

2025年3月17日

報道機関 各位

【配信先】新潟県政記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会

新潟大学

北アルプスにおける氷河の存在と 維持機構を解明

新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラムの奈良間千之教授を団長とする白馬連山氷河調査団が、2021～2022 年に北アルプスの杓子沢および不帰沢の多年性雪渓（長野県白馬村）を調査し、これらが氷河であることを確認しました。杓子沢雪渓と不帰沢雪渓は、北アルプスで8番目、9番目に確認された氷河となります。



杓子沢氷河



唐松沢氷河（左）と不帰沢氷河（右）

【本研究成果のポイント】

- 北アルプスの標高約 2,000m に位置する杓子沢雪渓と不帰沢雪渓は、氷厚と流動の測定結果に基づき氷河であることが確認された。この2つの雪渓は、北アルプスで確認された8番目と9番目の氷河となる。
- 氷厚と流動速度データから、高度別の長期的な年平均表面質量収支（注1）がはじめて明らかになり、雪線高度も特定された。また、北アルプスの氷河は、世界有数の多雪地域に位置する一方で、内陸アジアの乾燥地域の氷河並みに年間の氷交換量が少ないことが判明した。
- 北アルプスの氷河は、地形効果（吹き溜まりや雪崩による積雪）により、多量の積雪を得ることで気候的雪線（注2）より低い標高 2,200m 付近に局所的な涵養域が形成され、かつ質量交換の少ない状態で維持されていると考えられる。この特徴は温暖化が進む中で生き残る世界の山岳氷河の環境条件を示唆するものである。

I. 研究の背景

世界の面積 0.5 km^2 以下の氷河は小規模氷河 (Huss and Fischer, 2016) に分類され、その数は約 20 万個と全体の 70% 以上を占めます。一般的に、小規模氷河は気候変動に特に敏感で、気候変動に対する反応時間が短く (Grubb, 1990 ; Oerlemans, 1994 など)、将来の気温上昇が 1.5°C に制限されたとしても、ほとんどの小規模氷河は 2100 年までに消滅すると予測されています (Rounce et al., 2023)。

飛驒山脈北部ではこれまでに 7 つの氷河が確認されています (福井ほか, 2018 ; 有江ほか, 2019 など)。これらは、多くの多年性雪渓の中でも比較的標高が高く、雪崩や吹き溜まりなどの地形効果でより多くの雪が積もる環境で存在しています。飛驒山脈の氷河は、世界の中緯度に分布する氷河に比べ、標高 2,000 m 前後の温暖な環境に存在しており、その分布や質量収支特性の解明は、将来の気候変動に対して存続する氷河の環境条件を明らかにするうえで重要な課題です。

II. 研究成果の概要

新潟大学理学部の奈良間千之教授を団長とし、同大学大学院自然科学研究科博士後期課程大学院生 (研究当時、現 JAXA 地球観測センター) の有江賢志朗氏、白馬村、白馬山案内人組合、立山カルデラ砂防博物館らで構成される白馬連山氷河調査団が、2021~2022 年に杓子沢雪渓と不帰沢雪渓の氷厚と流動の測定を行いました。

調査の結果、杓子沢雪渓の最大氷厚は約 43m、水平移動距離は 29 日間で 26cm (年換算 363 cm a^{-1})、不帰沢雪渓の最大氷厚は 29m、水平移動距離は 27 日間で 29m と 14cm (年換算 188 cm a^{-1}) でした (図 1)。氷河とは、重力によって長期間にわたり連続して流動する雪氷体であり、多年性雪渓とは顕著な流動現象の有無で区別されます。2 つの氷河の測定値は、両雪渓が氷河の特徴である十分な氷厚と顕著な流動を示しています。杓子沢雪渓と不帰沢雪渓は、北アルプスで 8 番目、9 番目に確認された氷河となり、奈良間研究室としては 3 番目の確認となります。特に、杓子沢雪渓は JR 大糸線白馬駅前や市街地からも見える位置にあり、「街から見える氷河」として貴重な存在になります。

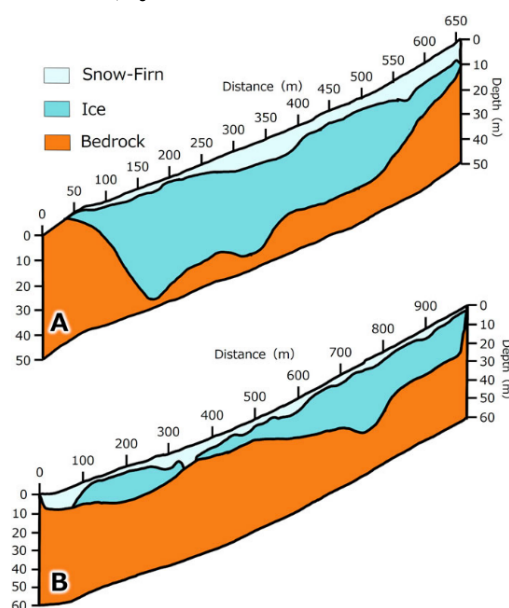


図 1 地中レーダ探査による氷厚
A : 杓子沢雪渓, B : 不帰沢雪渓

また、これまで北アルプスの氷河における雪線高度は、ステーク法や測地学的手法では明らかにされていませんでした。本研究では、杓子沢雪溪の広域で測定した氷厚・流動速度データを連続の式に代入することで、長期の高度別の年平均表面質量収支を算出し、杓子沢雪溪の雪線高度を示しました。算出された長期の年平均表面質量収支は、標高が高い場所で正、標高が低い場所で負である正の勾配を持つことが確認されました（図 2）。つまり、上流に涵養域、下流に消耗域があり、気候的雪線より低い標高約 2,200m に局所的な地形的雪線（注 2）が存在することで氷河が維持されていることがわかりました。

