

海洋資源調査CCOP/SOPAC海域

資源開発協力基礎調査報告書

(第4巻)

ツバル国海域

平成元年2月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

鉱計資

CR 6

89-35



20386

JICA LIBRARY



1078958(4)



# 海洋資源調査CCOP/SOPAC海域

## 資源開発協力基礎調査報告書

(第4巻)

ツバル国海域

平成元年2月

国際協力事業団

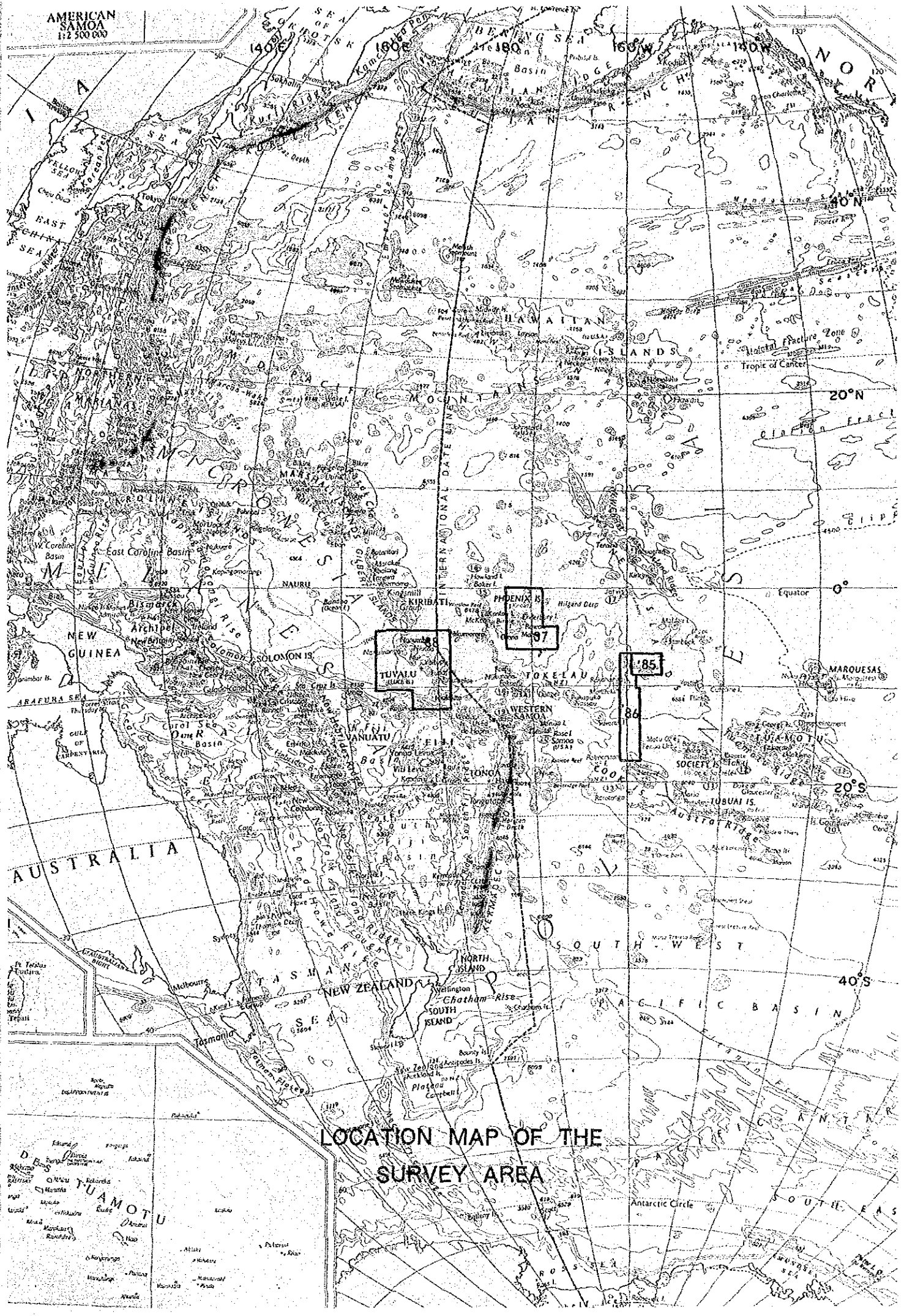
金属鉱業事業団

鉱計資
CR(5)
89-35

国際協力事業団

20386

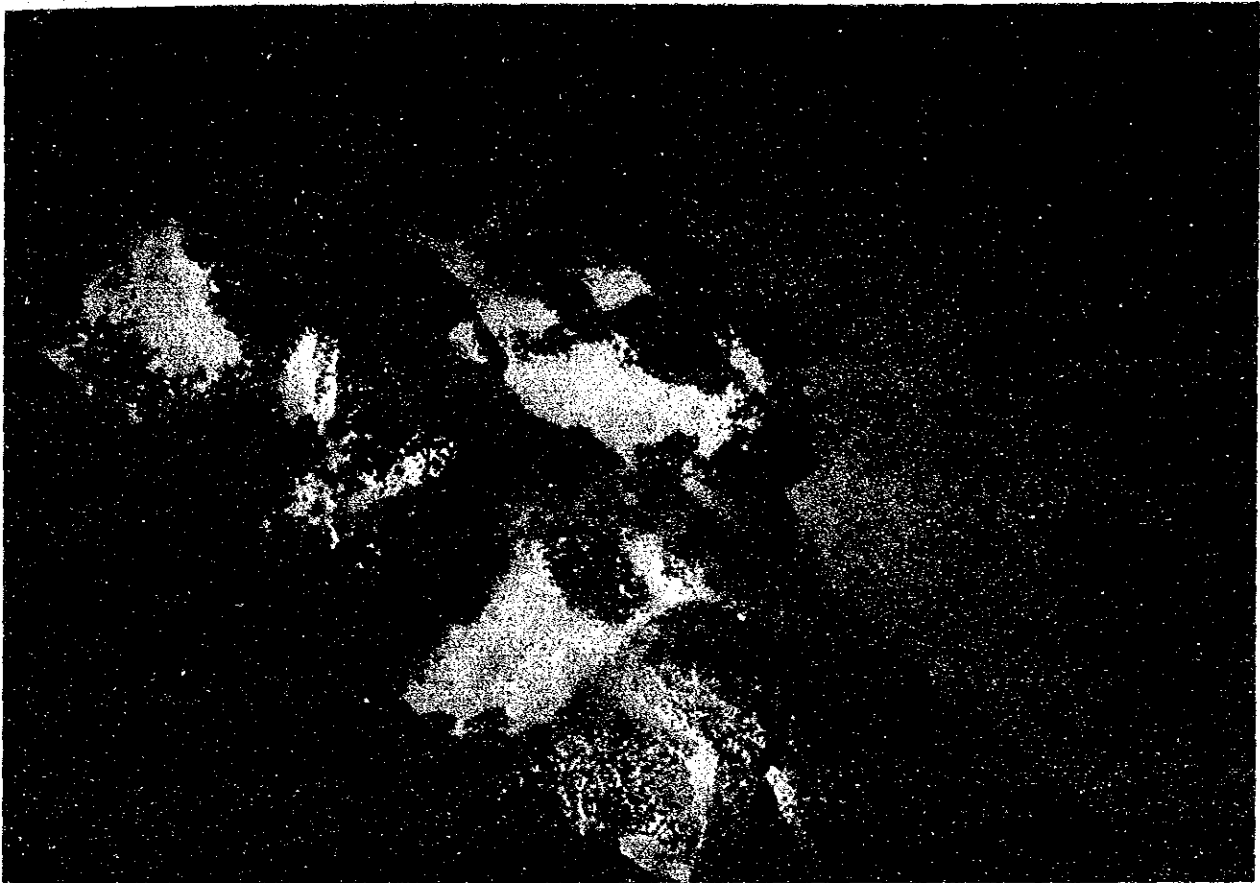
AMERICAN  
SAMOA  
1:2 500 000



LOCATION MAP OF THE  
SURVEY AREA







ファインダー付深海カメラ ( FDC ) による海底写真。

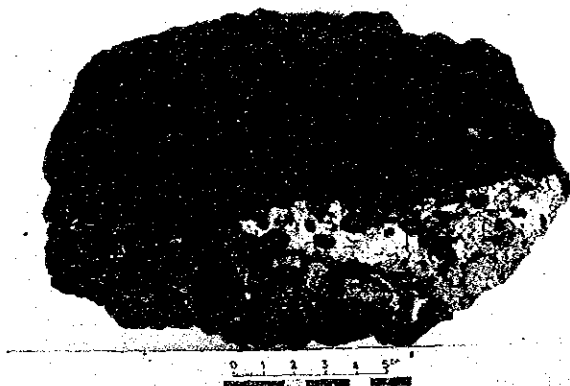
S B 0 8 海山, 西斜面, 水深 1,500m, 測線 No. FDC06-41,

ぶどう状構造が明瞭なコバルトクラストの発達が良好。

この付近のドレッジでは, クラストの厚さが 2 cm 程度のものが

採取された。

白色堆積物は有孔虫砂。



本調査で採取された最大厚さ 6.5 cm コバルトクラストの切断面。

S B 0 8 海山, No. : S B 0 8 A D 0 8 - ( A ), クラストは、単層構造, 母岩は玄武岩質ハイアロクラスタイトでマトリックスにフォスファイト (リン酸塩岩) が発達する。品位: Co 0.93%, Ni 0.64%, Cu 0.07%, Mn 25.85%, Fe 15.20%, H<sub>2</sub>O 35.23%。

コバルトリッチクラストの代表的産状写真 (1988. 10. 15)



## は し が き

日本国政府は南太平洋沿岸鉱物資源共同探査調整委員会 (THE COMMITTEE FOR CO-ORDINATION OF JOINT PROSPECTING FOR MINERAL RESOURCES IN SOUTH PACIFIC OFFSHORE AREAS) [CCOP/SOPAC] の要請に応え、同加盟諸国沿岸における深海底鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱物探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門的な分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は昭和60年度から5ヶ年にわたって行われるものであるが、本年はその第4年次にあたり、ツバル国の経済水域内を調査の対象としている。金属鉱業事業団は昭和63年8月28日から昭和63年10月25日まで深海底鉱物資源探査専用船第2白嶺丸を現地に派遣し、ツバル国の協力を得て調査を予定通り完了した。

本報告書は第4年次の調査結果をとりまとめたものである。

終りに本調査の実施にあたって御協力をいただいたCCOP/SOPAC事務局、ツバル国政府ならびに外務省、通商産業省、在フィジー日本国大使館、及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成元年2月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理 事 長 佐 藤 淳 一 郎



CCOP/SOPAC諸国に対する資源開発協力基礎調査の4年次目にあたる本調査は、8月28日より10月25日までキリバス共和国海域の面積約69万 $\text{km}^2$ に対して行なわれた。現地実調査日数は43日である。主な対象鉱物資源は、マンガン団塊及びコバルトリッチクラスト（略称コバルトクラストあるいはクラスト）である。マンガン団塊に対しては、各種音響機器による地形および地質調査とフリーフォールグラブサンプラーによるサンプリング（一次調査：24測点）が実施された。他方、コバルトクラストに対しては、選定された8海山（2環礁を含む）について地形調査とドレッジサンプリング（89点）、さらにはファインダー付連続撮影深海カメラ（FDC）による海底観察及び海底写真撮影（5海山、計37、2マイル）などが行なわれた。調査海域のマンガン団塊の賦存状況は期待したほどのものではなくコバルトについても一部の海山で良好なものが確認されたにとどまった。

当調査海域の海底地形は、海域のほぼ中央部に発達する Ellice Islands Chain を境にして、その西部の平坦地と東部の準平坦地に分かれる。深海底面の水深は、5,200m~5,600m程度である。東部海域ではENE-WSW方向性の地形が卓越しており、起伏が大きい。当海域には全部で25前後の海山が発達する。そのうちの9つは環礁、3つはバンクである。他の海山は潜頭海山であり、その頂部の水深はまちまちである。

海底地質は、玄武岩基盤とそれを覆う未固結堆積層が基本である。玄武岩は、溶岩やハイアロクラスタイトからなる。未固結堆積層の厚さは、平坦地や準平坦地で10~60m、山岳地や海山で数m以下である。底質は4,900m以深の深海底面では褐色粘土が卓越し、以浅では石灰質粘土が分布する。

マンガン団塊の分布は劣勢でしかも連続性が低い。7.5 $\text{kg}/\text{m}^2$ 以上の分布密度を示す測点は海域の北東部などでわずかに数点認められただけである。全サンプリング点の単純平均分布密度は2.74 $\text{kg}/\text{m}^2$ である。また、主要成分の全分析サンプルの単純平均値はNi 0.54%, Cu 0.47%, Co 0.20%, Mn 17.01%, Fe 12.37%である。マンガン団塊の形状は、小石状が最も多く、表面形態に基づくタイプ分類ではS型（smooth型）に属するものである。調査海域内においてとくに目立った性状の変化は認められなかった。

コバルトクラストについては、調査した8海山全てでクラストの発達が認められたが、厚さは極めて貧弱である。全測点平均値で1cm以上を示したのは1海山だけであった。水深的には、サンプリング調査した810mから2,930mにかけて殆ど全てクラストが発達する。総採取量は、母岩も含めて2,695kgであった。賦存状況及びクラストの性状は、大略次のごとくである。

a) 発達が確認された水深範囲は約900mから2,800mであるが、その上、下限はさらに拡がるであろう。

b) クラストの形状は、クラスト状、スラブ状、塊状、礫状及びノジュール状、フィルム状

(コーティング状)などがある。

- c) クラストの内部構造は、単層、2層及び3層など種々あるが、全体的に母岩あるいは核に近い下層(内殻)で緻密質となる。
- d) 構成鉱物は、大部分が $\delta$ - $MnO_2$ であり、明瞭な $10\text{\AA}$ マンガンナイトは確認できなかった。
- e) 母岩は、玄武岩、石灰岩及びリン酸塩岩などである。
- f) クラストの厚さは、全サンプル採取点74点の平均値 $0.3\text{cm}$ 最大は約 $6.5\text{cm}$ である。
- g) 被覆率は、バンクと潜頭海山とは異なる。一般に潜頭海山斜面上部及び山頂部で被覆率が高い。
- h) コバルトクラストの品位については、分析統計に用いた43点平均値では、Co 0.78%, Ni 0.50%, Cu 0.09%, Mn 21.86%, Fe 18.03%である。
- i) 当海域のクラストは、中央太平洋に分布する海山のクラストに比べMn/Fe比が1.21とかなり低い特徴を有する。

今回の調査を通じて当海域における深海底資源賦存状況の大要を把握することができたが、今後のマンガン団塊追跡調査に関しては、地形条件が良い高分布密度帯は殆んど期待できない。一方、コバルトクラストについては海域北東部の潜頭海山で層厚 $1\text{cm}$ 以上のかなりまとまった発達が期待できる。

# 目 次

グラビア

はしがき

要 旨

1章 調査要項	1
1-1 調査件名	1
1-2 調査目的	1
1-3 調査海域	1
1-4 調査期間	1
1-5 調査員	3
1-6 調査機器	4
1-7 調査作業実績	5
2章 調査方法	9
2-1 マンガン団塊	9
1) 調査手順	9
2) 付 番	9
3) 船位の決定	9
4) 海底地形調査	11
5) 表層堆積物調査	11
6) MFESによるマンガン団塊の賦存状況調査	11
7) サンプリング及び深海カメラによる海底観察	11
8) 試料の処理・分析及び保管	12
9) 調査データの処理及び解析	12
2-2 コバルトクラスト	17
1) 調査手順	17
2) 付 番	17
3) 船位の決定	17
4) 海底地形調査	17
5) 表層堆積物調査	17
6) サンプリング	17
7) 試料の処理・分析及び保管	18

8)	F D Cによる海底観察	18
9)	調査データの処理及び解析	18
3章 調査結果・I (マンガン団塊)		21
3-1	海底地形	21
1)	広域地形	21
2)	海底地形区分	21
3-2	表層堆積物	24
1)	S B P記録の分類	24
2)	S B Pタイプの分布状況	24
3)	上位透明層の分布状況	26
3-3	底質物	27
1)	分類	27
2)	分布と性状	27
3)	構成鉱物	30
4)	化学組成	30
5)	底質物中の自生鉱物	34
6)	C C D (炭酸塩補償深度)	36
7)	底質物中の化石の同定	36
3-4	M F E Sによるマンガン団塊の賦存状況	51
1)	地形と底質物による影響	51
2)	埋没型マンガン団塊	51
3)	M F E Sによるマンガン団塊分布密度の推定	54
3-5	マンガン団塊の賦存状況	55
1)	タイプ分類と性状	55
2)	分布と産状	60
3)	化学組成	67
4)	鉱物組成	75
5)	海底状況と分布密度	79
6)	金属量分布	82
3-6	考察：マンガン団塊の賦存状況について	85
4章 調査結果・II (コバルトクラスト)		87
4-1	海山の地形	87



1)	海山の分類及び地形区分	87
2)	海山別の地形特徴	87
4-2	海山の地質	99
1)	地質概要	99
2)	岩石記載	99
3)	年代測定	108
4-3	コバルトクラストの賦存状況	109
1)	分布と産状	109
2)	FDC調査結果	119
3)	化学性	131
4)	鉱物性	141
4-4	考察：コバルトクラストの賦存状況について	146
5章	ま と め	149
1)	調査方法	149
2)	地形及び地質	149
3)	マンガン団塊の賦存状況	150
4)	コバルトクラストの賦存状況	150
	【参考文献リスト】	157
	【調査結果一覧表】	巻末
	【気象・海象データ】	巻末
	【別 添 図】	巻末



図3-5-16	マンガン団塊研磨薄片の顕微鏡写真	80
図3-5-17	巨視的地形とマンガン団塊分布密度	81
図3-5-18	微視的地形とマンガン団塊分布密度	81
図3-5-19	SBPタイプとマンガン団塊分布密度との関係	83
図3-5-20	上位透明層層厚とマンガン団塊分布密度との関係	83
図4-1-1	海山のSBPプロファイル	93
図4-1-2	海山鳥瞰図	95
図4-2-1	代表的岩石写真	103
図4-2-2	コバルトクラスト母岩の顕微鏡写真	105
図4-3-1	代表的コバルトクラストタイプ写真(揚収)	111
図4-3-2	代表的コバルトクラストタイプ写真(断面)	113
図4-3-3	コバルトクラスト厚さの頻度分布	117
図4-3-4	FDC調査結果ルートマップ(1)~(5)	123
図4-3-5	FDC調査による海底写真	129
図4-3-6	主要5成分ごとの品位頻度分布図	138
図4-3-7	コバルトクラストの品位相関図(1)・(2)	139
図4-3-8	コバルトクラストのX線回折パターン	142
図4-3-9	コバルトクラストの反射顕微鏡写真	144
図4-3-10	コバルトクラストのEPMA解析写真	145

【挿入表一覧】

表1-1	第2白嶺丸搭載機器	4
表1-2	調査実績一覧表(1)・(2)	5
表1-3	調査日程実績表	7
表3-1-1	海底地形区分一覧	23
表3-3-1	底質物の分類基準	27
表3-3-2	底質物の採取比率	27
表3-3-3	底質物のX線回折試験結果	31
表3-3-4	底質物の化学組成	33
表3-3-5	底質物含有成分間の相関	34
表3-3-6	自生鉱物のX線回折試験結果	35
表3-3-7	産出放散虫リスト (1)・(2)	37
表3-3-8	産出有孔虫化石リスト	45
表3-5-1	マンガン団塊の形状別物性一覧表	58
表3-5-2	マンガン団塊の化学性	67
表3-5-3	マンガン団塊の形状と化学性	72
表3-5-4	マンガン団塊の粒度と化学性	74
表3-5-5	海底地形とマンガン団塊の化学性	75
表3-5-6	底質物とマンガン団塊の化学性	76
表3-5-7	マンガン団塊の完全分析値及び微量分析値	77
表3-5-8	マンガン団塊のX線回折試験結果	76
表4-1-1	海山のタイプ分類	87
表4-1-2	海山の地形区分	87
表4-1-3	海山別の地形区分	88
表4-1-4	海山別地形特徴 (1)~(4)	89
表4-2-1	海山別の地質状況	100
表4-2-2	コバルトクラスト母岩の性質 (1)・(2)	101
表4-2-3	コバルトクラスト母岩の鉱物組成一覧表	106
表4-2-4	コバルトクラスト母岩の完全分析値	107
表4-2-5	岩石年代測定結果	108
表4-3-1	コバルトクラストのタイプ分類	110
表4-3-2	海山別コバルトクラストの産状 (1)・(2)	115
表4-3-3	海山別コバルトクラストの平均厚さ	117

表4-3-4	クラストタイプと母岩及び核を構成する岩石	118
表4-3-5	海山のFDC観察状況	121
表4-3-6	測線別コバルトクラスト被覆率	119
表4-3-7	海山別コバルトクラスト平均品位	132
表4-3-8	海山の地形的部位別品位比較	132
表4-3-9	コバルトクラストの表面構造別品位比較	133
表4-3-10	コバルトクラストの母岩別品位比較	133
表4-3-11	コバルトクラストの部位別品位比較	134
表4-3-12	コバルトクラストのタイプ別品位比較	134
表4-3-13	コバルトクラストの水深別品位比較	134
表4-3-14	コバルトクラスト完全分析値と微量分析値	135
表4-3-15	コバルトクラストの部位別完全分析と微量分析値	136
表4-3-16	コバルトクラストの品位相関	137
表4-3-17	コバルトクラストの平均品位比較	137
表4-3-18	X線回折によるコバルトクラストの鉱物組成	143
表5-1	コバルトクラストの産状総括表 (1)・(2)	153

【 巻末別添図表一覧 】

調査結果一覧表

1. マンガン団塊
2. コバルトクラスト

気象・海象データ

別添第 1 図 航跡図

別添第 2 図 採試点位置図

別添第 3 図 海底地形図

別添第 4 図 S B P タイプ分布図

別添第 5 図 S B P 上位透明層等層厚線図

別添第 6 図 M F E S による推定マンガン団塊分布密度図

別添第 7 図 マンガン団塊分布密度図

別添第 8 図 Ni 等品位図

別添第 9 図 Cu 等品位図

別添第 10 図 Co 等品位図

別添第 11 図 Mn 等品位図

別添第 12 図 Fe 等品位図

別添第 13 図 Ni 金属量図

別添第 14 図 Cu 金属量図

別添第 15 図 Co 金属量図

別添第 16 図 海山別航跡図(1)~(3)

別添第 17 図 海山別地形平面図及び断面図(1~8)

別添第 18 図 海山別地質及びコバルトクラスト分布図(1~8)

# 1章 調 査 要 項

## 1-1 調 査 件 名

昭和63年度資源開発協力基礎調査ツバル海域

## 1-2 調 査 目 的

CCOP/SOPAC諸国の海域内において深海底鉱物資源賦存の可能性を調査する。

## 1-3 調 査 海 域

昭和60年7月17日付にて日本側調査担当機関と南太平洋沿岸鉱物資源共同探査調整委員会との間で締結されたCCOP/SOPAC加盟諸国の経済水域内における深海底鉱物資源に関する共同調査実施計画に基づき、金属鉱業事業団より指示された次の各点、

	緯 度	経 度
1	4° 00' S	174° 00' E
2	10° 00' S	174° 00' E
3	10° 00' S	178° 00' E
4	12° 00' S	178° 00' E
5	12° 00' S	178° 00' W
6	4° 00' S	178° 00' W
1	4° 00' S	174° 00' E

を順次結んで得られる多角形（面積約678,800km<sup>2</sup>，図1-1参照）を調査海域とした。

## 1-4 調 査 期 間

調査：昭和63年8月26日～昭和63年10月26日（62日間）

解析：昭和63年10月27日～昭和64年2月10日

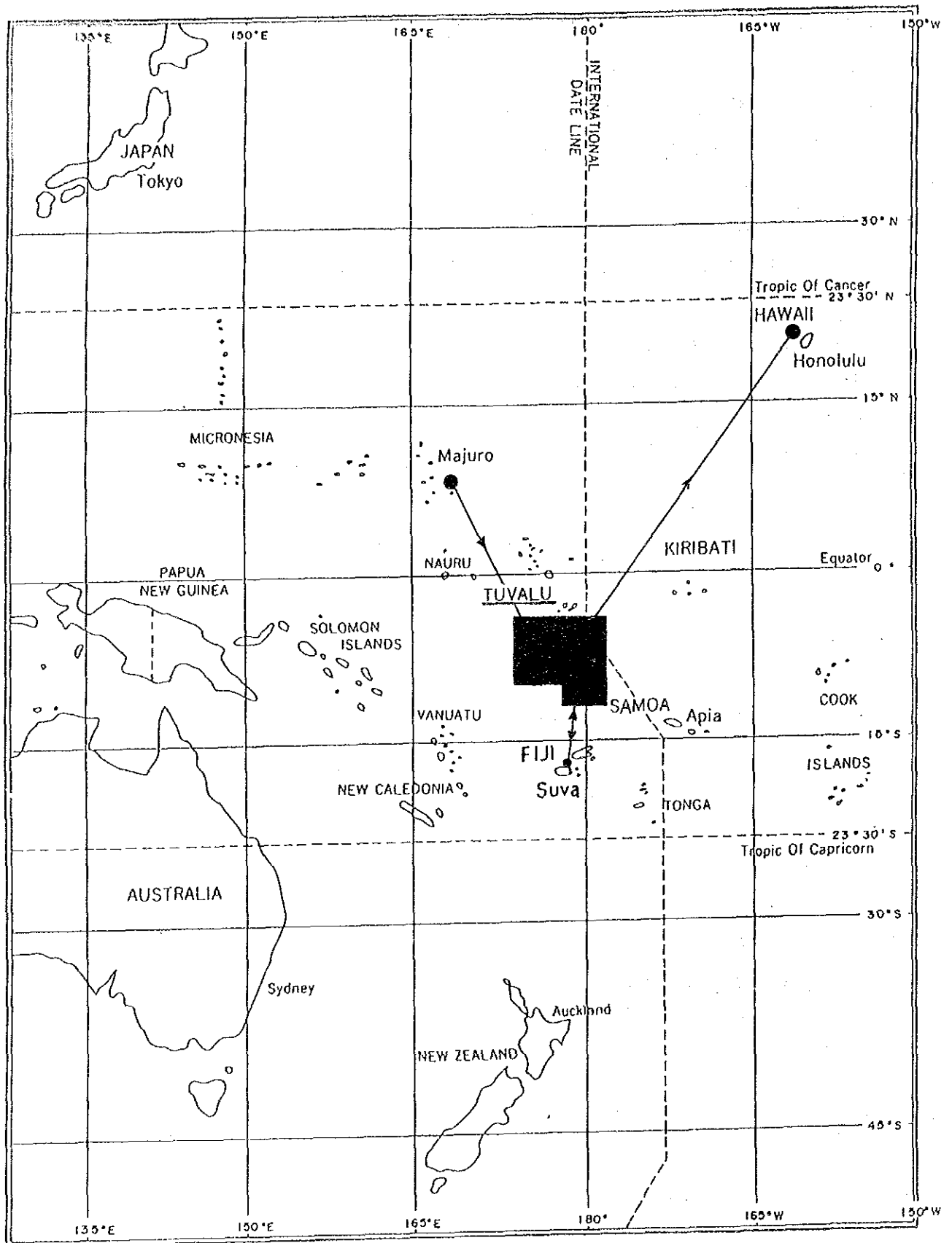


图 1 - 1 调查海域位置图



## 1-5 調 査 員

監督員 小山恭一，松本勝時，石田誠一，山本恭久（以上金属鉱業事業団）  
中尾征三（地質調査所）

調査員	調査団長	高橋 敏夫（深海資源開発K.K.）
	地質班長	佐野 一夫（ " ）
	地質班員	戸野 潔（ " ）
	"	吉永 豊（ " ）
	"	横屋 善和（ " ）
	"	西口 正弘（ " ）
	"	永川 康範（ " ）
	"	大井 透（海洋技術開発K.K.）
	"	橋本 豊（ " ）
	物探班長	小長井憲二（深海資源開発K.K.）
	物探班員	松山 弘志（ " ）
	"	小山 史郎（ " ）
	"	斎藤 洋男（ " ）
	"	松井 一徳（ " ）
	"	村山 信行（ " ）
	"	山道 照巳（ " ）
	"	今井 良樹（ " ）
	"	渡辺 豊（海洋技術開発K.K.）

