

オホーツク海の豊かな生態系を育む流氷の役割を解明

～生物に必要な鉄分を流氷が運ぶ～

ポイント

- ・微量栄養素である鉄分が流氷から海へ放出される仕組みを解明。
- ・流氷から放出された鉄分が植物プランクトンの増殖を促すことを実証。
- ・オホーツク海の水産資源はどのように変わっていくのか、将来予測に繋がるのが期待。

概要

北海道大学北極域研究センターの漢那直也博士研究員と同低温科学研究所の西岡 純准教授らの研究グループは、オホーツクの流氷に含まれる鉄分の量と存在状態、その起源を明らかにし、流氷から放出される鉄分が生物に使われやすいことを証明しました。

流氷は、様々な起源からなる粒子状の鉄分を非常に多く含んでいますが、粒子状の鉄分が海水中に放出された際に、植物プランクトンが鉄分を使えるのかどうかはわかっていませんでした。本研究では、流氷が融けた状態を模擬した培養実験を行い、植物プランクトンが使うことのできる流氷中の鉄分の存在状態を調べました。その結果、植物プランクトンは流氷から放出された粒子状の鉄分を使って増殖することが確認されました。

本研究成果は、「オホーツクの流氷は栄養物質を運び、豊かな生態系を支えている」という従来の認識を科学的見地から裏付けるもので、流氷がオホーツク海の生物生産に果たす役割の理解が進むと期待されます。

本研究は、GRENE 北極気候変動研究事業、科学研究費補助金、キャノン財団、タスマニア大学ツネイチフジイ奨学金、低温科学研究所共同利用の助成を受け、タスマニア大学海洋南極学研究所の研究者らと共同で実施しました。

なお、本研究成果は、2020年3月31日（火）公開の Marine Chemistry 誌に掲載されました。



海上保安庁の巡視船「そうや」から望む流氷到来期のオホーツク海

【背景】

冬に流氷で覆われるオホーツク海 (p.1 図) は、豊富な水産資源を生み出す海として知られています。海の中の生態系の底辺は、小さな植物プランクトンによって支えられています。「オホーツク海の流氷 (海氷) は栄養物質を運び、豊かな生態系を支えている」との認識が一般に普及していますが、これは本当なのでしょうか？本当に世界遺産知床の海に、流氷の恩恵がもたらされているのでしょうか？

オホーツク海では、流氷が融け始める春に、植物プランクトンが大増殖する「春季ブルーム」と呼ばれる現象が起こります。春季ブルームが発生するためには、窒素、リンなどの主要な栄養素や、鉄分などの微量な栄養素が十分に供給される必要があります。しかし、流氷がこれら栄養物質の供給にどのように関わっているのかについては理解されているとはいえません。

研究グループのこれまでの研究により、オホーツク海の流氷には、窒素、リンはほとんど含まれないことがわかっています。一方で、鉄分は海水中の濃度よりも数十から数百倍の高濃度で流氷に含まれることがわかってきました。北西部オホーツク海から南下する流氷は、ひと冬でおよそ 1.2 万トン (大型ダンプカー1,200 台分) の鉄分をオホーツク海の南部へ運び、海の表面へ鉄分を放出していると見積もりました。特に、流氷の中には様々な起源からなる粒子状の鉄分が多く含まれていることが確認されました。しかし、流氷に含まれる粒子状の鉄分が、植物プランクトンにとって使えるのかどうか、はっきりとわかっていませんでした。流氷に含まれる粒子状の鉄分のうち、どれだけの鉄分が植物プランクトンに使えるのかを見積もることは、生態系を支える鉄分の供給量を評価する上で重要です。

本研究では、流氷から海水へ放出された鉄分の存在状態を調べ、植物プランクトンへの使われやすさを評価しました。

【研究手法】

本研究では、オホーツク海で採取した流氷 (図 1) を用いて、次の 3 つの実験を行いました。

- (1) 流氷中の粒子に含まれる鉄分の量、存在状態、起源を推定。
- (2) 流氷から海水中へ放出された鉄分の存在状態の変化をモニタリング。
- (3) (2) の鉄分の存在状態の変化に対する植物プランクトンの増殖変化をモニタリング。

