

入するが、3本とも安定してマンガン団塊を採取してくることは稀であり、当海域におけるマンガン団塊の分布はきわめて悪いと推定される。

形状別の平均分布密度と分布密度の出現頻度を図3-5-11に示す。但し、サンプル個数が少ないことに留意する必要がある。

平均分布密度は球状、塊状型が高く、各々 19.22 kg/m^2 、 12.31 kg/m^2 を示すが、これらはそれぞれ、1サンプル、3サンプルしか採取されておらず、必ずしも正確な実相を反映していない可能性もある。他の形状における平均分布密度は概ね 4 kg/m^2 前後の値を示し、 10 kg/m^2 以上の出現率は約20%である。

底質物と分布密度との関係については、石灰質粘土が採取された点からはマンガン団塊の採取がされていないので、褐色粘土と比較した上での言及はできない。

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線分析を行った他、それらの内から代表的サンプルを選別し、陸上において副成分の分析を行った。また、幾つかのマンガン団塊については断面構造を考慮して幾つかに分割し、それぞれの部分の分析(蛍光X線による)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を述べる。試料数が少ないものについては統計結果について注意する必要がある。

(1) 主要5成分とその分布

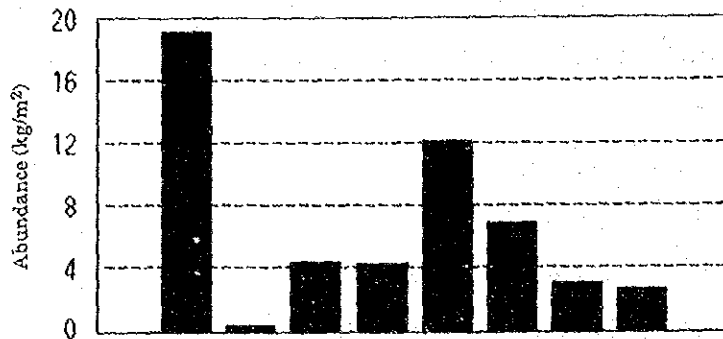
当調査海域におけるマンガン団塊の主要5成分の頻度分布を図3-5-12に、各成分間の散布図を図3-5-13に、さらに平均品位等の統計を表3-5-2に示す。この結果、Ni, Cu, Coの平均値は各々0.54%, 0.47%, 0.20%であり、いずれも低い値であることが判明した。

表3-5-2 マンガン団塊の化学性

	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	0.54	0.17	1.22	0.17	-0.47	0.70	-0.19	0.96	1.00
Cu	0.47	0.17	1.15	0.18	-0.58	0.64	-0.36	1.00	
Co	0.20	0.07	0.33	0.09	0.70	0.27	1.00		
Mn	17.01	4.44	24.45	2.98	0.14	1.00			
Fe	12.73	3.00	19.89	6.06	1.00				

(n = 83)

MnとFeは各々17.01%, 12.73%であり、平均値によるMn/Fe比は1.34である。これらの品位は既述したように採取量率が高い小石状、扁平だ円状通常型及びその他などの



Morphology	Sp	E	Ef	P	M	Pl	Ot	Total
Average Abundance (kg/m ²)	19.22	0.60	4.78	4.16	12.31	7.02	3.25	2.86
Appearance ratio (%) of ≥ 10 kg/m ²	100	0	0	23.80	66.67	50.0	25.0	14.93
Standard deviation	-	1.20	-	5.94	3.54	9.90	5.72	5.38
Number of Samples	1	6	1	21	3	2	8	67

LEGEND

Morphology

- Sp Spheroidal
- E Ellipsoidal
- Ef Ellipsoidal fat
- Pl Pebble thin
- P Pebble
- M Massive
- Pl Platy
- Ot Other

Abundance

- 1 0.0 ~ 2.5 kg/m²
- 2 2.5 ~ 5.0
- 3 5.0 ~ 7.5
- 4 7.5 ~ 10.0
- 5 10.0 <

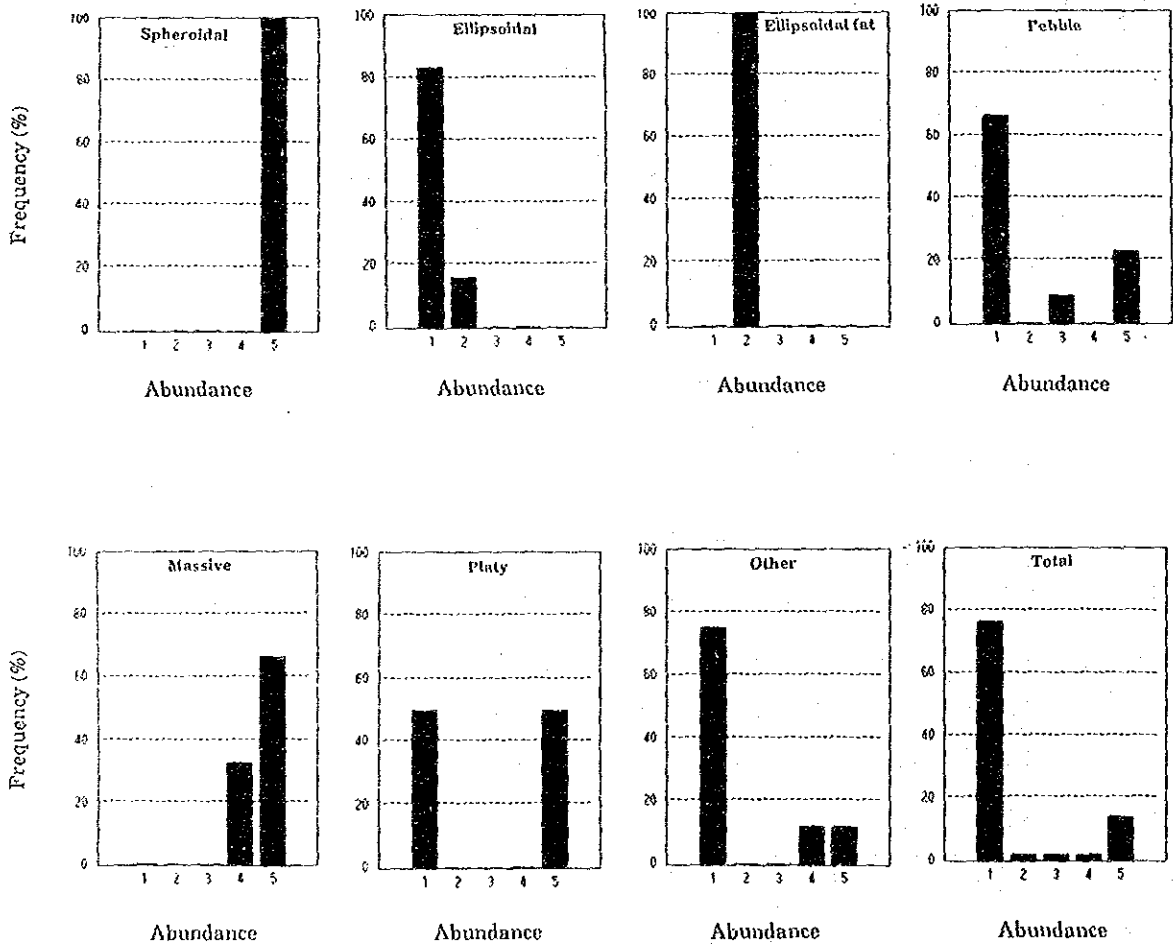


図 3-5-11 形状とマンガン団塊分布密度との関係

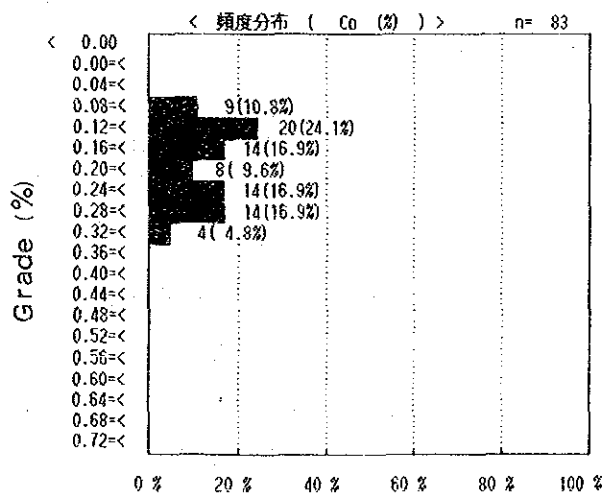
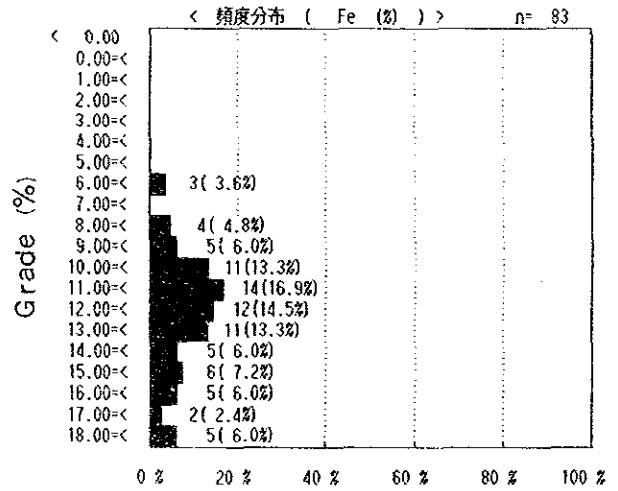
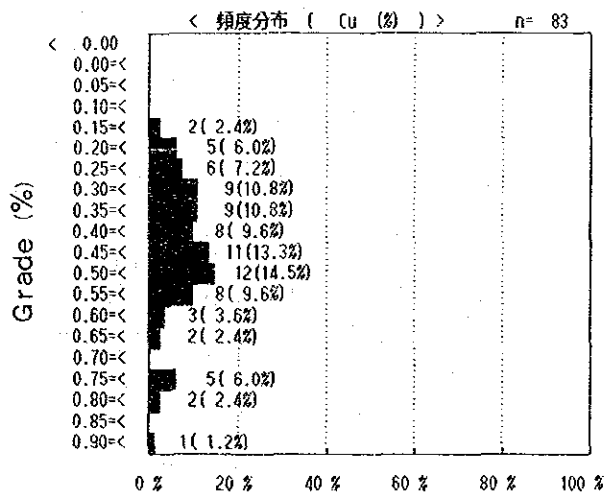
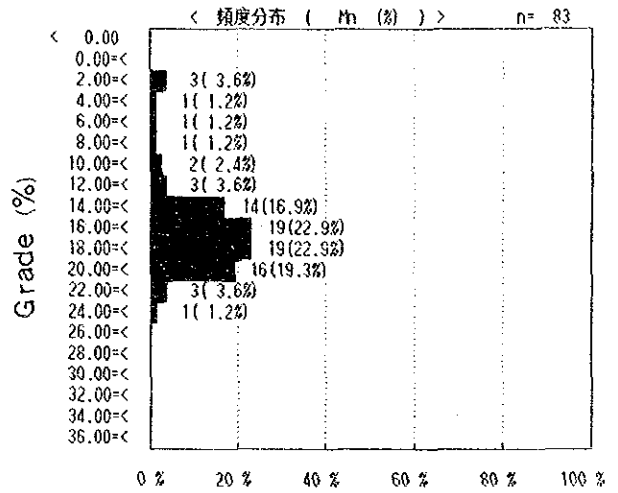
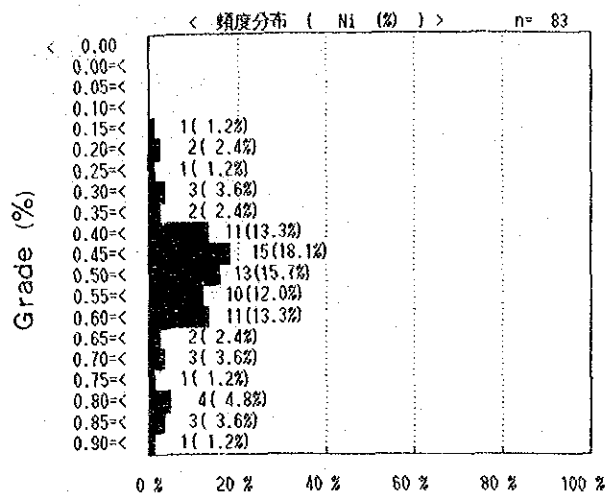
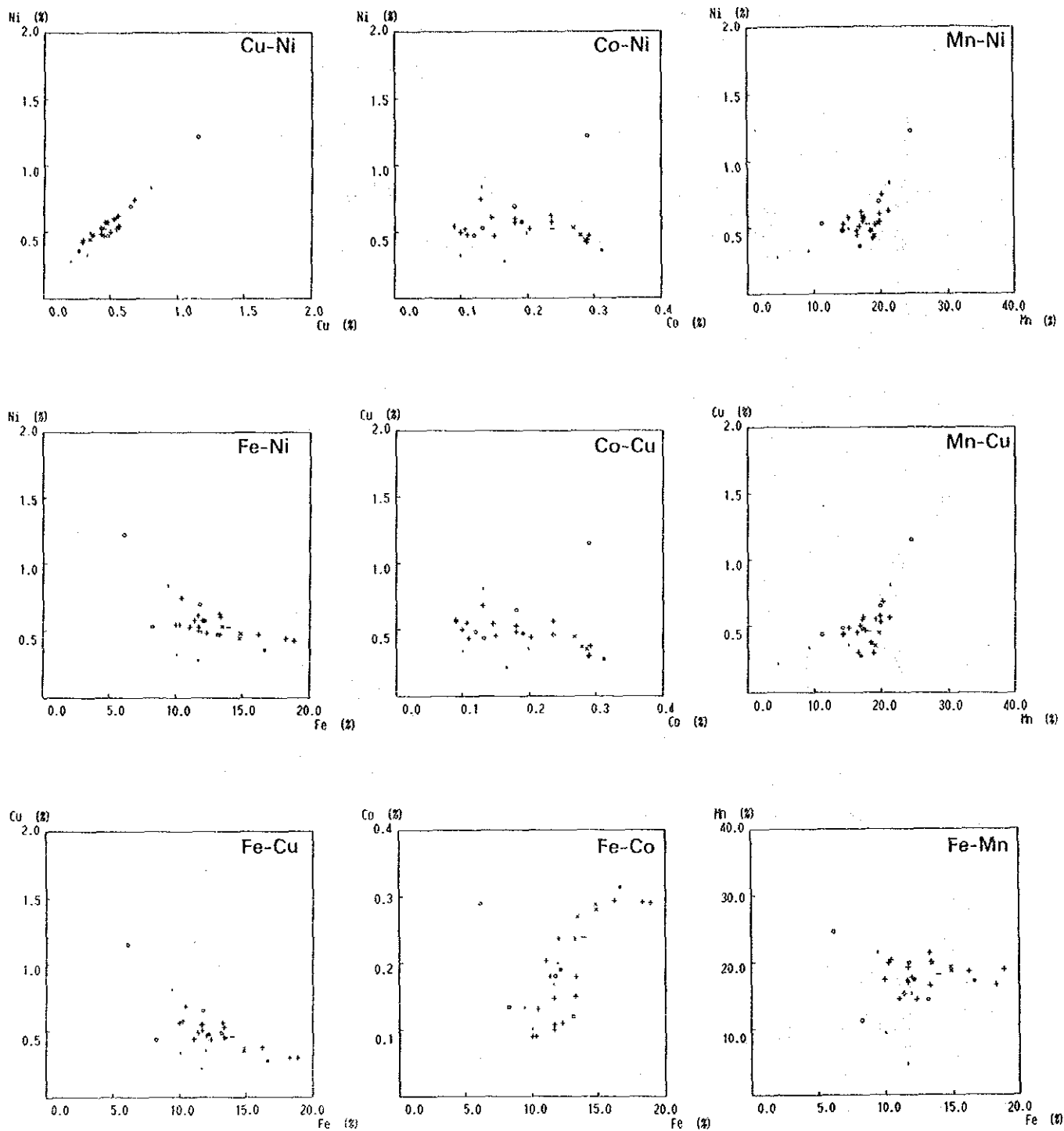


図 3 - 5 - 12 主要 5 成分の頻度分布図



Legend ■ Spheroidal ○ Ellipsoidal ● Ellipsoidal fat □ Pebble thin
 + Pebble × Massive - Platy | Other (n = 30)

図 3 - 5 - 13 各成分間の散布図

マンガン団塊の品位を反映したものである。

別添第8～10図にNi, Cu, Co等品位図を示すが、これによるとNi, Cuは調査海域のうち、西海域の西端で高い点がみられ、他に平均値以上の点は西海域では南部、東海域の東部などに点在する。一方、Co品位が高いのは、西海域の西部から北部、南東、また、東海域では北西部、南東部などに点在し、これらは当海域におけるマンガン団塊の高分布密度帯と一致している。

以下、各成分ごとの品位分布を示す(別添第8～12図参照)。

① Ni

Ni品位は最大値1.22%, 最小値0.17%, 平均0.54%である。別添第8図にNiの等品位図を示す。これによるとNi品位の分布状況は調査海域のうち、西海域の西端で高い点がみられ、他に平均値以上の点は西海域では南部、東海域の東部などに点在する。これらは当海域におけるマンガン団塊の高分布密度帯と一致している。

② Cu

Cu品位は最大値1.15%, 最小値0.18%, 平均0.47%である。別添第9図にCuの等品位図を示す。Cu品位の分布状況もNiと同じく調査海域のうち、西海域の西端で高い点がみられ、他に平均値以上の点は西海域では南部、東海域の東部などに点在している。表3-5-2に示すようにNiとCuの相関係数は0.96と非常に高い。

③ Co

Co品位は最大値0.33%, 最小値0.09%, 平均0.20%である。別添第10図にCoの等品位図を示す。Co品位の分布状況では、西海域の西部から北部、南東、また、東海域では北西部、南東部などに品位が高い点が点在し、これらは当海域におけるマンガン団塊の高分布密度帯と一致している。

④ Mn, Fe

Mn品位は最大値24.45%, 最小値2.98%, 平均17.01%であり、Fe品位は最大値19.89%, 最小値6.06%, 平均12.73%である。別添第11, 12図に各々Mn, Feの等品位図を示す。MnはNi, Cuとやや相関が認められ、当調査海域の西海域の西端で高品位の点がみられる。一方FeはNi, Cuとの負の相関がやや強い。

(2) 副成分

マンガン団塊における副成分の性格を調べるため、主要5成分の船上分析に用いたサンプルから代表的な5個のサンプルを選定し、完全分析及び微量分析を実施した。その分析値を主要5成分の船上分析値と共に表3-5-7(後掲)に示す。

Mckelvey(1979)によるClarion-Clipperton Prime areaにおける平均品位^{*1}と比較すると

*1 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%, B 0.016%, Zn 0.13%, Y 0.01%

当海域のマンガン団塊の方が高い成分は、TiO₂、CaO、Pb、V、Y、Srで、逆に低い成分は、SiO₂、Al₂O₃、MgO、BaO、Na₂O、K₂O、P₂O₅、Zn、Moである。

形状別の完全分析値及び微量分析値は、ほぼ同一で、極端な差異は認められない。

(3) 品位特性

① 各成分間の相関性

5成分間の相関係数を表3-5-2に示す。同図よりNi-Cu-Mn系とFe-Co系の各系内における正相関と両系間における負相関とが認められる。

次に主要5成分と水深の関係を図3-5-14に示す。水深と各成分とのはっきりした相関関係は認められないが、Fe品位は水深とともにやや漸減する傾向にあることがわかる。

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。その内容は次の4点に要約される。

表3-5-3 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	5	0.53	0.21	0.85	0.32	0.44	0.21	0.77	0.24	0.26	0.06	0.33	0.16
扁平円状 通常型	9	0.63	0.23	1.22	0.47	0.56	0.24	1.15	0.38	0.19	0.06	0.29	0.12
扁平円状 厚型	3	0.47	0.06	0.51	0.40	0.37	0.08	0.44	0.29	0.21	0.08	0.29	0.14
小石状	42	0.57	0.13	0.88	0.32	0.50	0.13	0.79	0.27	0.19	0.07	0.30	0.09
塊状	7	0.42	0.09	0.52	0.27	0.33	0.08	0.43	0.20	0.30	0.03	0.33	0.25
板状	8	0.53	0.23	0.86	0.17	0.45	0.24	0.83	0.21	0.22	0.06	0.29	0.13
その他	9	0.45	0.19	0.84	0.21	0.39	0.22	0.83	0.18	0.15	0.05	0.25	0.09

形状	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	Cu/Ni 比	Mn/Fe 比
球状	5	18.92	2.17	21.32	16.48	14.44	3.31	16.76	8.94	0.81	1.42
扁平円状 通常型	9	16.71	3.92	24.45	10.05	10.68	2.31	13.18	6.20	0.89	1.69
扁平円状 厚型	3	13.66	3.05	15.97	10.21	10.44	3.81	13.02	6.06	0.79	1.37
小石状	42	17.99	2.77	22.80	9.23	12.79	2.85	19.66	8.38	0.86	1.46
塊状	7	17.66	2.38	19.65	12.79	14.47	1.10	15.89	12.99	0.78	1.22
板状	8	17.16	6.61	23.49	3.05	14.55	3.78	19.89	9.61	0.86	1.27
その他	9	12.11	7.85	21.42	2.98	11.34	2.43	15.42	6.62	0.84	1.10

※ 単純平均値に基づく。

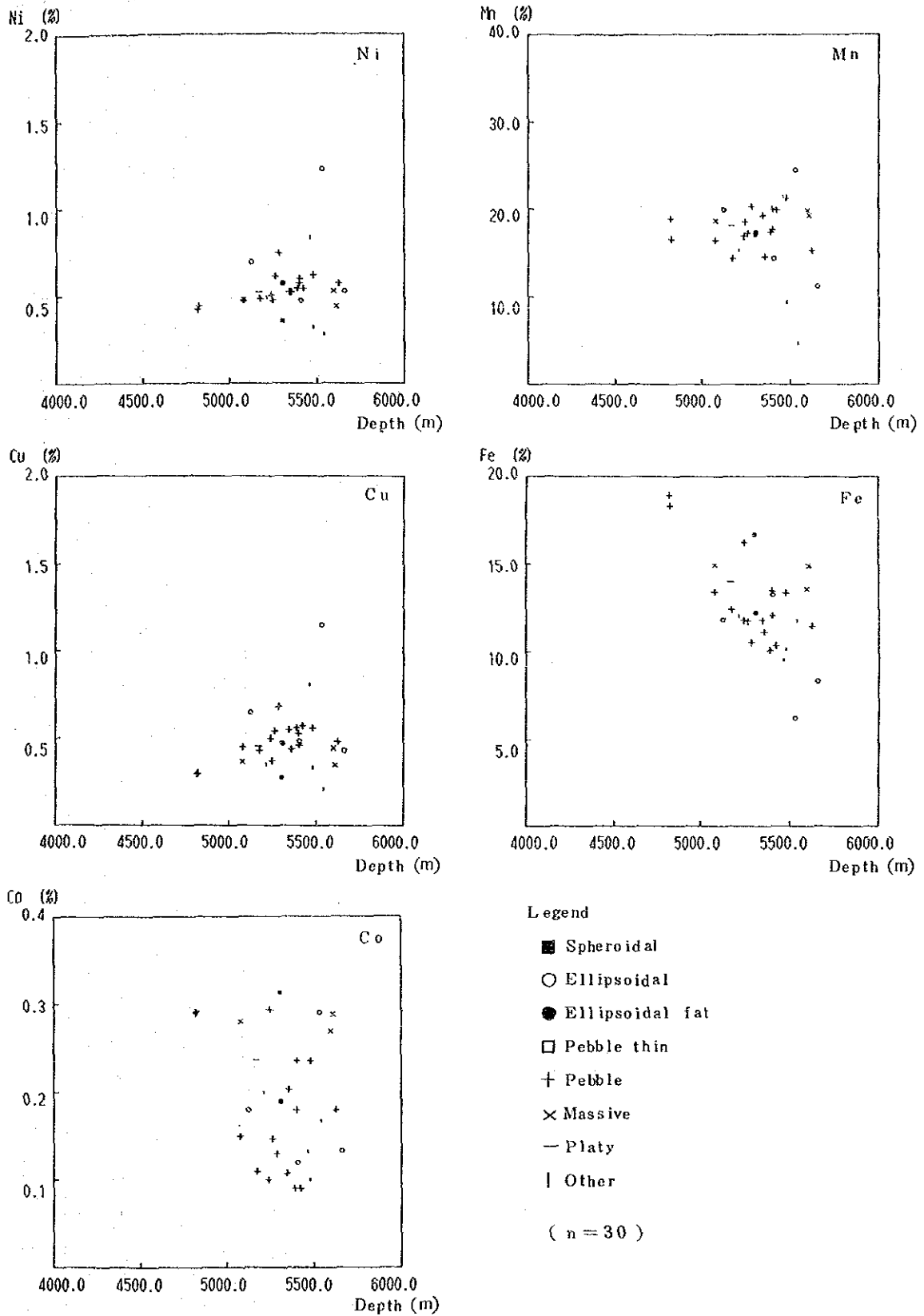


図3-5-14 主要5成分の水深相関図

- (a) 扁平だ円状および扁平だ円状厚型は Ni, Cu, Mn 品位が高く, Co, Fe 品位が低い。
 (b) 球状, 塊状は逆に Co, Fe 品位が高く, Ni, Cu, Mn 品位が低くなっている。
 (c) 一方, 板状は両グループの中間的な挙動を示し, Co, Mn, Fe 品位が高く, Ni, Cu 品位がやや低くなっている。
 (d) その他と分類されたマンガン団塊は各成分の品位が低くなっているが, これは核として含まれる岩片の影響である。

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。全体的にみると粒度の小さいほうが Ni, Cu 品位が高く, Mn/Fe 比が低い傾向がみられる。また, Mn 品位は粒度の大きいほうがやや低めであり, Fe 品位は中型 (4~6 cm) のもので高い傾向を示す。

表 3-5-4 マンガン団塊の粒度と化学性

粒度区分	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
0-2	15	0.62	0.18	0.88	0.21	0.54	0.18	0.79	0.18	0.19	0.07	0.29	0.09
2-4	30	0.56	0.17	1.22	0.32	0.50	0.17	1.15	0.23	0.19	0.07	0.30	0.09
4-6	18	0.49	0.13	0.86	0.23	0.41	0.15	0.83	0.18	0.23	0.07	0.33	0.12
6-8	14	0.52	0.16	0.84	0.27	0.44	0.19	0.83	0.20	0.23	0.08	0.33	0.09
8-16	5	0.41	0.14	0.51	0.17	0.34	0.09	0.44	0.21	0.18	0.07	0.29	0.13
16-	1	0.48	—	0.48	0.48	0.34	—	0.34	0.34	0.20	—	0.20	0.20

粒度区分	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	Cu/Ni 比	Mn/Fe 比
0-2	15	17.85	5.04	22.80	2.98	12.21	2.99	17.94	8.39	0.86	1.54
2-4	30	17.55	3.83	24.45	4.39	12.51	2.88	18.89	6.20	0.88	1.49
4-6	18	17.19	4.17	23.49	3.06	14.10	2.70	19.89	9.61	0.82	1.26
6-8	14	17.06	4.15	22.80	6.69	12.97	3.31	19.07	6.62	0.82	1.37
8-16	5	10.82	5.09	15.97	3.05	10.17	2.89	13.02	6.06	0.88	1.12
16-	1	15.06	—	15.06	15.06	12.05	—	12.05	12.05	0.71	1.25

※ 単純平均値に基づく。

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。Ni, Cu品位は平地, 海丘, 海山の順に値が低くなり, これらと逆にCo, Fe品位は高くなっている。Mn品位は海丘で最も低くなっている。

表3-5-5 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	21	0.57	0.19	1.22	0.32	0.52	0.19	1.15	0.27	0.18	0.08	0.31	0.09
海丘	8	0.49	0.11	0.69	0.28	0.41	0.14	0.65	0.21	0.21	0.07	0.29	0.10
海山	1	0.42	—	0.42	0.42	0.29	—	0.29	0.29	0.29	—	0.29	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	21	17.65	3.50	24.45	9.23	11.89	2.40	16.70	6.20
海丘	8	15.46	4.72	19.80	4.62	13.36	2.62	18.33	11.08
海山	1	18.87	—	18.87	18.87	18.92	—	18.92	18.92

⑤ 底質物別の品位特性

当調査海域では, 褐色粘土と石灰質粘土だけが認められたが, 石灰質粘土を採取した点では分析に供するマンガン団塊が得られなかったため, 底質物別の品位特性については言及できない(表3-5-6)。

