

# 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 ( $^{14}\text{C}$ ) 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  $^{14}\text{C}$  分析・年代測定法の研究開発を行っている。また、 $^{14}\text{C}$  やベリリウム 10 ( $^{10}\text{Be}$ ) 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。

## 2022 年度の主な活動

### アムンゼン海の海洋堆積物コアによる西南極氷床の安定性の検証

南極海のアムンゼン海域に面している西南極氷床の縁辺は、現在の南極の中で最も氷河の減少が見られる地域である。国際深海科学掘削計画第 379 次研究航海では、ジョイデス・レゾリューション号を用いて、アムンゼン海のコンチネンタルライズの 2 地点で海洋堆積物コアを掘削が行われた。堆積物コアの船上分析で得られた物理特性データや堆積学的データは、420 万年前から 320 万年前にかけて物理特性の大きな変動、珪藻の高い含有率や氷により運ばれた岩屑の含有を示し、この期間は長い間の巨る温暖期のダイナミックな西南極氷床の挙動に起因すると推測されている (Gohl et al., 2021; Wellner et al., 2021; Gille-Petzoldt et al., 2022)。今後のさらなる研究により、西南極氷床の安定性や気候および海洋変動との関連性の解明が進むことが期待される。



西南極アムンゼン海の冰山。

## 蝦夷錦の $^{14}\text{C}$ 年代測定

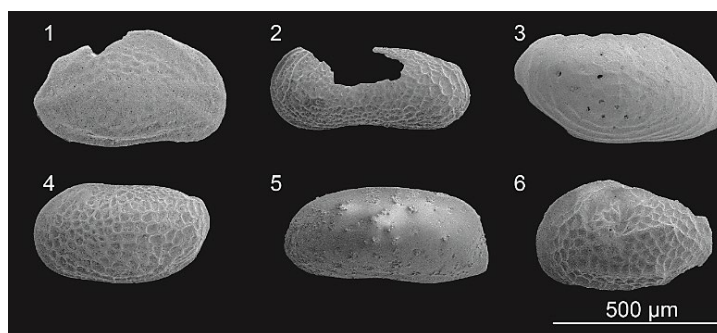
蝦夷錦（えぞにしき）とは、金銀糸・色糸によって龍・蟒・牡丹などの文様を織り出したり刺繍したりした絹織物である。この蝦夷錦は北京からアムール河を下り、間宮海峡を越えサハリン島にわたり、南下して北海道、さらに松前藩を介してアイヌからの交易品として日本までもたらされた。この蝦夷錦が伝来した道を「北東アジアのシルクロード」といい、交易の担い手となったのは、山丹人と呼ばれるアムール河下流域およびサハリン島の北方先住民族（ニヴフ・オルチャ・ウデヘ・ウイルタなど）と、サハリン島および北海道のアイヌである。この山丹交易の起源がいつ始まったものであるかは、不明確なところが多く、蝦夷錦の  $^{14}\text{C}$  年代測定から、14 世紀末から 15 世紀初頭、すなわち元代末から明代初頭にまで遡ることが判明した。この研究成果が NHK によってテレビ放映されたのを受けて、函館市北方民族資料館において「北のシルクロードと蝦夷錦—炭素  $^{14}\text{C}$  年代測定で明かされた蝦夷錦の制作年代—」と題した特別企画展（2022 年 7 月 22 日（金）–11 月 18 日（金））が開催された。



