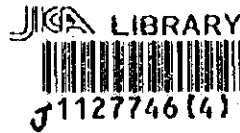


# 海洋資源調査SOPAC海域 資源開発協力基礎調査報告書

(第1巻)

トンガ王国海域

平成8年3月



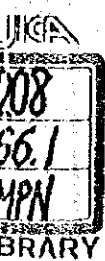
国際協力事業団  
金属鉱業事業団

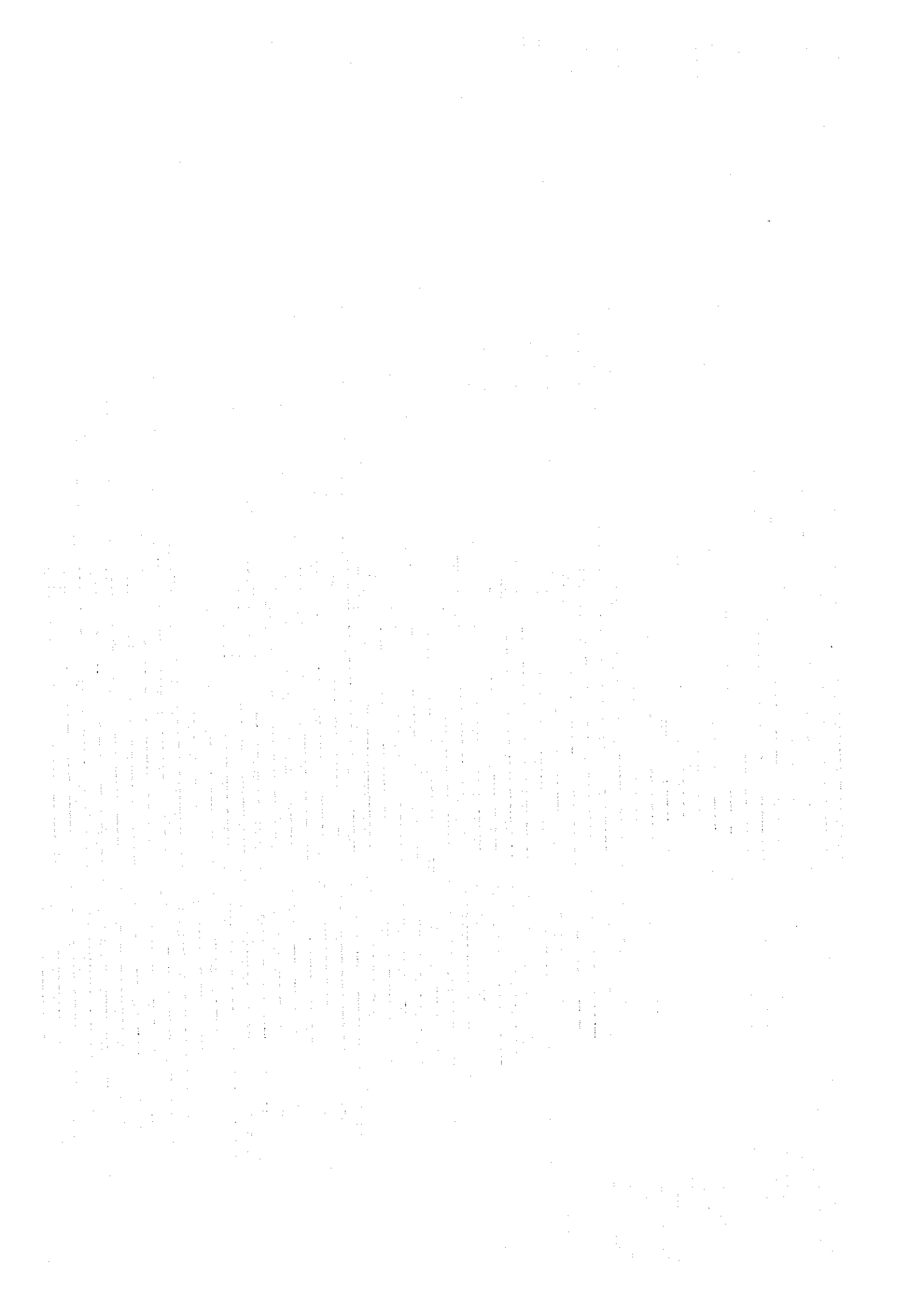
鉱調資  
ORTT  
96-056

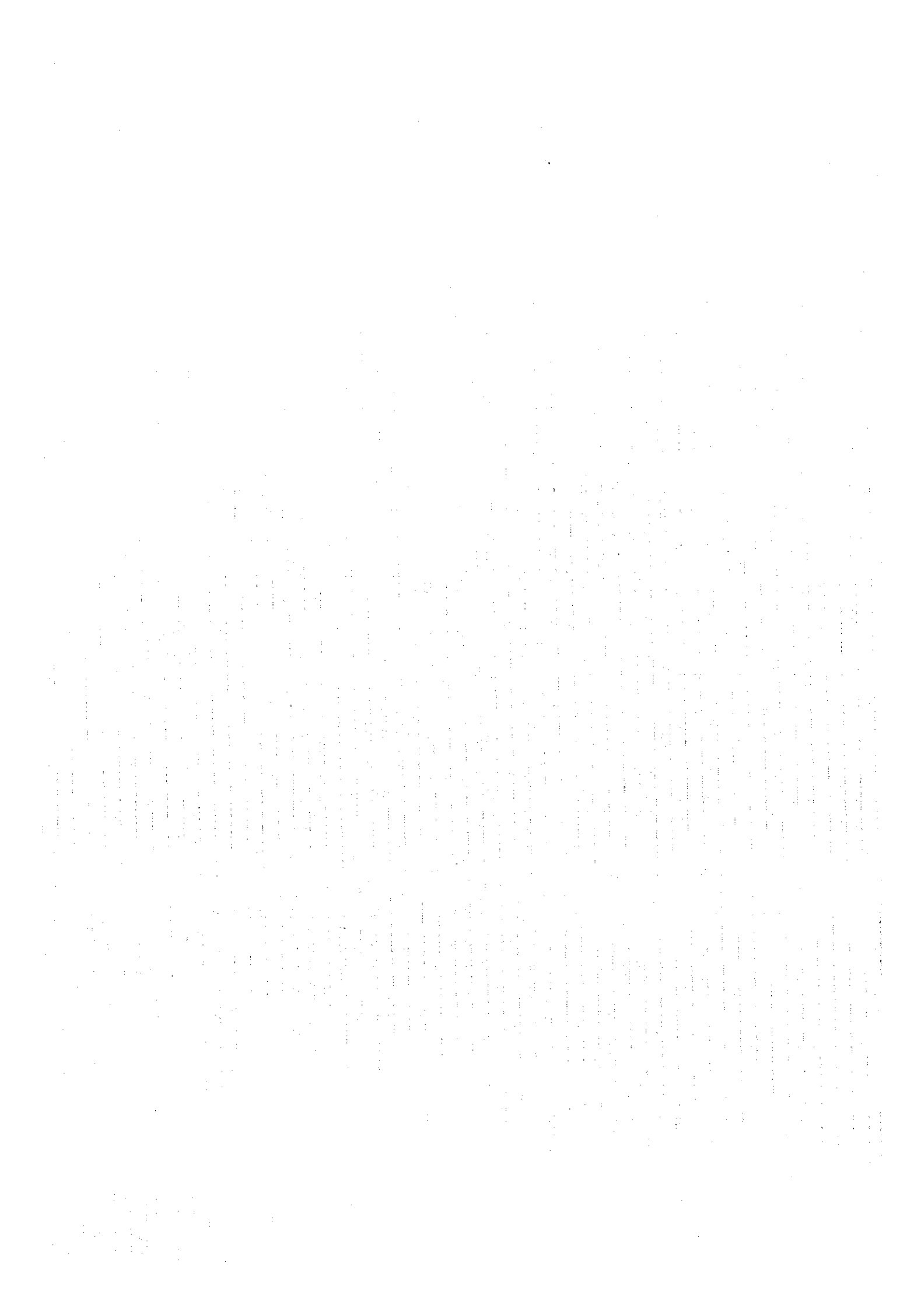
海洋資源調査 SOPAC 海域資源開発協力基礎調査報告書(第1巻) トンガ王国海域