SOPAC 事務局（協定折衝） JIOJI KOTOBALAVU

C.A.MATOS

C.L.TIFFIN

"（客 員） D.S.CRONAN

# 1-6 調査機器

今年度調査で使用した主要機器を表1-1に示す。

表1-1 第2白嶺丸搭載機器

分類	探査方法	探査機器・同システム	略号	備考	
位置測定	衛星航法	Navy Navigation Satellite System	NNSS		
		Global Positioning System	GPS		
海底地形・地質調査	音響探査	測深及び海底地形	Precision Depth Recorder Narrow Beam Echo Sounder	PDR NBS	
		海底面音圧測定	Multi-Frequency Exploration System	MFES	
		表層堆積物調査	Sub-Bottom Profiler	SBP	
	サンプリング	フリーフォールグラフ スピードコアラー アーム型ドレッジャー 円筒型ドレッジャー ファインダ付グラフ	FG SC AD CB FPG	曳航式	
海底観察		フリーフォールカメラ ファインダ付連続撮影深海カメラ	FC FDC	曳航式	
データ収録処理装置	オンラインデータ 航跡図 海底地形図 各種平面図、断面図 サンプリング図等	S20 データ処理システム データコントロール システム if800 パーソナル コンピューター	CPU DCS		

1-7 調査作業実績

調査作業の実績を表1-2に、調査日程実績を表1-3に示す。

表1-2 調査実績一覧表(1)

項 目		実 績
日 程	マジュロ出港 調査海域到着、調査開始 調査海域離脱	8月28日 16:00※ 31日 05:30 9月17日 17:00
	フィジー・スバ入港 " " 出港 調査海域到着、調査開始 調査海域離脱 ホノルル入港	19日 08:30 22日 16:00 24日 05:00 10月19日 00:00 25日 08:00
サ ン プ リ ン グ	[マンガン団塊] サンプリング間隔 採試測点数 測点当り採試数 採試点数 使用サンプラー  不浮上事故	1次調査測点、60マイル グリッド 24測点 3点 72点 (24×3) フリーフェールクラブ(FG): 68点 スベードコアラー (SC): 4点 無し
	[コバルトクラスト] 調査対象海山数 採試点数 使用サンプラー  採 取 量	8海山 89点 アーム型ドレッジ(AD): 62点 円筒型ドレッジ (CB): 25点 ファイナダー付クラブ(FPG): 2点 2,695kg (岩石も含む)
海 底 観 察	[マンガン団塊] 深海カメラ使用回数 得られた写真	深海カメラ 72回 61枚
	[コバルトクラスト] 得られた写真 得られたVTRテープ	FDC 756枚 (5海山、6測線、372マイル) 17巻
分 析	処理件数 分析成分 延分析件数	256件、内訳 マンガン団塊 87件 コバルトクラスト 169件 5成分 (Ni, Cu, Co, Mn, Fe) 1,280件 (256件×5成分)
音 響 探 査	[マンガン団塊] NBS(30.0kHz) PDR(120kHz) SBP( 3.5kHz) MFES	実測長 3,278マイル 欠測長 0マイル " " マイル " 0マイル " " マイル " 0マイル " " マイル " 0マイル
	[コバルトクラスト] NBS(30.0kHz) PDR(120kHz) SBP( 3.5kHz)	実測長 3,216マイル 欠測長 0マイル " " マイル " 0マイル " " マイル " 0マイル
デ ー タ 処 理	オンライン MT サンプリング MT 気象・海象 MT	10巻(プラス Mix MT 10巻) 1巻(プラス Mix MT 1巻) 1巻(プラス Mix MT 1巻)

※時刻は、現地時間。

表1-2 調査実績一覧表(2)

	測線名	88SFDC01	88SFDC02	88SFDC03	88SFDC04	88SFDC05	88SFDC06	計(平均)
F D C 調 査	実施日	09/06	09/25	09/25	09/29	10/06	10/13	—
	海山名	SB01	SB02	SB02	SB03	SB06	SB08	—
	測線延長(A)	5.6マイル	5.6マイル	0.6マイル	7.9マイル	10.2マイル	7.3マイル	37.2マイル
	所要時間	06:29	07:00	00:45	06:12	08:54	06:51	36:11
	投入時刻	07:01	07:23	15:31	06:33	09:12	11:52	—
	撮影時間(T)	04:44	05:45	00:35	04:53	07:19	05:17	28:33
	揚収時刻	13:30	14:23	16:16	12:45	18:06	18:43	—
	平均船速(A/T)	1.18ノット	0.97ノット	1.03ノット	1.62ノット	1.39ノット	1.38ノット	1.30ノット
	平均撮影時間(分)	1.79/枚	3.00/枚	1.13/枚	2.40/枚	2.30/枚	2.30/枚	2.27/枚
	写真撮影枚数	159枚	115枚	31枚	122枚	191枚	138枚	756枚
収録テープ数	3巻	3巻	1巻	2巻	4巻	2巻	15巻	

(注) 02~06 測線はCTDによる水深測定を行い写真撮影時の水深を記録した。

	測線名	88SFPG01	88SFPG02	合計
F P G 調 査	実施日	10/01	10/09	—
	対象海山	SB03	SB06	—
	測線延長(A)	0.11マイル	1.45マイル	1.56マイル
	所要時間	01:49	02:48	04:37
	投入時刻	12:28	11:34	—
	観察時間(T)	00:36	01:25	02:01
	揚収時刻	14:17	14:22	—
	平均船速(A/T)	0.18ノット	1.02ノット	0.77ノット
	採取量	0.303kg	225.0kg	225.303kg
収録テープ数	1巻	1巻	2巻	

表 1-3 調査日程実績表

調査期間：62日、実調査日数：43日

月/日		調査項目	月/日		調査項目
8/26	金	TV撮影打合せ	9/26	月	クラスト調査(SB02)・
27	土	TV撮影	27	火	" "
28	日	マジュロ出港(16:00)	28	水	" (SB03)・
29	月	総員訓練、調査計画打合せ	29	木	" "
30	火	移動、調査準備	30	金	" "
31	水	マンガン団塊調査開始 ○	10/ 1	土	" "
9/ 1	木	" ○	2	日	" (SB04)・
2	金	" ○	3	月	" "
3	土	" ○	4	火	" "
4	日	クラスト調査(SB01)・	5	水	" (SB05)・
5	月	" "・	6	木	" (SB06)・
6	火	" "・	7	金	" "
7	水	" "・	8	土	" "
8	木	" "・	9	日	" "
9	金	マンガン団塊調査 ○	10	月	" (SB07)・
10	土	" ○	11	火	" "
11	日	" ○	12	水	" "
12	月	" ○	13	木	" (SB08)・
13	火	" ○	14	金	" "
14	水	" ○	15	土	" "
15	木	" ○	16	日	" "
16	金	海山地形予察調査 ・	17	月	マンガン団塊調査 ○
17	土	" ・	18	火	" ○
18	日	移動	19	水	調査海域離脱(00:00)
19	月	スバ入港(08:03)	20	木	移動
20	火	SOPAC会議、2白見学案内	21	金	"
21	水	休日	22	土	"
22	木	SOPAC 会議、スバ出港	23	日	"
23	金	移動、調査準備	24	月	"
24	土	海域着、地形調査 ・	25	火	ホノルル入港(08:00)
25	日	クラスト調査(SB02)・	26	水	業務引継ぎ

注 ○印 マンガン団塊調査 13日間  
 ・印 コバルトクラスト調査 30日間



## 2章 調査方法

### 2-1 マンガン団塊

#### 1) 調査手順

調査海域全域から、マンガン団塊の賦存に適した水深帯を選び、測点を24点配した。調査は各測点におけるフリーフォールサンプリングと各種音響探査である。この概査で好ましい結果が得られれば、測点密度を上げる2次調査に進む予定であったが、好結果が得られず1次調査(概査)だけにとどまった。

#### 2) 付番

##### (1) 測線の付番

音響探査測線(PDR, SBP, NBS, MFES)に対する付番は、航走単位ごとくその実施日と順序がわかるように、例えば88S0925A, 88S0925Bなどとする。また、夜間航走は88S0925Nの様にNを付し、サンプリングにおける採試点間の場合には88S0925Pの様にP(測点)を付した。ここに88は調査年度(1988年)、Sは調査機構(SOPAC)0925は9月25日、A, Bはその日の測線順序をそれぞれ示す。

##### (2) 測点、採試点の付番

調査年度(1988)、調査機構(SOPAC)を示すために88Sを前置する。次に調査海域を経緯度線によって1°ごとの四辺形に分割し、各々に対して4桁の区画番号を付与する(図2-1)。ここで上位2桁は各区画の南辺緯度を示し、下位2桁は各区画の西辺経度の下位2桁の数値を示す。但し、各区画の示す範囲は、西辺と北辺を含むこととし、その範囲内で行われたサンプリングに対しては作業手法ごとに作業記号を付したあと01より追番にて付番する。例: サンプル番号88S0674FG01は、1988年0674区画内において実施したFG(フリーフォールグラフ)によるサンプリング01番目のサンプルであることを示す。

#### 3) 船位の決定

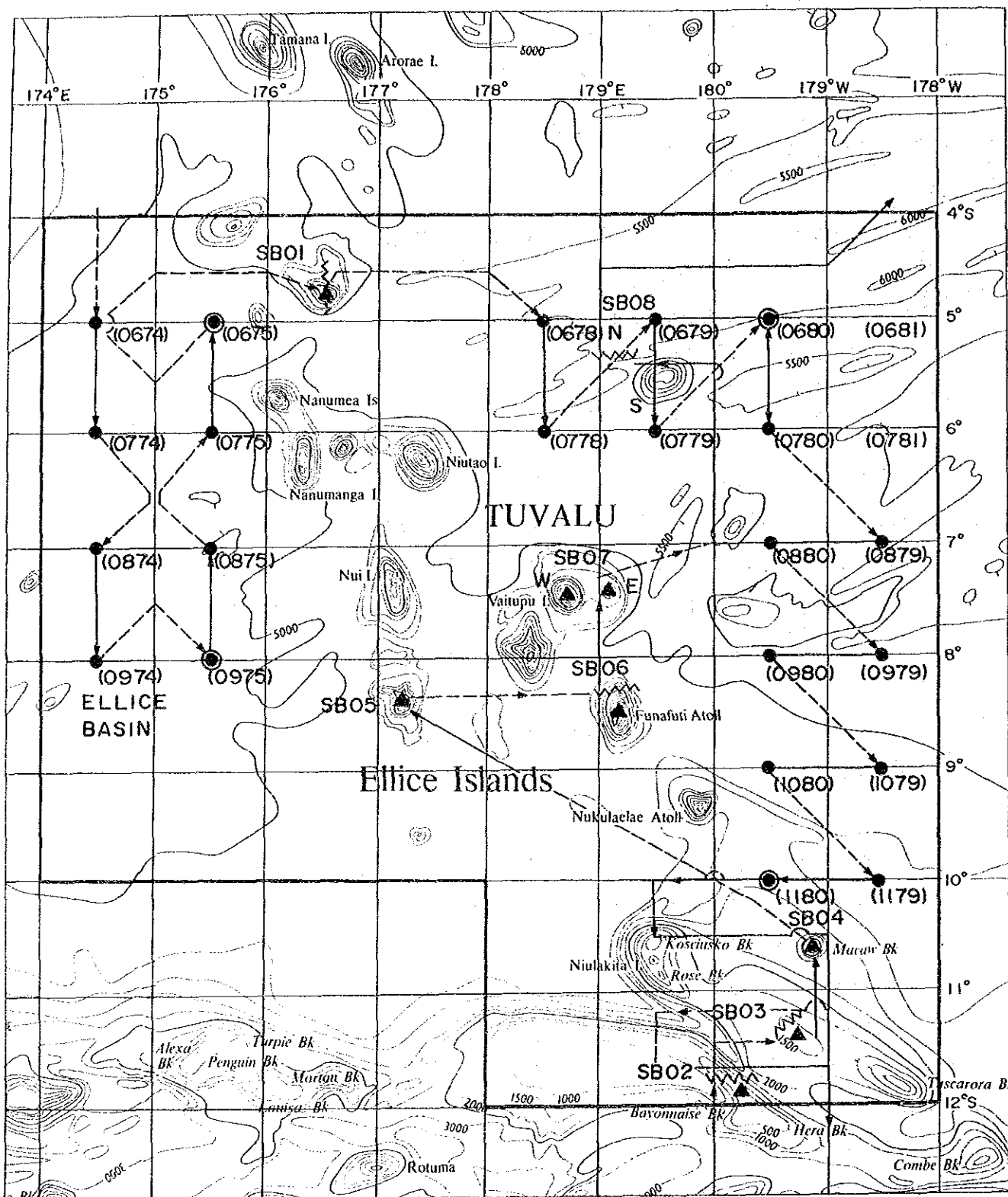
調査における全ての船位はNNSS及びGPSによって決定した。NNSSの場合には、人工衛星による<sup>\*1</sup>up.date間の経過時間に応じて、この間の推測航法船位を比例配分して求めたいわゆる修正船位を用いた。別添第1図に航跡図を示す。

次のような船位は、特に後述するデータ処理及び解析に用いるため、野帳等に明示した。

- ① 測線における開始点と終了点、変針点、毎正時の地点
- ② サンプリングにおける投入点と揚収点

調査に係わる全ての船位は船上のデータ処理システムを用いてオンラインMTに収録した。またup.dateごとに同システムから1分ごとの修正船位をプリントアウトさせ、調査データ

\*1 up.dateとは人工衛星により求められたFix時の船位から約20分後の船位を決定した時をいう。



凡 例

- 調査海域
- マンガン団塊 1 次サンプリング測点
- SB01 ~ SB08 コバルトクラスト調査海山及び島
- スペードコアラ実施測点
- FDC
- 昼間航走 (1 次)
- 夜間航走 (1 次)
- (0674) 区画番号

図 2 - 1 調査測点及び海山位置図



の整理や解析に使用した。

#### 4) 海底地形調査

海底地形調査は、主としてNBSを用いた各測点間及び各採試点間の測深と記録紙に基づく地形観察とを行った。

測深は12秒ごとに行い、NBSのデジタイザー水深値はオンラインでMTに収録した。一方NBSの記録紙から5分ごとに水深を読みとり、これらをもとに海底地形図等を作成した。測点間の調査は通常10ノットの船速で行ったが、調査の状況によって若干船速を増減したことがある。採試点間の測線については、サンプリング作業によって船速は通常3～8ノットと変化している。

#### 5) 表層堆積物調査

海底の表層堆積物に対する調査はSBP周波数3.5KHzを用いて、海底地形調査と併行して全航走測線について行った。表層堆積物の基礎データにはSBPの記録断面パターンに基づく最上位層をなす透明層の厚さ、音響層序タイプ等があり、これらは5分ごとに読み取り、野帳に記載し、表層堆積物等層厚線図やSBPタイプ分布図の作成に供した。

#### 6) MFESによるマンガン団塊の賦存状況調査

MFESによるマンガン団塊の推定分布密度調査は海底地形や表層堆積物調査と併行して行った。

MFESの測定値はNBS、PDR、SBPのデータより計算し48秒に1回ずつ連続して得られるが、表示したMFES値としては15回の測定値による移動平均値を使用した。

測定されたMFES値はデータ処理システムによってオンラインでMTに収録したほか、これらの基礎データについては約5分ごとにMFESフロッピーディスクに収録した。

#### 7) サンプリング及び深海カメラによる海底観察

サンプリングは、主にフリーフォールクラブ(FG)を、一部スベードコアラー(SC)を用いた。また、FG及びSCによるサンプリングと併行して、各機器に取付けた深海カメラによる海底状況の写真撮影を行った。1次調査のサンプリング測点密度は、60マイルグリッドである。別添第2図に採試点位置を示す。

サンプリングは1測点あたり3回行い、その方法は、測点を南側の頂点とする直角二等辺三角形の各頂点においてサンプラー投入点を採試点と見なすものである。すなわち測点及びそれを中心として北西及び北東各々1.4マイルの点においてサンプリングを行う方法である。3点サンプリングの投入順序を図2-2に示す。

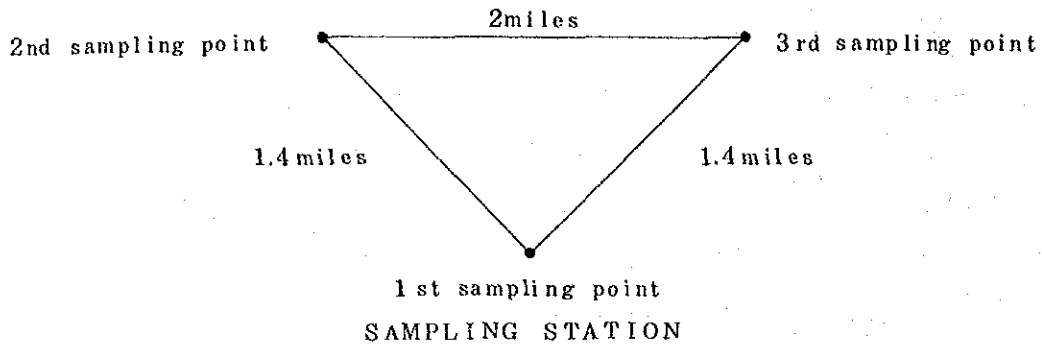


図 2-2 3点サンプリングにおけるサンプラーの投入順序説明図

FGに代えてSCを用いるときは、3採試点のうち原則として第1投目にあたる測点に対して行う。FGサンプリングでは、稀ではあるがネットの破損、作動不完全などによりサンプル採取が不十分だったことが推定されることがある。この様な場合には海底写真によるマンガン団塊の海底面積率と採取したマンガン団塊サンプルの揚収面積率からグラフの作動状況（グラフ精度）を求め、分布密度算出の参考としている。

#### 8) 試料の処理・分析及び保管

採取された試料（マンガン団塊及び底質物）は船上において図2-3(1)・(2)に示したFG・SC試料処理系統図に基づいて種々の測定、蛍光X線化学分析等の処理を行ったほか、一部のものは持ち帰った上で顕微鏡観察・X線回折試験・完全分析・微量分析等を実施し残余は保管した。

#### 9) 調査データの処理及び解析

調査データの処理及び解析については、船上で主として行ったが、一部のデータ処理や総合的な解析については陸上で行った。

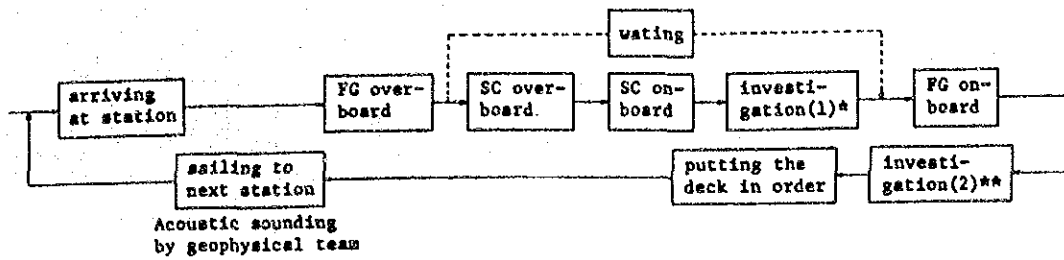
##### (1) 調査データとその処理

- NNSSによる船位（日付，時刻，緯度，経度）を1分ごとの修正船位表にして船上データ処理システムから出力した。
- NBSの水深（日付，時刻，デジタイザー及び記録紙からの読み取り値）を5分ごとに野帳に記録した。
- SBPの表層堆積物（上位透明層層厚，層序タイプ）を5分ごとに野帳に記録した。
- MFESの測定値を観察測点間の測線及び採試点間の測線では5分ごとにそれぞれ野帳に記録した。

マンガン団塊，堆積物及び分析等の調査データは次に示すようなものであり，これらは採試点ごとにとりまとめて野帳に記録した。

- マンガン団塊データ：採取量，粒度ごとの湿重量，形状，個数，表面構造など。

[A] The outline of the bottom sampling work



\* Detail of investigation (1)

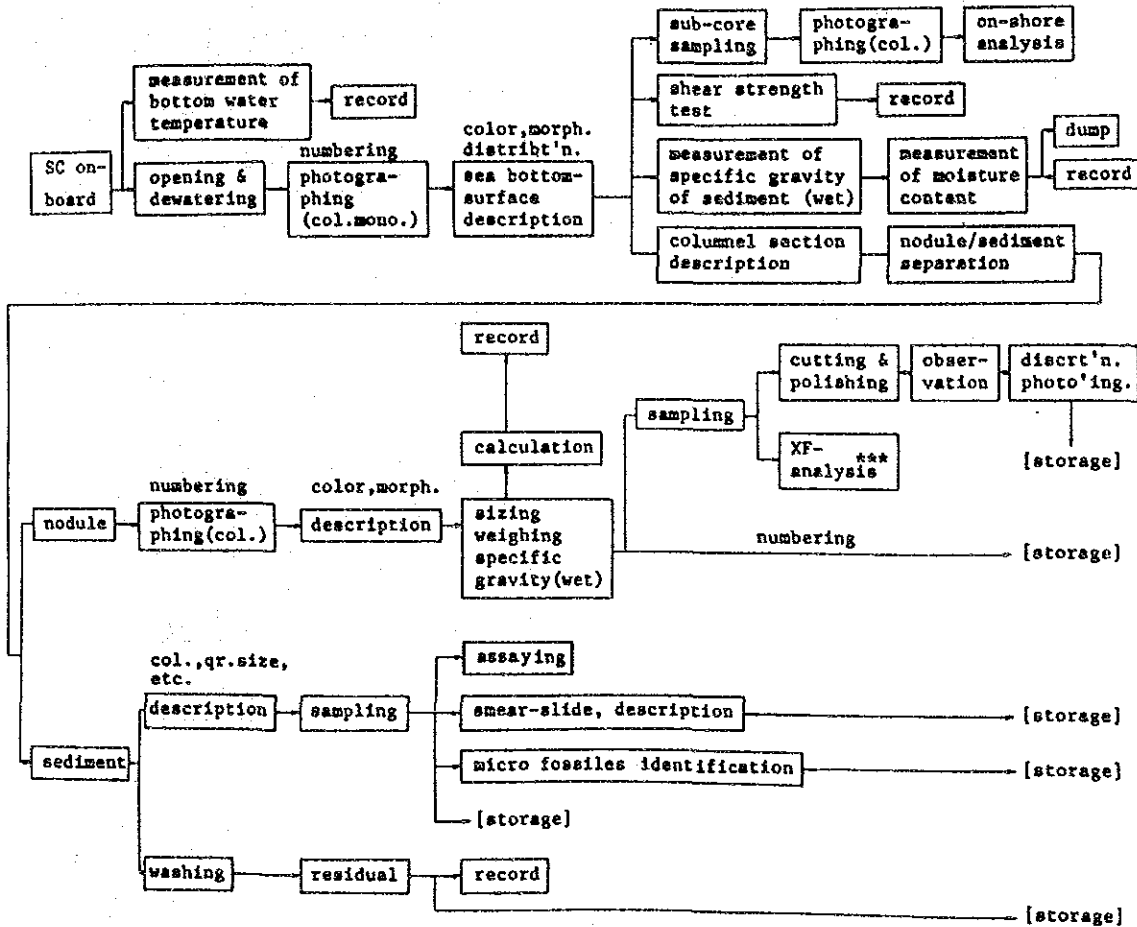
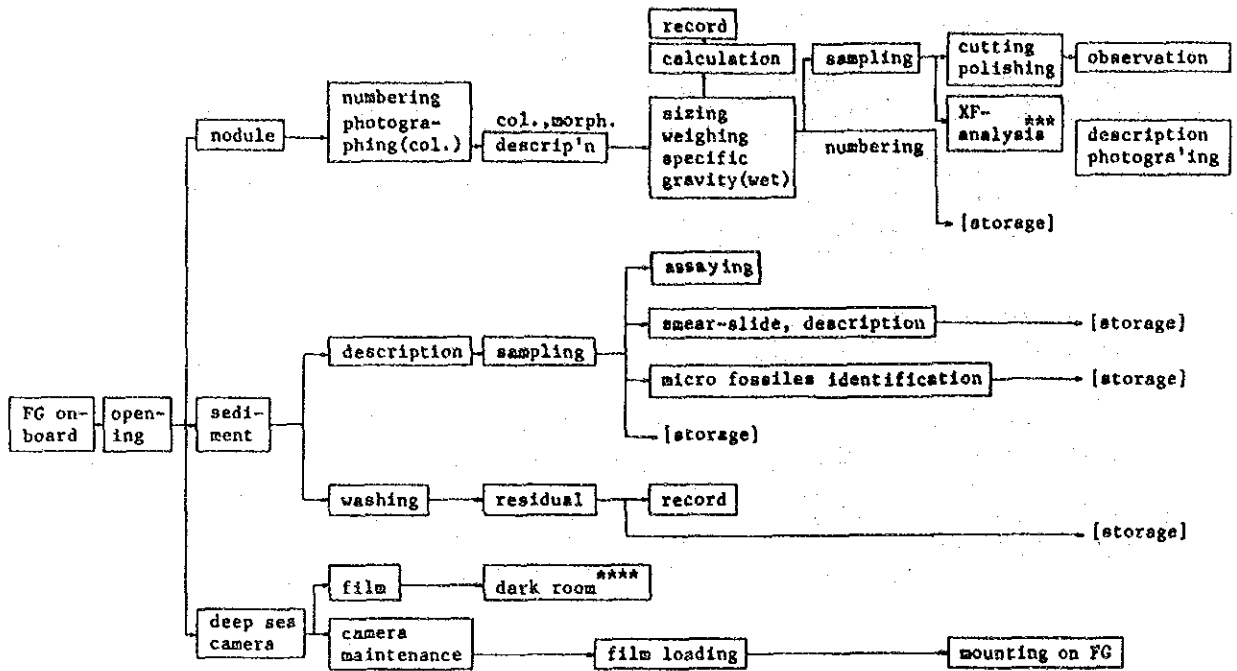
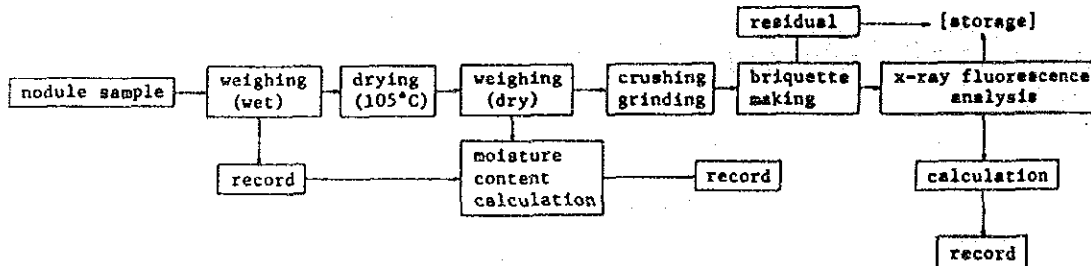


