

講演要旨

一般講演 セッション1

エジプトの西方砂漠に位置するハルガ・オアシスの窪地における利用水の ^{14}C 年代

○中村俊夫（名大・名誉教授）・塚本敏夫（元興寺文化財研究所）・山田卓司（龍谷大）・橋本英将（天理大）・亀井宏行（東京工業大・名誉教授）

東京工業大学の亀井宏行教授（当時）の科研費基盤研究 A（2007–2010）「考古遺跡調査への情報技術導入実験—エジプト・アルザヤーン神殿遺跡」の研究協力者として、2007、2008 年の 12 月に、エジプト西方砂漠のハルガ・オアシスの調査に参加した。この調査に参加した目的は、神殿やその周辺の施設の遺跡・遺構が使用された時期を高精度に特定することである。しかしながら、エジプトでは、国内産出の考古学試料の ^{14}C 年代測定はエジプト国内で行うことを原則としており、国外で測定を行うために試料を持ち出すことは禁止されている。カイロに置かれている IFAO (International Federation for Artificial Organs) という国立の研究機関に、2006 年に設置された ^{14}C 年代測定部門があり、旧来の液体シンチレーション法による測定を行っており、これによる ^{14}C 年代測定を依頼するしかない。AMS でしか測定できない微量試料は、今後 AMS の導入によって測定が可能になるのを待って保管されている。

そこで、考古学試料の ^{14}C 年代測定は諦めて、ハルガ・オアシスの水環境を、 ^{14}C を使って調査することに計画を変更した。降水はほとんどなく、溜池もない。地下水を汲み上げて生活用水として利用している。これらの汲み上げている地下水やホテルの水道水は 2.5 万年前～3.5 万年前のかなり古い年代を示した。中村ほか（2010）では、シリアのユーフラテス河中流域に位置するラッカ市の水環境の調査結果を示しているが、ラッカ市周辺の水は、ユーフラテス河の水を利用しているらしく、ユーフラテス川の水が 1200 年前、一方、ホテルの水道水が 1330 年前とほぼ同じような ^{14}C 年代が得られている。ここでは予定変更の調査であるために、かなり乱暴な話になるが、ハルガ・オアシスの水環境の ^{14}C 測定結果を報告する。

モンゴル高原東部ブイル湖の湖底堆積物を用いた過去 100 年間の環境変動解析

○板山由依・益木悠馬（岐阜大）・南 雅代（名大 ISEE）・落合伸也（金沢大）・丹羽正和（JAEA 東濃）・由水千景・陀安一郎（総合地球研）・勝田長貴（岐阜大）

モンゴル高原東部ブイル湖はアムール川流域に位置する淡水湖であり、西暦 1950 年以降の人為的活動がほとんどなく（Hyodo et al., 2012）、現在に至るまでのアジアモンスーン変動に伴う環境影響を効果的に研究できる地域である。本発表では、ブイル湖堆積物コアの化学組成、粒度組成、安定同位体組成分析を通じて、過去 100 年間の環境変動記録を報告する。堆積年代は ^{210}Pb – ^{137}Cs 年代測定と CRS モデルから 1931–2020 年であった。

TOC 含有量は 2.60~5.82% (平均 $4.16 \pm 0.87\%$), TN 含有量は 0.32~0.65% (平均 $0.47 \pm 0.10\%$) で、互いに正相関分布を示す ($R=0.87$)。それらの含有量は、西暦 1931~1958 年にかけて減少し、その後、現在にかけて上昇傾向を示す。C/N 比は 8.6~12.0 (平均 10.4 ± 1.0) であり、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOC}}$ ($-25.5 \sim -24.1\%$, 平均 $-24.8 \pm 0.4\%$) との関係から、有機物は植物プランクトンを主体とすることが示唆される。これは、TOC と BioSi 含有量変動の類似性からも支持される。

