



News Letter

金沢大学 環日本海域環境研究センター ニュースレター 2025年11月30日発行 第29号

- ① 研究紹介 南京大学 服部 祥平 ② お気に入りのフィールド 陸域環境領域 福士 圭介
③ お気に入りの研究施設 統合環境領域 井上 睦夫 ④ 報告 統合環境領域 長尾 誠也

研究紹介

Report

Youは何しに南京へ？



服部 祥平

南京大学
国際同位体効果研究センター / 地球科学と工程学院

YOUは何しに日本へ？というテレビ東京の人気番組があります。金沢で見られるかはさておき。中国でも“你在这住的理由（あなたがここに住む理由）”という番組もあり、人は「なぜ（わざわざ）異国に？」ということに興味がかねがなものです。私が慣れ親しんだ東京を離れ南京へ転職したとき、多くの人に“なぜ？”と聞かれました。けれど私の場合の答えは単純で、やりたい研究に素直かつすぐに飛び込むためでした。

出発点は、現在金沢大学環日本海域環境研究センター所属の石野先生の学位研究です。本誌第19号で紹介されたとおり、三酸素同位体組成 ($\Delta^{17}O$) という指標から大気化学反応を復元できます。南極域の大気エアロゾルで硫酸の高い $\Delta^{17}O$ 値が観測され (Ishino et al., 2021 JGR-Atmos.), 同様の傾向が雪試料でも確認されました (Hattori et al., 2024 Appl. Geochem.). その要因がメタンスルホン酸 (MSA, $CH_3SO_3^-$) からの寄与であり、すなわちMSAの生成経路に高い $\Delta^{17}O$ 値をもつ酸化剤が関与することが示唆されました。ならばMSAそのものの $\Delta^{17}O$ 値から、複雑な大気硫黄化学反応を定量的に制約できる——これが私(たち)の着想でした。ただし、当時用いていたガスソース同位体比質量分析計では、MSAから高収率で O_2 を生成し高精度に $\Delta^{17}O$ を測るのが難しく、

MSAは硫酸より存在量が少ないため必要試料量の面でも現実的ではありませんでした。制約を超える鍵として選んだのが、分子をソフにイオン化し高分解能で同位体分子を直接読むオービトラップ質量分析計です。この着想にすぐ着手するため、私は2022年に南京大学にできたばかりの国際同位体効果研究センター (ICIER, <https://www.icier-nju.org/>) へ移り、オービトラップ質量分析計を用いた分析法開発に着手しました。

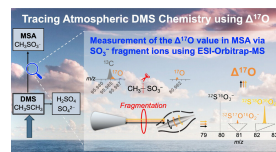


著者とオービトラップ質量分析計

もちろん、分析法を開発し論文発表するには、紆余曲折がありました。フラグメント化による SO_3^- イオンの生成 (^{13}C の干渉を排除) の検討、精度の検証のためのオフライン法での分析も含め、ほぼ3年の月日がかかりました。今年5月に Analytical Chemistry 誌に公表した論文は、南京大学での最初の学生 Hong Yihang さんとの共同執筆で、かつ私にとって初のラストオーサー論文でもあり、日本で温めた着想が南京で結実した節目になりました。

ました (Hong et al., 2025)。

現在は、実大気試料のMSAの $\Delta^{17}O$ 値データを取得し、大気化学輸送モデル (GEOS-Chem) の予測と照合して、驚くような成果



Hong et al. (2025) の TOC / アブストラクト用グラフィック

が出つてあります。必要試料量が小さいため、極域エアロゾルやアイスコアへの適用も視野に入り、過去の海洋生物活動や大気化学反応の時間的変遷を復元できる見通しが立ってきました。私が南京にいる理由は決して派手ではありません。けど、あのとき飛び込んだら今があります。育てたアイディア・仮説をまっすぐ進めること——それが異動の理由であり、今も研究の中心です。

引用文献

Ishino et al., 2021, JGR-Atmos., 126, e2020JD033583
Hattori et al., 2024, Appl. Geochem., 162, 105901
Hong et al., 2025, Anal. Chem., 97, 14339-14348