鉄分は環境中で非常に汚染しやすいため、実験は全てクリーンな環境下で行いました。粒子状の鉄分の量を評価するために、海氷に含まれた粒子をフィルターにのせ、強い酸で完全に分解し、粒子中の鉄分を分析しました。また、鉄分の起源を推定するため、陸起源粒子の指標となる粒子中のアルミニウムも分析しました。流氷から海水中へ放出された鉄分の存在状態の変化と、植物プランクトンの増殖応答を見るために、鉄分が不足した海水に流氷の融け水を加え、中空糸フィルターを用いて、流氷から放出された鉄分を 3 つのサイズ：粒子状の鉄分 ($>0.2\mu\text{m}$)、コロイド状の鉄分 (1000 kDa \sim $0.2\mu\text{m}$)、溶存の鉄分 ($<1000\text{ kDa}$) に分画しました。さらに、海水中の植物プランクトンを 2 つのサイズ (10 μm より大きな大型の植物プランクトンと 0.7 \sim 10 μm の小型の植物プランクトン) に分画し、海水中の鉄分の存在状態の変化と植物プランクトンの増殖量の変化をそれぞれ 9 日間観察しました。

【研究成果】

本研究による主な成果は以下の 3 点です。

- (1) 流氷は粒子状の鉄分を多く含み、その起源は海洋起源の粒子であること。
- (2) 流氷から鉄分が放出された後も、海水中で鉄分のサイズ変化はほぼ起きないこと (図 2)。
- (3) 流氷から放出された粒子状の鉄分を使って、植物プランクトンは増殖できること (図 3)。

流氷に含まれる全鉄分の99%以上は、粒子状の鉄分として存在しました。鉄分が不足した海水に流氷の融け水を加えると、海水中で粒子状の鉄分の割合のみが増加し、コロイド状の鉄分と溶存の鉄分（鉄イオンや有機錯体鉄など）の割合は9日間でほとんど変わりませんでした。この粒子状の鉄分に富んだ海水中で、大型と小型の植物プランクトンがどちらも増殖しました。すなわち、増殖した植物プランクトンが主に使った鉄分は、これまで使われにくいと考えられていた粒子状の鉄分だったのです。流氷に含まれていた粒子状の鉄分とアルミニウムのモル比^{*1}を調べると、流氷中の鉄分は主に海洋に起源を持つ生物由来の粒子であることがわかりました。大気エアロゾルなどの陸源粒子に比べ、生物粒子中の鉄分は比較的海水中へ溶出しやすいことが知られており、植物プランクトンはこの生物粒子から溶出した鉄分を速やかに使うことができたと考えられます。

オホーツク海の家盆域や海峡部など、陸から遠く離れた海域は、春から夏にかけて鉄分が不足することがわかっています。冬場にオホーツク海の広大な面積を覆い尽くす流氷は、広範囲に鉄分を運び届け、生息する植物プランクトンを潤していると考えられます。オホーツク海に流氷の便りが届くのを、私たちだけでなく、植物プランクトンをはじめとする海洋生物も待ち望んでいるのかもしれない。

【今後への期待】

本研究によって、流氷から放出される鉄分の使われやすさを世界に先駆けて証明しました。これにより、流氷がオホーツク海の生物生産に果たす役割の理解が進むとともに、温暖化により流氷の減少ともなってもオホーツク海の水産資源はどのように変わっていくのか、その将来予測にも繋がることが期待されます。

論文情報

論文名	Size fractionation and bioavailability of iron released from melting sea ice in the subpolar marginal sea (極域縁辺海の家氷から放出される鉄のサイズ画分と利用能)
著者名	Naoya Kanna ¹ , Delphine Lannuzel ³ , Pier van der Merwe ³ , Jun Nishioka ² (1北海道大学北極域研究センター, 2北海道大学低温科学研究所, 3タスマニア大学)
雑誌名	Marine Chemistry (海洋学の専門誌)
DOI	10.1016/j.marchem.2020.103774
公表日	2020年3月31日(火)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所 准教授 西岡 純 (にしおかじゅん)

T E L 011-706-7655 F A X 011-706-7655 メール nishioka@lowtem.hokudai.ac.jp

U R L <https://nishioka48.wixsite.com/nishioka>

配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒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 kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【参考図】



