

令和元年度における個別研究開発の現状と今後の予定

## ② 地質環境の長期安定性に関する研究

令和2年3月11日

日本原子力研究開発機構  
核燃料・バックエンド研究開発部門  
東濃地科学センター 地層科学研究部

# 地層処分の安全確保の考え方と研究開発のフレーム



# 地質環境の長期安定性に関する研究(第3期中長期計画)

\*一部、資源エネルギー庁委託事業として実施

## ① 調査技術の開発・体系化 => サイトの選定や安全性の検討に必要なデータ取得技術

①-1) 断層の活動性に係る調査技術\*

①-2) 地殻構造の高空間分解能イメージング技術\*

①-3) 深部流体の分布に関する調査技術\*

## ② 長期予測・影響評価モデルの開発 => 変動シナリオに基づく安全評価に必要な技術

②-1) 稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術\*

②-2) 時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術\*

## ③ 年代測定技術の開発 => ①, ②の信頼性を向上するための技術基盤

③-1) ウラン系列放射年代測定法の実用化

技術の高度化・標準化は  
極めて重要かつ基盤的な要素技術

③-2) 光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の実用化\*

③-3) アルミニウム-26年代測定法, 塩素-36年代測定法の実用化

③-4) 高分解能のテフラ同定手法の開発

③-5) 地質試料を対象とした年代測定法及び化学分析手法の高度化

# ①調査技術の開発・体系化

## 令和元年度の成果のまとめ

### ①-1) 断層の活動性に係る調査技術

- 上載地層法の適用が困難な断層の活動性を調査・評価するための手法等の開発として、断層岩の構造地質学的、鉱物学的、地球化学的な解析等を継続するとともに、断層破碎帯中の石英粒子表面から時間経過とともに成長する石英水和層に着目した評価手法の検討を継続した。
- 機械学習による断層の分類手法の開発においては、断層粘土の化学組成データを基に活断層と非活断層を識別する判別式を得ることができ、ボーリングや坑道調査の段階で遭遇した断層の活動性評価への適用可能性を見い出した(6頁)。

### ①-2) 地殻構造の高空間分解能イメージング技術

- マントル・ウェッジにおける詳細な流体分布の把握を目的として、これまでに収集した近地地震のP波及びS波到達時刻データを用いた日本列島下の地震波トモグラフィ解析を行った。今回の解析により、既存研究による空間分解能を更に向上させることが可能(水平方向分解能:33 km→25 km)であるとの見通しを得た。
- マグマの活動範囲に関する検討として、単成火山群(青野山火山群)を事例としたMT法電磁探査を実施した。これまでの既存文献に基づく検討と今回の電磁探査の結果から、部分熔融域を示唆する低比抵抗体と第四紀火山の分布の特徴を確認し、現在の部分熔融域の分布が将来のマグマの活動範囲を検討するうえで有用な指標の一つとなる可能性を見い出した(8~11頁)。

### ①-3) 深部流体の分布に関する調査技術

- 深部流体の熱的特徴に係る知見を蓄積するため、深部流体の関与が指摘されている紀伊半島を事例として、過去の熱水活動の痕跡である熱水脈及びその周辺の岩石試料を対象に地質温度計及び熱年代の解析を実施し、熱水活動の発生時期、発生時の熱的環境、温度上昇量、継続期間等に係る知見を得た(12~15頁)。

# ①-1 断層の活動性に係る調査技術

加速器質量分析  
(JAEA-AMS-TONO)



堆積物の<sup>14</sup>C年代

光ルミネッセンス年代測定法

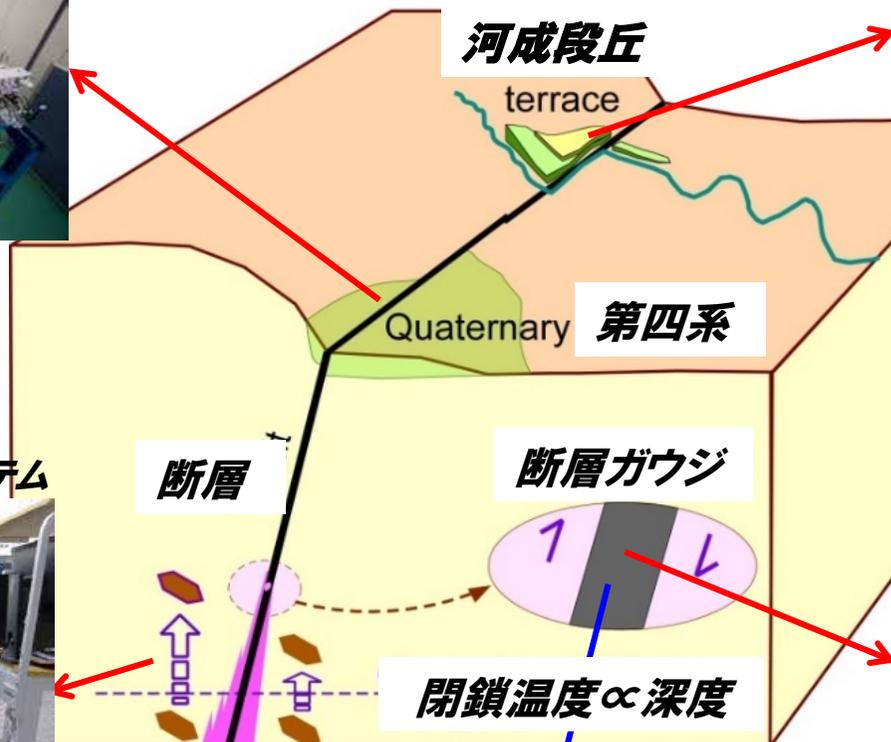


段丘堆積物の堆積年代

(U-Th)/He年代測定システム



基盤岩の熱履歴(年代)



活断層と非活断層の  
分類手法の開発

K-Ar年代測定システム



断層ガウジの形成年代

# 活断層と非活断層の分類手法の開発

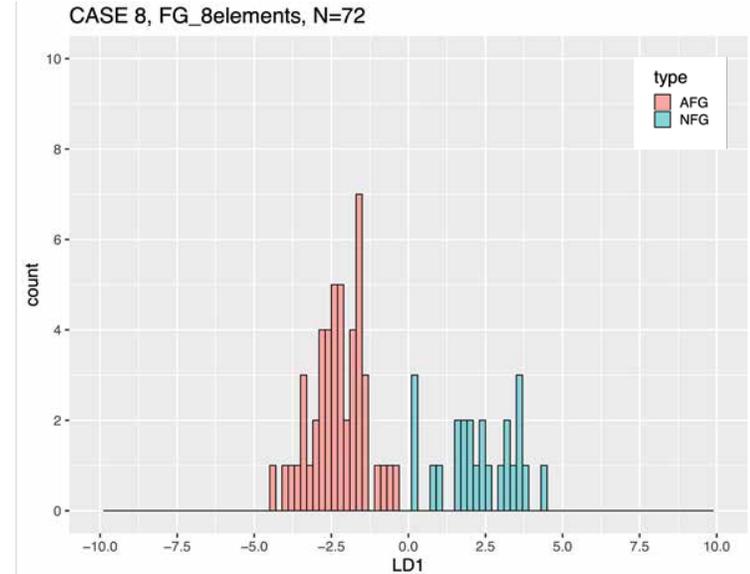
**現状の課題:** 上載地層が分布しない断層の活動性を評価できる手法が未確立。

⇒ サイト調査における坑道掘削中などに遭遇した断層に対する調査・評価技術が必要

**実施内容:** **機械学習** (断層粘土の化学組成データ等を用いた多変量解析) により、**活断層と非活断層の識別指標の検討を試行** (富山大学との共同研究)。

## 成果概要:

- 活断層と非活断層の化学組成データ (文献値および分析) を収集 (活断層53点と非活断層24点)
- 活断層と非活断層を化学組成から正確に分類する一次式が複数得られた (逆断層除外計72試料、元素数17、15、11、8)
- 判別に効く4元素が推定され、寄与度は  $Rb > Al_2O_3 > P_2O_5 > TiO_2$
- 多重共線性等の検討に基づき、8元素 (右図Case8) から  $TiO_2$  か  $P_2O_5$  のいずれかを除いた式が、未知試料に対して効果的と推定
- 教師データを100%判別することの可否を検討する初期の研究段階から、未知試料を高い確率で判別できる式をどのように得るかという次の研究段階へ移行した



化学組成分析と機械学習による活断層 (赤色) と非活断層 (青色) の分類結果の例 (元素数8)

活断層 (逆断層) を除外、Case 4 (72 試料) を選択  
AIC (赤池情報量基準: 変数増減法) による変数選択  
Case 4 → 最適元素数 11、AIC 重み評価 (中高) 元素数 8、同 (高) 元素数 6

## 変数選択あり線形判別分析

	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Rb	Sr	Y	Ba	Th
Case 7: 元素数 11 → 判別率 100%	Case7										
Case 8: 元素数 8 → 判別率 100%	Case8										
Case 9: 元素数 6 → 判別率 97%	Case9										

変数選択 (使用元素数の変化) と判別率の変化

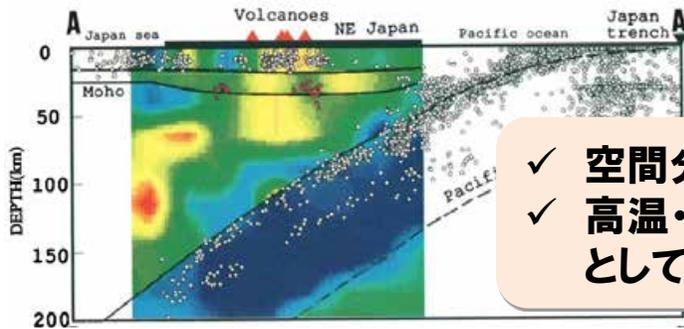
**今後の課題:** データを拡充し、再検討を繰り返すことによる手法の確度向上と、多様な地質条件での試行

# ①-2 地殻構造の高空間分解イメージング技術

(地球物理・化学的手法による地下深部の震源断層やマグマ・深部流体の推定)

