

2025年度 13)若手国際フィールド観測実験 目次詳細

2025 13)International travel support for field and laboratory experiments by students and early-career scientists List

4 件

*所属・職名あるいは学年は2026年3月現在

*Affiliation and Job title or year of graduate school displayed are current as of March 2026.

研究代表者 Principal Investigator	所属機関* Affiliation	所属部局* Department	職名か学年* Job title or year of graduate school	研究課題名 Project Title	頁 Page	備考 Remarks
佐藤洗太	電気通信大学	大学院情報理工学研究科	博士前期課程2年	トロンソNa共鳴散乱ライダーによる時間遅延マルチビーム手法の試験観測	381	
Hani Saber Abdelsalam Elbehiri	Kochi University of Technology, Japan	School of Systems Engineering	博士後期課程2年	Acoustic and Remote Sensing Investigation in Australia	383	
安福千貴	名古屋大学大学院	理学研究科	博士後期課程2年	White Sands Missile Rangeにおける太陽フレア 観測ロケット実験 FOXSI-5 の最終調整作業お よび打ち上げ	385	
益木悠馬	岐阜大学	連合農学研究科	博士後期課程2年	モンゴル高原・南西部のオルゴイ湖流域にお ける水質観測	387	

(別紙様式13-2)

トロムソ Na 共鳴散乱ライダーによる時間遅延マルチビーム手法の
試験観測

Test observations of the time-delayed multi-beam method by
Tromsø Na resonance scattering lidar

佐藤 洸太, 電気通信大学 大学院情報理工学研究科

研究目的

超高層大気における中性大気-電離大気結合過程の理解には, 時間構造と空間構造を識別する 3 次元的な観測が重要である. ノルウェー, トロムソの EISCAT 観測所内に設置されている Na 共鳴散乱ライダー (トロムソ Na ライダー) は, パルスレーザーを 5 分割して 5 方向に同時送信するマルチビーム観測により, 中性大気の 3 次元観測を実施している. トロムソ Na ライダーは高度 80–110 km に存在する Na 層 (主層) の観測を想定して開発されたため, パルス間周期 (Inter-Pulse Period: IPP) は 1 ms, すなわち観測高度範囲は 0–150 km で設計されている [Kawahara et al., 2017]. 一方, 近年では, より高高度 (110–300 km) に低密度の Na, Fe, Ca⁺ などの金属原子や金属イオンが散発的に分布する事例 [e.g., Chu et al., 2011] が報告されており, トロムソ Na ライダーの観測高度範囲の拡張が求められている. 本研究では, 時間遅延によりマルチビームを構成, 即ち 1 パルス毎に送信系統を切り替えることで, パルスエネルギーを低下させずに, 観測高度範囲を拡張する時間遅延マルチビーム手法を提案する. 本研究の目的は, 観測システムの開発とトロムソ Na ライダーへの実装を通じて, 時間遅延マルチビーム手法を実証することである.

実施状況

トロムソ Na ライダーへの実装システムを検討した結果, レーザーパルスの送信系統を鉛直 1 方向と東西南北 4 方向に分けるシステムを考案した. 送信系統を 1 ms ごとに切り替えることで, 各方向の IPP は 2 ms となり, 観測高度範囲を 0–300 km に拡張することができる. 更に, 鉛直方向のレーザーパルスは分割せずに送信されるため, レーザーパワーは現行システムの 2.5 倍の 2 W となり, 観測 SN 比の改善も期待される. 本システムの実現に向け, 市販のガルバノスキャナを用いて 1 ms 毎にレーザーパルスの光軸方向を切り替える光軸切替システムと, FPGA (Field-Programmable Gate Array) を用いて 2 系統の受信信号を時間差で取得し, 高度範囲 0–288 km の観測に対応する制御・計測システムを開発した. 開発システムについて, 国内での性能評価実験を通じて良好な性能を確認した後, 2025 年 10 月にトロムソ Na ライダーへ実装 (図 1, 2) し, 試験観測を実施した.

