

世界最大規模の氷河湖決壊を宇宙から発見！

～南米パタゴニアで起きた氷河湖の決壊洪水を世界に先駆けて衛星データで解明～

ポイント

- ・2020年4月に南米パタゴニアで発生した氷河湖決壊洪水を人工衛星データから発見。
- ・湖から流出する河川の流れが移動して谷を削った結果、4か月の間に3.7 km³の湖水が流出。
- ・湖水の流出が周辺の重力場に影響を与えるほどの規模であったことを確認。

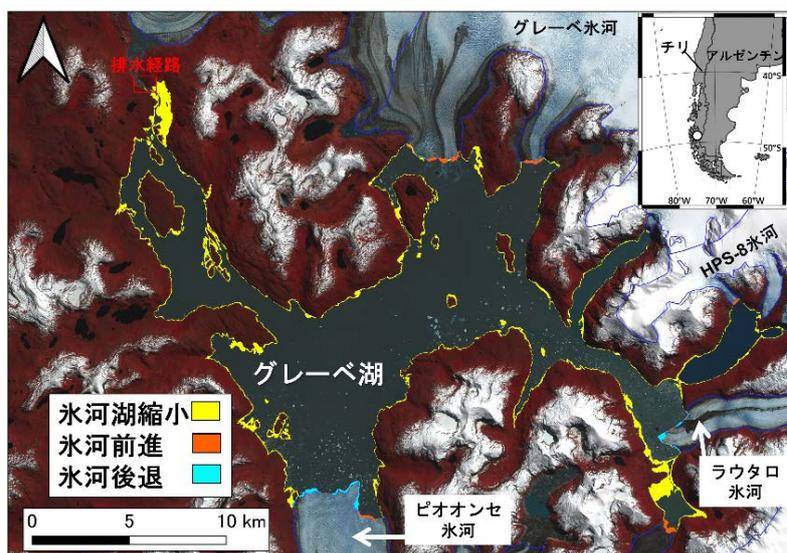
概要

北海道大学大学院環境科学院博士後期課程の波多俊太郎氏と同大学低温科学研究所の杉山 慎教授、同大学の日置幸介名誉教授（元理学研究院教授）の研究グループは、人工衛星データ解析から南米チリ・パタゴニアで発生した氷河湖決壊洪水を発見し、その規模とメカニズムを明らかにしました。

人工衛星データを用いて同地域の氷河変動を解析中に、氷河が流れ込む湖としては世界で4番目に大きなグレーベ湖で、2020年4月に水位が約20メートル急激に低下したことが判明しました。さらなる解析から、同年7月までに3.7 km³の湖水が流出したことが示されました。この氷河湖決壊洪水は、人工衛星によって地球が観測されるようになって以来、世界最大規模のものです。高解像度の人工衛星画像などを駆使して決壊原因を調査したところ、地形の崩壊によって湖から流出する河川の流れが移動し、河床の侵食が進んで排水が起きたことが確認されました。さらに、GRACEと呼ばれる地球重力を測定する人工衛星のデータを解析した結果、排水による重力場の変化を捉えました。氷河湖決壊洪水に伴う質量変化が、GRACE衛星で観測されたのは初めてのことです。

パタゴニアでは急速に氷河が後退して氷河湖が拡大していますが、アクセスが困難で研究が十分に行われていません。研究グループは同地域での長い研究実績を活かして、稀に見る規模の氷河湖決壊を世界に先駆けて発見することに成功しました。この結果は、氷河湖の決壊による災害、氷河の将来変動、重力衛星による地球観測の可能性について、貴重なデータを提供するものです。

本研究成果は、2022年8月26日（金）公開の *Communications Earth & Environment* 誌にオンライン掲載されました。



決壊洪水が起きた南米チリ・パタゴニアのグレーベ湖。黄色は決壊によって減少した湖の面積。赤と水色は氷河変動による湖面積の変化。

【背景】

近年、地球温暖化の影響を受けて氷河氷床が縮小し、氷が失われた場所に氷河湖が増加しています。氷河湖は不安定な氷や堆積物でせき止められており、ひとたび決壊すれば深刻な洪水災害を引き起こします。また湖に流れ込む氷河は、陸上にある氷河よりも急速に後退しており、海水準上昇に大きな影響を与えています。さらに氷河から湖に流れ込む融け水や物質の循環が、環境や生態系に大きな役割を果たします。したがって、決壊洪水のリスクマネジメント、氷河変動、山岳域の環境変動を考える上で氷河湖の詳しい理解が重要です。

