

3章 調査結果

3-1 海底地形

ギルバート諸島 (Gilbert Is.) は、 $3^{\circ}\text{S}\sim 3^{\circ}\text{N}$ 、 $173^{\circ}\text{E}\sim 177^{\circ}\text{E}$ の範囲内にあり、北端のマキン島 (Makin I.) から南東端のアロラエ島 (Arorae I.) まで 16 の環礁からなる 1 条の列島 (海山群) である。赤道より北部に分布する北ギルバートグループは、南北方向に配列し、南部に分布する南ギルバートグループは北西-南東方向に配列する。北端は $6^{\circ}\text{N}\sim 15^{\circ}\text{N}$ にわたるマーシャル諸島 (Marshall Is.) のラダック海嶺 (Radak Ridge) に続き、南端は $10^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{S}$ に分布するツバル諸島 (Tuvalu Is.) に続く。

1991 年に実施した当海域の調査は、SE01~SE05 の 5 海山を対象とした。この 5 海山のうち SE01 海山は、ギルバート諸島北端に位置するマキン環礁の北方 80 マイル ($4^{\circ}15'\text{N}\cdot 172^{\circ}54'\text{E}$) に位置し、ギルバート海嶺 (Gilbert Ridge) に属する。SE01 海山の位置を図 3-1-1 に、航跡図を添付第 1 図に示す。

(1) 海底地形区分

海山の地形区分として表 3-1-1 に示す定義により、山頂部と斜面部に区分し、統計処理を行った。その結果を表 3-1-2 に示す。

表 3-1-1 海山の地形区分

分類		地形特徴
山頂部	中央部	山頂中央部の平坦又は傾斜が緩やかな部分。
	縁辺部	山頂中央部と斜面上部間の傾斜漸移帯。
斜面部	上部	斜面上部の傾斜が急峻な部分。
	中部	斜面上部と斜面下部の間に位置し、傾斜が中程度の部分。
	下部	斜面下部の傾斜が緩やかな部分。
海山裾野		斜面下部から大洋底に移行する部分。

(2) 地形概要

SE01 海山の海底地形と地形陰影図を図 3-1-2 に、その三次元表現図を図 3-1-3 に示す。また、当海山の地形的特徴を表 3-1-3 に示す。

この SE01 海山は、1991 年度に南東部分が調査されており、今年度はその北西方の部分について調査を実施した。その結果北西部には 2 つの山体が存在し、既に調査された南東部とあわせて、当海山は 3 つの山体からなることが判明した。

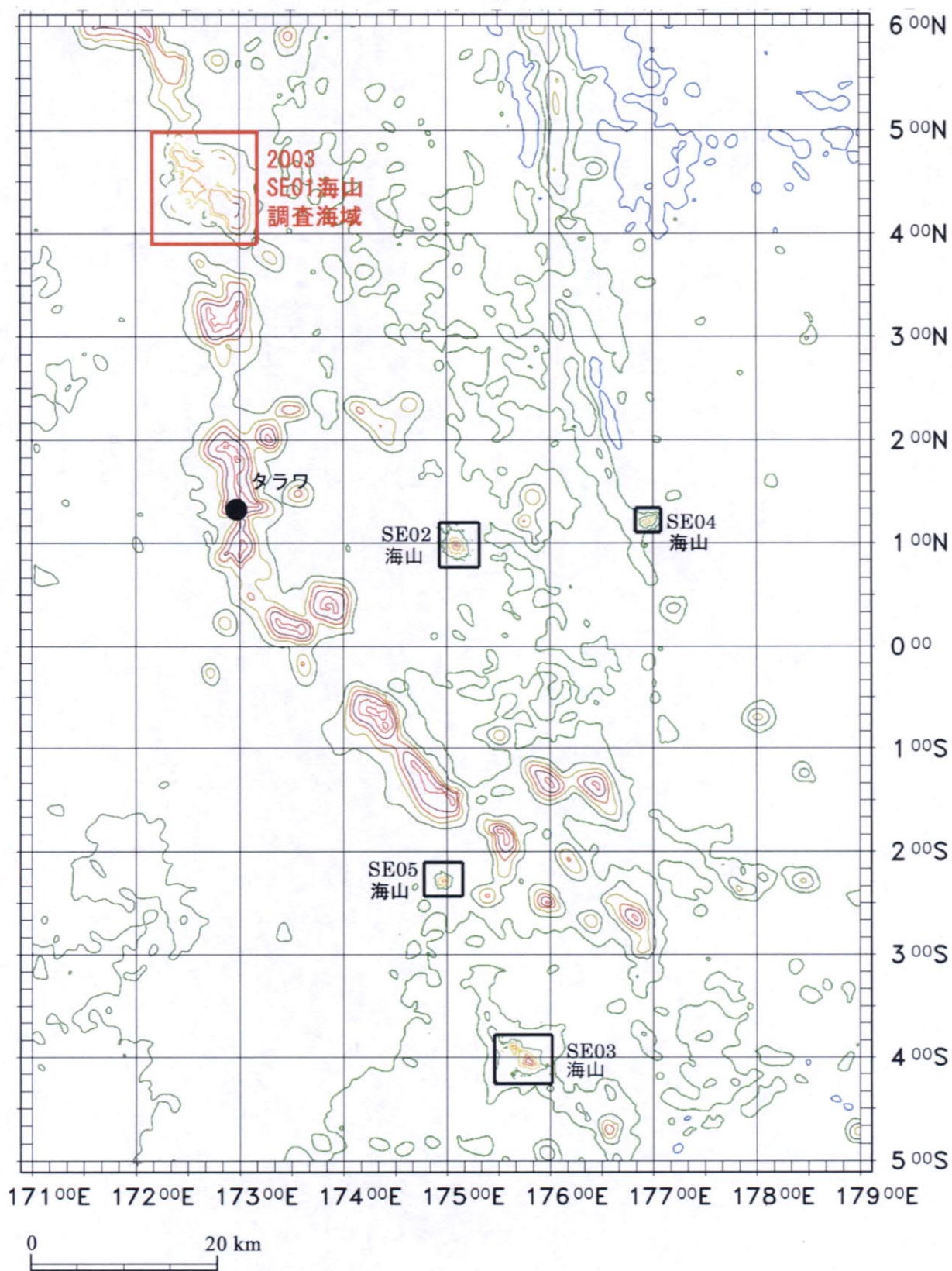


図 3 - 1 - 1 SE01 海山位置図

このうち南東部の山体は最も規模が大きい平頂海山であり、長軸の方向は3つの山体の並びと同じ、N40°Wである。本山体の平頂部は、基底部の4,100mから比高差2,900mあり、水深1,500m以浅の頂部の広がり690km²(46×15km)である。

表3-1-2 SE01海山の地形区分と斜面勾配

(1) SE01海山・全域

	水深範囲 (m)	斜面積 km ²	平均傾斜	最小	最大	0-10°	10-20°	20-30°	30°<
山頂部	<1500	1036.03	3.3°	0.0°	38.8°	92.0%	5.9%	1.9%	0.2%
斜面 上部	1500-2500	1328.09	14.4°	0.0°	54.7°	34.2%	41.2%	20.0%	4.5%
斜面 中部	2500-3500	1783.73	11.8°	0.0°	49.4°	45.8%	41.2%	12.0%	1.0%
斜面 下部	3500>	1365.70	6.4°	0.0°	45.2°	80.5%	17.1%	2.2%	0.3%

(2) SE01海山・北西部(2003年調査)

	水深範囲 (m)	斜面積 km ²	平均傾斜	最小	最大	0-10°	10-20°	20-30°	30°<
山頂部	<1500	190.86	5.7°	0.1°	30.3°	80.2%	13.7%	5.9%	0.1%
斜面 上部	1500-2500	361.62	14.7°	0.8°	33.9°	31.5%	43.4%	22.8%	2.3%
斜面 中部	2500-3500	412.32	13.2°	0.2°	35.7°	36.8%	43.6%	19.1%	0.5%
斜面 下部	3500>	294.12	7.2°	0.1°	33.9°	72.5%	24.1%	3.1%	0.3%

(3) SE01海山・中央部(2003年調査)

	水深範囲 (m)	斜面積 km ²	平均傾斜	最小	最大	0-10°	10-20°	20-30°	30°<
山頂部	<1500	150.67	5.7°	0.2°	31.1°	83.7%	12.1%	4.1%	0.1%
斜面 上部	1500-2500	392.59	11.4°	0.1°	37.2°	46.9%	42.7%	9.4%	1.0%
斜面 中部	2500-3500	377.97	9.4°	0.3°	37.5°	63.9%	29.2%	6.4%	0.5%
斜面 下部	3500>	215.58	5.3°	0.0°	33.4°	90.1%	8.0%	1.8%	0.1%

(4) SE01海山・南東部(1991年調査)

	水深範囲 (m)	斜面積 km ²	平均傾斜	最小	最大	0-10°	10-20°	20-30°	30°<
山頂部	<1500	692.50	2.1°	0.0°	29.1°	97.2%	2.4%	0.3%	0.0%
斜面 上部	1500-2500	616.95	15.2°	0.0°	54.7°	31.4%	39.3%	24.0%	5.3%
斜面 中部	2500-3500	1032.50	11.5°	0.1°	49.4°	45.6%	44.3%	9.5%	0.7%
斜面 下部	3500>	828.77	6.3°	0.0°	45.2°	80.6%	17.6%	1.6%	0.1%

