

(別紙様式10)

2021年度 北極域研究共同推進拠点 共同研究等報告書

【申請区分】: 萌芽の異分野連携共同研究 共同推進研究
 産学官連携フュージビリティ・スタディ
 共同研究集会 産学官連携課題設定集会

【研究課題名】: 北極域における現場化学計測手法の追求－鉄の測定装置の小型化と機能性の向上－

【研究期間】: 2021 年度

【共同研究員】

共同研究員	氏名	所属・職名	専門分野	区分
研究代表者 (拠点内外) (注2)	漢那直也	東京大学大気海洋研究所・ 助教	化学海洋学	
研究分担者 (拠点外) (注2)	小畑元	東京大学大気海洋研究所・ 教授	海洋地球化学	
研究分担者 (拠点内) (注2)	野村大樹	北海道大学北方圏フィール ド科学センター・准教授	氷海化学	
研究協力者 (注2) (注3)				

(注2) 拠点内外については、募集要項別添の北極域研究共同推進拠点を形成する3研究施設の研究者リストをご覧ください。

(注3) 計画申請書に含まれていなかった方でも結果的に本共同研究に参画された方(招へい者等)が居られれば、研究協力者として記述して下さい。

【研究の内容】

(1) 概要を400字以内(文字のみ)で記載してください。

北極海、寒冷海域に分布する海氷は、海洋で不足しがちな微量元素:鉄を豊富に含み、融解期に鉄を放出することで植物プランクトンの生育に影響を与えている。鉄の還元種「Fe(II)」は、海水中に溶けやすく、植物プランクトンに取り込まれやすいため重要な形態である。一方で、Fe(II)は化学的に極めて不安定で、海水中での寿命は数分程度と短い。そのため、Fe(II)の挙動を解明するには、海水の採取と同時に現場で測定することが不可欠である。しかし海氷域では、厳しい気候条

件での野外観測、現場計測が制約となり、Fe(II)はほとんど測定されていなかった。そこで本研究では、Fe(II)を北極の海氷域で定量的に評価するために、Fe(II)の分析計を新たに製作した。また北極海表層のFe(II)の定量分析を行った。

(2) 図表や写真も交えて、研究の内容や成果等を 2000 字程度でまとめてください。

研究代表者らは、これまで Fe(II)測定法の検討を室内実験室で行ってきた(漢那&小畑, 2020 年度日本海洋学会秋季大会)。しかし、現場の海氷上で Fe(II)を測定するにあたり、従来の測定システムが大型かつ重量であること、駆動電源に発電機を使用することでサンプルが汚染されることなどいくつか問題があった。そこで本研究では、従来の Fe(II)測定システムについて以下の改良を行った。

1. 測定装置の駆動電源を発電機から乾電池に変更。
2. 測定装置の検出部、制御部および、送液ポンプの小型化。分析用試薬を保存する容器の選定。
3. システム全体をバックパックに格納することで機動性を向上。

改良点1について、従来のシステムは電源に交流 100V を使用していたが、新規のシステムでは直流 12V を採用した。直流 12V は、8 本の単一マンガン電池(図 1 の電池ボックスに格納)から出力されるため、測定装置の駆動電源として発電機は不要になった。

