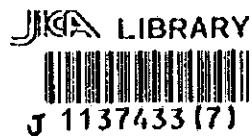


海洋資源調査SOPAC海域
資源開発協力基礎調査報告書

(第2巻)

マーシャル諸島共和国

平成9年3月



国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱調資
CR(1)
97-074

海洋資源調査SOPAC海域
資源開発協力基礎調査報告書

(第2巻)

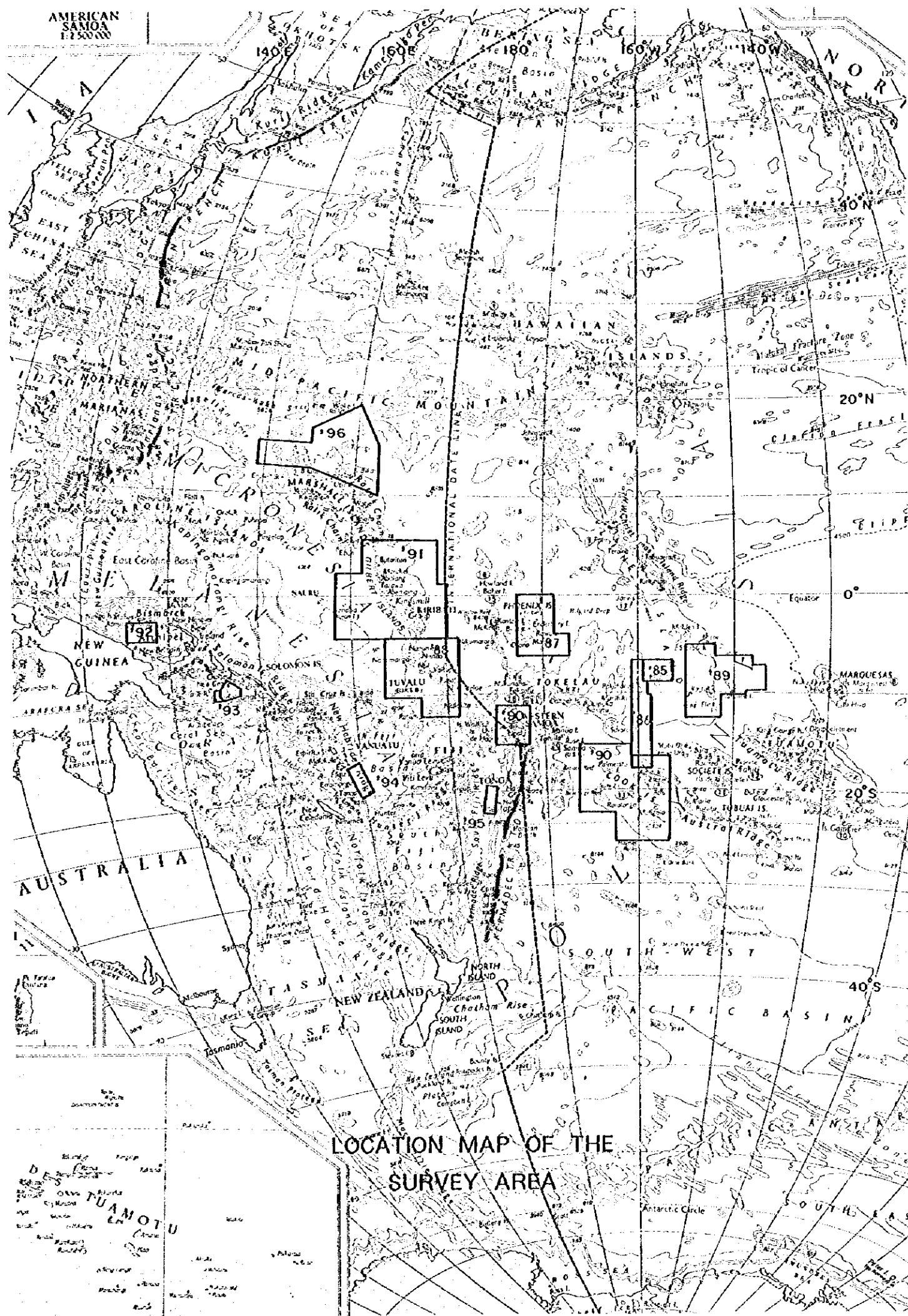
マーシャル諸島共和国

平成9年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1137433 [7]



LOCATION MAP OF THE
SURVEY AREA

PHOENIX ISLANDS

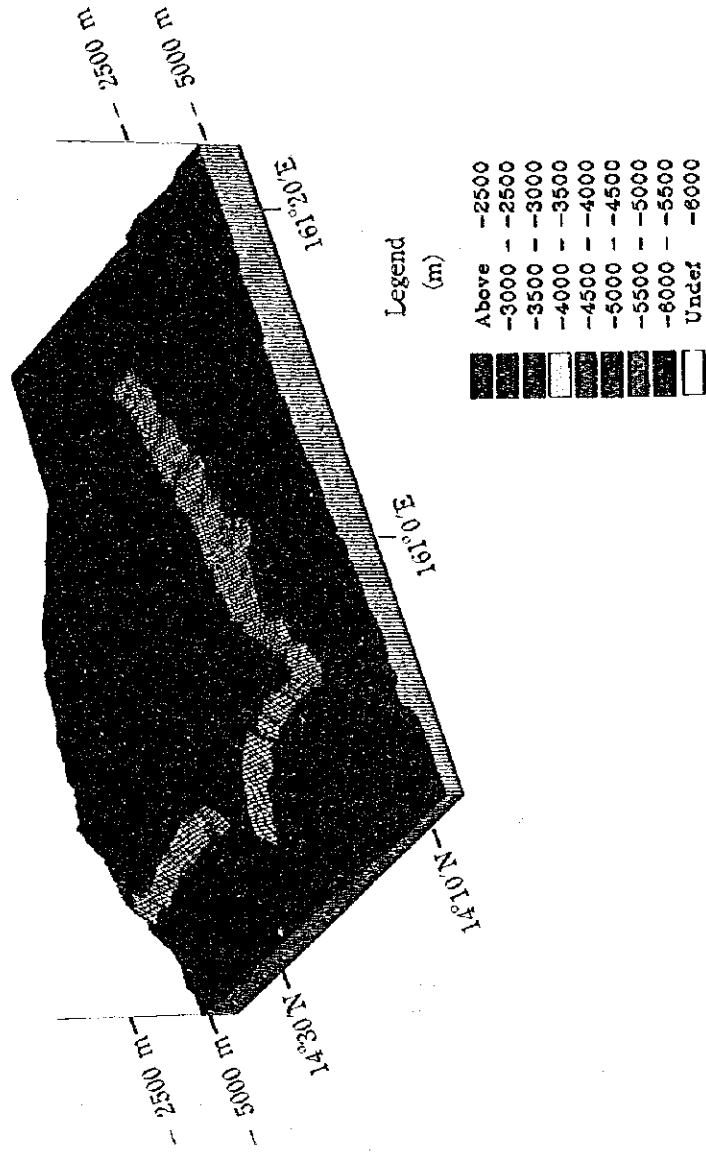


マンガンクラストの海底写真



0 10 20 30 40 50 mm

マンガンクラストの断面写真



MS01海山地形3次元表現図

は し が き

日本国政府は南太平洋応用地球科学委員会 (South Pacific Applied Geoscience Commission) [SOPAC] の要請に応え、加盟国沿岸における深海底鉱物資源賦存の可能性を検討するため、地質調査等の鉱物資源探査に関する調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門的な分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は平成7年度から5ヵ年にわたって行われるものであるが、本年はその2年次目にあたり、マーシャル諸島共和国の経済水域内を調査の対象としている。金属鉱業事業団は平成8年7月1日から9月7日までの69日間、深海底鉱物資源探査専用船第2白嶺丸を現地に派遣し、マーシャル諸島共和国の協力を得て調査を予定通り完了した。

本報告書は2年次目の調査結果をとりまとめたものである。

終わりに本調査の実施に当たってご協力頂いたSOPAC事務局、マーシャル諸島共和国政府、並びに外務省、通商産業省、在フィジー日本国大使館及び関係各位に衷心より感謝の意を表すものである。

平成9年3月

国際協力事業団

総 裁 藤 田 公 郎

金属鉱業事業団

理事長 清 瀧 昌三郎

要 旨

SOPAC諸国に対する資源開発協力基礎調査は、第3期として平成7年から5年間にわたって実施されることとなり、その2年度にあたる今年度は平成8年7月1日から9月7日まで、マーシャル諸島国海域内の約738,000km²に対して行われた。現地調査日数は69日間、調査対象鉱物資源はマンガンクラスト鉱床である。

対象海域内にはその西側に北西-南東方向に配列するRalik、東側に北北西-南南東に配列するRatak二つの海山列が存在し、調査対象とした海山は大きくはこれら二つの海山列に属する。調査対象海山は、海図等から山頂部の水深（クラストがもっともよく発達しているとされる1,000~2,000mを対象）、山体の形状・規模等を考慮して選定した。調査日程前半のレグ1ではほぼ東経166°線の西側に位置し、同緯度を東西に並んで配列している4海山を対象とした。レグ2では調査海域の東部に位置する海山のうち、やや規模の大きいもの、山頂水深の深いものを含む、より変化に富んだ5海山を選定した。これらは東経171度、北緯11度付近から北西方向に、対象海域の北縁部にかけて分布する。

調査は主として、各海山ごとに詳細な地形形状把握のための地形航走と、鉱床の賦存状況確認のための、大口径コアラー（LC）またはアーム型ドレッジ（AD）をもちいたサンプリングよりなる。また、FDCによる海底観察、写真撮影を実施し、鉱床の連続性、マンガンクラストのタイプ、厚さ、比重、品位、被覆率等の性状を把握した。採取資料の一部については、陸上にて各種分析、X線回折、顕微鏡観察等を行い船上調査結果と併せて総合的な解析に供した。また、MBES調査と並行して、堆積物の状況把握のためのnSBP調査を、さらに一部の海山では、海底の微地形把握を目的として、SSS調査を実施した。

地形調査は9海山について行い、ほぼすべての海山で詳細な地形形状の全容が把握された。海山の形状は、9海山の内、平頂海山7、尖頂海山2となっている。

MBESの受信音圧を用いて作成した音響イメージ図は、海山表面のマンガンクラストの露出の平面的な広がり、あるいは分布の状況を広域かつ効率的に把握するのに非常に有効な資料となった。さらにSSS調査では微細な地形を確認することが可能となるなど、より詳細な音圧の分布が得られ、これらのデータはサンプリングの位置や海底観察測線の選定に供した。

FDCによる海底観察結果と写真データから、各海山毎のマンガンクラストの賦存状況が確認された。特にクラストの分布の連続性やそのタイプ、堆積物の堆積状況、さらに微地形とクラストの分布、形状、堆積物の詳細な状況との関連等が把握された。

サンプリング調査は、LC、ADを使用して、各海山で平均15点実施し、全海山において、クラストのついた岩石、表層のクラストまたは底質の有孔虫砂等が採取された。採取された資料についてはマンガンクラストのタイプ、厚さ、比重、品位等が船上で把握され、本海域においては普遍的にマンガンクラスト鉱床が存在することが判明した。FDCによる海底観察では、マンガ

ンクラストの連続性や詳細な分布状況が明らかになった。即ち、マンガングラストは、海山の縁部から斜面にかけて特に発達して分布することが確認された。地形図、音響イメージ図等のデータにおいても同様の結果が得られている。また、ほとんどの海山において、海山によるマンガングラストの顕著な特徴の変化や、マンガングラストの厚さと採取深度及び採取位置との間に明瞭な相関関係は見られない。

化学分析結果では、海山全体で採取されたクラストの平均品位はCo0.73%、Ni0.58%、Cu0.11%、Mn23.08%、Fe13.89%である。厚さは平均21mm、最大105mmを示している。各分析値の変動は、クラストの層準（外殻、内殻の相違）に最も大きく起因し、海山位置、地形、母岩の相違による系統的な変化は認められない。

各海山でのマンガングラストの鉱量について、いくつかの評価基準を設定して概算した結果、標準的な規模（60×60km）の海山で乾鉱量は1,500-2,000万トンとして推定された。さらに、各海山毎の金属量等を合わせた総合的な評価では、MS01、MS02、MS03海山が最も有望とされる。

調査手法については、各種法の長所、短所が明らかにされ、それらの手法を組み合わせることで適用することが重要であることが認識された。今回の調査により、対象海域内の山頂部水深2,000m以浅の海山ではマンガングラスト賦存は期待できることから、今後の調査としては、マンガングラストのより精度の高い面的広がり把握の調査が望ましい。