図 2-3 サンプル処理解析系統図(1)

\*\* Detail of investigation (2)



\*\*\* Detail of Xf-analysis



\*\*\*\* Detail of dark room work

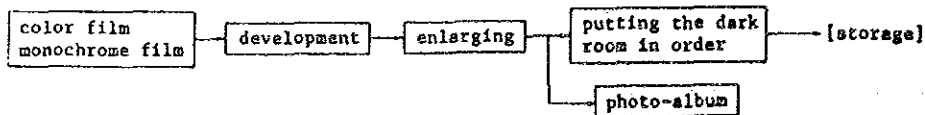


図 2-3 サンプル処理解析系統図(2)

- 堆積物データ：種類，色調，粒径，微化石など。
- 分析データ：5 主成分 (Ni, Cu, Co, Mn, Fe) の品位及び含水率。
- FG, SC などによる海底写真，揚収写真，作業写真など。
- 物理探査記録写真 (NBS 記録，SBP 記録)。

## (2) 調査データの解析

調査進行上，船上の調査データによって必要な解析図表を作成し，後日陸上で更に詳しく解析し次に述べるような各種図表に総括した（図 2-4）。

### ① 航跡図，採試点位置図

データ処理システムから出力した修正船位表の各船位を用いて，120 万分の 1 位置記入用図に記入，これらを作成した。

### ② 海底地形図

上述の航跡図上に 5 分ごとの水深値をプロットした水深図を用いて，200m 等深線による海底地形図を作成した。

### ③ SBP の上位透明層等層厚線図

SBP 記録紙から 5 分ごとの上位透明層層厚値を読みとって，上述の航跡図上にプロットし，10m 等層厚線によって本図を作成した。

### ④ 底質図

採試点位置図等をもとにしてサンプラーから得られた底質物を種類別に，また自生鉱物についてはその量をプロットして本図を作成した。

### ⑤ MFES による分布密度図

MFES のデータディスプレイから 5 分ごとに読みとった分布密度値を上述の航跡図上にプロットし，2.5kg/m<sup>2</sup> 単位の等分布密度線により本図を作成した。

### ⑥ マンガン団塊分布密度図，等品位図，金属量図

各採試点 (FG, SC など) を投入する点から得られたマンガン団塊に関するデータをもとにして各観察測点 (1 観察測点あたり 3 ケのサンプル) の平均的鉱況 (分布密度値，品位など) を計算し，これらを取りまとめて，マンガン団塊分布密度図，ニッケル，銅，コバルト，マンガン，鉄の等品位図，金属量図を描いた。なお，この際には音響探査データ等も参考とした。

### ⑦ 調査結果一覧表

船上において毎日得られるマンガン団塊に関するデータ容易に検索，閲覧出来るようにするため，必要項目を野帳から抜粋<sup>\*1</sup>，調査結果を添付資料として一覧表 (巻末) にとりまとめた。

\*1 主なものは，緯度，経度，水深，粒度分布，分布密度値，形状，品位堆積物，結合状態などである。

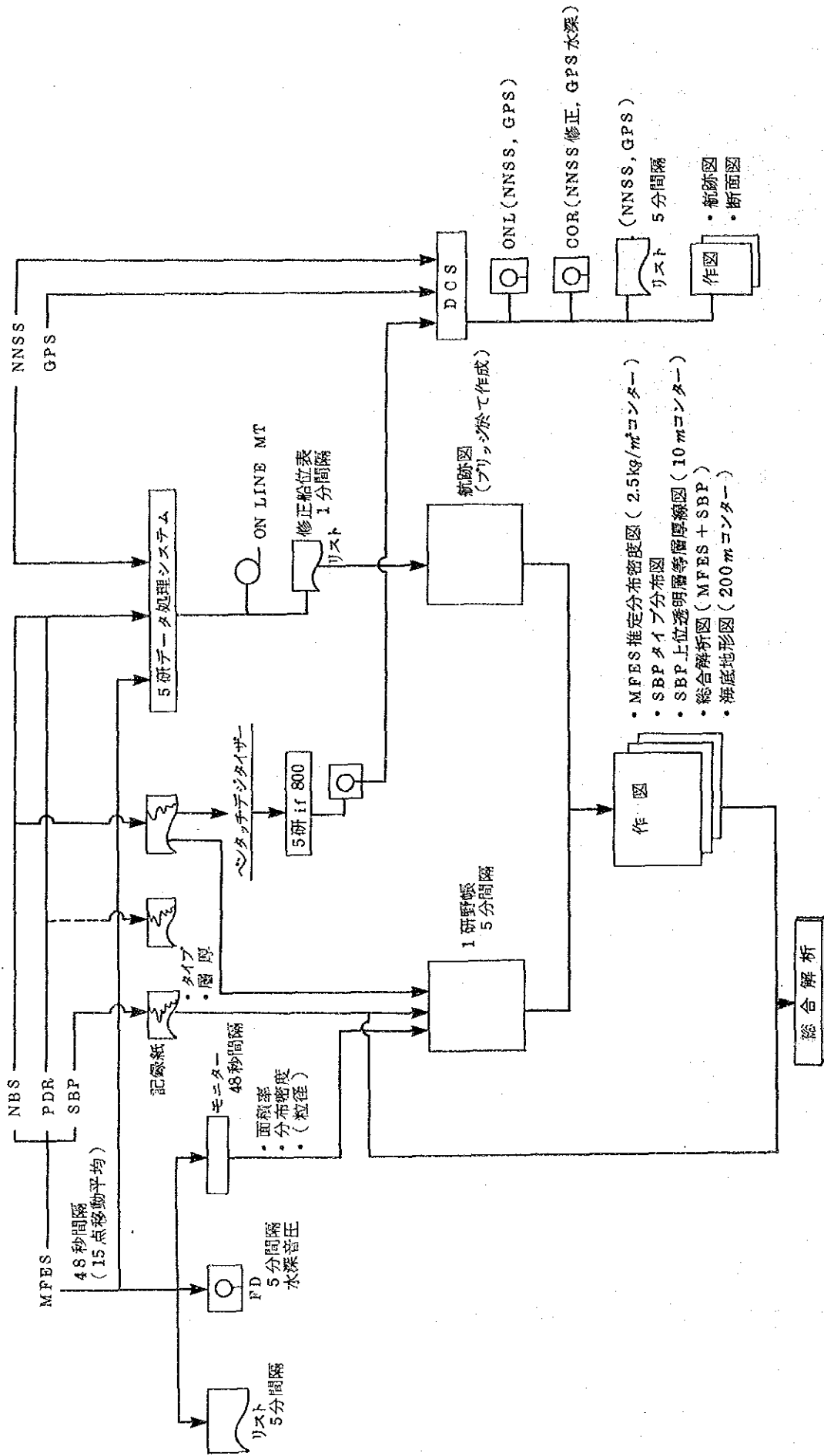


図2-4 音響探査及びビデオデータ処理系統図 (マンガン団塊)

## 2-2 コバルトクラスト

### 1) 調査手順

既存の地形データ、及びマンガン団塊1次調査より得られた地形データに基づき、船上にて調査対象海山を8海山選定した(図2-1参照)。この8海山のなかには2つの環礁(F-unafuti 及び Vaitupu)も含まれる。調査は、各種音響探査による地形及び表層堆積層の把握とドレッジによるサンプリングが主なものである。一部でFDCによる海底観察と写真撮影を行なった。

### 2) 付番

以下の要領で付番した。

<海山名> SOPAC(S) - TUVALU(アルファベットのBを用いる。次年度以降、別の海域に対しては順次C,D……を用いる) - 例: SB01。

<サンプリング点> 年号 - 海山名 - 使用機種 - 例

例: 88SB01AD01

<FDC測線> 年号 - SOPAC(S) - FDC - 例

例: 88SFDC01

<音響探査測線> 年号 - SOPAC(S) - 日付 - N(NIGHT)

例: 88S0901N

<調査機器> 表1-1参照。

### 3) 船位の決定

マンガン団塊の場合と同じであるが、NNSSよりもGPSの方を多用した。

### 4) 海底地形調査

NBS及びPDRなどを用いて海底地形を把握しながらサンプリング点を選定するとともに、プロッターを用いて地形図を作成した。航走測線密度は、4マイル間隔を標準とし、必要に応じて2マイル間隔とした。航走速度はふつう10ノットである。

### 5) 表層堆積物調査

SBPを用いて海山表面における堆積層分布状況を把握しながらサンプリング点選定の一助とした。

### 6) サンプリング

8海山全てにおいてドレッジによるサンプリングを実施した。目的に応じて各種ドレッジ(表1-1参照)を使用した。サンプリング対象範囲は、海山頂部より斜面にかけてであり下限水深は3,000m程度までとした。1海山におけるサンプリング点数は10点前後である。ドレッジの曳航船速は0.5~1.5ノット程度で、ドレッジ着底から離底までの標準曳航時間は30分程度である。

## 7) 試料の処理・分析及び保管

採取されたサンプルは、船上でタイプ別に分類した後秤量し、各々の特性を記載するとともに、その適量を分取し分析に供した。分析成分はCo, Ni, Cu, Mn及びFeの5成分及び含水率である。分析法はマンガン団塊と同じである。但し、分析値の偏りに関する検定(バイアス検定)は、同一サンプルを陸上に持ち帰ってから行った。又、マンガン団塊と同様に、顕微鏡観察、X線回折試験、完全分析及び微量分析なども陸上で行った。

以上の分析及び各種解析に供した残りのサンプルは、代表的なものについてはプラスチックびんに水密保管し、他は木箱に乾燥状態のままそれぞれ保管した。

## 8) FDCによる海底観察

コバルトクラストの産状を詳しく観察し、代表的産状の写真撮影を行うためFDC調査を5つの海山において実施した。計画測線延長は5マイルから10マイルで、曳航船速は1.0ノットを標準とし、原則として海底面に沿った連続観察である。写真撮影間隔は適宜とした。本機は曳航体にファインダー付テレビカメラを搭載しておりモニターテレビによるリアルタイムの海底観察とビデオ録画による詳細検討が可能である。このテレビ画像観察及び得られた海底写真解析などからコバルトクラストの賦存状況、とりわけサンプリングだけからでは得られないクラストの被覆率や、クラストタイプの側方へ変化傾向などを求めた。

## 9) 調査データの処理及び解析

### (1) 調査データとその処理

基本的にはマンガン団塊の場合と同じである。但し、コバルトクラスト調査ではMFES測定は実施しておらず、FG, SCなどに代るものとしてAD, CB, FDCが挙げられる。

作業系統を図2-5に示す。

### (2) 調査データの解析

船上及び陸上における解析に基づき次のような各種図表を作成した。

- ① 航跡図：各海山ごとに30万分の1で作成した。
- ② 海底地形図・サンプリング位置図：X-Yプロッターにより30万分の1で作成し、サンプリング位置(概略位置)を示した。
- ③ 海底地形断面図：②のデータに基づき各海山の断面図を作成した。
- ④ 海底地質及びコバルトクラスト分布図：ドレッジサンプリングデータ及びFDC調査データの要点を海山別に海底地形図上に示した。この図には各サンプリングごとの平均分析品位も示している。
- ⑤ FDC調査結果図：テレビ画像観察及び写真解析から得られたコバルトクラストの産状をFDC測線、地形断面及び推定クラスト被覆率などとともにルートマップとしてまとめた。
- ⑥ その他：各種特性要因解析図を作成し、コバルトクラスト賦存の場について検討を加えた。



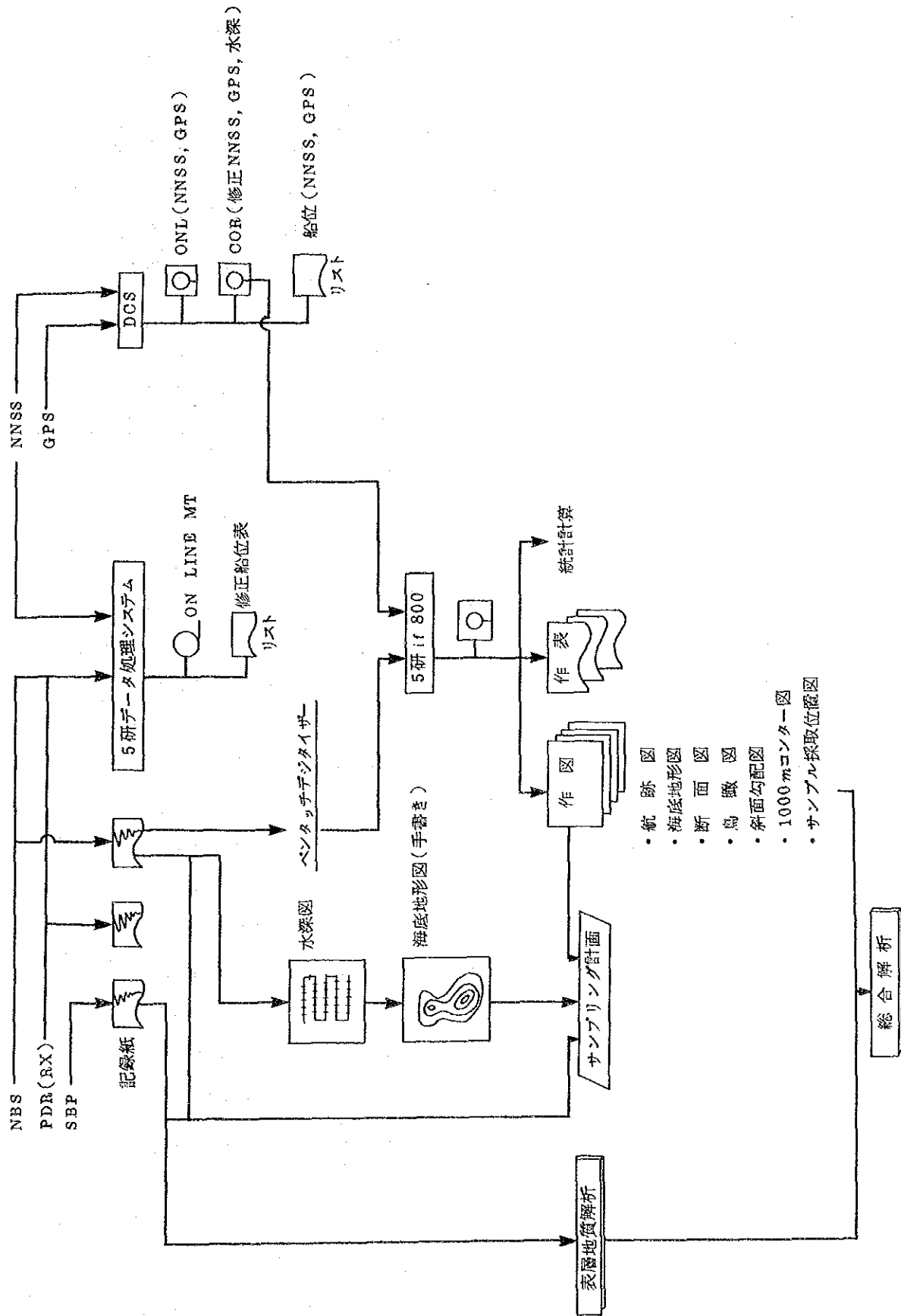


図 2-5 音響探査及びビデオデータ処理系統図 (コバルトクラスト)



### 3章 調査結果・I (マンガン団塊)

#### 3-1 海底地形

##### 1) 広域地形

調査海域全体の、海底地形図を図3-1-1及び別添第3図に示す。

調査海域中央部にはエリス諸島 (Ellice Jslands) からなる島弧が発達し、調査海域西部のエリス海盆 (Ellice Basin) と東部の北トケラウ海盆 (North Tokelau Basin) を分断している。

調査海域西部は、エリス海盆の東縁部に当り、海山、海丘を除けば水深は約5,000~5,400m (平均5,300m) である。

調査海域東部は、Nova-Cantonトラフの西縁部と中央太平洋海盆及び北トケラウ海盆からなり、全体的に西部の海域に比し起伏が大きい。水深は、5,200m~6,000m以深の範囲にあり北側に漸次増加している。

当海域内では、比高3,500mを越える海山の存在が2箇所を確認された。(SB08海山(N)・(S): 頂部水深1,450m, 1,230m及び、当調査で新しく発見した海山: 頂部水深1,890m)。これらの海山は、Nova-Cantonトラフの西縁部で斜交し、山岳地内の海山列とほぼ平行に北西方向に配列しているのが特徴的である。

調査海域中央部に発達する山岳地では、ツバル国 (Ellice Islands) を構成するフナフティ島をはじめとする九つのサンゴ礁の島や、海山、海丘がほぼ北西方向に配列している。

海山の種類としては、環礁 (SB06海山: Funafuti Is, SB07(W)海山: Vaitupu Is), 平頂海山 (SB01海山, SB02海山, SB03海山, SB04海山: Macaw Bank, SB08海山), 尖頂海山 (SB05海山, SB07(E)海山, SB08(N)海山) 等に分けられる。

これらの海山地形に就いては、クラスト調査の項で詳しく記述することにする。

##### 2) 海底地形区分

マンガン団塊賦存状況などを解析する為、地形を巨視的な見方と微視的な見方とから区分した。地形区分の定義については、表3-1-1に示す。

当調査海域の海底地形は、巨視的には西部に発達する平坦地 (176°E以西)、中央部の山岳地、東部に発達する準平坦地 (4°S・176°30'E~9°30'S・178°Wを結んだ東側) の3つに大別することができる。

これらの巨視的地形は、それぞれ

- (I) 平坦地は「エリス海盆」の東縁部に、
- (II) 山岳地は「エリス諸島」の一部に、
- (III) 準平坦地は「北トケラウ海盆」の西縁部に相当する。

また、当調査海域の海底地形を微視的に見た場合、平地、盆状地、溝状地、台状地、海丘、海山等に区分される。

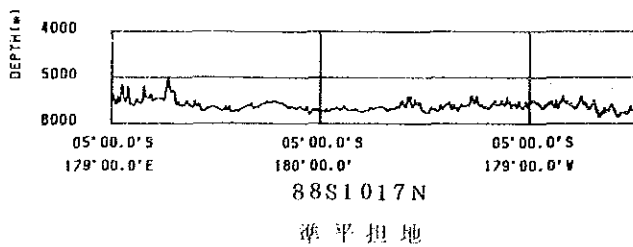
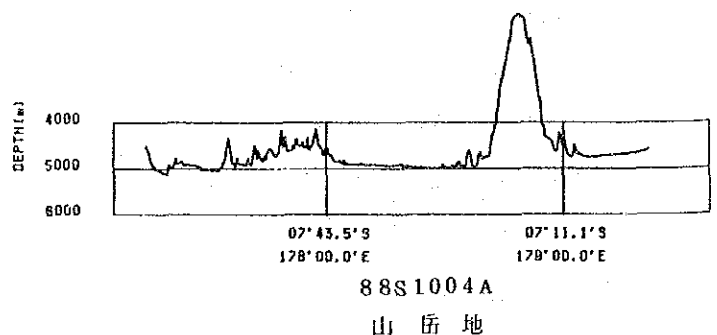
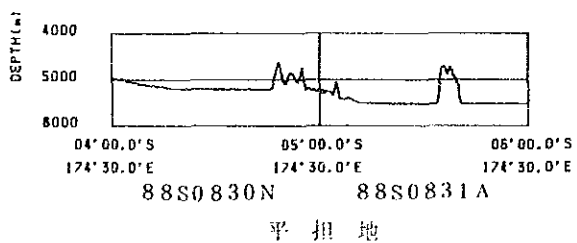
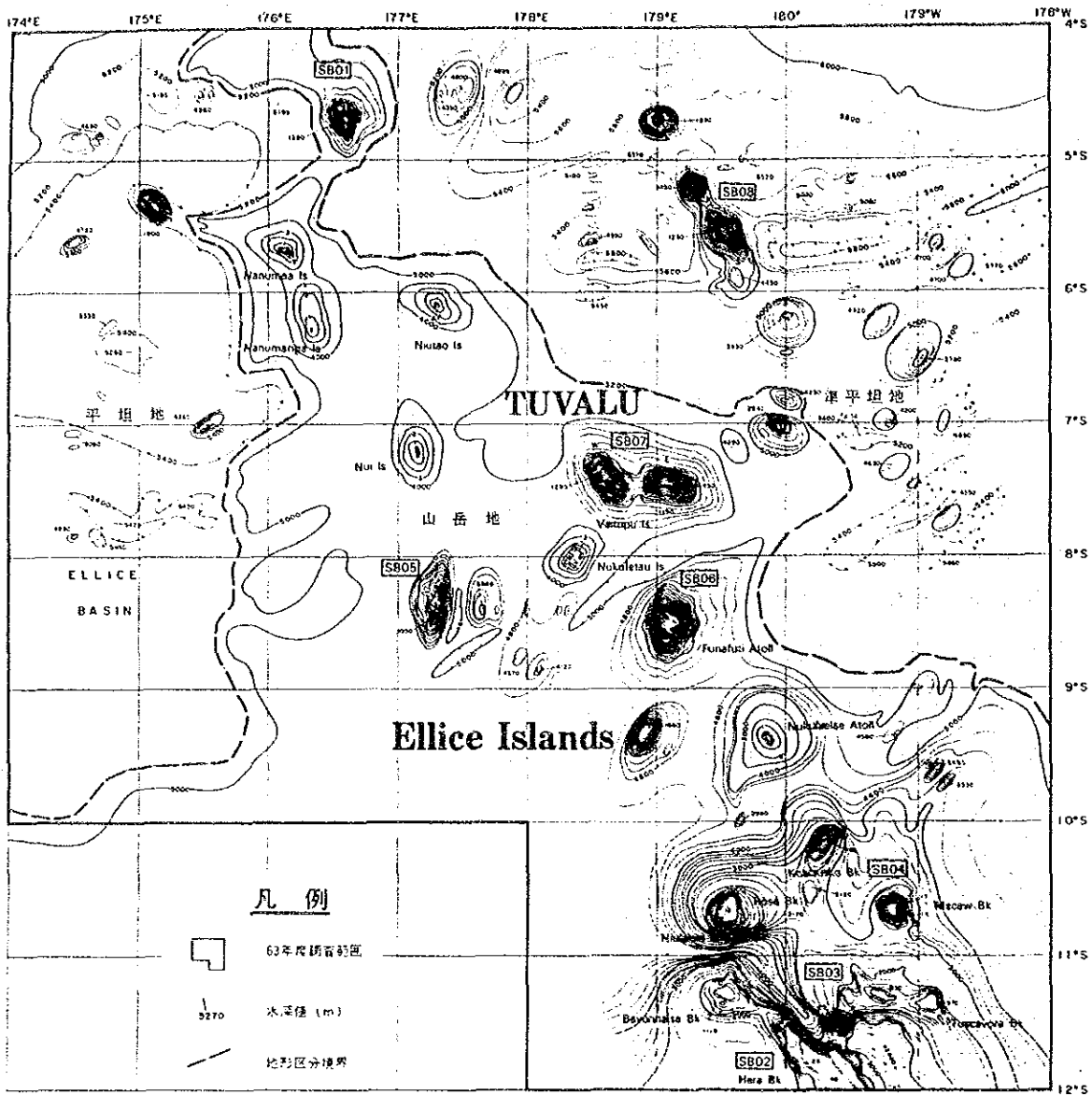


图 3-1-1 海底地形说明图

表 3-1-1 海底地形区分一覧

地形区分		定 義
巨視的区分	平坦地	海底面がほぼ平らな地形。ただし、孤立した海山、海丘があっても大局的にみて平坦地とする。
	丘陵地	海丘、海山が多く分布する地域。
	山岳地	海山が群をなしている地域。
	準平坦地	顕著な海山、海丘は少ないが起伏に富み平坦地にも丘陵地にも入らない地域。
微視的区分	平地	起伏のないまたはスムーズな起伏（比高100m位まで）をともない盆状地あるいは台状地に属さない平坦な地形。
	盆状地	スムーズな起伏をともない全体として凹地状を呈する地形、舟状海盆も含む。
	溝状地	細長い溝状をなす凹地、裂かあるいは断裂帯を含む。
	台状地	スムーズな起伏をともない、全体として凸地状（あるいは台形状）を呈する地形。
	海丘	比高ほぼ1,000m以下の丘状地。山頂から斜面全体を含める。
	海山	比高ほぼ1,000m以上の山。山頂から斜面全体を含める（平坦地に移行する部分までが斜面に属する）。
	海嶺	帯状に連なっている海丘あるいは海山からなる山脈を呈する地形。
その他	上記のいずれにも属さない地形。	

平地は、調査海域の平坦地内及び準平坦地と山岳地の境界部に広く分布している。

盆状地（舟状海盆を含む）は、西部の平坦地内と準平坦地内に小規模なものが点在する。

溝状地は、山岳地の南側に認められる。

台状地は、平坦地内に僅かに点在するのが認められる。

海丘は、平坦地内、準平坦地内に点在し、その配列は山岳地の海山列と平行しているのが特徴的である。

海山は、山岳地全域に分布し北西方向に配列している。また、南側には頂部水深数10mと比較的浅い堆(Bank)群が出現するのが特徴的である。

以上の点から西部の平坦地は、海山、海丘が少なく、僅かに台状地が点在するのみで地形構造もはっきりしていない。

東部の準平坦地は、西部の平坦地に比し起伏に富んだ地形を示しているのが特徴的である。

尚、山と谷が小刻みに且つ周期的に繰り返す、いわゆる波状地は準平坦地内の北側の一部で確認した。

## 3-2 表層堆積物

### 1) SBP記録の分類(図3-2-1参照)

当調査海域は、SBP記録をその反射パターンに基づいて、タイプb、タイプc、タイプd<sub>1</sub>、タイプd<sub>2</sub>、タイプd<sub>s</sub>、タイプe<sub>1</sub>の6つに分類した。