地殻構造の推定手法として汎用性の高い複数の手法を用いることで、地殻～マントル最上部におけるマグマや深部流体の存否・分布を総合的に推定する事例を蓄積

## 地震波トモグラフィ

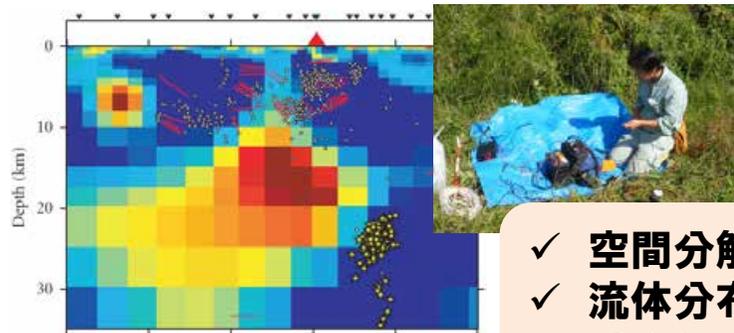


- ✓ 空間分解能: 20-30 km
- ✓ 高温・流体分布域を低速度体としてイメージ

低速度 ← 地震波速度 → 高速度  
-6% 0% 6%

Zhao et al. (1992)

## 地磁気・地電流(MT)法

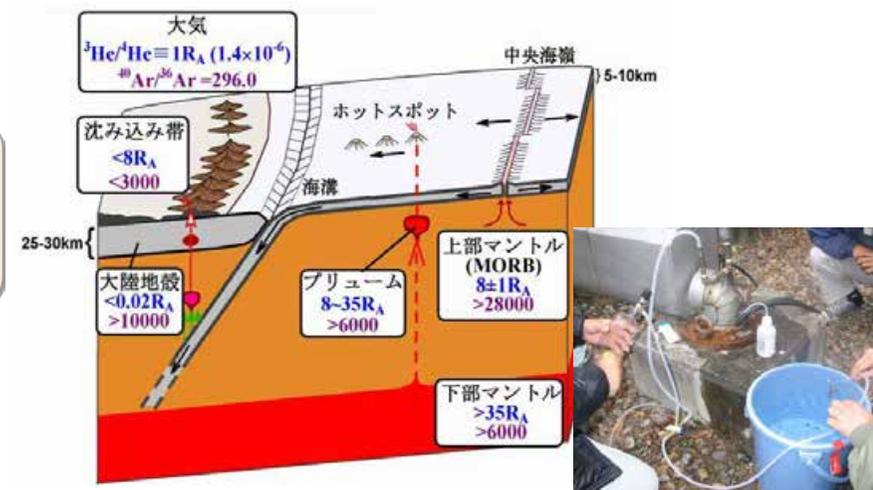


- ✓ 空間分解能: ~10 km
- ✓ 流体分布域を低比抵抗体としてイメージ

低比抵抗 ← 比抵抗 → 高比抵抗  
1 10 100 1000 (Ωm)

Asamori et al. (2010)

## ヘリウム同位体(<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He)比

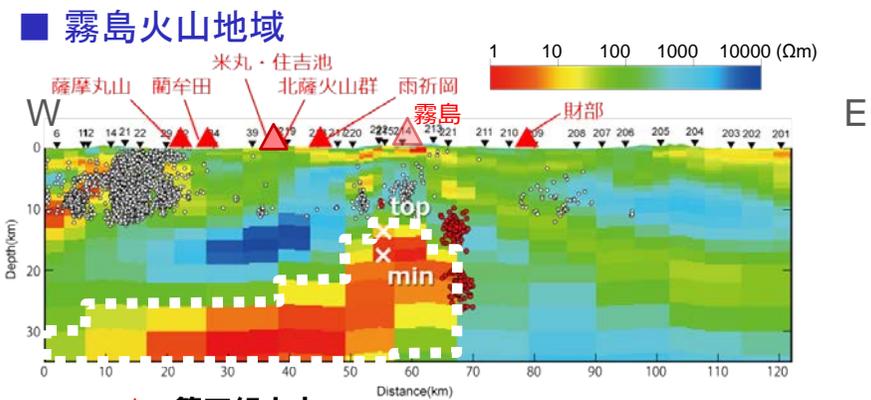
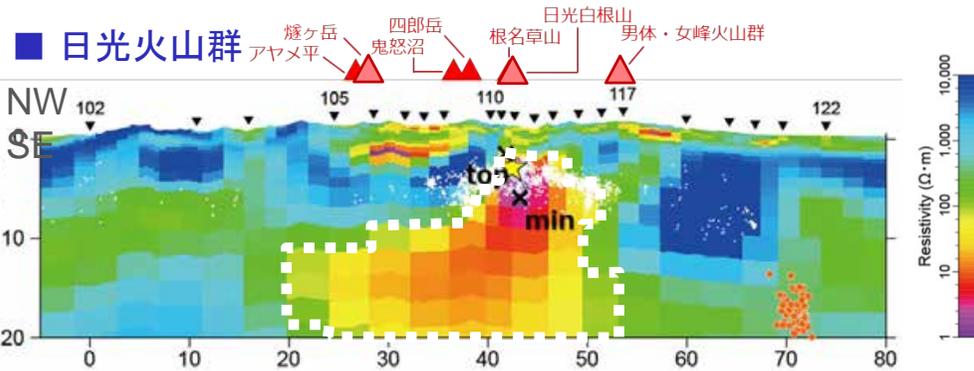


- ✓ 地下水溶存ガス・遊離ガスの<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>Heを測定
- ✓ 大気 ( $R_A = 1.4 \times 10^{-6}$ )・地殻 ( $0.02R_A$ )・マントル ( $<8R_A$ ) で大きく異なる値
- ✓ 高ヘリウム同位体比はマントル起源ヘリウムの供給を示唆

# マグマの活動範囲に関する検討(1)

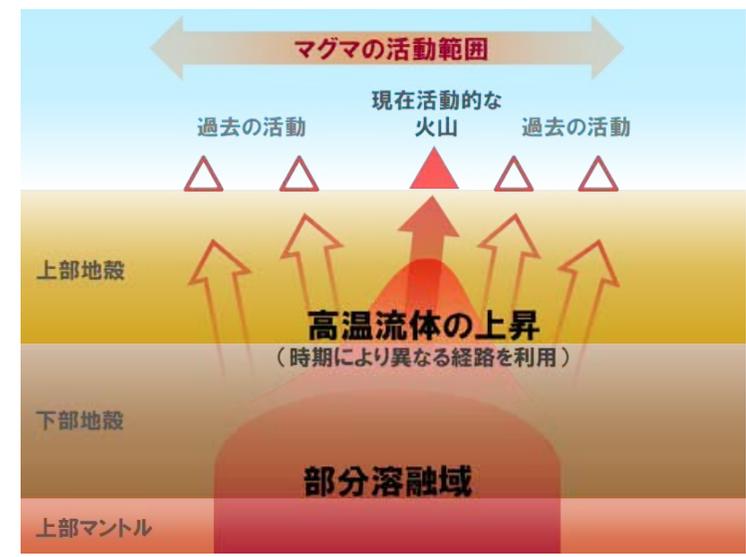
- H30年度までに、既存文献等から、火山地域の比抵抗構造から高温流体(メルトや水)を示唆する低比抵抗体の範囲を抽出し、第四紀火山の分布との関連性を検討