結果

観測結果の例として, 2025 年 10 月 13 日 21:45:01 UT に測定された鉛直方向におけるライダー受信光強度の高度分布を図 3 に示す. 開発システムは予定通り正常に動作し, 観測高度範囲を 0–288 km まで拡張するとともに, 鉛直方向のレーザーパワー 2 W のマルチビーム観測を実現した. 高高度に分布する Na を観測することはできなかったが, 高度 0–40 km にはレイリー散乱光による信号を確認し, 高度 80–100 km には主層の Na による信号を確認することができた. 高度 150 km 付近には鋭いピーク信号を確認した. これは, 他方向に時間差送信されたレーザーパルスのコンタミネーションによるものと考えられるため, データ解析の際には 150 km 付近のデータを除外して処理を行うことを検討している. 以上のように, 国内における観測システムの開発と, トロムソ Na ライダーへの実装と試験観測を通じて, 時間遅延マルチビーム手法を実証することができた.



図 1: 開発・実装した光軸切替システム.

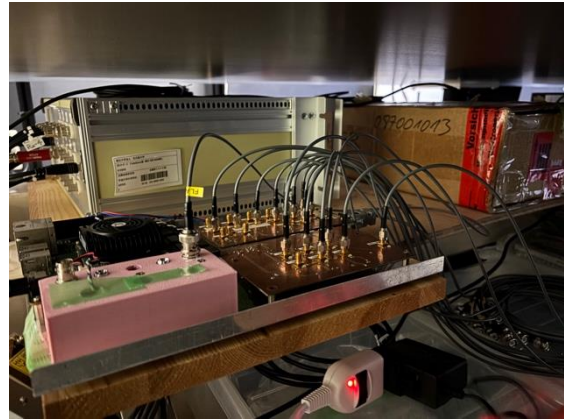


図 2: 開発・実装した制御・計測システム.

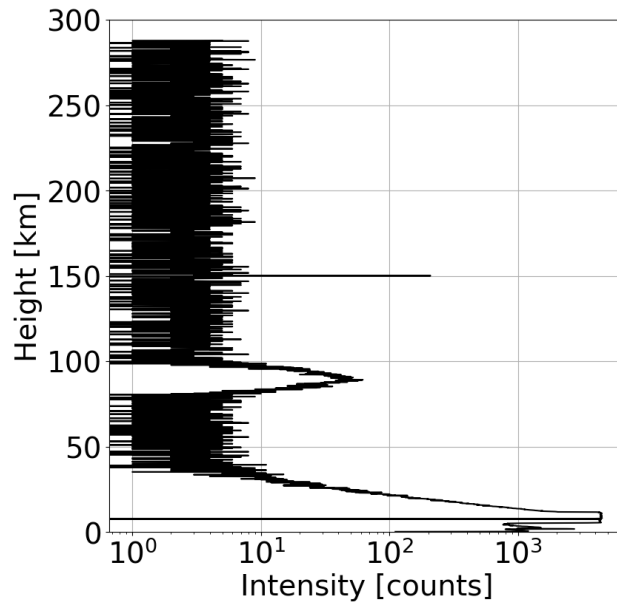


図 3: 2025 年 10 月 13 日 21:45:01 UT に観測されたライダー受信光強度の高度分布.

参考文献

Chu, X., Z. Yu, C. S. Gardner, C. Chen, and W. Fong, Lidar observations of neutral Fe layers and fast gravity waves in the thermosphere (110–155 km) at McMurdo (77.8°S, 166.7°E), Antarctica, *Geophys. Res. Lett.*, vol.38, L23807, 2011.

Kawahara, T. D., S. Nozawa, N. Saito, T. Kawabata, T. T. Tsuda, and S. Wada, Sodium temperature/wind lidar based on laser-diode-pumped Nd:YAG lasers deployed at Tromsø, Norway (69.6°N, 19.2°E), *Opt. Express*, vol.25, pp.A491–A501, 2017.

