

令和3年度における個別課題の現状および今後の予定

## ②地質環境の長期安定性に関する研究

令和4年2月25日

国立研究開発法人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

# 地質環境の長期安定性に関する研究(第3期中長期計画)

## ① 調査技術の開発・体系化

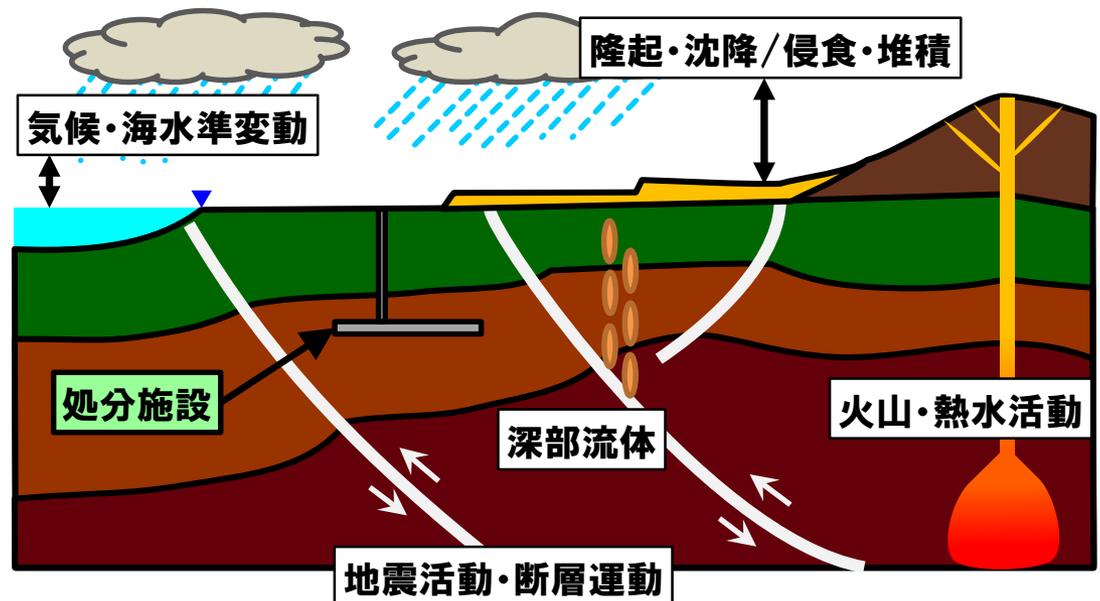
⇒サイトの選定や安全性の検討に必要なデータ取得技術

## ② 長期予測・影響評価モデルの開発

⇒将来の長期的な変動を考慮した安全評価に必要な技術

## 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



# ① 調査技術の開発・体系化 R3年度の成果及び今後の予定

1), 3)は主に資源エネルギー庁委託事業として実施

## 1) 断層の活動性に係る調査技術

- R3年度は、断層の年代測定(IRSL法やK-Ar法等)に係る基礎実験データの蓄積、及び断層粘土の化学分析に基づく活断層／非活断層の識別のためのデータの拡充や元素分布等の分析を進めた。
- 断層粘土の化学分析に基づく活断層／非活断層の識別については、概要～精密調査に適用できる有望な手法となり得る見通しが得られており、今後、更なる信頼性の確立のための理論・実験的検討を継続する。また、将来に向けた最先端の研究・技術開発を視野に入れた新たな年代測定手法の検討に着手する。

## 2) 地殻構造の高空間分解能イメージング技術

- 地下のマグマや深部流体の検出に有効な地磁気・地電流観測におけるノイズ低減手法に関し、成果を取りまとめた。今後も引き続き技術の高精度化に向けた取り組みを継続する。

