

縁辺海から北太平洋に輸送される栄養素

～中層水による輸送中に鉄分の主な形態が変化する事を発見～

ポイント

- ・オホーツク海とベーリング海を含む北太平洋広域における必須栄養素である鉄分の観測を実施。
- ・縁辺海陸棚堆積物に由来する鉄分の形態が、中層水循環による輸送中に変化する事を発見。
- ・気候変動に伴う北太平洋の生態系・物質循環の変化予測に大きく貢献。

概要

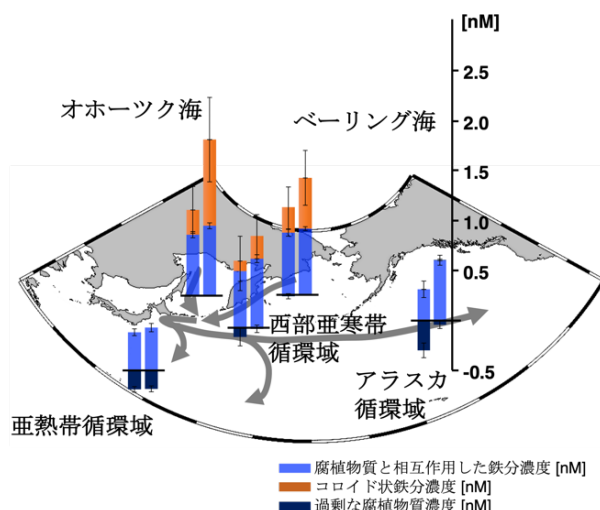
北海道大学大学院地球環境科学研究院の山下洋平准教授と同大学低温科学研究所附属環オホーツク観測研究センターの西岡 純教授は、オホーツク海とベーリング海の陸棚堆積物に由来する鉄分の主な形態が、中層水循環*1に伴い北太平洋へと長距離輸送される間に変化する事を解明しました。

鉄分は海洋の光合成生物に必須な栄養素ですが、海水に溶けにくい性質を持ちます。北太平洋の亜寒帯域は鉄分が不足し、光合成生物の増殖が抑制されることが知られていますが、オホーツク海の堆積物から長距離輸送される鉄分がその抑制を緩和させていることが分かってきました。一方、海水に溶けにくい鉄分が、どのように輸送されているのかは不明で、その将来変化の予測は困難でした。

そこで研究グループは、極東ロシア海洋気象学研究所との国際共同観測などを実施して、オホーツク海とベーリング海、北太平洋の広範な海域における鉄分の濃度と鉄分を溶かす機能を有する腐植物質の濃度の分布を世界で初めて同時に観測し、両者の比較から鉄分の形態を評価しました。その結果、堆積物から海水へと移行した直後の鉄分は、粒子状やコロイド状が主な形態であるのに対し、中層水循環により長距離輸送され、亜熱帯循環域やアラスカ循環域に到達した鉄分は腐植物質との相互作用により溶けた状態であることが明らかになりました。

オホーツク海の堆積物から海水へと供給される鉄分の量は、オホーツク海の家氷生成と関係がある事が考えられています。オホーツク海の家氷生成量が減少すると、堆積物から海水へ供給される鉄分の量や形態が変化することが考えられるため、本研究成果は北太平洋への鉄分供給の将来変化を予測する上で重要な知見となります。

なお、本研究成果は、2023年2月22日（水）公開の Journal of Geophysical Research-Biogeosciences 誌にオンライン掲載されました。



中層水循環に伴う鉄分の形態変化。棒グラフは各海域における形態別の鉄分濃度の平均値を示す。左側の棒グラフは上部中層水を、右側の棒グラフは下部中層水を示す。

【背景】

鉄分は全ての生物に必須な栄養素です。海洋生態系の基盤である植物プランクトンにも鉄分は必要で、鉄分が不足することで、その増殖が抑制される海域の存在が知られています。北太平洋の亜寒帯域も鉄分が不足する海域ですが、研究グループはこれまでの研究で、オホーツク海の堆積物から海水へと供給された鉄分が、中層水循環に伴い長距離輸送されることにより、北太平洋の鉄分不足が緩和されていることを明らかにしました（下記【関連するプレスリリース】①参照）。また、腐植物質との相互作用で溶けた鉄分が、オホーツク海の堆積物から北太平洋亜熱帯域へと 4,000km 以上も輸送されることも解明しました（下記【関連するプレスリリース】②参照）。しかし、北太平洋における鉄分の起源としてのベーリング海の役割や、溶けにくい鉄分の形態の変化など長距離輸送されるメカニズムの詳細は依然不明であり、北太平洋における鉄分供給過程の全体像は理解されていませんでした。

そのため研究グループは、これまでの観測エリアを拡大し、オホーツク海、ベーリング海、北太平洋における鉄分と腐植物質の 3次元分布を世界で初めて示し、さらに先行研究で報告されているデータと比較することで、北太平洋における鉄分の供給過程の全体像の把握を試みました。

