

第3期中長期計画の研究開発における これまでの成果

③地質環境の長期安定性研究

平成31年2月21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

地質環境の長期安定性に関する研究における研究項目

地質環境の長期安定性に関する研究

1. 調査技術の開発・体系化

- 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(^{26}Al)年代測定法、塩素-36(^{36}Cl)年代測定法、ヨウ素-129(^{129}I)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※
- 3.5 高分解能のテフラ同定手法の開発※
- 3.6 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※

※ 資源エネルギー庁受託事業を活用して実施

※※ 一部を資源エネルギー庁受託事業を活用して実施

1. 調査技術の開発・体系化

1.1 断層の活動性に係る調査技術

(研究の背景・狙い・目標・意義)

ボーリング孔や坑道等の掘削によって地下で遭遇した断層の活動性の評価には、活断層の調査で通常用いられる上載地層法を適用することが困難となる。本技術開発では、地下施設を活用した調査段階において、地下で遭遇した断層の活動性を評価するため、断層破碎帯内物質等の微細構造観察、鉱物・化学組成分析、放射年代測定といった物質科学的アプローチによって、当該手法の実用化を図ることを目的として進めてきた。

(実施内容)

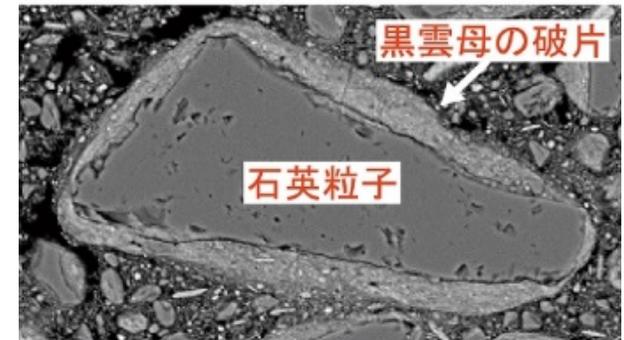
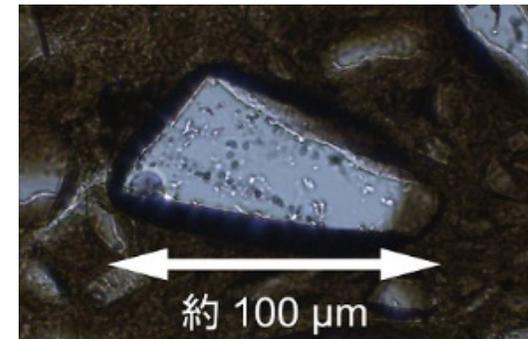
- 断層岩の構造地質学、鉱物学、地球化学的解析による評価手法の開発
- 鉱物脈等と断層との切断関係に基づく評価手法の開発
- 上載地層の編年手法の高度化

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 断層破碎帯内物質中の石英粒子や粘土鉱物の表面構造の解析が、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。これらの微細構造観察に基づく検討は、「もんじゅ」敷地内破碎帯の追加地質調査にも適用された。
- 断層の年代測定に関する新規の手法開発として、石英の水和層厚さの計測に基づく検討に着手した。
- 摩擦試験により、微細な粘土鉱物粒子が石英等の鉱物を取り巻く特徴的な組織(CCA: Clay-Clast Aggregates)を形成することに成功した。CCAの有無や形状・化学組成の違いに基づき、地震性すべりを引き起こした断層の識別が可能となる見通しを示した。



回転剪断式高速摩擦試験機



模擬の断層ガウジ中に確認されたCCAの偏光顕微鏡写真(上)と反射電子組成像(下)

1. 調査技術の開発・体系化

1.2 地殻構造の高空間分解能イメージング技術

(研究の背景・狙い・目標・意義)

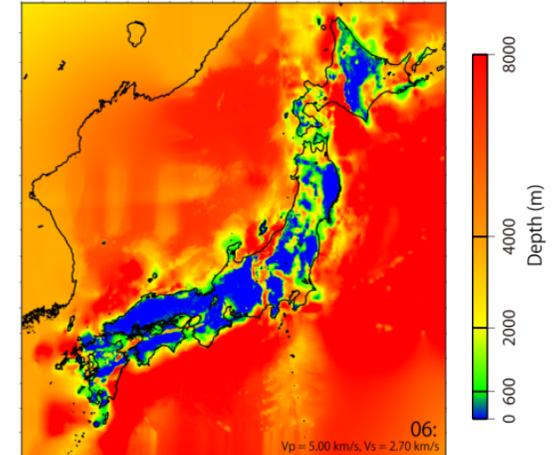
将来の地層処分システムに重大な影響を及ぼす可能性がある現象（例えば、断層活動、マグマ活動）の潜在的なリスクを排除するためには、地表からの調査の段階において、地下深部における震源断層や高温流体（溶融体を含む）等の存否や構造をあらかじめ確認しておくための調査技術が必要となる。特に、地殻中部に存在する微小地震の集中域や地殻深部に流体等が存在するような領域の付近では、将来の活動によって、地殻浅所まで破断が伸展することやそれに伴って地下深部の高温流体等が流入する可能性も考えられるため、これらに関連する地下深部の不均質構造を把握するための技術基盤の整備を進める。

(実施内容)