4) 鉱物組成

マンガン団塊の鉱物組成や内部構造を調べるため, 代表サンプルについてX線回折と研磨片の顕微鏡観察を実施した。

(1) X線回折

マンガン団塊を外殻・内殻・核に大別し, さらにそれぞれをいくつかに分けてX線回折を行ったが, その結果を表3-5-8に, X線パターンを図3-5-15に示す。

注目すべき特徴としては, X線チャート上からはマンガン鉱物として一般的な10Åマンガナイト, δMnO_2 のマンガン鉱物は認められず, 未詳のマンガン鉱物だけしか検出されなかったことである。

しかし, 顕微鏡観察では10Åマンガナイトと δMnO_2 が確認されており, X線チャート

表 3-5-6 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	28	0.55	0.17	1.22	0.32	0.49	0.18	1.15	0.27	0.19	0.08	0.31	0.09
珪質粘土	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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	28	17.55	3.16	24.45	9.23	12.57	2.84	18.92	6.20
珪質粘土	0	—	—	—	—	—	—	—	—

表 3-5-8 マンガン団塊の X 線回折試験結果

番号	試料番号	試料名	Mn 鉱物	珪酸塩 鉱物						その他	備考		
			未定 Mn 鉱物 *	斜長石 *	普通輝石	カンラン石	石英	フィリップサイト	粘土 鉱物 **	方解石		燐灰石	磁鉄鉱
1	CM-1	88S0681FG03	•						•				bulk
2	CM-2	88S0674FG03	•					•	•				bulk
3	CM-3 (1)	88S0874FG01	•						•				outer layer
4	CM-3 (2)	88S0874FG01	•	•									inner layer
5	CM-3 (3)	88S0874FG01	•						•	○			core (rock)
6	CM-4	88S0679FG02	•						•				bulk
7	CM-5 (1)	88S0879SC01	•						•				outer layer
8	CM-5 (2)	88S0879SC01		•				•	•				inner layer
9	CM-5 (3)	88S0879SC01		•	•			•	○	•		•	core (rock)
24	CM-6	88S0681FG03									•	◎	core (rock)

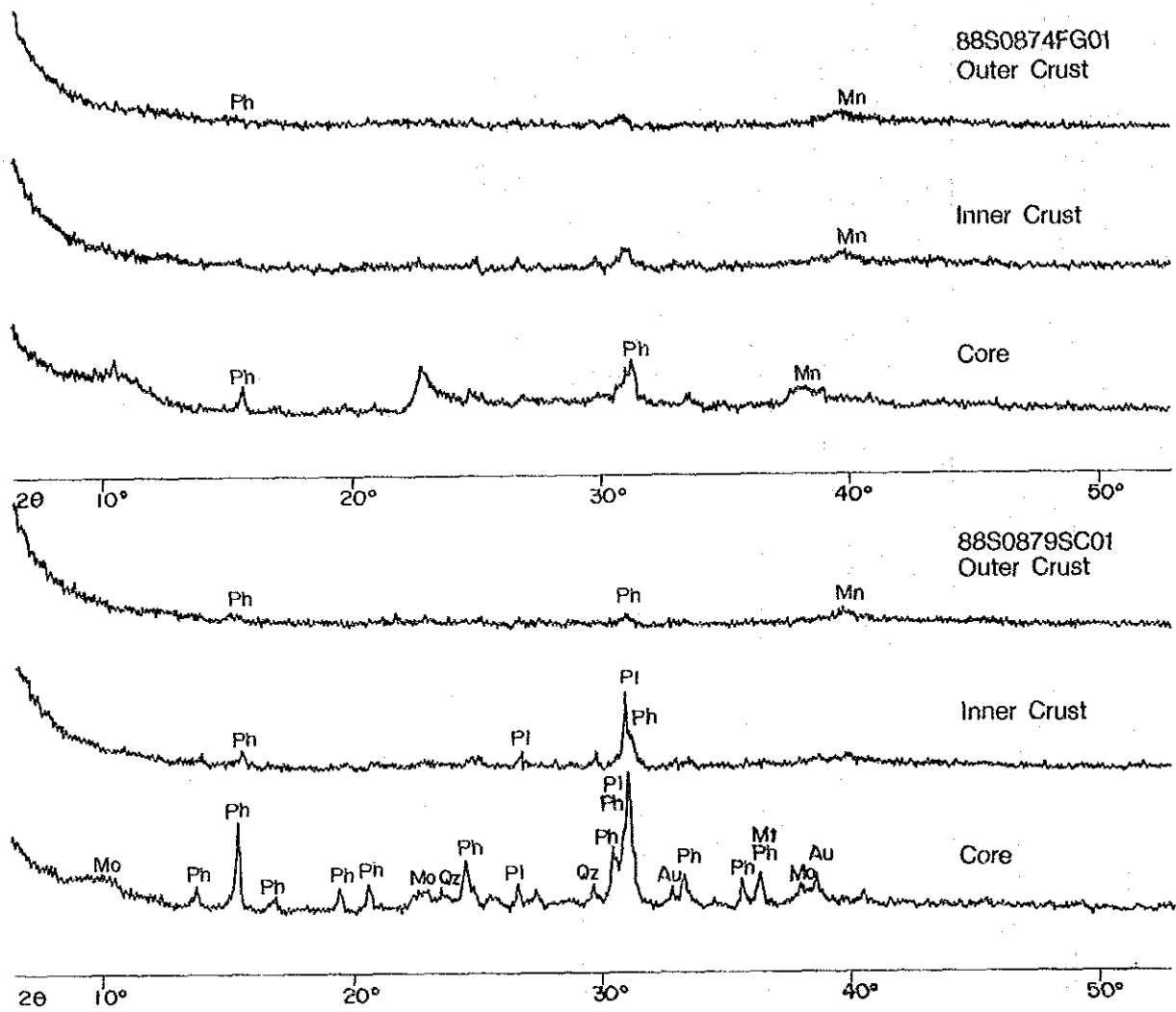
◎:多量 ○:中量 •:少量 ? :不確定

*は、 37° (2θ) 付近にブロードなピークを示す鉱物である。試料の肉眼観察では、黒色の Mn 鉱物であることから未定 Mn 鉱物とした。

**は、 7.5° (2θ) 付近にブロードなピークを示す鉱物であり、結晶度の低い illite/montmorillonite 混合層鉱物と推定される。

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.		88S0681 FG03	88S0674 FG03	88S0874 FG01	88S0679 FG02	88S0879 SC01
Topography		(Quasi) Seaknol	(Plain) Seaknol	(Plain) Flat	(Quasi) Flat	(Quasi) Flat
Depth (m)		5,357	5,170	5,400	5,597	5,310
Morphology		Ellipsoidal fat	Spheroidal	Massive	Massive	Spheroidal
Size (cm)		2-4	4-6	2-4	4-6	4-6
Major Metal Contents (%)	Ni	0.52	0.52	0.60	0.52	0.35
	Cu	0.43	0.46	0.53	0.44	0.27
	Co	0.20	0.24	0.18	0.27	0.31
	Mn	14.37	18.02	19.99	19.75	16.91
	Fe	11.08	13.98	13.44	13.53	16.70
Major Element Contents (%)	SiO ₂	17.08	13.45	14.95	14.78	16.76
	TiO ₂	1.19	1.52	1.22	1.54	2.05
	Al ₂ O ₃	6.26	5.02	4.75	5.66	6.05
	Fe ₂ O ₃	17.89	21.56	17.94	20.06	21.75
	FeO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	MnO	22.02	22.46	24.27	23.14	19.09
	MgO	2.34	2.19	2.55	2.08	1.98
	CaO	2.48	2.44	2.56	2.44	2.44
	BaO	0.12	0.17	0.12	0.14	0.15
	Na ₂ O	2.28	2.02	2.25	2.17	2.15
	K ₂ O	1.27	0.72	0.77	0.87	0.93
	P ₂ O ₅	0.77	0.70	0.52	0.58	0.58
	L.O.I.	20.26	19.01	19.92	20.12	22.78
Total	93.96	91.26	91.82	93.58	96.71	
Minor Element Contents (ppm)	Pb	659	780	643	830	805
	Zn	644	880	884	638	565
	As	103	106	84	93	91
	Sr	825	985	820	956	941
	V	443	436	416	445	418
	Mo	284	246	248	274	178
	B	142	179	146	167	172
	Y	120	135	109	120	125
	Zr	425	522	404	415	389
	Pt	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	T.R.E.	1719	1925	1396	1966	1992



Legend Mn : Mn-mineral Au : Augite Mo : Clay mineral
 Mt : Magnetite Ph : Phillipsite Pl : Plagioclase Qz : Quartz

図 3-5-15 マンガン団塊の X線回折パターン

上でこれらを欠いたのは、あるいは試料自体の結晶度の低さによるものかもしれない。

マンガン鉱物の他にはフィリップサイトその他が検出された。フィリップサイトはいずれも少量ではあるが、普遍的に認められる。ほかに結晶度の低いイライト/モンモリロナイトの混合層鉱物と考えられる粘土鉱物や斜長石、普通輝石、石英、磁鉄鉱が少量検出された。

(2) 顕微鏡観察

球状のマンガン団塊の研磨片を作製し、反射及び偏光顕微鏡を用いて観察を行った(球状マンガン団塊, 88S0679FG02, 図3-5-16)。

肉眼的観察:

直径約5cmのほぼ球状をなす“S型”のマンガン団塊。研磨薄片は中心部を含むように切断し、作製したもので、大きさ約5×5cm、円形に近いじゃが芋状を呈するもので、核は大きさ約8×3mmである。マンガン鉱物部分は同心円状の層状構造が著しい。

顕微鏡観察:

白色の核部は、ほとんどモンモリロナイトからなる。これはX線回折でも確認された。核の周辺部のマンガン鉱物の縞の間隙にフィリップサイトが柱状、板状、放射状の自形結晶(大きさ0.25~0.1mm)として族生しているのが見られる。

マンガン鉱物は全体的に成層構造が発達する。反射顕微鏡下では、灰白色と灰色の縞が累被状に繰り返す。透過顕微鏡下ではこれらの縞は各々暗色~暗褐色、赤褐色~黄褐色を呈する。前者は反射顕微鏡下で高輝度で弱い反射異方性があり、硬度が高く、10Åマンガナイトと判断される。後者の灰色、低輝度で等方性かつ硬度が低い鉱物は δMnO_2 と判断され、これらは2鉱物はほぼ等量である。

マンガン鉱物の間隙に、透過顕微鏡下で黄褐色、半紙や顕微鏡下で暗灰色を呈する鉱物が微量認められるが、これは含水量の多い非晶質鉄水酸化物ではないかと考えられる。

マンガン鉱物の縞状構造の間をみわたすのは、主に粘土鉱物であるが、稀に斜長石(大きさ0.05~0.03mm, 新鮮, 集片双晶明瞭)の微細片や珪質微化石(恐らくは放散虫, 大きさ0.06mm)が認められることがある。

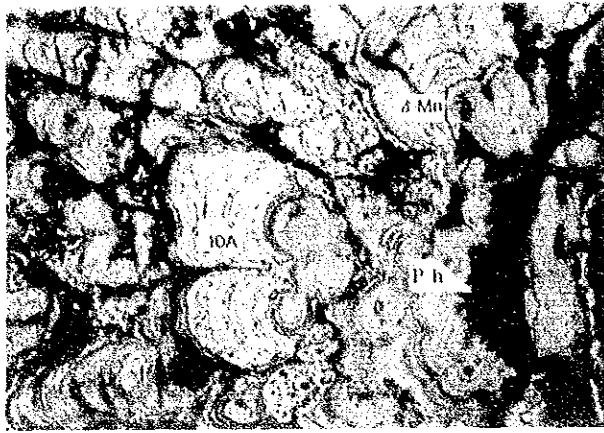
5) 海底状況と分布密度

(1) 海底地形と分布密度

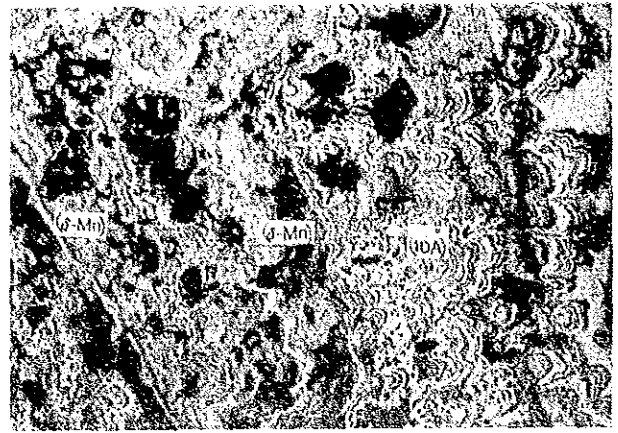
各採試点における海底地形とマンガン団塊分布密度との関係を図3-5-17, 及び図3-5-18に示す。

図3-5-17の巨視的区分では平坦地と準平坦地との間には差異は認められず、両者共平均2~3.5kg/m²の低分布密度である。

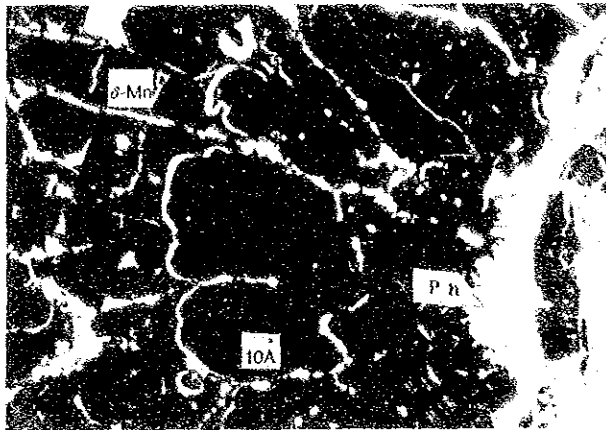
山岳地は6測点とデータ数が少ないが、分布密度0kg/m²の不毛帯となっている。ただし、この6測点は微視的区分では海山、海丘上ではなく、図3-5-18に示すように山岳地域



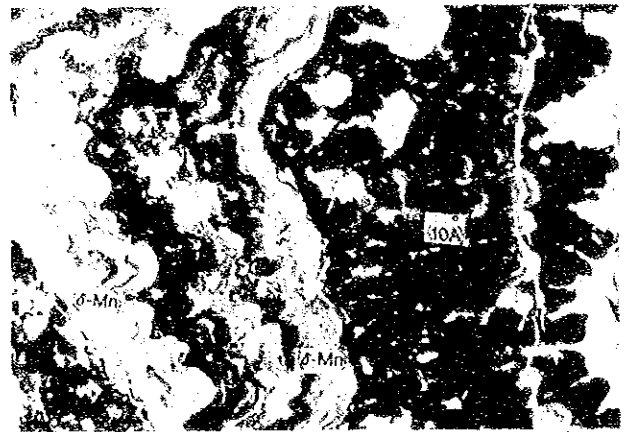
(Inner part) reflected Light



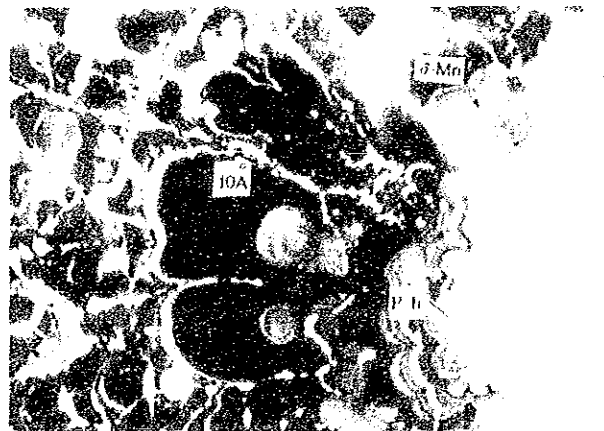
(Outer part) reflected Light



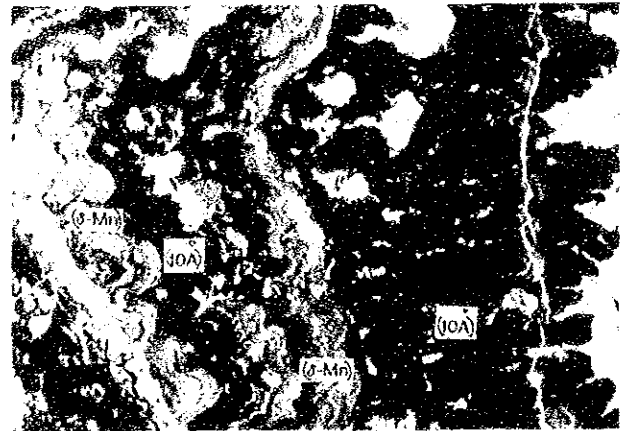
(Inner part) Polarized Light (Open Nicols)



(Outer part) Polarized Light (Open Nicols)



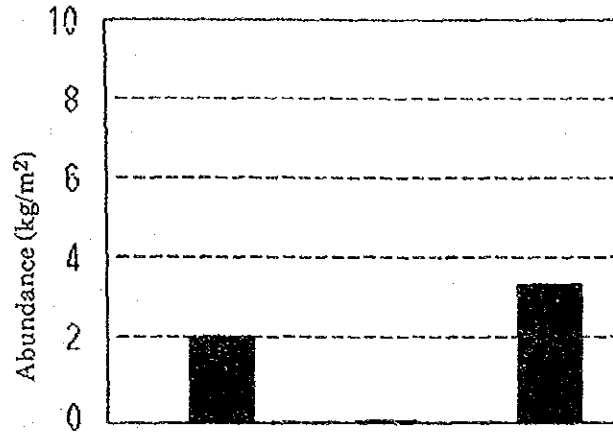
(Inner part) Polarized Light (Crossed Nicols)



(Outer part) Polarized Light (Crossed Nicols)

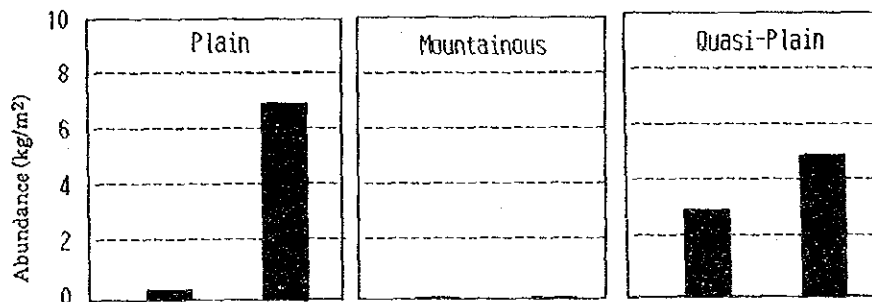
Legend 10Å : 10Å Manganite δ-Mn : δ-MnO₂ Ph : Phillipsite
 Sample № 88S0679FG02 Scale : 875X

図 3 - 5 - 16 マンガン団塊研磨薄片の顕微鏡写真



Topography	Plain	Mountainous	Quasi Plan
Average Abundance (kg/m ²)	2.02	0.00	3.45
Weight Coefficient (kg/m ²)	18.2	-	23.6
Embedded ratio (%)	48.5	-	51.0
Number of Samples	24	6	42

図 3-5-17 巨視的地形とマンガン団塊分布密度



Topography	Flat	knoll	Flat	knoll	Flat	knoll
Average Abundance (kg/m ²)	0.39	6.90	0	-	3.05	3.05
Weight Coefficient (kg/m ²)	15.2	27.9	-	-	24.8	24.8
Embedded ratio (%)	74.5	37.8	-	-	61.2	61.2
Number of Samples	18	6	6	0	33	33

図 3-5-18 微視的地形とマンガン団塊分布密度

内の平地である。

微視的区分では平坦地に含まれる平地と海丘では明らかに差異が認められ、前者の 0.39 kg/m^2 に対し、後者は 6.9 kg/m^2 と比較的高分布密度となっている。この平坦地と山岳地に認められる平地は、海底面が滑らかであり、SBP記録から判断してタービダイトが発達するものと思われる。

一方、準平坦地では平地と海上との差は小さく、それぞれ 3 kg/m^2 、 5 kg/m^2 である。この準平坦地に認められる平地は前述した平坦地や山岳地に見られる平地と違い海底面の起伏が比較的大きいものである。

(2) SBPタイプと分布密度

SBPタイプと分布密度との関係を図3-5-19に示す。同図より上位が不透明層を示し、かつ地形の起伏に富むタイプ d_1 （海山、海丘）、 d_2 において比較的高分布密度が高く、それぞれ平均 7.9 kg/m^2 、 4.6 kg/m^2 を示す。上位が不透明層を示しても地形が平坦なタイプ c_1 、 c_2 では低分布密度を示し、ほぼ不毛帯に近い。

上位に透明層が存在するタイプでは、タイプ b は、ほぼ不毛帯を示すがタイプ e_1 では若干高く約 2 kg/m^2 を示している。

尚、重量係数^{*1}をみるとタイプ e_1 が他のタイプと比較して小さく、いわゆる粒径が小さいことを示している。また埋没率は81.4%となり、粒径が小さいせいも埋没率が他に比して著しく高くなっている。

(3) 上位透明層と分布密度

SBPの上位透明層とマンガン団塊分布密度との関係を図3-5-20に示す。同図からはデータ数が少ないこともあるが層厚と分布密度の間には明瞭なる関係は認められない。ただし、埋没率をみると層厚が増すにつれて大きくなる傾向がうかがわれる。

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分布密度が高いだけでは不十分であり、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）も考慮しなければならない。そこでNi, Cu, Coについて、含有密度値（単位面積当りの金属量）を次の方法により測点ごとにもとめ、別添第13図～第15図に示した。

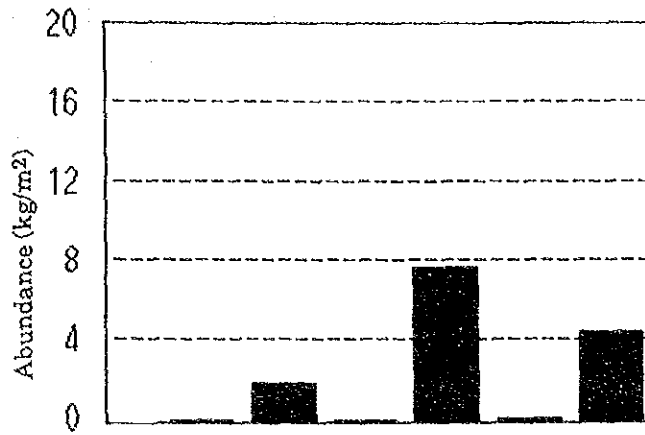
$$\text{Ni 含有密度} = \text{分布密度} \times (1 - \text{含水率}) \times \text{Ni 品位}$$

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

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

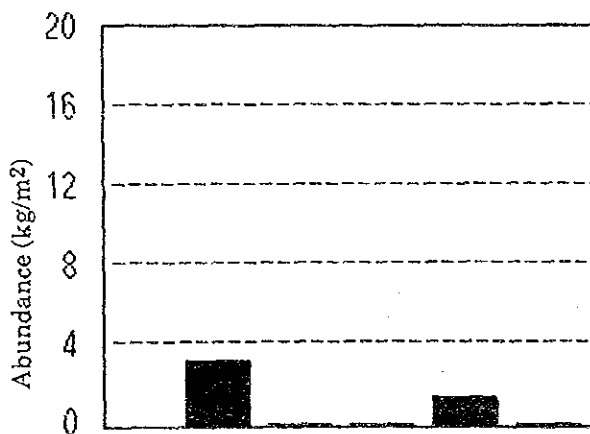
なお、ここでは分布密度及び各品位に対してはカットオフ値は設けていない。

*1 重量係数 (kg/m^2) = 揚取重量 (kg) / (占有面積率 × グラブ開口面積 (m^2))
= 分布密度 (kg/m^2) / 占有面積率



SBP Type	b	e1	c	d1	d2	ds
Average Abundance (kg/m ²)	02.1	2.0	0.1	7.9	0.4	4.6
Weight Coefficient (kg/m ²)	23.5	14.8	30.0	24.5	20.9	21.6
Embedded ratio (%)	27.4	81.4	49.0	47.2	0.0	55.3
Number of Samples	7	18	14	11	8	14

図 3-5-19 SBPタイプとマンガン団塊分布密度との関係



Transparent Layer (m)	10	20	30	40	50<
Average Abundance (kg/m ²)	3.2	0.1	0.1	1.6	0.1
Weight Coefficient (kg/m ²)	19.1	18.6	14.1	17.3	14.1
Embedded ratio (%)	53.2	-	61.2	75.3	86.2
Number of Samples	9	3	5	5	4

図 3-5-20 上位透明層層厚とマンガン団塊分布密度との関係

その結果、当調査海域における金属量分布の特徴としては、有用金属であるNi、Cu、Coの含有密度の高い海域とマンガン団塊分布密度の高い海域がほぼ一致している点があった。

しかし、Ni、Cu、Coの各元素の単位面積金属量はいずれも低く、富鉄部とされる 20 g/m^2 以上の金属量が認められた測点は数少ない。そこで当調査海域の金属量計算としては(Ni + Cu + Co)の合計含有密度を対象として計算を実施した。測点別(Ni + Cu + Co)金属含有密度の統計値は次のとおりである。

平均値 22.6 g/m^2

最大値 80.0 "

最小値 0.0 "

調査海域内(調査海域はサンプル点によって囲まれる範囲内、面積 $122,200 \text{ km}^2$)の総(Ni + Cu + Co)金属量は次のように計算される。

$$22.6 (\text{g/m}^2) \times 122,200 (\text{km}^2) = 2.76 \times 10^6 (\text{t})$$

即ち、当調査海域内に賦存する金属量は約276万トン(Ni + Cu + Co)ということになるが、この数値はあくまでも目安であり、また、他のマンガン団塊分布海域に比べるときわめて小さな値である。

3-6 考察：マンガン団塊の賦存状況について

当海域に賦存するマンガン団塊の特性としては、分布密度が低く、またその連続性が極めて悪い点が挙げられる。全測点24点中で分布密度が 7.5 kg/m^2 以上を示したのは、5点だけで、 10 kg/m^2 以上は全くないという状況であった。この様なマンガン団塊低分布として、次のような主要因が考えられる。

- a) 生物生産性が低い。
- b) 海山、海丘が多い。
- c) CCD（炭酸塩補償深度）付近の平坦地が少ない。

つまり、当調査海域では高生物生産性を示す珪質堆積物が全く見られないことなどから、D. S. Cronan (1984)による推定のごとく、海底面へのメタル(Mn, Ni, Cuなど)の供給媒体としての役割をもつ微生物の生産性が低いと考えられる。

また、海底地形も環礁、海山、海丘が多く分布し、このためそれらに起因すると考えられるタービダイトの発達、分布が広く、平坦地の殆んどはこの堆積物で覆われるためにマンガン団塊生成に必要な無堆積環境が保持されないと考えられる。SBPタイプのうち、タイプe₁及びd₂の分布帯は、このタービダイト卓越帯(層厚30~40m)に相当する。

さらに、一般にマンガン団塊がよく発達し、その分布が卓越する水深帯はリソクラインとCCD（炭酸塩補償深度）との間、あるいはCCD付近とされている(D. S. Cronan, 1984, 他)が、当海域では上記b)の要因もあって、推定CCD(4,900~5,000m)付近の水深の地域面積が狭く、マンガン団塊の成長に最適の場が少ないと考えられる。

これらの要因のほかにも、この海域への南極底層流(ABW)の流入が少ない可能性も推測される。この海域及びそれを取り囲む海底地形には、当海域南方のバンク地帯やRobbie Ridge(浅所水深3,500m)など、底層流の移動に障害となりそうな海底地形が多く分布している。これらの海底地形と南極底層流の当海域への流入量との関係については今後の観測と検討が必要とされようが、マンガン団塊の発達に対して、この点も無堆積環境の保持にマイナス要因となり、あるいはメタルの供給にも関係している可能性が強いと推測される。

以上のごとく、本調査は結果的にマンガン団塊の生成条件に関する諸々の仮説(要因)を低分布密度海域において証明あるいは示唆する形になった。当海域の北東縁でごくローカルにみられた高分布密度帯もMFESデータ及び、水深が北側に深くなる傾向から見て、その拡がりも期待できない。尚、品位に関しては、クック海域に比べると、Feを除く4元素(Ni, Cu, Co, Mn)は高いものの、キリバス海域に比べた場合には5元素ともにやや低い結果となっている。Mn/Fe比は1.34でrough型よりもむしろsmooth型に近い性格を示している。

4章 調査結果・Ⅱ（コバルトクラスト）

4-1 海山の地形

1) 海山の分類及び地形区分

当調査海域の海山はその形状より表4-1-1のように分類した。

表4-1-1 海山のタイプ分類

分類	形状特徴
平頂海山	山頂が平坦かつ水平な海山
尖頂海山	山頂に広い平坦面が存在しない尖塔状海山
環礁	山頂が海面まで達し環礁を形成している海山

今回調査した海山は、平頂海山が5、尖頂海山が3、環礁が2（ただしSB07とSB08海山を2海山として計上した）である。

各海山の地形は、山頂部と斜面に大別し、かつ記載の便宜上、それぞれについて表4-1-2のように細分した。ただし山頂部は平頂海山の場合は平頂部に、また尖頂海山の場合は最浅部とその近傍の勾配の緩やかな部分に対応する。斜面部は上部、中部、下部に分類した。

