

### 3-2 MS01 海山の調査結果

MS01 海山では、平成 8 年度（1996 年度）の調査で MBES を用いた地形航走及びドレッジと LC によるサンプリングを行った。今年度は、地形図の精度を上げることを目的として平成 8 年度の地形航走の測線間を補間するように地形航走を行い、BMS 及び LC による試料採取を実施した。

#### 3-2-1 海底地形と海底面状況

海山全体の音響調査は平成 8 年度に行われているため、今年度の音響調査により新たに得られた情報はあまりないが、今年度のデータを加えた海底地形図と陰影図及び MBES 音圧図をそれぞれ図 3-2-1-1 及び図 3-2-1-2 に示す。

##### 3-2-1-1 海底地形

MS01 海山は、Ralik 海山列の北端に位置し、 $14^{\circ} 23' N$ 、 $151^{\circ} 02' E$  を中心とし、最浅部 1,040m、比高約 4,000m、山体規模は東西約 70km、南北約 60km の平頂海山である。

山頂部の形状は、WNW-ESE の方向性を持つ三角形状を示し、その斜面積は  $443\text{km}^2$  で、ややドーム状の山頂をなす。山頂部平均傾斜は  $4.9^{\circ}$  で、山頂部は水深 1,300m~1,400m の環状に取り巻く斜面を境に 2 段の平坦面から構成される。上位の平坦面は山頂中心部の水深 1,300m 以浅の平坦面で、下位の平坦面は水深 1,400m 以深の平坦面からなり山頂南西部に広く分布する。山頂南部と北西部には、広がり  $1.5\text{km} \times 1.5\text{km}$  以下の凹地がいくつか存在する。

斜面上部は平均傾斜  $26^{\circ}$  と急傾斜をなし、斜面中部の傾斜は  $22^{\circ}$  で、斜面下部は  $10^{\circ}$  である。放射状に 5 つの尾根が広がった特徴的な形をなす。

##### 3-2-1-2 海底面状況

山頂縁辺域の肩部に画像濃色部が分布し、反射音圧は最も高い。さらに、山頂部において二段の平坦面の境界をなす水深 1,400m から 1,300m の環状に分布する斜面にそって画像濃色部が分布し、露岩域であることを示唆している。さらに山頂南部と北西部に存在する凹地部も画像濃色部が分布する。山頂の大部分は、低い反射音圧を示す画像淡色部であり、未固結堆積物が卓越することを示す。

斜面部では、山頂縁辺部から斜面上部にかけて、また、放射状に延びる 5 つの主要な尾根沿いに画像濃色部が分布し、露岩であることを示す。それらの尾根に挟まれた斜面では、傾斜が緩くなるほど、低い反射音圧分布を示す淡色域が広く分布し、未固結堆積物の分布範囲が広がっていることを示唆している。

平成 8 年度の SBP 調査によると、山頂部上段の未固結堆積物の層厚は 10~85m と考えられ、山頂北東部と南西部の下段の平坦面は 10~20m 程度の未固結堆積物に覆われると考えられる。

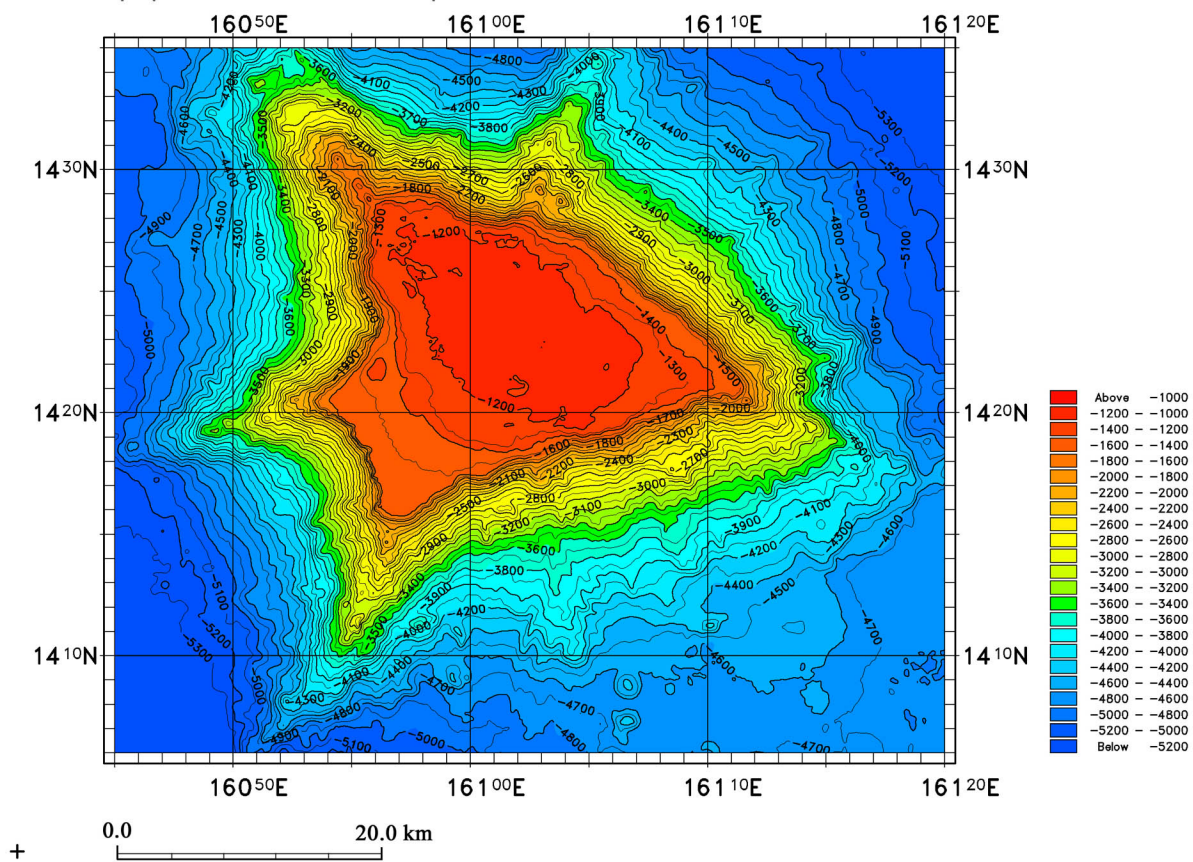
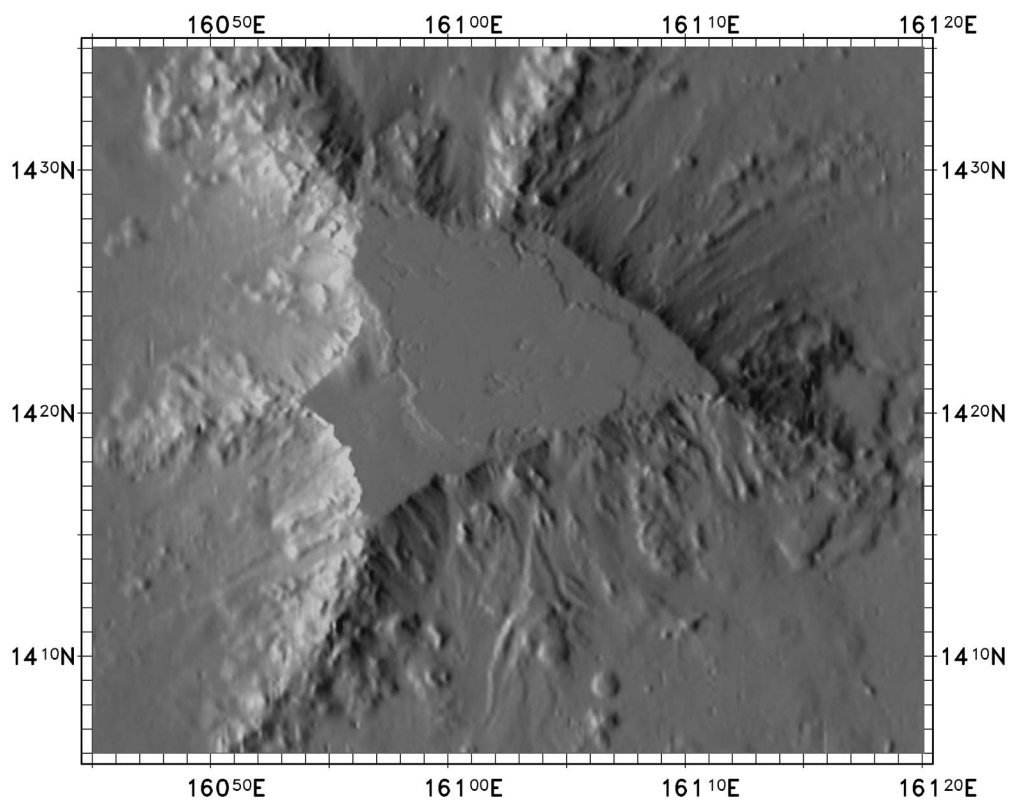


図 3 - 2 - 1 - 1 MS01海山地形図と陰影図

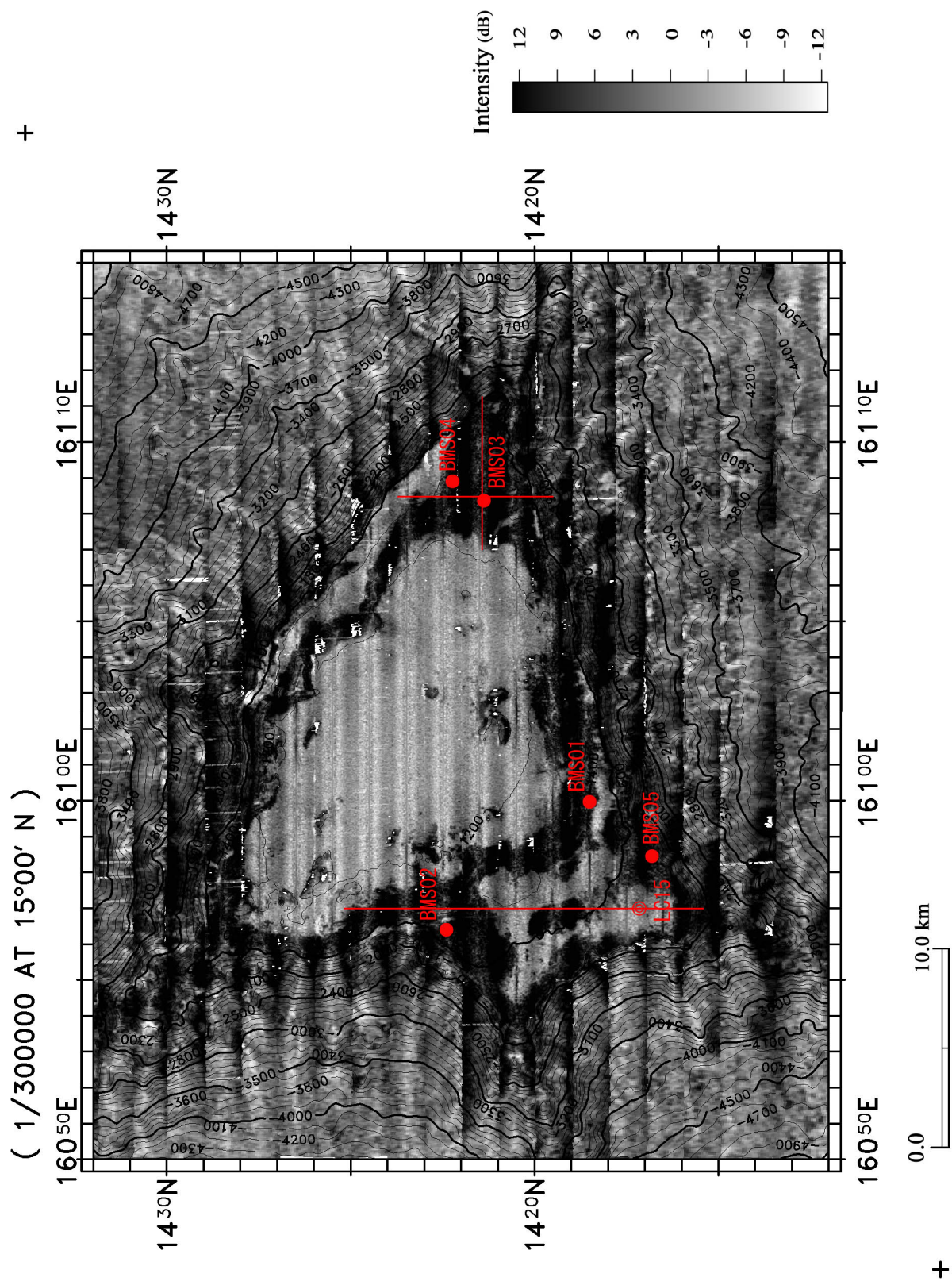


图 3-2-1-2 MS01 海山 MBES 音压分布图

### 3-2-2 試料採取結果

MS01 海山では、平成 8 年度（1996 年度）に AD（アームドレッジ）7 点及び LC 7 点の試料採取、FDC 観察 1 測線を実施した（表 3-2-2-1）。

今年度の調査では MS01BMS01～05 の 5 地点でそれぞれ 3～4 孔、計 16 孔のボーリングと 1 地点で LC を実施した。

試料採取位置図、ボーリング孔位置図、ボーリングコアの対比写真、試料採取結果一覧表、ボーリング地点の海底面状況を、それぞれ、図 3-2-2-1、図 3-2-2-2、図 3-2-2-3、表 3-2-2-2、表 3-2-2-3、に示す。さらに、添付資料 1～7 に、それぞれ、ボーリング地点の海底写真、ボーリングコア写真、ボーリング柱状図、LC 及び MC の海底写真、LC 及び MC の柱状図、コバルトクラストの記載を示す。さらに、MBES 音圧図における濃色部と淡色部の境界部において、MBES 音圧と実際の露出状況の関係を把握するため、船速 6 ノットで詳細な音響調査を山頂東部と西部で実施した。音圧図を試料採取地点の海底写真とともに図 3-2-2-4（SBP01 測線及び SBP02 測線）と図 3-2-2-5（SBP03 測線）に示す。

各試料採取地点の状況及び採取物は以下の通りである。

#### 3-2-2-1 02SMS01BMS01 地点

ボーリング地点：02SMS01BMS01 地点は、海山の山頂部の南西部に位置し、山頂部の上位と下位の平坦面の上に存在する水深 1,300～1,400m の斜面の下部で、山頂域のコバルトクラストの発達状況を把握するために実施した。MBES 音圧図では水深 1,300～1,400m の間は濃色域が山頂部を取り囲むよう環状に分布し、この斜面は露岩域であることを示唆している。本地点において、ほぼ東西に西から東へ 50～100m 間隔で、A（掘進長 37cm）、B（掘進長 40cm）、C（掘進長 34cm）の 3 孔のボーリングを実施した。

海底面状況：BMS01 地点周辺の海底面状況は、表面が径 10～50cm 程度の球形～長楕円状～不規則形をなす盛り上がりを持つクラストが薄く堆積物に覆われて露出率 20～30%で露出する。表面の組織はブドウ状をなす。掘削地点 A 孔の海底面状況はクラストの露出部と露出部の間で、薄く堆積物に覆われた地点であり、B 孔及び C 孔は不定形をなすクラスト露出部の縁で、両地点ともにやや湾曲したクラスト面上で掘削した。

コバルトクラスト：A、B、C の 3 孔ともに表層部でコバルトクラストを採取した。A 孔では、厚さ 60mm のクラストが 2 層構造をなして存在する。B 孔ではコバルトクラストがボーリングコアの上部 5cm を占めるが、表層部に厚 15mm のコバルトクラスト礫が存在し、その下部のコバルトクラストは厚さ 10mm で核なす岩石を取り巻くノジュールの産状をなす。C 孔では表層部から深度 5cm までコバルトクラストが存在し、コアが礫状に破碎して詳細は不明であるが、厚さ 50mm のクラストが存在すると思われる。したがって、BMS01 地点のコバルトクラストの層厚は、3 孔の単純平均で

表 3-2-2-1 MS01海山過年度調査結果

番号	採取点番号	着底			離底			水深 (m)	地形区分	採取物 岩石	採取物 コブクラストタイプ
		緯度	経度	水深 (m)	緯度	経度	水深 (m)				
1	96SMS01LC01	14° 23.927' N	160° 50.115' E	4,267				西斜面下部	泥、有孔虫砂、火砕岩		
2	96SMS01LC02	14° 27.891' N	160° 56.625' E	1,195				北東山頂縁辺部	有孔虫砂、軟泥		
3	96SMS01LC03	14° 21.990' N	160° 57.401' E	1,226				西山頂縁辺部		クラスト	
4	96SMS01LC04	14° 18.904' N	161° 01.419' E	1,218				南山頂縁辺部		クラスト	
5	96SMS01LC05	14° 21.992' N	161° 09.093' E	1,317				東山頂縁辺部		クラスト	
6	96SMS01LC06	14° 26.002' N	161° 04.378' E	1,234				北東山頂縁辺部	-	-	
7	96SMS01AD07	14° 16.823' N	161° 00.337' E	2,218	14° 17.129' N	161° 00.823' E	2,014	南斜面中部	玄武岩、礫岩	クラスト	
8	96SMS01AD08	14° 17.888' N	161° 02.076' E	1,815	14° 18.161' N	161° 02.592' E	1,625	南斜面上部	玄武岩、石灰岩	クラスト	
9	96SMS01AD09	14° 15.432' N	161° 03.843' E	3,284	14° 15.861' N	161° 04.471' E	3,227	南斜面下部	礫岩、泥岩	礫状クラスト、ゾジュール	
10	96SMS01AD10	14° 17.023' N	161° 05.923' E	2,825	14° 17.394' N	161° 06.472' E	2,762	南斜面下部	火山礫凝灰岩、礫岩	クラスト、ゾジュール	
11	96SMS01AD11	14° 26.010' N	161° 04.368' E	1,242	14° 25.621' N	161° 04.830' E	1,269	北東山頂縁辺部	玄武岩	クラスト、ゾジュール	
12	96SMS01AD12	14° 18.980' N	161° 04.831' E	1,408	14° 19.214' N	161° 05.368' E	1,265	南山頂縁辺部	礫岩	礫状クラスト	
13	96SMS01AD13	14° 21.217' N	160° 53.234' E	2,398	14° 21.193' N	160° 53.685' E	2,089	西斜面中部	玄武岩	クラスト	
14	96SMS01LC14	14° 28.299' N	160° 56.410' E	1,231				北西山頂縁辺部		クラスト	

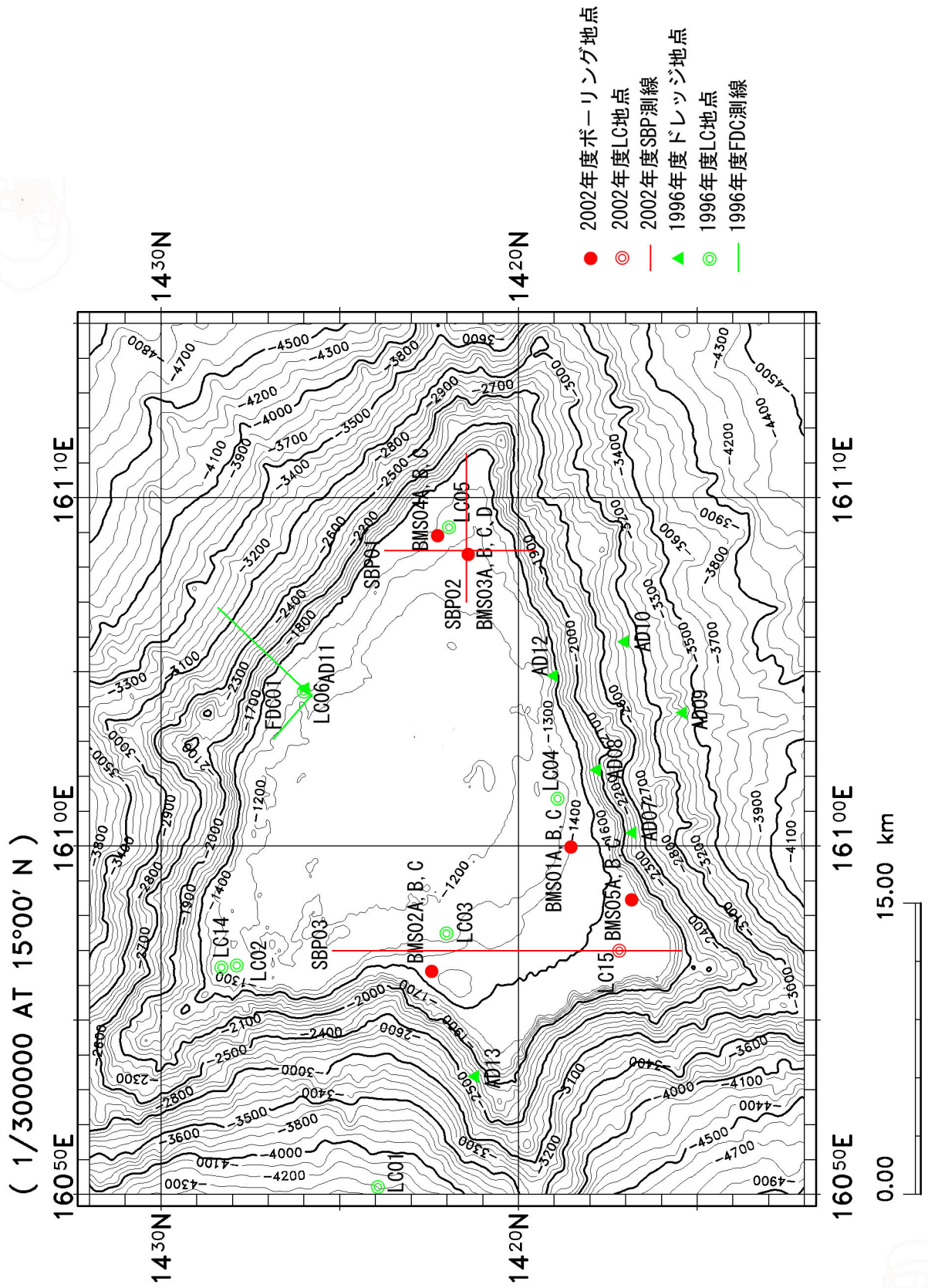


図 3-2-2-1 MS01海山試料採取位置図

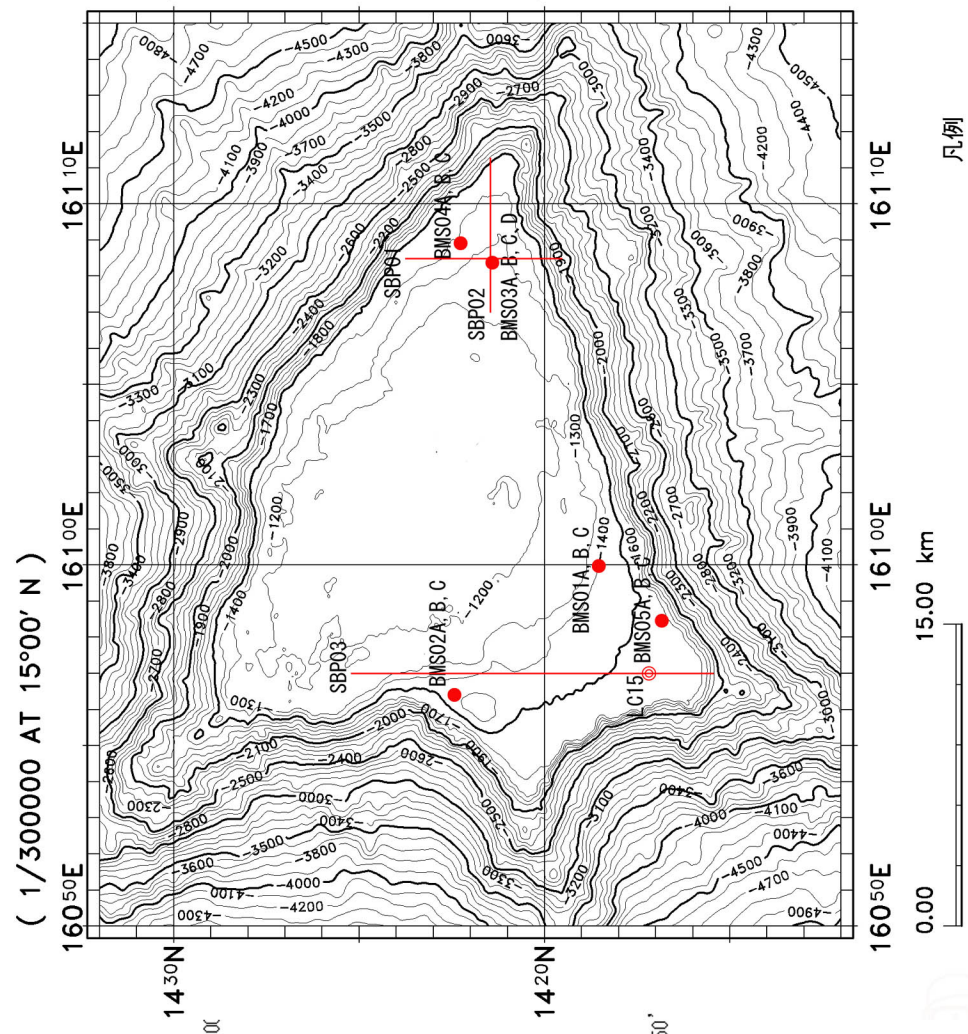
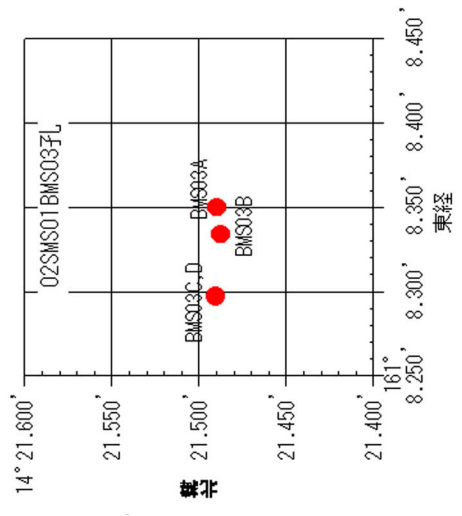
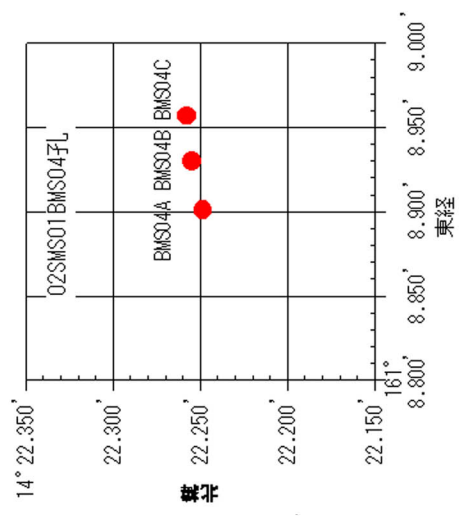
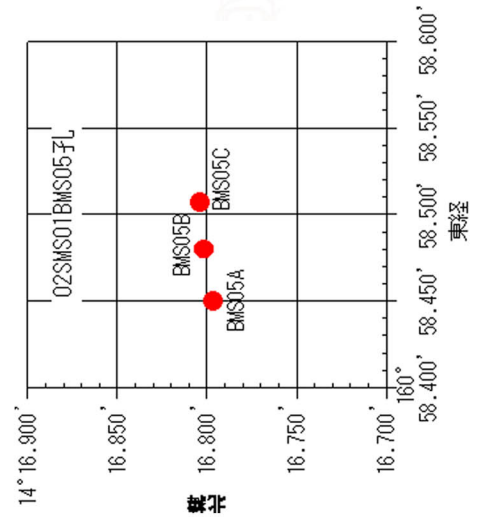
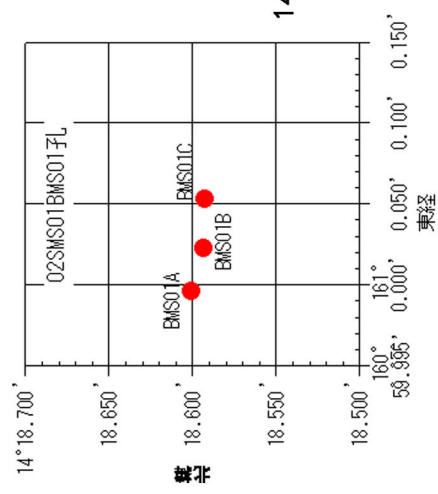
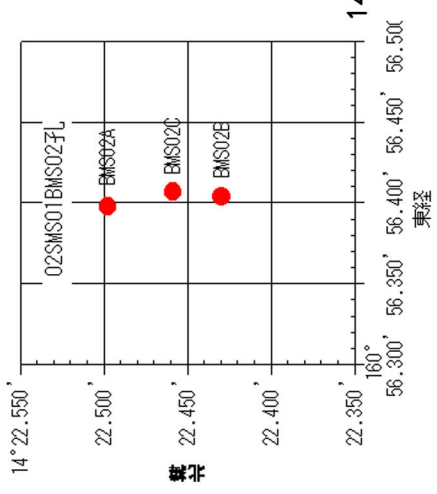
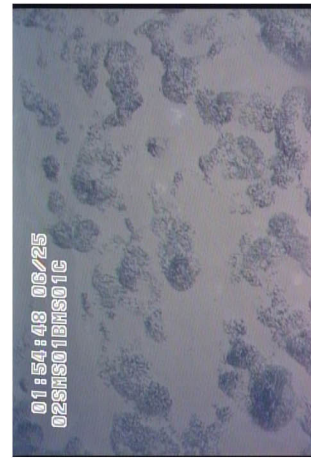
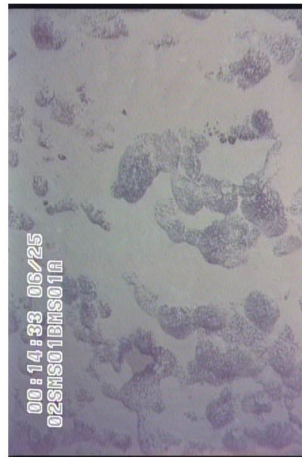
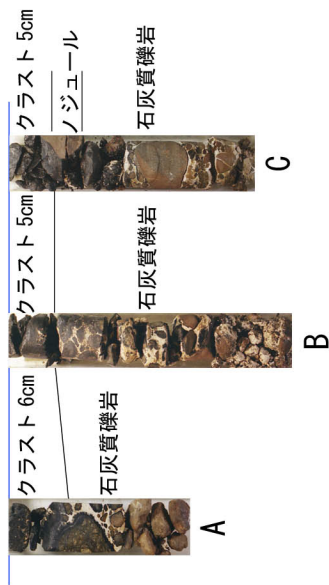
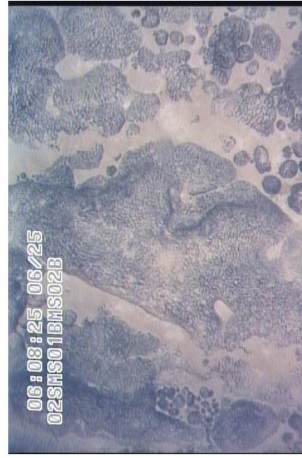
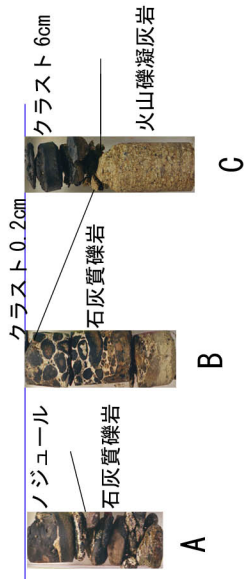


図3-2-2-2 MS01海山ボーリング孔位置図

SMS01BMS01



SMS01BMS02



SMS01BMS03

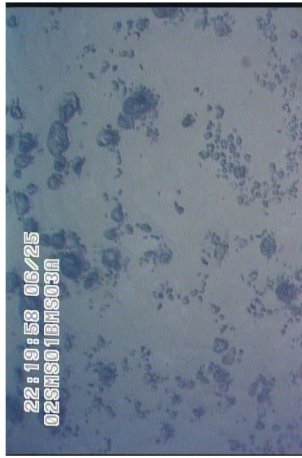
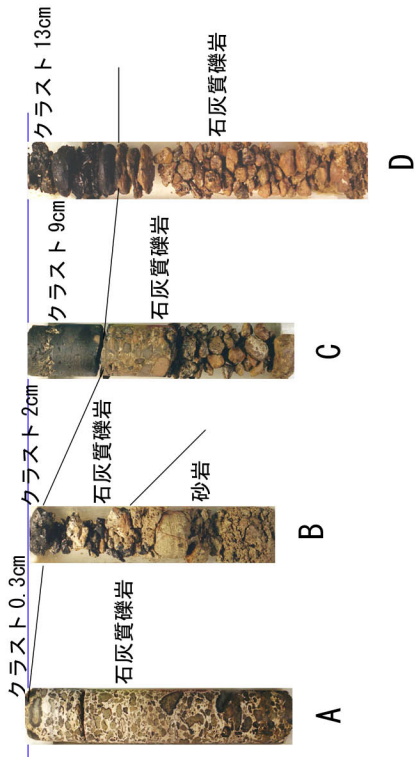
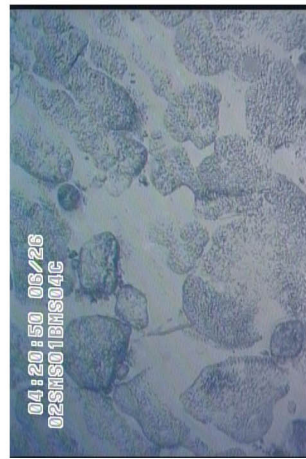
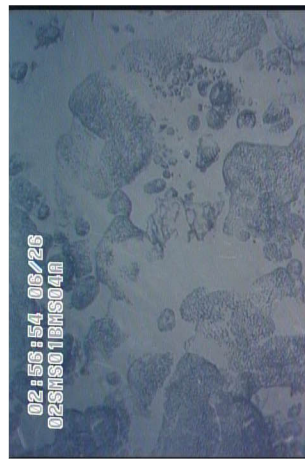
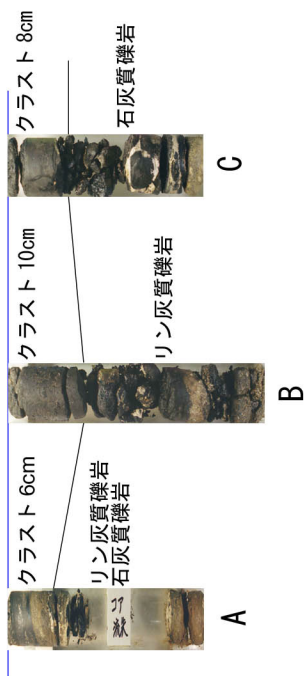


図3-2-2-3 MS01 海山ボーリングコアの対比写真(1)



SMS01BMS04



SMS01BMS05

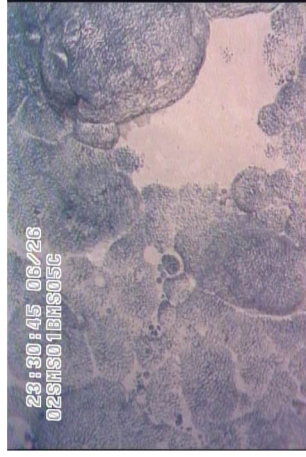
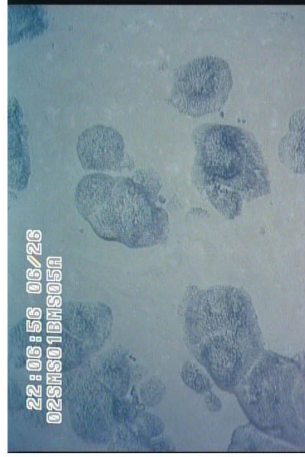
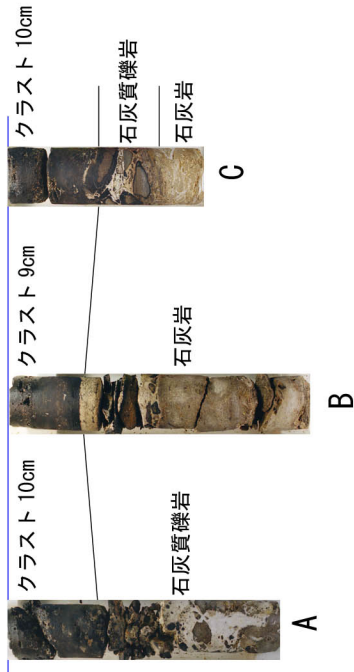


図3-2-2-3 MS01 海山ボーリングコアの対比写真(2)

表 3-2-2-2 MS01 海山試料採取結果一覽表

番号	地点名	BMS地点	緯度		水深 (m)	コア- ハベル	掘削深度 (cm)		掘進長 (cm)	コア長 (cm)	採取率 (%)	堆積物 (cm)	採取物 (cm)
			緯度	経度			開始	終了					
1	BMS01	02SMS01BMS01A	14° 18.600' N	160° 59.997' E	1,388	1	0	37	37	24	73	4	コア (6), 石灰質礫岩 (18)
2		02SMS01BMS01B	14° 18.593' N	161° 00.024' E	1,385	1	0	40	40	35	88	0	コア (5), 石灰質礫岩 (30)
3		02SMS01BMS01C	14° 18.592' N	161° 00.054' E	1,382	1	0	34	34	32	94	0	コア (5), ジェール (4), 石灰質礫岩 (23)
4	BMS02	02SMS01BMS02A	14° 22.497' N	160° 56.400' E	1,461	1	0	49	49	19	42	4	ジェール (4), 石灰質礫岩 (15)
5		02SMS01BMS02B	14° 22.458' N	160° 56.409' E	1,457	1	0	35	35	20	74	8	石灰質礫岩 (16), 砂岩 (4)
6		02SMS01BMS02C	14° 22.429' N	160° 56.405' E	1,457	1	0	34	34	21	70	4	コア (6), 火山礫凝灰岩 (15)
7		02SMS01BMS03A	14° 21.489' N	161° 08.351' E	1,286	1	0	49	49	34	100	15	石灰質礫岩 (34)
8	BMS03	02SMS01BMS03B	14° 21.487' N	161° 08.335' E	1,287	1	0	36	36	33	92	0	コア (2), 石灰質礫岩 (11), 砂岩 (20)
9		02SMS01BMS03C	14° 21.490' N	161° 08.298' E	1,287	1	0	40	40	34	87	1	コア (10), 石灰質礫岩 (24)
10		02SMS01BMS03D	14° 21.490' N	161° 08.298' E	1,287	1	0	162	162	45	28	0	コア (13), 石灰質礫岩 (32)
11		02SMS01BMS04A	14° 22.248' N	161° 08.902' E	1,376	1	0	71	71	25	37	4	コア (6), 礫質礫岩 (19)
12	BMS04	02SMS01BMS04B	14° 22.254' N	161° 08.931' E	1,381	1	0	42	42	34	81	0	コア (10), 礫質礫岩 (24)
13		02SMS01BMS04C	14° 22.257' N	161° 08.958' E	1,383	1	0	46	46	25	56	1	コア (8), 石灰質礫岩 (17)
14		02SMS01BMS05A	14° 16.796' N	160° 58.451' E	1,585	1	0	35	35	35	100	0	コア (10), 石灰質礫岩 (25)
15	BMS05	02SMS01BMS05B	14° 16.801' N	160° 58.481' E	1,584	1	0	40	40	39	100	1	コア (9), 石灰岩 (30)
16		02SMS01BMS05C	14° 16.803' N	160° 58.508' E	1,586	1	0	36	36	26	72	0	コア (10), 石灰質礫岩 (8), 石灰岩 (8)
17		02SMS01LC15	14° 17.195' N	160° 57.014' E	1,542					155			有孔虫砂 (155)

表3-2-2-3 MS01海山ボーリング地点の海底面状況1/2

番号	地点名	BMS地点	掘削位置		水深 (m)	掘削地点周辺の海底面状況	掘削地点の状況	堆積物 (cm)	コハルトテスト厚さ (mm)、母岩
			緯度	経度					
1	BMS01	02SMS01BMS01A	14° 18.600' N	160° 59.997' E	1,388	表面が径10~50cm程度の長楕円状、円形、不規則な形をなす盛り上がりを持つクラストが薄く堆積物に覆われて露出率20%程度で露出。ブドウ状の表面を持つ。	長径10cm程度の不定形のクラストの露出部分分布し、掘削地点は薄く堆積物に覆われた地点。	4	クラスト 60 石灰質礫岩
2		02SMS01BMS01B	14° 18.593' N	161° 00.024' E	1,385	表面が不定形を成すふくらみを持つクラストが薄く堆積物に覆われ露出率25%で露出。表面はブドウ状。	不定形のクラスト露出部分で、やや球形を成して湾曲した表面で掘削。	0	クラスト (ノジュール) 25 石灰質礫岩
3		02SMS01BMS01C	14° 18.592' N	161° 00.054' E	1,382	薄く堆積物に覆われ、表面ブドウ状を成すクラストが径10~50cm程度の不定形をなして露出率30%で露出。	不定形のクラストの露出部分の端で、径8cm程度の球状にやや盛り上がった地点で掘削。	0	クラスト50、 ノジュール 20 石灰質礫岩
4	BMS02	02SMS01BMS02A	14° 22.497' N	160° 56.400' E	1,461	径10~20cmの球状ないしは球状のものが結合したような露出部分を示すクラストが露出率20%で露出。それらの間に径数cm程度のノジュールが散乱する。	掘削地点は球状ないしは不規則な形を成すクラストの露出部分の間の未固結堆積物に覆われた部分。	4	ノジュール 30 石灰質礫岩
5		02SMS01BMS02B	14° 22.458' N	160° 56.409' E	1,457	表面の凹凸がやや著しいクラストが薄く堆積物をかぶり、不定形、一部球形をなして露出率30%程度で露出。表面はブドウ状。それらの間に径5cm程度のノジュールが被覆率1%程度で散在。	掘削地点はクラストの露出部分の間の堆積物におお覆われた地点で、径5cmのノジュールの近傍。	8	クラスト 2、 ノジュール 10 石灰質礫岩 砂岩
6		02SMS01BMS02C	14° 22.429' N	160° 56.405' E	1,457	一部球状のふくらみを持つが、比較的平坦な表面を持つ盤状のクラストが薄く堆積物に覆われ露出率40%で露出。	掘削地点はクラストの露出部分に囲まれた薄く堆積物に覆われた地点。	4	クラスト 60 火山礫凝灰岩
7	BMS03	02SMS01BMS03A	14° 21.489' N	161° 08.351' E	1,286	径10cm前後の球状から長楕円状の礫状クラスト及び堆積物に覆われたクラストが露出率5%程度で露出。それらの間に径5cm程度のノジュールが被覆率1%で露出。	掘削地点は礫状クラストの間の堆積物に覆われた地点。	15	クラスト 3 石灰質礫岩
8		02SMS01BMS03B	14° 21.487' N	161° 08.335' E	1,287	巨礫の集合物状の表面のクラスト。やや堆積物に覆われる部分は径10~20cmの球状~長楕円体状に露出。露出率20~90%。表面はブドウ状。	掘削地点はこぶ状の表面を持つ盤状のクラスト上。	0	クラスト 20 石灰質礫岩 砂岩
9		02SMS01BMS03C	14° 21.490' N	161° 08.298' E	1,287	リップルマーク状にクラスト表面の凸部が方向性を持って配列する平坦な表面の盤状クラスト。露出率は10%程度であるが、堆積物は薄い。表面ブドウ状。	掘削地点はほぼ平坦な盤状のクラスト上で、薄く堆積物に覆われる。	1	クラスト 100 石灰質礫岩
10	02SMS01BMS03D	14° 21.490' N	161° 08.298' E	1,287	C地点から1m程度離れた地点。	ほぼ平坦な表面を持つ盤状のクラスト上。	0	クラスト 130 石灰質礫岩	

表3-2-2-3 MS01海山ボーリング地点の海底面状況2/2

番号	地点名	BMS地点	掘削位置		水深 (m)	掘削地点周辺の海底面状況	掘削地点の状況	堆積物 (cm)	コハルトテスト厚さ (mm)、母岩
			緯度	経度					
11		02SMS01BMS04A	14° 22.248' N	161° 08.902' E	1,376	ややこぶ状の凹凸を成す表面を持つが比較的平坦な表面を持つ盤状のクラストが露出率20～40%で露出。表面はブドウ状。	比較的平坦な表面を持つ盤状のクラストが薄く堆積物に覆われた地点で、掘削地点はやや段差の付いた斜面。	4	テスト 燐灰質燐岩
		02SMS01BMS04B	14° 22.254' N	161° 08.931' E	1,381	表面は長さ1m程度の長軸の楕円状成す盛り上がりを持つが、比較的平坦な表面を持つ盤状のクラストで露出率50%程度。表面はブドウ状。	比較的平坦な表面を持つ盤状のクラスト状を掘削。	0	テスト 燐灰質燐岩
		02SMS01BMS04C	14° 22.257' N	161° 08.958' E	1,383	表面は径10～30cmの球状から楕円状のふくらみを持つ盤状のクラストで露出率40%で露出。表面はブドウ状。	比較的平坦な盤状のクラスト上で掘削。	1	テスト 石灰質燐岩
14		02SMS01BMS05A	14° 16.796' N	160° 58.451' E	1,585	径10～30cmの球状～長楕円状のふくらみを持つクラストが堆積物に覆われ露出率20%で露出。ブドウ状表面を持つ。	径10～30cmの球状の盛り上がりを作り成してクラストが露出し、掘削地点はその露出部の縁。	0	テスト 100 石化質燐岩
		02SMS01BMS05B	14° 16.801' N	160° 58.481' E	1,584	表面に径10～30cm程度の球状～長楕円状の盛り上がりを持つクイラストが、露出率10%程度で露出。	径10～30cm程度の盛り上がり部分が露出。露出部の間の堆積物に薄く覆われる地点で掘削。	1	テスト 90 石灰岩
16		02SMS01BMS05C	14° 16.803' N	160° 58.508' E	1,586	AやB点と類似した産状を成すが、露出状況は良い。表面は径10～50cm程度の球状～楕円状の盛り上がり部が結合した様な産状を示す盤状のクラスト。露出率70～80%。表面はブドウ状。	径30cm程度のふくらみが結合したような産状を示す盤状クラストの、ふくらみ部とふくらみ部の間で掘削。	0	テスト 100 石灰質燐岩 石灰岩

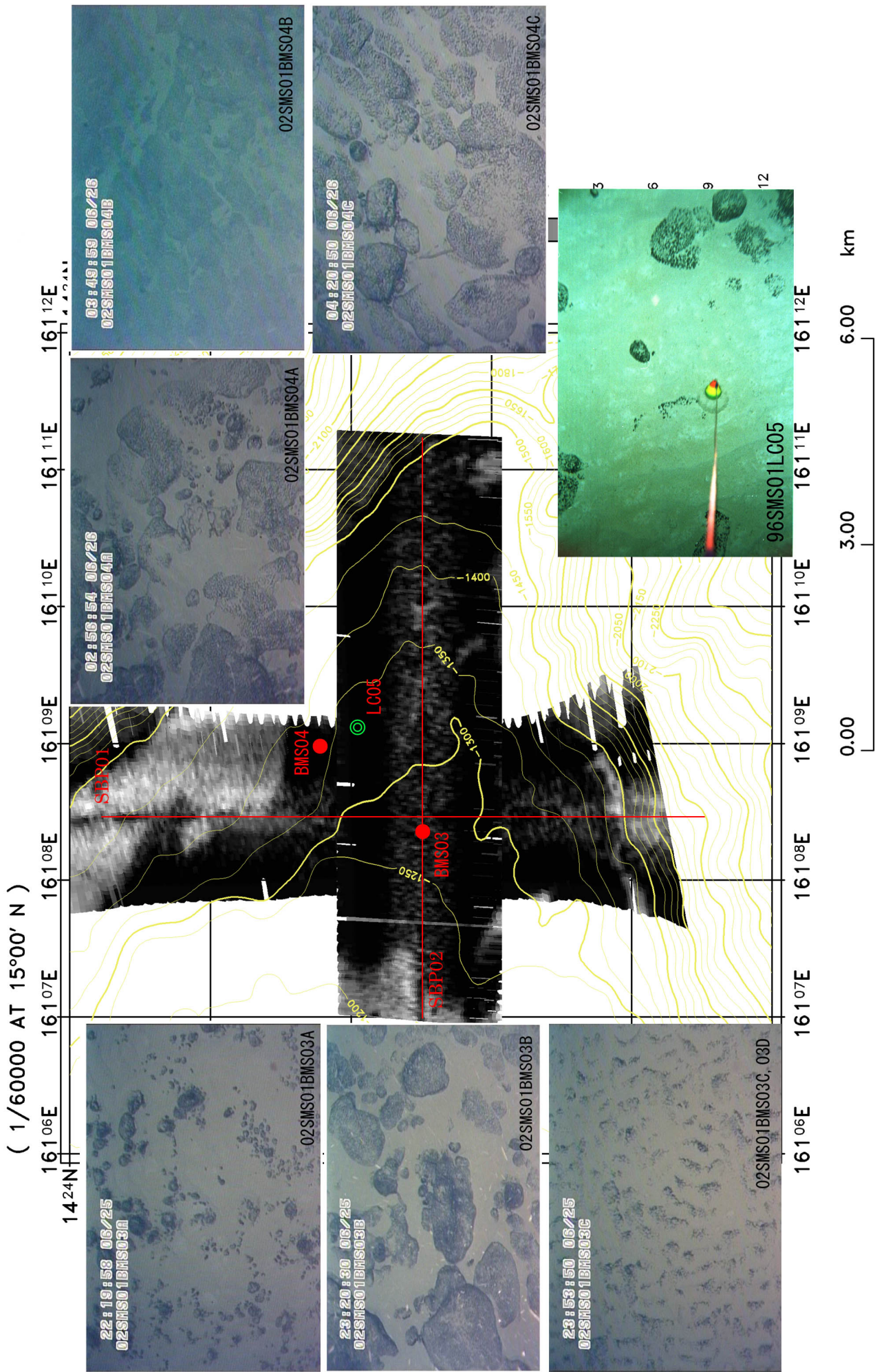


図 3-2-2-4 MS01海山SBP01及びSBP02測線の音圧図

( 1/100000 AT 15°00' N )

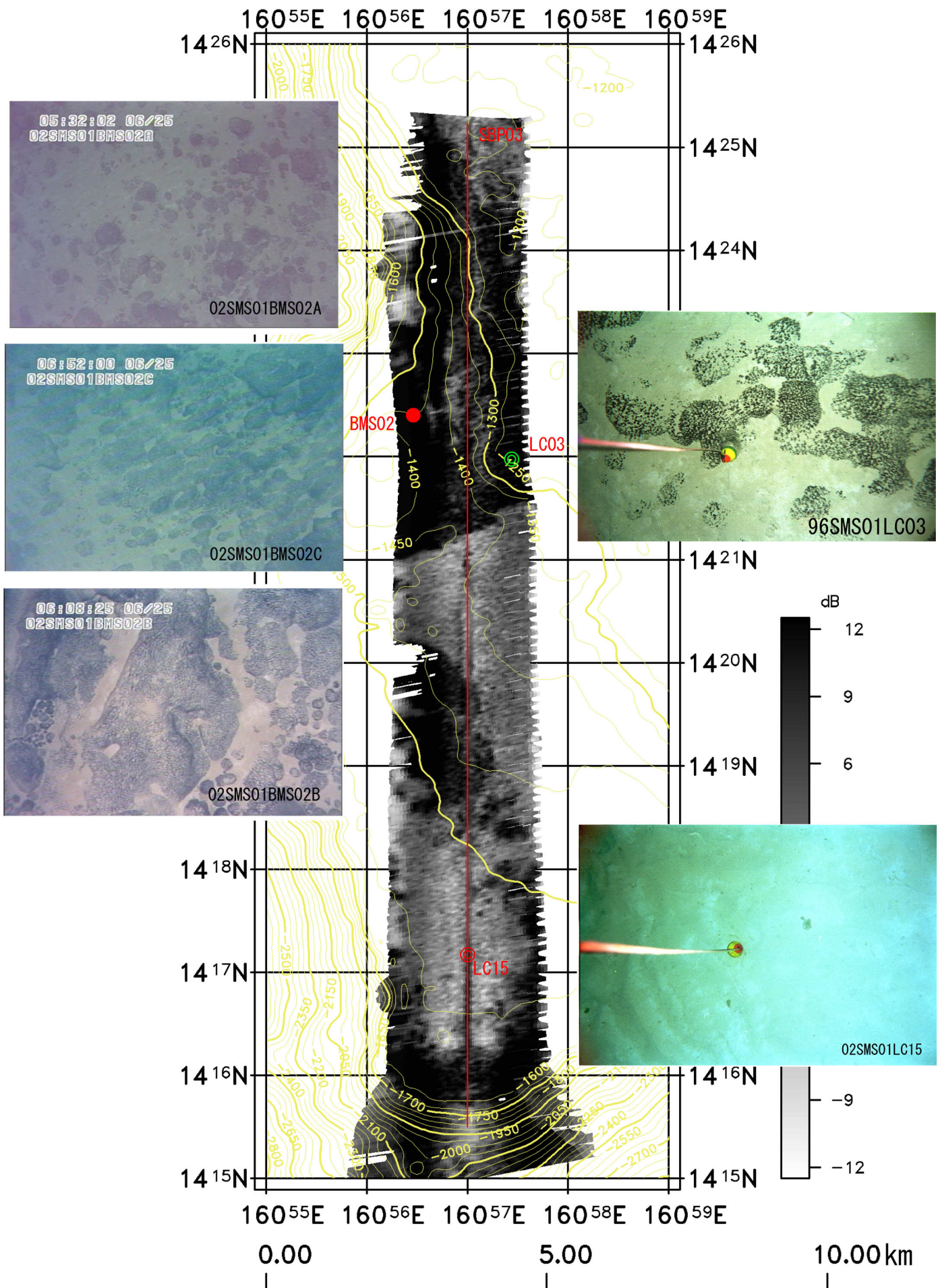


図 3 - 2 - 2 - 5 MS01海山SBP03測線の音圧図

45mm である。

岩石試料:コバルトクラストの下部にはA,B,Cの3孔ともに石灰質の礫岩が存在し、BMS01地点周辺では石灰質礫岩が分布していると思われる。石灰質礫岩の基質は白色の石灰岩で有孔虫殻を含む部分も見られる。礫は径0.5~8cmの褐色~暗褐色のガラス質、無斑晶の玄武岩の角礫である。これら玄武岩の礫は1~10mmのマンガン酸化物に覆われるものも在り、石灰質の基質が形成される前かあるいはそれと同時にマンガン酸化物の形成が開始していたと思われる。

### 3-2-2-2 02SMS01BMS02 地点

ボーリング地点: BMS02は、山頂部の西部に位置し、水深約1,460mの地点である。山頂部の南西部では、水深1,400~1,600mの間に山頂部の下位平坦面が広く分布し、この平坦部の北部ではMBES音圧の濃色域が比較的広く分布する。この山頂部下位の平坦面におけるコバルトクラストの発達状況を把握するためBMS02を実施した。本地点において、ほぼ南北に北から南へ50~100m間隔で、A(掘進長49cm)、C(掘進長34cm)、B(掘進長35cm)の3孔のボーリングを実施した。

海底面状況: A孔及びB孔周辺は類似した海底面状況を示し、クラスト露出表面の凹凸がやや著しく、堆積物に覆われて露出部が球形ないしは不定形をなして露出率20~30%で露出する。堆積物上には径数cmのノジュールが散在する。C孔周辺では比較的平坦な露出面を持つ盤状のクラストが露出率40%で分布する。A、B、C孔ともに露出部と露出部間の堆積物上で掘削を行ったがA孔及びB孔では露出面の凹凸が比較的著しく、C孔は比較的平坦な表面をなす。

コバルトクラスト: 3孔ともにコバルトクラストを採取したが、それぞれの地点でコバルトクラストの産状は異なる。A孔では厚さ4cmの堆積物に覆われて径7cm程度、層厚30mmのノジュールが存在する。このノジュールは、産状からその下部に存在する石灰質礫岩の礫の一部と思われる。B孔では表層の堆積物は8cmと他の2孔に比べて厚く、厚さ2mmのクラストに覆われて、径1~3cm、層厚2-10mmのノジュールを含む石灰質礫岩が存在する。C孔では、3層構造をなす、厚さ60mmのクラストを採取した。これら3孔を単純平均すると、BMS02地点のコバルトクラストの層厚は31mmとなる。しかし、比較的平坦な露出面を持ち、堆積物の被覆が薄い地点では厚さ60mmのクラストが発達しており、B孔の様に表層の堆積物がやや厚いとコバルトクラストの層厚は薄い可能性がある。

岩石試料：A 孔では石灰質の礫岩を採取した。基質は白色、緻密な石灰質で、径 5～30mm の褐色、ガラス質の玄武岩礫や径 1～5mm のマンガン酸化物の礫を含み、玄武岩礫の一部は、厚さ 1-5mm のマンガン酸化物に覆われる。B 孔では、上部の 16cm は A 孔と同様のマンガン酸化物に覆われた玄武岩礫を含む石灰質の礫岩で、下部の 4cm は黄灰色の凝灰質の砂岩である。C 孔では、クラストの下部に淡黄褐色を呈し、径 2～10mm の火山岩片を含む火山礫凝灰岩が存在する。したがって、BMS02 地点は、石灰質礫岩が部分的に存在するが、凝灰質岩が卓越すると考えられる。

### 3-2-2-3 02SMS01BMS03 地点

ボーリング地点：山頂部の東部では、上位と下位の平坦面の境界が不鮮明で、水深 1,200～1,500m 間に緩やかな傾斜の斜面が連続し、MBES 音圧図においても濃色域である。02SMS01BMS03 は、この緩やかな斜面域の上部の水深 1,290m 地点で、山頂東部地域のコバルトクラストの発達状況を確認するため実施した。本地点において、ほぼ東西に東から西へ 30～60m の間隔で、A (掘進長 49cm)、B (掘進長 36cm)、C (掘進長 40cm) の 3 孔のボーリングを実施し、さらに C 孔掘削後、1m 程度 BMS を移動し、基盤岩の性状を確認する目的で D 孔 (掘進長 162cm) を実施した。

海底面状況：掘削地点周辺の海底面の状況は、それぞれの掘削地点において異なる。A 孔周辺では、露出率はやや悪く、径 10cm 前後の礫状クラストや堆積物に覆われたクラストが 5% 程度の露出率で分布し、堆積物上には径 5cm 程度のノジュールが散在する。A 孔の掘削地点は、堆積物上で、周辺に礫状クラストが散在する。B 孔周辺では、露出表面が径 10～20cm の球状ないしは長楕円状のふくらみ呈するクラストが露出率 20～90% で露出する。このクラスト上で B 孔の掘削を行った。C 孔及び D 孔周辺では、クラストの露出面は比較的平坦で盤状クラストが薄く堆積物に覆われて露出し、その表面の凸部が方向性を持って配列してリップルマークのような様相を呈する。C 孔及び D 孔はこの平坦な露出面を持つクラスト上で掘削を行った。

コバルトクラスト：A 孔では厚さ 15cm のやや厚い堆積物に覆われその下部に石化質礫岩が存在するが、その表面のクラストは薄く厚さ 3mm である。B 孔ではコアが礫状に破碎しているため詳細は不明であるが、厚さ 20mm のクラストが 2 層構造をなして存在すると思われる。C 孔では 2 層構造をなす厚さ 100mm のクラストを採取し、D 孔ではコアが礫状に破碎しているため詳細は不明であるが、厚さ 130mm のクラストが存在すると推定される。BMS03 地点でも BMS02 地点同様、堆積物の被覆が 15cm と厚い A 孔では、コバルトクラストは 3mm と薄い。A、B、C の 3 孔の単純平均をみると BMS03 地点の層厚は 41mm となる。



岩石試料：A,B,C,D の4孔で石灰質の礫岩を採取した。気質は白色～灰白色の緻密な石灰岩で、径2～30mmの褐色、ガラス質玄武岩の亜角礫を含む。一部の玄武岩礫は1-3mm程度のマンガン酸化物に覆われる。B孔では石灰質礫岩の下部に灰褐色の凝灰質砂岩が存在する。

#### 3-2-2-4 02SMS01BMS04 地点

ボーリング地点：BMS04 地点は山頂東部で、BMS03 地点より3km程度北東方向に位置する。この地点では、山頂部の上位と下位の平坦面が見られ、BMS04 はこれらの平坦面を隔てる水深1,300m～1,400mの斜面の下部、水深1,380mの地点で、山頂東部地域のコバルトクラストの発達状況を確認するため実施した。本地点において、50～100mの間隔を隔て三角形をなすようにA（掘進長71cm）、B（掘進長42cm）、C（掘進長46cm）の3孔ボーリングを実施した。

海底面状況：掘削地点周辺の海底面状況は、3孔ともほぼ類似している。クラストの露出面は、やや球状ないしは楕円状のふくらみを持つが凹凸は小さく、比較的平坦な露出面を持つ盤状のクラストが露出率20～50%で露出する。3孔ともに、比較的平坦な露出面を持つ盤状のクラスト上で掘削を行ったが、A孔の掘削地点は表面がやや傾斜した地点である。

コバルトクラスト：A、B、Cの3孔で厚さそれぞれ60mm、100mm、80mmのクラストを採取した。A孔及びC孔では2層構造で、B孔は3層構造をなし、C孔では層構造は水平であるが、A孔及びB孔では層構造は水平面より30°程度傾斜している。BMS04 地点では、3孔ともほぼ類似した海底面状況の地点で掘削し、比較的類似した層厚のクラストを採取した。本地点のクラストの層厚は3孔の単純平均から80mm程度と考えられる。

岩石試料：A,B,Cの3孔で石灰質の礫岩あるいはそれが磷酸塩化した燐灰質の礫岩を採取し、径1～5cmの玄武岩やマンガン酸化物の礫を含む。

#### 3-2-2-5 02SMS01BMS05 地点

ボーリング地点：BMS05 は山頂部の南西部に位置し、水深1,585mの地点である。山頂部の南西部では、水深1,400～1,600mの間に山頂部の下位平坦面が分布し、この平坦面のコバルトクラストの発達状況を把握するためBMS05を実施した。本地点において、ほぼ東西に西から東へ約50m間隔で、A（掘進長35cm）、B（掘進長40cm）、C（掘進長36cm）の3孔のボーリングを実施した。

海底面状況：A 孔及び B 孔の掘削地点周辺の状況は類似しており、露出面が径 10~30cm 程度の球状~楕円体状のふくらみをなすクラストが堆積物に覆われ露出率 10~20%で露出する。C 孔周辺では、A 孔及び B 孔と類似した露出面を持つクラストが分布するが露出率がこれらの地点より高く 70-80%で、球状や楕円体状のふくらみが結合したような産状を示す盤状クラストが露出する。A 孔の掘削地点は、球状の盛り上がり部の縁に位置し、B 孔及び C 孔の掘削地点は球状のふくらみ部とふくらみ部の間の境界部である。

コバルトクラスト：A、B、C の 3 孔でクラストを採取し、厚さはそれぞれ 100mm、90mm、100mm と類似した厚さを示す。A 孔で 2 層構造、B 孔及び C 孔で 3 層構造をなすが、いずれもこれらの層構造の境界は水平面から 10~30° 傾斜しており、掘削地点が球状のふくらみ部ないしはふくらみ部の境界部であることを反映している。本地点では、露出率がやや異なるが 3 孔ともほぼ類似した海底面状況の地点で掘削し、類似した層厚のクラストを採取した。本地点のクラストの層厚は 3 孔の単純平均から 97mm と考えられる。

岩石試料：A、B、C の 3 孔で石灰質礫岩及び石灰岩を採取した。A 孔では全体的に石灰質の礫岩で、白色、緻密な石灰質の基質と径 5~50mm の暗灰色~灰褐色の玄武岩礫からなり、一部の玄武岩礫は厚さ数 mm のマンガン酸化物に覆われる。C 孔では、これと同様の石灰質礫岩がクラスト直下から 8 cm に渡って見られ、その下部は淡褐色の貝化石を含む石灰岩である。B 孔ではクラストの下部に玄武岩礫を含む部分が存在するが全体的には灰褐色の石灰岩である。

### 3-2-2-6 LC による試料採取結果

MS01 海山では LC は 02SMS01LC15 の 1 点のみ実施した。山頂部南東部の下位平坦面の中央部は MBES 音圧図では淡色を示し、この地点の堆積物の状況を把握する目的で実施した。本 LC ではコア長 155cm で有孔虫砂を採取し、海底写真でも全体的に未固結堆積物に覆われている。

### 3-2-3 地質

今年度の調査で採取した岩石試料とコバルトクラストのタイプを、過年度の試料採取結果とともに図 3-2-3-1 に示す。

本調査で採取した特徴的な岩石試料に対し薄片観察、化学分析、化石鑑定を実施し、未固結堆積物に対して化石鑑定を実施した。

#### 3-2-3-1 地質状況

過年度の調査結果も含めると MS01 海山では、玄武岩、火山礫凝灰岩、石灰岩、礫岩、砂岩、泥岩等の岩石と有孔虫砂をコバルトクラストともに採取した。

本海山では、礫岩が山頂部から斜面部において随所で採取され、特に、今年度ボーリングを実施した山頂縁辺部ではすべての地点で玄武岩の礫を含む礫岩を採取した。玄武岩は、一部、山頂部で採取したが、ほとんどの場合、斜面上部でドレッジにより石灰岩や礫岩とともに採取した。それ以外では、火山礫凝灰岩と砂岩及び泥岩を限られた地点で採取した。

それぞれの岩石の分布状況及び特徴は以下のとおりである。

玄武岩：玄武岩は過年度の調査において、斜面上部で3点、山頂部で1点のドレッジで採取されており、暗褐色～褐色の細粒、緻密ないしは多孔質の岩石である。今年度の調査では、玄武岩はすべて礫岩中の礫として採取したのみであり、過年度採取した玄武岩とほぼ類似した岩石で、暗褐色～褐色、ガラス質の無斑晶の玄武岩である。

礫岩：礫岩は山頂部から斜面部に渡って広く分布する。石灰質礫岩、それらが燐灰石化したと思われる燐灰質礫岩、さらに砂質～泥質の基質を持つものがあるが、礫はいずれも玄武岩の垂角礫である。今年度の BMS による調査では、すべての地点で石灰質ないしは燐灰質の礫岩を採取した。BMS03D では掘進長 1.62m に渡って石化質礫岩を採取し、比較的厚く存在していると思われる。これら礫岩はいずれも、5～50mm 程度の玄武岩の垂角礫を含み、それらの礫はマンガン酸化物に覆われていることが多く、石灰質の基質の形成前ないし形成中にマンガン酸化物の沈殿が開始していたと考えられる。

石灰岩：石灰岩は過年度の調査で AD08 において、径数 cm の礫を採取したのみであるが、今年度も BMS05 地点の B 孔及び C 孔で採取したのみである。B 孔の石灰岩は、細粒の屑砕性岩片を含む石灰岩で、C 孔では貝化石を含む浅海性の石灰岩である。

火山礫凝灰岩：火山礫凝灰岩が採取されたのは2地点のみで、過年度の AD10 及び BMS02 地点の C 孔である。いずれも、淡黄褐色の基質をなし、径 2～10mm の玄武岩礫を含む岩石である。

( 1/300000 AT 15°00' N )

