

南極の底質——その粒度分析——

庄司大太郎*・佐藤任弘**

ON THE BOTTOM SEDIMENT DREDGED BY THE SECOND JAPANESE ANTARCTIC EXPLORATION.

Especially on the Grain Size Analysis.

Daitaro SHOJI* and Takahiro SATO**

Abstract

During January to February in 1958, Japanese Antarctic Exploration ship SOYA sounded and dredged marine sediment off Lützow-Holm Bay in Antarctica, on the opposite side of Africa.

Making a transverse profile of submarine configuration, the depth of deep sea floor is about 3,500~4,000 meters in this area. The depth of the shelf edge is 300~400 meters at the east part of Lützow-Holm Bay and more than 500~600 meters at the Gunnerus Bank, north of Cook Peninsula. The width of the shelf is more than 60 kilometers off Prince Olav Coast and more than 70 kilometers off Prince Harald Coast to the west of the Lützow-Holm Bay. Eleven samples of bottom sediments were sampled on the shelf near Gunnerus Bank, continental slope of the bank and the upper part of the slope at the mouth of Lützow-Holm Bay (Fig. 1 and 2).

Among the eleven samples, nine are analyzed for the grain size distribution. Sandy parts are analyzed by Emery's tube method and muddy parts by pipette method. The results are shown in Fig. 6 and listed in Table 2.

Seven samples contain gravel; seven, sand; five, mud and three, Foraminiferal test (Table 1). Sandy fractions of sediments are mainly composed of rounded quartz and feldspar grains and a small quantity of sub-rounded heavy mineral grains. Percentages of Foraminiferal content are shown in Table 5.

Gravels are pebble sized and are metamorphic rocks such as gneiss. Cumulative frequency curves of almost all of them show bimodal or trimodal; typical examples are I-31, II-8 and II-9 (Fig. 4, Fig. 6 and Table 4).

These samples are composed of angular gravels which were probably transported by iceberg drift and of such fine fraction as sand and mud by watermass transportation. The amount of Foraminiferal contents are probably available for one index of productivity of sea water. Coarse sediments distributed at a considerable depth are related to the deep seated shelves around Antarctica (Fig. 5).

Although the poor data brings no definite conclusion to writers about the origin of Antarctic shelves, they are favorable to the theory of isostatic subsidence of crust by the enormous weight of continental ice sheet.

* 水路部, 第2次南極地域観測隊員. The Hydrographic Office. Member of the Japanese Antarctic Research Expedition, 1957-58.

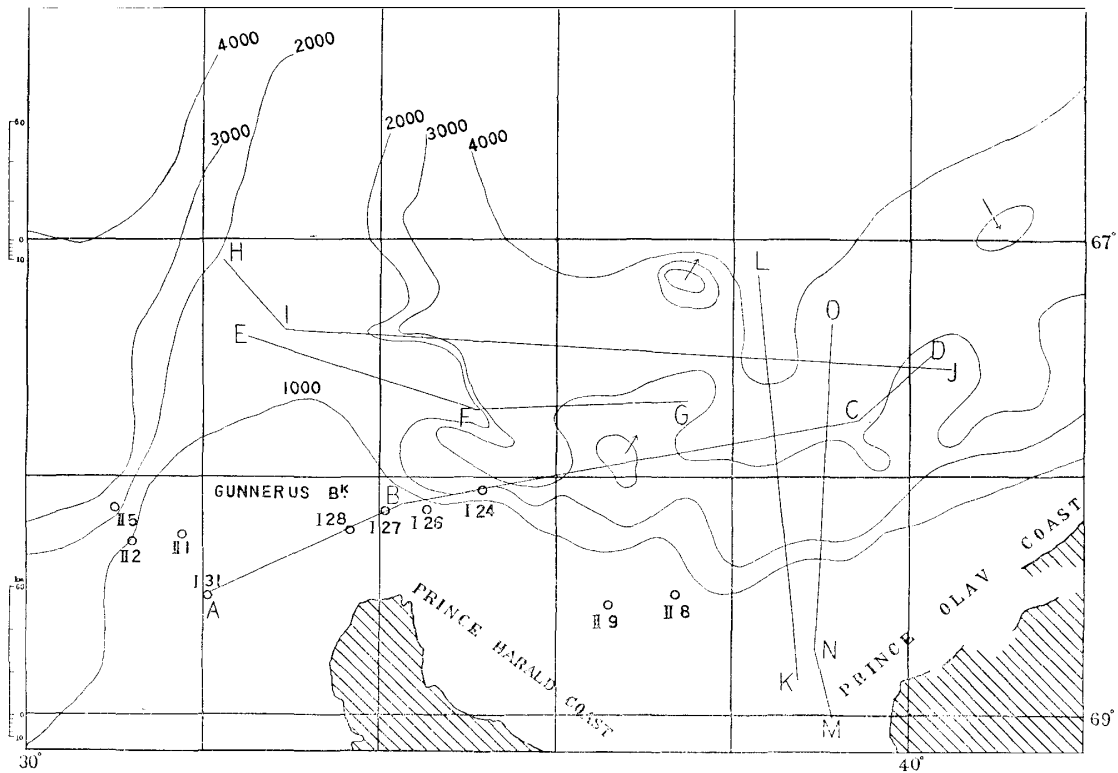
** 水路部. The Hydrographic Office.

