

南極昭和基地附近の海洋地質学展望

内尾高保*

CRITICAL REVIEW OF THE MARINE GEOLOGICAL RESULTS
 AROUND THE SYOWA STATION
 OBTAINED DURING THE FIRST SERIES OF THE JAPANESE
 ANTARCTIC RESEARCH EXPEDITIONS

(1956—1962)

Takayasu UCHIO*

Abstract

The first series of the Japanese Antarctic Research Expeditions was completed in 1962, and the second series started in 1965. This is a critical review of all papers on marine geology so far published by Japanese scientists, and also of some papers by American and Soviet scientists related to the Japanese works. It is the writer's desire that the review, pointing out the problems to be solved, might be of some use for the second series of the expeditions. Conflicting interpretations of the results among the scientists are discussed. They are, (1) origin of very deep continental shelf (What is the cause of very deep continental shelf around the Antarctica? Fault or isostatic subsidence due to very thick

continental ice cap, or else?), (2) glacial basins or submarine canyons (Are the depressions in Amundsen and Lutzow-Holm Bays glacial basins or submarine canyons formed by subaerial erosion or faulting?), (3) Tertiary ice-rafted gravels (If the gravels are Tertiary in age, they are very important to the geological history of Antarctica), (4) Quaternary marine sediments on the East Ongul Island (Are they really raised beach deposits or sediments deposited at depth of about 100m?). The other topics here included are (1) grain size, heavy mineral, clay mineral, and organic material distributions of the sediments, (2) total carbonate and organic production, and (3) oceanographic interpretation of Foraminifera distribution.

I ま え が き

1956年から1962年にわたる第1次～6次の日本南極地域観測に際して得られた海洋地質学的資料を既発表の論文に基づき整理し、更に外国の文献を検討した。以下に要点を記し、昨

* 東京大学工学部資源開発工学教室 Petroleum Engineering Institute, the University of Tokyo

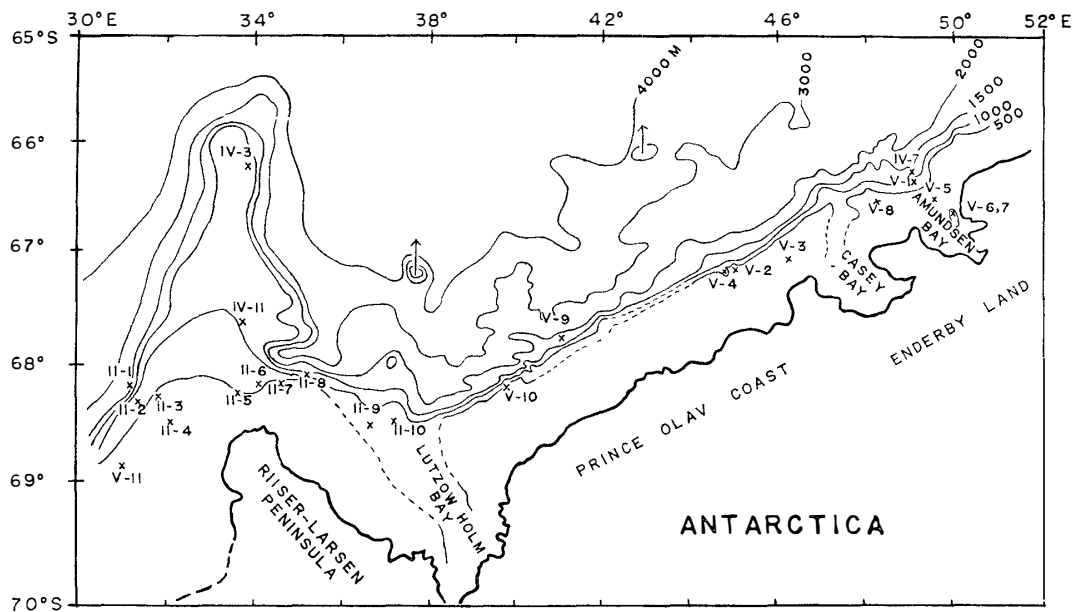


Fig. 1. Locations of stations and submarine topography.