⇒ 現在の部分熔融域の分布が、マグマの活動範囲を検討する上で有用な指標の一つとなり得る可能性を示唆



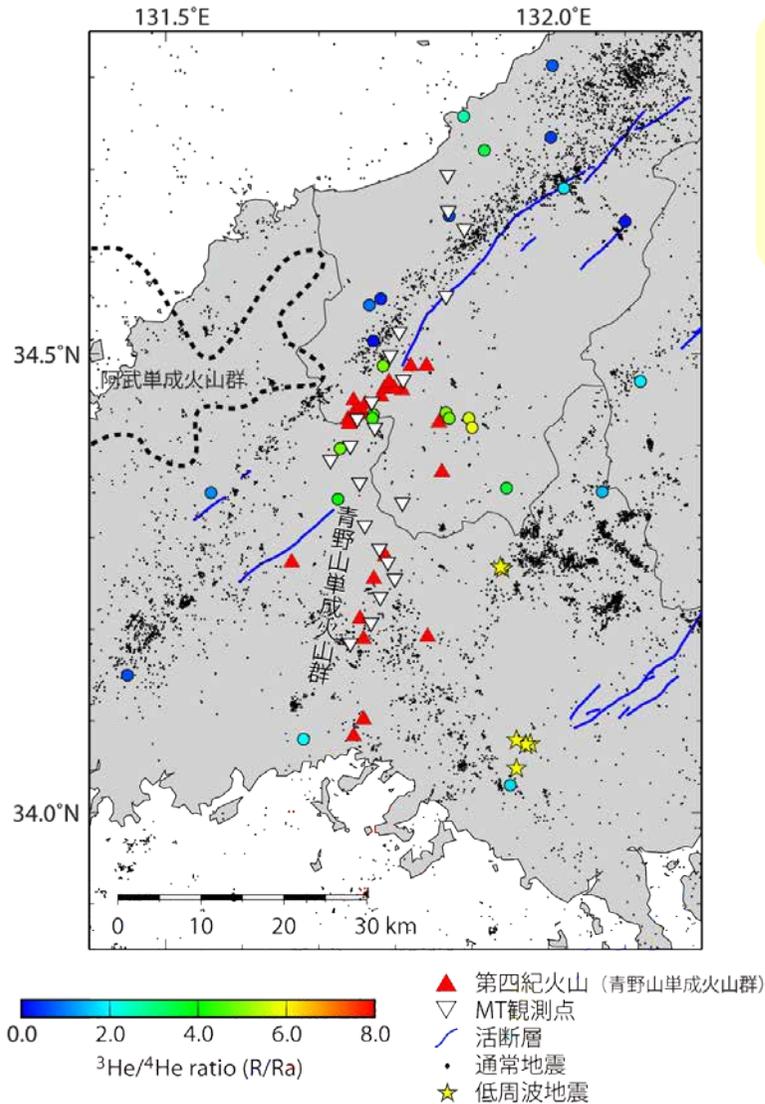
- ▲: 第四紀火山
- △: 完新世活動あるいは現在噴気活動が認められる火山

火山地域におけるMT法電磁探査の例



マグマの活動範囲と部分熔融域に関する概念モデル

# マグマの活動範囲に関する検討(2)



MT法電磁探査の観測点及び  
ヘリウム同位体比の分布

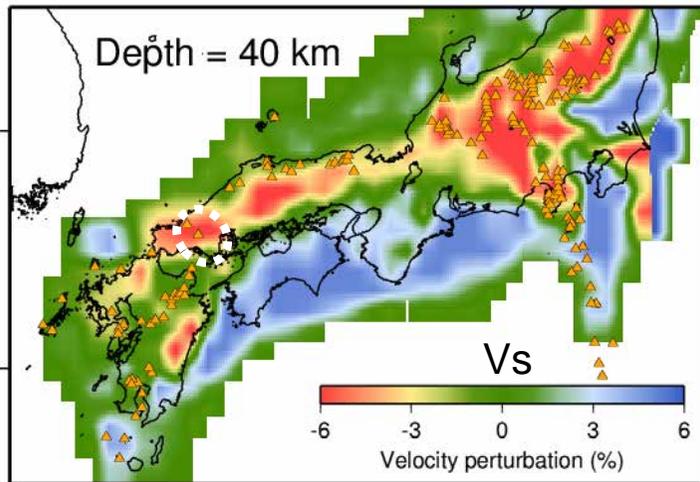
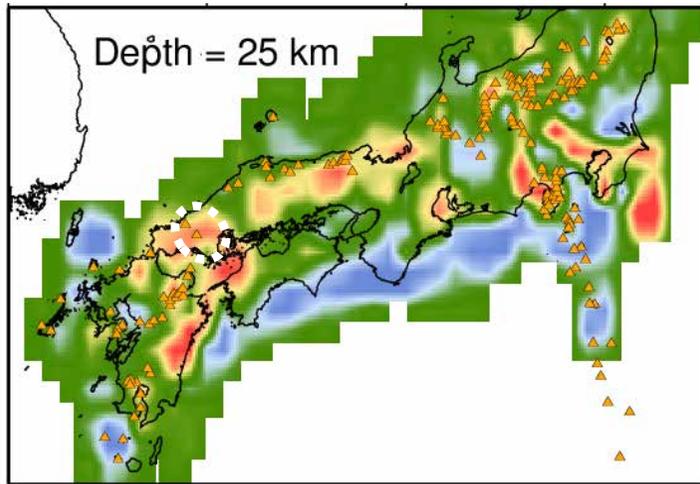
## 研究の背景

- 火口の位置はその火山を代表する位置を中心として概ね半径15kmの範囲内に分布するが、単成火山群※などの一部の火山には例外が認められる
- 広範囲にわたって活動した単成火山群(青野山火山群)を事例としたMT法電磁探査により部分熔融域の分布を推定
  - ※ 単成火山群は、それぞれの火山ごとにマグマの通路が異なるため、一つの火口をもって火山群全体の中心と見なすことはできない(地層処分技術WG, 2017)
- マグマの活動範囲に関する概念モデルの妥当性(単成火山群への適用性)を検討

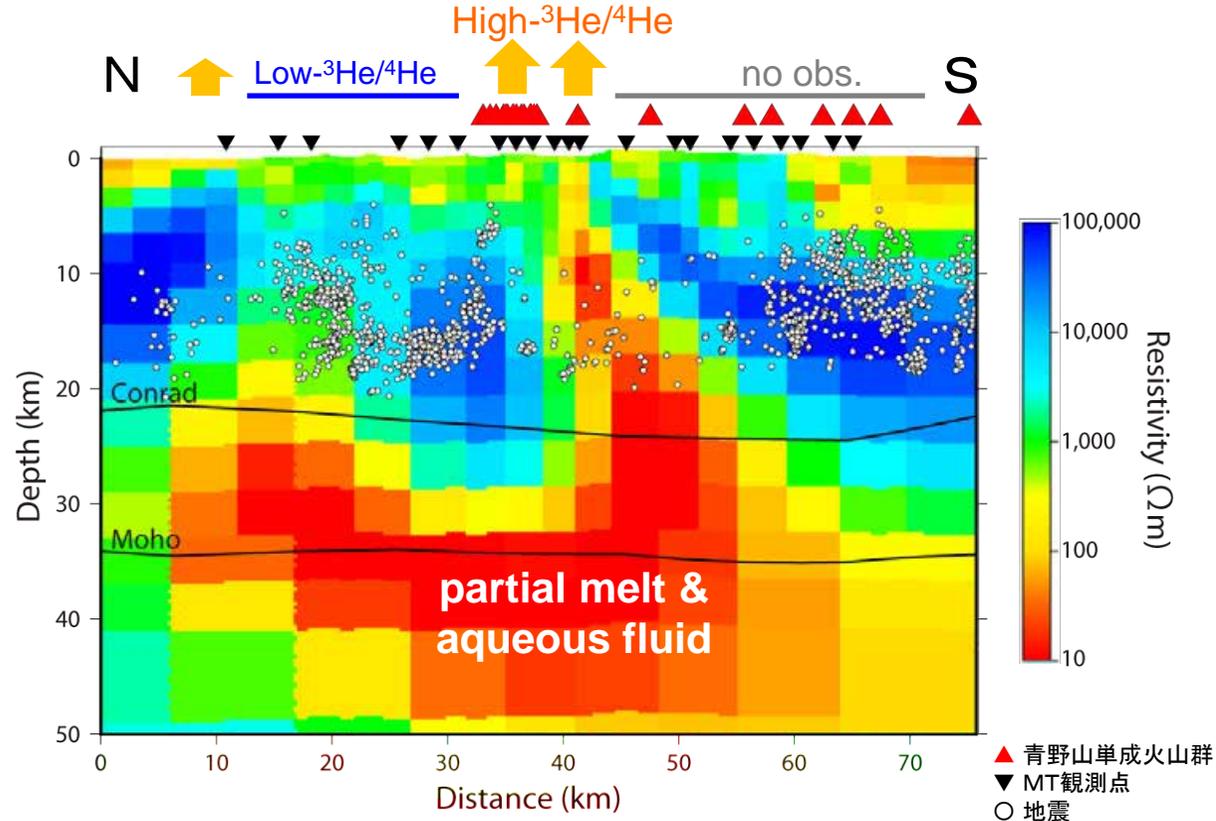
## MT法電磁探査の概要

- ◆ 探査手法: 地磁気・地電流(MT)法 リモートリファレンス方式
- ◆ 観測点数: 21点(全長約50 km: 火山群縦断方向)
- ◆ 観測期間: 2019/11/07 ~ 2019/11/21
- ◆ 測定成分: 磁場3成分, 電場2成分(測定周波数:0.00034~97 Hz)
- ◆ 解析: Ogawa and Uchida (1996) 二次元インバージョン法  
→ 深さ50kmまでの二次元比抵抗構造を推定

# マグマの活動範囲に関する検討(3)



西南日本の深さ25km, 40kmにおけるS波速度偏差分布 (Asamori and Zhao, 2015)

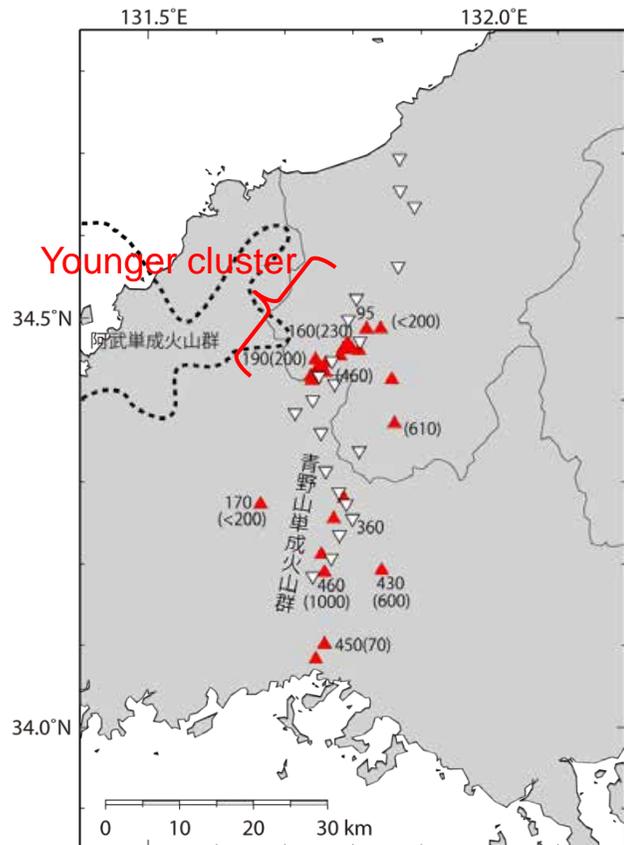


MT法電磁探査により推定された比抵抗分布

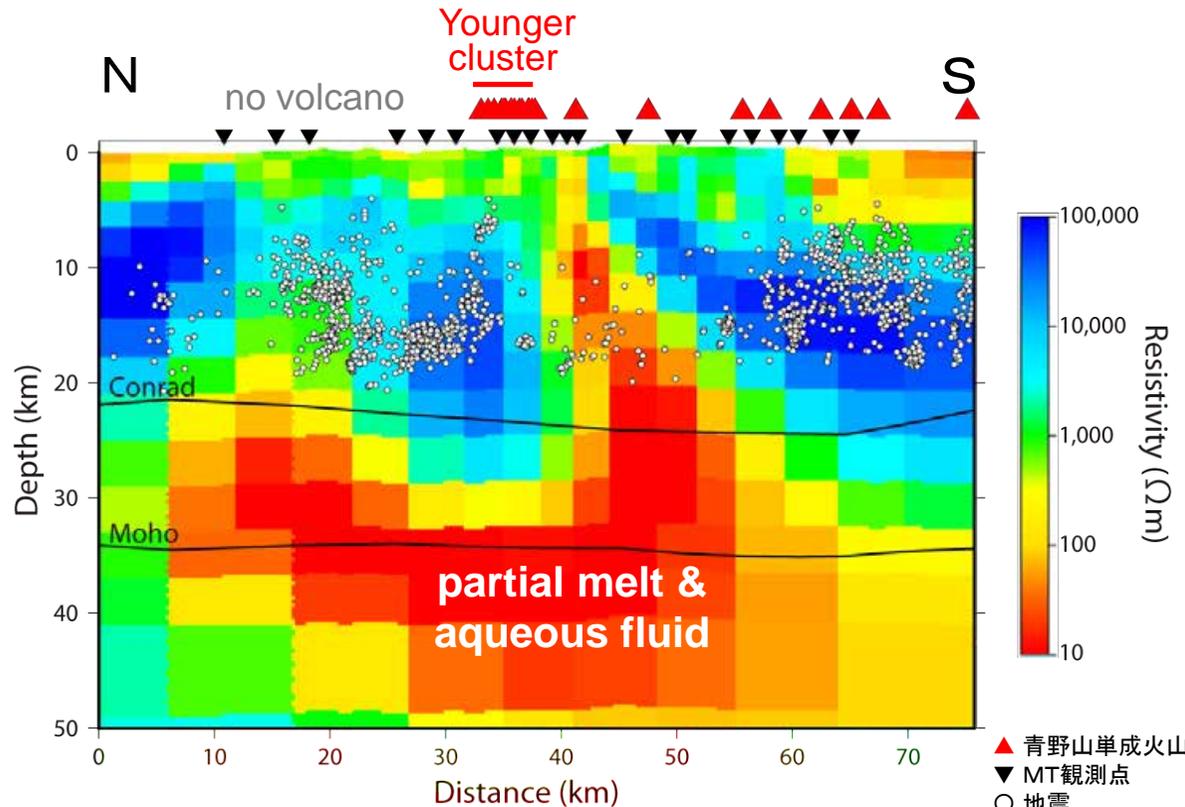
- 低比抵抗体の分布域は地震波低速度体の分布と調和的
- 火山群の北端部では、マントル起源ヘリウムの供給を示唆する高いヘリウム同位体比が観測