平成8年3月

国際協力事業団









1127746(4)

海洋資源調査SOPAC海域  
資源開発協力基礎調査報告書

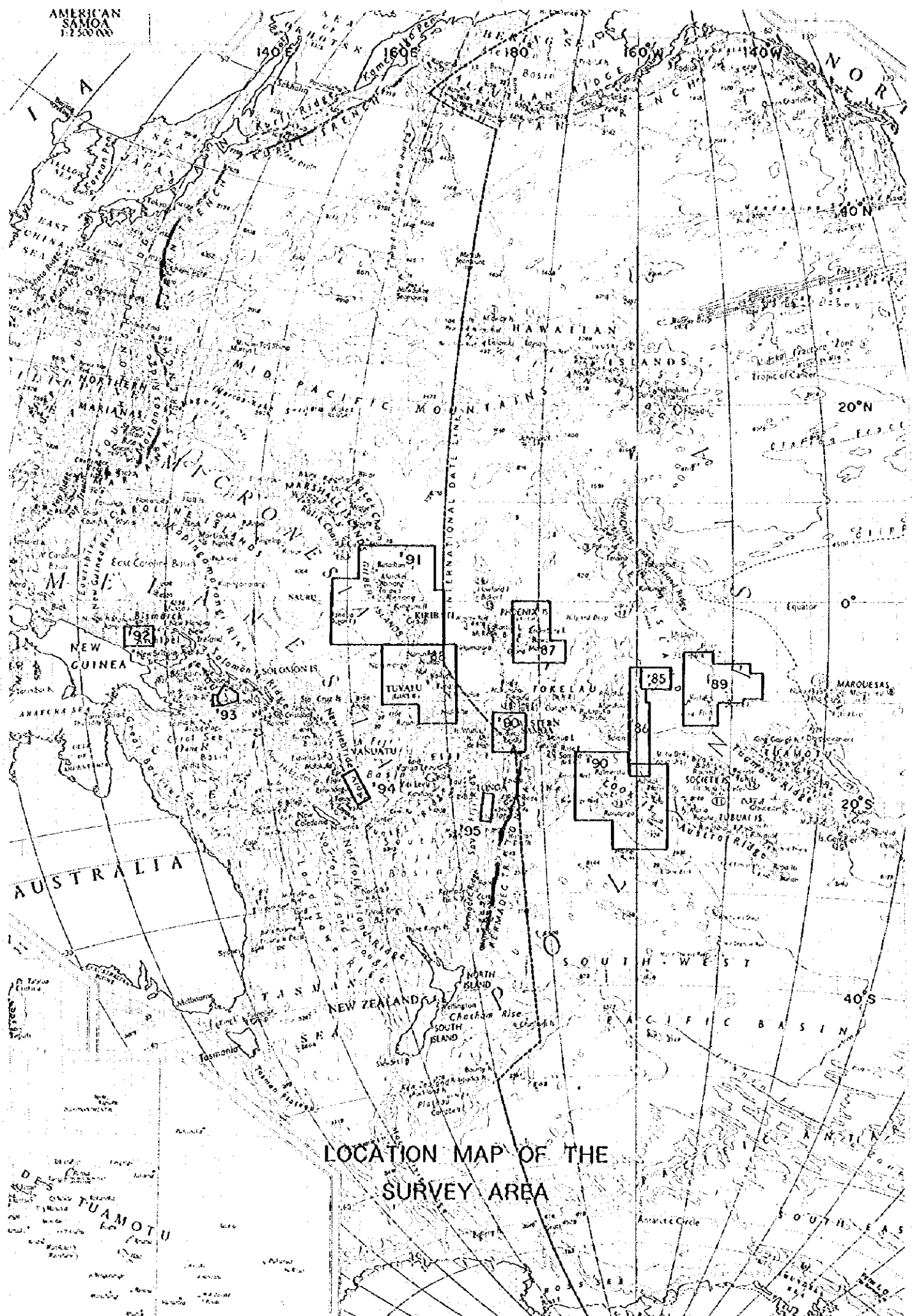
(第1巻)

トンガ王国海域

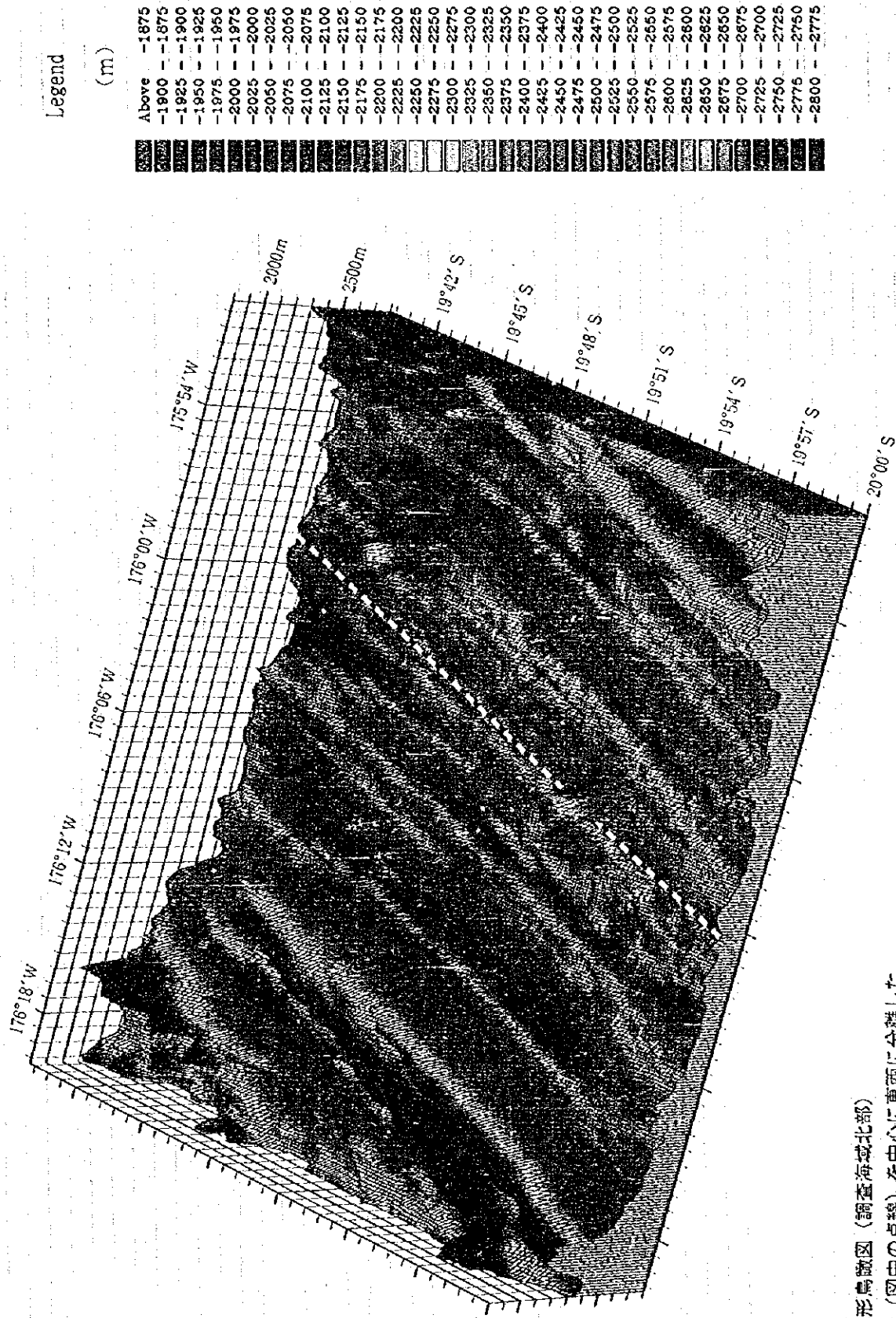
平成8年3月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

