

## 宗谷暖流のベールを剥ぐ

宗谷暖流は黒潮を起源とする対馬暖流系の一部であり（図1参照）、宗谷海峡を通りオホーツク海へ高温高塩の水を運んでいる。また北太平洋中層水の起源水であるオホーツク海中層水の形成に宗谷暖流前駆水（春先の水温低下によって密度が増した宗谷暖流水）が関わっているという研究もある。このため宗谷暖流はオホーツク海のみならず北太平洋の水塊形成にも重要な役割をしている。しかし、宗谷海峡の北半分がロシア領海であること、冬季にオホーツク海南西部が海水で覆われてしまうこと、北海道オホーツク海沿岸は漁業活動が盛んであることなどから宗谷暖流の流量や構造その季節変動についてはよくわかっていなかった。



図1: 対馬暖流系の模式図

漁業活動が盛んな宗谷暖流域では通常の係留系観測は難しいため、長期連続の流速観測はごく沿岸に近い所で一部行われているだけであった。当研究室では、図2右下図にある TRBM (Trawl Resistance Bottom Mount) を用いて、海底に設置された ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler: 図2左下図) から全層の流速プロファイルを長期連続観測している。TRBM では浮力を持つオレンジ部分に ADCP など

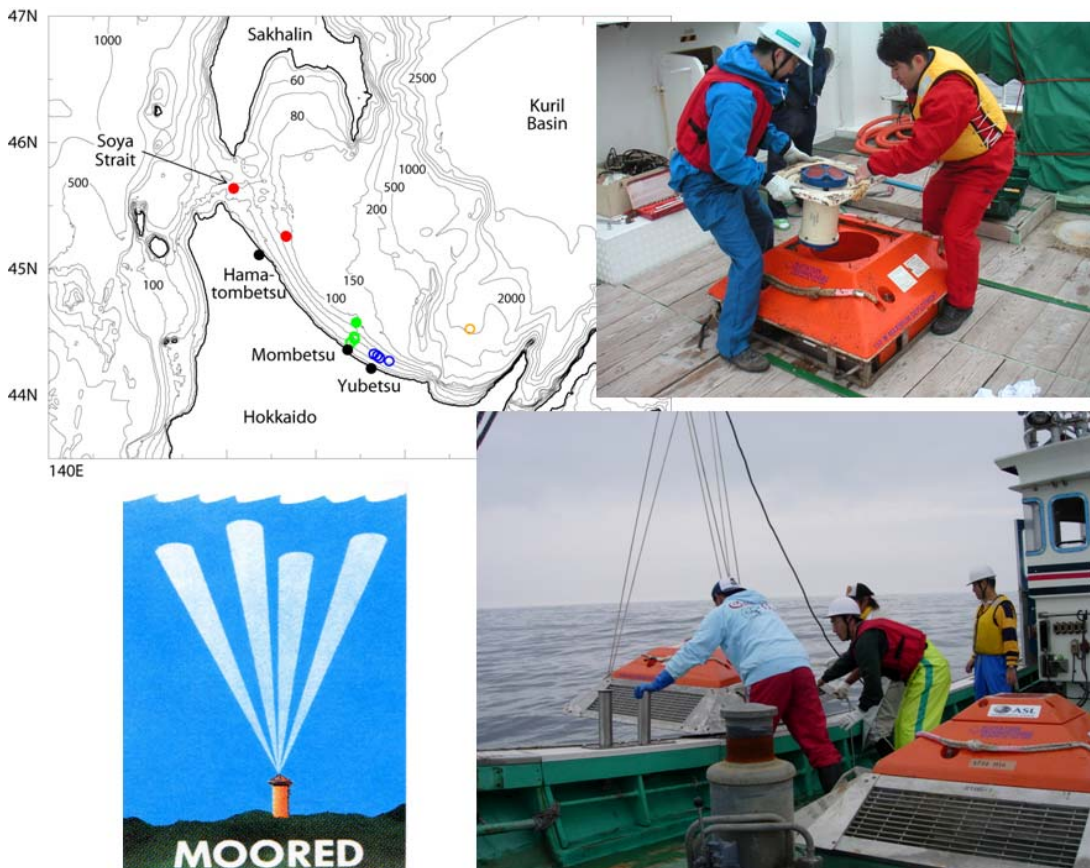


図2: 海底設置方式 (TRBM) による長期連続観測。

の測器が入っており（図2右上図参照）、船上より切り離しをかけると、このオレンジ部分のみ浮上し測器が回収される。図2左上図にある観測点で長期連続観測を行ってきた。特に宗谷海峡の中央部では宗谷漁協の協力を得て、2006年9月から2008年9月までの丸2年間の全層流速プロファイルと水温・塩分データが取得できた（実は、TRBMの不具合で回収がうまくいかず4回のチャレンジの末、プロのダイバーによってやっと回収）。

一方、北大低温研では2003年より、海洋短波（HF）レーダーによって表層流を面的にリアルタイムにモニターしている。宗谷暖流域は、今や日本近海でも最も海洋データが整備されつつある海域となっている。一方で、この海域ではネスティング手法なども用いた高精度の数値モデルが開発されつつある。

図3は、今までに蓄積されたデータによって明らかにされた、宗谷暖流の流速断面構造の季節変化である。使用可能なすべての水温塩分データから月ごとに宗谷暖流域の断面気候値データセットを作り、密度計算(geopotential anomaly)から地衡流及び海面傾斜の傾圧成分を求める。月ごとのHFレーダーによる表層流データから導出される海面傾斜に、上記の傾圧成分を除くことにより順圧成分による海面傾斜が計算される。これらの順圧流成分と傾圧流成分を足し合わせることで岸沿い方向の流速の断面図が得られる（図3）。

