

海洋資源調査CCOP/SOPAC海域

資源開発協力基礎調査報告書

(第5巻)

キリバス共和国海域

平成2年2月10日

国際協力事業団

金属鉱業事業団

鉱計資
C R(5)
90-24

JICA LIBRARY



1082648(5)

21198

海洋資源調査CCOP/SOPAC海域

資源開発協力基礎調査報告書

(第5巻)

キリバス共和国海域

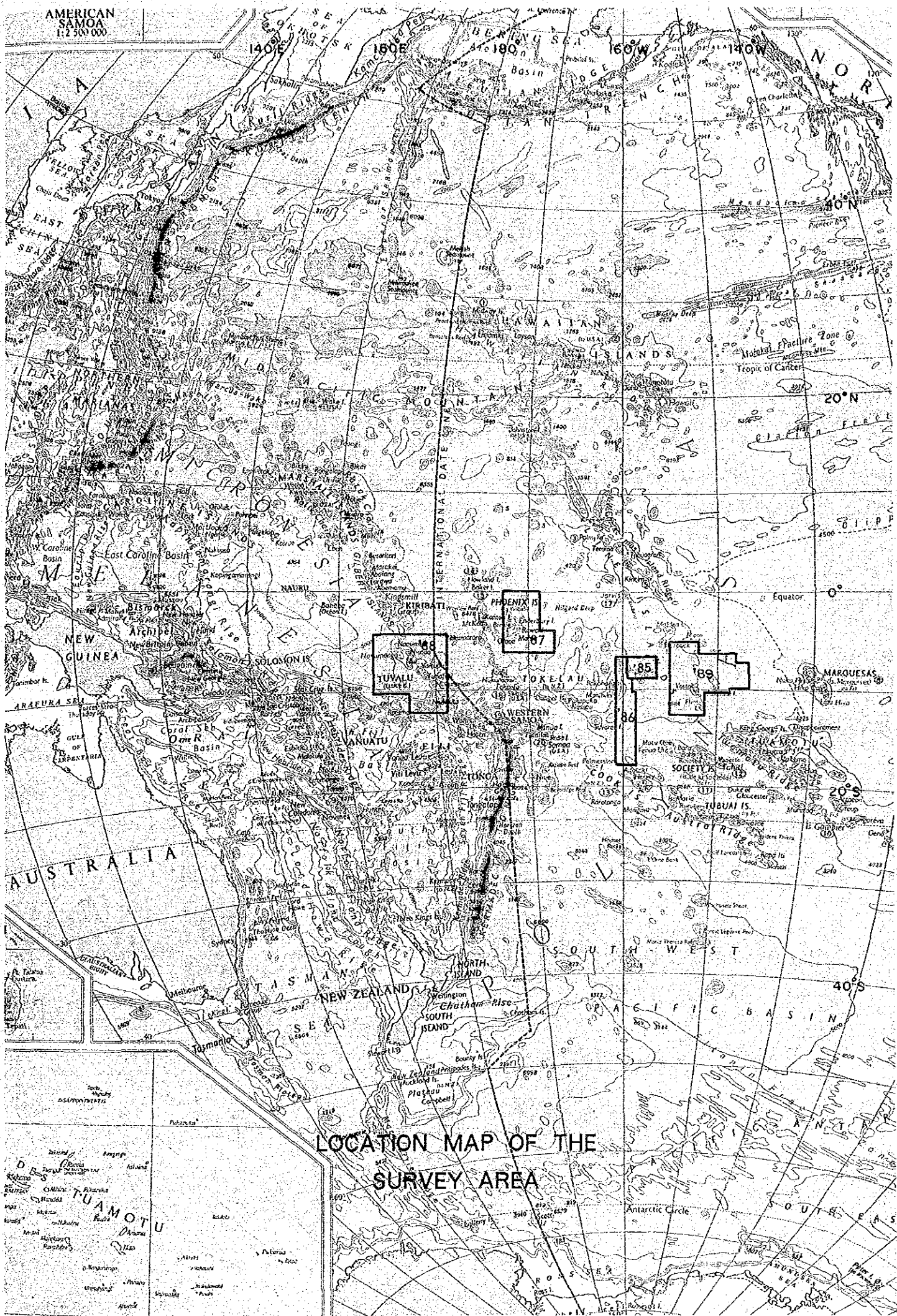
平成2年2月10日

国際協力事業団

金属鉱業事業団

国際協力事業団

21198



LOCATION MAP OF THE
SURVEY AREA

TUAMOTU
DANAU
QILAO



89S0947FG03, 分布密度 20.90kg/m², 水深4,815m

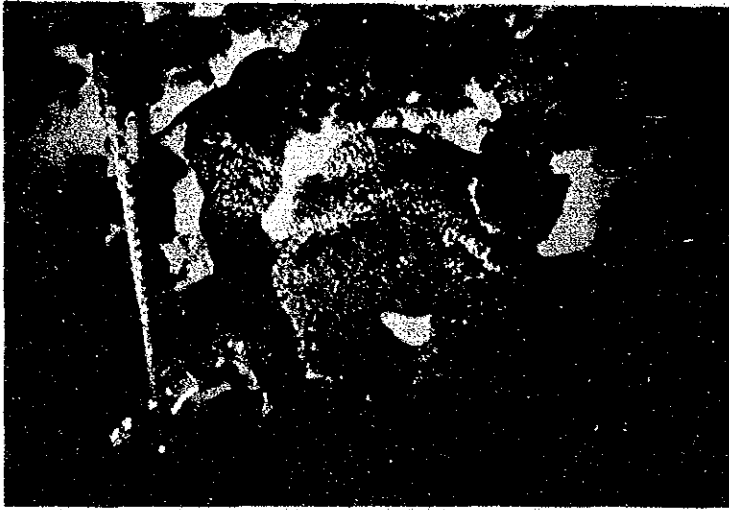
フリーフォールグラブの深海カメラで撮影, 錘直径 8 cm



89SCDC01測線, 分布密度6.03kg/m², 水深4,818m

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



海底写真

スラブ状クラスト

クラスト被覆率88%

水深 1.403m

SC04海山, FDC03 測線



揚収写真

スラブ状クラスト

(サンプルNo.89SC02AD02)

揚収量 89kg

水深 1.810m~1.475m

SC02海山



サンプルの断面写真

同上

(サンプルNo.89SC02AD02-B)

厚さ: 30~50mm

母岩: ハイアロクラスタイト

品位: Co 0.84%

Ni 0.74%

Cu 0.11%

Mn 26.35%

Fe 13.32%

コバルトリッチクラストの代表的写真

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 COORDINATION 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5年次にあたり、キリバス共和国の経済水域内を調査の対象としている。金属鉱業事業団は平成元年8月24日から平成元年10月27日までの65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、キリバス共和国の協力を得て調査を予定通り完了した。

本報告書は第5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いただいたCCOP/SOPAC事務局、キリバス共和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ものである。

平成2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

CCOP/SOPAC諸国に対する資源開発協力基礎調査の5年次目にあたる本調査は、8月26日より10月26日までキリバス共和国海域の面積約52万km²に対して行われた。現地実調査日数は42日間である。調査対象鉱物資源は、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及び地質調査、フリーフォールグラフによるマンガン団塊と底質物のサンプリング（33測点）を60マイル間隔で行い、最も鉱況の良好な箇所にて連続撮影式深海カメラ（CDC）により海底状況の写真撮影を行った。コバルトクラストに対しては選定された6海山について精密な地形調査とドレッジサンプリング（52点）を行った他コバルトクラストの賦存状態を綿密に把握するため4海山にてファインダー付連続撮影式深海カメラ（FDC）によるテレビ観察及び写真撮影などを行った。

調査海域全体のマンガン団塊の賦存状況は期待した程ではなかったが、海域東部の一部に比較的良好な箇所を認めた。コバルトクラストについては3海山で良好な鉱況が確認された。

当調査海域の海底地形は、海域中央部のNW-S E方向のライン諸島を境にして西側はNorth Penrhyn Basinで水深5,200m～5,400mの平坦地が分布し、東側はNortheast Pacific Basinで水深5,000m～5,200mの準平坦地が発達する。ライン諸島列はNW-S E方向の2系列からなり、西側は丘陵地、東側は山岳地で構成される。東側列には0.1～0.4海山が、西側列には0.5海山が含まれ、0.6海山はNorth Penrhyn Basinに含まれる。0.5海山は卓礁であるが他は全て尖頂海山であり、頂部水深は805m～1,590mで北側ほど深い傾向がみられた。

海山の地質は玄武岩、ハイアロクラスタイト、石灰岩を主とし火山砕屑岩、古期堆積物を従とし、その間を未固結堆積物が埋めている。平坦地、準平坦地においては、褐色粘土が広く分布するが、一部には石灰質堆積物も分布しており、それらの分布から炭酸カルシウム補償深度は約5,000mと求められた。SBPにより推定された未固結堆積物の厚さは、南西部で10m前後であるが、全体に薄い傾向を示した。

マンガン団塊の鉱況は、全域の平均分布密度は4.37kg/m²と低いが、10kg/m²以上の富鉱部は全体の8%を占め、調査海域東側の水深4,700m～5,100mの海丘地帯に認められた。これらの富鉱部には石灰質堆積物が分布する。石灰質堆積物が分布する海域での平均分布密度が7.76kg/m²であるのに対し、褐色粘土分布海域における平均分布密度は3.72kg/m²を示し、底質物の違いと分布密度の差の関係が把握された。全平均品位はNi 0.84%、Cu 0.57%、Co 0.20%、Mn 2.049%、Fe 9.21%であるが、Mn/Fe比をもとにマンガン団塊が品位的にNi, Cu rich typeとCo rich typeの両者に区分できることがわかった。Ni, Cu rich typeはMn/Fe > 2.5であり分布密度も低く、水深がCCDより深く褐色粘土が分布する平坦地に産するが、Co rich typeはMn/Fe ≤ 2.5で、分布密度が高く、水深がCCD付近であり石灰質堆積物が分布する海丘等が出現す

る海域であることが把握された。

コバルトクラストの鉱況としてはSC01, 02, 06海山のクラストが、品位、厚さにおいて良好であった。即ちライン諸島の北部と西部の生成年代が古い海山程良好な鉱況であると推定される。形状はクラスト状が卓越するが、海山頂部縁辺部、斜面の凹凸が明瞭な岩盤露出部で鉱況が良く、山頂平坦地、斜面テラス、スランピング堆積物分布箇所では鉱況が良くないことが把握された。Co品位はスラブ状、クラスト状及びハイアロクラスタイトを母岩とするものが高品位である傾向を示す。水深的には1,000m～1,500mの山頂部から斜面上部にかけて高品位なクラストが分布するが、水深の増加とともにCo品位が低下する傾向も認められた。一方クラストの厚さは、母岩が堆積岩、火山碎屑岩では平均27mm以上で良好であるが、玄武岩、石灰岩の場合は平均15mm以下を示した。水深的には1,500m以深で良好である。品位分析結果をもとに、Ni, Cu, Co品位と母岩の種類の違いからコバルトクラストをNi rich, Co rich及び両者の中間のグループの3種類にタイプ分けした。Ni rich クラストは Tuff, Tuff Breccia を母岩とし、Co rich クラストは Basalt, Hyaloclastite, Limestone を母岩とし、中間グループのクラストは Sandstone 等の Sedimentary rock を母岩とする傾向が認められた。これらのタイプ区分は水深が浅い海域ほど明瞭であるが、水深が深くなると中間グループに集約されて、Cu品位の比率が増加し、Co rich のマンガン団塊の性質に類似していくことが明らかにされた。

今回の調査により、マンガン団塊、コバルトクラストの当海域における賦存状態を把握することができ、マンガン団塊については、海域全体としては分布密度は低いが、ライン諸島東側海域の一部に比較的鉱況が良い箇所が見出された。一方コバルトクラストは、6海山のうち、3海山にて良好な鉱況であることが明らかにされた。この他に、マンガン団塊、コバルトクラストの両者とも詳細な賦存状況が把握されたことにより、今後の調査指針が得られたものと考えられる。

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	8
2-1 マンガン団塊	8
1) 調査手順	8
2) 付 番	8
3) 船位の決定	8
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) CDCによる海底観察	12
9) 試料の処理・分析及び保管	12
10) 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	18
4) 海底地形調査	18
5) 表層堆積物調査	18
6) サンプリング	18

7) 試料の処理・分析及び保管	18
8) FDCによる海底観察	18
9) 調査データの処理及び解析	19
3章 調査結果・I (マンガン団塊)	20
3-1 海底地形	20
1) 広域地形	20
2) 海底地形区分	20
3-2 表層堆積物	23
1) SBP記録の分類	23
2) SBPタイプの分布状況	26
3) 上位透明層の分布状況	26
3-3 底質物	27
1) 分類	27
2) 種類	27
3) 分布	28
4) 構成鉱物	31
5) 化学組成	31
6) 化石鑑定	36
7) CCD (炭酸カルシウム補償深度)	46
3-4 MFESによるマンガン団塊の賦存状況	46
1) サンプルング結果との対比	46
2) MFESによるマンガン団塊分布密度の推定	47
3-5 マンガン団塊の賦存状況	49
1) 形状、粒形、産状	49
2) 分布密度	54
3) 化学組成	61
4) 鉱物組成	75
5) CDC調査結果	77
6) 金属量分布	82
3-6 考察：マンガン団塊の賦存状況	82
4章 調査結果・II (コバルトクラスト)	85
4-1 海山の地形	85

1) 海山の分類及び地形区分	86
2) 各海山の地形特徴	88
3) SBPのタイプ分類	91
4-2 海山の地質	93
1) 地質概要	93
2) 岩石記載	93
3) 年代測定	105
4-3 コバルトクラストの賦存状況	106
1) タイプ	106
2) 性状	110
3) 分布状況	115
4) 化学組成	118
5) 鉱物組成	127
6) FDC調査結果	130
4-4 考察：コバルトクラストの賦存状況	140
5章 まとめ	145
5-1 調査方法	145
5-2 地形と地質	146
5-3 マンガン団塊の賦存状況	146
5-4 コバルトクラストの賦存状況	148
〔参考文献〕	149
〔付帯資料〕	巻末
1. マンガン団塊調査結果一覧表	巻末
2. コバルトクラストサンプリング結果一覧表	巻末
3. FDC観察結果一覧表	巻末
4. 気象、海象データ	巻末
〔別添図〕	巻末

【挿入図一覧】

図 1 - 1	調査海域位置図	2
図 2 - 1 - 1	調査測点及び海山位置図	9
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	22
図 3 - 2 - 1	S B P 記録の分類(1)・(2)	24
図 3 - 3 - 1	底質物の性質(1)	29
図 3 - 3 - 2	底質物の性質(2)	29
図 3 - 3 - 3	底質物の性質(3)	30
図 3 - 3 - 4	底質物の性質(4)	30
図 3 - 3 - 5	底質物の代表的 X 線回折パターン(1)・(2)	33
図 3 - 3 - 6	代表的な放散虫化石種(1)・(2)	38
図 3 - 3 - 7	代表的な有孔虫化石種	45
図 3 - 4 - 1	M F E S とサンプリング結果との比較	48
図 3 - 5 - 1	マンガン団塊の形状と採取量率	49
図 3 - 5 - 2	マンガン団塊の粒径と採取量率	50
図 3 - 5 - 3	マンガン団塊の形状(1)・(2)・(3)	51
図 3 - 5 - 4	海底写真と揚収写真(1)・(2)	55
図 3 - 5 - 5	分布密度の頻度分布(採試点)	57
図 3 - 5 - 6	水深と分布密度の関係(1)	58
図 3 - 5 - 7	水深と分布密度の関係(2)	58
図 3 - 5 - 8	底質物と分布密度の関係(1)	59
図 3 - 5 - 9	底質物と分布密度の関係(2)	60
図 3 - 5 - 10	形状と平均分布密度	60
図 3 - 5 - 11	主要 5 成分の頻度分布図	62
図 3 - 5 - 12	各成分間の散布図	63
図 3 - 5 - 13	分布密度 - Co 散布図	64
図 3 - 5 - 14	分布密度 - Ni 散布図	64
図 3 - 5 - 15	C C D 区分による Ni - Cu - Co 三角ダイヤグラム(1)	68
図 3 - 5 - 16	C C D 区分による Ni - Cu - Co 三角ダイヤグラム(2)	68

図 3 - 5 - 17	水深 - (Ni + Cu + Co) 品位関係図	70
図 3 - 5 - 18	Mn/Fe - (Ni + Cu + Co) 品位関係図	70
図 3 - 5 - 19	Mn/FeによるNi - Cu - Co三角ダイヤグラム	71
図 3 - 5 - 20	Mn/Fe - 分布密度関係図	71
図 3 - 5 - 21	マンガン団塊のMn/Fe分布図	72
図 3 - 5 - 22	太平洋に於けるマンガン団塊のMn/Fe分布図	72
図 3 - 5 - 23	マンガン団塊のX線回折パターン	76
図 3 - 5 - 24	CDC測線位置図(測線89SCDC01)	78
図 3 - 5 - 25	地形・分布密度・面積率変化図(測線89SCDC01)	79
図 3 - 5 - 26	CDCによる連続写真の例(測線89SCDC01)	80
図 3 - 5 - 27	CDC写真例(測線89SCDC01)	81
図 3 - 6 - 1	Ni - Cu - Co三角ダイヤグラム(マンガン団塊)	84
図 4 - 1 - 1	ライン諸島列の年代測定結果	85
図 4 - 1 - 2	海山鳥瞰図	89
図 4 - 1 - 3	海山のSBPプロファイル	92
図 4 - 2 - 1	採取岩石(1)・(2)	97
図 4 - 2 - 2	岩石の顕微鏡写真(1)・(2)	100
図 4 - 2 - 3	粘土・付着物のX線回折パターン	104
図 4 - 3 - 1	コバルトクラストの産状(FDC写真)	108
図 4 - 3 - 2	コバルトクラストのタイプ(揚収写真)	109
図 4 - 3 - 3	海山の地形と海底状況(SC03海山, FDC写真)	111
図 4 - 3 - 4	コバルトクラストの被覆率(FDC写真)	112
図 4 - 3 - 5	クラストの性状(表面構造)	113
図 4 - 3 - 6	クラストの性状(断面構造)	114
図 4 - 3 - 7	水深とクラストの厚さ	115
図 4 - 3 - 8	Co - 水深関係図	121
図 4 - 3 - 9	Ni - 水深関係図	121
図 4 - 3 - 10	Mn - 水深関係図	121
図 4 - 3 - 11	Fe - 水深関係図	121
図 4 - 3 - 12	Co, Ni, Cu三角ダイヤグラム	122
図 4 - 3 - 13	Co, Ni, Cu三角ダイヤグラム	122
図 4 - 3 - 14	コバルトクラストの代表的なX線回折パターン	129
図 4 - 3 - 15	FDCルートマップ(1)(測線89SC02FDC01)	131
図 4 - 3 - 15	FDCルートマップ(2)(測線89SC03FDC02)	132

図 4 - 3 - 15	F D C ルートマップ(3) (測線 89SC04FDC03)	133
図 4 - 3 - 15	F D C ルートマップ(4) (測線 89SC05FDC04)	134
図 4 - 3 - 16	F D C による連続写真の例	135
図 4 - 4 - 1	コバルトクラストの賦存状況概念図	141
図 4 - 4 - 2	コバルトクラストの Co-Ni-Cu 品位と母岩の相違によるタイプ図	144

【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	7
表 3 - 1 - 1	海底地形区分一覧	21
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線回折結果一覧表	32
表 3 - 3 - 4	底質物の分析結果	35
表 3 - 3 - 5	産出放散虫リスト	37
表 3 - 3 - 6	有孔虫化石産出リスト	44
表 3 - 5 - 1	マンガン団塊の化学性	64
表 3 - 5 - 2	マンガン団塊の形状と化学性	66
表 3 - 5 - 3	マンガン団塊の粒度と化学性	66
表 3 - 5 - 4	海底地形とマンガン団塊の化学性	67
表 3 - 5 - 5	底質物とマンガン団塊の化学性	67
表 3 - 5 - 6	Mn/Feで区分した特徴	71
表 3 - 5 - 7	マンガン団塊の完全分析値及び微量分析値	74
表 3 - 5 - 8	マンガン団塊の X線回折結果	76
表 3 - 5 - 9	CDC写真計測値の統計	78
表 4 - 1 - 1	海山のタイプ分類	86
表 4 - 1 - 2	海山の地形区分	86
表 4 - 1 - 3	海山別の地形区分と勾配分布	87
表 4 - 1 - 4	各海山地形特徴(1)・(2)	90
表 4 - 2 - 1	海山別地質状況(1)・(2)	94
表 4 - 2 - 2	岩石の X線回折結果	99
表 4 - 2 - 3	粘土・付着物の X線回折結果	104
表 4 - 2 - 4	粘土・付着物の化学分析	105
表 4 - 3 - 1	コバルトクラストのタイプ分類	107
表 4 - 3 - 2	タイプ別出現率	107
表 4 - 3 - 3	クラストの厚さ(タイプ別)	116
表 4 - 3 - 4	クラストの厚さ(母岩別)	116
表 4 - 3 - 5	クラストの厚さ(地形別)	116

表 4 - 3 - 6	クラストの厚さ (水深別)	116
表 4 - 3 - 7	海山別クラストの産状	117
表 4 - 3 - 8	クラストの部位別品位比較表	118
表 4 - 3 - 9	各成分間の相関表	118
表 4 - 3 - 10	クラストのタイプ別品位比較表	119
表 4 - 3 - 11	クラストの母岩別品位比較表	119
表 4 - 3 - 12	海山の地形的部位別品位比較表	120
表 4 - 3 - 13	水深別品位比較表	120
表 4 - 3 - 14	海山別及び全体の平均品位	123
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(1)・(2)	125
表 4 - 3 - 16	各成分間の相関係数	124
表 4 - 3 - 17	コバルトクラストの X線回折結果	128
表 4 - 3 - 18	F D C 観察結果	136
表 4 - 3 - 19	F D C 観察によるクラスト平均被覆率	137
表 4 - 4 - 1	コバルトクラストの調査結果総括表	142

〔付帯資料〕

1. マンガン団塊調査結果一覧表
2. コバルトクラストサンプリング結果一覧表
3. FDC観察結果一覧表
4. 気象、海象データ

〔別添図〕

- 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 SBPタイプ図
- 別添第5図 SBP上位透明層等層厚線図
- 別添第6図 底質物分布図
- 別添第7図 MFESによる推定マンガン団塊分布密度図
- 別添第8図 形状分布図
- 別添第9図 粒度分布図
- 別添第10図 マンガン団塊分布密度図
- 別添第11図 Ni等品位図
- 別添第12図 Cu等品位図
- 別添第13図 Co等品位図
- 別添第14図 Mn等品位図
- 別添第15図 Fe等品位図
- 別添第16図 Ni金属量図
- 別添第17図 Cu金属量図
- 別添第18図 Co金属量図
- 別添第19図 海山別航跡図 (1)・(2)・(3)
- 別添第20図 海山別地形平面図及び断面図(1)・(2)・(3)・(4)・(5)・(6)
- 別添第21図 海山別地質及びコバルトクラスト分布図(1)・(2)・(3)・(4)・(5)・(6)

1章 調 査 要 項

1-1 調 査 件 名

平成元年度資源開発協力基礎調査キリバス共和国海域。

1-2 調 査 目 的

CCOP/SOPAC諸国の海域内における深海底鉍物資源賦存状況調査としてマンガン団塊とコバルトクラストを対象とした洋上調査およびデータ解析を行う。

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鉍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鉍物資源に関する共同調査実施計画に基づき、金属鉍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 519,900km²、図1-1参照）を調査海域とした。

	緯 度	経 度
①	5° 30' S	155° 00' W
②	5° 30' S	152° 00' W
③	6° 30' S	152° 00' W
④	6° 30' S	148° 00' W
⑤	7° 30' S	148° 00' W
⑥	7° 30' S	147° 00' W
⑦	10° 30' S	147° 00' W
⑧	10° 30' S	149° 00' W
⑨	11° 00' S	149° 00' W
⑩	11° 00' S	151° 30' W
⑪	12° 30' S	151° 30' W
⑫	12° 30' S	155° 00' W
⑬	5° 30' S	155° 00' W

1-4 調 査 期 間

調査：平成元年8月24日～平成元年10月27日（65日間）

解析：平成元年10月28日～平成2年2月10日

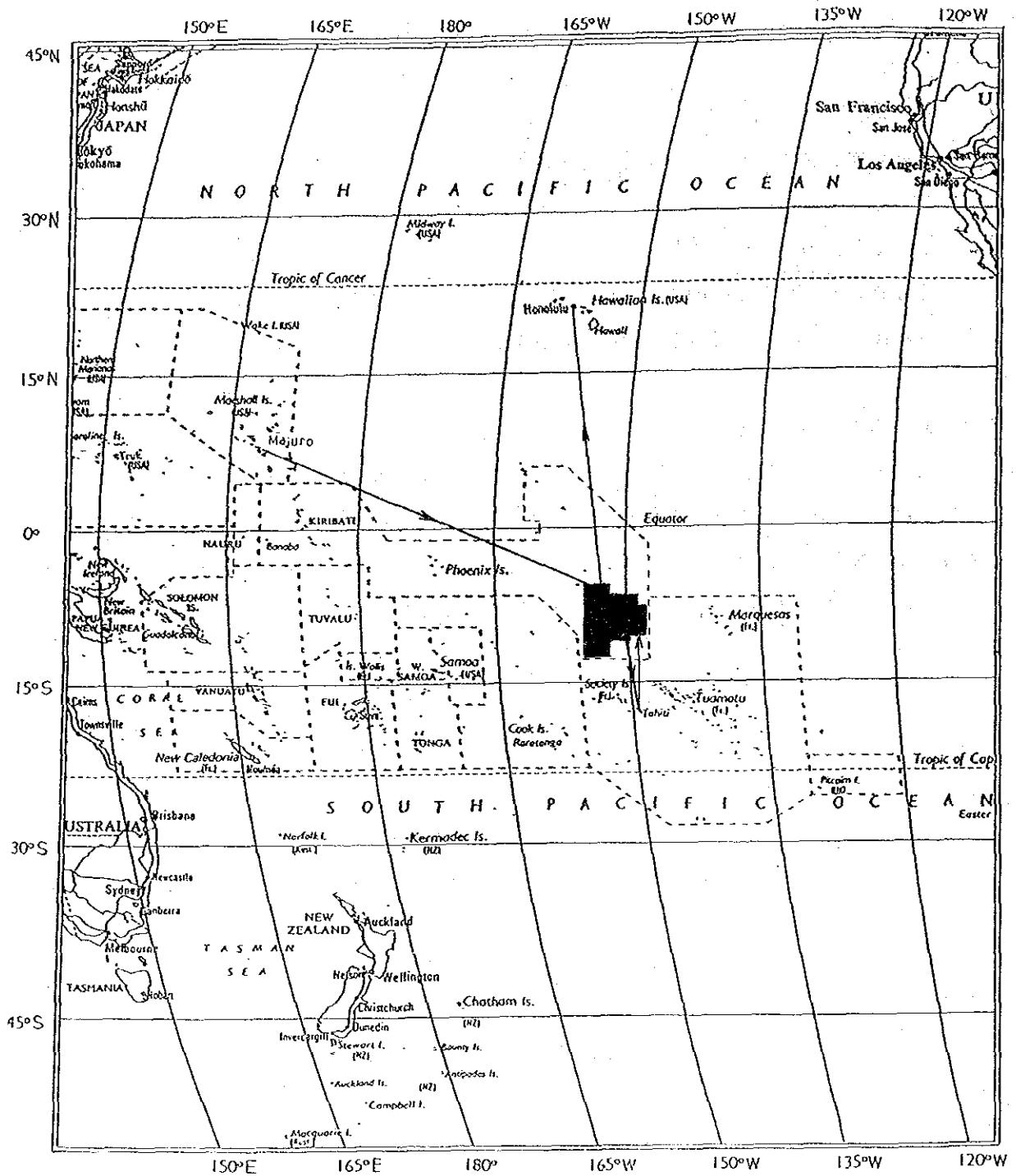


図1-1 調査海域位置図

1-5 調 査 員

監督員	：	小山 恭一 (金属鉱業事業団)
		松本 勝時 (")
		石田 誠一 (")
		小沢 悦夫 (")
		増田 信行 (")
		山口 聡 (")
		奥田 義久 (工業技術院地質調査所)
調査員	：	調査団長 伊達 二郎 (深海資源開発 K. K)
		地質班長 小長井憲二 (")
		地質班員 戸野 潔 (")
		" 久谷 公一 (")
		" 吉永 豊 (")
		" 横屋 善和 (")
		" 松長 隆志 (")
		" 花岡 雄二 (")
		" 田中 明博 (海洋技術開発 K. K)
		物探班長 松山 弘志 (深海資源開発 K. K)
		物探班員 棚橋 道郎 (")
		" 倉本 修 (")
		" 斎藤 洋男 (")
		" 桑原 誠吾 (")
		" 山道 照巳 (")
		" 今井 良樹 (")
		" 今井 松男 (海洋技術開発 K. K)
		" 大井 透 (")
		" 及川 利幸 (")