一方、鉱物粒径 ($5.2 \sim 42.0 \mu\text{m}$, 平均 $14.0 \pm 10.0 \mu\text{m}$), 鉱物含有量 ($54.6 \sim 82.2\%$, 平均 $70.7 \pm 5.7\%$), $\delta^{15}\text{N}_{\text{TN}}$ ($5.4 \sim 7.4\%$, 平均 $6.3 \pm 0.6\%$) は、TOC 含有量変動とは逆相関分布を示す。それらの変動は、西暦 1950 年以降の降水量変動パターンと良く一致し、降水量が増加すると、鉱物の粒径及び含有量と $\delta^{15}\text{N}_{\text{TN}}$ 値は上昇傾向を示す。これは、夏季モンスーン降水量の増加に伴い、流域からの碎屑物と栄養塩の流入量が増加したことを意味するものである。

北海道に残存していた常緑針葉樹ツガ属 –花粉分析と AMS ^{14}C 年代測定–

○星野フサ・萩原法子・春木雅寛(北大総合博物館)・南 雅代・北川浩之(名大 ISEE)・中村俊夫(名大・名誉教授)

常緑針葉樹のツガ属(ツガ, コメツガ)は本州以南に生育しているが近年まで北海道に分布していた興味深い樹種である。今回はツガ属の推移と特徴を花粉分析と AMS ^{14}C 年代測定を通して明らかにしたい。

ツガ属の花粉は古第三紀に北海道東部の釧路で産出した。時代を下ると新第三紀にはツガは道北地方で温帯性樹種のスギ科やブナとともに存在しており、道央札幌市付近の中山峠の海拔 630 m でツガ花粉がイヌブナやブナの花粉に随伴して出現している(星野ほか, 2023)。新第三紀中新世の約 820 万年前に生息していた海生の哺乳類サッポロカイギュウ一部骨格発掘に際してツガはスギ科やトウヒ属とブナなどの温帯性樹種とともに出現する。石狩地方で多く出現し、前期更新世には札幌北方の砂川低地でトウヒ属を交えたツガ属の林(八幡ほか, 2001)、札幌市内ではおよそ 50 万年前の下野幌層においてツガ属とニレ科(嵯峨山ほか, 2007)、野幌丘陵の下野幌層ではトウヒ属とモミ属を伴いツガ属は 20% (木村ほか, 1983)、野幌丘陵北部の早来層では 20%を超えるツガ属(近藤・五十嵐, 1987)、石狩南部の安平町で 10 万年前の Toya 火山灰の下位でツガ属数%が見られる(星野, 2023)。

その後、著者らは石狩低地帯中部の栗山町でコメツガ連続出現期 51780–46640 cal BP (2σ)を得た。ツガ属の近年の一番新しい出現は北広島市西の里でコメツガ 5%, 890 calAD (1140 BP) (星野ほか, 2023) を記録して消滅したようである。なお、北海道の北方サハリン南部のコエでツガ属はトウヒ属とともに 1 万 4 千年前まで出現する(五十嵐, 2010)。随伴種は石狩湾に近い樽川においても同様であり(五十嵐, 1985)、本州の花粉分析においてもトウヒ属に随伴して出現する。現在日本列島に存在する針葉樹ツガ属はコメツガとツガの 2 種で、北海道内に現在ツガ属はどちらも存在しない。なお上述した栗山町杵臼はナウマンゾウ左上顎第 2 臼歯の発見(石狩低地帯団研グループ, 1963) 地点に近いことからナウマンゾウの食物が確保できる温暖期であったと考える。

水試料の ^{14}C 分析のための塩化ベンザルコニウム (BAC) による殺菌: 塩成分が BAC 効果に与える影響

○垣内田 滉 (名大理地球)・南 雅代 (名大 ISEE)・高橋 浩 (産総研)・北川浩之 (名大 ISEE)

天然水の溶存無機炭素 (DIC) 濃度, 放射性炭素 (^{14}C) 濃度, 安定炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) は保管している間に微生物によって変化するため, 正確な測定のために殺菌が必要である. 塩化ベンザルコニウム (BAC) は標準的に殺菌剤として用いられている塩化水銀 (HgCl_2) よりも安全な殺菌剤として期待されるが, 陸水に対しては十分な殺菌効果があるものの海水では殺菌効果が低下することが報告されている. 本研究では, 海水と陸水の大きな違いの一つである塩成分によって BAC による殺菌効果が低下するという仮説のもと, 天然水試料で塩が BAC の効果に与える影響を明らかにすることを目的とした.