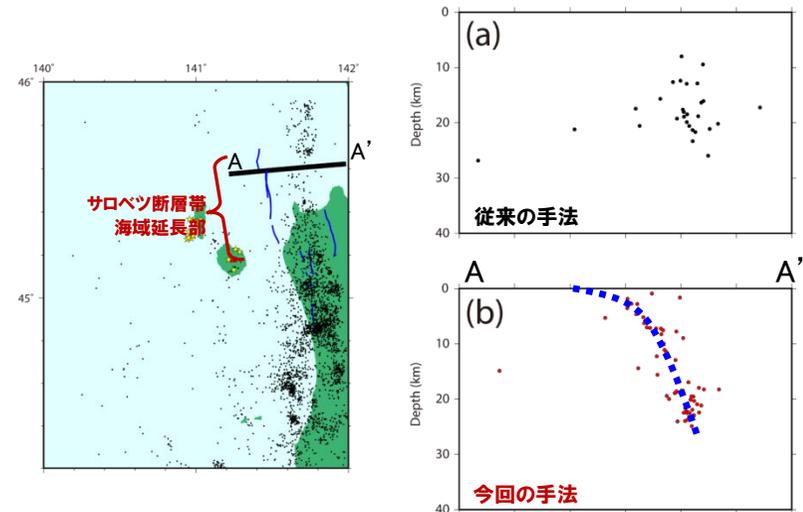
- 地殻構造イメージング手法の高度化
- 測地学的手法を用いた震源断層の調査技術
- 地殻活動のモニタリング技術の開発

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 堆積層等の層厚分布を考慮した震源再決定により得られた震源分布と、海域活断層の分布との比較により、解析手法の妥当性を示した(報告書取りまとめ中)。
- 今回開発した堆積層等の層厚分布を考慮した震源決定手法は、堆積層の層厚が急変し、かつ定常地震観測網の端部に位置する沿岸部の地下深部の不均質構造の把握において特に有効であると考えられる。



解析に考慮した地震基底面の深さ分布
(防災科学技術研究所 J-SHIS深部地盤データを用いて作成)



サロベツ断層帯海域延長部の周辺における
(a)初期震源および(b)震源再決定後の震源の分布

1. 調査技術の開発・体系化

1.3 深部流体の分布に関する調査技術

(研究の背景・狙い・目標・意義)

非天水起源の深部流体には、高温で低pH、炭酸化学種濃度が高いものが存在する。そのため、これらが流入する範囲では地質環境として好ましくない熱環境や化学場が生成される可能性があり、概要調査等においてその影響を排除することが望ましい。本研究では、近年、その存在が明らかになりつつある深部流体についての科学的知見をレビューするとともに、形成・移動メカニズムに関する事例研究を通じて、深部流体の分布に関する調査技術を提示する。なお、研究を進めるにあたっては、上述の「地殻構造の高空間分解能イメージング技術」の研究成果の活用を図る。

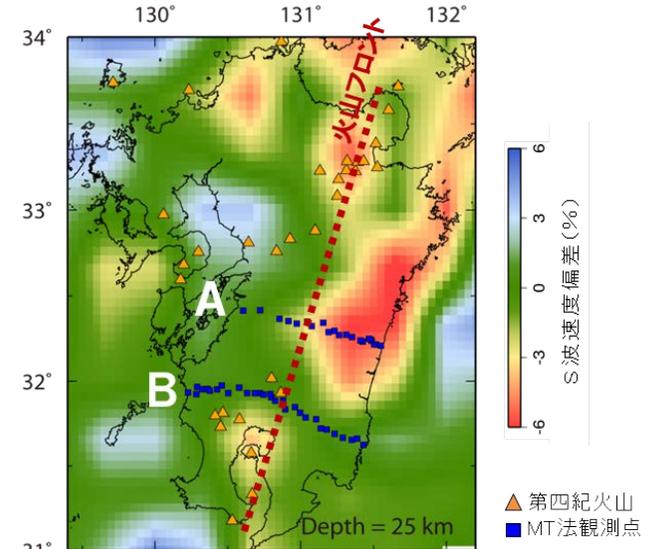
(実施内容)

- 深部流体の総合的分類
- 形成・移動メカニズムに関する科学的知見の蓄積
- 深部流体の分布に関する調査技術

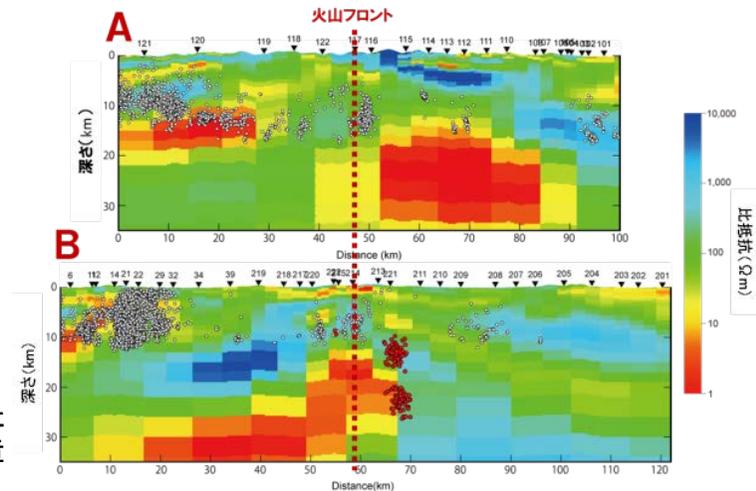
(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 九州地方の前弧域において、深部流体の存在を示唆する低比抵抗・低地震波速度体を検出した。
- 深部流体の分布を把握する技術として、地磁気・地電流法及び地震波トモグラフィの組み合わせによるアプローチが有効であることを示した。
- スラブの脱水に関連する深部流体賦存域の形成や分布には、沈み込むスラブの年代が関与している可能性を示した。