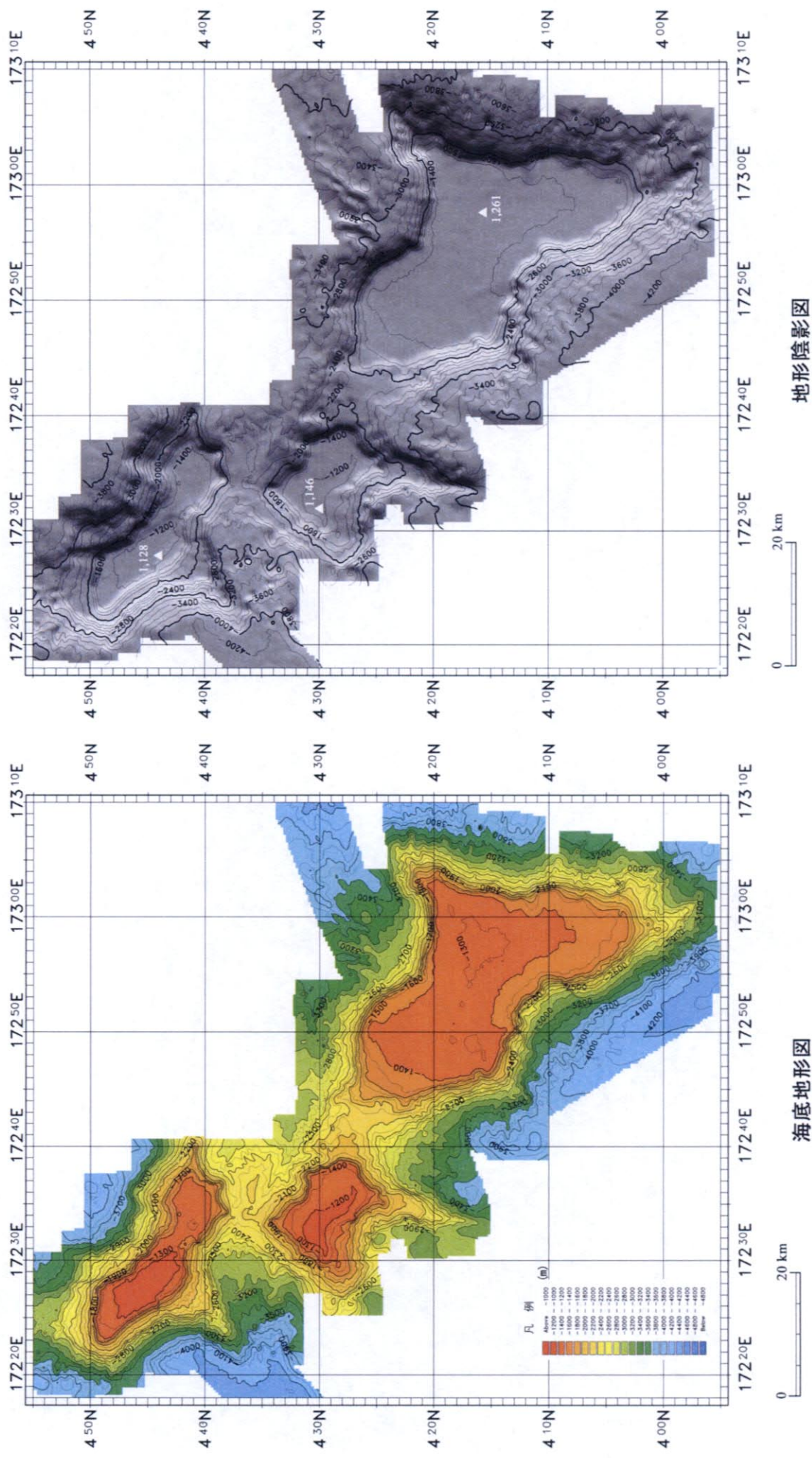


図 3-1-2 SE01海山の海底地形図及び陰影図

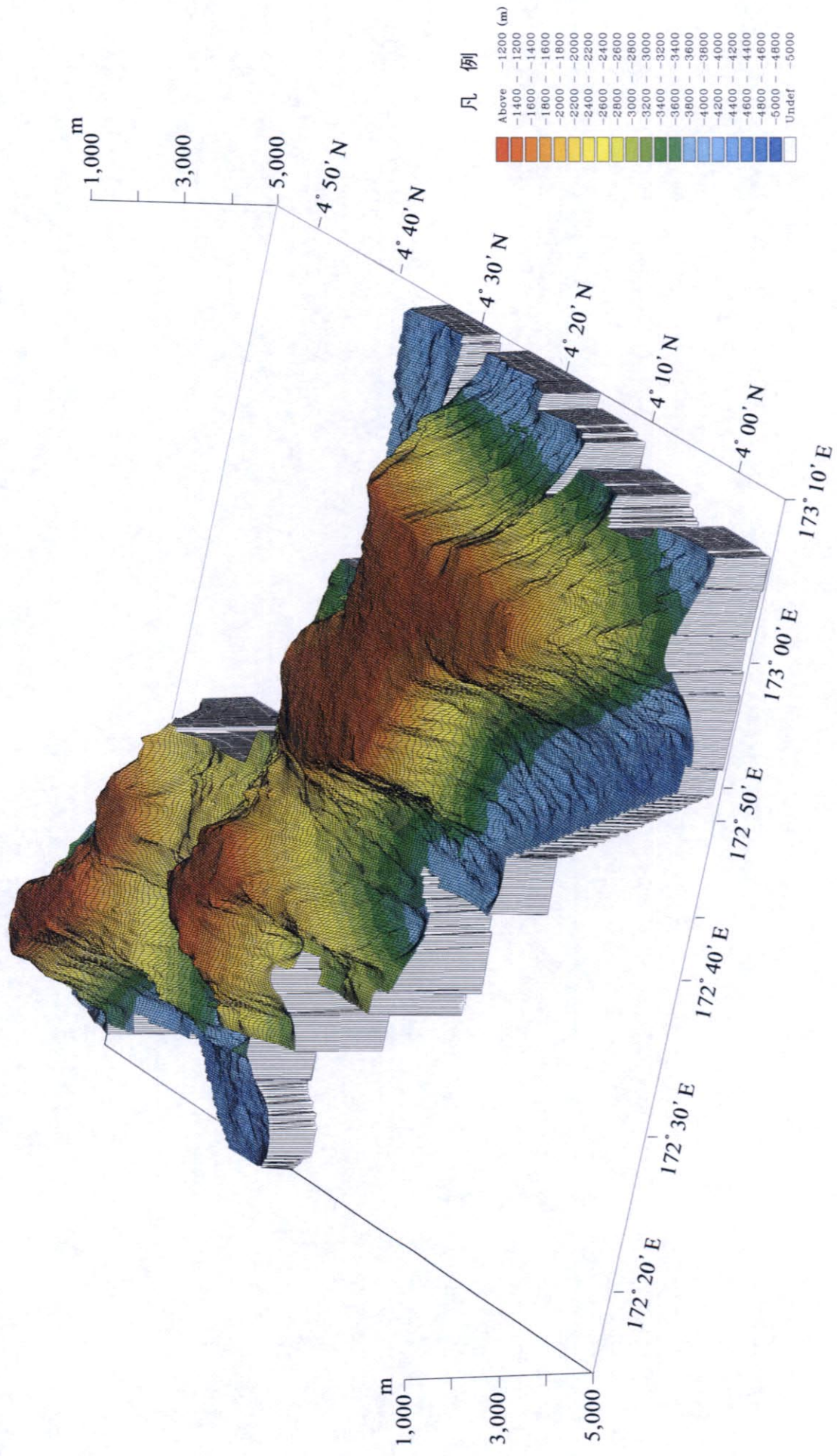


図 3-1-3 SE01海山の三次元表現図

表 3-1-3 SE01 海山の地形特徴

<p>位置 <u>4°20'N・172°40'E</u></p> <p>タイプ <u>平頂海山</u></p> <p>規模 <u>長軸110km、短軸10~25km</u></p> <p>水深分布 <u>水深1、128~4,400m</u></p> <p>比高 <u>約3,000m(基底部水深4,200m)</u></p> <p>頂部の広がり <u>1,036 km²</u></p> <p>斜面上部傾斜 <u>14.4° (最大54.2°)</u></p> <p>斜面中部傾斜 <u>11.89° (最大51.4°)</u></p> <p>斜面下部傾斜 <u>6.4° (最大59.0°)</u></p> <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ギルバート海嶺の北西端に位置する平頂海山。 ・長軸方向 N40°W ・北西部、中央部、南東部の3山体からなる。3山体をつなぐ鞍部の水深はほぼ2,200m。 ・山頂水深は北西側ほど浅く、それぞれ1,128m、1,145m、1,261mを示す。 ・平頂部の広がり南東部692 km²、北西部190k m²、中央部150k m²。 ・山頂平坦部は肩部(水深1,500m)より山頂中心部へ水深を浅くする緩やかなドーム状を呈する。また、大きな起伏はなく未固結堆積物に覆われているため海底面はスムーズである。 	<p>SBP データ・山頂部全体にタイプTが分布する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3山体とも水深の急落する肩部まで音響的透明層に覆われている。 ・層厚は北西部で10~50m、中央部で20~70mを示し、南東部では最大150mに達する。 ・音響的透明層は縞状の反射層を示すことから反射率の高い粗粒の堆積物が推定される。 <p>MBES 音圧</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今年度調査海域のMBES音圧画像はSBPと調和的であり、山頂部全体が画像淡色部を示す。 ・画像から山頂平坦部は未固結堆積物の存在が推定できる。 ・過年度調査海域の南東部は音圧データがなく明らかでないが、SBPから見て今年度海域と同様な分布と思われる。 ・水深4,000m以深の裾野では未固結堆積物が広く分布していると推定できる。 ・露岩域と見られる画像濃色部は海山間の鞍部や肩部以深の斜面部に限られている。ただし、尾根や谷に対応した画像濃淡が見られる。 <p>山頂部の露岩面積</p> <p>北西部 : <u>53 k m²</u></p> <p>〃 中央部 : <u>28 k m²</u></p>
--	---

一方、今年度の調査で認められた北西部と中央部の2山体は、水深2,200mの鞍部を挟んで連続するが、規模はいずれも小さい。長軸方向は両者ともN45°Wであり、平頂部の面積は北西部が約190km² (27×7km)、中央部は約150km² (15×10km)である。また、頂部水深は北西側ほど浅く、北西部水深1,128m (比高3,000m)、中央部水深1,145mを示し、南東部が最も深い水深1,261mである。

新たに認められた2山体は、ともに平頂部を有している。また肩部の水深は、両山体ともほぼ水深1,500mで、その肩部から最浅部に向かって徐々に水深が浅くなるドーム状構造を呈する。山頂平坦部の地形の起伏は少ないが、南東部山体平頂部における平均傾斜2.1°と比較すると、北西部、中央部とも5.7°と傾斜がやや急である。ただし、頂部は後述のSBPやMBESから未固結堆積物に覆われていると推定され、海底面はスムーズである。

斜面部の平均傾斜は、南東部山体の上部で15.2°、北西部の上部で14.7°、中央部の上部で11.4°と比較的緩やかである。しかし、局所的に最大55°の急傾斜を示す斜面も存在する。斜面中部では、11°～13°と上部に比べて傾斜は緩くなり、水深3,500m以深の傾斜も5°～7°とさらに緩やかで、海山裾野の平坦地へと続く。

3-2 海山の海底面状況

(1) SBPによる音響的透明層の分布

SE01海山におけるSBPの記録の反射パターンを、タイプOとタイプTの2種類に分類した。図3-2-1にその代表例を示す。

① タイプO : SBP反射パターンが音響的不透明層のみからなる。

当海山では主として山頂縁辺部から斜面部における急傾斜帯で認められる。このタイプはクラストあるいは露岩帯などを反映している。ただし、表層に極薄い未固結堆積物があっても識別できない可能性がある。

② タイプT : SBP反射パターンが音響的透明層—音響的不透明層の2層構造からなる。ただし、音響的透明層の最上部は、縞状の不透明層を伴うことが多い。未固結堆積物(有孔虫砂、石灰質軟泥等)の分布に対応し、当海山では山頂平坦部及び山体間の鞍部に認められた。

SE01海山におけるタイプTの分布域について、音響的透明層の層厚をSBP記録から読み取った。その層厚分布を図3-2-2の海底面状況図に、SBP断面図を添付第2図に示す。図3-2-2に示される透明層の層厚は、最上部の縞状の反射層を含めた基盤までの厚さである。また、同図には後述のMBES音圧図も併せて表示した。

