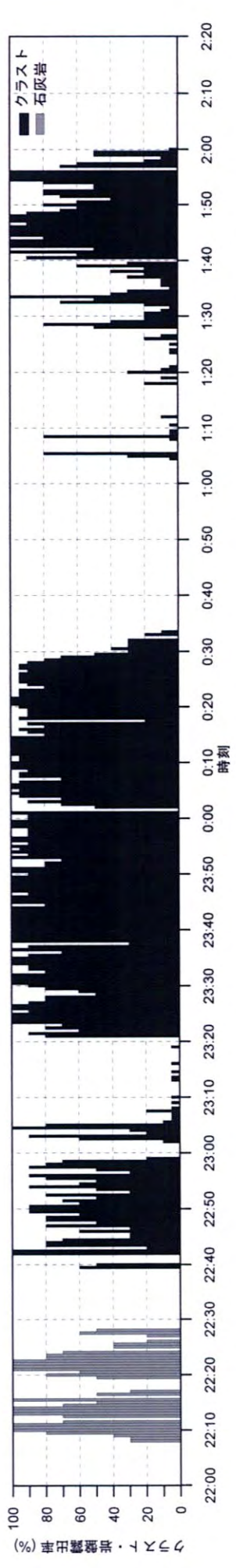
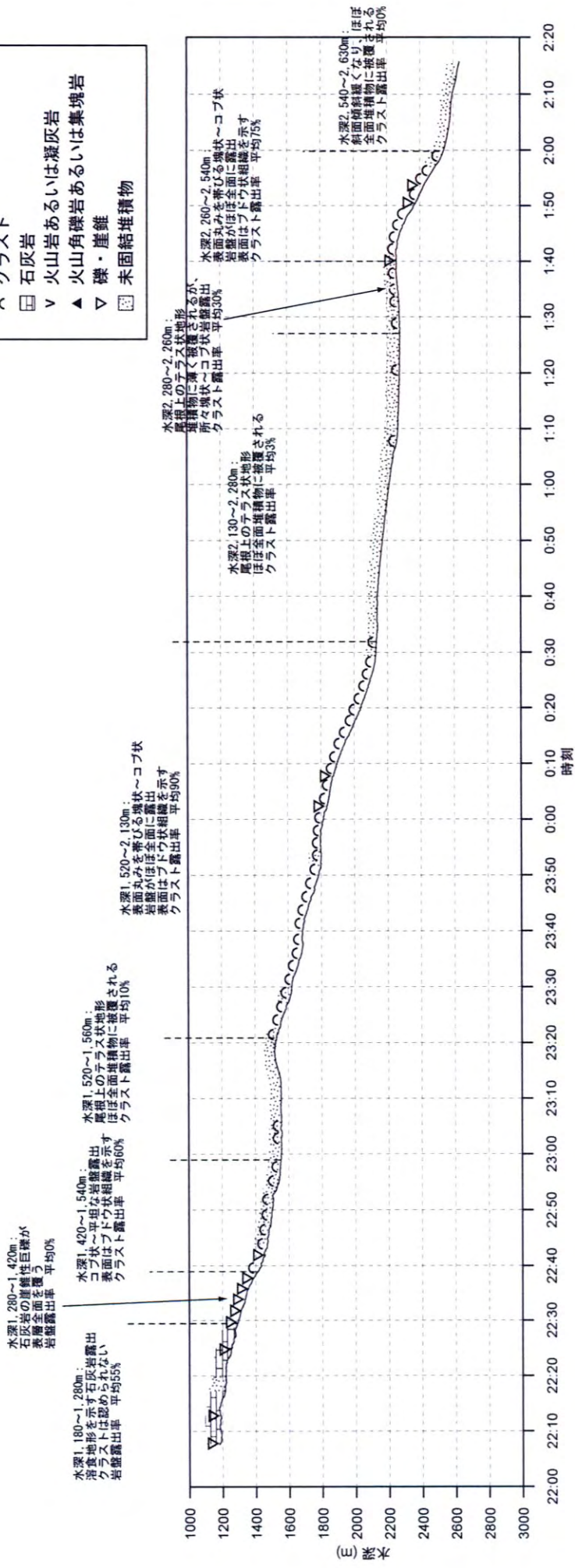


添付資料 4
FDC地形断面図

凡 例

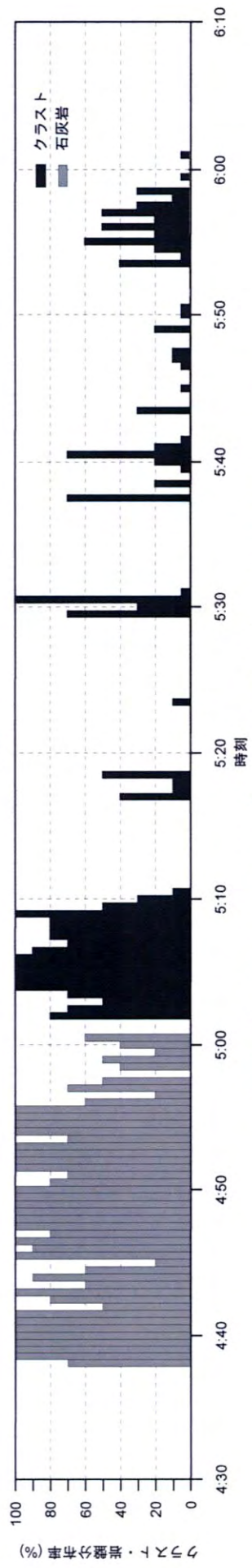
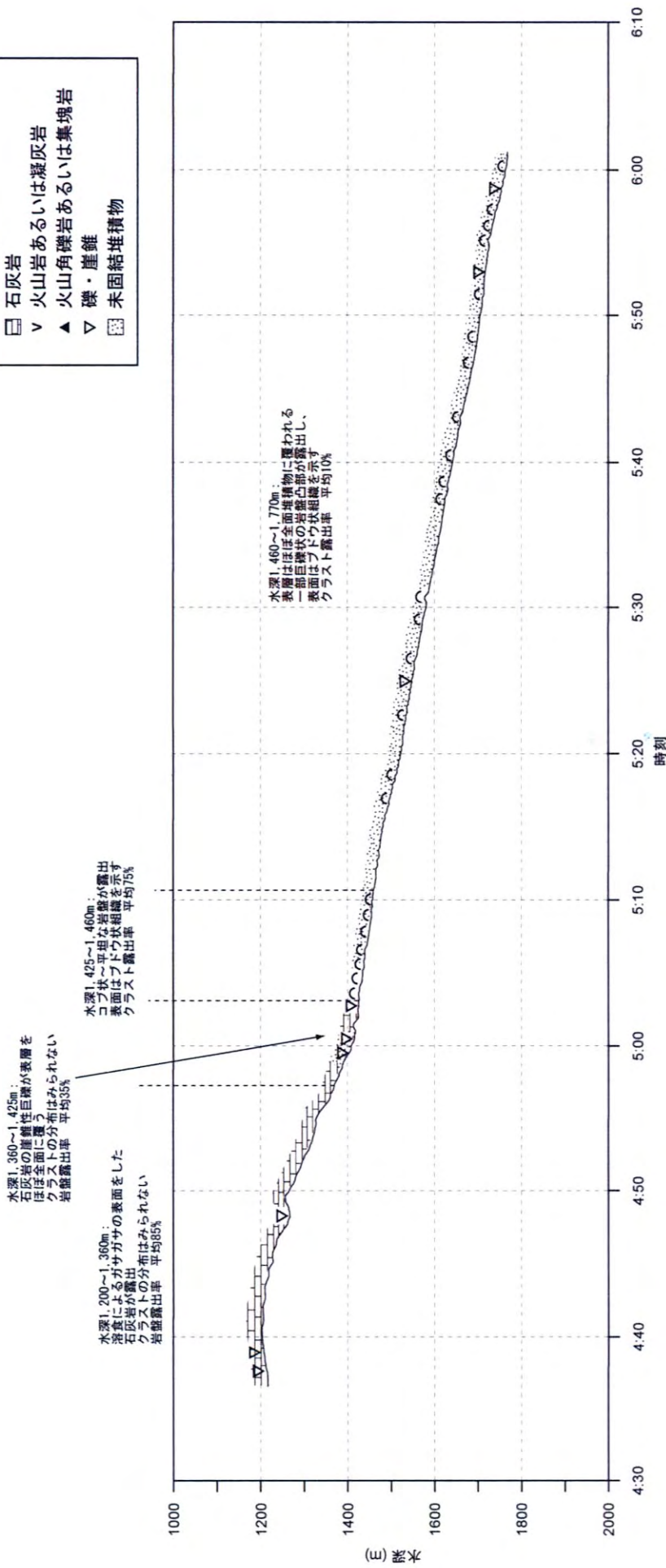
- クラスト
- 石灰岩
- ▽ 火山岩あるいは凝灰岩
- ▲ 火山角礫岩あるいは集塊岩
- ▽ 礫・崖錐
- 未固結堆積物



添付図4-1 FDC断面図及びクラスト分布率 (05SMC12FDC02)

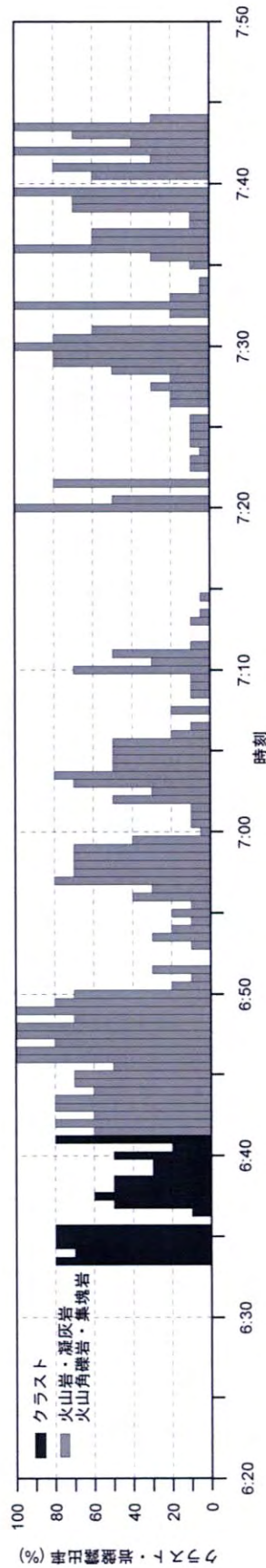
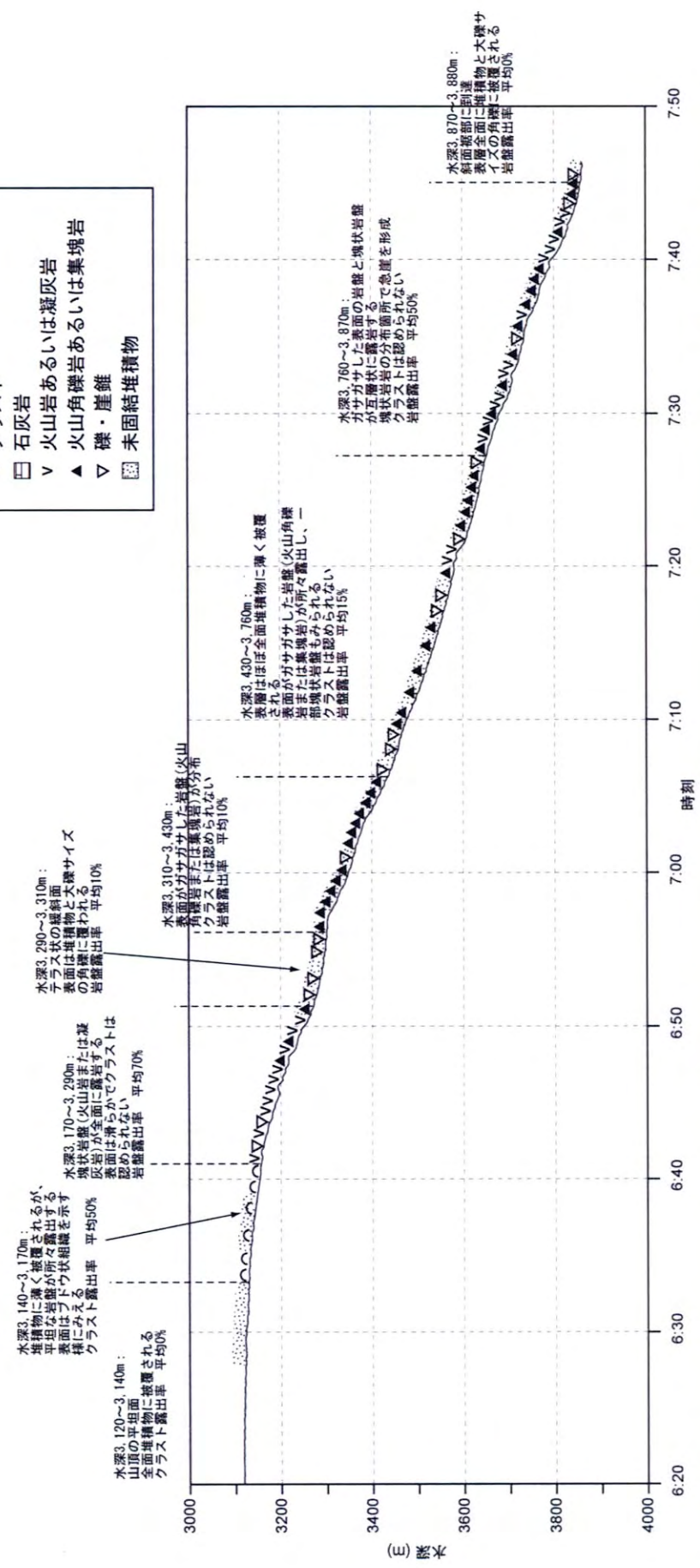
凡 例

- クラスト
- 石灰岩
- ▽ 火山岩あるいは凝灰岩
- ▲ 火山角礫岩あるいは集塊岩
- ▽ 礫・崖錐
- ▨ 未固結堆積物



添付図4-2 FDC断面図及びクラスト分布率 (05SMC12FDC03)

- 凡 例
- クラスト
 - 石灰岩
 - ▽ 火山岩 あるいは 凝灰岩
 - ▲ 火山角礫岩 あるいは 集塊岩
 - ▽ 礫・崖錐
 - ⊗ 未固結堆積物



添付図4-3 FDC断面図及びクラスト分布率 (05SMC13FDC02)

添付資料 5

- 5 - 1 岩石の薄片作成と顕微鏡観察
- 5 - 2 火山岩の全岩化学分析
- 5 - 3 岩石の鉱物同定
(X線回折試験)
- 5 - 4 マンガン酸化物の研磨薄片
作成と顕微鏡観察
- 5 - 5 マンガン酸化物の鉱物同定
(X線回折試験)
- 5 - 6 マンガン酸化物の品位分析
- 5 - 7 石灰岩類中の微化石鑑定
及び大型化石鑑定
- 5 - 8 未固結堆積物中の微化石鑑定

添付資料 5 室内試験

5-1. 岩石の薄片作成と顕微鏡観察

5-1-1. 観察試料

薄片を作成した岩石試料は、次の計 6 試料である (表 5-1-1)。

岩石の肉眼及び顕微鏡観察は、三菱マテリアル資源開発株式会社の前田勝彦が行った。

表 5-1-1 岩石薄片観察試料一覧

通し番号	試料番号	着底時水深 (m)	深度サンプル枝番	地質	備考
1	05SMC12AD16_TS01	2,004	c2	無斑晶質玄武岩	—
2	05SMC12AD19_TS01	1,873	c1	無斑晶質玄武岩	—
3	05SMC12AD27_TS01	2,209	c3	石灰質礫岩中の礫	—
4	05SMC12AD29_TS01	2,385	c6	無斑晶質玄武岩	—
5	05SMC13AD15_TS01	1,724	—	孔隙充填物?	メノウ?
6	05SMC13AD16_TS01	2,061	c1	含単斜輝石玄武岩	—

5-1-2. 試料の肉眼観察結果

薄片観察前に全試料の肉眼観察を行った。火山岩試料の岩石写真を章末 Plate I に示す。各試料の肉眼観察結果を以下に記述する。

05SMC12AD16 TS01

帯褐暗灰色を呈する。非常に発泡しており、 $\phi 2\sim 3\text{mm}$ の空隙多い。空隙中には、乳白色～褐色の方解石、褐鉄鉱が充填・付着する。一部割れ目を充填する脈状 (幅 1~2mm) の方解石も観察される。

05SMC12AD19 TS01

帯褐暗灰色を呈する。 $\phi 1\sim 3\text{mm}$ の空隙が虫食い状に発達し、内部には褐鉄鉱の充填・付着も認められる。稀に帯褐乳白色の方解石?が充填。

05SMC12AD27 TS01

暗灰色の無斑晶玄武岩。非常に発泡しており、 $\phi 2\sim 3\text{mm}$ の空隙多い。空隙壁面には、褐鉄鉱、炭酸塩の付着が一部で認められる。空隙の割合：約 40%。

05SMC12AD29 TS01

褐色～暗灰色を呈する。色調は漸移的に変化する。空隙少ないが、少量認められ、 $\phi 1\sim 2\text{mm}$ 、円形の空隙は殆どが褐鉄鉱によって充填される。稀に $\phi 3\text{mm}$ の空隙も存在。 $\phi 3\sim$

4mm、淡褐灰色～乳白色の石英、方解石の角礫？が混入する。

05SMC13AD15 TS01

無色～帯赤暗灰色のメノウ。内部には、不明瞭な帯赤暗灰色の繊維状縞模様が間隔 3mm 程度でほぼ平行に認められる。一部表面に乳白色の石灰岩母岩？が厚さ<0.5mm で付着する。