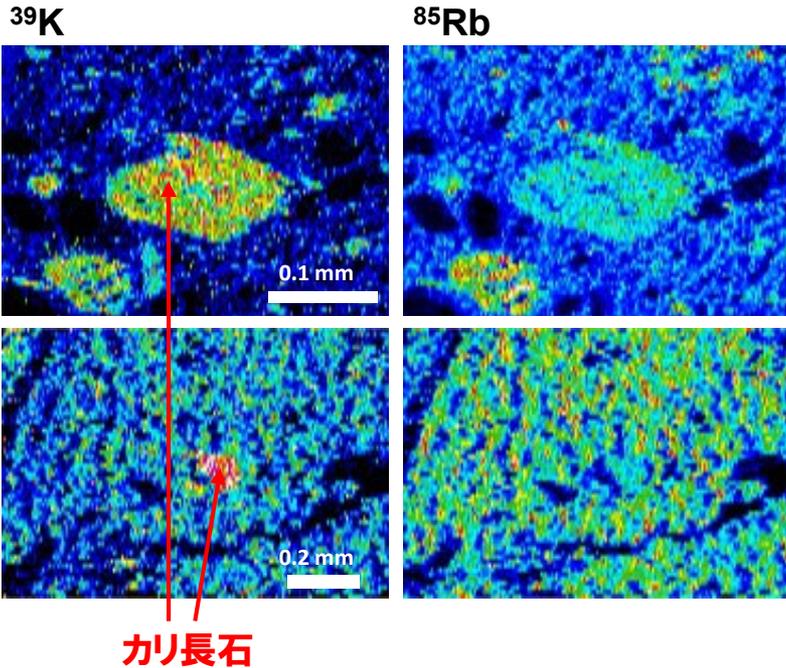
## 3) 深部流体の分布に関する調査技術

- R3年度は、熱年代解析により深部流体の熱的特徴を把握する手法の適用性を検討するとともに、地震波解析や割れ目解析による深部流体の移行経路に関する調査・評価技術の整備を進めた。
- 今後も引き続き、地球物理学、地球化学、地質学、年代学等の多分野から最新の科学的知見を取り入れたアプローチにより、深部流体の調査・評価技術の高度化・統合化を図る。

# ① 調査技術の開発・体系化 R3年度の主な成果トピックス

## 【断層の活動性に係る調査技術】

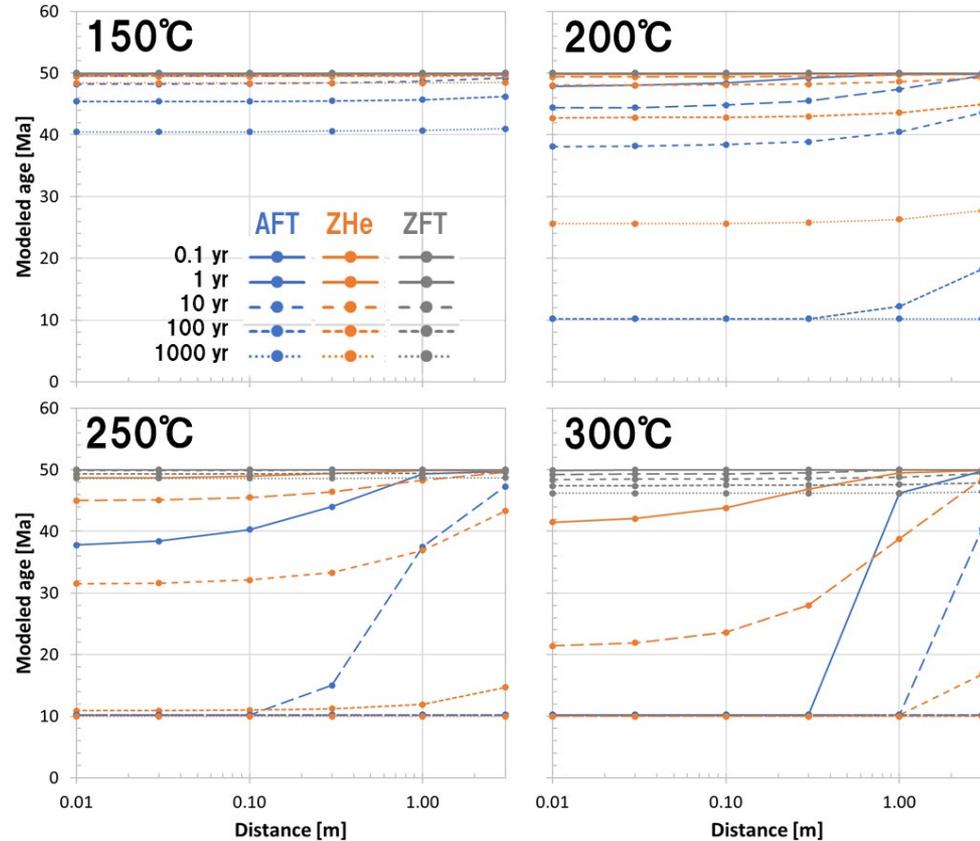
- レーザーアブレーション装置と質量分析装置を組み合わせた元素イメージングにより、断層粘土中の微量元素分布の高分解能での可視化を実現⇒**活断層／非活断層の識別に向けた重要なツール**となり得る



