

講演要旨

施設報告

2020年度「年代測定研究」共同利用・共同研究概要

南 雅代(名大・ISEE)

名古屋大学宇宙地球環境研究所(ISEE)年代測定研究部では、前身の年代測定総合研究センター時代から引き続き、タンデトロン加速器質量分析法とCHIME(Chemical U-Th Total Pb Isochron Method)法を用い、「時間」あるいは「年代」をキーワードとして、人類を含む地球システム、太陽地球システムの理解を目指した幅広い学術的な共同利用と共同研究を推進している。

2020年度は、ISEE共同利用・共同研究枠として、国際共同研究1件(西泉邦彦博士)、International Joint Research Program 1件(AZIZI HajiHossein博士)、一般共同研究6件、研究集会1件(本シンポジウム)、加速器質量分析装置等利用(共同利用)9件、加速器質量分析装置等利用(委託分析)10件が実施された。本年度は新型コロナウィルス感染症の影響で、海外出張が困難となり、残念ながら、西泉博士、AZIZI博士の来所が叶わなかった。また、一般共同研究でも、試料が採取できないために、分析を実施できない研究課題もあった。一方で、ISEE共同利用・共同研究枠としても、それ以外でも、多くの共同利用・共同研究が着実に進められた。オンライン開催ではあるが、これらの共同利用・共同研究成果を本シンポジウムで発表していただき、相互議論を通じて、研究者コミュニティ連携の場になれば幸いである。

名古屋大学タンデトロン AMS ^{14}C システムの現状と利用(2020)

中村俊夫・南 雅代・山根雅子・小田寛貴・池田晃子・小坂由紀子・西田真砂美・若杉勇輝(名大・ISEE)・佐藤里名・澤田 陸(名大・院・環境)・酢屋徳啓(SVE)・北川浩之(名大・ISEE)

名古屋大学宇宙地球環境研究所では、1997年3月に完納された High Voltage Engineering (HVE)社製 Tandetron (Model 4130-AMS)が放射性炭素(^{14}C)測定専用装置として運用されている。最大の特徴は、イオン入射部にリコンビネーターを備えて、炭素の3種の同位体が同時に測定でき、導入された当時は ^{14}C 測定において高性能を誇っていた。しかし、今になると ^{14}C しか測定できない事が利用拡張の妨げになっている面もある。

2019年にはわずか653個しか測定できなかつた。大きな故障はなかつたものの、細かい不具合が重なり、試料の測定が進まなかつたことによる。2020年は1123個のターゲットを測定した。しかしこの間も、測定精度に関わる、イオン源の炭素ビーム出力に大きな問題が発生した。炭素ビーム出力の経時変動が顕著になり、測定の始めは、充分な炭素ビーム出力があるものの、数時間経ると、炭素ビーム出力が低下する。対策として、セシウム溜の温度を上昇させても、あまり効果がなく、炭素ビーム出力は回復し

ない。この事象が発生して以来、イオン源のターゲット電圧電源、引出電圧電源、シリコン冷却系のパイプの詰まりの有無、セシウムイオナイザー電源、セシウム温度制御装置など、各種の付属部装置などの交換を試みたが、現在のところ、問題は、まだ解決していない。2021年3月上旬の現在も、この問題に取り組んでいる。

この間に、最近になって炭素ビームの変動が大きくなり、 ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C の測定の安定性が問題であった。この問題については、炭素ビームの最上流部にあるイオン源のY軸方向のビーム偏向を制御するY-steerer電源の出力が周期的な変動をしている事が原因となっていることが判明した。過去のデータを調べると、10年前にも小さな変動があり、近年その変動が次第に大きくなってきた。しかし、このAMS装置では、リコンビネーターを用いて同時測定を行っているため、この電源に起因するビーム強度変動は ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C で均等に影響するため、この変動の効果がキャンセルして、 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比の測定には影響をほとんど及ぼさなかった。このY-steerer電源の修理を行うまでに沢山の試料を測定したが、得られた ^{14}C 年代は、非常に調和的な値であったことから、利用者は安心して頂きたい。初めに、リコンビネーターの悪口を書いたが、有用であった面も挙げられる。

