

研究課題：南極棚氷融解の数値モデリング

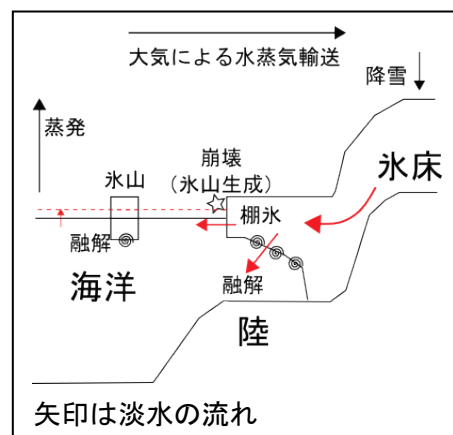
氏名：草原 和弥

所属（助成時）：東京大学大気海洋研究所

職名（助成時）：特任研究員

研究の目的

現在、南極の雪氷圏では海氷生成量の減少や氷床の崩壊・流出量の加速度的な増加等の急激な環境変化が起こっている。これらの変化、特に氷床と海洋の相互作用による環境変化は極域の海洋を急激に淡水化させ、海洋深層循環を弱化させる恐れがある。本研究は氷床を起源とする氷（棚氷）の融解プロセスを海氷海洋結合モデルに導入し、地球気候における極域の淡水循環システムの役割解明を目指すものである。特に、



氷床起源の淡水供給が深層水形成と海洋深層大循環に与える影響を定量的に明らかにする。

※用語（右の図参照） 氷床とは岩盤の陸地の上にある氷を指す。棚氷とは氷床の一部で海にせり出した部分を指す。冰山とは氷床/棚氷から分離した氷の塊を指す。海氷とは海の水が凍ってできた氷を指す。通常、棚氷は氷床からの氷の供給量と棚氷底面での融解量と氷山の形成量でおおよそバランスしている。

研究の背景

産業革命以降の人為起源の温室効果ガスの著しい増加に伴い、現在、地球温暖化が確実に進行している。この地球温暖化の影響は雪氷圏で特に顕著となりやすく、近年、北極・南極の両極圏に大きな変化が現れ始めている。その現象の中で特に全人類/全世界に脅威を与えうる問題として、南極とグリーンランドの氷床の融解と崩壊の加速度的な増加がある（上図の赤矢印：最近の変化傾向が大きい箇所）。両極域の氷床のうち特に変化が大きい場所は海と接触している棚氷付近で、これは氷床-海洋間の相互作用が氷床変動プロセスや気候変動の理解において極めて重要であることを強く意味する。

現在、たとえば数年～100年後の地球気候を予測する際、大気・陸・海氷・海洋のそれぞれのプロセスを表現/結合した“気候モデル”による数値シミュレーションが行われる。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)では、各国の最新の気候モデル結果を基にして、将来の環境を予測・議論している。しかし、氷床-海洋間の相互作用はそれらの気候モデルには全く考慮されておらず、その影響の過少評価が危惧されている。現段階で、これまで無視されてきた氷床-海洋間の相互作用を理解しておくことが、地球温暖化という環境問題解決及び今後の気候変動予測に発展につながる。

研究結果

本研究では、東京大学大気海洋研究所が開発している海氷海洋結合モデルを基礎として、そこに新たに棚氷要素を組み込み、南極の棚氷・海洋研究を実施した。

本研究の最大の成果は棚氷-海氷-海洋結合モデルから直接計算することができる棚氷底面融解量である。右図は棚氷底面の一年間の単位面積当たりの融解率の水平分布図である。南極の棚氷は正味融解しており、その全融解量は年間 770Gt ($1 \text{ Gt}=10^{12} \text{ kg}$) である。南極の三大棚氷であるフィルフィナー・ロンネ棚氷(右図の B の棚氷)、アメリカ棚氷(D)、ロス棚氷(H)では結氷域も再現されている。棚氷毎に詳細な過去の観測・数値モデル結果と比較を行った結果、本棚氷-海氷-海洋結合モデルは南極棚氷の融解量・融解パターンを再現しうるものであった。

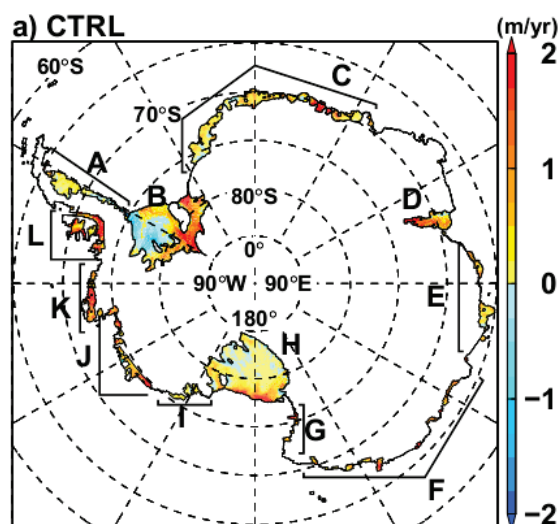
棚氷底面は海洋がもつ熱によって融解されるが、本研究ではどのような水塊が棚氷底面融解に寄与するのかについても調べた。底面融解の熱源は棚氷ごとに大きく異なることがわかった。また、将来気候状態に対する棚氷底面融解応答特性を調べるために、風や気温を理想的に変化させた数値実験を行なった。本数値モデルでは、棚氷底面融解は気温上昇に鋭敏に反応した。特に、西南極域の棚氷の融解量が大きくなることがわかった。

さらに、棚氷融解水が海洋に与える影響についても調べた。いくつかの数値実験から、海洋への棚氷融解水の入力がある場合、融解水の入力がない場合（棚氷の効果がない従来の数値モデル）に比べて、海洋深層循環の温暖化に対する応答がより強くであることを明らかにした。

本研究の結果は以下の研究論文としてまとめた。

Kazuya Kushara and Hiroyasu Hasumi (2013)

Modeling Antarctic ice shelf responses to future climate changes and impacts on the ocean, Journal of Geophysical Research Oceans, doi:10.1002/jgrc.20166



棚氷-海氷-海洋結合モデルで再現された棚氷の底面融解率(一年・単位面積あたり)。暖色系が融解を示す。現在気候の海面境界条件によって駆動した標準実験の結果である。