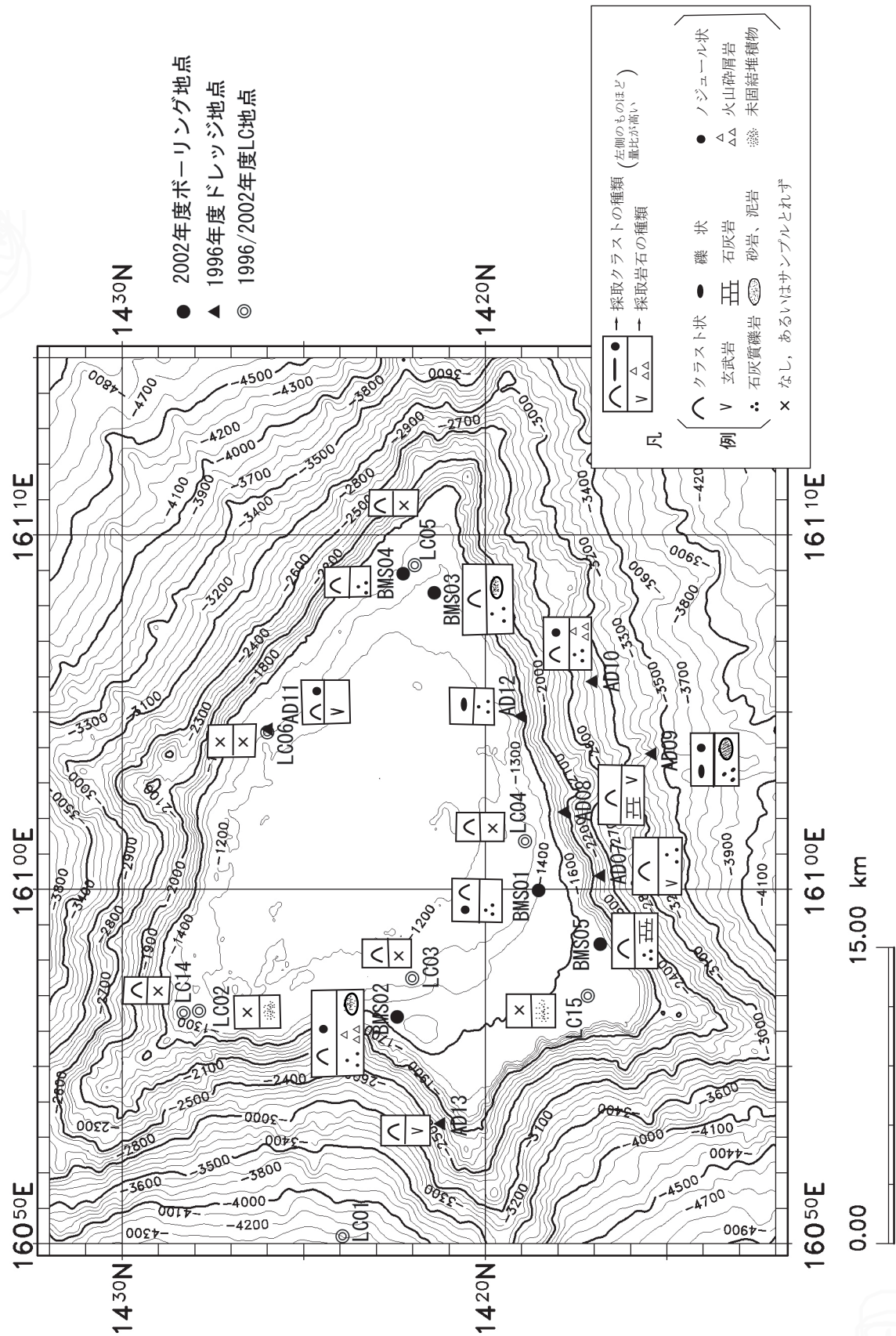


図3-2-3-1 MS01海山岩石とコバルトクラストの分布図

砂岩・泥岩：過年度に AD09 で泥岩が少量採取されており、BMS02B 孔及び BMS03B 孔において石灰質礫岩の下部で凝灰岩の砂岩を採取した。

以上の点から、MS01 海山では、基盤をなすと思われる玄武岩が存在するが、表層部は、玄武岩の礫を伴う石灰質及び燐灰質の礫岩に覆われ、玄武岩の活動により海山が形成された後、構造運動等の影響により玄武岩が礫化した可能性が考えられる。さらに、石灰岩は余り認められず、礫岩の基質を形成する程度で、比較的早く海山は沈降したと思われる。石灰質及び燐灰質の礫岩は、マンガン酸化物に覆われた玄武岩の礫を含み、これらの礫岩の表面はクラストに覆われることからコバルトクラストの形成は、石灰質基質（石灰岩）の形成以前から開始し、それ以降におよんでいる。

### 3-2-3-2 薄片観察結果

代表的な岩石試料の性格を明らかにすること、及び変質等により原岩不明な岩石について岩種判定を行うことを目的として、顕微鏡観察を行った。顕微鏡観察記載及び顕微鏡観察結果を表 3-2-3-1 及び添付資料 7 に、岩石顕微鏡写真を添付資料 8 に示す。

MS01 海山では玄武岩 2 試料（BMS01CTS01、BMS03CTS01）、火山礫凝灰岩（BMS02CTS01）及び凝灰岩質の砂岩（BMS03BTS01）を各 1 試料、計 4 試料の薄片観察を行った。

玄武岩の 2 試料は山頂南部（BMS01 地点）と山頂東部（BMS03 地点）で採取した試料で、いずれも石灰質礫岩中の礫である。前者は無斑晶質で、後者はカンラン石の斑晶を持つが、両者とも充填状及び杏仁状組織をなし、石基に斜長石とカンラン石を持つ類似した岩石で、アルカリカンラン石玄武岩と思われる。両者とも変質を蒙っているが後者は前者より変質が著しい。両試料とも化学分析を行った。

BMS02CTS01 は表面に厚さ 60mm のクラストを伴う火山礫凝灰岩で、山頂西部の水深 1,400~1,300m に見られる斜面の裾付近で採取した試料である。径 2~4 mm のカンラン石玄武岩礫を含み、まれに径 0.5mm 程度のウーライト石灰岩を伴う凝灰質の礫質砂岩である。山頂部の水深 1,300~1,400m の間の斜面から供給された砕屑物により形成された可能性がある。

BMS03BTS01 は石灰質礫岩の下部に存在する岩石である。変質が著しいが基質はほとんど認められず、ガラス質カンラン石玄武岩の岩片の集合体からなり、変質したハイアロクラストに類似した岩石である。

### 3-2-3-3 岩石の化学分析結果

本海山を形成した火成作用の性質を明らかにするため化学分析を行った。分析方法及び検出限界を添付資料 9 に、分析結果を表 3-2-3-2 に示す。分析結果から希土類のコンドライト規格化図、スパイダーダイアグラム、TiO<sub>2</sub>-MnO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 図、Nb-Zr-Y 図、Ti-V 図、Nb/Zr-Ba/Zr

表 3-2-3-1 MS01 海山 顕微鏡観察記載

試料番号	試料内容	肉眼観察	顕微鏡観察
02SMS01BMS01C TS01 採取深度15- 20cm	クラストの母岩をなす石灰 質礫岩中の径5cmの玄武岩 礫、褐色、ガラス質 化学分析 (BMS01CCA01)	茶褐色を呈し、緻密、堅硬である。 小さな白い針状の斜長石 (1mm以 下) が散在し、一部は多孔質であ る。	<b>カンラン石玄武岩</b> ：一部は多孔質で、鏡下において岩石組織は杏 仁状組織を示す。斑晶鉱物は認められず、充填状の石基が卓越す る。石基はおもに斜長石、カンラン石から構成され、火山ガラ ス、不透明鉱物を伴う。変質は中程度である。カンラン石はソー テ変質し、緑泥石や蛇紋石に置換され、大部分の斜長石はソー シユフライト化を被っている。沸石や緑泥石が気泡を充填する。
02SMS01BMS02C TS01 採取深度20- 25cm	クラストの母岩をなす火山 礫凝灰岩	全体として、灰色～淡褐色を呈す る。褐色～灰色の砕屑物が認めら れ、隙間を白色の石灰質基質が充填 する。砕屑物は細礫サイズ (2～ 4mm) のものが多く、多孔質であ る。	<b>凝灰質礫質砂岩</b> ：砕屑物は発泡の極めて良好なカンラン石玄武岩 質のスコリアからなる。角礫状で、淘汰は悪い。カンラン石玄武 岩および直径0.5mmほどのウーフライト石灰岩をまれに伴う。基質 において、再結晶化した方解石が砕屑物の隙間を充填する。変質 は中程度である。カンラン石は大部分が方解石 (一部緑泥石) に 置換されている。方解石は気泡を充填する。玄武岩質のスコリア はパラゴナイト化を被っており、褐色を呈する。
02SMS01BMS03B TS01 採取深度17- 20cm	石灰質礫岩の下部に存在す る凝灰岩質の砂岩	淡褐色を呈し、破碎状、脆弱であ る。茶褐色を呈する脈が一部で認め られ、強い粘土化作用を被ってい る。基質はほとんど認められない。	<b>カンラン石玄武岩質ハイアロクラスタイト</b> ：砕屑物は、カンラン 石玄武岩質のスコリアから構成される。火山ガラスはパラゴナイ トに変質し、褐色ないし淡褐色を呈する。ごく少量のカンラン石 自形結晶が認められるが、仮像のみが残存する。直径0.5mm以下 の気泡を多量に含む。変質は中程度である。カンラン石は完全に 蛇紋石に置換されている。
02SMS01BMS03C TS01 採取深度31- 35cm	クラストの母岩をなす石灰 質礫岩中の径3cmの玄武岩 礫、褐色、ガラス質 化学分析 (BMS03CCA01)	茶褐色を呈し、やや脆弱である。白 色脈が認められ、単柱状のカンラン 石が散在する。	<b>カンラン石玄武岩</b> ：岩石組織は充填状および杏仁状組織で、気泡 の量は約10%である。斑晶鉱物として、カンラン石が認められる が、完全に変質しており、仮像のみが残存する。石基はおもに火 山ガラスから構成され、斜長石、カンラン石を伴う。カンラン石 は六角短柱状で、大部分が自形を呈する。しばしば集斑状組織を 呈する。変質は著しい。カンラン石はすべて蛇紋石と緑泥石に置 換されている。斜長石はほとんどが変質し、ソーシユフライト化し ている。石基のガラス部分も変質し、茶褐色を呈している。

表 3-2-3-2 MS01海山岩石の化学分析結果

	02SMS01		
	BMS01C CA01	BMS03C CA01	
	カンラン石 玄武岩	カンラン石 玄武岩	
SiO <sub>2</sub>	%	47.41	34.89
TiO <sub>2</sub>	%	1.93	1.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	16.85	12.94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	10.32	9.62
FeO	%	0.55	0.55
MnO	%	0.10	0.06
MgO	%	3.54	2.05
CaO	%	6.83	17.39
Na <sub>2</sub> O	%	4.06	3.08
K <sub>2</sub> O	%	1.28	1.33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	1.05	8.73
CO <sub>2</sub>	%	0.11	1.39
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	%	1.99	2.18
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	%	2.35	1.83
LOI	%	5.05	6.65
TOTAL	%	98.97	98.89
FeO*	%	9.84	9.84
Mg#		0.265	0.172
Rb	ppm	30.6	35.7
Sr	ppm	340	693
Ba	ppm	187	141
Zr	ppm	100	99
V	ppm	154	205
Nb	ppm	27.2	24.6
Y	ppm	29.2	123.0
La	ppm	19.05	70.63
Ce	ppm	29.06	38.04
Pr	ppm	3.97	6.92
Nd	ppm	17.95	31.24
Sm	ppm	4.37	6.49
Eu	ppm	1.76	2.30
Gd	ppm	4.91	8.74
Tb	ppm	0.92	1.42
Dy	ppm	4.63	7.93
Ho	ppm	0.84	1.78
Er	ppm	2.34	5.37
Tm	ppm	0.31	0.80
Yb	ppm	1.86	4.32
Lu	ppm	0.26	0.69

図を作成した。これらの図を添付資料 10 に示す。

化学分析を行った 2 試料 (BMS01CCA01、BMS03CCA01) は、それぞれ、山頂南西部 (BMS01 地点) 及び山頂東部 (BMS03 地点) で採取したカンラン石玄武岩で、両者ともに石灰質礫岩中の礫をなす玄武岩である。顕微鏡観察による変質の程度は BMS01CCA01 でやや強く、BMS03CCA01 で強い。

主要元素では、両試料ともに  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  が  $\text{FeO}$  に比べて非常に高く Fe はほとんど酸化されてしまった状態にある。さらに LOI は 5.05% 及び 6.65% で高く、変質に伴い粘土鉱物が形成されていると考えられる。通常の玄武岩では  $\text{P}_2\text{O}_5$  は 0.5% 以下であるのが一般的であるが、BMS01CCA01 では 1.05% とやや高く、BMS03CCA01 では 8.73% と非常に高いことから燐灰石化の影響が考えられる。BMS03CCA01 では  $\text{P}_2\text{O}_5$  に加えて CaO が 17.39% と非常に高く、 $\text{CO}_2$  も 1.39% と高いことから炭酸塩化していることが考えられ、変質により主要元素はかなり変化している。一方、BMS01CCA01 は変質の程度は比較的弱く、化学組成は本来の火成岩の性質を比較的良く保持していると思われる。Mg は 3.54%、 $\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}^*$  は 0.265 と通常の玄武岩よりやや低く、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  及び  $\text{TiO}_2$ 、それぞれ、5.34% 及び 1.93% と高いことからやや分化の進んだアルカリ岩の特徴を示す。

希土類元素のコンドライト規格化図 (添付資料 10、図 1) において BMS03CCA01 は Ce の負のアノーマリ及び、重希土が全体的に高いことから燐酸塩化の影響が考えられる。BMS01CCA01 は右下がりのアルカリ岩のパターンを示し、Davis et al. (1989) によるマーシャル列島の海山のアルカリカンラン石玄武岩と類似したパターンである。

スパイダーダイアグラム (添付資料 10、図 2) では BMS03CCA01 は P 及び Y が異常に高く、燐酸塩化の影響が考えられるが、それ以外では BMS01CCA01 と類似したパターンを示し、K、Rb、Ba、Nb 等の元素が中央海嶺玄武岩 (MORB) の数 10 倍と、これらの元素に富むアルカリ岩や海洋島アルカリ玄武岩に類似したパターンを示す。

微量元素の中で変質の影響を受け難いと考えられる元素について岩石の区分図を作成した。MS01 海山の試料は  $\text{TiO}_2$ - $\text{MnO}$ - $\text{P}_2\text{O}_5$  図 (添付資料 10、図 3) において  $\text{P}_2\text{O}_5$  に富む海洋島アルカリ玄武岩の領域にプロットされるが、BMS03CCA01 は燐酸塩化に伴い  $\text{P}_2\text{O}_5$  が著しく付加されたと考えられる試料である。Nb-Zr-Y 図 (添付資料 10、図 4) 及び Ti-V 図 (添付資料 10、図 5) では BMS01CCA01 は海洋島アルカリ玄武岩の領域ないしそれに近接した領域にプロットされ、BMS03CCA01 はこれから離れた領域にプロットされる。したがって、BMS01CCA01 は海洋島のアルカリ玄武岩に類似した化学組成を示すが、BMS03CCA01 は本来、海洋島のアルカリ玄武岩の化学組成を持っていたが、燐酸塩化を伴う変質作用で化学組成が変化してしまったと考えられる。

インコンパティブル元素 (液相濃集元素) の比は、マグマが発生したマンツルの組成に由来することが知られており、本地域周辺の海山が形成されたと考えられている南太平洋の SOPITA (South Pacific Isotopic and Thermal Anomaly) 地域の玄武岩類は Ba/Nb 比が 4~10 の範囲に入るものが多い (Davis et al. 1989, Christie et al, 1995、添付資料



Nb/Zr-Ba/Zr 図 6)。MS01 海山の 2 試料は 6 前後の Ba/Nb 比を持ち SOPTIA 地域の玄武岩と類似した Ba/Nb 比を示す。

### 3-2-3-4 化石鑑定結果

LC で採取した堆積物や BMS で採取した堆積岩類の年代や堆積環境を明らかにするため化石鑑定を行った。堆積物及び岩石試料の化石鑑定結果を、それぞれ、表 3-2-3-3 及び表 3-2-3-4 に示す。さらに、化石の鑑定方法、産出化石、代表的な化石の写真等を添付資料 12 に示す。

#### (1) 堆積物の化石鑑定

化石鑑定を行った試料は、LC15 の 2 試料で、山頂南東部の下位平坦面に位置し、MBES 音圧図では淡色域に位置し、比較的厚く堆積物が存在すると思われる地点である。コア長 155cm で有孔虫砂を採取し、深度 35-40cm (FS01) と 125-130cm (FS02) の 2 試料の化石鑑定を行った。

本海山の 2 試料は、有孔虫及び石灰質ナノ化石の推定年代より、FS01 が後期更新世 (0.12-0.16Ma)、FS02 が中期更新世 (0.65-0.85Ma) に堆積したと推定される。FS02 では、有孔虫に溶解作用が認められ、再堆積群集が混在する。このため、堆積当時の環境として、底層流の影響を受けており、堆積速度が遅く、異地性の堆積物が運ばれてくる環境が想定される。有孔虫の群集構成から堆積環境は熱帯から亜熱帯の地理区で、底生有孔虫がほとんど産出しないため古水深は特定できず、800~2,500m 程度と思われる。堆積速度は 2.05mm/1,000 年と計算され、石灰質堆積部の堆積速度としては遅い。

#### (2) 岩石試料の化石鑑定

化石鑑定を行った試料は、BMS01BFR01、BMS03AFR01、BMS05CFR01 の 3 試料で、それぞれ、山頂南西部、山頂東部、山頂南西部の山頂縁辺部で採取した試料である。いずれも、マンガン酸化物に覆われた玄武岩礫やマンガン酸化物片を含む石灰質の礫岩で、BMS01BFR01 及び BMS05CFR01 は厚さ 25mm 及び 100mm のクラストに覆われるが、BMS03AFR01 は厚さ 15cm の堆積物に覆われ、クラストは厚さ 3mm と薄い。化石鑑定結果の詳細を添付資料 12 に示す。

BMS05CFR01 は異なる 2 種類の石灰岩から構成され、上部は有孔虫石灰岩で下部は礁性石灰岩であり、BMS01BFR01 及び BMS03AFR01 は有孔虫石灰岩である。礁性石灰岩は厚歯二枚貝 及び microencruster が認められるため白亜紀に堆積したと考えられ、有孔虫石灰岩は *T. topilensis* を含むため中期始新世に堆積したと推定される。また、有孔虫石灰岩は火山岩・マンガン酸化物の礫岩を含んでおり、石灰質粒子間には陸水での続成作用が認められた。

化石鑑定の結果から MS01 海山の地史は以下のように考えられる。

表 3-2-3-3 MS01 海山堆積物の化石鑑定結果

孔名	水深 (m)	試料番号	コア深度 (cm)	試料名	年代 有孔虫	年代 ナンノ化石	化石鑑定 (有孔虫)	化石鑑定 (ナンノ化石)
02SMS01 LC15	1,542	FS01	35-40	有孔虫砂	中 - 後期更新世 (0.12-0.65Ma)	後期更新世 (0-0.16Ma)	FS01では、 <i>Globigerinoides ruber</i> (pink)および <i>Globorotalia truncatulinoides</i> を産出すること、 <i>Globorotalia tosaensis</i> を産出しないことから、地質時代は中期～後期更新世 (おそらく0.12～0.65Ma)である。FS02の群集は、 <i>G. tosaensis</i> を産出すること、 <i>Globigerinoides fistulosus</i> が産出しないことから前期更新世 (0.65～1.6Ma)を示すと考えられる。FS01には再堆積の個体 ( <i>G. obliquus</i> ) が認められる。	<i>Emiliana huxleyi</i> を産出するが、 <i>Helicosphaera inversa</i> を産出しないため、Martini(1971)の化石帯NN21に相当し、基準面1より若い0～0.16Maに対比される。
		FS02	125-130	有孔虫砂	前期更新世 (0.65-1.6Ma)	中期更新世 (0.51-0.85Ma)	<i>G. parallela</i> と <i>Pseudoemiliana lacunosa</i> を産し、 <i>R. asanoi</i> を産出しないため、基準面4～5に相当し、0.51～0.85Maに対比される。NN19帯上部に相当する。	

表3-2-3-4 MS01海山岩石試料の化石鑑定結果

コア番号	水深 (m)	試料 番号	採取深度 (cm)	採取地点	肉眼観察	岩石名	特記事項	堆積年代	
								礫性石灰岩	(有孔虫)
02SMS01 BMS01B	1,385	FR01	5-20	山頂南西部	表面にクラストを伴う石灰質礫岩、玄武岩やマンガン酸化物の礫を含む。	foraminiferal wackestone	礫(火山岩, マンガンノジュール)を含む有孔虫石灰岩。粒子間隙に等粒状セメントが認められる(陸上での続成作用を受けらる)。浮遊性有孔虫化石群集の中に <i>T. topilensis</i> が認められ、P12~P14に相当することから地質時代は中期始新世の後期と判断される。	—	中期始新世
02SMS01 BMS03A	1,286	FR01	23-40	山頂東部	厚さ3mmの薄いクラストを伴う石灰質礫岩、マンガン酸化物に被われた玄武岩礫を含む。表面は厚さ15cm堆積物に被われる。	foraminiferal packstone	礫を含む有孔虫石灰岩。Geopetal構造が示す堆積方向は有孔虫個々で異なることから有孔虫が再堆積によると考えられる。上部の薄片および下部の薄片において、浮遊性有孔虫化石群集に <i>T. topilensis</i> が認められることから地質時代は浮遊性有孔虫化石帯のP12~P14の範囲(中期始新世の後期)と考えられる。	—	中期始新世
02SMS01 BMS05C	1,586	FR01	15-26	南西部山頂縁	表面にクラストを伴う石灰質礫岩とその下部の礫性石灰岩、マンガン酸化物に被われら玄武岩礫を含む。	bioclastic packstone	上部：礫(火山岩, マンガンノジュール)を含む有孔虫石灰岩。下部：礫性石灰岩。下部石灰岩の堆積→海進→上部礫岩の堆積→海退→干出→陸水性続成作用。上部の薄片において同定された浮遊性有孔虫化石群集に <i>T. topilensis</i> が認められ地質時代は、浮遊性有孔虫化石帯のP12~P14の範囲(中期始新世の後期)と考えられる。下部の薄片から造礁サンゴ, 分類学的位置の不明なmicroencruster(被覆性有孔虫?), カキ, 二枚貝, 貝形虫, 陶器質の底生有孔虫(miliolimid)が観察される。	白亜紀	中期始新世

白亜紀には海山は BMS05C の採取位置付近（現在の水深 1,400～1,600m 付近）まで露出しており、海山周縁に礁が形成され、石灰岩が堆積した。それから海山は沈降し、中期始新世には BMS01B、BMS03A で遠洋性の堆積物である有孔虫石灰岩を堆積する環境にまで水没した。この時期には、有孔虫石灰岩は火山岩を含むことから、海山の山頂部は海面上に露出していたと推定される（現在の水深 1,200m 付近が海水面）。また、有孔虫石灰岩はマンガン酸化物を含むことから、この環境下でコバルトクラストの生成が開始したと推定される。その後、海山は少なくとも BMS05C の採取位置（1,586m）が海面上に露出するまで隆起した後、現在の水深まで沈降した。有孔虫石灰岩はクラストに覆われるためクラストの主な形成時期は中期始新世ないしそれ以降と考えられる。Watkins et al. (1995) などによれば本地域周辺のコバルトクラストの主な形成時期は始新世～漸新世と考えられている。

#### 3-2-4 コバルトクラストの賦存状況

MS01 海山では、平成 8 年度（1996 年度）に 14 地点（AD：7 地点、LC7 地点）で試料採取を行い、11 地点でコバルトクラストを採取した。その結果、MS01 海山におけるコバルトクラストの平均層厚は 36mm、平均 Co 品位は 0.67% の値が得られた。

今年度の調査では、将来、採掘をより容易に行うことが出来ると思われる傾斜の緩やかなコバルトクラスト露出域を対象に、5 地点で 16 孔のボーリング及び 1 地点で LC を実施した。調査の目的は、海山の山頂部に賦存するコバルトクラストの分布、水深の相違によるコバルトクラスト賦存状況、コバルトクラストの分布の連続性、堆積物下におけるコバルトクラストの発達状況の把握である。

##### 3-2-4-1 コバルトクラストの分布状況

###### (1) コバルトクラストの層厚

平成 8 年度（1996 年度）及び今年度のコバルトクラストの採取状況を表 3-2-4-1 及び表 3-2-4-2 に、コバルトクラストの分布状況を図 3-2-4-1 に示す。さらに、図 3-2-4-2 及び図 3-2-4-3 にコバルトクラストの層厚と水深の関係及び、コバルトクラストの層厚と堆積物の厚さの関係を示す。

平成 8 年度の調査では、山頂部及び南側斜面を中心に試料採取を行い、クラスト、礫状クラスト及び少量のノジュールを採取した。採取地点別のノジュールを除外した平均層厚は、20～75mm で、11 地点の平均値は 36mm である。水深 1,600m 以浅の山頂部では平均層厚 30～75mm で、やや広い幅を持つ。一方、1,600m 以深の斜面部における地点別平均値は 20～40mm の範囲で比較的狭い範囲の値を持ち、山頂部の様に 50mm 以上に達するものは見られない。

今年度の調査では水深 1,600m 以浅の山頂部の 5 地点において、計 16 孔のボーリングを実施した。それぞれのボーリング孔において採取したコバルトクラスト層厚は 2～130mm

表3-2-4-1 MS01海山過年度調査によるコバルトクラストの採取状況

番号	採取点番号	水深 (m)	地形区分	コバルトクラストタイプ	クラスト			礫状クラスト			全体			
					採取量 (kg)	最大厚 (mm)	平均厚 (mm)	採取量 (kg)	最大厚 (mm)	平均厚 (mm)	採取量 (kg)	最大厚 (mm)	平均厚 (mm)	
1	96SMS01LC01	4, 267	西斜面下部											
2	96SMS01LC02	1, 195	北東山頂縁辺部											
3	96SMS01LC03	1, 226	西山頂縁辺部	クラスト片	0.86	80	50					0.86	80	50
4	96SMS01LC04	1, 218	南山頂縁辺部	クラスト片	0.46	80	75					0.46	80	75
5	96SMS01LC05	1, 317	東山頂縁辺部	クラスト片	0.77	45	30					0.77	45	30
6	96SMS01LC06	1, 234	北東山頂縁辺部	-										
7	96SMS01AD07	2, 218	南斜面中部	クラスト	1.40	75	20					1.40	75	20
8	96SMS01AD08	1, 815	南斜面上部	クラスト	2.49	50	30					2.49	50	30
9	96SMS01AD09	3, 284	南斜面下部	礫状クラスト、ノジュール				21.10	35	20		21.10	35	20
10	96SMS01AD10	2, 825	南斜面下部	クラスト、ノジュール	30.90	50	40					30.90	50	40
11	96SMS01AD11	1, 242	北東山頂縁辺部	クラスト、ノジュール	25.50	90	40					25.50	90	40
12	96SMS01AD12	1, 408	南山頂縁辺部	礫状クラスト				220.00	70	40		220.00	70	40
13	96SMS01AD13	2, 398	西斜面中部	クラスト	0.64	30	20					0.64	30	20
14	96SMS01LC14	1, 231	北西山頂縁辺部	クラスト片	0.22	40	30					0.22	40	30
					最大	90	75	最大	70	40	最大	最大	90	75
					平均	60	37	平均	53	30	平均	平均	59	36
												山頂部平均		44
												斜面部平均		26

表3-2-4-2 MS01海山コバルトクラスト採取状況

番号	地点名	BMS地点	水深 (m)	地形区分	堆積物 (cm)	コバルトクラスト タイプ	層厚 (mm)	層構造	コアの 状況	平均厚 (mm)	採取物 (cm)	露出面状況
1	BMS01	02SMS01BMS01A	1,388	南西山頂部	4	クラスト	60	2層		45	石灰質礫岩	やや巨礫の集合物状、露出率20%
2		02SMS01BMS01B	1,385	南西山頂部	0	クラスト、ノジュール	25	2層			石灰質礫岩	やや巨礫の集合物状、露出率25%
3		02SMS01BMS01C	1,382	南西山頂部	0	クラスト	50		礫状に破碎		石灰質礫岩	やや巨礫の集合物状、露出率30%
4	BMS02	02SMS01BMS02A	1,461	西山頂縁辺部	4	ノジュール	30	1層		31	石灰質礫岩	やや巨礫の集合物状、露出率20%
5		02SMS01BMS02B	1,457	西山頂縁辺部	8	クラスト	2	1層			石灰質礫岩、砂岩	巨礫の集合物状、露出率30%
6		02SMS01BMS02C	1,457	西山頂縁辺部	4	クラスト	60	3層			火山礫凝灰岩	比較的平坦、露出率40%
7	BMS03	02SMS01BMS03A	1,286	東山頂部	15	クラスト	3	1層		41	石灰質礫岩	やや巨礫の集合物状、露出率5%
8		02SMS01BMS03B	1,287	東山頂部	0	クラスト	20	2層	礫状に破碎		石灰質礫岩、砂岩	巨礫の集合物状、露出率20~90%
9		02SMS01BMS03C	1,287	東山頂部	1	クラスト	100	2層			石灰質礫岩	平坦、リップルマーク状、露出率10%
10	BMS04	02SMS01BMS03D	1,287	東山頂部	0	クラスト	130		礫状に破碎	80	石灰質礫岩	平坦、リップルマーク状、露出率10%
11		02SMS01BMS04A	1,376	東山頂部	4	クラスト	60	2層			磷灰質礫岩	比較的平坦、露出率20~40%
12		02SMS01BMS04B	1,381	東山頂部	0	クラスト	100	3層			磷灰質礫岩	比較的平坦、露出率50%
13	BMS05	02SMS01BMS04C	1,383	東山頂部	1	クラスト	80	2層		97	石灰質礫岩	やや巨礫の集合物状、露出率40%
14		02SMS01BMS05A	1,585	南西山頂縁辺部	0	クラスト	100	2層			石灰質礫岩	やや巨礫の集合物状、露出率20%
15		02SMS01BMS05B	1,584	南西山頂縁辺部	1	クラスト	90	3層			石灰岩	やや巨礫の集合物状、露出率10%
16	02SMS01BMS05C	1,586	南西山頂縁辺部	0	クラスト	100	3層			石灰質礫岩、石灰岩	やや巨礫の集合物状、露出率70~80%	
					最大		130			97		
					最小		2			31		
					平均 (山頂部)		63			59		
					標準偏差		39			28		

\*BMS03DはBMS03Cに近接して行ったため、平均層厚の計算には含まない。

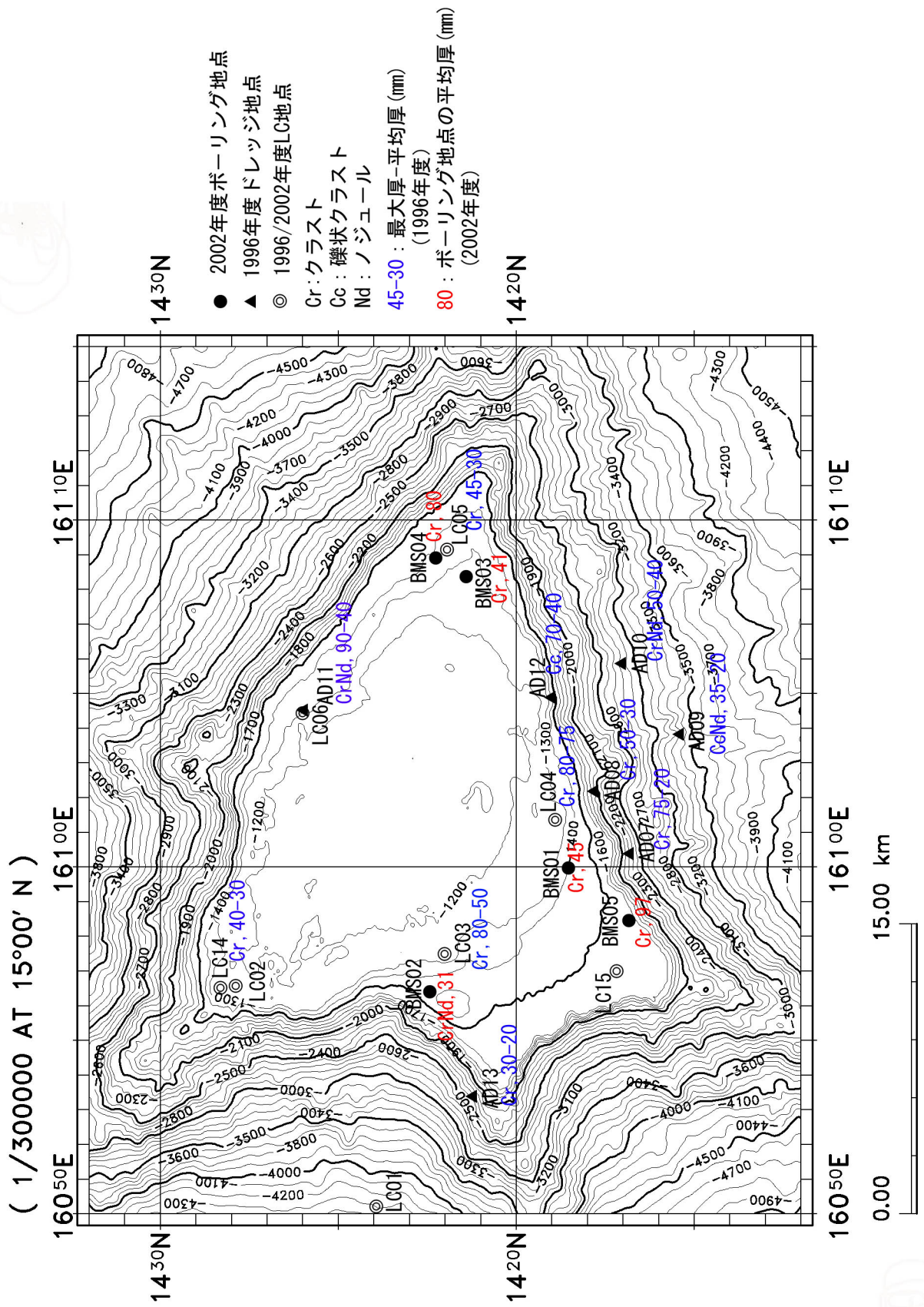


図3-2-4-1 MS01海山コバルトクラストの分布状況

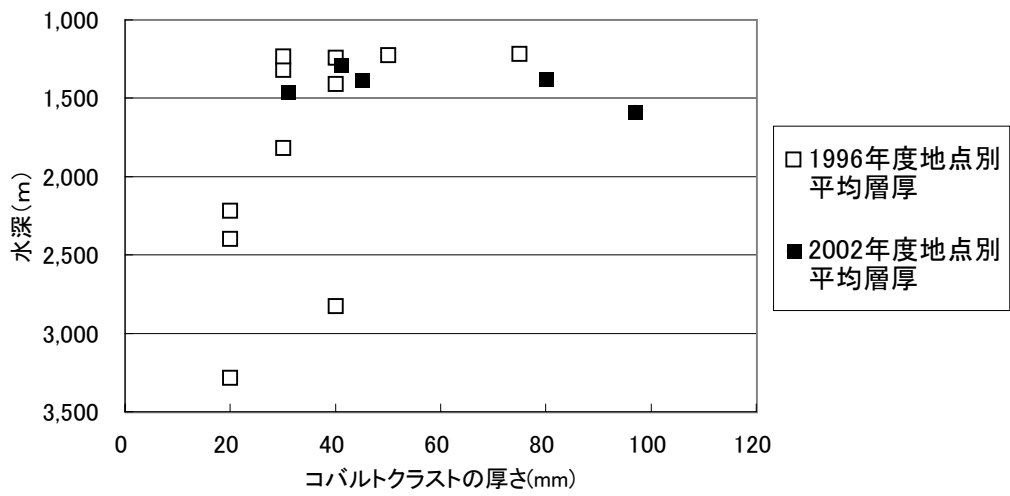


図3-2-4-2 MS01海山コバルトクラスト層厚と水深

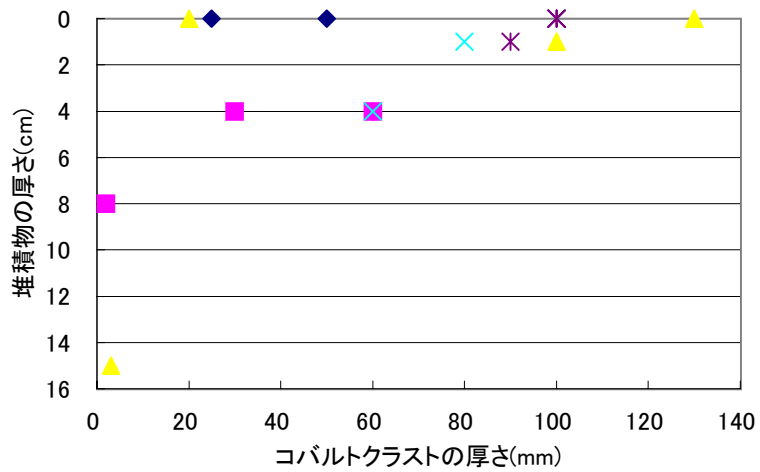


図3-2-4-3 MS01海山堆積物の厚さとコバルトクラストの層厚



と広い範囲の値を示し、平均層厚は 63mm である。同じボーリング地点におけるそれぞれの孔間でのコバルトクラスト層厚の変化は、BMS04 と BMS05 地点では少ないが、BMS02 と BMS03 地点では、それぞれ、2~60mm 及び 3~130mm と大きい。

表 3-2-4-2 及び図 3-2-4-3 に見られるように、未固結堆積物の層厚が 8cm 及び 15cm である BMS02B 孔及び BMS03A 孔では、コバルトクラストの層厚は 2mm 及び 3mm と非常に薄い。さらにコバルトクラストの層厚が 50mm 以上に達する地点は、未固結堆積物の厚さは 4cm ないしそれ未満である。未固結堆積物の分布が見られず、コバルトクラストが露出している地点では、コバルトクラストの層厚は 20~130mm と変化し、この層厚の変化はボーリング孔周辺の未固結堆積物による被覆以外の要因を反映したものである。コバルトクラストの層厚は、それぞれのボーリング地点でやや異なると同時に、それを被覆する未固結堆積物の現在の厚さにも支配されている傾向が見られる。

それぞれのボーリング地点におけるコバルトクラストの平均層厚は、その地点で行った 3 から 4 孔のボーリング孔から得られたコバルトクラストの層厚の単純平均で示した。この場合、BMS02 地点や BMS03 地点では、未固結堆積物に覆われた孔とコバルトクラストが露出している孔では、コバルトクラストの層厚が大きく異なるが、それぞれの地点において 3 孔のボーリングは、その地点の状況を反映していると仮定した。すなわち、BMS02 地点や BMS03 地点では未固結堆積部に覆われて、コバルトクラストの発達状況が悪い部分が 1/3 程度の割合で存在すると仮定した。BMS01 から BMS05 の 5 地点のコバルトクラストの平均層厚は 31~97mm で、5 地点の平均値は 59mm である。過年度の調査結果では、山頂部で試料採取を行った 6 地点におけるそれぞれの地点別コバルトクラストの平均層厚は 30~75mm であり、6 地点の平均は 44mm と今年度のボーリングによる調査結果と比べるとやや薄い。

コバルトクラストの露出面の状況とコバルトクラストの層厚との間においてはあまり顕著な関係は見られなかったが、一般に平坦な表面をなす地帯では厚いコバルトクラストが存在し、表面の凹凸が著しく、巨礫の集合物状の表面をなす場合は、コバルトクラストの層厚が厚い場合と薄い場合の両方が存在する。

## (2) コバルトクラストの層構造

コバルトクラストの時間的な産状の変化を調べるため、コバルトクラストの肉眼的な組織からコバルトクラストを 7 タイプに分類し、層構造の検討を行った。層構造は最外層を 1 層とし、内側に向かって随時 2 層、3 層とした。層区分図を図 3-2-4-4 に示す。

MS01 海山のコバルトクラストは層厚の薄いものは 1 層構造であるが、それ以外は 2 層ないし 3 層構造を示す。同じ地点間では層構造の類似性が BMS05 で見られるが、全体にあまり顕著な系統的な特徴は見られない。一般に、最内層の 2 層ないしは 3 層は黒色、緻密な層 (Type 1) ないしは弱い斑~柱状構造を持つ層 (Type 2) からなり、外側に向かって多孔質の層が見られる傾向があり、最外層の 1 層は斑~柱状構造を持つ層 (Type 2 や Type 3)

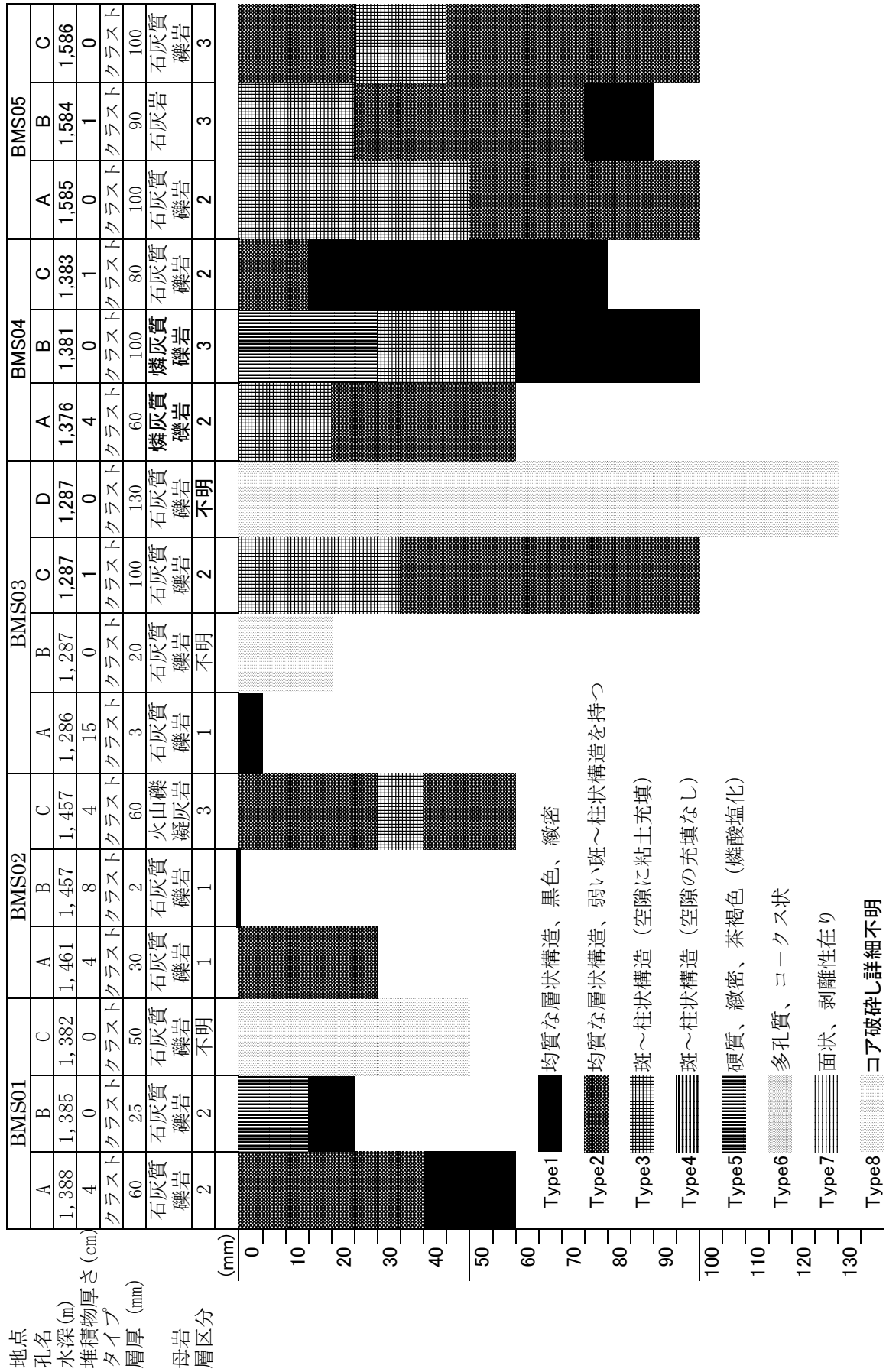


図3-2-4-4 MS01海山コバルトクラストの層区分図

から構成される。

### (3) コバルトクラストの分布

MS01 海山の山頂部は、山頂縁辺部から山頂部の水深 1,200～1,600m に渡って露岩域が分布し、その露岩域内で5地点においてボーリングを実施した。これら5地点においてすべてコバルトクラストを採取し、地点別の平均層厚は 31～97mm と変化が大きく、5地点の平均層厚は 59mm である。今年度の調査では、山頂域の北部においてボーリングを実施できなかったが、過年度の結果では山頂北部の AD11 地点及び LC14 地点それぞれ最大層厚 90mm のクラスト及び最大層厚 40mm のクラスト片が採取されていることから、山頂縁辺部から山頂部の水深 1,200～1,600m の露岩域では、全体的に平均層厚 6cm 程度 (59mm) のコバルトクラストが分布していると推定される。

今年度の調査でボーリングを行った地点は、水深 1,287～1,586m の山頂縁辺部～山頂部で、それぞれの地点間における水深の相違は少ない。今年度の試料からは水深とコバルトクラストの層厚との関係は見出せなかった。過年度の試料からは図 3-2-4-2 に見られる様に水深 1,600m 以深の斜面域から採取した試料では平均層厚は 20～40mm で、山頂域のように平均層厚が 40mm 以上に達するものは見られない。したがって、水深の増加と共にコバルトクラストの層厚は減少する傾向が見られる。

露岩域におけるコバルトクラストの分布の連続性を確認するため、MS01 海山山頂域東部の濃色音圧域において、水深 1,200～1,500m の地点で連続的にボーリングを実施する予定であったが、海象不良のため実施できなかった。

堆積物下のコバルトクラストの賦存状況を確認するため音圧濃色域と淡色域が近接する地点でボーリングを実施する予定であったが海象不良のため実施できなかった。しかし、BMS02B 地点及び BMS03A 地点では 8 cm 及び 15cm の未固結堆積物に被覆されてコバルトクラストが存在し、コバルトクラストの層厚はその近辺のボーリング孔で行った露出域のコバルトクラストの層厚に比べて明らかに薄いことから、堆積物に覆われた地点では露出域に比べてコバルトクラストの層厚が薄い可能性がある。

### 3-2-4-2 コバルトクラストの分析結果

MS01 海山のボーリングにより採取したコバルトクラストに対して 31 件 (バルク試料 : 15 件、層別試料 : 16 件) の化学分析を行った。分析元素は、Co、Ni、Cu、Mn、Fe、Pb、Zn、Ti、Mo、V、Si、Al、Ca、Na、K、P、Ba、Sr、Pt、LOI、H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>、H<sub>2</sub>O<sup>-</sup> の 22 成分と希土類 14 成分 (La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu) の計 36 成分である。分析方法及び分析結果を添付資料 10 及び 14 に示す。

### (1) バルク試料

バルク試料の分析結果の基本統計量及び主要金属元素 (Co、Ni、Cu、Mn、Fe) と Pt の品位を表 3-2-4-3 及び表 3-2-4-4 に示す。さらに、バルク試料の品位のヒストグラム及び平成 8 年度の結果を加えた散布図を図 3-2-4-5 及び図 3-2-4-6 に示す。

バルク試料 15 個における Co は 0.27~0.76% の値を示し、0.40~0.50% の間の値を持つものが多い。Ni 及び Cu はそれぞれ 0.44~0.82% 及び 0.09~0.18% と比較的狭い範囲の値を持つ。Mn 及び Fe はそれぞれ 16.34~25.94% 及び 8.40~15.10% の間の値を持ち、全体的に分散した値を示す。Pt は 0.61~1.30ppm である。各ボーリング孔 (たとえば A,B,C) 間における品位の相違は比較的少なく、各ボーリング孔の分析値から平均値を求め、ボーリング地点 (例えば BMS01) の分析値とした。

今年度のボーリング調査による MS01 海山の平均品位は、Co 0.44%、Ni 0.65%、Cu 0.12%、Mn 20.71%、Fe 11.69%、Pt 0.87ppm である。平成 8 年度の調査結果と比較すると今年度の結果は Co、Fe が低く、Pt が高い。Ni、Cu、Mn においては顕著な差は見られない。さらに、中部太平洋のコバルトクラストの平均値 (Hein et al., 1992) と比較すると、Co は低く、Pt は高い。

相関散布図では、Co-Mn、Co-Fe に正の相関が見られ、Co-Pt の間には負の相関が見られる。水深と Co 及び層厚と Co の間には顕著な関係は見られない。

上記以外の元素では Pb、Zn、Mo の金属元素の平均値はそれぞれ 0.12%、0.09%、0.06% である。Ca 及び P は、それぞれ 6.49~17.09% 及び 1.96~5.74% と広い範囲の値を示し、この両者は非常に良い相関を示す。

バルク試料の希土類元素は  $\Sigma$ REE が平均値 1,800ppm で、1,414~2,424ppm と広い値を示す。これは Ce が 659~1,330ppm と大きく変化することによる。北米標準頁岩で規格化するとほぼ水平なパターンで 4~10 倍程度の濃度を持ち、Ce が正の異常を示す。このパターンは太平洋地域の海山に見られる海水起源のクラスト (Usui and Someya 1997) と類似したパターンである。

### (2) 層別試料

コバルトクラスト試料の切断面が明瞭な層構造を示し、各層が採取するのに十分な厚さを持つものについて層別試料を採取し、分析を行った。層別試料の基本統計量を表 3-2-4-5 に示す。

MS01 海山では 2 層構造のもの と 3 層構造のものが存在する。Co の層別の平均値は、1 層、2 層、3 層でそれぞれ 0.65%、0.47%、0.45% と 1 層では 2 層及び 3 層に比べて高く、最外層から内側に向かって減少する傾向が見られ、Ni は Co と逆に最外層から内側に向かって増加する傾向が見られる。Mn は明らかな傾向を示さないが、Fe は外側から内側に向て減少し、したがって、Mn/Fe 比は外側から内側に向かって増加する。MS01 海山における層構造に伴う化学的な特徴は、外側から内側に向かって Co の減少及び Mn/Fe 比の増加とい

表3-2-4-3 MS01海山コバルトクラスト分析結果の基本統計量

	Co %	Ni %	Cu %	Mn %	Fe %	Mn/Fe	Pb %	Zn %	Ti %	Mo %	V %	Si %	Al %	Ca %	Na %	K %	P %	Ba %	Sr %	Pt ppm
最大	0.76	0.82	0.18	25.94	15.10	2.21	0.14	0.10	1.00	0.07	0.07	3.68	1.11	17.09	1.78	0.59	5.74	0.24	0.16	1.30
最小	0.27	0.44	0.09	16.34	8.40	1.35	0.08	0.07	0.51	0.05	0.05	1.02	0.42	6.49	1.37	0.36	1.96	0.16	0.14	0.61
平均値	0.44	0.65	0.12	20.71	11.69	1.81	0.12	0.09	0.75	0.06	0.06	2.18	0.74	11.20	1.57	0.48	3.71	0.20	0.15	0.87
標準偏差	0.12	0.11	0.03	2.83	2.30	0.31	0.02	0.01	0.13	0.01	0.01	0.84	0.25	3.25	0.11	0.07	1.16	0.02	0.01	0.22
変動係数	0.27	0.17	0.23	0.14	0.20	0.17	0.15	0.08	0.18	0.17	0.09	0.38	0.34	0.29	0.07	0.15	0.31	0.10	0.05	0.25

N=15

	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
最大	568	1330	65.8	314.0	53.0	15.7	82.4	11.3	75.2	17.8	55.3	7.5	45.5	7.8	2424.3
最小	237	659	32.7	144.5	27.2	7.7	38.8	5.5	33.6	7.9	24.4	3.5	22.7	3.7	1414.2
平均値	328	1001	42.3	195.1	35.0	10.1	51.7	7.2	45.8	10.7	33.7	4.7	29.8	5.0	1800.3
標準偏差	98	182	9.1	46.7	7.0	2.2	12.4	1.6	11.8	2.9	9.2	1.2	6.9	1.2	319.2
変動係数	0.30	0.18	0.22	0.24	0.20	0.22	0.24	0.23	0.26	0.27	0.27	0.26	0.23	0.25	0.18

表3-2-4-4 MS01海山コバルトクラストの品位

地点	孔名	水深 (m)	層厚 (mm)	Co %	Ni %	Cu %	Mn %	Fe %	Mn/Fe	Pt ppm	平均水深 m	最大層厚 (mm)	平均層厚 (mm)	平均 Co%	平均 Ni%	平均 Cu%	平均 Mn%	平均 Fe%	平均 Mn/Fe	平均 Ptppm		
1	A	1,388	60	0.43	0.70	0.13	19.44	12.60	1.54	0.80	1,385	60	45	0.39	0.74	0.14	20.29	10.53	1.97	0.84		
	B	1,385	25	0.34	0.82	0.18	18.20	8.50	2.14	0.85												
	C	1,382	50	0.41	0.70	0.11	23.23	10.50	2.21	0.86												
4	A	1,461	30	0.30	0.52	0.11	16.57	8.60	1.93	1.10	1,458	60	31	0.30	0.55	0.12	16.67	9.53	1.78	1.15		
	B	1,457	10	0.27	0.68	0.15	16.34	8.40	1.95	1.30												
	C	1,457	60	0.32	0.44	0.09	17.11	11.60	1.48	1.05												
7	B	1,287	20	0.44	0.81	0.13	22.53	10.60	2.13	0.79	1,287	130	41	0.49	0.73	0.10	23.13	11.97	1.96	0.77		
	C	1,287	100	0.55	0.71	0.09	23.77	14.00	1.70	0.83												
	D	1,287	130	0.48	0.69	0.09	23.08	11.30	2.04	0.69												
	A	1,376	60	0.42	0.66	0.10	20.52	10.40	1.97	0.78		1,380	100	80	0.55	0.68	0.10	22.95	11.50	1.99	0.66	
B	1,381	100	0.76	0.73	0.09	25.94	12.80	2.03	0.61													
C	1,383	80	0.47	0.66	0.10	22.38	11.30	1.98	0.61													
13	A	1,585	100	0.45	0.57	0.15	20.98	15.10	1.39	0.92	1,585	100	97	0.44	0.53	0.13	20.52	14.93	1.37	0.95		
	B	1,584	90	0.40	0.52	0.12	20.21	14.60	1.38	0.64												
	C	1,586	100	0.48	0.51	0.13	20.36	15.10	1.35	1.28												
15	試料数		15	15	15	15	15	15	15	15		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	最大		130	0.76	0.82	0.18	25.94	15.10	2.21	1.30		130	97	0.55	0.74	0.14	23.13	14.93	1.99	1.15		
	最小		10	0.27	0.44	0.09	16.34	8.40	1.35	0.61		60	31	0.30	0.53	0.10	16.67	9.53	1.37	0.66		
	平均値		68	0.44	0.65	0.12	20.71	11.69	1.81	0.87		90	59	0.44	0.65	0.12	20.71	11.69	1.81	0.87		
	標準偏差		36	0.12	0.11	0.03	2.83	2.30	0.31	0.22		30	28	0.10	0.10	0.02	2.61	2.04	0.26	0.19		
	変動係数		0.53	0.27	0.17	0.23	0.14	0.20	0.17	0.25		0.33	0.48	0.22	0.15	0.17	0.13	0.17	0.14	0.21		
1996年度の結果											試料数	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	
平均値											平均値	65	37	0.66	0.61	0.13	22.82	14.44	1.62	0.40		
中部长太平洋*											試料数			308	311	265	311	311	311	311	29	
平均値											平均値			0.79	0.47	0.12	23.00	15.70	1.39	0.24		

\* : 中部长太平洋のコバルトクラストの平均値 (Hein et al. 1992)

N=15

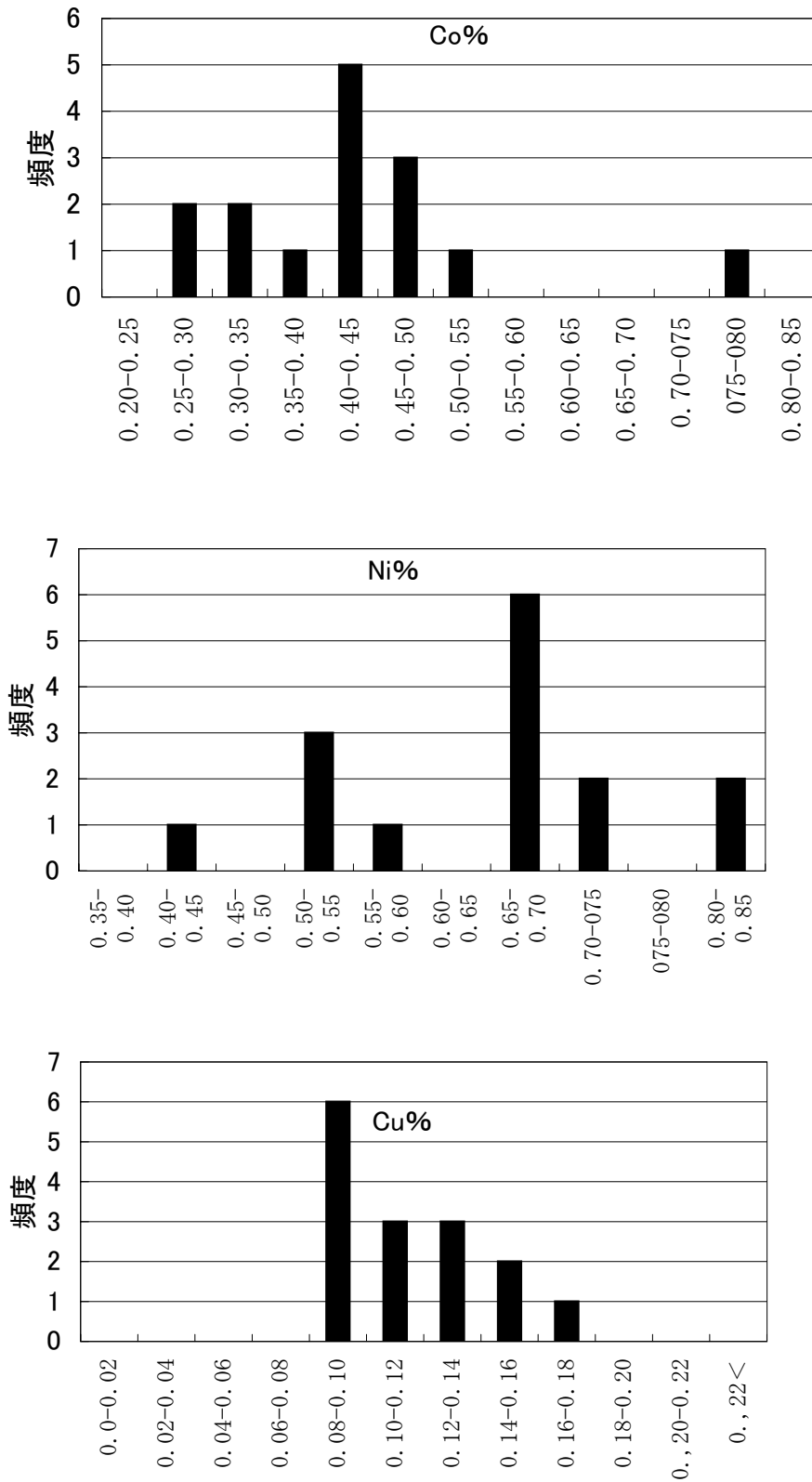


図3-2-4-5 MS01海山コバルトクラスト品位のヒストグラム (1/2)

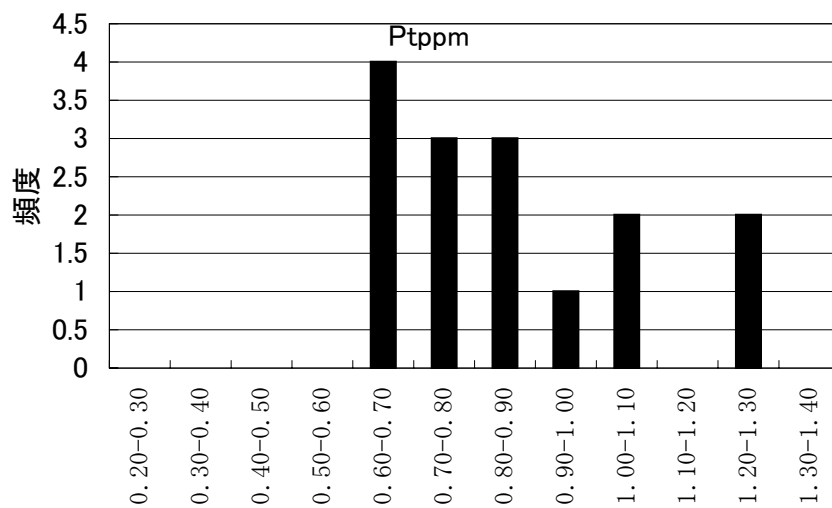
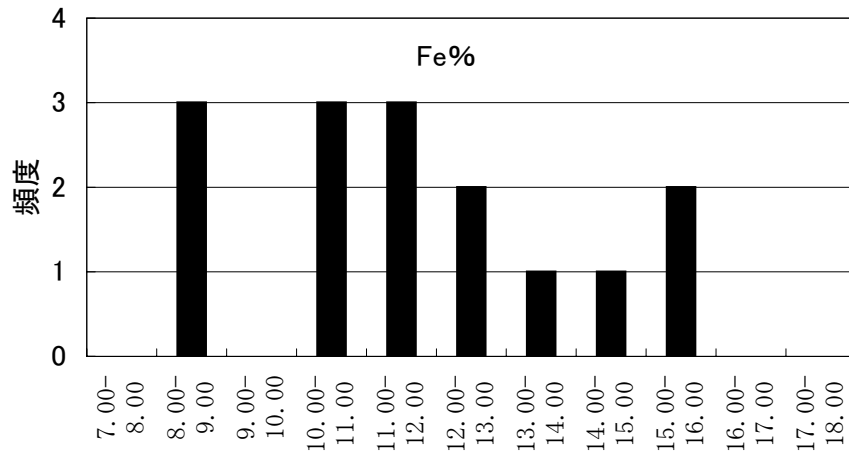
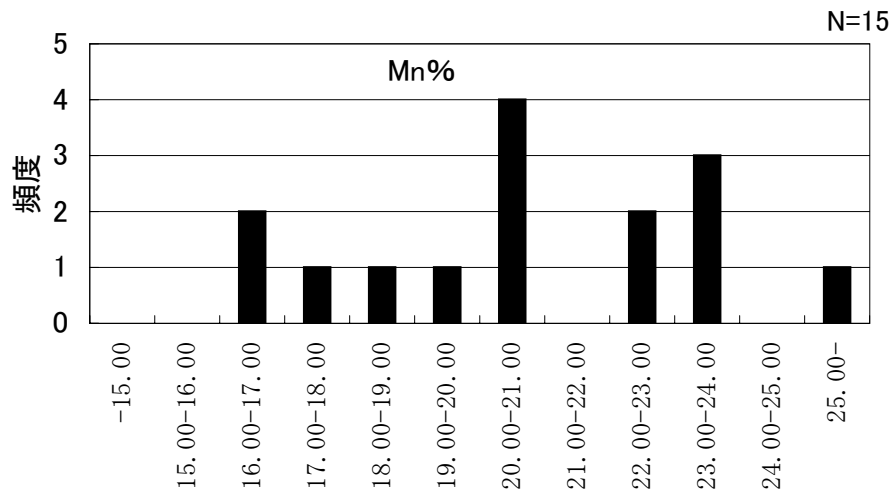


図3-2-4-5 MS01海山コバルトクラスト品位のヒストグラム (2/2)



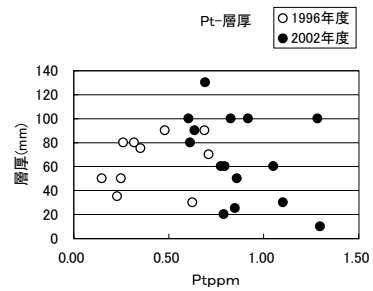
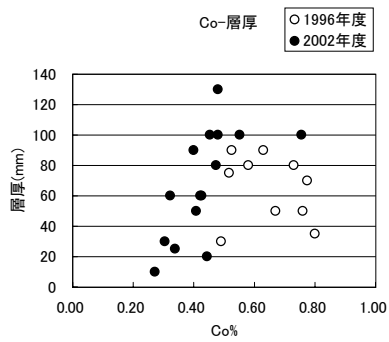
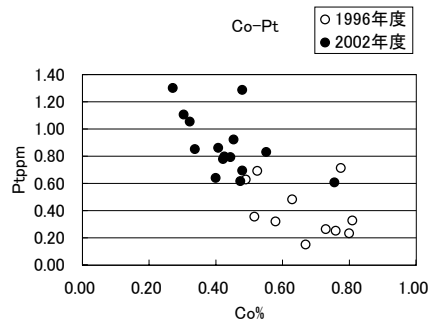
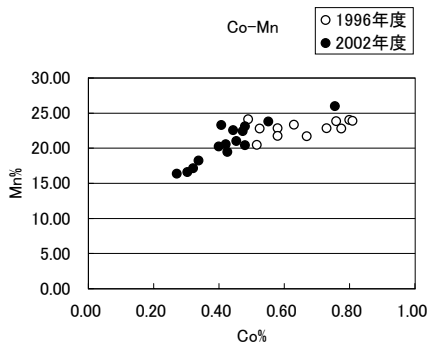
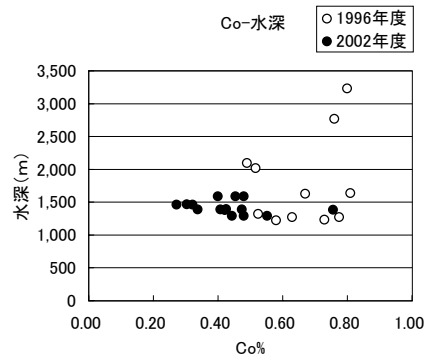
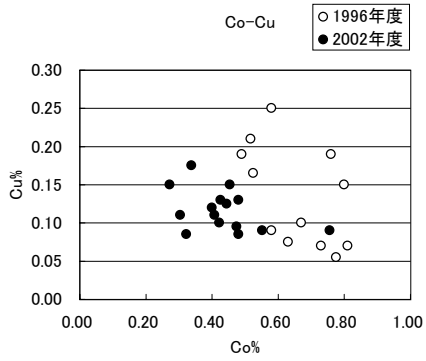
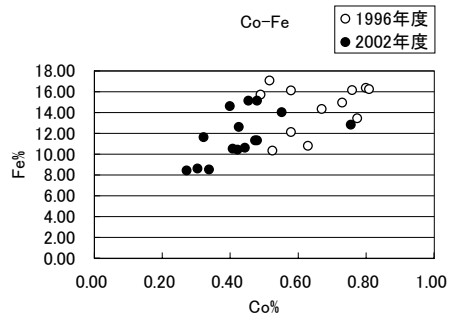
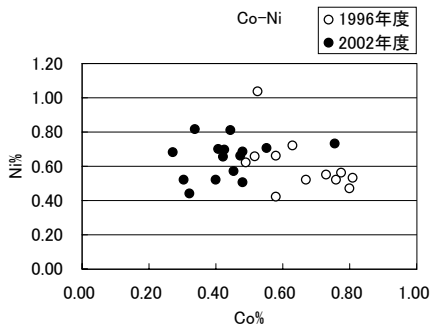


図3-2-4-6 MS01海山コバルトクラスト品位の散布図

表 3-2-4-5 MS01海山層別試料の基本統計量

	部 位	Co %	Ni %	Cu %	Mn %	Fe %	Mn/Fe	Pt ppm	Ca %	P %
1層	試料数	6	6	6	6	6	6	5	6	6
	最大	0.98	0.61	0.12	25.32	19.20	1.46	1.00	6.47	2.00
	最小	0.52	0.48	0.06	20.67	14.30	1.17	0.18	2.37	0.44
	平均	0.65	0.53	0.09	22.95	17.47	1.32	0.66	3.20	0.79
	標準偏差	0.18	0.05	0.02	1.57	1.70	0.12	0.34	1.61	0.60
	変動係数	0.27	0.09	0.24	0.07	0.10	0.09	0.51	0.50	0.75
2層	試料数	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	最大	0.75	0.76	0.14	24.55	18.20	2.56	0.84	15.19	5.26
	最小	0.34	0.45	0.09	19.13	8.30	1.19	0.61	2.28	0.40
	平均	0.47	0.57	0.10	21.51	12.92	1.80	0.71	9.53	3.14
	標準偏差	0.15	0.12	0.02	1.99	3.96	0.57	0.10	5.70	2.15
	変動係数	0.33	0.21	0.22	0.09	0.31	0.32	0.14	0.60	0.68
3層	試料数	3	3	3	3	3	3	2	3	3
	最大	0.64	0.81	0.14	25.17	13.00	2.62	0.74	14.17	4.86
	最小	0.35	0.49	0.09	19.36	8.60	1.49	0.58	10.41	3.35
	平均	0.45	0.70	0.11	22.35	10.60	2.19	0.66	12.06	4.06
	標準偏差	0.17	0.18	0.02	2.91	2.23	0.61	0.11	1.92	0.76
	変動係数	0.37	0.26	0.20	0.13	0.21	0.28	0.17	0.16	0.19