地磁気・地電流法により推定された九州地方南部における比抵抗構造



地震波トモグラフィにより推定された深さ25kmにおける地震波速度構造



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

(研究の背景・狙い・目標・意義)

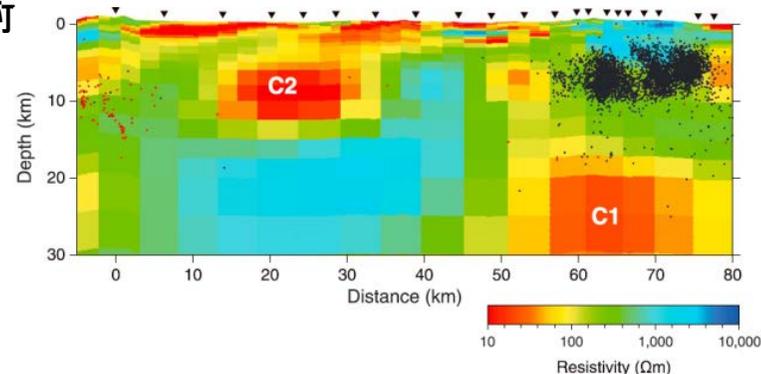
2011年東北地方太平洋沖地震は、1000年に1回程度の頻度で発生する海溝型巨大地震であるが、これに伴い内陸地震が活発化した地域や1m以上の沈降を生じた地域も現れた。また、地殻歪の変化によって地下水位の低下や沿岸域での異常湧水が発生した。特に、沿岸域での著しい地下水理の変化の原因については不明な点が多い。このような稀頻度の自然現象が地質環境特性に及ぼす影響は、変動シナリオを考慮した安全評価にとって重要な課題となる。本研究では、稀頻度自然現象に伴う地質環境の変動スケールやそのレジリアンス(復元性)を把握するため、様々な現象を数学的なモデルで表現し、計算機を使って再現・予測する数値実験と、代表的なフィールドでの調査に基づくナチュラール・アナログ研究を併用して進めていく。

(実施内容)

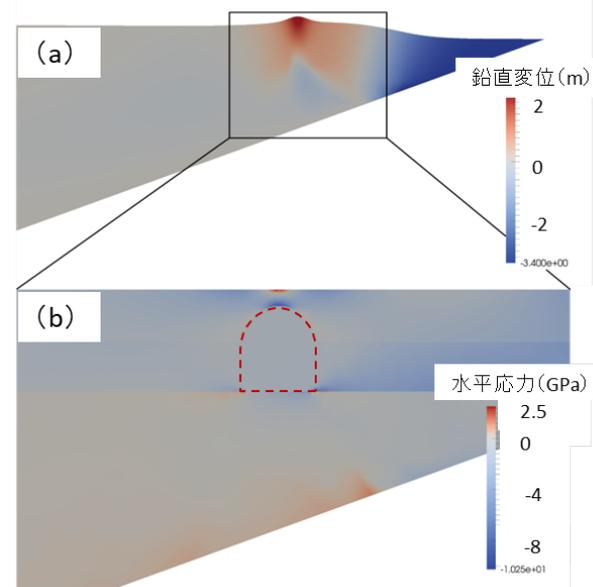
- 海溝型巨大地震の発生に伴う地質環境の影響評価
- 内陸地震の発生に伴う地質環境の影響評価
- 短時間の地形変化に伴う地質環境の影響評価

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 2011年東北地方太平洋沖地震に伴って活動を開始した群発地震の活動域を事例とした地殻変動シミュレーションにより、その発生や周囲で生じる応力場や隆起には深部流体の存在が関与している可能性を示した。



地磁気・地電流法により推定された比抵抗構造



二次元有限要素法による粘弾性シミュレーションの結果
(a)及び(b)は、それぞれ鉛直変位量、水平応力を示す。

2. 長期予測・影響評価モデルの開発

2.2 時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術

(研究の背景・狙い・目標・意義)