目 次

グラビア

はしがき

要 旨

1 章 調査要項	1
1-1 調査件名	1
1-2 調査目的	1
1-3 調査海域	1
1-4 調査期間	1
1-5 調査員等	3
1-6 調査機器	3
1-7 調査実績	3
2 章 調査方法	9
2-1 調査対象海山の選定	9
2-2 調査方法	9
2-3 付 番	11
2-4 船位と曳航体位置の決定	12
2-5 音響調査	12
2-6 海底観察及び写真撮影	12
2-7 サンプリング	12
2-8 海水調査(CTD測定)	12
2-9 調査データの処理及び解析	13
3 章 調査結果	15
3-1 地形調査	15
(1) 海山の分類及び地形区分	15
(2) 地形概要	15
(3) 地形調査のまとめ	39
3-2 MBES音響イメージ	39
(1) 各海山の反射音圧分布	39
(2) 反射音圧分布のまとめ	52

3-3	nSBP調査	52
(1)	nSBPタイプ分類	52
(2)	各海山の特徴	54
(3)	nSBP調査のまとめ	68
3-4	SSS調査	68
(1)	海山毎の調査結果	71
(2)	SSS調査のまとめ	75
4章	地質	76
4-1	地質概要	76
4-2	サンプリング結果	77
(1)	岩石	77
(2)	底質物	91
(3)	海山別のまとめ	96
4-3	岩石の記載	98
(1)	岩石薄片顕微鏡観察	98
(2)	X線回折試験	104
4-4	岩石の化学組成	106
4-5	岩石の年代	109
4-6	岩石の同位体組成	109
4-7	岩石及び底質物の化石	112
5章	マンガンクラスト	118
5-1	マンガンクラストの分類及び層区分	118
(1)	マンガンクラストの形態による分類	118
(2)	マンガンクラストの層区分	118
5-2	FDC観察結果	119
5-3	サンプリング結果	130
(1)	アーム型ドレッジ (AD)	130
(2)	重力式大口径コアラ (LC)	136
5-4	化学分析	140
(1)	主要5成分船上化学分析	140
(2)	微量成分化学分析	146

5 - 5	鉍物組成	156
	(1) 研磨片顕微鏡観察	156
	(2) X線回折試験	159
5 - 6	成長速度	159
5 - 7	鉛同位体組成	159
5 - 8	賦存特性	163
6 章	考察及び提言	166
7 章	まとめ	168
	[参考文献]	172
	[付帯資料]	巻末
第 1 表(1), (2)	FDC 調査結果	巻末
第 2 表(1)~(3)	AD サンプリング結果	巻末
第 3 表(1), (2)	LC サンプリング結果	巻末
第 4 表(1)~(7)	マンガクラストの化学分析結果	巻末
第 5 表(1)~(5)	海山別主要 5 成分鉛上化学分析結果総括表	巻末
第 6 表(1)~(3)	分析及び試験試料一覧表	巻末
第 7 表	MBES に使用した水深対音速値	巻末
第 8 表	気象・海象データ	巻末
第 1 図	航跡図 (MS01 海山 ~ MS09 海山)	巻末
第 2 図(1)~(9)	海底地形段彩図 (MS01 海山 ~ MS09 海山)	巻末
第 3 図(1)~(9)	海底地形 3 次元表現図 (MS01 海山 ~ MS09 海山)	巻末
第 4 図(1)~(9)	地形勾配 3 次元表現図 (MS01 海山 ~ MS09 海山)	巻末
第 5 図	FDC ルートマップ及びマンガクラスト露出率図 (MS01 海山 ~ MS09 海山)	巻末
第 6 図	LC コア (底質物) 柱状図	巻末
第 7 図	海底地形鳥瞰図	巻末

[挿入図一覧]

図 1 - 3 - 1	調査海域図	2
図 1 - 6 - 1	主要調査機器の写真	5
図 2 - 1 - 1	調査計画図	10
図 2 - 9 - 1	データ処理及び解析系統図	14
図 3 - 1 - 1	海山の地形区分概念図	16
図 3 - 1 - 2 (1)~(9)	海底地形図 (MS01海山~MS09海山)	19
図 3 - 1 - 3 (1)~(9)	地形勾配図 (MS01海山~MS09海山)	28
図 3 - 2 - 1 (1)~(9)	M B E S 音響イメージ図 (MS01海山~MS09海山)	41
図 3 - 3 - 1	n S B P 記録の分類	53
図 3 - 3 - 3	n S B P 断面図 (MS014海山~MS04海山, MS06海山, MS08海山, MS09海山)	55
図 3 - 3 - 4	等層厚線図 (MS01海山~MS04海山, MS06海山, MS08海山, MS09海山)	56
図 3 - 4 - 1	S S S 解析図 (MS04海山)	72
図 3 - 4 - 2	S S S 解析図 (MS06海山)	73
図 3 - 4 - 3	S S S 解析図 (MS08海山)	74
図 4 - 2 - 1 (1)~(9)	サンプリング位置図 (MS01海山~MS09海山)	78
図 4 - 2 - 2 (1), (2)	岩石の写真 (A D サンプリング)	89
図 4 - 2 - 3	海底と採取物の写真 (L C サンプリング)	94
図 4 - 3 - 1 (1), (2)	岩石薄片の顕微鏡写真	101
図 4 - 4 - 1	A F M 図	108
図 4 - 4 - 2	Mn-TiO ₂ -P ₂ O ₅ 図	108
図 4 - 4 - 3	Zr-Nb-Y 図	108
図 4 - 4 - 4	R E E のコンドライト規格化図	110
図 4 - 6 - 1	208Pb/204Pb-206Pb/204Pbと207Pb/204Pb-206Pb/204Pb図	113
図 4 - 7 - 1 (1), (2)	微化石の顕微鏡写真	115
図 5 - 2 - 1 (1), (2)	F D C 観察の海底写真	121
図 5 - 3 - 1 (1), (2)	マンガンクラストの写真 (A D サンプリング)	133
図 5 - 3 - 2	マンガンクラストの写真 (L C サンプリング)	137
図 5 - 4 - 1	主要 5 成分の三角ダイアグラム	142
図 5 - 4 - 2 (1), (2)	主要 5 成分間の相関図	147
図 5 - 4 - 3 (1), (2)	主要 5 成分と水深の相関図	149
図 5 - 5 - 1	マンガンクラスト研磨片の顕微鏡写真	158

図 5 - 7 - 1	208Pb/204Pb-206Pb/204Pbと207Pb/204Pb-206Pb/204Pb図	162
-------------	--	-----

[挿入表一覧]

表 1 - 6 - 1	調査機器・システム一覧表	4
表 1 - 7 - 1	調査実績一覧表	6
表 1 - 7 - 2 (1), (2)	調査日程表 (レグ 1, 2)	7
表 3 - 1 - 1	海山のタイプ分類	16
表 3 - 1 - 2	海山の地形区分	16
表 3 - 1 - 3	海山別地形区分と斜面勾配	17
表 3 - 1 - 4	各海山の特徴一覧	18
表 4 - 2 - 1 (1), (2)	採取物一覧表	87
表 4 - 2 - 2	LC採取物と海底写真内容	93
表 4 - 3 - 1 (1), (2)	岩石薄片の顕微鏡観察結果	99
表 4 - 3 - 2	岩石のX線回折試験結果	105
表 4 - 4 - 1	岩石の化学分析結果	107
表 4 - 5 - 1	岩石の年代測定結果	111
表 4 - 6 - 1	岩石の鉛同位体測定結果	111
表 4 - 7 - 1	岩石及び底質の化石鑑定結果	114
表 5 - 3 - 1	マンガンクラストサンプリング結果総括表	132
表 5 - 4 - 1 (1), (2)	主要 5 成分及び水深の相関係数	144
表 5 - 4 - 2	微量成分の基本統計量	152
表 5 - 4 - 3	主要 5 成分と微量成分の相関係数	153
表 5 - 4 - 4	因子分析結果	154
表 5 - 5 - 1	マンガンクラストの研磨片顕微鏡観察結果	157
表 5 - 5 - 2	マンガンクラストのX線回折試験結果	160
表 5 - 6 - 1	マンガンクラストの ¹⁰ Be分析結果	161
表 5 - 7 - 1	マンガンクラストの鉛同位体測定結果	161
表 5 - 8 - 1	海山別の鉛床評価結果	164

1章 調査要項

1-1 調査件名

平成8年度資源開発協力基礎調査（海洋資源調査）マーシャル諸島共和国海域。

1-2 調査目的

SOPAC加盟国であるマーシャル諸島共和国海域内において、地形調査及びサンプリング調査等により、海底に分布する鉱物資源の賦存状況を把握すること等を目的とする。

1-3 調査海域

平成7年3月13日付にて日本側調査担当機関と南太平洋応用地球科学委員会との間で締結されたSOPAC加盟諸国の経済水域内における深海底鉱物資源に関する共同調査実施計画に基づき、下記の各点を順次結んで得られる多角形（面積約738,000km²、図1-3-1及び図2-1-1参照）で囲まれた範囲。

但し、マーシャル諸島共和国の排他的経済水域の外部海域及びKwajalein島を中心とする半径200マイル以内の海域を除く。

記

番号	緯度	経度
1	15° 00' N,	159° 00' E
2	15° 00' N,	165° 00' E
3	16° 30' N,	165° 00' E
4	19° 00' N,	170° 00' E
5	15° 00' N,	172° 30' E
6	10° 00' N,	172° 30' E
7	12° 30' N,	165° 00' E
8	12° 30' N,	159° 00' E