北海道江差町教育委員会蔵蝦夷錦袱紗  
(写真提供 江差町教育委員会)。

## 愛知県知多郡南知多町の先苺貝塚の貝形虫化石群集分析

20 世紀以降、地球温暖化に伴う氷河氷床融解によって海水面が上昇しており、今後数百年に渡って海水面の上昇が予測されている。未来の海水準変動の予測には、過去の古環境や海水準の記録を復元し、それらの記録に基づいて精度の高い予測を行うことが重要である。過去の古環境や海水準を復元するため、これまでに貝形虫という微小甲殻類を用いて日本における第四紀の海水準復元に関する研究を進めてきた。本研究では愛知県知多郡南知多町の先苺貝塚においてボーリング掘削調査時に採取された試料に含まれる貝形虫化石の採取・同定を行い、当時の古環境および海水面の復元を行った。その結果、約 9,600 – 8,600 cal BP の層準で採取された試料から 5 属 6 種の貝形虫化石が産出した。また、研究地域から最も近い伊勢湾における現生貝形虫の産出記録と本研究で産出した貝形虫化石を比較した結果、約 9,600–8,600 cal BP の古水深は、約 12 m と推定された。今後さらに連続的にボーリングコア試料を分析し、貝形虫化石群集分析を進め、先苺貝塚周辺の詳細な古環境や海水準の復元を行う予定である（本研究試料は南知多町教育委員会所蔵資料「先苺貝塚出土資料」の一部を使用した）。



産出した貝形虫化石の電子顕微鏡写真(佐々木・隈, 2023 年代測定研究, 引用)。

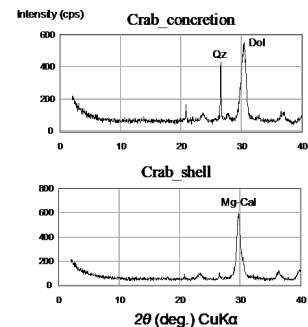
## 青銅器の $^{14}\text{C}$ 年代測定

青銅器中の銅 (Cu) は大気中の二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) と反応して、緑青  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  を生じる。緑青は一旦形成されると新たな緑青の形成を阻止するため、保存科学の分野において「良いさび」とわれている。従って、緑青からの炭素を  $\text{CO}_2$  の形で抽出できれば、その  $^{14}\text{C}$  年代測定によって緑青の形成年代が得られ、さらに青銅器の使用年代を求めることが可能となる。そこで、緑青に対する  $^{14}\text{C}$  年代測定が可能であることを実証するため、試料調製法の開発と年代が既知の資料の測定を行った。また、その成果の上に立ち、緑青の調製法の改良を行った。さらに、考古学的な視点から年代の判明している青銅製品の緑青について  $^{14}\text{C}$  年代測定を行い、青銅器の  $^{14}\text{C}$  年代測定の実例を蓄積し、緑青が  $^{14}\text{C}$  年代測定法に適した試料であることを実証した。



## 名古屋港・清水港の完新世炭酸塩コンクリーションの $^{14}\text{C}$ 年代

炭酸塩コンクリーションは世界各地の様々な地層中に多く産出する。我々はこれまでに、名古屋港、静岡県清水港、および千葉県館山市から産出する炭酸塩コンクリーションを対象に研究を進めてきた。コンクリーションは生物遺骸を内包している場合が多く、形成には生物等の有機物の供給が関与していると考えられている。この形成プロセスを解き明かすには、形成年代が既知のコンクリーションを対象に地球化学的な分析および解析を進めることが有効である。本研究ではコンクリーションの形成速度を明らかにする



左: 名古屋港で採取されたコンクリーションと内包されているカニ化石。  
右: 蟹の殻部分とコンクリーション部の鉱物組成 (Qtz: 石英, Cal: カルサイト, Dol: ドロマイト) 南ほか (2022) より引用。

