

報 文

553.32 : 551.462 (261.4)

北西太平洋マリアナ海盆周辺域におけるマンガン団塊とその探査

竹田 英夫* 丸山 修司* 山門 憲雄** 井上 英二* 磯 己代治* 松本 栄**
鈴木 泰輔* 宇佐美 毅** 鶴崎 克也** 半田 啓二** 松本 英二* 湯浅 真人*

Manganese nodules and their prospecting around the Mariana Basin in the Northwestern Pacific

Hideo TAKEDA, Shuji MARUYAMA, Norio YAMAKADO, Eiji INOUE, Miyoji ISO,
Sakae MATSUMOTO, Taisuke SUZUKI, Takeshi USAMI, Katsuya TSURUSAKI, Keiji HANDA,
Eiji MATSUMOTO and Makoto YUASA

Abstract

The shipborne survey was carried out in the northwest Pacific during 31 days under the new program "Basic investigations for exploration of deep sea mineral resources". The schedule of the cruise, however, was sometimes disturbed by rough weather, repair of some equipment and also a few accidents.

In the research cruise various improvements of dredging system have been introduced. For instance, it was possible to judge the behavior of the buckets by the tension measurement of wire rope and the bucket tension records below 5,000m of water. The new box type bucket achieved a fair success for dredging of ferromanganese nodules at great depth, and it was clarified that the Shipek type grab sampler could be used at the depth of near 2,000m.

On submarine topography, it was noted that the records at some locations by echo sounder were different from the pre-existing data.

The mode of the occurrence of the various sediments could be classified as follows:

- 1) Most of the brown clays occur on the abyssal plain of the basins at depth over 4,500m.
- 2) Calcareous oozes are predominant at the top, slope and foot of seamounts and guyots.
- 3) Terrigenous sediments are distributed near islands.

The concentrated zone of ferromanganese nodules may be located in the Magellan seamounts area. However, the metal contents of Mn, Cu, Ni and Co in the nodules are relatively poor, and also the ferromanganese deposits occur at depth over 5,000m. It is interesting that the shape of the nodules is sometimes real spherical, and the chemical composition of the nodules is characterized by the low ratio Mn/Fe and Co/Ni.

1. 序 論

昭和44年度から3カ年計画で実施された科学技術庁特別研究促進調整費による「深海底資源開発に関する基礎的調査研究」に引き続き、昭和47年度から通産省工業技術院特別研究「深海底鉱物資源探査に関する基礎的研究」

* 地質調査所 ** 公害資源研究所

が発足した。

工業技術院地質調査所および公害資源研究所は、特別研究5カ年計画の第1年目として昭和47年11月11日から12月11日までの間、マリアナ海盆を中心とした北西太平洋海域において、各種採泥器による地質試料の採取、精密音響測深機による海底地形の計測、採泥器の改良試作とそのテスト、深海カメラによる海底撮影等を実施し、

深海底に賦存するマンガン団塊を中心とした鉱物資源の探査に関する基礎的研究を行った。

このうち、地質調査所では主に、採取試料の検討、海底地形計測と解析を担当し、公害資源研究所は採泥器の改良、ワイヤロープの張力変化計測、深海カメラによる撮影等を分担した。

本航海における調査研究者の構成とそれぞれの担当分野は次の通りである。

地質調査所

- 竹田英夫 班長, 総括
- 丸山修司 マンガン団塊
- 松本英二 "
- 井上英二 深海底堆積物
- 鈴木泰輔 "
- 湯浅真人 "
- 磯己代治 海底地形

公害資源研究所

- 山門憲雄 採泥機器
- 宇佐美毅 "
- 鶴崎克也 "
- 半田啓二 "
- 松本 栄 深海カメラ

調査航海に使われた船は東海大学所属の調査練習船望星丸であり(第1図)、本調査のため、長さ 8,000m の 9 mm 水測鋼線が採泥用として設置された。

清水出港から帰港までの航跡は、第2図に示され、清

水-ポナペ間は台風28号の発生、調査用ウインチの故障等と予期しない障害によって、調査予定の大半を割愛する結果となり、3地点で調査を行ったが、72202地点でマンガン団塊の採取に成功した。ポナペ-グアム-清水間では15地点で調査し、マジェラン海山群域の海盆中にマンガン団塊の濃集堆積を認めるとともに、総量約 200 kgの団塊を採取した。

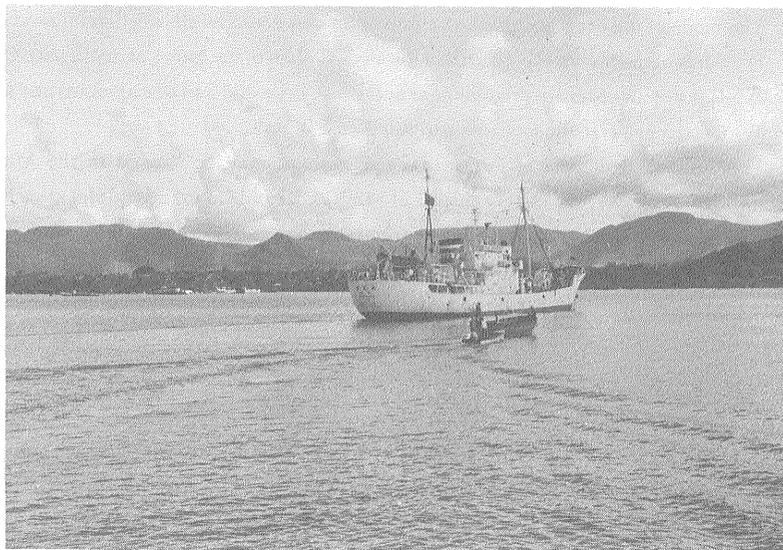
また、試作した測定器による採泥時のバケット挙動の測定、特殊バケットによるマンガン団塊の採取実験および深海カメラの撮影等にも成功し、今後の深海底調査技術の確立に明るい見通しを得た。

なお、本調査の結果の概要はすでに Cruise Report No.1 Deep Sea Mineral Resources Investigations in Northwest Pacific. November-December 1972として公表されているが、ここにその詳細を報告する。

謝辞 本調査に当たり、東海大学海洋学部岩下光男教授には、深海域調査の円滑化を目的として、望星丸に 8,000m の採泥用水測鋼線設置のため御尽力を戴いた。また、航海中には同大学星野通平教授・飯塚進助教授に種々の御教示を得た。なお、望星丸林誠一郎船長をはじめ乗組員諸氏、海洋学部練習生および実習生の方々には作業上多大の御協力を戴いた。上記の方々には深く感謝する次第である。

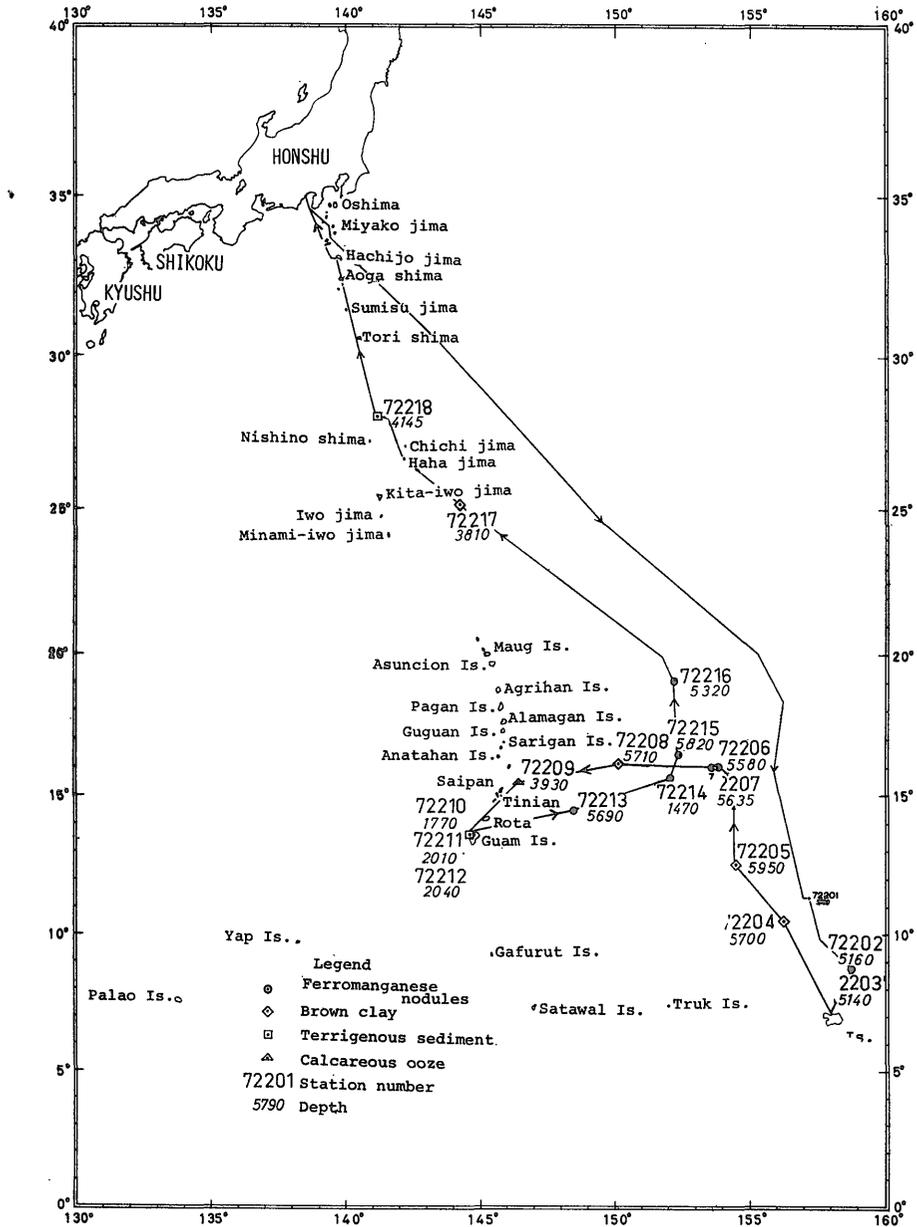
2. 調査航海の概要

2.1 調査船



第1図 ポナペ停泊中の調査船「望星丸」(東海大学所属)

北西太平洋マリアナ海盆周辺域におけるマンガン団塊とその探査
 (竹田・丸山・山門・井上・磯・松本・鈴木・宇佐美・鶴崎・半田・松本・湯浅)



第2図 1972年北西太平洋調査航海航跡図

本調査に使った船は、東海大学所属の調査練習船「望星丸」であり、その主要目は次のとおりである。

総トン数 1,103.93トン
 全長 63.00m
 幅員 10.70m
 満載吃水 4.24m
 航海速度 12.95ノット

最高速度 14.53ノット
 航続距離 15,000カイリ
 乗組船員 32名
 研究者・学生

なお、望星丸の主要採泥設備である電動トロール用ウインチ(双胴型)には、これまで、径9mm・長さ6,000mの水測鋼線が取り付けられていたが、本調査から、径

9 mm・長さ約8,000mの水測鋼線に改装された。

2.2 船位の決定

調査船「望星丸」には、船位計測装置として、光電社製 LR-730 型オートマティック・ロランCA受信機(昭和46年7月作製)が搭載されており、各当直航海士により30分間隔毎に船位測定がなされるとともに、必要に応じて数多くの計測がなされた。

なお、本機ロランCA受信機の測定精度は0.1-1.0マイルとなっている。

2.3 調査海域

本調査は、北緯10-20°、東経150-160°の海域を対象とし、その範囲内に南北方向の2調査測線、20調査地点を設定したが、台風28号に遭遇したことから、当初の計画から北東半部の調査を割愛することとなった。

なお、今回の調査海域は、マリアナ海盆域、マジェラン海山群域等が含まれ、北西太平洋域中ではマンガン団塊賦存の情報地が比較的が多い海域である。

3. 使用機器

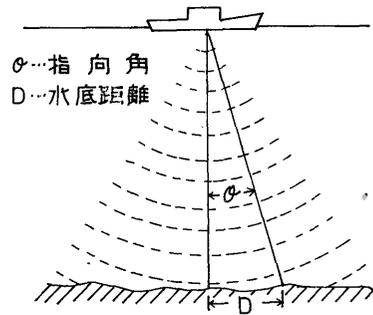
3.1 深海用測深機

調査船「望星丸」に搭載されている深海域用測深機は、株式会社産研製SV-96型音響測深機であり、20kHzと50kHzとの2周波数切換装置付で、前者の際には指向角は14.5°、後者の指向角は6°となっている。記録紙は乾湿両用の使用が可能で、浅、中₁、中₂、深と4段切換で水深が連続記録され、9,600mまでの測定が可能である。

本器の指向角は半減全角となっており、第3図の角Qが14.5°あるいは6°に切換えられる。このため記録紙上に現われる水深は、各発信毎に、半円錐形の底面域内の地形情報を一括受信し、記録するもので、その半円域の広さは水深によって異なる。この変化を表示したのが第1表

第1表 水深による指向角と水底距離の関係

水深	指向角と水底距離	
	14.5°の水底距離	6.0°の水底距離
1,000m	258m	105m
2,000	517	210
3,000	774	315
4,000	1,032	420
5,000	1,290	525
6,000	1,548	630
7,000	1,806	735
8,000	2,064	840
9,000	2,322	945
10,000	2,580	1,050



第3図 測深機の指向角

Q: 指向角

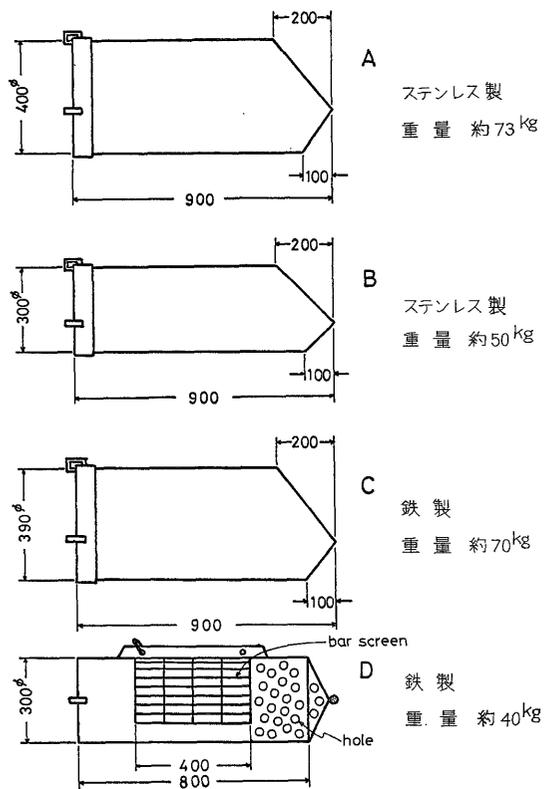
D: 水底距離

1表であり、表中の水底距離は第3図上のD(半径)に相当する。

3.2 採泥器

3.2.1 円筒型バケット

使用した円筒型バケットは、第4図に示すように、A, B, C, Dの4種である。Aは内径40cm、長さ90cm、内容積約0.11 m³、Bは内径30cm、長さ90cm、内容積



第4図 各種の円筒型バケット

約 0.06 m³, C は内径 39 cm, 長さ 90 cm, 内容積約 0.10 m³ であり, いずれも海中降下時のバケットの回転を防止するため後部を図のようにしぼってある。D は内径 30 cm, 長さ 80 cm, 内容積約 0.05 m³ であり, バケット中間部には長さ 40 cm のバースクリーンを, また後部には小孔があけてある。これら A, B, C, D のバケットは従来から海底地質試料の採取に用いられており, このうち A, B, C は堆積層の採取に, D は団塊物, 岩石片の採取に使用されている。なお, A, B バケットは地質調査所の, C, D バケットは東海大学海洋学部の所有である。

3.2.2 ボックス型バケット

ボックス型バケットは, 公害資源研究所が試作したプロトタイプのもの(第5図)を使用し, きびしい深海条件下でどの程度マンガン団塊を採取できるか試験した。

本バケットの試作にあたっては, 数年間にわたり実施してきた室内試験水槽における採取試験の結果(山門・宇佐美・宮下, 1972; 山門・宇佐美・半田, 1972)を充分に考慮した。

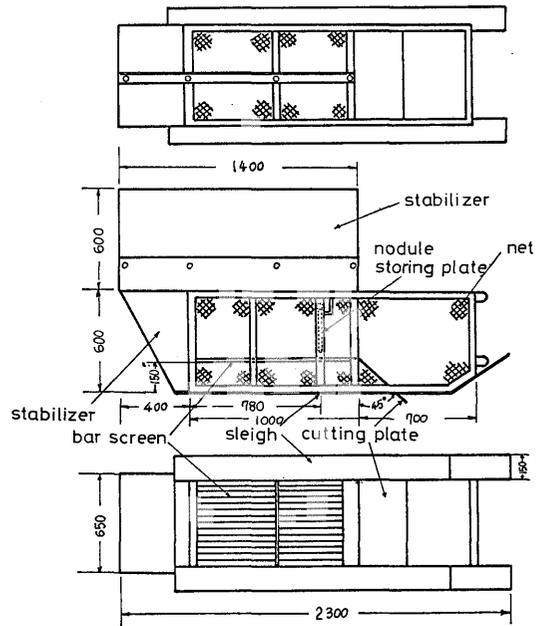
バケットの構造上の特徴は,

- (1) バケットが堆積物内に食込まずに安定した姿勢で堆積物上をすべることができるようにバケット底面両側部にソリ板を取付けたこと。
- (2) 堆積物とマンガン団塊は, 開口部下端にソリ板面より長目に取付けた切削板により採取する。
- (3) バケット内に入った堆積物と団塊を分離し, 堆積物だけを外部に効率良く洗い流すために底部バースクリーンをソリ板面より高くしてあること。
- (4) バケットを海水面まで回収する際, 船の動揺によってバケットもはげしい上下運動を受けるが, この時にバケット内のマンガン団塊が開開口部から外部に逸散することがあるので, これを防止する蓋を中に取付けたこと。
- (5) バケットの構造が上下非対称なため, バケットがかならず底面より着底するよう姿勢制御を行うためにバケットの後部, 頂部にスタビライザーを取付けたこと。

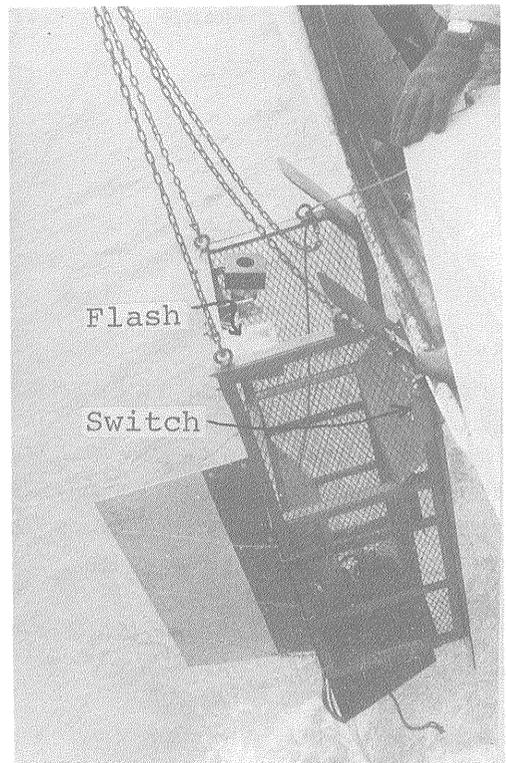
なお, バケットの総重量は 230 kg (水中重量 200 kg), 内容積 0.23 m³ である。

3.2.3 シベック式採泥器

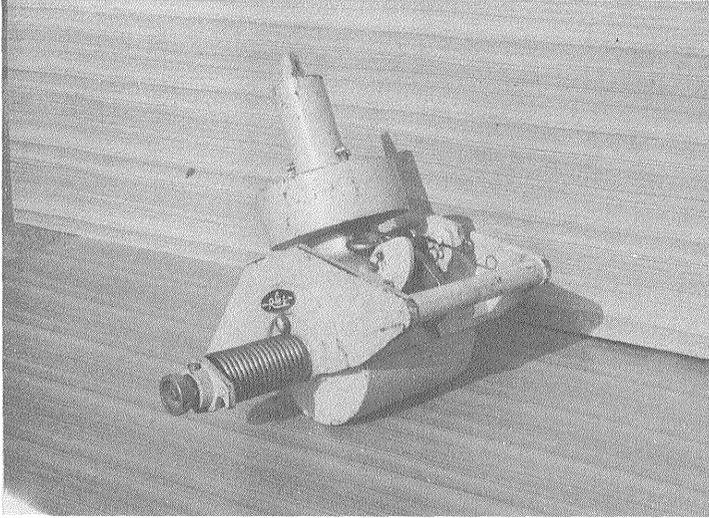
本器は, 同心の 2 つの半円形円筒からなっており, 内側の半円筒, すなわちサンプルバケットは, 海底に着底した時, 上部重錘が約 7 cm 下り, 自動的にサンプラーの外部の 2 個のスプリングによって回転トルクが与えられ, サンプラーに付属している重錘の慣性と相まって, 流底堆積層中に食いこみ, 0.4 m² の広さからサンプルを