1-4 調査期間

洋上調査：平成8年7月1日から平成8年9月7日まで（69日間）

解析等：平成8年4月1日から平成9年3月31日まで

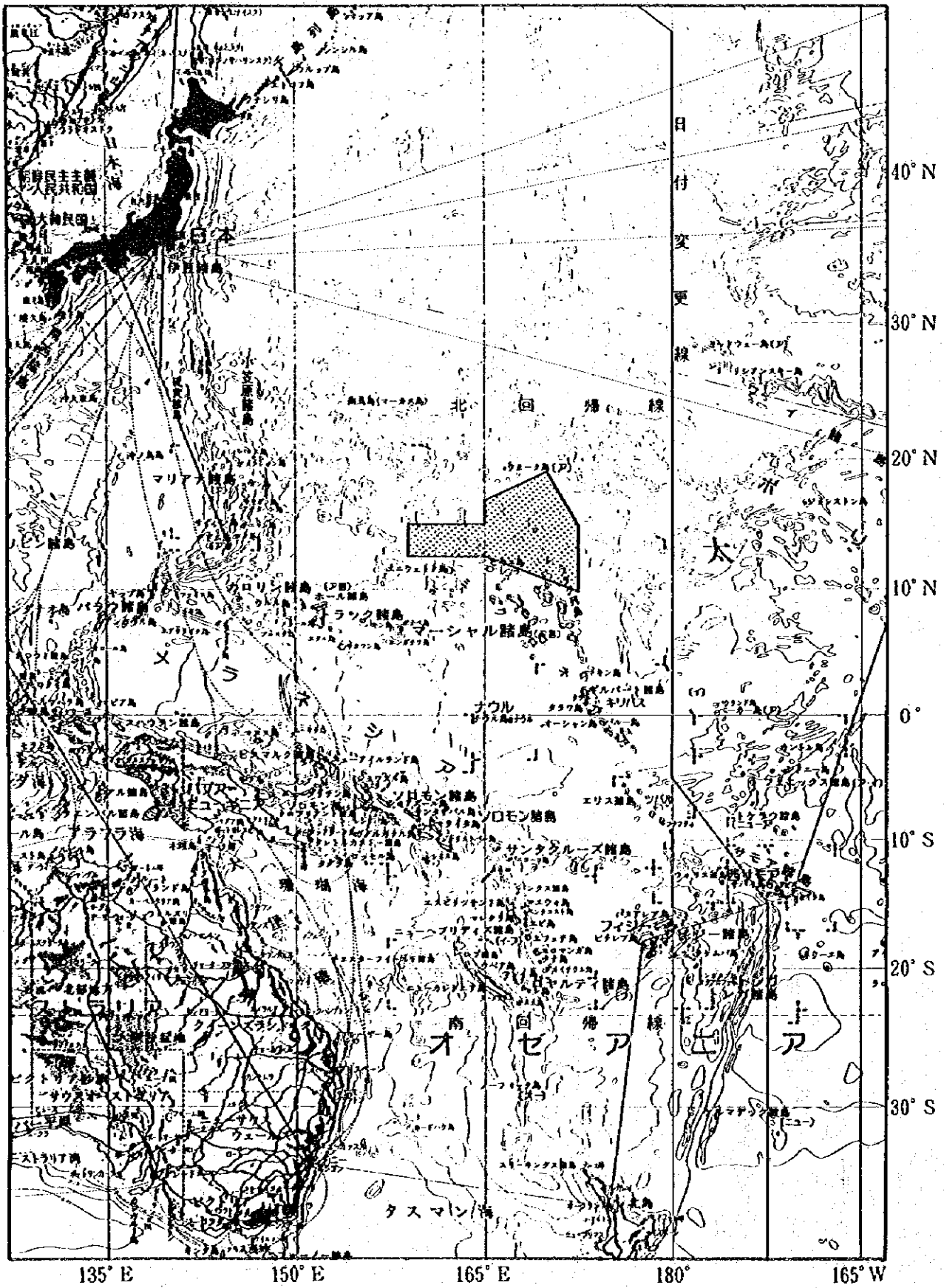


図1-3-1 調査海域図

1-5 調査員等

日本側

現地監督員：	白井	朝	(工業技術院地質調査所)	(7/1 ~ 7/31)
調査員：調査団長	川崎	潔	(深海資源開発株式会社)	(7/1 ~ 9/7)
地質班長	松井	一徳	(")	(")
地質班員	小沼	工	(")	(")
"	河田	健二郎	(")	(")
"	池田	一夫	(")	(")
"	松浦	由孝	(")	(")
"	小田	修	(")	(")
"	浜野	彰夫	(")	(")
"	山崎	伸一郎	(海洋技術開発株式会社)	(")
物探班員	武田	祐啓	(深海資源開発株式会社)	(")
"	瀬尾	隆男	(")	(")
"	柏瀬	憲彦	(")	(")
"	橋本	清二	(")	(")
"	古谷	和義	(")	(")
"	大野	道治	(")	(")
"	宮脇	明弘	(")	(")
"	久坂	真一	(海洋技術開発株式会社)	(7/1 ~ 8/1)
"	鈴木	寿	(")	(8/2 ~ 9/7)
"	鹿摩	敬二	(")	(7/1 ~ 9/7)

相手側

研修生： Mr. Clyde James (Republic of The Marshall Islands) (7/1 ~ 8/1)
 Mr. Andrike Albert (Republic of The Marshall Islands) (8/2 ~ 9/7)

1-6 調査機器

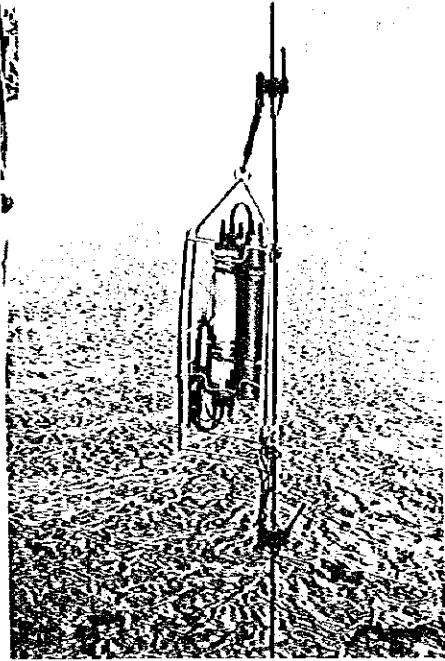
今年度調査に使用した主要機器類を表1-6-1に、写真を図1-6-1に示す。

1-7 調査実績

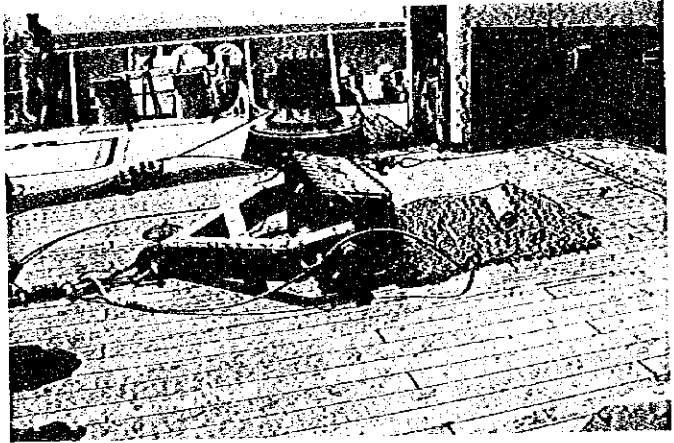
調査作業実績を表1-7-1に、調査日程を表1-7-2(1), (2)にそれぞれ示す。

表1-6-1 調査機器・システム一覧表

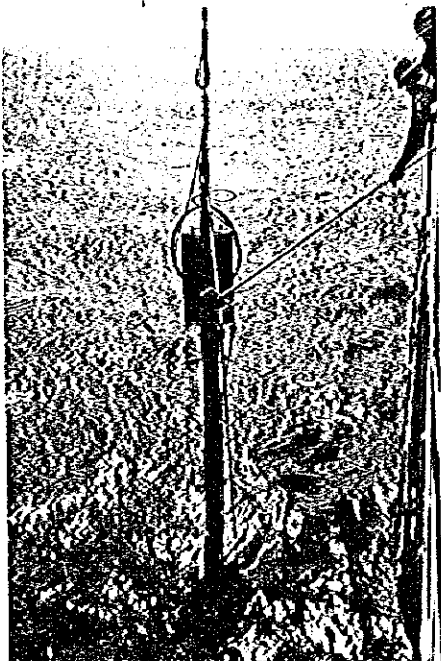
類	探 査 方 法	調 査 機 器 ・ 同 シ ス テ ム	略 号	備 考
位置 観	衛 星 航 法	Global Positioning System	G P S	
	音響 探 査	測 深 及 び 海 底 地 形	Multi-Narrow Beam Echo Sounder Narrow Beam Echo Sounder	M B E S N B S
表層堆積物調査		narrow beam Sub-Bottom Profiler	n S B P	
海 底 面 調 査		Side Scan Sonar	S S S	
音速・水深調査		電 気 伝 導 度 ・ 水 温 ・ 水 深 測 定 装 置	C T D	
	水 温 水 圧 計	T D		
海底地形・ 地質調査	サンプリング	アーム型ドレッジ	A D	
		大口徑コアラ	L C	
観 察	写 真	ファインダーTV付深海カメラ (スチールカメラ、CTD) 大口徑コアラパイロットカメラ	F D C (LCカメラ)	曳航式
分 析	分 析	試料処理器(乾燥器&粉碎器) 蛍光X線分析装置	X R F	
デ ー タ 処 理 観	オンライン機能 データ蓄積機能 オフライン機能 ↓ 航跡図、海底地形図 各種平面図、断面図	データ処理システム センサーCPU ファイルサーバCPU ホストCPU EWS、CPU LAN、PC、ICM	D P S	



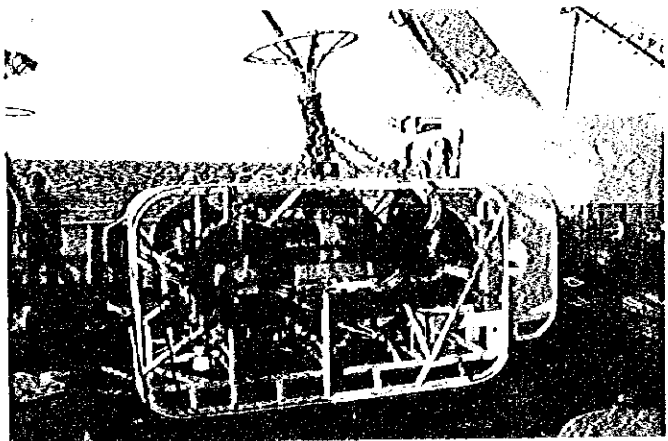
電気伝導度・水温・水深測定装置



アームドレッジ



重力式大口徑コアラ



深海曳航式カメラ

図1-6-1 主要調査機器の写真

表1-7-1 調査実績一覧表

項 目		実 績					
調査日程	グアム出港	7月1日 16:00					
	調査海域到着、調査開始	7月5日					
調査海域終了	調査海域離脱	8月31日					
	調査海域入港	9月1日 13:25					
調査日数	調査日数	9月7日 09:00					
	調査日数	52日間					
サ ン プ ル 採 取	調査海山数	9海山					
	海山No	MS01・MS02・MS03・MS04・MS05・MS06・MS07・MS08・MS09					
	採 試 点 数	海山No	A D	L C	採試点数	使用サンプラー A D : アーランド L C : 太郎	
		MS01	7	7	14		
		MS02	12	6	18		
		MS03	6	6	12		
		MS04	11	4	15		
		MS05	9	4	13		
		MS06	9	4	13		
		MS07	3	-	3		
MS08		14	4	18			
MS09		7	6	13			
合計	78	41	119				
採取サンプル重量 (Kg)	海山No	クラスト	硬質クラスト	ノジュール	岩 石	有孔虫砂	
	MS01	62.74	241.10	2.34	15.49	52.24	
	MS02	67.11	22.75	0.82	28.98	12.43	
	MS03	31.98	1.10	0.02	2.20	70.21	
	MS04	244.49	477.70	41.91	203.57	45.58	
	MS05	28.97	332.72	90.57	120.47	29.41	
	MS06	63.73	66.71	147.00	0.50	18.09	
	MS07	3.27	2.93	58.10	2.18	1.84	
	MS08	547.09	234.20	91.59	20.17	9.92	
	MS09	33.38	88.45	92.77	64.95	11.74	
合計	1,082.76	1,467.66	525.12	458.51	251.46		
F D C 写 撮	測 線 数	海山No	測 線 数	写 真 数	ビデオテープ	測 線 長	
	測 線 長 (有効測線長)	MS01	1	310	3	5.3	
	有効写真枚数	MS02	1	175	2	3.4	
		MS03	1	340	3	5.3	
		MS04	2	756	7	14.2	
		MS05	2	55	4	8.1	
		MS06	2	593	6	11.9	
		MS07	-	-	-	-	
		MS08	2	689	6	12.8	
		MS09	1	435	4	5.5	
合計	12 測線	3,353 枚	35 巻	66.5nm			
分 析	処 理 件 数 (5成分: Co, Ni, Cu, Mn, Fe)	311 件 × 5 成分 = 1555 成分 海山別件数 MS01:41, MS02:46, MS03:18, MS04:43 MS05:30, MS06:31, MS07:17, MS08:52, MS09:33					
音 響 探 査	NBS 30.0 kHz SBP 3.5 kHz MBES 15.5 kHz SSS 59.0 kHz	5133.8nm 5133.8nm 5133.8nm 27.2nm 計3測線 (MS04:10.0, MS06:5.4, MS08:11.8)					

表1-7-2(1) 調査日程表(レグ1)

調査日数	実調査日数	月/日	調査内容	備考
1		07/01	グアム出港	16:00
2		07/02	調査準備	グアム-海域間 1,020nm
3		07/03	調査準備	
4		07/04	調査準備	
5	01	07/05	[MS01] CTD (LC) 調査1点	調査海域到着
6	02	07/06	地形航走	夜間は地形航走
7	03	07/07	サンプリング LC 5点	
8	04	07/08	サンプリング AD 4点	
9	05	07/09	サンプリング AD 3点、LC 1点	
10	06	07/10	FDC調査 1測線 5.3マイル、移動	
11	07	07/11	[MS02海山] サンプリング LC 2点	
12	08	07/12	FDC調査 1測線 3.4マイル、サンプリング LC 2点	
13	09	07/13	サンプリング LC 2点、AD 2点	
14	10	07/14	サンプリング AD 4点	
15	11	07/15	サンプリング AD 3点	
16	12	07/16	サンプリング AD 3点、移動	
17	13	07/17	[MS03海山] サンプリング LC 2点	
18	14	07/18	サンプリング LC 4点	
19	15	07/19	FDC調査 1測線 5.3マイル	
20	16	07/20	サンプリング AD 3点	
21	17	07/21	サンプリング AD 3点、移動	
22	18	07/22	[MS04海山] サンプリング LC 2点	
23	19	07/23	SSS調査 1測線 10.0マイル、サンプリング LC 1点	
24	20	07/24	サンプリング AD 4点	
25	21	07/25	サンプリング AD 2点、LC 1点	
26	22	07/26	FDC調査 1測線 7.9マイル	
27	23	07/27	FDC調査 1測線 6.3マイル、サンプリング AD 1点	
28	24	07/28	サンプリング AD 4点、移動	レグ1調査終了
29		07/29	移動	
30		07/30	移動	
31		07/31	マジュロ入港	09:00
32		08/01	データ・資料整理	

