

リュツォ・ホルム湾沿岸ポリニヤ域における  
海水生産と対流混合牛尾収輝<sup>1</sup>・滝沢隆俊<sup>2</sup>・大島慶一郎<sup>3</sup>・河村俊行<sup>3</sup>Ice Production and Convective Mixing in the Coastal  
Polynya off Lützow-Holm Bay, AntarcticaShuki USHIO<sup>1</sup>, Takatoshi TAKIZAWA<sup>2</sup>, Kay I. OHSHIMA<sup>3</sup>  
and Toshiyuki KAWAMURA<sup>3</sup>

**Abstract:** A coastal polynya often forms around Lützow-Holm Bay even in severe winter. To clarify the characteristics of oceanic structure in the polynya, the water mass of the convective-mixed layer was analyzed. Haline convection by the high ice production in the winter polynya contributes to the formation of a thicker mixed layer than that in the pack ice region. Furthermore, the active convection leads to entrainment of the oxygen-poor deep water underlying the winter mixed layer. Consequently, in the polynya located over the continental shelf break, the oxygen content of the mixed layer is somewhat lower than that in the other polynya, Breid Bay, where haline convection reaches only to the shallow sea bottom of the continental shelf.

**要旨:** 南極リュツォ・ホルム湾周辺における海洋観測データを用いて、大陸沿岸に形成されるポリニヤ（海水野内の開水面または薄氷域）の海洋構造の特性を調べた。この沿岸ポリニヤ域では、人工衛星画像や航空機からの目視観測結果によると、ほぼ通年にわたって開水面が形成されており、冬季は新成氷が生産され続けていること、海洋上層の水温は結氷温度に達していることがわかった。また、ポリニヤ域の対流混合層は、沖合流氷域のそれよりも厚く発達している。さらに、対流混合層内の溶存酸素量データから、深層水の取り込み (entrainment) が生じている可能性も示唆された。

## 1. ま え が き

南極大陸周辺を取り巻く海水域には、厳冬期でさえも、開水面あるいは凍結していても薄い氷で覆われた領域が存在する。このような海域をポリニヤ (polynya) という。東クイーンモーランド沿岸の定着氷野とその沖合に広がる流氷域との間には、沿岸ポリニヤが頻繁に形成さ

<sup>1</sup> 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

<sup>2</sup> 海洋科学技術センター. Japan Marine Science and Technology Center, 2-15, Natsushima-cho, Yokosuka 237.

<sup>3</sup> 北海道大学低温科学研究所. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Kita-19, Nishi-8, Kita-ku, Sapporo 060.

れていることを、人工衛星画像が示している (山内・瀬古, 1992)。厳冬期に形成されたポリニヤは、大量の熱や水蒸気を大気へ放出する。海水が結氷温度に達している場合は、新たな海水生産が引き起こされ、それに伴って大量の塩がブライン (brine) という濃縮高塩分水の姿で海洋上層へ排出される。従って、ポリニヤ域における大気—海洋間のエネルギー・物質交換は、厚い海水で覆われた海域におけるそれよりも相対的に活発になると考えられている。しかしながら、冬季の現地観測例が少ないこともあり、ポリニヤの物理過程は未だ明らかにされていないことが多く、沿岸ポリニヤが南極域の大気や海洋に如何なる役割を果たしているかを解明することが重要な研究課題となっている。

第 31 次および第 32 次日本南極地域観測隊では、「南極域における気候変動に関する総合研究 (ACR)」計画に基づき、1990 年から 1992 年にわたる 2 年間、リュツォ・ホルム湾とその周辺海水域において海洋・海水研究の越冬観測を行った (河村ら, 1997)。この越冬観測データと合わせて、これまで砕氷船で行われた夏季船上観測のデータを用いて、沿岸ポリニヤの海洋構造の特性について調べた結果を報告する。