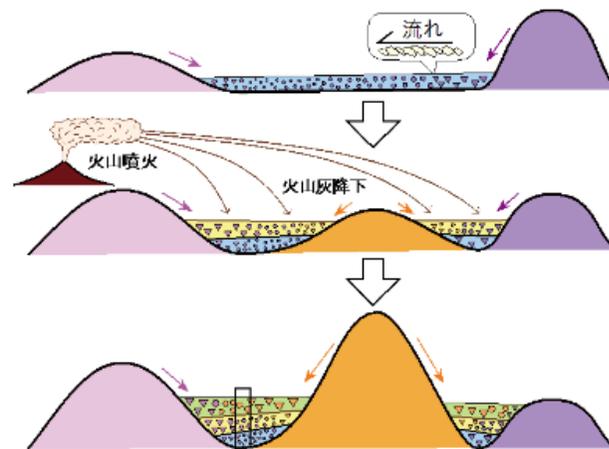
地層処分における将来の地質環境の予測・評価は、過去の自然現象の偏在性や変動傾向に基づき、将来へ外挿することが基本となる。しかしながら、過去のイベントや変動パターン・規模に係る記録は、さかのぼる年代や地域によって識別できる分解能が異なることから、予測結果に伴う不確かさも様々である。また、時間スケールごとの変動方向や速度が大きく異なる場合、その地域は変動の一樣継続性が成立しておらず、単純な外挿による予測には大きな不確実性を伴う。本研究では、これまで取り扱っていなかった測地学的アプローチも駆使して、数十年～数百年、数千年～数万年、数十万年～数百万年といった異なった時間スケールでの変動方向・速度の解析及びこれらを指標とした不確実性を考慮したモデリング技術の開発を行う。また、新規火山や断層の発生に係る確率論的な評価技術の開発も引き続き実施していく。

(実施内容)

- 時間スケールに応じた地殻変動の一樣継続性の評価
- 地質環境長期変動モデルの構築
- 超長期の変動に関する確率論的評価手法の開発

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- [地質環境長期変動モデルの開発。](#)
- [山地・丘陵の形成プロセス解明のための後背地解析のフローを整備。](#)
- [地質環境の変化を三次元的に表現できる数値モデルを構築するとともにアニメーション技術を用いてその時間変化を可視化し、専門的知見が簡単に理解可能なツールを作成。](#)



地殻変動の概念図

	100万年前以前	45万年前	14万年前	現在
地形概念モデルの構築				
地形・地質数値モデルの構築				
水理モデル地下水流動解析の実施				

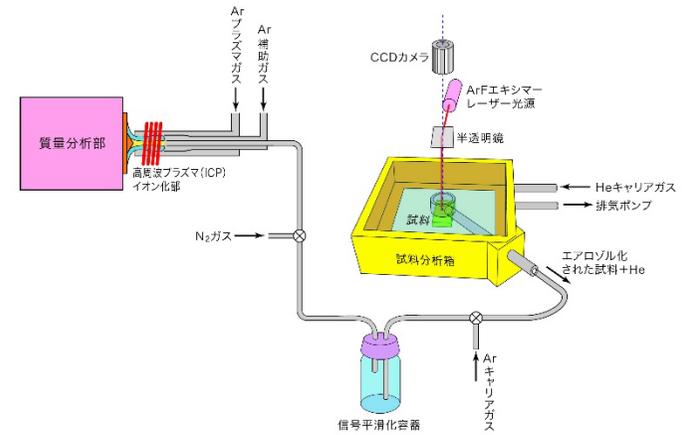
地質環境長期変動モデルの概念図

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

(研究の背景・狙い・目標・意義)

これまでの手法で補完できなかった10万年前後の断層の活動性の評価を行うため、長い半減期を持つウラン系列の年代測定技術開発に着手する。分析対象試料としては、断層岩の割れ目を普遍的に充填する炭酸塩鉱物を想定し、第2期中期計画期間に新たに整備した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行うとともに、測定結果の評価を適切に行うため、元素のマッピングや挙動を把握することにも重点を置く。ウラン系列放射年代測定法の実用化に向けて、いくつかの先行研究が行われているジルコン試料のU-Pb法を中心に技術基盤の整備を進め、次に炭酸塩鉱物への応用を試みる。



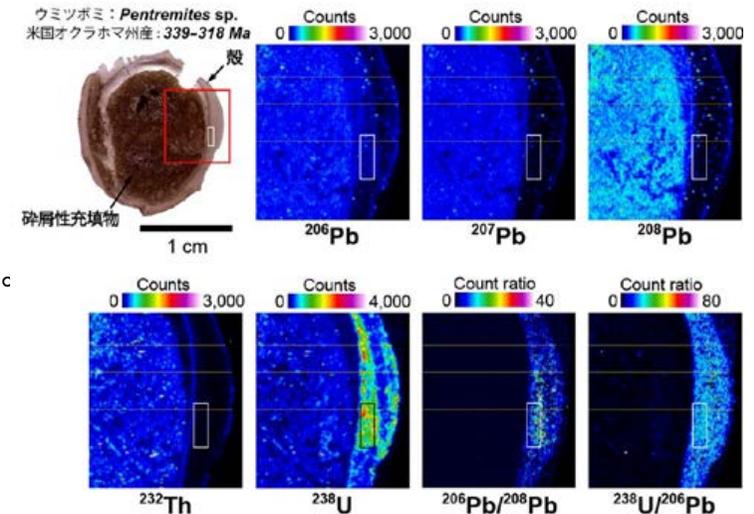
LA-ICP質量分析装置の概念図

(実施内容)

