

添付資料 5

室内試験 5 - 2

1. 岩石の研磨薄片の作成と顕微鏡観察
2. 火山岩の全岩化学分析
3. 火山岩のK - A r 年代測定

添付資料 5

室内試験 5-2

1. 岩石の研磨薄片の作成と顕微鏡観察

1-1. 試料

1-2. 顕微鏡観察結果

1-3. 結果のまとめおよび考察

2. 火山岩の全岩化学分析

2-1. 試料および分析元素

2-2. 分析方法

2-3. 分析結果

2-4. 解析

3-4-1. ノルム計算

3-4-2. 岩石区分図($\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 図、 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ 図、AFM 図)

3-4-3. セッティング区分図(Nb-Zr-Y 図および Ti-V 図)

3-4-4. スパイダー図(N-MORB 規格化)

3-4-5. REE パターン図(N-MORB 規格化)

2-5. まとめと考察

3. 火山岩の K-Ar 年代測定

3-1. 試料

3-2. 測定方法

3-3. 測定結果

3-4. 考察

参考文献

1. 岩石の研磨薄片の作成と顕微鏡観察

1-1. 試料

試料は平成 16 年度 SOPAC においてフィジー諸島共和国 EEZ 内の深海底で採取された火山岩である(表 1)。研磨薄片の顕微鏡観察はひらの地質研究室平野 英雄氏(元地質調査所)に依頼した。

表 1 薄片作成、観察試料

海域	採試点番号	水深 (m)	深度サンプル枝番	地質	試料番号
ERZ A	04SFAD02	1956-1803	C3	玄武岩表面のガラス質部	04SFAD02 TS01
			C5	急冷された塊状玄武岩	04SFAD02 TS02
	04SFAD03	1954-1801	C5	小型ピローもしくはチューブ	04SFAD03 TS01
			C6	ラバーフロー構造の殻状部	04SFAD03 TS02
	04SFAD04	1941-1925	C1	自破砕溶岩岩片	04SFAD04 TS01
			C3	ピローラバーの一部	04SFAD04 TS02
	04SFAD05	2072-1955	C2	自破砕溶岩岩片	04SFAD05 TS01
			C5	ピローラバーの一部	04SFAD05 TS02

1-2. 顕微鏡観察結果

顕微鏡観察結果を一覧にして表 2 に示す。また、章末に顕微鏡記載カードを添付する。顕微鏡記載カードには、肉眼観察結果も記載した。

1-3. 結果のまとめおよび考察

計画点 04SFAD02 および 04SFAD03 の試料が単斜輝石玄武岩、計画点 04SFAD04 の試料がかんらん石玄武岩、計画点 04SFAD05 の試料が無斑晶質玄武岩である。どの試料もガラス部を多く含み、斑晶量は 10%以下である。また、発泡の跡と思われる気孔が 10~30%観察される。どの試料も比較的新鮮で、弱い変質をこうむっている試料(04SFAD03 TS02、04SFAD04 TS02)でも、気泡跡や割れ目に沿って粘土鉱物が生じている程度である。

計画点 04SFAD02 および 04SFAD03 の試料の斑晶組み合わせは斜長石+単斜輝石であり、石基鉱物は斜長石+単斜輝石で、計画点 04SFAD03 の試料のみこれにかんらん石がくわわる。また、04SFAD03 TS02 にのみ不透明鉱物(磁鉄鉱)が見られる。石基のかんらん石に反応縁は観察されない。単斜輝石、斜長石の針状結晶(マイクロライト)からなる球状の集合結晶が多く見られる。また、計画点 04SFAD03 の試料には球顆状の不透明なガラス(マイクロリスが晶出?)が特徴的に観察される。

計画点 04SFAD04 の試料の斑晶組み合わせは斜長石+かんらん石であり、石基鉱物は斜長石+かんらん石+単斜輝石で 04SFAD04 TS02 に不透明鉱物(磁鉄鉱)が含まれる。04SFAD04 TS01 のかんらん石は針状結晶であり、04SFAD04 TS02 のかんらん石は半自形~自形の結晶である。反応縁はない。計画点 04SFAD05 の試料は無斑晶質であるが、ごく少量の斜長石斑晶が含まれる。石基鉱物は斜長石+単斜輝石+磁鉄鉱である。石基の組織は計画点 04SFAD04 の試料とよく似ている。

どの試料にも斜方輝石やシリカ鉱物は観察されず、かんらん石は反応縁を持たない。薄片観察結果からは、どの試料もシリカに不飽和な海洋底玄武岩であると結論づけることが出来る。

略号一覧

Vesi	Vesicle
Cc	Calcite
Cpx	Clinopyroxene
Fos	Fossil, foraminifera
G	Glass, transparent
G'	Glass, turbid
Goe	Goethite
Mi	Microlite
Mi+G'	Microlite+turbid glass
Ol	Olivine
Pl	Plagioclase
Smc	Smectite

No. 1

試料番号: 01_04SFAI002-TS01

岩石名: 単斜輝石玄武岩

肉眼記載: 暗灰色玄武岩溶岩. 溶岩表面のガラス質部分. 磁性(帯磁率)はガラス表面には認められな
いが, 内部ではごくわずかに認められる.

顕微鏡記載

岩石組織: 不透明ガラス質〜ハイアロオプティック組織. 透明ガラス層を伴う. おそらくに斜長石斑晶を
含む.

斑晶鉱物記載

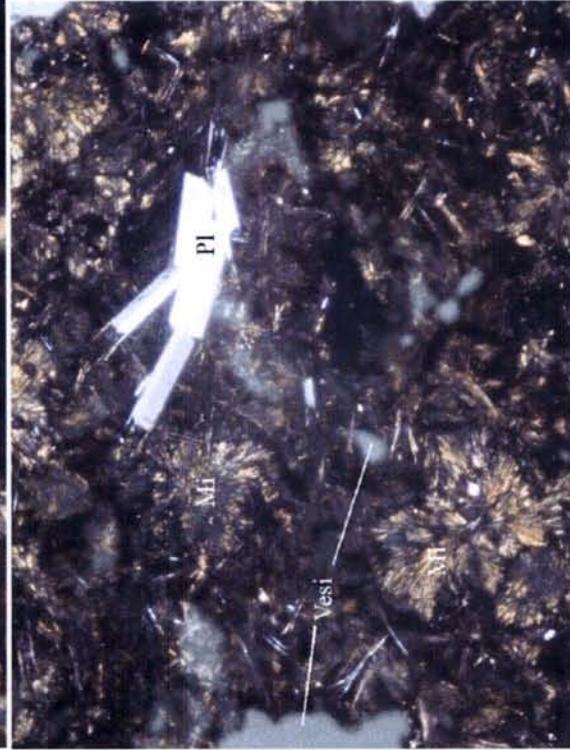
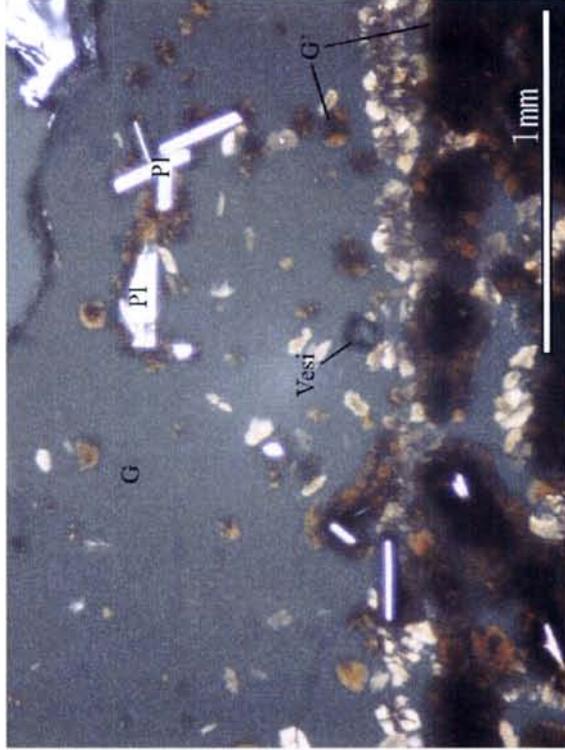
種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
斜長石	長柱状	0.5-3.0	5	長柱状で内部に空洞あり, ガラスで覆たさ れている
単斜輝石	短柱状	0.6-1.0	<1	斜長石との奥斑晶状

石基記載: ほぼ不透明ガラスと単斜輝石のマイクロライトからなる. 孔隙径 0.05-0.08 mm)がごくわずか
に認められる.

種類	形態	粒径 (mm)	量比(%)	記載
単斜輝石?	繊維状	長さ 0.2-0.1	30	クリスタライト〜マイクロライトとしてガラス中 に生成. 周辺に微小気泡跡を伴う
不透明ガラス	暗褐色		50	長石など微小結晶を核にもつ場合が多い
透明ガラス	淡茶色		20	

変質状況: 認められない

種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載



No. 2

試料番号: 02.04SFAD02-TS02

岩石名: 単斜輝石玄武岩

肉眼記載: 暗灰色, ガラス質～細粒火山岩よりの岩相. 輝石と斜長石の斑晶がわずかに認められる. やや多孔質. 黄褐色は細粒部ではやや低い, ながらもかなガラス部分ではきわめて低い.

顕微鏡記載

岩石組織: ポーフリティック組織で, 石基は不透明ガラス質～ハイロアティック組織, Vallole (単斜輝石マイクロライト)の濃集する透明層と下透明暗褐色ガラス層が織状構造を示す. わずかに斜長石斑晶を含む.

斑晶鉱物記載

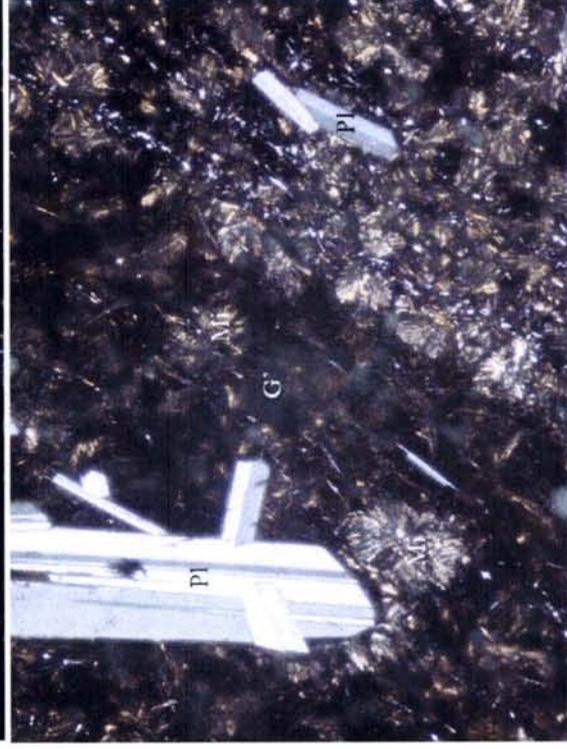
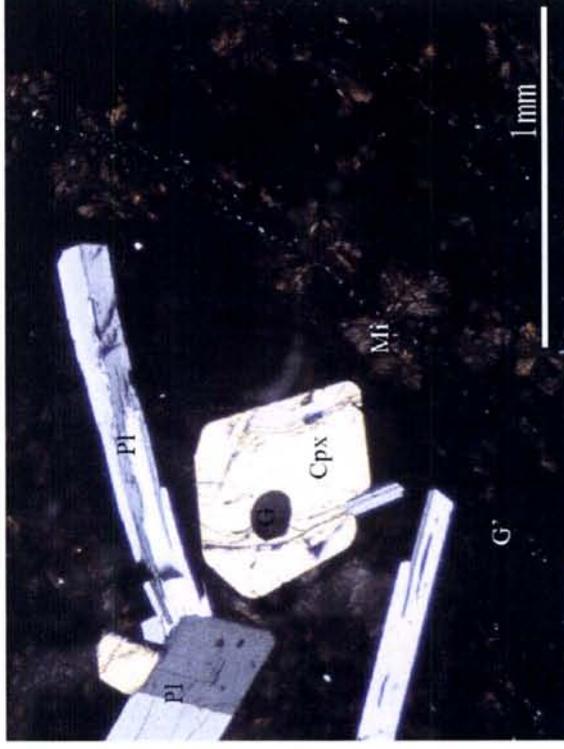
種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
単斜輝石	半自形 短柱状	0.5-1.0	~1	サブオプティックに斜長石を包有. 結晶の穴にガラスを溜らす
斜長石	長柱状	0.3-1.5	5-10	集斑晶として産する.

石基記載:

種類	形態	粒径 (mm)	量比(%)	記載
単斜輝石マイクロライト	羽毛状	長さ0.1	40	放射状～弓状, うち茶色で濁りあり
斜長石	針状	長さ0.1	10	透明で直線上のマイクロライト
磁鉄鉱	針状	微粒	< 1	単斜輝石マイクロライトの周辺に分布
ガラス	透明～不透明	-	40-50	
気泡跡	球状	0.001-0.4	1-5	不透明ガラス部やマイクロライト周辺に多く分布

実質状況: なし.

種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載



No. 3

試料番号: 03_04SPAD03-TS01

岩石名: 単斜輝石玄武岩

肉眼記載: ピローまたはチューブの周縁部。ガラス殻を伴う暗灰色細粒の火山岩よりの岩相で、最石の斑晶をわずかに含む。基質はやや多孔質。磁性はやや弱い程度であるが、透明ガラス層ではごく弱い。

顕微鏡記載

岩石組織: クリプトクリスチン〜ハイアロファイア組織で、わずかに輝石斑晶を伴う。石基は、ガラス、斜長の長石、単斜輝石マイクロライトからなる。円形〜不規則の孔跡は石基のおよそ5%をしめる。

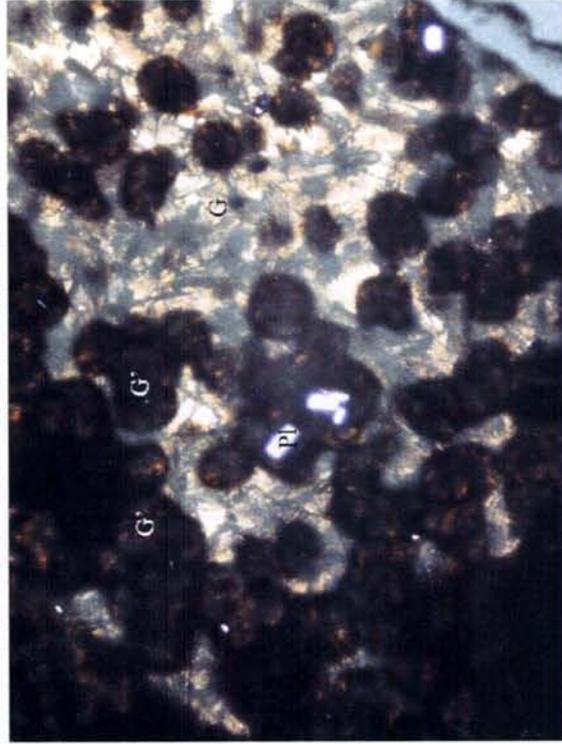
斑晶部物記載

種類	形態	粒径(mm)	量出(%)	記載
単斜輝石	半自形	0.5-1.5	2	柱状長石を包有。一部に欠がっている。
斜長石	短柱状 長柱状	0.2-1.2	2	一部集塊晶状、両端が不規則や内部に欠があるものもある。

石基記載: 一部に透明ガラス層もあるが、多くはクリプトクリスチン〜マイクロライトで占められる。斜長の斜長石も一部で見られる。マイクロライトの多い石基部分には、円形〜不規則の孔跡が見られる

種類	形態	粒径(mm)	量出(%)	記載
斜長石	針状-長柱状	長さ~0.2	~10	
単斜輝石	マイクロリス	長さ~0.2	30	羽毛状, 分散大
かんらん石	板状	0.01	~1	複屈折大, 四角や針状マイクロリスあり。
ガラス	褐色で不透明		~50	
孔跡	円形, 不規則	0.05-1.5	~5	

変質状況: なし



No. 4

試料番号:04_04SFAD03-TS02

岩石名:単斜輝石玄武岩

肉眼記載:溶岩流表面を横切るクラスト部の薄片。暗灰色のガラス質～細粒火山岩よりの岩相を示し、斜長石斑晶が認められる。磁性は、細粒部分ではやや弱い程度だが、ガラス部分ではごく弱くなる。一部は、やや多相質。

顕微鏡記載

岩石組織:ポーフリテイック組織で、石晶はクリプトクリスタリン組織。淡褐色透明ガラス層からパリオールが生じ、ガラスが不透明となつてゆく様子が認められる。円形の孔隙の一部は黄褐色粘土(スメクタイト)が埋める。

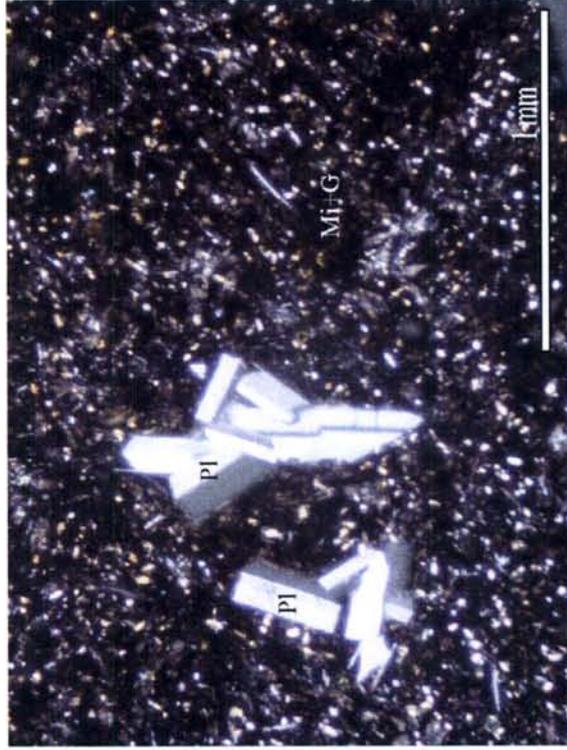
斑晶鉱物記載

種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
斜長石	柱状板状	0.1-2.0	5	一部サブオプティックに輝石に包有される。小さな結晶はやせている傾向がある
単斜輝石	短柱状	0.2-0.4	<1	長柱状長石を包有する

石基記載:一部透明ガラス部分を除き、ほぼマイクロクリスタリン～クリプトクリスタリン組織。粒状のかんらん石、ほろさ状の単斜輝石、針状の長石などが認められる。

種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
単斜輝石	ほろさ状	0.1-0.2	~20	マイクロリス、淡灰色、濁り
斜長石	針状	長さ0.1	~10	透明
かんらん石	粒状	0.001	~5	透明、複屈折高い
磁鉄鉱	粒状	微粒	~1	不透明、透明
ガラス	—	—	~50	不透明、透明
孔隙	だ円	0.03-0.2	~5	—

変質状況:割れ目に沿つて、淡褐色に変化。気泡跡を粘土鉱物が埋めている



種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
スメクタイト	孔隙を充填	—	~3	葉片状～フィルム状で濃い黄色からオレンジ色

No. 5

試料番号: 05_04SFAD04-TS01

岩石名: かんらん石玄武岩

肉眼記載: 暗灰色, 細粒の火山岩のような岩相を示す。無斑晶でやや多孔質。帯磁率はやや高い。

顕微鏡記載

岩石組織: ハイアロフィティック-インターセクタル組織。かんらん石と斜長石の微晶量をわずかに含む。

斑晶鉱物記載

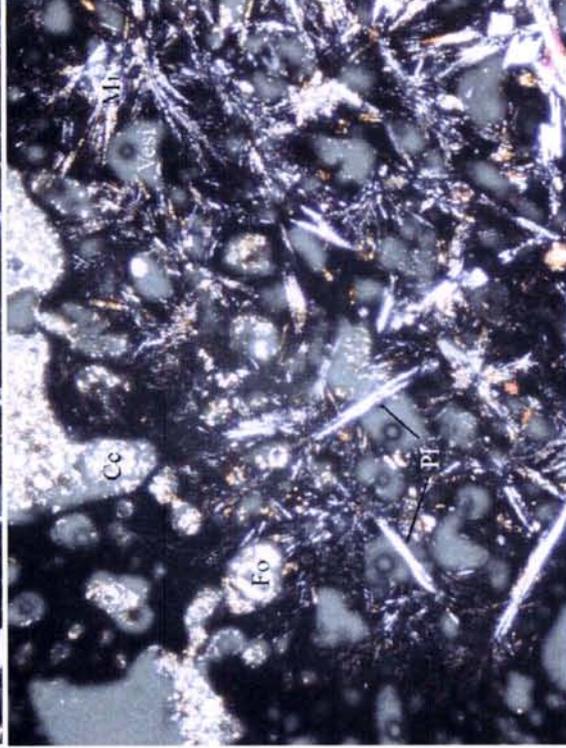
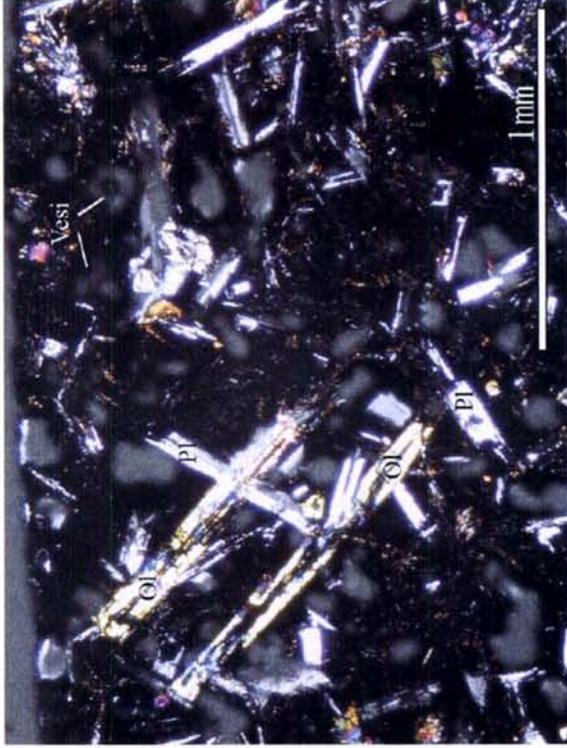
種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
かんらん石	柱状	0.2-0.3	~1	微斑晶, 大きさは石基のかんらん石に移行する
斜長石	板状	0.2-0.3	~1	かんらん石と集斑晶状に重なる。

石基記載: ハイアロフィティック-インターセクタル組織。石基の大半は, 不透明ガラスと孔隙で占められる。孔隙の一部は, 有孔虫化石や方解石で満たされる。

種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
かんらん石	粒状柱状	0.05-0.2	5	ほうき状の単斜輝石マイクロライトに伴う
単斜輝石	ほうき状	0.05-0.6	~30	
斜長石	長柱状	長さ~0.8	10	ほうき状のマイクロライト, 分散大きい。
不透明ガラス	不透明	-	~30	針状-やせた長柱状, 一部は輝石と連晶
方解石, 有孔虫	不定形	-	2	
孔隙		0.05-0.2	~30	有孔虫の大きさは直径0.05-0.15 mm

変質状況: なし

種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載



No. 6

試料番号:06_04SFAD04-TS02

岩石名:かんらん石玄武岩

肉眼記載:暗灰色, 細粒の均質な火山岩。多孔質で少量の斜長石斑晶が認められる。帯磁率は高い。

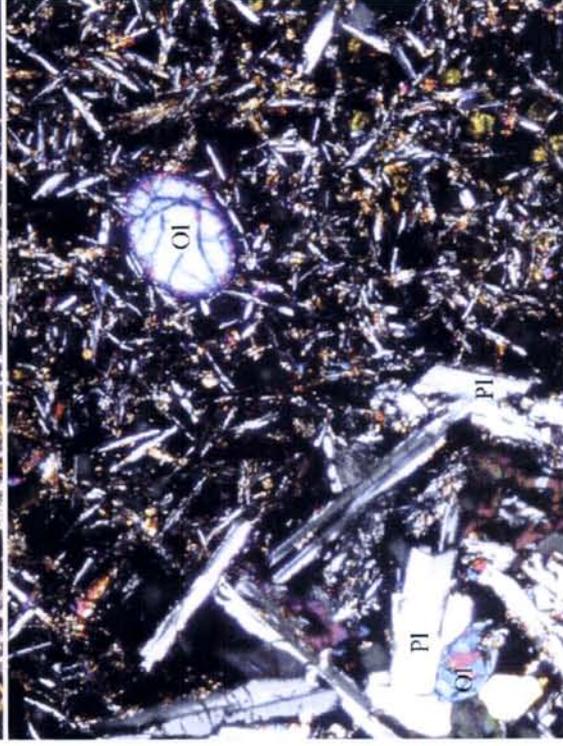
顕微鏡記載

岩石組織:インターサータル組織。多孔質で、孔隙は不規則に分布するが、石基の 10~20%程度を占める。かんらん石と斜長石斑晶は、すべて微斑晶である。

斑晶鉱物記載

種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
かんらん石	柱状だ円	0.3-0.5	~2	結晶内部に穴があり、いわゆる骸晶状のものが多い、斜長石を一部分包有する。
斜長石	長柱状	0.6	~3	

石基記載:インターサータル組織で、おもに斜長石ガラス、ほうき状単斜輝石、不透明ガラスからなる。



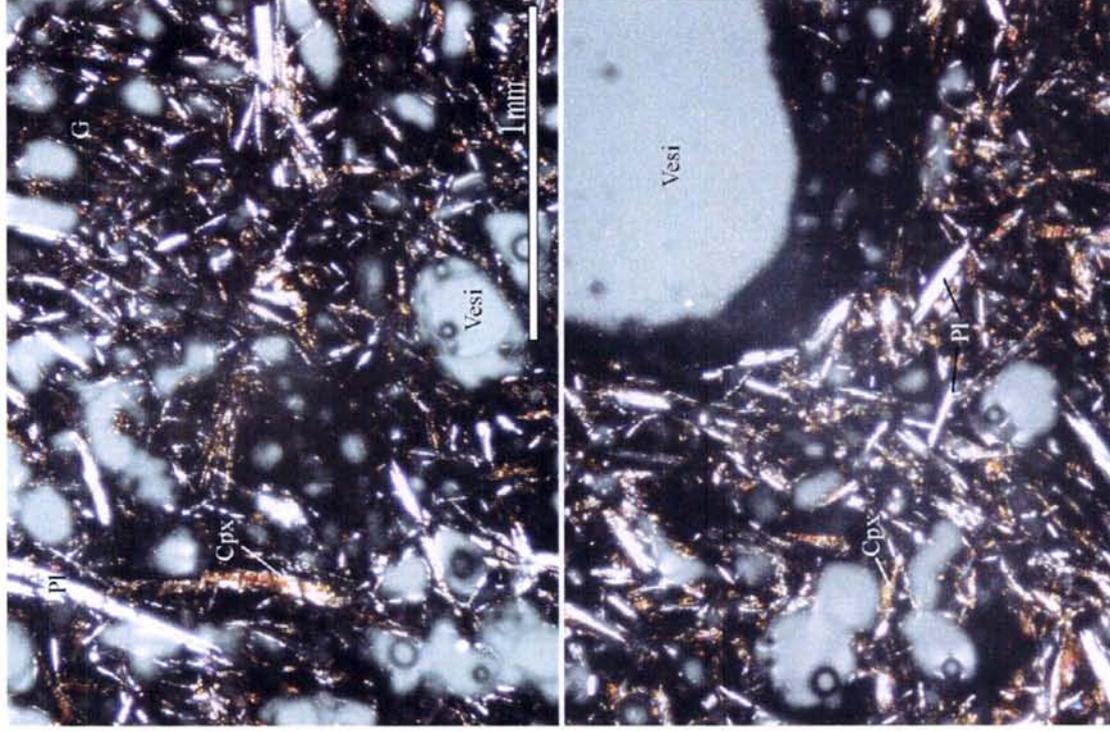
種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
かんらん石	粒状	0.02-0.2	~2	
単斜輝石	長柱状	0.05-0.2	~30	ほうき状のマイクロライトと透明結晶が存在
斜長石	長柱状 ~針状	0.2-0.5	10	燕尾状結晶が多い
磁鉄鉱	樹枝状	0.002	5	輝石とガラス周辺に分布する
ガラス	不透明	-	~40	暗褐色で不透明
孔隙	円形 不規則	0.2-0.4	10-20	