断層粘土中の元素の存在状態を把握するためのイメージングの例  
 (カリ長石との相対的な濃度差で見ると、活断層に比べ非活断層において基質部で<sup>85</sup>Rbに富むことが分かる)

## 【深部流体の分布に関する調査技術】

- 熱水活動に伴う熱年代の若返りのモデル計算に基づき、**熱異常を検出するための適用範囲を制約**



熱年代の若返りのモデル計算結果  
 熱水温度が150°Cの場合、1000年以下の熱水活動では年代の**若返りは期待できない**が、**200～300°Cでは、熱水活動の期間と適用手法によっては年代の若返りが観察できる可能性がある。**

## ② 長期予測・影響評価モデルの開発 R3年度の成果及び今後の予定

1), 2)ともに主に資源エネルギー庁委託事業として実施

### 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、その発生可能性や影響を適切に評価するための手法として、MT法電磁探査と地震波(S波スプリッティング)解析等の組み合わせにより、地下の流体賦存域及び移行経路の存在が評価できる見通しを得た。

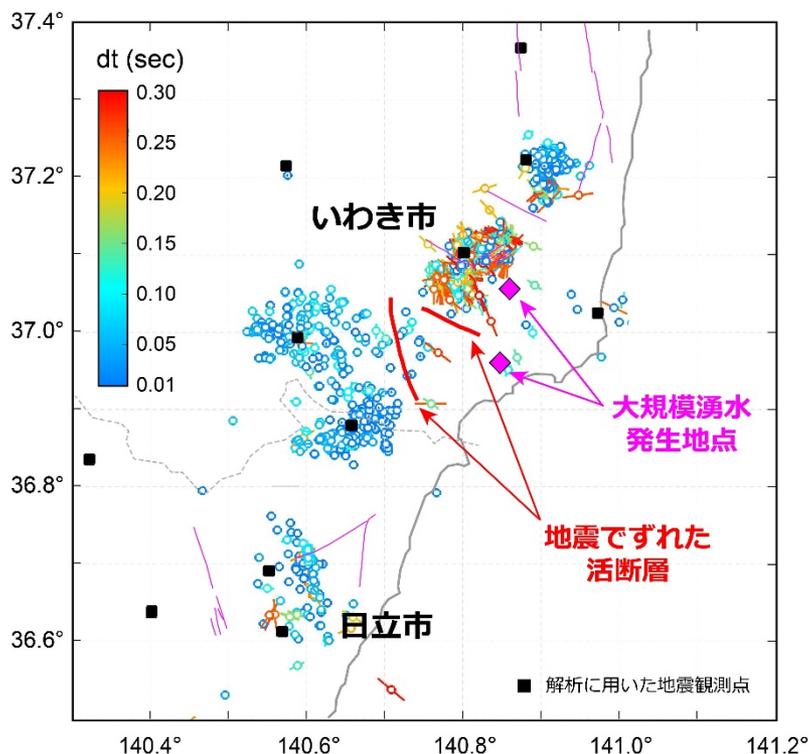
### 2) 時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術

