

D-1 大陸棚海域循環過程における沿岸－外洋の物質フラックスに関する研究

(2) 海洋物質循環の長期変動に関する研究(H3～)

② 海底堆積物の微化石等を用いた長期海洋環境の変動に関する研究

研究代表者

地質調査所

西村 昭

通商産業省 工業技術院

地質調査所

海洋地質部

中尾征三

海洋鉱物資源課

西村 昭・本山 功

海洋底質課

井内美郎・池原 研・片山 肇・田中裕一郎・

中嶋 健

海洋物理探査課

山崎俊嗣

地質部

層序構造課

柳沢幸夫

燃料資源部

燃料資源課

渡辺真人 徳橋秀一

平成3-4年度合計予算額 16,352 千円

[要旨] 海底堆積物に残された自然環境の長期的変動を明らかにすることは、海洋における物質循環や汚染物質の付加に対する環境への影響への予測に極めて重要なデータを与える。南極周辺海域は栄養塩が多く、生物生産量が大きく、また、深層水の形成に大きな役割を果たしており、地球規模の環境変動への寄与が大きい地域である。しかし、環境変動に関するデータの蓄積は少ない。最近、氷期－間氷期の大気中の二酸化炭素濃度の変動のメカニズムの説明として提起された「鉄仮説」は、大気を通しての風成ダストの鉄による南極周辺海域への「自然の汚染」に注目したものである。本研究は、南極周辺海域の柱状堆積物試料の分析により、当海域の環境変動と地球規模の環境変動についての基礎的データを得ることを目的としている。インド洋側南極海域及びロス海とその周辺海域の柱状堆積物試料についての解析を行った。氷床の活動度の指標となる削屑物量、生物生産量の指標となる微化石含有量、堆積物から堆積流量（フラックス）を求めるための基礎データである堆積物の乾燥密度を測定した。それに付随して得られた物理量と砂粒含有量・帯磁率との関係を考察した。氷期に厚い氷床に覆われたロス海内の堆積物と外洋の堆積物はその構成物と堆積物の性質に大きい違いがあること、陸源粒子の量は帯磁率や堆積物物性により簡便に定量化できる可能性が明らかとなった。また、外洋の柱状試料には長期の環境変動が記録されていることが明確になった。

[キーワード] 南極海、海底堆積物、微化石、フラックス、生物生産量

1. 序

海底堆積物に残された自然環境の長期的変動を明らかにすることは、海洋における物質循環や汚染物質の付加に対する環境への影響への予測に極めて重要なデータを与える。南極周辺海

域は栄養塩が多く、生物生産量が大きく、また、深層水の形成に大きな役割を果たしており、地球規模の環境変動への寄与が大きい地域である。しかし、詳細な環境変動に関するデータの蓄積はまだ少ない。最近、氷期-間氷期の大气中の二酸化炭素濃度の変動のメカニズムの説明として提起された「鉄仮説」⁴⁾は、大気を通しての鉄による南極周辺海域への「自然の汚染」と生物生産の関係に注目して議論されている。

本研究は、南極周辺海域の柱状堆積物試料の分析により、当海域での環境変動と地球規模の環境変動についての基礎的データを得ることを目的としている。

2. 南極周辺海域の堆積物と試料

南極周辺海域の堆積物の分布は、南極大陸の氷床とそれから流出する氷山による堆積作用が卓越する氷河性陸源堆積物、珪質のプランクトンである珪藻の卓越する珪藻軟泥、石灰質のプランクトンの浮遊性有孔虫の卓越する石灰質軟泥が緯度別に帯状配列をしている²⁾ (図1)。しかし、詳細に見ると複雑な分布をしており、石灰質の堆積物も大陸周辺の限られた水深においては分布している^{3), 5)}。環境変動を詳細に解析するためには、フラックスを求めるための連続的な年代目盛が必要であり、現在のところ炭酸カルシウム殻の有孔虫の連続的産出が重要である¹⁾。

南極周辺海域において採取された柱状試料について、長期の環境変動の復元のための基礎資料のため3本の柱状試料について分析を行なった(図2及び3、表1)。これらの試料は、既存のデータから、柱状試料の最下部の年代がおおよそ明らかになっており、今後の種々の分析のため炭酸カルシウムからなる殻の有孔虫の比較的連続的な産出が期待された試料である。