CHIMEの現状と利用(2020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(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。

2020年度は、極微量元素定量分析のため、X線検出系の低ノイズ化を行った。従来のアナログ回路による波形成形器のかわりに、デジタル回路による台形フィルターを用いるものを作成しS/Nを向上させた。その結果、共同利用・共同研究において、極微量元素アルミニウムを十分な精度で測定することに成功した。さらに、将来の共同利用・共同研究の準備として、超軽元素EPMA定量分析のための測定法開発を実施した。また、比例計数管や分光結晶の寿命による交換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、当面は保守しつづけることが可能であり、引き続き測定法開発、CHIME年代測定や極微量元素の測定などを実施していく、新たなアプリケーションにつなげていく。

一般講演 セッション1

結晶方位解析による深海サンゴ(トクササンゴ)のカルサイト質骨格の形成プロセス解明

小坂由紀子(名大・ISEE)・道林克禎(名大・院・環境)・加藤丈典(名大・ISEE)・纏纏佑衣(名大・院・環境)・徳田悠希(公立鳥取環境大・環境)・佐藤暢(専修大・経営)・池原実(高知大・海洋コア総合研究センター)

深海サンゴのひとつであるトクササンゴのカルサイト骨格は高密度で深海底でも溶解せずに残ることから、過去の海洋情報を記録した化石として古海学研究の分野で注目されている。トクササンゴの地球化学データを古海洋学研究に活用するためには、骨格の形成過程や生体内での影響(vital effect)を評価する必要がある。

骨格の形成過程を理解するために、これまでの生物学的な研究では組織学、細胞学、SEMによる観察が行われ、骨格を覆う骨軸上皮細胞でのみ骨格形成が行われていると考えられている。一方で地球化学研究では、放射性炭素年代を用いた研究でカルサイト骨格の中心部分での若返りが報告されている。若返りの原因としては、(1)水塊の年代変化、または(2)カルサイト骨格の中心の空洞部を埋めるような二次成長が考えられている。このほかに、古水温復元に利用できる可能性が示唆されていた、カルサイト骨格 Mg/Ca の研究においても、同様に中心部分での Mg/Ca の異常な増加が報告されている。このため、地球化学研究では年代の若返りや以上な高 Mg/Ca の要因として、二次成長による成長方向の逆転が考えられており、両者は矛盾している。

そこで、本研究では、トクササンゴ試料で成長方向の逆転が起こっているかどうかを確認するために、SEM/EBSD を用いてカルサイト質の骨格と基礎部分の結晶方位解析を行なった。本研究で用いた試料も中心部分で Mg/Ca が高かったが、水平断面の結晶方位は非常に規則的な構造をしており、二次成長による成長方向の逆転は起こっていないことが示された。骨格の放射性炭素年代の変動は形成当初の水塊の年代を記録していることから、絶対年代である U-Th 年代と合わせて分析することで水塊年齢が復元できると期待される。

米国グリーンリバー湖成層に見られる有機物起源チャートの成因

隈 隆成(名大・院・環境)・長谷川 精(高知大・理工)・吉田英一(名大・博物館)・南 雅代(名大・ISEE)

