

平成28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

平成29年3月1日

日本原子力研究開発機構
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課題

考慮すべきわが国の地質環境の特徴

環太平洋変動帯に位置
噴火・地震など地殻変動が活発

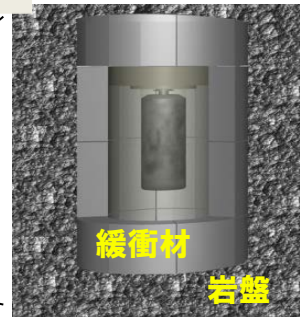
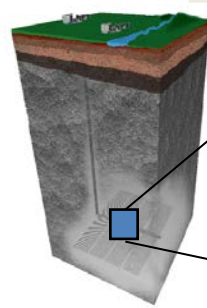
・生活環境との離間距離の短縮
(接近シナリオ)

地層処分の長期的な
安全性への影響

・自然現象による地下水の変化
(地下水シナリオ)

対 策

地層処分システムの性能
が著しく損なわれないよう
長期にわたって安定な
地質環境を選定
(**サイト選定**)



想定される自然現象の変動
を見込んで処分施設を適切
に設計・施工および長期的な
安全性を評価
(**工学的対策・安全評価**)

① 調査技術の開発・体系化
過去の自然現象の記録や現在の状況を
調査するための体系的な技術の整備

② 長期予測・影響評価モデルの開発
将来の自然現象に伴う地質環境の変化を
予測・評価するための手法の整備

③ 年代測定技術の開発
最先端の機器分析装置による放射年代測定技術(世界初)を含めた編年技術の高度化

地層処分の技術的信頼性向上に向けた研究課題

「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。

地質環境の長期安定性に関する研究(第3期中長期計画)

自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する技術を、地球年代学に係る最先端の施設・設備も活用しつつ整備する。

① 調査技術の開発・体系化

* 一部、経済産業省委託事業として実施

- 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

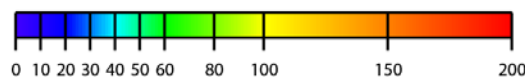
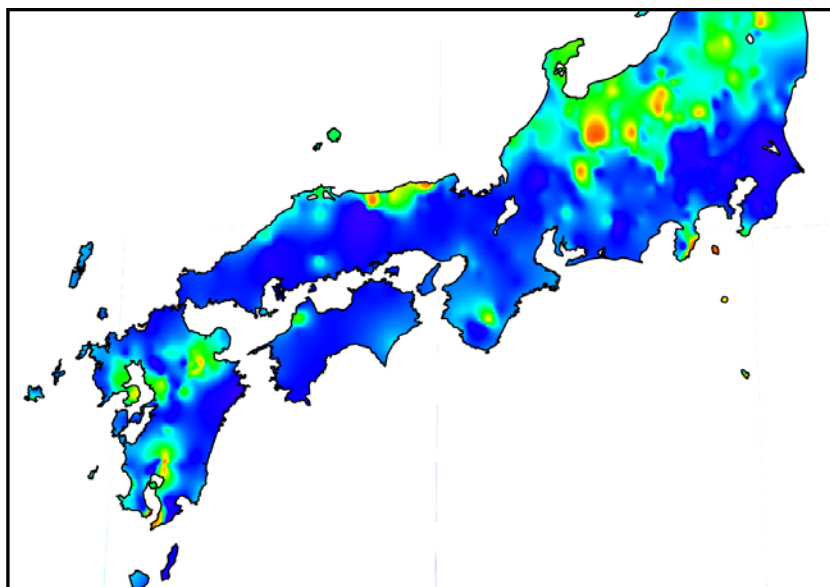
② 長期予測・影響評価モデルの開発

- 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

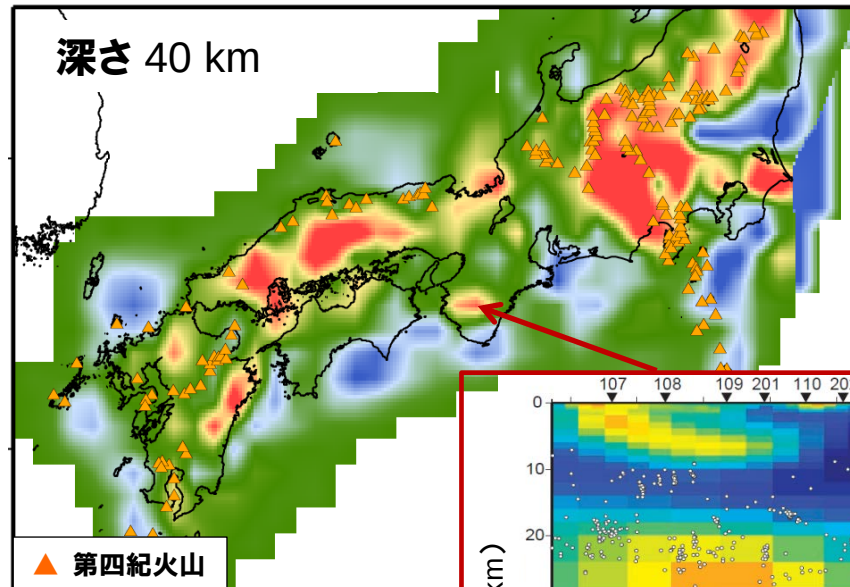
- ③-1) ウラン系列放射年代測定法の実用化*
- ③-2) 光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の実用化*
- ③-3) アルミニウム-26年代測定法, 塩素-36年代測定法の実用化
- ③-4) 希ガス同位体を用いた地下水年代測定法の実用化*

