

令和6年度科学技術基礎調査等委託事業

**「火山の総合的な評価に資する火山の地下構造・噴火履歴等の基礎情報調査」
報告**

1. 陸域火山の基礎調査

(国) 産業技術総合研究所

2025年7月2日 第5回火山調査委員会

1. 陸域火山（霧島硫黄山）

1-1 :水蒸気噴火前後でのキャップロック構造の変化

- ・硫黄山の地下浅所の比抵抗構造の3次元分布を明らかにし、2018年噴火以前の比抵抗構造からの経時変化を明らかにする。

1-2 :キャップロック構造とされる地質試料の特徴

- ・試錐（ボーリング）により採取した試料に対する岩石・鉱物学的特徴を明確にすることで、キャップロックとして機能する熱水変質帯の形成条件、成因を推定する。
- ・低比抵抗帯に相当する試錐試料に対する物性試験を実施して、電気伝導度・透水係数を入手する。

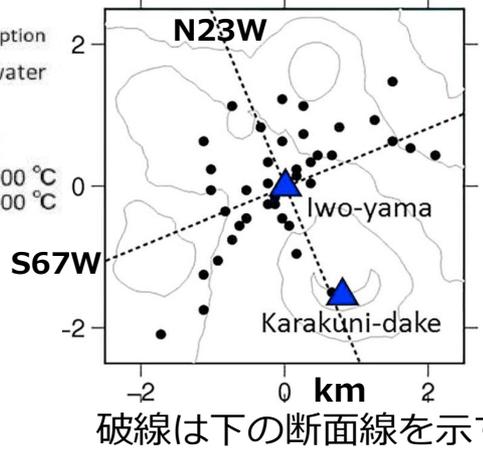
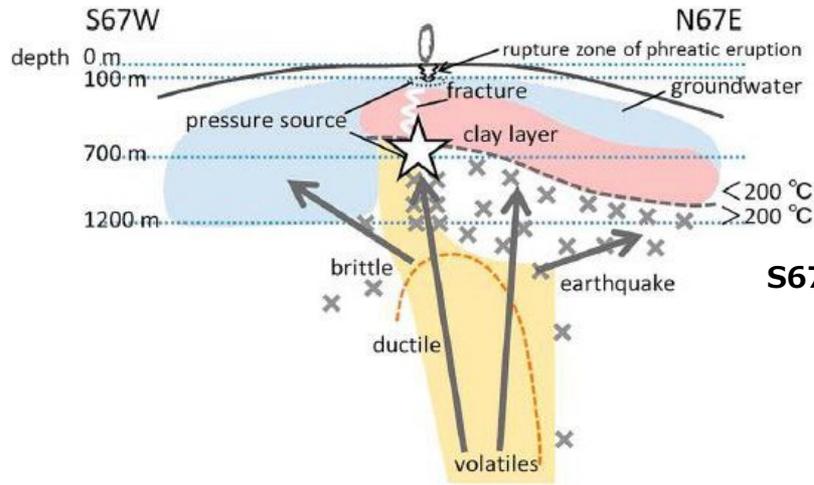
2. 海域火山（嬬婦海山周辺火山）

- ・嬬婦海山周辺域で反射法構造探査とサブボトムプロファイリングを実施し、2023年10月以降の津波・地震・火山活動の発生要因の検討や、当該海域火山の総合的評価に必要な基礎情報を整備する。

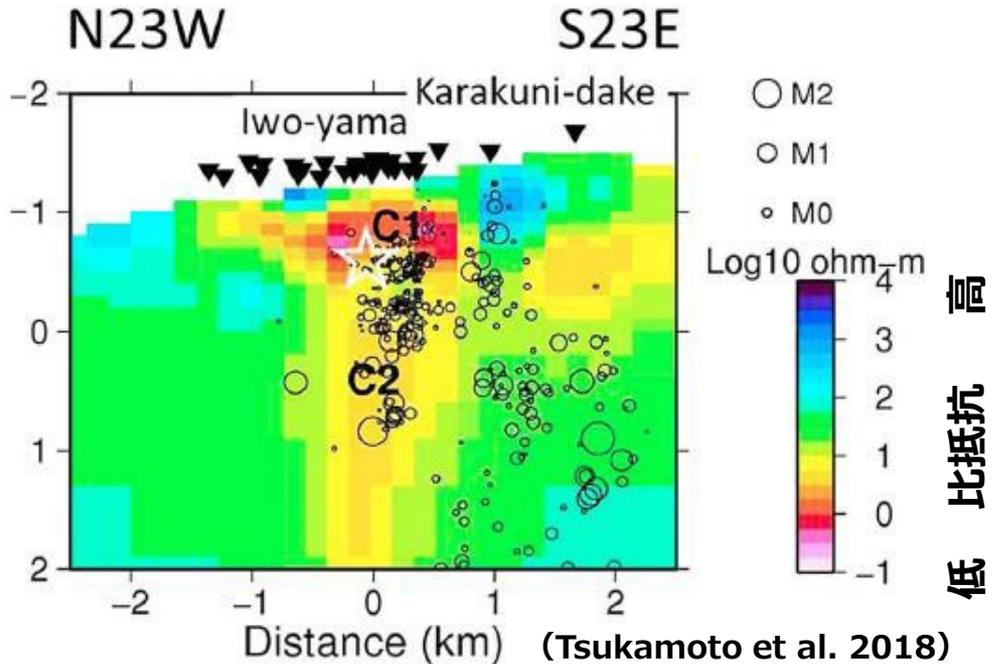
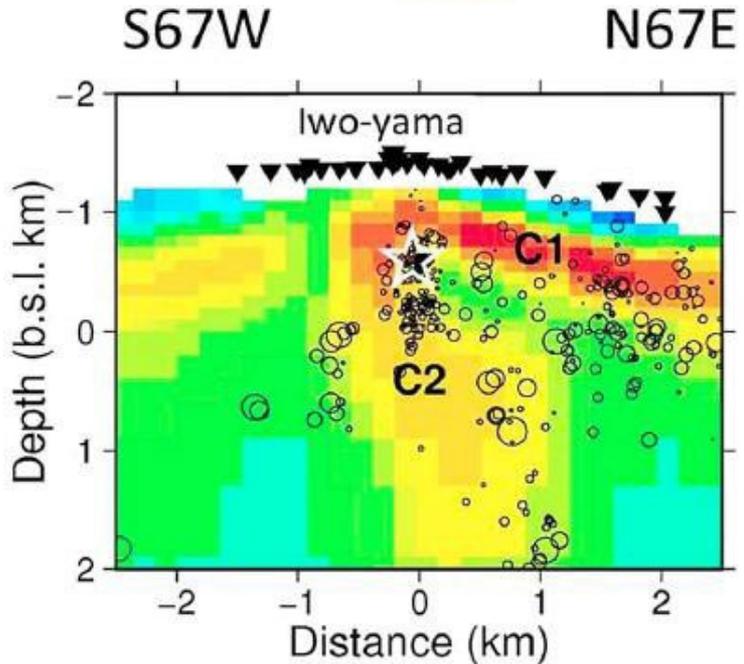
実施 令和6年10月1日～令和7年3月31日