なお、これまでの水深基準による上部、中部、下部の斜面区分は今回は海山ごとに水深分布が異なるため、各海山別に行った。その結果を表4-1-3に示す。

表4-1-2 海山の地形区分

分類		地形特徴
山頂部	中央部	山頂部中央の平坦または傾斜が緩やかな部分
	肩部	山頂部中央部と斜面上部間の傾斜漸移帯
斜面部	上部	斜面部上方の傾斜が急峻な部分
	中部	斜面上部と斜面下部の間に位置し、傾斜が中程度の部分
	下部	斜面中部下方の傾斜が緩やかな部分

2) 海山別地形特徴

海山別の地形特徴の一覧表を表4-1-4に示す。またSB01～SB08海山の地形平面図と代表的な断面図を別添第17図に、地形勾配図を別添第18図に、代表的海山のSBPプロフィールを図4-1-1に、また全海山の鳥瞰図を図4-1-2に示す。

（SB01海山）別添第17-1図参照

頂部水深は1,500 m、比高3,000 m、山頂部の拡がり6×3 kmの平頂海山である。ただ

表 4 - 1 - 3 海山別の地形区分

単位：水深範囲 (m)，斜面積 (km²)

海山別	水深範囲	斜面積	平均傾斜	最小	最大	0-10°	10-20°	20-30°	30°<	
SB01 海山	平頂部	-1400	2.5	3.6°	1.5°	7.5°	100.0%	0.0%	0.0%	0%
	斜面上部	1400-2000	54.5	12.4°	3.3°	24.6°	33.9%	56.5%	9.7%	0%
	中部	2000-3000	183.6	14.7°	2.4°	32.0°	13.5%	74.4%	11.6%	5%
	下部	3000-4500	709.2	9.7°	.3°	29.0°	55.3%	42.0%	2.7%	0%
SB02 海山	平頂部	-50	590.2	.7°	.3°	10.0°	100.0%	0.0%	0.0%	0%
	斜面上部	50-400	212.9	10.8°	3.6°	23.2°	48.2%	50.2%	1.6%	0%
	中部	400-800	664.6	5.5°	.3°	26.0°	86.2%	11.0%	2.8%	0%
	下部	800-2500	2240.3	7.3°	.3°	28.5°	70.3%	25.1%	4.7%	0%
SB03 海山	平頂部	-1000	317.0	1.4°	.3°	12.3°	99.5%	0.5%	0.0%	0%
	斜面上部	1000-1400	795.2	4.5°	.3°	20.6°	94.0%	5.9%	0.1%	0%
	中部	1400-2000	1331.3	4.4°	.3°	18.4°	95.2%	4.8%	0.0%	0%
	下部	2000-3000	1169.8	4.9°	.7°	18.4°	93.5%	6.5%	0.0%	0%
SB04 海山	平頂部	-50	83.7	4.1°	.4°	23.5°	80.0%	18.0%	2.0%	0%
	斜面上部	50-400	30.4	21.2°	11.8°	29.5°	0%	32.4%	67.6%	0%
	中部	400-2000	269.6	18.6°	9.2°	33.8°	1.3%	59.2%	37.9%	2%
	下部	2000-3000	1215.7	4.7°	.3°	16.6°	90.5%	9.5%	0.0%	0%
SB05 海山	斜面上部	2100-2800	137.5	10.1°	.4°	21.1°	56.9%	41.3%	1.9%	0%
	中部	2800-3300	152.5	9.3°	1.9°	20.5°	62.9%	36.5%	0.6%	0%
	下部	3300-4500	228.0	8.4°	.3°	17.8°	64.0%	36.0%	0.0%	0%
SB06 海山	平頂部*1									
	斜面上部	500-1500	199.2	24.4°	7.8°	39.7°	0.5%	21.5%	60.7%	17%
	中部	1500-2500	384.3	15.4°	4.2°	27.9°	10.7%	75.2%	14.1%	0%
SB07 海山 (E)	斜面上部	500-1500	105.3	10.7°	1.0°	21.4°	41.8%	56.6%	1.6%	0%
	中部	1500-2500	314.1	12.8°	1.0°	24.3°	24.7%	73.4%	1.9%	0%
	下部	2500-3500	287.2	11.3°	3.4°	30.0°	42.8%	54.2%	3.0%	0%
SB07 海山 (M)	平頂部*1									
	斜面上部	500-1500	74.2	18.5°	1.6°	36.4°	22.0%	26.8%	43.9%	7%
	中部	1500-2500	170.8	13.2°	4.5°	22.7°	21.4%	75.5%	3.1%	0%
SB08 海山 (S)	平頂部	-1500	39.6	6.2°	0.9°	15.7°	73.9%	26.1%	0.0%	0%
	上部	1500-2000	65.9	16.1°	5.7°	25.6°	18.9%	55.4%	25.7%	0%
	中部	2000-3000	208.8	17.5°	5.7°	26.4°	5.6%	69.1%	25.3%	0%
SB08 海山 (N)	斜面上部	1500-2000	18.6	14.5°	8.1°	21.9°	4.8%	85.7%	9.5%	0%
	中部	2000-3000	87.7	18.9°	6.4°	26.3°	4.1%	51.5%	44.3%	0%
	下部	3000-4000	174.6	17.3°	4.0°	26.0°	2.1%	81.0%	16.9%	0%

* 1 環礁の為、斜面積・傾斜角は求められない。

表 4 - 1 - 4 海山別地形特徴(1)

海山名	巨 視 的 地 形		微 地 形	
SB01	位 置	4° 41' S, 176° 35' E	SBPデータ 音響的透明層認められず、	
	タ イ プ	平頂海山	南と北側の海域に回折サイドエコー	
	規模*1	12×10km	が多い。	
	水深分布	1,390～5,000 m	2,500m以浅の斜面積	123km ²
	山頂部の拡がり	6×3km	平頂部	18km ²
	斜面上部傾斜*	12° (3°～25°)	斜 面	105km ²
	斜面中部傾斜*	15° (3°～32°)	その他 山頂部西肩部にピナクルが、	
	斜面下部傾斜*	10° (0°～29°)	中央部に凸状地がある。それらの箇	
その他	長軸方向 N 20° W	所が最浅所(1380m)。		
SB02 の 西 側	位 置	12° 00' S, 179° 35' W	SBPデータ 水深2,000m以深の海域に	
	タ イ プ	平頂海山	層厚10～30mの音響的透明層が	
	規模*1	70×50km以上	認められる。	
	水深分布	30～3,500 m	2,500m以浅の斜面積	3708km ²
	頂部の拡がり	50×12km以上	平頂部	590km ²
	斜面上部傾斜*	11° (4°～23°)	斜 面	3118km ²
	斜面中部傾斜*	6° (0°～26°)	その他 SB02の北東端に頂部の水	
	斜面下部傾斜*	7° (0°～29°)	深が約20mの平頂海山あり。	
その他	長軸方向 N 45° W			
SB03	位 置	11° 20' S, 179° 05' W	SBPデータ 二つの山頂部と緩斜面の一	
	タ イ プ	平頂海山	部に層厚10～50mの音響的透明	
	規模*1	75×44km以上	層が認められる。	
	水深分布	830m～3,000m	2,500m以浅の斜面積	3301km ²
	山頂部の拡がり	15×6, 15×14km以上	平頂部	317km ²
	斜面上部傾斜*	5° (0°～21°)	斜 面	2984km ²
	斜面中部傾斜*	4° (0°～18°)	その他 水深約1000mの二つの山頂	
	斜面下部傾斜*	5° (1°～18°)	部からなる。	
その他	長軸方向 N 70° W			

*1 水深2,500m等深線

* 斜面の水深区分は表4-1-3参照

表 4-1-4 海山別地形特徴(2)

海山名	巨視的地形		微地形		
SB04	位置	10° 40' S, 179° 10' W	SBPデータ	音響的透明層認められず。	
	タイプ	平頂海山 (Macaw bank)			
	規模*1	24×28 km			
	水深分布	20m~3,500m		2,500m以浅の斜面積	709 km ²
	山頂部の拡がり	9×8 km		平頂部	84 km ²
	斜面上部傾斜*	21° (12°~30°)		斜面	625 km ²
	斜面中部傾斜*	19° (9°~34°)		その他	斜面はほぼ一様で尾根谷状地
	斜面下部傾斜*	5° (0°~17°)			少ない。
その他	山頂部 台形状				
SB05	位置	8° 20' S, 177° 10' E	SBPデータ	音響的透明層認められない。	
	タイプ	尖頂海山 (海嶺状)		山頂部より西部海域にサイドエコー	
	規模*1	22×3 km以上		が多い。	
	水深分布	1950m~4000m		2,500m以浅の斜面積	66 km ²
	山頂部の拡がり	23×0.2 km以上		山頂部	4 km ²
	斜面上部傾斜*	10° (0°~21°)		斜面	62 km ²
	斜面中部傾斜*	9° (2°~21°)		その他	二つの山頂部からなり、東斜面は急峻であり、西斜面は起伏に富む。
	斜面下部傾斜*	8° (0°~18°)			
その他	山頂部はほぼ南北に23 km以上延びる海嶺状海山。				
SB06	位置	8° 30' S, 179° 08' E	SBPデータ	音響的透明層認められず、	
	タイプ	環礁 (Funafuti)		斜面が単調なため回折波も少ない。	
	規模*1	30×26 km		2,500m以浅の斜面積	906 km ²
	水深分布	0m~4,500m		平頂部	322 km ²
	山頂部の拡がり	22×14 km		斜面	584 km ²
	斜面上部傾斜*	24° (8°~40°)		その他	単調で急峻な斜面からなる。
	斜面中部傾斜*	15° (4°~28°)			
	斜面下部傾斜*	12° (5°~21°)			
その他	環礁は西洋梨型				

*1 水深 2,500m 等深線

* 斜面の水深区分は表 4-1-3 参照

表 4-1-4 海山別地形特徴(3)

海山名	巨視的地形		微地形	
SB07 (E)	位置	7° 27' S, 179° 30' E	SBPデータ 音響的透明層認められず。	
	タイプ	尖頂海山	回折、サイドエコー比較的多い。	
	規模*1	15×12km, 16×14km	2,500m以浅の斜面積	419km ²
	水深分布	450~3,500m	山頂部	12km ²
	山頂部の拡がり	6×2km	斜面	407km ²
	斜面上部傾斜*	11° (1°~21°)	その他 山頂部はピナクルや回折サイドエコーが認められる。	
	斜面中部傾斜*	13° (1°~24°)		
	斜面下部傾斜*	11° (3°~30°)		
その他	頂部水深450mと1,290m二海山が東西方向に連なる。			
SB07 (W)	位置	7° 29' S, 178° 41' E	SBPデータ 音響的透明層認められない。	
	タイプ	環礁 (Vaitupu)	サイドエコーも少ない。	
	規模*1	23×11km以上	2,500m以浅の斜面積	268km ²
	水深分布	0m~3,500m	平頂部	18km ²
	山頂部の拡がり	6×3km以上	斜面	250km ²
	斜面上部傾斜*	19° (2°~36°)	その他 斜面上部が北東方向に延びる傾向にある。西側よりも東側が急傾斜である。	
	斜面中部傾斜*	13° (5°~23°)		
	斜面下部傾斜*	9° (2°~17°)		
その他	環礁と言うよりは卓礁に近い。長軸方向 N 50° W			
SB08 (S)	位置	5° 31' S, 179° 31' E	SBPデータ 山頂部に層厚10~70mの音響的透明層が分布する。	
	タイプ	平頂海山		
	規模*1	23×8km	2,500m以浅の斜面積	203km ²
	水深分布	1,230m~4,500m	平頂部	39km ²
	山頂部の拡がり	5×7km	斜面	164km ²
	斜面上部傾斜*	16° (6°~25°)	その他 山頂部に比高70mのピナクルがある。	
	斜面中部傾斜*	18° (6°~26°)		
	斜面下部傾斜*	13° (2°~30°)		
その他	長軸方向 N 35° W			

*1 水深2,500m等深線

* 斜面の水深区分は表4-1-3参照

表 4 - 1 - 4 海山別地形特徴(4)

海山名	巨視的地形	微地形
SB08 (N)	位置	5° 13' S, 179° 17' E
	タイプ	尖頂海山
	規模*1	7.5×7km
	水深分布	1,450~4,500m
	山頂部の拡がり	1×1km
	斜面上部傾斜*	15° (8°~22°)
	斜面中部傾斜*	19° (6°~26°)
	斜面下部傾斜*	17° (4°~26°)
	その他	山頂部は四辺形、尾根状地が南東方向に延びる。
		SBPデータ 音響的透明層認められず。
		2,500m以浅の斜面積 58km ²
		山頂部 1km ²
		斜面 57km ²
		その他 斜面傾斜が急峻である。山体の規模が小さい。

*1 水深 2,500m 等深線

* 斜面の水深区分は表 4 - 1 - 3 参照

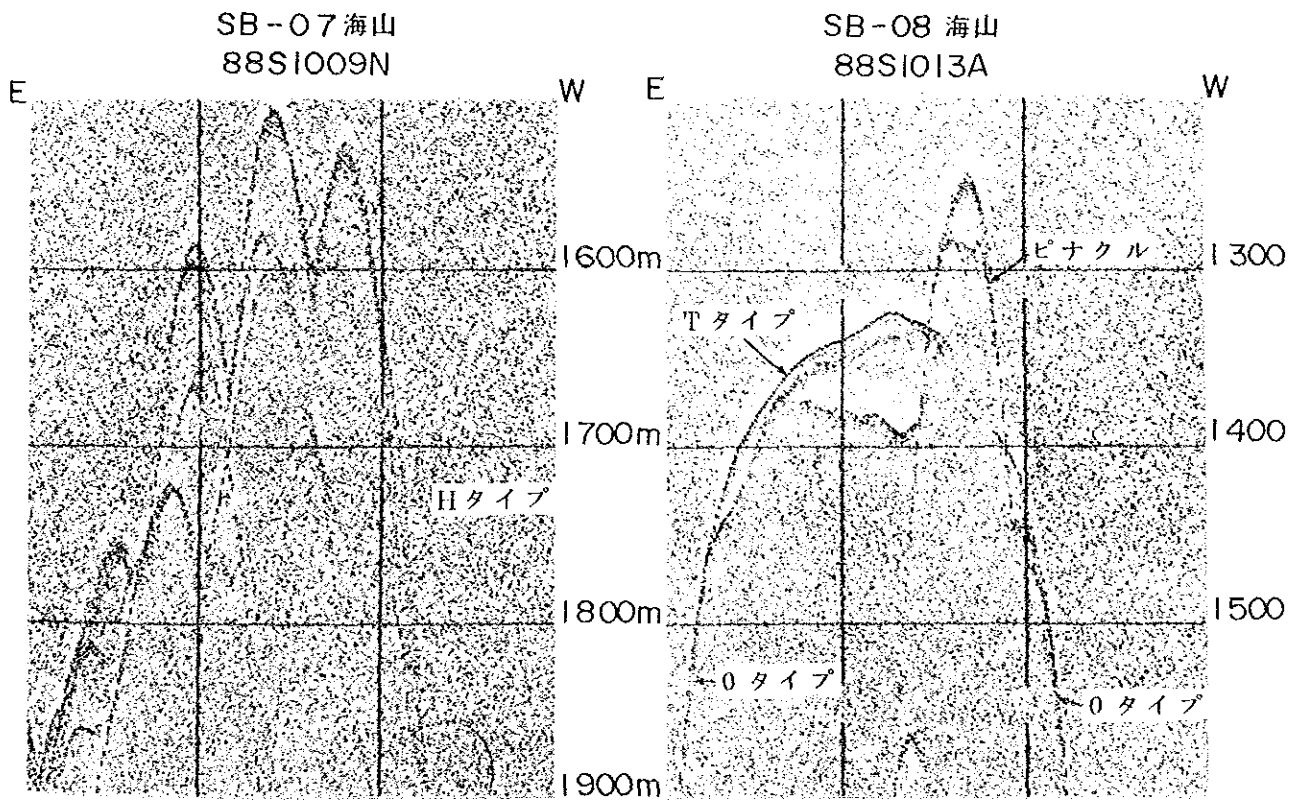
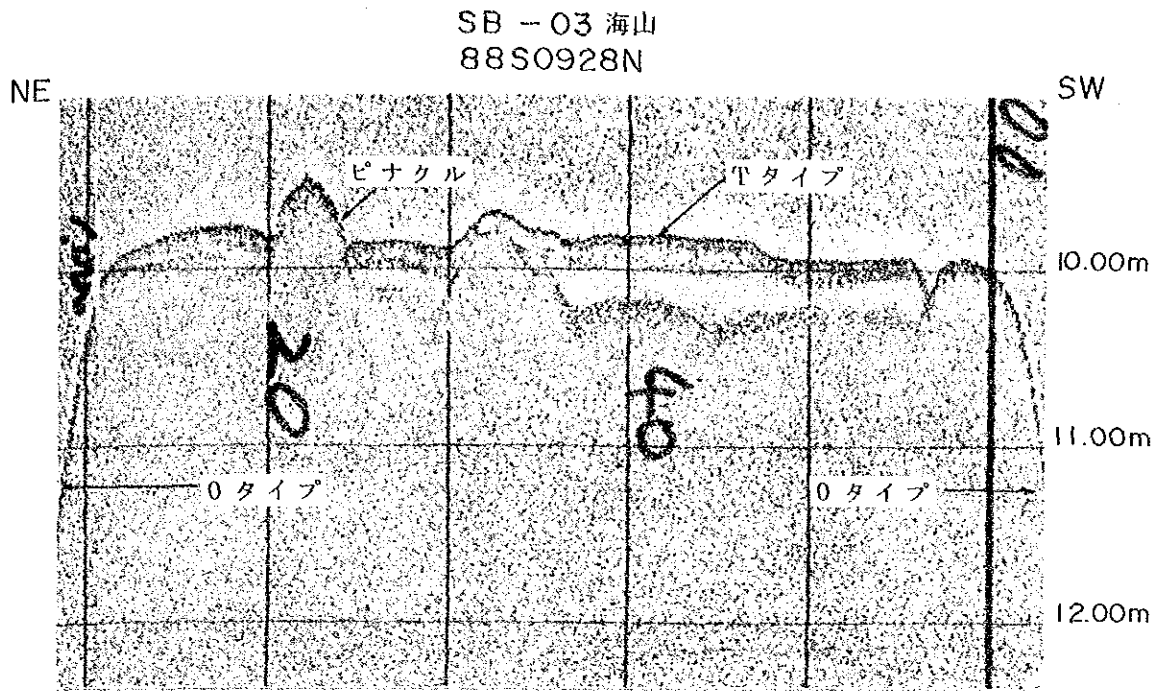


図4-1-1 海山のSBPプロファイル

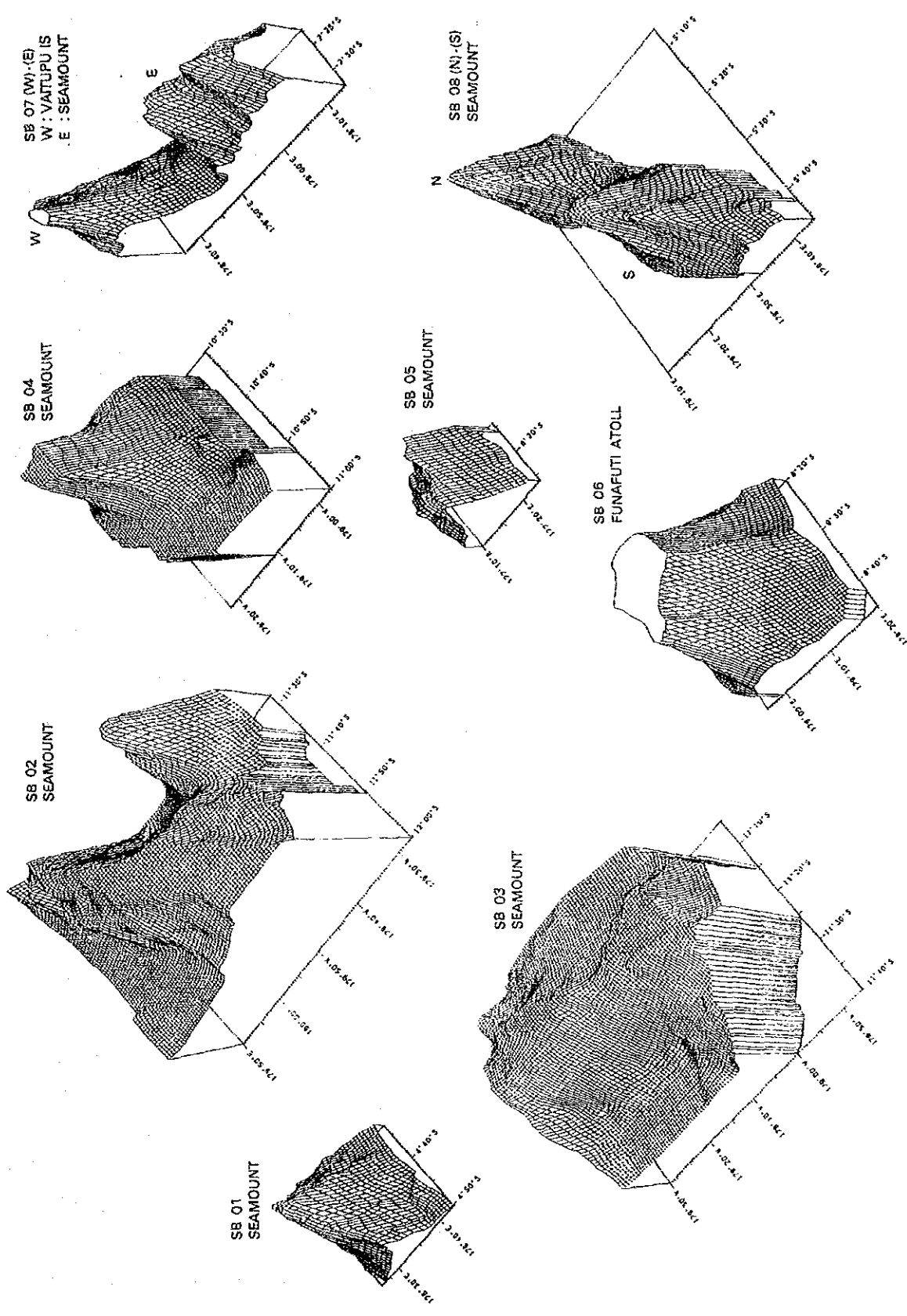


图4-1-2 海山鳥瞰图

し頂部の西肩の一部と中央部に凸地があり、これらの箇所が水深 1,390 m 程度の最浅所となっている。水深 2,500 m 以浅の面積は 123 km² と狭い。

長軸方向は N 20° W である。

斜面の平均傾斜は約 14° であるが、斜面中部、下部の傾斜は東側で 20° と急な所が多い。

(SB02 海山) 別添第 17-2 図参照

一般的には緩傾斜で大規模な平頂海山である。

頂部水深は、水深約 40 m 以浅で非常に浅く平頂部も広い。比高差は 3,500 m 程度である。

長軸方向は N 45° W である。

平頂部の北西端部には 3 ないし 4 箇所以小海丘状地形が認められる。また平頂部に数個のピナクルが認められた。

東側斜面は北東部で 20° と急峻であるが、南東部では傾斜角 10° 程度の緩傾斜地である。

西側斜面は水深 1,000 m ~ 2,000 m 間が平均傾斜角 10° 内外である。

(SB03 海山) 別添第 17-3 図参照

頂部水深が、水深約 1,000 m からなる二峰がほぼ東西方向に断続する緩傾斜で、大規模な平頂海山である。ただし、平頂部には、水深 830 m と 910 m のピナクルがある。

長軸方向は N 70° W である。

比高差は 2,000 m 程度と小さく、斜面の上部、中部、下部の傾斜角が 5° 程度の緩傾斜地であるのが特徴である。

(SB04 海山) 別添第 17-4 図参照

頂部水深は約 20 m 以浅と非常に浅く、山頂部の拡がり 9 × 8 km、比高差 3,500 m の平頂海山である。

平頂部は四辺形状で顕著な方向性は認められない。

水深約 2,500 m 以浅の斜面は尾根、谷地形も少なく単調に変化する 18° 以上の急傾斜地である。2,500 m 以深は 5° 程度の緩傾斜地である。

(SB05 海山) 別添第 17-5 図参照

頂部の水深が 2,000 m と 1,950 m との二峰が南北方向に連なる海嶺状の尖頂海山である。頂部水深が深く、山体の規模は 22 × 3 km、比高差は約 2,000 m である。

水深 2,500 m 以浅の面積は 66 km² と非常に狭い。

長軸方向は、ほぼ南北性である。

南側の海山はさらに南方にのびる傾向にある。

斜面の東側傾斜は急峻であるが、西側海域は小海丘状の地形が散在するなど起伏に富む。

(SB06 海山・Funafuti atoll) 別添第 17-6 図参照

環礁の規模は 22 × 14 km で水深 500 m では西洋梨型を呈している。

環礁の張り出し部から数条の尾根状地が認められる。

この尾根状地を除けば斜面は単調に傾斜し、斜面上部(500m~1,500m)の平均傾斜は24°と急峻である。斜面中部(1,500m~2,500m)の平均傾斜は15°, 斜面下部(2,500m~3,500m)の平均傾斜は12°である。

(SB07 海山(H)) 別添第17-7 図参照

頂部水深が450mと1,290mとの二峰が東西方向につながる尖頂海山である。

山頂部の拡がりは6×2km, 比高3,000mである。頂部には尖塔状地形, ピナクルなどが認められ起伏に富むがそれらの占める面積は小さい。

斜面の傾斜は上部, 中部, 下部ともに10°~12°とやや緩やかである。ただし2,000m以深の斜面部は起伏に富む。

(SB07 海山(W)・Vaitupu atoll) 別添第17-7 図参照

環礁の規模は6×3kmで, だ円形状を呈する。環礁と言うよりも卓礁に類似している。

斜面上部は北西方向に伸び, 方向はN40°Wである。

斜面の傾斜は水深2,500mまでは平均傾斜角15°であるが, 上部は18°と急傾斜地である。なお, 斜面は起伏が少なく単調である。

(SB08 海山(S)) 別添第17-8 図参照

頂部水深は1,500m, 山頂部の拡がりは7×5km, 比高差3,000mの平頂海山である。最浅所は水深1,230mで, 山頂部にはピナクルが発達する。

山体の規模は23×8km, 水深2,500m以浅の斜面積が203km²とやや狭い海山である。

山頂部は尾根状にN35°W方向に伸びている。この尾根軸の両斜面はほぼ対称的な地形を呈する。

斜面2,500m以浅の平均傾斜角は15°以上の急傾斜である。特に, 斜面上部と下部の1,500~3,000mが急峻である。水深3,000m以深は傾斜が緩やかで, 起伏に富む。

(SB08 海山(N)) 別添第17-8 図参照

頂部水深は1,450mとやや深い。山体の規模は, 7.5×7kmと今回の調査海山で一番小規模な尖頂海山である。

長軸方向はSB08 海山(S)と一諸に見ればN35°W方向であるが, 独立海山と見れば, 山頂部はほぼ四辺形状で方向性は認められない。

水深2,500m以浅の平均傾斜は15°であるが傾斜角が20°以上を占める急斜面も多い。全般的には当海山は急峻で起伏の少ない単調な斜面からなる。

4-2 海山の地質

1) 地質概要

各海山の地質状況を別添第18図(1)~(8)に示す。

調査した全ての海山の地質は、玄武岩及び同質火山砕屑岩を基盤とするが、環礁やバンクであるか潜頭海山であるかによって、礁性石灰岩の発達に差がみられる。

SB06及びSB07の西海山(以上環礁)やSB02, SB03及びSB04海山(以上バンク)などでは採取された岩石は殆ど石灰岩であり、玄武岩はごくわずかである。それに対してSB01, SB05, SB07の東及びSB08などの潜頭海山では、玄武岩やハイアロクラスタイトが普遍的に採取されている。リン酸塩岩(フォスフォライト)は単体及びハイアロクラスタイトのマトリックスとして産するのがSB01やSB08海山などで認められた。

海山別地質状況のまとめを表4-2-1に示す。それらの性質及び分布のなかで特に目立ったものを以下に列記する。

- a. 玄武岩は、ハイアロクラスタイトを除くと塊状ちみつ質のものは概して海底風化の度合いも少なく新鮮なものが多い。ちなみにSB02海山のガラス質枕状溶岩の年代が約0.2Maと求められた。それに対して年代的な推定は難しいが、海域北部のSB08海山では海底風化が進み茶褐色化した岩塊が採取されたのが注目される。
- b. 石灰岩は、各種岩相のものがあり、年代的にかなり古い様相を示すものから半固結で若いものまで様々である。但し、それらの分布関係は不明である。
- c. リン酸塩岩は、環礁及びバンク地帯では採取されなかったのに対して、海域北部のSB01及びSB08などの潜頭海山で普遍的な発達が認められた。
- d. 全体を通じて有孔虫砂や有孔虫軟泥の発達が著しい。その発達状況はSBP調査データに現われている(表4-1-4及び図4-1-1参照)。

