

## 東樺太海流のベールを剥ぐ

オホーツク海においては、海洋研究の基本となる海の循環さえ、日本・ロシアの古い文献 (Watanabe, 1963; Moroshkin, 1966) などによるスキマティックな抽象以上のことはよくわかっていなかった。それらによると、オホーツク海には大きな反時計回りの循環があり、最も顕著な流れはその循環の西側・樺太沖沿いにできる強い南下流(東樺太海流)ということになっている。「東樺太海流」という名前は、教科書の海流マップや地図帳に記されている場合もあれば、ない場合もある。記されているものは、もとをただせば日本やロシアの古い文献に基づいたものであろうが、これらは十分な実測に基づいたものではなく、船のドリフトや水塊・海氷の動きなどから類推したものである。この海流の流量・構造やその季節変化といった定量的なことは、ほとんどわかっていなかった。

CREST プロジェクトでは、東樺太海流を明らかにすることを最重点課題の一つとした。一つの海流をその存在の可否も含めて明らかにしていく観測は、教科書等にある世界の海流マップの空白域を埋める作業とも言える。流れを測る観測としては、表層ブイや中層フロート海中に漂流させて測る手法と、固定された点で流速計を長期連続係留して測る手法の2種類の方法を組み合わせで行われた。これらの観測で、東樺太海流の存在をはじめて実測から明確にし、その構造や季節変動を明らかにされた。

図1は、ブイの結果などに基づいて、オホーツク海の循環を模式的に示したものである (Ohshima, et al., 2002)。東樺太海流は大きな反時計回り循環の西岸境界流の成分 (沖合い分枝: Ohshima, et al., 2004) と、沿岸に沿って北西陸棚から北海道沖まで達する成分 (沿岸分枝) の二つの分枝からなっていることがわかった。図2は、流速計を長期係留して得られた観測結果 (Mizuta et al., 2003) を基に、東樺太海流の流量の季節変化を、日本海の主海流である対馬暖流と比較して示したものである。東樺太海流の年平均の流量は黒潮の流量の2-3割、日本海の対馬暖流の流量の約3倍に相当し、縁海の流れとしてはかなり大きなものである。これは流れが表層のみでなく海底まで達するような深い構造を持つという特徴による (図3上図)。また東樺太海流は、流量・流速が冬季に最大で夏季に最小となる大きな季節変動をすることも特徴の一つである (図2)。

東樺太海流は、海水やそれに伴う負の熱や淡水、(後述する) 北で沈み込んだ重い水を南へ運ぶ (Fukamachi et al., 2004) ので、気候形成や物質循環にも重要な役割を果たすと考えられる。また社会的には、サハリン油田で油流出が起こった場合など汚染物質を北海道沖へ運んでしまう海流でもあり (Ohshima and Simizu, 2006)、その意味で