各分類の定義およびその特徴は下記のとおりである。

#### ① 上位に音響的透明層が認められるタイプ

タイプb：透明層-不透明層の2層構造を示し、その透明層の透明度が悪く、半透明を示す。層厚は10m~60mである。

タイプe<sub>1</sub>：透明層と不透明層の多層構造を示す。特に西部海域の透明層は殆どが4本の反射線からなり、上位3本の反射線の間隔(層厚)は約10mのほぼ等間隔である。下位の不透明層は多層の不透明層からなることが多い。

これらの透明層の分布範囲は褐色粘土帯にほぼ対応している。

#### ② 上位の音響的透明層が認められないタイプ

タイプc：不透明層-透明層-不透明層の3層構造を示す。なお、海域によっては層厚の薄い透明層と不透明層の互層からなる場合もタイプcに分類した。

この不透明層は反射率の大きい堆積物や火成岩(但し西部海域の平坦地に認められる透明層と不透明層の細密互層は混濁流堆積物)からなると推定される。ただし、タイプcの箇所では粘土のような反射率の小さい底質物が採取されるのはSBPの分解能以下の透明層が存在しても検出できない場合である。

タイプd<sub>1</sub>：不透明層のみからなる。一般に海丘か海山の分布と一致して認められ、岩盤の露出部にほぼ対応するものと推定される。

タイプd<sub>2</sub>：平坦な所(平地)に認められ不透明層のみからなる。

主に反射率の大きい岩盤又はより固い堆積物に対応するものと推定される。なお西部海域の平坦地にみられるタイプd<sub>2</sub>の一部は混濁流堆積物からなると推定される。

#### ③ その他

タイプd<sub>s</sub>：不透明層のみからなると推察されるが、主として海底地形の凹凸による回折波のために大小のhyperbola(双曲線)の集合した記録からなり、透明層か不透明層かを判定できないSBP記録である。当海域では主に丘状地や凸状地などに認められる。

### 2) SBPタイプの分布状況(別添第4図参照)

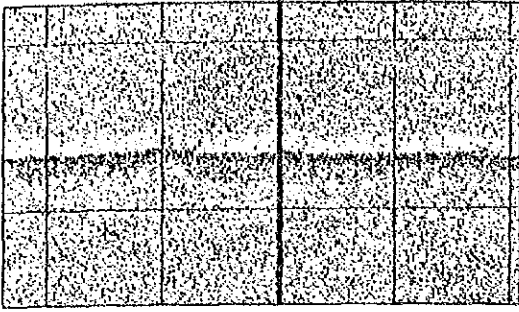
SBPタイプと透明層との分布状況を①平坦地、②山岳地、③準平坦地に分けて記す。ただし当海域のSBPの測定は測線間隔が広いので線状のSBPデータなので、平面分布図の精度は悪い。

#### ① 平坦地(調査海域西部)

西部海域のSBP記録はタイプc、タイプd<sub>1</sub>、タイプd<sub>2</sub>、タイプe<sub>1</sub>に分類できる。

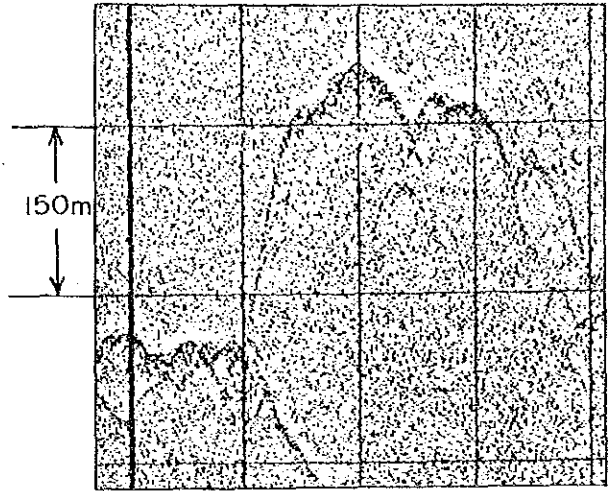
Type d<sub>2</sub>

Line No. 88S0914A  
9°00'S · 179°15'W



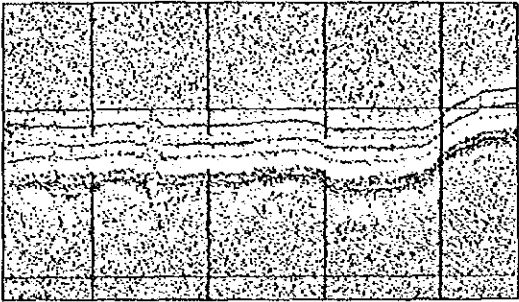
Type d<sub>1</sub>

Line No. 88S0903A  
5°36'S · 175°30'E



Type e<sub>1</sub>

Line No. 88S0901N  
7°43'S · 174°49'E



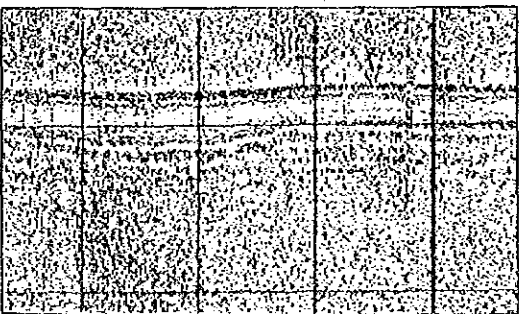
Type b

Line No. 88S0903N  
4°42'S · 174°49'E



Type c

Line No. 88S0831A  
5°45'S · 174°30'E



Type ds

Line No. 88S0902N  
6°36'S · 175°06'E

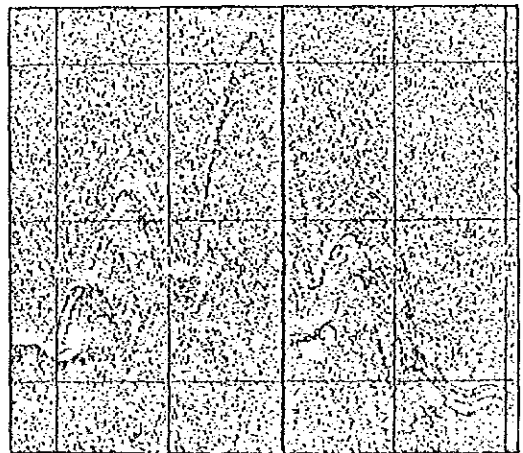


図 3 - 2 - 1 SBP 記録の分類

6°30' Sを境にして、北側海域は主として上位透明層のないタイプc、タイプd<sub>2</sub>が分布し、特にタイプd<sub>2</sub>は5°S以北に発達する。南側海域は上位透明層のあるタイプe<sub>1</sub>が主に分布する。

タイプd<sub>1</sub>はほぼ6°30' S・175° E付近のものと5°S・175°30' E付近に分布するものが比較的まとまっている。地形が平坦なためか、タイプd<sub>s</sub>は散点状にしか認められない。

## ② 山岳地（調査海域中央部）

山岳地のSBPによる測定はコバルトクラスト調査において海山間を移動するさいに実施したので、データは数すくないため詳細は不明である。

タイプb、タイプe<sub>1</sub>は山間の谷、平地に小規模に分布する。タイプc、タイプd<sub>1</sub>、d<sub>s</sub>は断続的に分布する。

なお、山間の海底地形は比較的平坦なので、混濁流堆積物で覆われていると推定される。

## ③ 準平坦地（調査海域東部）

ほぼ5°S~8°Sには主としてタイプd<sub>s</sub>、タイプd<sub>1</sub>が分布する。5°S以北と南東側にタイプe<sub>1</sub>がまとまって分布する。この他のe<sub>1</sub>は小規模で断続して分布する。タイプcは主に南東側のタイプe<sub>1</sub>の周囲に分布する。タイプbは北西縁に散点状に分布する。タイプd<sub>2</sub>は5°S以北に散点状に分布する。

## 3) 上位透明層の分布状況（別添第5図参照）

当調査海域では、上位透明層はSBPタイプのタイプb、タイプe<sub>1</sub>に分布しているので、SBPタイプ分布図を参照してほしい、タイプb、タイプe<sub>1</sub>の層厚は10~60mである。層厚は40m以下が多く、かつ上位透明層の分布する範囲が狭い。

層厚は30~40mのまとまりのある海域は平坦地の西部のほぼ6°45' S以南に分布する。層厚10m~30mのまとまりのある海域は準平坦地の北東に認められる。そのほかは小規模に山岳地、準平坦地に散在する。



### 3-3 底質物

#### 1) 分類

底質物の分類は表3-3-1の分類基準に従って行った。また、構成物の定量についてはスミアスライドを作製し鏡下観察(100倍)により行った。

表3-3-1 底質物の分類基準

	全生物遺骸 (%)	*1 珪質生物遺骸 (%)	*2 石灰質	備 考
褐色粘土	<10			
珪質粘土	10~30		<5	
珪灰質粘土	10~30		>5	珪質遺骸 > 石灰質遺骸
灰珪質粘土	10~30	>5		石灰質遺骸 > 珪質遺骸
石灰質粘土	10~30	<5		
有孔中軟泥	>30			有孔虫を主体とするもの
珪灰質粘土	>30		>5	珪質遺骸 > 石灰質遺骸
珪質軟泥	>30		<5	

\*1 放射虫, 珪藻, 海綿の骨針, 珪質鞭毛虫

\*2 有孔虫, 石灰質ナンノプランクトン

#### 2) 分布と性状

##### ① 分布

底質物の採取比率を表3-3-2に, 底質分布図を図3-3-1に示す。

表3-3-2 底質物の採取比率

時代	種 類	採取数	比 率 (%)	
第四紀	褐色粘土	57	90	100
	石灰質堆積物 石灰質粘土	6	10	

当調査海域に分布する底質物は, 褐色粘土が圧倒的で, 全体の約90%を占める。海山や海丘付近の水深が浅い2測点6カ所では石灰質粘土が採取され, これは全体の10%を占める。古期堆積物は, 今回の調査海域内では認められなかった。

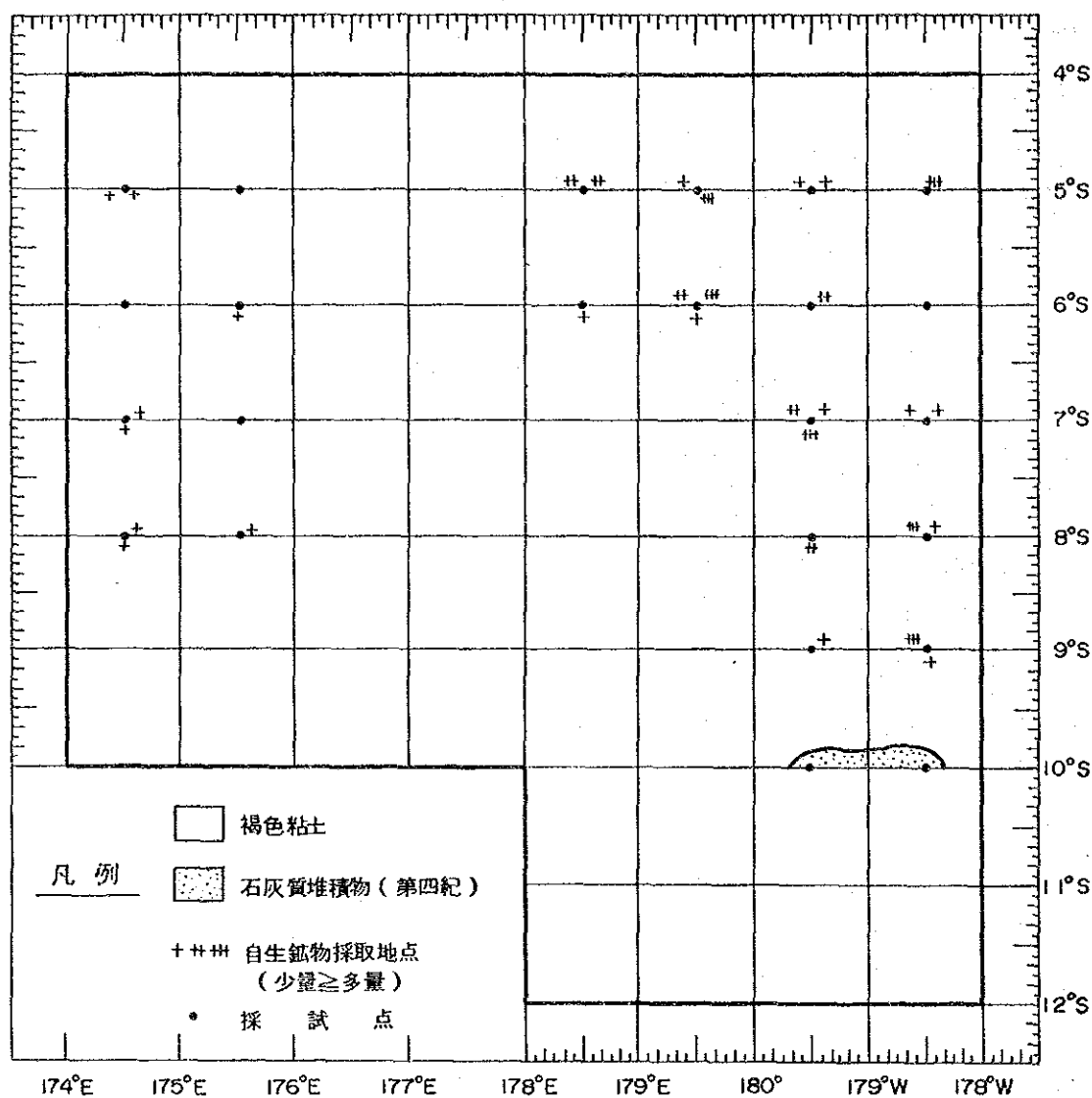


図 3-3-1 底質物分布図

底質分布図(図3-3-1)によると褐色粘土は、調査海域のうちマンガン団塊調査海域のほぼ全域に分布し、東海域の南端で海山部分の水深4100m~4500m付近の地形の高まりには石灰質粘土が分布する。

調査海域内5カ所で実施したスベードコアラによるサンプリングでも表層では褐色粘土、石灰質粘土が採取されたが、いずれも深部(最深部で表層下50cm)でも古期堆積物は認められなかった。これらは深部層までマイクロノジュール、火山ガラスが多い。

② 性 状

各底質物の一般的性状について以下に概説する。また、各底質物の顕微鏡写真のうち、代表的なものを図3-3-2に示す。

a 褐色粘土

褐色粘土は、粘土鉱物を主要構成鉱物とし、これにマイクロノジュール、火山碎屑物、

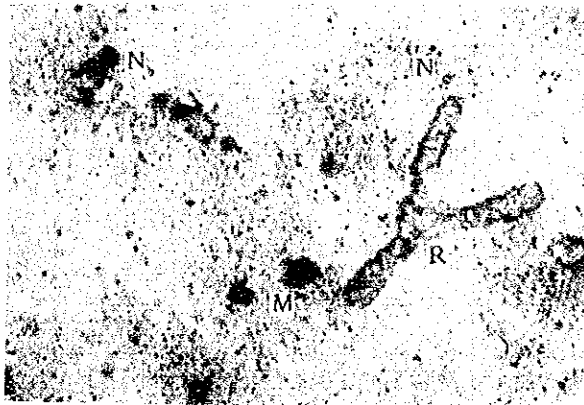
イクチオリス及び沸石類等を伴う。

当調査海域の底質物は、特徴としてマイクロジュールと火山砕屑物を多量に含み、マイクロジュールの含有率が1%に達することが稀ではない。

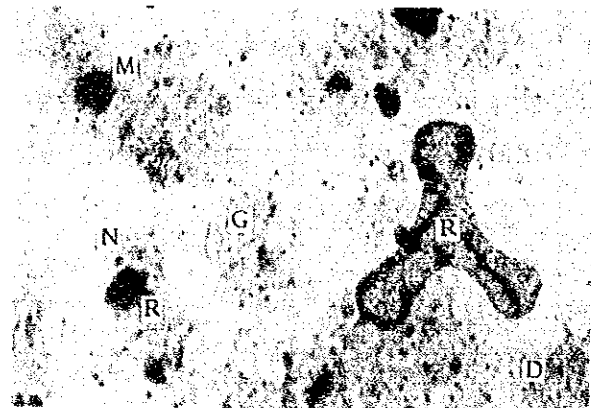
b 石灰質堆積物

石灰質堆積物は、含有する石灰質生物殻、珪質生物殻の量比により区分しているが、当調査海域では、石灰質粘土と石灰質軟泥だけが認められた。これらは有孔虫の破片を主とし、マイクロジュール、火山砕屑物、イクチオリス及び沸石類等を含有する。

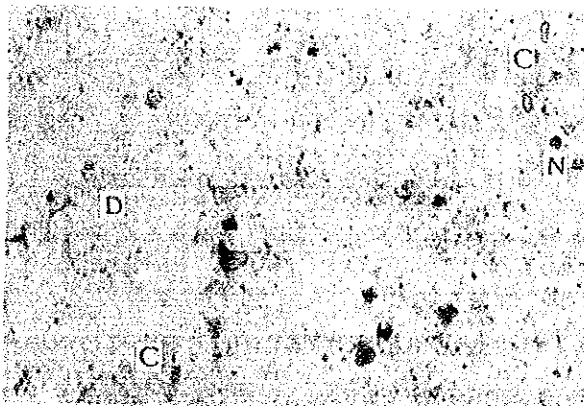
なお、コバルトクラスト調査の際に各海山で実施したドレッジにより採取された底質物は、いずれも粗粒の石灰質軟泥であった。それらの底質物には粗粒の有孔虫のほか全般的にマイクロジュール、火山ガラスなどが多量に含まれているため、中粒でありザラツとしている。



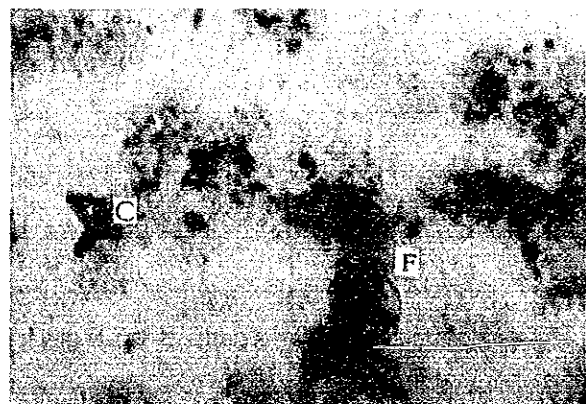
Brown clay (88S0679FG01)



Brown clay (88S0879SC01)



Calcareous clay (88S0875FG03)



Calcareous clay (88S1179FG03)

Legend

R : Radiolaria    D : Diatom    F : Foraminifera    C : Carbonate  
M : Mud fragment    N : Micro-nodule    G : Volcanic glass

図 3-3-2 各種底質物のスミアスライド写真

### 3) 構成鉱物

前述のように、調査海域のうち代表的な5カ所でスベードコアラーによる底質物のサンプリングを実施した。西海域については北東部と南東部で2カ所、そして東海域では南東部と東部および北東部の合計5カ所を実施し、4カ所からボックスコア・サンプルを得た。採取した各試料の表層から10cmおきに各深度でサンプルを採取し、粉末X線回折試験に供し、鉱物組成を検討した。表3-3-3及び図3-3-3にその結果を示す。ここに含まれる底質物の種類は褐色粘土、石灰質粘土であるが、その殆ど全てのサンプルに共通する構成鉱物としては石英、斜長石及び粘土鉱物が検出された。粘土鉱物はイライト、モンモリロナイトが認められる。また、岩塩が普遍的に含まれている。88S1179SC01は、石灰質粘土であるが、このサンプルには表層から深度40cmまで方解石が多量に検出された。

海底面からの深度(SCによる上層と下層)の違いによる鉱物組成の変化としては、88S1179SC01において上部に斜長石が存在し、深度20cm以下では欠如する。一方、海底面から深度30cmまでは粘土鉱物が欠如することがあげられる。

なお、石灰質粘土からなる88S1179SC01を除けば、これら3カ所のスベードコア・サンプルの比較でみる限りでは海域内における南北間及び東西間の差異は認められない(88S0879SC01は海域内南東部で、88S0975SC01は海域南西部で、88S0675SC01は海域北西部で採取されたサンプルである(図2-1参照))。

### 4) 化学組成

スベードコアラー(SC)で採取した底質物について表層から10cmごとにサンプルを採取し、化学分析を行った。分析結果を表3-3-4に示す。これより、褐色粘土については次のようなことが明らかとなった。

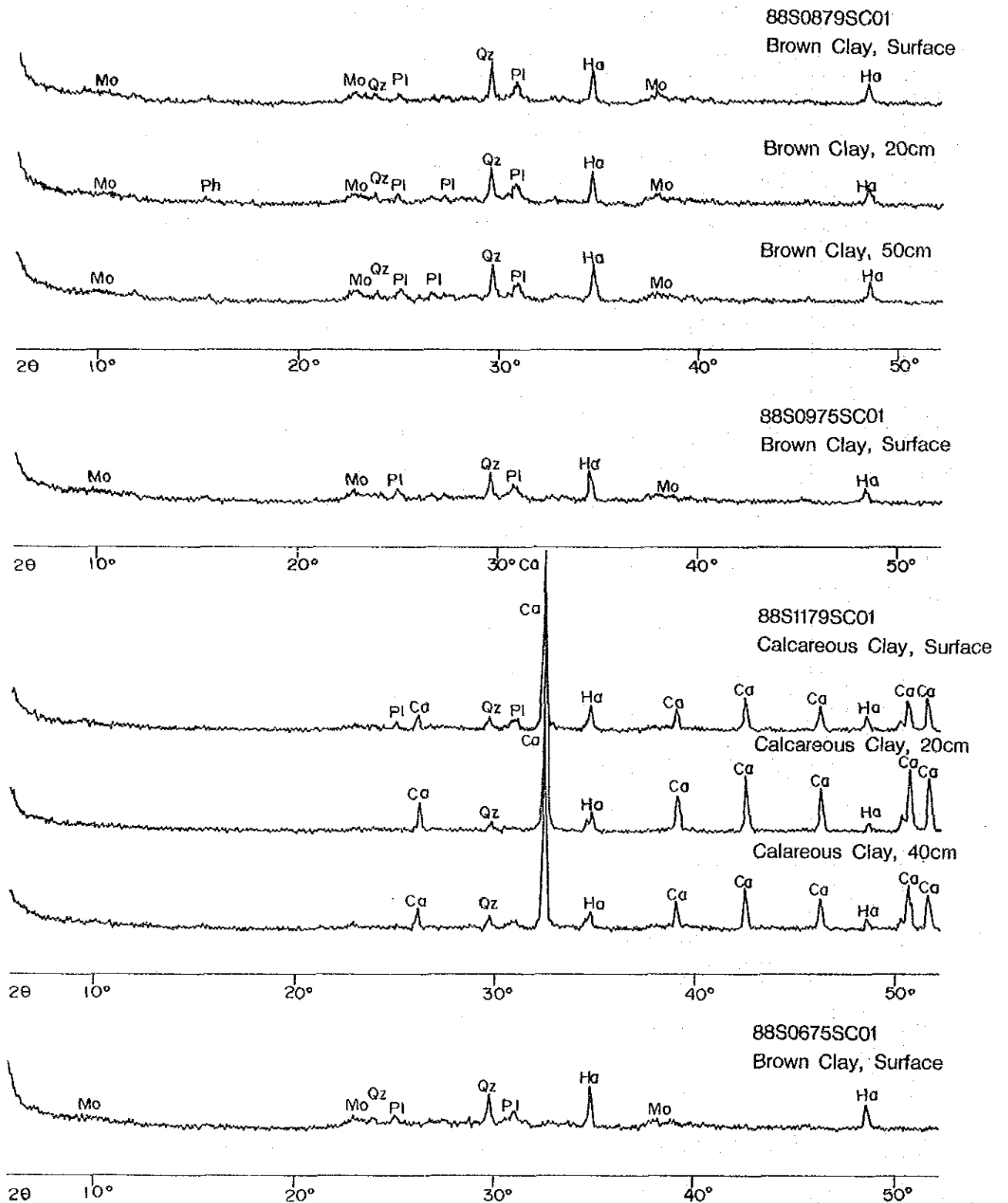
- ①上、下層を比較した場合、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ などは明瞭な変化を示すが、海域内の東部と西部で逆の挙動をしている。東部では $\text{SiO}_2$ が上層で低く、 $\text{TiO}_2$ は上層で高い。 $\text{BaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及び $\text{P}_2\text{O}_5$ は含有率がほぼ一定で上、下層間における変化はほとんど認められない。
- ② $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ なども上層、下層間で変化は認められるものの、変化傾向は一様ではない。
- ③北部(88S0675SC01)と南部(88S0879SC01及び88S0975SC01)を比較した場合、北部の方が南部より高い含有率を示す成分は $\text{SiO}_2$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 及びLOIなどで、一方その逆を示す成分は $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{BaO}$ 及び $\text{K}_2\text{O}$ である。なお、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ はほぼ同一の含有率を示し、南北間の変化は認められない。
- ④西部(88S0975SC01及び88S06753SC01)と東部(88S0879SC01)を比較した場合、西部の方が東部より高い含有率を示す成分は $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 及びLOIなどで、一方その逆を示す成分は $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{BaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及び $\text{K}_2\text{O}$ である。なお、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ はほぼ同一の含有率を示し、東西間の変化は認められない。

表 3-3-3 底質物の X 線回折試験結果

番号	試料名	深度	珪酸塩鉱物				その他	
			斜長石	石英	フィリップサイト	粘土鉱物**	方解石	ハライト
1	88S0879S01	表層	•	•		•		•
2	"	10cm	•	•		•		•
3	"	20cm	•	•	?	•		•
4	"	30cm	•	•		•		•
5	"	40cm	•	•		•		•
6	"	50cm	•	•		•		•
7	88S0975SC01	表層	•	•		•		•
8	"	10cm	•	•		•		•
9	"	20cm	•	•		•		•
10	"	30cm	•	•		•		•
11	"	40cm	•	•		•		•
12	88S1179SC01	表層	•	•			◎	•
13	"	10cm	?	•			◎	•
14	"	20cm		•			◎	•
15	"	30cm		•			◎	•
16	"	40cm		•		•	◎	•
17	88S0675SC01	表層	•	•		•		•
18	"	10cm	•	•		•		•
19	"	20cm	•	•		•		•

◎：多量      ○：中量      •：少量      ?：不確定

\*\*は、 $7.5^{\circ}$  ( $2\theta$ ) 付近にブロードなピークを示す鉱物であり、結晶度の低い montmorillonite または illite/montmorillonite 混合層鉱物と推定される。