⇒ 単成火山群下の低比抵抗体は、マントルから上昇した部分熔融域および水の存在を示唆

# マグマの活動範囲に関する検討(4)



▲ 青野山単成火山群及び活動年代 (ka)  
 年代値: Furuyama et al. (2002), ( ) は鎌田ほか (1998) による  
 ▼ MT観測点  
 ○ 地震



青野山単成火山群の活動年代 (左) 及び  
 MT法電磁探査により推定された比抵抗分布 (右)

- 個別火山体は、下部地殻～マントル最上部に認められる低比抵抗体の直上に分布
- 上部地殻の低比抵抗体は、相対的に若い火山活動域に向かって延びる傾向

⇒ 以上の結果は、概念モデルと整合的であり、現在の部分溶融域の分布が将来の活動範囲を検討する上で有用な指標の一つとなり得ることを示唆 (単成火山群の活動へも適用可能)

# ①-3 深部流体の分布に関する調査技術

## 現状の課題

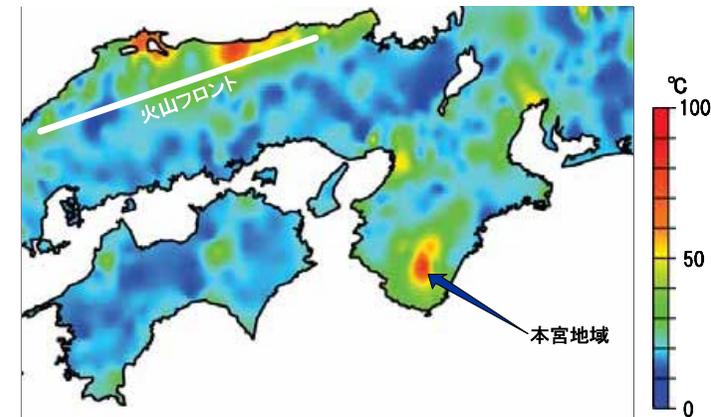
- 深部流体が地質環境に及ぼす影響についての知見・情報が不足している

⇒過去に流入した深部流体の温度や滞留(活動継続)時間に関する知見を得ることが必要 (深部流体の熱的特徴に係る知見の蓄積)

**実施内容:** 深部流体の関与が指摘されている紀伊半島を事例として、地質学的手法及び熱年代学的手法を適用

- 熱水脈及びその周辺における試料採取等(H30年度)
- 地質温度計及び熱年代解析の適用(R元年度)

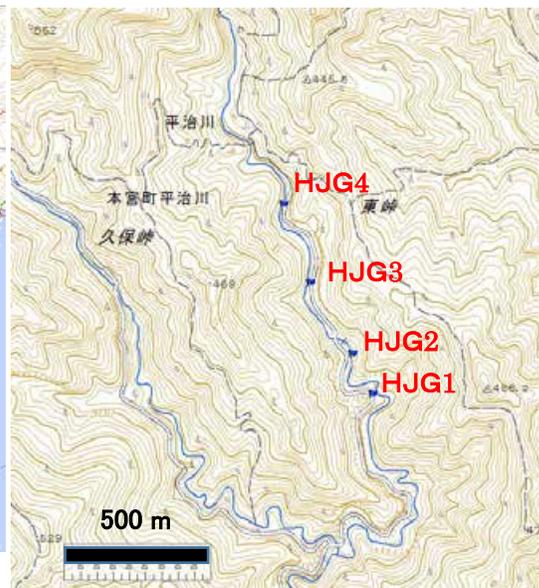
- 紀伊半島には湯の峰(92℃)、白浜(78℃)等、前弧域としては特異な高温の温泉が存在
- 熱水の起源: 温泉水の同位体組成、低周波地震の分布、地震波速度構造、比抵抗構造といった地球化学・物理学的な情報から、フィリピン海スラブから脱水した流体が関与しているとも指摘
- 熱水活動の開始時期: 熱水変質が生じている堆積岩に含まれるジルコンとアパタイトのフィッション・トラック年代から、開始時期は600万年前頃までさかのぼる可能性が指摘



西南日本における温泉・鉱泉の温度分布  
(矢野ほか, 1999)

# 深部流体の熱的特徴に係る知見の蓄積(1)

- 和歌山県田辺市本宮町平治川で、熱水脈露頭3地点、熊野酸性岩露頭1地点から、**計17試料**(熱水脈と周辺の母岩を含む)を採取
- 地質温度計**(流体包有物解析)と**熱年代**(フィッショントラック法、(U-Th)/He法、U-Pb法)を適用



試料採取地点位置図

紀伊半島南部の熱水脈露頭とサンプリングの考え方

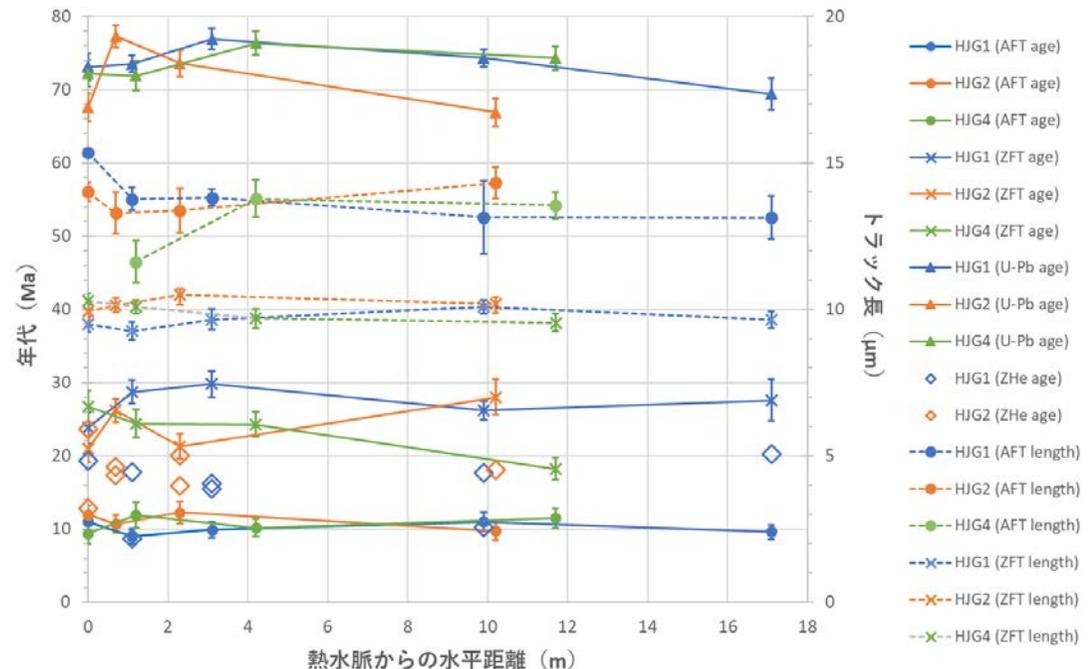
# 深部流体の熱的特徴に係る知見の蓄積(2)

## 測定・解析結果

- **初生流体包有物の均質化温度から、熱水温度は140~210°C**
  - **熱年代は、いずれの手法でも、熱水脈からの距離による変化は認められない**
  - **最も閉鎖温度が低いアパタイトFT法について、もし約10Maの熱水活動で露頭全体の年代がリセットされたのなら、閉鎖温度が高い他の手法でも、熱水脈近傍では約10Maの年代を示すはず**
- ⇒ **約10MaのアパタイトFT年代は、広域的な隆起・侵食史を反映している可能性が高い**

試料名	鉱物 (産状)	包有物の種類	均質化温度		氷融点温度・塩濃度		
			n	均質化温度 [°C]	n	氷融点温度 [°C]	塩濃度 [wt. %NaCl]
HJG1-F	石英 (鉱物脈)	初生	2	144~145	0	n.a.	n.a.
		二次	1	140	0	n.a.	n.a.
HJG2-F	石英 (鉱物脈)	初生	2	195~211	1	-5.0	7.9
		二次	8	110~216	5	-5.0~-0.4	0.7~7.9
HJG4-F	石英 (水晶片)	初生	0	n.a.	0	n.a.	n.a.
		二次	0	n.a.	0	n.a.	n.a.