S O P A C 事務局 (協定折衝) : JIOJI KOTOBALAVU

JIM BADE

D. L . TIFFIN

(客 員) : D. S . CRONAN

(研 修 生) : KAMATOA BABO (キリバス共和国)

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 ペ ード コ ア ラ ー ア ー ム 型 ド レ ッ ジ ャ ー	FG SC AD	
	分 析	前 処 理 機 器 (乾 燥 ・ 粉 碎) 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 連 続 撮 影 式 深 海 カ メ ラ フ ァ イ ン ダ 付 連 続 撮 影 式 深 海 カ メ ラ *1	FC CDC PDC	曳 航 式 曳 航 式
デ 理 装 置 取 録 処	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 C P U フ ァ イ ル サ ー バ ー C P U ホ ス ト C P U E W S C P U L A N , P C , I C M	DPS	

*1: 水深測定のためのCTDも搭載した。

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	8月26日 16:00*	タヒ・パペーテ出港	9月20日 16:00	
	調査海域到着・調査開始	9月2日 05:30	調査開始	9月22日 05:30	
	調査海域離脱	9月15日 20:00	調査海域離脱	10月20日 13:30	
	タヒチ・パペーテ入港	9月17日 08:00	ホノルル入港	10月26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 測点当り採試点数 採 試 点 数	60マイルグリッド 33測点 3点 99点 (33×3)	使用サンプラー 不浮上事故	フリ-フォールグラフ(FG): 94点 スベードサンプラー (SC): 5点 無し
	コバルト クラスト	調 査 海 山 数 採 試 点 数 使用 サンプラー	6海山 52点 アーム型ドレッジャー	採取量	2,356kg (岩石含む)
海 底	マンガン 団塊	深海カメラ(FC)使用回数 得られた写真	99回 99枚	連続撮影深海カメラ(CDC) 得られた写真	1測線, 5.4マイル 188枚
	観 察	コバルト クラスト	得られた写真(FDC) 得られた VTRテープ	675枚 (4海山, 4測線, 20.2 マイル) 11巻	
分 析	処 理 件 数 分 析 成 分 延 分 析 件 数	385件, 内訳 マンガン団塊 205件, コバルトクラスト 180件 5成分 (Ni, Cu, Co, Mn, Fe) 1,925件 (385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 2,580マイル " " " " " " " " " " " "	欠測長 0マイル " " " " " " " " " " " "	
	コバルト クラスト	NBS (30.0kHz) PDR (12.0kHz) SBP (3.5kHz)	実測長 3,633マイル " " " " " " " "	欠測長 0マイル " " " " " " " "	
デ ィ 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	14巻 (オープンリールMT) 3巻 (オープンリールMT) 1巻 (オープンリールMT) 3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	89SCDC01
	実施日	9月24日
	実施場所	測点No.89426 付近 (W→E)
C	観察距離 (A)	5.4 マイル
D	観察時間 (T)	05:21
C	平均船速 (A/T)	1.01ノット
調	投入時刻	08:26
査	揚収時刻	16:53
	所要時間	08:27
	写真撮影枚数 (N)	188枚
	平均撮影間隔 (T/N)	1.71分/枚

	測 線 名	89SC02 FDC01	89SC03 FDC02	89SC04 FDC03	89SC05 FDC04	合 計 (平均)
	実施日	10月 2日	10月 4日	10月 8日	10月13日	
	海 山 名	SC02	SC03	SC04	SC05	
	観察距離 (A)	4.171ノ	5.071ノ	6.071ノ	5.171ノ	20.271ノ
F	観察時間 (T)	03:00	04:01	04:56	04:47	16:44
D	平均船速 (A/T)	1.37ノット	1.24ノット	1.22ノット	1.07ノット	(1.21ノット)
C	投入時刻	14:31	07:52	07:43	07:42	
調	揚収時刻	19:01	13:13	14:21	13:58	
査	所要時間	04:30	05:21	06:38	06:16	22:45
	写真撮影枚数 (N)	137枚	192枚	180枚	166枚	675枚
	平均撮影間隔 (T/N)	1.31	1.26	1.64	1.73	(1.49分/枚)
	収録ビデオテープ数	2 巻	3 巻	3 巻	3 巻	11巻

表 1 - 3 調査日程実績表

調査期間：65日，実調査日数：42日

月/日	調 査 項 目	月/日	調 査 項 目
8/24	木 出港準備	9/26	火 クラスト調査(SC01) ●
25	金 ”	27	水 ” ●
26	土 マジュロ出港(16:00)	28	木 ” ●
27	日 総員訓練，調査計画打合せ	29	金 ” (SC02) ●
28	月 移動・調査準備	30	土 ” ●
29	火 ”	10/ 1	日 ” ●
30	水 ”	2	月 ” ●
31	木 ”	3	火 ” (SC03) ●
9/ 1	金 ”	4	水 ” ●
2	土 マンガン団塊調査開始 ○	5	木 ” ●
3	日 ” ○	6	金 ” ●
4	月 ” ○	7	土 ” (SC04) ●
5	火 ” ○	8	日 ” ●
6	水 ” ○	9	月 ” ●
7	木 ” ○	10	火 ” ●
8	金 ” ○	11	水 移 動 ●
9	土 ” ○	12	木 クラスト調査(SC05) ●
10	日 ” ○	13	金 ” ●
11	月 ” ○	14	土 ” ●
12	火 ” ○	15	日 ” ●
13	水 ” ○	16	月 ” (SC06) ●
14	木 ” ○	17	火 ” ●
15	金 ” ○	18	水 ” ●
16	土 移 動	19	木 ” ●
17	日 パペーテ入港(08:00)	20	金 調査海域離脱(13:30)
18	月 休 日	21	土 移動・レポート作成
19	火 ”	22	日 ”
20	水 パペーテ出港(16:00)	23	月 ”
21	木 移 動	24	火 ”
22	金 マンガン団塊調査 ○	25	水 ”
23	土 ” ○	26	木 ホノルル入港(08:00)
24	日 ” ○	27	金 業務引継ぎ
25	月 ” ○		

注) ○印：マンガン団塊調査 18日間

●印：コバルトクラスト調査 24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33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（一部スピードコアラーを使用）と各種音響探査が主体であるが、好ましい調査結果の得られた測点を中心とした海域から1測線を選定してCDC（連続撮影式深海カメラ）調査を実施した。（図2-1-1参照）

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89S0902A, 89S0902Bなどとした。また、夜間航走は89S0902NのようにNを付した。ここに89は調査年度（1989年）、Sは調査機構（SOPAC）、0902は9月2日、A, Bはその日の測線順序をそれぞれ示す。

CDC調査測線に対しては、測線名を89SCDC01……のように追番した。

(2) 測点、採試点の付番

測点番号は、89401からサンプリング順に通し番号とした。ここに89は1989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）

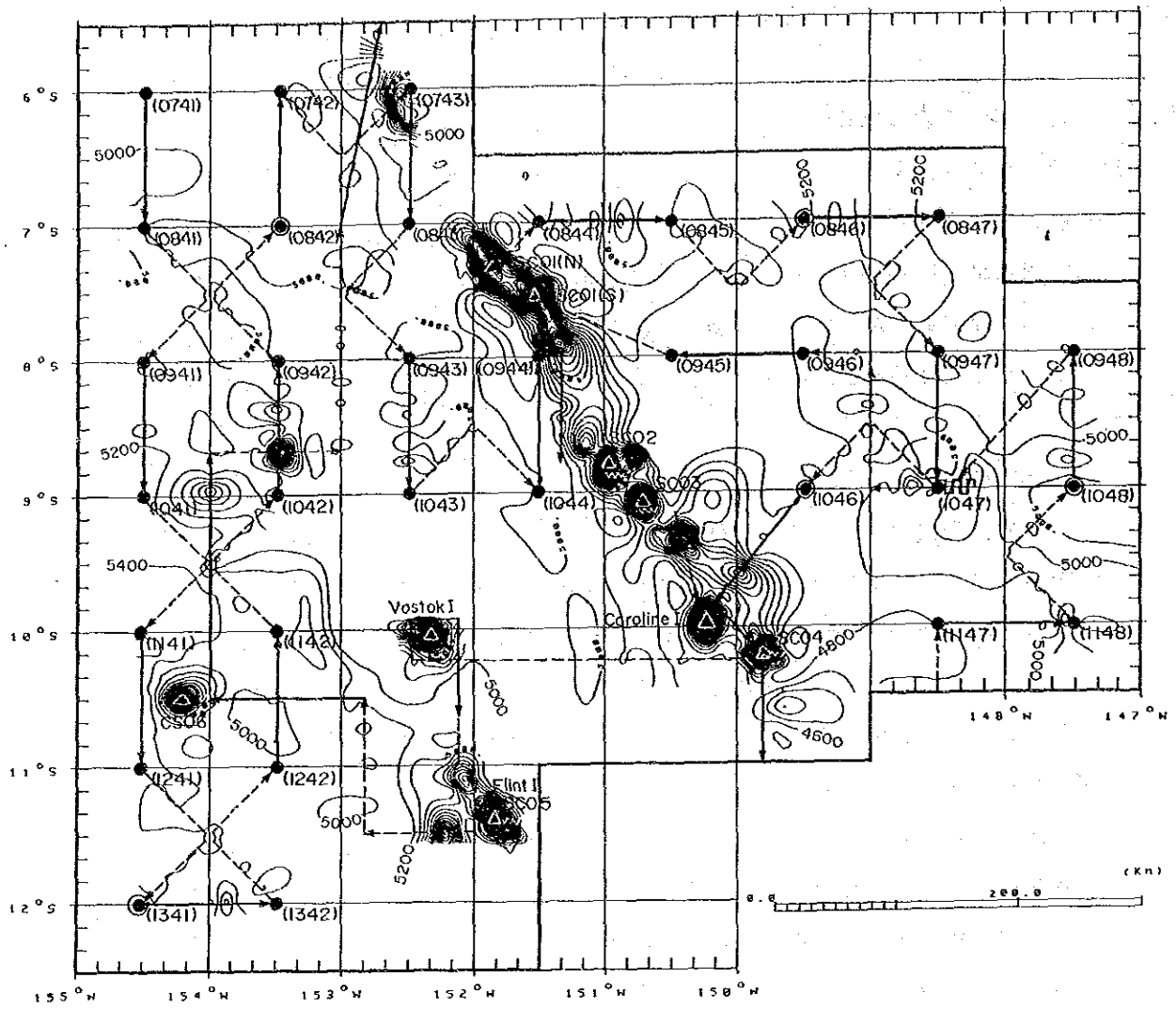
採試点番号には調査年度（1989）、調査機構（SOPAC）を示すために89Sを前置する。次に調査海域を経緯度線によって1°ごとの四辺形に分割し、各々に対して4桁の区画番号を付与する。（図2-1-3参照）ここで上位2桁は各区画の南辺緯度を示し、下位2桁は175°Eを基準①とし東進するごとに12, 13, 14, ……と付与される追番を示す。各区画内で行われたサンプリングに対しては作業手法ごとに作業記号を付したあと01より追番にて付番する。例えば、サンプリング番号89S0741FG01は、1989年に0741区画内において実施したFG（フリーフォールグラブ）によるサンプリング順序01番目のサンプルであることを示す。

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^{*1}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、

*1 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。



凡例

- 調査海域
- マンガン団塊 サンプルング測点
- △ SC01～SC06コバルトクラスト調査海山及び島
- ◎ スペードコアラー実施測点 √ FDC ∩ CDC
- ← 昼間航走 ← 夜間航走
- (0741) 区画番号

図 2 - 1 - 1 調査測点及び海山位置図

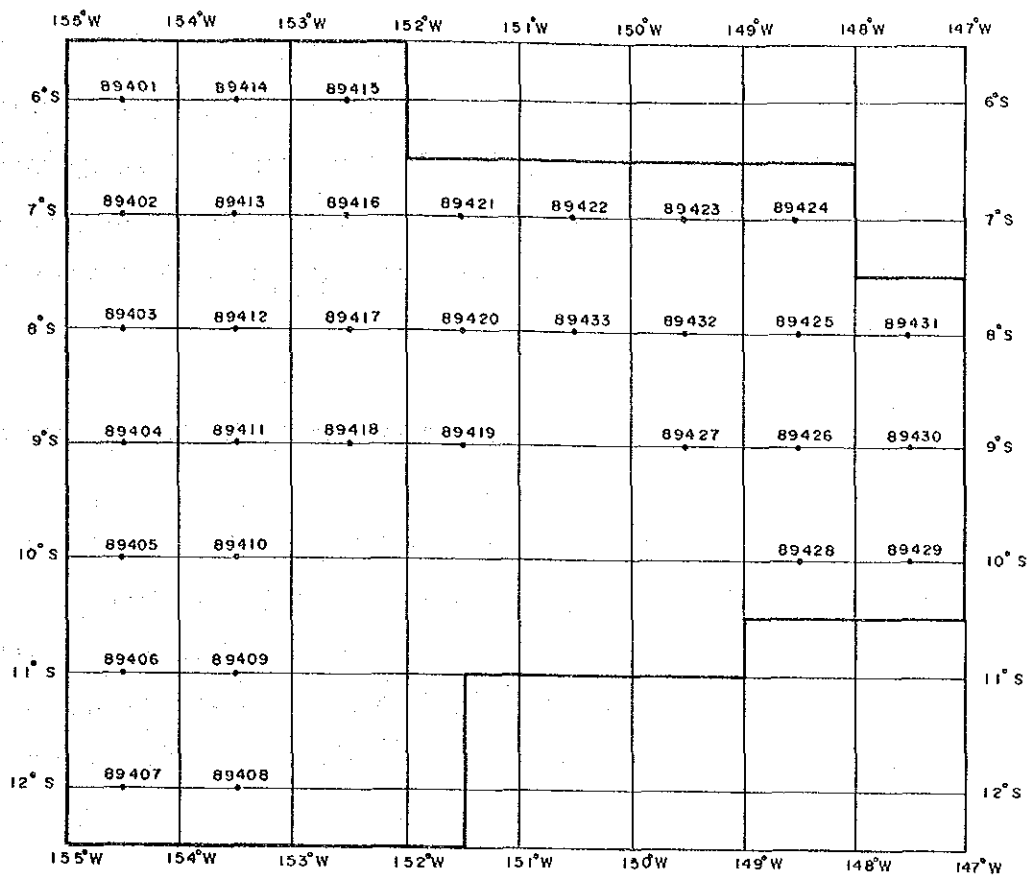


图 2-1-2 测点 番 号 图

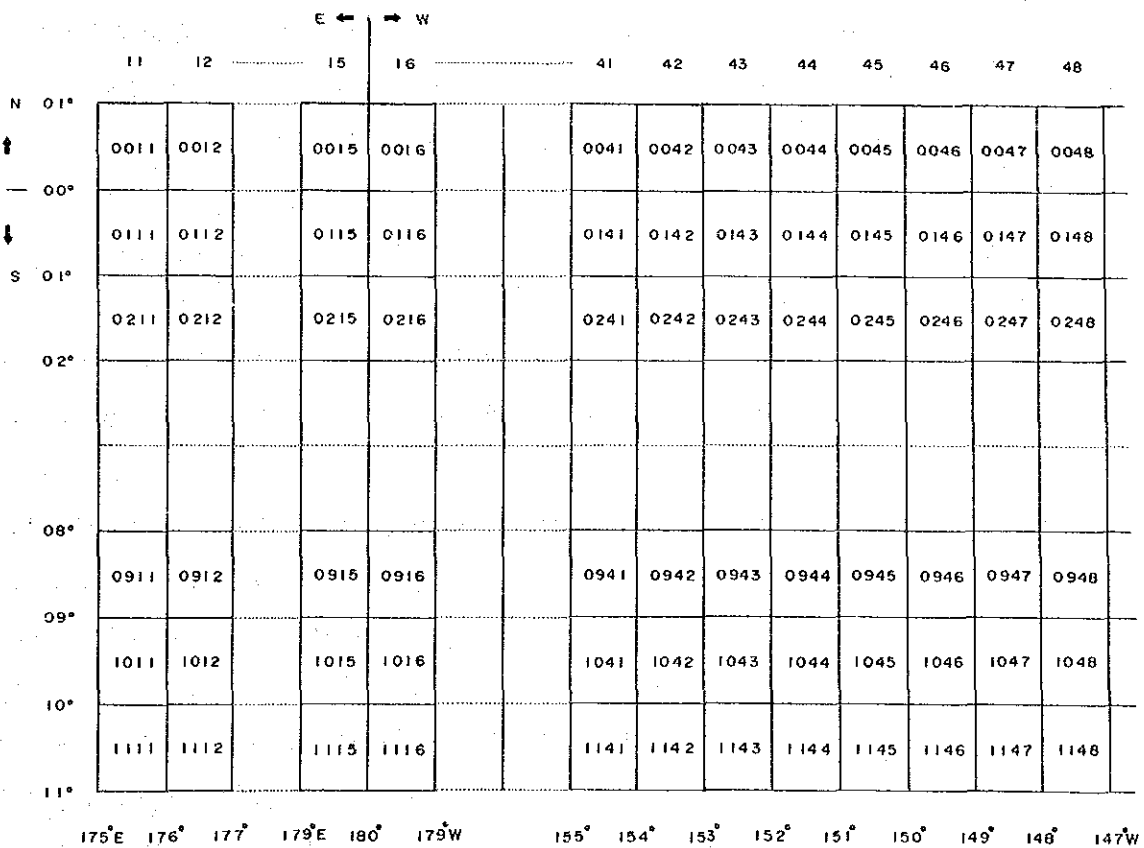
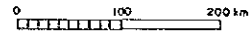


图 2-1-3 区 画 番 号 图

船上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。

調査に係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、UP DATE 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。

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り船速は通常3～8ノットとなった。

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の透明層の厚さ、音響層序タイプ等があり、これらは5分ごとに読み取り、OCRを利用してデータ処理システムのデータベースに入力保存したほか、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。

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。

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によるサンプリングと併行して、各機器に取り付けた深海カメラによる海底状況の写真撮影を行った。今調査のサンプリング測点間隔は、60マイ

ルグリッドである。

サンプリングは1測点あたり3回行い、その配置は、南側の頂点を測点とする直角二等辺三角形の各頂点におけるサンプラー投入点を採試点と見做すものである。すなわち測点及びそれを中心として北西並びに北東各々1.4マイルの点においてサンプリングを行った。3点サンプリングの投入順序を図2-1-4に示す。

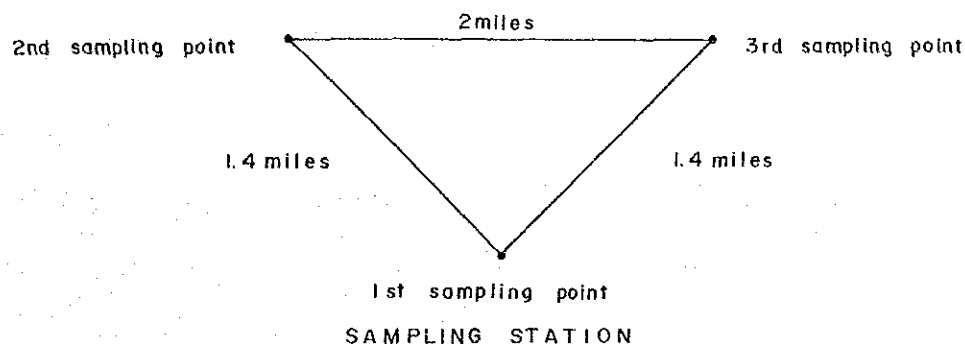


図 2 - 1 - 4 3 点サンプリングにおけるサンプラーの投入順序説明図

F Gに代えてS C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。F G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リ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、分布密度算出の参考としている。

8) C D Cによる海底観察

調査日程前半に実施したF G 27測点のサンプリング結果から、マンガン団塊の鉱況が良好な測点No.89426 付近の海域に東西5マイルの測線を設定し、C D Cを曳航することにより、海底のマンガン団塊の分布状況を観察した。

海底観察時の船速は約1ノットを保持し、約50メートル毎に1枚の写真撮影を行った。

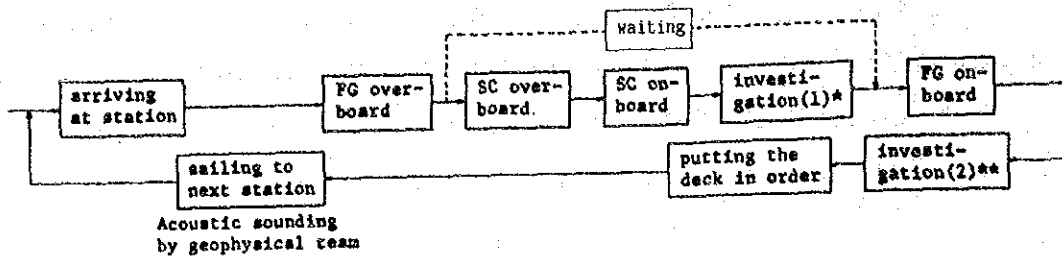
9) 試料の処理・分析及び保管

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F G・S C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ほか、一部のものを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・含有化石鑑定等を実施し残余は保管した。

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

[A] The outline of the bottom sampling work



* Detail of investigation (1)

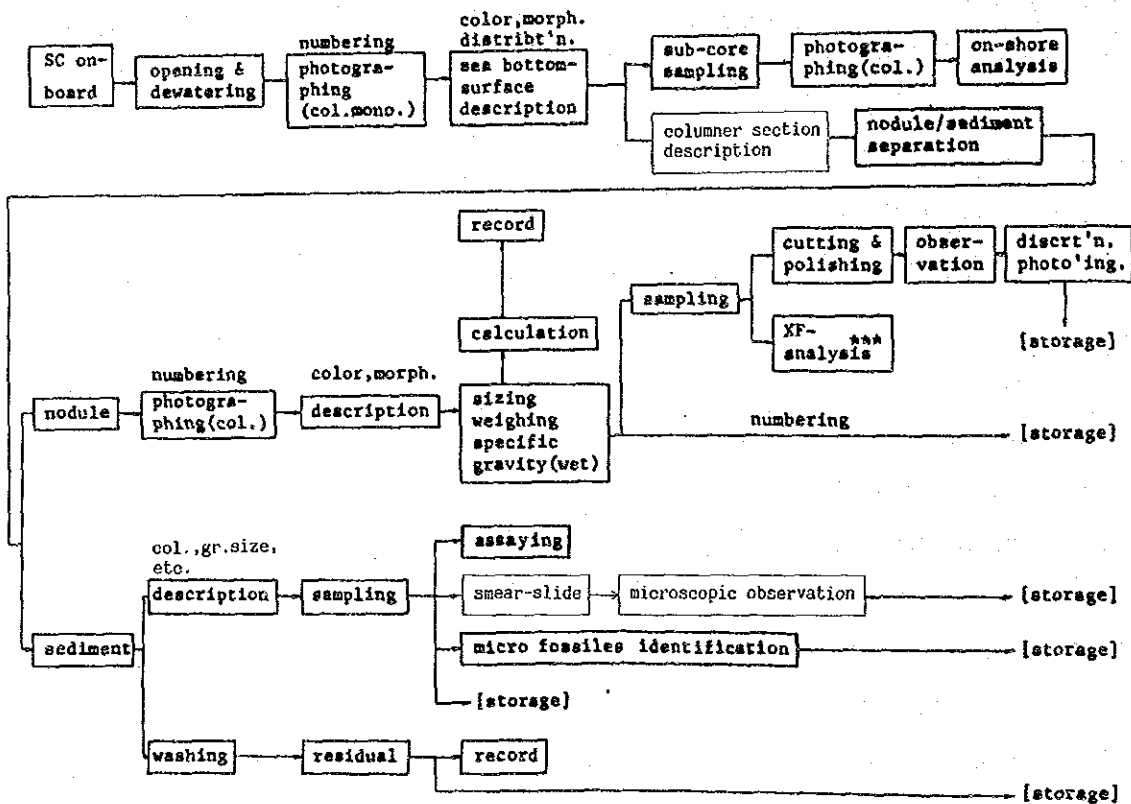
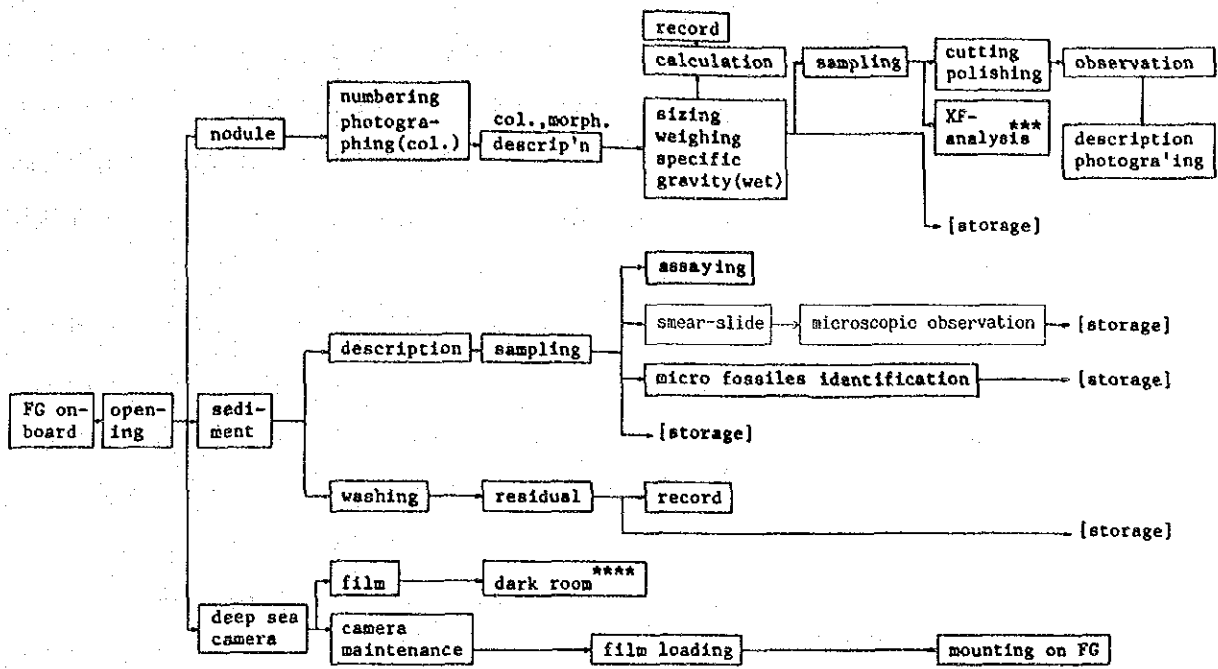
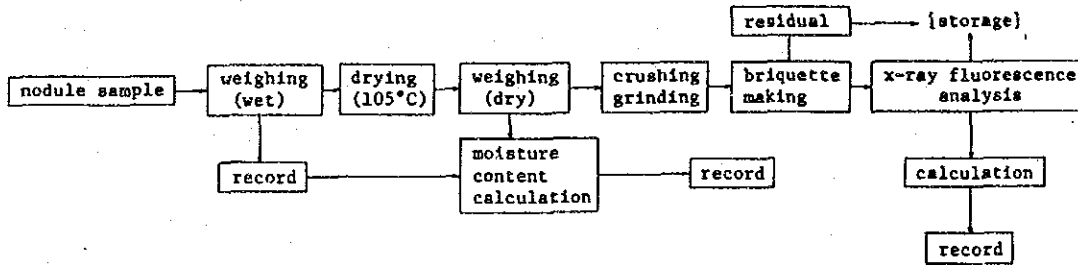