1. 陸域火山の基礎調査

1-1 :水蒸気噴火前後でのキャップロック構造の変化の解明



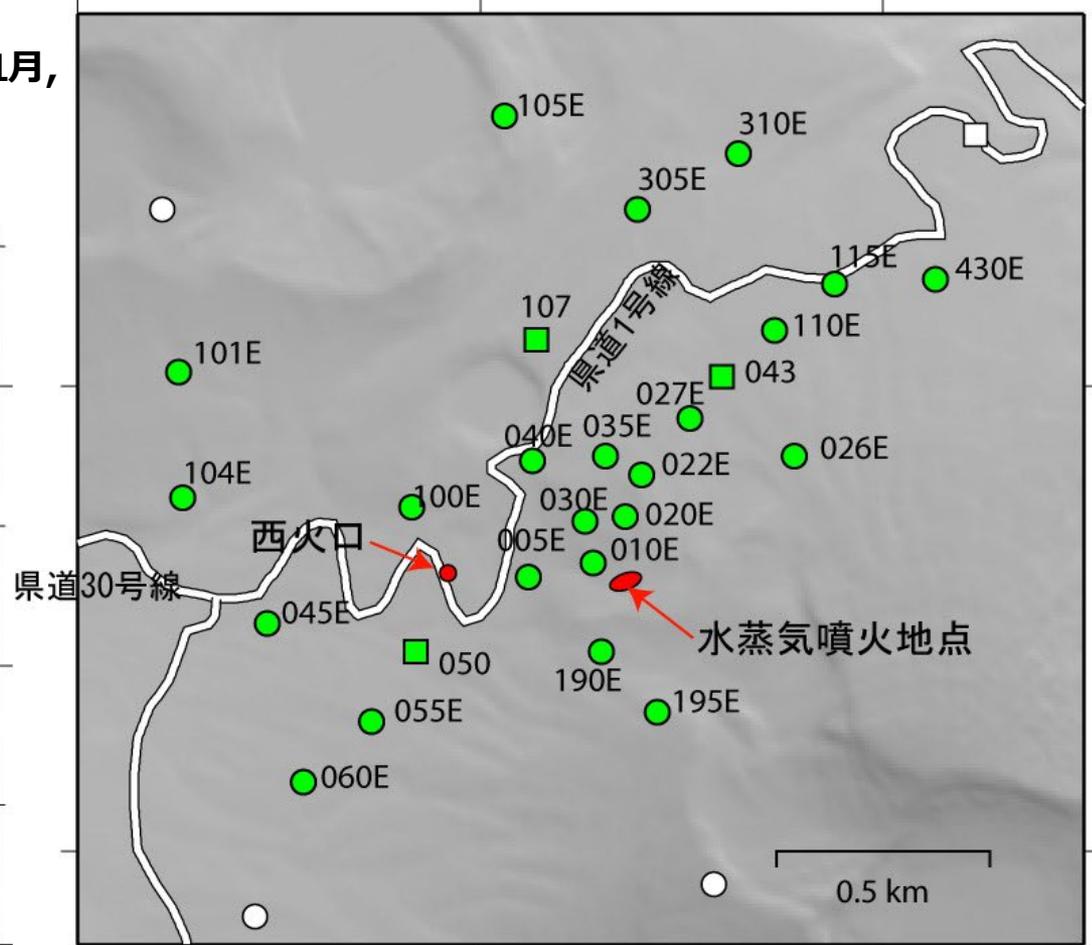
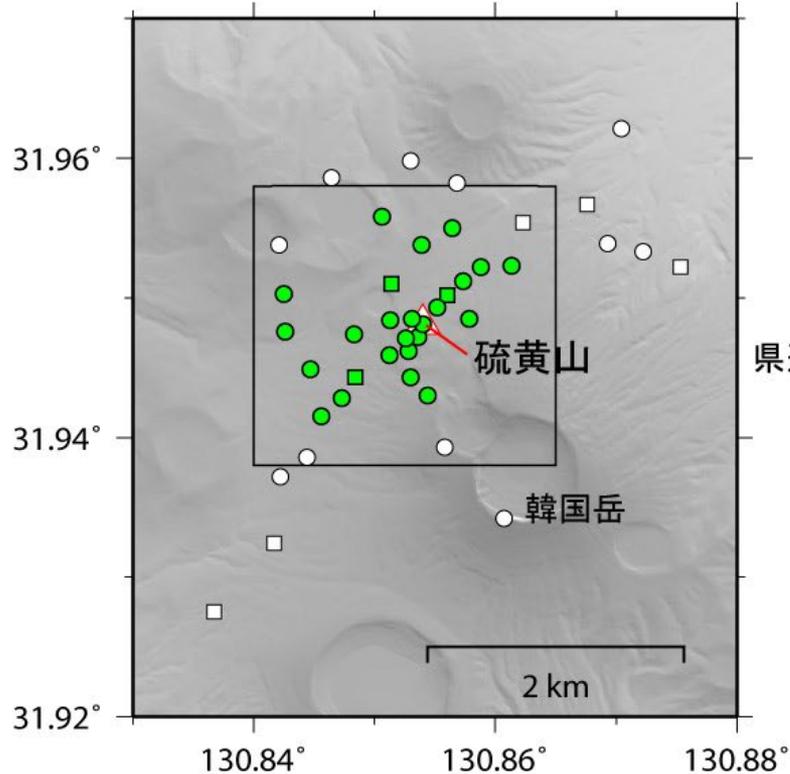
目的：
○比抵抗構造が、2018年水蒸気噴火後に変化しているか、噴火前 (Tsukamoto et al. 2018) と同仕様で検証
○噴火前後の熱水系の変化を解明



☆印は噴火前の水準測量から推定された圧力源

1-1 霧島硫黄山周辺 MT繰り返し観測

噴火前観測 (2015年12月, 2016年10-11月,
2017年10-11月)
噴火後観測 (2024年10月- 11月)



