

講演要旨

一般講演 セッション1

中国浙江省余丁市田螺山遺跡出土木柱の放射性炭素年代

○中村俊夫(名大)・金原正明(奈良教育大)・菊地大樹(中国蘭州大)・丸山真史(東海大)・孫 国平(中国浙江省文物考古研究所)・松井 章(奈良文化財研究所・故人)・中村慎一(金沢大)・佐藤正教(パレオラボ(株))

2013年3月, 2014年10月および2016年9月に, 浙江省余姚市田螺山遺跡を調査に訪れた際, 遺跡全体の発掘が進行しており, おびただしい数の木柱がむき出しにされていた. 田螺山遺跡の発掘は, 層序を確定しつつ行われていたが, これは相対的な編年でしかない. 遺跡の各層が何年前に形成されたかを年代値として捉えるために, 遺跡内で床面に立っている, あるいは横たわっている木柱のうち主要な97本選んで最外年輪に近い部位から木材片を採取し, 名古屋大学の加速器質量分析計を用いて放射性炭素(^{14}C)年代を測定した. こうして採取した試料から, 田螺山遺跡の編年について検討して得られた結果をここに報告する. 田螺山遺跡から出土した木柱の出土層位は, 上層から下層に向けて, 第3層, 第5層, 第6層, 第7層, 第8層と区分されている. それぞれ出土層に属する木柱の ^{14}C 年代の平均値を求めると, 第8層で $6040 \pm 50 \text{ BP}$, 第7層で $5960 \pm 50 \text{ BP}$, 第6層で $5870 \pm 70 \text{ BP}$, 第5層で $5680 \pm 60 \text{ BP}$, 第3層で $5420 \pm 80 \text{ BP}$ と得られ, 層序関係と ^{14}C 年代値の大小は良く調和している.

^{14}C 年代を暦年校正した結果として, 第8層で7000~6800 cal BP, 第7層で6900~6700 cal BP, 第6層で6800~6500 cal BP, 第5層で6500~6300 cal BP, 第3層で6300~6100 cal BPの範囲に集中すると推察される. まとめて, 田螺山遺跡は, 約7000 cal BPから6000 cal BPにかけて栄えた, 日本で言う縄文時代前期の大集落遺跡である.

安定硫黄同位体分析による姉川古せき止め湖堆積物のヒ素起源

○益木悠馬・勝田長貴・内藤さゆり(岐阜大)・南 雅代(名大・ISEE)・由水千景・陀安一郎(総合地球研)

滋賀県伊吹山の姉川の河岸段丘崖には, 伊吹山の地滑りで生じた古せき止め湖の湖成層が露出する. この湖成層から, 層状に分布する高濃度のヒ素(平均 $68 \mu\text{g/g}$; 大陸地殻の約30倍)が硫化物として検出された. 本研究は, 安定硫黄同位体比($\delta^{34}\text{S}$)をトレーサーとし, 流域の原岩(3種8個), 河川水(姉川と2支流), 3箇所の湧水の分析により, 姉川湖成層に濃集するヒ素の起源推定を行った. 全硫黄(TS)含有量は有機元素分析装置(ISEE), 安定硫黄同位体比($\delta^{34}\text{S}_{\text{TS}}$, $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$)はS-IRMS(RIHN), 酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}_{\text{SO}_4}$)は有機OH-IRMS(RIHN)を用いて決定した. 堆積物 $\delta^{34}\text{S}_{\text{TS}}$ は $-1.75 \pm 2.50\text{‰}$ を示し, 姉川 $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ ($4.03 \pm 0.76\text{‰}$, $70 \mu\text{M}$)とはほぼ同じ値であった. この一致は, 堆積物の間隙水中の硫酸還元により硫酸イオンが完全に枯渇したことを意味し, $\delta^{34}\text{S}_{\text{TS}}$ は堆積時の湖水の $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ を示すと考え

られる。原岩の TS 含有量は $0.10 \pm 0.08\%$ であり、チャート (0.13%) や砂岩 (0.14%) は高い値を示す。チャートは黄鉄鉱 (FeS_2) 粒子や放散虫化石、砂岩は直径 0.1 mm の石英や長石を主体とする岩石組織を持つ。チャートの $\delta^{34}\text{S}_{\text{TS}}$ は -22.87% 、砂岩は -2.15% であり、周辺的美濃帯堆積岩類の $\delta^{34}\text{S}_{\text{TS}}$ ($-20\% \sim -2\%$) と整合する。河川の $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ は $-7.4 \sim 4.0\%$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SO}_4}$ は $0.7 \sim 3.0\%$ であり、河川の硫酸イオンは原岩の黄鉄鉱酸化、湧水の $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ は $-1.3 \sim 4.2\%$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SO}_4}$ は $-0.6 \sim 1.4\%$ であり、土壌由来とそれぞれ推察される。これにより、姉川当該流域の水は地質影響を強く受けており、湖成層のヒ素と硫黄は流域の原岩から湖に河川水を通じて供給されたと推察される。

