

海洋資源調査SOPAC海域
資源開発協力基礎調査報告書

(第1-2巻)

クック諸島海域

平成3年2月8日

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱計資
CR(5)
91-58

IRY

JICA LIBRARY



1089064(8)

22121

海洋資源調査SOPAC海域
資源開発協力基礎調査報告書

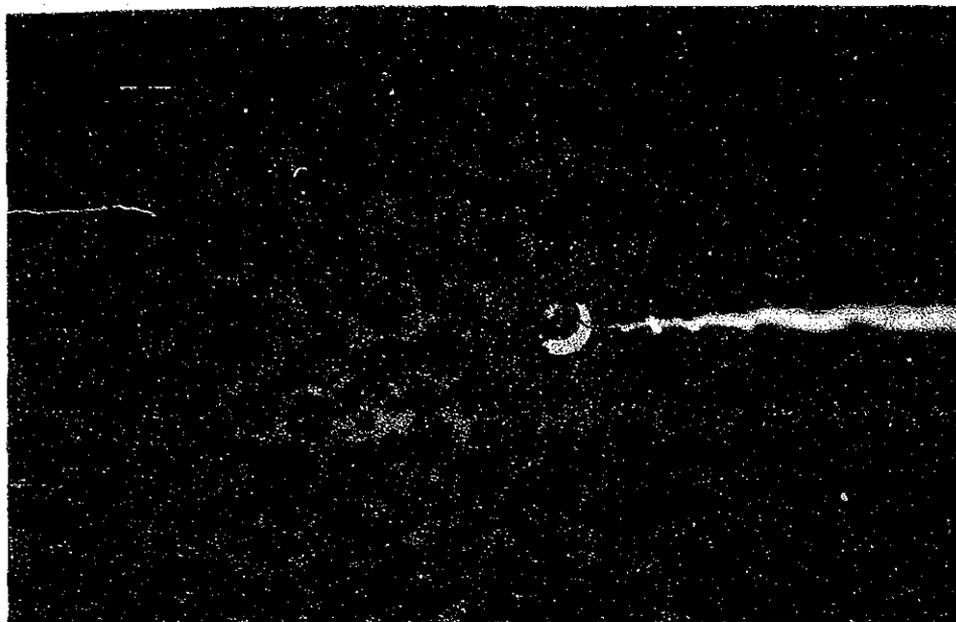
(第1-2巻)

クック諸島海域

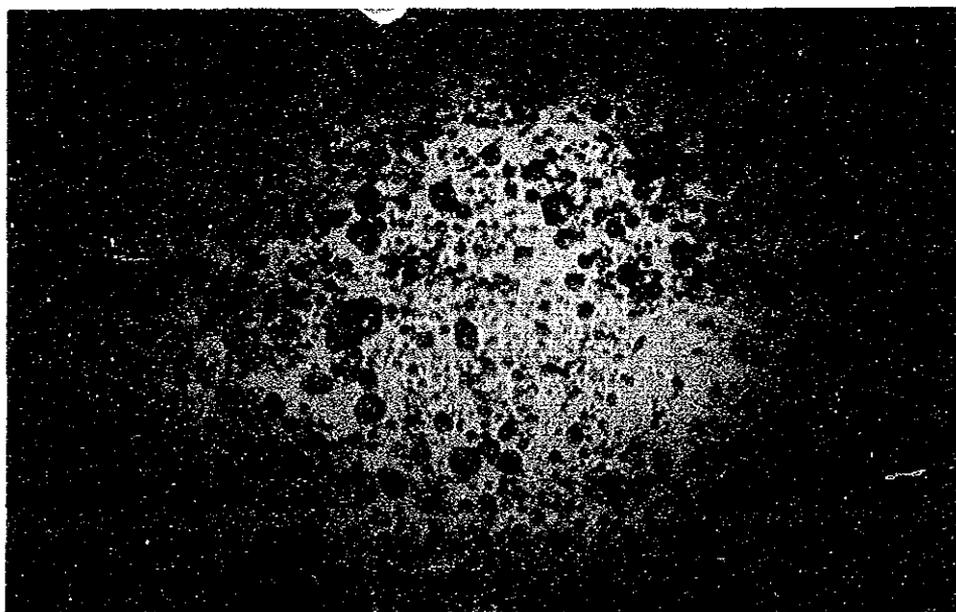
平成3年2月8日

国際協力事業団
金属鉱業事業団





90S2434FG02 分布密度 $13.38\text{kg}/\text{m}^2$, 水深 4.821m
フリーフォールグラブの深海カメラで撮影, 錘直径 8 cm



90SCDC01測線 分布密度 $6.1\text{kg}/\text{m}^2$, 水深 4.985m
連続撮影式深海カメラシステム (CDC)で撮影, 錘直径10cm

マンガン団塊の代表的産状

は し が き

日本国政府は南太平洋応用地球科学委員会(South Pacific Applied Geoscience Commission) (SOPAC) の要請に応え、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、地質調査等の鉱物資源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。

本調査は平成2年度から5ヶ年にわたって行われるものであるが、本年はその初年度にあたり、クック諸島の経済水域内を調査の対象としている。金属鉱業事業団は平成2年9月17日から同年10月26日までの40日間、深海底鉱物資源探査専用船第2白嶺丸を現地に派遣し、クック諸島の協力を得て調査を予定通り完了した。

本報告書は初年度の調査結果を取りまとめたものである。

終わりに本調査の実施に当たって御協力いただいたSOPAC事務局、クック諸島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ものである。

平成3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 福 原 元 一

要 旨

S O P A C 諸国に対する資源開発協力基礎調査は平成2年から5年間にわたって実施されることとなり、その初年度に当たる本調査は9月17日から10月26日までクック諸島海域南部の約100万 km^2 に対して行われた。現地実調査日数は27日間、調査対象鉱物資源はマンガン団塊である。

当調査海域においては海底に分布するマンガン団塊を48測点(60マイルグリッド)で採取し、同時に海底写真を撮影して賦存状況、品位、底質物等の性状を把握した。サンプリング測点間の移動時には各種音響探査を行い、海底地形図の作成、表層堆積物調査及びM F E Sによるマンガンの推定分布密度調査等を行った。

調査の後半において、上記データに基づき選定された海域で連続撮影式深海カメラシステムによる海底観察を1測線(約6マイル)実施した。

当海域の海底地形は海山を含むクック諸島列がNW-S E方向に3系列平行しており、その間に平坦地や丘陵地が存在している。地形の起伏はかなり激しい。

S B Pによる表層堆積物の調査結果によれば最上位に不透明層を伴うタイプが海域の80%以上を占めており、透明層を伴うタイプの分布はいずれも局所的で、またその透明層の厚さも10-20m程度である。

マンガンの賦存状況を要約すると次の通りとなる。

- (1) 形状は球状(43.0%)と小石状(40.2%)が圧倒的に多く、板状、扁平だ円状、扁平礫状、塊状は少ない。
- (2) 粒径としては2-6cmの団塊が多く全体の63.2%(重量比)を占めている。
- (3) 底質物としては褐色粘土が広く分布しているが、部分的に灰珪質粘土が比較的浅所(4,800m以浅)に認められる。
- (4) 全採試点の平均分布密度は $8.84\text{kg}/\text{m}^2$ であり、一般的に丘陵地が高分布密度を示すようであるが、余り明瞭ではない。
- (5) 主要5成分の分析結果からNi-Cu-Mn間とCo-Fe間における高正相関とこれら両タイプ間の高負相関の存在が判明した。

粒径の小さい物はNi, Cu, Mnに富み、粒径の大きい物はCo, Feに富む傾向が認められた。また分布密度も富Ni-Cu-Mnタイプは低分布密度を、富Co-Feタイプは高分布密度を示す傾向がある。89年度に実施したライン諸島のマンガン団塊と比較した場合、今年度の方がNi, Cu, Mnに乏しく、Co, Feに富んでいる。過年度に実施したクック諸島海域のマンガン団塊と比べても本年度の方がFeに富んでいる。

- (6) C D C調査の結果、分布密度及び形状の急激な変化と地形との対応が明らかとなった。
- (7) 概算ではあるがNi, Cu, Coに関する金属量の算出を行った。

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	1
1-6 調査機器	4
1-7 調査作業実績	5
2 章 調査方法	7
2-1 調査手順	7
2-2 付 番	7
2-3 船位の決定	7
2-4 海底地形調査	11
2-5 表層堆積物調査	11
2-6 MFESによるマンガン団塊の賦存状況調査	11
2-7 サンプリング及び深海カメラによる海底観察	12
2-8 CDCによる海底観察	12
2-9 試料の処理・分析及び保管	12
2-10 調査データの処理及び解析	15
3 章 調査結果	18
3-1 海底地形	18
1) 広域地形	18
2) 海底地形区分	18
3-2 表層堆積物	25
1) SBP記録の分類	25
2) SBPタイプの分布状況	25

3) SBPによる上位透明層層厚の分布状況	31
3-3 底質物	31
1) 分類	31
2) 種類	34
3) 分布	34
4) 構成鉱物	34
5) 化学組成	36
6) 化石鑑定	38
7) CCD (炭酸カルシウム補償深度)	43
3-4 MFESによるマンガン団塊の賦存状況	44
1) サンプルング結果との対比	44
2) MFESによるマンガン団塊分布密度の推定	44
3-5 マンガン団塊の賦存状況	48
1) 形状, 粒形, 産状	48
2) 分布密度	55
3) 化学組成	58
4) 鉱物組成	71
5) CDC調査結果	71
6) 金属量分布	76
3-6 考察: マンガン団塊の賦存状況	79
4章 まとめ	81
4-1 調査方法	81
4-2 地形と地質	81
4-3 マンガン団塊の賦存状況	82
〔参考文献〕	86
〔付帯資料〕	巻末
1. マンガン団塊調査結果一覧表	巻末
2. CDC調査結果一覧表	巻末
3. 気象・海象データ	巻末
〔別添図〕	巻末
別添第1図 航跡図	
別添第2図 採試点位置図	

- 別添第3図 底質物分布図
- 別添第4図 形状分布図
- 別添第5図 粒度分布図
- 別添第6図 マンガン団塊分布密度図
- 別添第7図 Ni等品位図
- 別添第8図 Co等品位図
- 別添第9図 Cu等品位図
- 別添第10図 Mn等品位図
- 別添第11図 Fe等品位図
- 別添第12図 Ni金属量図
- 別添第13図 Cu金属量図
- 別添第14図 Co金属量図

【挿入図一覧】

図 1 - 1	調査海域位置図	2
図 2 - 1 - 1	調査測点図	8
図 2 - 1 - 2	測点番号図	10
図 2 - 1 - 3	区画番号図	10
図 2 - 1 - 4	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	12
図 2 - 1 - 5	サンプリング処理解析系統図(1)・(2)	13
図 2 - 1 - 6	データ解析及び処理系統概略図	16
図 3 - 1 - 1	海底地形説明図	20
図 3 - 1 - 2	海底地形鳥瞰図	22
図 3 - 1 - 3	海底地形断面図	23
図 3 - 2 - 1	S B P 記録の分類(1)・(2)・(3)	26
図 3 - 2 - 2	S B P タイプ図	29
図 3 - 2 - 3	S B P 上位透明層等層厚線図	32
図 3 - 3 - 1	代表的な放散虫化石種	40
図 3 - 3 - 2	代表的な有孔虫化石	42
図 3 - 4 - 1	M F E S とサンプリング結果の比較	45
図 3 - 4 - 2	M F E S による推定マンガン団塊分布密度図	46
図 3 - 5 - 1	マンガン団塊の形状と採取量率	48
図 3 - 5 - 2	マンガン団塊の粒径と採取量率	49
図 3 - 5 - 3	マンガン団塊の形状(1)・(2)・(3)	50
図 3 - 5 - 4	海底写真と揚収写真(1)・(2)	53
図 3 - 5 - 5	分布密度の頻度分布(採試点)	55
図 3 - 5 - 6	水深と分布密度の関係	56
図 3 - 5 - 7	底質物と分布密度の関係(1)・(2)	57
図 3 - 5 - 8	形状と平均分布密度	56
図 3 - 5 - 9	主要5成分の頻度分布図	59
図 3 - 5 - 10	各成分間の散布図	60
図 3 - 5 - 11	分布密度-Co散布図	61
図 3 - 5 - 12	分布密度-Ni散布図	61
図 3 - 5 - 13	C C D 区分によるNi-Cu-Co三角ダイアグラム	65
図 3 - 5 - 14	水深-(Ni+Cu+Co)品位関係図	65
図 3 - 5 - 15	Mn/Fe-(Ni+Cu+Co)品位関係図	67
図 3 - 5 - 16	Mn/FeによるNi-Cu-Co三角ダイアグラム	67

図 3 - 5 - 17	Mn/Fe-分布密度関係図	68
図 3 - 5 - 18	マンガン団塊の Mn/Fe 分布図	69
図 3 - 5 - 19	マンガン団塊の X 線回折パターン	73
図 3 - 5 - 20	CDC 測線位置図 (測線 90SCDC01)	74
図 3 - 5 - 21	地形, 分布密度及び面積率 (測線 90SCDC01)	75
図 3 - 5 - 22	CDC による連続写真 (測線 90SCDC01)	77
図 3 - 5 - 23	CDC 写真例 (測線 90SCDC01)	78
図 4 - 3 - 1	マンガン団塊分布密度図	83
図 4 - 3 - 2	Ni 等品位図	84
図 4 - 3 - 3	Co 等品位図	85

【挿入表一覧】

表 1 - 1	使用機器一覧表	4
表 1 - 2	調査実績一覧表(1)・(2)	5
表 1 - 3	調査日程実績表	6
表 3 - 1 - 1	海底地形区分一覧	19
表 3 - 3 - 1	底質物の分類基準	31
表 3 - 3 - 2	底質物の採取比率	34
表 3 - 3 - 3	底質物の X 線回折結果一覧表	36
表 3 - 3 - 4	底質物の分析結果	37
表 3 - 3 - 5	産出放散虫リスト	39
表 3 - 3 - 6	有孔虫化石産出リスト	42
表 3 - 5 - 1	マンガン団塊の形状による分類	48
表 3 - 5 - 2	マンガン団塊の化学特性	61
表 3 - 5 - 3	マンガン団塊の形状と化学特性	63
表 3 - 5 - 4	マンガン団塊の粒度と化学特性	63
表 3 - 5 - 5	海底地形とマンガン団塊の化学特性	64
表 3 - 5 - 6	底質物とマンガン団塊の化学特性	64
表 3 - 5 - 7	Mn/Fe で区分した特徴	68
表 3 - 5 - 8	マンガン団塊の完全分析値及び微量分析値	70
表 3 - 5 - 9	マンガン団塊の X 線回折結果	72
表 3 - 5 - 10	C D C 写真計測値の統計	74

1 章 調 査 要 項

1-1 調 査 件 名

平成2年度資源開発協力基礎調査クック諸島海域。

1-2 調 査 目 的

SOPAC諸国の海域内における深海底鉱物資源賦存状況調査としてマンガン団塊を対象とした洋上調査及びデータ解析を行う。

1-3 調 査 海 域

平成2年3月13日付にて日本側調査担当機関と南太平洋応用地球科学委員会との間で締結された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、金属鉱業事業団が指示した次の各点を順次結んで得られる多角形（面積約1,037,000km²、図1-1参照）を調査海域とした。

	緯 度	経 度
①	15° 30' S	166° 30' W
②	15° 30' S	160° 30' W
③	16° 30' S	160° 30' W
④	16° 30' S	156° 30' W
⑤	25° 30' S	156° 30' W
⑥	25° 30' S	162° 30' W
⑦	22° 30' S	162° 30' W
⑧	22° 30' S	166° 30' W
①	15° 30' S	166° 30' W

1-4 調 査 期 間

調査：平成2年9月17日～平成2年10月26日（40日間）

解析：平成2年10月27日～平成3年2月10日

1-5 調 査 員

日本側

協定折衝： 山口 洋一（金属鉱業事業団・理事）

井上 健（外務省）

貝沼 弘康 (国際協力事業団)
増田 信行 (金属鉱業事業団)
現地監督： 前島 正道 (")

調査員： 調査団長 伊達 二郎 (深海資源開発株式会社)
地質班長 栗山 隆 (")
地質班員 戸野 潔 (")
" 杉山 輝芳 (")
" 佐藤正美津 (")
" 永手 末孝 (")
" 永川 康範 (")
" 山崎伸一郎 (海洋技術開発株式会社)
物探班長 棚橋 道郎 (深海資源開発株式会社)
物探班員 小山 史郎 (")
" 倉本 修 (")
" 村川 照臣 (")
" 土屋 真 (")
" 山道 照巳 (")
" 駒形慎太郎 (")
" 今井 良樹 (")
" 小林十九郎 (海洋技術開発株式会社)
" 岩崎 誠二 (")

相手側

協定折衝： Jioji KOTOBALAVU (S O P A C)
Kilifoti BTUATI (Western Samoa)
Julian DASHWOOD (the Cook Islands)
Tekem TOKATAAKB (the Republic of Kiribati)
Gerard IVARAMI (Papua New Guinea)
Don TOLIA (the Solomon Islands)
Jim V. EADE (the Republic of Vanuatu)
研修生： Aturangi HOSKING (the Cook Islands)

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 使用機器一覧表

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	測深および海底地形	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ブ スベードコアラー	FG SC	
	分 析	前処理機器（乾燥機&粉碎機） 蛍光X線分析装置	XFA	
海底観察	写真，テレビ	フリーフォールカメラ	FC	
		連続撮影式深海カメラ (CTD搭載)	CDC	曳航式
データ収録処理	オンライン機能 データ蓄積機能 オフライン機能 ↓ 航跡図，海底地形図 各種平面図，断面図	データ処理システム センサーCPU ファイルサーバーCPU ホストCPU EWS, CPU LAN, PC, ICM	DPS	

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	アピア出港 調査海域到着・調査開始 調査海域離脱 ホノルル入港	9月18日 16:00* 9月20日 05:30 10月16日 20:40 10月25日 08:00
サンプリング	マンガン 団塊 サブリング間隔 測点数 測点当り採試点数 採試点数 使用サンプラー 不浮上事故	60マイルグリッド 48測点 3点 144点 (48測点×3 採試点) フリーフォールグラブ (FG) : 140点 スペードコアラー (SC) : 4点 無し
海底観察	マンガン 団塊 深海カメラ(FG) 使用回数 得られた写真 連続撮影深海カメラ (CDC) 得られた写真	144回 140枚 1 測線、5.96マイル 175枚
分析	処理件数 分析成分 延分析件数	371件 5成分 (Ni, Cu, Co, Mn, Fe) 1,855成分 (371 件×5 成分)
音響探査	マンガン 団塊 NBS (30.0kHz) PDR (12.0kHz) SBP (3.5kHz) MFES	実測長 3,785マイル 欠測長 0マイル " " " " " " " " " " " "
データ処理	オンライン・センサーMT オンライン・FS MT オフラインMT	7巻 (オープンリールMT) 2巻 (オープンリールMT) 1巻 (カセットMT)

* 時刻は全て現地時間を示す。

表 1 - 2 調査実績一覧表 (2)

測 線 名		90SCDC01
	実施日	10月7日
	実施場所	測点No.90410付近 (W→E)
C	観測距離 (A)	5.96マイル
D	観測時間 (T)	5:11
C	平均船速 (A/T)	1.15ノット
調 査	投入時刻	09:09
	揚収時刻	17:47
	所要時間	08:38
	写真撮影枚数 (N)	175 枚
	平均撮影間隔 (T/N)	1.78分/枚

表 1 - 3 調査日程実績表

調査期間：40日、実調査日数：27日

月/日	調 査 項 目	月/日	調 査 項 目
9/17	出港準備	10/07	日 マガソ 団塊調査・測点10& CDC
9/18	16:00 アピア出港	10/08	月 " 測点16&17
9/19	移動・調査準備	10/09	火 " 測点18&37
9/20	マガソ 団塊調査・測点01&02	10/10	水 " 測点38&39
9/21	" 測点03&04	10/11	木 " 測点40&41
9/22	" 測点05&06	10/12	金 " 測点42&43
9/23	" 測点07&08	10/13	土 " 測点44&45
9/24	" 測点09& 移動	10/14	日 " 測点46&47
9/25	" 地形航走	10/15	月 " 測点48&49
9/26	" 測点13&20	10/16	火 " 測点50&51
9/27	" 地形航走		20:40 海域離脱
9/28	" 測点32&31	10/17	水 移動
9/29	" 測点30&29	10/18	木 "
9/30	" 測点28&25	10/19	金 "
10/01	" 測点24&33	10/20	土 "
10/02	" 測点23&21	10/21	日 "
10/03	" 測点34&35	10/22	月 "
10/04	" 測点36&19	10/23	火 "
10/05	" 測点14&15	10/24	水 "
10/06	" 測点12&11	10/25	木 08:00 ホノルル入港
		10/26	金 業務引き継ぎ

2章 調査方法

2-1 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51測点を配したが、海況不良のため調査を実施したのは48測点である。調査は各測点においてフリーフォールサンプリング（一部スベードコアラーを使用）と各種音響探査を実施した（図2-1-1参照）。

2-2 付番

(1) 測線の付番

音響探査測線（NBS, PDR, SBP, MFES）に対する付番は、航走単位ごとにその実施日と順序がわかるように、例えば90S1002A, 90S1002Bなどとした。また、夜間航走は90S1002NのようにNを付した。ここに90は調査年度（1990年）、Sは調査機構（SOPAC）、1002は10月2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

測点番号は、90401からサンプリング順に通し番号とした。ここに90は1990年度を、4は本年度の第4次航を、01はサンプリング実施番号を示す（図2-1-2参照）。但し90422, 90426, 90427の3測点は欠測となった。

採試点番号には調査年度（1990）、調査機構（SOPAC）を示すために90S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2-1-3参照）。ここで上位2桁は各区画の南辺緯度を示し、下位2桁は175°Eを基準とし東進するごとに11, 12, 13, 14, ……と付与される追番を示す。各区画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。例えば、サンプリング番号90S1830FG01は、1990年に1830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順序01番目のサンプルであることを示す。

2-3 船位の決定

調査における全ての船位はNNS S及びGPSによって決定した。NNS Sの場合には、人工衛星によるFix時*間の経過に応じて、この間の推測航法船位にFixデータを比例配分して求めたいわゆる修正船位を用いた。

測線における開始点、変針点及び終了点、またサンプリングにおける投入点あるいは揚収点等を示す船位は、後述するデータ処理及び解析のため、それぞれのイベント発生の際、船上

* Fix時とは飛来する人工衛星の受信に成功し新たな時刻と船位が決定された時をいい、NNS Sの船位はこの新データにより真の船位に up dateされる。

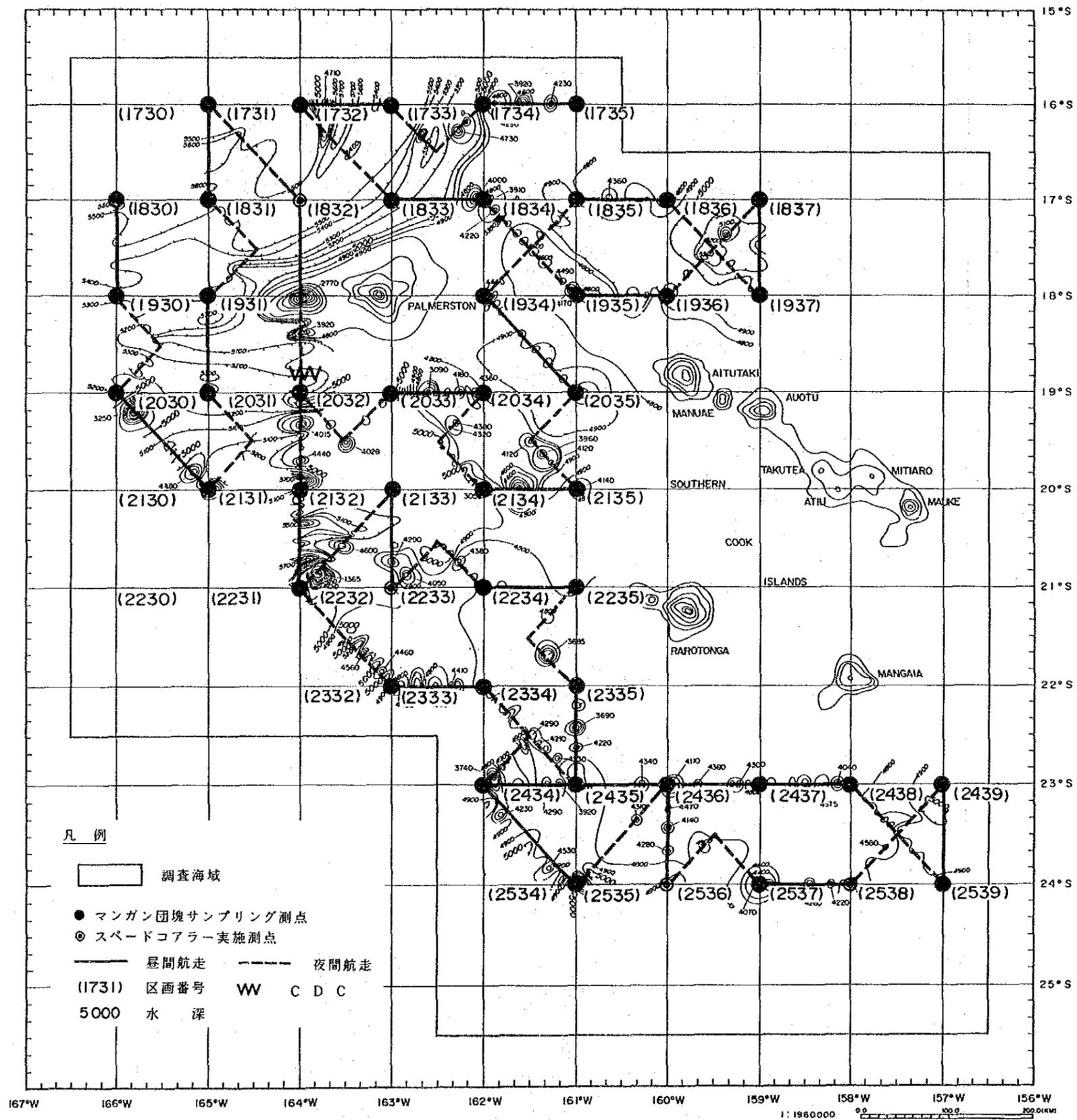
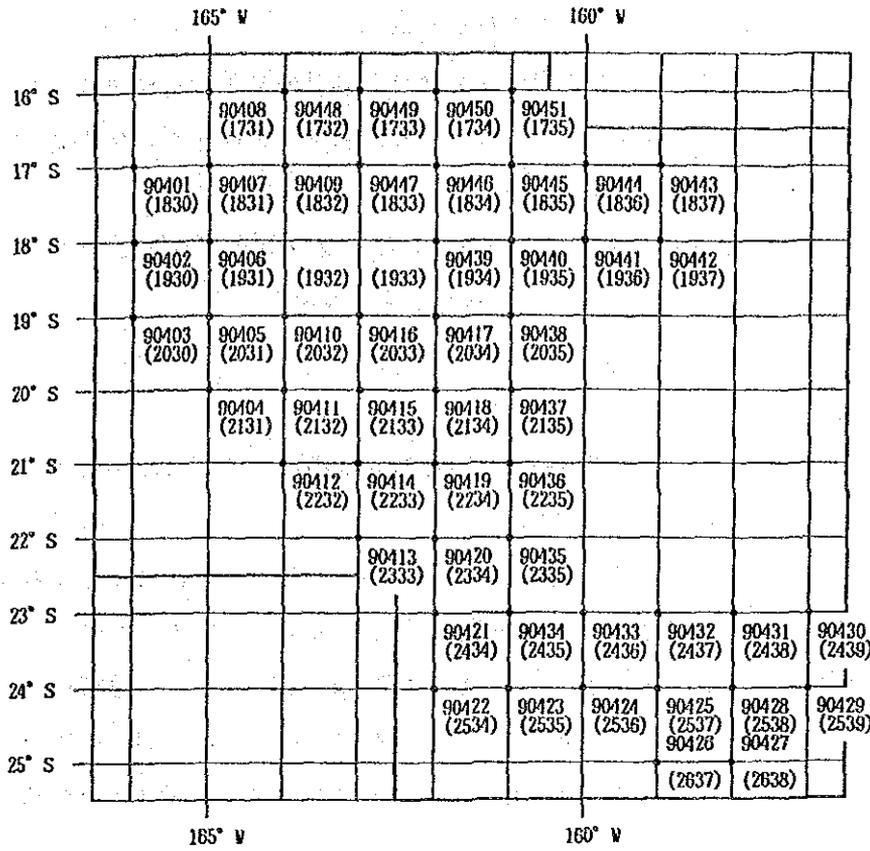


