

夏に最も冷える，パタゴニアの湖

～氷河が流れ込む湖で水温の季節変化を世界で初めて解明～

ポイント

- ・氷河が流入する南米パタゴニアの湖で 20 ヶ月にわたる長期観測に成功。
- ・夏になると氷河の融け水が流入し，湖の水温が一年で最も低くなることを発見。
- ・湖に流入する氷河の融解メカニズムと，氷河が湖の環境に与える影響の理解に貢献。

概要

北海道大学低温科学研究所の杉山 慎教授，箕輪昌紘助教，北極域研究センターの深町 康教授らの研究グループは，南米パタゴニアの氷河が流入する湖で 20 ヶ月にわたる長期観測に成功し，水温と流速の季節変化を世界で初めて明らかにしました。

夏になると氷河が盛んに融解して，冷たい融け水が湖に流れ込む様子が観測されました。この水は土砂を含んで密度が高いため，湖の底深くに沈み込んで蓄積されます。その結果，湖の深い部分では真夏に水温が最も低くなり（約 2°C），逆に表面近くでは年間最高水温（約 5°C）が記録されました。湖水の流速，気温・風速のデータからも，夏に湖底付近が氷河の融け水で冷やされる一方で，大気の熱と日射で暖まった水が強い風で表層付近を循環する様子が確認されました。

本研究で明らかになった水温とその季節変化は，氷河の変動メカニズムを考える上で重要です。例えば湖の中で上記の温度分布が生まれると，水温が高い表層付近で氷がよく融けますが，水温が低い中層以深では氷が融けないので氷河が水中に突き出てきます。すると水に浸かった氷に浮力が働き，大規模な氷の崩壊が起きると考えられます。また，氷河が激しく融解すると融け水が湖を冷やすので，氷河の末端部では逆に氷の融解が抑制される効果も予想されます。氷河湖の季節的な水温変化は，過去に報告されたことがなく，湖の生態系を考える上でも重要な知見になると考えられます。

本研究成果は，2021年11月2日（火）に *Nature Communications* 誌にオンライン掲載されました。本研究は，科研費基盤研究（A）（20H00186）の助成を受けて実施されました。



南米パタゴニアのグレイ氷河。氷河前の湖で観測を行った。

【背景】

地球温暖化の影響を受けて氷河が縮小し、海水面の上昇に影響を与えています。中でも海や湖に流れ込むカービング氷河*¹は、先端が水中で融け、また崩壊によって冰山を切り離すため、急激な変動を示します。カービング氷河の末端融解や崩壊を理解するためには、氷河前で水の温度や循環を測定して、氷の融解に与える影響を知る必要があります。しかし冰山が流出する氷河前での観測は困難で、データがほとんどありません。特に年間を通した湖の観測は例がなく、水温の季節変化は全くわかっていませんでした。

そこで本研究では、南米チリとアルゼンチンの国境に位置するパタゴニアで、氷河が流入する湖の通年観測を行いました。パタゴニアでは近年の氷河後退が顕著で、世界で最も急速に氷が失われている地域の一つです。本学低温科学研究所では、1980年代から世界に先駆けてパタゴニアで氷河研究を進めてきました。この経験と実績によって、アクセスが難しいパタゴニアの氷河における、日本・チリ・ドイツの国際共同研究が実現しました。

【研究手法】

チリ・パタゴニア・グレイ氷河が流入する湖において（図1）、氷河から1.4 kmの水中に係留系*²を設置し、20ヶ月後に回収して水温と流速の変化を調べました。研究グループは南極や北極で係留系を使った観測に実績があり、その技術をパタゴニアの氷河湖に応用したものです。この他、2017年3月には、湖の3か所でボートから測定装置を上下させ、水温と濁度（水の濁り）の分布を測定しました。また、氷河近くに設置した気象測定装置によって、気温、風速、風向、降水量の長期データを得たほか、音波を使った測深装置で湖の深さを詳しく調べました。