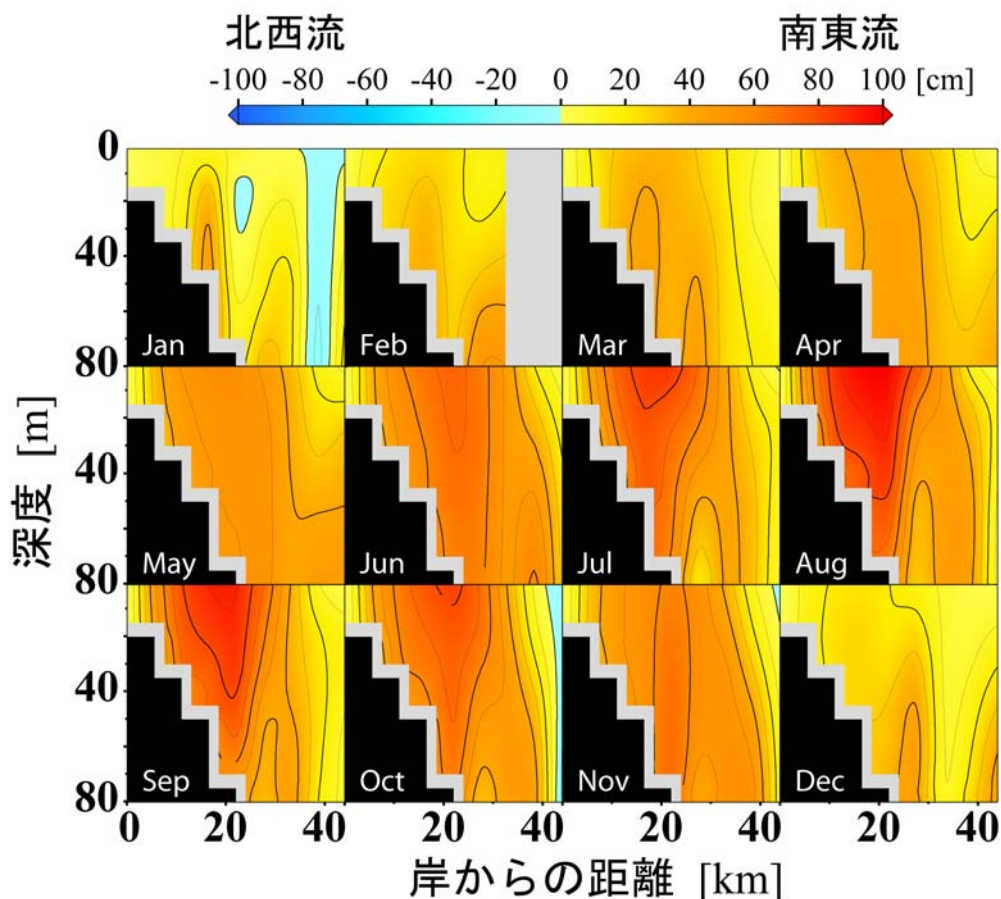


図3: 宗谷暖流の岸沿い方向の断面流速分布（月ごとの気候値）。森島秀太修士論文より。水温・塩分気候値による地衡流傾圧成分と海洋レーダーによる表面流から求めた。

また、この流速から月ごとの宗谷暖流の流量が計算される（図 4）。見積もられた気候値流量は 1 月に最小値 0.27 Sv (1 Sv=10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/s)、8 月に最大値 1.53 Sv、年平均は 1.04 Svとなる（森島秀太：2008 修士論文より）。