Legend Qz : Quartz Pl : Plagioclase Mo : Montmorillonite Ha : Halite  
Ca : Carbonate

図 3 - 3 - 3 底質物の代表的 X 線回折パターン

表 3-3-4 底質物の化学組成

(%)

No.	Sample No.	Depth	Components and Values												
			SiO <sub>2</sub> wt%	TiO <sub>2</sub> wt%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%	FeO wt%	MnO wt%	MgO wt%	CaO wt%	BaO wt%	Na <sub>2</sub> O wt%	K <sub>2</sub> O wt%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> wt%	Loss wt%
1	88S0879SC01	Surface	44.35	1.02	14.74	9.34	0.28	1.21	3.77	2.35	0.17	4.85	2.03	0.47	14.54
2	"	10 cm	44.33	1.04	14.88	9.34	0.50	1.25	3.82	2.44	0.17	4.88	2.13	0.49	14.22
3	"	20 cm	44.39	1.00	15.00	9.55	0.13	1.24	3.71	2.21	0.15	4.90	2.19	0.46	14.08
4	"	30 cm	44.69	0.99	14.82	9.28	0.19	1.26	3.65	2.30	0.17	4.99	2.26	0.46	14.14
5	"	40 cm	45.82	0.93	14.46	8.81	0.30	1.17	3.51	2.26	0.18	4.86	2.16	0.46	14.16
6	"	50 cm	45.78	0.92	14.08	8.52	0.41	1.17	3.45	2.29	0.17	5.18	2.15	0.48	14.46
7	88S0975SC01	Surface	44.66	0.89	14.90	9.45	0.49	1.13	3.67	2.58	0.13	4.52	1.76	0.43	14.58
8	"	10 cm	45.09	0.87	14.75	9.36	0.35	1.15	3.64	2.53	0.13	4.73	1.73	0.42	14.38
9	"	20 cm	44.23	0.93	15.32	9.97	0.23	1.26	3.77	2.60	0.12	4.74	1.77	0.43	14.06
10	"	30 cm	43.09	0.99	15.91	10.57	0.18	1.36	3.53	2.71	0.11	4.64	1.73	0.44	13.67
11	"	40 cm	43.36	0.98	15.77	10.42	0.12	1.40	3.52	2.66	0.11	4.64	1.70	0.45	13.75
12	88S1179SC01	Surface	9.48	0.35	5.79	3.76	0.23	0.63	1.55	28.72	0.15	2.82	0.85	0.26	34.46
13	"	10 cm	14.79	0.24	4.32	2.10	0.55	0.43	1.19	35.46	0.13	2.45	0.70	0.18	36.87
14	"	20 cm	13.23	0.21	3.76	2.00	0.28	0.38	1.23	37.20	0.11	2.06	0.57	0.15	38.37
15	"	30 cm	11.93	0.20	3.37	2.07	0.13	0.38	0.99	37.96	0.10	1.93	0.53	0.17	39.73
16	"	40 cm	21.12	0.46	6.90	4.79	0.12	0.78	1.89	26.63	0.15	2.85	0.94	0.35	32.26
17	88S0675SC01	Surface	45.94	0.79	14.67	7.61	0.67	0.94	3.38	2.46	0.12	5.00	1.82	0.52	15.15
18	"	10 cm	45.76	0.83	15.28	8.06	0.50	1.13	3.45	2.40	0.12	4.96	1.98	0.52	14.49
19	"	20 cm	45.31	0.81	14.83	7.73	0.60	1.08	3.38	2.87	0.12	5.00	1.92	0.52	15.04

X	51.3	0.59	12.5	5.4	-	0.53	1.5	3.0	1.5	-	5.7	3.3	11.2
---	------	------	------	-----	---	------	-----	-----	-----	---	-----	-----	------

(%)

No.	Sample No.	Depth	Components and Values												Total wt%
			Pb ppm	V ppm	B ppm	Zn ppm	Y ppm	Ni ppm	Cu ppm	Co ppm	As ppm	Sr ppm	Mo ppm		
1	88S0879SC01	Surface	138	171	89	568	82	167	382	160	16	271	<1	99.12	
2	"	10 cm	122	172	94	668	85	176	398	160	15	282	<1	99.49	
3	"	20 cm	78	168	86	340	83	173	356	157	14	279	<1	99.01	
4	"	30 cm	78	167	89	304	83	175	356	163	12	274	<1	99.20	
5	"	40 cm	78	160	100	247	85	172	330	148	13	266	<1	99.08	
6	"	50 cm	78	160	96	278	86	167	328	145	11	265	<1	99.06	
7	88S0875SC01	Surface	81	186	90	334	82	201	373	146	12	252	<1	99.19	
8	"	10 cm	75	186	93	323	82	202	369	144	14	252	<1	99.13	
9	"	20 cm	75	196	88	243	86	206	403	151	16	256	<1	99.43	
10	"	30 cm	78	204	87	237	87	215	418	150	15	272	1	98.93	
11	"	40 cm	76	199	93	241	90	229	405	150	18	272	3	98.88	
12	88S1179SC01	Surface	60	72	44	198	52	100	188	81	7	1137	<1	89.05	
13	"	10 cm	52	49	30	112	41	82	147	76	7	1312	<1	99.40	
14	"	20 cm	47	41	25	157	41	74	123	84	4	1422	<1	99.55	
15	"	30 cm	44	39	28	146	40	70	125	78	4	1434	<1	99.49	
16	"	40 cm	52	87	50	137	74	117	201	96	7	1075	<1	99.24	
17	88S0675SC01	Surface	94	159	76	1068	99	182	352	136	14	252	<1	99.07	
18	"	10 cm	60	165	93	408	102	205	350	152	12	265	<1	99.48	
19	"	20 cm	57	159	74	172	103	186	339	146	13	271	<1	99.21	

X	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
---	---	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

No. 1-19 : Results of this survey  
 X : DOMES Site-B (Bischoff J. L. et al., 1979)

⑤ DOMES Site-B<sup>\*1</sup> における化学組成と比較すると、当調査海域の方が高い成分としては TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, LOI などがあり、逆に低い成分としては SiO<sub>2</sub>, CaO, BaO 及び K<sub>2</sub>O などがある。

⑥ 石灰質粘土 (88S1179SC01) については、CaO, LOI 値が高いほか、FeO, BaO を除いてはいずれも褐色粘土に比べて低い値を示す。

また、全ての成分について上, 中, 下層間で変動は認められるものの、変化傾向は一樣ではない。

⑦ 分析成分の相関係数を表 3-3-5 に示す。これによると MnO<sub>2</sub> は SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> などと正相関を示し、SiO<sub>2</sub>, FeO, LOI などとは負相関を示す。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は MnO<sub>2</sub> のほか V 及び Cu などと正相関し、FeO, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, LOI などと負相関する。Ni は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及び V と正相関し、BaO 及び K<sub>2</sub>O とは負相関する。Cu は Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及び V と正相関し、SiO<sub>2</sub> 及び Na<sub>2</sub>O とは負相関する。また、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> と Y, TiO<sub>2</sub> と Co などにも正相関が認められる。

表 3-3-5 底質物含有成分間の相関

(相関係数)

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO <sub>2</sub>	MgO	CaO	BaO	K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Pb	V	Zn	Y	Ni	Cu	Co	As	Sr	Mo	
SiO <sub>2</sub>	1.00	-0.58	-0.78	-0.59	0.67	-0.84	-0.48	-0.37	0.29	0.66	0.35	0.55	0.73	-0.26	-0.82	-0.03	0.28	0.39	-0.51	-0.89	-0.44	-0.70	-0.46	-0.45
TiO <sub>2</sub>	.....	1.00	0.22	0.73	0.71	0.89	0.71	-0.32	0.48	-0.22	0.35	-0.43	-0.73	0.54	0.33	0.45	-0.17	-0.71	-0.15	0.51	0.79	0.42	0.68	0.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.....	.....	1.00	0.62	-0.44	0.62	0.69	0.53	-0.78	-0.63	-0.51	-0.28	-0.58	-0.20	0.78	-0.11	-0.23	0.13	0.83	0.78	0.17	0.61	0.15	0.43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.....	.....	.....	1.00	-0.82	0.89	0.59	0.13	-0.11	-0.72	-0.29	-0.82	-0.88	0.15	0.86	0.37	-0.46	-0.67	0.47	0.89	0.41	0.60	0.23	0.49
FeO	.....	.....	.....	.....	1.00	-0.85	-0.42	0.29	-0.10	0.35	-0.07	0.67	0.87	0.02	-0.53	-0.39	0.53	0.60	-0.21	-0.42	-0.52	-0.44	-0.38	-0.38
MnO <sub>2</sub>	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.44	0.88	0.89	-0.43	-0.04	-0.56	-0.93	0.86	0.67	0.44	-0.54	-0.48	0.39	0.66	0.59	0.53	0.55	0.51
MgO	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	-0.25	0.36	-0.36	0.15	-0.54	-0.49	0.68	0.34	0.31	-0.09	-0.75	-0.13	0.52	0.68	0.35	0.23	-0.13
CaO	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	-0.76	-0.44	-0.16	-0.94	0.07	-0.31	0.51	-0.49	-0.24	0.41	0.67	0.44	-0.35	0.39	-0.18	0.28
BaO	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.45	0.85	0.63	-0.02	0.50	-0.55	0.48	0.06	-0.52	-0.84	-0.40	0.49	-0.32	0.38	-0.34
K <sub>2</sub> O	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.68	0.71	0.45	-0.02	-0.84	-0.15	0.24	0.37	-0.69	-0.71	0.01	-0.59	0.23	-0.34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.32	0.62	0.21	-0.71	0.25	0.02	-0.19	-0.89	-0.55	0.56	-0.45	0.58	-0.36
LOI	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.64	0.01	-0.73	-0.42	0.47	0.09	-0.35	-0.43	-0.12	-0.28	0.22	-0.15
Pb	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	-0.67	-0.56	0.51	0.53	-0.40	-0.58	-0.47	-0.43	-0.41	-0.40
V	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.26	0.11	0.58	-0.42	-0.44	0.32	0.37	0.24	-0.11
Zn	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.15	-0.34	-0.34	0.80	0.97	0.04	0.61	-0.12
Y	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	-0.31	-0.55	-0.60	0.83	0.28	0.06	0.10
Ni	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.21	0.39	-0.81	-0.18	0.09	-0.17
Cu	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	-0.28	-0.42	-0.13	-0.03	0.07
Co	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.61	-0.25	0.45	-0.26
As	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.77	0.14	0.26
Sr	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.74	-0.92
Mo	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.00	0.69

(サンプル数 14 個)

5) 底質物中の自生鉱物

自生鉱物の鉱物組成を調べるため、粉末 X 線回折試験を実施した。表 3-3-6 及び図 3-3-4 にその結果を示す。検出された鉱物は斜長石、石英、灰十字沸石、モンモリロナイト、フッ素燐灰石及び 10Å 水マンガン鉱、 $\delta$ -MnO<sub>2</sub> である。

\*1 SiO<sub>2</sub> 51.5%, TiO<sub>2</sub> 0.59%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 12.5%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.4%, MnO<sub>2</sub> 0.53%, MgO 3.0%, CaO 1.5%, BaO 1.5%, Na<sub>2</sub>O 5.7%, K<sub>2</sub>O 3.3%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.51%, LOI 11.2% (Bischoff, J.L et. al., 1979)



表 3-3-6 自生鉱物のX線回折試験結果

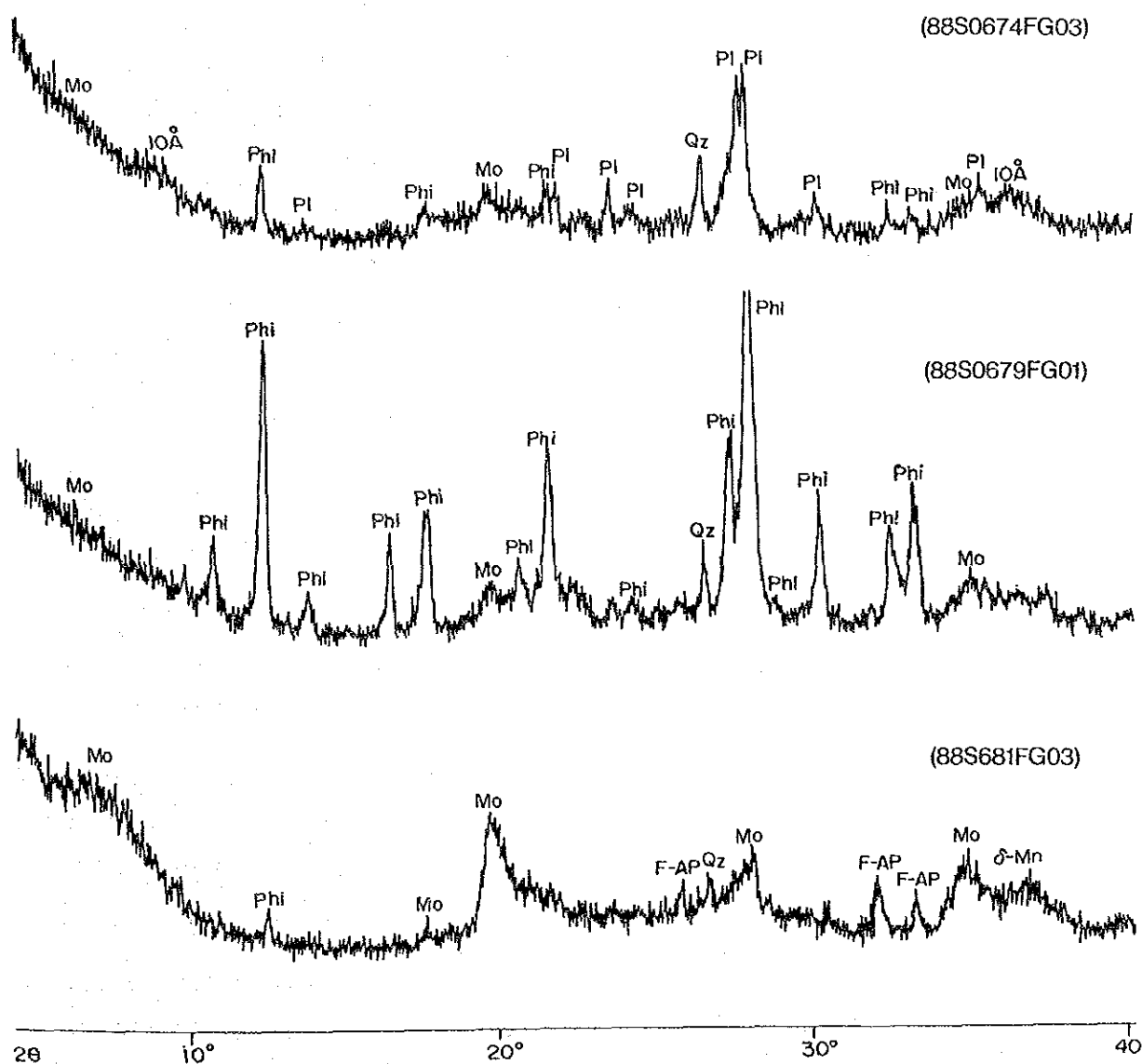
	Mn 鉱物		珪酸塩 鉱物				他
	10 Å Mn	δ Mn	PI	Q	Phi	Mont	F·Ap
88S0674FG03	±		•	±	±	±	
88S0679FG01				±	◎	?	
88S0681FG03		±		±		•	±

Legend ◎: 多量, ○: 中量, •: 少量, ±: 微量, ?: 不確定

10Å Mn: 10Å Manganite, δMn: δ-MnO<sub>2</sub>,

PI: Plagioclase, Q: Quartz, Phi: Phillipsite,

Mont: Montmorillonite, F·Ap: Fluorapatite



Legend 10Å: 10Å Manganite δ-Mn: δ-MnO<sub>2</sub> Qz: Quartz PI: Plagioclase Mo: Montmorillonite  
Phi: Phillipsite F-AP: Fluor Apatite

図 3-3-4 自生鉱物の代表的X線回折パターン

## 6) CCD(炭酸塩補償深度)

調査海域では石灰質の底質物に関するデータ数は比較的少ない。スミアスライドの顕微鏡観察によれば、底質物中に石灰質微化石の残存している下限水深が4827m、消滅している上限水深が5031mであることが確認された。このことから、底質物中の炭酸塩鉱物が認められなくなる最大水深いわゆる炭酸塩補償深度(CCD)は、調査海域内では約4900~5000m前後であると考えられる。

## 7) 底質物中の化石の同定

スベードコアラーにより採取した底質物について産出化石(放散虫, 有孔虫)の同定を行い、定質物の時代, 堆積環境を検討した。同定の対象としては、上記の内、深度40cm以上の試料が採取された3カ所からのサンプルを用いた。

### (1) 放散虫

#### ① 分析方法

上記3試料のスベードコアラーの底質試料について、船上にて、表層5cm, 10cm, 20cm, 40cm(及び50cm)の各深度別に計16個のサンプルを採取した。これらを以下のよう

- (1) 陸上の試験室にて開口系2 $\mu$ mのフルイを用いて放散虫を水洗濃集する。
- (2) 超音波洗浄器を用いて個体を分離し、水洗濃集する。
- (3) 常温下で乾燥した後、双眼実体顕微鏡下で個体を摘出する。
- (4) 摘出した個体を試料台に固定して走査型電子顕微鏡により観察同定し、産出する放散虫のリストを作成する。

#### ② 産出状況(表3-3-7, 図3-3-5)

##### a 88S0879SC01

表層: 40属61種が識別された。産出個体数はきわめて多く、保存状態も良好である。

産出個体中46%の放散虫は、表面がややエッチングされているが、45%以上のものは、全くエッチングされていない。

10cm: 57属77種が識別された。産出個体数はきわめて多く、保存状態もきわめて良好である。産出個体中43%の放散虫は、表面がややエッチングされているが、50%以上のものは、全くエッチングされていない。

20cm: 41属64種が識別された。産出個体数は多いが、保存状態は10cmまでのもの

に比べるとやや悪い。29%のものは全くエッチングされていないが、54%のものは表面がややエッチングされていて、17%のものは殻壁が著しく溶解している。

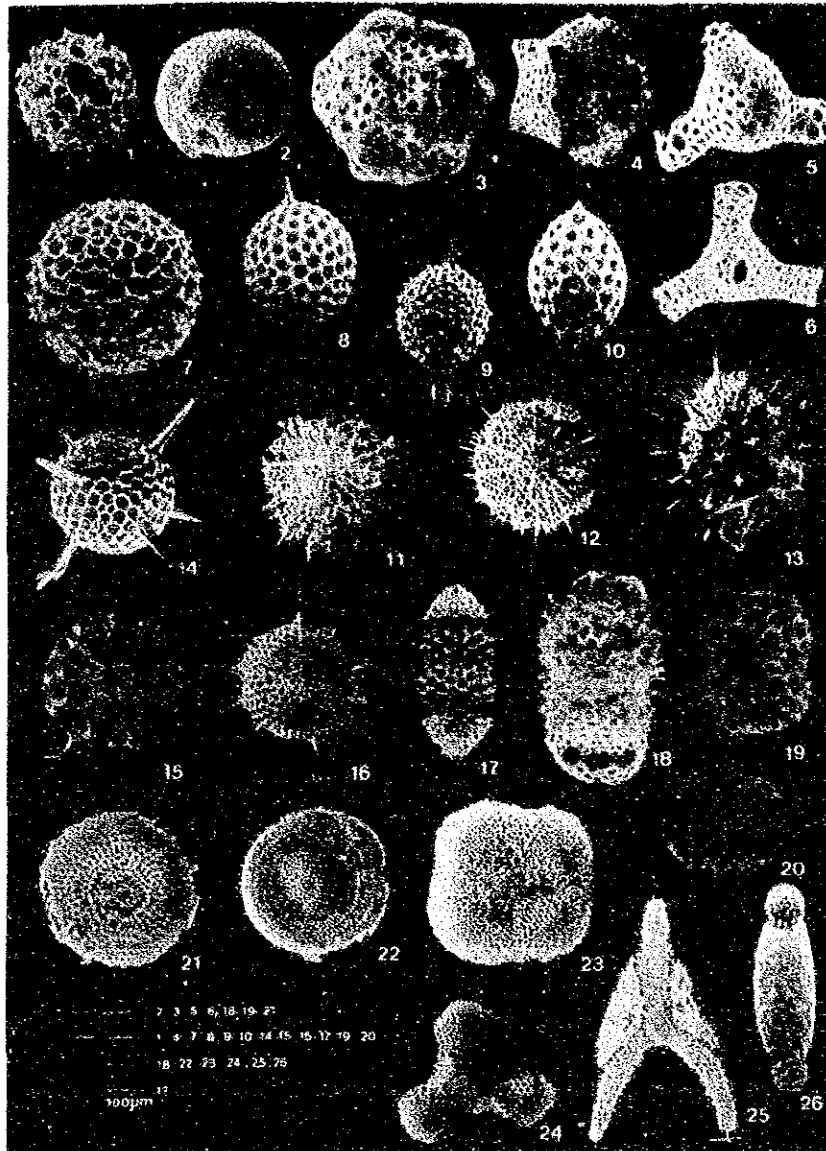
30cm: 22属29種が識別された。産出個体数は比較的多いが上位のものに比べると産出種数は限定される。保存状態は良好とはいえない。65%のものは表面がや

表 3-3-7 産出放散虫リスト(1)

Radiolarian Species	88S0879SC01						88S0975SC01					88S1179SC01				
	Surface	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	60 cm	Surface	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	Surface	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
<i>Acrosphaera collina</i>	X	X											X			
<i>Acrosphaera cyrtodon</i>							X						X			
<i>Acrosphaera flammabunda</i>				X			X	X				X	X	X		X
<i>Acrosphaera lappacea</i>			X				X	X				X				X
<i>Acrosphaeramurrayana</i>		X	X					X						X		
<i>Acrosphaera spinosa</i>			X													X
<i>Buccinosphaera invaginata</i>	X	X					X	X		X		X	X			
<i>Collosphaera huxleyi</i>	X	X					X	X		X		X				
<i>Collosphaera tuberosa</i>	X	X	X				X	X	X	X		X	X	X		
<i>Disolenia quadrata</i>												X	X			
<i>Disolenia zanguebarica</i>	X		X					X	X			X	X	X		X
<i>Otosphaera auriculata</i>			X									X				X
<i>Otosphaera polymorpha</i>			X				X	X				X	X			
<i>Siphonosphaera martensi</i>	X	X	X					X				X	X			X
<i>Siphonosphaera socialis</i>		X	X					X		X		X				X
<i>Solenosphaera</i> spp.		X												X		
<i>Acanthosphaera capillaris</i>	X						X	X		X		X				
<i>Acanthosphaera castanea</i>								X								
<i>Acanthosphaera minuta</i>							X									
<i>Actionomma archadophorum</i>							X									
<i>Actionomma mediterraneensis</i>							X									
<i>Actionomma</i> sp.	X	X		X			X	X				X				
<i>Actionosphaera heackeli</i>		X					X	X						X		X
<i>Amphisphaera palliatum</i>		X					X	X				X		X		X
<i>Centroculus cladostylus</i>		X					X						X			X
<i>Drupptractus ostracion</i>		X						X								
<i>Hexacontium anaximandri</i>	X		X	X			X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Hexacontium arachnoidale</i>	X		X	X			X	X				X		X		X
<i>Hexacontium asterocanthion</i>								X				X				
<i>Hexacontium axotrias</i>							X					X				
<i>Hexacontium favosum</i>		X						X		X		X			X	X
<i>Hexacontium heracliti</i>	X						X			X		X				
<i>Hexacontium hostile</i>	X				X			X				X				
<i>Prunopyle antarctica</i>	X	X	X	X			X	X	X			X	X	X	X	
<i>Prunopyle hayesi</i>	X		X				X	X				X				
<i>Rhizosphaera serrata</i>		X					X	X				X				
<i>Stylatractus melpomene</i>	X		X				X	X				X	X	X		
<i>Stylatractus neptunus</i>		X					X	X				X	X	X		
<i>Stylatractus</i> sp.		X	X									X				
<i>Xipholatractus</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Ommatartus tetrathalamus</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X		X
<i>Heliodiscus asteriscus</i>	X	X	X						X			X	X	X		X
<i>Heliodiscus echiniscus</i>	X	X	X				X		X			X			X	X
<i>Euchitonia elegans</i>	X	X	X	X	X		X			X		X	X	X	X	X
<i>Euchitonia furcata</i>		X	X	X			X					X	X			X
<i>Dictyocoryne profunda</i>	X	X	X	X			X	X	X			X	X	X	X	X
<i>Dictyocoryne truncatum</i>	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Spongaster tetras tetras</i>	X	X	X	X			X	X	X			X	X	X		
<i>Spongaster tetras iregularis</i>	X		X				X	X				X				
<i>Spongodiscus biconcavus</i>	X		X		X		X	X	X				X	X		X
<i>Spongodiscus osculosus</i>	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Spongocore cylindrica</i>		X					X	X				X	X	X		
<i>Euceccryphlus sesterodiscus</i>		X														
<i>Plegmosphaera lepticali</i>		X					X	X								
<i>Tessarastrum stausii</i>		X					X									
<i>Tetrapyle octacantha</i>	X	X		X	X		X	X		X		X	X	X	X	X
<i>Lithomelissa butschlii</i>	X	X	X		X											
<i>Lithomelissa</i> sp.	X	X	X					X		X		X				
<i>Lophosphaena hispida</i>	X	X	X	X						X						
<i>Peridium longispinum</i>	X	X														
<i>Pseudodictyophimus</i> spp.																X
<i>Psilomelissa</i> sp.								X								X
<i>Dictyophimus crisisae</i>							X									X
<i>Dictyophimus playcephalus</i>																X
<i>Ceratocyrtilis</i> sp.	X	X	X							X						
<i>Lampromitra coronata</i>			X				X									X

