



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Modeling studies of ocean heat transport toward ice shelves in West and East Antarctica
Author(s)	瓢子, 俊太郎
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。利用可能日以前の閲覧方法は https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/ をご参照ください。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16570号
Issue Date	2025-09-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16570
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/98180
Type	doctoral thesis
File Information	HYOGO_Shuntaro_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 瓢子 俊太郎

審査委員 主査 特任教授 大島 慶一郎

副査 教授 青木 茂

副査 客員准教授 中山 佳洋 (低温科学研究所)

副査 副主任研究員 草原 和弥

(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

学 位 論 文 題 名

Modeling studies of ocean heat transport toward ice shelves in West and East Antarctica

(西南極および東南極の棚氷に向かう海洋による熱輸送に関するモデル研究)

近年南極氷床の質量損失が報告されており、これは2002年から2020年にわたって、地球全体の海水準上昇に年間約0.41 mmの割合で寄与していると推定されている。この質量損失の主な要因は、南極大陸棚上へ海底トラフ通じて暖水が流入し、南極氷床の末端部である棚氷を底面から融解させるためである。暖水の流入による棚氷の底面融解は、棚氷の薄化を引き起こし、棚氷が保有する上流の氷河を堰き止める効果を弱める。これにより、海洋へと向かう氷河の流動速度が加速することで、陸上に存在していた氷が海洋へ流出し、海水準上昇を引き起こす。本論文では、西南極ベリングスハウゼン海および東南極トッテン氷河沖における棚氷下部へと向かう海洋熱輸送過程を対象とした数値モデルによる研究を行った。

西南極では2000年代初頭に急激な氷床質量損失が報告されて以降、ベリングスハウゼン海に隣接するアムンゼン海を中心に、数多くの海洋観測が実施されてきた。この結果、アムンゼン海は南極周辺の大陸棚域の中でも最も観測データの蓄積が進んだ海域となっている。これまでの研究により明らかになった重要な知見のひとつは、棚氷底面融解が水温躍層の深さに強く依存することである。水温躍層とは深さに対して水温の急激に変化する層であり、棚氷底面へ運ばれる熱をコントロールする。しかしながら、大陸棚斜面を越えて暖水がいかんして陸棚上を横断し、さらに棚氷下まで到達するのかといった過程については、いまだに多くの不明点が残されている。これは、外洋と棚氷前面の水塊構造を結びつける上で不可欠なプロセスであり、西南極以外の南極海の大陸棚域においても普遍的な理解が求められる。

西南極ベリングスハウゼン海は、著しい棚氷底面融解と棚氷の薄化が進行している南極大陸棚の中でも重要な領域である。同海域の水温躍層はおおよそ200~300 mに位置し、アムンゼン海と類似した水塊分布を示す。本研究では、領域海洋モデルと観測による水温・塩分に関して、水塊分布と海洋循環の再現性を検証した。特に、暖水がBelgicaトラフおよびMargueriteトラフを経由してGeorge VI棚氷下部へと流入する経路がモデルによって再現され、観測データと整合的であることが示された。モデルでは、暖水はこれらのトラフを通じて約1年以内に

George VI棚氷下部に到達し、棚氷底面融解の主要な熱源となっていることが示唆された。George VI棚氷に向かう暖水流入は季節変動が小さい一方、Venable棚氷へと向かう暖水の流入は顕著な季節性を示し、特に夏季に流速が増加し、これは沿岸捕捉波が関与している可能性がある。さらに、粒子追跡実験を通じて氷河融解水の輸送過程を解析し、ベリングスハウゼン海とアムンゼン海の繋がりを示した。

一方東南極に位置するトッテン棚氷は、海水水準を約4 m上昇させる程の氷を保持しており、近年トッテン棚氷周辺の氷床での質量損失が進行している。トッテン氷河沖の水温躍層は500～600 mの深さに存在し、西南極のアムンゼン海・ベリングスハウゼン海に比べ300 m以上深い、特有の水塊分布を形成している。しかしながら、既存の全ての数値モデルはこのような大陸棚上の水塊分布の再現ができておらず、水温躍層が観測データより200～300 m浅く表現されるという共通した特徴が存在し、また、その理由は解明されていなかった。本研究では、既存の領域海洋モデルにおける外力・パラメータに対して感度実験を実施することで、トッテン棚氷沖大陸棚上の深い水温・塩分躍層の形成に、沿岸域の風、冰山融解水、および海面熱フラックスが重要であることを明らかにした。また、これらのモデルパラメータの調整を通じて、本海域における海洋数値モデルにおける水温躍層および塩分躍層の深さの再現性を大きく改善した。本研究の成果は、トッテン棚氷における海水準上昇の将来予測の精度向上につながるものである。

申請者の研究は、南極沿岸域の棚氷海洋相互作用について、海洋による熱輸送、および、その駆動力に対する理解を格段に深めた研究である。審査委員一同は、その重要度や先進性・発展性を高く評価し、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。