※時間はいずれも現地時間を使用。

表1-7-2 (2) 調査日程表 (レグ2)

調査 日数	実測 日数	月/日	調 査 内 容	備 考
33		08/02	データ・資料整理	
34		08/03	マジュロ出港	16:00
35	25	08/04	[MS05海山] CTD (LC) 調査1点	海域到着、レグ2 調査開始
36	26	08/05	サンプリング LC 3点	
37	27	08/06	FDC調査 2 測線 8.1マイル	
38	28	08/07	サンプリング AD 4点	
39	29	08/08	サンプリング AD 3点	
40	30	08/09	サンプリング AD 2点、 移動	
41	31	08/10	[MS06海山] サンプリング AD 3点	
42	32	08/11	サンプリング LC 4点	
43	33	08/12	FDC調査 1 測線 6.9マイル	
44	34	08/13	サンプリング AD 3点	夜間 MS07海山の地形航 走を並行して実施
45	35	08/14	SSS調査 1 測線 5.4マイル	
46	36	08/15	サンプリング AD 3点	"
47	37	08/16	FDC調査 1 測線 5.0マイル、サンプリング AD 1点	"
48	38	08/17	[MS07海山] サンプリング AD 3点、 移動	
49	39	08/18	[MS08海山] 地形航走	
50	40	08/19	サンプリング LC 3点	
51	41	08/20	サンプリング AD 4点	
52	42	08/21	サンプリング AD 3点	
53	43	08/22	SSS調査 1 測線 11.8マイル、サンプリング LC 1点	
54	44	08/23	サンプリング AD 4点	
55	45	08/24	サンプリング AD 3点	
56	46	08/25	FDC調査 1 測線 8.6マイル	
57	47	08/26	FDC調査 1 測線 4.2マイル、 移動	
58	48	08/27	[MS09海山] CTD (LC) 調査1点	
59	49	08/28	サンプリング LC 5点	
60	50	08/29	FDC調査 1 測線 5.5マイル	
61	51	08/30	サンプリング AD 4点	
62	52	08/31	サンプリング AD 3点	レグ2 調査終了
63 ↓ 69		09/01 ↓ 09/07	移動、データ・資料整理 " " ホノルル入港	海域離脱 移動距離 2,014nm 09:00

2章 調査方法

今年度はSOPAC第3期5ヶ年計画の2年目に当たり、マーシャル諸島共和国経済水域内で地形調査及びサンプリング調査等により、海底に分布する鉱物資源の賦存状況に関連する調査を実施した。(図2-1-1参照)

調査は対象海域において、調査日程をマジュロへの寄港期間をはさんで、前半と後半に分けて実施した。前半及び後半の調査期間をそれぞれレグ1、レグ2と呼ぶ。対象とする鉱床はコバルト・リッチ・マンガンクラスト鉱床である。

2-1 調査対象海山の選定

海山の選定にあたっては、まず海図やSOPAC作成の“Bathymetric Map of Marshall Islands-EEZ, 1995”等を参考に山頂部の水深(マンガンクラストがもっともよく発達しているとされる1,000~2,000mを対象)、山体の形状・規模等を考慮し、十数海山を候補としてあげた。これらのなかから、海山の位置関係と航程、寄港地(グアム-調査海域-マジュロ-調査海域-ホノルル)を勘案し、調査が効率的に行えるよう配慮し、選定を行った。レグ1ではほぼ東経166°線の西側に位置し、同緯度を東西に並んで配列している4海山を対象とした。レグ2では調査海域の東部に位置する海山のうち、やや規模の大きいもの、山頂水深の深いものを含む、より変化に富んだ5海山を選定した。これらは東経171°、北緯11°付近から北西方向に海域の北縁部にかけて分布する。

なお調査対象として選定された9海山には、調査を行った順にMS01~MS09と付番している。

2-2 調査方法

調査は主として選定された海山において、各海山ごとに詳細な地形形状把握のための地形航走、鉱床の賦存状況確認のため大口径コアラー(LC)またはアーム型ドレッジ(AD)を用いたサンプリング、さらに鉱床の連続性及び海底面の状況把握のためのFDCによる海底観察よりなる。また、堆積物の状況と海底面下浅部の構造把握のため地形航走と並行してnSBP調査を、さらに一部の海山では海底の微地形と海底堆積物の状況の詳細を知る目的でSSS調査を行った。

また、各海山毎の調査日数はその規模、山頂部の水深を考慮しさらに調査の結果に応じて、できるだけその精度が同等になるよう5~9日をあてた。

主な調査作業項目の詳細、作業量は以下の通りである。

① 地形調査

航走はGPSとMBESを用い船速10ノット程度で行った。測線の間隔は原則として2マ

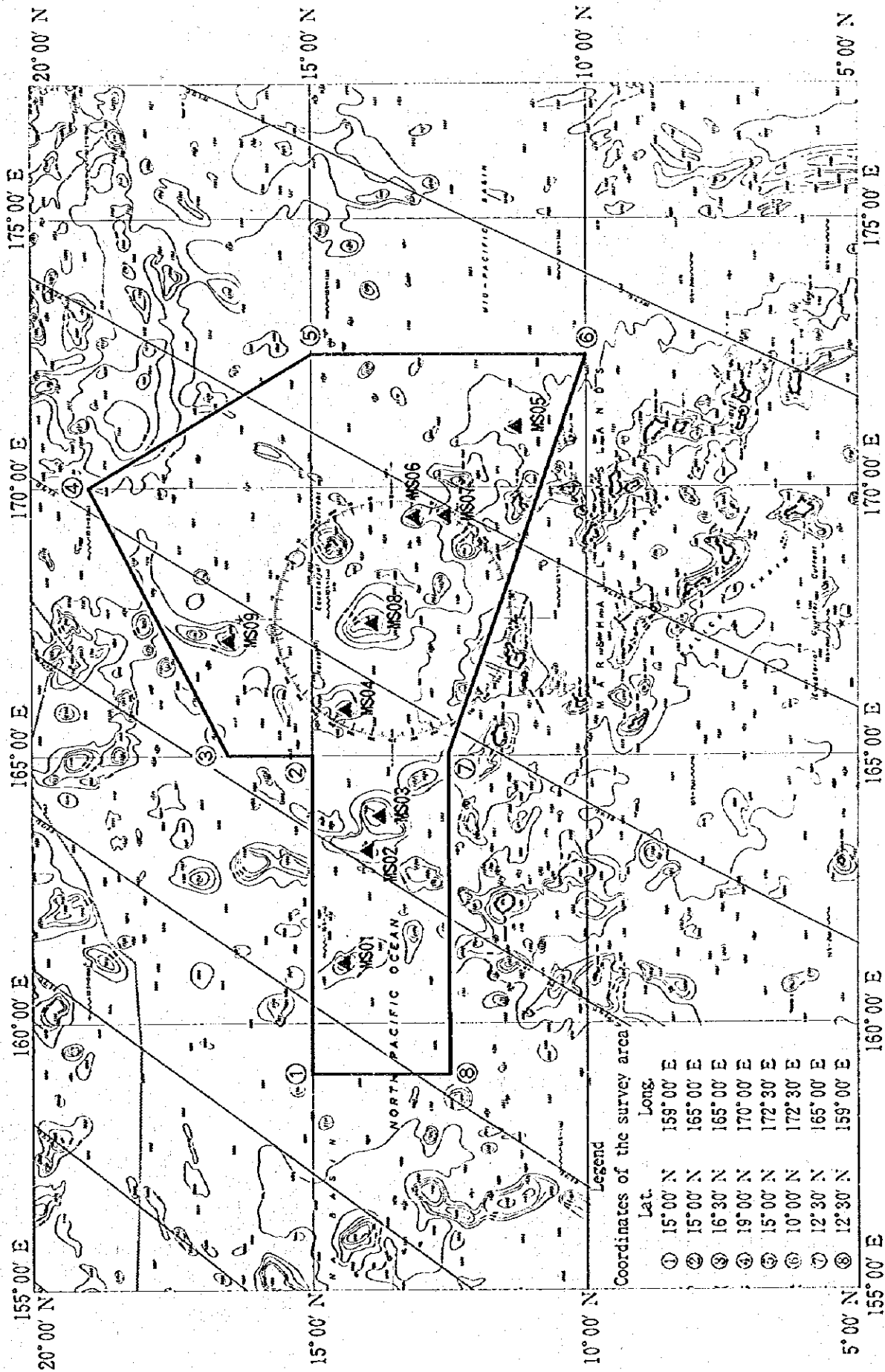


図2-1-1 調査計画図

イルとしたが、海山の平頂部を中心とする水深の浅い海域では1マイル間隔の橋間測線を設定した。地形航走の総測線長は5133.8マイルである。

② サンプリング

LCとADを用いた。LCは堆積物の採取、マンガクラストの厚さの確認や堆積層下のクラストの存在の有無を調べることを、ADはある範囲でのマンガクラストの存在と岩石の採取を主な目的とする。各海山毎にLCは海山の平頂部を中心に4～7点、ADは斜面部を中心（一部平頂部）に実施した。サンプリングの総数はLC41点、AD79点である。

③ FDC調査

海底観察は各海山で1～2測線を設定し、全海山で計12測線、66.5マイルで行った。測線は主に海山の平頂部から斜面にかけて設定した。

④ SSS調査

地形調査結果及びMBES音圧図、nSBPの結果をもとに測線を設定し、これらのデータとの対比及び露岩地帯の詳細を把握する事を目的とした。またより詳細な検討を行うため、一部でFDCでの海底観察の測線を重ねている。総測線長は3海山で計3測線49.7マイル。

2-3 付番

以下の要領で付番する。

〔サンプリング点〕年号-S-海山No.-使用機種-No.

例：96SNS01LC01（LC使用の場合）

96SNS01AD01（AD使用の場合）

ただし、SはSOPACを意味し、No.は01から通し番号とする。

〔SSS測線〕年号-S-SSS-No.

例：96SSSS01

ただし、SはSOPAC、No.は01から通し番号とする。

〔FDC測線〕年号-S-FDC-No.

例：96SFDC01

ただし、SはSOPAC、No.は01から通し番号とする。

〔音響探査測線〕No.-分割-A～I

例：16-0-A

ただし、No.は主測線の測線番号を表し北側から2.0マイル間隔で通し番号、分割は測線を分割した場合の分割番号（0から通し番号）を意味する。また最終項でA～Iは海山番号01～09に相当する。

2-4 船位と曳航体位置の決定

船位の測定にはGPSを使用し、FDC曳航体の位置は曳航体に搭載したCTDセンサーで測深した水深とケーブル長からピタゴラスの公式を用いて算出した。

なお測地座標系はWGS84、船内時は180°W地方時(UTC+12時間)を用いた。

2-5 音響調査

海底地形調査は、海山の平頂部、最浅部の形状を把握できるよう計画し、原則として2.0マイル間隔の測線を設定した。水深が浅い部分(約2,000m以浅)では主測線の中間に補間測線を設定した。また水深の極端に浅い海域では調査対象から除外する予定であったが、本調査では該当する海域はなかった。船速は10ノット程度でMBESは約5~10秒毎に、NBSは8秒毎に測深を実施した。

nSBPは地形調査と並行して全海山についてデータを取得した。またSSS調査は3海山を対象に各1測線設定して行った。曳航速度は2~3ノット、曳航高度は海底面上約100m、データ取得範囲は両サイド合わせて約1kmである。

2-6 海底観察及び写真撮影

スチルカメラ、TVカメラ、CTDなどを搭載したFDCを用いて海底観察を行った。測線は主として海山縁辺部や下り斜面(尾根、谷部)に沿って設定した。船速約1ノット程度で曳航しながら、カラーTVカメラを用いてリアルタイムで海底観察し、特徴のある個所をカラー写真撮影した。また得られた海底面映像はビデオテープに収録した。1測線の測線長は0.7~6.3マイル、曳航方向は風向、潮流の方向を考慮して定めた。

2-7 サンプリング

サンプリングはLCとADを用いて行った。サンプリングの位置選定にあたっては、主に地形図、MBES音圧図、nSBPの結果をもとにした。また、サンプリング位置は海山全体の状況を把握するため比較的均等に分布させ、また水深、斜面の方向等も配慮した。

