

海洋物理からみたオホーツク海の特徴

若土正暁（北海道大学低温科学研究所）

はじめに

高緯度海域に広く分布する海氷が、世界の気候に大きな役割を果たしている事はよく知られている。なかでも、オホーツク海は地球上で最も低緯度に位置する海氷域であり、地球温暖化の影響が最も顕著に現れる場所として、近年特に注目されている。また、オホーツク海は北太平洋中層水の起源水域であり、二酸化炭素の吸収域、高生物生産域など物質循環の見地からも重要な海域である。

しかし、オホーツク海はこれまで観測が少なく、何故そのような低緯度で海氷が形成・発達できるのか等、基本的な問題でさえ未解決であった。幸いにも、近年ロシアの協力が得られ、日本－ロシア－米国国際共同による研究プロジェクト（1997 - 2001年；研究代表者：若土正暁）を実施することが出来た。ロシア船を用いたオホーツク海ほぼ全域の海洋観測、ロシア航空機を用いた冬季の大気海氷観測、砕氷パトロール船「そうや」を用いた水路部との海氷域観測等の各現場観測の実施を中心に、リモートセンシング、モデリングなどの手段を総合し、海氷の消長・変動のメカニズム、海洋循環、物質循環、北太平洋中層水の起源水の生成機構、大気－海洋相互作用、古海洋などを明らかにすることを目的に研究を進め、多くの貴重な成果が得られた。ここでは、海洋物理に絞って主な成果を報告する。

尚、プロジェクト全体の成果については、戦略的創造研究推進事業研究終了報告書（平成9年度研究課題：オホーツク海氷の

実態と気候システムにおける役割の解明）を参照されたい。

1) 海洋循環・東樺太海流

海洋循環に関しては、オホーツク海のほとんどがロシア領海のため、ロシア極東水文気象研究所観測船「クロモフ号」を用いて、今まで侵入することさえ不可能であった北西部大陸棚域も含めたほぼ全域の海洋観測を、1998年から2000年まで計3回、毎年季節をかえて実施した。合計17地点における流速計係留観測による「オイラー的」観測と計20基のアルゴス表層ブイや計18基のPALACE中層フロートを展開することによる「ラグランジェ的」観測とを平行させて実施した。この観測での最大の成果は、これまで流氷の南への運び役として「まぼろしの海流」とされ、その実態が全く不明であった東樺太海流の存在を初めて確認したことである。ドリフター観測（図1）から、東樺太海流はほぼ定常な南下流として存在しており、樺太南端から北海道沖まで南下する成分とテルペニア湾あたりで東向する成分の二成分系から成っていることなどが分かった（図2）。さらに、流速計係留観測から、東樺太海流は深さ1000mにも及ぶ大海流（年平均流量：6.7Sv）であること、また他には例を見ないような、冬最大（12Sv）・夏最小（1Sv）の極めて季節変動の大きな海流であることなどが明らかになった（図3、図4）。

全体的な循環としては、中央部から北部海域における反時計回りの循環と西岸境界流（東樺太海流）の存在が顕著であり、南

部の千島海盆域では弱い時計回り循環が卓越し、その内部に 100km から 150km スケールの高気圧性渦が数個、ほぼ一定の場所に存在する、などの実態が明らかになった(図 5)。また、図 1 から明らかなように、太平洋に流出したアルゴスブイのほとんどが、ブッソル海峡を通過したことから、オホーツク海水の北太平洋への流出は、ほぼブッソル海峡を通じて起こっていることが示唆された。これら北部の反時計回り海洋循環場は、西岸境界流における密度流効果はあるものの、ほとんどが冬に発達する北西季節風によって駆動されていることが、モデルを用いた数値実験の結果から明らかになった。

2) 北太平洋中層水起源としての高密度陸棚水生成量の見積もり

北太平洋中層水の起源となる水 (26.7 - 26.9) がオホーツク海で生成すると言われてきたが、その量的実態は不明であった。本研究では、水温・塩分計をつけた係留系観測、プロジェクト前 (1995-97) にロシアで得られた水温・塩分データ解析、過去のすべての歴史データを基に作成した当密度面データセットの解析、クロモフ航海における酸素同位体データ解析など多くの異なる方法を総動員して生成量評価に迫った。それぞれの手法に利点・欠点があり、より信頼性ある量の導出にはもう少し検討する必要があるが、現時点では 0.2 - 0.7Sv と見積もられ、方法による違いもあるが、それ以上に年による違いの大きいことが示唆された。