- R3年度は、長期的な時間スケールで生じる隆起・侵食の特徴・傾向・速度を把握する技術の整備として、特に、
  - 1) 熱年代学的手法を用いた隆起・侵食評価手法の整備
  - 2) 環流旧河谷等の離水河成地形に着目した検討に基づく内陸部の隆起・侵食速度推定技術の拡充
  - 3) 海成侵食段丘への宇宙線生成核種年代測定法の適用による沿岸部の隆起・侵食速度推定技術の開発に重点をおいて、各手法の適用事例の蓄積を進めた。
- 今後も数万～十万年の将来予測の信頼性の向上に向けて、数百年～数十万年間の幅広い時間スケールを対象とした技術開発を継続し、開発した個別技術を地質環境のモデル化・評価に反映するための一連の調査パッケージとして提示することを目指す。

## ② 長期予測・影響評価モデルの開発 R3年度の主な成果トピックス

### 【稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術】

- 2011年福島県浜通り地震震源域における事例研究に基づき、S波スプリッティング解析により地下からの流体移行経路を把握する手法を提示

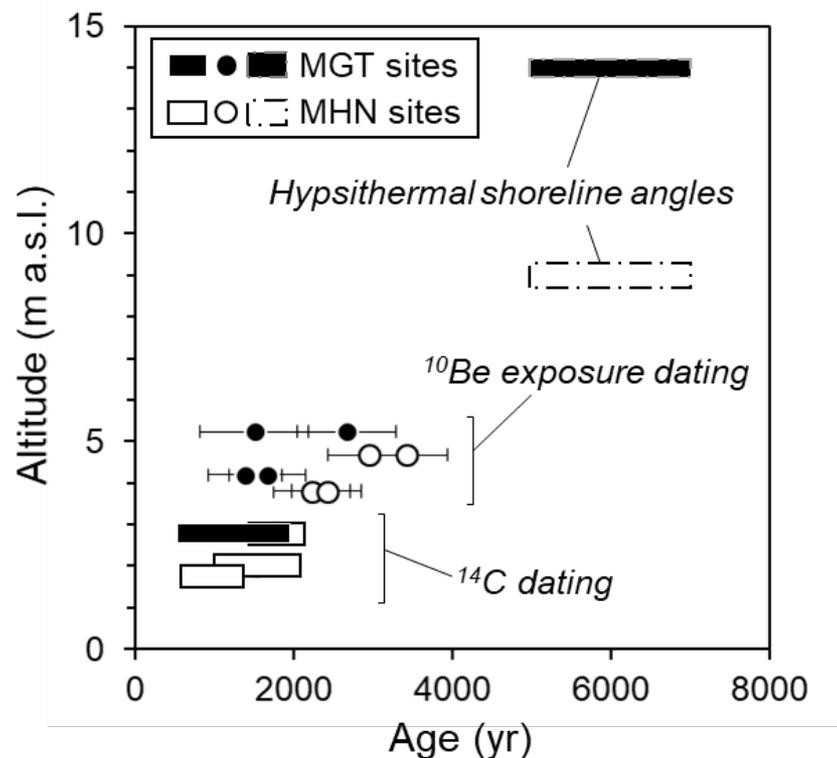


S波スプリッティング解析による速いS波と遅いS波との到達時間差(dt)の分布

→大きなdtを示す方向に異方性媒質(流体の移動経路となり得る割れ目密集部)が分布する可能性を示唆

### 【時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術】

- 土佐湾沿岸の完新世離水ベンチを対象に、 $^{10}\text{Be}$ の継承核種濃度を評価し、完新世の離水面の編年に $^{10}\text{Be}$ 法が有効な見通しを得た



羽根岬(MHN)と行頭岬(MGT)の離水ベンチでの $^{14}\text{C}$ 年代と $^{10}\text{Be}$ 露出年代およびヒプシサーマル期旧汀線アンゲル高度  
→各サイト内では、異なる3種類のデータ間で標高vs年代は一直線上に分布しており、継承核種の影響はみられない

