

年代測定研究部



研究テーマ・キーワード

- 人類紀年代学・地質年代学
- 加速器質量分析
- 電子プローブマイクロアナリシス
- 古環境復元・編年・将来予測
- 地球史解析
- 同位体地球環境化学
- CHIME 年代測定
- 測定法開発

地球環境の短期・長期予測とその対策・対応は、人類共通の喫緊の課題である。将来の地球の姿を予測するためには、過去の事象やそれを引き起こした要因の理解を深化することが必要となる。そのため、過去の事象がいつ起きたのかを知ること、すなわち年代決定が重要な意味をもつ。年代測定研究部 (Division for Chronological Research) では「時間軸」をキーワードとし、46 億年にわたる地球史上のイベントから考古学資料、文化財資料や近現代の文物までを研究の対象とした幅広い年代学研究を行っている。また、大学院環境学研究科地球環境科学専攻地球史学講座 (協力講座) として、フィールドワークや実物を重視した年代学と関連研究の教育を行っている。

同研究部では、加速器質量分析法 (AMS) を用いた放射性炭素 (^{14}C) 年代測定を用いて、約 5 万年前から現在に至るまでの地球環境変動や人類史の理解に向けた学際的な研究を行うとともに、新たな ^{14}C 分析・年代測定法の研究開発を行っている。また、 ^{14}C やベリリウム 10 (^{10}Be) などの宇宙生成核種の時空間変動に着目した地球・宇宙環境の性状と動態の理解を促す研究、考古学・歴史学などの研究者と連携した文理融合研究なども進めている。

また、世界に先駆け名古屋大学で開発・実用化された Chemical U-Th-total Pb Isochron Method (CHIME) 年代測定法や長半減期放射性同位体 (Sr-Nd-Hf) による放射年代測定法を用いて、地球が誕生した約 46 億年前から約 100 万年前までの地球史イベントの理解を目指している。ミクロンスケールの空間分解能をもつ電子プローブマイクロアナライザー (EPMA) を用いて岩石試料などの微小領域の非破壊分析を行い、ジルコンやモナズ石などに刻まれているイベントの遍歴を解読するほか、この極微量元素の EPMA 非破壊定量分析技術を様々な宇宙地球環境研究に応用している。

2021 年度の主な活動

PIMS による炭素 14 検出技術の開発

本正イオン質量分析 (PIMS) は低レベルの ^{14}C を検出するための効果的な方法であることが証明されている。この新たな炭素 14 検出技術では、電子サイクロトロン共鳴イオン源 (ECRIS) を用い高電荷状態の正イオン (例えば、 C^{2+}) を生成し、その正イオンは電荷交換セルを用いて負イオン (C^-) に変換される。C-PIMS の実用化には、高性能な ECRIS の開発が重要である。現在、ソリッドステート 2.45 GHz マイクロ波発生装置を用いた小型 ECR イオン源が C-PIMS の実用化の一つの選択肢であるかについて理論的・実験的検討を行っている。理論的な推定では、天然レベルの炭素 14 の検出を可能とする $40\ \mu\text{A}$ 程度の $40\ \text{keV}$ の C^{2+} イオンビームの発生が予想されている。