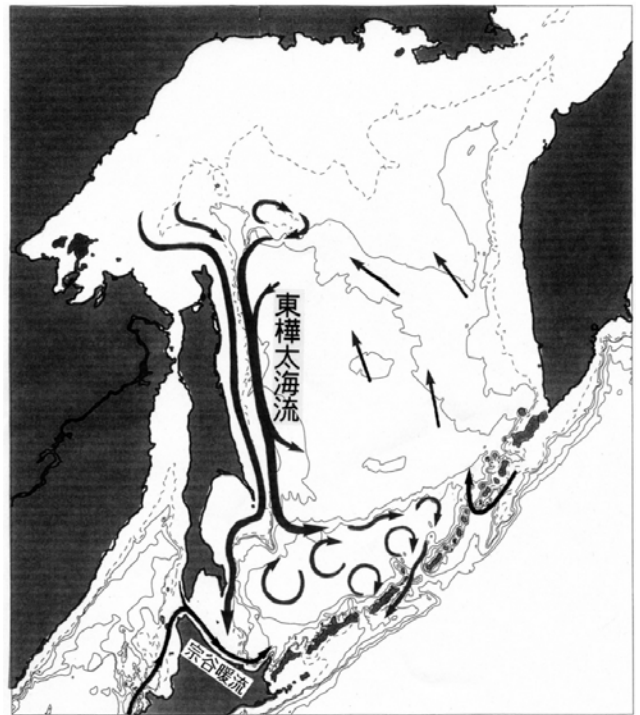


図1: オホーツク海の表層循環の模式図。表層漂流ブイの結果などに基づいたもの。 Ohshima, et al., (2002) を加筆。

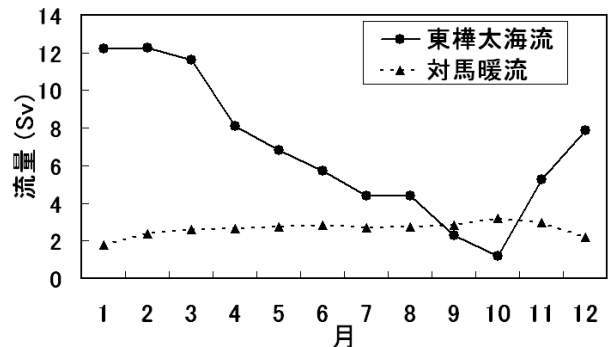


図2: 東樺太海流と対馬暖流の流量の季節変化。単位は  $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (=1 Sv)。東樺太海流は北緯 53 度に沿って横切る長期係留測流の結果 (Mizuta et al., 2003) に基づく。対馬暖流は対馬海峡でのフェリーによる超音波流速プロファイラーの結果 (Takikawa et al., 2005) に基づく。

も重要である。さらには、この海流が海氷や海獣を運び、かつての文化圏形成(菊池, 2003)に大きな役割を果たしていた可能性もある。

## 東樺太海流の駆動機構

東樺太海流の駆動機構も2つの分岐がそれぞれ異なる機構を持つと考えられる。沖合い分岐は、オホーツク海中北部の強い正の風応力カールによって形成される、反時計回りの風成循環の西岸境界流と解釈できる(Ohshima, et al., 2004)。一方、沿岸分岐は岸沿い方向の風応力によって形成される Arrested Topographic Waves (ATWs), 言い換えると岸向きのエクマン輸送が積分されて作られる沿岸捕捉流、と解釈される(Simizu and Ohshima, 2006)。実際、数値モデルでも現実的な風応力を与えると、実測されたものと近い海流、両方の分岐がきれいに再現される(Simizu and Ohshima, 2006)。東樺太海流にはこの他に、アムール川の淡水流入により秋に表層で強くなる成分、海氷生成によってできる高密度陸棚水により春に海底付近で強化される成分、といった密度流成分もあるが、流量にするとこれらは小さい(Mizuta, et al., 2003)。

## 高精度数値モデルの開発 (小野純氏、内本圭亮氏、三寺史夫氏との共同研究)

当研究グループでは、観測と理論的考察と平行して、高精度の数値モデルの開発も行っている。図3下図は、モデルによる東樺太海流の断面流速分布を示したものである。この海流が海底まで達するような深い構造を持つこと、夏には海流の幅も流速も小さくなるような季節変化をすること、など観測(上図)をよく再現している。このような、陸棚斜面域での大きな変動は、西岸境界流成分の変動と考えられ、風応力カールの季節変動によると考えられる。

図4は、サハリン東岸の陸棚上での南北流速の1年間の時系列を観測とモデルで比べたものである。モデルは、数日~十日周期の変動まで含めて極めてよく観測を再現している。こちらの変動は沿岸捕捉流成分によると考えられ、岸沿い方向の風応力でよく説明できる(Ohshima and Simizu, 2008)。変動まで含めてこれほどよく海流がモデルで再現される例は他にあまりない。従って、本モデルは、海況予報の他、流出油などの汚染物予測、海氷漂流予測などにも利用できる。