図2-1-1 調査測点図



凡例

● : 测点

90401~90451 : 测点番号

— : 调查海域

(1830) : 区画番号

图 2-1-2 测点番号图

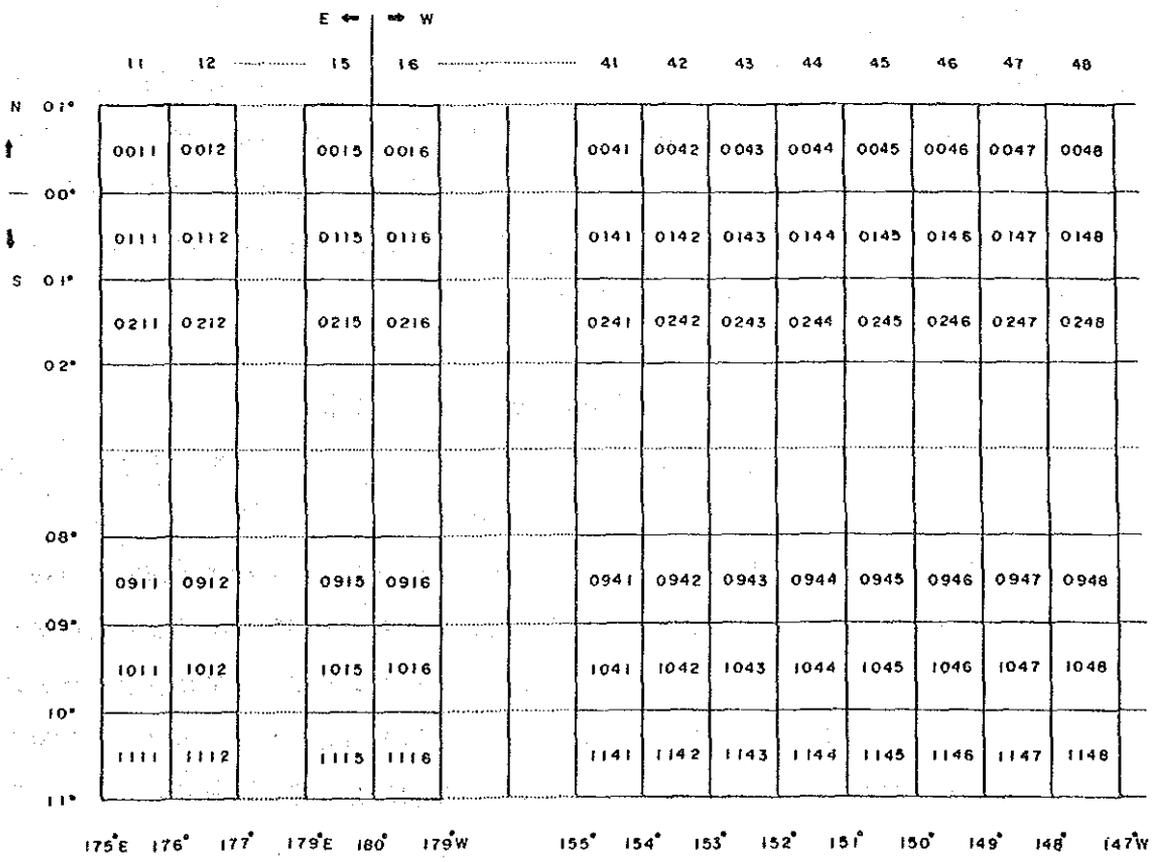


图 2-1-3 区画番号图

データ処理システムの取得データにイベントマークを付加した。

調査に関わる全ての船位はデータ処理システム内のセンサーCPUのMTに収録するとともに、NNSの修正船位が計算される都度他のデータと合わせ共通ファイルサーバに蓄積保存しデータベース構築に供したほか、LANを通じ船内一斉同報にも供した。

また updateごとに計算され蓄積される1分ごとの修正船位をプリントアウトさせて調査データの整理や解析に使用した。

2-4 海底地形調査

海底地形調査は、主としてNBSによる各測点間及び各採試点間の測深並びに記録紙に基づく地形観察とを行った。別添第1図に航跡図を示す。

測深は12秒間隔とし、NBSのデジタイザー水深値は共通ファイルサーバに蓄積保存するほかオンラインMTにも収録した。一方、NBSの記録紙の時間と水深をペンタッチデジタイザーで処理したデータによりファイルサーバ内のデータを更新したのちシステムの作画機能により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場合もある。採試点間の測線についてはサンプリング作業のため船速は通常3～8ノットとなった。

2-5 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、海底地形調査と並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の透明層の厚さ、音響層序タイプ等があり、これらを5分ごとに読み取り、OCRを利用してデータ処理システムのデータベースに保存入力したほか、航跡図にプロットして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。

2-6 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並行して実施した。

MFESの測定値はNBS、PDR、SBPの音圧データより計算し48秒に1回ずつ連続して得られるが、データ処理システムによって15回の測定値による移動平均値を計算した結果をデータとしてファイルサーバに蓄積保存したほか、生データはオンラインMTに収録した。またデータ処理システムよりMFESオフラインログリストを打ち出し5分ごとのMFES値を航跡図にプロットしてMFESによる推定マンガン団塊分布密度分布図を作成した。

2-7 サンプルング及び深海カメラによる海底観察

サンプルングは、主にフリーフォールグラブ (FG) を用いたが、一部ではスピードコーラー (SC) も用いた。FG 及び SC によるサンプルングと並行して、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。今調査のサンプルング測点間隔は、60マイルグリッドである。

サンプルングは1測点あたり3回 (3採試点) 行い、その配置は南側の採試点を頂点とする直角二等辺三角形の各頂点となるようにした。すなわち、南側の採試点及びそれを中心として北西並びに北東各々 1.4マイルの各採試点においてサンプルングを行い、それら3採試点の平均値を1測点データとして取扱った。3採試点におけるサンプラーの投入順序を図2-1-4に示す。

FGに代えてSCを用いる時は、3採試点のうち第1投目にあたる採試点に対して行う。FGサンプルングでは、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ングが不十分だったことが推定されることがある。このよう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ブの作動状況を求め、分布密度の算出の参考としている。

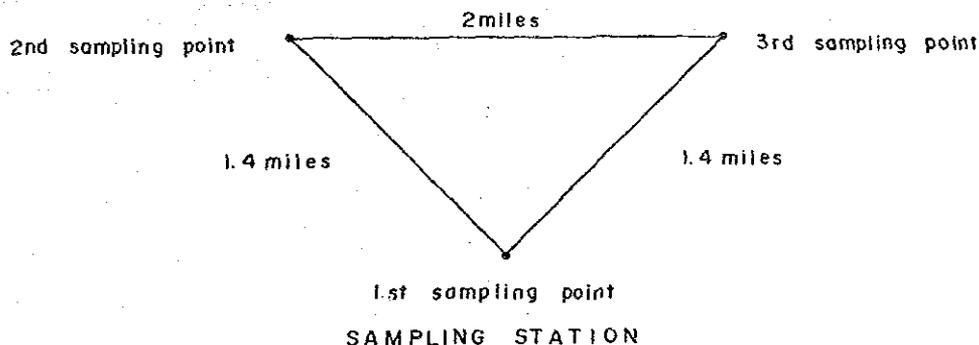


図2-1-4 3点サンプルングにおけるサンプラーの投入順序説明図

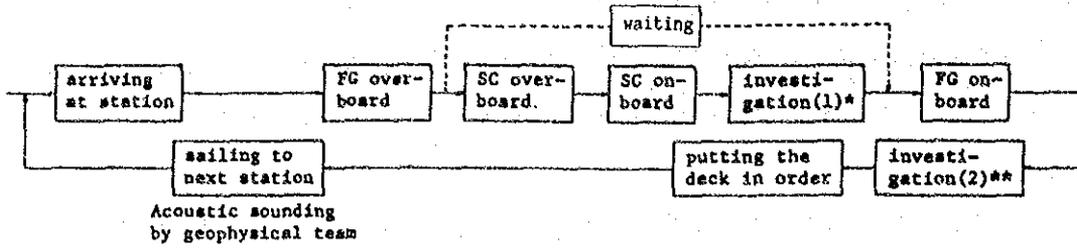
2-8 CDCによる海底観察

調査日程前半の鉞況から測点No. 90410付近の海域に東西5マイルの測線を設定し、海底のマンガン団塊の分布状況を観察するためCDCの曳航を行った。海底観察時の船速は約1ノットを保持し、約60メートル毎に1枚の写真撮影を行った。

2-9 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2-1-5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線分析等の処理を行ったのち一部のものは持

(A) The outline of the bottom sampling work



* Detail of investigation (1)

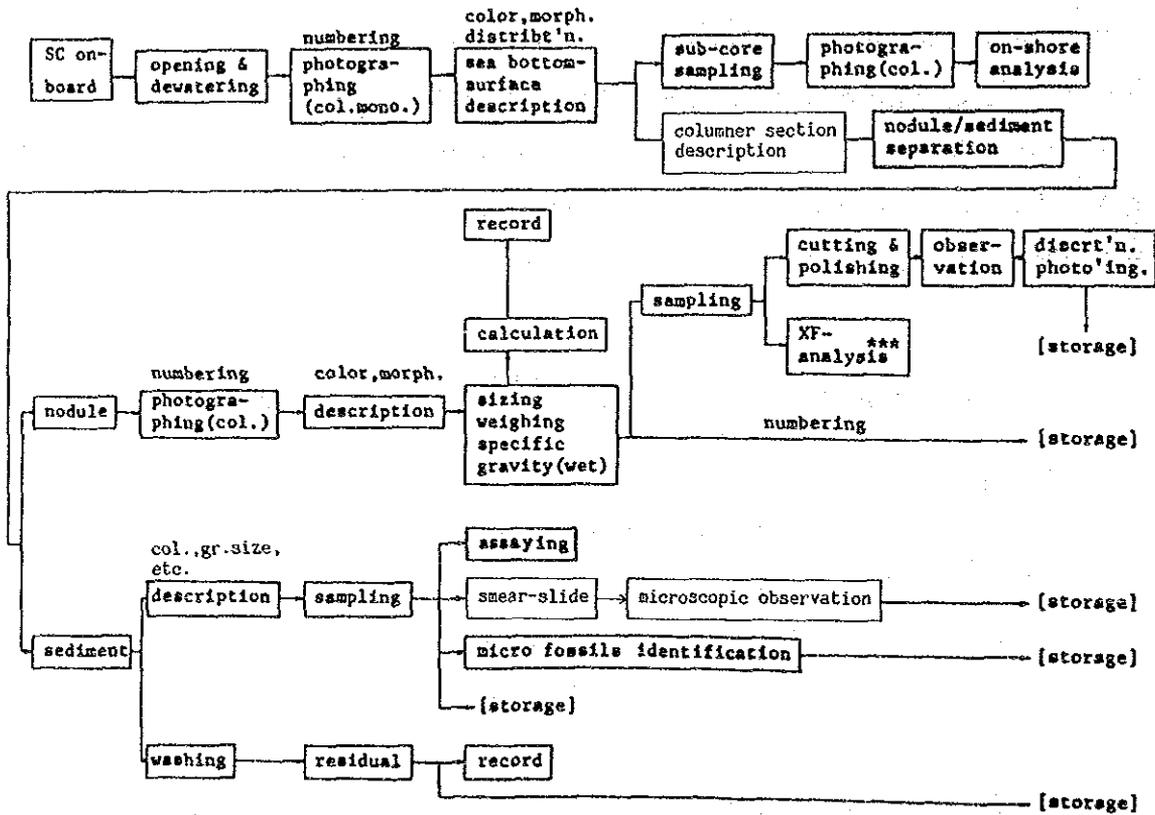
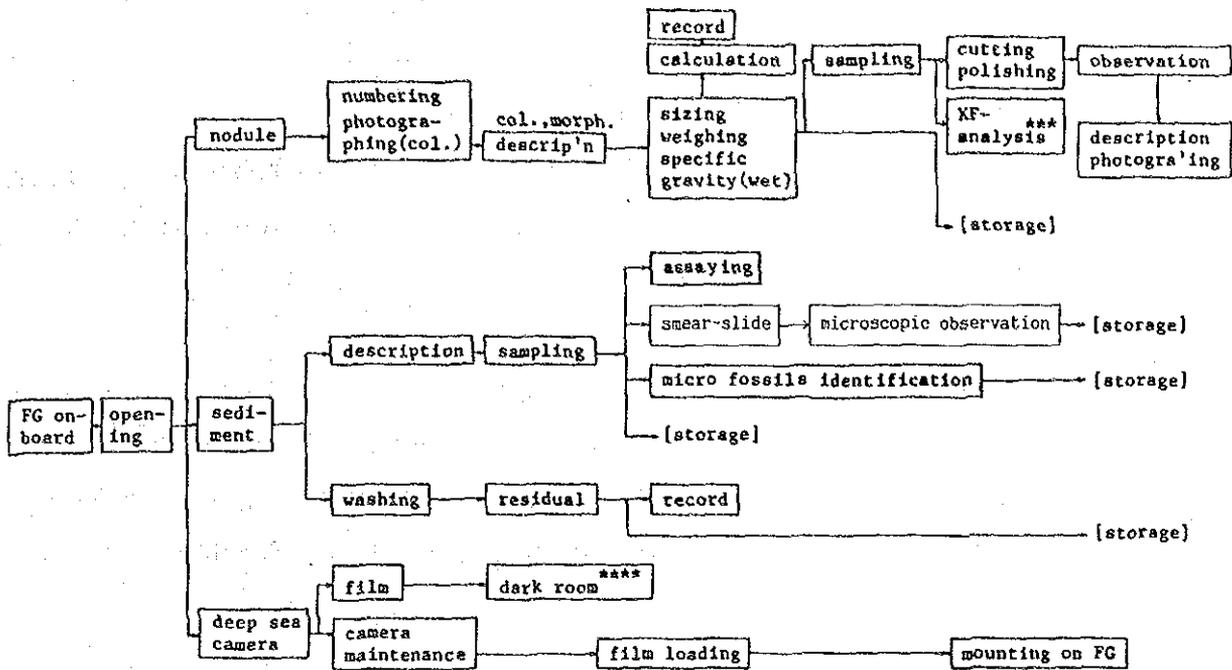
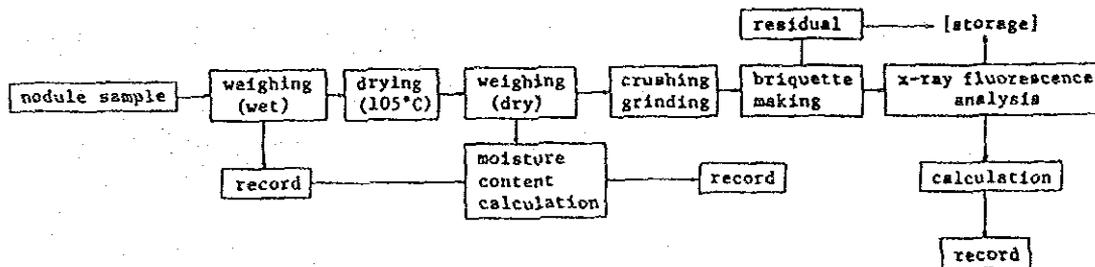


図 2 - 1 - 5 サンプル処理解析系統図(1)

** Detail of investigation (2)



*** Detail of XF-analysis



**** Detail of dark room work



図 2 - 1 - 5 サンプル処理解析系統図(2)

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・含有化石鑑定等を実施し残余は保管した。

2-10 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、主として船上のデータ収録処理装置のオンライン機能及びオフライン機能を用いて行ったが、一部のデータ処理や総合的な解析については陸上で行なった。図2-1-6に作業系統の概略を示す。

(1) 調査データとその処理

- ① 各種測定機器（NNS S, GPS, NBS, PDR, MFES, ウインチ, イベントボックス・モード等）から出力される各オンラインデータは、センサーCPUのMTにセーブされるとともに、バッファーに一時保存されて、NNS S Fixデータ受信時に計算処理されたのち予め定めた処理条件に基づき共通ファイルサーバに出力され蓄積保存（データベース化）される。
- ② ノイズの多い場合には、NBS水深の記録紙から、時間及び水深をデジタル化して共通ファイルサーバ内の保存データを更新した。
- ③ SBP記録紙より表層堆積物（上位透明層層厚、層序タイプ）を5分ごとに読み取ったデータを、OCRを用いて入力することにより共通ファイルサーバ内に蓄積保存した。
- ④ 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ほか、一部についてはデータ処理システム内にサンプルデータとして取り込んだ。

- ・マンガン団塊データ：採取量、粒度ごとの湿重量、見掛け比重、形状、個数、
分析データ（Ni, Cu, Co, Mn, Feの品位及び含水率）
- ・堆積物データ：種類、色調、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
- ・音響記録（NBS記録, SBP記録）

(2) 調査データの解析

データ処理システムに保存されている各種データにより次のような解析図表を作成した。

① 航跡図、採試点位置図

データ処理システムのオフライン作画機能を用いて、航跡図及び採試点位置図を縮尺500万分の1で作成した。

② 海底地形図

データ処理システムを用いて、100m等深線による海底地形図を作成した。

③ S B P の上位透明層等層厚線図

S B P 記録紙から読み取った 5 分毎の上位透明層層厚値を、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 S B P タイプ図

S B P 記録紙から読み取った 5 分毎の S B P タイプを航跡図上にプロットして本図を作成した。

⑤ M F E S による推定マンガン団塊分布密度図

データ処理システムのオンライン機能により、M F E S を用いて 5 分毎の分布密度値を算出し、その値を用いて、 $2.5\text{kg}/\text{m}^3$ 毎の等分布密度線を航跡図上に表示した。

⑥ 底質図

採試点位置図等を基にして、サンプラーから得られた底質物を種類別にプロットして本図を作成した。

⑦ マンガン団塊分布密度図、等品位図、金属量図

各採試点 (F G , S C など投入する点) から得られたマンガン団塊に関するデータを基にして各測点 (1 観察測点当たり 3 個のサンプル) 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。

⑧ 調査結果一覧表

マンガン団塊に関するデータを容易に検索、閲覧出来るようにするため、必要項目を野帳から抜粋、調査結果を添付資料として一覧表にとりまとめた。

3章 調査結果

3-1 海底地形

1) 広域地形

当調査海域は大局的には西半分がサモア海盆に、北東部と南東部がそれぞれ南ペンリン海盆と南西太平洋海盆に含まれる。また、海域の中央部には、これらの海盆を区切るように、南クック諸島列がNW-S E方向に連続して分布する(図3-1-1, 図3-1-2参照)。

西部のサモア海盆は当海域では水深が最も深く、5,000~5,700mの平坦地を形成しているが、その内部にはE-W, NE-SW方向のトラフ状地形を伴う(地形区分については表3-1-1参照)。

北東部の南ペンリン海盆は水深4,900~5,100mで、小規模な平坦地として認められる。南東部の南西太平洋海盆は水深的にはやや浅く、4,800~4,900mの小規模な平坦地を形成している。

海域中央部に広く発達するクック諸島列は、水深4,800mのコンターによって示されるように、NW-S E方向に平行した3列の海山列から構成されている。これらの3系列のうち北側の2列が主系列と考えられ、これらは山岳地を形成している。最も北側の系列には、北からAITUTAKI, MANUAE, AUOTU, TAKUTBA, ATIU, MITIARO, MAUKEの各島が、また中央部の系列には、PALMERSTON, RAROTONGA, MANGAIAの各島が分布している。南側の系列は、多くの小規模な海丘を伴っており、NW-S E方向の丘陵地を形成している。

クック諸島列については、新生代に太平洋プレートが北西方向に移動しながら、ホットスポットの上を通過することによって形成されたという説がある(Bxon, 1981)。但し、クック諸島列の南東延長上に位置するオーストラル諸島列からの年代データと、クック諸島列のデータとは整合的なものとそうでないものがあり、必ずしもホットスポット説が証明されているわけではない(Duncon and McDougall, 1976)。クック諸島内のK-Ar年代にもこのような不規則性が認められており、例えばAITUTAKIは他の島々と同じように、始新世もしくは漸新世の海底噴火によって誕生したとの説(Wood and Hay, 1970)がある一方、Dalrymple et al. (1975)は、同島からのK-Ar年代として0.66-0.77m. y. という値を得ている。また、Fodor et al. (1982)によれば、AITUTAKIの新しい溶岩流はハワイ諸島のような後浸食期の火山活動の存在を表している。

2) 海底地形区分

海底の地形区分にあたっては、全体的な特徴を把握する目的で巨視的にながめた場合の区分(巨視的区分)と、微視的にながめた場合の区分(微視的区分)の2通りについて行った。各地形区分の定義を表3-1-1に示す。また、代表的な地形断面を図3-1-3に示す。

当調査海域の海底地形は、巨視的には平坦地、丘陵地、山岳地に区分できる。このうち、

丘陵地は調査海域中央部 162° Wを中心に約 120マイルの幅で南北に延びており、また調査海域の南西部及び南東部にも見られる。山岳地はクック諸島 (Southern Cook Islands)の島々を中心とする海域に見られるが、実際の地形航走は島の周辺を避けているため詳細な地形は不明である。その他の海域は平坦地に区分される。特にサモア海盆の一部である調査海域北西部には水深 5,000m以深の平坦地が広く分布し北西に向かって緩やかに深くなっている。

当調査海域の海底地形を微視的に見た場合、平地、海山、海丘、溝状地に区分される。このうち、海山はクック諸島の周辺及び調査海域南西部の丘陵地を中心に10海山程度確認され、その規模はいずれも直径20マイル程度である。また、海丘は平坦地を除いた広い海域に分布する。特に南東部丘陵地は地形航走の測線間隔が広いため詳細は不明だが、多数の海丘が分布するものと推定される。平地は、巨視的区分の平坦地に分布する。ただし、測線間隔が広いため他に存在する海山、海丘を捕捉していない可能性がある。一方、断裂構造を示すと思われる一種の溝状地がPALMERSTONを中心とする海域に認められるがその方向性は不明である。

表 3 - 1 - 1 海底地形区分一覽

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見て平坦地とする。
	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。
	海溝	長く狭く、かつ深い海底の凹所で、両側斜面はかなり急峻な地域。
微視的区分	平地	起伏のない又はスムーズな起伏（比高 100m位まで）を伴い盆状地あるいは台状地に属さない平坦な地形。
	盆状地	スムーズな起伏を伴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状地、裂か、あるいは断裂帯を含む。
	台状地	スムーズな起伏を伴い、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）。
	海嶺その他	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。上記のいずれにも属さない地形。