秋田県男鹿半島に見られる巨大ドロマイコンクリーション

○隈 隆成 (名大・ISEE)・西本昌司 (愛知大)・村宮悠介 (深田地質研)・吉田英一 (名大・博物館)

秋田県男鹿半島の鶴ノ崎海岸の波食台には、直径 $1\text{--}9 \text{ m}$ の巨大な球状炭酸塩コンクリーションが 100 個以上見られる。これらの巨大な炭酸塩コンクリーションの内部には鯨骨が含まれており、その形成メカニズムについてはよく分かっていなかった。本研究では、この巨大な炭酸塩コンクリーションの成因を解明し、その堆積環境を推定することを目的とした。鯨骨を含む巨大炭酸塩コンクリーションは、中新統の女川層と西黒沢層の境界に集中して産出し、同一層準や上下層にはマウンド状のハンモック状斜交層理砂岩も確認された。ハンモック状斜交層理砂岩自体もコンクリーション化しており、様々な生痕化石が確認された。これらのコンクリーションから採取した試料に対して、鉱物組成分析や、炭素・酸素安定同位体比分析を行った。鉱物組成分析の結果、コンクリーションの主要鉱物はドロマイであった。鯨骨部とコンクリーション部の炭酸塩の炭素同位体比は $-15.3 \sim -14.6\%$ であった。ドロマイの沈殿条件を考慮すると、コンクリーションは硫酸イオンが除去された還元環境で沈殿したことが示唆される。また、コンクリーションの中心に鯨骨が含まれることと、炭素同位体比の値から、鯨に含まれる有機物がコンクリーションの炭素源であると考えられる。したがって、鶴ノ崎海岸の巨大ドロマイコンクリーション群は、初めに鯨の遺骸が暴風波浪の営力によって集積し、速い堆積速度で埋積され、次に、底生生物や微生物による有機物の分解によって生成された重炭酸イオンが、間隙水中のカルシウムイオンやマグネシウムイオンと反応することによって形成されたと推定される。

北海道石狩地方の 10 万年前以降の古植生とその推移

○星野フサ・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)

北海道中央部の石狩地方とその周辺部は北海道内で最も多くのボーリング試料の花粉・孢子分析データや植物遺体化石データがある。遡れば新生代古第三紀の石炭化石に残る温暖期の植物が分布し、その後、本研究で述べるように新生代新第三紀中新世の 1300 万年前ころのイヌブナ、ブナ群など暖温帯性落葉広葉樹や常緑針葉樹が出現した。最近のボーリングデータからは数十万年前、約 10 万年前、さらに縄文時代 (約 1 万年前) 以降の花粉分析データも加わった。

本研究では、著者の一人である星野がこれまで携わってきた調査地点での花粉・孢子分析のデータ、その地層の成り立ちや植物遺体データ、さらには名古屋大学との共同研究で得られた AMS¹⁴C年代測定値などにより当時の古植生と現生森林植生がどのようにリンクされるのか検討することができた。試料採取時の柱状図とその花粉・孢子データを調査地点付近の現生森林植生と土壌調査による表層土壌内部の花粉・孢子組成と比較検討することで古植生変遷の特徴や現在に至る森林植生の成立の要因を把握するために7箇所の調査地点について考察した。

西部の海拔 600 m 余の中山峠は 1300 万年前ころにはイヌブナ、ブナをはじめスギ、ツガ属、メタセコイアなどの暖帯性の樹種が出現し、現在も見られるトウヒ属、モミ属の針葉樹、コナラ属、カバノキ属、ハンノキ属、ニレ属、オニグルミ、シデ属、ハシバミ属といった広葉樹の種属が出現した。これはプレートテクトニクスに伴う火山活動によりテフラ堆積地が多くなり、気温の低下、種子の鳥獣散布樹種の増加により樹種の多様化を生じ、陽樹の常緑針葉樹は衰滅するものも現れたが、温帯性の常緑針葉樹と落葉広葉樹の混生林あるいは落葉広葉樹林に引き継がれる形で(のややいびつだが連続性を持って)現在に至っていく様子について報告する。

一般講演 セッション2

愛知県南知多町の先苺貝塚から産出した貝形虫化石(予察)