年末に再開された第7次以降の観測のために、問題の所在を明らかにする。

II 海底地形

熊凝・その他 (1958), 庄司・佐藤 (1959), 佐藤 (1964), 吉田・その他 (1964), 佐藤・その他 (1965) と徐々に data が集まっている。

a) 大陸棚 Continental Shelf … 南極周縁の陸棚は世界で最も深く、その多くは陸棚として分類するには深すぎる。統計によると世界中の陸棚の巾・傾斜・外縁の深度の平均はそれぞれ約 75km, $0^{\circ}07'$, 130m である (SHEPARD, 1963)。昭和基地附近の陸棚外縁の水深は 300~400m (グネルス堆では 500~600m) である。この深い陸棚の成因として、庄司・佐藤 (1959) は(1)非常に厚い continental ice cap による地殻の沈降, (2)氷蝕の二つの可能性を述べ, (1)を第一義的な原因と考えている。彼等の成因(2)に対しては内尾 (1960b) は底性有孔虫群集の特徴より反対している。LISITZIN と ZHIVAGO (1960) は昭和基地を含む非常に広範囲の海底地質・地形の研究の結果、南極の陸棚は断層によって生じたと考えている。

吉田・その他 (1964) はアムンゼン湾とリュツォホルム湾の内部に氷蝕による凹み (水深約 1000m) を考えているが、佐藤はアムンゼン湾沖の 3000m 以浅の陸棚斜面に海底谷の存在を暗示している。LISITZIN と ZHIVAGO (1960) はプリンスオラフ海岸、リュツォホルム湾付近に陸棚斜面と直接連続する独立した小さな南北方向の凹みがあることを述べ、それは

明らかに断層と関係していると言う。このように昭和基地附近の海底の凹みに対して異なった意見がある。特に吉田と佐藤の場合には、ほぼ同じ data を用いているが、解釈が異なっている。これは本質的には測深 data の不足によるものであるか、また地形学者と地質学者との考え方の相違にもよる。海底の形態だけによらずに、堆積物の物理的・生物的特徴や物理探査など実証的 data を利用する事により、地形学は進歩すると思われる。

ZHIVAGO の談話 (1966年8月末) によるとグンネルス堆は堆 bank ではなくて、continental ice cap の下に深く入り込んでいる山脈 (断層による) との事である。

b) 大陸棚斜面 Continental Slope 陸棚斜面については、吉田・その他 (1964) は特に深く論じてないが、その深度は400~2000mとしており、佐藤 (1964) は4000m以深まで延びると言う。LISITZIN と ZHIVAGO (1960) も佐藤と同意見である。

III 底 質

新野 (1958), 庄司・佐藤 (1959), 中世古 (1959), 内尾 (1960 a, b), 佐藤 (1964), 加賀美 (1964), 佐藤・岩淵・飯島・生沼・小林 (1965) が本海域の海底堆積物の粒度・礫・重鉱物・粘土鉱物・有機物・炭酸石灰・間隙水・有孔虫・放射虫などの研究をした。

南極大陸周縁の海底における堆積作用の特徴は、(1)大陸からの注入河川がない事、(2)大陸上の水は氷となるために岩石の化学的風化はほとんどなく、物理的風化のみである事、(3)海岸にはめったに露岩はなく、氷でかこまれているので波による侵蝕は無視できる事、(4)冷たい海水では化学的沈澱はほとんどない事、(5)氷河による侵蝕と運搬は莫大な量で、特に氷河は運搬の主力である事、(6)海底に運ばれた堆積物は、更に海流により運ばれるが、波の作用を受けない事である (LISITZIN, 1960)。