学会発表

Sato, K., T. T. Tsuda, J. Hu, Y. Moriyama, Y. Sonoyama, N. Wada, T. Aoki, N. Saito, S. Nozawa, T. Kawabata, T. D. Kawahara, and T. Takahashi, Development of a time-delayed multi-beam observation method and its implementation to the Tromsø Na lidar, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季年会, 兵庫, 2025 年 11 月.(口頭)

オーストラリアにおける音響およびリモートセンシング調査
Acoustic and Remote Sensing Investigation in Australia

Hani Elbehiri, Kochi University of Technology • School of Systems Engineering

The main purpose was to check the infrasound sensors that were installed in 2022. Additionally, after manufacturing, we decided to investigate suitable locations to replace the previous locations for the new array reinstallation. The new locations were chosen to reduce the previous array noise level and to enable future level comparisons across sites. The infrasound system was planned to be maintained to ensure continuous data streaming through the 4G routers. The integration of the continuously recorded infrasound dataset with the Deseret Fireball Network (DFN) camera observations helps compare ground truth with GNSS-TEC observations. The integration of these technologies can enhance understanding of meteorite observations in the upper atmosphere.

The mission started from the Kochi University of Technology (KUT) by testing the sensors as spare sensors in case of a troubleshooting in any of the previous sensors. Before arriving at Curtin University, the data stream was not working, and the sensor and Raspberry Pi required software checking. The previous array sensor was collected from four different sites, with one damaged Raspberry Pi. Figure 1 shows damaged parts from the collected wires. Moreover, the previous array data was stored in the Raspberry Pi. So, data was transferred from four Raspberry Pi to the external hard disk as shown in Figure 2, and then the data was erased to make a free space to be ready for the new array construction.

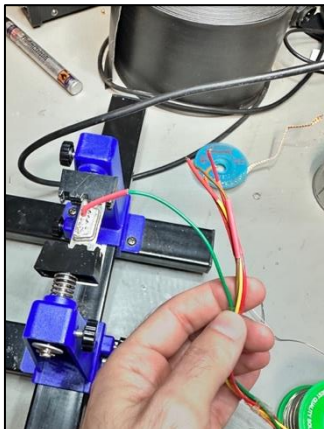


Figure 1: Shows some damaged wires from the previous array setup and the manufacturing of the wire.



Figure 2: Shows the data transfer from the previous array Raspberry Pi.

One Raspberry Pi had been changed and tested its configuration with the sensor to make it ready for the field. The other three sensors had been tested at Curtin University. Choosing a suitable location at Curtin University was challenging, taking into consideration the suggested distance between each sensor. Through long discussions with the Curtin University team, we decided and chose the suitable location after checking the accessibility of locations in the Curtin University campus. Moreover, we tested the sensors and checked the networking for the four sensors in parallel at the same time. Long discussions were held with the Curtin University team to enrich the research ideas and discuss the status and the future work related to the infrasound array. We visited the geophysics department and discussed their investigation and discussed the application of infrasound technology to detect various natural and man-made sources. Finally, we discussed the collaboration ideas. Figure 3 shows the manufacturing and setting up of the damaged Raspberry Pi. Figure 4 shows the photos for testing all sensors on the roof of Curtin University to check the networking connection.



Figure 3: Manufacturing of the damaged Raspberry Pi.



Figure 4: Testing the network connection.



Figure 5: All sensors are working in parallel.

Additionally, I have the chance to participate in an oral presentation at the Meteoroids 2025 International Conference, which took place at Curtin University. The presentation was entitled “Perth array results and future plan”. The presentation discussed the definition, properties, and applications of the infrasound waves. It can be defined as acoustic waves below the human hearing range that can propagate in the atmosphere for long distances. Infrasound waves could be generated from a variety of natural and human-made sources. Infrasound from chemical and nuclear explosions has been investigated as an artificial source (Hamama et al., 2022). In addition, supersonic aircraft, rocket launches (Pilger et al., 2021), reentry of artificial vehicles (Yamamoto et al., 2011; Nishikawa et al., 2022), and wind turbines (Jakobsen, 2005), as well as natural ones, such as volcanic eruptions (Saito et al., 2021), microbaroms (Pichon et al., 2006), and earthquakes (Hamama and Yamamoto, 2021). The presentation also highlighted the importance of infrasound technology in monitoring meteors, with mentioned cases that were recorded locally and internationally. In the conference, we concluded the previous field work and the outcomes of the Perth array. Finally, we discussed the plan regarding the infrasound research and future field upgrade that we can produce to enhance the recorded signal and construct more stable stations. In the future, we plan to make stations more stable and permanent with a future study that will compare noise at different sites and different environments. Furthermore, we plan to conduct research for data analysis of the meteor cases recorded locally to integrate optical observations and the infrasound records. Figure 6 shows photos in the presentation during the Meteoroids 2025 conference in Perth.