変質状況:孔隙の一部を粘土鉱物とゲータイトが満たしている。

種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
スメクタイト	フィルム状	厚さ0.05	~5	濃黄色で孔隙壁にフィルム状に生成。光学性は正
ゲータイト	板状	0.1-0.6	~5	赤色であり、微弱的な複屈折を示す。孔隙を満たす。

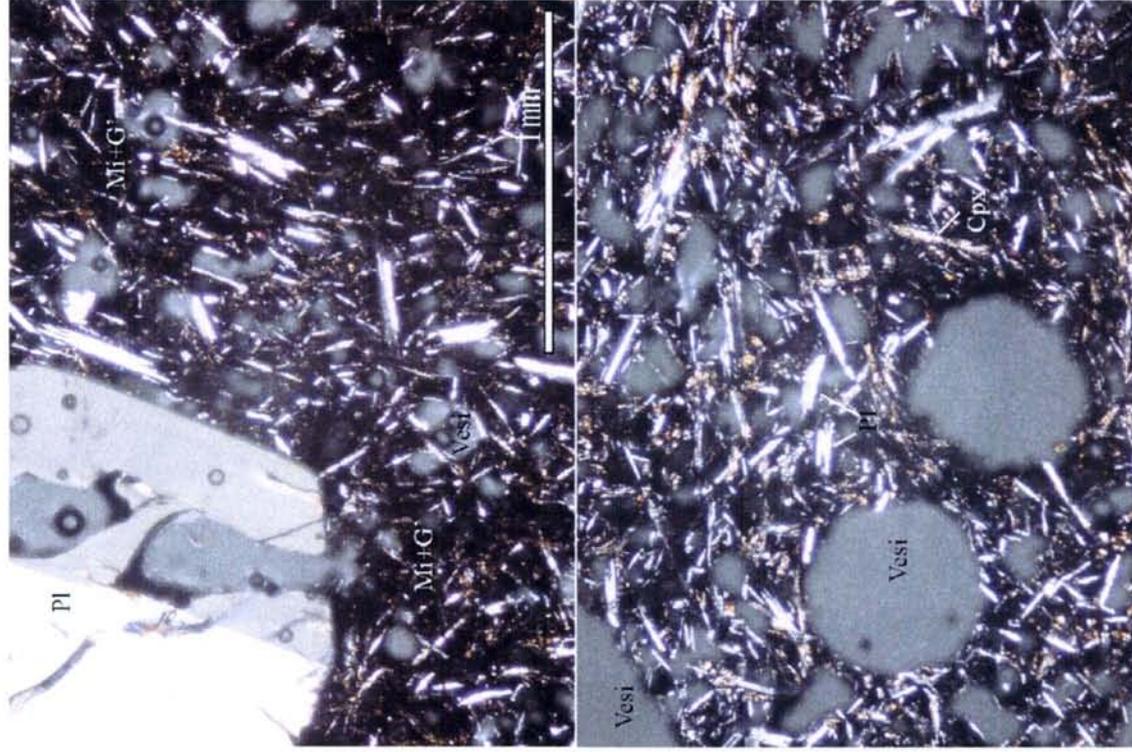
No. 7

試料番号: 07.04SIFAD05-TS01 岩石名: 無斑晶玄武岩 肉眼記載: 暗灰色, 細粒の均質な火山岩, かなり多孔質, 少量の斜長石斑晶が認められる, 帯磁率は高い。 顕微鏡記載 岩石組織: ハイアロファイブク組織, かなり多孔で, 孔隙は石基の30%程度を占める。 斑晶鉱物記載 種類 形態 粒径(mm) 量比(%) 記載 斜長石 長柱状 長さ0.6 ~2 やせた結晶で両端は不規則, 燕尾状。 石基記載: 褐色不透明ガラスからなり, マイクロライト(単斜輝石)と針状の斜長石を伴う, 多孔質。				
種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
斜長石	針状, 長柱状	長さ~0.3	10	結晶先端が燕尾状
単斜輝石	ほうき状	長さ~0.4	20	マイクロライトとやせた長柱状
ガラス	不透明		40-50	褐色不透明
磁鉄鉱	樹枝状	微粒	<2	単斜輝石に伴う, 長石の縁にも生成
孔隙	不規則	0.1-2.0	20-30	大小の不規則な気孔跡
変質状況: なし				
種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載



No. 8

試料番号: 08_04SFAD05-TS02 岩石名: 無斑晶玄武岩				
肉眼記載: 暗灰色, 細粒の均質な火山岩, かなり多孔質, わずかに斜長石斑晶が認められる, 著磁率は高い.				
顕微鏡記載				
岩石組織: ハイアロファイブティック組織, おもに不透明ガラスからなり, マイクロライト単斜輝石と針状斜長石を伴う, 多孔質.				
斑晶鉱物記載				
種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
斜長石	柱状	2.5	<1	一つあり, 半自形・柱状で内部深くまで穴があいている.
石基記載: ハイアロファイブティック組織で, 褐色不透明ガラスからなり, 針状斜長石, マイクロライト(単斜輝石)を伴う.				
種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載
斜長石	針状	長さ0.2	10	結晶両端が分かれている(燕尾状)
単斜輝石	(1)うき状	長さ0.2	20	分散審しいが斜消光する
磁鉄鉱	樹枝状	微粒	~1	単斜輝石・マイクロライト表面に分布, 魚骨状
ガラス	不透明	-	40	不透明, 褐色
孔隙	だ円-不規則	0.05-2.0	20-30	小さい楕円形(径0.1 mm)と, 不規則なもの(径1-2 mm)の2グループがある
変質状況: なし.				
種類	形態	粒径(mm)	量比(%)	記載



2. 火山岩の全岩化学分析

2-1. 試料および分析元素

分析に供した試料は、第1章で顕微鏡観察を行った試料と同一の海底火山岩である(表3)。

表3 化学分析試料

海域	採試点番号	水深 (m)	深度サンプル枝番	地質	試料番号
ERZ A	04SFAD02	1956-1803	C3	玄武岩表面のガラス質部	04SFAD02 CA01
			C5	発冷された塊状玄武岩	04SFAD02 CA02
	04SFAD03	1954-1801	C5	小粒ピロラビークリスタル	04SFAD03 CA01
			C6	ラバーフロー状態の玄武岩	04SFAD03 CA02
	04SFAD04	1941-1925	C1	自破砕溶岩岩片	04SFAD04 CA01
			C3	ピロラバーの一部	04SFAD04 CA02
	04SFAD05	2072-1955	C2	自破砕溶岩岩片	04SFAD05 CA01
			C5	ピロラバーの一部	04SFAD05 CA02

2-2. 分析方法

岩石分析として主要元素、希土類元素、その他の元素を合計44元素分析した。表4に分析元素、分析方法、検出限界を示す。全ての分析をカナダのACtlabs社で行った。分析試料の前処理として、脱イオン水を用いた24時間の超音波洗浄を3回繰り返し、脱塩した。

表4 分析成分、検出限界および分析方法

分析成分 (検出限界値-検出上限値)	分析方法
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 (0.01-100%)	ICP発光分析 (ICP-AES)
FeO (0.1-100%)	滴定分析
H ₂ O ⁺ (0.1-100%), H ₂ O ⁻ (0.1-100%)	重量分析
CO ₂ (0.05-100%)	赤外線吸収分析法
LOI (0.01-100%)	1000℃で焼成後、減少分を秤量
Rb (0.2ppm-), Ba (1ppm-), Zr (1ppm-), Cs (0.05ppm-), Y, Ta, U (0.1ppm-)	ICP質量分析(ICP-MS)
Sr (0.2ppm-), V (1ppm-), Nb, Hf, Th (0.1ppm-), Pb, Ni (0.5ppm-)	
Pr, Sm, Gd, Dy, Tb, Ho, Er, Yb, Eu, Tm, Lu (0.01ppm-)	

2-3. 分析結果

分析結果を表5に示す。

表 5 分析結果

海域	採試点番号	水深 (m)	地質	試料番号	SiO ₂ %	TI0 ₂ %	Al ₂ O ₃ %	FeO %	Fe ₂ O ₃ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	LOI %	Total %	H ₂ O' %	H ₂ O %	CO ₂ %	FeO* %	Mg#
ERZ A	04SFAD02	1956-1803	C3 玄武岩類のカラ岩類	04SFAD02 CA01	50.12	1.421	14.04	9.32	1.77	0.197	7.39	11.49	2.62	0.09	0.12	1.23	99.81	0.20	0.77	<d.l.	10.91	0.55
			C5 急流化した噴状玄武岩	04SFAD02 CA02	50.21	1.446	13.99	9.47	1.88	0.192	7.33	11.42	2.63	0.12	0.12	0.87	99.68	0.07	0.62	<d.l.	11.16	0.54
			C5 小規模に侵入した玄武岩	04SFAD03 CA01	50.48	1.435	14.01	9.52	1.91	0.189	7.32	11.43	2.64	0.14	0.10	0.70	99.87	0.01	0.73	<d.l.	11.24	0.54
			C6 シューフロー-相の噴状岩	04SFAD03 CA02	50.28	1.433	14.04	9.12	2.14	0.201	7.23	11.50	2.66	0.14	0.12	0.81	99.68	0.09	0.96	<d.l.	11.05	0.54
			C1 自融性溶岩片	04SFAD04 CA01	51.32	1.809	13.91	8.23	3.35	0.229	5.00	8.74	3.27	0.43	0.21	3.02	99.51	0.65	2.50	<d.l.	11.24	0.44
			C3 ヒロ-ラバーの一部	04SFAD04 CA02	48.54	2.82	12.54	10.48	3.72	0.29	4.81	8.92	3.06	0.36	0.23	4.73	99.90	0.66	4.55	<d.l.	13.83	0.38
ERZ A	04SFAD05	2072-1955	C2 自融性溶岩片	04SFAD05 CA01	53.42	1.342	14.85	7.30	2.19	0.163	4.53	8.16	3.58	0.41	0.21	1.85	99.80	0.51	1.44	<d.l.	9.27	0.45
			C5 ヒロ-ラバーの一部	04SFAD05 CA02	54.63	1.290	14.60	7.27	2.05	0.173	4.22	7.99	3.57	0.40	0.21	3.01	99.42	0.84	2.53	<d.l.	9.11	0.45
Jb-3																						
					51.36	1.393	17.17	7.63	3.31	0.174	5.13	9.67	2.76	0.76	0.28	0.29	99.93	0.21	0.60	<d.l.	10.61	0.46

海域	採試点番号	水深 (m)	地質	試料番号	V ppm	Ni ppm	Th ppm	U ppm	Zr ppm	Hf ppm	Nb ppm	Ta ppm	Cs ppm	Ba ppm	Rb ppm	Sr ppm	Pb ppm	Y ppm			
ERZ A	04SFAD02	1956-1803	C3 玄武岩類のカラ岩類	04SFAD02 CA01	289	66.0	0.5	-0.1	93.2	3.5	2.6	0.15	1.8	22	<d.l.	36.6	1.7	27.6			
			C5 急流化した噴状玄武岩	04SFAD02 CA02	329	72.0	0.3	-0.1	104.0	3.1	2.8	0.17	3.2	23	0.4	97.0	0.8	36.2			
			C5 小規模に侵入した玄武岩	04SFAD03 CA01	332	75.4	0.3	-0.1	107.0	3.0	2.7	0.14	3.2	20	0.2	92.1	0.6	35.3			
			C6 シューフロー-相の噴状岩	04SFAD03 CA02	308	68.1	0.3	0.1	94.1	2.7	2.6	0.27	3.0	21	0.8	89.6	3.1	32.5			
			C1 自融性溶岩片	04SFAD04 CA01	299	54.6	0.7	0.4	184.6	4.9	4.7	0.43	1.9	72	<d.l.	112.5	3.8	42.2			
			C3 ヒロ-ラバーの一部	04SFAD04 CA02	372	46.2	0.4	0.2	176.7	4.7	4.2	0.29	2.0	39	<d.l.	88.7	1.9	45.9			
ERZ A	04SFAD05	2072-1955	C2 自融性溶岩片	04SFAD05 CA01	237	37.8	0.5	0.4	176.6	4.6	5.5	0.60	1.9	63	<d.l.	211.1	1.6	30.4			
			C5 ヒロ-ラバーの一部	04SFAD05 CA02	201	35.4	0.5	0.3	157.7	4.0	5.2	0.49	2.3	55	<d.l.	185.4	1.3	25.6			
Jb-3																					
					396	42.4	0.7	0.6	93.6	2.8	3.1	0.78	2.6	269	1.7	419.0	5.3	17.9			

海域	採試点番号	水深 (m)	地質	試料番号	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			
ERZ A	04SFAD02	1956-1803	C3 玄武岩類のカラ岩類	04SFAD02 CA01	3.34	10.04	1.72	9.90	3.25	1.34	5.10	0.96	6.18	1.31	3.83	0.570	3.59	0.519			
			C5 急流化した噴状玄武岩	04SFAD02 CA02	3.43	10.36	1.75	10.43	3.55	1.39	5.28	1.00	6.55	1.37	4.10	0.609	3.82	0.549			
			C5 小規模に侵入した玄武岩	04SFAD03 CA01	3.25	9.81	1.67	9.98	3.41	1.37	5.10	0.96	6.18	1.30	3.93	0.583	3.67	0.531			
			C6 シューフロー-相の噴状岩	04SFAD03 CA02	3.18	9.69	1.69	9.98	3.36	1.38	5.12	0.97	6.32	1.34	4.00	0.603	3.79	0.530			
			C1 自融性溶岩片	04SFAD04 CA01	7.92	19.65	3.08	17.01	5.37	1.94	7.95	1.52	9.27	1.93	5.85	0.885	5.58	0.805			
			C3 ヒロ-ラバーの一部	04SFAD04 CA02	6.25	17.65	2.96	16.56	5.41	2.02	8.32	1.59	9.91	2.07	6.18	0.926	5.93	0.862			
ERZ A	04SFAD05	2072-1955	C2 自融性溶岩片	04SFAD05 CA01	9.81	23.05	3.32	16.50	4.87	1.69	6.57	1.24	7.53	1.59	4.74	0.714	4.50	0.649			
			C5 ヒロ-ラバーの一部	04SFAD05 CA02	9.59	22.48	3.19	15.43	4.57	1.64	6.07	1.13	7.30	1.51	4.54	0.687	4.41	0.641			
Jb-3																					
					9.21	22.22	3.28	16.13	4.25	1.38	4.93	0.83	4.76	0.95	2.73	0.401	2.52	0.371			

*分析偏差は、試料中の元素濃度が検出限界値の100倍のとき、2~5%、5~10倍のとき、±10~15%、検出限界値と同じよきには±100%となる。

2-4. 解析

3-4-1. ノルム計算

分析結果から、試料のノルム計算を行った。結果を表 6 に示す。

04SFAD02、04SFAD03 の試料はかんらん石と斜方輝石が算出され、シリカに飽和した火山岩である。04SFAD04、04SFAD005 はノルム石英が算出されるシリカに過飽和な火山岩である。全試料とも輝石、長石成分が多く算出され、04SFAD02、04SFAD03 の試料は輝石、長石成分で全ノルム鉱物の 93%以上を、04SFAD04、04SFAD005 の試料は 84%以上を占める。

3-4-2. 岩石区分図($\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 図、 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ 図、AFM 図)

試料の基本的な区分を行うために、分析値を $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 、 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ 、AFM 図(それぞれ図 1、2、3)にプロットした。なおその際、全ての分析値を主要 10 元素で 100%になるように再計算した値を用いた。その結果、Cox et al. (1979)の区分によれば 04SFAD02、04SFAD03 の全試料と 04SFAD04 CA02 は玄武岩、04SFAD04 CA01 は玄武岩質安山岩、04SFAD05 の全試料は安山岩に属する(図 1)。また、全試料とも低カリウム岩系に属する(図 2)。個々の採取点別、また 8 試料全体でも顕著な分化傾向を示さないため、マグマ系列は限定できない(図 3)。

3-4-3. セッティング区分図(Nb-Zr-Y 図および Ti-V 図)

試料の形成環境を推定するために、分析値を Nb-Zr-Y 図および Ti-V 図(それぞれ図 4、5)にプロットした。なお、これらの図には 04SFAD005 の安山岩もプロットしてあるが、どちらの図も玄武岩組成の岩石に適応するものであるため、04SFAD005 の起源についてこの図からは議論しない。プロットの結果、各種 MORB(中央海嶺玄武岩)とプレート内玄武岩を区分する Nb-Zr-Y 図(図 4)(Meschede, 1986)において 04SFAD02~03 の全試料は N-MORB もしくは火山弧玄武岩の組成と類似することがわかった。また、島弧、海洋島、大陸、海嶺の玄武岩を判別する図(図 5)では、04SFAD02、03 の試料は MORB または BAB(Back arc basalt; 背弧玄武岩)と類似の組成を示し、04SFAD04 の試料は MORB または BAB、および大陸洪水玄武岩と類似の組成を示すことがわかった。

3-4-4. スパイダー図(N-MORB 規格化)

試料の形成環境を推定するために、LIL 元素および HFS 元素によるスパイダーダイアグラムを作成した(図 7a)。分析値は N-MORB の値(Sun and McDonough, 1989)で規格化してある。比較のため、代表的な玄武岩のスパイダーダイアグラムを図 7b に示す。N-MORB、E-MORB の組成は Sun and McDonough (1989)、その他の玄武岩の組成は周藤・牛来(1997)から引用した。04SFAD02、04SFAD03 の試料は Ba を除き、おおむね N-MORB と同じ濃度、パターンを示す。04SFAD04 と 04SFAD05 の試料は濃度、パターンとも類似している。04SFAD05 の試料が安山岩であることを考慮すると、04SFAD04 の試料は LIL 元素、HFS 元素にやや富んでいると判断することができる。04SFAD04 の試料のパターンは T-MORB (Transitional MORB)、OIT (Oceanic Island Tholeiite)、WPT (Within Plate Tholeiite) に類似している。

3-4-5. REE パターン図(N-MORB 規格化)

試料の形成環境を推定するために、REE(希土類元素)のパターンダイアグラムを作成した(図 8a)。分析値は N-MORB の値(Sun and McDonough, 1989)で規格化してある。比較のため、代表的な玄武岩のパターンダイアグラムを図 8b に示す。N-MORB、E-MORB の組成は Sun and McDonough (1989)、その他の玄武岩の組成は周藤・牛来(1997)から引用した。

04SFAD02、04SFAD03 の試料はほぼ N-NORB と同じ濃度、パターンを示す。04SFAD05 の試料は MREE(Middle Rare Earth, Sm~Ho)および HREE(Heavy Rare Earth Element; 重希土類、Er~Lu)がフラットで、LREE(Light Rare Earth, La~Nd)に急激に富むパターンを示す。04SFAD04 の試料は全体的にフラットで、LREE が緩やかな傾斜を示す。パターンだけで見れば、T-MORB と類似したパターンである。

2-5. まとめと考察

04SFAD02、04SFAD03 の試料は全ての判別図(図 4~7)で MORB と類似した特徴を示す。低カリウムの特徴も N-MORB と調和的である。04SFAD02、04SFAD03 の試料は中央海嶺起源の N-MORB であり、岩相はかんらん石玄武岩である。

04SFAD04 の試料はシリカに過飽和な玄武岩~玄武岩質安山岩である。判別図では N-MORB とは明らかに異なる特徴を示し、OIT、T-MORB、WPT 等との類似性が認められ(図 5~7)、その生成にプルームの関与が示唆される。しかしながら REE パターンからは E-MORB や OIT などのプルーム起源の岩石に見られる顕著な LREE の富化はみられない。若干のプルームの影響を受けた、T-MORB のような起源が考えられる。

04SFAD05 の試料はシリカに過飽和な安山岩であり、岩相だけで考えても、通常の海洋の岩石とは異なる。分化の割に Ti に富んでいないこと(図 5)、LREE に急激に富むこと(図 7)を考えると、海洋底にできつつある海洋性島弧の起源を想像させる。これ以上の議論には採取地点の更なる調査が必要である。

表 6 ノルム計算結果

採試点番号	地質	試料番号	Ol	Qz	Hy	Di	Or	Ab	An	Mt	Ap	Il	Total	Hy+Di	Or+Ab+An	Py+Fld
04SFAD02	玄武岩表面のガラス質部	04SFAD02 CA01	1.4	0.0	18.4	24.8	0.5	22.5	26.7	2.6	0.3	2.7	99.9	43.2	49.7	92.9
	急冷された礫状玄武岩	04SFAD02 CA02	1.1	0.0	18.7	24.7	0.7	22.5	26.3	2.8	0.3	2.8	99.9	43.4	49.6	93.0
04SFAD03	小型ピローもしくはグループ	04SFAD03 CA01	0.9	0.0	18.9	24.8	0.8	22.5	26.2	2.8	0.2	2.7	99.9	43.7	49.5	93.2
	ラバーフロー表面の殻状部	04SFAD03 CA02	0.5	0.0	18.4	25.1	0.8	22.8	26.3	3.1	0.3	2.8	99.9	43.4	49.9	93.3
04SFAD04	自破砕溶岩岩片	04SFAD04 CA01	0.0	5.2	14.6	16.9	2.6	28.7	22.8	5.1	0.5	3.6	99.9	31.5	54.1	85.6
	ピローラバーの一部	04SFAD04 CA02	0.0	3.0	16.0	20.3	2.2	27.2	20.4	5.6	0.6	4.6	99.9	36.3	49.8	86.1
04SFAD05	自破砕溶岩岩片	04SFAD05 CA01	0.0	8.9	14.2	13.3	2.5	30.9	23.7	3.2	0.5	2.6	99.9	27.6	57.1	84.7
	ピローラバーの一部	04SFAD05 CA02	0.0	8.7	14.5	13.4	2.5	31.3	23.5	3.1	0.5	2.5	99.9	27.8	57.3	85.1

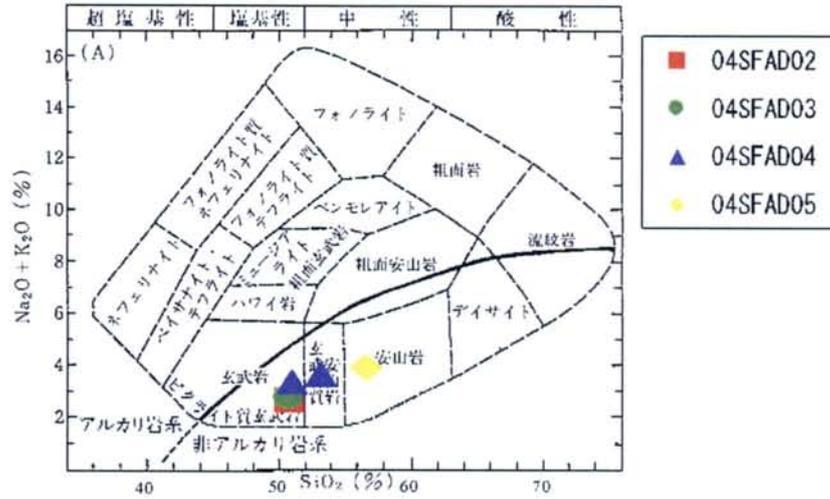


図1 SiO₂-(K₂O+Na₂O)図による分類図
 (分類境界: Cox et al., 1979;
 アルカリ岩系-非アルカリ岩系境界:
 Miyashiro, 1978)

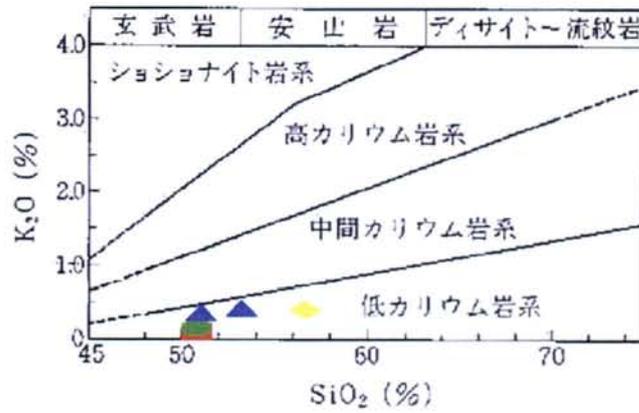


図2 SiO₂-K₂O火山岩区分図
 (Peccerillo and Taylor, 1976)

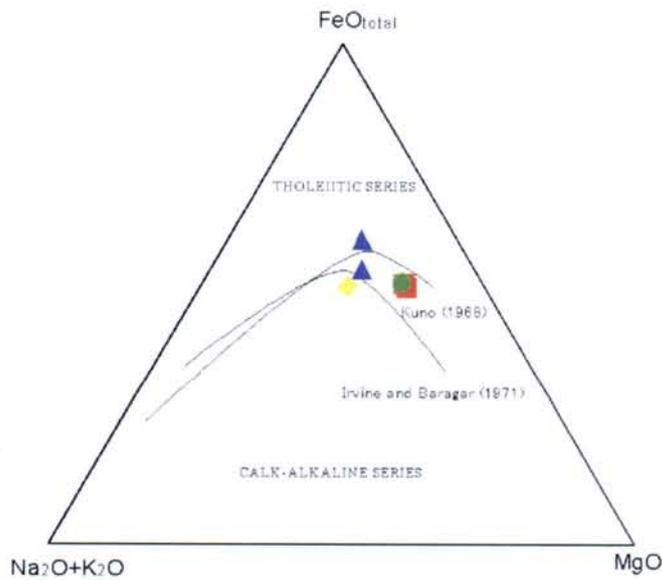


図3 AFMマグマ系列区分図

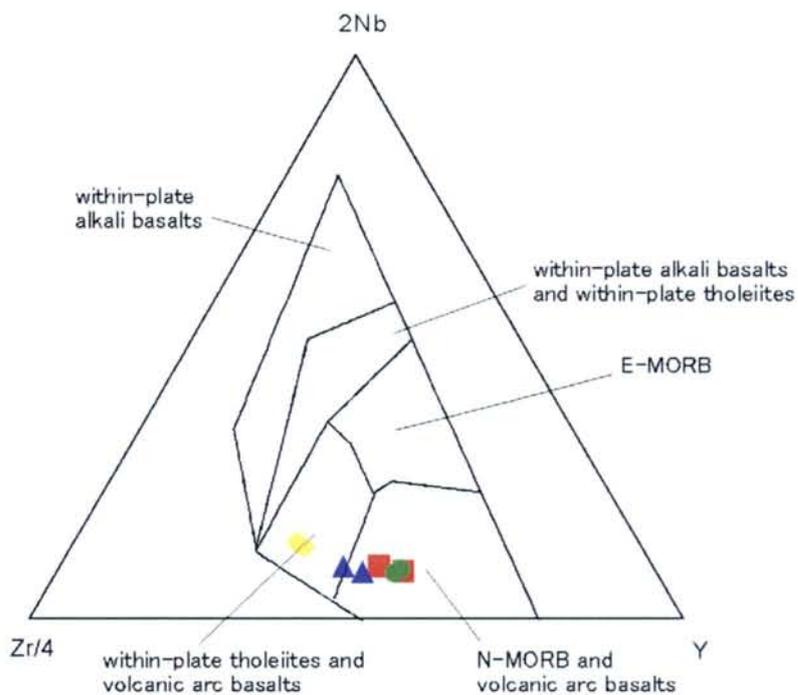


图4 Nb-Zr-Y

Discrimination line; after Meschede (1986)

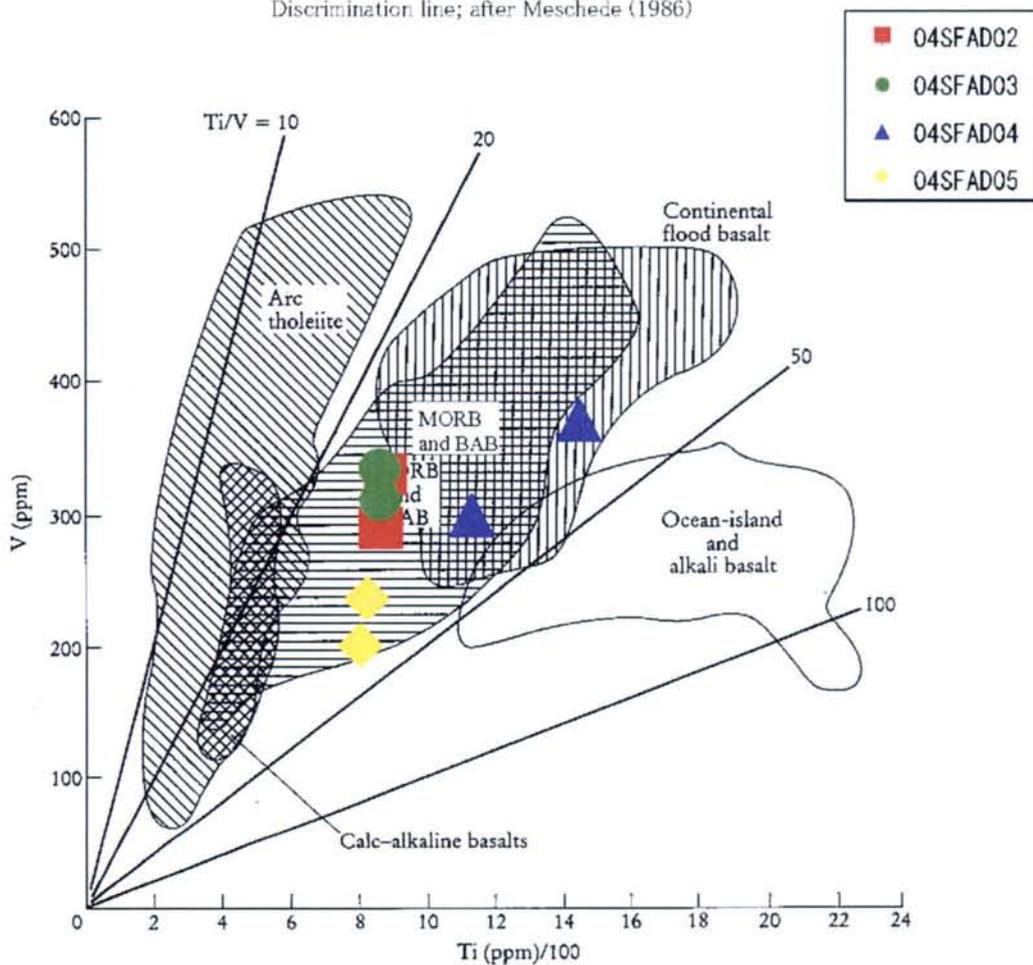


图5 Ti/1000-V

Discrimination line; after Shervais (1982).