a) 粒度分布・ 採集試料25点の水深は190~2480m, 主に約300~1000mである。グンネルス堆とリュツォホルム湾を除くと、陸棚斜面ではシルト, 陸棚では淘汰の悪い礫・粗砂・細砂の混合物より成る。グンネルス堆では水深約500~1500mまでは礫を除くと淘汰の良い細~中粒砂で、グロビゲリナ軟泥と思われるほどに浮游性有孔虫に富む。このグロビゲリナは放射性炭素 C^{14} 法によると、今より約5500年前のものである。従って、この堆では、現在は、氷山による粗粒物質を除くと、細粒分質は堆積しないと考えられる (内尾, 1960b)。

b) 礫 堆積物中の礫は氷河, 氷山によりはこまれた角礫・亜角礫で、一般に花崗岩・閃緑岩とそれらの変成岩である。新野 (1958) はグンネルス堆上の二地点より堆積岩の礫を記載し、第三系と考えている。南極大陸には従来第三系は分布していないと考えられているので、もし第三系の礫が発見されれば南極大陸の地史に重要な貢献をなす事になる。不幸に

して第2次以降の観測では、堆積岩の礫を発見していない。今後グンネルス堆附近を広く dredge を行ない、堆積岩礫を得る事、その古生物学的研究を行なう必要がある（新野の記した有孔虫化石はすべて現世種である）。

c) 重鉱物……堆積物中の礫や重鉱物の特徴を調べて、その供給源を推定できる事がある。加賀美（1964）はグンネルス堆附近の重鉱物組成を研究し、柘榴石／普通角閃石の比が粒度分布に関係ある事をのべ、飯島（1965）は重鉱物組成、特に角閃石／輝石、単斜輝石／斜方輝石の比などを用いて本海域を4部分にわけ、それは水深、沿岸からの距離に無関係という。飯島・加賀美の data を飯島式に再計算してみたが、必ずしも飯島のいうような明瞭な境はないようである。飯島の引いた境界線が海岸線にほぼ垂直なのは、試料の位置が海岸線に平行である為であって、その境界を海岸線に斜めに引く事もできる。すなわち、重鉱物分布が水深・沿岸からの距離に無関係という結論にはならない。要するに試料の数が足りないのである。LISITZIN（1960）は遙かに広大な海域を5海域にわけているにすぎない。

d) 粘土鉱物……加賀美（1964）は6個の試料を研究し、カオリナイトはグンネルス堆の1000m以深のみより産し、リュツォホルム湾では全く産しないので、カオリナイトは氷山ではこぼれたものでなく、堆の基盤より来たと考えた。これが誤りである事は生沼・小林（1965）が第5次観測の全地点よりカオリナイトを報じている事からわかる。生沼・小林はトリオクトヘドラルイライト（一般に現世堆積物には稀であるが、低水温の南極近海に多い）の量の多少により本海域を3部分にわけ、飯島の重鉱物による分帯とほぼ一致する事を示した。これらの粘土鉱物による結論に対しても重鉱物の場合と同じ批判がされるであろう。従来の研究によると、底質中の粘土鉱物の分布と海洋学的環境との間に必然性が無い。

e) 有機物……岩淵（1965）は第5次観測の8個の試料の有機物を定量し、細粒堆積物中には粗粒堆積物中よりも有機物が多い事、Humic acid/Fulvic acid の比は沖に向かって増す事により、岸近くと沖の2群に分け、重鉱物・粘土鉱物による海域のわけかたと異なる事を示した。この結果は従来他の海域で得られたものと同様である。

f) 炭酸石灰……南極大陸では生物による炭酸石灰の生産はなく、基盤の変成岩中の大理石も量的に無視できる。従って、南極海の堆積物中の炭酸石灰の量は海性生物（主に有孔虫、蘚虫、軟体動物）の生産を示すものと考えられる。南極のように生活条件のきびしい海域では高等生物の繁殖は困難であり、また生物間の食物連鎖から考えても、下等て小形の生物ほど量の多い事がわかる。この事は昭和基地附近の海域において、有孔虫（特に浮游性のグロビダリナ）の量と堆積物の炭酸石灰の量が一般に同じ傾向を示すという事実と一致する。