2-8 海水調査(CTD測定)

水深対音速値が必要とされるMBESのため鉛直CTD調査を3測点で実施した。これはLCでのサンプリング時に同時に行った。対象海域内を大まかに3つの緯度帯に分け、それぞれの緯度帯において1ヶ所でデータを取得、それをその緯度帯での水深対音速の代表値とした。

さらにFDCに取り付けたCTDから水深を算出し曳航体位置計算に供した。

2-9 調査データの処理及び解析

DPS及びパソコンを使用し、データ処理及び解析系統図（図2-9-1）に示す如く処理・解析を行なった。基礎的なデータは船上で処理及び解析を行い、クルーズレポートを作成した。

その後、陸上での各種試験研究解析を行い、両者を取りまとめて本報告書を作成した。サンプリングで得られたマンガン酸化物等については品位分析、X線回折等を行い、その鉱物組成を判定した。

岩石試料は、化学分析や顕微鏡観察を行いその鉱物組成、組織を判定した。

堆積物については化学分析、X線回折、粒度分布測定、微化石鑑定を実施した。

3章 調査結果

3-1 地形調査

(1) 海山の分類及び地形区分

調査の対象となった9海山はMS01~09と名付けた。各海山のタイプは、表3-1-1に示す形状の特徴を考慮して分類した。各海山の地形は、記載の便宜上、表3-1-2及び図3-1-1に示すような地形の特徴を考慮して山頂部と斜面部に水深別に細分した。

ただし、山頂部は平頂海山の場合は平頂部に、尖頂海山の場合は最浅部とその近傍の勾配の緩やかな部分に対応する。また、斜面区分は海山毎に水深分布が異なるため、地形勾配分布をもとに海山別に行った。その結果を表3-1-3に示す。また、表3-1-4に各海山の特徴をまとめた。

(2) 地形概要

各海山の海底地形図を図3-1-2(1)~(9)に、地形勾配図を図3-1-3(1)~(9)に示す。また、海山航跡図を付帯第1図(1)~(9)に、海底地形段彩図を付帯第2図(1)~(9)に、海底地形の3次元表現図を付帯第3図(1)~(9)に、地形勾配3次元表現図を付帯第4図(1)~(9)に示す。

1) MS01

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443km²である。山頂部平均傾斜は4.9°で、山頂中心部は平坦で、山頂部南西側はテラス状の構造をなす。山頂南部と北西部には、1.5km×1.5km以下の凹地がいくつか存在する。

斜面上部の平均傾斜は26°と本調査対象海山中で最も急峻である。斜面中部の傾斜は22°、斜面下部10°である。放射状に広がる5つの特徴的な大きな尾根を持つ。

2) MS02

最浅部1,330m、比高約4,200m、山体規模は東西約55km、南北約50kmの平頂海山である。山頂部は、NE-SWの方向性を示し、その斜面積は406km²である。大局的には163°05'E経線を境に山頂部が西側で低い2段構造になっている。山頂部西側には直径2km前後の地形の高まりが複数存在する。山頂部東側は、本海山の最浅部を含み、ピークを中心にドーム状を呈している。山頂部平均傾斜の6.9°は、本調査における平頂海山の中でも最大値を示す。これは、平坦ではなくやや複雑な山頂部地形を反映したものである。

表3-1-1 海山のタイプ分類

海山タイプ	形状の特徴
平頂海山	比較的なだらかで平坦な山頂中央部を有する
尖頂海山	山頂に広い平坦な地形のない尖塔状を呈する

表3-1-2 海山の地形区分

地形区分		地形特徴
山頂	中央部	山頂中央の平坦または傾斜が緩やかな部分
	縁辺部	山頂中央部と斜面上部間の傾斜漸移帯
斜面	上部	斜面上部の傾斜が急峻な部分
	中部	斜面上部と斜面下部の間に位置し、傾斜が中程度の部分
	下部	斜面中部下方の傾斜が緩やかな部分
海山裾野		斜面下部から大洋底に移行する部分

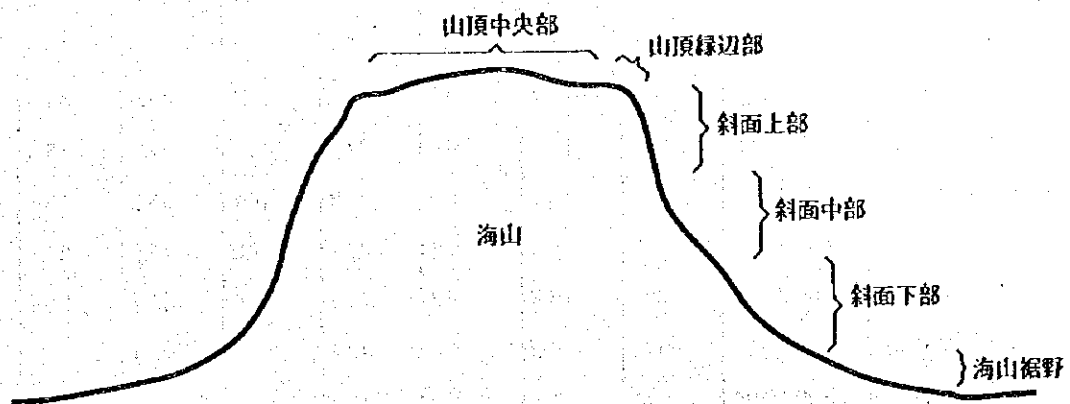


図3-1-1 海山の地形区分概念図

表3-1-3 海山別地形区分と斜面勾配

海山名		水深範囲(m)	斜面積 (km ²)	平均傾 斜角(°)	最小傾 斜角(°)	最大傾 斜角(°)	0°-10° (%)	10°-20° (%)	20°-30° (%)	30° (%)
MS01	山頂部	1,000-1,600	443	4.9	0.0	40.8	84.7	10.2	4.7	0.4
	斜面上部	1,600-2,000	95	25.6	1.6	51.6	3.3	18.6	49.2	28.9
	斜面中部	2,000-2,600	200	21.9	1.8	48.2	2.7	33.7	57.1	6.5
	斜面下部	2,600-5,000	2,439	10.1	0.0	40.2	55.6	32.8	11.1	0.5
MS02	山頂部	1,300-2,100	406	6.9	0.0	45.6	78.4	14.1	5.9	1.5
	斜面上部	2,100-2,600	154	20.1	1.3	42.5	12.9	32.8	44.5	9.9
	斜面中部	2,600-3,400	330	18.8	0.3	40.8	5.1	54.2	37.1	3.5
	斜面下部	3,400-5,500	2,038	8.6	0.0	39.2	64.4	29.2	6.3	0.2
MS03	山頂部	1,700-2,400	2,247	2.8	0.0	46.1	95.2	2.9	1.6	0.2
	斜面上部	2,400-2,900	777	9.9	0.0	55.4	63.8	17.2	13.6	5.3
	斜面中部	2,900-3,500	1,180	9.4	0.1	46.1	67.7	21.7	9.3	1.3
MS04	山頂部	900-1,200	252	2.8	0.0	28.4	92.9	4.8	2.3	0.0
	斜面上部	1,200-1,700	151	16.5	0.2	34.1	19.8	48.0	30.9	1.3
	斜面中部	1,700-2,600	471	14.1	0.2	35.3	35.4	41.2	21.3	2.1
	斜面下部	2,600-4,500	2,261	9.0	0.0	41.6	63.6	26.3	9.5	0.6
MS05	山頂部	900-1,000	1.3	8.2	1.1	19.8	71.0	29.0	0.0	0.0
	斜面上部	1,000-1,500	22	20.6	2.0	37.1	6.5	40.5	46.2	6.7
	斜面中部	1,500-2,500	103	20.9	1.7	45.8	4.0	43.0	44.6	8.4
	斜面下部	2,500-4,800	1,796	9.6	0.0	40.0	63.3	25.1	11.1	0.6
MS06	山頂部	1,500-1,900	149	4.7	0.1	40.2	88.9	7.0	3.3	0.8
	斜面上部	1,900-2,500	85	25.1	4.0	46.1	1.4	20.0	56.0	22.6
	斜面中部	2,500-3,300	218	18.7	0.2	43.2	10.4	45.6	41.6	2.4
	斜面下部	3,300-5,200	1,547	11.2	0.0	37.9	48.9	37.1	13.6	0.5
MS07	山頂部	1,700-1,800	0.54	12.7	5.0	21.8	46.2	38.5	15.4	0.0
	斜面上部	1,800-2,200	23	16.4	2.2	38.4	22.8	46.0	27.7	3.6
	斜面中部	2,200-3,200	324	15.8	0.3	40.5	27.0	40.2	30.9	1.9
	斜面下部	3,200-4,900	2,021	9.2	0.0	42.7	64.5	25.4	9.7	0.5
MS08	山頂部	1,300-1,600	1,074	1.5	0.0	40.8	98.5	1.2	0.3	0.0
	斜面上部	1,600-2,400	1,447	7.3	0.0	50.0	77.4	16.5	5.2	0.9
	斜面中部	2,400-3,400	3,245	7.9	0.0	39.3	72.4	24.8	2.7	0.1
MS09	山頂部	1,100-1,300	145	2.8	0.0	30.1	95.8	3.6	0.6	0.0
	斜面上部	1,300-1,700	67	20.5	0.6	36.4	19.6	18.8	46.0	15.5
	斜面中部	1,700-2,700	341	16.7	0.2	38.1	13.3	56.9	28.7	1.1
	斜面下部	2,700-5,000	3,627	6.8	0.0	34.3	82.3	13.7	3.9	0.1

表3-1-4 各海山の特徵一覧

海山名	位置	タイプ	最浅部水深(m)	基底水深(m)(斜面下部下面)	比高(m)	山体規模(東西km×南北km)	山頂部の特徵	山頂斜面積(km ²)	斜面斜面積(km ²)
MS01	14° 23' N・161° 02' E	平頂海山	1,040	5,000	4,000	70×60	WNW-ESEの方向性を示す三角形状	443	2,733
MS02	14° 05' N・163° 11' E	平頂海山	1,330	5,500	4,200	60×50	NE-SWの方向性有	356	2,573
MS03	14° 00' N・164° 02' E	平頂海山	1,740	80以上×70以上	NE-SWの方向性有	2,247	1,957(*1)
MS04	14° 21' N・165° 50' E	平頂海山	980	4,500	3,500	60×60	長軸方向がN-Sの方向性を示す楕円状	252	2,884
MS05	11° 20' N・171° 05' E	尖頂海山	950	4,800	3,800	50×50	N-Sの方向性有	1.3	1,921
MS06	13° 05' N・169° 26' E	平頂海山	1,580	5,200	3,600	40×50	長軸方向がNE-SWの方向性を示す楕円状	149	1,850
MS07	12° 39' N・169° 29' E	尖頂海山	1,750	4,900	3,100	50×50	NE-SWの方向性有	0.52	2,368
MS08	13° 53' N・167° 31' E	平頂海山	1,350	5,000	3,600	130×100以上	2つのピークを持ち南側がNW-SE方向・北側がNNW-SSE方向の方向性を示す楕円状	1,074	4,692(*1)
MS09	16° 30' N・167° 10' E	平頂海山	1,140	5,000	3,900	70×70	NE-SWの方向性を示す菱形	145	4,035