図 2 - 1 - 5 サンプル処理解析系統図(1)

** 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)

上で行った。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（NNSS, GPS, NBS, PDR, MFES, ウインチ, モード・イベントボックス等）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、バッファに一時保存されて、NNSS 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 NBS水深の記録紙から、時間及び水深をデジタイズ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, 表面構造など
- ・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及びオフラインパソコン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

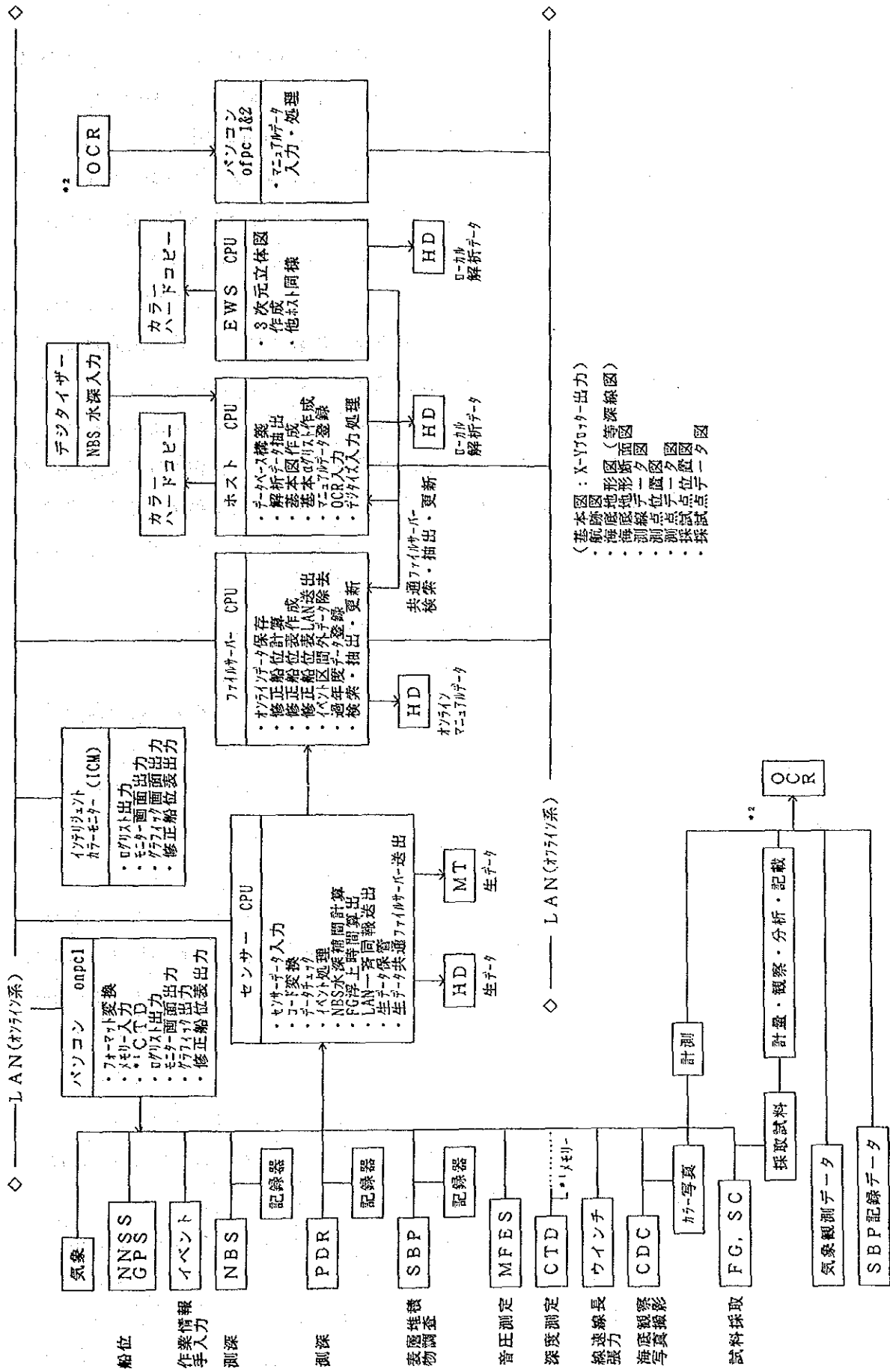
データ処理システムのオフライン作画機能を用いて、航跡図及び採試点位置図を縮尺120万分の1で作成した。

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記録紙から読み取った5分ごと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。



(基本図: X-770ルーター出力)
 (等深線図)
 (断面図)
 (地形図)
 (海底地形図)
 (測点位置図)
 (測点位置図)
 (測点位置図)
 (測点位置図)
 (測点位置図)
 (測点位置図)

図 2-1-6 データ解析及び処理系統概略図

④ SBPタイプ図

SBP記録紙から読み取った5分ごとのSBPタイプを航跡図上にプロットして本図を作成した。

⑤ MFES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フライン機能により、MFESのログリストを打ち出し、5分ごとの分布密度値を上述の航跡図上に、 2 kg/m^3 単位の等分布密度線で表示して本図を作成した。

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、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。

⑦ 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測点（1観察測点当り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。

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調査より得られた地形データに基づき、調査対象海山を6海山選定した。（図3-1-1参照）調査方法は各種音響探査による地形及び表層堆積層の把握、FDCによる海底観察と写真撮影、及びドレッジによるサンプリングを主体とした。

2) 付番

以下の要領で付番した。

〈海山名〉調査機構（S）-海域（本年度のアルファベット順はCであり、次年度以降の海域に対しては順次D、E・・・を用いる）-No.

例：SC01

〈サンプリング点〉年号-海山名-使用機種-No.

例：89SC01AD01

〈F D C 測線〉年号－海山名－F D C－No.

例：89SC01FDC01

〈音響探査測線〉年号－調査機構（S）－日付－N（N I G H T）

例：89S0927N

〈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。

4) 海底地形調査

各海山の調査の初めにNBSによる地形航走を実施して記録紙から海底地形を把握するとともにデータ処理システムにより海底地形図を作成して、サンプリング点を選定した。航走測線間隔は1マイルを、航走速度は10ノットを標準とした。

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

6海山全てにおいてアーム型ドレッジ（AD）によるサンプリングを実施した。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3,100m程度とした。1海山におけるサンプリング点数は約9点である。ドレッジの曳航船速は約1ノットとし、ドレッジ着底から離底までの標準曳航時間は30分程度とした。

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成分並びに含水率である。分析法はマンガン団塊と同じである。ただし、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行った。

また、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を陸上で行った。

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、他は湿潤状態のまま保管した。

8) F D Cによる海底観察

サンプリングに先立ち、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にFDC調査を実施した。計画測線延長は約5マイルで、曳航船速は1ノットを標準とし、原則として海底面に沿って連続的に観察した。写真撮影間隔は適宜とした。本機は曳航体にテレビカメラを塔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の変化傾向などを把握した。

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。ただし、コバルトクラスト調査ではMFES測定は実施していないほか、FG、SC、CDCに代わりAD、FDCを用いた。処理系統を図2-1-6に示した。

(2) 調査データの解析

データ処理システムあるいはオフラインパソコンに保存されているデータを基に次のような各種図表を作成した。

- ① 航跡図：データ処理システムにより各海山ごとに縮尺30万分の1で作成した。
- ② 海底地形図・採試点位置図：データ処理システムにより各海山ごとに縮尺30万分の1の海底地形図を作成、採試点位置を示した。
- ③ 海底地形断面図：データ処理システムにより海山の断面図を作成した。
- ④ 地形鳥瞰図：データ処理システムにより海山ごとに鳥瞰図を作成した。
- ⑤ 地形勾配図：データ処理システムにより海山ごとに勾配図を作成した。
- ⑥ 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。この図にはサンプリングごとの平均品位も示した。
- ⑦ 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。
- ⑧ 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。

3 章 調査結果・I (マンガン団塊)

3-1 海底地形

1) 広域地形 (図 3-1-1 及び別添第 3 図)

本調査海域は、North Penrhyn Basin の東端部分と Northeast Pacific Basin が、ライン諸島列をはさんで接している場所である。その為、North Penrhyn Basin に属する南西部では、水深 5,200~5,400m に達する深海平坦面が形成されている。

また、Northeast Pacific Basin に属する北東部でも水深 5,000~5,200m の深海平坦部となっている。これらの両海盆は、調査海域の中央部分を NW~SE 方向に横切るライン諸島列によって分断されている。

海域中央部は、ハワイ島の西方まで連続するクリスマス海嶺を構成するライン諸島列の南端部に相当し、Southern Line Group という名称が与えられている。このライン諸島列は、当海域では平行な 2 系列からなっており、カロリン島は東側の列に、またヴォストーク島とフロント島は西側の列に属する。ライン諸島列を構成する海山列は主に独立した小規模な尖頂海山からなる場合がほとんどである。しかし東側の海山列の北部では、ridge 状となって連続している様子がうかがえる。

各海山の地形特徴については、クラスト調査の項で詳しく述べる。

2) 海底地形区分

海底地形の区分にあたっては、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。

当海域の海底地形は、巨視的には西から平坦地、丘陵地、山岳地、準平坦地の順に区分出来る。このうちの山岳地と丘陵地は海域中央部を NW~SE 方向に横切るライン諸島列に対応している。このライン諸島列は当海域では平行した 2 系列からなり、西側の列が丘陵地に、東側の列が山岳地に対応する。

平坦地は、North Penrhyn Basin の東端を構成する深海平坦部に対応する。準平坦地は、Northeast Pacific Basin がライン諸島列に接する場所に対応する。

次に当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、海嶺に区分される。このうちの平地は、平坦地、丘陵地、及び準平坦地において広く認められる。

また盆状地は、大規模なものとしては海域の西部に North Penrhyn Basin の一部が、また北東部には Northeast Pacific Basin の一部が分布する。また、ライン諸島列の北部周辺にも 5,200~5,400m の盆状地が見られる。溝状地は、ライン諸島列の北部周辺で水深 5,800m に達する裂か状の凹地が認められた。台状地は、丘陵地と準平坦地において小規模なものが

認められる。海丘は、丘陵地と準平坦地において見られるが数はそれほど多くない。ライン諸島列との関係は特に認められない。海山はライン諸島列に属するものが多数分布するが規模は小さい。例外としてNorth Penrhyn Basin 内に1海山（SC06）を認めた。海嶺は、ライン諸島列の北部（SC01）において、約150kmの連続を確認した。

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。	

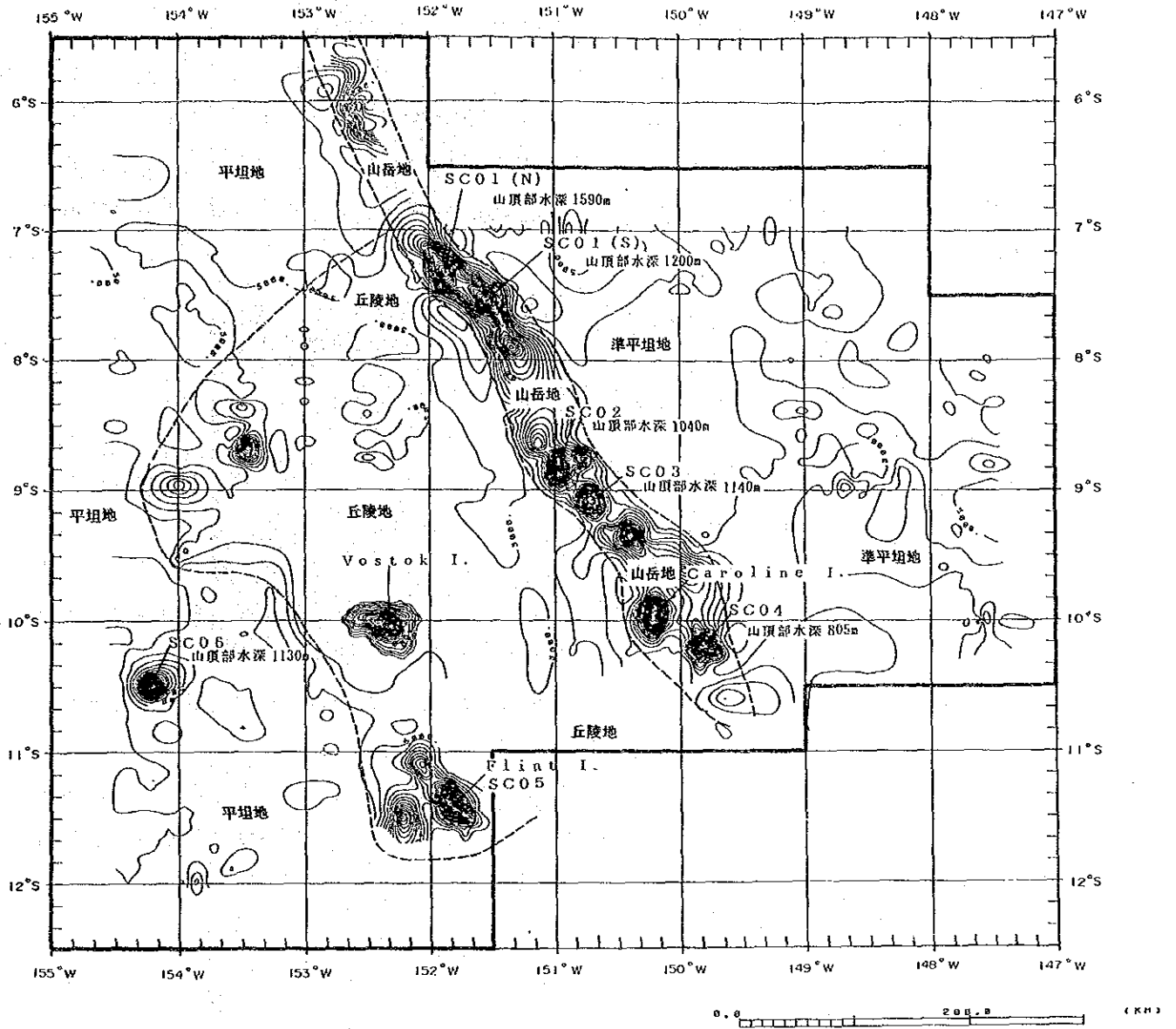


图 3 - 1 - 1 海底地形说明图

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の各タイプ、また最上位が不透明層であるタイプとして、c, d₁, d₂, d_sを確認した。各タイプの代表例を図3-2-1に示す。各タイプの定義は以下の通りである。

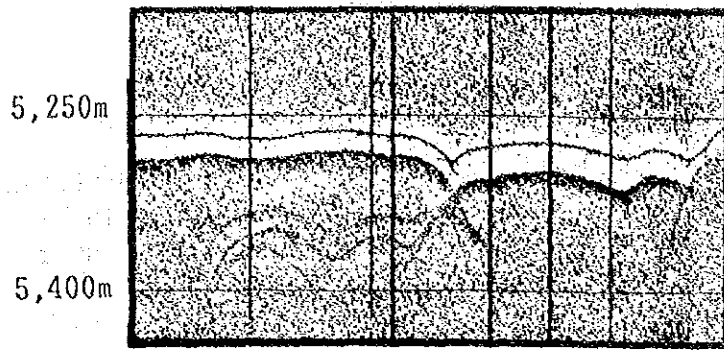
①最上位に音響的透明層が認められるタイプ

- ・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。
透明層は20~30mである。地形は平坦である。
- ・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。
透明層は30~50mである。
- ・タイプ e₁ : 透明層 —— 不透明層の2層からなる場合が多いが、一部では多層構造を示す。透明層の透明度はタイプaより悪いが、不透明層との境界は明瞭である。地形の起伏が大きく透明層の厚さは10~20mである。
- ・タイプ t_s : 地形の影響を受けて大小の双曲線を示す。最上位の透明度が比較的良く、透明層が存在すると推定される。

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。なお従来タイプaでは、マンガン団塊を多産する場合が多かったが、当海域ではそのような傾向は見られなかった。

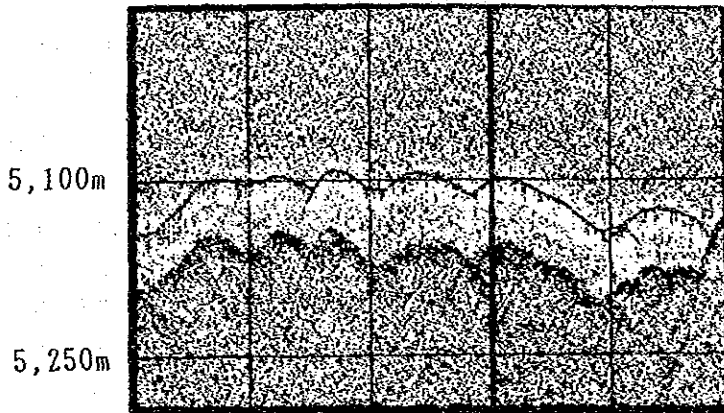
②最上位に音響的不透明層が見られるタイプ

- ・タイプ c : 不透明層 —— 透明層を繰返す場合が多い。表層部に固結した堆積物が分布し、その下は未固結堆積物と互層をなすと考えられる。
- ・タイプ d₁ : 不透明層だけからなる。海丘、海山の分布と一致しており、岩盤の露出帯と考えられる。
- ・タイプ d₂ : 平坦地で見られる不透明層だけからなるタイプ。岩盤もしくは固結した堆積物が分布すると考えられる。
- ・タイプ d_s : 地形の影響を受けて、大小の双曲線を示す。最上位は透明度が悪く、不透明層が存在すると考えられる。比較的固結した堆積物もしくは岩盤の露出帯に相当すると考えられる。



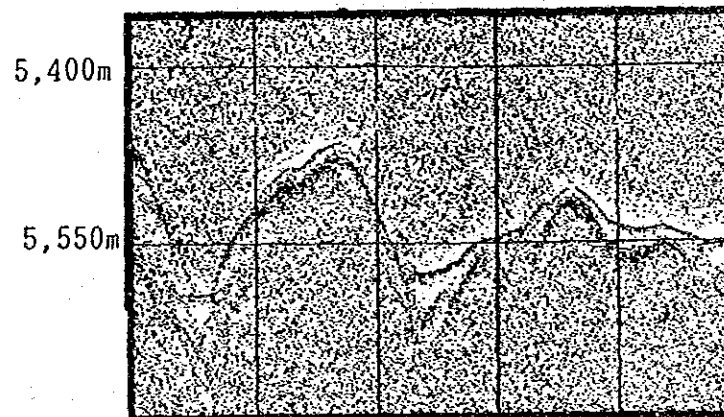
Type a

Line 89S0905
 12° 00' S
 153° 30' W



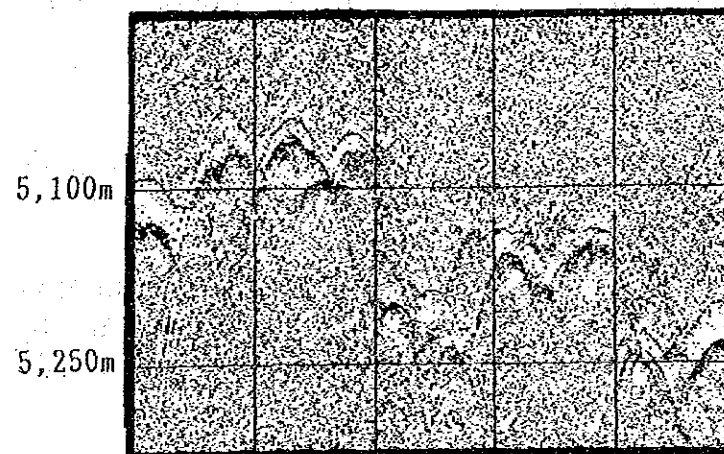
Type b

Line 89S0908N
 06° 00' S
 153° 30' W



Type e₁

Line 89S0903N
 09° 49' S
 154° 19' W

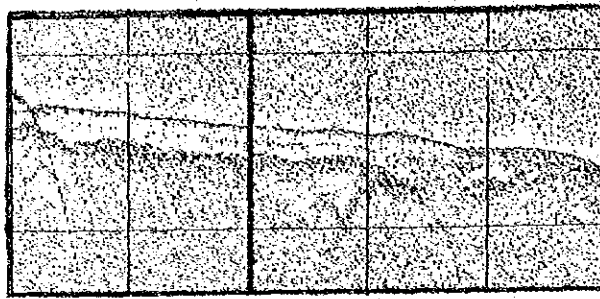


Type t_s

Line 89S0913N
 07° 00' S
 148° 30' W

図 3 - 2 - 1 SBP 記録の分類(I)

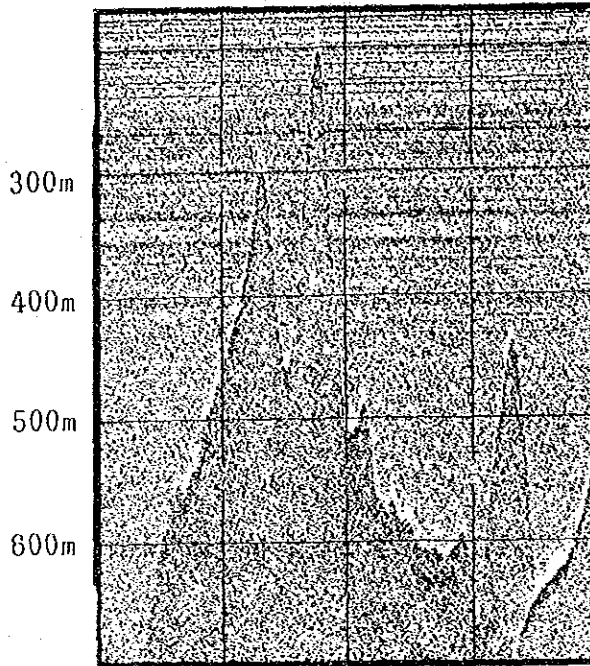
DEPTH
5,100m



Type c

Line 89S0911A
08° 10' S
151° 30' W

5,250m



Type d1

Line 89S1012A
11° 24' S
151° 49' W

300m

400m

500m

600m

5,400m

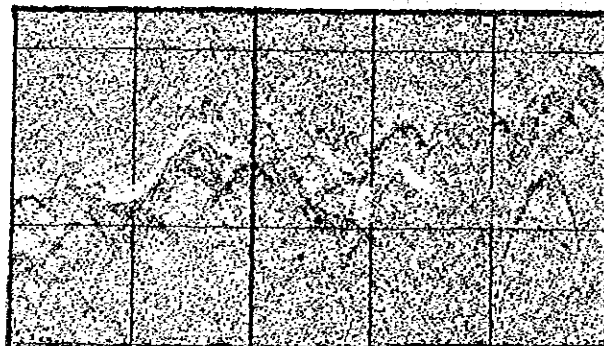


Type d2

Line 89S0909A
06° 24' S
152° 30' W

5,550m

4,650m



Type ds

Line 89S0922
10° 19' S
148° 30' W

4,800m

図 3 - 2 - 1 SBP 記録の分類(2)

2) S B Pタイプの分布状況

別添第4図にS B Pタイプ分布図を示す。既に述べたように当海域を海底地形区分に従って分類すると、以下の4区域に分けられる。

- ・平坦地 ……153°W以西。水深 5,000~5,400m
- ・準平坦地 ……海域の北東部分。水深 5,000~5,200m
- ・丘陵地 ……海域のほぼ中央部。水深 4,500~5,000m
- ・山岳地 ……海域中央部をNW~SE方向に帯状分布。水深 0~5,000m

当海域におけるS B Pタイプの分布は、これらの地形区分と密接な関係を示すため、以下地形区分毎のS B Pタイプの特徴について述べる。

- ①平坦地 : 透明層を示すタイプ e_1 , a , b が主に見られる。とりわけ南西部ではタイプ e_1 が広く発達する。北西部では e_1 と b タイプが卓越する。
7°S~9°Sにかけては c タイプが多く見られる。タイプ a と t_s は局部的にしか見られない。
- ②準平坦地 : タイプ d_s が卓越し、その他のタイプは局部的である。
- ③丘陵地 : タイプ d_s が広く発達、その他のタイプは局部的である。山岳地の近傍でタイプ c が多くなる。
- ④山岳地 : タイプ d_1 と d_s が広く発達する。

以上に述べたように、平坦地以外ではタイプ d_s が発達する。この平坦地以外の準平坦地、丘陵地、山岳地は、当海域のおよそ80%を占めているため、結果的に当海域の80%近くがタイプ d_s を示すことが著しい特徴となっている。このタイプ d_s は、地形の起伏がない場所における d_2 、もしくは c タイプに相当すると考えられ、比較的固結度の高い堆積物が広く分布していると推定される。特に、水深がC C D (5,000m前後)よりも浅い場所では、石灰質堆積物の分布に対応していると考えられる。

3) 上位透明層の分布状況

別添第5図に上位透明層の分布図を示す。前述のように不透明層を示すタイプ d_s が広く発達しているため、透明層の分布域は非常に限られており、タイプ e_1 と b が見られる南西部と北西部に限定される。これらの場所では10m前後の薄い透明層がややまとまって認められ、地形的に見ると水深 5,000~5,400mと深く、North Penrhyn Basin を構成する深海平坦面に対応している。その他の場所でも、タイプ a , b , e_1 , t_s などに対応して10~30mの透明層が見られるが、いずれも局部的で連続性に乏しい。

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、構成物についてはスミアスライドを作製し顕微鏡観察(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 放散虫, 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) 種類

PG, SCの99採試点の内, 84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	63	75.0	100	
	珪質粘土	1	1.2		
	石 灰 質 堆 積 物	灰珪質粘土	7		8.3
		珪灰質粘土	9		10.7
		石灰質粘土	1		1.2
		珪灰質軟泥	1		1.2
		有孔虫軟泥	2		2.4

本表及び観察結果から次の特徴が認められた。

- ① 第四紀堆積物のみ出現する。
- ② 石灰質堆積物に富む。(約24%)

石灰質堆積物はライン諸島の東側の海域で特に多く出現するが、これは水深 5,000m 以浅の採試点数が多いことを反映する。

	西側	東側
石灰質堆積物	19%	32%

- ③ 褐色粘土の色は 5 Y R 2.5 / 2 が多く、暗赤褐色を示す。
- ④ 褐色粘土にはゼオライト含有量が高い試料があり、最高10%に達するものもある。

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た。

- ① 褐色粘土は全域に出現する。(別添第 6 図参照)
- ② 石灰質堆積物はライン諸島の西側では、海山列に沿って地形的浅部に出現する。ライン諸島の東側では、9° S 付近の地形的浅部に出現する。(別添第 6 図参照)
- ③ 褐色粘土中の放散虫含有量に変化がある。(図 3-3-1 ~ 図 3-3-4 参照)
南北方向では、9° S 付近で多く、東西方向では 150° 30' W 以東の海域で多い。
- ④ 褐色粘土中のゼオライト含有量に変化がある。(図 3-3-1 ~ 図 3-3-4 参照)
南北方向では 10° S 以南で多い。
東西方向では西側海域が東側より多い。
- ⑤ ③、④の結果から放散虫含有量が多い海域ではゼオライト含有量が少くなる傾向が認められた。
- ⑥ SC 5 点の内 3 点で底質物の垂直的観察ができたが、(最長 48cm) この長さの範囲内では、底質物の種類、粒度、色、組織等は一様であった。
- ⑦ 自生鉱物(ゼオライト、粘土鉱物他)は、西側海域の南部(水深 5,200m 以深)を除いて FG, SC 採取試料中に認められた。