3) ブッソル海峡におけるオホーツク海 - 北太平洋海水交換観測

海峡における 3 ケ所での 2 年間にわたる流速計係留観測では、回収には成功したが、初めての観測であったこともあり、予想をはるかに越える強烈な潮流のため、充分満足できるデータは取得できなかった。この強力な潮汐流の影響を最小限にするため、係留方式でなく、降下型音響ドップラー流速計を用いた観測を改めて実施した。この方式の場合、観測時期 (2001 年 9 月) は限定されてしまうが、潮汐の影響も考慮した、より信頼性の高い交換量を評価できるという利点がある。

観測結果から、海峡を通して、全体的には約 9Sv のオホーツク海水が太平洋に流出していることが分かった(図 6)。また、この流出水と同じ性質の等密度水塊が北海道沖で 3 ヶ月後に観測されており、北太平洋中層水の起源となるオホーツク海水が北海道沖まで達していることが初めて観測で確認された。従って、今後の北太平洋中層水の定量的見積もりに今回の結果は非常に重要である。

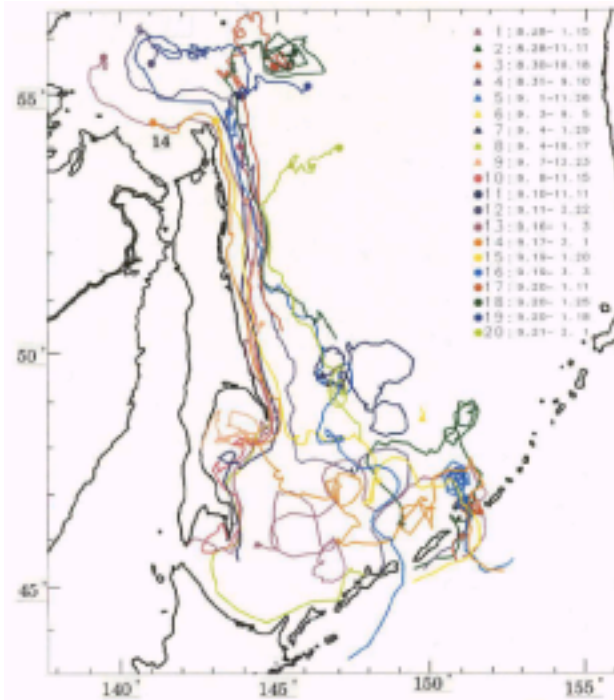


図 1 : アルゴス表層ドリフター20 個の軌跡

