

西部北太平洋の植物プランクトン群集組成を制御する 栄養物質供給機構の解明

～北太平洋中層水から供給される鉄とケイ素の重要性～

ポイント

- ・北太平洋の中層水から表層に湧き上がる栄養物質の供給量を観測から見積もることに成功。
- ・中層水から供給される栄養物質とその化学量論比が、表層の珪藻類の増殖を制御することを発見。
- ・気候変動による海洋の変化に対する海洋炭素循環や生態系の変化の予測に貢献。

概要

北海道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、同大学大学院地球環境科学研究院の鈴木光次教授、東京大学大気海洋研究所の小川浩史教授、安田一郎教授（研究当時）らの研究グループは、北太平洋の中層水から供給される鉄（Fe）やケイ素（Si）、窒素（N）などの栄養物質とその化学量論比が、表層の植物プランクトン群集組成を制御することを明らかにしました。

これまで、オホーツク海やベーリング海などの北方圏縁辺海から北太平洋に繋がる中層の循環によって植物プランクトンの増殖に欠かせない Fe や Si や N などの栄養物質が移送され、北太平洋の生物生産を高めていることが分かっていました。しかしこれらの栄養物質が、どこで、どのような物理的メカニズムを経て北太平洋中層から表層に供給されて、この海域の海の恵みをもたらす珪藻類の増殖を制御しているのかは分かっていませんでした。

本研究では、これまでに集めてきた北太平洋の栄養物質の化学的データセットと、同時に観測した乱流混合のパラメータの観測データを、表層の植物プランクトン群集組成の情報とともに解析しました。その結果、北太平洋の亜寒帯循環域と親潮一黒潮移行域において中層水から表層に供給される Fe や Si 量やその化学量論比によって、珪藻類の現存量が制御されていることが示されました。

本研究で見えてきた北太平洋の珪藻類の増殖を制御する機構は、我が国の水産資源の維持機構や地球規模の炭素循環プロセスの理解を大きく進めます。また、現在起こりつつある水温上昇や、黒潮や親潮勢力の強化・弱化などの気候変動に起因する海の変化に対して、海洋生態系や炭素循環がどのように応答するかを理解する上で欠かせない知見となります。

本研究成果は、2025年3月19日（水）公開の Biogeosciences 誌にオンライン掲載されました。

【背景】

日本が面する西部北太平洋の面積は、全海洋の面積の 6%を占めるに過ぎませんが、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ます（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す。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ます。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みます。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ことが分かっています。このように珪藻類は、水産資源や CO₂の吸収に繋がる「海の恵み」を生み出しています。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）が欠かせません。また、珪藻類はその他の藻類に比べて鉄（Fe）の要求量が多いことも分かっています。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ります。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でしょうか。

西部北太平洋亜寒帯域の日本三陸東方沖は、春季から夏季にかけての栄養塩や CO₂減少量が大きく、年間有機物生産の大きな海域となっています。これには春季から夏季にかけて継続して起こる珪藻類の増殖の寄与が大きいことが分かっています。この珪藻類が増殖するメカニズムを明らかにするためには、一次生産の制限要因となっている Fe や次に枯渇しやすい Si が、N や P に対してどのような比で北太平洋中層水から表層へ供給されているのかを把握する必要があります。

