

ロシア・カムチャッカ半島で最新の氷河変動を解き明かす

～近くて遠い、極東ロシアに見る気候変動～

ポイント

- ・ロシア・カムチャッカ半島における 21 世紀の氷河変動を人工衛星データによって初解析。
- ・半島全域で氷河の衰退を確認。特に 2010 年以降は著しい氷河の融解を明示。
- ・カムチャッカ半島の氷河融解が海水準上昇と地域の水文環境に与える影響の理解に貢献。

概要

北海道大学大学院環境科学院博士前期課程（研究当時）の福本峻吾氏と同大学低温科学研究所の杉山 慎教授、三寺史夫教授、白岩孝行准教授らの研究グループは、人工衛星データによって、ロシア・カムチャッカ半島における氷河の質量変動を明らかにしました。

現在、世界各地の山岳地域で氷河の急激な衰退が報告されています。山岳域の氷河は地球上の氷総量の 1% に過ぎませんが、その氷損失量は南極やグリーンランドの氷床よりもずっと激しく、21 世紀の氷河氷床全融解量の 80% を占めています。しかしながら、ロシア・カムチャッカ半島の氷河については研究例が少なく、氷河変動の正確な理解が求められていました。

そこで研究グループは、人工衛星データを使ってカムチャッカ半島全域で氷河の表面標高変化を解析し、2000～2016 年の氷量変化を測定しました。その結果、21 世紀に入って半島全域で 4.9Gt の氷が失われ、0.013mm の海水準上昇に相当する融解水が流出したことが明らかになりました。また 2010 年以降は氷河の縮小が特に激しく、毎年 1 m を超える世界的にも顕著な質量減少が確認されました。また、気候変動の経年変化（太平洋十年規模振動）を解析した結果、同半島における氷減少が今後も加速することが示唆されました。以上の結果は、温暖化とそれに伴う気候変動に対して、カムチャッカ半島の氷河が敏感に反応していることを示します。本研究結果によって、海水準上昇の正確な把握と予測が実現し、カムチャッカ周辺の水文環境の理解が進むことが期待されます。

本研究結果は、2022 年 7 月 4 日（月）公開の *Journal of Glaciology* 誌にオンライン掲載されました。



（左）北部中央山脈のフフホイトゥン山（写真中央）とその山麓を流れるフフホイトゥン氷河。（右）北部中央山脈ナチキンスキー氷河。いずれも 2016 年 4 月に北大山岳部遠征隊にて筆頭著者が撮影。

【背景】

地球温暖化の影響を受けて氷河氷床が縮小し、海水準の上昇や地域の水文環境に大きな影響を与えています。中でも山岳地域に存在する氷河（山岳氷河）の質量は激しく、南極やグリーンランドの巨大な氷床よりも多くの氷を失っています。山岳氷河の大きさは全氷河氷床の約1%に過ぎませんが、21世紀に入って生じた地球全体の氷河縮小の約80%が山岳地域で起きています。したがって、世界各地の山岳域での氷河変動を正確に測定することが求められています。

極東ロシア・カムチャッカ半島は日本の北方1500kmに位置し、年間最大1200mmもの降雪がある豪雪寒冷地域です。半島には長大な山脈群と活火山が多く存在し、それらの地域には合計405の氷河が存在しています（図1）。20世紀以降、カムチャッカ半島の氷河面積の急速な減少が報告されていますが、氷量の変化は調べられたことがありません。同半島は北アジア地域の主要な氷河分布域の一つであり、その変動の正確な測定が求められていました。

またカムチャッカ半島からオホーツク海に流入する淡水は、北太平洋の海水循環に重要な役割を果たしています。半島から流出する淡水量を知るためには、河川の最上流に位置する氷河の融解と変動を理解する必要があります。しかしながら、カムチャッカ半島における氷河変動の解析事例は乏しく、特に各地で急速な氷河衰退が報告される21世紀の氷河変動は明らかとなっていませんでした。

【研究手法】

本研究では、人工衛星によって撮影されたステレオ画像を用いて数値標高モデルを作成し、氷河表面標高の変化からカムチャッカ半島における2000～2016年の氷河質量変化を解析しました。また、半島内の一部の地域に対しては2006年と2010年の表面標高も測定し、氷河変動の時間変化を解析しました。標高解析の一部には、筆頭著者が2016年に北大山岳部の遠征で現地を訪れた際に測定した、積雪深のデータを使用しています。さらに、現地気象データと再解析気候データを用いて、カムチャッカ半島における夏の気温と冬の降水量（降雪量の指標）を解析。また氷河が位置する地域の地理的条件（標高、傾斜、火山の有無など）を調べました。これらの結果を氷河変動して、島内のどこでどのくらい氷が失われているのか、その地域性を決める要因について考察を行いました。