う点から小笠原海台や南鳥島地域のものと類似する（臼井ほか、1987、東海大学 CoRMC 調査団編、1990）。

他の元素では Ca 及び P は 1 層で低く、内側の 2 層及び 3 層で著しく増加し、平均 Ca% は 1 層では 3.20% であるが 3 層では 12.06%、平均 P% は 1 層では 0.79% であるが 3 層では 4.06% である。すなわち、内側の層は外側の層に比べ、より Mn や Fe 以外の不純物を多く含むことが考えられる。Pt は、層構造に伴う明らかな傾向を示さない。

### （3）コバルトクラストの品位の分布

コバルトクラストの地点別品位の分布をコバルトクラストの層厚とともに図 3-2-4-7 に示す。平成 8 年度のドレッジ及び LC 調査におけるコバルトクラストの層厚はその地点における最大層厚で示した。

今年度のボーリング調査により山頂部の 5 地点で得られたコバルトクラストの平均 Co 品位は 0.30～0.55% で平均品位は 0.44% である。Co 品位の分布の地域的な特徴は見られず Co 0.44% 程度のコバルトクラストが山頂域全体に分布しているものと思われる。コバルトクラストの 5 地点の層厚は、31～97mm と変化が大きく、全体の平均層厚は 59mm である。

平成 8 年度の結果では平均 Co 品位は 0.66% で、今年度の結果と比べて高い。この原因の一つとして、ドレッジや LC により不完全な試料を採取していたことが考えられる。層別試料の分析結果に見られる様に、最外層の Co 品位は高く、最外層のみの Co 品位は今年度の調査結果でも 0.65% の値が得られた。平成 8 年度調査のコバルトクラストの平均層厚を、それぞれの地点における最大層厚の平均値から算出すると 65mm となり、今年度の調査結果に近い値である。

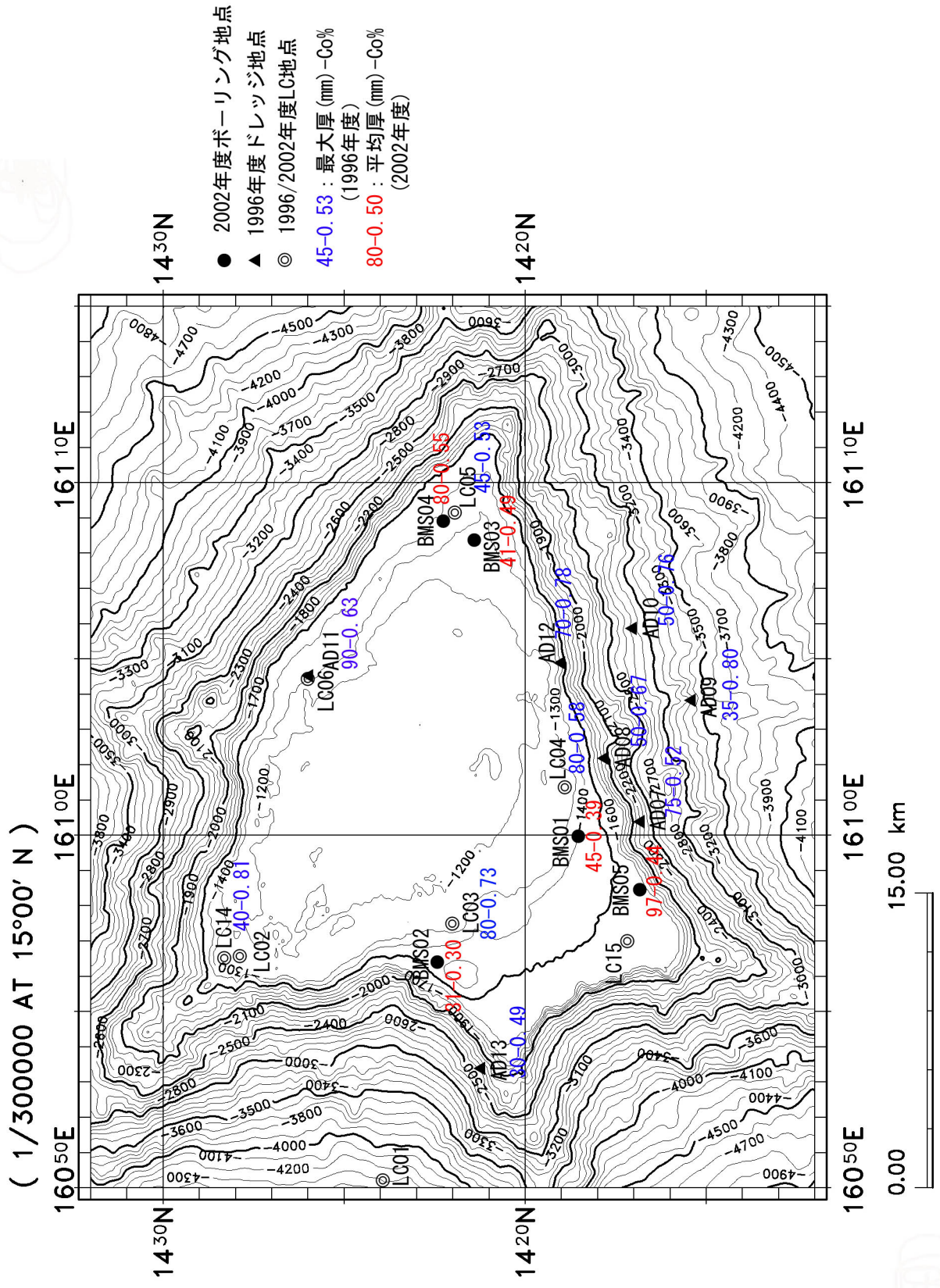


図3-2-4-7 MS01海山コバルトクラストのCo品位と層厚

### 3-3 MS11 海山の調査結果

MS11 海山では、平成 10 年度（1998 年度）の調査で MBES を用いた地形航走及びドレッジと LC によるサンプリングを行った。今年度は、地形図の精度を上げることを目的として平成 10 年度の地形航走の測線間を補間するように地形航走を行い、BMS 及び LC による試料採取を実施した。

#### 3-3-1 海底地形と海底面状況

海山全体の音響調査は平成 10 年度に行われているため、今年度の音響調査により新たに得られた情報はあまりないが、今年度のデータを加えた海底地形図と陰影図及び MBES 音圧図をそれぞれ図 3-3-1-1 及び図 3-3-1-2 に示す。

##### 3-3-1-1 海底地形

MS11 海山は、 $10^{\circ} 54' N$ 、 $161^{\circ} 28' E$  を中心とし、Anewetak 環礁から東方 60 マイルに位置し、Anewetak 環礁と同じ海台上にある。山頂部は比高 700m のドーム状をなす平頂海山である。最浅部水深は 1,495m で、山頂部はほぼ南北の長軸を持つ矩形を呈し、未固結堆積物が広く一様に覆う。基底部の水深は 3,800~4,000m であり、基底から山頂までの比高はわずか 2,700m 程度で、水深 3,000m 以浅の規模は  $28 \times 45 \text{ km}$  である。

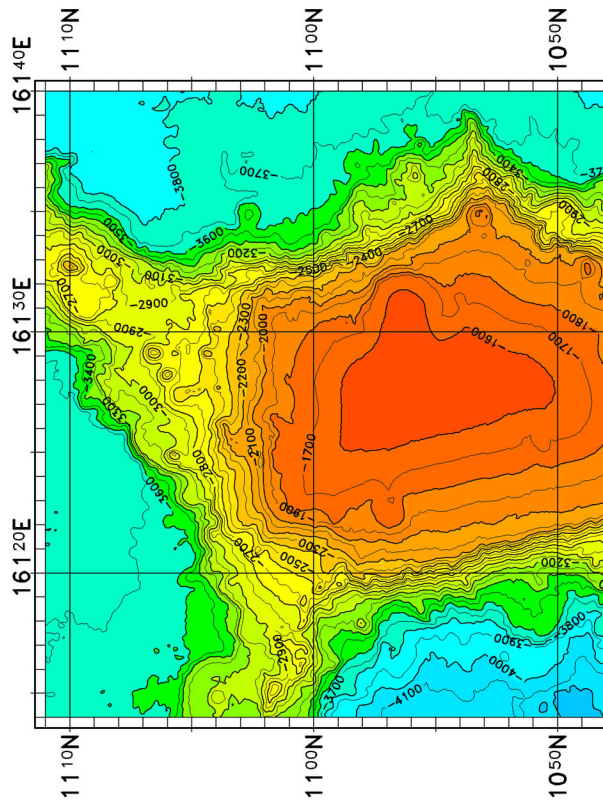
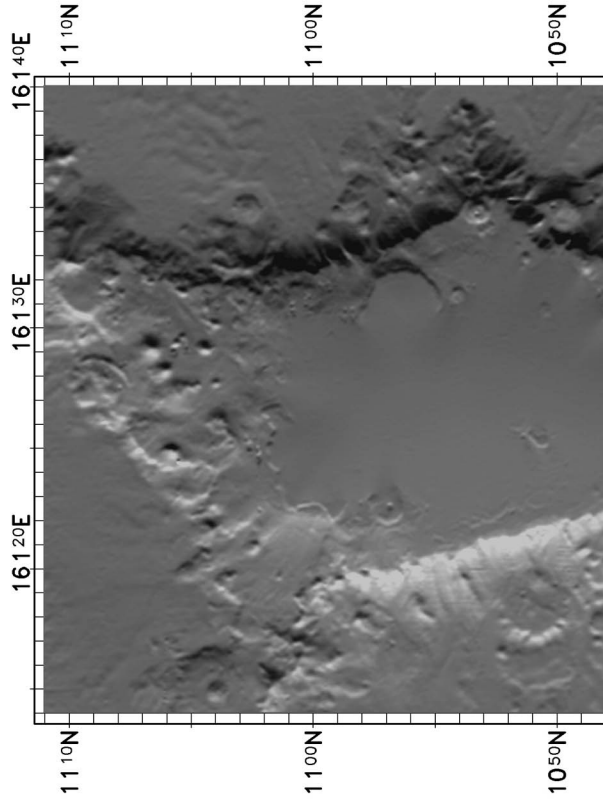
斜面部では 2,500m~3,000m の水深帯に、テラス状の平坦地が北西部、北東部及び南東部に広がっている。このうち、北東部のものは当海山の北部に位置する海山へと続く鞍部を形成する。この鞍部ではピナクルが多数見られ、地形の起伏は大きい。なお、西部と北東部の斜面は海山の長軸方向の NNW-SSE 方向に平行し、極めて直線的である。

##### 3-3-1-2 海底面状況

海山山頂部は縁辺肩部から最浅部の比高が 700m を超すドーム状を呈し、未固結堆積物の分布を反映した反射音圧の低い画像淡色部が山頂部全域の広い範囲に認められる。山頂縁辺部では、肩部に沿った地形の盛り上がり部やピナクルで岩盤が露出しているとおもわれ、画像濃色部が認められる。また、山頂北部では粗粒の未固結堆積物もしくはノジュールが分布すると推定できる中音圧部を示す画像のやや濃い部分が見られる。

山頂縁辺部の肩部から斜面上部にかけては画像濃色部が分布し、反射音圧が高いことを示している。また、斜面では尾根と谷に対応した画像の濃淡が見られるが、全般に斜面中部から下部へかけては徐々に画像が淡くなり、未固結堆積物層が厚くなることを示唆している。特に、北東部と南東部の基底部の地形は極めて平坦であり、音圧は非常に低く、厚い未固結堆積物に覆われていると推定される。

+



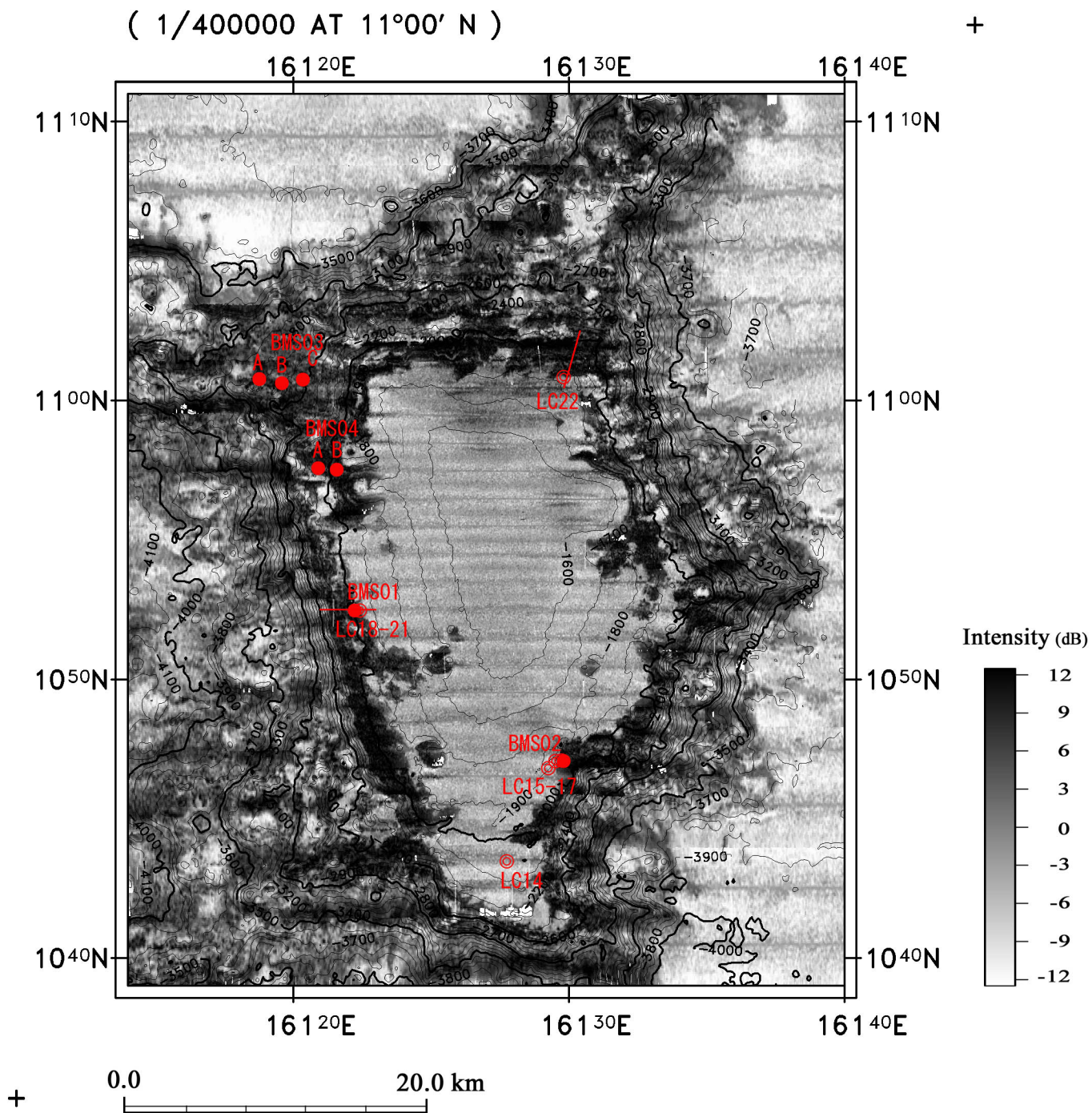


图 3 - 3 - 1 - 2 MS11海山MBES音压分布图

平成 10 年度の SBP 調査によると山頂部は広く未固結堆積物で覆われ、最も厚い地点では 100m 以上に達すると推定される。全体に南側で堆積層は厚い傾向が見られ、10° 50' 以南では 90m 以上に達する。また、山頂部にはピナクルが分布し、ピナクル周辺では堆積層が薄い場合や露岩している場合が認められる。山頂縁辺部では肩部に沿って露岩域が見られ、また、斜面上部で堆積層はほとんど見られず広い範囲で露岩していると考えられる。

### 3-3-2 試料採取結果

MS11 海山においては、平成 10 年度（1998 年度）に AD（アームドレッジ）及び CB（チェーンバグドレッジ）によるドレッジ 10 点及び LC 3 点の試料採取、FDC 観察 1 測線を実施した（表 3-3-2-1）。その結果、MS11 海山におけるコバルトクラストの平均層厚は 39mm、平均 Co 品位は 0.69%の値が得られた。

今年度の調査では MS11BMS01～04 の 4 地点で、それぞれ 2～4 孔、計 11 孔のボーリングと 9 地点で LC を実施した。

試料採取位置図、ボーリング孔位置図、ボーリングコアの対比写真、試料採取結果一覧表、ボーリング地点の海底面状況を、それぞれ、図 3-3-2-1、図 3-3-2-2、図 3-3-2-3、表 3-3-2-2、表 3-3-2-3、に示す。さらに、添付資料 1～6 に、それぞれ、ボーリング地点の海底写真、ボーリングコア写真、ボーリング柱状図、LC 及び MC の海底写真、LC 及び MC の柱状図、コバルトクラストの記載を示す。さらに、MBES 音圧図における濃色部と淡色部の境界部において、MBES 音圧と実際の露出状況の関係を把握するため、船速 6 ノットで詳細な音響調査を山頂西部と北部で実施した。音圧図を試料採取地点の海底写真とともに図 3-3-2-4（SBP01 測線）と図 3-3-2-5（SBP02 測線）に示す。

各ボーリング地点の状況及び採取物は以下のとおりである。

#### 3-3-2-1 02SMS11BMS01 地点

ボーリング地点：MS11 海山の山頂西部では山頂縁辺部の水深 1,900～2,100m の間にほぼ幅 2 km に渡って音圧濃色域が存在し、岩石が露出していると考えられる。この濃色域のコバルトクラストの分布状況を把握する目的で BMS01 を実施した。ボーリングに先立ち、平頂部から斜面にかけての音響調査（SBP01 測線）を実施し、その結果をもとに、LC18～LC21 の 4 孔の LC を実施して海底状況を確認した。A（掘進長 26cm）、B（掘進長 34cm）、C（掘進長 33cm）の 3 孔は、水深 1,990m の濃色の音圧分布を示す露出域で、NNW-SSE 方向に約 50m の間隔で実施した。D 孔（掘進長 176cm）の掘削地点は、これら 3 孔から 300m 程度西方の山頂中央部に寄った LC19 とほぼ同地点で、音圧分布の濃色域と淡色域の境界部における堆積物下のコバルトクラストの発達状況を確認する目的で実施した。



表 3-3-2-1 MS11海山過年度調査結果

番号	採取点番号	着底		離底		地形区分		掘進長 (cm) 採取量 (kg)	採取物 岩石	採取物 コバルトクワースタイト
		緯度	経度	水深 (m)	緯度	経度	水深 (m)			
1	98SMS11LC01	10° 53.958' N	161° 04.991' E	4,353			西斜面下部	226 c m	石化質の粘土	
2	98SMS11CB02	10° 47.989' N	161° 22.620' E	2,034	10° 48.554' N	161° 23.390' E	西山頂縁辺部	17.88kg	玄武岩	礫状クワース、クワース片、ジルコニウム
3	98SMS11CB03	10° 47.578' N	161° 22.248' E	2,381	10° 47.678' N	161° 22.713' E	西斜面上部	0.26kg		クワース片
4	98SMS11CB04	10° 47.567' N	161° 29.945' E	1,841	10° 47.691' N	161° 31.148' E	東山頂縁辺部	0.10kg	軽石	
5	98SMS11CB05	10° 56.283' N	161° 22.076' E	1,818	10° 56.283' N	161° 22.076' E	西山頂縁辺部	-		クワース片
6	98SMS11AD06	10° 54.178' N	161° 20.373' E	2,374	10° 54.280' N	161° 20.983' E	西斜面上部	4.24kg	石灰岩、玄武岩	クワース
7	98SMS11AD07	10° 59.753' N	161° 21.744' E	2,077	10° 59.651' N	161° 22.131' E	西山頂縁辺部	2.28kg	玄武岩	クワース片
8	98SMS11AD08	10° 48.399' N	161° 31.955' E	1,952	10° 48.659' N	161° 32.889' E	東山頂縁辺部	2.64kg	玄武岩	クワース片、クワース
9	98SMS11AD09	10° 53.415' N	161° 36.170' E	2,515	10° 53.099' N	161° 36.494' E	東斜面上部	10.55kg	玄武岩、石灰岩	クワース、クワース片
10	98SMS11AD10	11° 05.200' N	161° 26.400' E	2,667	11° 05.200' N	161° 26.400' E	北斜面中部	0.26kg	燐灰岩	クワース片、ジルコニウム
11	98SMS11LC11	10° 57.253' N	161° 31.963' E	1,670			東山頂縁辺部	-		
12	98SMS11LC12	10° 54.480' N	161° 32.865' E	1,846			東山頂縁辺部	-		
13	98SMS11AD13	10° 44.755' N	161° 25.156' E	1,921	10° 45.023' N	161° 25.981' E	南山頂縁辺部	0.01kg		クワース片

( 1/400000 AT 11°00' N )

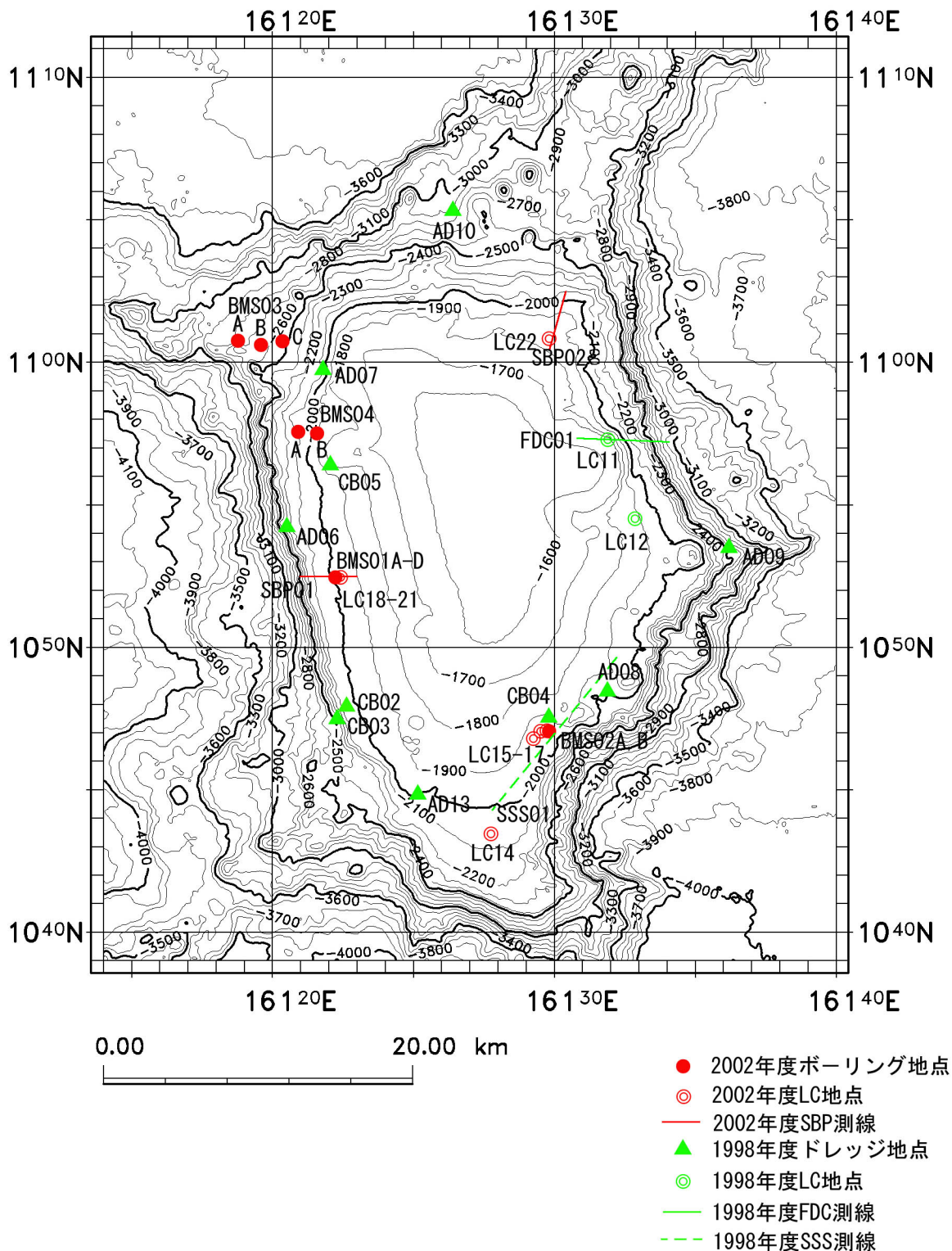
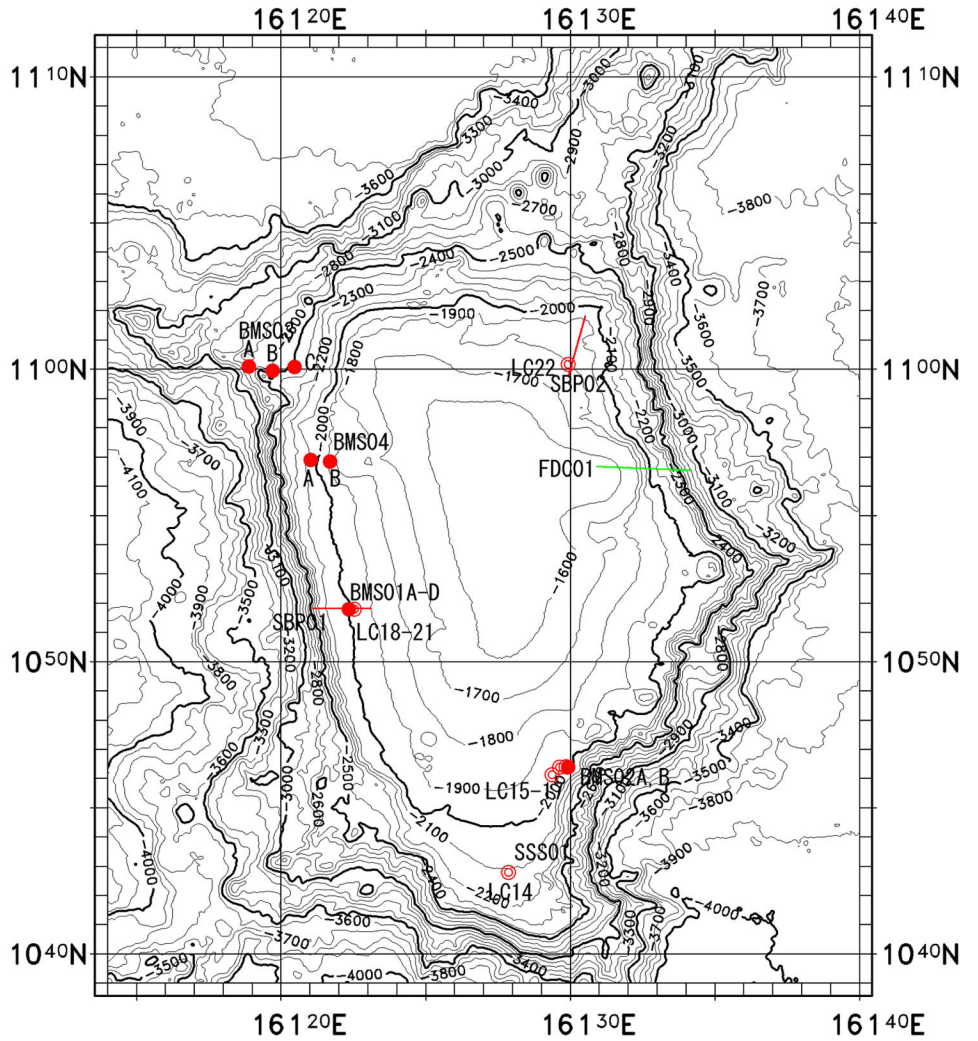
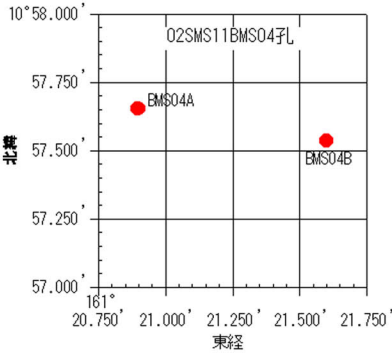
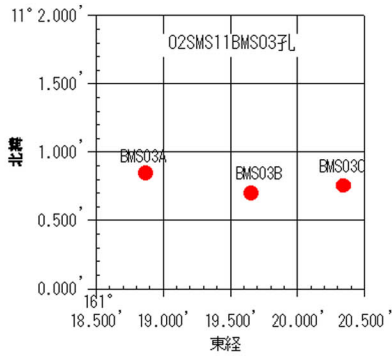


図3-3-2-1 MS11海山試料採取位置図

( 1/400000 AT 11°00' N )



凡例

- 2002年度ボーリング地点
- ◎ 2002年度LC地点
- 2002年度SBP測線

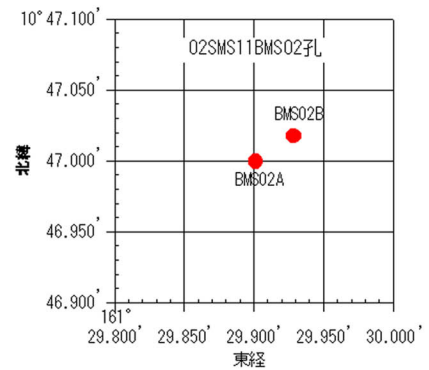
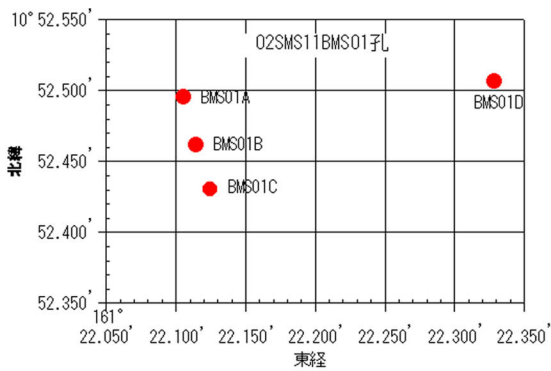
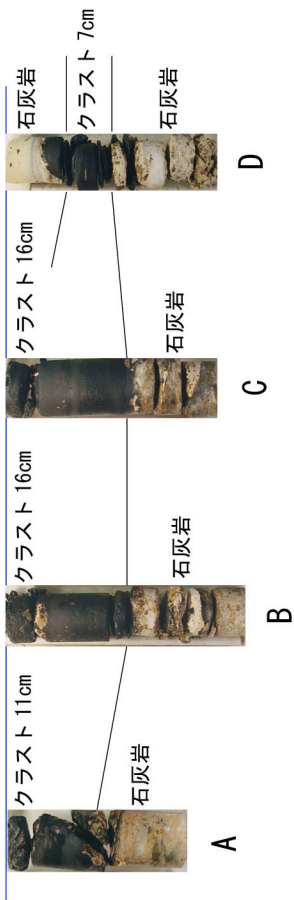


図 3 - 3 - 2 - 2 MS11海山ボーリング孔位置図

SMS11BMS01



SMS11BMS02

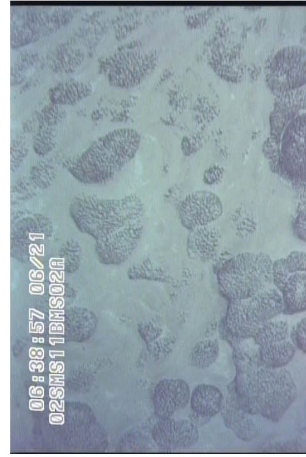
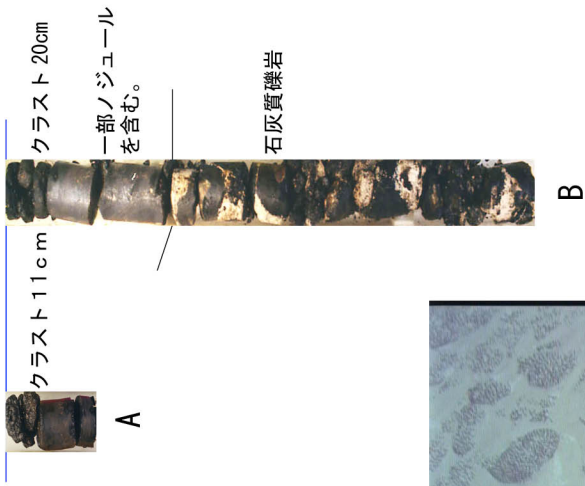
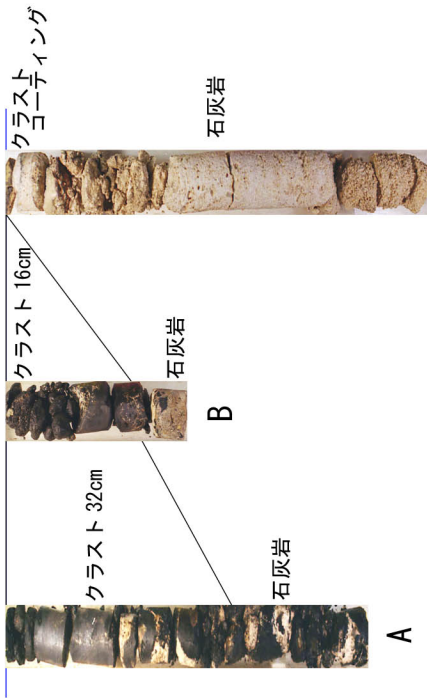
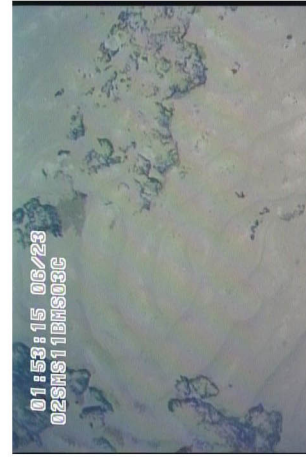


図3-3-2-3 MS11 海山ボーリングコア対比写真 (1/2)

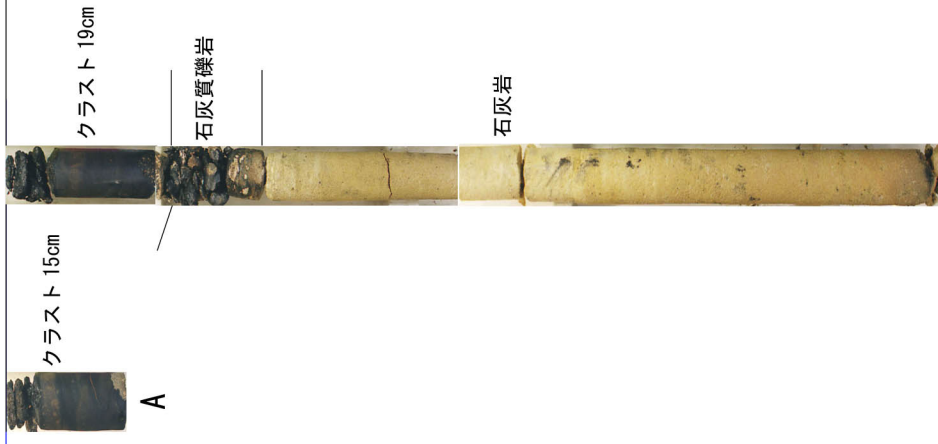
SMS11BMS03



C



SMS11BMS04



B

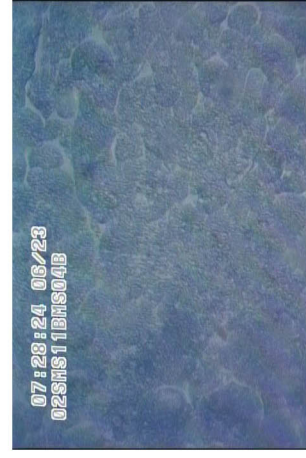
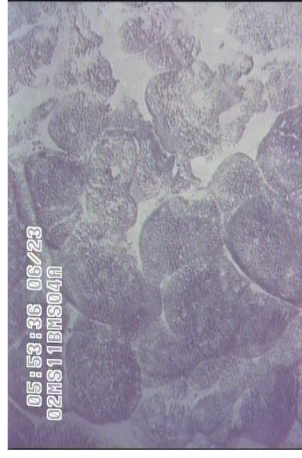


図3-3-2-3 MS11 海山ボーリングコア対比写真 (2/2)

表 3-3-2-2 MS11海山試料採取結果一覧表

番号	地点名	BMS地点	掘削地点		水深 (m)	コア- ハレ	掘削深度 (cm)		掘進長 (cm)	コア長 (cm)	採取率 (%)	堆積物 (cm)	採取物 (m)
			緯度	経度			開始	終了					
1		02SMS11BMS01A	10° 52.4953' N	161° 22.1058' E	1,996	1	0	26	26	23	92	1	クラストとジュール (14)、石灰岩 (9)
2	BMS01	02SMS11BMS01B	10° 52.4610' N	161° 22.1151' E	1,990	1	0	34	34	32	94	0	クラスト (16)、石灰岩 (16)
3		02SMS11BMS01C	10° 52.4295' N	161° 22.1254' E	1,990	1	0	33	33	28	85	0	クラスト (16)、石灰岩 (12)
4		02SMS11BMS01D	10° 52.5061' N	161° 22.3286' E	1,971	1	0	176	176	28	61	130	石灰岩 (8)、クラスト (7)、石灰岩 (13)
5	BMS02	02SMS11BMS02A	10° 46.9994' N	161° 29.9022' E	1,983	1	0	20	20	11	58	1	クラスト (11)
6		02SMS11BMS02B	10° 47.0166' N	161° 29.9290' E	1,980	1	0	71	71	69	97	0	クラスト (20)、石灰質礫岩 (49)
7		02SMS11BMS03A	11° 00.8401' N	161° 18.8728' E	2,750	1	0	49	49	47	96	0	クラスト (32)、石灰岩 (15)
8	BMS03	02SMS11BMS03B	11° 00.6941' N	161° 19.6624' E	2,644	1	0	43	43	23	61	5	ジュール (2)、クラスト (16)、石灰岩 (5)
9		02SMS11BMS03C	11° 00.7486' N	161° 20.3522' E	2,549	1	0	107	107	55	60	15	石灰岩 (55)
10		02SMS11BMS04A	10° 57.6537' N	161° 20.9001' E	2,081	1	0	32	32	15	47	0	クラスト (15)
	BMS04					1	0	21	21	19	90	0	クラスト (19)
11		02SMS11BMS04B	10° 57.5342' N	161° 21.6022' E	1,928	2	21	178	157	104	66		石灰質礫岩 (10)、石灰岩 (94)
						計			178	123	69		
12		02SMS11LC14	10° 43.5012' N	161° 27.7591' E	2,075					115			有孔虫砂 (115)
13		02SMS11LC15	10° 46.7916' N	161° 29.3153' E	1,954					0			
14		02SMS11LC16	10° 46.9982' N	161° 29.5126' E	1,977					50			有孔虫砂 (50)
15		02SMS11LC17	10° 47.0995' N	161° 29.7078' E	1,975					0			クラストの破片50g採取、ヒット変形
16		02SMS11LC18	10° 52.4926' N	161° 22.3713' E	1,968					0			石灰岩の小片、クラスト片
17		02SMS11LC19	10° 52.5024' N	161° 22.3139' E	1,974					90			有孔虫砂 (90)、ヒット変形
18		02SMS11LC20	10° 52.5057' N	161° 22.2202' E	1,977					3			礫状クラスト (3)、ヒット変形
19		02SMS11LC21	10° 52.5071' N	161° 22.2583' E	1,977					0			クラストの破片127g採取、ヒット変形
20		02SMS11LC22	11° 00.8291' N	161° 29.8460' E	1,844					95			有孔虫砂 (95)

表3-3-2-3 MS11海山ボアリング地点の海底面状況 1/2

番号	地点名	BMS地点	掘削地点		水深 (m)	掘削地点周辺の海底面状況	掘削地点の海底面状況	堆積物 (cm)	コアトクレスト厚さ (mm)、母岩
			緯度	経度					
1		02SMS11BMS01A	10° 52.495' N	161° 22.106' E	1,996	一部球状の盛り上がりを持つ比較的平坦な面を持つ盤状のクラスト露出率40%程度で露出。表面はブドウ状。	比較的平坦な面を持つ盤状のクラストが薄く堆積物をかぶる。やや盛り上がった露出面の薄く堆積物をかぶる。	1	クラスト 95, ゾニール 10 石灰岩
2	BMS01	02SMS11BMS01B	10° 52.461' N	161° 22.115' E	1,990	一部不定形から球状の盛り上がりを示すが、比較的平坦な面を持つ盤状クラストが露出率30%で露出。	比較的平坦な面を持つ盤状クラストの平坦面上で掘削。	0	クラスト 160 石灰岩
3		02SMS11BMS01C	10° 52.430' N	161° 22.125' E	1,990	一部径20～50cm程度の球状～楕円状のふくらみを持つが、比較的平坦な面を持つ盤状クラストが50～80%の露出率で露出。表面はブドウ状。	表面は比較的平坦であるが20～50cmの球状のふくらみを持つ。平坦な盤状のクラスト面上を掘削。	0	クラスト 160 石灰岩
4		02SMS11BMS01D	10° 52.506' N	161° 22.329' E	1,971	近傍ではわずかに不定形～円形の盛り上がりを持つ比較的平坦な表面のクラストが1～50%の露出率で分布する。D地点の近傍はほとんど堆積物に覆われる。	リップルマークを持つ堆積物上。	130	クラスト 70 石灰岩
5		02SMS11BMS02A	10° 46.999' N	161° 29.902' E	1,983	径20～50cmの球状～長楕円状の盛り上がりを持つクラストが露出率60%で露出し、巨礫の集合物から成るような表面状況を示す。	球状～長楕円状の巨礫状の露出部に取囲まれ、薄く堆積物に覆われた地点。掘削点は球状に盛りあがった露出面の縁で10°程度傾斜する。表面は径1cm程度のブドウ状。	1	クラスト 110 採取できず。
6	BMS02	02SMS11BMS02B	10° 47.017' N	161° 29.929' E	1,980	径20～50cmの球状～長楕円状の盛り上がり成す表面を持つクラストが露出率40%で露出し、巨礫が分布するような表面状況を示す。表面はブドウ状。	10～50cmの3個の球状の盛り上がり部が接した地点の境界部。	0	クラスト 150, 礫状クラスト 35, ゾニール 30 石灰質礫岩

表3-3-2-3 MS11海山ボーリング地点の海底面状況 2/2

番号	地点名	BMS地点	掘削地点		水深 (m)	掘削地点周辺の海底面状況	掘削地点の海底面状況	堆積物 (cm)	コアトクレスト厚さ (mm)、母岩
			緯度	経度					
7		02SMS11BMS03A	11° 00.840' N	161° 18.873' E	2,750	比較的平坦な表面を持つ盤状クラストが露出するが、径50cm程度の球状の盛り上がりを示し、巨礫が集合したような表面を示す部分もある。露出率30～90%。表面ブドウ状。	平坦な表面を持つ盤状のクラストが露出。掘削地点は露出部の縁、掘削地点は表面が10°程度で傾斜している。	0	クラスト 320 石灰岩
8	BMS03	02SMS11BMS03B	11° 00.694' N	161° 19.662' E	2,644	堆積物に覆われ、露出は少ない。B孔近傍では、径20～50cmの礫が集積したような露出部が散在し、露出率は10%程度。表面はブドウ状。	巨礫の集合物から成るクラストの露出部の間の堆積物上で掘削。	5	ゾニエール 7、 クラスト 160 石灰岩
9		02SMS11BMS03C	11° 00.749' N	161° 20.352' E	2,549	比較的平坦な表面を持つクラストが不定形をなして露出率10%で露出。一部、径数cmの礫の集合物からなる部分もある。	露出部の間の堆積物上で掘削。	15	コアトクレスト 石灰岩
10		02SMS11BMS04A	10° 57.654' N	161° 20.900' E	2,081	径10～50cmの球状～不定形のふくらみを持つクラストが露出率50%で露出する。表面は径1cm程度のブドウ状。	径50cmの球状のふくらみの間の比較的平坦な表面を成す盤状のクラスト面上で掘削。	0	クラスト 130、 ゾニエール 20 採取できず。
11	BMS04	02SMS11BMS04B	10° 57.534' N	161° 21.602' E	1,928	表面は比較的平坦であるが、径20～50cmの球形～楕円形のふくらみを持つ巨礫の集合物が方向性を持って配列するような表面を呈する盤状のクラストで、露出率は90%。ブドウ状の表面を持つ。	わずかに球状の盛り上がりは成すが、平坦な表面を成す盤状のクラスト上で掘削。	0	クラスト 160、 ゾニエール 20 石灰質礫岩 石灰岩



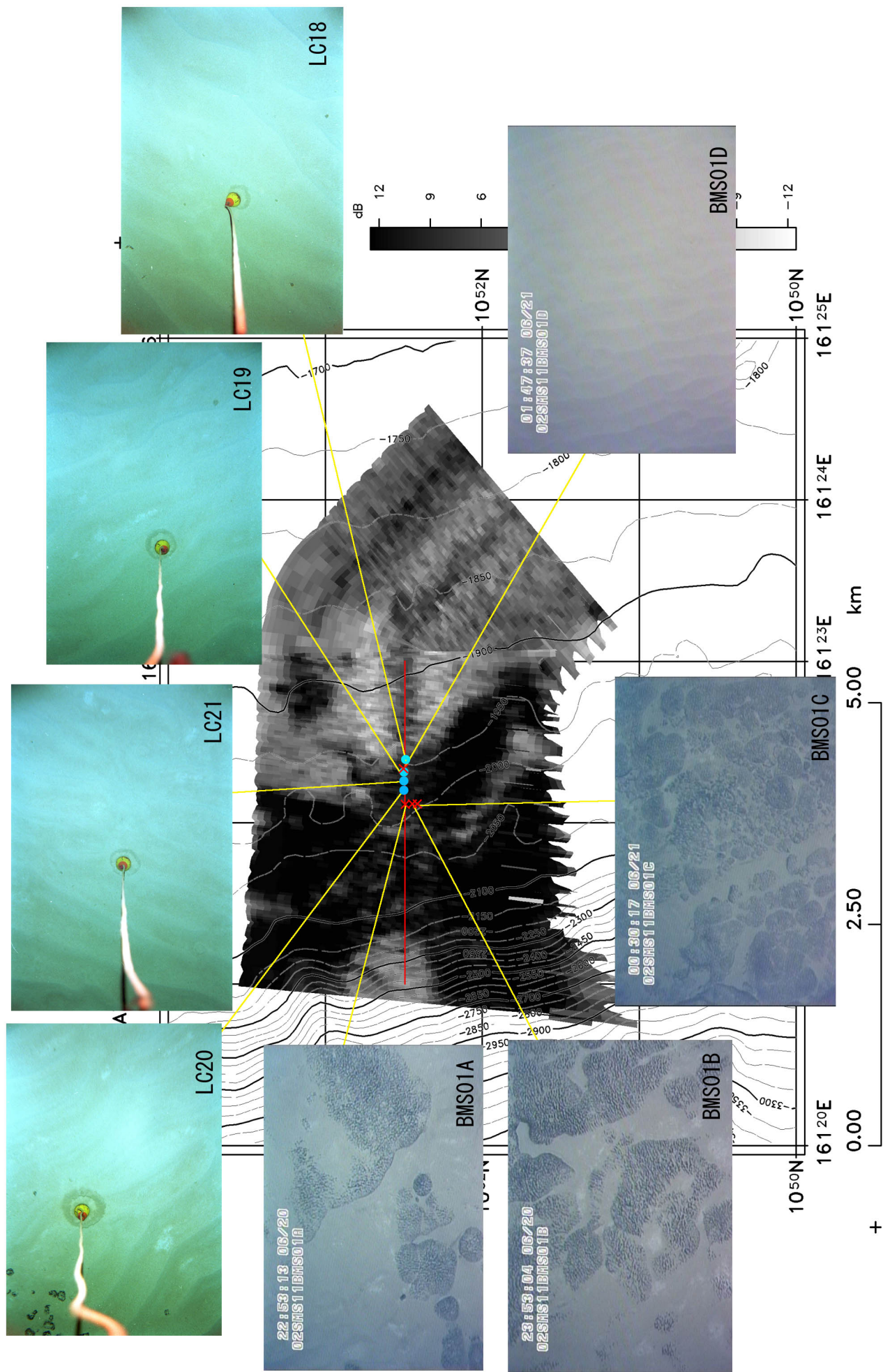


図3-3-2-4 MS11海山SBP01測線の音圧図

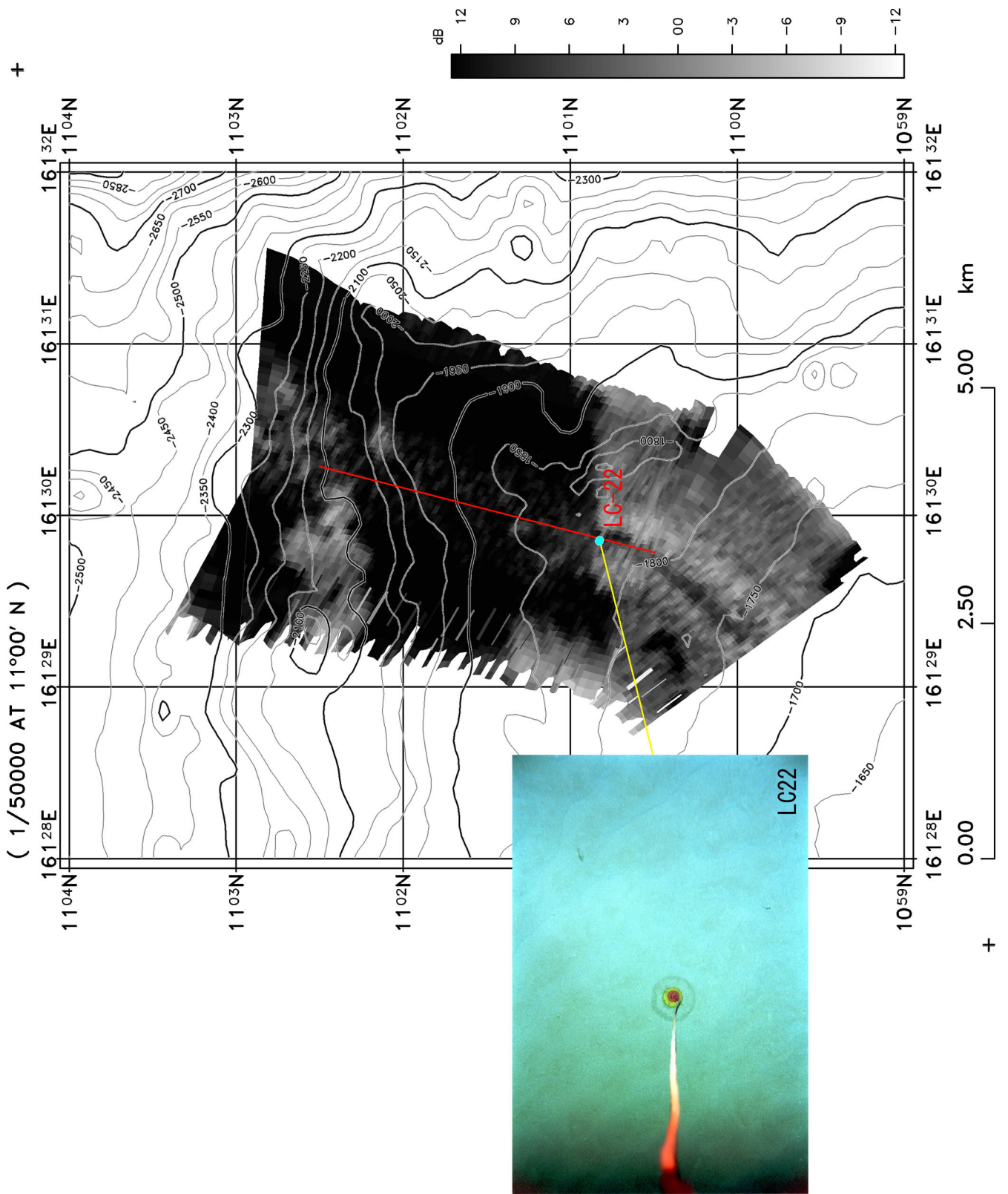


図 3-3-2-5 MS11海山SBP02測線の音圧図

海底面状況：A、B、C 孔周辺の海底面状況は類似しており、露出面は一部、径 20～50cm 程度の球状～楕円体状のふくらみを持つが、比較的平坦な露出面を示す盤状のクラストである。露出率は A 孔と B 孔周辺で 30～40%、C 孔周辺では高く 50～80% である。A 孔の掘削地点は、緩やかな盛り上がりをなす露出部と露出部の間の薄く堆積物に覆われた地点で、B 孔及び C 孔の掘削地点は平坦な露出面をなす盤状のクラスト上である。D 孔周辺では堆積物に覆われてコバルトクラストの露出は見られず、リップルマークを持つ堆積物上で掘削を行った。

コバルトクラスト：A、B、C、の 3 孔ではクラストは、それぞれ厚さ 95mm、160mm、160mm を示し、A 孔のクラストと母岩の間にはノジュールが存在する。層構造は A 孔と B 孔で 2 層、C 孔で 3 層である。D 孔では、厚さ 130cm の未固結堆積物に覆われ、石灰岩が厚さ 8cm で存在し、その下部に厚さ 70mm、3 層構造をなすクラストが存在し、その下部は再び石灰岩である。従って、C 孔では下部の石灰岩上にクラストが形成され、その後、再び石灰岩に覆われたと思われる。本地点のクラストの層厚は 4 孔の平均から 121mm である。

岩石試料：A、B、C、D の 4 孔で石灰岩を採取した。石灰岩は淡褐色～淡黄白色で、径 2～20mm のガラス質火山岩や石灰岩の礫を含む。D 孔のクラスト上部に存在する石灰岩は、淡褐白色の有孔虫殻を含む遠洋性の石灰岩である。

### 3-3-2-2 02SMS11BMS02 地点

ボーリング地点：海山南部の東側山頂縁辺部では MBES 音圧の濃色域がやや広く見られ、山頂南部のコバルトクラストの発達状況を把握するため、この地点で BMS02 を実施した。ボーリングに先立ち、LC15～LC17 を音圧分布の淡色域から濃色域にかけて実施し、BMS02 地点は、クラストの分布を確認した LC17 地点の近傍である。本地点では、A 孔（掘進長 20cm）とその北東方 60m に位置する B 孔（掘進長 71cm）の 2 孔のボーリングを実施した。

海底面状況：A 孔及び B 孔周辺では類似した海底面状況を示し、露出表面は径 20～50cm の球状～楕円体状のふくらみを持ち、巨礫の集合物状の表面を示す。A 孔周辺では露出率 60%と、B 孔周辺の 40%よりやや高い。A 孔の掘削地点は球状に盛り上がった露出部の縁で、表面が 10° 程度傾斜している。B 孔の掘削地点は三つの球状の盛り上がり部が接した境界部である。

コバルトクラスト：A 孔では厚さ 110mm、2 層構造をなすクラストを採取したのみで母岩は採取できなかつた。B 孔では、A 孔同様、2 層構造をなすクラストを採取し、層厚は 150mm で、このクラストの下部に層厚 35mm の礫状クラストが存在する。さらに B 孔では、この礫状クラストの下部の石灰質礫岩中に径 5～8 cm、層厚 15～30mm のノジュールが見られる。本地点におけるクラストの層厚は、A 孔と B 孔の平均から 130mm である。

岩石試料：A 孔では母岩を採取できず不明である。B 孔では石灰質礫岩を採取し、基質は白色の石灰岩で、径 5～8 cm のガラス質玄武岩の核を持つノジュールを含む。

### 3-3-2-3 02SMS11BMS03 地点

ボーリング地点：北東部の斜面上部では濃色の音圧分布を示し、比較的傾斜が緩やかであるため、この地点で、斜面の異なる水深帯におけるコバルトクラストの発達状況を把握するため BMS03 を実施した。本地点において西から東へ 1.0～1.5km 間隔で A（掘進長 49cm）、B（掘進長 43cm）、C（掘進長 107cm）の 3 孔のボーリングを実施した。水深はそれぞれ 2,750m、2,644m、2,549m で、それぞれの孔でおおよそ 100m 異なる。

海底面状況：A 孔周辺の海底面状況は、比較的平坦な表面を持つ盤状クラストが露出率 30～90% で露出するが、径 50cm 程度の球状の盛り上がりをなし、巨礫が集合したような表面をなす部分が一部ある。A 孔の掘削地点は、平坦な面をなす盤状クラストの露出部の縁で、表面が 10° 程度傾斜している。B 孔周辺では露出状況は悪く、径 20～50cm の礫が集積したような露出面を持つクラストが露出率 10% 程度で露出する。B 孔の掘削地点は巨礫状の露出部と露出部の間の未固結堆積物上である。C 孔周辺では比較的平坦な表面を持つクラストが堆積物に覆われ、不定形をなして露出率 10% で露出する。C 孔は露出部の間の堆積物上で実施した。

コバルトクラスト：A 孔ではコアが径 1～5 cm の角礫状に破碎し、詳細は不明であるが、掘削時の掘削煙の状況及び採取したコア長からクラストの層厚は 320mm であると考えられる。B 孔では、最上部に径 1～2 cm のノジュールがあり、その下部は 3 層構造をなし層厚 160mm のクラストを採取した。C 孔では厚さ 15cm の堆積物に覆われ、その下部にマンガン酸化物のコーティングを伴う石灰岩が存在するのみである。A 孔のクラストの詳細は不明であり、層厚 320mm はクラスト露出部の縁を掘削したことに起因するかもしれない。C 孔は厚さ 15cm の堆積物に覆われた地点で、マンガン酸化物のコーティングが見られるのみである。従って、この 3 孔から水深の

相違によるコバルトクラストの発達状況は判断できない。これら 3 孔の平均値は 160mm となり、北東部の斜面上部では層厚 160mm 程度の厚いコバルトクラストが分布していることが考えられる。

岩石試料：A、B、C の 3 孔で石灰岩を採取した。A 孔ではまれにマンガン酸化物粒子を含む石灰岩、B 孔及び C 孔では淡褐色で、径数 mm の石灰岩片、マンガン酸化物の粒子、有孔虫殻などを含む石灰岩である。

#### 3-3-2-4 02SMS11BMS04 地点

ボーリング地点：北東部の山頂縁辺部では水深 2,000m 付近で濃色の音圧分布が見られる。北東部の山頂縁辺部におけるコバルトクラストの発達状況を把握するため BMS04 を実施した。水深 2,081m の地点で A 孔（掘進長 32cm）を、ESE 方向に 1.5km 程度離れた水深 1,928m の地点で B 孔（掘進長 178cm）を掘削した。B 孔では基盤岩の状況を確認するため掘進長 173cm まで掘削した。

海底面状況：A 孔周辺の海底面状況は、径 10~50cm の球形~楕円体状のふくらみを持つ巨礫の集合物状をなす表面を持つクラストが 50%の露出率で分布する。掘削地点は球状のふくらみ部の間で、比較的平坦な盤状のクラスト上である。B 孔周辺の海底面状況は、比較的平坦な表面をなす盤状のクラストが分布するが、やや巨礫の集合物状の表面をなし、径 20~50cm の球状~楕円体状のふくらみが方向性を持って配列する。掘削地点は平坦な表面の盤状クラスト上である。

コバルトクラスト：A 孔では母岩は採取できずコバルトクラストのみ採取した。クラストの層厚は 130mm で 2 層構造をなし、最下部に層厚 20mm のノジュールを伴う。B 孔のクラストは A 孔と類似し、層厚 160mm で 2 層構造をなし、下部に層厚 20mm のノジュールを伴う。A 孔でも B 孔同様、下部にノジュールが見られることから母岩とクラストの境界付近まで試料を採取したと思われる。A 孔と B 孔は、水深が 150m 異なるがクラストの産状は類似し、北東部の山頂縁辺部では両者の平均値である 145mm 程度のクラストが発達していると思われる。

岩石試料：A 孔では母岩は採取できず、B 孔では石灰岩を採取した。黄褐色、多孔質で有孔虫殻や、マンガン酸化物の微細粒子を含む石灰岩である。

### 3-2-2-5 LCによる試料採取結果

山頂部の4地域で、コバルトクラストの露出状況及び堆積物の性状の把握を目的としてLCを9孔実施した。

#### (1) 山頂南部

本地域は淡色の音圧分布を示す地域で厚い堆積物に覆われると推定される。堆積物を採取する目的でLC14を実施した。海底写真では一面にリップルマークを伴う堆積物が分布し、褐色、やや粗粒の有孔虫砂を115cm採取した。

#### (2) 山頂南東部

山頂南東部では、濃色の音圧域が山頂縁辺に分布し、山頂部の淡色域と鮮明な境界をなす。この地点で音圧分布と露出状況の関係を確認するため3孔のLCをほぼ500m程度の間隔で実施した。LC15、LC16、LC17はそれぞれ、淡色の音圧域、淡色域と濃色域の境界部、濃色の音圧域である。海底写真ではLC15及びLC16地点で、リップルマークを持つ未固結堆積物が分布し、LC17では比較的平坦な表面を持つ盤状のクラストが露出率30%程度で露出する。LC15では試料は採取できなかったが、ビットの先端部には変形・破損は見られず、有孔虫砂がやや粗粒であるため揚収時に流失したと思われる。LC16では淡褐色、やや粗粒の有孔虫砂を50cm採取し、LC17では礫状に破碎したクラストを採取した。

#### (3) 山頂西部

海山西部の山頂縁辺部において、音圧分布と露出状況の関係を確認するため詳細な音響調査を実施し、その測線上で山頂側の淡色の音圧域から濃色域にかけて4孔のLCを実施した。山頂側からLC18、LC19、LC21、LC20と配列し、それぞれの地点は、中間色の音圧域、中間色域と濃色域の境界部、濃色域、濃色域に対応する。海底写真ではLC18、LC19、LC21で全体的にリップルマークを持つ堆積物が分布し、最も斜面側のLC20でリップルマークを持つ堆積物に加えて一部ノジュールが分布するのが見られる。中間色域のLC18では石灰岩とマンガン酸化物の小片を採取し、ビットの先端部は変形していないことからやや粗粒の有孔虫砂が揚収時に流失したと思われる。中間色域と濃色域の境界部であるLC19では有孔虫砂を90cm採取した。LC19地点に近接してBMS01Dを実施したがこの地点では厚さ130cmの堆積物に覆われて石灰岩やクラストが存在する。濃色域のLC21及びLC20ではクラストの破片を採取し、ビットの先端部が破損した。海底写真では両地点ともに堆積物が分布するが、堆積物の厚さは薄く、数cm程度と思われその下部にクラストが存在する。

#### (4) 山頂北東部

海山北東部の山頂縁辺部では、水深 1,800m～2,000m の間に濃色の音圧域が幅約 3 km に渡って比較的広く分布する。この地点の音圧分布と露出状況の関係を確認するため詳細な音響調査を実施し、BMS 及び LC による試料採取を計画したが海象が悪く LC 1 孔を実施したのみである。LC22 を音圧淡色域と濃色域の境界部に実施した。海底写真では堆積物が全体的に分布しており、やや粗粒な有孔虫砂を 95cm 採取した。

#### 3-3-3 地質

今年度の調査で採取した岩石試料とコバルトクラストのタイプを、過年度の試料採取結果とともに図 3-3-3-1 に示す。

本調査で採取した特徴的な岩石試料に対し薄片観察、化石鑑定を実施し、未固結堆積物に対して化石鑑定を実施した。

##### 3-3-3-1 地質状況

過年度の調査結果も含めると MS11 海山では、玄武岩、石灰岩及び燐灰岩、石灰質礫岩等の岩石と有孔虫砂をコバルトクラストとともに採取した。

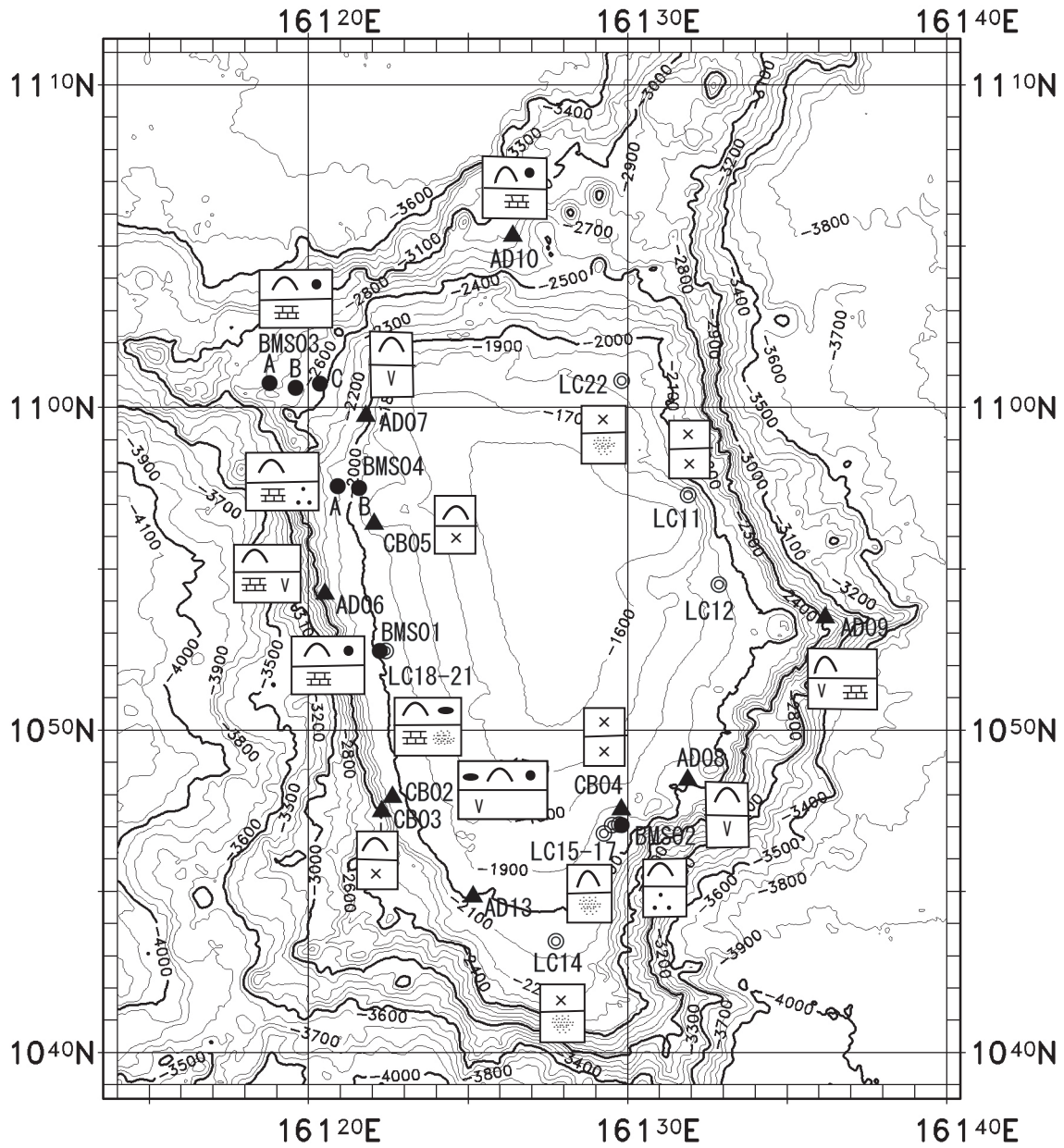
本海山では、採取した岩石のほとんどが玄武岩ないし石灰岩で、ドレッジを行った山頂上部から山頂縁辺部の傾斜をなす地点では玄武岩を採取し、比較的平坦な山頂縁辺部やテラス状地形をなす地点では、石灰岩を採取した。それ以外では燐灰石と軽石を限られた地点で採取した。

それぞれの岩石の分布状況及び特徴は以下のとおりである。

玄武岩：山頂上部や山頂縁辺部の傾斜をなす地域に広く分布していると思われ、過年度のドレッジで採取した岩石はほとんどが玄武岩である。玄武岩は、褐灰色～暗灰色、細粒、緻密な岩石で、無斑晶のものと細粒の斜長石と輝石の斑晶を持つものがある。BMS02B 孔及び BMS04B 孔で石灰質の礫岩中に見られる玄武岩は、褐色、緻密、ガラス質の玄武岩である。

石灰岩：BMS02 地点以外のすべての地点で石灰岩を採取した。山頂部縁辺部の比較的平坦な地域や BMS03 を実施した斜面中部のテラス状地形をなす地域などに石灰岩が分布すると思われる。石灰岩は白色～淡褐色の有孔虫殻とマンガン酸化物の微細な粒子を含む遠洋性の石灰岩である。基盤岩の性状を把握するため 1.78m 掘削を行った BMS04B では 1 m 以上に渡って石灰岩が存在し、比較的厚く石灰岩が堆積しているものと思われる。

( 1/400000 AT 11°00' N )



