

4 章 地 質

4-1 地 質 概 要

マーシャル諸島は中央太平洋の北西部に位置し、北北西-南南東方向に配列して分布する。この南方延長にはギルバート諸島が同方向に配列して分布する。

調査海域には、幾つかの海洋島及び環礁 (Atoll) と多くの海山 (Seamount) 及び平頂海山 (Guyot) が分布する。これらは大きく2列の海山列に分けられる。西側は Ralik海山列と呼ばれ、北西-南東方向に配列し、マーシャル諸島最大の環礁である Kwajalein環礁や Bikini環礁を含む。東側は Ratak海山列と呼ばれ、北北西-南南東方向に配列し、Majuro環礁を含む。

本プロジェクトで調査を行った、MS01~MS03の3海山は西側の Ralik海山列に、MS04~MS09の6海山は東側の Ratak海山列に含まれる。

調査海域に分布する海洋島や海山などは、マントルの上昇部と考えられるホットスポットにおける火山活動により形成されたものである。これらが列をなして分布するのは、海洋プレートの移動に従い既成の火山は移動して火山活動を停止し、不動のホットスポット上では新しい火山が形成されることが繰り返されたためである。現在の太平洋プレートは西から東へと移動しているが、調査海域の海山が生成した時代には、その配列方向から太平洋プレートは南南東から北北西へと移動していたことになる。したがって、調査海域の海山列では北側の海山ほど年代が古いといえる。

赤道付近の中央太平洋において、海洋底の火山活動は105~85Maに始まり、島化して礁が形成されたり浅海の火山活動が行われたのは85~80Maと考えられている (Hein et al., 1988)。このような海山を形成する火山岩は、海洋底を形成する海嶺玄武岩とは異なる特徴をもち、海洋島玄武岩 (OIB) と呼ばれる。

調査を実施した海山は、玄武岩及びその砕屑物からなり、石灰岩や堆積岩を伴う。海底面に露出する岩石の表面は多かれ少なかれ必ず鉄マンガン酸化物に覆われており、これはマンガンクラスト (Manganese crusts) と呼ばれる。平頂海山の平頂部では、縁辺部、小丘部や傾斜地を除き未固結の有孔虫砂が厚く堆積する。海山斜面部では削剥と流動による二次的堆積物が卓越すると考えられ、緩斜面部では有孔虫砂が堆積する。

本プロジェクトの調査対象は、岩石を覆い海底面に露出するマンガンクラストである。マンガンクラストは深海底に分布するマンガン団塊 (Manganese nodules) と同じような性質の鉄マンガン酸化物である。マンガンクラストの特徴は、コバルトの含有量が0.5~1.5wt%とマンガン団塊の平均約0.2wt%に比べて高いことで、このためコバルトリッチ・マンガンクラストと呼ばれることがある。また、プラチナの含有量が0.3~1.0ppmと高いことも注目されている。マンガンクラストの厚さは、賦存箇所の大小の地形要素、地質及び水深、また海山の形状及び位置などに影響されて非常に変化に富む。調査海域の海山では一般に、マンガンクラストの平

均厚さは2cm前後で、最大厚さは10cmを越えることが多い。地質・岩石及びマンガクラストの調査結果については、本報告書の各章で後述する。

4-2 サンプルング結果

各海山において、アーム型ドレッジ（AD）または重力式大口径コアラ（LC）を使用して、マンガクラストまたは底質物の採取を目的としたサンプルングを行った。本章では、ADで採取された岩石とLCで採取された底質物及び岩石についての観察記載と海山別の採取物概要を記す。サンプルング位置図を図4-2-1(1)~(9)に、サンプルングによる採取物（マンガクラストを含む）の一覧表を表4-2-1(1), (2)に示す。同表では採取物の量を半定量的に表現している。また、ADサンプルング結果を付帯第2表(1)~(3)に、LCサンプルング結果を付帯第3表(1), (2)に示す。

(1) 岩石

採取された岩石の種類は、火山岩として玄武岩、玄武岩質火砕岩、玄武岩角礫岩、凝灰岩及び軽石、堆積岩として火山円礫岩、砂岩、泥岩、石灰岩及び燐灰岩である。図4-2-2(1), (2)に採取された岩石の代表的な写真を示す。各岩石の観察記載は以下のとおりである。

1) 玄武岩（図4-2-2(1), 写真番号1~5）

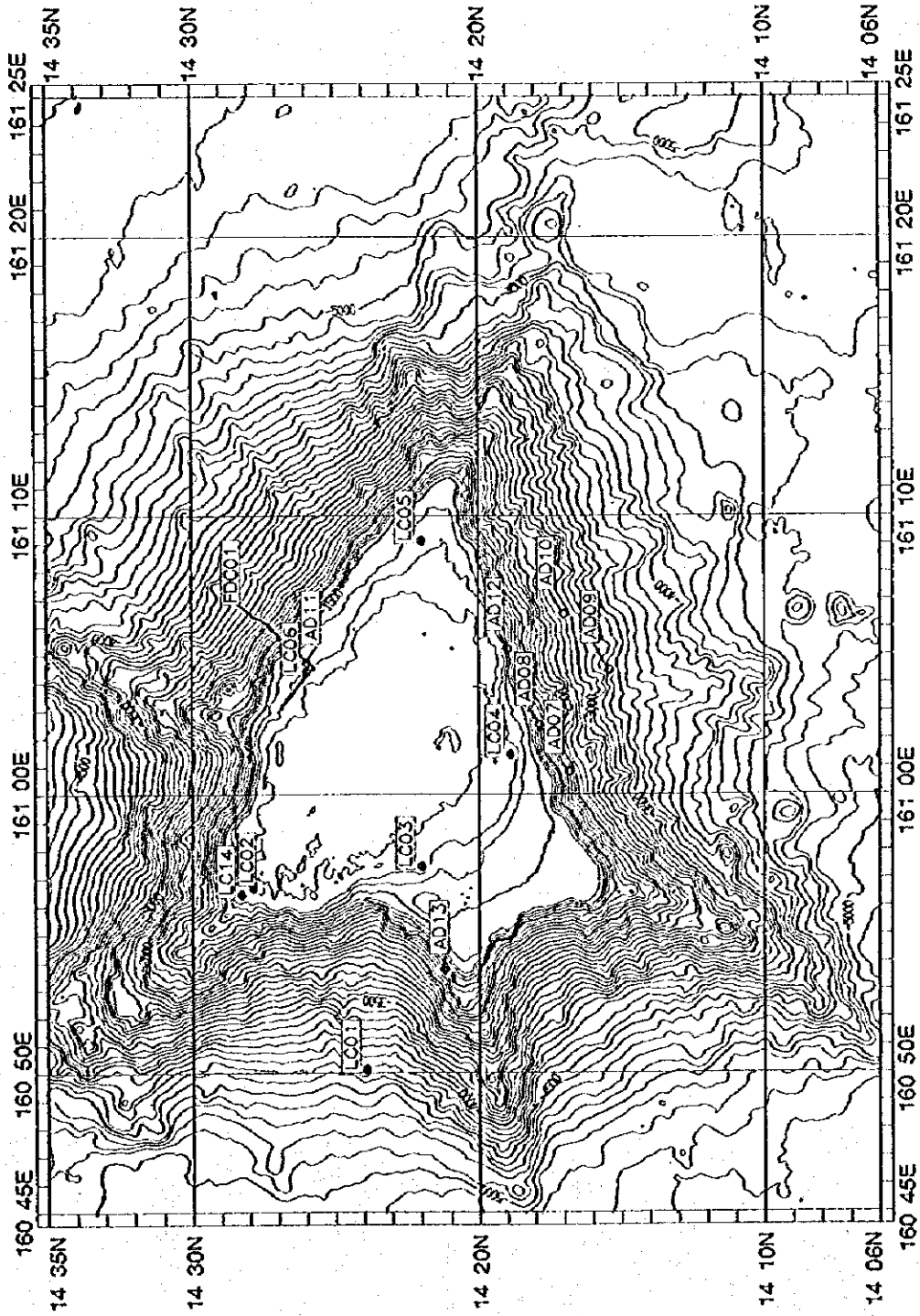
新鮮なものは暗灰色を呈するが、多くは風化により褐灰色を呈する。ほとんどが斑状組織を呈し、無斑晶質なものはまれである。斑晶の大きさは0.5~7mmで、4mmを越す粗粒斑晶は少ない。ほとんどの斑晶が完全に褐色風化変質しており、これらは輝石などの有色鉱物と考えられ、集斑状を呈することがある。しばしば、新鮮な短冊状の斜長石が認められる。石基は気孔が多く多孔質で、まれに緻密質である。長径0.1~6mmの球状~楕円体空隙は、シリカ鉱物、粘土鉱物及び燐灰岩で充填されることがある。弱い緑色変質を受け、帯緑褐灰色を呈することがある。96MS04AD09では、枕状溶岩が採取された（図4-2-2(1), 写真番号1, 2）。Pillow lobeの直径は15~20cmで、外周の幅約1cmは褐色~灰褐色を呈し、急冷縁が形成されている。

本区分は基本的には各種溶岩を表すものであり、火山角礫及び軽石をも含む。

2) 玄武岩質火砕岩（図4-2-2(2), 写真番号9~12）

構成礫は玄武岩で、粘土化し帯緑黄灰色を呈する火山礫を主体とし、風化し褐色を呈する玄武岩中礫~細礫を含む。礫は亜角~亜円礫で、気孔が多く多孔質である。淘汰は悪く、圧密はやや低い。礫量は非常に多いものからほとんどないものと変化し、少ないものはハイロクラスタイト様で弱い層理を有するものもある。基質は礫と同質の緑黄色粘土化した細粒碎屑物を主体とし、燐灰岩、炭酸塩鉱物、マンガン酸化物、有孔虫化石が含まれることがある。

MS01



LEGEND

- Sampling Location LC
- Sampling Location AD
- FDC Line
- - - SSS Line

図4-2-1(1) サンプルング位置図 (MS01 海山)

MS02

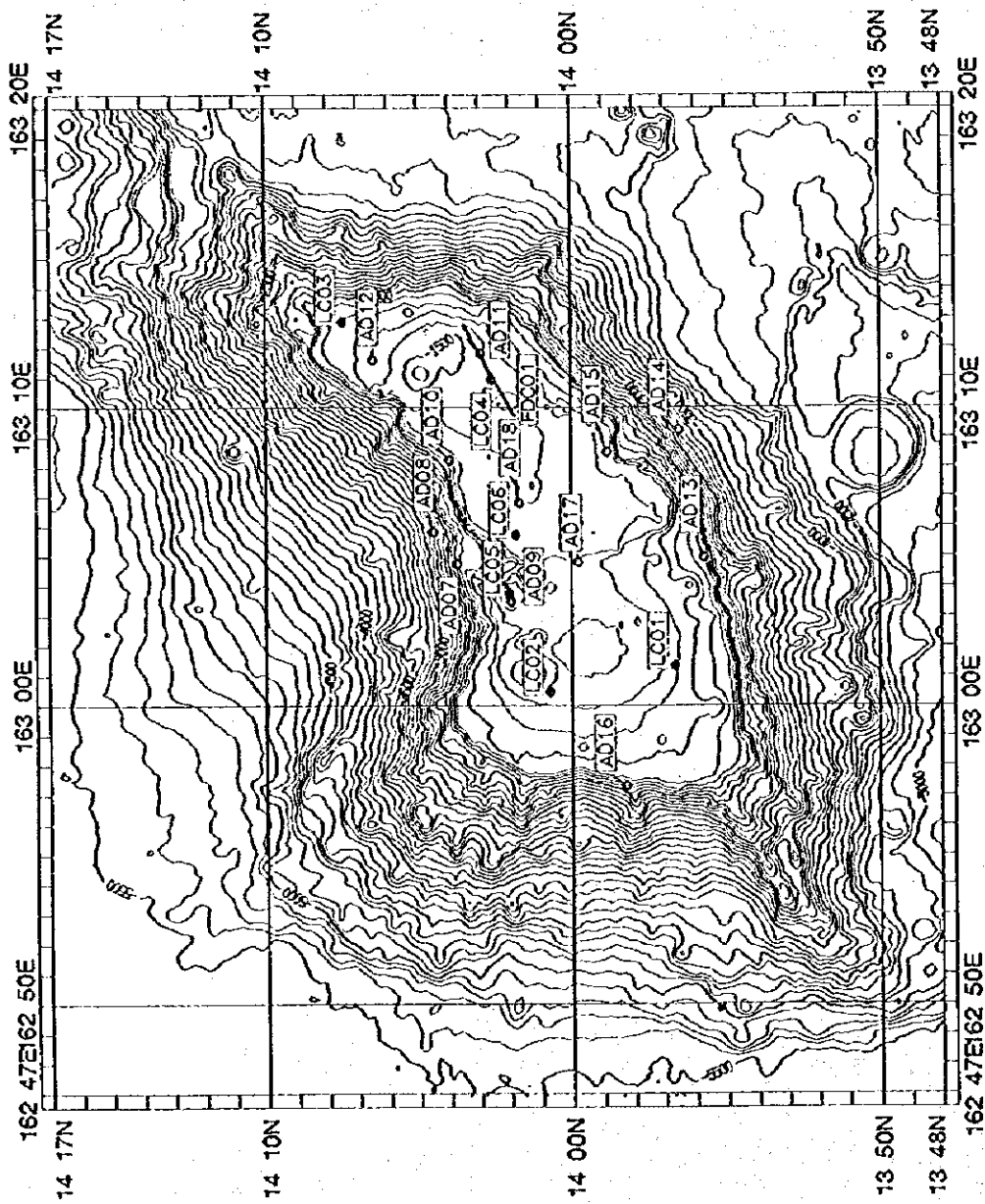


図 4-2-1 (2) サンプル位置図 (MS02 海山)

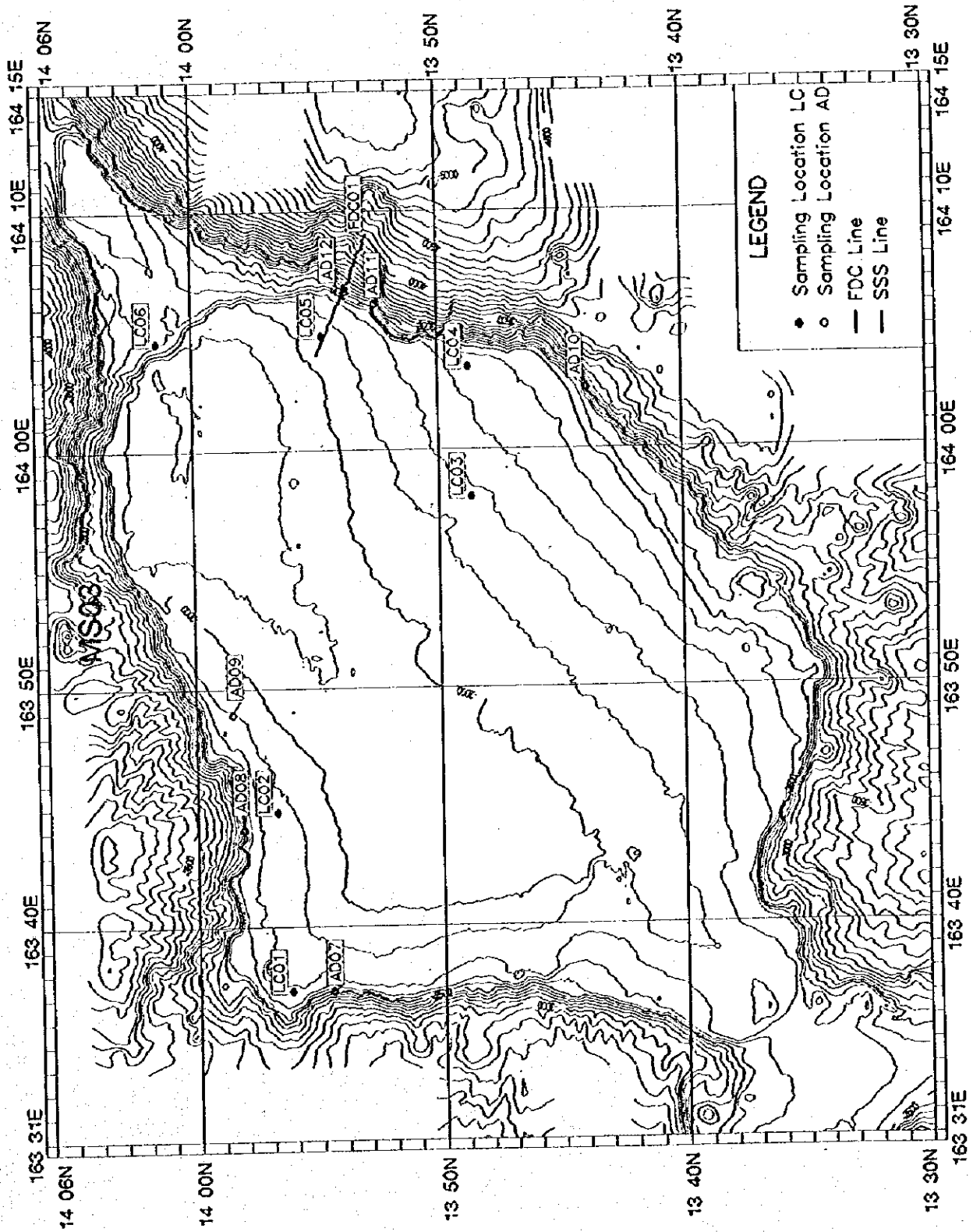


図 4-2-1 (3) サンプル位置図 (MS03 海山)

