



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Influence of sea ice and subglacial hydrology on the dynamics of outlet glaciers flowing into Lützow-Holm Bay, East Antarctica [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	近藤, 研
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第15670号
Issue Date	2023-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91168
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ken_Kondo_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 近藤 研

審査委員	主査	教 授	杉山 慎
	副査	教 授	Ralf Greve
	副査	准教授	青木 茂
	副査	教 授	澤柿 教伸 (法政大学 社会学部)

学 位 論 文 題 名

Influence of sea ice and subglacial hydrology on the dynamics of outlet glaciers
flowing into Lützow-Holm Bay, East Antarctica

(東南極リュツォ・ホルム湾に流入する溢流水河の変動に海水と底面水文環境が与える影響)

南極氷床の質量は、降雪による涵養と、海洋への氷流出で変化する。近年の氷床縮小は溢流水河の加速による氷流出の増加が原因とされており、氷床変動のメカニズムを理解するために溢流水河の流動変化の機序解明が急務となっている。溢流水河の速い流動は、高い水圧が保たれた底面で発生する活発な底面滑りによって生じる。このような速い流動は、氷河をとりまく環境変化に強い影響を受ける。例えば、海水流出によって氷河末端部に作用する応力が変化し、氷河が加速する例が報告されている。また、比較的気温の高い南極半島では夏季の流動加速を示唆する観測が報じられ、融解水の底面流入による底面水圧の変動が短期的な流動変化の要因として検討されている。そこで本論文では、南極氷床の溢流水河における流動変化のメカニズム解明を目的として、(1) 東南極リュツォ・ホルム湾に流入する5つの氷河(白瀬、スカーレン、テーレン、ホノール、ラングホブデ氷河)において過去二十年間の流動変化と海水変動との関係性を人工衛星データにより解析し、(2) 熱水掘削と氷河底面の直接観測によってラングホブデ氷河の短期流動変化を観測した。

まず、人工衛星データを解析し、対象氷河の2000-2020年の末端位置、流動速度、表面標高、氷河前の海水面積を測定した。末端位置は、衛星画像(JERS-1、ASTER、Landsat 4/7/8)を用いてGIS上で描画した。流動速度は、Landsat 7/8の画像に画像相関法を適用した測定に加え、NASAが公開する流動速度データ(ITS_LIVE)から取得した。表面標高は、数値標高モデル(REMA)とレーザー高度計(ICESat-1/2)のデータを使用した。また、Google Earth Engineを用いたピクセル半別りによって、氷河前の海水面積を定量化した。その結果、2000-2016年に全ての氷河で末端が0.6-38.7 km前進し、その後2018年までに0.4-6.0 km後退したことが明らかとなった。白瀬、スカーレン、テーレン氷河の流動は、2010-2015年に減速、2015-2018年に加速した。白瀬、スカーレン氷河の接地線付近では、2012-2016年に 6.5 ± 0.2 mおよび 2.4 ± 0.2 mの標高増加が観測された後、2016-2020年にはそれぞれ -0.8 ± 0.1 mおよび -3.03 ± 0.07 mの減少傾向に転じた。氷河前に占める開放水面の割合は2008-2016年には平均1%以下であったが、定着氷の流出に伴って増加し、2016年以降に最

大100%の最大値を取った。これらの結果から、氷河前の海氷が冰山分離や流動を抑制していたことが示唆された。さらに、流動方向の伸長歪みが2010–2015年には減少、2015–2018年には増加しており、接地線付近の標高変化が、流動変化で生じた歪み速度の変化に起因することが示された。以上の結果は、海氷流出に起因する応力変化によって氷河流動が変化し、氷床質量が変化したことを示す。

さらに、氷河の短期流動変化を観測するために、2021/22年夏季にラングホブデ氷河で現地観測を実施した。氷河底面滑りと水圧変動の関係を直接観測するために、3軸加速度計と水圧計を搭載した測定装置を開発し、氷河の接地線から約1 km上流を全層掘削することで氷河底面に設置した。氷河表面では流動と気象の観測を行なった。観測の結果、1月2日から4日にかけて氷河底面水圧が上昇した際に、最大20%の流動加速が測定された。同期間に氷河底面の加速度計では振動イベントが平常時の2倍観測され、活発な底面流動が示唆された。底面水圧の上昇は降雨の直後に生じており、氷河表面から底面に流入した水によって底面滑りが促進されて、短期的な流動加速が生じたことが示唆された。以上の結果は、南極の氷河底面に水が流入し、底面水圧上昇と流動加速が起きることを示す初めてのデータであり、従来その影響が限定的と考えられてきた表面水が、溢流水河流動の季節変動を引き起こす重要な要素であることを示す。

本研究によって、東南極リュツォ・ホルム湾に流入する5つの氷河の過去20年間の変動が初めて明らかになった。また、海氷の消長による応力変化が経年的な氷河流動変化の要因であることを明らかにした。現地観測では、夏季の短期流動加速を東南極で初めて捉えることに成功した。氷河底面での直接観測によって、表面水の底面流入を発端とする水圧上昇による滑りの促進が流動加速の要因であることを解明した。以上より、氷河末端の応力や底面状態の僅かな変化が、著しい流動変化を生じることを明らかにした。本成果は、リュツォ・ホルム湾における氷河変動の定量的理解に資するとともに、南極氷床における溢流水河の変動メカニズムに新たな知見を与えるものである。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。