0.00 20.00 km

- 2002年度ボーリング地点
- ▲ 1998年度ドレッジ地点
- ◎ 1998/2002年度LC地点

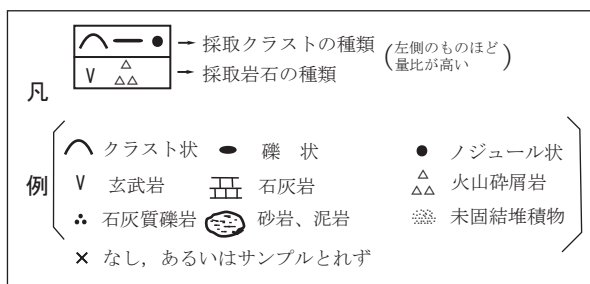


図3-3-3-1 MS11海山岩石とコバルトクラストの分布図



石灰質礫岩：石灰質礫岩は BMS02B 孔と BMS04B 孔で採取した。基質は白色の石灰岩で、マンガン酸化物に覆われた玄武岩礫を含み、石灰質の基質の形成前ないし形成中にマンガン酸化物の沈殿が開始していたと考えられる。

以上の点から、MS11 海山では、基盤をなすと思われる玄武岩が形成された後、海山は比較的早く沈降し、遠洋性の石灰岩に覆われる。斜面域では玄武岩が露出するが、平坦な地域では比較的厚く、遠洋性の石灰岩に覆われる。石灰岩が微細なマンガン酸化物粒子を含んでいることや石灰質礫岩がマンガン酸化物に覆われた玄武岩の礫を含むこと、石灰岩や石灰質礫岩の表面はクラストに覆われることからコバルトクラストの形成は、石灰質岩の形成以前から開始し、それ以降におよんでいる。

### 3-3-3-2 薄片観察結果

代表的な岩石試料の性格を明らかにすること、及び変質等により原岩不明の岩石について岩種判定を行うことを目的として、顕微鏡観察を行った。顕微鏡観察記載及び顕微鏡観察結果を表 3-3-3-1 及び添付資料 7 に、岩石顕微鏡写真を添付資料 8 に示す。

MS11 海山では西部の山頂縁辺部の石灰岩 (BMS01BTS01) 及び北西部斜面中部のテラス状地形をなす地点の石灰岩 (BMS03BTS01) の 2 試料の薄片観察を行った。両者とも異質岩片を含む石灰岩である。

BMS01BTS01 は、基質が有孔虫石灰岩からなり玄武岩質スコリアを多く含み、斜長石片、カンラン石玄武岩片が伴う砕屑性の石灰質、礫質砂岩である。本海山は山頂部がドーム状に盛り上がっており、BMS01 地点は山頂部縁辺に位置するため、山頂中央部から砕屑性の粒子が供給されて、この岩石が形成されたと思われる。

BMS03BTS01 は、有孔虫石灰岩からなる基質と玄武岩質スコリアからなり、両者の境界はモザイク状をなし、玄武岩質スコリアとの境界部の石灰岩は熱変成を受けている。この点から本岩石は未固結の石灰質軟泥中に玄武岩溶岩が貫入することにより形成されたペペライトの可能性がある。従って、本地点では B 孔以外の A 孔及び C 孔では遠洋性の石灰岩のみ採取したが、石灰岩層の厚さは薄く、その下部の浅所に玄武岩が存在する可能性がある。

表 3-3-3-1 MS11 海山 顕微鏡観察記載

試料番号	試料内容	肉眼観察	顕微鏡観察
02SMS11BMS01B TS01 採取深度28- 32cm	クラストの母岩を成す火山 岩片を含む石灰岩	白色～灰色を呈する緻密な石灰質基 質中に、褐色～茶褐色を呈する細礫 が散在する。細礫は多孔質で脆い。	<b>石灰質礫質砂岩</b> ：砕屑物は亜角礫～垂円礫状を呈し、砕屑物の大部分は玄武岩質スコリアから構成され、斜長石片やカンラン石玄武岩片を伴う。基質は大部分が浮遊性有孔虫化石からなり、他の微化石は認められない。変質は弱く、斜長石はきわめて新鮮であるが、カンラン石玄武岩片やスコリアのガラスは変質を被っている。
02SMS11BMS03B TS01 採取深度23- 28cm	クラストの母岩を成す岩片 を多く含む石灰岩	灰白色～淡褐色の多孔質石灰質基質 中に黒色～茶褐色の角礫が含まれ る。一部の基質は堆積構造を示し、 礫間を充填する。	<b>玄武岩質ハイアロクラスタイト～ペペライト</b> ：黒色の礫と石灰質基質の境界はモザイク状を呈し、互いに反応した痕跡がある。堆積性の礫岩ではなく、未固結の石灰質ウーズと溶岩が接触したハイアロクラスタイトないしペペライトと推定される。砕屑物は角礫～亜角礫状を呈するが、基質との境界はモザイク状である。砕屑物の大部分は玄武岩質スコリアから構成され、斜長石や単斜輝石を伴う。玄武岩質スコリアの周縁部において、マンガン酸化物と推定される黒色鉱物がモザイク状に発達する。基質はごく細粒な方解石と浮遊性有孔虫化石からなる。スコリアとの境界部は熱変成を受けている。変質は弱い。斜長石、単斜輝石は新鮮である。一部の火山ガラスはパラゴナイト化を被っている。

### 3-3-3-3 化石鑑定結果

LC で採取した堆積物や BMS で採取した堆積岩類の年代や堆積環境を明らかにするため化石鑑定を行った。堆積物及び岩石試料の化石鑑定結果を、それぞれ、表 3-3-3-2 及び表 3-3-3-3 に示す。さらに、化石の鑑定方法、産出化石、代表的な化石の写真等を添付資料 12 に示す。

#### (1) 堆積物の化石鑑定

化石鑑定は LC14 から 3 試料、LC19 から 2 試料の計 5 試料で行った。LC14 地点は山頂南部に位置し、淡色音圧域で厚い堆積物が存在すると推定される地点で、コア長 115cm で有孔虫砂を採取し、深度 10-15cm (FS01)、55-60cm (FS02)、110-115cm (FS03) の 3 試料の化石鑑定を行った。LC19 地点は山頂西部に位置し、MBES 音圧分布では中間色域と濃色域の境界部で、本地点に近接して実施した BMS01D では 130cm の堆積物に覆われて石灰岩やクラストが存在する。本 LC ではコア長 90cm で有孔虫砂を採取し、深度 15-20cm (FS01)、70-75cm (FS02) の 2 試料の化石鑑定を行った。

本海山の 5 試料では、石灰質ナンノ化石から推定される堆積年代が有孔虫と比べ若い年代を示す。この原因として、有孔虫の再堆積の可能性が考えられる。実際に、MS11 海山の LC14 の FS01 及び FS02 では、前期更新世を示す群集に鮮新世の群集が混在する。有孔虫の破碎や変色が確認されないことから、底層流のような定常的な遅い流れにより、有孔虫が選択的に再堆積したとは考えられない。

LC14 は、海山の縁に位置することから、斜面崩壊による異地性の堆積物が運搬され、再堆積したと考えられる。再堆積した年代はナンノ化石が示す中期更新世 (FS03 : 0.41-0.51Ma) 及び後期更新世 (FS01 : 0-0.16Ma、FS02 : 0.16-0.25Ma) である。LC19 は、有孔虫と石灰質ナンノ化石の推定年代が大きく異なるが、明瞭な再堆積群集は識別されなかった。LC19 では、LC14 と同様、試料は海山の縁で採取されている。このため、本試料も後期更新世 (0-0.16Ma) に堆積したと考えられる。

有孔虫の群集構成から堆積環境は熱帯から亜熱帯の地理区で、底生有孔虫がほとんど産出しないため古水深は特定できず、800~2,500m 程度と思われる。堆積速度は LC14 で 1.57~1.80mm/1,000 年及び LC19 で 3.43mm/1,000 年と計算され、石灰質堆積部の堆積速度としては遅い。

#### (2) 石試料の化石鑑定

化石鑑定を行った試料は、山頂西部の山頂縁で採取した BMS01DFR01 及び FR02、北西部斜面中部の BMS03AFR01、BMS03CFR01 及び FR02、BMS03 地点に近傍し、それより水深が 600m 程度浅い山頂縁辺部に位置する BMS04BFR01 及び FR02 の 7 試料である。BMS01D 孔では堆積物が厚さ 130cm で存在し、その下部は石灰岩で、上部の石灰岩

表3-3-3-2 MS11海山堆積物の化石鑑定結果

孔名	水深 (m)	試料 番号	コア深度 (cm)	試料名	年代 有孔虫	年代 ナンノ化石	化石鑑定 (有孔虫)	化石鑑定 (ナンノ化石)
02SMS11 LC14	2,075	FS01	10-15	有孔虫砂	前期更新世 (1.6-2.0Ma)	後期更新世 (0-0.16Ma)	最上部のFS01では、 <i>Globigerinoides ruber</i> (pink)および <i>Globorotalia truncatulinoides</i> が産出することから、地質年代は更新世に相当する。この試料では、 <i>Globigerinoides obliquus</i> および <i>Globoquadrina altispira</i> など鮮新世の群集が産出するが、これらは再堆積の可能性が高い。また、この試料には <i>Globigerinoides fistulosus</i> が比較的多く産出するので、その地質時代は前期更新世(1.6~2.0Ma)に相当すると考えられる。FS02およびFS03についても同様に <i>G. truncatulinoides</i> および <i>G. fistulosus</i> が共産することから、その地質時代は前期更新世(1.6~2.0Ma)と考えられる。 <i>G. obliquus</i> 、 <i>Globoquadrina altispira</i> および <i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i> などの鮮新世の群集が産出するが、FS01と同様に再堆積の群集と考えられる。最下部のFS03には、 <i>Globigerinoides extremus</i> が産出するが、この個体は再堆積の化石ではない可能性が考えられる。このため、FS03の群集の地質時代は1.77~2.0Maの範囲に相当する可能性が残される。	<i>Emiliania huxleyi</i> を産出するが、 <i>Helicosphaera inversa</i> を産出しなないため、NN21に相当し、基準面1より若い0~0.16Maに対比される。
		FS02	55-60	有孔虫砂	前期更新世 (1.6-2.0Ma)	後期更新世 (0.16-0.25Ma)	<i>Emiliania huxleyi</i> および <i>Helicosphaera inversa</i> を産出するが、NN21帯に相当する。ただし、 <i>Helicosphaera inversa</i> を産出するため、基準面1~2の0.16~0.25Maに確実に対比される。	
		FS03	110-115	有孔虫砂	前期更新世 (1.6-2.0Ma)	中期更新世 (0.41-0.51Ma)	<i>G. parallela</i> 、 <i>Pseudoemiliania lacunosa</i> 、および <i>H. inversa</i> を産し、基準面3~4の0.41~0.51Maに対比される。NN19帯上部に相当する。	
02SMS11 LC19	1,974	FS01	15-20	有孔虫砂	前期更新世 (1.6-1.77Ma)	後期更新世 (0-0.16Ma)	FS01およびFS02では、 <i>G. truncatulinoides</i> および <i>G. fistulosus</i> が産出するため、地質年代は更新世に相当する。FS02では <i>G. obliquus</i> が産出するたため、FS01より古い地質年代である可能性がある。すなわち、FS01は1.6~1.77Ma、FS02は1.77~2.0Maの地質時代を示すと考えられる。LC14コアにおいて確認された再堆積群集は、ほとんど認められない。	<i>Emiliania huxleyi</i> を産出するが、 <i>Helicosphaera inversa</i> を産出しなないため、NN21に相当し、基準面1より若い0~0.16Maに対比される。
		FS02	70-75	有孔虫砂	前期更新世- 後期鮮新世 (1.77-2.0Ma)	後期更新世 (0-0.16Ma)	<i>Emiliania huxleyi</i> を産出するが、 <i>Helicosphaera inversa</i> を産出しなないため、NN21に相当し、基準面1より若い0~0.16Maに対比される。	

表 3-3-3-3 MS11海山岩石試料の鑑定結果 1/2

コア番号	水深 (m)	試料 番号	採取深度 (cm)	採取地点	肉眼観察	岩石名	特記事項	堆積年代	
								礫性石灰岩	(有孔虫)
02SMS11 BMS01D	1,971	FR01	130-138	西部山頂縁	厚さ130cmの堆積物に被われて存在する石灰岩、表面にクラストは見られずその下部に存在する。有孔虫殻を含む。	foraminiferal packstone / grainstone	有孔虫石灰岩。有孔虫の多くの個体は破片化が進んでいる。細粒砂大のマンガン粒子が点在。 <i>Acarinina</i> , <i>Truncorotaloides</i> , <i>Morozovella</i> 属の個体が観察されないことから、地質時代は後期始新世 (P15~P17) と考えられる。	—	後期始新世
		FR02	145-148	西部山頂縁	クラストの下の石灰岩、ガラス質火山岩片を含む。	intraclast rudstone	礫性石灰岩。石灰岩の堆積→堆積直後のミクタイト皮膜の形成→干出→陸水性続成作用 (ブロック状セメントの形成)、生砕物は、軟体動物、ウニ、コケムシ、 <i>Solenopora</i> 類 (絶滅した石灰藻-紅藻) で、ミクタイト皮膜 (micrite envelope) が観察される。	白亜紀	—
02SMS11 BMS03A	2,750	FR01	32-47	北西部 斜面中部	表面にクラストを伴う石灰岩、まれにマンガン酸化物粒子を含む。	bioclastic grainstone	礫性石灰岩。石灰岩の堆積→干出→陸水性続成作用。生砕物は軟体動物、コケムシ、ウニ、カキ、厚歯二枚貝 (?) である。厚歯二枚貝 (?) がみられることより、白亜紀の堆積物である可能性がある。	白亜紀	—
		FR01	45-58	北西部 斜面中部	表層は厚さ15cmの堆積部に被われる。多孔隙の石灰岩、表面にクラストは見られない。	bioclastic packstone / grainstone	礫性石灰岩。礫性石灰岩堆積→干出→陸上で続成作用、また、礫性石灰岩の空隙を遠洋性石灰岩が充填 (陸水による続成を被っていない)。生砕物は、軟体動物、ウニ、microencruster, 陶器質の底生有孔虫 ( <i>miliolinid</i> ) を含み、有孔虫化石は <i>Hedbergella</i> 属と思われる個体を含み地質年代は白亜紀に対比される可能性がある。	白亜紀	白亜紀?

表 3-3-3-3 MS11海山岩石試料の鑑定結果 2/2

コア番号	水深 (m)	試料 番号	採取深度 (cm)	採取地点	肉眼観察	岩石名	特記事項	堆積年代	
								礫性石灰岩	(有孔虫)
02SMS11 BMS03C	2,549	FR02	58-65	北西部 斜面中部	FR01の下部に存在する砂質の石灰岩。	bioclastic rudstone	礫性石灰岩。高エネルギー下で堆積。陸上で続成作用を被る。生砕物として、軟体動物、ウニ、底生有孔虫 ( <i>Amphistegina</i> )、陶器質底生有孔虫、浮遊性有孔虫が認められる。生砕物として、軟体動物、ウニ、底生有孔虫 ( <i>Amphistegina</i> )、陶器質底生有孔虫、浮遊性有孔虫が認められる。有孔虫化石では、FR01と同様、 <i>Hedbergella</i> 属と思われる個体を含み白亜紀に対比される可能性が考えられる。	白亜紀	白亜紀?
02SMS11 BMS04B	1,928	FR01	31-36	北西部山頂縁	表面にクラストを伴う多孔質の石灰岩、マンガン酸化物の粒子を含む。	bioclastic grainstone	礫性石灰岩。高エネルギー下で堆積。陸上で続成作用を被る。粗粒砂大のマンガン粒子が点在。生砕物は、軟体動物、陶器質底生有孔虫、ウニ、浮遊性有孔虫で構成される。底生有孔虫は、 <i>Biseri</i> の個体が多いが属・種は不明である。地質年代は正確には決められないが、 <i>Subbotina</i> 属と仮定すれば古第三紀に対比される。	白亜紀	古第三紀?
		FR02	101-121	北西部山頂縁	FR01の下部で、FR01と同様の岩石。	bioclastic grainstone	礫性石灰岩。高エネルギー下で堆積。陸上で続成作用を被る。底生有孔虫は、 <i>Biseri</i> の個体が多いが属・種は不明である。本試料の地質年代は正確には決められないが、 <i>Subbotina</i> 属と仮定すれば古第三紀に対比される。	白亜紀	古第三紀?

(FR01) と下部の石灰岩 (FR02) の間に層厚 70mm のクラストが存在する。BMS03A 孔及び BMS03C 孔は水深 2,500m 以上の斜面中部で実施したもので、前者では堆積部は認められず石灰岩が厚いクラストに覆われ、後者では厚さ 15cm の堆積物に覆われ石灰岩の表面はマンガン酸化物のコーティングを伴う程度である。BMS03CFR01 及び FR02 はボーリングコアで近接した位置から採取した試料で、前者が多孔質の石灰岩で、後者は砕屑性の岩片を多く含む石灰岩である。BMS04B 孔では厚さ 160mm のクラストが存在し、その下部の石灰岩から 70cm の間隔において FR01 及び FR02 を採取した。化石鑑定結果の詳細を添付資料 12 に示す。

BMS01DFR01 は有孔虫石灰岩であるがそれ以外の 6 試料は礁性石灰岩である。化石より礁性石灰岩は白亜紀に堆積し、有孔虫石灰岩は後期始新世に堆積したと推定される。なお、礁性石灰岩である BMS04B の 2 試料は古第三紀に堆積した可能性もある。礁性石灰岩はすべて陸水性の続成作用を覆っている。

化石鑑定の結果から MS11 海山の地史は以下のように考えられる。

白亜紀に海山の隆起に伴い、本海山の少なくとも BMS01 地点から BMS03A 地点まで (現在の水深 1,971m から 2,750m) の間で、海山の周縁に礁が形成され石灰岩が堆積した (BMS04B 地点は古第三紀に堆積した可能性もある)。そして、海山は BMS03C 地点 (現在の水深 2,750m) が海面上に露出した後、沈降し、その時期は後期始新世ないしそれ以前である。BMS01D FR01 と FR02 の間にはクラストが存在することから、このコバルトクラストの生成時期は暁新世から始新世の間と考えられる。また、BMS03A 地点及び BMS04B 地点では石灰岩はクラストに覆われ、コバルトクラストの形成時期は白亜紀以降と考えられる。Watkins et al. (1995) などによれば本地域周辺のコバルトクラストの主な形成時期は始新世～漸新世と考えられている。

#### 3-3-4 コバルトクラストの賦存状況

MS11 海山では、平成 10 年度 (1998 年度) に 13 地点 (AD : 6 地点、CB : 4 地点、LC 3 地点) で試料採取を行い、8 地点でコバルトクラストを採取した。その結果、MS11 海山におけるコバルトクラストの平均層厚は 36mm、平均 Co 品位は 0.69% の値が得られた。

今年度の調査では、将来、採掘をより容易に行うことが出来ると思われる傾斜の緩やかなコバルトクラスト露出域を対象に 4 地点で 11 孔のボーリング及び 9 地点で LC を実施した。調査の目的は、海山の山頂部に賦存するコバルトクラストの分布、水深の相違によるコバルトクラスト賦存状況、コバルトクラストの分布の連続性、堆積物下におけるコバルトクラストの発達状況の把握である。

### 3-3-4-1 コバルトクラストの分布状況

#### (1) コバルトクラストの層厚

平成 10 年度及び今年度のコバルトクラストの採取状況を表 3-3-4-1 及び表 3-3-4-2 に、コバルトクラストの分布状況を図 3-3-4-1 に示す。さらに、図 3-3-4-2 及び図 3-3-4-3 にコバルトクラストの層厚と水深の関係及びコバルトクラストの層厚と堆積物の厚さの関係を示す。

平成 10 年度の調査では、山頂縁辺部を中心とし、斜面中部から上部にかけての地点も含めて試料採取を行い、クラスト、礫状クラスト及び少量のノジュールを採取した。採取地点別のノジュールを除外した平均層厚は、2~100mm で、採取量が少なくクラストの小片のみを採取した 2 地点 (AD10、AD13) を除くと 6 地点の平均値は 36mm である。水深 2,100m 以浅の山頂部では平均層厚は 2~49mm で、あまり一定せず、50mm 以上に達する厚いコバルトクラストは採取されなかった。一方、2,100m 以深の斜面域では、AD09 地点で平均層厚 100mm のコバルトクラストが得られたが、それ以外の地点では、平均層厚 5 ないし 10mm である。

今年度の調査では水深 2,100m 以浅の山頂部の 3 地点において 8 孔、斜面中部の 1 地点において 3 孔、計 11 孔のボーリングを実施した。なお、BMS03 地点及び BMS04 地点では、それぞれ 3 孔及び 2 孔のボーリング孔をそれぞれ水深が 100m 程度異なる地点で実施した。それぞれのボーリング孔において採取したコバルトクラスト層厚は 1mm 以下のコーティングから 320mm と広い範囲の値を示すが、8 孔で層厚 100mm 以上の厚いコバルトクラストを採取し、平均層厚は 138mm である。同じボーリング地点におけるそれぞれ孔間のコバルトクラスト層厚の変化は、BMS02 と BMS04 地点では小さいが、BMS01 と BMS03 地点では大きい。

表 3-3-4-2 及び図 3-3-4-3 に示すように未固結堆積物の層厚が 15cm である BMS03C 地点では、他の A 孔及び B 孔で厚いコバルトクラストを採取したにも係わらずコーティングしか見られない。BMS01D 孔では、130cm の未固結堆積物で覆われた石灰岩が見られ、未固結堆積物と石灰岩の間にはコバルトクラストは見られない。さらに、未固結堆積物の分布が見られず、コバルトクラストが露出している地点では、コバルトクラストの層厚はすべて 100mm 以上と厚いコバルトクラストが存在する。各ボーリング地点におけるコバルトクラストの平均層厚は、その地点で行った 2 から 4 孔のボーリング孔から得られたコバルトクラストの層厚の単純平均で示した。この場合、BMS01 地点や BMS03 地点では、未固結堆積物に覆われた孔とコバルトクラストが露出している孔では、コバルトクラストの層厚が大きく異なるが、それぞれの地点において 2 ないし 4 孔のボーリングは、その地点の状況を反映していると仮定した。すなわち、BMS03 地点では未固結堆積部に覆われて、コバルトクラストの発達状況が悪い部分が 1/3 程度の割合で存在すると仮定した。BMS01 から BMS04 の 4 地点のコバルトクラストの平均層厚は 121~160mm で、4 地点



表 3-3-4-1 MS11海山過年度調査によるコバルトクラスタの採取状況

番号	採取点番号	水深 (m)	地形区分	採取物 クラスタタイプ	クラスタ			礫状クラスタ			全体			
					採取量 (kg)	最大厚 (mm)	平均厚 (mm)	採取量 (kg)	最大厚 (mm)	平均厚 (mm)	採取量 (kg)	最大厚 (mm)	平均厚 (mm)	
1	98SMS11LC01	4,353	西斜面下部											
2	98SMS11CB02	2,034	西山頂縁辺部	礫状クラスタ、クラスタト片、ノジュール	0.80	25	15	16.94	110	60	17.74	110	49	
3	98SMS11CB03	2,381	西斜面上部	クラスタト片	0.26	20	5				0.26	20	5	
4	98SMS11CB04	1,841	東山頂縁辺部											
5	98SMS11CB05	1,818	西山頂縁辺部	クラスタト片										
6	98SMS11AD06	2,374	西斜面上部	クラスタト	2.48	35	10				2.48	35	10	
7	98SMS11AD07	2,077	西山頂縁辺部	クラスタト片	2.21	50	30				2.21	50	30	
8	98SMS11AD08	1,952	東山頂縁辺部	クラスタト片、クラウト	2.64	90	20				2.64	90	20	
9	98SMS11AD09	2,515	東斜面上部	クラスタト、クラスタト片	10.33	140	100				10.33	140	100	
10	98SMS11AD10	2,667	北斜面上部	ノジュール、クラスタト片	0.06	10	5				0.06	10	5	
11	98SMS11LC11	1,670	東山頂縁辺部											
12	98SMS11LC12	1,846	東山頂縁辺部											
13	98SMS11AD13	1,921	南山頂縁辺部	クラスタト片	0.01	3	2				0.01	3	2	
					最大	140	100	最大	110	60	最大	140	100	
					平均	60	30	平均	110	60	平均	74	36	
											山頂部平均		33	
											斜面部平均		38	

・AD10およびAD13はクラスタの小片を採取したのみで平均値の計算から場外する。

表 3-3-4-2 MS11海山コバルトクラストの採取状況

番号	地点名	BMS地点	水深 (m)	地形区分	堆積物 (cm)	コバルトクラスト タイプ	層厚 (mm)	層構造	コアの状況	平均厚 (mm)	母岩	露出面状況
1	BMS01	02SMS11BMS01A	1,996	西山頂縁辺部	1	クラスト、ノジュール	95	2層		121	石灰岩	比較的平坦、露出率40%
2		02SMS11BMS01B	1,990	西山頂縁辺部	0	クラスト	160	2層			石灰岩	比較的平坦、露出率40%
3		02SMS11BMS01C	1,990	西山頂縁辺部	0	クラスト	160	3層			石灰岩	比較的平坦、露出率50~80%
4		02SMS11BMS01D	1,971	西山頂縁辺部	130	クラスト	0,70*	3層			石灰岩	比較的平坦、露出率1~50%
5	BMS02	02SMS11BMS02A	1,983	南東山頂縁辺部	1	クラスト	110	2層		130	採取できず。	巨礫の集合物状、露出率60%
6		02SMS11BMS02B	1,980	南東山頂縁辺部	0	クラスト、礫状クラスト	150	2層			石灰質礫岩	巨礫の集合物状、露出率40%
7	BMS03	02SMS11BMS03A	2,750	北西斜面中部	0	クラスト	320		礫状に破碎	160	石灰岩	比較的平坦、露出率30~90%
8		02SMS11BMS03B	2,644	北西斜面中部	5	ノジュール、クラスト	160	3層			石灰岩	巨礫の集合物状、露出率10%
9		02SMS11BMS03C	2,549	北西斜面中部	15	コーテイング	0				石灰岩	比較的平坦、露出率10%
10	BMS04	02SMS11BMS04A	2,081	北東山頂縁辺部	0	クラスト、ノジュール	130	2層		145	採取できず。	巨礫の集合物状、露出率50%
11		02SMS11BMS04B	1,928	北東山頂縁辺部	0	クラスト、ノジュール	160	2層			石灰質礫岩、石灰岩	やや巨礫の集合物状、露出率90%
						最大	320			160		
						最小	0			121		
						平均	145			139		
						標準偏差	95			17		
						山頂部平均				132		
						斜面部平均				160		

\* コバルトクラストは石灰岩の表面では見られず石灰岩の下部に存在する

( 1/400000 AT 11°00' N )

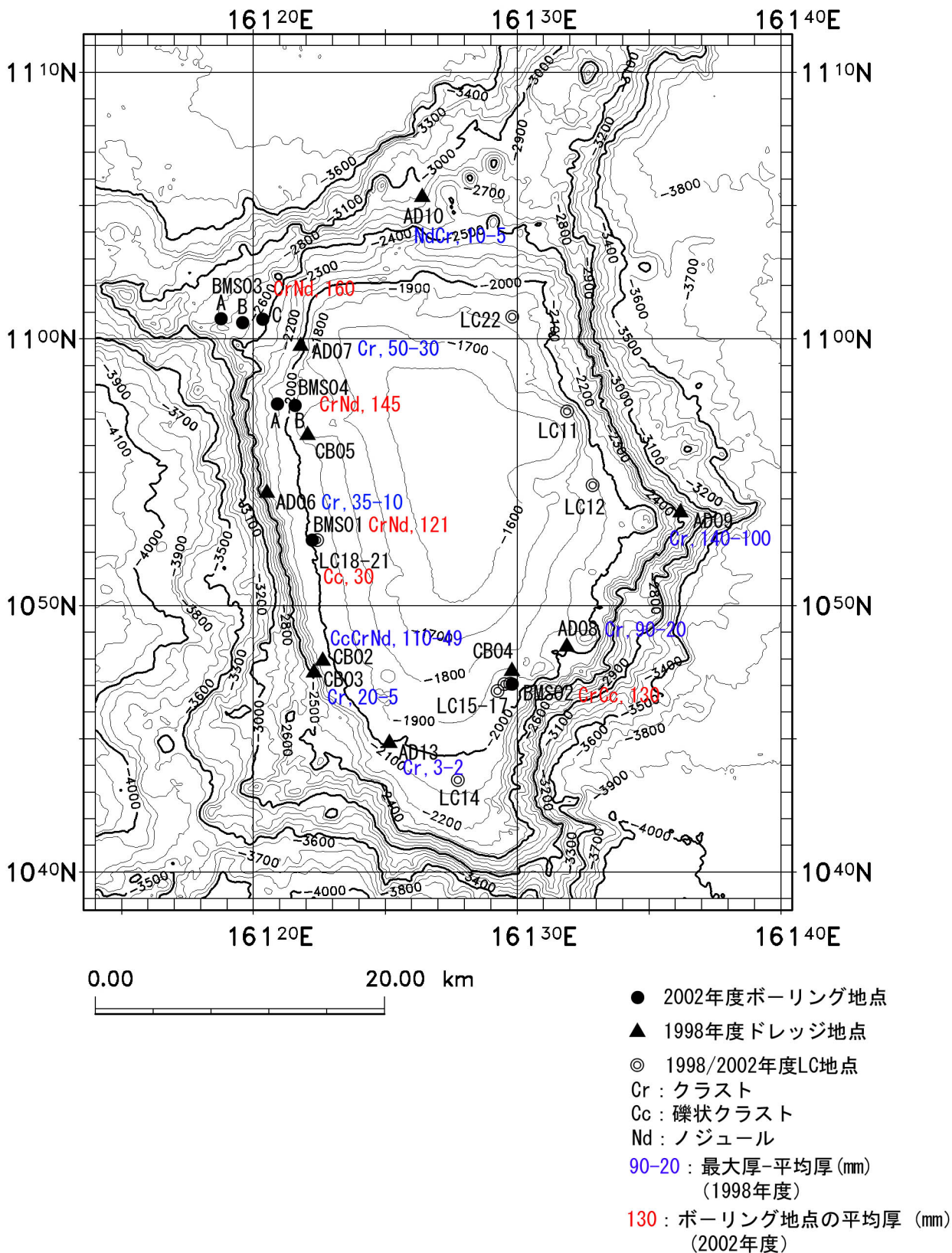


図 3-3-4-1 MS11海山コバルトクラストの分布状況

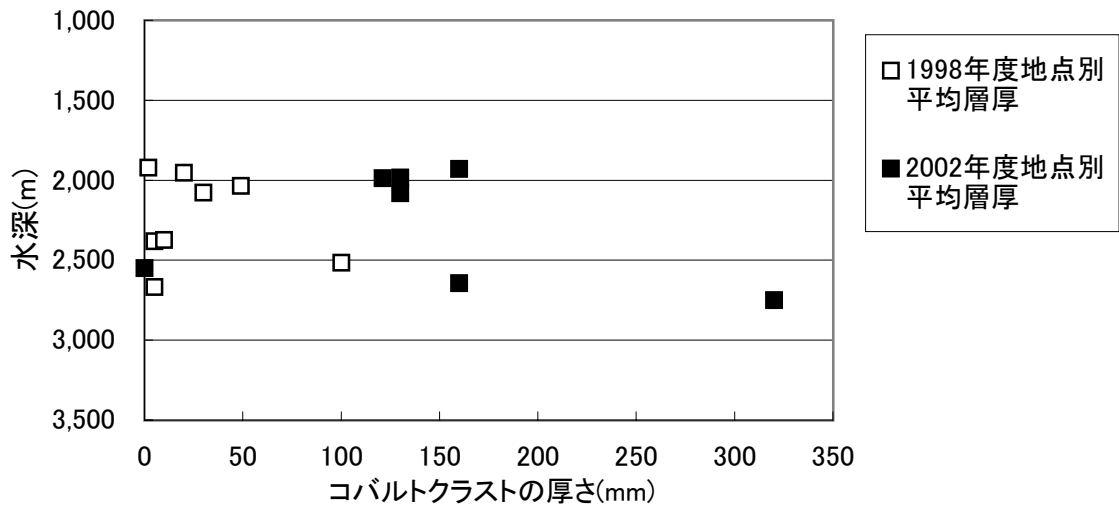


図3-3-4-2 MS11海山コバルトクラスト層厚と水深

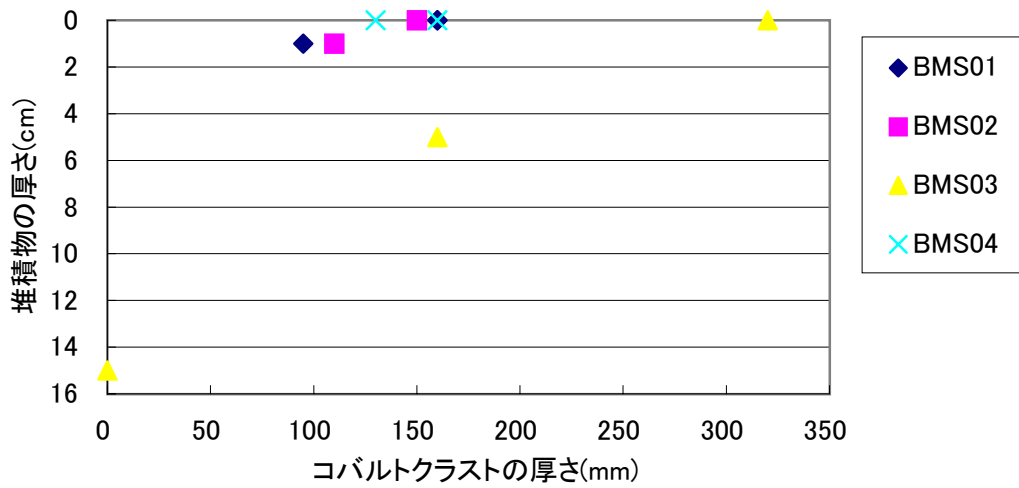


図3-3-4-3 MS11海山堆積部の厚さとコバルトクラスト厚厚

の平均値は 139mm である。平成 10 年度の調査結果と比較すると、採取地点全体の平均層厚は 36mm で今年度と比べてコバルトクラストの層厚は薄い。この原因として、平成 10 年度はドレッジでコバルトクラストを採取したが、各地点の採取量は AD09 以外ではすべて 3kg 未満と少なく、さらにほとんどの地点でクラスト全体の厚さを反映しないクラスト片（基盤の岩石を伴わないクラストの破片）を採取している。試料採取量が 10kg 以上に達している AD09 地点では、平均層厚が 100mm と厚い。

MS11 海山のボーリング地点におけるコバルトクラストの露出面の状況は、比較的平坦な海底面の場合と凹凸の著しい巨礫の集合物状の海底面をなす場合があるが、コバルトクラストの露出面の状況とコバルトクラストの層厚との間において顕著な関係は見られなかった。

### （2）コバルトクラストの層構造

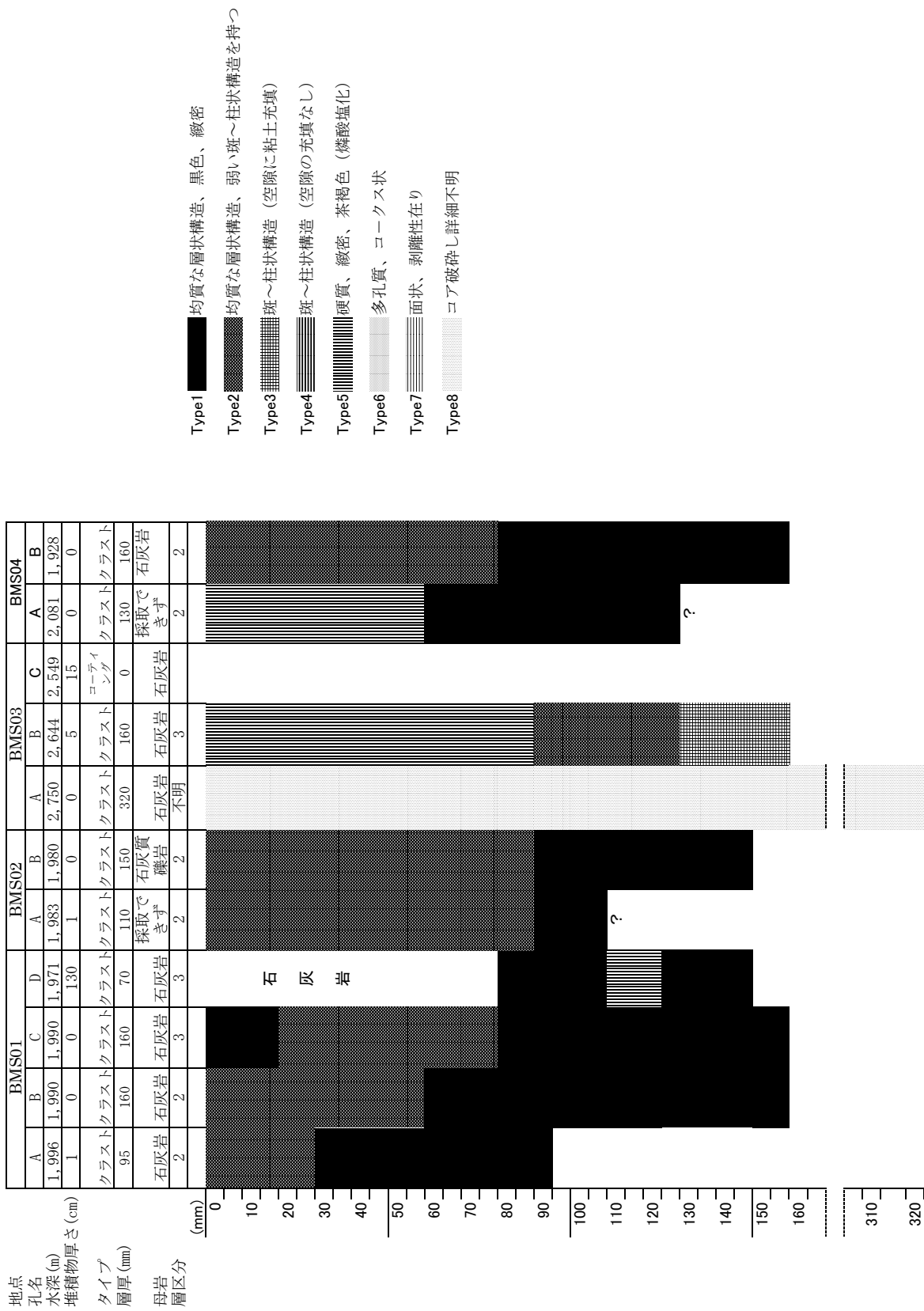
コバルトクラストの時間的な産状の変化を調べるため、コバルトクラストの肉眼的な組織からコバルトクラストを 7 タイプに分類し、層構造の検討を行った。層構造は最外層を 1 層とし、内側に向かって随時 2 層、3 層とした。層区分図を図 3-3-4-4 に示す。

MS11 海山のコバルトクラストは 2 層ないし 3 層構造をなし、比較的類似した層構造を示す。BMS01 及び BMS02 地点ではほぼ類似した層構造を示し、2 層構造で、弱い斑状～柱状構造を持つ Type 2 からなる外側の 1 層と黒色、緻密な Type 1 からなる内側の 1 層からなる。それ以外では、やや酸化して茶褐色を帯びた Type 5 が 1 層をなす場合があるが、内側は黒色、緻密な Type 1 からなる。

### （3）コバルトクラストの分布

MS11 海山の山頂部では山頂縁辺部の 1,900～2,100m の間に露岩域が分布する。山頂部のコバルトクラストの分布状況を把握するためその露岩域 3 地点において 8 孔のボーリングを実施し、これら 3 地点における地点別コバルトクラストの平均層厚は 121～145mm である。平成 10 年度の調査では、山頂域の 4 地点でドレッジによりコバルトクラストを採取したが、地点別の平均層厚は 2～49mm と今年度のボーリングによる調査結果に比べて非常に薄い。この原因は、本海山におけるドレッジによる試料の採取量は少量で、その地点のクラストの厚さを反映した試料が採取出来なかったことによると考えられる。今年度実施した山頂部の 8 孔のボーリングから 6 孔において 100mm 以上のコバルトクラストが採取されていることから、本海山の山頂部の露岩域では 100mm 以上のコバルトクラストが分布することが推定される。山頂部で行った 3 地点のボーリング調査から計算すると山頂部コバルトクラストの平均層厚は 132mm となる。

水深とコバルトクラストの層厚の関係把握するため斜面中部で BMS03 を実施し、平均層厚 160mm の値が得られた。平成 10 年度の調査では斜面中部から上部にかけて 4 地



- Type1 均質な層状構造、黒色、緻密
- Type2 均質な層状構造、弱い斑～柱状構造を持つ
- Type3 斑～柱状構造（空隙に粘土充填）
- Type4 斑～柱状構造（空隙の充填なし）
- Type5 硬質、緻密、茶褐色（磷酸塩化）
- Type6 多孔質、コークス状
- Type7 面状、剥離性在り
- Type8 コア破砕し詳細不明

図 3-3-4-4 MS11海山コバルトクラストの層区分図

点で試料採取を行い、その内3点では試料の採取量が少なく平均層厚は5~10mmであるが、採取量の多いAD09では平均層厚100mmの結果が得られた。BMS03及びAD09地点の2地点から判断して斜面部においても山頂部同様、層厚100mm以上のコバルトクラストが分布することが推定される。BMS03及びBMS04地点において水深の変化とコバルトクラストの層厚の変化を把握するため、水深が100m程度異なる地点でそれぞれ3孔及び2孔のボーリングを実施した。BMS03の3孔ではコバルトクラストの層厚は0~320mmと大きく異なる。BMS04の2孔においてはほぼ同様のコバルトクラストを採取した。

露岩域におけるコバルトクラストの分布の連続性を確認するため、MS11海山の山頂域南西部の濃色音圧域において、水深2,000~2,100mの地点で連続的にボーリングを実施する予定であったが、海象不良のため実施できなかった。

堆積物下のコバルトクラストの賦存状況を確認するため西山頂縁辺部(図3-3-2-4)及び北東山頂縁辺部(図3-3-2-5)で詳細な音圧データを収集し、試料採取を行った。西山頂縁辺部では、音圧レベルが低く、未固結堆積物が分布している山頂域から音圧レベルの高い斜面側に向かって順次LC18(中間色域)、LC19(中間色域と濃色域の境界)、LC21(濃色域)、LC20(濃色域)の4地点でLCを実施した。LC18では試料を採取出来なかったが海底写真の状況やビットの変形が見られないことから未固結堆積物が分布すると思われる。LC19では未固結堆積物を90cm採取した。音圧濃色域のLC20及びLC21では海底写真では未固結堆積物が見られるがコバルトクラストの破片を採取し、薄い堆積物に覆われてコバルトクラストが分布すると思われる。中間色域と濃色域の境界であるLC19地点で実施したBMS01D孔では、層厚130cmの未固結堆積物に覆われて石灰岩(8cm)、クラスト(7cm)その下部に石灰岩と層構造をなす試料を採取した。一方、北東山頂縁辺部では音圧濃色域と淡色域の境界部でLC22を行い、未固結堆積物を95cm採取した。中間色の地帯は未固結堆積物が存在し、その厚さはLCでは確認出来なかったが1m以上である。中間色域と濃色域の境界部付近では厚さ1.3mの未固結堆積物に覆われて固結した岩石を採取した。したがって、音圧濃色域ではコバルトクラストが露出していることが期待されるが、BMS03Cのように、音圧濃色域であっても15cm程度の未固結堆積物に覆われている地点では、コバルトクラストの発達状況が悪い地点が存在することが予想される。

### 3-3-4-2 コバルトクラストの分析結果

MS11 海山のボーリングにより採取したコバルトクラストに対して 20 件（バルク試料：10 件、層別試料：10 件）の化学分析を行った。分析元素は、Co、Ni、Cu、Mn、Fe、Pb、Zn、Ti、Mo、V、Si、Al、Ca、Na、K、P、Ba、Sr、Pt、LOI、H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>、H<sub>2</sub>O<sup>-</sup> の 22 成分と希土類 14 元素（La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu）の計 36 成分である。分析方法及び分析結果を添付資料 9 及び 13 に示す。

#### （1）バルク試料

バルク試料の分析結果の基本統計量及び主要金属元素（Co、Ni、Cu、Mn、Fe）と Pt の品位を表 3-3-4-3 及び表 3-3-4-4 に示す。さらに、バルク試料の品位のヒストグラム及び平成 10 年度の結果を加えた散布図を図 3-3-4-5 及び図 3-3-4-6 に示す。

バルク試料 10 個における Co は 0.16~0.43%の値を示し、0.30~0.40%の値を持つものが多い。Ni はほとんどの試料が平均値の 0.38%前後の値を持つが、Cu と Mn は広い範囲の値を持ち、それぞれ、0.07~0.19%及び 12.70~23.08%である。Fe は 8.70~20.30%の広い範囲の値を持つが、ほとんどの試料は 14.00%前後の値を持つ。Pt は 0.26~0.54ppm である。各ボーリング孔（例えば A、B、C）間における品位の相違は比較的少なく、各ボーリング孔の分析値から平均値を求め、ボーリング地点（例えば BMS01）の分析値とした。

今年度行った 4 地点のボーリング調査による MS11 海山の平均品位は、Co 0.34%、Ni 0.39%、Cu 0.12%、Mn 19.50%、Fe 15.01%、Pt 0.38ppm である。平成 10 年度の調査結果と比較すると今年度の結果は Co、Pt が低く、Cu が高い。Ni、Mn、Fe においては顕著な差は見られない。中部太平洋のコバルトクラストの平均値（Hein et al., 1992）と比較すると、Co が低く、Pt はやや高い。

関連散布図では、今年度の試料においてのみ Co-Mn、Co-Fe に正の相関が見られ、平成 10 年度の試料では見られない。Co-Cu の間には負の相関が見られる。水深と Co には顕著な関係は見られないが、層厚と Co の間には平成 10 年度の試料において負の相関が見られ、層厚が厚い試料ほど Co は低い。

上記以外の元素では Pb、Zn、Mo の金属元素の平均値はそれぞれ 0.13%、0.08%、0.05% である。Ca 及び P は、それぞれ 4.17~19.63%及び 1.04~7.32%と広い範囲の値を示し、平均値はそれぞれ 11.11%及び 3.76%と高い。さらに、この両者は非常に良い相関を示す。

バルク試料の希土類元素は  $\Sigma$ REE が平均値 2,250ppm で、1,469~2,846ppm と広い値を持つ。これは Ce が 771~1,660ppm と大きく変化することによる。北米標準頁岩で規格化するとほぼ水平なパターンで 4~10 倍程度の濃度を持ち、Ce が正の異常を示す。このパターンは太平洋地域の海山に見られる海水起源のクラスト（Usui and Someya 1997）と類似したパターンである。



表 3-3-4-3 MS11海山コバルトクラスト分析結果の基本統計量

	Co %	Ni %	Cu %	Mn %	Fe %	Mn/Fe	Pb %	Zn %	Ti %	Mo %	V %	Si %	Al %	Ca %	Na %	K %	P %	Ba %	Sr %	Pt ppm
最大	0.43	0.53	0.19	23.08	20.30	1.50	0.16	0.09	1.18	0.07	0.09	3.32	0.91	19.63	1.63	0.44	7.32	0.37	0.19	0.54
最小	0.16	0.31	0.07	12.70	8.70	1.11	0.08	0.08	0.56	0.03	0.06	1.65	0.35	4.17	1.05	0.35	1.04	0.28	0.15	0.26
平均値	0.33	0.38	0.11	19.06	14.70	1.31	0.13	0.08	0.86	0.05	0.08	2.35	0.64	11.11	1.38	0.40	3.76	0.31	0.17	0.39
標準偏差	0.08	0.06	0.04	3.12	2.87	0.16	0.03	0.01	0.17	0.01	0.01	0.53	0.21	3.82	0.15	0.03	1.56	0.03	0.02	0.09
変動係数	0.25	0.15	0.38	0.16	0.19	0.12	0.20	0.06	0.20	0.24	0.15	0.23	0.33	0.34	0.11	0.07	0.42	0.10	0.09	0.25

N=10

	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
最大	492	1660	77.5	336.0	60.3	15.8	75.8	10.9	63.3	13.0	38.2	5.1	33.2	5.3	2846.2
最小	295	771	32.4	144.5	22.9	6.7	37.0	5.0	33.9	8.3	26.3	3.6	23.5	3.8	1469.8
平均値	372	1374	51.1	222.2	39.3	10.8	53.1	7.5	44.8	9.8	30.0	4.1	27.2	4.4	2250.1
標準偏差	54	319	11.6	49.1	9.2	2.3	10.0	1.5	7.8	1.4	4.0	0.5	3.2	0.5	422.3
変動係数	0.14	0.23	0.23	0.22	0.23	0.21	0.19	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.12	0.11	0.19

表 3-3-4-4 MS11 海山コバルトクラストの品位

地点	孔名	水深 (m)	層厚 (mm)	Co %	Ni %	Cu %	Mn %	Fe %	Mn/Fe	Pt ppm	平均水深 m	最大層厚 (mm)	平均層厚 (mm)	平均 Co%	平均 Ni%	平均 Cu%	平均 Mn%	平均 Fe%	平均 Mn/Fe	平均 Ptppm											
1	A	1,996	95	0.30	0.39	0.12	17.73	13.90	1.28	0.51	1,987	160	121	0.29	0.35	0.09	17.31	13.48	1.30	0.41											
2	B	1,990	160	0.34	0.33	0.11	19.44	16.30	1.19	0.43																					
3	C	1,990	160	0.34	0.31	0.07	19.36	15.00	1.29	0.33																					
4	D	1,971	70	0.16	0.40	0.07	12.70	8.70	1.46	0.39																					
5	A	1,983	110	0.25	0.53	0.19	16.11	13.60	1.18	0.54	1,982	150	130	0.34	0.46	0.14	18.85	14.00	1.34	0.40											
6	B	1,980	150	0.43	0.40	0.09	21.60	14.40	1.50	0.26																					
7	A	2,750	320	0.43	0.38	0.12	23.08	20.30	1.14	0.31	2,697	320	160	0.37	0.36	0.15	20.40	18.15	1.12	0.38											
8	B	2,644	160	0.31	0.34	0.18	17.73	16.00	1.11	0.45																					
9	A	2,081	130	0.39	0.40	0.09	21.91	14.60	1.50	0.29	2,005	160	145	0.38	0.40	0.09	21.45	14.40	1.49	0.33											
10	B	1,928	160	0.37	0.40	0.09	20.98	14.20	1.48	0.37																					
試料数											10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
最大											320	0.43	0.53	0.19	23.08	20.30	1.50	0.54	0.38	0.46	0.15	21.45	18.15	1.49	0.41						
最小											70	0.16	0.31	0.07	12.70	8.70	1.11	0.26	0.29	0.35	0.09	17.31	13.48	1.12	0.33						
平均値											152	0.33	0.38	0.11	19.06	14.70	1.31	0.39	0.34	0.39	0.12	19.50	15.01	1.31	0.38						
標準偏差											67	0.08	0.06	0.04	3.12	2.87	0.16	0.09	0.04	0.05	0.03	1.81	2.13	0.15	0.04						
変動係数											0.44	0.25	0.15	0.38	0.16	0.19	0.12	0.25	0.13	0.13	0.27	0.09	0.14	0.11	0.09						
1998年度の結果											試料数	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
平均値											平均値	65	31	0.69	0.47	0.05	21.49	14.95	1.45	0.65											
中部太平洋*											試料数			308	311	265	311	311	311	311	29										
平均値											平均値			0.79	0.47	0.12	23.00	15.70	1.39	0.24											

\* : 中部太平洋のコバルトクラストの平均値 (Hein et al. 1992)

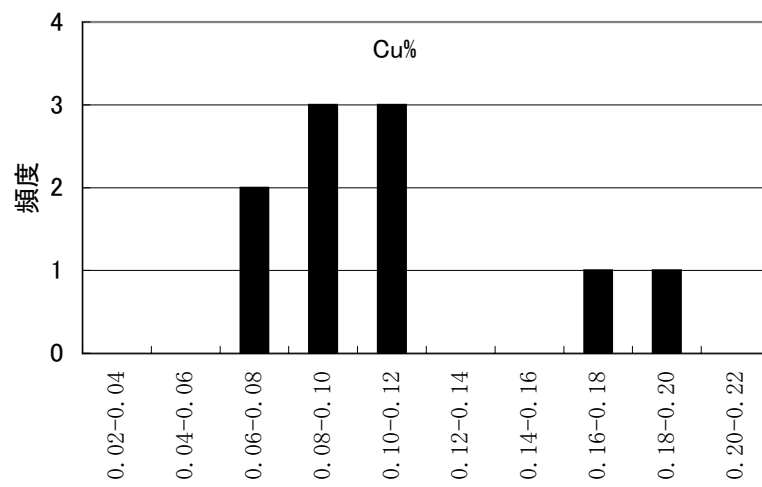
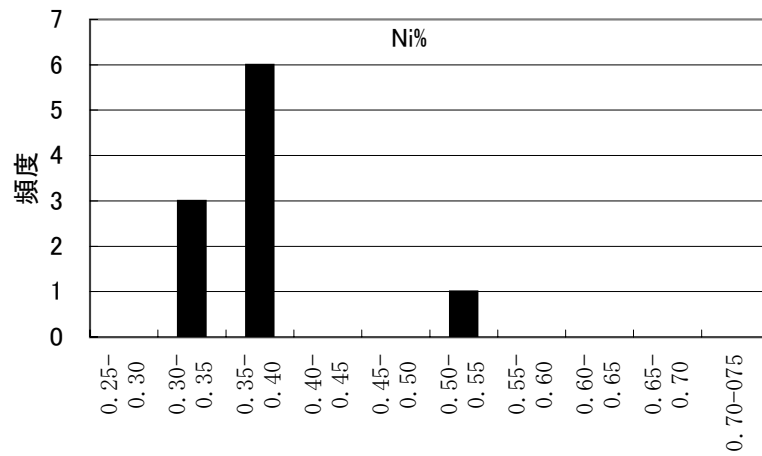
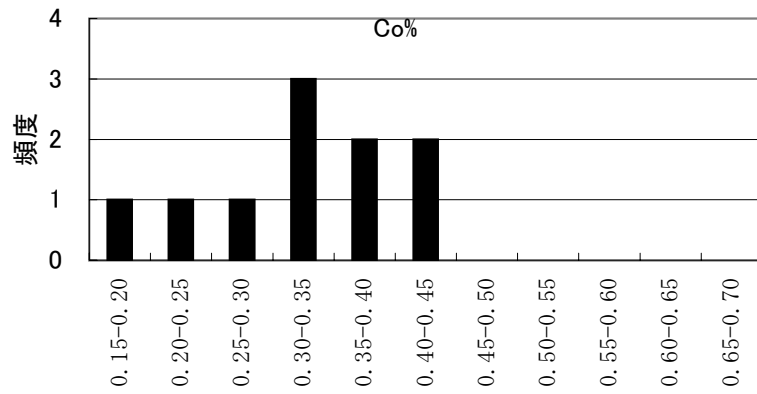


図 3-3-4-5 JA11海山コバルトクラスト品位のヒストグラム (1/2)

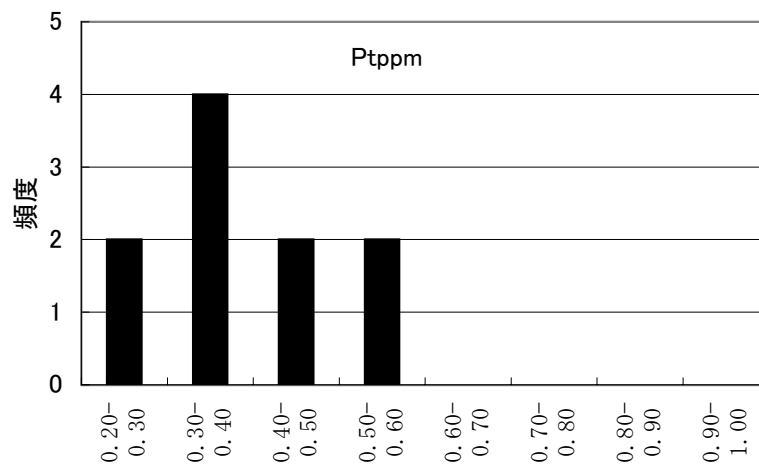
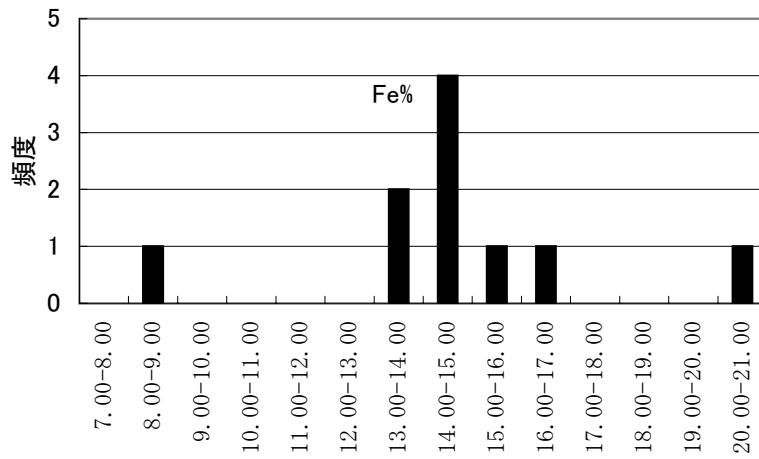
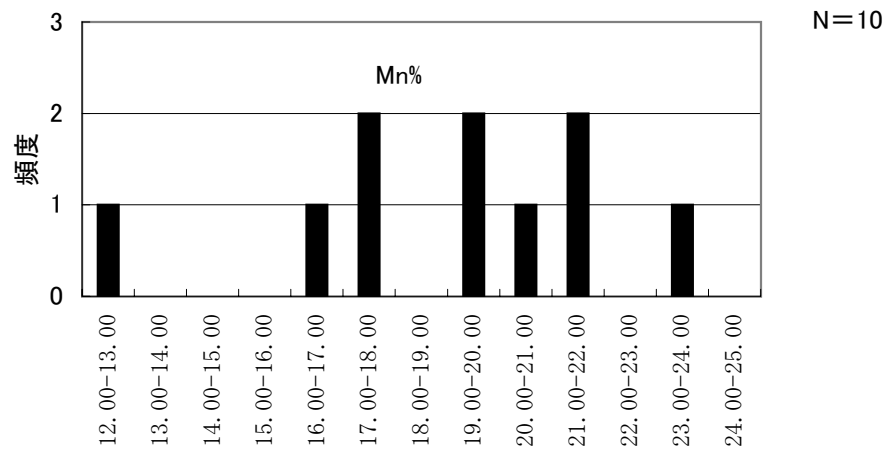


図 3-3-4-5 JA11海山コバルトクラスト品位のヒストグラム (2/2)

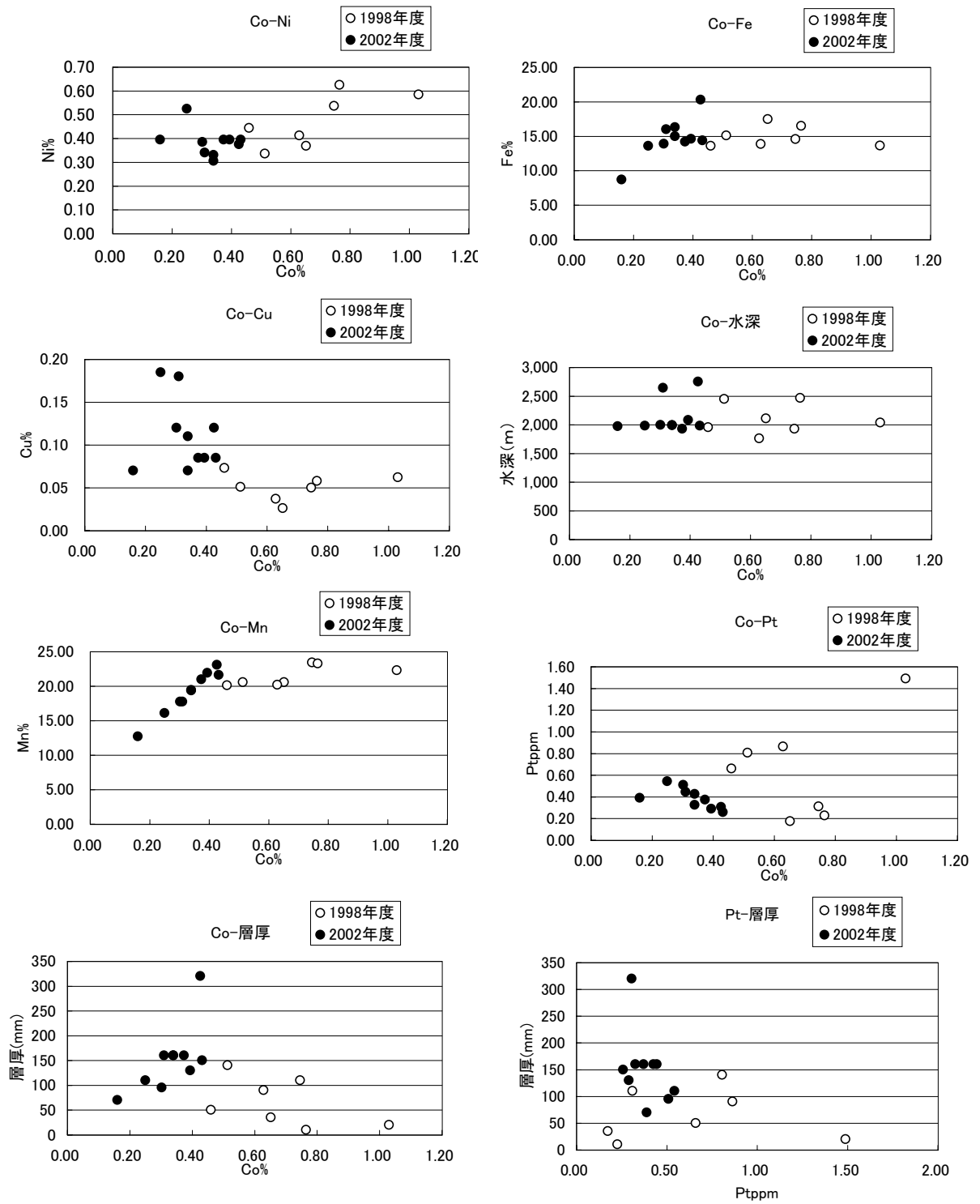


図 3-3-4-6 MS11海山コバルトクラスト品位の散布図

## (2) 層別試料

MS11 海山で層別試料の分析を行ったが、分析試料も少なく各層と化学組成の間に系統的变化は見られなかった。

## (3) コバルトクラストの品位の分布

コバルトクラストの地点別品位の分布をコバルトクラストの層厚とともに図 3-3-4-7 に示す。平成 10 年度のドレッジ及び LC 調査におけるコバルトクラストの層厚はその地点における最大厚で示した。

今年度のボーリング調査により山頂部の 3 地点で得られたコバルトクラストの Co 品位は 0.29~0.38% で、平均品位は 0.34% と低い。これら 3 地点における Co 品位の分布の地域的な特徴は見られず Co 0.34% 程度のコバルトクラストが山頂域全体に分布しているものと思われる。斜面部で行った 1 地点における Co 品位は 0.37% で、山頂部の地点と他の品位も含め著しい差異は認められない。山頂部の 3 地点におけるコバルトクラストの層厚は 121~145mm で、類似した値を示し、平均値は 132mm である。斜面部の 1 地点では 160mm の層厚が得られ、山頂部よりやや厚い。

平成 10 年度の結果では平均 Co 品位は 0.69% で、今年度の結果と比べて高い。この原因の一つとして、ドレッジや LC により不完全な試料を採取していたことが考えられる。すなわち、平成 10 年度の試料採取結果ではクラスト片が多く採取されており、コバルトクラストの最外部から最内部までを持つ完全な試料がほとんど採取されていない。この点はコバルトクラストの層厚からも明らかで、平成 10 年度の地点別最大層厚は平均 74mm で、今年度のボーリング調査による平均層厚 139mm に比べて約半分程度である。MS01 海山の層別試料の分析結果に見られる様に、一般に最外層の Co 品位は高く、内側に向かって Co は減少する。平成 10 年年度の分析結果は、コバルトクラストの外側を反映した値であると考えられる。

( 1/400000 AT 11°00' N )

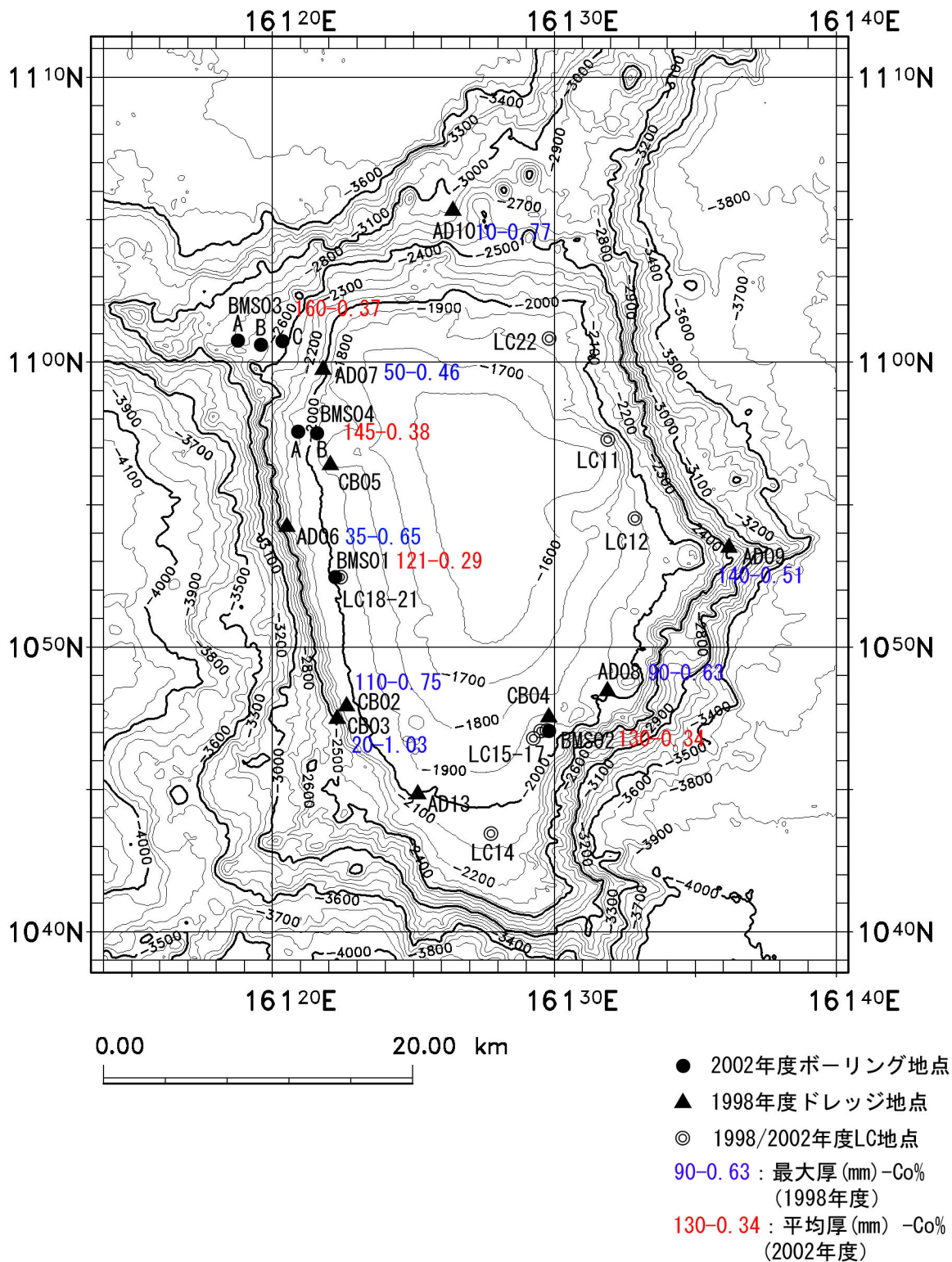


図 3 - 3 - 4 - 7 MS11海山コバルトクラストのCo品位と層厚

### 3-4 MS12 海山の調査結果

MS12 海山では、平成 10 年度（1998 年度）の調査で MBES を用いた地形航走及びドレッジと LC によるサンプリングを行った。今年度は、地形図の精度を上げることを目的として平成 10 年度の地形航走の測線間を補間するように地形航走を行い、BMS 及び LC による試料採取を実施した。