BAB: Back Arc Basin Basalt (背弧海盆玄武岩)

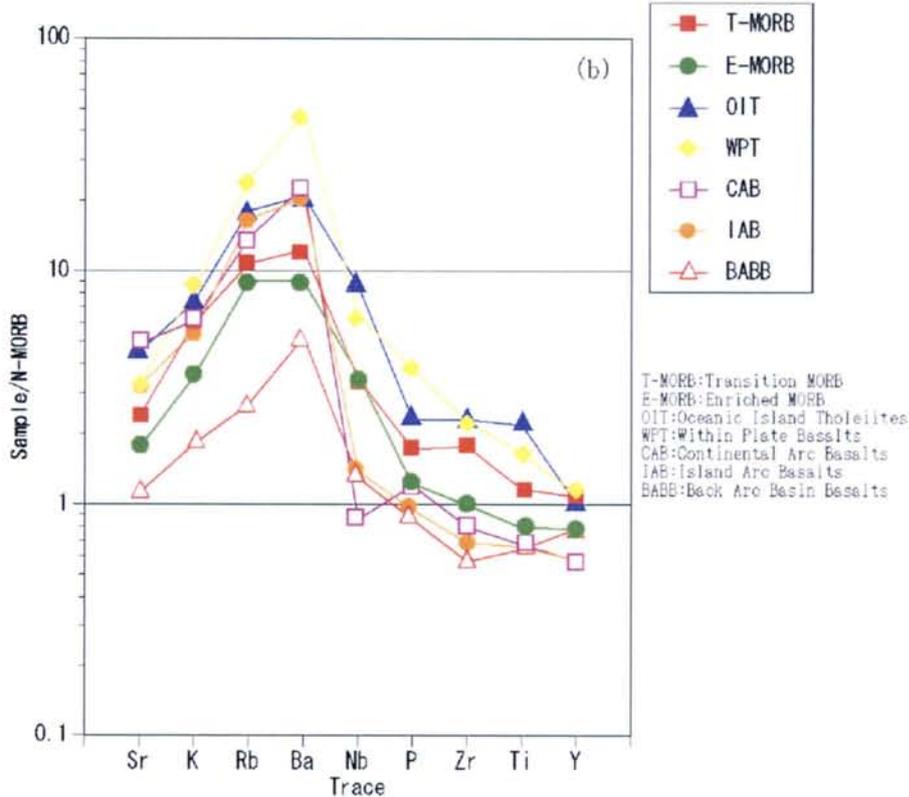
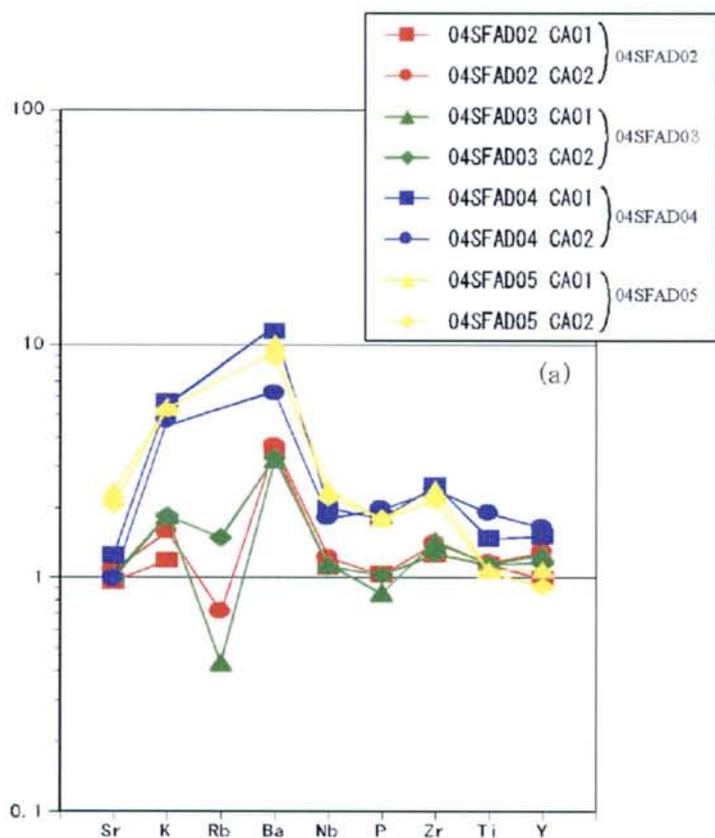


図6 N-MORB規格化HFSおよびLIL元素スパイダーダイアグラム。
 (a) 試料
 (b) 各種玄武岩 (N-MORB, E-MORB : Sun and McDonough, 1989;
 その他 : 周藤・牛来, 1997)

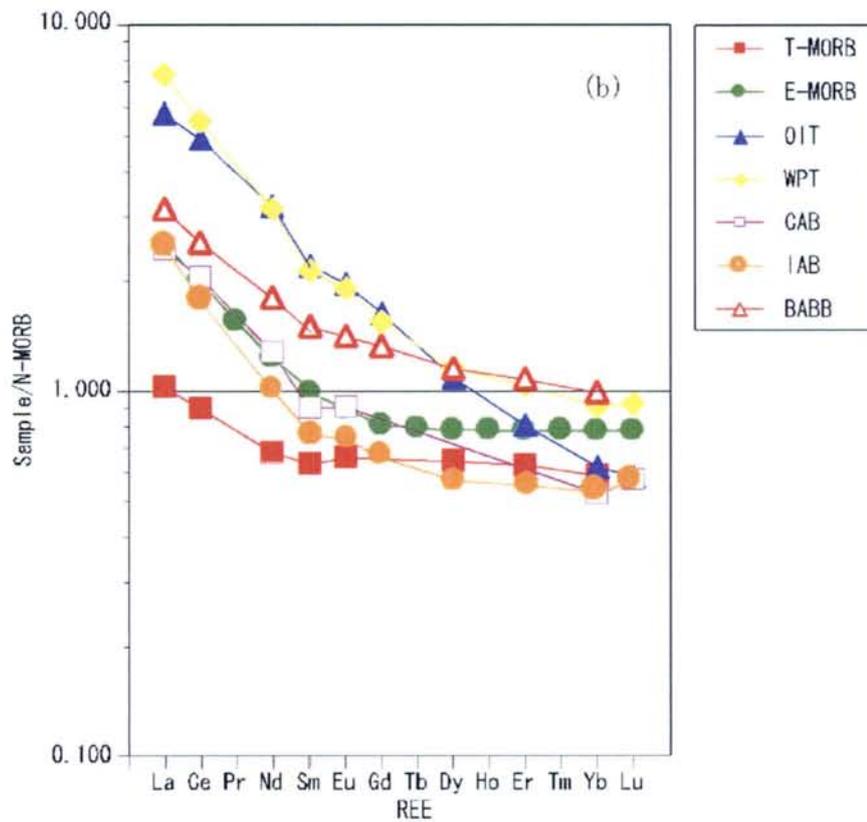
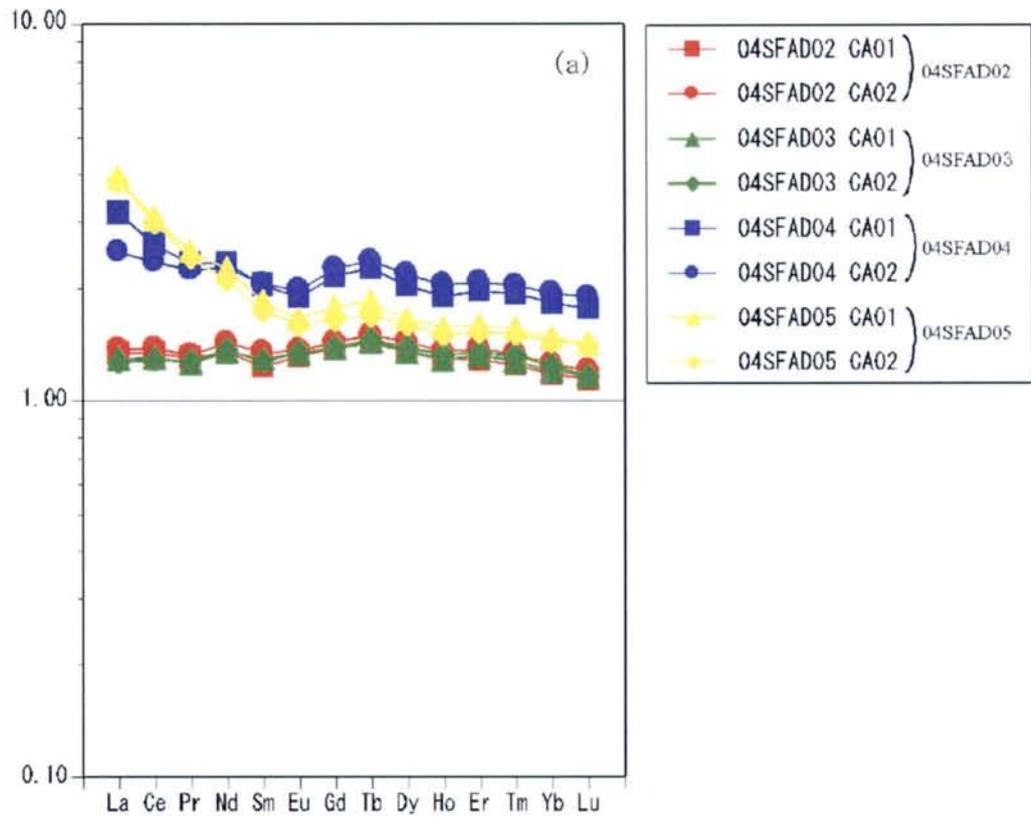


図7 N-MORBで規格化したREEのパターンダイアグラム。

(a)試料

(b)各種玄武岩 (N-MORB,E-MORB : Sun and McDonough, 1989;その他 : 周藤・牛来, 1997).

3. 火山岩の K-Ar 年代測定

3-1. 試料

各計画点から1試料ずつ、計4試料を年代測定に供した。試料リストを表6に示す。

表 6K-Ar 年代測定試料

海域	採試点番号	水深(m)	深度 サンプル 枝番	地質	試料番号
ERZ A	04SFAD02	1956-1803	C3	玄武岩表面のガラス質部	04SFAD02 KR01
	04SFAD03	1954-1801	C5	小型ピローもしくはチューブ	04SFAD02 KR01
	04SFAD04	1941-1925	C3	ピローラバーの一部	04SFAD02 KR01
	04SFAD05	2072-1955	C2	自破碎溶岩岩片	04SFAD02 KR01

3-2. 測定方法

年代測定はカナダのActlab社に依頼した。試料は脱塩、粉化した後、岩石試料2試料について、K-Ar年代測定を行なった。カリウム量はICP発光分析計(Thermo Jarrell Ash, Enviro II)を用いて測定した。アルゴン量は希ガス質量分析計(Noble gas mas spectrometer: Actlab 社カスタムメイド)を用い、同位体希釈法により測定した。

年代の算出には以下の式を用いた。

$$t = 1/(\lambda_{\beta} + \lambda_e) \ln((^{40}\text{Ar}_{\text{rad}} \cdot (\lambda_{\beta} + \lambda_e)) / (^{40}\text{K} \cdot \lambda_e) + 1)$$

ここで、

λ_{β} : ^{40}K が ^{40}Ca に壊変する際の壊変定数、 λ_e : ^{40}K が ^{40}Ar に壊変する際の壊変定数

$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$: 試料中の放射性起源 ^{40}Ar 量 (原子数)、 ^{40}K : 試料中の現在の ^{40}K 量 (原子数)

3-3. 測定結果

測定結果を表7に示す。試料 04SFAD02 KR01、04SFAD03 KR01 は、他の二つとかけ離れた結果が出たため、確認のための再測定を行った。結果は、1回目の結果とほぼ同じであった。

表 7K-Ar 年代測定試料

試料番号	K(%)	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ (nl/g)	$^{40}\text{Ar}_{\text{air}}$ (%)	Age (Ma)
04SFAD02 KR01	0.088	0.504	81.6	144.3+6.8
04SFAD03 KR01	0.061	0.172	86.2	72.4+6.2
04SFAD04 KR01	0.273	0.032	96.5	3.1+1.6
04SFAD05 KR01	0.342	0.112	95.9	8.5+1.5
確認分析				
04SFAD02 KR01rep	0.089	0.513	81.9	145.0+4.6
04SFAD03 KR01rep	0.066	0.195	53.5	76.0+4.1

K: 試料中の総K量

$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$: 試料中の放射性起源 ^{40}Ar 量

$^{40}\text{Ar}_{\text{air}}$: 現在の大气中の ^{40}Ar 量

3-4.考察

当該地域の過年度年代測定値として、 $16.0\pm 10.2\text{Ma}$ 、 $3.0\pm 8.3\text{Ma}$ の値が得られている。今回の測定ではこれらの測定値より誤差の小さい測定が行われたが、年代値は $144.3\pm 6.8\sim 3.1\pm 1.6\text{Ma}$ という非常に幅の広い結果であった。

当該地域は太平洋全体でみると、最も古い年代(白亜紀)に形成された海洋プレートが広がる海域であるが、試料採取地域では海嶺が新たにできつつあり、若い岩石が分布していることが期待される地域である。

今回の測定で非常に広い年代幅が得られた原因には二つのことが考えられる。1) 当該地域は太平洋中央海嶺で白亜紀に形成された海洋プレート上に、新たな海嶺の形成に伴い若い岩石が貫入している場所で、試料採取の際には白亜紀の海洋底由来の岩石と、若い海嶺由来の岩石の両方を採取した、2) 岩石が形成された時点で、大気由来以外に起源をもつ放射性起源 ^{40}Ar (過剰 ^{40}Ar) が存在した。

海洋底火山岩には多くの場合、過剰 ^{40}Ar が存在するらしい(兼岡、1998)。従って今回の年代のばらつきは過剰 ^{40}Ar の影響が疑われる。しかしながら、現在のところ、過剰 ^{40}Ar の影響と判断することはできない。前章までの記載岩石学的特長および化学組成の特徴から、古い年代を示す 04SFAD02、04SFAD03 と、若い年代を示す 04SFAD04、4SFAD05 は特徴が異なり、採取地点が近接していても、起源を異にする可能性があるからである。

複数の試料がある場合、K-Ar アイソクロンを引くことができれば過剰 ^{40}Ar の影響を見積もるとともに、正しい年代を得ることができる。しかしながら、分析所に K-Ar アイソクロンの作成を依頼したところ、今回の試料ではアイソクロンは得られないとの回答を得た。過剰 ^{40}Ar の影響を確かめるには Ar-Ar 年代測定法も有効であるが、この方法は高価であり、また影響を確認できるが、過剰 ^{40}Ar の影響があった場合は、Ar-Ar 法でも年代を得ることはできない。有意義ではあるが、確実に年代を求めるといふ保証ができないのが現状である。

4. 参考文献

- Cox K.G., Bell J.D. and Pankhurst R.J., 1979, The interpretation of of igneous rocks. George, Allen and Unwin, London. pp.450.
- Irvine T.N. and Baragar W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Jour. Earth. Sci.*, **8**, 523-548.
- 兼岡一郎、1998、年代測定概論。東大出版会、pp.315.
- Kuno H., 1968, Differentiation of basalt magmas. In: Hess H.H. and Poldervaart A. (eds.), *Basalts: The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition*, Vol. 2, Interscience, New York, 623-688.
- Meschede M., 1986, A method of discriminating between diferrent types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chem Geol.*, **56**, 207-281.
- Miyashiro A., 1978, Nature of alkalic volcanic rock series. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **66**, 91-104.
- Peccerillo R. and Taylor S.R., 1976, Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **58**, 63-81.
- Rollinson, H.R., 1993, *Using geochemical data*. Pearson Education Limited, Edinburgh. pp 352.
- Shervais J.W., 1982 Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth planet. Sci. Lett.*, **59**, 101-118.
- Sun, S. and McDonough, W.F., 1989, Chemical and isotope systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In Saunders, AD. and Norry, MJ(eds), *Magmatism in the Ocean Basins*, geological Society Special Publication, **42**, 313-345.
- 周藤賢治、牛来正夫、1997、地殻・マントル構成物質。共立出版、pp.330.
- Zindler, A. and Hart, S.R., 1986, Chemical geodynamics. *Anu. Rev. Earth Planet. Sci.*, **14**, 493-571.

添付資料 5

室内試験 5 - 3

1. 変質鉍物等の X 線回折試験
2. 鉍石の化学分析
3. 未固結堆積物の化学分析

添付資料 5

室内試験 5-3

1. 変質鉱物等の X 線回折試験

- 1-1. 試料
- 1-2. 試験方法
- 1-3. 試験結果
- 1-4. 結果のまとめおよび考察

2. 鉱石の化学分析

- 2-1. 試料
- 2-2. 分析元素および分析方法
- 2-3. 分析結果
- 2-4. 解析
 - 2-4-1. 単一変量解析
 - 2-4-2. 多変量解析
 - 2-4-3. REE パターン図(始原マントルおよび北米頁岩規格化)

3. 未固結堆積物の化学分析

- 3-1. 試料および分析元素
- 3-2. 分析方法
- 3-3. 分析結果
- 3-4. 結果のまとめおよび考察

4. 未固結堆積物の化石鑑定

- 4-1. 試料
- 4-2. 鑑定方法および鑑定結果
 - 4-2-1. 浮遊性有孔虫
 - 4-2-2. イクチオリス
 - 4-2-3. 放散虫
- 4-3. 考察

参考文献

1. 変質鉱物等の X 線回折試験

1-1. 試料

試料は平成 16 年度 SOPAC でフィジー諸島共和国 EEZ 内の深海底において採取された鉱石、変質岩、変質鉱物、堆積物試料である(表 1)。

表 1 X 線回折試験実施試料

海域	採試点番号	水深(m)	深度 サンプル 枝番	地質	試料番号
Central Hill	04SFFPG01	1,971		蛇紋岩中を貫く白色脈	04SFFPG01 XRD01
	04SFFPG03	1,968		黒色変質部	04SFFPG03 XRD01
				表層の黒色沈殿物	04SFFPG03 XRD02
				砕屑性砂質粘土	04SFFPG03 XRD03
				淡青灰色粘土	04SFFPG03 XRD04
				淡青灰色粘土中の暗灰色礫部	04SFFPG03 XRD05
				赤褐色沈積物	04SFFPG03 XRD06
				青灰色粘土質部中のガマに見られる白色針状結晶	04SFFPG03 XRD07
	04SFMC11	1,946	0.00	表層の黒色および白色沈殿物	04SFMC11 XRD01
			0.15~.0.18	有孔虫砂	04SFMC11 XRD02
ERZ A	04SFAD02	1,956→1,803		ラバーフローに見られる緑色変質部	04SFAD02 XRD01
追加分					
ERZ A	04SFAD02	1,956→1,803	C10	変質玄武岩	04SFAD02C10 XRD01
					04SFAD02C10 XRD02
					04SFAD02C10 XRD03
			C11	変質玄武岩	04SFAD02C11 XRD04
					04SFAD02C11 XRD05

1-2. 試験方法

X 線回折試験は九州大学、渡辺 公一郎教授に依頼した。使用機器は九州大学に設置のリガク RINT2100 である。X 線管球は Cu を用い、回折角度 $2\theta=2\sim 70^\circ$ 、走査速度 $2^\circ/\text{min}$ の条件で試験を行った。また、試験はバルク(不定方位)、定方位、塩酸、EG 処理の条件で行った。

1-3. 試験結果

試験結果を一覧にして表 2 に示す。一覧では、鉱物の相対含有量を石英指数で示した。石英指数は標準石英の 101 面反射強度($d=3.334$)を 100%としたときの値で示した。すなわち、

$$\text{鉱物 A の石英指数} = (\text{鉱物 A の最強ピーク強度} / \text{標準石英の 101 面ピーク強度}) \times 100$$

である。

1-4.結果のまとめおよび考察

Central Hill

採試点番号 04SFFPG01

•XRD01 (蛇紋岩中を貫く白色脈)

アラゴナイトのピークが得られた。脈は同鉱物からなると思われる。

採試点番号 04SFFPG03

•XRD01 (黒色変質部)

蛇紋石、方解石、アラゴナイト、クロム鉄鉱、ブルーサイトのピークが得られた。塩基性岩もしくはカンラン岩の変質物であると思われる。

•XRD02 (表層の黒色沈殿物)

石英、曹長石、方解石のピークが得られた。黒色の原因は不明だが、珪長質物質由来の変質物と思われる。

•XRD03 (碎屑性砂質粘土)

トレモライト、緑泥石、蛇紋石、滑石、アラゴナイトのピークが得られた。塩基性岩もしくはカンラン岩由来の変質物であると思われる。

•XRD04 (淡青灰色粘土)

曹長石、トレモライト、蛇紋石、方解石、アラゴナイトのピークが得られた。塩基性岩由来の変質物であると思われる。

•XRD05 (淡青灰色粘土中の暗灰色礫部)

蛇紋石、方解石、アラゴナイト、クロム鉄鉱、黄鉄鉱のピークが得られた。塩基性岩もしくはカンラン岩の変質物であると思われる。

•XRD06 (赤褐色沈積物)

蛇紋石、方解石、アラゴナイト、クロム鉄鉱のピークが得られた。塩基性岩もしくはカンラン岩由来の変質物であると思われる。

•XRD07 (青灰色粘土質部中のガマに見られる白色針状結晶)

蛇紋石、アラゴナイトのピークが得られた。量比から、針状結晶はアラゴナイトであると思われる。

採試点番号 04SFMCI1

•XRD01 (表層の黒色および白色沈殿物)

方解石、マグネサイトもしくはロードクロサイト、アラゴナイト、トドロカイトのピークが得られた。黒色沈殿物はトドロカイト、白色沈殿物は各種炭酸塩鉱物の混合物と思われる。

•XRD02 (有孔虫砂)

蛇紋石、方解石、マグネサイトもしくはロードクロサイト、アラゴナイト、トドロカイトのピークが得られた。有孔虫は炭酸塩に置換され、少量の塩基性岩もしくはカンラン岩由来の変質物が混在していると思われる。

ERZ A

採試点番号 04SFAD02

・XRD01 (ラバーフローに見られる緑色変質部)

スメクタイトのピークが得られた。ラバーフローは粘土化変質していると思われる。

・C10 XRD01 (変質玄武岩)

スメクタイトのピークが得られた。玄武岩は粘土化変質していると思われる。

・C10 XRD02 (変質玄武岩)

スメクタイト、蛇紋石、トドロカイトのピークが得られた。粘土化変質を受け、表面にマンガン酸化物がコーティングされたかんらん石玄武岩であると思われる。

・C10 XRD03 (変質玄武岩)

スメクタイト、蛇紋石、トドロカイトのピークが得られた。粘土化変質を受け、表面にマンガン酸化物がコーティングされたかんらん石玄武岩であると思われる。

・C11 XRD04 (変質玄武岩)

スメクタイト、トドロカイトのピークが得られた。粘土化変質を受け、表面にマンガン酸化物がコーティングされた玄武岩であると思われる。

・C11 XRD05 (変質玄武岩)

スメクタイト、トドロカイトのピークが得られた。粘土化変質を受け、表面にマンガン酸化物がコーティングされた玄武岩であると思われる。

2. 鉱石の化学分析

2-1. 試料

試料は蛇紋岩および堆積物試料である。試料リストを表3に示す。

表3 化学分析実施試料

海域	採試点番号	水深(m)	地質	試料番号
Central Hill	04SFFPG01	1,971	黒色の蛇紋岩	04SFFPG01 CR01
			黄褐色の蛇紋岩	04SFFPG01 CR02
	04SFFPG03	1,968	白色変質脈とその周囲の蛇紋岩	04SFFPG03 CR01
			赤褐色沈積物が付着した礫岩	04SFFPG03 CR02
			青灰色粘土質部	04SFFPG03 CR03

2-2. 分析元素および分析方法

鉱石分析として白金族、金、銀、遷移金属、その他の元素を54元素、全岩化学分析として主要元素、希土類元素、その他の元素を25元素分析した。両分析別に分析元素、分析方法、検出限界を表4に示す。白金族元素および金はオーストラリアのGenalysis社、それ以外の元素はカナダのChenex社で行った。分析試料の前処理として、脱イオン水を用いた24時間の超音波洗浄を3回繰り返し、脱塩した。