改良点 2 について、企業と連携して測定装置の新規製作に取り組んだ(図 1)。

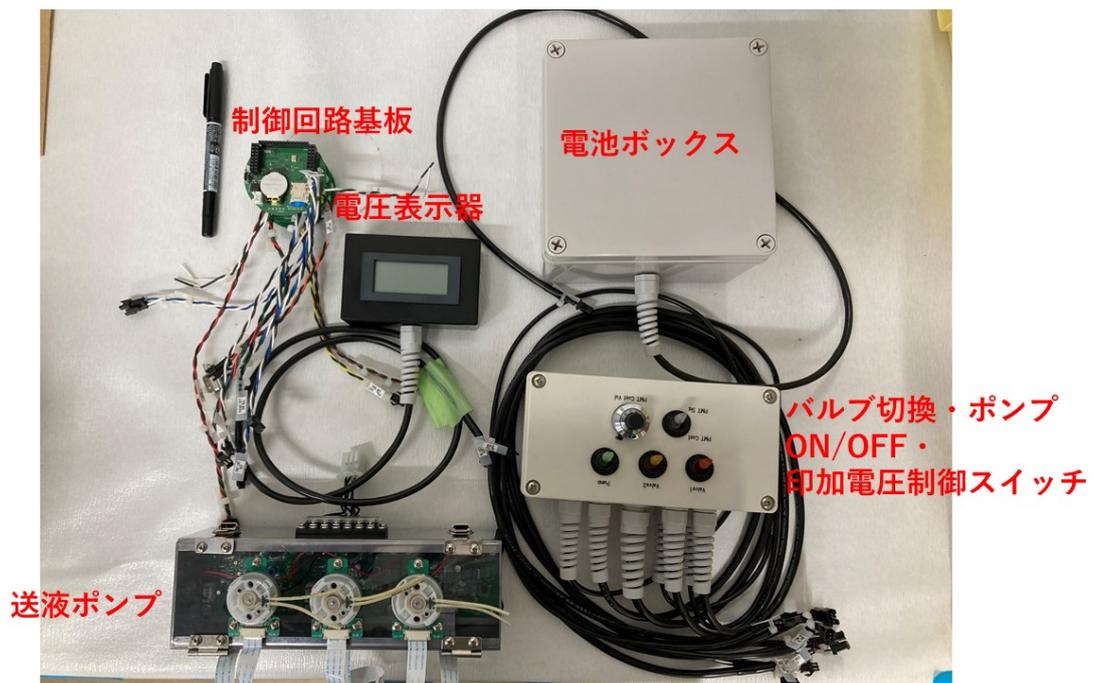


図 1 新規製作した Fe(II)測定システムの全体像。

装置の駆動電源を直流にしたこと、マイコン制御回路基板を可能な限り小さくしたことにより、検出部および制御部を従来のシステムに比べ1/5 ほどに小型化できた。送液ポンプは、直流 12V 駆動の小型ポンプ(A & M社製)を採用し、従来の送液ポンプとほぼ同じパフォーマンスで Fe(II)が測定できることを確認した(図 2)。