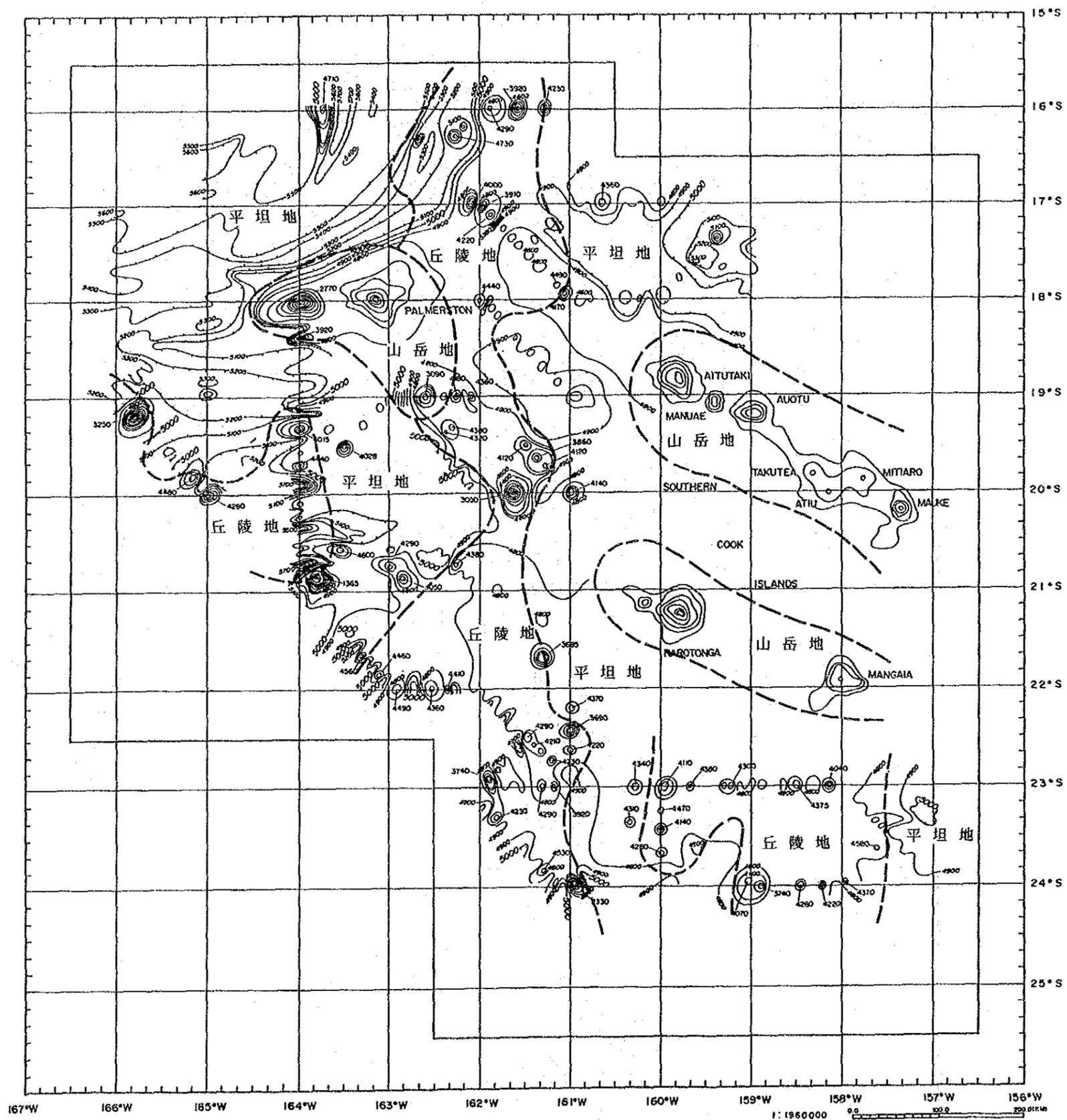


圖 3-1-1 海底地形說明圖

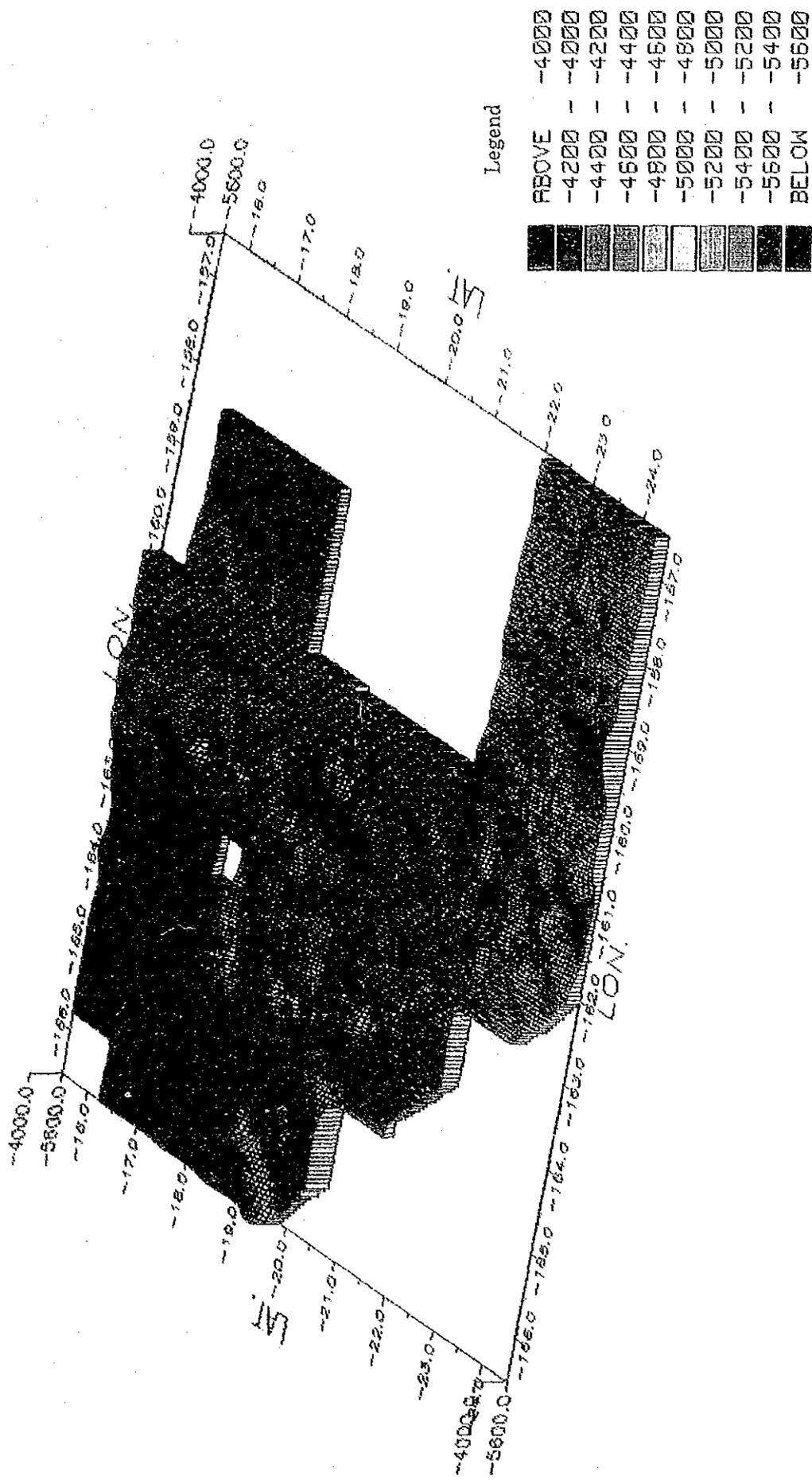
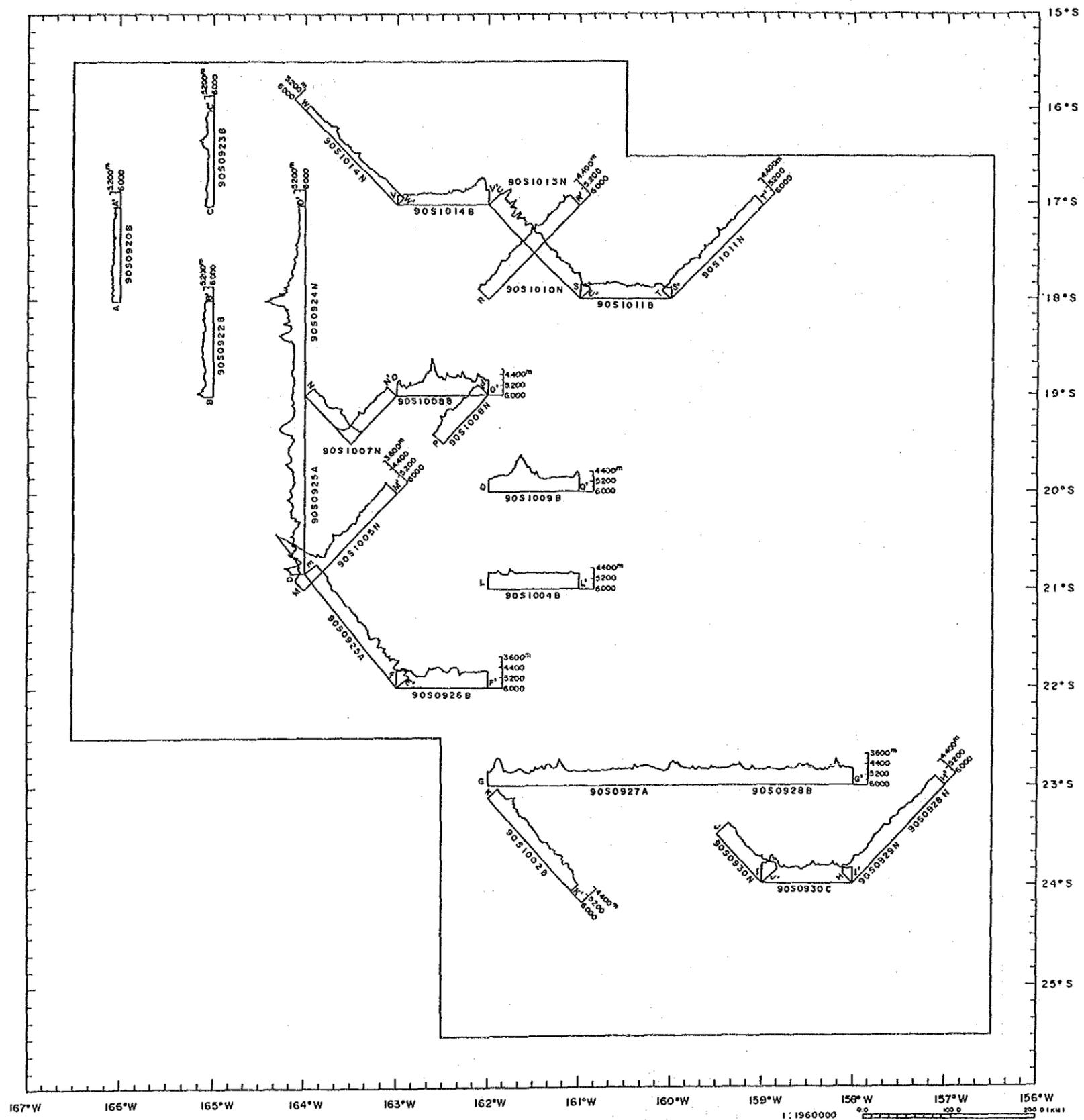


图 3-1-2 海底地形鳥脚圖



凡例

90S1002N 測線番号

注 各断面の基線は航走線を示す。
水平と垂直の縮尺比 1:15

図3-1-3 海底地形断面図

3-2 表層堆積物

1) SBP記録の分類

当海域で認められるSBPタイプは、最上位に透明層が見られるタイプとして、a, b, e₁, t_s, また最上位が不透明層であるタイプとして、c, d₁, d_sに分類した。

各タイプの代表例を図3-2-1に示す。各タイプの分類定義は以下の通りである。

① 最上位に音響的透明層が認められるタイプ

- ・タイプa : 透明層-不透明層の2層からなる。透明層の透明度は良く、不透明層との境界が明瞭である。透明層層厚は10~40mで、20m以下が多い。
主に5,000m以深の平地に分布する。
- ・タイプb : 透明層-不透明層の2層からなる。
透明層の透明度はタイプaより悪く、不透明層との境界も不明瞭である。
透明層層厚は10~50mである。主に平地に認められる。
- ・タイプe₁ : 透明層-不透明層の2層からなる場合が多い。透明層の透明度はタイプbと同様に、タイプaより悪いが透明層と不透明層との境界は明瞭である。
この不透明層は、一部では数本の反射面からなる。透明層層厚は10~20mである。主に海山・海丘周辺・隆起部に分布する。
- ・タイプt_s : 地形の凹凸などによる散乱波のため大小の双曲線となり。その最上位に透明層が認められる。
地形が起伏に富み、サイドエコーの多いところに認められる。

以上の各タイプは、いずれも海底表層部に未固結堆積物が分布すると考えられる。

なお、当調査海域の透明層の層厚はほとんどが20m以下で、その分布範囲も狭い。

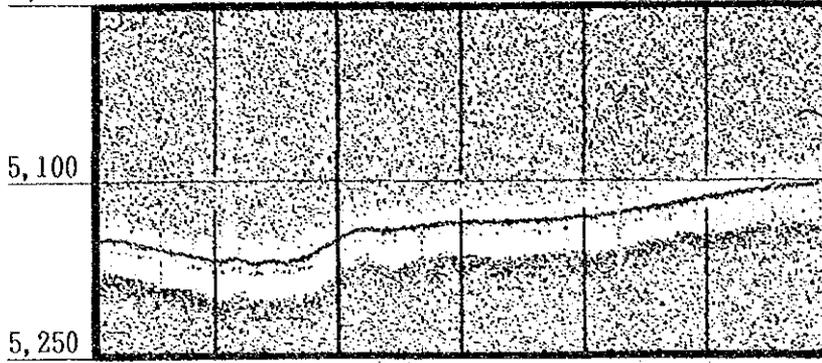
② 最上位に音響的不透明層が見られるタイプ

- ・タイプc : 不透明層-透明層を繰返すものと不透明層のみからなるものとが認められる。
前者は表層部に固結堆積物が分布し、その下は未固結堆積物と互層をなし、
後者は主に岩盤の露出帯からなると考えられる。
- ・タイプd₁ : 主に不透明層だけからなる。海丘、海山の分布と一致する。
主に岩盤の露出帯からなると考えられる。
- ・タイプd_s : 起伏に富む地形の影響を受けて、大小の双曲線がらなり、t_sと逆に最上位に不透明層が認められる。地形の起伏に富むところに多い。
固結堆積物もしくは岩盤の露出帯に相当すると考えられる。

2) SBPタイプの分布状況

図3-2-2にSBPタイプ分布図を示す。当調査海域のSBPタイプは不透明層を伴うタイプc及びタイプd_sが卓越し、この2タイプで当海域の80%以上を占める。このような

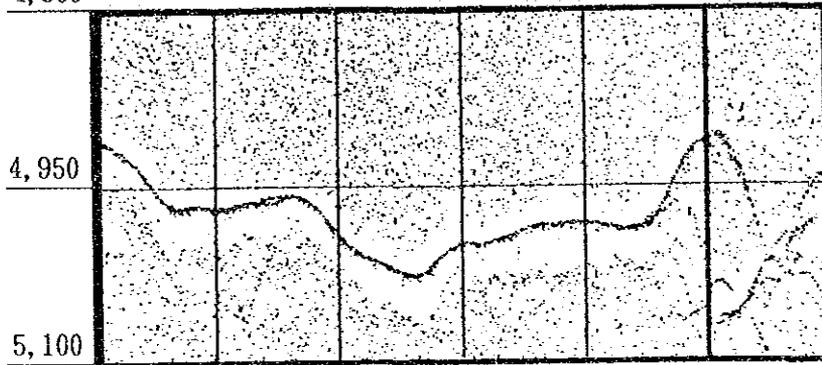
Depth(m)
4,950



Type a

Line No. 90S0921N
19° 43' S 164° 43' W

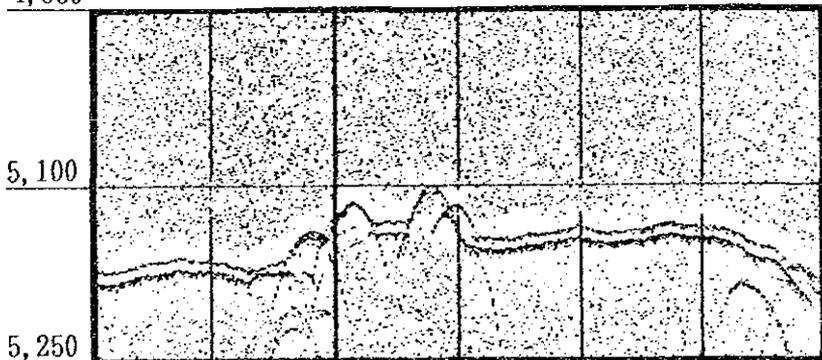
Depth(m)
4,800



Type b

Line No. 90S1005N
20° 08' S 163° 08' W

Depth(m)
4,950

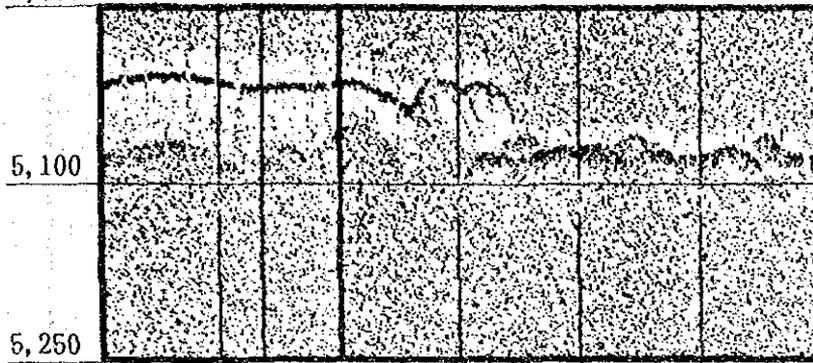


Type e1

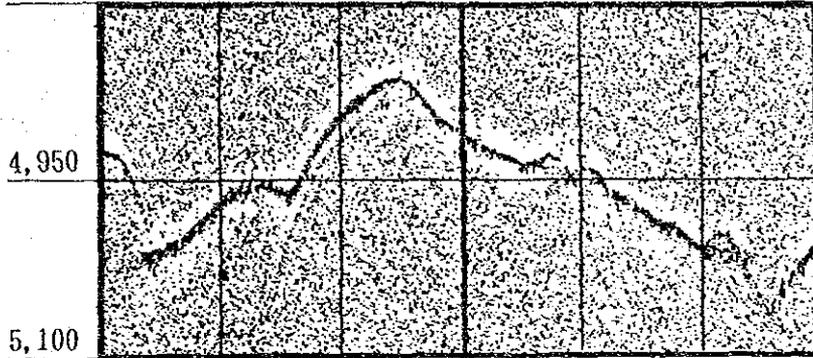
Line No. 90S0922B
18° 31' S 165° 00' W

図 3 - 2 - 1 SBP記録の分類 (1)
(上位に音響的透明層が認められるタイプ)

Depth(m)
4,950



4,800

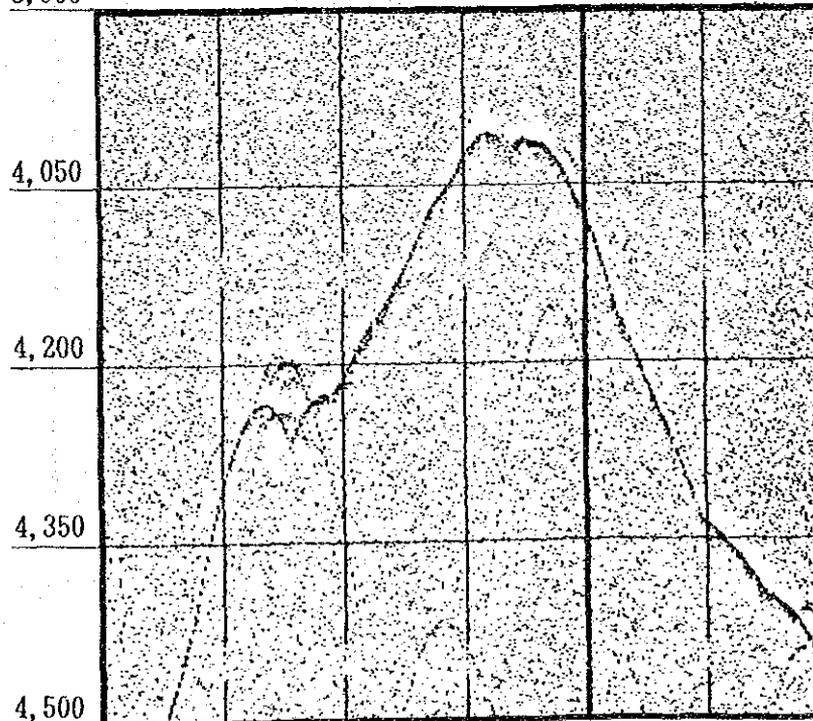


Type c

Line No. 90S1011N
17° 57 S 159° 57 W

Line No. 90S1007N
19° 05 S 163° 05 W

Depth(m)
3,900

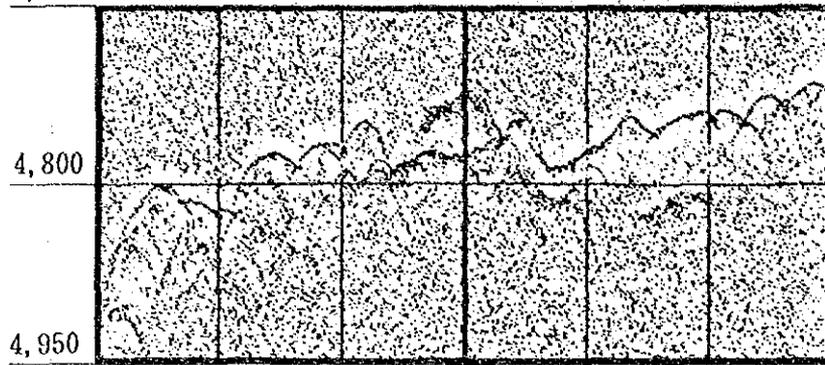


Type d1

Line No. 90S1004N
20° 52 S 162° 52 W

図 3 - 2 - 1 SBP記録の分類 (2)
(上位に音響的透明層が認められないタイプ)

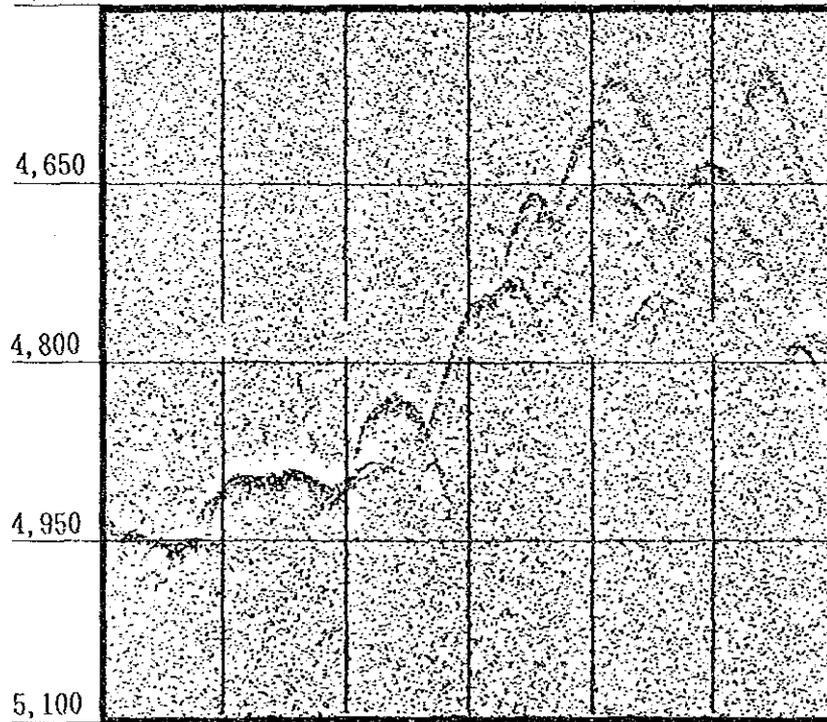
Depth(m)
4,650



Type t_s

Line No. 90S1013B
17° 00 S 160° 30 W

Depth(m)
4,500



Type d_s

Line No. 90S1012N
17° 03 S 159° 57 W

図 3 - 2 - 1 SBP記録の分類 (3)
(その他)

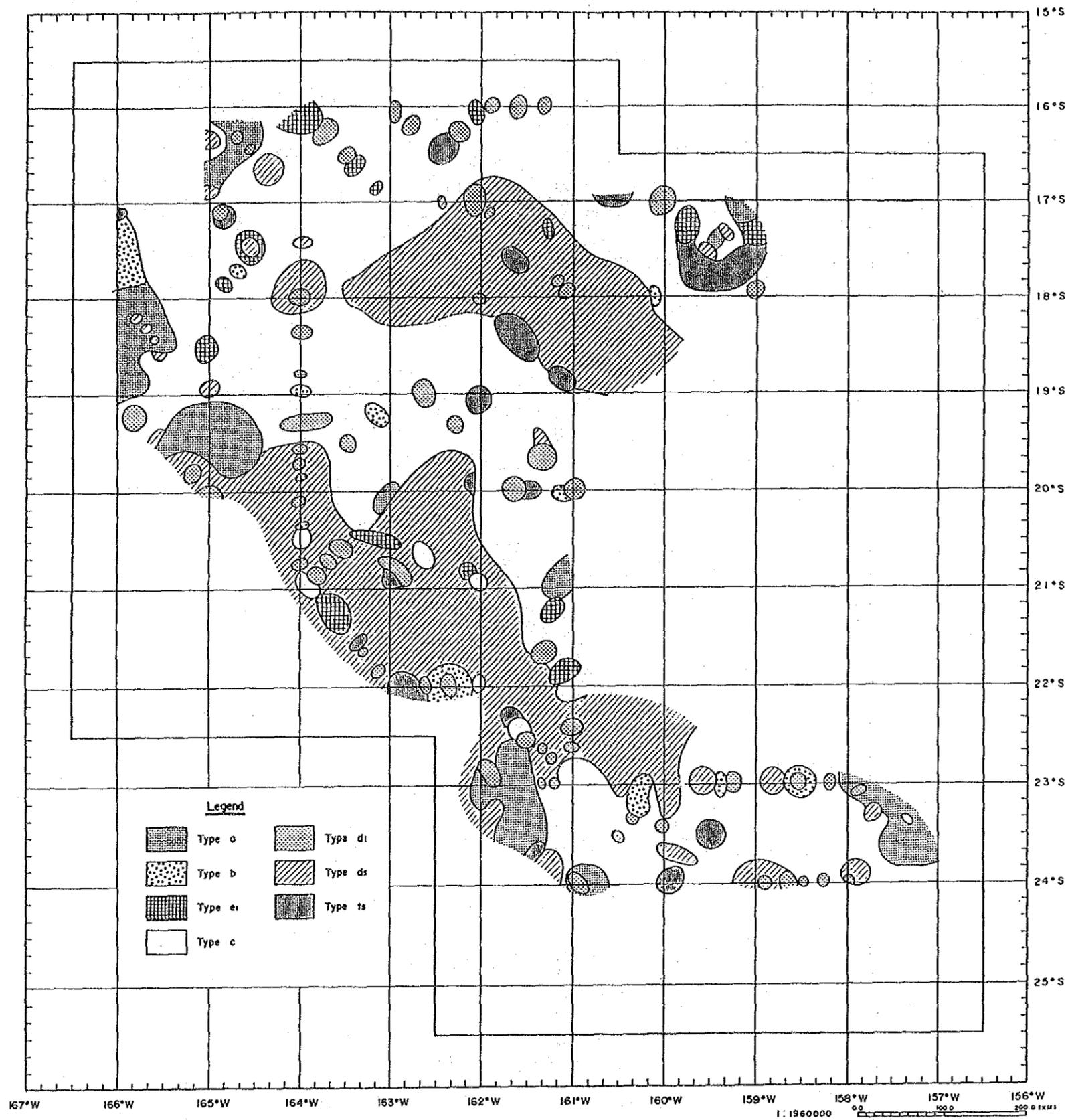


図 3 - 2 - 2 S B P タイプ図

特徴は、当海域の大部分が南クック諸島列に含まれていることと密接な関係があると推定される。地形区分との対応は明瞭でないがタイプcは主として平坦地に分布し、タイプdは主として丘陵地及び一部の山岳地に分布する。また、同じく不透明層を伴うタイプd₁は丘陵地に点在し、特に多数の海丘が発達すると推定される南東部丘陵地に多く認められる。

一方、透明層の認められるSBPタイプとしては、タイプa、b、e₁及びt_sが分布する。タイプaは調査海域西部及び南東部の平坦地と南部中央の丘陵地に比較的まとまった分布が見られる他、各地に局所的に分布する。タイプbは調査海域北西部の狭い範囲に分布し、タイプe₁及びt_sは局所的に分布するのみである。タイプt_sは海山、海丘の分布地域によく見られ、海底地形の起伏に対応していると考えられる。

3) SBPによる上位透明層層厚の分布状況

図3-2-3に上位透明層の分布図を示す。当調査地域の上位透明層はタイプa、タイプb、タイプe₁及びタイプt_sに見られる。したがって、その分布地域は主に調査海域西部、南部及び南東部である。上位透明層の分布と地形区分の対応は明瞭ではないが、透明層が認められる地域は概ね平坦地である。上位透明層の厚さは全般的に10~20m程度であるが、一部に30m以上のものも見られる。