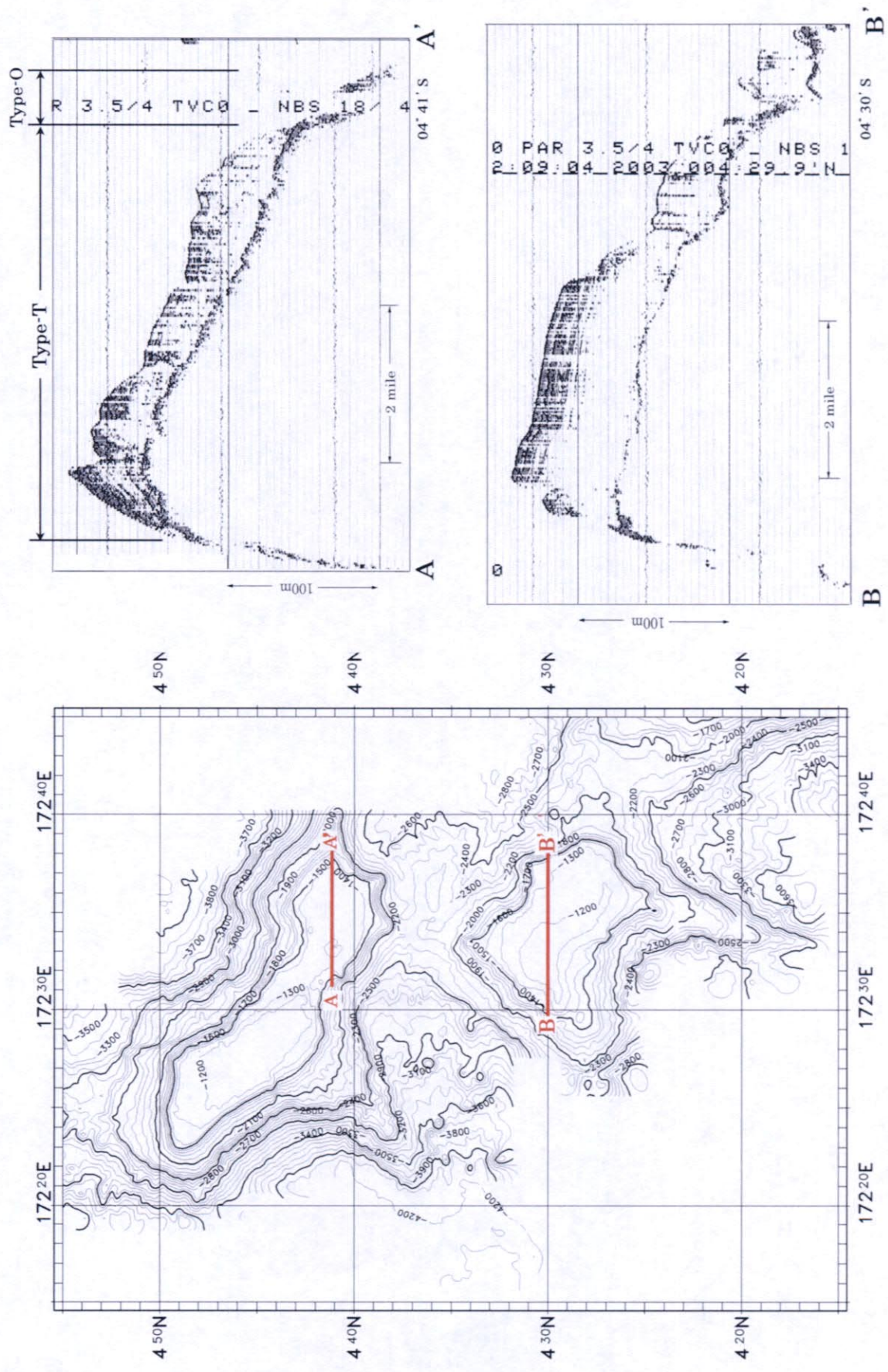
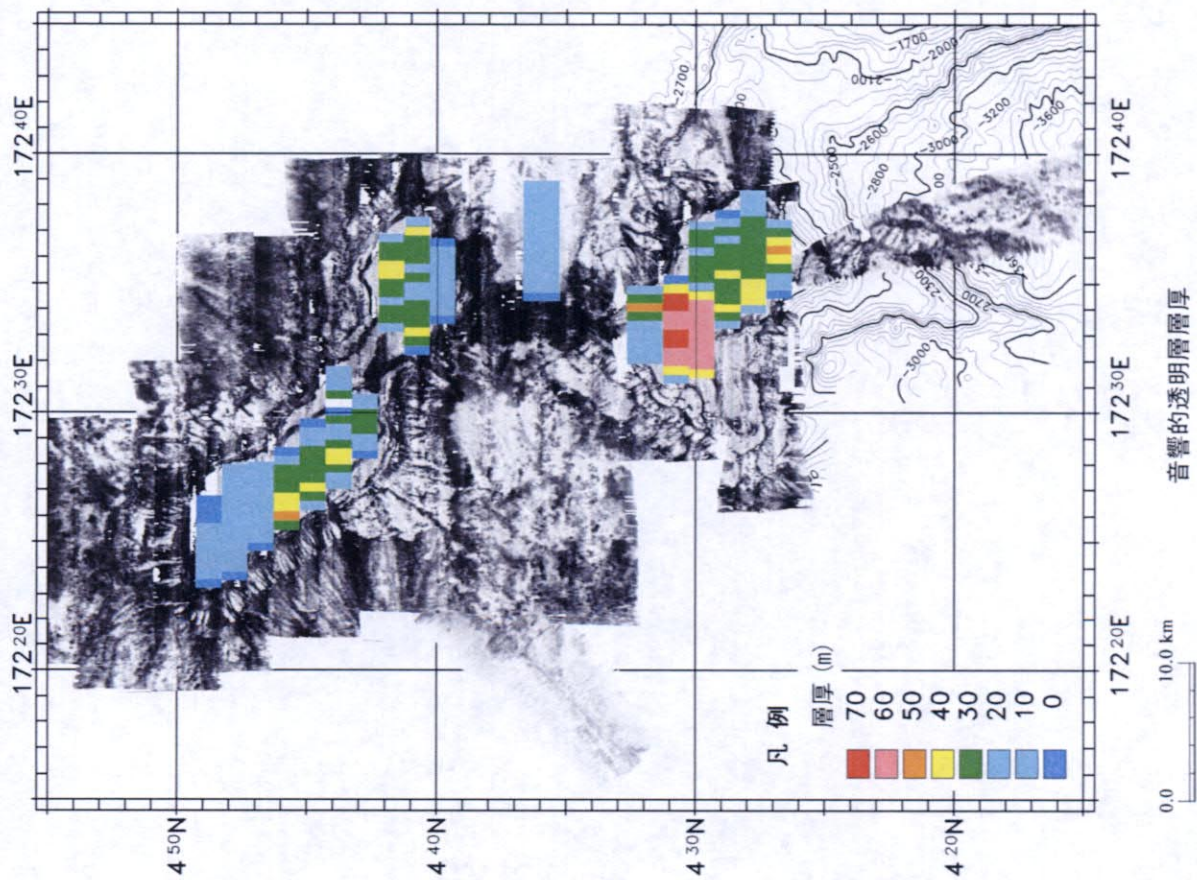
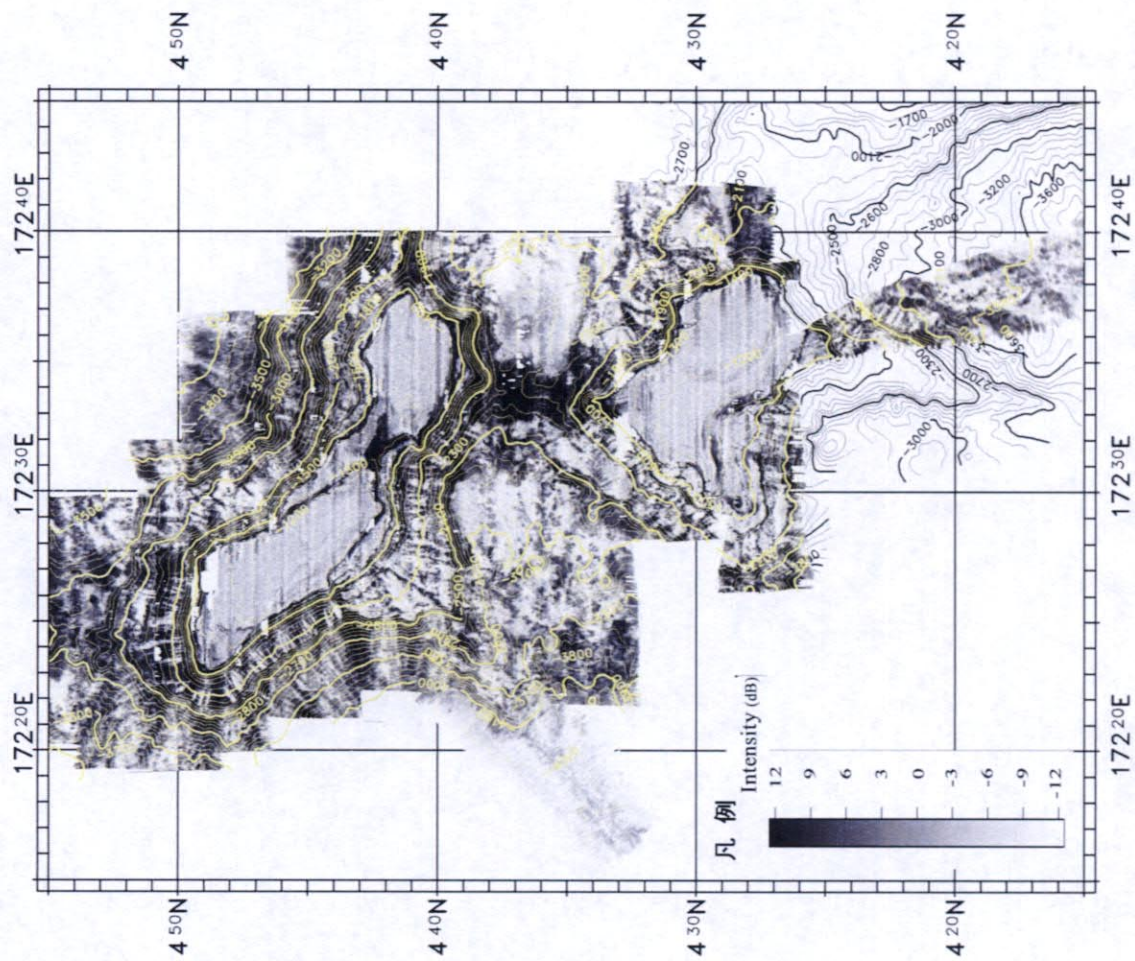


図 3-2-1 SE01海山頂部のSBP記録例



音響的透明層厚



MBES 背圧図

図 3-2-2 SE01 海山の海底面状況図

SE01 海山の南東部（1991 年 調査実施）山頂平坦部では、音響的透明層が認められるタイプ T が広く分布し、その厚さは最大 150m に達していたと思われる（ただし、当時の SBP 記録では透明層—半不透明層—不透明層の 3 層となっていた。これは今年使用した SBP と検出方法が違うため、底質としては同じものと思われる）。今年度観測された北西部 2 山体の山頂平坦部でも、タイプ T の音響的透明層が比較的発達し、水深の急落する肩部まで広がっているのが認められる。すなわち、山頂部は全体に広く未固結堆積物に覆われており、その層厚は北西部山頂で 20～50m、中央部山頂は 20～70m を示す。これらの海底面の直下には SBP 記録から縞状の反射層が認められ、反射率の高い粗粒の堆積物の分布が推定される。また、これら山頂部 3 箇所の MC サンプリングでは有孔虫砂が得られている。

（2） MBES 音圧調査

一般に MBES から得られる海底からの反射音圧は、海底面の露岩あるいは未固結堆積物の広がりやを反映する。すなわち、露岩の場合は反射音圧が高く、それを示す音圧分布図では画像濃色部（黒い）として表現される。逆に未固結堆積物のように反射音圧が低いときは、画像淡色部（白い）として表現され、さらにはその堆積物の粒度・圧密度等によっても音圧が変化する。また、未固結堆積物上にノジュール等が分布する場合は画像がやや濃い中間色（灰色）となって表現されることもある。ここで当海山における MBES 音圧分布を海底面状況図（図 3-2-2）に示した。

SE01 海山の MBES の音圧分布は、山頂部全体が画像淡色部を示し、前述した SBP の結果と極めて調和的である。すなわち、当海山の山頂部は MBES 音圧からも未固結堆積物の存在が推定され、この未固結堆積物により山頂部はドーム状構造を形成し、起伏の少ない海底面をなしているものと考えられる。

過年度（1991 年調査）の南東山体では、音圧データを採取しておらず明らかではないが、おそらく SBP からみて北西 2 山体の頂部と同様に、未固結堆積物が広く覆っているものと推定される。

露岩と見られる画像濃色部は、北西山体の 2 つの頂部をつなぐ水深 1,300m の鞍部及び北西山体と中央山体をつなぐ水深 2,100～2,200m の鞍部に認められる。それ以外では山頂縁辺肩部及び斜面で、露岩部に対応すると思われる画像濃色部が見られる。肩部と斜面移行部では音圧差からその露岩部の境界が明瞭である。一方、肩部以深の斜面部では尾根や谷に対応した画像の濃淡が見られ、谷等の低地には未固結堆積物の存在が推定できる。

海山裾野では、水深が増すとともに画像が淡くなり、未固結堆積物の層厚が増加していると推定される。特に水深 4,000m 以深では未固結堆積物に広く一様に覆われていると思われる。なお、海域西端部裾野の画像淡色部で実施した環境調査の MC サンプリング（水深 4,200m）によれば、底質物は有孔虫軟泥であった。

3-3 SE01海山の地質

SE01海山におけるMC及びADサンプリングの採試点位置及びサンプリング結果を、過年度の結果と共に図3-3-1及び図3-3-2に示す。

(1) 過年度調査結果の概要

過年度調査したSE01海山南東山体でのADサンプリング及びFDC観察の調査結果の概要を以下に記述する。

南東山体における過年度調査では、ADを8採試点及びFDCによる海底観察を1測線行っている(表3-3-1 SE01海山ADサンプリング実績表(1991年)及び図3-3-3 SE01海山FDCルートマップ(1991年)参照)。ADサンプリングでは、岩石片として、玄武岩、礫性石灰岩、砂岩のほか、未固結堆積物等がごく少量採取されている(8採試点合計9.2kg; 表3-3-1)。クラストがほとんど採取されなかったのは、FDCによる山頂部から斜面中部の海底観察結果(図3-3-3)と調和的である。FDC観察では、岩盤の海底面に対する露出率が観測されており、山頂中央部で3%、斜面上部～中部でも2～5%程度と低く、未固結堆積物が海底面を広く覆っていた。またこれらの岩石の表面には、マンガン酸化物のコーティングがわずかに認められた(図3-3-4)。一方、平頂部の肩部分に分布する未固結堆積物の表面には弱いリップルマークが観察され、推定された底層流の方向はE→Wであった(図3-3-3)。