### ③ 年代測定技術の開発

1)-3), 5)の一部は資源エネルギー庁委託事業として実施

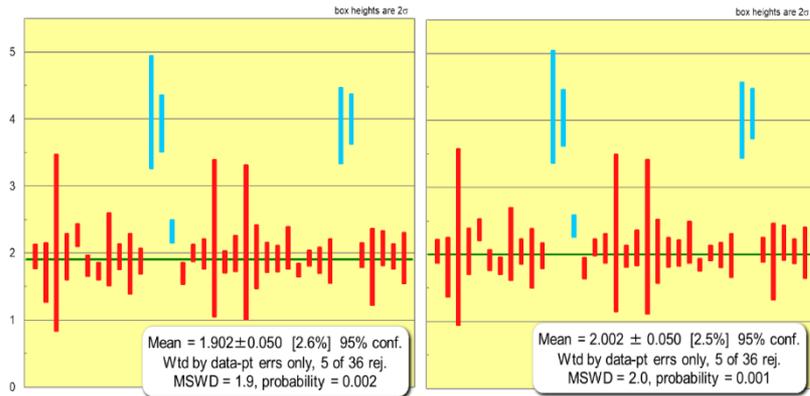
- 1) ウラン系列放射年代測定法の実用化
- 2) 光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の実用化
- 3) アルミニウム-26年代測定法, 塩素-36年代測定法の実用化
- 4) 高分解能のテフラ同定手法の開発
- 5) 地質試料を対象とした年代測定法及び化学分析手法の高度化

- R3年度も引き続き、各年代測定技術及び前処理手法等の高度化を進めた。特に、以下について成果を蓄積した。
  - ・2 Maよりも形成年代の若いジルコンについてU-Pb年代測定を実施した。
  - ・長石OSL年代測定法を用いた穿入蛇行河川堆積物の年代推定を進めた。
  - ・塩素-36年代測定法の実用化に向け、標準試料の前処理および試験測定を進めた。
  - ・整備した火山ガラスの元素分析技術を用いてテフラ層の同定を進めた。
  - ・ポータブルXRFなどの最適化を行い、天然試料への応用展開を進めた。
- 今後も継続してAMS、OSL、ICP-MSなどを用いた年代測定技術等の開発・高度化を進め、天然試料への適用実績を着実に拡充し、取りまとめる。特に、AMSに関しては装置の小型化のための技術開発を行う。ICP-MSを用いた分析では、レーザーとの連結によるこれまでのLA-ICP-MSとしての利用に加え、湿式での超高精度同位体分析技術の整備を行う。また、各手法の適用性評価等を着実に進める。

# ③ 年代測定技術の開発 R3年度の主な成果トピックス

## 【ウラン系列放射年代測定法の実用化】

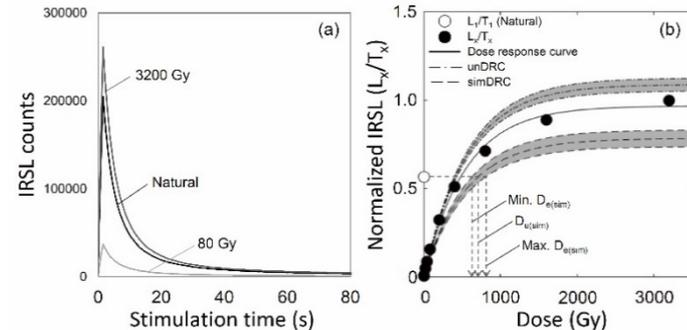
- レーザーアブレーション付きマルチコレクター誘導結合プラズマ質量分析装置(LA-ICP質量分析装置)を用いて、鉱物中等の微小領域に対応した年代測定を進めた。特に、2 Maよりも形成年代の若いジルコンについて、マグマとジルコンとの間のU-Th非平衡を考慮したU-Pb年代測定を実施した。



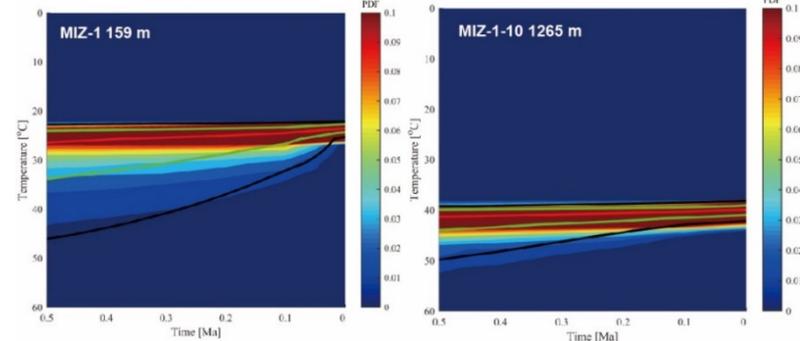
黒部川花崗岩体から採取されたジルコンの年代測定結果の例  
(青で示したデータは加重平均の算出で除外したデータ。  
放射非平衡の補正前(左), 補正後(右))