1. ま え が き

南極第2次観測に際し、海洋班員として乗船した庄司が、宗谷漂泊中および接岸中に、リーザ・ラルセン半島クック岬沖ガネラス浅瀬とリュッツォホルム湾内などの10地点から採泥をおこなったことは、すでに別報のとおりである。ここに報告する底質の粒度分析結果は、この11点中の9点についてである。それは、ごく微量しか採集し得なかつた地点が2点あり、粒度分析はおこなわなかつたからである。採泥は、ほとんど小型ドレッジヤーにより、I-24, II-1'の2点だけ、改良フレーガー式小型重錘コアラーを用いた。なお、これらの底質は保存用資料とし、各地点それぞれ数グラム程度を乾燥の上、水路部測量課に保存してある。

2. 底質採集地点と海底地形の概略

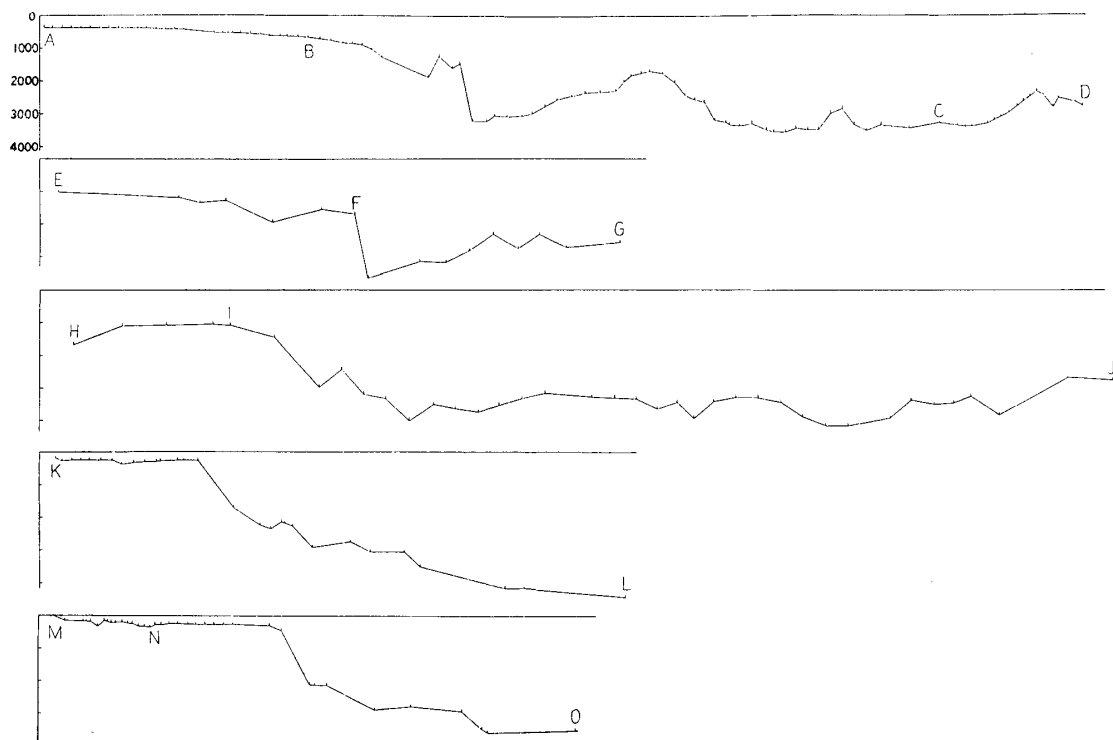
採泥地点および地形は、第1図に示したとおりである。この地域は、測深点が極めて少く、海底地形もよくわかつていないが、1000 m 間隔の等深線を描いて、その大地形をみると、リーザ・ラルセン半島北方、プリンス・オラフ海岸沖に大きな海脚状の高まりがあり、巨視的にみれば、リュッツォホルム湾に向つて4000 m 以深の深海部が入り込んで、海岸線とほぼ平行した地形を示す。



第1図 等深線および採泥地点

Fig. 1 Isobath and dredged stations.