しかし、前述のように不透明層を示すタイプc、タイプd_sが広く分布するため透明層の分布はいずれも局所的であり連続性に乏しい。

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、構成鉱物についてはスマスライドを作成し顕微鏡観察(100倍)により定量的に求めた。

表3-3-1 底質物の分類基準

	全生物遺骸 (%)	*1 珪質生物遺骸 (%)	石灰質生物遺骸 (%) *2	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		
有孔虫軟泥	> 30			有孔虫を主体とするもの
珪灰質軟泥	> 30		> 5	珪質遺骸 > 石灰質遺骸

*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

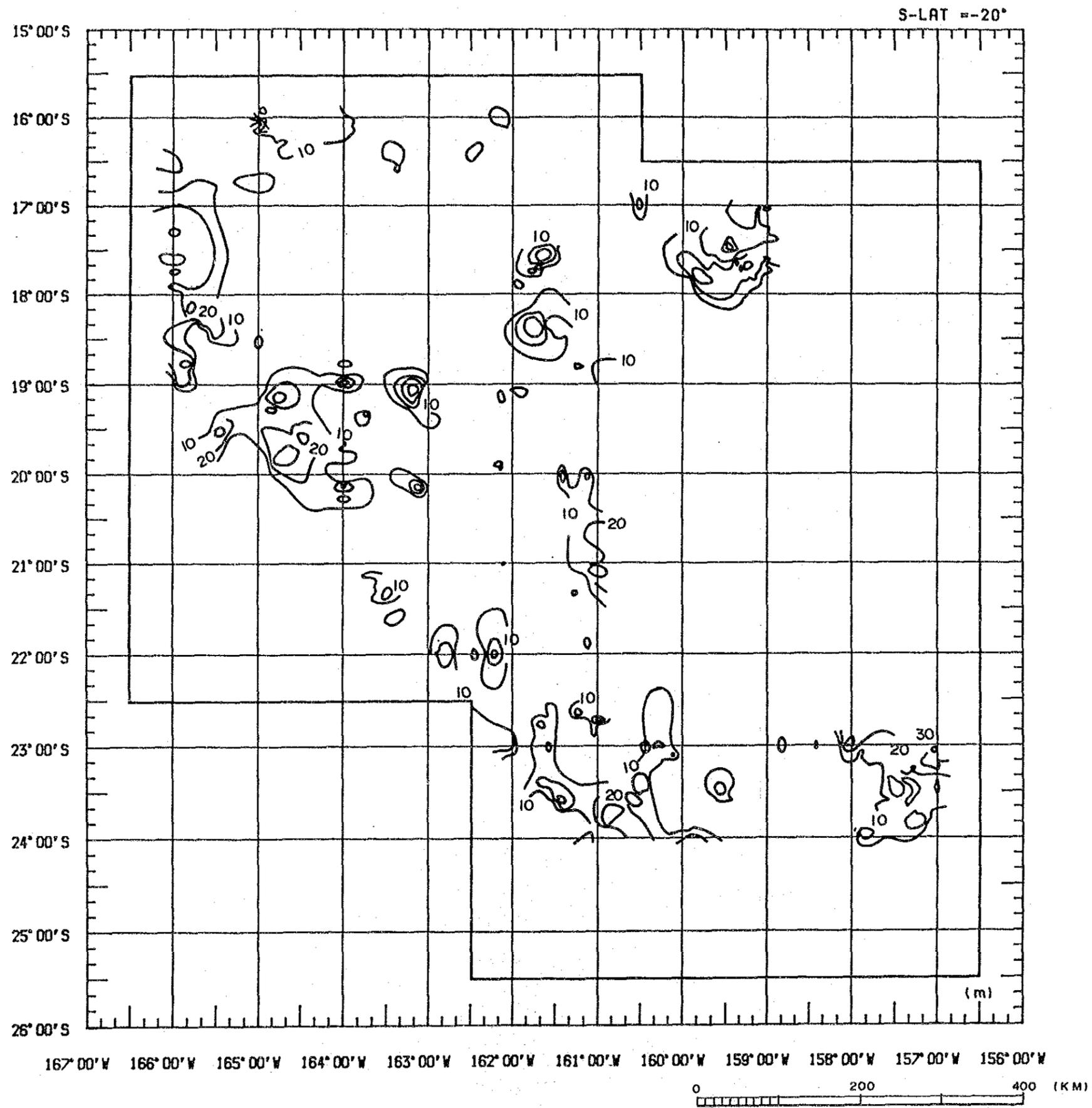


图 3 - 2 - 3 SBP 上位透明層等層厚線圖

2) 種類

FG, SCの 144採試点の内, 117 点で採取した底質物の種類とその採取比率を表 3 - 3 - 2 に示す。

表 3 - 3 - 2 底質物の採取比率

時代	種類	採試点数	比率 (%)
第四紀	褐色粘土	108	92
	石灰質堆積物	9	8
	灰珪質粘土		
	計	117	100

本表及び観察結果から次の特徴が認められた。

- ① 難溶性粘土は認められず, 第四紀堆積物のみ出現する。
- ② 非石灰質堆積物である褐色粘土に富む (約92%)。
- ③ 褐色粘土の色は「Munsell soil color charts」によると, 7.5Y R 3 / 4 または10Y R 3 / 4 が多く, 暗褐色を示す。
- ④ 褐色粘土にはゼオライト (フィリップサイト) 含有量の高いもの (最高7%) が存在する。

3) 分布

当海域の堆積物の分布には次のような特徴が認められる。(添付第3図参照)。

- ① 褐色粘土は全域に出現する。
- ② 石灰質堆積物は18° S以北の調査海域北部に比較的まとまって分布する。
- ③ 褐色粘土中の放散虫含有量は変化に富むが, 5%以下である。
- ④ 褐色粘土中のゼオライト (フィリップサイト) 含有量は変化に富むが, 23° S以南の調査海域南部にまとまって分布する。
- ⑤ 放散虫含有量が多い海域ではゼオライト含有量が少なくなる傾向が認められる。
- ⑥ SC 4点の内, 3点で底質物の垂直的变化を観察したが (最深45cm), この深度内では褐色粘土だけであり, 底質物の種類, 粒度, 色, 組織に変化は認められなかった。

4) 構成鉱物

顕微鏡観察では判定できない構成鉱物を同定し, 併せて構成鉱物の垂直的变化を見る目的でスパードコアラーで採取した底質物(90S1832SC01: 5試料, 90S2233SC01: 3試料, 90S2536SC01: 4試料)の計12試料を粉末X線回折試験に供した。

粉末X線回折は全試料について無定方位 (バルク), 定方位で行い, 必要に応じて塩酸処理, エチレングリコール処理を行った。

X線回折結果は表3-3-3に示した。

この結果当海域の底質物の特徴として、次の点が指摘できる。

- ① 構成鉱物は、石英、斜長石、イライトを主体とし、モンモリロナイト、イライト/モンモリロナイト混合層鉱物を伴う。
- ② 全試料ともフィリップサイト（灰十字沸石）を少量～中量含有する。
- ③ 構成鉱物の量比は地域的に顕著な差異を示さない。調査海域北東部の試料（901832SC01）は、それより南部の試料（90SC2536SC01, 90S2233SC01）よりわずかにイライト含有量が多い。

5) 化学組成

前述のX線回折試験に供した同一試料について主成分と微量成分を分析した。結果を表3-3-4に示す。この結果、当海域の底質物の特徴として次の点が指摘できる。

- ① DOMES Site-Bにおける底質物の化学組成と比較すると、当調査海域の試料の方が高い成分として TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , $Ig-loss$, 低い成分として SiO_2 , CaO , BaO , K_2O , P_2O_5 が挙げられる。含有量の差の特に大きな成分は SiO_2 (約8%), Fe_2O_3 (約4%) である。
- ② 地域的な差異を見ると本調査海域北西部の 90S1832SC01は僅かに TiO_2 の値が高く、中央部の 90S2536SC01は BaO の値が高い。
- ③ 微量成分はどの成分も含有量が少ない。Pbの含有量は本調査海域北西部の 90S1832SC01の表層で僅かに高い。

表 3 - 3 - 3 底質物の X 線回折結果一覧表

番号	試料名	深度	フィリップサイト	モンモリロナイト	イライト	イライト / モンモリロナイト混合層鉱物	石英	斜長石
1	90S1832SC01	表層	△	・	△		○	△
2		10cm	○	・	△	・	○	△
3		20cm	○	・	△		○	△
4		30cm	○	・	△	・	○	△
5		40cm	○	・	△	・	○	△
6	90S2536SC01	表層	○	・	・	・	○	△
7		10cm	○	・	・	・	○	△
8		20cm	△	・	・	・	○	△
9		30cm	△	・	・	・	○	△
10	90S2233SC01	表層	△	・	・	・	○	△
11		10cm	○	・	・	・	○	○
12		20cm	○		・	・	○	△

凡例 ◎ : 多量 ○ : 中量 △ : 少量 ・ : 微量

表 3-3-4 底質物の分析結果

(%)

No	試料	分 析 値													合計	
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	BaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Fe-loss		
1	90S1832SC01	表層	42.30	0.91	14.01	9.77	0.19	1.59	3.75	2.36	0.04	4.49	2.13	0.45	16.99	98.98
2		10cm	43.12	0.94	14.28	9.84	0.06	1.59	3.72	2.29	0.04	4.20	2.42	0.49	15.92	98.91
3		20cm	42.47	0.94	14.81	10.28	0.06	1.51	3.93	2.40	0.04	4.02	1.95	0.50	16.31	99.22
4		30cm	42.00	1.06	14.96	10.20	0.06	1.70	4.03	2.72	0.04	4.31	1.96	0.57	16.24	99.85
5		40cm	43.08	1.05	14.51	10.01	0.06	1.66	3.77	2.43	0.04	3.82	2.33	0.54	15.80	99.10
6	90S2536SC01	表層	43.85	0.67	13.60	9.11	0.19	1.54	3.36	2.41	0.16	4.76	2.07	0.46	17.57	99.75
7		10cm	42.90	0.73	14.64	9.60	0.06	1.81	3.47	2.21	0.14	4.18	2.26	0.46	16.61	99.07
8		20cm	43.99	0.72	15.69	9.28	0.06	1.70	3.32	2.01	0.14	4.18	1.99	0.45	16.37	99.90
9		30cm	43.23	0.75	14.64	9.91	0.06	1.76	3.23	2.01	0.15	4.12	2.28	0.44	16.48	99.06
10	90S2233SC01	表層	43.20	0.76	14.81	9.15	0.58	0.97	3.43	3.34	0.03	4.47	1.85	0.83	15.58	99.00
11		10cm	43.95	0.82	14.78	9.90	0.06	1.39	2.78	2.47	0.03	3.69	2.73	1.09	15.44	99.13
12		20cm	43.90	0.89	14.45	10.12	0.06	1.40	2.94	2.61	0.03	3.68	2.68	1.09	15.36	99.21
x			51.5	0.59	12.5	5.4	—	0.53	1.5	3.0	1.5	—	5.7	3.3	11.2	

(ppm)

No	試料	分 析 値												
		Pb	V	B	Zn	Y	Ni	Cu	Co	As	Sr	Mo		
1	90S1832SC01	表層	114	128	148	184	81	193	277	140	25	106	<1	
2		10cm	76	96	125	150	71	186	275	139	27	63	<1	
3		20cm	75	109	142	150	87	88	270	132	27	112	<1	
4		30cm	51	135	122	155	103	144	307	156	30	117	<1	
5		40cm	64	129	128	150	91	217	283	168	26	81	<1	
6	90S2536SC01	表層	64	122	133	133	79	204	296	173	21	101	<1	
7		10cm	85	91	141	133	96	207	316	186	24	117	<1	
8		20cm	67	112	145	147	98	210	309	209	23	104	<1	
9		30cm	75	115	135	139	95	163	286	196	23	112	<1	
10	90S2233SC01	表層	65	130	115	128	142	58	249	96	22	113	<1	
11		10cm	67	122	126	134	219	326	340	166	37	106	<1	
12		20cm	81	117	119	132	229	519	355	176	40	117	<1	

x : DOMES Site - B (Bischoff J.L. et al., 1979)

6) 化石鑑定

スペードコアラーにより採取した底質物について放散虫、有孔虫の産出化石の同定を行い、底質物の時代、堆積環境を推定した。

供試料は、表層から10cm間隔で採取した。

90S1832SC01 : 5 試料 表層, 10cm, 20cm, 30cm, 40cm

90S2233SC01 : 3 試料 表層, 10cm, 20cm

90S2536SC01 : 4 試料 表層, 10cm, 20cm, 30cm

(1) 放散虫

① 分析方法

それぞれの試料について、約10ccの試料を採取し、62 μ mのフルイを用いて放散虫を水洗濃集し、さらに塩酸、過酸化水素水、ヘキサメタリン酸ナトリウムを用いて清浄し、同メッシュのフルイで水洗した。これを乾燥した後、スライドグラス上に封入し、光学顕微鏡を用いて観察同定し、産出する主要放散虫のリストを作成し、環境、年代を推定した。

② 産出状況 (表3-3-5, 図3-3-1参照)

(a) 90S1832SC01

表層: 産出種類・個体数ともに貧弱で、多かれ少なかれエッチングを受け保存状態は良くない。産出する放散虫はいずれも現棲種である。

10cm: 多量の Orosphaeridae の破片を産出するが、その他の放散虫化石はエッチングを受けたものを数個体含むだけである。魚の歯の化石を多産する。

20cm: 少量の Orosphaeridae の破片を産するだけである。魚の歯の化石を多産する。

30cm: 魚の歯以外の化石は見出せない。

40cm: 極少量の強くエッチングを受けた放散虫骨格の破片を含む。種の同定はできない。魚の歯の化石を多産する。

(b) 90S2536SC01

表層: 産出種類・個体数ともに豊富である。わずかにエッチングを受けている。産出する放散虫は現棲種である。

10cm: Orosphaeridae の破片の他にエッチングを受けた放散虫を数個体産するだけである。多量の魚の歯の化石が含まれている。

20cm: Orosphaeridae の破片を産するだけである。多量の魚の歯の化石を産する。

30cm: 魚の歯以外の化石は見出せない。

(c) 90S2233SC01

表層: 産出種類・個体数ともに豊富である。わずかにエッチングを受けている。産出する放散虫は現棲種である。マイクロノジュールと沸石が多く含まれている。

表 3 - 3 - 5 産出放散虫リスト

種名 \ 試料 (cm : 表層からの深さ)	90S1832 SC01				90S2536 SC01				90S2233 SC01			
	TOP	10	20	30 40 (cm)	TOP	10	20	30 (cm)	TOP	10	20 (cm)	
Acrosphaera flammabunda (Haeckel)	x	x			x				x			
A. lappacea (Haeckel)	x				x				x			
A. murrayana (Haeckel)	x				x				x			
A. spinosa Haeckel	x				x	x			x			
Buccinosphaera invaginata Haeckel	x				x				x			
Collosphaera huxleyi Muller	x				x				x			
C. tuberosa Haeckel	x				x				x			
Otosphaera polymorpha Haeckel	x				x				x			
Siphonosphaera socialis Haeckel	x				x				x			
Acanthosphaera capillaris Haeckel					x				x			
Actinocma spp.	x				x				x			
Actinosphaera capillacea (Haeckel)					x				x			
Amphisphaera cf. palliatum (Haeckel)	x				x				x			
Druppactractus spp.	x				x				x			
Hexactonium spp.	x				x				x			
Hexactonium sp.	x				x				x			
Stylactonium bispiculum Popofsky	x				x				x			
Stylactractus melponense (Haeckel)	x				x				x			
S. cf. neptunus Haeckel	x				x				x			
Thecosphaera radianus Holland et Enjuset	x				x				x			
Xiphactractus sp.	x				x				x			
Osmatartus tetrathalamus (Haeckel) s.s.	x				x				x			
O. t. coronatus (Haeckel)	x				x				x			
Heliodiscus asteriscus Haeckel									x			
Eucitonia sp.	x				x				x			
Dictyocoryne profunda Ehrenberg	x				x				x			
D. truncatum (Ehrenberg)	x				x				x			
Spongaster tetras tetras Ehrenberg	x				x				x			
Spongodiscus biconcavus Ehrenberg	x				x				x			
Stylodictia spp.	x	x			x				x			
Xiphospira spp.	x				x				x			
Larcospira quadrangura Haeckel	x				x				x			
Tetrapyle octacantha Muller	x				x				x			
OROSPHERIDAE (fragments)	x				x				x			
Enneaphormis rotula Haeckel					x				x			
Clathroaitra pentacantha Haeckel	x				x				x			
Clathrocanium reginae Haeckel	x				x				x			
Pseudodictyophimus glaciipes (Bailey)					x				x			
Lamproaitra coronata Haeckel									x			
Botryocystis scutum (Harting)									x			
Carpocanium spp.	x				x				x			
Eucecryphalus elizabethae (Haeckel)					x				x			
Eucyrtidium acuminatum Ehrenberg	x				x				x			
E. anomalum (Haeckel)	x				x				x			
E. dictyopodium (Haeckel)					x				x			
E. hepaticolum (Haeckel)	x				x				x			
E. calvertense Martin	x				x				x			
Lipmanella bombus (Haeckel)					x				x			
L. virchowii (Haeckel)	x				x				x			
Dictyophimus infabricatus Nigrini	x				x				x			
Pterocanium charibdeum (Muller)	x				x				x			
P. praetextum (Ehrenberg)	x				x				x			
Anthocyrtidium ophirense (Ehrenberg)	x				x				x			
Lamprocyclas maritima Haeckel	x				x				x			
Lamprocyrtis gamphonycha (Jorgensen)					x				x			
Pterocorys hertwigii (Haeckel)					x				x			
P. macroceras (Popofsky)	x				x				x			
P. zancleus (Muller)	x				x				x			
Theocorythium trachelium (Ehrenberg)	x				x				x			
Botryostrobilus aquilonaris (Bailey)	x				x				x			
B. auritus (Ehrenberg)					x				x			
Phromostichoartus corbula (Harting)					x				x			
Spirocystis scalaris Haeckel	x				x				x			
S. subscalaris Nigrini	x				x				x			
Tholospyrus ramosa Haeckel	x				x				x			
T. acuminata (Hertwig)	x				x				x			
Acanthodesmia vuniculata (Muller)	x				x				x			
Liriospyris reticulata (Ehrenberg)	x				x				x			
Nephrospyris renilla Haeckel	x				x				x			
Zigocircus capulosus Popofsky	x				x				x			
Z. productus (Hertwig)	x				x				x			

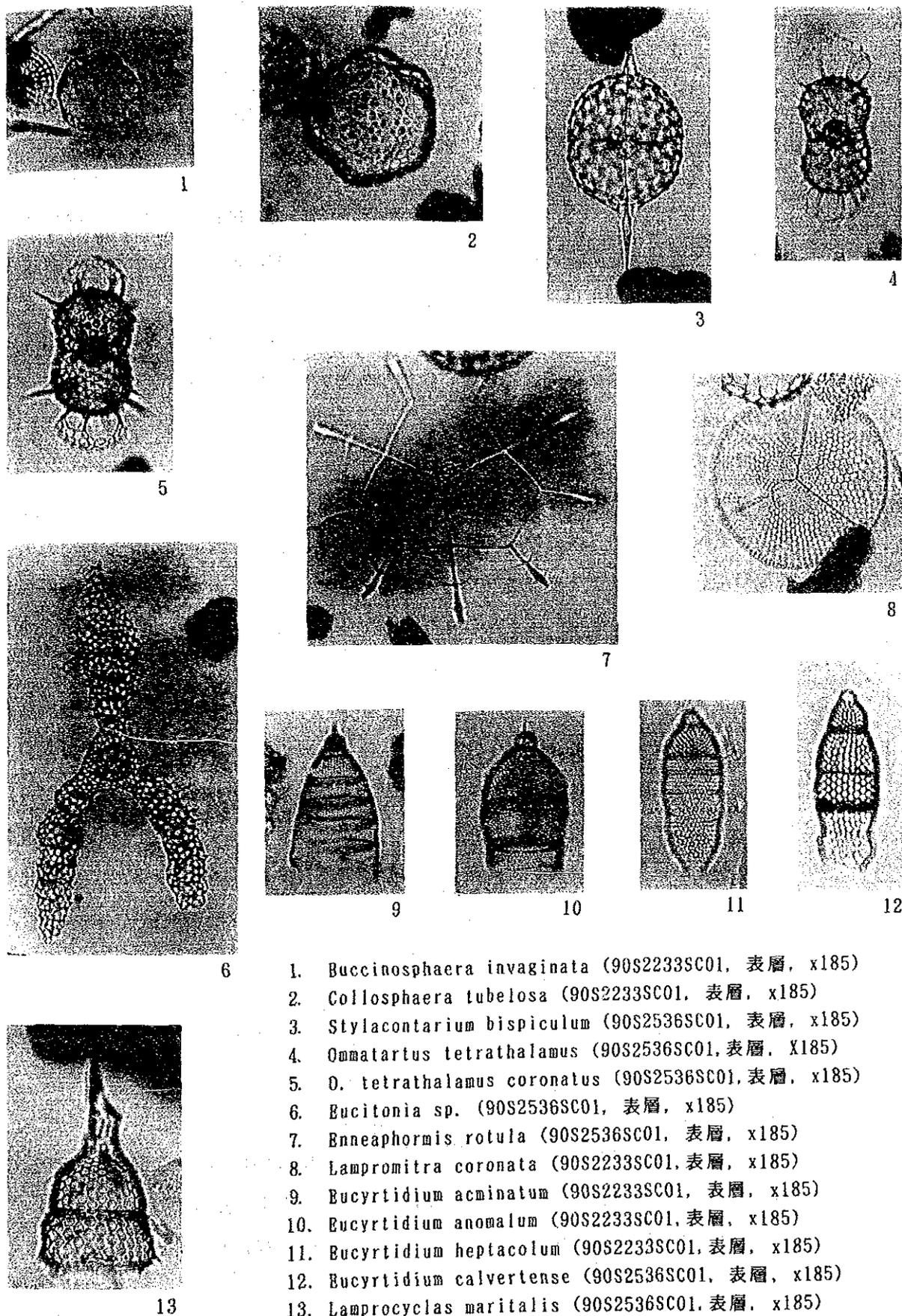


図 3 - 3 - 1 代表的な放散虫化石種

10cm : 魚の歯以外の化石は見出せない。62 μ m以上の粒径のものほとんどが、マイクロナジュールとゼオライトである。

20cm : 魚の歯以外の化石は見出せない。62 μ m以上の粒径のものほとんどが、マイクロナジュールとゼオライトである。

③ 年代および堆積環境

3地点(90S1832SC01, 90S2536SC01, 90S2233SC01)の表層堆積物に含まれる放散虫はいずれも現棲種である。約20万年前に出現した*Buccinosphaera invaginata* Haeckelを含み、約40万年前に出現した*Collosphaera tuberosa* Haeckelも共産している。表層部は、20万年前以降の堆積物である。下位の試料については、放散虫を含んでいても極僅かであり、年代を決定できない。堆積環境についても、論じるだけのデータは得られない。

④ 古環境・その他

深海底堆積物において、近接下位に不整合が存在する場合、不整合の上位堆積物中には、それが堆積した時期よりも古い時代の放散虫化石が含まれるのが一般的である。今回分析した試料には、再堆積したと考えられるものは全く含まれておらず、分析した試料の近傍下位には、不整合は存在しない可能性が大きい。

(2) 有孔虫

① 分析方法

湿潤試料約30gに温水を加えて1日放置し、泥化させた。砂岩試料については湿潤重量で40gをとり、ナフサと煮沸により泥化を行った。その後200メッシュ(0.074mm)のフルイ上で水洗い・乾燥後、実体顕微鏡下で、マス目の入ったシャーレ上に残渣を粒子どうしが重ならないようにばらまき、残渣中に含まれる浮遊性・底生有孔虫化石全個体について摘出・同定を行った。

② 産出状況(表3-3-6, 図3-3-2)

(a) 浮遊性有孔虫化石群集

「90S1832SC01」, 「90S2536SC01」, 「90S2233SC01」の試料中には浮遊性有孔虫化石は全く認められない。

(b) 底生有孔虫化石群集

底生有孔虫化石群集は全体に産出が少なく、「90S1832SC01」, 「90S2536SC01」の20cm, 30cm, 「90S2233SC01」の20cmの試料は全く有孔虫化石を含まない。

「90S2233SC01」の表層及び10cmの試料では、僅かに*Bathysiphon* sp. が見られるのみである。

「90S2536SC01」の表層の試料及び「90S1522SC04」の試料は他の試料に比較して、やや多く有孔虫化石が産出する。「90S2536SC01」の表層の試料は、*Glomospira*

表 3 - 3 - 6 有孔虫化石産出リスト

種名 \ 試料名 (深度: cm)	90S1832SC01				90S2536SC01				90S2233SC01			
	表層	10	20	30	40	表層	10	20	30	表層	10	20
Agglutinated Foraminifera												
Bathysiphon sp.										2	2	
Glomospira gordialis						2						
Involutina anguillae						1						
Recurboides sp.						2						
Calcareous Foraminifera(Benthic Foraminifera)												
Cibicides bradyi						1						
Cibicidoides spp.							3					
Eponides cf. bradyi						5						
Hoeglundina elegans						3						
Melonis pompilioides						1						
Melonis sp.						1						
Oridosaris umbonatus						5						
Total Number of Benthic Foraminifera	0	0	0	0	0	21	3	0	0	2	2	0
Total Number of Planktonic Foraminifera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Number of Benthic and Planktonic Foraminifera	0	0	0	0	0	21	3	0	0	2	2	0



Oridosaris umbonatus (90S2536SC01. 表層, x150)

図 3 - 3 - 2 代表的な有孔虫化石

gordialis, *Recurboides* sp. や *Involutina auguillae* 等の砂質有孔虫と共に、石灰質殻の *Eponides* cf. *bradyi*, *Oridosaris umbonatus*, *Hoegiundina elegans* 等が共産する。

「90S2536SC01」の10cmの試料では石灰質殻の *Cibicides* sp. が3個体産出するのみである。

③ 地質時代

「90S1832SC01」, 「90S2536SC01」, 「90S2233SC01」の試料では浮遊性有孔虫化石が産出しないため、有孔虫化石から地質時代を推定することはできない。

④ 古環境

「90S2536SC01」の表層の試料は砂質殻の有孔虫化石と共に、石灰質殻の有孔虫化石が産出するが、全く浮遊性有孔虫化石が産出せず、周囲のCCD以浅の地域から運び込まれた可能性が考えられる。したがって、これらの試料が得られた海域はCCD以深の堆積環境下にあったと考えられる。

「90S1832SC01」, 「90S2536SC01」の20cm, 30cm, 「90S2233SC01」の20cmの試料は全く有孔虫化石を含まないので、有孔虫化石から堆積環境等の古環境を直接推定することは困難であるが、放散虫化石等の産状からCCD以深の環境が推定される。

7) CCD (炭酸カルシウム補償深度)