#### 3-4-1 海底地形と海底面状況

海山全体の音響調査は平成 10 年度に行われているため、今年度の音響調査により新たに得られた情報はあまりないが、今年度のデータを加えた海底地形図と陰影図及び MBES 音圧図をそれぞれ図 3-4-1-1 及び図 3-4-1-2 に示す。

##### 3-4-1-1 海底地形

本海山は  $8^{\circ} 50' N \cdot 163^{\circ} 12' E$  を中心とする孤立した平頂海山で、Anewetak 環礁の南東方に位置する。山頂最浅部の水深は 1,037m、基底部からの比高は約 3,900m を示す。平頂部の長軸は WNW-ESE 方向で長さ約 25km、短軸の長さは約 15km の長円形を示すが、海山基底部はほぼ円形である。水深 1,400m 以浅の山頂部の広がりには  $295 \text{ km}^2$  である。山頂部は、南部のピナクルを除き未固結堆積物で広く覆われ、その層厚は中心部で 100m 以上に達する。そのため山頂部の海底面は極めて滑らかである。また、山頂縁辺から最浅部の比高は 300m であり、やや緩やかなドーム状を呈し、山頂部の傾斜は  $4^{\circ}$  未満である。

斜面部は、長軸方向及びそれに直行する南西方向に尾根状地が伸び、両者間の斜面は馬蹄形の谷地形を呈する。また、水深 3,000m 以深では傾斜が緩やかとなりテラスを形成している。海山全体での斜面部の平均傾斜は上部で  $21.0^{\circ}$ 、中部では  $17.9^{\circ}$ 、下部で  $10.5^{\circ}$  で、上部から下部に向かって傾斜は漸次緩やかとなる。斜面中部以深でも、北部から東部にかけては小さな尾根の出入りが多く、小規模なピナクルも多数見られる。

##### 3-4-1-2 海底面状況

海山山頂中央部には広く未固結堆積物が分布し、極めて起伏の少ない緩やかなドーム状地形を形成している。しかし、山頂中央部の反射音圧は一定ではなく、未固結堆積物の層厚の変化に対応して音圧レベルは変化している。すなわち、堆積物の層厚が 100m を超す最浅部では画像が淡く、山頂北部やピナクルの周辺の堆積物が薄いと見られる個所では画像がやや濃色を示している。山頂縁辺部では肩部で最も高い音圧を示す。

斜面部では、尾根と谷に対応し画像濃色部と淡色部が交互に繰り返して分布しているが、大局的には上部から下部にかけて音圧が低くなっている。しかし、東部から南東部にかけての斜面では上部でも画像は淡色部を示し、未固結堆積物に覆われているものと思われる。また、西部は水深 3,000~4,000m に広がるテラス上に堆積物の存在を示唆する画像淡色部



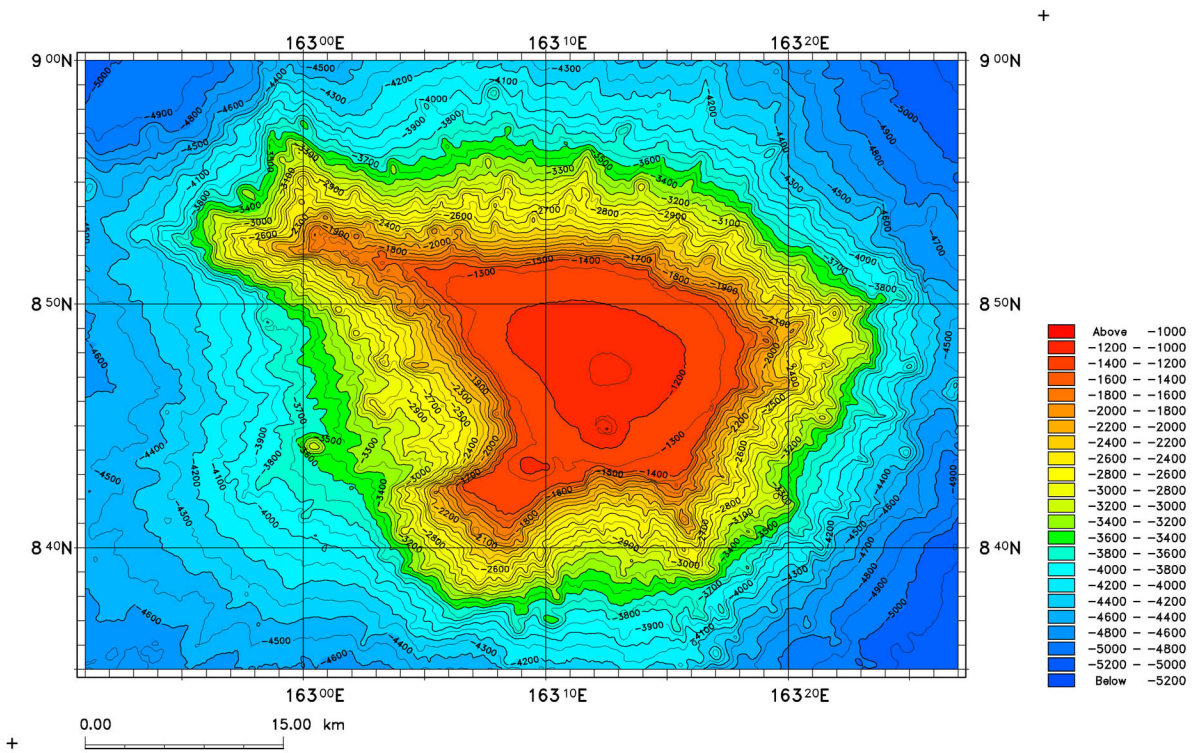
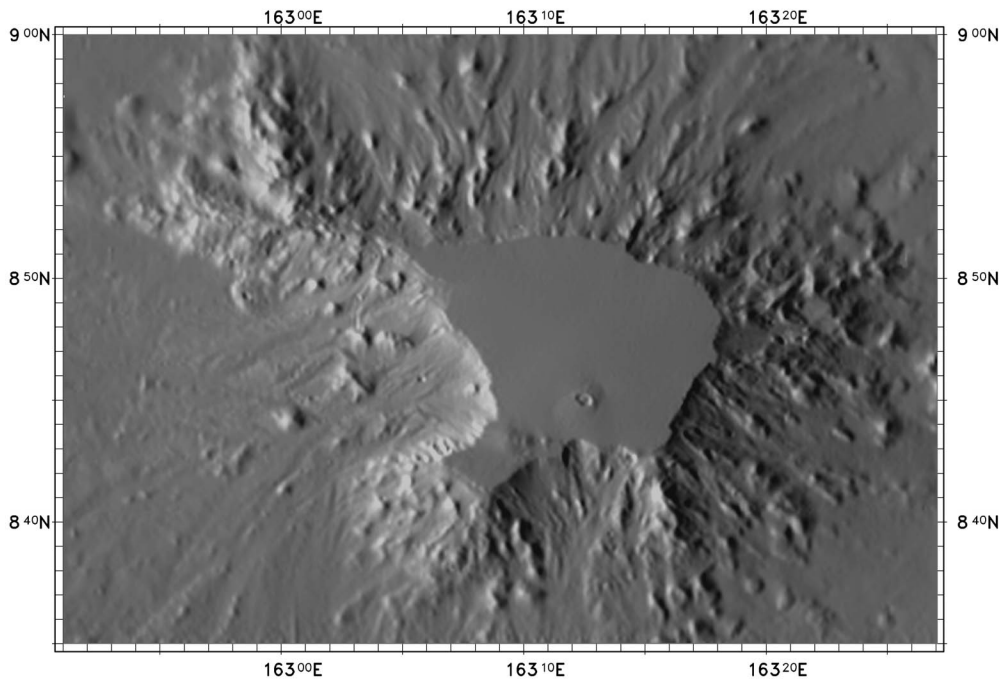


图 3 - 4 - 1 - 1 MS12海山地形図と陰影図

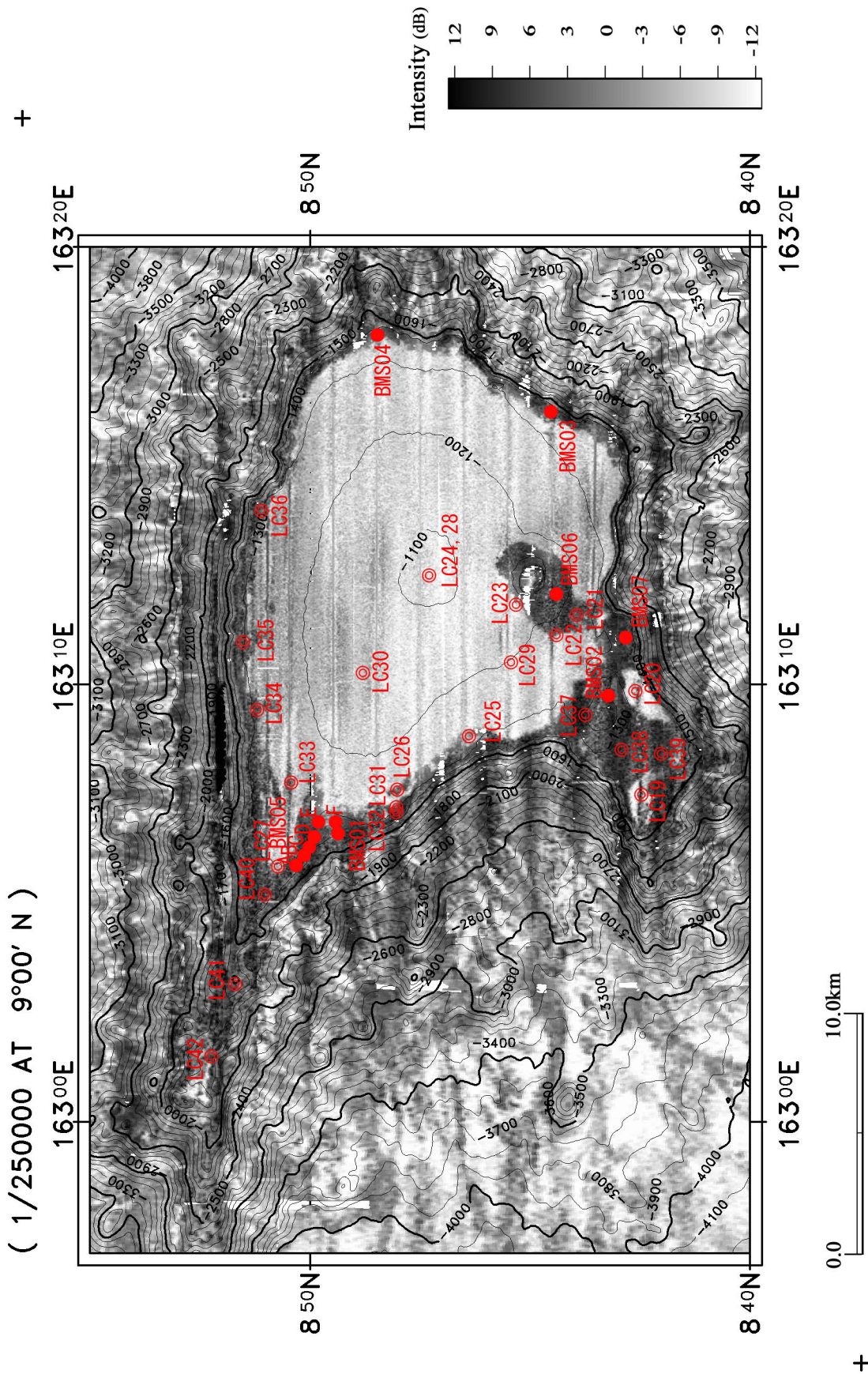


图 3-4-1-2 MS12海山MBES音压分布图

が分布する。

平成 10 年度の SBP 調査によると山頂部は、8° 50' N 付近のピナクル及び海山西側の北と南に張り出した部分を除き全体が未固結堆積部で覆われ、堆積層は肩部から山頂中心部に向かって次第に厚くなり、最大 120m 以上に達する。山頂縁辺部では、東部及び南部で肩部まで堆積物に覆われるが、西部及び北部では露岩域である。斜面部の堆積層は全体に薄く、特に、北及び西斜面で斜面中部まで露岩域と思われる。

### 3-4-2 試料採取結果

MS12 海山において、平成 10 年度（1998 年度）に AD（アームドレッジ）によるドレッジ 15 点及び LC3 点の試料採取、FDC 観察 2 測線を実施した（表 3-4-2-1）。その結果、MS11 海山におけるコバルトクラストの平均の厚さは 39mm、平均 Co 品位は 0.69%の値が得られた。

今年度の調査では MS12BMS01～07 の 7 地点でそれぞれ 3～7 孔、計 25 孔のボーリングと 24 孔の LC を実施した。

試料採取位置図、ボーリング孔位置図、ボーリングコア対比写真、試料採取結果一覧表、ボーリング地点の海底面状況を、それぞれ、図 3-4-2-1、図 3-4-2-2、図 3-4-2-3、表 3-4-2-2、表 3-4-2-3、に示す。さらに、添付資料 1～6 に、それぞれ、ボーリング地点の海底写真、ボーリングコア写真、ボーリング柱状図、LC 及び MC の海底写真、LC 及び MC の柱状図、コバルトクラストの記載を示す。

BMS05 地点ではコバルトクラストの分布の連続性を確認するためボーリングを 6 孔実施するとともに、BMS の高感度カメラで海底面の観察を行った。BMS05 地点の海底観察結果を図 3-4-2-4 に示す。

各ボーリング地点の状況及び採取物は以下の通りである。

#### 3-4-2-1 02SMS12BMS01 地点

ボーリング地点：MS12 海山の山頂北西部の西側では、山頂縁辺部の水深 1,300～1,500m の間にほぼ 2 km に渡って濃色の音圧分域が見られ、岩石が露出していると考えられる。この濃色域のコバルトクラストの分布状況を把握する目的で BMS01 を実施した。水深は 1,370～1,380m の地点で、東から西へ東西方向にほぼ 50m 間隔で A 孔（掘進長 71cm）、B 孔（掘進長 82cm）、C 孔（掘進長 71cm）の 3 孔を実施した。

海底面状況：ボーリング孔周辺の海底状況は、それぞれの孔でやや異なる。A 孔周辺では、径 20～50cm の球状～不定形の盛り上がりを持つ表面のクラストが露出率 10%で露出し、径 5 cm のノジュールが散在する。掘削地点は、クラスト露出部の間の薄く堆積物に覆われた地点である。B 孔周辺では、クラストはほとんど確認できず、径 3

表3-4-2-1 MS12海山過年度調査結果

番号	採取点番号	着底				離底				地形区分	コブ長 (cm) 採取量 (kg)	採取物 岩石	採取物 コバルトクラスト
		緯度	経度	水深 (m)		緯度	経度	水深 (m)					
1	98SMS12LCO1	8° 48.006' N	163° 30.030' E	4,528					東斜面中部	335cm	淡褐色の粘土、燐灰石、玄武岩	ノジュール	
2	98SMS12AD02	8° 44.310' N	163° 08.542' E	1,554	8° 44.209' N	163° 08.691' E	1,386		西斜面上部	120.65kg	燐灰質礫岩	クラスト、クラスト片	
3	98SMS12AD03	8° 42.977' N	163° 12.584' E	1,555	8° 44.209' N	163° 08.691' E	1,446		南斜面上部	4.95kg	石灰質礫岩、玄武岩、軽石	クラスト	
4	98SMS12AD04	8° 42.210' N	163° 14.860' E	1,974	8° 42.038' N	163° 14.860' E	1,857		南斜面上部	65.14kg	玄武岩、凝灰角礫岩	クラスト	
5	98SMS12AD05	8° 42.310' N	163° 14.844' E	1,719	8° 42.227' N	163° 15.157' E	1,639		南斜面上部	6.16kg	石灰岩、軽石、玄武岩	クラスト	
6	98SMS12AD06	8° 47.695' N	163° 06.547' E	1,689	8° 47.494' N	163° 07.183' E	1,487		西斜面上部	0.29kg	石灰岩、玄武岩、軽石	クラスト片	
7	98SMS12AD07	8° 47.495' N	163° 07.244' E	1,448	8° 47.470' N	163° 07.852' E	1,250		西斜面上部	194.80kg	玄武岩	礫状クラスト	
8	98SMS12AD08	8° 49.465' N	163° 04.980' E	2,060	8° 49.553' N	163° 05.210' E	1,892		西斜面上部	17.90kg	石灰岩、軽石	クラスト、クラスト片	
9	98SMS12AD09	8° 48.761' N	163° 05.804' E	1,796	8° 48.852' N	163° 06.519' E	1,399		西斜面上部	2.02kg	玄武岩、凝灰岩、石灰岩、軽石	クラスト片、ノジュール	
10	98SMS12AD10	8° 49.602' N	163° 05.828' E	1,499	8° 49.575' N	163° 06.193' E	1,438		西斜面上部	1.04kg	玄武岩、軽石	クラスト	
11	98SMS12AD11	8° 51.453' N	163° 08.759' E	1,342	8° 51.391' N	163° 09.246' E	1,260		北山頂縁辺部	6.64kg	ハナノクラスタ付、軽石	クラスト、クラスト片、礫状クラスト	
12	98SMS12AD12	8° 52.636' N	163° 11.679' E	1,983	8° 52.453' N	163° 12.351' E	2,039		北斜面上部	1.67kg	玄武岩、軽石	クラスト、クラスト片	
13	98SMS12AD13	8° 52.049' N	163° 11.715' E	1,716	8° 51.953' N	163° 12.194' E	1,497		北斜面上部	27.20kg	石灰質礫岩、玄武岩、軽石	クラスト	
14	98SMS12LCL14	8° 45.035' N	163° 12.464' E	1,130					山頂部	コア長不明	有孔虫砂		
15	98SMS12LCL15	8° 43.616' N	163° 16.045' E	1,372					東山頂縁辺部	-		ピット変形	
16	98SMS12AD16	8° 39.587' N	163° 07.930' E	2,268	8° 39.833' N	163° 08.414' E	2,054		南斜面中部	97.70kg	玄武岩、石灰質礫岩	クラスト、礫状クラスト、クラスト片	
17	98SMS12AD17	8° 42.911' N	163° 10.270' E	1,273	8° 43.275' N	163° 10.655' E	1,279		南山頂縁辺部	118.18kg	玄武岩、石灰質礫岩	礫状クラスト、ノジュール	
18	98SMS12AD18	8° 44.322' N	163° 11.676' E	1,157	8° 44.498' N	163° 12.132' E	1,097		山頂部	1.84kg	凝灰岩、石灰岩	クラスト、ノジュール	

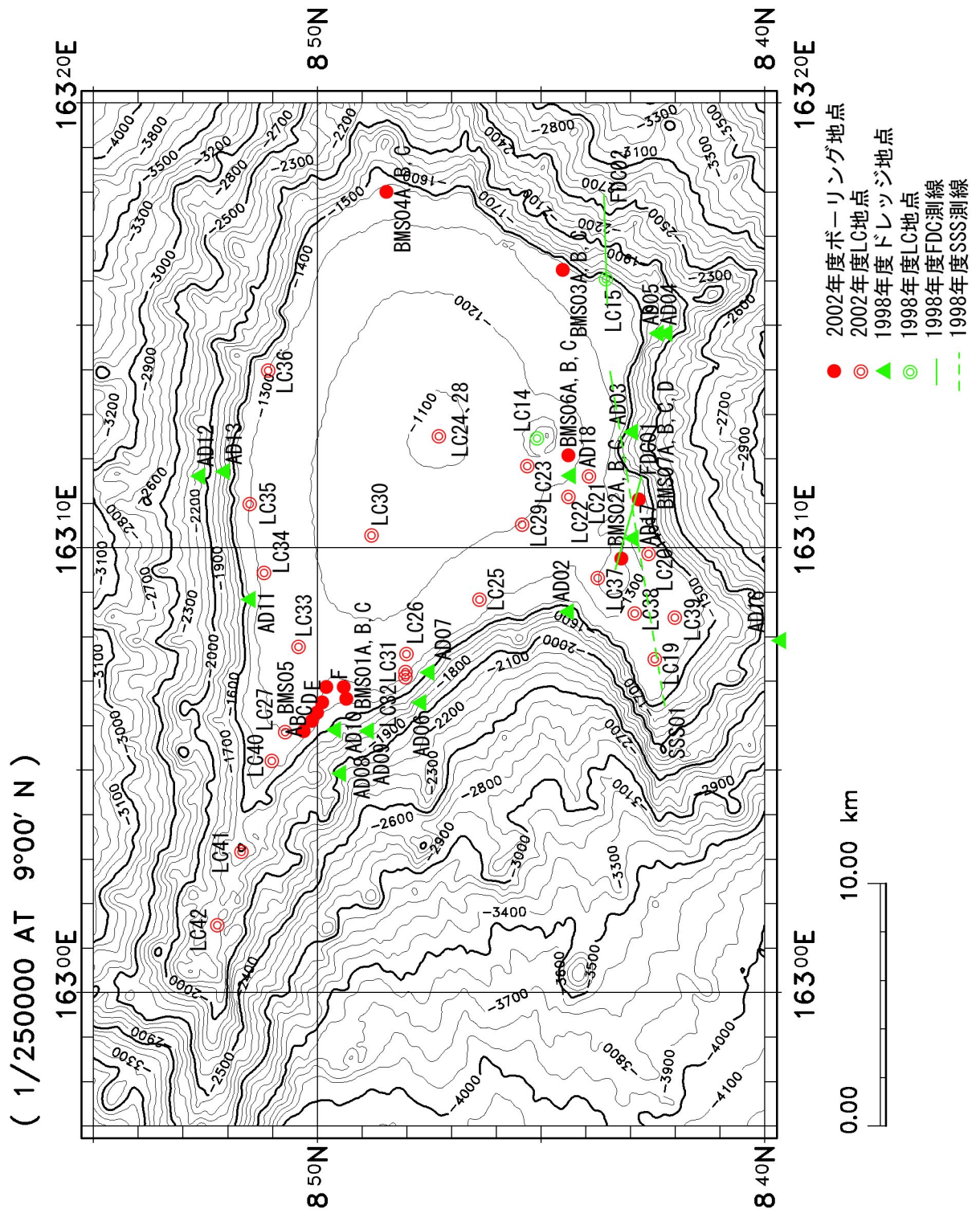


図3-4-2-1 MS12海山試料採取位置図

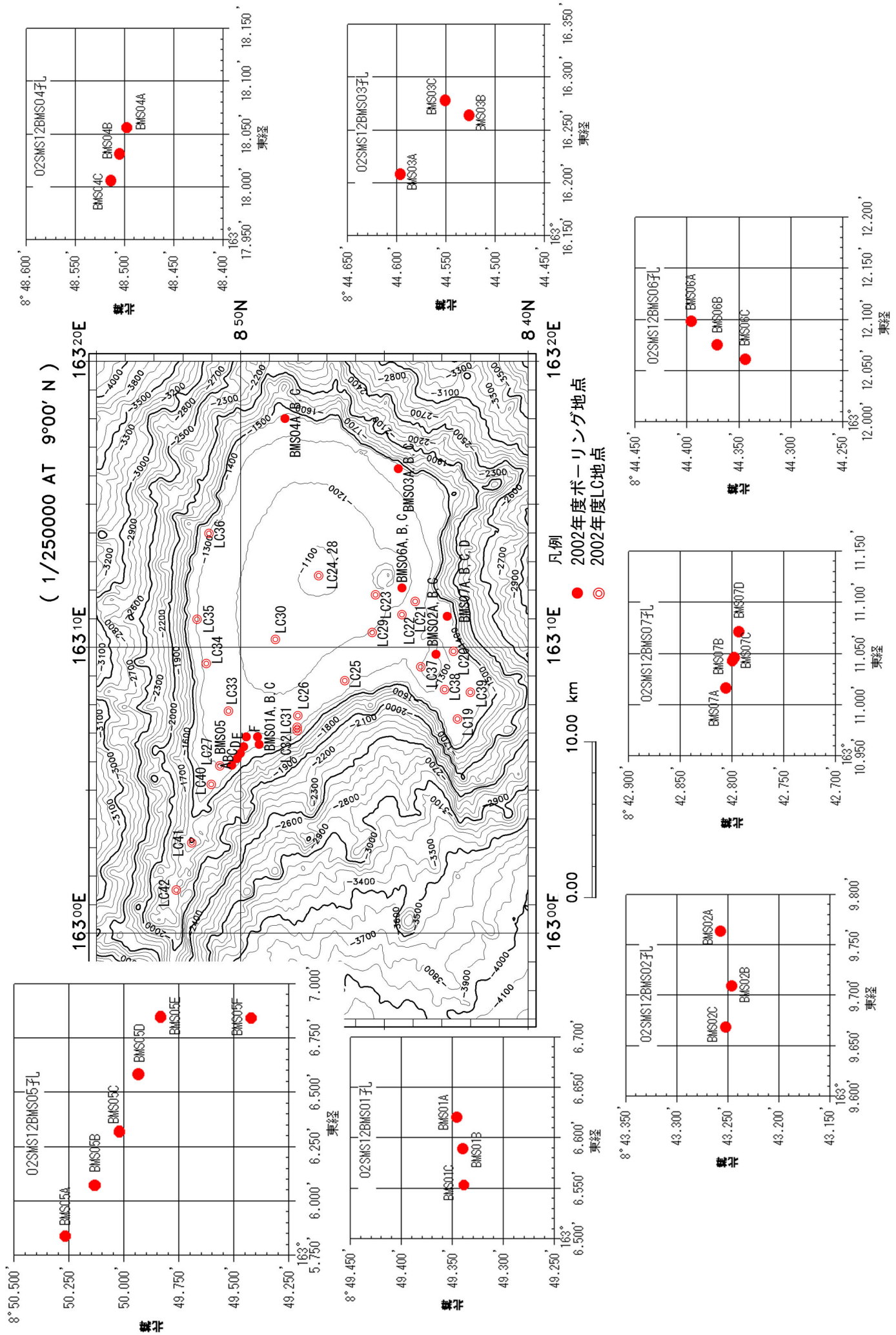
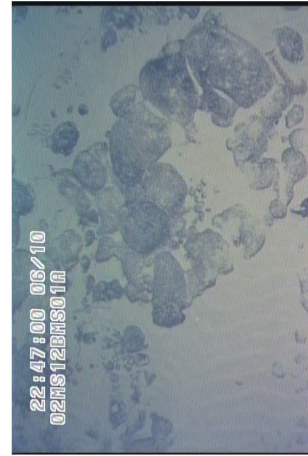
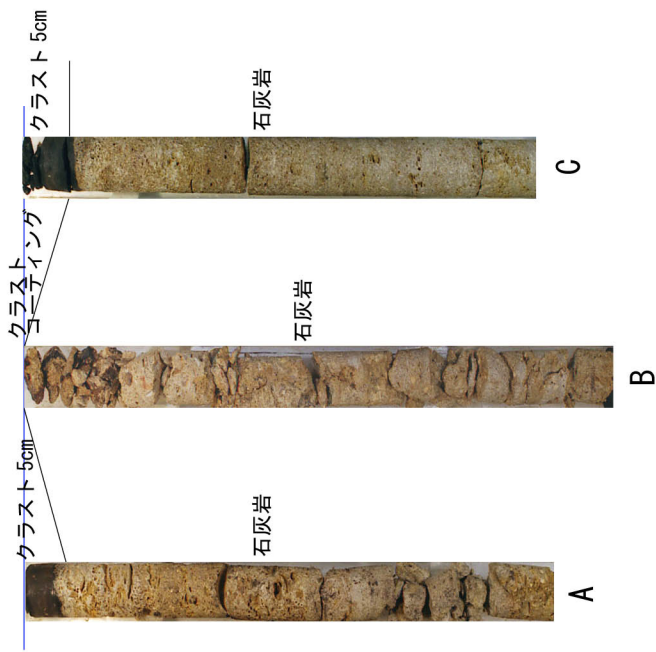
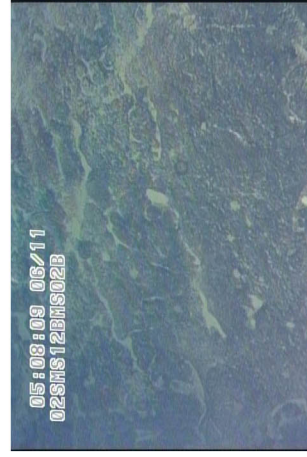
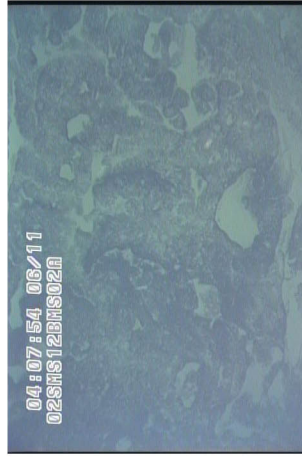
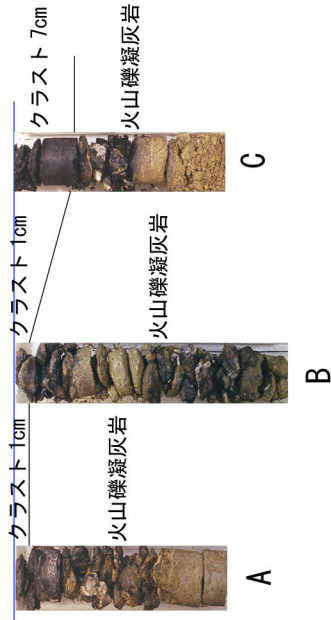


図3-4-2-2 MS12海山ボーリング孔位置図

SMS12BMS01



SMS12BMS02



SMS12BMS03

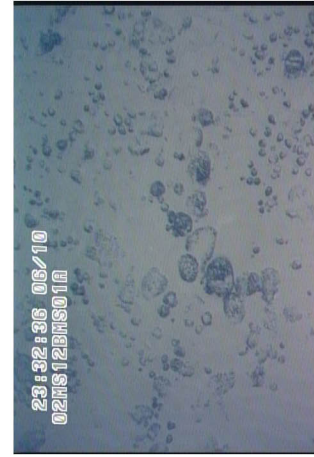
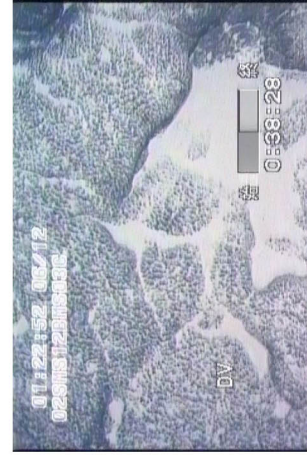
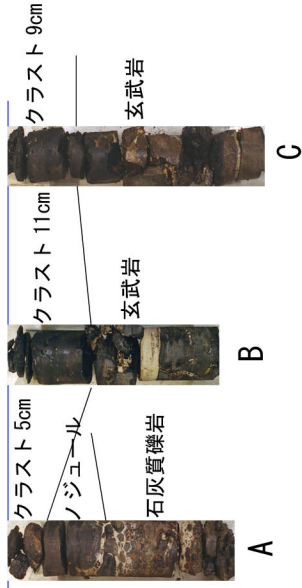
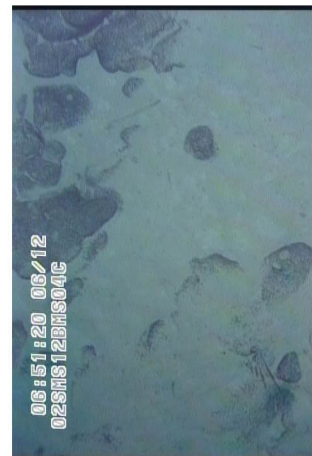
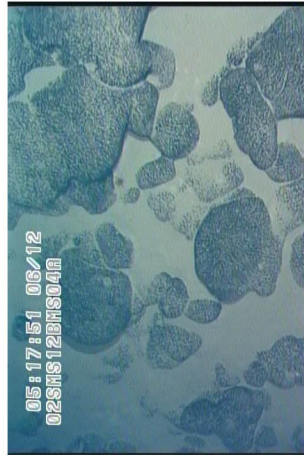
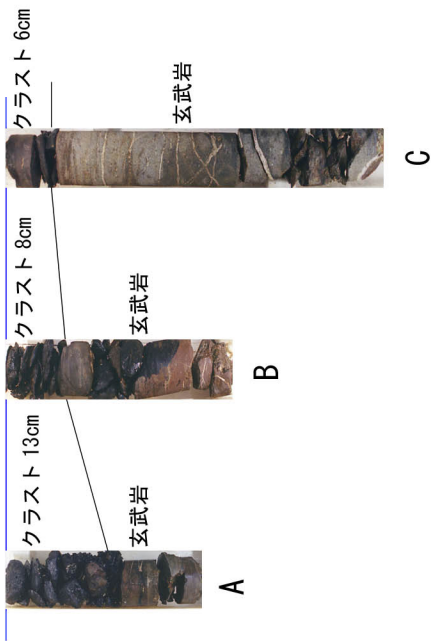


図3-4-2-3 MS12 海山ボーリングコア対比写真 (1/3)

SMS12BMS04



SMS12BMS05

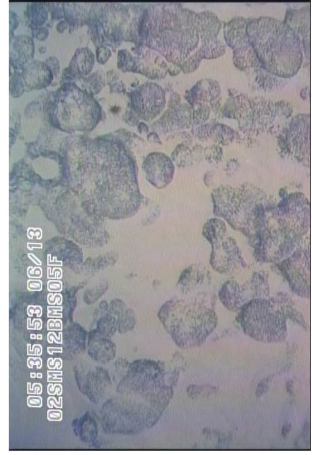
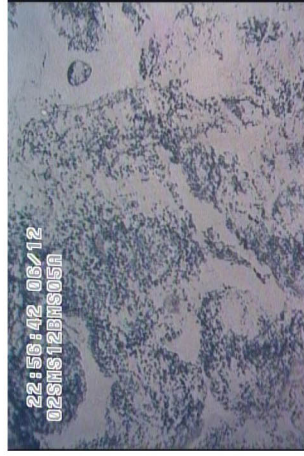
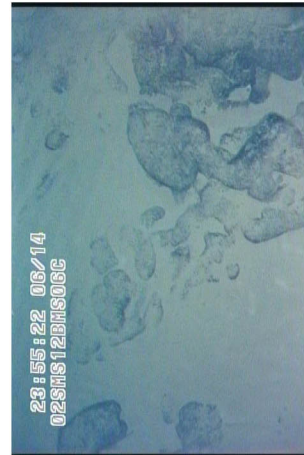
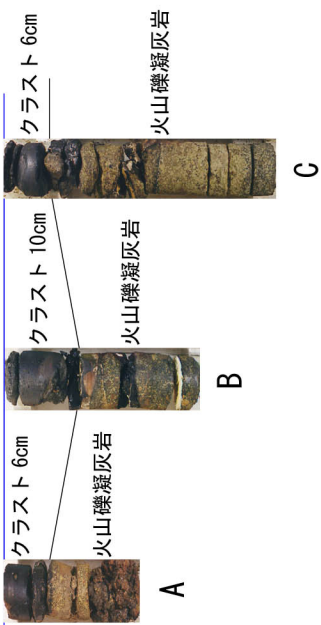


図 3-4-2-3 SM12 海山ボーリングコア対比写真 (2/3)



SMS12BMS06



SMS12BMS07

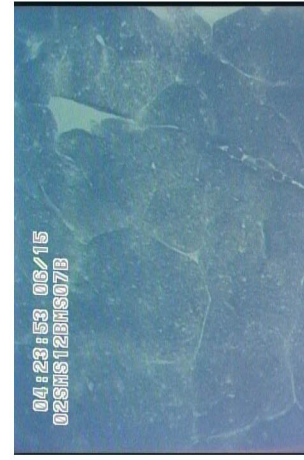
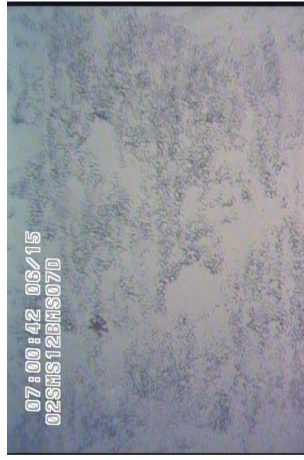
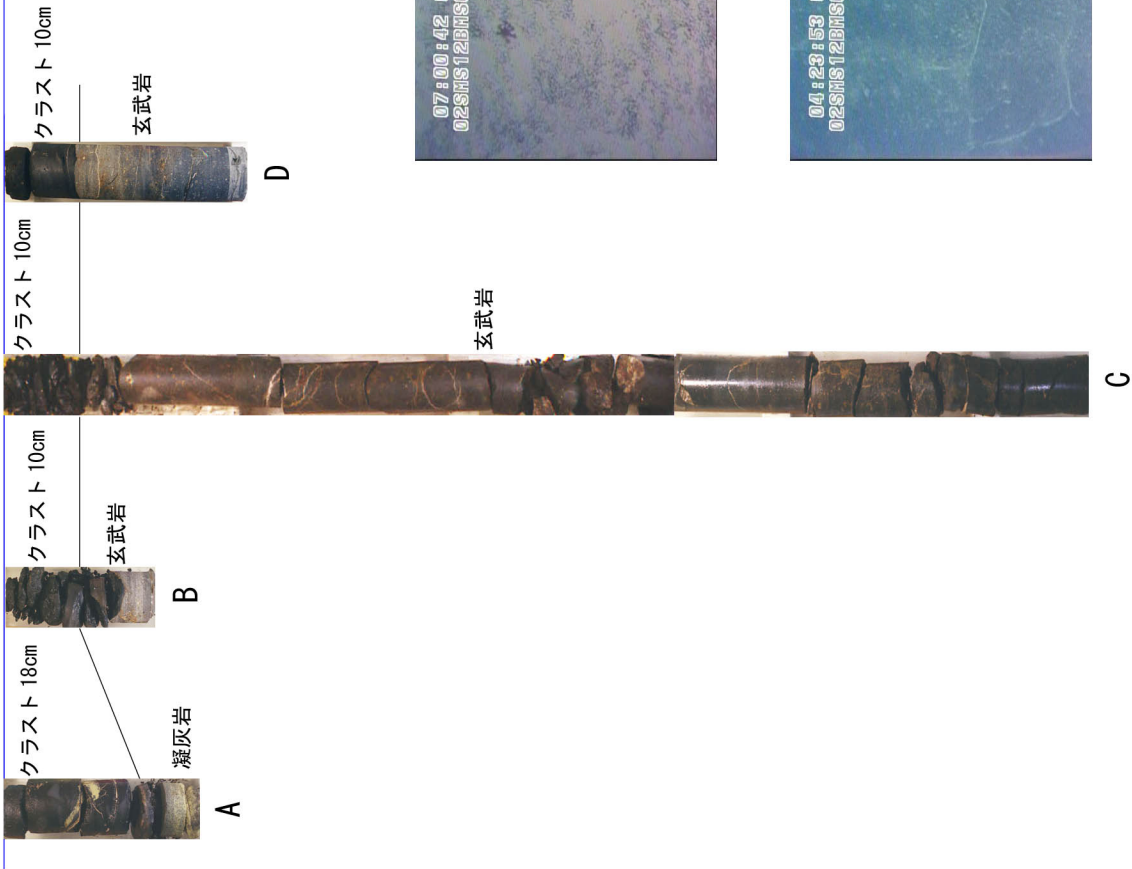


図3-4-2-3 MS12 海山ボーリングコア対比写真 (3/3)

表 3-4-2-2 MS12海山試料採取結果一覽表 1/2

番号	地点名	BMS地点	掘削地点		水深 (m)	コア- レベル	掘削深度 (cm)		掘進長 (cm)	コア長 (cm)	採取率 (%)	堆積物 (cm)	採取物 (cm)
			緯度	経度			開始	終了					
1		02SMS12BMS01A	8° 49.3451' N	163° 06.6214' E	1,371	1	0	71	71	70	100	1	コアスト (5)、石灰岩 (65)
2	BMS01	02SMS12BMS01B	8° 49.3386' N	163° 06.5895' E	1,373	1	0	82	82	77	100	5	石灰岩 (77)
3		02SMS12BMS01C	8° 49.3377' N	163° 06.5538' E	1,380	1	0	71	71	67	96	1	コアスト (5)、石灰岩 (62)
4		02SMS12BMS02A	8° 43.2559' N	163° 09.7643' E	1,169	1	0	31	31	28	90	0	コアスト (1)、火山礫凝灰岩 (27)
5	BMS02	02SMS12BMS02B	8° 43.2451' N	163° 09.7098' E	1,160	1	0	41	41	35	85	0	コアスト (1)、火山礫凝灰岩 (34)
6		02SMS12BMS02C	8° 43.2506' N	163° 09.6691' E	1,144	1	0	28	28	28	100	0	コアスト (7)、火山礫凝灰岩 (21)
7		02SMS12BMS03A	8° 44.5963' N	163° 16.2089' E	1,349	1	0	37	37	29	97	7	ジュール (5)、コアスト (5)、石灰質礫岩 (19)
8	BMS03	02SMS12BMS03B	8° 44.5255' N	163° 16.2652' E	1,359	1	0	30	30	28	93	0	コアスト (11)、玄武岩 (17)
9		02SMS12BMS03C	8° 44.5500' N	163° 16.2794' E	1,360	1	0	40	40	33	83	0	コアスト (9)、玄武岩 (24)
10		02SMS12BMS04A	8° 48.4970' N	163° 18.0573' E	1,379	1	0	31	31	26	84	0	コアスト (13)、玄武岩 (13)
11	BMS04	02SMS12BMS04B	8° 48.5043' N	163° 18.0317' E	1,373	1	0	33	33	30	94	1	コアスト (8)、玄武岩 (22)
12		02SMS12BMS04C	8° 48.5134' N	163° 18.0073' E	1,370	1	0	65	65	50	100	15	コアスト (6)、玄武岩 (44)
13		02SMS12BMS05A	8° 50.2635' N	163° 05.8415' E	1,319	1	0	31	31	28	97	2	コアスト (10)、火山礫凝灰岩 (18)
14		02SMS12BMS05B	8° 50.1290' N	163° 06.0767' E	1,313	1	0	30	30	28	100	2	コアスト (8)、石灰質礫岩 (20)
15	BMS05	02SMS12BMS05C	8° 50.0170' N	163° 06.3239' E	1,313	1	0	31	31	18	58	0	コアスト (12)、石灰質礫岩 (6)
16		02SMS12BMS05D	8° 49.9302' N	163° 06.5884' E	1,296	1	0	32	32	25	78	0	コアスト (5)、火山礫凝灰岩 (20)
17		02SMS12BMS05E	8° 49.8299' N	163° 06.8497' E	1,304	1	0	33	33	31	100	2	コアスト (8)、石灰質礫岩 (23)
18		02SMS12BMS05F	8° 49.4182' N	163° 06.8456' E	1,330	1	0	22	22	18	82	0	コアスト (11)、玄武岩 (7)
19		02SMS12BMS06A	8° 44.3948' N	163° 12.0989' E	1,150	1	0	22	22	18	100	4	コアスト (6)、火山礫凝灰岩 (12)
20	BMS06	02SMS12BMS06B	8° 44.3695' N	163° 12.0764' E	1,153	1	0	45	45	26	58	0	コアスト (10)、火山礫凝灰岩 (16)
21		02SMS12BMS06C	8° 44.3425' N	163° 12.0617' E	1,157	1	0	38	38	35	92	0	コアスト (6)、火山礫凝灰岩 (29)
22		02SMS12BMS07A	8° 42.8048' N	163° 11.0172' E	1,376	1	0	29	29	26	100	3	コアスト (18)、凝灰岩 (8)
23	BMS07	02SMS12BMS07B	8° 42.7985' N	163° 11.0440' E	1,378	1	0	20	20	19	95	0	コアスト (10)、玄武岩 (9)
24		02SMS12BMS07C	8° 42.7985' N	163° 11.0440' E	1,378	2	97	155	58	57	98	0	コアスト (10)、玄武岩 (80) 玄武岩 (57)
25		02SMS12BMS07D	8° 42.7925' N	163° 11.0720' E	1,378	計		155	147	32	95	0	コアスト (10)、玄武岩 (22)

表 3-4-2-2 MS12海山試料採取結果一覽表2/2

番号	地点名	BMS地点	掘削地点		水深 (m)	コア- レベル	掘削深度 (cm)		掘進長 (cm)	コア長 (cm)	採取率 (%)	堆積物 (cm)	採取物 (cm)
			緯度	経度			開始	終了					
26		02SMS12LC19	8° 42.4948' N	163° 07.5098' E	1,343					150			有孔虫砂 (150)
27		02SMS12LC20	8° 42.6895' N	163° 09.8153' E	1,302					0			
28		02SMS12LC21	8° 43.9926' N	163° 11.6109' E	1,245					0			ビット変形
29		02SMS12LC22	8° 44.4110' N	163° 11.2083' E	1,234					7			有孔虫砂 (5)、クラスト (2)、ビット変形
30		02SMS12LC23	8° 45.3086' N	163° 11.8053' E	1,142					0			
31		02SMS12LC24	8° 47.2897' N	163° 12.4993' E	1,093					0			
32		02SMS12LC25	8° 46.4033' N	163° 08.8074' E	1,275					60			有孔虫砂 (60)
33		02SMS12LC26	8° 48.0023' N	163° 07.6034' E	1,266					55			有孔虫砂 (55)
34		02SMS12LC27	8° 50.7082' N	163° 05.8100' E	1,308					50			有孔虫砂 (50)
35		02SMS12LC28	8° 47.3039' N	163° 12.5026' E	1,093					100			有孔虫砂 (100)
36		02SMS12LC29	8° 45.4058' N	163° 10.5054' E	1,208					0			
37		02SMS12LC30	8° 48.7493' N	163° 10.2547' E	1,145					35			有孔虫砂 (35)
38		02SMS12LC31	8° 48.0082' N	163° 07.2081' E	1,292					65			有孔虫砂 (65)、ビット変形
39		02SMS12LC32	8° 48.0037' N	163° 07.1118' E	1,302					0			ビット変形
40		02SMS12LC33	8° 50.3522' N	163° 07.7590' E	1,257					105			有孔虫砂 (105)
41		02SMS12LC34	8° 51.1515' N	163° 09.4137' E	1,288					5			クラスト (5)、ビット変形
42		02SMS12LC35	8° 51.4958' N	163° 11.0064' E	1,311					65			ビット変形
43		02SMS12LC36	8° 51.1480' N	163° 14.0086' E	1,329					0			クラスト片、ビット変形
44		02SMS12LC37	8° 43.7051' N	163° 09.2730' E	1,218					0			クラスト片、ビット変形
45		02SMS12LC38	8° 42.9013' N	163° 08.5087' E	1,329					0			クラスト片、ビット変形
46		02SMS12LC39	8° 42.0027' N	163° 08.4060' E	1,374					0			クラスト片、ビット変形
47		02SMS12LC40	8° 50.9976' N	163° 05.2162' E	1,325					0			クラスト片、ビット変形
48		02SMS12LC41	8° 51.6944' N	163° 03.2094' E	1,497					0			クラスト片、ビット変形
49		02SMS12LC42	8° 52.2546' N	163° 01.5112' E	1,783					0			クラスト片、ビット変形

表3-4-2-3 MS12海山ボアリング地点の海底面状況 1/3

番号	地点名	BMS地点	掘削地点		水深 (m)	掘削地点周辺の海底状況	掘削地点の海底状況	堆積物 (cm)	コバルト/トラスト厚さ (mm)、母岩
			緯度	経度					
1		02SMS12BMS01A	8° 49.345' N	163° 06.621' E	1,371	全体的に堆積物に覆われ、径3～10cmのノジュール～礫状トラストが被覆率1～5%で散在。掘削地点付近では、径20～50cmの球状～不定形の盛り上がりとなし、クラストが10%で露出。表面ブドウ状。径5cm程度のノジュール散在。	球状～不定形のふくらみを持つクラストの露出部の間の薄く堆積物に覆われた平坦な表面の地点。	1	クラスト 45 石灰岩
2	BMS01	02SMS12BMS01B	8° 49.339' N	163° 06.590' E	1,373	径3～10cmの球形～長楕円形の礫状クラスト～ノジュールが分布。被覆率5%。	径3～5cmのノジュールが被覆率5%で分布。堆積物上を掘削。	5	コージェインク 石灰岩
3		02SMS12BMS01C	8° 49.338' N	163° 06.554' E	1,380	一部、露出部が不定形で存在するが、全体的にリップルマーク状に方向性を持って線状にブドウ状の表面を持つクラストが露出。表面は比較的平坦で堆積物は薄い。露出率5%程度。一部径数cmのノジュールが被覆率1%で散在。	平坦な表面を持つクラストが薄く堆積物に覆われて分布する地点で掘削。	1	クラスト 50 石灰岩
4		02SMS12BMS02A	8° 43.256' N	163° 09.764' E	1,169	径30～50cmの球状～楕円状のふくらみを持つ比較的平坦な表面を成す盤状のクラストが露出。露出率90%。ブドウ状表面を持つ。	比較的平坦な表面の盤状のクラスト上を掘削。表面は比較的平坦だが、径数cmの凹凸が存在する。	0	クラスト 15 火山礫凝灰岩
5	BMS02	02SMS12BMS02B	8° 43.245' N	163° 09.710' E	1,160	一部、径20～50cmの球状～不定形のふくらみを持つ表面の部分も存在するが、全体的に比較的平坦な表面を持つ盤状のクラストが露出。露出率80%。ブドウ状表面を持つ。	掘削地点はBMSのフレームの陰で不明であるが、周りの状況から比較的平坦な盤状のクラスト上を掘削したと思われる。	0	クラスト 15 火山礫凝灰岩
6		02SMS12BMS02C	8° 43.251' N	163° 09.669' E	1,144	径30～100cm程度の球状～不定形のふくらみを持つが、全体的に平坦な表面の盤状クラストが露出率90%で露出。ブドウ状表面を持つ。	平坦な盤状クラスト上で掘削。5cm程度の落差を持つステップの近傍で掘削。	0	クラスト 70 火山礫凝灰岩
7		02SMS12BMS03A	8° 44.596' N	163° 16.209' E	1,349	全体的に堆積部に覆われ、径20～100cmの不定形のクラストの露出が散在して見られる。露出率5%程度。ブドウ状表面を成す。まれに、径2～5cmのノジュールが被覆率1%で散在する。	径50cmの不定形のクラスト露出部の近傍の堆積物上で掘削。	7	クラスト 35 バジュール 10 石灰質礫岩
8	BMS03	02SMS12BMS03B	8° 44.526' N	163° 16.265' E	1,359	比較的平坦な露出面を持つクラストが不定形を成して露出率20%程度で露出。ブドウ状表面を持つ。	比較的平坦な表面の盤状のクラスト露出率20%で露出し、そのクラスト上で掘削。	0	クラスト 110 玄武岩
9		02SMS12BMS03C	8° 44.550' N	163° 16.279' E	1,360	径20～50cmの球～楕円形の巨礫が集合したような表面を持つ部分もあるが、比較的平坦な表面の盤状クラスト。露出率80%、ブドウ状の表面を持つ。	平坦な表面の盤状クラスト上で掘削。	0	クラスト 90 玄武岩

表3-4-2-3 MS12海山ボーリング地点の海底面状況 2/3

番号	地点名	BMS地点	掘削地点		水深 (m)	掘削地点周辺の海底状況	掘削地点の海底状況	堆積物 (cm)	コバルト/ラスト厚さ (mm)、母岩
			緯度	経度					
10	BMS04	02SMS12BMS04A	8° 48.497' N	163° 18.057' E	1,379	径20~100cmの球形~不定形のふくらみを持ち、凹凸が著しく、巨礫の集合物のような表面を呈する。露出率50%、表面ブドウ状。	径1m程度の緩やかに盛りあがった部分の頂部の平坦面で掘削。	0	77スト 130 (詳細不明) 玄武岩
11		02SMS12BMS04B	8° 48.504' N	163° 18.032' E	1,373	平坦な表面の盤状のクラストで、全体的に薄く堆積物に覆われる。露出率は20%程度であるが堆積物は薄い。	薄く堆積物に覆われた平坦な盤状のクラスト上を掘削。	1	77スト 80 (詳細不明) 玄武岩
12		02SMS12BMS04C	8° 48.513' N	163° 18.007' E	1,370	一部、径20~50cmの球状~不定形の盛り上がりがあり、比較的平坦な表面を持つクラストが薄く堆積物に覆われて分布。露出率は20%、ブドウ状の表面を成す。	径20cmの不定形の露出部分の間の堆積物に覆われた地点で掘削。	15	77スト 60 玄武岩
13	BMS05	02SMS12BMS05A	8° 50.264' N	163° 05.842' E	1,319	径50~100cmのふくらみを持ち、巨礫の集合物様の表面を示す部分もあるが、比較的平坦な表面の盤状のクラスト。露出率60%、ブドウ状の表面を示す。径5cmのノジュールが被覆率1%で散在。	平坦な表面のクラストが不定形を成して露出し、それら露出部分の間の薄く堆積物に覆われた地点で掘削。	2	77スト 100 (詳細不明) ハイアロクラ スタイト
14		02SMS12BMS05B	8° 50.129' N	163° 06.077' E	1,313	一部、径20~100cmのふくらみを持つ、球状~楕円状~不定形の巨礫の集合物様の表面を成す部分があるが、比較的平坦な表面を成す盤状のクラスト。露出率30%、ブドウ状の表面を成す。	堆積物に覆われて平坦な表面の盤状クラストが部分的に露出率5%で露出。不定形の露出部分の間の堆積物上で掘削。	2	77スト 80 石灰質礫岩
15		02SMS12BMS05C	8° 50.017' N	163° 06.324' E	1,313	やや表面に凹凸があるが、比較的平坦な表面を持つ盤状クラストが堆積物に覆われて不定形をなして露出率30%で露出。表面はブドウ状に分布。	堆積物に覆われて比較的平坦な面を持つクラストが不定形をなして露出。径10cmの不定形の露出部分上で掘削。	0	77スト 120 石灰質礫岩
16	BMS05	02SMS12BMS05D	8° 49.930' N	163° 06.588' E	1,296	やや表面に凹凸があるが、比較的平坦な表面を持つ盤状のクラストが露出率70%で露出。表面はブドウ状。	平坦な表面を持つ径1m程度の盤状のクラストの縁で掘削。	0	77スト 50 火山礫凝灰岩
17		02SMS12BMS05E	8° 49.830' N	163° 06.850' E	1,304	径20~50cmの球状~不定形の盛り上がり部分が堆積物に覆われて露出率20%で露出。表面はブドウ状を成す。	径20~30cmの礫状に盛り上がった部分が露出。これら露出部分の薄く堆積物に覆われた地点で掘削。近傍に径30cmの礫状クラストあり。	2	77スト 80 (詳細不明) 石灰質礫岩
18		02SMS12BMS05F	8° 49.418' N	163° 06.846' E	1,330	径20~50cmの巨礫の集合物様の表面を持つクラスト。堆積物に覆われ凸部が球形~楕円形~不定形を成して礫状に露出。露出物30%、表面はブドウ状を成す。	径20~30cmの礫状に盛り上がった部分が露出し、それら露出部分の間の薄く堆積物に覆われた地点で掘削。近傍に径30cmの礫状クラストあり。	0	77スト 110 玄武岩

表3-4-2-3 MS12海山ボーリング地点の海底面状況 3/3

番号	地点名	BMS地点	掘削地点		水深 (m)	掘削地点周辺の海底状況	掘削地点の海底状況	堆積物 (cm)	コバルト/クラスト厚さ (mm)、母岩
			緯度	経度					
19		02SMS12BMS06A	8° 44.395' N	163° 12.099' E	1,150	一部、球形～不定形のふくらみを持つが比較的平坦な表面の礫状のクラスト。露出率30%、ブドウ状の表面を成す。	平坦な表面の盤状クラストの露出部から10cm程度はなれた堆積物に覆われた地点。	4	クラスト 60 火山礫凝灰岩
20	BMS06	02SMS12BMS06B	8° 44.370' N	163° 12.076' E	1,153	一部、径20～50cmの球状～不定形のふくらみを持つ表面をなすが、比較的平坦な表面の盤状クラスト。露出率40%、表面はブドウ状。	平坦な盤状のクラストの露出部の縁で堆積物との境界部。掘削地点は10°程度傾斜している。	0	クラスト 100 火山礫凝灰岩
21		02SMS12BMS06C	8° 44.343' N	163° 12.062' E	1,157	比較的平坦な表面を成す盤状のクラストが露出率50%で露出。表面はブドウ状。	平坦な盤状のクラスト面上。	0	クラスト 60 (詳細不明) 火山礫凝灰岩
22		02SMS12BMS07A	8° 42.805' N	163° 11.017' E	1,376	径10～50cmの球状～長楕円状～不定形の盛り上がりを持つクラストが露出率30%で露出。ブドウ状の表面を成す。径2～20cm程度の礫状クラスト～ノジュールが被覆率3%程度で分布。	平坦な表面の盤状クラストの露出部の薄い堆積物に覆われた部分。	3	クラスト 80 礫状クラスト 凝灰岩
23	BMS07	02SMS12BMS07B	8° 42.799' N	163° 11.044' E	1,378	表面は径30～100cm程度の礫の集合物のような外観をなすが、凹凸は少なく比較的平坦な表面の盤状クラスト。露出率90%、表面はブドウ状。	平坦な盤状のクラスト上。	0	クラスト 100 (詳細不明) 玄武岩
24		02SMS12BMS07C	8° 42.799' N	163° 11.044' E	1,378	B点より1m程度はなれた地点。	平坦な盤状のクラスト上。緩やかなふくらみとふくらみの間の境界部の溝状の地点で掘削。	0	クラスト 100 (詳細不明) 玄武岩
25		02SMS12BMS07D	8° 42.793' N	163° 11.072' E	1,378	比較的平坦な表面の盤状のクラストが薄く堆積物をかぶって露出率30%で露出。一部、リップルマーク状に露出部が線状に配列する部分がある。表面はブドウ状。	平坦な盤状クラスト上で掘削。	0	クラスト 100 玄武岩

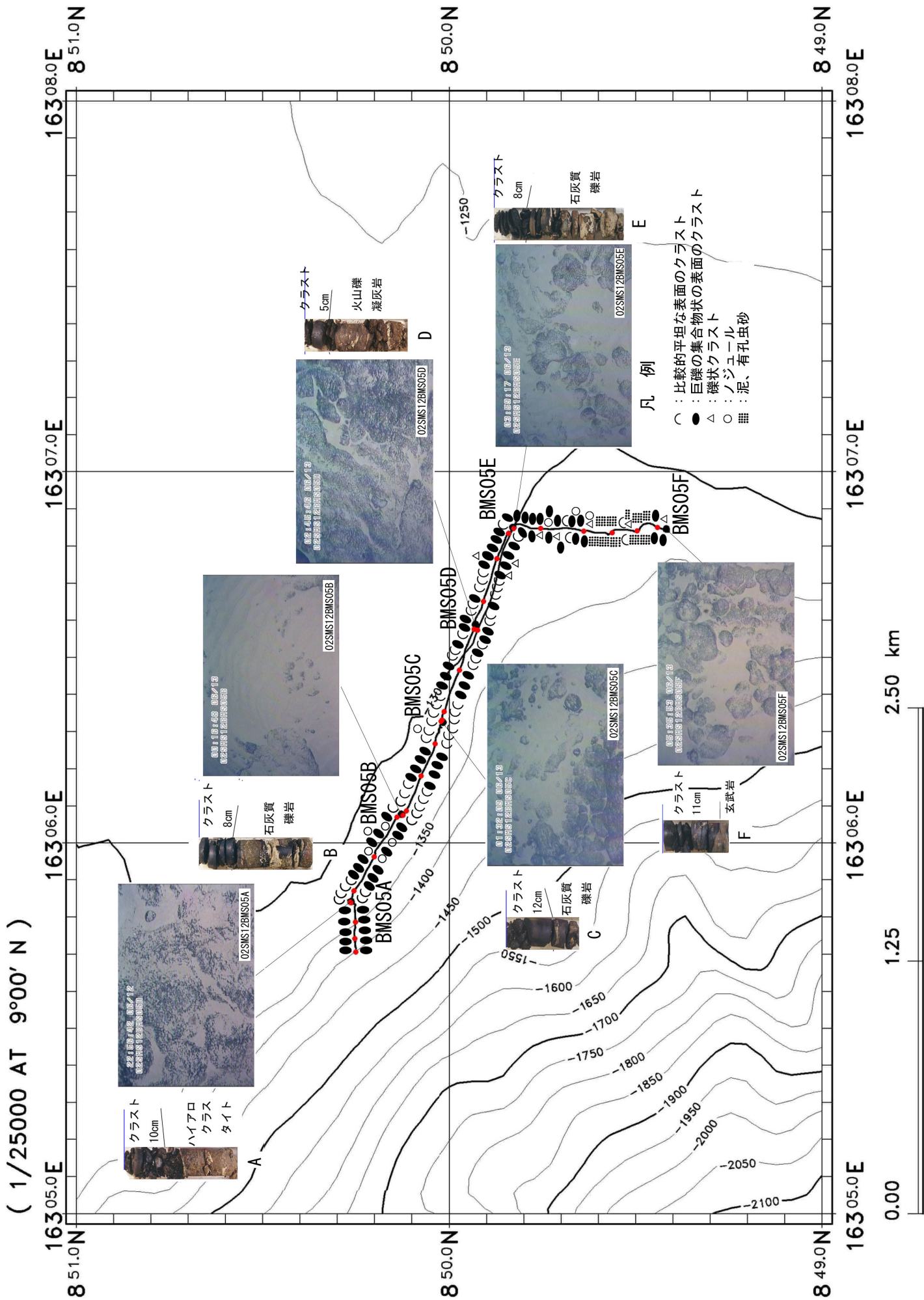


図3-4-2-4 MS12 海山 BMS05 地点の海底面状況

~10cm の礫状クラスト~ノジュールが被覆率5%で分布する。掘削地点は堆積物上で、周辺に径3~5cmのノジュールが分布する。C孔周辺では、リップルマーク状に方向性を持つクラストが5%の露出率で分布する。露出率は低いが堆積物は薄く、表面は比較的平坦である。掘削地点は平坦で、薄く堆積物に覆われたクラスト上である。

コバルトクラスト：A及びC孔でクラストを採取し、それぞれ、層厚45mmの1層構造のクラストと層厚50mmの3層構造をなすクラストである。B孔では表層に5cmの堆積物が分布し、その下部は石灰岩で表面に厚さ1mm程度のマンガン酸化物のコーティングが見られるのみである。堆積物に覆われ、ノジュールが分布している地点ではクラストが発達していない可能性がある。A、B、C、3孔の単純平均からクラストの層厚は32mmである。

岩石試料：採取した岩石は3孔ともに類似した石灰岩である。淡褐色、多孔質で貝や珊瑚化石が見られ、少量のマンガン酸化物の粒子を含む浅海性の石灰岩である。

#### 3-4-2-2 02SMS12BMS02 地点

ボーリング地点：山頂西部では山頂域が南西方向に張りだし、水深1,200~1,400mで比較的平坦な地域をなし、広く音圧濃色域が分布する。この地域におけるコバルトクラストの発達状況を把握するため、音圧濃色域のほぼ中央部でBMS02を実施した。水深は1,169~1,144mの地点で、東西方向に60m間隔でA孔（掘進長31cm）、B孔（掘進長41cm）、C孔（掘進長28cm）の3孔を実施した。

海底面状況：A、B、C、ともに掘削地点周辺は類似した海底面状況を示し、径20~100cm程度の球状~不定形のふくらみを持つ表面をなすが、全体的に比較的平坦な表面の盤状クラストで、露出率は80~90%と非常に良い。3孔とも比較的平坦な盤状クラスト上で掘削したが、C孔は露出面の縁で掘削し、掘削点の脇に落差5cm程度のステップが存在する。

コバルトクラスト：3孔においてクラストを採取したがA及びB孔ではコアが礫状に破碎して詳細は不明である。3孔ともに1層からなるクラストで層厚はA、B孔で15mmと思われ、C孔の層厚は70mmである。これら3孔の平均層厚は33mmである。

岩石試料：採取した岩石は3孔ともに類似した火山礫凝灰岩で、淡黄褐色を呈し、径2~10mmのガラス質火山岩礫や径1mm程度のマンガン酸化物礫を含む。



### 3-4-2-3 02SMS12BMS03 地点

ボーリング地点：山頂東部では音圧濃色域は、やや狭く幅 1km 程度で水深 1,350～1,500 m の等深線に沿って分布する。山頂南東部の山頂縁で、この音圧濃色域のコバルトクラストの発達状況を把握するため BMS03 を実施した。BMS03 地点は、音圧濃色域がやや広く水深 1,300m 付近まで広がる。水深 1,349～1,360m の間で 3 孔実施し、A 孔（掘進長 37cm）から 150m 程度離れた地点で B 孔（掘進長 30cm）さらに、B 孔から 50m 離れた地点が C 孔（掘進長 40cm）である。

海底面状況：A 孔周辺では露出率は 5% 程度と低く、径 20～100cm の不定形をなすクラストの露出部が散在し、堆積物上には径 2～5 cm のノジュールが被覆率 1% 程度で見られる。A 孔の掘削地点は、径 50cm 程度の不定形をなすクラストの露出部の近傍で、堆積物上である。B 及び C 孔周辺では、径 20～50cm の球形～楕円体状の巨礫が集合したような表面をなす部分もあるが、比較的平坦な表面の盤状クラストで、B 孔周辺では露出率は 20%、C 孔周辺では露出率は高く 80% である。B 孔、C 孔ともに平坦な面を持つ盤状クラスト上で掘削した。

コバルトクラスト：3 孔ともにクラストを採取した。A 孔では表層部に厚さ 7cm で堆積物が存在し、その下部は層厚 35mm のクラストが存在する。B 孔及び C 孔では類似したクラストが見られ、2 層構造をなし、層厚はそれぞれ 110mm と 90mm である。表面に堆積物が分布する A 孔ではクラストは薄く、クラストが露出している B 孔及び C 孔では類似した厚いクラストが分布する。3 孔の層厚から本地点の平均層厚は 78mm である。

岩石試料：A 孔では石灰質の礫岩を採取し、径 2～30mm の褐色、ガラス質の玄武岩の亜角礫を含み、表面がマンガン酸化物に覆われる礫もある。B 孔及び C 孔では玄武岩を採取した。B 孔では暗灰色、細粒、無斑晶の玄武岩で、C 孔では褐色、ガラス質、無斑晶の玄武岩である。

### 3-4-2-4 02SMS12BMS04 地点

ボーリング地点：山頂東部では水深 1,350～1,500m の等深線に沿って、幅 1km 未満で音圧濃色域が分布する。山頂東部のコバルトクラストの発達状況を把握するため BMS04 を実施した。本地点は、BMS03 地点の北方延長部にあたる。水深 1,370～1,379m の間で WNW 方向にほぼ 50m 間隔で東から西へ A 孔（掘進長 31cm）、B 孔（掘進長 33cm）、C 孔（掘進長 65cm）の 3 孔を実施した。

海底面状況：A 孔周辺の海底面状況は、径 20～100cm の球形～不定形のふくらみを持ち、凹凸が著しく、巨礫の集合物のような表面をなすクラストが露出率 50% で分布する。掘削地点は、径 100cm 程度の緩やかに盛り上がったクラスト露出部の頂部で、平坦面をなす。B 孔周辺では、平坦な表面の盤状のクラストが全体的に薄く堆積物に覆われて露出率 20% 程度で分布する。掘削地点は、薄く堆積物に覆われた平坦な表面の盤状クラスト上である。C 孔周辺では、一部、径 20～50cm の球状～不定形の盛り上がりを示すが、比較的平坦な表面を持つクラストが薄く堆積物に覆われて露出率 20% で分布する。掘削地点は、径 20cm 程度の不定形をなす露出部の間の堆積物に覆われた地点である。

コバルトクラスト：A 孔及び B 孔では、クラストが礫状に破碎し詳細は不明であるが層厚はそれぞれ 130mm 及び 80mm である。C 孔では、厚さ 15cm の堆積物に覆われて、その下部で 2 層構造をなす厚さ 60mm のクラストを採取した。クラストの層厚は堆積物に覆われた C 孔では、クラストが露出する A 孔及び B 孔に比べてクラストは薄い。3 孔の平均層厚は 90mm である。

岩石試料：3 孔ともに玄武岩を採取した。A 孔及び B 孔では褐色～褐灰色、細粒、無斑晶の玄武岩であるが、C 孔では微細な斜長石と輝石の斑晶を持つ暗灰色の玄武岩である。

#### 3-4-2-5 02SMS12BMS05 地点

本地点では、コバルトクラストの分布の連続性を確認するためボーリングを 500m 程度の間隔で 6 孔実施するとともに、ボーリング地点間の移動時に BMS を海底面付近の水深に保持し、0.5 ノット程度の船速で曳航することにより、高感度カメラで海底面の観察を行った（図 3-4-2-4）。