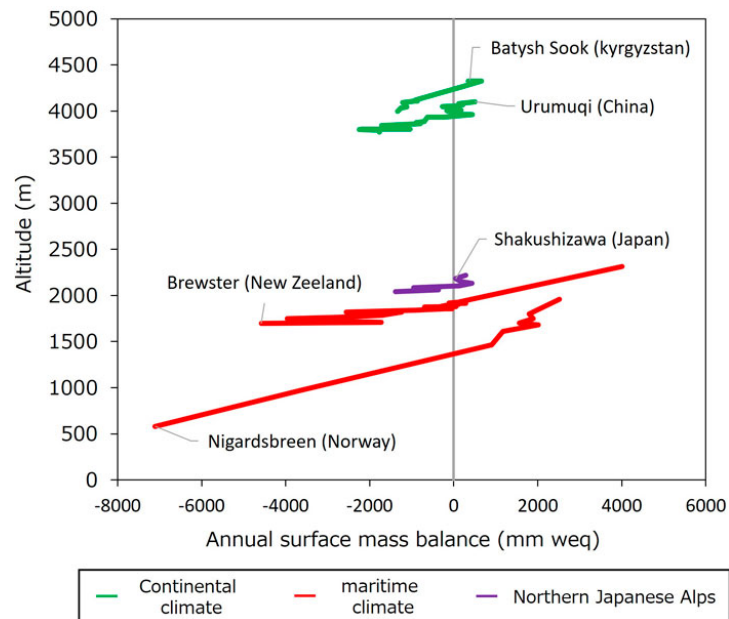


図 2 高度別の表面質量収支

本研究で特に注目すべきなのは、北アルプスの氷河は世界有数の多雪地域に位置する一方で、冬期の多雪環境による積雪（積雪深：13 ～30 m）と夏期の融解によって相殺し、内陸アジアの乾燥地域の氷河並みに年間の氷交換量が少ないことが判明したことです。

このように北アルプスの氷河は、地形効果により多量の積雪を得ることで気候的雪線より低い標高 2,200m 付近に局所的な涵養域が形成され、かつ質量交換の少ない状態で維持されていると考えられます。この特徴は温暖化が進む中で生き残る世界の山岳氷河の環境条件を示唆するものです。

IV. 今後の展開

本研究の成果は、日本アルプスの高山帯の環境の理解、温暖化が進む中で生き残る世界の山岳氷河の環境条件の解明や生き残る氷河の分類に寄与します。さらに、今回確認された氷河において、北アルプスの高山帯の環境変動に関する長期観測を実施できます。また、長野県白馬村の白馬沢雪溪においても、2021～2024 年の調査でこれまで氷河と確認された同程度の氷厚と流動が観測されており、調査結果をまとめた論文を投稿予定です。

V. 研究成果の公表

本研究成果は、2025 年 2 月 11 日、科学誌「Frontiers in Earth Science」にオンライン掲載されました。

【論文タイトル】 Identification and persistence mechanism of very small glaciers and perennial snow patches in the northern Japanese Alps

【著者】 Kenshiro Arie, Chiyuki Narama, Kotaro Fukui, Hajime Iida

【doi】 10.3389/feart.2025.1442884

VI. 謝辞

本研究は、受託事業費（白馬村；研究代表者、奈良間千之）、文部科学省科研費挑戦的萌芽研究（22K18500；研究代表者、奈良間千之）、日本学術振興会特別研究員奨励費（21J15412C；研究代表者、有江賢志朗）などの支援を受けて行われました。

【用語解説】

（注 1）質量収支と雪線

氷河における雪氷の質量の出入りを考える際に、収入は 1 年間の総涵養量、支出は総消耗量、両者の和を氷河の質量収支という。氷河表面の雪氷の年間の涵養量が消耗量を上回る場所を涵養域、消耗量が涵養量を上回る場所を消耗域と呼び、涵養量と消耗量が平衡になる場所を平衡線、その長期にわたる平均的位置を雪線と呼ぶ。

（注 2）気候的雪線と地形的雪線

気候的雪線とは、地形的な影響を除去した地域全体の気候条件を反映されて形成された氷河の雪線であり、地形的雪線とは、雪崩や吹き溜まりなど地形効果により多量の積雪を獲得して局地的に形成される氷河の雪線を指す。

本件に関するお問い合わせ先

新潟大学理学部フィールド科学人材育成プログラム
教授 奈良間 千之（ならま ちゆき）

TEL：025-262-5150

E-mail：narama@env.sc.niigata-u.ac.jp