【研究手法】

本研究には、試料採取から分析に至るまで、汚染が生じない状態で処理をする特殊技術で鉄分と有機物である腐植物質の濃度を求める必要がありました。そこで、研究グループは鉄分も有機物も汚染することなく「クリーン」に海水試料を採取可能な、海洋開発研究機構所属の白鳳丸航海に参加し、北太平洋の観測を行いました（図 1）。北太平洋への鉄分の供給源として重要なオホーツク海やベーリング海の観測は日本の研究グループのみでは実施することが困難であるため、2006年、2014年及び2018年にロシア極東海洋気象研究所との共同で、同研究所所属のクロモフ号とマルタノフスキー号で海水試料を「クリーン」に採取できるように工夫し、観測を行いました（図 1）。

得られた海水試料は船上で濾過などの前処理を行いました。鉄分と腐植物質の濃度は、船上もしくは陸上の研究室において、世界的に見ても高精度・高確度な分光分析法を用いて分析されました。

【研究成果】

本研究で鉄分と腐植物質の濃度を同時に分析することにより、鉄分をコロイド状の鉄分と、腐植物質との相互作用により溶けた鉄分に区別し、それらの海域別分布を世界で初めて示すことが可能となりました（図 2）。その結果、オホーツク海やベーリング海、それらと直接繋がっている西部亜寒帯循環域においては、コロイド状鉄分と、腐植物質と相互作用した鉄分の両方が存在するのに対し、亜熱帯循環域やアラスカ循環域にはコロイド状鉄分がほとんど存在しないことが明らかになりました。オホーツク海とベーリング海を比較した結果、両縁辺海とも北太平洋への鉄分の起源となり得ますが、その供給メカニズムや輸送量はそれぞれで異なることを示唆しました。

さらに、先行研究と研究グループのオホーツク海やベーリング海の陸棚域での観測結果を統合して解析した結果、縁辺海堆積物から海水へ移行する鉄分は、サイズの大きな粒子状鉄分やコロイド状鉄分が優先し、その後、中層水循環による輸送過程で、サイズの大きな鉄分は沈降粒子への吸着などにより海水から除去され、鉄分の平均サイズは徐々に小さくなり、腐植物質と相互作用した鉄分のみ遠くまで輸送されていることを示唆しました（p.1 図）。

【今後への期待】

本研究により、オホーツク海及びベーリング海堆積物から供給される鉄分は、その供給メカニズム

は異なるものの、中層水循環に伴い長距離輸送される間に、両者ともその平均サイズが小さくなるなど、形態の変化を伴うことを示唆しました。オホーツク海とベーリング海の間で堆積物から海水への鉄分供給メカニズムが異なることは、オホーツク海における海水生成と鉄分供給が密接に関わっていることと関係していると考えられます。近年、オホーツク海の海水生産量の減少に伴う中層水循環の弱体化が観測されており、鉄分の輸送量及びその形態も変化していることが考えられます。「現時点での」北太平洋における鉄分の供給過程の全体像を解明することにより、その将来変動ひいては生態系に及ぼす影響の変化の予測が可能になることが期待されます。

【関連するプレスリリース】

- ① 北海道大学・東京大学・長崎大学共同プレスリリース「海洋コンベアベルトの終着点における栄養物質循環の解明—縁辺海が海を混ぜ、栄養分を湧き上がらせる—」

発表日：2020年5月26日

URL：https://www.hokudai.ac.jp/news/pdf/200526_pr.pdf

- ② 北海道大学・東京大学共同プレスリリース「北太平洋の生態系を潤す、鉄分の海洋循環メカニズムを解明～有機物にくっついてオホーツク海から亜熱帯へ、4,000kmの旅～」

発表日：2020年3月11日

URL：https://www.hokudai.ac.jp/news/200311_pr2.pdf

【謝辞】

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究（課題番号 JP18H04910; JP19H04250; JP20K21838; JP21H05056; JP22H05205）及び低温科学研究所共同利用の助成を受けて実施されました。

論文情報

論文名	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（北太平洋と縁辺海における中層水中の鉄分と腐植物質の濃度）
著者名	山下洋平 ¹ 、西岡 純 ² （ ¹ 北海道大学大学院地球環境科学研究院、 ² 北海道大学大学院低温科学研究所附属環オホーツク観測研究センター）
雑誌名	Journal of Geophysical Research-Biogeosciences
DOI	10.1029/2022JG007159
公表日	2023年2月22日（水）（オンライン公開）