05SMC13AD16 TS01

暗灰色。実体顕微鏡下にて、 $\phi < 0.5\text{mm}$ の単輝石が一部に認められるほか、紫蘇輝石が観察される。また変質した角閃石 ($\phi < 0.5\text{mm}$) を少量含む。ほぼ塊状を呈するが、 $\phi < 0.5\text{mm}$ の空隙も認められ、乳白色の方解石、褐鉄鉱が充填する。また内部には $\phi 3\text{mm}$ 、亜角礫状のゼノリス伴う。

5-1-3. 薄片観察結果

岩石薄片の観察結果を表 5-1-2 に示す。また、薄片観察シート及び顕微鏡写真を Plate II に示す。

5-2. 火山岩の全岩化学分析

5-2-1. 分析試料

分析試料は、標準試料 (JB-3) を含め、MC12 及び MC13 海山から採取された計 6 試料である (表 5-2-1)。

表 5-2-1 岩石化学分析用試料一覧

通し番号	海山	試料番号	着底時水深 (m)	深度サンプル枝番	地質
1	MC12	05SMC12AD16_CA01	2,004	c2	無斑晶質玄武岩
2		05SMC12AD19_CA01	1,873	c1	無斑晶質玄武岩
3		05SMC12AD27_CA01	2,209	c3	石灰質礫岩中の礫
4		05SMC12AD29_CA01	2,385	c6	無斑晶質玄武岩
5	MC13	05SMC13AD16_TS01	2,061	c1	含単斜輝石玄武岩
6	—	JB-3	—	—	玄武岩

5-2-2. 分析内容

分析成分は次の 44 成分である。

- ・ 主要成分 (16 成分) ;
 - SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, Cr₂O₃, CO₂, H₂O⁺, H₂O⁻, LOI (検出限界 0.01%)
- ・ 微量成分 (28 成分) ;
 - Rb, Ba, Zr, Y, Cs, Ta, U (検出限界 0.1ppm)
 - Sr, V, Nb, Hf, Pb, Th, Ni (検出限界 1ppm)
 - REE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) (検出限界 0.01ppm)

5-2-3. 分析方法

火山岩類試料は、試料を乾燥機内で十分に乾燥 (12 時間以上) させた後、手により鉄鉢内で一次粗砕を行った。その後再び試料を乾燥機内で十分に乾燥 (12 時間以上) させ、タングステンカーバイドミルにより 250 μ m まで粉末化した。粉末後の分析は前処理を含め、全成分共にカナダの ALS Chemex 社で行った。分析前には試料が海底から採取されたことを考慮し、脱塩処理を行った。微量元素分析においては、試料中の各成分を均質に溶かすため、試料を混酸 (HF-HNO₃-HClO₄) 溶解させたものを分析した。一方 REE においては試料を四ホウ酸リチウムにより溶解させたものを分析した。このとき微量元素の Zr と Ba は、混酸溶解では溶け残る可能性が高いために、REE による試料と同様に、四ホウ酸リチウムにより溶解させたものを分析した。各成分の定量分析方法は、SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, Cr₂O₃, LOI は蛍光 X 線分析法 (使用機器 : ALS Chemex 社所有 Panalytical 社 (旧 Philips 社) 製 PW2404 XRF) によった。Rb, Ba, Zr, Y, Cs, Ta, U, Sr, V, Nb, Hf, Pb, Th, Ni, REE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) の分析は誘導結合プラズマ質量分析法 (使用機器 :

ALS Chemex 社所有 Perkin Elmer 社製 Elan9000 ICP-MS) により、FeO に関しては滴定法によった。CO₂、H₂O⁺、H₂O⁻の分析は、高周波誘導加熱赤外吸光高度計（使用機器：ALS Chemex 社所有 LECO 社製 RMC-100）によった。

5-2-4. 分析結果

分析結果を表 5-2-2 に示し、測定時の標準試料（試験所作成）分析結果を表 5-2-3 に示す。

分析の結果、全ての試料の Si 含有量が、標準試料に比べて約 4～6%低い値を示した。前章の薄片観察では、全ての試料が弱～中変質を示し、褐鉄鉱、赤鉄鉱のほか、方解石の生成が認められた。このことから Si 含有量の相対的な低下は変質による影響が大きいと考えられる。同様に Fe₂O₃ および H₂O⁻も全ての試料で高い値を示し、顕微鏡観察の結果もこれを支持することから、これらの異常値は 2 次鉱物の生成で説明される可能性がある。さらに、CaO 含有量では 2 試料（05SMC12AD27CA01 及び 05SMC13AD16CA01）で標準試料のそれをやや上回る程度であるが、CO₂ 含有量では標準試料の 0.04%に比べて 0.55～1.28%とやや高い値を示し、前述のように試料内に方解石が含有されていた可能性がある。一方で、2 次変質に強いと考えられる TiO₂ や Al₂O₃ ではそれぞれ、1.73～2.96%、14.35～18.07%とほぼ安定した値を示した。Mg 値は、MgO 含有量が 0.70%と標準試料の 4.31%に比べかなり低い値を示す試料 05SMC12AD19CA01 が 10.34 を示したのをはじめ、他の試料で 22.79～35.41 と低く、変質の影響を受けた可能性がある。

試験所におけるチェック試料の分析値は、ほぼ信頼範囲内に収まる。そのため今回の分析における信頼性については問題ないと判断される。

表 5-2-2 岩石化学分析結果一覽

試料番号	05SMC12AD1 6 CA01	05SMC12AD1 9 CA01	05SMC12AD2 7 CA01	05SMC12AD2 9 CA01	05SMC13AD1 6 CA01	標準試料 JB-3	標準試料 JB-3 (推奨値)	
岩石名	Tephrite	Tephrite	Tephrite	Tephrite	Basalt	Basalt	Basalt	
岩系	alkali	alkali	alkali	alkali	sub-alkali	HAB	HAB	
wt %	SiO ₂	45.96	44.76	44.75	48.98	45.94	50.08	50.96
	TiO ₂	2.75	2.86	2.31	1.73	2.96	1.53	1.44
	Al ₂ O ₃	16.70	17.65	16.66	18.07	14.35	17.25	17.20
	Fe ₂ O ₃	10.16	10.37	7.14	7.29	9.41	4.52	3.20
	FeO	1.29	1.48	1.22	1.22	5.08	6.18	7.85
	MnO	0.06	0.10	0.09	0.09	0.20	0.16	0.18
	MgO	2.71	0.70	1.41	1.29	4.17	4.31	5.19
	CaO	5.91	8.18	10.35	7.02	10.66	8.98	9.79
	Na ₂ O	3.25	3.48	3.56	4.42	2.56	2.90	2.73
	K ₂ O	3.01	3.36	2.79	2.79	0.98	1.40	0.78
	P ₂ O ₅	1.89	3.27	4.67	1.84	0.52	0.74	0.29
	Cr ₂ O ₃	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.17
	CO ₂	1.28	0.66	0.77	0.66	0.55	0.07	0.44
	H ₂ O+	2.17	1.67	1.50	1.48	1.34	0.67	0.18
	H ₂ O-	3.55	1.24	2.38	2.57	1.86	0.62	0.07
	LOI	5.96	3.30	4.21	4.78	2.43	1.06	—
	TOTAL	99.65	99.51	99.16	99.52	99.27	99.12	—
FeO* (*1)	10.43	10.81	7.65	7.78	13.55	10.25	10.73	
Mg# (*2)	31.64	10.34	24.72	22.79	35.41	42.83	46.29	
ppm	Rb	192.0	42.4	97.7	71.2	29.2	33.1	15.1
	Ba	309.0	347.0	495.0	395.0	50.4	281.0	245.0
	Zr	452.0	434.0	433.0	579.0	205.0	260.0	97.8
	Y	48.0	60.6	114.5	51.4	52.0	33.7	26.9
	Cs	20.3	0.6	7.9	4.8	2.3	2.2	0.9
	Ta	5.0	5.4	5.2	6.3	0.8	2.0	0.2
	U	1.4	1.7	2.0	1.8	0.4	0.9	0.5
	Sr	673	725	856	728	254	473	403
	V	127	239	87	50	419	287	372
	Nb	77	79	79	98	12	31	2
	Hf	12.0	12.0	11.0	16.0	6.0	7.0	2.7
	Pb	4.0	6.4	4.2	4.0	1.8	5.9	5.6
	Th	6.0	7.0	6.0	9.0	1.0	4.0	1.3
	Ni	16.0	29.0	12.0	17.0	38.0	36.0	36.2
	La	60.60	69.20	123.50	77.40	15.00	28.60	8.81
	Ce	133.50	142.50	142.50	162.50	37.70	68.50	21.50
	Pr	17.00	17.90	22.60	19.80	5.10	8.00	3.11
	Nd	70.20	73.60	91.30	79.90	24.10	33.90	15.60
	Sm	14.80	16.00	17.80	14.80	7.20	7.50	4.27
	Eu	4.60	5.10	5.80	4.60	2.70	2.30	1.32
	Gd	13.20	15.60	19.20	13.80	8.40	7.40	4.67
	Tb	1.90	2.20	2.70	2.00	1.50	1.20	0.73
	Dy	10.40	12.00	14.60	10.20	9.90	6.50	4.54
	Ho	1.70	2.10	2.90	1.90	2.00	1.30	0.80
	Er	4.70	5.90	8.20	5.10	5.70	3.40	2.49
	Tm	0.60	0.70	1.00	0.70	0.90	0.50	0.42
	Yb	3.50	4.30	6.20	4.10	5.20	3.10	2.55
	Lu	0.50	0.70	1.00	0.60	0.90	0.50	0.39

1 FeO = FeO+(0.9*Fe₂O₃)

*2 Mg# = 100*Mg/(Mg+Fe²⁺)

表 5-2-3 標準試料測定結果一覽

標準試料		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI
%												
STSD-2 (測定値)	CA分析時	53.79	0.80	16.07	7.48	0.14	3.19	4.01	1.76	2.19	0.33	9.87
STSD-2 (信頼値*)	Lower Bound	51.01	0.74	15.29	7.12	0.12	2.94	3.79	1.65	2.00	0.29	9.78
	Upper Bound	56.40	0.84	16.92	7.90	0.16	3.28	4.21	1.85	2.24	0.35	10.83

標準試料		FeO
%		
SY-4 (測定値)	CA分析時	2.83
SY-4 (信頼値*)	Lower Bound	2.78
	Upper Bound	2.94

標準試料		Rb	Ba	Zr	Y	Cs	Ta	U**	Sr	V**	Nb	Hf	Pb**	Th	Ni
ppm															
SY-4 (測定値)	CA分析時	57.7	326	530	126	1.7	0.9	3.6	1215	110	14	12	703	2	11
SY-4 (信頼値*)	Lower Bound	49.3	306	465	106.5	1.3	<0.5	2.9	1070	96	11	9	603	<1	<5
	Upper Bound	60.7	375	569	131.5	1.8	1	3.7	1310	120	15	13	738	2	10

標準試料		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
ppm															
SY-4 (測定値)	CA分析時	60.6	127	15.8	61.5	12.4	2	14.4	2.8	18.5	4.5	14.7	2.4	15.3	2.3
SY-4 (信頼値*)	Lower Bound	51.7	109.5	13.4	50.8	11.3	1.7	12.5	2.2	16.3	3.8	12.7	2	13.2	1.8
	Upper Bound	64.3	134.5	16.6	63.2	14.1	2.3	15.5	3	20.1	4.8	15.7	2.6	16.4	2.4

標準試料		C
%		
B-03 (測定値)	CA分析時	0.02
B-03 (推奨値*)	Lower Bound	<0.01
	Upper Bound	0.02

標準試料		H2O+	H2O-
%			
G-2000 (測定値)	CA分析時	3.19	0.81
G-2000 (推奨値*)	Lower Bound	2.89	0.70
	Upper Bound	3.35	0.82

* ALS Chemex LTD.
** 標準試料: G2000を使用

5-2-5. 考察

(1) 分析結果の解析

火山岩類の分類と岩系を区分するために、主成分分析結果に基づきアルカリ-シリカ図、TAS 図、AFM 図を作成した (図 5-2-1、図 5-2-2、図 5-2-3)。

アルカリ-シリカ図において試料 05SMC13AD16CA01 は、やや非アルカリ岩系側の境界付近に位置するが、他の MC12 海山の試料はアルカリ量に富むアルカリ岩系列の領域にプロットされる。TAS 図では、試料 05SMC12AD29CA01 がややフォノテフライト寄りではあるが、MC12 海山の全ての試料がテフライトの領域に入る。一方、MC13 海山から採取された試料 05SMC13AD16CA01 は玄武岩の領域に収まった。AFM 図においては、MC13 海山を含む全ての試料がソレイイト系列のトレンド上にプロットされた。

以上の主成分化学組成に関する岩系の解釈では、研磨薄片観察及び化学分析の結果から変質程度が高いことが示されており、注意が必要と考えられる。

次に火山岩類の形成場を考察するため、変質の影響を受けにくい不適合元素による MORB 規格化スパイダー図およびコンドライト規格化 REE パターン図を作成した (図 5-2-4、図 5-2-5)。規格化に使用した MORB およびコンドライト値は Sun et al.(1979)及び Wakita et al.(1971)を使用した。同値は表 5-2-4 に示した。

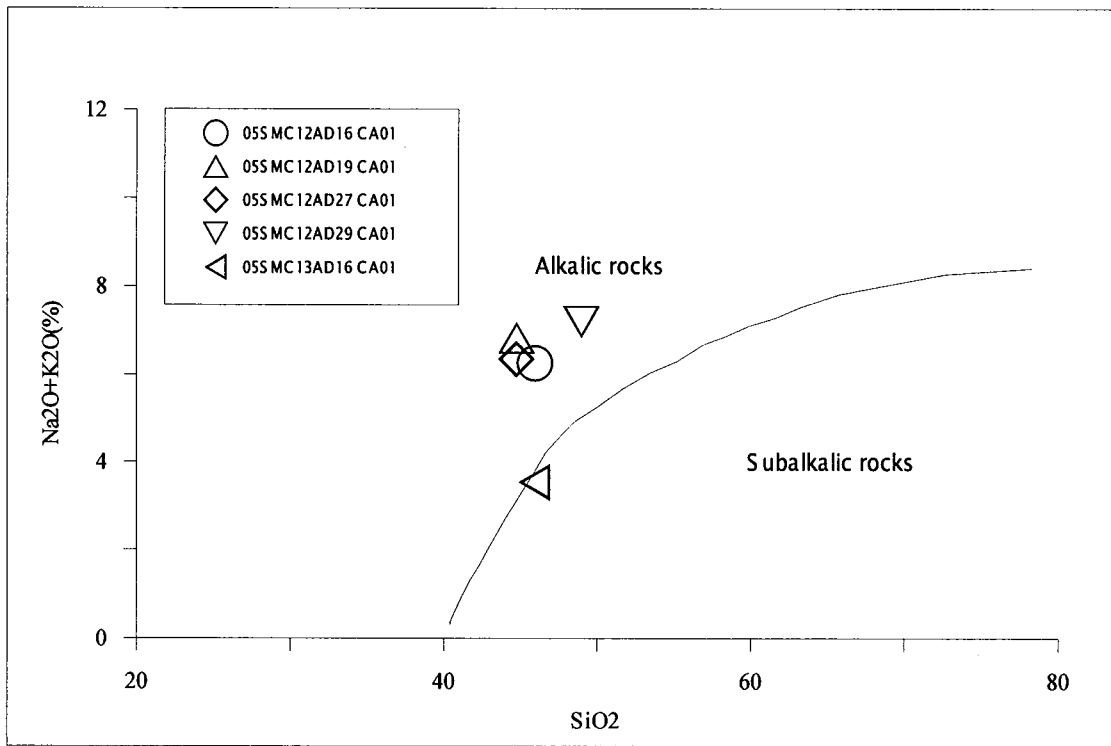


図 5-2-1 MC12 及び MC13 海山火山岩のアルカリ-シリカ図

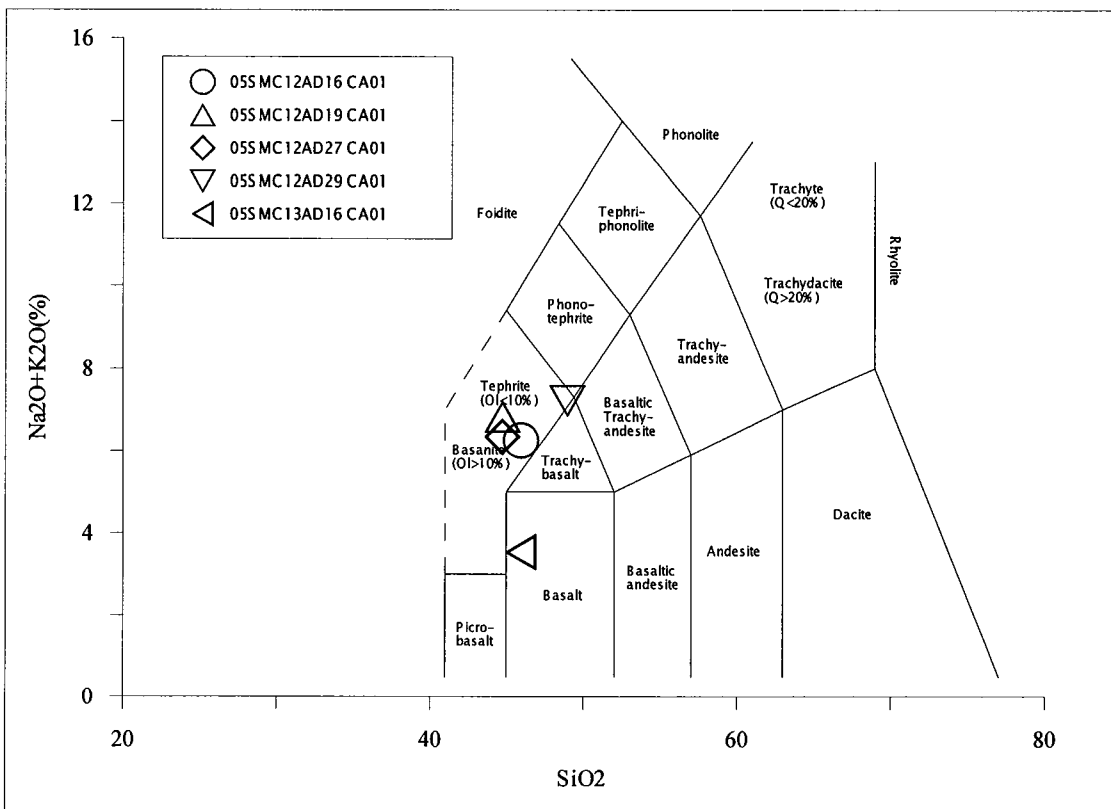


図 5-2-2 MC12 及び MC13 海山火山岩の TAS 図 (領域は Le Maitre et al., 1989 を引用)