## 流体包有物測定結果



熱年代データvs熱水脈からの水平距離

# 深部流体の熱的特徴に係る知見の蓄積(3)

## 測定・解析結果

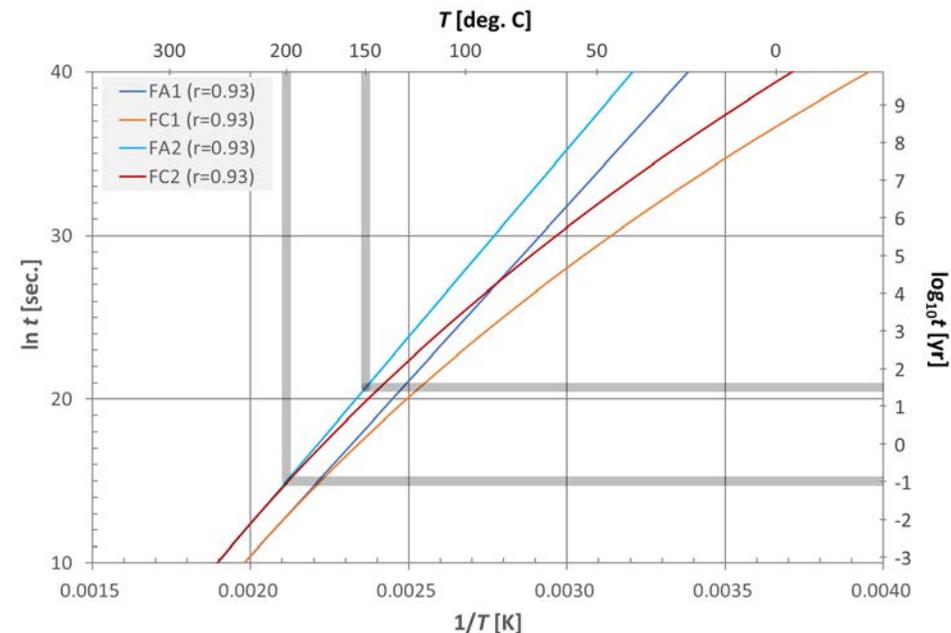
➤ 熱水活動の**発生時期**と**熱的特徴**は、以下の①②のいずれかと解釈できる

① 約10Ma**以前**に90～120℃より**高温の深部**で発生（温度上昇量:20～130℃以下）

- 熱水活動は、約10Ma以前にアパタイトの閉鎖温度(90～120℃)より高温の深部で発生
- アパタイトFT年代は、熱水活動以降に起こった隆起・侵食を反映して、約10Maを示す
- 熱水活動時の温度上昇量は、熱水温度(140～210℃)と環境温度(90～120℃以上)の差から20～130℃以下と制約される

② 約10Ma**以後**に90～120℃より**低温の浅部**で発生（継続時間の上限:数10年～約1ヶ月）

- 熱水活動は、約10Ma以降にアパタイトの閉鎖温度より低温の浅部で発生
- しかし、加熱温度・加熱時間の不足により、アパタイトFT年代は若返らなかった
- アパタイトFT年代を若返らせないためには、150℃の熱水なら数10年、200℃の熱水なら約1ヶ月以下の継続期間が推定される（右図参照）



アパタイトのFTが短縮を受ける温度・時間条件

# 地質環境の長期安定性に関する研究(第3期中長期計画)

\*一部、資源エネルギー庁委託事業として実施

## ① 調査技術の開発・体系化 => サイトの選定や安全性の検討に必要なデータ取得技術

①-1) 断層の活動性に係る調査技術\*

①-2) 地殻構造の高空間分解能イメージング技術\*

①-3) 深部流体の分布に関する調査技術\*

## ② 長期予測・影響評価モデルの開発 => 変動シナリオに基づく安全評価に必要な技術

②-1) 稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術\*

②-2) 時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術\*

## ③ 年代測定技術の開発 => ①, ②の信頼性を向上するための技術基盤

③-1) ウラン系列放射年代測定法の実用化

技術の高度化・標準化は  
極めて重要かつ基盤的な要素技術

③-2) 光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の実用化\*

③-3) アルミニウム-26年代測定法, 塩素-36年代測定法の実用化

③-4) 高分解能のテフラ同定手法の開発

③-5) 地質試料を対象とした年代測定法及び化学分析手法の高度化

## ②長期予測・影響評価モデルの開発

### 令和元年度の成果のまとめ

#### ②-1) 稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術

- 地震及び断層活動による水理学的影響に関する検討の一環として、顕著な湧水が生じた松代群発地震域(長野県)を事例対象にMT法電磁探査を実施し、地下の低比抵抗体の分布と群発地震活動に伴って生じた長期湧水の関連について検討を進めた(18~19頁)。
- 上記のMT法電磁探査の結果等から、地震に伴う湧水は、地下深部に賦存するマントル起源流体の上昇が関与したことが示唆された。

#### ②-2) 時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術

- 内陸部から沿岸部にかけて広く適用可能な隆起・侵食速度の評価手法を整備するため、フィッション・トラック(FT)年代や光ルミネセンス(OSL)熱年代を用いた侵食速度評価及び鉱物の化学組成から岩石が生成された温度や圧力の解明、また、ウラン-鉛(U-Pb)法年代測定を用いた侵食評価の手法開発を継続した。特に、OSL熱年代を用いた検討では、従来の手法では困難だった10万年オーダーの侵食速度の評価が期待できる見通しを得ることができた。
- 隆起・沈降境界域における地殻変動評価技術の整備として、関東平野中心部(鬼怒川低地帯)で採取したボーリングコア試料の詳細分析等を実施し、海成層(MIS11及びMIS5)の分布を特定することが、沿岸堆積平野での10万年オーダーの地殻変動評価において有効な調査手法になるとの見通しを得た(21~22頁)。
- 最新知見を踏まえた隆起・侵食データマップの整備の一環として、ダム堆砂、宇宙線生成核種(TCN)、熱年代に基づく侵食速度データベース(DB)を構築するとともに、DBに基づいて、よい長い時間スケール(数百~1万年間)の侵食速度分布図を作成した。また、中期更新世以降に隆起・沈降の傾向・速度が変化した可能性のある地域を文献レビューにより取りまとめた(23~25頁)。

## ②-1 稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術

### 現状の課題

- 地震発生に伴って長期間の湧水が生じるケースが認められることに対して、その発生や影響を適切に評価するための知見(発生場所の条件など)を提示することが重要  
(地震及び断層活動による水理学的影響に関する検討)

### 実施内容

- 地震発生に伴って生じた湧水等の既往の事例を収集し、水理学的影響の程度や範囲及びメカニズム等に関する情報を整理(H30年度)
- 顕著な湧水が生じた松代群発地震域を事例として、MT法電磁探査により流体の流入に関与した賦存域の有無を検討(R元年度)

閉じ込め機能の喪失につながる事象の一つとして、断層のずれに伴う透水性の増加(水理場及び化学場への影響)の考慮が必要

(地層処分技術WG, 2017)

【2011年福島県浜通り地震(群発地震)に伴う湧水】

- 少なくとも3か所で湧水(温泉水の噴出)が生じた
- 常磐炭鉱の立坑では58℃の温泉水が10,000m<sup>3</sup>/dayで湧出
- 長期(4年間以上)にわたる湧出については既存の報告例がない

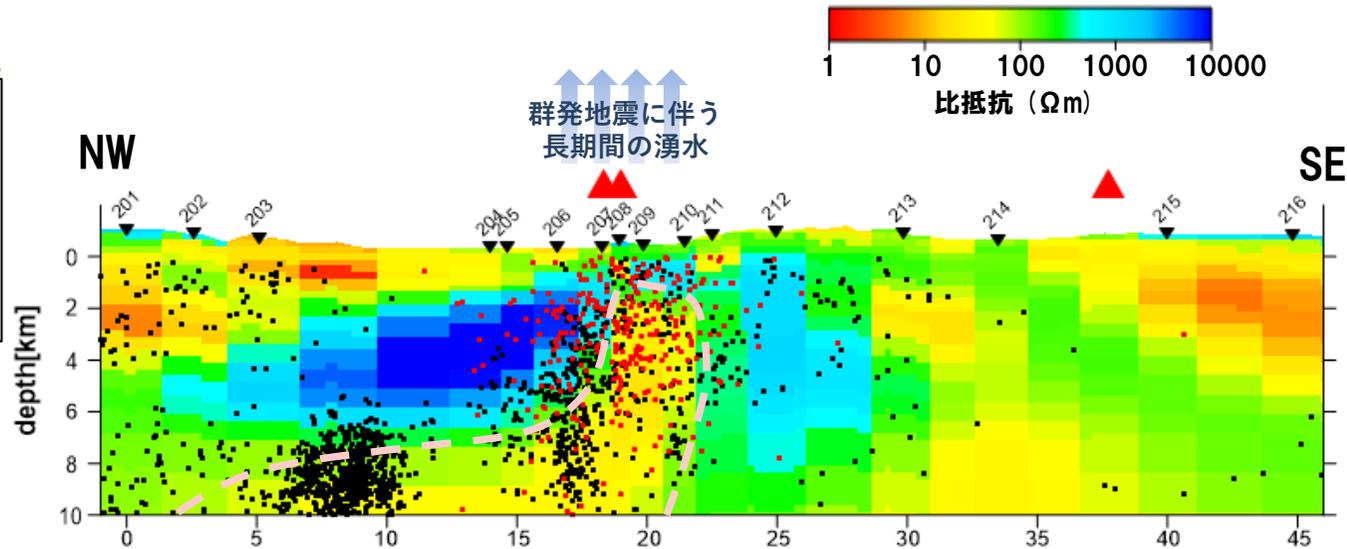
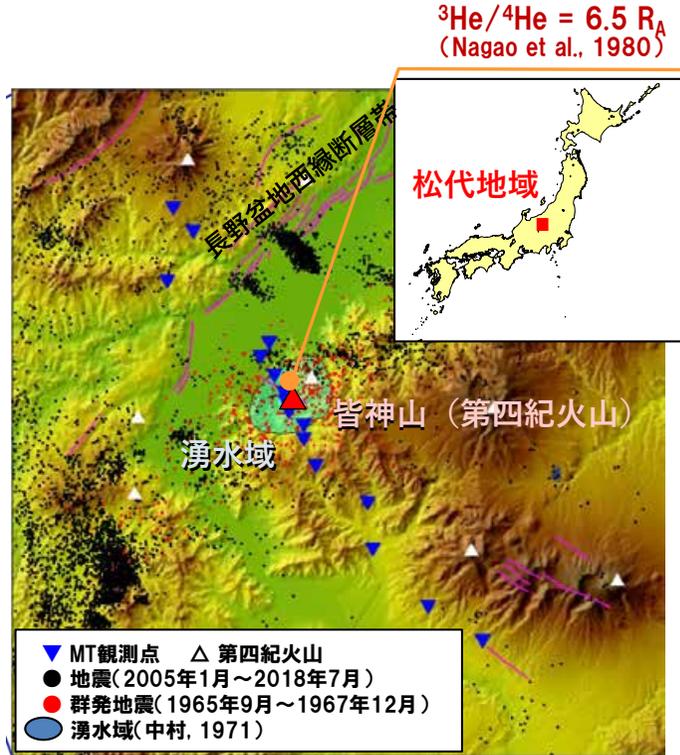
(風早ほか, 2013;佐藤, 2015)