服部祥平先生は、当センター共同研究 (2024と2025年度)の一般共同研究、課題番号24006と25006) に採択されています。

モンゴル・オログ湖

福士 圭介
陸域環境領域

環日本海域環境研究センターに赴任して以来、私の野外調査フィールドはほぼモンゴル一択です。パスポート (3冊分) を見返してみると、実に27回も渡航しておりました。思い返せば、最初のころはモンゴルに行くのが嫌だったな。日本を発つ飛行機は深夜に現地に到着するのですが、当時の空港が照明もまばらで、隙間風が吹きさび、降り立つたびに気分が滅入ったものでした。どのタイミングでモンゴル行きが苦でなくなったのかは、正直よく覚えていません。ただ間違いないと言えるのは、モンゴル人留学生たちが研究室に加わってからは、モンゴル行きがすっかり日常の感覚になりました。およそ十年前、モンゴルでは JICA (国際協力機関) の支援によって、日本に学生を留学させるプログラムが始まりました。それまでモンゴル国立大学と共同研究を進めていた私たちにもその機会が巡ってきて、金沢大学の大学院にもモンゴルからの学生がやってくるようになったのです。そのプログラムではモンゴルをフィールドとして環境をテーマに研究を行うことが求められており、気づけば頻繁にモンゴルへ足を運ぶようになっていました。調査はドライバー付きのレンタカーを借りて、首都ウランバートルから辺境の調査地へ何時間もかけて向かいます。車窓に広がる果てしない草原を眺めながら、現地の遊牧民から調達する馬乳酒に酔いしれる (アルコールが低い) のであまり酔わないが。地上の楽園ですな。



モンゴルの草原から

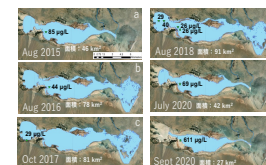
今ご紹介するオログ湖はモンゴル南部、アルタイ山脈とハンガイ山脈の間の谷に位置する湖です。オログ湖の素晴らしいところは宿のある村が近いことです。モンゴルの

辺境でも村は点在していますが、必ずしも宿泊に適した宿があるとは限りません。そういった場合は、現地の人の住居 (ゲル) を間借りしたり、テントで夜を明かしたりすることになりますが、なかなかゆつくり休むことができないのが難点です。その点、オログ湖から車で約一時間の距離にあるジンストという村には、食堂付きの宿があります。しかも食堂の奥にはカラオケ室 (VIP ルーム) まであり、カラオケを楽しむことも可能です (ただし選曲リストはアルファベットの前半までしかない)。次に、オログ湖は気候がおだやかであること、そして湖の水位が低いことが特徴です。私たちは通常、手漕ぎボートで作業を行うため、水難の危険とは常に隣り合わせです。一方、オログ湖の深さは最大でも1メートルほど、しかも波もほとんど立たないので、仮にボートが水没しても歩いて岸まで戻れそうな安心感があります。

モンゴル Valley of Gobi Lakes の国際共同調査チーム
中央下段は若かりし日の長谷部徳子副学長

オログ湖の研究で得られた重要な成果は、乾燥化による湖水中のウラン濃集現象を見出したことです。オログ湖は乾燥地帯に位置する塩湖で、流入する河川があるものの、流出する河川はありません。つまり湖の水位は蒸発によりコントロールされているのです。オログ湖はあまりに魅力的な場所だったため、数年にわたり (特に理由もなく) 水質調査を続けてきました。ところが蓄積したデータを見返してみると、湖水位の低下に伴って、ウラン濃度が湖の減少分に見合うだけ濃くなることが分かりました。塩水を煮詰めたら塩分が濃くなるだろう、ということで見普通のようにも思え

ますが、これは意外な結果です。重金属は通常、濃度が高くなると沈殿したり、堆積物に吸着したりして、極端に濃度が高くなることはまれです。実際、オログ湖では鉛、カドミウム、ヒ素といった重金属は比較的低い濃度を保つてたまなのです。この事実は環境科学的にも大きな意義があります。



オログ湖におけるウラン濃度の低下。水位の減少とともにウラン濃度は増加する。

水位の低いオログ湖は乾燥化によって比較的簡単に干上がってしまいます。干上がった後に湖沼には塩が残るはずですが、ウランもまた塩とともに析出することが予想されます。重金属の健康影響は、その溶解性によって大きく左右されます。たとえば、重金属を含む土壌であっても溶けださない限り健康への影響はほとんどありません。しかし、容易に溶け出す場合には高い毒性を示します。すなわちオログ湖が干上がってしまった後には、膨大な量の有害土壌が生成してしまうということです。さらに、オログ湖の研究で得られた重要な成果は、乾燥化による湖水中のウラン濃集現象を見出したことです。オログ湖は乾燥地帯に位置する塩湖で、流入する河川があるものの、流出する河川はありません。つまり湖の水位は蒸発によりコントロールされているのです。オログ湖はあまりに魅力的な場所だったため、数年にわたり (特に理由もなく) 水質調査を続けてきました。ところが蓄積したデータを見返してみると、湖水位の低下に伴って、ウラン濃度が湖の減少分に見合うだけ濃くなることが分かりました。塩水を煮詰めたら塩分が濃くなるだろう、ということで見普通のようにも思え