AMERICAN  
SAMOA  
1:250,000



LOCATION MAP OF THE  
SURVEY AREA



海底地形鳥瞰図 (調査海域北部)  
 拡大軸 (図中の点線) を中心に東西に分離した  
 ことを示唆する地形形状がいくつかみられる

## 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確認するため、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ヵ年にわたって行なわれるものであるが、本年はその初年度にあたり、トンガ王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7年7月2日から9月8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、トンガ王国の協力を得て調査を予定通り完了した。

本報告書は初年度の調査結果を取りまとめたものである。

終わりに本調査の実施にあたって御協力頂いたSOPAC事務局、トンガ王国政府、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の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成8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、その初年度にあたる今年度は平成7年7月2日から9月8日まで、トンガ王国海域内の約56,000km<sup>2</sup>（ラウ海盆中東部）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海底熱水鉱床である。

調査は日程の前半（レグ1）を広域調査と位置付け、海底地形図を作成することを主目的として測線間隔2マイルで地形調査を実施、海底地形図（縮尺1/150万）を作成した。また地質構造推定の一助とするため磁気調査を同時に実施した。後半（レグ2）では、地形・磁気調査の結果に基づいて、熱水鉱床調査対象エリアを選定し、深海テレビカメラ（FDC）による海底観察を行った。なお対象海域選定に当たって、一部の海域においては海底嶺地形及び堆積物の状況を把握するためのサイドスキャンソナー（SSS）調査を行い、海底観察対象海域の絞り込みを行なった。FDC調査では、顕著な変質・鉱化帯や熱水性生物などは観察されなかったため、ラウ海盆で最も新しい火山活動の場である当海域中央部をほぼ南北に走る拡大軸を中心にして、岩石及び堆積物のサンプリングを実施した。

地形調査の結果、当海域のほぼ中央部に北北東～南南西の方向に発達する拡大軸の存在及びその形状が明らかとなり、構造運動を示唆するようないくつかの地形形状が把握された。即ち、海域南端部から連続する拡大軸は、いくつかの地溝と海嶺からなり海域中央部ではその重複部が検出された。

多重ビーム音響測深システム（MBES）の受信音圧を用いて作成した音響イメージ図では、この拡大軸の形状が強い反射部として明瞭に現されている。これは堆積物の分布状況等海底面の状況把握に効果的であり、FDC調査位置の選定などに有効な資料となった。

磁気分布は海域全体としては異常の振幅は比較的小さい。海域全体にわたって北北東～南南西の方向性をもつ帯状の磁気異常が卓越し、これらは当海域の地形の走向方向と一致している。磁化強度解析の結果では、対象海域南部から中央部において、強い連続性を示す帯状の高磁化異常帯が、また北部においても高磁化異常の配列が解析され、これらはいずれも拡大軸に起因するものと判断された。さらに、正帯磁卓越ゾーンの北と南での分布の特徴から、地殻拡大の速度は北へ行くほど増すかあるいは、拡大の始まった時期が北部ほど早かったこと等が推定された。

鉱床調査では、まず海底堆積物、地質構造等の特徴を把握する目的でFDC調査による海底観察を行い、また補完的にSSS調査を実施した。これらの結果に基づき大口径コアラー（LC）・ファインダー付パワーグラブ（FPG）・チェーンバケット（CB）を用いてサンプリングを実施した。なお調査対象としてはより新しい火山岩が分布する拡大軸部にある程度限定した。

一部で行ったSSS調査では多くの断層状構造や熱水鉱床の胚胎が期待できるマウンド状の高まりや熱水活動の直接的な徴候であるプルーム（PLUME）によると思われる記録も観察さ

れた。しかし、FDCによる海底観察ではマンガン酸化物及び酸化鉄の局所的な沈殿による色調異常を数箇所を確認するにとどまり、熱水鉱床やその徴候を発見することはできなかった。

サンプリングにおいても、玄武岩溶岩等が採取されたが熱水鉱床に特徴的な変質などの徴候は確認されなかった。

当海域は、現在拡大中の拡大軸であるヴァルファ海嶺のほぼ全体を包含し、熱水鉱床の賦存が十分に期待できる海域であった。しかしながら本調査では、熱水鉱床、熱水活動の顕著な徴候を確認するには至らなかった。この理由は、調査海域では熱水活動が弱くまた継続されないため、熱水活動を閉じ込めるキャップロックが形成されなかったことであると考えられる。今回の調査結果及び本調査海域付近の過去の調査結果から判断すると、鉱床賦存ポテンシャルは調査海域北部では低く、南部の海嶺拡大軸部において高いと考えられる。

# 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	1
1-6 調査機器	3
1-7 調査実績	3
2 章 調査方法	11
2-1 調査手順	11
2-2 付 番	11
2-3 船位と曳航体位置の決定	13
2-4 音響調査	13
2-5 磁気調査	13
2-6 海底観察及び写真撮影	15
2-7 サンプリング	15
2-8 海水調査(CTD測定)	15
2-9 調査データの処理及び解析	15
3 章 海底地形と地質構造	17
3-1 調査海域周辺の概要	17
3-2 海底地形	18
3-3 磁気調査	22
(1) 全磁力	22
(2) 磁気異常	22
(3) 極磁気異常	26
(4) 磁化強度分布	28

(5) 磁気構造 .....	30
3-4 地質構造 .....	32
(1) 地質構造 .....	32
(2) MBES音響イメージ .....	37
(3) nSBP調査 .....	39
4章 鉱床調査 .....	41
4-1 概    要 .....	41
4-2 SSS調査 .....	50
4-3 FDC調査 .....	51
4-4 サンプリング .....	63
(1) LC .....	63
(2) FPG .....	67
(3) CB .....	69
4-5 調査結果 .....	72
(1) 地質・岩相 .....	72
(2) 泥質堆積物 .....	74
(3) 鉱    微 .....	75
(4) 水温異常 .....	76
5章 分析及び鑑定結果 .....	81
5-1 岩石薄片顕微鏡観察 .....	81
5-2 研磨片顕微鏡観察 .....	85
5-3 X線回折試験 .....	85
5-4 岩石年代測定 .....	85
5-5 岩石の化学分析 .....	89
5-6 底質物の化学分析 .....	100
5-7 底質物の燻化石 .....	113
6章 考    察 .....	118
7章 ま    と    め .....	119
{参考文献} .....	123