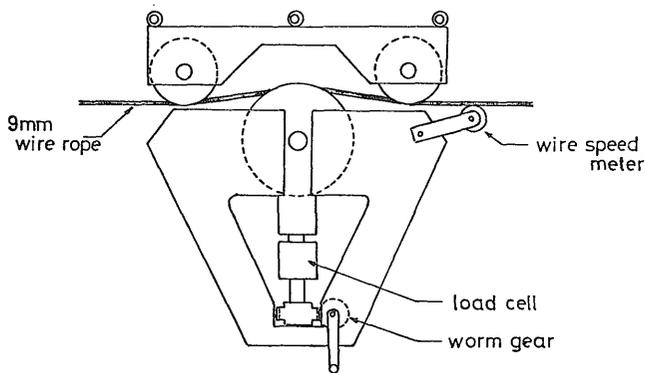
第5図 ボックス型バケット



第6図 投入時のボックス型バケット



第 7 図 シペックグラブ採泥器



第 8 図 三輪式張力計

バケット内に採取する。

バケットは180°回転し、スプリングによって外側半円筒にしっかり固定される (第 7 図)。

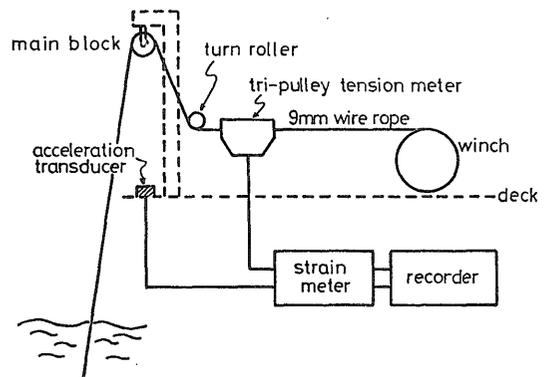
従来の採泥器は、閉鎖口が底面にあるため、揚収中の誤作動や、Jow 部の不完全閉鎖などにより途中、サンプルを流出することがおきるが、側面に閉鎖口がある本器では、そのようなことはないといわれている。

重さは、60.8kg 水中重量 53kg

寸法は、長さ 23 cm、高さ 19.75 cm、幅 34.3 cm である。

3.3 関連計測機器

深海でのドレッジ作業時のワイヤロープの張力変化、およびバケットの挙動を測定するために、公害資源研究所で考案試作した次のような計測機器を用いた。



第 9 図 張力測定機構

3.3.1 船上ワイヤロープ張力測定装置

本装置は、三輪式の張力検出部（三輪式張力計）および検出信号の増幅記録からなる。三輪式張力計は第8図に示すように、3個のプーリーの間にロープを通し、中央のプーリーに加えられる圧縮荷重をストレインゲージ式の荷重計によって検出するものである。検出された不正信号は、ストレインメータを経てレコーダに記録される。第9図に張力測定機構の概要を示す。

3.3.2 バケット張力計

本張力計は、張力測定用バネ、記録用テープ、テープ

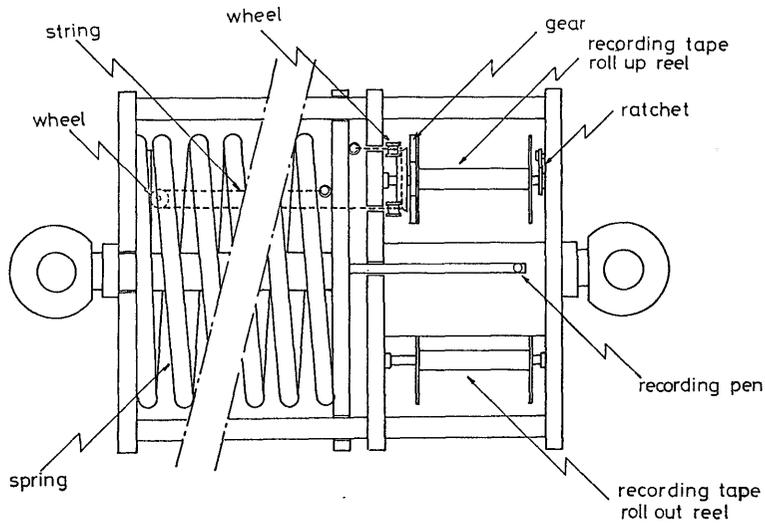
送り機構から構成されている。張力によるバネの伸縮量をテープ送り機構の駆動力としても利用して、記録針でテープに張力の変化を記録するものである（山門・鶴崎・宮下、1972）（第10図参照）。

今回は測定最大張力が 500kg および 1t の 2 種類の張力計を用いた。

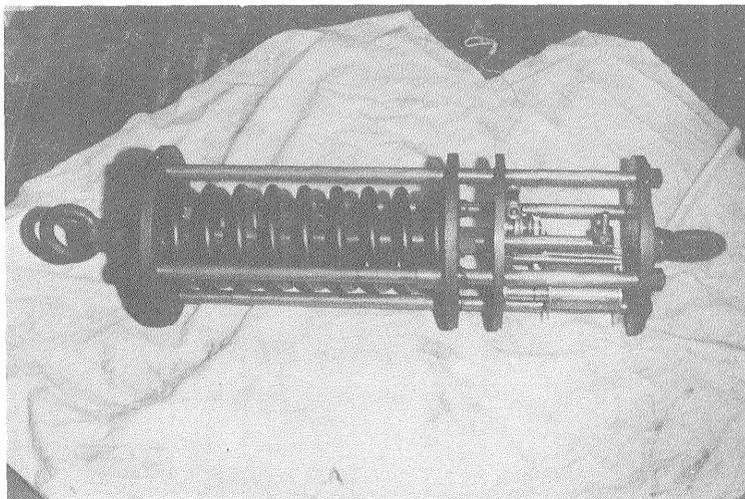
3.3.3 測定方法

第9図に示されるように、三輪式張力計はウインチと方向変換用ローラーとの間の甲板上に設置した。

ガントリーにある採泥用ワイヤブロックには、線長計が



第10図 バケット張力計機構



第11図 バケット用張力計（内部）

取付けられており、ワイヤロープの繰出し長が直読できるようにになっている。

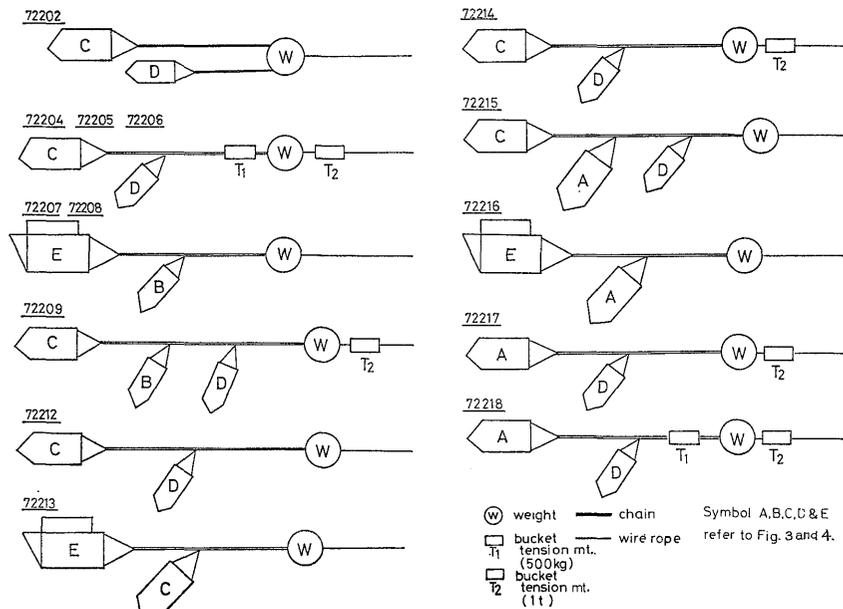
また、ガントリ部の鉛直方向の揺れを測定するため、第9図中に示したように、ストレインゲージ式の加速度変換器をガントリ部に設置、計測を行った。

バケット張力計は、第11図、第12図に示すように、円

筒形バケットと曳航用重錘との間に500kg用重錘と、採泥用ワイヤロープとの間に1t用をそれぞれ挿入した。測点によっては、両者あるいはいずれかを省略した。

3.4 深海用水中カメラ

本調査に使用した深海用水中カメラは科学技術庁特別研究促進費により理化学研究所が設計試作したもので、



第12図 バケットおよびバケット張力計の接続法



第13図 ボックス型バケットに採取されたマンガン団塊

昭和45年度から使用された。本カメラ装置の概要は、カメラ本体、ストロボ水中発光装置、超音波信号発信装置、電源および着底、圧力、タイムの各スイッチがそれぞれ耐圧容器に収納され、長さ125 cm、高さ105 cm、幅50 cmのステンレス取付枠に組み込まれている。

本装置は、船上からロープにより懸垂され、海底面に接近した時、着底、圧力またはタイム等のいずれかのスイッチの作動により自動的に撮影できる構造になっている。本装置の最大使用水深は5,000mで、全空中重量は約250kgである。また使用フィルムは35 mmフィルムで連続600コマまでの撮影が可能である。

昭和46年度に行われた本装置運用試験の結果では、装置の海底着底時の懸垂ロープの“たるみ”によって取付枠上部の連結コードを損傷した事例があり、これを防ぐため取付枠上端面に長さ127 cm、幅61 cm、高さ28 cmの保護枠を取付けるよう改良を加え、今回の調査撮影を行った(第13図)。

4. 作業経過および結果

4.1 作業所要時間

各測定地点における所要時間を巻降し、巻上げ、曳航に3区分し第2表にまとめた。またドレッジ作業時間と水深との関係を第14図に示した。水深5,000mをこえる作業の平均所要時間は約4.5時間である。このうち巻降

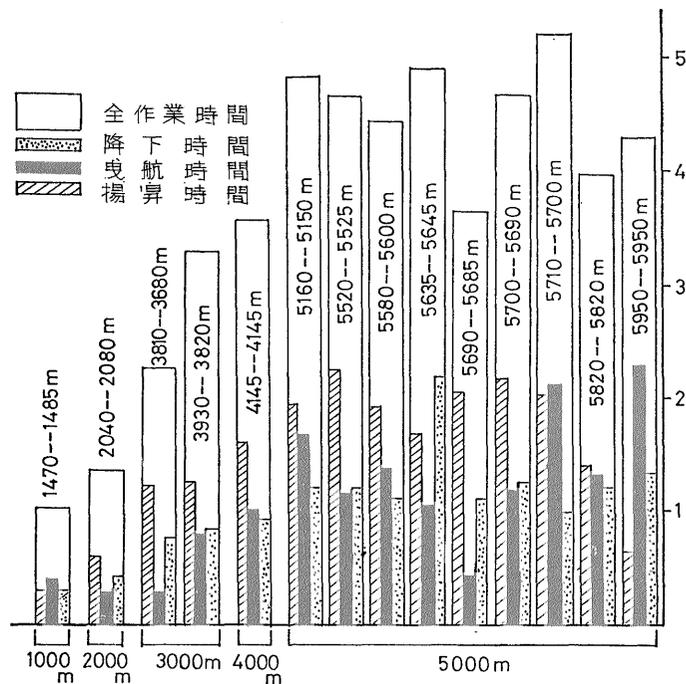
し、巻上げ作業は60-80%を占めてきわめて大きい。また第14図においてもあきらかなように、ドレッジ作業は水深が増大するとバケットの着底、採取、離底の状況を正確に把握することが困難になるので、曳航作業時間はとかく完全性を考え長時間になる傾向にある。

いずれにしても水深が2倍になれば作業所要時間も2倍ですむという単純な比率計算はなりたらず、水深が増大するほど作業が困難になることを物語っている。

4.2 ドレッジ作業方法

ドレッジバケットは、一度に2-3個のものを適当間隔で取付けるマルチ方式を採用、使用バケットも海底状況あるいは採取目的を考慮し、円筒型、ボックス型のものを種々組合せ接続した。またバケットをけん引する際の張力を直接測定するために、張力計(1-2個)を取付けたこともある。これらは、第12図に示すようにチェーンを介して約180 kg(水中重量150 kg)のおもりに接続、バケット、おもりの前には回転によるワイヤのひねりを防ぐためスィベルを挿入した。使用したおもりはチェーンを球状に束ねたものである。

このように接続したバケットは、ウインチから繰出される9 m/m ワイヤに連結し、方向変換用ローラー、ガントリーを経て海中に投入し、バケットが海底面に到達後は船の漂移によりバケットを曳航し、採取終了後巻上



第14図 ドレッジ作業時間と水深

第2表 ドレッジ作業所要時間表

測定番号	水深 m	全作業 所要時間 (分)	投入—着底		離底—一回収		曳航時間 (分)	投入機器類 (個)	全所要時間に対する諸作業割合 (%)			最大ロープ 繰出し長 (m)
			所要時間 (分)	水深1000 m当り(分)	所要時間 (分)	水深1000 m当り(分)			投入作業	引上作業	曳航作業	
72201			ウインチ故障のため途中でストップ									
72202	5160—5150	291	74	14.3	116	22.5	101	ドレッジ 張力計 2 1	25	40	35	5994
72203	5140—5140	211	89	17.3	89	17.3	33	カメラ 1	42	42	16	5268
72204	5700—5690	280	77	13.5	130	22.8	73	ドレッジ 張力計 2 2	28	46	26	6882
72205	5950—5950	259	81	13.6	138	23.2	40	ドレッジ 張力計 2 2	31	53	16	7222
72206	5580—5600	267	69	12.4	115	20.5	83	ドレッジ 張力計 2 2	26	43	31	6334
72207	5635—5645	296	131	23.2	102	18.1	63	ドレッジ 2	44	35	21	7247
72208	5710—5700	313	61	10.7	124	21.8	128	ドレッジ 2	20	40	40	6365
72209	3930—3820	178	52	13.2	77	20.2	49	ドレッジ 張力計 3 1	29	43	28	4599
72210	1770—1770	55	24	13.6	28	15.8	3	シュベック 1	44	51	5	1853
72211	2010—2010	86	26	12.9	45	22.4	15	深カメ 1	30	52	18	2164
72212	2040—2080	82	27	13.2	37	17.8	18	ドレッジ 2	33	45	22	2390
72213	5690—5685	219	68	12.0	124	21.8	27	ドレッジ 2	31	57	12	6260
72214	1470—1485	63	19	12.9	25	16.8	19	ドレッジ 張力計 2 1	30	40	30	1782
72215	5820—5820	238	74	12.7	84	14.4	80	ドレッジ 3	31	35	34	6547
72216	5520—5525	280	74	13.4	136	24.6	70	ドレッジ 2	26	49	25	6487
72217	3810—3680	137	46	12.1	74	20.1	17	ドレッジ 張力計 2 1	34	54	12	4182
72218	4145—4140	215	57	13.8	97	23.4	61	ドレッジ 張力計 2 2	27	45	28	5293

げ作業に入る。このうちとくにバケットの着底、採取、離底の現象を正確に把握することは、ドラッグドレッジ作業にとってきわめて重要であるため、後述するように、ワイヤロープにかかる張力の変動を船上において自記録することにより判断した。

4.3 採取結果

4.3.1 ドレッジ

14回のドレッジ作業（うち5,000m以上の水深における作業数9回）を通じて総量約200kgのマンガン団塊を、また多量の褐色粘土、軟泥、あるいは岩石片を採取することができた。各作業地点における採取結果は第4表に示すとおりであるが、ここでは各地点の作業状況および採取結果について概述する。

St. 72202（水深5,160—5,170m）

海底地形は、平坦な大洋底である。ワイヤ繰出し長5,298mで着底、5,994mまでワイヤを伸ばし約101分にわたりバケットを曳航した。その結果、D型バケットにマンガン団塊2個、C型バケットに約3.7kgのマンガン団塊を含む褐色粘土を多量採取した。

St. 72204（水深5,700—5,690）

マリアナ海盆東部、海山の麓部の平坦な海底。ワイヤ繰出し長6,471mにて着底、6,882mまでワイヤを伸ばし、約73分バケットを曳航。C型バケットには褐色粘土を採取したが、その中にはマンガン団塊は含まれず。またD型バケットでもマンガンを採取できなかった。

St. 72206（水深5,580—5,600m）

マゼラン海山域の小海盆。6,064mで着底。6,334mま

でワイヤを伸ばし、約83分曳航。採取結果は、D型バケットに約13kgのマンガン団塊を、C型バケットにも約31kgの球形、ダルマ型の団塊を含む褐色粘土を多量採取。マンガン団塊の分布量が比較的豊富な地点である。

St. 72207（水深5,635—5,645m）

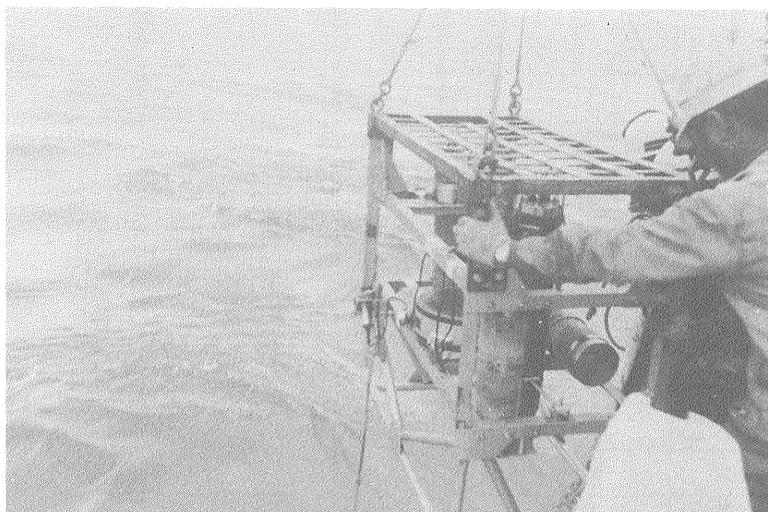
マゼラン海山域の小海盆底。ワイヤを水深のほぼ1.3倍にあたる7,247mまで繰出したが、着底が確認できなかったため巻上げに切替えたところ、ワイヤ繰出し長6,540mにてはじめて着底現象があらわれた。このように着底にかなりのワイヤ繰出し長を要したのは、この海域での潮流が速かったことと、バケットの後部スタビライザーの構造が水平方向に非常に流れ易い形状であったので、潮流の速さと相まってバケットが水平方向に大きく漂移したのではないかと考えられる。

採取結果は、ボックス型バケットEに球状をした大小のマンガン団塊を約63kg採取、またB型バケットにも褐色粘土を満杯採取し、その中に約17kgのマンガンが含まれており、多量のマンガン団塊を採取することができた。本地点のマンガン団塊分布量は豊富である。

St. 72208（水深5,710—5,700m）

マゼラン海山域の小海盆底。6,070mで着底。6,365mまでワイヤを繰出し約128分バケットを曳航、その結果B型バケットに多量の褐色粘土を採取したが、E型バケットにはマンガン団塊採取量ゼロ。しかし、採取粘土中にマンガンが全く含まれていなかったことから、本地点にはマンガン団塊が賦存しないものと推定される。

St. 72209（水深3,930—3,820m）



第15図 深海用水中カメラ

海底面はマリアナ諸島斜面で起伏があり。

3,930mにて着底, ワイヤを4,599mまで伸ばし約49分曳航したが, B型ポケットに微量の褐色粘土を採取したのみで, 他のB, D型ポケットにはなにも入っていなかった。

St. 72212 (水深2,040—2,080m)

海底はグアム島西方斜面。2,050mで着底。2,390mまでワイヤを伸ばし約18分曳航。

採取結果は, C型ポケットに岩石片を含む有孔虫軟泥を, D型ポケットには岩石片2個を採取した。

St. 72213 (水深5,690—5,685m)

マリアナ海盆東端, 海山間の凹地。6,000mで着底。6,260mまでワイヤを繰出し約30分曳航。採取結果は, E型, C型ポケットともにマンガンをコーティングされた岩石片を少量採取。C型ポケットに堆積物が全く入っていないことから, 海底面は岩石と推定される。なお, ポケット降下時に潮流の影響でもおもりとE型ポケットの落下速度が乱れたためか, おもりがE型ポケット内に入り込みC型ポケットのけい引チェーンがE型ポケットにからまった状態で回収された。

St. 72214 (水深1,470—1,485m)

マゼラン海山のギョー頂部。1,620mで着底。1,782mまでワイヤを繰出し約19分曳航。その結果, C型ポケットに岩石片数個を含む有孔虫軟泥を採取。

St. 72215 (水深5,820—5,820m)

マゼラン海山群間のやや広い海盆底。ワイヤ繰出し長6,252mで着底。6,547mまでワイヤを伸ばし約80分あたりポケットを曳航。採取結果は, A, C型ポケットに中粒球形団塊を約80kg含む褐色粘土を満杯採取, 多量のマンガング塊を採取することができた。本地点もマンガング塊の分布量は豊富である。

St. 72216 (水深5,520—5,525m)

マゼラン海山群間のやや広い海盆底。5,900mで着底。6,487mまでワイヤを伸ばし約70分曳航。その結果, E型ポケットに半球形, 扁平状のマンガング塊を約6kg, A型ポケットに褐色粘土を満杯採取し, その中にマンガング塊がわずかに含まれていたが, 小粒のものが多かった。

St. 72217 (水深3,810—3,680m)

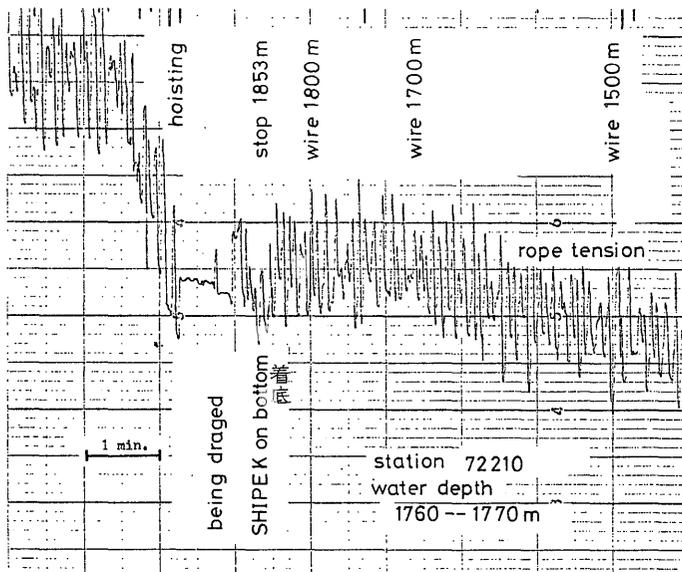
小笠原海嶺麓の平坦部。4,039mで着底。4,182mまでワイヤを繰出し約17分曳航したが, 途中比高100mの出っ張りにぶつかった。採取結果は, A型ポケットに放射虫軟泥を満杯採取した。なおD型ポケットがチェーンにタングルした状態で回収された。