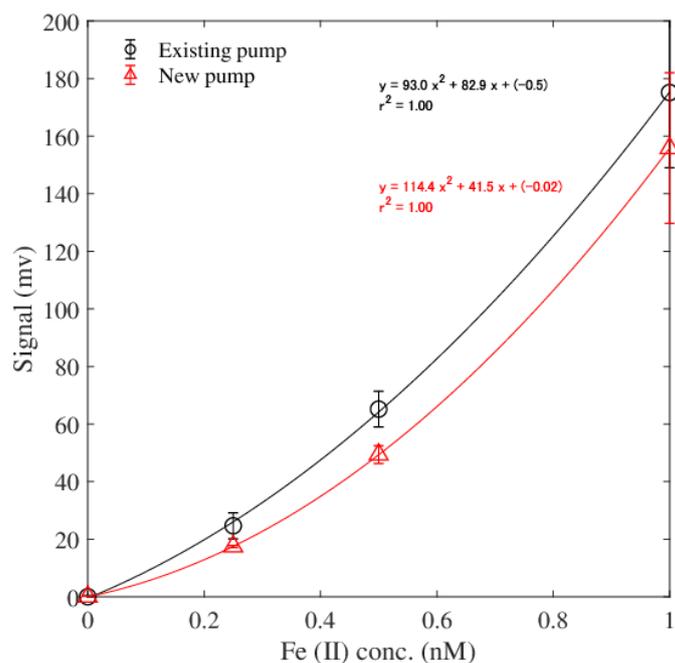


図2 従来の送液ポンプ(○)と新規製作した送液ポンプ(△)によるFe(II)検量線の比較。

また従来のシステムでは、分析試薬を保存するために500 mLプラスチックボトルを使用していた。新規のシステムでは、液漏れ防止とシステム全体の省スペース化を図るために500 mLプラスチックバッグ(GLサイエンス社製)の使用を検討した。プラスチックバッグの使用にあたり、バックからのFe(II)の汚染の有無を確かめた。まず2つのバッグ:①ポリビニルアルコールバック(PVA bag)、②多層ポリエチレンバッグ(PE bag)を用意し、それぞれアルカリ洗剤に1週間、0.05 Mの高純度塩酸に3日間漬け置いたのちに超純水で洗浄した。つぎに洗浄した①、②のバックに超純水を満たして3日間放置したのち、超純水中のFe(II)を測定した。Fe(II)の測定結果を図3に示す。

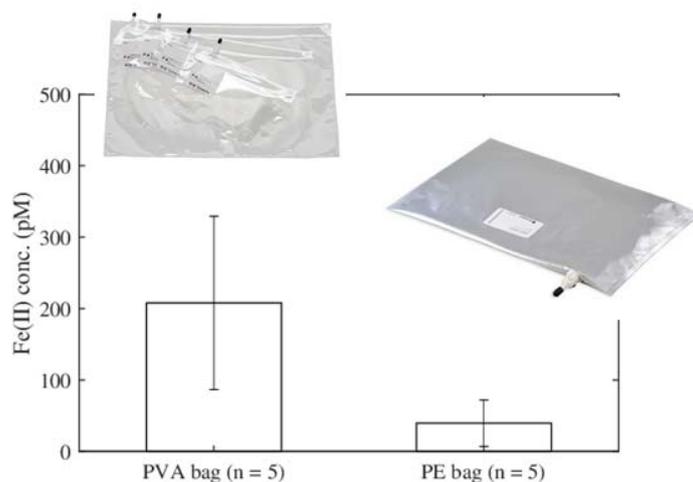


図3 ポリビニルアルコールバック(PVA bag)と多層ポリエチレンバッグ(PE bag)に3日間満たした超純水中のFe(II)濃度の比較。

500 mLプラスチックボトルに満たした超純水のFe(II)測定値は、検出限界以下であった。①の

PVA bag に満たした超純水中では、 210 ± 100 pM の Fe(II)が検出された。一方、②の PE bag に満たした超純水中では、 40 ± 30 pM の Fe(II)が検出され、Fe(II)測定の実検出限界と同程度の値であった。①のバックで Fe(II)測定値が高くなった理由として、次のことが考えられる。Fe(II)測定の原理として、水中の Fe(II)とルミノール試薬の反応により生じる発光の強さを検出している。水中に、Fe(II)とは無関係の光反応生成物があれば、光が検出されてしまう。①の PVA bag は、無色透明で遮光していないため、超純水中で光反応生成物ができ、それに由来する光が検出されてしまった可能性がある。従って、新規のシステムでは、低い Fe(II)バックグラウンド濃度を示した②の PE bag を採用した。

改良点 3 については、小型化した測定装置を全てバックパックに格納することが可能になった。これにより、海氷上の機器輸送や機器セッティングが容易になった。

2021 年 9 月 9 日から 10 月 19 日にかけて、2021 NABOS (Nansen and Amundsen Basins Observational System) Expedition に参加し、北極海で表層水中の Fe(II)の定量分析を行った。なお、本観測では従来のシステムで Fe(II)の測定を行った。酸洗浄済みのプラスチックチューブを船の舷から投入し、ペリスタルティックポンプを用いて水深 10 m から海水サンプルを採取した。海水サンプルは、酸洗浄済みの $0.2\mu\text{m}$ フィルターでろ過を行い、船上で速やかに Fe(II)を測定した。Fe(II)の分析結果を図 4 に示す。