[付帯資料]	.....	巻末
第1表	FDC調査結果一覧表 .....	巻末
第2表(1), (2)	サンプリング結果一覧表 .....	巻末
第3表	鉍微一覧表 .....	巻末
第4表(1)~(4)	分析・鑑定用試料一覧表 .....	巻末
第5表	MBESに使用した水深対音速一覧表 .....	巻末
第6表	気象・海象データ .....	巻末
第1図	全測線の地形断面図 .....	巻末
第2図	航跡図(MBES) .....	巻末
第3図	航跡図(PGM) .....	巻末
第4図	SSSルートマップ .....	巻末
第5図(1)~(13)	FDC調査ルートマップ .....	巻末
第6図(1)~(3)	LCコア柱状図 .....	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 (1)~(3)	主要調査機器の写真	5
図 2 - 1 - 1	調査計画図	12
図 2 - 4 - 1	航跡図	14
図 2 - 9 - 1	データ処理及び解析系統図	16
図 3 - 1 - 1	調査海域周辺の構造図	17
図 3 - 2 - 1	海底地形段彩図	19
図 3 - 2 - 2	海底地形図	20
図 3 - 2 - 3	海底地形断面図	21
図 3 - 3 - 1	全磁力等値線図	23
図 3 - 3 - 2	磁気異常図 (傾向面残差)	24
図 3 - 3 - 3	磁気異常図 (IGRF残差)	25
図 3 - 3 - 4	極磁気異常図	27
図 3 - 3 - 5	磁化強度分布図	29
図 3 - 3 - 6	磁気構造図	31
図 3 - 4 - 1	リニアメント図	33
図 3 - 4 - 2	地質構造図	34
図 3 - 4 - 3	M B E S 音響イメージ図	38
図 3 - 4 - 4	n S B P タイプ分布図	41
図 3 - 4 - 5	n S B P タイプ記録例	42
図 4 - 1 - 1	鉦床調査位置図の範囲図	45
図 4 - 1 - 2 (1)~(4)	鉦床調査位置図	46
図 4 - 2 - 1 (1)~(3)	S S S 解析図	51
図 4 - 3 - 1 (1)~(4)	F D C 観察写真	55
図 4 - 4 - 1 (1), (2)	L C サンプルング写真	64
図 4 - 4 - 2	F P G サンプルング写真	68
図 4 - 4 - 3	C B サンプルング写真	70
図 4 - 5 - 1 (1)~(3)	水温対 C T D 水深断面図	78
図 5 - 1 - 1 (1), (2)	岩石薄片顕微鏡写真	83
図 5 - 2 - 1	研磨片顕微鏡写真	87
図 5 - 5 - 1	A F M ダイアグラム	96
図 5 - 5 - 2	YnO-TiO <sub>2</sub> -P2O <sub>5</sub> 図	97
図 5 - 5 - 3	Zr-Nb-Y図	98

図 5 - 5 - 4	SiO <sub>2</sub> -K <sub>2</sub> O図	98
図 5 - 5 - 5	コンドライト規格化図	99
図 5 - 6 - 1 (1)~(3)	底質物化学分析値の棒グラフ	110
図 5 - 7 - 1 (1), (2)	底質物微化石顕微鏡写真	115

【挿入表一覧】

表 1 - 6 - 1	使用機器一覧表	4
表 1 - 7 - 1	調査実績一覧表	8
表 1 - 7 - 2 (1), (2)	調査日程実績表	9
表 4 - 5 - 1	水温異常一覧表	77
表 5 - 1 - 1	岩石薄片観察結果一覧表	82
表 5 - 2 - 1	研磨片観察結果一覧表	86
表 5 - 3 - 1	岩石 X 線回折試験結果一覧表	86
表 5 - 4 - 1	岩石年代測定結果一覧表	88
表 5 - 5 - 1	岩石化学分析成分	90
表 5 - 5 - 2	分析試料と分析成分	90
表 5 - 5 - 3 (1)~(3)	岩石化学分析結果一覧表	91
表 5 - 6 - 1 (1)~(4)	底質物化学分析結果一覧表	101
表 5 - 6 - 2	基本統計量一覧表	106
表 5 - 6 - 3	相関係数一覧表	107
表 5 - 6 - 4	因子分析結果一覧表	108
表 5 - 7 - 1	底質物微化石鑑定結果一覧表	114





# 1 章 調 査 要 項

## 1-1 調 査 件 名

平成7年度資源開発協力基礎調査（海洋資源調査）トンガ王国海域。

## 1-2 調 査 目 的

SOPAC加盟国であるトンガ王国海域内において、地形調査、サンプリング調査等を実施し、海底熱水鉱床の賦存状況を把握することを目的とする。

## 1-3 調 査 海 域

平成7年3月7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36,000km<sup>2</sup>、図1-3-1及び図2-1-1参照）で囲まれた範囲。

記

番 号	緯 度	経 度
1	19° 20' S,	176° 30' W
2	19° 30' S,	175° 25' W
3	22° 10' S,	175° 50' W
4	22° 00' S,	176° 55' W
1	19° 20' S,	176° 30' W

