

「地球変動のメカニズム」
平成9年度採択研究代表者

若土 正暁

(北海道大学低温科学研究所 教授)

「オホーツク海水の実態と気候システムにおける役割の解明」

1. 研究実施の概要

高緯度海域に広く分布する海水が、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水域であり、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水が形成・発達できるのか等、基本的な問題が未解決である。本研究では、ロシアの協力によりロシア船を用いたオホーツク海ほぼ全域の海洋観測を中心に、リモートセンシング、モデリングなどの手段を総動員して、海水の消長過程、北太平洋中層水の起源水の生成機構、海水変動とそのインパクト、大気-海洋相互作用などを明らかにし、オホーツク海における海水の実態と気候システムにおける役割の解明をめざしている。

尚、平成10年度には、ロシア船を用いた第一回目の海洋観測を既に実施しており、通常の大気・海洋観測データの他に、過去10万年の海水変動や環オホーツク気候の復元を可能にする海底堆積物コアも得られ、現在さまざまな視点から解析を進めている。第二回目の今年の航海（平成11年8月27日～9月28日）では、昨年設置した流速計やセジメントトラップなどの係留系を回収することの他に、特に今まで進入することさえ不可能だった北西部大陸棚における初めての本格的な海洋観測の実施を予定している。また、今冬には、北海道沿岸沖での砕氷船「そうや」を用いた海水域観測をこれまでどうり継続して実施する他に、ロシア航空機を用いたオホーツク海水域の上空からの大気・海水観測を初めて実施する。この時期の海水下の海洋観測データは、今年の航海で実施する係留観測から得られるので、これら大気・海洋・海水同時観測によって、今まで未知であった冬季オホーツク海における大気-海水-海洋相互作用のメカニズムの解明に迫っていくことができると共に、今後のオホーツク海水のモデル化への大きな足掛かりが得られるものと期待される。

2. 研究実施内容

平成10年度に実施した研究項目とその内容は以下の通りである。

(1) ロシア船「クロモフ号」による観測航海

本研究の目玉である、ロシア船を用いたオホーツク海ほぼ全域の三年連続の観測航海の第一回目を平成10年7月7日～8月7日の日程で実施した。観測海域と観測点は図1に示してある。観測項目は、海洋循環、物質循環の実態把握のための流速計係留観測・CTD/採水観測、オホーツク高気圧の構造を明らかにするための大気観測、高生物生産性の実態を明らかにするためのセジメントトラップを用いた係留観測・採水観測、オホーツク海古海洋研究のための海底堆積物コアのサンプリングなどである。今年の航海で回収予定の係留系観測データ以外の、既に得られたデータについては現在解析中であるが、おおざっぱ所見としては以下の通りである。

- ・オホーツク高気圧のほぼ中心での計51回のゾンデによる大気観測から、夏季にもかかわらず、異常に低い海面水温（最低3度C）が、高気圧の形成・維持に何らかの関わりをもつことが示唆された。
- ・CTD/採水観測から、海洋構造に関するいくつかの特徴が得られたが、海洋循環・物質循環像を把握するには、今年回収予定の流速計係留系の観測データが必要不可欠である。
- ・栄養塩データの解析から、表層水の栄養塩の枯渇が顕著であった。これはオホーツク海に特有のもので、この海の「生物ポンプの効率」が極めて高いことが明らかになった。また、硝酸塩とリン酸塩の濃度を用いて新たな指標を導入したところ、オホーツク海では、この指標が海水の循環、特に中層水の形成と輸送の解析に極めて有効であることが分かった。
- ・海底堆積物コアの一次分析から、これらが約10万年程度の連続性の良いコアであることが認められた。今後は、さまざまな視点からの詳細な解析を行い、オホーツク海古海洋に関する多くの情報がもたらされるものと期待される。

(2) 砕氷船「そうや」による冬季海水域の大気・海洋・海氷現場観測これは、第一管区水路部との共同観測として、1996年から毎冬継続して実施されている。これら「そうや」を用いた観測によって、以下のことが明らかになった。