佐藤 (2015)

# 地震及び断層活動による水理学的影響に関する検討

## ＜松代群発地震域を事例としたMT法電磁探査の結果＞



- 湧水域となった皆神山周辺下の上部地殻に、深さ10kmから連続する低比抵抗体が認められ、マントル起源流体の存在を示唆
- 地震に伴う湧水には、地下深部に賦存するマントル起源流体の上昇が関与したことを示唆

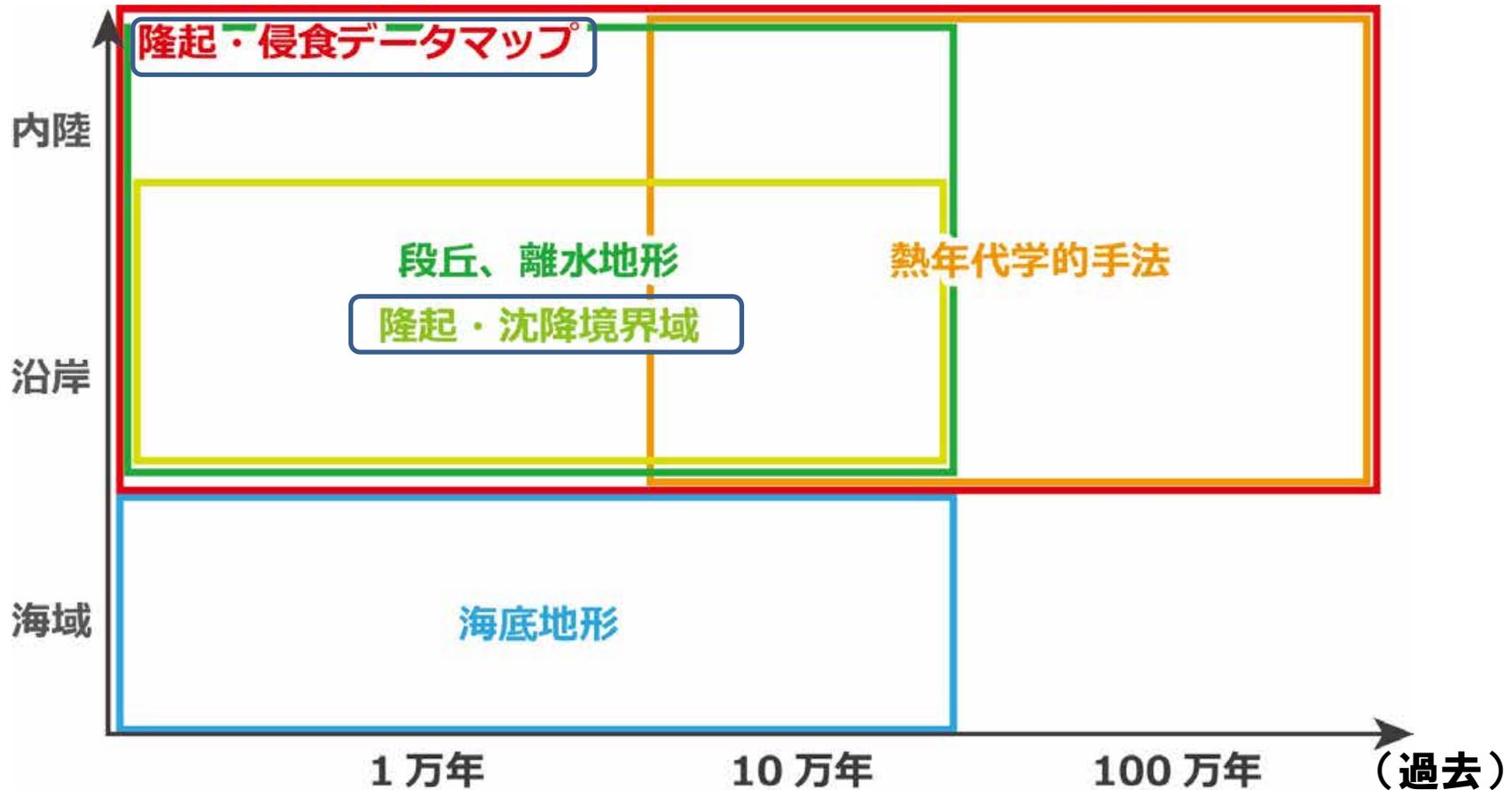
⇒ただし、現在の上部地殻に認められた流体賦存域は群発地震活動によって新たに形成された(群発地震以前に流体賦存域は存在していなかった)可能性も考えられる。

今後の課題： 流体の上昇経路の検討および事例の蓄積

## ②-2 時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術

### 隆起・侵食に関する調査・評価技術に係わる全体の俯瞰

(対象域)



# 隆起・沈降境界域における地殻変動評価技術の整備(1)

## 現状の課題

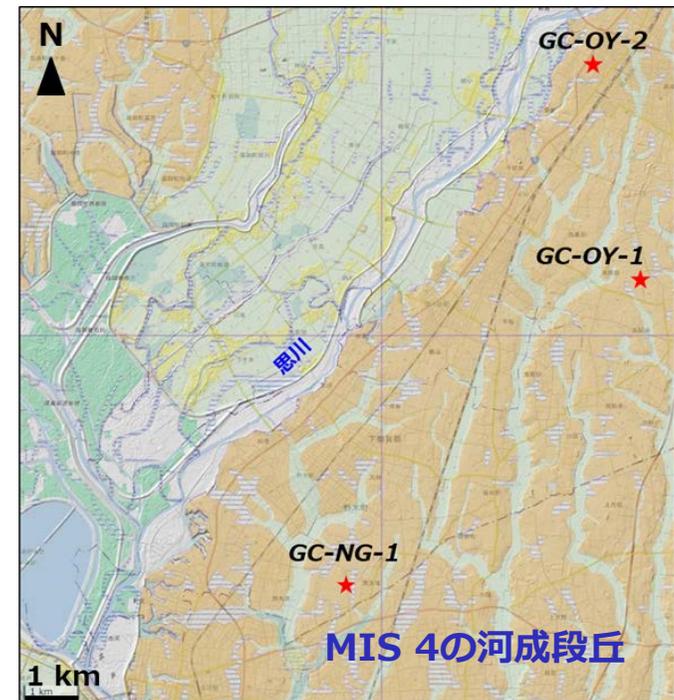
- 隆起・沈降境界域における過去数十万年間の地殻変動量の一様継続性の評価
- 海面高度を近似する地層の認定、それらの正確な高度分布の把握に係る手法の整備



等値線 (m) : 10万年地殻変動量推定マップ (Tajikara, 2000)

背景図 : 第四紀地図 (日本第四紀学会 編, 1987)

関東平野中心部 (鬼怒川低地帯) においてボーリングコアを採取 (H30年度)



ボーリングコアの掘削地点 (3地点)

GC-OY-2, GC-OY-1, GC-NG-1で掘削

# 隆起・沈降境界域における地殻変動評価技術の整備(2)

## 目的

高海面期の最高海面高度を近似する地層の認定及びそれらとMISとの対比  
(東京大学との共同研究)

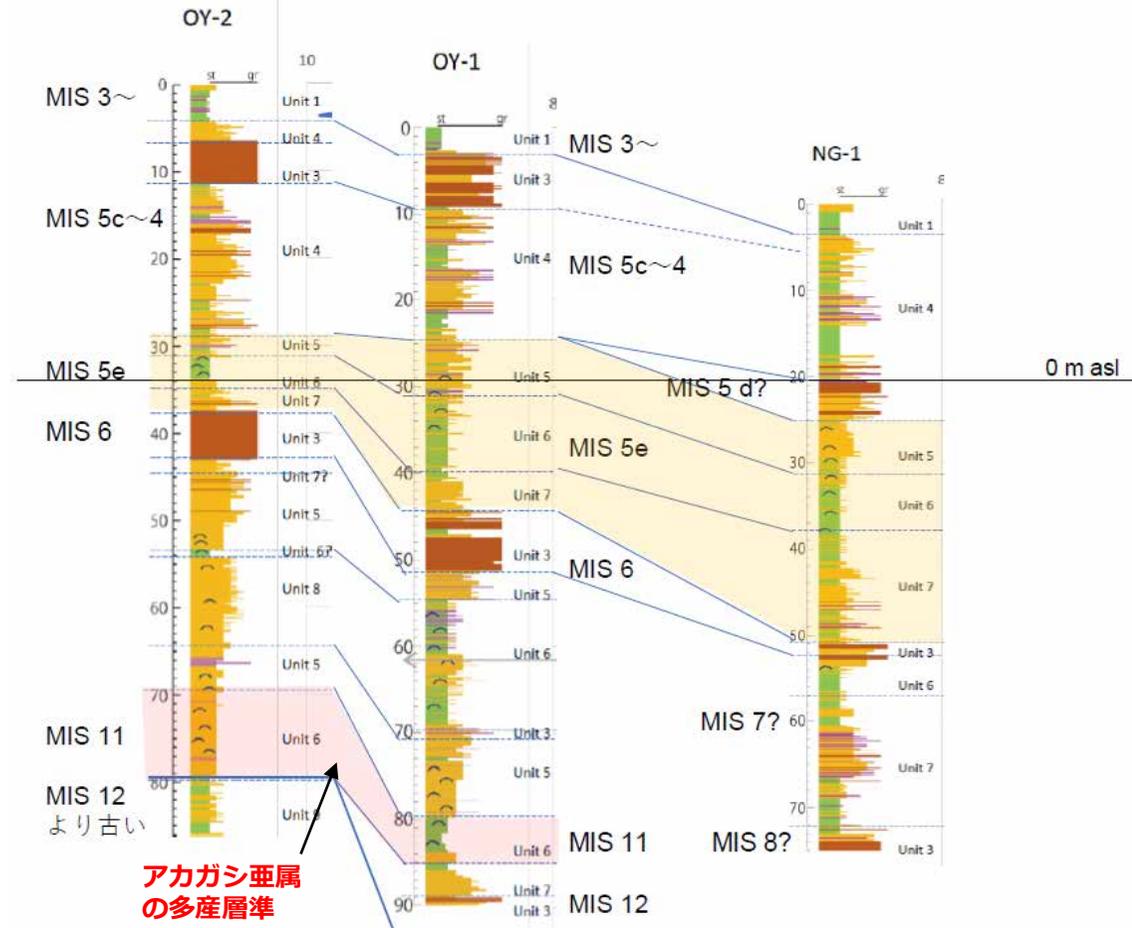
## 実施項目

- 堆積相の記載  
(はぎ取り、X線CT、粒度分析)
- 微化石分析(珪藻、花粉)
- 元素組成分析(硫黄濃度)
- テフラ分析

## 成果

沿岸堆積平野の隆起・沈降境界域における地殻変動の様式・速度の評価においては、MIS11の海成層の分布を追求し、MIS5の海成層の分布と比較することが有効な調査手法になるとの見通しを得た。