【研究成果】

解析の結果、2000～2016年にカムチャッカ半島全体で4.9Gt、水に換算して毎年平均0.47mの氷が失われていることが明らかになりました。また、半島東部に位置するクロノツキー半島と半島北部の中央山脈北部では、それぞれ2006年及び2010年以降の氷損失が毎年平均1mを超えており、近年になって氷河の融解が加速していることが判明しました（図2）。この結果を、他地域の氷河における研究例及び気候データと比較したところ、以下の知見を得ました。

1. 2000～2016年における質量変化の速度は、ウラル、アルタイ地域を含む北アジア地域の平均と近い値であった。一方で、観測期間の後半における質量減少速度は、世界各地における同時期に報告された値よりも顕著に大きい。
2. 21世紀に入ってカムチャッカ半島全域で夏季の気温が上昇している（図3左）。その一方で降雪の変化は地域によって異なり、氷河変動と必ずしも一致しなかった（図3右）。この結果から、気温上昇がカムチャッカの氷河変動により大きな影響を与えていることが示唆された。
3. クロノツキー半島と中央山脈北部において、それぞれ2006年及び2010年以降に夏の気温上昇と冬の降水量減少が確認された。よって近年の氷河縮小加速傾向、温暖化と降雪減少の両方が原因と考えられる。

4. 2012 年以降には PDO（太平洋十年規模振動）指標が増加しており、この傾向は今後降雪が減少することを示す。特に半島東部ではアリューシャン低気圧の影響を強く受けて降雪が著しく減少し、より激しい氷河質量減少が予想される。

各地域における氷河変動を、氷河面積の標高分布、氷河上の土砂堆積状況、火山活動の影響等と比較したところ、氷河の縮小と標高分布の間に相関が見られました。すなわち、氷河の大部分が狭い標高帯に分布する地域で、より多くの氷が失われていることが判明しました。そのような氷河は気候変動に対して敏感な性質があり、気温と降雪量の変化に対してより大きく反応したものと考えられます。

【今後への期待】

本研究によって、ロシア・カムチャッカ半島における氷河質量変化が初めて定量化されました。また半島内での氷河変動の分布や、その地域的特性が明らかになりました。これらの成果は、海水準上昇の正確な理解に重要である他、山岳氷河の変動を理解するために貴重なデータとなります。またカムチャッカ半島における水文環境とその海洋に与える影響について、新しい知見を与えるものです。今後は同地域の氷河変動の継続的な解析に加えて、氷河融解が河川や海洋に与える影響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（17H01156）、ArCS II 北極域研究加速プロジェクトの助成を受けて実施されました。

論文情報

論文名 Glacier mass change on the Kamchatka Peninsula, Russia, from 2000 to 2016（ロシア・カムチャッカ半島における 2000 年から 2016 年の氷河質量変化）
著者名 福本峻吾^{1(当時)、2(当時)}、杉山 慎¹、波多俊太郎^{1、2}、斉藤 潤^{1(当時)、3}、白岩孝行¹、三寺央夫¹
(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、³Department of Geosciences, University of Montana)
雑誌名 Journal of Glaciology（雪氷学の専門誌）
DOI <https://doi.org/10.1017/jog.2022.50>
公表日 2022 年 7 月 4 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）

T E L 011-706-7441 F A X 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@jimu.hokudai.ac.jp

