

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料
〔令和5（2023）年度 中間評価用〕

令和5年3月31日現在

研究期間	2021～2025
課題番号	21H05056
研究課題名	海洋コンベアベルト終焉部における鉄とケイ素を含めた栄養物質プロパティの形成過程
研究代表者氏名（ローマ字）	西岡 純 (NISHIOKA Jun)
所属研究機関・部局・職	北海道大学・低温科学研究所・教授
研究者番号	90371533

研究の概要：

日本周辺の「海の恵み」である珪藻の増殖を生み出す栄養物質の化学的プロパティを制御する仕組みの解明を目指す。縁辺海を含む北太平洋において生物地球化学と物理パラメータの海洋観測を実施し、データセットを作成、データ解析、モデル研究を推進し、「なぜ西部北太平洋やオホーツク海で珪藻が大増殖するのか?」、「将来温暖化で海の恵みがどのように変化するのか?」を明らかにする。

研究分野：環境動態解析、海洋物理学

キーワード：鉄、ケイ素、化学的プロパティ、北太平洋、珪藻

1. 研究開始当初の背景

日本が面する西部北太平洋は、全海洋の面積の6%を占めるに過ぎないが、全海洋の水産資源の27%を生み出すと見積もられ、生産性が世界で最も高い海域と報告されている(Food and Agriculture Organization: 2014 報告書)。これらの水産資源を支えているのは海洋の基礎生産者である植物プランクトンである。中でも珪藻類の増殖が北太平洋の高い水産資源を支えている。また植物プランクトンは、光合成を行うことでCO₂を有機物に変え、有機物粒子の沈降を介し炭素を海洋の中深層に送り込む。この海洋のCO₂吸収機構は「生物ポンプ」と呼ばれ、特に大型の珪藻類が生物ポンプに果たす役割は大きい。本申請書で取り上げる「海の恵み」とは、水産資源やCO₂の吸収に繋がる植物プランクトン、特に珪藻類の増殖を想定する。この珪藻類の増殖には、その外殻を形成するためのケイ酸塩(Si)が欠かせない。また、珪藻類はその他の藻類に比べて鉄(Fe)の要求量が高い。海洋で珪藻類が優占するためには、如何にSiやFeが、硝酸塩(N)やリン酸塩(P)に対してより多い比(化学的プロパティ)で海洋表層に供給されているのかが極めて重要な鍵となる。北太平洋の「海の恵み」を生み出す化学的プロパティはどのように決まっているのだろうか?

2. 研究の目的

本課題では、①なぜ栄養物質を循環させている北太平洋中層水(NPIW)循環はSiやFeが豊富な水塊になるのか? ②なぜ西部北太平洋やオホーツク海で珪藻が大増殖するのか?について、NPIW循環の栄養物質の化学的プロパティを制御する仕組みを含めて明らかにする。さらに③将来オホーツク海で海水が生成されなくなりNPIW循環が弱化した場合「海の恵み」がどのように変化するのか?を予測する。

3. 研究の方法

- ロシアEEZの縁辺海を含めた北太平洋中層循環域の栄養物質(Fe, Si, N, P)データセットを作成する。
- なぜNPIW循環のSi豊富になるのかを明らかにするために2つの仮説の検証に取り組む(図1)。仮説1は、オホーツク海東部から北部にかけて大陸棚から北太平洋中層循環にSiが取り込まれることを想定し、作成したデータセットおよび新たな堆積物データの解析を行い検証する。仮説2は、ベーリング海西部海盆域に存在する世界一高いSi濃度を持つ深層水からSiがNPIW循環に取り込まれることを想定し、観測研究と数値モデルを用いた研究を実施して検証する。
- オホーツク海大陸棚からNPIW循環にのってFeが高濃度で長距離移送される仕組みを明らかにするため、NPIW内のFeの存在状態を観測から明らかにする。
- 西部北太平洋やオホーツク海で珪藻が大増殖する仕組みを明らかにするため、日本三陸東方沖と南部オホーツク海を対象海域として、中層水から表層に移行する栄養物質フラックス比を把握し、表層の珪藻類の増殖量や生理活性と比較する。
- 温暖化の影響で起こっている海水の減少と中層循環の弱化が、植物プランクトン群集組成や量にどのような影響を与えるのかを数値モデルを用いて予測する。