一般に海山の中部から下部斜面でこれら堆積物が音響的透明層の発達となって普遍的にみられるが、一部の海山(SB03及びSB08)では山頂部でさえも10~70m層厚の透明層の発達が認められる。また、本層の表面にはしばしばリップルマークが観察され底層流の方向が求められた(図4-3-4, 後掲)。

2) 岩石記載

各種岩石記載に関しては、各種表にまとめて示す。肉眼の特徴及び顕微鏡観察の結果を表4-2-2に、代表的岩石写真を図4-2-1に、その顕微鏡写真を図4-2-2に、鉱物組成を表4-2-3に、そして主要化学組成を表4-2-4に各々示す。

表 4 - 2 - 1 海山別の地質状況

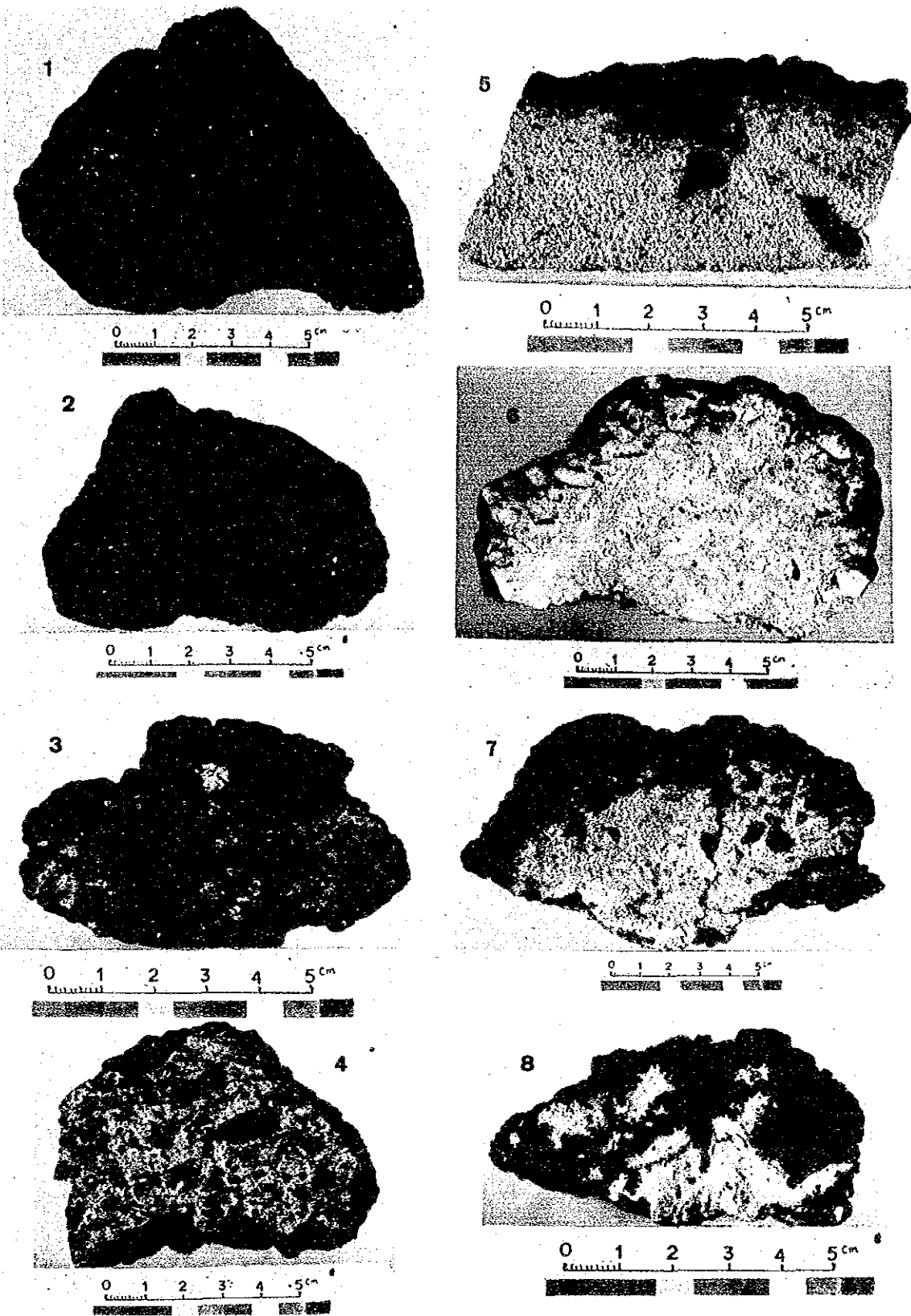
海山名	サンプリングデータ
SB01 海山	<p>岩石種：石灰岩，玄武岩，ハイアロクラスタイト，有孔虫砂。</p> <p>分布：南側から東側斜面に、玄武岩，ハイアロクラスタイトが分布。 石灰岩は、ほぼ全方位の斜面に分布する。 海山表面全体にうすい有孔虫砂が発達する。</p>
SB02 海山	<p>岩石種：石灰岩（サンゴ化石，有孔虫）。 玄武岩（ガラス質で新鮮）。 石灰質砂岩，有孔虫砂。</p> <p>分布：水深が非常に浅いBankとなっている平頂海山。 石灰岩は北東斜面を除く全方位の斜面に分布。 玄武岩は、北東部斜面，北西部斜面に分布。 全体的に有孔虫砂の発達が著しい。</p>
SB03 海山	<p>岩石種：石灰岩（有孔虫，サンゴ化石），有孔虫砂（軟泥）。</p> <p>分布：2つの平頂海山ピークから成る。 石灰岩だけの分布が広がり、玄武岩，ハイアロクラスタイト等を欠く。 有孔虫砂の分布が多く石灰岩を被覆している。</p>
SB04 海山	<p>岩石種：石灰岩（サンゴ化石，有孔虫），有孔虫砂（軟泥）。</p> <p>分布：水深が非常に浅いBankである。 岩石は石灰岩だけが採取され、玄武岩，ハイアロクラスタイトを欠く。 有孔虫砂，軟泥の被覆が非常に厚く、広いと考えられる。</p>
SB05 海山	<p>岩石種：石灰岩，ハイアロクラスタイト。</p> <p>分布：海山は尖頂で南北に伸長し、2つのピークからなる山脈状。 ハイアロクラスタイトは北東部，西部，南西部に分布。 石灰岩は北西，西側，南東側各斜面に分布。</p>
SB06 海山	<p>岩石種：石灰岩，ハイアロクラスタイト，堆積岩（泥岩）。</p> <p>分布：環礁（フナフチ環礁） 玄武岩の採取なし。 全斜面に石灰岩が卓越して分布する。東斜面に泥岩分布。 東西及び北斜面で各1カ所、計3カ所でハイアロクラスタイトを採取。</p>
SB07 海山	<p>岩石種：石灰岩（サンゴ化石），ハイアロクラスタイト，玄武岩，有孔虫砂。</p> <p>分布：環礁（ヴァイップ環礁）（＝西部）と、その東側に東西に連なる2つのピーク（共に尖頂海山）（＝東部） 東部ではハイアロクラスタイトの分布卓越、東端に唯一の玄武岩、東部南側斜面と西部に石灰岩分布。</p>
SB08 海山	<p>岩石種：ハイアロクラスタイト，石灰岩，玄武岩，フォスフォライト，凝灰角レキ岩，凝灰岩，凝灰質砂岩，有孔虫砂。</p> <p>分布：南部ピークは平頂海山、北部ピークは尖頂海山。 玄武岩が南部の北西斜面，南東斜面に分布。 石灰岩は南部を中心に分布、北部はNE斜面にも一点分布。 ハイアロクラスタイトは、両ピークに分布、南部北斜面のフォスフォライトが特徴的 有孔虫砂の発達は、他海山にくらべ少ない。</p>

表 4-2-2 コバルトクラスト母岩の性質(1)

岩山種	肉眼観察	顕微鏡観察
玄武岩	<p>枕状溶岩と火山砕屑岩が認められる。溶岩は、ちみつ質から発泡度の高いものまで様々であるが、概して新鮮なものが多い。SB02 海山ではピローの殻と思われる黒色ガラス質の玄武岩が採取された。海底風化が進み全体が茶褐色化したものはSB08海山で認められた。斜長石斑晶や気孔などは、全て炭酸塩化（及びリン酸塩化）を被っている。本調査では玄武岩の採取が少なく、詳しい状況は不明である。尚、SB02海山のガラス質溶岩SB02、CB07の年代が約0.2Maと求められた。</p>	<p>無斑晶質玄武岩(A)、多孔質玄武岩(B)、及び霞石ベイサイト(C)などが認められる。(C)は、多量の霞石と少量の斜長石、微量のかんらん石及びエジル輝石を有する。霞石には沸石化、リン灰石化が認めらる。(A)及び(B)には、輝石、かんらん石が認められるが霞石は認められない。多孔質玄武岩中には石基中に多量の単斜輝石を有するものがある(SB07AD08-2)</p> <p>(A)の例: SB02CB07 (B)の例: SB07AD08-2, SB08AD11 (C)の例: SB07AD08-1</p>
火山砕屑岩	<p>溶岩とは漸移関係にある。ハイアロクラスタイトが最も多く、ふつう数mmから数cmの玄武岩質の角礫ないしは不規則形状破片の集合体である。溶岩にくらべ発泡度が高く、海底風化が進み茶褐色化している。マトリックスは同質細粒分や石灰質ないしはリン酸塩質岩石で充填されている(例, SB01AD03, SB05AD03, SB06AD11, 及びSB08AD09など)。フィールドノートや写真記載などで凝灰角礫岩や凝灰岩としたものは、ここでは全てハイアロクラスタイトに含めた。</p>	<p>全体に多孔質でガラス質組織が顕著であるが、一部のものはガラス質流晶質組織を示す(SB08AD10A)。明らかに斜方輝石の斑晶を有するものがある(SB06AD01-1, SB08AD10A)。このタイプは、ふつう深海性ソレライトには認められないものである。気孔中には玉髄質石英、緑泥石、あるいは灰十字沸石(Phillipsite)などが生成している。肉眼的にリン酸塩化の認められたものにはコロフェンの生成が認められた(SB05-AD03)。</p>
石灰岩	<p>サンゴ化石の集合から成るもの、よりちみつ質で細粒化石の集合から成るもの、硬質、軟質及び半固結のものなど岩相は様々である。半固結のものは有孔虫砂岩様である(例: SB06AD08, SB02CB04, SB03AD09 及びSB07AD14など)。色調は、リン酸塩化が進むにつれて黄味を帯びるようになり、塩酸による発泡が強くなる。</p>	<p>サンゴ石灰岩(SB07AD06)のサンゴは六射サンゴの仲間の“アワサンゴ”の一種である。このサンゴに“イシマテガイ”が多数の孔をあけている。上記両者ともに数10mの浅海に生棲するものである。有孔虫石灰岩は、微晶質方解石中に有孔虫類(0.05~0.6mm)が分布する。ハイアロクラスタイトを多量に含むものもある。コロフェン化(リン酸塩化)の程度は様々である。</p>

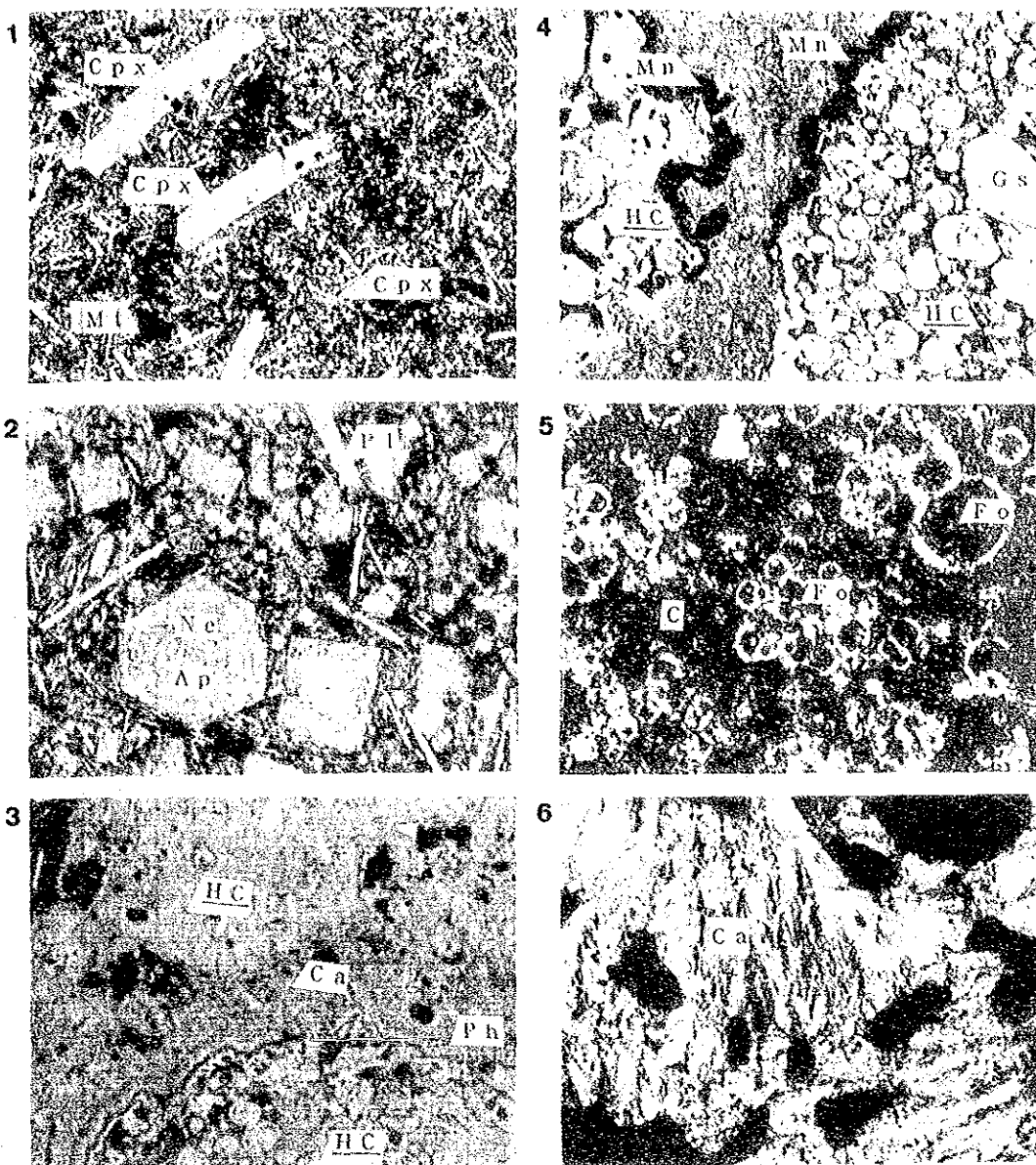
表 4-2-2 コバルトクラスト母岩の性質(2)

岩山類	肉眼観察	顕微鏡観察
リン酸塩岩 フォスフォライト	石灰岩に比べ黄味(クリーム色味)がかっており、しかもちみつ質無構造のものが多い。単体のものは、SB01海山で採取された(SB01AD03,同AD06,同CB10)だけであるが、砕屑岩のマトリックスに産するものは各所で認められる(SB01AD03,SB07-AD01,SB08AD07及びAD08など)。SB05AD05では/ジュール状クラストの核として産する。分布的にSB01及びSB08など概して海域北部の海山に多く産する。	コロフェンの強いものをリン酸塩岩(フォスフォライト)と呼ぶ(SB06AD08A,SB08-AD10-A)。肉眼的にリン酸塩化が強いと判断したSB05AD05やSB08AD08などは鏡下では比較的弱いコロフェン化が認められただけである。
その他	以上の他に、クラストの発達はないが岩石種としては、海山表面に有孔虫砂、有孔虫軟泥及び軽石などが認められる。	



- | | |
|---|---|
| <p>1) SB01AD03, 玄武岩</p> <p>2) SB08AD11(A), 玄武岩</p> <p>3) SB07AD01(A), 角礫質玄武岩
マトリックスはフォスフォライト</p> <p>4) SA08AD12, ハイアロクラスタイト</p> | <p>5) SB03AD09(B), 有孔虫石灰岩</p> <p>6) SB01AD07, サンゴ石灰岩</p> <p>7) SB03CB02, 有孔虫石灰岩</p> <p>8) SB08AD09, フォスフォライト
玄武岩岩片; クラストのしみ込みあり</p> |
|---|---|

図 4-2-1 代表的岩石写真



凡 例

Ap : 磷灰石	Mt : 磁鉄鉱	Sh : 貝化石
C : コロフェン	Ne : 霞石	CQz : 玉髓質石英
Ca : 方解石	O1 : カンラン石	Bs : 玄武岩
Fo : 有孔虫類	Ph : 灰十字沸石	BL : 化石微晶質石灰岩
Gl : ガラス	Pl : 斜長石	CL : コロフェン化石灰岩
Gs : 気孔	Px : 輝石	HC : ハイアロクラスタイト
Mt : 有色鉄物	CPx : 単斜輝石	
Mn : 殆どすべて δ -MnO ₂	OPx : 斜方輝石	

1. SB02CB07, オープンニコル, X20, 無斑晶質玄武岩, 年代測定実施。
2. SB07AD08-1, 単ニコル, X16, 霞石ベイスait。
3. SB08AD10A, 単ニコル, X8, ハイアロクラスタイト含コロフェン化石灰岩。
4. SB05AD03, 単ニコル, X8, ハイアロクラスタイト含石灰岩。
5. SB06AD08-A, クロスニコル, X8, 有孔虫石灰岩。
6. SB07AD06, クロスニコル, X8, さんご石灰岩。

図 4-2-2 コバルトクラスト母岩の顕微鏡写真

表 4-2-3 コバルトクラスト母岩の鉱物組成一覽表

岩 石 名	火山岩													堆積岩 (化石・岩片・鉱物片を含む)					その他															
	斑 晶			石 基										岩片・鉱物片						堆積岩・化石														
	斜長石	斜方輝石	單斜輝石	かんらん石	有色鉱物	雲石	斜長石	斜方輝石	單斜輝石	エジブル輝石	かんらん石	雲石	磁鉄鉱	チタン鉄鉱	ガラス	斜方輝石	斜長石	斜方輝石		單斜輝石	雲石	斜方輝石	方解石	コロマニ	造石	燧石	未定粘土鉱物	微化石	頁化石	非Fe鉱物				
SB02CB07	●	●											△			△																		
SB05AD03	○	○*	○*	△									○																					
SB05AD03																									△								△	
SB05AD05																																	○	
SB06AD08A																																		
SB06AD01-1	○	○			○								○											○								●		
SB07AD06																																	○	
SB07AD08-1	△			●									○																				△	
SB07AD08-2	?		○*																															
SB07AD12	?		△*																															
SB08AD02A																																		△
SB08AD02C																																		●
SB08AD06C	△																																	
SB08AD06C																																		△
SB08AD08E	△																																	△
SB08AD10A	△	△																																△
SB08AD10A																																		△
SB08AD11B	?	○*		△																														△

量比 ◎:多量 ○:中量 △:少量 ●:微量

*を付したものは変質が甚だしく、鉱物名の同定は困難であり、結晶外形より推定した。

表4-2-4 コバルトクラスト母岩の完全分析値

試料 番号	試料名	SiO ₂ wt %	TiO ₂ wt %	Al ₂ O ₃ wt %	Fe ₂ O ₃ wt %	FeO wt %	MnO wt %	MgO wt %	CaO wt %	BaO wt %	Na ₂ O wt %	K ₂ O wt %	P ₂ O ₅ wt %	LOSS wt %	Total wt %
R-1	88SB02CB07	41.09	2.97	16.68	4.62	5.47	0.24	4.83	10.03	0.15	5.76	3.37	1.09	1.27	97.57
R-2	88SB06CB03	43.15	2.27	14.68	10.95	0.06	0.65	2.99	3.71	0.05	3.38	3.89	0.53	1.330	99.61
R-3	88SB07AD12	43.31	2.37	13.98	12.72	0.03	0.26	2.04	1.65	0.01	4.04	3.96	0.09	1.541	99.87
R-4	88SB07AD14	0.27	0.02	0.13	0.04	0.05	0.01	1.38	5.143	<0.01	0.33	0.02	0.20	4.582	99.70
R-5	88SB08AD02A	0.42	0.02	0.25	0.03	0.13	0.09	0.27	5.226	0.01	0.96	0.08	28.13	1.654	99.19
R-6	88SB08AD02C	32.91	2.54	10.95	9.96	<0.01	1.68	2.36	13.89	0.03	3.01	3.37	7.91	1.106	99.67
R-7	88SB08AD06C	0.62	0.07	0.35	0.60	<0.01	0.61	0.30	5.075	0.30	0.84	0.12	1.735	2.713	99.04
R-8	88SB08AD10C	24.45	2.61	11.53	9.41	<0.01	0.73	1.24	2.263	0.07	2.54	1.27	1.523	7.76	99.47
R-9	88SB08AD12	39.38	2.94	15.84	10.52	0.81	0.35	1.90	6.91	0.03	3.20	2.86	2.39	1.162	98.75

(岩石記載) R-1:玄武岩,新鮮でガラス質,年代測定実施。

R-6:ハイアロクラスタイト,細粒,風化,リン酸塩化。

R-2:玄武岩,暗褐色,風化。

R-7:石灰岩,リン酸塩化。

R-3:ハイアロクラスタイト,黄褐色,風化,リン酸塩化。R-8:ハイアロクラスタイト,リン酸塩化。

R-4:礫性石灰岩,貝殻,サンゴ化石を多数含む。

R-9:ハイアロクラスタイト。

R-5:フォスフォライト,クリーム色。

3) 年代測定

試料は、中心部に気孔（孔内は空隙）が存在する玄武岩である。表面は緻密で急冷相を示すことから、気孔を有する中心部を取り出して試料調整を行った。

分析結果を表 4-2-5 に示す。

表 4-2-5 岩石年代測定結果

試料番号	試料処理	K wt %	Rad. ⁴⁰ Ar (10 ⁸ cc/g)	K-Ar Age (Ma)	Air Cont (%)
88SB02CB07	全 岩	2.58	1.67 ± 1.44	0.17 ± 0.14	98.2
			2.30 ± 1.06	0.23 ± 0.11	96.8

年代算出に当たって、使用した40Kの壊変定数は、Stieiger and Jaeger (1977) による下記の値を用いた。

$$\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10} / Y$$

$$\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10} / Y$$

K中の⁴⁰Kの存在比は、

$$^{40}\text{K}/\text{K} = 0.01167 \text{ atm}\%$$

を用いた。

補正計算は、長尾ほか(1984)によった。

測定は、データチェックのため2回行った。測定年代は、第四紀更新世に対比される。

非放射性Arの含有量(Air cont.)は、98.2~96.8%と高く、測定年代の誤差範囲を大きくしている。

比較的年代の若い岩石(数Ma)については、基質のガラス中に過剰アルゴンが捕獲されている可能性がある。採取深度を考え、充分抜けきっていたかについては、検討を要する。

4-3 コバルトクラストの賦存状況

1) 分布と産状

① 概要

各海山のコバルトクラスト賦存状況を別添第18図(1)~(5)に示す。

クラストは海山の頂部から斜面下部に至る調査水深800 m~2,800 mの間に種々の形態で分布している。既述したように今回調査した海山の地形は山頂部及び斜面(上部・中部・下部)に大別されるが、環礁の頂部を除く各部からクラストを採取し、その分布を確認した。一般に斜面下部ではクラストの発達が見られなくなる。

今回ドレッジ・サンプリングの結果採取された試料には、母岩表面に非常に薄くフィルム状のマンガン酸化物がコーティングしているにすぎないものが多く、当調査海域ではクラストの発達が悪いことが明らかになった。SB01, 02, 04 および SB06 の4海山ではクラストの平均厚さが1 mmに満たない。また、SB08海山の平均厚さは10.2 mmと、海山毎のばらつきも大きい。

このSB08海山でも最大65 mmにおよぶクラスト試料が採取されながら、海山平均では上記の10.2 mmと、一海山のなかでも厚さの変動が大きい。

サンプリング結果及びFDC写真から区分したクラストの産状を表4-3-1の7種類に分類した。この内6種類が当調査海域で認められた。

代表的なクラストのサンプル写真を図4-3-1及び図4-3-2に示す。また海山別のクラストの産状を表4-3-2に示す。

② クラストの厚さ

今回調査したSB01~SB08までの各海山及び全海山のクラストの厚さ(測点平均)を表4-3-3に示す。また、各分析サンプル毎のクラストの厚さの頻度分布を図4-3-3に示す。測点毎の最大値はSB08海山の測点08の52 mmである。また、個別サンプルの厚さでは、同じ測点SB08AD08で採取した65 mmのスラブ状のサンプルが最大であった。

クラストの厚さは変化が激しく、同一サンプル中でも1 mm程度から10 mmオーダーまで変動することも多い。クラストの厚さについては、まず、採取した全サンプルの厚さを観察、計測して厚さの範囲を求めた。その上で各測点における代表的なクラストについてさらに詳細な観察、計測を実施してサンプルの平均厚さを決定した。

③ 表面構造

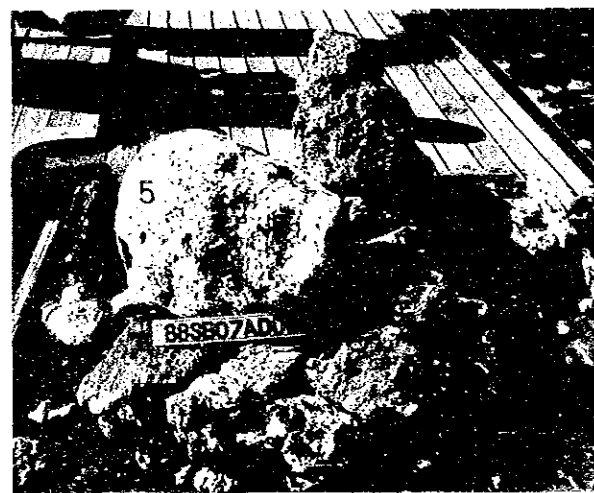
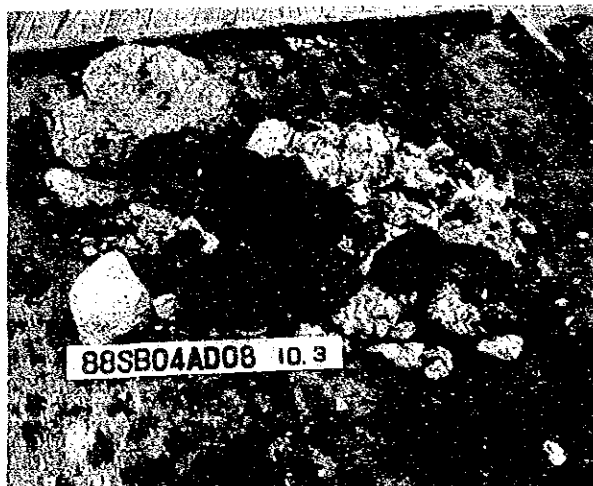
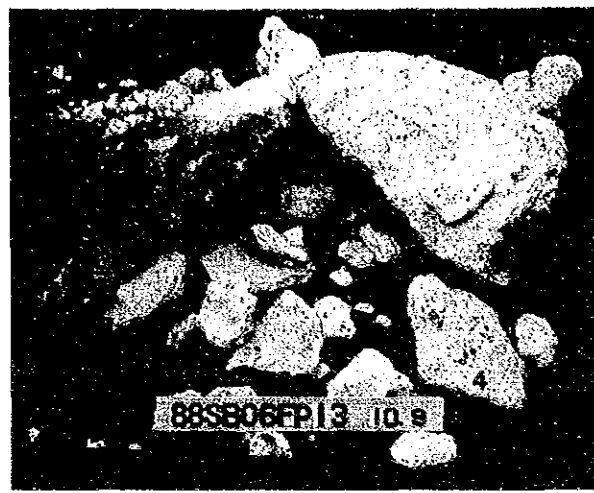
クラストの表面構造を平滑・ザラザラ・ぶどう状の3種類に分類した。平滑な表面構造は、おもにきわめて薄いコーティング状のクラストにみられ、その出現頻度はそれほど高くなく、分析サンプルの7%を占める。稀に、厚いクラスト状の表面がピッチ・ブレンド状の光沢を伴うきわめて滑らかな状態になっているものが観察される。