- ジルコンの年代測定
- 炭酸塩鉱物の標準試料の選定
- 割れ目を充填する炭酸塩の分析

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 1000-50Ma程度の年代値の異なる複数のジルコンについて、U-Pb法による年代測定を実施し、既報値との整合性を確認した(技術整備)。この技術は、火山の活動年代に関する議論および後背地解析において有効である。
- 北アルプス仁科山地に分布する青木花崗岩のジルコンU-Pb年代測定を実施した(技術の実用化)。
- 炭酸塩鉱物のU-Pb年代測定を目的として、標準試料の選定・開発およびイメージング分析技術の整備を実施した(技術整備)。
- 炭酸塩質の示準化石試料の局所分析によるU-Pb年代測定に成功した。この技術は、地下水の流動経路の変遷の解明、および古環境・古気候の復元に関する研究に貢献する。



炭酸塩質示準化石(ウミツボミ:339-318Ma)にイメージング分析を実施した例

3. 年代測定技術の開発

3.2 光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の実用化

(研究の背景・狙い・目標・意義)

OSL年代測定法は、微弱な自然放射線を浴びることによって鉱物結晶内に捕獲された不対電子が、光刺激を受けたときに正孔と再結合することで放出されるルミネッセンス(蛍光)を利用する手法であり、数十年から数十万年までの年代推定が可能と考えられている。また、原岩の形成年代に依存しない、石英や長石等の堆積物の埋没年代によって陸成堆積物の形成年代を推定することも可能である。第3期中長期計画では、段丘堆積物等を利用した隆起速度の推定や断層の活動性評価に資するためのOSL年代測定法の実用化を図る。

(実施内容)

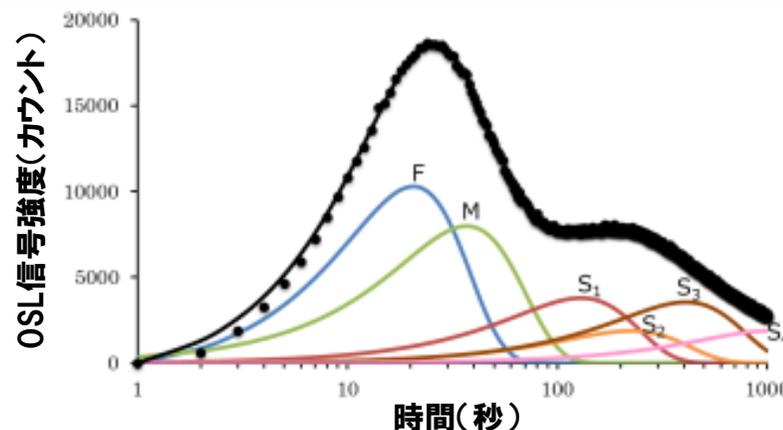
- 河成段丘堆積物のOSL年代測定
- OSL/TL信号特性の決定条件に関する検討

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- [土岐地球年代学研究所のOSL測定装置を用いた石英のOSL年代測定技術を整備した。](#)
- [様々な岩種や加熱条件の試料について、光に対する反応速度の違いに基づきOSL信号特性を区分することにより、OSL年代測定の適用性を確認](#)する手法を提示した。
- ただし、石英のOSL年代が適用できるのは過去10万年程度にとどまるため、今後は、過去80万年程度まで適用可能な長石のOSL年代測定技術の整備を進める。



土岐地球年代学研究所に導入されたOSL測定装置(Riso製 TL/OSL DA-20)。



堆積物試料の石英のOSL成分の例(F:Fast成分、M:Medium成分、S₁~S₄:Slow成分)。Fast成分が主な構成要素である場合、OSL年代測定が可能であることがいえる。

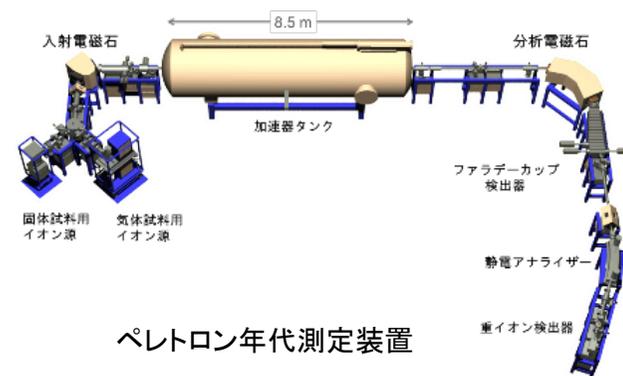
3. 年代測定技術の開発

3.3 アルミニウム-26 (^{26}Al) 年代測定法、塩素-36 (^{36}Cl) 年代測定法、ヨウ素-129 (^{129}I) 年代測定法の実用化

(研究の背景・狙い・目標・意義)

宇宙線は大気中の元素や地表物質と反応し、各種の放射性核種を生成する。宇宙線生成核種であるアルミニウム-26 (^{26}Al) や塩素-36 (^{36}Cl) を用いた年代測定法は、数千～数千万年及び数千～200 万年の年代測定が可能であり、岩石の露出年代や地下水年代の推定に有用な手法である。

第3期中長期計画では、土岐地球年代学研究所で保有しているタンデム型加速器質量分析計(ペルトロン年代測定装置:図1)を用いて、 ^{26}Al 及び ^{36}Cl の定量法を確立し、 ^{26}Al 及び ^{36}Cl 年代測定法を実用化する。さらに、加速器質量分析計で測定可能な他の宇宙線生成核種等を用いた年代測定法について検討するため、試料調製法や測定法等に係る文献調査にも着手し、検出器の改良などに関する研究開発も行っていく。