米国ユタ州に分布するグリーンリバー層は始新世前期から中期にかけての約 52.3–43.7 Ma に広大な湖で形成された堆積物である。グリーンリバー層には陸域の気候変動に伴う数万年から数百万年スケールの長期間の環境変動と数年から数千年の短期間の環境変動が記録されている。グリーンリバー層上部には、数 cm から十数 cm 毎に湖成ドロマイト層とチャート層が互層し、シリカコンクリーションも介在する。湖成チャートの成因について先行研究では、高アルカリ環境の湖水中で多量に溶存したシリカ成分が、雨水や河川水の流入によって湖水の pH が低下し、無機的に沈殿するという説や、湖表層での藻類生産もしくは湖底での有機物分解に伴い、湖水の pH が変動することでシリカの溶解・沈殿が起こるという説などがあった。後者のように湖成チャートの成因に生物起源有機物が関与した可能性を示唆した研究はあるものの、その形成メカニズムは明確に示されていなかった。本研究は、蛍光顕微鏡観察と炭素同位体比分析により、チャート層の生成メカニズムを検討した。その結果、チャート層の中には藻類が大繁殖したことを示す痕跡が確認され、藻類起源の有機物が分解して湖水の pH 低下をもたらし、Si が沈殿して層状チャートを形成したことが明らかになった。さらに、周期的に産出するチャート層は、太陽活動周期と類似する約 100 年、200 年、1000 年、2000 年毎に現れる。これは、太陽活動の日射量の周期的变化が藻類の繁殖量を変化させ、チャートの形成量に影響していたことを示唆している。

屋久島西部域における急勾配地形が渓流水中の硝酸イオン起源に与える影響

篠塚賢一(福岡工業大)・永淵 修・中澤 暉(福岡工業大)・角皆 潤・中川書子(名大・院・環境)・手塚 賢至(屋久島生物多様性保全協会)・北川浩之(名大・ISEE)

近年、化石燃料使用量の増加に伴い反応性の高い窒素が大気へ放出され、大気降下物中の窒素濃度が上昇している。近隣に人為的起源がない島嶼部や山岳域においても、渓流水中の硝酸イオン(NO_3^-)濃度の增加傾向がみられる。屋久島西部地域は、長年の降雨により基岩(花崗岩)の化学風化が著しい。西部地域のような急勾配を流れる渓流は降水が出しやすく、21mm/hの高い降水量がみられた後でも、3時間後には定常水位に戻る。このような高い降水量を持つ急勾配地形における渓流水質の動態に関する研究は少ない。

ここでは、大気沈着が多く急勾配を持つ渓流水中に含まれる NO_3^- の起源推定を行った。森林渓流水に含まれる NO_3^- の起源は、大気と硝化起源の NO_3^- の2つが挙げられる。そこで、酸素同位体異常($\Delta^{17}\text{O}$)をトレーサーとして地形が与える NO_3^- 起源変化の要因を解明する。調査は屋久島西部域を流れる川原2号沢で、定流量時の2018年12月、2019年1月、9月の3回サンプリングを山頂源流部から河口部まで行った。

NO_3^- 濃度の変化は、河口部に行くに従い濃度が減少し、山頂に近い標高800mの地点で高濃度の傾向であった。 $\Delta^{17}\text{O}$ の結果では、大気起源の NO_3^- を多く持つことが明らかになった。源流部から河口部への流下過程において、大気起源が減少し森林内の窒素循環を経て流出してきた NO_3^- に変化している。地形指標と NO_3^- 起源の関係は、冬季において高い相関関係がみられた。冬季には、森林の窒素循環が律速になり、大気起源の影響を顕著に受けることが明らかになった。洋上島嶼である屋久島は冬季に強い風にさらされることから、季節による窒素沈着の違いが渓流水質特性に大きな影響を与えることが示唆された。以上の結果から、屋久島西部域の渓流水は大気化学成分が直接的に出しやすいことが明らかになった。

一般講演 セッション2

AMS¹⁴C 年代測定に基づく北海道石狩低地帯の花粉分析データからの古植生と推移相

星野フサ・春木雅寛(北大・総合博物館)・南 雅代・中村俊夫(名大・ISEE)

温暖化問題にアプローチするため、北海道石狩低地帯のブナ、トドマツ、ミズナラなど17種の主要樹種群の花粉移動距離と親木の関係を、現地調査と花粉分析で明らかにすることができた。