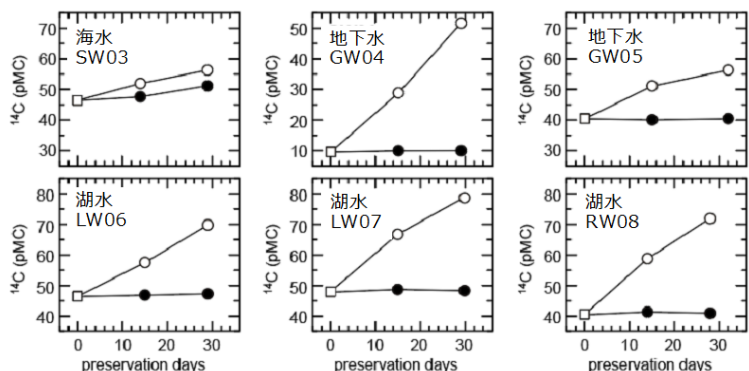
ため、名古屋港と清水港で採集されたコンクリーション試料について、内包されている生物遺骸（殻）と、コンクリーション部の  $^{14}\text{C}$  年代と  $\delta^{13}\text{C}$  を測定した。殻の  $^{14}\text{C}$  年代は 7,850–7,600 cal BP（名古屋港）と 7,700–7,500 cal BP（清水港）とおおよそ同じであり、清水港コンクリーションの  $^{14}\text{C}$  年代も 7840–7,620 cal BP とほぼ同じであった。一方、名古屋港のコンクリーション部の  $^{14}\text{C}$  年代は、内包されている殻の  $^{14}\text{C}$  年代よりも古くなったが、 $\delta^{13}\text{C}$  値から土壌有機物炭素の寄与率を算出し、年代補正を行うと、殻に近い年代 (8,000–7,800 cal BP) となった。大上ほか (2009) は 7,800–7,300 cal BP に名古屋港の河口付近が海進から海退に転じたと報告しており、今回得られた結果から、名古屋港と清水港の炭酸塩コンクリーションは、生物の死後、海水準が最も高く、流れが滞んだ環境において急速に形成した可能性が示唆された。今後さらに研究を進めることによって、約 8,000 年前という縄文海進時の日本列島における海面変化や古環境変化の解明が期待される。(南・隈ほか、2022 地質学雑誌、128, 239–244)

## 溶存無機炭素の $^{14}\text{C}$ 分析に及ぼす塩化ベンザルコニウム添加の影響評価

溶存無機炭素 (DIC) の  $^{14}\text{C}$  濃度は、海水や陸水中の生物活動等の実態把握のために重要な指標であるが、試料採取後、保存中に、試料水中の微生物の活動によって DIC の生成や分解が生じ、 $^{14}\text{C}$  濃度が変化してしまうことがある。この微生物活動による DIC 変化を防止するため、塩化第二水銀による殺菌が一般的に行われているが、環境負荷が高い水銀の使用は制約が大きい。そこで、我々は塩化第二水銀に代わる殺菌剤として、塩化ベンザルコニウム (BAC) を検討している。

BAC は医療器具の消毒等に用いる物質で、取扱が容易である。

水保存中の微生物活動による DIC の  $^{14}\text{C}$  濃度変化を調べた結果、BAC を添加していない天然水（地下水、海水、河川水、湖沼水）の  $^{14}\text{C}$  濃度は 2 週間でかなり増加したが、海水を除くすべての BAC 添加水試料は  $^{14}\text{C}$  濃度の変化を示さなかった。しかし、海水では、BAC を添加しても、 $^{14}\text{C}$  濃度のわずかな増加が見られた。さらに、BAC の分解や BAC による微生物の分解による試料水への炭素の混入は、 $^{14}\text{C}$  分析において無視できる程度であった。以上の結果から、BAC は DIC 変化の抑制剤として、海水試料ではやや劣るものの、淡水試料の  $^{14}\text{C}$  分析において非常に有効であることが明らかになった。(Takahashi and Minami, 2022 *Limnol. Oceanogr.: Methods*, 20, 605–617)



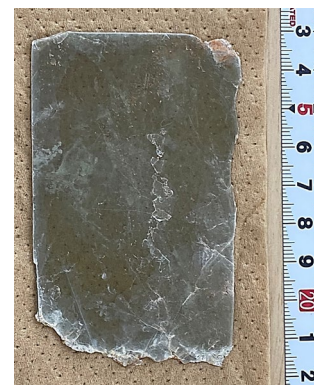
溶存無機炭素の  $^{14}\text{C}$  分析に及ぼす塩化ベンザルコニウム添加の影響評価。