研究グループは南米パタゴニアの氷河変動を、人工衛星データを使って解析する過程で、研究対象地の氷河湖（グレーベ湖）の湖岸線が急速に後退したことに気が付きました(p1 図)。湖から陸地が顔を出し、短期間のうちに水位が下がったと考えられます。グレーベ湖は世界で4番目に面積の大きい氷河湖で（面積 188 km²、日本にあれば琵琶湖に次ぐ大きさ）、もし湖が決壊したとすれば膨大な湖水が流出した可能性があります。そこで、様々な人工衛星データによって詳しく解析し、流出した水量とそのタイミング、決壊の原因を検討しました。また GRACE 衛星によって測定される重力分布データを用いて、氷河湖決壊に伴う湖周辺の質量変化を調べました。重力場の変化には巨大な質量移動が必要となるため、これまでに氷河湖決壊の影響が GRACE 衛星によって捉えられた例はありません。

【研究手法】

本研究では、人工衛星画像を用いて湖の面積の変化を、人工衛星からレーザーを使って測定される地表高度データ及びステレオペア衛星画像から作成した数値標高モデルによって水位変化を解析しました。また高分解能の衛星画像と数値標高モデルによって、湖の流出口付近の地形を詳しく調べて決壊洪水の原因について考察しました。さらに GRACE 衛星によって測定された重力から推定される地表面の質量分布を解析し、氷河湖付近における質量変化を確認しました。

【研究成果】

解析の結果、2020年4～7月にグレーベ湖の面積が14.5 km²減少し、水位が18.3 m低下したことが明らかとなりました（図1）。これらの結果から見積もられる総排水量は3.7 km³に達します（札幌ドーム約2300杯分）。この値を、これまでに世界中で報告されている氷河湖決壊洪水と比較したところ、グレーベ湖の決壊は人工衛星観測が始まって以来最大規模であることがわかりました。

決壊イベント前後の人工衛星画像から、湖の流出口にあたる河川で地形の崩壊が確認され、その流路の移動が明らかになりました（図2）。また数値標高モデルの解析から、河川の周辺が流水で削られて、30 m以上標高が下がった地域もありました。崩壊と浸食が起きたのは過去に氷河の末端があった場所で、堆積物が溜まった不安定な地質・地形と考えられます。この堆積物が崩れたために、河川の流路が変わって急激に浸食が進み、河川と湖の水面が下がったと結論づけられました。

GRACE 衛星のデータから地表面の質量分布を解析したところ、決壊が起きた2020年には湖の周辺で大きな質量減少が明らかになりました。パタゴニアでは氷河縮小の影響を受けて地表面質量が減少傾向にあります。2020年の変化は2002～2019年の傾向から外れています（図3）。また決壊イベントを挟む2020年3～8月の質量変動分布からは、湖の近くで質量が大きく減少している様子が確認されました。つまり、グレーベ湖から大量の水が流出したことで、その周辺で生ずる重力が減少して GRACE 衛星のデータに影響を与えたと考えられます。GRACE 衛星から見積もられた質量変化は、実際に流出した湖水の量と比較して9～15倍大きなものであり、重力変化に基づいた局所的な質量変化の推定は誤差が大きいことが示されました。

【今後への期待】

本研究によって、南米パタゴニアで人知れず発生した大規模な氷河湖決壊洪水について、流出した水量と発生メカニズムが明らかになりました。また氷河湖決壊洪水に伴う質量変化を、GRACE 衛星によって初めて捉えた事例となりました。これらの成果は、ごく稀に発生する大規模な氷河湖決壊洪水を詳細にわたって明らかにしたものであり、氷河湖決壊による災害や、湖に流入する氷河の変動を理解する上で重要です。また GRACE 衛星による地球観測に新しい可能性が示されました。さらに、観測された氷河湖の水位変化によって、湖に流入する氷河に変動が予測されます。今後は、決壊洪水に影響を受けた氷河変動の解析へと研究の展開が期待されます。

【謝辞】

本研究は、日本学術振興会による科学研究費助成事業（20H00186）、科学技術振興機構による次世代研究者挑戦的研究プログラム（JPMJSP2119）、中国科学院による国際フェロシップイニシアチブ（2022VEA0014）の助成を受けて実施されました。

論文情報

論文名	Abrupt drainage of Lago Greve, a large proglacial lake in Chilean Patagonia, observed by satellite in 2020(人工衛星によって観測された 2020 年チリ・パタゴニアの巨大氷河湖 Greve 湖の突発的な排水)
著者名	波多俊太郎 ^{1, 2} 、杉山 慎 ¹ 、日置幸介 ^{3, 4} (¹ 北海道大学低温科学研究所、 ² 北海道大学大学院環境科学院、 ³ 北海道大学大学院理学研究院、 ⁴ Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, China)
雑誌名	<i>Communications Earth & Environment</i> (英科学誌)
DOI	10.1038/s43247-022-00531-5
公表日	2022 年 8 月 26 日 (金) (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 011-706-7441 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@jimuhokudai.ac.jp