尾小屋地下測定室



井上陸夫
統合環境領域

我々のグループは、海水中の微弱放射性核種を利用した海洋の物質移動の研究をしています。放射能といえは、広島・長崎原爆、核実験、福島原発、さらに「危険」という印象があります。今回はその逆、「低いレベルからみた放射能」に焦点をあて、当研究領域が「管理・運営する尾小屋地下測定室（石川県小松市）」を紹介します。例えば、静かな場所での会話では、非常に小さな声でも聴きとれます。微弱放射能測定も同様、放射線のない空間が必要です。実際は残念ながら、我々は常に天然の放射能に囲まれており、これには地下測定室を利用した宇宙線の防御および放射線（ γ 線）測定用のゲルマニウム（Ge）検出器の特殊な遮蔽が必要とされます。そこで尾小屋鉱山跡トンネルの番番です。尾小屋鉱山は、版籍奉還後に江戸時代の加賀藩家老、横山家 13 代目の隆平氏が本格的に鉱山経営に乗り出し、その後日本有数の銅鉱山として繁栄しました（1971 年、閉山）。我々は石川県小松市の尾小屋鉱山跡の、あたかも「秘密基地」のようなトンネルを微弱放射能測定室として使用しています。尾小屋トンネル内は天然の凝灰岩



尾小屋地下測定室入口

がむき出しになっており、入口より 290 m 地点（土かぶり 135 m）に測定室があります。この測定室は、トンネルによる遮蔽（宇宙線強度はおよそ 1/200）、ウラン濃度が低い凝灰岩、両端がオープンで換気がよい（ラドン濃度が低い）、アクセスが容易と、放射能測定のための好条件が揃っています。続いて Ge 検出器を守る遮蔽材の話です。鉛を含む鉱物には妨害放射性核種 ^{210}Pb が多く含まれますが、鉛の分離・精製の後、

22.3 年の半減期で減少が続けます。金沢城は日本で唯一鉛瓦を敷いており、加賀藩の美意識でしょうか、白く趣のある屋根瓦は、金沢城を大変美しいものにしています。



金沢城石川門（重要文化財）

我々は金沢大学旧城内キャンパスに残された廃棄直前の江戸時代の金沢城の鉛瓦を成型し直し、遮蔽材として利用しています。20・30 年前の金沢大学では、鉛瓦の目的は加賀藩の戦時に備えた「鉄砲の玉」の原料という説が有力でしたが、この貴重な鉛は、いまや我々の研究に欠かすことのできない武器になっています。江戸時代に鉛瓦が作られた時から我々の研究が始まった、というのは言い過ぎでしょうか。鉄も Ge 検出器の有効な遮蔽材ですが、戦後の鉄は溶鉱炉の壁に埋め込まれた妨害放射性核種 ^{60}Co を含みます。1972 年の北國新聞には、戦艦陸奥を引き上げた後、金沢大学が放射能測定の遮蔽材として「鉄材 2 トンを 73 万円で購入した」とあります。このように妨害因子である宇宙線をトンネルで、環境放射能を特殊な遮蔽材でブロックしているのです。



地下測定室に設置され厳重に遮蔽された Ge 検出器

放射性核種は、固有のエネルギーの放射線を放出しています。妨害放射線を除い

ていくことにより尾小屋地下測定室では γ 線スペクトルのバックグラウンドレベルが 1/100 以下になり、ノイズに埋もれていた放射線のピークが検出できるようになりました。福島第一原発事故以降、通常の Ge 測定器では検出のできない微弱放射性セシウムの測定の大部分は、尾小屋地下測定室において行われ、その成果は世界中に発信されています。10 年で Ge 検出器を更新する研究機関もありますが、尾小屋地下測定室で使用しているのは 20・30 年前に購入した古い検出器です。おもしろいことに、世界トップの低レベル放射能測定は、検出器の技術進歩によるものではなく、金沢城鉛、尾小屋鉱山跡トンネル、陸奥鉄と、江戸から昭和の加賀藩を中心とした遺産などに支えられているのです。