PIMS のビーム入射部。

長期間・短期間の時系列を組み合わせたザグロス造山帯の構造発達史モデル構築に向けて

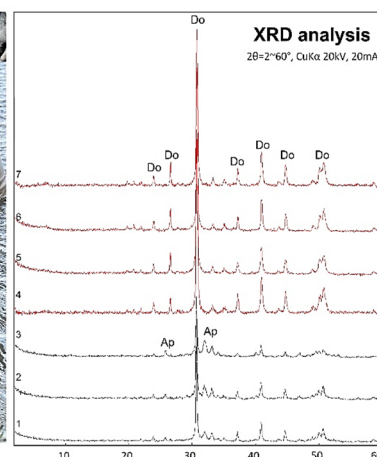
アルプス・ヒマラヤ造山帯の一部である西アジアのザグロス造山帯地域の火成活動・形成過程の解明は、未解明である地球上の大陸地殻形成の手掛かりとなるだけでなく、資源鉱床の成因解析にも重要である。本年度、イラン・クルディスタン大学の AZIZI 教授を 2021 年 11 月から 2022 年 2 月まで 3 ヶ月名古屋大学に招へいし、長半減期放射性同位体 (Sr-Nd-Hf) による長期間 (数百万年–数千万年) の進化に関する研究を進めるとともに (Azizi et al., *Journal of Petrology*, 2021; Daneshvar et al., *Minerals*, 2021; Nouri et al., *Lithos*, 2021; Gholipour et al., *Lithos*, 2022)、Li、Be 等の軽元素 (沈み込むプレート上の堆積物に多く含まれる成分) の短期間の時系列も加えた新たな構造発達史モデル推定の試みを開始した。比較的短寿命の宇宙線生成核種 ^{10}Be は、沈み込み帯や衝突後のシステムにおける同位体のリサイクルを明らかにするために非常に重要な指標になり得る。2021 年度はまず、岩石試料から Be 分離用の陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂のカラムを設置し、名古屋大学と琉球大学で既に化学データおよび Sr-Nd-Hf 同位体比データを取得している 40 の岩石試料から Be を化学分離した。これらの試料は現在、AMS による ^{10}Be 測定待ちであり、興味深い結果が待たれる。



Be フラクション抽出のための岩石試料のカラム分離の様子。

秋田県男鹿半島の巨大鯨骨コンクリーション群の形成プロセス

秋田県男鹿半島鵜ノ崎海岸には、巨大な球状炭酸塩コンクリーションが 100 個以上散在しており、中心部に鯨骨を含んでいる。本研究は、野外調査および地球化学分析を行うことにより、これまで解明されていなかった鵜ノ崎海岸の巨大コンクリーションの形成メカニズムを検討した。その結果、巨大鯨骨コンクリーション群は、暴風波浪に伴って海底に急速に埋籍した鯨骨を核とし、その炭素成分が底生生物によって分解されることによって生じた炭酸と海水中的カルシウム成分が結びついて形成されたことが示唆された。また、初生的なドロマイトが観察されたことから、還元的海底環境下で巨大コンクリーションが形成された可能性がある。その後、埋没続成を受けて中心部のカルサイトが結晶成長することにより巨大な球状炭酸塩コンクリーションが形成された。(本研究は令和三年度秋田県ジオパーク研究助成事業に支援され、男鹿市文化スポーツ課の方々、並びに男鹿半島・大潟ジオパークの会の方々の協力を得て行われた。)



秋田県男鹿半島の巨大鯨骨コンクリーションの産状と、XRD パターン。

11,400 年間の記録に基づく南極海のプランクトン量と海氷の変化における数年から十年スケールの気候変動の影響評価

南極の沿岸海域は、生物生産性が高く、大気二酸化炭素の濃度変化をひきおこす地球規模の炭素循環において重要な役割を果たしている。この海域のプランクトン量は、南極大陸沿岸域の風の変化をとおして、海氷の生成や移動、ならびに、海洋深層からの栄養塩の供給によって変化する。南極大陸沿岸域の風の変化は、短期的には、エルニーニョ・南方振動などの数年から十年スケールの気候変動と関連していると言われている。しかし、中—長期的な変化については関連性がよ

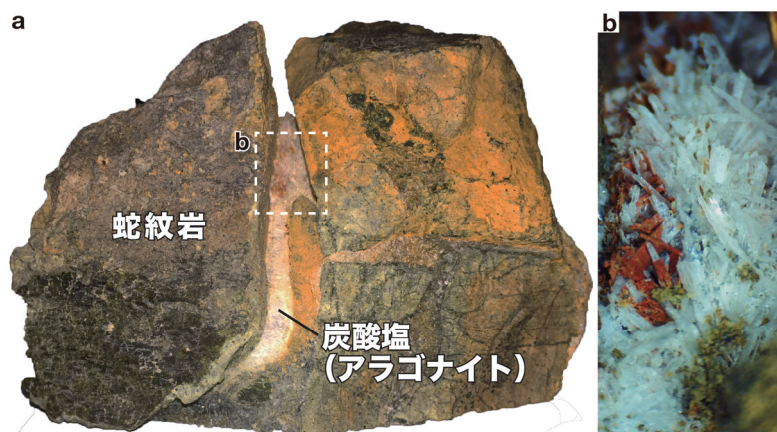
く分かっていなかった。東京大学、名古屋大学、ニュージーランド・ビクトリア大学ウェリントン校や米国スタンフォード大学などの研究者から成る国際研究チームが、東南極ウィルクスランド地域沖合のアデリー海盆において採取された堆積物を調べた結果、過去 11,400 年間に於ける、南極海の海水やプランクトン量の変化と数年から十年スケールの気候変動との密接な関係が明らかになった (Johnson et al., 2021)。本研究で得られた結果は、将来の炭素循環や生物応答などの予測を行うモデルの精度向上に貢献する重要な知見となる。