ザラザラ状の表面構造は、クラスト表面に細かな凹凸が生じているもので、僅かに厚さ

表 4-3-1 コバルトクラストのタイプ分類

	名 称	記号	特 徴	分 布
ク ラ ス ト タ イ プ	クラスト状	C	玄武岩、火山砕屑岩、堆積岩などの岩盤を皮殻状に直接覆うもの。分布が連続的で大規模な産状を呈する。	SB01, SB02 SB03, SB05 SB06, SB07 SB08など普遍的。
	スラブ状	S	角ばった平板状を呈し、ほぼ全面にクラストが発達したもの。クラスト状の一部が剥離した様なものも含める。	SB03, SB05 SB08などにみられる。
	ペーパメント状	P	クラスト状の一種であるが、もともとノジュール状あるいは礫状だったものが相連結してあたかも敷石のごとき観を呈するもの。	海底写真上でみられるタイプであるが分布はまれである。
団 塊 タ イ プ	塊 状	M	各種岩石片を核としてクラストが発達し、その外形全体が角ばっているもの及び不規則形状のもの。サイズは問わない。	SB01, SB02 SB05, SB06 SB08などにみられる。(注1)
	礫 状	B	各種岩石片を核としてクラストが発達し、その外形全体が丸みを帯びたもの。径が10cm±以上のもの。	SB01, SB02 SB05, SB06 SB07, SB08 などにみられる。
	ノジュール状	N	マンガン団塊と同様の形状を呈するもの。小石からにぎりこぶし大(径10cm±以下)サイズのことをこれに含める。	SB03, SB05などで分布は局部的。
そ の 他	フィルム状 あるいは コーティング状	F	厚さが1mm程度以下のうすい被膜状にクラストが付着しているもの。	SB01, SB02 SB04, SB06 SB07などの環礁やバンク状海山に多い。

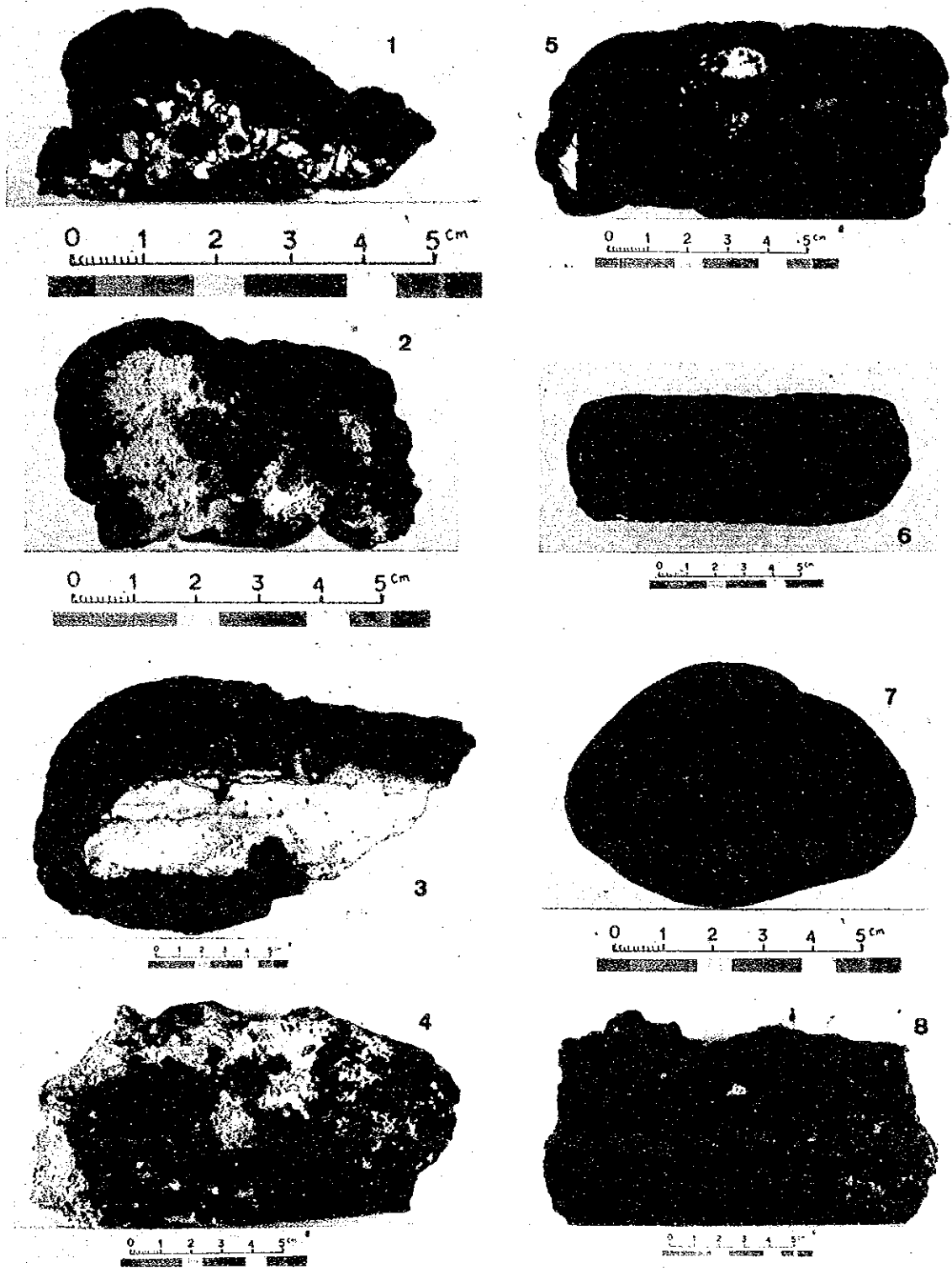
(注1)本調査では、記載統計上“礫状”に含めた。



- 1) SB03AD05, 37.0kg
クラスト状, 厚さ1.5~15mm。
- 2) SB04AD08, 68.5kg
コーティング状~クラスト状, 厚さ
0~3mm。
- 3) SB05AD05, 101.0kg
ノジュール状, 礫状, 厚さ0.1~30
mm。

- 4) SB06FP13, 225.0kg
石灰岩, クラストの発達なし。
- 5) SB07AD06, 148.0kg
石灰岩, コーティング状(厚さ0.1
mm)。
- 6) SB08AD08, 152.1kg
大型スラブ状, 全面にクラストの発
達あり, 厚さ0.5~65.0mm。

図4-3-1 代表的コバルトクラストタイプ写真(揚収)



- 1) SB06AD10(A), クラスト状
- 2) SB03CB01, クラスト状
- 3) SB08AD02(A), 礫状の一部
- 4) SB07AD15, コーティング状

- 5) SB08AD11, 礫状
- 6) SB01AD06, スラブ状
- 7) SB05AD05, ノジュール状
- 8) SB08AD08, クラスト状の表面

図 4-3-2 代表的コバルトクラストタイプ写真(断面)

表 4 - 3 - 2 海山別コバルトクラストの産状(1)

海山名	産 状 特 性		平均品位(%) (n個の算術平均)	
SB01 海 山	地 形	平頂海山	Co	0.81±0.06
	地 質	石灰岩, 玄武岩, 火山砕屑岩から成る。	Ni	0.47±0.04
	分布水深	1470~2,530m	Cu	0.05±0.01
	タイプ	礫状>クラスト状>コーティング状	Mn	22.26±0.80
	母 岩	玄武岩, 石灰岩, 火山砕屑岩類	Fe	18.23±0.66
	構 造	ほとんどのクラストが一層構造	副成分	
	連続性 被覆率 厚み 採取サンプル数	} FDC観察結果の項参照、以下同じ。 0.4mm 10(平均品位の算定に用いたn=4)	特 徴	
SB02 海 山	地 形	平頂海山	Co	0.95±0.57
	地 質	石灰岩(造礁性サンゴ)が卓越, 玄武岩も分布する。	Ni	0.40±0.16
	分布水深	810~1,815m	Cu	0.13±0.15
	タイプ	コーティング状>礫状	Mn	19.10±1.57
	母 岩	玄武岩, 石灰岩	Fe	16.23±2.79
	構 造	ほとんどのクラストが一層構造	副成分	
	連続性 被覆率 厚み 採取サンプル数	--- --- 0.4m 7(n=3)	特 徴	
SB03 海 山	地 形	平頂海山	Co	0.57±0.28
	地 質	石灰岩(造礁性サンゴ)が卓越	Ni	0.39±0.06
	分布水深	920~1,780m	Cu	0.06±0.01
	タイプ	クラスト状>ジュール状>スラブ状>コーティング状	Mn	19.33±1.71
	母 岩	石灰岩, 有孔虫砂	Fe	20.55±1.83
	構 造	ほとんどのクラストが一層構造	副成分	
	連続性 被覆率 厚み 採取サンプル数	--- --- 4.1mm 8(n=8)	特 徴	
SB04 海 山	地 形	平頂海山	Co	0.70
	地 質	石灰岩(造礁性サンゴ)多し, 有孔虫砂被覆多し。	Ni	0.34
	分布水深	940~2,580m	Cu	0.05
	タイプ	コーティング状>クラスト状	Mn	19.12
	母 岩	石灰岩, 有孔虫砂	Fe	19.73
	構 造	ほとんどがフィルム状の一層構造	副成分	
	連続性 被覆率 厚み 採取サンプル数	--- --- 0.1mm 4(n=1)	特 徴	

(注1) 各海山の品位は、測点値の平均値。

(注2) 厚みは、各海山の全測点平均値。

(注3) 分布水深は、サンプリング水深帯。

表4-3-2 海山別コバルトクラストの産状(2)

海山名	産 状 特 性		平均品位(%) (n個の算術平均)	
			Co	Fe
SB05 海山	地形	尖頂海山(海嶺状)	Co	0.33±0.20
	地質	石灰岩, 玄武岩及び火山砕屑岩類が分布。	Ni	0.47±0.22
	分布水深	2,340~2,930m	Cu	0.13±0.06
	タイプ	礫状>ノジュール状>クラスト状>コーティング状>スラブ状	Mn	21.77±1.68
	母岩	火山砕屑岩類, 石灰岩, 玄武岩	Fe	19.89±1.02
	構造	クラスト状, ノジュール状は2層に区分できることが多い。	副成分	
	連続性	—	特徴	
	被覆率	—		
	厚み	3.8mm		
採取サンプル数	5(n=4)			
SB06 海山	地形	環礁(FUNAFUTI)	Co	0.62±0.05
	地質	石灰岩, 火山砕屑岩類, 堆積岩が分布	Ni	0.41±0.04
	分布水深	950~2,650m	Cu	0.06±0.01
	タイプ	礫状>クラスト状>コーティング状	Mn	19.91±1.72
	母岩	石灰岩, 火山砕屑岩類, サンゴ, 堆積岩	Fe	18.29±1.29
	構造	ほとんどが一層構造	副成分	
	連続性	—	特徴	
	被覆率	—		
	厚み	0.4mm		
採取サンプル数	11(n=4)			
SB07 海山	地形	(W)環礁(VAITUPU)(E)尖頂海山	Co	1.08±0.43
	地質	石灰岩(造礁性サンゴ)及び火山砕屑岩卓越, 玄武岩も伴う。	Ni	0.61±0.14
	分布水深	(W)805~2,220m	Cu	0.07±0.02
	タイプ	コーティング状>礫状>クラスト状	Mn	23.89±3.34
	母岩	石灰岩, 火山砕屑岩類, サンゴ化石	Fe	16.41±2.20
	構造	ほとんどが一層構造	副成分	
	連続性	—	特徴	
	被覆率	—		
	厚み	1.9mm		
採取サンプル数	15(n=7)			
SB08 海山	地形	(N)尖頂海山 (S)平頂海山	Co	0.89±0.27
	地質	石灰岩, 玄武岩, 火山砕屑岩が分布, フォスフォライトを伴う。	Ni	0.62±0.13
	分布水深	1,875~2,800m	Cu	0.11±0.06
	タイプ	スラブ状>礫状>クラスト状>コーティング状	Mn	23.82±3.14
	母岩	凝灰角レキ岩, 石灰岩, 火山砕屑岩類	Fe	16.84±1.70
	構造	スラブ状は2層, 礫状は3層に区分できることが多い。	副成分	
	連続性	—	特徴	
	被覆率	—		
	厚み	10.2mm		
採取サンプル数	14(n=12)			

表 4-3-3 海山別コバルトクラスト平均厚さ

海山名	測点数	クラスト厚さ (mm)	
		平均	標準偏差
SB 01	10	0.42	0.91
02	7	0.36	0.34
03	8	4.11	2.51
04	4	0.12	0.02
05	5	3.8	4.2
06	11	0.38	0.56
07	15	1.93	2.29
08	14	10.2	15.3
全体	74	3.17	7.59

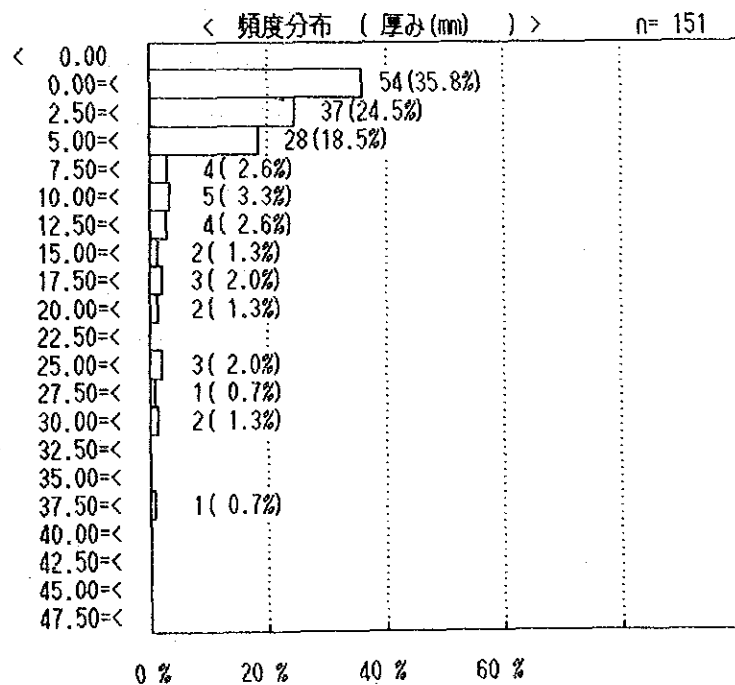


図 4-3-3 コバルトクラスト厚さの頻度分布

を増したコーティング状クラフトから典型的な厚いクラストまでの表面に認められる。鮫肌状やコークス状もこれに含まれる。出現率は分析サンプルの46.5%を占める。

ぶどう状のものは、直径5~15mm程度の半球状集合体をなし、クラストの表面を覆っている。しかし断面構造を見ると、下部は母岩の境界線に調和的に成長し、表面のようにぶ

どう状を呈していない。この構造をもつクラストは一般にはクラスト状タイプの厚いものでみられるが、ときには厚さがわずか2mmでも出現し始め、厚さ5mmにもなると典型的なぶどう状を呈するものが出てくる。今回調査した海山のうちでも厚さのあるクラスト・サンプルではザラザラ状とならんで、ごく普遍的にみられ、出現率もザラザラ状と同じく、分析サンプルの46.5%を占める。

④ 内部構造

一般に厚さ10mm以下のクラストは均質で内部構造の変化は少なく、わずかに殻内中央部にやや多孔質な層が認められる程度である。しかし、比較的厚いクラスト(厚さ20mm以上)では外殻・内殻の2層に、そして厚いクラスト(厚さ30cm以上)では外殻・中殻・内殻の3層あるいはそれ以上に区分可能なことが多い(例えばSB08AD02のAでは5層に区分可能である)。

一般に外殻は厚さ5~25mmで、黒色~黒褐色を呈し、弱い悪金属光沢をもつ。そして均質でやや多孔質である。中殻は厚さ10~20mmで黒褐色~黒色を呈し、きわめて多孔質である。内殻は厚さ5~20mmで、黒色~灰黒色の強い悪金属光沢を有し、均質かつ極めて緻密である。内殻の破断面はピッチ・ブレンド状の光沢のある断口を示す。そして、母岩とは明瞭な境界をもつが、母岩の小礫を内部に取り込んだり、母岩との境界部付近に樹枝状の磷酸塩鉱物が成長していることがある。

⑤ 母 岩

表4-3-4にクラストの産状と母岩及び核を構成する岩相を示す。母岩及び核を構成する岩相は、石灰岩及び火山碎屑岩類が多く、両方を合計すると全体の約70%に達する。

リン酸塩岩を母岩とする場合、その内部にクラスト片やクラスト片付きの岩石を含む例や、逆に一部リン酸塩化したハイアロクラスタイトの基質と礫との境界にマンガン酸化物

表4-3-4 クラストタイプと母岩及び核を構成する岩石

(分析サンプルによる)

クラストタイプ	母岩及び核を構成する岩相(数字は%)					
	玄武岩	火山碎屑岩類*	石灰岩	その他	記載なし	合計
クラスト状	2	15	29	2	11	59
スラブ状	0	2	2	0	1	5
レキ状	8	4	2	1	1	16
ノジュール状	0	2	2	1	1	6
コーティング状	1	3	10	0	0	14
合計	11	26	45	4	14	100

(*ハイアロクラスタイトを含む)

の層が形成されている例もある（例えば、測点SB08AD08のA他）。

2) FDC 調査結果

本調査では、SB01, SB02, SB03, SB06, SB08の各海山のついて6測線のFDC調査を実施して海底観察を行い、ビデオ・テープに収録するとともに、延べ756枚の海底写真を撮影した。これらの記録を基に、クラストの分布と産状を検討した上でクラストの被覆率の試算を試みた。

FDC調査の各海山におけるFDC観察状況を表4-3-5に、ルートマップを図4-3-4に、また代表的産状を図4-3-5に示す。

当調査海域のクラストの海底被覆率は部分的には非常に高いが、各測線毎の平均被覆率の試算を行ってみると、低い値となる（表4-3-6参照）。

これは、海山の頂部平坦地をはじめとして、斜面のテラス部分など地形平坦部全域にわたって、未固結堆積物（有孔虫砂、軟泥）がクラスト及び露岩を被覆して広く分布していることに影響されている。

今回のFDC調査は5海山で6測線、実質5測線を観察できたが、各海山毎には約1測線ずつしか観察できず、海山の一部を“線”として観察したにすぎない。今後、クラストの被

表4-3-6 測線別コバルトクラスト被覆率

測線名 (海山名)	地形区分 ^{※1}	水深範囲(m)	部位別被覆率(%) ()内は推定平均値	距離加重 ^{※2} 平均被覆率(%)
FDC01 (SB01)	山頂部	1,400m以浅	0~100(20)	} 19
	斜面上部	1,400~2,000	0~70(15)	
	斜面中部	2,000~	0~80(15)	
FDC02 (SB02)	斜面中部	400~800	0~70(10)	} 4
	斜面下部	800~	0~5(1)	
FDC03 (SB02)	山頂部	50m以浅	0	0
FDC04 (SB03)	山頂部	1,100m以浅	0~50(5)	} 8
	斜面上部	1,100~1,400	0~90(10)	
FDC05 (SB06)	斜面上部	500~1,500	0~70(10)	} 11
	斜面中部	1,500~2,500	0~90(20)	
FDC06 (SB08)	山頂部	1,500m以浅	0	} 13
	斜面上部	1,500~2,000	30~80(50)	
	斜面中部	2,000~	10~50(15)	

※1, 地形区分は、表4-1-3に基づく。

※2, 出現距離を考慮した加重平均。

表 4-3-5 海山の FDC 観察状況

	FDC 01	FDC 02	FDC 04	FDC 05	FDC 06
観 察 年 月 日	9月6日	9月25日	9月29日	10月6日	10月13日
海 山 名	SB 01 調査海域 北端	SB 02 南端 (BANK)	SB 03 (E) 南端 (BANK)	SB 06 中部 (FUNAFUTI)	SB 08 (S) 北 端
海山のタイプ	平頂海山	平頂海山	平頂海山	環 礁	平頂海山
測 線 方 向	S → N (山頂横断)	W → E (西側斜面尾根横断)	SW → NE (北側斜面を下降)	W → E (北斜面)	W → E (山頂横断)
地 形	斜面中部～上部～平頂部～斜面中部	斜面下部～中部	平頂部～斜面上部～斜面中部	斜面下部～斜面上部	斜面中部～平頂部～斜面中部
水 深	2,150m～1,380m～2,500m (PDR)	2,318m～643m～799m (CTD)	899m～1,430m (CTD)	2,709m～941m～1,291m (CTD)	2,700m～581m～2,414m (CTD)
地 質	<p>測線全体に露岩が少なく堆積物が卓越する。岩盤は5～6箇所に出現した崖でのみ認められたが、何れも堆積物で厚く又は薄く被覆されている。</p> <p>堆積物は一部の箇所ではリップルマークが認められたが、大部分はBoulder～Pebbleが混在し、層理のないスランピング堆積物である。リップルマークが認められる箇所では、堆積物の表層に細礫が縞状に散在することがある。</p>	<p>堆積物が卓越し、斜面下部～中部では岩盤露出は非常に稀である。岩盤は、尾根の肩に主に出現するが、斜面中部で階段状をなし表層が堆積物で被覆されている箇所もある。一部ではBoulder状円礫からなる集塊岩も認められた。</p> <p>堆積物は白色、褐色でリップルマークはほとんどなく、有孔虫軟泥、珊瑚化石砂からなるとみられる。尾根の平坦地は堆積物が卓越する。</p>	<p>山頂平坦部では堆積物が卓越し、岩盤のみならず礫も認められない。リップルマークは明瞭に発達する。平坦部から水深が深くなるに従い、表面が平らな岩盤が出現し始める。頂部肩では、堆積物が少なく、岩盤が卓越する。水深1,300m以深では再び堆積物が卓越する。</p>	<p>堆積物が卓越する。岩盤は階段状をなし局部的に出現。範囲も狭く、連続性も悪い。</p> <p>岩盤には厚く又は薄く、堆積物が被覆する。岩盤が出現する箇所は地形の傾斜が急であるが、傾斜が緩くなると堆積物が厚く被覆する。</p> <p>斜面上部では、Boulder, Cobbleも混入したスランピング堆積物からなり、有孔虫砂の他珊瑚礁化石砂も卓越する。</p>	<p>斜面中部は岩盤が出現するもののBoulder～Pebbleの混在したスランピング堆積物が卓越する。斜面上部は崖が連続、岩盤が卓越し、堆積物は少ない。</p> <p>山頂部肩は岩盤及び礫からなり、堆積物がその表面を被覆する。水深が浅くなるに従い、堆積物は厚くなる。</p> <p>山頂平坦地は、堆積物が卓越し、リップルマークが明瞭に発達する。有孔虫砂からなる。</p>
クラスト賦存状況	北斜面上部の崖に露出する岩盤表面に認められたが他の箇所では賦存状態は良くない。	斜面中部尾根の肩に出現する岩盤露出部でのみ認められた程度であり、賦存状態は良くない。	斜面上部の水深1,090m～1,210m間は表面が黒色光沢が強い岩盤が露出しコバルトクラストの発達を認めるが、他では良くない。	コバルトクラストの賦存状態は悪い。斜面下部の露岩の一部で黒色光沢が強いコバルトクラストの発達が見られる。	どの箇所でも岩盤表面は黒色光沢が強く、コバルトクラストは良好である。 5海山の中でも最も賦存状態が良い。

(注) FDC 03は、9月25日、SB 02海山の山頂部(水深約30m)で実施。平坦な地形にサンゴ礁及び有孔虫砂が発達するのみでクラストは認められなかった。

(88SFDC 01) SBOI Seamount

(Topographic Section)

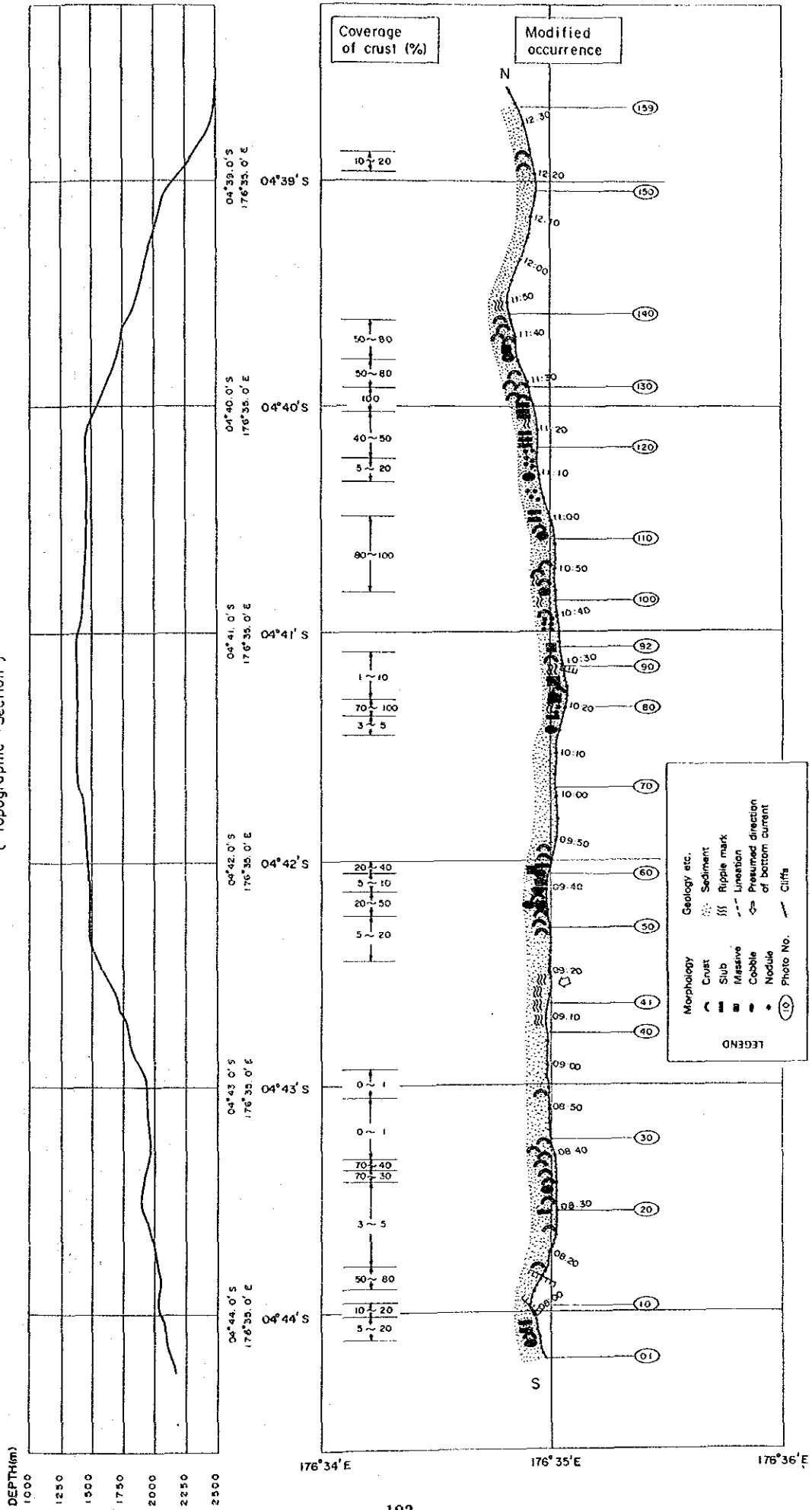


図 4-3-4 FDC 調査結果ルートマップ(1)

(88SFDC 02) SB02 Seamount

(Topographic Section)