2-3. 分析結果

分析結果を表5に示す。なお、表では鉱石分析と全岩化学分析の結果をともに示してある。元素は以下の分類で並べた。

主要元素(SiO₂~LOI)、遷移金属元素(Ti~Zn)、HFS(High Field Strength)元素(Th~Ta)、LIL(Large Ion Lithophile)元素(Cs~Pb)、白金族元素および金、銀(Os~Ag)、その他の元素(族の順)(Li~Te)。

表 4 分析元素、分析方法および検出限界値

鉱石分析	
分析成分(検出限界値-検出上限値)	分析方法
Ag (1-1,000ppm), Cu (0.01-50%), Co (0.001-50%), Ni (0.01-50%), Pb (0.01-30%), Zn (0.01-30%), Fe (0.01-30%), As (0.01-30%), Cd (1ppm-10%), Sb (0.01-100%)	原子吸光分析(AAS)
Pt, Pd, Ru, Rh, Os, Ir, Au (1ppb-), Ag (5-3,500ppm)	Fire Assay+ICP-MS
S (0.01-50%)	赤外線吸収分析法
Hg (0.01-100ppm)	冷却蒸気原子吸光分析(Cold Vapor-AAS)
Fe (0.01-100%), Zn (0.01-100%)	滴定分析
Ti (0.005-10%), P (10-10,000ppm), Mn (5-10,000ppm), Cr, V (1-10,000ppm)	ICP発光分析(ICP-AES)
Ba (10-10,000ppm), W (0.1-10,000ppm), Mo (0.05-10,000ppm), Be, Sb (0.05-1000ppm), Bi (0.01-10,000ppm)	ICP発光分析(ICP-AES)およびICP質量分析(ICP-MS)
Se (1-1,000ppm), La, Zr (0.5-500ppm), Li, Sn, Th (0.2-500ppm), Hf, Nb, Rb, U, Y (0.1-500ppm), Cs, Ga, Ge, Te (0.05-500ppm), Ta (0.05-100ppm), Tl (0.02-500ppm), Ce (0.01-500ppm), In (0.005-500ppm), Re (0.002-50ppm)	ICP質量分析(ICP-MS)
H ₂ O ⁺ (0.01-100%), C (0.01-50%)	高周波加熱伝導度法(LECO)
H ₂ O ⁻ (0.01-100%)	105℃で乾燥後、減少分を秤量
LOI (0.01-100%)	1000℃で焼成後、減少分を秤量
全岩化学分析	
分析成分(検出限界値-検出上限値)	分析方法
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 (0.01-100%)	ICP発光分析(ICP-AES)
FeO (0.01-100%)	滴定分析
Ni (5-10,000ppm)	ICP質量分析(ICP-MS)
Sr (0.1-10,000ppm)	
Nd (0.5-10,000ppm)	
Pr, Sm, Gd, Dy, Tb, Ho, Er, Yb, Eu, Tm, Lu (0.1-1,000ppm)	

表 4 分析結果

海城	採試点番号	地質	試料番号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	C	LOI	Total
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Central 川口	04SFPG01	黒色の板状岩	04SFPG01 CR01	32.30	0.01	0.28	3.55	3.60	0.06	33.10	9.50	0.07	0.02	0.02	9.94	2.05	15.50	98.01	
		黒色の板状岩	04SFPG01 CR02	33.60	0.01	0.30	1.31	6.50	0.04	33.30	7.28	0.02	0.02	<d.l	11.30	1.66	17.35	99.73	
		自然変質帯との間の板状岩	04SFPG03 CR01	31.40	0.01	0.32	1.93	4.82	0.10	31.20	10.85	0.07	0.02	0.03	9.96	2.40	18.55	99.30	
		自然変質帯との間の板状岩	04SFPG03 CR02	34.30	0.06	0.70	8.20	3.50	35.40	3.75	10.10	12.05	0.82	0.10	12.05	15.35	98.99	98.99	
	黄灰色粘土層部	04SFPG03 CR03	31.10	0.01	0.38	2.91	3.54	0.05	32.20	11.25	0.08	0.01	0.03	10.10	2.48	16.50	98.06		

Duplicate	04SFPG03 CR01	28.90	0.01	0.22	1.90	4.73	0.11	30.20	13.50	0.07	0.01	0.05	9.97	2.95	19.65
分析誤差(2σ%)		5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	7	4	4

海城	採試点番号	地質	試料番号	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Ni	Cu	Zn	Th	U	Zr	Hf	Nb	Ta	Cs	Ba	Rb	Sr	Pb	
				ppm	%	ppm	ppm	%	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%										
Central 川口	04SFPG01	黒色の板状岩	04SFPG01 CR01	<d.l	52	3950	535	5.74	0.016	0.15	1220	<d.l	0.01	0.01	<d.l	1.9	2.9	<d.l	0.2	<d.l	0.06	10.6	0.7	1785	<d.l
		黒色の板状岩	04SFPG01 CR02	<d.l	24	4220	553	5.52	0.007	0.17	1335	<d.l	0.02	0.02	<d.l	0.8	3.7	<d.l	0.1	<d.l	<d.l	4.6	0.2	1245	<d.l
		自然変質帯との間の板状岩	04SFPG03 CR01	<d.l	46	3940	730	4.81	0.009	0.13	1145	<d.l	0.01	0.01	<d.l	0.6	4.5	0.1	0.2	<d.l	<d.l	7.6	0.4	1980	<d.l
		自然変質帯との間の板状岩	04SFPG03 CR02	0.031	76	4300	3830	6.6	0.014	0.14	1275	0.01	0.02	0.3	0.7	24.9	0.5	2.3	0.05	<d.l	40.2	0.5	674	<d.l	
	黄灰色粘土層部	04SFPG03 CR03	<d.l	42	3810	460	4.72	0.006	0.12	1015	0.01	0.01	0.1	<d.l	0.5	3.3	<d.l	0.1	<d.l	<d.l	7	0.3	2070	<d.l	

Duplicate	04SFPG03 CR01	<d.l	49	3220	956	4.72	0.009	0.13	1070	0.01 <th>0.01 <th>0.1 <th>0.6 <th>2.9 <th><d.l</th> <th>15</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> </th></th></th></th>	0.01 <th>0.1 <th>0.6 <th>2.9 <th><d.l</th> <th>15</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> </th></th></th>	0.1 <th>0.6 <th>2.9 <th><d.l</th> <th>15</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> </th></th>	0.6 <th>2.9 <th><d.l</th> <th>15</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> </th>	2.9 <th><d.l</th> <th>15</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th> <th>10</th>	<d.l	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10
分析誤差(2σ%)		10	10	10	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

海城	採試点番号	地質	試料番号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Os	Pt	Rh	Pd	Au	Ag
				ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm															
Central 川口	04SFPG01	黒色の板状岩	04SFPG01 CR01	0.6	0.7	<d.l	<d.l	0.1	<d.l	0.1	<d.l	<d.l	<d.l	<d.l	<d.l	0.1	1.2	<d.l						
		黒色の板状岩	04SFPG01 CR02	<d.l																				
		自然変質帯との間の板状岩	04SFPG03 CR01	1.3	1.2	0.1	0.6	0.1	0.1	0.2	<d.l	0.1	<d.l	<d.l	<d.l	0.1	1.8	<d.l						
		自然変質帯との間の板状岩	04SFPG03 CR02	5.3	10.6	0.9	3.9	0.9	0.2	0.9	0.1	0.1	<d.l	<d.l	<d.l	0.1	5.1	<d.l						
	黄灰色粘土層部	04SFPG03 CR03	0.5	0.5	<d.l	0.8	<d.l	<d.l	<d.l	<d.l	<d.l	<d.l												

Duplicate	04SFPG03 CR01	0.7	0.6	0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th>1 <th>8</th> <th><d.l</th> </th></th></th></th></th></th>	<d.l	0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th>1 <th>8</th> <th><d.l</th> </th></th></th></th></th>	<d.l	0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th>1 <th>8</th> <th><d.l</th> </th></th></th></th>	<d.l	0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th>1 <th>8</th> <th><d.l</th> </th></th></th>	<d.l	0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th>1 <th>8</th> <th><d.l</th> </th></th>	<d.l	0.1 <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th>1.5</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th>1 <th>8</th> <th><d.l</th> </th>	<d.l	1.5	<d.l	1.5	<d.l	<d.l	<d.l	1 <th>8</th> <th><d.l</th>	8	<d.l
分析誤差(2σ%)		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100	10	10	10

海城	採試点番号	地質	試料番号	Li	Be	Mo	W	Re	Cd	Hg	Ca	In	Tl	Ce	Sn	P	As	Sb	S	Se	Te		
				ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm		
Central 川口	04SFPG01	黒色の板状岩	04SFPG01 CR01	1.7	<d.l	7.97	<d.l	0.003	<d.l	<d.l	0.74	<d.l	0.35	<d.l	0.13	90	<d.l	<d.l	0.03	2.85	1	0.06	
		黒色の板状岩	04SFPG01 CR02	0.5	<d.l	2.1	0.1	<d.l	<d.l	<d.l	0.55	<d.l	<d.l	<d.l	0.12	0.3	170	<d.l	<d.l	0.13	0.05	1	0.06
		自然変質帯との間の板状岩	04SFPG03 CR01	1.6	<d.l	1.1	0.3	<d.l	<d.l	<d.l	0.8	<d.l	<d.l	0.15	0.11	<d.l	170	<d.l	<d.l	0.01	0.33	1	0.06
		自然変質帯との間の板状岩	04SFPG03 CR02	2.2	0.18	4.71	1	<d.l	<d.l	<d.l	1.68	0.012	1.22	0.12	0.2	390	<d.l	<d.l	0.21	0.03	1	0.9	0.06
	黄灰色粘土層部	04SFPG03 CR03	2.3	<d.l	1	0.1	<d.l	<d.l	<d.l	<d.l	0.95	<d.l	0.05	0.11	<d.l	120	<d.l	<d.l	2.1	1	0.05		

Duplicate	04SFPG03 CR01	1.2	0.92	0.3 <th><d.l</th> <th>0.67</th> <th><d.l</th> <th>0.16</th> <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th>200</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th>0.39</th> <th>1 <th><d.l</th> </th></th></th></th>	<d.l	0.67	<d.l	0.16	<d.l	0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th>200</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th>0.39</th> <th>1 <th><d.l</th> </th></th></th>	<d.l	0.1 <th><d.l</th> <th>0.1 <th>200</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th>0.39</th> <th>1 <th><d.l</th> </th></th>	<d.l	0.1 <th>200</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th><d.l</th> <th>0.39</th> <th>1 <th><d.l</th> </th>	200	<d.l	<d.l	<d.l	0.39	1 <th><d.l</th>	<d.l	
分析誤差(2σ%)		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	4	10	4

* 元素濃度が検出限界の50-100倍の時の結果。元素濃度が検出限界値とほぼ同じの場合、精度は±100%

2-4. 解析

2-4-1. 単一変量解析

変量解析を行う際に、検出限界値以下の試料の分析値は、検出限界値の2分の1を代替値とした。解析は、全試料の場合と、試料採取点別の場合で行った。また、それぞれの場合において、以下の元素について、測定試料全てにおいて検出限界値以下であり、代替値を用いても変量解析を行えなかった。

全試料解析

Hg, As, Sb, Au, Ag, Pb, Ir, Ru, Cd

採取点 04SFFPG01 解析

全試料解析に加え、Ti, Cu, Th, Hf, Ta, Pr, Nd, Eu, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu, Be, In

採取点 04SFFPG03 解析

全試料解析に加え、Re, Cs

採取点 04SFFPG01 は2試料しかないため、標準偏差、変動係数を算出することができなかった。

分析試料の最大値、最小値、平均値、標本標準偏差、変動係数を表6に示す。

解析の結果、Mnを除く主要元素(SiO₂、TiO₂、Al₂O₃、FeO、Fe₂O₃、MgO、CaO、Na₂O、K₂O、P₂O₅)および揮発性成分(LOI、H₂O⁺、H₂O⁻、S、C)の平均値は採取点 04SFFPG01 の試料と採取点 04SFFPG03 の試料において大きな差はない。Mnの平均値は採取点 04SFFPG03 の方がやや高い。白金族元素(Rh、Pt、Pd)は両採取地点で大きな差はない。その他の元素についても、採取地点による大きな濃度の差はない。

表 6 単一変量解析結果

全試料	基本統計量	SiO ₂	TO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	C	LOI	Ti	V	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm
	サンプル数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	最大値	34.30	0.06	0.70	3.55	8.20	0.50	35.40	11.25	0.09	0.09	0.03	12.05	0.10	0.52	2.48	18.55	0.031	76
	最小値	31.10	0.01	0.28	0.51	3.54	0.04	31.20	3.75	0.02	0.01	0.01	9.94	0.01	0.20	0.82	15.35	0.00	24
	平均値	32.54	0.02	0.40	2.04	5.33	0.15	33.04	8.53	0.07	0.02	0.02	10.67	0.04	0.35	1.88	16.65	0.01	48
	標本標準偏差	1.38	0.02	0.17	1.22	2.01	0.20	1.56	3.09	0.03	0.01	0.01	0.96	0.04	0.12	0.68	1.34	0.01	19
	変動係数	0.043	1.118	0.439	0.596	0.376	1.313	0.047	0.362	0.409	0.354	0.991	0.090	0.350	0.360	0.080	1.55	0.392	

基本統計量	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Th	U	Zr	Hf	Nb	Ta	Cs	Ba	Rb	Sr	
	ppm	ppm	%	%	%	%	%	ppm										
	サンプル数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	最大値	4300	3830	6.60	0.016	1535	0.01	0.02	0.3	1.9	24.9	0.50	2.3	0.050	0.060	40	0.7	2070
	最小値	3810	460	4.72	0.006	1015	0.01	0.01	0.1	0.5	2.9	0.05	0.1	0.025	0.025	5	0.2	674
	平均値	4024	1222	5.48	0.010	1238	0.01	0.01	0.1	0.9	7.9	0.15	0.6	0.030	0.032	14	0.4	1551
	標本標準偏差	223	1461	0.77	0.004	193	0.00	0.01	0.1	0.6	9.5	0.20	1.0	0.011	0.016	15	0.2	585
	変動係数	0.056	1.196	0.140	0.422	0.156	0.391	0.391	0.639	0.633	1.214	1.312	1.660	0.373	0.489	1.057	0.458	0.378

基本統計量	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Rh	
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	
	サンプル数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	最大値	5.3	10.6	0.90	3.90	0.90	0.20	0.90	0.10	1.00	0.20	0.70	0.10	0.60	0.10	5.1	2.0
	最小値	0.3	0.3	0.05	0.25	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.6	0.5
	平均値	1.6	2.7	0.23	1.05	0.24	0.09	0.26	0.06	0.26	0.08	0.19	0.06	0.18	0.06	1.9	1.0
	標本標準偏差	2.1	4.5	0.38	1.60	0.37	0.07	0.36	0.02	0.41	0.07	0.29	0.02	0.24	0.02	1.8	0.6
	変動係数	1.327	1.682	1.631	1.524	1.541	0.724	1.396	0.373	1.594	0.839	1.505	0.373	1.312	0.373	0.972	0.612

基本統計量	Pt	Pd	Li	Be	Mo	W	Re	Ga	In	Tl	Ge	Sn	P	Bi	S	Te
	ppb	ppb	ppm	%	ppm											
	サンプル数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	最大値	24	6	2.3	0.180	7.97	1.0	0.003	1.68	0.012	1.22	0.13	0.3	390	0.210	2.85
	最小値	7	3	0.5	0.025	1.00	0.1	0.001	0.55	0.003	0.01	0.11	0.1	90	0.005	0.03
	平均値	13	4	1.7	0.056	3.38	0.3	0.001	0.94	0.004	0.36	0.12	0.2	188	0.077	1.07
	標本標準偏差	7	1	0.7	0.069	2.97	0.4	0.001	0.44	0.004	0.50	0.01	0.1	118	0.090	1.31
	変動係数	0.501	0.261	0.431	1.238	0.880	1.282	0.639	0.462	0.966	1.406	0.071	0.465	0.628	1.168	1.225

表 6 単一変量解析結果(つづき)

採取点04SFPPG01

基本統計量	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	FeO %	Fe ₂ O ₃ %	MnO %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	H ₂ O ⁺ %	H ₂ O ⁻ %	C %	LOI %
サンプル数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
最大値	33.60	0.01	0.30	3.55	6.50	0.06	33.30	9.50	0.07	0.02	0.02	11.30	0.39	2.05	17.35
最小値	32.30	0.01	0.28	1.31	3.60	0.04	33.10	7.28	0.02	0.01	0.01	9.94	0.36	1.66	15.50
平均値	32.95	0.01	0.29	2.43	5.05	0.05	33.20	8.39	0.05	0.02	0.01	10.62	0.38	1.86	16.43
標本標準偏差															
変動係数															

基本統計量	V ppm	Cr ppm	Mn ppm	Fe %	Co %	Ni %	Zn %	U ppm	Zr ppm	Nb ppm	Ba ppm	Rb ppm	Sr ppm	La ppm	Ce ppm
サンプル数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
最大値	52	4220	553	5.74	5.74	0.02	1535	0.02	1.9	3.7	0.2	10.6	0.7	1785	0.6
最小値	24	3950	535	5.52	5.52	0.01	1220	0.01	0.8	2.9	0.1	4.6	0.2	1245	0.25
平均値	38	4085	544	5.63	5.63	0.01	1377.5	0.02	1.35	3.3	0.15	7.6	0.45	1515	0.43
標本標準偏差															
変動係数															

基本統計量	Sm ppm	Gd ppm	Yb ppm	Y ppm	Rh ppb	Pt ppb	Pd ppb	Li ppm	Mo ppm	W ppm	Ga ppm	Tl ppm	Ge ppm	Sn ppm	P ppm
サンプル数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
最大値	0.1	0.1	0.1	1.2	1.2	1	14	4	1.7	7.97	0.1	0.74	0.35	0.13	0.3
最小値	0.05	0.05	0.05	0.6	0.6	1	12	4	0.5	2.10	0.05	0.55	0.01	0.12	0.2
平均値	0.08	0.08	0.08	0.9	0.9	1	13	4	1.1	5.04	0.08	0.65	0.18	0.13	0.25
標本標準偏差															
変動係数															

基本統計量	Bi ppm	S %	Te ppm
サンプル数	2	2	2
最大値	0.13	2.85	0.06
最小値	0.03	0.05	0.06
平均値	0.08	1.45	0.06
標本標準偏差			
変動係数			

表 6 単一変量解析結果(つづき)

採取点04SFPPG03		SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	C	LOI	Ti
基本統計量		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
サンプル数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
最大値	34.30	0.06	2.91	8.20	0.50	35.40	11.25	0.09	0.03	0.10	12.05	0.52	2.48	18.55	0.031
最小値	31.10	0.01	0.32	3.54	0.05	31.20	3.75	0.07	0.01	0.03	9.96	0.20	0.82	15.35	0.003
平均値	32.27	0.03	0.47	5.52	0.22	32.93	8.62	0.08	0.02	0.05	10.70	0.33	1.90	16.80	0.012
標本標準偏差	1.77	0.03	0.20	2.41	0.25	2.19	4.22	0.01	0.01	0.04	1.17	0.17	0.94	1.62	0.016
変動係数	0.055	1.083	0.438	0.437	1.138	0.067	0.490	0.125	0.500	0.758	0.109	0.510	0.493	0.096	1.371

基本統計量		V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Zn	Th	U	Zr	Hf	Nb	Ta	Ba	Rb
基本統計量		ppm	ppm	ppm	%	%	%	%	ppm							
サンプル数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
最大値	76	4300	3830	6.60	0.014	1275	0.01	0.02	0.3	0.7	24.9	0.50	2.3	0.050	40	0.5
最小値	42	3810	460	4.72	0.006	1015	0.01	0.01	0.1	0.5	3.5	0.05	0.1	0.025	7	0.3
平均値	55	3983	1673	5.38	0.010	1145	0.01	0.01	0.2	0.6	10.9	0.22	0.9	0.033	18	0.4
標本標準偏差	19	275	1873	1.06	0.004	130	0.00	0.01	0.1	0.1	12.1	0.25	1.2	0.014	19	0.1
変動係数	0.340	0.069	1.119	0.197	0.418	0.114	0.433	0.693	0.167	0.167	1.114	1.138	1.433	0.433	1.040	0.250

基本統計量		Sr	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
基本統計量		ppm	ppm														
サンプル数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
最大値	2070	5.3	10.6	0.90	3.90	0.90	0.20	0.20	0.90	0.10	1.00	0.20	0.70	0.10	0.60	0.10	5.1
最小値	674	0.5	0.5	0.05	0.25	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.8
平均値	1575	2.4	4.1	0.35	1.58	0.38	0.12	0.12	0.38	0.07	0.38	0.10	0.28	0.07	0.25	0.07	2.6
標本標準偏差	781	2.6	5.6	0.48	2.01	0.48	0.08	0.08	0.45	0.03	0.53	0.09	0.36	0.03	0.30	0.03	2.3
変動係数	0.496	1.087	1.376	1.363	1.272	1.363	0.655	1.184	0.433	1.395	0.866	1.277	0.433	1.217	0.433	0.877	

基本統計量		Rh	Pt	Pd	Li	Be	Mo	W	Ga	In	Tl	Ce	Sn	P	Bi	S	Te
基本統計量		ppb	ppb	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
サンプル数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
最大値	2.0	24	6	2.3	0.180	4.71	1.0	1.68	0.0120	1.22	0.12	0.12	0.2	390	0.210	2.10	0.90
最小値	0.5	7	3	1.6	0.025	1.00	0.1	0.80	0.0025	0.05	0.11	0.11	0.1	120	0.005	0.03	0.05
平均値	1.0	13	4	2.0	0.077	2.27	0.5	1.14	0.0057	0.47	0.11	0.11	0.1	227	0.075	0.82	0.34
標本標準偏差	0.9	0.9	2	0.4	0.089	2.11	0.5	0.47	0.0055	0.65	0.01	0.01	0.1	144	0.117	1.12	0.49
変動係数	0.866	0.697	0.353	0.186	1.167	0.931	1.013	0.412	0.968	1.370	0.051	0.433	0.634	1.559	1.364	1.449	

2-4-2. 多変量解析

解析は、全試料の場合と、試料採取点別の場合で行い、分析結果について、相関係数の算出および無相関の検定を行った。また、単一変量解析の場合と同様に、以下の元素について、測定試料全てにおいて検出限界値以下であり、代替値を用いても変量解析を行えなかった。

全試料解析

Hg、As、Sb、Au、Ag、Pb、Ir、Ru、Cd

採取点 04SFFPG03 解析

全試料解析に加え、Re、Cs

Se は、全試料で値が同じであったため、変量解析を行えなかった。

採取点 04SFFPG01 は 2 試料しかないため、変量解析を行えなかった。

分析試料の相関係数、無相関の検定結果を表 7 に示す。

解析の結果、全試料、採取点 04SFFPG03 解析のそれぞれの場合で、以下のような特徴が見られた。

1) 全試料解析

Ti、Al、Mn、P、Th、と、Zr、Hf、Nb、Ta (HFS 元素) および La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu (REE 元素) の間で、1% の無相関の検定結果が得られ、相関が示唆された。

2) 採取点 04SFFPG03 解析

Si、Ti、Mn、Ca、P、C、V、Cr、Fe、Zn、Th、REE 元素、HFS 元素、Rh、Mo、In、Tl、Ge、Sn が他の元素との間で 1% もしくは 5% の無相関の検定結果が得られ、互いの相関が示唆された。

地球化学の点から HFS 元素、REE 元素それぞれに分類される元素は、火成活動や熱水活動などでは似たような挙動を示す事が知られている。そのため今回の解析ではこれらの元素間に相関が示唆される結果となったと考えられる。また、Si、Ti、Mn、V、Cr、Fe は蛇紋石やそこに含まれる酸化鉱物に、Ca、P、C は炭酸塩鉱物中に含まれると考えられる元素である。今回採取点 04SFFPG03 解析において互いの相関が示唆された元素は、岩石表面への吸着よりむしろこれらの変質鉱物の存在に規制される元素である可能性がある。

表 7 多変量解析結果(つづき)

採取地:ASTPP003
 集積地の番号:55 **13

	TI02	AI03	Fp03	MnO	MP0	CaO	MgO	K2O	Fe2O3	H2O+	CO2	LOI	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Co	Zn	Pb	U	Zr	BH	Hs	Ta	Rs	Rb	
TI01																														
TI02																														
AI03																														
Fp03																														
MnO																														
MP0																														
CaO																														
MgO																														
K2O																														
Fe2O3																														
H2O+																														
CO2																														
LOI																														
Ti																														
V																														
Cr																														
Mn																														
Fe																														
Co																														
Ni																														
Co																														
Zn																														
Pb																														
U																														
Zr																														
BH																														
Hs																														
Ta																														
Rs																														
Rb																														

表7 多変量解析結果(つづき)

採取地04SFPC03
無相関の検定 * 5% ** 1%

測定	Sr	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Rh	Pt	Pd	Li	Ba	Mo	W	Ga	In	Sn	Pb	S	Ta	
SiO ₂																														
TiO ₂																														
Al ₂ O ₃																														
Fe ₂ O ₃																														
Na ₂ O																														
MgO																														
CaO																														
Na ₂ O																														
K ₂ O																														
P ₂ O ₅																														
H ₂ O ⁺																														
CO ₂																														
Li ₂ O																														
V ₂ O ₅																														
Cr																														
Mn																														
Fe																														
Co																														
Ni																														
Cu																														
Zn																														
Th																														
U																														
Hf																														
Ta																														
Nb																														
Ti																														
Ba																														
Rb																														
Sr																														
La																														
Ce																														
Pr																														
Nd																														
Sm																														
Eu																														
Gd																														
Tb																														
Dy																														
Ho																														
Er																														
Tm																														
Yb																														
Lu																														
Y																														
Rh																														
Pt																														
Pd																														
Li																														
Ba																														
Mo																														
W																														
Ga																														
In																														
Tl																														
Cd																														
Sn																														
Sb																														
Bi																														
Pb																														
Te																														
S																														
Ta																														

2-4-3. REE パターン図(始原マントルおよび北米頁岩規格化)

分析試料に対して、REE パターン図を作成した。なお、蛇紋岩試料(04SFFPG01 CR01,CR02 および 04SFFPG03 CR01)は始原マントル組成(McDonough et al., 1991)で、礫岩、粘土質試料(04SFFPG03CR02,CR03)は北米頁岩の組成(Gromet et al., 1984)で規格化した。

蛇紋岩試料の REE 濃度は La を除き、始原マントルより低い事がわかる(図 1)。また、両試料ともパターンに大きな違いはなく軽希土類に富む右肩上がりのパターンを示す。変質の激しいサンプルでもあるが、これらの特徴が岩石の初生的な特徴を示しているならば、このように REE 濃度が低く、軽希土類に富む特徴をもつこれらの試料は、前弧域の蛇紋岩と類似するといえる。

礫岩、粘土質試料の REE 濃度は北米頁岩より低いことがわかる(図 2)。また、04SFFPG03CR03 は La、Ce 以外の REE はより低く、検出限界以下である。04SFFPG03CR02 のパターンはほぼフラットであり、濃度は低いものの、地殻物質の代表組成と考えられている北米頁岩の REE 元素比率とほぼ似通っているといえる。