MS04

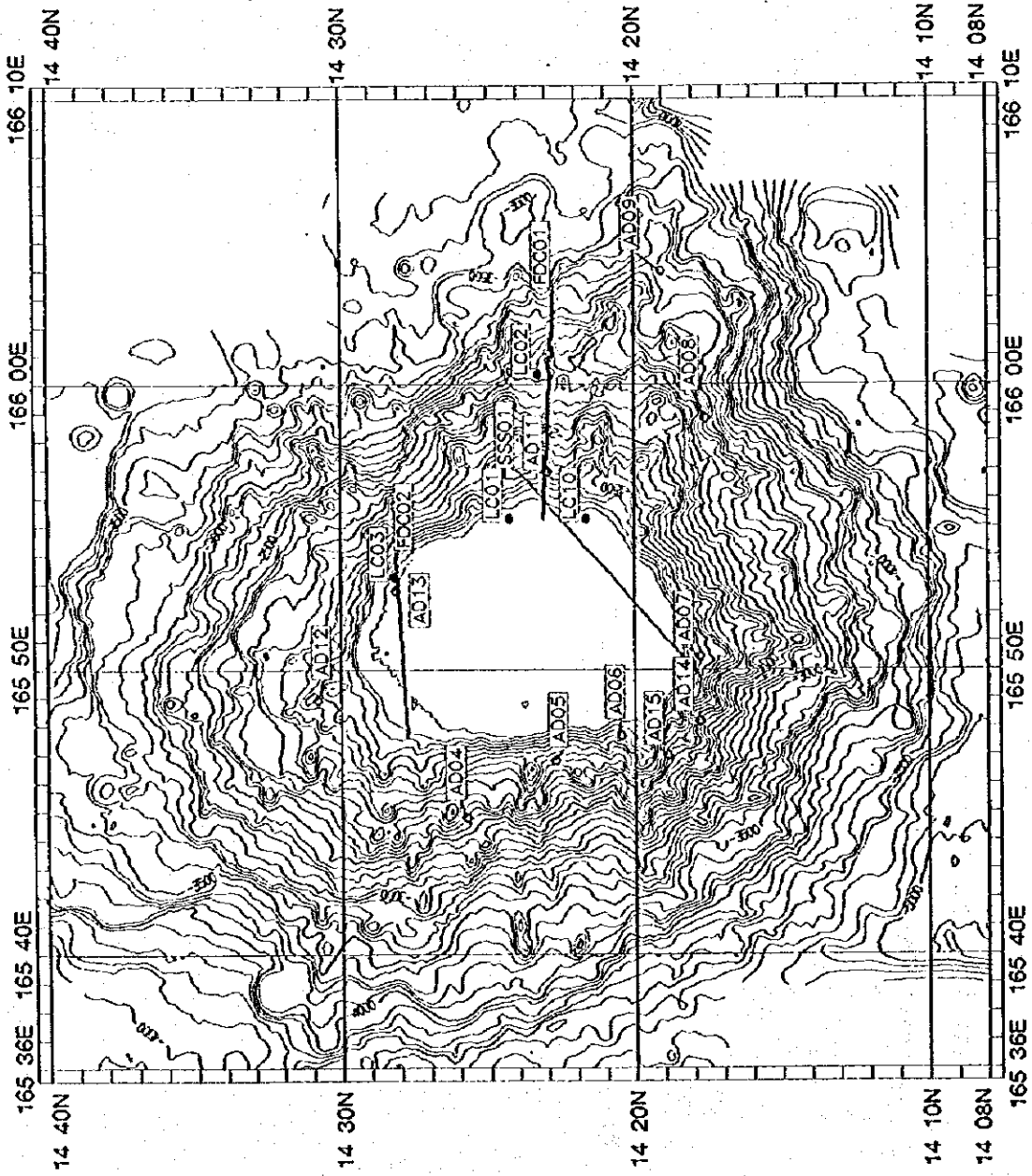


図 4-2-1 (4) サンプリング位置図 (MS04 海山)

MS05

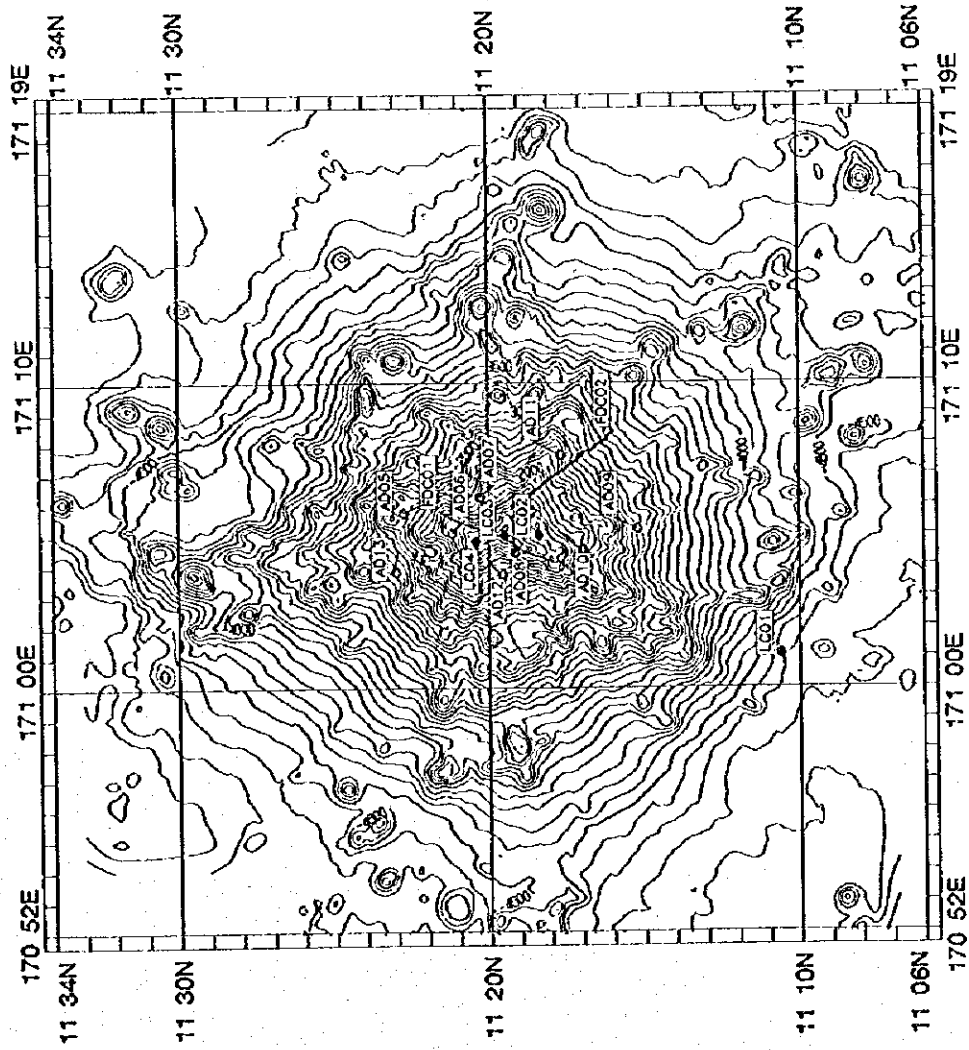


図 4-2-1 (5) サンプルング位置図 (MS05 海山)

MS06

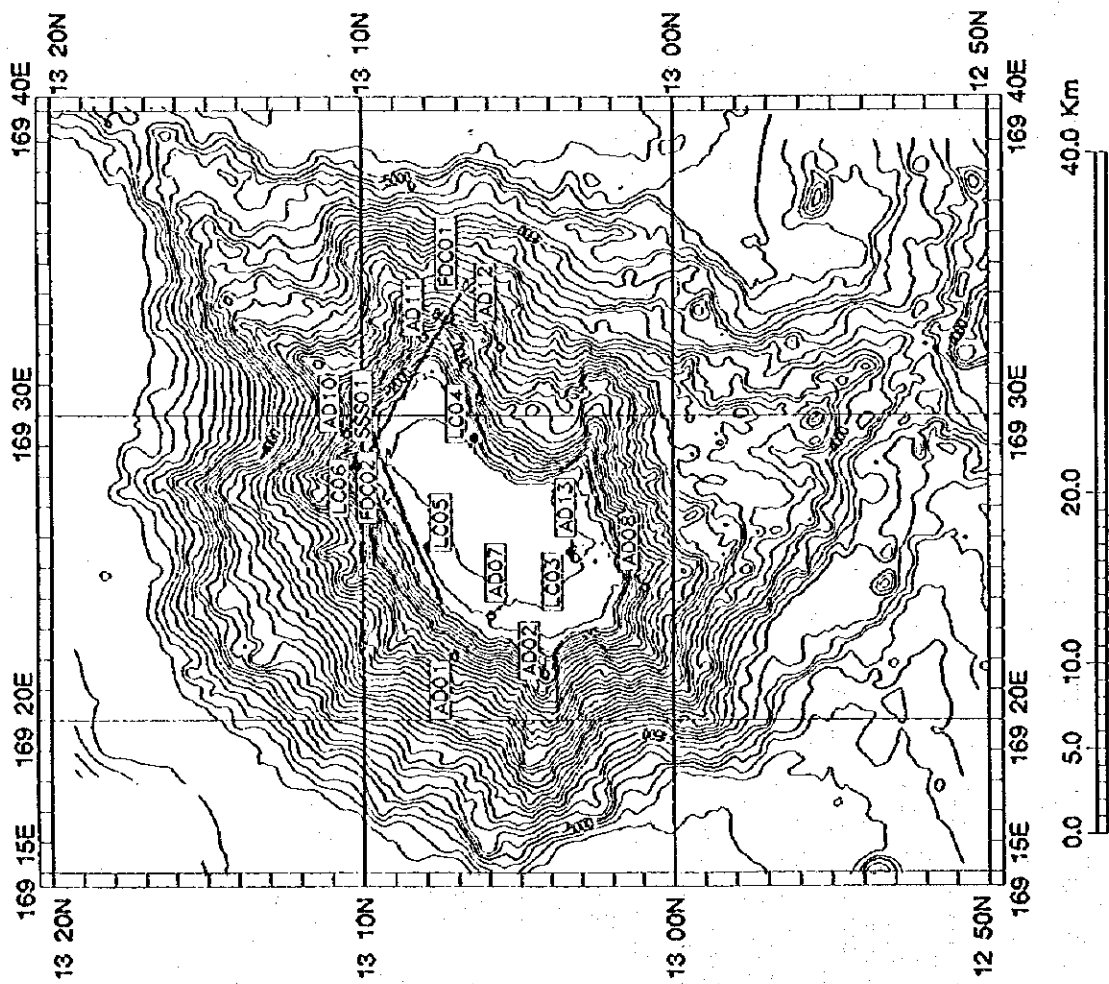


図 4-2-1 (6) サンプル位置図 (MS06 海山)

MS07

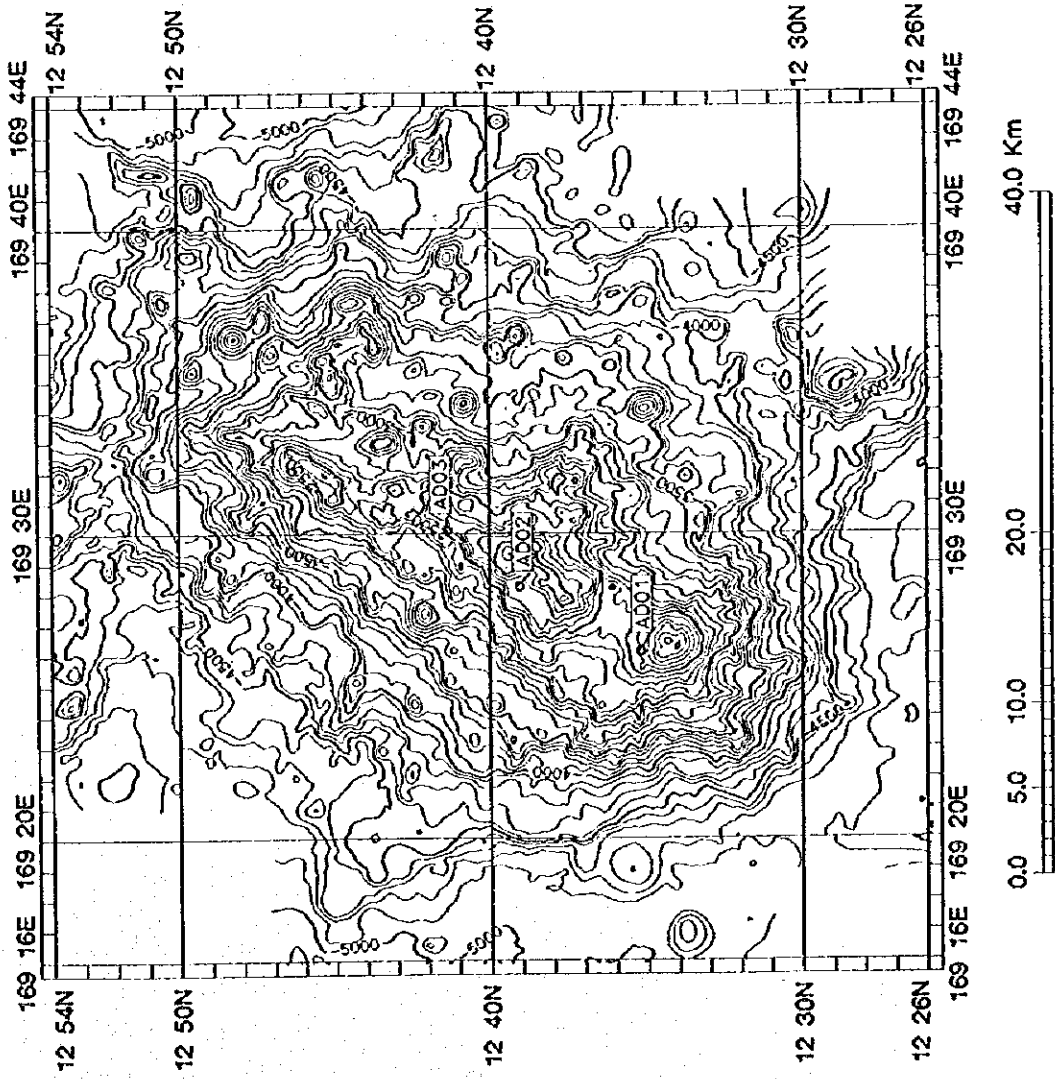
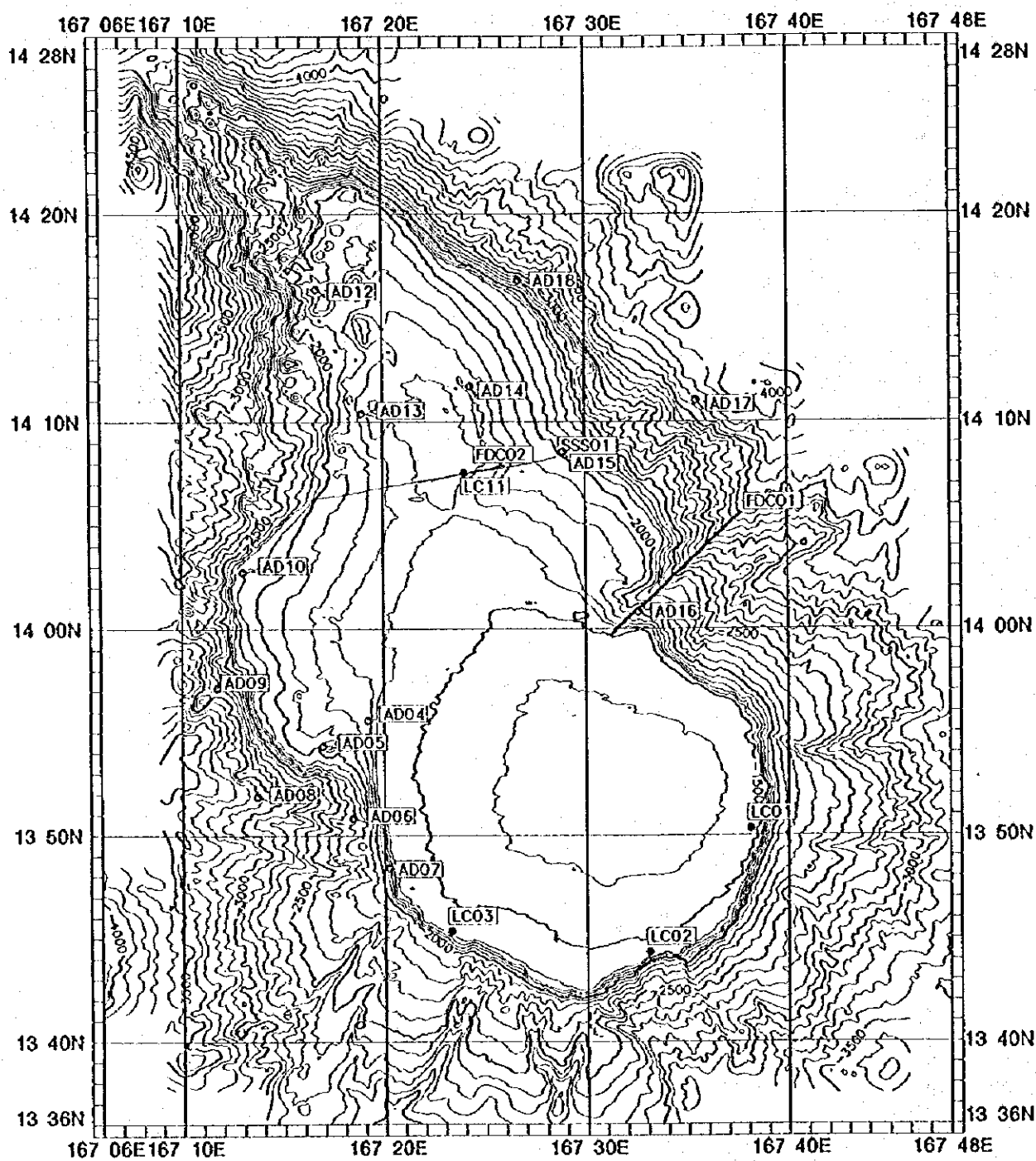