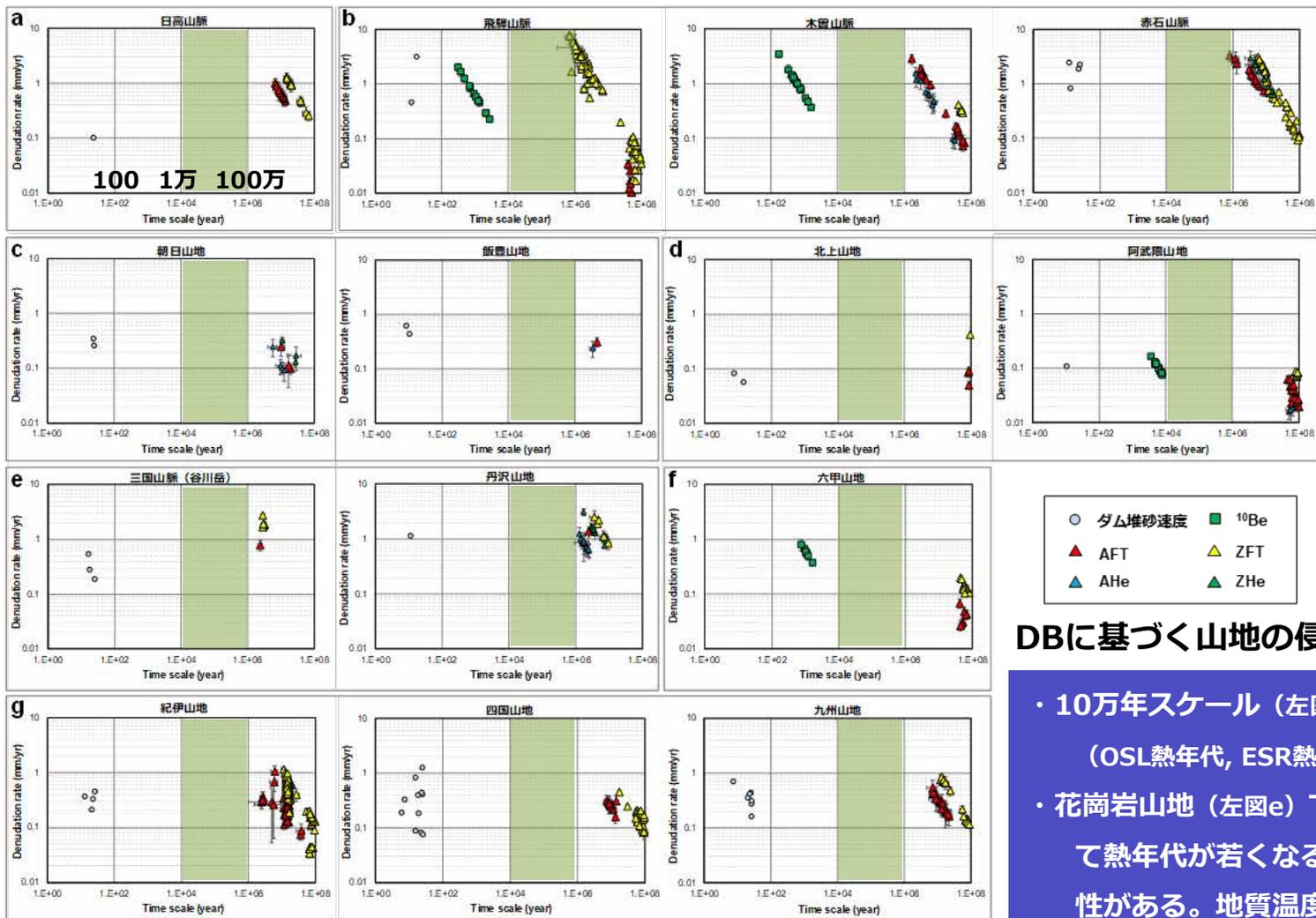
## 10万年地殻変動量推定マップと整合的な結果



- MIS 5e以降 : OY-2とOY-1は 0 mm/yr、NG-1は -0.04~0.1 mm/yr
- MIS 11 (約40万年前) 以降 : OY-1は -0.1 mm/yr

# 最新知見を踏まえた隆起・侵食データマップの整備(1)

## ダム堆砂、TCN、熱年代に基づくマルチタイムスケール侵食速度データベース(DB)の構築

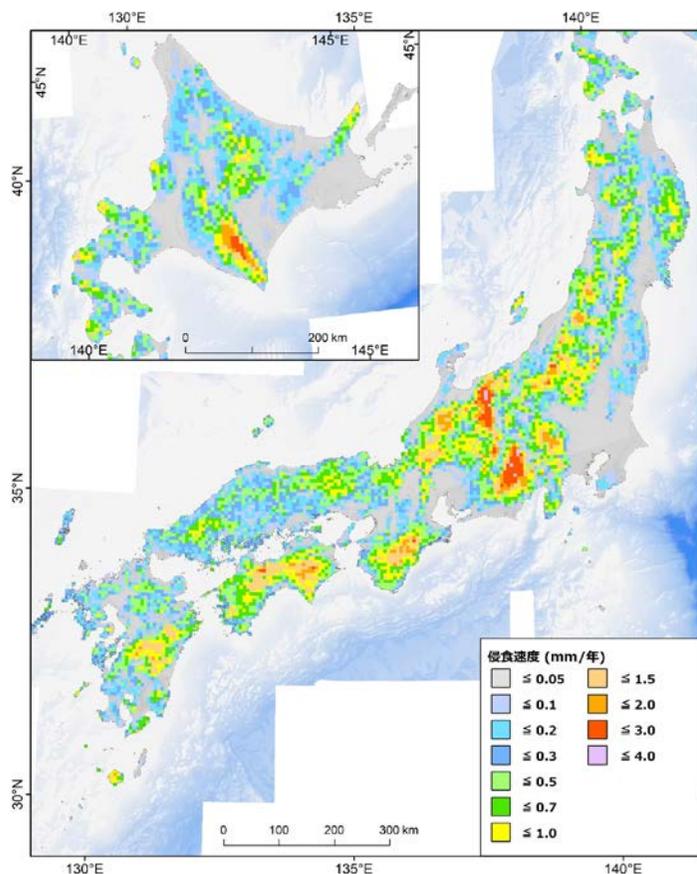


### DBに基づく山地の侵食速度の時間変遷過程の把握

- ・ 10万年スケール (左図の緑色の領域) の侵食速度データ (OSL熱年代, ESR熱年代の利用) の取得が課題
- ・ 花崗岩山地 (左図e) では、花崗岩の形成年代を反映して熱年代が若くなるため侵食速度が過大評価の可能性はある。地質温度圧力計による測定が必要。

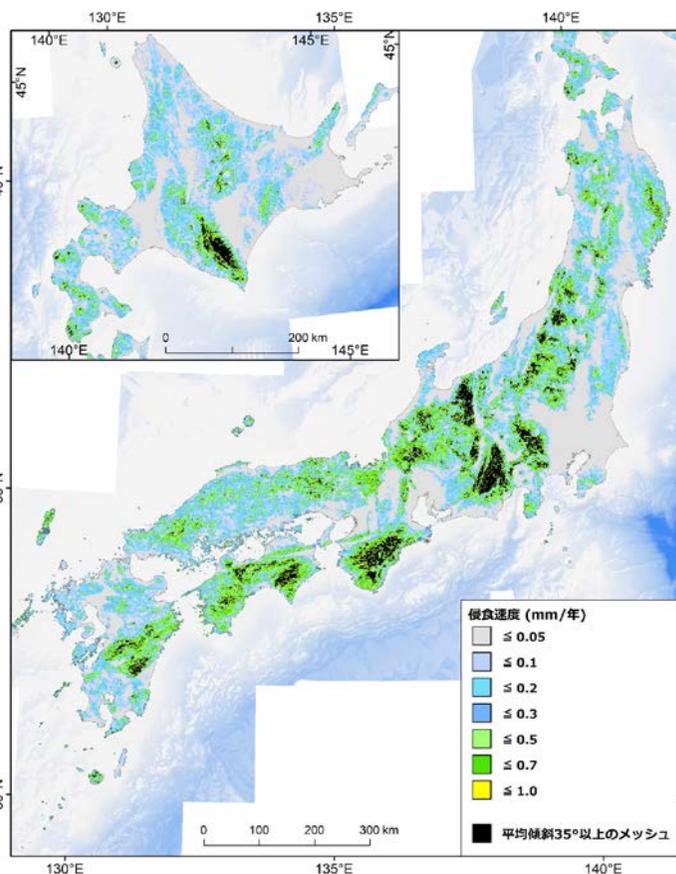
# 最新知見を踏まえた隆起・侵食データマップの整備(2)

## TCN法による侵食速度と平均傾斜との関係式に基づく侵食速度マップの作成 (既往の侵食データマップに、より長い時間スケールでの侵食情報を追加)



数十年間の侵食速度分布図

(約6 kmメッシュ) (藤原ほか, 1999)