リーザ・ラルセン半島沖の海脚は顕著で、しかもここには地形断面図によつてわかるように、360 m 付近、500~600 m 付近（断面図 AB）、1100 m 付近（EF, HI）などにいくつかのほぼ平坦な地形がみとめられる。プリンス・オラフ海岸からプリンス・ハラルド海岸一帯の陸棚外縁深度は、測深点数が少いのではつきりしないが、リュッツォホルム湾東部の断面 KL-MO をみると 200~300 m に広い平坦面があり、外縁深度は 300~400 m と思われ、今まで考えられていたほど深くはない。しかし、リーザ・ラルセン半島沖のガネラス堆付近では、500~600 m 以深に陸棚外縁があるようで、この値は相当深いものである。



第2図 地形断面図

Fig. 2 Profiles of sea floor.

次に陸棚の幅をみると、プリンス・オラフ海岸沖で 60 km 以上、プリンス・ハラルド海岸からリュッツォホルム湾西岸にかけては、おそらく 70 km 以上に達すると思われる。この値は、陸棚の幅としてはやや広い方である。ただし、陸棚外縁は一般に陸棚の幅の広い所では深いことが多いから、これらの値は妥当なものと思われる。次に陸棚上の地形についてみると、断面 MN のように局部的凹凸のはげしい所もあるが、極めて平坦な所も多いので、今までよくいわれていたように、氷蝕地域では凹凸が著しいという考えはこの場合にも当てはまるかどうか、乏しいデータからすぐに結論できないようである。

底質採集地点は、このガネラス堆付近の陸棚面上、およびその東西の陸棚斜面上、リュッツォホルム湾口の陸棚斜面上部にあたつている。

3. 分析 方 法

底質は、採集後風乾してビニール袋に保存してあつたもの、湿潤の状態に保存されたものの二種があつた。前者は砂質の底質で、後者は泥である。いずれの場合もまず肉眼により概略の記載をおこない、その一部をとつて礫については篩別、砂についてはエメリー管分析、泥はピペット法によつて分析した。エメリー管分析の誤差は 0.1ϕ 位、ピペット法では 0.3ϕ 位程度である。

4. 分 析 結 果

(イ) 肉眼鑑定の結果 第1表のとおりである。

第1表 肉眼による記載

Table 1. Results with the naked eye.

地 点 Station	緯 度 Lat.	経 度 Long.	水 深 Depth	底質記号 Mark of bottom sediment	備 考 Remarks
I-24	68-06 S	35-08 E	1900m	M	泥・有孔虫少量
I-26	68-09.7	34-34.0	830	cS. Sh. G	貝殻破片・粗砂・変成岩類の角礫
I-27	68-10.0	34-04	620	cS. G	淘汰わるい粗砂・角礫・有孔虫少量
I-28	68-14.7	33-37.0	495	G·Fr·S	角礫・有孔虫多量
I-31	68-29.7	32-02.7	350	MS·G	淘汰わるい微砂・小角礫
II-1	68-17.4	31-46.9	700	Fr·S	有孔虫・砂
II-1'	—	—	500	Fr·S·G	有孔虫・粗砂・細礫
II-2	68-19.2	31-21.1	700	Fr·S·G	有孔虫・砂・角礫
II-5	68-10.3	31-12.5	2480	M	泥・有孔虫少量
II-8	68-30.9	37-08.7	560	SM·G	淘汰わるい砂と泥・角礫
II-9	68-32.0	36-30.0	870	M·G	淘汰わるい泥・角礫

(ロ) 粒度分析結果 粒度分布曲線に示したとおりであるが、この曲線から数値をよみ取つて $M_{\phi} \cdot \sigma_{\phi} \cdot \alpha_{\phi} \cdot S_o \cdot S_k$ を計算すると第2表のとおりである。