【参考図】

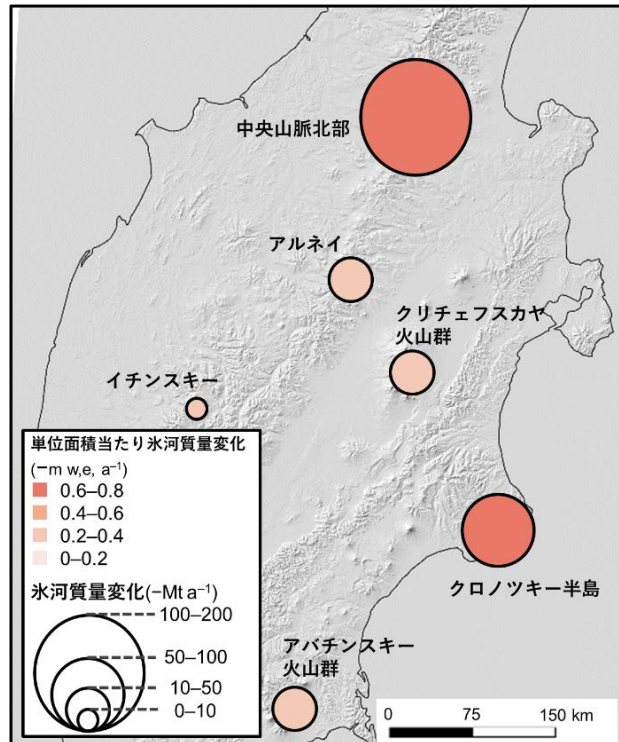
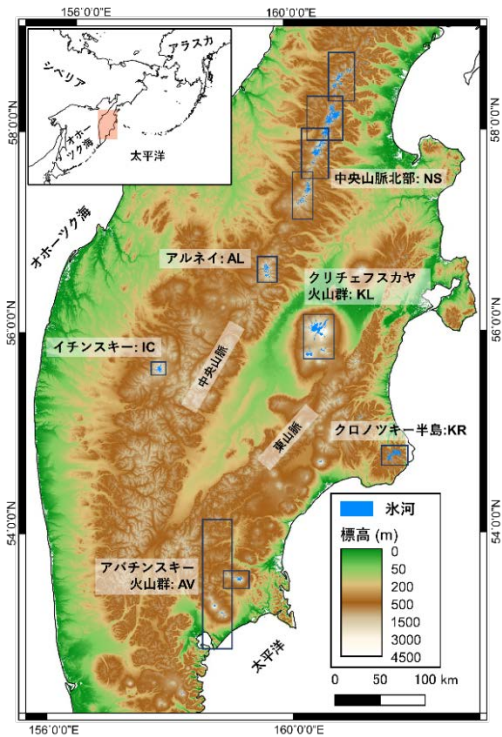


図 1.カムチャッカ半島内の氷河分布。

図 2. 本研究で明らかになった 2000～2016 年の氷河質量変化。円の直径が大きいほど損失が大きい。

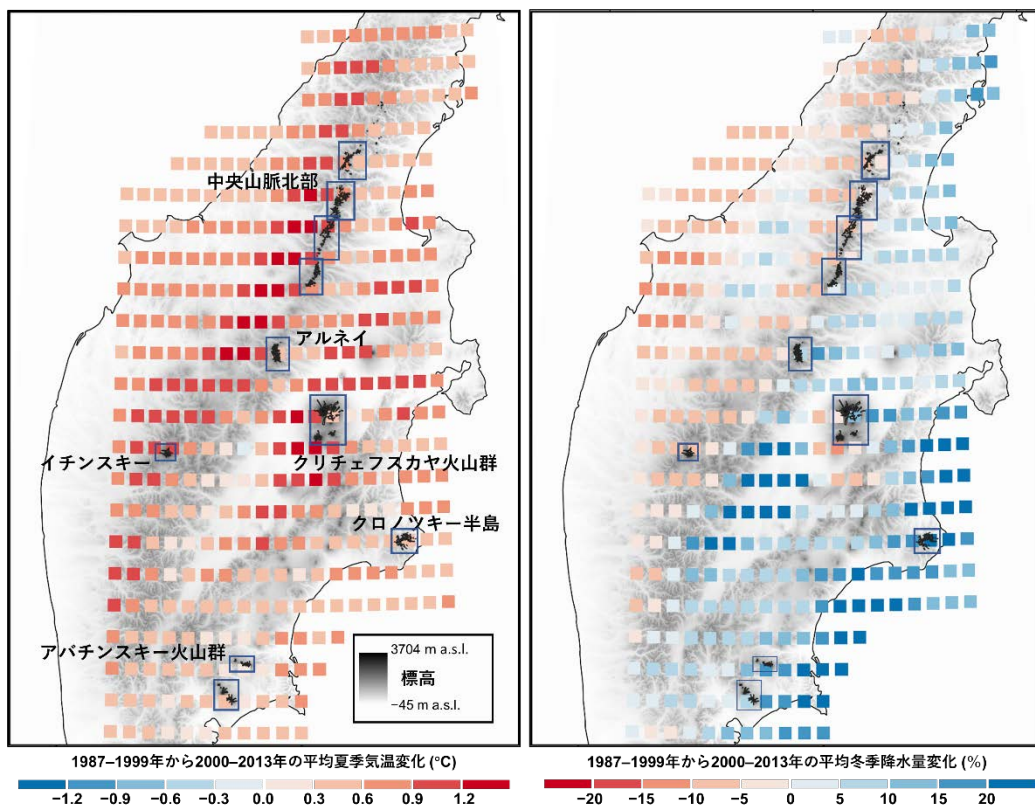


図 3. 左：1987～1999 年と 2000～2013 年の夏季平均気温の差。右：1987～1999 年と 2000～2013 年の平均冬季降水量の差。21 世紀に入って気温が上昇し、特に西部で降水量が減ったことを示す。