42点のうち26点 (緑) で再測定を行った。

Tsukamoto et al. 2018 と機材の種類を同一。

観測場所はハンディGPSの精度で同一。

Tsukamoto et al. 2018 と同様の方法でMT応答関数を推定。

■ MT

● 電場のみ

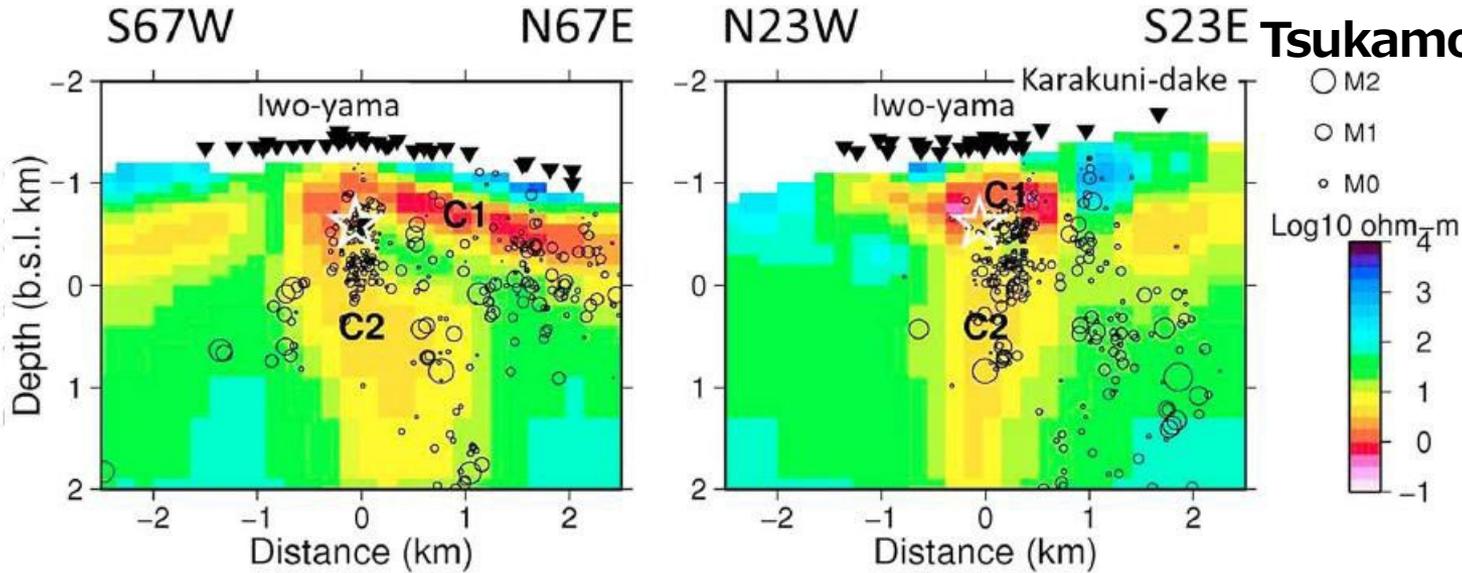
1-1 解析（インバージョン）手法の比較

	Tsukamoto et al. 2018 <i>GRL</i>	本研究
3次元インバージョンコード	WSINV3DMT (Siripunvaraporn and Egbert 2009 <i>PEPI</i>)	FEMTIC (Usui 2015 <i>GJI</i> , Usui et al. 2017 <i>GJI</i>)
使用データ	40 点	42 点
インバージョンの入力	$Z_{xy}, Z_{yx}, Z_{xx}, Z_{yy}, T_{zx}, T_{zy}$	$Z_{xy}, Z_{yx}, Z_{xx}, Z_{yy}, T_{zx}, T_{zy}$, and Φ (Phase tensor)
エラー	10%	Z 10%, Φ 5%, T 0.001
表層の不均質の影響 (distortion)	考慮しない	計算の中で Z_{**} を補正 (FEMTICにおいて $\beta=0.01$ 固定)
周波数帯域	80 Hz ~ 0.005 Hz (11周期)	160 Hz ~ 0.005 Hz (16周期)
地形	階段状	スムーズ
電場のみ観測点における磁場の位置	考慮せず	考慮する

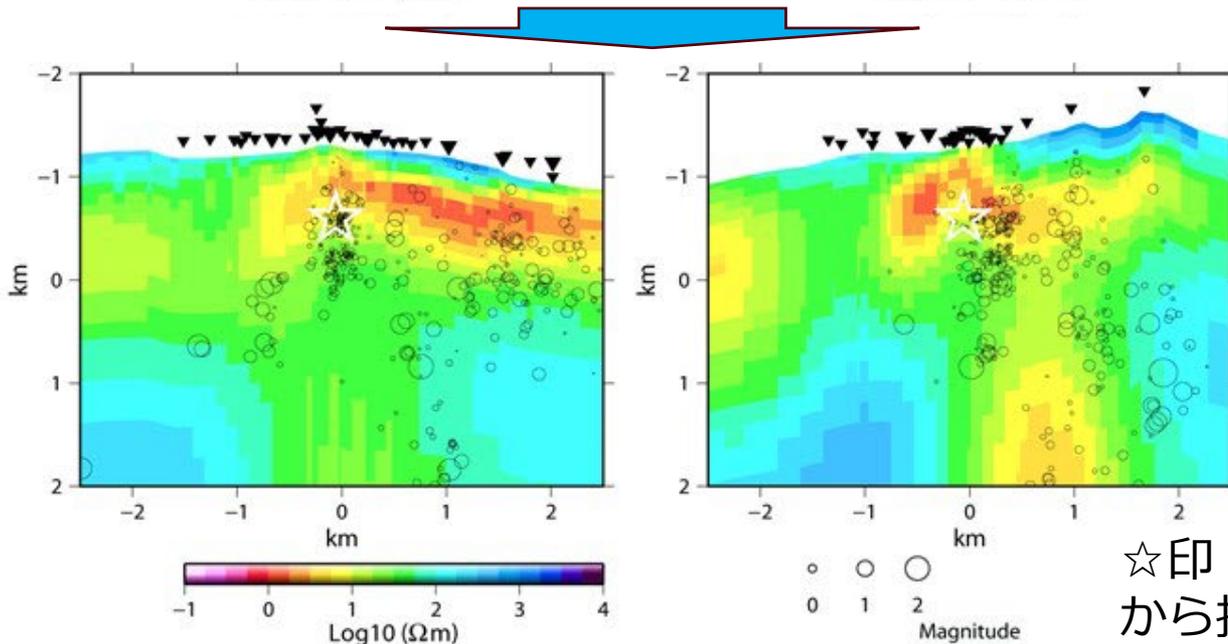
- ・噴火前、噴火後、それぞれでインバージョンを実行。
- ・噴火前の比抵抗構造を初期モデルとして、噴火後の比抵抗構造を推定。
- ・噴火後に再測を行っていない16 観測点 (硫黄山から離れている領域) では、比抵抗構造が変化していないと仮定して、いずれも噴火前のデータを使用した。