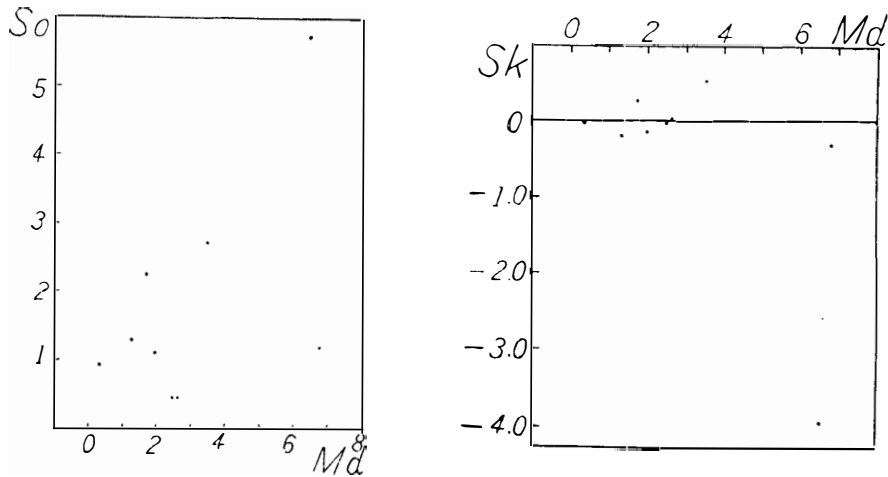
第2表 粒度分析値

Table 2. Results of mechanical analysis of bottom sediment.

地 点 Station	ϕ_{16}	ϕ_{25}	ϕ_{50}	ϕ_{75}	ϕ_{84}	M_{ϕ}	σ_{ϕ}	α_{ϕ}	S_o	S_k
I-26	-1.01	-0.64	0.33	1.24	1.60	0.30	1.31	-0.023	0.94	-0.03
I-27	-0.93	-0.40	1.30	2.20	2.65	0.86	1.79	-0.246	1.30	-0.40
I-28	-0.13	0.61	1.98	2.81	2.95	1.41	1.54	-0.370	1.10	-0.27
I-31	-0.65	-0.28	1.70	4.18	4.90	2.13	2.78	+0.155	2.23	+0.25
II-1	1.95	2.15	2.59	3.06	3.46	2.71	0.76	+0.158	0.46	+0.02
II-2	1.57	1.95	2.48	2.89	3.10	2.34	0.77	-0.182	0.47	-0.06
II-5	4.50	5.25	6.77	7.60	7.90	6.20	1.70	-0.335	1.18	-0.34
II-8	-0.42	1.35	3.50	6.75	7.70	4.06	3.64	+0.154	2.70	+0.55
II-9	-3.45	-3.15	6.44	8.29	9.45	3.00	6.45	0.533	5.72	-3.87

この値を用いて **Md-So**, **Md-Sk** の関係を第3図に示した。

海底の堆積物では、**Md** と **So** が普通 3.0ϕ 付近に最小を有し、かつ粗粒になつても細粒になつても、淘汰がわるくなるという一般的な傾向があるから、**I-31**, **II-8**, **II-9** などは、この粒度にしては異常な値である。**Md** と **So** については、そのようなはつきりした傾向はまだよくわかっていないが、**II-9** が異常な歪度を有することは明らかである。



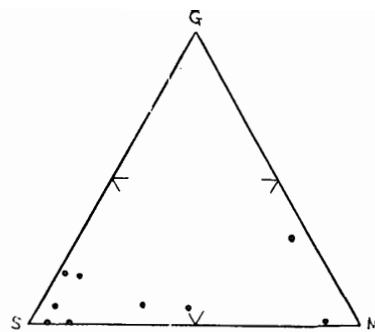
第3図 Md-So, Md-Sk 図

Fig. 3 Relations between median diameter and sorting coefficient, and skewness, of bottom sediments.

(ハ) **GSM%** 次に資料中の礫・砂・泥の含有量百分率をみると、第3表、第4図のとおりである。

第3表 GSM %
Table 3. GSM %

地点 Station	G	S	M
I-26	16.5	81.6	1.9
I-27	14.5	78.5	7.0
I-28	6.0	89.7	4.0
I-31	7.5	61.9	30.6
II-1	0	88.7	11.3
II-2	0	94.1	5.9
II-5	0	10.0	90.0
II-8	4.0	49.7	46.3
II-9	30.0	6.1	63.9



第4図 GSM 図

Fig. 4 Proportion of gravel, sand and mud in the bottom sediments.

この結果からみると、資料の大半は砂で、泥の多いものが少数、礫が多いものはないことがわかる。

(二) **Sand type** 前節でわかつたように、資料の多くは砂であるから、この砂の粒度

の性質を詳しく調べる必要がある。この目的から、Sand type ダイアグラムをつくつて、そのタイプを筆者の1人（佐藤）が能代沖の底質について行なつた分類に従つて判定すると、第4表のとおりである。

第4表 Sand type と特徴

Table 4. Sand types.