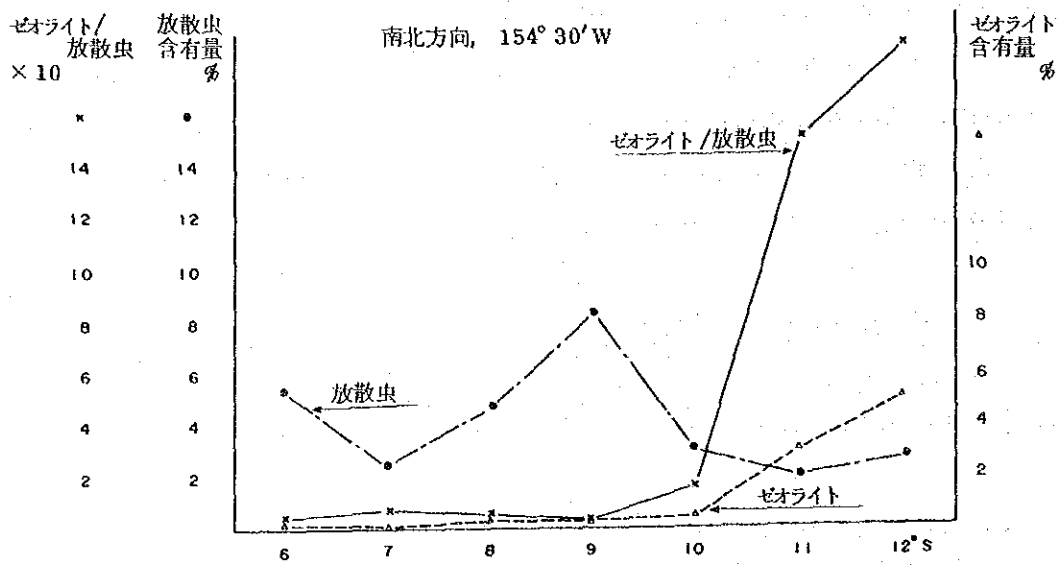


図 3 - 3 - 1 底質物の性質(1)

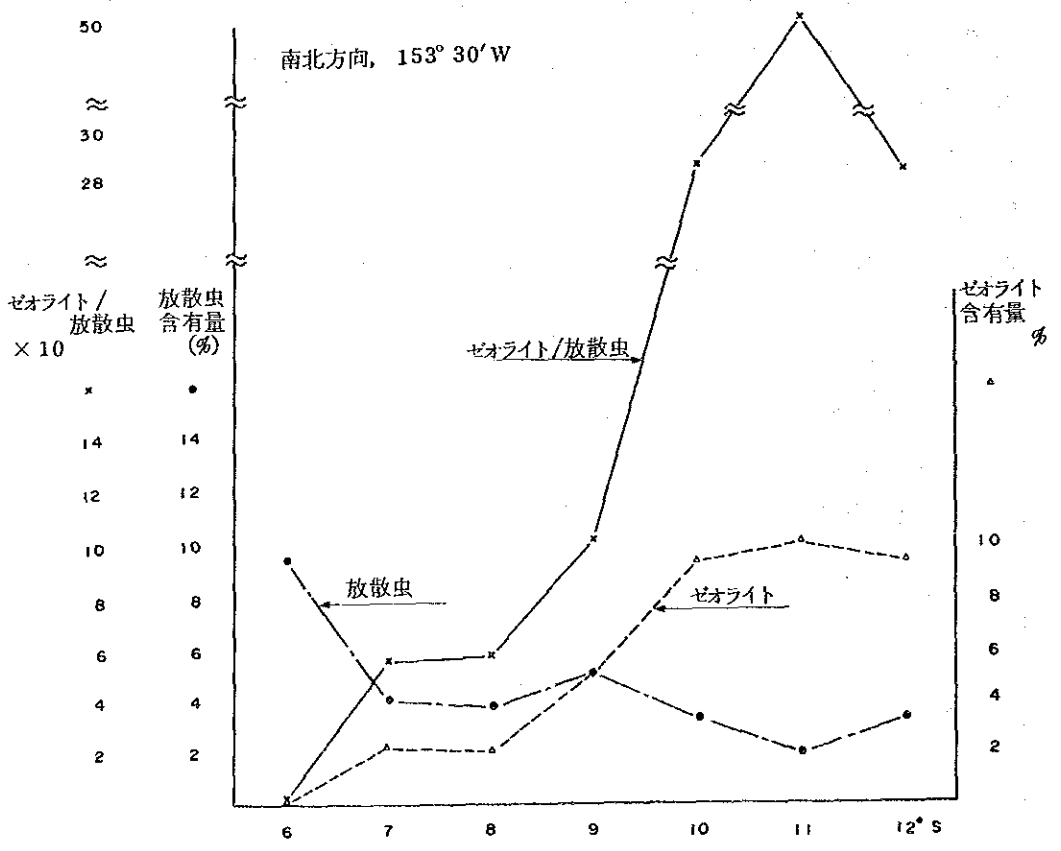


図 3 - 3 - 2 底質物の性質(2)

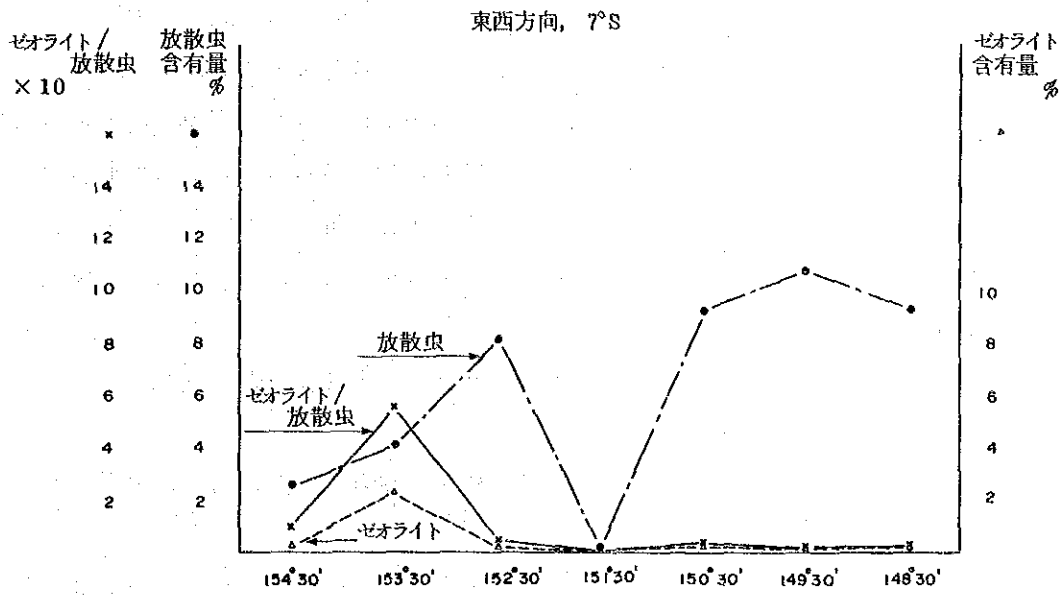


図 3 - 3 - 3 底質物の性質(3)

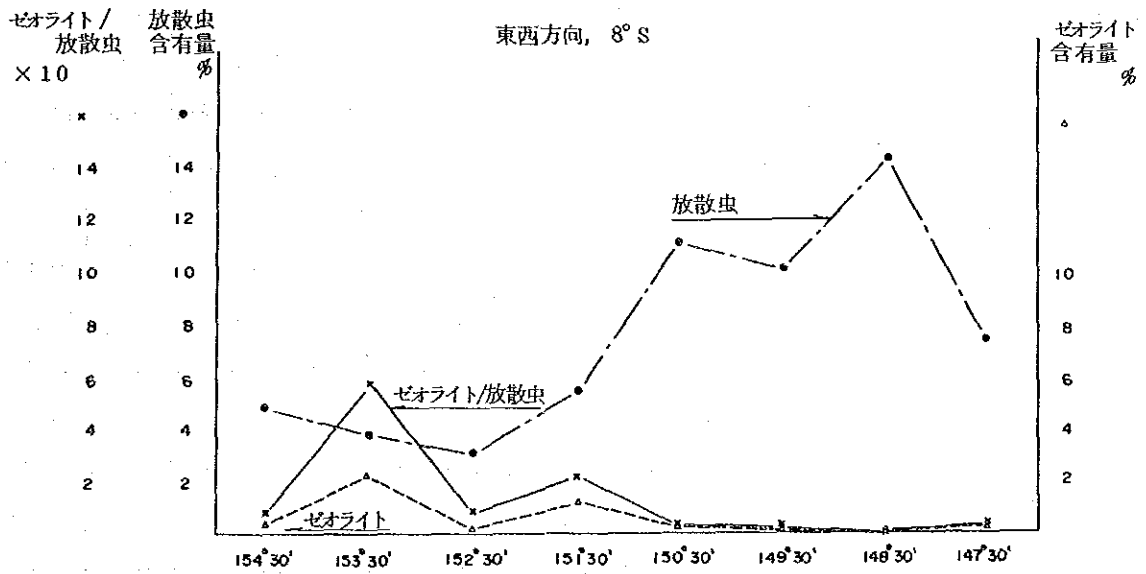


図 3 - 3 - 4 底質物の性質(4)

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、併せて構成鉱物の水平的、垂直的变化をみる目的でスベードコアラーで採取した底質物を粉末X線回折した。スベードコアラーの試料は、調査海域の北側から2箇所（ライン諸島西側海域：89S0842SC01，東側海域：89S0846SC01），南側で1箇所（ライン諸島西側海域：89S1341SC01）選定しX線回折に供した。

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，又，代表的なチャートを図3-3-5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，モンモリロナイト，イライトからなる粘土鉱物を主とし，石英，斜長石を伴う。
- ②顕微鏡観察でも認めたが，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調査海域南西端の試料（89S1341SC01）はイライト含有量が少ないが，斜長石含有量は他の試料より多い。逆に調査海域北側の試料（89S0842SC01，89S0846SC01）はイライトが少量～中量あるが，斜長石は微量又は含有しない点など地域差が認められる。
- ④採取深度別に特に差は無いが，89S0842SC01サンプルでは，40cm以下でイライト含有量が増加する。

5) 化学組成

前述のX線回折供試料と同一箇所にてサンプリングしたスベードコアラーの各深度別試料について主成分と微量成分を化学分析し，その結果を表3-3-4に示した。この表から当地域の底質物の特徴として次の点が指摘できる。

- ①DOMES 試料と比較して SiO_2 含有量が少なく， Fe_2O_3 ， MnO 含有量が高い。2)種類で前述した底質物の色が暗赤褐色を示すのは，これらの点を反映しているものとみられ， Fe_2O_3 ， MnO とも底質物中に含有するマイクロマンガンノジュールに由来するものと考えられる。
- ② CaO ， Na_2O ， K_2O の成分では Na_2O 含有量が高い。これらは何れもフィリップサイトに由来するものと考えられるが，この点からNaに富むフィリップサイトである可能性がある。
- ③微量成分については，どの成分も含有量が少なく，特筆すべき点はないが，マンガン団塊の主要金属の内，Ni，Cu，Coの3成分については，No.15を除く全試料でCuの含有量が他の2成分よりも高い傾向が認められた。

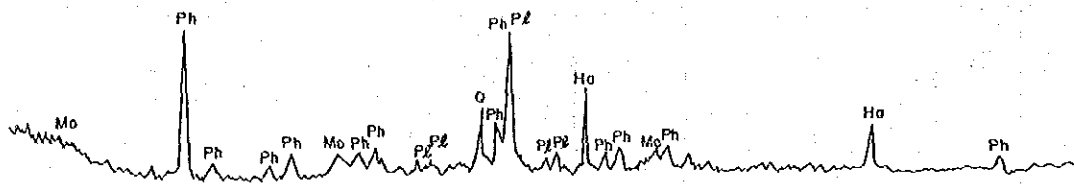
表 3 - 3 - 3 底質物の X 線回折結果一覧表

番号	試料名	深度	珪酸塩鉱物					ハライト
			フィリップサイト	モンモリロナイト	イライト	石英	斜長石	
1	89S1341SC01	表層	○	△	×	×		△
2	89S1341SC01	10cm	○	△	×	×	×	△
3	89S1341SC01	20cm	○	△	×	×	×	△
4	89S1341SC01	30cm	○	△	×	×	×	△
5	89S1341SC01	40cm	○	△	×	×	×	△
6	89S0842SC01	表層	○	×	△	×		○
7	89S0842SC01	10cm	○	△	△	×	×	△
8	89S0842SC01	20cm	○	△	△	×		△
9	89S0842SC01	30cm	○	△	△	×		△
10	89S0842SC01	40cm	○	△	○	×		△
11	89S0842SC01	48cm	○	×	○	×		△
12	89S0846SC01	表層	△	△	△	×	×	○
13	89S0846SC01	10cm	△	△	△			△
14	89S0846SC01	20cm	△	△	△			△
15	89S0846SC01	30cm	○	△	×	×	△	△

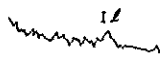
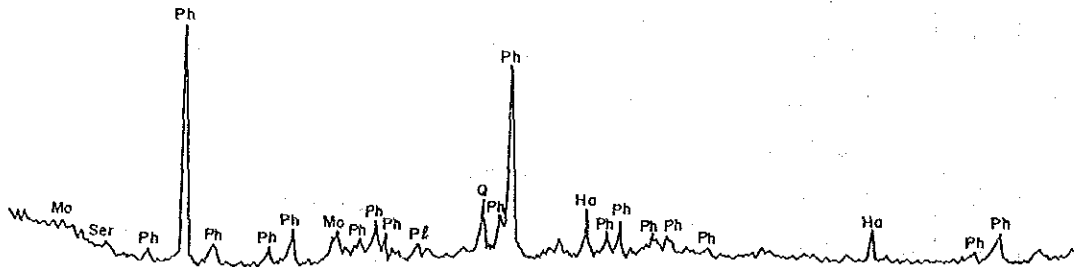
凡例 ◎ : 多量 ○ : 中量 △ : 少量 × : 微量

ハライトは試料に付着していた海水が固結したものに由来すると考えられる。以後、本稿中の X 線回折の項で記載されるハライトも同様の意味を持つ。

No.1 89S1341 SC01 Surface Bulk

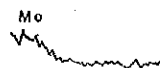
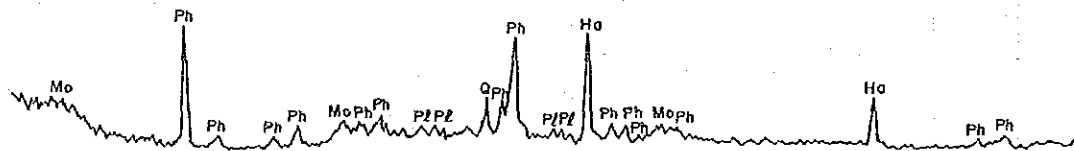


No.5 89S1341 SC01 40 cm Bulk



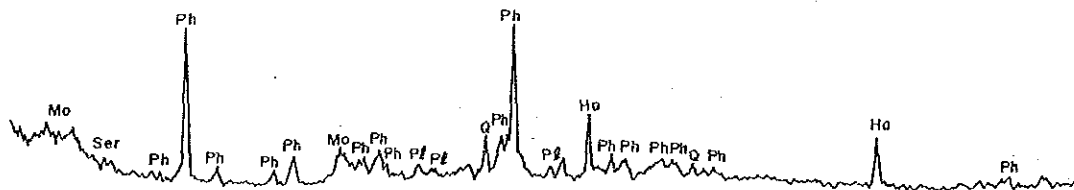
HCl treatment

No.6 89S0842 SC01 Surface Bulk



EG treatment

No.7 89S0842 SC01 10 cm Bulk

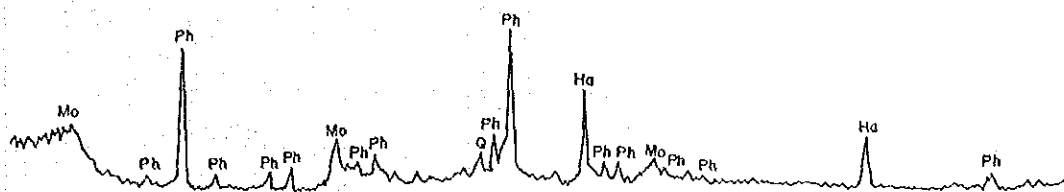


4° 10° 20° 30° 40° 50° 55°
(2θ)

Legend Q: Quartz Pl: Plagioclase Mo: Montmorillonite Il: Illite
Ser: Sericite Ph: Phillipsite Ha: Halite

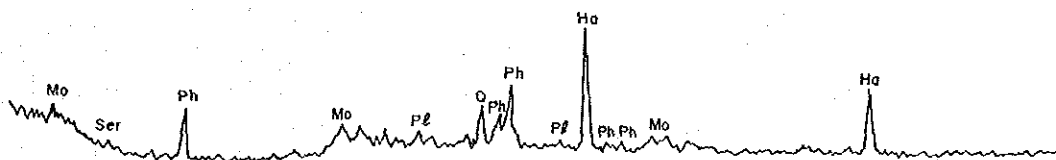
図 3 - 3 - 5 底質物の代表的 X線回折パターン(I)

No.11 89S0842 SC01 48cm Bulk

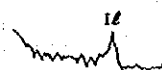
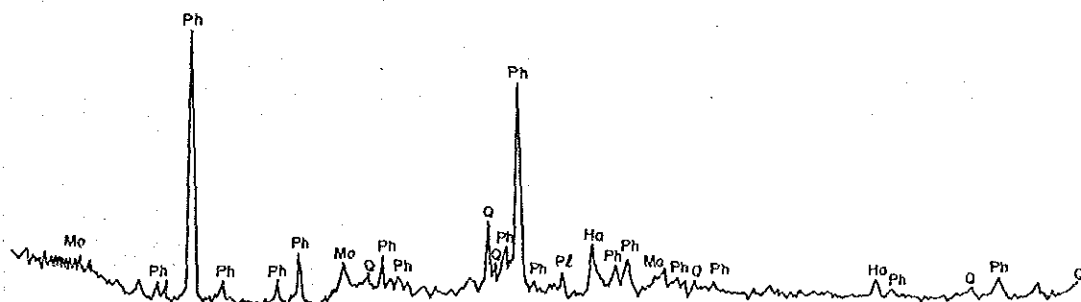


EG treatment

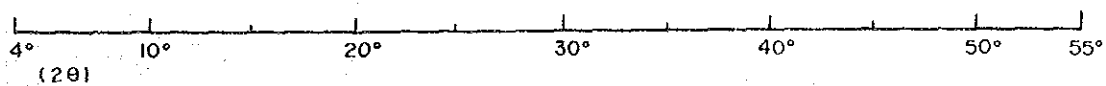
No.12 89S0846 SC01 Surface Bulk



No.15 89S0846 SC01 30cm Bulk



HCl treatment



Legend Q : Quartz Pℓ : Plagioclase Mo : Montmorillonite Il : Illite
Ser : Sericite Ph : Phillipsite Ha : Halite

図 3 - 3 - 5 底質物の代表的 X 線回折パターン(2)

表 3 - 3 - 4 底質物の分析結果

(%)

No.	Sample	Components and Values													
		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	lg loss	
1	Surface	40.09	1.02	13.78	9.73	<0.01	2.49	3.26	3.50	0.07	7.70	3.14	1.19	12.11	
2	10 cm	42.45	1.08	14.32	9.94	<0.01	2.53	3.15	3.64	0.08	6.42	3.25	1.18	10.01	
3	20 cm	42.80	1.10	14.46	9.72	<0.01	2.50	3.08	3.72	0.07	6.38	3.41	1.22	9.58	
4	30 cm	43.55	1.10	14.36	9.75	<0.01	2.43	3.01	3.75	0.06	6.20	3.46	1.33	9.35	
5	40 cm	43.43	1.10	14.46	9.89	<0.01	2.42	2.97	3.59	0.08	6.01	3.53	1.36	9.50	
6	Surface	42.72	0.68	12.27	7.70	<0.01	2.12	3.34	4.06	0.12	7.50	2.73	1.63	13.08	
7	10 cm	43.58	0.76	13.35	8.56	<0.01	2.35	3.37	4.31	0.12	5.79	3.02	1.80	10.59	
8	20 cm	45.09	0.76	13.50	8.65	<0.01	2.22	3.34	4.32	0.10	5.44	3.19	1.68	9.86	
9	30 cm	44.62	0.75	13.27	8.55	<0.01	2.21	3.39	4.32	0.06	5.61	3.20	1.81	9.92	
10	40 cm	45.69	0.71	13.37	8.09	<0.01	2.17	3.62	4.36	0.10	5.46	3.14	1.86	9.51	
11	48 cm	45.94	0.57	13.06	7.27	<0.01	2.27	4.03	4.26	0.12	5.68	2.92	1.79	9.81	
12	Surface	44.41	0.66	11.48	7.95	<0.01	2.18	3.45	3.88	0.21	6.89	2.43	1.43	13.18	
13	10 cm	46.12	0.69	11.68	8.34	<0.01	2.18	3.50	3.78	0.22	6.52	2.35	1.27	12.36	
14	20 cm	44.28	0.71	12.68	8.72	<0.01	2.27	3.66	4.15	0.25	5.99	2.76	1.44	10.94	
15	30 cm	45.98	0.45	12.91	7.00	<0.01	2.13	2.74	4.97	0.31	5.21	4.29	2.14	9.18	
x		51.5	0.59	12.5	5.4	—	0.53	1.5	3.0	1.5	—	5.7	3.3	11.2	

-35-

No.	Sample	Components and Values											Total
		P b	V	B	Z n	Y	N i	C u	C o	A s	S r	M o	
1	Surface	0.008	0.023	0.016	0.014	0.027	0.035	0.042	0.027	0.004	0.036	0.011	98.33
2	10 cm	0.008	0.023	0.016	0.015	0.030	0.035	0.042	0.026	0.004	0.037	0.012	98.31
3	20 cm	0.008	0.023	0.016	0.014	0.031	0.036	0.043	0.026	0.003	0.038	0.014	98.28
4	30 cm	0.008	0.020	0.016	0.015	0.032	0.036	0.043	0.026	0.003	0.036	0.014	98.61
5	40 cm	0.008	0.020	0.016	0.031	0.032	0.036	0.044	0.025	0.004	0.034	0.016	98.62
6	Surface	0.006	0.015	0.015	0.016	0.044	0.045	0.056	0.024	0.002	0.034	0.007	98.21
7	10 cm	0.006	0.016	0.016	0.016	0.049	0.050	0.060	0.026	0.002	0.034	0.010	97.90
8	20 cm	0.006	0.018	0.015	0.017	0.050	0.048	0.060	0.025	0.002	0.034	0.015	98.45
9	30 cm	0.006	0.014	0.015	0.017	0.050	0.048	0.060	0.025	0.002	0.032	0.015	98.00
10	40 cm	0.008	0.014	0.015	0.025	0.051	0.052	0.065	0.025	0.002	0.031	0.013	98.49
11	48 cm	0.006	0.014	0.014	0.021	0.047	0.053	0.066	0.026	0.002	0.029	0.013	98.02
12	Surface	0.005	0.017	0.016	0.020	0.036	0.045	0.056	0.022	0.002	0.034	0.011	98.42
13	10 cm	0.005	0.012	0.016	0.015	0.035	0.041	0.051	0.021	0.002	0.034	0.011	99.26
14	20 cm	0.005	0.012	0.014	0.022	0.040	0.047	0.057	0.023	0.002	0.036	0.015	98.13
15	30 cm	0.005	0.012	0.015	0.016	0.043	0.049	0.037	0.022	0.001	0.035	0.018	97.57
x		—	—	0.17	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(%)

No. 1 ~ 15: Results of this Survey
 No. x : DOMES Site - B (Bischoff J. L. et al., 1979)

6) 化石鑑定

スベ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、堆積環境等を検討した。

供試料は、3箇所のスベードコアラーにて次のように表層から10cm間隔で採取した。

89S0842SC01 : 表層, 10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 48cm,

89S0846SC01 : 表層, 10cm, 20cm, 30cm

89S1341SC01 : 表層, 10cm, 20cm, 30cm, 40cm,

(1) 放散虫

① 分析方法

コアの縦割り断面に直径20mmの丸管を2本挿入して約10ccの試料をとった。それぞれの試料について、開口径62 μ mの篩を用いて放散虫を水洗濃集し、さらに塩酸、過酸化水素、ヘキサメタリン酸ナトリウムを用いて清浄し、同口径の篩で水洗した。これを乾燥した後、スライドガラス上に封入し、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るとともに、環境・年代等について分析検討した。

② 産出状況(表3-3-5, 図3-3-6参照)

「89S0842SC01」

表層: 産出種数・個体数ともに豊富で保存状態も良好である。

10cm: 産出種数・個体数ともに豊富である。保存状態は表層の試料のもの程は良くない。石英化して同定不可能な放散虫を極少量含んでいる。

20cm: 石英化して同定不可能な放散虫と魚の歯の化石を多産する。同定可能な放散虫を少量含んでいる。

30cm: 石英化して同定不可能な放散虫と魚の歯の化石を多産する。同定可能な放散虫はほとんど含まれていない。

40cm: 石英化して同定不可能な放散虫と魚の歯の化石を多産する。同定可能な放散虫は含まれていない。

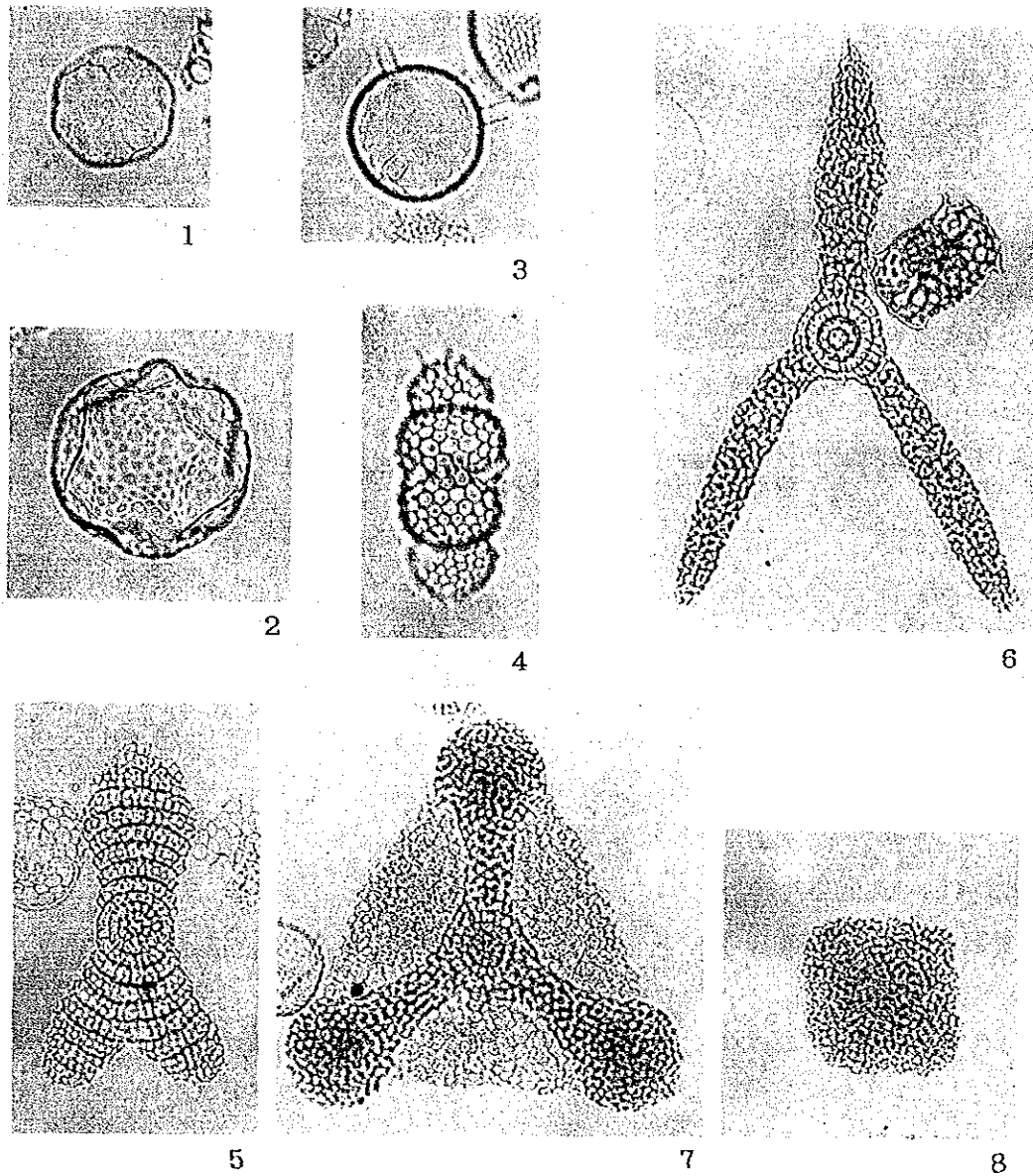
48cm: 石英化して同定不可能な放散虫を極少量含むだけである。魚の歯の化石を多産する。