深部流体の分布に関する調査技術



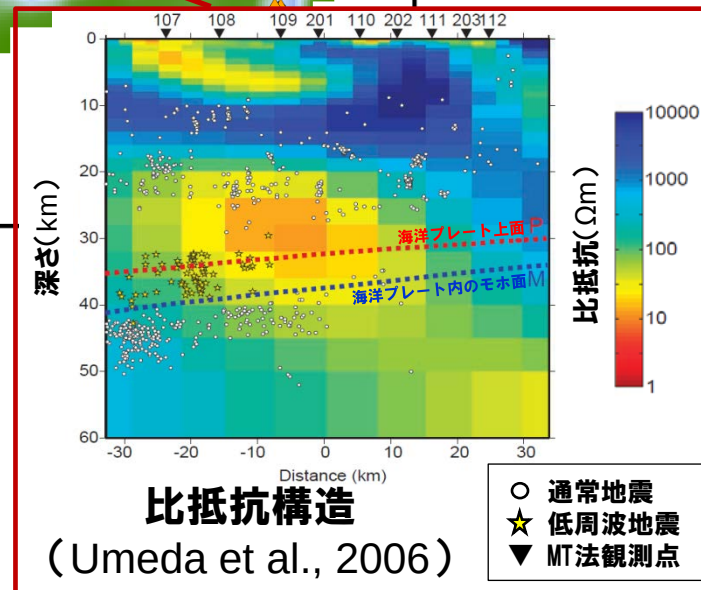
地温勾配(°C/km)

西南日本の地温勾配分布
(矢野ほか, 1999)



S波速度偏差(%)

地震波速度構造
(Asamori and Zhao, 2015)

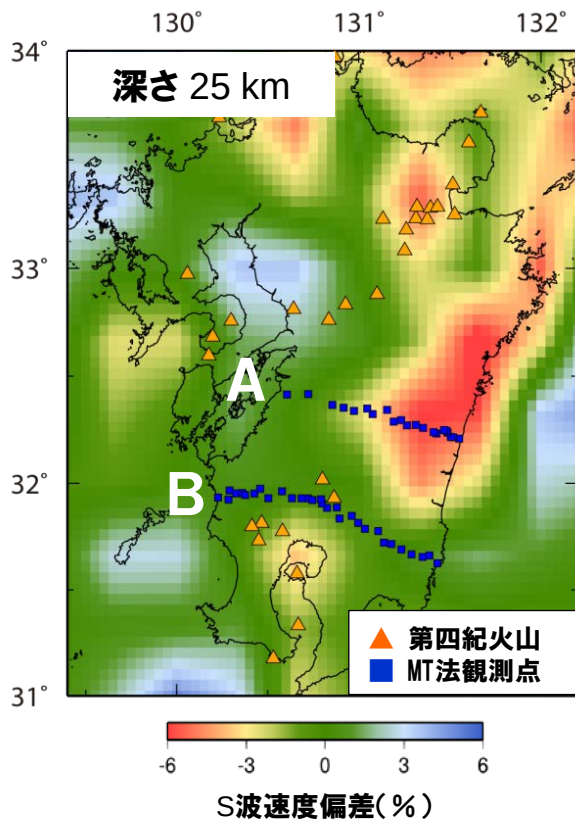


比抵抗構造
(Umeda et al., 2006)

- ✓ 地震波トモグラフィや地磁気・地電流観測(MT法)等によって、前弧域における深部流体の存在を示唆する不均質構造(地震波低速度・低比抵抗体)が推定されている
- ✓ 西南日本では、高温の温泉が湧出する紀伊半島のほか、九州地方の前弧域においても顕著な地震波低速度体が認められている

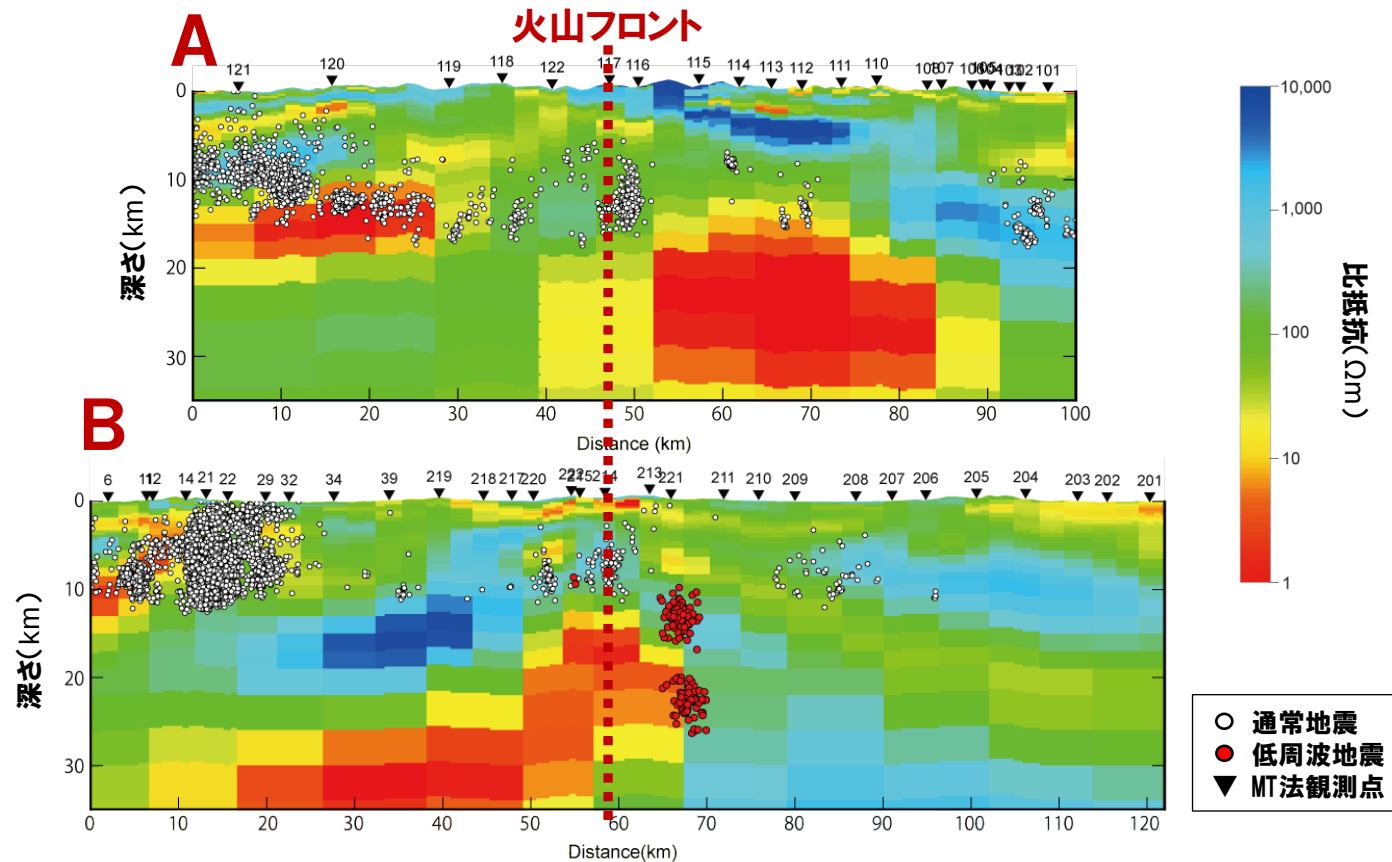
深部流体の分布に関する調査技術

地磁気・地電流観測(MT法)による比抵抗構造の推定



地震波速度構造

(Asamori and Zhao, 2015)