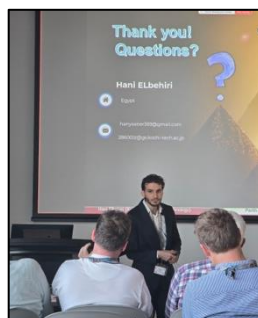


Figure 6: Photos in the presentation during the Meteoroids 2025 conference in Perth.

Acknowledgement:

Thanks to Prof. Otsuka and the Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, for funding the travel expenses to Perth. Moreover, I’d like to thank Dr. Ellie Sansom and her team from Curtin Univ. for supporting and helping in the installation and operation of the infrasound sensors. In addition, thanks to Prof. Yamamoto and Kochi University of Technology for supporting the infrasound sensors and the needed hardware.

(別紙様式13-2)

White Sands Missile Rangeにおける太陽フレア観測ロケット実験 FOXSI-5 の最終調整作業および打ち上げ
Final adjustments and launch of the solar flare sounding rocket experiment FOXSI-5 at White Sands Missile Range

安福千貴、名古屋大学・理学研究科

【研究目的】

宇宙空間では、ブラックホールやパルサーなど様々な天体現象で粒子加速が観測され、加速メカニズムには磁気再結合などが知られている。エネルギー開放量や分配比率の導出には、エネルギー・空間・時間情報の同時計測が必須であり、最適な観測対象として太陽フレアが挙げられる。太陽フレアの軟・硬 X 線撮像分光観測を実施すれば、熱的・非熱的プラズマの空間構造と速度分布、時間発展を追うことができる。そこで「日米共同・太陽フレア X 線・集光撮像分光観測ロケット実験 FOXSI-5」を通して太陽フレア観測の最先端に立ち、発生機構や太陽・地球圏の理解を目指している。2024 年 4 月に世界初の太陽フレア軟・硬 X 線撮像分光観測に成功した前号機 FOXSI-4 は、紫外線観測ロケット Hi-C flare との同時打ち上げ・観測にも成功し、世界中から注目を集めた。今回、我々が開発した X 線望遠鏡は FOXSI シリーズ最高結像性能を更新した（広がった X 線源に対する感度の指標 Half Power Diameter で約 9 秒角）。本研究では、ロケット射場での X 線望遠鏡の健全性評価、およびペイロード全体の最終調整作業を完遂することを目的とした。

【観測実験の実施状況】

2026/3/9 から 3/20 の約 2 週間、米国ニューメキシコ州 White Sands Missile Range に滞在し、ミッション PI の Milo Buitrago-Casas 氏および PM の Hunter Kanninen 氏ら実験チームとともに、観測ロケット打ち上げ前最終となる総合試験を実施した。試験では、観測機器の健全性を確認するために以下の三段階の評価を行った。

1. 初期健全性評価（外観確認、機器動作確認、X 線照射試験）
2. 振動耐性評価（打ち上げ環境を模擬した振動試験）
3. 最終健全性評価（外観確認、機器動作確認、X 線照射試験）

自身が開発チームの学生リーダーを担当した X 線望遠鏡については、X 線照射試験によって得られる像を光線追跡シミュレーションの結果と比較することで、当施設までの輸送過程や 2. による性能劣化・破壊の有無を重点的に確認できる。また 2. では、ロケット打ち上げを模擬した振動試験を実施し、観測機器全体としての機械的な健全性の確認を行った。これらの試験を通じて、FOXSI-5 ロケット搭載の観測機器が打ち上げに耐えうる状態であるかを総合的に評価した。

【結果】

実施したすべての評価試験において、搭載された検出器および X 線望遠鏡に有意な異常や破壊は確認されなかった。特に X 線照射試験では、取得した結像イメージが 2. の前後