パタゴニア・パイネ山岳地域に位置するグレイ氷河は、世界中から旅行者が訪れる観光地です。氷河と湖を案内する現地ガイドの協力も得ることで、氷河近くでの難しい観測に成功しました。

【研究成果】

20ヶ月にわたる測定によって、湖の深さによって全く異なる水温変化が明らかになりました。まず表層近くの深さ58 mでは、水温は春から夏にかけて上昇し、南半球では夏の終わりにあたる2月に最高水温が測定されました（図2青）。これは通常の湖で予想される変化です。ところが湖の下半分にあたる深さ224~392 mでは、春先の10月に突然水温が低下しました（図2赤・水色・黒）。深さ139 mでも12月に急激に水温が下がり（図2緑）、これらの深さでは真夏にあたる1月に年間最低水温を記録しました。真夏に湖の最低水温が測定されるのは初めてです。

湖の広い範囲で測定した3月の水温分布でも、表層に約5°Cの暖かい水、150 m以深に約2°Cの冷たい水が確認されました（図3）。水温は深さ100~150 mで急激に変化しており、この水温境界は氷河の4 km先にある湖底凸部の高さとも一致しています。つまり、盆地状の湖底地形に冷たい水が溜まっている様子を示しています。このような水温分布は、研究グループによる最近の研究結果と一致するものですが、今回の研究でその季節変動が初めて明らかになりました。

深さ58 mと392 mに設置した流速計と、気象のデータから、春から夏にかけて冷たい氷河の融け水が湖に流入していることが確かめられました。氷河の底から排水される融け水は土砂を含んで密度が高いため、湖の深い部分に沈み込みます。冷たく濁った融け水が湖底盆地を徐々に満たして、真夏には4 km先の凸部を超えてあふれ出ていました（図4）。一方で表層付近の水は夏の気温と日射に暖められて、パタゴニアの強い風による混合が深さ100 mまで達していたと考えられます。

【今後への期待】

本研究で明らかになった水温分布とその変化は、湖に流入するカービング氷河の変動を理解するために重要な知見です。水温から融解量の推定が可能となるだけでなく、融解によって不安定になった氷の崩壊を予測することができます。その結果、氷の減少が激しいパタゴニアにおいて、氷河変動メカニズムの理解とその将来予測への貢献が期待されます。さらに、観測された水温変化は通常の湖と全く異なるものであり、氷河が湖の環境や生態系に与えるインパクトを理解する上で貴重な基礎データとなります。

研究グループは、パタゴニアだけでなく南極やグリーンランドなど、世界各地で先駆的な研究を実施しています。挑戦的な野外観測によって、氷河変動メカニズムの総合的な理解を目指します。

論文情報

論文名 Subglacial discharge controls seasonal variations in the thermal structure of a glacial lake in Patagonia (パタゴニアの氷河湖では氷河の融け水が湖水温度をコントロールする)
著者名 杉山 慎^{1,2,3}, 箕輪昌紘^{1,3}, 深町 康², 波多俊太郎^{1,3}, 山本淳博^{1,3}, トビアス・サウター^{4,5}, クリストフ・シュナイダー⁵, マリウス・シェーファー^{5,6} (1 北海道大学低温科学研究所, 2 北海道大学北極域研究センター, 3 北海道大学大学院環境科学院, 4 フリードリヒ・アレクサンダー大学, 5 ベルリン・フンボルト大学, 6 アウストラル大学)
雑誌名 Nature Communications (イギリスの科学誌)
DOI 10.1038/s41467-021-26578-0
公表日 2021年11月2日(火)午後6時(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)

T E L 011-706-6888 F A X 011-706-7142 メール sugishin@lowtem.hokudai.ac.jp

U R L <http://www.ice.lowtem.hokudai.ac.jp/~sugishin/>

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 jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

