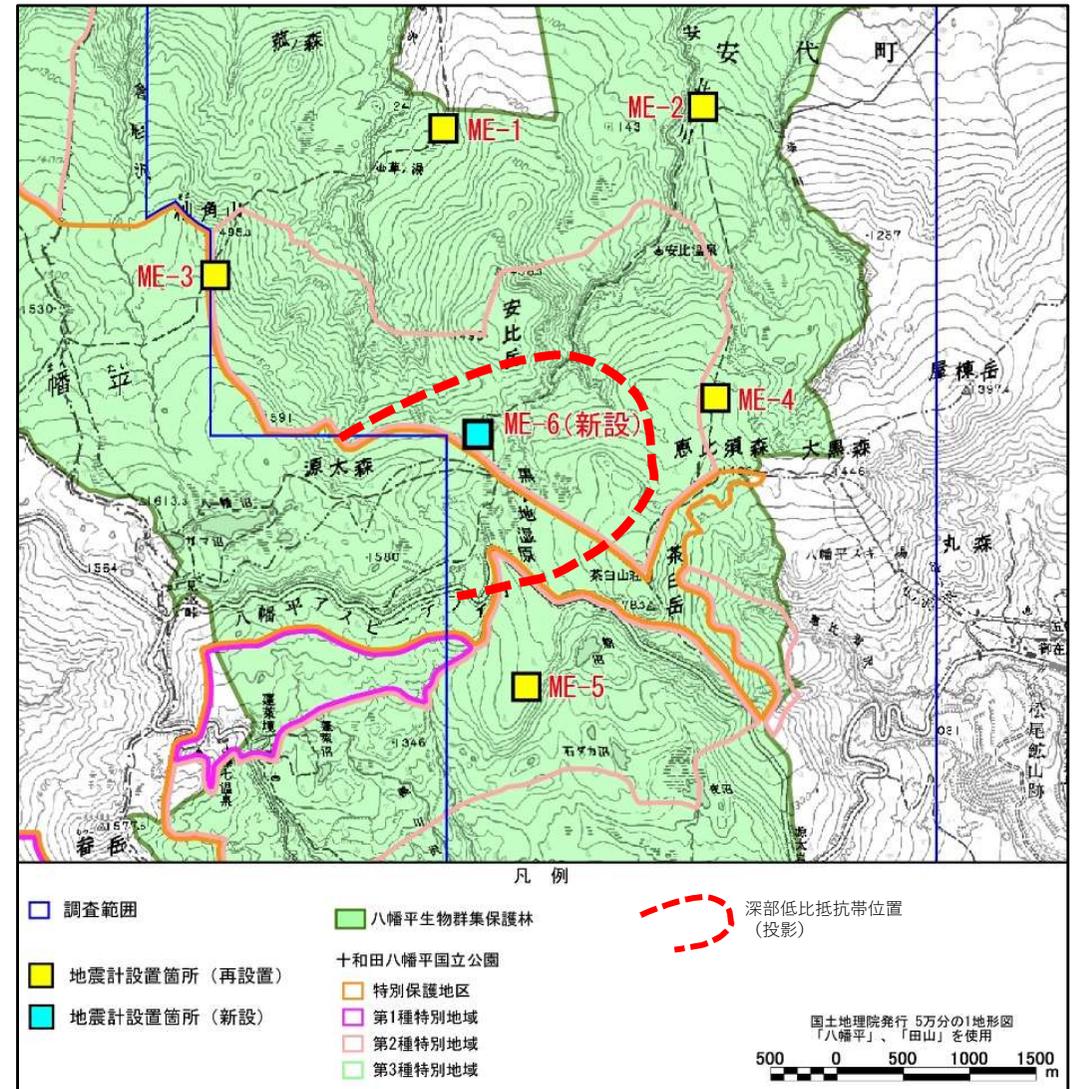
# 研究成果 地表調査：微小地震観測



超臨界領域では、岩石は延性的な挙動を示し、微小地震の発生は少ないと考えられることから、微小地震観測により震源分布を把握し、超臨界領域の分布を推定する。

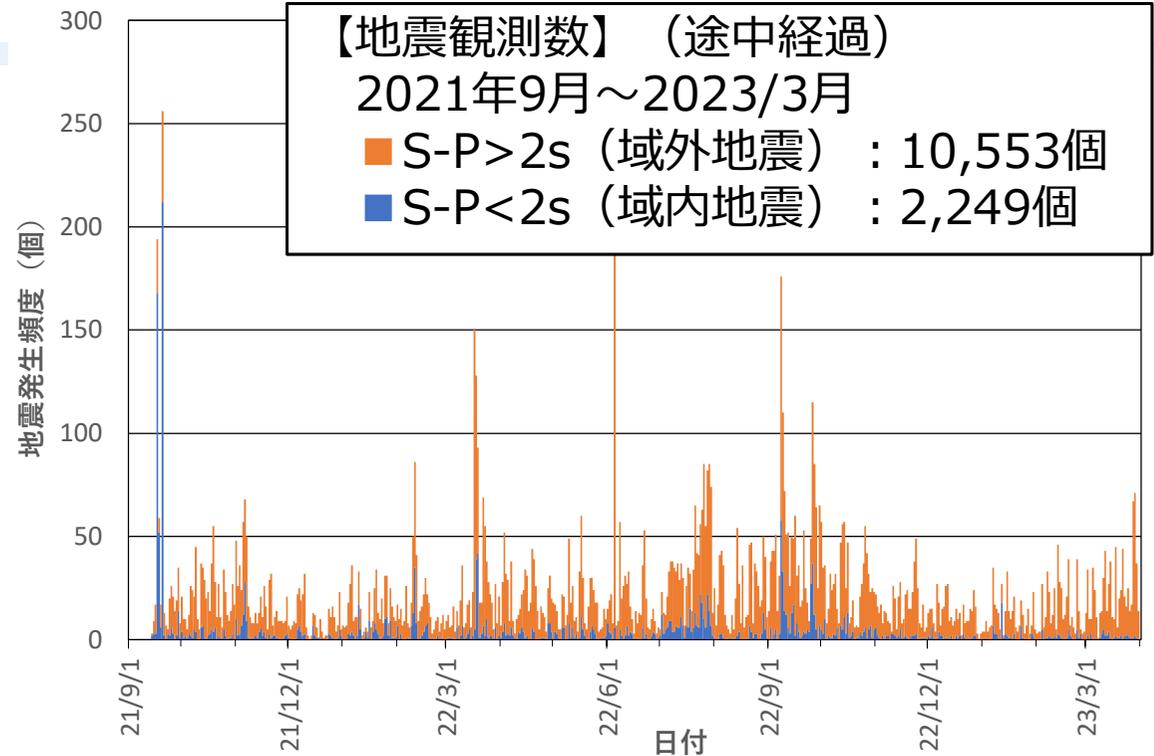
【微小地震観測点】  
6測点 (ME-1～6)

【観測期間】  
2021年9月14日～2023年7月4日

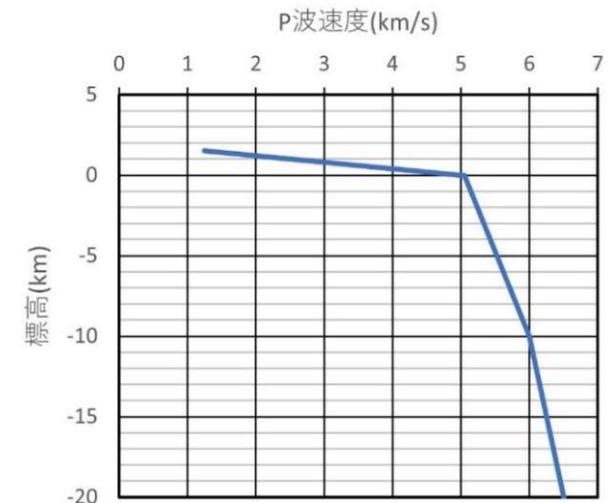


### 【震源解析】

- S-P差が約2秒以内の明瞭な地震を抽出し、震源解析を実施