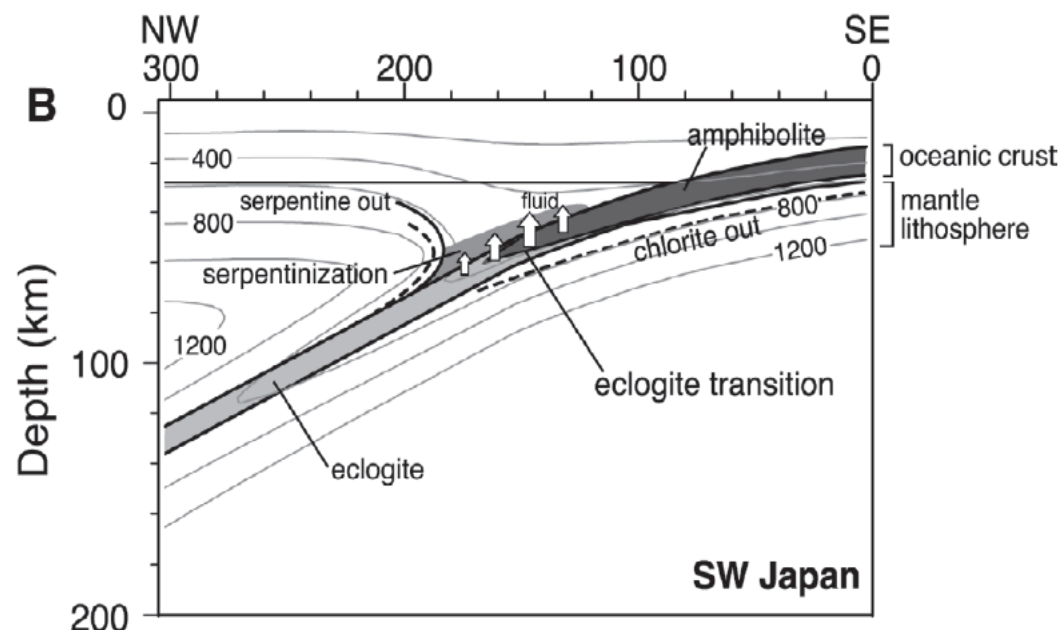
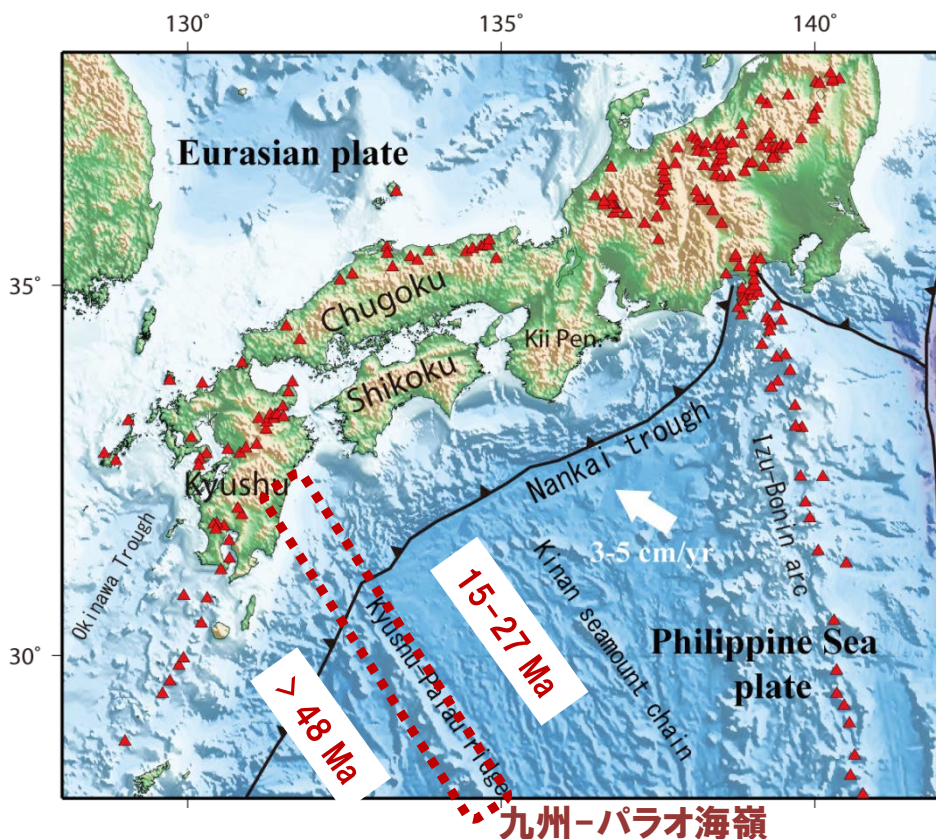
比抵抗構造

➤ 前弧域の地震波低速度体の分布と整合的な低比抵抗体を検出(A)

⇒ マントルウェッジを起源とする深部流体の存在を示唆

ただし、九州南部の低比抵抗体は火山フロント～背弧域に分布し、前弧域には認められない(B)

深部流体の分布に関する調査技術



西南日本における海洋地殻の脱水モデル
(片山ほか, 2010)