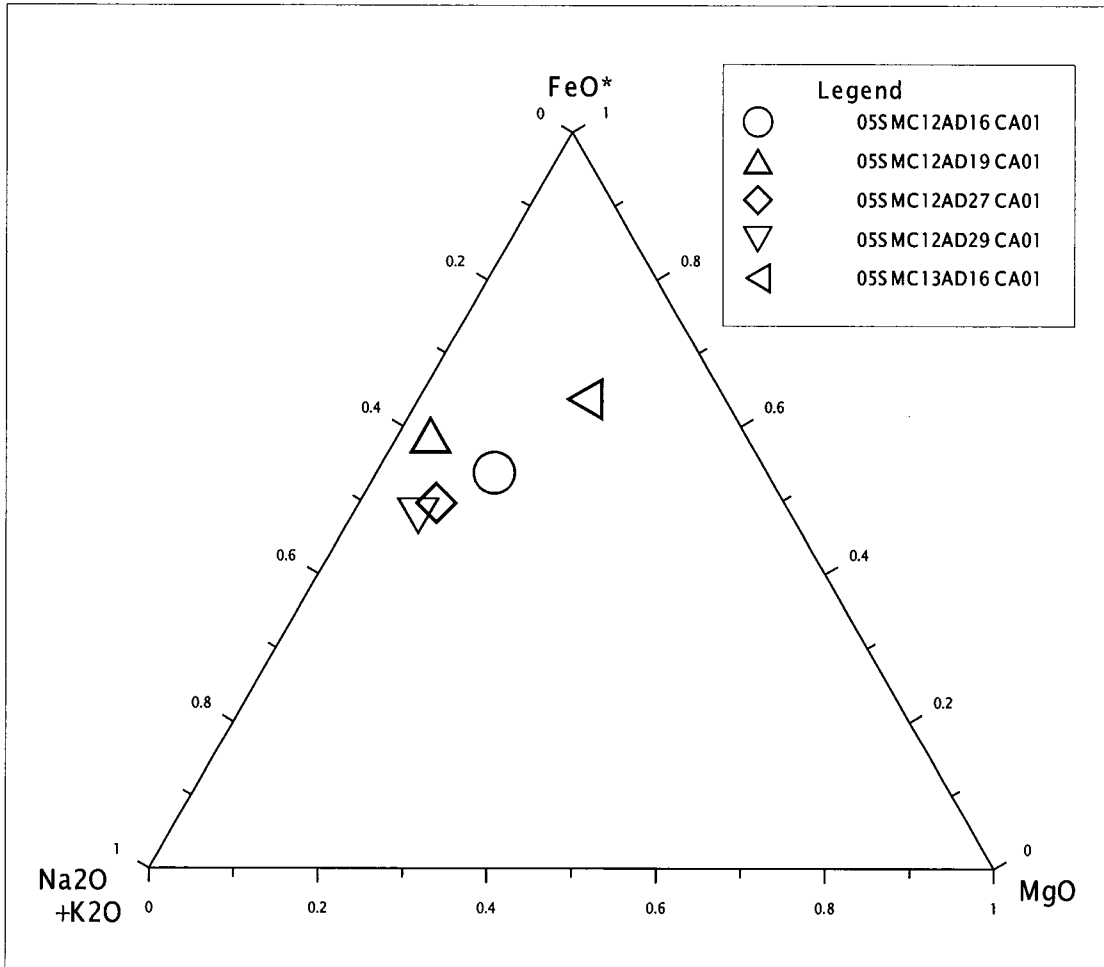


図 5-2-3 MC12 及び MC13 海山から採取された火山岩の AFM 図

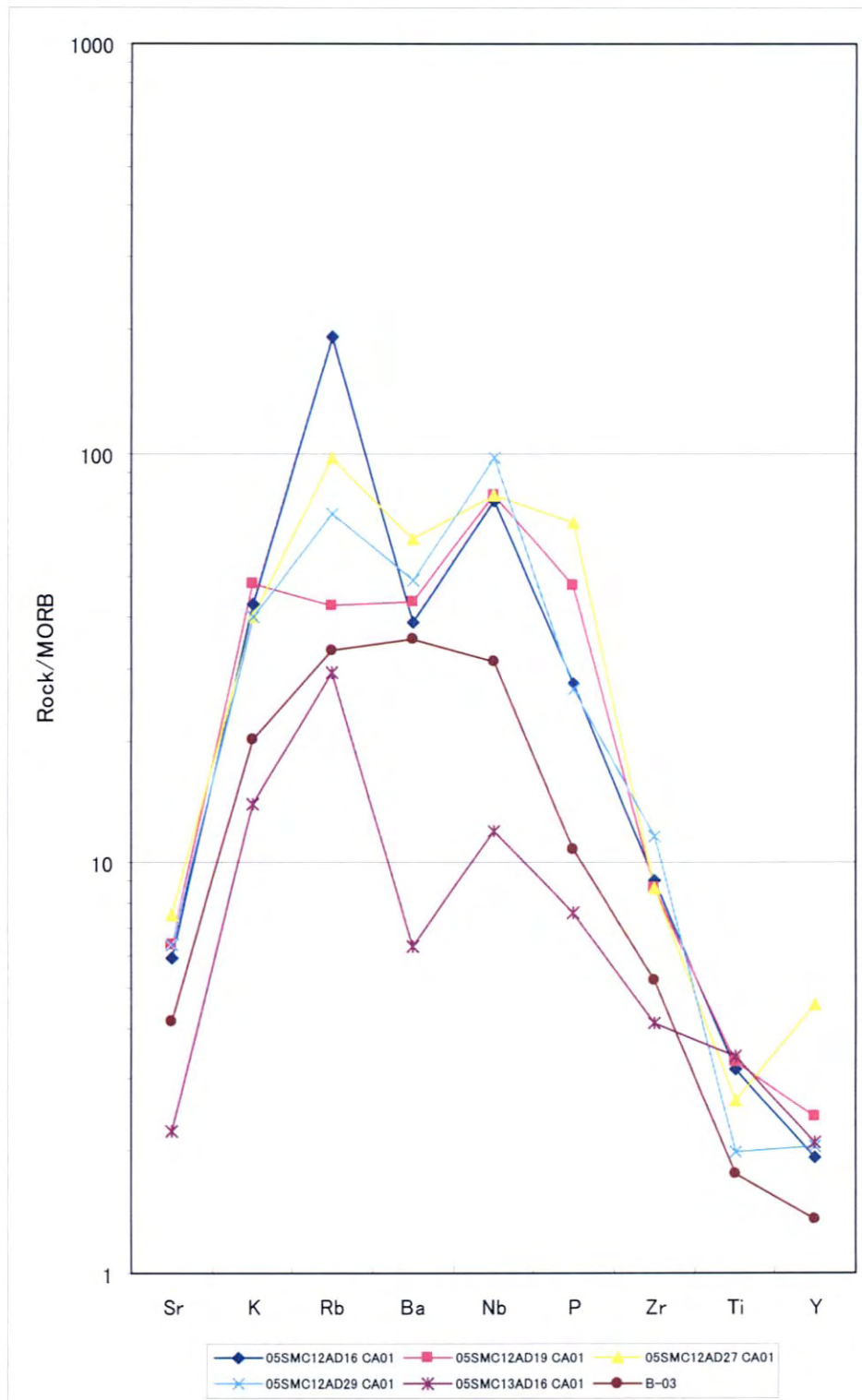


図 5-2-4 MORB 規格化不適合元素スパイダー図

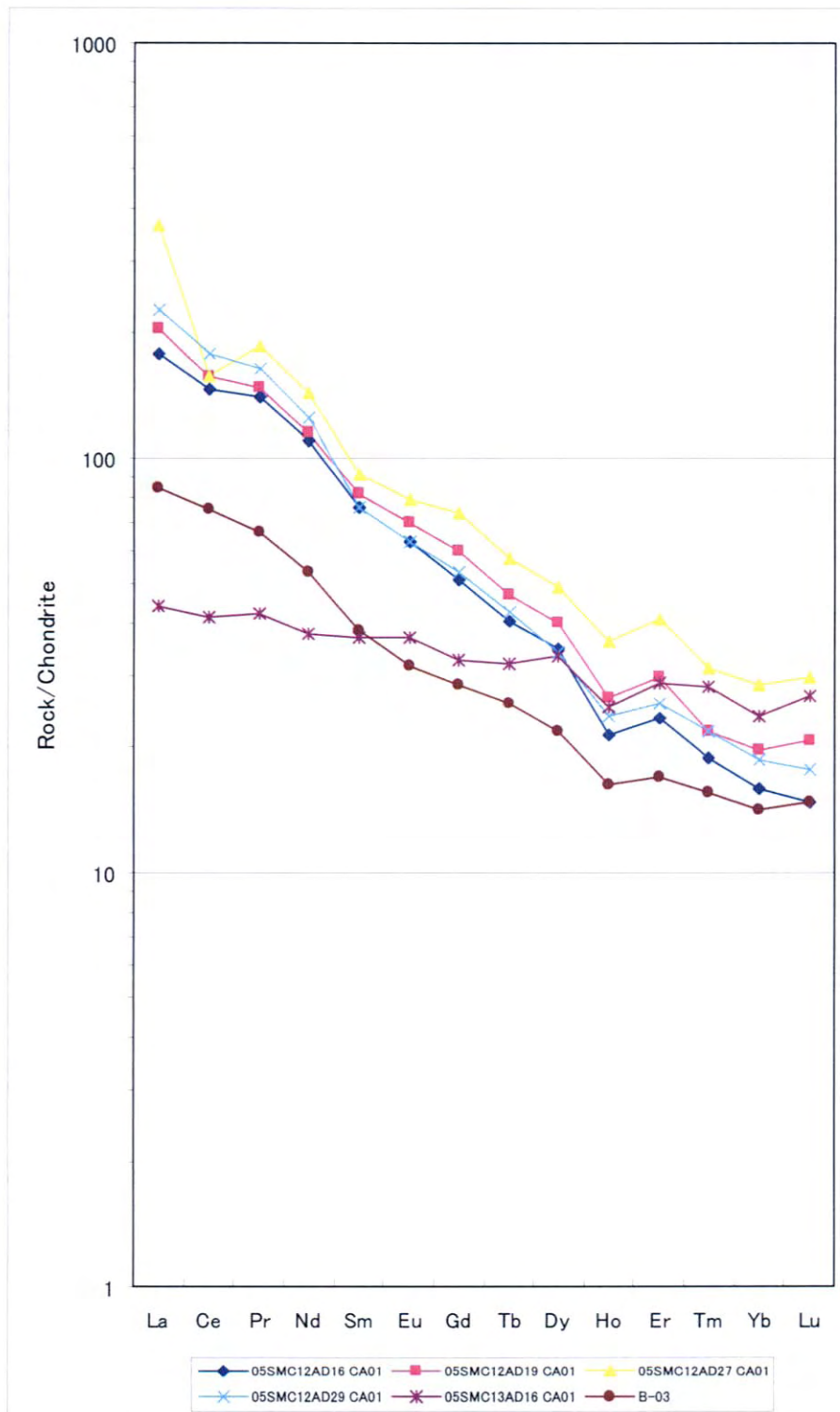


図 5-2-5 コンドライト規格化 REE パターン図

表 5-2-4 使用した MORB 及びコンドライト分析値一覧

	MORB after Sun et al., 1979 (ppm)		Chondrite after Wakita et al., 1971 (ppm)
Sr	114	La	0.34
K	580	Ce	0.91
Rb	1	Pr	0.121
Ba	8	Nd	0.64
Nb	1	Sm	0.195
P	300	Eu	0.073
Zr	50	Gd	0.26
Ti	5215	Tb	0.047
Y	25	Dy	0.3
		Ho	0.08
		Er	0.2
		Tm	0.032
		Yb	0.22
		Lu	0.034

MORB 規格化スパイダー図 (図 5-2-4) では、全ての試料で Rb 及び Nb にピークが認められ、概してやや右肩下がりのパターンを示す。このようなパターンは、プレート内 (海洋島) 玄武岩等に見られる傾向である。また、MC13 海山の試料 05SMC13AD16CA01 は、MC12 海山の試料に比べてやや低い値を示した。

コンドライトにより規格化した REE パターン図 (図 5-2-5) では、火山岩類の試料は全て LREE から HREE へと右肩さがるになる。この傾向はプレート内玄武岩に属する海洋島玄武岩 (OAB) や、火山弧玄武岩 (VAB) に属する陸弧玄武岩 (CAB) に特徴的なパターンである。また Eu ネガティブが顕著でないことから、比較的未分化マグマであったことが推定される。一方、MC13 海山から採取された試料 05SMC13AD16CA01 では、MC12 海山の試料に比べて LREE 含有量が低い値を示した。これはそれぞれの部分溶融の程度の違いを表し、MC13 海山は MC12 海山に比べて部分溶融の程度が高かったと考えられる。

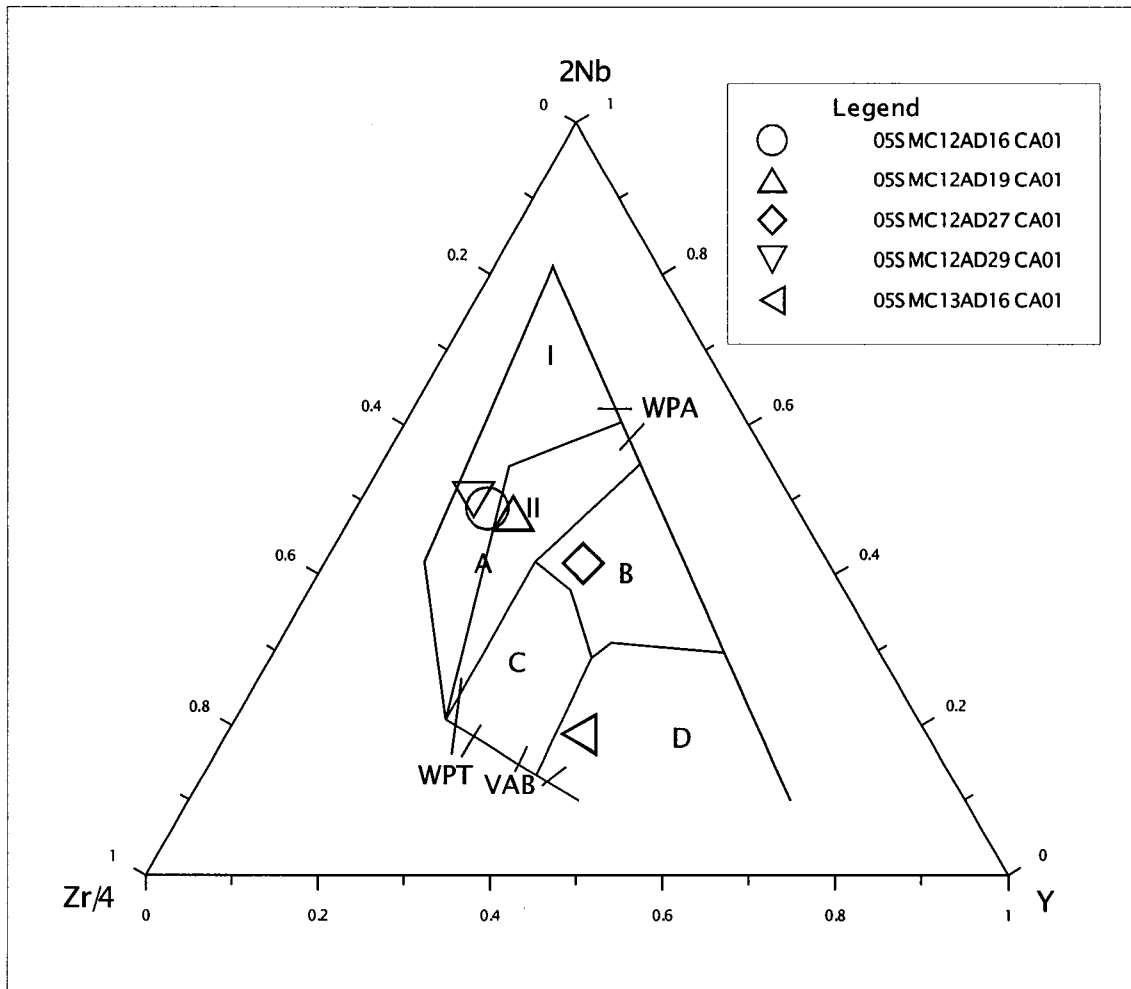
次に、比較的変質による影響を受けにくい元素を使用して、先の規格化パターン図から推定された形成場をさらに細分するために、Meschende (1986) による Zr/4·2Nb-Y 図 (図 5-2-6)、Mullen (1983) による 10MnO·TiO₂·10P₂O₅ 図 (図 5-2-7)、Pearce and Cann (1973) による Zr-Ti/100·3Y 図 (図 5-2-8) の玄武岩質岩類の各種テクトニクス区分図にプロットした。