- 震源決定：  
Hirata & Matsu'ura(1987)を使用
- マグニチュードの算出：  
渡辺（1971）を使用
- 速度構造：  
地熱開発促進調査・八幡平東部地域（NEDO, 1981）及び日本列島下の三次元地震波速度構造モデル（NIED）より設定  
(S波速度構造は $V_p/V_s=1.73$ )



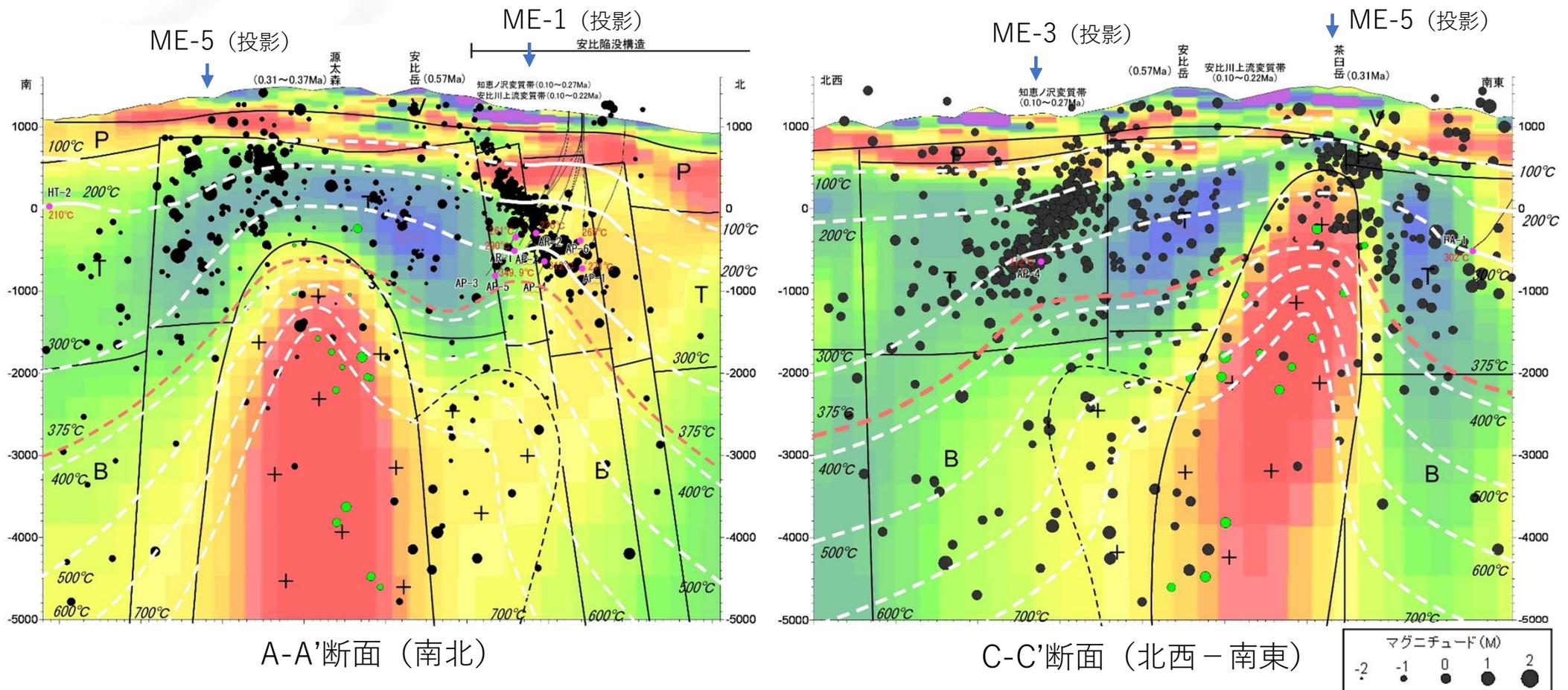
深度 (km)	P波速度 ( $V_p$ , km/sec)
0.00	5.00
0.02	5.05
10.0	6.00
20.0	6.50
40.0	7.50
600	8.20