ADサンプリングで採取された石灰岩は、ほとんどが礫性石灰岩で、灰白色を呈し多孔質であった。また、玄武岩は南東及び南西斜面のADサンプリング(91SE01AD07、AD08)で採取され、南東斜面(AD07)では暗灰色を呈し比較的新鮮で、気泡が比較的少なく、細粒で緻密な産状が認められた。一方、南西斜面(AD08)では赤褐色を呈し脆弱で、大部分は細粒緻密なガラス質であるが、自破碎構造、杏仁状構造を有していた(図3-3-4)。砂岩・シルト岩は東斜面(91SE01AD06)で僅かに採取され、塊状細粒で灰褐色を呈しており、これらの岩石の表面にはマンガン酸化物が薄くコーティングするのみであった(図3-3-4)。

(2) サンプリング結果

今年度調査のMC及びADサンプリング実績表を表3-3-2に示す。またADサンプリングの揚収写真を図3-3-5に示す。

今年度のAD調査による8採試点のサンプル総量は402.3kgで、そのうち1kg未満の地点が半数の4採試点にのぼる(表3-3-2)。今年度調査と過年度調査では調査対象の山体が異なっているものの、過年度調査結果と比べて①採取重量が圧倒的に多いこと、②マンガン酸化物のコーティングだけでなく、クラストが認められること(03SE01AD09)、③玄武岩が認められないこと、④砂岩は認められないが、軽石が認められることなどの違いが

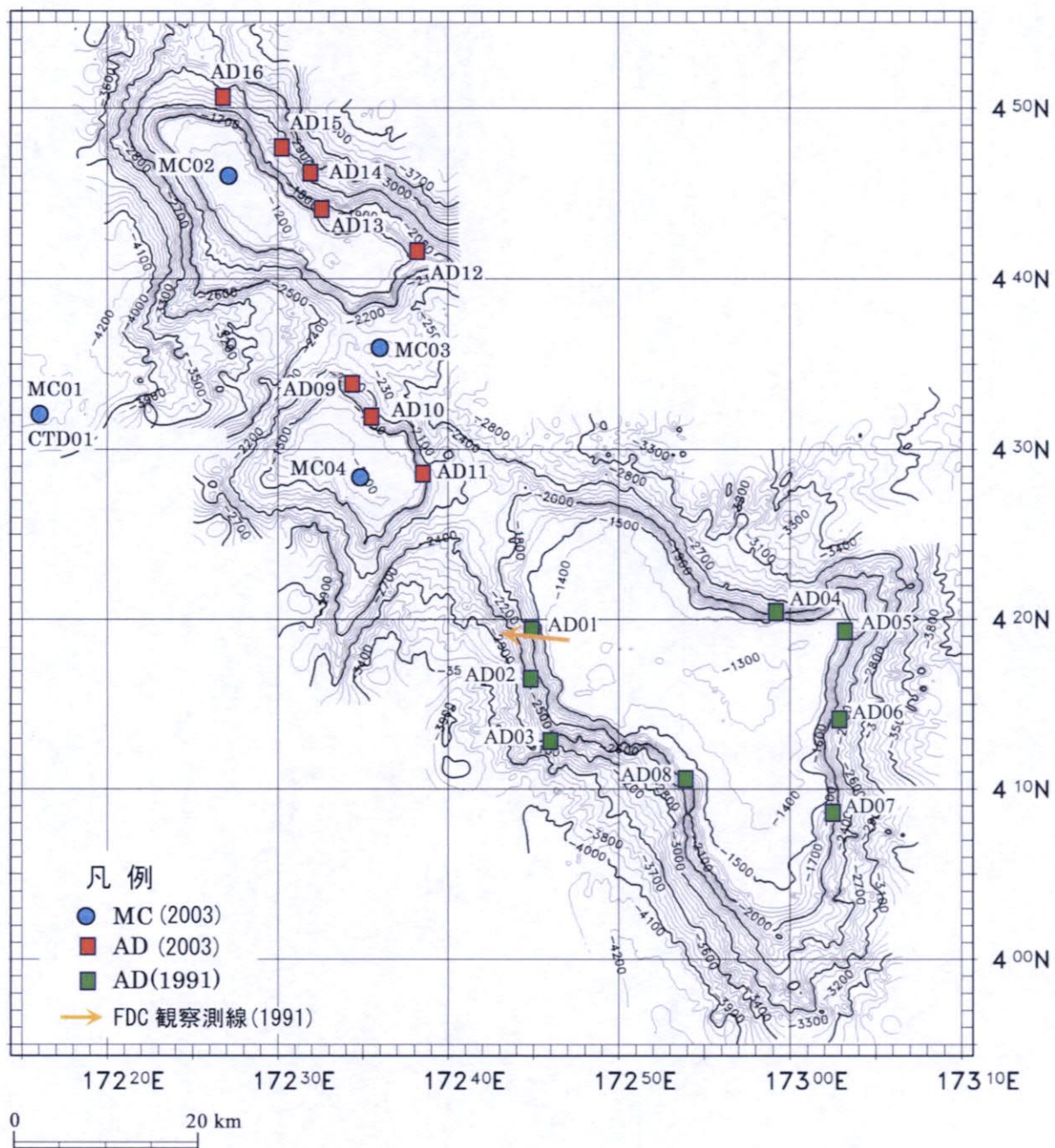
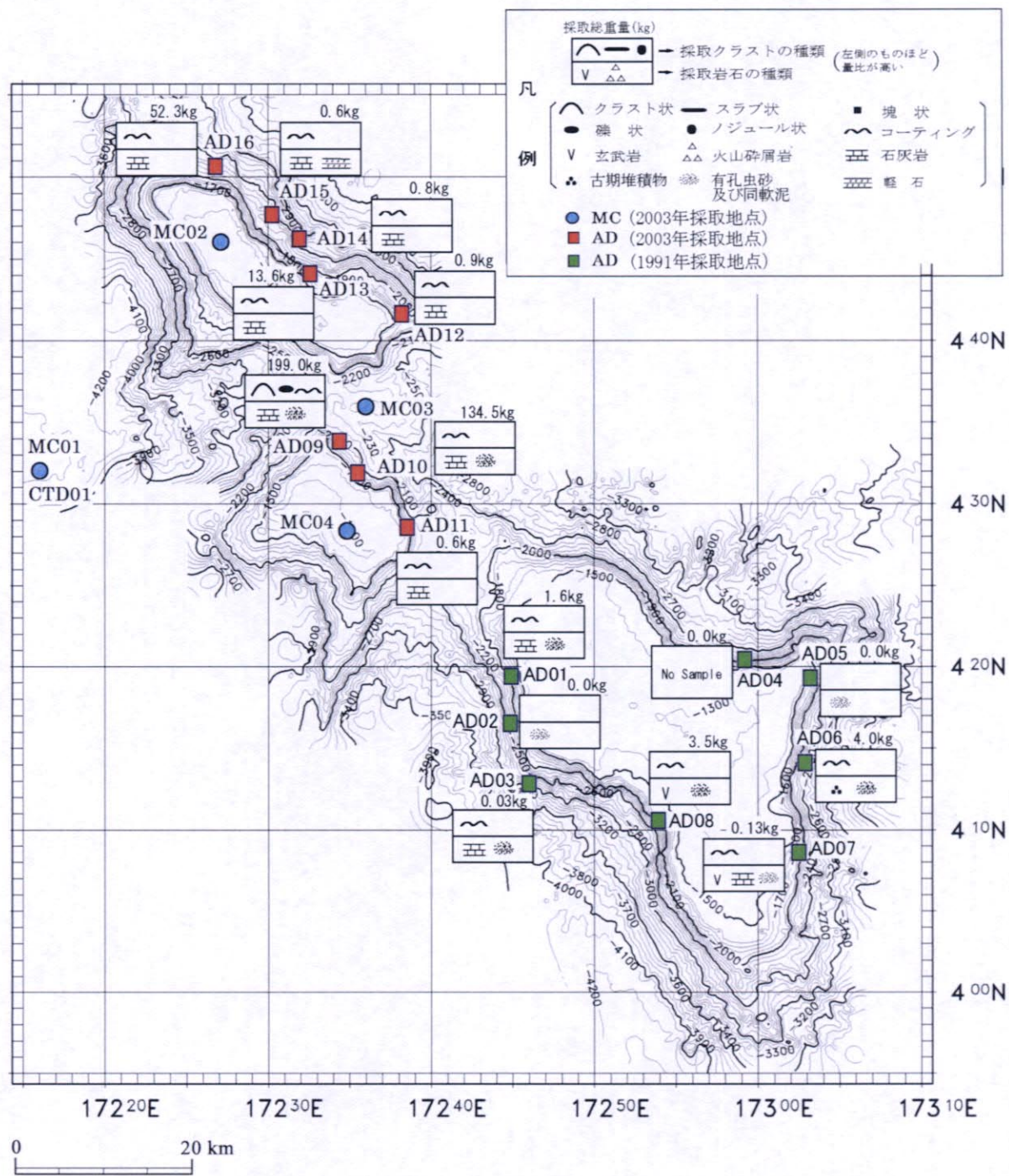


図 3 - 3 - 1 採試点位置図

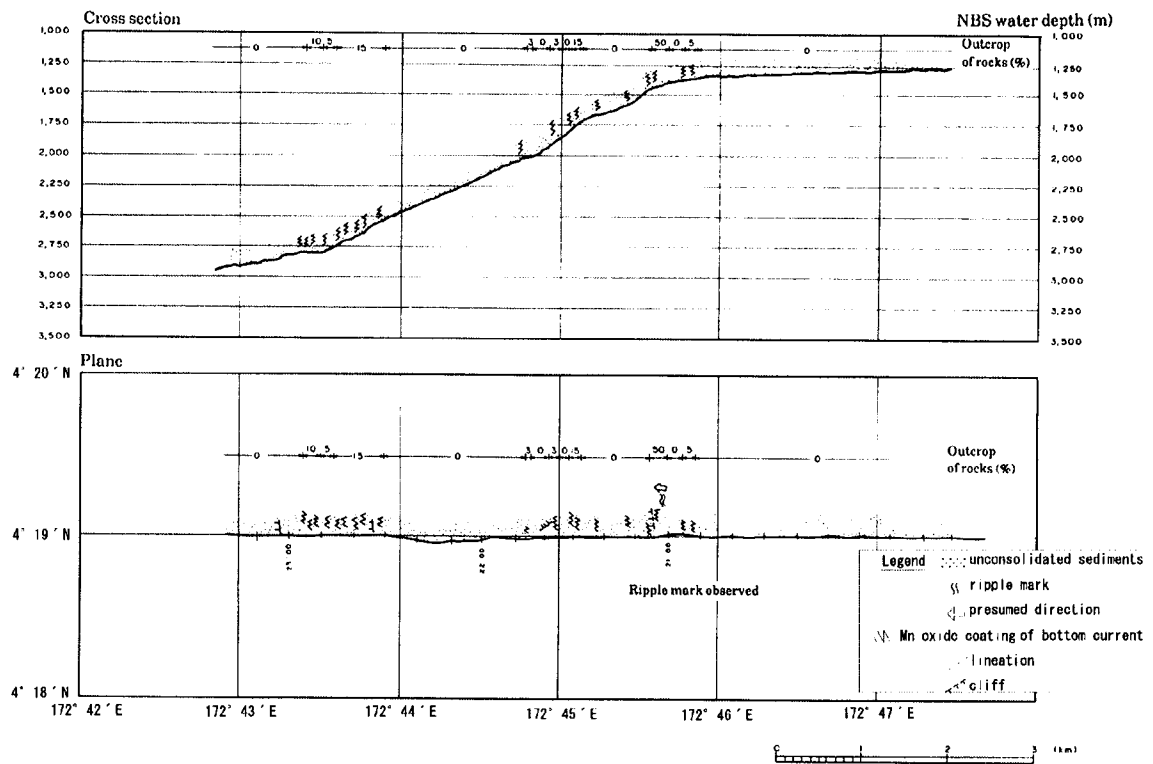


採取地点	クラスト厚さ(mm)	クラスト分析平均品位(%)									
		最大	最小	平均	採取量(kg)	H2O	Co	Ni	Cu	Mn	Fe
AD09	クラスト	40	35	35	26.5	34.71	0.97	0.56	0.02	29.39	15.72
	礫状クラスト	25	5	20	26.0	33.16	1.51	0.82	0.04	32.70	13.05

図 3-3-2 SE01海山 ADサンプリング結果図

表3-3-1 SE01海山 ADサンプリング実績表 (1991年)

