

令和 3 年 2 月 4 日

海外特別研究員最終報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長 殿

採用年度 2019

受付番号 201960090

氏名 木田 森丸

(氏名は必ず自署すること)

海外特別研究員としての派遣期間を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。

なお、下記及び別紙記載の内容については相違ありません。

記

1. 用務地 (派遣先国名) 用務地: オルデンプルク (国名: ドイツ)
2. 研究課題名 (和文) ※研究課題名は申請時のものと変わらないように記載すること。
微生物由来溶存有機物の化学的多様性の解明
3. 派遣期間 平成・令和 31 年 4 月 1 日 ~ 令和 3 年 1 月 31 日
4. 受入機関名及び部局名
受入機関名: オルデンプルク大学 (University of Oldenburg)
部局名: Institute for Chemistry and Biology of the Marine Environment (ICBM)

5. 所期の目的の遂行状況及び成果…書式任意 **書式任意 (A4 判相当 3 ページ以上、英語で記入可)**

(研究・調査実施状況及びその成果の発表・関係学会への参加状況等)

(注)「6. 研究発表」以降については様式 10-別紙 1~4 に記入の上、併せて提出すること。

○研究・調査実施状況

本研究の目的は「南極湖沼の微生物由来溶存有機物 (Dissolved Organic Matter, DOM) を分子レベルで分析し、微生物由来 DOM の化学的多様性 (Chemodiversity) を明らかにすること、およびどういった環境要因がどのように化学構造特性に影響するのかを明らかにすること」であった。

これを達成するため、DOM の分子レベルの化学構造特性解析には核磁気共鳴分析 (1H NMR) および超高分解能フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析 (FT-ICR MS : 派遣先指導者が保有) を用いる計画であった。NMR 分析については、元所属研究機関である神戸大学で渡航までに分析を終了させることができなかつた場合は派遣先において NMR 分析を継続する、としていた。結果としては全試料の分析を渡航前に終えることができた。派遣先の研究室において、より高い能力を持つ NMR 装置 (600 MHz・クライオプローブ) を今年中に導入予定であったが、派遣期間中に導入は間に合わず、より高分解能での分析はおこなえなかつた。

FT-ICR MS については、「派遣後の最初の半年は、FT-ICR MS 分析に向けた DOM 試料の精製方法を確立し、分析に向けた準備を完了させる。・・・まずは必要液量が少なく何度もやり直しができる濃い試料を使って、FT-ICR MS 分析に習熟する必要がある。1年目の目標は NMR 分析の終了と FT-ICR MS 分析の事前準備の終了、測定スキルの習得、測定の開始とする。」としていた。結果としては、計画を大幅に超え、NMR 分析・DOM 試料の精製・FT-ICR MS 分析を全て 1年目に完了させることができた。これは、渡航前に想定していたよりも実験環境が整っていたからである。受け入れ教授自体は多忙のためミーティングを頻繁におこなうことはできないが、ラボのシニアサイエンティストが研究室の実際的な取りまとめをおこなっており、彼女と話し合いを重ねることでスムーズな実験計画を立てることができた。ラボのテクニカルスタッフが丁寧に実験指導してくれたお蔭で大きなミスを犯すことがなかつた。固相抽出操作には元々習熟していたため、希薄・少量の試料でも問題なく処理することができた。FT-ICR MS 分析にオートサンプラーが導入されたことでサンプル処理速度が飛躍的に向上した。これらの要因が重なり実験はスムーズに運んだ。また、FT-ICR MS は使用者が多く、分析に数か月待ちが普通の状態だったが、マシンタイムに空きを見つけて測定をすることができたことも幸運であった。計画では「FT-ICR MS 分析は、分析条件によっては 1 試料あたりの時間とコストがかかる。全てのサンプルを分析するか、特徴的なサンプルを選抜して分析する必要があるかは 2年目の 5月を目途に決定する。」としていたが、結果的には全サンプルの FT-ICR MS 測定をおこなうことができた。