地震波速度構造モデル

# 研究成果 地表調査：微小地震観測

- 震源分布は、浅部に多く、深部低比抵抗帯内部には少ない傾向を示し、その範囲において延性的な環境である可能性を示唆した。
- 震源分布を正とすると、深部低比抵抗帯の実際の位置は、例えばもう少し南の可能性もある。
- 深部低比抵抗帯の頂部周辺（茶臼岳周辺）に集中域が見られる。



※誤差の大きい震源 (Z方向500m、XY方向300m以上) を除外し、各断面の両側1km以内の震源を表示。

※ ●: 深部低比抵抗帯内の震源

# 研究成果 地表調査：重力探査



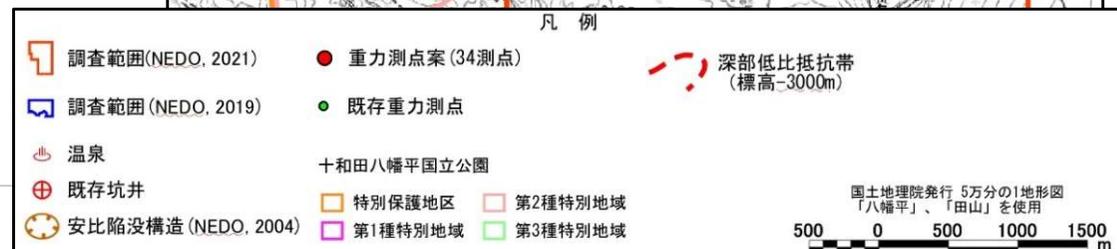
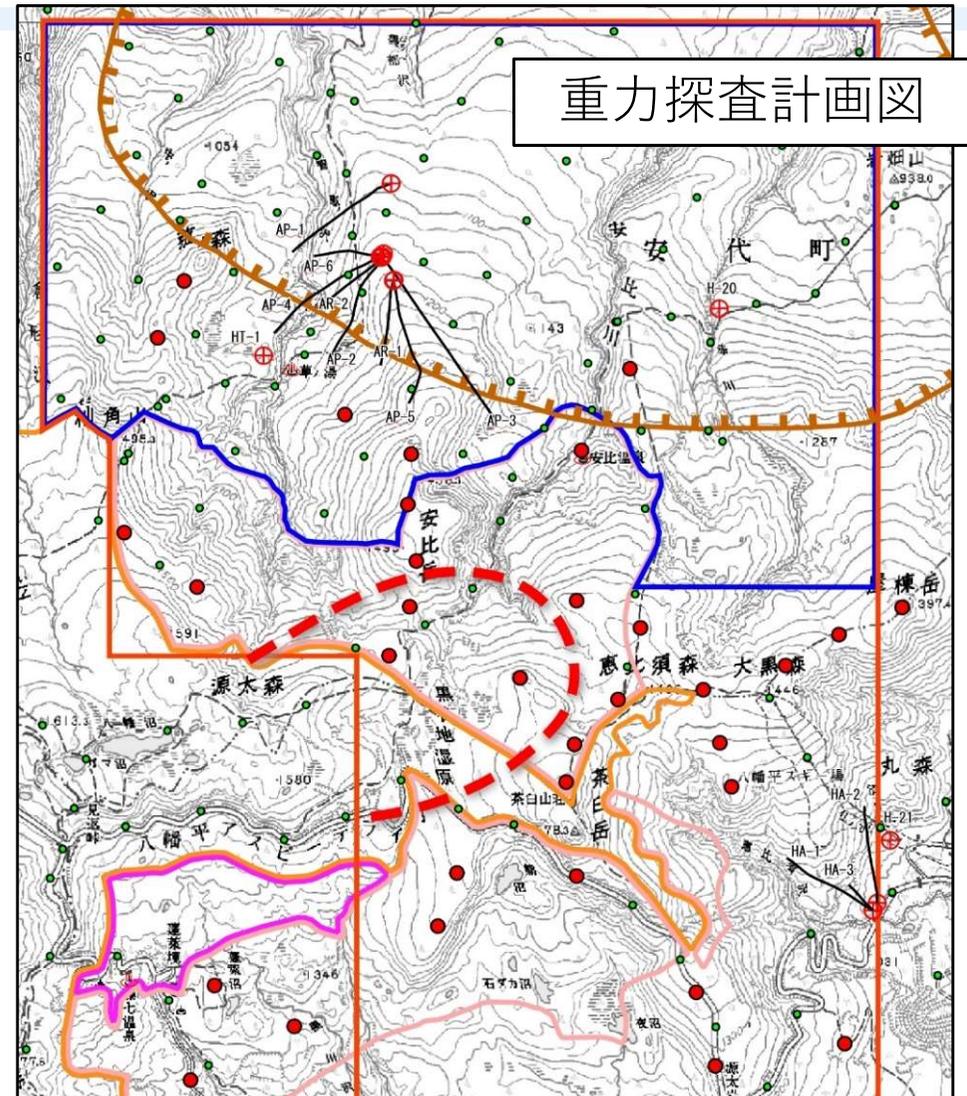
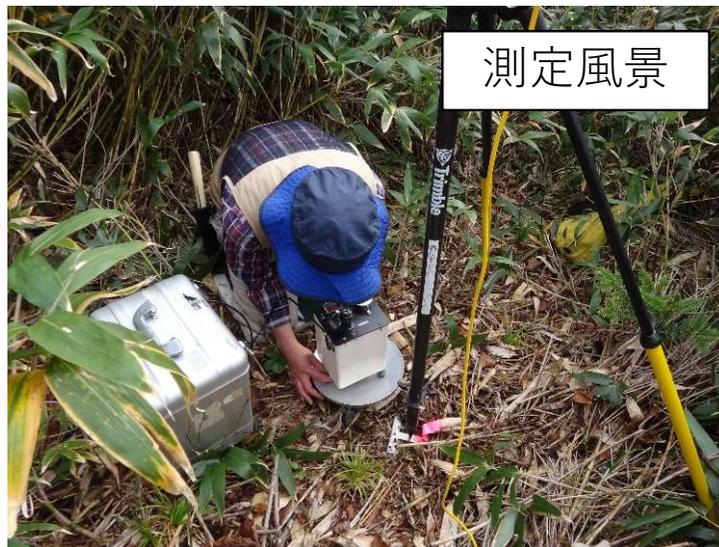
熱源構造（深部低比抵抗帯）を周囲の岩石との密度コントラストを捉えることにより検出を試みる。