## 2. 昭和基地北方の沿岸ポリニヤの形成

リュツォ・ホルム湾の定着氷縁付近には、冬季も含めてほぼ通年にわたって沿岸ポリニヤが形成されている。図 1 は、1990 年に昭和基地で受信した NOAA 衛星画像である。これは AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) 画像の赤外チャンネルのデータから作画したもので、表面温度の高いところほど黒くなるように処理されている。従って海洋では、厚い海水より表面温度が相対的に高い開水面や薄氷域が黒く見える。沿岸の定着氷 (fast ice) と沖合の流水 (pack ice) との間には、幅数 km から数十 km の黒い帯状の領域が見られる。このような領域は 6 月末から 9 月中旬の厳冬期でさえも、ほぼ同じ位置に存在していた。また、この海域には開水面が存在し、冬季は新成氷が生産されていることを航空機からの目視観測で確かめている (牛尾ら, 1993)。

## 3. 対象海域と解析データ

沿岸ポリニヤ域の海洋構造の特性を明らかにするために、リュツォ・ホルム湾とその周辺海域をデータ解析の対象とした。対象海域は、南緯 65 度以南、東経 20 度から 50 度までの領域である。この海域では、過去 30 年以上にわたって、南極地域観測隊の砕氷船が昭和基地に向かう途上、多数の海洋各層・CTD・XBT 観測を行っている。この内の 331 点のデータと 1990 年から 1992 年の間に取得された越冬観測データを解析に用いた。