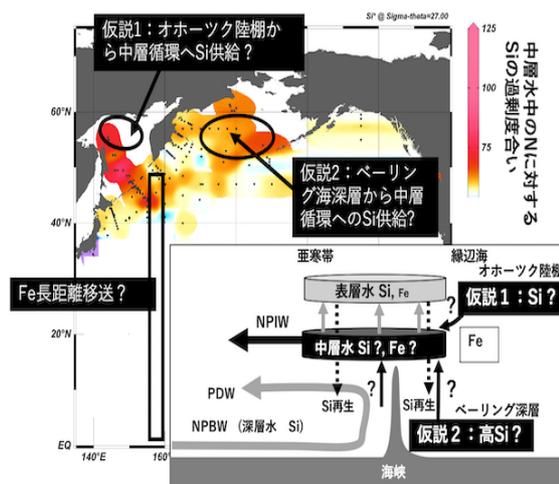


図1 本研究で提示する仮説1および仮説2

4. これまでの成果

- (1) オホーツク海とベーリング海の北方圏縁辺海を含む北太平洋エリアの Fe、Si データを含む栄養物質データセットを作成した。一部グローバルデータセットへの移行も進めた。
- (2) 堆積物コアの間隙水データの解析より、オホーツク海北西部陸棚域から NPIW 上部の密度帯に当たる 26.6-27.0 σ_{θ} 水塊に 6.1×10^{11} mol-Si/yr の Si が付加されていることが明らかになった。
- (3) 海洋中で不安定な溶存 Fe が縁辺海から長距離輸送されるためには腐植様溶存有機物の Fe 配位子やコロイド態としての役割が重要であることが明らかになった (論文 1, 3, 4)。
- (4) 植物色素データと下層から表層への栄養物質のフラックスの解析の結果より、Fe、Si を含む NPIW の栄養物質は亜寒帯ジャイア域と黒潮-親潮移行域で強い乱流混合によって表層に供給され、珪藻の現存量を高めていることを定量的に示すことに成功した。
- (5) 東カムチャツカ海流と西部ベーリング海域の植物プランクトンの増殖は、海洋循環で供給される窒素や、河川などを通じて供給される鉄分などの栄養物質の利用可能性と、水温の影響を受ける微小動物プランクトンの捕食の有無によって決定されることを見出した (論文 2, 5)。
- (6) 中層水に取り込まれ移送される粒子濃度や水塊の化学的プロパティの時間的変動を調べるために、南部オホーツク海クリル海盆斜面に係留系を設置した。

5. 今後の計画

- (1) 本研究で実施する新たな船舶観測のデータを、現時点のデータセットに取り込み拡張していく。また国際 GEOTRACES 計画でまとめられているグローバルデータセットへの移行を進める。
- (2) 南部オホーツク海の集中的な観測を実施し、オホーツク海北部陸棚から中層水によって南部に移送されてくる Si や Fe の物質移送量の季節的変動を含めた定量把握を目指す。
- (3) 北太平洋スケールの海洋生態系モデル (BEC) を海洋モデル (ROMS) に組み込んだ数値モデル (BEC-ROMS モデル) を用いて、NPIW 循環に対する深層水に高濃度で含まれる Si の寄与を検討する。
- (4) R7 年度に白鳳丸ベーリング海航海を実施し、アリューシャン海峡部やベーリング海盆斜面域などの高 Si の深層水が強い乱流混合で上がってくる可能性のあるエリアの集中観測を行い、得られたデータを取り込むことで、データ解析を深化させ、数値モデルを検証する。
- (5) 北太平洋や南部オホーツク海の観測を実施する航海で、生物地球化学パラメータと乱流混合過程の集中観測を実施する。特にオホーツク海クリル海盆域や、磯口ジェットと呼ばれる亜熱帯水が亜寒帯水に入り込んできているエリアで、生物地球化学パラメータと乱流混合過程の集中観測を実施する。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

- [1] Yamashita, Y., J. Nishioka, Dissolved Iron Concentration and the Solubility Inferred by Humic-Like Fluorescent Dissolved Organic Matter in the Intermediate Water in the North Pacific Including the Marginal Seas, *J. Geophys. Res., Ocean*, <https://doi.org/10.1029/2022JG007159>, (2023). 査読有り、プレスリリース
- [2] Liu, K., J. Nishioka, B. Chen, K. Suzuki, S. Cheung, Y. Lu, H. Wu, H. Liu, Role of nutrients and temperature in shaping distinct summer phytoplankton and microzooplankton population dynamics in the western North Pacific and Bering Sea, *Limnol. Oceanogr.*, <https://doi.org/10.1002/lno.12300>, (2023). 査読有り、プレスリリース
- [3] Tazoe, H., H. Obata, T. Hara, M. Inoue, T. Tanaka and J. Nishioka, Vertical profiles of ^{226}Ra and ^{228}Ra concentrations in the western Subarctic Gyre of the Pacific Ocean, *Frontiers in Marine Science*, <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.824862>, (2022). 査読有り
- [4] Wong, K. H., H. Obata, J. Nishioka, Y. Yamashita, Y. Kondo, Subarctic Pacific Intermediate Water: An Oceanic Highway for the Transport of Trace Metals in the North Pacific, *Limnol. Oceanogr. Bulletin*, <https://doi.org/10.1002/lob.10490>, (2022). 査読有り
- [5] Nishioka, J., I. Yasuda, T. Hirawake, T. Nakamura, Y. Kondo, Y. N. Volkov, Biogeochemical and physical linkages between the Arctic Ocean and Sub-Arctic Pacific through marginal seas, *Prog. Oceanogr.* 203, <https://doi.org/10.1016/j.poccean.2022.102768>, (2022). 査読有り
- [6] 小畑 元 2021 年第 36 回海洋化学学術賞
- [7] 深井悠里 2023 年 3 月北海道大学大塚賞 (2023 年 3 月) (分担者 鈴木光次 大学院指導学生)

7. ホームページ等

本研究課題のホームページ : <https://nishioka48.wixsite.com/nishioka/team-4>