○佐々木聡史・隈 隆成(名大・ISEE)

20 世紀以降、地球温暖化に伴う氷河水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(e.g., IPCC, 2019). 急激な海水面の上昇が起きた場合、沿岸域の低地帯の水没などが考えられ、人間社会維持のためにも海水面変動の予測は重要な課題である(菅沼ほか, 2020). 特に、汎世界的に約 12000–7000 年前にかけて急激な海面上昇が地質学的研究によって報告されており(e.g., Fairbanks, 1989), この時期の海水面を復元し、今後の予測に貢献することは重要である。愛知県知多郡南知多町には縄文時代の貝塚が多数分布する。その中でも先苺貝塚は、縄文早期からの古環境や人間活動などの重要な記録を持つ可能性があるが、古環境復元に関する研究があまり行われていなかった。そこで本研究では、先苺貝塚の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。

イラン北西部の石灰岩地域から湧出する地下水の放射性炭素

○南 雅代(名大・ISEE)・浅原良浩・金子将己(名大・院・環境)・Hadi Amin-Rasouli(イラン・クルジスタン大・工)・Hossein Azizi(イラン・クルジスタン大・理)

西アジア地域における古気候変動の解明は、古代西アジアの都市文明の発生と変容への影響を考察する上で重要である。近年、世界各地の鍾乳石の化学分析から過去数千年から数万年の降雨量の変化が復元され、気候変動に伴い降雨特性が大きく変化していたことが明らかになってきた。しかし、西

アジア(特にイラン・イラク)を対象とした研究はほとんどなされていない。

イラン北西部のザグロス造山帯及びその周辺にはジュラ系から白亜系の石灰岩が広く分布し、石筍だけでなく、第三紀～第四紀の火成活動にともなう温泉生成物のトラバーチンも広く産出する。そこで、我々は、ケルマンシャー州コリカレ鍾乳洞の石筍、西アゼルバイジャン州タフテ・ソレイマーンのトラバーチンを対象として、放射性炭素(^{14}C)測定、元素・同位体分析を行い、西アジア地域の過去数千年～数万年間の古気候復元を目指している。本研究では、石筍、トラバーチンのもとである滴下水、地下水の溶存無機炭素の ^{14}C , $\delta^{13}\text{C}$ 分析を行い、その炭素の起源を調べることを目的とした。

地下水、滴下水の DCF (Dead Carbon Fraction) と $\delta^{13}\text{C}$ の関係を調べた結果、タフテ・ソレイマーンのソロモンの玉座(トラバーチンの円形台地)、トラバーチンの丘(ゼンダン・ソレイマーン)の麓の湧水池の水の溶存無機炭素は石灰岩 CO_2 と大気 CO_2 の混合で説明可能であった。一方、コリカレ鍾乳洞の滴下水の炭素は、石灰岩 CO_2 、大気 CO_2 のほか、土壌 CO_2 の寄与が見られた。さらに、クルジスタン州ゴルベのババ・グーグーの湧水の炭素は、ほぼ石灰岩 CO_2 起源であった。以上のことから、比較的近い場所の地下水、滴下水も場所によって起源元素の寄与率が異なっていることが明らかになった。

^{14}C , $\delta^{13}\text{C}$ を用いたイラン北西部クルディスタンの大気エアロゾルの発生源解析

○片岡賢太郎(名大・院・環境)・南 雅代(名大・ISEE)・浅原良浩(名大・院・環境)・Hossein Azizi(イラン・クルジスタン大・理)

大気エアロゾル中の主成分である炭素(有機炭素、元素炭素、炭酸塩炭素等)の発生源を明らかにすることは、大気汚染の対策や、地球の気候変動の解明につながる(e.g. Poschl, 2005)。イラン国内の大気エアロゾルに対して無機元素分析はいくつかなされているが、炭素分析についてはほとんどなされていない。そこで我々は、イラン北西部のクルディスタン大学構内にハイボリウム・エアサンプラーを設置し、2019 年 10 月～2020 年 6 月の期間、大気エアロゾル(PM10)の捕集を行った。本研究では、得られた大気エアロゾルの ^{14}C 濃度、 $\delta^{13}\text{C}$ 結果、並びに無機元素濃度結果から、同地域の大気エアロゾル中炭素の発生源について探ることを目的とする。