No.	採試点番号	項目	実施月日・時刻 (船内時間)		曳航体位置 緯度・経度		曳航方向	水深 (m)	曳航距離 (n. m.)	採取物	採取物重量 (kg)
1	91SE01AD01	着底	9月16日	9:30	4° 19.131' N	172° 45.271' E	146.6°	1,640	0.4	石灰岩	1.6
		離底	9月16日	11:10	4° 18.789' N	172° 45.498' E		1,570			
2	91SE01AD02	着底	9月16日	12:55	4° 16.452' N	172° 44.919' E	18.0°	2,331	0.01	-	0.0
		離底	9月16日	13:51	4° 16.466' N	172° 44.916' E		2,318			
3	91SE01AD03	着底	9月16日	16:09	4° 12.931' N	172° 45.952' E	65.0°	2,889	0.7	玄武岩細礫	0.03
		離底	9月16日	16:47	4° 13.213' N	172° 45.345' E		2,728			
4	91SE01AD04	着底	9月17日	6:43	4° 20.406' N	172° 59.062' E	248.9°	2,040	0.4	-	0.0
		離底	9月17日	7:14	4° 20.271' N	172° 58.711' E		1,895			
5	91SE01AD05	着底	9月17日	9:05	4° 18.952' N	173° 03.127' E	245.6°	1,560	0.4	-	0.0
		離底	9月17日	9:33	4° 18.785' N	173° 02.758' E		1,410			
6	91SE01AD06	着底	9月17日	11:46	4° 13.234' N	173° 02.847' E	210.6°	2,513	0.4	細粒砂岩	4.0
		離底	9月17日	12:15	4° 12.885' N	173° 02.641' E		2,454			
7	91SE01AD07	着底	9月17日	14:22	4° 08.499' N	173° 02.625' E	233.1°	1,862	0.5	玄武岩細礫 石灰岩	0.1
		離底	9月17日	14:55	4° 08.198' N	173° 02.223' E		1,792			
8	91SE01AD08	着底	9月17日	17:39	4° 10.877' N	172° 53.405' E	3.6°	1,980	0.2	玄武岩 火砕岩角礫	3.5
		離底	9月17日	18:15	4° 11.064' N	172° 53.416' E		1,750			
合計									3.0		9.2

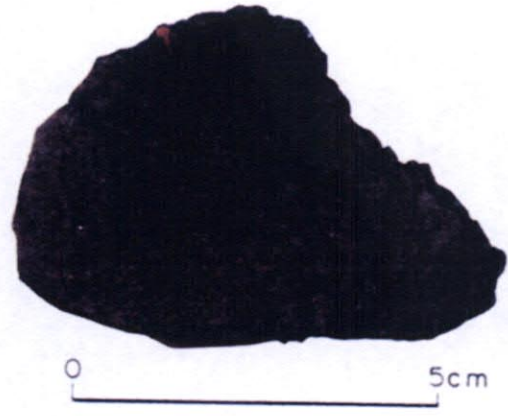


採試点番号	項目	実施月日・時刻	曳航体位置	曳航方向	水深 (m)	観察距離 (n.m.)	観察時間
		(GMT)	緯度・経度				
91SE01FDC01	着底	1991年9月17日 19:25	4°18.98'N 172°47.15'E	E-W	1,330	4.7	3.58
	離底	1991年9月17日 23:23	4°19.00'N 172°42.49'E		2,040		

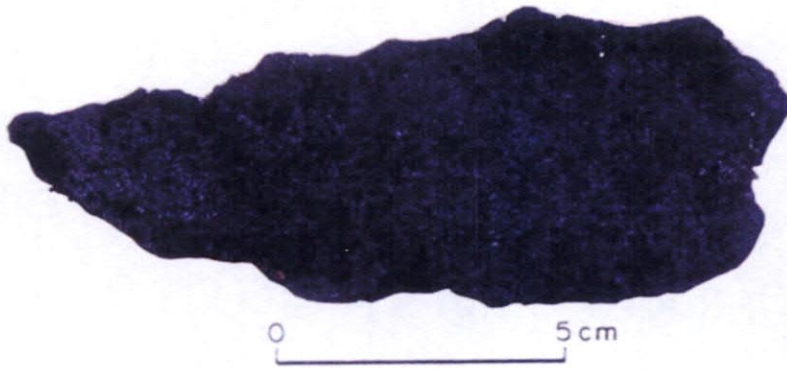
図3-3-3 SE01海山FDCルートマップ(1991年)



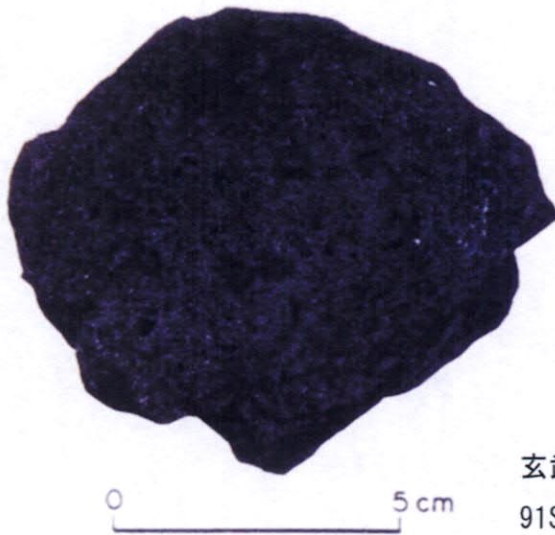
マンガン酸化物のコーティングが認められる砂岩 91SE01AD06 (A)



砂岩 91SE01AD06 (A)



玄武岩質火砕岩 91SE01AD08 (B)



玄武岩 91SE01AD08 (A)

sample No	lithology	Rock Forming Mineral												texture	remarks			
		Phenocryst					Groundmass											
		Pl	Cpx	Opx	Ol	Q	Pl	Opx	Ol	Mt	Ap	Epi	Vg			C.Q	Zeo	Lim
91SE01AD08(A)	basalt	△		△	△		◎	○	○	●	●		◎	●			Flow, Int, Hya	Lim is altered. Vitreous

Pl: Plagioclase Cpx: Clinopyroxene Opx: Orthopyroxene Ol: Olivine Q: Quartz Mt: Iron mineral
 Ap: Apatite Epi: Epidote Vg: Glass C.Q: Chalcedony quartz Zeo: Zeolite Lim: Limonite
 Flow: Flow structure Int: Intersertal Hya: Hyaloophitic
 ◎: Abundant ○: Common △: Rare ●: Very Rare

図 3-3-4 SE01 海山の採取試料状況 (1991 年)

表3-3-2 SE01海山 MC及びADサンプリング実績表

No.	探試点番号	項目	実施月日・時刻 (船内時間)		曳航体位置 緯度・経度		曳航方向	水深 (m)	曳航距離 (n. m.)	採取物	採取物重量 (kg)
1	03SE01MC01	着底	11月30日	13:00	4° 32. 016' N	172° 16. 028' E		4, 351		有孔虫砂	
		離底	11月30日	13:05							
2	03SE01MC02	着底	12月1日	8:24	4° 46. 006' N	172° 27. 217' E		1, 157		有孔虫砂	
		離底	12月1日	8:28							
3	03SE01MC03	着底	12月1日	11:14	4° 36. 018' N	172° 36. 024' E		2, 184		有孔虫砂	
		離底	12月1日	11:19							
4	03SE01MC04	着底	12月1日	13:49	4° 28. 404' N	172° 34. 922' E		1, 192		有孔虫砂	
		離底	12月1日	13:54							
5	03SE01AD09	着底	12月1日	15:58	4° 33. 816' N	172° 34. 326' E	NE-SW	1, 910	0. 5	クラスト26. 5kg 礫状クラスト26kg 石灰岩ほか146. 5kg	199. 0
		離底	12月1日	17:01	4° 33. 424' N	172° 34. 047' E					
6	03SE01AD10	着底	12月2日	8:33	4° 31. 804' N	172° 35. 383' E	NE-SW	1, 719	0. 4	石灰岩他	134. 5
		離底	12月2日	9:24	4° 31. 626' N	172° 35. 059' E					
7	03SE01AD11	着底	12月2日	11:23	4° 28. 562' N	172° 38. 443' E	E - W	1, 430	0. 1	石灰岩岩片	0. 6
		離底	12月2日	11:43	4° 28. 540' N	172° 38. 385' E					
8	03SE01AD12	着底	12月2日	14:33	4° 41. 591' N	172° 38. 125' E	E - W	1, 775	0. 3	石灰岩岩片 軽石	0. 9
		離底	12月2日	15:01	4° 41. 516' N	172° 37. 874' E					
9	03SE01AD13	着底	12月2日	17:17	4° 43. 994' N	172° 32. 550' E	E - W	1, 804	0. 4	石灰岩岩片 軽石	13. 6
		離底	12月2日	18:09	4° 43. 965' N	172° 32. 181' E					
10	03SE01AD14	着底	12月3日	8:47	4° 46. 152' N	172° 31. 901' E	E - W	2, 681	0. 3	石灰岩岩片 軽石	0. 8
		離底	12月3日	9:30	4° 45. 955' N	172° 31. 665' E					
11	03SE01AD15	着底	12月3日	11:50	4° 47. 651' N	172° 30. 170' E	E - W	2, 336	0. 5	石灰岩岩片 軽石	0. 6
		離底	12月3日	12:31	4° 47. 423' N	172° 29. 743' E					
12	03SE01AD16	着底	12月3日	14:52	4° 50. 601' N	172° 26. 761' E	E - W	2, 316	0. 5	石灰岩岩片	52. 3
		離底	12月3日	15:49	4° 50. 244' N	172° 26. 453' E					
合 計									3. 0		402. 3



03SE01AD09



03SE01AD10



03SE01AD11



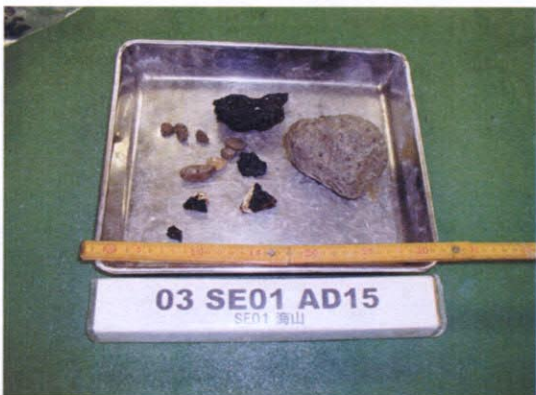
03SE01AD12



03SE01AD13



03SE01AD14



03SE01AD15



03SE01AD16

図 3-3-5 ADサンプリングの揚収写真

ある。今年度調査では認められない玄武岩は、過年度調査の南東山体だけでなく、1991年に調査された他の海山（SE02、SE03、SE04、SE05）でも普通に認められており、本海山を含めて各海山の基盤を形成していると考えられる。またこれらの玄武岩は気孔に富むものが多く、現在よりも水深の浅い条件（浅海）で形成したものと推定される。

今年度調査で得られたクラストの基盤である石灰岩とMCサンプリングで得られた未固結堆積物の化石鑑定結果を以下に示す。

（3）石灰岩の化石鑑定

SE01海山における過年度調査（1991年）では、ADサンプリングにより石灰岩が採取されたが、クラストを伴っていなかった。従って化石鑑定等、石灰岩の詳しい解析は行われていない。一方、今年度調査ではSE01海山中央山体の北西斜面において実施されたAD調査（03SE01AD09）でクラストが採取された。そこで、クラストに伴って採取された石灰岩について、そこに含まれる産出化石の同定を行い、岩石の時代と生成環境を推定した。供された試料は以下のとおり。

<u>試料番号</u>	<u>位置</u>	<u>水深</u>
03SE01AD09	4°33.82'N 172°34.33'E	1,910m

石灰岩の生成年代、生成環境については以下のようにまとめられる。化石鑑定の詳細は添付資料1に示した。

① サンプル番号 03SE01AD09 FR01

生成年代は、石灰質ナンノ化石の解析から、始新世後期から漸新世最前期と推定された。しかし、本試料に含まれる有孔虫化石の解析では、陸棚以遠の遠洋から浅海あるいは陸上へと堆積環境が変化したことが示唆され、前述の生成年代は陸化以降の年代に位置付けられることから、石灰岩そのものの形成年代はそれ以前であると推定される。また生成環境については、有孔虫化石の分析から、陸棚以遠の静かな環境で生成したものと推定される。なお、堆積後の続成作用の影響が示唆されること、浅海あるいは礁性の底生有孔虫を含むことから、母岩が陸棚以遠の遠洋で生成された後、一度陸化したと推定される。その後、海山は沈降し、クラストが形成されたと考えられ、クラストの形成時期は始新世後期から漸新世最前期以降と推定される。