- ・海氷のアルベドは、年や氷況による違いは少なく0.6-0.65程度である。
- ・平均氷厚は、年による違いが非常に大きい（例えば、'96年は19cm、'97年は55cm）。
- ・熱収支解析から、現場での海氷成長量は非常に小さい（0.5cm/日以下）。従って、この海域の海氷の多くは北から移流してきたものと推定される。
- ・大気への乱流フラックス（顕熱+潜熱）は、開水面及び薄氷域の多い効果が効いてきて、海氷域全体としては大気に対して熱源（20-40W/m²程度）にな

っている。

- ・熱収支の日変化から、海水は夜間に成長し、昼間は融解する。
- ・強い大気冷却・海水生成（+エクマン収束）によって形成した厚い混合層をもつ水塊が、陸棚斜面に沿って北から運ばれる。これは、東樺太海流の冬季の存在を示唆している。
- ・この混合層の厚みは年によって異なり、'97年の場合は300mにも達し、従来から言われていた（約50m）よりもかなり厚くなる年のあることが分かった。
- ・海水は、風だけでなく、この東樺太海流によっても南へ運ばれることが分かった。

(3) 冬季大気観測

海水の南下時期（2月）に北海道斜里町、「そうや」船上、サハリン（ユジノサハリンスク、ホロナイスク）におけるゾンデ同時観測を行った。海水が無いか少ない場合、季節風上流のサハリンと比較し下流の斜里では下層に混合層が発達し、気温・湿度の増加が顕著であるが、海水が発達すると、それら増加量は半分程度に減少することが分かった。また、これから推算される海面熱フラックスや水蒸気フラックスは、「そうや」の観測からバルク計算されたものとコンシステントであることも分かった。

(4) その他の船舶による海洋・海水観測

北大水産学部練習船「北星丸」による知床半島北西沖での流速計・セジメントトラップの一年間係留観測と北海道オホーツク海沿岸湧別町沖での流速計・氷厚計の冬季係留観測を実施し、いづれも貴重な、質の高いデータが得られた。前者は、北海道沖の大陸棚斜面域で初めて得られた一年間のデータであり、後者は、海水の厚さ及びその漂流速度、海洋流速の鉛直プロファイルに係留観測で取得した、オホーツク海北海道沿岸では初めてのものである。両者とも現在解析中であり、興味深い新知見が得られるものと期待される。

(5) リモートセンシングによる海水研究

最近では、人工衛星を用いた観測により、海水が先ずどこに現れ、海水域がどのように広がっていくかを知ることが可能になっている。しかし、海水が現れた場所で生成したのか、他から流れてきたのか、海水域の変動を見ているだけでは区別が困難、というのが現状である。

本研究では、NASAが開発したアルゴリズムをオホーツク海の海水に適用し、その結果、SSM/Iマイクロ波データからでも海水の分類（生まれたばかりの新生氷、少し時間の経った若い氷、かなり時間の経った一年氷）が可能になった。今までに蓄積されたSSM/Iデータの解析から、オホーツク海における海水の特徴として、現場生成域には地域性（カシェバロババンク、氷縁域）があり、そこでは海水が一度後退した後に再び覆う場合にのみ現場生成が起り、通常は風による

移流が卓越していることが分かった。また、この分類によって、相対的に厚い氷と薄い氷の空間分布を知ることも可能になってきた。

3. 主な研究成果の発表（論文発表）

- Watanabe, T. and M. Wakatsuchi, Formation of 26.8-26.9 potential density water in the Kuril Basin of the Sea of Okhotsk as a possible origin of North Pacific Intermediate Water, *J. Geophys. Res.*, 103, 2849-2865, 1998.
- Kikuchi, T., M. Wakatsuchi and M. Ikeda, A numerical investigation of the transport process of dense shelf water from a continental shelf to a slope, *J. Geophys. Res.*, 104, 1197-1210, 1999.
- Toyota, T., J. Ukita, K. I. Ohshima, M. Wakatsuchi and K. Muramoto, A measurement of sea ice albedo over the southwestern Okhotsk Sea, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 77, 117-133, 1999.
- Kimura N. and M. Wakatsuchi, Processes controlling the advance and retreat of sea ice in the Sea of Okhotsk, *J. Geophys. Res.*, 104(C5), 11137-11150, 1999.