【参考図】

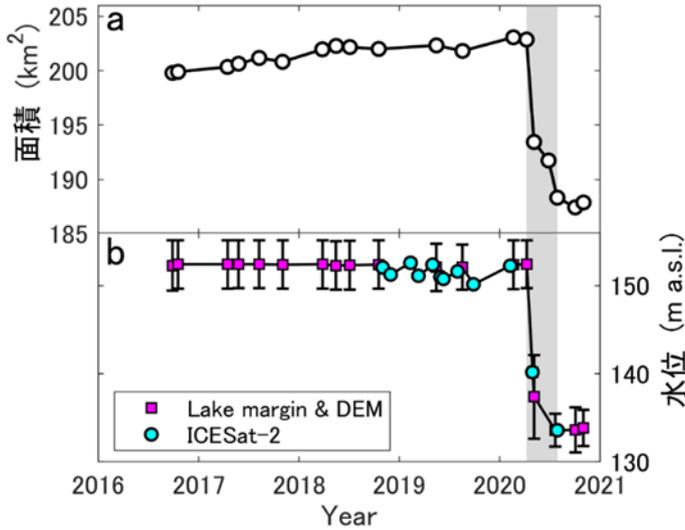


図 1. 2016～2021 年のグレーベ湖の面積と水位の変化。グレーで示す排水イベントの期間で顕著な面積減少と水位の低下が確認された。

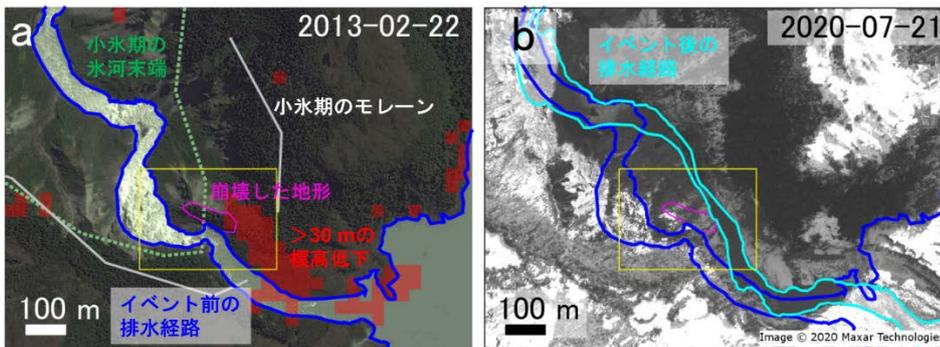


図 2. 決壊洪水の前後におけるグレーベ湖の流水口付近の様子。河畔の一部が崩壊し、決壊イベントの前後で流路が大きく移動していることが確認できる。

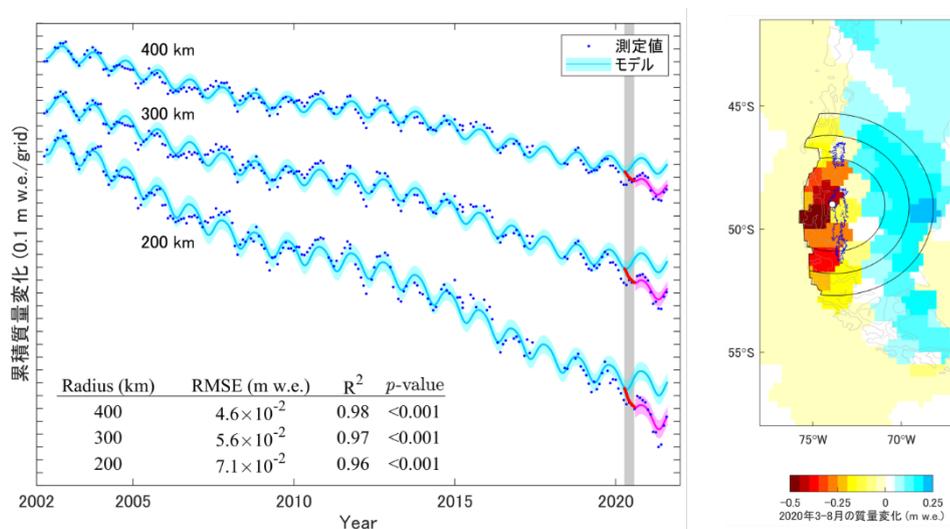


図 3. GRACE 衛星が測定する重力場から求めた、(左) 湖の周辺における 2002～2021 年の質量変化と、(右) 2020 年 3～8 月に起きた質量変化の空間分布。2020 年には質量の減少が著しく、湖水が流出したことが原因と考えられる。