1-1 Tsukamoto et al. (2018) と本研究の解析結果比較

ともに挑む。つぎを創る。



Tsukamoto et al. 2018



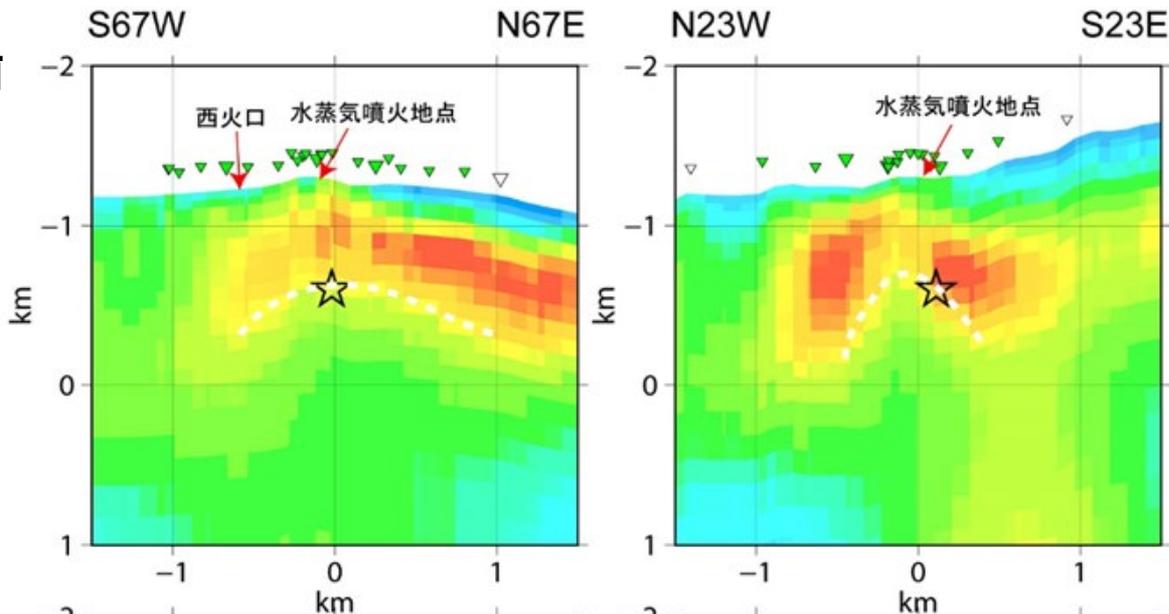
本解析 (手法の違い)