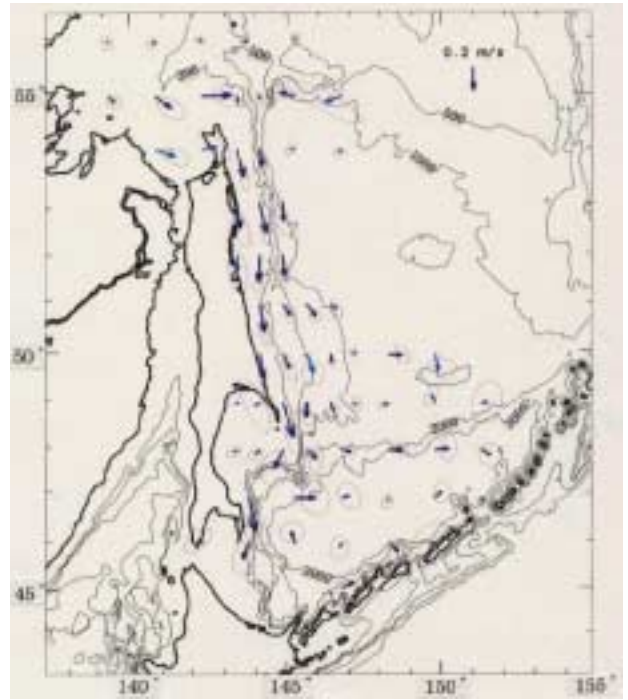


図 2 : 全ドリフターデータを用いて求めた平均流。矢印の先の楕円は、流速の誤差楕円

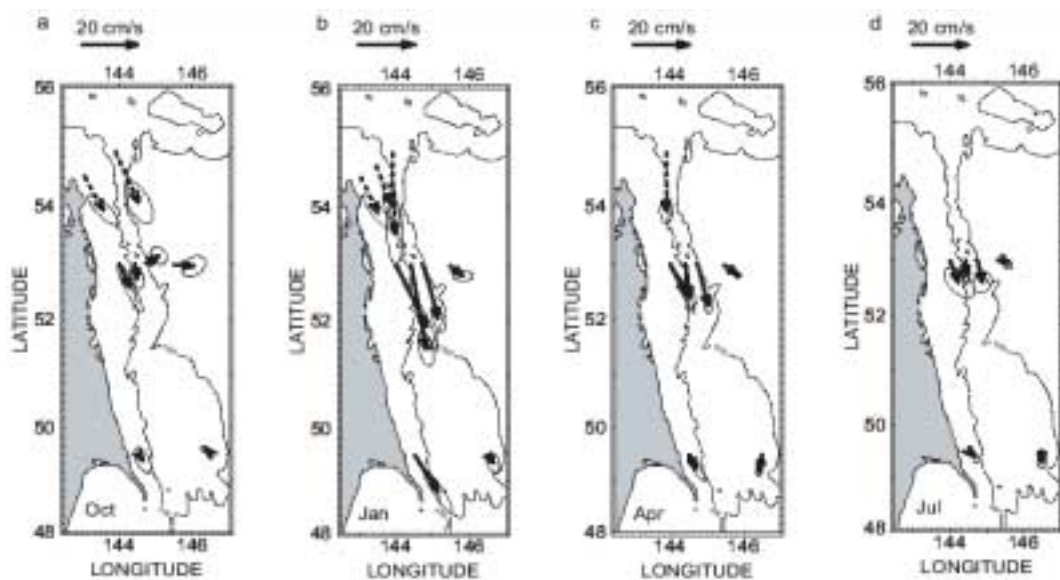


図 3 : 200 m 深ないし浅い点では海底付近の(a) 10月、(b)1月、(c)4月、(d)7月の月平均流速ベクトル。楕円は 95% の信頼限界をあらわす。実線ベクトルは 1998 年から 1999 年の間に観測された流速を、破線ベクトルは 1999 年から 2000 年の間に観測された流速をあらわす。

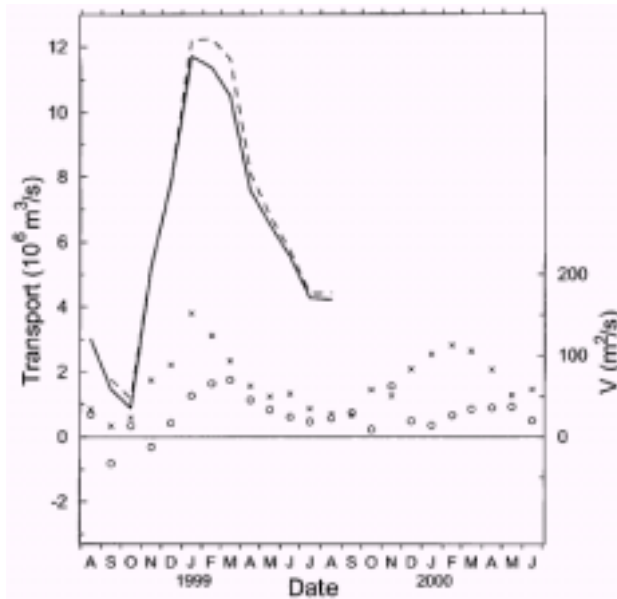


図4：53度線を横切る月平均の南向き流量の時系列。実線と破線はそれぞれ外挿をする前と後の流量。×と○はそれぞれM2点とM4点で得られた流速を鉛直積分した量をあらわす。



図5：観測に基づいた、オホーツク海の循環の模式図。

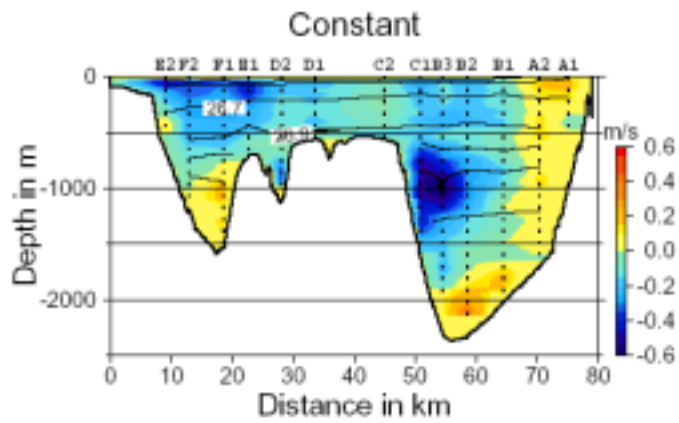


図6：定常成分の空間分布。負はオホーツク海から太平洋への向き。等密度もコンターで示してある。