

南大洋表層混合層の発達過程における水塊変動と熱塩フラックス

鈴木 萌¹、北出 裕二郎¹、青木 茂²、馬場尚一郎³、勝又勝郎³

(1: 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科、2: 北海道大学低温科学研究所、3: 海洋研究開発機構)

Variation of water property and evaluation of heat and salt fluxes in the upper mixed layer of Southern Ocean

Moe Suzuki¹, Yujiro Kitade¹, Shigeru Aoki², Shoichiro Baba³, Katsuro Katsumata³

(1:TUMSAT, 2:ILTS, 3:JAMSTEC)

In order to clarify variation of near-surface water property and to evaluate effect of heat and salt fluxes on the change of near-surface water property, we analyzed mooring data obtained from January to December in 2012 by m-TRITON deployed at 60°S, 140°E in Southern Ocean. Hydrographic data obtained along 140°E by TR/V Umitaka-Maru in Austral summer in the same year were also analyzed. Mooring data and hydrographic data reveal variation of water properties upper 400m depth through the all year; especially a front near the mooring point might have moved until the end of May, and mixing layer was observed to be at least 150m from September until November. Then by calculating net heat flux through the sea surface and estimating the variation of temperature depend on heat budget through the sea surface, the variation of sea surface temperature (SST) were examined; through the all year, the variation of SST can be explained about 70% by the variation of temperature calculated from the heat budget through the sea surface. Water temperature of the mixing layer has gradually decreased from June to November, and the decrease of temperature was well explained by heat budget through the sea surface.

1. はじめに

南大洋において、風によって駆動される表層水の輸送は発散帯で深層水の湧昇を引き起こし、上部子午面循環を形成している。冬季の海面冷却により形成されると考えられている冬季水は、夏季には亜表層水温極小層を形成するが、これが湧昇した深層水とどのように混合するのか興味深い。

近年の観測では、冬季水や深層水、AABW の特性の変化が報告されている。その要因としては降雪量や風速など気象条件の変化や氷床融解、海氷生産・融解量の変化などが考えられるが、詳細は明らかにされていない。また仮に表層の水塊が低塩化した場合、低塩分水がどのように密度を獲得しながら沈み込んでいくか、力学的なメカニズムも不明である。

これまで南大洋で行われてきた観測は限られた期間における断片的な観測が中心であり、連続的な変動を評価するには充分でなく、年間を通じて海洋内部でどのような要因によってどの程度の変動が引き起こされるのか、また周期的な変動がどの程度起きているかも殆ど分かっていない。特に表層混合層での連続観測は極めて限られている。

本研究では、2012年に南大洋で行われた約1年間の表面から底面までの係留観測データを解析し、南大洋表層混合層の連続的な水塊特性の変化を明らかにし、その変動を引き起こす要因を調べた。

2. 観測・解析

2012年1月14日から同年12月19日にかけて、60°S、140°Eにおいてm-TRITONによる係留観測が行われた。m-TRITONには海水特性および気圧や降水

量などの気象データを測定する海面ブイと、その直下に表層から1400m深に設置された計10個のCTおよびCTDセンサーによって構成される。本解析では、これら海面から深度1400mまでの水温・塩分時系列データを用いた。

m-TRITONの設置時には、東京海洋大学の研究練習船「海鷹丸」によって南大洋140°Eライン上でCTD(SBE911plus)観測が実施されており、ブイ周辺の水塊構造を調べる際にそのデータを用いた。

また、海面水温(SST)などの気象データについては、NCEP/NCARによる再解析データ(Reanalysis-1)を用い、係留地点周辺の短波放射・長波放射・潜熱輸送量および顕熱輸送量から正味の海面熱収支を求め、海面を通じた熱フラックスが海面水温の変動に与える影響を調べた。海面熱収支および海面の水温変動の計算には、近藤(1994, 2000)による式を用いた。

3. 結果・考察

まず、m-TRITONによる水温・塩分の計測値を用いてポテンシャル水温・ポテンシャル密度を計算し、約1年間の時系列変化を調べた。深度75 - 150m間では他の深度に比べて大きく値が変動していた。特に深度150mにおいてポテンシャル水温・塩分共にもっとも変動が大きく、その変動幅はそれぞれ-1.0 - 2.0℃、33.9 - 34.4であった。また、深度400 - 1400mは一年を通じて安定した成層状態にあることが分かった。

各深度の値に25時間移動平均を施した全期間の時系列(Fig. 1)から、5月末頃までは表層 - 深度150mに上層ほど高温低塩の成層を成していたが、5月下旬に成層構造が大きく変化し、海面から125m深までが水

温塩分共にほぼ同じになる。その後、125m 以浅の水
温は 150m 深より低くなり、150m 深の水温塩分の変
動が顕著となる。9 月中旬から 11 月上旬には、150m
深まで混合層が発達していく様子が認められた。この
時期の T-S ダイアグラムの時系列変化からも、混合層
発達の様子が確認された。

次に、海鷹丸による CTD 観測データを用いて、係
留点周辺の水塊構造を調べた。140° E ラインにおけ
るポテンシャル水温・塩分およびポテンシャル密度の
鉛直断面図を Fig. 2 に示す。大まかなフロントの位置
を実線で、また m-TRITON が係留されていた場所を破
線で表示した。係留点の近傍にはフロント（以下 PF-
S）が存在している。m-TRITON の時系列変化におい
て、5 月中旬から下旬の急な変動の前は PF-S 付近の
特徴がみられるが、急変後の 6 月以降では、少し南側
の SACCF-N と PF-S の間の構造かつ海面から 125m 深
の温度をほぼ一様にした構造に近い様子が見受けられ
る。しかし、表面付近の水温塩分変化は単純なフロント
の移動では説明できない。