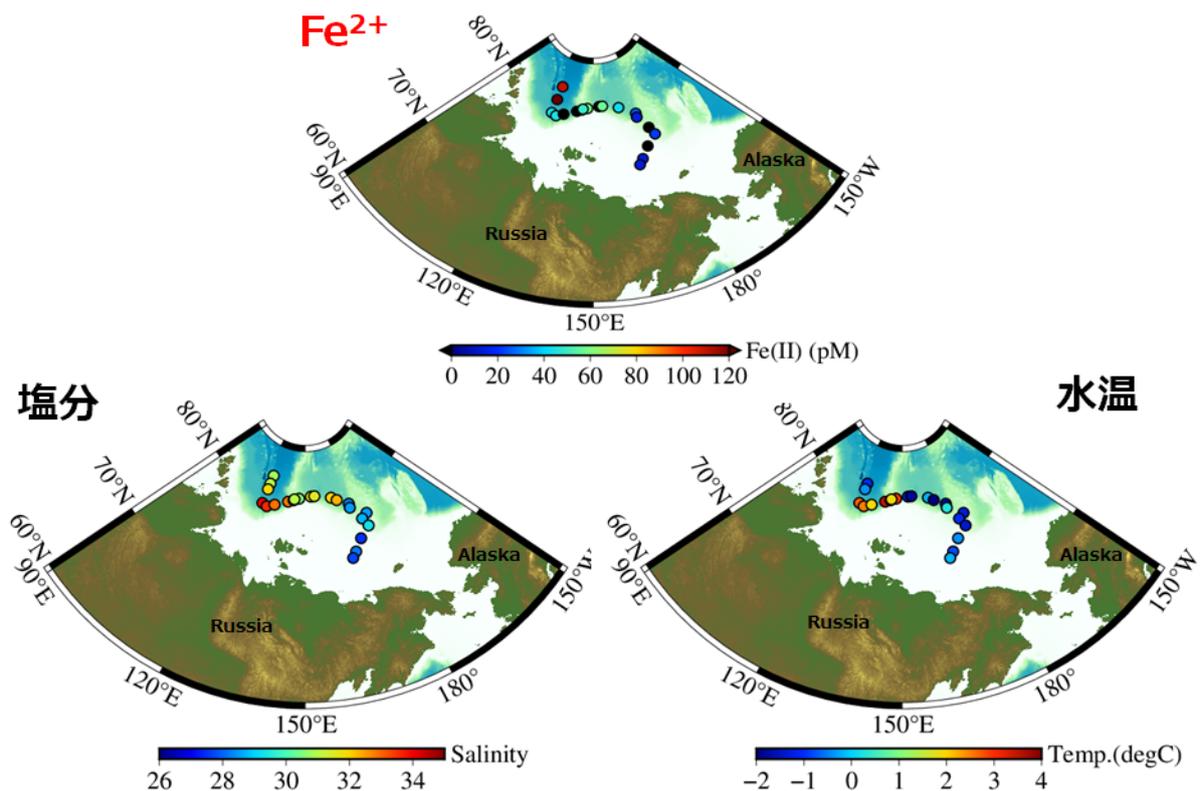


図 4 北極海表層 10 m における Fe(II)濃度、塩分、水温の空間分布

表層水中の Fe(II)濃度は、ほとんどの観測点で 100 pM 以下であった。大陸棚に位置する観測点では、低塩分、低水温の水が分布していたが、Fe(II)濃度との関係は見られなかった。

また NABOS Expedition では、船上観測に加え、船から海氷上に降りて観測を行う機会があった

(図 5)。



図 5 NABOS2021 Expedition での氷上観測の様子

従来の Fe(II)測定システムでは、海氷上の機器輸送や機器セッティングに多大な労力がかかるため、NABOS Expedition では Fe(II)の氷上測定は実現不可であった。軽量で容易に持ち運びができ、乾電池で動く新規の Fe(II)測定システムを用いれば、Fe(II)の氷上測定が可能である。今後は、北極域研究に本測定システムを広く導入し、海氷が物質循環と北極海生態系に果たす役割の理解に貢献したい。