Zr/4·2Nb-Y 図 (図 5-2-6) において、MC12 海山では、試料 05SMC12AD27CA01 を除

き、プレート内アルカリ玄武岩及びプレート内ソレイトの領域にプロットされた。一方、MC13 海山の試料 05SMC13AD16CA01 は、N-type 中央海嶺玄武岩及び火山弧玄武岩の領域に位置する。

10MnO·TiO₂·10P₂O₅ 図 (図 5-2-7) においては、MC12 及び 13 海山の試料は全て海洋島アルカリ玄武岩及び海山アルカリ玄武岩の領域にプロットされるが、試料 05SMC13AD16CA01 は島弧ソレイトの領域にやや近い。

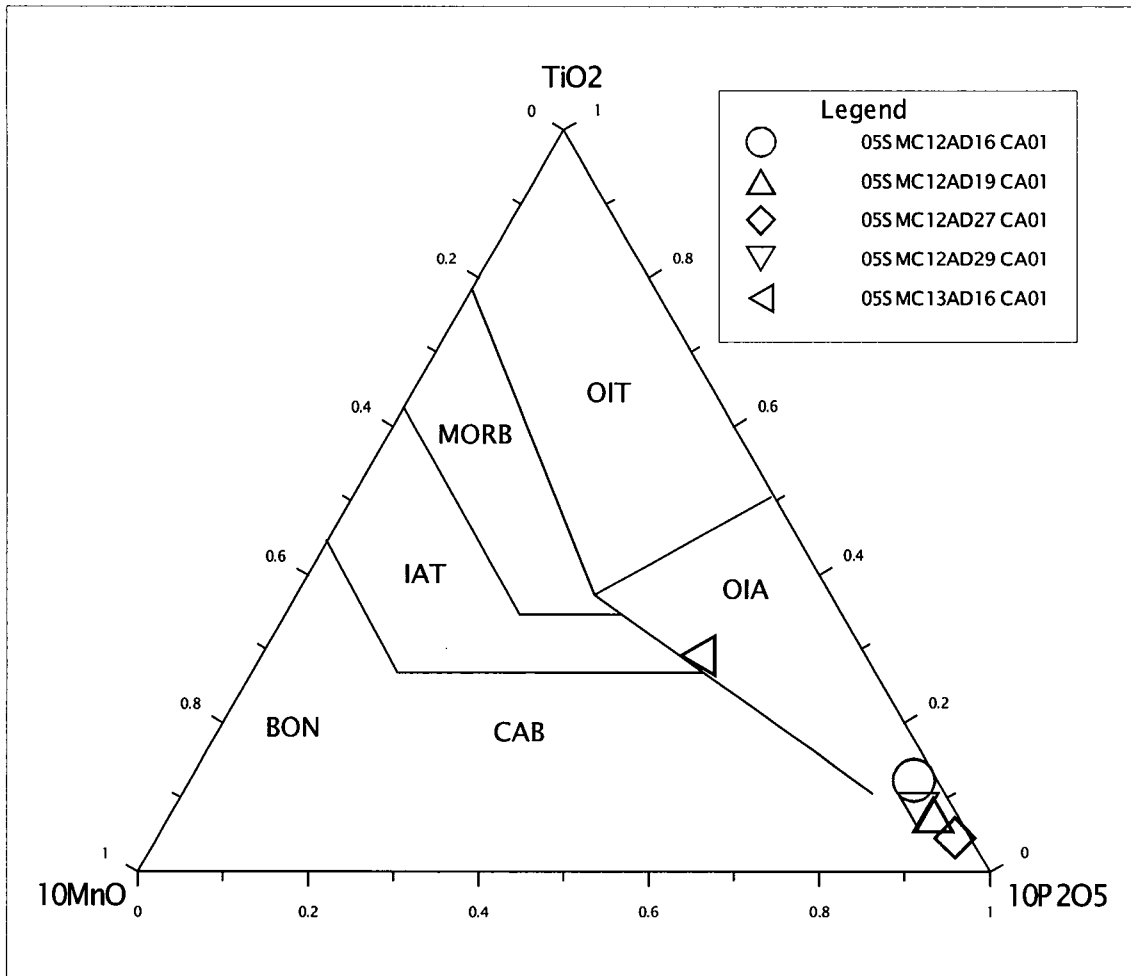
Zr·Ti/100·3Y 図 (図 5-2-8) では、MC12 海山で試料 05SMC12AD29CA01 が全ての領域を外れるが、他の試料は島弧カルクアルカリ玄武岩の領域に収まる。MC13 海山の試料 05SMC13AD16CA01 は島弧ソレイトの領域に位置する。



AI, within-plate alkali basalts; AII, within-plate alkali basalts and within-plate tholeiite
 B, E-type MORB; C, within-plate tholeiites and volcanic-arc basalts;
 D, N-type MORB and volcanic-arc basalts
 WPA, within-plate alkali basalt; WPT, within-plate tholeiite, VAB, volcanic-arc basalt

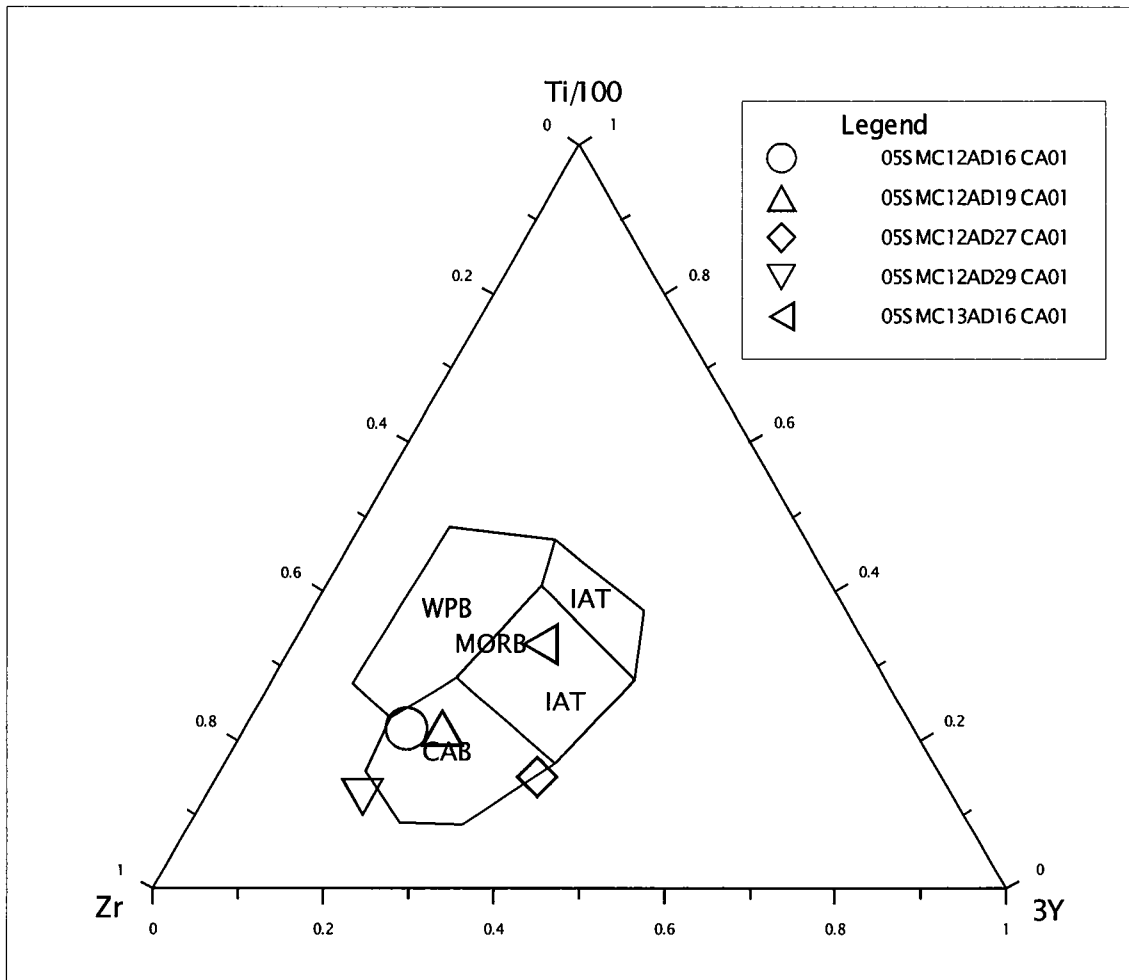
図 5-2-6 火山岩類の Y-2Nb-Y 図

(テクトニック区分領域は Meschende, 1986 より引用)



OIT, ocean-island tholeiite or seamount tholeiite;
 OIA, ocean-island alkali basalt or seamount alkali basalt;
 CAB, island-arc calc-alkaline basalt;
 IAT, island-arc tholeiite; BON, boninite

図 5-2-7 火山岩類の $10P_2O_5$ - TiO_2 - $10MnO$ 図
 (テクトニック区分領域は Mullen, 1983 より引用)



WPB, within-plate basalt;
 CAB, island-arc calc-alkaline basalt;
 IAT, island-arc tholeiite

図 5-2-8 火山岩類の 3Y-Ti100-Zr 図

(テクトニック区分領域は Pearce and Cann, 1973 より引用)

(2) まとめ

主成分分析の結果では、MC12 海山のほとんどの試料がアルカリ-シリカ図でアルカリ岩系列、TAS 図でテフライトの領域、AFM 図で概ねソレイアイト系列のトレンドを示した。一方で、MC13 海山から採取された試料 05SMC13AD16CA01 の分析結果では、アルカリ-シリカ図で非アルカリ岩系列の境界付近、TAS 図で玄武岩領域、AFM 図でソレイアイト系列のトレンドを示す。しかし、観察・化学分析された試料はその殆どが、石基部のガラスや苦鉄質鉱物の褐鉄鉱化作用等を蒙っていることから、それらの判断には特に注意が必要である。

火山岩類の形成場を考察するため、変質の影響を受けにくい不適合元素による規格化図やテクトニック区分図を用いて検討した。MC12 海山では、Zr/4-2Nb-Y 図 (図 5-2-6) で、試料 05SMC12AD27CA01 を除いて全ての試料がプレート内アルカリ玄武岩およびプレート内ソレイアイトの領域にプロットされた。また、10MnO·TiO₂·10P₂O₅ 図 (図 5-2-7) においては、全ての試料が海洋島アルカリ玄武岩及び海山アルカリ玄武岩の領域にプロットされる。さらに Zr-Ti/100-3Y 図 (図 5-2-8) においては、試料 05SMC12AD29CA01 が全ての領域を外れるが、他の試料は全て島弧カルクアルカリ玄武岩の領域にプロットされた。一方、MC13 海山の試料 05SMC13AD16CA01 では、Zr/4-2Nb-Y 図 (図 5-2-6) で N-type 中央海嶺玄武岩及び火山弧玄武岩領域、10MnO·TiO₂·10P₂O₅ 図 (図 5-2-7) で島弧ソレイアイトよりの海洋島アルカリ玄武岩及び海山アルカリ玄武岩領域、Zr-Ti/100-3Y 図 (図 5-2-8) で島弧ソレイアイト領域に位置する。

以上の結果を総合し、MC12 及び MC13 海山試料の形成場を考えると、基本的にはプレート内アルカリ玄武岩であるが、島弧型の特徴も持ち、MC13 海山の試料ではその性格が強いと考えられる。しかし、前述のように、本試料は強い変質作用を受けており、その判断には注意が必要である。

5-3. 岩石の鉱物同定 (X線回折試験)

5-3-1. 試験試料

分析試料は、次の計3試料である(表5-3-1)。

試験は、同和テクノロジー株式会社が実施し、同定は三菱マテリアル資源開発株式会社の根岸義光及び前田勝彦が実施した。

表 5-3-1 岩石 X線回折試験試料一覧

通し番号	海山	試料番号	着底時水深 (m)	深度サンプル枝番	地質
1	MC12	O5SMC12AD27_XRD01	2,209	c2	凝灰質シルト岩
2	MC12	O5SMC12AD28_XRD01	1,858	c2	変質玄武岩
3	MC13	O5SMC13AD15_XRD01	1,724	—	孔隙充填物?

5-3-2. 試料調整及び測定条件

岩石試料を粗砕、自然乾燥後、震動ミル及び瑪瑙製乳鉢を用いて粉末試料を作成、不定方位での測定を行った。また、石英指数算出のため、純粋石英試料についても同様にして粉末試料を作成・測定した。測定条件は次のとおりである。

測定機器

- X線回折装置：ガイガーフレックス/理学電気株式会社

測定条件

- X線：Cu K-ALPHA 1 / 30 kV / 15 mA
- アタッチメント：標準試料ホルダー
- 発散・散乱スリット：1 deg.
- 受光スリット：0.30 mm
- 走査モード：連続
- スキャンスピード：2.000 ° /min
- スキャンステップ：0.050 °
- 走査範囲：2.000～70.000 °

5-3-3. 試験結果及び所見

X線回折試験結果一覧表を表5-3-2に示す。

表 5-3-2 岩石の X 線回折試験結果

No.	試料名	珪酸塩鉱物				その他の 鉱物
		珪酸	長石		粘土鉱物	
		石英	カリ長石	曹長石	スメクタイト	燐灰石
1	05SMC12AD27 XRD01		1.6		0.9	2.9
2	05SMC12AD28 XRD01			15.0		
3	05SMC13AD15 XRD01	19.7				

ピーク強度の判定には石英指数を用い、 $Q.I. = I_m/I_q \times 100$ とした。このとき、 I_m : 各鉱物の最強 X 線強度、 I_q : 同一条件下で測定された純粋石英の最強 X 線強度 (cps) とした。また、今回比較に用いた石英のピーク強度は 11,043 cps であった。

以下に X 線回折試験から得られた所見について、試料ごとに記述する。

05SMC12AD27 XRD01

X 線回折の結果、本試料ではカリ長石、スメクタイト、燐灰石が同定された。また、試料一覧表で本試料は凝灰質シルトと記載されるが、X 線チャートに非晶質を示すブロードなピークは認められなかった。したがって、本試料は、主にカリ長石からなるシルト岩であり、2 次的鉱物として若干のスメクタイト及び燐灰石が晶出していると考えられる。

05SMC12AD28 XRD01

試料一覧表で本試料は変質玄武岩と記載されている。しかし、X 線回折を用いた鉱物同定では、本試料に粘土鉱物等の 2 次鉱物は認められず、曹長石のみが同定された。従って、本試料は 2 次的な変質を受けていないが、酸化等に伴う変色等を受けている可能性がある。曹長石以外に、角閃石や輝石等は同定されなかった。

05SMC13AD15 XRD01

本試料は、試料一覧表において、孔隙充填をする (?) メノウと記載される。X 線回折の結果では、石英のみが同定され、本試料の記載を支持する。X 線チャートでは、非晶質を示すブロードなピークは認められなかった。

5-4. マンガン酸化物の研磨薄片作成と顕微鏡観察

5-4-1. 観察試料

薄片観察試料は、次の計 12 試料である (表 5-4-1)。岩石試料の肉眼写真を章末の Plate III に示す。

観察は、三菱マテリアル資源開発株式会社の前田勝彦が実施した。

表 5-4-1 岩石薄片試料一覧

通し番号	試料番号	水深 (m)	深度 サンプル枝番	地質	備考
1	05SMC12AD15_PS01	2,437	a3	マンガンクラスト	連続試料
2	05SMC12AD15_PS02			マンガンクラスト	連続試料
3	05SMC12AD15_PS03			マンガンクラスト	連続試料
4	05SMC12AD15_PS04			マンガンクラスト	連続試料
5	05SMC12AD16_PS01	2,004	a3	マンガンクラスト	連続試料
6	05SMC12AD16_PS02			マンガンクラスト	連続試料
7	05SMC12AD16_PS03			マンガンクラスト	連続試料
8	05SMC12AD16_PS04			マンガンクラスト	連続試料
9	05SMC12AD16_PS05		—	強変質岩	塊状ゲーサイト礫
10	05SMC12AD29_PS01	2,385	a2	マンガンクラスト	バルク
11	05SMC12AD29_PS06		a4	マンガンクラスト	連続試料
12	05SMC12AD29_PS07			マンガンクラスト	連続試料

5-4-2. 試料の肉眼観察結果

研磨薄片観察前に、肉眼試料の観察を行った。各試料の肉眼観察結果を以下に記述する。

05SMC12AD15 PS01～PS04

長さ：約 13cm に成形されたクラスト片。表面にはφ5mm 程度の葡萄房様の形状が認められるが、不明瞭。表面～8cm 内部まで、黒色・塊状を呈するが、全体に不規則・不明瞭の亀裂が、ネットワーク状に発達し、一部亀裂に沿ってφ0.5mm の空隙を充填する褐鉄鉱が多数認められる。8cm～内部では、φ3～5mm、淡褐灰色の炭酸塩質 (岩片?) の充填が多くなり、内部中心より表面に向かって放射状に発達する (炭酸塩質充填物の割合：約 40%)。ざらつかず、触っても手は汚れない。