i. 表層堆積物中の炭酸石灰……杉村・野口（1961）、飯島（1965）がそれぞれ第2次、

第5次観測の試料を研究した。飯島はそれらをまとめ、全炭酸塩の重量%は一般に10%以下で、LISITZIN (1960) の値と一致し、含砂率と無関係、重鉱物と礫の分布、すなわち陸上の岩石とは無関係、地形・水深とも無関係と述べている。しかし、グンネルス堆では炭酸石灰の量は比較的多く、それは浮游性有孔虫によるもので、庄司・佐藤 (1958) は地形的湧昇流によると考えた。これに対して内尾 (1960 b) は、南極周縁は Antarctic Deep Warm Water が北方より上昇し、Antarctic Circumpolar Water になるためにどこでも海水の生産性は高いはずで、堆のみに特に炭酸石灰が多いのは底水の流れて細粒物質が他に流出し、グロビゲリナの殻が濃集したのであろうと暗示した。これに数カ月遅れて出版された LISITZIN (1960) の論文によると、グンネルス堆では水深 960m で有孔虫は堆積物の重量の60%をしめ(すなわち、グロビゲリナ軟泥と言い得る)、内尾と全く同じ解釈をし、鉄—マンガン塊が共産する事は冰山による陸源物質の堆積が非常に遅い事を支持すると考えている。

ii 柱状堆積物 (core) 中の炭酸石灰・飯島 (1965) は第5次観測の2本のcore、すなわち V-4, V-7 (長さそれぞれ 45, 30cm) を 5cm 毎に切って炭酸石灰の量を研究し、それぞれ 25~30cm, 10~15cm の部分に特に多量な事を示し、それが同時のものかどうかは不明で、炭酸石灰の量と砂礫含量との間に関係のない事を示した (Fig. 2)。炭酸石灰の特に多い部分か広範囲に存在するか否か、また有孔虫の垂直 (年代) 変化とどういう関係にあるかを研究すれば、その同時性が判定されよう。

iii. 炭酸石灰の分析・解釈における注意・底質中の石灰質有孔虫の個体数と全炭酸塩の

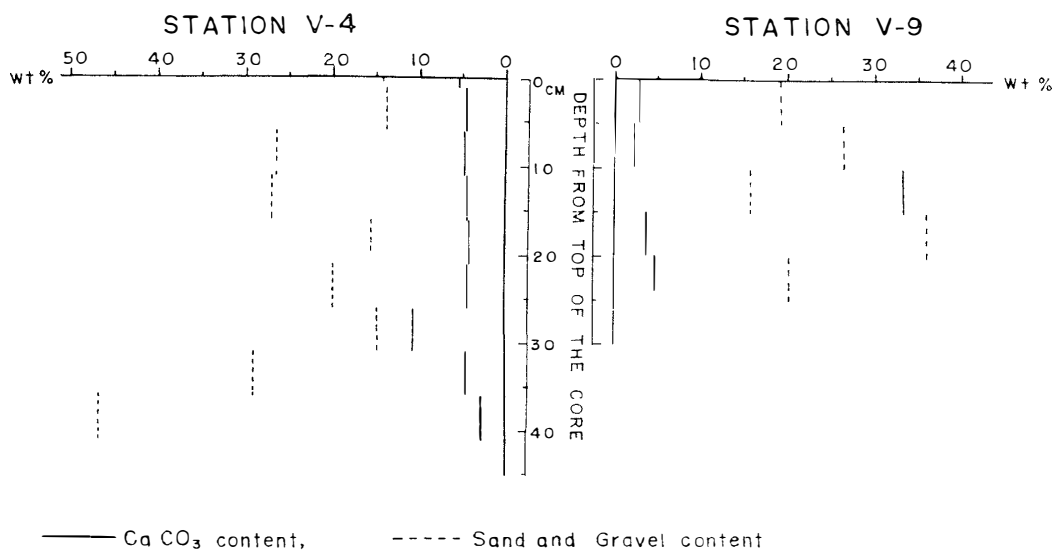


Fig 2 Carbonate (solid line) and sand and gravel (dashed line) contents of the Antarctic bottom sediments. Cores at Stations V-4 and V-9 (After IJIMA, 1965).