## 1-4 調 査 期 間

洋上調査：平成7年7月2日から平成7年9月8日まで（69日間）

解析等：平成7年4月1日から平成8年3月31日まで

## 1-5 調 査 員 等

日 本 側

現地監督： 飯笹 幸吉（工業技術院地質調査所）（8/5～9/8）

調査員：調査団長 川崎 潔（深海資源開発株式会社）（7/2～9/8）

地質班長 小沼 王（ " " ）（ " " ）

地質班員 松井 一徳（ " " ）（7/2～8/5）

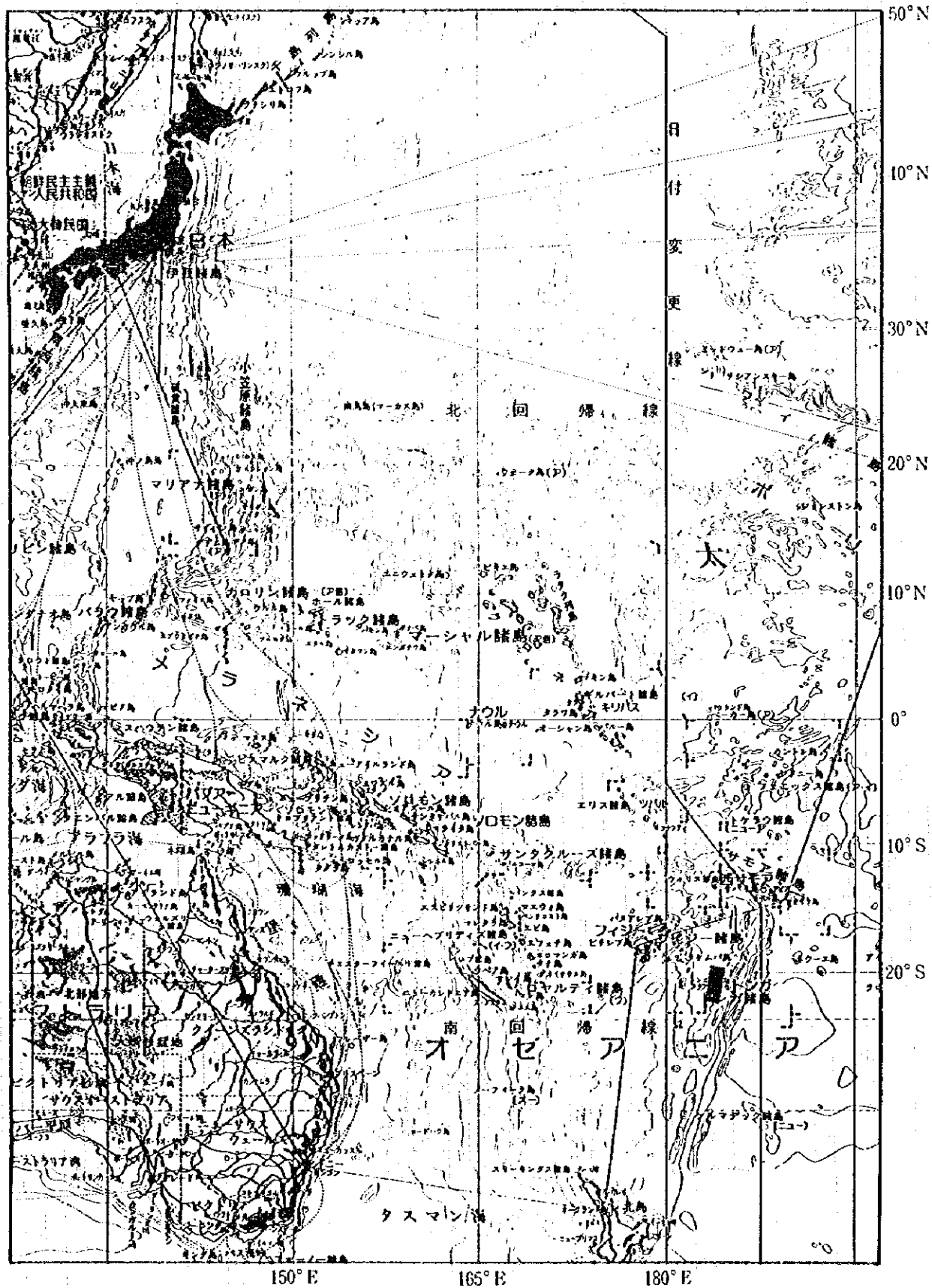


図1-3-1 調査海域図

地質班員	岡本 信行 ( " ) (7/2 ~ 9/8)
"	久松 孝典 ( " ) ( " )
"	松浦 山孝 ( " ) ( " )
"	森上 均 ( " ) ( " )
"	寺山 貴也 ( " ) ( " )
"	山下 一美 (海洋技術開発株式会社) ( " )
物探班員	斎藤 洋男 (深海資源開発株式会社) (8/6 ~ 9/8)
"	武田 祐啓 ( " ) (7/2 ~ 9/8)
"	瀬尾 隆男 ( " ) ( " )
"	柏瀬 憲彦 ( " ) ( " )
"	橋本 清二 ( " ) ( " )
"	古谷 和義 ( " ) ( " )
"	大野 道治 ( " ) ( " )
"	松村 圭介 ( " ) ( " )
"	鈴木 寿 (海洋技術開発株式会社) (8/6 ~ 9/8)
"	久坂 真一 ( " ) (7/2 ~ 8/5)
"	原島 俊二 ( " ) (7/2 ~ 9/8)

#### 相手側

アドバイザー :	Mr. Andrew M. Goodliffe (University of Hawaii) (7/2 ~ 8/5)
研修生 :	Mr. Tevita Mafoa'acata Fatai (Tonga) (7/2 ~ 8/5)
	Mr. Rennie Jegsen Vaiomo'unga (Tonga) (8/6 ~ 9/8)

### 1-6 調査機器

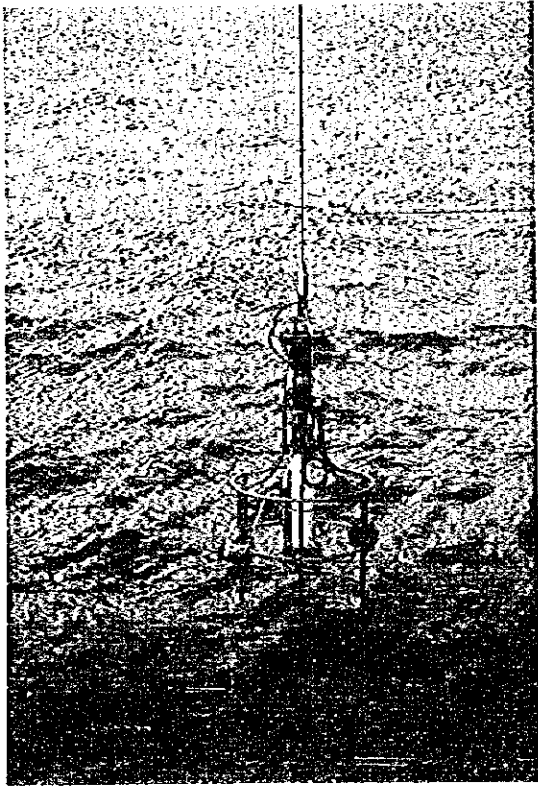
今年度調査に使用した主要機器類を表1-6-1に示す。また、主な調査機器及び作業状況写真を図1-6-1(1)~(3)に示す。

### 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 使用機器一覧表

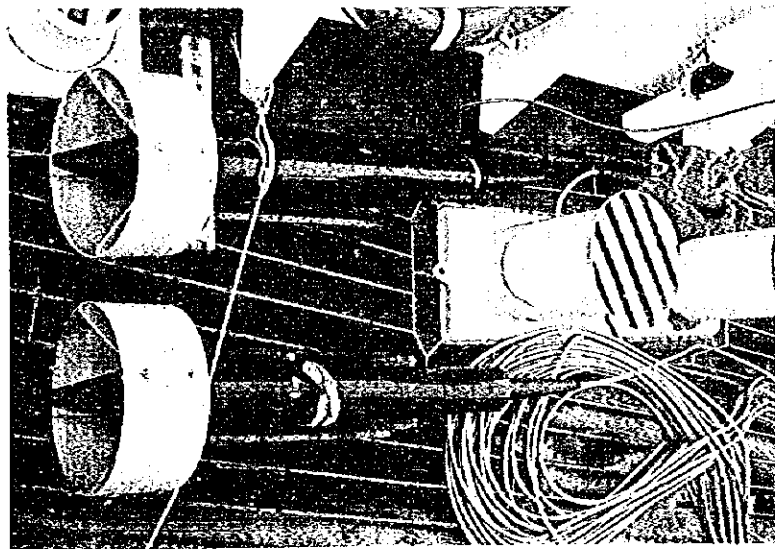
	調査方法	使用調査機器・同システム	略号	備考	
位置観	複合航法	Global Positioning System	GPS		
海底地形・地質調査	音響調査	測深及び海底地形調査	Multi-narrow Beam Echo Sounder Narrow Beam Echo Sounder	MBRS NBS	
		表層堆積物調査	narrow beam Sub-Bottom Profiler	nSBP	
		分布調査	Side Scan Sonar	SSS	曳航式
	全磁力調査	Proton Gradio Meter	PGM	曳航式	
	海水調査	Conductivity, Temperature and Pressure measuring system	CTD & TD		
	サンプリング調査	大口径グラビティコアラ チェーンバケット ファインダー付パワーグラフ	LC CB FPG		
	海底面観察及び写真撮影調査	ファインダー付深海TV (CTD搭載)	FDC	曳航式	
大口径コアパイロットカメラ		LC			
データ処理録・解析	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 データ解析	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 Engineering Work Station(EWS) LAN、Personal Computer(PC) Intelligent Color Monitor(ICM)	DPS		



Conductivity Temperature Depth System (CTD)