## 【光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の実用化】

- 段丘堆積物等を利用した隆起・侵食速度の推定等に資するため石英・長石のOSL年代測定法の実用化、またOSL熱年代の適用性の検討などを進めた。特に、長石OSL年代測定法を用いた穿入蛇行河川堆積物の年代推定について成果公表した。



穿入蛇行河川堆積物のOSL測定結果の例(小形ほか, 2021)  
(長石OSLシグナルの自然減衰現象を補正し、年代を求めた)

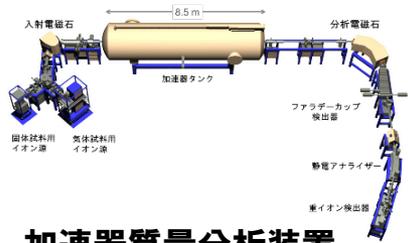


東農地域で掘削されたコアのOSL熱年代測定結果の例  
(過去約10万年は熱的に安定していると推定)

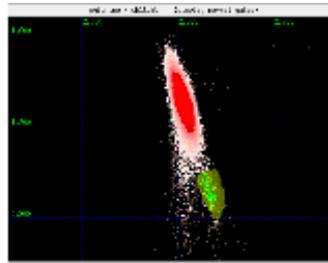
# ③ 年代測定技術の開発 R3年度の主な成果トピックス

## 【アルミニウム-26年代測定法、塩素-36年代測定法の実用化】

- 塩素-36測定の実用化に向けて標準試料の前処理およびAMSによる試験測定を進めた。



加速器質量分析装置 (AMS)



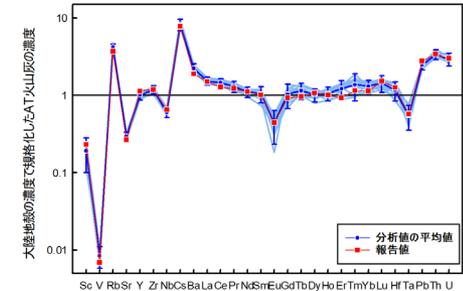
塩素-36の測定結果(緑色が塩素-36のスペクトル)

## 【高分解能のテフラ同定手法の開発】

- 火山ガラスの微量元素組成分析によりテフラを同定する手法の整備を進めた



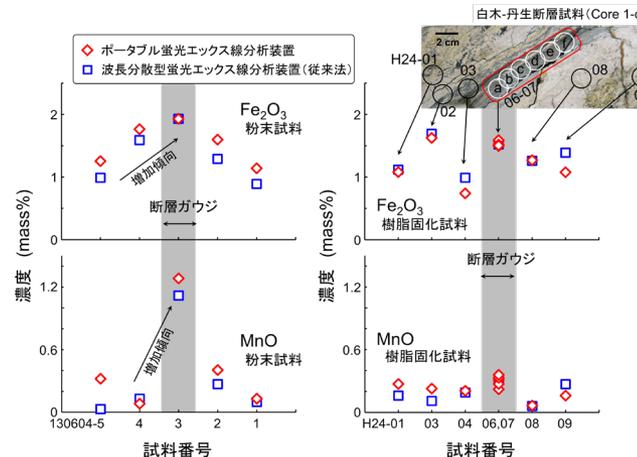
微量元素分析に使用したレーザーアブレーション(LA)装置(左)とICP質量分析装置(右)



AT火山灰の分析値と報告値との比較

## 【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】

- ポータブル蛍光エックス線分析装置(XRF)の最適化を行い、岩石試料等の主成分及び微量成分の迅速な定量分析手法を構築し天然試料への応用展開を進めた。
- ポータブルXRFによる宮崎平野の津波堆積物の判別手法を提案し論文公表、プレスリリースした。