さらに、環境指標の検討と氷期に氷床に広く覆われた海域における環境変遷を明らかにするために、ロス海域の堆積物試料の分析も行なった。ロス海は太平洋側に位置しており、奥側半分

を広く棚氷に覆われている。陸棚域は谷とバンク(地形的な高まり)が繰り返している。堆積物は、バンクの上の粗い砂礫質の堆積物を除くと珪藻を主体とする軟泥または泥質堆積物が一般的である⁵⁾。この海域において採取された14本の試料(図5)について分析を行なった。

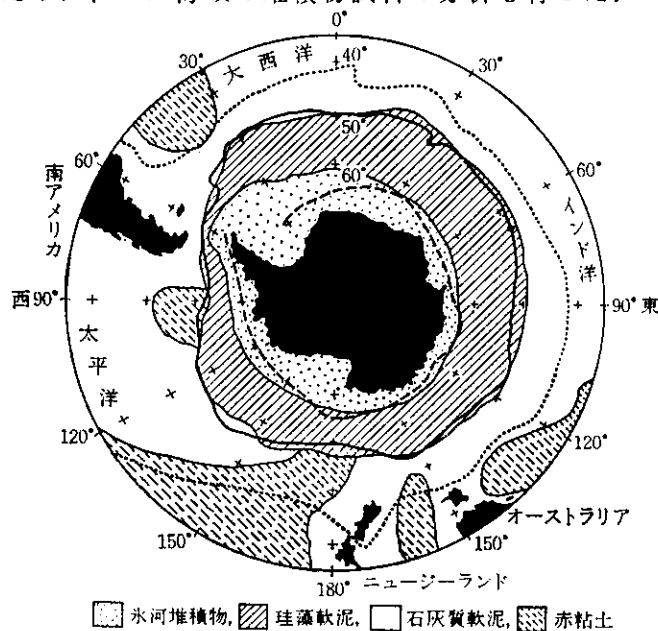


図1. 南極周辺海域の海底堆積物の分布²⁾。南極収束線の南極側に珪藻軟泥、北側に石灰質軟泥が分布する。

表1. 試料採取地点データ

試料	緯度	経度	水深
GC801	60.01.02'S	52.30.54'W	3378m
GC808	60.59.50'S	45.06.21'W	376m
GC1002	63.48.30'S	78.53.27'E	3658m

3. 分析項目

分析項目として以下の項目について分析及び検討を行った。

- ◎砂粒含有率及び砂粒組成分析：砂粒含有率は漂礫堆積作用の影響と大きいプランクトン生物の生産量に関係して変動する。また、砂粒組成分析を石灰質殻の有孔虫化石の産出量が今後の年代決定等が可能かの検討を行った。
- ◎含水比（乾燥密度など）：堆積物乾燥密度は堆積速度・組成の割合とかけあわせ、堆積物の沈積流量を求めるのに必要である。試料採取後ただちに定容量試料分取などの調整が必要である。そのため、GC801とGC808の試料については測定できなかった。
- ◎帯磁率測定：含まれる磁性鉱物量とそのサイズの推定が可能である。磁性鉱物量の変化から漂礫堆積作用の影響の強弱を簡便に推定できるかの可能性に注目して分析した。また、帯磁率の周波数依存性は磁性鉱物の粒径変化に対応して変化することが知られているので、あわせて、漂礫堆積作用の強弱の指標になるか考察した。
- ◎ナンノプランクトン分析：南極海の高緯度では殆ど産出しないと考えられ、分析例がなかったが、今回予察的に検討した。群集から海域の表層の環境変化が明らかになると期待される。
- ◎珪藻分析：南極海では最も信頼できる年代決定の手段である。環境指標として分析するためには、分類学的に検討すべき種が多い。また、海水に付随する特徴的な群集の存在が報告されている分類群についても、形態に変化が大きいので、分類学的な検討を行った。
- ◎炭酸カルシウムの定量：生物生産量の指標となる化学成分である。少量の試料で正確に定量する手法を検討した。

4. 南オークニー諸島近海及びエンダビー海盆域の試料分析結果

GC801；南オークニー諸島近海域の試料で、予察的な珪藻による年代見積によれば、最下部を除いて第四紀の後期（0-0.2 Ma）の堆積物と考えられる。上部は珪藻質、中下部は粘土質