さらに研究環境を向上させる大きな契機があった。FT-ICR MS 分析により得られるデータは膨大であり、通常はその生データを処理・解析して二次データとして利用できる形

にすることにもっとも時間と労力、そして知識が必要とされる。エクセルとマクロでのマンパワーでの解析が通常であり、困難が予想されていた。しかし、折しもデータ解析をスムーズに進めるためのウェブベースのシステムがラボメンバーにより開発された。このシステムがちょうど自身のサンプル測定の終了後に使えるようになったため、それを使用することでデータ解析の精度・効率を飛躍的に高めることができた。

FT-ICR MS 測定により得られたサンプル特性と環境要因との関連性の解析には高度な統計解析手法を用いるのが通常である。統計解析には統計解析ソフト「R」を用いた。派遣開始前には R の知識はほぼ無かったが、派遣先で多用されていたお蔭で多くを学ぶことができた。また、多変量解析の知識も派遣前には正直不足していたが、2年弱の派遣期間中に勉強を進めたかきがあり、筆頭著者として FT-ICR MS のデータ解析に用いられる多変量解析手法についての総説を研究室メンバーと執筆するまでに成長できた（現在草稿作成中）。統計手法自体は FT-ICR MS データに限らず他の分析データにも応用できるため、今後の研究において大きな武器を獲得することができた。

さらに、FT-ICR MS を含む環境データ全般に共通するデータ特性（相対性・合計制限）を数学的に適切に処理できる compositional data analysis (CoDa) というデータ解析手法を学ぶことができた。これは派遣先研究室外の研究者（スペイン）との共同研究によるものであり、当初の計画には含まれていなかった。ヨーロッパの地の利を利用した共同研究であり、海外学振による派遣が無ければ始まることもなかったプロジェクトだと考えられ、派遣テーマのデータ解析において有用である。

以上より、派遣テーマの達成状況は極めて順調であり、目標は 100%以上達成できたと言える。

○成果の発表・関係学会への参加状況

派遣期間中に 8 本の論文を国際誌に発表することができた。渡航前に投稿・査読の過程を踏まえたうえで派遣開始後のタイミングで受理されたものもあるが、そういった論文についても受け入れ教授に改定内容について相談し、アドバイスをもらえたものもある。コロナ禍で自由な研究活動がままならず、学会参加は 1 件のみであったが、総じて実りのある派遣期間であった。

特にそのうちの 1 本については申請テーマと直接の関係のあるテーマであり、現在執筆中の論文の大きな足掛かりとなるものである。採択された雑誌も分野トップの専門誌であり（Water Research; Impact factor 9.130）、成果の発信という意味でも本研究テーマの進捗は上々である。

採用テーマについては 2 本の論文としてまとめる方向で計画していた。うち 1 本については投稿・査読済みであり、現在改定作業中である。2 本目のメインの論文は最適なデータ解析方法とストーリーの構築を模索しており、まだ執筆の初期段階である。さら

に、上でも述べたが、当初の計画には含まれていなかった FT-ICR MS のデータ解析に用いられる多変量解析手法についての総説を執筆中であり、限られた派遣期間に対して十分なアウトプットが達成できそうである。

学会については、渡航後 10 か月目となる 2020 年 1 月にイギリスで開催された学会に参加し、テーマの進捗状況を発表することができた。参加人数 50 人程度の小規模な学会だったが、分野で著名な研究者が多く集う、とても有意義な学会だった。兼ねてより会いたかった研究者と会って発表内容について議論することができた。

最後に、COVID-19 の蔓延はドイツでも極めて深刻な問題であった。大都市ではないここオルデンプルクでもその影響は受けており、2020 年 3 月 20 日から 7 月半ばまで大学は封鎖され、その後も極めて限定的な運用体制のまま終わってしまった。国全体としても不要不急の外出禁止措置が取られ、日常生活にも大きな支障が出た。最低限必要な実験は全て終了し、自宅でのデスクワークを続けられることは幸運であったが、コロナが無ければさらなる研究の機会があっただろうと悔やまれる。