海水と地下水を一種類ずつ用意し, それぞれの試料から人工海水を用いて塩濃度が高い試料と低い試料を作成, 塩濃度による影響を比較できるようにした. また, BAC を添加した試料と添加しなかった試料を作成し, BAC の効果を評価できるようにした. 試料は約 1, 2, 3 週間保存した後 DIC 濃度, $\delta^{13}\text{C}$ 値, ^{14}C 濃度を測定した. 試料には甜菜糖を加えて微生物の活動を促進し, 変化が顕著になるようにした. また, ^{14}C 濃度が低い NaHCO_3 水溶液を添加し ^{14}C 濃度のわずかな変化でも検出できるようにした.

BAC の殺菌効果は, BAC 添加あり試料と BAC 添加なし試料の ^{14}C 濃度あるいは $\delta^{13}\text{C}$ 変化量の比で評価した. BAC 添加あり試料では, 海水と地下水, 塩濃度の高低に関わらず, $\delta^{13}\text{C}$ と ^{14}C 濃度の変化量は BAC 添加なし試料よりも小さく, 全ての場合で BAC 効果が認められた. BAC 添加あり試料間で比較すると, 海水では高塩濃度試料が, 低塩濃度試料よりも $\delta^{13}\text{C}$ と ^{14}C 濃度の変化量が小さく BAC 効果が 3/5 から 1/3 になることがわかった. 一方, 地下水では高塩濃度試料と低塩濃度試料間で BAC 効果の違いは見出されなかった. この結果は, 試料中の塩成分が BAC の効果を低下させる原因であるという仮説を海水では支持する一方, 他の異なる要素, 例えば微生物の量・種類, 特に BAC に耐性をもつ芽胞濃度等が関わっていることを示唆している.

一般講演 セッション2

火葬人骨の ^{14}C 年代測定 –唐招提寺西方院五輪塔の火葬人骨の分析例–

○南 雅代 (名大 ISEE)・佐藤亜聖 (滋賀県立大)・若木重行 (歴博)

唐招提寺は, 西暦 759 年に鑑真和尚によって創建され, 鎌倉時代に覚盛上人 (1193–1249) とその後継者である証玄和尚 (1220–1292) によって再興された律宗の寺院である. 1969 年, 唐招提寺の西方院境内にある五輪塔が解体修理され, その基壇の地下から証玄の生誕地, 没年, 年齢を記したプレートの付いた銅製の骨蔵器が発見された. この五輪塔は覚盛の供養塔であると推定されていたが, この発見により, 五輪塔は証玄の供養塔である可能性が高まった. 2018 年, 骨蔵器の再調査が行われた. X 線 CT 画像に基づくと, 骨蔵器内には 2 つの層があり, 上層は 2 cm 以下の骨が多く, 梵字が書かれた大きさ約 5 cm のいくつかの頭蓋骨片によって分かれた下層には 1 cm 程度に碎

かれた骨が主体で、一部は水に浸かっていた。骨片を詳細に調べた結果、下層の骨片を含め、少なくとも3個体の遺骨であることが判明した。また、骨蔵器には無理やり開けられた形跡が見つかり、証玄の遺骨が死後まもなく骨蔵器に納められ、頭蓋骨の破片で覆われた後、別の人物（おそらく弟子）が上部に納められたことが推定された。さらに、1970年に西側に建立された覚盛供養塔の舍利塔からも火葬骨が見つかった。そこで、本研究においては、これらの火葬骨が、証玄、覚盛、あるいは他の人物のものであるかを明らかにすることを目的とし、微量元素濃度ならびに ^{14}C 年代測定を行った。本発表では、その結果について報告する。

謝辞：AMS ^{14}C 測定を行っていただいた北川浩之教授（名大ISEE）に感謝する。なお、本研究は、科学研究費補助金 基盤研究(A)（No.21H04359）の助成を受けた。