表層から30cmまでの試料から産する同定可能な放散虫はいずれも現棲種で、上位の2試料は約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 と *Amphirhopalum ypsilon* Haeckel が共産する。20cmと30cmの試料から産するものは上位の2試料中に比較的多産する放散虫で、その数も非常に少ない事から、上位層準からの混入と考えられる。

表 3 - 3 - 5 産出放散虫リスト

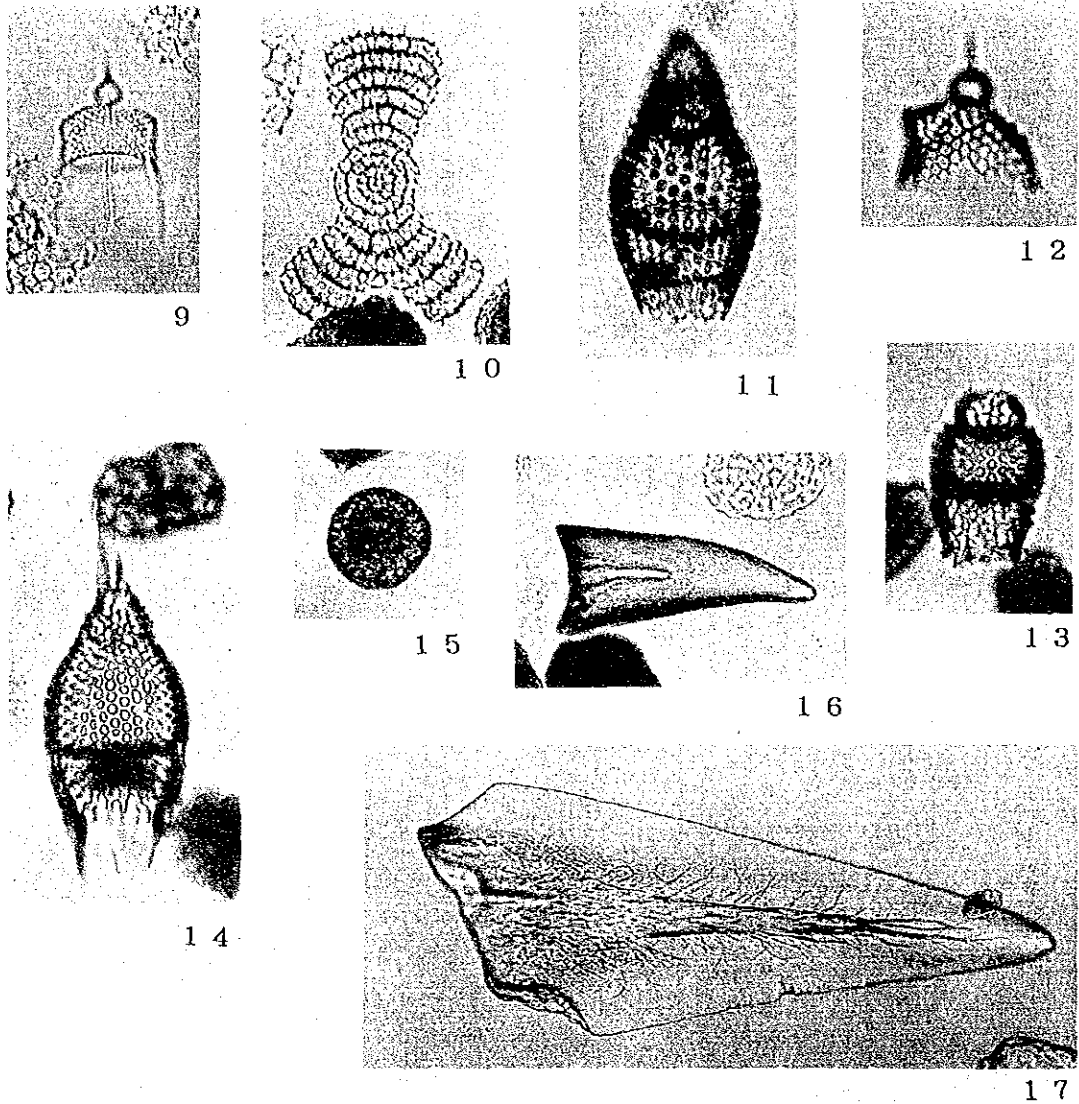
Radiolarian Species	Samples				89S0842 SC01				89S0846 SC01				89S1341SC01			
	1	10	20	30	40	48	1	10	20	30	40	1	10	20	30	40
<i>Aerosphaera flammabunda</i> (Haeckel)	x	x					x	x	x							x
A. lappacea (Haeckel)	x	x					x	x	x							
A. murrayana (Haeckel)	x	x					x	x	x							
A. spinosa Haeckel	x	x					x	x	x							
<i>Buccinosphaera invaginata</i> Haeckel	x	x					x	x								
<i>Collosphaera huxleyi</i> Muller	x	x					x	x								
C. tuberosa Haeckel	x	x					x	x	cf.							
<i>Otosphaera polymorpha</i> Haeckel	x	x					x	x	x							
<i>Siphonosphaera socialis</i> Haeckel	x	x					x	x	x							
<i>Acanthosphaera capillaris</i> Haeckel	x	x					x	x								
<i>Actinomma medianum</i> Nigrini	x	x					x	x								
A. spp.	x	x					x	x	x							
<i>Actinosphaera capillacea</i> (Haeckel)	x	x					x	x								
<i>Amphisphaera cf. palliatum</i> (Haeckel)	x	x					x	x								
<i>Druppatractus</i> spp.	x	x					x	x	x							
<i>Hexaconitium</i> spp.	x	x					x	x	x							
<i>Hexaconitium</i> sp.	x	x					x	x	x							
<i>Stylactraetus melponene</i> (Haeckel)	x	x					x	x	x							
S. cf. neptunus Haeckel	x	x					x	x								
<i>Thecosphaera radianus</i> Holland et Enjumei	x	x	x				x	x								
<i>Xiphatractus</i> sp.	x	x					x	x	x							
<i>Osmatarius tetrathalamus</i> (Haeckel) s.s.	x	x	x				x	x	x							x
<i>Heliodiscus asteriscus</i> Haeckel	x	x					x	x	x							
<i>Amphirhopalum ypsilon</i> Haeckel	x	x					x	x								
<i>Eucitonia elegans</i> Ehrenberg	x	x					x	x	x							
E. frucata Ehrenberg	x	x					x	x	x							
<i>Dictyocoryne profunda</i> Ehrenberg	x	x					x	x	x							x
D. truncatum (Ehrenberg)	x	x					x	x								
<i>Spongaster tetras tetras</i> Ehrenberg	x	x					x	x	x							
<i>Spongodiscus biconcavus</i> Ehrenberg	x	x					x	x	x							
<i>Stylodictia</i> spp.	x	x					x	x	x							
<i>Xiphospira</i> spp.	x	x					x	x	x							
<i>Larospira quadrangula</i> Haeckel	x	x	x				x	x	x							
<i>Tetrapyle octacantha</i> Muller	x	x					x	x	x							x
OROSPHERIDAE (fragments)	x	x	x	x			x	x	x	x						x
<i>Clathromitra pentacantha</i> Haeckel	x	x					x	x								
<i>Clathrocanium reginae</i> Haeckel	x	x					x	x								
<i>Pseudodictyophium gracilipes</i> (Bailey)	x	x					x	x								
<i>Boltyocyrtilis scutum</i> (Harting)	x	x					x	x	x							
<i>Carpocanium</i> spp.	x	x					x	x	x							
<i>Eucercyphalus elizabethae</i> (Haeckel)	x	x					x	x								
<i>Eucyrtidium acuminatum</i> Ehrenberg	x	x					x	x								x
E. anomala (Haeckel)	x	x					x	x								x
E. dictyopodium (Haeckel)	x	x					x	x								
<i>Lippanella boabus</i> (Haeckel)	x	x					x	x								
L. virchowii (Haeckel)	x	x					x	x								
<i>Dictyophium infabricatus</i> Nigrini	x	x					x	x								
<i>Pterocanium charibdeum</i> (Muller)	x	x					x	x	x							
P. praetextum (Ehrenberg)	x	x					x	x	x							
P. trilobium (Haeckel)	x	x					x	x								
<i>Anthocyrtilidium ophireuse</i> (Ehrenberg)	x	x					x	x	x							
A. zanguebaricum (Ehrenberg)	x	x					x	x								
<i>Lamprocyclas maritima</i> Haeckel	x	x			x		x	x	x							
<i>Lamprocyrtilis gamphonycha</i> (Jorgensen)	x	x					x	x	x							
<i>Pterocorys hertwigii</i> (Haeckel)	x	x					x	x								
P. macroceras (Popofsky)	x	x					x	x								
P. zancleus (Muller)	x	x					x	x								
<i>Theocorythium trachelium</i> (Ehrenberg)	x	x					x	x	x							
<i>Boltyostrobos aquilonaris</i> (Bailey)	x	x					x	x	x							
B. auritus (Ehrenberg)	x	x					x	x								
<i>Phraostichoartus corbula</i> (Harting)	x	x					x	x	x							
<i>Spirocyrtilis scalaris</i> Haeckel	x	x					x	x								
S. subscalaris Nigrini	x	x					x	x								
<i>Tholospyrus ramosa</i> Haeckel	x	x					x	x								
T. acuminata (Hertwig)	x	x					x	x								
<i>Acanthodesmia vuniculata</i> (Muller)	x	x	x	x			x	x	x							x
<i>Liriospyris reticulata</i> (Ehrenberg)	x	x					x	x								
<i>Nephrospyris renilla</i> Haeckel	x	x					x	x								
<i>Amphirhopalum praepsilon</i> Sakai																x
cf. <i>Eucyrtidium matuyamai</i> Hays																x
<i>Pterocanium prismatum</i> Riedel																x
<i>Sticochors peregrina</i> (Riedel)									x	x	x					x
S. delmontensis (Campbell et Clark)																x
<i>Podocyrtilis papalis</i> Ehrenberg																x
石化した放散虫	x	x	x	x	x		x	x	x	x						x

註) リストの上・中段は主要現棲種(上段: Spumellaria, 下段: Nassellaria)但し、
 OROSPHAERIDAE は化石種を含む可能性有り
 下段は鮮新世~始新世の種



1. *Buccinosphaera invaginata*(89S0846SC01,1cm)
2. *Collosphaera tuberosa*(89S0846SC01,1cm)
3. *Siphonospaera socialis*(89S0842SC01,10cm)
4. *Ommatartus tetrathalamus*(89S0846SC01,1cm)
5. *Amphirhoparum ypsilon*(89S0846SC01,1cm)
6. *Eucitonia elegans*(89S0846SC01,1cm)
7. *Dictyocoryne profunda*(89S0846SC01,1cm)
8. *Spongaster tetras*(89S0846SC01,10cm)

図 3 - 3 - 6 代表的な放散虫化石種(1)



- 9. *Pterocanium praetextum*(89S0842SC01,10cm)
- 10. *Amphirhoparum praepsilon*(89S0846SC01,20cm)
- 11. cf. *Eucyrtidium matuyamai*(89S0846SC01,20cm)
- 12. *Pterocanium prismatium*(89S0846SC01,20cm)
- 13. *Sticochorys delmontensis*(89S0846SC01,20cm)
- 14. *Podocyrtis papalis*(89S0846SC01,20cm)
- 15. 石英化した放散虫(89S0846SC01,30cm)
- 16. 魚の歯(89S0846SC01,20cm)
- 17. 魚の歯(89S0846SC01,30cm)

図 3 - 3 - 6 代表的な放散虫化石種(2)

「89S0846SC01」

表層：産出種数・個体数ともに豊富で保存状態も良好である。強くエッチングを受けた放散虫骨格の破片と石英化し同定不可能な放散虫を極少量含んでいる。

10cm：産出種数・個体数ともに多いが、保存状態は表層の試料に比較するとやや悪い。強くエッチングを受けた放散虫骨格の破片と石英化して同定不可能な放散虫を少量含んでいる。

20cm：10cmの試料に含まれるものと同程度の比較的良好な保存状態の放散虫と石英化して同定不可能な放散虫および魚の歯の化石を多産する。強くエッチングを受けた放散虫も少量産する。

30cm：石英化して同定不可能な放散虫と魚の歯の化石を多産する。同定可能な放散虫はほとんど含まれていない。

表層から20cmまでの試料から産するエッチングや石英化を受けていない放散虫はいずれも現棲種で、上位の2試料は約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とAmphirhopalumypsilon Haeckelも共産する。20cmの試料に含まれるエッチングを受けている放散虫の群集は、始新世(Podocyrtis papalis Ehrenbergなど)から鮮新世(Pterocanium prismatium Riedel など)までのさまざまな年代を示すもので構成されている。

「89S1341SC01」

表層：少量の比較的保存の良い放散虫が含まれている。石英化して同定不可能な放散虫と魚の歯の化石を多産する。

10cm：石英化して同定不可能な放散虫を少量産する。魚の歯の化石を多産する。同定可能な放散虫はない。

20cm：石英化して同定不可能な放散虫を極少量産する。魚の歯の化石を多産する。同定可能な放散虫はない。

30cm：石英化して同定不可能な放散虫を極少量産する。魚の歯の化石を多産する。同定可能な放散虫はない。

40cm：石英化して同定不可能な放散虫と魚の歯の化石を多産する。同定可能な放散虫はない。

表層の試料に含まれる保存の良い放散虫はいずれも現棲種である。通常の表層堆積物に比べ放散虫の産出量が著しく少ない。また、極少量しか堆積しない地域のものに比べると極端に良好な保存状態である。

③ 年代および堆積環境

「89S0842SC01」

表層および10cmの試料は、第四紀後期(約40万年前)に出現したCollosphaera tuber-

osa HaeckelとAmphirhopalum ypsilon HaeckelとAmphirhopalum ypsilon Haeckelおよび約20万年前に出現したBuccinosphaera invaginata Haeckelを含んでいる。よって、10cmより上位は第四紀更新世末期以降（20万年前以新）である。

10cmと20cmの間で産状が急変することから、この間に不整合の存在が推定される。

20cmの試料から産する現棲の放散虫はその産状から見て上位からの混入と考えられる。そのほかに有効な放散虫が産しないためこれ以下の層準については年代を確定できない。
「89S0846SC01」

表層と10cmの試料は、第四紀後期（約40万年前）に出現したCollosphaera tuberosa HaeckelとAmphirhopalum ypsilon Haeckelおよび約20万年前に出現したBuccinosphaera invaginata Haeckelを含んでおり、10cmより上位は更新世末期（20万年前）よりも新しい堆積物である。

20cmの試料から産する放散虫の主体は更新世のもので、始新世から鮮新世までのものが含まれている。この下位（30cm）には時代不明の石英化した放散虫を伴う堆積物がある。このことから、更新世後期～末期頃まで無堆積もしくは削剝される環境下にあり、20cmと30cm間に不整合面を形成した。その後（20～30万年前に）、この場所が放散虫遺骸の堆積の場と転じ、その初期の段階には周辺地域の堆積物から洗い出された始新世から鮮新世の放散虫が供給される状況にあったと判断される。

「89S1341SC01」

年代決定不可能であり、堆積速度はわからない。

④ 堆積速度

「89S0842SC01」

上述のように10cmの位置が20万年前以新であるから、10cmより上位の平均堆積速度は0.5mm/1000年以上となる。20cmより下位については時間面を決定すべきデータが得られないため堆積速度を算定できない。

「89S0846SC01」

上述のように10cmの位置が20万年前以新であるから、10cmより上位の平均堆積速度は0.5mm/1000年以上となる。20cm以下の層準については堆積速度を算定できない。

「89S1341SC01」

基準となるデータが無いので算定できない。

放散虫の溶解についてはそれがどのような環境下で起きたものであるか定説はないが、堆積速度が1mm/1000年程度以下のところで顕著な溶解がみられ、0.1mm/1000年以下と推定されるところではほとんど溶解してしまっている。「89S0842SC01」及び「89S0846SC01」の10cm以上の層準の更新世放散虫に顕著な溶解がみられないことから、この付近の層準の堆積速度は少なくとも1mm/1000年程度はあったと考えられる。

⑤ 古環境・その他

「89S1341SC01」の表層の試料に含まれる放散虫（現棲種）は通常の表層堆積物に比べ産出量が著しく少なく、極少量しか堆積しない地域のものに比べると極端に良好な保存状態である。産出する放散虫は低緯度太平洋域で普遍的に見られるものである。このことから、この試料は「89S0842SC01」の20cmの層準と同様の層準の状態にあるものと考えられる。すなわち、無化石状態の堆積物の上位に現棲種からなる放散虫の遺骸が1mm/1000年程度以上の堆積速度で堆積し、その一部が生物等の擾乱によってこの試料の層準である無化石状態の層準に混入したと考えられる。この試料は提供されたコアの最上部に位置していることから、本来さらに上位にあるべき保存状態の良い多量の放散虫を産する堆積物が削剝・流出していると判断される。

「89S0846SC01」の20cmの試料に含まれるエッチングを受けている放散虫の群集には、始新世（*Podocyrthis papalis* Ehrenbergなど）や中新世（*Stichocorys delmontensis* (Chambell et Clark) など）あるいは鮮新世（*Pterocanium prismatium* Riedelなど）のさまざまな年代を示すものが含まれており、それぞれの時代の堆積物から洗い出されて不整合面の上に再堆積したものと考えられる。この当時、周辺地域にはこれらの時代の堆積物が海底面に露出する場所があったはずであり、場所・削剝層準・相対高度等のデータを得ることが出来れば、不整合面の形成過程や広がりについて考察できるであろう。なお、隣接地にこのような時代の堆積物があったとしても、このコアの最上部付近には再堆積した放散虫がほとんど見られないことから、それらは更新世末期以後の堆積物に覆われている可能性が大きい。

(2) 有孔虫

① 分析方法

湿潤試料約30grに温水を加えて1日放置し、泥化させ、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レー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・底生有孔虫化石全固体について摘出・同定を行なった。

② 産出状況(表3-3-6, 図3-3-7参照)

分析試料中には浮遊性有孔虫化石は全く認められない。

底生有孔虫化石群集

「89S0842SC01」

この試料は表層部から深度48cmまで、肉眼的には均質な赤粘土であり、処理試料はmicro noduleや魚類の歯の化石を含む。これらの試料中に含まれるnoduleは「89S1341SC01」の深度10cmの層準から産出したような大きさのものは産出しない。底生有孔虫化石群集は表層部において比較的多く産出するが、深度10cm以深においては急激に産出個体数が減少する。表層部では砂質殻のBathysiphon sp.を主体とする群集が見られ、この他にHaplophragmoides sp., Reophax sp.等の砂質殻の底生有孔虫化石を伴う。深度10cm以深では少ないながらもほぼ連続的にBathysiphon sp.が産出する。但し、深度30cmではReophax distansが最も卓越する底生有孔虫群集である。

「89S0846SC01」

この試料も他の試料と同様、表層部から深度30cmまで、肉眼的には均質な赤粘土であり、処理試料はmicro noduleや魚類の歯の化石を含む。これらの試料中に含まれるnoduleは「89S1341SC01」の深度10cmの層準から産出したような大きさのものは産出せず、径2mm前後のものが多い。

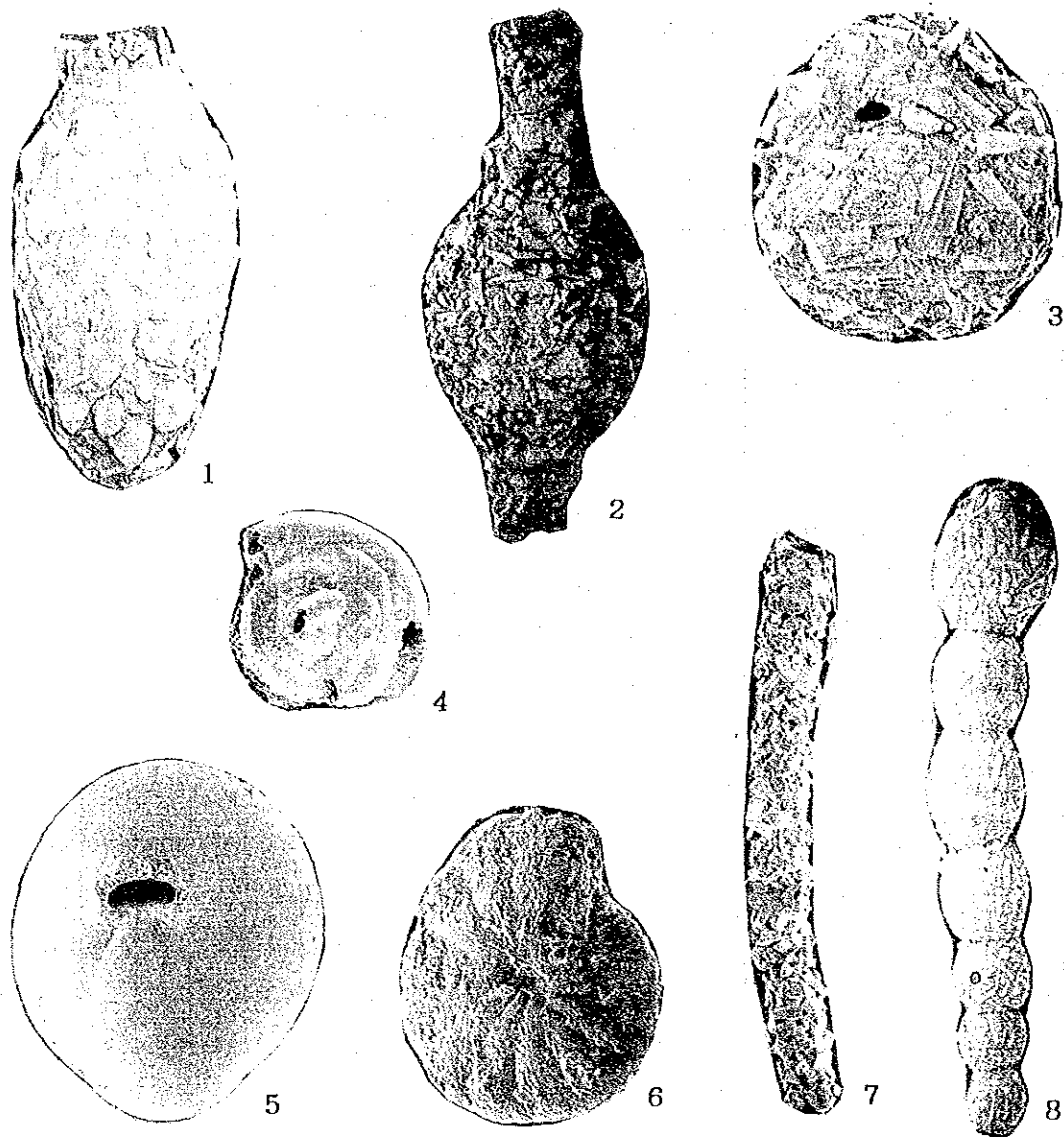
表層部から30cmまでの4試料のいずれも産出個体数は少ない。Bathysiphon sp.が10cmの層準を除いては連続的に産出する。

「89S1341SC01」

この試料は表層部から深度40cmまで、肉眼的には均質な赤粘土であり、処理試料はmicro noduleや魚類の歯の化石を含む。noduleの最大径は深度10cmの層準から産出した約15mmである。底生有孔虫化石群集は全体に産出が少なく、深度20, 30cmの試料については、有孔虫化石が全く見られなかった。表層部、10cm, 40cmの深度においては砂質殻のBathysiphon sp.が最も多く見られる群集である。石灰質有孔虫化石は全く産出しない。

表 3 - 3 - 6 有孔虫化石産出リスト

Species	Samples	89S0842SC01					89S0846SC01				89S1341SC01				
		Surface	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	48 cm	Surface	10 cm	20 cm	30 cm	Surface	10 cm	20 cm	30 cm
Agglutinated Foraminifera															
Alveophraginum sp. (frag.)			1	2				1				1			
Ammobaculites sp.											1				
Amodiscus sp.	1														
Ammoscalaria ? sp.				1											
Bathysiphon sp.	23	2	1		1	1	3		3	3	4	2			2
Cyclamina cf. compressa	1											1			
Cyclamina pusilla							1								
Cyclamina sp.						1									
Cystamina galeata	1														
Cystamina sp.											1				
Haplophragmides sp.	3	1													
Reophax nodulosus	1														
Reophax distans				6											
Reophax sp.	2				1										
Saccamina sp.					1	1									
fragment (unknown)							1			3	2				
Total	32	4	3	7	3	3	5	1	3	6	8	4	0	0	2



主要產出有孔虫化石顯微鏡写真

1. *Reophax* sp. (89S0842SC01, 表層, x100)
2. *Reophax distans* (89S0842SC01, 30cm, x200)
3. *Haplophragmoides* sp. (89S0842SC01, 表層, x100)
4. *Ammodiscus* sp. (89S0842SC01, 表層, x200)
5. *Cystammina galeata* (89S0842SC01, 表層, x150)
6. *Cyclammina* cf. *comprssa* (89S1341SC01, 10cm, x150)
7. *Bathysiphon* sp. (89S0842SC01, 表層, x150)
8. *Reophax nodulosus* (89S0842SC01, 表層, x150)

图 3 - 3 - 7 代表的な有孔虫化石種

③ 地質時代

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ができない。

④ 古環境

「89S0842SC01」

「89S0842SC01」の試料では表層部において比較的多くの砂質殻を有する底生有孔虫化石が見られ、10cm以深の試料からは有孔虫化石の産出が急激に減少する。「89S0842SC01」の30cmの試料では砂質殻のReophax distansが卓越するのに対し、表層部、10cm、20cm、40cm、48cmの試料は産出個体数の差はあるものの、砂質殻のBathysiphon sp. が深度30cmの部分を除いて連続的に産出する。産出種はすべて砂質殻種であり、CCD以深の堆積環境が推定される。

「89S0846SC01」

「89S0846SC01」の試料では全体的に有孔虫化石の産出が少なく、砂質殻を有する底生有孔虫化石が少量見られるにすぎず、その主体を占めるのはBathysiphon sp. である。産出種はすべて砂質殻種であり、石灰質殻種は全く産出しない。これらの試料もCCD以深の堆積環境が推定される。

「89S1341SC01」

「89S1341SC01」の20、30cmの試料からは有孔虫化石が産出しないため、古環境（堆積環境）を推定することはできない。

「89S1341SC01」の表層部、10cm、40cmの試料は産出個体数は少ないが、砂質殻のBathysiphon SP. が主体を占める群集と考えられ、CCD以深の堆積環境が推定される。

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は約5,000mとみられる。

3-4 MFESによるマンガン団塊の賦存状況

1) サンプリング結果との対比

当海域における測点毎のMFESによる推定分布密度と、サンプリングによる分布密度との関係を図3-4-1に示す。同図(a)(b)(c)から以下の点が指摘される。

(1) 地形の影響

同図(a)に示されるように、海山、海丘の場合はMFESとサンプリングデータとの相関が悪く、データがばらつく傾向が見られる。この現象は従来から認められており、その原因としては、地形が急峻なためにサイドエコーが卓越し、正常な受信音圧が得られないためと考えられる。