お問い合わせ先

北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授 山下洋平（やましたようへい）

T E L 011-706-2349 メール yamashiy@ees.hokudai.ac.jp

U R L <https://pablos.ees.hokudai.ac.jp/yamashita/>

配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目）

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

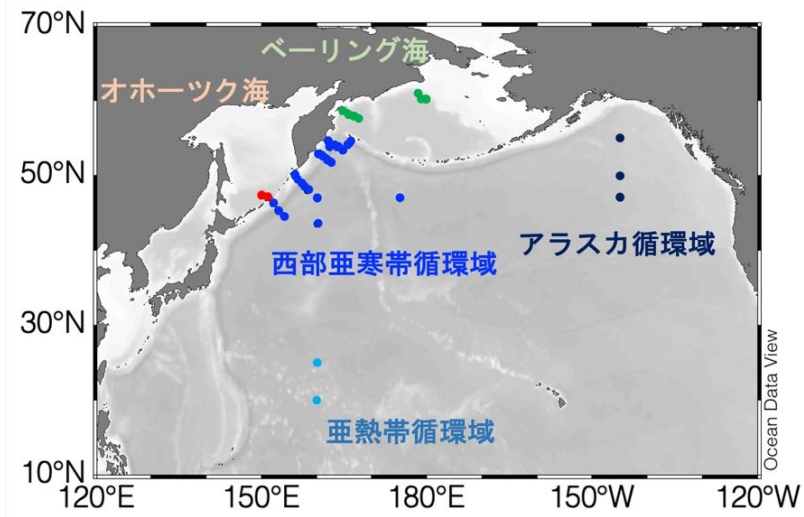


図 1. 本研究の観測点。

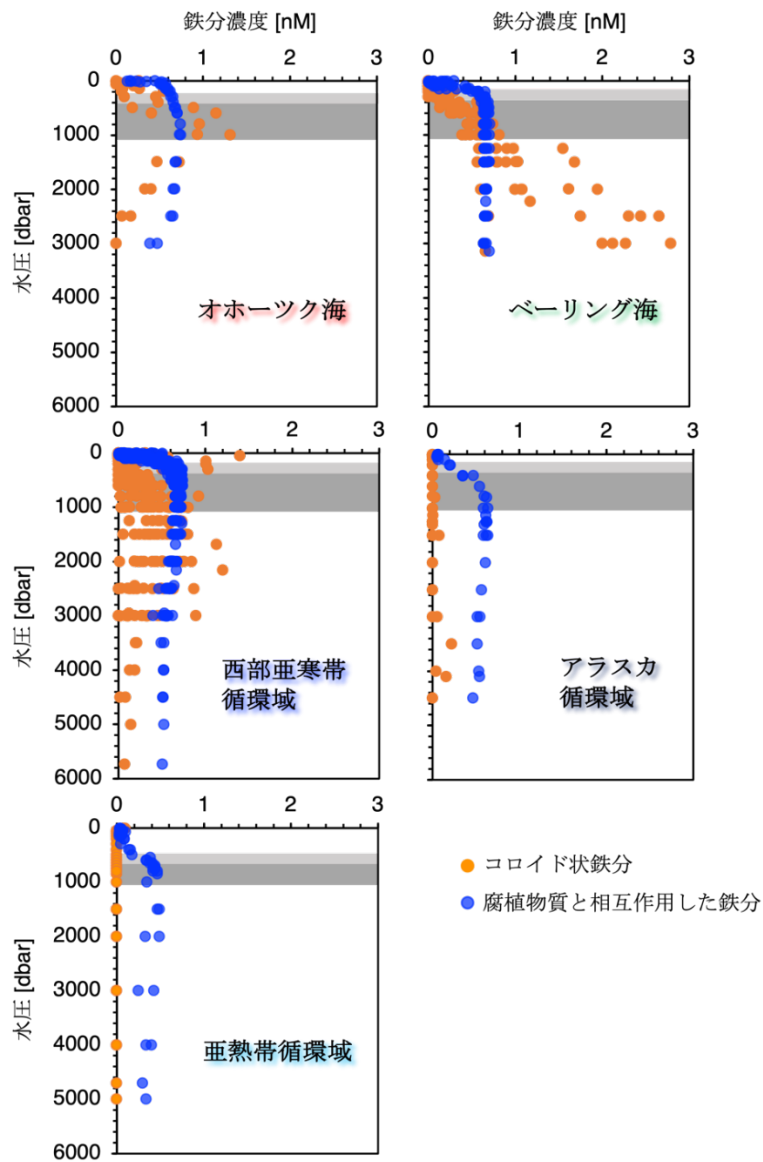


図 2. 各海域における形態別の鉄分濃度の鉛直分布。薄い灰色は上部中層水を、濃い灰色は下部中層水を示す。

【用語解説】

*1 中層水循環 … オホーツク海やベーリング海を源とする中層水が、北太平洋の中層（200～800 m）に広がっていくこと。軽め（上部）の中層水は主にオホーツク海を起源とし、重め（下部）の中層水は主にベーリング海を起源とする。オホーツク海を起点とする中層水循環は北西大陸棚での海氷生成により駆動されている。