## 4. 冬季混合層の厚さ

海洋は冬季の冷却および海水成長に伴う塩排出によって、対流が生じ、海洋上層には水温の

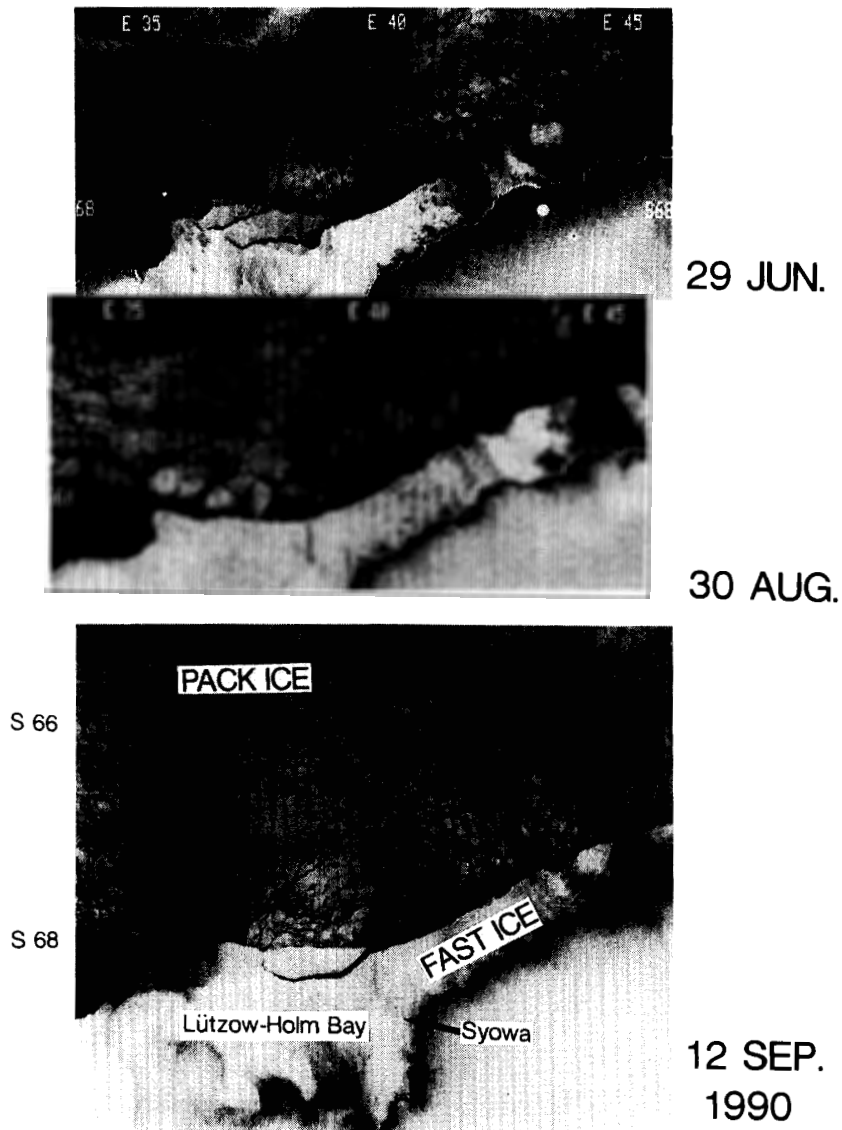


図1 NOAA/AVHRR によるリュツォ・ホルム湾の海水分布 (上から順に, 1990年6月29日, 8月30日, 9月12日)

Fig. 1. NOAA/AVHRR infrared images in and around Lützow-Holm Bay, June 29, August 30 and September 12, 1990.

鉛直分布がほぼ一様な混合層が形成される。沿岸ポリニヤ域における対流混合層の厚さとその季節変化を把握するために, 航空機からの水温観測が行われた (牛尾ら, 1993)。その結果, 海洋上層の水温は $-1.9\sim-1.8^{\circ}\text{C}$ で結氷温度に達しており, 深さ 350-450 m まで均一な混合層が通年にわたって形成されていることがわかった。

沖合流水域の冬季観測データは皆無に近い。しかしながら, 夏季水温分布からその前の冬季にどの程度の深さまで対流混合が発達していたかを推定することができる。そこで水温値が $-1^{\circ}\text{C}$ 以下に冷却されている層の下端の深さを水温データから読み取り, その値を冬季対流混合層の厚さとした。つまり冬季は海面からその深さまで対流が生じて, 一様な混合層が形成さ

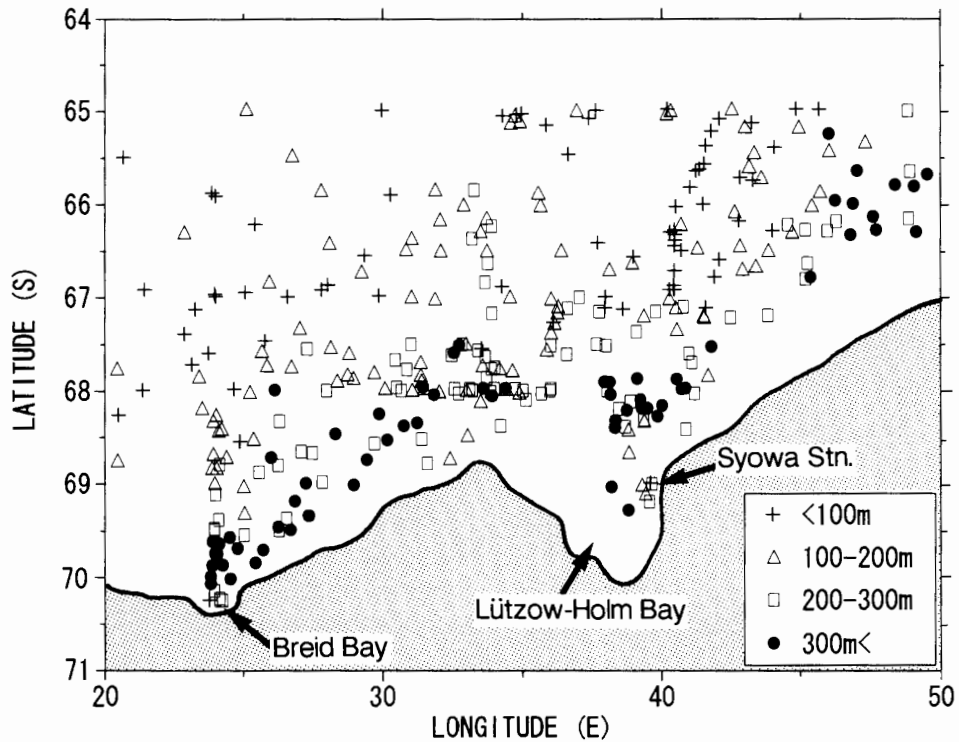


図2 冬季対流混合層の厚さ分布

Fig. 2. Spatial distribution of winter mixed layer thickness.