図 4-2-1 (7) サンプル位置図 (MS07 海山)

MS08

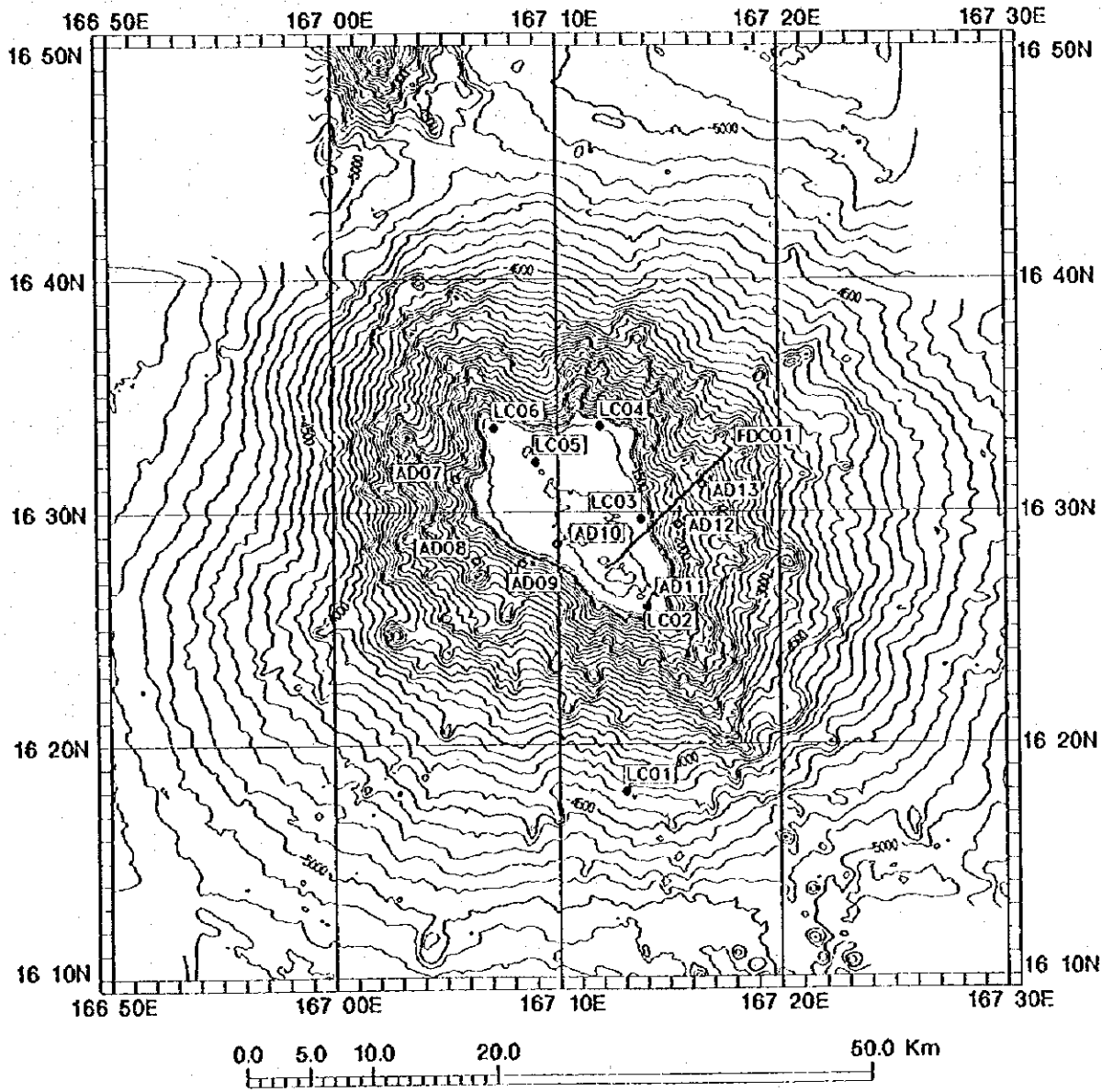


LEGEND

- Sampling Location LC
- Sampling Location AD
- FDC Line
- SSS Line

図4-2-1(8) サンプル位置図 (MS08 海山)

MS09



LEGEND	
●	Sampling Location LC
○	Sampling Location AD
—	FDC Line
—	SSS Line

図4-2-1(9) サンプリング位置図 (MS09 海山)

表 4-2-1 (I) 採取物一覽表

SMT	SSN	Cr	Cr-C	Nd	Ba	Py	Br	Cg	Ss	Ms	Is	Ph	Pm	Fs	Others	Geology	Thick
MS01	LC01													230cm			
	LC02													95cm			
	LC03	8cm														Crust	50
	LC04	8cm															75
	LC05	9cm															30
	LC06														NS		
	AD07	△			△/C		△/C										20
	AD08	△			△/C							+					30
	AD09		○	△			○				△				○/mud		20
	AD10	○		+			△										40
	AD11	○		+		○	△	○									40
	AD12		◎				△	◎									40
	AD13	+				+											20
	LC14	4cm															
MS02	LC01	4cm															
	LC02	5cm															
	LC03														NS	Crust	25
	LC04	10cm															50
	LC05	+															30
	LC06	4cm															40
	AD07	○										○					20
	AD08	△				△					+				NS	Crust	10
	AD09																10
	AD10	+				+											20
	AD11			+						+							15
	AD12	+															7
	AD13		△	+		+	△					○	+				20
	AD14	○				○	△										50
	AD15	+															5
	AD16	○		+		△		○			+						40
	AD17	+				△		○									75
	AD18	+	○	+	△		○										
MS03	LC01	7.5cm															
	LC02																
	LC03													105cm			
	LC04													310cm	NS	Sand+Crust	20
	LC05	2cm													NS	Sand	15
	LC06																1
	AD07	+	+				+					+					65
	AD08		+ /C			+ /C						○	○				20
	AD09	○		+		○											15
	AD10	○				○											8
	AD11	+				+											
	AD12	+				+ /C	+										
MS04	LC01														NS	Crust	56
	LC02	8cm															
	LC03	+															75
	AD04	◎	+	+	+ /C	◎											6
	AD05	+	+	+	+	+			△ /C								5
	AD06	○	◎	○	◎ /C		○										20
	AD07	△			+				+		△						15
	AD08	+		+	+ /C							+ /C					7
	AD09		◎	○	◎	○			△		△						
	LC10													220cm			
	AD11	◎	○	△	◎	○						△					7
	AD12		◎	+	△	○	◎										20
	AD13	+		+	+ /C												7
	AD14	△			△	△											15
	AD15	○						○									8
MS05	LC01														NS	Nodule	
	LC02													100cm			
	LC03														NS	Sand+Crust	
	LC04														NS	Crust	
	AD05	+		○	△	+					+		+				6

表4-2-1(2) 採取物一覧表

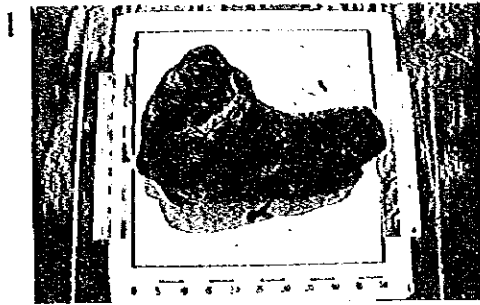
SMT	SSN	Cr	Cr-C	Nd	Ba	Py	Br	Cg	Ss	Ms	Is	Ph	Pm	Fs	Others	Geology	Thick
MS05	AD06		◎		◎	△							+				20
	AD07		○/C	+	○	△	△						+				1
	AD08		△		△	+							+				25
	AD09	△		+	+				+			+	+				20
	AD10	+		+													4
	AD11	○	△	◎	○							○					25
	AD12	+			+	+						+					8
	AD13		+ /C	+	+	+							△				1
MS06	AD01	△			+							△					1
	AD02	△					△										60
	LC03														NS	Crust	
	LC04														NS	Sand+Crust	
	LC05																
	LC06	+								+				65cm		Sand+Ms	
	AD07			◎	◎	○											6
	AD08		+ /C		+							+					1
	AD09	△				+	△(hy)										25
	AD10	△			+							△					3
	AD11	+															20
AD12	○					○										35	
AD13		◎	○		+ /C	◎/C										20	
FD01	○										○					60	
MS07	AD01			◎								○	△				15
	AD02	△				+ (hy)											45
	AD03	+	△	△	△	△						+					15
MS08	LC01	4cm															25
	LC02	8cm															40
	LC03	5cm															30
	AD04		○		○/C	○	+		+		+				+Af		1
	AD05		○			○											30
	AD06	+ /C			△	+					+	+					1
	AD07	+		△	+	+	△/C										2
	AD08			+		+			+	+	+						3
	AD09	△			+	+											3
	AD10	+		+							+	+					2
	LC11	8cm															45
	AD12	◎	◎	△		◎	◎	◎									50
	AD13		△	◎	◎	○						+			+Af		10
	AD14		◎	+		◎											45
AD15	○/C		+ /C	○					+		+					1	
AD16	○	△	△	○					○							25	
AD17	+			○				△			+					1	
AD18	△							△	△							5	
MS09	LC01	+				+								15cm		Sand+Cr+Py	
	LC02	+															
	LC03														NS	Crust	
	LC04	5cm															25
	LC05	10cm												50cm		Sand+Crust	40
	LC06	6.5cm															55
	AD07	△	△	◎	◎	○	△						△				25
	AD08	△				○(hy)						△	△				10
	AD09		△	△	△	△					○/C						2
	AD10			+	△/C												8
	AD11	△	◎	△	○	△	○						+				45
	AD12	○	△	○		△						○/C	△				4
	AD13	+	+	+		+					+		+				10

凡例 SMT: 海山名, SSN: 採試点番号, Geology: 海底写真及びコアによる海底地質, Thick: クラスト平均厚さ(mm)
 Cr: クラスト, Cr-C: 礫状クラスト, Nd: ノジュール, Ba: 玄武岩, Py: 玄武岩質火砕岩, Br: 玄武岩角礫岩,
 Cg: 火山円礫岩, Ss: 砂岩, Ms: 泥岩, Is: 石灰岩, Ph: 燐灰岩, Pm: 軽石, Fs: 有孔虫砂, Others: その他,
 hy: ハイアロクラスタイト, mud: 泥塊, If: 凝灰岩, NS: 採取物なし

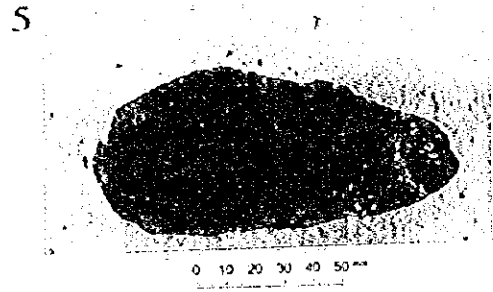
量比 ◎: 多量, ○: 中量, △: 少量, +: 微量

注記 CrとFs欄の数字は最大コア長を表す。量比記号のあとの/Cはコーティング状クラストを表す。

[玄武岩]

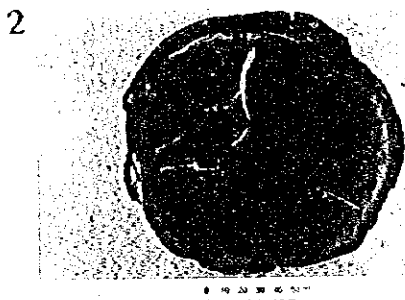


枕状溶岩 (MS04AD09)

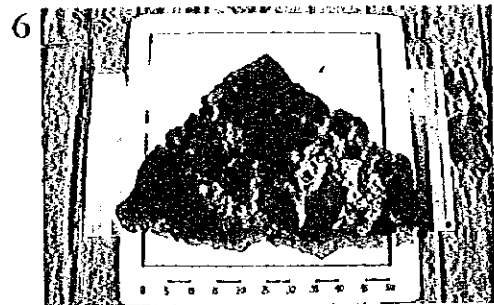


多孔質 (MS05AD07)

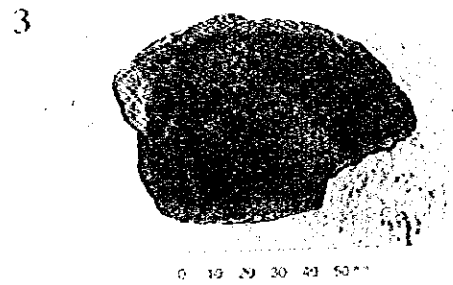
[玄武岩角礫岩]



同上断面



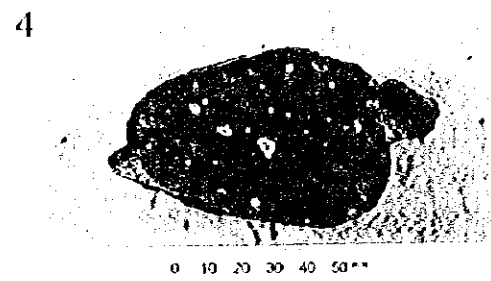
クラスト裏面 (MS04AD06)



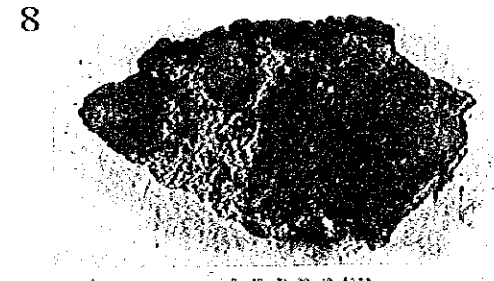
緻密質無斑晶質 (MS08AD04)