で系統誤差を上回る大きな変化が見られないこと、光線追跡シミュレーションの予測と整合していることが確認でき、本施設までの輸送や振動試験による性能の劣化が生じていないことを実証することができた。これにより、X線望遠鏡は打ち上げに向けた最終試験をクリアし、来年度に実施予定の太陽フレア観測に向けた準備を完了した。また、ペイロード全体としての最終調整作業も完了し、ミッション側から公式に打ち上げ準備が完了したことをアナウンスされた。なお、今回取得した試験データは、X線望遠鏡のアライメント情報を有し、今後観測データ解析で必要となる望遠鏡応答関数の構築に向けた基礎データとして利用していく予定である。

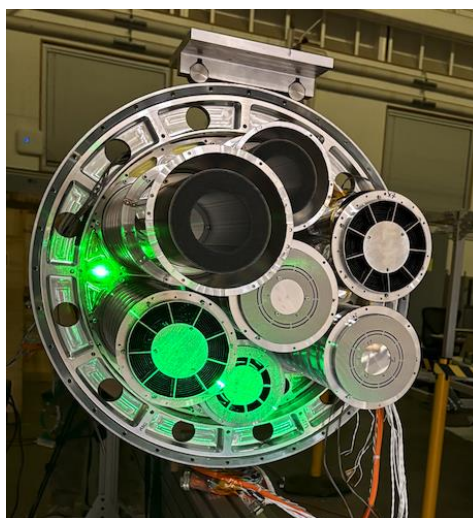


図1：ロケットに取り付けた X線望遠鏡

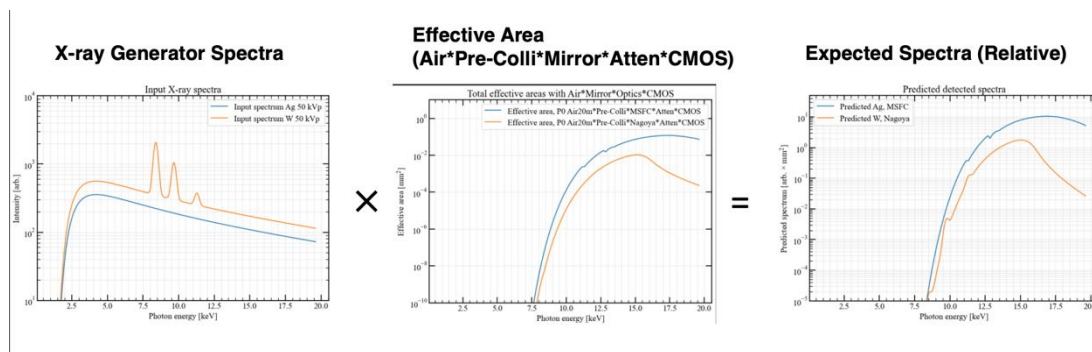


図2：X線照射試験で利用したスペクトルのシミュレーション結果

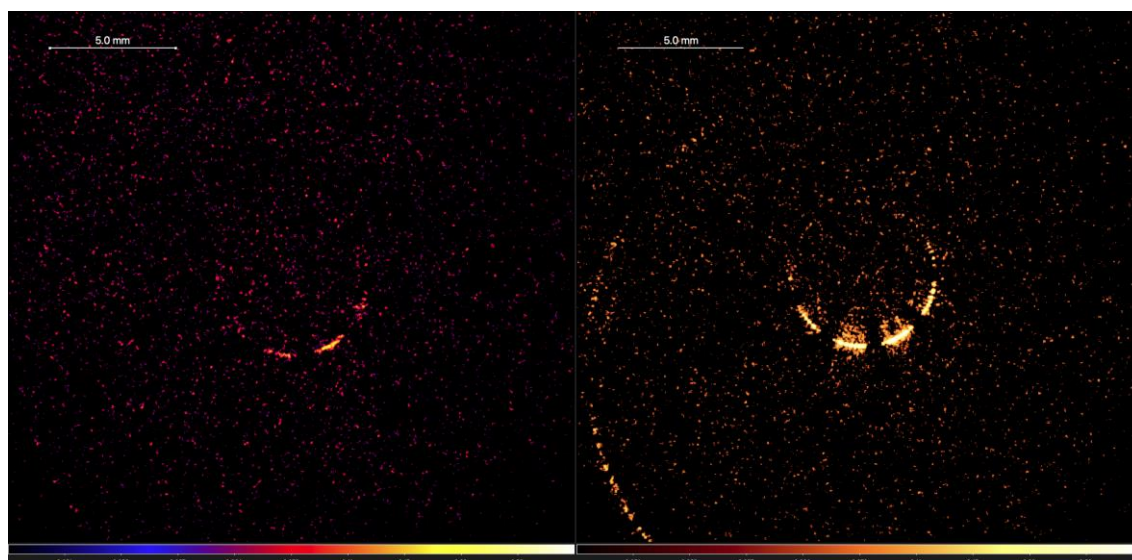


図3：X線照射試験で得られた結像イメージ（左が評価1、右が評価2. で得られたデータ）

(別紙様式13-2)

モンゴル高原・南西部のオルゴイ湖流域における水質観測
Water measurement of Lake Olgoi watershed in the southwestern M
ongolian Plateau

益木悠馬、岐阜大学・連合農学研究科

【研究目的】

近年の温暖化に伴い永久凍土の融解が進行しており、これは温室効果ガスの大気中への放出を通じてさらなる温暖化を促進する正のフィードバックを生じさせるとともに、溶存有機物や各種イオンの流出を引き起こし、水質の悪化（塩分濃度の上昇や富栄養化）を招くことが指摘されている。さらに、近年では永久凍土地帯に分布する湖水や地下水において高濃度のヒ素が検出されており、これらは凍土融解との関連で議論されている（Audry et al., 2011）。これらの濃集が鉱業や製造業の人間活動によって生じたものか、永久凍土の融解で生じた融解水の放出によるものか、良く分かっておらず、その変動要因の解明と将来予測は全球的な喫緊の課題である。本調査で対象とするモンゴル高原においても、西部の湖沼群や南西部のオログ湖などで高濃度のヒ素が報告されている。