表層混合層の変化の機構を調べるために、
NCEP/NCAR 再解析データを用いて海面を通じた熱フ
ラックスを計算し、海面熱収支から予測される水温変
動(予測水温)と、実際に観測された海面水温(観測水
温)の変動との比較を行った。ブイの設置日から通算
して求めた予測水温は、観測水温の全変動の約 72.8%
を説明した。一方、急激な水温変動が起こった後の期
間(6 月 1 日以降)で予測水温を求めると、観測水温の
90%程度を説明することができた。水塊の水平的な移
流は無視できないが、上記の 2 つの期間で著しく異な
るのは、混合層の厚みである。3 月中旬から 5 月下
旬までは 75m の混合層厚であるのに対し、6 月以降は
125m である。従って、より正確に温度変化を再現す
るにはモデルを改良する必要があるが、表層混合層の
変動については海面を通じた冷却が重要であり、混合
層以深の変動に関しては水平的な水塊の移動が関与し
ている可能性がある。

今後は混合層の厚みの違いによる SST 変動をより正
確に調べるとともに、混合層が発達する過程における
海洋内部での熱収支、またそれに伴う塩分フラックス
を調べることを検討している。

References

- S. Sokolov and S. R. Rintoul, Structure of Southern Ocean
fronts at 140°E, *J. Mar. Syst.*, 37, 151-184, 2002
近藤純正, 水環境の気象学 ー地表面の水収支・熱収
支ー, 朝倉書店, 1994
近藤純正, 地表面に近い大気の科学 理解と応用, 東
京大学出版, 2000

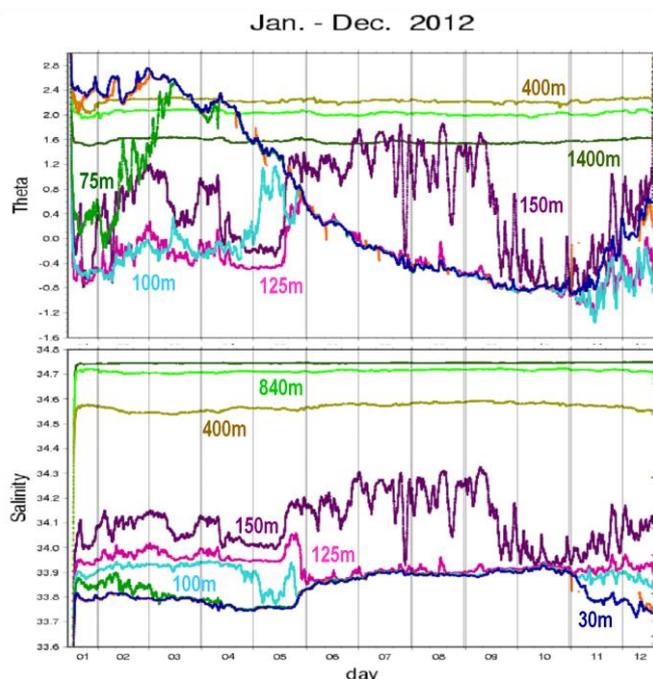


Figure 1. Time series of potential temperature (upper panel) and salinity (lower panel) at 30, 50, 75, 100, 125, 150, 400, 840 and 1400m depth at 60°S, 140°E from January to December in 2012.

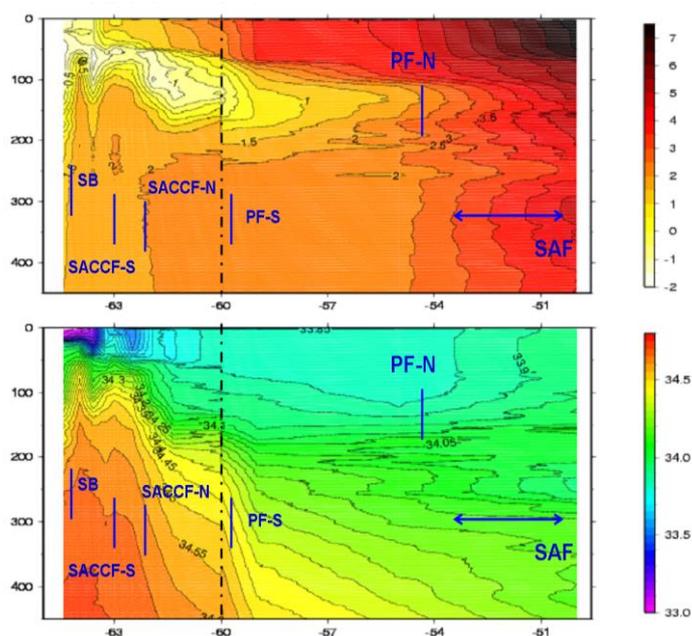


Figure 2. Vertical sections of potential temperature (upper panel) and Salinity (lower panel), along 140°E in January 2012. The mooring point of m-TRITON is illustrated by dash lines. Solid vertical lines represent the location of fronts distributed in the observed area. The position of each fronts is decided by the definition of Sokolov and Rintoul(2002).