St. 72218 (水深4,145—4,140m)

小笠原列島西方の小トラフ。4,417mで着底。5,293mまでワイヤを伸ばし約61分曳航。その結果A型ポケットに砂質シルトを満杯採取した。

4.3.2 シペック式採泥器による採泥作業

本器は St. 72210 水深1,770m と浅い所で使用された



第16図 張力計記録器にあらわれたシペックグラフの着底記録

が、わずかな砂質泥を採取したのみであった。しかし底質が非常に硬かったことに原因していたことは同地点で行われた深海カメラの海底写真が物語っている(深海カメラの項参照)。

本器は、深海用調査機器としては軽量機器に属し、これに取付けて海底へ降すワイヤロープの重量の方が、はるかに重い場合、深海で使用する場合、着底の判断がむずかしいと考えられる。

しかし、先にのべた船上のワイヤ張力計を使用することによって、着底の判定は十分可能であった。

ロープ張力記録計によるシベックの着底記録を第16図に示す。

着底まで、ロープの繰出しによって、張力は直線的に増加しており、ロープ繰出し長 1,720 m 付近より繰出し速度が増加したため、張力の増加率は減少し、張力はほぼ一定値になり、ロープ繰出し長 1,830 m 付近から急な減少が見られ、1,850 m で最小値となっているが、この時が着底である。着底を確認したため、ロープ繰出しを止めたことによって張力は増し、その後の張力の変動の少ない部分は、シベックが海底を引きずられたことを意味し、ロープ巻上げによって張力が急激に増大することによって、シベックが離底したことを物語っている。

本地点が、底質がやわらかい泥、または砂であれば、完全に採泥されたと考えられる。

深海調査で本シベックは、軽すぎるのではないかと疑問視していたが、水深 1,770 m に対しロープ繰出し長 1,850 m、すなわち水深に対して 80 m 程度のロープ繰出しによって着底していることから、この程度の深海でも使用できる見通しを得た。しかし、当地点における繰出しロープの重量に対するシベックの重量は約 1/6 となっ

ているが、6,000 m 程度の深海になると約 1/24 となり、本張力計では着底の判定が難かしくなる。したがって上部におもりを取りつけるか、他の着底判別法を用いなければならぬだろう。

4.3.3 張力測定

(1) 船上における張力測定結果

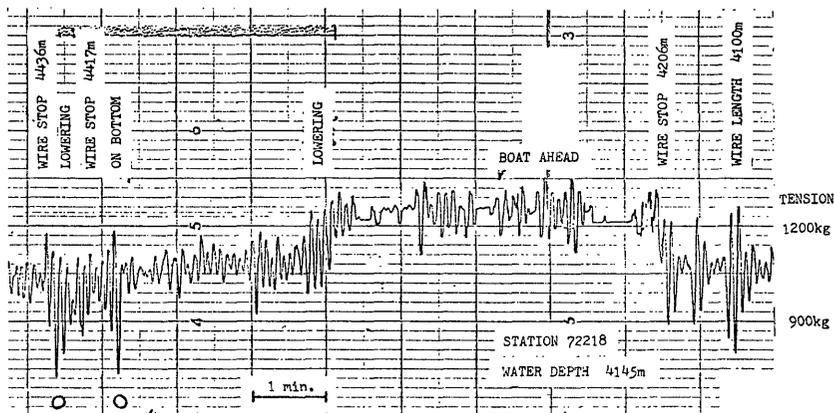
(i) 張力計に加わる荷重として、採泥用ワイヤロープの先端荷重(ドレッジバケットやおもり等の合計)とワイヤロープ自体との静荷重の他に、それらが海水中を移動するときの流体抵抗があげられる。また、ロープ速度に変化があるときには慣性力も働く。

(ii) 第17図の記録例中に、巻降し途中ワイヤ長 4,200 m でウインチを止めたときの張力変化が示されている。ウインチ停止直前の張力は 1,090 kg であるが、ウインチを停止すると上向きに働いていた流体抵抗がなくなるため、張力は増し 1,210 kg を示すようになる。このときのロープの先端荷重は水中重量 350 kg、ワイヤロープの水中重量が 0.21 kg/m (いずれも実測値)であるから、これらから計算すると、ウインチ停止後の張力は、1,230 kg となり、実測値と計算値とはかなりよく一致している。

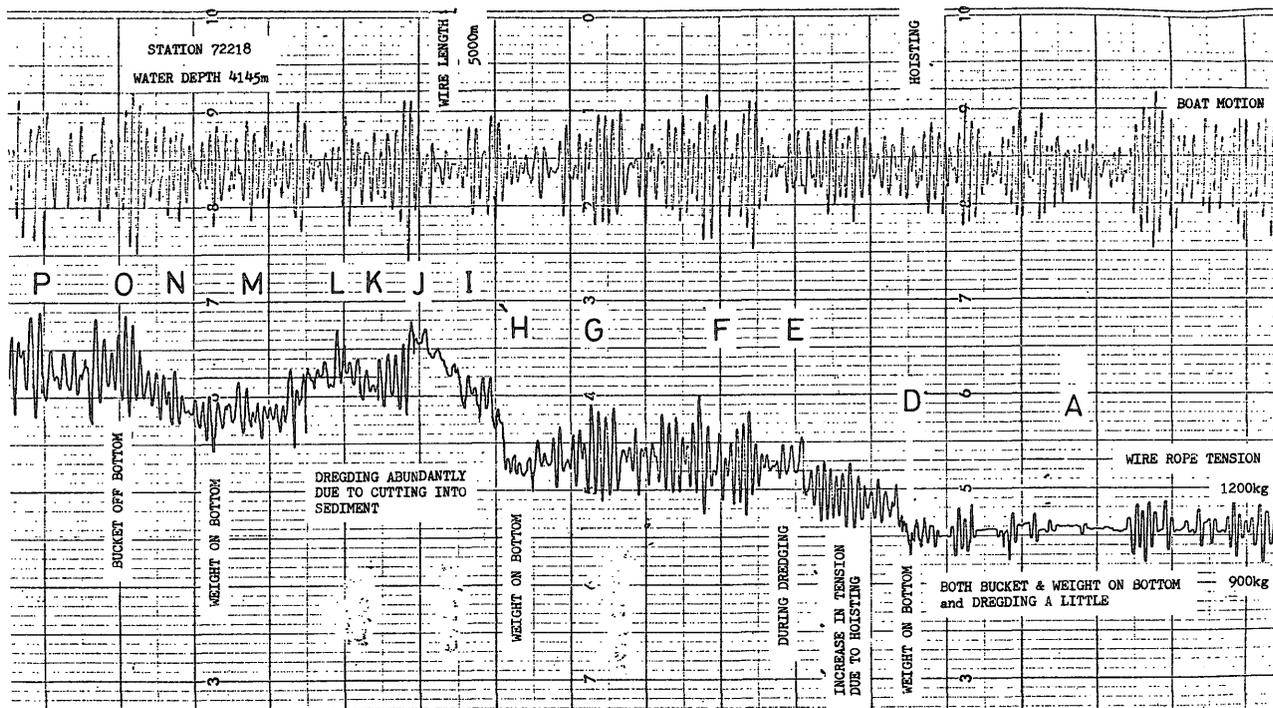
ウインチ停止後約 1 分で張力は若干増加しているが、これは船の微速前進による流体抵抗のための張力増である。次いで、巻降し再開による張力減少がみられる。

(iii) バケットやおもりが海底面に着底すると張力の減少が認められる(第17図中○印)。浅海においては張力減少が顕著にみられるが、深海では着底による張力減少とロープの繰出しによる張力減少との違いが判別できにくいこともしばしばであった。

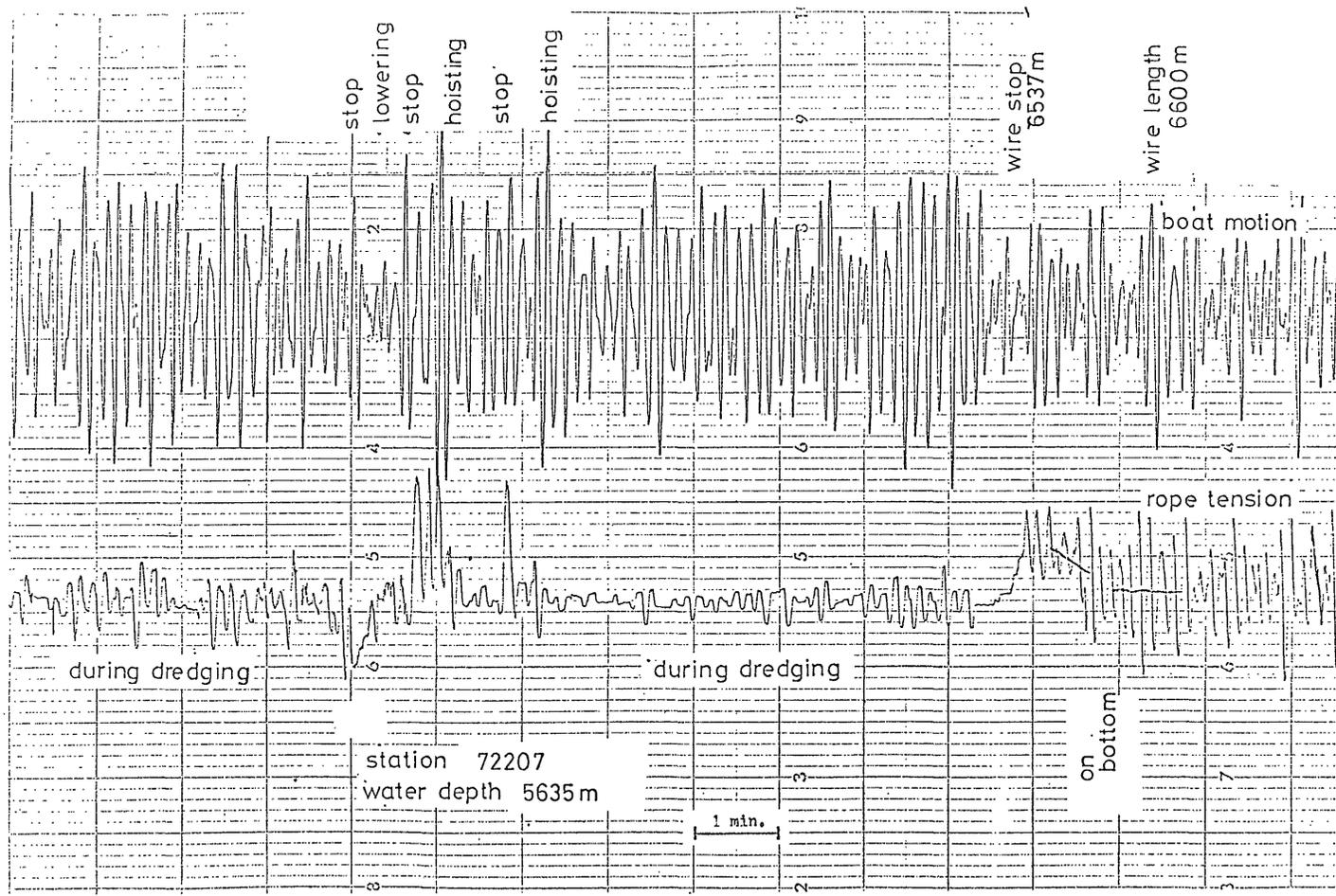
(iv) バケットの着底後、船の動揺とは無関係に張力の変動幅がきわめて小さく、またほぼ一定の張力値を示し



第17図 張力記録例(1)



第18図 張力記録例(2)



第19図 張力記録例(3)

(竹田・丸山・山門・井上・磯・松本・鈴木・宇佐美・鶴崎・半田・松本・湯浅)
北西太平洋マリアナ海盆周辺域におけるマロンガン団塊とその探査

ている記録(第18図A点付近)や、張力の変動幅が小さい状態で張力が漸増している記録(第18図I点付近)が、他の測点においても随所に認められた。これらは、おもりの着底、離底が繰返され、バケットの曳航角が小さいか、またはバケットが堆積物中に食込むなど、バケットの採泥状態を表現しているものと推定される。第19図-第21図に他の測点における記録例を示す。

(v) 記録例(2)-(5)の上方の記録線は、ガントリ部の鉛直方向の揺れをストレインゲージ式の加速度変換器で測定記録したものである。

本測点における揺れの平均周波数は、0.19 Hz、したがって周期は約5.3秒であった。他の測点の平均周波数は0.16 Hz-0.21Hz であった。

記録例にみられるように、波形すなわち動揺は上下非対称であり、振幅も一様ではない。これは海面のうねりの不規則性など複雑な条件に起因するものと考えられる。

また、記録例からバケットが採泥状態にあるときには船の動揺の振幅が縮少する傾向が認められる。これはバケットの堆積物中への食込みが一種のアンカリングの作用をしているものと考えられる。

(2) バケット張力計による測定結果

バケット張力計による記録例を第22図に示す。張力の

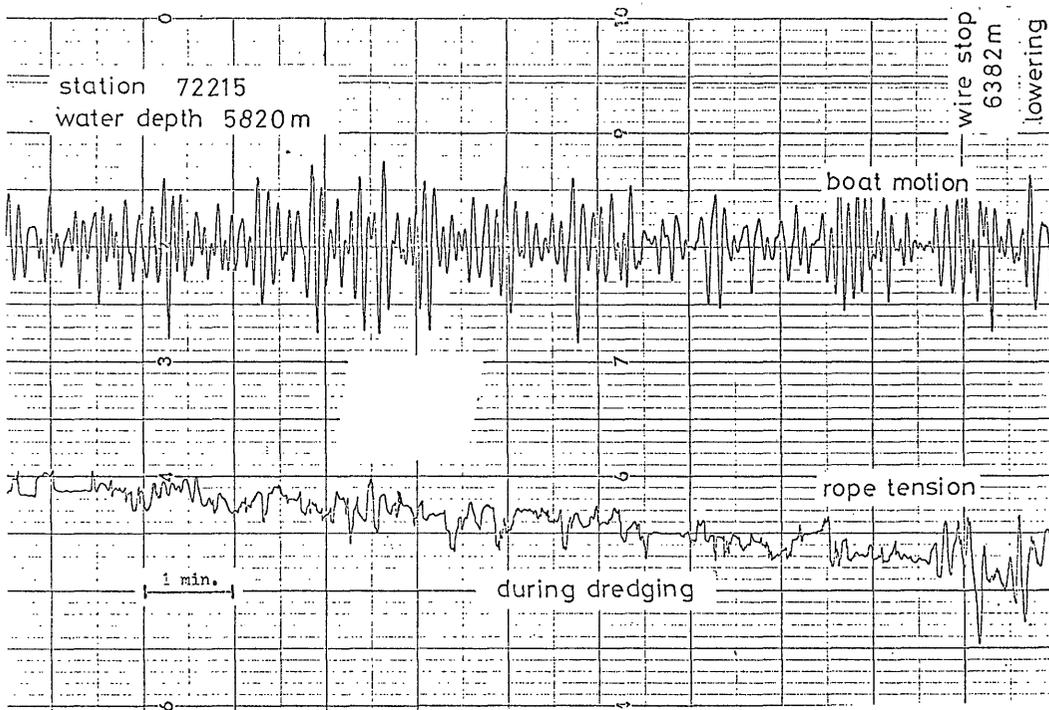
変化の様子から1 t用と500kg用との記録を対比させてみると、図中A-Pがそれぞれ対応すると思われる。これまでの室内実験等の経験を参考にすると、これらの記録から、バケットやおもりの海底面での挙動は第23図のように推定される。

(i) A付近では1 t用に働いた荷重(以下WTと称す)、と500kg用に働いた荷重(以下BTと称す)との差が、おもりの重さよりはるかに大きい。これはバケット、おもり等がともに着底し、海底面でのひっかかりを繰返していると思われる。

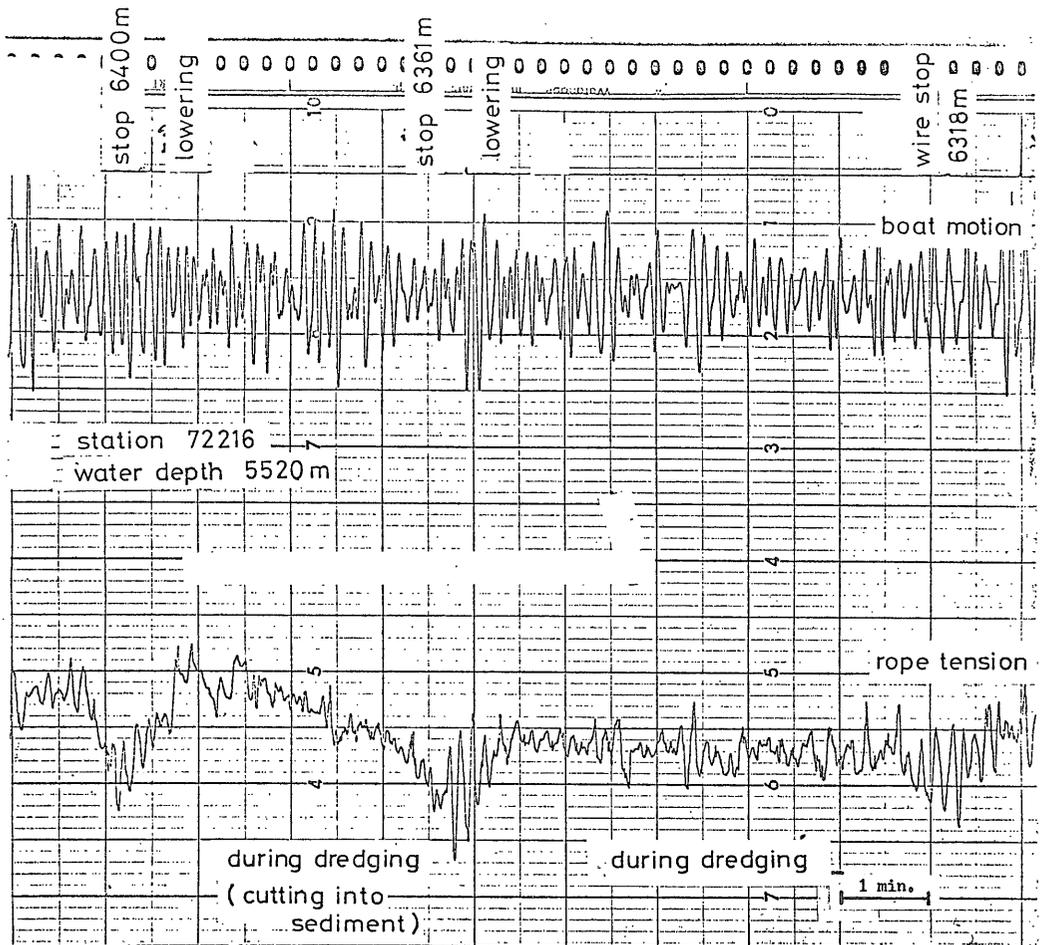
(ii) B、C点ではBTが増加していることから、バケットが海底面に食込み、若干の採泥を行っているものと考えられる。

(iii) E、F、G、I、Jの各点は、WT、BTがともに増加していることから、バケットが海底面に食込み、とくにG、I、Jではおもりが海底面から浮き上がり、この付近で多量の採泥が行われた状態と見ることができる。

G点でのWT、BTおよびおもりの重さとの関係から力の釣合を考え、ベクトル線図を描くと第24図Gのようになり、おもりが海底面から若干離れ、バケットはほぼ水平な角度で大きな張力で曳航され、採泥が行われているものと推定される。



第20図 張力記録例(4)



第21図 張力記録例(5)

J点に至ってWT, BTともに最大値を示し、バケツは大きく食込み、その抵抗の増加によっておもりは海底面から大きく離れるようになるので、強く斜め上方に引かれるようになる(第24図J)。しかし、バケツに付けられた3本のけん引索の長さの比、および第24図Jに示される曳航角から考えると、この部分に傾斜面の存在が推定される。

(v) K付近でいったんバケツの食込みがはずれ、おもりも海底面近くまで下がり、その後L付近では第24図Lにみられるように、バケツの曳航角が 45° と大きい状態で、ワイヤの角度も一定の角度(58.5°)を保っている。この付近では記録の状況、室内実験の経験から考えると、前のJ点のようにバケツが堆積物に食込んで大きい角度を示しているというより、むしろ第23図のように海底面が傾斜しており、バケツは傾斜に沿ってその

前部に泥を蓄積して進行しているためと思われる。

(v) 次いでNからOにかけては離底(第24図Nは離底まじかの様子を示す)、P以降は巻き上げによるバケツやおもりの海中での上下動の様相を記録している。

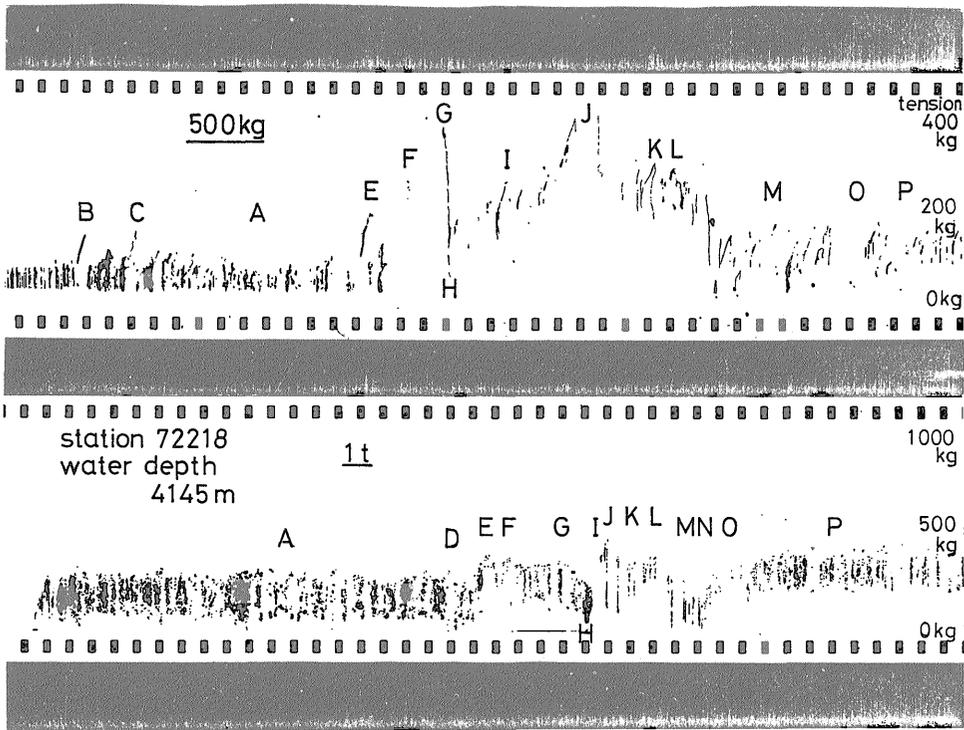
(vi) これまでの判断を総括して、船上での張力記録と対比させると、第18図および第22図の図中A-Pがそれぞれ対応するものと思われる。