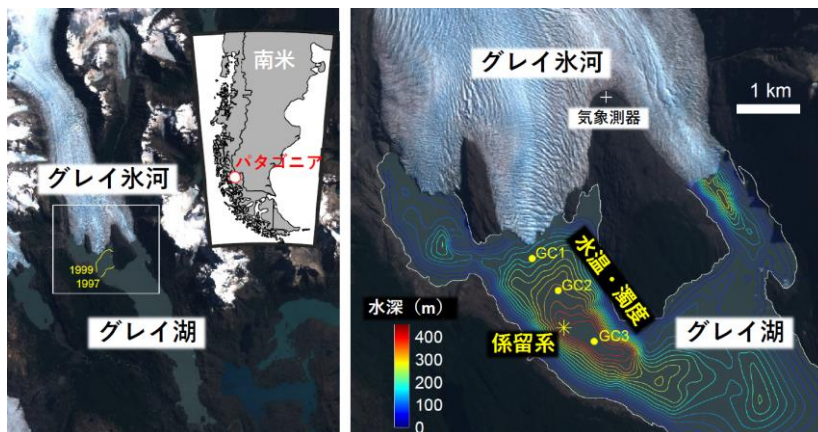


図 1. パタゴニア・グレイ氷河。右図に示す各地点で湖の観測を行った。

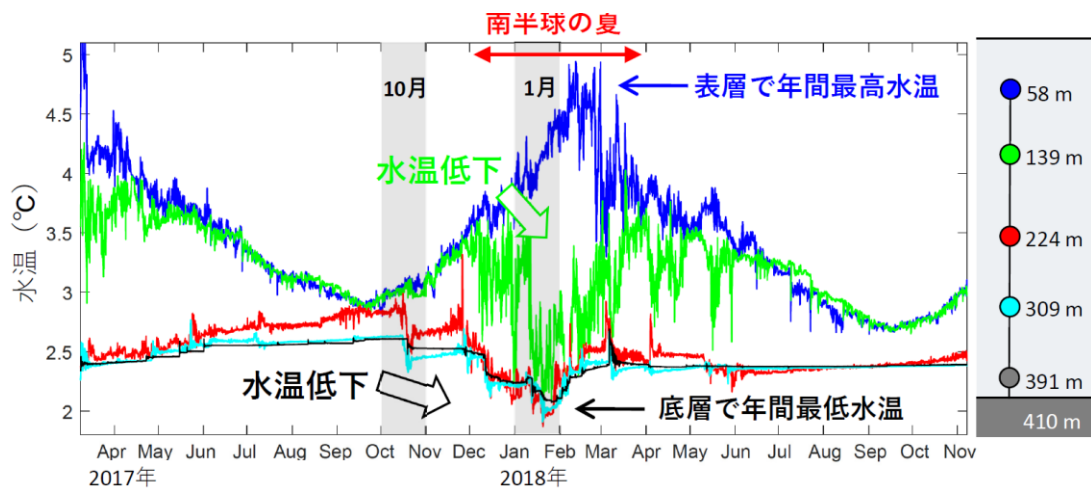


図 2. 2017 年 3 月～2018 年 11 月における水温変化。右図は係留系による測定深度を示す。

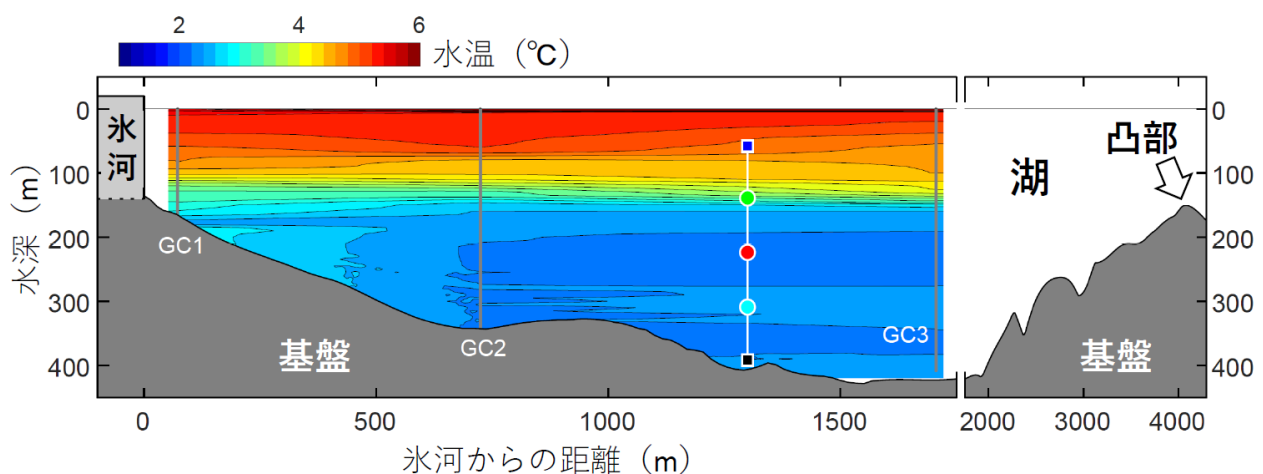


図 3. 2017 年 3 月に測定された水温の分布。4km 先までの湖底地形と係留系の位置を示す。

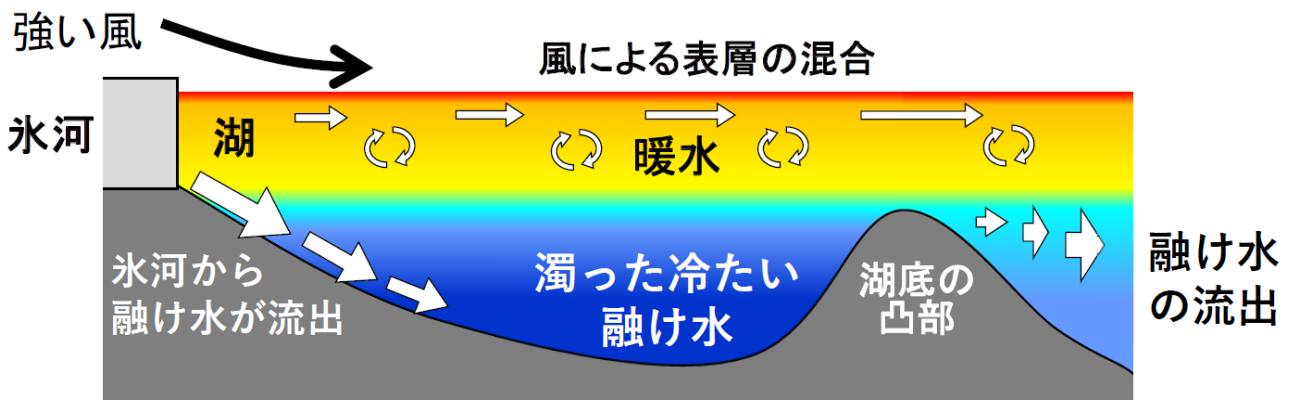


図 4. 夏に氷河から流入する融け水と表層循環を示す概念図。濁った冷水が湖の盆地を満たしている。

【用語解説】

- *1 カービング氷河 … 海や湖に流入し、先端が水に浸かっている氷河。パタゴニアのほか、南極、グリーンランド、アラスカなど各地に存在し、通常の氷河よりも急激に縮小している。
- *2 係留系 … 測定装置、浮き、錘、切り離し装置を長いロープでつなげたもの。一番下に錘、反対側に浮きを固定してロープを立ち上げ、様々な水深で長期測定を行う。ボートからシグナルを送ると錘が切り離されるので、水面に上がった浮きを目印に装置を回収できる。