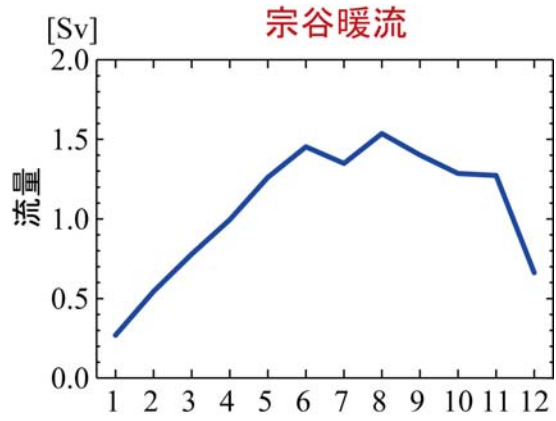


図 4: 宗谷暖流の流量の季節変動

ネスティングモデル（図 5）では、宗谷暖流の沖に見られる冷水帯もきれいに再現されている。冷水帯の形成機構には、海底エクマン層での収束による湧昇（大島, 1986; Ishizu et al., 2006）の他に定在内部ケルビン波の共鳴（私信：三寺史夫）も考えられている。

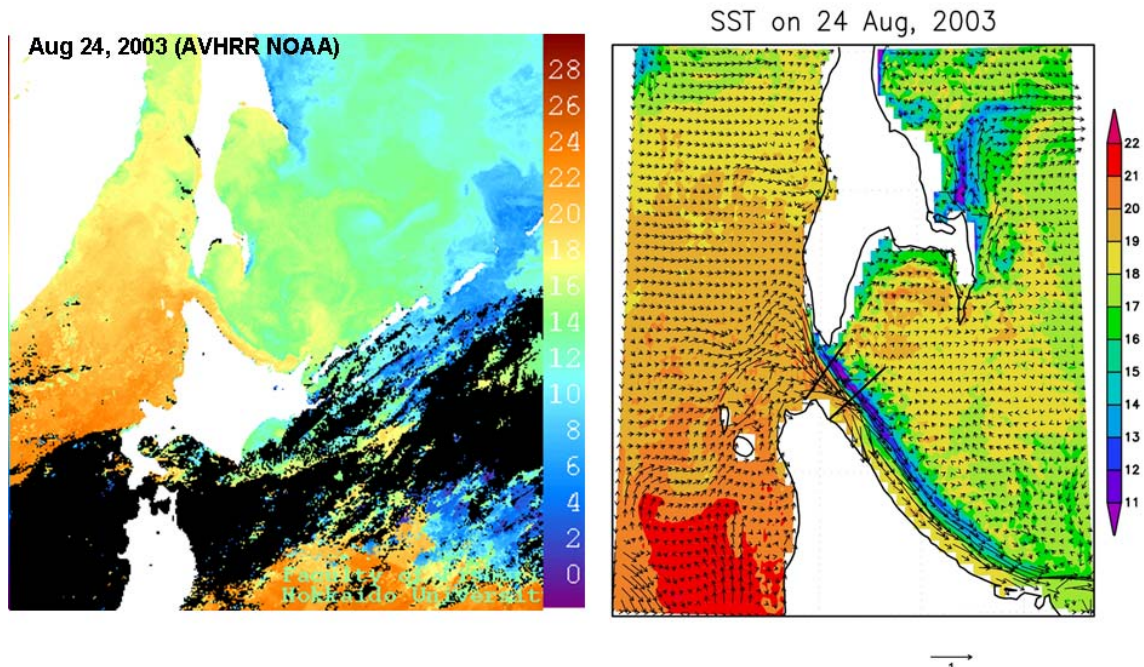


図 5: (左) AVHRR による表面温度。(右) ネスティングモデル（分解能 1/36 度）により得られた、表面温度と表層流。モデルは小野純氏、内本圭亮氏、三寺史夫氏との共同研究。

