

日本海深層流の形成機構に関する数値実験

Numerical Experiment on Deep Current Formation in the Japan Sea

○吉川 裕, 九大応力研, 春日市春日公園 6-1, E-mail: yosikawa@riam.kyushu-u.ac.jp

Yutaka Yoshikawa, RIAM, Kyushu Univ., 6-1 Kasuga Park Kasuga City

Numerical experiments were performed to investigate formation mechanism of cyclonic abyssal circulation in the Japan Sea with particular attention to the effects of baroclinic instability and a bottom slope. Experiments show that baroclinic instability generates barotropic eddies, which increase in size by nature of 2D turbulence. Advection cross a slope by barotropic eddies and potential vorticity conservation select cyclonic circulation rather than anticyclonic.

1. 緒言

深層循環の標準理論であるストムメル・アーロンス理論（以下 SA 理論）によれば、深層循環は強い赤道向きの西岸境界流と内部領域全体に広がる弱い極向きの流れから成る。しかし近年の日本海深層における観測結果⁽¹⁾によれば、日本海全体を覆う、水深の浅い領域を右に見る低気圧性の深層循環が水深変化の大きい領域に局在する。このことは、SA 理論とは異なる力学で日本海の深層循環が駆動されていることを示している。一方、最近の数値実験結果⁽²⁾は、対馬暖流の傾圧不安定と海底地形が低気圧性の深層循環に重要な役割を果たすことを示唆している。そこで本研究では、傾圧不安定および海底地形が深層循環形成に果たす役割を、数値実験を行い調べた。

2. 数値模型の概要

数値実験は、ブシネスク・f 面・リジッドリッド近似を採用した二層模型を用いて、以下の二種類を行った。いずれの実験においても、計算は定常状態が得られるまで行った。

日本海想定実験：日本海の深層流を定性的に再現するため、模型海洋に外部強制力として対馬暖流を模した定常的な流入流出のみを与えた。海底地形は摺鉢状とし、境界は非粘性壁とした。また、数値的安定性のため東西・南北境界から約 50km までは各層厚が初期値を保つような復元力を与えた。初期流速は、上層で東向きのジェット流（地衡流）を与え、下層は無流とした。

単純水路実験：傾圧不安定と斜面による深層流形成機構を明瞭にするため、中央部が深い東西一様な模型水路に、初期流速として傾圧東西ジェット流（地衡流、順圧成分は無し）を与え、外部強制力を与えずに実験を行った。東西境界は周期的し、南北境界は非粘性壁とし、また層厚の復元力は与えなかった。

3. 実験結果

日本海想定実験：まず傾圧不安定により変形半径程度の水平規模を持つ対称な高・低気圧性順圧渦が形成され、その後二次元乱流の特性によりこれらの渦がスケールアップし、最終的には海盆全体を覆う浅領域を右に見る（低気圧性）循環が斜面近傍に形成されることが確認された（Fig.1）。この結果は、観測される日本海の深層循環と定性的に一致する。

単純水路実験：日本海想定実験と同様の過程を経て、浅領域を右に見る低気圧性循環が、水路中央部で形成されることが確認できた。次に海底地形の役割を調べるため、平坦な地形で同様の実験を行ったところ、傾圧不安定によって順圧渦は形成されるが、対称な高・低気圧性渦が一对形成される結果となった。また、傾圧不安定の役割を見るため、傾圧不安定が形成する変形半径程度の対称な高・低気圧性渦を初期条件として与えた実験を一層模型で行ったところ、水深変化がある場合には浅領域を右に見る低気圧性循環が、水深変化が無い場合には対称な高・低気圧性渦が形成される結果となった。

4. 傾圧不安定と海底地形の役割

以上の結果から、傾圧不安定は初期に対称な高・低気圧性順圧渦を形成すること、順圧渦は二次元乱流の特性によりスケールアップすること、水深変化がある場合にはスケールアップ過程において浅領域を右に見る流れが形成されることが、明らかになった。浅領域を右に見る流れの形成は、順圧渦位保存則から以下のように説明される。まず、順圧渦により流体の水平混合が活発となり、水深の異なる領域への移流が生じる。その結果、順圧渦位の保存により、深い（浅い）領域に移流された流体は正（負）の相対渦度を持つ。混合が十分に行われた定常状態においては、この渦度分布が維持されるため、浅い領域を右に見る流れが形成される。

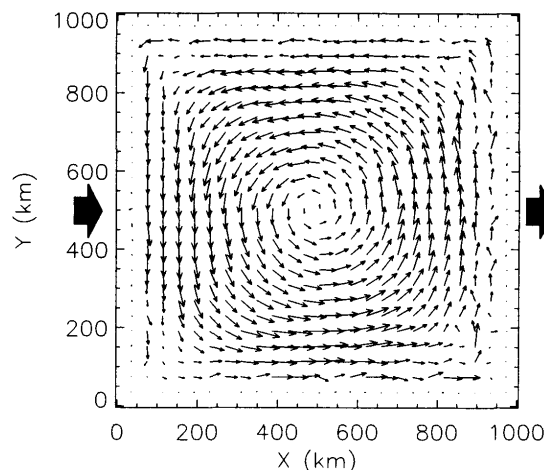


Fig. 1 Horizontal velocity in lower layer. Large arrows indicate inflow and outflow position in upper layer.

5. 結言

日本海の低気圧性深層循環が、渦と海底地形の作用で形成され得ることが確認できた。この機構が妥当だとすれば、日本海の深層循環は熱塩循環ではなく渦成循環であると言える。同様な循環は北極海等他の縁辺海でも期待できる。ただし、現実の循環がこの機構でどこまで説明出来るのかについては、今後さらに議論する必要がある。

参考文献

- (1) 永野, "日本海深層の流動構造に関する研究," 九州大学総合理工学府博士論文, (2000), pp. 1-100.
- (2) Hogan, P.J. and H.E. Hurlbert, "Impact of ocean-topographical coupling and isopycnal outcropping in Japan/East Sea models with 1/8° to 1/64° resolution," J. Phys. Oceanogr. 30 (2000), pp. 2535-2561.