海山、海丘以外の場所では同図(c)に示すように、分布密度は $0 \sim 5 \text{ kg/m}^2$ と低いもののMFESとサンプリングデータとの相関は比較的良好である。(相関係数0.75)

(2) SBPタイプとの相関

同図(a)と(b)の比較から、海山、海丘に位置する測点では、表層部が音響的に不透明を示すタイプ d_s 、 d_1 、 d_2 に相当することがわかる。クラリオン-クリッパートン海域では、これらのタイプにおいてMFESが疑似異常を示すため、MFESの適用範囲からは除外している。しかし当海域では、後述するように水深がCCD付近もしくはそれより浅い海山、海丘で高分布帯となっていることがサンプリングの結果から明らかにされている。従って水深がCCD以浅の海丘で、SBPタイプが d_s 、 d_1 、 d_2 を示す場合は、MFESが低くても要注意としなければならない。

2) MFESによるマンガン団塊分布密度の推定

MFESによるマンガン団塊の推定分布図を別添第7図に示す。本図より、当海域では西部と東部において、 $5 \sim 10 \text{ kg/m}^2$ の比較的高い部分がややまとまって見られるものの、全体としては $0 \sim 2 \text{ kg/m}^2$ の不毛帯が広く発達していることがわかる。この不毛帯は、当海域ではタイプ d_s が卓越していることと関係があり、地形的には中央部をNW-SE方向に横切るライン諸島列の影響によるものと考えられる。以下、地形区分毎の分布状況について述べる。

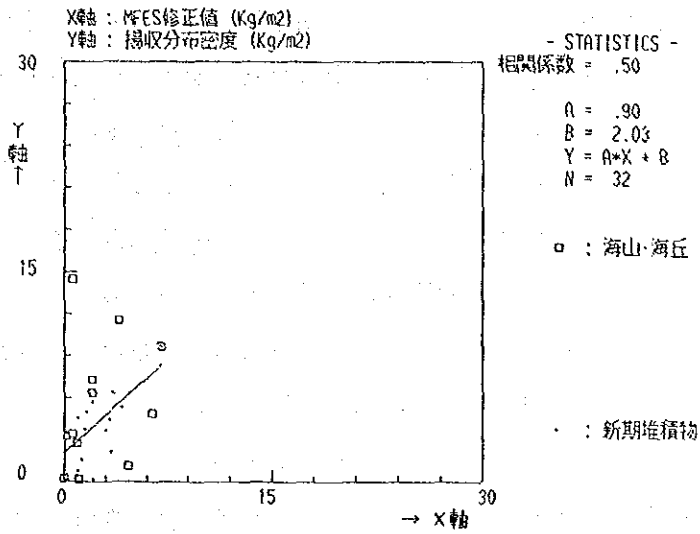
平坦地： 8° S 以南で、 $5 \sim 10 \text{ kg/m}^2$ と比較的高い場所がややまとまって分布する。

8° S 以北では、 $0 \sim 2 \text{ kg/m}^2$ の不毛帯が発達する。

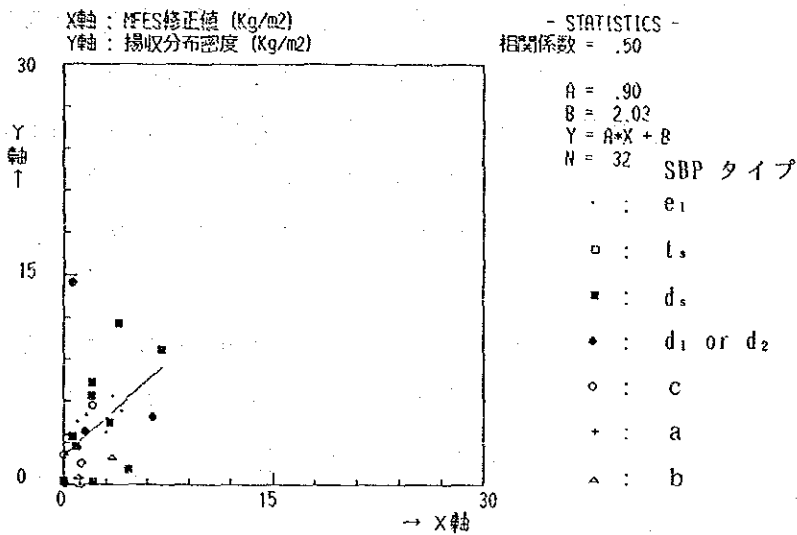
丘陵地：(7° S , 152° W)付近で $4 \sim 10 \text{ kg/m}^2$ とやや高い。その他では、 $0 \sim 2 \text{ kg/m}^2$ の不毛帯が広く発達する。

山岳地： $0 \sim 2 \text{ kg/m}^2$ の値を示すが、海山に伴うタイプ d_s 、 d_1 が発達しており、マンガン団塊の発達は期待できないものの、コバルトクラストとしては有望域と考えられる。

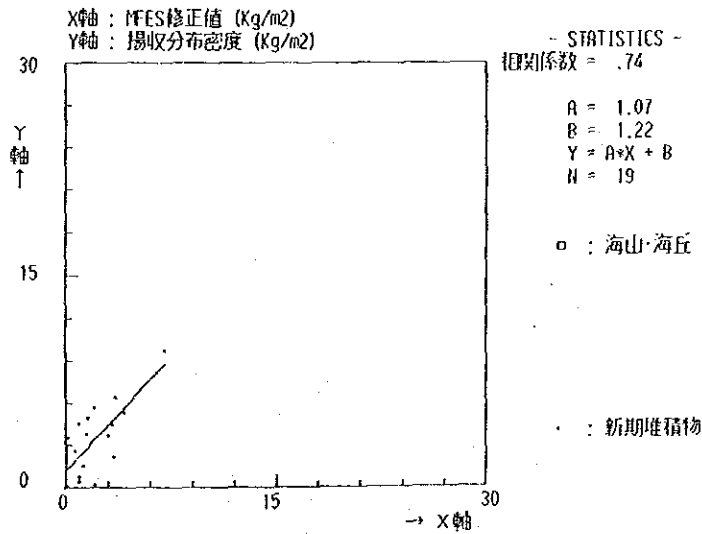
準平坦地：タイプ d_2 、もしくは水深が4,800m前後の場所において、 $5 \sim 10 \text{ kg/m}^2$ と高い傾向を示す。このような特徴は、サンプリング結果でも良くあらわれており、CCD付近もしくはそれ以浅において認められる石灰質堆積物がマンガン団塊を多産するためと考えられる。



(a) 地形区分



(b) SBP タイプ区分



(c) 海山・海丘を除外

図 3 - 4 - 1 MFES と サンプ リング 結 果 と の 比 較

3-5 マンガン団塊の賦存状況

サンプリングしたマンガン団塊の分析、観察結果及び海底写真撮影結果をもとに賦存状況をまとめた。

1) 形状、粒形、産状

形状、粒形は過年度と同一の基準で分類した。

(1) 形状

当海域に出現したマンガン団塊の形状は7種類であり、その分類は次の基準によった。

〔形状〕	〔定義〕
① 球状	完全な球形に近いもの
② 扁平だ円状	通常型と厚型とあり通常型は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。厚型は扁平だ円状通常型に比し、ふくらみが大きいもの
③ 扁平礫状	海浜の小礫あるいは、基石のように円形あるいはだ円形で厚さは薄く、不規則な凹凸がないもの
④ 小石状	海浜あるいは、河川の砂利様の形状を示すもの（粒径は2～4 cm程度）
⑤ 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）
⑥ 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
⑦ その他	上記①～⑥の範ちゅうに入らないもの

図3-5-1に各形状別の採取量率を示した。

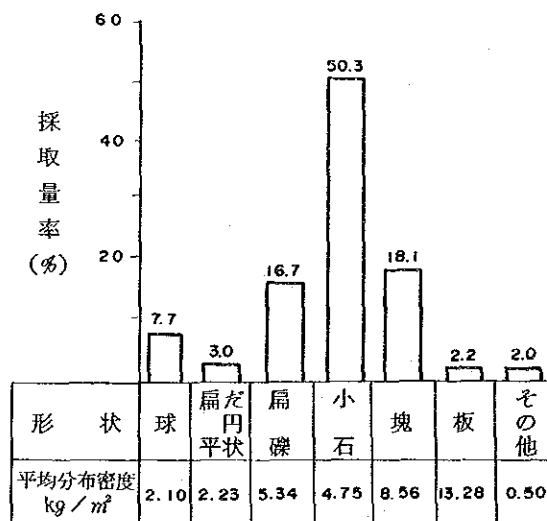


図3-5-1 マンガン団塊の形状と採取量率

形状について以下の特徴を認めた。

- ① 小石（50.3%）、塊（18.1%）、扁礫（16.7%）が多く、扁平だ円状（3.0%）が非常に少ない。
- ② 小石は全域に出現し、球は地形的高まりに局所的に出現する傾向がある。
- ③ 塊、扁礫はライン諸島の東西で採取量率に差がある。
即ち塊は西側で扁礫は東側海域で多く出現した。

	塊	扁礫
ライン諸島西側海域	26.3%	5.3%
ライン諸島東側海域	11.1%	26.5%

(2) 粒 径

サンプリングしたマンガン団塊の長径を0-2cm、2-4cm、4-6cm、6-8cm、8-16cmの各ランク別に重量測定した。この結果、当海域では、2-4cmサイズが卓越し、その採取量率は全体の約49%に達したほか、次の特徴が認められた。（図3-5-2、別添第9図参照）

- ① 0-2、2-4cmは計66%となり、当海域は小型のマンガン団塊に富む。
- ② 2-4cmサイズはライン諸島の東側で52%、西側で44%の採取量率であり東側により小型のマンガン団塊が出現する傾向がある。
- ③ 粒径の大きいものは（4-6cm以上）、西側南部の水深の深い海域に出現する。
- ④ 0-2cmサイズは、地形的高まり等に局所的に出現する。

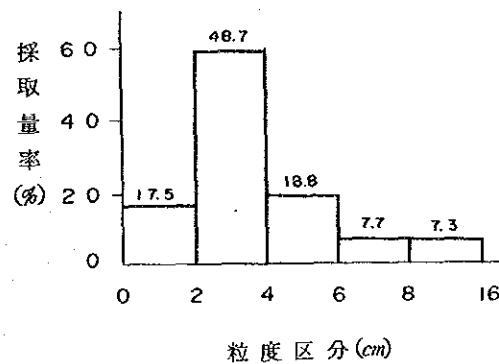
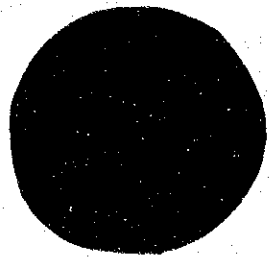
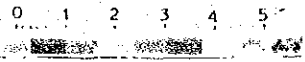


図3-5-2 マンガン団塊の粒径と採取量率

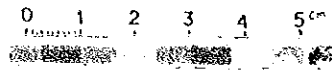
図3-5-3に各形状の代表写真を示し、別添第8図にマンガン団塊の形状分布を示した。



(上面)

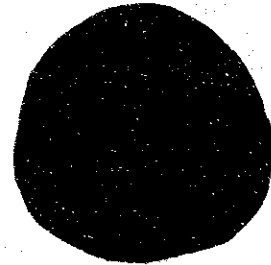


(断面)

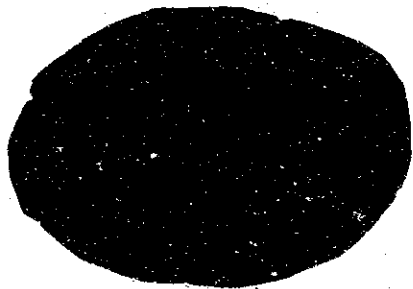
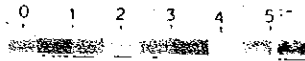


球状

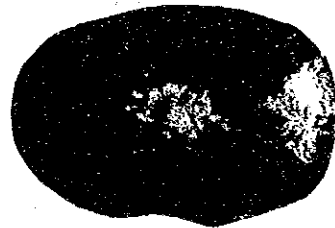
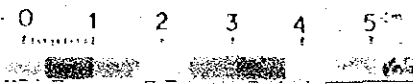
89S0947FG03



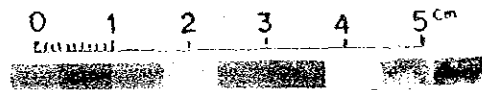
(下面)



(上面)

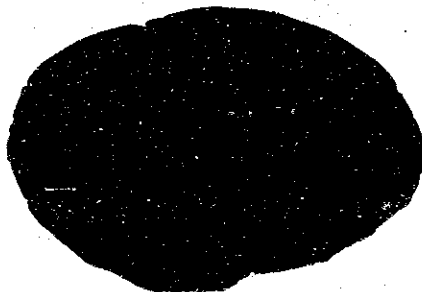


(断面)



扁平球状

89S1048FG02



(下面)

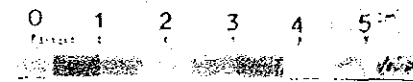
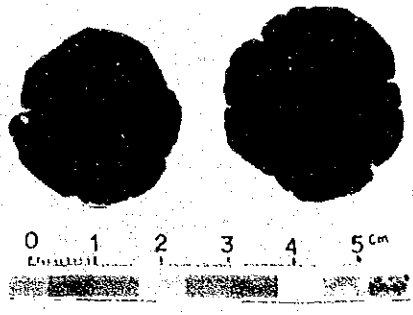
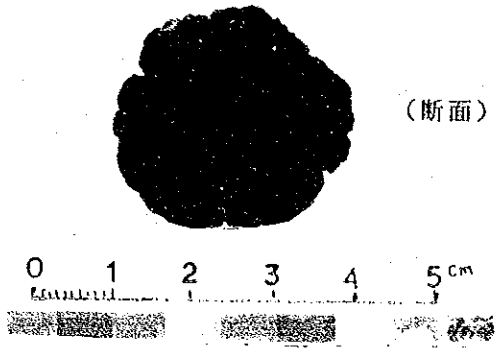


図 3 - 5 - 3 マンガン団塊の形状(1)

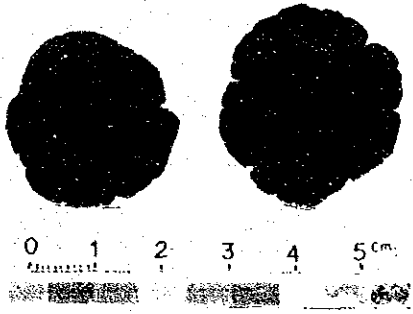


(上面)

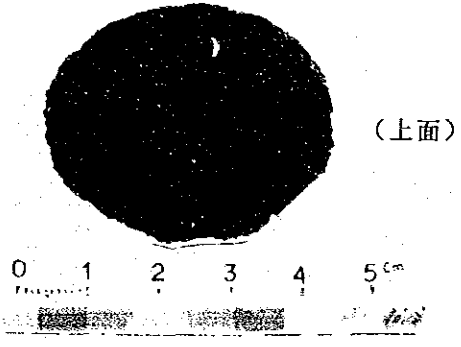


(断面)

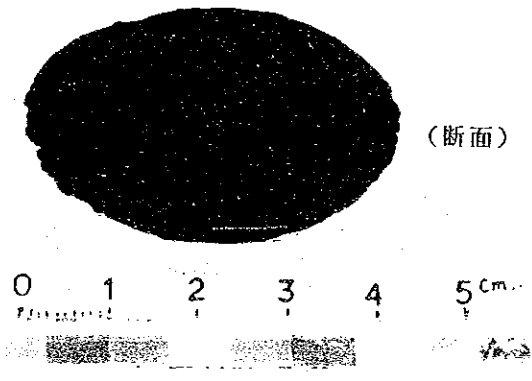
小石状
89S0842FG02



(下面)

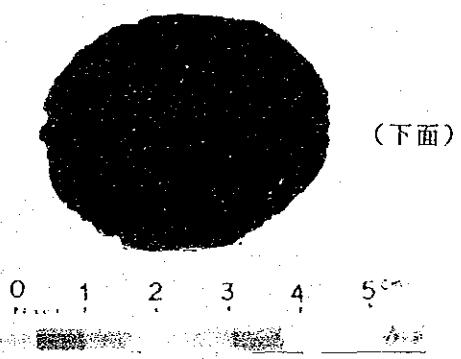


(上面)



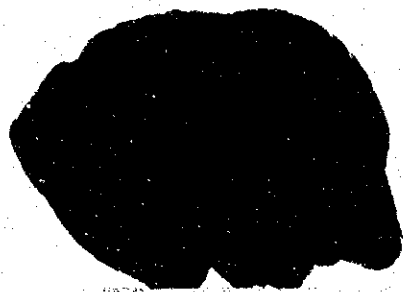
(断面)

扁平だ円状
89S0842SC01



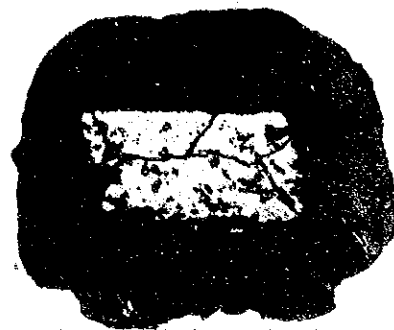
(下面)

図 3 - 5 - 3 マンガン団塊の形状(2)



(上面)

0 1 2 3 4 5



(断面)

0 1 2 3 4 5



(下面)

0 1 2 3 4 5

塊 状

89S1341FG02



(上面)

0 1 2 3 4 5



(断面)

0 1 2 3 4 5

板 状

89S1341FG03



(下面)

0 1 2 3 4 5

図 3 - 5 - 3 マンガン団塊の形状(3)

(3) 産 状

形状、粒径の他にマンガン団塊の産状として次の特徴が認められた。

- ① 破碎成長型のマンガン団塊が全体の約1/2の採試点で出現した。特にライン諸島東側の海域で多く出現する傾向がある。
- ② 粒径は不均一であり、大きさが異なるマンガン団塊が混在して出現する傾向がある。
- ③ 埋没率*1が高い。即ち埋没率を認めた採試点は78点あり、全体の79%に達する。また、78点の平均埋没率は80%である。埋没率はライン諸島西側海域で東側海域よりやや高い傾向がある。

	<u>埋没率</u>
ライン諸島西側海域	87%
ライン諸島東側海域	73%

図3-5-4に代表的な産状の写真を示した。

2) 分布密度

別添第10図にマンガン団塊分布密度図を示す。当海域全体に於ける平均分布密度は、低い値であったが、ライン諸島東側海域の一部で高分布密度ゾーンが出現した。以下、当海域に於ける分布密度の特徴を述べる。

- ① 全測点(33測点)の平均分布密度は $4.37\text{kg}/\text{m}^2$ と低い値を示した。
図3-5-5分布密度の頻度分布図によると $2.5\text{kg}/\text{m}^2$ 以下の不毛部は全採試点の68%に達する。
- ② 一方 $10\text{kg}/\text{m}^2$ 以上の高分布密度ゾーンは調査海域東側に出現したが、全採試点に占める比率は8%である。尚、東側の海域には、当海域での最大値である $21.13\text{kg}/\text{m}^2$ の分布密度を示す採試点 appeared。
- ③ $5\text{kg}/\text{m}^2$ 以上 $10\text{kg}/\text{m}^2$ 以下の中分布密度ゾーンが散在する。
- ④ ライン諸島の東西の海域に於ける平均分布密度に差があり、東側海域の分布密度がやや高い傾向がある。

ライン諸島西側海域	$2.94\text{kg}/\text{m}^2$ (60採試点)
ライン諸島東側海域	$6.56\text{kg}/\text{m}^2$ (39採試点)

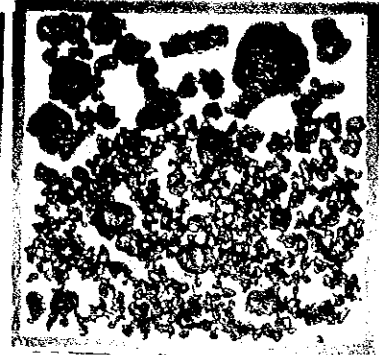
*1 埋没率は次式で定義する。

$$\left(1 - \frac{\text{海底面積率}}{\text{揚収面積率}}\right) \times 100$$

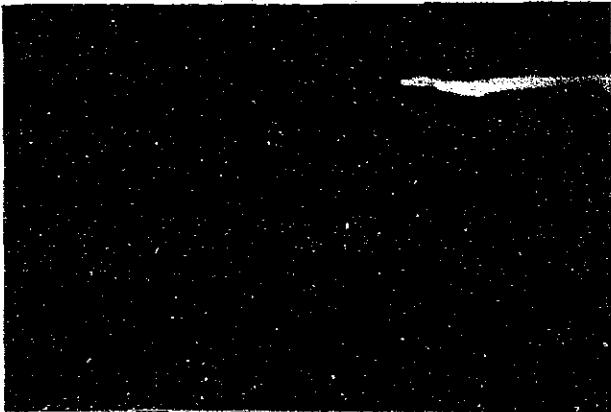


89S1147FG03(海底)
水深4,790m
塊状, 小石状

89S1147FG03 9.22

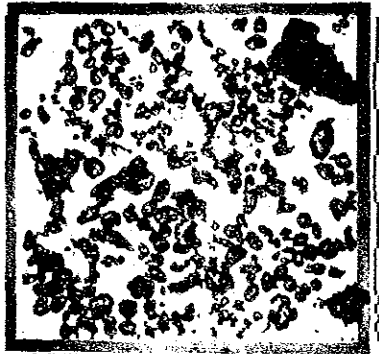


同左 (揚収)
灰珪質粘土
分布密度 14.61kg/m³

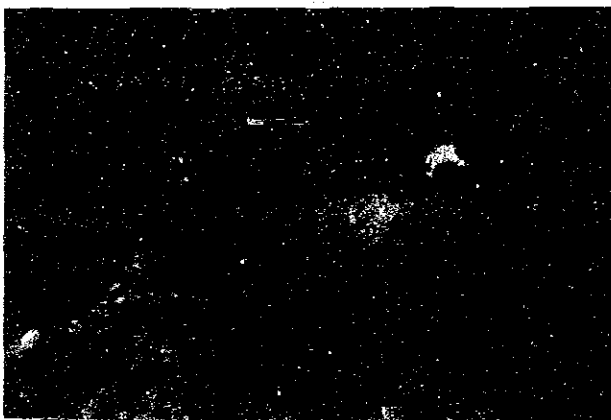


89S1147FG01(海底)
水深4,810m
板状, 小石状

89S1147FG01 9.22

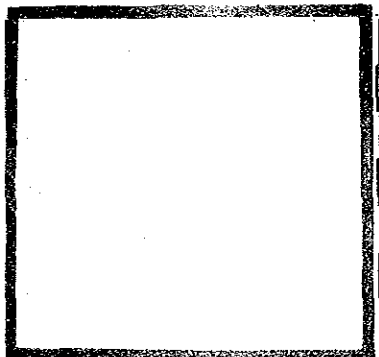


同左 (揚収)
珪灰質粘土
分布密度 4.70kg/m³



89S0841FG02(海底)
水深5,010m
クラスト状

89S0841FG02 9.2



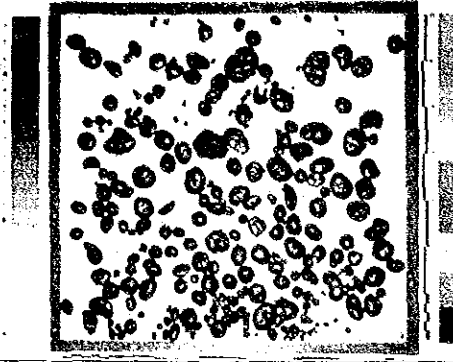
同左 (揚収)
分布密度 14.61kg/m³

図 3 - 5 - 4 海底写真と揚収写真(1)

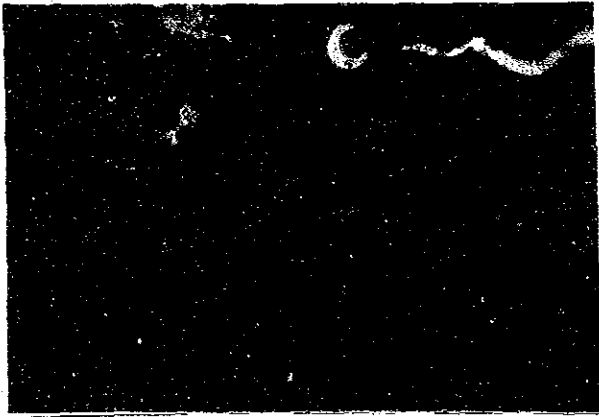


89S0946FG01(海底)
水深5.025m
小石状, 扁礫状

89S0946FG01 9.25



同左 (揚収)
褐色粘土
分布密度 6.19kg/m²



89S0947FG03(海底)
水深4.815m
球状, 扁礫状

89S0947FG03 9.14



同左 (揚収)
珉灰質軟泥
分布密度 20.90kg/m²



89S0742FG03(海底)
水深5.065m
扁平だ円状

89S0742FG03 9.8



同左 (揚収)
褐色粘土
分布密度 2.29kg/m²

図 3 - 5 - 4 海底写真と揚収写真(2)

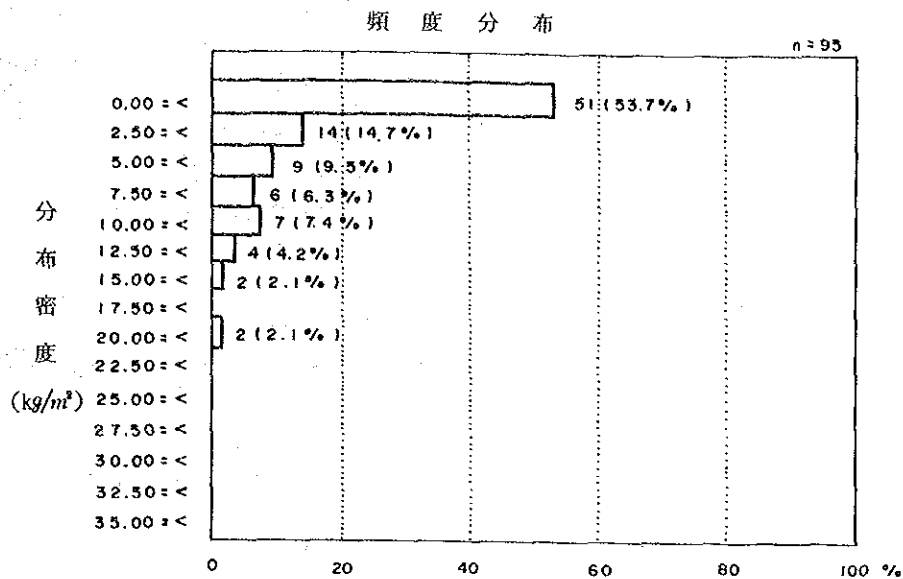


図 3 - 5 - 5 分布密度の頻度分布 (採試点)

- ⑤ 高分布密度と水深，地形との間に関係がみられるが，ライン諸島の東西の海域でその特徴に次のような差が認められた。
- (a) ライン諸島東側海域に於ける分布密度 $10\text{kg}/\text{m}^2$ 以上の分布海域は水深 $4,700\text{m} \sim 5,100\text{m}$ の海丘地帯である。
- (b) ライン諸島西側海域に於ける鉍況が良好なゾーンは，水深 $5,300\text{m} \sim 5,500\text{m}$ の平地である。
- ⑥ 即ち，ライン諸島東側海域では CCD の直上から直下にかけての水深で富鉍部が形成され，ライン諸島西側海域では CCD より深い海域で富鉍部が形成されたものとみられる。(図 3 - 5 - 6，図 3 - 5 - 7 参照)
- ⑦ 底質物の種類と分布密度との関係を見ると石灰質堆積物が出現する海域で分布密度が高い傾向が認められる。(図 3 - 5 - 8，図 3 - 5 - 9 参照)