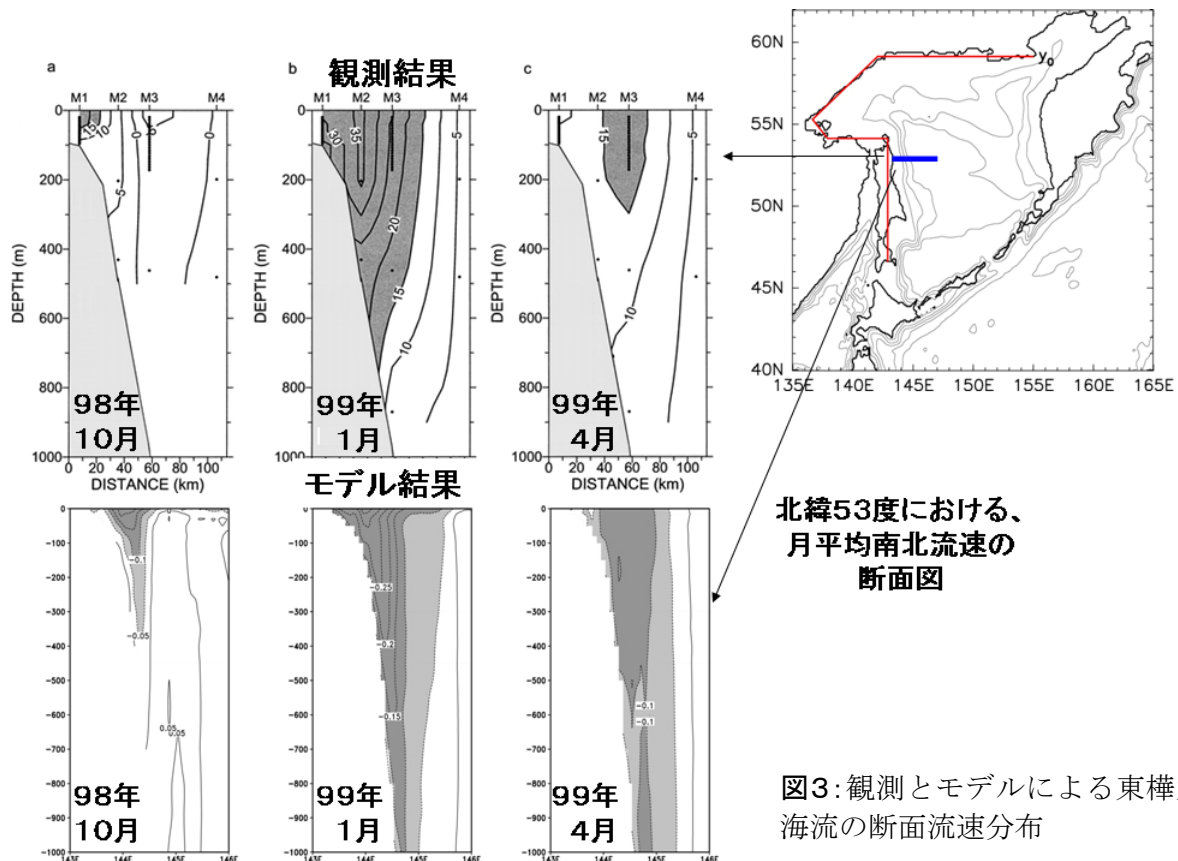
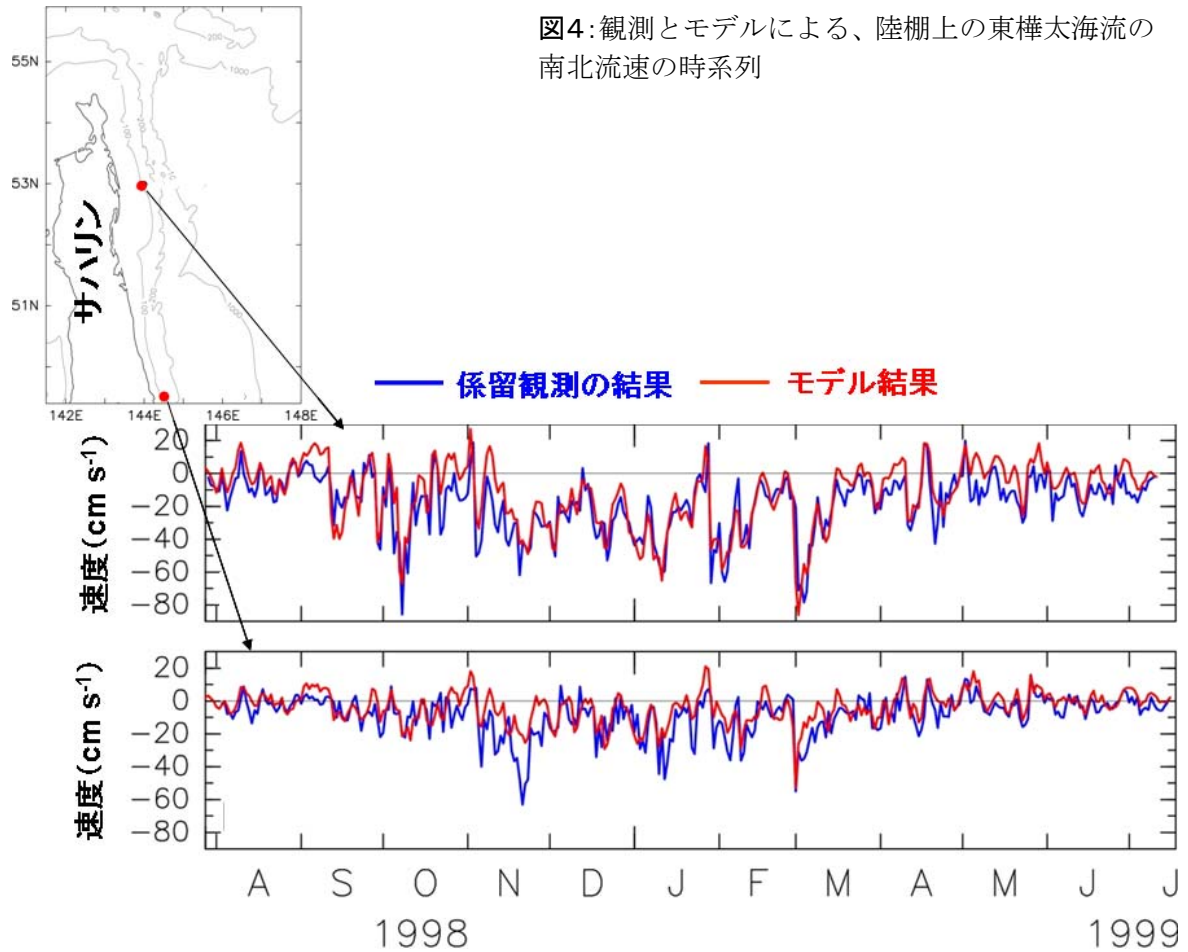