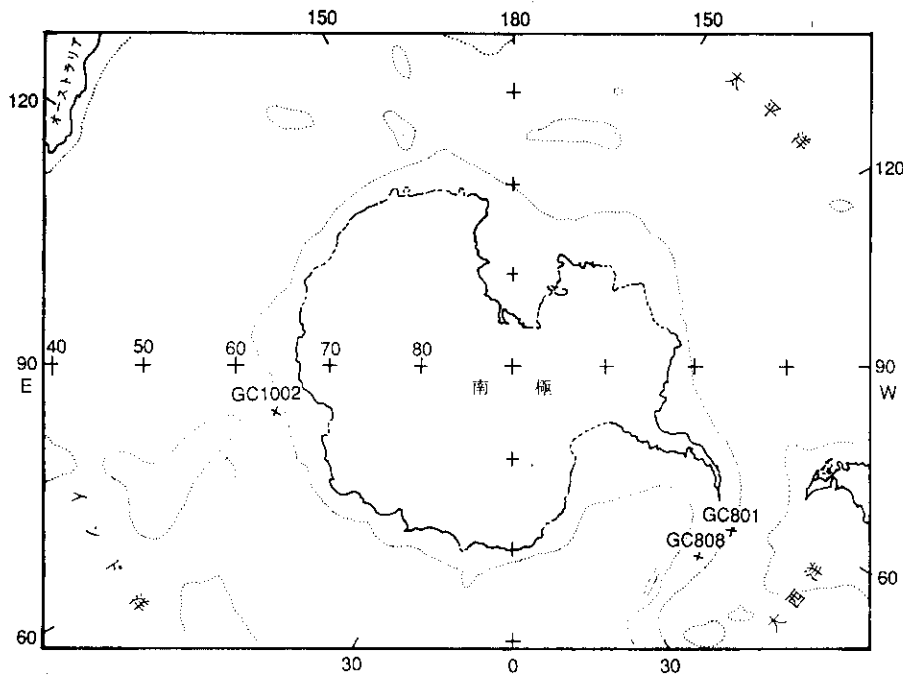


図2. 南極周辺域の地形と分析試料採取位置。
破線は水深3000mを示す。

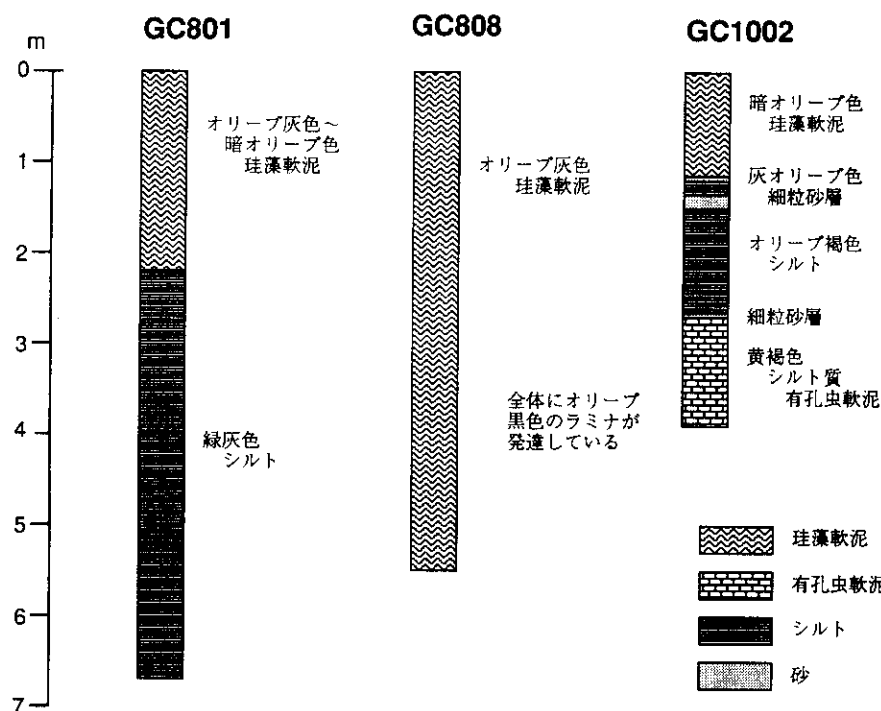


図3. 柱状堆積物試料の岩相記載。

の堆積物である。有孔虫の産出は期待されるほど多くなく、有孔虫殻の酸素同位体比による年代決定は困難と考えられ、ほかの方法を検討する必要がある。含砂率の変動は、変動幅や周期性がほかの試料と対応する可能性がある。