平均分布密度	
褐色粘土	$3.72\text{kg}/\text{m}^2$
石灰質堆積物	$7.76\text{kg}/\text{m}^2$

- ⑧ マンガン団塊の形状と分布密度では次のような関係が認められた。即ち，塊状，板状のマンガン団塊はその分布密度が高く，扁平礫状，小石状の分布密度は中程度，球状，扁平だ円状では分布密度が低い傾向を示す。(図 3 - 5 - 10 参照)

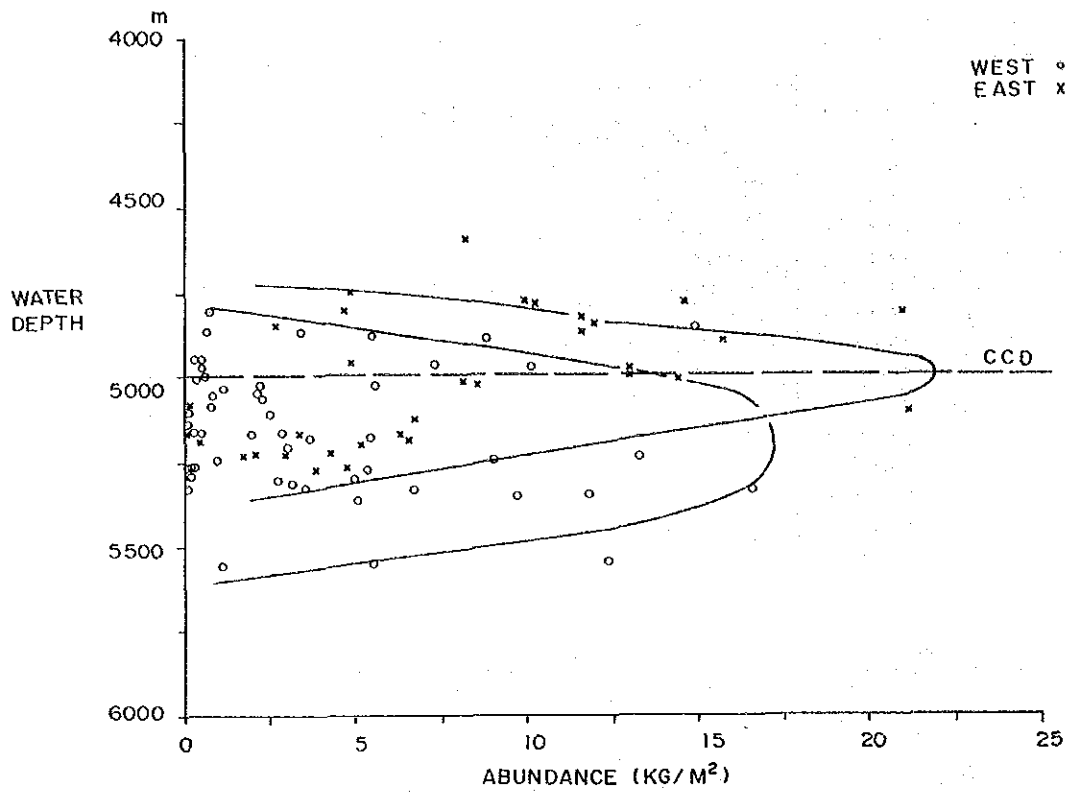


図 3 - 5 - 6 水深と分布密度の関係(I)

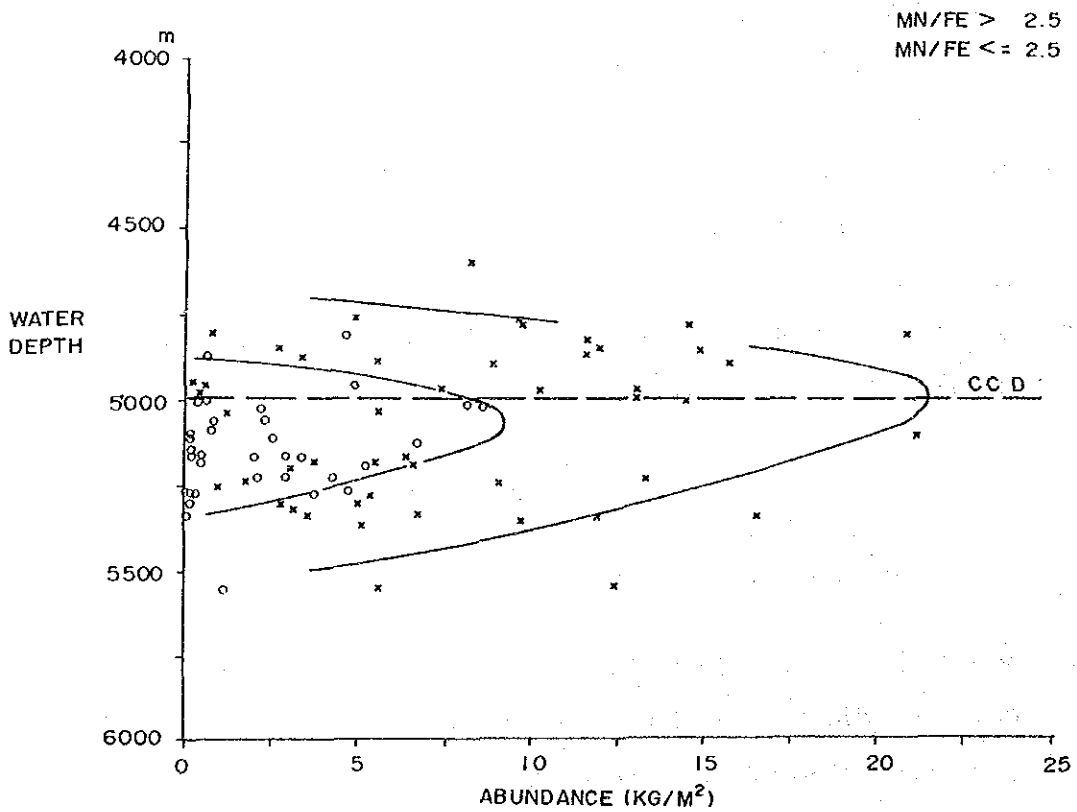
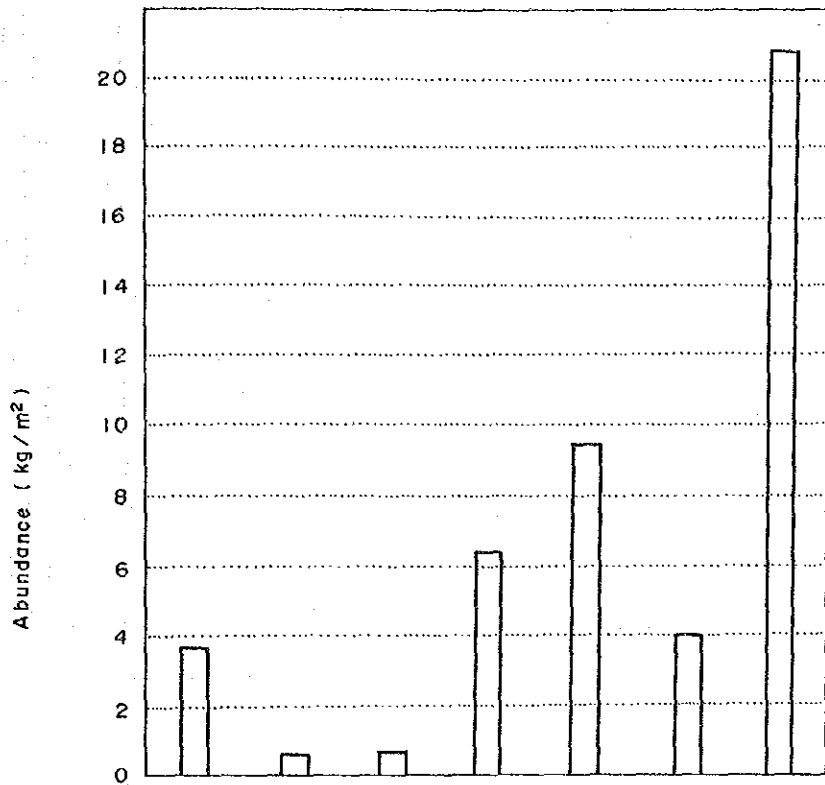


図 3 - 5 - 7 水深と分布密度の関係(2)



Bottom sediment	BC	SC	CC	SCC	CSC	FO	SCO
Average Abundance (kg/m^2)	3.72	0.71	0.73	6.57	9.46	4.08	20.90
Appearance ratio of $\geq 10kg/m^2$	11.1	0	0	33.4	57.1	0	100
Standard deviation	4.52	0	0	5.19	4.79	4.08	0
Number of Sample	63	1	1	9	7	2	1

LEGEND

Sediment	BC	Brown clay
	SC	Siliceous clay
	CC	Calcareous clay
	SCC	Siliceous-Calcareous clay
	CSC	Calcareous-Siliceous clay
	FO	Foraminifera ooze
	SCO	Siliceous-Calcareous ooze

図 3 - 5 - 8 底質物と分布密度の関係(I)

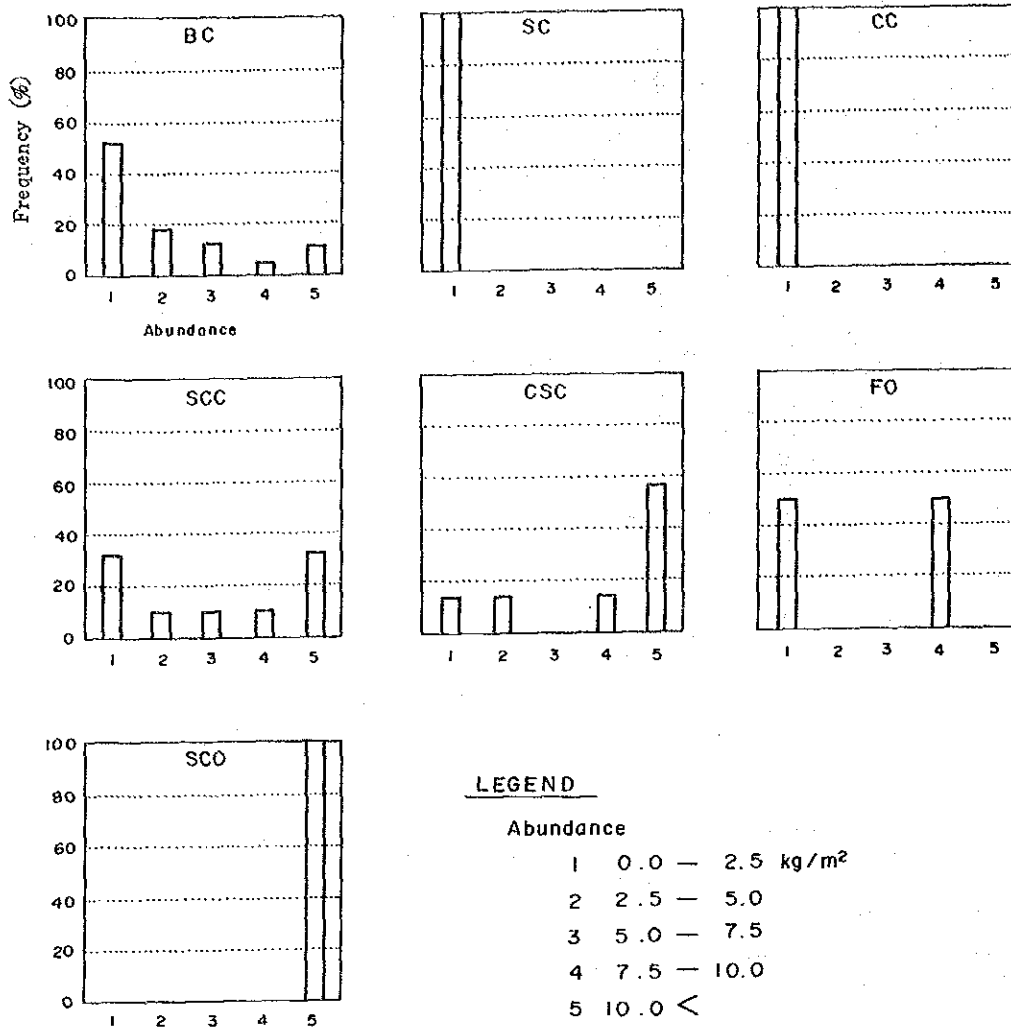


図 3 - 5 - 9 底質物と分布密度の関係(2)

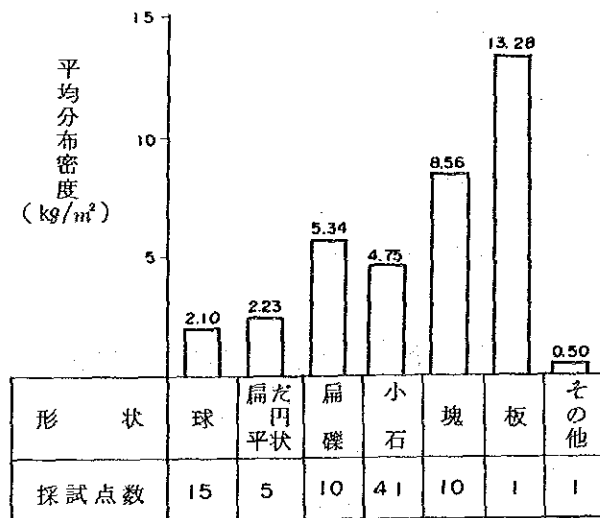


図 3 - 5 - 10 形状と平均分布密度

3) 化学組成

船上において粒度区分ごとに主要5成分 (Ni, Cu, Co, Mn, Fe) の蛍光X線分析を行ったほか、代表的なサンプルを選別し、陸上において副成分の分析を行った。これらの結果に基づいて、マンガン団塊の化学性について述べる。

(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3-5-11に、各成分間の散布図を図3-5-12に、さらに平均品位等の統計を表3-5-1に示す。この結果Ni, Cu, Coの平均品位は各々0.84%, 0.57%, 0.20%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20.49%, 9.21%である。これらの平均品位は前述したように採取量率が高い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11図～第13図にNi, Cu, Co等品位図を示すが、これによるとNiとCuは調査海域の北部で各々の平均品位より高い値を示している。一方、Co品位は海域西部と東部で高く、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分布を示す。

① Ni

Ni品位は最大値1.40%, 最小値0.33%, 平均0.84%である。別添第11図にNi等品位図を示す。Ni品位の分布状況は当海域の北部で高く、 $8^{\circ}00' S$ 以北の $148^{\circ}30' W \sim 151^{\circ}30' W$ で囲まれた海域及び $7^{\circ}00' S$ 以北の $152^{\circ}30' W \sim 153^{\circ}30' W$ で囲まれた海域においてNi品位が1.00%以上となっている。

② Cu

Cu品位は最大値1.16%, 最小値0.18%, 平均0.57%である。別添第12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、 $8^{\circ}00' S$ 以北の $148^{\circ}30' W \sim 151^{\circ}30' W$ 及び $7^{\circ}00' S$ 以北の $152^{\circ}30' W \sim 153^{\circ}30' W$ で囲まれた範囲では品位が高いが海域西部と南東部では低品位である。なお、Cu品位が1.00%以上の海域は当調査海域の北東部に散点状に分布するにすぎない。

表3-5-1に示すようにNiとCuの相関性は0.91と非常に高い。

③ Co

Co品位は最大値0.33%, 最小値0.04%, 平均0.20%である。別添第13図にCoの等品位図を示す。本図によると西側海域の $8^{\circ}30' S \sim 10^{\circ}00' S$ と $153^{\circ}30' W \sim 154^{\circ}30' W$ で囲まれた範囲及び東側海域の $8^{\circ}00' S \sim 9^{\circ}00' S$ と $148^{\circ}30' W \sim 149^{\circ}30' W$ に囲まれた海域にCo品位0.25%以上の比較的品位の高いゾーンが分布する。この内東側海域は、マンガン団塊分布密度が $10\text{kg}/\text{m}^3$ 以上で、調査海域全体の中で最も高分布密度帯に相当する箇所でもある。

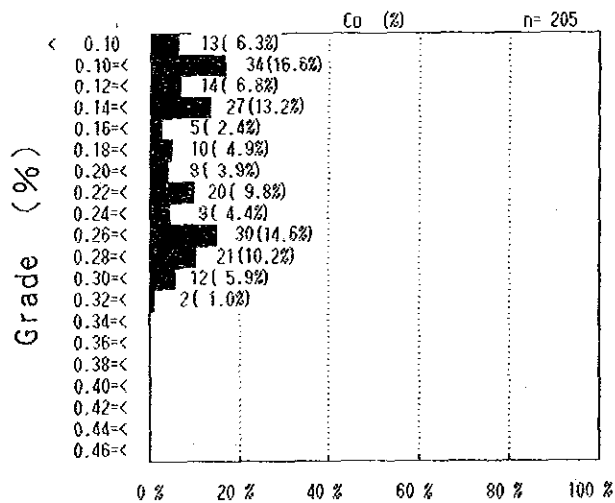
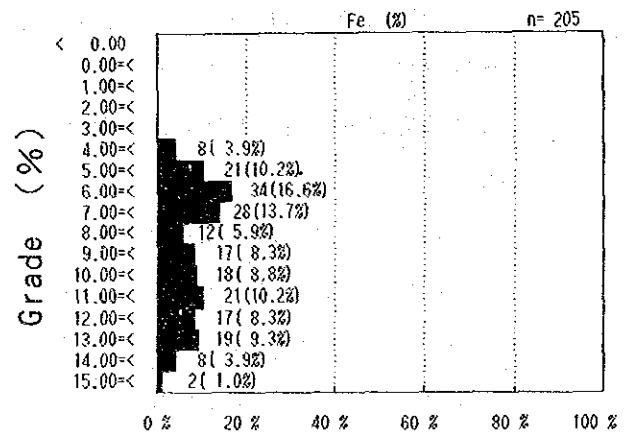
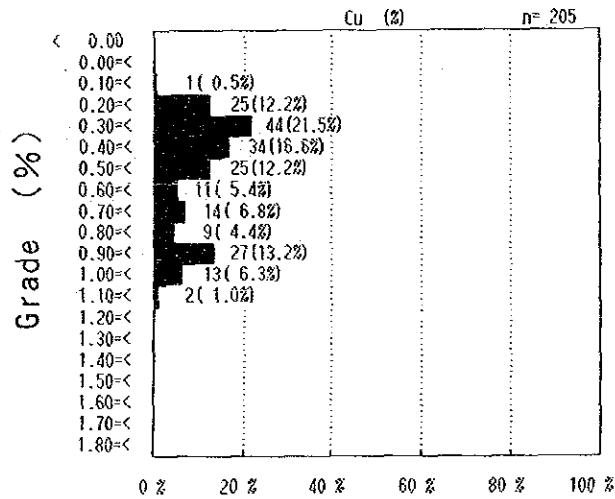
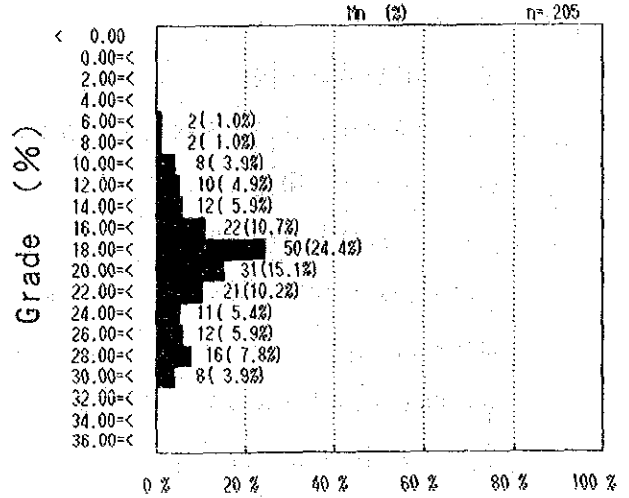
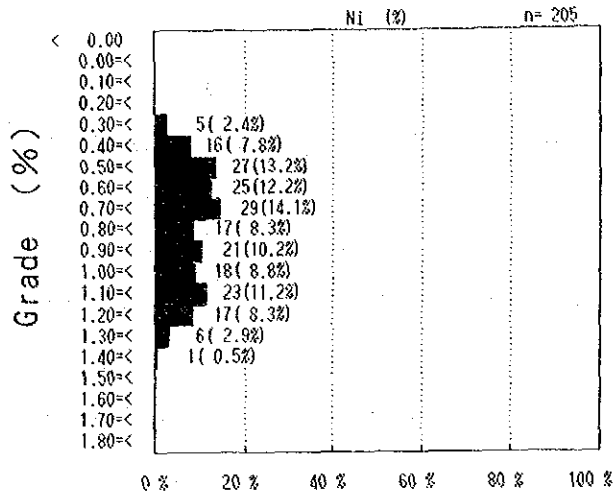
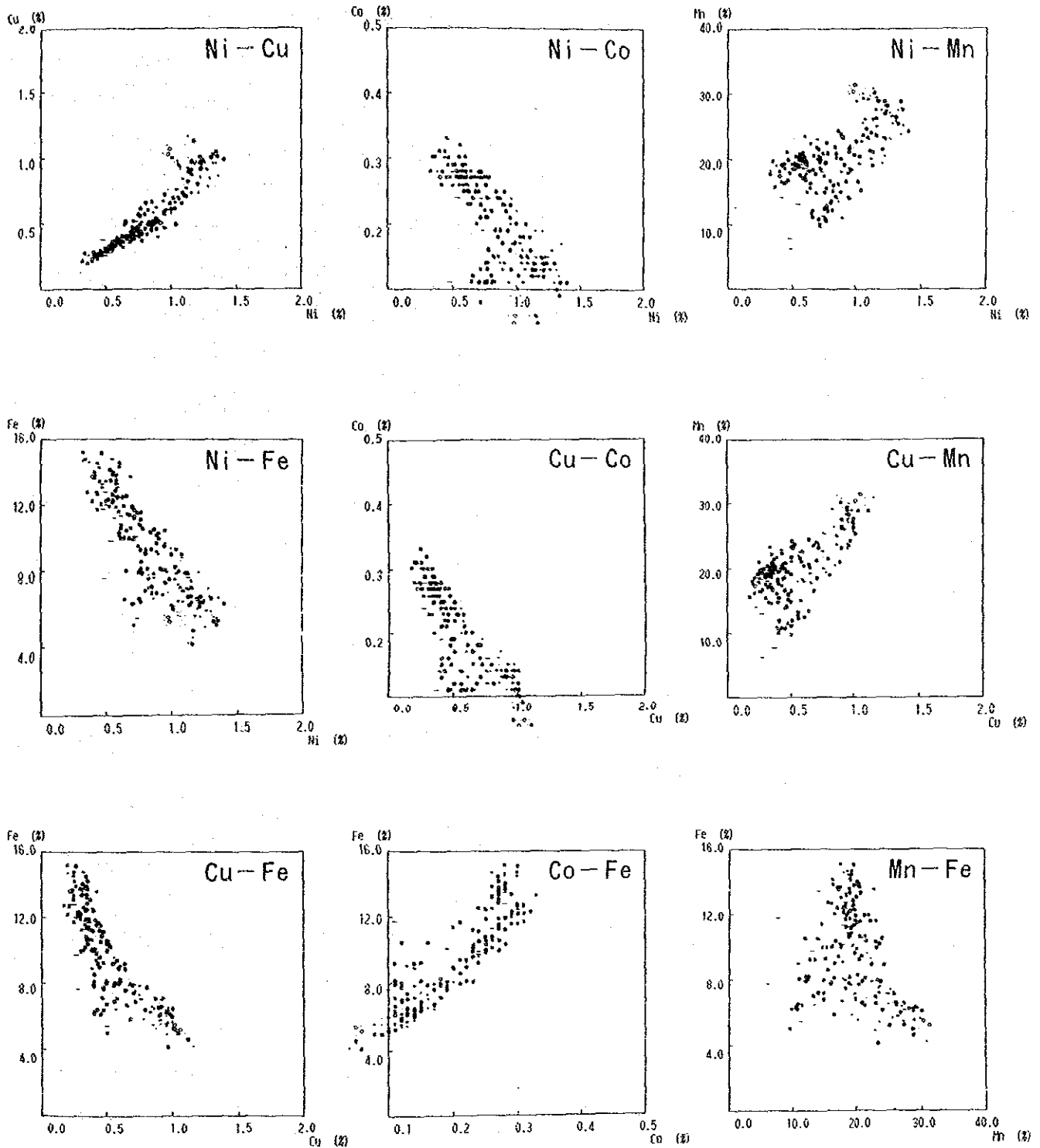


図 3 - 5 - 11 主要 5 成分の頻度分布図



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

(n = 205)

図 3 - 5 - 12 各成分間の散布図

表 3 - 5 - 1 マンガン団塊の化学性

(n = 205)

	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	0.84	0.27	1.40	0.33	-0.85	0.61	-0.75	0.91	1.00
Cu	0.57	0.26	1.16	0.18	-0.85	0.73	-0.84	1.00	
Co	0.20	0.07	0.33	0.04	0.92	-0.30	1.00		
Mn	20.49	5.24	31.35	6.20	-0.39	1.00			
Fe	9.21	2.95	15.07	4.09	1.00				

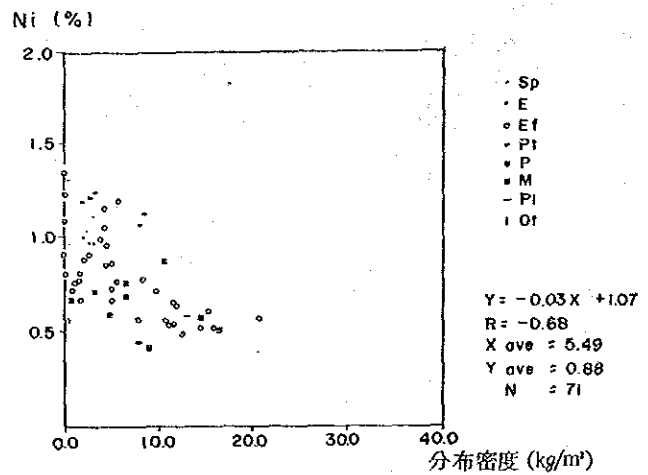
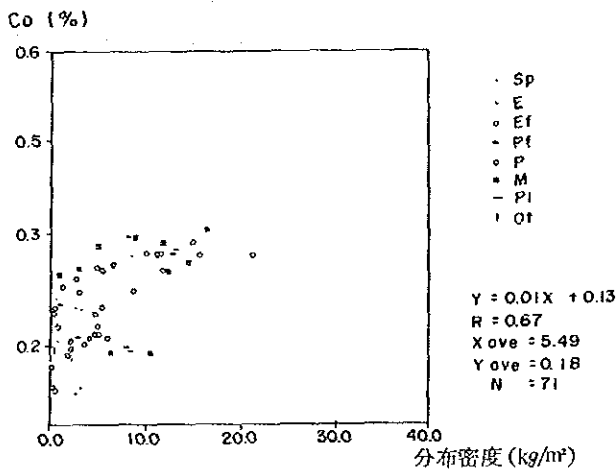


図 3 - 5 - 13 分布密度 - Co 散布図

図 3 - 5 - 14 分布密度 - Ni 散布図

また、図 3 - 5 - 13, 14 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るが、Ni 品位と分布密度は負相関である。即ち、高分布密度のマンガン団塊は 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 31.35%，最小値 6.20%，平均 20.49% であり、Fe 品位は最大値 15.07%，最小値 4.09%，平均 9.21% である。Mn は Ni, Cu と同様に当調査海域の北部と東部で品位が高い傾向がみられる。

(2) 品位特性

① 各成分間の相関性

5成分の相関係数を前述した表3-5-1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。即ち、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3-5-12各成分間の散布図でもみられる。

② 形状別の品位特性

各形状ごとの品位特性を表3-5-2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扁平礫状は類似した品位傾向を示し、相対的にNi、Cu、Mn品位が高く、Co、Fe品位が低い。また、Cu/Ni比及びMn/Fe比が高い。