○ Tsukamoto et al. (2018) に比べ、南北断面で、つりがね状の低比抵抗体がシャープ。

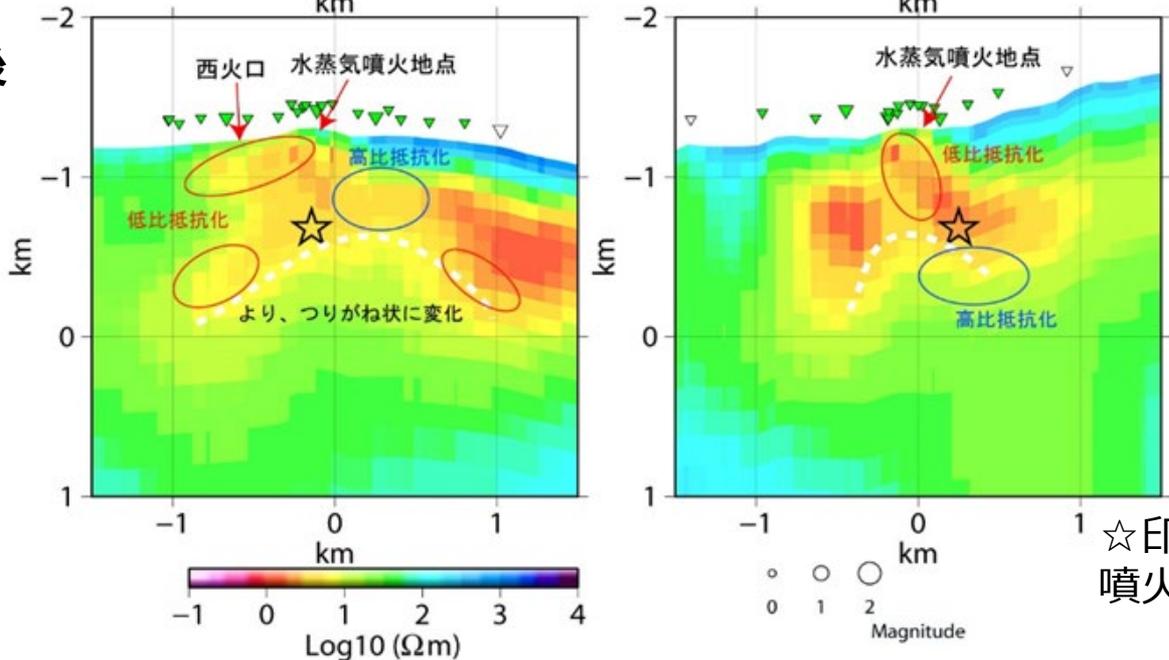
☆印 噴火前の水準測量から推定された圧力源

1-1 水蒸気噴火前後でのキャップロック構造の変化

噴火前



噴火後



○低比抵抗層の底（白破線）の形状変化
：より「つりがね状」に変化



流体を貯めこみやすい構造に変化したと推定

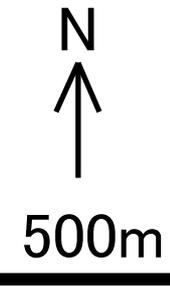
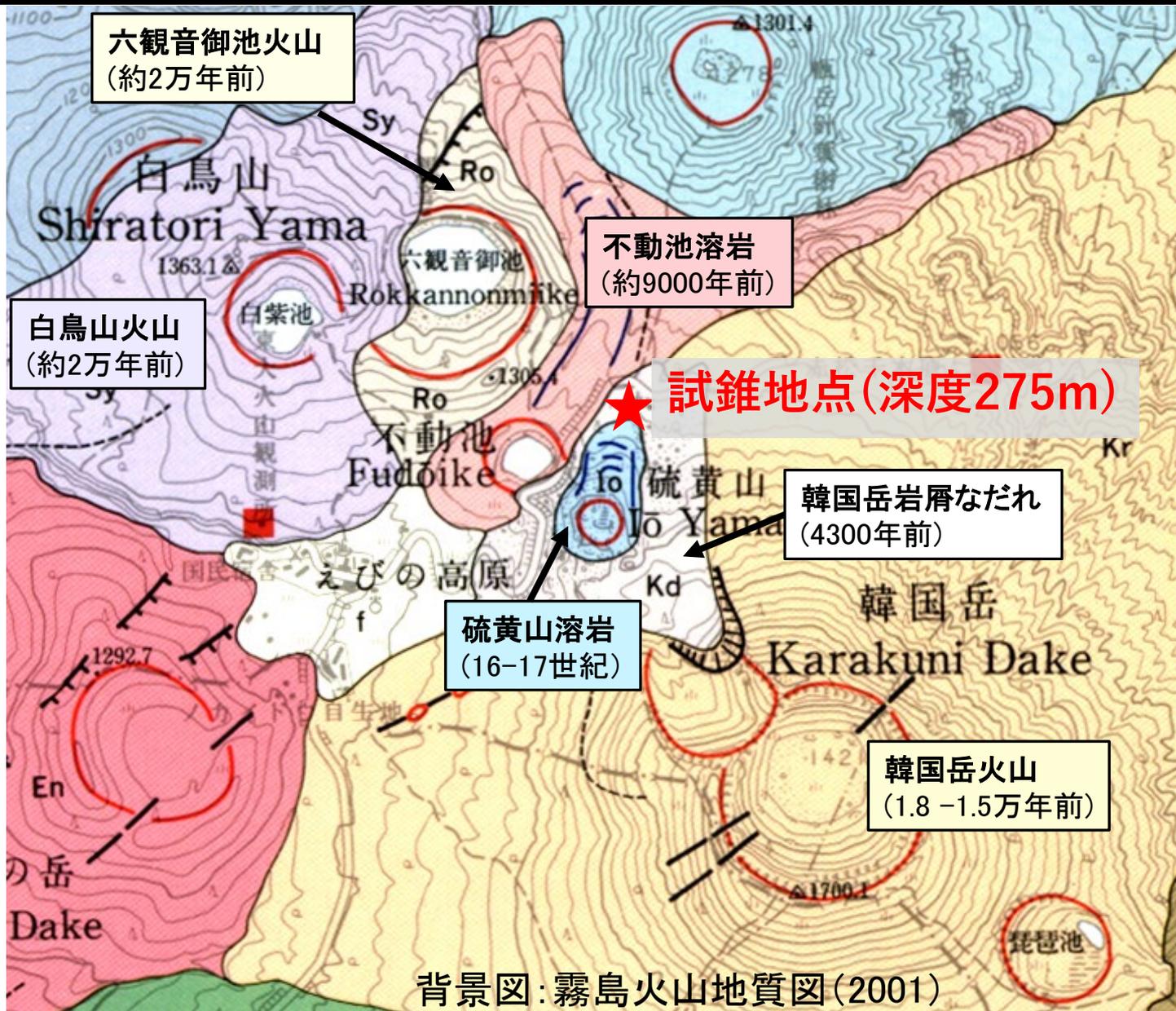
○顕著な比抵抗の変化（赤丸/青丸）
：「つりがね状」の頂部付近は高い比抵抗へ



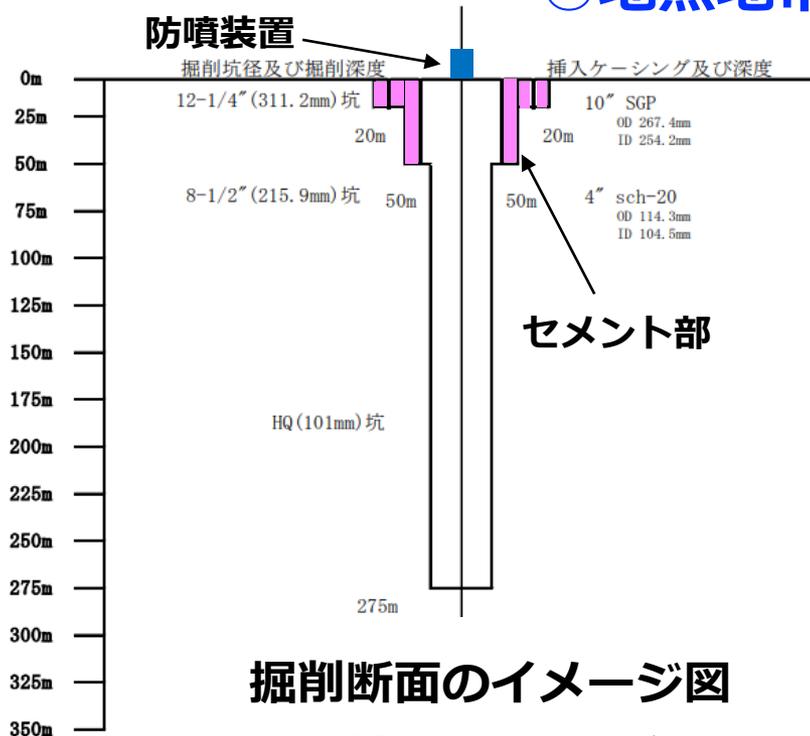
流体をためこむ「蓋」の頂部が弱くなっている可能性

☆印：圧力源の位置
噴火前と噴火後で異なる点に注意

1-2: キャップロック構造とされる地質試料の特徴



○地熱地帯の暴噴対策



掘削断面のイメージ図

3段階ケーシング

孔口をセメントで固め、
孔壁を崩れにくくする



防噴装置 (BOP)