スミアスライドを顕微鏡で観察し、炭酸カルシウム鉱物が認められなくなる最大水深をもって炭酸カルシウム補償深度とすると、当海域のCCDは約4,800mと推定される。

3-4 MFESによるマンガン団塊の賦存状況

1) サンプルング結果との対比

今次航ではMFESのA/D変換ボードが不良となり、またPDR音圧に+16dBのバイアスが認められたため、後半のMFESに対して-10kgの修正を行った。

以下この修正後のMFESについて述べる。

図3-4-1(a)に、各測点でのMFESと揚収分布密度との相関図を示す。MFESの値は、検定ラインで得られたマンガン団塊の平均サイズに基づいて、面積率から分布密度に換算しているため、当海域の測点毎の換算係数(重量係数)で補正を行った。図に示されるように、当海域では両者の相関が非常に悪い。この原因としては、海山や海丘が多く地形条件が悪いこと、及びMFESの妨害要因であるSBPタイプ d_s 、 c や、地形による散乱の影響を受けたタイプ t_s などが海域全体に広がっていることなどが考えられる。

同図(b)に(a)の各測点データから、海山・海丘・岩盤、SBPタイプ d_s 、 t_s 、 d_1 を除いた相関図を示す。本図には各測点のSBPタイプを示した。タイプ c は、本来MFESに対する妨害タイプであるが、当海域では非常に多く認められており、除外すると相関性の検討が出来ないため相関図に示した。同図(b)では(a)に較べてMFESと揚収分布密度との相関係数に改善が見られることが分かる。但し本図においても、SBPタイプ c が卓越しており、良好な相関とは言いがたい。この要因としては、当海域では分布密度として計測されにくいクラスト状の産状がタイプ c で比較的多く認められたことも一因であると考えられる。

2) MFESによるマンガン団塊分布密度の推定

MFESの測定値を分布密度に換算する場合は、各測点におけるマンガン団塊の平均粒径とMFES検定海域のマンガン団塊平均粒径を比較する必要がある。この平均粒径は重量係数として次式で定義されている。

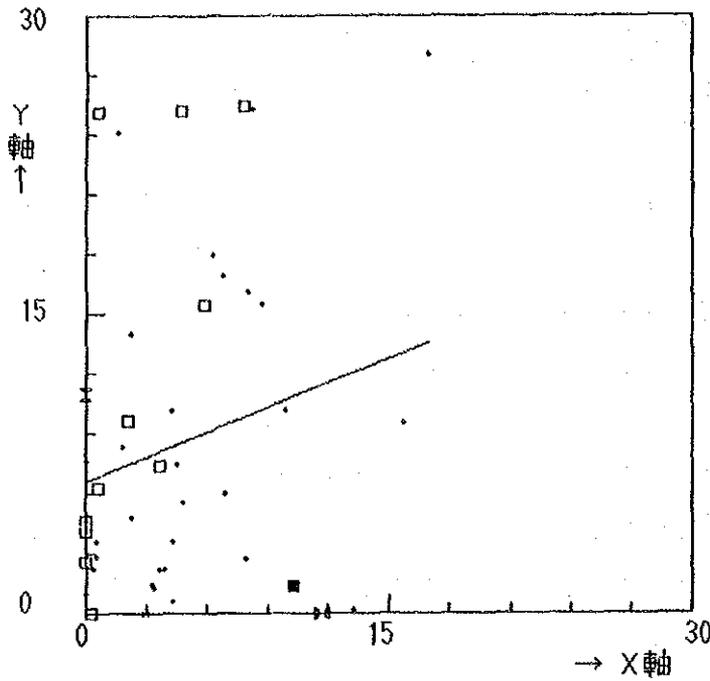
$$\text{重量係数} = (\text{揚収分布密度} / \text{揚収面積率}) \times \text{定数}$$

検定海域における平均重量係数は2.2である。今回のサンプルング結果から求めた海域全体の平均重量係数は 2.65 ± 1.16 であり、検定海域の値とほぼ同じであった。従って、当海域では重量係数の補正は行わなかった。

図3-4-2に、MFESによるマンガン団塊の推定分布図を示す。本図にはMFESの妨害要因と考えられるSBPタイプ d_s 、 d_1 及び c の分布範囲を重複して示した。これらの妨害タイプの範囲を除いた当海域の高MFES帯は、海域の周辺部で比較的小規模に散在しており、南ペンリン海盆や南西太平洋海盆及びサモア海盆の一部などで $10\text{kg}/\text{m}^2$ 前後と高い値を示す。この内南ペンリン海盆と南西太平洋海盆では、重量係数が検定海域の2~2.5倍前後と高いためMFESの重量係数による修正値は最大 $20\text{kg}/\text{m}^2$ 前後に達していると考えられる。サンプルング結果によると、海域中央部のPALMERSTON島~AITUTAKI島間には $25\text{kg}/$

X軸：MFBS分布密度 (kg/m²)

Y軸：揚収分布密度 (kg/m²)



(a) 全測点の散布図

- STATISTICS -

相関係数 = .21

A = .41

B = 6.5

Y = A * X + B

N = 48

凡例

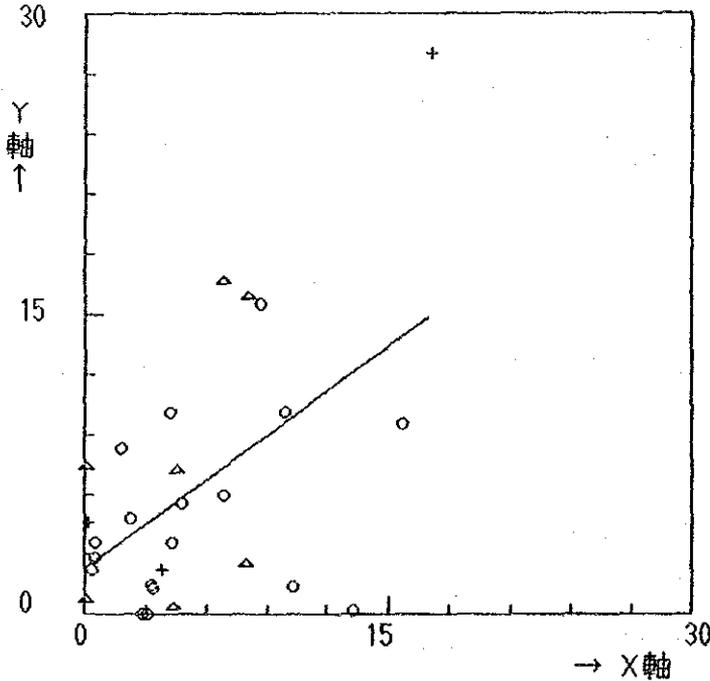
□ : 海山・海丘

■ : 岩盤

• : 新期堆積物

X軸：MFBS分布密度 (kg/m²)

Y軸：揚収分布密度 (kg/m²)



(b) SBPタイプ d, s, d, t, s, 及び海山・海丘を除いた散布図

- STATISTICS -

相関係数 = .52

A = .734

B = 2.32

Y = A * X + B

N = 28

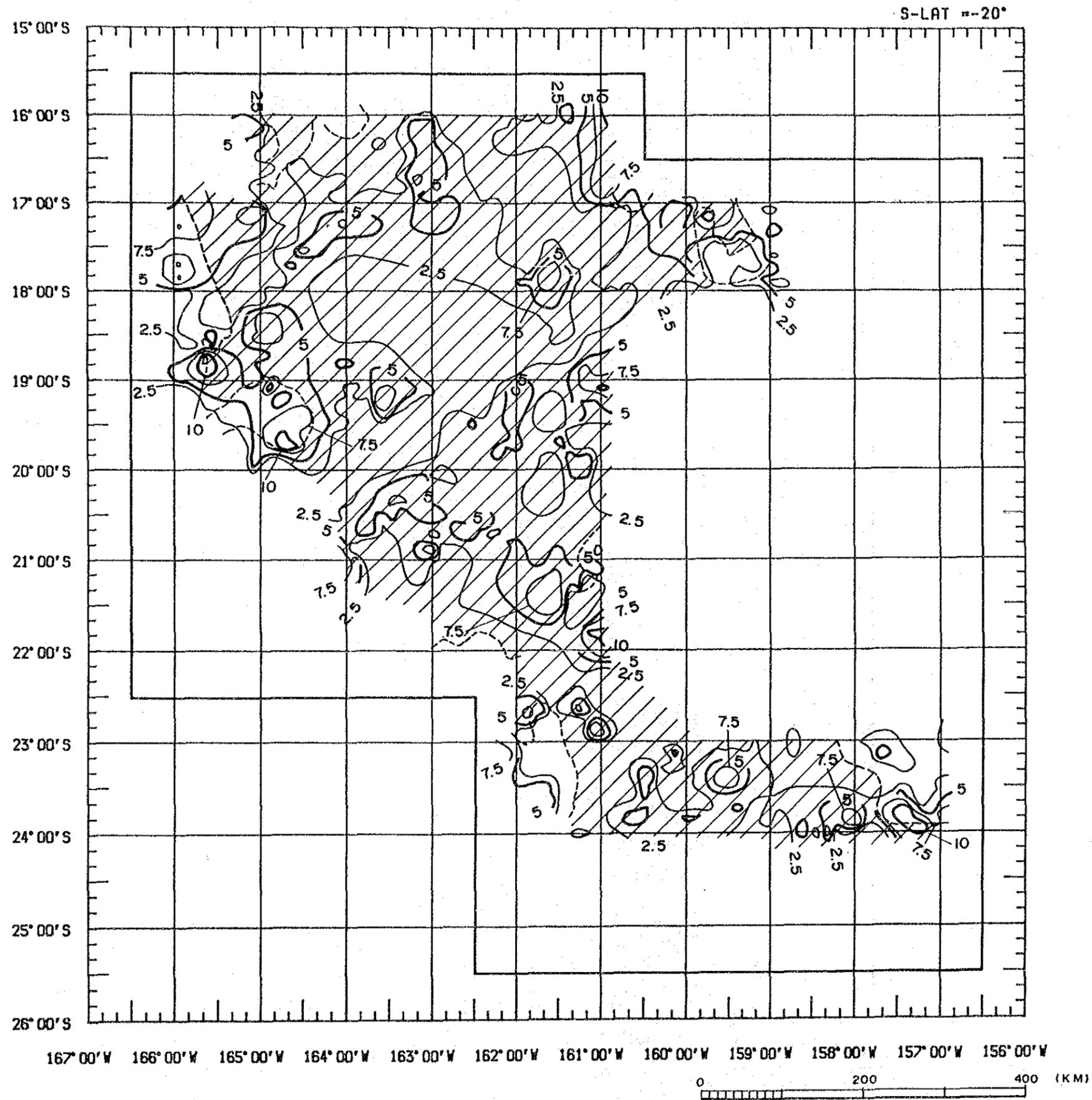
SBP TYPE

○ : c

+ : a

△ : b

図 3 - 4 - 1 MFBSとサンプリング結果の比較



凡例

 SBP Type ds, d₁, c

図 3 - 4 - 2 MFES による推定マンガン団塊分布密度図

m前後の高分布帯が認められる。しかしMFESによれば、この高分布帯は測点付近に局部的に分布するのみで、連続性は期待出来ない。

3-5 マンガン団塊の賦存状況

採取したマンガン団塊の観察結果、海底写真及び分析結果に基づき、その賦存状況をまとめた。

1) 形状、粒径、産状

(1) 形状

分類は表3-5-1に従った。

表3-5-1 マンガン団塊の形状による分類

マンガン団塊を平面上に置き、団塊の平面的形状と長軸に垂直な切断面の形状から分類する。	
(1)	平面的形状が円～だ円形を示すもの。
球状	真珠に近い形状を示し、断面上で短径/長径 = 3/4以上の形状を示すもので、大きさは問わない。
扁平だ円状	断面上で短径/長径 = 3/4未満の形状を示すもの。この内、短径/長径比が 1/2以上のものを扁平だ円状厚型といい、1/2以下のものを扁平だ円状通常型という。
扁平礫状	断面上で短径/長径 ≤ 1/4を示し、かつ団塊の長軸が4 cm未満で滑らかな表面のものを特に扁平礫状という。
(2)	平面的形状が円～だ円形を示さないもの。
塊状	団塊が不規則な塊状を示すもの。大きさは問わない。
板状	団塊が板状を示すもの。大きさは問わない。
小石状	団塊の長軸が4 cm未満で垂角～垂円レキ状を示し、滑らかな表面のものを特に小石状という。

図3-5-1に各形状毎の採取量率を、別添第4図に形状分布を示す。

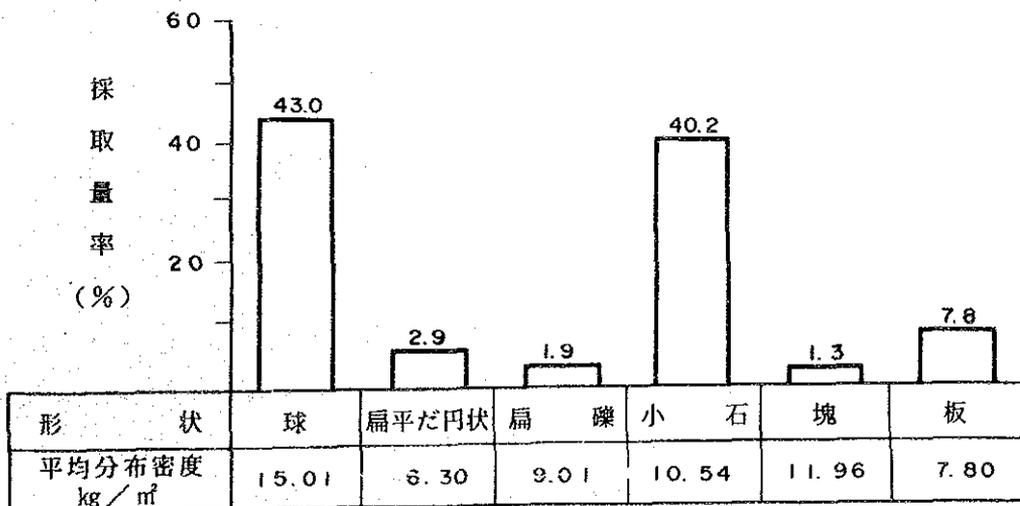


図3-5-1 マンガン団塊の形状と採取量率

形状について以下の特徴が認められる。

- ① 球状(43.0%)、小石状(40.2%)が多く、板状(7.8%)がこれに次ぎ、扁平だ円状、塊状、扁平礫状は非常に少ない(2.9%以下)。
- ② 球状、小石状は全域に出現し、本海域の特徴を示す。小石状は地形区分の「丘陵地」に、球状は「平坦地」に多く分布する傾向があり、地形との関係が認められる。
- ③ 板状は南クック諸島(MANUAE, RAROTONGA, PALMERSTON 島)の西側ないし北側に分布しており、地形区分の「山岳地」に関係があると考えられる。

(2) 粒 径

採取したマンガン団塊を、長径0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm, 8-16 cmでサイズ分けし、重量及び重量比率を求めた。この結果、当海域では、2-4 cmサイズが最も多く、その採取量率は全体の約35%に達した他、次の特徴が認められた(図3-5-2、別添第5図)。

- ① 2-4 cm, 4-6 cmは計63%となり、当海域は中型のマンガン団塊に富む。
- ② 粒径の大きいもの(8 cm以上)は、マンガン団塊の形状が板状を示す地区と良く対応している。
- ③ 0-2 cmサイズは採取量は少ないが、当海域全域に広く出現する(付帯資料1参照)。

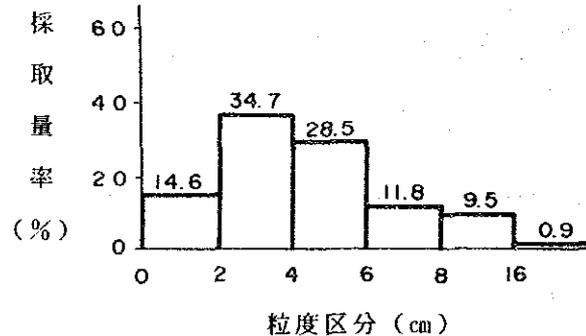
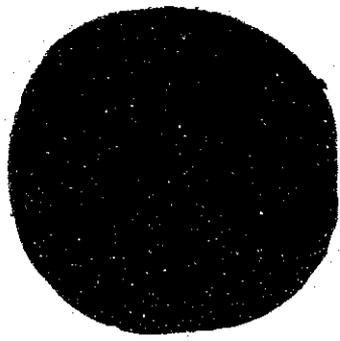


図3-5-2 マンガン団塊の粒径と採取量率

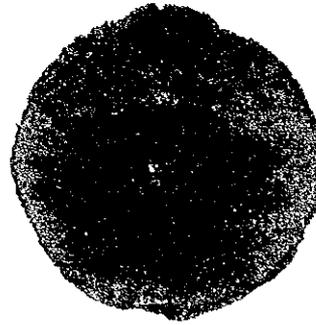
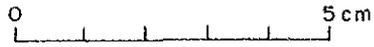
(3) 産 状

図3-5-3, 3-5-4に代表的なマンガン団塊の形状と産状の写真を示した。

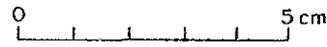
- ① 粒径は不均一であり、大きさの異なるマンガン団塊が混在して出現する傾向がある。特に、板状マンガン団塊を含むと8 cm以上のサイズまで混在する。
- ② 塊状、板状マンガン団塊は後述するように、団塊の核にシルトないしシルト岩を含む場合が多く、クラスト状を呈することもあり、特異な産状を示す。
- ③ 球状、小石状も核にシルトないしシルト岩を含む場合がある。外見からは区別できな



(上面)

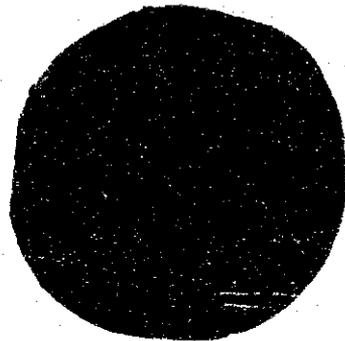


(断面)

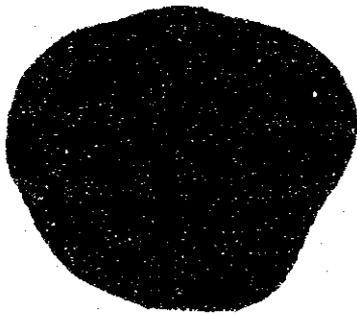
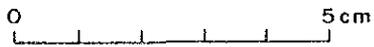


球 状

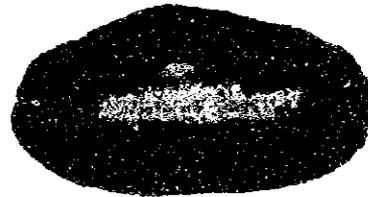
90S2439FG01



(下面)



(上面)



(断面)



扁平礫状

90S2031FG03



(下面)

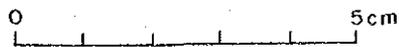
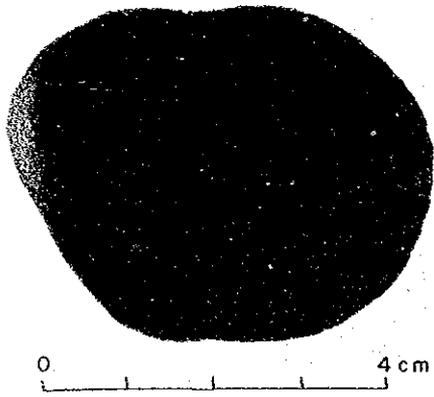
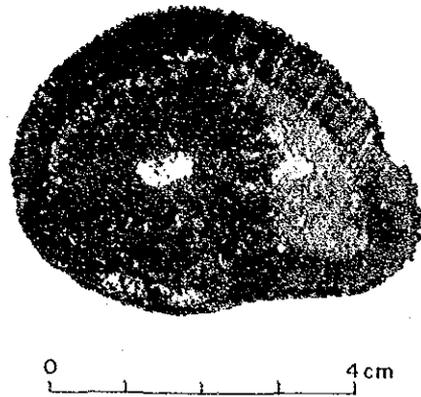


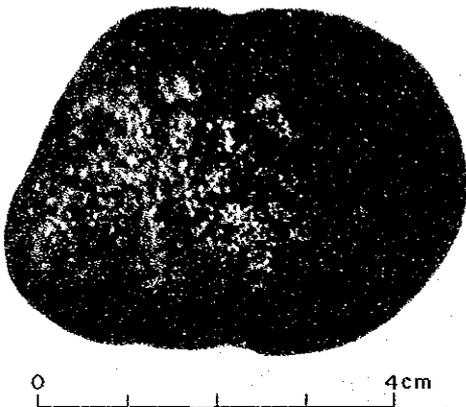
図 3 - 5 - 3 マンガン団塊の形状 (1)



(上面)

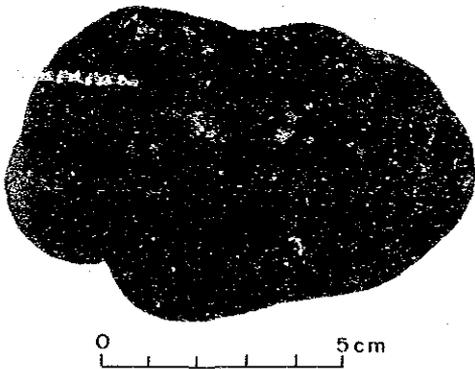


(断面)

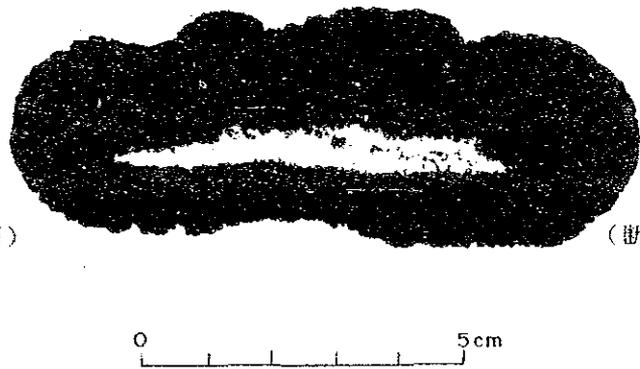


(下面)

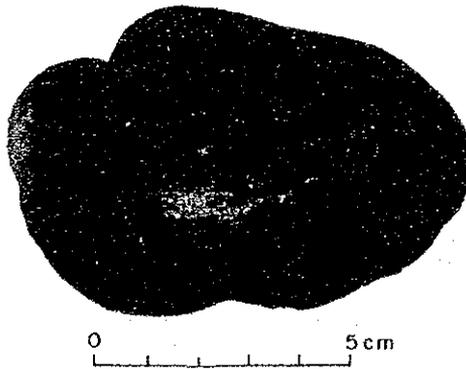
小石状
90S2030FG02



(上面)



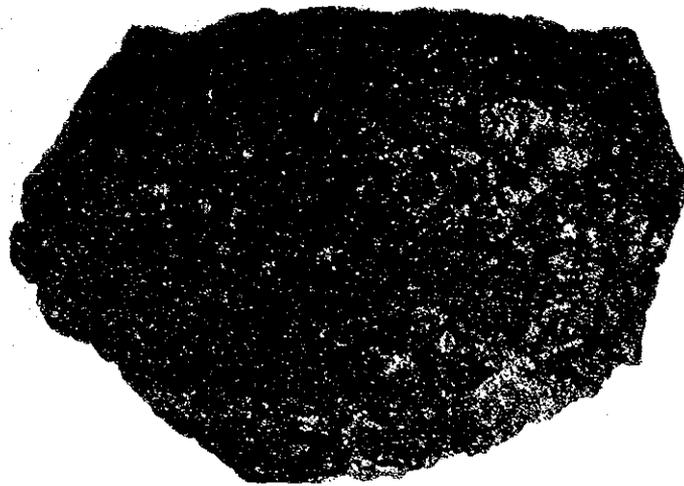
(断面)



(下面)

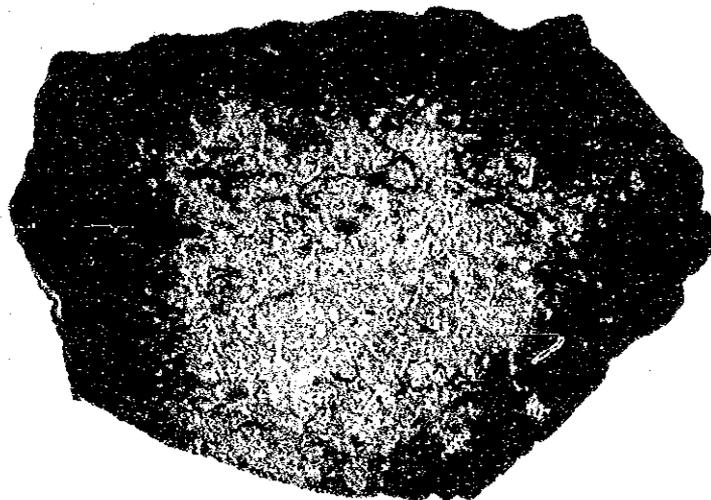
扁平だ円状
90S1731FG03

図 3 - 5 - 3 マンガン団塊の形状 (2)



(上面)

0 5 cm



(下面)

0 5 cm



(断面)

0 5 cm

板状 90S2334FG02

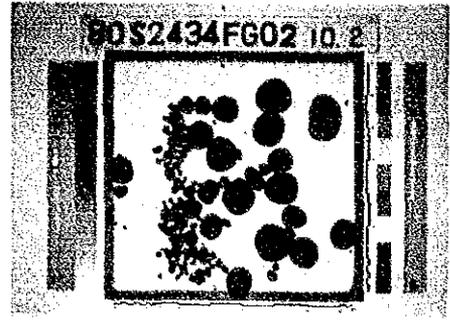
図 3 - 5 - 3 マンガン団塊の形状 (3)



90S2434FG02(海底)

水深 4.821m

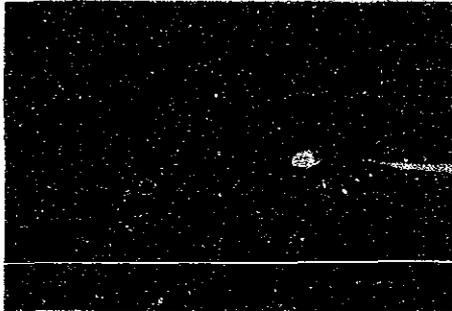
球状, 小石状



同左(揚収)

褐色粘土

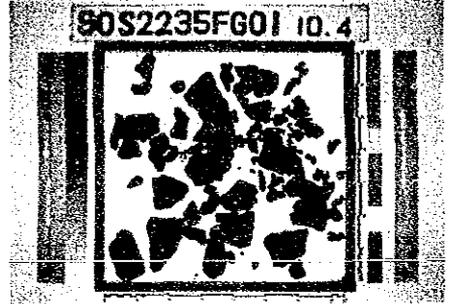
分布密度 13.38kg/m²



90S2235FG01(海底)

水深 4.833m

板状, 小石状



同左(揚収)

