

自動昇降装置を用いたモード水形成過程の直接観測の試み

伊藤進一・清水勇吾・笥 茂穂（東北水研）・植原量行（東海大）・中野俊也（気象庁）・蒲地政文（気象研）・志藤文武・奥西武（東北水研）

1. はじめに

北太平洋で最も深い混合層が、40-42°N, 152-160°Eの領域に形成されている(Suga et al, 2004)。この海域における夏季の直接観測から、Saito et al. (2007)は $26.5-26.7\sigma_\theta$ における渦位極小層（水温 5-7 °C, 塩分 33.7-33.9 psu）の存在を示し、Transition Region Mode Water (TRMW)と名付けた。この渦位極小層は、中央モード水（Central Mode Water: CMW, Nakamura 1996, Suga et al. 1997）の典型的な特性である $26.0-26.5\sigma_\theta$, 8-13°C, 34.0-34.5 psu よりも重く、低温・低塩な特性を持つ。Isoguchi et al. (2006)によって、準定常的な流れによって、黒潮続流域から高温・高塩分水が当該領域に供給されていることが示された。この塩分付加が、深い混合層の形成に寄与している可能性がある。しかしながら、混合層の形成時期である冬季は荒天のため、当該領域での観測は限られており、Oka and Suga (2005)が解析に用いた気象庁165°E観測線も当該領域からは東に逸れている。

一方、国際ARGO計画によって、2000mまでの海洋物理構造を把握する全球海洋即時観測システムの構築(The Argo Science Team, 2001)が進められており、2007年11月に当初の目標であった3000台のARGOフロートの配備ができ、平均300km四方の海域に10日ごとに海洋データプロファイルが得られることになっている。この新たな観測網によって、これまで実施が困難であった冬季などの海況条件が厳しい期間でもデータを得ることができるようになり、Uehara et al. (2003)やOka and Suga (2003)等では、亜熱帯モード水の形成過程について、従来の結果より詳細な過程を示すことに成功した。しかしその一方で、広範囲とは言え、形成領域が限定されているTRMWのような水

塊の形成過程を考える上では、位置を固定した連続観測が必要とされる。今回、冬季のTRMW領域における混合層の形成過程を連続的に追うために、混合層係留システムと水中グライダーを組み合わせた観測を計画したので、その実施状況をここに報告する。

2. 観測計画

これまで実施してきた照洋丸(2003, 2004年)の観測では、42°N, 155°E付近に最も深い混合層が存在していたため、この海域に、係留系を設置した(2007年9月、42-12.4°N, 155-07.9°E)。係留系の最上部にあたる水深300mには自動昇降装置(日油技研社製)が取り付けられ、そこからCTD計測ブイが海面付近まで10日に一度上下し、鉛直プロファイルを計測する計画を立てた(図1)。水深350mには75kHzのADCP(RD社製)が設置されており、混合層内の水平流速も計測できるように設計した。また、500m, 1000m, 2000mにも流速計を設置した。

1年後の2008年9月にこの係留系の回収を行った。係留系は全部無事回収できたが、自動昇降装置は正常には動作しておらず、1-3回目、5-6回目、16-17回目のみしか上下していなかった。自動昇降装置には、繰り出しの際にロープが緩んだ状態で繰り出さないようテンショナーマグネットセンサーが取り付けられているが、計測ブイの浮力不足によってロープ張力が低下し、このテンショナーが作動してしまい、上下動が正常に行われなかったようである。ADCPにおいては6月までの、流速計においては1年間のデータが良好に取得された。

2008年9月の回収後、データを吸い上げ、係留系を整備し、再設置を行った。その際に、周りを囲むように4系の係留系を設置し、係留

系アレイを組み立てた。これら係留系アレイのデータを元に、混合層形成に寄与している水平移流成分を観測しようと試みている。

3. 観測結果

2008年9月の係留系回収・再設置の際に、係留点上を通過し北西から南西に延びるJason-1海面高度計衛星軌道に沿ったCTD観測を行った。このCTD観測によって、係留系を設置している42-12.4N付近には、鉛直密度勾配が小さい一様層が存在しており、TRMWに相当することがわかった(図2)。従って、係留系はTRMWのほぼ中心を付近にいたことが推測される。