【測点数】

34測点（うち国立公園内18点）

【調査期間】

2022年10月3日～7日， 15日～21日

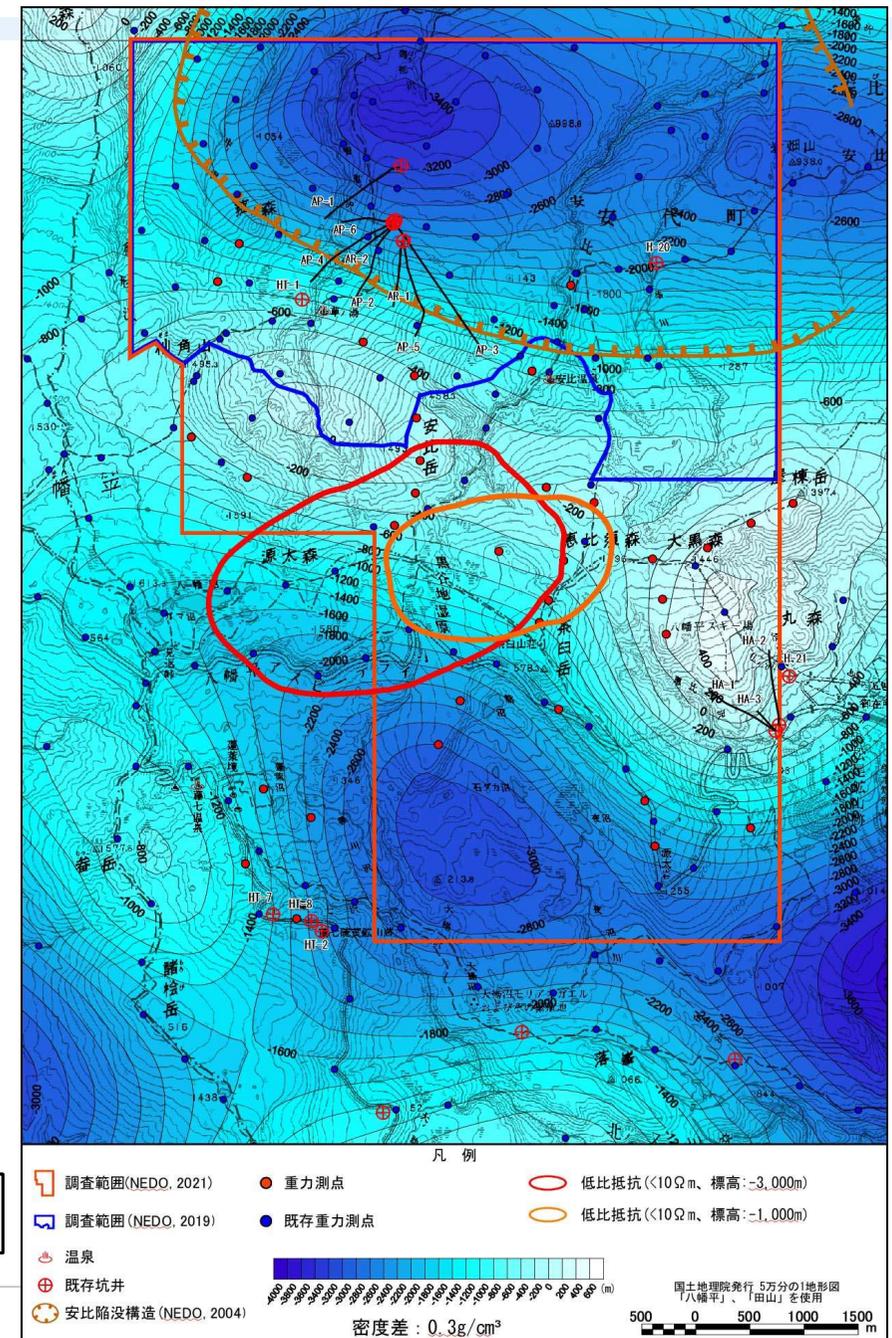


# 研究成果 地表調査：重力探査



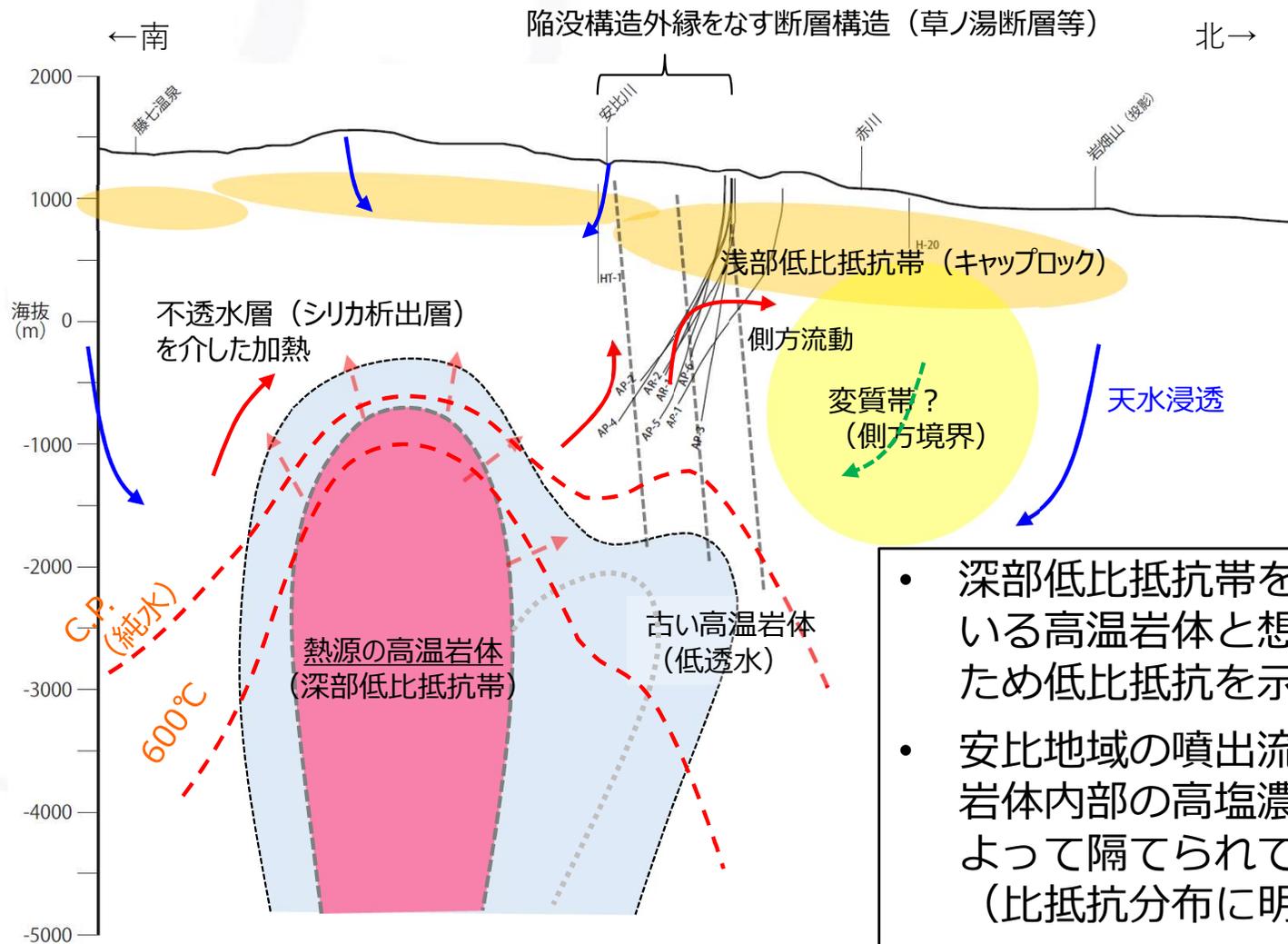