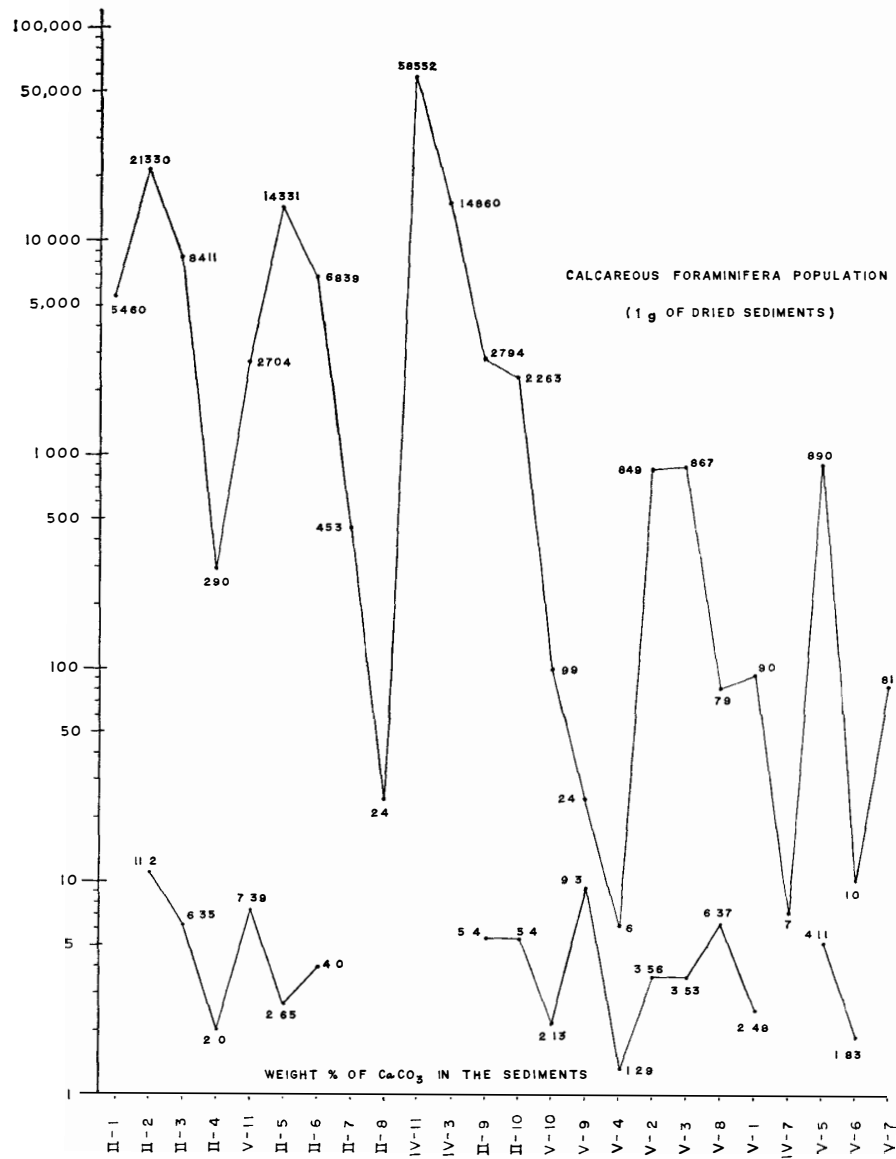


Fig. 3. Relationship between calcareous foraminifera population and weight % of CaCO₃ of the sediments.