地点 Station	<2.50	2.50~3.25	3.25<	タイプ Types	摘要 Remarks
I-26	98.1	1.9	0	III ₂ (VIIに近い)	極粗砂
I-27	81.1	11.0	7.9	III ₂ (III ₁ に近い)	粗砂ないし中砂
I-28	58.8	35.2	6.0	III ₁ (VIに近い)	淘汰中等の中砂
I-31	60.7	7.1	32.2	IV ₁	淘汰わるい異常堆積砂
II-1	45.7	35.1	19.2	III ₁	淘汰中等の中砂ないし細砂
II-2	50.6	39.9	9.5	III ₁ (VIに近い)	淘汰中等の中砂
II-5	0	0	100	VIII	泥
II-8	40.0	8.4	51.6	IV ₂	極めて淘汰わるい異常砂
II-9	34.5	1.5	64.0	IV ₁	淘汰わるい異常堆積泥

(ホ) 底質の組成概略 無機源の構成鉱物は、48~100 メッシュにおいて、圧倒的に石英粒を主とし、これに長石類とごく少量の重鉱物を伴うもののものである。生物源のものとしては、浮游性有孔虫が多く、極く少量の貝殻破片を含む。

第5表 有孔虫の含有量 (wt %)

Table 5. Percentages of Foraminiferal content.

	I-26	I-27	I-28	I-31	II-1	II-2	II-5	II-8	II-9
砂中の含有量 % In sand	0.4	5.9	13.8	0.3	15.4	24.9	22.8	3.0	6.8
全資料中の含有量 % In all samples	0.3	3.6	11.1	0.1	13.7	21.5	2.3	1.4	2.2

有孔虫含有量の多い I-28, II-1, II-2 などの地点、石灰質ノジュールを含む I-26 などは、ガネラス堆上にあたつている。

(へ) 円磨度 砂のうち、48~100 メッシュの部分薄片に封じ、PETTIJOHN のスケールにより顕微鏡下でその円磨度を肉眼鑑定した。その結果、SA (亜角型) ないし R (円型) にわたる多様な形態を示すが、石英粒は R のものが多く、劈開面を有する角閃石・輝石等の重鉱物類に SA のものが多いようで、一般には SR (亜円型) とみなしてよい。

これに反し、礫は例外なく角礫であるが、氷河侵蝕による擦痕を認めたものはなかつた。有孔虫殻はすべて保存良く、磨滅せるもの、破損されたものは少い。

(ト) 礫について 礫は計測し、最大礫の大きさ、最も多量に産するもの大きさ、円磨度をきめた。少量の生物付着 (Bryozoa の類) は、どの礫にも見られる。

第6表 礫の計測

Table 6. Measurement of gravel.

地 点 Station	I-26	I-27	I-28	I-31	II-2	II-8	II-9
最大礫 (mm) Maximum value	54×53×46 52×51×31	63×54×33	62×42×28 59×35×31	25×25×21	42×30×18	78×52×34	61×38×24
中央値 (ϕ) Median value	-4~-5	-4	-4~-5	-3~-4	-4~-5	-5	-3~-4
円磨度 Roundness	A~S A	S A~A	A~S A	A~S A	A	A	A

礫の種類は、片麻岩などの変成岩類が多数と思われるが、これらについては、他の報告がある予定なので省略する。

5. 底質の特徴と成因

採泥資料 12 点のうち、I-24 はガネラス堆東方、II-5 は同堆西方の深海部で、堆上の資料は、I-26, I-27, I-28, I-31, II-1, II-2 である。また II-8, II-9 はリュッツォホルム湾内のものである。

(イ) 礫について 粒度および構成物質の特徴によつてこれらの底質を分けてみると、次のようになる。

礫を含むもの……I-26, 27, 28, 31, II-2, 8, 9 の7点

砂の多いもの……I-26, 27, 28, 31, II-1, 2, 8 の7点

泥の多いもの……I-24, 31, II-5, 8, 9 の5点

有孔虫の多いもの……I-28, II-1, 2 の3点

これらをもみてもわかるように、礫から泥にいたるさまざまな粒度の堆積物が、それぞれかなりの割合で混合しており、これに有孔虫が混つているようである。ほぼ泥のみから成る I-24, II-5 の2点は例外的な場合であり、最も極端に泥と礫とが混合するのは、I-31, II-8, 9 の3点である。この混合が、粒度分布の上で連続的かどうか、いいかえれば異質の堆積現象による混合かどうかを知るために、粒度分布曲線をしらべてみると、多くの場合、礫・砂・泥の三つに極大を有する bimodal ないし trimodal な曲線を示す。