4. 将来的な展望

今回設置した自動昇降装置を設置した係留系と、それを囲む4機の係留系アレイによって、混合層内の熱・塩移流フラックスの収支を見積り、混合層形成メカニズムを調べたいと考えている。この場合、4機の係留系アレイにも、ADCPと自動昇降装置を取り付けることができれば、移流収支の計算が可能となるが、実際にはかなりのコストがかかる。このため、一つの案として、水中グライダーをを周回させる方法が考えられる(伊藤他, 2007)。水中グライダーが、4機の係留系を巡回することによって、混合層内の水温・塩分プロファイルを測定し、係留系の流速データと併せて水平移流成分を計算する方法である。将来的にはこのような観測を実施できるようにしたい(図3)。

謝辞

本研究は、科学研究補助金基盤研究B「直接現場観測による黒潮続流前線・亜寒帯前線間海域の混合層形成過程の実態解明」および農林水産技術会議委託プロジェクト研究「生物大発生」(SUPRFISH)のもと推進している。また、調査船若鷹丸の乗組員一同に計画段階からの助言を頂いている。自動昇降装置の導入にあたって

は、日油技研工業の北澤氏、浜田氏を初め多くの方々に協力してもらった。

参考文献

- Oka, E. and T. Suga, 2003, Formation region of North Pacific subtropical mode water in the late winter of 2003, *Geophys. Res. Lett.*, 30(23), 2205, doi:10.1029/2003GL018581.
- Isoguchi O., H. Kawamura and E. Oka, 2006, Quasi-stationary jets transporting surface warm waters across the transition zone between the subtropical and the subarctic gyres in the North Pacific, *J. Geophys. Res.*, 111, C10003, doi:10.1029/2005JC003402.
- Nakamura H., 1996, A pycnostad on the bottom of the ventilated portion in the central subtropical North Pacific: Its distribution and formation, *J. Oceanogr.*, 52, 171–188.
- Oka E. and T. Suga, 2005, Differential formation and circulation of North Pacific Central Mode Water, *J. Phys. Oceanogr.*, 35, 1997–2011.
- Saito H., T. Suga, K. Hanawa and T. Watanabe, 2007, New type of pycnostad in the western Subtropical-Subarctic Transition Region of the North Pacific: Transition Region Mode Water, *J. Oceanogr.*, 63, 589–600.
- Suga T., Y. Takei and K. Hanawa, 1997, Thermocline distribution in the North Pacific subtropical gyre: The central mode water and the subtropical mode water. *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 140–152.
- Suga T., K. Motoki, Y. Aoki and A. M. Macdonald, 2004, The North Pacific climatology of winter mixed layer and mode waters. *J. Phys. Oceanogr.*, 34, 3–22.
- Uehara H., T. Suga, K. Hanawa and N. Shikama, 2003, A role of eddies in formation

and transport of North Pacific Subtropical
Mode Water, Geophys. Res. Lett., 30(13),
1705, doi:10.1029/2003GL017542.