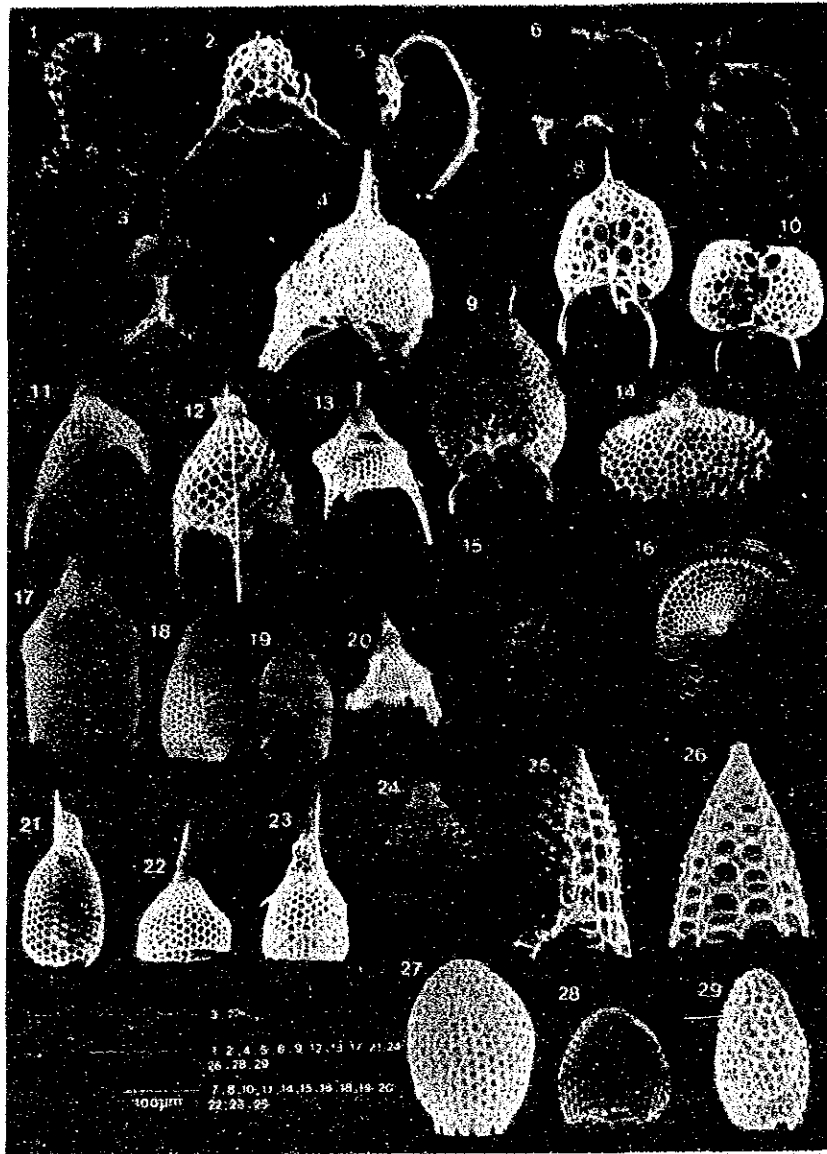
表 3-3-7 産出放散虫リスト(2)

Radiolarian Species	88S0879SC01						88S0975SC01					88S1179SC01				
	Surface	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	Surface	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	Surface	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Lampromitra quadricuspis	X	X	X				X					X	X			
Archipilium sp.												X				
Cladoscenium pectinatum			X													
Clathrocanium diadema			X									X				
Clathrocanium triomma			X													
Clathromitra pentacantha			X													
Plectoscenium eucolpium			X													
Verticillata pinnatum			X													
Zygocircus productus productus	X	X	X				X	X	X			X			X	X
Acanthodesmia vinculata group	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Liriospyris reticulata	X	X	X		X		X	X	X		X	X	X	X	X	X
Lophospyris pentagona hyperborea								X	X	X		X				
Lophospyris pentagona pentagona			X					X	X			X				
Nephrosyris renilla		X												X		
Tholospyris acuminata	X	X	X		X		X	X	X	X		X	X			
Tholospyris baconiana variabilis	X	X	X						X							
Tholospyris scaphipes	X	X							X							
Tholospyris spp.	X							X	X			X	X			
Triospyris angulata			X													
Sethoconus cosinodiscus		X														
Tripoconus sp.	X	X	X													
Theocalyptra bicornis	X	X						X	X			X		X	X	X
Eucyrtidium acuminatum	X	X					X	X	X	X		X	X			
Eucyrtidium anomalum	X	X					X	X				X				
Eucyrtidium dictyopodium	X						X	X				X				
Eucyrtidium hexagonatum		X	X				X	X				X	X			
Eucyrtidium hexasticum							X			X						
Lipmanella pyramidale	X		X					X				X				
Lithopera bacca	X	X	X	X					X			X				
Pterocanium praetextum praetextum	X	X	X				X	X		X		X				X
Pterocanium trilobum	X	X	X	X			X	X	X			X	X	X		X
Pterocanium virgenium	X	X	X					X								
Anthocyrtidium ophirensae	X	X	X	X			X	X	X	X		X		X		X
Anthocyrtidium zanguebaricum	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X	X	X	X
Lamprocyclas maritima maritima	X	X	X				X	X	X	X		X	X			X
Lamprocyclas neoheteroporos	X	X	X	X			X	X					X			X
Lamprocyrtis nigrianae	X	X	X					X	X	X			X			X
Pterocorys hertwigi	X	X	X				X									X
Pterocorys zancleus	X	X	X	X	X		X	X	X				X	X	X	X
Theocorythium trachelium trachelium	X	X	X		X		X	X				X	X			X
Botryostrobus aquilonalis			X	X			X	X	X	X		X				X
Botryostrobus auritus			X				X	X	X			X		X		X
Lithocampe heptacola																
Siphonocampe ercosa		X														
Tricolocampe sp.		X	X	X	X		X	X		X				X		
Carpocanistrum actidentata		X	X	X			X	X	X	X		X	X	X		X
Carpocanistrum coronatum			X	X			X	X				X				
Carpocanistrum spp.			X	X			X	X	X			X		X	X	X
Spongocanium sp.			X	X				X		X		X				
Botryocyrti scutum												X				
Neobotrys quadritubulosa								X								
Bathropyramis circumtexta	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X
Cornutella bimarginata	X	X	X				X	X	X			X	X	X		X
Cornutella profunda		X	X	X			X	X	X					X		X



- |   |   |
|---|---|
| 1. <i>Acrosphaera lappacea</i> (Haeckel)    | 14. <i>Hexacontium anaximandri</i> Haeckel                      |
| 2. <i>Buccinosphaera invaginata</i> Haeckel | 15. <i>Hexacontium arachnoidale</i> Hollande et Enjume          |
| 3. <i>Collosphaera tuberosa</i> Haeckel     | 16. <i>Heliodiscus asteriscus</i> Haeckel                       |
| 4. <i>Acrosphaera collina</i> (Haeckel)     | 17-19. <i>Ommastartus tetrathalamus tetrathalamus</i> (Haeckel) |
| 5, 6. <i>Solenosphaera</i> spp.             | 20. <i>Tetrapyge octacantha</i> Muller                          |
| 7. <i>Acanthosphaera capillaris</i> Haeckel | 21. <i>Pododiscus</i> (?) sp.                                   |
| 8. <i>Amphisphaera palliatum</i> (Haeckel)  | 22. <i>Stylodictya</i> sp.                                      |
| 9. <i>Stylatractus neptunus</i> Haeckel     | 23. <i>Spongaster tetras tetras</i> Ehrenberg                   |
| 10. <i>Xiphatractus</i> sp.                 | 24. <i>Dictyocoryne truncatum</i> (Ehrenberg)                   |
| 11. <i>Centroculus cladostylus</i> Haeckel  | 25. <i>Euchitonia elegans</i> (Ehrenberg)                       |
| 12. <i>Rhizosphaera serrata</i> Haeckel     | 26. <i>Spongocore cylindrica</i> (Haeckel)                      |
| 13. <i>Prunopyge</i> sp.                    |   |

图 3 - 3 - 5 代表的な放散虫化石種(1)



- |  |   |
|--|---|
| 1. <i>Lithomelissa</i> sp.                               | 15. <i>Lampromitra coronata</i> Haeckel             |
| 2. <i>Plectoscenium eucolpium</i> (Haeckel)              | 16. <i>Eucecryphalus sestrodiscus</i> (Haeckel)     |
| 3. <i>Clathrocanium trionma</i> Haeckel                  | 17. <i>Eucyrtidium anomalum</i> (Haeckel)           |
| 4. <i>Verticillata pinnatum</i> (Haeckel)                | 18. <i>Lithocampe heptacola</i> Haeckel             |
| 5. <i>Zigocircus productus productus</i> Goll            | 19. <i>Eucyrtidium hexagonatum</i> Haeckel          |
| 6. <i>Acanthodesmia vinculata</i> (Muller)               | 20. <i>Pterocorys hertwigi</i> (Haeckel)            |
| 7. <i>Liriospyris reticulata</i> (Ehrenberg)             | 21. <i>Anthocyrtidium zanguibaricum</i> (Ehrenberg) |
| 8. <i>Tholospyris acuminata</i> (Hertwig)                | 22. <i>Anthocyrtidium ophirense</i> (Ehrenberg)     |
| 9. <i>Tholospyris</i> sp.                                | 23. <i>Lamprocyclus maritalis maritalis</i> Haeckel |
| 10. <i>Tholospyris</i> sp.                               | 24. <i>Theocaliptra bicornis</i> (Ehrenberg)        |
| 11. <i>Pterocanium trilobum</i> (Haeckel)                | 25, 26. <i>Bathropyramis circumtexta</i> (Haeckel)  |
| 12. <i>Pterocanium</i> ps.                               | 27, 28. <i>Carpocanistrum acuminatum</i> Takahashi  |
| 13. <i>Pterocanium praetextum Praetextum</i> (Ehrenberg) | 29. <i>Tricolocampe</i> sp.                         |
| 14. <i>Lampromitra quadricuspis</i> Haeckel              |   |

図 3 - 3 - 5 代表的な放散虫化石種(2)

やエッチングされており、16%のものは殻壁が溶解している。

40cm: 14属14種が識別された。産出個体数も少なく、保存状態も良好ではない。55%のものは表面がややエッチングされており、30%のものは殻壁が溶解している。

50cm: 1属1種が識別された。産出個体はきわめて少なく、保存状態も悪い。

b 88S0975SC01

表層: 41属69種が識別された。産出個体数はきわめて多く、保存状態も良好である。産出個体の48%は、全くエッチングされていない。29%のものは表面がややエッチングされている。

10cm: 46属64種が識別された。産出個体数は多く、保存状態も比較的良好である。産出個体中42%は全くエッチングされていない。表面がややエッチングされているものは37%である。

20cm: 28属38種が識別された。産出個体数は少なく保存状態も悪い。エッチングされていない個体は全体の17%であり、殻壁が溶解している個体は、39%に及ぶ。

30cm: 25属29種が識別された。産出個体数・種数ともに少なく、保存状態も悪い。エッチングされていない個体は15%以下であり、殻壁の溶解している個体は全体の33%に達する。

40cm: 3属3種が識別された。産出個体数・種数ともにきわめて少なく、保存状態もきわめて悪い。全くエッチングされていないものは産出個体中2%にも満たない。66%以上の個体は殻壁が溶解している。

c 88S1179SC01

表層: 48属79種が識別された。産出個体数は多く、保存状態も良好である。産出個体中34%のものは全くエッチングされていないが、30%のものは表面がややエッチングされている。

10cm: 33属44種が識別された。産出個体数はきわめて多く、保存状態もきわめて良好である。全くエッチングをされていない放散虫は65%以上にも達し、わずか8%のものは殻壁が溶解している。

20cm: 29属37種が識別された。産出個体数は多く、保存状態も良好である。59%のものはエッチングされていない。14%のものは表面がややエッチングされている。

30cm: 17属19種が識別された。産出個体数は多く、保存状態も良好である。54%のものはエッチングされていない。24%のものは表面がややエッチングされている。

40cm: 29属45種が識別された。産出個体数は豊富で保存状態も良好である。50%の

ものはエッチングされていない。24%のものは表面がややエッチングされている。

### ③ 地質時代

[88S0879SC01]・[88S0975SC01]・[88S1179SC01]のいずれの試料も現生種の放散虫を含有している。[88S0879SC01]では、30cmから下位の試料、[88S0975SC01]では、40cmの試料は保存状態が悪く、時代を決定することができないが、そのほかの試料では第四紀後期(約40万年前)に出現した *Collosphaera tuberosa* と約20万年前に出現した *Buccinosphaera invaginata* を含んでいる。[88S0879SC01]の10cmの試料と[88S1179SC01]の20cmの試料は *Solenisphaera* spp. を普通に含むが、これらの種の中で図3-3-5中の6.に示したものは *Solenisphaera omnitubus* ときわめて類似していて、通常同種として取り扱われる。しかし、後期中新世から前期鮮新世を示す *S. omnitubus* は Riedelらの図版によれば通常チューブの数が6-8本と多く、今回の試料中に見られる種とはやや異なっていると考えられる。また、今回の試料中にみられる個体は保存状態も良好で再堆積したものとは考えにくい。よって、図版に示した *S. sp.* としたものはここでは現生種として取り扱う。

### ④ 堆積速度

[88S0879SC01]では、*Buccinosphaera invaginata* の産出から0.5mm/1000年以上、[88S0975SC01]では、1.5mm/1000年以上、[88S1179SC01]では、0.5mm/1000年以上となる。上限は、同種の出現位置が判別できないため推定することができない。

### ⑤ 古環境

産出する放散虫は赤道太平洋海域に普遍的に生息するもので占められ、それぞれの試料における構成種に有意差は認められない。低緯度海域の浅海にみられる *Eucyrtidium hertwigi* や *Eucyrtia elegans* などの種や、赤道付近では100-200mに生息する *Claathrocanium* や *Pterocorys* などの様々な種が確認された。また、*Bathropyramis* など200-1000m生息している種もみられ、浅海から深海にかけてのすべてのフォーナの構成種を含み、あるフォーナを特徴づけている特定の種が卓越するということはない。したがって今回の試料の堆積環境は、水流などの影響を受けにくい比較的穏やかな200m以深の海底に堆積したものと考えられる。特に、[88S1179SC01]では、放散虫のほかにも多量の浮遊性及び底生の有孔虫も含有することから、他の2試料よりは、浅い海底で堆積している可能性もある。また、やや殻の大きい浮遊性有孔虫の多くは破壊されていることから、物理的な作用の影響を受けやすい環境であったと考えられる。

しかし、今回の試料では、放散虫から年代を考察するにはあまりに試料の数が少なく、年代決定は不可能であった。



## (2) 有孔虫

### ① 分析方法

上記3試料のスピードコアラーの底質試料について、船上にて、内径6cm、長さ50cmのプラスチック管を押し込み、前述の3試料のコア状サンプルを分取した。さらに陸上の試験室にて、底質試料の入ったプラスチック管の両端を電動式のこぎりで縦に切り、ナイフでコアを縦に2分割した。3本のコアの縦割り2分の1の一方から、表層~15cm、15~30cm、30~45cmの各深度別に計9個のサンプルを採取して以下のように分析した。

- (1) 試料は、#200(0.074mm)の標準フルイで水洗選別をする。
- (2) 常温下で乾燥する。
- (3) #115(0.125mm)以上の砂粒より浮遊性有孔虫化石が200個体以上となるように任意に摘出・同定を行う。
- (4) 同時に存出する底生有孔虫化石も計数し、浮遊性種比(浮遊性種×100/(浮遊性種+底生種)%)を求める。
- (5) 底生種についても、200個体以上となるように同定を行う。

### ② 産出状況(表3-3-8, 図3-3-6)

分析を行った9試料すべてより有孔虫化石を産出した。有孔虫化石は、№1~6試料からは浮遊性種は産出せず、膠着質の底生種を僅かに産出した。№7~9試料は良好に産出し、特に浮遊性種が大変多く産出した。産出した底生種は深海に生息する種が産出し、浮遊性種は熱帯海域の群集が得られた。

浮遊性種は破損個体が多い。

次に、各コア試料について、有孔虫化石の産状を述べる。

#### 88S0975SC01 コア, 上・中・下試料(№1~3)

有孔虫化石は膠着質の底生有孔虫化石のみをわずかに産出する。浮遊性種は産出しない。底生種は、*Rabdammina abyssorum*, *Recurvoides*属などが産出した。上部の試料(№1試料)からは、*Ammomassilina alveliniformis*が産出した。このような石灰質有孔虫化石を産出せず、膠着質種だけからなる群集は、炭酸塩補償深度(Carbonate Compensation Depth, CCD)以深の深海の群集である。

#### 88S0879SC01 コア, 上・中・下試料(№4~6)

有孔虫化石は膠着質の底生有孔虫化石のみをわずかに産出する。浮遊性種は産出しない。底生種は、*Rabdammina abyssorum*, *Reophax*属, *Trochammina*属, *Recurvoides*属などが産出した。このような石灰質有孔虫化石を産出せず、膠着質種だけからなる群集は、CCD以深の深海の群集である。

#### 88S1179SC01 コア, 上・中・下試料(№7~9)

有孔虫化石の産状は良好であり、砂粒のほとんどが有孔虫よりなる。浮遊性種比は90



表 3-3-8 産出有孔虫化石リスト

番号	資料番号 (深度: cm)	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
		0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45
石炭質凝結岩種	Rhabdammina abyssorum Sars	2																	
	Hyperammina cf. subnodosa Brady	2																	
	Reophax cf. nodulosus Brady								1										1
	Reophax sp.								2										
	Cribrostomoides sp.	1													2				
	Haplophragmoides sp.														+				
	Trochammina globigeriniformis (Parker & Jones)														2				
	Trochammina sp.		1												2				
	Recurvoides sp.	5	3						5	3					+				1
	Eggerella bradyi niteus (Wiesner)														3				4
	Siphotextularia sp.																		2
	Ammomassulina aveliniformis (Millet)	1																	
	unknown																		
	Quinqueloculina spp.			1															
	Pyrgo murrhina (Schwager)																		
	Dentalina sp.																		
	Lagena levis Montagu																		
	Lagena nodulosa Cushman																		
	Lagena subformosa Parr																		
	Lagena spp.																		
Oolina solcata (Walker & Jacob)																			
Oolina spp.																			
Fissurina fimbriata (Brady)																			
Fissurina longispina (Brady)																			
Fissurina marginata Montagu																			
Fissurina orbignyana Seguenza																			
Fissurina sp.																			
Fissurina spp.																			
Guttulina spp.																			
Lenticulina sp.																			
Globobulimina sp.																			
Fruskenoina fusiformis (Williamson)																			
Pullenia aperta Cushman																			
Pullenia bulboides (d'Orbigny)																			
Pullenia spp.																			
Sphaeroidina bulboides d'Orbigny																			
Chilostomella oolina Schwager																			
Globocassidulina subglobosa Brady																			
Favocassidulina favus (Brady)																			
Cassidulinoides sp.																			
Ehrenbergina sp.																			
Epistominella exiqa (Brady)																			
Epistominella cf. exiqa (Brady)																			
Epistominella sp. (young form)																			
Epistominella umboniferus (Natland)																			
Epistominella cf. umboniferus (Natland)																			
Cibicides pseudounguiculus (Cushman)																			
Cibicides cf. pseudounguiculus (Cushman)																			
Eponides bradyi Earland																			
Eponides cf. tumidulus (Brady)																			
"Nuttallides" cf. rugosa (Phleger & Parker)																			
Oridosalis tenerus (Brady)																			
Oridosalis cf. ambonatus (Reuss)																			
Gyroldina orbicularis d'Orbigny																			
Gyroldina soldanii d'Orbigny																			
Gyroldina spp.																			
Melonis pomplioideus (Fichtel & Moll)																			
Melonis spp.																			
浮遊種計		11	5	1	12	6	2	2	7	8	28								
石炭質凝結岩種計		0	0	0	0	0	0	0	4	4	2								
石炭質ガラス質種計		0	0	0	0	0	0	0	273	246	218								
底生種計		11	5	1	12	6	2	2	284	268	248								
浮遊種	Globigerinella aequilateralis (Brady)																		
	Globigerinella calida (Parker)																		
	Beella digitata (Brady)																		
	Globigerina bulboides d'Orbigny																		
	Globigerina faiconensis Blow																		
	Globigerina spp.																		
	Globigerinoides conglobatus (Brady)																		
	Globigerinoides quadrilobatus (d'Orbigny)																		
	Globigerinoides saucifier (Brady)																		
	Globigerinoides ruber (d'Orbigny)																		
	Globigerinoides cf. extremus Bolli																		
	Globigerinoides cf. obliquus Bolli																		
	Orbulina universa (d'Orbigny)																		
	Sphaeroidinella debiscens (Parker & Jones)																		
	Sphaeroidinella sp.																		
	Candolina nitida d'Orbigny																		
	Globigerinella glutinata (Egger)																		
	Pulleniatina obliquilobata (Parker & Jones) 右巻																		
	Pulleniatina cf. fraais Banner & Blow																		
	Neogloboquadrina ducetret (d'Orbigny)																		
	Neogloboquadrina spp.																		
	Globorotalia crassaformis (Galloway & Wissler)																		
	Globorotalia crassa Cushman & Stewart																		
	Globorotalia menardii (Parker, Jones & Brady)																		
	Globorotalia setulata (Brady)																		
	Globorotalia truncatulinoides (d'Orbigny)																		
	Globorotalia tumida (Brady)																		
浮遊種計		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	208	254	272		



％以上と大変高い。

底生種は、深海生種の *Epistominella exiqua*, *Epistominella umboniferus* が多産し、この他に、*Fissurina* 属、*Pullenia* 属、*Cibicides pseudoungerianus*, *Melonis pompilioides* などがこれに付随する。コアの上下による構成種の差はなく、*E. exiqua* がコアの下位に向かい少なくなる替わりに *Eggerella bradyi niteus*, *Favocassidulina favaus*, *E. umboniferus*, *Eponides bradyi* が増加する。*E. exiqua*, *E. umboniferus* が多産する群集は、深海域で認められている。

浮遊性種の産状もコアの上下による構成種の差はなく、*Pulleniatina obliculoculata*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Globorotalia tumida* が多産し、*Globigerinella aequilateralis*, *Globigerinoides conglobatus*, *Globigerinoides sacculifer* (s.l.), *Globorotalia menardii* がこれに付随する熱帯海域の群集が得られた。

第四紀の指標種である *Globorotalia truncatulinoides* が全ての試料から産出し、この他にも、第四紀になって産出する *Beella digitata*, *Globigerinella calida* を産出する。*Pulleniatina obliculoculata* はすべて左巻個体である。

### ③ 時代

88S0975SC01 コア, 上・中・下試料 ( № 1 ~ 3 )

№ 1 ~ 3 試料は浮遊性有孔虫化石を産出せず、時代は不明である。

88S0879SC01 コア, 上・中・下試料 ( № 4 ~ 6 )

№ 4 ~ 6 試料は浮遊性有孔虫化石を産出せず、時代は不明である。

88S1179SC01 コア, 上・中・下試料 ( № 7 ~ 9 )

№ 7 ~ 9 試料は、*Globorotalia truncatulinoides*, *Beella digitata*, *Globigerinella calida* を産出し、更新世以降 (N22~23) の堆積物である。さらに、*Globigerinoides fistulosus*, *Globorotalia tosaensis* の産出が確認されなかったこと、*Pulleniatina obliculoculata* が右巻個体であることは、更新世の中期(?)以降の可能性も考えられる (Ikebe & Tsuchi ed., 1984)。

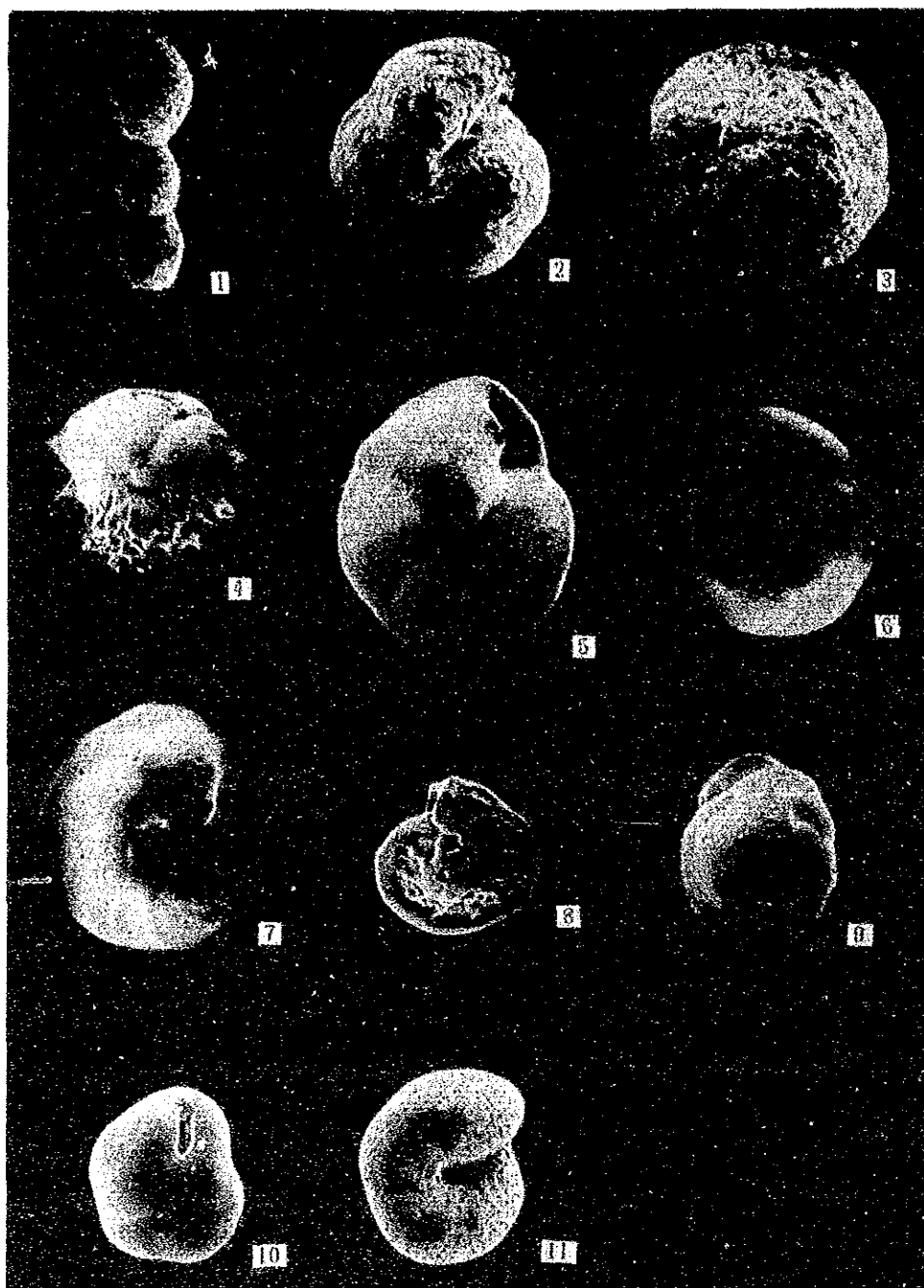
### ④ 堆積環境

88S0975SC01 コア, 上・中・下試料 ( № 1 ~ 3 )

№ 1 ~ 3 試料は石灰質有孔虫化石を産出せず、膠着質種だけからなる群集を産出することから、CCD 以深の深海域での堆積物である。現在の赤道海域の CCD 深度はおよそ 5000 m である。