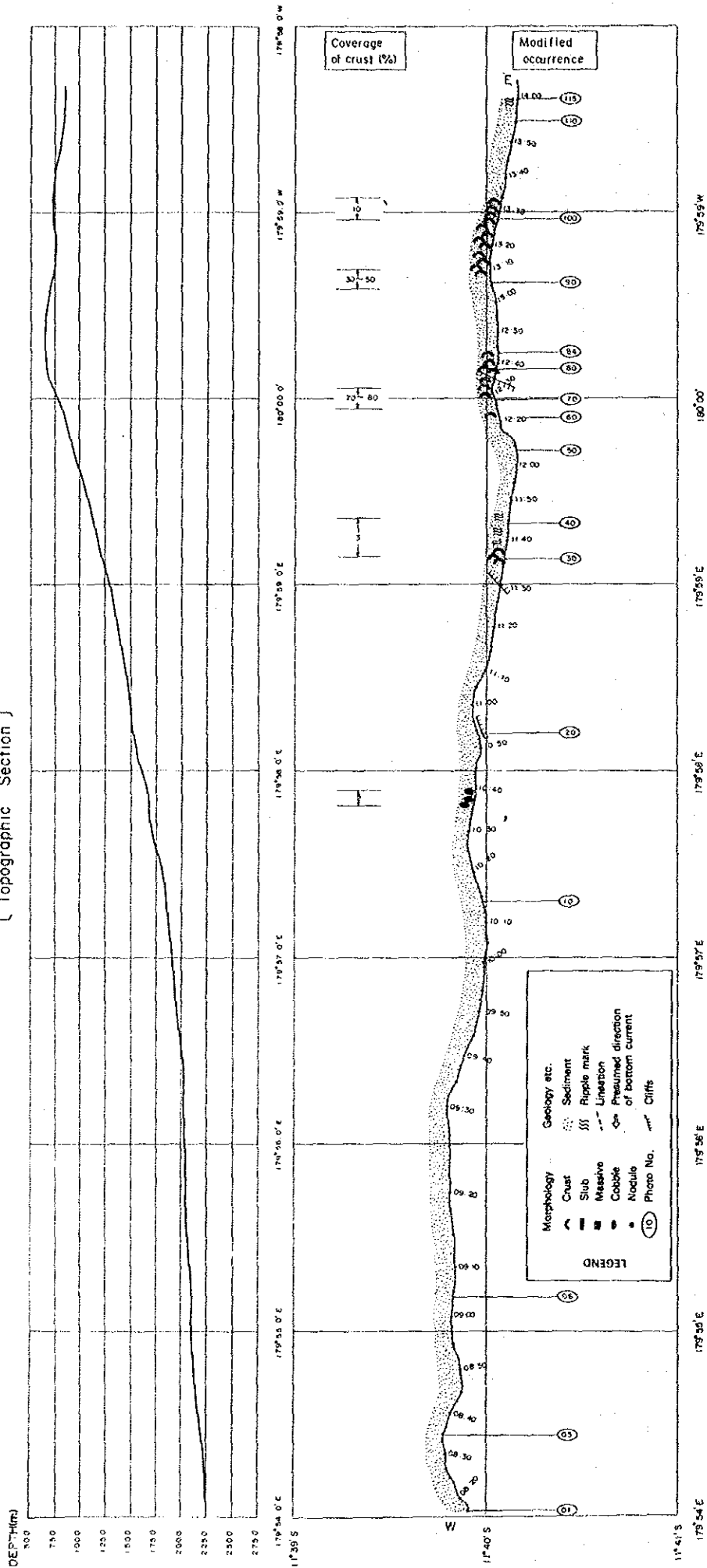


図 4-3-4 FDC 調査結果ルートマップ(2)

[88SFDC05] SBO6 Seamount

{ Topographic Section }

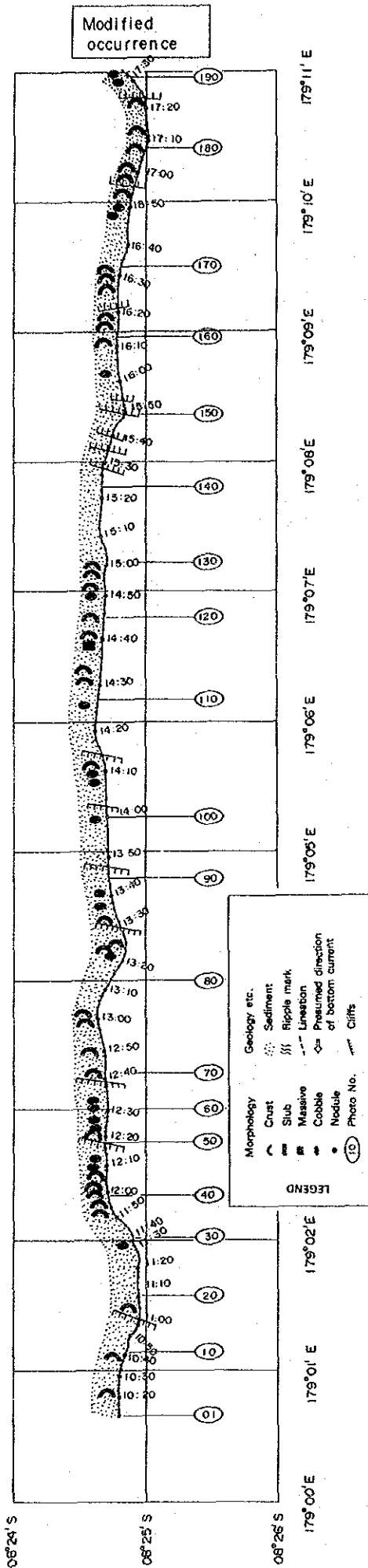
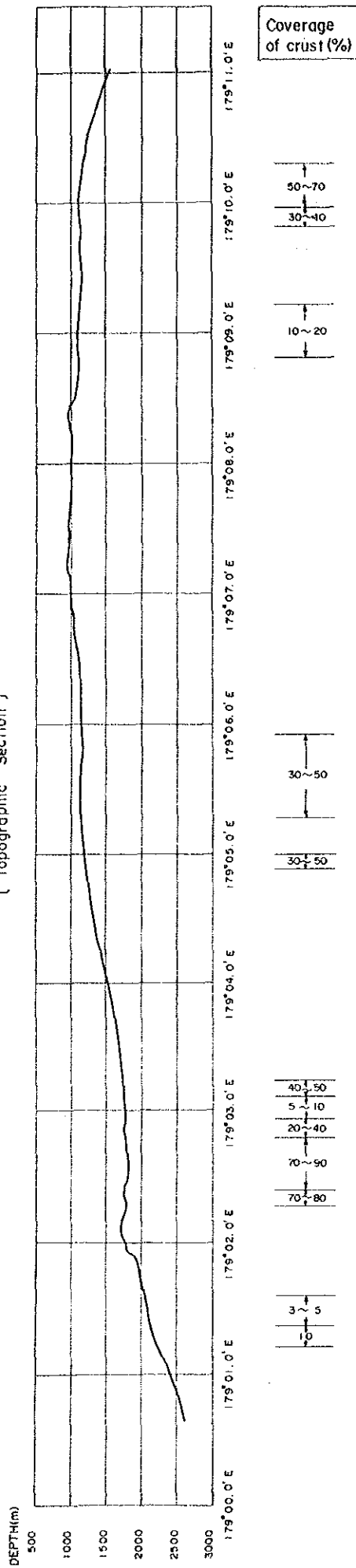


図 4-3-4 FDC 調査結果ルートマップ(4)

[88SFDC 06] SB08 Seamount

[Topographic Section]

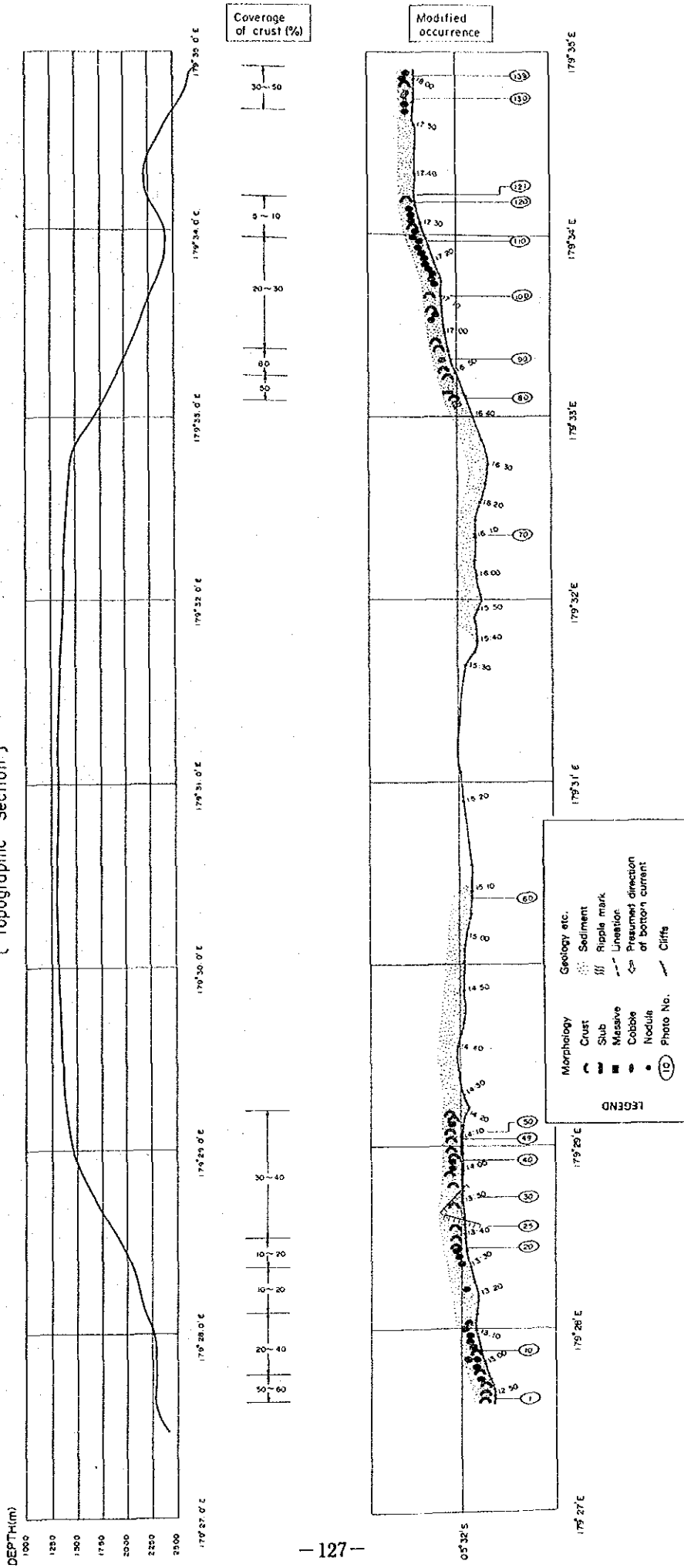
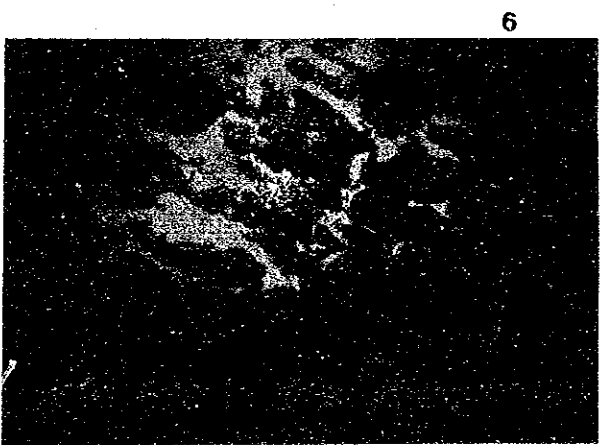
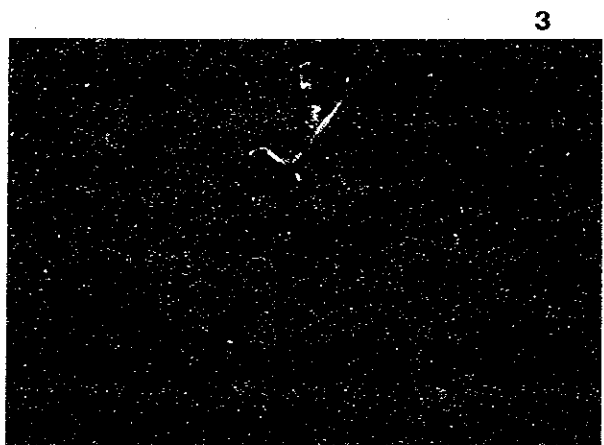
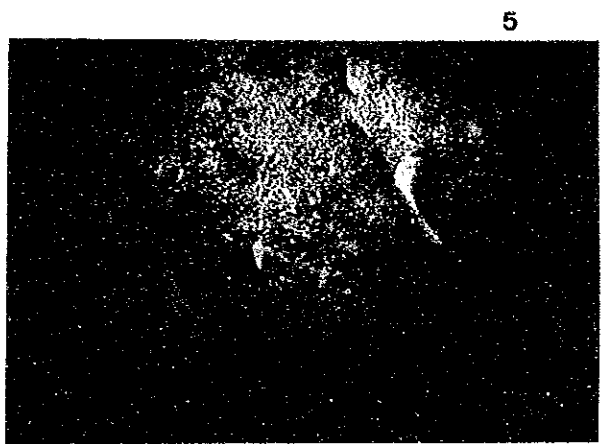
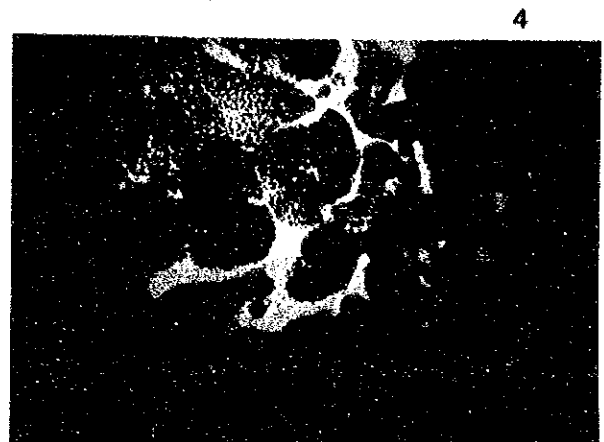
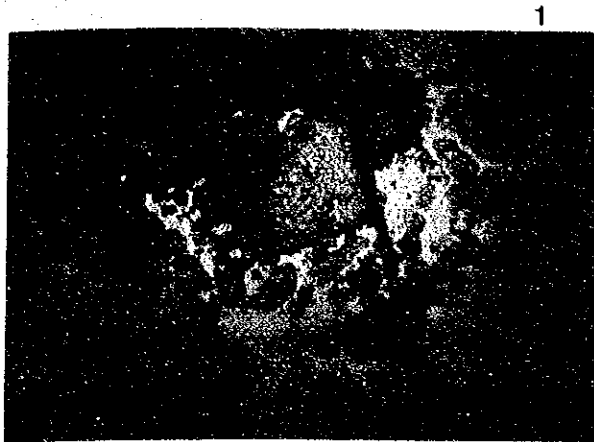


図 4-3-4 FDC 調査結果ルートマップ(5)



- 1) FDC01-92, SB01 海山
山頂部, 水深 1,385 m, 礫状及び塊状
クラストの発達は極めて小さい。
2) FDC02-84, SB02 海山
斜面中部, 水深 650 m, クラスト状?。
3) FDC02-100, SB02 海山
斜面中部, 水深 700 m, うすいコーティ
ング状クラストが発達する石灰岩? 有孔虫
砂が被覆。

- 4) FDC06-25, SB08 海山, 斜面中部,
水深 1,800 m, クラスト状。
5) FDC06-49, SB08 海山, 斜面上部,
水深 1,450 m, クラスト状。
6) FDC06-121, SB08 海山, 斜面中部,
水深 2,286 m, クラスト状。

以上 4), 5), 6) ともにクラスト表面の
ぶどう状構造が明瞭。

図 4-3-5 FDC 調査による海底写真

覆率を算定するにあたっては、一海山当たりのFDCによる海底観察を増やすなどして、クラストの分布状況を面的に捉える必要がある。

3) 化学性

8 海山に対するドレッジ・サンプリング89回のうち、サンプルが採れなかったものや採れても岩石だけだったもの、あるいはクラストが薄すぎて分析試料が採れなかったものなどを除く49回のサンプルについては船上にて主要5成分の分析を行った。分析件数は169件である。分析方法は蛍光X線装置を用いた標準試料比較定量法である。

得られたデータを巻末の一覧表として掲げる。尚、サンプルの量が極端に少ないものでは母岩の混入汚染の恐れがあるために、それらに対する分析結果では参考値として利用するにとどめ、統計処理には使用しなかった。その件数は6件である。

化学性に関する各種分析及び解析の結果を以下の表に示す。

表4-3-7 海山別コバルトクラスト平均品位

表4-3-8 海山の地形的部位別品位比較

表4-3-9 コバルトクラストの表面構造別品位比較

表4-3-10 コバルトクラストの母岩別品位比較

表4-3-11 コバルトクラストの部位別品位比較

表4-3-12 コバルトクラストのタイプ別品位比較

表4-3-13 コバルトクラストの水深別品位比較

表4-3-14 コバルトクラストの完全分析値と微量分析値

表4-3-15 コバルトクラストの部位別完全分析値と微量分析値

表4-3-16 コバルトクラストの品位相関

表4-3-17 コバルトクラストの平均品位比較

図4-3-6 主要5成分ごとの品位頻度分布図

図4-3-7 コバルトクラストの品位相関図

以上から、当海域に分布するコバルトクラストの品位特性をまとめると次のようになる。

- a) 統計に用いた全測点43点の平均品位は、Co 0.78%、Ni 0.50%、Cu 0.09%、Mn 21.86%、Fe 18.03%で、Mn/Fe比は1.21である。
- b) 当海域から採取されたクラスト・サンプルのうちコバルト品位の最も高かったものは、SB07海山の測点13におけるバルク・サンプルの1.70%であった。
- c) 海山別の品位の比較では各成分ごとに次のようになる。

Co : SB07 > 02 > 08 > 01 > 04 > 06 > 03 > 05

Ni : 08 > 07 > 01 = 05 > 06 > 02 > 03 > 04

Cu : 02 = 05 > 08 > 07 > 03 = 06 > 01 = 04

Mn : 07 > 08 > 01 > 05 > 06 > 03 > 04 > 02

表 4-3-7 海山別コバルトクラスト平均品位

海山名	採取重量 (kg)	厚 さ (mm)		平 均 品 位 (%)					
		範 囲	平均	H ₂ O	Co	Ni	Cu	Mn	Fe
SB-01 (13/4)	38.037 494.483	0-6	0.42 0.91	38.20 13.99	0.81 0.06	0.47 0.04	0.05 0.01	22.26 0.80	18.23 0.66
SB-02 (9/3)	13.021 117.190	0-2	0.36 0.34	42.54 9.68	0.95 0.57	0.40 0.16	0.13 0.15	19.10 1.57	16.23 2.79
SB-03 (10/8)	21.28 212.845	0-20	4.11 2.51	38.11 4.10	0.57 0.28	0.39 0.06	0.06 0.01	19.33 1.71	20.55 1.83
SB-04 (9/1)	51.219 460.967	0-3	0.12 0.02	44.65	0.70	0.34	0.05	19.12	19.73
SB-05 (5/4)	20.276 101.378	0-30	3.8 4.2	39.27 4.10	0.33 0.20	0.47 0.22	0.13 0.06	21.77 1.68	19.89 1.02
SB-06 (13/4)	25.417 330.426	0-12	0.38 0.56	41.56 2.03	0.62 0.05	0.41 0.04	0.06 0.01	19.91 1.72	18.29 1.29
SB-07 (16/7)	49.00 784.078	0-17	1.93 2.29	35.49 5.05	1.08 0.43	0.61 0.14	0.07 0.02	23.89 3.34	16.41 2.20
SB-08 (14/12)	13.828 193.585	0-65	10.2 15.3	36.25 4.49	0.89 0.27	0.62 0.13	0.11 0.06	23.82 3.14	16.84 1.70

注 1 : 海山名下位の数字は上段がサンプリング測点数、下段が平均品位算定に用いたサンプリング測点数(n)。
 注 2 : 厚さ及び平均品位の欄の下段の数字は標準偏差。

表 4-3-8 海山の地形的部位別品位比較

	n	平均厚さ (mm)	Co (%)	Ni (%)	Cu (%)	Mn (%)	Fe (%)	Mn/Fe
山 頂 部	2	1.50	1.01	0.71	0.10	22.73	16.72	1.36
斜 面 上 部	27	7.75	0.74	0.52	0.08	22.45	18.23	1.23
斜 面 中 部	56	5.67	0.72	0.52	0.10	22.15	18.25	1.21
斜 面 下 部	6	0.58	1.21	0.52	0.05	20.34	14.59	1.39

表 4-3-9 コバルトクラストの表面構造別品位比較

	n	平均厚さ (mm)	Co (%)	Ni (%)	Cu (%)	Mn (%)	Fe (%)	Mn/Fe
ぶどう状	41	9.88	0.75	0.53	0.10	22.37	18.28	1.22
ザラザラ	41	3.11	0.73	0.51	0.08	22.08	18.21	1.21
平滑	6	1.59	1.17	0.62	0.09	21.82	14.09	1.55

表 4-3-10 コバルトクラストの母岩別品位比較

	n	平均厚さ (mm)	Co (%)	Ni (%)	Cu (%)	Mn (%)	Fe (%)	Mn/Fe
玄武岩	16	1.69	0.94	0.50	0.06	22.18	17.37	1.28
凝灰角礫岩	9	25.38	0.93	0.68	0.09	24.16	16.15	1.50
凝灰岩	1	4.00	0.74	0.50	0.07	23.25	19.44	1.20
サング	1	0.10	0.25	0.23	0.25	14.38	15.27	0.94
石灰岩	49	4.43	0.65	0.46	0.08	20.26	18.95	1.07
石灰質砂岩	5	2.46	0.45	0.38	0.06	18.23	19.27	0.95
フッスフォライト	1	0.40	0.51	0.45	0.06	19.75	19.01	1.04
ハイプロ クラスタイト	25	5.27	0.81	0.54	0.10	22.44	17.83	1.26
その他	6	14.75	0.78	0.57	0.11	23.44	16.47	1.42

表 4-3-11 コバルトクラストの部位別品位比較

	n	平均厚さ (mm)	Co (%)	Ni (%)	Cu (%)	Mn (%)	Fe (%)	Mn/Fe
全体平均	134	5.97	0.75	0.51	0.09	21.79	18.17	1.20
上面・外殻	4	8.05	0.70	0.60	0.12	24.10	18.71	1.29
上面・中殻	2	20.00	0.79	0.77	0.17	28.51	14.82	1.92
上面・内殻	3	17.00	0.56	0.60	0.14	20.99	15.69	1.34
下 面	4	14.45	1.22	0.79	0.11	24.95	15.62	1.60

表 4-3-12 コバルトクラストのタイプ別品位比較

	n	平均厚さ (mm)	Co (%)	Ni (%)	Cu (%)	Mn (%)	Fe (%)	Mn/Fe
クラスト状	55	6.37	0.73	0.50	0.09	20.07	18.45	1.09
スラブ状	5	15.42	0.76	0.64	0.10	22.66	16.81	1.35
碟 状	18	5.43	0.81	0.54	0.09	22.47	17.66	1.27
ノジュール状	6	5.13	0.56	0.57	0.14	22.28	18.53	1.20
コーティング状	6	0.26	1.14	0.55	0.05	20.92	14.67	1.43

表 4-3-13 コバルトクラストの水深別品位比較

水 深 (m)	n	平均厚さ (mm)	Co (%)	Ni (%)	Cu (%)	Mn (%)	Fe (%)	Mn/Fe
0-1000	7	0.80	1.24	0.59	0.06	20.94	14.72	1.42
1000-1500	14	4.44	0.62	0.41	0.06	19.67	19.65	1.00
1500-2000	21	5.08	0.78	0.54	0.07	22.91	18.02	1.27
2000-2500	25	5.63	0.72	0.55	0.10	22.34	17.63	1.27
2500-3000	24	8.97	0.75	0.53	0.11	23.02	18.25	1.26

表 4-3-14 コバルトクラスト完全分析値と微量分析値

Sample No.		88SB03 CB01	88SB03 CB02	88SB03 AD06	88SB05 AD05B	88SB05 AD05E	88SB05 AD05G
Location		Upper slope	Upper slope	Upper slope	Upper slope	Upper slope	Upper slope
Water Depth (m)		1,300	1,300	1,350	2,400	2,400	2,400
Morphology		Crust	Crust	Crust	Crust	Nodule	Nodule
Analyzed Portion		Bulk	Bulk	Bulk	Bulk	Bulk	Bulk
Thickness (cm)		0.5	0.5	1.1	2.0	0.5	1.3
Major Metal Contents (%)	Co	0.76	0.61	0.39	0.84	0.53	0.59
	Ni	0.39	0.35	0.28	0.48	0.55	0.64
	Cu	0.05	0.07	0.07	0.10	0.15	0.15
	Mn	21.40	18.17	15.60	22.81	22.20	23.69
	Fe	20.83	19.17	21.43	20.63	18.42	18.45
Major Element Contents (%)	SiO ₂	4.81	7.82	8.07	7.30	9.74	12.14
	TiO ₂	1.27	1.24	1.35	1.95	1.49	1.67
	Al ₂ O ₃	1.76	2.97	2.51	1.88	2.82	3.64
	Fe ₂ O ₃	23.12	25.76	28.87	26.74	25.91	24.72
	FeO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	MnO	20.02	19.17	19.87	22.53	22.92	20.44
	MgO	1.91	1.79	1.65	1.61	1.64	1.66
	CaO	11.54	7.67	5.46	3.86	2.93	4.06
	BaO	0.11	0.11	0.13	0.16	0.16	0.17
	Na ₂ O	1.77	1.79	1.64	1.52	1.80	2.00
	K ₂ O	0.34	0.43	0.46	0.50	0.57	0.75
	P ₂ O ₅	4.45	1.15	1.14	0.74	0.76	1.42
	Loss	22.78	24.20	23.48	24.40	23.29	22.10
Total		93.88	94.10	94.63	93.19	94.03	94.77
Minor Element Contents (ppm)	Pb	1,272	1,121	1,146	884	750	670
	Zn	586	643	619	620	682	693
	As	209	194	204	146	172	156
	Sr	1,541	1,368	1,535	1,365	1,361	1,299
	V	610	584	597	490	591	540
	Mo	302	245	272	267	393	305
	B	153	168	187	158	169	155
	Y	226	263	182	164	121	156
	Zr	731	437	536	639	120	97
	Pt	0.2	0.2	0.3	0.5	0.3	0.3
T.R.E.	1,452	1,284	1,462	2,084	1,396	1,551	

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

Sample No.		88SB08AD08A		88SB08AD02A			
Location		Upper slope		Middle Slope			
Water Depth (m)		1,800		2,500			
Morphology		Slub		Massive (Slub like)			
Analyzed Portion Thickness (cm)		Outer 2.8	Inner 2.3	Outer 1.3	Middle 2.5	Inner 1.8	Back 0.5
Major Metal Contents (%)	Co	0.87	0.66	0.67	1.05	0.35	1.59
	Ni	0.63	0.70	0.49	0.65	0.60	0.79
	Cu	0.06	0.08	0.08	0.14	0.15	0.11
	Mn	26.63	21.40	23.61	27.84	16.95	28.63
	Fe	17.07	10.55	20.53	16.02	10.36	13.27
Major Element Contents (%)	SiO ₂	5.30	2.44	4.91	3.72	4.33	3.64
	TiO ₂	1.42	1.69	1.71	2.04	1.66	1.99
	Al ₂ O ₃	1.15	0.53	0.96	0.75	1.02	0.70
	Fe ₂ O ₃	22.63	16.04	20.27	18.46	16.64	17.71
	FeO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	MnO	28.19	28.15	29.03	29.51	23.99	30.10
	MgO	1.73	1.58	1.71	1.70	1.51	1.88
	CaO	3.11	10.30	3.14	5.06	13.21	3.87
	BaO	0.18	0.22	0.18	0.23	0.21	0.18
	Na ₂ O	2.00	1.85	2.07	2.01	1.78	2.04
	K ₂ O	0.55	0.48	0.53	0.55	0.52	0.58
	P ₂ O ₅	0.82	5.18	0.66	1.74	7.20	1.15
	Loss	25.35	23.87	26.36	25.84	21.37	26.64
Total	92.43	92.33	91.53	91.61	93.44	90.48	
Minor Element Contents (ppm)	Pb	1,152	954	1,059	1,032	764	1,139
	Zn	695	793	739	823	772	791
	As	176	141	133	129	130	134
	Sr	1,596	1,715	1,498	1,596	1,626	1,392
	V	667	615	598	617	527	521
	Mo	519	553	519	541	396	460
	B	150	118	153	127	118	130
	Y	132	197	132	175	459	156
	Zr	526	72	494	299	239	463
	Pt	0.3	0.4	0.2	0.4	0.5	0.3
	T.R.E.	1,816	2,253	2,081	2,524	2,969	2,364

表 4-3-16 コバルトクラストの品位相関

	水深 (m)	クラストの 厚み (mm)	Co	Ni	Cu	Mn	Fe
水深 (m)	-	0.16	-0.48	0.04	0.39	-0.04	0.26
クラストの 厚み (mm)		-	0.04	0.22	0.12	0.33	-0.42
Co			-	0.49	-0.27	0.55	-0.72
Ni				-	0.24	0.67	-0.60
Cu					-	0.14	-0.05
Mn						-	-0.51
Fe							-

表 4-3-17 コバルトクラストの平均品位比較

	0	1	2	3	4	5
元 素 (wt %)	ツバ ル (本調査)	キ リ バ ス	キ リ バ ス・ツ バ ル 海 域	ハ ワ イ 群 島	中 部 太 平 洋 海 盆 の 海 山	太 平 洋 海 山 の 平 均
	n = 43 ^{*1}	n = 33 ^{*2}	n = 50	n = 32	n = 26~46	n = 251~803
Co	0.78	0.78	0.945	0.90	0.79	0.73
Ni	0.50	0.66	0.650	0.44	0.49	0.47
Cu	0.09	0.11	0.095	0.06	0.065	0.16
Mn	21.86	25.38	25.69	23.3	24.6	23.1
Fe	18.03	14.48	14.73	15.6	14.5	16.1
Mn/Fe	1.21	1.75	1.90	1.50	1.70	1.43
平均水深 (m)	1,819	2,256	2,189	1,546	2,179