重量%の分布は、上述の如く、一般に同様な傾向を示すが、時に反対の傾向を示す事もある (Fig. 3 参照)。反対傾向の場合にその原因を特に考えねばならない。例えば有孔虫以外の石灰質生物を考慮すると、氷河海域では堆積物が不均一で、隣接した地点でも非常に異なった結果を得るかもしれない。分析にあたっては、(1)大きな礫ほとりのぞき、(2)試料を均一になるように混ぜ、有孔虫用・炭酸塩測定用の試料を同時にとり、(3)一つの試料でも粒度分析をして、同一サイズの部分、例えば粘土・シルト・砂などにおいて、各部分毎に有孔虫個体数と炭酸塩量を比較し、次に全体として比較し、(4)炭酸塩の定量法を協定する必要がある。解釈にあたっては、更に炭酸石灰の溶解度に影響する圧力(水深)や水温に注意し、堆

積物を動かす海底の流れの data も必要となろう

g) 放散虫・中世古 (1959) は第2次観測の底質中の放散虫の Liosphaericae 超科の分類的研究を行なったか、海洋学的、地質学的に関係はない 裏日本油田地帯の第三紀 (中新世) の堆積岩と南極海の底質中に同じ種がある事は地質学的に、動物地理学的に説明を要する事であろう。

h) 有孔虫 … 南極周縁の有孔虫は非常によく知られて、主な文献だけでも、British Antarctic (Terra Nova) Expedition の報告 (1922), Scottish National Antarctic Exped. 報告 (1914), Deutschen Sudpolar-Exped. 報告 (1931), Discovery Reports, Parts 1~4 (1932—1936), Australasian Antarctic Exped. 報告 (1937), B. A. N. Z. Antarctic Research Exped. 報告 (1950) などがある これらはすべて分類学的なもので、定量的研究はされていないので、これらを生態学的、海洋学的に利用する事はできない。南極海の有孔虫を定量的・海洋学的是はじめて取扱ったのは内尾 (1960 a, b) であって、これに基づきいくつかの海底地質学的現象に解釈を与えた (上述)。内尾の研究で出版されたものは第2次観測の底質11点、プランクトンネットの試料2点であるが、第4次、5次観測の試料の研究も完了しており、近く出版されよう 内尾 (1960 a, b) の研究で明らかにされた事は、(1)底質、プランクトンネット中の浮游性有孔虫が全く異なる事から、底質中の *Globigerina pachyderma* は昔の遺骸であるとの予想のもとに、木越教授に依頼して行なった C^{14} dating の結果、それは現在より約5500年前のものである事を確認した これは日本の海洋地質学における最初の C^{14} dating 法の利用である。また *Globigerina pachyderma* が浮游性か底性であるかを詳細に論じ、浮游性である事を確認し、本種と BRADY の *Globigerina dutertrei* が同一種の個体変異で、後者が前者の成長型である事を示した。(2)底性有孔虫の群集型により3群集を認め、その境を水深約850m, 2000mにおき、これらの群集が本海域の水塊分布に対応するものと考えた。南極海では他の海域と異なり、南極底層水かてきるために、海底の水温・塩分などの海況を推定するには、海水柱で得られた data の外挿法を適用するには非常な注意を必要とする事を述べた この論文では表層堆積物しか研究できず、しかも水深は350~2480mに限られていた

McKNIGHT (1962) は南極周縁 (主にロス海) の海域で28本の cores の表層および下の層準の有孔虫を定量的に研究した 試料の水深は164~2995mである。重要な20種につき、堆積物の平均粒径、淘汰度、水深、有機炭素との相関関係を統計的にしらべ これらの環境要因は淘汰度以外は重要でない事がわかった すなわち、底の流れによる栄養塩類の供給が最も重要な要因と解釈した 彼はまた、内尾 (1960 b) が理論的に示したように、ほぼ同じ