シベリア永久凍土最南端のモンゴル高原は、過去100年間において世界中の永久凍土域で最も温暖化の進んでいる地域である。以上を踏まえ、本研究では、流域の北から南にかけて連続的永久凍土から孤立的永久凍土へと段階的に移行するモンゴル高原の複数湖沼およびその流域を対象とし、凍土融解が顕著となる夏季における水質観測および試料採取を実施することを目的とする。

【観測実験の実施状況】

2025年5月28日から6月6日にかけてモンゴルに渡航し、エルヘル湖流域で湖水1地点と湧水5地点、ウギ湖流域で湖水1地点と河川水1地点、湧水1地点、オルゴイ湖流域で湖水1地点と河川水3地点、湧水4地点、ブンツァーガン湖流域で湖水1地点と河川水3地点、湧水2地点、フタグ湖流域で湖水1地点と湧水1地点の計25か所で水質観測と試料採取を行った。水質観測（pH、酸化還元電位：ORP、電気伝導度：EC、水温、クロロフィル量）と水試料採取（陽・陰イオン分析、水と硫酸イオンの安定同位体比分析）、懸濁物試料採取（重金属含有量分析）、湖底堆積物採取を行った。水質測定は各ハンディ測定器を用いて行い、水試料はシリンジとフィルターユニットによりろ過した水をPP瓶に移し、陽イオン分析試料には硝酸を添加した。懸濁物については、手動ポンプを接続した吸引ろ過器で水をろ過して採取した。湖底堆積物は、エルヘル湖にてボートで湖中央部まで移動し、重力式コアサンプラーを用いて全長50 cmの2つのコアを採取した。

【結果】

本調査で測定した水質データと採取した水試料の分析データについて、一部を報告する。pHは全体として7.3-9.2の範囲に分布し、平均値は8.16であった。多くの地点で弱アルカリ性を示し、湖水において高いpH（最大9.20）が観測された。ECは、多くの地点で1 mS/cm以下であったが、湖水から高い値が検出された。硫酸イオン濃度も同様に湖水で高く、エルヘル湖では17800 mg/L、フタグ湖では6054 mg/Lに達した。水の酸素安定同位体比が湖水では-4‰前後と高く、地下水および河川水では-11~-12‰と低い値を示した。これらの結果は、湖水において強い蒸発濃縮が進行していることを示すとともに、流域スケールでの溶質供給および濃縮過程の影響が顕著であることを示していると考えられる。