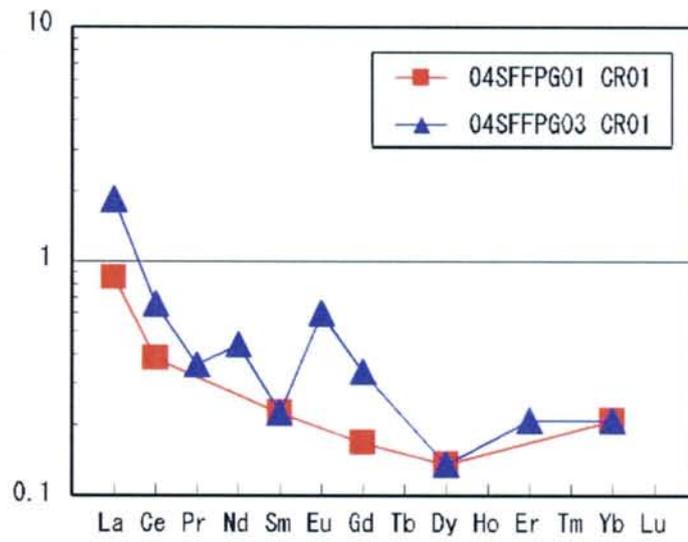


図1 始原マントル規格化REEパターン図
(蛇紋岩)

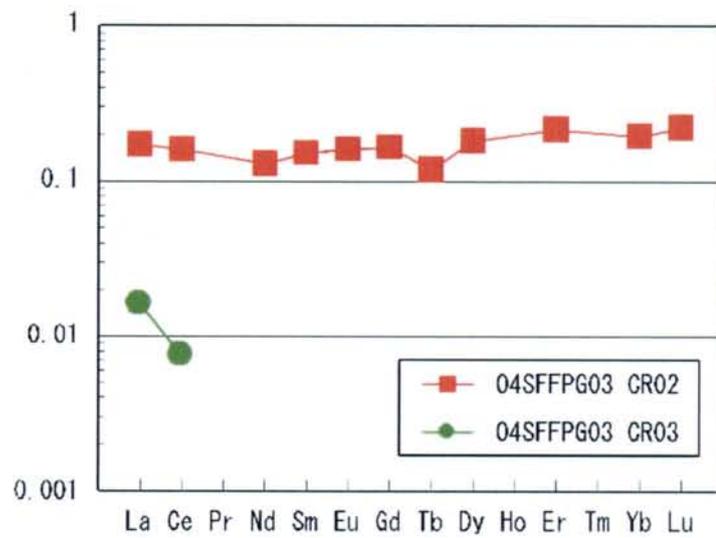


図2 北米頁岩規格化REEパターン図
(礫岩、粘土)

3. 未固結堆積物の化学分析

3-1. 試料および分析元素

試料は未固結堆積物(有孔虫砂)試料である。試料リストを表 8 に示す。

表 8 未固結堆積物分析試料

海域	採試点番号	水深(m)	深度 サンプル 枝番	地質	試料番号
Central Hill	04SFMC11	1,946	0.10~0.15	有孔虫砂	04SFMC11 CS01
			0.15~0.18	有孔虫砂	04SFMC11 CS02

3-2. 分析方法

主要元素、白金族元素、金、銀、微量元素計 34 元素を分析した。分析元素、分析方法、検出限界を表 9 に示す。白金族元素および金はオーストラリアの Genalysis 社、それ以外の元素はカナダの Chenex 社で行った。分析前には、第 2 章の分析と同じ方法で試料に脱塩処理を施した。

表 9 未固結堆積物分析試料

分析成分(検出限界値-検出上限値)	分析方法
Al, Ca, Fe (0.01%-25%), Mg (0.01-15%), K, Na (0.01-10%), Ti (0.005-10%), P (10-10,000ppm), Mn (5-10,000ppm), Zn (2-10,000ppm), Cr, V (1-10,000ppm)	ICP発光分析(ICP-AES)
Ba (10-10,000ppm), Pb (0.5-10,000ppm), As, Cu, Ni, Sr (0.2-10,000ppm), Co, W (0.1-10,000ppm), Mo (0.05-10,000ppm), Be, Sb (0.05-1,000ppm), Bi (0.01-10,000ppm), Cd (0.02-500ppm), Ag (0.01-100ppm)	ICP発光分析(ICP-AES)およびICP質量分析(ICP-MS)
Mn (0.01-50%)*	原子吸光分析(AAS)
Rh (1ppb)	NiS collection Fire Assay+ICP-MS
Pt, Pd, Ru, Os, Ir (2ppb)	
Au (5ppb)	
Hg (0.01-100ppm)	冷却蒸気原子吸光分析(Cold Vapor-AAS)
*04SFMC11 CS02のみ	

3-3. 分析結果

分析結果を表 10 に示す。

表 10 未固結堆積物分析結果

未固結堆積物化学分析	Al	Ca	Fe	Mg	K	Na	Ti	P	Mn	Zn	Cr	V
	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
04SFMCI1 CS01	0.66	35.7	0.42	0.77	0.05	0.23	0.042	300	1730	25	49	12
04SFMCI1 CS02	0.61	35.3	0.43	0.94	0.08	0.25	0.042	310	26200*	51	82	16
分析誤差(2σ%)	10	10	10	10	10	10	10	10	10(*4)	10	10	10

未固結堆積物化学分析	Ba	Pb	As	Cu	Ni	Sr	Co	W	Mo	Be	Sb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
04SFMCI1 CS01	50	6.7	12	27.8	16.5	1465	2.5	0.2	0.34	0.09	0.28
04SFMCI1 CS02	70	4.1	<5	36.2	60.3	1435	4.9	1	5.32	<0.05	1.52
分析誤差(2σ%)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

未固結堆積物化学分析	Bi	Cd	Ag	Hg	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Au
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
04SFMCI1 CS01	<0.01	0.39	0.12	0.02	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	2	<d.l.	<d.l.
04SFMCI1 CS02	<0.01	0.99	0.13	0.02	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	2	<d.l.	<d.l.
分析誤差(2σ%)	10	10	10	7	-	-	-	-	100	-	-

<d.l.:檢出限界値以下

3-4. 結果のまとめおよび考察

分析の結果、両試料とも主成分はカルシウムであった。これは試料が炭酸塩に置換された有孔虫化石からなるためと考えられる。この解釈は、第 1 章、変質鉱物等の X 線回折試験の試料 04SFMC11 XRD02 の結果と調和的である。また、分析した試料にマンガンが多く含まれるのは、深海底におけるマンガン酸化物コーティングのためであろう。X 線回折試験の結果でも、04SFMC11 CS02 からはドロカイトが検出されている。04SFMC11 CS02 には 04SFMC11 CS01 と比較してマンガン含有量が高く、Ni、Cu も若干多い。これは、前者により多くのマンガン酸化物がコーティングされているためと解釈される。

白金族元素は Pt のみ検出されたが、Pt も誤差を考慮すると含有されていないに等しい。分析した試料には白金族元素は含まれていない考えるべきであろう。

4. 未固結堆積物の化石鑑定

4-1. 試料

試料は未固結堆積物(有孔虫砂)試料である。試料リストを表 11 に示す。

表 11 未固結堆積物化石鑑定試料

海域	採試点番号	水深(m)	深度 サンプル 枝番	地質	試料番号
Central Hill	04SFMC11	1,946	0.10~0.18	有孔虫砂	04SFMC11 FS01

4-2. 鑑定方法および鑑定結果

上記試料について、浮遊性有孔虫、イクチオリス、放散虫の鑑定を行い、未固結堆積物の堆積年代を推定した。鑑定方法および鑑定結果を、以下化石別に述べる。各化石の鑑定者を表 12 に示す。

表 12 化石鑑定者

鑑定項目	鑑定者	所属
浮遊性有孔虫化石	尾田太良	東北大学大学院理学研究科地学専攻地圏進化学講座、教授
イクチオリス化石	大金 薫	東北大学大学院理学研究科地学専攻博士課程
放散虫化石	鈴木紀毅	東北大学大学院理学研究科地学専攻地圏進化学講座、助手

4-2-1. 浮遊性有孔虫

鑑定方法

30g の未固結試料をそれぞれビーカーにいれ、3%過酸化水素水に浸して個体分離をした上で、63 μ m のフルイで水洗し、オープンで乾燥した。乾燥した試料中から 150 μ m 以上の浮遊性有孔虫化石を双眼実体顕微鏡下で拾い出し、倍率40倍で観察し、種の同定を行った。

鑑定結果

検討した1未固結試料から浮遊性有孔虫化石は産出した(表13)。

本試料から産出した浮遊性有孔虫群集は *Globigerinoides ruber*, *G. sacculifer*, *G. conglobatus* や *Globorotalia* 属、*Sphaeroidinella dehiscens* また *Pulleniatina obliquiloculata* など熱帯亜熱帯群集からなり(Be,1977)、低緯度地域の下記の示準面 (Blow,1969; Berggren et al., 1985, 1995) をそのまま適用することができる。

なお、本試料の地質年代を推定する上で用いた種の示準面とその推定年代値は次の通りである。

- 1) *Globigerinoides ruber* ピンク色の個体の消滅:0.12Ma
- 2) *Globigerinella calida calida* の出現 : 0.3 Ma
- 3) *Globorotalia tosaensis* の消滅 :0.6 Ma

4) *Globorotalia truncatulinoides* の出現:2.0Ma

本試料(045FMC11FS01、0.01-0.18m)からは、*Globorotalia truncatulinoides* が産出し、*Globorotalia tosaensis* が産出しない。また *Globigerinella calida calida* と pink 色の *Globigerinoides ruber* を伴っている。以上のことから、本試料は後期更新世の堆積物である。

表 13 浮遊性有孔虫化石鑑定結果

種	産出数
<i>G. bulloides</i> d'Orbigny	R
<i>Globigerinella aequilateralis</i> (Brady)	R
<i>G. calida</i> Parker	R
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)	R
<i>G. conglobatus</i> (Brady)	F
<i>G. ruber</i> (d'Orbigny)Pink	C
<i>G. ruber</i> (d'Orbigny)White	R
<i>G. sacculifer</i> (Brady)	C
<i>Globorotalia crassaformis</i> (Galloway and Wissler)	R
<i>G. menardii</i> (Parker, Jones and Brady)	F
<i>G. truncatulinoides</i> (d'Orbigny)	R
<i>G. tumida</i> (Brady)	R
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i> (d'Orbigny)	R
<i>O. universa</i> (d'Orbigny)	R
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parker and Jones)	R
<i>Sphaeroidinella dehiscens</i> (Parker and Jones)	R

R: Rare,F: Few,C: Common

4-2-2. イクチオリス

鑑定方法

イクチオリス個体を回収するため、以下の方法で化石を抽出した。まず3%の過酸化水素で固体分離を行った。これを水洗し、5%の酢酸で有孔虫などの石灰質成分を溶解させた。これを水洗し、開口径63μmのふるいを通して残渣を回収した。残渣から、実体顕微鏡下でイクチオリス個体を全て拾い出し、水でスライドグラスに封入し、生物顕微鏡下で観察・鑑定を行った。

年代決定は、Doyle and Riedel (1985)をもとに行った。Doyle and Riedel (1985)は、イクチオリスの最新の年代層序であり、最も高い解像度で年代を決めることが出来る。

鑑定結果

イクチオリスの年代決定に関連するサブタイプのリストを表14に、写真を図版1にまとめた。試料 04SF MC11 FS01 0.10-0.18m の堆積年代は、0.0Ma~32.4Maと考えられる。本試料から産出した、*Flexed triangle 120-128*、*Rectangular saw-toothed*、*Triangle with high inline apex*、*Triangle*

with base angle、Small triangle with long striation は、いずれも 32.4Ma 以降に出現している。ここから、堆積年代を 0.0Ma～32.4Ma と見積もった。これは、32.4Ma よりも過去に絶滅したサブタイプが産しないことと調和する。

表 14 イクチオリス化石鑑定結果

サブタイプ名	年代
<i>Flexed triangle 120-128</i>	0.0Ma～32.4Ma
<i>Rectangular saw-toothed</i>	0.0Ma～32.4Ma
<i>Triangle with high inline apex</i>	0.0Ma～32.4Ma
<i>Triangle with base angle</i>	0.0Ma～32.4Ma
<i>Small triangle with long striation</i>	0.0Ma～32.4Ma

4-2-3. 放散虫

鑑定方法

珪質微化石を濃集するため、濃塩酸で石灰質分を除去、過酸化水素で有機物を溶解し、界面活性剤であるカルゴンで粘土鉱物の分散を行ない、微小な放散虫個体も捉えるため、開口目 38 μm の篩に残った粒子を検鏡した。実体顕微鏡で予備検鏡をおこない放散虫含有量を確認した。予備検鏡で放散虫殻をまったく認められないが、念のために、薬品を用いないで放散虫殻と砂質粒子を分離できる懸濁分離法（板木，2003）を利用して、放散虫殻の濃集を試みた。

濃集した残渣をエンテランニューで封入スライドを作成したものの、放散虫らしき遺骸を 1 個体しか見つからなかった。

鑑定結果

上記で述べたように、1 個体の放散虫らしき遺骸しか見つからないため、放散虫から年代や環境を推定することは困難である。検討試料の採集地点（177° 25.847' E、16° 5.692' S）近傍では放散虫群集は種数が少ないことが知られており（たとえば、Lombari and Boden, 1985）、南太平洋に広がる放散虫の無産地帯との境界部に位置する。ほぼ無産である事実は、採集地点は放散虫無産地帯に重なる可能性を指摘できる。

4-3. 考察

産出した化石の鑑定結果を表 15 にまとめる。試料は、放散虫無産地帯において、後期更新世に堆積した堆積物であると推定できる。

表 15 化石鑑定結果まとめ

海域	地点番号	深度 サンプル枝番	試料番号	イクチオリス	浮遊性有孔虫	放散虫
Central Hill	04SFMCI1	0.10-0.18	04SFMCI1 FS01	0.0～32.4Ma	後期更新世	ほぼ無産

参考文献

- Be, A. W. H. (1977) An ecological zoogeographic and Taxonomic review of Recent planktonic foraminifera. In Ramsay, A. T. S. (ed.), *Oceanic Micropaleontology*. London, Academic Press, vol. 1, p1-100.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Flynn, J. J. and Van Couvering, J. A. (1985): Cenozoic Geochronology. *Geol.Soc. Am. Bull.*, v. 96, p1407-1418.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C., III and Aubry, M.P. (1995) A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *SEPM Special Publication No. 54*, p. 129-212.
- Blow, W. H. (1969) Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Bronniman, P. and Renz, H. H. (ed.), *Proc. 1st Int. Conf. Planktonic Microfossils, Genova, 1967*, Leiden (EJ. Brill), 1, p199-422.
- Doyle, P.S. and Riedel, W.R. (1985) Cenozoic and Late Cretaceous ichthyolith. In Bolli, H.M. ed. *Plankton Stratigraphy*, 965-995.
- Gromet L.P., Dymek R.F., Haskin L.A. and Korotev R.L. (1984) The "North American Shale Composite": its compilation, major and trace element characteristics. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **48**, 2469-2482.
- 板木拓也. 2003. 砂質堆積物からの放散虫殻の懸濁分離法. *化石*, no. 73: 38-41.
- Lombardi, G. and Boden, G. (1985) Modern radiolarian global distributions. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication, (16A)*: 1-24.
- McDonough W.F., Sun S., Ringwood A.E., Jagoutz E. and Hofmann A.W. (1991) K, Rb, and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle. *Geochim. Cosmochim. Acta*, Ross Taylor Symposium volume.
- 尾田太良 (1978) : 試料処理と標本の作成, I. 有孔虫・貝形虫. 高柳洋吉編, 微化石研究マニュアル. 34-46, 朝倉書店.
- Terashima S., Usui A. and Imai N. (1995) Two new GSJ geochemical reference sample: syenite Jsy-1 manganese nodule JMn-1., *Geostandard Newsletter*, **19**, 221-229.

図版

代表的化石の顕微鏡写真 イクチオリス・浮遊性有孔虫

(ともにスケールバーは 100 μ m)

fig. 1 *Flexed triangle 120-128*

Photo ID P1260217

fig. 2 *Rectangular saw-toothed*

Photo ID P1260221

fig. 3 *Triangle with high inline apex*

Photo ID P1260227

fig. 4 *Triangle with base angle*

Photo ID P1260235

fig. 5 *Small triangle with long striation*

Photo ID P1260253

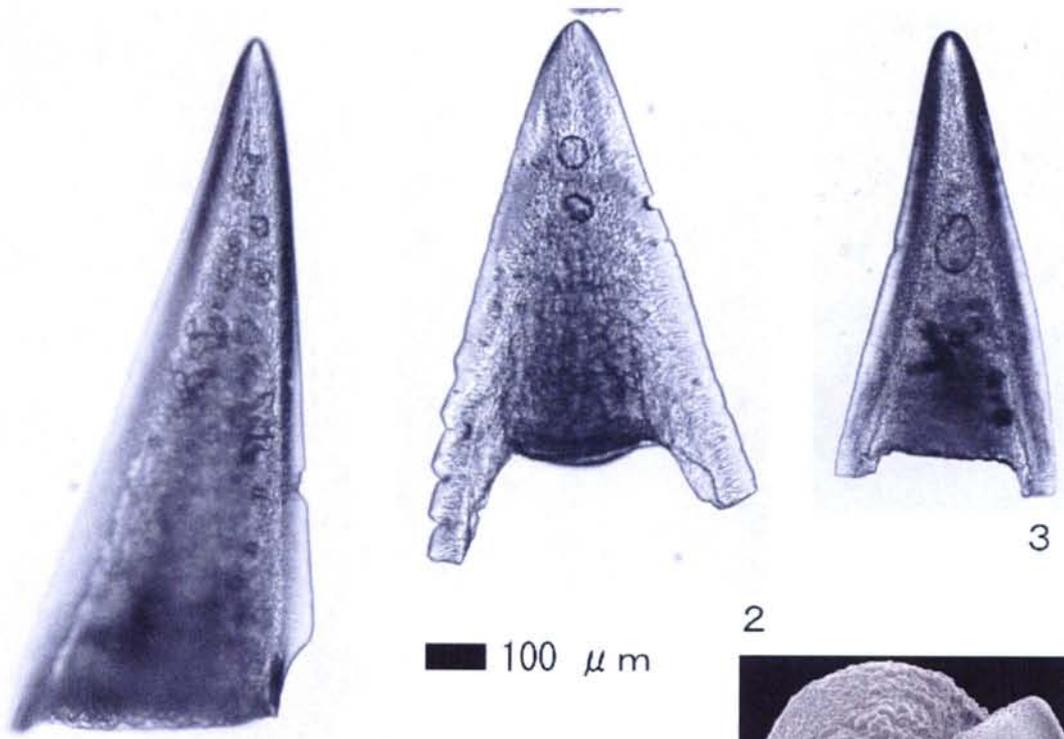
fig. 6 *Globorotalia truncatulinoides*

Photo ID image004

fig. 7 *Globigerinella calida calida*

Photo ID cal.1-u070

图版 1

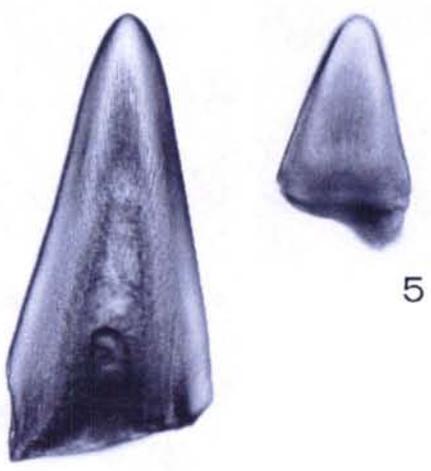


1

100 μm

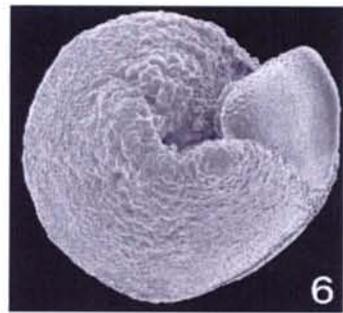
2

3

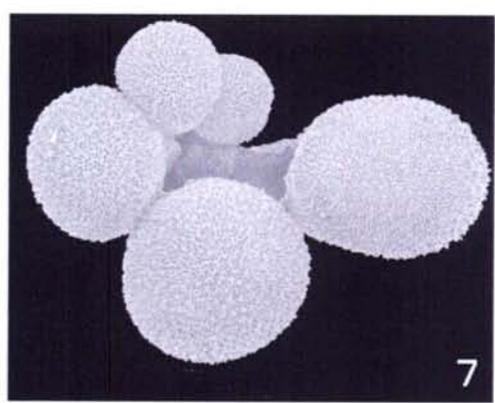


5

4



6



7

添付資料 6 環境調査

添付資料6 環境調査

目 次

1. 調査目的
2. 調査海域
3. 調査項目および方法
 - 3-1 調査項目
 - 3-2 調査方法
4. 調査結果
 - 4-1 測点
 - 4-2 水質・浮遊性バクテリア調査
 - 4-2-1 水質
 - 4-2-2 浮遊性バクテリア
 - 4-2-3 水質・浮遊性バクテリア調査のまとめ
 - 4-3 底質・底生生物調査
 - 4-3-1 底質
 - 4-3-2 底生生物
 - 4-3-3 底質・底生生物調査のまとめ
5. まとめ

1. 調査目的

環境調査は当該海域における将来の資源開発に先立ち、深海底鉱物資源等の開発が海洋環境に与える影響を予測するための基礎調査として実施した。本調査は目的別に水質および水中における微生物の分布状況を明らかにすることと（以後、水質・浮遊性バクテリア調査）底質性状および底生生物の分布を明らかにすること（以後、底質・底生生物調査）に分けられる。

2. 調査海域

調査海域を図 2-1、図 2-2 に示す。調査地点は $16^{\circ} 00' S$ 、 $177^{\circ} 20' W$ の Central Hill、 $16^{\circ} 20' S$ 、 $177^{\circ} 20' W$ の ERZA の 2 測点で、Central Hill は水深 2,500 m に位置する海山であり、ERZA は水深 2,000 m のやや平坦な地形にある。

3. 調査項目および方法

3-1 調査項目

3-1-1 水質・浮遊性バクテリア調査

- (1) 水質：水温、塩分
- (2) 微生物：浮遊性バクテリア

3-1-2 底質・底生生物調査

マルチプルコアラー (MC) を用いて下記項目を調査した。採集に先立ち、ビデオ観察を行い、十分な堆積物の存在する場所を選定した。なお、マクロベントスはパワーグラブ (FPG) またはアーム型ドレッジ (AD) で行った鉱物採取時に混入していたものをサンプルとした。

- (1) 底質性状：含水率、炭酸カルシウム、有機態炭素、全窒素、全硫化物、比重
- (2) 底生生物：底生性バクテリア、メイオベントス、マクロベントス

3-2 調査方法

3-2-1 観測・採集・試料処理方法

(1) 水質・浮遊性バクテリア調査

水質調査はロゼットサンプラー (RO) に CTD (SEA-BIRD: MODEL 9 PLUS) を取り付け、水温、塩分を測定した。測定深度は表層 0 m から海底上 10 m まで、投下速度は 0.5 m/秒、測定間隔は 1 回/秒とした。

浮遊性バクテリア分析用試料は、RO に装着したニスキン採水器 (容量:1.7リットル) を用いて、

海底上 10 m, 50 m, 75 m, 100 m, 125 m, 150 m, 175 m, 200 m, 250 m, 300 m, 500 m, 1,000m の 12 層から採水し、それぞれ分析項目ごとに必要な処理を施した (表 3-2-1)。

(2) 底質・底生生物調査

底質・底生生物調査 (マクロベントス以外) では、MC で採集した底質を試料とした。採集にあたってはコア貫入の障害となる礫に接触する確率を低くするために、採泥器に装着したコアを 4 本に限定した。得られた底質および底生生物試料は、表層から 8 cm 層 (測点により異なる) までを 1 cm 間隔に裁断し、それぞれ分析項目ごとに必要な処理を施した (表 3-2-1)。

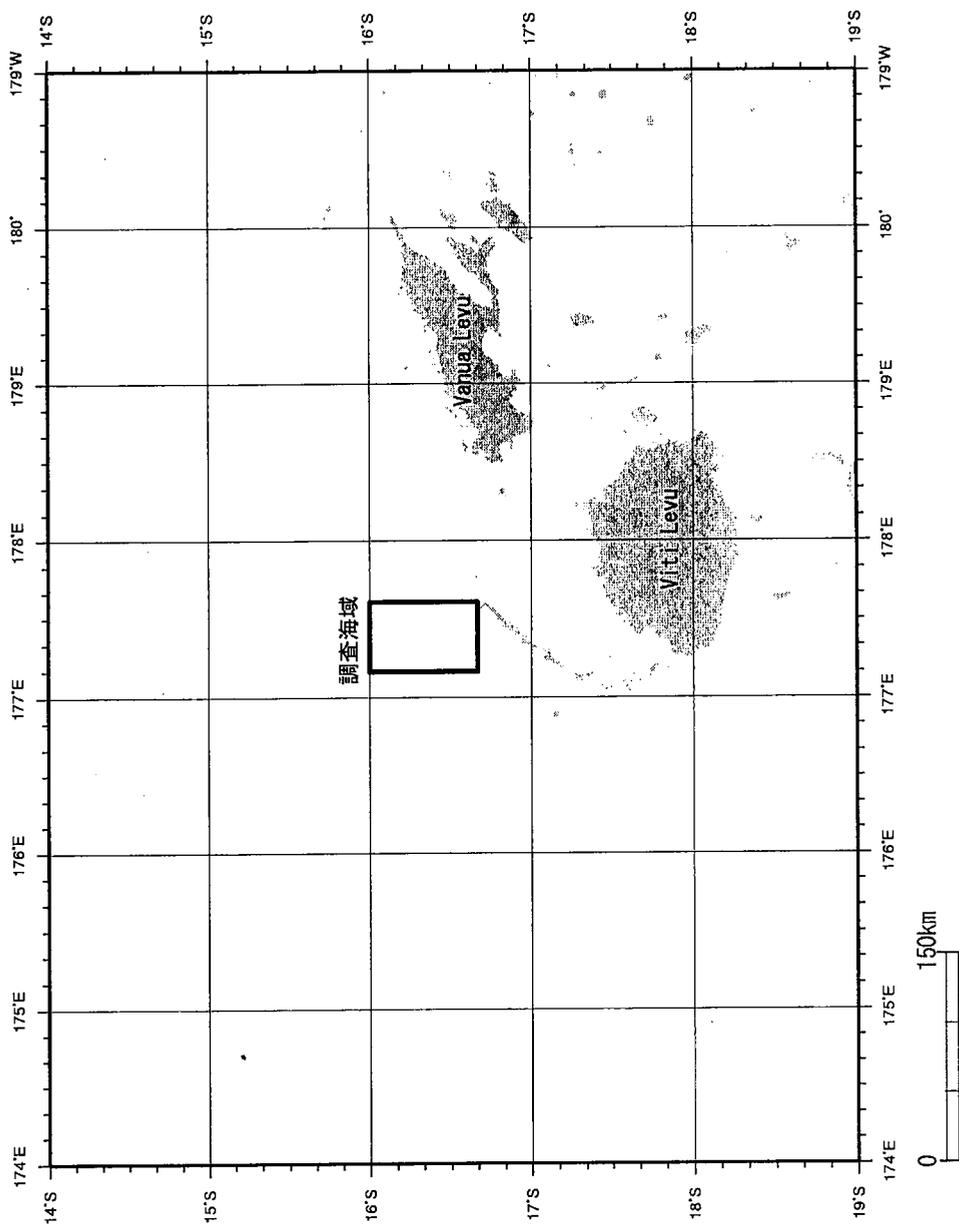
表 3-2-1 項目別試料の処理および保存方法

項 目	処理および保存方法
・浮遊性バクテリア	試料を滅菌済み容器に採取→ゲルタルアルデヒド固定(最終濃度:1 %v/v)→DAPI 染色(最終濃度:1 μg/ml)→定量をヌクレポ フィルター(孔径 0.2 μm)に濾過捕集→スライドガラスにマウントして冷凍保存
・含水率、比重	底質約 20 g を冷凍保存
・炭酸カルシウム、有機態炭素、全窒素	底質(0.5~1 g)を冷凍保存
・全硫化物	底質(適当量)を亜鉛アンミン溶液中に浸漬→密栓して冷蔵保存
・底生性バクテリア	底質(0.5~1 g)をゲルタルアルデヒド(最終濃度:1 %v/v)入り濾過海水 10 ml に浸漬→冷蔵保存
・メイオベントス	底質の定量裁断→ローズベンガル入り中性ホルマリンで固定(最終濃度 10 %v/v)→冷蔵保存
・マクロベントス	中性ホルマリンで固定(最終濃度 10 %v/v)→常温保存