図 1. オホーツク海で流氷サンプリングする様子。

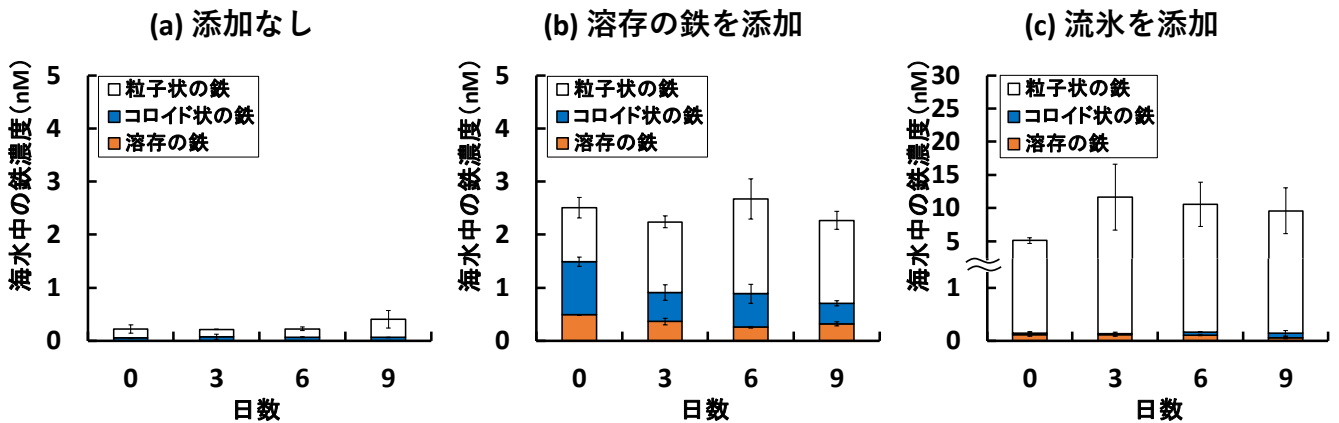


図 2. 海水中の鉄分のサイズ変化。粒子状の鉄分が $>0.2\mu\text{m}$ 、コロイド状の鉄分が $1000\text{ kDa}\sim 0.2\mu\text{m}$ 、溶存の鉄分が $<1000\text{ kDa}$ のサイズに相当。流水の融け水を海水に加えた実験区 (c) では、9日間を通して粒子状の鉄分が海水中の全鉄分の97%以上を占めた。

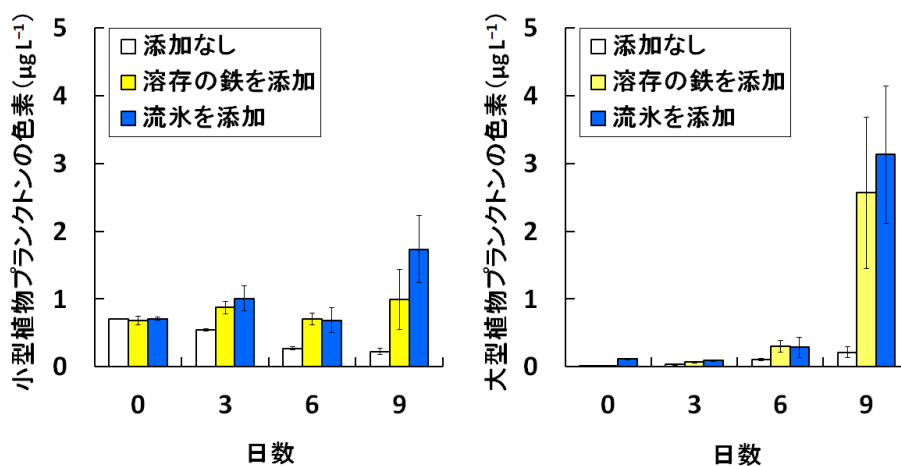


図 3. 海水中の小型と大型の植物プランクトンの色素 (クロロフィル a) 濃度変化。色素濃度の変化は植物プランクトンの増殖変化の指標になる。流水の融け水を海水に加えた実験区では、溶存の鉄を海水に加えた実験区と同様、植物プランクトンが増殖した。

【用語解説】

- *1 鉄分とアルミニウムのモル比 … 陸起源粒子の鉄分とアルミニウムのモル比は約 0.2。生物起源粒子の鉄分とアルミニウムのモル比は 0.2 以上。流氷に含まれる粒子の鉄分とアルミニウムのモル比は最大 1.65 を示した。植物プランクトンなど生物が積極的に鉄分を取り込むため、生物起源粒子の鉄分とアルミニウムのモル比は陸起源粒子に比べて高い値を示す。