## 鉱物を用いた暗黒物質の直接探索

宇宙の約4分の1を占めていると考えられている暗黒物質は、様々な観測事実から考え出された質量を持ち、通常の物質とはほとんど相互作用せず、光学的に直接観察することのできない未知の素粒子である。この暗黒物質を検出するために、様々な研究が行われている。

近年、鉱物を用いて暗黒物質などの未知素粒子を直接探索する手法が着目されている。暗黒物質が鉱物中の原子と相互作用した時、結晶中に傷をつけて飛跡を残すと考えられている。地質学的スケールの時間を持つ鉱物を用いれば、少量の試料でも大規模な実験を超える感度を実現可能である。例えば、1億年の鉱物を100 mg 用いれば、1 t の物質（例えば液体キセノン）による10年の実験に相当する感度になる。

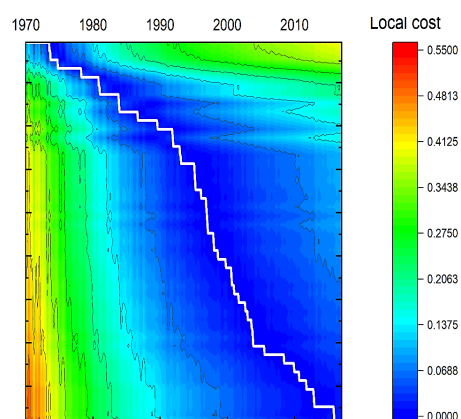
2022年度は白雲母に着目し、飛跡の光学読み取りの可能性を検証した。また、今後の原理実証に向けて大量の試料が入手可能な白雲母標本を取得し、K-Ar法による年代測定を実施した。その結果、約6億5千万年の年代が得られた。今後この白雲母をはじめ、様々な鉱物を用いて未知素粒子の直接探索を目指していく。



白雲母試料。

## $^{14}\text{C}$ 測定による *Ziziphus spina-christi* の成長速度の推定

キリストのとげナツメとして知られている *Ziziphus spina-christi* は、北アフリカ、南ヨーロッパ、地中海、オーストラリア、熱帯アメリカ、東南アジア、中東など、温暖な温帯と亜熱帯地域に分布する落葉樹である。古代エジプト時代から薬用植物として使用されてきたが、人間の健康に役立つ幅広い用途があることから、現在、商業的な需要が増している。近年この樹木は、地中海周辺への生育地域の拡大が確認されている。地球温暖化による気温上昇によって地中海周辺でも発芽しやすくなったとの説があるが、未だその原因は解明されていない。本研究は成木の成長における温度と降水の影響を明らかにし、この種の将来的な地理的分布を理解するために行われた。明確な年輪のない *Ziziphus spina-christi* の成長曲線を構築するために、北オマーンから採取された24 cmのコアの $^{14}\text{C}$ 測定を行った。約100試料の $^{14}\text{C}$ データの時系列データを、ダイナミックタイムラッピング（DTW）法を用いて $^{14}\text{C}$ キャリブレーションデータセットに適合させることで、*Ziziphus spina-christi* の成長速度の経年変化を求め、気候変動による成長速度の変化を明らかにした。



DTW法を用いたオマーン産 *Ziziphus spina-christi* の成長曲線の推定。

## 令和4年度地域貢献特別支援事業「石や遺跡の年代はどうしてわかるの？」を実施

令和5年3月18日と25日に、小学校高学年を対象とした体験学習を実施した。初日は大型バスをチャーターして中津川市鉱物博物館を訪れ、花崗岩と水晶の成因について学んだ。また、簡易放射線測定器を使って、展示されている岩石・鉱物の放射線量を測定した。さらに、水晶のマイクロマウント標本作りを体験した。2日目は名古屋大学で、放射性物質、放射線、自然放射線量、放射年代測定について学んだ。その後、一人ずつ霧箱を作成し、霧箱内に閃ウラン鉱を置いて、放射線が放出される様子を観察した。この体験学習は、通常の学校生活では得られない貴重な体験であり、子どもたちの自然科学や地球科学への関心を高めるきっかけとなった。



苗木花崗岩の放射線量を測定する子どもたち。