礫と砂の bimodal を示すもの I-26, 27, 28

礫と泥の bimodal を示すもの II-9

礫・砂・泥の trimodal I-31

礫・砂・泥を均等に含むもの II-8

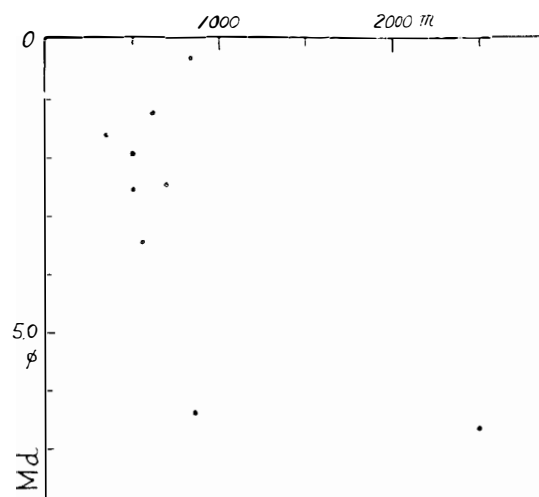
このように、粒度分布にいくつかの極大があらわれることは、So (または σ_ϕ) の値においてもよく示され、その値は一般に大きい。これらの事実は、礫とそれ以外の堆積物との堆積現象が全く異質であることを示している。また、礫の円磨度が極めて angular であり、岩質も多

種であるから、これらの礫が氷河あるいは氷山による外来堆積物であると考えられる。

砂と泥については、I-31 以外は連続する場合が多いから、海水流動の影響による通常の堆積と考えられよう。

(ロ) 有孔虫について 次に注意すべきことは、有孔虫の含有量である。有孔虫は、肉眼的に多量と思われる資料でも約 20% 以下であるが、これは重量比であるから、エメリー管による容量比の分析では、前にあげた値よりやや大きな割合になる。一般に含有量は、砂から泥にいたる種々の地点を通じて 1~3% であつて、ほぼこの地域の海水の有孔虫生産を示すものと思われる。泥のみからなる地点 II-5 では 2.3%、礫の多い I-26, 31, II-8, 9 で有孔虫含有量はそれ以下となることからみても、上の値はほぼ妥当なものと思われる。また、ガネラス堆上では、礫の多い I-27, 28 でも 3~11%、砂と有孔虫より成る II-1, 2 で 13~21% のように、極めて多量の有孔虫を産し注目される。

これら有孔虫の多い I-27, 28, II-1, 2 などの粒度分布曲線を見ると、2.5~3.0 ϕ の有孔虫と普通の細砂の間は連続的变化を示すから、普通の砂粒と一しよに集散され、海水流動の影響をうけたことは考えられるが、有孔虫含有量が大きいということは、一義的には生産力が高いということ、一つには堆の地形的特性から起こる海水流動とその結果による栄養塩類補給、陸源堆積物の供給不足による濃集などが考えられる。



第 5 図 水深と Md

Fig. 5 The relation between depth and median diameter.

(ハ) 水深と粒径について 当地域の底質をみて、第一に気づかれることは、非常な深度にまで砂が分布することである。ここで、水深と ϕ_{50} との関係を見ると第 5 図に示したとおりである。この図からごく大きくみて、1000 m 以深から泥が多くなり、これより以浅ではまだ砂の分布が広いということが出来よう。とくにガネラス堆上では、堆上の地点であるという

点を考慮しても、800 m 付近にまで粗砂が分布していることは異常な水深であるといわねばならない。これは、南極周縁の陸棚の深さが世界的にみて深い事実と関係しているのであろう。