(3) まとめ

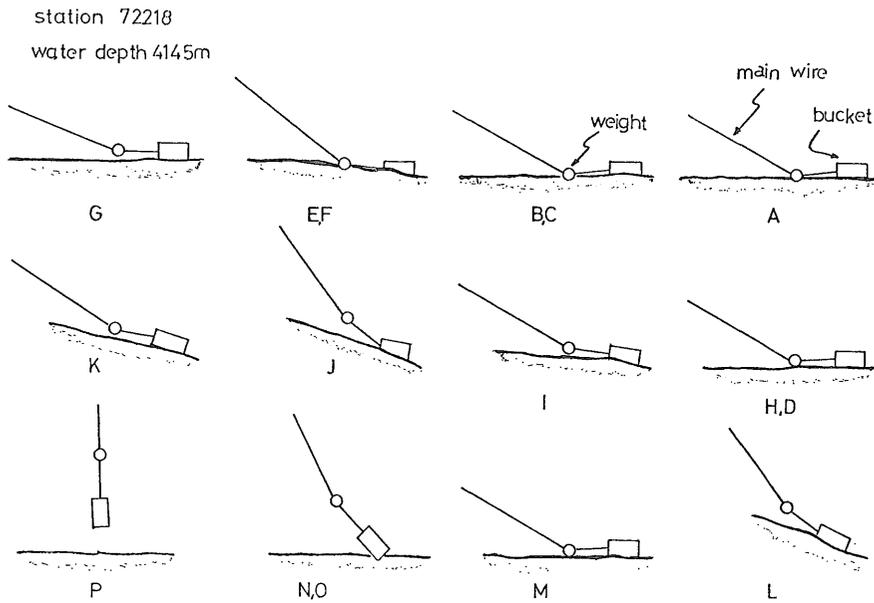
代表例としてSt. 72218における記録の解析を主として述べてきたが、他の測点の解析をも加えて総括すれば次のようなことがいえる。

(i) 船上での張力測定からドレッジバケツ等の調査機器の着底、離底に関しては、船の動揺が激しい状況下においても、記録紙上で的確に、容易に判定できる。

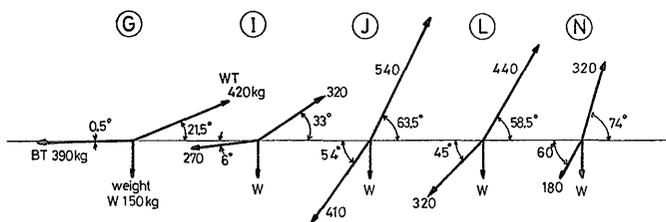
(ii) また、バケツの採泥状況についても記録紙上に



第22図 バケット張力計の記録



第23図 バケットとおもりの海底での挙動



第24図 WT, BTおよびおもり(W)によるベクトル

ある程度表現され、試料採取作業の監視、判定の手段として張力変化の測定は有効な手段である。

(iii) ワイヤロープの張力変化に影響を与える要因として、機器の離・着底やロープ自重のほか、ロープの移動速度、船の動揺（カントリ部の上下動）等があげられる。

(iv) したがって、張力測定記録から上記(i)(ii)の判断を行う際には、ワイヤロープ速度や動揺の記録も合わせて測定記録する必要がある。

(v) パケット張力計の測定記録から、パケットおよびおもりの海底面での挙動が容易に推定され、船上からの操作方法、あるいは機器の形状等の改良に適切な指示を与える有効な資料となることが明らかになった。

(vi) また、パケット張力計の記録と船上における張力記録とを対応させることによって、船上の張力記録のみでは判断に苦しむ現象の解析も可能になった。

4.3.4 考察

円筒型パケットは着底現象さえ把握できれば、深海においても確実性のあるサンプリング機器である。今回の調査でもほとんどの地点において多量の試料を採取することができた。とくにA, B型パケットの採取率は、C, D型のものより高かった。これは前者の上下けん引索の長さの比が適正であったためと考えられる。

また、円筒型パケットで採取した試料は、パケット開口部付近において極度に圧密されている。これは、室内水槽模擬堆積物上において観察されるように、パケットが曳航後かなり早い時期に堆積物中に食込んだものと推測される。したがって円筒型パケットの場合、着底が確認できれば曳航時間をさほど長く取る必要はなからう。

試作したボックス型パケットを使用した4地点の海底堆積環境はそれぞれ全く異なっていたが、少なくとも軟弱な堆積物上に適当粒径のマンガン団塊が分布している場合には、比較的良好な採取率が得られると思われる。

ただ構造的な問題点としては、後部スタビライザーの形

状が潮流の速い海域ではパケットを大きく漂移させ、ワイヤ繰出し長が大になって作業時間のロスをもたらすので、この形状は避けるべきである。なお今回の経験では、着底時のパケットの姿勢制御は頂部スタビライザーだけで充分であると考えられる。

次にパケット内に入った堆積物の洗い出し効果であるが、パケットを曳航するだけでパースクリーン、ネットから堆積物を洗い出すことは不十分であるから、曳航中にパケットの着底、離底を何回も繰返し、その間に海中で分離するという操作方法をとれば、マンガン団塊の採取率はさらに増大するものと想定される。

このほかドレッジ作業全般についていえることは、パケット等の連結物間のタングルを防止するため、自由降下速度あるいはワイヤ巻降し速度を考慮した重量差をとること、曳航時間を短縮するため、パケットの着底、採取、離底を正確に把握することが必要である。この目的のために、船上で主としてワイヤロープの張力を測定した結果、調査機器の着底、離底に関しては記録紙上での確に、容易に判断できることが明らかになった。また、パケット張力計の張力記録を参考にして、船の動揺の記録等を総合すると、パケットの採泥状況についても記録紙上にある程度表現されることがわかった。

これらの判断をさらに確実に行うためには、ワイヤロープの傾斜角度、真の波高等も同時に計測記録し、総合的に解析することが必要と思われる。

最後に今回の調査において、ドレッジパケットが甲板上に回収され、ワイヤロープの張力が急激に減少した際、ワイヤロープにキンクが生ずるという現象が見られた。これは、ボックス型パケットの使用の際には全回、円筒型パケットについては数回認められた。この原因は、ワイヤロープが滑車等により数回方向変換されていたこと、ワイヤロープとして水測鋼線を用いていなかったことにあると考えられる。

4.4 深海用水中カメラによる海底撮影

4.4.1 作業方法

(1) 状況およびカメラの条件

本調査では、St. 72203およびSt. 72211の2地点で各1回撮影を行った。カメラの撮影作動方式は着底スイッチ重錘の第1回の着底により開始され、以後カメラとストロボが10秒間隔で連動、作動して1コマずつ撮影を継続する連続方式とし、これに連動してソナーピンガーの発信音も、着底スイッチの重錘の第1回の着底と同時に、4秒間隔から1秒間隔に変わるようにセットした。なお、装填フィルムはカメラレンズの焦点深度を深くする意味で、2測点ともコダック TRI-X Pan フィルム (ASA 400, 30.5m) の高感度フィルムを用いた。

カメラ装置の降下に先だち、本装置の着底スイッチ重錘紐、時計時刻、ストロボ照射角などの調整、レンズ面の曇り止め液塗布、フィルム駆動テスト、ストロボ発光テスト等の必要な調整テストを行った後、カメラをワイヤロープで吊下げ、1.7 m/s の速度で海底に降下させたが、ワイヤロープ、線長目盛から海底面上200m付近から線速を1/3程度に落して降下させた。

カメラの着底判定は、ワイヤロープの線長目盛とカメラ枠に取付けたピンガーの発信音を受波器に受けレーザーで直接聴音し信号音の変化およびワイヤロープの張力変化で確認を行った。

(i) 第1撮影地点 (St. 72203) (水深5,140m)

本地点ではピンガー発信音のレーザーによる直接聴音およびワイヤロープ張力計測の記録からワイヤロープ線長5,260mの点で着底を確認したが、ピンガー信号音のP. D. R.によるカメラ位置の確認が不可能なため着底後、カメラの巻き上げ、降下作業を5分間隔で繰り返し第1回着底から約50分撮影を継続したのち巻き上げを開始した (最大ワイヤロープ線長5,268m)。

(ii) 第2撮影地点 (St. 72211) (水深2,010m)

本地点では、ワイヤロープ張力計測記録で着底を確認と同時にピンガー信号音のレーザー聴音も1秒間隔に変わったため、カメラを適正撮影距離 (2.5m) 範囲に位置づけるようワイヤロープを巻き上げた際、ピンガー信号音は4秒間隔に変わった。そのため着底スイッチのロックが不完全と判断し、ここで着底ごとの継続撮影方式として撮影を行ったが、本地点の海底地形が複雑で危険性をはらむため第1回着底から約12分で回収のための巻き上げを開始した (最大ワイヤロープ線長2,164m)。

4.4.2 撮影結果および考察

第1撮影地点における収容カメラの外観上の状態は全く異状はなく、着底スイッチのロックも完全であったが、装填フィルムの巻き取りが不完全であり、現像の結

果、巻き取ったフィルム部分は船上の撮影テスト部分のみであった。これはフィルム巻き取り部およびフィルム摺動部に故障がない点から、原因は電源電池の容量の急激な低下と考えられる。

第2撮影地点の撮影に当たっては第1撮影地点における経験から電源電池は予備電池を十分に充電して用い、また、撮影テストも船上だけでなく海中テストを行った後に撮影作業を行った。

本地点では第1回の着底から回収のための巻き上げ開始までの着底ごとの撮影が完全に行われている。この撮影結果の一部を示す。この結果と船上張力計のワイヤロープ張力計測記録 (第25図) とを対比すると次のように推定される。

まず、第1回目の着底スイッチ用重錘の着底により、100-109までの10枚が撮影された。このうち、100-102はそれぞれ異なった画面となり、102以後は全く同じ画面となっている。

このことは、前述のように、着底スイッチのロックが不完全であったが、カメラ取付枠が着底したことから、連続的撮影と同じ状態となったことを示し、張力計記録 (第25図) 上の約90秒間の張力減衰記録と完全に一致する。

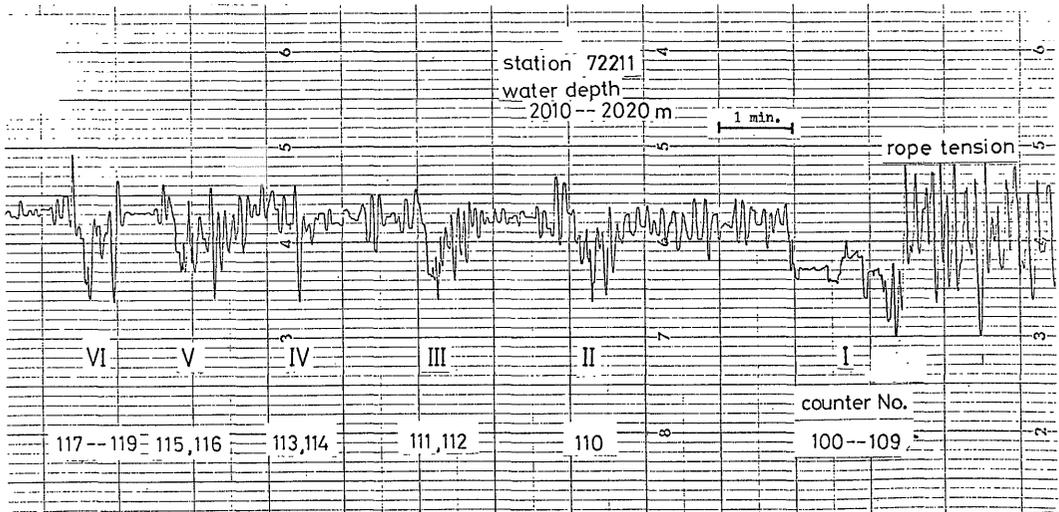
その後の各写真 (110-119) も、各画面脇に記録された撮影時刻から、張力計記録上のII-VIの各張力減衰時に撮影されたことがわかる。これらの写真の中には同じ着底地点の写真でありながら鮮明なものと不鮮明なものがある。この現象は、着底スイッチ重錘の着底と同時に撮影されたものが、距離とストロボ照射角が適正であり、鮮明な写真となるが、次の機会に写されたものは船の動揺、カメラの降下慣性あるいはカメラ取付枠の着底等と、不適正な状況下で写されたために不鮮明な写真となったものと考えられる。

なお、写真画面上に写された着底スイッチ用重錘は長さ70 mm、長さ330 mmのものを用いており、その大きさから写真画面の広さを算出すると、適正な写真では130 cm×200 cm 範囲を撮影していることとなる。

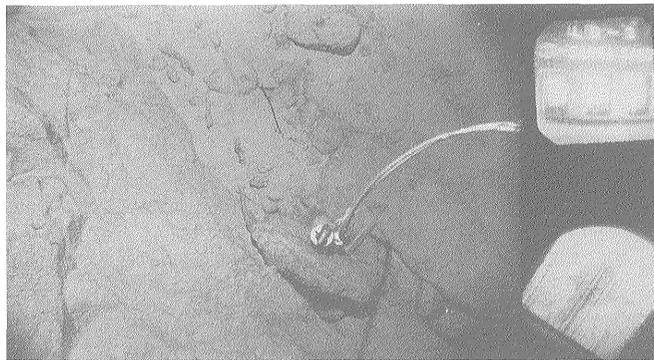
また、本撮影作業中に船の流された速さは1.8マイル/時間であり、約12分間の撮影時間中における船の移動距離は約0.36マイル (576m) となる。この間に写された6地点・20枚の写真は、底質・形態の違いがはげしく、この地区の地形が複雑で、所々に露岩地帯の存在が推察される。

4.4.3 総合的所見

今回の第2撮影地点の撮影結果から、写真画面中にほとんど着底スイッチの重錘が見られ、この重錘が岩盤や硬い海底面上では横倒しになっているが、軟かい堆積物



第25図 深海カメラの張力記録



第26図 調査地点72211 (水深 2040m) の海底写真 (A)

上ではその中に貫入している。この現象から十分に海底の硬軟が推察でき非常に有効であり、重錘に一工夫することによって海底堆積層の硬さを測定する方法、すなわち物性試験も可能と考えられる。

4.4.4 単発カメラ

本カメラは、角型ドレッジバケットの前部に取付け、採泥時の海底の状況を1枚のフィルムに撮影するよう試作されたカメラ装置である。水深100m以深でシャッターを開放する機構を有するカメラ本体と、バケットの着底により発光するフラッシュ部とから構成され、フラッシュの発光によって1枚の写真が撮影されるものである(第6図参照)。

しかし、シャッター開放の深度100mでは十分光が到達し、フィルムがこの時点で感光したり、もしくは着底

スイッチ容器内に海水が浸入するなどして、海底面の撮影は不成功に終わった。

今回は、さらに深い水深でシャッターが開放されるように改良し、再び実験を行うことにしたい。

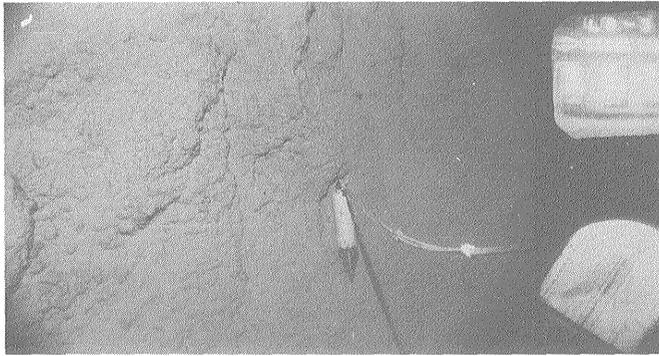
5. 海底地形

5.1 測深観測

本調査航海中の測深観測は、前記した深海用測深機により、航行中および調査作業中を通じて連続測定を行い、これに30分間隔毎に船橋から報告されるロランCA計測結果を加えて、測深ログを作製した。

5.2 海底地形

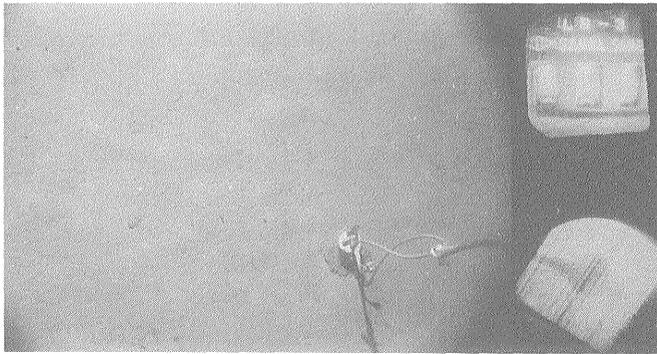
上記、測深記録・測深ログおよび既存資料により、調査対象海域付近の海底地形図を編纂したのが第30図であ



第27図 調査地点 72211 (水深2040m) の海底写真 (B)



第28図 調査地点 72211 (水深2040m) の海底写真 (C)



第29図 調査地点 72211 (水深2040m) の海底写真 (D)

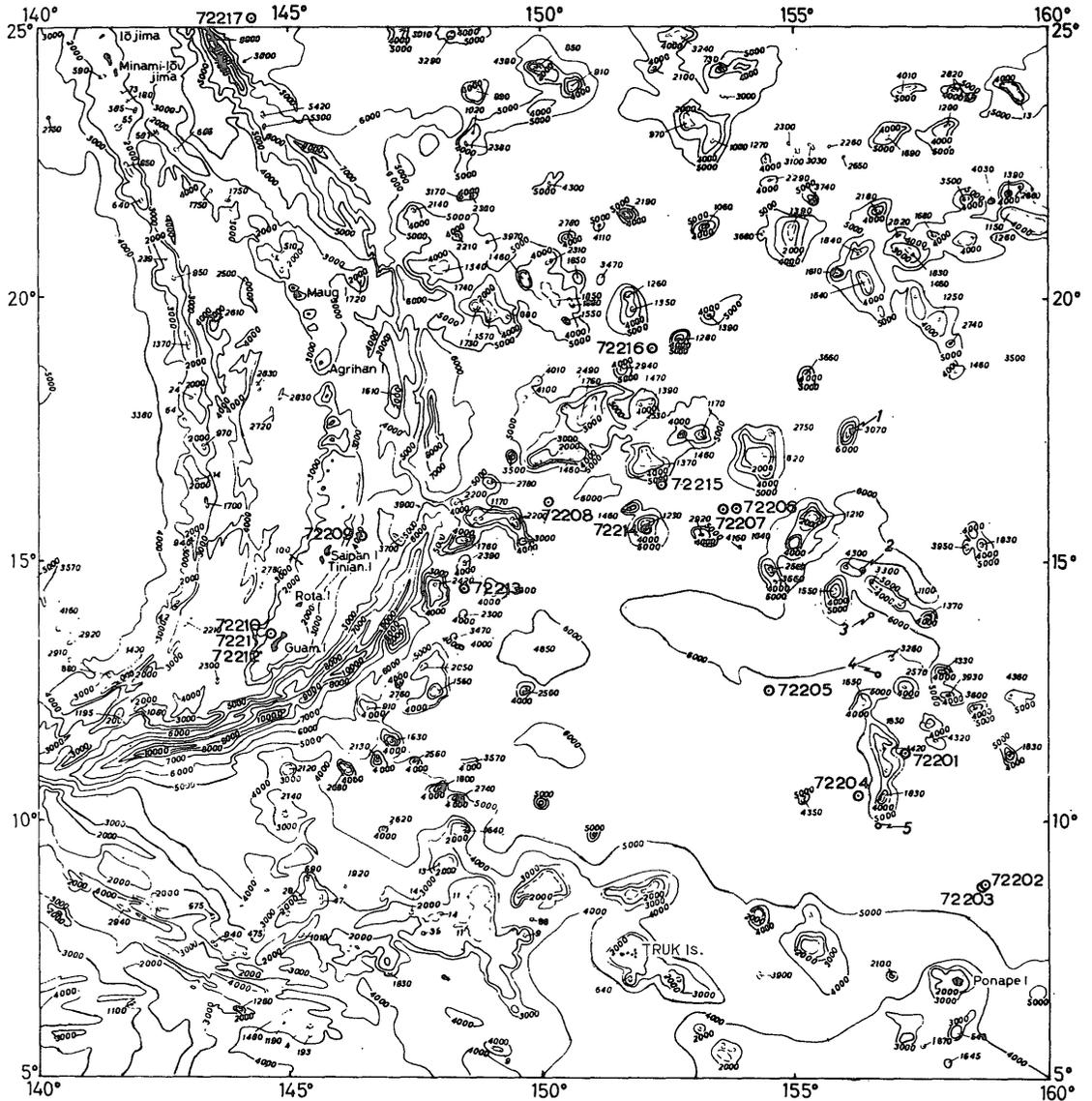
る。

これらの結果から、本調査海域の地形特性を概括すると、西部域に弧状を示すマリアナ海溝とその西側に並列するマリアナ海嶺、北部から南東部へと延びるマジェラン海山群、南部域を東西に横切るカロリン諸島、これら