東南極ウィルクスランドの沖合の様子。

沈み込み帯浅部の炭素循環プロセスの解明

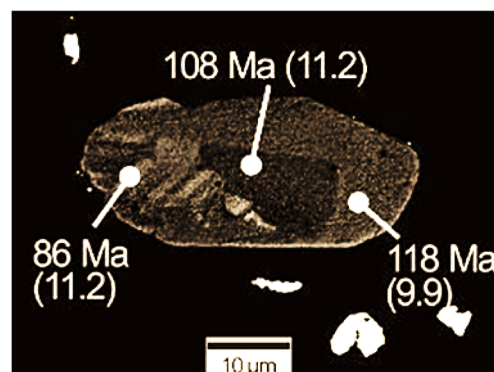
地球表層に存在する炭素は、プレートの沈み込みに伴って地球深部まで持ち込まれたのち地表に戻る大循環をしている。沈み込んだ炭素が比較的浅いところから地表に戻ってくる浅部炭素循環プロセスの重要性は以前から指摘されていたが、その循環の時間スケールについてはよく分かっていなかった。本研究においては、伊豆・小笠原海溝の海亀海山（水深 6400 m）から採取した前弧マントル岩石に含まれる炭酸塩（アラゴナイト）鉱物脈を分析し、炭素安定同位体比が深海水と同様であること、 ^{14}C 濃度が低いことを明らかにした。これは、炭酸塩が古い海水中の炭素を起源とし、地球内部に運び込まれた海水が、数万年以上の間、プレート上盤の前弧マントル内に滞留したことを示している。この成果は、これまで地質学・鉱物学的に研究されていた岩石に、 ^{14}C という新たな指標を加えることにより、非常に重要な知見が得られたものであり、全地球の炭素循環の理解を前進させるものである。本研究は、海洋研究開発機構、東北大学、新潟大学、産業技術総合研究所との共同研究であり、加速器質量分析装置等利用（共同利用）により推進されたものである。(Oyanagi et al., *Communications Earth & Environment*, 2021)



a: 変質したマントル岩石(蛇紋岩)の割れ目に析出した炭酸塩(アラゴナイト)の産状。
b: a の白い点線で囲った領域の拡大図。アラゴナイトは針状の形をしている。プレスリリースから。

中国福建省の平澤—東山変成帯の地質年代学的研究

中国福建省の平澤—東山変成帯の地質年代学的研究は、華南地域の大陸縁辺部における中生代後期の構造発達史を理解するうえで重要である。そこで、雲母片岩とそれに貫入する花崗岩に含まれるモナザイトおよびジルコンの年代を測定した。台湾国立大学のレーザアブレーション ICP 質量分析 (LA-ICP-MS) と東京大学の二次元高分解能二次イオン質量分析装置 (NanoSIMS) により U-Pb 同位体年代を測定し、本研究所の電子線マイクロアナライザー (EPMA) により U-Th-Pb CHIME 年代を測定した。その結果、雲母片岩は約 100 Ma に変成作用のピークを迎えたことが示された。また、145–130 Ma のクラスターを示すジルコンに加え、本地域であまり報告のない 1.8 Ga および約 190 Ma のジルコン年代が得られた。(Lin et al., *Journal of Asian Earth Sciences*, 2021)

