

令和 6 年度廣川研究助成事業報告： 海底下生命圏における重金属動態解明のための国際共同研究に向けたロサンゼルス南カリフォルニア大学での予備実験と事前協議

宮嶋 佑典¹

1. はじめに

令和 6 年度廣川研究助成事業の支援を受けて、2024 年 12 月 2 日～13 日にかけてアメリカのロサンゼルス南カリフォルニア大学に滞在し、海底下深部間隙水の重金属同位体比分析のための予備実験と、共同研究に向けた事前協議を行った。

2. 滞在の目的と滞在先

今回筆者が滞在したのは、南カリフォルニア大学の Seth John 教授の研究室である。John 研究室は、海洋における微量元素、特に鉄やニッケル、銅をはじめとした生体必須金属の生物地球化学的循環過程の解明において世界をリードしてきた (Conway and John, 2014; John *et al.*, 2022; Bian *et al.*, 2024a など)。海水に溶存する重金属は、ナトリウムやカルシウムのような主要元素に対して非常に微量であり、その精確な分析のためには多量の海水試料の中から主要元素を除去しつつ目的金属を抽出・濃縮する技術が必要不可欠である。John 研究室は、海水や堆積物間隙水に含まれる微量元素の濃度と同位体組成の高精度分析、そしてコンピューターによる物質循環モデル計算を主力としている。

筆者は、海底下深部環境 (海底下生命圏) における微生物活動の制御因子の 1 つとして、生体必須金属、特にメタン生成菌などの活動に必要なニッケルの動態に興味を持っている。海底下生命圏における金属動態を知るためには、海底下深部を掘削して採取されたコア堆積物の間隙水に含まれる微量元素の濃度や同位体比を調べるのが有用である。筆者はこの目的を達成するうえで、John 研究室の持つ技術を応用できると考え、今回の助成事業を利用して共同研究のための事前協議の機会を設けた。また、すでに筆者らが

産総研で保有する海底下堆積物間隙水試料を用いて、実際に予備実験を行うことも John 教授に快諾していただいた。

南カリフォルニア大学は、ロサンゼルス国際空港から車でおよそ 30 分 (高速道路経由) とアクセスしやすい立地にある。近隣にはカリフォルニア・サイエンスセンターやロサンゼルス自然史博物館があり、大学からは遠方にハリウッドサインを望むことができる。同大学は映画学科が世界的に有名な名門私立大学であり、あのスター・ウォーズシリーズのジョージ・ルーカス監督らを輩出した。カリフォルニアらしい開放的な敷地の中にレンガ外壁の古風な建築物が並ぶ景観が印象的だった (第 1 図)。滞在期間中に筆者が宿泊した USC Hotel は、大学の目と鼻の先にある大学経営のホテルで、今回のような学術目的の短期間滞在中には非常に便利かつ快適であった。大学にはアジア圏からの留学生も多く、研究室には日本の演劇が好きな学生や、日本人の親を持つ学生もおり親しみやすい雰囲気があった。

3. 予備実験

筆者は調査航海で採取された堆積物間隙水試料を持参し、John 研究室の手法を用いてニッケルの抽出・濃縮と分析までの一連の実験を経験させていただいた。具体的な実験手順は、①間隙水試料の酸処理による有機物除去、②キレート樹脂を用いた金属元素の抽出および濃縮、③陰イオン交換樹脂を用いたニッケルイオンの分離、④キレート樹脂による最終精製、そして⑤ ICP 質量分析計による安定同位体比分析であった (Bian *et al.*, 2024b)。実験は同研究室が所有するクリーンルーム内にて行った。微量元素を取り扱うクリーンルーム内の作業には、防塵服の着用や実験器具の酸洗浄方法など、コンタミネーションを防ぐための細かなルールが研究室ごとに存在する。John 研究室のモットーは “Make everything as simple as possible” とのこと

¹ 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

キーワード：廣川研究助成事業、生体金属、ニッケル安定同位体、ロサンゼルス、アメリカ



第1図 南カリフォルニア大学キャンパス内の建物の1つ(図書館)。

で、クリーンな作業スペースを確保したうえで酸洗浄は必要最低限にし、実験手順もシンプルにするなど、失敗しにくく実験をスムーズに進めるための工夫がなされているのが印象的で、非常に参考になった。研究室では同様な実験をルーチン的に行っており、ポスドク研究員の Xiaopeng Bian 博士や Shun-Chung Yang 博士、ラボテクニシヤンの Adam Ross 氏の協力でスムーズに実験が進み、一週間のうちに分析結果を出すことができた。滞在を通して実際の実験手順や作業時間、必要な器具類や試薬を目で見て確認できたことで、今後産総研でも実験系を確立するうえで有益な情報が多く得られた。

4. 研究発表および事前協議

予備実験の後、研究室の定例ミーティングの場で筆者の研究発表の場を設けていただくことができた。筆者が現在科研費を取得して実施している、メタン生成菌のニッケル同位体分別に関する研究の内容と、今回の予備実験の結果を踏まえた今後の研究展望について発表した。筆者の発表内容や John 研究室での最新の研究成果を踏まえ、生体内や間隙水中での金属元素の同位体分別過程について有益な議論を行うことができた。また、引き続き間隙水試料を用いた共同研究を進めることについても快諾いただいた。