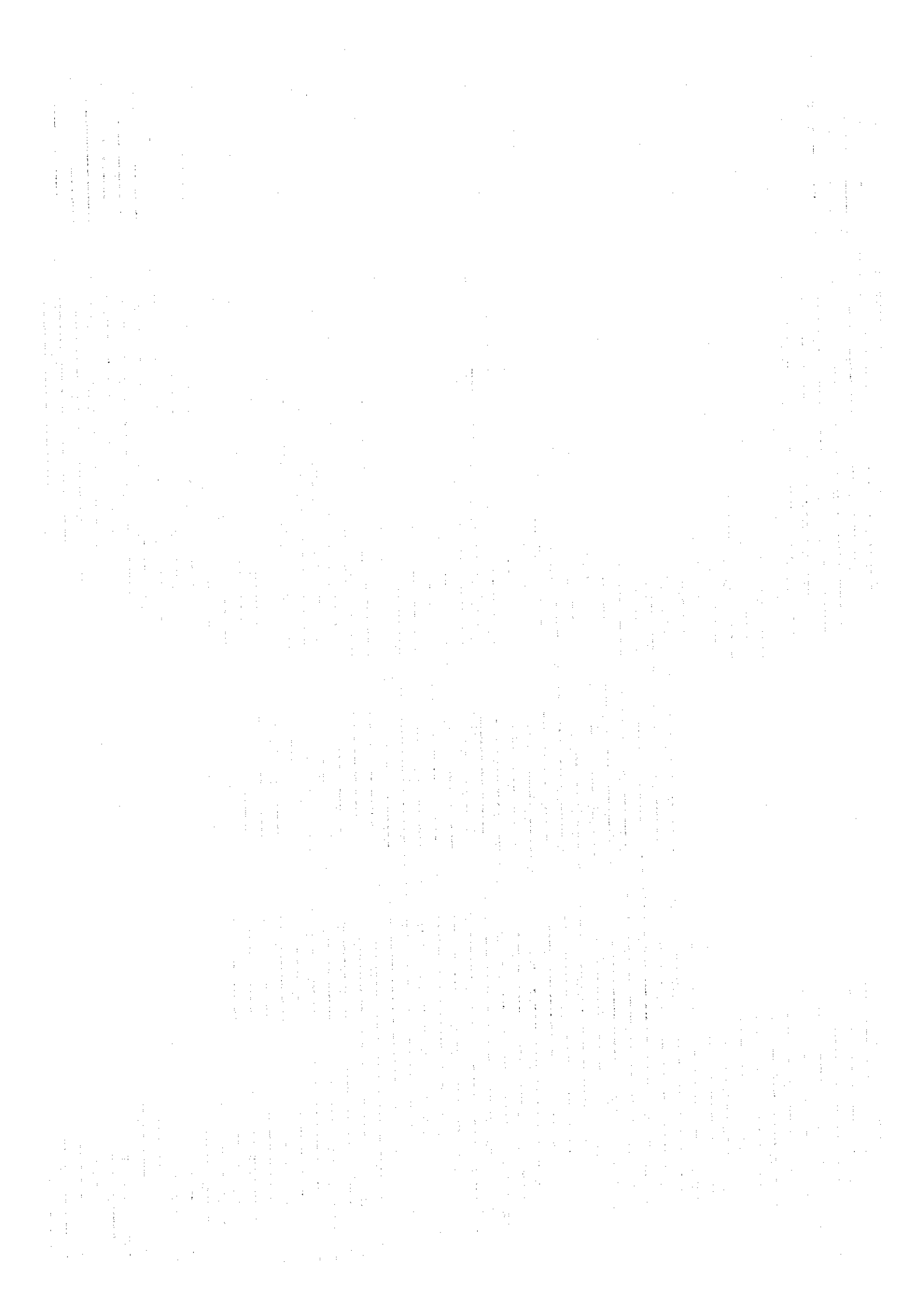


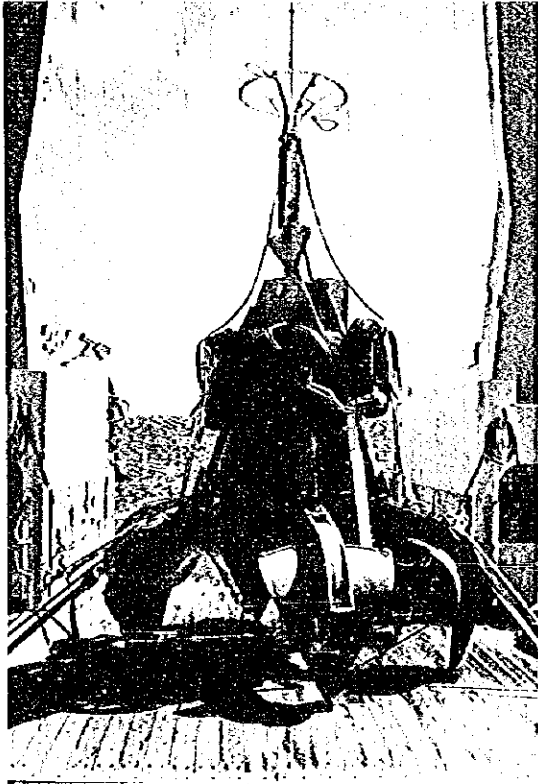
Side Scan Sonar (SSS)



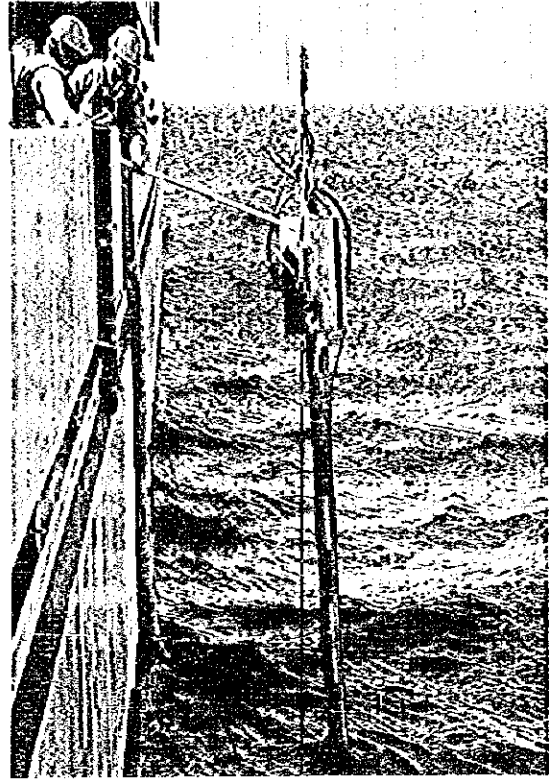
Proton Gradient Meter (PGM)

図 1 - 6 - 1 (1) 主要調査機器の写真

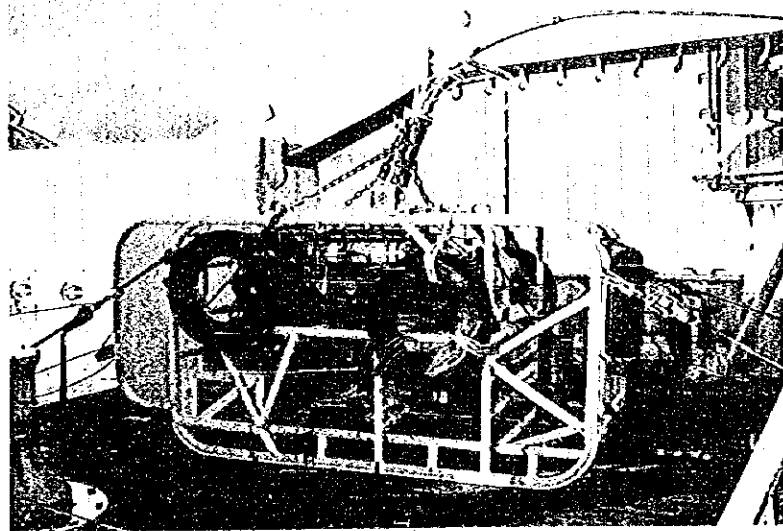




Finder installed Power Grab (FPG)

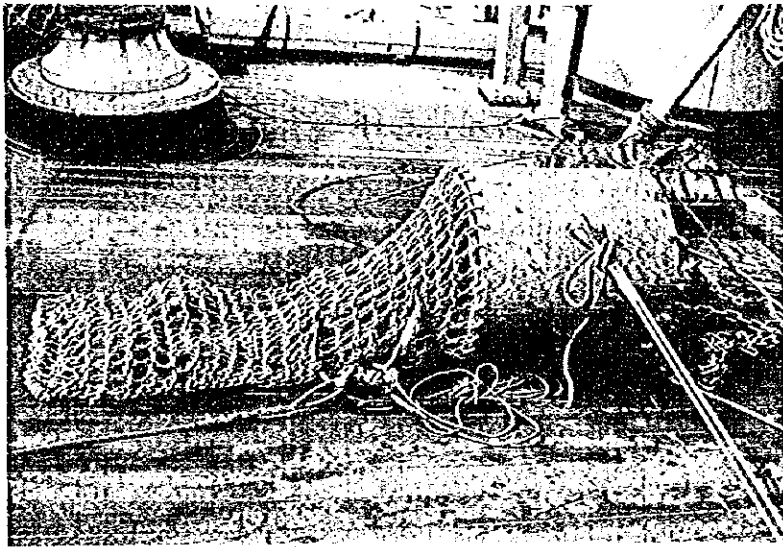


Large Corer (LC)

