

氷河ポンプがフィヨルドの豊かな海洋生態系を支える

～海の栄養分が補給・攪拌・移送されるしくみを解明～

ポイント

- ・氷河が流入するグリーンランドのフィヨルドで、鉄分と栄養塩の動態を解明。
- ・鉄分に富む氷の融け水と栄養塩に富む海水の湧昇が、豊かな海洋生態系を支えることを発見。
- ・氷河の融解が著しいグリーンランドにおいて、海洋生態系の将来予測への貢献に期待。

概要

北海道大学低温科学研究所の杉山 慎教授、西岡 純准教授、同大学北極域研究センターの深町康教授、同大学北方生物圏フィールド科学センターの野村大樹准教授らの研究グループは、東京大学大気海洋研究所の漢那直也研究員（日本学術振興会特別研究員・元北海道大学北極域研究センター）と共同で、グリーンランドのカービング氷河^{*1}から流出する、鉄分に富んだ融け水が、窒素、リンなどの栄養塩^{*2}に富む海水と混ざって海面へ湧き上がり、夏の間のフィヨルド^{*3}の生物生産に大きく貢献することを明らかにしました。

氷の融け水は、水深 200 m にある氷河の底からフィヨルドに流出し、その場の海水を巻き込んで湧昇します。ポンプを使ったように海面へ汲み上げられた融け水と海水は、周囲の海水に比べ鉄分と栄養塩を豊富に含んでおり、フィヨルドの広域に広がり植物プランクトンの増殖を促します。

カービング氷河が流入するグリーンランドのフィヨルドには、氷河の恵みを受けた豊かな生態系が広がっています。今後、北極域の温暖化が進行してカービング氷河が消失すれば、氷河の融け水による汲み上げポンプの機能が失われて生態系に大きな影響が予想されます。本研究は、グリーンランドで加速している氷河の融解が、フィヨルドの生態系に与える影響の理解への貢献が期待されます。

本研究成果は、2020年9月28日（月）公開の *Global Biogeochemical Cycles* 誌にオンライン掲載されました。なお、本研究は、ArCS 北極域研究推進プロジェクト、ArCS II 北極域研究加速プロジェクト、日本科学協会の助成を受けて実施されました。



左：フィヨルドでの観測の様子。奥に見えるのがカービング氷河。
右：観測中に遭遇したアザラシ。現地の重要な水産資源の一つ。

【背景】

海洋にごくわずかに溶けている鉄分は、植物プランクトンの増殖に必要な栄養素です。植物プランクトンは、光合成色素の合成や栄養塩の消費などで鉄分を利用し、光合成を介して海洋へ二酸化炭素を閉じ込めます。海洋で不足しがちな鉄分が、いつ、どこで、どれだけ、どのように海洋へ流入するかを明らかにすることは、生物地球化学的な物質循環の理解、炭素を介した気候システムの理解に繋がります。

近年の北極域の気温上昇により、グリーンランドの氷河がこれまでにないスピードで融け始めています。これに伴い、氷の融け水が、鉄分をどれだけ海洋へ供給し、植物プランクトンの増殖を促すかが注目されています。夏の融解で生じた氷の融け水は、大部分が氷の割れ目から氷河の底に達し、次の経路で氷河由来の鉄分も含め、海洋へ流出します。

- ① 氷河の末端が陸上にある場合、氷の融け水は陸上の河川から海洋表層に流出。
- ② 氷河の末端が海中にあるカービング氷河の場合、氷の融け水は海中深くにある氷河の底から海洋の中・深層に流出。

①に関連する鉄分の供給過程は、陸上での観測が容易なこともあり、これまで比較的多くの研究が行われてきました。一方、②に関連する鉄分の供給過程は、常に氷で覆われたフィヨルドでの観測や海水中で極微量の鉄分の分析が難しいため、研究例がほとんどありませんでした。そのため、氷河が鉄分を多く含むことはわかっていたものの、フィヨルド内でどのように鉄分が広がっていくかは明らかになっていませんでした。フィヨルドはグリーンランドの人々に重要な水産資源をもたらしており、フィヨルドの生態系を支える植物プランクトンの生産と氷河の融解との関連を明らかにすることが重要です。

【研究手法】

本研究では、グリーンランド北西部に位置するボードイン氷河と、周辺の河川及び氷河が流入するフィヨルドで観測活動を行いました（図1）。氷河の脇に数週間キャンプを張り、ボードイン氷河と周辺の河川で、鉄分や栄養塩を分析するための水試料をサンプリングしました。またフィヨルドでは、現場の環境を熟知しているカナック村の漁師と連携し、小型ボートを用いた海洋観測を行いました。特に海水中の鉄分を汚染なくサンプリングするために、特殊設備を用いるクリーン技術によって海水をサンプリングしました。海水中の鉄分は、陸上のクリーン実験室で分離・濃縮して分析しました。また、多数のセンサーを備えた機器による海洋観測を行いました。