注) (*1): 斜面下部については未航走部分が多いため・斜面上部と中部の合計を示す。

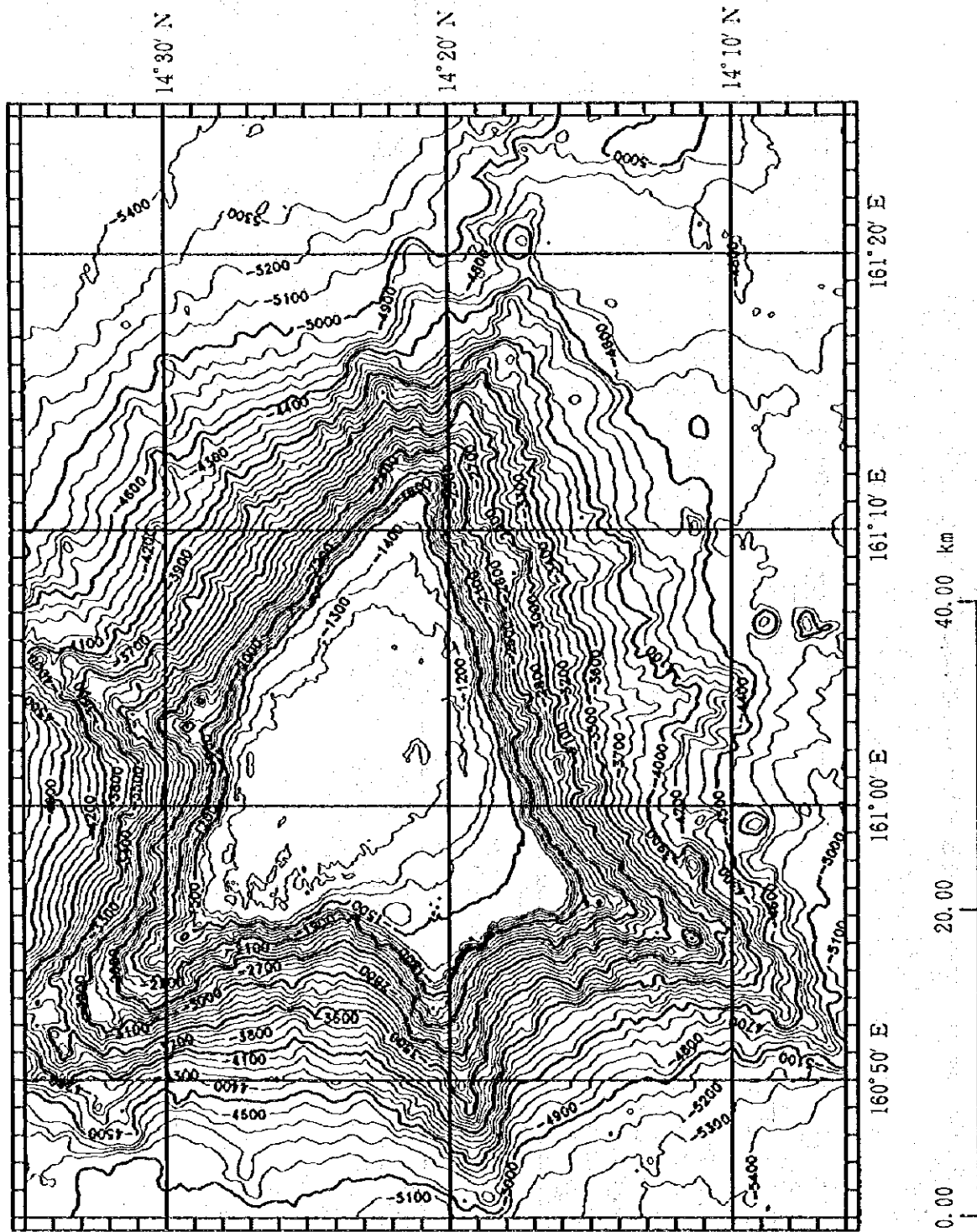


图 3-1-2 (1) MS01 海山海底地形图

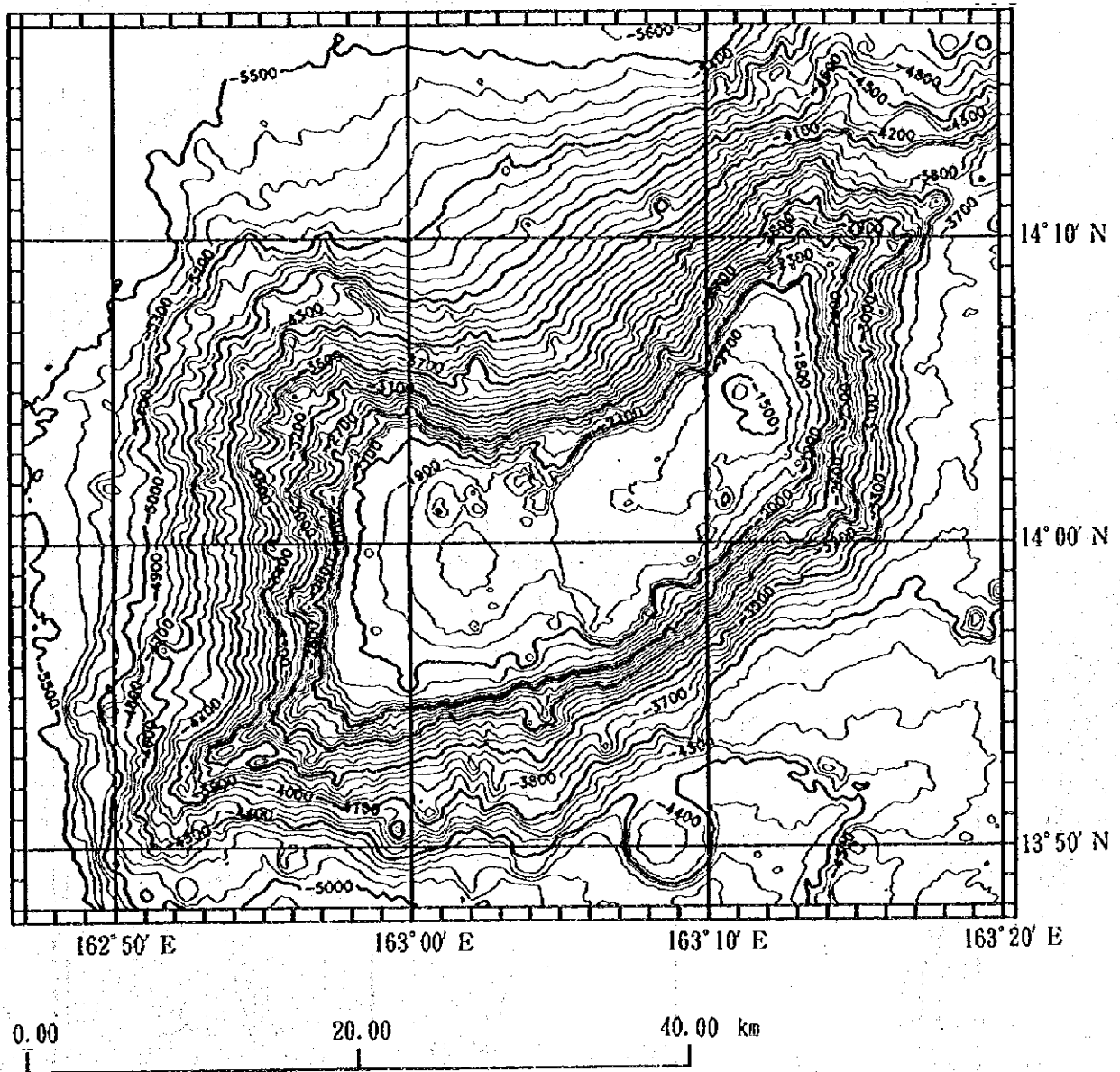


图3-1-2 (2) MS02海山海底地形图

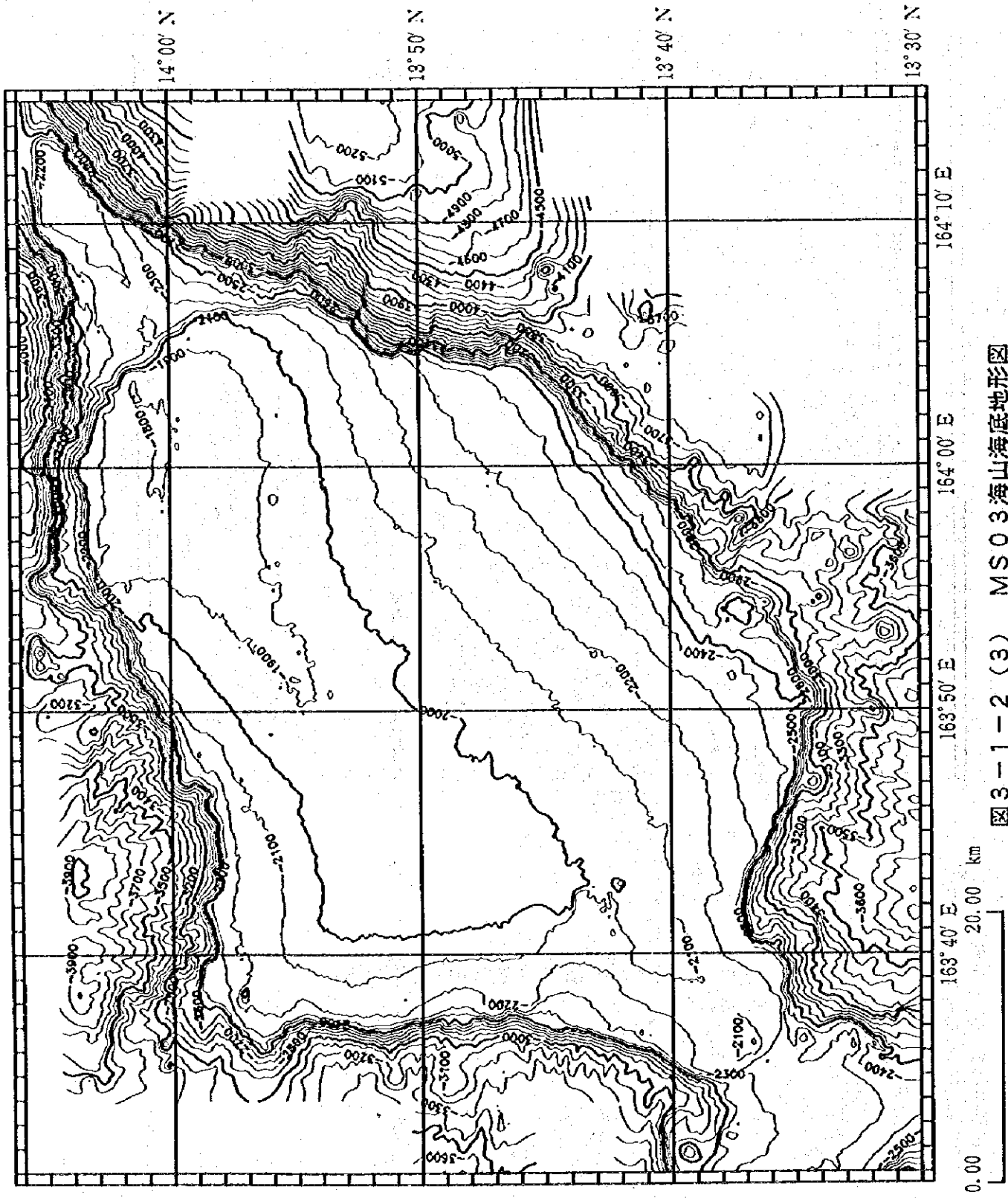


图 3-1-2 (3) MSO3 海山海底地形图