数百～1万年間の侵食速度分布図

(約1 kmメッシュ) **New!**

### New 侵食速度分布図

平均傾斜35°以上の流域は関係式の適用範囲外となるため侵食速度が算出できないが、1 mm/yr以上と推定される。

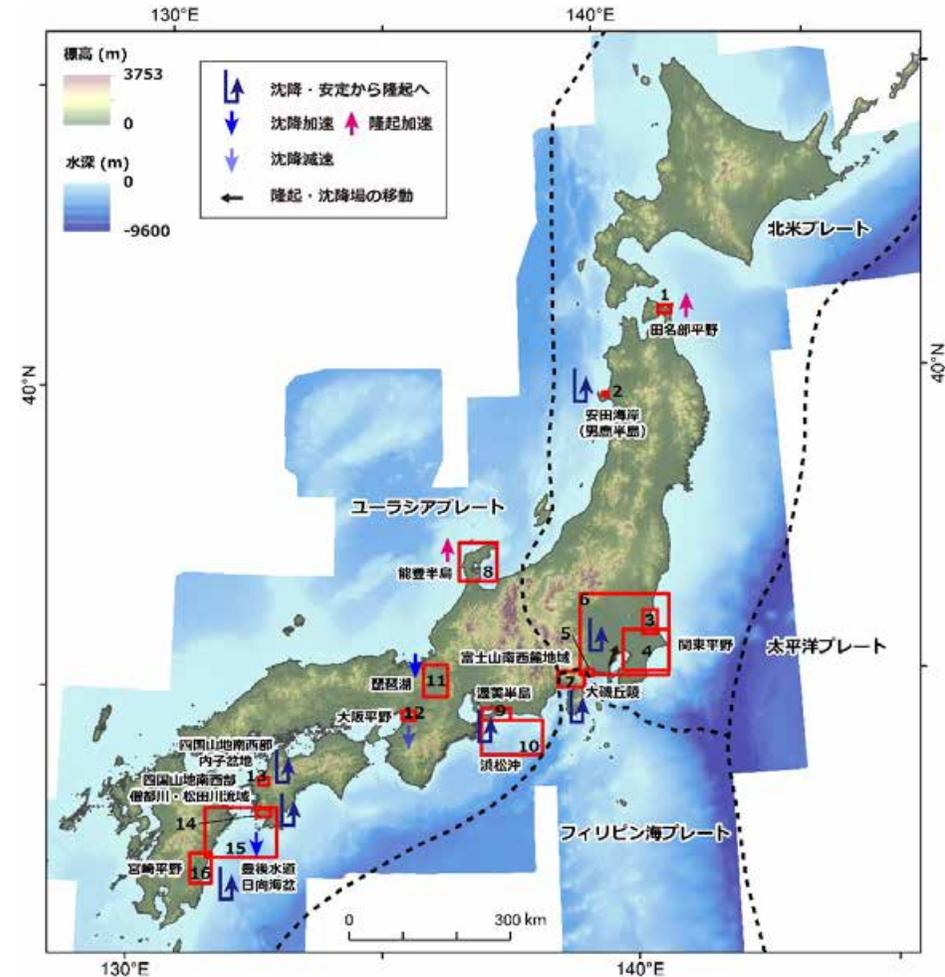
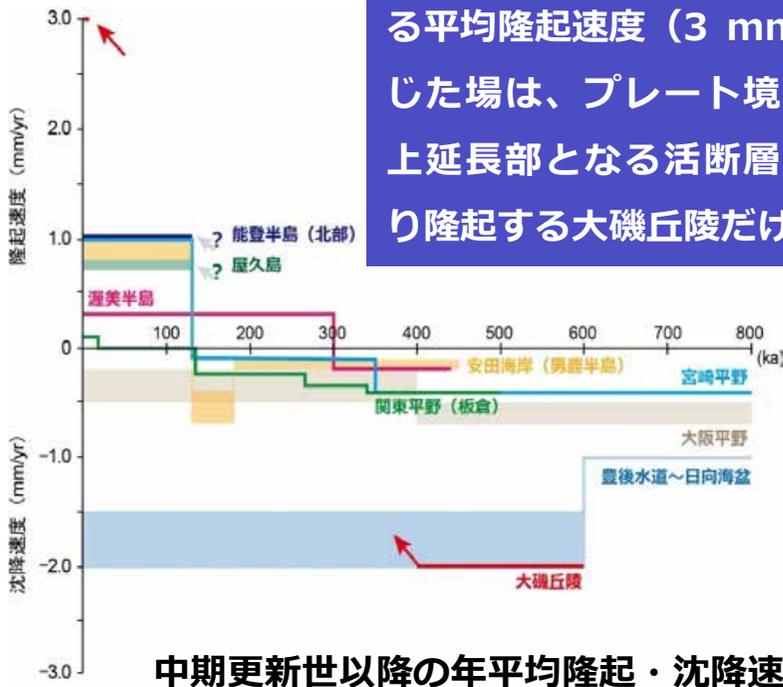
### 藤原ほか(1999)との比較

- ・丘陵～低地の侵食速度において新旧マップに違いはみられない。
- ・山地では、本事業で作成した侵食速度分布図の方が侵食速度が低く示されている。藤原(1999)では、山地において隆起速度に比して侵食速度が高めに算出される傾向にあることを考慮すると、本事業のマップ上に示された値の方が妥当であると考えられる。

# 最新知見を踏まえた隆起・侵食データマップの整備(3)

日本列島における中期更新世以降の隆起・沈降の傾向・速度における一様継続性の成立に関する文献のレビュー (弘前大学との共同研究)

沈降場が10万年間で300 m隆起する平均隆起速度 (3 mm/yr) に転じた場合は、プレート境界断層の陸上延長部となる活断層の運動により隆起する大磯丘陵だけである。



# 地質環境の長期安定性に関する研究(第3期中長期計画)

\*一部、資源エネルギー庁委託事業として実施

## ① 調査技術の開発・体系化 => サイトの選定や安全性の検討に必要なデータ取得技術

①-1) 断層の活動性に係る調査技術\*

①-2) 地殻構造の高空間分解能イメージング技術\*

①-3) 深部流体の分布に関する調査技術\*

## ② 長期予測・影響評価モデルの開発 => 変動シナリオに基づく安全評価に必要な技術

②-1) 稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術\*

②-2) 時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術\*

## ③ 年代測定技術の開発 => ①, ②の信頼性を向上するための技術基盤

③-1) ウラン系列放射年代測定法の実用化

③-2) 光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の実用化\*

③-3) アルミニウム-26年代測定法, 塩素-36年代測定法の実用化

③-4) 高分解能のテフラ同定手法の開発

③-5) 地質試料を対象とした年代測定法及び化学分析手法の高度化

技術の高度化・標準化は  
極めて重要かつ基盤的な要素技術

# ③年代測定技術の開発

様々な目的や状況に対応できるように各種年代測定法を開発整備

対象施設	年代測定法	適用できる年代範囲 (年前)							主な反映先	主な対象物質	実用化へのスケジュール
		10 <sup>9</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>			
加速器質量分析装置 (ペレトロン年代測定装置)	<sup>14</sup> C法							■	断層運動	地下水, 有機物	実用化済
	<sup>10</sup> Be法			■	■	■			侵食速度	石英	実用化済
	<sup>26</sup> Al法			■	■	■			侵食速度	石英	実用化済
	<sup>36</sup> Cl法				■	■	■		地下水年代	地下水	~R3
	<sup>129</sup> I法			■	■	■	■		地下水年代	地下水, 炭酸塩	R1に実用化
希ガス質量分析装置	K-Ar法	■	■	■	■	■	■		断層運動	自生雲母粘土鉱物	実用化済
四重極型質量分析装置	(U-Th)/He法		■	■	■	■	■		侵食速度	アパタイト, ジルコン	実用化済
光ルミネッセンス測定装置	OSL法						■	■	断層運動	石英	実用化済
						■	■	■	隆起速度	長石	実用化済
電子スピン共鳴装置	ESR法			■	■	■	■	■	断層運動	石英, 炭酸塩鉱物	~R2
高精度希ガス質量分析装置	希ガス法			■	■	■	■	■	地下水年代	地下水	実用化済
電子プローブマイクロアナライザ	CHIME法	■	■	■	■				後背地解析	モナザイト, ジルコン	実用化済
FT自動計測装置*	FT法			■	■	■	■	■	侵食速度	アパタイト, ジルコン	~R3
レーザーアブレーション誘導 結合プラズマ質量分析装置	U-Pb法			■	■	■			断層運動	炭酸塩鉱物	実用化済
								■	火成活動, 後背地解析	ジルコン	実用化済
								■	火成活動, 後背地解析	バタレイ石, アパタイト	~R4
	火山灰年代 (微量元素)				■	■	■	■	火成活動, 後背地解析	火山砕屑物	~R3

\*敦賀事業本部に設置

■ 技術開発の対象年代範囲

# 令和2年度計画(案)

## ① 調査技術の開発・体系化

- 断層充填物質の鉱物学的・地球化学的データによる活動性評価の検討
- 地形的に不明瞭な活断層の調査手法の検討(南九州を事例)
- 地震波トモグラフィ解析の高度化(後続波の利用等)
- マグマの水平移動に関する検討(文献調査)
- 深部流体の移行経路及び熱的影響に関する検討(事例の蓄積)

## ② 長期予測・影響評価モデルの開発

- 地震及び断層活動による水理学的影響に関する検討(事例の蓄積)
- 隆起・侵食に関する調査・評価手法の整備・高度化(適用事例の蓄積)

## ③ 年代測定技術の開発

- $^{36}\text{Cl}$ 法やフィッション・トラック法等による年代測定法の開発整備
- レーザーアブレーションICP-MSによる分析対象物質の拡充の検討

# 地層処分の技術的信頼性向上に向けた研究課題(参考)

「最新の科学的知見に基づく地層処分技術の再評価」

(総合資源エネルギー調査会 地層処分技術WG:H26.5)

## 【地層処分の技術的信頼性向上に向けた研究課題】

- 繰り返し活動し、変位の規模が大きな断層の評価に反映するための、**地形的に不明瞭な活断層**の調査事例の蓄積および調査や評価方法の整備。
- 隆起量・侵食量の評価に反映するための、地形学的手法や**堆積物の年代測定**に基づく評価方法の整備。
- **深部流体および非火山性熱水**の流出の評価に反映するための、深部流体および非火山性熱水に関する形成・移動メカニズム等の調査事例の蓄積。
- 断層の活動性の評価に反映するための、地質断層の再活動性に関する調査事例および上載法の適用が困難な断層の活動性の評価方法(**断層岩や充填鉱物の年代測定方法**)の整備。
- 地震活動の評価に反映するための、**東北地方太平洋沖地震後に誘発された地震や湧水**(たとえば、2011年4月11日の福島県浜通り地震)に関する調査事例の蓄積。
- 地下水の動きが緩慢であることを評価するための**地下水年代測定**などの技術の確保や調査事例の蓄積。