海溝・海山群、諸島に囲まれた東マリアナ海盆等に分けられる。

本海域におけるマリアナ海溝は、幅約 80 km、水深 8,000-9,000 m となるが、南硫黄島東南東方、アグリハン島北東方およびアナタハン島東方等の各地で水深5,000-

北西太平洋マリアナ海盆周辺域におけるマンガン団塊とその探査
 (竹田・丸山・山門・井上・磯・松本・鈴木・宇佐美・鶴崎・半田・松本・湯浅)



第30図 海底地形図

6,000 m の浅所により、海溝深部の連続性が分断されている。またサイパン島東方からグアム島東方に至るマリアナ海溝東側には小規模な海山・海嶺が散在し、その南方延長部はカロリン群島へと連なる。

マジェラン海山群は本海域の中央北部から南東部、ポナペ島東方へと延びる、海山および小平頂海山からなる群列で、比高 2,000-3,000m のものが聳え、その間には水深 5,000m 以上の不規則な形をした海盆が多数散在する。

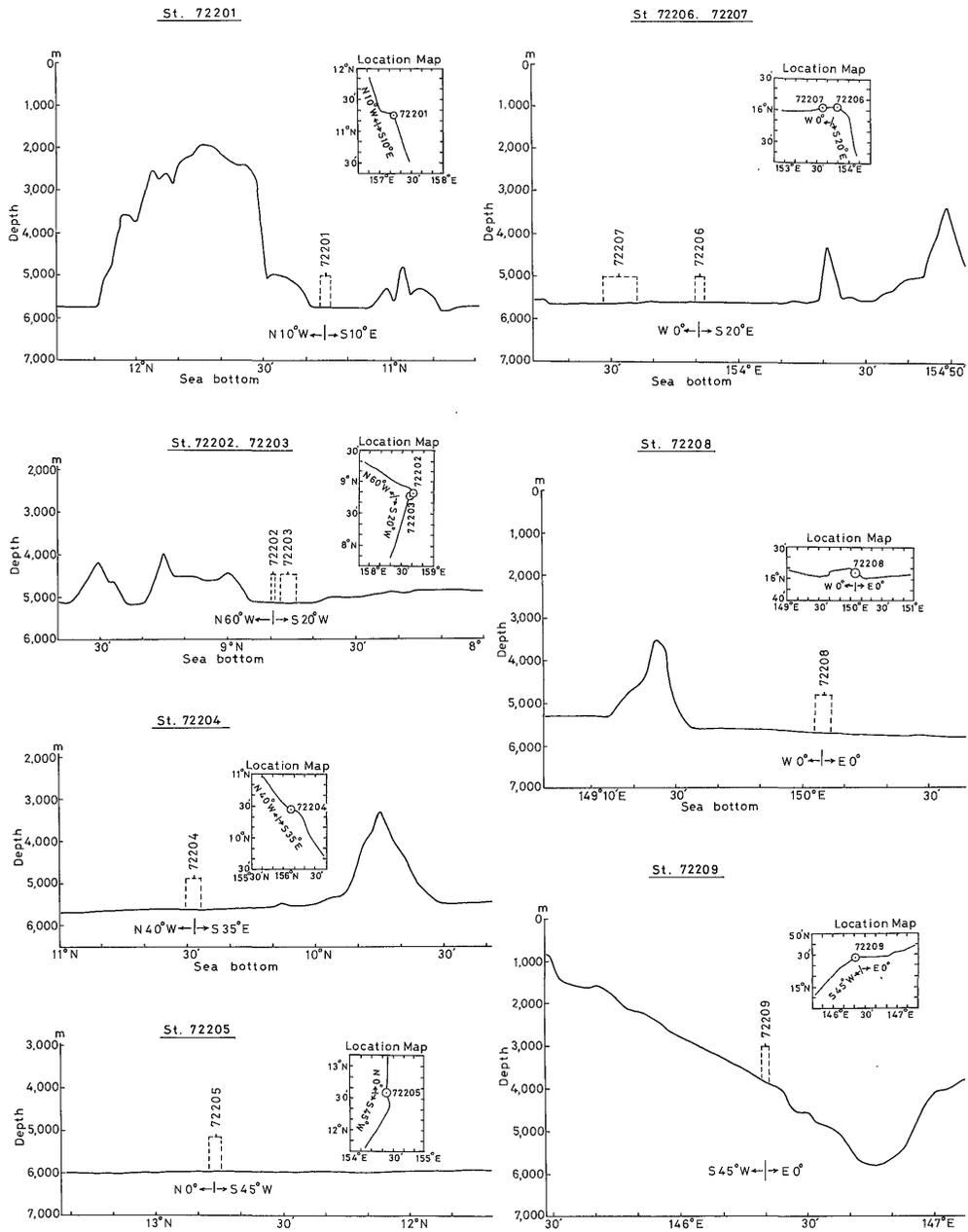
カロリン諸島は本調査海域の南限を画して東西方向に

散在する多数の堡礁・環礁からなり、その中のめぼしいものとして、ポナペ島・トラック諸島等が挙げられる。

東マリアナ海盆は、上記マジェラン海山群・カロリン諸島およびマリアナ海溝に囲まれた東西方向約 600 km、南北方向約 500 km の大洋底で、水深が 5,000-6,000m を示しており、中央部が深く、おおむね平坦な地形で構成されている。

5.3 採泥地点付近の海底地形

今回の調査航海では、18地点で採泥作業あるいは深海カメラによる撮影作業を実施したが、これらの調査地点



第31-a 図 各調査地点付近の地形断面

Lat : Long = 1 : 18

付近の海底地形は予期した以上に複雑な状態にあった。

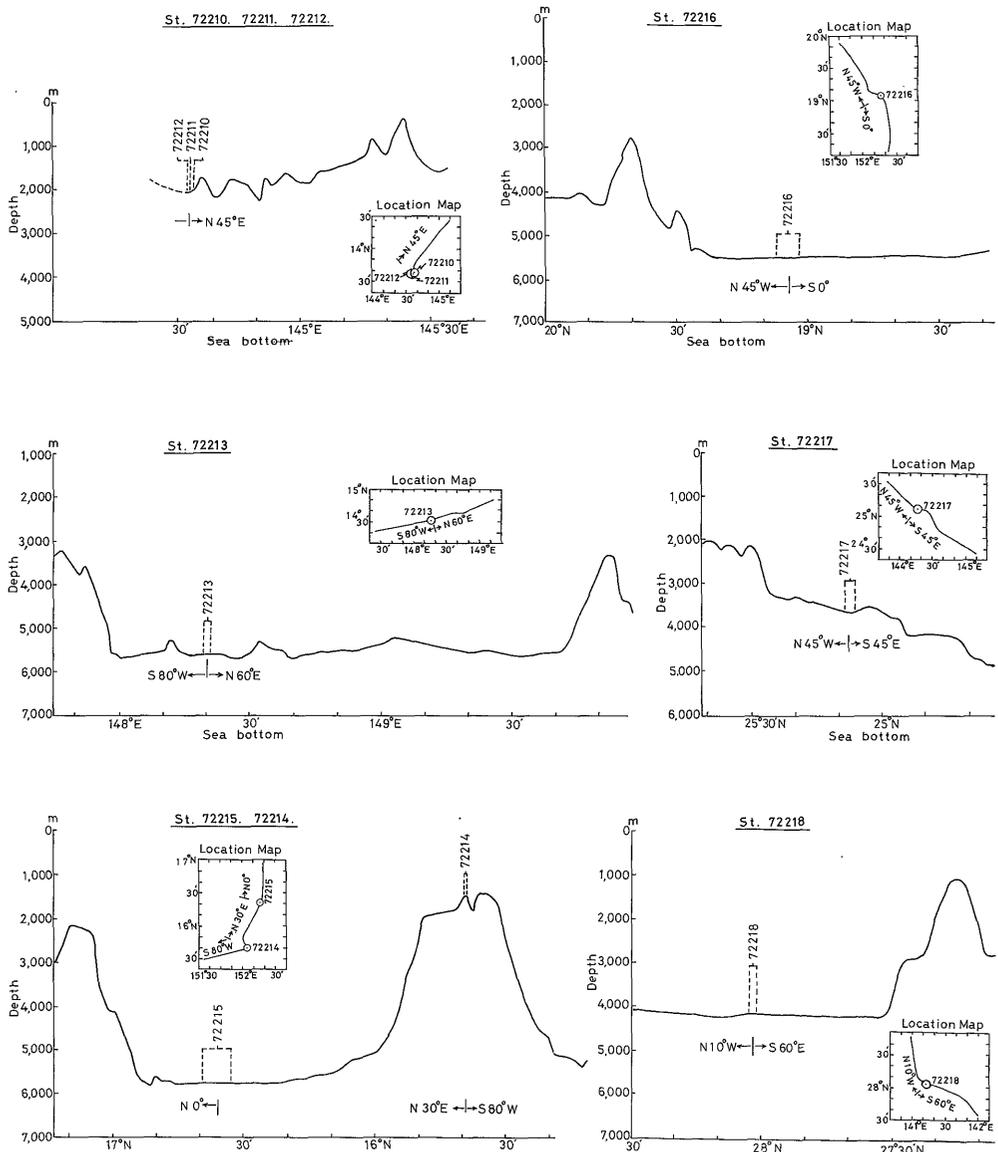
このため、第31図に各調査地点付近の地形断面を示し、地形の概要を述べる。

St. 72201 北緯11°16.0′ 東経157°10.0′ 水深5,790m
本測点の地形計測は、測点の北西10°、南東10°の2方

向においてなされた。

本地点は水深5,700m以上の大洋底上に位置するが、本地点の北西10°方向、約500kmには水深約2,000m、比高3,500m以上の海嶺が聳える。その両側斜面は10-15°の傾斜を示し、北西側斜面には水深2,700mと水深3,700m

北西太平洋マリアナ海盆周辺域におけるマンガン団塊とその探査
 (竹田・丸山・山門・井上・磯・松本・鈴木・宇佐美・鶴崎・半田・松本・湯浅)



第31-b 図

Lat : Long = 1 : 18

付近に、それぞれ比高100-150mの鞍部が2段存在する。本地点が位置する大洋底は、水深5,700m以上で南東方に広がるが、比高50-100mの緩やかな起伏を繰り返すとともに、本地点の南東10°方向、約30kmに認められるような深海丘(比高500-800m)も存在する。
 St. 72202 北緯8°48.9′ 東経158°41.9′ 水深5,160m
 St. 72203 北緯8°46.45′ 東経158°40.5′ 水深5,140m
 両測点は、ともに、北緯8°47′、東経158°41′の付近に

あり、NE-SW方向に2-3kmの距離をへだてて位置する。この地形計測は、St. 72202の北西60°、St. 72203 南西20°の2方向測線で行った。測深結果から両測点付近の海底地形を観察すれば、St. 72202付近は水深5,140mの大洋底で、その北西60°方向30km地点において海丘に接する。この海丘は斜面傾斜約3-7°を示し、比高500-1,000mの起伏のある地形を呈する。St. 72203は前記地点と同一の大洋底上にあり、測点の南西20°方向30km

付近に、比高200mの段状の緩やかな起伏がみられ、さらに、その南西は比高20-50mの起伏を示しながら傾斜 $0^{\circ}5'$ をもって高くなる。

St. 72204 北緯 $10^{\circ}29.0'$ 東経 $156^{\circ}10.0'$ 水深5,700m

本測点付近の地形計測は、測点より北西 40° 、南東 35° の2方向(線上)において行われた。測点付近の海底は水深5,700mを示すが、全体として起伏のほとんどない平らな地形である。北西 40° 方向に前記海底は広く広がる。一方、測点南東 35° 方向では80km地点に水深3,300m、比高2,100mの海山がある。この海山の両側斜面は $6-10^{\circ}$ の傾斜を有し、その麓部は約 $0^{\circ}40'$ の緩やかな傾斜となり、20-50mの緩やかな起伏を示しながら南東方向の水深5,700mの海底に連なる。

St. 72205 北緯 $12^{\circ}48.0'$ 東経 $154^{\circ}22.5'$ 水深5,950m

本測点付近の地形計測は、St. 72205を中心として、真北および、南西 45° の2方向(線上)において行った。測点は水深5,950mを示し、測点から測線両方向150kmの間は、ほとんど平滑、かつ、平坦な地形断面を示す。既存の資料によれば、本測点は、マリアナ海溝沿いに分布する小海山群と、南カロリン群島に囲まれた直径約600kmのマリアナ海盆東端部に位置しており、海底は、同海盆南東部から北部および西部に広がる水深6,000m以深の最深部へと緩傾斜する。

St. 72206 北緯 $16^{\circ}02.0'$ 東経 $153^{\circ}51.3'$ 水深5,580m

St. 72207 北緯 $16^{\circ}02.0'$ 東経 $153^{\circ}34.0'$ 水深5,635m

両測点は、北緯 $16^{\circ}02'$ 上にあり、東経 $153^{\circ}51.3'$ および、 $153^{\circ}34'$ の地点にあり、両点は東西方向に27kmをへだてて位置する。地形計測は、St. 72206およびSt. 72207をとおり真西方向、さらに、St. 72206より南東 20° 方向の2線上で行った。この付近はSt. 72206より南東 20° 方向、45kmにわたり起伏のきわめて少ない平滑な地形断面を示し、やがて海山地帯に接する。それらの海山は、山腹傾斜約 $11-18^{\circ}$ 、比高1,300-1,700mを有し急峻である。また、海山間の低地は、比高50-250mの段状を呈し、海山麓部は、平坦に近い小規模な凹地を形成する。St. 72206の西方向では、水深5,600mの平滑、かつ平坦となり、本測点より27km地点に72207測点が位置し、さらに、西へ27kmの地点に比高100m、平頂で径10km、両側斜面 2° のごく小規模な深海丘が存在する。

St. 72208 北緯 $16^{\circ}15.0'$ 東経 $150^{\circ}06.5'$ 水深5,710m

本測点付近の地形計測は、測点を中心として真東、真西の2方向において行った。測点付近は、水深5,800mの大洋底で、比高5-20mのごく緩やかな起伏をもつ。測点の真西約70kmの地点には海山があり、水深3,500m、比高2,200m、山腹両側の傾斜は $6-9^{\circ}$ を示してい

る。さらに、その西方には、水深1,600-2,500mの海嶺がある。

St. 72209 北緯 $15^{\circ}28.0'$ 東経 $146^{\circ}22.2'$ 水深3,930m

付近の地形計測は、測点を中心として南西 45° 、真東の2方向の線上で行われた。測点付近は水深3,800mを示しており、ここから南西 45° 方向75kmまでは約 $0^{\circ}10'$ の傾斜で緩やかに上昇し、水深780mの海嶺頂部に達する。さらに、この測線方向には頂部水深300-800m、比高100-200mの起伏を示す地形がつづいている。この地形の側部水深1,500m付近には平坦面が発達する。一方、真東方向には傾斜約 6° の斜面で谷底に下降するが、その斜面には比高200-500mの階段状地形がみられる。さらにこの東には比高1,500-3,000mの海山がある。

St. 72210 北緯 $13^{\circ}37.7'$ 東経 $144^{\circ}37.4'$ 水深1,770m

St. 72211 北緯 $13^{\circ}37.2'$ 東経 $144^{\circ}36.5'$ 水深2,010m

St. 72212 北緯 $13^{\circ}36.7'$ 東経 $144^{\circ}36.0'$ 水深2,040m

本測点は、北緯 $13^{\circ}37.7'$ 、東経 $144^{\circ}36'$ の付近に位置し、ガム島西方約25kmの地点にある。測点付近の地形計測は、北東 45° 方向の直線上において行った。各測点はほぼ東西方向になり、St. 72210、St. 72211およびSt. 72212の距離間隔は、それぞれ2km、1kmである。各測点は水深2,000mの起伏に富む海底の小凹部にあつて、北東 45° 方向には頂部水深500-1,000m、比高300-500m、山腹傾斜 $6-9^{\circ}$ 、また傾斜約 1° の緩やかな面などをもつ起伏の複雑な地形を構成する。

St. 72213 北緯 $14^{\circ}31.0'$ 東経 $148^{\circ}19.5'$ 水深5,690m

本測点付近の地形計測は、本測点を中心として南西 80° 、北東 60° の2方向線上において行われた。その計測結果によると、測点付近は水深5,690mの小さな盆状地である。その南西 80° 方向15km地点には比高300m、水深5,380mの小さな凸部がある。そのさらに南西には、幅15km、傾斜約 $0^{\circ}15'$ の緩傾斜地をへだてて水深約3,000mの海山がある。この海山の山腹傾斜は約 10° を示すが、水深3,700m付近において比高300mの小鞍部がみられる。一方、本測点より北東 60° 方向15km地点には、水深5,350m、比高150mの海丘が存在する。この地点よりさらに、東方約100kmのあいだは、傾斜 $0^{\circ}10'$ の緩やかな起伏を繰り返しながら、水深3,360mの海山に接する。この海山の両側斜面は約 $6-8^{\circ}$ の傾斜である。その東側斜面水深4,400m付近に幅5kmの平らな段が存在する。

St. 72214 北緯 $15^{\circ}41.0'$ 東経 $152^{\circ}06.0'$ 水深1,470m

St. 72215 北緯 $16^{\circ}23.8'$ 東経 $152^{\circ}18.0'$ 水深5,820m

St. 72214、北緯 $15^{\circ}41.0'$ 、東経 $152^{\circ}06.0'$ 、St. 72215

が北緯 $16^{\circ}24'$ 、東経 $152^{\circ}0'$ の地点にあり、NE-SW方向約100kmの距離をへだてている。両測点の地形計測は

St. 72214より南西80°方向と、同測点より北東30°方向において St. 72215 に至る間と、さらに、St. 72215より真北方向の線上において行った。St. 72214 は水深1,470mの海山山頂部付近に位置し、その南西80°側には、比高400mの鞍部をへだてて、測点付近と同一深度の平頂部がみられる。南斜面は全体として9°の傾斜で下降し水深5,400mの谷底に達する。一方、St. 72214 に接する北東側では距離14kmにわたって水深1,870m、傾斜約0°50'の緩やかな平坦面が存在し、海嶺の頂部地形を示す。北側斜面も南側斜面と同様の険しい斜面で下降する。全体の傾斜は約8°30'を示すが麓部では、比高50-150mの起伏があって、さらに、北東方にむかって、St. 72215 を含む水深5,800mの平坦部に達する。この平坦部は、St. 72215より真北18kmにおいて海嶺麓部に接する。麓部には、比高200mの小窪地がある。海嶺の頂部水深は2,200mで、両側斜面は凹凸を示し、傾斜8-13°で下降する。また、南斜面の水深4,100m付近に幅3kmの平らな段状地形が存在する。

St. 72216 北緯19°02.0' 東経152°19.2' 水深5,320m
 本測点付近の地形計測は、本測点より真南、北西45°方向の測線上で行われた。その計測結果によれば、真南方向では水深5,500m、比高5-50mのゆるやかな起伏をもつ比較的平滑な海底が存在する。一方、北西45°方向には、上記平滑、平坦な海底は35kmまでつづいて海山に接する。この海山は頂部水深2,830m、両側傾斜約7-8°を有し、また、その中腹水深4,850m付近に比高400mの凹地と、その山麓に比高40-300mの小規模な凹地が存在する。

St. 72217 北緯25°07.5' 東経144°19.3' 水深3,810m
 本測点付近の地形計測は、測点を中心として北西45°、南東45°の2方向の線上において行われた。その計測結果によれば、測点付近は、傾斜0°5'の緩やかな斜面が、比高150mの凸部に接する水深3,810mのところにある。測の北西45°方向45kmに水深2,100mの海嶺頂部が存在し、その頂部には比高200mの2鞍部が認められる。本測線上には、海嶺水深1,500mが連なる。一方測線、南東45°方向には、比高1,000mのたかまりと、比高200-500mの段状地形があって、水深4,600-4,900mの平坦な海底に移行している。

St. 72218 北緯28°01.7' 東経141°14.2' 水深4,145m
 本測点付近の地形計測は、測点を中心として北西10°、南東60°の2方向において行われた。測点は水深4,150mを示す比較的平滑な海底にあるが、その北西10°方向には、傾斜0°20'の斜面上に10-50mの比高をもつ緩やかなたかまりがある。一方、測点の南東70°方向約80km

地点には、海山が存在し、その頂部水深950m、両側斜面は10-17°を示すが、両側面には水深2,700m付近において段状地形がみられる。

5.4 既存資料と異なる水深異常地

本調査を通じて、海底地形把握のために、測深記録と既存の資料(海図)との対比、検討を行った。今回得た測深値と既存資料との間には、水深、海底地形において、いくつかの相違を発見したが、とくに著しい水深の相違を示した地点を下表に示す。

これらのほか、比高500-1,000mの海台、海嶺の小規模な起伏や、陸棚において、測深結果と既存資料との間に若干の相違が数地点で認められたが、ここでは記載を省略した。これらの地点における水深の相違は、直線的な航行により発見されたものであり、船位の誤差や、水深補正を行っていないことを考慮すると、今後の精査により、相違点を確認する必要があると思われる。

第30番図中号	水深異常地				既存の資料による	
	緯度	経度	水深	海底地形	水深	海底地形
1	17°30'	156°15'	5,780	大洋底	3,070	海山斜面
2	14 45	156 20	6,020	"	4,020	"
3	14 10	156 32	1,860	海山	6,000	大洋底
4	12 52	156 40	1,970	"	6,000	海盆
5	9 53	156 32	3,970	海嶺の一部	6,000	海盆に近接