(3) 本共同研究に関する活動・実績等を下表に記入してください。

①研究打合せ、学会参加・集会(注 4)、調査等

(注 4) 研究代表者、共同研究分担者、研究協力者、招へい者によるもの

日程(月 日)	日数 (日)	活動内容	場所	研究代表者、共同研究分担者、研究 協力者、招へい者の参加者名・部署	参加者数 (人)
2021.9.9	41	2021NABOS Expedition Activities in the Arctic Ocean	北 極 海	漢那直也	27
2021.12.8	2	北極域研究に関 する分野横断研 究の発展のため のボトムアップ型 研究集会	函館	漢那直也、野村大樹	30

②研究論文

研究代表者並びに、研究分担者あるいは研究協力者が著者の関連論文がありましたら可能な限り記載ください。

論文が複数ある場合は、そのフォーマットとして論文 1 の分をコピーして記載してください。

論文 1

項目	記入要項	回答
(1)著者名(共著者名含む)、発行年、論文タイトル、掲載誌名、巻・号、ページ数、DOI、出版年月日	<u>Daiki NOMURA</u> , Hiroki IKAWA, Yusuke KAWAGUCHI, <u>Naoya KANNA</u> , Tatsuya KAWAKAMI, Yuichi NOSAKA, Sachi UMEZAWA, Manami TOZAWA, Takahito HORIKAWA, Reishi SAHASHI, Taichi NOSHIRO, Ibuki KABA, Makoto OZAKI, Fumiyoshi KONDO, Keisuke ONO, Itsuka S. YABE, Eun Yae SON, Takahiro TOYODA, Sohiko KAMEYAMA, Changqing WANG, <u>Hajime OBATA</u> , Atsushi OOKI, Hiromichi UENO, and Akihide KASAI (2022), Atmosphere–sea ice–ocean interaction study in Saroma-ko Lagoon, Hokkaido, Japan 2021, Bulletin of Glaciological Research (accepted)	

③研究書等著書

著書名・著者名	出版年月	出版社名

④特許等出願

特許、実用新案、商標

⑤研究発表(資料添付も可)

発表年月日	発表者名(共著者を含む)	発表タイトル	発表学会等名称	発表地	招待講演(○)
2021.12.8	漢那直也(東京大学大気海洋研究所)	海氷域における微量金属研究の取り組み	北極域研究に関する分野横断研究の発展のためのボトムアップ型研究集会	オンライン発表(函館開催)	

⑥国際シンポジウム等(資料添付も可)

参加をした主な国際シンポジウム等		
開催時期(年月)	国際シンポジウム等名称	招待講演/議長の有無

⑦本共同研究に関し実施(主催、共催、後援等)したシンポジウム・集会(注6)等(資料添付も可)
 (注6) 研究代表者、共同研究分担者、研究協力者、招へい者以外を含む参加募集によるもの

開催日	実施地 (国、県、市など)	形態 (注7)	シンポジウム・集会等名称	目的及び概要	対象者 (注7)	参加人数 (海外(注8))

(注7)

形態:シンポジウム、セミナー、公開講座、ワークショップ、その他

対象:一般、地域、学生、研究者

(注8) 海外機関に所属するもの

⑧本拠点共同研究に係る成果が科学研究費などの外部資金の応募(予定を含む)やプロジェクトに発展した例があればご記入ください。

・プロジェクト名 ・代表者・関係者(所属) ・関係研究者 ・予定の場合は、(予定)と記載してください	・プロジェクトの主な財源 ・金額	プロジェクト期間	・プロジェクト概要 (目的・期待効果、規模、参加国等) ・これまでの本共同研究との関連性 (300字程度)

⑨研究成果が一般社会産業界などに還元(応用)された事例や新しい研究分野の開拓や教育活動に反映された事例(資料添付も可)

⑩その他国際研究協力活動事例

事業名	概要	受入人数	派遣人数

⑪学会賞等受賞、アウトリーチ、取材、その他

年月日	所在・出典・新聞名等	受賞者・関係者(所属)	研究課題名・賞名・内容等

記事コピー等を添付してください。

⑫コロナ禍の影響と対策

本共同研究へのコロナ禍の影響と対策(改善・代替策、計画変更、工夫等)、助成金執行率(%)について記述してください。

影響の事象	対策の有無と内容 (計画変更・中止、改善・代替策、工夫等)