れていたと見なす。図2に冬季対流混合層の厚さ分布を示す。混合層が300 m以上に達しているのは、東経40度付近のリュツォ・ホルム湾の沿岸ポリニヤ域を含む、大陸斜面上の海域である。一方、沖合流水域で形成される混合層は相対的に浅い。また、水深が500 mくらいまでの海域では、低温な一様層が海底付近まで形成されているところもある。例えば、東経24度付近のブライド湾 (Breid Bay) 内でも、水温が鉛直方向にほぼ一様な混合層が、約250 m深の海底まで達していた。ブライド湾では棚水が存在し、その沖の海氷密接度は小さく、ポリニヤ形成の可能性の大きいことが示されている (ISHIKAWA *et al.*, 1996)。このように沿岸ポリニヤが形成される大陸斜面では、冷却と海水生産による対流混合が活発に起こっていることがうかがえる。

## 5. 深層水の取り込み

沿岸ポリニヤ域では、対流混合が深くまで発達していることが、水温データから示された。次に大陸斜面上に相当するリュツォ・ホルム湾沿岸ポリニヤ域の対流混合の特徴をさらに調べるために、ブライド湾で形成されるポリニヤの海洋構造との比較を行った。図3は深さ50 mから250 mの間の水塊について、塩分-溶存酸素量の関係を示したものである。ここで用いたデータは夏季に観測されたもので、50 m以浅の表層では海水融解に伴う低塩分化が生じており、また250 m以深では、深層水そのものの性質が反映される。そこで混合層の特徴をより鮮

明に引き出すために、表層と深層のデータを除外し、50 m から 250 m の間に限定した。

リュツォ・ホルム湾では、混合層を形成する水塊がブライド湾のそれと比べて貧酸素である。これは溶存酸素量が相対的に少ない深層水が、その上の対流混合層に取り込まれた (entrain-

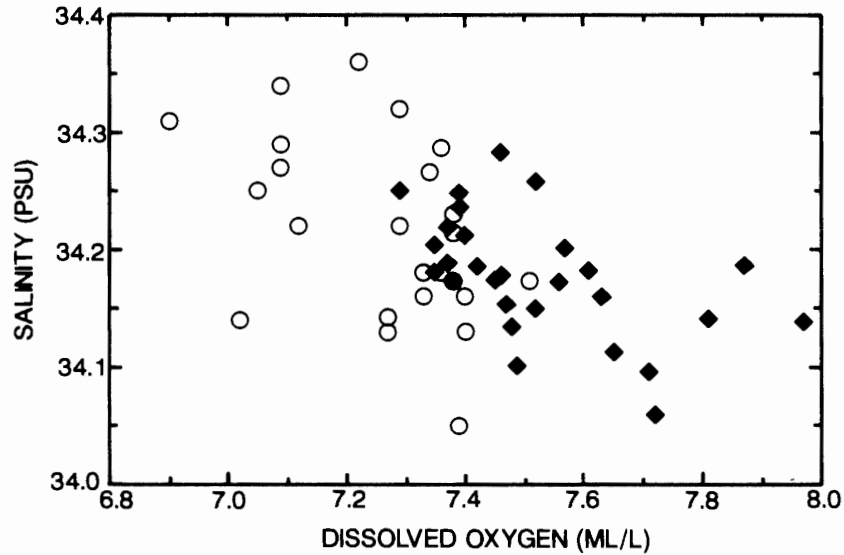


図3 対流混合層 (水深 50-250 m の間) の塩分-溶存酸素量の関係

○: リュツォ・ホルム湾のポリニヤ, ◆: ブライド湾のポリニヤ

Fig. 3. Salinity-dissolved oxygen relation for water masses of the convective-mixed layer (50-250 m) in the Lützw-Holm Bay polynya (○) and in the Breid Bay polynya (◆).