褐色粘土

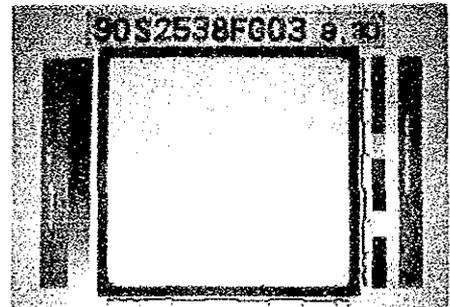
分布密度 6.38kg/m²



90S2538FG03(海底)

水深 4.739m

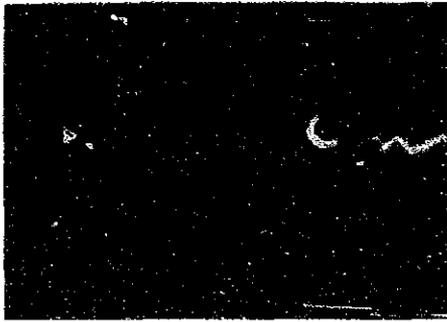
クラスト状



同左(揚収)

分布密度 0 kg/m²

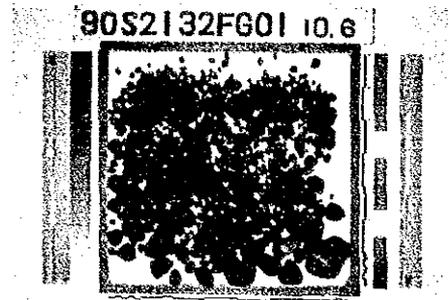
図 3 - 5 - 4 海底写真と揚収写真 (1)



90S2132FG01(海底)

水深 5.054m

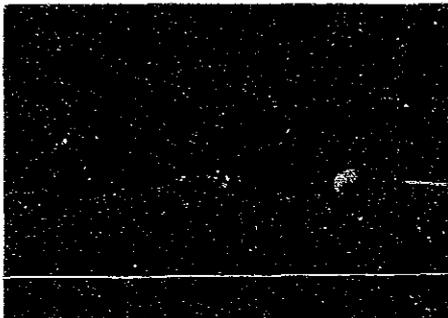
小石状



同左(揚収)

褐色粘土

分布密度 17.75kg/m²



90S2135FG02(海底)

水深 4.228m

球状



同左(揚収)

褐色粘土

分布密度 0 kg/m²



90S2334FG02(海底)

水深 4.775m

板状



同左(揚収)

褐色粘土

分布密度 8.27kg/m²

図 3 - 5 - 4 海底写真と揚収写真 (2)

いが、比重が小さい。

④ 表面構造は全般に滑らかである。

2) 分布密度

別添第 6 図にマンガン団塊分布密度図を示す。

- ① 全採試点の平均分布密度 $8.84\text{kg}/\text{m}^2$ (標準偏差 $8.49\text{kg}/\text{m}^2$)、最大値 $28.0\text{kg}/\text{m}^2$ である。
- ② 分布密度 $10\text{kg}/\text{m}^2$ 以上のゾーンは調査海域全域で島状に出現する。
- ③ 高分布密度 (分布密度 $10\text{kg}/\text{m}^2$ 以上) 域は水深、地形との間に関係が認められ、地形区分で「丘陵地」としたところは、一般に高分布密度である。一方、「平坦地」の分布密度は低い。
- ④ 水深との関係では、4,800m 前後で分布密度が高いものが見られる (図 3-5-6)。
- ⑤ 底質物の種類と分布密度にも関係が認められ、石灰質堆積物が出現する海域北東部の分布密度は高い (図 3-5-7 (1), (2))。
- ⑥ 採試点毎の分布密度の頻度分布は図 3-5-5 に示したが、分布密度 $2.5\text{kg}/\text{m}^2$ 以下が全体の 30% を占め、分布密度 $2.5\text{kg}/\text{m}^2 \sim 27.5\text{kg}/\text{m}^2$ の各ランクの頻度は 5~7% でほぼ一様である。
- ⑦ マンガン団塊の形状と分布密度の関係では、球状、小石状の分布密度が高く、扁平だ円状、板状の分布密度は低い (図 3-5-8)。

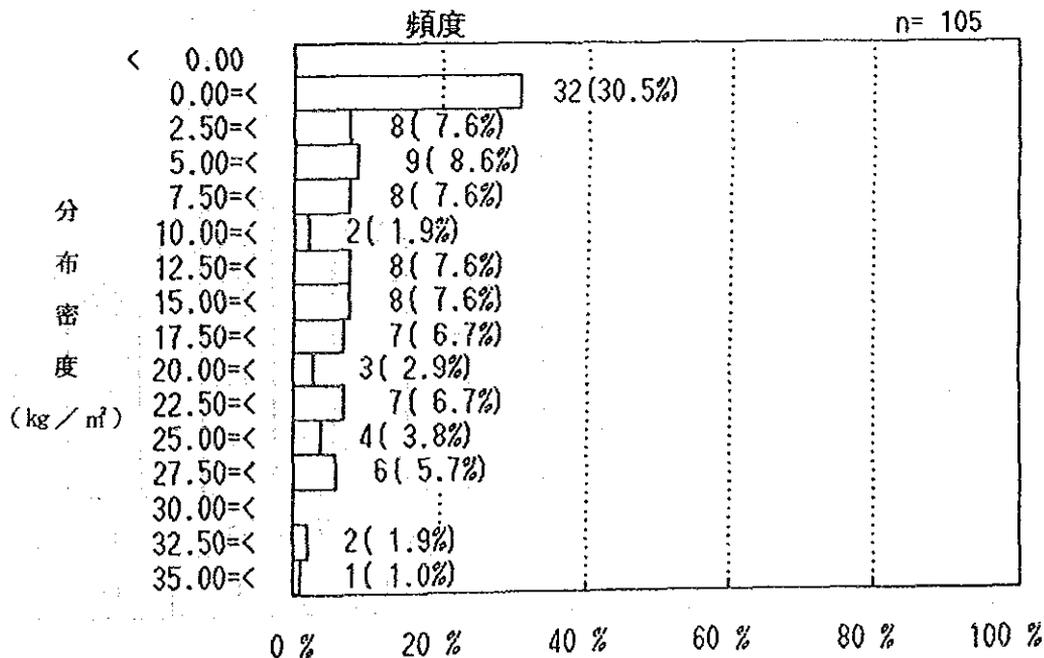


図 3-5-5 分布密度の頻度分布 (採試点)

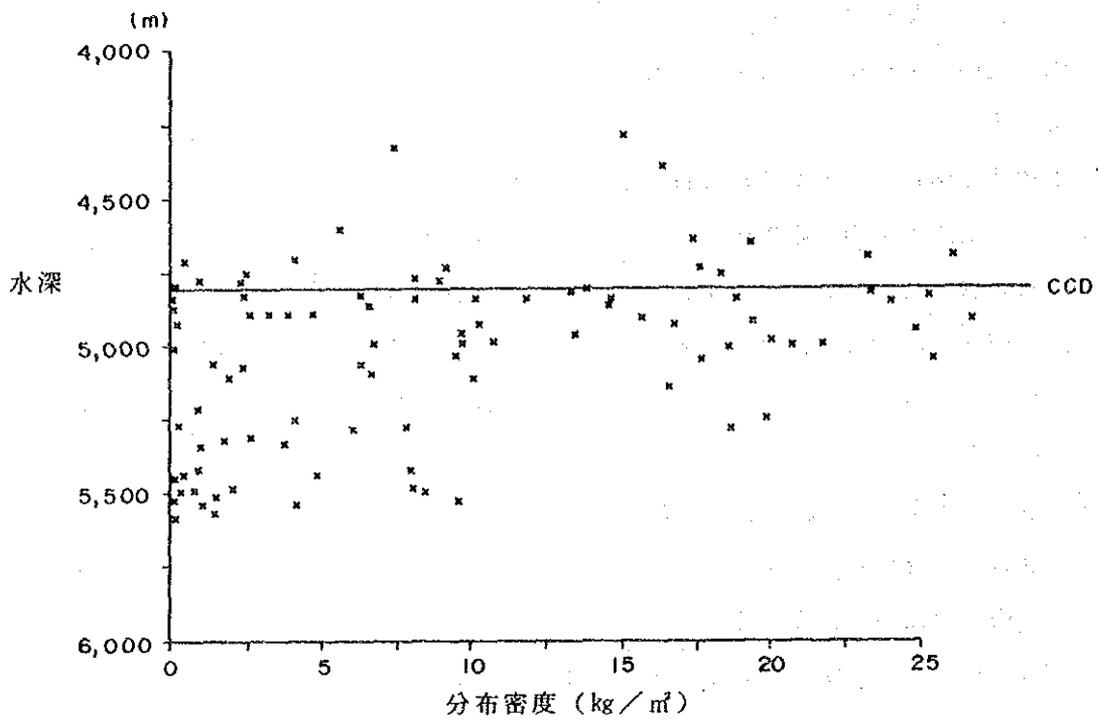


図 3 - 5 - 6 水深と分布密度の関係

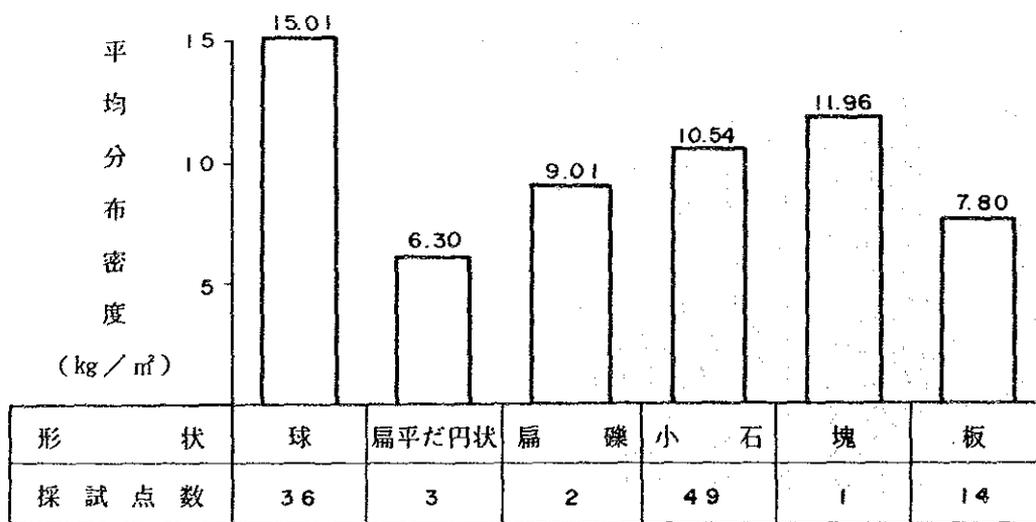
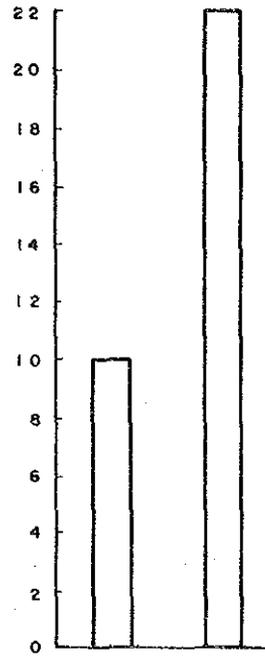


図 3 - 5 - 8 形状と平均分布密度

平均分布密度 (kg/m²)



底質物	褐色粘土	灰珪質粘土
平均分布密度 (kg/m ²)	10.05	21.98
分布密度10kg/m ² 以上の出現率(%)	39	39
標準偏差	9.70	7.53
採試点数	99	9

図 3 - 5 - 7 底質物と分布密度の関係 (1)

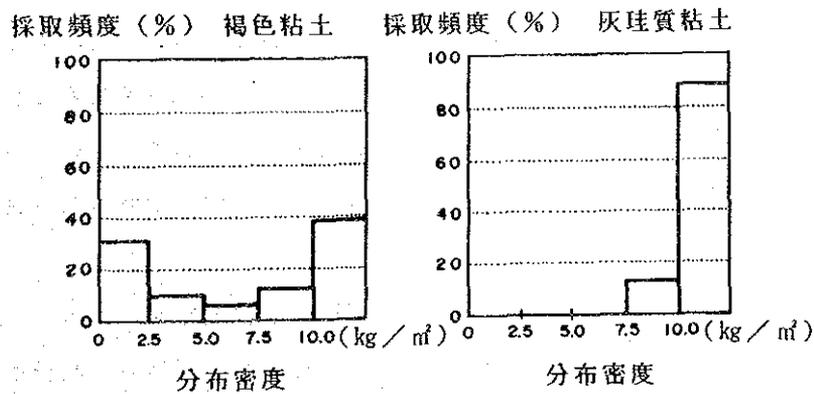


図 3 - 5 - 7 底質物と分布密度の関係 (2)

3) 化学組成

船上において粒度区分毎に主要5成分(Ni, Cu, Co, Mn, Fe)の蛍光X線分析を行った。これらの試料から代表的なものを選別し、陸上において主成分分析(SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO_2 , MgO , CaO , BaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , lg-loss), 微量成分分析(Pb, Zn, Sr, V, Mo, B, As, Y, Zr, Pt, $\Sigma\text{R}_2\text{O}_3$)を行った。これらの結果に基づいてマンガン団塊の化学組成について述べる。

(1) 主要5成分とその分布

当調査海域におけるマンガン団塊の主要5成分の頻度分布を図3-5-9に、各成分間の散布図を図3-5-10に、さらに平均品位の統計を表3-5-2に示す。Ni, Cu, Coの平均品位はそれぞれ0.39%, 0.22%, 0.42%であり、Coを除いていずれも低い値であることが判明した。MnとFeは各々14.93%, 17.22%である。これらの平均品位は前述したように採取量が高い球状・小石状のマンガン団塊の品位を反映したものであると考えられる。別添第7図～第9図にNi, Co, Cu等品位図を示すが、これによるとNiとCuは調査海域全般において低い値を示している。一方、Co品位は海域北東部と南の一部で高い。これは当調査海域における高分布密度帯と一致している。以下に各成分ごとの特徴を示す。

① Ni

Ni品位は最大値1.05%, 最小値0.12%, 平均0.39%である。別添第7図にNi等品位図を示す。Ni品位の分布状況は当海域の南東と北部で局所的に高いが全般的に低い。

② Cu

Cu品位は最大値0.45%, 最小値0.12%, 平均0.39%である。別添第9図にCu等品位図を示す。Cu品位の分布状況もNi品位と同様の傾向を示し、全般的に低い。

表3-5-2に示すようにNiとCuの相関性は0.97と非常に高い。

③ Co

Co品位は最大値0.63%, 最小値0.14%, 平均0.42%である。別添第8図にCo等品位図を示す。本図によると、本海域北東部と南の一部で0.5%を越えており、その他の海域全般についても概ね0.3%を越える高い値を示している。このCoの高品位帯は、マンガン団塊分布密度が $15\text{kg}/\text{m}^3$ 以上で、調査海域全体の中でも高分布密度帯に相当する箇所である。

また、図3-5-11, 3-5-12の分布密度-品位散布図によると、Co品位と分布密度は正相関であり、Ni品位と分布密度は負相関である。即ち、高分布密度はCo品位が高く、Ni品位が低くなる傾向がある。

④ Mn, Fe

Mn品位は最大値26.16%, 最小値1.02%, 平均14.93%であり、Fe品位は最大値20.98%, 最小値9.89%, 平均17.22%である。MnはNi同様に当調査海域の南東部で

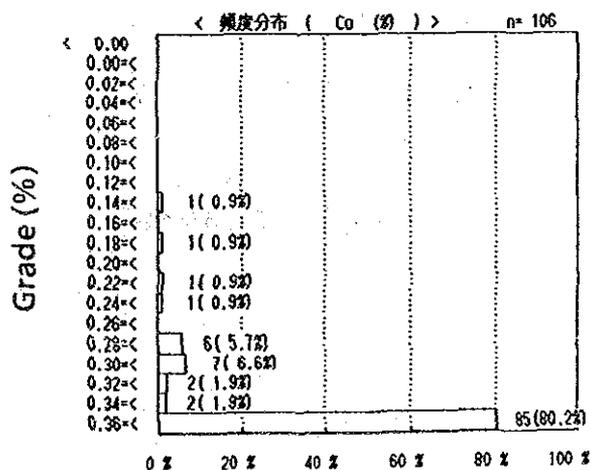
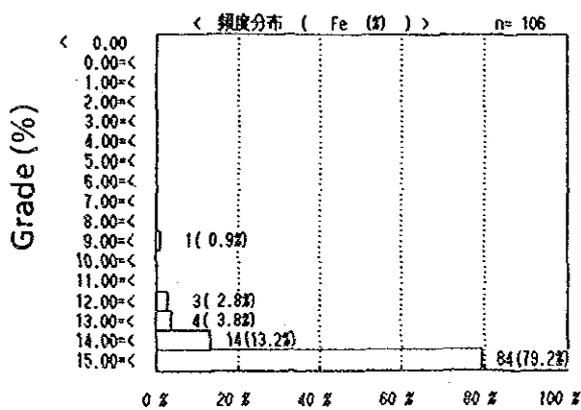
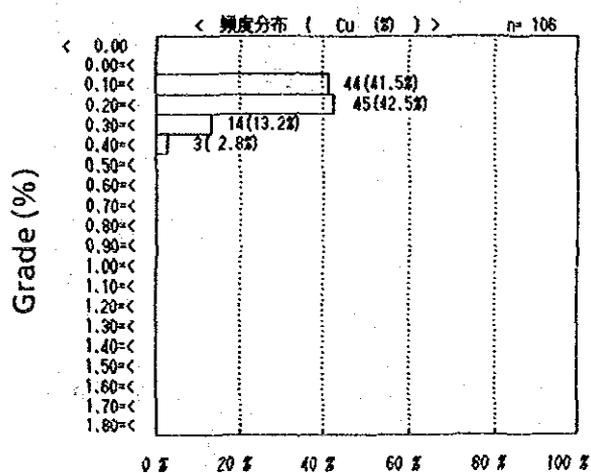
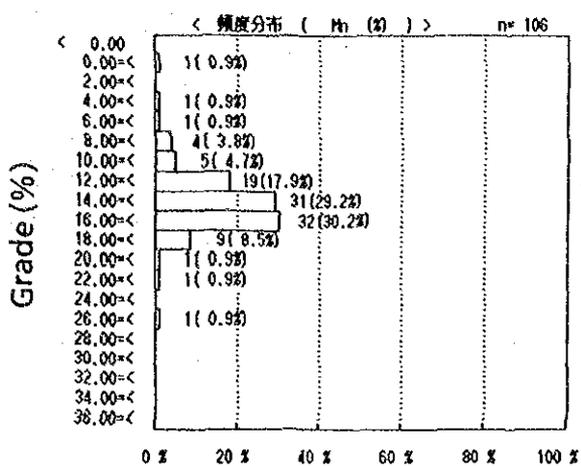
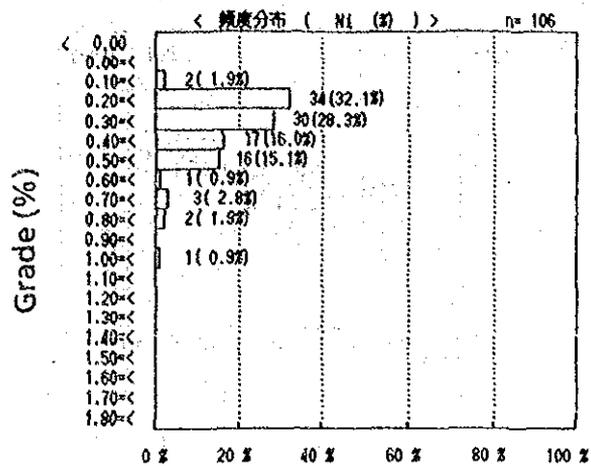
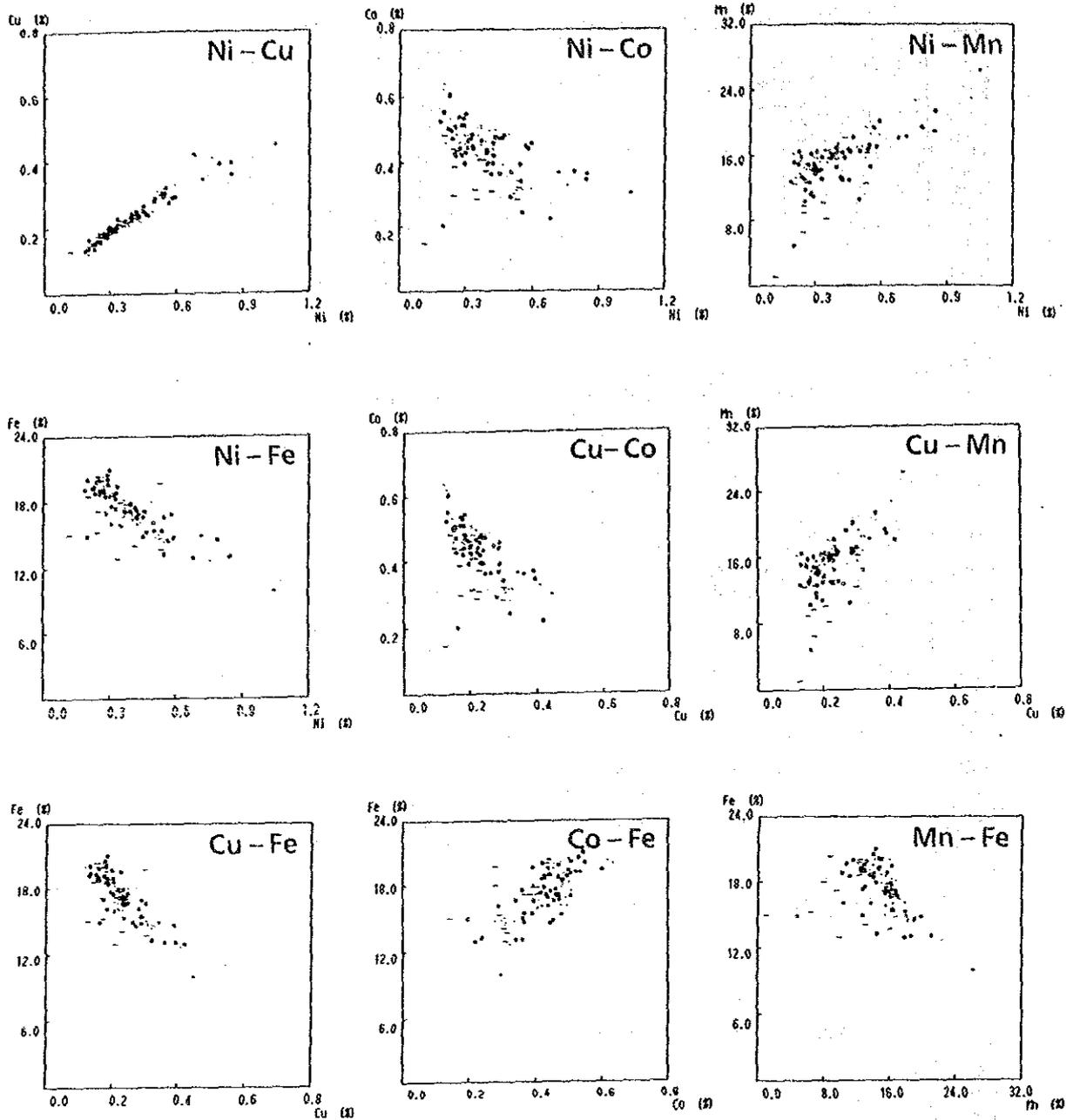


図 3-5-9 主要 5 成分の頻度分布図



凡例

- 球状
- ◆ 扁平だ円状通常型
- 扁平だ円状厚型
- 扁平礫状
- 小石状
- 塊状
- 板状
- その他

図 3 - 5 - 10 各成分間の散布図

表 3 - 5 - 2 マンガン団塊の化学特性

(n = 105)

	統 計 量 (%)				相 関 係 数				
	平均値	標準偏差	最大値	最小値	Fe	Mn	Co	Cu	Ni
Ni	0.39	0.16	1.05	0.12	-0.77	0.68	-0.48	0.97	1.00
Cu	0.22	0.07	0.45	0.12	-0.78	0.60	-0.60	1.00	
Co	0.42	0.09	0.63	0.14	0.69	0.18	1.00		
Mn	14.93	3.30	20.16	1.02	-0.39	1.00			
Fe	17.22	2.24	20.98	9.89	1.00				

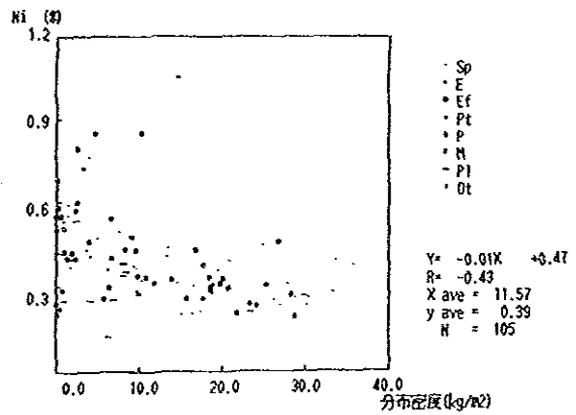
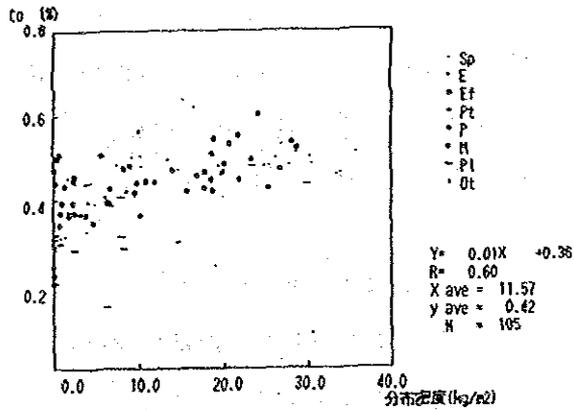


図 3 - 5 - 11 分布密度 - Co 散布図

図 3 - 5 - 12 分布密度 - Ni 散布図

品位が高い所が局所的にみられる。

(2) 品位特性

① 各成分間の相関関係

5成分の相関係数を前述した表3-5-2に示す。同表よりNi-Cu-Mn系とCo-Fe系の各系内における正相関と両系間における負相関が明瞭である。すなわち、MnはNi、Cuと強い正相関にあり、FeはCoと正相関にあるが、MnとFeは負相関である。これらの関係は図3-5-10の各成分の散布図でも認められる。

② 形状別の品位特性

各形状ごとの品位特性を表3-5-3に示す。その結果、次のようなことが判明した。

- (a) 球状、扁平だ円状通常型及び小石状は類似した品位傾向を示し、Ni、Cu、Coは本海域における平均的品位を示している。
- (b) 偏平礫状のNi、Cu、Mnは他の形状より高い品位を示し、Fe、Coは低い品位を示す。
- (c) 板状は各成分とも低品位である。これは核として含まれる岩片の影響と考えられる。