ポータブルXRFによる断層岩試料の化学分析結果

# 参考:令和3年度 共同研究(土岐地球年代学研究所)

共同研究先	研究テーマ
愛知教育大学	変質した火山岩のK-Ar年代測定法と古地磁気年代測定法に関する研究
岐阜大学	堆積物等の詳細分析に基づく気候・環境変動に関する研究
福井県立恐竜博物館	化石試料の年代測定を通じた高精度年代測定手法の妥当性評価に関する共同研究
奈良女子大学	地質試料の年代測定法の拡充のためのチャネリングを利用した同重体分別の基礎研究
国立歴史民俗博物館	日本産樹木年輪による炭素14年代較正曲線の整備
石川県立大学	断層内物質の年代測定による断層活動性評価手法に関する研究(受)
富山大学	機械学習に基づいた断層の活動性評価手法の開発に関する共同研究
山形大・東京大・学習院大	岩石・年代学的手法を用いた自然現象の影響評価手法の高度化に関する研究
弘前大学	第四紀地殻変動の高度化に関する共同研究
京都大学	地質環境の長期安定性評価に係る地形・地質・断層調査技術の高度化に関する研究
日本大学	断層破砕帯の内部構造解析に関する共同研究
深田地質研究所・東京大	堆積岩中のメタンガス高精度検出に関する共同研究
関西電力・富山大	断層岩化学組成データベースの構築と断層活動性評価への活用に関する研究

○この他、名古屋大学および岐阜大学との地球科学分野における研究協力を進めている

○青文字は、資源エネルギー庁受託事業

# 参考:令和3年度の業績

査読付き論文:35件、学会発表:61件、研究開発報告書等:17件

(2021/4/1~2022/2/24現在)

## ➤ 国際特許取得(米国)

イオンビーム機能性透過膜を用いたビームライン機器、フィルター機器及びその調整法  
(2021年6月29日:国内特許取得済(2019.8.26))

## ➤ 国内特許出願

負イオン源及び負イオン生成方法(2022年2月14日)

## ➤ プレスリリース

○津波防災に貢献できる津波堆積物の特定方法を提案～静岡平野の津波堆積物の化学的特徴を確認～(2021年11月4日)

○津波による堆積物を特定する手法の適用範囲をさらに拡大～江戸時代の津波の痕跡を宮崎平野で識別することに成功、津波防災へ貢献できる手法として期待～  
(2022年2月10日)

## ➤ 日本応用地質学会研究発表会優秀講演者賞

「GISソフトウェアを用いた地形解析による第四紀火山の火道および放射状岩脈のモデル化の検討」

## ➤ 日本活断層学会若手優秀講演賞

「潮間帯化石群体の14C年代測定に基づく地殻変動履歴の復元:土佐湾東岸部、羽根岬の事例」

## ➤ サイエンスカフェの実施:4件 (新型コロナウイルスの影響で例年より少ない)

# 令和3年度の研究開発成果に係る自己評価

評価の視点	自己評価
①令和3年度計画の達成度(見込み)	<ul style="list-style-type: none"><li>・令和3年度は、地質環境の長期安定性評価における共通の基盤技術として、幅広い年代域(10<sup>4</sup>~10<sup>7</sup>年)やさまざまな自然現象・試料に対応可能な年代測定手法の開発・整備を進めるとともに、断層の活動性や深部流体の熱的影響、内陸部・沿岸部の隆起・侵食速度の把握等に係る調査・評価技術としての適用性確認を進めた。また、深部流体等の移行経路を把握する手法として、地球物理学的手法を活用した検討を進めた。</li><li>・それに加え、断層破碎帯内物質の化学組成を用いた多変量解析による活断層と非活断層の分類等が、最近の断層運動の有無を推定する一助となることを示した。この他、津波防災にも貢献できる津波堆積物の特定方法を提案した。</li></ul> <p>以上のとおり、令和3年度の計画に対し、大学等との共同研究を進めつつ、特許出願やプレスリリースも含めて、着実に実績・成果を上げており、当初の目標を達成する見込みである。</p>

\* 本研究は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業(高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業[JP007597])の成果の一部を利用した。