- 九州-パラオ海嶺より北のフィリピン海プレートは、南部に比べて若く高温
 - 深部流体の起源の一つである海洋地殻の脱水が生じる位置は、スラブが高温になるほど前弧側にシフトする
 - 九州地方前弧域において、北部のみに深部流体(地震波低速度・低比抵抗体)が検出されたことと調和的
- ⇒ 地磁気・地電流観測や地震波トモグラフィを用いて深部流体の分布・発生に関する事例を提示

地質環境の長期安定性に関する研究(第3期中長期計画)

自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する技術を、地球年代学に係る最先端の施設・設備も活用しつつ整備する。

① 調査技術の開発・体系化

* 一部、経済産業省委託事業として実施

- 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

- 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*

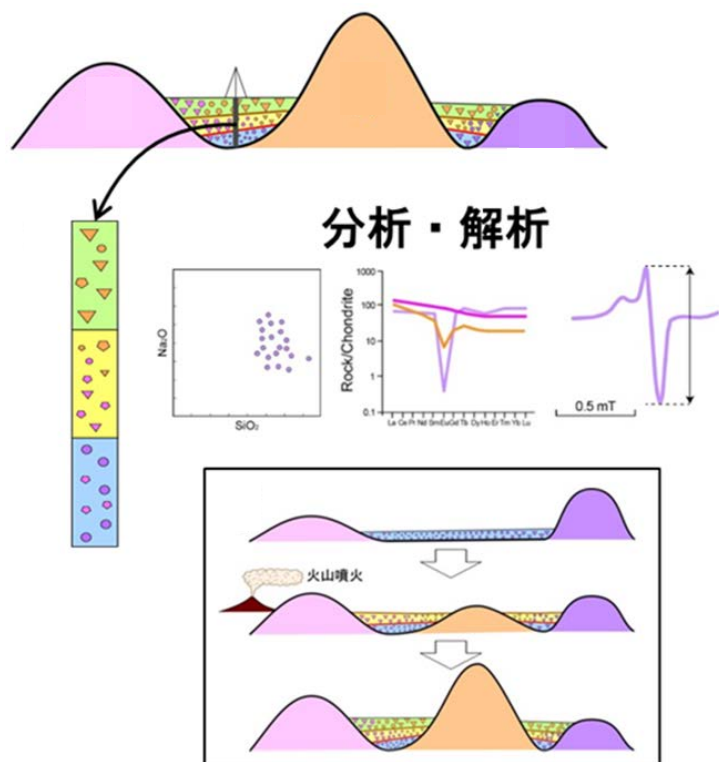
③ 年代測定技術の開発