分析の結果、大気エアロゾルの ^{14}C 濃度は、2019 年 12 月～2020 年 2 月の冬季では 35 pMC (percent Modern Carbon) 前後と低く、3 月以降に ^{14}C 濃度は 50 pMC 程度まで上昇した。 $\delta^{13}\text{C}$ については 5～6 月に、他の時期に比べて高い値を示した。これより、冬期は化石燃料起源炭素(^{14}C 濃度= 0 pMC)の寄与が大きく、3 月以降は現生物起源炭素(^{14}C 濃度= ~100 pMC)の寄与が大きかったと考えられる。得られた CaCO_3 の炭素量から石灰岩粒子の寄与率を求めたところ、4 月末以降の試料について高い値が得られた。

4 月以降は、無機元素のうち Al, Ca などの濃度が大幅に増加しており、3 月以降の Ca/Al 濃度比は同地域の土壌と比較して高い値であった。SPRINTERS のデータでは 3 月以降にイラン周辺地域のエアロゾル量の増加が示されていること、また同時期の試料採取地点では西風が卓越していたことから、この CaCO_3 炭素の増加や Ca/Al 比の局所的な増大は、イラクなど西方から飛来した石灰岩粒子の増加を示していると考えられる。

大型核融合試験施設における大気浮遊じんと降下物に含まれる ^7Be 及び ^{210}Pb の測定報告と

今後の展望

○中田実希・岩田智恵・栗田紗緒里・林浩(核融合科学研・技術部)・田中将裕(核融合科学研・ヘリカル研究部)・赤田尚史(弘前大・被ばく医療総合研)

核融合科学研究所(NIFS)では、将来的な核融合炉の実現を目指して大型ヘリカル装置(LHD)による高温プラズマ実験を行っている。研究の進展に伴い、2017年3月から2022年12月までLHDの動作ガスに重水素を使用したプラズマ実験を実施した。重水素プラズマ実験では、極微量ではあるが、トリチウムと放射線(中性子線, γ (X)線)が発生する。真空容器内に生成されたトリチウムは除去装置で回収され、放射線は建屋壁で十分に遮蔽される。NIFSでは、重水素プラズマ実験による環境影響を監視するため、施設周辺の空間放射線量率及び環境放射能監視を実施した。この監視測定項目の一つとして、2014年から大気浮遊じん及び降下物の観測を行っている。大気浮遊じんは石英ろ紙フィルタ(QR-100, SIBATA)を装着したハイボリウムエアーサンプラー(HV-1000R, SIBATA)、降下物は水盤(開口部 0.19 m^2)を用いて1か月間の採取を行った。大気浮遊じんを回収した石英ろ紙フィルタは、乾燥後、U-8容器の内径に合わせてくり抜き、14枚重ねて測定試料とした。水盤の水試料に含まれる降下物は、イオン交換樹脂(PAO 及び PCH, Powdex Resin, OREGANO)を充填したカラムに通水して吸着させた。降下物を吸着したイオン交換樹脂を乾燥させた後、U-8容器に詰めて測定試料とした。試料は高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いて、25万秒の測定を行い、核種同定及び放射能濃度を求めた。

監視結果として、実験による施設周辺環境への影響は認められなかった。ここでは天然放射性核種に着目し、 ^7Be 及び ^{210}Pb の観測結果を報告する。大気浮遊じんの ^7Be 及び ^{210}Pb 濃度は夏に低い季節変動傾向を示した。降下物中の ^7Be 及び ^{210}Pb 濃度は冬に低い季節変動傾向を示し、 ^7Be 及び ^{210}Pb の平均年間降下量は、それぞれ 220 Bq/m^2 , 1780 Bq/m^2 であった。

LHDの重水素プラズマ実験が2022年度に終了することから、今後は施設影響監視を目的としたモニタリング活動から、地球科学を対象とした環境研究へと活動を移行する計画である。

炭素同位体と有機トレーサー成分を用いたバイオマス燃焼粒子の越境輸送の考察

○池盛文数(名古屋市環境科学調査センター)・南 雅代(名大・ISEE)・中村俊夫(名大・名誉教授)・北川浩之(名大・ISEE)・高橋 浩(産総研)・浦西克維(北九州市立大)・秋山雅行・芥川智子・大塚英幸(北海道立総合研究機構)・逸見祐樹(山形県環境科学研究センター)・吉田 勤(札幌市衛生研)・菅田誠治(国立環境研)

近年、国内の $\text{PM}_{2.5}$ の年平均濃度は低下し、環境基準達成率も上昇しているが、バイオマス燃焼粒子の越境汚染(BB 越境)由来と考えられる $\text{PM}_{2.5}$ 高濃度現象がしばしば確認されている。高濃度現象の要因解析には、主要成分の分析結果、後方流跡線およびファイアースポットの有無等が用いられるが、詳細な化学分析を行い、燃焼物の種類までを考察した例は少ない。そこで本研究では、BB 越境由来と