GC808；南オークニー諸島近海域の浅海域の堆積物であり、予察的な珪藻による年代見積では堆積速度が速いと考えられ、最終氷期以降の環境変化を記録していることが期待される試料である。試料保存中の酸化により、硫化水素が硫酸に変化して炭酸カルシウムを分解したためか、採取直後の予察的な検討時に存在していた有孔虫が今回の分析では産出しなかった。珪藻は豊富に産出するので、珪藻種構成等による環境変化の検討や、群集の解析を進めているが、有孔虫が産出しないため年代決定ができない可能性が大きい。

GC1002；エンダビー海盆で採取された柱状試料で、予察的な珪藻による年代見積によれば、上部の50 cm が第四紀の後期（0-0.2 Ma）にあたり、最下部は第四紀の前半になると推定されている。1.3 - 1.5mおよび2.7m付近に細粒砂からなる砂層が3枚含まれている。この堆積物の岩相変化は、含水比・砂粒含有率・帯磁率等によって示される（図4）。磁性鉱物の粒径変化を示すと考えられる帯磁率の周波数依存性の変化は、砂粒含有率で示される堆積物の粒径変化とも調和的である。砂層は細粒砂～極細粒砂で比較的淘汰がよく、おそらく浅海域から由来するタービダイト砂層である。砂層の部分を除くと岩相変化は少なく、連続的な堆積を示している。上部100 cm における砂粒径粒子の含有量は5-30 %で短周期の変動を示し、過去数万年間における氷床の発達に関係した漂礫堆積作用の変動と有孔虫を主体とする生物の生産量の変動を示している可能性が高い。砂粒径粒子には浮遊性有孔虫の *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) がほぼ連続的に認められ、今後の酸素同位体比による詳細な年代決定が可能になると考えられる。特に、上部70cmにおいて有孔虫の産出が多い。この試料については、ナノプランクトンも中部を除いて産出した。上部の群集は *Gephyrocapsa* spp. (medium type), *Calcidiscus leptoporus* を主体としており、下部は *Coccolithus pelagicus* が多い。海水のプランクトン調査では、現在のこれらの海域はより貧弱な群集しか存在していないので、過