金沢城公園の前田利家像（背景に金沢城）

尾小屋地下測定室見学者の方の感想では、「地下の微弱放射能測定室と聞いて、エレベーターで地下に降りたらクリンルーム、というのを想像していたら、実際はコウモリのいる洞窟を通ったら虎材（金沢城鉛と陸奥鉄？）が積んであるプレハブがあった。」という残念なものもありました。一方、専門家は唯一無二の必然性に感銘を受けます。このように尾小屋鉱山跡の地下測定室は、非常に面白いものです。ぜひ一度お越し下さい。

低レベル放射能実験施設 創立 50 周年に寄せて



長尾 誠也
センター長 統合環境領域

金沢大学環日本海域環境研究センターの低レベル放射能実験施設の 50 周年記念式典が 10 月 12 日（日）13:30-16:40、能美市福祉会館大研修室で開催されました。低レベル放射能実験施設は 1970 年に日本学術会議研究推進小委員会からの要請を受け、学内共同利用の「環境放射能研究センター」として概算要求し、1975 年に金沢大学理学部附属低レベル放射能実験施設として認められ、1976 年 5 月 20 日に開所式を迎えました。2002 年 4 月には理学部附属の低レベル放射能実験施設・植物園・臨海実験施設と工学部の電磁場制御施設が統合して自然計測応用研究センターが発足しました。2007 年 4 月には自然計測応用研究センターが改組され、環境研究に集約した環日本海域環境研究センターが設立し、放射性核種を用いて環境動態を解析する環日本海域環境研究センターの施設として位置付けられました。低レベル放射能実験施設は 1981 年 6 月に建屋が 2 倍に拡張され、2013 年 8 月から 2014 年 3 月まで



低レベル放射能実験施設的全景

耐震補強工事を行ないました。初代の低レベル放射能実験施設の施設長は阪上正信教授（1976.4～1987.3）、2 代目は上野馨教授（1987.7～1996.3）、その後は小村

和久教授（1996.4～2008.3）、山本政儀教授（2008.4～2015.3）、長尾誠也教授（2015.4～）が低レベル放射能実験施設を運営しています。現在は長尾誠也教授、井上陸夫准教授、落合伸也助教、松中哲也助教と事務補佐員 1 名、技術補佐員 1 名、学生 10 名の計 16 名が研究教育活動に従事しています。

記念式典では金沢大学副学長の長谷部徳子教授からお祝いの言葉が寄せられました。講演では、前施設長の山本政儀名誉教授から「金沢大学低レベル放射能実験施設（LLRL）50 周年の歩みを振り返って」、現施設長・環日本海域環境研究センター長の長尾誠也教授からは「新たな低レベル放射能研究を目指して」とした低レベル放射能実験施設の将来の研究展開



低レベル放射能実験施設50周年記念式典での山本政儀名誉教授の講演風景

が紹介されました。星稜高校教諭・環日本海域環境研究センター連携研究員の山崎誠二氏から「尾小屋地下測定室 30 周年」と題して、尾小屋地下測定室の立ち上げ状況が紹介されました。さらに、低レベル放射能実験施設の事故時対応として、JCO 事故に関しては（公財）日本海洋科学振興財団むつ海洋研究所の小藤久親氏、福島第一原子力発電所事故については（公



尾小屋地下測定室の Ge 半導体検出器システム図は井上（2023）日本海域研究 54 号 P61-68 の図 4 を一部改訂した。

財）海洋学環境研究所の城谷勇陸氏から観測結果についての説明がありました。なお、記念式典への参加者は卒業生を中心に 50 名に達し、盛会のうちに終了しました。



低レベル放射能実験施設 50 周年記念式典での集合写真

記念式典終了後に、同施設の多目的ホールで 17:30-20:30 に懇親会が開催されました。石川県の地酒とともに、参加者が特参した各地のお酒・ワインが披露されました。低レベル放射能実験施設のスタッフ、学生、さらに卒業生、計 40 名が出席し、交流を深めるとともに、今後の低レベル放射能実験施設の研究と教育の展開について、それぞれの立場から今後も低レベル放射能実験施設を支援する思いを共有することができました。

環日本海域環境研究センターニュースレター 第 29 号

発行：環日本海域環境研究センター
編集：環日本海域環境研究センター広報委員会
ニュースレター担当：関口俊男、小木曾正造

〒920-1192 石川県金沢市角間町
電話：076-234-6830
WEB サイト：http://www.ki-net.kanazawa-u.ac.jp/
レイアウト・印刷：GoGraphics
2025 年 11 月 30 日 発行



Webサイト