05SMC12AD16 PS01～PS04

黒色～淡褐灰色、塊状のクラスト片。長さ：約 13cm の棒状に成形されているが、一端には、φ2cm 程度の葡萄房状の形状が認められる。この葡萄房状の表面より他端に向かい、淡褐灰色の石灰質岩片 (充填物?) を不規則・網状に含む割合が増加する (<30%)。空隙 (φ1mm) 少ないが、全体に幅 2～3mm、ネットワーク状に発達した褐鉄鉱の散在が不明瞭に認められる。ざらつかず、触っても手は黒くならない。

05SMC12AD16 PS05

褐色、塊状の褐鉄鉱／針鉄鉱。内部は塊状を呈し、組織構造は認められないが、 ϕ 1～2mm の空隙がやや発達、散在する。空隙内部には2次鉱物の生成は認められない。稀に空隙を充填する？ ϕ <1mm、乳白色の方解石あり。ざらつかず、触っても手は黒くならない。

05SMC12AD29 PS01

ϕ 3×3cm の板状に成形されたクラスト片。黒色、塊状を呈し、表面には ϕ 2～3mm の葡萄房状の形状が認められる。反対に内部には ϕ 1～2mm の淡褐灰色の炭酸塩充填物（母岩？）が散在し、それら散在部とクラスト片の境界は比較的明瞭である。また、クラスト片内部にはネットワーク状に発達した幅 2～3mm の帯状範囲に ϕ <0.5mm の空隙が集中、褐鉄鉱が充填する。あまりざらつかず、触っても手は汚れない。

05SMC12AD29 PS06～PS07

長さ:約 7cm の棒状に成形されたクラスト片。黒色～淡褐灰色を呈し、全体に ϕ 2～3mm の空隙が不規則に発達する。一部空隙には褐鉄鉱の付着も観察される。表面より内部 5cm からは、 ϕ <5mm の石灰質岩片（充填物？）が空隙を充填する。ややざらつき、触ると手が多少汚れる。

5-4-3. 研磨薄片観察結果

研磨薄片観察結果を表 5-4-2 に示す。なお、観察結果の詳細及び代表部位の写真については章末 PlateIVの研磨薄片観察記載シートに示した。

5-5. マンガン酸化物の鉱物同定 (X線回折試験)

5-5-1. 試験試料

分析試料は、次の計5試料である(表5-5-1)。

試験は、同和テクノリサーチ株式会社が実施し、同定は三菱マテリアル資源開発株式会社の根岸義光及び前田勝彦が実施した。

表 5-5-1 マンガン酸化物 X線回折試験試料一覧

通し番号	海山	試料番号	着底時水深 (m)	深度サンプル枝番	地質
1	MC12	05SMC12AD15_XRD01	2,437	a3	マンガンクラスト
2	MC12	05SMC12AD16_XRD01	2,004	a3	マンガンクラスト
3	MC12	05SMC12AD16_XRD02		—	強変質岩
4	MC12	05SMC12AD29_XRD01	2,385	a2	マンガンクラスト
5	MC12	05SMC12AD29_XRD03		a4	マンガンクラスト

5-5-2. 試料調整及び測定条件

岩石試料を粗砕、自然乾燥後、震動ミル及び瑪瑙製乳鉢を用いて粉末試料を作成、不定方位での測定を行った。また、石英指数算出のため、純粋石英試料についても同様にして粉末試料を作成・測定した。測定条件は次のとおりである。

測定機器

- X線回折装置：ガイガーフレックス/理学電気株式会社

測定条件

- X線：Cu K-ALPHA 1 / 30 kV / 15 mA
- アタッチメント：標準試料ホルダー
- 発散・散乱スリット：1 deg.
- 受光スリット：0.30 mm
- 走査モード：連続
- スキャンスピード：2.000 ° /min
- スキャンステップ：0.050 °
- 走査範囲：2.000 ~ 70.000 °

5-5-3. 試験結果及び所見

X線回折試験結果一覧表を表5-5-2に示す。

表 5-5-2 マンガン酸化物等の X 線回折試験結果

No.	試料名	珪酸塩鉱物			炭酸塩鉱物	マンガン鉱物	その他の鉱物
		珪酸	長石	粘土鉱物	方解石	Vernadite	針鉄鉱
		石英	斜長石	セリサイト/ スメクタイト			
1	05SMC12AD15_XRD01	0.4	0.5			0.4	
2	05SMC12AD16_XRD01	0.3	0.4		0.8	0.4	
3	05SMC12AD16_XRD02			0.2			2.1
4	05SMC12AD29_XRD01	0.6	0.6			0.4	
5	05SMC12AD29_XRD03				0.6	0.4	

ピーク強度の判定には石英指数を用い、 $Q.I. = I_m/I_q \times 100$ とした。このとき、 I_m ：各鉱物の最強 X 線強度、 I_q ：同一条件下で測定された純粋石英の最強 X 線強度 (cps)とした。また、今回比較に用いた石英のピーク強度は 11,043 cps であった。

以下に X 線回折試験から得られた所見について、試料ごとに記述する。

05SMC12AD15 XRD01

X 線回折試験の結果、本試料ではマンガン鉱物である Vernadite(δ - MnO_2)が同定されたほか、碎屑物と考えられる石英、斜長石が認められた。Q.I 値換算結果では、各鉱物ともほぼ同量の値を示した。

05SMC12AD16 XRD01

本試料では、マンガン鉱物である Vernadite(δ - MnO_2)のほか、碎屑物もしくは 2 次鉱物と考えられる石英、斜長石および方解石が同定された。Q.I 値換算では、方解石が 0.8 と最も高く、Vernadite(δ - MnO_2)、石英および斜長石が 0.3~0.4 とほぼ同様な値を示した。

05SMC12AD16 XRD02

X 線回折の同定では、混合層粘土鉱物であるセリサイト/スメクタイト混合層鉱物、針鉄鉱が認められた。Q.I 値換算では、針鉄鉱が 2.1 とセリサイト/スメクタイト混合層鉱物の 0.2 に対して非常に高い値を示した。試料一覧表で本試料は、塊状ゲーサイト礫?と記載されており、X 線回折試験の結果もまたこれを支持する。

05SMC12AD29 XRD01

本試料の対する X 線回折試験の結果、マンガン鉱物である Vernadite($\delta\text{-MnO}_2$)のほか、石英、斜長石が同定された。Q.I 値換算の結果、石英および斜長石がそれぞれ 0.6 に対して Vernadite($\delta\text{-MnO}_2$)が 0.4 と低い値を示した。

05SMC12AD29 XRD03

本試料で同定される鉱物は、マンガン鉱物である Vernadite($\delta\text{-MnO}_2$)と 2 次鉱物と考えられる方解石のみであり、Q.I 値はそれぞれ 0.4 および 0.6 を示す。

5-6. マンガン酸化物の品位分析

5-6-1. 分析試料

分析試料は、次節で示す 36 成分の分析を対象とした 33 試料 (CM 試料) であり、そのほかブラインドチェック用の標準試料 2 試料を伴う (表 5-6-1)。

表 5-6-1 マンガン酸化物の品位分析試料一覧

通し 番号	海山	試料番号	着底時 水深 (m)	深度サンプル 枝番	地質
1	MC12	05SMC12AD15 CMO1	2,437	a1	バルク
2		05SMC12AD15 CMO2		a2	バルク
3		05SMC12AD15 CMO3		a3	バルク
4		05SMC12AD15 CMO4			層別 I
5		05SMC12AD15 CMO5			層別 II
6		05SMC12AD15 CMO6			層別 III
7		05SMC12AD15 CMO7		層別 IV	
8		05SMC12AD16 CMO1	2,004	a1	バルク
9		05SMC12AD16 CMO2		a2	バルク
10		05SMC12AD16 CMO3		a3	バルク
11		05SMC12AD16 CMO4			層別 I
12		05SMC12AD16 CMO5			層別 II
13		05SMC12AD16 CMO6			層別 III
14		05SMC12AD16 CMO7		—	塊状ゲーサイト?
15		05SMC12AD17 CMO1	1,772	a1	バルク
16		05SMC12AD19 CMO1	1,873	a2	バルク
17		05SMC12AD19 CMO2		a3	バルク
18		05SMC12AD20 CMO1	1,562	a1	バルク
19		05SMC12AD22 CMO1	1,822	a1	バルク (クラスト片)
20		05SMC12AD28 CMO1	1,858	a1	バルク
21		05SMC12AD29 CMO1	2,385	a1	バルク
22		05SMC12AD29 CMO2		a2	バルク
23		05SMC12AD29 CMO3		a3	バルク
24		05SMC12AD29 CMO4			層別 I
25		05SMC12AD29 CMO5			層別 II
26		05SMC12AD29 CMO6			層別 III
27		05SMC12AD29 CMO7			バルク
28		05SMC12AD29 CMO8		a4	層別 I
29		05SMC12AD29 CMO9			層別 II
30		05SMC12AD30 CMO1		2,370	a1
31		05SMC12AD30 CMO2	a2		スラブの上面
32		05SMC12AD30 CMO3			スラブの下面 (参考値)
33		MC13	05SMC13AD15CMO1	1,724	a1
34		標準試料JMn-1	—	—	—
35		標準試料JMn-1	—	—	—

5-6-2. 分析内容

各試料に対して、以下に示す 36 成分の品位分析を行った。

- Co、Ni、Cu、Mn、Fe、Pb、Zn、Ti、Mo、V、Si、Al、Ca、Na、K、P、Ba、Sr、LOI、
H₂O⁺、H₂O[•] (検出限界 : 0.01%)
- Pt (検出限界 : 0.01ppm)
- REE (La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu) (検出限界 :
0.01ppm)

5-6-3. 分析方法

マンガン酸化物試料に係わる分析は、前処理を含め、カナダの ALS Chemex 社で行った。Mn、Ti、Si、Al、Ca、Na、K、P、Fe の分析は誘導結合プラズマ発光分析法 (使用機器 : ALS Chemex 社所有 Varian 社製 Vista Pro ICP-AES) , Co、Ni、Cu、Pb、Zn、Mo、V、Ba、Sr、REE (La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu) は誘導結合プラズマ質量分析法によった (使用機器 : ALS Chemex 社所有 Perkin Elmer 社製 Elan9000 ICP-MS) 。Pt は NiS 坩堝を用いた乾式分析法により、定量は誘導結合プラズマ発光分析法 (使用機器 : ALS Chemex 社所有 Varian 社製 Vista Pro ICP-AES) によった。H₂O⁺ および H₂O に関しては、高周波誘導加熱赤外吸光高度計 (使用機器 : ALS Chemex 社所有 LECO 社製 RMC-100) により、LOI は強熱減量法によった。

分析前には Terashima et al.(1995)に従い、試料の乾燥後に試料を粉碎・粉末化した後、乾燥機内温度を 110℃に設定、10 時間の乾燥の後、迅速に分析を実施した。

5-6-4. 分析結果

分析結果を表 5-6-2 に示し、測定時の標準試料 (試験所作成) 分析結果を表 5-6-3 に示す。

表5-6-2 マンガン酸化物試料の品位分析結果一覧

試料番号	%														ppm														Mn/Fe								
	Co	Ni	Cu	Mn	Fe	Pb	Zn	Ti	Mo	V	Si	Al	Ca	Na	K	P	Ba	Sr	LOI	H2O+	H2O-	Pt	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu		Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
05SMC12AD15 CM01	0.12	0.13	0.11	7.04	21.80	0.04	0.06	1.45	0.01	0.05	9.82	6.36	1.84	4.06	2.22	0.44	0.16	0.10	13.35	6.81	3.09	0.18	152	281	279	112	229	6.6	28.4	4.4	26.2	5.8	16.4	2.4	15.0	2.4	0.32
05SMC12AD15 CM02	0.25	0.20	0.14	10.60	22.90	0.07	0.06	1.45	0.02	0.04	6.82	3.88	1.35	3.28	1.22	0.52	0.18	0.13	14.95	7.84	3.42	0.35	271	580	466	186	373	10.6	45.6	6.9	41.8	9.1	26.2	3.8	24.5	3.9	0.47
05SMC12AD15 CM03	0.22	0.20	0.10	11.82	23.30	0.08	0.07	1.45	0.04	0.04	5.71	2.80	1.50	2.88	0.96	0.59	0.21	0.15	14.85	6.79	1.85	0.12	303	551	576	233	459	12.8	55.4	8.7	48.8	10.6	29.6	4.3	26.0	4.0	0.50
05SMC12AD15 CM04	0.33	0.30	0.09	16.88	20.30	0.11	0.05	0.63	0.06	0.05	4.01	1.32	1.98	2.96	0.82	0.74	0.13	0.16	17.85	7.43	3.15	ns	320	614	631	256	523	14.6	63.0	9.6	54.8	12.0	33.1	4.8	29.7	4.8	0.83
05SMC12AD15 CM05	0.40	0.32	0.07	17.50	20.10	0.14	0.06	0.93	0.06	0.05	2.76	0.88	1.83	2.92	0.76	0.59	0.19	0.18	17.40	8.81	1.93	0.10	381	845	732	291	568	15.7	68.1	10.4	58.9	13.0	36.0	5.2	31.5	4.9	0.87
05SMC12AD15 CM06	0.19	0.15	0.09	11.19	25.40	0.09	0.07	2.05	0.02	0.04	5.12	1.94	1.86	2.62	0.76	0.50	0.27	0.16	14.55	7.64	2.30	0.19	340	659	692	271	552	15.0	62.4	9.8	56.1	11.8	32.8	4.6	27.6	4.3	0.44
05SMC12AD15 CM07	0.07	0.14	0.14	7.62	24.90	0.03	0.07	1.17	0.02	0.05	8.49	4.60	1.36	3.00	1.14	0.70	0.17	0.11	13.00	7.69	3.55	0.20	209	221	374	151	307	8.9	36.9	5.8	35.3	7.5	21.9	3.0	19.4	3.0	0.31
05SMC12AD16 CM01	0.24	0.19	0.06	11.81	25.00	0.10	0.07	1.68	0.03	0.05	5.03	2.12	2.22	2.64	0.82	0.78	0.23	0.16	15.05	6.79	4.26	0.12	290	661	520	208	419	11.8	50.9	7.9	47.3	10.3	28.9	4.2	25.6	4.0	0.47
05SMC12AD16 CM02	0.21	0.19	0.08	10.84	23.00	0.08	0.06	0.21	0.03	0.04	5.54	3.08	4.14	2.90	1.02	0.85	0.17	0.14	14.95	6.48	3.53	0.11	244	465	416	172	335	10.0	43.3	6.7	40.7	9.0	26.3	3.8	23.7	3.8	0.47
05SMC12AD16 CM03	0.26	0.19	0.07	11.31	23.50	0.09	0.06	1.67	0.03	0.05	6.06	3.16	2.56	3.04	1.02	0.66	0.21	0.15	15.40	7.19	3.99	0.14	263	599	480	195	389	10.8	46.9	7.4	41.7	9.6	25.6	3.9	23.0	3.7	0.48
05SMC12AD16 CM04	0.44	0.31	0.06	16.03	21.40	0.13	0.05	1.05	0.05	0.04	4.09	1.54	2.03	2.96	0.88	0.71	0.18	0.17	17.20	8.10	3.84	0.14	291	870	509	208	417	11.8	51.0	7.8	46.4	10.4	29.2	4.3	26.6	4.4	0.75
05SMC12AD16 CM05	0.20	0.14	0.07	9.84	23.90	0.09	0.07	2.42	0.02	0.05	6.64	3.08	2.00	2.68	1.08	0.50	0.22	0.15	14.10	7.24	2.98	0.13	266	582	509	204	411	11.4	49.5	7.6	44.4	9.3	26.4	3.7	23.4	3.5	0.41
05SMC12AD16 CM06	0.08	0.10	0.08	6.47	21.30	0.03	0.07	0.79	0.02	0.05	8.55	5.78	5.49	3.64	1.44	0.80	0.16	0.12	15.25	6.40	2.70	0.14	190	220	314	129	273	8.1	34.2	5.4	34.4	7.8	23.2	3.3	20.9	3.4	0.30
05SMC12AD16 CM07	0.00	0.01	0.07	0.11	50.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.01	2.77	0.66	0.16	0.20	0.30	0.46	0.00	0.01	11.80	11.10	1.16	0.01	6	9	1.1	4	0.9	0.3	1.1	0.2	1.1	0.3	0.8	0.1	0.9	0.2	0.00
05SMC12AD17 CM01	0.69	0.31	0.08	15.88	22.50	0.13	0.04	1.36	0.03	0.05	3.16	1.80	3.00	3.62	1.00	0.59	0.18	0.15	16.65	6.86	4.31	1.02	289	1135	448	181	359	10.1	44.0	6.7	40.5	9.2	26.9	3.9	25.0	4.1	0.71
05SMC12AD19 CM01	0.31	0.24	0.08	12.86	26.90	0.11	0.06	1.35	0.03	0.04	4.91	1.90	1.60	2.66	0.84	0.58	0.21	0.15	15.15	7.97	2.64	0.19	276	709	485	200	397	11.2	48.8	7.6	45.1	9.9	28.1	4.0	25.2	4.0	0.48
05SMC12AD19 CM02	0.29	0.24	0.08	12.97	24.00	0.13	0.07	1.36	0.03	0.04	5.71	2.22	1.56	2.78	0.88	0.55	0.23	0.16	14.65	6.55	4.27	0.16	257	846	445	179	369	10.4	43.1	6.6	40.4	8.4	25.1	3.5	22.8	3.5	0.54
05SMC12AD20 CM01	ns	ns	ns	19.52	ns	0.15	0.05	ns	0.06	0.06	2.17	ns	ns	ns	ns	ns	0.11	0.17	18.20	6.29	8.57	0.19	322	741	594	244	480	13.2	58.0	9.0	51.8	11.8	33.4	4.9	30.3	4.9	-
05SMC12AD22 CM01	0.76	0.32	0.11	17.35	21.70	0.14	0.05	1.35	0.04	0.04	2.71	1.32	2.08	3.62	0.94	0.57	0.20	0.17	17.90	8.73	3.85	1.28	320	1295	520	207	413	11.2	48.7	7.3	43.7	9.9	29.2	4.2	27.0	4.3	0.80
05SMC12AD28 CM01	0.22	0.18	0.11	10.57	24.10	0.12	0.07	2.05	0.02	0.05	7.15	3.12	1.53	2.84	1.02	0.47	0.22	0.14	13.00	6.75	2.99	ns	192	712	354	140	293	8.4	34.7	5.3	31.6	6.6	18.9	2.7	17.2	2.7	0.44
05SMC12AD29 CM01	0.34	0.29	0.10	14.37	21.70	0.13	0.06	1.32	0.04	0.05	4.72	1.86	1.87	2.88	0.90	0.57	0.19	0.16	15.50	6.58	4.67	0.12	304	721	587	234	450	12.6	54.4	8.4	49.7	10.4	29.9	4.2	26.8	4.2	0.66
05SMC12AD29 CM02	0.34	0.30	0.11	16.03	21.60	0.13	0.06	1.20	0.05	0.04	4.49	1.66	1.87	2.90	0.86	0.61	0.20	0.17	16.35	6.87	6.12	0.13	306	752	590	233	467	13.0	54.2	8.4	49.2	10.0	29.5	4.1	26.1	4.0	0.74
05SMC12AD29 CM03	0.28	0.25	0.12	12.74	23.60	0.09	0.06	1.33	0.04	0.04	5.14	2.70	1.66	3.24	0.96	0.62	0.20	0.16	15.45	4.88	4.66	0.32	327	611	583	236	474	13.4	58.6	9.1	51.5	11.5	32.2	4.7	28.8	4.7	0.54
05SMC12AD29 CM04	0.33	0.31	0.09	16.34	21.10	0.12	0.05	0.75	0.05	0.05	4.00	1.42	1.98	2.84	0.82	0.73	0.15	0.17	16.60	4.07	1.51	ns	324	662	622	255	524	14.5	61.5	9.6	55.1	12.0	33.8	4.9	30.2	4.8	0.77
05SMC12AD29 CM05	0.46	0.35	0.10	17.12	20.70	0.13	0.06	1.04	0.06	0.04	3.26	1.24	1.94	3.12	0.86	0.66	0.17	0.17	17.15	6.77	5.23	0.15	332	784	587	235	478	13.4	56.5	8.8	52.5	11.4	33.3	4.7	30.5	4.8	0.83
05SMC12AD29 CM06	0.14	0.16	0.12	9.87	26.30	0.06	0.07	1.56	0.02	0.03	6.13	3.30	1.94	3.08	1.00	0.56	0.21	0.14	14.20	7.60	3.73	0.28	315	431	571	229	448	13.0	56.3	8.6	51.5	11.2	32.4	4.5	28.1	4.4	0.36
05SMC12AD29 CM07	0.39	0.25	0.15	12.90	23.10	0.10	0.05	1.52	0.03	0.04	4.82	2.98	2.14	3.26	1.18	0.50	0.19	0.15	16.55	6.99	5.09	0.56	303	789	514	204	416	11.6	49.1	7.5	45.2	9.7	28.3	4.1	25.9	4.3	0.56
05SMC12AD29 CM08	0.51	0.30	0.13	16.34	20.80	0.12	0.05	1.38	0.03	0.04	3.57	1.88	2.45	3.20	0.98	0.54	0.18	0.16	18.00	7.30	3.28	0.61	345	981	601	241	472	13.2	56.7	8.5	51.3	11.0	32.4	4.6	29.6	4.8	0.79
05SMC12AD29 CM09	0.21	0.16	0.16	10.03	25.10	0.07	0.06	1.52	0.02	0.04	6.29	3.62	1.72	3.12	1.16	0.47	0.20	0.13	14.70	7.26	2.28	0.55	292	519	508	204	397	11.0	49.0	7.4	42.9	9.3	26.6	3.8	24.1	3.9	0.40
05SMC12AD30 CM01	0.32	0.21	0.11	15.88	20.50	0.13	0.06	1.12	0.04	0.04	4.86	1.86	1.80	2.82	0.88	0.56	0.18	0.16	16.05	6.99	3.07	0.14	299	705	550	217	442	12.3	52.2	8.0	47.7	10.2	29.5	4.3	27.3	4.4	0.77
05SMC12AD30 CM02	0.33	0.47	0.13	14.87	21.80	0.11	0.08	1.25	0.04	0.04	4.68	2.26	1.66	2.76	1.22	0.54	0.26	0.14	15.85	6.93	2.85	0.21	242	607	465	186	380	10.6	45.5	7.0	40.0	8.6	24.1	3.5	22.0	3.5	0.68
05SMC12AD30 CM03	0.40	0.34	0.09	16.27	21.10	0.13	0.06	1.04	0.06	0.05	3.58	1.60	1.94	3.12	0.96	0.67	0.18	0.17	17.15	7.08	3.56	0.11	325	733	579	238	450	12.9	58.4	9.0	51.5	12.0	33.6	5.0	30.4	4.9	0.77
05SMC13AD15 CM01	0.29	0.29	0.11	14.52	21.40	0.13	0.06	1.00	0.04	0.04	5.07	2.24	1.90	2.84	0.92	0.65	0.17	0.16	15.95	6.28	3.71	0.19	253	638	478	192	384	10.7	46.3	7.0	39.8	8.4	24.1	3.4	21.4	3.5	0.68
05SMC13AD15 CM01	0.15	>10000	1.06	21.14	8.48	0.04	0.09	0.46	0.03	0.04	5.92	3.34	1.56	3.84	1.28	0.41	0.16	0.08	16.20	6.73	3.54	<0.005	134	290	33.6	134	298	7.9	30.9	5.0	26.7	5.7	16.0	2.2	14.6	2.2	2.49
05SMC13AD15 CM01	0.15	>10000	1.06	20.39	8.47	0.04	0.09	0.46	0.03	0.04	5.92	3.36	1.57	3.86	1.30	0.41	0.16																				