6. 地質概要

6.1 堆積物分布の概要

本調査海域およびその周辺海域は、概略、第32図に示されるような底質である。すなわち、水深4,000-5,000m以深の平坦な地形からなるマリアナ海盆とその北部のマゼラン海山群海域では褐色粘土が広範に分布する一方、それより浅い海山部には石灰質軟泥が分布している。このほか、珪質軟泥が局部的に散在する。

マリアナ海盆の南に接するカロリン群島海域には、石灰質軟泥と珪質軟泥が広く分布し、褐色粘土の分布はきわめて小さい。この石灰質軟泥分布海域とマリアナ海盆の褐色粘土分布海域との境界は、ほぼ北緯7°から10°の間を東西に走っている。

本調査海域の西部にあたるマリアナ群島ならびに南本州海嶺海域では、火山物質を多量に含んだ石灰質軟泥と陸源堆積物が主として分布するが、海嶺間の海底谷およびマリアナ海溝には褐色粘土が分布している。

6.2 堆積物の分布と水深および海底地形との関係

6.2.1 堆積物と水深

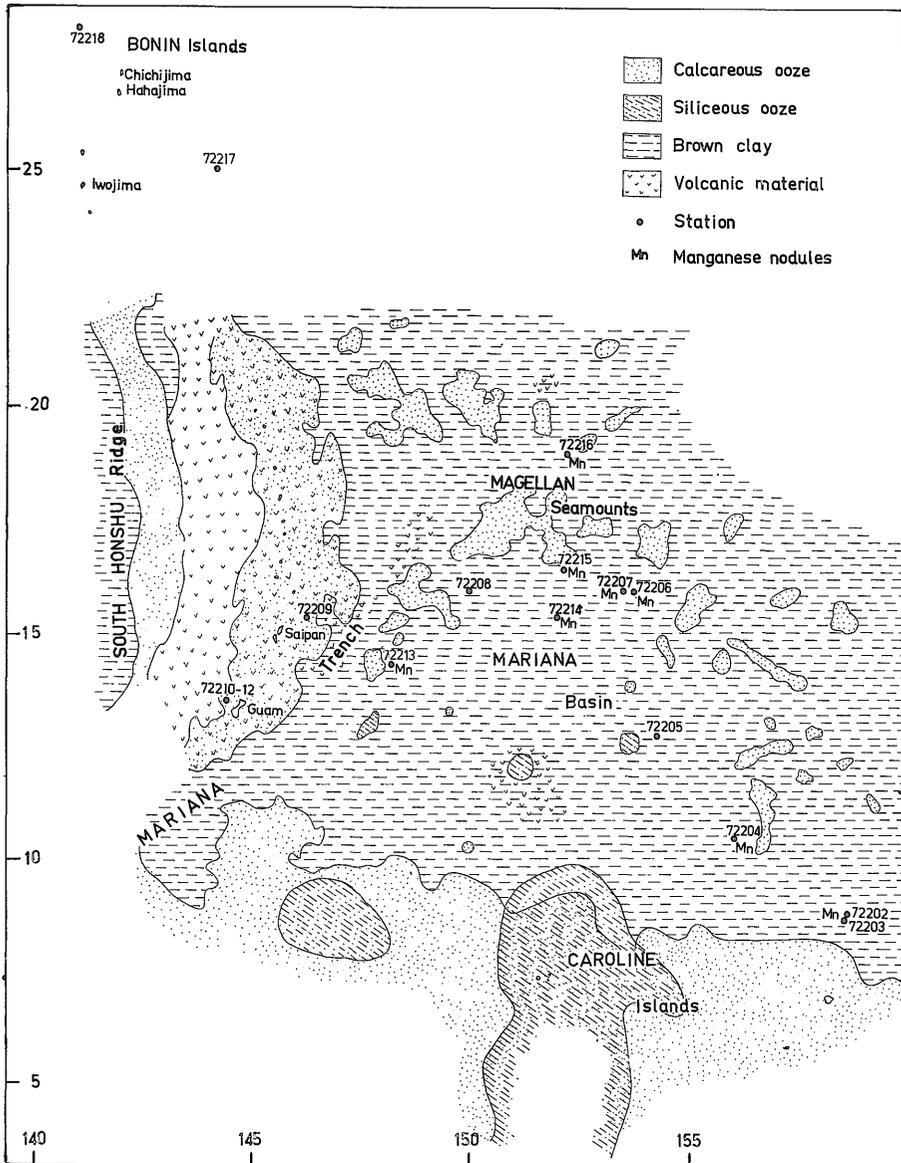
第33図は、昭和45年度から昭和47年度までの3航海をつうじて採取した堆積物の水深と緯度についての関係を示したものである。調査対象海域の広さおよび海底地形の多様性に比較して、採取点数がきわめて少ない(48点)ため、ここではごく概括的な傾向しかいえないが、堆積物の分布と水深との間には関連性があると考えられる。

第33図にみられるように、石灰質軟泥は水深1,300-4,500mの範囲にあり、主として1,300mから3,500m付

近に存在する。褐色粘土はおおよそ3,500m以深にあるが、主として4,500m以深に分布する。水深3,500-4,500mの間は、北緯10°以南において石灰質軟泥と褐色粘土とが共存している。

すなわち、水深1,300-3,500mは石灰質軟泥帯、3,500-4,500mは石灰質軟泥-褐色粘土帯、水深4,500m以深は褐色粘土帯とみなされる。このような分帯は、従来の報告に示された深海堆積物の分布の傾向に矛盾していないと思われる。

一方、陸源堆積物は、おおよそ水深2,000m以浅に分



第32図 海底堆積物の分布と測点

北西太平洋マリアナ海盆周辺域におけるマンガン団塊とその探査
 (竹田・丸山・山門・井上・磯・松本・鈴木・宇佐美・鶴崎・半田・松本・湯浅)

布するが、水深4,000m以深にも分布して、堆積物の分布と水深との間には一定の傾向が認められない。これは、陸源堆積物の分布が水深に関係なく、堆積供給源からの距離に関係することに由来している。すなわち、陸源堆積物は、本調査海域の小笠原列島・マリアナ列島周辺に分布する。

マンガン団塊は、本調査海域において、水深1,075m(採取点71203)から5,820m(採取点72215)までのあいだに分布している。しかし、マンガン団塊の成長度を考慮すると、楕円形ないし球状によく成長した団塊は、水深5,000m以深に産している。一方、水深3,500m以浅では、団塊は5地点に発見されたが、いずれも軽石・岩石片・生物遺骸等の表面をマンガン物質薄膜が覆い包む程度

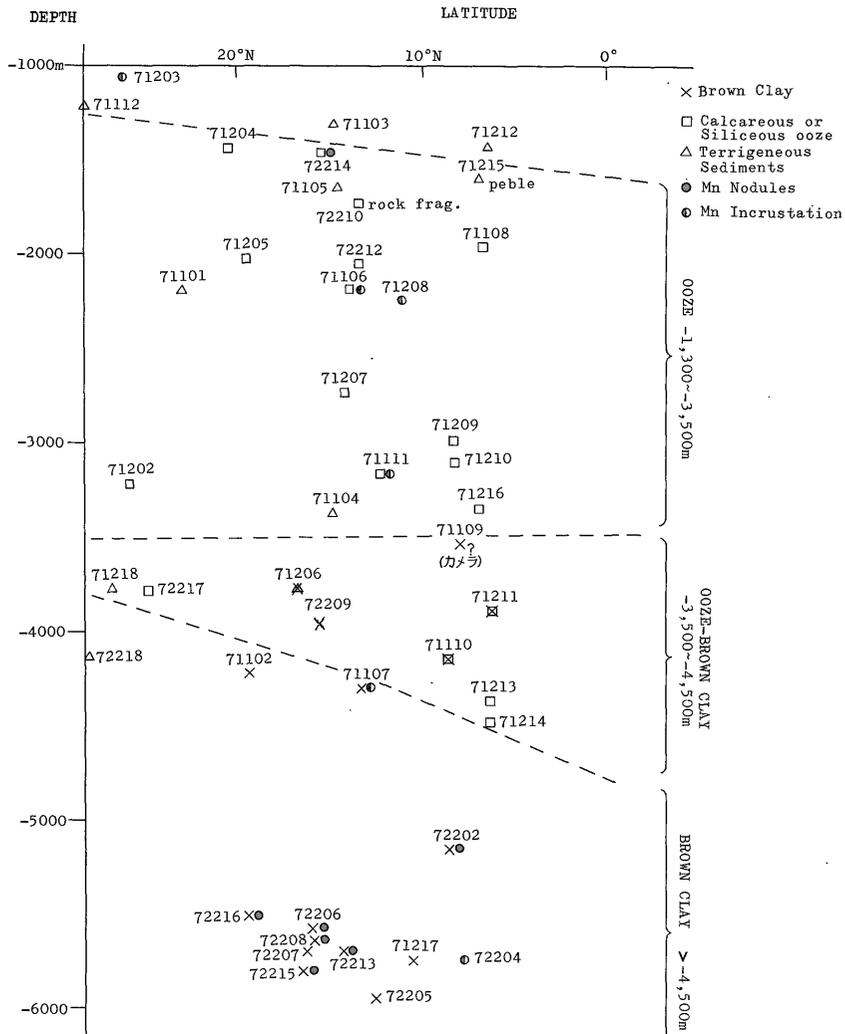
第3表 海底地形と堆積物、マンガン団塊間の関係

海底地形	褐色粘土	石灰質軟泥	陸源堆積物	マンガン団塊	マンガン被膜
海山・ギョーの頂部	0	10	1	1	4
海山・島の斜面	2	3	4	0	0
海山麓の台地鞍部	0	3	1	0	0
海山間の小盆地・凹地	7	0	2	4	2
広い平坦な海盆	4	4	0	1	0

で、団塊としてまだ十分に成長していないものが多い。

6.2.2 堆積物と海底地形

調査海域における42の試料採取点について、海底地形と深海堆積物との関係は第3表のとおりである。



第33図 堆積物、水深および緯度の関係

第 4 表 調 査 地 点 と 採

調 査 地 点				地 形 概 要	堆 積 物 概 要
番 号	緯 度 N	経 度 E	水 深 (m)		
72201	11°16.0	157°10.0	5,700	採泥用ウインチ故障	
72202	8.48.9	158°41.9'	5,160	マリアナ海盆東部 平坦な大洋底	褐色粘土 団塊粒と浮石粒を含む
	8.46.5	158°39.1'	5,170		
72203	8.46.5'	158°40.5'	5,140	同 上	深海カメラのため
	8.45.8	158°39.0'			
72204	10.29.0'	156°10.0'	5,700	平坦な大洋底 マリアナ海盆東端部	褐色粘土 少量の団塊, 浮石粒を含む
	10.28.3'	156°06.5'	5,690		
72205	12°48.0'	154°22.5'	5,950	マリアナ海盆東域 平滑な大洋底	褐色粘土
	12°51.5'	154°22.0'			
72206	16°02.0'	153°51.3'	5,580	平滑な大洋底 マジェラン海山群域中の海盆	褐色粘土 団塊多量 泥温, 2°C
	16°00.8'	153°50.5'	5,600		
72207	16°01.0	153°34.0	5,635		褐色粘土 団塊多量 泥温 1°C
	16°02.0'	153°31.0	5,645		
72208	16°05.0'	150°06.5'	5,710	大洋底, 比高20m以下の緩起 伏	褐色粘土
	16°08.0'	150°04.0'	5,700		
72209	15°28.0'	146°22.2'	3,930	東マリアナ海嶺東側斜面	褐色粘土
	15°27.9'	146°20.2'	3,820		
72210	13°37.7'	144°37.4'	1,770	グアム島西方斜面	フォラミニフェラ軟泥
72211	13°37.2	144°36.5'	2,040	同 上	深 海
	13°37.15	144°36.35	2,080		

北西太平洋マリアナ海盆周辺域におけるマンガン団塊とその探査
 (竹田・丸山・山門・井上・磯・松本・鈴木・宇佐美・鶴崎・半田・松本・湯浅)

取 堆 積 物 一 覧

マンガン団塊概況	調査年月日 (1972)	作業時刻	気 象 ・ 海 況								
			天候	気温	水温	風向	風力	ウネリ	風浪	流向	流速
	11.18	10.14 14.37	晴	29.0	29.7	NNE	4	3	4	166°	
黒褐色ないし暗褐色 小楕円体, 板状 総計 6 kg	11.19	06.11 11.06	薄曇	27.5	30.2	W	2	1	2		
サンプルなし	11.19	13.15 16.47	晴	28.8	31.9			1	2		
薄膜被覆型 少数	11.23	12.19 17.00	曇	28.0	30.0	NE	5	2	2	228°	
なし	11.24	07.24 11.45	薄曇	28.0	29.6	NE	4	4-5	3-5	210°	0.5-1 マイル
黒褐色 球状, 径 4-5 cm 総計 44kg	11.25	05.24 09.52	晴	29.5	27.9	NE	4	4	4	188°	
黒褐色 球状, 楕円体状 最大径 14 cm 総量 80kg	11.25	12.20 17.16	曇	25.2	29.4	E	4	3	3	188°	kt. 1.5
なし	11.26	09.08 14.21	薄曇	28.7	29.3	E	4	4	1	75°	0.5 — 1.0
なし	11.27	09.18 12.25	薄曇	27.3	29.2	E NE	2	3	2	190°	
なし	11.28	06.01 06.56	薄曇	28.0	29.5	NE	3	3	1		
カメラ	11.28	07.07 08.25	曇	27.8	29.4	E	3	3	1		

つづき

調 査 地 点				地 形 概 要	堆 積 物 概 要
番 号	緯 度 N	経 度 E	水 深 (m)		
72212	13°36.1	144°35.9'	2,040	同 上	フォラミニフェラ軟泥 玄武岩質岩片を含む
	13°36.6'	144°35.5'	2,080		
72213	14°31.0'	148°19.5'	5,690	小海盆地	褐色粘土 鉄マンガン質薄膜で覆われた岩石片を含む
	14°31.0'	148°17.9'	5,685		
72214	15°41.0'	152°06.0'	1,470	マジェラン海山群中のギョ, 平頂域	フォラミニフェラ軟泥 団塊と岩石片を含む
	15°40.0'	152°05.0'	1,485		
72215	16°23.8'	152°18.0'	5,820	マジェラン海山群中の海盆地	褐色粘土 多数の団塊を含む 泥温 1°C
	16°29.8'	152°16.2'			
72216	19°02.0'	152°19.2'	5,520	マジェラン海山群中の海盆地 比高 5-50m で起伏	褐色粘土 マンガン団塊を含む 泥温 2°C
	19°05.0'	152°15.2'	5,525		
72217	25°07.5	144°19.3	3,810	海膨域斜面	ラジオリヤ軟泥 浮石, 岩片を含む
	25°07.5	144°18.3	3,680		
72218	28°01.7'	141°14.2	4,145	舟状海盆, 盆底	陸源性砂質シルト 火山性物質を含む
	28°02.5'	141°12.6	4,140		

(注) 風力・ウネリ, 風浪は気象庁風力階級および, 中央气象台, うねり, 風波階級数値を使用.

第3表のように, 調査海域では, 堆積物と海底地形との間には, かなり明瞭な関係がよみとれる. これと前述の水深との関係を総合すると, 次のとおりである.

- (i) 褐色粘土……水深4,500m以深の広い平坦な海盆地および海山間の比較的広い小海盆地に分布
- (ii) 石灰質軟泥……水深1,300-3,500mまでの海山・ギョー頂部・斜面・山麓の台地に分布
- (iii) 陸源堆積物……水深にあまり関係なく島嶼の周辺に分布
- (iv) マンガン団塊……海山・ギョー頂部よりも, 海山間の小盆地に産するものが成長度が良好である.

以上は, 今後のマンガン団塊探査のうえに, ひとつの指針を与えるものと思われる.

6.3 採取点における堆積物

今回の調査海域で行われた調査地点18点中, 堆積物が採取された地点は15, これらのうちマンガン団塊が採取された地点は8であった. 採取された深海堆積物は, 褐

色粘土・有孔虫軟泥・放散虫軟泥・陸源堆積物(砂質シルト)およびマンガン団塊である. 第32図にこれら堆積物の採取点を示す. また第4表に, 各点における堆積物および海底地形の概要を示した.

St. 72202

海域: マリアナ海盆東部

位置: 北緯 8°48.9'-8°46.5', 東経 158°41.9'-158°39.1'

水深: 5,160m

堆積物: マンガン団塊・岩石片・礫を含む褐色粘土.

褐色粘土は中褐色を呈し, 粒度は粘土, 放散虫および珪藻を少量含んでいる. マンガン団塊は大型で, 最大のものは12×11×2cmである. 形態はさまざま, 扁平, 魚卵状等である. 礫は, 直径数cmの軽石である.

St. 72204

海域: マリアナ海盆東部

北西太平洋マリアナ海盆周辺域におけるマンガン団塊とその探査
(竹田・丸山・山門・井上・磯・松本・鈴木・宇佐美・鶴崎・半田・松本・湯浅)

マンガン団塊概況	調査年月日 (1972)	作業時刻	気象・海況								
			天候	気温 ℃	水温 ℃	風向	風力	ウネリ	風浪	流向	流速 kt.
なし	11.28	08.25 10.00	曇	27.8	29.4	E	3	3	1		
径1cmの団塊および板状団塊 採取量約9kg	12.02	08.15 11.53	薄曇	29.0	29.3	E	3	3	3	200	1
径1cm以下の団塊 偏平不規則塊状 鉄マンガン質 薄膜被覆形	12.03	07.59 09.08	晴	27.5	29.4	E NE	3	2	1	221	
径3.5cm内外 重八面体状団塊 採取量80kg	12.03	13.11 18.11	晴	28.8	29.4	E NE	3	3	2	285	
不規則塊状団塊 採取量5kg	12.04	08.10 12.38	薄曇	27.7	28.9	E NE	3	3	4	185	
なし	12.06	13.22 15.09	曇	25.0	28.0	E	2-3	3	2	175	0.36
なし	12.08	13.40 17.16	曇	24.8	24.7	S	5	2	5	118	0.25

位置：北緯 10°29.0′-10°28.3′，東経 156°10.0′-156°06.5′

水深：5,700m

堆積物：マンガン団塊および礫を少量含む褐色粘土。
褐色粘土は中褐色を呈し，粒度はシルトおよび粘土・マンガン団塊はいびつな球形を呈し，径0.5cm大および1cm大のものが採取された。

St. 72205

海域：マリアナ海盆中央部

位置：北緯 12°48.0′-12°51.5′，東経 154°22.5′-154°22°.0′

水深：5,950m

堆積物：褐色粘土。中褐色を呈し，粒度は粘土。少量の放散虫を含む。

St. 72206

海域：マゼラン海山群

位置：北緯 16°02.0′-16°00.8′，東経 135°51.3′-153°

50.5′

水深：5,580m

堆積物：マンガン団塊を多量に含む褐色粘土。褐色粘土は中褐色を呈し，粒度はシルトが多い。マンガン団塊は球形，ダルマ形および三角形を呈し，最大のもは 5.1×6.3×3cm，普通径3-4cm大である。また，マンガン物質で覆い包まれた大型のサメの歯 (Carhardonc megalodon) が採取された。

St. 72207

海域：マゼラン海山群

位置：北緯 16°01.0′-16°02.0′，東経 153°34.0′-153°31.0′

水深：5,635m

堆積物：軽石の角礫を含む褐色粘土と多量のマンガン団塊。褐色粘土は中褐色を呈し，粒度はシルトが多く，粘土は少ない。大型のサメの歯を含む (第34図)。軽石の角礫は径1-2cmであ

る。採取された総重量約 8kg のマンガン団塊は、球形のものが最も多く、ついで、ダルマ形および三角形を呈している。球形のものは普通、径 2-7 cm 大であるが、最大は 13.5×9.0×6.0 cm であった。

St. 72208

海域：マゼラン海山群

位置：北緯 16°05.0′-16°08.0′, 東経 15°06.5′-15°04.0′

水深：5,710m

堆積物：褐色粘土。中褐色を呈し、粒度はシルトおよび粘土である。

St. 72209

海域：マリアナ諸島海域

位置：北緯 15°28.0′-15°27.9′, 東経 146°22.2′-146°20.2′

水深：3,930m

堆積物：ごく少量 (45 cc) の中褐色のシルトが採取されたにすぎない。

St. 72210

海域：グアム島西方海域

位置：北緯 13°37.7′-13°37.7′, 東経 144°37.4′-144°37.4′

水深：1,770m

堆積物：帯黄褐色、細粒砂ないし粗粒シルトの有孔虫軟泥がシベックグラフによって、ごく少量採取された。同地点における St. 72211 水中カメラの連続観測結果によると (第26図-第29図参照)、海底には、岩盤が露出し、その周辺に、岩塊が有孔虫軟泥と推定される明色の堆積物中に散在しているのが認められた。本測点において採取された堆積物がごく少量であったのは、このような海底状態にもとづくものと考えられる。

St. 72212

海域：グアム島西方海域

位置：北緯 13°36.1′-13°36.6′, 東経 144°35.9′-144°35.5′

水深：2,040m

堆積物：玄武岩質岩片を含む有孔虫軟泥。帯黄褐色を呈し、粒度は細粒砂ないしシルトである。

St. 72213

海域：マリアナ海盆東端

位置：北緯 14°31.0′-14°31.0′, 東経 148°19.5′-148°17.9′

水深：5,690m

堆積物：マンガン物質薄膜で覆い包まれた岩片ならびにマンガン団塊を含む褐色粘土。褐色粘土は中褐色を呈し、粒度はシルトおよび粘土である。マンガン団塊は不定形であり、大きさは普通 0.5-1 cm 大であるが、最大のもののは 10×6×2 cm であった。