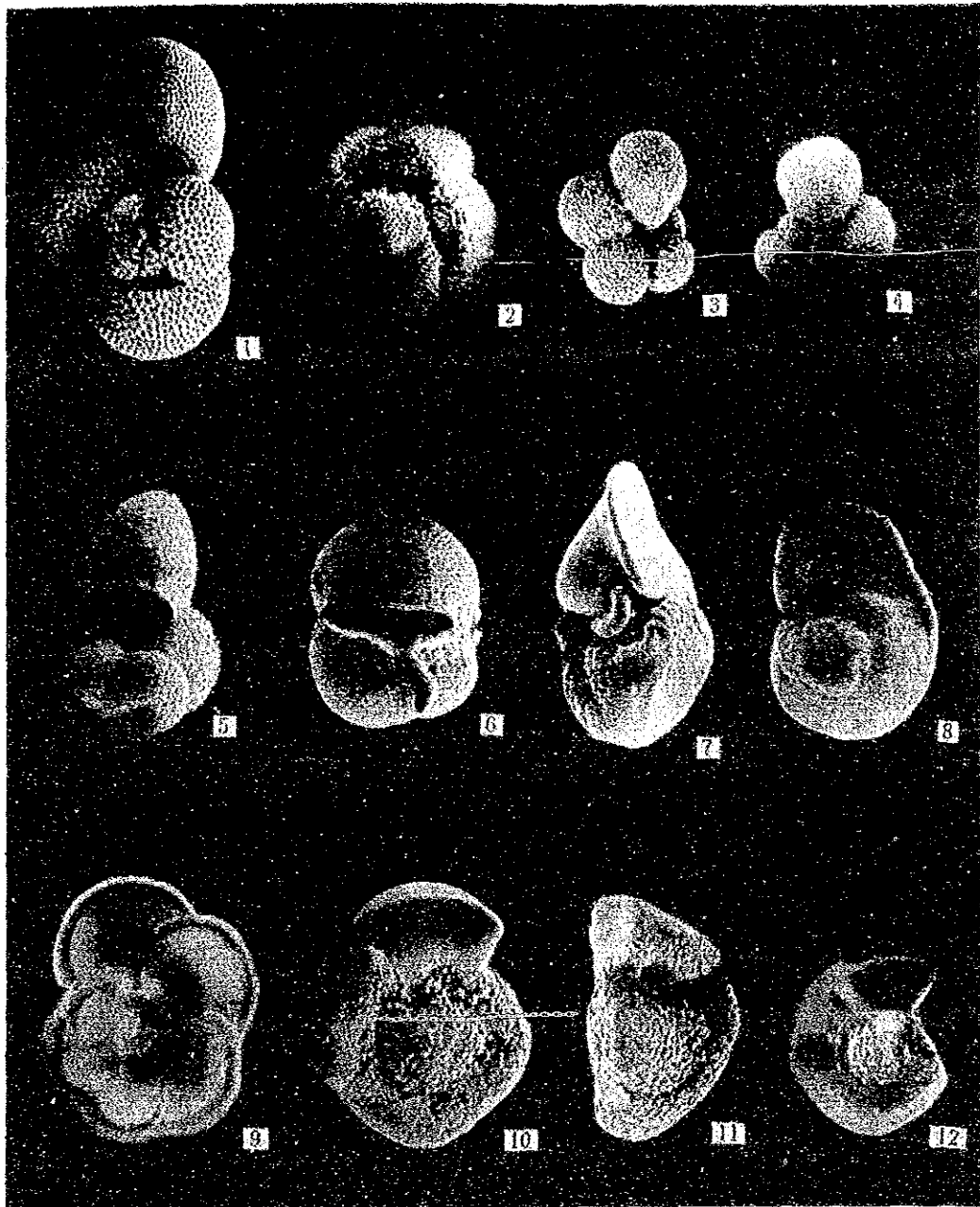
88S0879SC01 コア, 上・中・下試料 ( № 4 ~ 6 )

№ 4 ~ 6 試料は石灰質有孔虫化石を産出せず、膠着質種だけからなる群集を産出することから、CCD 以深の深海域での堆積物である。



- |  |       |        |
|--|-------|--------|
| 1. <i>Reophax cf. nodulosus</i> Brady            | No. 4 | x 54   |
| 2. <i>Haplophragmoides</i> sp.                   | No. 7 | x 54   |
| 3. <i>Recurvoides</i> sp.                        | No. 7 | x 54   |
| 4. <i>Ehrenbergina</i> sp.                       | No. 7 | x 54   |
| 5. <i>Epistominella exiqua</i> (Brady)           | No. 7 | x 108  |
| 6. <i>Epistominella exiqua</i> (Brady)           | No. 7 | x 108  |
| 7. <i>Cibicides pseudoungelianus</i> (Cushman)   | No. 7 | x 54   |
| 8. <i>Cibicides</i> ? sp.                        | No. 7 | x 32.5 |
| 9. <i>Eponides bradyi</i> Earland                | No. 7 | x 54   |
| 10. <i>Globocassidulina subglobosa</i> Brady     | No. 8 | x 32.5 |
| 11. <i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel & Moll) | No. 7 | x 54   |

图 3 - 3 - 6 代表的有孔虫化石种(1)



- |   |       |        |
|---|-------|--------|
| 1. <i>Globigerinoides sacculifer</i> (Brady)              | No. 9 | x 54   |
| 2. <i>Globigerinoides conglobatus</i> (Brady)             | No. 7 | x 32.5 |
| 3. <i>Globigerinella calida</i> (Parker)                  | No. 9 | x 54   |
| 4. <i>Globigerinella calida</i> (Parker)                  | No. 9 | x 54   |
| 5. <i>Beella digitata</i> (Brady)                         | No. 9 | x 54   |
| 6. <i>Sphaeroidinella dehiscens</i> (Parker & Jones)      | No. 8 | x 32.5 |
| 7. <i>Globorotalia tumida</i> (Brady)                     | No. 9 | x 32.5 |
| 8. <i>Globorotalia tumida</i> (Brady)                     | No. 9 | x 32.5 |
| 9. <i>Globorotalia menardii</i> (Parker, Jones & Brady)   | No. 8 | x 32.5 |
| 10. <i>Globorotalia crassaformis</i> (Galloway & Wissler) | No. 8 | x 54   |
| 11. <i>Globorotalia crassaformis</i> (Galloway & Wissler) | No. 8 | x 54   |
| 12. <i>Globorotalia truncatulinoides</i> (d'Orbigny)      | No. 9 | x 32.5 |

图 3 - 3 - 6 代表的有孔虫化石种(2)

88S1179SC01 コア, 上・中・下試料 ( № 7 ~ 9 )

№ 7 ~ 9 試料は, 深海生の *E. exilqua*, *E. umboniferus* が多産する群集を産出することから, CCD より浅い深海域での堆積物である。

⑤ 堆積速度

88S0975SC01 コア ( № 1 ~ 3 )

有孔虫化石による年代決定が行えなかったため, 堆積速度の推定は行えない。

88S0879SC01 コア ( № 4 ~ 6 )

有孔虫化石による年代決定が行えなかったため, 堆積速度の推定は行えない。

88S1179SC01 コア ( № 7 ~ 9 )

更新世以降 (N22~23) の堆積物であることより少なくとも180万年前より新しい堆積物であり, 試料が連続的に堆積していたと仮定するならば, その堆積速度は № 9 試料の深度 / 180 万年 < と推定される。



### 3-4 MFESによるマンガン団塊の賦存状況

#### 1) 地形と底質物による影響

図3-4-1(1)及び(2)に当海域におけるMFES調査結果とサンプリングデータとの散布図を示す。同図より次の点が指摘できる。

##### ① タイプc, d<sub>2</sub>分布域

これらのタイプは当調査海域ではほとんどが平坦地にみられ、岩盤あるいは固い底質のためか反射率が高く、いわゆる疑似異常帯となっている。

このためMFESから分布密度を推定する場合これらの分布する海域は除外して考える必要がある。ただし、従来よりこのタイプc, d<sub>2</sub>域ではマンガン団塊の賦存する可能性は少なく、不毛帯となることが多い。

##### ② タイプd<sub>1</sub>分布域

海山、海丘では疑似異常を出すことも少なくないが、それ以前に地形が急峻かつ複雑なため正常な音圧を得ることが少なく、同図からもわかるように①のタイプとは逆にMFES値がサンプリング値より低めの分布密度となることが多い。このため①と同様に海山・海丘上も除去する必要がある。

##### ③ タイプd<sub>s</sub>分布域

同図ではタイプd<sub>s</sub>の分布箇所でもMFESとサンプリング結果が良く対応している。但し一般には、このタイプの分布域は地形の起伏に富みサイドエコーや散乱波のため正常な測定値が得られない場合が多く、データの信頼性が乏しいと言える。そのために、従来よりタイプd<sub>s</sub>の分布域では前①、②のタイプと同様に推定分布密度図から除去して考えてきた。しかし、当海域では、散布図上においては相関が比較的良くなっているため一概に無視できない。<sup>\*1</sup>即ちこのタイプd<sub>s</sub>の分布域でMFES測定値が高い箇所は、マンガン団塊が賦存する可能性もある。

##### ④ タイプe<sub>1</sub>分布域

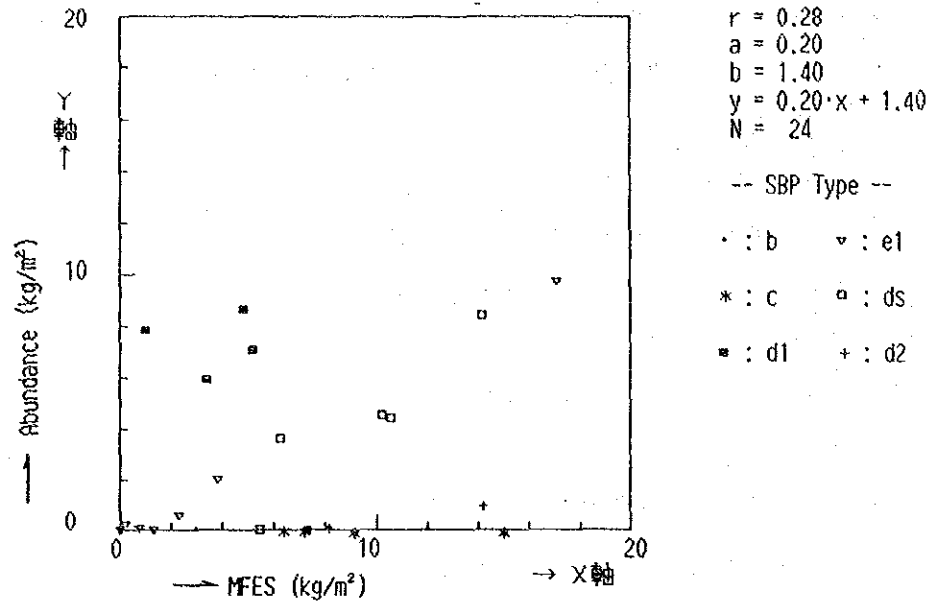
上位に透明層が認められるタイプであり、一般にMFES値の信頼性は高くマンガン団塊分布との対応も良好である。図3-4-1(2)でもデータ数が少ないため明瞭ではないが、比較的対応は良いといえる。

尚、当海域では測線上においては、タイプe<sub>1</sub>と同様に上位透明層が存在するタイプbが認められたが、このタイプe<sub>1</sub>と同様な傾向にある。

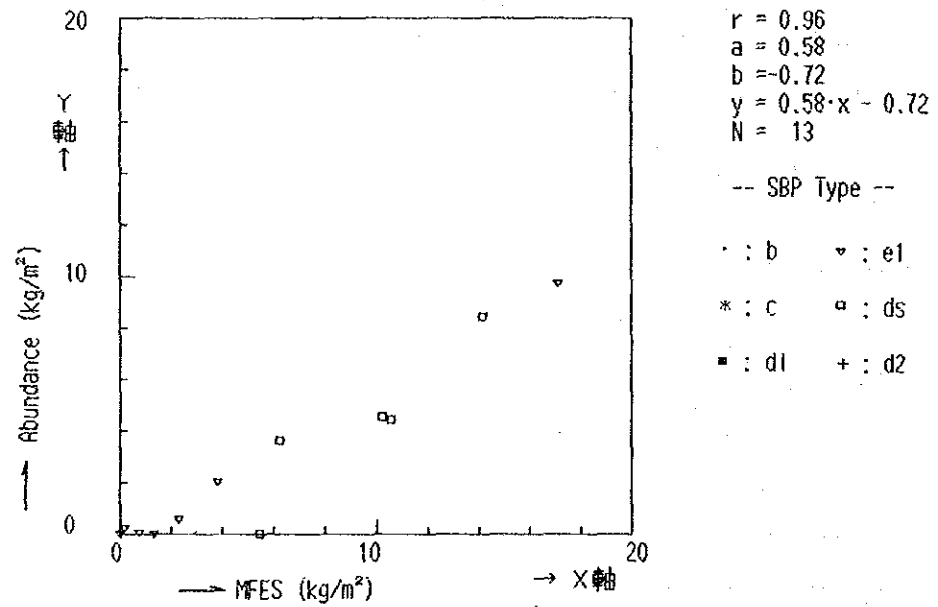
#### 2) 埋没型マンガン団塊

当海域における埋没型マンガン団塊の分布状況を図3-4-2に示す。同図によれば当海

\*1 データ数が少ないため見掛上相関が良くなっている可能性もある。



(1) Whole survey stations



(2) Excluding type d1,d2 and c

図 3 - 4 - 1 MFES とマンガン団塊分布密度との関係

域は、ほとんどが埋没型マンガン団塊に属している。<sup>\*1</sup>ここで埋没型マンガン団塊の影響を検討した。その結果を図3-4-3に示す。同図の黒丸は埋没率が0.4より大きい埋没型マンガン団塊を表し、白丸は埋没していないと考えられるものである。同図の散布図上では露出型も埋没型もほぼ同一の回帰直線上にあり、埋没の影響は出ていないと推定できる。即ち、埋没型マンガン団塊も露出型と同じようにMFESによって充分検出されている。

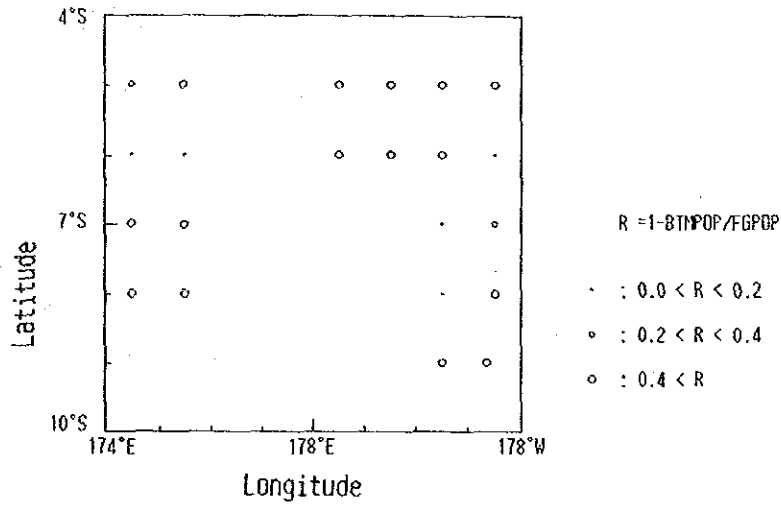


図3-4-2 埋没型マンガン団塊の分布図

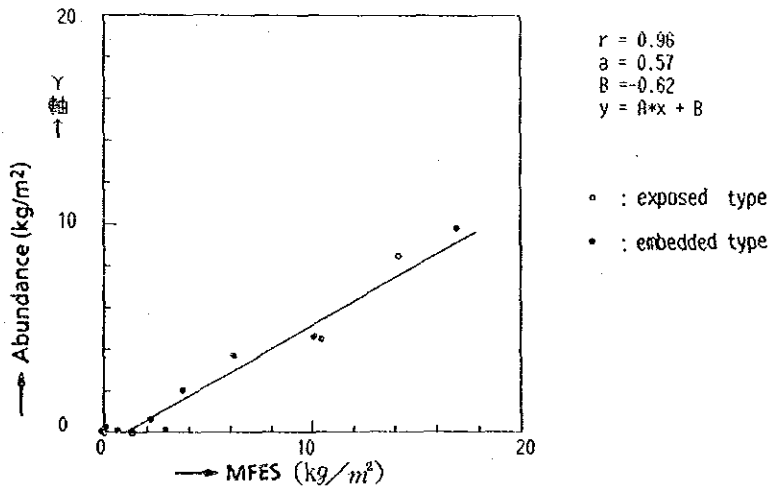


図3-4-3 埋没型マンガン団塊の影響

\*1 本項では(1-海底写真面積率/揚収写真面積率) > 0.4を埋没型とした。

### 3) MFESによるマンガン団塊分布密度の推定

前項の結果をふまえてMFES測定値及びSBPタイプによる解析図を作成した。その結果を別添第6図に示す。同図には海山・海丘とその周辺を示すタイプ  $d_1$ 、不毛帯と推定されるタイプ  $c$ 、 $d_2$ 、データの信頼性が乏しいと思われるタイプ  $d_3$  の範囲及びサンプリング結果が示されている。以下、当海域における分布状況を地形区分別（海底地形参照）に述べる。

#### ① 平坦地

ほぼ  $6^{\circ}30' S$  を境に北側で上位が不透明層を示すタイプ  $c$ 、 $d_2$  が分布し、SBP からみた不毛帯と推定される。一方、その南側では上位に透明層が認められるタイプ  $e_1$  が広く分布している。MFESの信頼性は高く、海丘周辺を除けば、ほぼ  $0 \sim 2.5 \text{ kg/m}^2$  の低分布密度帯となっている。即ちこの平坦地は、全域にわたりマンガン団塊の分布が極めて低いと推定される。

#### ② 山岳地

海山間の地形は比較的平坦であり、その平坦地はタイプ  $c$  が支配し、透明層が認められるタイプはごくわずかである。分布密度は  $0 \sim 2.5 \text{ kg/m}^2$  と低い。また、①の平坦地と同様にタイプ  $c$ 、 $d_2$  分布域では不毛帯になっていると推定される。

#### ③ 準平坦地

主として、タイプ  $d_1$ 、 $d_3$  が分布し、地形の起伏に富む海域となっている。MFESにより推定可能な範囲は  $5^{\circ} S$  以北の平坦な海域と一部海山・海丘周辺のみであるが、これらの範囲のほとんどが  $0 \sim 5 \text{ kg/m}^2$  の低分布帯となっている。ただし、 $10 \text{ kg/m}^2$  以上を示す箇所も認められるが、その規模は極めて小さい。尚、タイプ  $d_3$  の分布域の中には分布密度が  $7.5 \sim 10 \text{ kg/m}^2$  を示す箇所が散在する。タイプ  $d_3$  分布域ではMFESの信頼性が乏しいため今後の調査により分布密度の確認をすることが必要であろう。

### 3-5 マンガン団塊の賦存状況

#### 1) タイプ分類と性状

マンガン団塊の賦存状況をその形状・粒径及び外観的性状などの観点から解析し、分布の特徴を明らかにする。以下にマンガン団塊を主に形状より分類し、各タイプの諸特性を概説する(図3-5-1(1)・(2))。また、タイプ別物性について表3-5-1に一覧表として示す。また、各タイプの採取量率を図3-5-2に示す。

#### (1) 形状

マンガン団塊のタイプは次の8つに区分した。

〔形状〕	〔定義〕
球状	完全な球形に近いもの
扁平だ円状通常型	ハンバーグに似た外観のものや、球状のものを押しつぶした形状のもの
扁平だ円状厚型	扁平だ円状通常型に比し、ふくらみが大きいもの
小石状	海浜あるいは、河川の砂利様の形状を示すもの (粒径2~4cm程度)
塊状	不規則な角ばりをもつもの (または、球状、扁平だ円状、厚板状に近いものなど、様々な形状を示すこともある)
板状	屋根瓦やせんべいの様に厚さが薄く、丸味を有しているもの
その他	上記①~⑥の範ちゅうに入らないもの

#### ① 球状

粒径は1~5cmのものが最も多く、最大径は約8cmである。粒径が2cm以上のものは、表面状態がやや滑らかないしやや粗であるが、全体としては、滑らかなものが卓越している。形状は完全な球形に近いものが多い。一方、2cm以下の小型のものには、表面に仏頭状の突起を有し、且つザラつきのある金平糖状のものが多い。

#### ② 扁平だ円状通常型

表面は細かい凹凸があってザラザラしており、亀裂の少ないマンガン団塊を主体としている。当調査海域での産出は約16%である。

#### ③ 扁平だ円状厚型

前出の扁平だ円状通常型のものの変形で、それに比べてふくらみが大きい。当調査海域では産出は少ない。

#### ④ 小石状

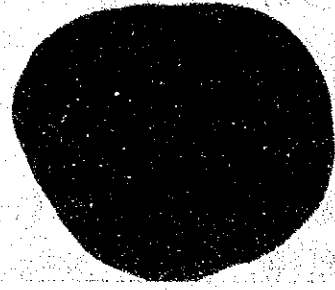
小石状は、円礫~亜角礫が主である。表面状態は他形状のものとは比べ滑らかである。



0 1 2 3 4 5 cm

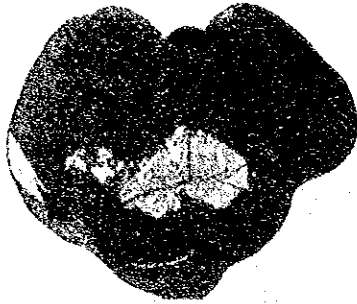
88S0674FG03 (Section)

Spheroidal



0 1 2 3 4 5 cm

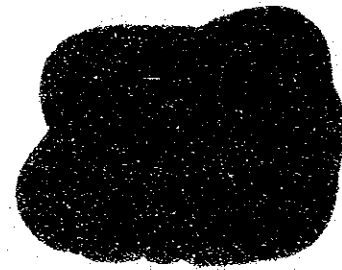
(Upper surface)



0 1 2 3 4 5 cm

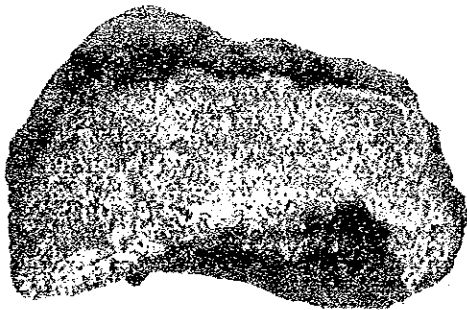
88S0874FG01 (Section)

Massive



0 1 2 3 4 5 cm

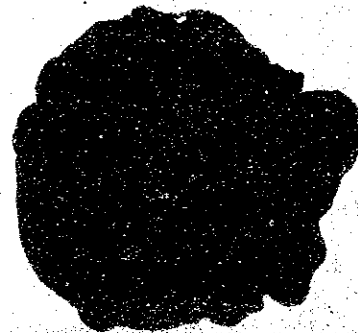
(Upper surface)



0 1 2 3 4 5 cm

88S0679FG01 (Section)

Ellipthoidal



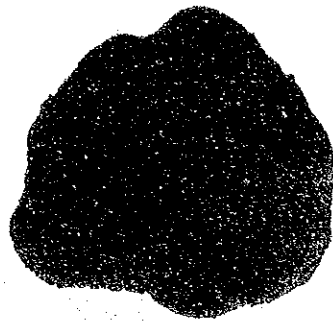
0 1 2 3 4 5 cm

(Upper surface)

図3-5-1 マンガン団塊の形状(1)



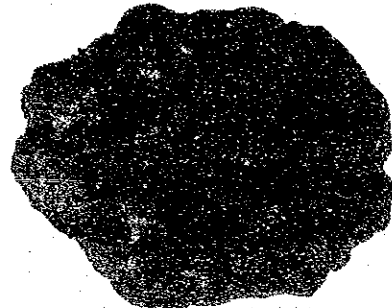
88S0780FG03 (Section)  
Ellipthoidal Fat



(Upper surface)



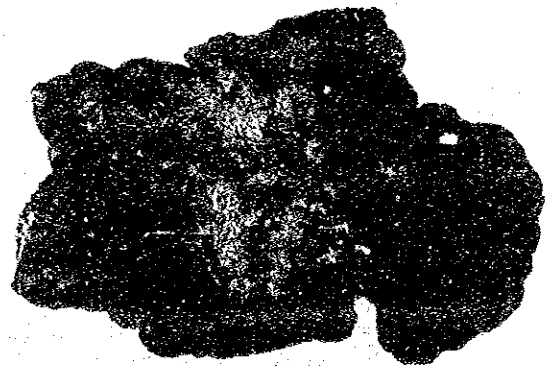
88S0879FG02 (Section)  
Ellipthoidal Fat



(Upper surface)



88S0679FG01 (Upper surface)  
Other



88S0674FG03 (Upper surface)  
Other

図 3-5-1 マンガン団塊の形状(2)

表 3-5-1 マンガン団塊の形状別物性一覧表

		球状	扁平な円状 通常型	扁平な円状 厚型	小石状	塊状	板状	その他
		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
粒 径 (cm)	0~2							
	2~4							
	4~6							
	6~8							
	8~16							
	16~							
表面 状態	上 面	滑らか やや滑らか やや粗 粗(ざらざら)						
	下 面	滑らか やや滑らか やや粗 粗(ざらざら)						
結合 状態	単体型							
	単体型多し							
	単体型結合多し							
	結合型多し							
亀裂	多 少 な い							
	多 少 な い							
破砕	多 少 な い							
	多 少 な い							
含水 率 (%)	平均値	30.17	30.24	28.91	31.92	28.51	30.65	23.47
	標準偏差	-	0.96	-	6.21	1.92	-	2.11
	最大値	30.17	40.63	28.91	46.67	29.64	30.65	25.22
比重	平均値	1.99	1.01	1.98	1.98	2.00	2.00	1.99
	標準偏差	-	0.09	-	0.12	0.02	-	0.89
	最大値	1.99	2.00	1.98	2.14	2.03	2.00	2.26
	最小値	1.99	1.80	1.98	1.75	1.99	2.00	1.68



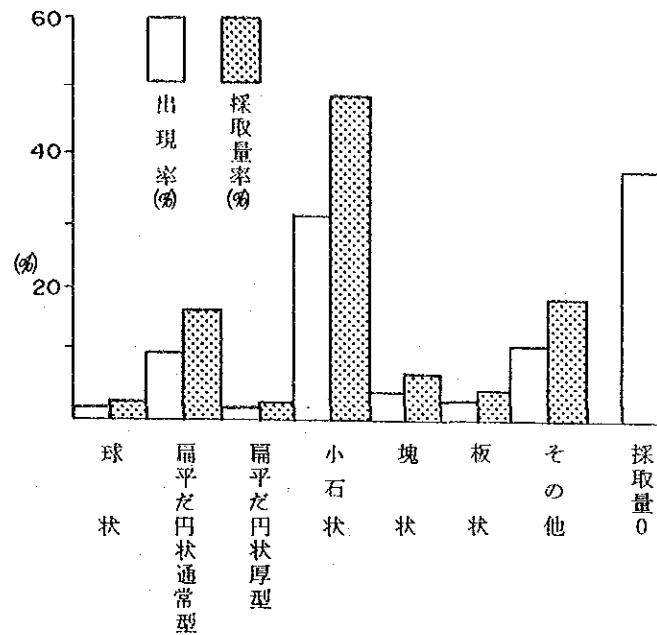


図 3-5-2 マンガン団塊の形状と採取量率

結合型マンガン団塊の占める割合が他形状の場合よりやや多い。粒径は2~4cmくらいのものである。当調査海域で最も卓越し、約49%を占める。

⑤ 塊 状

粒径は4~6cmくらいのもので多く、大型のものは、角ばりが殆どなく、ジャガ芋状を呈する。ほかに大規則塊状のものもしばしば認められる。表面状態はやや滑らかなものが多い。