※1, ※2とも分析サンプルの得られた測点数で、分析に供したサンプル個体数は※1で172, ※2で98である。

1. 第2白嶺丸(1987)
2. De Carlo et. al., (1987) モアナウェーブ号による調査
3. De Carlo et. al., (1987)
4. Halbach and Manheim(1984)
5. Manheim (1986)

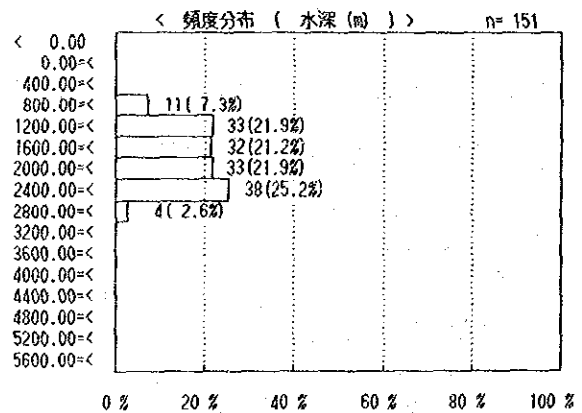
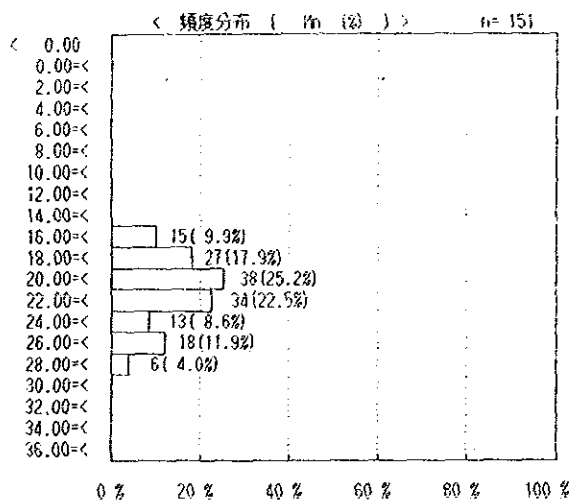
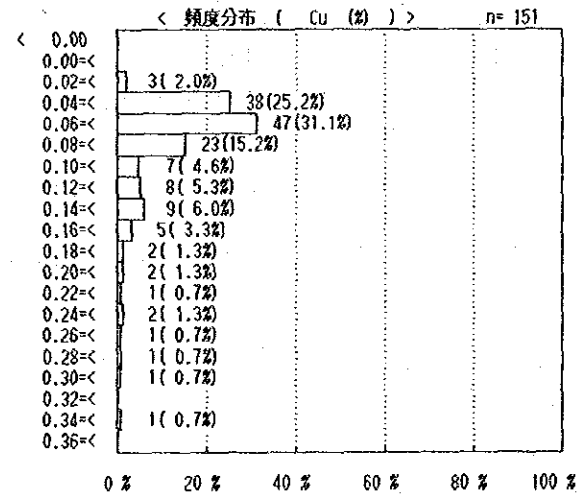
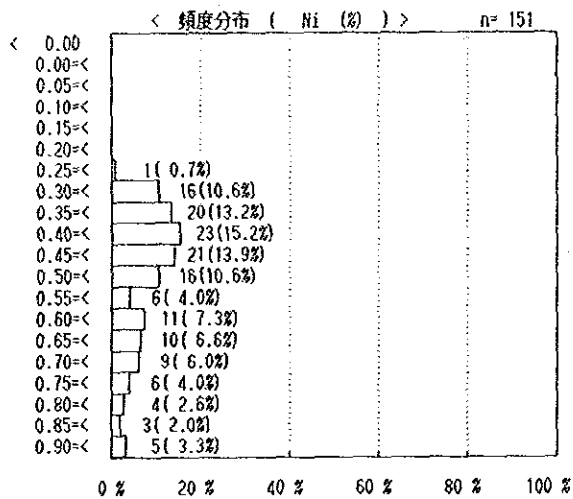
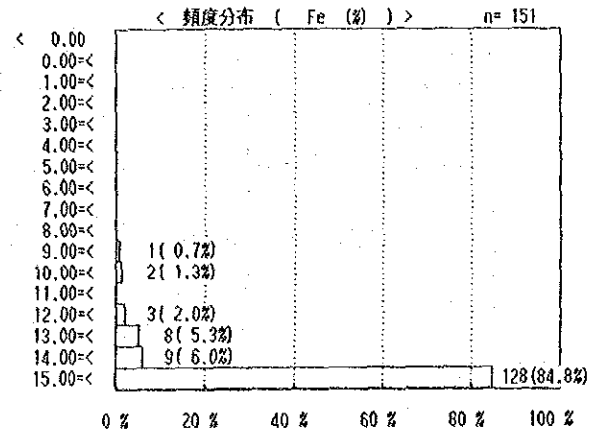
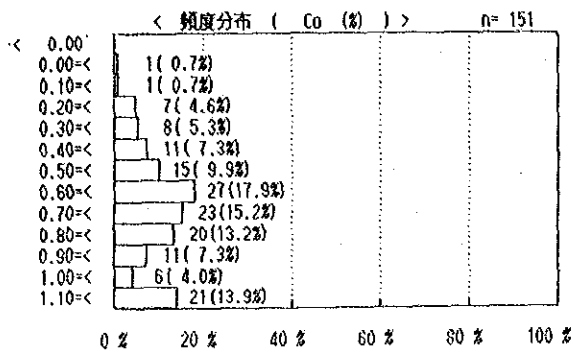


図 4-3-6 主要5成分ごとの品位頻度分布図

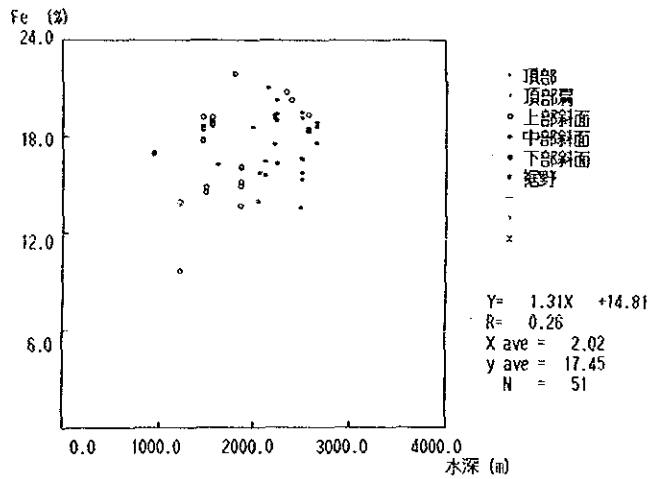
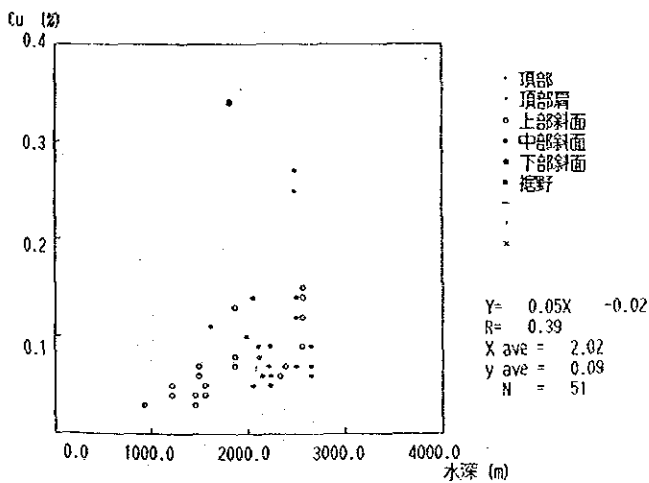
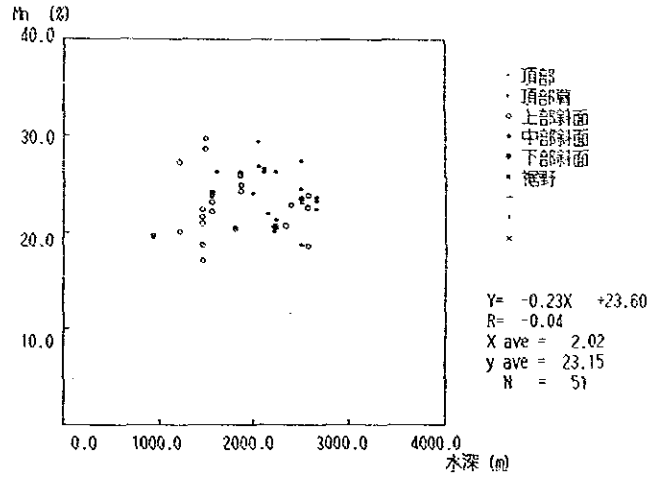
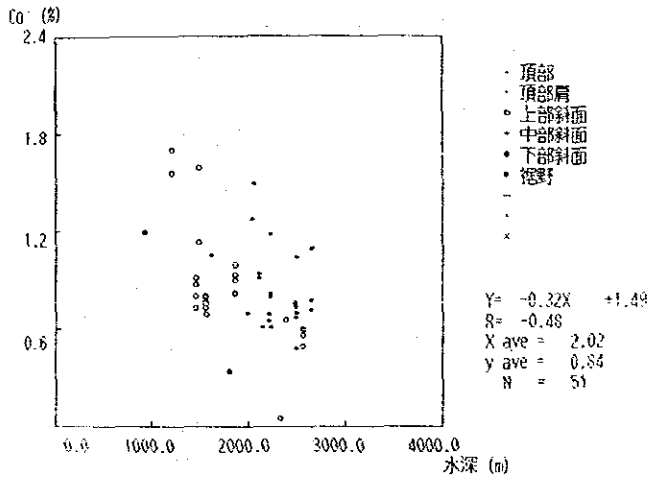
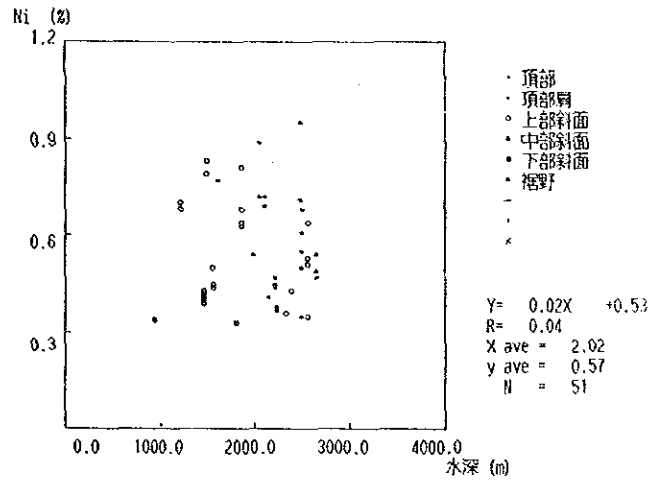
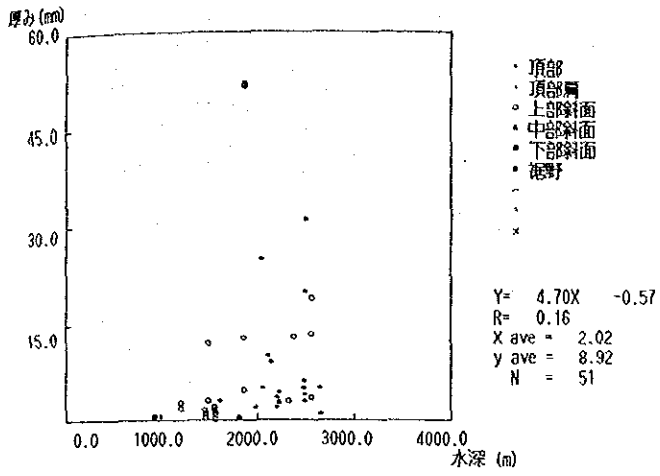


図 4-3-7 コバルトクラストの品位相関図(1)

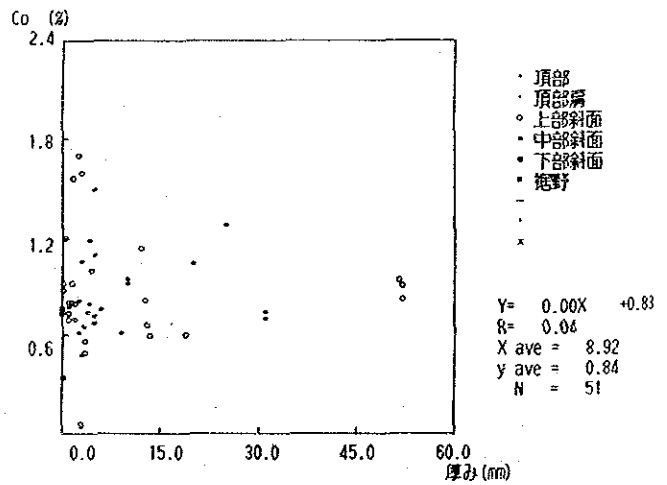
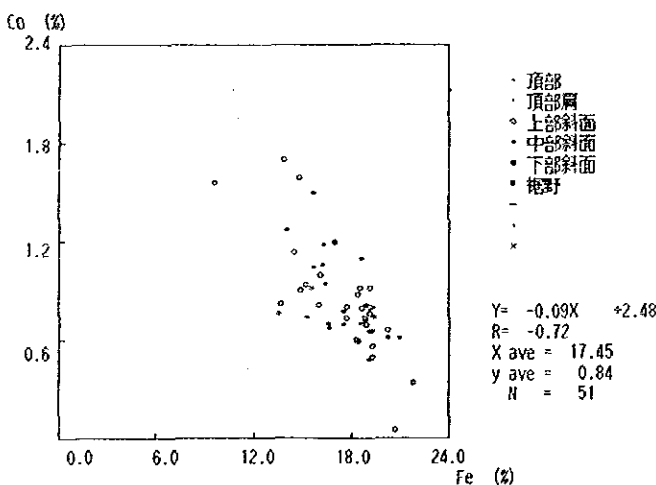
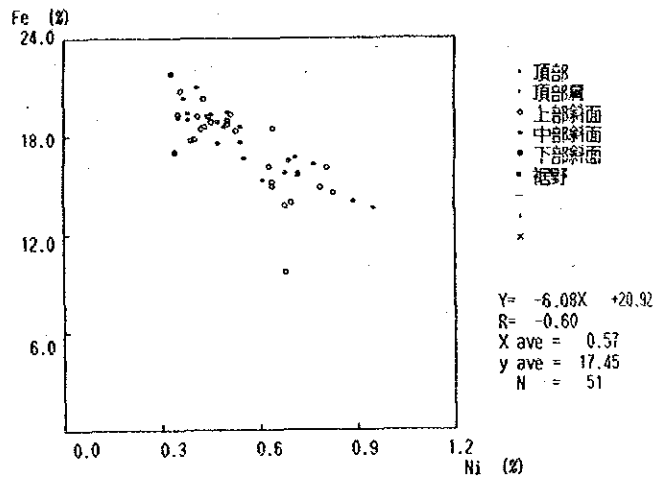
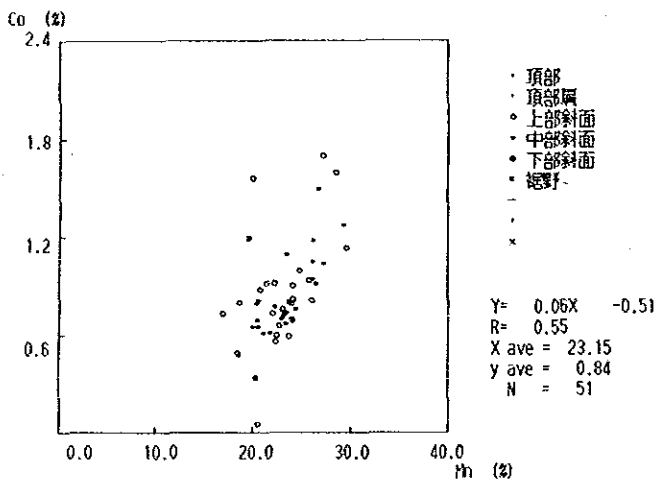
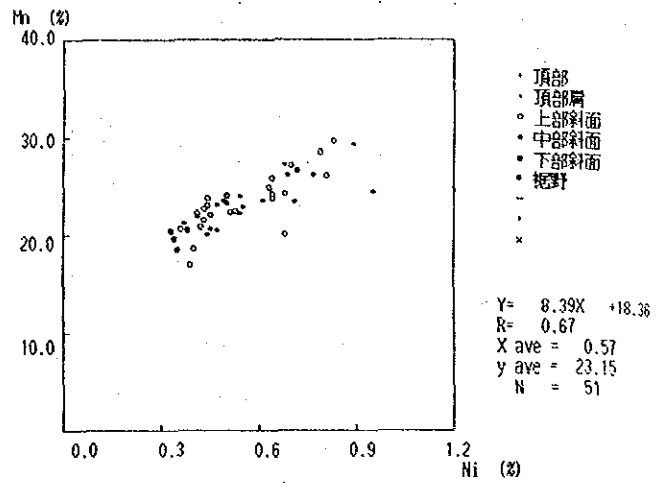
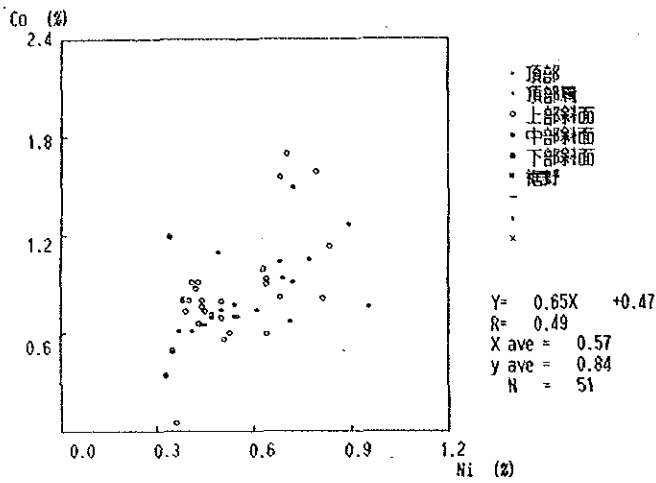


図 4-3-7 コバルトクラストの品位相関図(2)

Fe : 03 > 05 > 04 > 06 > 01 > 08 > 07 > 02

- d) 地形的部位別品位の比較では、頂部、斜面下部におけるCo高、頂部におけるNi, Mn高及び斜面下部におけるCu, Mn, Fe低の傾向が明瞭である。とくにMnに関しては、きれいな一方的数値の変化がみられるが、Cu, Feは頂部でもその値が低下する。
- e) 表面構造別の品位比較では、平滑状でCo, Ni高, Mn, Fe低以外にはとくに目立つ傾向はみられない。
- f) 母岩別の品位比較では、玄武岩でのCo高、石灰岩グループでのCoをはじめとする全般的な低品位や、Mn/Fe比の低いことなどが目に付く。
- g) クラストの部位別品位の比較では、裏全層におけるCo, Ni高と、及び、表層の中殻におけるCo, Ni, Cu, Mn高と、Fe低が著しい特徴である。
- h) クラストのタイプ別品位の比較では、コーティング状におけるCo高と、Cu, Fe低の傾向がみられる。これは裏層におけるコークス状のクラストのCo高とも関係していることが推察される。
- i) δiO_2 , CaO, P_2O_5 及び Al_2O_3 などの脈岩起源成分の合計は、数%から最大15%程度である。
- j) 微量成分で注目されるのは、 $\text{Pb} > \text{Zn}$, Srが1,500 ppm±, Vが500 ppm±, Ptが0.2~0.5 ppm, T・R・Eが1,500 ppm~2,900 ppmなどである。
- k) 微量成分の部位別比較では、PtとT・R・Eともに外殻より内殻の方が明らかに高値を示す。
- l) 相関性については、水深とCo成分間には負相関がみられるが、水深と他の成分間には顕著な相関はみられない。各成分間ではCo対Ni及び、Co対Mnと、Ni対Mnに正相関が、Ni及びFeに負相関がみられる。
- m) 当海域のクラスト平均品位を、他海域あるいは他調査による統計データと比べたのが表4-3-17である。概括的には、当海域のものは、太平洋海山の平均値にほぼ等しいが、Mn/Fe比はやや低く、Cu, Mnが低く、Fe, Co及びNiがやや高いという結果となっている。

4) 鉍物性

コバルトクラストの鉍物性についてX線回折(図4-3-8), 反射顕微鏡及びEPMAによる解析を行った。対象サンプル数は、X線回折が9個(表4-3-18), 反射顕微鏡が3個(図4-3-9)及びEPMAが2個(図4-3-10)である。その結果を列記する。

- a) コバルトクラストを構成するマンガン酸化物は、殆んど全てが δMnO_2 であり、 10\AA マンガンナイトは認められなかった。
- b) δMnO_2 は、鏡下で異方性のない鉍物としてあらわれている。これは、さらに輝度の高いもの、低いもの、及びその中間のものなどに分けられるが、いずれも 10\AA マンガンナイト

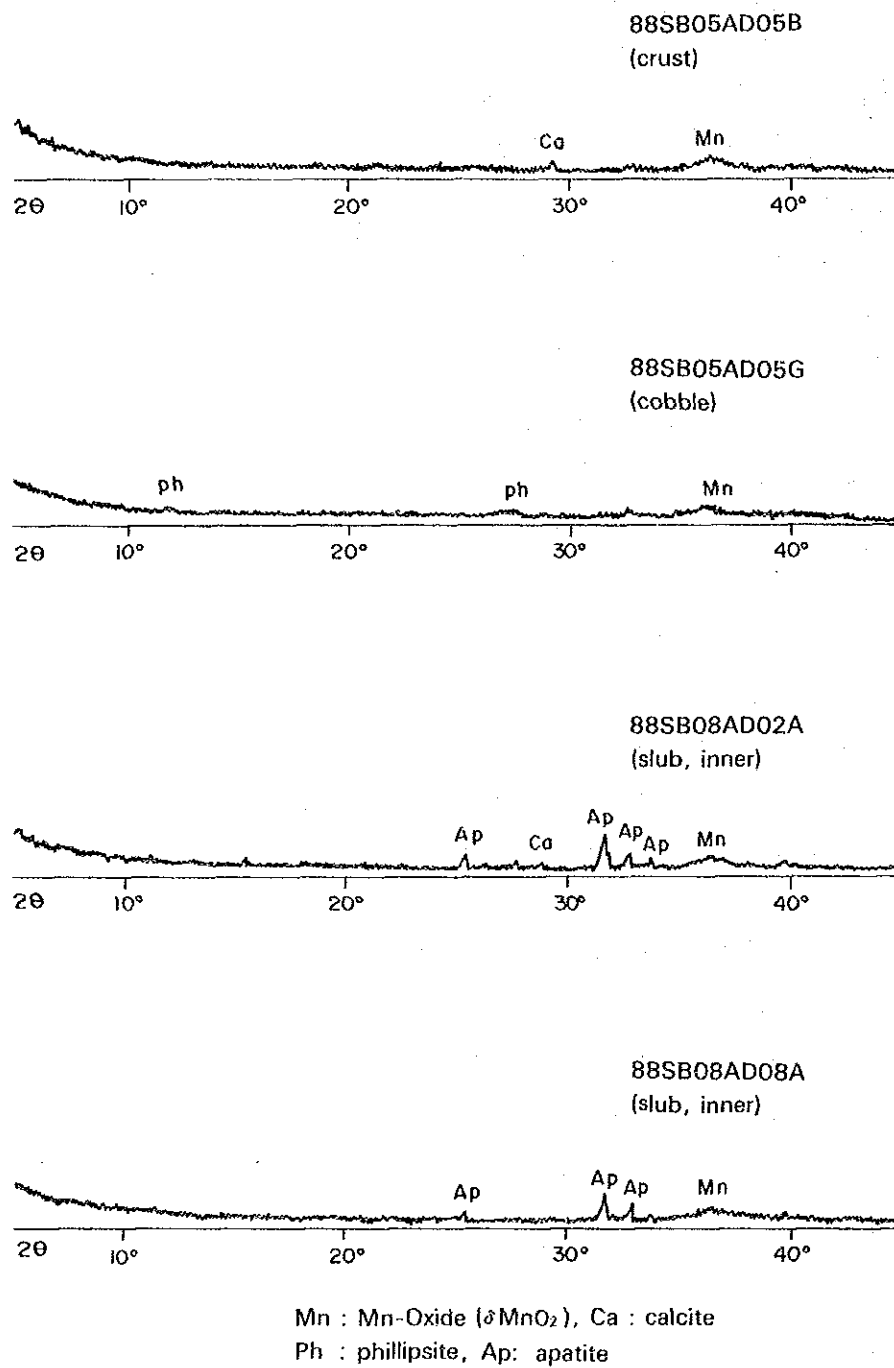


図 4-3-8 コバルトクラストのX線回折パターン

に特有な異方性を示さないので δMnO_2 とした。輝度の高いものと低いものの出現率は約 3 : 7 程度である。

- c) クラストの部位別比較 (SB08AD02A) では、3層構造の外殻、中殻及び内殻における輝度の高い鉱物と低い鉱物の存在比率は、各々 2 : 8, 4 : 6, 4 : 6 程度である。
- d) マンガン鉱物は、構造的に stromatolite type, polypore type, nodule type などに分けられるがいずれも鉱物的には δMnO_2 である。
- e) X線回折では δMnO_2 を明確に決定することが難しいが、 37 \AA (2θ) 付近にブロードなピークとなってあらわれている。
- f) X線回折では、マンガン鉱物の他に、フィリップサイト、方解石、リン灰石及び粘土鉱物などが認められた。
- g) 上記の粘土鉱物は、結晶度の低い illite/montmorillonite 混合層鉱物と推定される。
- h) フィリップサイトの成因については海底での続性作用が考えられる。鉱石中のフィリップサイトの存在は、クラストの成長速度や生成環境の状態を示唆しているものと考えられる。
- i) EPMA 分析による特性X線像解析では、高輝度部の方が低輝度部に比べ Mn, Fe, Ca に富む傾向がある。

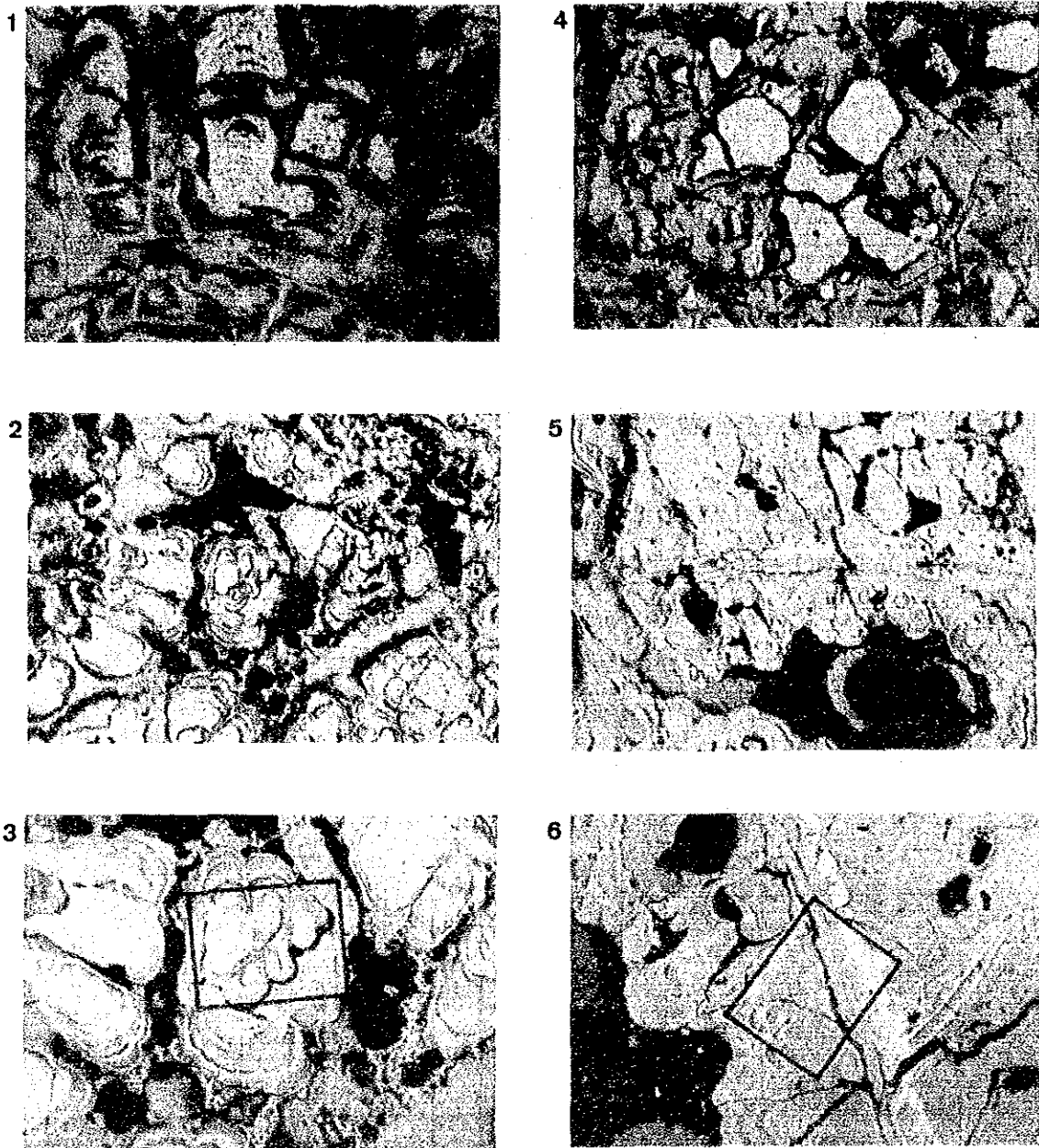
表 4-3-18 X線回折によるコバルトクラストの鉱物組成

番号	試料番号	試料名	Mn 鉱物		珪酸塩 鉱物					その他			備考		
			未定 Mn 鉱物 *		斜長石 *	普通輝石	カンラン石	石英	フィリップサイト	粘土鉱物 **	方解石	磷灰石		磁鉄鉱	
10	C-4	88SB05AD05B	◇									◇			コバルトクラスト(クラスト)
11	C-5	88SB05AD05E	◇												コバルトクラスト(球状)
12	C-6	88SB05AD05G	◇						◇						コバルトクラスト(礫状)
13	C-7	88SB08AD02A	◇												コバルトクラスト(スラブ状)
14	C-8	88SB08AD02A	◇									?			コバルトクラスト(スラブ状)
15	C-9	88SB08AD02A	◇									◇	◇		コバルトクラスト(スラブ状)
16	C-10	88SB08AD02A	◇												コバルトクラスト(スラブ状)
17	C-11	88SB08AD08A	◇												コバルトクラスト(スラブ状)
18	C-12	88SB08AD08A	◇										◇		コバルトクラスト(スラブ状)