天理市杣之内火葬墓出土火葬骨の年代測定と被葬者像

○佐藤亜聖（滋賀県立大）・南 雅代（名大ISEE）

杣之内火葬墓は天理市杣之内町に所在し、1981年の天理高等学校グラウンド建設に伴う発掘調査で発見された古墓である。海獣葡萄鏡を副葬する木槨木櫃墓で、堀込と厚い版築を伴うという墓構造から高位の被葬者像が想定されてきた。また、墓の所在地が古代豪族石上氏の本貫地であること、墓に副葬される海獣葡萄鏡が8世紀前半のものであることから、具体的な被葬者像として、日本最古の図書館「芸亭（うんてい）」を開設した石上宅嗣（781年没）が想定されてきた。近年、墓制の検討から宅嗣の父乙麿（750年没）の可能性が指摘されるようになり、人骨そのものの年代測定が求められるようになったため、分析を行うこととなった。

分析は骨の無機成分である炭酸ヒドロキシアパタイトを用いて ^{14}C 年代測定を行った。骨の ^{14}C 年代測定には、化学的風化作用に比較的強い有機成分のコラーゲンを抽出して用いるのが一般的である。しかし、火葬骨の場合、有機成分が損失しているため、コラーゲンをを用いた年代測定は不可能であり、これまで対象試料として用いられてこなかった。最近の研究により、高温で火葬された骨は、アパタイトの結晶性が高くなり、外来炭素の影響を受けにくく、適切な化学処理で、二次的な炭酸塩を除去すれば、骨 CHa から信頼性のある ^{14}C 年代が得られることがわかっている。今回の分析ではアパタイトの結晶性が高い白色骨片2つを選び、分析を行った。得られた結果をIntCal20（Reimer et al., 2020）を用いて、較正プログラムOxCal4.4（Bronk Ramsey, 2021）により、暦年代に較正した結果、590–777年（92.6%）、593–778年（90.8%）という推定年代が得られた。これにより、杣之内火葬墓の被葬者は石上麻呂もしくは乙麿である可能性が極めて高くなった。

管玉原材料としての緑色凝灰岩-碧玉の原産地推定を目的とした基礎的研究

○若木重行（歴博・JAMSTEC 高知コア）・山田琴子（総研大）・松木武彦・齋藤 努（歴博・総研大）

管玉は、細長い円柱状に細工された玉で、弥生時代から古墳時代に至る長い期間にわたり装身具として用いられた。その材料は、緑色凝灰岩や碧玉であることが多く、日本列島内の広域にわたっ

て墳墓への副葬品として出土する。管玉の製作を行っていた痕跡を残す遺跡は、原材料の産地近傍から時代を経ると消費地の近傍まで時間・空間的なバリエーションを持って分布する。出土資料から原材料あるいは製品の流通経路のようなものの移動過程あるいは制作技術の伝播過程を推定するためには、管玉の原材料である緑色凝灰岩や碧玉の石材産地を区別し推定するための手法が必要となる。本研究では、化学的・同位体的手法を用いて管玉の主要な原材料である緑色凝灰岩や碧玉を対象に石材としての原産地推定を試みる。その第一段階として、地質学的試料としての緑色凝灰岩や碧玉に対して、ICP-MS ならびに表面電離型質量分析法を用いた微量元素分析ならびに Sr 同位体分析を行い、原産地ごとの試料の特徴を抽出し、原産地推定の可能性を考察した。

2019～2020 年の名古屋の都市大気エアロゾルの ^{14}C 濃度及び無機金属元素濃度の変動

○片岡賢太郎（名大院環境）・南 雅代（名大 ISEE）・池盛文数（名古屋市環境科学調査センター）・浅原良浩（名大院環境）・高橋 浩（産総研）・北川浩之（名大 ISEE）

大気エアロゾルの主要成分である炭素成分の発生源を推定する有力なツールの一つとして放射性炭素（ ^{14}C ）がある。大気エアロゾルの ^{14}C 濃度から、炭素成分における化石燃料起源炭素（FC）と現生生物起源炭素（non-FC）の寄与率を推定することができる。また、バナジウム、亜鉛、鉛などの重金属元素、硫黄濃度は、大気エアロゾル中の化石燃料起源物質の指標として有効である。

2020年1月に、国際海事機関（IMO）は一般海域で使用する船舶用燃料の硫黄分濃度を 0.5%以下とする規制（SOx規制）を設けた。また、4月から新型コロナウイルス（COVID-19）による産業活動の自粛の影響が各地で見られ、愛知県にも4/16～5/14に緊急事態宣言が発出されている。例えば、名古屋高速道路では2020年の交通量が前年の同時期よりも減少するなどの影響が見られている。