- 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) 希ガス同位体を用いた地下水年代測定法の実用化*

時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術

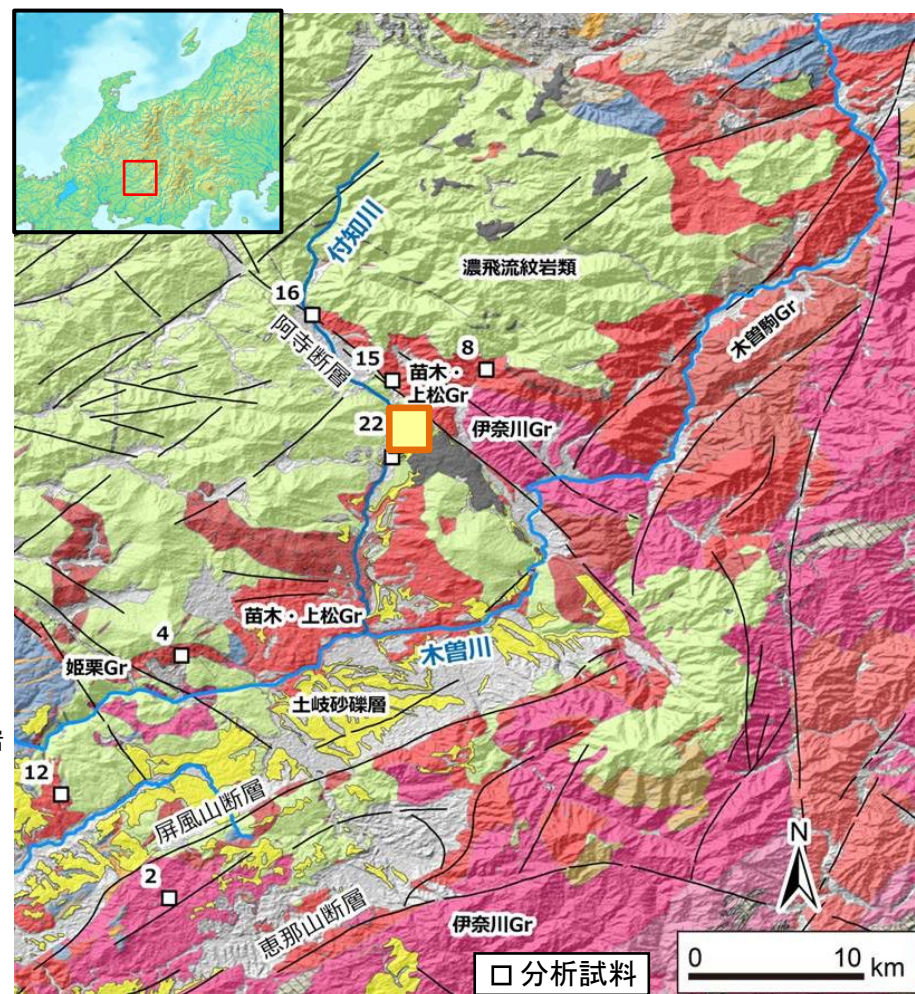
● 後背地解析技術の開発

山地や丘陵から供給された砕屑粒子の物理化学特性・放射年代値等を指標に山地や丘陵の隆起開始時期や形成過程を推定



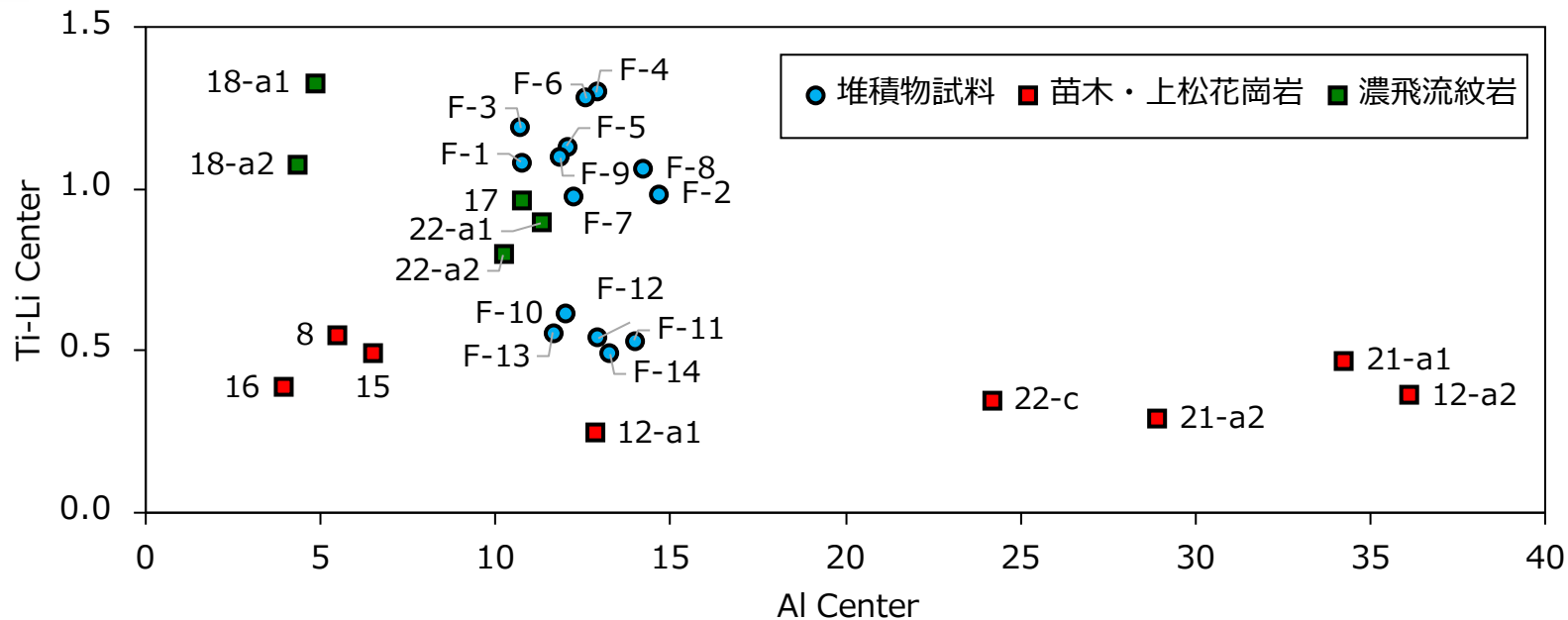
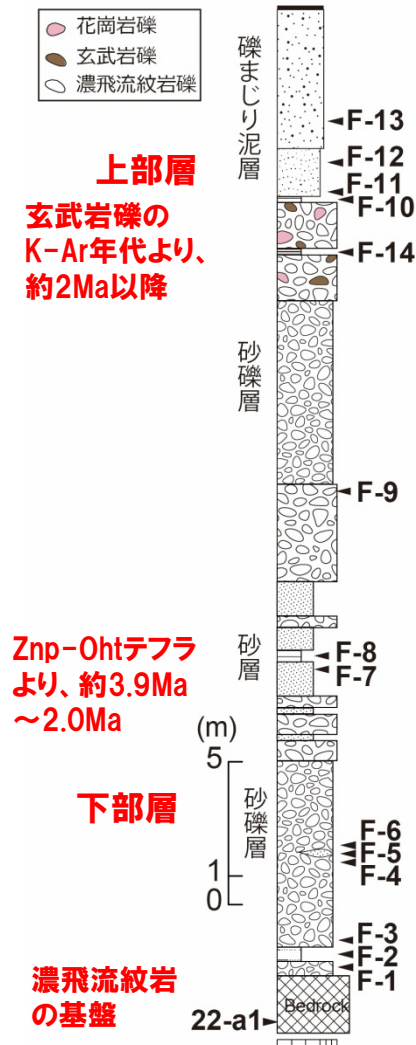
後背地解析の概念図

- 土岐砂礫層
- 上野玄武岩
- 木曽駒花崗岩
- 苗木・上松花崗岩
- 姫栗花崗岩
- 花崗閃緑斑岩Ⅱ
- 濃飛流紋岩
- 伊奈川花崗岩
- 花崗閃緑斑岩Ⅰ



時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術

堆積物試料中の石英粒子のESR測定

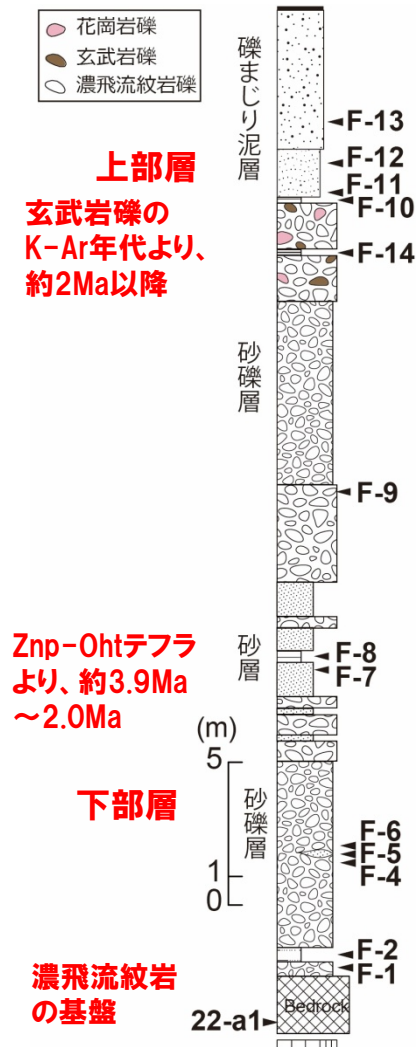


石英粒子のESR信号特性(地点22)