## 【解析結果とその解釈】

- 深部低比抵抗帯は、重力基盤構造の隆起部周辺に位置するが、比抵抗の明瞭なコントラストに対して、それと一致する重力異常としては検出されなかった。  
 (隆起部中心というより鞍部に位置)
- 深部低比抵抗帯 (推定熱源構造) の内部に部分溶融が存在する場合には、周囲の固結した岩石に対し低密度を示す可能性があり、そのことを反映している可能性が考えられる。



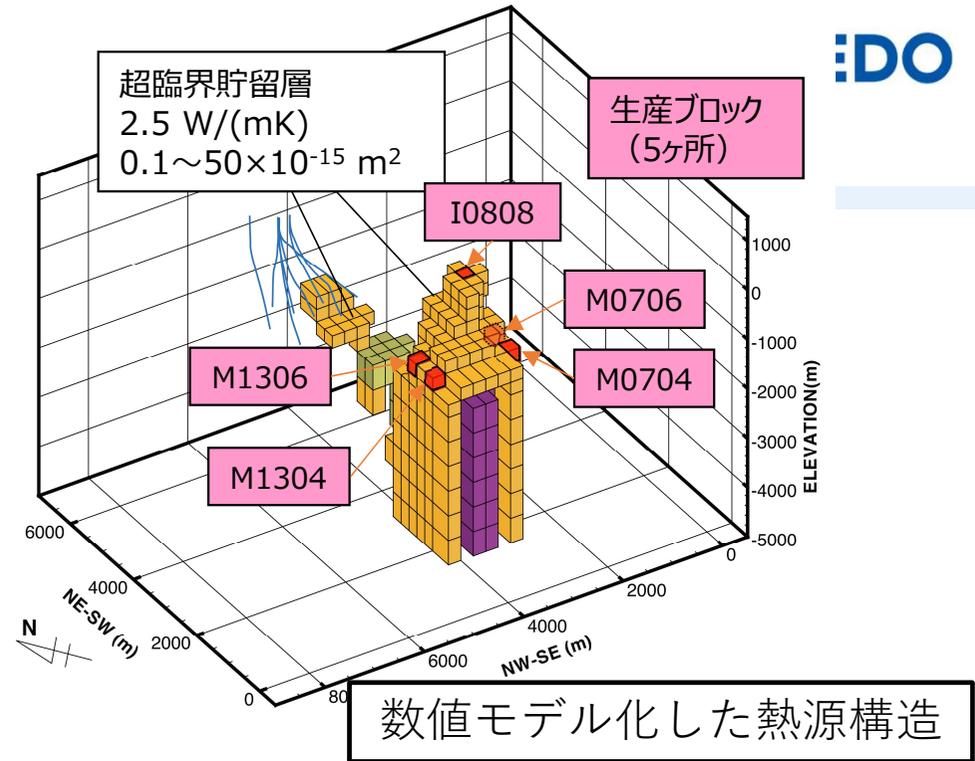
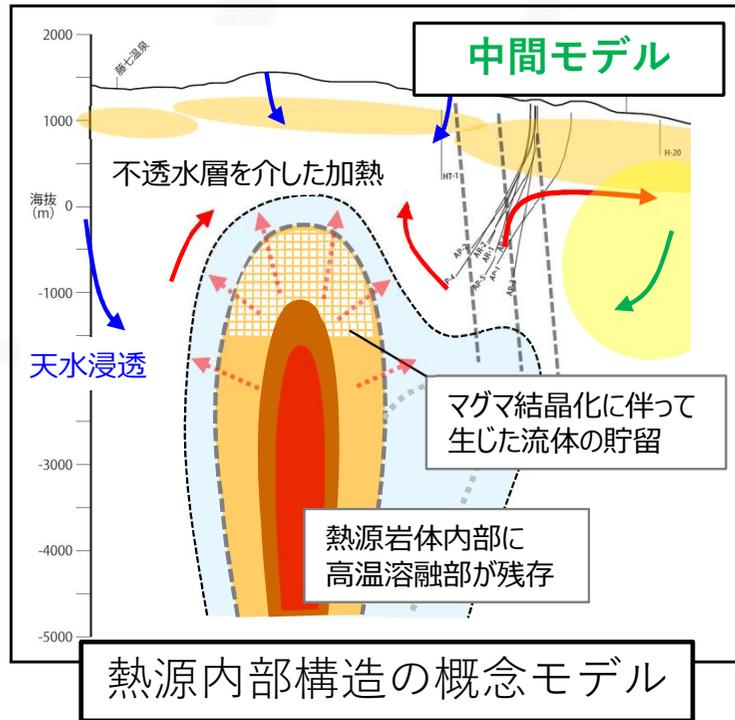
基盤構造解析結果 (密度差0.3g/cm<sup>3</sup>)

