

南大洋 110°E-140°E ラインにおけるキャベリング・サーモバリシティによる AABW・MCDW の形成への影響

芦田 将成¹、北出 裕二郎¹

¹ 東京海洋大学大学院

Effects of cabbeling and thermobaricity on AABW and MCDW formation around 110°E-140°E in Southern Ocean

Masanari Ashida¹, Yujiro Kitade¹

¹ Tokyo University of Marine Science and Technology

Effects of cabbeling and thermobaricity are expected to have important roles on the formation of Antarctic Bottom Water (AABW) and Modified Circumpolar Deep Water (MCDW) in Southern Ocean. CTD data observed by TR/V Umitaka-maru in 2003, 2005, 2008, 2010 and 2011 along 110°E, 115°E, 130°E, and 140°E lines (Fig.1) were analyzed to evaluate cabbeling- and thermobaricity-induced velocities by using an equation formulated by McDougall(1987). Cabbeling-induced velocity is larger at ASF region and its magnitude exceeds 10^{-5} (m/s) (Fig.2). Especially significant effects of cabbeling were found at the depth range of 350-600m where the horizontal gradients of potential temperature and salinity are large (Fig.3). The thermobaricity-induced velocity with magnitude of 10^{-5} - 10^{-6} (m/s) were found in the deep layer near 1500m depth at 65.0-65.5°S, which is comparatively smaller than that of cabbeling. Additional method to evaluate the effects of cabbeling and thermobaricity on MCDW and AABW formation will be discussed in the presentation.

1. はじめに

キャベリングとは、水温・塩分はそれぞれ異なるが同じ密度を持つ2つの水塊が混合したとき、より高密度な水塊が生成される現象のことである [McDougall, 1987]。キャベリングは特に鉛直フロント域において混合や沈み込みを引き起こし、Antarctic Bottom Water (AABW)の生成に重要な効果の一つである [Foster, 1972]。また、サーモバリシティとは、海水の熱膨張率が圧力と共に増加する現象のことである。これにより特に低温海水ほど圧力の増加に伴う密度の増加が大きいため、深層の対流に重要な役割を果たす [Akitomo, 1995]。

南大洋陸棚域には水温、塩分の水平勾配が大きい Antarctic Slope Front (ASF) という熱塩フロントが存在し [Ainly et al., 1981]、その近傍での混合は AABW の形成に重要な役割を果たしている [Foster et al, 1987]。Hirano et al., [2010] は Adèlie Land 沖における乱流観測データと CTD 観測データを用いて ASF 域近傍での混合課程、水塊の形成メカニズムについて調べ、ASF 域近傍における乱流混合が深・底層水形成に重要な役割を果たしている可能性を示唆した。

Foster [1972] や Akitomo [1995] から本海域においてもキャベリング・サーモバリシティの効果が重要であることが予想されるが、それに関する研究は行われていない。

そこで、本研究では、海鷹丸による南大洋 110°E-140°E の海域での CTD (Conductivity-Temperature-Depth profiler) 観測データを用いて、キャベリング・サーモバリシティによる AABW・MCDW (Modified Circumpolar Deep Water) の形成への影響を評価した。

2. 使用データ、解析方法

解析には、2003, 2005, 2008, 2010, 2011 年に東京海洋大学の練習船「海鷹丸」によって南大洋 110°E, 115°E, 130°E, 140°E ラインで得られた CTD (SBE911plus CTD) 観測データを鉛直間隔 1m 毎に移動平均を施したものをを用いた (Fig.1)。

キャベリング・サーモバリシティによる鉛直流速は McDougall [1987] の式を用いて計算した。その際、水平拡散係数の算出には Okubo [1971] の拡散係数と水平距離の関係式を用いた。

3. 結果

キャベリング・サーモバリシティによる鉛直流速の評価は各年、各観測ライン毎に行った。その結果の一例として 2005 年 140°E ラインの結果を Fig.2 に示す。Fig.2 はポテンシャル水温 (°C)、塩分 (PSU) の鉛直断面図 (破線) に求められたキャベリングによる鉛直流速 (白・黒の色の分布) を重ねて表示したものである。この図から 65.5°S 付近の水深 300-700m に水温、塩分のフロント (ASF) が分布している様子が見られる。この ASF 近傍においてキャベリングによる鉛直流速が大きく、そのオーダーは 10^{-5} (m/s) 程度であることが分かった。

ASF 近傍でのキャベリングの効果を詳しく調べるため、Fig.3 に 2005 年 140°E ラインで確認することができた ASF を挟む 2 測点におけるポテンシャル水温、塩分、キャベリングによる鉛直流速の鉛直プロファイルを示した。2 点間の水温、塩分差が特に大きくなる水深 350-600m 付近においてキャベリングによる鉛直流速が大きいことが分かった。Kasajima et al., [2009] はグ

グリーンランド海の熱塩フロント(West of Bear Island: SB)においてキャベリング効果による鉛直流速は最大で約 $8.7 \times 10^{-5}(\text{m/s})$ と見積もり、活発なキャベリングの存在を示した。ASF 近傍における鉛直流速は最大で約 $5.0 \times 10^{-5}(\text{m/s})$ と、同程度の活発なキャベリングの存在が示唆される。

図示していないが、同様にサーモバリシティについても調べたところ、サーモバリシティの効果は ASF 近

傍ではなく、 $65.0-65.5^{\circ}\text{S}$ の水深 1500m 付近で強いことが分かった。またそのオーダーは $10^{-5} \sim 10^{-6}(\text{m/s})$ 程度であり、キャベリングの活発な箇所と比較するとやや小さい値であった。