ボーリング地点：山頂北西部では水深 1,300～1,500m の間で音圧濃色域が幅 2km 程度で分布する。この地域のコバルトクラストの発達状況を確認すること及びコバルトクラストの分布の連続性を確認する目的で、A 孔（掘進長 31cm）、B 孔（掘進長 30cm）、C 孔（掘進長 31cm）、D 孔（掘進長 32cm）、E 孔（掘進長 33cm）、F 孔（掘進長 22cm）の 6 孔のボーリングを実施した。ボーリング地点は、水深 1,300～1,350m の間にほぼ 500m 間隔で存在する。

海底面観察：ほぼ全体に渡ってクラストが分布し、クラストは球状～楕円体状のふくらみを持つ巨礫の集合物状の表面を持つものと、比較的平坦な表面の盤状クラストが存

在する。クラストの露出率が低い地点は、クラスト露出部の間の堆積物上にノジュールが分布する。捕底地点から A 孔掘削地点の手前までは露出率は 60～90%と高く、径 20～100cm の球状～楕円体状のふくらみを持つ巨礫の集合物状の表面を呈するクラストが分布する。A 孔掘削地点付近では比較的平坦な表面を持つ盤状のクラストが露出率 60%程度で分布し、A 孔は盤状クラストの露出部の間で、薄く堆積物に覆われた地点で掘削した。

A 孔と B 孔の間では、一部、比較的平坦な表面をなす盤状のクラストが存在するが、巨礫の集合物状の表面をなすクラストが卓越する。A 孔と B 孔の間の中点付近ではクラストの露出率が 5～20%と低い地帯が存在し、径 5cm 程度のノジュールが被覆率 10～20%で分布する。B 孔周辺では比較的平坦な面を持つ盤状クラストが露出率 30%程度で露出する。B 孔の掘削地点は、平坦な表面の盤状のクラストが不定形をなして露出する間の薄く堆積物に覆われた地点である。

B 孔から C 孔の間では、最初は平坦な表面の盤状クラストが露出率 50～90%で露出し、中間域では巨礫の集合物状の表面を持つクラストが卓越する。C 孔付近では比較的平坦な表面を持つ盤状クラストが露出率 30%程度で露出し、径 5cm 程度のノジュールが散在する。C 孔は、平坦な面をなす盤状クラストの径 10cm 程度の露出面上で掘削した。

C 孔～D 孔にかけては、C 孔近辺で平坦な表面を持つ盤状のクラストが分布するが、それから離れると巨礫の集合物状の表面を持つクラストと盤状のクラストの両者が分布する。露出率は 50～100%と高いが、一部、露出率が 30%未満の部分が存在し、そこでは、径 5cm 程度のノジュールが分布する。D 孔周辺では、やや表面に凹凸があるが比較的平坦な表面の盤状クラストで、露出率は 70%である。D 孔は径 1m 程度の盤状クラストの露出部の縁で掘削した。

D 孔～E 孔の間では、D 孔側では平坦な表面の盤状クラストが卓越し、E 孔に向かうに従い巨礫の集合物状の表面を持つクラストが卓越し、露出率が低下する。E 孔周辺では、巨礫の集合物状の表面を持つクラストが分布すると思われるが、径 20～50cm の球状～不定形のふくらみをなす露出部が堆積物に覆われて露出率 20%で分布する。E 孔の掘削地点はこれら露出部の間の薄く堆積物に覆われた地点である。

E 孔～F 孔の間は、露出率が 5～50%と低く、巨礫の集合物状の表面を持つクラストが堆積物に覆われて、球状～不定形の盛り上がり部のみ露出する場合はほとんどである。露出率の低い地帯では径 5cm 程度のノジュールが分布する。東西方向の谷地形をなす地帯では、堆積物に覆われてコバルトクラストの分布は見られない。F 孔周辺では、径 20～50cm の巨礫集合物状の表面を持つクラストが堆積物に覆われ球形～不定形のふくらみ部のみが露出率 30%で分布する。F 孔は、それら露出部の間の薄く堆積物に覆われた地点で掘削した。

コバルトクラスト：A から E のすべての孔で層厚 50～120mm のクラストを採取した。これらのうち A 孔と E 孔ではコアが礫状に破碎し詳細は不明であるが層厚は、それぞれ、100mm と 80mm である。B 孔と F 孔では、均質で層構造は見られず、層厚は、それぞれ、80mm と 110mm で、C 孔と D 孔は 2 層構造をなし、層厚はそれぞれ 120mm と 50mm である。これら 6 孔で採取したコバルトクラストは、D 孔では層厚 50mm やや薄いものの、それ以外は層厚 80mm から 120mm とほぼ類似した層厚を示し、本地域では 2.5km に渡って厚いクラストが連続して分布すると思われる。6 孔の平均層厚は 90mm である。

岩石試料：本地点で採取した岩石はハイアロクラスタイト、石灰質礫岩、火山礫凝灰岩、玄武岩である。ハイアロクラスタイトは A 孔で採取した。灰褐色を呈し、径 1～2 cm のガラス質火山岩礫の集合体からなり、マンガン酸化物の細粒子を含む岩石である。B、C、E 孔では石灰質礫岩を採取した。白色の有孔虫殻を含む石灰質の基質と径 2～数 10mm のガラス質玄武岩や火山礫凝灰岩の礫を含み、礫がマンガン酸化物に覆われる。D 孔では火山礫凝灰岩、F 孔では玄武岩を採取した。火山礫凝灰岩は暗灰色の凝灰質の基質と径 2～5 mm のガラス質火山岩礫からなる岩石で、玄武岩は褐灰色、細粒、無斑晶の岩石である。

#### 3-4-2-6 02SMS12BMS06 地点

ボーリング地点：山頂南部の平坦な山頂域に 4km×2km 程度の広がり、水深 1,200m から 100m 程度の盛り上がりとなすドーム状の地形が見られ、濃色の音圧分布を示す。このドーム状域のコバルトクラストの分布状況を確認するため BMS06 を実施した。水深は、1,150～1,157m の地点で、SW 方向に北から南へほぼ 50m 間隔で A 孔（掘進長 22cm）、B 孔（掘進長 45cm）、C 孔（掘進長 38cm）の 3 孔を実施した。

海底面状況：ボーリング地点周辺の海底面状況は 3 孔ともに類似している。一部、径 20～50cm の球状～不定形のふくらみを持つ表面をなすが、比較的平坦な表面の盤状クラストが露出率 30～50% で露出する。A 孔は盤状クラストの露出部から 10cm 離れた堆積物上で実施した。B 孔の掘削地点は、盤状クラストの露出部の縁で表面が 10° 程度傾斜している地点であり、C 孔は盤状クラストの平坦な面上である。

コバルトクラスト：3 孔でクラストを採取した。A 孔では、1 層構造のクラストで層厚は 60mm、B 孔では 2 層構造をなす層厚 100mm のクラストである。C 孔では、コアが礫状に破碎し詳細は不明であるが、1 層構造、層厚 60mm のクラストである。本地点のクラストの層厚は、3 孔の平均値から 73mm である。

岩石試料：3孔ともに火山礫凝灰岩を採取した。黄褐色の凝灰質の基質と径3～10mmの褐色、ガラス質火山岩礫からなる。このドーム状の地形をなす地帯は後期の火山活動で形成された可能性があり、頂上部に直径1km程度のカルデラ状の地形が地形図から読み取れる。

#### 3-4-2-7 02SMS12BMS07 地点

ボーリング地点：山頂南西部の山頂域は南西方向に張りだし、音圧濃色域が分布する。この地域のコバルトクラストの分布状況を把握するためBMS07を実施した。BMS07地点は、BMS02よりESE方向に2.5km程度離れ、水深はBMS02より200m程度深く、この音圧濃色域の東端に位置する。水深は1,380m程度の同水深で、西から東へほぼ東西方向に50m間隔でA孔（掘進長29cm）、B孔（掘進長20cm）、D孔（掘進長34cm）を掘削し、B孔と同地点で基盤岩の状況を把握するためC孔（掘進長155cm）を実施した。

海底面状況：A孔周辺では、径10～50cmの球状～不定形のふくらみをなす表面を持つクラストが露出率30%で露出し、堆積物上に径2～20cm程度の礫状クラスト～ノジュールが被覆率3%程度で分布する。A孔の掘削地点は、比較的平坦な表面をなすクラスト露出部間の堆積物に覆われた地点である。B孔及びC孔周辺ではクラストの表面は径30～100cmの礫が集合したような外観をなすが、凹凸は少なく比較的平坦な表面の盤状クラストで、露出率は90%と高い。B孔の掘削地点は、平坦な盤状のクラスト上であるが、C孔の掘削地点は盤状のクラストの緩やかなふくらみとふくらみの間で溝状をなす地点である。D孔周辺では、比較的平坦な表面の盤状のクラストが薄く堆積物に覆われて露出率30%で露出し、リップルマーク状に露出部が線状に配列する部分も見られる。掘削地点は平坦な表面の盤状クラスト上である。

コバルトクラスト：B孔及びC孔でクラストが礫状に破碎し詳細は不明であるが、4孔で層厚80～100cmのほぼ類似したクラストを採取した。A孔では厚さ3cmの堆積物に覆われて層厚80cmのクラストが存在し、その下部に厚さ30mmの礫状クラストが存在する。B孔及びC孔ではいずれもコアが礫状に破碎し詳細は不明であるが、それぞれ、層厚100mmのクラストを採取した。C孔では2層構造、層厚100mmのクラストである。本地点の平均層厚は93mmである。

岩石試料：A孔では凝灰岩を採取し、それ以外の孔では玄武岩を採取した。A孔の凝灰岩は淡褐色、細粒で、マンガン酸化物の細粒粒子がラミナー状に配列する。B、C、D孔の玄武岩は類似しており、灰褐色～暗灰色、細粒、緻密な岩石でまれに細粒の斜

長石や輝石の斑晶が見られる。

#### 3-4-2-8 LCによる試料採取結果

コバルトクラストの露出状況及び堆積物の性状の把握、さらに環境調査のMCによる試料採取のための予察調査としてLC19からLC42の計24孔のLCを実施した。

##### (1) 山頂部

山頂部の音圧淡色域で堆積物の性状の把握及び環境調査のMCによる試料採取のための予察調査としてLC24、LC28、LC29、LC30、LC33の5地点でLCを実施した。海底写真では、これら5地点ともに全体的に堆積物により覆われノジュールの分布は見られない。LC24とLC29では、揚収時に試料が流失したと思われる、試料が採取できなかった。LC28、LC30、LC33では、それぞれ、コア長100cm、35cm、105cmの有孔虫砂を採取した。

##### (2) 山頂南西部

山頂南西部の音圧濃色域が広く広がる地域でコバルトクラストの露出状況を確認するため、LC19、LC20、LC37、LC38、LC39の5孔のLCを実施した。LC19及びLC20は音圧濃色域中の淡色部で実施した。海底写真では両地点とも一面に堆積物が分布する。LC19地点では有孔虫砂を150cm採取し、LC20地点では試料は採取できなかったがビットの変形は見られず、試料が揚収時に流失したと思われる。

LC37、LC38、LC39は音圧濃色域で実施した。海底写真ではLC37及びLC38において盤状のクラストが露出率70%及び30%で分布し、LC39では堆積物が全域に分布する。これら3地点ではいずれもビット先端が著しく破損し、コバルトクラストの破片を採取した。山頂南西部の音圧濃色域では広くクラストが分布していると思われる。

##### (3) 山頂南部

山頂南部のドーム状地形をなし、濃色の音圧分布が見られる地域でコバルトクラストの露出状況を確認するため、LC21、LC22、LC23の3孔のLCを実施した。LC21地点は音圧濃色域で、LC22及びLC23地点は濃色域と淡色域の境界部である。海底写真ではLC21及びLC23では全体的に堆積物が分布し、LC22では巨礫の集合物状の表面をなすクラストが露出率40%程度で分布する。LC21及びLC22ではビットの先端が破損し、LC21地点では試料を採取できなかったが、LC22地点では層厚20mm以上あると思われるクラストの破片を採取した。LC23では試料は採取できなかったがビットの変形は見られず、堆積物の試料が揚収時に流失したと思われる。

#### (4) 山頂西部

山頂西部の山頂縁辺域に沿って見られる濃色の音圧分布域におけるコバルトクラストの露出状況を確認するため、LC25、LC26、LC31、LC32 の4孔のLCを実施した。LC25及びLC26地点は中間色の音圧分布を示す地点であり、LC31地点は濃色域と淡色域の境界部で、LC32は濃色域である。海底写真ではLC25、LC26、LC31地点でともに全体的に堆積物に覆われ、LC32地点では堆積物上にコバルトクラストの破片が散在しクラストの露出は見られない。

LC25及びLC26では有孔虫砂を、それぞれ、コア長60cm及び55cmで採取し、この地域の音圧中間色を示す地帯の堆積物の厚さは少なくともこれより厚いと考えられる。LC31では有孔虫砂を65cm採取したもののビットの先端は変形し、マンガン酸化物が付着していたため、層厚65cmの堆積物に覆われてクラストが存在すると推定される。LC32では試料が採取できず、ビットの先端が変形しており、薄い堆積物の下にクラストが分布すると思われる。

#### (5) 山頂北部

山頂北部の山頂縁辺域で水深1,300m～1,400mの間に見られる、幅1km程度の音圧濃色域におけるコバルトクラストの露出状況を確認するため、LC34、LC35、LC36の3孔のLCを実施した。3点とも音圧濃色域と淡色域の境界付近で濃色域に含まれる地点である。海底写真では、LC34とLC36地点では全体的に堆積物で覆われるが、わずかにクラストが見受けられ、LC35地点では全体的に堆積物に覆われるのみである。LC34では礫状に破碎したクラストを採取し、層厚は少なくとも50mm以上であると思われる。

LC35では有孔虫砂をコア長65cmで採取し、ビットの先端は変形してマンガン酸化物が付着していたことから、層厚65cmの堆積物の下部にクラストが存在すると推定される。LC36ではビットが変形し、クラストの破片を少量採取したことから薄い堆積物に覆われてクラストが分布すると推定される。山頂北部の山頂縁辺域は、荒天によりBMSを実施できなかったが山頂縁辺域の音圧濃色域では厚さ50mm以上のクラストが分布しているものと思われる。

#### (6) 海山北西部

海山北西部では山頂部がWNW方向に張りだし、WNW方向に延びた尾根を形成する。この山頂から尾根にかけての地域は音圧濃色域が分布し、この地帯のコバルトクラストの発達状況を確認するためボーリングを予定したが荒天のため実施できず、LC27、LC40、LC41、LC42の4孔のLCを実施した。山頂縁辺部で実施したLC27及びLC40では、LC27は音圧淡色域と濃色域の境界部に位置し、LC40は濃色域に位置する。LC41及びLC42は水深が、それぞれ、1,497m及び1,783mの地点でWNW方向に延びる尾根上の濃色の

音圧分布域である。海底写真では、LC27 地点は全体的に堆積物に覆われ、LC40、LC41、LC42 地点では盤状のクラストが高露出率で分布する。

LC27 地点では有孔虫砂をコア長 50cm で採取し、LC40、LC41、LC42 地点ではビット先端は著しく破損、クラストの破片を採取した。海山北西部の山頂縁辺域から WNW 方向に延びる尾根は、層厚は不明であるが全体的にクラストが分布すると考えられる。

### 3-4-3 地質

今年度の調査で採取した岩石試料とコバルトクラストのタイプを、過年度の試料採取結果とともに図 3-4-3-1 に示す。

本調査で採取した特徴的な岩石試料に対し薄片観察、化学分析及び年代測定、化石鑑定を実施し、未固結堆積物に対して化石鑑定を実施した。

#### 3-4-3-1 地質状況

過年度の調査結果も含めると MS12 海山では、玄武岩、火山屑砕岩（火山礫凝灰岩、凝灰岩、凝灰角礫岩）石灰岩、石灰質礫岩及び燐灰質礫岩、軽石等の岩石と有孔虫砂をコバルトクラストとともに採取した。

玄武岩、石灰岩ないしは石灰質礫岩を斜面上部から山頂縁辺部にかけて全体に渡って採取し、山頂北西部や山頂南部では火山屑砕岩を採取した。それ以外では軽石を斜面上部の随所で採取した。

それぞれの岩石の分布状況及び特徴は以下のとおりである。

玄武岩：本海山では玄武岩を斜面上部から山頂縁辺部に渡って多くの地点で採取し、玄武岩が広く全体に渡って分布すると考えられる。玄武岩はやや酸化したものは淡褐色をなすが、暗灰褐色～暗灰色の岩石で、細粒緻密なもの、多孔質のもの、無斑晶のもの、細粒の斜長石ないし輝石の斑晶を持つものと多様である。BMS07C 孔では比較的新鮮な玄武岩を 1 m 以上に渡って採取した。北東部の山頂縁辺部では、ハイアロクラスタイトが分布し、淡褐色～灰褐色のガラス質玄武岩礫の集合部からなる。石灰質礫岩中に含まれる玄武岩礫は褐色、細粒のガラス質玄武岩である。

火山屑砕岩：火山屑砕岩は主に火山礫凝灰岩で凝灰角礫岩と凝灰岩も見られ、これらの分布は海山北東部と南部の山頂部から斜面上部にかけて見られる。火山屑砕岩を採取した山頂南部の AD18 及び BMS06 地点では、ドーム状の盛り上がり地形をなし、中央部にカルデラ状の地形が見られる。火山礫凝灰岩及び凝灰角礫岩はいずれも褐色のガラス質玄武岩の角礫と凝灰質の基質からなる岩石で、凝灰岩は緑灰色～淡褐色を呈する。



( 1/250000 AT 9°00' N )

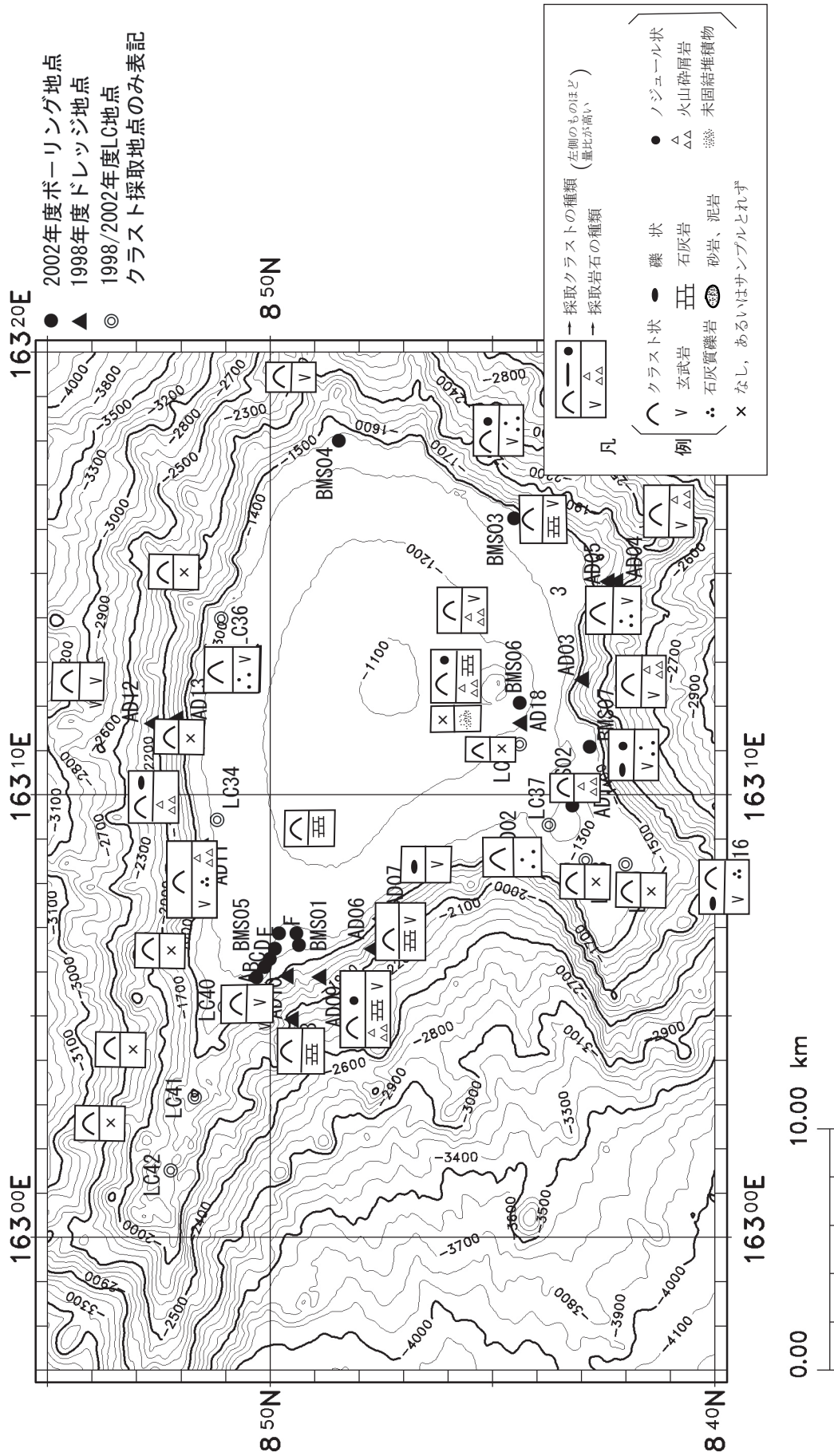


図3-4-3-1 MS12海山岩石とコバルトクラストの分布図

石灰岩：石灰岩は BMS01 地点以外では、クラストの母岩やノジュールの核として少量採取したのみである。BMS01 地点で採取した石灰岩は淡褐色、多孔質で、貝や珊瑚化石を含む浅海性の石灰岩である。

石灰質礫岩：石灰質礫岩とそれらが燐灰石化したと思われる燐灰質礫岩を、玄武岩とともに随所で採取した。これら礫岩はいずれも、5～50mm 程度の玄武岩の垂角礫を含み、それらの礫はマンガン酸化物に覆われていることが多く、石灰質の基質の形成前ないし形成中にマンガン酸化物の沈殿が開始したと考えられる。

以上の点から MS12 海山では、基盤をなす玄武岩が広く分布する。山頂南部及び北東部では火山屑砕岩が分布する。石灰岩の分布は部分的に見られるのみで、比較的薄いと思われる。一部、浅海性の石灰岩が見られるが局所的で、本海山は比較的早く沈降したと思われる。石灰質礫岩がマンガン酸化物に覆われた玄武岩の礫を含むこと、石灰質礫岩の表面はクラストに覆われることからコバルトクラストの形成は、石灰質岩の形成以前から開始し、それ以降におよんでいる。

#### 3-4-3-2 薄片観察結果

代表的な岩石試料の性格を明らかにすること、及び変質等により原岩が不明の岩石について岩種判定を行うことを目的として、顕微鏡観察を行った。顕微鏡観察記載及び顕微鏡観察結果を表 3-4-3-1 及び添付資料 7 に、岩石顕微鏡写真を添付資料 8 に示す。

MS12 海山では、玄武岩 3 試料 (BMS04CTS01、BMS07CTS01、BMS07DTS01)、火山礫凝灰岩 2 試料 (BMS02CTS01、BMS06CTS01)、ハイアロクラスタイト 1 試料 (BMS05ATS01) の計 6 試料の薄片観察を行った。

玄武岩の 3 試料は東部 (BMS04 地点) 及び南部 (BMS07 地点) の山頂縁辺部で採取した試料で、暗褐色～灰褐色を呈し、海山で採取される玄武岩としては比較的新鮮な岩石である。顕微鏡観察の結果では BMS04 地点と BMS07 地点の玄武岩は、ほぼ類似した岩石であるが、前者では斑晶が斜長石とカンラン石からなるカンラン石玄武岩で、後者では斑晶が斜長石、カンラン石、単斜輝石からなるカンラン石・単斜輝玄武岩である。石基は、3 試料ともに間粒状組織をなして主に斜長石からなり、それに単斜輝石、カンラン石が伴う。変質は BMS04CTS01 及び BMS07CTS01 で弱く、BMS07DTS01 でやや強い。

火山礫凝灰岩は山頂南部の BMS02 地点と BMS06 地点で採取した岩石で、淡褐色の基質と径 2～10mm の火山岩片を含む岩石である。顕微鏡観察では両者とも類似した岩石で、角礫状の玄武岩片及び火山ガラス片と方解石や有孔虫石灰岩からなる基質を持つハイアロクラスタイトに類似した岩石である。

ハイアロクラスタイトは山頂北東部で採取した岩石で、茶褐色のガラス質火山岩礫の集

表3-4-3-1 MS12海山顕微鏡観察記載 (1/2)

試料番号	試料内容	肉眼観察	顕微鏡観察
02SMS12BMS02C TS01 採取深度18-23cm	クラストの母岩をなす火山 礫凝灰岩	淡褐色で脆弱な岩石である。黒色の粒子が散在し、一部において濃集して脈状を呈する。	<b>カンラン石玄武岩質ハイアロクラスタイト</b> ：角礫化，断片化した発泡良好なスコリアが，ハイアロクラスタイト様の組織を示す。石灰岩との境界部には黒色のマンガン酸化物（？）が晶出する。MS11BMS03CTS01と類似するが，スコリア成分がより多い。碎屑物はカンラン石玄武岩質スコリアから構成される。これらはジグゾーパズル状に断片化している。基質はごく細粒な方解石と浮遊性有孔虫化石からなり，ハイアロラスはすべて変質し，パラゴナイト化を被っている。また，黒色のマンガン酸化物が石灰岩近傍でモザイク状に晶出している。カンラン石の自形結晶は緑泥石に置換されている。
02SMS12BMS04C TS01 採取深度50-65cm	クラストの母岩を成す玄武 岩 化学分析 (BMS04CCA01) 年代測定 (BMS04CAR01)	緻密，硬質な岩石。暗灰色～黒色基質中に茶褐色～白色のカンラン石，斜長石結晶が散在する。白色～茶色の微細脈が認められる。	<b>カンラン石玄武岩</b> ：岩石組織は斑晶状，完晶質である。一部において方解石脈が認められ，その周辺は強い変質を被っている。斑晶鉱物は斜長石，カンラン石から構成される。石基はおもに斜長石から構成され，単斜輝石，カンラン石，不透明鉱物を伴う。単斜輝石の一部は砂時計構造を示す。変質は弱く，カンラン石のみが緑泥石と蛇紋石（周縁部はイデインゲンダース石）に置換されている。ただし，方解石脈とその近傍1～2mmの範囲では，変質作用が急激に強くなる。この強変質部では，大部分の斜長石が強いソーシユライト化作用を被っている。
02SMS12BMS05A TS01 採取深度22-27cm	クラストの母岩を成すハイ アロクラスタイト	茶褐色を呈し，かなり脆弱である。全体的に淡褐色の脈が網状に発達する。	<b>単斜輝石カンラン石玄武岩質ハイアロクラスタイト</b> ：碎屑物は角礫状の単斜輝石カンラン石玄武岩片と火山ガラス片から構成される。一部，自形の単斜輝石結晶片が認められる。まれに熱変成を受けた浮遊性有孔虫ウースの破片が含まれる。単斜輝石カンラン石玄武岩は単斜輝石とカンラン石からなる。石基は樹枝状の単斜輝石と変質したガラスが主体で，長柱状の斜長石を伴う。変質は中程度である。カンラン石はすべて蛇紋石に置換され，周縁部はイデインゲンダース石に置換されている。斜長石はすべてソーシユライト化している。玄武岩質の火山ガラスは一部パラゴナイト化して，褐色を呈する。

表3-4-3-1 MS12海山頭微鏡観察記載 (2/2)

試料番号	試料内容	肉眼観察	顕微鏡観察
02SMS12BMS06C TS01 採取深度30-35cm	クラストの母岩を成す火山 礫凝灰岩	淡褐色を呈し、軟質、かなり脆弱 である。容易に粉碎できる。	<b>カンラン石玄武岩質ハイアロクラスタイト</b> ：砕屑物は角礫状の玄武 岩片と火山ガラス片から構成される。また、しばしば自形の単斜 輝石結晶片が認められる。まれに熱変成を受けた浮遊性有孔虫ウー ズの破片が含まれる。砕屑物のカンラン石玄武岩質スコーリアは多孔 質である。基質において、再結晶した方解石が火山ガラス片の隙間 に認められる。変質は中程度で、カンラン石はすべて方解石に置換 されており、火山ガラスはパラゴナイトあるいは方解石に置換され ている。
02SMS12BMS07C TS01 採取深度97-107cm	クラストの母岩を成す玄武 岩 化学分析 (BMS07CCA01)	暗灰色を呈し、緻密、堅硬であ る。白色の微細脈が発達する。茶 褐色～淡褐色のカンラン石、斜長 石斑晶が散在する。	<b>カンラン石単斜輝石玄武岩</b> ：岩石組織は斑晶状で、石基部分におい て流理構造が発達する。方解石脈が発達する。斑晶鉱物は斜長石、 カンラン石、単斜輝石より構成される。石基はおもに斜長石から構 成され、カンラン石、火山ガラス、不透明鉱物、単斜輝石を伴う。 変質作用は弱い。カンラン石は、多くが緑泥石と蛇紋石に置換され ているが、まれに新鮮なものが残存する。石基の一部の斜長石は、 ソーシユライト化を被っている。
02SMS12BMS07D TS01 採取深度20-30cm	クラストの母岩を成す玄武 岩 化学分析 (BMS07DCA01) 年代測定 (BMS07DAR01)	暗灰色を呈し、緻密、堅硬であ る。白色の微細脈が発達する。茶 褐色～淡褐色のカンラン石、斜長 石斑晶が散在する。	<b>カンラン石単斜輝石玄武岩</b> ：岩石組織は斑晶状を示す。緑泥石や方 解石で充填された脈が発達する。斑晶鉱物は斜長石、カンラン石、 単斜輝石より構成される。石基はおもに斜長石から構成され、カン ラン石、不透明鉱物、単斜輝石を伴う。変質作用は中程度である。 カンラン石はすべて緑泥石に置換されている。単斜輝石の一部は緑 泥石化を被っている。一部の斜長石はソーシユライト化を被ってい る。

合物からなる岩石である。顕微鏡観察では、角礫状の玄武岩片、火山ガラス片、単斜輝石片からなる碎屑物と樹枝状の単斜輝石及び変質した火山ガラスの基質からなるハイアロクラスタイトである。

### 3-4-3-3 岩石の化学分析結果

本海山を形成した火成作用の性質を明らかにするため化学分析を行った。分析方法及び検出限界を添付資料 9 に、分析結果を表 3-4-3-2 に示す。分析結果を元に希土類のコンドライト規格化図、スパイダーダイアグラム、 $\text{TiO}_2$ - $\text{MnO}$ - $\text{P}_2\text{O}_5$  図、 $\text{Nb}$ - $\text{Zr}$ - $\text{Y}$  図、 $\text{Ti}$ - $\text{V}$  図、 $\text{Nb/Zr}$ - $\text{Ba/Zr}$  図を作成した。これらの図を添付資料 10 に示す。

化学分析を行った 3 試料 (BMS04CCA01、BMS07CCA01、BMS07DCA01) は、それぞれ、山頂東部 (BMS04 地点) 及び山頂南西部 (BMS07 地点) で採取したカンラン石玄武岩とカンラン石単斜輝石玄武岩である。顕微鏡観察による変質の程度は BMS04CCA01 と BMS07CCA01 で弱く、BMS07DCA01 でやや強い。

主要元素では、両試料ともに  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  が  $\text{FeO}$  に比べて高く Fe はかなり酸化されてしまった状態にある。さらに LOI は 2.47~3.66% でやや高く、やや変質を受けて粘土鉱物が形成されていると考えられる。 $\text{P}_2\text{O}_5$  は 0.43~0.60% で、通常、玄武岩では 0.5% 以下であることからやや高い。BMS07DCA01 では  $\text{CO}_2$  が 1.06% と炭酸塩鉱物が形成されている可能性があるが、変質及び燐酸塩化の程度は MS01 海山に比べると低く、変質による元素の移動はほとんどないと思われる。これらの岩石は 3 試料とも類似した組成を示し  $\text{SiO}_2$  は 49.14~50.81%、 $\text{MgO}$  は 4.53~5.49%、 $\text{MgO}/\text{MgO}+\text{FeO}^*$  は 0.367~0.388 と通常の玄武岩の組成を示す。 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  及び  $\text{TiO}_2$ 、それぞれ、5.07~6.82% 及び 1.65~2.74% と高くアルカリ岩の特徴を示し、主要元素からこれら 3 試料はアルカリ玄武岩である。

希土類元素のコンドライト規格化図 (添付資料 10、図 1) では La がコンドライトの 70~170 倍、Lu がコンドライトの 5~7 倍と 3 試料ともに急傾斜な右下がりのアルカリ岩に特徴的なパターンを示し、Davis et al.(1989)によるマーシャル列島の海山のアルカリカンラン石玄武岩と類似したパターンを示す。

スパイダーダイアグラム (添付資料 10、図 2) は 3 試料ともに類似したパターンを示し、K、Rb、Ba、Nb 等の元素が中央海嶺玄武岩 (MORB) の数 10 倍から 100 倍と高く、これらの元素に富むアルカリ岩や海洋島アルカリ玄武岩に類似したパターンを示す。

微量元素の中で変質の影響が少ないと考えられる元素について岩石の区分図を作成した。MS12 海山の試料は  $\text{TiO}_2$ - $\text{MnO}$ - $\text{P}_2\text{O}_5$  図 (添付資料 10、図 3) 及び  $\text{Nb}$ - $\text{Zr}$ - $\text{Y}$  図 (添付資料 10、図 4) に見られるように 3 試料とも海洋島アルカリ玄武岩の領域にプロットされる。 $\text{Ti}$ - $\text{V}$  図 (添付資料 10、図 5) では海洋島アルカリ玄武岩の領域から外れるが、 $\text{Ti}/\text{V}$  比が高い海洋島アルカリ玄武岩と類似した  $\text{Ti}/\text{V}$  比を持つ。従って、MS12 海山の玄武岩類は 3 試料とも海洋島のアルカリ玄武岩に類似した化学組成を示す。

表 3 - 4 - 3 - 2 MS12海山岩石の化学分析結果

	02SMS12		
	BMS04C CA01	BMS07C CA01	BMS07D CA01
	カンラン石 玄武岩	カンラン石単斜輝石 玄武岩	カンラン石単斜輝石 玄武岩
SiO <sub>2</sub> %	49.14	50.75	50.81
TiO <sub>2</sub> %	2.74	1.66	1.65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	15.39	16.58	16.36
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	6.67	7.11	6.12
FeO %	3.04	1.40	1.88
MnO %	0.13	0.14	0.10
MgO %	5.49	4.53	4.69
CaO %	8.56	6.16	7.58
Na <sub>2</sub> O %	3.76	4.18	4.25
K <sub>2</sub> O %	1.31	2.64	2.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0.43	0.60	0.51
CO <sub>2</sub> %	0.07	0.07	1.06
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> %	1.08	1.78	1.35
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> %	0.84	1.07	0.92
LOI %	2.47	3.25	3.66
TOTAL %	99.13	98.99	99.87
FeO* %	9.04	7.80	7.39
Mg#	0.378	0.367	0.388
Rb ppm	29.1	72.7	64.4
Sr ppm	538	733	709
Ba ppm	350	856	798
Zr ppm	145	244	236
V ppm	221	95	103
Nb ppm	35.9	67.5	65.3
Y ppm	22.8	22.8	22.2
La ppm	23.90	57.56	52.88
Ce ppm	49.89	101.90	95.44
Pr ppm	6.18	10.60	9.93
Nd ppm	27.38	38.78	36.41
Sm ppm	6.42	6.47	6.16
Eu ppm	2.48	2.36	2.26
Gd ppm	5.89	5.07	4.90
Tb ppm	1.00	0.85	0.87
Dy ppm	4.71	4.41	4.39
Ho ppm	0.77	0.76	0.73
Er ppm	2.02	2.08	2.02
Tm ppm	0.24	0.27	0.27
Yb ppm	1.48	1.63	1.68
Lu ppm	0.19	0.24	0.22

インコンパティブル元素（液相濃集元素）の比は、マグマが発生したマントルの組成に由来することが知られており、本地域周辺の海山が形成されたと考えられている南太平洋の SOPITA（South Pacific Isotopic and Thermal Anomaly）地域の玄武岩類は Ba/Nb 比が 4～10 の範囲に入るものが多い（Davis et al. 1989, Christie et al, 1995、添付資料図 6）。MS12 海山の 3 試料は 10～13 の Ba/Nb 比を持ち SOPTIA 地域の玄武岩と類似した Ba/Nb 比を示す。

#### 3-4-3-4 岩石の年代測定

採取した玄武岩類の内、比較的変質の少ないと思われる 2 試料、BMS04CAR01（カンラン石玄武岩）及び BMS07DAR01（カンラン石単斜輝石玄武岩）、について Ar-Ar 法による年代測定を実施した。それぞれ、山頂東部及び山頂南西部から採取した試料である。年代測定結果の詳細は付帯資料 11 に示す。

BMS04CAR01 はプラト一年代を得ることができなかったが逆アイソクロン図からアイソクロン年代として  $99.68 \pm 1.46 \text{Ma}$  が得られた。ただし、初生  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  は  $906.5 \pm 162.6$  であり、大気アルゴンの同位体比（295.5）と大きく異なる。このため、得られた年代の信頼性は低いと考えられる。これはやや変質した岩石であることに起因していると考えられる。

BMS07DAR01 では段階加熱年代スペクトラ図から  $110.0 \pm 1.0 \text{Ma}$ 、逆アイソクロン図から  $110.05 \pm 0.51 \text{Ma}$  とほぼ同様の値が得られた。しかし、プラト一年代が得られたが  $^{39}\text{Ar}$  の 50% を超えるプラト一年代は認められないため、信頼性はやや低いと考えられる。変質作用や二次的な脈の貫入により、鉱物相が閉鎖系として保持されていなかったため、信頼性の高い年代を得られなかったと考えられる。

2 試料から得られた年代は、やや信頼性にかけるが  $99.68 \pm 1.46 \text{Ma}$  及び  $110.05 \pm 0.51 \text{Ma}$  で両者とも中期白亜紀のガーリック世アルビアン期に対応する。マーシャル列島の海山及び環礁の形成時期は玄武岩類の Ar-Ar 法年代値及び浅海性石灰岩類の化石年代から白亜紀中期（アプチアン～セノマニアン）と白亜紀後期（コニアシアン～カンパニアン）の二つの時期に分けられると考えられているが（Lincoln et al. 1993、Haggerty and Premoli-Silva, 1995）、本結果から MS12 海山の基盤をなす玄武岩は白亜紀中期（アプチアン～セノマニアン）に形成されたと考えられる。

#### 3-4-3-5 化石鑑定結果

LC で採取した堆積物や BMS で採取した堆積岩類の年代や堆積環境を明らかにするため化石鑑定を行った。堆積物及び岩石試料の化石鑑定結果を、それぞれ、表 3-4-3-3 及び表 3-4-3-4 に示す。さらに、化石の鑑定方法、産出化石、代表的な化石の写真等を添付資料 13 に示す。

表3-4-3-3 MS12海山堆積物の化石鑑定結果

孔名	水深 (m)	試料番号	コア深度 (cm)	試料名	年代 有孔虫	年代 ナンノ化石	化石鑑定 (有孔虫)	化石鑑定 (ナンノ化石)
02SMS12 LC19	1,343	FS01	0-5	有孔虫砂	後期更新世 (0-0.12Ma)	後期更新世 (0-0.16Ma)	最上部のFS01の群集は保存がよく、 <i>Globigerina rubescens</i> (pink)および <i>Bolliella calida</i> を産出するが、 <i>G. ruber</i> (pink)は共産しない。したがって、FS01の群集は後期更新世 (0.12Ma程度)と考えられる。なお、この試料では <i>G. truncatulinoides</i> は産出しな	<i>Emiliana huxleyi</i> を産出するが、 <i>Helicosphaera inversa</i> を産出しないため、NN21に相当し、基準面1より若い0~0.16Maに対比される。
		FS02	40-45	有孔虫砂	後期鮮新世 (3.09-3.12Ma)	後期鮮新世 (2.78-3.85Ma)	い。FS02とFS03では、同様に <i>G. truncatulinoides</i> は産出しなが、 <i>G. fistulosus</i> , <i>G. extremus</i> , <i>G. altispira</i> などが共産することから、地質年代は鮮新世に相当すると考えられる。 <i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i> は産出しな	後期鮮新世の <i>Discoaster brouweri</i> (基準面13), <i>D. pentaradiatus</i> (基準面16), <i>D. surculus</i> (基準面17), <i>D. tamalis</i> (基準面18) および <i>Reticulofenestra ampla</i> (基準面19)を産出する。地質年代は後期鮮新世のNN16帯下部および基準面19~21に相当し、2.78~3.85Maに対比される。
		FS03	125-130	有孔虫砂	後期鮮新世 (3.09-3.12Ma)	後期鮮新世 (2.78-3.85Ma)	は産出しな	後期鮮新世の <i>Discoaster brouweri</i> (基準面13), <i>D. pentaradiatus</i> (基準面16), <i>D. surculus</i> (基準面17), <i>D. tamalis</i> (基準面18) および <i>Reticulofenestra ampla</i> (基準面19)を産出する。地質年代は後期鮮新世のNN16帯下部および基準面19~21に相当し、2.78~3.85Maに対比される。
02SMS12 LC33	1,257	FS01	15-20	有孔虫砂	後期更新世 (0.12-0.22Ma)	後期更新世 (0-0.16Ma)	FS01およびFS02では、いずれも <i>G. truncatulinoides</i> が産出するので、地質年代は更新世に相当すると考えられる。FS01では <i>B. calida</i> および <i>G. ruber</i> (pink)が産出するため、後期更新世 (0.12~0.22Ma)に相当すると考えられる。FS02では <i>G. tosaensis</i> が産出しないため、中期更新世 (0.22~0.65Ma)に相当すると考えられる。	<i>Emiliana huxleyi</i> を産出するが、 <i>Helicosphaera inversa</i> を産出しないため、NN21に相当し、基準面1より若い0~0.16Maに対比される。
		FS02	100-105	有孔虫砂	中期更新世 (0.22-0.65Ma)	後期更新世 (0.16-0.25Ma)		<i>Emiliana huxleyi</i> および <i>Helicosphaera inversa</i> を産出するため、NN21帯に相当する。ただし、 <i>Helicosphaera inversa</i> を産出するため、基準面1~2の0.16~0.25Maに対比される。



表 3-4-3-4 MS12海山岩石試料の鑑定結果

コア番号	水深 (m)	試料 番号	採取深度 (cm)	採取地点	肉眼観察	岩石名	特記事項	堆積年代	
								礫性石灰岩	(有孔虫)
02SMS12 BMS01A	1,371	FR01	16-41	北西部山頂縁	表面にクラストを伴う石灰岩、貝化石、サンゴ化石、マンガン酸化物粒子を含む。下部は砂質の石灰岩。	bioclastic rudstone (下 部) bioclastic packstone (上 部)	高エネルギー下で堆積。陸上で続成作用を被る。2mm以上の大きなサイズの生砕物として、二枚貝や巻貝などの軟体動物, <i>Solenopora</i> が認められる。大きな生砕物の間を充填する2mm以下の小さいサイズの生砕物は、軟体動物, ウニ, コケムシ, <i>Solenopora</i> から構成される。	白亜紀?	-
02SMS12 BMS01C	1,380	FR01	31-68	北西部山頂縁	表面にクラストを伴う石灰岩、貝化石、サンゴ化石、マンガン酸化物粒子を含む。	bioclastic rudstone	高エネルギー下で堆積。陸上で続成作用を被る。生砕物として、軟体動物 (巻貝, 二枚貝), 底生有孔虫, ウニ, <i>Solenopora</i> が認められる。	白亜紀?	-

### (1) 堆積物の化石鑑定

化石鑑定は LC19 から 3 試料、LC33 から 2 試料の計 5 試料で行った。LC19 地点は山頂南西部に位置し、音圧濃色域の淡色部に存在する。本地点においてコア長 150cm で有孔虫砂を採取し、深度 0-5cm (FS01)、40-45cm (FS02)、125-130cm (FS03) の 3 試料の化石鑑定を行った。LC33 地点は山頂北西部に位置し、音圧淡色域である。本 LC ではコア長 105cm で有孔虫砂を採取し、深度 15-20cm (FS01)、100-105cm (FS02) の 2 試料の化石鑑定を行った。

LC19 の 3 試料は、有孔虫及び石灰質ナンノ化石の推定年代より、FS01 が後期更新世 (0-0.12Ma?) に、FS02 及び FS03 は後期鮮新世 (2.78-3.12Ma?) に堆積したと推定される。また、LC33 の 2 試料は、FS01 が 0.12-0.16Ma、FS02 が 0.22-0.25Ma と、ともに後期更新世に堆積したと推定される。これらの MS12 海山の試料については、石灰質ナンノ化石と有孔虫の推定年代が調和的であり、他の海山の試料と比べ妥当な年代が得られたと考えられる。

有孔虫の群集構成から堆積環境は熱帯から亜熱帯の地理区で、底生有孔虫がほとんど産出しないため古水深は特定できず、800~2,500m 程度と思われる。堆積速度は LC19 と LC33 で異なり、前者で 0.14~2.74mm/1,000 年と遅く、LC33 で 8.94mm/1,000 年と早い。LC19 では FS01 と FS02 の間で 0.14~2.74mm/1,000 年と遅い堆積速度が得られたが、両試料の間には後期鮮新世から後期更新世と時間の大きな隔たりが存在するため、不整合面が存在する可能性がある。

### (2) 岩石試料の化石鑑定

化石鑑定を行った試料は、BMS01AFR01 及び FR02 の 2 試料で北西部の山頂縁部で採取した試料である。両孔とも厚さ、それぞれ、45mm 及び 50mm のクラストが存在し、その下部の石灰岩は貝化石、サンゴ化石、マンガン酸化物の粒子を含む礁性石灰岩である。化石鑑定結果の詳細を添付資料 13 に示す。

BMS01AFR01 及び FR02 の 2 試料がともに礁性石灰岩であり、厚歯二枚貝及び microencruster が認められるため白亜紀と考えられる。なお、浮遊性有孔虫化石は破碎されているため、同定が困難であり、堆積年代は不明である。また、2 試料とも陸水性の続成作用を覆っている。

化石鑑定の結果から MS12 海山の地史は以下のように考えられる。

白亜紀に BMS01 の採取位置付近 (現在の水深 1380m 付近) まで海山は露出し、海山周縁に礁が形成され、石灰岩が堆積した。さらに、海山は隆起し、少なくとも BMS01 採取地点が海面上に露出した後、現在の水深まで沈降した。過年度の調査では、斜面上部の AD05 及び AD13 で中期始新世の有孔虫化石を含む遠海性の石灰岩が採取されており、中期始新世には遠洋性の環境にあった。AD05 及び AD13 の石灰岩はクラストに覆われるた

め、本海山のコバルトクラストの主な形成時期は中期始新世ないしそれ以降と考えられる。Watkins et al. (1995)などによれば本地域周辺のコバルトクラストの主な形成時期は始新世～漸新世と考えられている。

#### 3-4-4 コバルトクラストの賦存状況

MS12 海山では、平成 10 年度（1998 年度）に 18 地点（AD：15 地点、LC3 地点）で試料採取を行い、13 地点でコバルトクラストを採取した。その結果、MS12 海山におけるコバルトクラストの平均層厚は 24mm、平均 Co 品位は 0.67%の値が得られた。

今年度の調査では、将来、採掘をより容易に行うことが出来ると思われる傾斜の緩やかなコバルトクラスト露出域を対象に 7 地点で 25 孔のボーリング及び 24 地点で LC を実施した。調査の目的は、海山の山頂部に賦存するコバルトクラストの分布、水深の相違によるコバルトクラスト賦存状況、コバルトクラストの分布の連続性、堆積物下におけるコバルトクラストの発達状況の把握である。

#### 3-4-4-1 コバルトクラストの分布状況

##### (1) コバルトクラストの層厚

平成 10 年度（1998 年度）及び今年度のコバルトクラストの採取状況を表 3-4-4-1 及び表 3-4-4-2 に、コバルトクラストの分布状況を図 3-4-4-1 に示す。さらに、図 3-4-4-2 及び図 3-4-4-3 にコバルトクラストの層厚と水深の関係及び、コバルトクラストの層厚と堆積物の厚さの関係を示す。

平成 10 年度の調査では、海山北部、西部、南部の斜面上部から山頂縁辺部にかけて試料採取を行い、クラスト、礫状クラスト及び少量のノジュールを採取した。採取地点別のノジュールを除外した平均層厚は 1～44mm で、試料採取量の少ない AD06 及び AD09 地点は除くと、13 地点の平均値は 24mm である。水深 1,400m 以浅の山頂部とそれ以深の斜面部において、コバルトクラストの層厚に顕著な違いは見られず、平均層厚は山頂部で 28mm、斜面部で 23mm である。

今年度の調査では水深 1,400m 以浅の山頂部の 7 地点において、計 25 孔のボーリングを実施した。それぞれのボーリング孔で採取したコバルトクラスト層厚は 0～130mm と広い範囲の値を示し、平均層厚は 74mm である。同じボーリング地点におけるそれぞれ孔間のコバルトクラスト層厚の変化は BMS05、BMS06、BMS07 地点では比較的少ないが、BMS01、BMS02、BMS03、BMS04 地点では大きい。

表 3-4-4-2 に示すように BMS01、BMS03、BMS04 では厚さそれぞれ 5cm、7cm、15cm の未固結堆積物に覆われた地点で掘削した BMS01B 孔、BMS03A 孔、BMS04C 孔は他の同じ地点で掘削したボーリング孔よりコバルトクラストの層厚は明らかに薄い。さらに図 3-4-4-3 で見られるように未固結堆積物の厚さが 4cm 以上の地点で掘削したボーリング孔

表3-4-4-1 MS12海山過年度調査によるコバルトクラストの採取状況

番号	採取点番号	水深 (m)	地形区分	採取物 クラストタイプ	クラスト			礫状クラスト			全体			
					採取量 (kg)	最大厚 (mm)	平均厚 (mm)	採取量 (kg)	最大厚 (mm)	平均厚 (mm)	採取量 (kg)	最大厚 (mm)	平均厚 (mm)	
1	98SMS12LC01	4,528	東斜面裾部	ノジュール										
2	98SMS12AD02	1,554	西斜面上部	クラスト、クラスト片	79.13	40	23					79.13	40	23
3	98SMS12AD03	1,555	南斜面上部	クラスト	4.38	55	28					4.38	55	28
4	98SMS12AD04	1,974	南斜面上部	クラスト	3.42	47	10					3.42	47	10
5	98SMS12AD05	1,719	南斜面上部	クラスト	5.64	85	9					5.64	85	9
6	98SMS12AD06	1,689	西斜面上部	クラスト片	0.09	10	6					0.09	10	6
7	98SMS12AD07	1,448	西斜面上部	礫状クラスト				194.80	140	44		194.80	140	44
8	98SMS12AD08	2,060	西斜面上部	クラスト、クラスト片	17.88	96	34					17.88	96	34
9	98SMS12AD09	1,796	西斜面上部	ノジュール、クラスト片	0.13	3	1					0.13	3	1
10	98SMS12AD10	1,499	西斜面上部	クラスト	1.02	62	19					1.02	62	19
11	98SMS12AD11	1,342	北山頂縁辺部	クラスト、クラスト片、礫状クラスト	4.94	60	47	1.70	32	28		6.64	60	39
12	98SMS12AD12	1,983	北斜面上部	クラスト、クラスト片	1.20	21	10					1.20	21	10
13	98SMS12AD13	1,716	北斜面上部	クラスト	26.95	53	20					26.95	53	20
14	98SMS12LC14	1,130	山頂部											
15	98SMS12LC15	1,372	東山頂縁辺部											
16	98SMS12AD16	2,268	南斜面中部	クラスト、礫状クラスト、クラスト	55.00	75	32	12.70	90	28		67.70	90	31
17	98SMS12AD17	1,273	南山頂縁辺部	礫状クラスト、ノジュール				117.40	95	32		117.40	95	32
18	98SMS12AD18	1,157	山頂部	ノジュール、クラスト	0.28	27	18					0.28	27	14
					最大	96	47	最大	140	44		最大	140	44
					平均	56	23	平均	89	33		平均	67	24
												山頂部平均		28
												斜面部平均		23

・AD06とAD09はクラストの小片を採取したのみで平均値の計算から除外する。

表 3-4-4-2 MS12海山コバルトクラストの採取状況

番号	地点名	BMS地点	水深 (m)	地形区分	堆積物 (cm)	コバルトクラストタイプ	層厚 (mm)	層構造	コアの状況	平均厚 (mm)	母岩	露出面状況
1		02SMS12BMS01A	1, 371	北西山頂縁辺部	1	クラスト	45	1層			石灰岩	やや巨礫の集合物状、露出率10%
2	BMS01	02SMS12BMS01B	1, 373	北西山頂縁辺部	5	コーテイング	0			32	石灰岩	礫状クラスト～ノジュール分布、被覆率5%
3		02SMS12BMS01C	1, 380	北西山頂縁辺部	1	クラスト	50	3層			石灰岩	比較的平坦、露出率5%
4		02SMS12BMS02A	1, 169	南西山頂部	0	クラスト	15	1層	礫状に破砕		火山礫凝灰岩	比較的平坦、露出率90%
5	BMS02	02SMS12BMS02B	1, 160	南西山頂部	0	クラスト	15	1層	礫状に破砕	33	火山礫凝灰岩	比較的平坦、露出率80%
6		02SMS12BMS02C	1, 144	南西山頂部	0	クラスト	70	1層			火山礫凝灰岩	比較的平坦、露出率90%
7		02SMS12BMS03A	1, 349	南東山頂縁辺部	7	ノジュール、クラスト	35	1層			石灰質礫岩	比較的平坦、露出率5%
8	BMS03	02SMS12BMS03B	1, 359	南東山頂縁辺部	0	クラスト	110	2層		78	玄武岩	比較的平坦、露出率20%
9		02SMS12BMS03C	1, 360	南東山頂縁辺部	0	クラスト	90	2層			玄武岩	比較的平坦、露出率80%
10		02SMS12BMS04A	1, 379	北東山頂縁辺部	0	クラスト	130		礫状に破砕		玄武岩	巨礫の集合物状、露出率50%
11	BMS04	02SMS12BMS04B	1, 373	北東山頂縁辺部	1	クラスト	80		礫状に破砕	90	玄武岩	平坦、露出率20%
12		02SMS12BMS04C	1, 370	北東山頂縁辺部	15	クラスト	60	2層			玄武岩	比較的平坦、露出率20%
13		02SMS12BMS05A	1, 319	北西山頂縁辺部	2	クラスト	100		礫状に破砕		ハイアフラスタ仆	比較的平坦、露出率60%
14		02SMS12BMS05B	1, 313	北西山頂縁辺部	2	クラスト	80	1層			石灰質礫岩	比較的平坦、露出率30%
15	BMS05	02SMS12BMS05C	1, 313	北西山頂縁辺部	0	クラスト	120	2層		90	石灰質礫岩	比較的平坦、露出率30%
16		02SMS12BMS05D	1, 296	北西山頂縁辺部	0	クラスト	50	2層			火山礫凝灰岩	比較的平坦、露出率70%
17		02SMS12BMS05E	1, 304	北西山頂縁辺部	2	クラスト	80		礫状に破砕		石灰質礫岩	やや巨礫の集合物状、露出率20%
18		02SMS12BMS05F	1, 330	北西山頂縁辺部	0	クラスト	110	1層			玄武岩	巨礫の集合物状、露出率30%
19		02SMS12BMS06A	1, 150	南部山頂部	4	クラスト	60	1層			火山礫凝灰岩	比較的平坦、露出率30%
20	BMS06	02SMS12BMS06B	1, 153	南部山頂部	0	クラスト	100	2層		73	火山礫凝灰岩	比較的平坦、露出率40%
21		02SMS12BMS06C	1, 157	南部山頂部	0	クラスト	60	1層	礫状に破砕		火山礫凝灰岩	平坦、露出率50%
22		02SMS12BMS07A	1, 376	南部山頂縁辺部	3	クラスト、礫状クラスト	80	2層			凝灰岩	やや巨礫の集合物状、露出率30%
23	BMS07	02SMS12BMS07B	1, 378	南部山頂縁辺部	0	クラスト	100		礫状に破砕	93	玄武岩	比較的平坦、露出率90%
24		02SMS12BMS07C	1, 378	南部山頂縁辺部	0	クラスト	100		礫状に破砕		玄武岩	比較的平坦、露出率90%
25		02SMS12BMS07D	1, 378	南部山頂縁辺部	0	クラスト	100	2層			玄武岩	比較的平坦、露出率30%
							最大	130		93		
							最小	0		32		
							平均 (山頂部)	74		70		
							標準偏差	34		27		

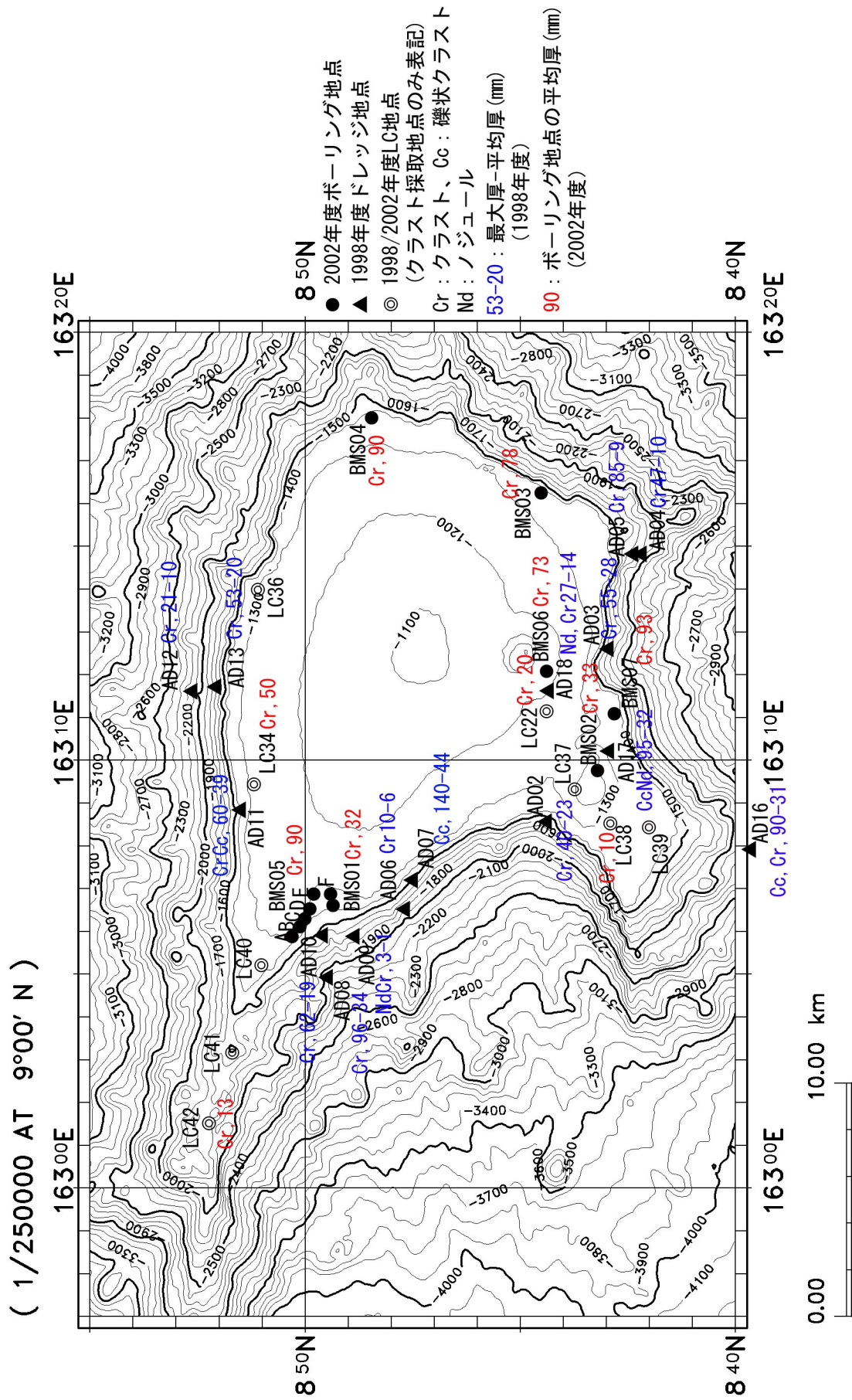


図3-4-4-1 MS12海山コバルトクラストの分布状況

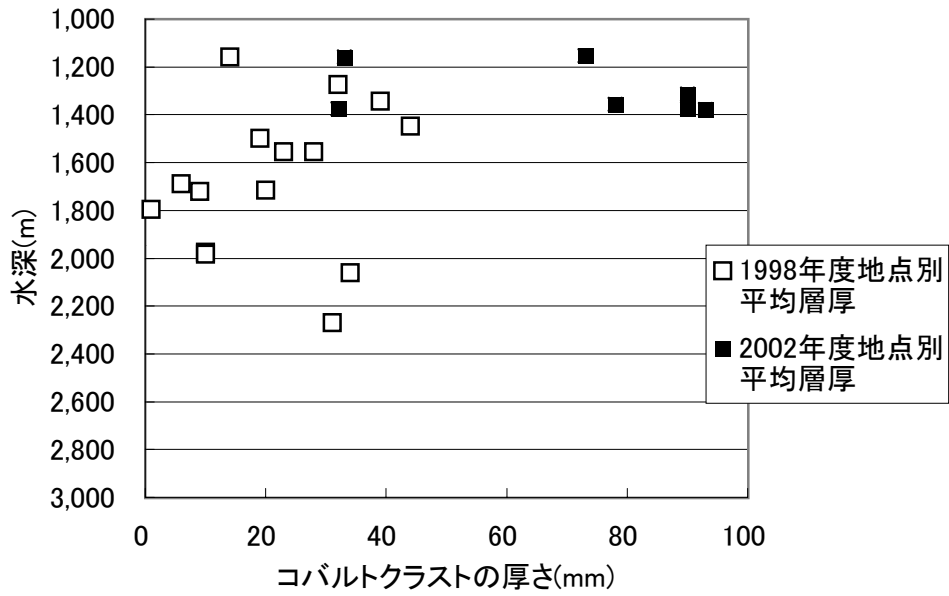


図3-4-4-2 MS12海山コバルトクラストの層厚と水深

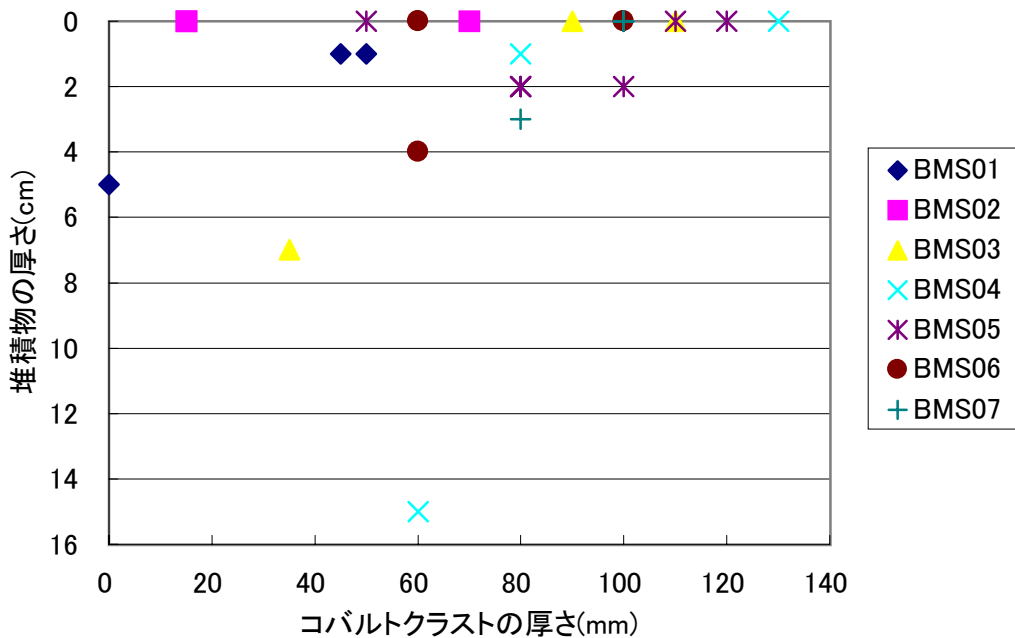


図3-4-4-3 MS12海山堆積物の厚さとコバルトクラスト層厚

では層厚 60mm 以上のコバルトクラストが得られていない。コバルトクラストが露出する地点で掘削したにもかかわらず、厚さの薄いコバルトクラストしか得られなかった BMS02 の A 孔及び B 孔ではコアは礫状に破碎し、コバルトクラストのコア全体を回収していない可能性がある。未固結堆積物の分布が見られず、コバルトクラストが露出している地点では、BMS02A 孔と B 孔を除くとコバルトクラストの層厚は 50~130mm と変化し、この層厚の変化はボーリング孔周辺の未固結堆積物による被覆以外の要因を反映したものであると考えられる。コバルトクラストの層厚は、それぞれのボーリング地点でやや異なると同時に、それを被覆する未固結堆積物の現在の厚さにも支配されている傾向が見られる。

それぞれのボーリング地点におけるコバルトクラストの平均層厚は、それぞれの地点で行った 3 孔から 6 孔のボーリング孔から得られたコバルトクラストの層厚の単純平均で示した。この場合、BMS01 地点や BMS03 地点では、未固結堆積物に覆われた孔とコバルトクラストが露出している孔では、コバルトクラストの層厚が大きく異なるが、それぞれの地点において 3 孔のボーリングは、その地点の状況を反映していると仮定した。すなわち、BMS01 地点や BMS03 地点では未固結堆積部に覆われて、コバルトクラストの発達状況が悪い部分が 1/3 程度の割合で存在すると仮定した。BMS01 から BMS07 の 7 地点のコバルトクラストの平均層厚は 32~93mm で、7 地点の平均値は 70mm である。平成 10 年度の調査結果では、山頂部で試料採取を行った 3 地点におけるそれぞれの地点別コバルトクラストの平均層厚は 14~34mm であり、今年度のボーリングによる調査結果は過年度の調査結果と比較して非常に厚い。この原因として、ドレッジ試料による平均層厚の算出方法に起因していると考えられる。すなわち、AD11 や AD16 では、最大層厚 60mm 及び 90mm の試料が得られているが、平均層厚の計算では、その地点で採取したすべてのタイプの試料を考慮するため、平均層厚ではそれぞれ 39 及び 32mm となる。平成 10 年度調査のコバルトクラストの層厚を、それぞれの地点における最大層厚の平均値から算出すると 67mm となり、今年度の調査結果である 70mm に近い値である。

MS12 海山のボーリング地点におけるコバルトクラストの露出面の状況は、比較的平坦な海底面の場合がほとんどで、一部、凹凸の著しい巨礫の集合物状の海底面をなす場合がある。コバルトクラストの露出面の状況とコバルトクラストの層厚との間において顕著な関係は見られなかった。

## (2) コバルトクラストの層構造

コバルトクラストの時間的な産状の変化を調べるため、コバルトクラストの肉眼的な組織からコバルトクラストを 7 タイプに分類し、層構造の検討を行った。層構造は最外層を 1 層とし、内側に向かって随時 2 層、3 層とした。層区分図を図 3-4-4 に示す。

MS12 海山のコバルトクラストは、ほとんどが 1 層ないしは 2 層構造で、1 孔 (BMS01C)