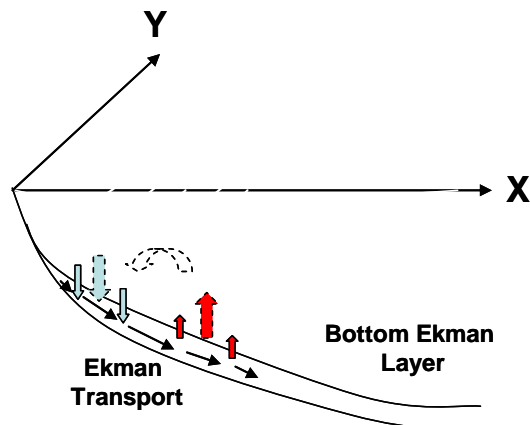


図 6: 海底エクマン層の収束による湧昇  
大島(1986)の図より



今後は、現場観測・リモセン・モデルの3者を統合した研究によって、本海流の力学を明らかにしていくことをめざしている。海流の不安定、冷水帯の湧昇機構、海峡での流量変動機構、海流と海氷の力学的相互作用、など、地球流体力学的に興味深い問題を取り組むにも絶好のサイトでもある。同時に、海流をどこまで究極的にシミュレーション・予報できるかを追求していく予定である。

## 関連論文

- Ebuchi, N., Y. Fukamachi, K. I. Ohshima, and M. Wakatsuchi, 2009: Subinertial and seasonal variations in the Soya Warm Current revealed by HF ocean radars, coastal tide gauges, and bottom-mounted ADCP, *Journal of Oceanography*, 65, 31-43.
- Fukamachi, Y., I. Tanaka, K. I. Ohshima, N. Ebuchi, G. Mizuta, H. Yoshida, S. Takayanagi, M. Wakatsuchi, 2008: Volume transport of the Soya Warm Current revealed by bottom-mounted ADCP and ocean-radar measurement. *Journal of Oceanography*, 64, 385-392.
- 森島秀太, 2008: 宗谷暖流流量の季節・経年変動, 修士論文, 北海道大学大学院 環境科学院 地球圏科学専攻 大気海洋物理学・気候力学コース 51pp.
- Uchimoto, K., H. Mitsudera, N. Ebuchi, and Y. Miyazawa 2007: Anticyclonic eddy caused by the soya warm current in an Okhotsk OGCM, *J. Oceanogr.*, 63, 379-391.
- Ebuchi, N., Y. Fukamachi, K. I. Ohshima, K. Shirasawa, M. Ishikawa, T. Takatsuka, T. Daibo, M. Wakatsuchi, 2006: Observation of the Soya Warm current using HF Ocean Radar, *Journal of Oceanography*, 62, 47-61.
- Itoh, M. and K. I. Ohshima, 2000, Seasonal variations of water masses and sea level in the southwestern part of the Okhotsk Sea, *Journal of Oceanography*, 56, 643-654.
- Ohshima, K. I., 1994, The flow system in the Japan Sea caused by a sea-level difference through shallow straits. *Journal of Geophysical Research*, Vol.99, 9925-9940.
- Ohshima, K. I. and M. Wakatsuchi, 1990, A numerical study of barotropic instability associated with the Soya Warm Current in the Sea of Okhotsk, *Journal of Physical Oceanography* Vol.20, 570-584
- Wakatsuchi, M. and K. I. Ohshima, 1990, Observations of ice-ocean eddy streets in the Sea of Okhotsk off the Hokkaido coast using radar images, *Journal of Physical Oceanography* Vol.20, 585-594
- 大島慶一郎, 1986, 宗谷暖流における波動と鉛直循環, 東京大学 海洋研究所大槌臨海研究センター報告, Vol.12, 56-57.