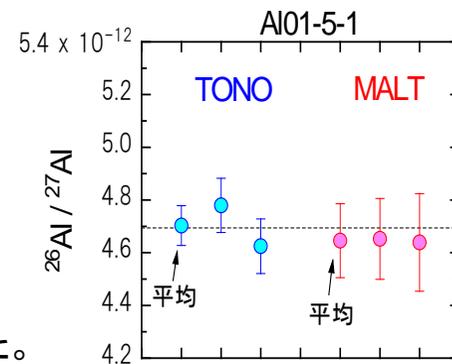
ペルトロン年代測定装置

(実施内容)

- ^{26}Al 年代測定法の実用化
- ^{36}Cl 年代測定法の実用化
- 他の宇宙線生成核種等を用いた年代測定法実用化に向けた研究開発

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- ^{26}Al 年代測定法の技術基盤の整備では、試料調製法及び測定条件の最適化等を進めた。また、[東京大学タンデム加速器研究施設\(MALT\)の協力を得て施設間比較試験を実施した結果、両施設でほぼ同様な結果が得られたことから実用化が図られた。](#)
- [新たな宇宙線生成核種等を用いた年代測定法として、 \$^{129}\text{I}\$ 年代測定法の実用化を検討し、整備を開始した。](#) 標準試料の試験測定で良好な結果が得られ、実用化の目処を得た。



^{26}Al 年代測定の施設間比較試験結果
(標準試料AI01-5-1)

3. 年代測定技術の開発

3.4 希ガス同位体を用いた地下水年代測定法の実用化

(研究の背景・狙い・目標・意義)

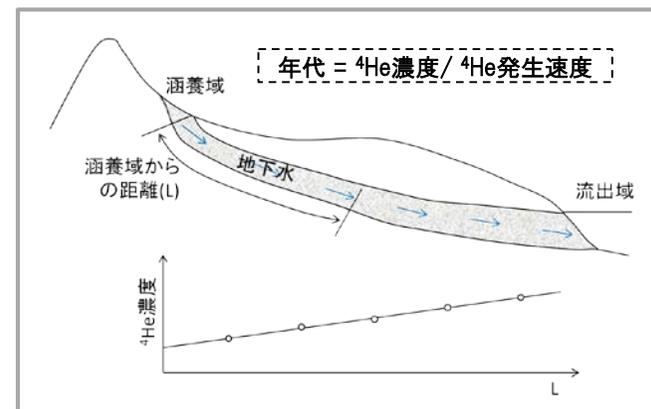
過去から現在までの地下水流動や水質の変化のシミュレーション結果等によるモデルの妥当性を示すためには、地下水の年代値等のデータを得ることが重要である。このため、地下水中に溶存するヘリウム-4(^4He)やネオン-21(^{21}Ne)、アルゴン-40(^{40}Ar)を用いた年代測定技術を開発する。第3期中長期計画では、これらの地下水に溶存する希ガス元素を用いた年代測定を行うために、地下水からの希ガス元素の回収技術の開発、及びこれら核種の定量とその際に必要になる同位体分析の高度化を行うとともに、経年的な変化量を算定する際に問題となる、時間変化に比例しない成分の影響を評価する。

(実施内容)

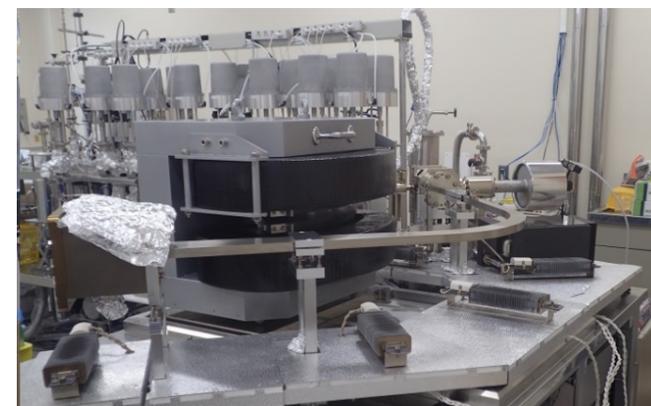
- 地下水からの希ガス元素の回収技術の開発
- 各希ガス元素の定量法の開発
- 地下水の年代測定法の実用化

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- マルチコレクター型希ガス質量分析装置及び前処理装置を東濃地科学センター土岐地球年代学研究所に整備した。
- 上記の装置を用い、従来のシングルコレクターの装置に比べ、高精度のヘリウムやネオンの同位体測定等に成功し、地下水の希ガス同位体分析手順を確立し、実試料の測定を行った。
- 耐圧サンプリング容器を用いた地下水採取容器を構築した。
- これらの成果は、希ガス同位体を用いた地下水の高精度年代測定を可能にするものである。



希ガス同位体を用いた地下水年代測定概念図



東濃地科学センターに導入したマルチコレクター型希ガス質量分析装置及び前処理・精製装置

3. 年代測定技術の開発

3.5 高分解能のテフラ同定手法の開発

(研究の背景・狙い・目標・意義)