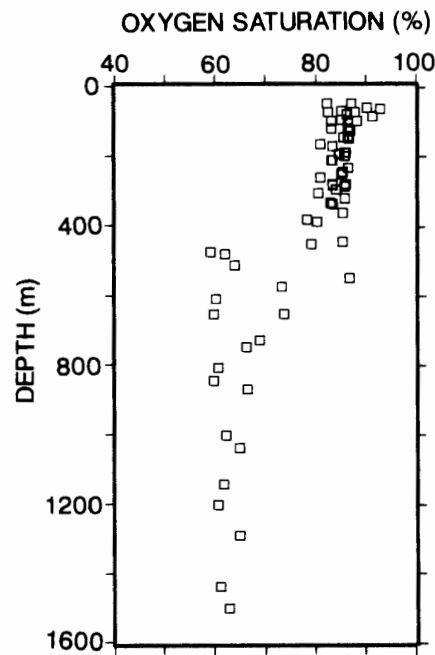


図4 リュツォ・ホルム湾沿岸ポリニヤ域の酸素飽和度の鉛直分布

Fig. 4. Oxygen saturation profile in the Lützw-Holm Bay polynya.

ment) ことが要因であると考えられる。リュツォ・ホルム湾沿岸ポリニヤは大陸斜面上に形成されるもので、低温、低塩分、富酸素の南極冬季水で特徴づけられる対流混合層の下には、高温、高塩分、貧酸素の南極深層水が存在する。一方、ブライド湾では対流混合が海底まで達しているため、貧酸素の深層水は存在しない。その結果、対流混合層内では相対的に酸素量が高くなっている。

図4にリュツォ・ホルム湾沿岸ポリニヤ域における酸素飽和度の鉛直分布を示す。海洋上層300 m深までの対流混合層の平均酸素飽和度は86%であり、また500 m以深に存在する深層水の平均酸素飽和度は60%である。これらの値は南極ウェッデル海の流水域で観測された対流混合層と深層それぞれの酸素飽和度と共に等しい (GORDON *et al.*, 1984)。しかし、冬季対流混合層の厚さは、ウェッデル海では平均108 mに対して、リュツォ・ホルム湾沿岸ポリニヤでは300 m以上に達する。このことから、対流混合の度合いおよび深層水の取り込み量は、リュツォ・ホルム湾沿岸ポリニヤ域で相対的に大きいことがうかがえる。

## 6. あとがき

海洋観測データを解析した結果、沿岸ポリニヤの形成は海洋の対流混合を活発にし、深層水の海洋上層への取り込みも引き起こしていることがわかった。南極大陸周辺に形成される沿岸ポリニヤ個々の面積は、ウェッデル・ポリニヤに代表される外洋ポリニヤに比較すれば小さいが、沿岸ポリニヤは随所に存在することが最近の観測で次第にわかってきた。沿岸ポリニヤ域が大気-海洋間相互作用や水塊形成、海洋循環とどのように関連しているかを詳しく追究していくことが重要である。

## 文 献

- GORDON, A.L., CHEN, C.T.A. and METCALF, W.G. (1984): Winter mixed layer entrainment of Weddell Deep Water. *J. Geophys. Res.*, **89**, 637-640.
- ISHIKAWA, T., UKITA, J., OHSHIMA, K.I., WAKATSUCHI, M., YAMANOUCHI, T. and ONO, N. (1996): Coastal polynyas off East Queen Maud Land observed from NOAA AVHRR data. *J. Oceanogr.*, **52**, 389-398.
- 河村俊行・滝沢隆俊・大島慶一郎・牛尾収輝 (1997): 海洋・海水観測。南極資料, **41**, 395-414.
- 牛尾収輝・滝沢隆俊・大島慶一郎・河村俊行 (1993): 昭和基地沖に形成される沿岸ポリニアの水温構造。南極資料, **37**, 252-259.
- 山内 恭・瀬古勝基編 (1992): NOAA 衛星から見た南極一雲・氷・雪一。東京, 国立極地研究所, 91 p.

(1996年11月1日受付; 1997年1月27日改訂稿受理)