3-2-2 分析方法

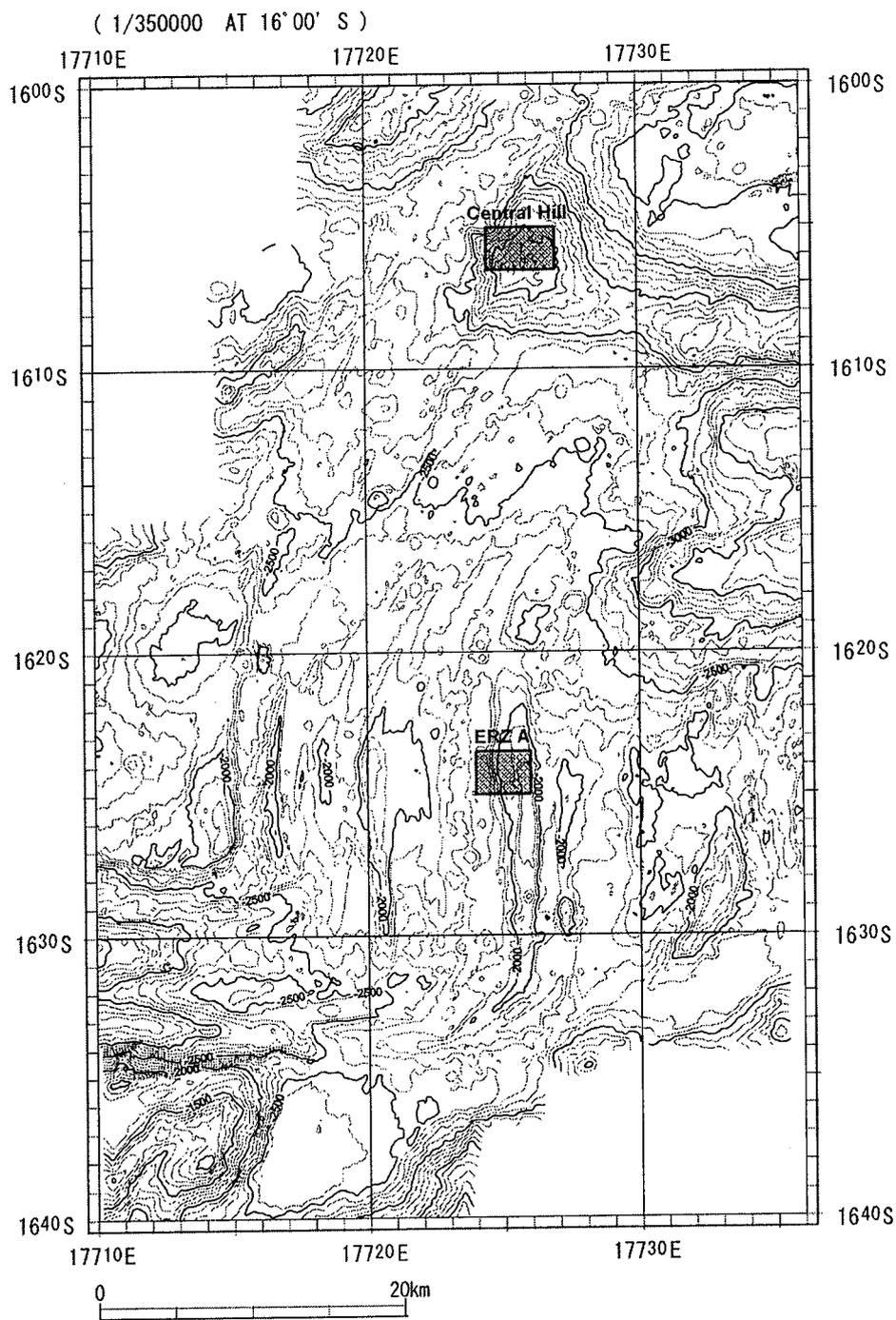
(1) 水質・浮遊性バクテリア調査

1) 浮遊性バクテリア



調査海域図

図2-1 調査海域(1)



調 査 位 置 図

図2-2 調査海域(2)

27

フィルター上のバクテリア細胞数を落射蛍光顕微鏡を用いて計数し、単位海水容量当たりの全菌数に換算した。

(2) 底質・底生生物調査

1) 含水率

湿試料の重量を測定した後、乾燥機中 (60 °C) で恒量になるまで乾燥させ再度重量を測定した。

2) 炭酸カルシウム

含水率測定後の乾燥試料を用いて CHN 分析計 (MT-5: ヤナコ社製) により全炭素を測定し、全炭素から下記の有機炭素を差し引いて無機態炭素を求めた。次に無機態炭素が炭酸カルシウム中の炭素であると仮定して、元素比から炭酸カルシウム量を算出した。

3) 有機態炭素、全窒素

含水率測定後の乾燥試料を CHN 分析計 (MT-5: ヤナコ社製) で測定し、全炭素量および全窒素量を求めた。これに 4N 塩酸を加えて約 1 時間反応させ、無機炭素を除去した後、再乾燥させて同様に CHN 分析計で測定し、有機態炭素量を求めた。

4) 全硫化物

固定試料をグラスファイバーフィルター (GF/F) でろ別した後、その残渣を硫酸酸性下で水蒸気蒸留し、得られた抽出液を酢酸亜鉛二水和物溶液 (10 %) に再度固定した。これをチオ硫酸ナトリウム五水和物溶液 (1/100 N) で滴定し、別途求めた試料の残さの乾燥減量から単位乾泥あたりの全硫化物量を求めた。

5) 比重

試料を 110 °C で恒量化した後、メノウ乳鉢で粉碎した。これを比重瓶に約 10 g を目安に精秤し、蒸留水を加えた後、温浴槽中で 4 時間加熱した。一昼夜放置後、温度及び比重瓶の重量を測定した。

6) 浮遊性バクテリア

底質粒子に付着したバクテリアを超音波処理にて固定液中に剥離させた後、上澄み液を定量分取した。これを蛍光染色剤 DAPI で染色 (最終濃度: 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$) した後、ヌクレポアフィルター (孔径 0.2 μm) 上に濾過捕集してスライドガラスにマウントした。フィルター上のバクテリア細胞数を落射蛍光顕微鏡を用いて計数し、別途測定した底質物の乾燥重量から単位乾泥重量当たりの全菌数を算出した。

7) メイオベントス

ローズベンガルで染色した試料を目合 32 μm と 300 μm の篩でサイズ分けし、生物群の同定と計数を行った。

8) マクロベントス

試料を目合 300 μm の篩で砂泥を洗い流し、篩上に残った試料中の生物群の同定と計数を行った。

4. 調査結果

4-1 測点

水質・浮遊性バクテリア調査では2測点 (Central Hill : 04SFR006、ERZA : 04SFR007) を、底質・底生生物(マクロベントスを除く)調査ではCentral Hill で3測点 (04SFMC09、04SFMC10、04SFMC11)、マクロベントスはCentral Hill で4測点 (04SFFPG01、04SFFPG02、04SFFPG03、04SFAD07) ERZA で1測点 (04SFAD05) を対象とし、それぞれ試料採取を行った (図 4-1-1、図 4-1-2)。

4-2 水質・浮遊性バクテリア調査

4-2-1 水質

(1) 水温

水温は04SFR006では28.6℃(表層)~2.3℃(1,914 m)、04SFR007では28.8℃(表層)~2.2℃(1,923 m)の範囲にあった。

水柱全体の水温鉛直分布をみると、両測点で大きな違いはなく、表層から600 mまでは急激に、600 mから2,000 mにかけては緩やかに減少した (図 4-2-1)。

(2) 塩分

塩分は04SFR006では30 m付近から増加し、170 m付近で極大値(約35.2 PSU)を示し、700 m付近(約33.8 PSU)まで急激に減少、その後再び2,000 m付近まで緩やかに増加した (図 4-2-1)。

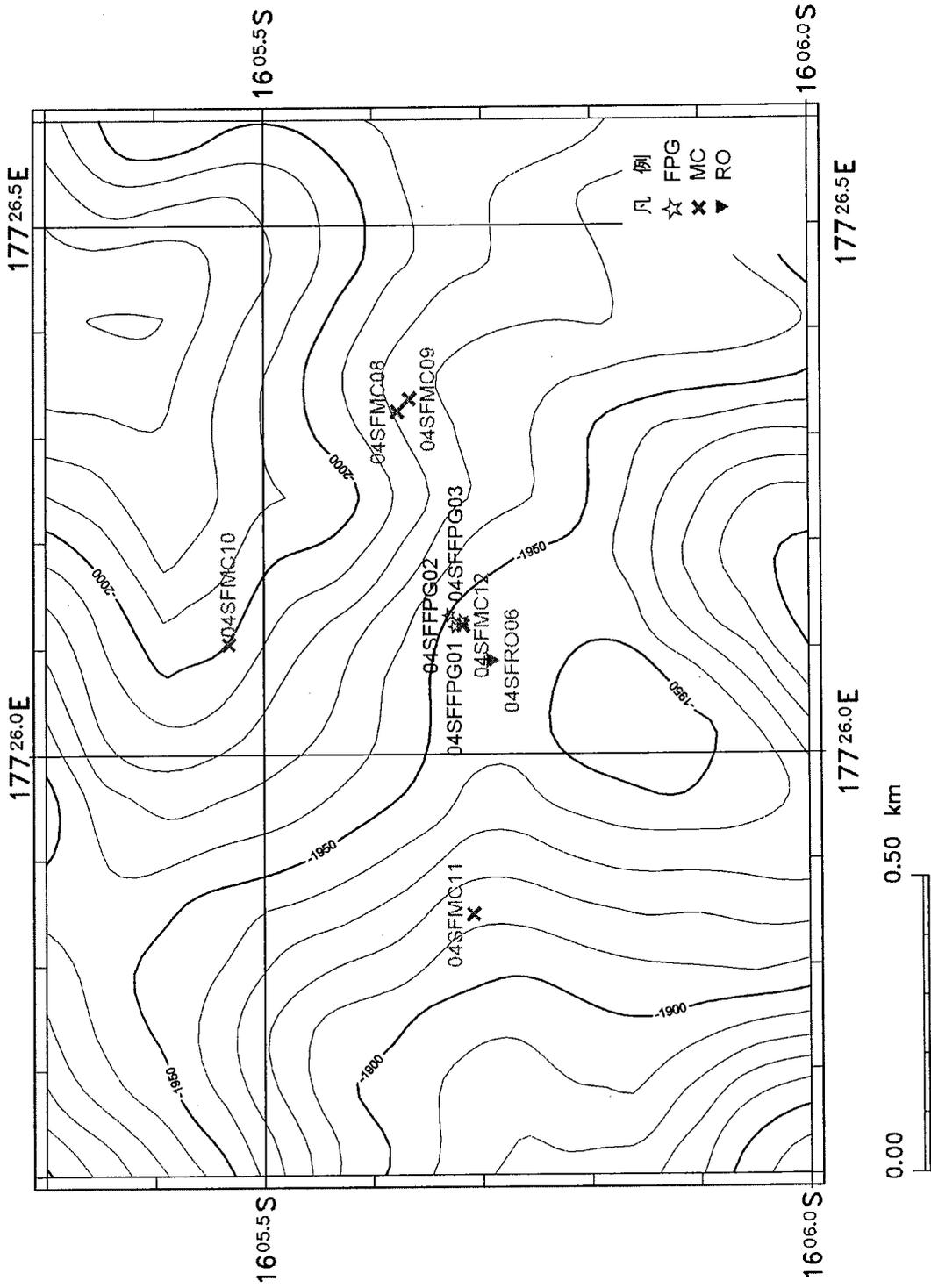
04SFR007では20 m付近から増加し、130 m付近で極大値(約35.9 PSU)を示し、700 m付近(約34.4 PSU)まで急激に減少、その後再び2,000 m付近まで緩やかに増加した (図 4-2-1)。

4-2-2 浮遊性バクテリア

浮遊性バクテリアの細胞数は04SFR006では914 mで最大値(1.86×10^4 cells/ml)であるが、1,616 mで急激に減少し、 1.04×10^4 cells/mlとなった。その後、下層に向け細胞数は増減をくり返し、1,716 mで極大値(1.33×10^4 cells/ml)、1,787 mで最小値(9.55×10^3 cells/ml)示した (図 4-2-2、付表1)。

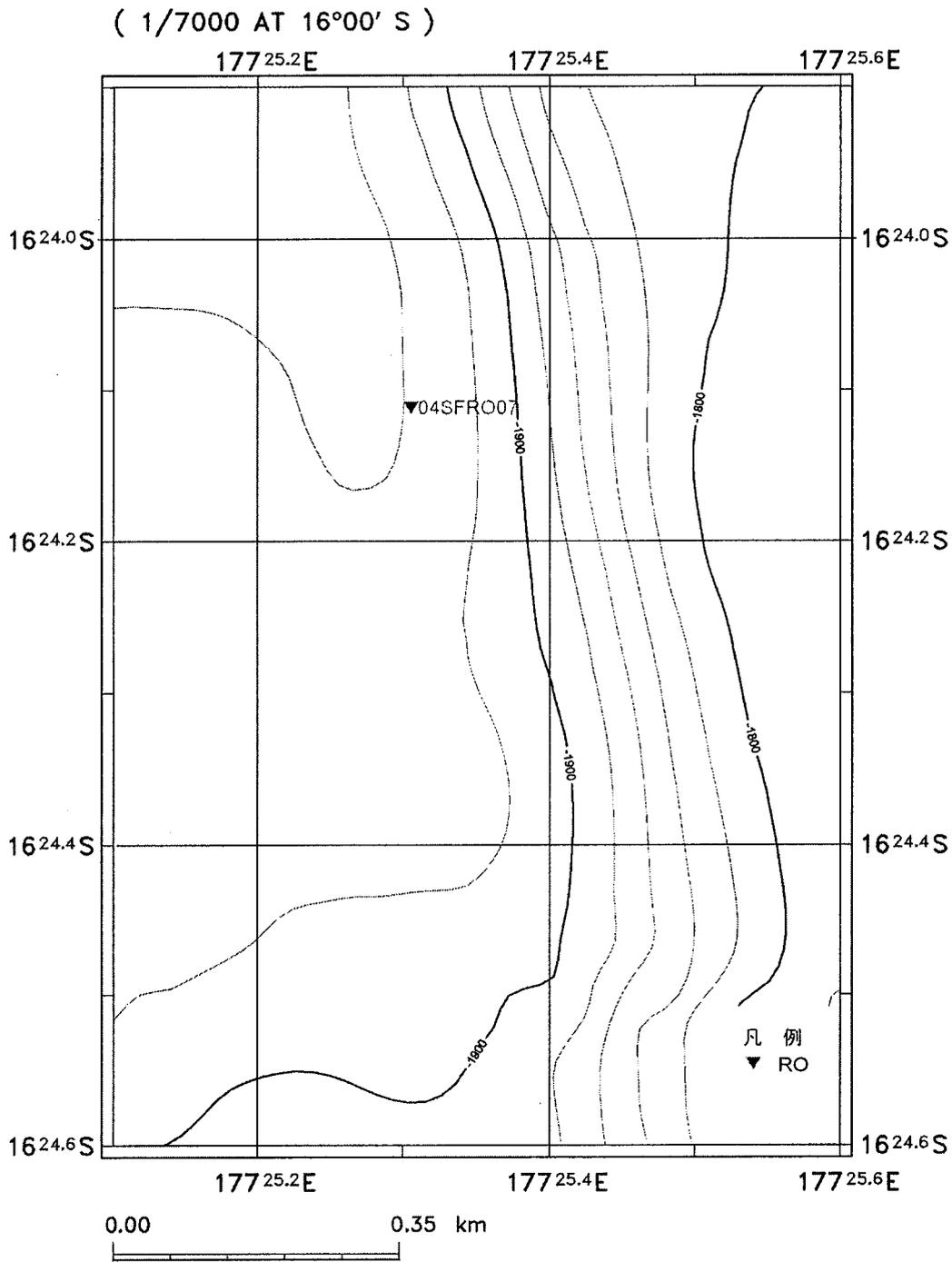
04SFR007では932 mで 1.40×10^4 cells/ml、1,681 mで最大値(1.53×10^4 cells/ml)となった。その後下層に向け細胞数は減少して1,806 mで 1.02×10^4 cells/mlとなった (図 4-2-2、付表1)。

(1/10000 AT 16°00' S)



Central Hill

图4-1-1 测点图(1)



ERZ A

图4-1-2 测点图(2)

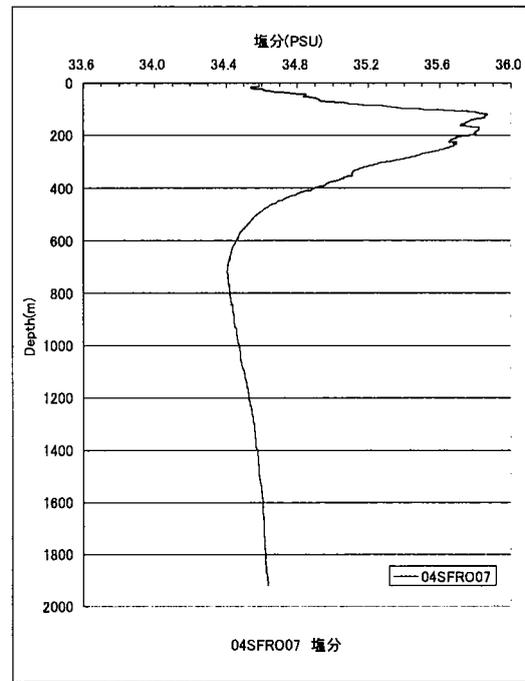
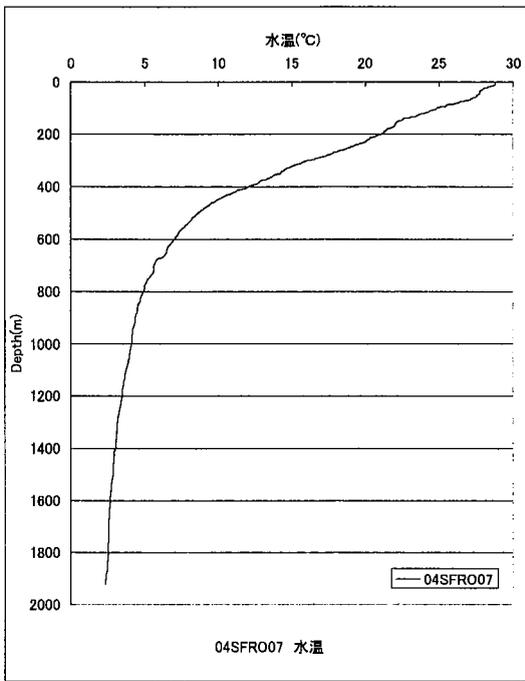
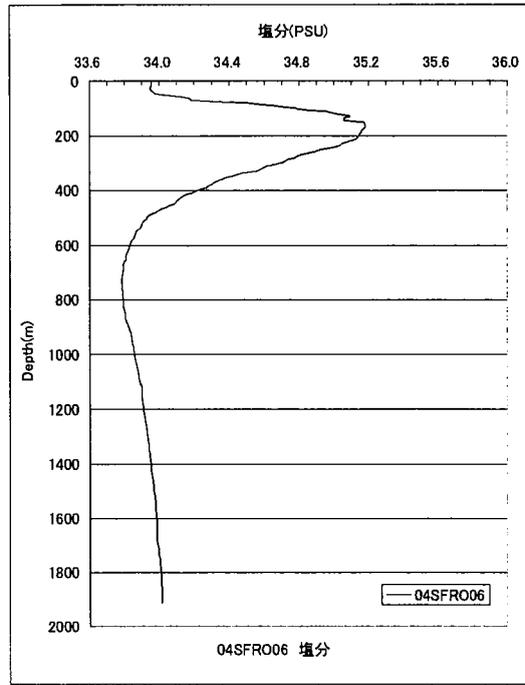
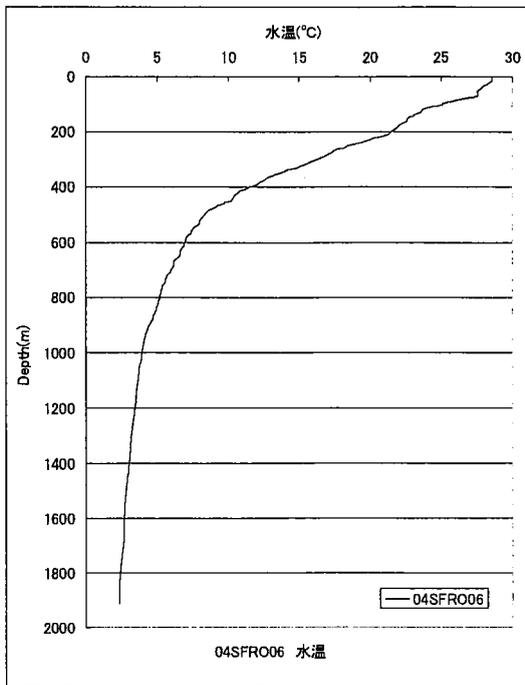


図 4 - 2 - 1 水温・塩分鉛直分布図 (全層)

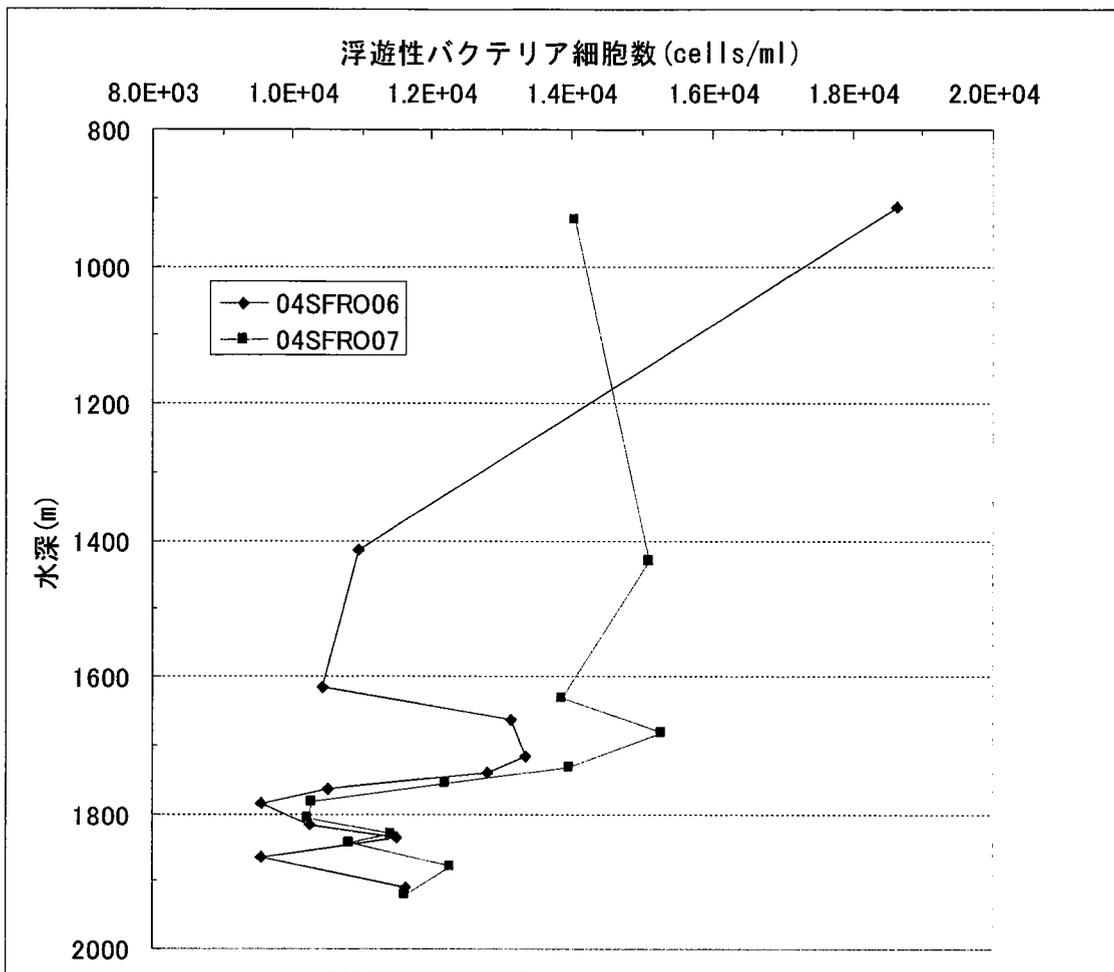


図 4-2-2 浮遊性バクテリアの分布特性

4-2-3 水質・浮遊性バクテリア調査結果のまとめ

熱水鉱床由来のブルームを確認するため、両測点の 1,400m 以深の T-S ダイアグラムを作成した (図 4-2-3、図 4-2-4)。図には、水深 1,400m から 1,600m までの水温と塩分の回帰直線、及び 1,400m 以深の実測データを示した。両測点とも低水温・高塩分領域、すなわち海底付近で水温と塩分の回帰式から推定される値より高い方向へシフトすることが示された。そこで、水温と回帰式で求めた値の差分を水深ごとに示したのが、図 4-2-5 である。この結果では 1,600m 以深において、その差分が大きく、同水深帯の水温異常が示唆された。また、水温異常を示す水深はバクテリア細胞数が増加した層とも対応している。

これらの結果を総合的に判断すれば、調査海域周辺では熱水が放出されているため、ブルームが発生し、海底付近に水温異常が出現し、ブルーム内の化学成分をエネルギー源にするバクテリアの細胞数の増加が観察されたと考えられる。今後、熱水活動の指標となるマンガンやメタンなどの化学成分を調べれば、より有効な環境情報が期待できる。