泥質の基質 (MS08AD04)



多孔質多斑晶質 (MS08AD04)



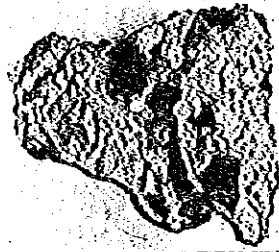
風化玄武岩礫 (MS04AD15)

図4-2-2 (1) 岩石の写真 (ADサンプリング)

【玄武岩質火砕岩】

【堆積岩】

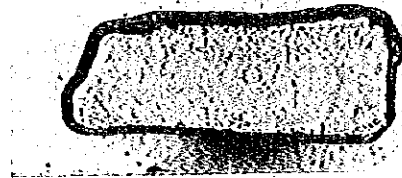
9



0 10 20 30 40 50^{μm}

黄緑色粘土化 (MS01AD09)

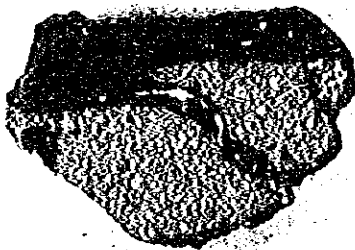
13



0 10 20 30 40 50^{μm}

石灰質細粒砂岩 (MS04AD09)

10



0 10 20 30 40 50^{μm}

灰色粘土化 (MS08AD05)

14



0 10 20 30 40 50^{μm}

泥岩 (MS09AD13)

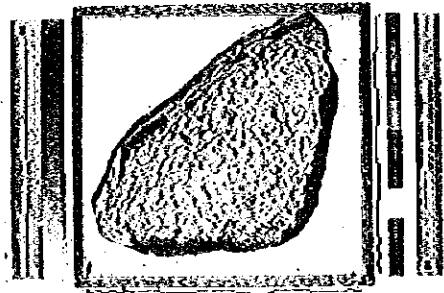
11



0 10 20 30 40 50^{μm}

褐色化火山礫 (MS06AD13)

15



石灰岩 (MS02AD13)

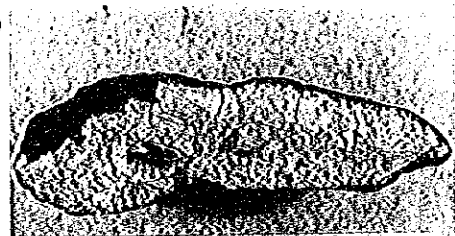
12



0 10 20 30 40 50^{μm}

リン酸石灰質 (MS09AD08)

16



0 10 20 30 40 50^{μm}

磷灰岩 (MS09AD08)

図4-2-2(2) 岩石の写真 (ADサンプリング)

本区分は広義の火砕岩を表し、ハイアロクラスタイト及び二次的な堆積物も含まれる。

3) 玄武岩角礫岩 (図4-2-2(1), 写真番号6~8)

構成礫は風化し褐色を呈する玄武岩大礫~中礫である。礫は亜角~亜円礫で、淘汰は悪く、礫間に空隙が多い。基質は少なく、緑色粘土化した玄武岩の碎屑物、燐灰岩及び炭酸塩鉱物、マンガン酸化物からなる。

本区分は火山角礫、角礫状溶岩などを表す。

4) 火山円礫岩

暗灰色~褐色の玄武岩細礫を主体とし、中礫を含む。基質は同質の粗粒砂岩で、炭酸塩鉱物及び燐酸塩化を受ける。礫は円磨され、亜円~円礫である。淘汰は普通で、含礫砂岩と互層をなすこともある。固結度は比較的よい。

5) 砂岩 (図4-2-2(2), 写真番号13)

灰色を呈しワッケ質の含礫粗粒砂岩、赤褐色を呈し固結度が低い細~粗粒の火山砂岩、褐灰色を呈し細~中粒の石灰質砂岩、淡褐色で有孔虫に富む細粒砂岩、帯緑褐灰色を呈する凝灰質粗粒砂岩などである。層理を有することがある。

6) 泥岩 (図4-2-2(2), 写真番号14)

灰~暗灰色を呈し弱い層理を有する泥岩、褐灰色で薄層理を有する砂質泥岩、淡褐色で薄層理を有する粘土質泥岩などである。

7) 石灰岩 (図4-2-2(2), 写真番号15)

貝殻、サンゴ、有孔虫などからなる。一般には多孔質であるが、燐酸塩化により緻密質になることがある。層理を有することがある。固結度の低い有孔虫石灰岩(砂岩)を含む。

8) 燐灰岩 (図4-2-2(2), 写真番号16)

空隙等に燐灰岩が沈殿したもの、石灰岩が燐酸塩化したもの、火砕岩及び礫岩の基質が燐酸塩化したもの、これらが礫化したものなどである。

9) 軽石

淡灰色を呈し、円磨されており、発泡度がよく非常に多孔質である。MS05海山とMS07海山でのみ採取された。

10) 凝灰岩

緑灰色を呈し細粒で磁鉄鉱を含むもの。帯緑灰褐色を呈し、玄武岩細礫を含み粗粒砂質で弱い層理を有するもの。

(2) 底質物

MS07海山を除く8海山の合計41地点においてLCサンプリングを実施したが、ほとんどの地点でマンガクラストの採取を目的としたため、底質物が採取されたのは9地点である。このうち6点は平頂海山の平頂縁辺部、2点は平頂海山の斜面下部、1点は尖頂海山の頂部

に位置する。LCサンプリングによる採取物（マンガクラストを含む）及び海底写真内容を表4-2-2に、底質物と海底の代表的な写真を図4-2-3に、底質物が採取された9地点のコア柱状図を付帯第6図(1)~(3)に示す。

採取された底質物は未固結の有孔虫砂を主体とし、軟泥を伴い、まれに礫を含む。有孔虫砂の色調は、淡褐色系(10YR7/3:very pale brown~10YR6/3:pale brown)(MUNSELL SOIL COLOR CHARTSによる。以下同じ)から淡黄色系(2.5Y7/4:pale yellow)である。有孔虫化石の径は0.3~1mmで、肉眼でも識別可能である。一般に、有孔虫砂のコアは絡まりが良く、含水量は多い。一部の海底表層部は軟泥からなり、有孔虫砂層内に軟泥が挟在することもある。軟泥は褐色を呈し、有孔虫砂よりも含水量が多い。

底質物が採取された9地点の内、5地点では底質物のみが採取され、4地点では底質物の下位に岩石またはマンガクラストが採取された。

底質物のみが採取された5地点では、採取コア長が約100~300cmであり、部分的に軟泥が挟在する。最長のコアが採取された96SMS03LC03以外の4地点では、マンガクラストの採取を目的としていたが、結果的には底質物だけが採取されたものである。海底写真(撮影面積約5㎡)では、5地点ともに海底面は底質物だけからなる。

底質物の下位に岩石またはマンガクラストが採取された4地点では、底質物のみが採取された5地点に比べて、採取コア長の平均が約60cmと短い傾向がある。このように底質物の堆積厚が薄いため、基盤物質が採取されたものである。96SMS01LC01と96SMS09LC01は水深4,300m前後の海山斜面下部に位置することから、厚い底質物だけが採取されると推測していたが、予想に反して、底質物は薄く底質物の下位に岩石が採取された。前者では底質物は礫を含む有孔虫砂と泥の互層、後者では泥だけであった。一方、96SMS06LC05と96SMS09LC05は海山平頂部に位置し、マンガクラストの採取を目的としていたが、結果的には、有孔虫砂と岩石またはマンガクラストが採取された。海底写真では、両地点とも海底面は底質物だけからなる。

96SMS09LC04では、海底写真では底質物だけしかみられないが、実際にはマンガクラストのみが採取された(図5-3-2参照)。これは、底質物の厚さが数10cm以下と薄く、LCの構造上、揚取中に底質物が洗い流されて消失したためと考えられる。

以下に、採試点毎の採取試料の性状を記す。

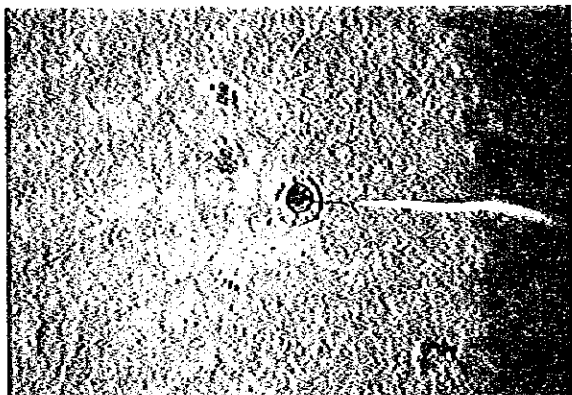
1) 96SMS01LC01

採取コア長は230cmである。表層から深度220cmまでは、泥が卓越する泥と有孔虫砂の互層である。泥は有孔虫化石を含み、径1cm以下の玄武岩礫をまれに含む。有孔虫砂層には、最大径6cmの玄武岩の亜円~亜角礫が多く含まれる。一部の礫は最大厚5mmのマンガクラストで覆われている。本地点は海山斜面下部(水深4,324m)に位置することからも、礫を含む有孔虫砂層は斜面上部から供給された二次的堆積物と考えられる。海底写真では、

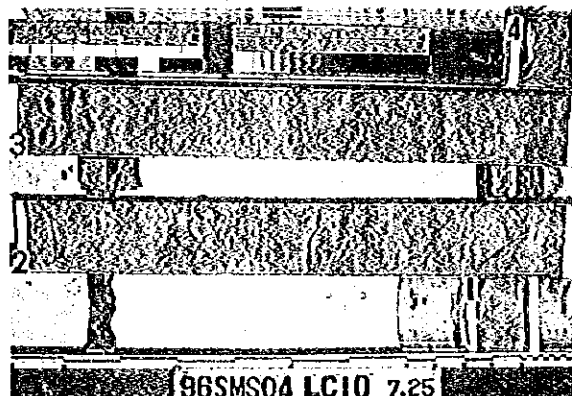
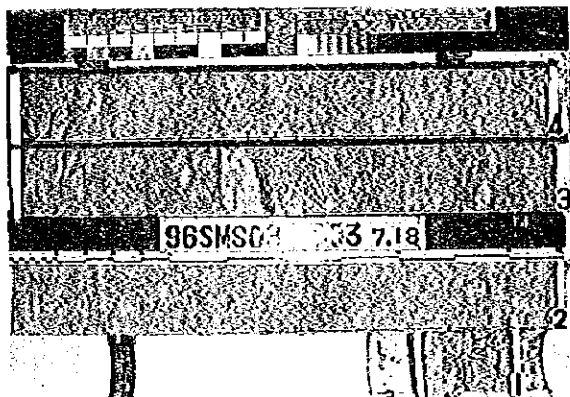
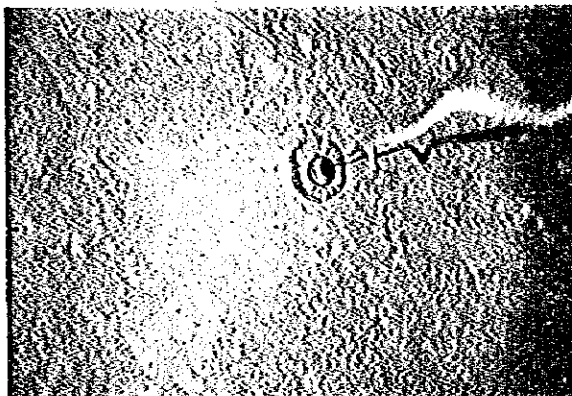
表4-2-2 LC採取物と海底写真内容

海山	採試点番号	採取物内容	クラスト露出率	写真タイプ	海底面
MS01	96SMS01LC01	泥・有孔虫砂・玄武岩質火砕岩	60%	ゾーン	ゾーン転石
	96SMS01LC02	有孔虫砂・軟泥	0%		リアリーク
	96SMS01LC03	クラスト	50%	クラスト	ブドウ状
	96SMS01LC04	クラスト	5%	クラスト	ブドウ状
	96SMS01LC05	クラスト	10%	クラスト	ブドウ状
	96SMS01LC06	(なし)	90%	クラスト	ブドウ状
	96SMS01LC14	クラスト	10%	クラスト	ブドウ状
MS02	96SMS02LC01	クラスト	20%	クラスト	ブドウ状
	96SMS02LC02	礫状	20%	クラスト, 礫状	ブドウ状
	96SMS02LC03	(なし)	50%	クラスト	ブドウ状
	96SMS02LC04	クラスト	80%	クラスト	ブドウ状
	96SMS02LC05	(なし)	50%	クラスト, 礫状	ブドウ状
	96SMS02LC06	クラスト	30%	クラスト, 礫状	ブドウ状
MS03	96SMS03LC01	クラスト	(機器誤作動)		
	96SMS03LC02	有孔虫砂	0%		リアリーク
	96SMS03LC03	有孔虫砂	0%		リアリーク
	96SMS03LC04	(なし)	0%		
	96SMS03LC05	クラスト片	(機器誤作動)		
	96SMS03LC06	(なし)	0%		リアリーク
MS04	96SMS04LC01	(なし)	90%	クラスト	ブドウ状
	96SMS04LC02	クラスト	70%	クラスト	ブドウ状
	96SMS04LC03	クラスト片	0%		リアリーク
	96SMS04LC10	有孔虫砂	0%		リアリーク
MS05	96SMS05LC01	(なし)	80%	礫状	
	96SMS05LC02	有孔虫砂	0%		
	96SMS05LC03	(なし)	0%		
	96SMS05LC04	(なし)	(機器誤作動)		
MS06	96SMS06LC03	(なし)	30%	礫状	ブドウ状
	96SMS06LC04	(なし)	0%		リアリーク
	96SMS06LC05	有孔虫砂・砂質泥岩	0%		リアリーク
	96SMS06LC06	クラスト片	30%	礫状	ブドウ状
MS08	96SMS08LC01	クラスト	20%	クラスト	ブドウ状
	96SMS08LC02	クラスト	20%	クラスト	ブドウ状
	96SMS08LC03	クラスト	30%	クラスト	ブドウ状
	96SMS08LC11	クラスト	(機器誤作動)		
MS09	96SMS09LC01	泥・火山礫凝灰岩	30%	礫状, ゾーン	
	96SMS09LC02	クラスト片	(機器誤作動)		
	96SMS09LC03	(なし)	60%	礫状	ブドウ状
	96SMS09LC04	クラスト	0%		リアリーク
	96SMS09LC05	有孔虫砂・クラスト	0%		
	96SMS09LC06	クラスト	10%	クラスト	ブドウ状

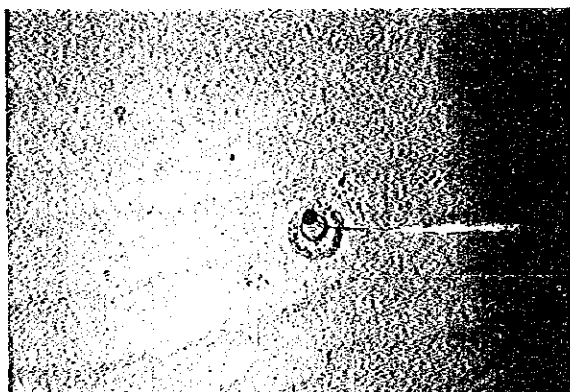
96SMS03LC03



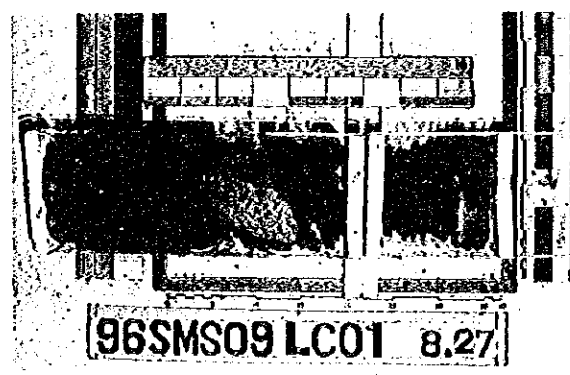
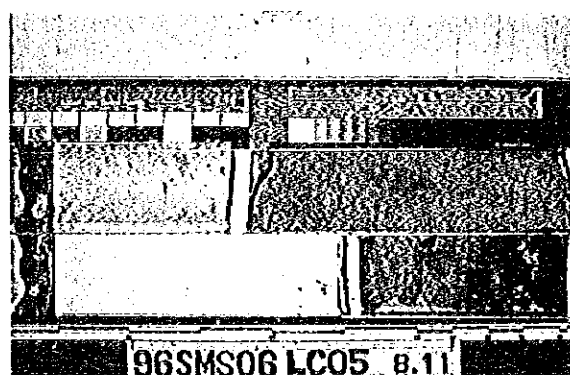
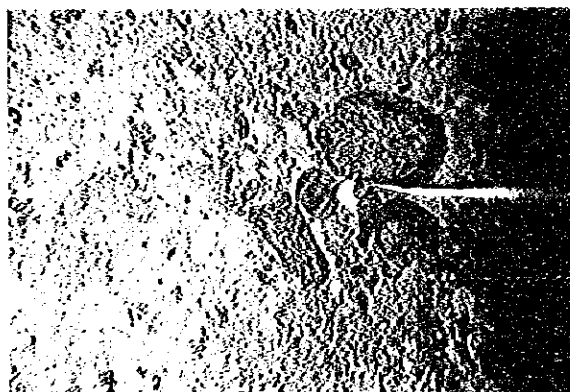
96SMS04LC10