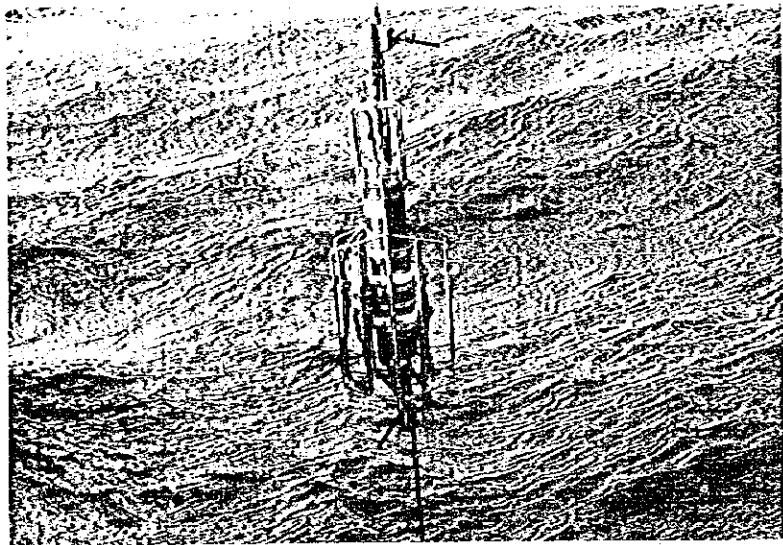


Finder installed Deep-sea Camera (FDC)

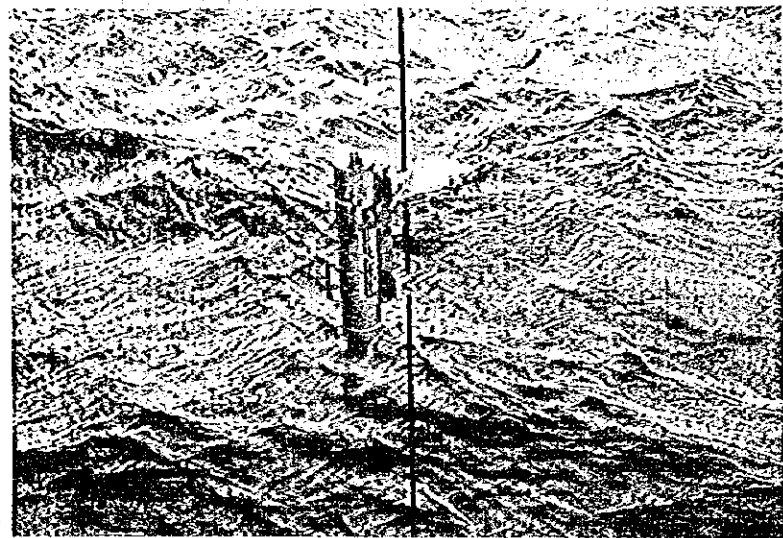
図 1 - 6 - 1 (2) 主要調査機器の写真



Chain Bucket Dredge (CB)



Temperature Depth System (TD)



Pinger

図 1 - 6 - 1 (3) 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	クアム出港 調査海域到着 調査開始 調査終了 及び 調査海域離脱 ヌクアロファ入港	7月 2日 16:00 7月 13日 15:46 7月 13日 17:40 8月 3日 16:04 8月 4日 09:00	ヌクアロファ出港 調査海域到着 及び調査開始 調査終了 調査海域離脱 ホノルル入港	8月 7日 16:00 8月 8日 07:30 8月 30日 14:10 8月 30日 16:03 9月 8日 09:00	
	実 測 査 日 数	69日間 (現地時間使用)			
サ ン プ ル 採 取	使 用 機 器	L C	F P G	C B	合 計
	回 数	31回	3回	11回	45回
	採取試料重量	340.7kg	920.0kg	1,026.6kg	2,287.3kg
	岩 石 泥質堆積物	1.6kg 339.1kg	870.0kg 50.0kg	1,010.2kg 16.4kg	1,881.8kg 405.5kg
F D C 写 真 撮 影	測 線 数 測 線 長 (曳船機使用) 得られた写真枚数	13 測線 37.5 マイル 1,830 枚			
	測線別測線長 及び 写真枚数	01測線 6.2 マイル 300 枚 02測線 2.4 マイル 126 枚 03測線 2.4 マイル 124 枚 04測線 1.4 マイル 62 枚 05測線 1.4 マイル 94 枚 06測線 0.7 マイル 36 枚 07測線 4.7 マイル 213 枚 08測線 3.4 マイル 148 枚 09測線 6.3 マイル 307 枚	10測線 3.3 マイル 135 枚 11測線 1.3 マイル 53 枚 12測線 1.8 マイル 77 枚 13測線 2.1 マイル 155 枚		
C T D	鉛直式	27測点			
	曳航式	25測線 (FDC・FPG・CB時)			
音 響 探 査	MBES 15.5kHz NBS 30.0kHz nSBP 3.5kHz SSS	6,060.6 マイル 6,060.6 マイル 6,060.6 マイル 49.7 マイル (3測線)			
磁 気	PGM	4,891.0 マイル			
デ ー タ 題	IBMフォーマットMT MBES MT 図 面 作 成	1 巻 31 巻 (地形図=2巻・SSS=2巻・FDC=2巻・航路内図=2巻・サンプリング=3巻) 航路図、海底地形図、断面図、鳥瞰図、勾配図、 FDC航路図、SSS航路図など			

表 1 - 7 - 2 (1) 調 査 日 程 実 績 表

調査 日数	実 日数	月日	調 査 内 容	備 考
1		07/02		グアム出港(16:00)
2		07/03	移動及び調査準備	
3		07/04	移動及び調査準備	
4		07/05	移動及び調査準備	
5		07/06	移動及び調査準備	
6		07/07	移動及び調査準備	
7		07/08	移動及び調査準備	
8		07/09	移動及び調査準備	
9		07/10	移動及び調査準備	
10		07/11	移動及び調査準備	
11		07/12	移動及び調査準備	
12	01	07/13	調査開始、CTD調査1点、地形・PGM航走	
13	02	07/14	地形・PGM航走	
14	03	07/15	地形・PGM航走	
15	04	07/16	地形・PGM航走	
16	05	07/17	地形・PGM航走	
17	06	07/18	地形・PGM航走	
18	07	07/19	地形・PGM航走	
19	08	07/20	地形・PGM航走	
20	09	07/21	地形・PGM航走	
21	10	07/22	地形・PGM航走	
22	11	07/23	地形・PGM航走	
23	12	07/24	地形・PGM航走	
24	13	07/25	地形・PGM航走	
25	14	07/26	地形・PGM航走	
26	15	07/27	地形・PGM航走	
27	16	07/28	ベースライン地化探LC4点	夜間は地形航走
28	17	07/29	ベースライン地化探LC5点	#
29	18	07/30	ベースライン地化探LC5点	#
30	19	07/31	地形・PGM航走	

表 1 - 7 - 2 (2) 調 査 日 程 実 績 表

調査 日数	実 日数	月日	調 査 内 容	備 考
31	20	08/01	地形・PGM航走	
32	21	08/02	地形・PGM航走	
33		08/03	地形・PGM航走及び移動	
34		08/04		177077入港 (09:00)
35		08/05		
36		08/06		
37		08/07		177077出港 (16:00)
38		08/08	移動及び地形・PGM航走	
39	22	08/09	FDC調査 (01測線)	FDC、サンプリング等の 実施日の夜間は地形航走
40	23	08/10	SSS調査 (01測線)	
41	24	08/11	SSS調査 (02測線)	
42	25	08/12	SSS測線 (03測線)	
43	26	08/13	FDC調査 (02,03測線)	
44	27	08/14	FDC調査 (04,05測線)	
45	28	08/15	FDC調査 (06,07測線)	
46	29	08/16	FDC調査 (08測線)	
47	30	08/17	地形・PGM航走	
48	31	08/18	FDC調査 (09測線)	
49	32	08/19	FDC調査 (10,11測線)	
50	33	08/20	FDC調査 (12,13測線)	
51	34	08/21	サンプリングFPG3点	
52	35	08/22	サンプリングCB3点	
53	36	08/23	サンプリングLC4点	
54	37	08/24	サンプリングLC4点	
55	38	08/25	サンプリングLC3点	
56	39	08/26	サンプリングLC2点	
57	40	08/27	サンプリングLC4点	
58	41	08/28	サンプリングCB3点	
59	42	08/29	サンプリングCB3点	
60 ↓ 68		08/30 ↓ 09/07	サンプリングCB2点・移動 データ・資料整理、レポート作成	調査海域離脱
69		09/08		ホノルル入港(09:00)