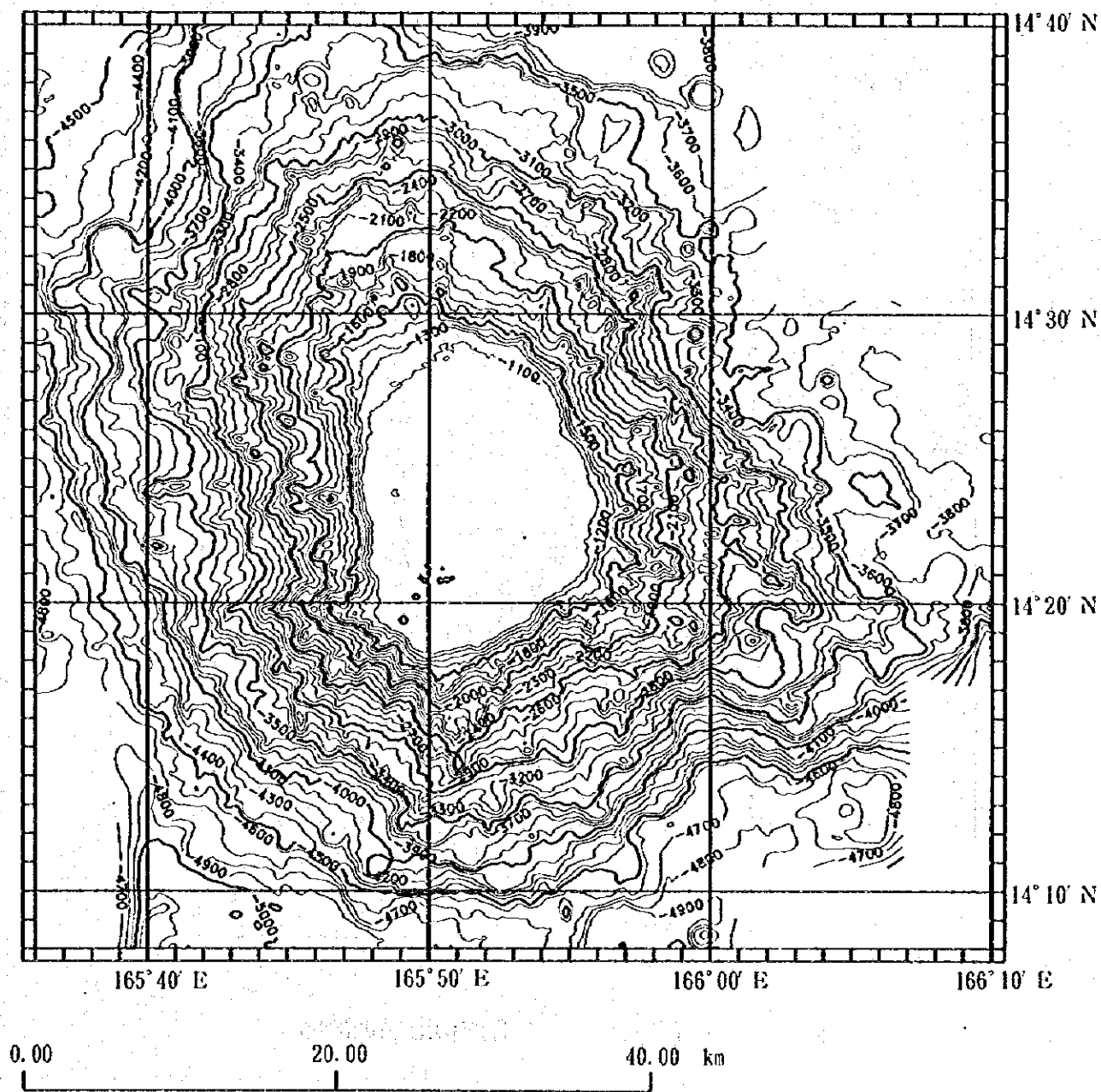


图3-1-2 (4) MS04海山海底地形图

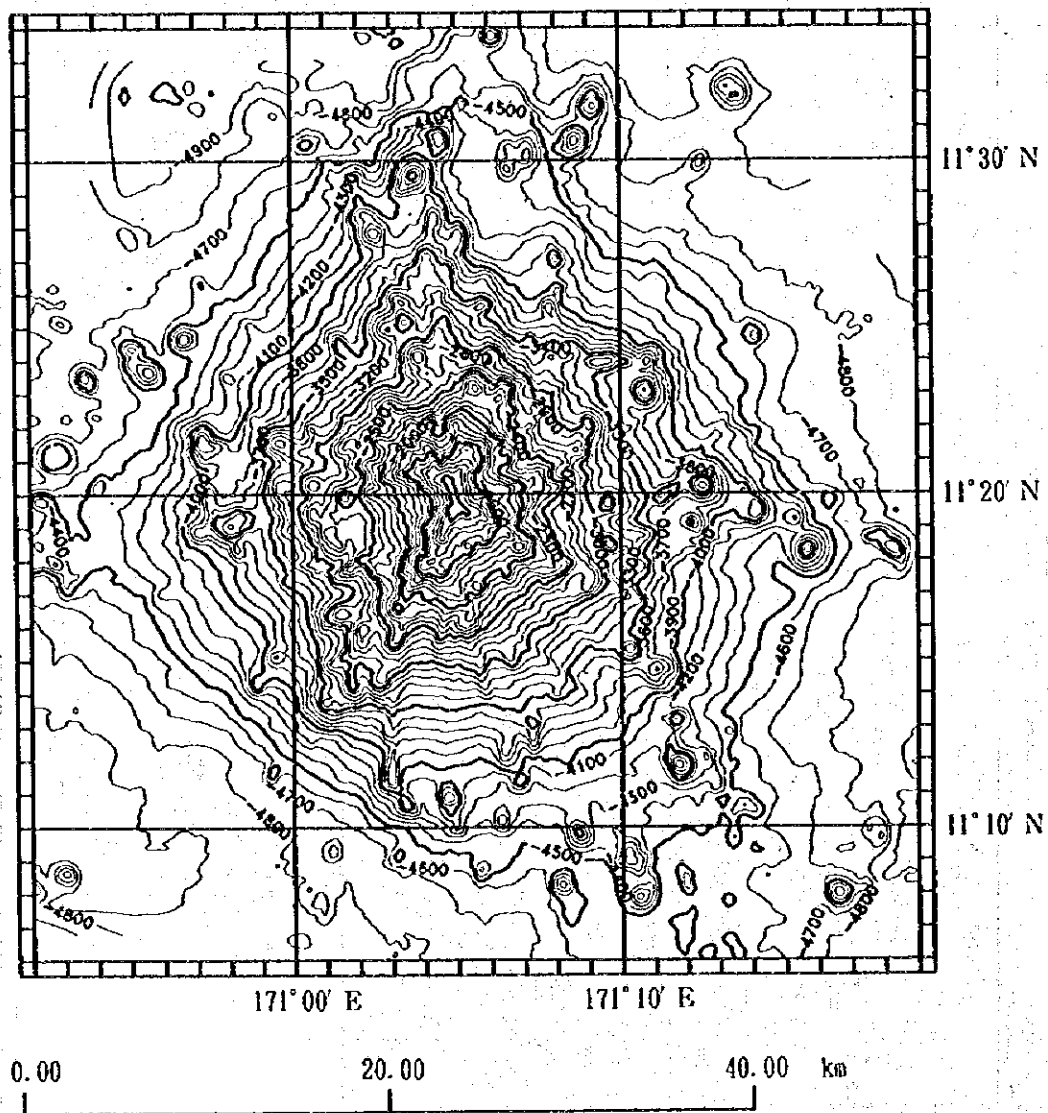


图3-1-2 (5) MS05海山海底地形图

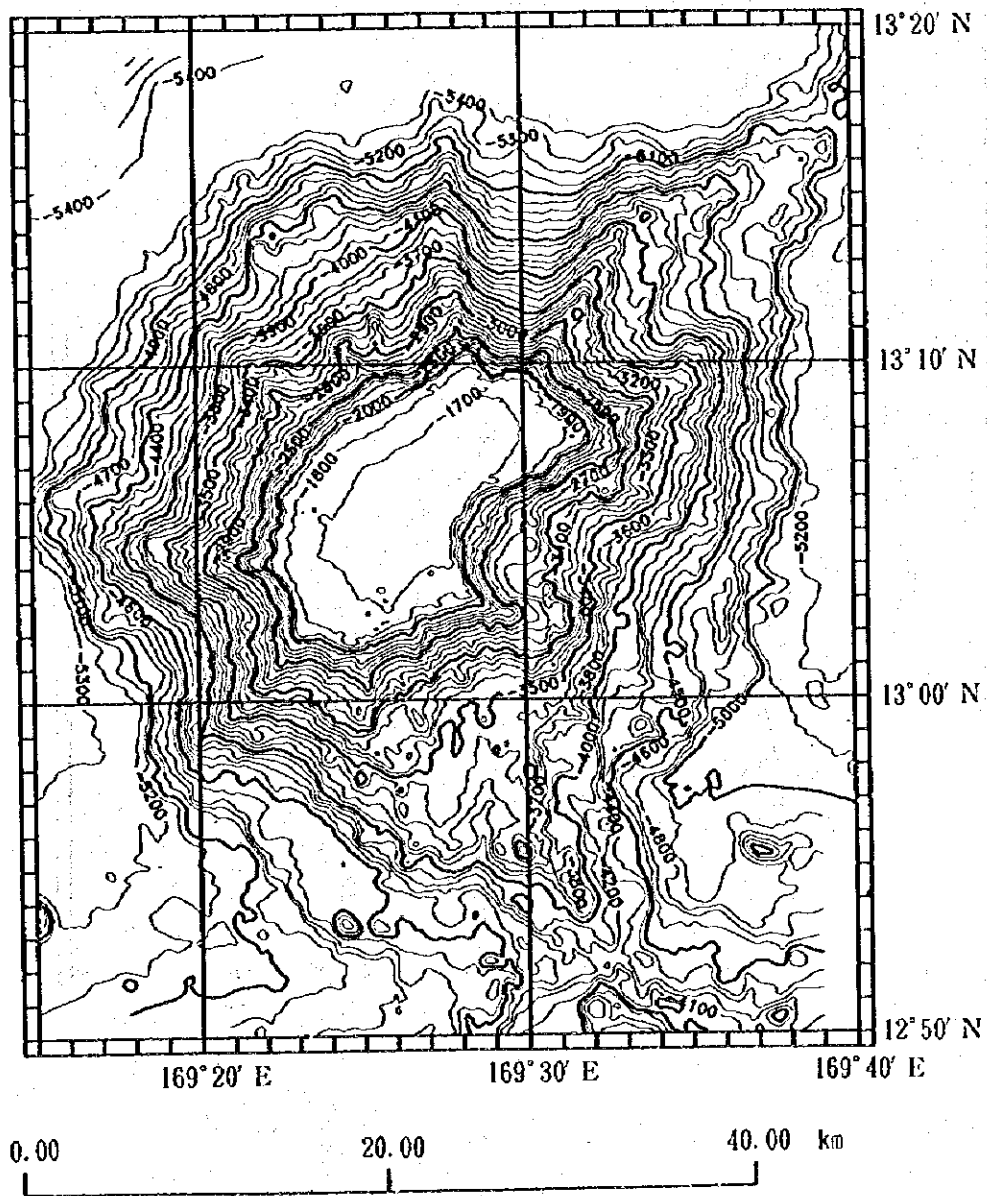


图 3-1-2 (6) MS06 海山海底地形图

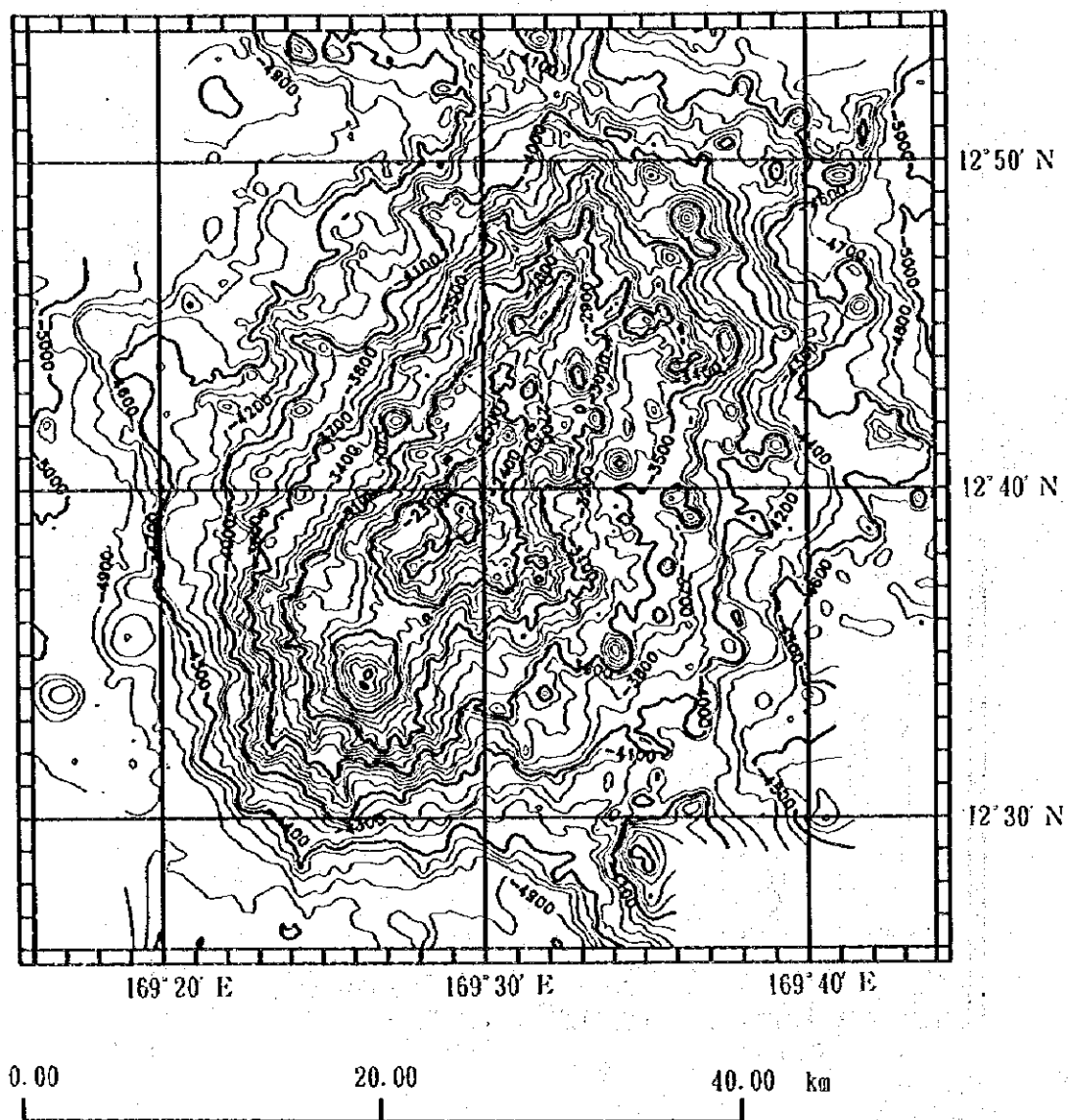