96SMS06LC05



96SMS09LC01



注：各採試点で、上側は海底写真，下側はコア断面写真

図4-2-3 海底と採取物の写真（LCサンプリング）

径5cm以下のノジュールまたは転石が約80%を占め、底質物は少ない。

深度220cm以深は、淡黄褐色を呈する玄武岩質火砕岩である。火山礫は径3cm以下の玄武岩亜角礫で、基質は同質の碎屑物で粘土化している。岩石表面にマンガクラストは存在しない。

2) 96SMS01LC02

採取コア長は95cmである。表層から深度15cmまでは含水量の多い軟泥からなる。深度15cm以深は有孔虫砂で、泥を扶む。

3) 96SMS03LC02

採取コア長は105cmである。表層から深度15cmまでは含水量の多い軟泥からなる。深度15cm以深は、部分的に泥が混じるが、ほぼ均質な有孔虫砂である。

4) 96SMS03LC03 (図4-2-3参照)

採取コア長は310cmである。全体的には均質な有孔虫砂であり、部分的に泥が混じり、礫は含まれない。

5) 96SMS04LC10 (図4-2-3参照)

採取コア長は220cmである。均質な有孔虫砂であるが、部分的に泥分の含有量が多くなる。黒色の有孔虫の殻が混じるが、礫は含まれない。

6) 96SMS05LC02

採取コア長は100cmである。均質な有孔虫砂で、礫は含まれない。部分的に淡灰色を呈するところがある。

7) 96SMS06LC05 (図4-2-3参照)

採取コア長は75cmである。表層から深度65cmまでは均質な有孔虫砂からなり、礫や泥は含まれない。深度65cm以深は暗赤褐色を呈する砂質泥岩である。岩石表面にマンガクラストは存在しない。

8) 96SMS09LC01 (図4-2-3参照)

採取コア長は40cmである。表層から深度15cmまでは暗褐色を呈する軟泥で、少量の細粒砂を含む。海底写真では、底質物が卓越するが礫状クラスト及びノジュールが約30%を占める。

深度15cm以深は、赤褐色を呈する玄武岩質火山礫凝灰岩である。火山礫は1cm以下の褐色を呈する玄武岩亜角礫で、基質は黄褐色を呈し粘土化している。岩石表面はコーティング状~10mm厚のマンガクラストで覆われる。

9) 96SMS09LC05 (図5-3-2参照)

採取コア長は60cmである。表層から深度50cmまではほぼ均質な有孔虫砂からなり、下部で泥が扶在する。

深度50cm以深はマンガクラストで、厚さは4cmである。マンガクラストの基盤岩は

採取されなかった。

(3) 海山別のまとめ

玄武岩及び玄武岩質火砕岩はすべての海山で採取され、採取量も最も多い。同時に、マンガクラストの最も主要な基盤岩となっている。各海山におけるこれらの火山岩の見かけ（前述の記載内容）はほとんど同じであり、海山間での差異は認められない。特徴的あるいは特異な例として、MS04海山の枕状溶岩（図4-2-2(1), 写真番号1, 2）、MS08海山の多斑品質粗粒斑状組織（図4-2-2(1), 写真番号4）、無斑晶状組織（図4-2-2(1), 写真番号3）があげられる。また、起源不明の軽石がMS05海山及びMS07海山で採取された。両海山以外の海山はすべて平頂海山であるのに対して、両者はいずれも尖頂海山であるという共通性をもつ。これらの軽石は原地性の噴出物である可能性もあるが、かなり円磨されていること及びマンガクラストで覆われていないことから、比較的新しい時代の噴出物が海流により遠方から運ばれてきたものと考えられる。

堆積岩では砂岩及び石灰岩が最も多く採取された。砂岩、泥岩、石灰岩の見かけは海山または採取場所によりかなり変化する。火山円礫岩はMS08海山でのみ特徴的に認められる。磷酸塩化はすべての海山で普遍的に認められ、岩石やマンガクラストの割れ目を充填し網状脈を形成することがある。

海山別の採取岩石種の概略を以下に記す。

1) MS01海山

玄武岩質火砕岩ないし角礫岩が最も多く採取され、玄武岩、泥岩、石灰岩、泥塊も採取された。平頂部では玄武岩、斜面部では火砕岩及び角礫岩が卓越する傾向がある。泥岩は砂質で弱い層理を有し、同質の弱固結泥塊とともに斜面下部で採取された。石灰岩は主に有孔虫からなり、斜面上部で採取された。

海山斜面下部の96SMS01LC01では、深度220~230cm（孔底）で底質物の下位に玄武岩質火砕岩が採取された。

2) MS02海山

玄武岩、玄武岩角礫岩、玄武岩質火砕岩が多く採取され、石灰岩、砂岩、泥岩も採取された。火山岩は平頂部から斜面下部まで全体を通じて採取され、岩石種と分布地点の間に関連性は認められない。砂岩は平頂部縁辺部及び斜面上部で採取され、石灰岩は平頂部の肩部で採取された。

3) MS03海山

玄武岩、砂岩、石灰岩が主に採取され、玄武岩質火砕岩及び角礫岩はわずかである。一部の玄武岩で弱い緑色変質が認められる。砂岩は石灰岩起源のもので平頂部縁辺部で採取された。石灰岩は平頂部縁辺部及び斜面上部で採取された。

4) MS04海山

玄武岩が最も多く、玄武岩質火砕岩と玄武岩角礫岩も多く採取された。この他に、砂岩、石灰岩が採取された。火山岩は斜面全体を通じて採取され、岩石種と分布地点の間に関連性は認められない。海山東部の斜面下部では玄武岩の枕状溶岩が採取された。砂岩は赤褐色を呈するものが多く、斜面全体を通じて採取された。石灰岩は斜面上部と下部で採取された。

5) MS05海山

玄武岩が最も多く、玄武岩質火砕岩、石灰岩、燐灰岩、砂岩、軽石が採取された。本海山は尖頂海山であり、斜面上部で火山岩が、斜面下部で堆積岩が卓越する傾向がある。軽石は中礫で、採取量はわずかである。石灰岩は斜面中部で、石灰岩起源と考えられる燐灰岩が斜面下部で採取された。

6) MS06海山

玄武岩及び玄武岩質火砕岩が多く採取され、石灰岩、玄武岩角礫岩、泥岩、燐灰岩も採取された。平頂部で火山岩が、斜面上部で石灰岩が卓越する傾向がある。

平頂部の96SMS06LC05では、深度65~75cm(孔底)で有孔虫砂の下位に暗赤褐色を呈する泥岩が採取された(図4-2-3)。

7) MS07海山

海山中央の斜面上部では玄武岩と玄武岩質火砕岩が、海山南部のピナクル部では軽石と燐灰岩が採取された。軽石は径約15cmの1個のみが採取された。燐灰岩はすべてノジュールの核として産する。

8) MS08海山

玄武岩及び玄武岩質火砕岩が最も多く、玄武岩角礫岩、火山円礫岩、砂岩も多く採取された。この他に、石灰岩、燐灰岩、凝灰岩が採取された。平頂部では火山岩が、斜面部では堆積岩が卓越する傾向がある。斜面中部~下部では円磨された玄武岩中礫が認められる。火山円礫岩は平頂部縁辺部と斜面下部の地形的に離れた地点で採取されたが、両地点の採取物に大きな相違はない。石灰岩は斜面上部から下部まで全体を通じて採取された。砂岩は、玄武岩の細礫を含む粗粒砂岩と有孔虫を多く含む細粒砂岩の2種類があり、斜面上部で採取されることが多い。弱緑色化した凝灰岩は平頂部縁辺部で採取された。

9) MS09海山

玄武岩、玄武岩質火砕岩、石灰岩、燐灰岩が多く、玄武岩角礫岩、泥岩も採取された。玄武岩は平頂部及び斜面上部で、玄武岩質火砕岩は全体を通じて採取された。石灰岩は燐灰岩化するものが多く、燐灰岩とともに斜面部で採取された。泥岩は褐色を呈し薄層理を有するもので、斜面中部で採取された。他の海山に比べて石灰岩及び燐灰岩が多く採取された。

海山裾部の96SMS09LC01では、深度15~40cm(孔底)で底質物の下位に赤褐色を呈する玄武岩質火山礫凝灰岩が採取され、岩石表面はマンガクラスト薄層で覆われる(図4-2-3)。

4-3 岩石の記載

(1) 岩石薄片顕微鏡観察

AD及びLCサンプリングで採取された岩石について、岩石薄片を作成し、偏光顕微鏡による観察を行った。採取された岩石が玄武岩と玄武岩質火砕岩を主体とするため、顕微鏡観察の対象もこれらが主体となっている。試料数は43試料で、このうち21試料では後述のX線回折試験も実施している。観察結果を表4-3-1(1)、(2)に、代表的な顕微鏡写真を図4-3-1(1)、(2)示す。

肉眼観察では、ほとんどの玄武岩は風化変質し、火砕岩の基質は粘土化変質している。また、多くの岩石は磷酸塩化を受けている。玄武岩は気孔に富み多孔質であることが多く、磁性を有する。

顕微鏡観察では、火山岩として、玄武岩、玄武岩質火砕岩、石英斑岩、堆積岩として、砂岩、泥岩、燐灰岩が鑑定された。玄武岩は、斑状玄武岩と無斑晶状玄武岩に大きく分けられ、さらにそれぞれは多孔質なものと緻密質なものに区分される。量的には、多孔質な斑状玄武岩が卓越しており、無斑晶質な玄武岩及び緻密質な玄武岩は少ない。

以下に、特徴的な岩石種の観察内容を記す。

1) 玄武岩

① 斑状玄武岩(単斜輝石かんらん石玄武岩)

斑状組織及び墳間状組織を呈する玄武岩で、気孔に富む多孔質なもの(96SMS04AD09-T1, 96SMS08AD04-T2)と気孔に乏しく緻密質なもの(96SMS04AD06-T1, 96SMS08AD15-T1)がある。

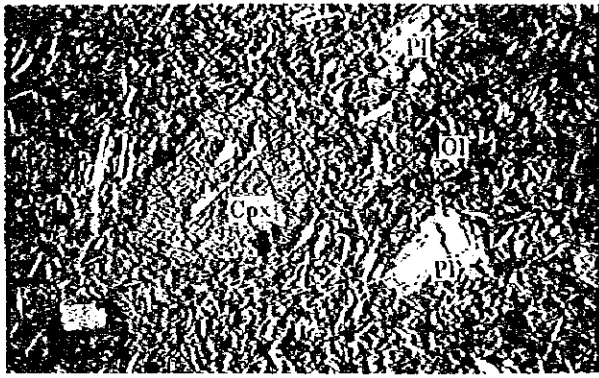
斑晶はかんらん石、単斜輝石及び斜長石からなる。斑晶の大きさは1~2mm程度が多く、最大で4mmである。かんらん石は粒状または長柱状を呈し、一般に完全にイデイングサイト化または粘土鉱物化しているが、新鮮なものも認められる。単斜輝石は未変質で、累帯構造が認められる。斜長石は長柱状を呈し、未変質である。

石基は墳間状組織を示し、イデイングサイト化したかんらん石と単斜輝石の微斑晶、0.3mm以下の短冊状斜長石、ガラスからなる。石基ガラスは脱ガラス化及び粘土鉱物化している。斜長石と単斜輝石は未変質である。

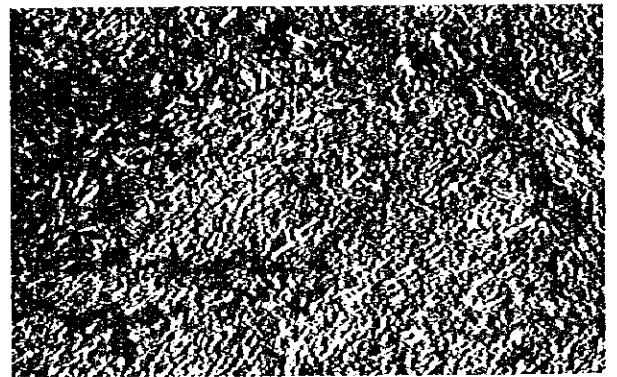
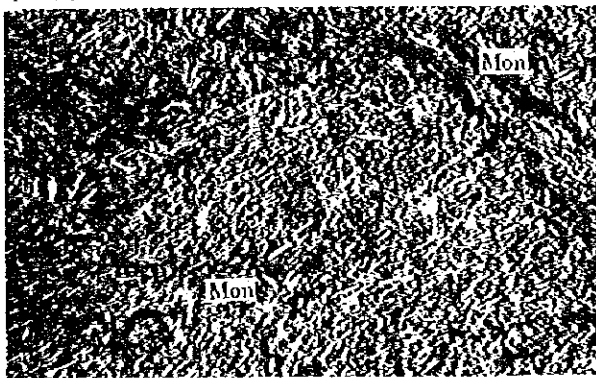
気孔はコロフォーム状ないし杏仁状組織のモンモリロナイト、沸石、燐灰石及び方解石で完全に充填されるか、気孔壁が同鉱物で薄く覆われる。

表4-3-1(1) 岩石薄片の顕微鏡観察結果

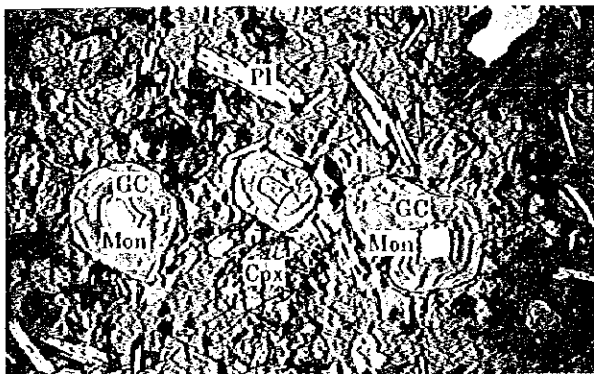
量の表現 ●:多量 ○:中量 △:少量	付帯	岩石名	組織	火山岩							変質鉱物							碎屑岩										
				石英 斜長石 斜方輝石 単斜輝石 磁鉄鉱 赤鉄鉱 ガラス	カラン石 斜長石 斜方輝石 単斜輝石 磁鉄鉱 赤鉄鉱 ガラス	石 斜長石 斜方輝石 単斜輝石 不透明鉱物 アバタイト	セリサイト スメクタイト サポーナイト 緑泥石 沸石 方解石 トリデイマイト アルバイト	最大長(mm)	岩石種	石英 斜長石 斜方輝石 単斜輝石 方解石 トリデイマイト アバタイト	最大長(mm)	岩石種	石英 斜長石 斜方輝石 単斜輝石 方解石 トリデイマイト アバタイト	最大長(mm)	岩石種													
	T1	無斑晶質玄武岩	イカサークル	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○						△									
	T1	凝灰質泥岩																										
	T2	玄武岩質火山礫凝灰岩																										
	T1	カラン石単斜輝石玄武岩	イカサークル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○															
	T1	単斜輝石玄武岩	M1707イカワク	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○															
	T2	無斑晶質玄武岩	イカサークル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○									
	T1	無斑晶質玄武岩	イカサークル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○									
	T2	玄武岩質火山礫凝灰岩																										
	T1	石英斑岩		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○									
	T1	石灰質砂岩																										
	T1	無斑晶質玄武岩	イカサークル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○									
	T1	玄武岩質火山礫凝灰岩																										
	T1	単斜輝石カラン石玄武岩	イカサークル																									
	T1	無斑晶質玄武岩	イカサークル																									
	T2	凝灰質泥岩																										
	T1	多孔質玄武岩	イカサークル																									
	T2	多孔質玄武岩	イカサークル																									
	T3	玄武岩質火山礫凝灰岩																										
	T1	玄武岩質火山礫凝灰岩																										
	T2	玄武岩質火山礫凝灰岩																										
	T1	玄武岩	イカサークル																									
	T1	カラン石単斜輝石玄武岩	M1707イカワク																									