# 研究成果 概念モデル

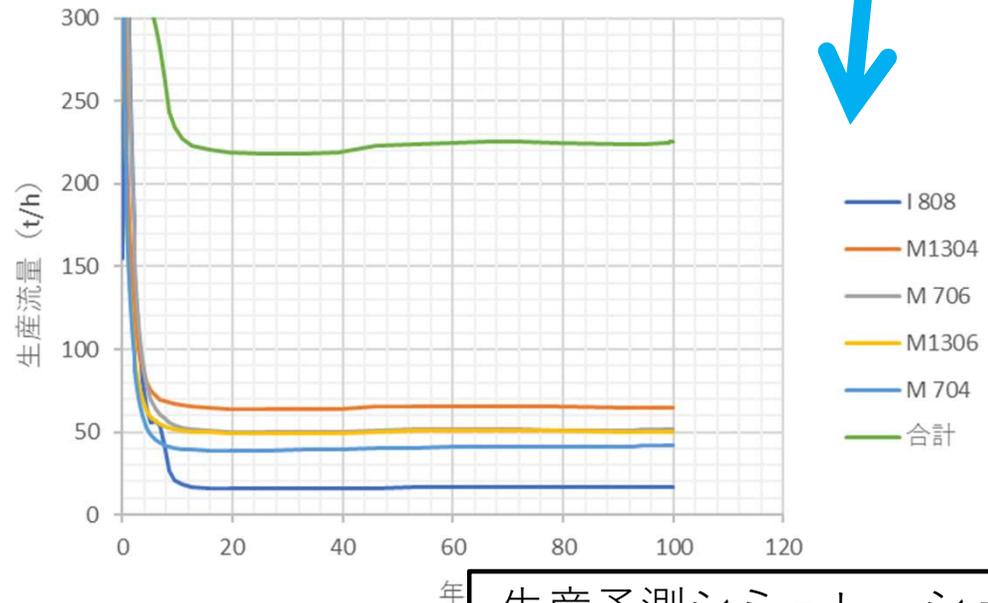


- 深部低比抵抗帯を、安比地域の熱源となっている高温岩体と想定。高塩濃度流体が存在するため低比抵抗を示すと解釈。
- 安比地域の噴出流体は天水起源であり、高温岩体内部の高塩濃度流体とは、不透水構造によって隔てられている状態と推定。  
(比抵抗分布に明瞭なコントラスト)
- その場合、浸透した天水は、不透水層を介した熱交換により加熱され、通路となる構造（断層、陥没構造）を通じて流動し、現在の安比地域地熱貯留層を形成したと解釈される。

# 研究成果 資源量評価



- 熱源内部に想定した超臨界貯留層から蒸気を生産した場合の生産流量を計算。
- 浸透率等の未知パラメータを変化させ、とりうる生産流量の範囲を推定。



生産予測シミュレーション



# 研究成果 資源量評価：生産予測（途中経過）

生産予測シミュレーション結果の一覧（2023年9月現在）

20年後生産流量（t/h）

超臨界貯留層 底面境界圧力 (MPaA)	超臨界貯留層浸透率（ $\times 10^{-15} \text{ m}^2$ ）					
	0.02 (参考)	0.1 (ワースト)	0.2	2	20	50 (ベスト)
	(ミドル)					
30	※	※	※	45.8	324	542
40	※	※	※	※	665	1077
50	19.1	※	※	※	763	1816
60	25.7	※	※	219	1129	1670
70	32.2	※	※	※	※	※
80	38.1	※	※	397	※	※