表 5-6-3 標準試料測定結果一覽

標準試料		Co	Ni	Cu	Mn	Fe	Ti	SiO ₂	Al	Ca	K	Na	P
		ppm				%							
GEOMS-03 (測定値)	CM分析時	11	51	130	—	4.07	0.04	—	1.86	0.34	0.34	0.01	1020
GEOMS-03 (信賴値*)	Lower Bound	10	48	121	—	3.48	0.03	—	1.63	0.30	0.29	<0.01	880
	Upper Bound	13	59	148	—	4.28	0.04	—	2.01	0.38	0.37	0.03	1100
SY-4 (測定値)	CM分析時	—	—	—	0.12	—	—	50.20	—	—	—	—	—
SY-4 (信賴値*)	Lower Bound	—	—	—	0.09	—	—	47.40	—	—	—	—	—
	Upper Bound	—	—	—	0.12	—	—	52.40	—	—	—	—	—

標準試料		Pb	Zn	Mo	V	Ba	Sr
		ppm					
SY-4 (測定値)	CM分析時	15	92	3	11	320	1110
SY-4 (推奨値*)	Lower Bound	<5	79	<2	<5	306	1070
	Upper Bound	16	107	4	10	375	1310

標準試料		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		ppm													
SY-4 (測定値)	CM分析時	60.6	124.0	14.9	54.3	12.0	2.1	13.8	2.6	18.2	4.4	14.2	2.2	14.4	2.1
SY-4 (信賴値*)	Lower Bound	51.7	109.5	13.4	50.8	11.3	1.7	12.5	2.2	16.3	3.8	12.7	2.0	13.2	1.8
	Upper Bound	64.3	134.5	16.6	63.2	14.1	2.3	15.5	3.0	20.1	4.8	15.7	2.6	16.4	2.4

標準試料		Pt
		ppm
PGMS-6 (測定値)	CM分析時	0.118
PGMS-6 (推奨値*)	Lower Bound	0.107
	Upper Bound	0.133

標準試料		H2O+	H2O-	LOI
		%		
G-2000 (測定値)	CM分析時	3.11	0.80	4.64
G-2000 (推奨値*)	Lower Bound	2.89	0.70	4.08
	Upper Bound	3.35	0.82	5.00

*: ALS Chemex LTD.

マンガン酸化物試料の分析の結果、Mn は 6.47～19.52%の範囲であり、5 試料 (05SMC12AD15 CM01、05SMC12AD15 CM07、05SMC12AD16 CM05、05SMC12AD16 CM06、05SMC12AD29 CM06)で 10%以下を示した。一方、Co は 0.08～0.51%の範囲に収まり、0.4%以上の含有量を示したのは試料 05SMC12AD15 CM07、05SMC12AD16 CM04、05SMC12AD29 CM05、05SMC12AD29 CM08、05SMC12AD30 CM03 の 5 試料のみであった。また、1ppm 以上の Pt 含有量を示す試料は 05SMC12AD17 CM01 (1.02ppm) のみであり、その他の試料で 0.10～0.61%と総じて低い値であった。H₂O⁺ は 4.88～8.81%と 10%以上を示す試料は認められなかった。H₂O⁻ では、試料 05SMC12AD20 CM01 (8.57%) を除く試料で、1.51～5.09%と 5%以下の範囲を示した。さらに、Ca は全ての試料で 1.34～5.49%と低い値を示した。

塊状の針鉄鉱からなる試料 05SMC12AD16CM07 では、Fe : 50.00%であり、LOI、H₂O⁺ および H₂O⁻を除いた他の元素では<3%であった。

ブラインドチェックとした標準試料 JMn-1 の分析値は、地質調査所による公表値と比較すると、その誤差において%表示をした REE 以外の元素で 1%程度に収まり、REE に関しては ppm オーダーで数%内に収まっている。また、試験所におけるチェック試料の分析値は、ほぼ信頼範囲内に収まる。そのため今回の分析における信頼性については問題ないと判断される。

5-6-5. 考察

(1) バルク試料の品位

MC12 及び MC13 海域の今年度と過年度のバルク試料の品位分析結果を表 5-6-4～表 5-6-5 にまとめ、各海域における平均層厚・品位を求めるための基礎資料とした。

有用な金属元素(Co、Ni、Pt)の品位について作成したヒストグラムより、MC12、MC13 両海域の品位に有意な差は認められず、ほとんどの試料について、Co・Ni 共に 0.4%、Pt は 0.3ppm 以下の範囲の値を示す(図 5-6-1)。これは、コバルト・リッチ・クラストの代表的な海域として知られるハワイ、マーシャル諸島海域等の品位と比較して高い値とはいえない(臼井, 1996、Hein et al., 2000 等)。

なお、MC13 海域ではこの範囲から大きく外れる品位を示さないが、MC12 海域では、Co>0.5%、Pt>0.5ppm と上記の一般的傾向から外れて比較的高い品位を示す試料が散見される(98SMC12AD05 CM01、98SMC12AD08 CM01、98SMC12AD09 CM01、05SMC12 AD17 CM01、05SMC12 AD22 CM01、05SMC12AD29 CM07 の 6 試料)。これらの試料は、Co と Pt の両方ともに高品位を示す。

これらのクラストの採取水深や肉眼記載に着目すると、2 種類の産状が認められる。採取水深 1,200m 付近の 2 試料はサンゴ石灰岩に付着し、緻密な産状を示す。そのクラスト層厚は 2～3cm である。残りの 4 試料については、充填物の無い空隙質の柱状構造を示す特徴が共通して認められる。採取水深は 3 試料までが水深 1,800m 付近に集中し、もう 1 試料は水深 2,400m 付近とやや深い。特に Pt が 1ppm を超え際立って品位の高い 2 試料は、いずれも水深 1,800m 付近で採取されている。そのクラスト層厚は、クラスト片も混じるため正確には不明であるが、5～10cm 程度は見込めると思われる。なお、肉眼記載による産状と品位の関係は、Co、Pt がマンガン酸化物(Vernadite)への表面吸着により取り込まれていることを示唆するかもしれない。

次に、マンガン酸化物試料の起源を考察するため、 $(Cu+Ni) \times 10 \cdot Fe \cdot Mn$ 図 (図 5-6-2) とコンドライトにより規格化した REE パターン図を作成した (図 5-6-3)。規格化に使用した Sun et al.(1979)による MORB 及び Wakita et al.(1971)によるコンドライトの分析値を表 5-6-6 に示す。

図 5-6-2 より、Usui and Someya (1997)に示される海水起源マンガン鉱床とほぼ同様の領域にプロットされるが、全体にやや Fe に富む特徴を示している。また図 5-6-3 及び図 5-6-4 より、規格化図のプロファイルは一部で海水起源のクラストに特徴的な Ce の正の異常が認められる。研磨薄片観察及び X 線回折試験で、Mn 酸化鉱物として全て Vernadite と同定されたことと考え合わせると、本調査海域のクラストは海水起源と考えられる。

表5-6-4 マンガンクワースト採取水深、層厚、バルク品位一覧(主要元素、過年度データ含む)