96SMS08AD15T1 かんらん石単斜輝石玄武岩



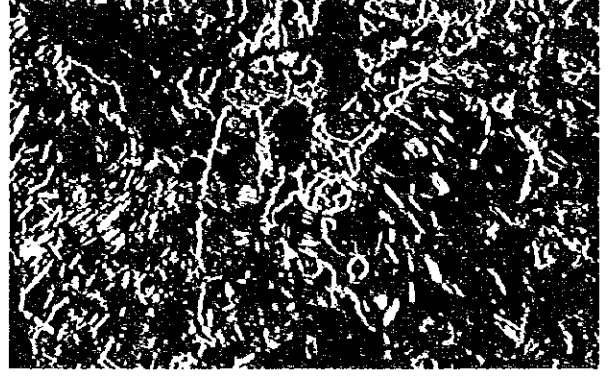
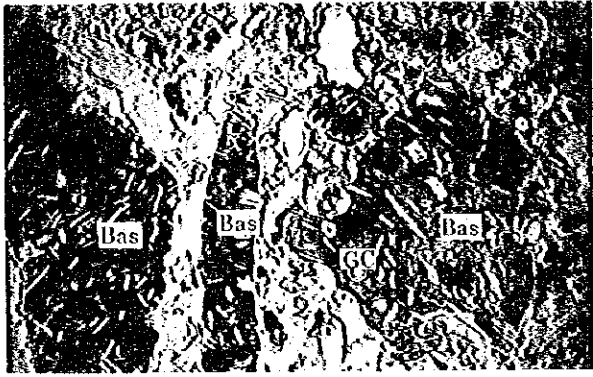
96SMS08AD04T1 無斑品質玄武岩



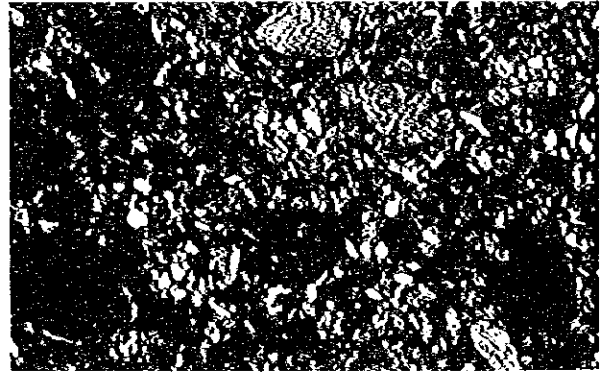
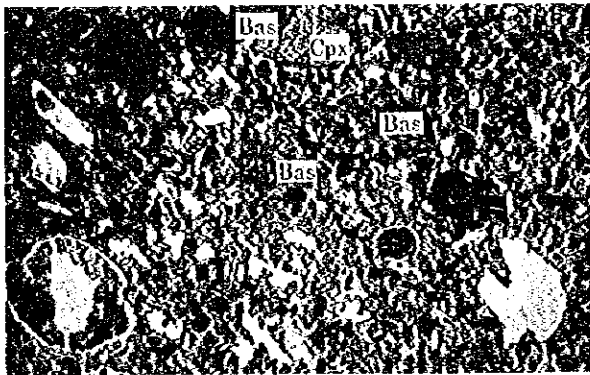
96SMS08AD15T1 単斜輝石玄武岩 (多孔質)

注：写真左列はオープンニコール，右列はクロスニコール。
鉱物凡例は次頁。

図4-3-1(1) 岩石薄片の顕微鏡写真



96SMS06AD09T2 玄武岩火砕岩



96SMS08AD08T1 粗粒砂岩

注：写真左列はオープンニコル，右列はクロスニコル。

凡例 Pl：斜長石，Ol：かんらん石，Cpx：単斜輝石，
Mon：モンモリロナイト，Bas：玄武岩礫，GC：気孔

図4-3-1(2) 岩石薄片の顕微鏡写真

② ガラス質な斑状玄武岩（単斜輝石かんらん石玄武岩）

ガラス質で斑状組織を呈する玄武岩で、気孔に富み多孔質である。96SMS02AD08-T1、96SMS08AD04-T2が相当する。

斑晶はかんらん石と単斜輝石からなる。斑晶の大きさは1～2mm程度が多く、最大で4mmである。かんらん石は粒状を呈し、完全にイデイングサイト化、粘土鉱物化または炭酸塩鉱物化している。単斜輝石は未変質で、累帯構造が認められる。

石基はガラス質で、かんらん石と単斜輝石の微斑晶及びガラスからなる。かんらん石は完全に粘土鉱物化または炭酸塩鉱物化している。単斜輝石は未変質である。短冊状斜長石は存在しない。石基ガラスは脱ガラス化及び粘土鉱物化している。

気孔の状況は上述の斑状玄武岩と同じである。

③ 無斑晶質玄武岩

無斑晶質な玄武岩で、気孔に富む多孔質なもの（96SMS02AD08-T2）と気孔に乏しく緻密質なもの（96SMS01AD07-T1、96SMS02AD14-T1）がある。

微小な斑晶がわずかに存在し、石基は填間状組織を示す。斑晶は完全に粘土鉱物（モンモリロナイト及び緑泥石）で置換されており、外形から輝石と推定される。石基は、0.3mm以下の短冊状斜長石と粘土鉱物化した有色鉱物（輝石？）、微細な不透明鉱物、ガラスからなる。石基ガラスは脱ガラス化及び粘土鉱物化している。斜長石は新鮮である。

気孔はコロフォーム状組織のモンモリロナイト、沸石及び燐灰石で完全に充填されるか、気孔壁が同鉱物で薄く覆われる。

2) 玄武岩質火砕岩

玄武岩を構成礫とする火山礫凝灰岩ないし凝灰角礫岩である。

火山礫は、すべて玄武岩の角礫である。玄武岩の組織は上述の各種玄武岩と変わらないが、一般的には多孔質で無斑晶質である。

基質は、玄武岩の細粒岩片、鉱物片、粘土鉱物及び有孔虫微化石からなり、コロフォーム状ないし杏仁状組織を示すモンモリロナイト、沸石及び燐灰石が礫間を充填する。これらは礫の外周に沿っても生成する。鉱物片は単斜輝石と斜長石で、一般に未変質である。

3) 石英斑岩

斑晶は微量の石英、斜長石、アルカリ長石からなる。石英は粒状（径1mm以下）で溶食が認められる。石基は細粒の粒状石英、自形長石、ガラスからなる。ガラスは脱ガラス化し、弱く粘土鉱物化している。斜長石斑晶の一部も粘土鉱物化している。

本岩は96SMS02AD18-T1の1試料のみで確認されており、調査海域の地質環境からみて特異な岩石である。

4) 中粒～粗粒凝灰質砂岩

碎屑物は、1 cm以下の不定形の玄武岩角礫、この間を充填する粘土鉱物化した細粒の玄武岩岩片、単斜輝石結晶片である。基質は無層理で、微細な粘土鉱物からなり、モンモリロナイト、沸石及び放射状集合体をなす燐灰石が充填する。

5) 凝灰質泥岩

碎屑物として、0.3mm以下の火山ガラス片、玄武岩岩片、斜長石結晶片を含む。火山ガラスは繊維状組織を呈することがあり、粘土鉱物化することが多い。基質は微細な粘土鉱物からなり、塊状無層理である。

(2) X線回折試験

サンプリングで採取された岩石について、主に変質鉱物の同定を目的としてX線回折試験を行った。測定試料は粉末の不定方位試料である。試料数は24試料で、このうち21試料では顕微鏡観察も行われている。試験結果を表4-3-2に示す。

検出された変質鉱物は、モンモリロナイト、緑泥石/モンモリロナイト混合層鉱物、絹雲母、石英、トリディマイト、灰十字沸石、燐灰石、方解石、菱鉄鉱、赤鉄鉱、針鉄鉱である。主要なものは、モンモリロナイト、灰十字沸石、方解石、燐灰石である。

モンモリロナイトはほとんどの試料で検出され、特に火砕岩や堆積岩で多量に検出された。緑泥石/モンモリロナイト混合層鉱物は半数近い試料で検出され、そのほとんどは火砕岩や堆積岩である。絹雲母は玄武岩の3試料で検出された。顕微鏡観察では、粘土鉱物は玄武岩の気孔や石基及び火砕岩や堆積岩の基質に多く産する。

石英は泥岩の1試料で、トリディマイトは砂岩の1試料でのみ検出された。いずれも粘土鉱物と共生している。

灰十字沸石は、比較的細粒の火砕岩、凝灰質砂岩、白色磷酸塩化した岩石などの8試料で検出された。モンモリロナイトと共生するが、石灰岩及び燐灰石とは共生しない傾向がある。

燐灰石は半数の試料で検出され、特に火砕岩で多く検出された。顕微鏡観察では、燐灰石は玄武岩の気孔を充填または細脈として存在したり、火砕岩や堆積岩の基質に多く産する。

方解石は各種岩石の8試料で検出され、燐灰石と共生する傾向がある。菱鉄鉱は1試料でのみ検出された。

赤鉄鉱は、堆積岩及び玄武岩の8試料で検出された。針鉄鉱は玄武岩の1試料でのみ検出された。

表 4-3-2 岩石のX線回折試験結果

採試点番号	付番	岩石名	Mon	M/C	Serp	Pl	Kf	Ab	Qz	Tr	Cpx	Amp	Phi	Cal	Sid	Apa	Goe	Hem	Ana	Others
96SMS02AD08	X1	変質玄武岩	○				△									・				
96SMS02AD14	X1	白色沈殿物	・	・			・						◎	△						
96SMS04AD04	X3	ハイアロクラスト	△	・			△						○							
96SMS04AD09	X1	泥岩	○				△		△?							△				
96SMS05AD13	X1	玄武岩質火山礫凝灰岩	△											・		○				
96SMS05AD13	X2	凝灰岩												△		◎				
96SMS06LC05	X1	泥岩	△	?			△							・		○				
96SMS06AD09	X1	玄武岩	・				◎				○									Ilm:・
96SMS06AD09	X2	玄武岩質火山礫凝灰岩	△				◎													
96SMS07AD01	X2	凝灰岩	○				△						◎			△				
96SMS07AD02	X1	ハイアロクラスト	○																	
96SMS07AD03	X1	玄武岩質火山礫凝灰岩	・	・										△		◎				
96SMS08AD04	X1	玄武岩					△	?	○							△		?		Mus:・
96SMS08AD04	X2	玄武岩	・	・	・?		◎							○						
96SMS08AD04	X3	凝灰岩		○			△			・?				○		△?				
96SMS08AD05	X1	玄武岩質火山礫凝灰岩	・											△		△				
96SMS08AD08	X1	砂岩	・											△		◎				
96SMS08AD12	X1	ハイアロクラスト	△	・												○				
96SMS08AD12	X2	玄武岩質火山礫凝灰岩	○	・													△			
96SMS08AD13	X1	凝灰岩	△	△			△									○				
96SMS08AD15	X1	玄武岩								・?						○				Mus:・
96SMS09AD08	X2	ハイアロクラスト	△	・			△											・?		
96SMS09AD09	X1	玄武岩	・													○				
96SMS09AD11	X3	玄武岩	・	・												○				

凡例 量比 ◎:多量, ○:中量, △:少量, ・:微量

Mon: Montmorillonite, M/C: Montmorillonite-Chlorite mixed layer mineral, Serp: Serpentine, Pl: Plagioclase, Kf: K-feldspar, Ab: Albite,

Qz: Quartz, Tr: Tridymite, Cpx: Clinopyroxene, Amp: Amphibole, Phi: Phillipsite, Cal: Calcite, Sid: Siderite, Apa: Apatite, Goe: Goethite,

Hem: Hematite, Ana: Anatase, Ilm: Ilmenite, Mus: Muscovite

4-4 岩石の化学組成

ADサンプリングで採取された玄武岩12試料に対して、化学分析を行った。分析結果を表4-4-1に示す。

(1) 分析方法

分析方法と分析成分は以下のとおりである。分析前処理として、洗浄して、恒量を確認するまで乾燥した後、試料調整を行った。

- ICP発光分析法：SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅,
Rb, Sr, Ba, Zr, V, Nb, Y
- 中和滴定法：FeO
- 高周波誘導加熱赤外吸光度計 (LECO)：CO₂
- 重量法：H₂O+, H₂O-, LOI
- 機器中性子放射化分析法：La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu

(2) 分析結果

各成分において、試料による主要成分分析値のばらつきが大きい。これは、玄武岩の岩相や組織が変化に富んでいることに起因する。岩相等に対応する分析値の傾向は以下のとおりである。

- 緻密質で填間状組織を示す試料 (96SMS01AD07-CA1, 96SMS03AD10-CA1など) では、SiO₂, Al₂O₃, Na₂Oなどが高い。
- ガラス質で斑状組織を示す試料 (96SMS05AD06-CA1, 96SMS09AD09-CA1, 96SMS09AD11-CA1) では、SiO₂, Al₂O₃, Na₂Oが低く、CaOが高い。
- かんらん石を含み斑状組織を示す試料 (96SMS04AD06-CA1, 96SMS09AD09-CA1, 96SMS09AD11-CA1) では、MgOとFeOが高い。
- CO₂とLOIが非常に高い96SMS05AD06-CA1では、粘土化交質が顕著である。

(3) 玄武岩の分類

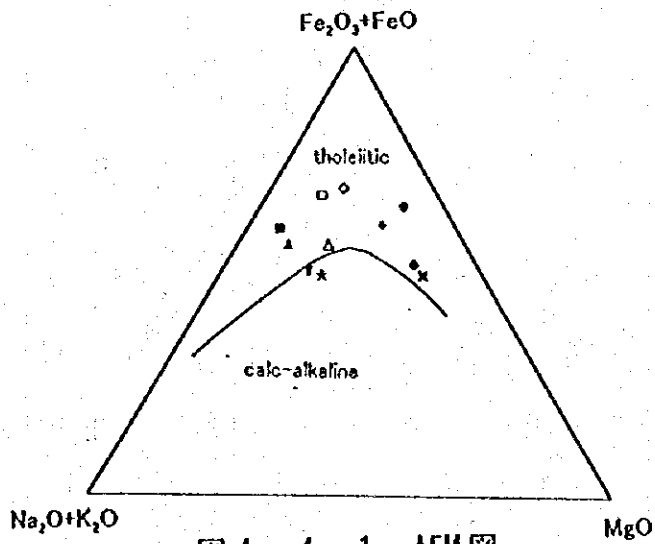
主要成分及び微量成分の分析結果から、以下の各種図を作成し、玄武岩の分類を行った。

1) AFMダイヤグラム (図4-4-1)

96SMS08AD15-CA1と96SMS08AD15-CA1の2試料はカルクアルカリ系に、他の10試料はソレアイト系に区分されるが、全体的にばらついた分布を示す。かんらん石斑晶を含有する96SMS04AD06-CA1, 96SMS09AD09-CA1, 96SMS09AD11-CA1の3試料は、MgO寄りにプロットされる。