火山列島からなる日本では、テフラを年代指標とした地層の堆積年代の決定と層序対比が非常に有効となる場合が多い。これまでの研究開発により、多量屈折率測定地質解析法(RIPL法)※やメルトインクルージョン(結晶成長の過程で取り込まれたメルトの化石)の化学組成によってテフラを同定する手法を提示した。さらに近年、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析(LA-ICP-MS)技術が進展し、局所領域の化学組成や同位体組成を高精度で迅速に測定できるようになってきていることから、第3期中長期計画では、LA-ICP-MSによるテフラ中のジルコンのU-Pb年代測定や、火山ガラスの微量元素組成分析等によってテフラを同定する手法を開発する。また、未だ既往研究による情報が十分でなかった北海道～東北地方を中心とした鮮新世以降(約500万年前以降)のテフラカタログを整備する。

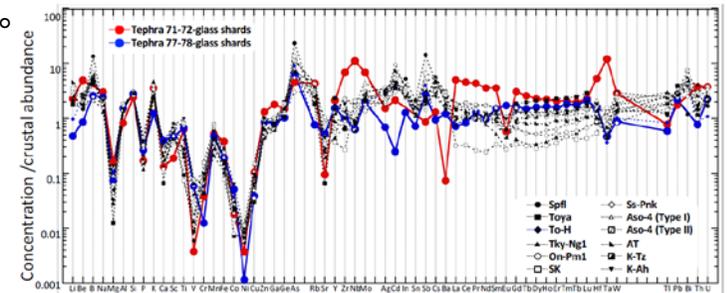
※多量屈折率測定地質解析法(RIPL法):火山ガラスの屈折率の多量測定とその統計解析によって、肉眼で確認できないような微量のテフラ起源物質を同定する手法。

(実施内容)

- 石英、ジルコン等を用いたテフラ同定手法の開発
- テフラ粒子の直接年代測定の検討
- テフラデータベースの整備

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 北海道～東北地方を中心とした鮮新世以降のテフラカタログを整備した。
- ジルコンのダブル年代測定により、テフラの堆積年代を直接決定することに成功した。
- LA-ICP-MSを用いた火山ガラスの主成分・微量元素の同時分析に基づくテフラの同定手法を提示することができた(東濃での分析技術整備も実施)。
- これらの成果は、テフラを用いた堆積物の年代測定技術の適用性の拡大に大きく寄与する。



LA-ICP-MSによる希土類元素分析例
(小川原湖から掘削されたコアに含まれるテフラガラス)



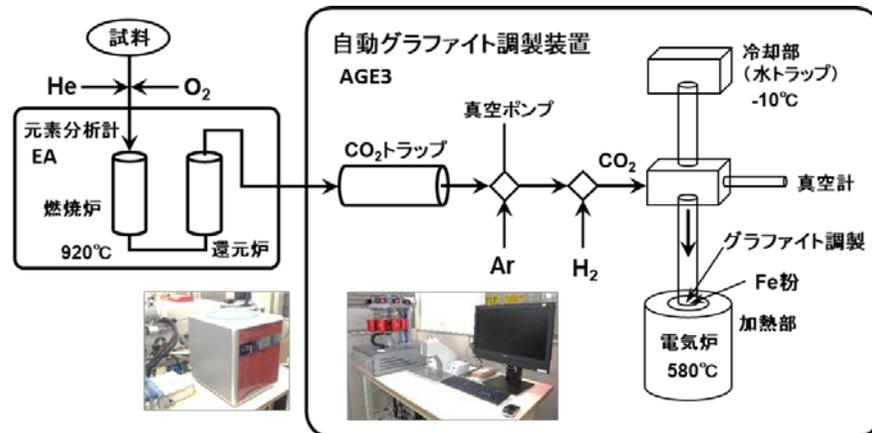
土岐地球年代学研究所でのテフラの微量元素分析に使用したレーザーアブレーション(LA)装置(左)とICP質量分析装置(右)

3. 年代測定技術の開発

3.6 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

(研究の背景・狙い・目標・意義)

地質試料の生成プロセスは複雑であり、年代値の逆転に加え、前処理方法や測定手法の違いによる年代値の差異など、解決すべき問題がある。近年の年代測定技術の発展によって、データ取得については迅速・簡便化されつつあるが、現状では最終的に得られたデータの解釈が困難になるケースが多い。正確な年代軸を構築し過去の環境を復元するためには、岩石、土壌、炭酸塩沈殿物、地下水等、それぞれの試料の特性及び生成環境に適応した分析手法の開発が必要である。本研究では、種々の天然試料に適応可能なサンプリング手法、試料選別、前処理手法の改良や測定装置の最適化を実施する。