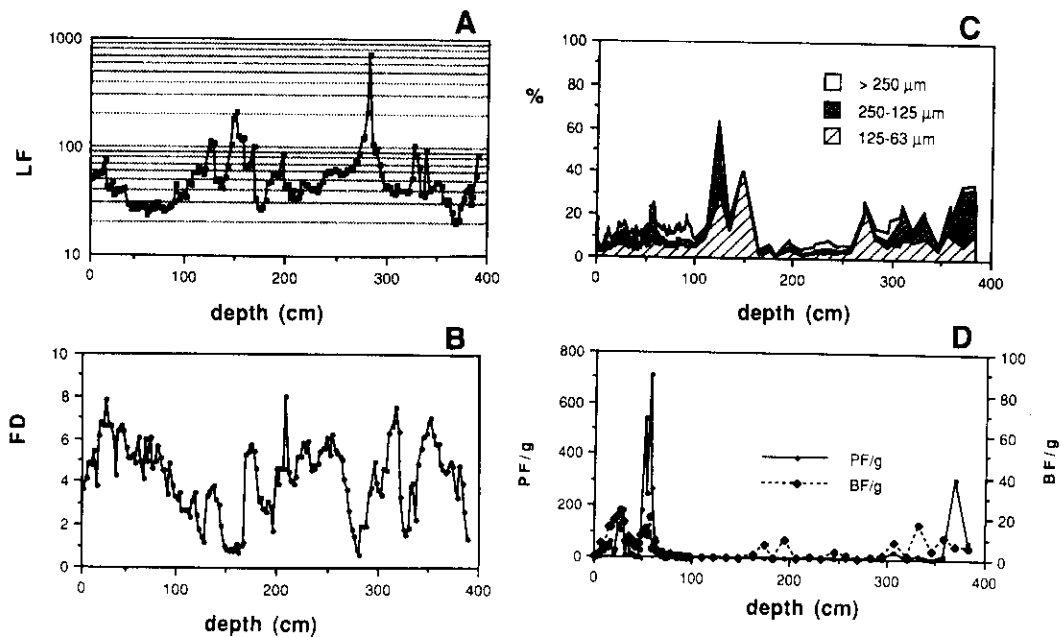


図4. GC1002 の帯磁率 (A) ・帯磁率周波数依存性 (B) ・砂粒含有率 (C) と有孔虫含有量 (D, PF; 浮遊性、BF; 底棲)。

去に現在と異なる環境が存在した証拠として検討を進めたい。さらに、この試料については、上部に重点をおいて、最終氷期を含む気候変動のサイクルの長期的な環境変化のデータの集積のため分析を進めている。

5. ロス海域の試料分析結果

ロス海を含む比較的広い範囲の堆積物試料が分析された。その結果、ロス海の内部と外洋と

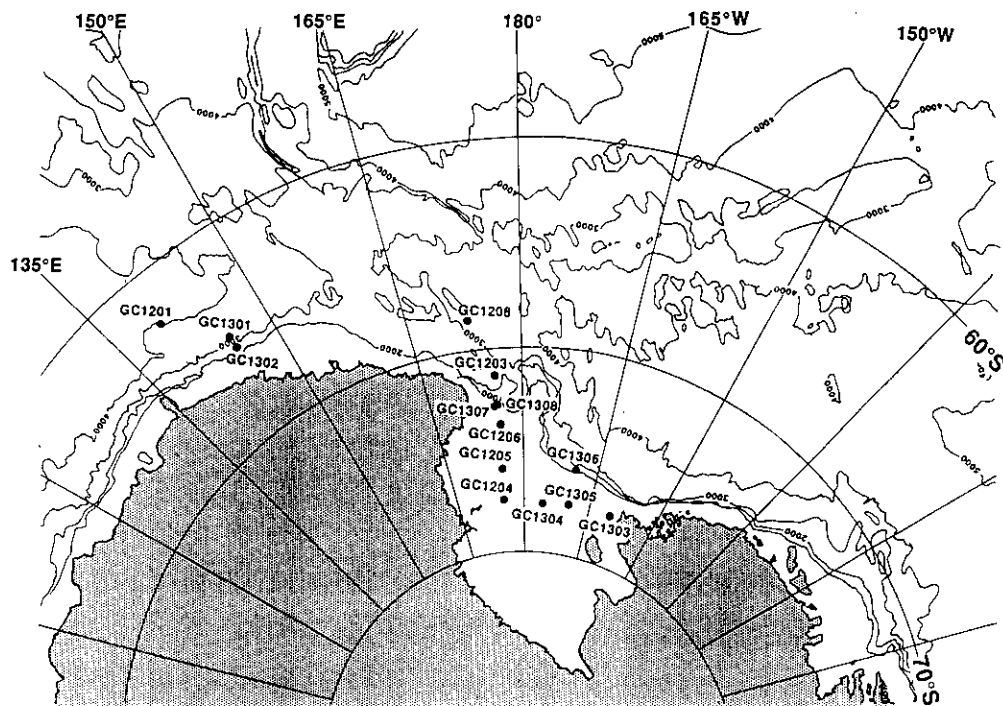


図5. ロス海およびその周辺海域の分析試料採取位置。

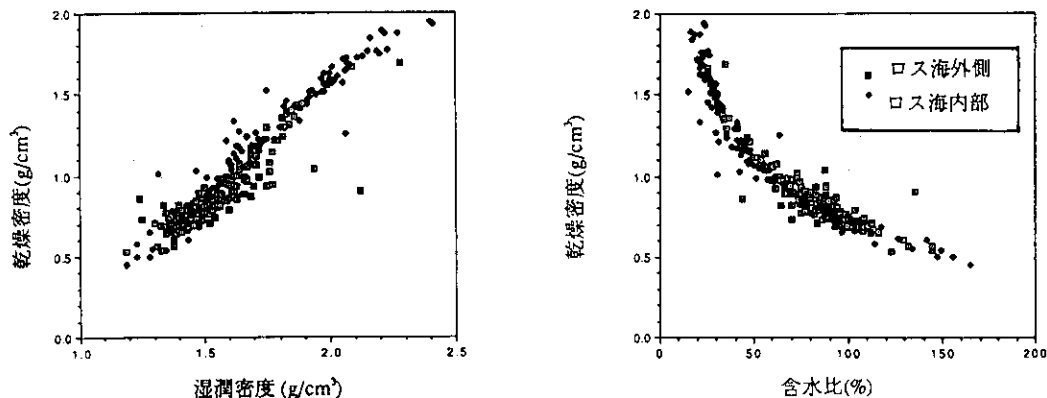


図6. ロス海域の堆積物試料の乾燥密度・湿潤密度・含水比の関係.