图 3-1-2 (7) MS07 海山海底地形图

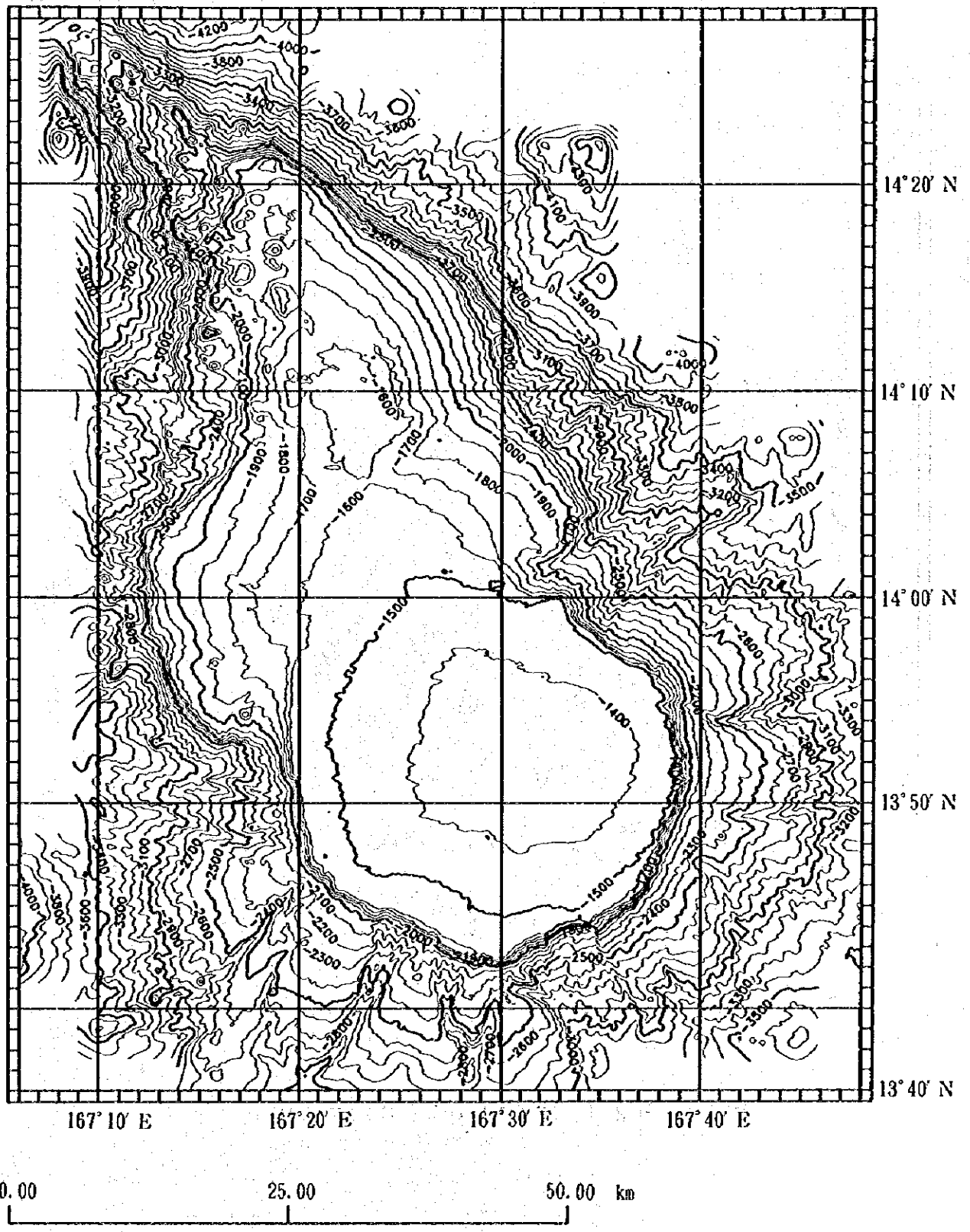


图3-1-2(8) MS08海山海底地形图

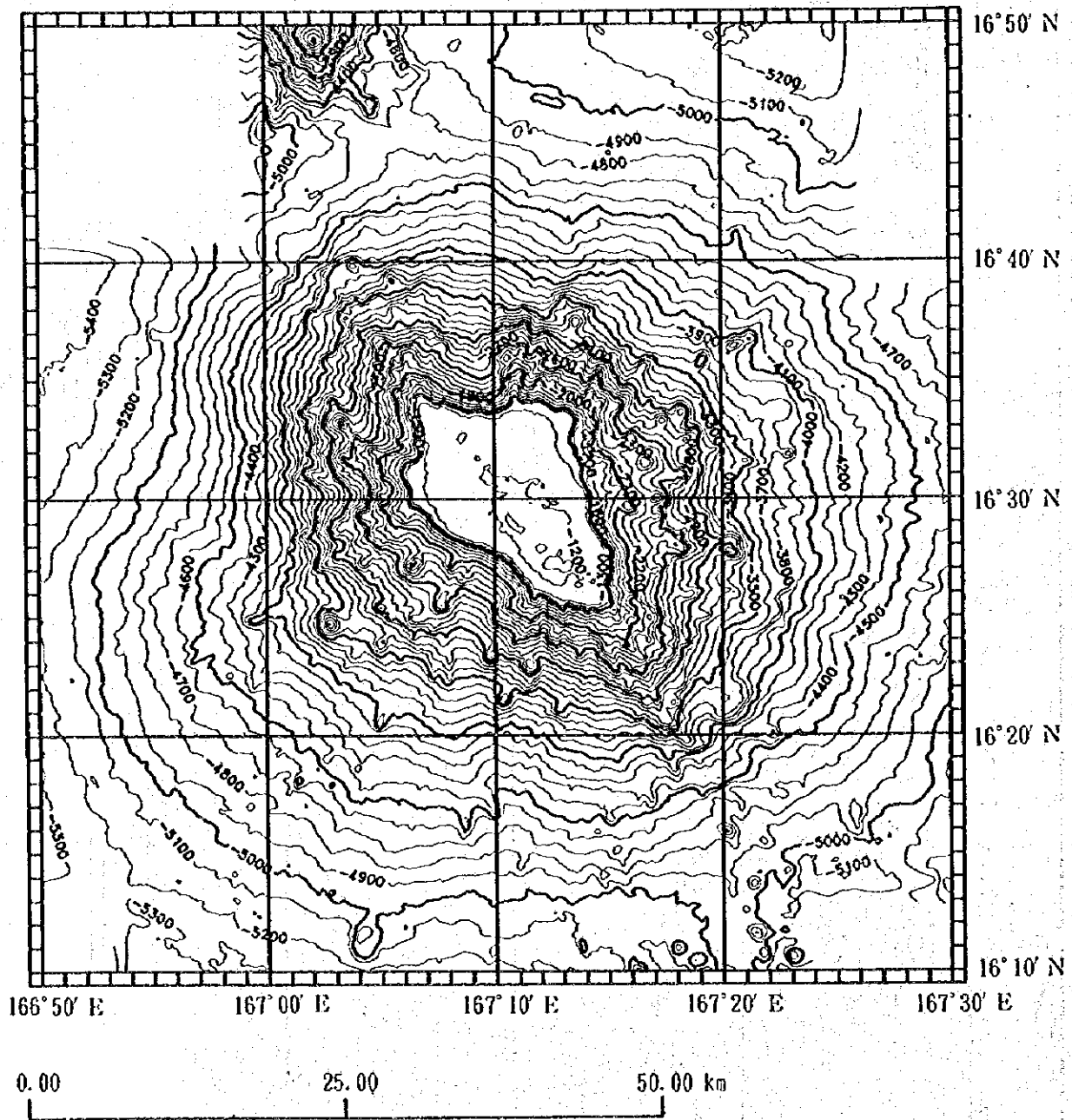


图 3-1-2 (9) MS09 海山海底地形图

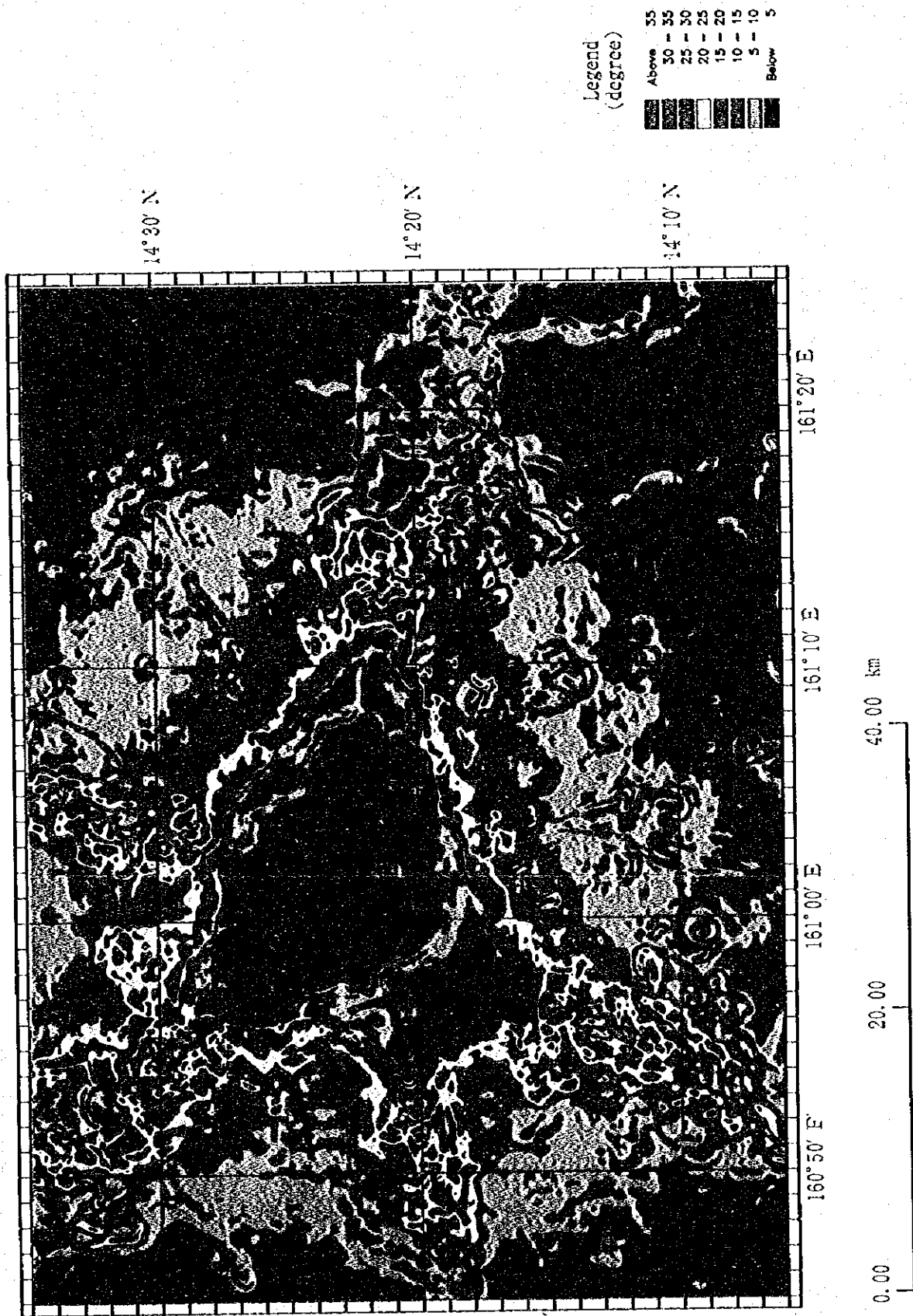


图 3-1-3 (1) M501 海山地形勾配图