St. 72214

海域：マゼラン海山群海域

位置：北緯 15°41.0′-15°40.0′, 東経 152°06.0′-152°05.0′

水深：1,470m

堆積物：帯黄褐色の有孔虫軟泥および径 1.0-1.5 cm のマンガン団塊、ならびにマンガン物質で Coating された礫が、それぞれ少量採取された。

St. 72215

海域：マゼラン海山群海域

位置：北緯 16°23.8′-16°29.8′, 東経 152°18.0′-152°16.2′

水深：5,820m

堆積物：褐色粘土と多量のマンガン団塊。前者は中褐色を呈し、粒度は粘土が主である。後者は 8 面体をおびた球形をなし、最大径 4.5 cm, 普通 2-4 cm 径である。

St. 72216

海域：マゼラン海山群海域

位置：北緯 19°02.0′-19°05.0′, 東経 152°19.2′-152°15.1′

水深：5,520m

堆積物：褐色粘土とマンガン団塊。褐色粘土は中褐色を呈し、粒度は粘土。マンガン団塊はダルマ形が多く、ほかに半球形、扁平なものがある。最大のもののは長径 7 cm, 短径 4.5 cm であるが、一般に径 3-4 cm 大である。

St. 72217

海域：小笠原海嶺海域

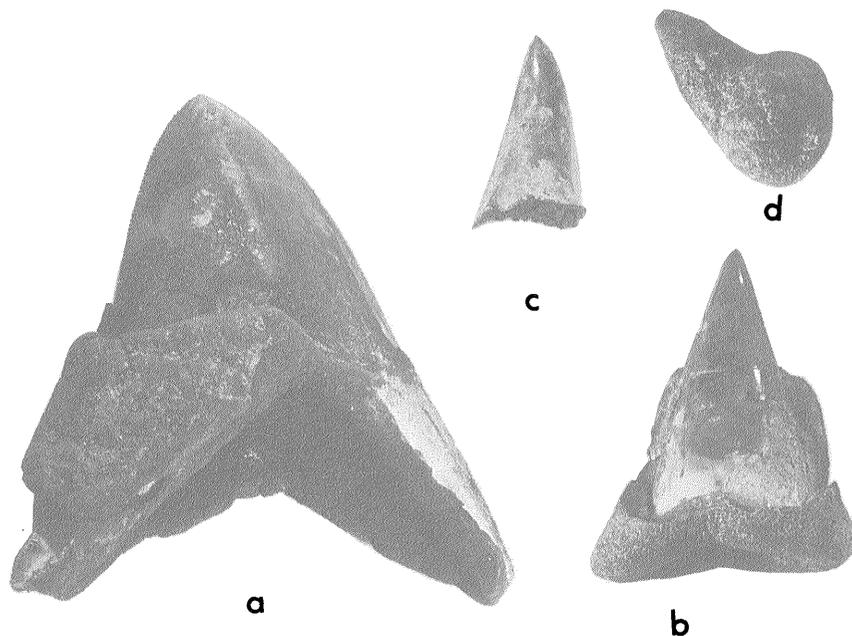
位置：北緯 25°07.5′-25°07.5′, 東経 144°19.3′-144°18.3′

水深：3,810m

堆積物：礫を含む放散虫軟泥。暗黄褐色を呈し、粒度は細粒砂ないしシルトである。礫は軽石質で円磨度が低い。最大のもので径 2-3 cm 大である。

St. 72218

海域：小笠原海嶺海域



第34図 マンガン団塊の核としてのサメの歯

- a: *Carcharodon megalodon* ×1.0,
 b, c: *Isurus hastalis* ×1.7,
 d: マンガンに被膜されたサメの歯 ×1.5

(鑑定は後藤仁敏氏：東京医科歯科大学所属)

位置：北緯 28°01.7' - 28° 02.5', 東経 141°14.2' - 141° 12.6'

水深：4,145m

堆積物：火山岩片等を含むいわゆる陸源堆積物で、色は暗黄褐色、粒度は砂質シルト。

6.4 堆積物の記載

マンガン団塊をのぞく各堆積物について、粒度分析、岩石検微鏡観察、X線回折分析および重鉱物分析を予察的に行った。

6.4.1 褐色粘土

色は湿潤状態で中褐色 (USGS カラーチャートの 5 YR 3/4) であり、採取地点による色の変化はない。

粒度はシルトおよび粘土を主とし、ごく少量の微細砂を含む。採取点によって粒度分布に変化がある。すなわち、St. 72206, 72007および72208の褐色粘土は 4 μ 以下の粘土は約 30-40% であって、シルトが優越している。一方、72202, 72205, 72215および72216の褐色粘土では 4 μ 以下の粒子が約 60-70% であり、粘土が優越している。

74-104 μ の微細粒砂について構成鉱物をみると、褐色粘土は主として低温型・高温型石英結晶、石英破片、

無色および黒色のガラス、ならびに岩石破片を含み、そのほか少量の長石、かんらん石の破片が存在する。生物としては、有孔虫、放射虫、珪藻、海綿骨等がわずかながら含まれている。St. 72207の褐色粘土の微細粒砂の構成は、石英61-74%、岩石片18%、ガラス4-13%、その他の鉱物2-3%、生物遺骸2-5%であった。

X線回折分析によると、72207, 72215および72216の褐色粘土は、石英・イライト・緑泥石の各ピークが顕著に識別され、そのほか斜長石が伴っている。72208の褐色粘土は、石英および斜長石が不明瞭で、イライトと緑泥石が識別されたにすぎない。なお、X線回折分析については、堆積物の粒度別分析等、今後なお検討の要がある。

重鉱物分析によると、St. 72202, 72208, 72210, 72215および72216の褐色粘土に含まれる透明重鉱物は、第5表に示すとおりである。これら褐色粘土の透明重鉱物の90%以上が Hypersthene および Augite であり、数%の Hornblende および Olivine が含まれている。これらの鉱物は本海域の火山島ならびに海底火山から主としてたらされたと考えられる。なお、72202および72208の褐色粘土中に産した岩片も、Hypersthene と Augite が最も多

第5表 堆積物の透明重鉱物分析 (%) (鈴木泰輔技官分析)

試料番号	試料の種類	Olivine	Hornblende	Oxyhornblende	Hypersthene	Augite	Epidote	Zoisite	Rutile	Titanite	粒の大きさ mm			
											0.5-1.0	0.25-0.50	0.12-0.25	0.06-0.12
72202	褐色粘土片		7		19	74						c	a	
"	岩片		3		69	24				4		r	a	
72208	褐色粘土片		2	+	52	42	3		1			r	r	a
"	岩片		3		72	25					c	a	c	
72210	褐色粘土片	5	2	1	8	83			1				r	a
72212	有孔虫軟泥	2	5	4	26	63	+		+			r	r	a
72214	"		4	2	17	77			+			r	r	a
72215	褐色粘土片	2	3		65	27	3	+	+			r	r	a
72216	"		4	+	29	63	4					r	r	a
72217	放散虫軟泥	20	1	+	9	70						r	a	
"	岩片	1	1		6	92						c	a	
72218	砂質シルト	17	3		10	70						r	c	a
ポナペーA	ナンマドール付近の海浜砂	64	4		3	28	1					c	a	
" -B	玄武岩	54			25	21						c	a	
グアムーA	UMATAC付近の海浜砂	1	5	2	3	79	6		1			r	a	

+ : 1 per cent under r : rare c : common a : abundant

く、数%台の Hornblende が含まれている。

6.4.2 有孔虫軟泥

湿潤状態における色は moderate yellowish brown (カラーチャート 10YR5/4) であり、カロリン群島海域で45・46年度に採取した有孔虫軟泥の帯黄白色よりもかなり暗色を帯びている。粒度は微細粒砂ないし砂質シルトで、粘土は少量である。

74-104 μ の微細粒砂についてみると、その構成物質の大部分が有孔虫をはじめとする放散虫、海綿骨珪藻等の生物遺骸からなり、そのほか、赤褐色に汚染された石英粒、ガラスおよび岩石の細片等が少量含まれている。

生物遺骸の大部分は浮遊性有孔虫からなり、ついで放散虫、海綿骨の破片があり、珪藻はまれである。有孔虫遺骸の保存状態はきわめて良好である。試料 72212 に含まれる有孔虫は以下のとおりである (名取博士技官鑑定)。

- Globorotalia cfr. cultrata cultrata (d'Orbigny) C
- G. cfr. tumida tumida (Brady) C
- G. af. unguolata Bermúdez f
- Globigerinoides cfr. conglobatus (Brady) f
- G. quadri-sacculifera (Brady) C
- Pulleniatima af. obliqueloarata finalis f
- Sphaeroidinella cfr. dehiscens (Parker & Jones) a

Orbulina universa d'Orbigny f

以上の有孔虫のほとんどは暖流系である。時代的にみると、多産する Sphaeroidinella は鮮新世初期から現世まで、Orbulina universa は中新世中期から現世まで、Globorotalia tumida tumida は中新世後期から現世まで、それぞれ生存範囲を有している。

72212 の有孔虫軟泥のX線回折分析によると、方解石のみが顕著に識別されるほかは、ほとんど不明瞭である。

60-500 μ の粒度の重鉱物分析によると、72212 と 72214 の有孔虫軟泥に含まれる透明重鉱物は、その90%以上が Augite と Hypersthene からなり、数%台の Hornblende および Oxyhornblende ならびに Olivine を含む。透明重鉱物におけるこの組成は、褐色粘土の場合と異ならない。なお、軟泥、褐色粘土両方に、ごく少量ながら Epidote および rutile が含まれている。

6.4.3 放散虫軟泥

湿潤状態における色は暗黄褐色 (カラーチャート 10 YR4/2) である。

粒度はやや淘汰不良で、細粒砂ないしシルトである。

74-104 μ の微細粒砂は、放散虫遺骸が最も多く全体の約 30-40%、ついで珪藻の約 10-20%、有孔虫の約 5

-15%であり、そのほか無色および褐色のガラスが約20%、黒色および赤色の岩石片ならびに石英が少量含まれる。しかし、以上の含有率は、粒度によってかなり大きく変化し、細粒になるにつれて、ガラスおよび有孔虫遺骸の比率が増大している。

細粒物質のX線回折分析によると、方解石が顕著なピークで識別されるほかは、石英・イライト・緑泥石が不鮮明であるが識別されるていどである。これらのことから、72217の放散虫軟泥は、粒度によってかなり不均質であることが推測される。

120-500 μ の粒子について重鉱物分析を行った結果では、Augiteが70%、Hypersteneが約10%であり、前述の有孔虫軟泥ならびに褐色粘土に比較して、Augite/Hyperstene比が高く、さらにOlivineが20%も含まれている。Hornblendeはわずかに1%にすぎない。

6.4.4 陸源砂質シルト

湿潤状態における色は暗黄褐色(カラーチャート10YR 2/2)である。

粒度は細粒砂ないし砂質シルトで、淘汰不良である。

細粒砂の構成鉱物は石英、有色鉱物および火山岩の細片等である。生物遺骸はほとんど含まれていない。

60-500 μ の粒子にみられる透明重鉱物は、主としてaugite 70%、Hyperstene 10%、Hornblende 3%およびOlivine 17%からなっている。この組成は、72217の放散虫軟泥の透明重鉱物組成に酷似しており、これらの重鉱物が主として周辺の火山島あるいは海底火山からもたらされたものと推定される¹⁾。

6.5 マンガン団塊

今回の調査航海で調査した18地点のうち、マンガン団塊が採取された地点は8地点であり、それらの地点で採取された団塊の概要は次の通りである。

6.5.1 各採取点におけるマンガン団塊

St. 72202

本地点では円筒型採泥器2個により、約4kgの団塊が採取されたが、その大半は長径3cm以下の偏豆状団塊であり、一面が腎臓状を呈する不規則板状団塊(最大長径15cm、平均長径4-5cm、厚さ2cm内外)を少数含む(第35図)。

これらの団塊は黒褐色、緻密で滑らかな表面を有し、偏豆状団塊中には長径数mm-10数mmの風化岩石片の核が含まれることが多く、不規則板状団塊には細粒偏豆状団塊が多数膠着して形成されたものと、不規則板状の風化岩石片を厚さ3-5mmの鉄マンガン質鉱殻が覆い包むものからなる。

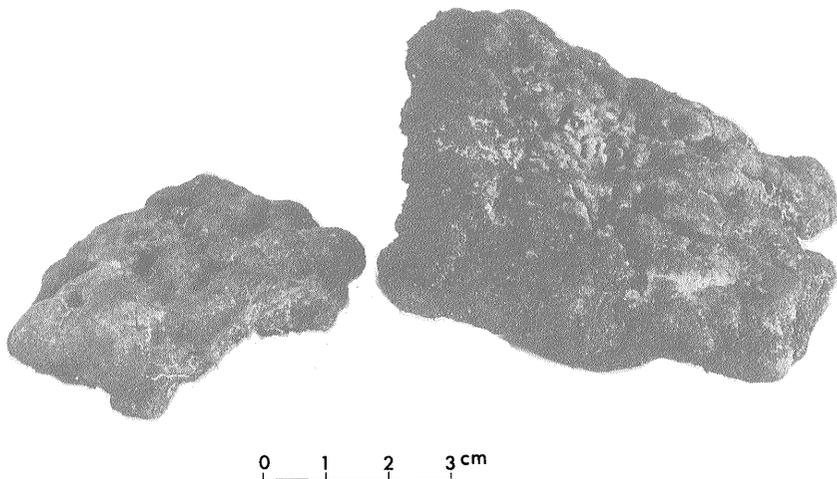
St. 72204

本地点では円筒型採泥器により、褐色粘土とともに、直径1cm以下の軽石礫と歪角礫状マンガン団塊が数個ずつ採取された。

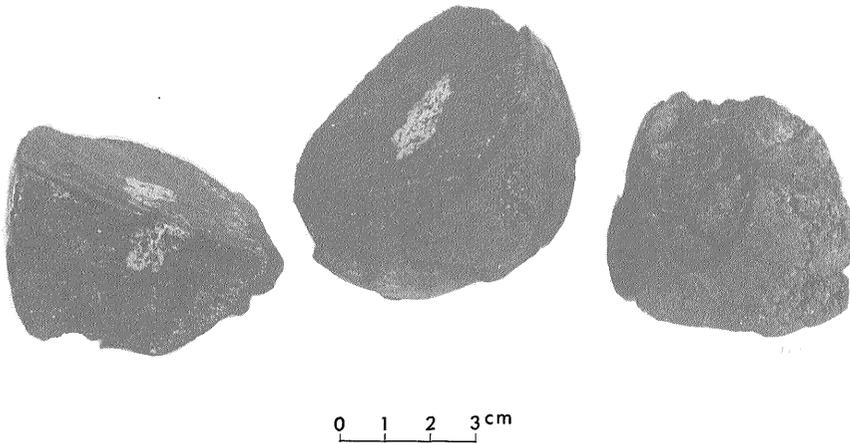
この地点の歪角礫状マンガン団塊は鉄マンガン質薄膜が軽石礫の表面を被覆するものからなる。

St. 72206

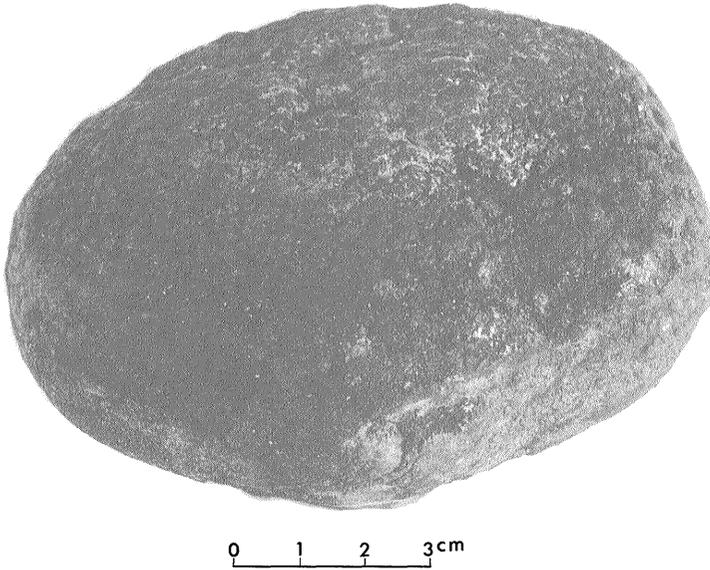
1) 採取点付近の火山島としては硫黄列島があって、ここに産する火山岩はかんらん石普通輝石粗面安山岩、普通輝石かんらん石玄武岩等である。また、小笠原諸島父島、母島には古第三紀の火山岩類が分布し、これらは主として両輝石安山岩である(日本産火山岩の化学成分)。



第35図 不規則状マンガン団塊 (St. 72202, 水深 5,160m)



第36図 団塊中の核 (St. 72206, 水深 5,580m)



第37図 楕円体状のマンガン団塊 (St. 72207, 水深 5,635m)

本地点では2個の円筒型採泥器により、褐色粘土とともに、約30kg (約600個)の団塊が採取された。これらの団塊は球状 (直径5cm以下)のものが大半 (約90%)をしめ、その表面は黒褐色でザラザラした感じが強い。また、一部の団塊は長径6-9cmの楕円体状、大小の球状団塊が接着したダルマ状、あるいは皿三角錐状等を呈する。

これら団塊の大半のものは、楕円体状、不規則板状の風化岩石核を内蔵するが (第36図)、皿三角錐状団塊はサ

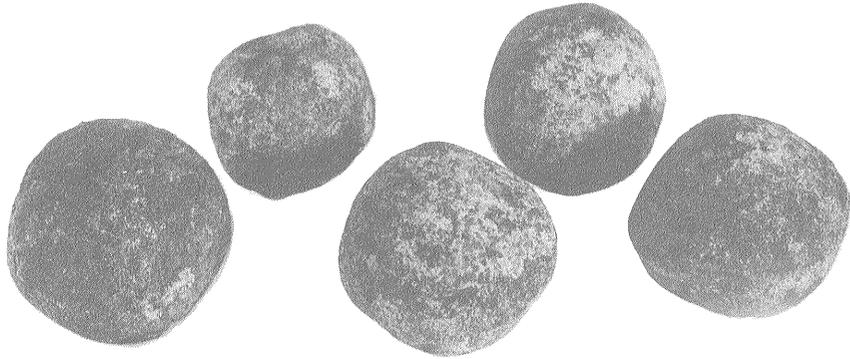
メの歯が核となることが多い。サメの歯は通常、長径2-3cm、最大長径は約7cmとなる (第34図)。

なお、本地点の団塊の粒度組成、鉱物組成等については後述する。

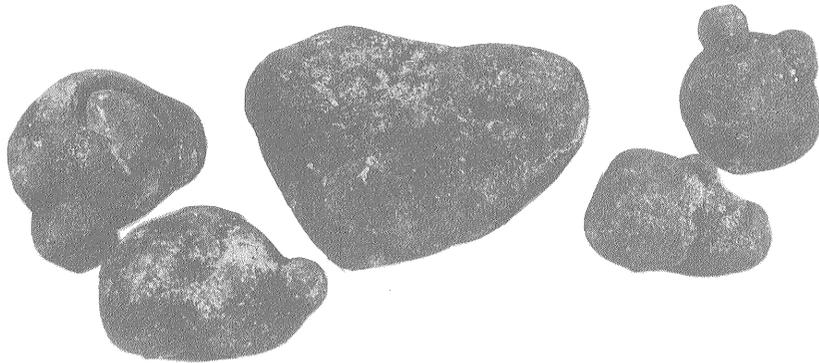
St. 72207

本地点では円筒型採泥器中に、褐色粘土とともに団塊約17kg、網張り角型採泥器中に約63kgの団塊、計70kg余 (約1,150個)の団塊が採取された。

本地点の団塊は、球状のものが主体となり、楕円体



第38図 球状および亜八面体状マンガン団塊 (St. 72215, 水深 5,670m)



第39図 ダルマ型球状のマンガン団塊 (St. 72216, 水深 5,520m)

状、ダルマ状、偏平亜楕円体状および亜三角錐状等のものがそれぞれ少数ずつ存在し、風化岩石片あるいはサメの歯等の核を持つことなど、形態上・構造上で前記72206地点の団塊と似るが、本地点の団塊は全般的に大型となり、楕円体状のもの最大長径が14 cm (第37図)、サメの歯の最大長径が11 cmのものも存在する。

St. 72213

本地点では網張り角型採泥器と円筒型採泥器により約6 kgの団塊を採取した。

これらの団塊は、長径1 cm以下の偏豆状のものが主体となり、不規則板状団塊が少数含まれる。不規則板状団塊は、最大長径10 cm以下、厚さ2 cm程度のものからなり、風化岩石片を鉄マンガン質薄膜が覆い包むものと、偏豆状のものが多数互いに膠着したものとの2種類

が存在する。

St. 72214

本地点では円筒型採泥器により、少量の有孔虫軟泥とともに直径1.5 cm以下の球状ないし亜角礫状団塊が少数採取された。

これらの団塊は岩礫を薄膜状の鉄マンガン質物が覆い包む形態のものからなる。

St. 72215

本地点では3個の円筒型採泥器により、褐色粘土とともに約80 kg (約1,100個)の団塊を採取した。これらの団塊は、黒褐色のややザラザラした表面を持つ亜八面体ないし球状のもので、直径は4.5-2.5 cmで、3.5 cm内外のものが非常に多く、形態・粒径ともに良く揃っている (第38図)。

St. 72216

本地点では円筒型採泥器により褐色粘土とともに少数の団塊を採取し、網張り角型採泥器で約6kg(約170個)の団塊を採取した。

それらの団塊は、そのほとんどが直径2-3cmの球状団塊であり、大小2-3の団塊が接着したダルマ型のものの存在が目立つ。また、長径4-7cmの不規則板状団塊および長径5-7cmの楕円体状団塊がそれぞれ数個ずつ存在した(第39図)。