（4）底質物の化石鑑定

MCサンプリング（図3-3-1、表3-3-2参照）により採取した底質物について、産出化石（有孔虫化石、石灰質ナンノ化石）の同定を行い、底質物の時代、堆積環境を推定した。供された試料は以下のとおり。

試料番号	位置	水深
03SE01MC01	4°32.02'N 172°16.03'E	4,351m
03SE01MC02	4°46.01'N 172°27.22'E	1,157m
03SE01MC03	4°36.02'N 172°36.02'E	2,184m
03SE01MC04	4°28.40'N 172°34.92'E	1,192m

各探試点は、SE01 海山西方裾野部 (MC01)、SE01 海山北西山体平頂部 (MC02)、SE01 海山北西山体及び中央山体の間の鞍部 (MC03)、SE01 海山中央山体平頂部 (MC04) にそれぞれ対応する。

底質物の堆積年代、堆積環境は探試点ごとに以下のようにまとめられる。化石鑑定の詳細は添付資料 2 に示した。

① サンプル番号 03SE01MC01 FS01-04

有孔虫化石の鑑定結果から、最下位の試料 FS03 (29～31cm) に *Globoquadrina pseudofoliata* が認められ、その地質時代は後期更新世 (おそらく 0.22Ma 以前) であると判断された。従って、その上位にある FS01 と FS02 の群集はそれより新しい地質時代と考えられ、0.16Ma よりも新しい地質時代 (後期更新世以降) を示すと考えられる。

石灰質ナノ化石の鑑定結果からは、いずれも 0.25Ma より若いと考えられる。また、03SE01MC01 FS02 において *Helicosphaera inversa* が認められ、その絶滅層準 (基準面 1, 0.16Ma) から、FS02～FS04 では 0.16Ma～0.25Ma と見積れる。

堆積環境は、有孔虫化石の鑑定結果から、熱帯～亜熱帯の地理区で、現在とほぼ変わらない緯度で堆積したと考えられる。また、底生有孔虫の産出が極めて少ないことから、表層から深層へともたらされるフラックスの量が少なかったことが推定される。

② サンプル番号 03SE01MC02 FS01-03

有孔虫化石の鑑定結果から、本試料からは地質時代を決めるのに有効な種群は認められず、*Globigerinoides ruber* (pink) の個体が産出しない、*Globigerina rubescens* (pink) 及び *Bolliella calida* の個体が産出することから、後期更新世の群集である可能性が高いと考えられる。おそらく、本地域のコア試料は、0.16Ma よりも新しい地質時代 (後期更新世以降) を示すと考えられる。

石灰質ナノ化石の鑑定結果からは、いずれも 0.25Ma より若いと考えられる。

堆積環境は、有孔虫化石の鑑定結果から、熱帯～亜熱帯の地理区で、現在とほぼ変わらない緯度で堆積したと考えられる。また、底生有孔虫の産出が極めて少ないことから、表層から深層へともたらされるフラックスの量が少なかったことが推定される。

③ サンプル番号 03SE01MC03 FS01-03

有孔虫化石の鑑定結果から地質時代を決めるのに有効な種群は産出しないが、03SE01MC02 FS01～04 試料と同様の理由により、本地域のコア試料は、0.16Ma よりも新しい地質時代（後期更新世以降）を示すと考えられる。

石灰質ナanno化石の鑑定結果からは、いずれも 0.25Ma より若いと考えられる。

堆積環境は、有孔虫化石の鑑定結果から、熱帯～亜熱帯の地理区で、現在とほぼ変わらない緯度で堆積したと考えられる。また、底生有孔虫の産出が極めて少ないことから、表層から深層へともたらされるフラックスの量が少なかったことが推定される。

④ サンプル番号 03SE01MC04 FS01-03

有孔虫化石の鑑定結果から、FS02 と FS03 の 2 試料は、0.22Ma より古く、FS01 は 0.22Ma より新しい地質時代を示すと考えられる。また、03SE01MC02 FS01～04 試料と同様の理由により、本地域のコア試料も 0.16Ma よりも新しい地質時代（後期更新世以降）を示すと考えられる。

石灰質ナanno化石の鑑定結果からは、いずれも 0.25Ma より若いと考えられる。

堆積環境は、有孔虫化石の鑑定結果から、熱帯～亜熱帯の地理区で、現在とほぼ変わらない緯度で堆積したと考えられる。また、底生有孔虫の産出が極めて少ないことから、表層から深層へともたらされるフラックスの量が少なかったことが推定される。

以上のことから、本地域で得られた未固結堆積物のすべての試料で、生成年代は 0.25Ma 以降と推定される。そしてその堆積は現在まで続いていると考えられる。堆積環境も現在とほぼ同じ緯度の熱帯～亜熱帯の地理区に対応すると推定される。

3-4 コバルトクラストの賦存状況

(1) サンプルング結果

過年度及び今年度の調査を通じて、クラストが採取されたのは 03SE01AD09（着底水深 1,910m）のみであり、その他の採取試料ではコーティング程度の極薄いマンガン酸化物が得られた（図 3-3-5 AD サンプルングの揚収写真及び図 3-4-1 AD09 のサンプル写真参照）。

(2) クラストの産状

採取したクラストの平均厚は、35mm（厚さ 35～45mm）である。特徴は、表面がブドウ状を呈し、黒色・緻密で 2 層構造及びやや弱い斑状構造を示すことである。また、マンガン酸化物のノジュール（核は扁平な燐灰岩）を取り込んで成長した組織も認められる。クラストの基盤岩として、燐灰岩及び一部燐灰石化した石灰岩が認められる。

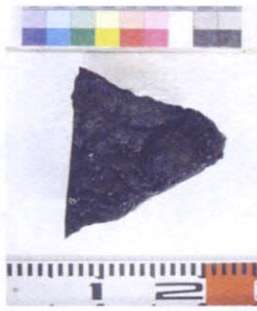
礫状クラストは、燐酸塩化石灰岩の角礫を核とするクラストで、平均厚 20mm（厚さ 5



揚収直後のバケツ



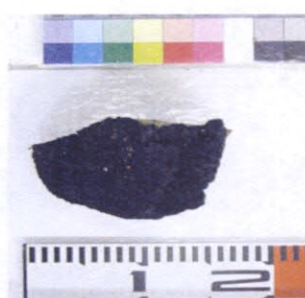
03SE01AD09 採取物全体



クラスト 表面



クラスト厚さ 35mm 断面



碟状クラスト 表面



クラスト厚さ 20mm 断面



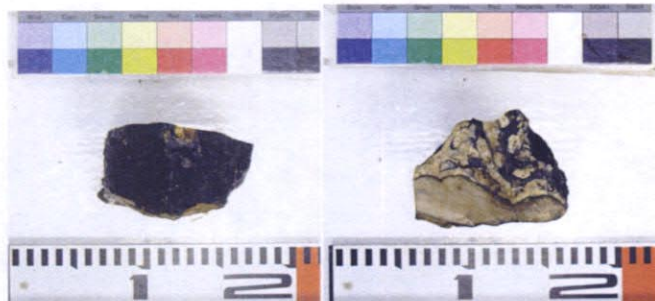
表面



裏面

Mn 酸化物にコーティング
された石灰岩

Mn 酸化物にコーティング
された磷酸塩化石灰岩



表面

断面

図 3-4-1 AD09のサンプル写真

～25mm) である。特徴は、表面がブドウ状平滑化を呈し1層構造を示すことであり、黒色・堅硬のマンガン酸化物には粘土の充填などは認められない。核は、泥～砂質、不均質な石灰岩起源の燐灰岩で、内にマンガン酸化物の微細な粒子が大量に介在している。この基盤の燐灰岩は、燐酸塩化が進んだかなり硬質の産状を示す。

他の7測点では、主に石灰岩（一部燐酸塩化が進む）や軽石等を採取したが、軟質なこれらの岩石にはマンガン酸化物が薄くコーティングするのみでクラストは採取できなかった。

(3) クラストの化学組成

SE01 海山のドレッジ (AD09) で採取したクラスト2試料（クラスト1試料、礫状クラスト1試料）に対して化学分析を行った。

分析成分は、Co, Ni, Cu, Mn, Fe の主要成分に微量元素や希土類元素を加え36成分（Co, Ni, Cu, Mn, Fe, Pb, Zn, Ti, Mo, V, Si, Al, Ca, Na, K, P, Ba, Sr, Pt, LOI, H₂O⁺, H₂O⁻, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu）である。分析結果を表3-4-1に、分析方法及び各元素の検出限界等を添付資料3に示す。

表3-4-2にSE01海山のAD09で採取した2試料の分析値の平均を、平成3年度実施したキリバスのギルバート諸島海域における他の海山（SE02海山～SE05海山）の分析値及びマーシャル諸島海域のクラストの分析値とともに示す。平成3年度におけるSE01海山の調査では、クラストは採取できず、SE01海山の分析値は本調査で行った2試料の分析値しか存在しない。分析を行った2試料のCoは、0.97%及び1.51%で、平均値は1.24%とキリバス海域の他の海山やマーシャル海域のコバルトクラストに比べて高い。Niは0.56%及び0.82%で、他の海域のクラストと比較するとやや高いがCuは0.02%及び0.04%と低い。MnはSE01海山において、30.00%前後（29.39%及び32.70%）と非常に高く、Feがやや低い（15.72%及び13.02%）ため、Mn/FeはSE01海山においてキリバス海域の他の海山やマーシャル海域のクラストに較べて高く、1.87及び2.50である。SE01海山のクラストの分析値をFe・(Cu+Ni)・Mnの三角図に示す(図3-4-2)。両試料ともCu+Niに乏しい海水起源のマンガン酸化物の領域に近い位置にプロットされる。

従って、SE01海山のクラストは海水起源のマンガン酸化物に近い化学的性質を持ち、キルバート諸島の他の海山やマーシャル諸島の海山のクラストに較べてCo, Mn, Mn/Feが高い。

主要5元素以外の金属元素であるPb, Zn, Ti, Mo, Vで特に高濃集度を示す元素は認められず、Ptは0.2ppm及び0.3ppmで太平洋の海山のマンガン酸化物における平均である0.777ppm (Usui and Someya, 1997) と比べると低い。

表3-4-1 分析結果一覧表

No.	サンプルNo.	水素(%)	地質	備考	Co (%)	Ni (%)	Cu (%)	Mn (%)	Fe (%)	Mn/Fe (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ti (%)	Mo (%)	V (%)	Si (%)	Al (%)	Ca (%)	Na (%)	K (%)	P (%)	Ba (%)	Sr (%)	Pt (ppm)	LOI (%)	H ₂ O ⁺ (%)	H ₂ O (%)
1	03SE01AD09	1.766	クラスト	厚さ35mm	0.97	0.56	0.02	29.39	15.72	1.87	0.18	0.07	0.96	0.08	819	1.88	0.20	0.30	0.15	0.44	0.50	210	1726	0.2	19.34	10.39	4.98
2	03SE01AD09	1.766	隕石クラスト	厚さ20mm	1.51	0.82	0.04	32.70	13.05	2.50	0.20	0.08	0.99	0.08	670	1.53	0.22	2.96	2.13	0.51	0.40	1690	1444	0.3	18.39	9.73	5.04

No.	サンプルNo.	水素(%)	地質	備考	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)	ΣREE (ppm)
1	03SE01AD09	1.766	クラスト	厚さ35mm	243.0	1102.0	41.3	177.5	34.7	8.8	44.3	6.5	41.7	8.9	27.8	3.6	25.8	4.1	1770
2	03SE01AD09	1.766	隕石クラスト	厚さ20mm	176.5	990.5	29.0	126.0	25.1	6.4	32.4	4.8	31.9	7.2	23.1	2.9	22.2	3.6	1481