本研究では、名古屋港から約2 km北東の地点で補集した大気エアロゾルの ^{14}C 濃度、無機金属元素濃度、硫黄濃度を分析することで、同期間の大気中でのこれらの挙動や季節変動を詳細に分析し、船舶用燃料の重油規制及びコロナ禍における産業活動等の変化による大気エアロゾル中の化石燃料起源物質の影響の変化を調べることを目的とした。試料は、名古屋市環境科学調査センターの屋上において、2019年1月～2020年12月にハイボリュームエアサンプラー（流速700 L/min）を用いて石英フィルター上に捕集した総大気浮遊粒子状物質（TSP）である。分析結果から、2020年は重油規制によって名古屋の大気中へのSOx放出量が減少したこと、COVID-19によって2020年の4～5月に人為起源物質の排出量が減少していたことが明らかになった。本発表においては、これらの分析結果について報告する。

炭素 14 スパイクと過去の太陽活動

○三宅美沙（名大 ISEE）

樹木年輪の炭素 14（ ^{14}C ）分析から、完新世において複数の ^{14}C 濃度の急増（ ^{14}C スパイク）が見つかっている（e.g., 993 CE, 774 CE, 660 BCE, 5259 BCE, 5410 BCE, 7176 BCE）。これらの ^{14}C スパイクは、極端

な太陽面爆発に伴って放出された太陽高エネルギー粒子 (Solar Energetic Particle: SEP) イベントによって生じたと考えられており、原因となった SEP イベントの規模は、現代観測で検出された最大の SEP イベントの数十倍と見積もられている (Usoskin et al., 2023). このような極端な太陽面爆発が仮に今日発生すると宇宙インフラに対して甚大な被害を及ぼす恐れがあるため、 ^{14}C スパイクを検出することで、極端な太陽面爆発の発生頻度や規模上限を解明することが重要となる。また、 ^{14}C スパイクはその特徴的な変化から高精度な年代測定やタイムマーカとしての応用が可能である。本講演では、これまでに検出された ^{14}C スパイクについて概観するとともに、これまでに ^{14}C スパイクが年代測定に応用された事例について紹介する。

施設報告

名古屋大学タンデロン AMS ^{14}C システムの現状と利用 (2023)

○北川浩之 (名大・ISEE)

CHIME の現状と利用 (2023 年度)

○加藤丈典 (名大・ISEE)

名古屋大学宇宙地球環境研究所に設置された 2 台の電子プローブマイクロアナライザー (EPMA) を用い、CHIME 年代測定及び高精度極微量元素定量分析を実施した。

2023 年度は、引き続き極微量元素や超軽元素の非破壊定量分析を実施した。2 台ともステージを大型試料ステージ (733-LSS) に交換したため、大型試料ホルダーを使用可能になっている。大型試料ホルダー用の標準物質の整備を始め、一部のアプリケーションでは 1 インチディスクを同時に 8 個まで装着可能である。

今年度の大きな故障は真空システムの不具合と、ADSE 分光器の故障であった。真空システムでは、電磁弁の不良とレセプタクル (ORTEC 測定系) の不良による真空漏れが発生していた。電磁弁を交換するとともに、一部を NW フランジに置き換えた。レセプタクルは新品に交換した。ORTEC 測定系用のレセプタクルは現行のものより高額で、また、今後入手可能か不明であるため、現行のレセプタクルを使用するように改造を検討している。ADSE 分光器は他の分光器とギア比等が異なっているため、専用のゴニオメーターが必要である。予備の ADSE 分光器が無いため、JXA-8600 用の XCE 分光器を取り付けた。XCE 分光器を取り付けるにあたり、制御用の回路 (SMC-07M) 及びタンク内のコネクタの改造を行った。これらの不具合対応のほか、部品の寿命による交換やクリーニングなど定期的な保守を実施した。

製造から 30 年以上経過しているが、保有している部品を使用したり、新規に設計し直したりすることで、引き続き保守しつづけることが可能である。マニュアル操作である特徴を活かし、測定法開発、CHIME 年代測定や極微量元素の測定などを実施していき、新たなアプリケーションにつなげていく。