樹高15–25mのブナの成木(親木)群が3か所でみられる東西7km、南北6kmの調査域に30か所の調査地点を任意に配置し、2020年5月から7月にかけて各調査地点の表層花粉を採取、分析し、ブナ、グイマツ、コメツガ、スギ、二葉マツ型など各樹種の飛散移動距離を調べた。ブナについては3km程度であり、他の樹種でも5kmを越えなかった。さらなる調査を続けるが、近年言われてきた数百kmと

といった遠方からの飛散説に一石を投じる結果であった。

この結果を、北広島市など石狩低地帯各地の過去(後期更新世以降)のボーリングコアの花粉と AMS¹⁴C 年代測定で得られた古植生の中の樹種の存在や推移について帰納的に考察すると、花粉の継続的なカウントは近隣に成木(親木)群が存在したことを意味している。石狩低地帯では今から 1,000 年くらい前まで、ブナ、グイマツ、コメツガ、スギ、二葉マツ型などの花粉を着生できる成木(親木)群をもった各樹種が残存したと推測された。

北海道中央部における 8 世紀以降の植生・気候変遷の解明の試みについて

岡 孝雄((株)北海道技術コンサルタント)・星野フサ(北大・総合博物館)・南 雅代・中村俊夫(名大・ISEE)・若松幹男(山の手博物館)・近藤 務(石狩沖積低地研究会)・米道 博(北海道道路エンジニアリング(株))・関根達夫((株)北海道技術コンサルタント)

紀元後の北海道の時代区分については、本州方面とは異なり、縄繩文時代、擦文時代(オホーツク・トビニタイ文化期含む)、アイヌ文化期が設定されている。北海道中央部の2箇所(千歳川水系舞鶴遊水地・札幌市手稲山山麓)で湿原堆積物について、地表から数 m 以内の部分について地質調査と試料採取を行い、花粉分析及び AMS¹⁴C 年代などの地質分析を行った。その結果、これらの堆積物は 8 世紀以降のもので、ほぼ擦文時代～アイヌ文化期～現在に相当するものであることが判明した。舞鶴遊水地箇所は沖積低地内に位置し、農地化で消失した旧馬追沼とその周辺に該当するが、深度 2m 以内の泥質の湖沼堆積物と泥炭層の花粉分析から江戸時代を中心として、トドマツ・トウヒ(エゾマツ)など針葉樹の割合が比較的多いやや寒冷な気候が示されることが判明した。特に Ta-a 火山灰降下(1739 年)直後の天明の大飢饉の頃に針葉樹の花粉割合が増していることが注目される。手稲山山麓箇所は滝の沢という小河川沿いの河岸段丘上の径 10m 前後の小湿原である。深度 1.5m 以内のコアサンプラー試料について最下部付近で 688y.BP の AMS¹⁴C 年代(鎌倉時代中期、アイヌ文化期初期)が測定でき、花粉分析からはその後において針葉樹の多い様子が認められるが、分析試料に限りがあることと、中～上部において年代測定値が欠如していることから今のところ江戸時代主体の寒冷現象を明瞭に示すことはできない。いずれにしても、中世の温暖期に続く近世の小寒冷期は欧米を中心に知られているが、北日本地域でもその存在が認められると考えている。

大気中の ¹⁴CO₂ の分布と変動

森本真司・関根 光・山田千夏・青木周司(東北大・院・理)・南 雅代・中村俊夫(名大・ISEE)

日本上空の成層圏と対流圏、南北両極域の地上観測基地で採取された大気試料を用いて二酸化炭素(CO₂)濃度とその放射性炭素同位体比($\Delta^{14}\text{CO}_2$)を分析し、それらの分布と変動について考察した。成層圏では、宇宙線起源の ¹⁴C 生成と対流圏大気との交換による希釈のバランスにより、高度約 20km 以上で $\Delta^{14}\text{CO}_2$ が高く、それ以下の高度では対流圏界面に向かって $\Delta^{14}\text{CO}_2$ は減少していた。また、20km 以上の高度では $\Delta^{14}\text{CO}_2$ の経年減少が観測されたが、 $\Delta^{14}\text{CO}_2$ 減少率に成層圏における ¹⁴C 生成