【研究方法・研究成果】

Fe と主要栄養塩（Si, N, P）の供給とその化学量論比は、北太平洋における植物プランクトン量と群集組成を決定する主要な要因となります。本研究では、北太平洋中層水から表層水に供給される Si や Fe などの栄養物質量を船舶観測データより定量的に見積もり、植物プランクトン群集組成データと比較することで、どのように西部北太平洋亜寒帯域の珪藻類の増殖が制御されているのかを解明することを試みました。夏の東経 155 度海域において得られた Fe や Si、N、P 濃度の化学データセットと、同時に観測された乱流混合パラメータに基づいて、北太平洋中層水から表層水へ供給される Fe と Si、N、P の鉛直フラックス及びそのフラックス比を見積りました。さらに、推定された鉛直フラックスから、これらの栄養物質の収束・発散を計算しました。また、これらの値を藻類の色素測定に基づいて評価した表層及び亜表層の植物プランクトン群集組成と比較しました。その結果、珪藻類の現存量は、特に Fe 及び Si フラックス並びに Fe/N 及び Fe/Si フラックス比と有意な相関があることが示されました。これらの結果は、西部北太平洋夏季の珪藻類の現存量が、北太平洋中層水から表層に供給される Fe や Si のフラックスやその化学量論比によって制御されていることを示しています。また、栄養物質の収束・発散の計算結果は、亜寒帯循環域と黒潮一親潮移行域において Fe と Si が北太平洋中層水から供給され、表層で珪藻類を生み出していることを示唆していました。

【今後への期待】

現在海洋では、気候変動の影響を受けて海水温の上昇や親潮や黒潮などの主な海流の勢力の変化などが現れ始めています。グローバルな海洋循環の終焉部である北太平洋において、植物プランクトン群集組成、特に珪藻類の増殖を制御する仕組みを正確に把握することは、今後の気候変動に起因する水産資源の変化や海洋炭素循環の変化を理解する上で欠かせない知見となります。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 基盤研究 (S)「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」(課題番号:JP21H05056)、学術変革領域研究 (A)「マクロ沿岸海洋学」(課題番号:JP22H05200)、その他の科学研究費補助金、低温科学研究所共同利用開拓型研究の助成を受けて実施されました。

論文情報

論文名 Phytoplankton community structure in relation to iron and macronutrient fluxes from subsurface waters in the western North Pacific during summer (西部北太平洋における表層下から供給される鉄や栄養塩フラックスと植物プランクトン群集組成の関係)

著者名 Deng Huailin^{1,2}、鈴木光次³、安田一郎⁴、小川浩史⁴、西岡 純² (¹北海道大学地球環境科学研究所、²北海道大学低温研究所附属環オホーツク観測研究センター、³北海道大学地球環境科学研究所、⁴東京大学大気海洋研究所)

雑誌名 Biogeosciences (欧州地球科学連合による生物地球化学に関する国際誌)

DOI 10.5194/bg-22-1495-2025

公表日 2025年3月19日(水)(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・環オホーツク観測研究センター 教授 西岡 純 (にしおかじゅん)
TEL 011-706-7655 FAX 011-706-7655 メール nishioka@lowtem.hokudai.ac.jp
URL <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)
TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp
東京大学大気海洋研究所附属共同利用・共同研究推進センター広報戦略室
(〒277-8564 柏市柏の葉5-1-5)
メール kouhou@aori.u-tokyo.ac.jp