表4-4-1 岩石の化学分析結果

採試点番号	付番	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O-	H ₂ O-	LOI	TOTAL	Total Fe	Mg#	
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
96SMS01AD07	CA1	47.77	1.76	17.15	9.74	1.3	0.16	1.09	4.97	4.07	2.31	1.23	0.15	2.50	4.60	7.18	98.73	11.04	0.594	
96SMS02AD16	CA1	34.95	5.12	11.98	10.22	5.7	0.20	6.81	11.58	1.13	0.78	1.29	0.14	3.58	5.62	9.09	98.88	15.92	0.481	
96SMS03AD10	CA1	48.57	2.98	15.46	10.74	0.6	0.13	1.91	6.11	4.31	2.67	1.43	0.06	1.70	2.79	4.39	99.27	11.34	0.712	
96SMS04AD06	CA1	42.93	2.23	13.87	8.51	5.0	0.19	9.44	12.05	2.28	0.88	0.40	0.46	1.28	1.21	2.67	100.41	13.51	0.594	
96SMS04AD09	CA1	44.19	3.27	16.17	12.19	2.1	0.14	2.23	7.55	3.11	1.68	1.79	0.29	2.72	1.70	4.86	99.30	14.29	0.452	
96SMS05AD06	CA1	35.89	2.56	12.32	7.96	3.1	0.16	4.69	17.33	1.15	1.39	1.10	7.05	3.57	1.85	10.24	97.89	11.06	0.540	
96SMS06AD09	CA1	48.05	3.05	16.79	6.33	3.5	0.10	3.08	9.87	3.57	1.16	1.33	0.35	1.51	1.58	2.52	99.36	9.83	0.406	
96SMS06AD13	CA1	37.91	4.07	15.77	11.40	3.0	0.19	2.95	10.60	2.24	1.46	3.84	0.44	3.46	1.87	6.29	99.76	14.40	0.433	
96SMS08AD04	CA1	45.42	2.65	17.93	8.95	2.0	0.19	3.61	9.63	5.58	1.75	0.95	0.01	0.87	0.75	1.48	100.14	10.95	0.583	
96SMS08AD15	CA1	47.05	3.19	17.87	7.57	2.7	0.17	4.08	8.99	4.87	1.66	0.65	<0.003	1.30	0.76	1.91	100.66	10.27	0.540	
96SMS09AD09	CA1	38.66	3.76	12.76	7.69	6.3	0.16	9.86	10.85	1.82	1.43	0.60	0.55	3.48	2.62	6.16	100.03	13.99	0.548	
96SMS09AD11	CA1	38.26	3.11	12.30	9.43	3.2	0.19	10.14	12.21	1.70	1.26	1.18	0.01	4.33	1.77	6.65	99.64	12.63	0.711	



- MS01AD07CA1
- MS02AD16CA1
- ▲ MS03AD10CA1
- MS04AD06CA1
- MS04AD09CA1
- MS05AD06CA1
- △ MS06AD09CA1
- ◇ MS06AD13CA1
- ▽ MS08AD04CA1
- ★ MS08AD15CA1
- + MS09AD09CA1
- × MS09AD11CA1

图 4-4-1 AFM

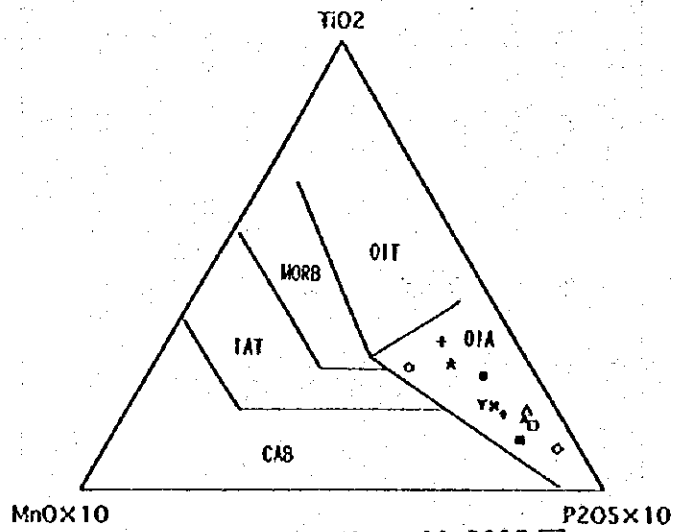


图 4-4-2 Mn-TiO₂-P2O₅

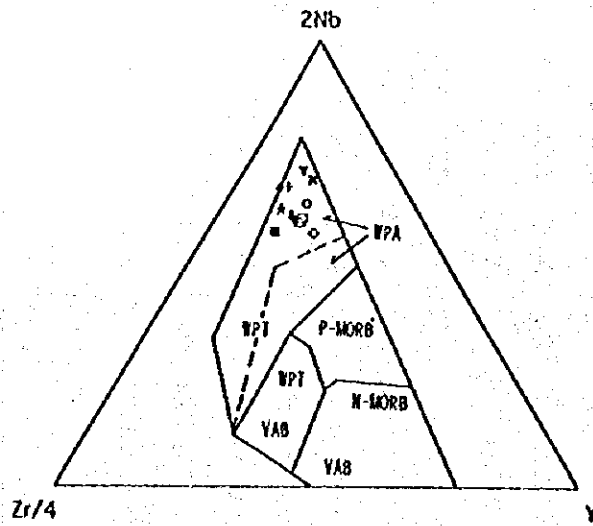


图 4-4-3 Zr-Nb-Y

2) $MnO-TiO_2-P_2O_5$ 図 (図4-4-2)

全12試料が海洋島アルカリ岩(OIA)に区分される。この結果は、マーシャル諸島が海洋島であることに調和的である。

3) Zr-Nb-Y図 (図4-4-3)

全12試料がプレート内アルカリ岩(WPA)に区分される。この結果は、マーシャル諸島がホットスポットで生成したとされていることに調和的である。

4) REEのコンドライト規格化図 (図4-4-4)

全12試料が軽REEに富む左上がりの直線的な規格化パターンを示し、これは海洋島玄武岩のパターンと同じである。重REEに比べて軽REEの含有量に幅があるため、パターンの傾きは試料により異なる。パターンの傾きが最も大きいのは、96SMS05AD06-CA1と96SMS09AD09-CA1で、最も小さいのは96SMS04AD06-CA1と96SMS04AD09-CA1である。この傾きの違いは単なるばらつきであり、玄武岩の岩相や組織または海山位置などに起因するものではないと考えられる。

4-5 岩石の年代

ADサンプリングで採取された玄武岩8試料に対して、K-Ar法年代測定を行った。試料数は8試料で、このうち7試料で上述の化学分析を行っている。測定結果を表4-5-1に示す。

カリウムの定量には蛍光光度計、アルゴンの同位体比測定には希ガス質量分析装置を用いた。懷交定数は、Steiger and Jager (1977)に従った。

8試料のうち7試料は、白亜紀後期~古第三紀の年代を示す。この結果は、マーシャル諸島付近の海山が白亜紀に生成したとされていることに調和的である。なお、海山位置(緯度経度)と岩石年代との間に明瞭な関係は認められない。

表4-5-1に示したように全試料で岩石薄片の観察又はX線回折試験を行っている。これらの結果から年代測定に供した試料は、少なからず粘土化変質、炭酸塩化または磷酸塩化を受けている。

4-6 岩石の鉛同位体組成

岩石の年代測定を実施した玄武岩8試料に対して、鉛の同位体組成を測定した。分析結果を表4-6-1に、鉛同位体比の2成分ダイアグラムを図4-6-1に示す。

(1) 分析方法

前処理として海水の影響を除去するために酸処理法を適用し、乾燥した後に、Shinoda and Nohda (1995)の方法に従い鉛を抽出、分離した。

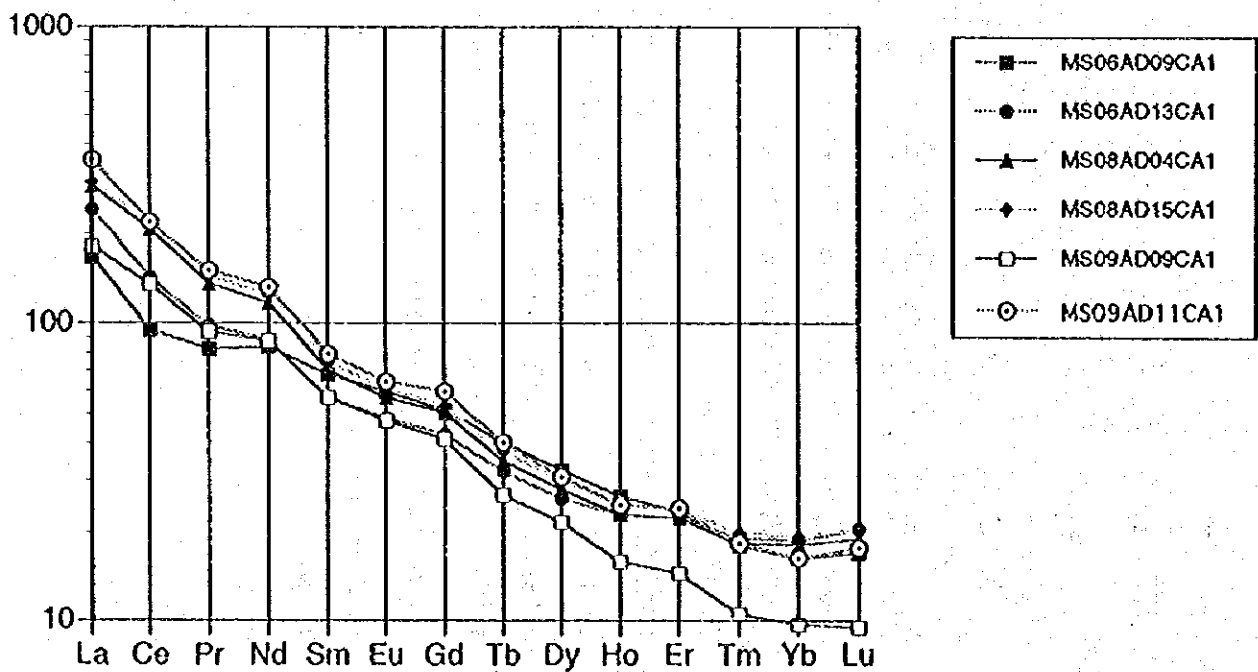
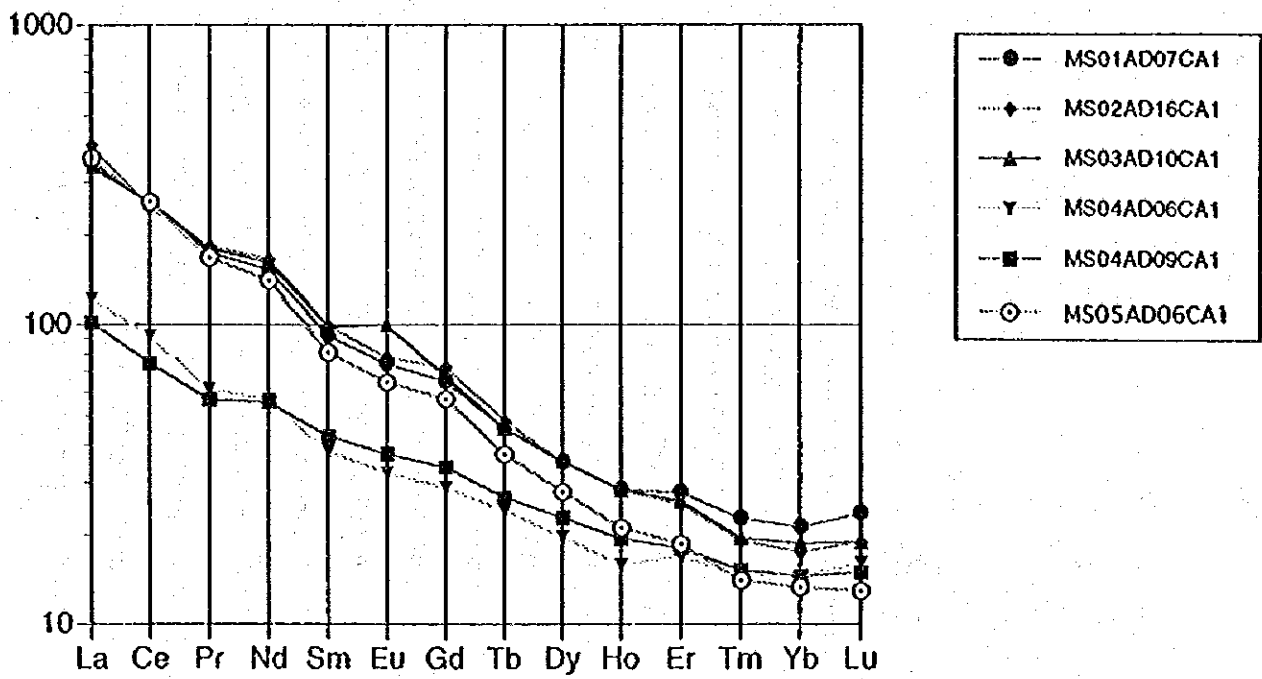


図 4-4-4 REE のコンドライト規格化図

表 4-5-1 岩石の年代測定結果

採試点番号	付番	カリウム (wt%)	Rad. 40Ar (nL/g)	空気混入率 (%)	K-Ar 年代値 (Ma)	変質程度 (観察項目)
96SMS02AD08	K1	1.19±0.01	2.64±0.04	31±1	56±1	中 (薄片)
96SMS04AD09	K1	1.52±0.01	2.90±0.04	62±1	48±1	中 (薄片)
96SMS05AD06	K1	1.20±0.01	1.63±0.02	50±1	35±1	中 (薄片)
96SMS06AD09	K1	0.95±0.01	2.27±0.03	38±1	60±1	中 (薄片, X線)
96SMS08AD04	K1	1.58±0.01	4.50±0.07	11±1	72±1	弱 (薄片, X線)
96SMS08AD15	K1	1.45±0.01	4.17±0.06	11±1	73±1	弱 (薄片, X線)
96SMS09AD09	K1	1.22±0.01	2.70±0.04	23±1	56±3	中 (薄片, X線)
96SMS09AD11	K1	0.90±0.01	0.38±0.01	89±1	11±2	中 (薄片, X線)

40K 壊変定数 $\lambda e = 0.581 \times 10^{-10} / \text{year}$, $\lambda \beta = 4.962 \times 10^{-10} / \text{year}$

40K/K=0.01167 atm%

表 4-6-1 岩石の鉛同位体測定結果

採試点番号	付番	試料内容	206Pb/204Pb	207Pb/204Pb	208Pb/204Pb
96SMS02AD08	IS1	玄武岩	18.312	15.641	38.826
96SMS04AD09	IS1	玄武岩	19.384	15.640	39.063
96SMS05AD06	IS1	玄武岩	20.228	15.662	40.034
96SMS06AD09	IS1	玄武岩	20.240	15.678	39.544
96SMS08AD04	IS1	玄武岩	20.538	15.699	39.802
96SMS08AD15	IS1	玄武岩	21.042	15.739	40.403
96SMS09AD09	IS1	玄武岩	19.091	15.594	40.325
96SMS09AD11	IS1	玄武岩	19.668	15.520	38.654

鉛の同位体組成測定にはFinnigan Mat製質量分析計を用いた。測定した同位体比は、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ の3種類である。各同位体比に対する補正係数は、順に1.00290、1.00425、1.00628である。

(2) 分析結果

3種類の鉛同位体比は試料によるばらつきが大きく、図4-6-1では広い範囲にプロットされる。 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 図において、96SMS09AD09のみが海洋性マントルの領域から大きく上方にずれており、これは海底堆積物または海水の影響と考えられる。これ以外の試料は海洋島玄武岩の領域にプロットされる。

96SMS08AD15はHIMU (high μ : 高いウラン/鉛比) の近くにプロットされ、96SMS08AD04、96SMS05AD06、96SMS06AD09の3試料もこれに近いことから、この4試料はHIMU成分を多く含んだマグマから生成したといえる。一方、96SMS02AD08、96SMS04AD09及び96SMS09AD11の3試料はHIMUの影響を受けているとはいえず、別の起源のマグマから生成したと考えられる。なお、HIMUの領域は、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ が21.3以上、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ が40.2~40.9である (Staudiget et al., 1991)。

鉛同位体比からは、MS05、MS06、MS08の3海山の玄武岩とMS02、MS04、MS09の3海山の玄武岩が起源の異なるマグマから生成したことが推定される。海山の位置関係では、前3者は調査海域の南東部に、後3者は北西部に位置しており、地域差があるようにみえる。しかし、両者の境界は海山の配列方向(北北西-南南東)を切っているため、両者の位置関係で起源マグマの違いを説明するのは難しい。