率の変化に対応した変動が見られた。南北両極域(昭和基地とスバルバル諸島ニーオルスン)の地上基地で観測された $\Delta^{14}\text{CO}_2$ は、年率約-4‰(2011–2019 年平均)で経年減少を示した。大気–海洋–陸上生物圏での $^{14}\text{CO}_2$ の収支をボックス拡散モデルで推定したところ、近年は大気–海洋間、及び大気–陸上生物圏間での $^{14}\text{CO}_2$ 分布の非平衡がほぼ解消され、化石燃料起源の CO_2 放出が大気中の $\Delta^{14}\text{CO}_2$ 変動に最も寄与していると推定された。

一般講演 セッション3

イラン北西部のトラバーチン湧水中のヒ素の起源解析

金子将己・淺原良浩(名大・院・環境)・南 雅代・栗田直幸(名大・ISEE)・Hossein Azizi・Hadi Amin-Rasouli(University of Kurdistan, Iran)・張 玉博(名大・ISEE)

イラン北西部の地域には第三紀～第四紀に形成されたトラバーチン(石灰質沈殿岩)が広く産出する(Keshavarzi et al., 2011)。この地域は第三紀～第四紀の火山活動が活発であり、金属・非金属の鉱床も多く存在する(Daliran et al., 2005; Zaravandi, 2008)。この地域のトラバーチンを生成する湧水(地下水)に含まれる溶存無機炭素(Dissolved Inorganic carbon、DIC)は、同位体組成から火山起源の二酸化炭素の寄与が示唆されている(Roshanak et al., 2018)。このトラバーチン湧水にはヒ素などの重金属元素を高濃度に含むものがあり、生活環境や健康の面からの水質調査が行われている。しかしながら、これらの湧水中のヒ素を含む様々な溶存元素については詳細な起源解析はなされていない。本研究では、イラン北西部地域のトラバーチン湧水の、主要・微量元素の定量分析と同位体分析を利用し、水質タイプやヒ素を含む溶存元素の起源の特定を行った。

本研究で用いた試料は、2018年10月、2019年5月、2019年10月にイラン北西部のGhorveh、Takab、Tabriz周辺で採取した湧水と表層水である。これらの試料の主要及び微量の溶存元素の定量分析と同位体分析($\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 、 ^{14}C 濃度、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)を行った。これらの結果から、湧水中のヒ素は火山起源成分の寄与、特に深部流体の寄与が大きいことが示唆された。発表ではその詳細について説明する。

Radiocarbon ages and geochemical record for a travertine hill in NW Iran

YuBo Zhang, Yoshihiro Asahara, Masaki Kaneko(Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University), Masayo Minami(ISEE, Nagoya University), Hadi Amin-Rasouli, Hossein Azizi(University of Kurdistan, Iran)

A series of geochemical analyses on ^{14}C , $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and major and trace element compositions for the travertine hill in NW Iran with a height of 60 m and its surrounding spring water samples with various size from 0.1 m to 100 m in diameter were carried out to reconstruct

paleoenvironment in west Asia. Uncorrected ^{14}C age for the travertines ranges from 41.6 kBP to 23.0 kBP and gets younger as the elevation increases. Based on the ^{14}C age and $\delta^{13}\text{C}$ value, the deposition for the travertine is estimated to have ended at 3.5 kBP, and the growth rate is estimated to be approximately 3.0 mm/yr. The positive $\delta^{13}\text{C}$ -signature for the travertines (+6.8‰ to +11.6‰) indicates thermogenic origin, meaning that the source of CO_2 is limestone and/or volcanic gas. The Sr isotope ratios and concentrations suggest that Sr in the travertines were derived mainly from the surrounding Tertiary marine carbonate and that the source of travertines changed during the growth of the hill. Values of $\delta^{13}\text{C}$, major and trace element ratios such as Na/Ca, Mg/Ca, K/Ca and Sr/Ca indicate that the low-elevation travertines were probably precipitated from spring water with chemical and isotopic compositions similar to those of the small spring water and that the high-elevation travertines were from spring water with the compositions similar to those of the large spring (lake) water. Variations of $\delta^{18}\text{O}$ value and Sr/Ca and Mg/Ca ratios for the last 17 kyr show three main stages of climate in west Asia. During the period of 16.5 to 14.5 kBP, the climate got warm and humid. During the period from 14.5 to 11.4 kBP, it got cold and dried. Then, during the period of 11.4 to 3.5 kBP, the climate got warm and dried.