ヒ素濃度は、多くの地下水および河川水では検出限界付近であった一方で、一部の湖水では高濃度が確認された。特に、オルゴイ湖では、1.59 mg/Lと極めて高い値を示し、オルゴイ湖流域の湧水の1つと、ブンツァーガン湖とフタグ湖からWHO基準の0.01mg/L以上のヒ素が検出された。また、ヒ素濃度は、蒸発の影響を受けて高い値を示したECや硫酸イオン濃度と関係を持たないため、ヒ素は単純な蒸発濃縮によって制御されていないことが明らかとなった。堆積物試料と懸濁物試料は、植物防疫法を遵守して輸入した後、分析を行う予定である。今回得られたデータと分析試料は、自身が行っている研究で必要不可欠なものであり、本調査の目的は十分に達成できた。

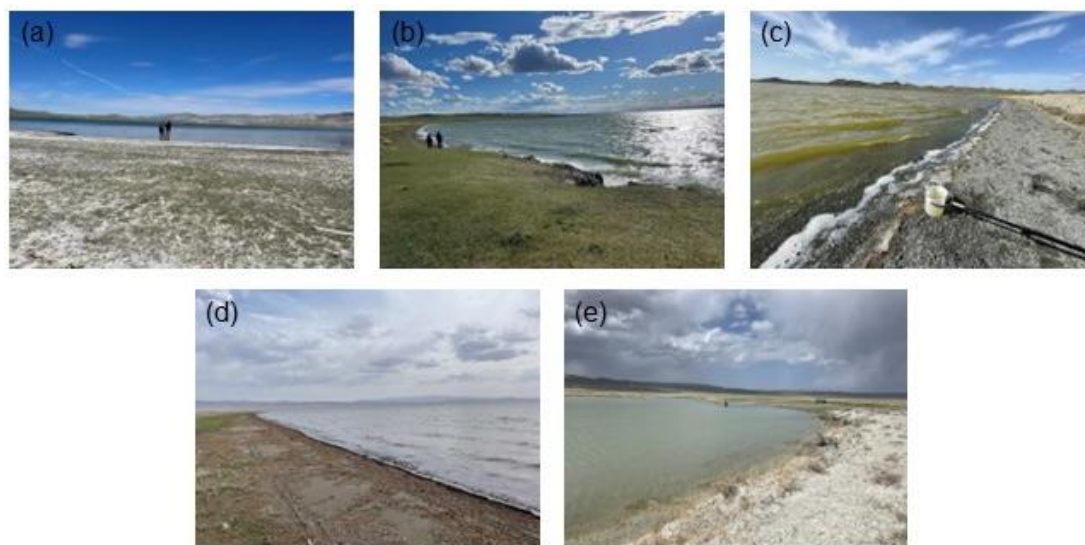


図 1. 本調査で対象とした湖：(a) エルヘル湖、(b) ウギ湖、(c) オルゴイ湖、(d) ブンツァーガン湖、(e) フタグ湖

【引用文献】

1. Audry, S., Pokrovsky, O.S., Shirokova, L.S., Kirpotin, S.N., Dupré, B., 2011. Organic matter mineralization and trace element post-depositional redistribution in Western Siberia the rmokarst lake sediments. *Biogeosciences* 8, 3341–3358.

【成果発表】

1. 益木 悠馬, 長瀬 美羽, Davaadrji Davaasuren, 板山 由依, 南 雅代, 由水 千景, 陀安 一郎, 勝田 長貴、湖底堆積物の安定同位体組成に基づくモンゴル南西部・オルゴイ湖のヒ素の堆積過程と古環境変動、第15回同位体環境学シンポジウム、総合地球環境学研究所、2025年12月19日
2. 高野 真子, ダヴァスレン ダヴァドルジ, 益木 悠馬, 長瀬 美羽, 香川 雅子, 中川 麻悠子, 藪崎 志穂, 由水 千景, 陀安 一郎, 勝田 長貴、モンゴル高原南西部オルゴイ盆地とブンツァーガン湖流域のマルチ同位体研究、第15回同位体環境学シンポジウム、総合地球環境学研究所、2025年12月19日