⑥ 板 状

粒径は小型から大型のものまで多様である。表面状態としては滑らかなものも多く、また、内部に岩片を含むことが多い。

⑦ その他

当調査海域で、その他に分類されるものの大部分は非常に小型(径が5mm以下)のマンガン団塊である。それらは、大きさが小さすぎて形状がはっきり特定できないものが多い。また、形状が上記①~⑥の範ちゅうに入らないものとして棒状のもの、屋根瓦状のものなどがある。

(2) 粒 度

マンガン団塊の粒度分布を図3-5-3に示す。

本図で明かなように中型(2~6cm)のマンガン団塊が大部分を占め、これらだけで約75%となる。

(3) 外観的特徴

マンガン団塊の外観的特徴を表3-5-1に示した。表面状態は、全般にやや粗いもの

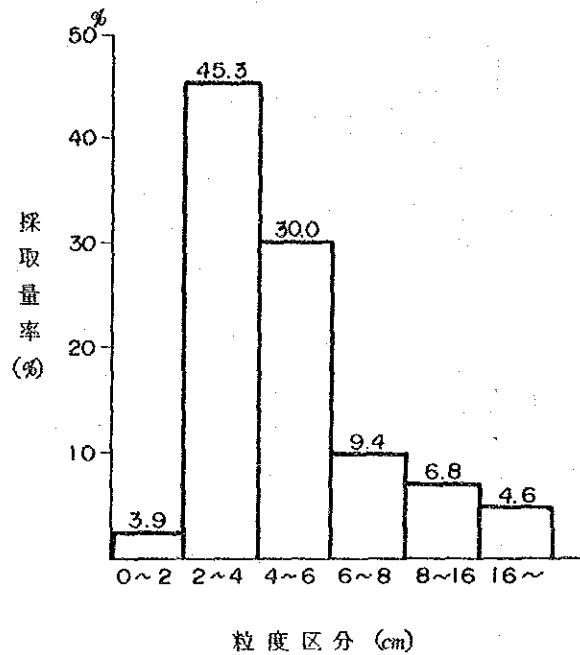


図 3-5-3 マンガン団塊の粒度と採取量率

からやや滑らかなものにあたるが、比較的滑らかなタイプは少ない。<sup>\*1</sup>この傾向は調査海域内の場所によらずほぼ一定している。

亀裂、破碎などは非常に少ないのが特徴である。しかし、破碎成長型と考えられるマンガン団塊もしばしば出現する。結合型は所によりかなり多いところもある。

## 2) 分布と産状

### (1) 形状分布

マンガン団塊の形状分布については、図 3-5-4 に示すとおりである。

東西両海域ともに小石状、扁平だ円状を主形状とするマンガン団塊が広く分布しており、周辺部に球状、塊状などを主形状とする地点が散在している。扁平だ円状を主とするマンガン団塊は西海域では西部、東海域では東部と、調査海域南端にわずかに分布している。球状、小石状を主とする地点は東海域東部に分布し、分布密度の高い測点をなしている。塊状を主とするマンガン団塊は東海域北東部に分布し、高分布密度点となっている。

### (2) 粒度分布

マンガン団塊の粒度分布を図 3-5-5 に示す。西海域の北西の端に平均粒径 10 cm 以上の点有一点、また東海域の北部にも一カ所平均粒径 6~8 cm が分布するが、他はいずれも平均粒径 2~4 cm が卓越して分布している。採取試料から計算した平均粒径も西海域で 6.0 cm、東海域では 4.7 cm、海域全体の平均で 5.1 cm と大きいことが確認された。

\*1 本調査で表面状態が“やや粗”としているものでも、S型-R型分類ではS型に属するものが多い。

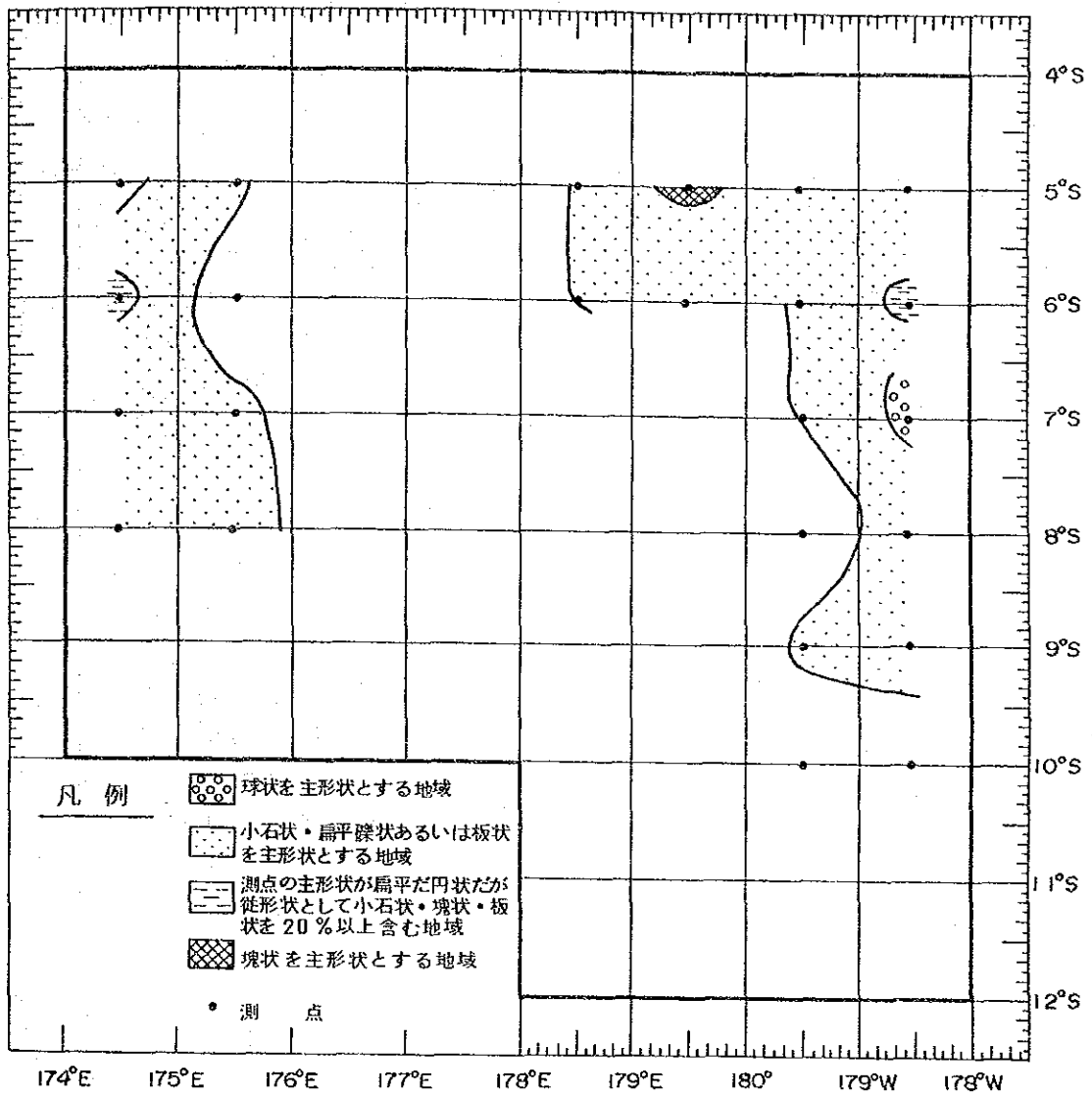


図3-5-4 形状分布図

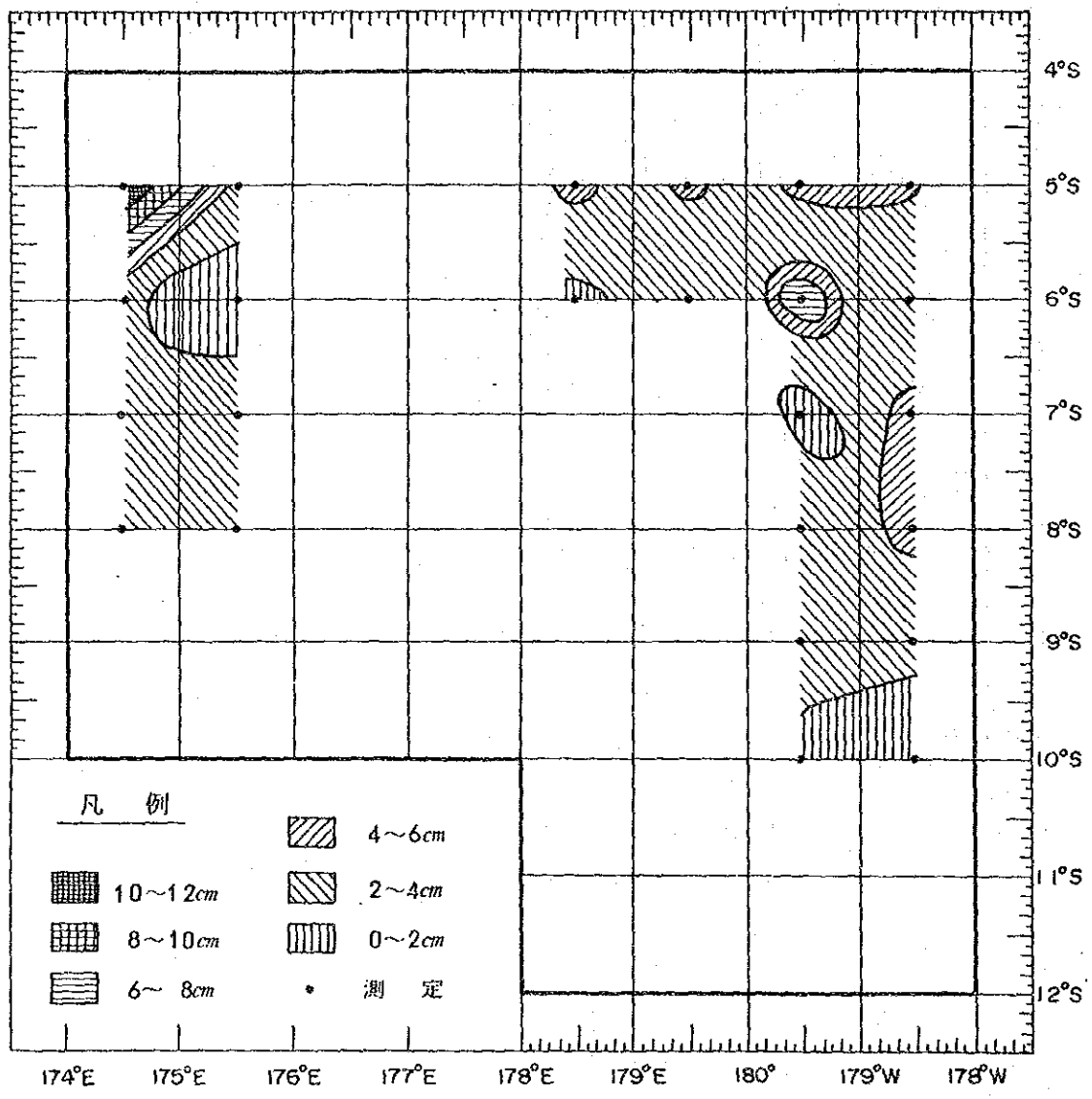


图 3-5-5 粒 度 分 布 图

(3) 粒径と形状

粒度別のマンガン団塊の形状比率を図3-5-6に示す。粒度が大きくなるにつれて小石状のものは減少し、塊状及び扁平だ円状通常型のものが増加する。また、4~6cmまでは球状のものも粒径と共に増加する。扁平だ円状厚型のは粒度が8~16cmになって初めて出現する。また、16cm以上の粒度では形状が上記①~⑥の範ちゅうに入らない不規則な形状がすべてとなる。

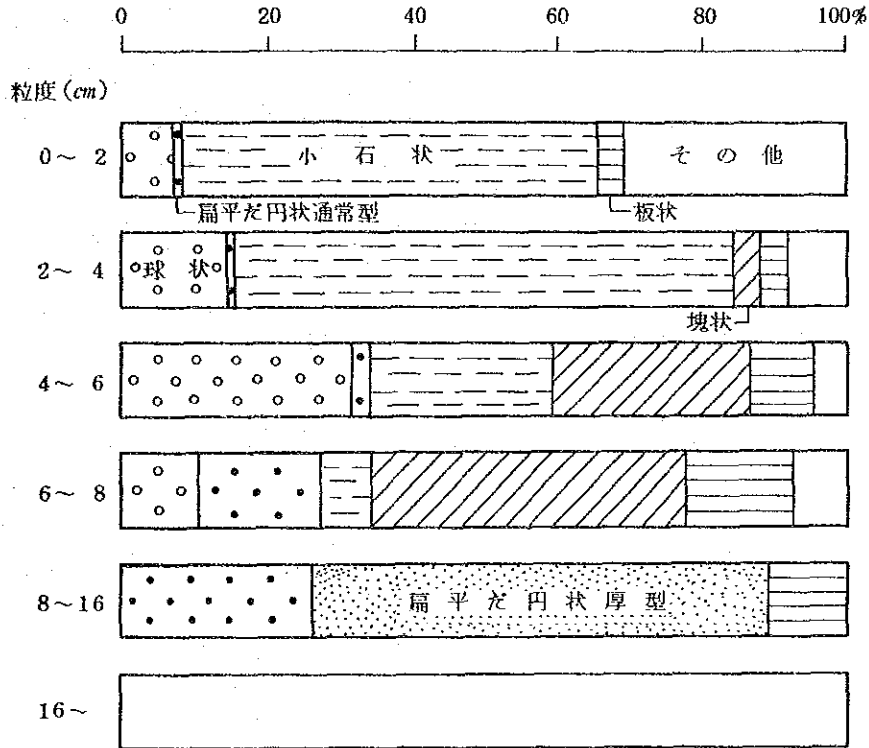


図3-5-6 粒度と形状

(4) 地形と形状

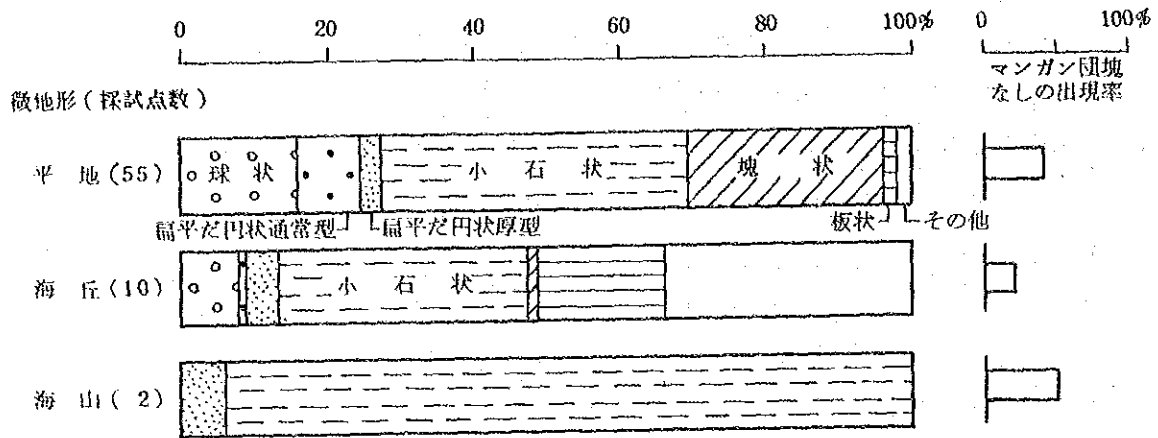
マンガン団塊の形状分布と微地形との関係を図3-5-7に示す。

当調査海域では小石状のマンガン団塊が卓越して分布しているため、いずれの微地形域においても小石状のものは普遍的にみられるが、平地では塊状、球状、及び扁平ぞ円状通常型がそれに次ぐ。海丘では板状とその他の形状の産出が特徴的である。また海山では小石状のものが圧倒的となり、僅かの扁平だ円状通常型を伴う。

(5) SBPタイプと形状

SBPタイプと形状の関係を図3-5-8に、上位透明層の厚さと形状との関係を図3-5-9に示す。当調査海域では上述のように小石状が普遍的に分布しているが、その他には以下のことが分かった。

明瞭な透明層が発達するタイプb及びタイプe<sub>1</sub>は、小石状及び扁平だ円状通常型または



注) 左図に採取量率による形状比率を示し、右図には全採試点数にたいするマンガン団塊が採取されなかった割合を示す。  
以下図3-5-8, 図3-5-9, 図3-5-10も同様である。

図3-5-7 微地形と形状

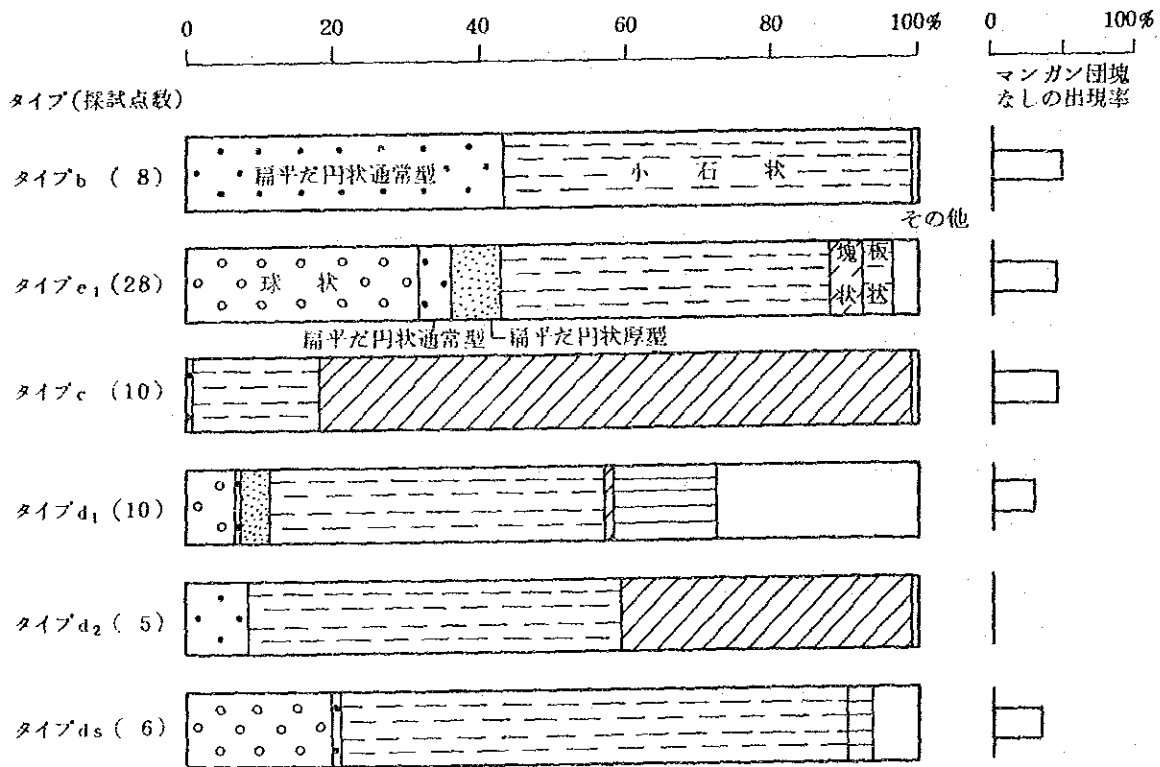


図3-5-8 SBPタイプと形状

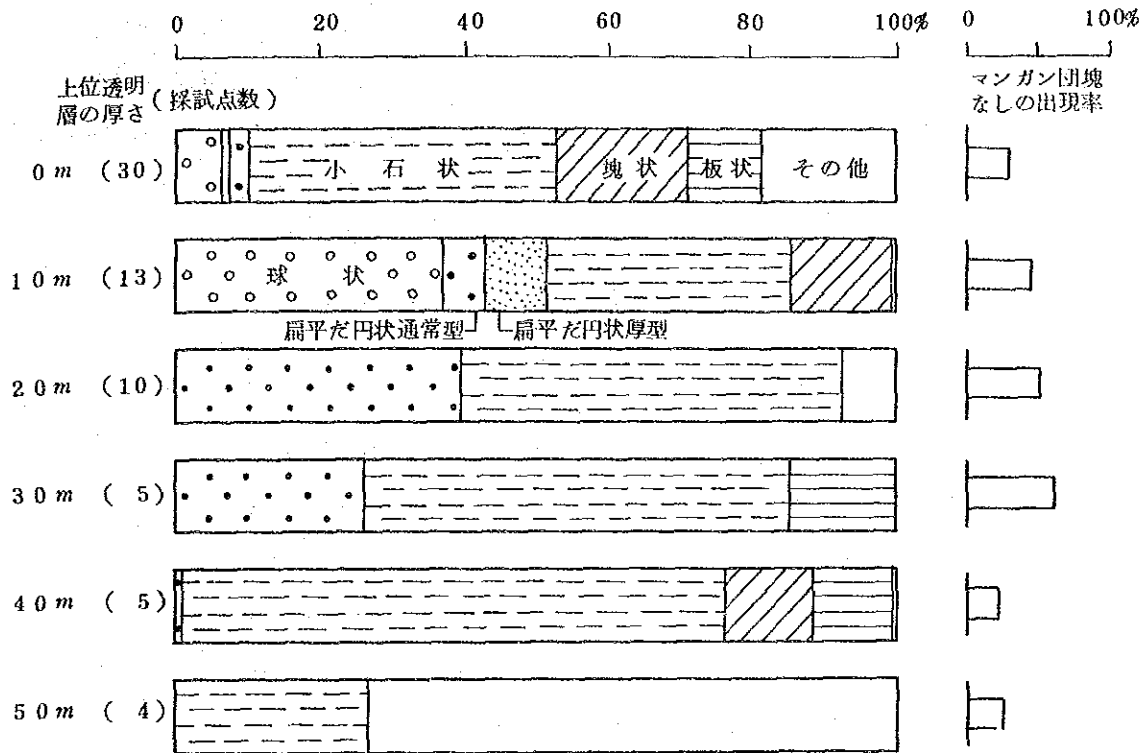


図3-5-9 上位透明層層厚と形状

球状の分布比率が高く、塊状、板状などは低い。

一方、透明層が認められないタイプc、タイプd<sub>1</sub>、及びタイプd<sub>2</sub>では塊状、小石状の分布比率が高く、球状、扁平円状厚型は低い。タイプd<sub>3</sub>は他の不透明層とやや性格が異なり、小石状、球状を主としている。

但し、透明層がみられないタイプはサンプル数が少なく、以上の傾向が実際の状態を正確に反映しているか否かについては議論の余地もある。

上位透明層と形状との関係を見ると上位透明層の厚さが0~10mの場合は球状、小石状などの分布比率が高く、特に板状は、上位透明層が存在しないときのみ出現している。

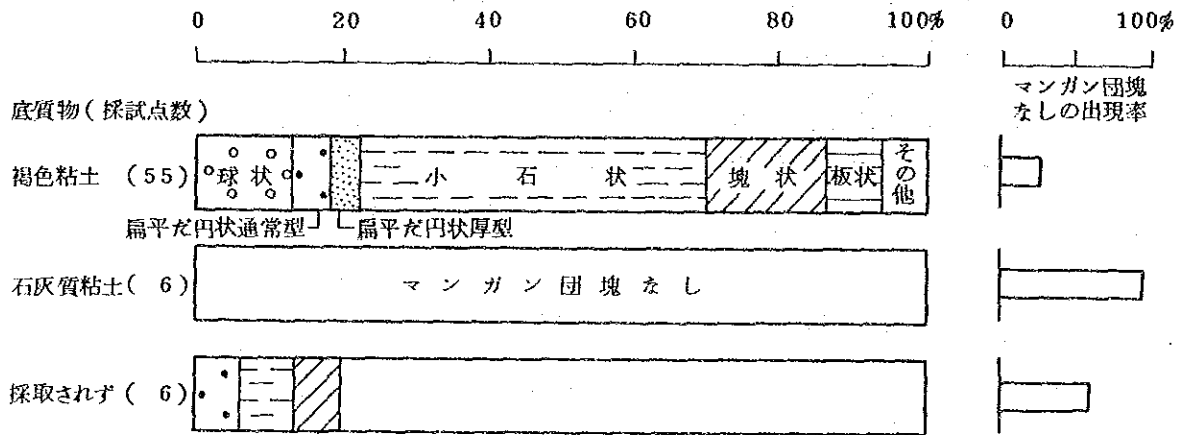
上位透明層の厚さが20~30mの場合は小石状の他に扁平円状通常型の分布比率が高くなる。これはSBPタイプb、e<sub>1</sub>に対応する。

上位透明層の厚さが40mの場合は小石状のほか塊状、板状の分布比率が高く、球状や扁平円状厚型は出現しない。上位透明層の厚さが50mの場合には、その他の比率が高くなる。

但し、これら透明層が厚い場合についてもSBPタイプと形状の場合と同じく、サンプル数が少ないことに留意する必要がある。

(6) 底質物と形状

底質物と形状の関係を図3-5-10に示す。褐色粘土の場合は小石状の分布比率が高く、それ以外にも球状、塊状、板状など各形状が出現している。一方、底質が採取されなかった場合はその他の形状の分布比率が卓越し、扁平だ円状通常型、小石状、塊状が少量出現するのみである。



底質物が採取されなかった採試点には、岩盤等のためなかった場合、及び底質物があっても採泥器が作動しなかったため採取できなかった場合の2通りがある。

図3-5-10 底質物と形状

(7) マンガン団塊の分布密度

別添第7図にマンガン団塊分布密度図を示す。当調査海域の平均分布密度は西海域で2.40 kg/m<sup>2</sup>、東海域では2.91 kg/m<sup>2</sup>、全海域24測点の平均分布密度は2.74 kg/m<sup>2</sup>である。採取点ごとの最大分布密度は19.22 kg/m<sup>2</sup>であったが、測点平均で10 kg/m<sup>2</sup>を越すものはなく、当海域はマンガン団塊の分布が低い海域であることが明らかになった。

当海域で比較的高い分布密度(7.5 kg/m<sup>2</sup>以上)を示す点が海域内に数ヶ所存在するが、いずれもその面積は狭く、散点状に分布するにすぎない。それらの場所は海丘、海山地形域が主になっており、形状としては小石状、球状および塊状の採取比率が高い傾向が見られる。

フリーフォール・グラブ調査の場合、1測点につき3本のフリーフォール・グラブを投