【研究成果】

本研究による主な成果は以下3点の解明です。

1. 鉄分を豊富に含んだ氷河の融け水は、氷河の底からフィヨルドに流入する。
2. 栄養塩に富んだフィヨルド中層の海水は、氷河の融け水と共に湧き上がる（湧昇プルーム）。
3. 1, 2の結果、鉄分と栄養塩に富んだ湧昇プルームが、フィヨルドの広範囲に広がる。

ボードイン氷河の底は、海面から約200mの深さにあります（図1）。この氷河の底からフィヨルドに流出した融け水は、栄養分を豊富に含んだフィヨルド中層の海水と混ざりながら氷河前で湧き上がります（湧昇プルーム）。氷の融け水に含まれる鉄分濃度は、海水に比べて2桁高く、また栄養塩濃度は、フィヨルドの表層よりも中層の海水の方が1~2桁高くなっています。したがって、湧昇プルーム

は周囲の海水に比べて鉄分と栄養塩を豊富に含んでおり、フィヨルドの広範囲に広がります（図 2）。植物プランクトンは、湧昇によって運ばれた鉄分・栄養塩を、光の届く表層で活用して増殖します。

【今後への期待】

氷河の恵みを受け、豊かな生態系が広がるフィヨルドは、グリーンランドの人々にとって良い漁場、猟場になっています。今後、北極域の温暖化が進行し、フィヨルドの海水温が上昇すると、海と接するカービング氷河の氷は海中で融けやすくなるでしょう。もしカービング氷河が陸の上まで縮小すれば、「氷河ポンプ」が駆動する栄養物質循環は止まってしまいます。本研究は、グリーンランドで加速しているカービング氷河の融解が、フィヨルドの生態系に与える影響の理解に貢献することが期待されます。

論文情報

論文名	Iron supply by subglacial discharge into a fjord near the front of a marine-terminating glacier in northwestern Greenland (グリーンランド北西部における海洋性溢流水河近傍のフィヨルドへ底面排水による鉄供給)
著者名	漢那直也 ¹ , 杉山 慎 ² , 深町 康 ³ , 野村大樹 ⁴ , 西岡 純 ² (¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 北海道大学低温科学研究所, ³ 北海道大学北極域研究センター, ⁴ 北海道大学北方生物圏フィヨルド科学センター)
雑誌名	Global Biogeochemical Cycles (米国地球物理学連合学会誌)
DOI	10.1029/2020GB006567
公表日	2020年9月28日(月)(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 教授 杉山 慎 (すぎやましん)
TEL 011-706-7441 FAX 011-706-7142 メール sugishin@lowtem.hokudai.ac.jp
研究プロジェクトに関する情報
<http://wwwice.lowtem.hokudai.ac.jp/~sugishin/research/hokudai2/greenland2/greenland2.html>

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

【用語解説】

- *1 カービング氷河 … 海に流れ込む氷河のこと。
- *2 栄養塩 … 硝酸塩, リン酸塩, ケイ酸塩などの植物プランクトンが増殖するために必要な塩類のこと。硝酸塩の利用に鉄が必要となる。
- *3 フィヨルド … 氷河によって削られた入江のこと。