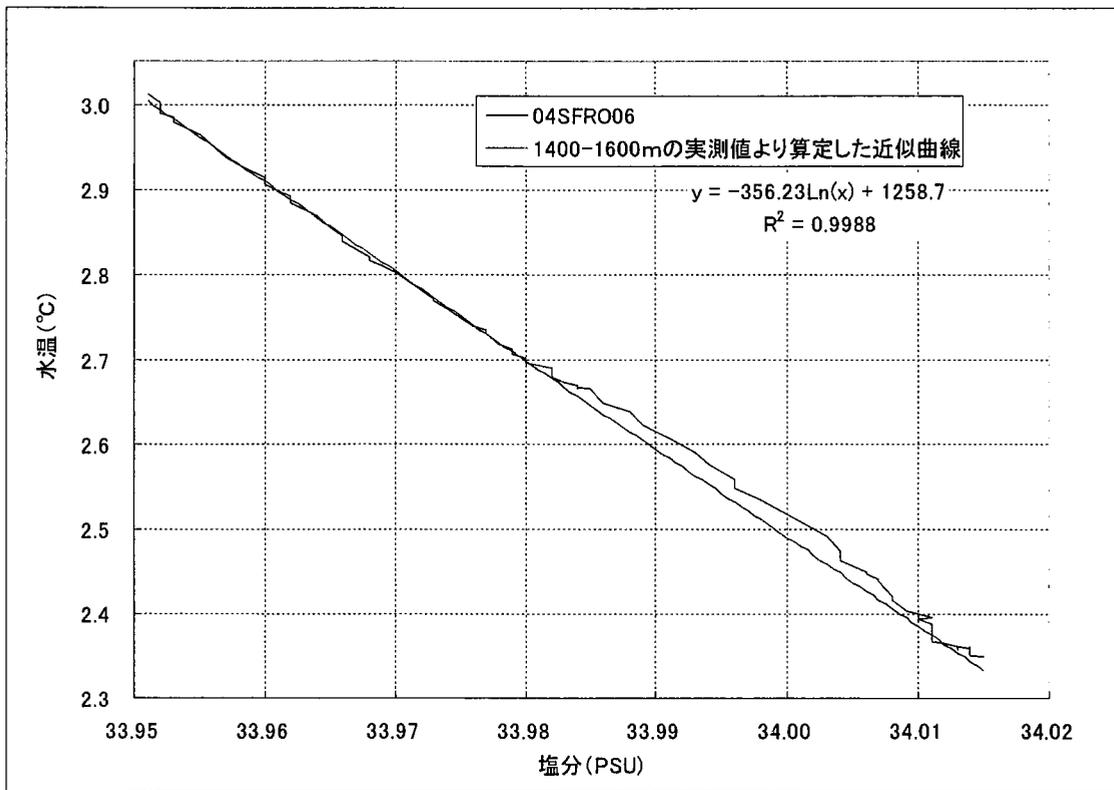


図 4 - 2 - 3 04SFR006 における 1400m以深における T/S ダイアグラムと 1400-1600mの実測値から推定した回帰直線

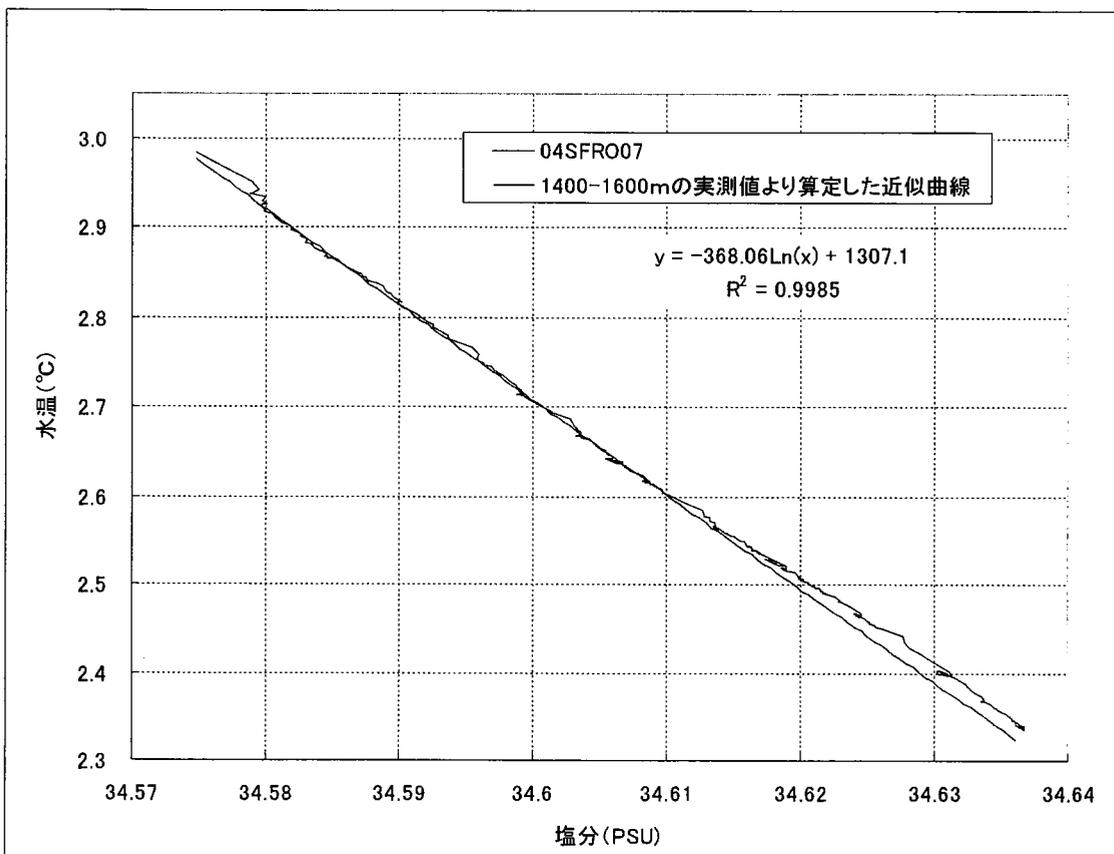


図 4 - 2 - 4 04SFR007 における 1400m以深における T/S ダイアグラムと 1400-1600mの実測値から推定した回帰直線

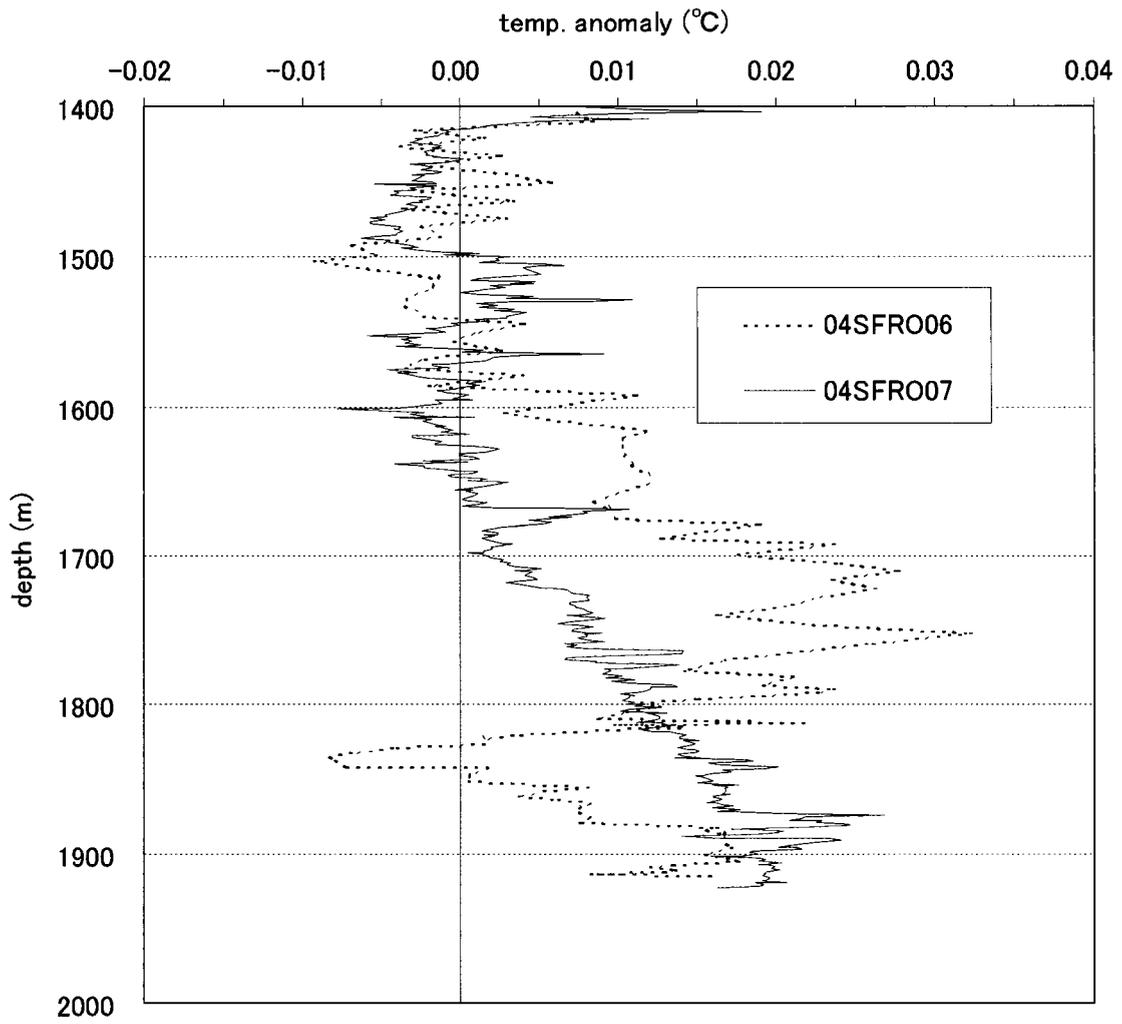


図 4 - 2 - 5 水温異常の鉛直分布. 水温異常は実測値と図 4-2-3、
 図 4-2-4 で示す関係式から算出した推定値との差分を示す.

4-3 底質・底生生物調査

4-3-1 底質

(1) 含水率

各測点における含水率の鉛直分布を図 4-3-1 および付表 2 に示す。含水率は 04SFMC09 では 0-1 cm 層で平均 53.2 % であり、1 cm 以深は 47.2~48.9 % の範囲であった。04SFMC10 では 0-1 cm 層で平均 54.9 % であり、1 cm 以深は 47.3~50.7 % の範囲であった。04SFMC11 では 0-1 cm 層は 51.0 % であり、1 cm 以深は下層に向かって減少し、7-8 cm 層で 43.9 % と最も低かった。

04SFMC09 と 04SFMC10 では 0-1 cm 層が高く、3~5 cm で最も低くなり、5 cm 以深でもやや増加した。これに対し、04SFMC11 では 0 cm 層から 8 cm 層に向かって減少した。

(2) 炭酸カルシウム (CaCO₃)

各測点における炭酸カルシウムの鉛直分布を図 4-3-1 および付表 2 に示す。炭酸カルシウムは 04SFMC09 では 1-2 cm 層で平均 70.2 % と最も低くなり、6-7、7-8 cm 層で平均 77.6 % と最も高くなった。04SFMC10 では 0-1 cm 層で平均 71.2 % と最も低くなり、7-8 cm 層で平均 83.2% と最も高くなった。04SFMC11 では 0-1 cm 層で 78.3 % と最も低くなり、5-6 cm 層で 94.1% と最も高くなった。

04SFMC09 と 04SFMC10 では表層から下層に向かって徐々に増加していく傾向がみられたが、04SFMC11 では 5-6 cm 層にピークがみられ、他の 2 測点に比べ全層において炭酸カルシウムが高かった。

(3) 有機態炭素 (TOC)

各測点における有機態炭素の鉛直分布を図 4-3-1 および付表 2 に示す。有機態炭素は 04SFMC09 では 0-1 cm 層で平均 1.85 mg/g(D) であり、1 cm 以深は平均 1.32~1.61 mg/g(D) の範囲であった。04SFMC10 では 0-1 cm 層で平均 2.04 mg/g(D) であり、1 cm 以深は平均 1.43~1.84 mg/g(D) の範囲であった。04SFMC11 では 2-3 cm 層で 1.93 mg/g(D) と最も高くなり、5-6 cm 層で 1.22 mg/g(D) と最も低くなった。

04SFMC09 と 04SFMC10 では 0-1 cm 層が高く、1 cm 以深はほぼ一定であった。これに対し、04SFMC11 では 0-3 cm 層で高く、4-8 層では顕著に低かった。

(4) 全窒素 (T-N)

各測点における全窒素の鉛直分布を図 4-3-1 および付表 2 に示す。全窒素は 04SFMC09 では各層平均 0.21~0.30 mg/g(D) の範囲にあり、ほぼ一定であった。04SFMC10 では 0-1 cm 層で平均 0.33 mg/g(D) であり、1 cm 以深は平均 0.23~0.27 mg/g(D) の範囲でほぼ一定であった。04SFMC11 では 2-3 cm 層で 0.40 mg/g(D) と最も高く、5-6 cm 層で 0.24 mg/g(D)

と最も低くなり、有機態炭素と同様に表層付近では高く、下層付近では顕著に低かった。
0-3 cm 層で高く、4-8 層では顕著に低かった。

(5) 全硫化物 (T-S)

各測点のいずれのサンプルも検出限界以下であった (付表 2)。

(6) 比重

各測点における比重の鉛直分布を図 4-3-1 および付表 2 に示す。比重は 04SFMC09 では各層平均 2.75~2.79 の範囲にありほぼ一定であった。04SFMC10 も各層平均 2.76~2.78 の範囲にありほぼ一定であった。04SFMC11 では 0-1 cm 層で 2.74 と最も低く、7-8 cm 層で 2.83 と最も高くなった。

(7) 各底質項目の相関

各底質項目間の関係を図 4-3-2 および相関行列を (表 4-3-1) に示す。含水率と有機態炭素、有機態炭素と全窒素で比較的高い相関が見られ、それぞれ相関係数は 0.69、0.57 であった。その他の項目はほとんど相関がみられなかった。

表 4-3-1 各底質項目間の相関行列

項目	含水率	CaCO ₃	TOC	T-N	比重
含水率	1.00				
CaCO ₃	-0.47	1.00			
TOC	0.69	-0.29	1.00		
T-N	0.26	0.21	0.57	1.00	
比重	-0.20	0.31	-0.23	-0.18	1.00

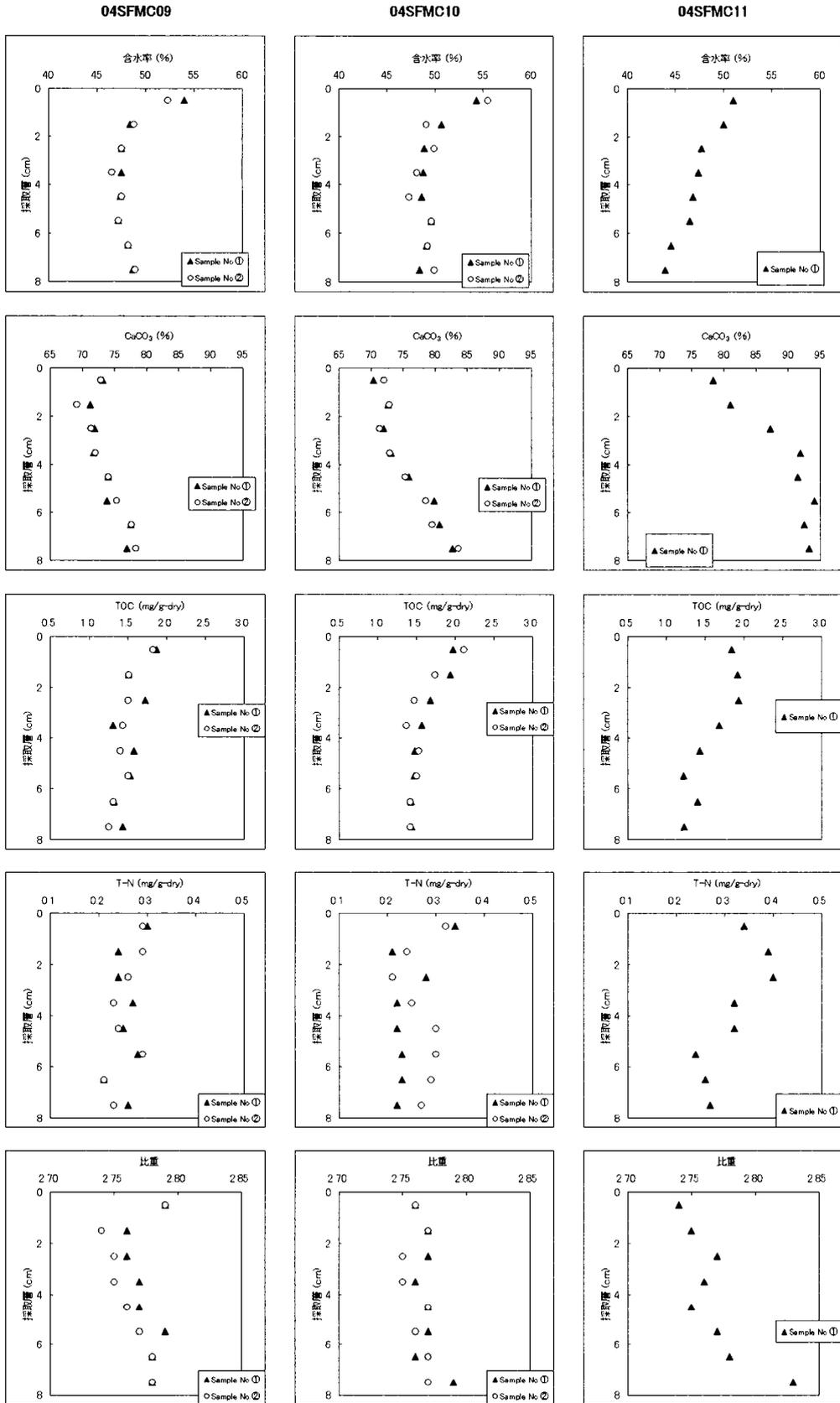


図 4-3-1 各底質の鉛直分布

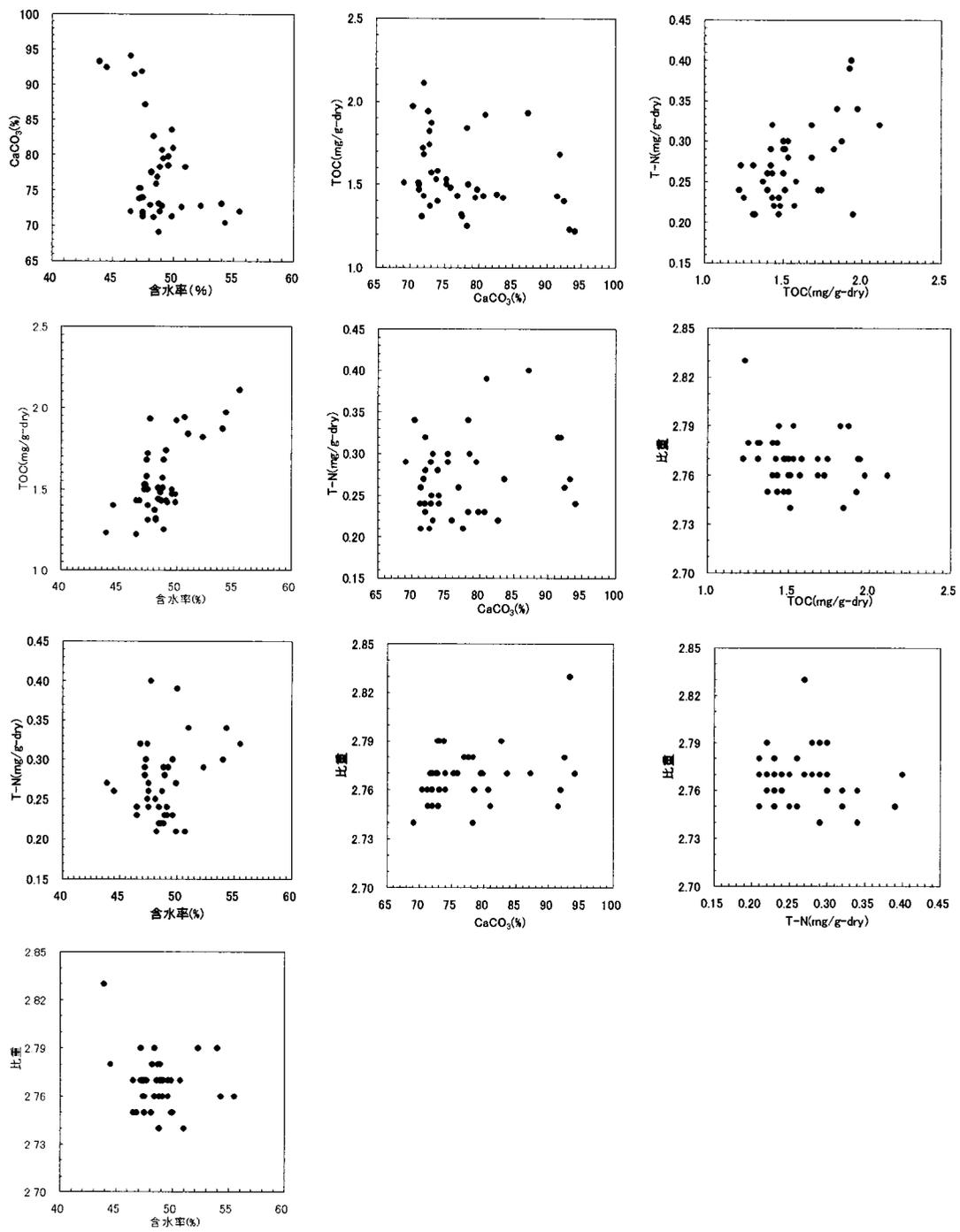


図 4 - 3 - 2 各底質項目間の関係

4-3-2 底生生物

(1) 底生性バクテリア

各測点における底生性バクテリア細胞数の鉛直分布を図 4-3-3 および付表 3 に示す。バクテリア細胞数は 04SFMC09 では 0-1 cm 層で平均 1.84×10^8 cells/g (D) と最も高く、1 cm 以深は平均 $2.25 \times 10^7 \sim 6.78 \times 10^7$ cells/g の範囲であった。04SFMC10 では 0-1 cm 層で平均 1.02×10^8 cells/g (D) と最も高く、0-1 cm 層から 4-5cm 層まで減少傾向を示したが、5-6 cm 層でやや増加していた。04SFMC11 では 0-1 cm 層で 2.74×10^8 cells/g (D) と最も高くなり、04SFMC10 と同様に 5-6 cm 層で増加した。

いずれの測点も 0-1 cm 層でバクテリア細胞数が最も高かったが、5-6 cm 層でもやや増加する傾向みられた。また 04SFMC11 では他の 2 測点に比べ全層においてバクテリア細胞数が高かった。

(2) メイオベントス

出現したメイオベントスは原生動物門 1 種類 (有孔虫目)、線形動物門 2 種類、動物門 1 種類、胴甲動物門 1 種類、緩歩動物門 1 種類、環形動物門 1 種類 (多毛綱)、節足動物門 4 種類 (貝形虫綱、ソコミジンコ目、カイアシ亜綱、ノープリウス幼生) の合計 11 種類であった (表 4-3-2)。有孔虫目と線形動物門、ソコミジンコ目、ノープリウス幼生はいずれの測点においても出現した。

測点ごとの総出現数をみると、04SFMC09 では平均 381.6 inds./10cm² を、04SFMC10 では平均 282.6 inds./10 cm² を、04SFMC11 では 580.6 inds./10 cm² を示し、04SFMC11 が他の 2 測点に比べ高かった (図 4-3-4)。線形動物門は各測点で 64% 以上を占め、04SFMC11 では 78 % と高い値を示した。有孔虫目は各測点で 18 % 以上を占めた。

鉛直分布では、04SFMC09 と 04SFMC10 ではメイオベントスの出現数が 0-1 cm 層で最も多く、それぞれ総出現数の 64% 以上を占めた (図 4-3-5)。04SFMC11 では 0-1 cm 層の他にも 1-2 cm 層、4-5 cm 層にメイオベントスが多く出現し、それぞれ総出現数の 38 %、18 %、17% を示した。

メイオベントスと各底質項目との相関をみると含水率、有機態炭素、全窒素との相関が比較的高く、それぞれ 0.68、0.65、0.50 であった (図 4-3-6、表 4-3-3)。炭酸カルシウムと比重にはほとんど相関がみられなかった。

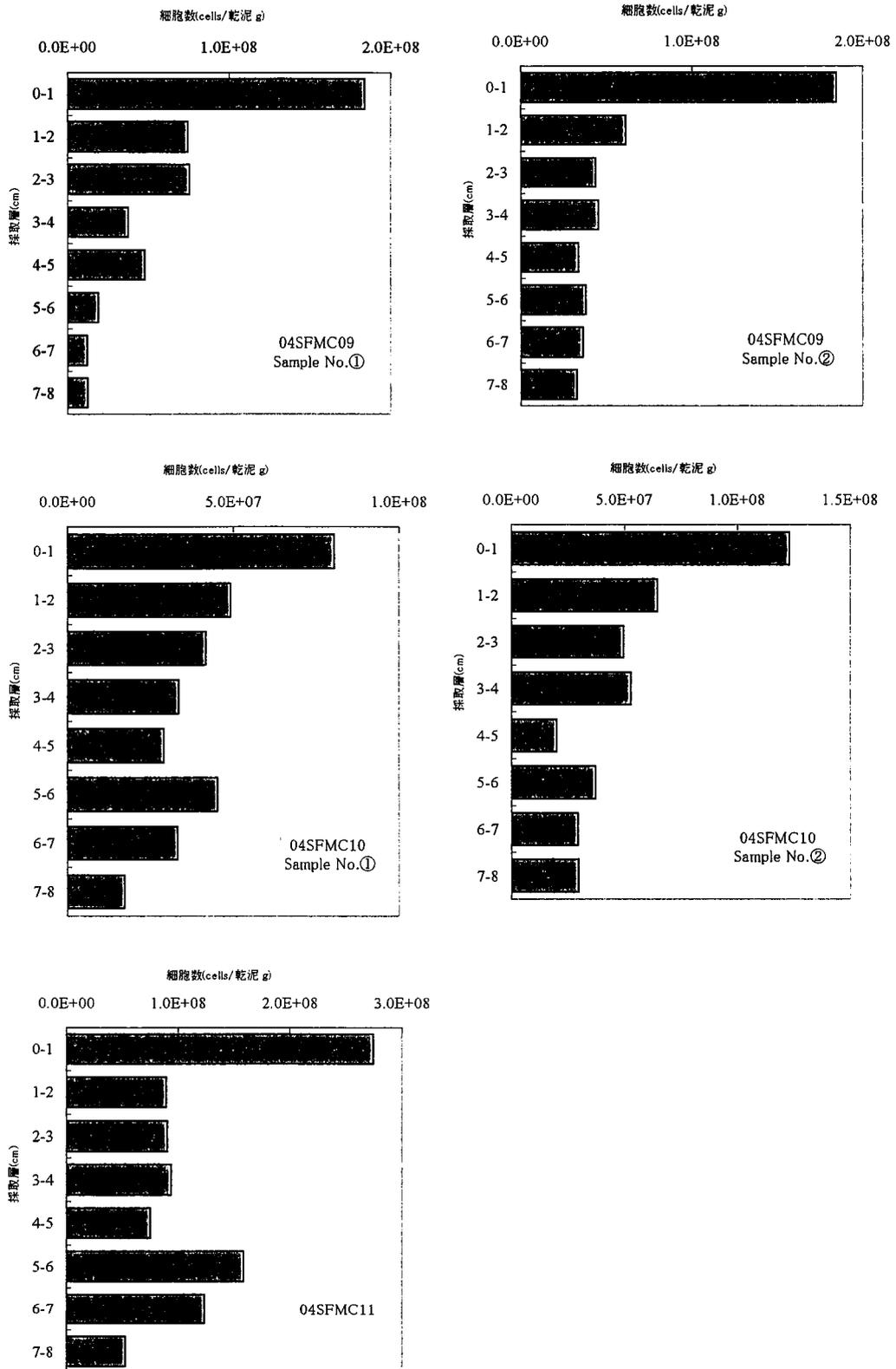


図 4-3-3 底生性バクテリア細胞数の鉛直分布

表4-3-2 メイオベントス出現種および測点別出現数

単位：個体数/10cm³

番号	学名	和名	04SFMC09 ①								合計
			(cm)								
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	
1	Foraminiferida	有孔虫目	76.7	9.0	6.8	6.8	4.5				103.8
2	NEMATODA	線形動物門	180.6	49.7	15.8	11.3	22.6	11.3		2.3	293.6
3	NEMATODA (Desmoscolecidae)	線形動物門	13.5								13.5
4	KINORHYNCHA	動物動物門	2.3								2.3
5	LORICIFERA	胴甲動物門									0.0
6	TARDIGRADA	緩歩動物門									0.0
7	Polychaeta	多毛綱									0.0
8	Ostracoda	貝形虫綱	2.3								2.3
9	Harpacticoida	コシジロ目	4.5								4.5
10	Copepoda	カイアシ綱									0.0
11	Nauplius	ナプリアス幼生	9.0								9.0
		合計	288.9	58.7	22.6	18.1	27.1	11.3	0.0	2.3	429.0