キャベリング・サーモバリシティによる AABW・MCDW の形成への影響についてさらに、他の現象(乱流や二重拡散対流)との関係や定量的な比較を検討している。

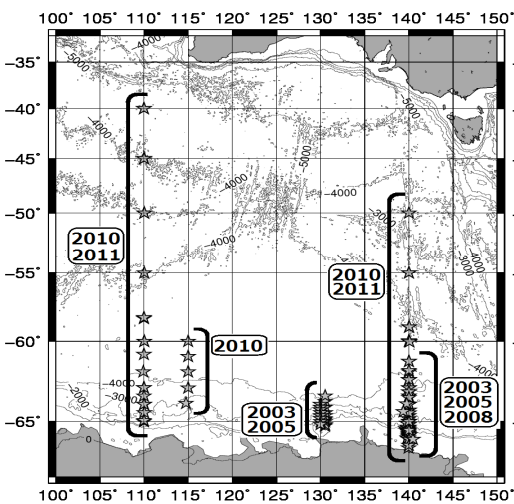


Figure 1. CTD stations in this study area.

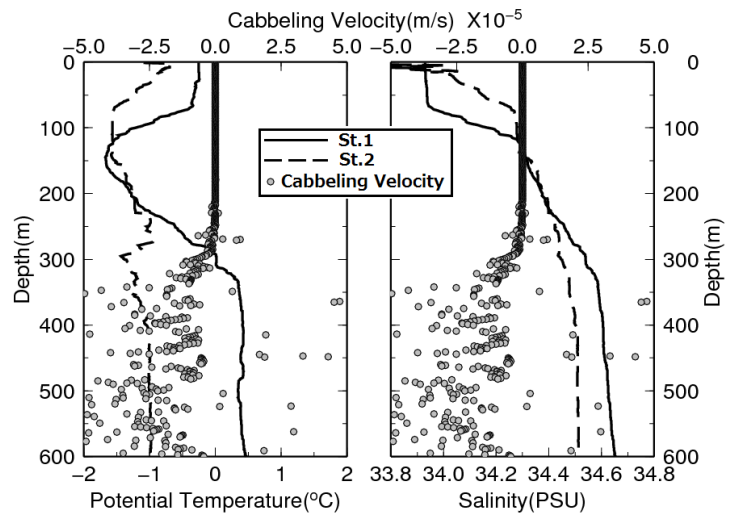


Figure 3. Vertical profiles on ASF along 140°E in 2005.

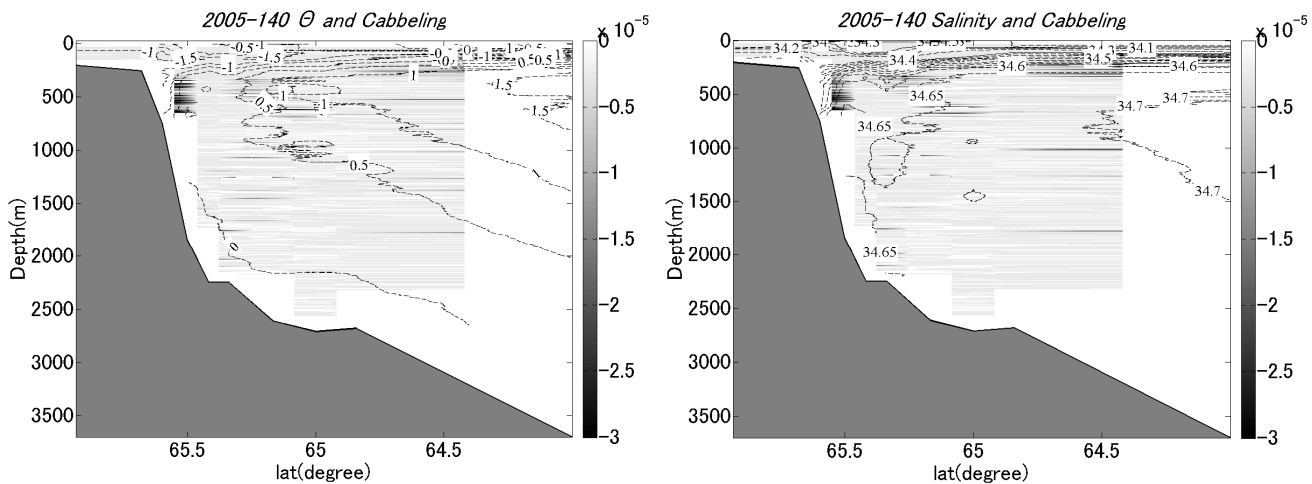


Figure 2. Vertical sections of Potential Temperature(Left), Salinity(Right) superimposed on the cabbelling velocity(m/s) ,along 140°E in 2005.

References

- Ainley, D. and S. S. Jacobs (1981): *Deep-Sea Res.*, 28A, 1173-1185
- Akitomo, K., Awaji, T. and Imasato, N. (1995): *Deep-Sea Res. I*, 42, 53-73.
- Foster, T. D. (1972): *J. Phys. Oceanogr.*, 2, 294-301.
- Foster, T. D., A. Foldvik and J. A. Middleton (1987): *Deep-Sea Res.*, 34, 1771-1794.
- Inoue, R., Yoshida, J., Hirose, Y. and Komatsu, K. (2003): *J. Oceanogr.*, 59, 211-224.
- Kasajima, Y. and T. Johannessen (2009): *Ocean Sci.*, 5, 247-257.
- McDougall, T. J. (1987): *J. Geophys. Res.*, 92, 5448-5464.
- Okubo, A. (1971): *Deep-Sea Res.*, 18, 789-802
- Hirano, D., Kitade, Y., Nagashima, H. and Matsuyama, M. (2010): *J. Oceanogr.*, 66, 95-104