Sampling No.	Code	Crust Type	Substrate	Condition of Surface	Analyzed Part	Water depth (cm)	Thickness (cm)	Co (%)	Ni (%)	Cu (%)	Mn (%)	Fe (%)	Mg/Fe	Pb (%)	Zn (%)	Ti (%)	Mo (%)	V (%)	Si (%)	Al (%)	Ca (%)	Na (%)	K (%)	P (%)	Ba (%)	Sr (%)	LOI (%)	H ₂ O+ (%)	H ₂ O (%)	
MCI2-area																														
98SMC12AD03 CM01	A	cobble	limestone	botryoidal	bulk	1,903	10	0.27	0.29	<0.001	16.38	18.60	0.89	0.09	0.06	1.23	0.042	0.055	3.75	1.14	3.57		0.72							
98SMC12AD05 CM01	A	cobble	limestone	botryoidal	f	1,218	3	0.38	0.34	<0.001	20.26	17.72	1.14	0.15	0.07	1.16	0.053	0.066	1.85	0.59	8.89		2.65							
98SMC12AD06 CM03	B	crust	hyaloclastite	botryoidal	bulk	2,474	14	0.17	0.15	<0.001	14.26	26.54	0.54	0.08	0.10	2.05	0.030	0.073	7.19	2.10	1.76		0.35							
98SMC12AD07 CM01	A	fragment	-	smooth	bulk	2,159	6+	0.27	0.21	<0.001	16.20	22.95	0.71	0.10	0.11	2.12	0.024	0.069	5.60	1.50	2.09		0.28							
98SMC12AD08 CM01	A	crust	tuff	botryoidal	bulk	1,736	5	0.94	0.35	0.02	21.18	21.88	0.97	0.12	0.09	1.44	0.049	0.072	3.63	1.33	2.13		0.28							
98SMC12AD09 CM01	A	cobble	reef limestone	smooth	bulk	1,106	2	0.32	0.34	<0.001	23.70	16.57	1.43	0.16	0.07	1.06	0.056	0.076	1.67	0.52	4.89		0.89							
98SMC12AD13 CM01	A	crust	limestone	botryoidal	bulk	2,309	0.3	0.36	0.32	0.01	20.40	19.00	1.07	0.05	0.05	0.74	0.038	0.055	4.97	1.05	3.80		0.65							
98SMC12AD14 CM04	C	crust	basalt	botryoidal	bulk	2,289	4.5	0.40	0.29	<0.001	19.49	17.95	1.09	0.11	0.06	1.38	0.040	0.050	4.46	1.18	2.21		0.28							
98SMC12AD15 CM01	a1	crust	volcaniclastic rock	coke-like	bulk	2,437	7	0.12	0.13	0.11	7.04	21.80	0.32	0.04	0.06	1.45	0.01	0.05	9.82	6.36	1.84	4.06	2.22	0.44	0.16	0.10	13.35	6.81	3.09	
98SMC12AD15 CM02	a2	crust	volcaniclastic rock?	botryoidal, coke-like	bulk	2,437	8	0.25	0.20	0.14	10.80	22.90	0.47	0.07	0.06	1.45	0.02	0.04	6.62	3.88	1.35	3.28	1.22	0.52	0.18	0.13	14.95	7.34	3.42	
98SMC12AD15 CM03	a3	crust	-	botryoidal, coke-like	bulk	2,437	14+	0.22	0.20	0.10	11.62	23.30	0.50	0.08	0.07	1.45	0.04	0.04	5.71	2.80	1.50	2.88	0.96	0.21	0.15	14.85	6.79	1.65		
98SMC12AD16 CM01	a1	crust	calcareous conglomerate	botryoidal	bulk	2,004	8	0.24	0.19	0.06	11.81	25.00	0.47	0.10	0.07	1.68	0.03	0.05	5.03	2.12	2.22	2.64	0.82	0.78	0.23	0.16	15.05	6.79	4.26	
98SMC12AD16 CM02	a2	crust	-	botryoidal	bulk	2,004	11+	0.21	0.19	0.08	10.84	23.00	0.47	0.08	0.06	0.21	0.03	0.04	5.54	3.08	4.14	2.90	1.02	0.85	0.17	0.14	14.65	6.48	3.53	
98SMC12AD16 CM03	a3	crust	-	botryoidal	bulk	2,004	11+	0.26	0.19	0.07	11.31	23.50	0.48	0.09	0.06	1.67	0.03	0.05	6.06	3.16	2.56	3.04	1.02	0.66	0.21	0.15	15.40	7.19	3.99	
98SMC12AD17 CM01	a1	fragment	-	coke-like	bulk	1,772	4+	0.69	0.31	0.08	15.88	22.50	0.71	0.13	0.04	1.36	0.03	0.05	3.16	1.80	3.00	3.52	1.00	0.59	0.18	0.15	18.65	6.86	4.31	
98SMC12AD19 CM01	a2	fragment	-	botryoidal	bulk	1,873	7+	0.31	0.24	0.08	12.86	26.90	0.48	0.11	0.06	1.35	0.03	0.04	4.91	1.90	1.60	2.66	0.84	0.58	0.21	0.15	15.15	7.97	2.54	
98SMC12AD19 CM02	a3	crust	siltstone	botryoidal	bulk	1,873	3	0.29	0.24	0.08	12.97	24.00	0.54	0.13	0.07	1.36	0.03	0.04	5.71	2.22	1.56	2.78	0.88	0.55	0.23	0.16	14.65	6.55	4.27	
98SMC12AD20 CM01	a1	crust	calcareous conglomerate	botryoidal	bulk	1,562	0.5	nss	nss	nss	19.52	nss	-	0.15	0.05	nss	nss	0.06	0.06	2.17	nss	nss	nss	nss	0.11	0.17	18.20	6.29	8.57	
98SMC12AD22 CM01	a1	fragment	-	coke-like	bulk	1,822	3.5+	0.76	0.32	0.11	17.35	21.70	0.80	0.14	0.05	1.35	0.04	0.04	2.71	1.32	2.08	3.62	0.94	0.57	0.20	0.17	17.90	8.73	3.85	
98SMC12AD28 CM01	a1	crust	calcareous conglomerate	botryoidal	bulk	1,858	1	0.22	0.18	0.11	10.57	24.10	0.44	0.12	0.07	2.05	0.02	0.05	7.15	3.12	1.53	2.84	1.02	0.47	0.22	0.14	13.00	6.75	2.99	
98SMC12AD29 CM01	a1	crust	calcareous conglomerate	botryoidal, granule	bulk	2,385	5	0.34	0.29	0.10	14.37	21.70	0.66	0.13	0.06	1.32	0.04	0.05	4.72	1.86	1.87	2.88	0.90	0.57	0.19	0.16	15.90	6.58	4.67	
98SMC12AD29 CM02	a2	crust	calcareous conglomerate	botryoidal	bulk	2,385	5	0.34	0.30	0.11	16.03	21.60	0.74	0.13	0.06	1.20	0.05	0.04	4.49	1.66	1.87	2.90	0.86	0.61	0.20	0.17	16.35	6.87	6.12	
98SMC12AD29 CM03	a3	cobble	calcareous sandstone	coke-like	bulk	2,385	14+	0.28	0.25	0.12	12.74	23.60	0.54	0.09	0.06	1.33	0.04	0.04	5.14	2.70	1.66	3.24	0.96	0.62	0.20	0.15	15.45	4.88	4.56	
98SMC12AD29 CM07	a4	crust	-	coke-like	bulk	2,385	10+	0.39	0.25	0.15	12.90	23.10	0.56	0.10	0.05	1.52	0.03	0.04	4.82	2.98	2.14	3.26	1.18	0.50	0.19	0.15	16.55	6.99	5.09	
98SMC12AD30 CM01	a1	crust	siltstone	botryoidal	bulk	2,370	3	0.32	0.31	0.11	15.88	20.50	0.77	0.13	0.06	1.12	0.04	0.04	4.86	1.86	1.80	2.82	0.88	0.56	0.18	0.16	16.05	6.99	3.07	
98SMC12AD30 CM02	a2	cobble	siltstone	granule	bulk (upper surface)	2,370	1	0.33	0.47	0.13	14.87	21.80	0.68	0.11	0.08	1.25	0.04	0.04	4.68	2.26	1.66	2.76	1.22	0.54	0.26	0.14	15.85	6.93	2.85	
MCI3-area																														
98SMC13AD02 CM02	B	crust	mudstone	botryoidal	bulk	2,299	1.5	0.25	0.24	0.08	14.82	20.96	0.71	0.09	0.10	1.58	0.022	0.049	9.11	2.80	2.69		0.45							
98SMC13AD03 CM01	A	cobble	phosphonite	botryoidal	bulk	1,750	9	0.29	0.24	<0.001	16.46	21.27	0.77	0.09	0.08	1.59	0.024	0.052	6.24	1.79	2.99		0.27							
98SMC13AD05 CM01	C	fragment	-	granule	bulk	2,798	1.5+	0.05	0.06	<0.001	6.80	11.62	0.59	0.02	0.03	0.94	0.006	0.031	19.63	6.63	6.91		0.18							
98SMC13AD06 CM09	C	cobble	limestone	granule	bulk	2,347	5	0.39	0.29	0.03	18.24	23.10	0.79	0.12	0.08	1.40	0.041	0.064	5.39	1.45	2.01		0.35							
98SMC13AD06 CM17	E	crust	conglomerate	granule	bulk	2,347	5	0.49	0.36	0.03	21.23	19.22	1.10	0.14	0.07	0.96	0.052	0.069	3.99	0.81	2.38		0.26							
98SMC13AD07 CM01	A	cobble	limestone	botryoidal	bulk	2,043	3.5	0.33	0.28	<0.001	16.67	18.82	0.89	0.11	0.09	1.42	0.031	0.051	5.88	1.63	2.07		0.24							
98SMC13AD08 CM02	F	cobble	conglomerate	granule	bulk	2,499	1	0.32	0.43	0.05	22.00	20.48	1.07	0.13	0.08	0.96	0.047	0.061	4.70	1.15	2.54		0.36							
98SMC13AD12 CM15	M	cobble	-	granule	bulk	1,975	10+	0.33	0.29	0.01	16.60	24.54	0.68	0.10	0.09	1.68	0.030	0.059	6.88	1.99	1.99		0.34							
98SMC13AD13 CM01	A	crust	basalt	granule	bulk	2,458	0.15	0.45	0.37	<0.001	20.37	21.31	0.96	0.13	0.06	1.15	0.027	0.056	4.83	1.04	3.31		0.30							
98SMC13AD15 CM01	a1	crust	siltstone	botryoidal	bulk	1,724	1	0.29	0.29	0.11	14.52	21.40	0.68	0.13	0.06	1.00	0.04	0.04	5.07	2.24	1.90	2.84	0.92	0.65	0.17	0.16	15.95	6.28	3.71	

表5-6-5 マンガンクワラスト採取水深、層厚、バルク品位一覧(Pt及びBREE)

Sampling No.	Code	Crust Type	Substrate	Condition of Surface	Analyzed Part	Water depth (m)	Thickness (cm)	Pt (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Gd (ppm)	Tb (ppm)	Dy (ppm)	Ho (ppm)	Er (ppm)	Tm (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)
MCI2-area																						
98SMCI2AD03 CM01	A	cobble	limestone	botryoidal	bulk	1,903	10	0.21	259	462	44.5	194	37	9.59	36	6.5	38	7.5	22	3.24	19	2.88
98SMCI2AD05 CM01	A	cobble	limestone	botryoidal	bulk	1,218	3	0.41	309	758	49.2	219	43	10.60	37	7.5	45	9.1	27	4.05	23	3.77
98SMCI2AD06 CM03	B	fragment	hydroclastic	botryoidal	bulk	2,474	14	0.18	310	548	53.6	237	48	12.20	45	8.3	50	9.7	29	4.25	25	3.82
98SMCI2AD07 CM01	A	fragment	-	smooth	bulk	2,159	64	0.32	350	623	61.3	271	55	14.00	52	9.6	57	11.0	33	4.87	28	4.47
98SMCI2AD08 CM01	A	crust	ruff	botryoidal	bulk	1,736	5	0.67	318	708	47.5	210	41	10.30	35	7.0	41	8.1	25	3.70	22	3.63
98SMCI2AD09 CM01	A	cobble	reef limestone	smooth	bulk	1,106	2	0.30	318	905	51.0	225	45	10.90	37	7.6	43	8.5	26	3.90	22	3.55
98SMCI2AD13 CM01	A	crust	limestone	botryoidal	bulk	2,209	0.3	0.16	302	621	54.4	245	51	12.80	47	8.5	50	9.8	29	4.22	26	4.06
98SMCI2AD14 CM01	A	crust	basalt	botryoidal	bulk	2,289	4.5	0.20	283	707	49.2	231	51	12.70	45	8.6	49	10.0	30	4.90	29	4.66
98SMCI2AD15 CM04	C	crust	volcaniclastic rock	botryoidal	bulk	2,289	6.5	0.30	276	494	46.0	207	42	10.80	40	7.4	45	8.8	26	3.90	23	3.62
05SMCI2AD15 CM02	a1	crust	volcaniclastic rock?	coke-like	bulk	2,437	7	0.18	152.0	281.0	27.9	112.0	22.9	6.6	28.4	4.4	26.2	5.8	16.4	2.4	15.00	2.40
05SMCI2AD16 CM01	a2	crust	volcaniclastic rock?	botryoidal, coke-like	bulk	2,437	8	0.35	271.0	530.0	46.6	186.0	37.3	10.6	45.6	6.9	41.8	9.1	26.2	3.8	24.50	3.90
05SMCI2AD15 CM03	a3	crust	-	botryoidal, coke-like	bulk	2,437	14+	0.12	305.0	551.0	57.6	233.0	45.9	12.8	55.4	8.7	48.8	10.6	29.6	4.3	26.00	4.00
05SMCI2AD16 CM02	a1	crust	calcareous conglomerate	botryoidal	bulk	2,004	8	0.12	290.0	661.0	52.0	208.0	41.9	11.8	50.9	7.9	47.3	10.3	28.9	4.2	25.60	4.00
05SMCI2AD16 CM03	a2	crust	-	botryoidal	bulk	2,004	11+	0.11	244.0	465.0	41.6	171.5	33.5	10	43.3	6.7	40.7	9	26.3	3.8	23.70	3.80
05SMCI2AD17 CM01	a1	fragment	-	botryoidal	bulk	2,004	11+	0.14	265.0	599.0	48.0	194.5	38.9	10.8	46.9	7.4	41.7	9.6	25.6	3.9	23.00	3.70
05SMCI2AD19 CM01	a2	fragment	-	coke-like	bulk	1,873	4+	1.02	289.0	1135.0	44.8	180.5	35.9	10.1	44	6.7	40.5	9.2	26.9	3.9	25.00	4.10
05SMCI2AD19 CM02	a3	crust	sandstone	botryoidal	bulk	1,873	3	0.16	257.0	846.0	44.5	179.0	36.9	10.4	43.1	6.6	40.4	8.4	25.1	3.5	22.80	3.50
05SMCI2AD20 CM01	a1	crust	calcareous conglomerate	botryoidal	bulk	1,562	0.5	0.19	322.0	741.0	59.4	244.0	48.0	13.2	58	9	51.8	11.8	33.4	4.9	30.30	4.90
05SMCI2AD22 CM01	a1	fragment	-	coke-like	bulk	1,822	3.5+	1.28	320.0	1295.0	52.0	207.0	41.3	11.2	48.7	7.3	43.7	9.9	29.2	4.2	27.00	4.30
05SMCI2AD28 CM01	a1	crust	calcareous conglomerate	botryoidal	bulk	1,858	1	1.88	192.0	712.0	35.4	139.5	29.3	8.4	34.7	5.3	31.6	6.6	18.9	2.7	17.20	2.70
05SMCI2AD29 CM01	a1	crust	calcareous conglomerate	botryoidal, granule	bulk	2,385	5	0.12	304.0	721.0	58.7	234.0	45.0	12.6	54.4	8.4	49.7	10.4	29.9	4.2	26.80	4.20
05SMCI2AD29 CM02	a2	crust	calcareous conglomerate	botryoidal	bulk	2,385	3.5	0.13	306.0	752.0	59.0	235.0	46.7	13	54.2	8.4	49.2	10	29.5	4.1	26.10	4.00
05SMCI2AD29 CM03	a3	cobble	calcareous sandstone	coke-like	bulk	2,385	14+	0.32	327.0	611.0	58.3	236.0	47.4	13.4	58.6	9.1	51.5	11.5	32.2	4.7	28.80	4.70
05SMCI2AD29 CM07	a4	cobble	-	coke-like	bulk	2,385	10+	0.56	303.0	789.0	51.4	204.0	41.6	11.6	49.1	7.5	45.2	9.7	28.3	4.1	25.90	4.30
05SMCI2AD30 CM01	a1	crust	siltstone	botryoidal	bulk	2,370	3	0.14	299.0	705.0	55.0	217.0	44.2	12.3	52.2	8	47.7	10.2	29.5	4.3	27.90	4.40
05SMCI2AD30 CM02	a2	cobble	siltstone	granule	bulk (upper surface)	2,370	1	0.21	242.0	607.0	46.5	186.0	38.0	10.6	45.5	7	40	8.6	24.1	3.5	22.00	3.50
MCI3-area																						
98SMCI3AD02 CM02	B	crust	mudstone	botryoidal	bulk	2,299	1.5	0.15	223	505	39.1	173	36	8.91	32	6.2	37	7.1	21	3.25	19	3.14
98SMCI3AD03 CM01	A	cobble	phosphonite	botryoidal	bulk	1,750	9	0.21	232	465	40.3	178	36	9.22	34	6.2	37	7.3	22	3.30	19	3.15
98SMCI3AD05 CM01	C	fragment	-	granule	bulk	2,298	1.5+	0.03	51	109	10.3	48	11	3.03	10	1.9	11	2.1	6	0.94	5.6	0.88
98SMCI3AD06 CM09	C	cobble	limestone	granule	bulk	2,247	5	0.21	302	629	52.3	231	47	11.90	43	8.1	49	9.9	29	4.40	26	4.12
98SMCI3AD06 CM17	E	crust	conglomerate	granule	bulk	2,247	5	0.08	315	627	53.1	241	49	12.30	46	8.8	54	11.0	32	4.92	29	4.60
98SMCI3AD07 CM01	A	cobble	limestone	botryoidal	bulk	2,043	3.5	0.14	237	517	40.7	181	37	9.33	34	6.5	38	7.6	23	3.49	21	3.32
98SMCI3AD08 CM02	F	cobble	conglomerate	granule	bulk	2,092	1	0.16	292	609	61.2	261	53	13.80	53	9.0	54	11.0	32	4.75	30	4.61
98SMCI3AD12 CM15	M	cobble	-	granule	bulk	1,975	10+	0.26	290	599	51.3	221	44	11.20	43	7.5	46	9.7	28	4.18	25	3.98
98SMCI3AD13 CM01	A	crust	basalt	granule	bulk	2,638	0.15	0.16	373	1042	76.7	335	69	17.20	59	11.0	62	12.0	35	5.04	30	4.62
05SMCI3AD15 CM01	a1	crust	siltstone	botryoidal	bulk	1,724	1	0.19	253.0	638.0	47.8	191.5	38.4	10.7	45.3	7	39.8	8.4	24.1	3.4	21.40	3.50

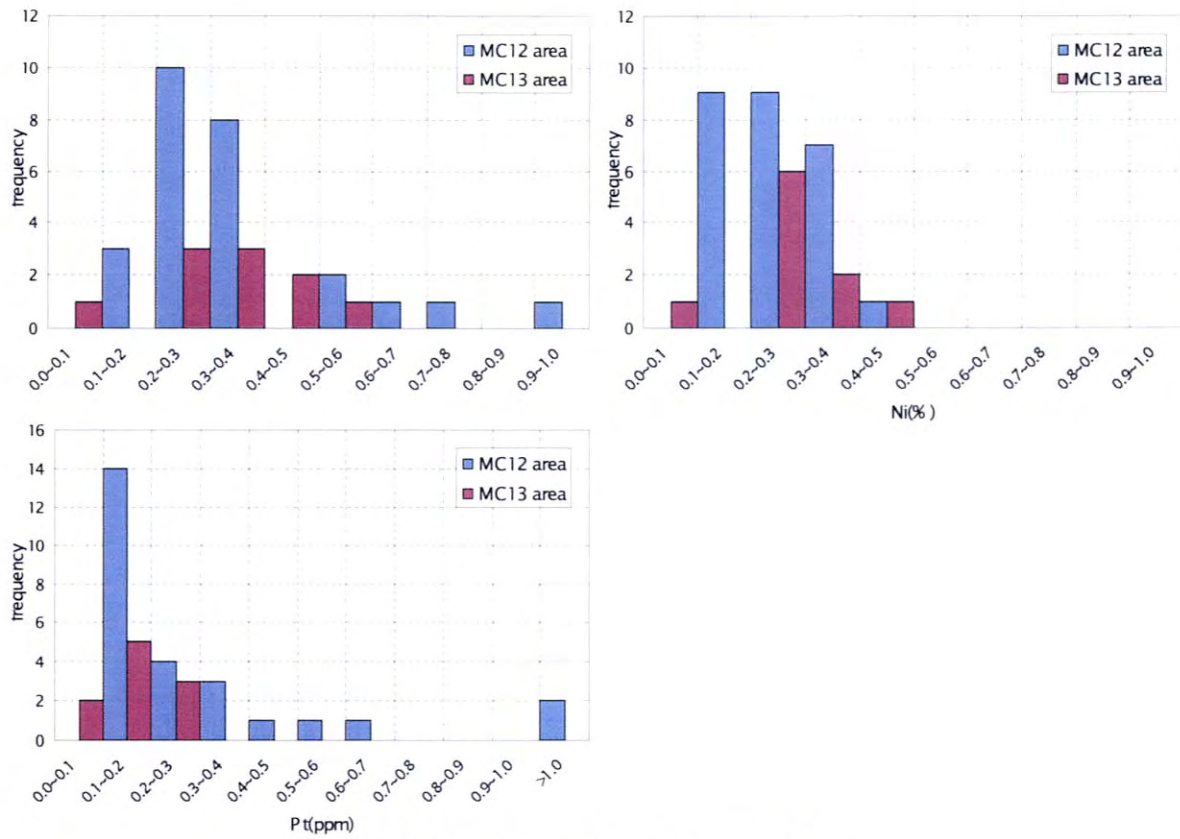


図 5-6-1 主要元素品位のヒストグラム

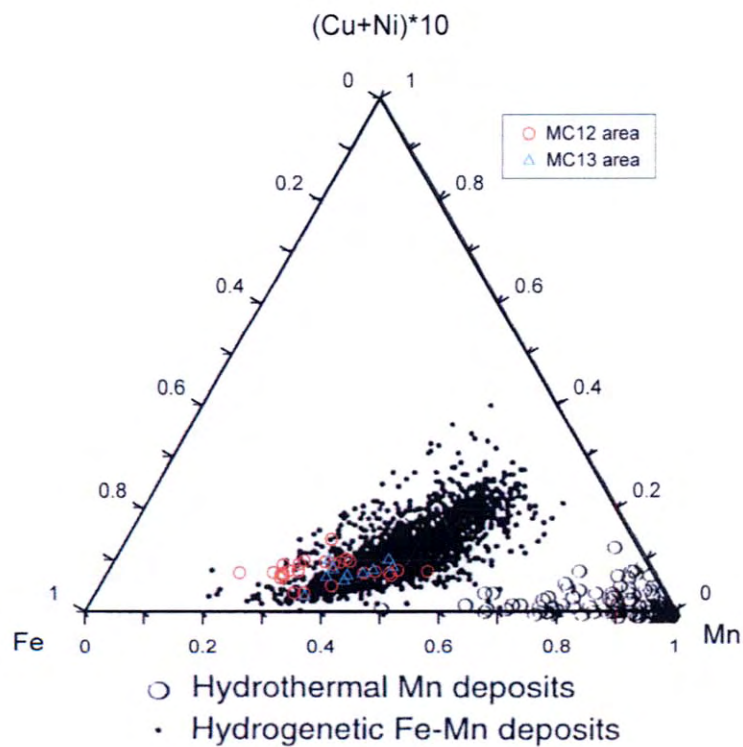


図 5-6-2 (Cu+Ni)×10-Fe-Mn 図

(Usui and Someya, 1997 に調査海域の分析値をプロット)