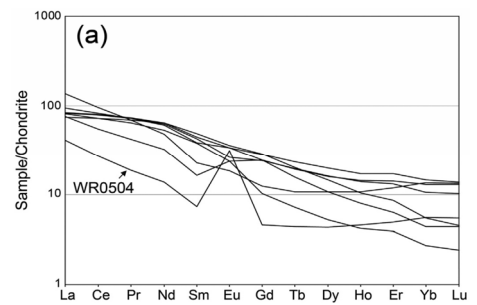


モナザイトの反射電子像と CHIME 年代 (Lin et al., 2021)。

ジルコン年代と Hf 同位体比による飛騨帯と嶺南帯の構造発達史の解明

西南日本飛騨帯に産する火成岩および変成岩のジルコン U-Pb 年代測定および Hf 同位体比測定を行った。富山県立山地域および岐阜県角川地域から採取した塩基性-中性の正片麻岩に含まれるジルコンの火成作用起源の部位は、ペルム紀の $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代が得られた。二次的に成長した部分の年代は 250–240 Ma で、その Th/U 比は 0.2 以上と比較的高い。この二次的に成長した部位は、飛騨花崗岩類の貫入による熱イベントで形成されたと考えられる。

ジルコンの年代に加え、全岩化学組成、Sr-Nd 同位体比および Hf 同位体比を用いることにより、飛騨帯は、古生代から中生代にかけて中朝地塊縁辺部に韓国の嶺南帯とともに形成された島弧システムであると結論付けられる。(Cho et al., *Geoscience Frontiers*, 2021)



飛騨片麻岩の希土類元素パターン (Cho et al., 2021 から、under CC BY-NC-ND license)。

同位体比部会 2021

日本質量分析学会同位体比部会は、同位体分析を主な研究手段とする国内の研究者・学生が、ハード・ソフト両面で当面する問題について互いの情報を交換し、同位体比測定およびその応用研究分野のレベルアップを図ることを目標に年一回開催されている。質量分析法を研究手法とする同位体研究の交流の場を提供する国内唯一の研究集会である。

本年度は本研究所が中心となり、名古屋大学大学院環境学研究科と共同で 2021 年 11 月 10–12 日にオンラインで開催した。参加者は一般 94 名、そのうち学生 29 名と、特に学生や若手研究者の参加が多く、活発な意見交換、議論が行われた。2 件の特別学術講演、3 件の招待講演（そのうち 1 件は、本研究所の三宅美沙准教授による「宇宙線生成核種を用いた過去の極端太陽現象の調査」の講演）、さらに 7 件のビデオ・ライブでの研究室紹介を行った。研究室紹介では、研究室に設置されている分析装置の実演がなされ、研究室の様子を垣間見ることができて、大変有意義な同位体研究者の交流の場となった。

同位体比部会 2021 のご案内

日程：2021 年 11 月 10 日 (水) 12:00–12 日 (金) 12:00 (予定)
開催方法：Zoom を用いたオンライン
(各々 15EE、塩田が講師、各々「討論コーナー」を収録)
Zoom の URL は後日、お知らせいたします。

同位体比部会 2021 は、同位体比部会が 1985 年設立して 40 年を記念し、多岐にわたる分野で、同位体比部会を主催する国内の研究者・学生が、ハード・ソフト両面で当面する問題について互いの情報を交換し、同位体比測定およびその応用研究分野のレベルアップを図ることを目標に年一回開催されている。質量分析法を研究手法とする同位体研究の交流の場を提供する国内唯一の研究集会である。

This is the place to create your future.



IS 宇宙地球環境研究所 名古屋大学大学院環境学研究科

同位体比部会 2021 のポスター。

名古屋大学総長裁量経費地域貢献事業「自然界からの放射線について学んでみよう」

2021 年度名古屋大学総長裁量経費地域貢献事業として、小学校高学年向け体験学習の「自然界からの放射線について学んでみよう」を実施した。このプログラムでは、そもそも放射線とはどういうものなのかということや、我々人類が常に自然界からの放射線にさらされていることなどを理解することを目的とした。本年度は「体験」学習をコロナ渦でどのように実施するか検討を重ねた。そして、教材を送付し一般家庭でも安全にできる実験を各自で行い、結果の考察や家庭では行いにくい実験をオンライン形式で行うことにした。簡易型放射線測定器と放射線源を配布し、これらの試料や身の回りの放射線量を測定してもらった。そして、結果をオンライン形式で考察した。さらに、霧箱の実験をオンライン中継した。これにより、鉱物や大気からも放射線が出ていることに加え、宇宙からも放射線が飛び込んでいる様子を観察した。オンライン形式では可能な実験内容が限られてくるものの、名古屋周辺以外からも参加できるメリットがあった。今回は関西地区からの参加があり、地質の違いによって考えられる自然放射線の線量の違いを実際に比べることができた。

2021 年度地域貢献のポスター。