③ 粒度別の品位特性

粒度別の品位特性を表3-5-4に示す。同表より粒度の小さいマンガン団塊の方がNi、Cu品位が高い傾向が明瞭である。なお、8-16cmサイズ以上は他の粒形に比べてすべての品位が低く、これは核として含まれる岩片の影響とも考えられる。

④ 地形別の品位特性

各地形別の品位特性を表3-5-5に示す。その内容は次の2点に要約される。

- (a) 溝状地及び海丘では類似した品位傾向を示し、Ni、Cu品位は低くFe品位は高い。
- (b) 平地ではNi、Cu品位が高く、Co、Feが低い。即ち、(a)と逆の傾向を示す。

⑤ 底質物別の品位特性

各底質別の品位特性を表3-5-6に示す。褐色粘土に分布するマンガン団塊はNi、Cu品位が高く、Co、Fe品位が低い。一方、灰珪質粘土ではNi、Cu品位が低く、Co、Fe品位が高い傾向にある。

⑥ CCDと品位特性

CCDと主要3成分(Ni、Cu、Co)の関係を調べるため、CCD区分による主要3成分の三角ダイヤグラムを図3-5-13に示す。当調査海域のCCD水深は4,800m付近と考えられる。同図よりマンガン団塊の品位特性はCCDを境として明瞭に分類できないが、水深4,800m以浅に比較的Coに富むサンプルが認められる。

Cu品位は水深により大きな違いは見られないが、水深4,800m以浅の方がわずかにCu品位が低い。次に主要3成分の合計品位(Ni+Cu+Co)と水深の関係を図3-5-14に示す。高品位のマンガン団塊は水深4,800m付近のCCD水深でわずかに高くなる程度で、水深による違いは明瞭でない。

表3-5-3 マンガン団塊の形状と化学特性

形状	データ数	Ni (%)				Cu (%)				Co (%)			
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値
球状	36	0.38	0.13	0.76	0.20	0.22	0.06	0.41	0.12	0.45	0.08	0.63	0.28
扁平円状 通常型	3	0.37	0.03	0.41	0.35	0.22	0.02	0.24	0.21	0.41	0.01	0.42	0.39
扁平礫状	2	0.88	0.23	1.05	0.72	0.40	0.07	0.45	0.34	0.33	0.05	0.37	0.30
小石状	49	0.40	0.16	0.85	0.19	0.23	0.07	0.42	0.13	0.43	0.08	0.60	0.28
塊状	1	0.31	0.31	0.31	0.31	0.19	0.19	0.19	0.19	0.44	0.44	0.44	0.44
板状	14	0.33	0.12	0.54	0.12	0.21	0.05	0.21	0.13	0.35	0.09	0.48	0.14

形状	データ数	Mn (%)				Fe (%)				Cu/Ni 比	Mn/Fe 比
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値		
球状	36	16.03	1.86	22.55	13.14	17.54	2.11	20.33	12.60	0.58	0.91
扁平円状 通常型	3	16.37	0.85	17.20	15.50	16.10	0.28	16.41	15.85	0.59	1.02
扁平礫状	2	22.11	5.73	26.16	18.06	12.41	3.57	14.93	9.89	0.45	1.78
小石状	49	14.81	2.87	21.18	4.75	17.36	2.14	20.98	12.90	0.58	0.85
塊状	1	13.72	13.72	13.72	13.72	16.01	16.01	16.01	16.01	0.61	0.86
板状	14	11.25	4.28	16.04	1.02	16.88	2.40	20.27	12.87	0.64	0.67

表3-5-4 マンガン団塊の粒度と化学特性

粒度区分 (ca)	データ数	Ni (%)				Cu (%)				Co (%)			
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値
0~2	96	0.46	0.20	1.06	0.08	0.27	0.09	0.53	0.11	0.40	0.09	0.63	0.13
2~4	100	0.4	0.17	0.97	0.08	0.23	0.07	0.53	0.12	0.43	0.08	0.64	0.14
4~6	81	0.36	0.14	1.05	0.09	0.21	0.05	0.44	0.12	0.44	0.07	0.59	0.14
6~8	57	0.35	0.17	1.13	0.13	0.21	0.06	0.49	0.13	0.42	0.09	0.63	0.15
8~16	30	0.33	0.15	1.03	0.16	0.20	0.05	0.43	0.14	0.41	0.08	0.53	0.14
16~	2	0.25	0.04	0.27	0.22	0.18	0.02	0.19	0.16	0.35	0.09	0.41	0.28

粒度区分 (ca)	データ数	Mn (%)				Fe (%)				Cu/Ni 比	Mn/Fe 比
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値		
0~2	96	15.63	3.66	24.17	0.46	17.01	2.27	21.10	11.19	0.59	0.92
2~4	100	15.52	3.32	24.76	0.59	17.35	2.20	21.39	11.26	0.58	0.89
4~6	81	14.70	3.21	27.24	0.66	17.53	2.09	20.71	8.94	0.58	0.84
6~8	57	13.68	4.47	26.61	1.16	17.10	2.00	21.39	10.08	0.60	0.80
8~16	30	13.45	3.47	17.93	1.52	16.88	2.30	20.67	10.94	0.61	0.80
16~	2	8.79	3.35	11.16	8.42	19.01	1.32	19.94	18.07	0.72	0.46

表3-5-5 海底地形とマンガン団塊の化学特性

微視的地形区分	データ数	Ni (%)				Cu (%)				Co (%)			
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値
平地	85	0.42	0.16	1.05	0.12	0.24	0.07	0.45	0.13	0.41	0.09	0.60	0.14
溝状地	2	0.26	0.01	0.26	0.25	0.17	0.01	0.17	0.16	0.41	0.03	0.43	0.39
海丘	19	0.28	0.07	0.49	0.19	0.17	0.03	0.25	0.12	0.49	0.07	0.63	0.29

微視的地形区分	データ数	Mn (%)				Fe (%)			
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値
平地	85	15.29	3.37	26.16	1.02	16.80	2.21	20.49	9.89
溝状地	2	9.95	0.40	10.23	9.67	17.93	1.20	18.76	17.08
海丘	19	13.92	2.37	16.77	6.48	18.98	1.38	20.98	15.26

表3-5-6 底質物とマンガン団塊の化学特性

底質物	データ数	Ni (%)				Cu (%)				Co (%)			
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値
褐色粘土	91	0.41	0.16	1.05	0.12	0.23	0.07	0.45	0.13	0.41	0.08	0.60	0.14
灰珪質粘土	9	0.28	0.09	0.49	0.20	0.17	0.04	0.25	0.12	0.50	0.05	0.63	0.45

底質物	データ数	Mn (%)				Fe (%)			
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値
褐色粘土	91	15.09	3.29	26.16	1.02	16.95	2.21	20.98	9.89
灰珪質粘土	9	14.99	1.14	16.77	13.14	19.25	0.98	20.33	17.41

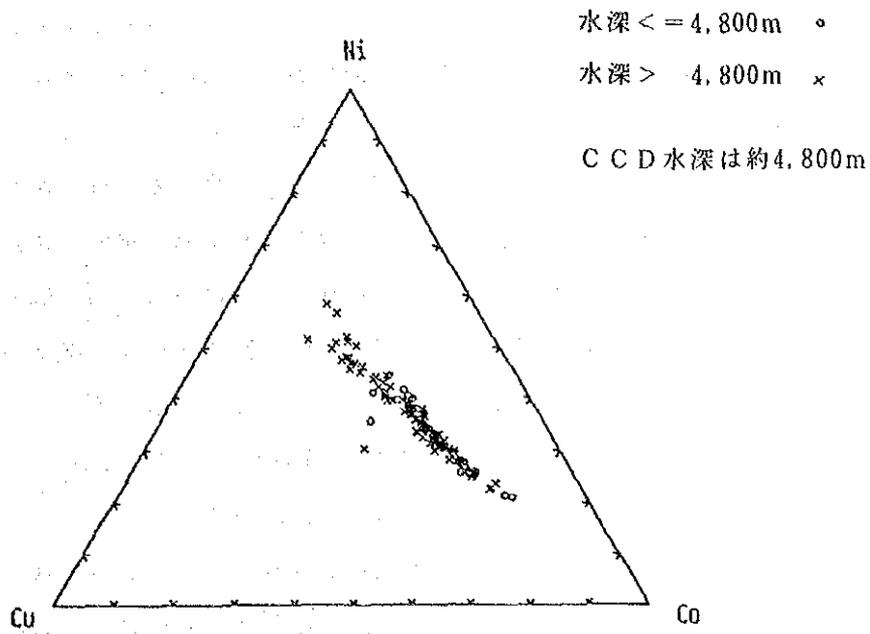


図 3 - 5 - 13 CCD区分によるNi-Cu-Co三角ダイヤグラム

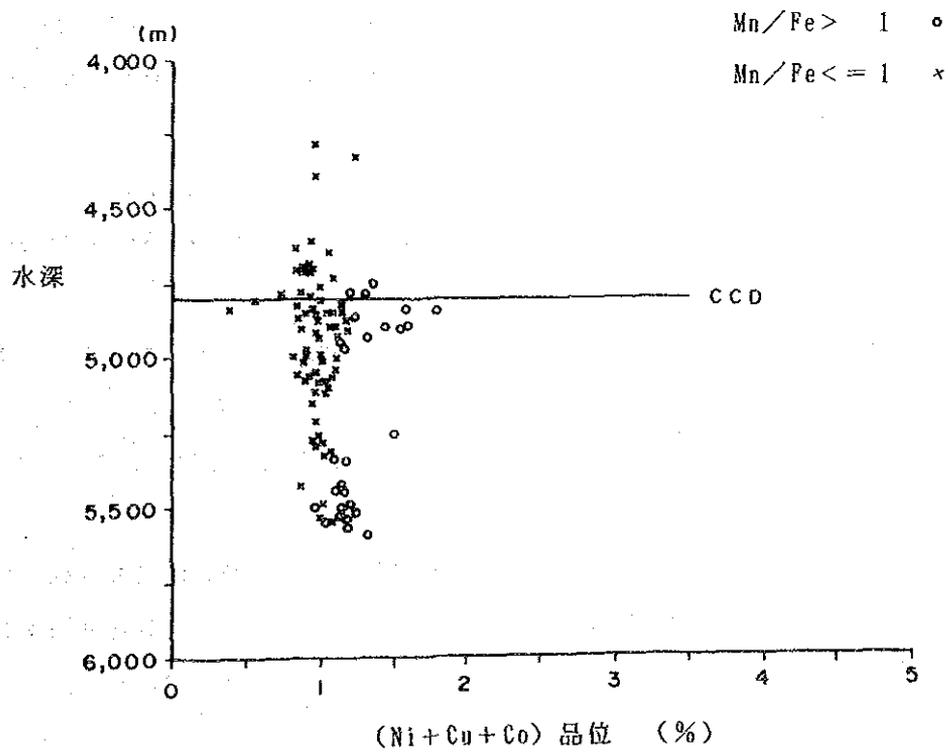


図 3 - 5 - 14 水深 - (Ni+Cu+Co) 品位関係図

⑦ Mn/Fe比とマンガン団塊

マンガン団塊のMn/Fe比はマンガン団塊の形成機構により大きく異なることが知られている (Bonatti et al., 1972)。

Mn/Fe比と (Ni+Cu+Co) 品位の関係を図3-5-15に示す。同図から明らかなように、Mn/Fe比が大きい程 (Ni+Cu+Co) 品位は大きくなり、両者に明瞭な正の相関関係が見られる。そこでMn/Fe比を1以上とそれ以下に区分してNi-Cu-Co三角ダイアグラムにプロットしたものを図3-5-16に、Mn/Fe比と分布密度との関係を図3-5-17に、同様に分布密度、品位、水深についてまとめた結果を表3-5-7に示す。その結果、Mn/Fe比=1以上のマンガン団塊はNiリッチになる傾向があり、Mn/Fe比=1以下のマンガン団塊はCoリッチになる傾向がある。

図3-5-17から、Mn/Fe比=1前後の試料が最も多いことが示される。

図3-5-18にMn/Fe分布図を示した。Mn/Fe比が高いのは調査海域の北西部と南東部である。

(3) 副成分

マンガン団塊に含有される副成分の性状を把握するため、船上分析に用いた試料より代表的な10個の試料を選定し、完全分析、微量分析を実施した。分析値をマンガン団塊の特徴、主要5成分の船上分析値とともに表3-5-8に示した。本表から次の特徴が明らかにされた。

- ① Ni, Cu, Co分析値に注目すると、Ni-CuとCoは相反する挙動を示す。90S2030FG02, 90S2439FG03, 90S2234FG01, 90S1837FG01, 90S1735FG02の5試料はCo品位が高く、90S2437FG03はNi, Cu品位が高い。
- ② SiO₂含有量は10.48%~18.52%で、10試料平均は14.52%を示した。
- ③ Fe₂O₃ > FeOで3価のFeに富む。Ni, Cu品位が高い90S2437FG03は特にFe₂O₃含有量が低い。
- ④ 微量成分含有量は、Ni, Cu品位の高い90S2437FG03が、他の試料と顕著な違いを示す。高い値を示す成分はZn, Mo, 低い値を示す成分はPb, B, Y, As, ΣR₂O₃*¹である。
- ⑤ 90S2439FG03の内殻と外殻で比較分析を実施した。内殻は外殻と比較してSiO₂, Al₂O₃が高く、TiO₂, Fe₂O₃, MnO₂, Pb, Zrが低い。
- ⑥ Ptは本調査海域南東端の90S2439FG03試料の内殻で最も高い値(0.5ppm)を示した。
- ⑦ McKelver et al. (1979) が報告したクラリオン-クリパートン海域のマンガン団塊の平均品位*²と本分析結果と比較すると、次のような差異が認められた。

*¹ ΣR₂O₃は希土類元素の合計含有量を示す。

*² Si 7.81%, Ti 0.81%, Al 2.84%, Mg 1.80%, Ca 1.47%, Ba 0.32%, Na 1.87%, K 0.82%, P 0.32%, Pb 0.048%, Sr 0.066%, Mo 0.048%, V 0.03%, Zn 0.13%, Y 0.01%, B 0.016%

当海域の方が含有量の多い成分

: TiO_2 , Pb, B

クラリオン-クリップarton海域の方が含有量の多い成分: Al_2O_3 , BaO, Na_2O ,

K_2O , P_2O_5 , Zn, Sr, Mo

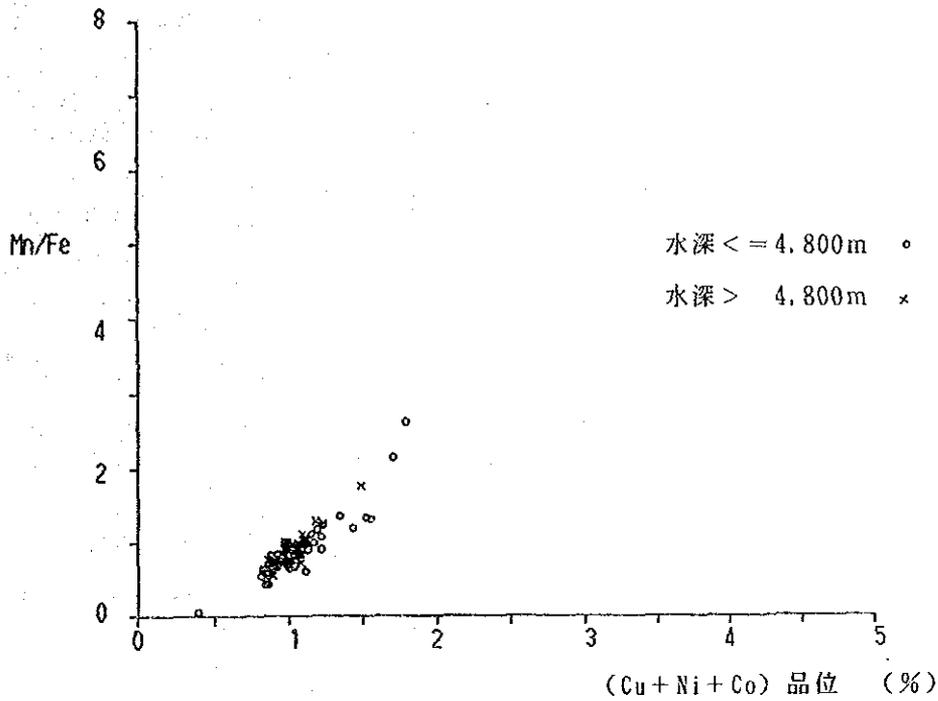


図 3 - 5 - 15 Mn/Fe - (Ni + Cu + Co) 品位関係図

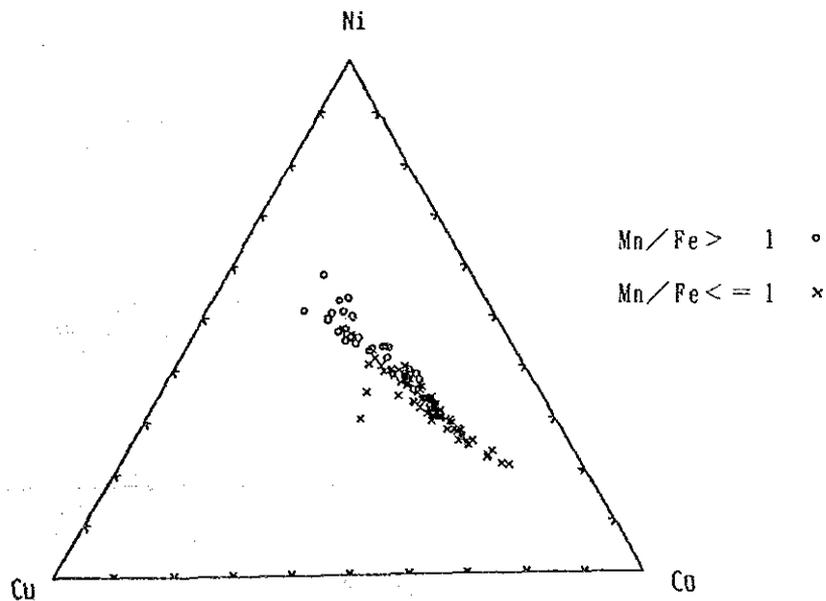


図 3 - 5 - 16 Mn/FeによるNi-Cu-Co三角ダイヤグラム

表 3 - 5 - 7 Mn / Fe で区分した特徴

	Mn / Fe > 1 (n=28)	Mn / Fe < 1 (n=77)
分布密度	Low 平均5.01kg/m ² (SD5.67)	High 平均14.11kg/m ² (SD9.97)
品位	NiHigh (n=28) 平均 0.59% (SD0.15)	NiLow (n=77) 平均 0.31% (SD0.08)
	CuHigh 平均 0.31% (SD0.06)	CuLow 平均 0.19% (SD0.04)
	CoLow 平均 0.37% (SD0.07)	CoHigh 平均 0.45% (SD0.08)
	MnHigh 平均 18.09% (SD2.29)	MnLow 平均 13.81% (SD2.80)
	FeLow 平均 14.66% (SD1.47)	FeLow 平均 14.66% (SD1.65)
水深	4.750m ~ 5.650m	4.250m ~ 5.600m

SD : 標準偏差

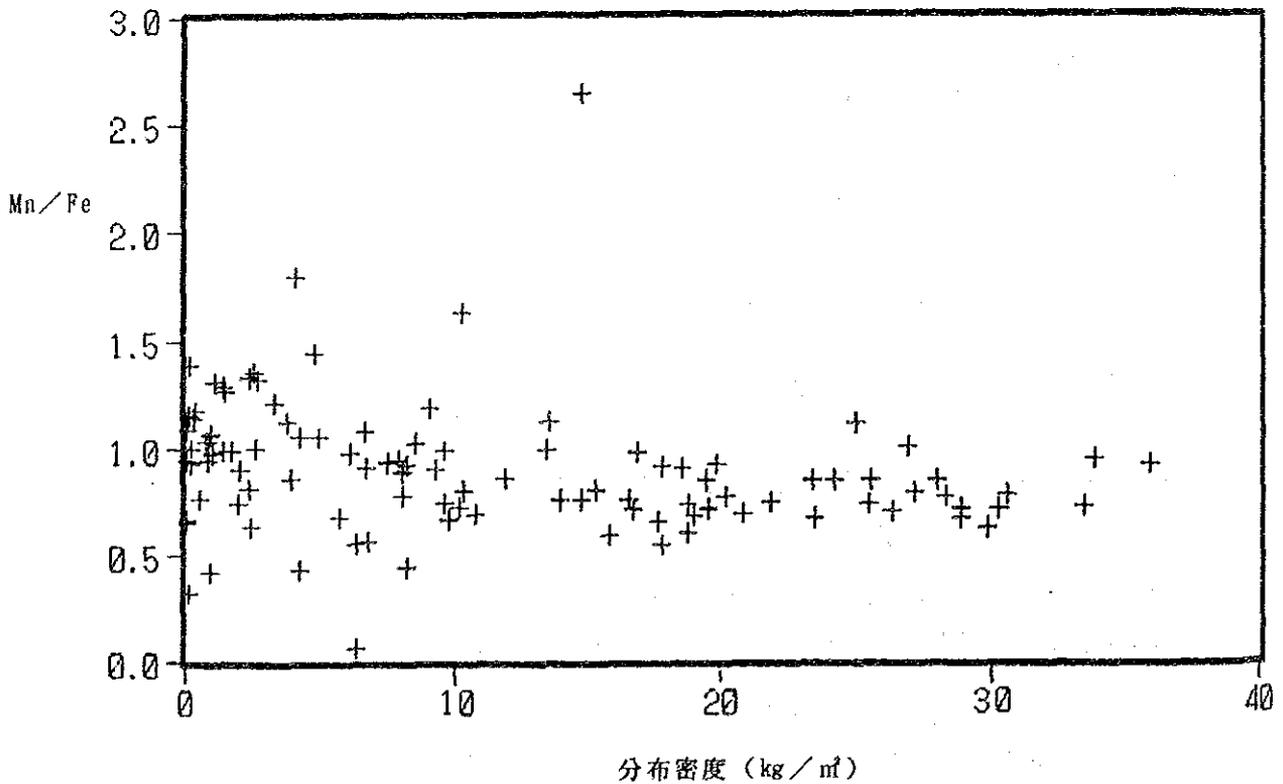
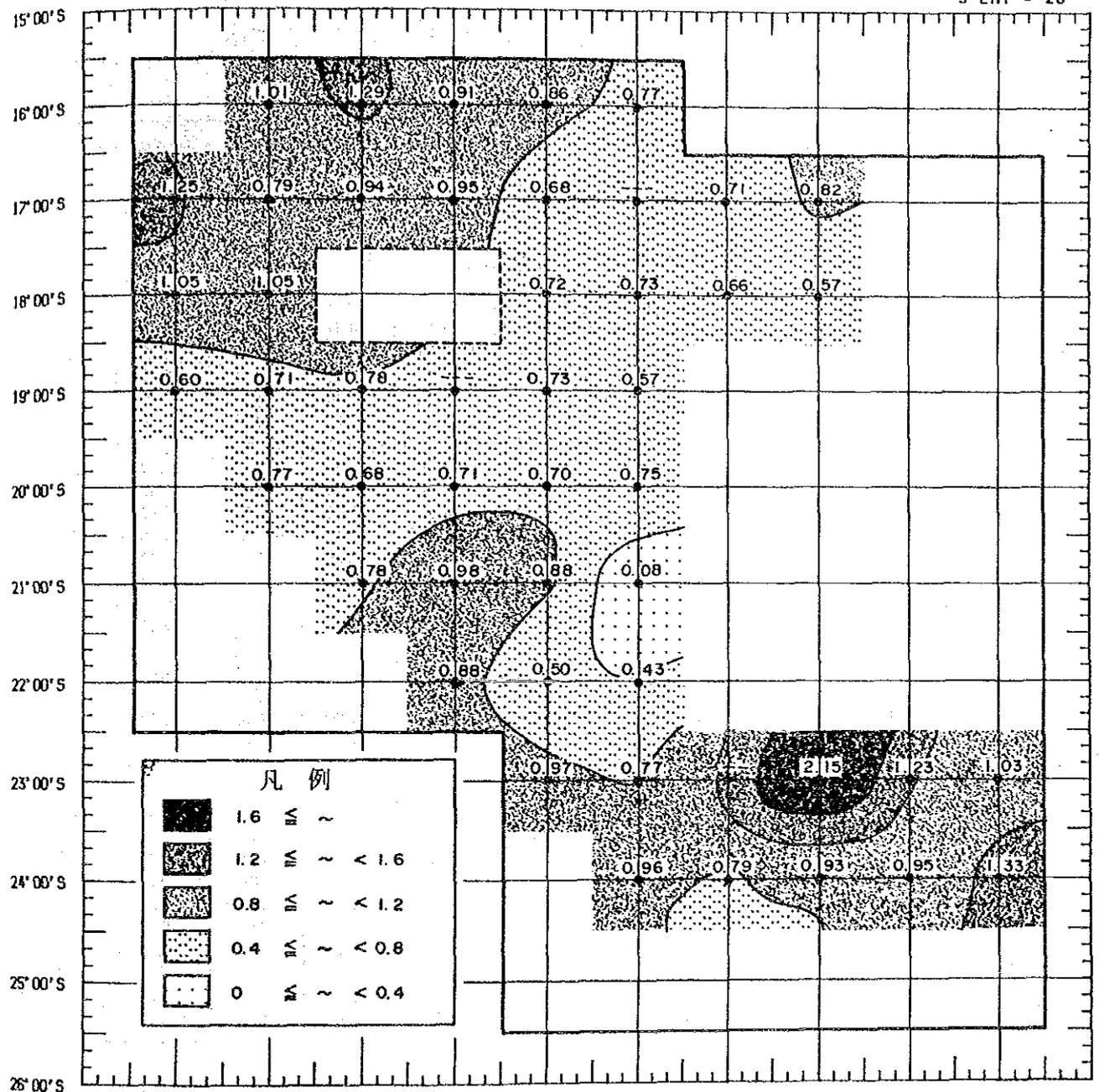


