

「極域海洋の循環観測に関する研究小集会」報告

牛尾収輝*

Report of “Workshop on water circulation in polar oceans”

Shuki Ushio*

Abstract: It is important to reveal characteristics of water circulation in polar oceans and their variability for better understanding of the global climate system. For the first step, some scientific results have been reviewed and then future work discussed. At the workshop, the necessity and importance of long-term monitoring studies in the Southern Ocean were emphasized. Also, recent activities in the Arctic Ocean were presented. These topics will contribute to planning the future strategy of polar oceanography.

要旨: 地球規模の気候システムに寄与すると言われる極域の海洋循環の実態と変動を解明することは重要な研究課題である。そこでこれまでの研究成果を紹介し、今後の研究の方向性の検討を主要テーマとして研究小集会を行った。南北両極域を対象として計9件の話題が提供され、長期モニタリング観測の継続や既存データの利用方法などに関して議論された。

1. はじめに

当研究所共同研究の一環として標記の研究小集会を1997年10月27日、国立極地研究所講義室において行った。参加者は22名であった。本集会の目的とプログラムを最初に記し、集会の概要について報告する。

背景と目的

高緯度海域においては、海水の発達・後退の季節変化を通して、極域特有の海洋構造が形成され、それに伴う海洋循環が生じる。この極域の海洋循環は、中・低緯度海域との間で熱や塩、その他各種物質輸送に寄与すると言われている。その諸過程を解明するためにこれまで、国内外で係留システムや漂流ブイによる直接的な流れの観測が行われてきた。また人工衛星リモートセンシングデータの活用や理論的アプローチとも合わせて、様々な研究が進められている。しかしながら時間空間的な変動の激しい季節海水域では、現地観測データの蓄積が不十分であり、極域における海洋循環の実態、それと海水変動との関連、さらには海洋

* 国立極地研究所, National Institute of Polar Research, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515.

深層循環に果たす極域海洋の役割に関して残された研究課題は数多い。また海洋循環は地球化学や海洋生物に関わる諸現象を解明する上でも有益な情報を提供することが期待される。

そこでこれまでの研究成果について話題提供すると共に、今後の研究や現地観測の方向性、観測手法の確立、既存データの有効利用などをキーポイントとして検討を行った。

プログラム (1997年10月27日 10:30~17:00)

<話題提供>

漂流ブイによる南大洋の観測について 寄高博行 (海上保安庁水路部)

中層フロートによる南大洋の循環観測 牛尾収輝 (極地研)

南極海 Adélie Land 沖における CTD・採水・係留観測 深町 康 (北大低温研)

衛星海面高度計による南大洋の循環変動の研究 青木 茂 (極地研)

南大洋における気候系の経年変動について 陳 永利 (気象研)

極域における海洋と海水のアノマリについて 本井達夫 (気象研)

季節海氷域における大気-海洋 CO₂ 交換とその抑制因子 石井雅男 (気象研)

チュクチ・ボーフォート海の海洋循環、特に陸棚斜面域での諸過程 島田浩二 (海洋科学技術センター)

リュツォ・ホルム湾定着氷下の流れの変動特性 大島慶一郎 (北大低温研)

<総合討論>

2. 研究発表の概要と総合討論のまとめ

日本南極地域観測隊 (以下、JARE と記す) では夏期定常観測の一環として、1987年の第28次隊以来、毎年平均2~3台の表面漂流ブイを放流している。一度に多数のブイを投入する諸外国の観測スタイルとは異なり、少数ながら毎年ほぼ同時期に同一海域で放流されたブイの漂流から、南極周極流の年々変化の特徴を見出す可能性のあることが述べられた。計24台のブイによる表面流速データを解析した結果、東経110度と東経150度のラインで比較した場合、流速の緯度分布のピークが明らかに異なる傾向が示された。今後、他の海洋観測データと合わせて、周極流帯の渦の振る舞いなどを解析することが課題といえる (寄高による発表)。

熱塩効果の寄与が大きい海洋の中・深層の流れを実測する手法の一つとして、近年、利用が増している中層フロートを用いた第38次隊の観測結果の第一報が紹介された。ケルゲレン海台東方の周極流帯に2台、東経120度の南極発散域に1台が投入され、深さ約1500mの流れの実測に成功した。周極流帯では高気圧性循環を伴いながら東向きの流れが卓越し、発散域では顕著な低気圧性渦が捉えられた。後者の渦は過去の海洋観測データの解析結果を支持するものでもあり、今後の継続的な観測が望まれる (牛尾による発表)。

南極底層水は世界の海洋深層循環に関わっている。1994-1995年に東大海洋研究所の「白鳳丸」で行われたCTD・採水観測データをもとにアデリーランド沖底層水の物理・化学的特性や底層水形成機構の重要性が説明された。「しらせ」で回収された長期係留システム（約14カ月間の係留）の流速・水温データからは顕著な季節変化が認められ、大陸沿岸に形成されるポリニア（疎水域または海水域内開水面）における海水生産過程との関連について考察された（深町による発表）。