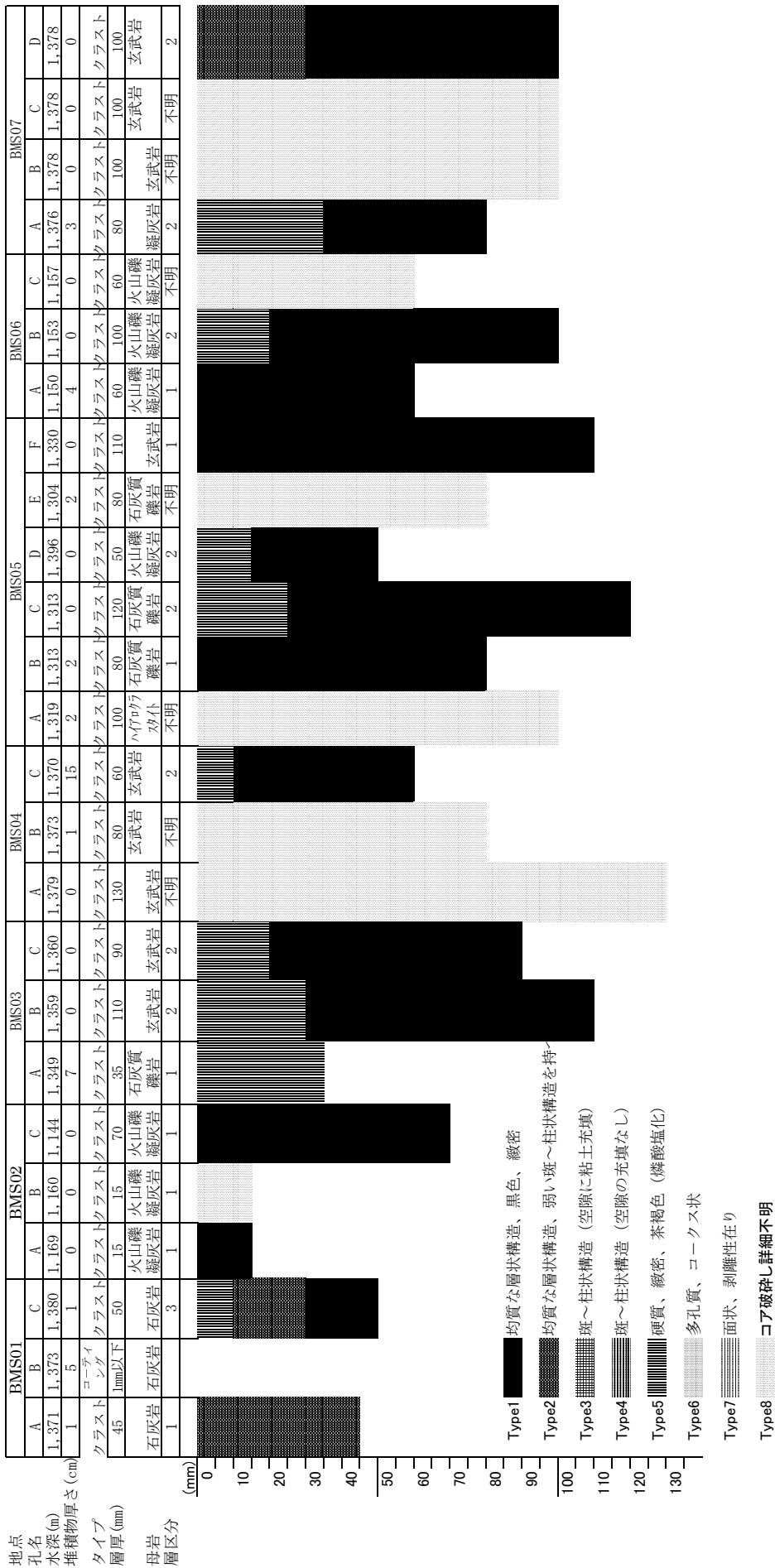


図3-4-4-4 MS12海山コバルトクラストの層区分図

のみが3層構造を示す。層構造は全体的にはほぼ類似したパターンを示し、1層構造の場合は、黒色、緻密な Type1 からなり、2層構造の場合は暗茶褐色をなす緻密な Type5 が外側の1層をなし、内側の2層は黒色、緻密な Type 1 からなる。MS12 海山の山頂部では、全体的にはほぼ類似した生成環境でコバルトクラストが形成されたことを示唆していると考えられる。

### (3) コバルトクラストの分布

MS12 海山の山頂域は、山頂縁辺部から山頂部の水深 1,200~1,400m にかけて露岩域が分布し、その露岩域内ではほぼ海山山頂部の全域を網羅するように7地点においてボーリングを実施した。これら7地点においてすべてコバルトクラストを採取し、地点別の平均層厚は 32~93mm で、7地点の平均層厚は 70mm である。平成 10 年度の調査では、山頂域の3地点でドレッジによりコバルトクラストを採取したが、地点別の平均層厚は 14~34mm と今年度のボーリングによる調査結果に比べて非常に薄い。ドレッジにおいて平均層厚は薄い、最大層厚では 95mm や 60mm のコバルトクラストが採取されており、今年度の7地点のボーリング調査で得た山頂部の平均層厚 70mm は妥当な値と思われる。

水深とコバルトクラストの層厚の関係を検討するため斜面域でボーリングを計画したが、海象が悪く実施できなかった。今年度の調査でボーリングを行った地点は、水深 1,150~1,380m の山頂縁辺部~山頂部で、それぞれの地点間における水深の相違は少なく、今年度の試料からは水深とコバルトクラストの層厚との関係を考察できない。図 3-4-4-2 に見られる様に平成 10 年度の調査結果では、水深とコバルトクラストの層厚に明瞭な関係は見られない。

露岩域におけるコバルトクラストの分布の連続性を確認するため、MS12 海山山頂北東部の濃色音圧域において、約 3km に渡ってほぼ 500m の間隔で6孔のボーリングを実施した(図 3-4-2-4)。一部、堆積物に覆われる部分も存在するが、全体的に比較的平坦な表面をなすクラストや凹凸の著しい表面をなすクラストが連続的に分布する。採取したコバルトクラストの層厚は 50~120mm で、平均層厚は 90mm である。したがって、音圧濃色域の露岩域でコバルトクラストはある程度一定の層厚で連続して分布していると考えられる。

堆積物下のコバルトクラストの賦存状況を確認するため音圧濃色域と淡色域が近接する地点で LC を実施したが、堆積物の厚さとその下部に存在すると思われるコバルトクラストの厚さを把握できる試料が採取できなかった。しかし、BMS01B、BMS03A、BMS4C の地点では 5cm、7cm、15cm の未固結堆積物に被覆されてコバルトクラストが存在し、コバルトクラストの層厚はその近辺のボーリング孔で行った露出域のコバルトクラストの層厚に比べて明らかに薄いことから、堆積物に覆われた地点では露出域に比べてコバルトクラストの層厚が薄い可能性がある。

### 3-4-4-2 コバルトクラストの分析結果

MS12 海山のボーリングにより採取したコバルトクラストに対して 34 件 (バルク試料 : 32 件、層別試料 : 2 件) の化学分析を行った。分析元素は、Co、Ni、Cu、Mn、Fe、Pb、Zn、Ti、Mo、V、Si、Al、Ca、Na、K、P、Ba、Sr、Pt、LOI、 $H_2O^+$ 、 $H_2O^-$  の 22 成分と希土類 14 元素 (La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu) の計 36 成分である。分析方法及び分析結果を添付資料 9 及び 13 に示す。

#### (1) バルク試料

バルク試料の分析結果の基本統計量及び主要金属元素 (Co、Ni、Cu、Mn、Fe) と Pt の品位を表 3-4-4-3 及び表 3-4-4-4 に示す。さらにバルク試料の品位のヒストグラム及び平成 10 年度の結果を加えた散布図を図 3-4-4-5 及び図 3-4-4-6 に示す。なお、MS12 海山では LC で採取した 7 試料も分析を行ったが、コバルトクラストの表層部のみ採取した試料がほとんどで、バルク試料の解析から除外した。

ボーリング調査により採取したバルク試料 24 個における Co は 0.26~0.64% の値を示し、0.45~0.50% の値を持つものが多い。Ni 及び Cu はそれぞれ 0.43~0.82% 及び 0.03~0.10% と比較的狭い範囲の値を持ち、それぞれ、平均値の 0.58% 及び 0.05% 近辺を中心とした正規分布に近いパターンを示す。Mn 及び Fe はそれぞれ 17.42~25.71% 及び 6.20~14.70% の間の値を持ち、全体的に分散したパターンを示す。Pt は 0.09~0.60ppm である。各ボーリング孔 (たとえば A、B、C) 間における品位の相違は比較的少なく、各ボーリング孔の分析値から平均値を求め、ボーリング地点 (たとえば BMS01) の分析値とした。

今年度のボーリング調査による MS12 海山の平均品位は、Co 0.46%、Ni 0.57%、Cu 0.05%、Mn 22.22%、Fe 11.41%、Pt 0.40ppm である。平成 10 年度の調査結果と比較すると今年度の結果は Co、Fe が低く、Ni、Cu、Mn、Pt においては顕著な差は見られない。さらに、中部太平洋のコバルトクラストの平均値 (Hein et al., 1992) と比較すると、Co、Fe が低く、Pt は高い。

相関散布図では、Co-Mn、Co-Fe に正の相関が見られ、Co-Cu の間には負の相関が見られる。水深と Co には顕著な関係は見られないが、層厚と Co の間には平成 10 年度の試料において負の相関が見られ、Co 品位の高い 0.80% 以上を示す試料は最大層厚 60mm 以下の層厚の比較的薄い試料である。

上記以外の元素では Pb、Zn、Mo の金属元素の平均値はそれぞれ 0.13%、0.09%、0.07% である。Ca 及び P は、それぞれ 2.59~17.87% 及び 0.38~6.14% と広い範囲の値を示し、平均値はそれぞれ 10.57% 及び 3.31% と高い。さらに、この両者は非常に良い相関を示す。

バルク試料の希土類元素は  $\Sigma REE$  が平均値 1,865ppm で、940~2,752ppm と広い値を持つ。これは Ce が 424~1,805ppm と大きく変化することによる。北米標準頁岩で規格化するとほぼ水平なパターンで 4~10 倍程度の濃度を持ち、Ce が正の異常を示す。このパ

表3-4-4-3 MS12海山コバルトクラスト分析結果の基本統計量

	Co %	Ni %	Cu %	Mn %	Fe %	Mn/Fe	Pb %	Zn %	Ti %	Mo %	V %	Si %	Al %	Ca %	Na %	K %	P %	Ba %	Sr %	Pt ppm
最大	1.51	1.23	0.19	30.66	17.50	3.40	0.20	0.13	1.29	0.09	0.10	2.43	1.43	17.87	1.90	0.58	6.14	0.40	0.30	0.60
最小	0.23	0.43	0.03	14.75	6.20	1.44	0.06	0.07	0.36	0.04	0.06	0.56	0.15	2.59	1.19	0.32	0.38	0.16	0.12	0.09
平均値	0.56	0.61	0.06	23.17	12.05	1.98	0.13	0.09	0.70	0.07	0.08	1.39	0.42	10.57	1.54	0.45	3.31	0.24	0.21	0.39
標準偏差	0.27	0.15	0.03	3.33	2.54	0.41	0.03	0.01	0.19	0.01	0.01	0.51	0.25	4.07	0.14	0.06	1.52	0.04	0.05	0.12
変動係数	0.49	0.24	0.55	0.14	0.21	0.21	0.25	0.15	0.28	0.18	0.13	0.36	0.60	0.38	0.09	0.13	0.46	0.19	0.25	0.31

	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
最大	374	1805	53.0	234.0	43.2	12.7	62.2	9.0	55.3	13.1	40.8	5.8	38.0	6.2	2752.3
最小	104	424	16.1	72.0	12.9	3.8	18.0	2.5	16.1	3.7	11.7	1.7	11.1	2.0	940.1
平均値	273	1184	38.7	172.3	30.5	9.0	42.5	6.1	39.3	8.7	27.9	3.8	24.7	4.2	1865.1
標準偏差	46	330	6.1	27.0	5.1	1.4	7.0	1.0	6.3	1.6	5.0	0.7	4.6	0.8	383.0
変動係数	0.17	0.28	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.17	0.16	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.21

N=31  
(全バブルク試料)

表3-4-4-4 MS12海山コバルトクラストの品位

地点	孔名	水深 (m)	層厚 (mm)	Co %	Ni %	Cu %	Mn %	Fe %	Mn/Fe	Pt ppm	平均水深 m	最大層厚 (mm)	平均層厚 (mm)	平均Co%	平均Ni%	平均Cu%	平均Mn%	平均Fe%	平均Mn/Fe	平均Ptppm	
1	BMS01	A	1,371	0.35	0.55	0.07	20.83	10.60	1.97	0.49	1,376	50	32	0.37	0.56	0.07	20.79	11.45	1.83	0.45	
		C	1,380	0.39	0.57	0.07	20.75	12.30	1.69	0.42											
3	BMS02	A	1,169	0.60	0.63	0.05	24.31	9.70	2.51	0.60	1,158	70	33	0.49	0.68	0.05	23.38	9.20	2.67	0.43	
		B	1,160	0.31	0.82	0.06	21.06	6.20	3.40	0.40											
		C	1,144	0.57	0.60	0.04	24.78	11.70	2.12	0.30											
6	BMS03	A	1,349	0.26	0.71	0.10	17.42	9.40	1.85	0.58	1,356	110	78	0.41	0.57	0.07	20.80	11.30	1.84	0.45	
		B	1,359	0.46	0.48	0.06	22.07	12.10	1.82	0.39											
		C	1,360	0.51	0.52	0.06	22.92	12.40	1.85	0.37											
9	BMS04	A	1,379	0.48	0.45	0.05	23.00	12.20	1.89	0.36	1,374	130	90	0.40	0.46	0.06	20.88	12.70	1.65	0.51	
		B	1,373	0.35	0.43	0.06	19.36	12.80	1.51	0.58											
		C	1,370	0.36	0.49	0.08	20.29	13.10	1.55	0.59											
12	BMS05	A	1,319	0.48	0.68	0.06	23.69	9.30	2.55	0.32	1,329	120	90	0.46	0.60	0.05	22.43	11.05	2.09	0.35	
		B	1,313	0.46	0.53	0.05	22.77	12.40	1.84	0.35											
		C	1,313	0.41	0.61	0.05	21.91	10.00	2.19	0.38											
		D	1,396	0.57	0.70	0.05	25.09	11.00	2.28	0.27											
		E	1,304	0.48	0.47	0.06	21.68	14.70	1.47	0.31											
		F	1,330	0.34	0.60	0.06	19.44	8.90	2.18	0.48											
18	BMS06	A	1,150	0.48	0.60	0.04	23.46	12.10	1.94	0.09	1,153	100	73	0.56	0.59	0.04	22.71	12.00	1.91	0.28	
		B	1,153	0.64	0.57	0.04	20.75	13.00	1.60	0.41											
		C	1,157	0.57	0.60	0.04	23.93	10.90	2.20	0.34											
21	BMS07	A	1,376	0.56	0.54	0.06	23.31	14.60	1.60	0.36	1,378	100	93	0.52	0.56	0.04	24.53	12.40	2.04	0.34	
		B	1,378	0.50	0.65	0.03	25.71	9.60	2.68	0.32											
		C	1,378	0.53	0.55	0.04	25.09	12.00	2.09	0.35											
		D	1,378	0.51	0.51	0.05	24.00	13.40	1.79	0.36											
		試料数	24	24	24	24	24	24	24	24	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
		最大	130	0.64	0.82	0.10	25.71	14.70	3.40	0.60		130	93	0.56	0.68	0.07	24.53	12.70	2.67	0.51	
		最小	15	0.26	0.43	0.03	17.42	6.20	1.47	0.09		50	32	0.37	0.46	0.04	20.79	9.20	1.65	0.28	
		平均値	77	0.47	0.58	0.05	22.40	11.43	2.02	0.39		97	70	0.46	0.57	0.05	22.22	11.44	2.00	0.40	
		標準偏差	31	0.10	0.09	0.01	2.10	1.96	0.44	0.12		28	27	0.07	0.07	0.01	1.46	1.16	0.33	0.08	
		変動係数	0.40	0.21	0.16	0.28	0.09	0.17	0.22	0.30		0.29	0.38	0.16	0.12	0.22	0.07	0.10	0.16	0.20	
										1998年度の結果											
										試料数											
										平均値											
										試料数											
										平均値											
										0.79											
										0.47											
										0.12											
										23.00											
										15.70											
										1.39											
										0.24											

\* : 中部太平洋のコバルトクラストの平均値 (Hein et al. 1992)

N=24

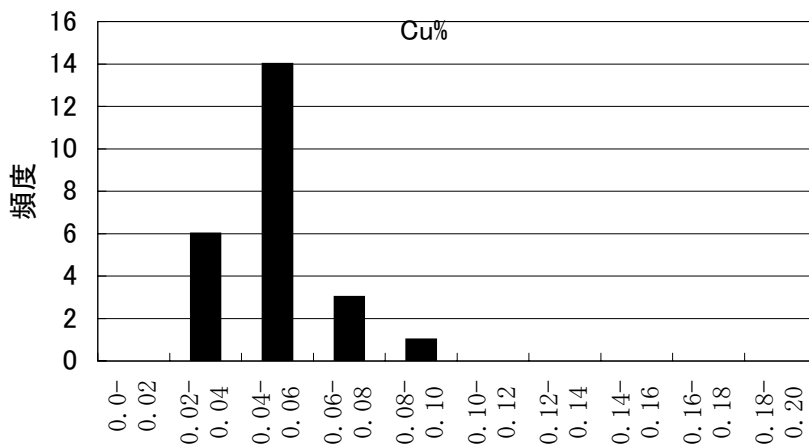
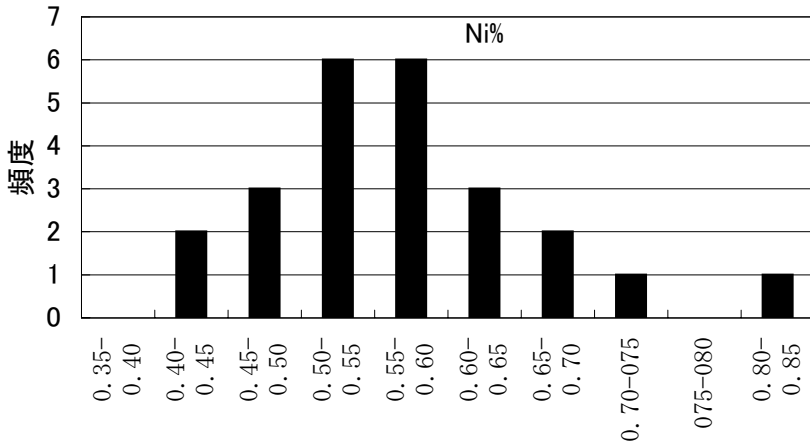
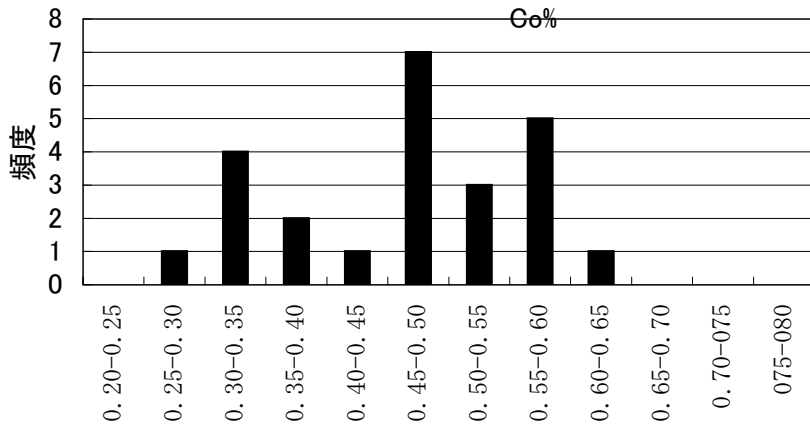


図 3-4-4-5 JA12海山コバルトクラスト品位のヒストグラム (1/2)

N=24

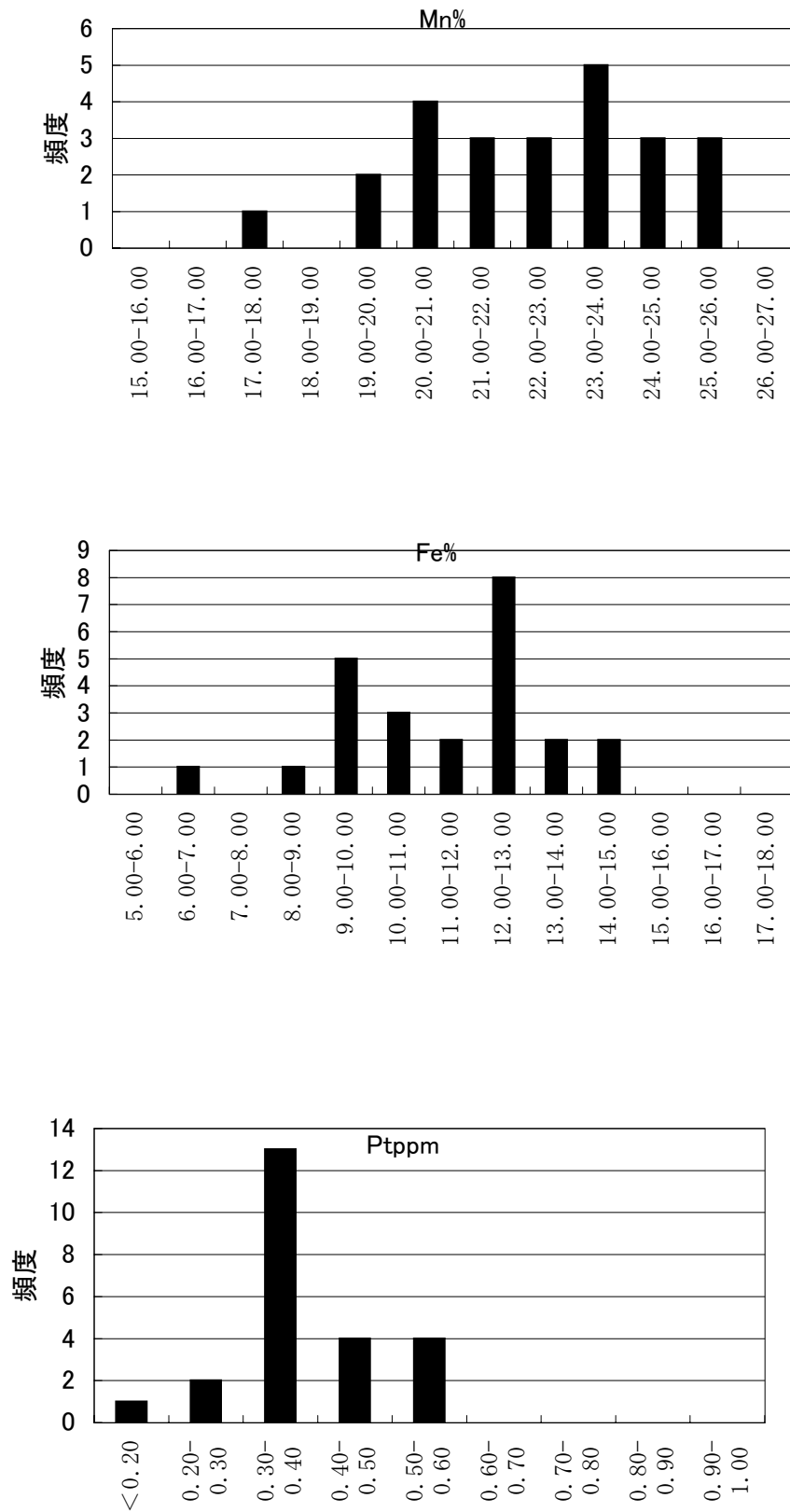


図 3-4-4-5 JA12海山コバルトクラスト品位のヒストグラム (2/2)

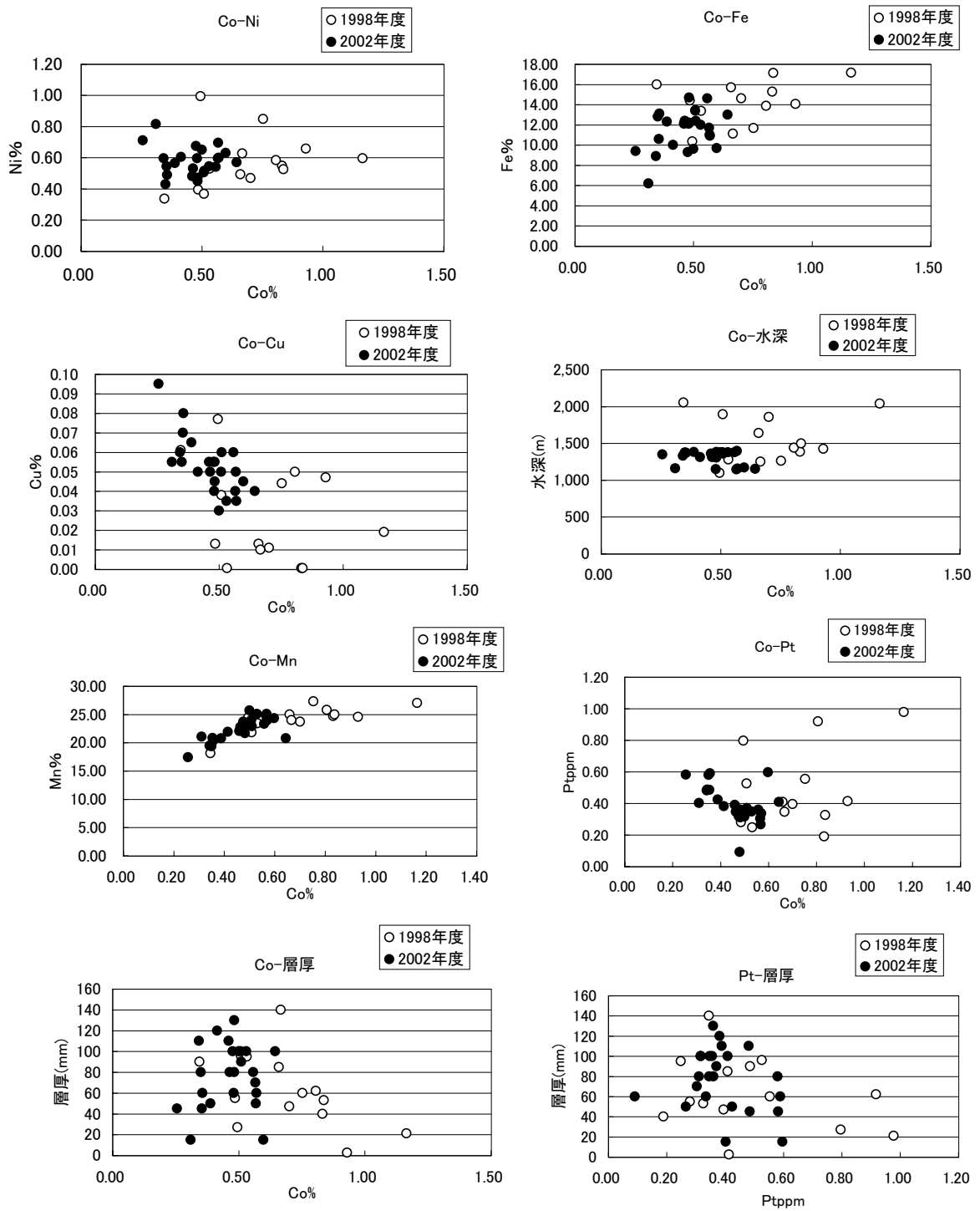


図 3-4-4-6 MS12海山コバルトクラスト品位の散布図



ターンは太平洋地域の海山に見られる海水起源のクラスト (Usui and Someya 1997) と類似したパターンである。

## (2) 層別試料

MS12 海山では層別試料の分析は2層構造を持つ1試料を分析したのみである。MS01 海山の層別試料と同様の傾向を示し、外側の1層 (Co0.78%) は内側の2層 (Co0.39%) より Co は高い。さらに、Ca と P は2層で著しく高く、1層で Ca2.82%及び P0.52%であるが、2層では Ca12.23%及び P3.95%である。さらに LC により、コバルトクラストの表層部のみから採取したと思われる試料では、LC34、LC36、LC41 から Co1.00%以上の高い Co 品位が得られた。

## (3) コバルトクラストの品位の分布

コバルトクラストの地点別品位の分布をコバルトクラストの層厚とともに図 3-4-4-7 に示す。平成 10 年度のドレッジ及び LC 調査におけるコバルトクラストの層厚はその地点における最大層厚で示した。

今年度のボーリング調査により山頂部の7地点で得られたコバルトクラストの平均 Co 品位は 0.37~0.56%で平均品位は 0.46%である。Co 品位の分布の地域的な特徴は見られず Co 0.46%程度のコバルトクラストが山頂域全体に分布しているものと思われる。コバルトクラストの7地点の層厚は、32~93mm と変化が大きく、全体の平均層厚は 70mm である。

平成 10 年度の結果では平均 Co 品位は 0.67%で、今年度の結果と比べて高い。層別試料の分析結果に見られる様に、最外層の Co 品位は高い。最外層のみの Co 品位は今年度の調査結果でも 0.78%の値が得られた。

( 1/250000 AT 9°00' N )

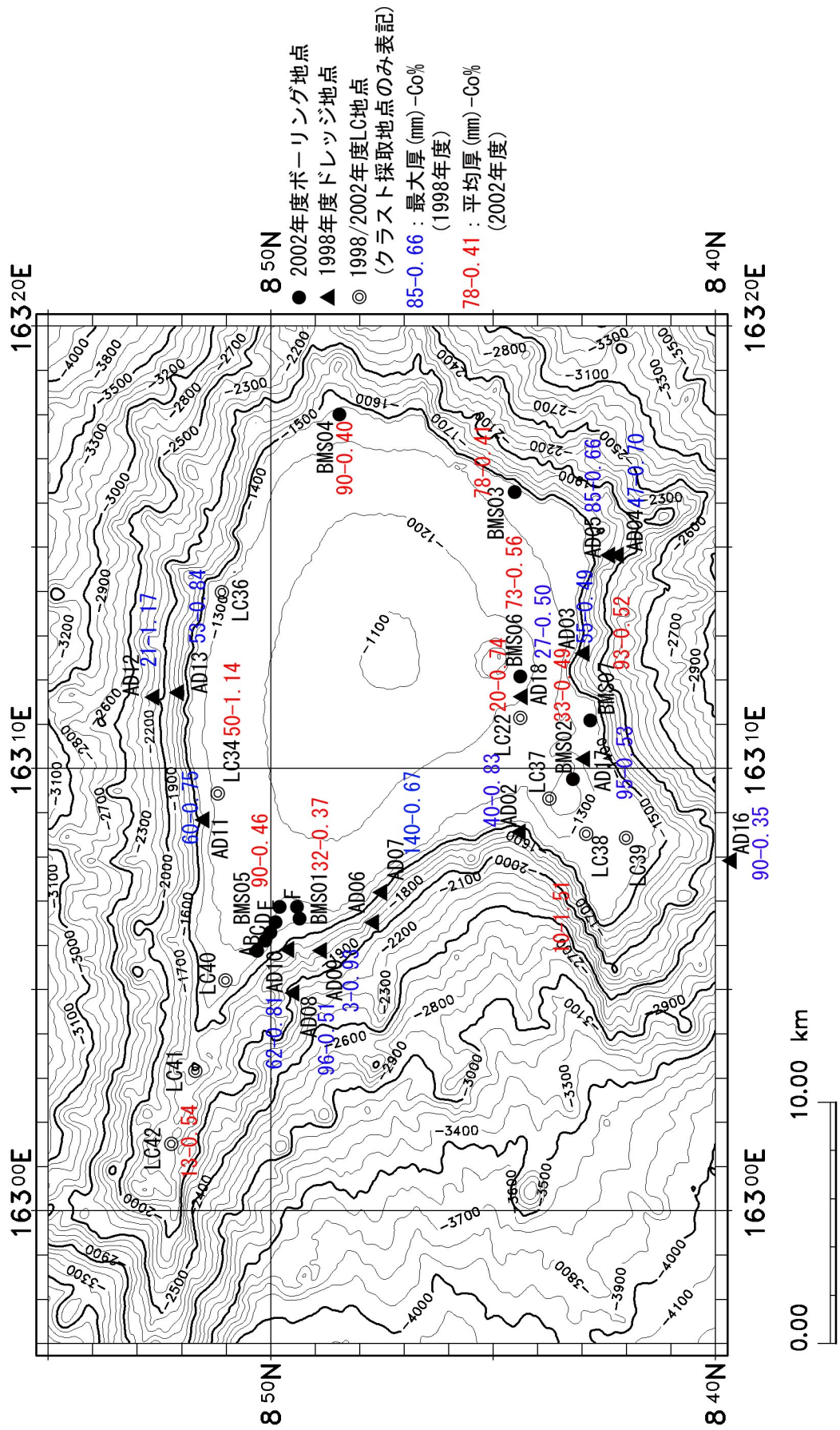


図3-4-4-7 MS12海山コバルトクラストのCo品位と層厚

### 3-5 環境調査

#### 3-5-1 調査海域

本調査はマーシャル諸島共和国の排他的経済水域内にある3つの平頂海山において実施した。以降、それぞれの海山をMS01、MS11及びMS12と呼ぶ。

MS01は頂上部の水深が約1,100m、平頂部は東西に約20km、南北に約15km広がり、山頂の周囲は水深が約5,000mまで急傾斜が続く(図3-5-1-1)。試料を採取した地点は、山頂部のMC04とMC03(それぞれ水深が1,156m、1,221m)、そこから約200m、300mと深くなっているMC02とMC01(それぞれ水深が1,469m、1,542m)の4地点である。

MS11は頂上部の水深が約1,500m、平頂部は東西に約12km、南北に約16kmと広がり、山頂の周囲は水深が約2,000mまでは緩傾斜、それ以深から水深が約3,000mまでは急傾斜になっている(図3-5-1-2)。試料を採取した地点は、山頂付近のMC04とMC03(それぞれ水深が1,513m、1,549m)、そこから約200m間隔で深くなっているMC02とMC01(それぞれ水深が1,749m、2,131m)の4地点である。

MS12は頂上部の水深が約1,100m、平頂部は東西に約10km、南北に約12kmと広がり、山頂の周囲は水深が約1,500mまでは緩傾斜、それ以深から水深が約4,000mまでは急傾斜になっている(図3-5-1-3)。試料を採取した地点は、山頂部のMC01(水深1,093m)から約100m間隔で深くなっているMC02(水深1,146m)とMC03(水深1,257m)の3地点である。

#### 3-5-2 底生生物調査

##### 3-5-2-1 メイオベントス

###### (1) 出現種

出現したメイオベントスとして12動物門(原生動物亜界を含む)、22動物群が認められた(表3-5-2-1)。原生動物門(有孔虫目)、線形動物門、軟体動物門、星口動物門、環形動物門および節足動物門はマクロベントスにも重複して出現していた。出現動物群のうち、刺胞動物門はMS01にのみ、星口動物門はMS12にのみ出現した。原生動物亜界を除いた動物門組成をみると、いずれの海域でも線形動物門が最も多く、節足動物門がそれに続いた。MS01とMS12はほぼ同様の出現傾向を示したが、MS11では他の海域に比べ節足動物門の比率が高くなっていた(図3-5-2-1)。

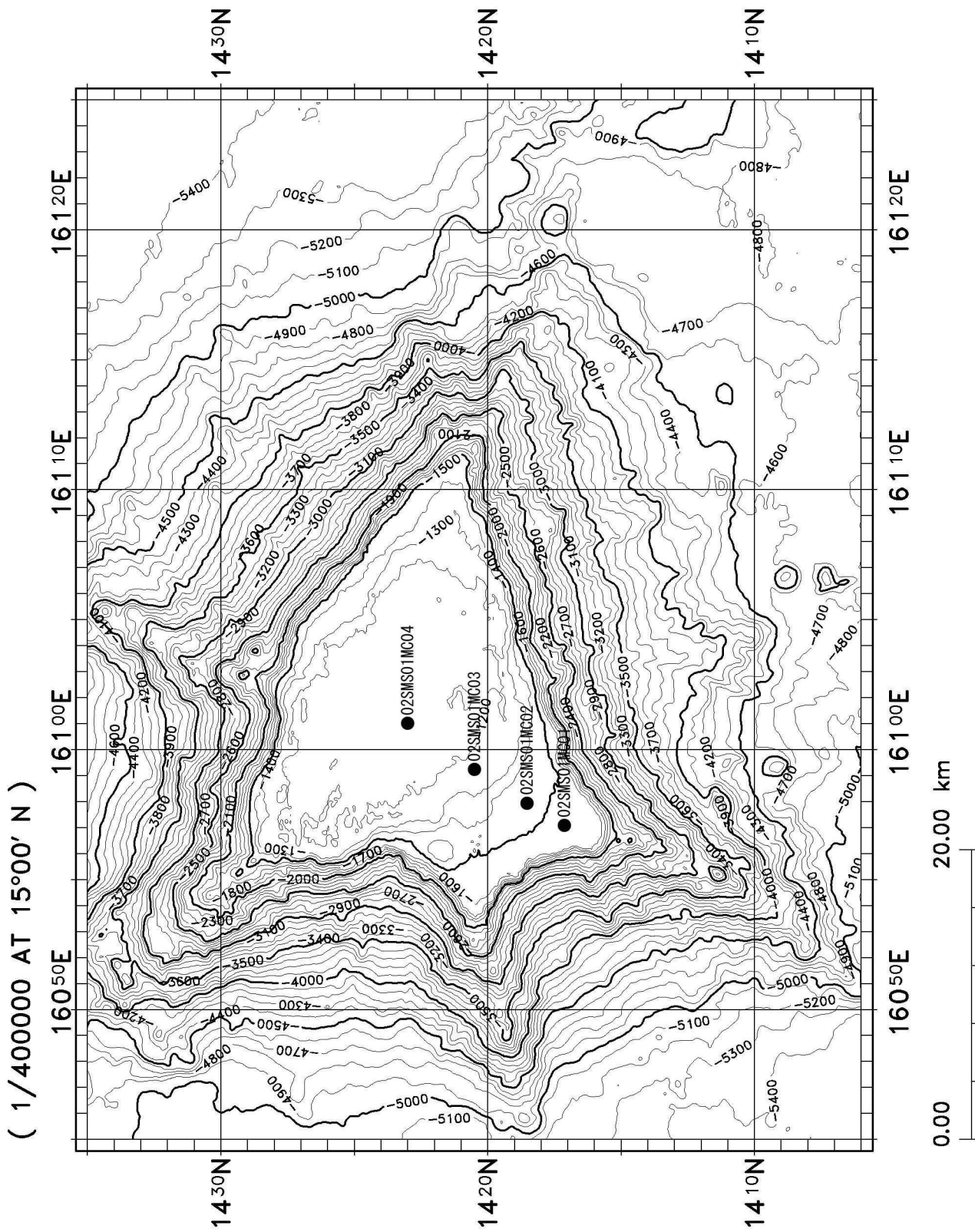


図3-5-1-1 採泥調査地点MS01

( 1/400000 AT 11°00' N )

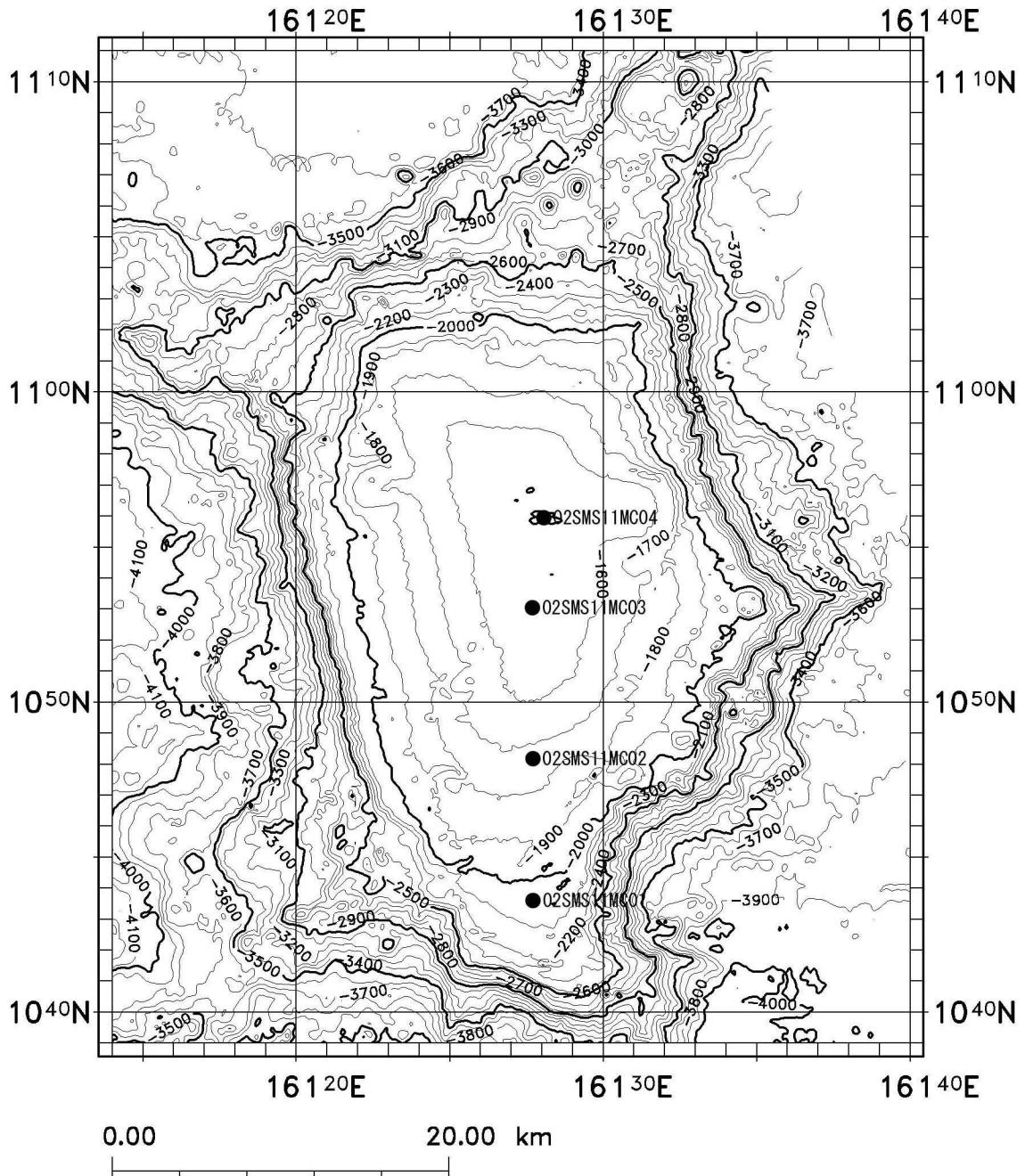


図3-5-1-2 採泥調査地点 MS11

( 1/400000 AT 9°00' N )

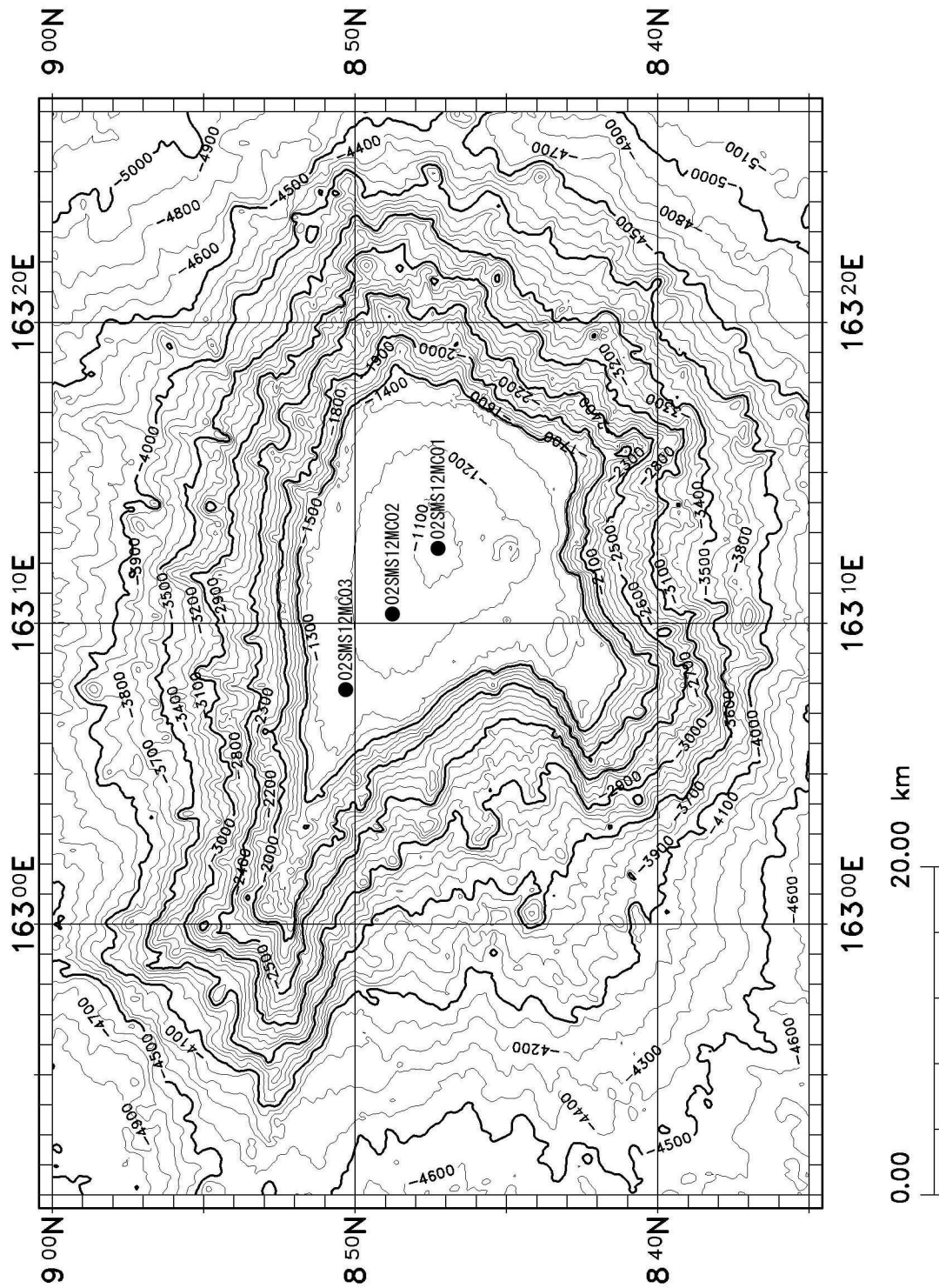


图 3-5-1-3 採泥調査地点 MS12

表3-5-2-1 メイオベントスとして出現した生物群一覧

番号	門	綱	学名	和名	MS01	MS11	MS12
1	原生動物門	顆粒状網状根足虫綱	Foraminiferida	有孔虫目	●	●	●
2	繊毛虫門		CILIOPHORA		●	●	●
3	刺胞動物門		CNIDARIA		●		
4	腹毛動物門		GASTROTRICHA		●	●	●
5	線形動物門	双器綱	Desmoscolecidae	デスモスコレスク科	●	●	●
6			Epsilonematidae	イプシロネマ科	●	●	●
7			Draconematidae	ニホンリュウセンチュウ科			●
8			NEMATODA		●	●	●
9	動吻動物門		KINORHYNCHA		●	●	
10	胴甲動物門		LORICIFERA		●	●	
11	緩歩動物門		TARDIGRADA		●	●	●
12	軟体動物門	尾腔綱	CAUDOFOVEATA		●	●	
13		腹足綱	GASTROPODA		●		●
14	星口動物門		SIPUNCULA				●
15	環形動物門	多毛綱	Sabellida	ケヤリ目			●
16			POLYCHAETA		●	●	●
17	節足動物門	クモ綱	Acarina	ダニ目			●
18		甲殻綱	Ostracoda	カクシ目	●	●	●
19			Harpacticoida	ソコシヅコ垂目	●	●	●
20			Nauplius	(ノープリウス幼生)	●	●	●
21			Tanaidacea	テナイド目	●		●
22			CRUSTACEA		●		

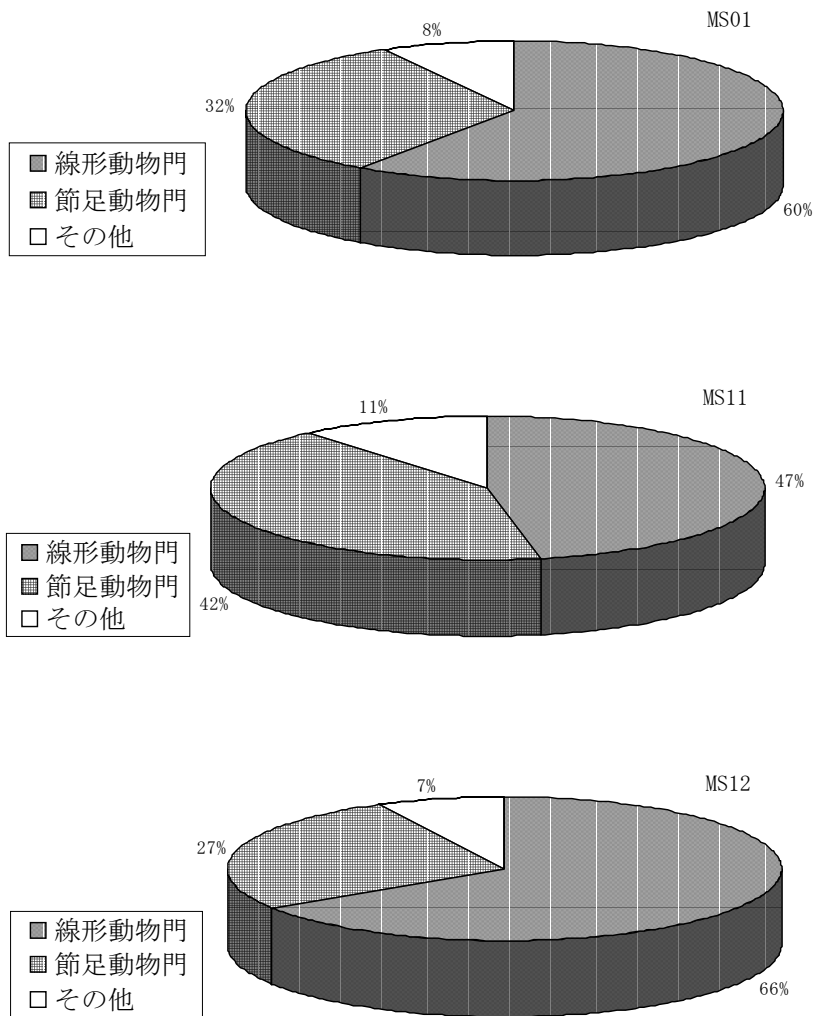


図3-5-2-1 海域別のメイオベントスの生物群組成



(2) 出現数 (原生動物亜界を除く)

地点ごとの総出現数をみると、MS01 では MC01 で  $70 \pm 4$  inds./  $10\text{cm}^2$  (平均±標準偏差) で、MC02 で  $79 \pm 0.4$  inds./  $10\text{cm}^2$ 、MC03 で  $73 \pm 55$  inds./  $10\text{cm}^2$ 、MC04 で  $76 \pm 26$  inds./  $10\text{cm}^2$  と、地点間の違いは顕著ではなかった。一方、MS11 では、MC01 で  $47 \pm 1$  inds./  $10\text{cm}^2$  で少なかったが、MC02 で  $85 \pm 41$  inds./  $10\text{cm}^2$ 、MC03 で  $73 \pm 11$  inds./  $10\text{cm}^2$ 、MC04 で  $82 \pm 24$  inds./  $10\text{cm}^2$  となり、MC01 以外は比較的近い出現数が認められた。MS12 では、MC01 で  $134 \pm 31$  inds./  $10\text{cm}^2$  で、MC02 で  $98 \pm 28$  inds./  $10\text{cm}^2$ 、MC03 で  $56 \pm 4$  inds./  $10\text{cm}^2$  となり、MC01 と MC03 には 2 倍以上の違いが認められた (図 3-5-2-2a)。

線形動物門をみると、MS01 では MC01 と MC02 で少なく(それぞれ  $43 \pm 3$ ,  $31 \pm 12$  inds./  $10\text{cm}^2$ )、MC03 と MC04 で比較的多かった(それぞれ  $52 \pm 37$ ,  $52 \pm 7$  inds./  $10\text{cm}^2$ )。MS11 では、MC01 ( $16 \pm 3$  inds./  $10\text{cm}^2$ ) で最も少なく、MC02 ( $32 \pm 16$  inds./  $10\text{cm}^2$ )、MC03 ( $35 \pm 8$  inds./  $10\text{cm}^2$ )、MC04 ( $52 \pm 14$  inds./  $10\text{cm}^2$ ) と多くなった。また、MS12 では総出現数とほぼ同じ傾向を示し、MC01 ( $92 \pm 38$  inds./  $10\text{cm}^2$ )、MC02 ( $67 \pm 11$  inds./  $10\text{cm}^2$ )、MC03 ( $28 \pm 2$  inds./  $10\text{cm}^2$ ) の順で少なかった (図 3-5-2-2b)。節足動物門では、MS01 における地点による変化が大きかったが、MS11 と MS12 では地点間の変異は小さかった (図 3-5-2-2c)。

(3) 鉛直分布 (原生動物亜界を除く)

それぞれの海域及び地点における総出現数の鉛直分布をみると、いずれも 0-1cm、1-2cm、2-3cm 層にかけて、表層から下層に向かって減少した (図 3-5-2-3a)。しかし、0-1cm 層に集中する場合や、0-1、1-2、2-3cm 層の間を徐々に減少する場合など、鉛直分布の変化は一様ではなかった。表層へ集中的に分布していたのは、MS11 では MC04、MS12 では MC01 であった。

線形動物及び節足動物門の鉛直分布では、MS11 の MC02 で線形動物門において表層以深に最大出現数がみられたが、多くの場合は総出現数と同じ傾向を示し、表層から下層に向かって減少していた (図 3-5-2-3b、c)。また、表層への集中分布が顕著であったのは、線形動物門では MS01 の MC01、MC04、MS11 の MC04、MS12 の MC01、また節足動物門では MS01 の MC02、MS12 の MC01 等であった。

3-5-2-2 マクロベントス

(1) 出現種

出現したマクロベントスとして 10 動物門 (原生動物亜界を含む)、38 動物群が認められた (表 3-5-2-2)。原生動物門 (有孔虫目)、線形動物門、星口動物門、軟体動物門、環形動物門および節足動物門はメイオベントスにも重複して出現していた。出現動物群のうち、

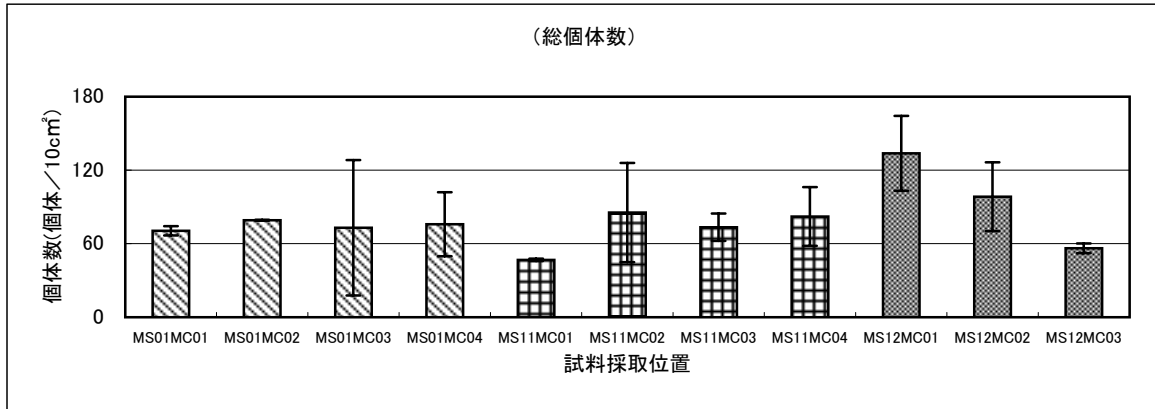


図3-5-2-2a メイオVENTS の地点別出現数

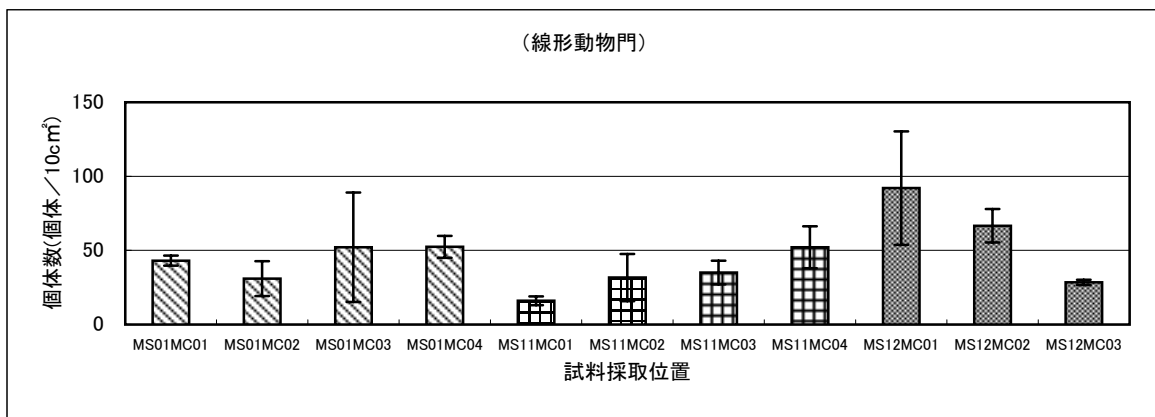


図3-5-2-2b 線形動物の地点別出現数

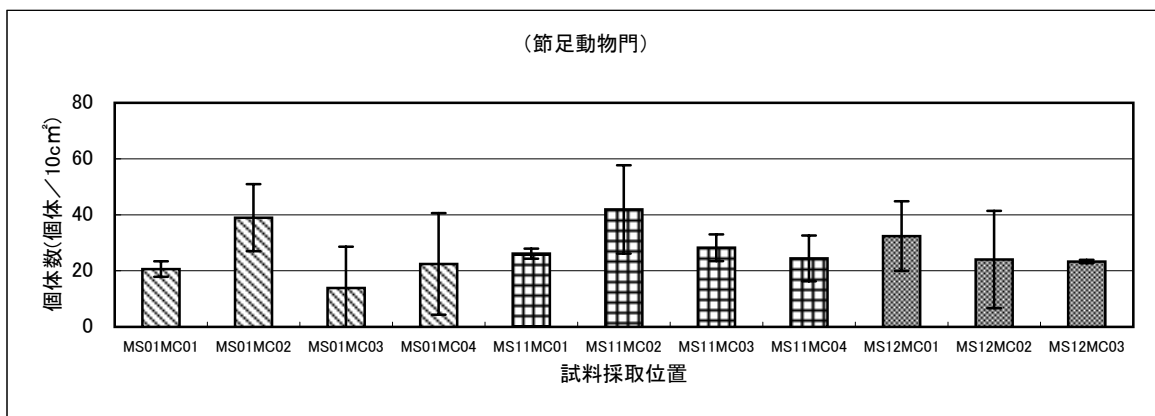


図3-5-2-2c 節足動物の地点別出現数

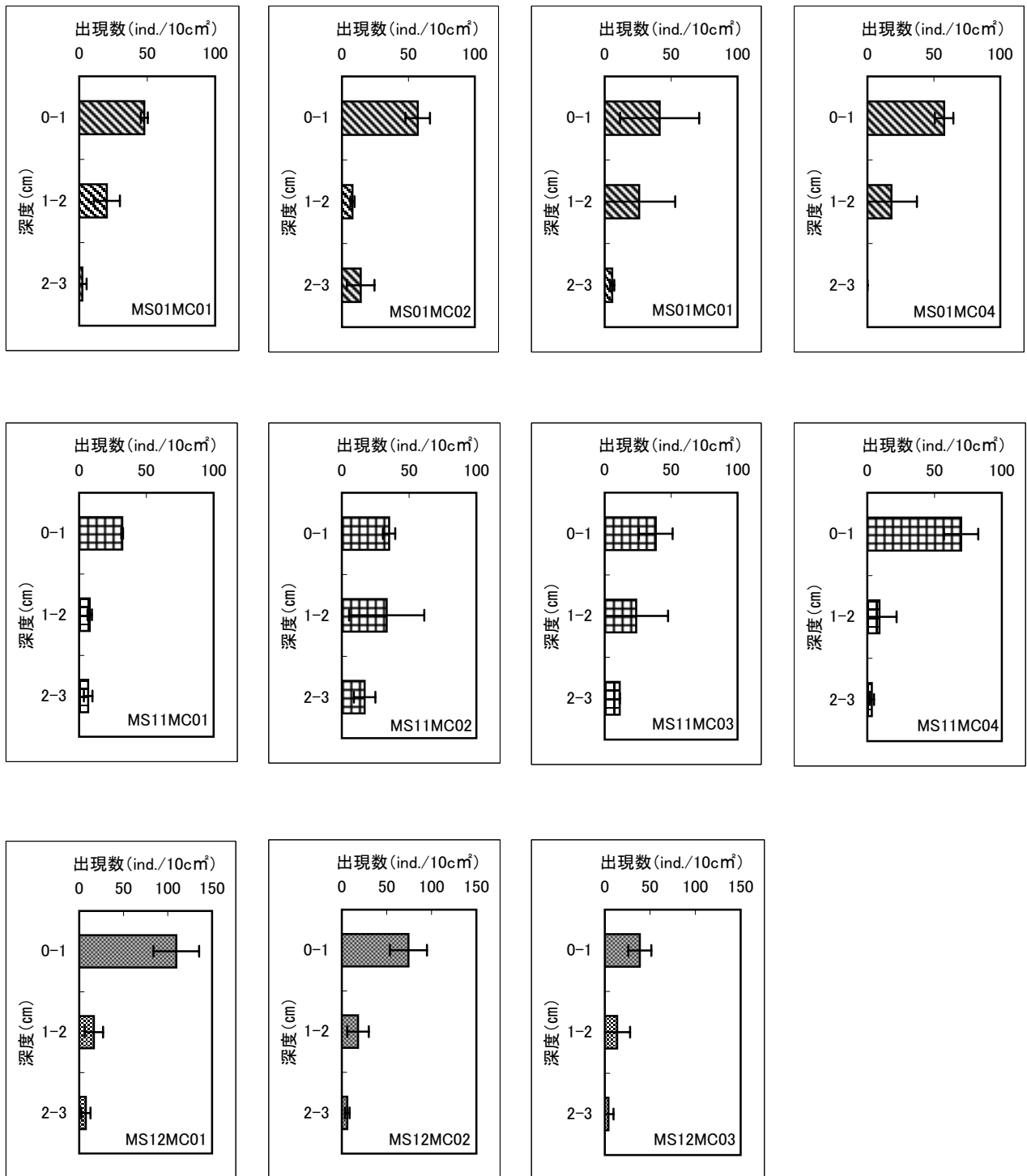


図3-5-2-3a メイオベントスの堆積物中の鉛直分布

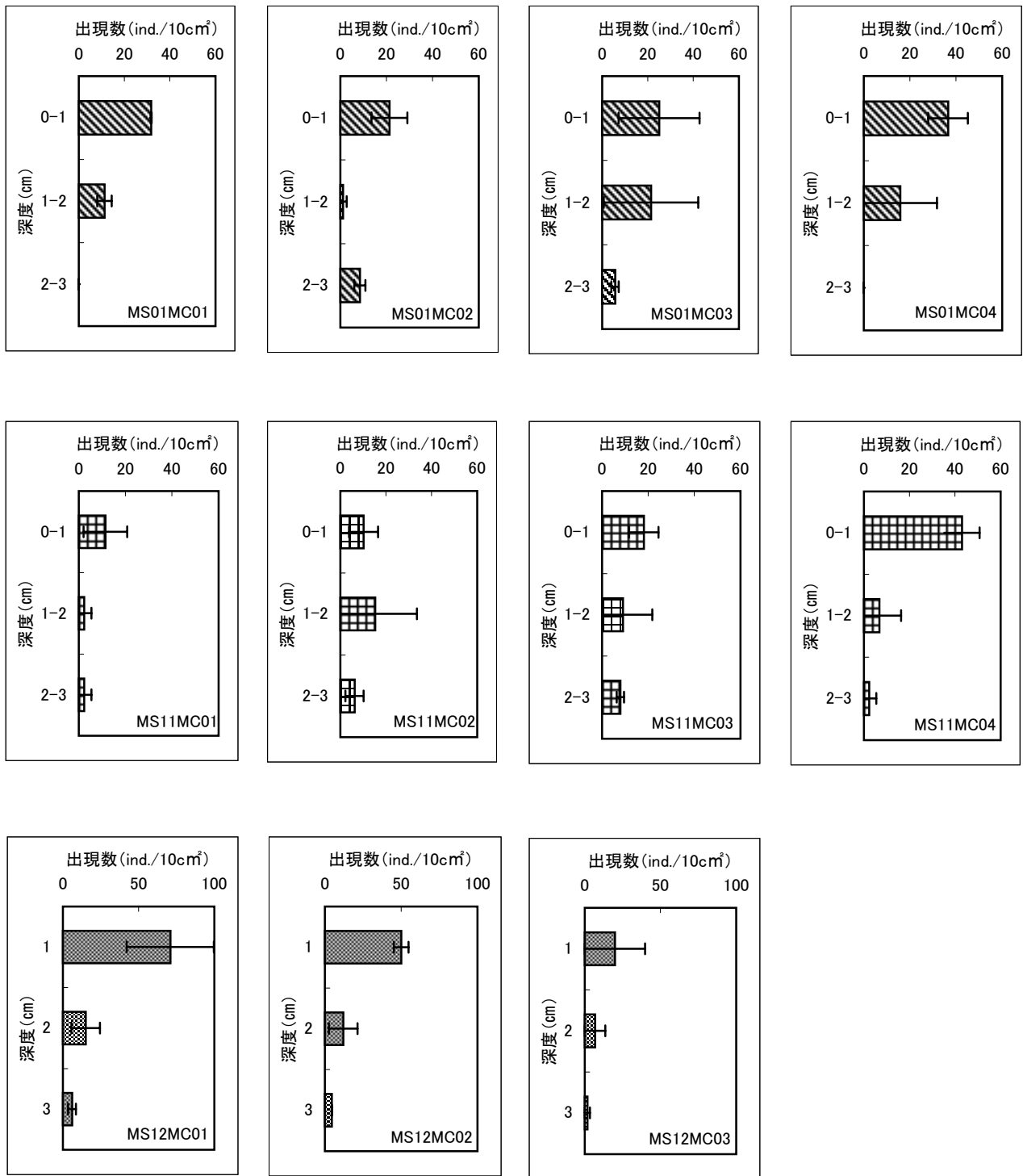


図 3-5-2-3b 線形動物の堆積物中の鉛直分布

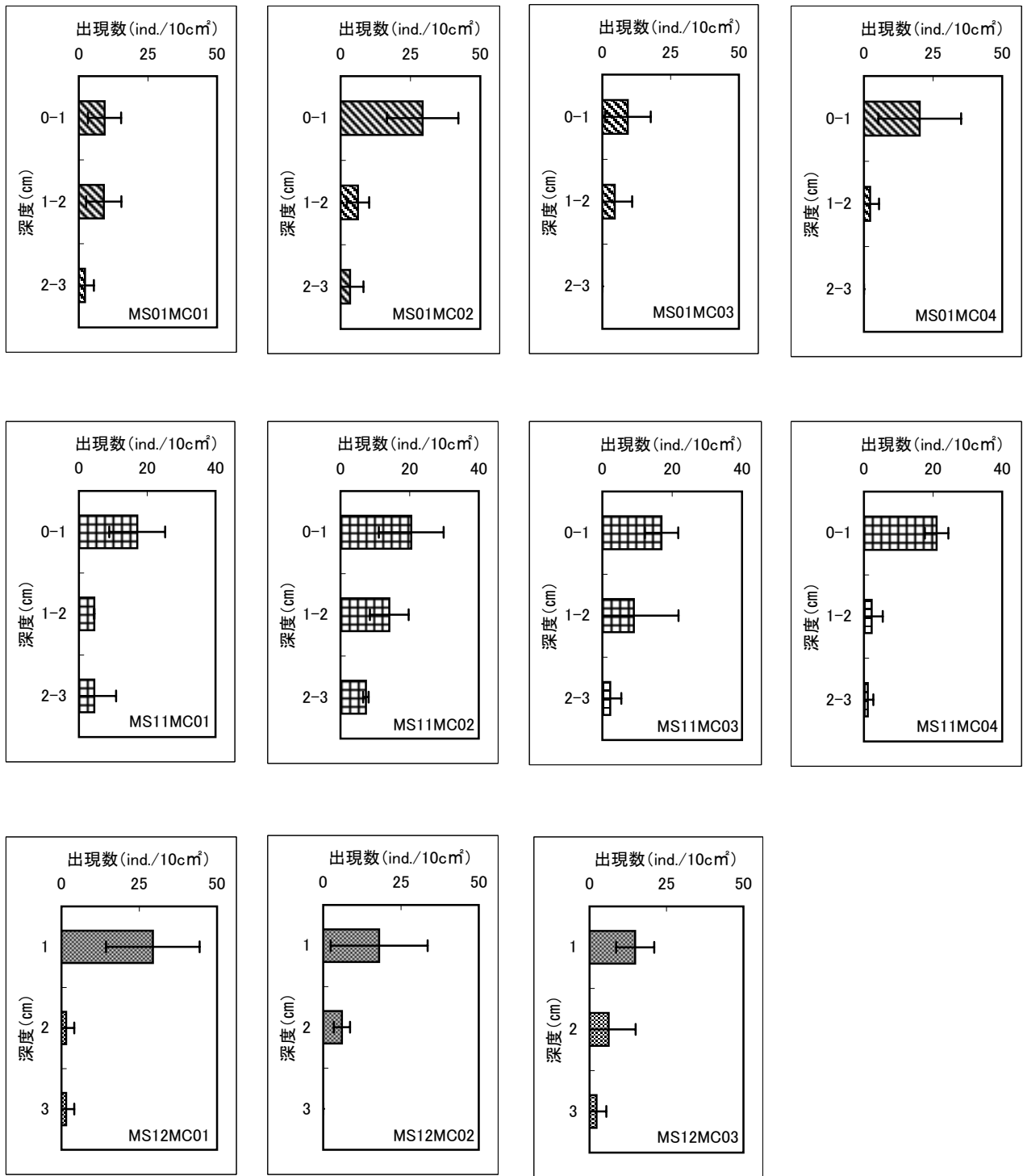


図 3-5-2-3c 節足動物の堆積物中の鉛直分布

表3-5-2-2 マクロベントスとして出現した生物群一覧

番号	門	綱	学名	和名	MS01	MS11	MS12
1	原生動物門	顆粒状網状根足虫綱	Foraminiferida	有孔虫目	●	●	●
2	海綿動物門		PORIFERA		●		
3	線形動物門		NEMATODA		●	●	●
4	軟体動物門	尾腔綱	CAUDOFOVATA		●	●	●
5		二枚貝綱	Limidae	ミノガイ科	●	●	
6			BIVALVIA		●	●	
7		掘足綱	Godilida	クチキレツガイ目			●
8		腹足綱	GASTROPODA			●	●
9	星口動物門		SIPUNCULA		●	●	●
10	環形動物門	多毛綱	Phyllodocidae	サンバゴカイ科		●	
11			Hesionidae	オトヒゴカイ科			●
12			Pilargiidae	カキゴカイ科			●
13			Syllidae	シリス科	●		
14			Glyceridae	チロリ科	●	●	●
15			Goniadidae	ニカイチロリ科	●		●
16			Onuphidae	ナナテイソメ科	●	●	
17			Lumbrineridae	キホシイソメ科	●		●
18			Dorvilleidae	ノロイソメ科		●	●
19			Eunicida	イソメ目			●
20			Paraonidae	ヒメエラゴカイ科	●	●	●
21			Spionidae	スピオ科	●	●	
22			Cirratulidae	ミスヒキゴカイ科	●	●	●
23			Flabelligeridae	ハホウキゴカイ科	●	●	●
24			Opheliidae	オフエリアゴカイ科		●	
25			Oweniidae	チマキゴカイ科			●
26			Ampharetidae	カザリゴカイ科	●		
27			Terebellidae	フサゴカイ科	●	●	●
28			Sabellidae	ケヤリ科	●		●
29			POLYCHAETA		●	●	●
30	外肛動物門	裸喉綱	Nolellidae	ツツクムシ科	●		
31	節足動物門	クモ綱	Acarina	ダニ目			●
32		甲殻綱	Ostracoda	貝虫目	●		●
33			Harpacticoida	ソコジシコ虫目	●	●	●
34			Tanaidacea	タナイス目	●		●
35			Isopoda	等脚目		●	
36			Gammaridea	ヨコエビ虫目	●		
37	棘皮動物門	クモヒトデ綱	OPHIUROIDEA			●	●
38	脊索動物門	ホヤ綱	ASCIDIACEA				●