図 3 - 5 - 17 Mn/Fe-分布密度関係図



167°00'W 166°00'W 165°00'W 164°00'W 163°00'W 162°00'W 161°00'W 160°00'W 159°00'W 158°00'W 157°00'W 156°00'W

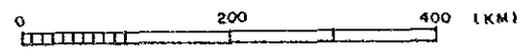


図 3 - 5 - 18 マンガン団塊の Mn/Fe 分布図

表 3-5-8 マンガン団塊の完全分析値及び微量分析値

試料番号		90S2030	90S1731	90S2437	90S2439	90S2439	90S2234	90S2034	90S1837	90S1833	90S1735
		FG02	FG02	FG03	FG03	FG03	FG01	FG03	FG01	FG02	FG02
地 形		(丘陵地) 海丘	(平坦地) 平地								
水 深 (m)		5.010	5.546	4.849	4.893	4.893	4.736	5.011	5.073	5.282	4.810
形 状		小石状	扁平礫状	扁平礫状	球状	球状	扁平円状 通常型	板状	小石状	板状	クラスト状
粒 径 (cm)		4-6	6-8	6-8	8-16	8-16	8-16	16-24	4-6	8-16	16-24
分析部位		バルク	バルク	バルク	内殻	外殻	バルク	バルク	バルク	バルク	バルク
主成分 (%)	Co	0.47	0.41	0.32	0.47		0.47	0.41	0.48	0.41	0.51
	Ni	0.27	0.37	1.13	0.38		0.33	0.22	0.30	0.37	0.19
	Cu	0.16	0.22	0.49	0.19		0.21	0.16	0.18	0.21	0.13
	Mn	13.37	16.90	26.61	16.21		14.49	11.16	15.34	15.87	15.60
	Fe	19.30	16.59	10.08	17.23		16.77	19.94	18.39	17.14	21.44
完全分析 (%)	SiO ₂	15.32	13.70	10.48	16.86	11.58	18.52	15.84	12.62	17.70	12.58
	TiO ₂	2.54	2.15	0.83	1.26	2.38	1.78	2.79	2.55	1.96	2.46
	Al ₂ O ₃	5.26	5.47	4.01	6.45	4.65	6.97	5.09	4.72	6.07	3.75
	Fe ₂ O ₃	27.03	24.18	12.56	22.21	25.00	19.61	29.13	26.54	20.78	27.48
	FeO	0.26	0.19	0.19	0.39	0.51	0.32	0.32	0.13	0.19	0.19
	MnO ₂	18.94	23.69	42.19	21.27	25.08	18.78	17.85	20.97	19.96	21.19
	MgO	1.84	2.11	3.93	2.21	2.25	1.98	1.89	1.93	2.12	1.91
	CaO	2.14	2.46	1.81	2.36	2.49	2.46	2.01	2.57	2.19	2.28
	BaO	0.12	0.12	0.27	0.12	0.14	0.11	0.13	0.14	0.10	0.14
	Na ₂ O	1.87	1.94	1.96	2.02	1.73	2.20	1.73	1.85	2.08	1.83
	K ₂ O	0.35	0.83	1.05	0.84	0.64	1.10	0.83	0.66	1.06	0.74
	P ₂ O ₅	0.88	0.65	0.46	0.75	0.65	0.66	0.70	0.63	0.53	0.69
lg-loss	25.13	26.42	21.93	24.23	26.30	25.47	24.83	25.62	25.63	27.20	
微量分析 (ppm)	Pb	987	887	486	651	1,110	775	978	1,010	722	1,250
	Zn	458	448	1,130	530	553	441	450	513	376	460
	Sr	291	297	165	178	318	302	304	354	259	351
	V	331	293	333	339	373	292	389	347	198	372
	Mo	67	136	355	157	153	93	41	124	87	89
	B	240	226	134	229	250	209	287	265	202	276
	As	162	146	80	137	172	131	165	139	121	181
	Y	140	141	78	148	152	154	138	142	122	152
	Zr	141	69	90	44	121	106	166	185	205	208
	Pt	0.1	0.2	0.2	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3
	ΣR ₂ O ₃	1,570	1,310	771	1,310	1,700	1,340	1,760	1,610	1,130	1,930

4) 鉱物組成

マンガン団塊の鉱物組成と内部構造を調べるため、化学分析を実施した試料について、粉末X線回折と顕微鏡観察を行った。

(1) X線回折

X線回折結果を表3-5-9に、代表的なX線回折チャートを図3-5-19に示す。

マンガン鉱物としてはすべての試料から δ - MnO_2 が、90S2437FG03、90S2439FG03から10Å系マンガン鉱物が検出された。10Å系マンガン鉱物が強く検出された90S2437FG03は他の試料に比較してCu、Ni、Znの含有量が高い。また、10Å系マンガン鉱物が弱く検出された90S2439FG03では、外殻の方が内殻より回折強度が僅かに高い。

その他の鉱物としては石英、フィリップサイトがすべての試料で、モンモリロナイトが90S2437FG03で強く、針鉄鉱が90S2439FG03の内殻及び90S2034FG03で弱くまたは微弱に検出された。

(2) 顕微鏡観察

① 90S2439FG03(球状)

大部分が δ - MnO_2 からなり、極少量の10Å系マンガン鉱物を含む。10Å系マンガン鉱物は表層部の一部層状を呈する不連続面の外側(外殻)にやや多く認められ、幅数 μm の細脈としても認められる。外殻の δ - MnO_2 は、数 $10\mu m$ のストロマトライトタイプ組織を示す。内殻は下位より細粒-中粒-細粒と変化する球状組織を示し、その核として稀にミクライトが認められる。

② 90S2034FG03(板状)

大部分が δ - MnO_2 からなり、極少量の10Å系マンガン鉱物が認められる。 δ - MnO_2 は粒状及びストロマトライトタイプを示す。粒状組織の粒子間には斜長石、石英などの碎屑物が多く存在する。表層部は内部に比較するとやや細粒の球状を示す。

5) CDC調査結果

マンガン団塊の分布密度を推定し、その連続性を把握するため、調査海域北西部でCDC調査を1測線(約6マイル長)実施した。調査は $19^{\circ} 00' S$ に沿って、 $164^{\circ} 03.1' W$ から $163^{\circ} 57.5' W$ にかけて行い(測点90410付近)、約60m間隔で撮影し175枚の海底写真を得た。

海底写真のマンガン団塊の被覆率は画像解析装置により求めた。分布密度は当調査海域のフリーフォールグラフ調査から得られた海底写真のマンガン団塊被覆率(ポイントカウンティング法)及び揚収分布密度の関係式(表3-5-10参照)を用いて求めた。

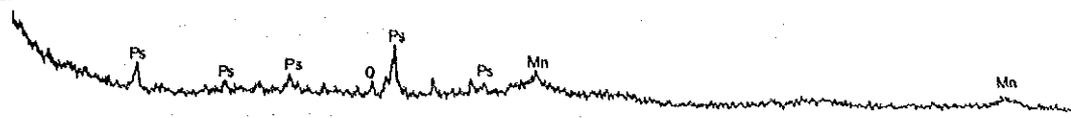
CDC測線の位置図を図3-5-20に、CDC写真計測値の統計結果を表3-5-10に、写真から判読した分布密度の変化図を図3-5-21に、CDCによる連続写真の例を

表 3 - 5 - 9 マンガン団塊のX線回折結果

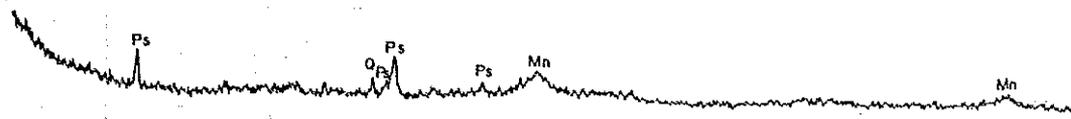
サンプル番号	粒径 (cm)	形状	分析部位	To	Mn	Ps	Q	Mon	Goe
90S2030FG02	4~6	小石状	バルク		+	+	±		
90S1731FG02	6~8	扁平礫状	バルク		+	+	+		
90S2437FG03	6~8	扁平礫状	バルク	+	+	+	+	+	
90S2439FG03	8~16	球状	内殻	+	+	+	+		+
			外殻	+	+	±	+		
90S2234FG01	8~16	扁平だ円状 通常型	バルク		+	+	+		
90S2034FG03	16~24	板状	バルク		+	+	+		±
90S1837FG01	4~6	小石状	バルク		+	+	+		
90S1833FG02	8~16	板状	バルク		+	+	+		
90S1735FG02	16~24	クラスト状	バルク		+	+	+		

凡例 To : 10Å系マンガン鉱物 Mn : δ -MnO₂ Ps : フィリップサイト Q : 石英
 Mon : モンモリロナイト Goe : 針鉄鉱
 + : 回折強度の強いもの ± : 回折強度の弱いもの
 ± : 回折強度が微弱または存在が不確実なもの

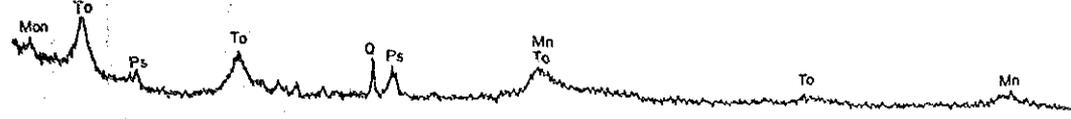
90S2030FG02



90S1731FG02

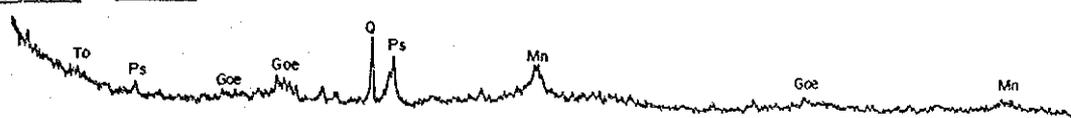


90S2437FG03



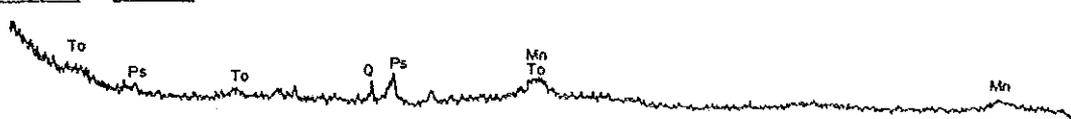
90S2439FG03

内殼

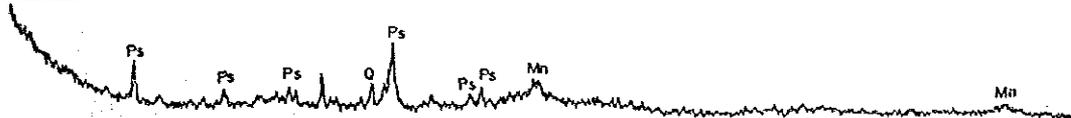


90S2439FG03

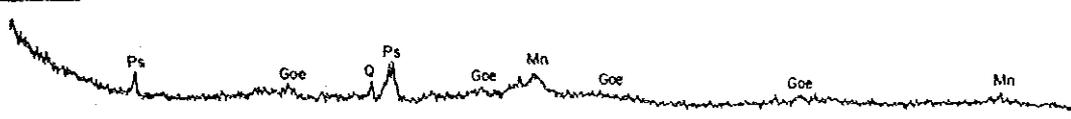
外殼



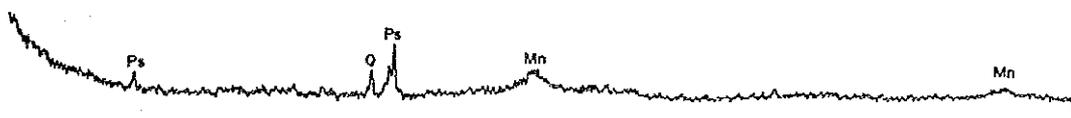
90S2234FG01



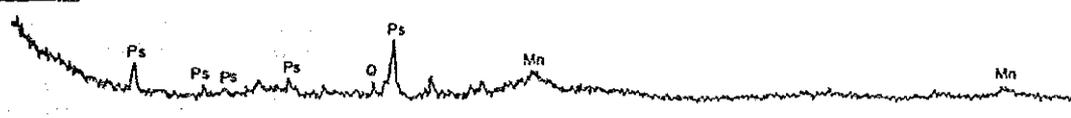
90S2034FG03



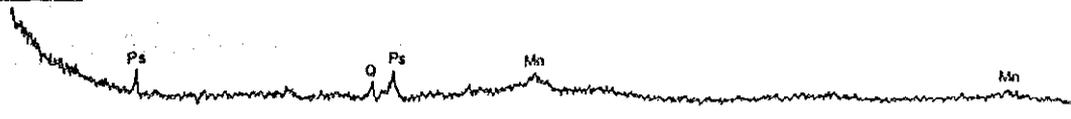
90S1837FG01



90S1833FG02



90S1735FG02



凡例 To : 10Å系マンガン鉱物 Mn : δ -MnO₂ Ps : 灰十字沸石
 Q : 石英 Goe: 針鉄鉱 Mon: モンモリロナイト

図 3 - 5 - 19 マンガン団塊の X 線回折パターン

表 3 - 5 - 10 C D C 写真計測値の統計

	面積率 (%)	分布密度* (kg/nf)
サンプル個数	175	175
最大値	40.1	11.2
最小値	3.2	0.1
平均値	17.7	4.3
標準偏差	6.6	2.0

*分布密度の算出は次式を用いた
 $C = 0.309 \times Z^{-1.152}$
 C : 分布密度 Z : 面積率

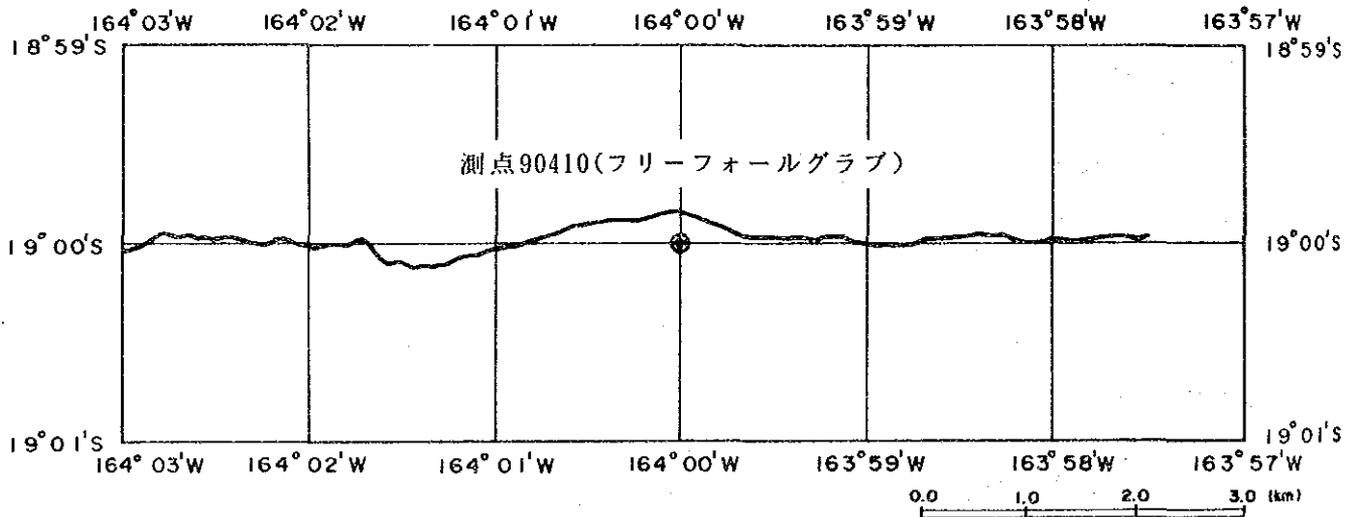


図 3 - 5 - 20 C D C 測線位置図 (測線90SCDC01)

図3-5-22に、そして代表的なCDC写真を図3-5-23に示す。

(1) 分布密度

平均値及び標準偏差は $4.3 \pm 2.0 \text{ kg/m}^2$ と比較的低い。

分布密度は変化が激しく、隣り合う撮影点でも高密度分布と低密度分布の急激な変化を繰返す場合が多い。これは当調査海域におけるマンガン団塊の賦存状況の特徴を示していると考えられ、サンプリング結果とも一致する。

測線の $164^\circ 01.0' \text{ W}$ 、 $164^\circ 00.2' \text{ W}$ 及び $164^\circ 58.5' \text{ W}$ 付近に低密度区間が存在する。この区間は小丘状の地形となっており、底質物が卓越し、粒径 $2 \sim 3 \text{ cm}$ の小石状マンガン団塊が散在する。

一方、高密度区間は $164^\circ 01.3' \text{ W}$ 、 $164^\circ 00.5' \text{ W}$ 及び $164^\circ 58.2' \text{ W}$ 付近に存在する。この区間の地形は凹地になっており、粒径 $7 \sim 15 \text{ cm}$ の礫状や塊状マンガン団塊が分布する。

(2) 形状

CDC写真から読み取ったマンガン団塊の形状は小石状が最も卓越しており、凹地には塊状が、小丘地には板状が認められる。小石状マンガン団塊の粒径分布は数百m間安定しており、粒径 $2 \sim 3 \text{ cm}$ が卓越して認められる区間、粒径 $5 \sim 10 \text{ cm}$ が卓越して認められる区間が交互に繰返す。粒径 $5 \sim 10 \text{ cm}$ の小石状マンガン団塊が卓越する区間には粒径 $10 \sim 15 \text{ cm}$ の塊状マンガン団塊が多数認められる。

6) 金属量分布

マンガン団塊を有用鉱物資源として考える場合、単にマンガン団塊の単位面積当りの量、すなわちマンガン団塊の分布密度だけでなく、マンガン団塊に含まれる金属量（特に有用金属であるNi, Cu, Co）も評価しなければならない。そこでNi, Cu, Coについて、含有密度値（単位面積当たりの金属量）を次の方法により測点ごとに求め、別添第12図～第14図に示した。

$$\bullet \text{ Ni含有密度} = \text{分布密度} \times (1 - \text{含水率}) \times \text{Ni品位}$$

$$\bullet \text{ Cu含有密度} = \text{分布密度} \times (1 - \text{含水率}) \times \text{Cu品位}$$

$$\bullet \text{ Co含有密度} = \text{分布密度} \times (1 - \text{含水率}) \times \text{Co品位}$$

なお、ここでは分布密度及び各品位に対してカットオフ値は設けていない。計算対象面積は $296,344 \text{ km}^2$ である。

(1) Ni（別添第12図参照）

Ni金属量 20 g/m^2 以上を示す範囲の合計面積は $146,000 \text{ km}^2$ 、（計算対象面積の49%）、平均含有密度は 41.09 g/m^2 である。

(2) Cu（別添第13図参照）

Cu金属量 20 g/m^2 以上を示す範囲の合計面積は $68,175 \text{ km}^2$ 、（計算対象面積の23%）、平

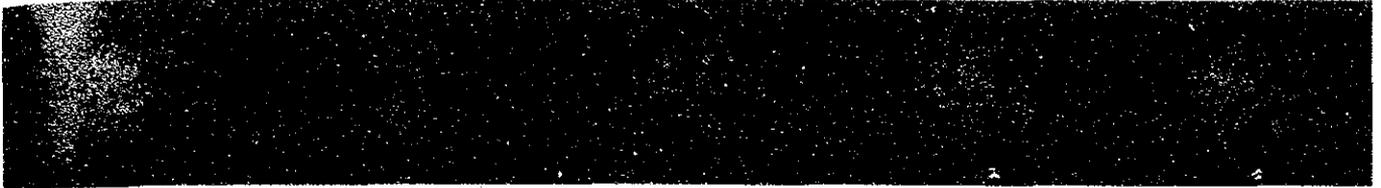
116~120



3.2(14.0) 3.1(13.9) 5.6(22.0) 6.3(24.0) 5.6(21.7)

球状と礫状のマンガン団塊が連続的に分布する。粒径は約2 μ m。

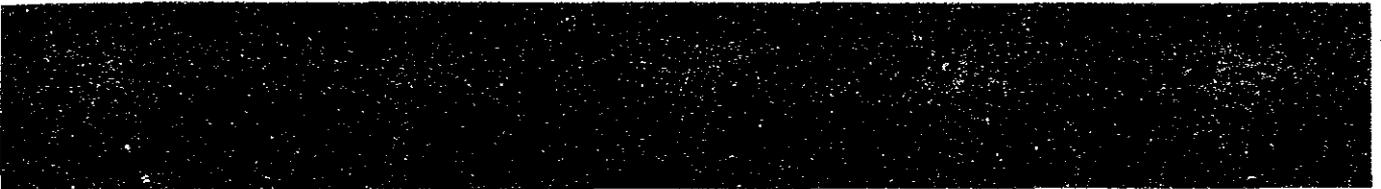
79~83



2.6(12.3) 1.4(8.1) 4.0(16.8) 7.5(28.1) 3.1(13.8)

礫状と板状のマンガン団塊が分布する。

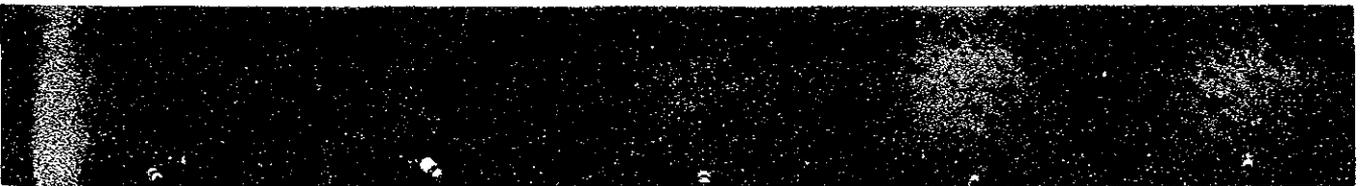
141~148



1.4(8.2) 2.0(10.1) 1.9(10.0) 6.9(26.0) 9.6(34.8)

礫状から板状のマンガン団塊へと移り変わる。

20~24



9.5(34.5) 11.2(40.1) 5.5(21.6) 2.2(10.7) 5.4(21.3)

主として板状のマンガン団塊が分布する。

〔左上の番号：写真番号，下左：分布密度 (kg/m³)，下右 ()：面積率 (%)〕

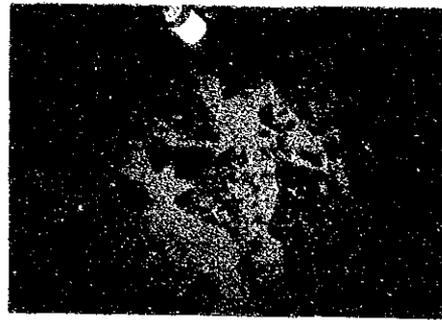
図 3 - 5 - 22 CDCによる連続写真 (測線90SCDC01)



No. 4

板状及び小石状

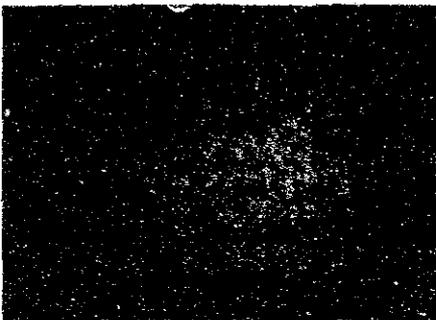
分布密度： 6.6kg / m²



No. 21

板 状

分布密度： 11.2kg / m²



No. 34

球 状

分布密度： 3.6kg / m²



No. 71

小石状

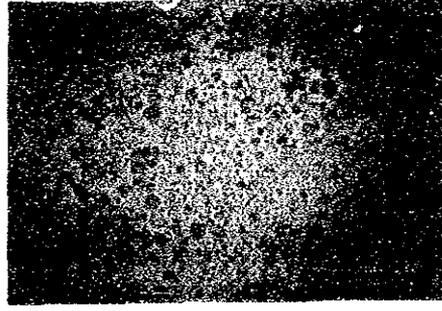
分布密度： 0.4kg / m²



No. 87

球状及び小石状、底生生物の生痕

分布密度： 7.5kg / m²



No. 71

小石状および球状、底生生物の生痕

分布密度： 6.1kg / m²

(No.は写真番号を示す)

図 3 - 5 - 23 C D C 写真例 (測線90SCDC01)

均含有密度は 29.24 g/m^2 である。

(3) Co (別添第14図参照)

Co金属量 20 g/m^2 以上を示す範囲の合計面積は $215,000 \text{ km}^2$ (計算対象面積の73%), 平均含有密度は 55.32 g/m^2 である。

当調査海域におけるNi, Cu, Coの含有密度の高い海域は (18.5° S , 162° W), (24° S , 162° W), (17° S , 159° W) (23° S , 157° W) 付近にみられ, 前述の高分布密度ゾーンの分布とはほぼ一致する。すなわち, 当調査海域の金属量分布は各品位よりも, 分布密度により, 規制される特徴がある。

3-6 考察: マンガン団塊の賦存状況

主要5成分の分析結果から作成した相関係数表より, Ni-Cu-Mn間とCo-Fe間の高正相関と, 両タイプ間の高負相関の存在することが判明した(表3-5-2)。これら両タイプと各産状との関係につき考察を行う。

形状: 球状, 小石状が多く板状がそれに次ぎ, 扁平だ円状, 扁平礫状, 塊状は少ない。扁平礫状は明らかにNi-Cu-Mnに富むが他の形状と品位との特別な関係は明瞭ではない(表3-5-3)。

底質物: 褐色粘土はNi-Cu-Mn, Co-Fe両タイプと共に広く分布するが, 灰珪質粘土は比較的浅所(4,800m以浅)でCo-Feタイプに伴われて出現する(表3-5-6他)。

粒度: 粒径の小さい物はNi, Cu, Mnに富み, 大きい物はCo, Feに富む傾向が明瞭に認められた(表3-5-4)。この傾向は過年度のクック諸島海域のデータにおいても認められている。

地形: 北西部の平坦地と南東部の丘陵地に高Mn/Fe部が, それ以外の所に広く低Mn/Fe部が分布する(図3-5-18)がMn/Fe値と地形との一義的な関係を認めることはできない。

深度: Ni-Cu-Mnタイプは比較的深所に, Co-Feタイプは各深度に認められた(図3-5-14)。従って微化石の鑑定から推定されたCCD(炭酸塩補償深度; 約4,800m)より浅所におけるNi-Cu-Mnタイプの出現は比較的少ない。

分布密度: Ni-Cu-Mnタイプは低分布密度を, Co-Feタイプは高分布密度を示す(表3-5-7)。

全体的特徴:

- ① マンガン団塊を構成する主たるマンガン鉱物は $\delta\text{-MnO}_2$ であり10Å系マンガン鉱物が認められる場合もある。また石英, フィリップサイトは普遍的に, モンモリロナイト, 針鉄鉱は時折認められる。底質物は石英, 斜長石, イライトを主としイライト/モンモリロナイト混合層鉱物, フィリップサイトを伴っている。

- ② 南太平洋のマンガン団塊はハワイ南方のそれと比較してCo, Feに富むとされているが、今回のマンガン団塊もやはりNi, Cu, Mnが乏しくCo, Feに富んでいることが判明した。また過年度に実施したクック諸島海域と比較してもFeに富んでいることが判明した。
- ③ 89年度に調査を実施したライン諸島付近よりもNi-Cuに乏しくCoに富んでいる。

Ni-Cu-Mnタイプ		Co-Feタイプ	
(ライン諸島, Mn/Fe > 2.5)		(ライン諸島, Mn/Fe ≤ 2.5)	
Ni品位	1.08%	0.61%	
Cu品位	0.78%	0.35%	
Co品位	0.13%	0.26%	
(クック諸島, Mn/Fe > 1)		(クック諸島, Mn/Fe ≤ 1)	
Ni品位	0.59%	0.31%	
Cu品位	0.31%	0.19%	
Co品位	0.37%	0.45%	

また89年度のMn, Feと比較して90年度の方がMnに乏しくFeに富むものと思われる。

- ④ 形状としては球状と小石状(計83.2%)に富むことも大きな特徴と思われる。なお、過年度のクック諸島においても球状に富むことは認められている。
- ⑤ 地形の起伏が多く採掘段階では詳細な地形調査が必要となるであろう。