図3: 観測とモデルによる東樺太海流の断面流速分布

図4: 観測とモデルによる、陸棚上の東樺太海流の南北流速の時系列



## リンク

[動画で見るオホーツク海の循環](#)

[東樺太海流と海氷](#), 2002 年秋季日本気象学会シンポジウム

「環オホーツク研究の新しい視点」より, 天気, 50 号 (2003) (加筆・修正版)

## 関連論文

Ohshima, K. I. and D. Simizu, 2008: Particle tracking experiments on a model of the Okhotsk Sea: toward oil spill simulation. *Journal of Oceanography*, 64, 103-114.

Simizu, D. and K. I. Ohshima, 2006: A model simulation on the circulation in the Sea of Okhotsk and the East Sakhalin Current, *Journal of Geophysical Research*, 111, C05016, doi:10.1029/2005JC002980

Mizuta, G., K. I. Ohshima, Y. Fukamachi, and M. Wakatsuchi, 2005: The variability of the East

- Sakhalin Current induced by winds over the continental shelf and slope. *Journal of Marine Research*, 63, 1017-1039.
- Shimada, Y., A. Kubokawa, and K. I. Ohshima, 2005: The influence of current width variation on the annual mean transport of the East Sakhalin Current: A simple model. *Journal of Oceanography*, 61, 913-920.
- Ohshima, K. I., D. Simizu, M. Itoh, G. Mizuta, Y. Fukamachi, S. C. Riser, and M. Wakatsuchi, 2004: Sverdrup balance and the cyclonic gyre in the Sea of Okhotsk. *Journal of Physical Oceanography*, 34, 513-525.
- Fukamachi, Y., G. Mizuta, K. I. Ohshima, L. D. Talley, S. C. Riser, and M. Wakatsuchi, 2004: Transport and modification processes of dense shelf water revealed by long-term moorings off Sakhalin in the Sea of Okhotsk. *Journal of Geophysical Research*, 109, C09S10, doi:10.1029/2003JC001906.
- Mizuta, G., Y. Fukamachi, K. I. Ohshima, M. Wakatsuchi, 2003: Structure and seasonal variability of the East Sakhalin Current, *Journal of Physical Oceanography*, 33, 2430-2445.
- Ohshima, K. I., M. Wakatsuchi, Y. Fukamachi, and G. Mizuta, 2002: Near-surface circulation and tidal currents of the Okhotsk Sea observed with satellite-tracked drifters, *Journal of Geophysical Research*, 107, 3195, doi:10.1029/2001JC001005.
- Simizu, D. and K. I. Ohshima, 2002, Barotropic response of the Sea of Okhotsk to wind forcing, *Journal of Oceanography*, 58, 851-860.