これら8地点の団塊採取状況から本調査海域の団塊分布状況を考察すると下記となる。

- (i) 本調査海域の団塊は、主に水深5,000m以深の深海底に賦存し、その付近の堆積物は、褐色粘土である。
- (ii) 本調査海域中の団塊濃集地域として、マジェラン海山群海域の盆状地があげられる(St. 72206, 72207, 72215および72216)。
- (iii) 上記濃集地域の団塊は、球状ないし亜八面体状(直径2-6cm)あるいは楕円体状(長径最大15cm・平均6-8cm)のものからなり、表面は黒褐色で、ザラザラした感じが強く、淡紅白色粘土状物質の核を内蔵し、鉄マンガン質部は1-3cmの厚さで核を覆い包む。
- (iv) マジェラン海山群中の海山頂部にも団塊が分布するが、その鉄マンガン質部は薄膜状である(St. 72214)。
- (v) マリアナ海盆東縁部および東部地区にも団塊が分布する。その団塊は、長径1.5cm以下の偏豆状(豆状)のもの、一面が腎臓状を呈する不規則板状のものあるいは風化岩石片、軽石等の表面を鉄マンガン質薄膜が覆い包むもの等からなる(St. 72202, 72204)。

なお、本調査で、マリアナ海溝東縁部海山群中の盆状地にもマンガン団塊の存在することが確認された(St. 72214)。

また、本調査は採泥器による調査が主であったが、その調査地点数も少なく、かつ各地点が散在しているので、上記団塊濃集地域とその周縁海域および今回充分に調査をし得なかったマリアナ海盆海域等については、今後さらに目的に応じた密度の高い調査を実施することが望まれる。

6.5.2 団塊の粒度

今回の調査で多量の団塊を採取し、団塊の濃集地域と予想される4地点における、団塊の粒度構成を示したのが第6表と第40図である。

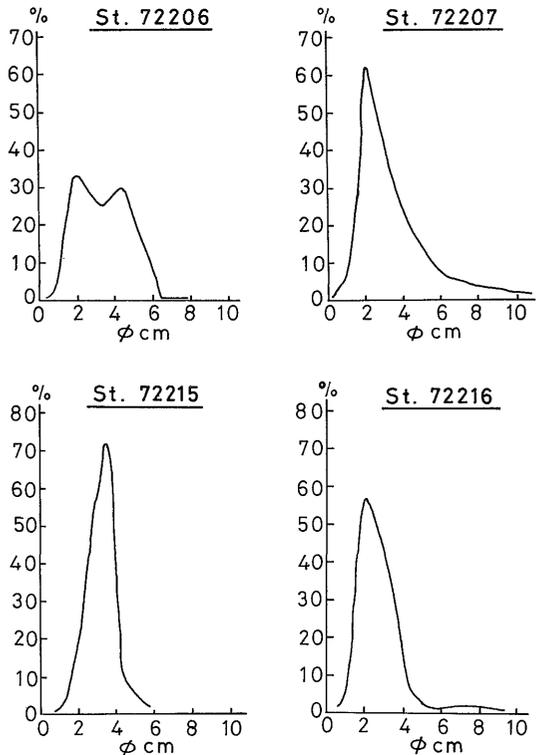
St. 72206の団塊は、そのほとんどが直径6cm以下の

第6表 マンガン団塊の大きさ組成

径	個体数と%	72206	72207	72215	72216
>10cm	個体数 (%)		25 (2.18)		
10-7cm	個体数 (%)	3 (0.50)	40 (3.49)		3 (1.76)
7-6cm	個体数 (%)	3 (0.50)	86 (7.50)		1 (0.58)
6-5cm	個体数 (%)	78 (12.96)			2 (1.17)
5-4cm	個体数 (%)	174 (28.90)	275 (23.97)	95 (8.67)	10 (5.85)
4-3cm	個体数 (%)	148 (24.58)		783 (71.51)	59 (34.50)
<3cm	個体数 (%)	196 (32.56)	721 (62.86)	217 (19.82)	96 (56.14)
合計数		602	1147	1095	171

球状団塊からなり、その中でも直径2-3cmのものと同径4-5cmのものが多く、ポリモード的粒度構成となる。

St. 72207の団塊は、長径5-15cmの楕円体状のものと直径6cm以下の球状のものから構成されるが、直径2-3cmの球状団塊が過半数以上をしめる。



第40図 マンガン団塊の大きさ分布図

第7表 マンガン団塊中の核のX線回折分析

72207		2-0037(A.S.T.M)		72213		12-214(A.S.T.M)			16-604(A.S.T.M)		
団塊	核	montmorillonite		団塊	核	zeolite (species P)			zeolite(Mg-Pc)		
d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	hkl	d(Å)	I	hkl
12.20	B 80	11.8	100	8.15	15	7.1	60	110	7.09	75	110
11.70											
		5.90	20	6.33	10						
4.42	100	4.45	90	5.34	20						
4.20	40			5.00	30	5.0	40	200	5.01	50	200
				4.48	10				4.48	25	210
3.75	30			4.29	10						
3.43	20			4.09	40	4.10	60	211	4.08	60	211
3.31	70								3.33	14	300.221
3.18	50			3.24	45						
2.97	30	2.97	60	3.17	100	3.18	100	310	3.16	100	310
2.74	20								3.02	10	311
2.55B	50			2.94	20						
						2.90	10	222	2.887	2	222
2.229	20	2.23	20	2.73	25				2.772	6	320
2.154	20			2.678	30	2.68	10	400	2.675	45	321
2.115	20			2.54	B 10						
				2.51		10				2.496	4
1.787B	20			2.39	10	2.41	10		2.424	6	410.322
1.690	20	1.69	60			2.36	20				
1.664B	20			1.964B	10	2.23	10		1.960	6	510.431
									1.856	4	520.432
1.535	20			1.770	15				1.767	4	440
1.493	50	1.49	80	1.718	10				1.714	4	530.433
				1.662B	10				1.666	4	600.442
									1.561	4	621.540
				1.483B	10						

St. 72215の団塊は、形・大きさとともに良く揃っており、直径3-4 cmの球状ないし亜八面体状団塊が大半をしめ、直径5 cm以上および1 cm以下の団塊は認められない。

St. 72216の団塊は、直径2-4 cmの球状団塊が主体となり、長径5-7 cmの楕円体状のものと長径7 cm以下の不規則板状のものが少数ずつ存在する。

これら4地点のうち、72206、72207および72215の3地点は、同一盆状地の中において、東から西へと位置し、3地点間の団塊の粒度特性として、最濃値（その地点の最も多くの団塊が示す粒径）が東から西へと順次細粒化し、そのうえ粒度構成範囲が狭まり、粒径が揃うことが挙げられる。

なお、72216地点の団塊の粒度構成は、上記3地点中の中間、72207に似た構成状態にある。

6.5.3 団塊に内包される核

今回採取した団塊のうち、採取作業中に破砕した団塊を見ると、ほとんどの団塊の中には粘土、軽石、岩石片あるいは鮫の歯等が核として認められた。

その後、分析試料の作製、内部構造の把握、鉱物組成の検討等を目的として、各地点の代表的団塊を、72206、72215、72216の3地点から10個ずつ、72207地点から20個、その他の地点から約10個、合計約60個を選び、切断試験を行ったが、それらの団塊のほとんどには淡紅白色で、脂肪光沢に富む粘土状物質の核が認められ、火山岩質物の風化したものと推定される。

これら粘土状物質の核は、72206、72207、72215の諸地点では、直径5 cm以上の楕円体状団塊中で長径2-4 cmの不規則偏平ないし塊状、直径6 cm以下の球状ないし亜八面体状団塊中では長径2 cm以下の偏豆状または不

第8表 マンガン団塊の鉄マンガン部分の加熱実験結果

72206			19-629(A.S.T.M)			13-162(A.S.T.M)			8-10(A.S.T.M)			72213		13-162(A.S.T.M)		
Outer shell			Iron oxide			Spindle type manganese oxide			Bixbyite			Outer shell		Spinel type manganese oxide mineral		
d(Å)	I		d(Å)	I	hkl	d(Å)	I		d(Å)	I	hkl	d(Å)	I	d(Å)	I	hkl
4.88	2		485	8	111	486	50					4.82	20	4.86	50	111
									3.83	60	112					
3.66	20											3.20	20	3.14	20	
2.96	40	296	30	220	298	50			299	30						
2.69	80								272	100	222	2.96	30	2.98	50	220
2.53	100	2.53	100	311	254	100			251	20	321	2.69	20			
2.36	30	2.42	8	222	243	10			235	40	004	2.53	100	2.54	100	311
2.10	40	2.09	20	400	210	50			221	20	330			2.43	10	222
									201	40	332	2.10	20	2.10	50	400
									1.873	40						
		1.715	10	422	1.718	20			1.719	25	125	1.720	10	1.718	20	422
1.660	40								1.657	90	440	1.621	30	1.620	50	511.333
1.620	40	1.616	30	511	1.620	50			1.617	20	433	1.491	40	1.488	60	440
									1.567	20	442					
									1.530	30				1.284	20	533
1.491	50	1.485	40	440	1.488	60			1.483	20	620			1.215	10	444
									1.454	30	541			1.126	10	642
									1.421	80	622			1.096	40	731.553
		1.281			1.284	20										

規則偏平体状となることが多く、それらのほとんどが鉄マンガン物質により交代され、黒色鉄マンガン物質が核の中に不規則網状、脈状、樹枝状等の形で入り込むとともに、径1mm以下の斑点状をなして核の周縁部あるいは核内に多数散在する。

これら淡紅白色粘土質核の鉱物組成は72207地点のものについてX線回折試験の結果、第7表に示すように、モンモリロン石が主体となるものと考えられる²⁾。

なお、マリアナ海溝東縁部に位置する72213地点で採取された不規則五角板状団塊中の灰白色の核は、X線回折試験の結果³⁾、第7表に示すように、沸石類、特にフィリップサイトが主要構成鉱物となるものと推察される。

これらのX線解析は、試料数も少なく、解析上にも不十分な点が多い。このため今後、数多くのものについて検討を重ね、詳細な鉱物組成を明らかにすることが必要である。

2) 元所員井上秀雄氏・鉱床部安田俊一技官の協力を得た。

3) 同上。

6.5.4 団塊の鉱石部

団塊の鉱石部とは団塊中の鉄マンガン質部分をさしたもので、Mn・Fe・Ni・Co・Cu等の有用元素が濃集することから鉱石部と称した。

今回の調査では、72206、72207、72215、72216地点等で多量の団塊を採取したが、それらの団塊は核の周囲に厚さ数mmから約3cmの鉱石部が存在する。

これらの断口面は赤褐色、土状を呈し、洗浄すると黒褐色となる。

鉱石部は黒色緻密層状の表殻部と、幾分粗鬆で塊状の内殻部からなり、表殻部(厚さ1-3mm)には厚さ約1mmの同心円状(年輪状)構造が認められ、剝離性を示す。表殻部の最上部層、厚さ約1mmの部分は径1mm以下の黒色細粒物が凝着した形状を呈し、それによって団塊表面部のザラザラした感じが作り出されている。なお、中粒団塊の一部および径1cm以下の団塊の表面はおおむね、より滑らかで緻密な面で構成されていることが多い。

第9表 マンガン団塊化学分析結果

(分析: 東京石炭鉱物研究所)

	72202		72206		72207			72213		72215		72216
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	A	B	
SiO ₂	22.51	23.44	14.37	13.24	14.14	14.59	15.14	19.53	27.38	12.90	13.89	16.47
TiO ₂	1.64	1.72	2.12	2.28	2.10	2.30	2.20	1.97	1.72	2.24	2.52	2.04
Al ₂ O ₃	7.40	7.96	5.22	4.57	4.77	5.17	5.19	7.24	9.68	4.81	5.10	5.34
Fe ₂ O ₃	13.49	14.73	20.95	21.72	21.56	20.32	20.97	16.84	14.83	22.41	21.78	18.83
FeO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Mn	14.29	11.74	14.65	17.59	15.25	15.37	14.81	14.51	10.42	15.15	15.04	14.84
MgO	2.94	2.82	1.77	1.72	1.85	1.89	1.87	2.32	2.17	1.79	1.83	1.90
CaO	2.55	2.52	2.13	2.07	2.19	2.13	1.96	1.60	1.57	1.88	1.93	2.27
Na ₂ O	2.52	2.79	1.89	1.78	3.79	1.86	1.52	2.35	2.83	1.85	1.70	1.72
K ₂ O	1.20	1.43	0.93	0.80	1.74	0.84	0.95	1.90	2.01	0.73	0.79	0.86
P ₂ O ₅	0.15	0.29	0.23	0.29	0.32	0.28	0.26	0.28	0.29	0.28	0.29	0.36
Ni	0.47	0.34	0.30	0.31	0.29	0.34	0.31	0.41	0.35	0.30	0.32	0.35
Co	0.13	0.13	0.36	0.36	0.32	0.33	0.36	0.24	0.15	0.36	0.36	0.32
Cu	0.39	0.22	0.16	0.13	0.05	0.06	0.14	0.17	0.19	0.17	0.19	0.16
BaO	0.03	0.03	0.05	0.07	0.06	0.09	0.10	0.06	0.02	0.08	0.11	0.10
+H ₂ O	6.20	6.22	6.48	7.91	6.96	7.44	7.95	8.53	7.79	8.19	8.32	8.55
-H ₂ O	12.03	12.98	13.77	13.92	14.54	14.01	13.72	10.64	10.17	13.40	12.49	12.21

内殻部は上記4地点の団塊に、厚く認められるもので、鉄マンガン物質に富む黒褐色部と粘土物質に富む赤褐色部とからなり、両者間は漸移的であることが多い。そのため、多くは塊状を呈し、明瞭な同心円状(年輪状)構造は認められない。

鉄マンガン物質に富む黒褐色部には不鮮明な楕円体状(長径3mm以下)、樹枝状等を呈する優黒色部が含まれそれらは団塊中の核を中心として放射状に配列し、その側方間隔が狭まると、不鮮明な同心円的層状構造帯があらわれる。

この優黒色部は、核に直接して存在することが多く、表殻部までの間にさらに一帯が存在する団塊もある。

これら優黒色部と表殻部との一部には緻密で、黒色ガラス質光沢を示す部分も含まれる。

この黒色ガラス質部は、X線回折試験では非晶質であることが判明したので、850°C、1時間の加熱処理をおこなった⁴⁾ところ、約20%の重量減少とともに第8表に示すX線回折結果が得られ、加熱処理した72213団塊表殻部試料中ではスピネル型マンガン酸化物(ハウスマン鉱)が、72206団塊の表殻部と内殻部の優黒色輪状帯部試料中では鉄酸化物(磁鉄鉱)、スピネル型マンガン酸化物およびビックスピ石が、形成された⁵⁾。

4) 元技術部化学課 前田憲二郎技官の協力を得た。

5) 鉱床部吉井守正技官の協力を得た。

6.5.5 団塊の化学組成

本調査中に採取した地質試料については、多量に採取された地点の代表的団塊試料(4地点・8試料)、特異な性格を持つと思われる団塊試料(2地点・4試料)、および調査海域内の代表的底質堆積物試料(4地点・4試料)について化学分析試験を行った。なお、分析用試料は団塊内の核を含めた平均試料であり、全試料とも、淡水洗浄等の処理は行っていない。

第9表は分析結果を示したもので、その中から、本海域の団塊の化学組成上の特性を見ると下記となる。

- (i) マジェラン海山群海域に産する団塊(72206, 72207, 72215, 72216)は、Fe 13-16%, Mn 14-18%, Ni 0.29-0.35%, Co 0.32-0.36%, Cu 0.05-0.19%と、FeとMn, NiとCoをほぼ等量ずつ含むが、太平洋全域の団塊の平均含有量に対比すると、FeとCoはほぼ平均量、Mnは平均値の約 $\frac{1}{2}$, NiとCuは平均値の $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{4}$ となり、一応FeとCoに富む団塊の部類に入るものと推察される。

なお、本調査海域に分布する褐色粘土中の有用金属元素の含有率はFe 4.75-5.69, Mn 0.50-0.71, Ni 0.01-0.02, Co 0.01-0.02, Cu 0.02-0.03であり、既存のマンガン団塊賦存地域の褐色粘土の化学分析品位にくらべ低品位となっている(第10表)。

第10表 褐色粘土の化学成分

(分析: 東京石炭鉱物研究所)

St. No.	72202	72205	72206	72216
Long. & Lat.	N 08°48.9' E158°41.9'	N 12°48.0' E154°22.5'	N 16°02.0' E153°51.3'	N 19°02.0' E152°19.2'
Depth	5160m	5950m	5580m	5520m
SiO ₂	40.64	41.48	46.97	46.34
TiO ₂	1.55	0.67	0.82	0.81
Al ₂ O ₃	12.18	12.38	13.82	12.69
Fe ₂ O ₃	8.14	6.79	7.27	6.95
FeO	0.43	0.07	0.22	0.57
Mn	0.50	0.57	0.71	0.52
MgO	3.69	3.56	3.92	3.55
CaO	1.97	1.06	1.54	2.28
Na ₂ O	5.44	4.16	4.44	3.53
K ₂ O	1.84	2.51	2.75	2.26
P ₂ O ₅	0.54	0.28	0.42	0.31
Ni	0.01	0.01	0.02	0.01
Co	0.01	0.01	0.02	0.01
Cu	0.03	0.02	0.03	0.03
BaO	0.05	<0.01	0.02	0.01
+H ₂ O	7.05	6.02	7.16	5.57
-H ₂ O	11.67	15.12	4.68	9.43

7. 結 語

今回、「深海底鉱物資源探査に関する基礎的研究」の第1年目として1972年11月10日から12月10日まで、北西太平洋海域—とくにマリアナ海盆およびマジェラン海山群地域—において、マンガン団塊の調査を実施した。

本調査航海において、台風27号の影響による天候悪化、船の設備（ウインチ）の故障および急病人の発生等により、予定した調査地点の変更も一部生じた。

しかしながら、本調査においては調査技術面で、公害資源研究所の開発したワイヤロープの張力測定装置とバケット張力測定器により、採泥中のバケットの挙動が明らかとなり、また、深海底における改良式角型バケットのマンガン団塊採取に成功した。さらに、シュベック式採泥器が水深約 2,000m まで使用し得ることが判明し、深海用カメラは海底撮影に成功するなど、今後の調査技術にいくつかの明るい見通しを得た。

一方、調査自体の成果としては、海底地形の音測によって、全航程にわたって海底地形を把握したが、敷地点で従来の資料と若干異なった地形を示すことが明らかとなった。しかし、この問題に関しては測線が不足しているため、今後さらに精査する必要があると思われる。

深海堆積物の分布と水深および海底地形との関係につ

いては、北西太平洋海域で水深 3,500m 以浅には石灰質軟泥類、水深 4,500m 以深には褐色粘土が分布し、その中間には漸移帯の存在することが明らかとなった。一方、陸成堆積物は島嶼海域に分布し、その分布状況は水深よりも堆積物の運搬距離に関係するものようである。

マンガン団塊については、今回の調査航海で8地点において総量約 200kgのマンガン団塊を採取することができた。その結果、マジェラン海山海域にマンガン団塊の濃集帯の存在する可能性を指摘し得た。しかし、これらのマンガン団塊は、水深 5,000m 以深で採取したにもかかわらず、Mn/Fe、Ni/Co 比が 1 に近く、また球形のマンガン団塊が相当多く存在する等の特性がみられるが、全般的に有用金属元素の含有量は低いようである。

参 考 文 献

BUSER, W. and GRUTTET, A. (1956) Über die Natur der Manganknollen. *Schweiz, miner. petrogr. Mitt.*, 36, p. 49-62.

地質調査所 (1971) 深海底鉱物資源開発に関する基礎的調査研究報告書. 科学技術庁研究調整局.

- CRONAN, D. S. and TOOMS, J. S. (1968) A microscopic and electron probe investigation of manganese nodules from the northwest Indian Ocean. *Deep-sea Res.*, 15, p. 215-223.
- and —— (1969) The geochemistry of manganese nodules and associated pelagic deposits from the Pacific and Indian Oceans. *Deep-sea Res.*, 16, p. 335-359.
- GOLDBERGE, D. and ARRHONIUS, G. (1958) Chemistry of Pacific pelagic sediments. *Geochim. Cosmochim. Acts.*, 13, p. 153-212.
- 後藤仁敏 (1970) サメの歯の古生物学的研究. 化石研究会会誌, no. 3, p. 23-62.
- (1972) 日本産の化石軟骨魚類についての一総括. 地質雑, vol. 78, no. 11, p. 585-600.
- HORN, D. R., HORN, B. M. and DELACH, M. N. (1972) Ferromanganese deposits of the North Pacific Ocean. *Tech. Rept. No. 1*, NSF-GX 33616.
- KUNEN, H. (1950) *Marine geology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- MENARD, H. W. (1964) *Marine geology of the Pacific*. McGraw-Hill.
- MERO, J. L. (1965) *The mineral resources of the sea*. Elsevier.
- SHEPARD, F. P. (1963) *Submarine geology*. Harper.
- SKORNYAKOVA, N. S. and ANDRUSCHENKO (1970) *Iron manganese nodules in the Pacific Ocean*. vol. 2, p. 203-208.
- TAKEDA, H. et al. (1974) *Deep Sea Mineral Resources Investigations in Northwest Pacific, November-December 1972*. Cruise Report no. 1, Geological Survey of Japan. 42p.
- TOOMS, J. S. and et al. (1969) Geochemistry of marine phosphote and manganese deposits. *Oceanogr. Mar. Biol. Am Rev.*, vol. 7, p. 49-100.
- 山門憲雄・宇佐美 毅・宮下行忍 (1972) マンガン団塊採取用バケットの試作研究. 探鉱と保安, vol. 18, no. 3, p. 11-21.
- ・———・半田啓二 (1972) 排工板による水中模擬堆積層の挙動の観察. 探鉱と保安, vol. 18, no. 3, p. 22-28.
- ・鶴崎克也・宮下行忍 (1972) 磁気テープを用いたドレッジの挙動. 昭和47年度日本鉱業会春季大会要旨集, p. 62-63.

(受付: 1975年8月4日; 受理: 1975年8月29日)