東ポリネシア・南クック諸島マンガイア島における古植生変遷史

藤木利之・森川源太(岡山理科大)・酒井恵祐(神戸大)・奥野 充(福岡大)・森脇 広(鹿児島大)・中村俊夫(名大・ISEE)

東ポリネシアは、我々人類が最後に到着した地域であるため、これまで古環境復元と人類移動に関する研究が多く行われてきた。花粉分析による古環境復元では、ラロトンガ島とマンガイア島では約 2000 ~2500 cal BP より急激な植生変化が確認され、これがポリネシア人の入植後の森林破壊であり、人類はクック諸島に約 2500 cal BP に到達していた可能性がある。しかし、東ポリネシアでは AD 300~600 以前に人類定住の痕跡が全くないうえ、人類拡散の年代研究では自然科学的データよりも考古学的データが重要視されている。そこで、東ポリネシアの入口にあたるクック諸島で、古植生変遷を解明し、花粉組成の変化から人間活動を推定することを目的とし、マンガイア島 Tiriara 湖湖畔の湿地で得た約 2000 年間の記録を含む 750 cm の堆積物を用いて花粉分析を行った。その結果、最下層よりシダ胞子が多く、二次植生要素のウラジロエノキ属なども出現し、すでに森林破壊が確認できた。しかし、原生林要素のイチジク属なども出現しており、原生林はかなり残っていたと思われる。人類がマンガイア島に到達した當時、居住地は沿岸に集中していたが、16 世紀(1500 AD)までに内陸に移動した。マンガイア島で考古学的に定住の痕跡が確認され、内陸に移動した約 1000~1500 AD は、深度 400~300 cm に相当する。その間に、イチジク属などの木本類花粉はほぼ出現しなくなり、代わりにヤシ科やイネ科、シダ胞子が急増している。沿岸部から内陸部に人類が移動し、さらに森林破壊を行った結果であると考えられる。ポリ

ネシア人が移入させたと思われるココヤシやトクサバモクマオウは、それぞれ 1000 cal AD と 1400 cal AD にマンガイア島に持ち込まれたと推測される。また、カリビアンマツは、クック諸島政府により、土壤侵食を防ぐ目的で 1984 AD から植林されており、調和的な結果が得られた。

埋没樹木を用いた ^{14}C ウィグルマッチングの検討：霧島新燃岳の享保噴火を例として

原 慎治・奥野 充(福岡大)・藤木利之(岡山理科大)・木村勝彦(福島大)・中村俊夫・南 雅代(名大・ISEE)・小林哲夫(鹿児島大)

霧島火山群の新燃岳火山では、享保噴火(AD 1716～1717)がおこり、山之口郷(宮崎県都城市山之口)や高原郷(宮崎県高原町)の行政記録文書である「古今山之口記録」と「高原所系図壱冊」、薩摩藩の藩史である「三州御治世要覧年代記」などに記録されている。一方、IntCal20 などで知られている ^{14}C 年代は、AD 1650～1950 の期間では約 80～200 BP の範囲を繰り返して増減するため、暦年代に複数の候補が生じることになる。そこで演者らは、新燃岳享保噴火による火碎流堆積物などで埋没した樹幹試料を 5 点採取した。そのうち、すべての年輪が確認できた 2 点について、加速器質量分析計(AMS)を用いて ^{14}C 年代を測定し、ウィグルマッチング法によって噴火年代を求めた。ここでは、それらの結果を予察的に報告する。