6. 底質からみた南極周縁海底に関する考察

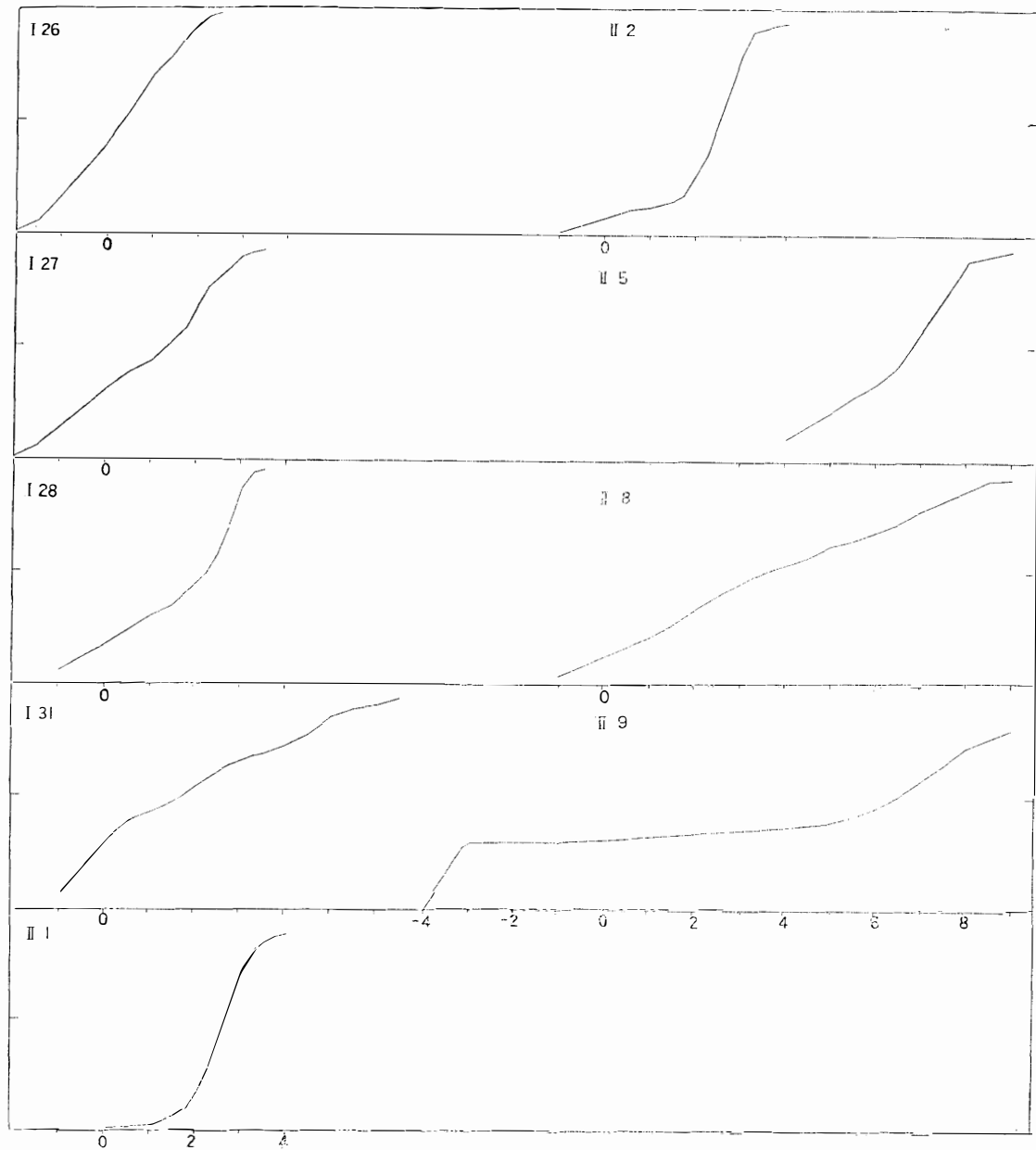
(イ) 海況と底質 一般に海水の動き（あるいは海流）は、その地域の緯度・地形・海流のタイプによつて決まるといわれるが、南極周縁は、これらの条件をよく満たす典型的海流循環がみられる地域とされている。すなわち、南極大陸が極を中心としてほぼ円形をなす大陸であるため、海流はさえぎられることなく、ほぼ同心円状に異なつたタイプの海流が発達している。これらを大陸周縁から北に向つてながめると、ほぼ南極収斂線を境とし、その南側には、**littoral** ないし **hemipelagic** な堆積物が分布し、その北は亜熱帯収斂線までに珪藻軟泥が優勢であることが、ごく大きく見ていえるようである。当地域の採泥地点は、海岸周縁の偏東風卓越地帯内にあり、偏東吹送流の地域に属し、一年の大半は **pack ice** におおわれる部分であるが、今までのべた所から明らかなように、底質は **littoral** ないし **hemipelagic** であるという点では、これまで得られた資料と一致している。