5. 業務外のこと

John 研究室はつい最近引っ越しを終えたばかりらしく、筆者も参加して研究室メンバー全員でミーティングスパー

スの整備(ホワイトボードやプロジェクターの設置など)を行った。また、滞在中に毎年恒例の地球科学科内クッキーコンテストが開催された。これは有志メンバーが持ち寄った手作りのクッキーを食べ比べ、味とデザイン性の観点から審査し、投票でランク付けするものだった。

業務時間外に、大学近隣のカリフォルニア・サイエンスセンターやロサンゼルス自然史博物館を見学する機会があった(第2図)。カリフォルニア・サイエンスセンターでは、目玉であるスペースシャトル(ディスカバリー号)が工事中につき観覧できなかったが、実際に宇宙ステーションへ物資を運搬していた宇宙船やロケット、宇宙のトイレ事情などに関する展示、地球の様々な生態系に関する展示がすべて無料で開放されていた。自然史博物館は、恐竜の展示に特に注力しており、実際に古生物学者がどのような視点で化石に注目し、研究を進めているのかがわかる解説がたいへん興味深かった。先述の研究発表の夜には、研究室メンバーがハリウッド観光へ連れ出してくれるという思わぬご褒美があり、有名な映画俳優や監督、ミュージシャンの名や手形・足形が刻まれた歩道と広場を見て回ることができた。

6. 滞在後の展望

今回筆者が持参した間隙水試料は、海底下数十メートルないしそれ以深で採取されたものである。滞在先研究室のメンバーもそのような海底下深部の試料は扱ったことがなく、同様な試料の生体金属同位体比に関する論文もこれまで出版されていないことから、今回の予備実験ではおそら



第2図 ロサンゼルス自然史博物館の外観。

く世界初のデータを得ることができたと考えている。詳細は、今後さらに間隙水試料を用いて共同研究を進め、論文の形で発表したい。今後の実験にあたっては、今回滞在した John 研究室での実験手法を参考に、産総研でも間隙水試料からの金属抽出と濃縮、精製を行う体制を整備し、同研究室の力を借りながら同位体比の分析を進めていく予定である。

謝辞：今回の滞在を通して、実際に教授をはじめ研究室メンバーと直接顔合わせができたことは、今後国際共同研究を進めるうえでとても意義のあるものでした。また海外の実験室で実験することには、細かいノウハウや作法、設備をはじめ、多くの刺激的な学びと発見がありました。このような滞在の機会を与えてくださった地質調査総合センターの廣川研究助成事業および関係者の皆様に深く感謝いたします。また、研究室訪問と予備実験を受け入れてくださった南カリフォルニア大学の Seth John 教授および研究室メンバーには、研究面や生活・観光面でたいへんお世話になりました。筆者が帰国した直後の 2025 年 1 月、ロサンゼルスでは大規模な山火事が発生し、ハリウッドのような主要都市でも家屋が焼失するなどの被害が報道されました。研究室メンバーからは、山火事の直接の被害はないものの、煤による大気汚染に困っているとお聞きしています。研究室メンバーの無事と、被害を受けた方々が少しでも早く支援を受け、通常の生活に復帰できることを心よりお祈り申し上げます。

文 献

- Bian, X., Yang, S.-C., Raad, R. J., Hawco, N. J., Sakowski, J., Huang, K.-F., Kong, K. P., Conway, T. M. and John, S. G. (2024a) A rapid procedure for isotopic purification of copper and nickel from seawater using an automated chromatography system. *Analytica Chimica Acta*, **1312**, 342753.
- Bian, X., Yang, S.-C., Raad, R. J., Lunstrum, A. M., Dong, S., Meng, H., Kemnitz, N., Rollins, N. E., Cetiner, J. E. P., Pavia, F. J., Hammond, D. E., Adkins, J. F., Berelson, W. M. and John, S. G. (2024b) A benthic source of isotopically heavy Ni from continental margins and implications for global ocean Ni isotope mass balance. *Earth and Planetary Science Letters*, **645**, 118951.
- Conway, T. M. and John, S. G. (2014) Quantification of dissolved iron sources to the North Atlantic Ocean. *Nature*, **511**, 212–215.
- John, S. G., Kelly, R. L., Bian, X., Fu, F., Smith, M. I., Lanning, N. T., Liang, H., Pasquier, B., Seelen, E. A., Holzer, M., Wasylenki, L., Conway, T. M., Fitzsimmons, J. N., Hutchins, D. A. and Yang, S.-C. (2022) The biogeochemical balance of oceanic nickel cycling. *Nature Geoscience*, **15**, 906–912.

MIYAJIMA Yusuke (2025) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2024 fiscal year: Preliminary experiments and discussions for collaborative research on the heavy metal behavior in the deep seafloor biosphere at the University of Southern California, Los Angeles.

(受付：2025 年 2 月 17 日)