4-7 岩石及び底質物の化石

AD及びLCサンプリングで採取された石灰岩、泥岩及び有孔虫砂に対して、有孔虫、放射虫、サンゴの化石鑑定を行った。鑑定結果を表4-7-1に、代表的な化石の顕微鏡写真を図4-7-1(1),(2)に示す。

(1) 有孔虫

ADで採取された石灰岩の4試料、LCで採取された有孔虫砂の10試料、泥の1試料及び泥岩の1試料について有孔虫の化石鑑定を行った。石灰岩の2試料、泥岩と泥の各1試料、計4試料で有孔虫は検出されなかった。

1) 石灰岩

96SMS02AD15-F1はBlow P9に、96SMS09AD09-F1はBlow P11に対比され、それぞれ始新世前期と始新世中期に相当する。

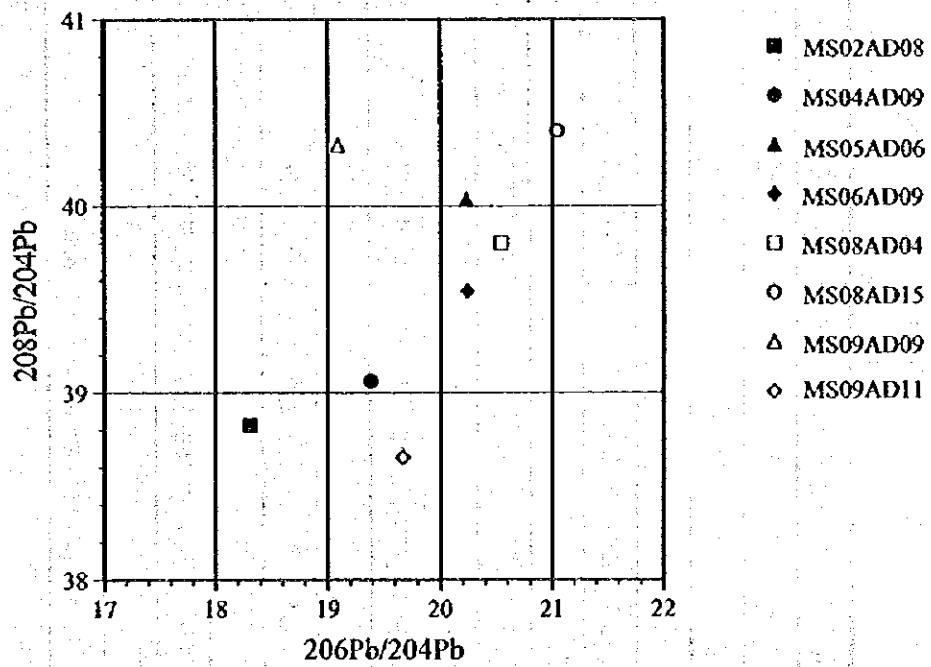
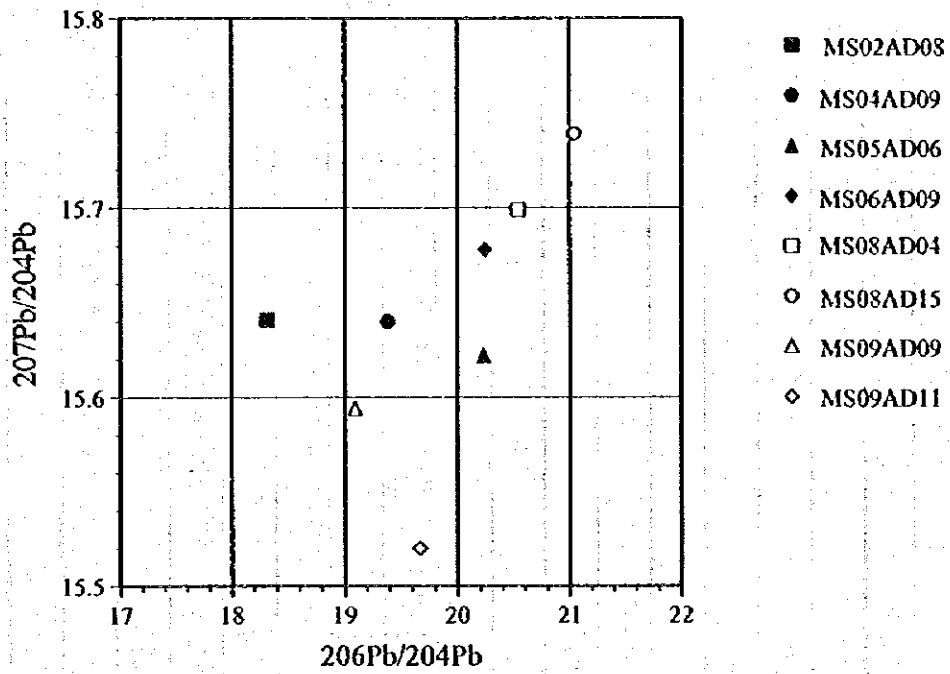
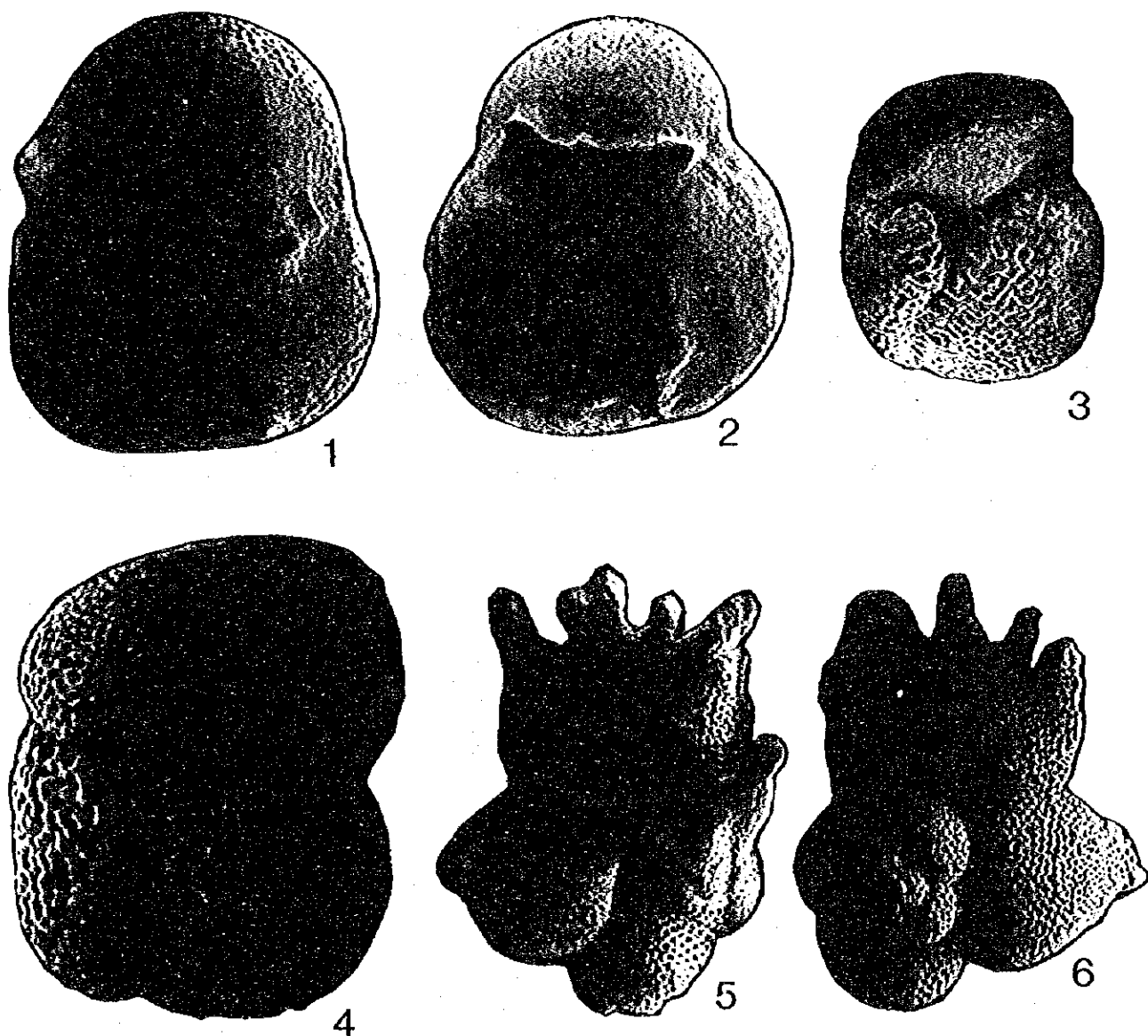


図 4 - 6 - 1 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 図

表4-7-1 岩石及び底質の化石鑑定結果

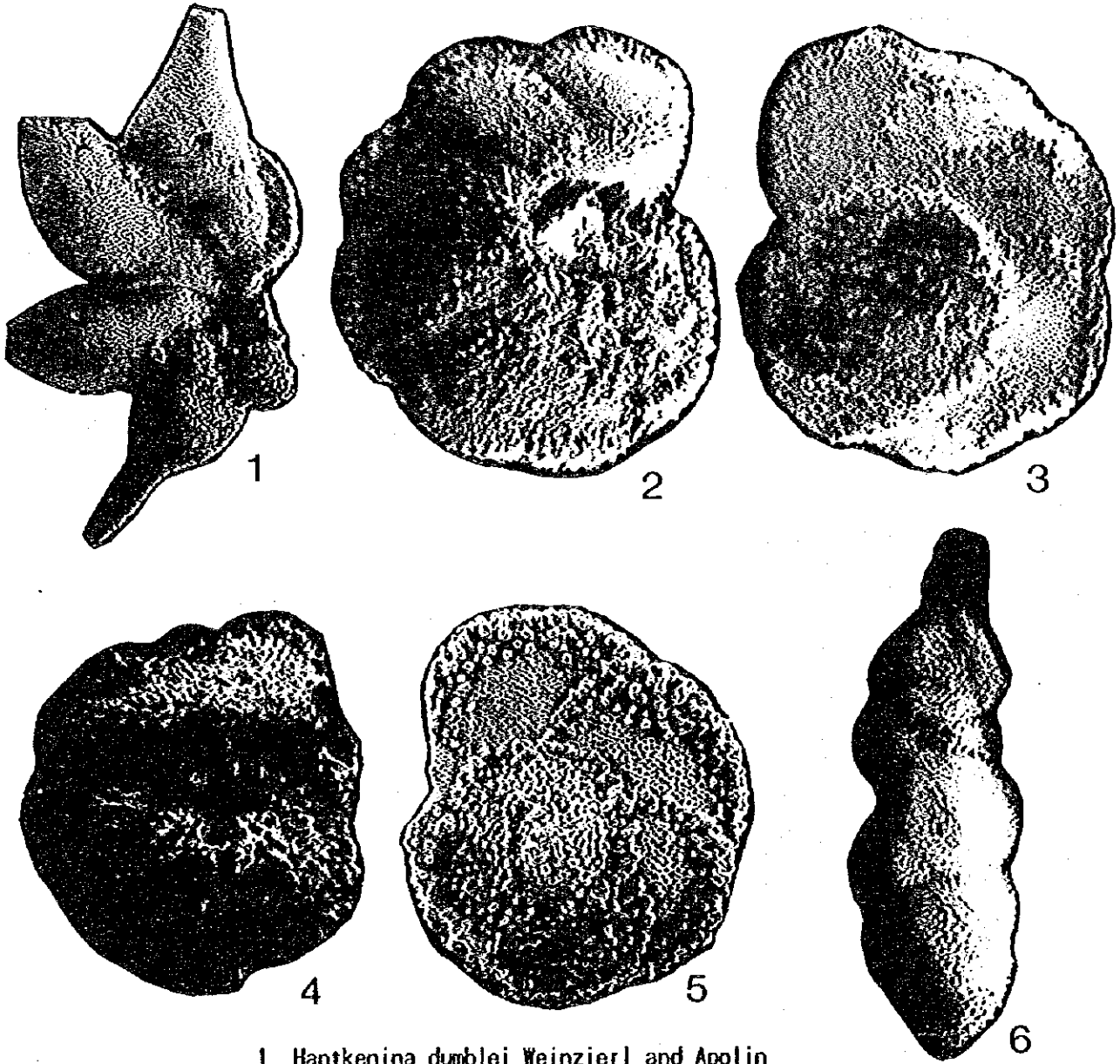
採試点番号	付番	採取深度(cm)	試料内容	地質年代	
				有孔虫	放射虫
96SMS01LC01	F1	0-5	有孔虫砂	更新世 [65-22]	
96SMS01LC01	F2	42-47	有孔虫砂	更新世 [65-22]	
96SMS01LC01	F3	80-85	有孔虫砂	更新世 [65-22]	
96SMS01LC01	F4	220-230	有孔虫砂	産出なし	
96SMS01LC02	F1	45-50	有孔虫砂	更新世 [30-12]	
96SMS01LC02	F2	85-90	泥	更新世 [>30]	
96SMS02AD07	F1		石灰岩 (Calcite)	産出なし	不明 (産出なし)
96SMS02AD13	F1		石灰岩 (Marble)	産出なし	不明
96SMS03LC02	F1	100-105	有孔虫砂	更新世 [65-22]	
96SMS03LC03	F1	300-310	有孔虫砂	中新世最末期	
96SMS04LC10	F1	210-220	有孔虫砂	鮮新世最末期	
96SMS04AD15	F1		石灰岩 (礫岩基質)	始新世前期 (Blow P9)	不明 (産出なし)
96SMS05LC02	F1	100-105	有孔虫砂	更新世 [30-12]	
96SMS06LC05	F1	60-65	有孔虫砂	更新世 [>22]	
96SMS06LC05	F2	70-75	泥岩	産出なし	不明 (産出なし)
96SMS09AD09	F1		石灰岩	始新世中期 (Blow P11)	不明 (産出なし)

注:有孔虫における地質年代の [] 内の数値は、絶対年代(単位万年)を表す。



- 1, 2 *Sphaeroidinella dehiscens* (Parker and Jones)
 Umbilical and spiral views, X 88, Pleistocene
 Sample: MS01 LC01F2, 42-47 cm
- 3, 4 *Globoquadrina dehiscens* (Chapman, Parr and Collins)
 Umbilical view, X 83 and spiral view, X 132
 Latest Miocene. Sample MS03 LC03F1, 300-310 cm
- 5, 6 *Globigerinoides fistulosus* (Schubert)
 Umbilical and spiral views, X 66; Pliocene
 Sample: MS04 LC10F1, 210-220 cm

図4-7-1 (I) 微化石の顕微鏡写真



- 1 *Hantkenina dumblei* Weinzierl and Applin
Side view, X 88, Middle Eocene
Sample: MS09 AD09 F1
- 2, 3 *Morozovella aragonensis* (Nuttall)
Umbilical and spiral views, X 88; Middle Eocene
Sample: MS09 AD09 F1
- 4, 5 *Morozovella acuta* (Toulmin)
Umbilical and spiral views, X 123
Earliest Eocene. Sample: MSJ03 AD 23
- 6 *Uvigerina proboscidea* Schwager (底生有孔虫)
Side view, X 86
Sample: MS01 LC01F2, 42-47 cm

図4-7-1(2) 微化石の顕微鏡写真

2) 有孔虫砂

採取コア深度が105cm以下の試料はすべて更新世に対比される。コア深度210~220cmの96SMS04LC10-F1は鮮新世最末期に、コア深度300~310cmの96SMS03LC03-F1は中新世最末期に対比される。なお、各試料において推定される絶対年代値は表4-7-1に示す。このように、海山は異なるものの、試料の採取深度と年代値には整合性がある。

底生有孔虫の産出個体数が非常に少ないこと及び深海種の底生有孔虫がほとんどの試料で産出することから、堆積環境はいずれも深海である。

(2) 放射虫

A Dで採取された石灰岩の4試料とL Cで採取された泥岩の1試料について放射虫の化石鑑定を行った。

96SMS02AD13-F1の1試料(石灰岩)で数個体の放射虫化石が検出され、他の4試料では全く検出されなかった。検出された化石は年代決定に役立つ種ではないため、全5試料において年代の決定は不可能である。

(3) サンゴ

放射虫の鑑定を行った5試料で、サンゴの化石鑑定を行った。

96SMS02AD13-F1の1試料(石灰岩)で、三疊紀後期~白堊紀前期を示す六射サンゴ類が検出された。これ以外の4試料ではサンゴ類や貝化石は検出されなかった。