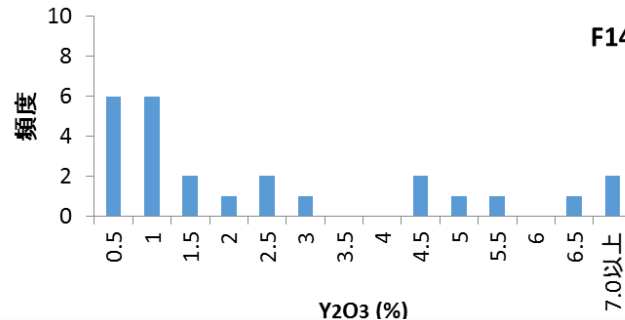
- 下部の堆積物(F1～F9):
濃飛流紋岩のESR信号特性に近い
- 上部の堆積物(F10～F14):
苗木・上松花崗岩のESR信号特性に近い

時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術

堆積物試料の重鉍物分析(ジルコン)

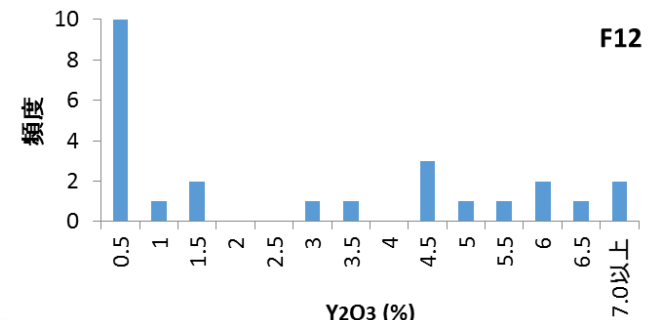


上部

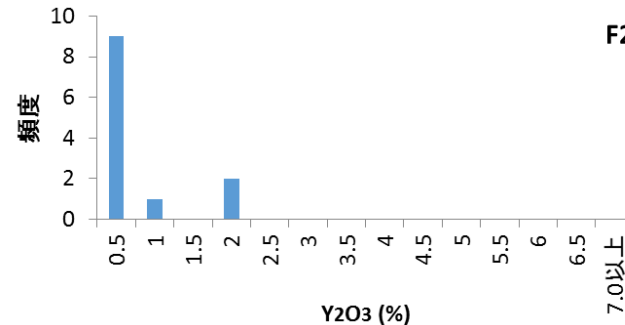


F14

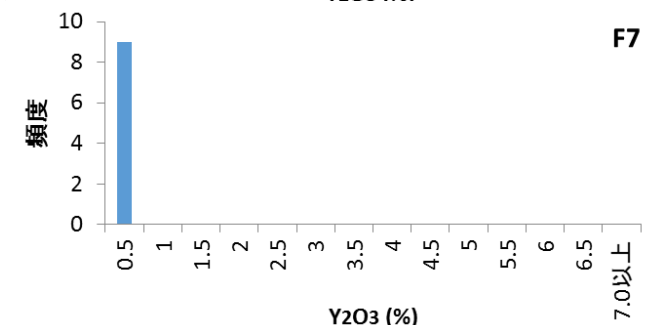
F12



下部



F2



F7

ジルコン粒子に含まれるY₂O₃の割合のヒストグラム(地点22)

【既往研究】

- 濃飛流紋岩中のジルコンにはY₂O₃がほとんど含まれない
- 苗木・上松花崗岩にはY₂O₃が比較的高いジルコンが普遍的に含まれる

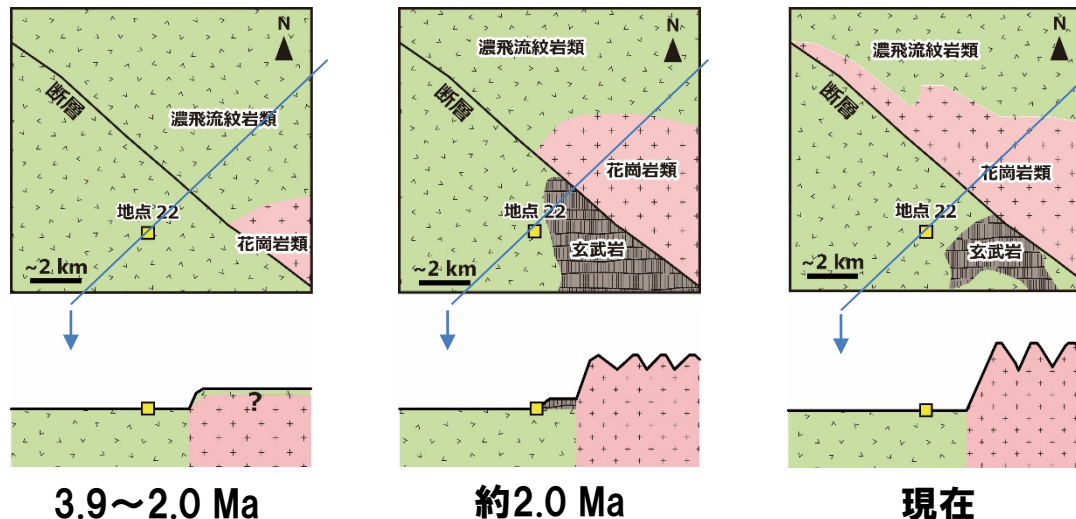
【本研究】

- 上部の堆積物試料では、Y₂O₃を3.0wt%以上含むジルコン粒子が多く見られる

時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術

地点22からみた地形・地質の時空間分布

地層	礫種	礫径	ESR	古流向	編年資料
上部層 (約2 Ma以降)	礫まじり泥層	-	-	花崗岩に近い	重力沈下
	砂礫層	玄武岩 花崗岩 濃飛流紋岩	主に巨礫	花崗岩に近い	✓ 玄武岩礫 のK-Ar年代： 2.0 Ma
下部層 (約3.9~2 Maの ある時期)	砂礫層	濃飛流紋岩	主に巨礫	-	-
	砂層	-	-	濃飛流紋岩に近い	✓ Znp-Oht (約3.9 Ma) の粒子を含む
	砂礫層	濃飛流紋岩	主に大礫	濃飛流紋岩に近い	↘ -
基盤岩	濃飛流紋岩	-	-	濃飛流紋岩	-



