

Modeling basal melting of ice shelves around Antarctica and its impact on sea ice and ocean

Kazuya Kusahara and Hiroyasu Hasumi

Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

We incorporate an ice shelf component into an ice-ocean coupled model and investigate the basal melting of ice shelves. The model horizontal resolution is enough to resolve all ice shelves all around Antarctica. The annual ice shelf melting is estimated to be 841 Gt/year by the model. About 80 % of the basal melting occurs in areas within 200 km of the ice front. We found that in terms of fresh water supply the basal melting of small ice shelves around Antarctica is not negligible and could be comparable to those of large ice shelves. From numerical experiments with and without the thermodynamics between ice shelf and ocean, the impacts of basal melting on sea ice are investigated. The fresh water input from ice shelves enhances sea ice production near ice front and increases sea ice thickness in winter. The cold and low salinity waters can be traced in the ocean surface and bottom layers. We confirmed that the fresh water input leads to a significant reduction of dense bottom water formation.

はじめに

棚氷とは南極大陸上の氷床が海にせり出し、大陸内部の氷床から直接連結している海洋上の氷を指す。南極沿岸の海岸線の約 44%が棚氷に覆われている。これまでのほとんどの海洋モデルでは棚氷の物理プロセス及びその海氷や海洋への影響は無視されることが多かった。最近にやっぴやうやく、理想的な状況下や領域モデルによって棚氷下の物理プロセスが陽に表現され、棚氷-海洋間の相互作用が議論されるようになってきた。しかしながら、南極沿岸域に存在する全ての棚氷を表現した数値モデルはいまだなく、どこの棚氷がどのくらい融解しているのかという基礎的な事すらよく解っていない。

本研究の目的は海氷海洋結合モデルに棚氷プロセスを導入し、南極沿岸域に存在する全ての棚氷を対象として、その融解量及びその空間パターンを単一の数値モデルで再現/評価することである。

数値モデル

東京大学気候システム研究センター（現在、大気海洋研究所気候システム研究系）で開発された海氷海洋結合モデル (COCO) に棚氷コンポーネントを Losch 2008 (JGR-Oceans) に基づき導入した。モデルの領域はおおよそ南緯 40°以南の海域で、水平解像度は南極沿岸域で 15 km 以下、南極周極流域で 30 km 程度である。Z 座標系の鉛直解像度は水深 2000 m まで 50 m、それ以深は 100 m か 200 m である。棚氷下の熱力学は Three-equation formulation を採用し、棚氷下での熱及び塩分の交換係数はそれぞれ 10^{-4} 、 5.05×10^{-7} とした。モデルは日変動を含む気候値を用いて 20 年間積分した。解析には最後の 5 年間の平均したものを利用した。

結果

右図はモデルによって再現された融解/結氷の空間分布を示す。南極沿岸域の全ての棚氷は正味融解しており、年間 841 Gt である。衛星観測から見積もられる南極氷床からの年間正味の質量損失が 2000~2500 Gt で

あることと、そのうち底面融解による寄与は 20%~40% と言われていることを考慮すると、本モデルで見積もられた棚氷融解量は現実な範囲にある。また、過去の観測及び数値モデル研究から見積もられた融解量とも同程度である。

融解/結氷の空間パターンに注目すると、全ての棚氷の縁辺部で融解が大きい。融解量のうち、約 80%は icefront から 200 km 以内の領域で起こっていた。本研究結果から、淡水供給量という点において、海へのせり出しの小さい棚氷群 (C, E, F, J, I, L) も大きな寄与があり、それらは沿岸域の水塊形成等を議論する上で無視できない要素であることがはじめてわかった。

棚氷-海氷間の熱力学を切った実験との比較から、棚氷からの融解水は沿岸での海氷生産量を増加させ、冬季の海氷厚を増加させることを確認した。また、棚氷水の低温・低塩シグナルは海洋場では表層と底層に顕著となると同時に、沿岸での高密度水形成を弱体化させることを確認した。

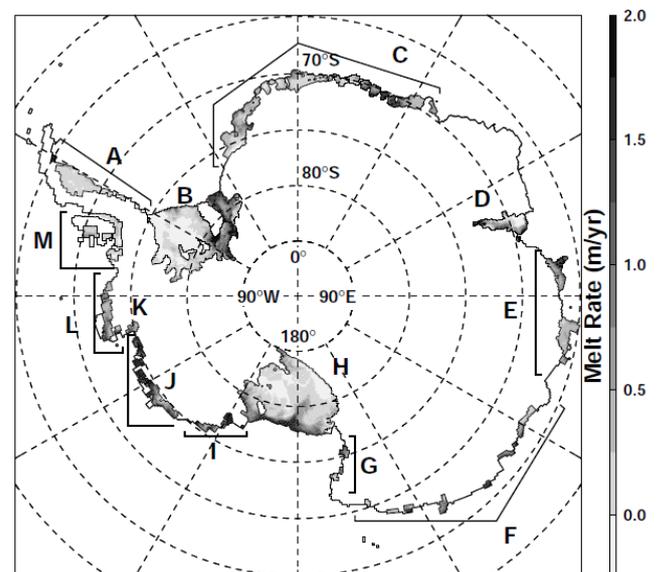


図: モデルによって再現された南極沿岸の棚氷の年間融解量