表3-4-2 コバルトクラストの平均化学組成

	本調査		平成3年度キリバス国海域 (ギルバート諸島海域) 調査 ¹⁾										マーシャル諸島海域 域クラスト ²⁾	
	SE01 海山	試料数	SE02 海山	試料数	SE03 海山	試料数	SE04 海山	試料数	SE05 海山	試料数	試料数	試料数	試料数	
平均厚さ (mm) *	35	—	15.6	—	11.2	—	9.7	—	12.9	—	—	—	—	
Co (%)	1.24	2	0.77	3	0.85	7	0.51	10	0.62	10	0.85	13	13	
Ni (%)	0.69	2	0.70	3	0.64	7	0.45	10	0.53	10	0.39	13	13	
Cu (%)	0.03	2	0.09	3	0.09	7	0.08	10	0.13	10	0.04	13	13	
Mn (%)	31.04	2	26.75	3	24.32	7	20.09	10	20.33	10	20.30	13	13	
Fe (%)	14.39	2	16.86	3	16.88	7	18.99	10	19.06	10	12.50	13	13	
Mn/Fe (%)	2.19	2	1.57	3	1.44	7	1.06	10	1.07	10	0.62	13	13	
Co+Ni+Cu (%)	1.96	2	1.56	3	1.58	7	1.04	10	1.28	10	1.28	13	13	
Pb (%)	0.19	2	0.12	3	0.10	5	0.12	3	0.10	3	0.14	13	13	
Ti (%)	0.97	2	0.82	3	0.88	5	0.77	3	0.96	3	0.83	13	13	
Si (%)	1.70	2	1.80	3	2.00	5	1.83	3	3.16	3	2.51	13	13	
P (%)	0.45	2	0.67	3	0.63	5	0.48	3	0.54	3	0.43	13	13	
Pt (ppm)	0.28	2	0.12	3	0.53	5	<1	3	<	3	0.32	8	8	

¹⁾ : JICAMMAJ (1991) による。

²⁾ : Hein *et al.* (1992)による。

* : SE01はAD09地点のみの平均、それ以外は各海山の平均

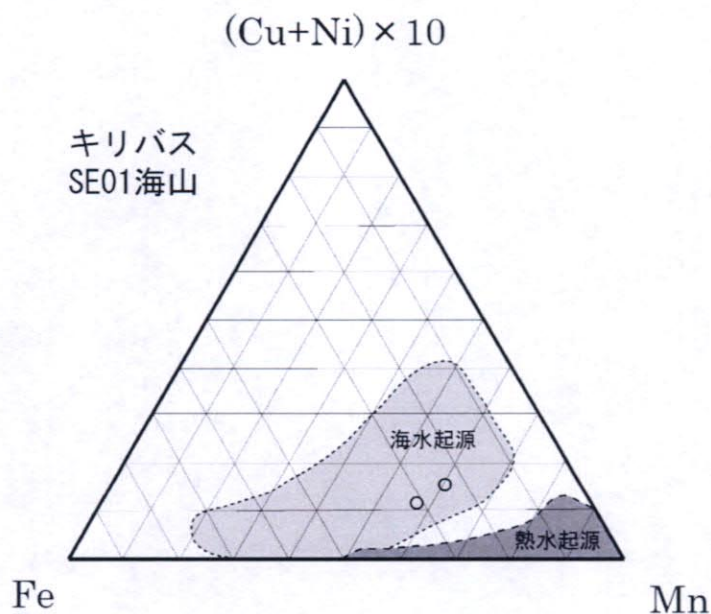


図 3-4-2 Fe-(Cu+Ni)-Mn 三角図

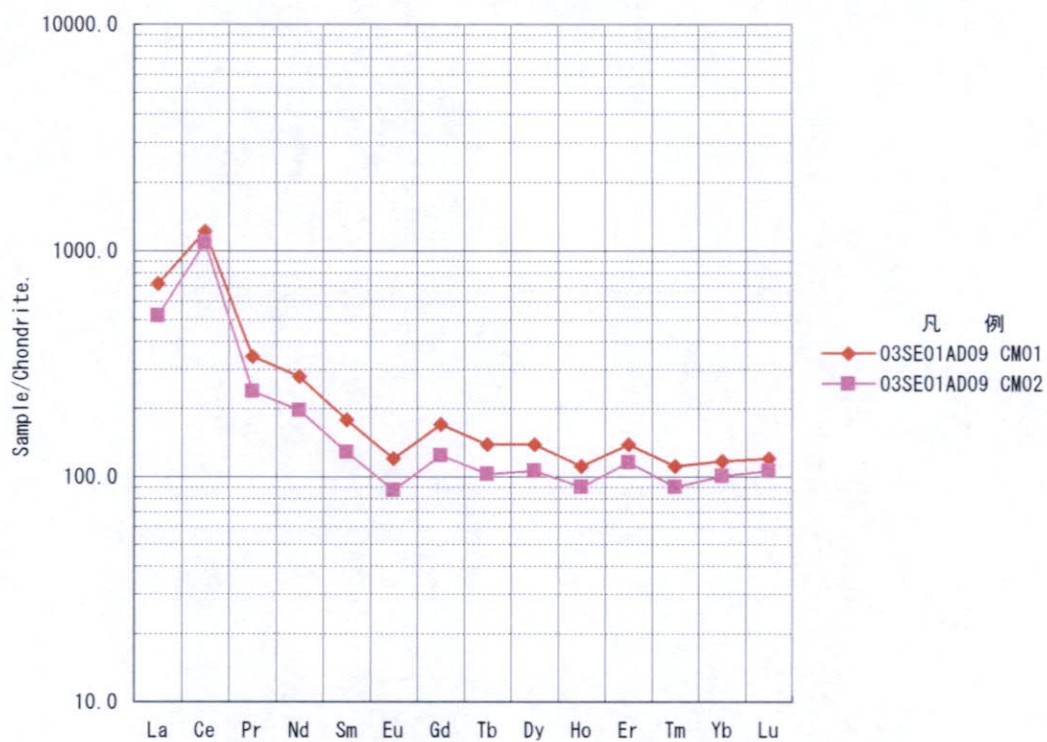
図中の「海水起源」、「熱水起源」の領域は、Usui and Someya (1997)による。

希土類元素 (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) の分析結果をコンドライト及び北米標準頁岩で規格化して図 3-4-3 示す。ΣREE は 1,770~1,481ppm と広い値を持つが、これは Ce が 1,102.0ppm 及び 990.5ppm と変化することに起因する。

コンドライト規格化図において 2 試料とも類似したパターンを示し、軽希土がコンドライトの 500 及び 700 倍程度、重希土は 100 倍程度の右下がりのパターンで、Ce の顕著な正のアノマリーが見られる。マンガン団塊やクラストの希土類元素の濃度は海水起源のものと熱水起源のものでは大きく異なることが知られており、前者では後者に比べて顕著に濃度が高く、正の Ce アノマリーを持つ場合が多い (Usui and Someya, 1997)。

本海域のコンドライト規格化パターンは海水起源のものと類似したパターンを示す。Ce の濃度はマンガン団塊の形成時の酸化-還元状態に大きく起因することが知られており (De Carlo and McMurtry, 1992)、本海域のマンガン団塊は Ce が高く (平均 1,046ppm) 規格化図でも正のアノマリーが見られ、深層水による酸化的な環境で形成されたと考えられる。

コンドライト規格化図



北米標準頁岩規格化図

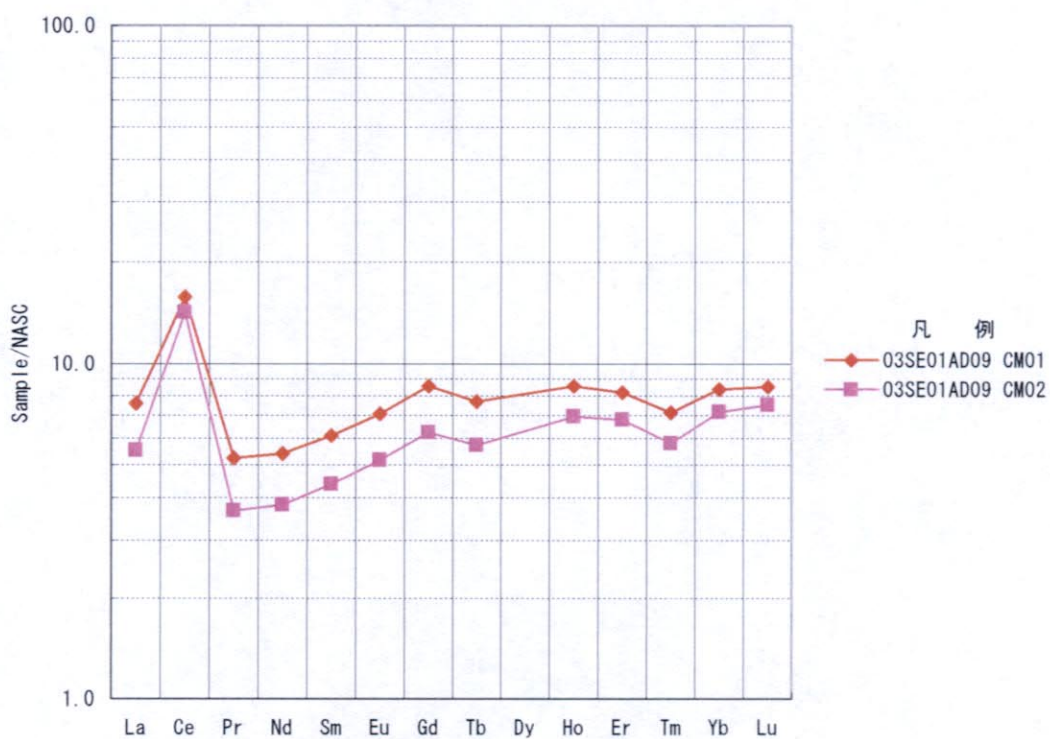


図 3-4-3 REE規格化図

3-5 環境調査

(1) 調査海域

本調査はキリバス共和国の排他的経済水域内の4地点において実施した。03SE01MC01は水深が約4,400mで調査水域の西部深海域に位置する。03SE01MC02は北部海山山頂部、03SE01MC04は南部海山平頂部に位置し、いずれも水深が約1,200mである。また、03SE01MC03は水深が約2,200mで、上記の海山に挟まれた鞍部丘部に位置する(図3-4-1参照)。

マルチプルコア8本による底質物の採取は、MC01地点では7本、MC02~MC04の3地点ではそれぞれ8本の試料を採取することができた。採取した試料の写真を採取地点の海底写真と共に添付第3図に示す。

(2) 底質性状調査

1) 乾燥減量(含水率)

各採試点における乾燥減量の鉛直分布を図3-5-1及び添付第1表に示す。乾燥減量は西部深海域のMC01の0~1cm層で平均60.5%と最も高く、4~5cm層に向かって減少し、10cm以深で47~48%であった。一方、海山山頂のMC02とMC04、鞍部丘部のMC03では、0~1cm層で最も高く、平均で52.0~55.8%の範囲であった。また、1~2cm層よりも下層では平均で48.3~52.3%の範囲にあり、大きな違いはみられなかった。

以上より、MC01の0~1cm層と1~2cm層では他の採試点よりも高く、表層から下層にかけて減少した。

2) 比重

各採試点における比重の鉛直分布を図3-5-2及び添付第1表に示す。各採試点における比重の平均値は、MC01、MC02、MC03、MC04の順に2.75、2.75、2.75及び2.76であり、採試点間の違いはみられなかった。

各採試点における有機態炭素の鉛直分布を図3-5-3及び添付第1表に示す

3) 有機態炭素。0~1cm層における有機態炭素濃度は、MC01とMC02でいずれも平均で2.10 mg/g(D)以上と高く、MC04で1.5 mg/g(D)を、MC03で最も低い1.1 mg/g(D)を示した。

MC01では表層から下層にかけて徐々に減少したが、この他の採試点の1~2cm層以深では深度による差はみられなかった。

4) 全窒素

各採試点における全窒素の鉛直分布を図3-5-4及び添付第1表に示す。0~1cm層における全窒素濃度は、MC01とMC02でいずれも平均で0.34mg/g(D)以上と高く、MC03