約3.9~2 Maのある時期

- 流域には主に濃飛流紋岩が露出
- 堆積物は北東側から供給
→北東側に濃飛流紋岩が分布
→北東側が高い

約2 Ma以降のある時期

- 流域には濃飛流紋岩・花崗岩・玄武岩が露出
- 堆積物は北東側から供給
- 下部の時期より礫サイズが大きい
→北東側に濃飛流紋岩・花崗岩・玄武岩が分布
→下部の時期より北東側は高い

⇒ 後背地解析の地点を増やすことで、より精確な時空間分布の把握が可能

地質環境の長期安定性に関する研究(第3期中長期計画)

自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する技術を、地球年代学に係る最先端の施設・設備も活用しつつ整備する。

① 調査技術の開発・体系化

* 一部、経済産業省委託事業として実施

- 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

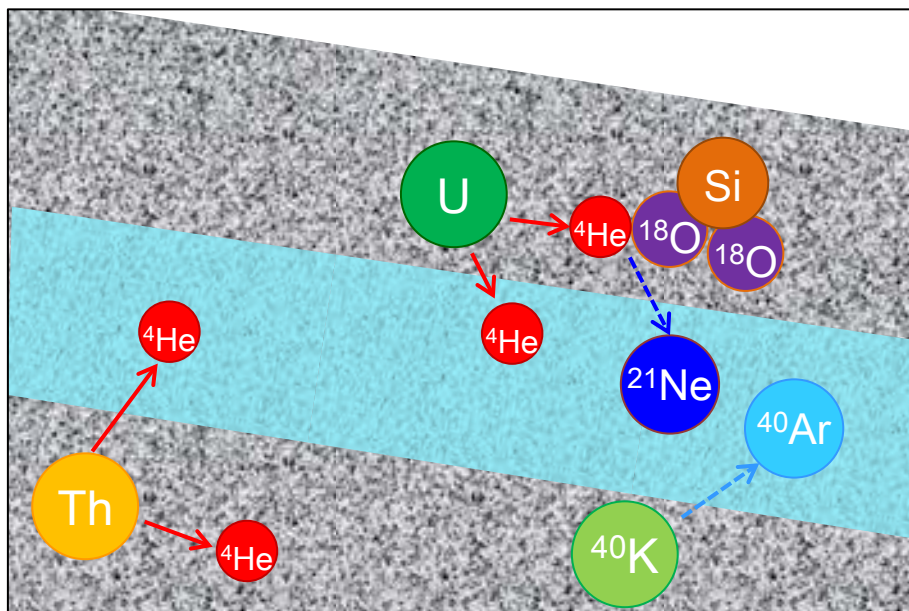
② 長期予測・影響評価モデルの開発

- 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*

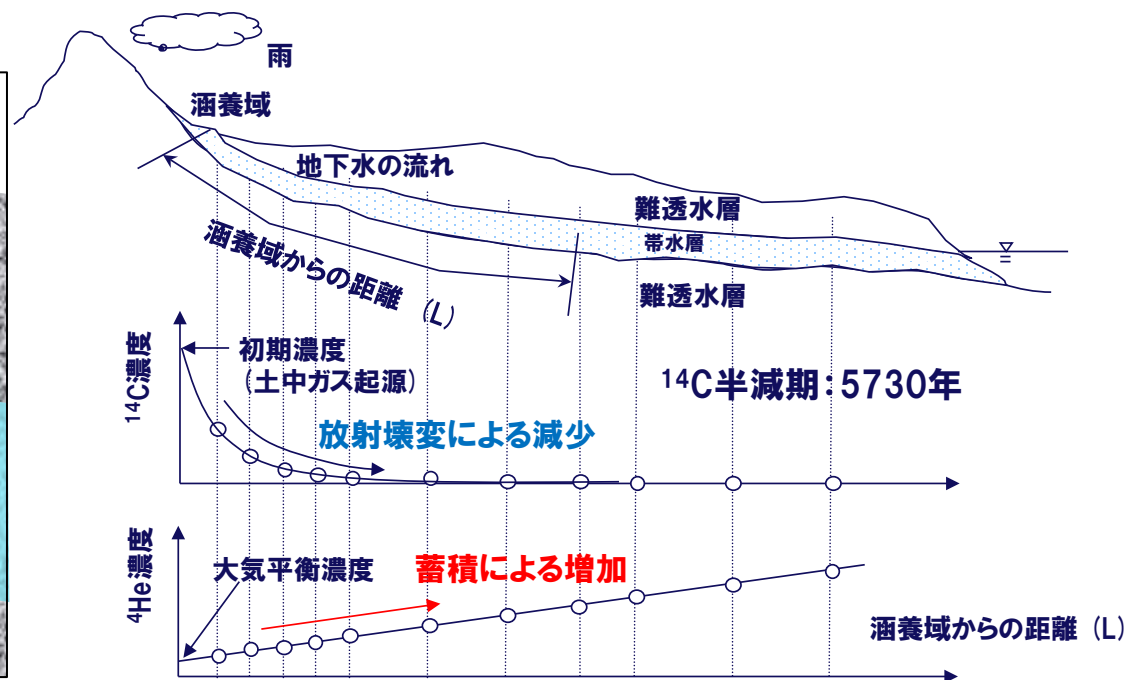
③ 年代測定技術の開発

- 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) 希ガス同位体を用いた地下水年代測定法の実用化*

希ガス同位体を用いた地下水年代測定法の実用化



地下水への希ガスの溶存



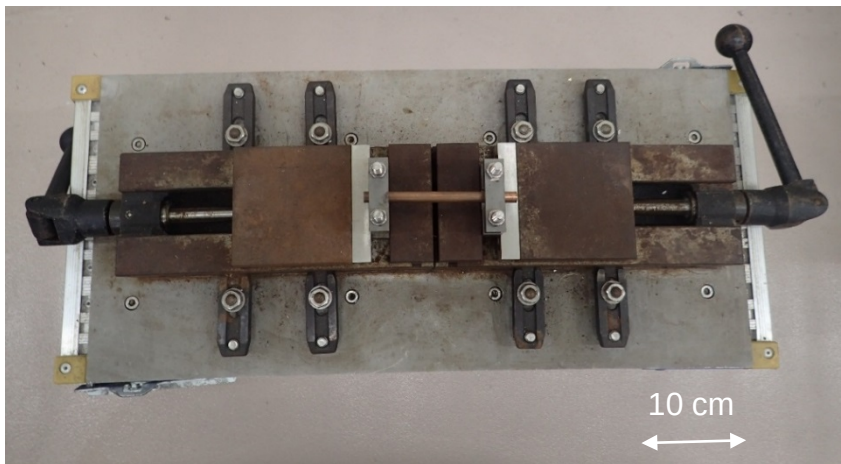
滞留時間の増加に伴う濃度変化

- ✓ 花崗岩等に含まれるウランやトリウムは、アルファ崩壊によって ^4He を放出
- ✓ ^4He は鉱物中に蓄積されるが、一部は周囲に放出されて地下水の溶存成分となる
- ✓ 地下水中の蓄積量を測ることにより、地下水の涵養年代を測定することが可能

希ガス同位体を用いた地下水年代測定法の実用化

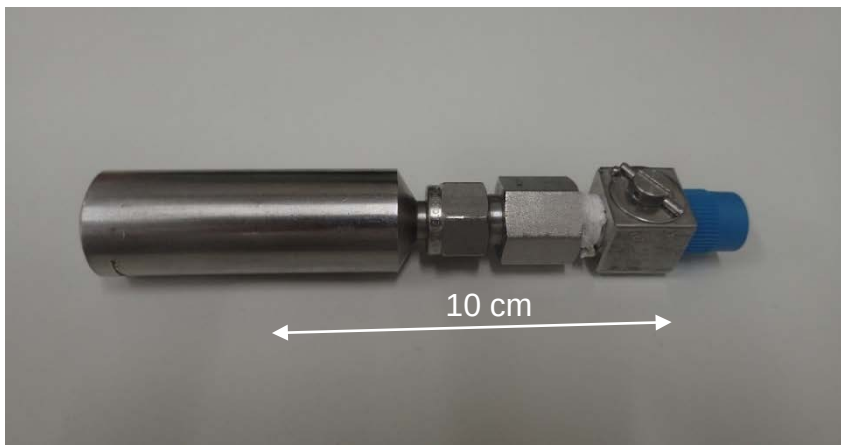
地下水からの希ガス元素の回収技術の開発

湧水からのサンプリング



- ✓ 湧水を銅管に通し、銅管の両端をクランプで封止して採取