考えられる3つのPM_{2.5}高濃度事例について、札幌等で捕集したフィルタ試料を用いて炭素同位体と有機トレーサー成分を分析し、①2014年7月下旬、②2018年4月下旬、③2019年2月下旬から3月上旬のBB越境事例を対象に、各事例の燃焼物について考察した。化学成分として、炭素同位体(¹⁴C, $\delta^{13}\text{C}$)分析、バイオマス燃焼の指標とされるレボグルコサンを含む有機トレーサー成分分析を行った。

札幌において、各事例でPM_{2.5}が最も高濃度な試料は、有機炭素がPM_{2.5}の40%を占めるなど炭素成分が主要成分であること、¹⁴C濃度は95 pMCを超え、レボグルコサンは1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるなど高濃度であることから、バイオマス燃焼が主要なPM_{2.5}の高濃度要因であることが示唆される。続いて、燃焼種により特有の値を示すことが知られているレボグルコサンとマンノサンの比(L/M比)を確認した。L/M比はイベント①、②、③ごとに異なった値を示し、後方流跡線解析やファイアースポットの分布も合わせると、①はシベリア森林火災由来の粒子の輸送が高濃度要因であることが示唆された。③における $\delta^{13}\text{C}$ の結果は過去の大気粒子中 $\delta^{13}\text{C}$ の報告(-27‰~-23‰)と比べても大きい値を示した。特にC4植物の燃焼粒子については、既存の大気粒子の報告より $\delta^{13}\text{C}$ が大きい(-19.3‰~-16.1‰)ことが報告されており、③はトウモロコシなどのC4植物燃焼のBB越境により引き起こされたと推察される。一方、②は、L/M比、¹⁴C濃度、 $\delta^{13}\text{C}$ とも、燃焼物を示す明確な結果が得られなかった。

施設報告

名古屋大学タンデトロン AMS¹⁴C システムの現状と利用(2022)

○北川浩之(名大・ISEE)

1999年1月27日に名古屋大学にタンデトロン加速器質量分析計(オランダ HVEE 社製 Model 4130-AMS, 通称「名大2号機」)が性能確認、運用開始され24年の年月が経過した。2021年4月までは現名古屋大学名誉教授・中村俊夫氏によって管理運用され28,572試料の高精度な炭素14測定が実施された(NUTA2-1~NUTA2-28572)。それ以降現在(2023年2月)までに、老朽化に伴う頻発するトラブルに対応しつつ、主に本研究所が進める共同研究の推進に必要な1,869試料の炭素14測定を実施してきた(NUTA2-30441)。名大2号機の性能を最大限に生かすことができれば、年間3,000~4,000試料の高精度測定が可能とであるが、現状ではその30%程度しか運用ができていない。本講演では、名大2号機の稼働状況を説明するとともに、これまでに行ってきたトラブルシューティング、稼働率の向上や測定精度の改善に向けて実施してきた取り組み、今後の課題(運用体制を含む)について報告する。

謝辞: 酢屋徳啓氏(SVE)には加速器本体の修理作業などを含む名大2号機運用上の支援をいただいた。次のメーカーのエンジニアの方々からは有益な助言及び技術提供をいただいた。ターミナルポンプ発電機駆動用ロッドカップリング(ケーティーアールジャパン)、インターロックシステム用PLC(光洋電子工業)、¹²C³⁺測定用ピコアンメータ(テクトロニクス&フルーク)、サーボモータ用リニアアンプ(マクソンジャパン株式会社)、サーボモータ(ハーモニック・ドライブ・システムズ)。

CHIME の現状と利用(2022 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.

2022 年度は, 引き続き CHIME 年代測定や, 極微量のチタン・アルミニウムの非破壊定量分析や, 超軽元素の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が未整備のため, 1 インチディスク試料はアダプターを製作して薄片用試料ホルダーを用いて分析している. 今後標準物質を整備して複数のディスク試料を導入できるようにし, 共同利用・共同研究の効率化を図っていく.

今年度の大きな故障は EPMA 本体制御用コンピューター(LSI-11/23)の CPU ボード(KDF11)の故障であった. 不良モジュールを特定して交換した. LSI-11/23 を取り出して保守作業を行っているが, 取りだすたびに電源を連動させるためのケーブルを取り外さなければならないことが作業効率低下につながっている. 今後この部分にコネクタを取り付け, LSI-11/23 の保守効率を向上させる. これらの不具合対応のほか, 真空ゴムホースの交換, 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, 今年度の新たに部品を確保し, 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.