人工衛星TOPEX/POSEIDONのデータから南極周極流の流速、流量の年々変化の抽出や南極周極波（ACW: Antarctic Circumpolar Wave）の現象把握の試みについて紹介された。ここでは、海面高度を算出するために必要なジオイドを如何に精度良く決定するかという課題が指摘された。またJAREの今後の取り組みとして、年々変化を把握するモニタリング観測の重要性も強調された。これまでの研究例として、「しらせ」航路上で取得された過去約12年間の水温データの解析から、表層200-400mでは0.02-0.04°C/年の割合で昇温していることが示された。このような温度変化は海面高度の変化にも現れる可能性があり、広域かつ長期にわたるモニタリング研究の今後の重要なテーマと言える（青木による発表）。

海面水温と海水密接度の観測格子点データと大気の大気再解析格子点データを用いて、ACWとエルニーニョ/南方振動（ENSO）の関係について調べた。その結果、ラニーニャの時に、特に強い停滞性ロスビー波の低緯度から高緯度域（南大洋）への伝播が周極的に見られた。このことは、ACWが高緯度域（南大洋）のみでの大気海洋不安定波動である可能性を否定するものではないが、低緯度のENSO現象と少なくとも関連があることを示している。停滞性ロスビー波の伝播に伴う風応力の周極的な変化は、南極周極流の経年変動として周極的に現れる。また、この風応力の変化は南大洋での海面水温と海水密接度の変化と整合していることもわかった（陳による発表）。

近年、全球的な観測網が発達してきた。このため、極域でも十数年にわたる海面水温、二十数年にわたる海水密接度の格子点データが解析可能となった。また、これらのデータを用いた大気場の再解析が行われるようになり、大気に関しても格子点データが解析可能となった。そこで、これら格子点データを用いて、月ごとに気候値を計算し、月ごとの海面水温と海水のアノマリについて主に調べた。その結果、南大洋にみられるACWのシグナルは、海面水温、海水面積ともに太平洋及び大西洋のセクターで大きいことが明らかとなった。今後、ACWのシグナルは海面下（海洋内部）でどのような構造となっているのか、インド洋セクターも含めて南極周極流の経年変動という観点の研究が興味深い。また、ウェッデルポリニア現象に伴う大気場の変化についても解析した。その結果、大気下層で平年よりも少なくとも5度以上の気温上昇があったことがわかった。その影響は大気上層にも見られるのか、またロスビー波を励起して全球規模に伝播するのかを調べる必要性が示された（本井による発表）。

海洋循環と密接に関わる地球規模の物質循環、特に炭素循環に関わる研究は近年益々その

重要性が注目されている。中でも海水域における大気-海洋間の二酸化炭素交換の諸過程については現地観測例が少ないこともあり、未解明の現象が数多い。例えば、二酸化炭素の交換係数は海上風や生物活動に依存するが、 $p\text{CO}_2$ （表面海水の二酸化炭素分圧）の緯度分布の特徴を水温との相関と共に説明するためには、冬季を含めた現地観測データの蓄積が不可欠であることが述べられた。冬季の海面を覆う海水盤が二酸化炭素交換に及ぼす効果や生物生産活動との関連について、詳細な季節変化を追跡する観測が将来計画されることが望まれる（石井による発表）。

北極海の三大循環流の一つが形成されているボーフォート海に注目して、1996年から1997年にかけて展開された氷海ブイ（IOEB）のデータをもとに陸棚斜面域の流れの構造について発表された。250m深の流速と海底地形との関係について考察した結果、地形の南北勾配と東西方向の流速値が正の相関を示した。この深さに存在する大西洋水の挙動が、その流速を大きく減ずることなく北極海を循環しているメカニズム解明に、貴重な知見を与えることが期待される（島田による発表）。

南極大陸沿岸に形成される定着氷域においては流れの観測データが少なく、流れの変動特性とその海水消長との関連については未知であった。1991年、昭和基地のあるリュツォ・ホルム湾で取得された長期間の流速観測の結果をもとに、風や水位、定着氷の張出しとの関連が紹介された。定着氷野が未だ広く発達していない7月までは、オングル海峡で卓越する南北流は約1.5日の遅れを伴って、風の変動と相関が高かった。また流れの変動は定着氷の張出しの度合いにも依存しているという興味深い結果が示された。一方、冬季に定着縁の位置が安定した場合は、流れと風との相関は認められなかった（大島による発表）。

以上の話題提供された内容を踏まえて、今後の極域海洋の研究、特に海洋循環の実態解明をテーマとする観測やデータ解析をどのように展開していくかについて意見交換した。漂流ブイ投入をはじめとするJAREの観測スタイル（毎年、同時期、同一海域の航路上で行う観測）の長所をさらに活かして、海洋の年々変化を捉えるために、長期モニタリング研究をさらに推進することの重要性が強調された。南大洋では、モニタリング海域を設定し、「しらせ」の東西方向の航路上でも、毎年継続してデータ蓄積を図ることが不可欠である。また近年、新たに開発された観測機器の取り扱いや既存データの活用方法について、今後の情報交換を一層活発にすることなどが議論された。特に海水分布などの人工衛星データのアーカイブ作業をさらに進め、共同利用のための一層の便宜を図ることが強く要望された。将来の極域海洋の研究・観測計画を立案する上で、非常に有益な機会であった。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、発表時の資料等を提供くださった方々に感謝申し上げます。

（1999年9月20日受付; 1999年9月22日受理）