100MW相当の  
生産量600t/hを  
超えるケース

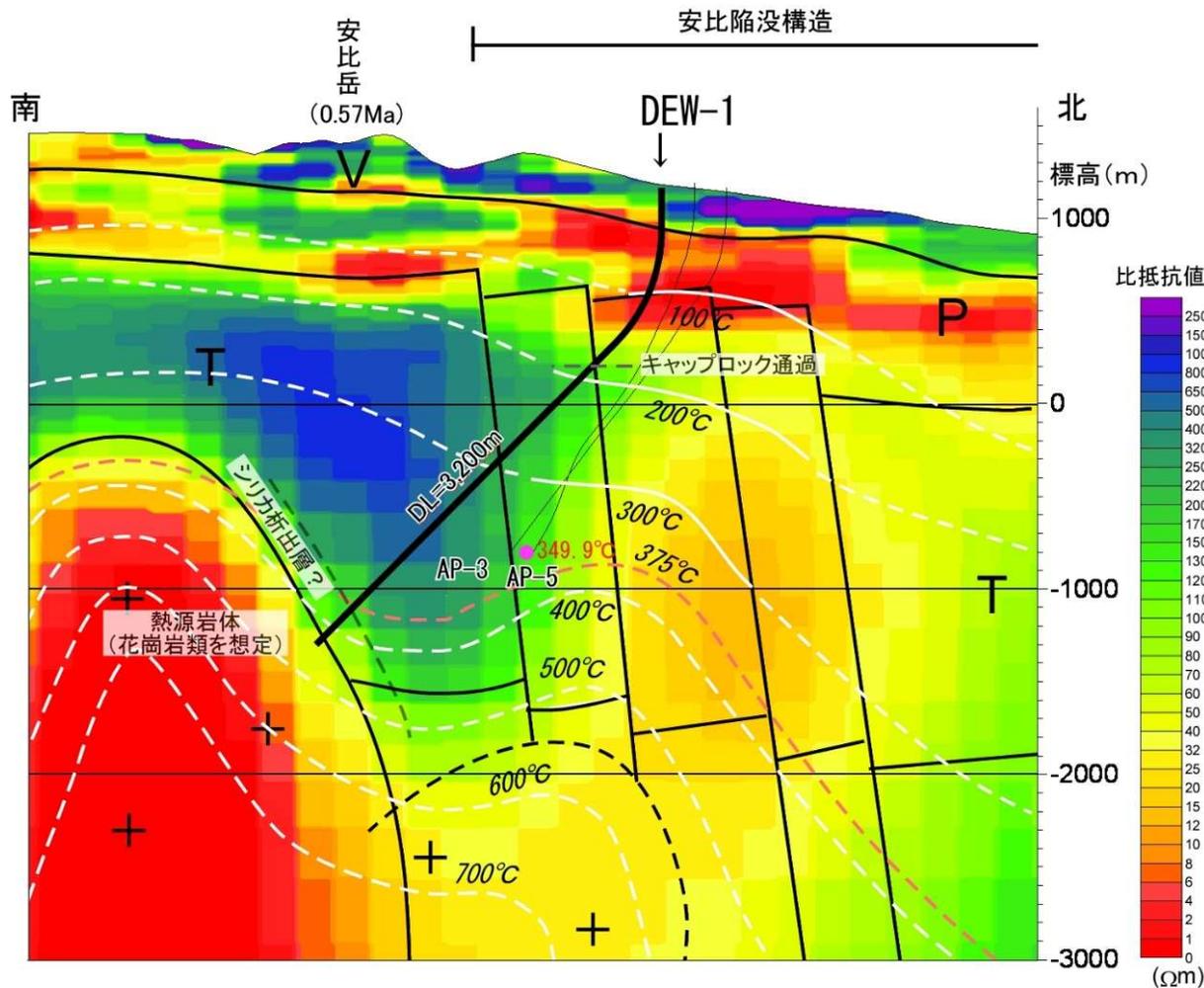
生産井2本

※自然状態計算中

- 現時点では、目標の100MWを達成できるケースは、浸透率等が楽観的な場合となっている。
- 経済性評価では、目標に関わらず経済的に成立するかという視点で、ミドルケースをベースとし、現実的な想定の下で評価を行う予定。

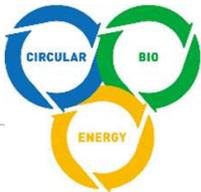


# 研究成果 調査井の掘削仕様



深部構造試錐の計画概念図  
(掘削深度：3,200m)

- 将来調査井を掘削する場合にどのような仕様となるかを検討中。
- 掘削用地の制約（地形・自然公園等への環境配慮）から、比較的大きな偏距を要する。
- 深部構造試錐は、現在一般的に使用されている機材で対応可能と考えているが、熱源内部への到達を目指す超臨界地熱調査井では、想定される高温・高圧に耐えうる資機材の技術開発が必要。



# 今後の予定と技術課題



研究開発項目		今後の予定	課題・備考
地表調査	MT法電磁探査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2023年度補足調査データを加えた再解析の実施</li> <li>・ 再解析結果との比較によるMT法電磁探査の精度検証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 深部低比抵抗帯の分布形状の妥当性</li> </ul>
	微小地震観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2023年度データの震源解析</li> <li>・ 震源分布からの延性領域の推定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 観測方法の改善点の検討</li> </ul>
	重力探査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 重力データから熱源岩体の抽出可能性について検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 手法の適用性</li> </ul>
	地熱構造モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査結果を反映し、地熱構造モデルを更新</li> </ul>	
資源量評価	数値モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 中間モデルをベースに、地熱構造モデルとの整合性を確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ モデルの妥当性</li> </ul>
	資源量評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 最終的な資源量評価（取りうる範囲の提示）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 推定資源量の妥当性、信頼度の考察</li> </ul>
掘削仕様	深部構造試錐 超臨界地熱調査井	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 掘削仕様のとりまとめ</li> <li>・ 費用積算</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実現に向けた課題等の整理</li> </ul>
経済性評価		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 最終的な資源量評価・掘削費用積算結果を基に検討</li> </ul>	



- 目標とした超臨界領域の特定から資源量評価までの一連の手法開発は、ひとつのアプローチとして提示できる見込みが分かった。
- この超臨界領域とは従来型地熱資源の熱源に相当すると考えられ、従来型地熱資源の理解を深める点でも重要な知見を得られている。
- ただし、超臨界貯留層（熱源の内部構造）に関する地質情報は、現時点では地表調査やシミュレーションで特定することは難しく、試掘による調査の必要性が改めて認識された。
- 最終年度である2023年度の研究開発では、残る地表調査の実施とデータ解析、資源量評価～経済性評価、調査井掘削仕様の作成を行い、成果と課題を整理する予定である。