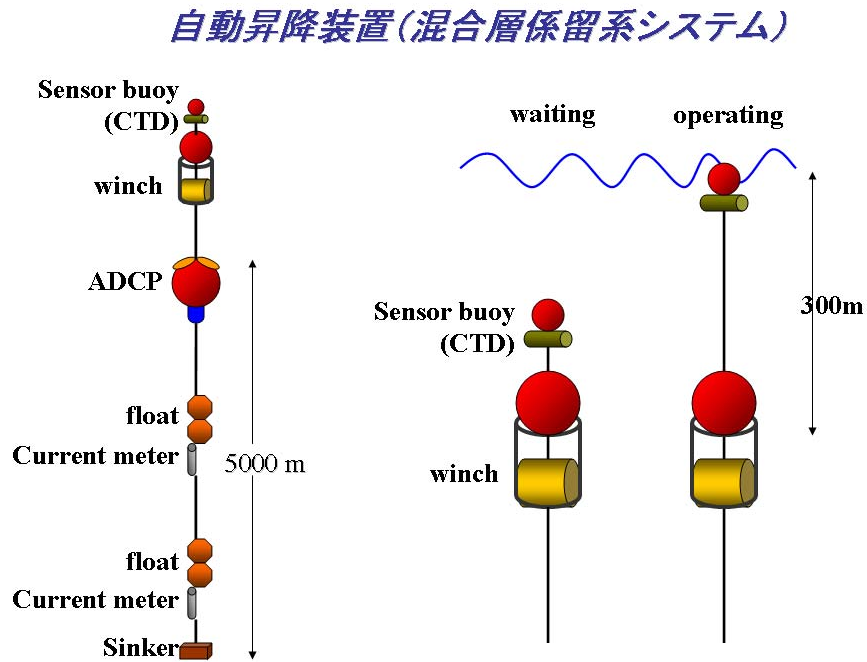


図 1. 自動昇降装置の構造。

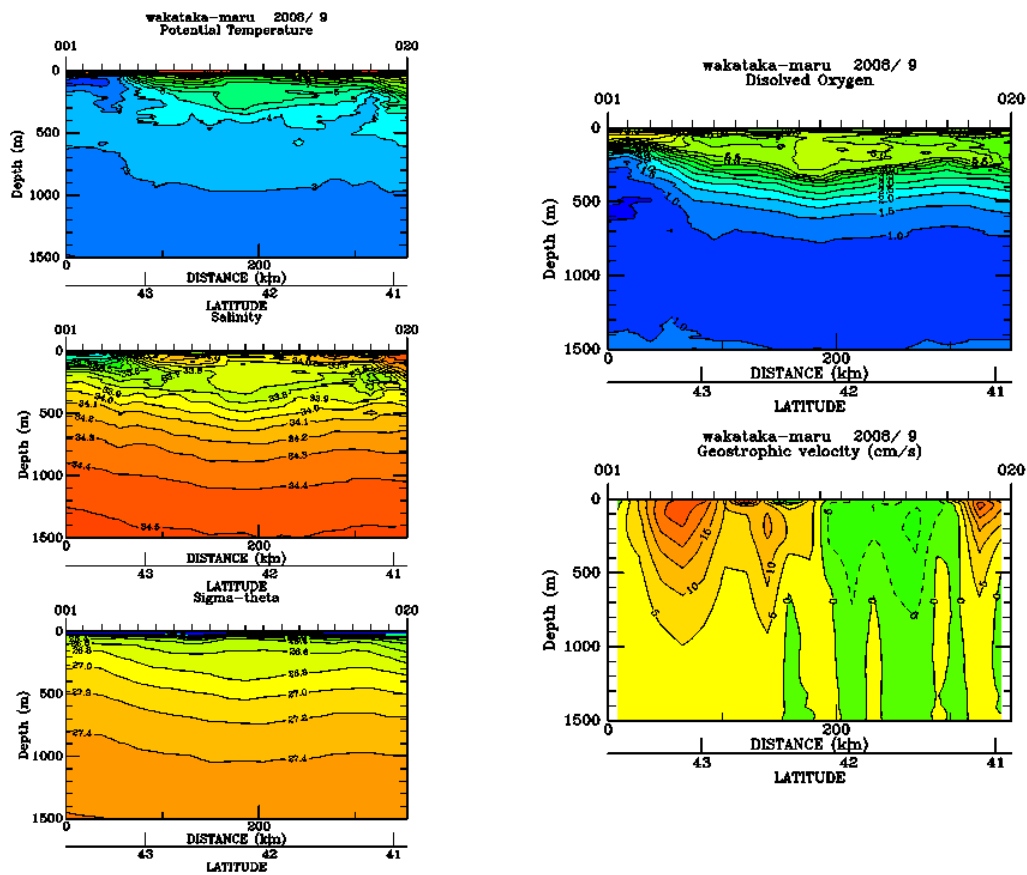


図 2. 2008 年 9 月の若鷹丸による Jason-2 軌道 110 直下の観測断面における水温、塩分、密度、溶存酸素、地衡流の分布。

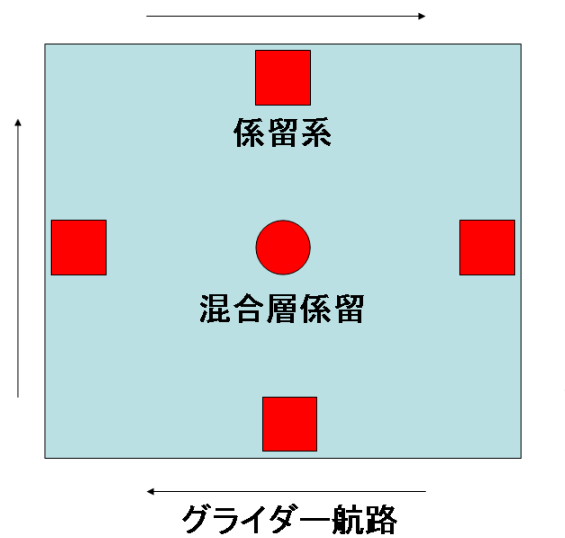


図 3. 自動昇降装置、係留系アレイ、水中グライダーを組み合わせた観測。