

南極底層水形成機構の高解像度モデリング High resolution Modeling on the Antarctic Bottom Water Formation

松村 義正^{1*}; 大島 慶一郎¹; 羽角 博康²
MATSUMURA, Yoshimasa^{1*}; OHSHIMA, Kay I.¹; HASUMI, Hiroyasu²

¹ 北海道大学 低温科学研究所, ² 東京大学 大気海洋研究所

¹Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

南極沿岸域で形成される南極底層水は海洋の成層構造の最下層に位置し、その生成量や水塊特性は全球規模の海洋深層循環や密度構造の維持に極めて重要な役割を担っている。しかし時空間的に密な直接観測が困難なことから南極底層水形成の実態は未だ明らかでなく、その詳細な理解は現代の海洋学・気候学の最重要課題の一つと言って良い。底層水形成においては数 10m 規模のシア不安定による水塊混合・数 km 規模の海底地形起伏・数 10km 規模のポリニヤ形成とそこでの熱・塩分フラックス、数 100km スケールの風成循環場など、様々な時空間スケールのプロセスが本質的に重要な役割を担っており、かつそれは相互に影響を及ぼしあっている。それらを単一の数値モデルで同時に扱うことは計算負荷の観点から困難であるため、底層水形成を扱った既存の数値モデリング研究は極めて理想化した設定で各プロセスの影響をそれぞれ別個に評価するものに留まっていた。

特に高密度水が沈み込む過程で周囲に存在する相対的に軽い水と混合することによる水塊変質プロセスは静水圧近似に基づく数値モデルでは表現できないため、非静力学モデルが必要となる。海洋非静力学モデルは時間刻み毎に全計算領域を対象とする 3 次元 Poisson 方程式を解く必要があるが、従来用いられていた共役勾配法による解法では計算コストが格子数に対して非線形的に増大するため、現実海洋を対象とした大規模シミュレーションは困難であった。我々は多重格子法を海洋モデルに最適化して用いることでこの問題を克服し、極めて計算効率の高い非静力学海洋モデルを開発した。これにより現実的な設定での大規模数値実験を行い、シミュレーション結果と現場観測データを直接定量的な意味で比較することが可能となりつつある。またこの非静力学海洋数値モデルにオンラインの粒子追跡法を組み込むことにより、底層水が沈み込む過程で海底のセジメントを輸送するプロセスや、海水が結氷する際に生じる微小な結晶粒子(フラジリアイス)の振舞いを陽にシミュレートする事を可能とする事も可能となった。

本講演では我々が開発している数値モデルの概要を紹介すると共に、それを用いて行っている南極底層水形成過程に関するシミュレーションの結果を、特に数 km スケールの海嶺・峡谷が底層水形成の経路に与える影響、及び斜面を降る底層水が引き起こす KH 不安定に伴う乱流混合過程に関して議論する。

キーワード: 南極底層水, 非静力学モデル

Keywords: Antarctic Bottom Water, non-hydrostatic model