番号	学名	和名	04SFMC09 ②								合計
			(cm)								
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	
1	Foraminiferida	有孔虫目	72.2	2.3	9.0					2.3	85.8
2	NEMATODA	線形動物門	126.4	29.3	13.5	6.8	13.5	4.5	9.0	4.5	207.5
3	NEMATODA (Desmoscolecidae)	線形動物門	22.6								22.6
4	KINORHYNCHA	動物動物門	2.3								2.3
5	LORICIFERA	胴甲動物門									0.0
6	TARDIGRADA	緩歩動物門									0.0
7	Polychaeta	多毛綱	2.3								2.3
8	Ostracoda	貝形虫綱									0.0
9	Harpacticoida	コシジロ目	6.8								6.8
10	Copepoda	カイアシ綱									0.0
11	Nauplius	ナプリアス幼生	6.8								6.8
		合計	239.4	31.6	22.5	6.8	13.5	4.5	9.0	6.8	334.1

番号	学名	和名	04SFMC10 ①								合計
			(cm)								
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	
1	Foraminiferida	有孔虫目	54.2	9.0						2.3	67.8
2	NEMATODA	線形動物門	103.8	40.6	13.5	4.5	2.3	4.5		2.3	171.5
3	NEMATODA (Desmoscolecidae)	線形動物門	6.8	2.3	2.3	2.3					13.7
4	KINORHYNCHA	動物動物門									0.0
5	LORICIFERA	胴甲動物門									0.0
6	TARDIGRADA	緩歩動物門									0.0
7	Polychaeta	多毛綱	2.3								2.3
8	Ostracoda	貝形虫綱	2.3								2.3
9	Harpacticoida	コシジロ目	2.3								2.3
10	Copepoda	カイアシ綱	2.3								2.3
11	Nauplius	ナプリアス幼生	11.3	2.3							13.6
		合計	185.3	54.2	15.8	6.8	2.3	4.5	2.3	4.6	275.8

番号	学名	和名	04SFMC10 ②								合計
			(cm)								
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	
1	Foraminiferida	有孔虫目	70.0	9.0	6.8				2.3	2.3	90.4
2	NEMATODA	線形動物門	97.1	33.9	9.0	6.8	11.3	2.3	4.5	4.5	169.4
3	NEMATODA (Desmoscolecidae)	線形動物門	11.3	4.5		2.3					18.1
4	KINORHYNCHA	動物動物門									0.0
5	LORICIFERA	胴甲動物門									0.0
6	TARDIGRADA	緩歩動物門	2.3								2.3
7	Polychaeta	多毛綱									0.0
8	Ostracoda	貝形虫綱									0.0
9	Harpacticoida	コシジロ目	4.5								4.5
10	Copepoda	カイアシ綱									0.0
11	Nauplius	ナプリアス幼生	2.3		2.3						4.6
		合計	187.5	47.4	18.1	9.1	11.3	2.3	6.8	6.8	289.3

番号	学名	和名	04SFMC11								合計
			(cm)								
			0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	
1	Foraminiferida	有孔虫目	60.9	20.3	4.5	6.8	9.0	2.3	2.3		106.1
2	NEMATODA	線形動物門	117.4	81.3	18.1	45.1	88.0	42.9	27.1	2.3	422.2
3	NEMATODA (Desmoscolecidae)	線形動物門	22.6	2.3	2.3		2.3				29.5
4	KINORHYNCHA	動物動物門									0.0
5	LORICIFERA	胴甲動物門	2.3								2.3
6	TARDIGRADA	緩歩動物門						2.3			2.3
7	Polychaeta	多毛綱	2.3								2.3
8	Ostracoda	貝形虫綱	2.3								2.3
9	Harpacticoida	コシジロ目	6.8	2.3							9.1
10	Copepoda	カイアシ綱									0.0
11	Nauplius	ナプリアス幼生	4.5								4.5
		合計	219.1	106.2	24.9	51.9	99.3	47.5	29.4	2.3	580.6

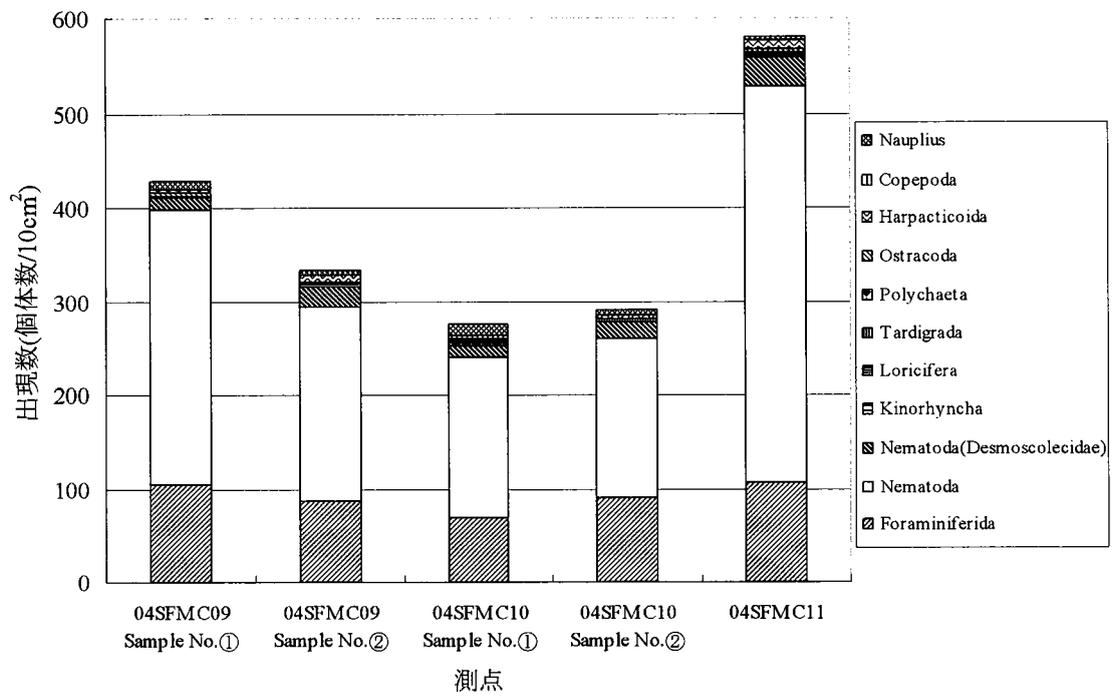


図 4-3-4 測点別のメイオベントスの出現数

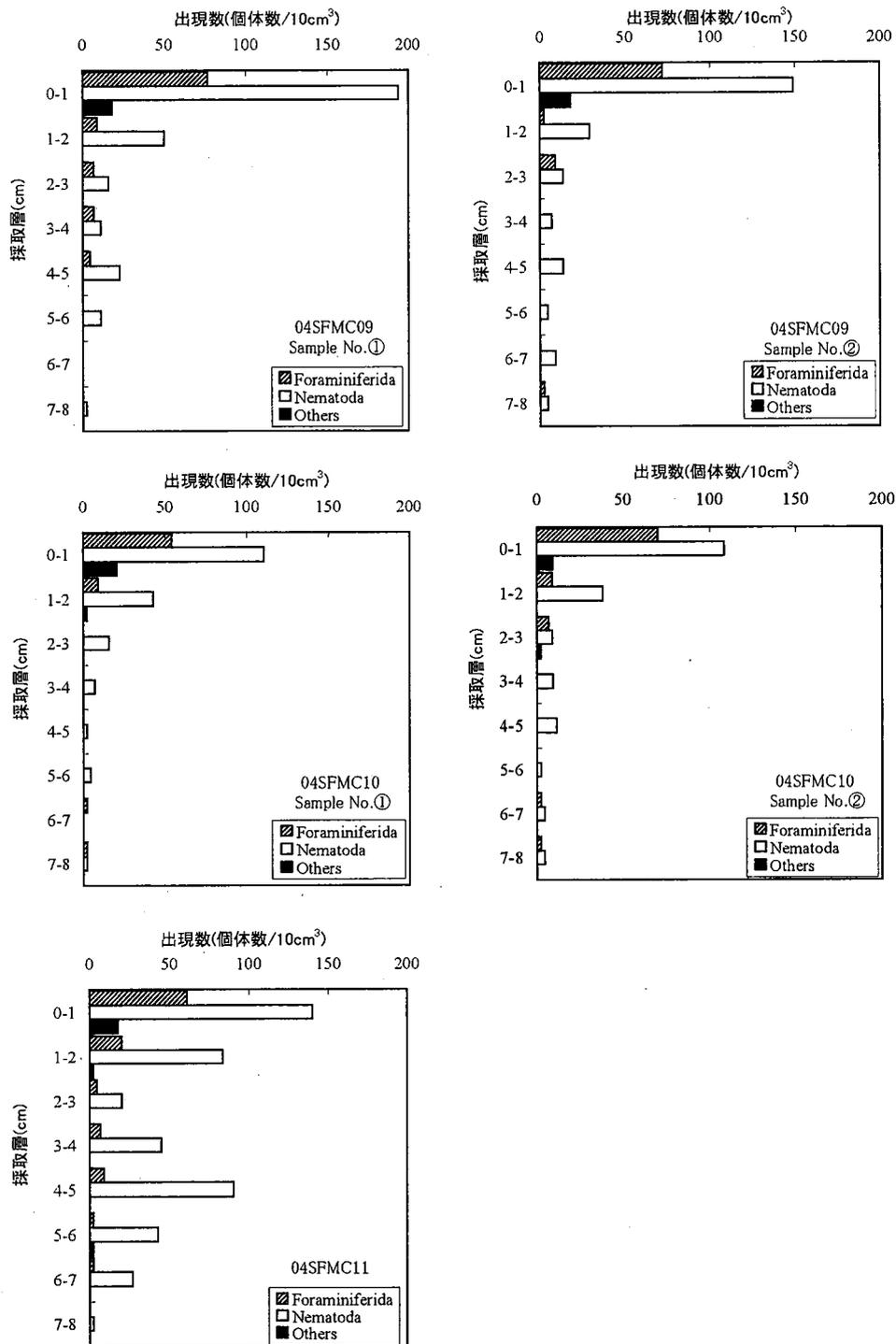


図 4-3-5 測点別のメイオベントスの鉛直分布

* 図中の Nematoda は表 4-3-2 の「Nematoda」と「Nematoda(Desmoscolecidae)」を合計したものである。

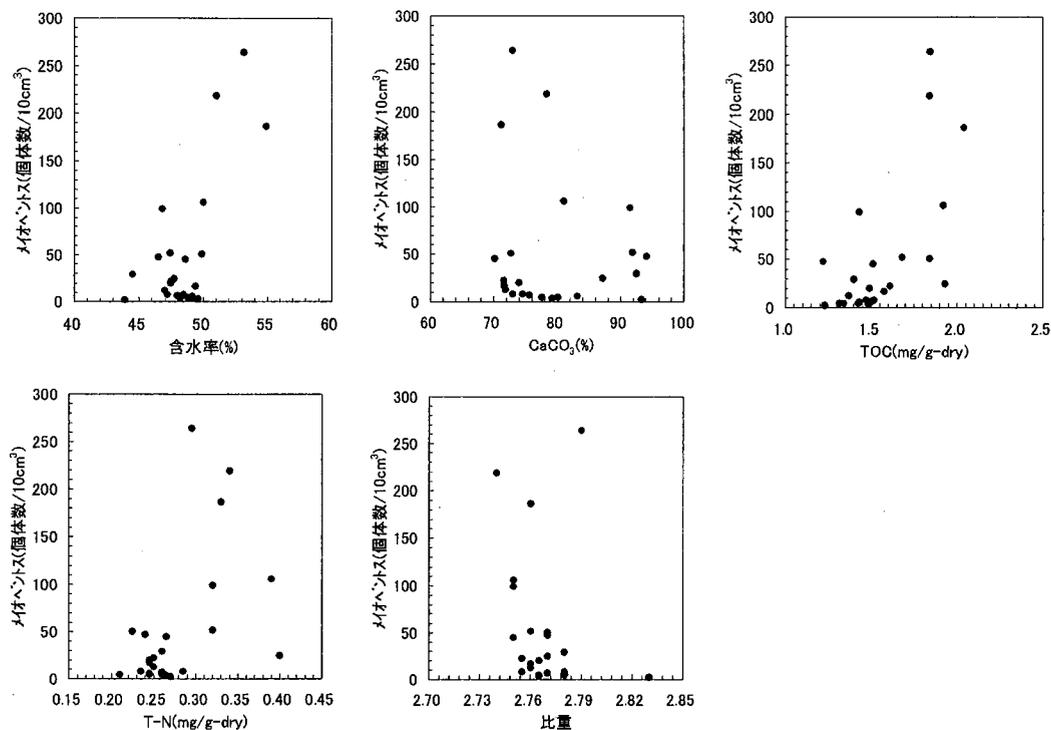


図 4-3-6 メイオベントスと各底質項目の関係

表 4-3-3 メイオベントスと各底質項目の相関行列

項目	含水率	CaCO ₃	TOC	T-N	比重
メイオベントス(個体数/10cm ³)	0.68	-0.12	0.65	0.50	-0.22

(3) マクロベントス

マクロベントスの採集には FPG と AD を用いているため定量性はない。出現種の多くは FPG で採集されており、AD ではほとんど採集されなかった (表 4-3-4)。出現したマクロベントスは海綿動物門 1 種類、刺胞動物門 3 種類、環形動物門 3 種類、VESTIMENTIFERA (ハオリムシ類) 1 種類、軟体動物門 5 種類、節足動物門 3 種類の合計 16 種類であった。採集されたマクロベントスの写真を図 4-3-7 に示す。熱水鉱床に由来する化学合成生物群集を特徴づける生物として 04SFPPG01 ではハオリムシ類、シンカイヒバリガイ類が、04SFPPG03 ではハオリムシ類、シロウリガイ属の一種が出現した。

表 4-3-4 マクロベントス出現種および測点別出現数

調査年月日：平成16年12月25日
*、-は計測不可を表す。

番号	門	綱	目	科	学名	測点		Central Hill		ERZA	
						04SFPPG01	04SFPPG02	04SFPPG03	04SFAD07	04SFAD05	
						個体数	総重量(g)	個体数	総重量(g)	個体数	総重量(g)
1	海綿動物	ヒトコシ	ヒトコシ	-	cf. PORIFERA						
2	刺胞動物	花虫	ヒトコシ	ヒトコシ	Plumulariidae					1	2.23
3			ヒトコシ	-	Gorgonacea						
4			ヒトコシ	-	Actiniaria	2	4.39	2	1.10		
5	環形動物	コカイ	ヒトコシ	ヒトコシ	Branchiopoda/Lycoe pettibonense	2	0.69				
6			コカイ	コカイ	Nereididae	1	0.17				
7			コカイ	コカイ	Serpulidae			3	0.24		
8	VESTIMENTIFERA	-	-	-	ORLUTURATA	15	6.80				
9	軟体動物	ヒトコシ	ヒトコシ	ヒトコシ	Acharax johnsoni			1	117.25		
10			ヒトコシ	ヒトコシ	Bathymodiolus sp.	117	1443.47				
11			ヒトコシ	ヒトコシ	cf. Anomidae			3	5.14		
12			ヒトコシ	ヒトコシ	Calyplogena sp.						86.22
13			ヒトコシ	ヒトコシ	Lucinoma sp.						1148.48
14	節足動物	甲殻	ヒトコシ	ヒトコシ	Scalpellidae	109	128.58	102	53.81		
15			ヒトコシ	ヒトコシ	Balanidae						
16			ヒトコシ	ヒトコシ	Munidopsis sp.	1	0.96				
合計						247	1585.06	111	177.54	3	1551.62
出現種数						7		5		5	
								1		1	
											7.65

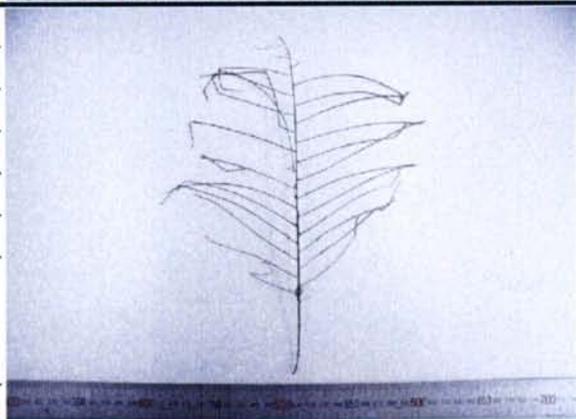
Phylum cf. PORIFERA
海綿動物の骨片

scale:1mm



Phylum CNIDARIA
Class HYDROZOA
Order Hydroida
Family Plumulariidae
Plumulariidae
ハネヤ科

scale:1mm



Phylum ANNELIDA
Class POLYCHAETA
Order Phyllodocida
Family Polynoidae
Branchipolynoe pettiboneae
エラウロコムシ

scale:1mm



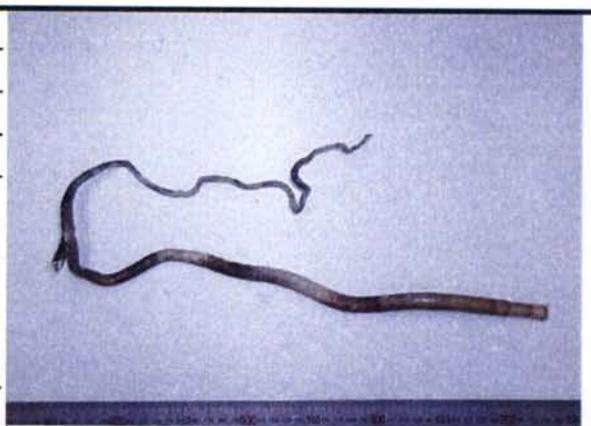
Phylum ANNELIDA
Class POLYCHAETA
Order Phyllodocida
Family Nereididae
Nereididae
ゴカイ科

scale:1mm



図4-3-7 (1) マクロベントス出現種の写真

Phylum VESTIMENTIFERA
 (OBUTURATA)
 ハオリムシ類



scale:1mm

Phylum MOLLUSCA
 Class BIVALVIA
 Order Solemyoidea
 Family Solemyidae
Acharax johnsoni
 スエヒロキヌタレガイ



scale:1mm

Phylum MOLLUSCA
 Class BIVALVIA
 Order Mytiloidea
 Family Mytilidae
Bathymodiolus sp.
 シンカイヒベリガイ類の一種



scale:1mm

Phylum MOLLUSCA
 Class BIVALVIA
 Order Veneroidea
 Family Vesicomysidae
Calyptogena sp.
 シロウリガイ属の一種



scale:1mm

図 4-3-7 (2) マクロベントス出現種の写真

Phylum	MOLLUSCA
Class	BIVALVIA
Order	Veneroidea
Family	Lucinidae
	<i>Lucinoma</i> sp.
	ツキカイトキ属の一種



scale:1mm

7 8 9 10 11 12 13 14

Phylum	ARTHROPODA
Class	CRUSTACEA
Order	Thecostraca
Family	Scalpellidae
	Scalpellidae
	ミョウカガイ科



scale:1mm

Phylum	ARTHROPODA
Class	CRUSTACEA
Order	Thecostraca
Family	Balanidae
	Balanidae
	フジツボ科



scale:1mm

Phylum	ARTHROPODA
Class	CRUSTACEA
Order	Decapoda
Family	Galatheididae
	<i>Munidopsis</i> sp.
	シカイコシオビ属の一種



scale:1mm

図 4-3-7 (3) マクロベントス出現種の写真

4-3-3 底質・底生生物調査結果のまとめ

底質調査では、04SFMC09 と 04SFMC10 において含水率、炭酸カルシウム、有機態炭素、全窒素、比重の鉛直分布特性が類似するが、04SFMC11 では各項目とも他の 2 測点と異なる鉛直分布特性がみられた。特に炭酸カルシウムでは他の 2 測点に比べ 5-6 cm 層で顕著に多かった。これは炭酸カルシウムが熱水の噴出に伴って堆積物中に析出したものであると考え、04SFMC11 はほかの 2 測点よりも熱水鉱床の影響が強かったことが考えられる。これらのことより、04SFMC09 と 04SFMC10 の底質環境は類似しているが、04SFMC11 は他の 2 測点と異なる底質環境であり、熱水鉱床の影響を受けていることが推察される。

細菌の細胞数、マイオベントスの出現数に関しても 04SFMC09 と 04SFMC10 よりも 04SFMC11 で顕著に多く、04SFMC09、04SFMC10 と 04SFMC11 の測点間の違いが明らかである。

マクロベントスの調査は底質、底生性細菌、マイオベントスの調査とは採集方法も調査地点も異なるので、底質、底生性細菌、マイオベントスの結果との比較対応はできないが、04SFFPG01 と 04SFFPG03 でのハオリムシ類、シロウリガイ属など化学合成生物群の出現は、熱水鉱床の存在を示す証拠となった。

マイオベントスと各底質項目の相関では、有機態炭素で比較的高い相関がみられた。これは底質中の有機態炭素をマイオベントスが食物として利用している可能性が考えられた。

5. まとめ

環境調査は深海資源開発に伴う海洋環境に与える影響を予測するための基礎調査として実施され、調査内容は水質・浮遊性細菌調査および底質・底生生物調査に分けられる。

水質・浮遊性細菌調査において、水温および浮遊性細菌の異常分布が 1,600 m 以深で確認され、このことから熱水噴出に伴うブルームが存在していた可能性を示した。また、底質・底生生物調査において、04SFMC11 では 04SFMC09 と 04SFMC10 と比べて熱水由来によると思われる炭酸カルシウムが多く存在し、熱水鉱床の影響を受けていることが推察された。また、マクロベントスの調査に関しても、04SFFPG01 と 04SFFPG03 でハオリムシ類など化学合成生物群集の幾つかが出現したことにより、熱水鉱床の存在を示唆した。

今回の調査結果から当該海域における熱水活動の影響を示唆する兆候が認められた。今後、熱水活動の指標となる海水中の化学成分（マンガン、メタンなど）を調べれば、より有効な環境情報が期待できる。

付表 1 浮遊性バクテリア分析結果

サンプル名	サンプルNo.	採取層	細胞数
		m	cells/ml
04SFRO06	1	1910	1.16E+04
	2	1866	9.57E+03
	3	1837	1.15E+04
	4	1817	1.02E+04
	5	1787	9.55E+03
	6	1764	1.05E+04
	7	1739	1.28E+04
	8	1716	1.33E+04
	9	1662	1.31E+04
	10	1616	1.04E+04
	11	1415	1.10E+04
	12	914	1.86E+04
04SFRO07	1	1922	1.16E+04
	2	1878	1.23E+04
	3	1844	1.08E+04
	4	1830	1.14E+04
	5	1806	1.02E+04
	6	1782	1.03E+04
	7	1756	1.22E+04
	8	1732	1.40E+04
	9	1681	1.53E+04
	10	1631	1.39E+04
	11	1431	1.51E+04
	12	932	1.40E+04

付表2 底質分析結果

サンプル名	サンプル No.	採取層 (cm)	含水率 (%)	CaCO ₃ (%)	TOC (mg/g-dry)	T-N (mg/g-dry)	T-S (mg/g-dry)	比重
O4SFMC09	①	0-1	54.0	73.1	1.87	0.30	<0.01	2.79
		1-2	48.4	71.2	1.51	0.24	<0.01	2.76
		2-3	47.5	71.9	1.72	0.24	<0.01	2.76
		3-4	47.5	71.7	1.31	0.27	<0.01	2.77
		4-5	47.4	74.0	1.58	0.25	<0.01	2.77
		5-6	47.2	73.8	1.53	0.28	<0.01	2.79
		6-7	48.2	77.5	1.32	0.21	<0.01	2.78
		7-8	48.7	76.9	1.43	0.26	<0.01	2.78
	②	0-1	52.3	72.8	1.82	0.29	—	2.79
		1-2	48.8	69.1	1.51	0.29	—	2.74
		2-3	47.5	71.3	1.50	0.26	—	2.75
		3-4	46.5	72.0	1.43	0.23	—	2.75
		4-5	47.5	74.0	1.40	0.24	—	2.76
		5-6	47.2	75.3	1.50	0.29	—	2.77
		6-7	48.2	77.6	1.31	0.21	—	2.78
		7-8	48.9	78.3	1.25	0.23	—	2.78
O4SFMC10	①	0-1	54.3	70.4	1.97	0.34	<0.01	2.76
		1-2	50.7	72.6	1.94	0.21	<0.01	2.77
		2-3	48.9	72.0	1.68	0.28	<0.01	2.77
		3-4	48.8	73.1	1.57	0.22	<0.01	2.76
		4-5	48.6	75.9	1.48	0.22	<0.01	2.77
		5-6	49.6	79.8	1.47	0.23	<0.01	2.77
		6-7	49.1	80.7	1.43	0.23	<0.01	2.76
		7-8	48.4	82.7	1.44	0.22	<0.01	2.79
	②	0-1	55.5	72.0	2.11	0.32	—	2.76
		1-2	49.1	72.8	1.74	0.24	—	2.77
		2-3	49.9	71.3	1.47	0.21	—	2.75
		3-4	48.1	72.9	1.37	0.25	—	2.75
		4-5	47.3	75.3	1.53	0.30	—	2.77
		5-6	49.6	78.5	1.50	0.30	—	2.76
		6-7	49.2	79.5	1.42	0.29	—	2.77
		7-8	49.9	83.6	1.42	0.27	—	2.77
O4SFMC11	①	0-1	51.0	78.3	1.84	0.34	<0.01	2.74
		1-2	50.0	81.0	1.92	0.39	<0.01	2.75
		2-3	47.7	87.2	1.93	0.40	<0.01	2.77
		3-4	47.4	91.9	1.68	0.32	<0.01	2.76
		4-5	46.8	91.5	1.43	0.32	<0.01	2.75
		5-6	46.5	94.1	1.22	0.24	<0.01	2.77
		6-7	44.5	92.5	1.40	0.26	<0.01	2.78
		7-8	43.9	93.3	1.23	0.27	<0.01	2.83

付表3 底生性バクテリア分析結果

サンプル名	サンプルNo.	採取層 (cm)	細胞数 (cells/乾泥 g)
04SFMC09	①	0-1	1.84E+08
		1-2	7.43E+07
		2-3	7.53E+07
		3-4	3.75E+07
		4-5	4.78E+07
		5-6	1.89E+07
		6-7	1.20E+07
		7-8	1.25E+07
	②	0-1	1.84E+08
		1-2	6.14E+07
		2-3	4.36E+07
		3-4	4.52E+07
		4-5	3.35E+07
		5-6	3.78E+07
		6-7	3.61E+07
		7-8	3.26E+07
04SFMC10	①	0-1	8.04E+07
		1-2	4.92E+07
		2-3	4.17E+07
		3-4	3.35E+07
		4-5	2.90E+07
		5-6	4.51E+07
		6-7	3.32E+07
		7-8	1.71E+07
	②	0-1	1.23E+08
		1-2	6.47E+07
		2-3	4.94E+07
		3-4	5.29E+07
		4-5	2.00E+07
		5-6	3.72E+07
		6-7	2.94E+07
		7-8	2.96E+07
04SFMC11	①	0-1	2.74E+08
		1-2	8.91E+07
		2-3	8.98E+07
		3-4	9.35E+07
		4-5	7.47E+07
		5-6	1.58E+08
		6-7	1.23E+08
		7-8	5.23E+07