の堆積物の差異が明確となった.

堆積物の含水比と乾燥密度は対数関係で、湿潤密度と乾燥密度の間の関係は一次関係である(図6). 特にロス海の外側で密度の小さい部分で分散が大きいのは、堆積物を構成する粒子が陸源と生物源(有孔虫などの石灰質と殻珪藻・放散虫などの珪質の殻)の両者が卓越する堆積物が存在するためである. 堆積物の諸性質の柱状堆積物中での変化も、ロス海内部とロス海の外側(便宜的に等深線1000mより以深)で大きく異なる(図7). ロス海外側においては、

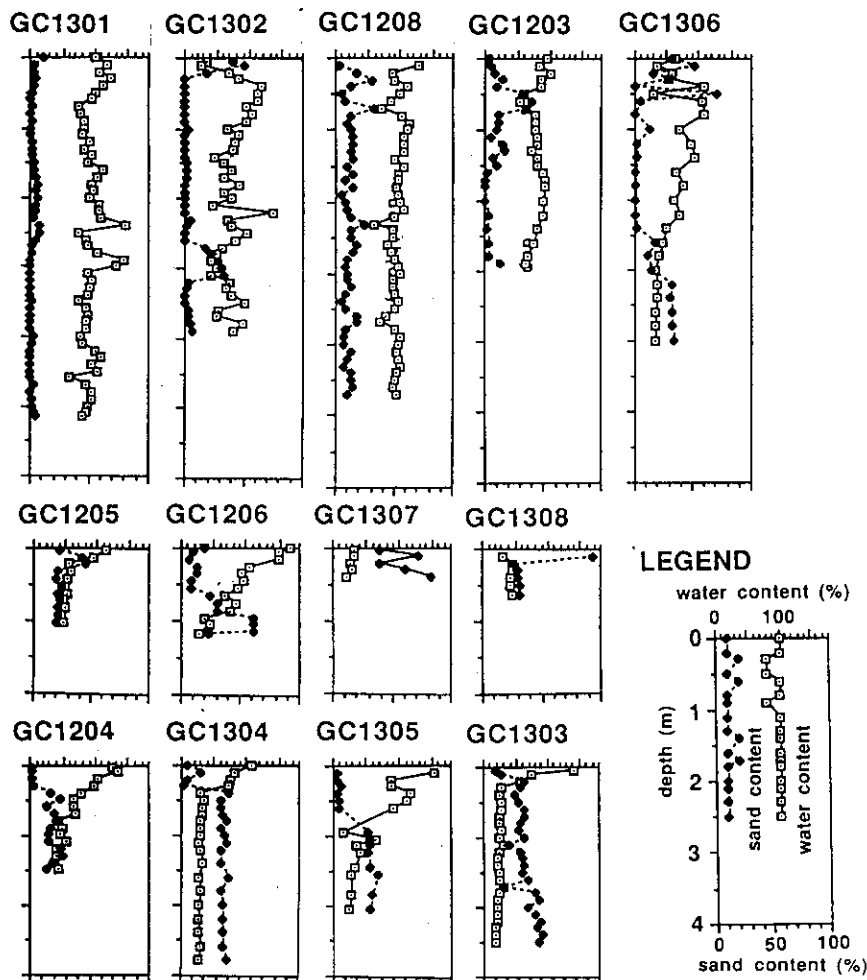


図7. ロス海域の柱状堆積物試料の含水比・砂粒含有率の変化.