表 5-6-6 規格化に使用した MORB 及びコンドライト分析値一覧

	MORB after Sun et al., 1979 (ppm)		Chondrite after Wakita et al., 1971 (ppm)
Sr	114	La	0.34
K	580	Ce	0.91
Rb	1	Pr	0.121
Ba	8	Nd	0.64
Nb	1	Sm	0.195
P	300	Eu	0.073
Zr	50	Gd	0.26
Ti	5215	Tb	0.047
Y	25	Dy	0.3
		Ho	0.08
		Er	0.2
		Tm	0.032
		Yb	0.22
		Lu	0.034

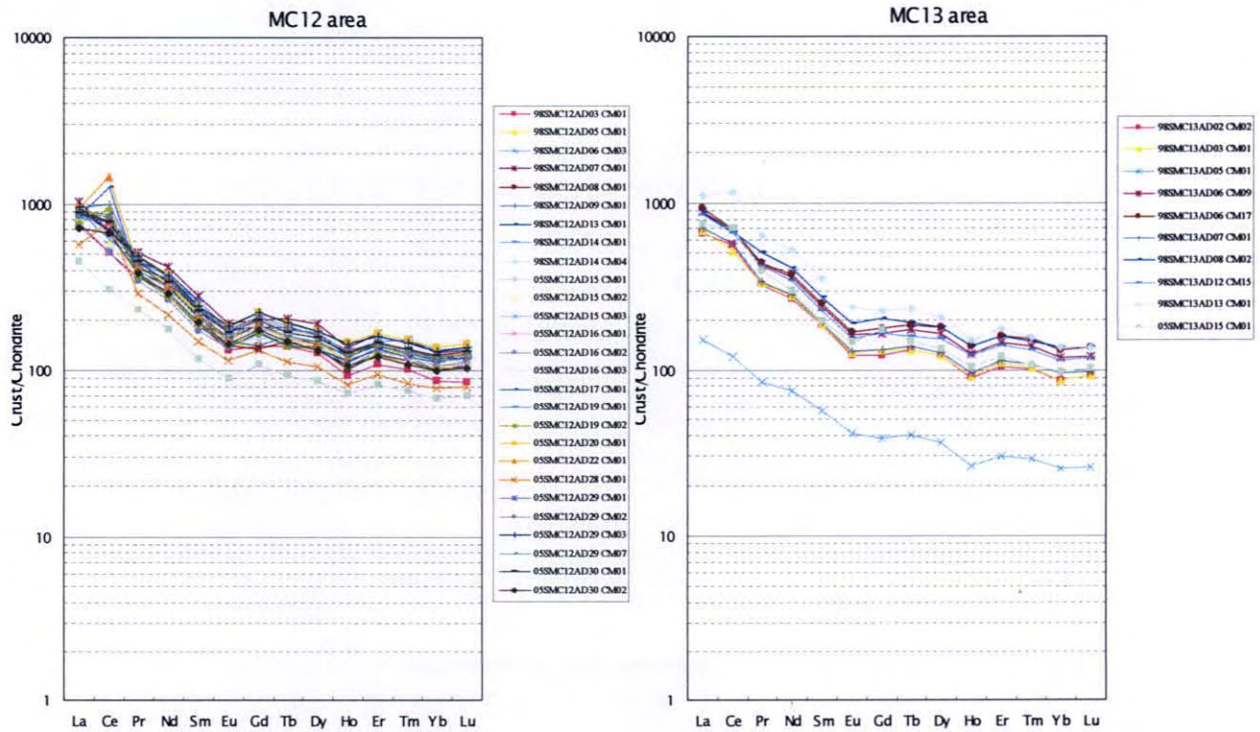


図 5-6-3 クラストのコンドライト規格化図

今年度調査の主体である MC12 海域を対象に、クラストの主要元素、Pt、REE のうち La と Ce の品位、及び採取水深とクラスト層厚について、相関係数を算出し無相関の検定を行った(表 5-6-7)。代表的な元素の特徴について以下に要約する。

Co は Ni、Mn、Pt、Ce と高い正の相関を示し、Si、Al と高い負の相関を示す。Ni は Co、Mn と高い正の相関を示し、Si、Al と高い負の相関を示すが、Pt との相関は明瞭でない。Pt は Co、Ce と高い相関を示すが、その他の元素との相関は明瞭でない。また、採取水深とクラスト層厚は互いに正の相関関係にあり、共に Co、Mn と負の相関、Si、Al と正の相関を示す。

さらに、水深及びクラスト層厚と縦軸、主要成分の品位との関係を図 5-6-4 と図 5-6-5 にそれぞれプロットした。水深が深くなると有用 3 元素(Co、Ni、Pt)の品位は減少する傾向がみられる。また、前述のように水深 1,800m 付近で Co、Pt 品位がスパイク状に高くなっており、これは多孔質のクラストの発達に起因する可能性がある。また、水深 2,400m 付近でも有用 3 元素の品位のやや高いものが認められる。Mn は有用 3 元素と同様に水深が深くなると減少する傾向に、間隙を充填する岩屑や粘土の存在を示唆する Si は逆に水深が深くなると増加する傾向にある。

クラスト層厚と有用 3 元素の品位の関係については、層厚 6cm を境として、それより薄い試料に関しては品位のばらつきが非常に大きく、際立って高いものと低いものが混在している。層厚 6cm 以上の試料に関しては、ほとんど $Co < 0.4\%$ 、 $Ni < 0.4\%$ 、 $Pt < 0.4ppm$ に収まり、全体としてクラスト層厚と有用 3 元素の品位は負の相関を示すように見える。また、層厚が増すと Mn は減少する傾向が、Si は逆に増加する傾向が認められる。クラストの肉眼記載より、採取されたクラストの厚いものは、上部は比較的間隙が少なく緻密であるが、下部は間隙が多く粘土で充填される組織が発達する特徴を持つため、それに起因するかもしれない。

表5-6-7 MC12海域 バルク試料の相関行列及び無相関の検定表 (主要元素及びPt, La, Ce)

相関	Water																											
	depth	Tickness	Co	Ni	Cu	Mn	Fe	Mn/Fe	Pt	Pb	Zn	Ti	Mo	V	Si	Al	Ca	Na	K	P	Ba	Sr	LOI	H2O+	H2O-	La	Ce	
Water depth	-	0.4083	-0.5519	-0.3097	0.4811	-0.5420	0.3773	-0.5504	-0.3009	-0.6821	0.0646	0.1740	-0.5313	-0.4428	0.6818	0.4827	-0.6824	0.1051	0.3631	-0.5762	0.1726	-0.3902	-0.3455	-0.2116	-0.3413	-0.1556	-0.4685	
Tickness	*	-	-0.3993	-0.5682	0.2042	-0.5157	0.4569	-0.4978	-0.1680	-0.6654	0.1994	0.1325	-0.3461	-0.1133	0.3921	0.3608	-0.2047	0.0959	0.0402	-0.1361	0.0039	-0.2385	-0.2650	-0.2688	-0.3046	0.0414	-0.4350	
Co	**	*	-	0.6387	-0.3147	0.6742	-0.3830	0.5868	0.7638	0.6564	-0.1300	-0.1832	0.5980	0.2597	-0.7370	-0.5181	0.3063	0.2997	-0.3097	0.1939	-0.0439	0.5152	0.8956	0.4626	0.2805	0.4348	0.7136	
Ni	**	**	**	-	-0.0567	0.6854	-0.5858	0.6686	0.2866	0.6825	-0.2014	-0.4185	0.7295	0.0264	-0.7553	-0.5986	0.2985	-0.2037	-0.3056	0.2536	0.4382	0.4248	0.6225	0.1339	0.1341	0.3311	0.4732	
Cu	**	**	**	*	-	-0.5030	0.1459	-0.4952	0.0755	-0.1895	-0.2526	0.2555	-0.3097	-0.7027	0.1979	0.4229	-0.5611	0.3262	0.3315	-0.1116	-0.1180	-0.2618	0.0864	-0.0419	0.0589	-0.1585	0.0091	
Mn	**	**	**	**	*	-	-0.6767	0.9598	0.2553	0.7148	0.0548	-0.2286	0.7927	0.5865	-0.8010	-0.8660	0.5025	-0.1884	-0.6157	0.2578	-0.1833	0.8037	0.8592	0.1262	0.5908	0.6204	0.4477	
Fe	**	**	**	**	**	**	-	-0.8373	-0.0617	-0.4202	0.2725	0.4868	-0.6441	-0.2454	0.5636	0.4122	-0.6048	-0.3871	-0.2706	-0.4110	0.3280	-0.0089	-0.3261	0.0134	-0.2021	-0.1270	-0.1576	
Mn/Fe	**	**	**	**	**	**	**	-	0.1852	0.6570	-0.0060	-0.3314	0.8003	0.5392	-0.7673	0.6077	0.6077	-0.0800	-0.4764	0.3608	0.1212	0.7056	0.7972	0.2457	0.3487	0.4673	0.3675	
Pt	**	**	**	**	**	**	*	**	-	0.3143	-0.1810	0.0854	0.0547	0.0298	-0.3995	-0.1967	0.0691	0.5699	-0.0359	0.0061	-0.0962	0.1778	0.6699	0.4506	0.0346	0.2665	0.7391	
Pb	**	**	**	**	**	**	*	**	*	-	-0.2088	-0.1893	0.7445	0.1986	-0.8397	-0.7547	0.3953	-0.3800	-0.7338	0.3865	0.0425	0.8392	0.6372	0.1467	0.4875	0.4869	0.7777	
Zn	**	**	**	**	**	**	*	**	*	*	**	-	-0.4413	0.2765	0.3808	0.1375	-0.0659	-0.6147	-0.0759	-0.1463	0.7089	-0.1703	-0.6873	-0.1406	-0.5579	0.1682	-0.3222	
Ti	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
Mo	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
V	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
Si	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
Al	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
Ca	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
Na	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
K	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
P	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
Ba	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
Sr	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
LOI	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
H2O+	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
H2O-	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
La	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		
Ce	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	-	0.2932	-0.8589	-0.7500	0.5161	0.0612	0.0700	-0.3443	0.2969	-0.0757	0.1093	-0.0406	0.0186	-0.0413		

無相関の検定 * .5% ** .1% 赤: 正の相関 青: 負の相関

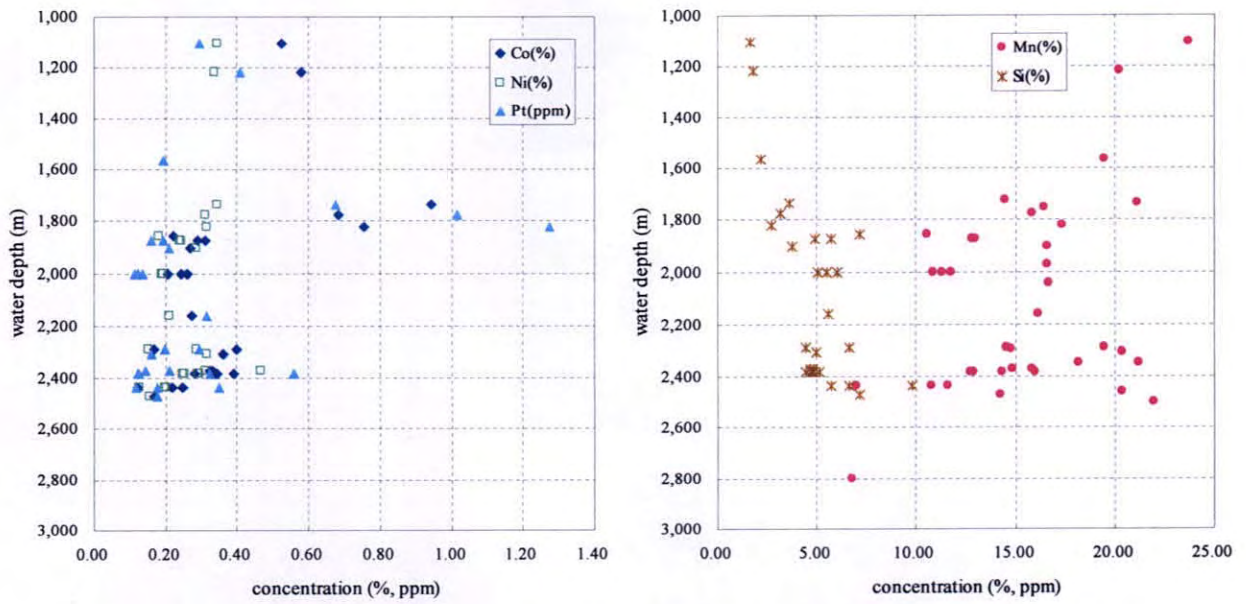


図 5-6-4 水深と主要元素の品位の関係

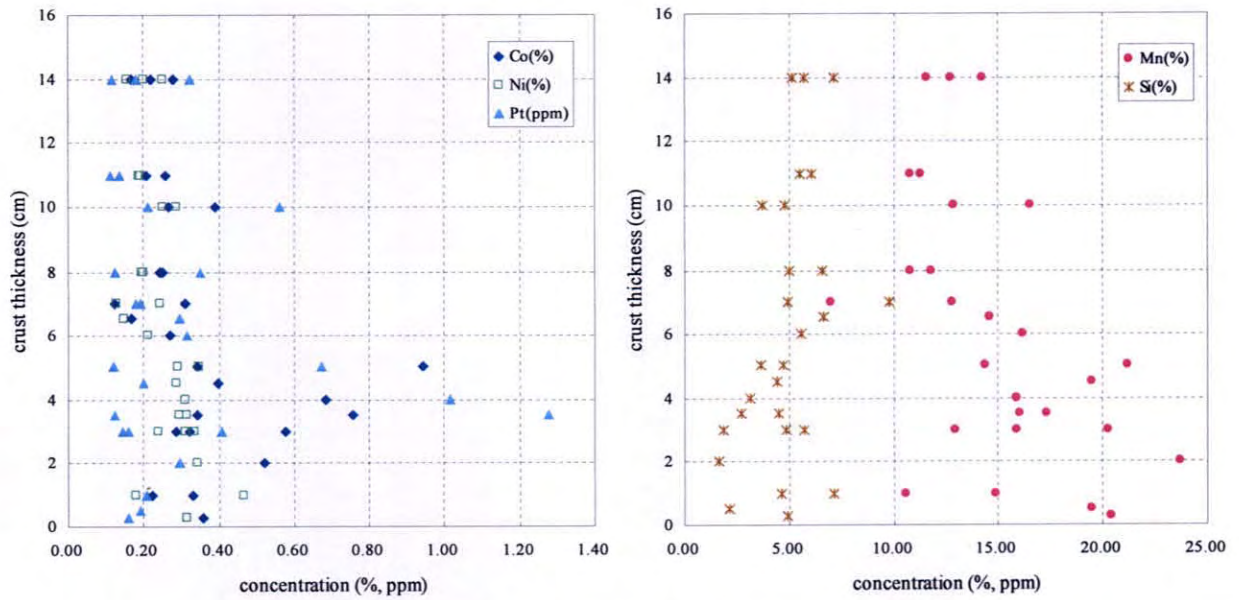


図 5-6-5 クラスト層厚と主要元素の品位の関係