深度でも底層水，周極水でおおわれたために有孔虫群集が全く異なるものがある事を示している。

PFLUM (1966) は McKNIGHT (1962) と全く同じ方法でロス海東部，アムンゼン海などで水深 210~3545m の cores 17本の有孔虫を研究した。彼は水深に影響される種は数種しかなく，深度と或る特定方向の底流の組合せが有孔虫の分布を支配すると考え，水温・塩分は表層水から深い所まで季節変化は少なく，有孔虫に影響しないと考えた。McKNIGHT や PFLUM のように水温・塩分・水深・その他の環境要因と有孔虫との関係を個々に統計的にしらべる事は重要である。しかし，個々の要因と有孔虫との相関関係のみを論じて，結論を下すのは統計の濫用であって，個々の要因を総合したものと有孔虫の関係は全く無視されている。例えば，海水の表層と深層で水温・塩分があまり変化しない場合でも，両者を要因とする海水の密度差を生じ，水塊に上・下の差が生じる。生物にとって重要なのは個々の環境要因ではなく，それらを総合した water mass である。従って，異なった水塊に対応した生物群集があると考えられ，逆に水塊の指示者として生物群集，特に浮游性生物が利用されるのである。このような所に海洋学者の物の見方と統計学者・地質学者・古生物学者の物の見方に根本的な差があるのではなからうか？ 今後は数 m の長い core の有孔虫の年代的变化を研究せねばならぬ。

IV 東オングル島の海成第四系

目黒・吉田・内尾・木越・菅原 (1964) は東オングル島の貝の浜・北見浜の，一見すると隆起海岸のような 5 地点の貝殻破片および有孔虫の C^{14} による dating，有孔虫群の特徴・地形的特徴から，この地域の過去約 3 万年の氷河の消長について述べた。このような異なった専門分野の研究者の総合的研究は非常に重要であるが，研究者の解釈が必ずしも一致しないのである。この論文においても，有孔虫群集の特徴からみれば（有孔虫の深度分布，特に浅い部分のそれは良くわかっていないが），これら 5 試料は水深約 100m の海底に堆積したものであると考えられるのに反して，地形学的には海岸線附近の堆積物と考えられる。しかし，この附近の地形は必ずしも隆起海岸段丘の典型的平坦面を残していない。もし真に隆起海岸段丘であれば，含有化石・粒度・鉱物組成などに特徴があるはずである。このような証拠もなく，または部分的ではあるが証拠に反して，地形という主観的なもので結論を下す事は危険である。今後とも地形学的・地質学的・古生物学的に総合研究をする必要がある。筆者の立場からは，有孔虫の生殻の分布(死殻の分布では不可)を調べ，また水深 100m 以浅の部分の有孔虫群集を調べる必要がある。南極周縁は氷でおおわれているために，何処でも浅い海

底の生物群集かわかってない 越冬される研究者が岸近くの氷に穴をあけて、生物・底質を採集される事を強く希望したい 南極大陸の形成第四系はマクマード附近その他にも知られており、比較的簡単にまとめ得ると思われる 試料の入手に協力して頂ければ幸いてある