【参考図】

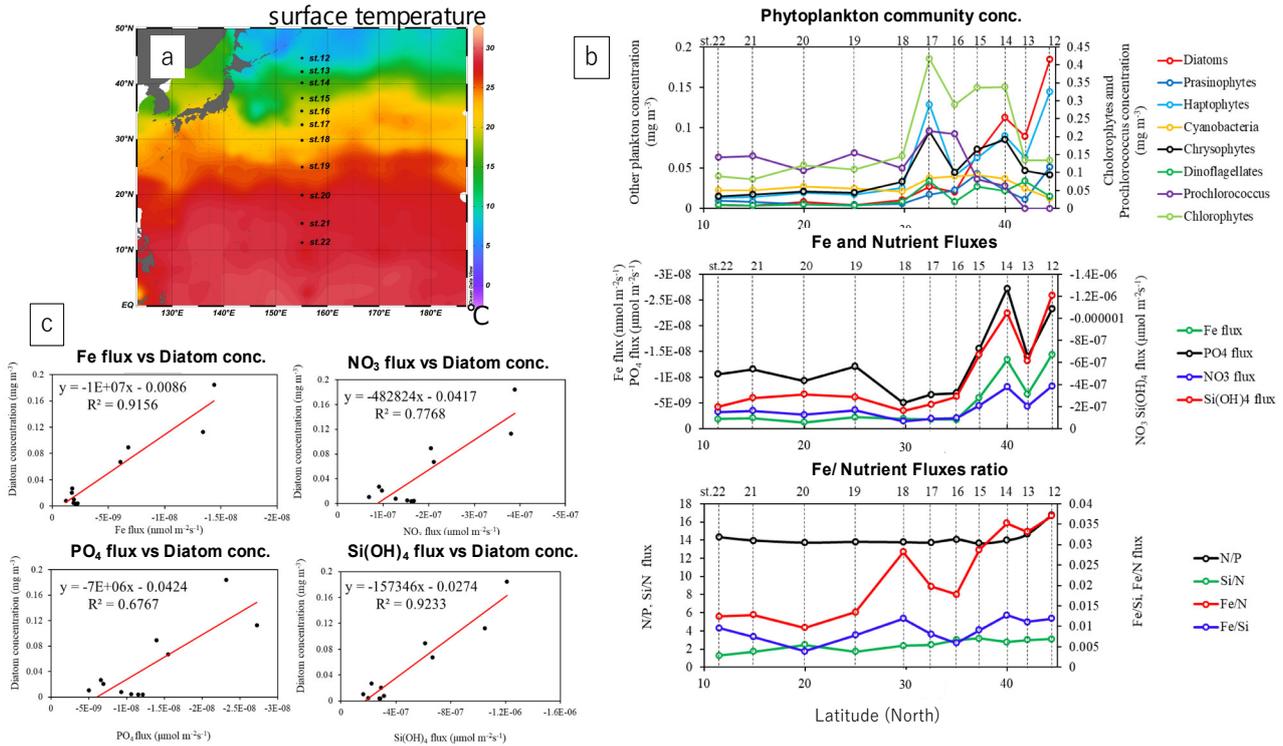


図 1. a) 西部北太平洋における東経 150 度の北太平洋中層水から表層に向けた上向きの Fe 及び主要栄養塩 (Si, N, P) のフラックスと、HPLC 植物色素データから得られる表層の生物種組成情報を比較した観測点、b) 上：各測点（緯度）における種類別植物プランクトンの現存量、中：各測点における Fe と主要栄養塩 (Si, N, P) のフラックス、下：各測点における各栄養物質 (Fe, Si, N, P) のフラックス比、c) 下層から表層への栄養物質フラックスと珪藻の現存量のプロット。両者には良い相関がみられる。

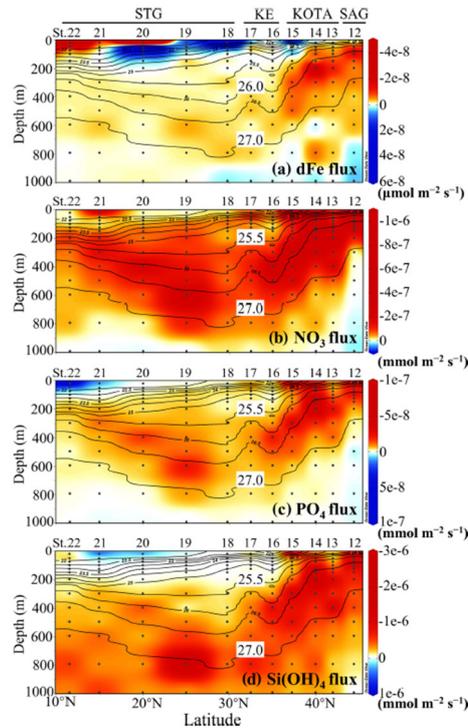


図 2. 西部北太平洋東経 150 度の鉄、硝酸塩、リン酸塩、珪酸塩の鉛直フラックスの断面図。図 1 の結果と合わせて、亜寒帯循環域と黒潮一親潮移行域において北太平洋中層水から Fe、Si、N などの栄養物質が供給され、表層で珪藻類を生み出していることを示している。