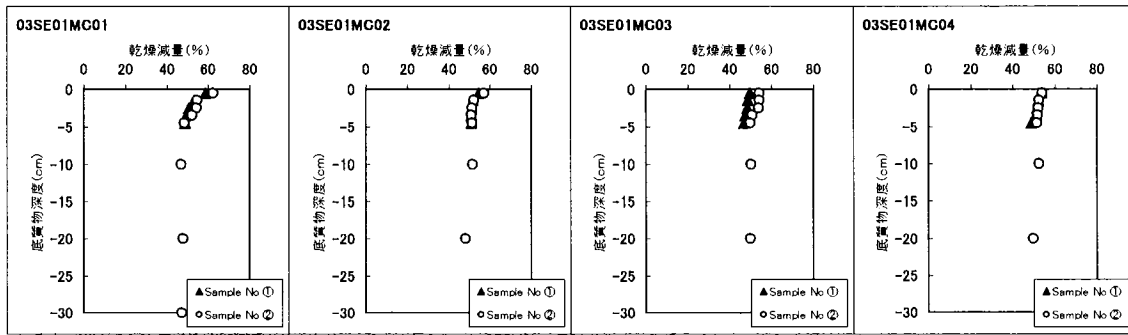


図 3-5-1 乾燥減量の鉛直分布

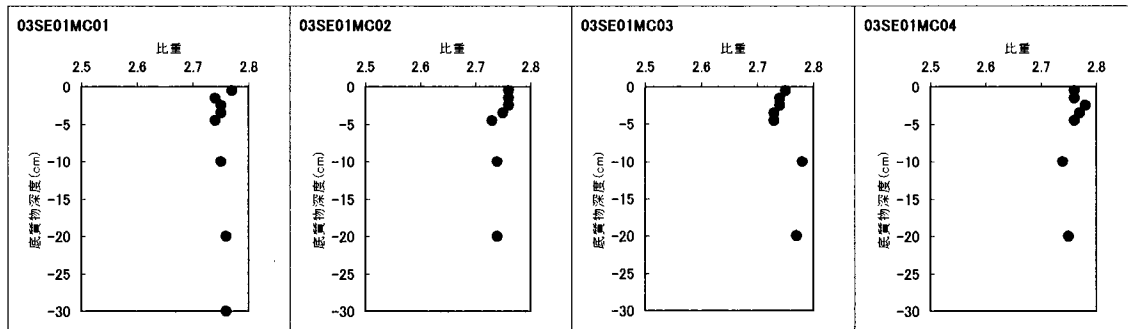


図 3-5-2 比重の鉛直分布

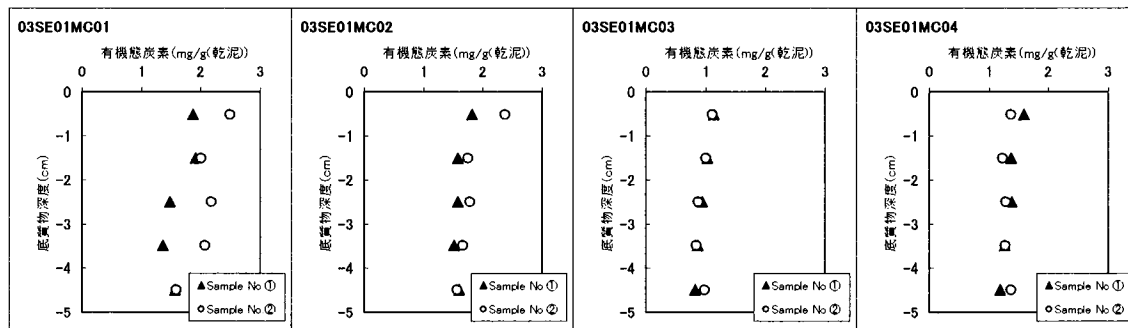


図 3-5-3 有機態炭素の鉛直分布

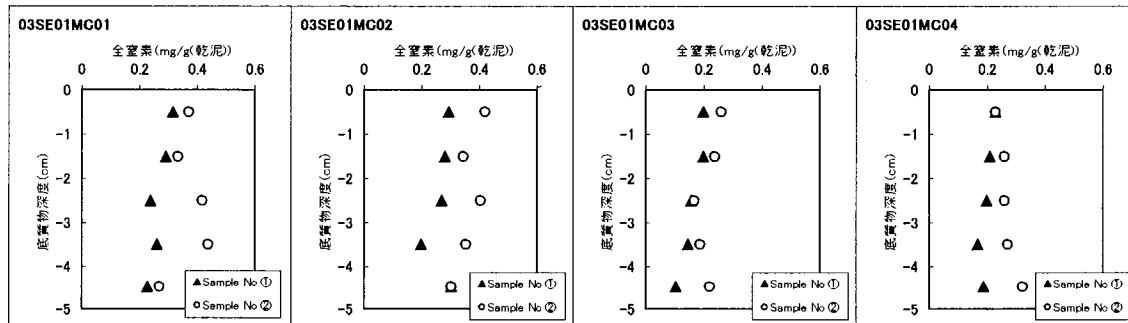


図 3-5-4 全窒素の鉛直分布

と MC04 でともに 0.23 mg/g(D)であった。鉛直分布は、いずれの採試点でも深度による差はみられなかった。

5) 粒径分布

各採試点における層別の粒径分布を図 3-5-5 及び添付第 2 表に示す。MC01 で最も頻度の高かった粒径は $3.3\mu\text{m}$ であり、0~1cm 層、2~3cm 層、20cm 層及び 30cm 層では弱い極大がみられ、その粒径は $40\sim 80\mu\text{m}$ の範囲にあった。一方、この他の採試点ではいずれも正規分布に似た頻度分布を示し、各採試点の各層で最も頻度の高かった粒径は $48\sim 68\mu\text{m}$ であった。

(3) 底生生物調査

1) メイオベントス

各採試点におけるメイオベントスの個体数密度と鉛直分布を表 3-5-1 に示す。

① 出現種

出現したメイオベントスは合計 18 種類であり、節足動物門が 6 種類と最も多く、次いで環形動物門 4 種類、線形動物門 2 種類出現し、この他に刺胞動物門、腹毛動物門、動物動物門、動甲動物門、緩歩動物門及び星口動物門が確認された。これらのうち節足動物門、環形動物門及び線形動物門は全ての採試点で出現した。各採試点の種類数は 10~13 種類であり、採試点別の出現種に明らかな傾向はみられなかった。また、上記の動物門の他に原生動物門（有孔虫目）が全ての採試点で確認されたが、表から除外した。

② 出現数

採試点ごとの総出現数をみると、山頂部の MC02 と MC04 では $300\text{ inds./}10\text{cm}^2$ (平均) 以上と多く、次いで MC01 で約 $240\text{ inds./}10\text{cm}^2$ であった。鞍部丘部の MC03 では個体数が最も少なく、山頂部の 1/3 以下であった。

線形動物門は各採試点で優占し、MC02 では 46%以上を、この他の採試点では 76%以上を占めた。また、二つのコアを比較すると、線形動物門の個体数はいずれの採試点でも大きな違いはなかった。

③ 鉛直分布

個体数の鉛直分布をみると、各採試点の 0~1cm 層で最も多く、それぞれ総個体数の 50%以上を占めた。また、いずれの種類も表層から下層に向かって減少する傾向が認められ、特に MC01 の 2~3cm 層以深で出現した種類は、線形動物門のみであった。

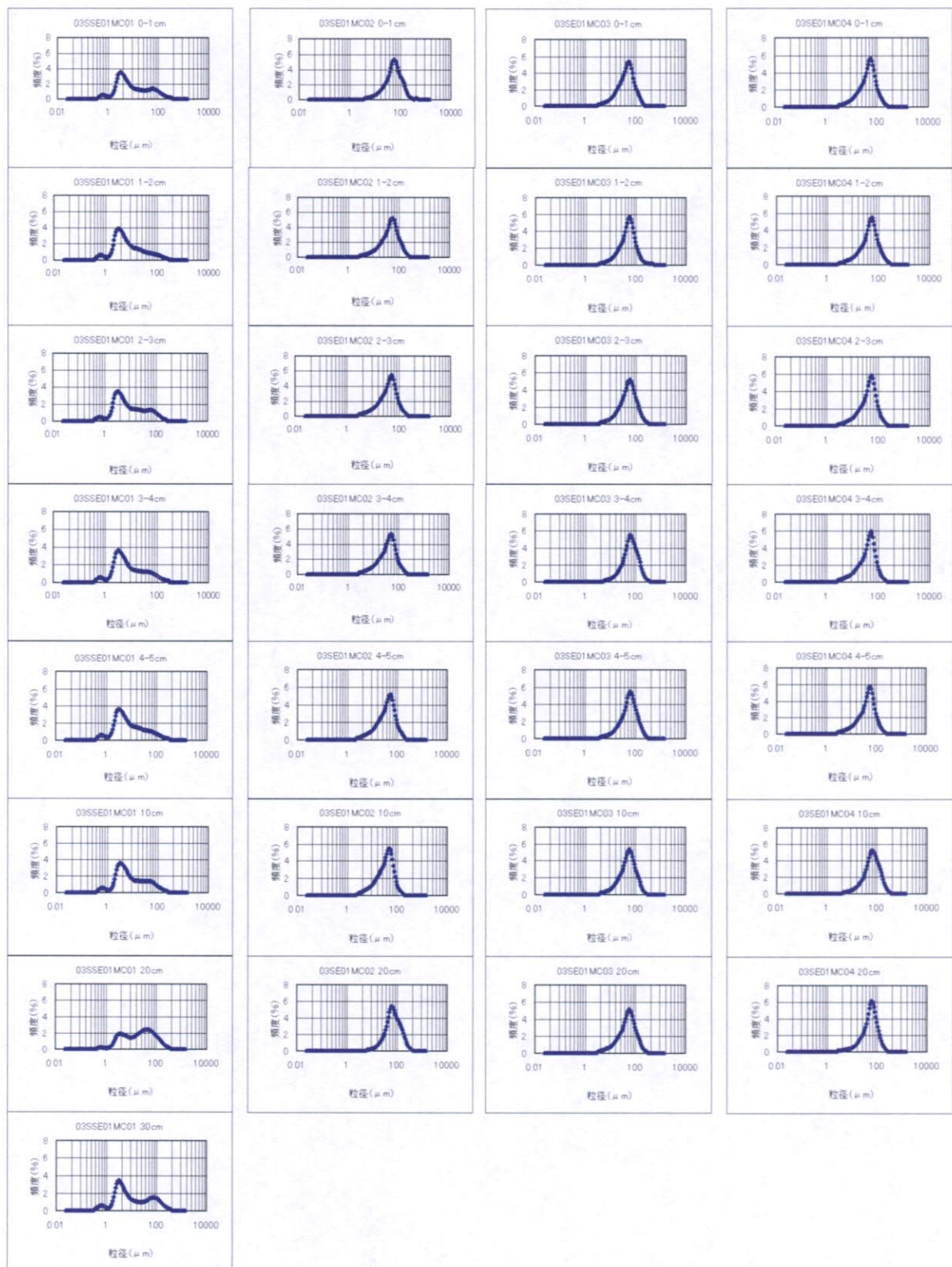


図 3-5-5 各測点、各層における粒径頻度分布

2) マクロベントス

各採試点におけるマクロベントスの個体数密度と鉛直分布を表 3-5-2 に示す。

① 出現種

出現したマクロベントスは合計 24 種類であり、環形動物門が 11 種類と最も多く、次いで節足動物門 5 種類出現し、この他に刺胞動物門、紐形動物門、線形動物門、軟体動物門、星口動物門、外肛動物門、棘皮動物門、脊索動物門が確認された。これらのうち節足動物門、環形動物門及び線形動物門は全ての採試点で出現した。各採試点の種類数は 6～18 種類であり、山頂部の MC02 と MC04 ではそれぞれ 18 種類及び 16 種類と多く出現した。また、上記の動物門の他に原生動物門（有孔虫目）が各採試点で確認されたが、表から除外した。

② 出現数

採試点ごとの総出現数をみると、MC02 と MC04 では 2800 inds./m²（平均）以上と多く、次いで MC01 で約 1500 inds./m²であった。鞍部丘部の MC03 では個体数が最も少なく、山頂部の約 1/3 であった。

MC03 と MC04 では環形動物門が最も優占し約 43%を占めた。MC02 では環形動物門と節足動物門がそれぞれ 31%以上を占めた。また、MC01 では節足動物門に次いで線形動物門が優占した。二つのコアを比較すると、いずれの採試点でも出現個体数に大きな違いはなかった。

③ 鉛直分布

個体数の鉛直分布をみると、各採試点の 0～1cm 層で最も多く、それぞれ総個体数の 63%以上を占めた。また、いずれの種類も表層から下層に向かって減少する傾向が認められ、特に種類数の多かった MC02、MC04 でも 2～3cm 層以深で確認された種類は、線形動物門、環形動物門のカザリゴカイ科と多毛綱、節足動物門カイムシ目、クモヒトデ綱のみであった。