文 献

- CHAPMAN, F and W J PARR, 1937 Foraminifera Australasian Antarctic Exped. 1911-1914 Sci Rept, Ser C, Zoology and Botany, **1** (2), 1-190, pls 7-10
- CUSHMAN, J A, 1945 Foraminifera of the United States Antarctic Service Expedition 1939-1941. Proc Am Phil Soc, **89** (1), 285-288, a plate
- DEACON, G E R, 1963 The southern ocean The Sea, **2**, 281-296, Interscience Publishers, New York
- EARLAND, A, 1933 Foraminifera, Part 2, South Georgia 'Discovery' Rep, **7**, 27-138, pls 1-7
- EARLAND, A, 1934 Foraminifera, Part 3, The Falklands sector of the Antarctic (excluding South Georgia) 'Discovery' Rep, **10**, 1-208, pls 1-10
- EARLAND, A, 1936 Foraminifera, Part 4, Additional records from material obtained by the S Y "Scotia" 'Discovery' Rep, **13**, 1-76, pls 1-2A
- HERON-ALLEN, E and A EARLAND, 1922 Protozoa, Part 2, Foraminifera Br Antarct Terra Nova Exped, 1910 Nat His Rep, **6** (2), 25-268, 8 plates
- HERON-ALLEN, E and A EARLAND, 1932 Foraminifera, Part 1, The ice-free area of the Falkland Island and adjacent seas 'Discovery' Rep, **4**, 291-460, pls 6-17
- KAGAMI, H, 1964 A description of bottom sediments in Lutzow-Holmbukta Antarctic Geology, 703-709, North-Holland Publishing Co, Amsterdam
- 熊渡武晴, 鈴木 裕, 柳川三郎, 1958 南極洋における測深および水深図. 東京水産大学特別研究報告, **1** (3), 240-244
- LISITZIN, A P, 1960 Bottom sediments of the eastern Antarctic and the southern Indian Ocean Deep-Sea Res, **7**, 89-99
- LISITZIN, A P, and A V ZHIVAGO, 1960 Marine geological work of the Soviet Antarctic Expedition, 1955-1957 Deep-Sea Res, **6**, 77-87
- McKNIGHT, W M, 1962 The distribution of foraminifera off parts of the Antarctic coast Bull Am Paleont, **44** (201), 1-138, pls 9-23
- MEGURO, H, Y YOSHIDA, T UCHIO, K KIGOSHI and K SUGAWARA, 1964 Quaternary marine sediments and their geological dates with reference to the geomorphology of Kronprins Olav Kyst Antarctic Geology, 73-80, North Holland Publishing Co, Amsterdam
- NAKASEKO, K, 1959 On Radiolaria from sediments in the sea near Antarctica, Part 1, On superfamily Liosphaericae (Radiolaria) from sediments in the sea near Antarctica Biol. Results Jap Antarct Res Exped, no **2**, 1-13, 3 plates (Spec Publ Seto Marine Biol. Lab)
- 新野 弘, 1958 南極 Prins Harald Cook 岬沖の底質 東京水産大学特別研究報告, **1** (3), 250-254
- PARR, W J, 1950 Foraminifera Rep BANZ Antarct Res Exped 1929-31, Ser B, Zoology and Botany, **5** (6), 235-392, pls 3-15
- PEARCEY, F G, 1914 Foraminifera of the Scottish National Antarctic Expedition Trans R. Soc

- Edinb, **49** (4), 991-1044, pls. 1-2.
- PFLUM, C. E., 1966. The distribution of Foraminifera in the eastern Ross Sea, Amundsen Sea, and Bellingshausen Sea, Antarctica. *Bull. Am Paleont*, **50** (226), 151-197, pls. 13-18
- SATO, T., 1964. Submarine topography and several bottom sediments around Prince Olav and Prince Harald Coasts, Antarctica. *Antarctic Rec*, **21**, 1777-1784.
- SATO, T., Y IWABUCHI, A. IJIMA, K OINUMA and K. KOBAYASHI, 1965. Geological research on the bottom sediments sampled by the fifth Japanese Antarctic Research Expedition JARE 1956-1962 *Scient. Rep., Ser. C Geology*, **4**, 1-42
- SHEPARD, F. L., 1963. *Submarine Geology*, 2nd ed 1-557, Harper and Row, New York.
- 庄司大太郎, 佐藤任弘, 1959. 南極の底質—その粒度分析. *南極資料*, **7**, 411-421
- 杉村行男, 野口喜三雄, 1961. 南極海海底土の有機質含量. *南極資料*, **12**, 45-47.
- UCHIO, T., 1960 a. Planktonic Foraminifera of the Antarctic Ocean. *Biol Results Jap Antarct Res. Exped* **11**, 1-9, a plate (Spec Publ Seto Marine Biol Lab)
- UCHIO, T., 1960 b. Benthonic Foraminifera of the Antarctic Ocean. *Biol. Results Jap Antarct Res Exped* **12**, 1-19, a plate (Spec Publ. Seto Marine Biol Lab)
- WARTHIN, A. S., 1934. Foraminifera of the Ross Sea. *American Museum Novitates*, **71**, 1-4, figs. 1-5.
- Wiesner, N., 1931. Die Foraminiferen der Deutschen Sudpolar-Expedition 1901-1903. *Dt Sudpol-Exped*, **20** (Zoologie, **12**) 53-165, pls 1-24
- YOSHIDA, Y., S MURAUCHI and K. FUJIWARA, 1964. Submarine topography off the Kronprins Olav Kyst. *Antarctic Geology*, 710-714, North Holland Publishing Co., Amsterdam

(1966年9月6日受理)