(ロ) 海水の生産力 **pack ice** におおわれる地域は、冬になると低温かつ鹹度 34.0～34.5‰ で均質な水塊が表層に形成され、夏には、氷の融解のための鹹度減小という著しい季節変化を特徴としている。このことは、当然生物の生産量に影響を与えらると思われるが、底質中から知られた有孔虫含有量も、その一つの **index** にならう。

(ハ) 氷山の影響 南大西洋南部・南アフリカに面した南極洋では、氷山の北限は亜熱帯収斂線付近にあり、とくに南アフリカに面する地域での北限は、年間を通じてあまり変化なく、約 40°S の付近にある。このため、氷山で運搬された礫などの粗粒物質が深海に堆積することが多く、南大西洋南部の軟泥中から礫を産するのが、多くの地点で報告されている。リュッツォホルム湾中の礫は、すでにのべた多くの特徴から、氷山の運搬と考えられる。しかし、ガネラス堆上の礫が、氷山のものか氷河の堆石であるかは、海底地形の詳細がわからないのできめることはできない。

(ニ) 陸棚の深さについて 南極周縁の陸棚は、世界のどの部分よりもかなり深いといわれている。当地域でも、はじめにのべたように、やはり普通よりは多少深い。これについては、二つの解釈が出されている。一つは、大陸氷河の厚い氷蓋の重量のためにおこる地殻の沈下であり、一つは、大陸氷河の末端が海に押し出す時におこる氷河侵蝕である。いずれの場合にしても、陸棚深度が深いということは、陸棚上の堆積量が少いということであり、長い柱状資料をとることが出来れば、相当古い堆積物にまで達する可能性があり、この面から、いずれの考えが適当であるかを定めることが出来るであろう。

今回のドレッジ資料から、この問題を論ずることは極めて困難なことであるが、ガネラス堆上に礫や有孔虫とは異質の砂があるのは興味ある事実である。この砂は（礫や有孔虫を除いて砂のみについてみると）、極めて淘汰のよい細砂が大部分であり、古い海岸砂のレリクトである可能性も考えられる。このことを、上に結びつけて問題にするには、あまりに資料が少ないのであるが、どちらかといえば筆者等は、氷河侵蝕よりは地殻沈下が第一義的な原因となつてゐるのではないかと考えたい。



第6図 積算粒度分布曲線

Fig. 6 Cumulative frequency curves of bottom sediments.

文 献

- 1) Ewing, M. & Heezen, B. C. (1956): Some problems of Antarctic submarine geology. Am. Geoph. Union, Pub., No. 462, 75-81.
- 2) Herdmann, H. F. P., Weisman, J. D. H. & Ovey, C. D. (1956): Proposed names of features on the deep sea floor. Deep Sea Res., **3**, 253-261.
- 3) Herdmann, H. F. P. (1957): Recent bathymetric chart and maps of the Southern Ocean and waters around Antarctica. Deep Sea Res., **4**, 130-137.
- 4) Japan Antarctic Office (1958): National Report of the Japanese Antarctic Research Expedition, 13-15.
- 5) 熊鷹武晴・鈴木裕・柳川三郎 (1958): 南極洋における測深および水深図. 水産大特別研究報告, **1**, **3**, 241-249.
- 6) 久野 久 (1957): 南極地域の新生代火山活動. 科学 **27**, **7**, 348-353.
- 7) Krumbein, W. C. (1941): Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. J. Sed. Petrol., **11**, 64-72.
- 8) 榎本セツ訳編 (1956): 北極. 春秋社.
- 9) Neaverson (1934): The sea-floor deposits. Discovery Rep., **IX**, 295-350.
- 10) 新野 弘 (1958): 南極 Prins Harald, Cook 岬沖付近の底質. 水産大特別研究報告 **1**, **3**, 250-257.
- 11) 佐藤任弘 (1959): 能代沖の底質 (II). 水路要報 **60**, 45-51.
- 12) Schott, G. (1942): Geographie des Atlantischen Ozeans. C. Boysen, Hamburg.
- 13) シチエルバコフ (榎本訳): 南極. 自然 (1956) **8**, 64-72.
- 14) Shepard, F. P. (1931): Glaciated troughs of the continental shelves. J. Geol., **39**, 345-360.
- 15) Shepard, F.P. (1948): Submarine Geology. Harper, New York.
- 16) 水路部: 南極洋資料 (Antarctic Pilot, 1948 の訳).
- 17) Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. & Fleming, R. H. (1942): The Oceans. Prentice-Hall, New York.
- 18) 立見辰雄・菊池 徹・久野 久 (1957): 南極地域の地質. 地学雑誌 **66**, **1**, 17-33.