万が一、孔内で爆発した際にバルブを閉めて
地表に噴出させない



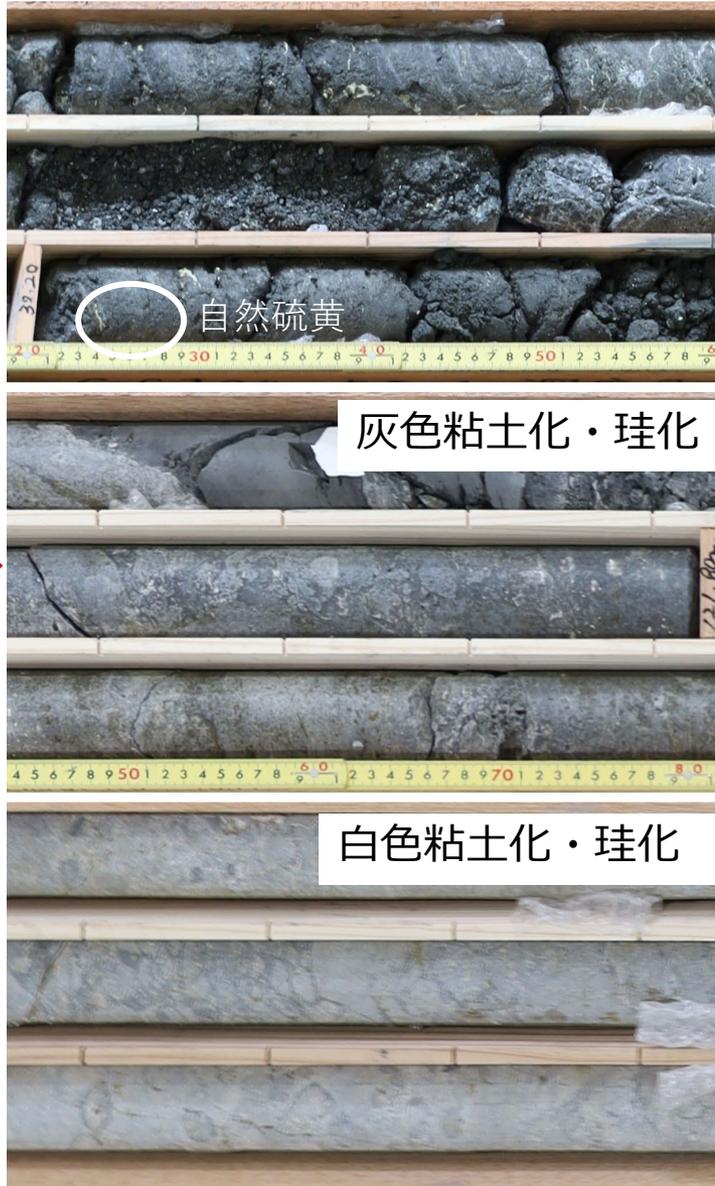
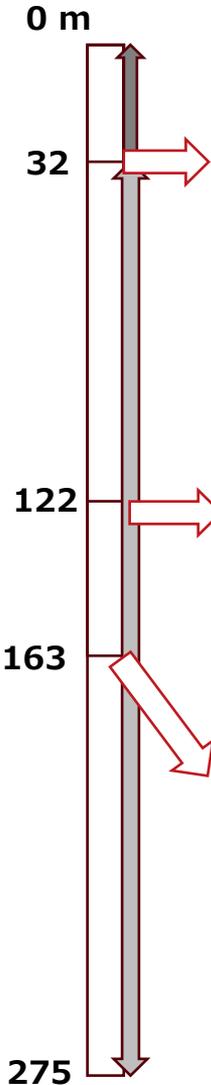
24時間体制で掘削

暴噴させないために
24時間で監視が必要

○降雪による通行止 (数十年に1度のレベル)

1-2 掘削により採取した代表地質試料（変質の深度変化）

掘削深度



30m深

原岩：
安山岩溶岩

- コアの採取率88%
(100m以深100%)

33m深

120m深

- 溶岩の気孔や凝灰岩の
粒間から変質進行

原岩：
火山礫凝灰岩

- 30m以深で、粘土化・
珪化の変質部がみられ、
- 120m以深で、白色珪
化変質部を挟む

123m深

162m深

原岩：
火山礫凝灰岩

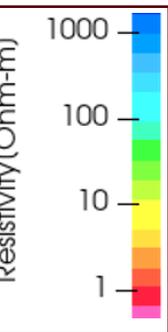
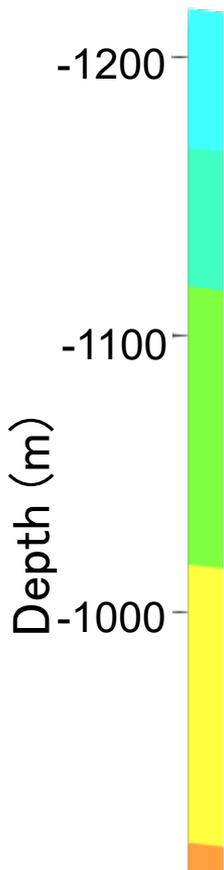
165m深