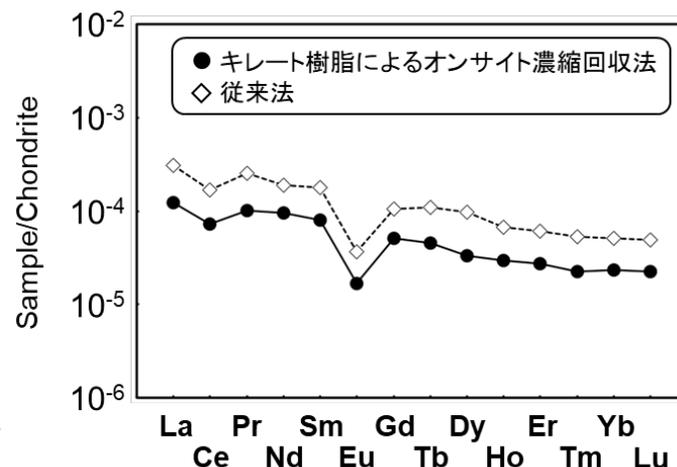
炭素-14年代測定の前処理に使用する自動グラファイト調製装置の概要

(実施内容)

- 年代測定法の高度化
- 化学分析手法の高度化
- 微小領域の年代測定と化学分析手法の構築

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 自動グラファイト調製装置を導入し最適化することで、炭素-14年代測定の前処理作業を完全自動化し、作業の効率化を進めた。
- 化学分析の高度化として、キレート樹脂を用いたオンサイトでの希土類元素の濃縮・回収を実現させた。



キレート樹脂を用いたオンサイトでの希土類元素の濃縮・回収の実施例

成果のまとめ

【地質環境の長期安定性に関する研究】

以下のような成果が得れている。

1. 調査技術の開発・体系化 (成果のまとめ)

- 断層の活動性に係る調査技術については、断層破碎帯内物質中の石英粒子や粘土鉱物の表面構造の解析が、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。
- 地殻構造の高空間分解能イメージング技術については、堆積層等の層厚分布を考慮した震源再決定により得られた震源分布と海域活断層の分布との比較により、解析手法の妥当性を示した(報告書取りまとめ中)。
- 深部流体の分布に関する調査技術については、九州地方の前弧域における事例研究により、深部流体の存在を示唆する低比抵抗・低地震波速度体の検出手法の妥当性を確認した。

(地層処分事業や他分野への貢献)

- ⇒断層の活動性に係る調査技術の成果は「もんじゅ」敷地内破碎帯の追加地質調査にも適用されており、上載地層法の適用が困難な断層の活動性の評価に寄与する重要な成果の一つと考えられる。
- ⇒地殻構造の高空間分解能イメージング技術の成果は、沿岸部の地下深部の不均質構造を把握するための手法として特に有効であると考えられる。
- ⇒深部流体の分布に関する調査技術の成果により、深部流体の存在を示唆する低比抵抗・低地震波速度体の検出による深部地質環境の長期安定性に関する評価の可能性を示した。

成果のまとめ

2. 長期予測・影響評価モデルの開発

(成果のまとめ)

- 稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術については、2011年東北地方太平洋沖地震の発生に伴う長期間の湧水も確認されている、福島県いわき市周辺で活発化した正断層型の群発地震活動域を事例とした地殻変動シミュレーションにより、その発生や周囲で生じる隆起への地殻内の流体(深部流体)の寄与について検討した。
- 時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術については、鉱物分析手法や年代測定技術の高度化により、山地の形成過程を推定する後背地解析技術を構築するとともに、過去から現在までの地形・地質モデルの構築およびそれに基づく地下水流動解析等を実施した。

(地層処分事業や他分野への貢献)

- ⇒ 稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術の成果として、2011年東北地方太平洋沖地震に伴って活動を開始した群発地震の発生や周囲で生じる応力場や隆起に深部流体が関与している可能性を示した。
- ⇒ 時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術の成果として、地質環境の変化を三次元的に表現できる数値モデルを構築するとともにアニメーション技術を用いてその時間変化を可視化し、専門的知見が簡単に理解可能なツールを作成することにより、長期予測結果について、利害関係者をはじめとして広く利用いただける環境を整備した。

成果のまとめ

3. 年代測定技術の開発

(成果のまとめ)

- ウラン系列放射年代測定法の実用化については、炭酸塩質の示準化石試料の局所分析によるU-Pb年代測定に成功した。
- 光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の実用化については、土岐地球年代学研究所のOSL測定装置を用いた石英のOSL年代測定技術を整備するとともに、OSL年代測定の適用性を確認する手法を提示した。
- アルミニウム-26 (^{26}Al)年代測定法、塩素-36 (^{36}Cl)年代測定法、ヨウ素-129 (^{129}I)年代測定法の実用化については、それぞれの手法について着実に実用化を進め、年代測定の見通しを得た。
- 希ガス同位体を用いた地下水年代測定法の実用化については、マルチコレクター型希ガス質量分析装置及び前処理装置を東濃地科学センター土岐地球年代学研究所に整備した。
- 高分解能のテフラ同定手法の開発については、北海道～東北地方を中心とした鮮新世以降のテフラカタログを整備するとともに、LA-ICP-MSを用いた火山ガラスの主成分・微量元素の同時分析に基づくテフラの同定手法を提示した。
- 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については、自動グラファイト調製装置の導入による最適化や、キレート樹脂を用いた希土類元素の濃縮・回収法を導入し、化学分析の高度化を進めた。

(地層処分事業や他分野への貢献)

⇒地質環境の長期安定性評価における共通的基盤技術として、幅広い年代域($10^4\sim 10^7$ 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、断層の活動性、隆起・侵食速度の把握等の調査・評価技術開発に貢献した。