- ✓ 分析時は、一端を真空容器の上部に接続し、接続側のクランプを緩めて水を真空容器中に落とし、容器中で脱ガス
- ✓ 装置校正用の標準水試料作製にも使用

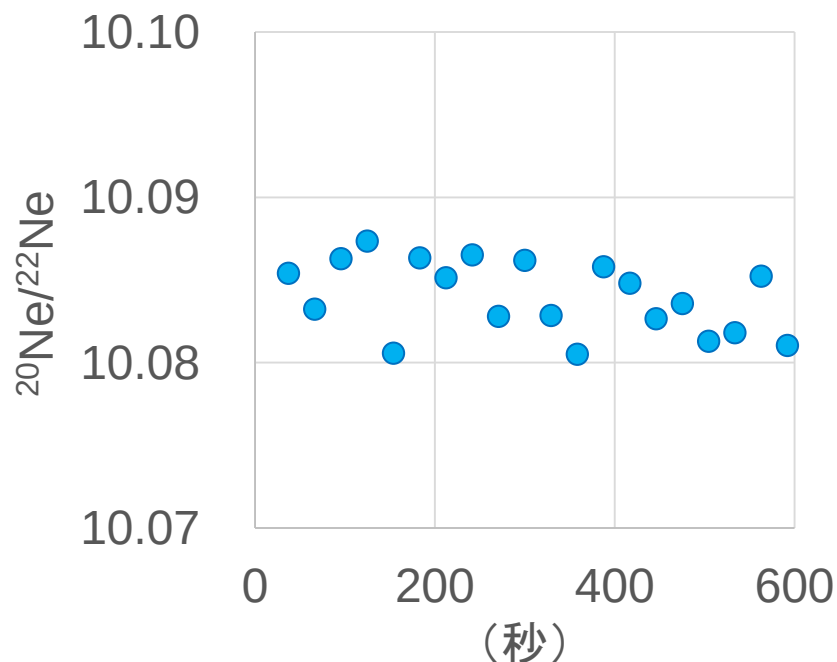
ボーリング孔内(高水圧下)での地下水サンプリング



- ✓ クランプを使用できないボーリング孔内部などでの地下水採取のための採取容器
- ✓ 森川(2001)において用いられていた方法を再現
- ✓ 内部を真空とした状態でボーリング孔に投入し、目標深度でバルブを開放後、地下水を採取しバルブを閉鎖して機材を回収

希ガス同位体を用いた地下水年代測定法の実用化

希ガス質量分析計(IsotopeX製NGX)の性能を評価



	$^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$	$^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$
平均値	10.0840	0.025986
標準偏差	0.0022	0.000045



- 希ガス精製装置(前処理部)を含めた感度
 $\text{Ne}: 1.2 \times 10^{-8} \text{ cm}^3\text{STP/V}$
 $\Leftrightarrow$ 飽和水中のNe濃度:
 $1.78 \times 10^{-7} \text{ cm}^3\text{STP/g}$
 $\rightarrow$ 1 g程度の水で十分な測定が可能
- Ne同位体比の測定誤差評価
 $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ 比測定で誤差は5桁目に乗る
 $\rightarrow$ 想定していた測定精度を確認

$\Rightarrow$ 地下水の年代測定に必要な試料採取技術および分析技術を整備

平成29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
- 沿岸部におけるマグマ・深部流体等の調査技術の検討

② 長期予測・影響評価モデルの開発

- 南九州を事例とした測地学・地形学・地質学データの収集・解析
- 地質環境変動モデルの構築(地形・地質, 水理, 地球化学モデルの統合化)

③ 年代測定技術の開発

- ^4He 法による地下水の年代測定
- 炭酸塩鉱物のU-Pb年代測定法の実用化