1-2

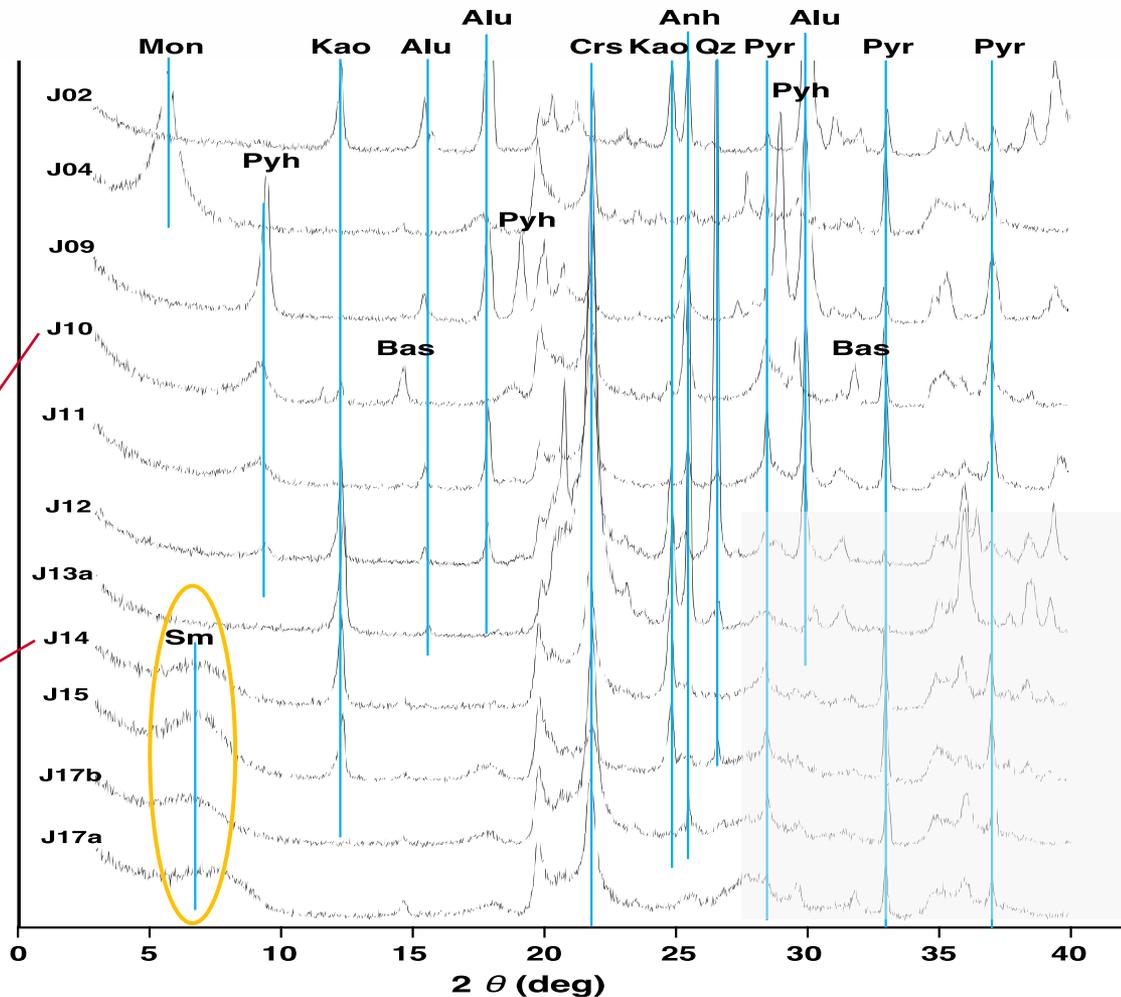
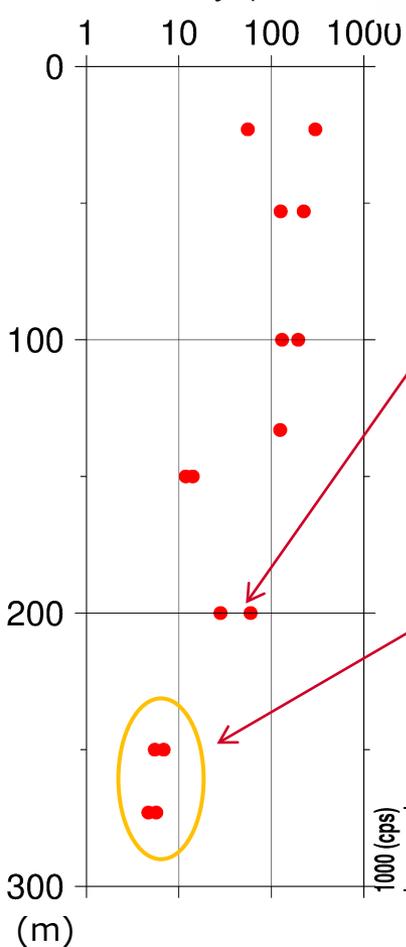
地質試料の比抵抗値

代表的地質試料のXRD

MT探査の比抵抗値



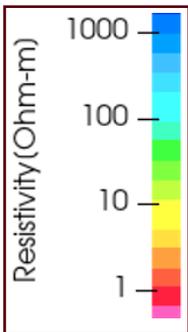
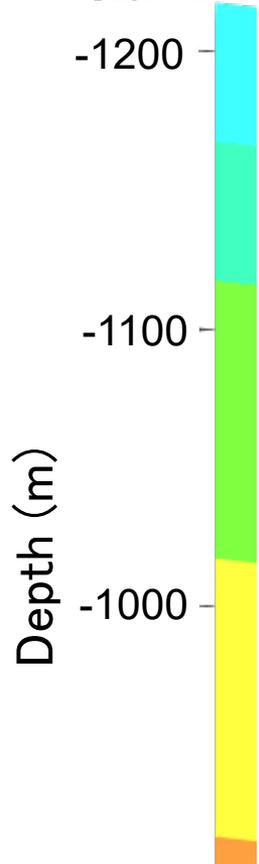
Resistivity (ohm*m)



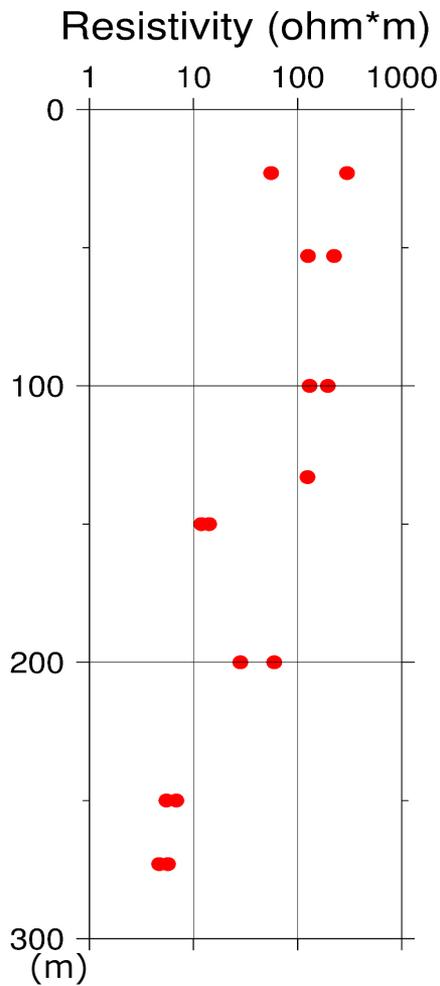
- 地質試料の比抵抗値は、MT探査の結果と調和的
 - 250m以深の低比抵抗は、**変質鉱物（スメクタイト）**の出現に対応
 - 低比抵抗層の上部でも、各種の変質鉱物を確認
- ➡過去の熱水活動を記録。2018年噴火でも熱水活動あり。