海綿動物門と外肛動物門は MS01 にのみ、脊索動物門は MS12 にのみ出現した。原生動物門と海綿動物門を除いた動物門組成をみると、いずれの海域でも環形動物門が最も多く、線形動物門もしくは節足動物門がそれに続いた（図 3-5-2-4）。

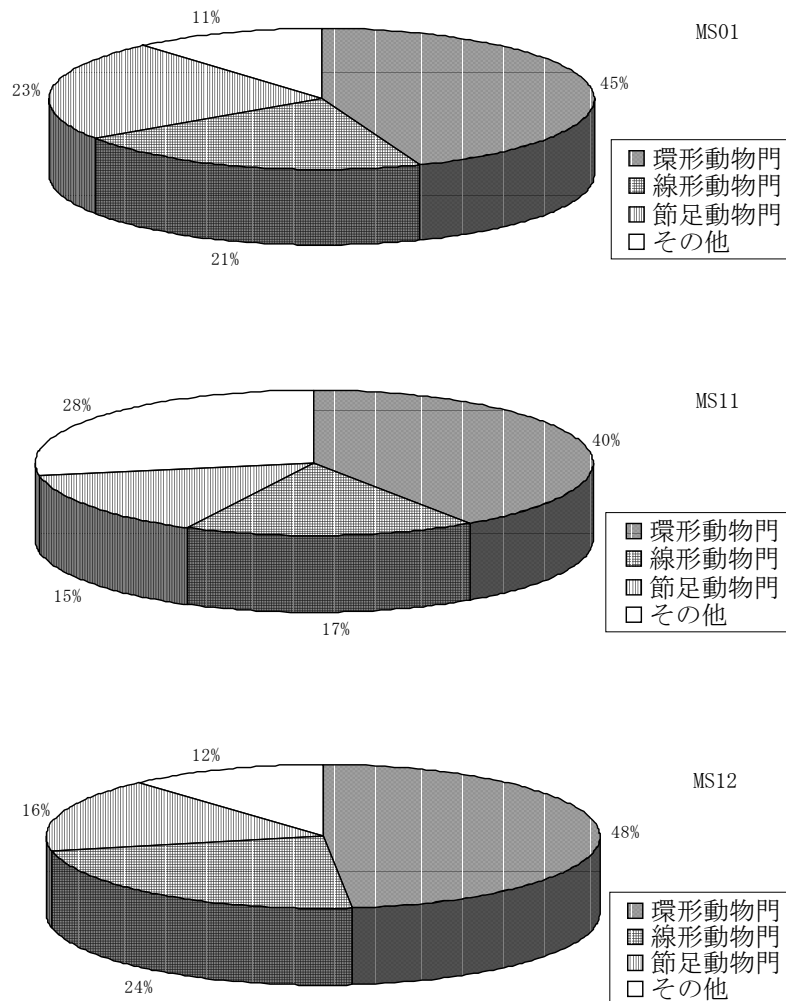


図 3-5-2-4 海域別のマクロベントスの生物群組成

(2) 出現数（原生・海綿動物門を除く）

地点ごとの総出現数をみると、MS01 では MC01 で  $565 \pm 502$  inds./m<sup>2</sup>（平均±標準偏差）、MC02 で  $635 \pm 499$  inds./m<sup>2</sup>、MC03 で  $706 \pm 599$  inds./m<sup>2</sup>、MC04 で  $1223 \pm 454$  inds./m<sup>2</sup> となり、MC04 は MC01 の 2 倍以上の出現数が認められた。MS11 では、MC01 で  $235 \pm 216$  inds./m<sup>2</sup>、MC02 で  $212 \pm 299$  inds./m<sup>2</sup>、MC03 で  $459 \pm 371$  inds./m<sup>2</sup>、MC04

で  $1223 \pm 216$  inds./m<sup>2</sup> となり、MC01 及び MC02 は近い値であり、MC04 はそれらの 5 倍以上の出現数が認められた。一方、MS12 では MC01 で  $1976 \pm 615$  inds./m<sup>2</sup>、MC02 で  $1694 \pm 1198$  inds./m<sup>2</sup>、MC03 で  $670 \pm 533$  inds./m<sup>2</sup> となり、MC01 は MC03 の約 3 倍の出現数が認められた (図 3-5-2-5a)。

環形動物門をみると、MS01 ではすべての地点で標準偏差値が大きく、値のばらつきが認められた。MS11 では、MC01 ( $141 \pm 141$  inds./m<sup>2</sup>) で少なく、MC02 (0 inds./m<sup>2</sup>) で出現せず、MC03 ( $176 \pm 267$  inds./m<sup>2</sup>)、MC04 ( $518 \pm 454$  inds./m<sup>2</sup>) の順で多かった。また、MS12 では総出現数と同様の傾向を示し、MC01 ( $1082 \pm 496$  inds./m<sup>2</sup>)、MC02 ( $706 \pm 998$  inds./m<sup>2</sup>)、MC03 ( $282 \pm 305$  inds./m<sup>2</sup>) の順で少なかった。(図 3-5-2-5b)。

線形動物門では、MS01 の MC01 及び MC02 で少なく、MC03、MC04 に向かって多くなった。MS11 では MC01 及び MC02 では出現せず、MC03、MC04 に向かって多くなった。また、MS12 では総出現数の傾向とは異なり、MC02 ( $635 \pm 299$  inds./m<sup>2</sup>) で最も多くなった (図 3-5-2-5c)。

節足動物門では、MS01 と MS12 では傾向が認められず、すべての地点で環形動物門同様、標準偏差の値が大きかった。MS12 では総出現数と同様に MC01 ( $423 \pm 141$  inds./m<sup>2</sup>)、MC02 ( $141 \pm 200$  inds./m<sup>2</sup>)、MC03 ( $106 \pm 135$  inds./m<sup>2</sup>) の順で少なくなった (図 3-5-2-5d)。

### (3) 鉛直分布 (原生・海綿動物門を除く)

それぞれの海域及び地点における総出現数の鉛直分布をみると、一部において表層以深に最大出現数がみられたが、多くの場合は 0-1cm、1-2cm、2-3cm、3-4cm、4-5cm 層にかけて、表層から下層に向かって減少した (図 3-5-2-6a)。しかし、0-1cm 層に集中する場合や、0-1、1-2、2-3cm 層の間を徐々に減少する場合など、鉛直分布の変化は一様ではなかった。表層に集中的に分布したのは、MS01 では MC04、MS11 では MC04、MS12 では MC01 であった。

環形、線形及び節足動物門の鉛直分布では、総出現数と同様に多くの場合表層から下層に向かって減少した (図 3-5-2-6b、c、d)。動物群間で比較すると、表層への集中する傾向は節足動物門で顕著であり、環形動物門や線形動物門でも一部の地点で見られた。環形動物門の中で表層への集中が顕著であったのは、MS01 では MC02、MS11 では MC04、MS12 では MC01 であった。線形動物門では表層への集中が顕著だったのは、MS12 の MC01 のみであった。節足動物門は全ての地点で表層のみから出現した。

## 3-5-3 底質性状調査

### 3-5-3-1 有機態炭素

有機態炭素の鉛直分布は、全地点とも 0-1cm 層で高くなる傾向が見られたが、鉛直方向の変化は一様でなく、減少傾向が見られたものと、2-3cm 層でわずかに増加するものが見



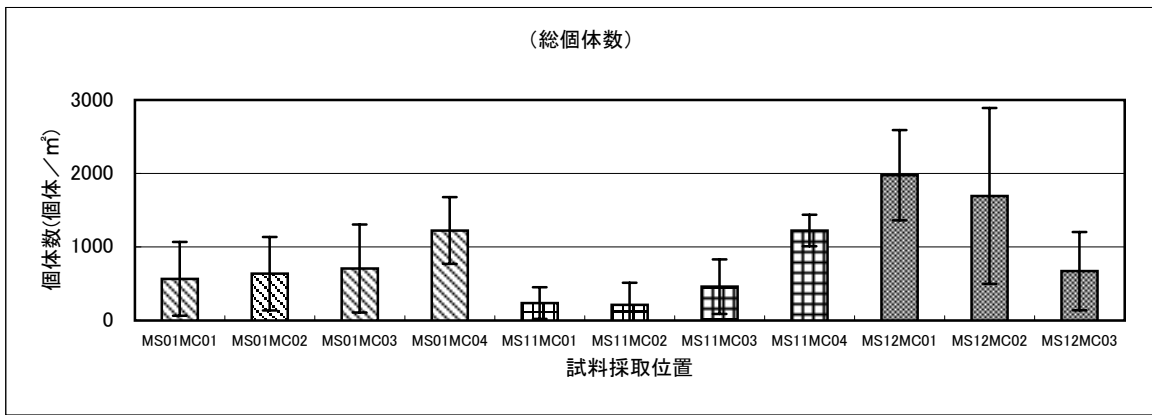


図3-5-2-5a マクロベントスの地点別出現数

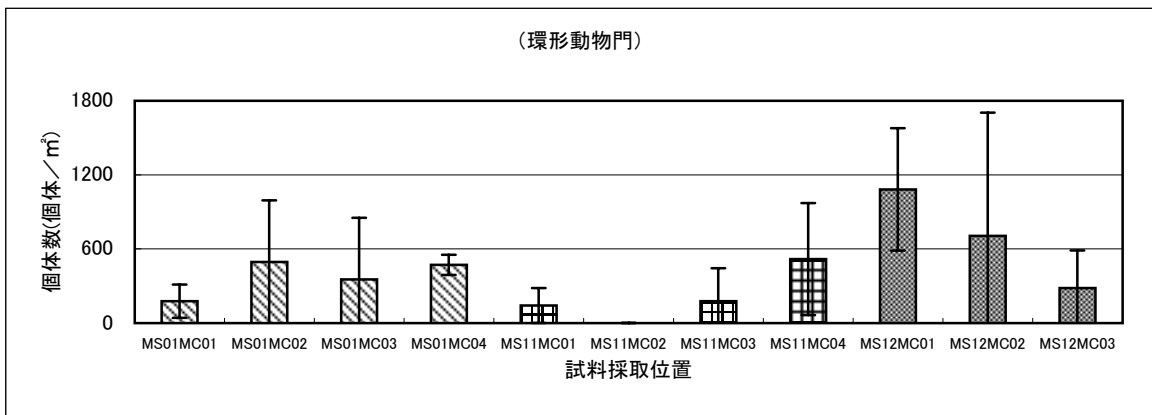


図3-5-2-5b 環形動物の地点別出現数

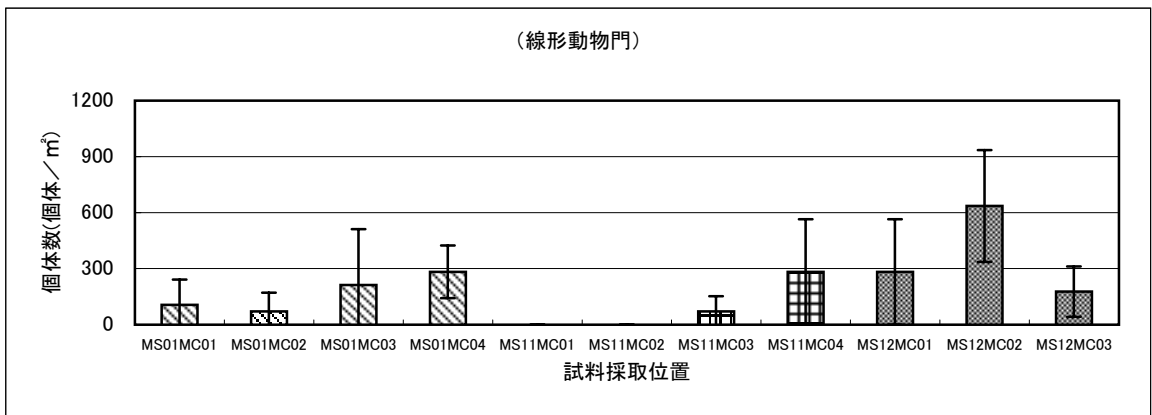


図3-5-2-5c 線形動物の地点別出現数

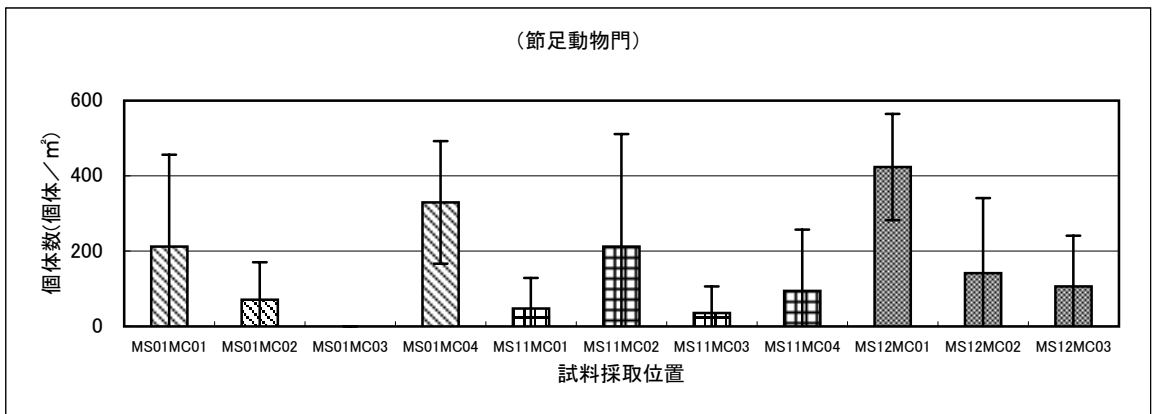
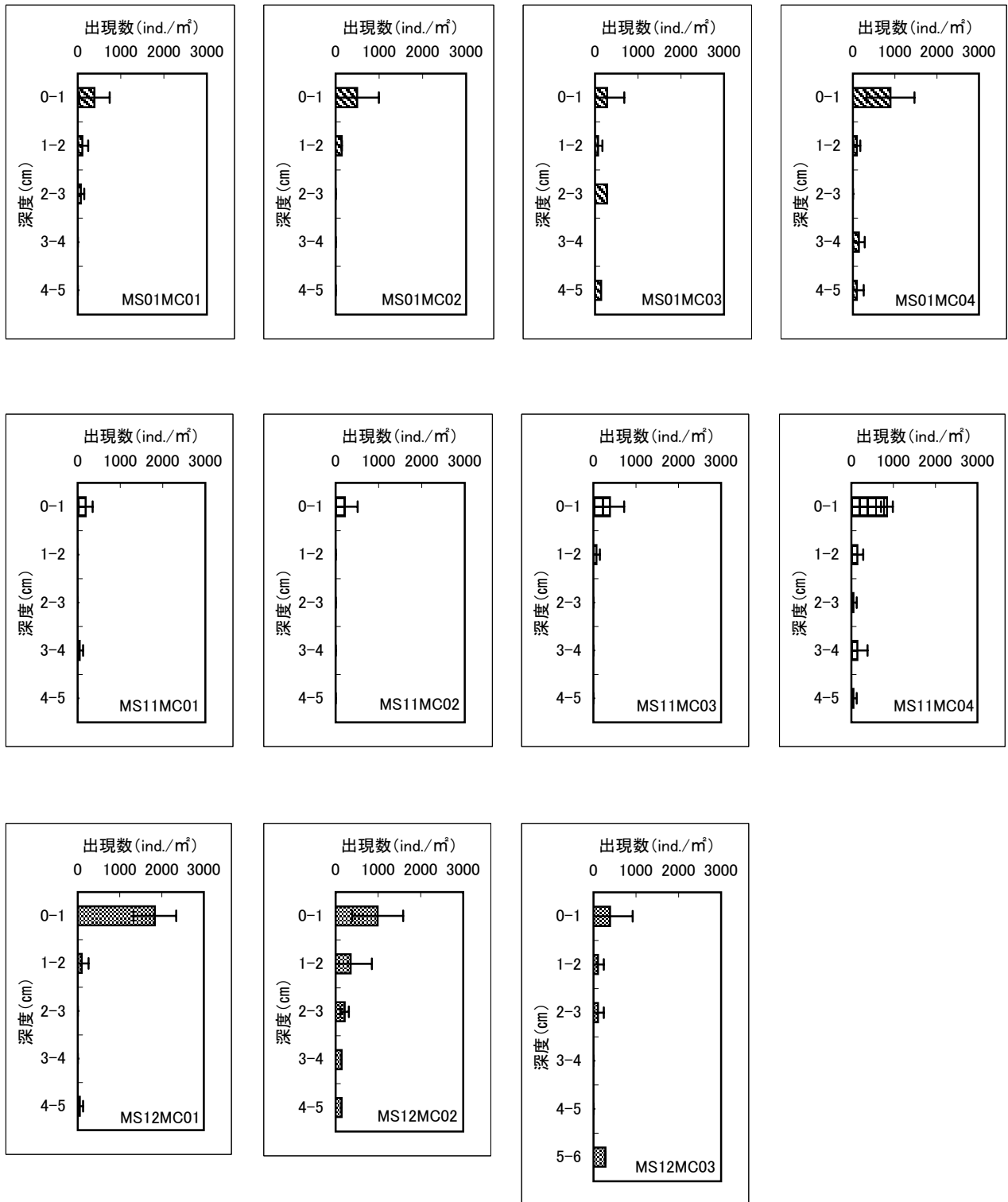
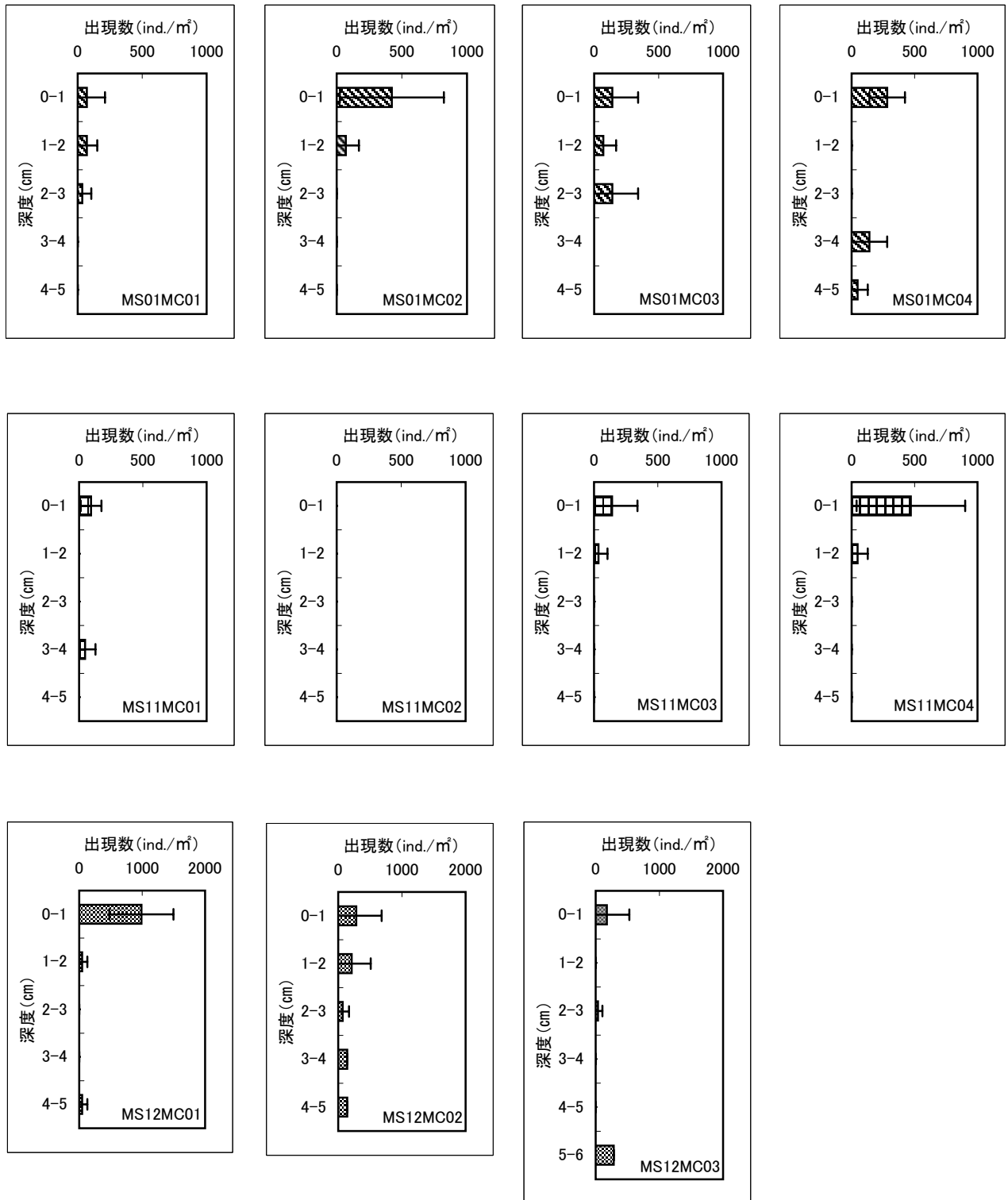


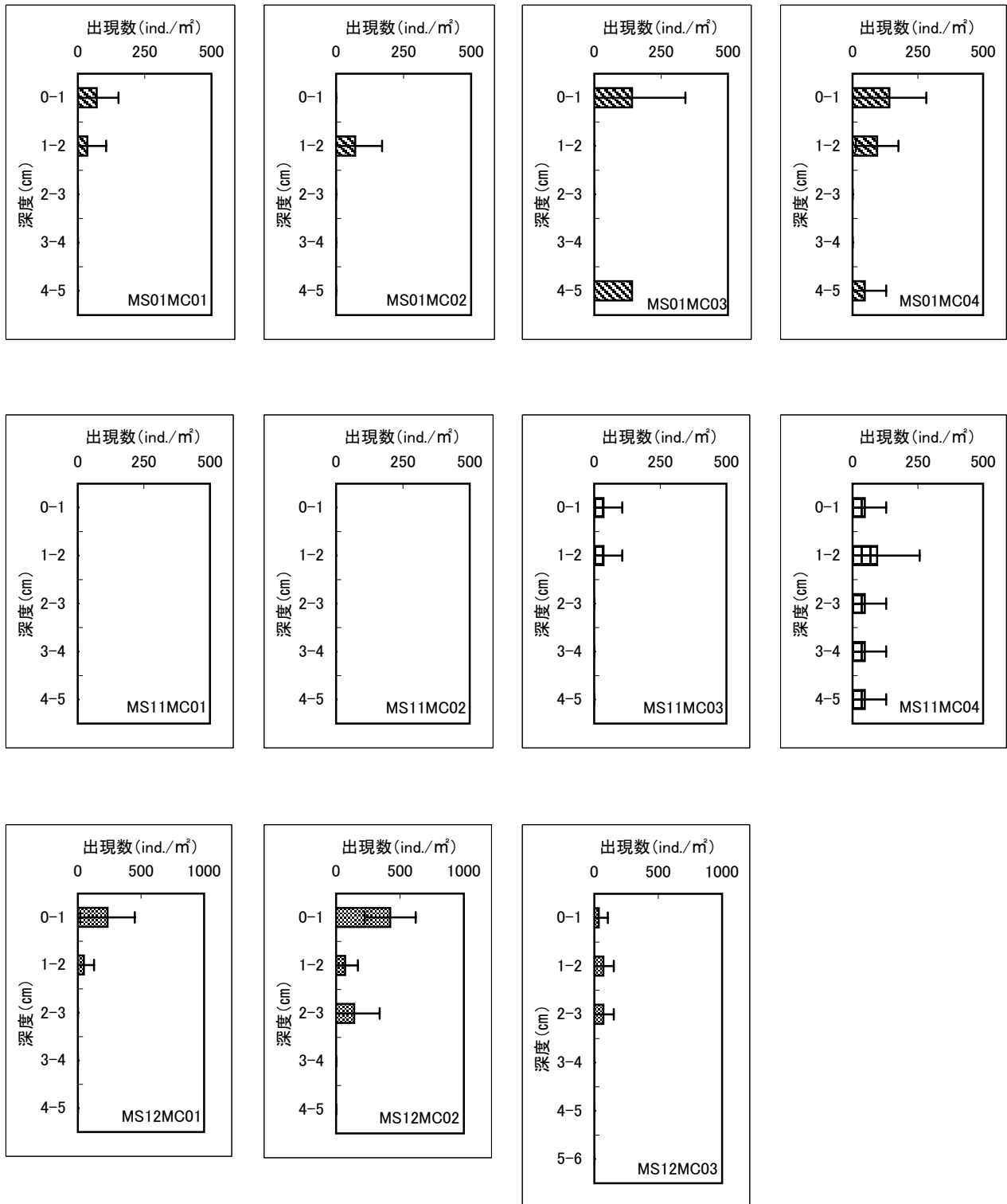
図3-5-2-5d 節足動物の地点別出現数



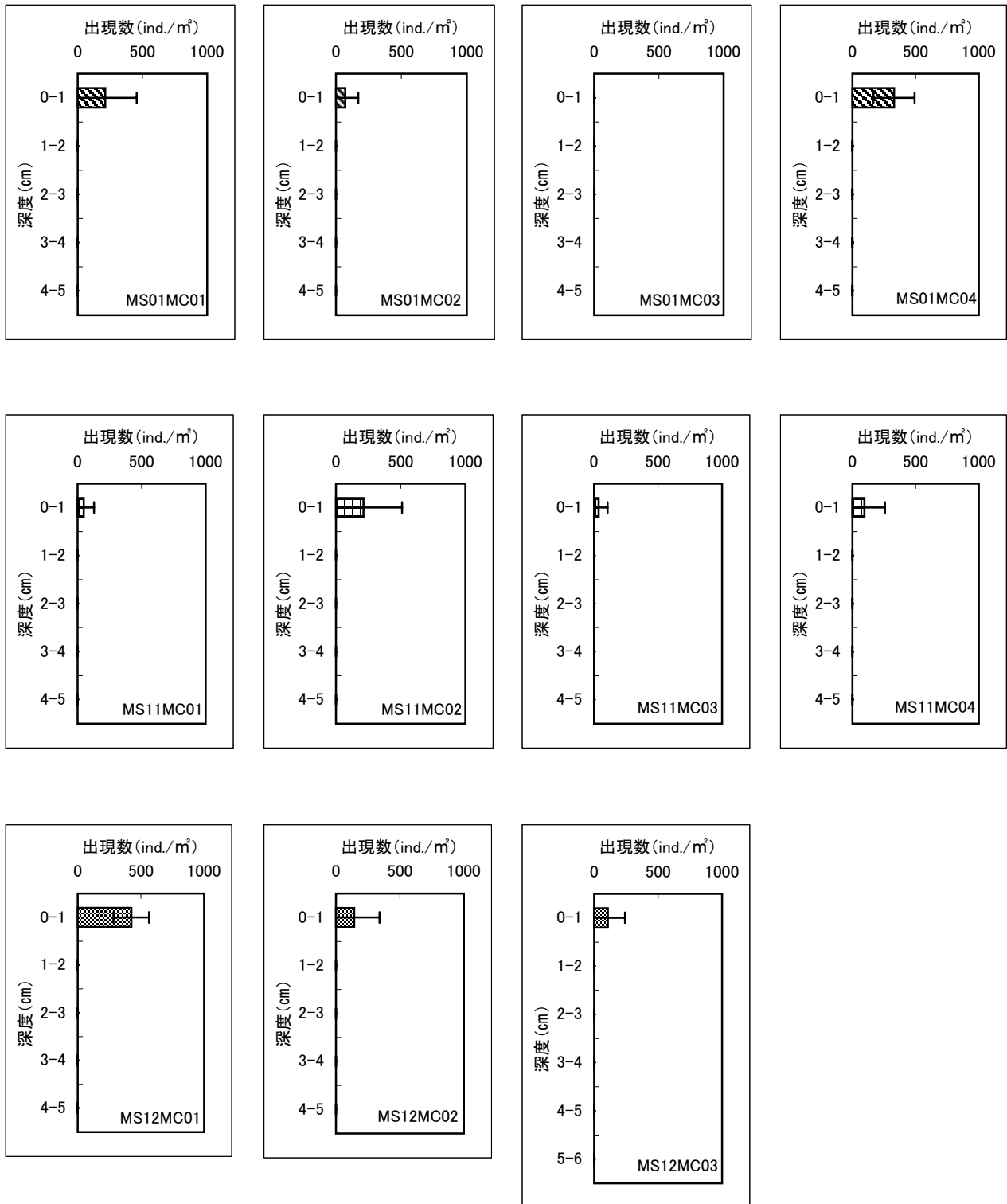
\* MS01MC03の3-4cm, 4-5cm、MS12MC02の3-4cm, 4-5cm、MS12MC03の5-6cmは1サンプルのみ  
**図 3-5-2-6a マクロベントスの堆積物中の鉛直分布**



\* MS01MC03の3-4cm, 4-5cm、MS12MC02の3-4cm, 4-5cm、MS12MC03の5-6cmは1サンプルのみ  
**図 3-5-2-6b 環形動物の堆積物中の鉛直分布**



\* MS01MC03の3-4cm, 4-5cm、MS12MC02の3-4cm, 4-5cm、MS12MC03の5-6cmは1サンプルのみ  
**図 3-5-2-6c 線形動物の堆積物中の鉛直分布**



\* MS01MC03の3-4cm, 4-5cm、MS12MC02の3-4cm, 4-5cm、MS12MC03の5-6cmは1サンプルのみ  
**図 3-5-2-6d 節足動物の堆積物中の鉛直分布**

られた(図 3-5-3-1)。全地点を通して 0-1cm 層は 0.63~1.66mg/g(D)の範囲、1-2 cm 層は 0.54~1.09 mg/g(D)の範囲、また 2-3cm 層は 0.52~0.99mg/g(D)の範囲にあった。

MS01 では MC01 と MC03 は深度に伴って有機態炭素が減少する鉛直分布が見られたが、各々の 1-2cm 層と 2-3cm 層の変化は小さかった。MC02 は鉛直方向の変化に乏しく、有機態炭素量が全層にわたって低い傾向が見られた。MC04 については 0-1cm 層で平均  $1.02 \pm 0.05 \text{mg/g(D)}$ であったが、1-2cm 層で一度減少し、2-3cm 層で再び増加する傾向が見られた。

MS11 では MC01、MC02 で全ての層にわたって低く、鉛直方向の変化が乏しい傾向が見られた。これに対して MC03 および MC04 では、深度が深まるにつれて減少する顕著な鉛直分布が見られた。またこれらは MC01、MC02 と比較して全層にわたって有機態炭素が多く、特に MC04 の 0-1cm 層では  $1.10 \pm 0.02 \text{mg/g(D)}$ であった。

MS12 では MC01 および MC02 において、0-1cm 層で  $1 \text{mg/g(D)}$ 以上と比較的高い値が得られたが、MC03 では 0-1cm 層で  $0.94 \pm 0.01 \text{mg/g(D)}$ であり、また鉛直方向の変化も乏しく、2-3cm 層でも  $0.94 \pm 0.03 \text{mg/g(D)}$ であった。

### 3-5-3-2 全窒素

全窒素の鉛直分布は、ほとんどの地点について 0-1cm 層で多くなる傾向が見られたが、鉛直方向の変化は一様ではなく、MS12 の MC03 のように 1-2cm 層で最大になるものも見られた(図 3-5-3-2)。全地点を通して 0-1cm 層は 0.11~0.24mg/g(D)の範囲、1-2 cm 層は 0.09~0.20 mg/g(D)の範囲、また 2-3cm 層は 0.08~0.22mg/g(D)の範囲にあった。

MS01 では、全ての地点の 0-1cm 層でほぼ  $0.20 \text{mg/g(D)}$ で、他の海域と比較して若干高い値であった。MC01 と MC03 は深度が深まるにつれて減少する傾向が見られたが、MC02 および MC04 でこの傾向は見られなかった。

MS11 では MC02 と MC03 で、深度が深まるにつれて減少する鉛直分布が見られ、また 0-1cm 層における値も  $0.16 \text{mg/g(D)}$ (標準偏差値は MC02 で  $\pm 0.01$ 、MC03 で  $\pm 0.05$ )と同じで、よく似た鉛直分布を示した。MC01 は MC02 及び MC03 と比較して大きな差異は見られなかったが、その鉛直分布はやや異なり 1-2cm 層で減少し、2-3cm 層で増加する傾向が見られた。また、MC04 では 0-1 cm 層と 1-2cm 層は  $0.16 \text{mg/g(D)}$ (標準偏差値は 0-1 cm 層で  $\pm 0.01$ 、1-2cm 層で  $\pm 0.04$ )で、堆積物表層から 2 cm までは変化が見られなかった。

MS12 では深度が深まるにつれて減少する鉛直分布が見られたのは MC02 のみで、MC01 では 1-2cm 層が  $0.16 \pm 0.01 \text{mg/g(D)}$ で最も低く、また MC03 では 1-2cm 層が  $0.18 \pm 0.02 \text{mg/g(D)}$ で最も高い値であった。

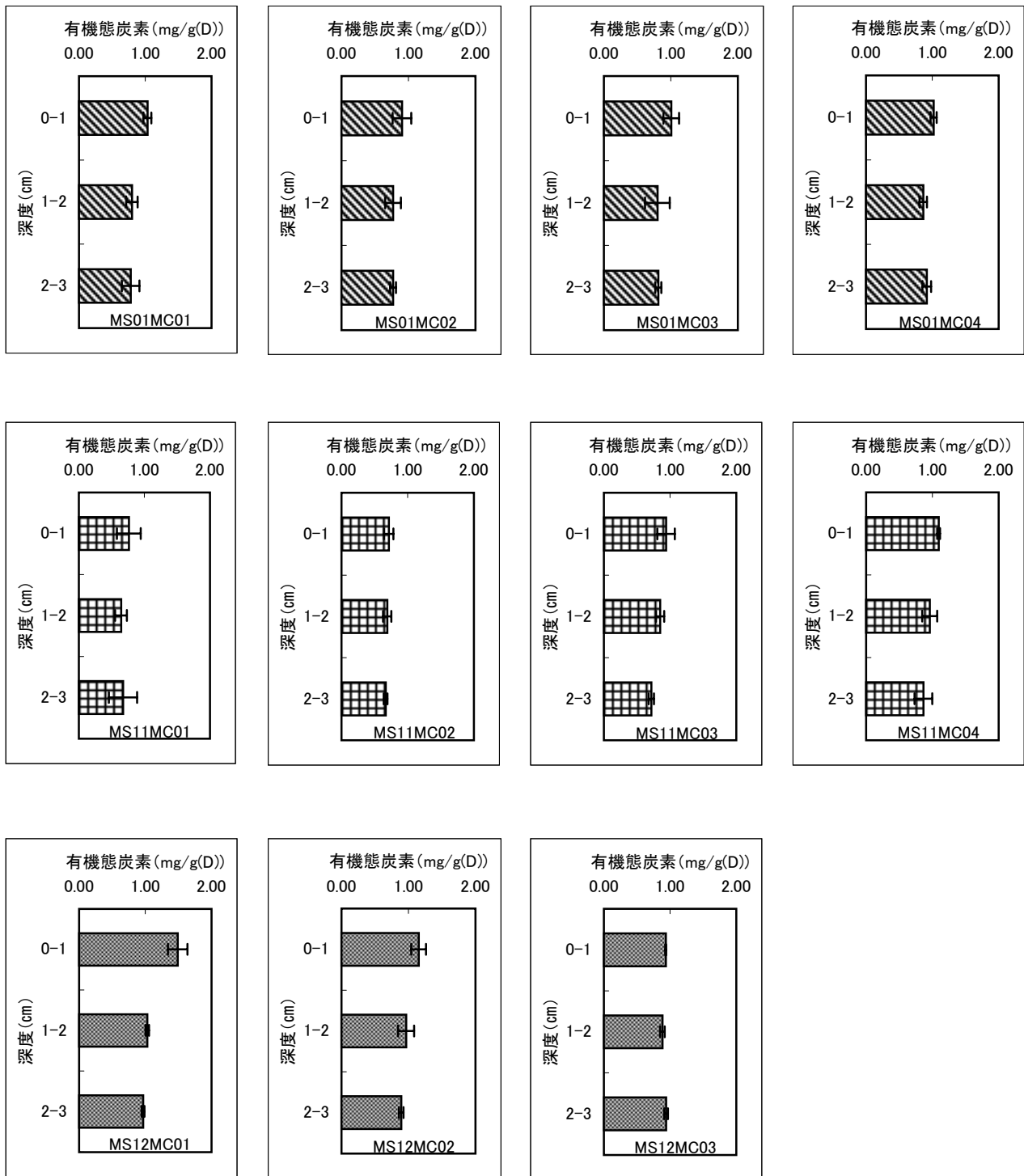


図3-5-3-1 有機態炭素の鉛直分布

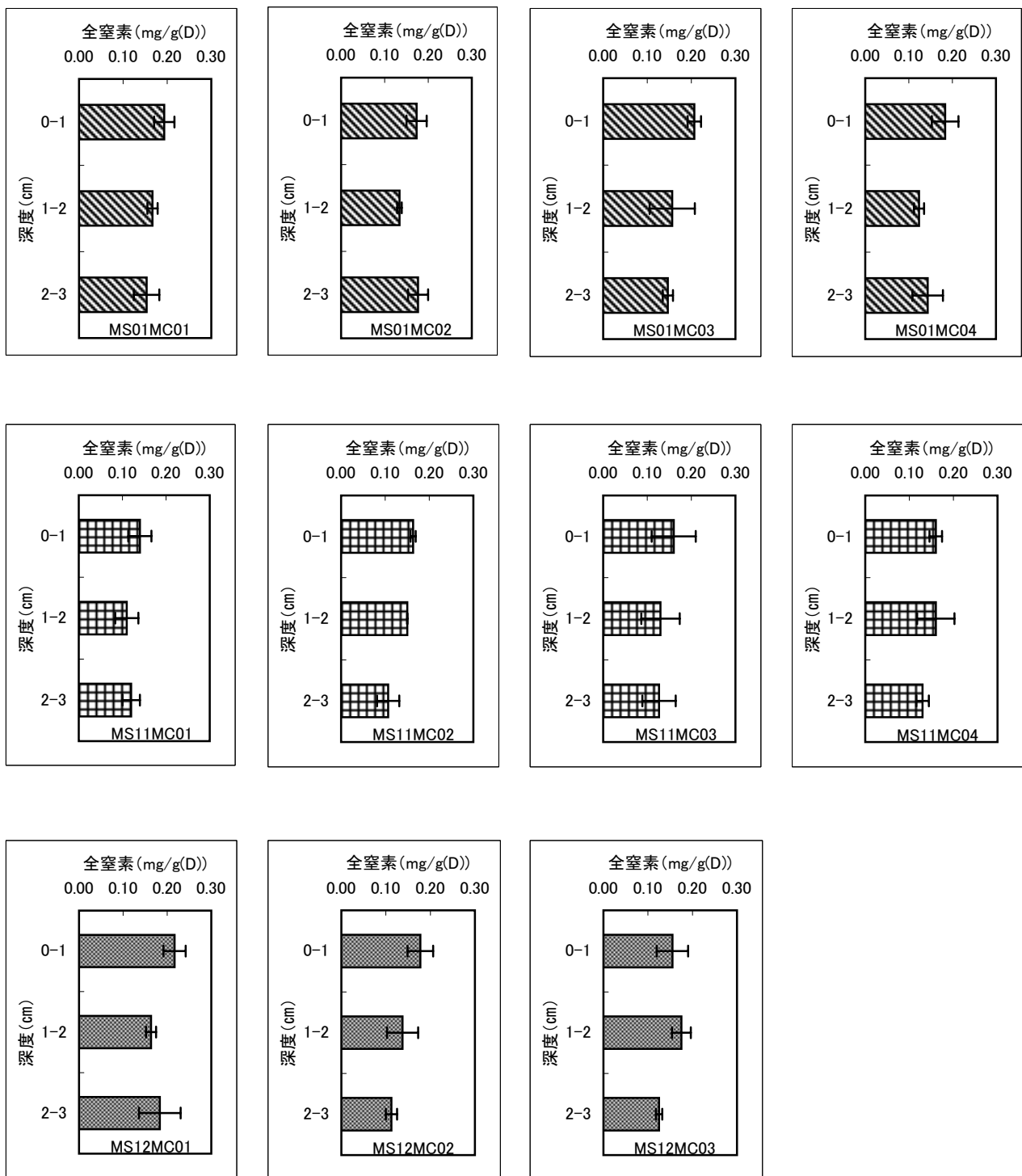


図3-5-3-2 全窒素の鉛直分布



#### 3-5-4 環境調査のまとめ

MS01の地点は、山頂部のMC03とMC04(水深がそれぞれ1,221m、1,156m)、そこから約200m、300m深くなっているMC01とMC02の4地点である。メイオベントスの場合、総出現数では顕著ではないが線形動物門においてMC03とMC04ではMC01とMC02と比べて出現数が多かった。マクロベントスの調査結果では、MC01、MC02、MC03、MC04の順に出現数が多くなり、鉛直分布ではMC04で表層への集中が顕著であった。底質性状調査では、各地点の表層の全窒素が他の海山に比べ全体にやや高い値を示した。

MS11ではMC01(水深が約2100m)から約200m間隔で高くなり山頂部のMC03とMC04に続いている。メイオベントスでは、総出現数に顕著な傾向はみられなかったが、第1優占生物群である線形動物門では、MC01<MC02<MC03<MC04の順に出現数が多くなり、MC04で表層への集中が最も顕著であった。マクロベントスの総個体数の結果では、MC01≒MC02<MC03<MC04の順に出現数が多くなり、鉛直分布ではMC04で表層への集中が顕著であった。底質性状調査では、有機態炭素は山頂部のMC03およびMC04で深度が深まるにつれて減少する鉛直分布がみられた。

MS12の各地点の水深はMC01(水深が約1,100m)を山頂にしてMC02、MC03と約100m間隔で深くなっている。メイオベントスの調査結果をみると、これと同じ順で出現数が少なく、鉛直分布ではMC01で表層への集中が顕著であった。マクロベントスの調査結果でも、メイオベントスと同じようにMC01からMC03へと出現数が少なくなり、鉛直分布ではMC01で表層への集中が顕著であった。底質性状は、メイオベントスやマクロベントスと異なり、深度が深まるにつれて減少する鉛直分布が見られたのはMC02の全窒素のみであった。

3つの海山ではメイオベントスとマクロベントスの出現量に違いがみられたが、山頂部の測点で比較すると、いずれもMS12が最も多かった。

各海域内のサンプリング地点は非常に近く、表層からの有機物供給量に大きな差はないと考えられる。底生生物の餌料の状態を反映する有機物量は、山頂部に多く傾斜部に少ない。また、一般的に底生生物の出現数は有機物量によって制限されているといわれている。これらの結果と仮定からみると、地形の違いが有機物の蓄積に影響したため、各海域における底生生物の出現数の変化に表れたものと推察できる。

## 4章 まとめ

マーシャル諸島共和国の EEZ 内におけるコバルトクラスト鉱床の調査は、平成 8 年及び 10 年度（1996、1998 年度）に実施され、13 海山において MBES による海底地形図及び音響的反射率データが得られ、ドレッジを中心とする試料採取が行なわれた。

今年度の調査は、これらの情報をもとに、BMS（深海ボーリングシステム）を使用し、海底面が平坦でコバルトクラストが厚く賦存すると考えられる地点で、柱状コアを採取し、コバルトクラストの厚さ及び品位を把握する目的で実施した。さらに、コバルトクラストの分布する海山における環境特性を把握するため、環境調査を実施した。

海山の選定にあたっては、平坦域の露出面積が大きいこと、マーシャル諸島共和国海域の海山を代表する海山であること等を考慮して、MS01、MS11、MS12 の 3 海山を調査対象海山として選定した。

### 4-1 コバルトクラストの賦存状況

今年度の調査では、将来、採掘をより容易に行うことが出来ると思われる傾斜の緩やかなコバルトクラスト露出域を対象に 4 から 7 地点で、1 地点あたり 2～6 孔のボーリングを実施した。さらに、荒天によりボーリングの掘削が不可能な場合は LC を実施した。調査の目的は、海山の山頂部に賦存するコバルトクラストの分布、水深の相違によるコバルトクラスト賦存状況、コバルトクラストの分布の連続性、表層堆積物の下に賦存するコバルトクラストの発達状況の把握である。

#### 4-1-1 調査結果のまとめ

調査結果のまとめを表 4-1-1-1 に示す。各海山の調査結果は以下のとおりである。

##### 4-1-1-1 MS01 海山

MS01 海山は、Ralik 海山列の北端に位置し、最浅部 1,040m、比高約 4,000m、山体規模は東西約 70km、南北約 60km の平頂海山である。山頂縁辺域の肩部で音圧は最も高く、さらに山頂部に存在する二段の平坦面の境界をなす水深 1,300m から 1,400m の環状に分布する斜面にそって音圧濃色部が分布し、露岩域であることを示唆している。それ以外の山頂部の大部分は未固結堆積物が卓越する。

MS01 海山では、基盤をなすと思われる玄武岩が存在するが、表層部は、玄武岩の礫を伴う石灰質及び燐灰質の礫岩に覆われる。石灰岩は余り認められず、比較的早く海山は沈降したと思われる。玄武岩の化学分析の結果及び石灰岩類の化石鑑定の結果から MS01 海山の基盤をなす玄武岩は海洋島の環境で形成したアルカリ玄武岩で、玄武岩による山体形成後、白亜紀には海山周縁に礁が形成された。中期始新世には遠洋性の堆積物を堆積する環境にまで水没し、コバルトクラストの主な形成時期は中期始新世ないしはそれ以降と考

表 4-1-1-1 調査結果のまとめ

	MS01海山	MS11海山	MS12海山
海山タイプ	平頂海山 (ドーム状山頂)	平頂海山 (ドーム状山頂)	平頂海山 (ドーム状山頂)
対象水深 (m)	頂上～2,600	頂上～3,000	頂上～2,000
対象水深の面積 (km <sup>2</sup> )	738	1,238	462
露出域の面積 (km <sup>2</sup> )	470	656	234
露出状況	山頂縁辺部に露出域が分布し露出域はやや狭い。	露出域は山頂肩部から斜面部にかけて分布。	山頂縁辺部に露出域があり、西部および南部で広く分布する。
地質	玄武岩の礫を持つ石灰質および石灰質の礫岩が主体	玄武岩、石灰岩	玄武岩、石灰岩、石灰質の礫岩
化石年代	白亜紀、中期始新世	白亜紀、後期始新世	白亜紀
火山岩の年代			99.68±1.46Ma (中期白亜紀) 110.05±0.51Ma (中期白亜紀)
ボーリング地点数 (孔数)	5 (16)	4 (11)	7 (25)
平均層厚 (mm)	2002年度 過年度	山頂部 132、斜面部 160 最大厚74、平均厚36	最大厚67、平均厚24
Co%	2002年度 過年度	山頂部 0.34、斜面部 0.37 0.69	0.46 0.67
Ni%		0.65	0.57
Cu%		0.12	0.05
Mn%		20.71	22.22
Fe%		11.69	11.44
Ptppm		0.87	0.40

えられる。

MS01 海山の山頂縁辺部から山頂部の5地点において実施したボーリングによりすべての地点でコバルトクラストを採取した。地点別の平均層厚は31～97mm、5地点の平均層厚は59mmである。本海山の山頂縁辺部から山頂部の水深1,200～1,600mの露岩域では、全体的に平均層厚6cm程度(59mm)のコバルトクラストが分布していると推定される。今年度の調査でボーリングを行った地点は山頂域のみで、それぞれの地点間における水深の相違は少なく、水深とコバルトクラストの層厚との関係は見出せなかった。

過年度の調査結果では、斜面域で採取したコバルトクラストは山頂部で採取したものより薄く、水深の増加に伴うコバルトクラストの層厚は減少する可能性がある。未固結堆積物に被覆されてコバルトクラストが存在する地点では、コバルトクラストの層厚はその近辺のボーリング孔で行った露出域のコバルトクラストの層厚に比べて薄い傾向があることから、堆積物に覆われた地域では露出域に比べてコバルトクラストの層厚が薄い可能性がある。今年度のボーリング調査によるMS01海山の平均品位は、Co 0.44%、Ni 0.65%、Cu 0.12%、Mn 20.71%、Fe 11.69%、Pt 0.87ppmで、平成8年度の調査結果と比較すると今年度の結果はCo、Feが低く、Ptが高い。層別試料の分析結果では、外側から内側に向かってCo及びFeが減少し、CaとPは増加する。

#### 4-1-1-2 MS11 海山

MS11 海山は、Anewetak 環礁から東方60マイルに位置し、Anewetak 環礁と同じ海台上に存在する。山頂部は比高700mのドーム状をなす平頂海山で、最浅部水深は1,495mである。音圧図による露出域は山頂縁辺部の肩部から斜面上部にかけて分布し、それ以外の山頂部の大部分は未固結堆積物に覆われる。

MS11 海山の斜面域では玄武岩が露出するが、平坦な地域では比較的厚く、遠洋性の石灰岩に覆われる。化石鑑定の結果から、玄武岩を基盤岩とするMS11海山周縁は白亜紀に礁が形成され、石灰岩が堆積した。その後、後期始新世ないしそれ以前に沈降し、遠洋性の環境となった。コバルトクラスト形成開始時期は暁新世以降と考えられる。

MS11海山の山頂縁辺部の1,900～2,100mの間で3地点において8孔のボーリングを実施し、地点別コバルトクラストの平均層厚121～145mmで、山頂部の平均値は132mmである。平成10年度の調査結果では、山頂部から採取した試料の地点別の平均層厚は2～49mmで、今年度の調査結果に比べて非常に薄い。

今年度実施した山頂部の8孔のボーリングから6孔において100mm以上のコバルトクラストが採取されていることから、本海山の山頂部の露岩域では100mm以上のコバルトクラストが分布することが推定される。

水深とコバルトクラストの層厚の関係を把握するため斜面中部でBMS03を実施し、平均層厚160mmの値が得られた。平成10年度の調査でもAD09で平均層厚100mmの結果が得られており、これら2地点から判断して斜面部においても山頂部同様、層厚100mm

以上のコバルトクラストが分布することが推定される。音圧分布と未固結堆積物の関係を検討した結果、音圧濃色域ではコバルトクラストが存在する。濃色域と中間色域の境界部付近では厚さ 1m 程度の未固結堆積物に覆われ、中間色域の未固結堆積物の厚さは 1 m 以上である。音圧濃色域ではコバルトクラストが露出していることが期待される。今年度のボーリング調査による MS11 海山の平均品位は、Co 0.34%、Ni 0.39%、Cu 0.12%、Mn 19.50%、Fe 15.01%、Pt0.38ppm で、平成 10 年度の調査結果と比較すると Co、Pt が低く、Cu が高い。

#### 4-1-1-3 MS12 海山

MS12 海山は、孤立した平頂海山で、Anewetak 環礁の南東方に位置し、山頂最浅部の水深は 1,037m、基底部からの比高は約 3,900mを示す。露出域は山頂縁辺部に沿って分布し、山頂西部及び東部でやや広く分布する。

MS12 海山では、基盤をなす玄武岩が広く分布し、山頂南部及び北東部では火山屑砕岩が分布する。石灰岩の分布は局所的で、比較的薄いと思われ、本海山は比較的早く沈降したと思われる。MS12 海山の基盤をなす玄武岩はアルカリ玄武岩で、白亜紀中期に海洋島の環境で形成された。その後、白亜紀には海山周縁に礁が形成されたが中期始新世には遠洋性の堆積物を堆積する環境にまで水没した。コバルトクラストの主な形成時期は中期始新世ないしはそれ以降と考えられる。

MS12 海山の山頂縁辺部から山頂部の 7 地点において実施したボーリングによりすべての地点でコバルトクラストを採取した。地点別の平均層厚は 32~93mm で、7 地点の平均層厚は 70mm である。平成 10 年度の調査結果では、山頂部から採取した試料の地点別の平均層厚は 14~34mm で今年度の調査結果に比べて非常に薄い。

過年度の結果でも最大層厚では 95mm や 60mm のコバルトクラストが採取されており、今年度の 7 地点のボーリング調査で得た山頂部の平均層厚 70mm は妥当な値と思われる。今年度の調査でボーリングを行った地点は、水深 1,150~1,380m の山頂縁辺部~山頂部で、それぞれの地点間における水深の相違は少なく、水深とコバルトクラストの層厚との関係を検討できなかった。露岩域におけるコバルトクラストの分布の連続性を検討した結果、約 3km に渡って層厚 50~120mm、平均層厚は 90mm のコバルトクラストが連続して分布するのを 6 孔のボーリングで確認した。表層堆積物の下のコバルトクラストの賦存状況を確認するため音圧濃色域と淡色域が近接する地点で LC を実施したが、堆積物の厚さとその下部に存在すると思われるコバルトクラストの厚さを測定できる試料が採取できなかった。しかし、音圧濃色域において、厚さ 5~15cm で薄く堆積物に覆われている地点では、露出域に比べてコバルトクラストの層厚が薄い。今年度のボーリング調査による MS12 海山の平均品位は、Co 0.46%、Ni 0.57%、Cu 0.05%、Mn 22.22%、Fe 11.41%、Pt 0.40ppm で、平成 10 年度の調査結果と比較すると今年度の結果は Co、Fe が低い。

#### 4-1-2 資源賦存量

今年度の調査結果を基に、コバルトクラストの比重 2.0 を用いて 3 海山の鉱量と資源量を計算した。鉱量は、多い順に MS11 海山で 173.2 百万 t、MS01 海山で 55.5 百万 t、MS12 海山で 32.8 百万 t である。3 海山のうち MS11 海山は規模が大きく、コバルトクラストの層厚も厚いため Co 及び Pt 品位が低いにもかかわらず、資源量は Co:58.9 万 t、Ni:69.3 万 t、Pt:65.8 t である。MS01 海山及び MS12 海山は、平頂部の露出面積が少ないため MS11 海山に比べ資源量は少なくなる。MS01 海山の資源量は、Co:24.4 万 t、Ni:36.0 万 t、Pt:48.3 t である。MS12 海山の資源量は、Co:15.1 万 t、Ni:18.7 万 t、Pt:13.1 t となる (表 4-1-2-1 参照)。

ちなみに、世界の 2000 年度年間生産量は、Co 金属:2.83 万 t、Ni 金属:104.56 万 t、Pt 金属:307t である。

#### 4-1-3 考察

今年度の調査は、ボーリング調査を中心として、MS01、MS11、MS12 の 3 海山で山頂部におけるコバルトクラストの賦存状況の把握を主な目的として実施した。その結果、それぞれの海山に胚胎するコバルトクラストの平均層厚は、それぞれ 59mm、132mm、70 mm の値が得られた。この値は過年度の調査結果から比べると厚い。しかし、平均 Co 品位はそれぞれの海山で 0.44%、0.34%、0.46% と過年度の調査より低い結果となった。その原因として、過年度の調査では、ドレッジ及び LC により試料採取を行い、コバルトクラストの最外部から最内部まですべて揃った試料ではなく、コバルトクラストの外側を中心とした不完全な試料を採取し、評価していたことが考えられる。

ドレッジ調査とボーリング調査の結果を比較した場合、ドレッジ調査によるそれぞれの地点の最大厚は、ボーリング調査で得たコバルトクラストの層厚に近い。この点は、今年度の調査で、過年度と比べて Co 品位が低かったこととも一致する。すなわち、Co 品位はコバルトクラストの外側で高く、内側で低い。過年度の調査では、コバルトクラストの外側の化学組成をより反映した品位が得られていると考えられる。

#### 4-2 環境調査

深海鉱物資源の開発に先立ち、開発行為が海洋環境に与える影響を予測するために、底生生物 (メイオベントス、マクロベントス) の分布状況ならびに底質性状 (有機態炭素、全窒素) の基礎調査を実施した。

調査は 3 つの平頂海山 (MS01、MS11 及び MS12) において実施した。試料の採取地点は各海山の山頂から斜面にかけて位置し、それぞれの海域で水深が異なる場所とした。

3 つの海域における調査結果の全般的な特徴として、メイオベントス (原生生物亜界を除く) の出現個体数は水深が深まるにつれて減少し、鉛直分布では表層において線形動物門が高密度で分布することが明らかとなった。マクロベントス (原生・海綿動物を除く)

表4-1-2-1 コバルトクラスタの賦存量

海山名	対象水深 (m)	対象水深 の面積 (k m <sup>2</sup> )	堆積物の 面積 (k m <sup>2</sup> )	露出域の 面積 (k m <sup>2</sup> )	コバルトク ラスタ平均 層厚 (mm)	Co品位 (%)	Ni品位 (%)	Pt品位 (ppm)	鉍量 (百万 t)	Co資源量 (万 t)	Ni資源量 (万 t)	Pt資源量 (t)
MS01	頂上～ 2,600	738	268	470	59	0.44	0.65	0.87	55.5	24.4	36.0	48.3
MS11	頂上～ 3,000	1,238	582	656	132	0.34	0.40	0.38	173.2	58.9	69.3	65.8
MS12	頂上～ 2,000	462	228	234	70	0.46	0.57	0.40	32.8	15.1	18.7	13.1

注) 露出域の面積 = 対象水深の面積 - 堆積物の面積

鉍量 = 露出域の面積 × コバルトクラスタの平均層厚 × 2.0 (過年度データの平均密度)

コバルトクラスタの平均層厚は、平頂部で実施したボーリングデータを採用。

の出現個体数は、メイオベントスと同様に水深が深まるにつれて減少し、表層における高密度分布が顕著であった。底質性状の鉛直分布では、有機態炭素または全窒素はいくつかの地点において底質の深度が深まるにつれて減少した。

一般的に底生生物の出現数は有機物量に制限されているといわれている。したがって、本調査で底生生物の餌の状態を反映する有機物量は山頂部に多く傾斜部に少なかったため、山頂から傾斜部にかけて生物の個体数が減少したものと考えられる。また、各海域で底生生物の出現量に差異がみられた。この要因として、地形の違いが餌料環境の不均一をもたらしているということが推察できる。これらのことから、将来的な課題として地形と有機物の蓄積過程との関係を調べることがあげられる。



## 参 考 文 献

- Anthony, A. P., Koppers A. A. P., Staudigel H., Christie D. M., Dieu J. J., and Pringle M. S., 1995, Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of Leg 144 west Pacific guyots: Implications for the geochemical evolution of the "SOPITA" mantle anomaly. In Haggerty, J. A., Premoli Silva, I. Rack, F., and McNutt, M. K. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol.144. 535-545
- Bergersen, D. D., 1995a, Physiography and architecture of Marshall Islands guyots drilled during Leg 144: geophysical constraints on platform development. In Haggerty, J. A., Premoli Silva, I. Rack, F., and McNutt, M. K. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol.144.561-583
- Bergersen, D. D., 1995b, Cretaceous hotspot tracks through the Marshall Island. In Haggerty, J. A., Premoli Silva, I. Rack, F., and McNutt, M. K. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol.144.605-613
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, III, C. C., and Aubry, M.-P. (1995): A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. SEPM Special Publication, No. 54, 129-212.
- Cande, S. C. and Kent, D.V., 1995: Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. J. Geophys. Res. 100(B4): 6093-6095.
- Cande, S. C., Larson R. L., and La Brecque J. L., 1978, Magnetic lineations in the Pacific Jurassic quiet zone, Earth Planet. Sci. Lett., 41, 434-440
- Christie, D.M., Dieu, J. J. and Gee J. S., 1995, Petrologic studies of basement lavas from northwest Pacific guyots. In Haggerty, J. A., Premoli Silva, I. Rack, F., and McNutt, M. K. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol.144.295-512
- Dalrymple, G. B., Lanphere, L. A. and Clague, D. A., 1980 : Conventional and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  K-Ar ages of volcanic rocks from Ojin (Site 430), Nintoku (Site 433) seamounts and the chronology of volcanic propagation along the Hawaiian-Emperor chain., *Initial Rep. Deep sea Drill. Proj.*, 55, 54-76.
- Davis, A. S., Pringle, M. S., Pickthorn., L. B. G., Clague D. A and Schwab W. C., 1989, Petrology and age of alkalic lava from the Ratak chain of the Marshall Islands. Jour. of Geophys Research, Vol. 94, No. B5. 5757-5774
- Emby, A. F., Klovan, J. E., (1971) : A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island,

- Northwest Territories. *Can. Petrol. Geology Bull.* 19, 730-781. Inoue, Y. (1989): Northwest Pacific foraminifera as paleoenvironmental indicators. *Sci. Rep. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Ser B, vol. 10*, 57-162
- Haggerty, J. A., and Premoli-Silva I, 1995, Comparison of the origin and evolution of the northwest Pacific guyots drilled during Leg 144. In Haggerty, J. A., Premoli Silva, I. Rack, F., and McNutt, M. K. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol.144*, 935-949.
- Hein, J. R., Kang J. et al. 1990, Geological, geochemical, geophysical, and oceanographic data and interpretations of seamounts and co-rich ferromanganese crusts from the Marshall Islands, KORDI-USGS R.V. Farnella Cruise F10-89-CP, US Geological Survey Open File Report 90-407.
- Hein, J. R., Schwab W. C., and Davis A. S., 1988, Cobalt- and platinum-rich ferromanganese crusts and associated substrate rock from the Marshall Islands., *Marine Geology*, 78, 255-283.
- 国際協力事業団、金属鉱業事業団、1997、海洋資源調査 SOPAC 海域、資源開発協力基礎調査報告書、マーシャル諸島共和国
- 国際協力事業団、金属鉱業事業団、1999、海洋資源調査 SOPAC 海域、資源開発協力基礎調査報告書、マーシャル諸島共和国
- Larson, R. L., 1976, Late Jurassic and Early Cretaceous evolution of the western central Pacific Ocean, *J Geomag. Geoelec.*, 28, 219-236.
- Lincoln, J. M., Pringle, M. S., and Premoli-Silva, I., 1993, Early and Late Cretaceous volcanism and reef-building in the Marshall Island. In Pringle, M. S. Sahger, W. W., Sliter, W. V. and Stein, S. (Eds.), *The Mesozoic Pacific: Geology, Tectonics, and Volcanism, Geophys, Monogr, Am. Geophys, Union 77: 279-305*
- Malcolm, A. D., Pringle, S. Pickthorn, L. G., and Glague, D.. 1989, Petrology and age of alkali lava from the Ratak chain of the Marshall Islands, *Jour. Geophysical Research* , Vol94, No. B5, 5757-5774
- Martini, E., 1971: Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In Farinacci, A. (Ed.), *Proc. 2nd Planktonic Conf. Roma, 1970 Proc. 2: Roma (Tecnoscienza)*, 738 - 785
- Person, N. P., 1995, Planktonic foraminifer biostratigraphy and the development of pelagic caps on guyots in the Marshall Islands group. In Haggerty, J. A., Premoli Silva, I. Rack, F., and McNutt, M. K. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol.144.21-55*

- Premoli-Silva, I., Haggerty, J., Rack F. et al. 1993, Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Report, Vol. 144
- Sato, T., Kameo, K. and Takayama, T., 1991: Coccolith biostratigraphy of the Arabian Sea. In Prell, W. L., Niitsuma, N., et al., Proc.ODP, Sci. Results, 117: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 37-54.
- 佐藤時幸・亀尾浩司・三田 勲, 1999 : 石灰質ナンノ化石による後期新生代地質年代の決定精度とテフラ層序. 地球科学 53(4), 265-274.
- Staudigel, H., Park, H-K., Pringle, M., Rubenstone, J. L., Smith, W. H. F., and Zindler A., 1991, The longevity of the south Pacific isotopic and thermal anomaly. Earth and Planetary Sci. Lett., Vol.102, 24-44
- Takayama, T. and Sato, T., 1987: Coccolith biostratigraphy of the north Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 94. In Ruddiman, W.F., Kidd, R.B., Thomas, E., et al., Init. Repts. DSDP, 94 (Pt. 2):Washington (U.S. Govt. Printing Office), 651-702.
- Terashima, S., Usui, A., Imai, N. 1995, Two new GSJ geochemical reference samples: syenite JSy-1 and manganese nodule JMn-1, Geostanderds Newsletter, Vol, 19, No.2, 221-229
- 東海大学 CoRMC 調査団 編、1990、:図鑑 海底の鉱物資源、東海大学出版会
- Usui, A., Someya, M., 1997, Distribution and composition of marine hydrothermal manganese deposits in the northwest Pacific, Nicholson K., Hein J. R., Buhn B. and Dasgupta S. Ed. Manganese Mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits, Geological Society Special Publication, No. 119, 177-198.
- 臼井 朗、寺島 滋、湯浅真人、1987、:小笠原海台周辺海域の含コバルト・マンガンクラスト、月刊 海洋科学、Vol. 20, No.4, 215-220.
- Watkins, D. K., Premoli Silva, I., and Erba, E. 1995, Cretaceous and Paleogene manganese-encrusted hardgrounds from central Pacific guyots. In Haggerty, J. A., Premoli-Silva, I. Rack, F., and McNutt, M. K. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol.144, 97-126.
- Wakita H., Rey P. and Schmitt R.A., 1971, Abundances of the 14 rare-earth elements and 12 other trace elements in Apollo 12 samples: five igneous and one breccia rocks and four soils. *Proc. 2nd Lunar. Sci. Conf.* Pergamon Press, Oxford, p1319-1329.