◎ : 多量 ○ : 中量 ◇ : 少量 ? : 不確定

*は、 37° (2θ) 付近にブロードなピークを示す鉱物を Mn 鉱物としたが顕鏡結果では殆んどが $\delta\text{-MnO}_2$ である。

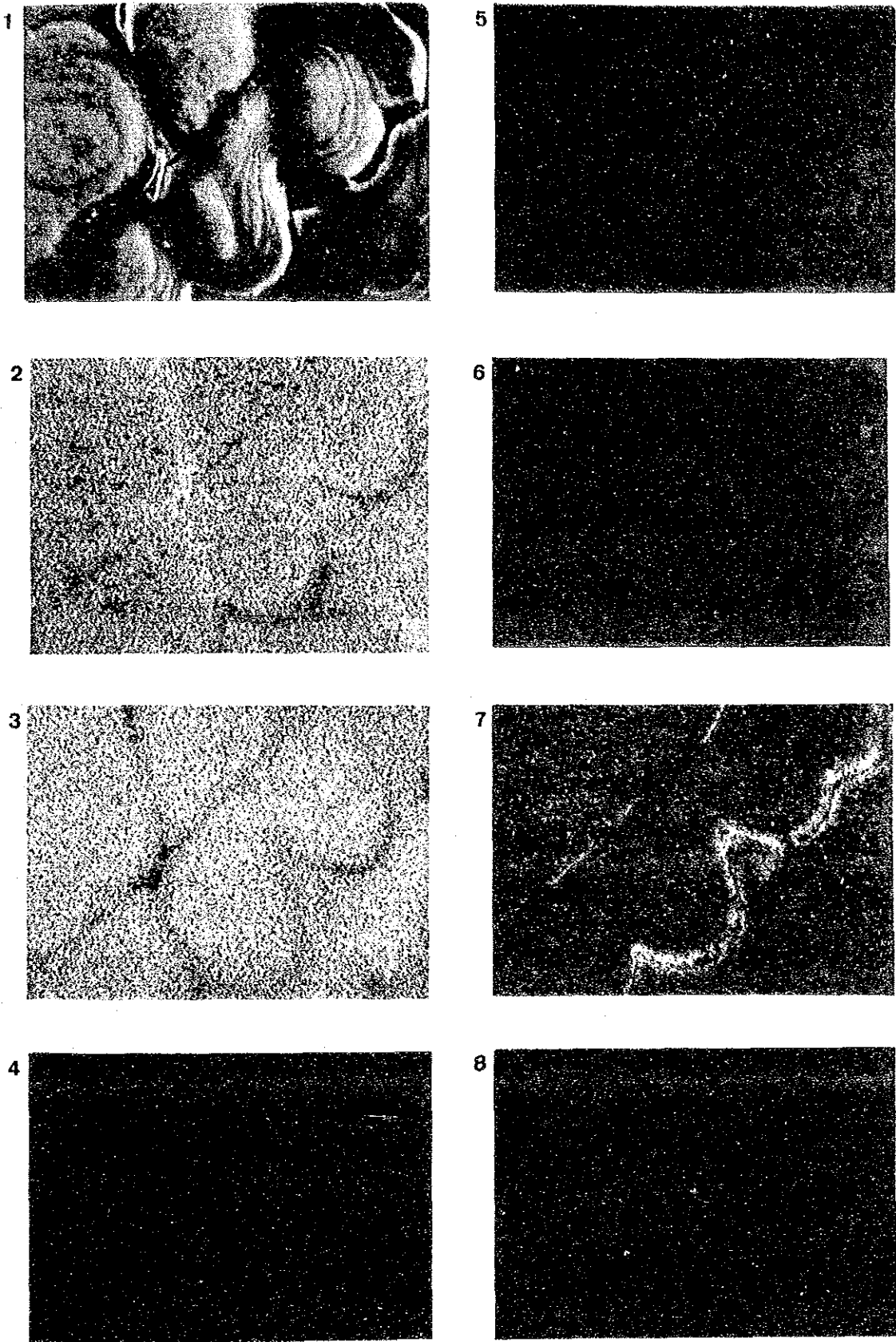
**は、 7.5° (2θ) 付近にブロードなピークを示す鉱物であり、結晶度の低い illite/montmorillonite 混合層鉱物と推定される。



サンプル名：1, 2, 3は88SB08AD02A。4, 5, 6は88SB08AD06A。

- 1) 倍率×7, stromatolite type の成長組織を示す。
- 2) 倍率×7, nodule type の成長組織を示す。
- 3) 倍率×19, 同上の一部拡大。枠内をEPMA解析 (cf. 図4-3-10)。
- 4) 倍率×7, polypore type の成長組織。
- 5) 倍率×7, 厚さ0.05 mmの高輝度の縞がみられる。
- 6) 倍率×19, 同上の一部拡大。

図4-3-9 コバルトクラスタの反射顕微鏡写真



サンプル名：88SB08AD02A。画像の範囲は図4-3-9(3)参照。

1) 走査電顕像, 2) Fe, 3) Mn, 4) Co, 5) Ni, 6) Cu, 7) Al, 8) P。

図4-3-10 コバルトクラスタのEPMA解析写真

4-4 考察：コバルトクラストの賦存状況について

ツバル国海域には多くの海山や環礁があり、コバルトクラスト資源の賦存ポテンシャルに期待がかけられていたが、当調査結果からみて、そのポテンシャルは総じて低いと云わざるを得ない。資源的な評価対象となり得るのは海域北東部のSB08海山だけである。このSB08海山でさえ、クラストの厚さが1 cm以上を示すのは12探試点中4点だけであり、またFDC調査結果にみられるクラスト被覆率は海山斜面でさえ50%以下のところが多い。さらに、地形条件も考慮すると、採掘対象として価値のある範囲は、より一層減少することになる。SB08海山の他にも、潜頭海山（バンクを除くSB03, SB05及びSB07の東など）では局地的に1 cm以上のクラスト発達が見られるが、平均層厚及び被覆率からみて評価は極めて低い。環礁（SB06及びSB07の西）、バンク（SB02, SB04）及び潜頭海山の一部（SB01）などでは、クラストの発達はあるものの採取されたサンプルは全てが5 mm以下で、通常1 mmのコーティング状である。今回調査しなかった他の多くの環礁やバンクでも、状況はおそらく同様であろう。これらの環礁やバンクは、やはり浅所における礁性石灰岩の発達が活発で、しかもその2次的崩壊堆積物の発生があつたりしてクラストの生成には好ましくない環境となっている。但しここで注目すべきことは、SB06海山（Funafuti Is.）などで観察されたごとく、水深1,000 m以深の斜面中部（及び下部）では、連続性は必ずしも良くないが、ぶどう状の表面構造をもった層厚が1 cm以上はありとみられる良好なクラストの発達が各所にあることである。これらの海山でも調査密度が高まれば、局地的には、層厚1 cm以上のクラストが採取される可能性は十分考えられる。

海域内の北東部に位置するSB08海山に比較的良好なクラストが生成している原因については、とくに明解な議論はできないが、マンガン団塊の生成もこの方面で良好だったことを考え合わせると、マンガン団塊の生成を規制する条件として先に挙げた諸条件、即ち生物生産性、地形及び底層流などがクラストの生成にも関与していることをうかがわせる。水深条件については、潜頭海山（SB08及びSB07）の頂部付近（1,200 m前後）でクラストが良好となる傾向や、SB05海山の2,000 m以下でノジュール状のものが採取されたことなどが注目される。

クラストの厚さに関しては、今回採取されたものの最大値6.5 cmという数値は、これまでの報告（De Carlo, 1987）をしのぐものである。またクラストの品位に関しては、今回明らかとなった以下の点が注目されるであろう。

- a) Co品位の測点最大値として1.70%という高値が得られた。また、概して薄い（1 mm±）ものや、板状クラストの裏側あるいは層別分析による最外殻層などにCo: 1.0%以上を示す高値が得られている。以上から、当海域のコバルトクラストに関して指摘されている（De Carlo, 1988）Co高の化学性は、若い年代のクラストが多いことによると考えられる。
- b) 海域内の南北間で品位に差異が認められる。即ちNi, やMnは北部で高く、Feは南部で高い。CuやCoについては一概に云えない。
- c) Mn/Fe比が1.21と他海域にくらべて最も低い値を示している（表4-3-17）。

これらのb)及びc)の現象についても、a)と同様の考えが適用できるかもしれない。即ち「年代が若く、層厚が薄く、FeやCoに富み、MnやNiが少ないクラストは、海域全体に発達するのにたいして、年代が古く上記と逆の性質を有するクラストは、本調査では海域北部だけに認められた。」

最後に、SB02海山の玄武岩年代が20万年前と求められ、この一帯の海山列(Samoa-Viti-tiaz chain)の年代が極めて若い可能性を示唆している。この年代値は、海山の地形発達史及びクラストの賦存性に関して重大な問題を提起しているが、厳密な推論には、より多くの測定値が求められる。

5章 ま と め

1) 調査方法

全調査期間62日(実調査日数43日)の前半でマンガン団塊調査(同じく13日)を主体に、後半でコバルトクラスト調査(同じく30日)を行った。マンガン団塊調査は1次調査(概査)の結果、良い鉱況が得られなかったために、2次調査(より精度の高い調査)には進まなかった。各種音響探査とフリーフォールグラフによるサンプリングが主なものである。音響探査にはPDRやNBSを用いた海底地形調査、SBPを用いた表層堆積物調査及びMFESを用いたマンガン団塊の推定分布密度調査などが含まれる。サンプリングは一部でスベードコアラーも用いた。サンプリング時には各機器に取付けた深海カメラにより海底状況の写真撮影を行なった。サンプリング測点は60マイルグリッド点であり、測点数は24である。各測点で3回のサンプリングを行なったので全サンプリング回数は72回となる。採取されたサンプルの主要5成分含有量について、船上で蛍光X線分析を行なった分析件数は87件である。

コバルトクラスト調査にあたっては、各種データに基づき、船上にて対象海山を8海山選定した。この8海山のなかには2つの環礁も含まれる。調査は、各種音響探査による地形及び表層調査とドレッジによるサンプリングが主なものである。一部でFDC(ファイnder付連続撮影深海カメラ)による海底観察と写真撮影を行なった。

サンプリングには一部でファイnder付グラフ(FPG)も用いた。サンプリング回数は全部で89回、1海山あたり平均10回程度である。このうちサンプルが採取されたのは74回で、総採取量は2.695kgであった。これらのなかから49地点のサンプルに対して169件の船上分析をおこなった。但し、統計に用いたのはそのうち43地点分である。

2) 地形及び地質

当調査海域は、中央太平洋海盆の南縁及びその南部隣接域にあたり、中央部に海山列が発達する。地形構造区分的に次の4区域に分けられる。

- a) Ellice Basin : 西部平坦地。水深5,000~5,400m。
- b) Ellice Islands: 南北方向にのびる海山列で地形区分的には山岳地に属する。
- c) Tokelau Basin : 東部準平坦地。水深は5,200m~6,000m。
- d) Central Pacific Basin : 北東部端の平坦地。水深は5,400~6,000m。

上記c)とd)の間、Nova Canton Troughが発達する。地形の方向性は、主海山列のNNW-SSE方向、及びNova Canton Troughに平行なENE-WSW方向の2系列がある。調査海域内の海山数はめぼしいものだけでも約25に達し、このうち9が環礁であり、また海域南東部にはバンク(頂部水深が数10mの平頂海山)が多い。

海底の地質は、山岳地及び海山における玄武岩や石灰岩の露出と、平坦地や準平坦地における未固結堆積層の発達とに分けられる。岩盤の種類としては、玄武岩(溶岩及びハイアロクラ

スタイト), 石灰岩, 及びフオスフォライト(リン酸塩岩)などがある。未固結堆積層は, SB P調査では e₁及び c タイプ卓越帯となつてあらわれている。この堆積層の層厚は e₁タイプ分布域で 10~60m, c タイプ分布域で数 m~20m 程度である。堆積層の表層部分, いわゆる底質は, 採試点の 90%で褐色粘土が認められた。残りは石灰質粘土である。当海域における CCD(炭酸塩補償深度)は 4,900m~5,000m 付近と推定される。

3) マンガン団塊の賦存状況

当海域内におけるマンガン団塊の発達は, 概して劣勢で, 連続性も極めて悪い。測点平均分布密度で 7.5kg/m²以上を示す点は全測点 24 点中 5 点だけである。これらのやや高分布密度を示す地点も地形的に準平坦地で起伏が多い地帯に属しており, その拡がりも限られている。

ちなみに, 全測点の平均分布密度は 2.74kg/m²である。また主要成分の全分析サンプルの単純平均値は次のごとくである。

Ni 0.54%, Cu 0.47%, Co 0.20%, Mn 17.01%, Fe 12.73%

また上記数値を用いた Ni, Cu, Co 3 成分含有密度平均値は 2.26g/m²である。また極めて参考値にしかならないが, 測点分布範囲における金属量を求めてみると 276 万 t となる。

マンガン団塊は, 全域的に小石状で小粒径のものが多し。表面形態及び品位特性(Ni 及び Cu 品位が低く, Mn/Fe 比=1.34 と低い)からみて, いわゆる S 型の性格をしめしている。クック海域やキリバス海域で認められた様な海域内における南北性の変化等はみられなかった。

以上のごとき, マンガン団塊低分布の原因としては次のごとき要因が考えられよう。

- a) 生物生産性が低い。
- b) 海山・海丘の発達が多し。
- c) CCD 付近の平坦地が少し。

4) コバルトクラストの賦存状況

コバルトクラストについては, 調査した 8 海山のうち 1 海山において資源的にややまとまったクラストの発達が認められた。その他の海山(環礁も含めて)ではクラストの厚さが測定平均値で 1 mm 以上 1 cm 以下が 3 海山, 1 mm 以下が 4 海山と全体的に貧弱であった。サンプリング調査水深帯は, 810m~2,930m 間であるが, 頻度的には 1,200 m から 2,800 m 間にピークがある。

採取されたクラストサンプルは, 母岩も含めて 2.695 kg である。本調査で明らかになったクラストの賦存状況は次のごとくである。尚, 各海山ごとのクラストの産状を表 5-1 に総括した。

- a) クラストの分布水深は, 確認された範囲は約 900m から約 2,800 m にかけてであるが, その範囲はさらに拡がるであろう。
- b) クラストのタイプは, クラスト状が主体でスラブ状, 塊状, 礫状及びノジュール状, フィ

ルム状(コーティング状)などがある。

- c) 表面形態は、クラストが厚いものにはぶどう状が多いが、薄いものでは母岩の表面形態を反映して様々である。
- d) 内部構造は、単層、2層、及び3層など様々であるが、全体的に母岩あるいは核に近い下層(内殻)で緻密質となる。
- e) 構成鉱物は、大部分が δ - MnO_2 であり、明瞭な 10\AA マンガンナイトは確認できなかった。
- f) 母岩は、玄武岩、石灰岩、及びフッソライト(リン酸塩岩)などである。
- g) クラストの厚さは、 1mm 以下の薄いコーティング状のものから数 cm のものまであり、全サンプリング点89点中サンプルの得られた74点の平均値としては 0.3cm が得られた。鉱況の良いSB08海山の全測点平均値は、 1.0cm であり、最大値は 6.5cm (全海山中でも最大値)である。SB08海山に次ぐものは、SB07海山の東側尖頂海山とSB05海山である。
- h) 被覆率は環礁やバンクで低く、潜頭海山で高い。また、潜頭海山でも斜面上部及び山頂部で高く、斜面中部及び下部で低い。8海山中5海山で実施したFDC観察に基づき、観察測線沿いの平均被覆率を一応算定してみたが、これとて、局地的にみると0%から100%の間で変動しているので正確な値の把握は難しい。
- i) 品位については、分析統計に用いた43点の平均値では、Co; 0.78%, Ni; 0.5%, Cu; 0.09%, Mn; 21.86%, Fe; 18.03%である。Co, Ni 及びMn間で正相関がCo-Fe, Fe-Ni, 及びCo-水深間で負相関が認められる。
- j) 当海域のクラストは、品位的に、主成分(Co, Ni, Cu)については他の中央太平洋海域のものとほぼ同じであるがCoに1.0%以上の高いものが多く、またMn/Fe比が1.21とかなり低い特徴を有する。

以上のごとく、今回の調査により、当海域におけるマンガン団塊及びコバルトクラストの賦存状況に関する大要を把握することができた。全者については、地形条件の良い高分布密度帯は殆ど期待できない。他方、後者については、海域東北部方面の潜頭海山に、層厚 1cm 以上のかなりまとまったクラストの発達を期待できる。

表5-1 コバルトクラストの産状総括表(1)

No.1

海山名	SB 01	SB 02	SB 03	SB 04
位置	4° 41' S, 176° 35' E	12° 00' S, 179° 35' W	11° 20' S, 179° 05' W	10° 40' S, 179° 10' W
調査期間	9/4~9/8	9/26~9/27	9/28~10/1	10/2~10/4
地形調査 サンプリング (ドレッジ) (パワーグラブ) 連続撮影カメラ(FDC)	354.1 マイル 13点 0 5.6 マイル	568 マイル 9点 0点 6.2 マイル	716 マイル 9点 1点 7.9 マイル	471 マイル 9点 0点 0
調査水深帯*	1,470 ~2,530 m	810~1,815 m	920~1,780 m	940~2,580 m
地形特徴	平頂海山 (21×11km) ** 1,390m~3,000 m 斜面上部の平均傾斜12° (3° ~25°)	平頂海山(100×80km以上?) ** 30m~3,500m 11° (4° ~23°)	平頂海山(15×6 km, 15×14km) ** 830m~2,500m 5° (0° ~21°)	平頂海山(31×26km) ** 20m~3,500m 21° (12° ~30°)
地質	石炭岩(サソ化石、リン酸塩化有り、半固結砂質も)玄武岩(発泡、一部枕状のものあり、共に風化著し) ハイムクラスタイト(基質石灰質のものあり)	石灰岩卓越(サソ化石、半固結有孔虫 L.S.) 玄武岩(発泡著しく、気孔に石灰質鉱物充填、極細粒、一部ガラス質etc)	礁性石灰岩及び半固結有孔虫石灰岩表層に生痕多し(孔跡)	礁性石灰岩(粗しような L.S. に一部ち密な L.S.) 半固結有孔虫 L.S. もあり 他は有孔虫砂軟泥の分布斜面にも多し
クラストの産状	※ コーティング状が約60%→ザラザラ表面 レキ状、クラスト状がそれに次ぐ ↓ ブドウ状表面 ※出現率	コーティング状が約75%クラスト、レキが次ぐが各12.5% FDCでは極薄で、ブドウ状組織殆ど見えず	クラスト状約50%、スラブ、ノジュール、コーティングが次ぐ。クラストも表面ザラザラが多く、ブドウ状少し。 (水深の深い部分でローカルに)	コーティング状が80%+クラスト状もあり ↓ ザラザラ表面 ↓ ブドウ状表面
クラストの被覆率	FDCによれば露岩率は測線上の単純平均で18%だが実質9% +/-と判断される。 表面にブドウ状組織のあるクラストは更に僅少≤1%	FDC測線上単純平均で約4%→実質2% 有孔虫砂の被覆が連続的な中での間欠的分布のため実質2% +/- (Ave)	FDC測線上単純平均で約8%実質4% 分布は頂部肩から水深1,300mまで。 頂部と1,300m以深には堆積物	有孔虫砂、軟泥による基盤やクラストの被覆が非常に多いと考えられる。
クラストの厚さ ()内は平均厚さ 単位mm	コーティング状0.3~0(0.1) レキ状3~0(0.3~0.1) クラスト状6~0(0.1) 全測点平均 0.4	コーティング状0.5~0(0.1) クラスト状1.5~0.1(1.0) レキ状1~0(0.5) 全測点平均 0.4	クラスト状20~0.5(7) スラブ状3~0.5(1) コーティング状0.2~0(0.1) 全測点平均 ノジュール状10~0(2) 4.1	コーティング状0.1~0(0.1) クラスト状3~0(1.2) 全測点平均 0.1
平均品位 ()内は 最高値 単位%	Co 0.81±0.06 (1.04) Ni 0.47±0.04 (0.52) Cu 0.05±0.01 (0.06) (n=4) Mn 22.26±0.80 (23.97) Fe 18.23±0.66 (19.19)	0.95±0.57 (1.53) 0.40±0.16 (0.61) 0.13±0.15 (0.34) (n=3) 19.10±1.57 (23.64) 16.23±2.79 (21.86)	0.57±0.28 (1.25) 0.39±0.06 (0.94) 0.06±0.01 (0.16) (n=8) 19.33±1.71 (25.06) 20.55±1.83 (22.83)	0.70 (1.12) 0.34 (0.35) 0.05 (0.08) (n=1) 19.12 (19.59) 19.73 (19.87)
評価	露岩率は高いが、クラストの発達是非常に悪く、北斜面の崖部分を除けば、クラストは期待できない。	1点を除いて全斜面がコーティング状である。 しっかりした厚さのクラストをこれら以上期待することはまずできない。	いくつか、しっかりした厚さのクラストを採取した。 しかし、有孔虫砂による被覆が広いと考えられ、まとまった量のクラストを期待することはできない。	クラストの発達が悪く殆どがコーティング状。 平頂部は水深浅く、石灰岩のみ分布し、かつ、有孔虫、軟泥による被覆も多くてクラストは全く期待できない。

* サンプリング水深帯 *2 水深 2,500m等深線の拡り

表5-1 コバルトクラストの産状総括表(2)

No.2

海山名	SB05	SB06	SB07	SB08
位置	08° 20' S, 177° 10' E	08° 30' S, 179° 08' E	(E) 07° 27' S, 179° 30' E (W) 07° 29' S, 178° 41' E	(S) 05° 31' S, 179° 31' E (N) 05° 13' S, 179° 17' E
調査期間	10/5	10/6~10/9	10/10~10/12	10/13~10/16
地形調査 サンプリング (ドレッジ) (パワーグラブ) 連続撮影カメラ(FDC)	92 マイル 5点 0 0	310 マイル 12点 1 10.2 マイル	348.5 マイル 16点 0 0	357 マイル 14点 0 7.3 マイル
調査水深帯*	2,340~2,930m	950~2,650m	805~2,220m	1,875~2,800m
地形特徴	尖頂海山 (22×3 km) ** 1,950m~4,000m, 斜面上部の平均傾斜10° (0°~21°)	環礁(Funafuti) (30×26km) ** 0 m~4,500m, 24° (8°~40°)	(E) 尖頂海山 (16×12km, 17×15km) ** 470m~3,500m, 11° (1°~21°) (W) 環礁(Vaitupu) (25×17km) 0 m~3,500m, 19° (2°~36°)	(S) 平頂海山 (23×8 km) ** 1,230m~4,500m, 16° (6°~26°) (N) 尖頂海山 (7.5×7 km) 1,450m~4,500m, 15° (8°~22°)
地質	石灰岩 (有孔虫石灰岩) ハイアロクラスタイト (発泡Basaltレキ、基質変質)	石灰岩 (サンゴ化石、有孔虫→半固結) ハイアロクラスタイト (発泡変質Basalt含む) 泥岩 (半固結状態) ↓ 基質石灰質も有	石灰岩 (サンゴ化石) ハイアロクラスタイト (発泡Basalt含む) 玄武岩 (やや発泡している。変質)…1点のみ	ハイアロクラスタイト、Tuffbrec、発砲Bsレキ他 石灰岩 (ち密質及びサンゴ化石) 玄武岩 Lava フォスファイト 単独で核となる他 Bs, Lsに伴う
クラフトの産状	クラスト状 約40% コーティング状 約30% ザラザラ表面 他にレキ、ノジュール、スラブ状	コーティング状 77% ザラザラ表面 クラスト状 15% サメ肌-ブドウ状表面 レキ状 8% ザラザラ表面 (一部で確認)	コーティング状の頻度 55% クラスト状 38%…ブドウ状表面、ピッチ状の断面 レキ状 5.5%の頻度…ブドウ状~ややザラ	クラスト状 57%の頻度 } ブドウ状表面 レキ状 28.5% } ~ザラザラ コーティング 9.5% } 大型スラブもあり
クラフトの被覆率	中央部コルの西側斜面を除いては採取されたクラストは極微量で、被覆は偏っていると考えられる。	FDCによる測線上の単純平均被覆は約11% 実質5% +/-	(E) の西側ピークでは有孔虫砂による被覆が厚いと考えられる地点がある。	FDC測線上の単純平均で約13% 実質7% +/-かと考えられる。
クラストの厚さ ()内は平均厚さ 単位mm	クラスト状 30~2 (28~3) コーティング状 (0.1) スラブ状 20~13(19) 全測点平均 3.8 ノジュール状 15~2.5	コーティング状 (0.5) クラスト状 (5.0 +/-) レキ状 (0.5) 全測点平均 0.4	コーティング状 (0.1) クラスト状 12~2 (5) レキ状 9~1 (2.7) 全測点平均 1.9	クラスト状 48~1 (39~2.9) レキ状 65~0.5 (52~1.4) スラブ状 60~25 (51~4) 全測点平均 10.2
平均品位 ()内は 最高値 単位%	Co 0.33±0.20 (0.84) Ni 0.47±0.22 (1.12) Cu 0.13±0.06 (0.31) [n=4] Mn 21.77±1.68 (25.48) Fe 19.89±1.02 (20.76)	0.62±0.05 (0.69) 0.41±0.04 (0.45) 0.06±0.01 (0.07) [n=4] 19.91±1.72 (21.78) 18.29±1.29 (20.95)	1.08±0.43 (1.70) 0.61±0.14 (0.83) 0.07±0.02 (0.11) [n=7] 23.89±3.34 (29.64) 16.41±2.20 (20.28)	0.89±0.27 (1.59) 0.62±0.13 (0.95) 0.11±0.06 (0.29) [n=12] 23.82±3.14 (29.31) 16.84±1.70 (20.53)
評価	規模は小さく分布がごく限定されているがクラスト状、ノジュール状が賦存する。今後の追加調査でクラストの分布域が広がる可能性あり。	環礁であるが西側斜面でしっかりした厚さのクラストを採取。北東斜面でもFDCでブドウ状表面のクラストを観察。但し、他はコーティング状でこれ以上は期待うすである。	(W) は環礁だがクラストが採れた。 (E) の西側ピークではクラスト発達している。 (E) の東側ピークは今後の追加調査で新たなクラストの確認がいくらか期待できよう。	6海山中では、1番ポテンシャルが高い。ほぼ全域にクラストが分布し、厚さも期待もてる。今後の追加調査で(N),(S)両ピーク共、クラスト分布域が増す可能性あり。

*サンプリング水深帯 *2 水深 2,500m等深線の張り