(b) 小石状、塊状及び板状は類似した品位傾向を示し、Ni、Cu、Mn品位が低く、Co、Fe品位が高い。また、Cu/Ni比及びMn/Fe比は低くなっている。即ち、(a)とは逆の傾向を示す。

(c) その他は各成分とも低品位となっている。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3-5-3に示す。同表より粒度の小さいマンガン団塊のほうがNi、Cu品位が高く、Co、Fe品位が低い傾向が明瞭である。尚、8-16cmサイズは他の粒形に比べてNi、Cu、Mn品位が低く、Co、Fe品位が高いが、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3-5-4に示す。その内容は次の2点に要約される。

(a) 平地、溝状地及び海丘では類似した品位傾向を示し、Ni、Cu品位が高く、Co、Fe品位が低い。

(b) 台状地ではNi、Cu品位が低く、Co、Fe品位が高い。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3-5-5に示す。珪質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、これとは逆に有孔虫軟泥ではNi、Cu品位が低く、Co、Fe品位が高い傾向がある。褐色粘土・灰珪質粘土では両者の中間的な性格を有するが、褐色粘土のマンガン団塊は珪質粘土のものに、また灰珪質粘土のマンガン団塊は有孔虫軟泥のものに類似した特性を示す。

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3-5-15に示す。なお、前述したように、当調査海域の

表3-5-2 マンガン団塊の形状と化学性

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	23	1.10	0.27	1.36	0.33	0.77	0.24	1.16	0.21	0.16	0.06	0.28	0.04
扁平円状 通常型	11	1.04	0.09	1.18	0.94	0.96	0.10	1.09	0.75	0.09	0.03	0.12	0.05
扁平円状 厚型	3	0.79	0.34	0.99	0.40	0.77	0.47	1.06	0.22	0.13	0.12	0.27	0.05
扁平碟状	28	0.95	0.26	1.27	0.44	0.69	0.25	0.99	0.25	0.17	0.06	0.30	0.10
小石状	92	0.85	0.24	1.40	0.42	0.55	0.22	1.12	0.24	0.20	0.07	0.32	0.05
塊状	36	0.58	0.14	0.86	0.33	0.34	0.10	0.65	0.18	0.25	0.06	0.33	0.08
板状	4	0.51	0.03	0.54	0.48	0.29	0.05	0.37	0.25	0.23	0.08	0.28	0.11
その他	8	0.61	0.12	0.74	0.42	0.35	0.09	0.51	0.23	0.22	0.08	0.30	0.10

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	23	23.51	4.12	30.80	13.40	7.29	2.63	14.59	4.14	0.70	3.61
扁平円状 通常型	11	28.94	2.81	31.23	21.77	5.64	0.59	6.76	4.94	0.93	5.22
扁平円状 厚型	3	26.35	7.89	31.35	17.26	8.06	4.76	13.55	5.16	0.89	4.31
扁平碟状	28	22.91	4.81	29.44	10.96	8.72	3.09	14.70	5.52	0.71	3.03
小石状	92	19.52	4.53	30.16	10.54	9.39	2.72	15.06	4.09	0.63	2.32
塊状	36	17.82	3.13	23.24	9.56	11.05	2.41	15.07	4.97	0.58	1.66
板状	4	14.38	5.10	18.47	7.73	11.52	1.29	12.73	9.71	0.58	1.25
その他	8	15.69	4.86	20.42	6.20	10.16	2.59	13.42	5.38	0.57	1.57

† 単純平均値に基づく。

表3-5-3 マンガン団塊の粒度と化学性

粒度区分 (cm)	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	66	0.95	0.28	1.40	0.42	0.63	0.24	1.12	0.24	0.19	0.07	0.30	0.05
2~4	67	0.88	0.25	1.27	0.42	0.59	0.25	1.16	0.23	0.19	0.07	0.32	0.04
4~6	46	0.73	0.24	1.16	0.35	0.50	0.26	1.06	0.22	0.20	0.08	0.31	0.05
6~8	15	0.69	0.24	1.03	0.33	0.52	0.31	1.03	0.20	0.20	0.10	0.33	0.06
8~16	11	0.57	0.18	0.97	0.37	0.38	0.26	1.09	0.18	0.24	0.09	0.31	0.05

粒度区分 (cm)	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	66	20.47	4.61	28.78	10.88	8.70	2.74	15.06	4.60	0.65	2.67
2~4	67	20.96	5.42	30.80	6.20	8.95	2.88	14.43	4.09	0.65	2.70
4~6	46	19.94	5.52	31.35	7.73	9.90	3.09	14.70	5.16	0.66	2.35
6~8	15	21.31	6.36	31.23	9.56	9.62	3.61	15.07	4.97	0.71	2.72
8~16	11	18.87	5.21	30.86	11.46	10.38	2.66	13.55	4.95	0.62	2.06

† 単純平均値に基づく。

表3-5-4 海底地形とマンガン団塊の化学性

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	48	0.76	0.24	1.34	0.49	0.49	0.23	1.08	0.29	0.22	0.07	0.31	0.05
溝状地	1	0.68	—	—	—	0.53	—	—	—	0.12	—	—	—
台状地	1	0.42	—	—	—	0.22	—	—	—	0.30	—	—	—
海丘	21	0.65	0.20	1.19	0.40	0.42	0.21	1.16	0.25	0.23	0.07	0.30	0.04

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	48	20.14	4.20	31.07	12.40	10.07	2.80	14.42	4.09
溝状地	1	11.80	—	—	—	10.30	—	—	—
台状地	1	15.61	—	—	—	12.82	—	—	—
海丘	21	19.25	3.77	30.81	8.07	11.44	3.00	14.49	4.14

表3-5-5 底質物とマンガン団塊の化学性

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	51	0.78	0.25	1.34	0.42	0.53	0.26	1.16	0.22	0.21	0.08	0.31	0.04
珪質粘土	1	0.96	—	—	—	0.56	—	—	—	0.20	—	—	—
灰珪質粘土	17	0.65	0.15	1.30	0.52	0.37	0.09	0.84	0.28	0.25	0.04	0.29	0.12
有孔虫軟泥	2	0.41	0.02	0.44	0.40	0.25	0.00	0.25	0.25	0.29	0.01	0.30	0.28

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	51	20.42	4.95	31.07	10.68	9.50	2.81	13.91	4.09
珪質粘土	1	18.54	—	—	—	8.30	—	—	—
灰珪質粘土	17	18.36	1.91	23.79	8.07	11.97	2.13	14.42	6.44
有孔虫軟泥	2	19.11	0.14	19.33	19.03	14.36	0.08	14.49	14.31

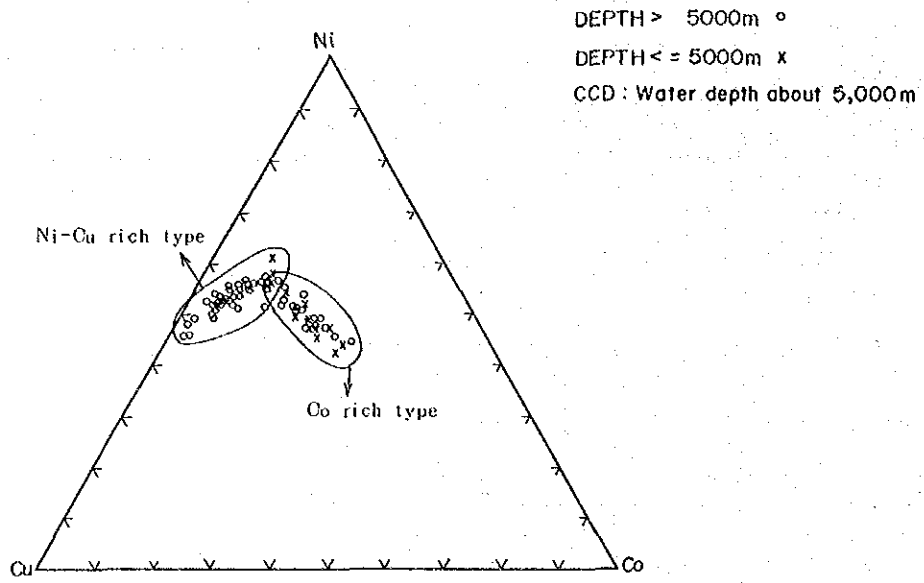


図 3 - 5 - 15 CCD区分によるNi-Cu-Co三角ダイヤグラム(1)

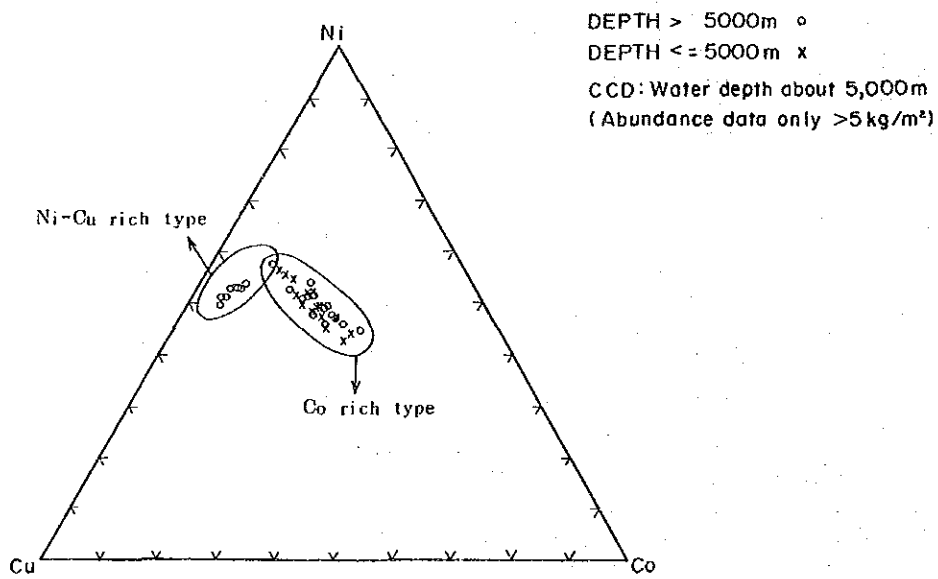


図 3 - 5 - 16 CCD区分によるNi-Cu-Co三角ダイヤグラム(2)

CCDは水深 5,000m付近と考えられている。同図よりマンガン団塊の品位特性はCCDを境として

a. Ni, Cuリッチタイプ

b. Coリッチタイプ

の2つのグループに分類できる。本分類をより明確に示すため、分布密度が 5 kg/m^3 以上のみの採試点についての関係を図3-5-16に示す。これらの図から分布密度が 5 kg/m^3 以上のNi, Cuリッチタイプはすべて水深 5,000m以深でサンプリングされたことがわかる。

次に主要3成分の合計品位(Ni+Cu+Co)と水深の関係を図3-5-17に示す。同図は当調査海域内の地域差を明確にするため、ライン諸島を境としてその西側と東側を区分してプロットした。その結果、高品位のマンガン団塊は水深 5,000~ 5,100mの範囲に分布することが明らかとなった。即ち、CCD又はその直下の水深帯に、高品位のマンガン団塊が分布していることを示している。さらにライン諸島の東西の海域ではマンガン団塊の分布に差異が認められ、西側ではCCDの直下に、また、東側ではCCD付近にそれぞれ高品位帯を形成している。

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3-5-18に示す。同図から明らかなようにMn/Fe比が約 2.5で2つのタイプに分類できる。そこでMn/Fe比を 2.5以上とそれ以下に区分してNi-Cu-Co三角ダイヤグラムにプロットしたものを図3-5-19に、Mn/Fe比と分布密度との関係を図3-5-20に、同様に分布密度、品位、水深についてまとめた結果を表3-5-6に示す。その結果、Mn/Fe比が 2.5以上のマンガン団塊はNi, Cuリッチタイプに対応し、低分布密度である。その分布水深は比較的深い傾向を示す。一方、Mn/Fe比が 2.5以下のマンガン団塊はCoリッチタイプに対応し、高分布密度でその分布水深は比較的浅い傾向にある。

図3-5-21にMn/Fe分布図を示した。本図によると調査海域の大部分はMn/Fe: 2以上のマンガン団塊で占められるが、ライン諸島の東側海域と西側海域の一部に狭いながらもMn/Fe: 1-2ゾーンが分布する。このゾーンは3-5の2)マンガン団塊の分布密度の項で前述したマンガン団塊の中~高分布密度帯に対応するようにみられる。この内、ライン諸島東側海域ではMn/Fe: 1-2の試料の分布密度は特に高く平均 12.02 kg/m^3 (4測点, 10採試点平均)で、調査海域全体の平均分布密度(4.37 kg/m^3)の約3倍程度を示す。

図3-5-22に太平洋に於けるマンガン団塊のMn/Fe分布図を示したが本図によると

当海域でMn/Fe比が高い傾向は、当海域の東方に広く分布するMn/Fe: 2-5ゾーンのマンガン団塊と類似するものが分布することによるものと推定されるが、Mn/Fe: 1-2のマンガン団塊については、その特性と分布を今後研究する価値があるものとみられる。

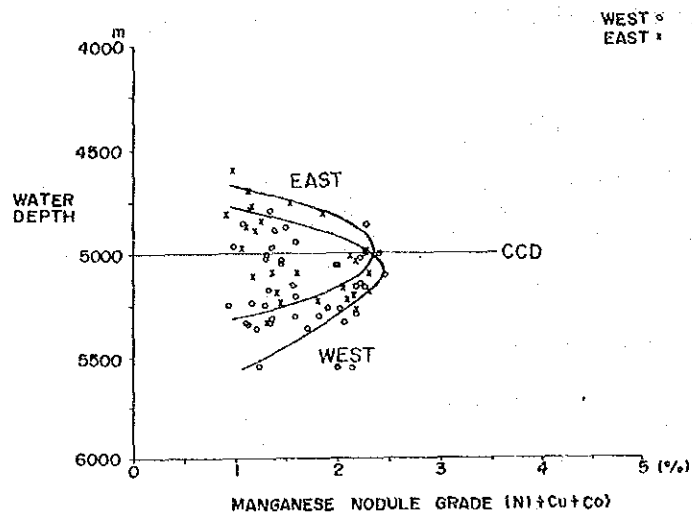


図 3 - 5 - 17 水深 - (Ni + Cu + Co) 品位関係図

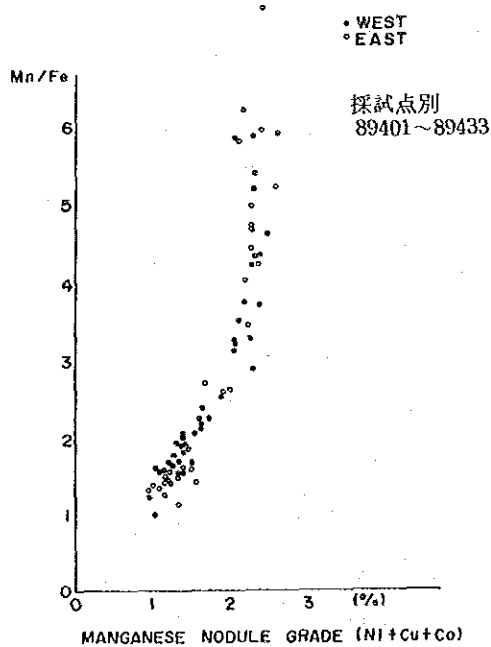


図 3 - 5 - 18 Mn/Fe - (Ni + Cu + Co) 品位関係図

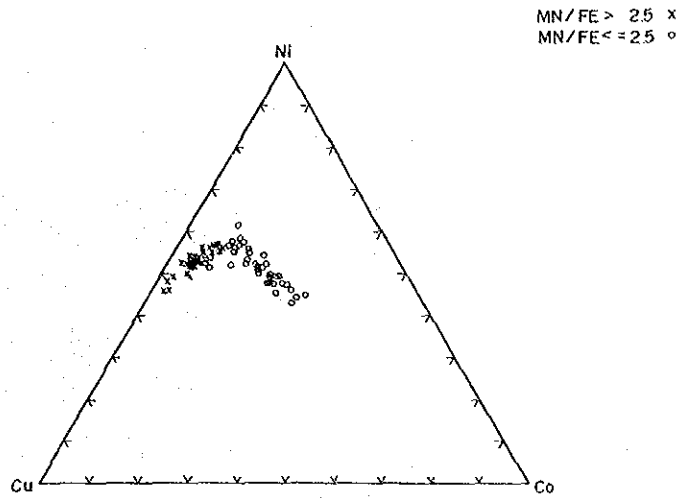


図 3-5-19 Mn/FeによるNi+Cu+Co三角ダイアグラム

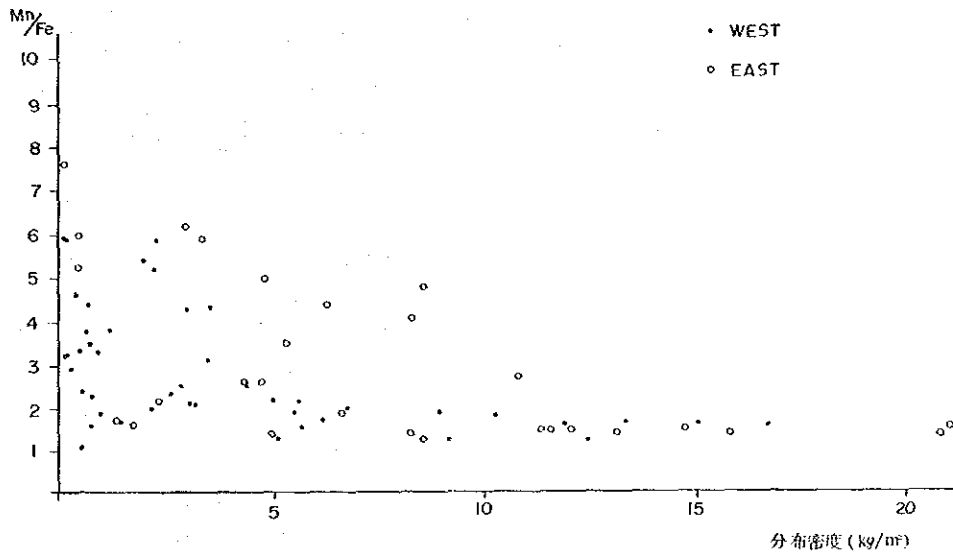


図 3-5-20 Mn/Fe-分布密度関係図

表 3-5-6 Mn/Feで区分した特徴

	Mn/Fe > 2.5	Mn/Fe < 2.5
分布密度 品 位	Low (平均 2.7kg/m ²) Ni, Cu → High (1.08%) (0.78%) Co → Low (0.13%)	High (平均 7.5kg/m ²) Ni, Cu → Low (0.61%) (0.35%) Co → High (0.26%)
水 深	5,000m ~ 5,500m Min 4,810m ~ Max 5,560m ※水深は 5,000 ~ 5,200m ぐ らいの深い所が多い。	4,700m ~ 5,300m Min 4,600m ~ Max 5,550m ※分布密度が 10kg/m ² をこえ る所の水深は 4,700 ~ 5,000 m ぐらいの浅い所である。

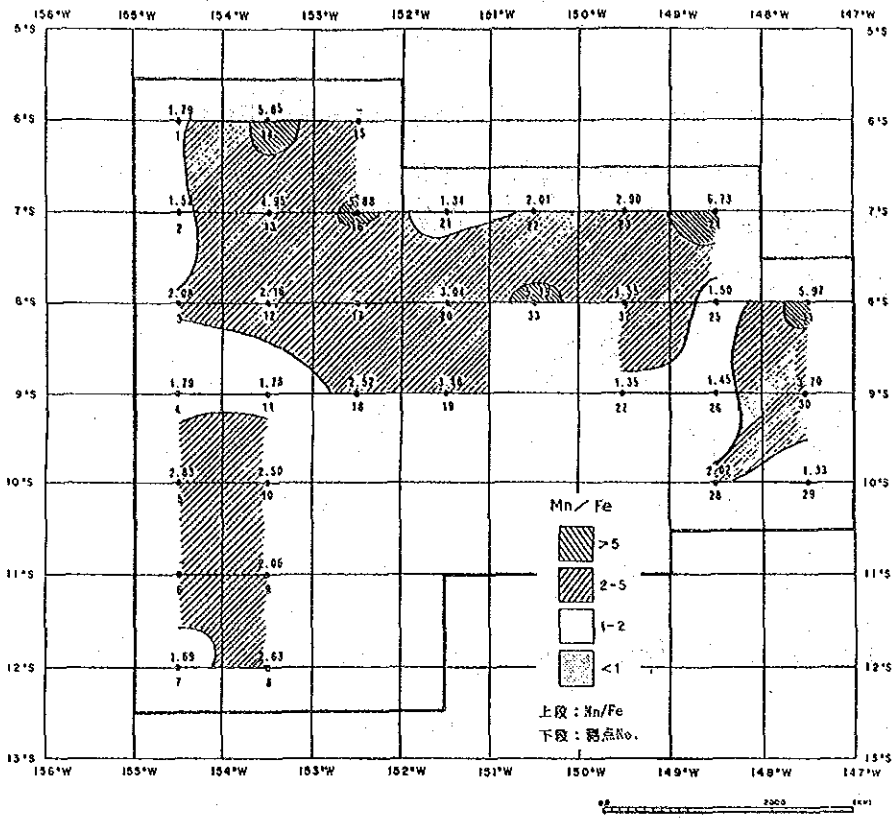
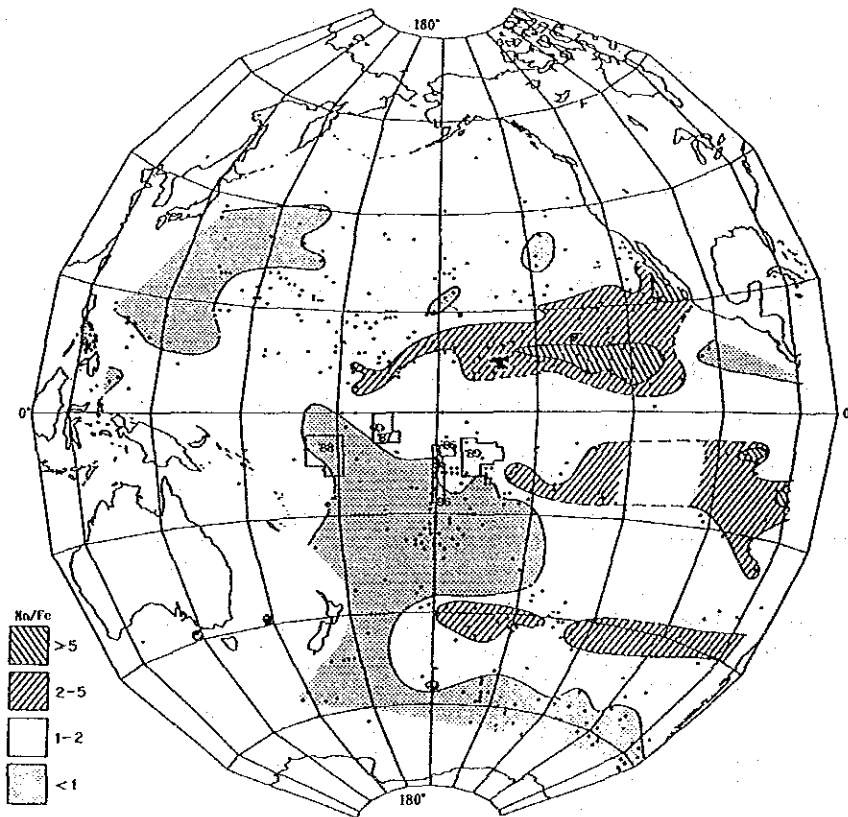


図 3 - 5 - 21 マンガン団塊のMn/Fe分布図



Distribution of Mn/Fe ratios in ferromanganese nodules from the Pacific (from Calvert, 1978).
Underwater Minerals
By D.S. CRONAN

図 3 - 5 - 22 太平洋に於けるマンガン団塊のMn/Fe分布図

(3) 副成分

マンガン団塊の副成分の性状を把握するため、主要5成分の船上分析に用いたサンプルより代表的な6個のサンプルを選定し、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3-5-7に示した。本表から次の特徴が明らかにされた。尚、Ni、Cu、Co分析値から6試料の内、89S1147FG03、89S134102の2試料はCoリッチタイプであり、他の4試料はNi、Cuリッチタイプとみられる。

①Si₂O₃含有量は11.48%~21.32%で6試料平均約16%を示した。

②Fe₂O₃ > FeO で3価のFeに富む。6試料の中ではCoリッチタイプのマンガン団塊が他よりFe₂O₃含有量が多い傾向がみられる。

③微量成分では、CoリッチタイプとNi、Cuリッチタイプの両方で次のような差が認められた。

Coリッチタイプに多く含有する成分：

Pb, Sr, V, As, Zr, ΣR₂O₃*¹

Ni, Cuリッチタイプに多く分布する成分：

Zn, Mo

④Mckelvey et al. (1979)が報告したクラリオン-クリッ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し次のような差が認められた。

当海域の方が含有量が多い成分：

SiO₂, Al₂O₃, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, V

クラリオン-クリッパートン海域の方が含有量が多い成分：

Zn, Sr, Mo, B

*¹ ΣR₂O₃は稀土類元素の合計含有量を示す。

*² Si 7.81%, Ti 0.61%, Al 2.84%, Mg 1.80%, Ca 1.47%, Ba 0.32%,
Na 1.87%, K 0.82%, P 0.23%, Pb 0.048%, Sr 0.066%, Mo 0.048%,
V 0.03%, Zn 0.13%, Y 0.01%, B 0.016%

表 3-5-7 マンガン団塊の完全分析値及び微量分析値

Sample No.		89S0942 FG03	89S0845 FG02	89S0948 FG03	89S1147 FG03	89S1341 FG02	89S1141 FG02
Topography		(Hilly)	(Quasi)	(Quasi)	(Quasi)	(Plain)	(Plain)
Depth (m)		Flat	Seaknoll	Flat	Flat	Flat	Flat
Morphology		5.060	5.100	5.230	4.790	5.370	5.560
Size (cm)		Pebble	Pebble thin	Ellipsoidal	Ellipsoidal fat	Massive	Spheroidal
		2-4	4-6	8-16	8-16	8-16	0-2
Major Metal Contents (%)	Ni	1.02	0.94	0.97	0.40	0.40	1.15
	Cu	0.68	0.66	1.09	0.22	0.20	0.72
	Co	0.12	0.11	0.05	0.27	0.31	0.19
	Mn	16.49	17.70	30.86	17.26	18.00	23.78
	Fe	5.79	6.63	4.95	13.55	12.10	7.53
Major Element Contents (%)	SiO ₂	18.60	15.26	11.48	21.32	15.26	14.00
	TiO ₂	1.08	0.46	0.32	0.87	1.27	0.80
	Al ₂ O ₃	6.24	5.85	4.13	6.58	5.64	6.63
	Fe ₂ O ₃	15.51	9.33	7.93	18.80	17.76	10.87
	FeO	0.19	0.19	0.32	0.06	0.19	0.32
	MnO ₂	27.41	39.25	46.10	23.06	29.59	36.44
	MgO	2.71	3.11	3.71	2.06	1.18	3.78
	CaO	1.88	2.06	2.03	2.32	2.40	1.85
	BaO	0.39	0.47	0.57	0.31	0.33	0.29
	Na ₂ O	2.64	2.33	2.47	2.47	2.45	2.54
	K ₂ O	1.70	1.54	1.12	1.30	1.02	1.32
	P ₂ O ₅	0.60	0.54	0.41	0.66	0.60	0.51
	Ig-loss	21.34	20.43	21.00	19.96	23.03	21.26
Minor Element Contents (ppm)	Pb	589	216	180	541	865	481
	Zn	714	1,189	1,326	497	472	918
	Sr	272	190	228	281	315	190
	V	332	275	216	323	385	307
	Mo	318	359	441	283	336	400
	B	220	157	125	243	233	172
	As	120	64	45	128	147	84
	Y	97	97	78	115	99	90
	Zr	439	236	172	428	418	314
	Pt	0.6	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2
	ΣR ₂ O ₃	936	509	372	1,044	975	622