1-2

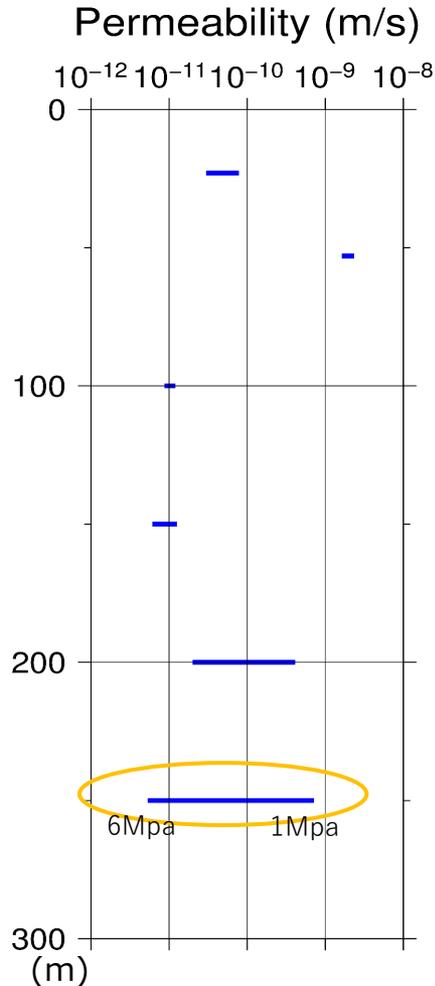
MT探査の 比抵抗値



地質試料の比抵抗値



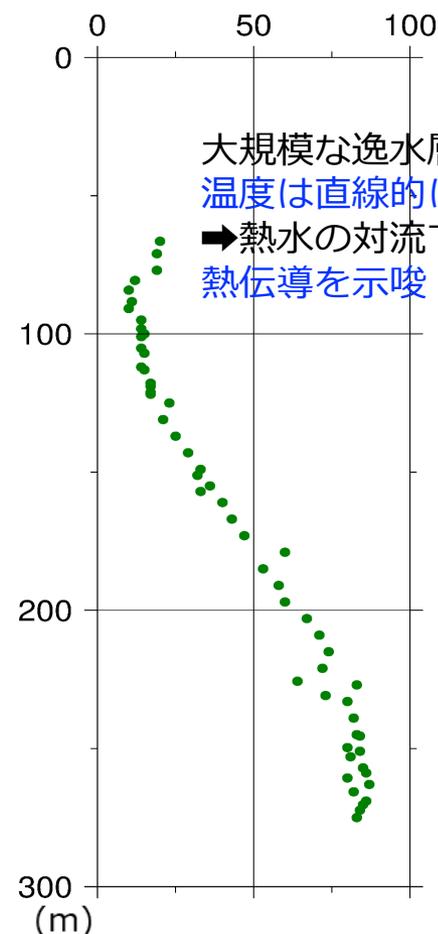
透水性係数



循環水の温度

(注 ; 地層温度は数十℃以上高い)

Temperature (°C)



○ 250m深度 (スメクタイト含) は低い透水性係数

➡ キャップロック構造として機能

○ 250m深度の透水性係数は圧力依存性、コアは引き上げ時に膨張

➡ キャップロックの力学的特性を示唆

1-2 比抵抗構造と掘削による地質試料の対応

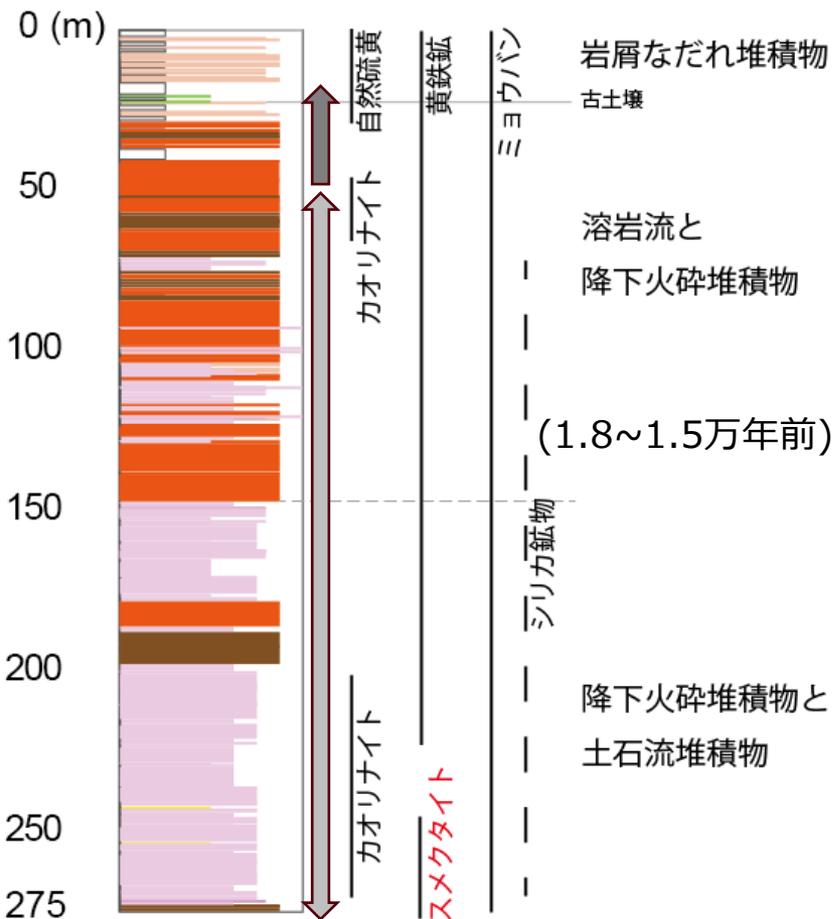
MT探査の 比抵抗値



地質柱状図

変質鉱物

主な層相



- 礫混じり砂質土
- 安山岩溶岩
- 凝灰岩, 火山礫凝灰岩等
- 火山礫混じり砂岩
- 安山岩火山礫, 火山岩塊
- 安山岩火山角礫岩

○低い比抵抗層の上位に、緻密な溶岩主体

○250m以深は、スメクタイトを含む火山礫凝灰岩・凝灰岩

- 霧島硫黄山下の低比抵抗層をMT探査、275m深の試錐で地質試料採取。
- MT探査では、2018年噴火前と後で、
 - 1) 低比抵抗層の形状は、より「つりがね状」に。
流体を貯めこみやすい構造に変化
 - 2) 「つりがね状」の頂部付近は、高い比抵抗に。
「蓋」の頂部が弱くなっている可能性
- 地質試料から、
 - 1) 地質試料の比抵抗値は、MT探査での比抵抗構造 と整合的。
 - 2) 変質鉱物相として複数の粘土鉱物を確認。
低比抵抗層の250m以深では、スメクタイトを確認。

今後の課題

地質試料から変質順序を整理、測定した物性値との関係を解析し、
比抵抗構造からの火山活動の変化の読み取りを目指す。