砂粒含有量は10%以下で、含水比は100%前後で安定している。それに対して、ロス海内部においては、砂粒含有率は30-40%で、含水比は50%以下である。表層堆積物では含水比が高く、珪藻が多量に含まれている。さらに、表層堆積物下に固結した堆積物があるために、長い柱状試料は採取されていない。採取した試料においても、含水比が下部で極端に小さくなっているものの一部は固結している。これは、ロス海が最終氷期に南極大陸を現在よりも広く覆っていた氷床下にあったためと考えられる。

ロス海の内部で採取した試料の中には、帯磁率が砂粒含有率と相関をもって変化するものが認められた。これは氷山の運搬作用により堆積した砂粒子にともなう磁性鉱物の増減を示唆していると考えられる。帯磁率の測定は連続的に簡便に実施できるため、陸源粒子の指標として有効であることが明らかとなった。

6. まとめ

南極周辺海域のインド洋側外洋とロス海とその周辺海域の堆積物試料についての分析結果の概要について述べた。しかし、環境変動を詳細に解析するためには、堆積物試料に年代目盛が必要である。エンダビー海域の試料については ^{14}C -AMS年代が求められ、現在さらにその値の妥当性についての検討と再測定が行われている。ロス海内の一部の柱状試料には有孔虫の密集した層があり、その ^{14}C 年代をもとめるために試料の調整を行っている。また、外洋域においては、酸素同位体比による年代決定のために有孔虫の抽出を試みている。これらの年代データの確定させて環境変遷をまとめる予定である。

7. 本研究により得られた成果

南極周辺海域の堆積物の分析の結果、当海域の環境変遷を堆積物柱状試料を使用して明らかにできる見通しがついた。

氷期に厚い氷床に覆われたロス海内の堆積物と外洋の堆積物はその構成物と堆積物の性質に大きな違いがあり、ロス海内部の試料には最終氷期の当海域の氷床に覆われていた期間以降の環境変遷が記録されている。陸源粒子の量は帯磁率や堆積物物性により簡便に定量化できる可能性が明らかとなった。また、外洋の柱状試料には長期の生物生産量の変化や漂礫供給量の変化などの環境変動が記録されていることが、構成粒子の変化などから明確になった。

8. 参考文献

- 1) Grobe, H., Mackensen, A., Hubberten, H.-W., Spiess, V., and Fütterer, D. K. (1990) Stable isotope record and late Quaternary sedimentation rates at the Antarctic continental margin. Bleil U. and Thiede, J. (eds.) Geological history of the polar oceans: Arctic versus Antarctic, Kluwer Acad. Pub., Dordrecht, p.539-572.
- 2) 小泉格 (1978) 南極大陸周辺海域の海底堆積物と氷河. 科学, 47, p.621-627.
- 3) 米谷盛寿郎・井上洋子 (1986) 南極底層水に付随する石灰質有孔虫群集と南極海の CCD. 新生代の有孔虫の研究, p.79-94
- 4) Martin, J. H. (1990) Glacial-Interglacial CO_2 change: The iron hypothesis. *Paleoceanography*, 5, 1-13.
- 5) McCoy, F. W. (1991) Southern Ocean sediments: Circum-Antarctic to 30° S. *Antarctic Research Series*

(AGU) 54, 37-46.

国際協同研究等の状況

特になし

成果の発表の状況

誌上発表

Dormack, E. W., Jull, A. J., and Nakao, S. Advance of East Antarctic outlet glaciers during the Hypsithermal: Implications to the volume state of the Antarctic ice sheet under global warming. *Geology*. 1991.

西村 昭 地球規模の環境問題と南極及びその周辺海域. *地質ニュース*, 452, p.10-18. 1992.

Nishimura, A., Mita, N., and Nohara, M. Pelagic and hemipelagic sediments of the Izu-Bonin region, Leg 126: geochemical and compositional features. Taylor, B. and Fujioka, K., et al., *Proc. ODP, Sci. Results*, 126, p.487-503. 1992.

Kaiho, K. and Nishimura, A. Distribution of Holocene benthic foraminifers in the Izu-Bonin Arc.

Taylor, B. and Fujioka, K., et al., *Proc. ODP, Sci. Results*, 126, p.311-320. 1992.

中尾征三 南極海地質調査の昨今. *極地* 56, p.1-7. 1993.

口頭発表

中尾征三・中嶋 健 ドレッジ地点の位置補正と音響層序解釈上の意義ーウィルクスランド沖の例ー. 日本地質学会第99年学術大会. 同講演要旨, p.400. 1992. 4.