【参考図】

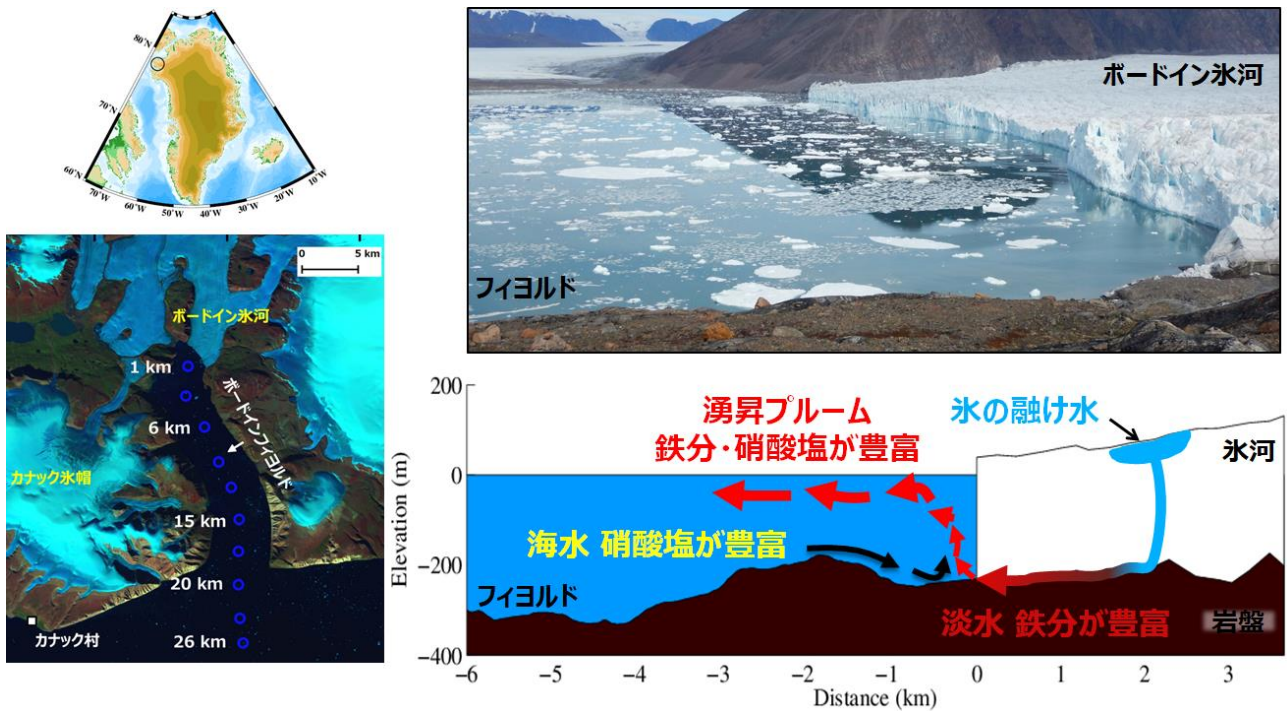


図 1. 観測したグリーンランド北西部のボードイン氷河とフィヨルド。鉄分に富む氷の融け水が、氷河底 200 m の出水口からフィヨルドへ流出する。氷の融け水は、硝酸塩に富んだ中層海水（水深 200 m）と混ざって湧昇プルームを形成する。周囲の表層海水に比べ、湧昇プルームは鉄分と硝酸塩に富んでいる。

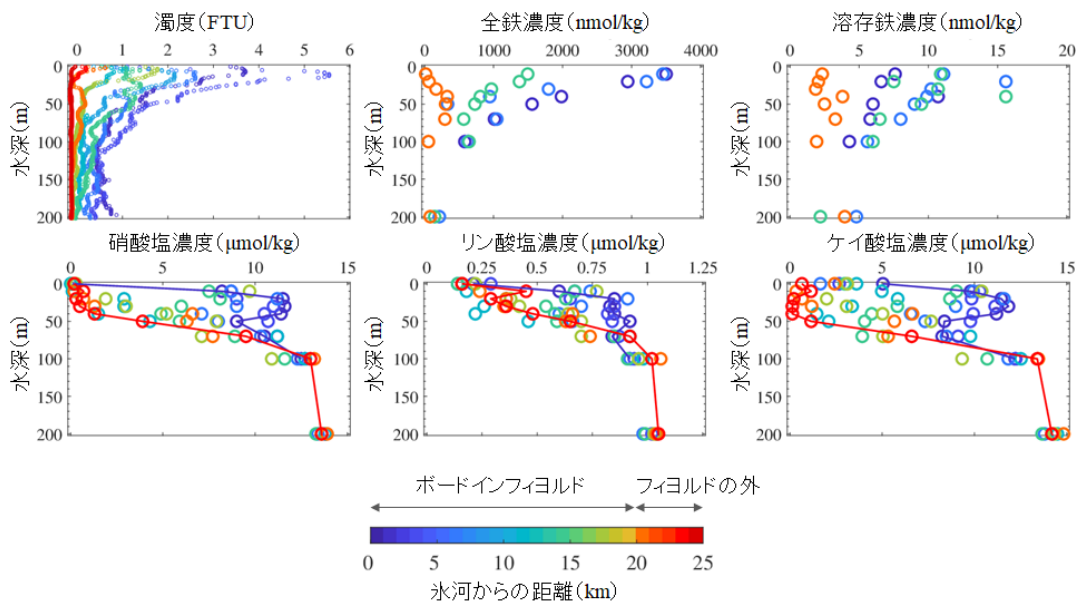


図 2. フィヨルドの濁度及び全鉄（未ろ過の海水中の鉄分）、溶存鉄（ $0.2\mu\text{m}$ のフィルターでろ過した海水中の鉄分）、栄養塩濃度の分布。氷河からの距離でデータは色分けされている。濁度は湧昇プルームの指標で、湧昇プルームの影響が強い水ほど濁度が高い。濁度が高く、鉄分・栄養塩に富んだ湧昇プルームが、氷河から張り出すようにフィヨルド内の水深 10~50 m にかけて分布する。フィヨルドの外の観測点は、湧昇プルームの影響がないので濁度、鉄分、栄養塩濃度が比較的低い。