※時間はいずれも現地時間（調査海域では西経175度の標準時間）を使用。

## 2章 調査方法

### 2-1 調査手順

今年度はSOPAC第3期5ヶ年計画の初年度に当たり、トンガ王国経済水域内で地形調査と海底熱水鉱床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、調査日程の前半(レグ1)は広域調査と位置付け、測線間隔2マイルでの地形・磁気調査、及びベースライン地化学探査サンプリングを実施した。後半(レグ2)では、地形・磁気調査の結果に基づいて鉱床調査対象海域を選定し、SSS調査、FDCによる海底観察、サンプリングを実施した。主な調査作業項目、作業量は以下の通りである。

- ① 地形を正確に把握するためGPSとMBESを用い船速10ノット程度での地形調査  
但し、水深の浅い海域では、1マイル間隔の補間測線を設定。
- ② 地質構造を推定するために地形調査と並行して磁気調査。総測線長4,891マイル。
- ③ 対象海域 21° 05' S, 176° 15' W付近を中心として、LCを用いベースライン地化学探査サンプルの採取。(11サンプリングポイント)
- ④ 地形調査結果及び音圧図等をもとに選定された海域を対象に微地形、堆積物の分布状況を把握するためのSSS調査、3測線計49.7マイル。
- ⑤ FDCによる海底観察、13測線計37.5マイル
- ⑥ 岩石、堆積物のサンプリングFPG 3点、LC 17点(地化探サンプリングとあわせ31点)、CB 11点。

### 2-2 付番

以下Fの要領で付番する。

(鉱床調査サンプリング点) 年号-S-使用機種-No.

例: 95SFPG01 (FPG使用の場合)

95SLC01 (LC使用の場合)

95SCB01 (CB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。

5章の分析及び鑑定を試料番号には各鉱床調査サンプリング点の番号に以下の要領で添字を付けた。

C: 化学分析(岩石の化学組成)

M: 化学分析(単金属成分主体)

N: 化学分析(希土類元素主体)

R: C + M + N

T: 岩石薄片顕微鏡観察

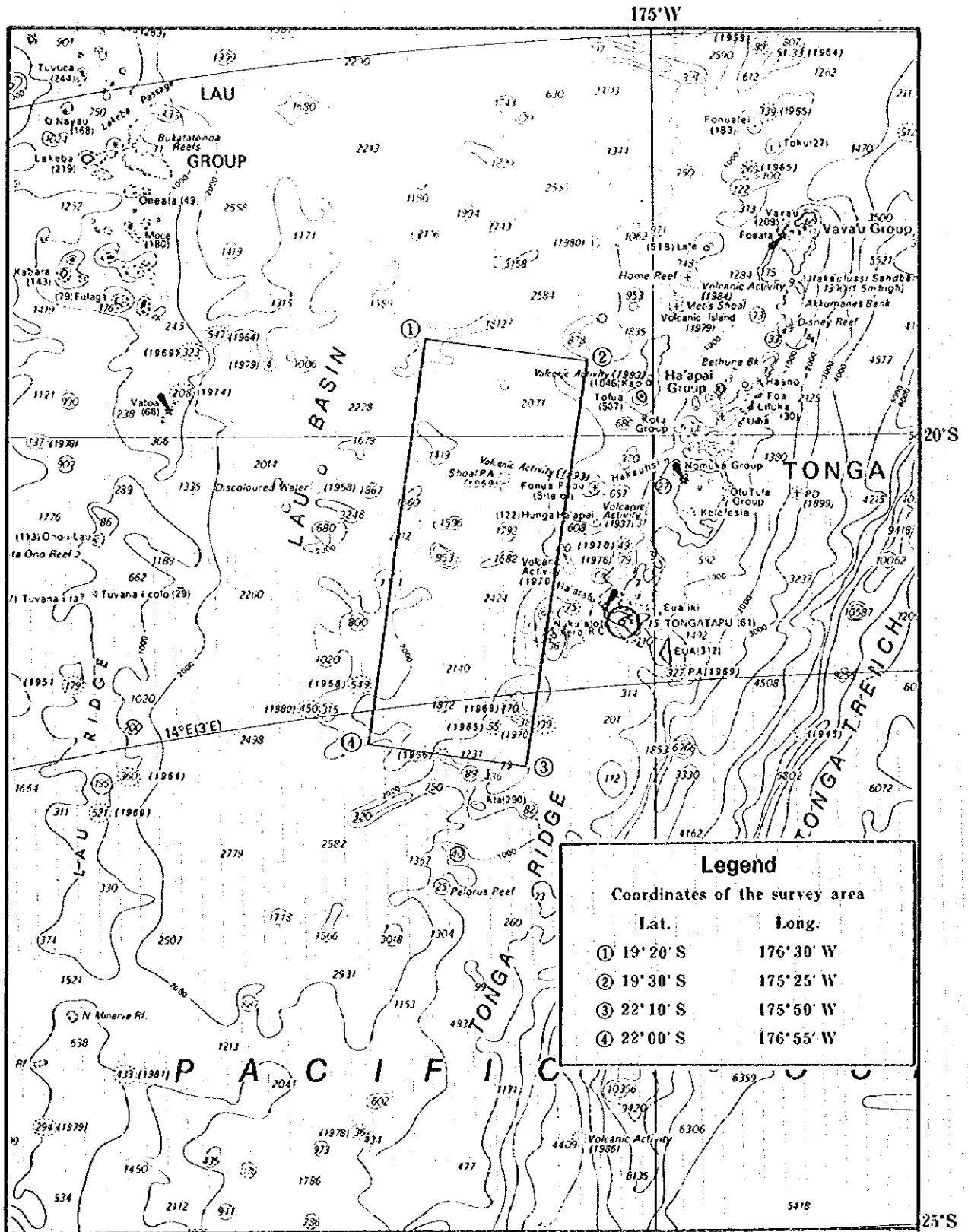


図2-1-1 調査計画図

P : 研磨片顕微鏡観察

X : X線回折試験

K : K-Ar法岩石年代測定

F : 微化石鑑定

〔SSS測線〕年号 - S - SSS - No.

例 : 95SSSS01

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 : 95SFDC01

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 - 0 ~ 9

例 : 16 - 0 - 0

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0~9は補間測線を表す。

## 2-3 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175°W地方時(GMT+13時間)を用いた。

## 2-4 音響調査

海底地形調査は、2.0マイル間隔の測線を設定し、対象海域全域をカバーして実施したが、水深が浅い部分では主測線の中間に補間測線を設定した。また水深500m以浅の部分は調査対象海域から除外した。(図2-4-1参照)

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。

## 2-5 磁気調査

地質構造を解明するための一助として磁気調査を海底地形調査と同時に実施した。ただしデータ取得は地形調査での主測線のみで行った。

磁気センサーは船体の持つ磁気の影響を避けるため、船尾からケーブルで曳航したが、その距離は船尾からセンサーまでを710mとした。全磁力値測定はセンサーで6秒毎に感度0.1ガンマで行った。測定データはオンラインで10秒毎にDPSに収録後、データ処理を実施した。

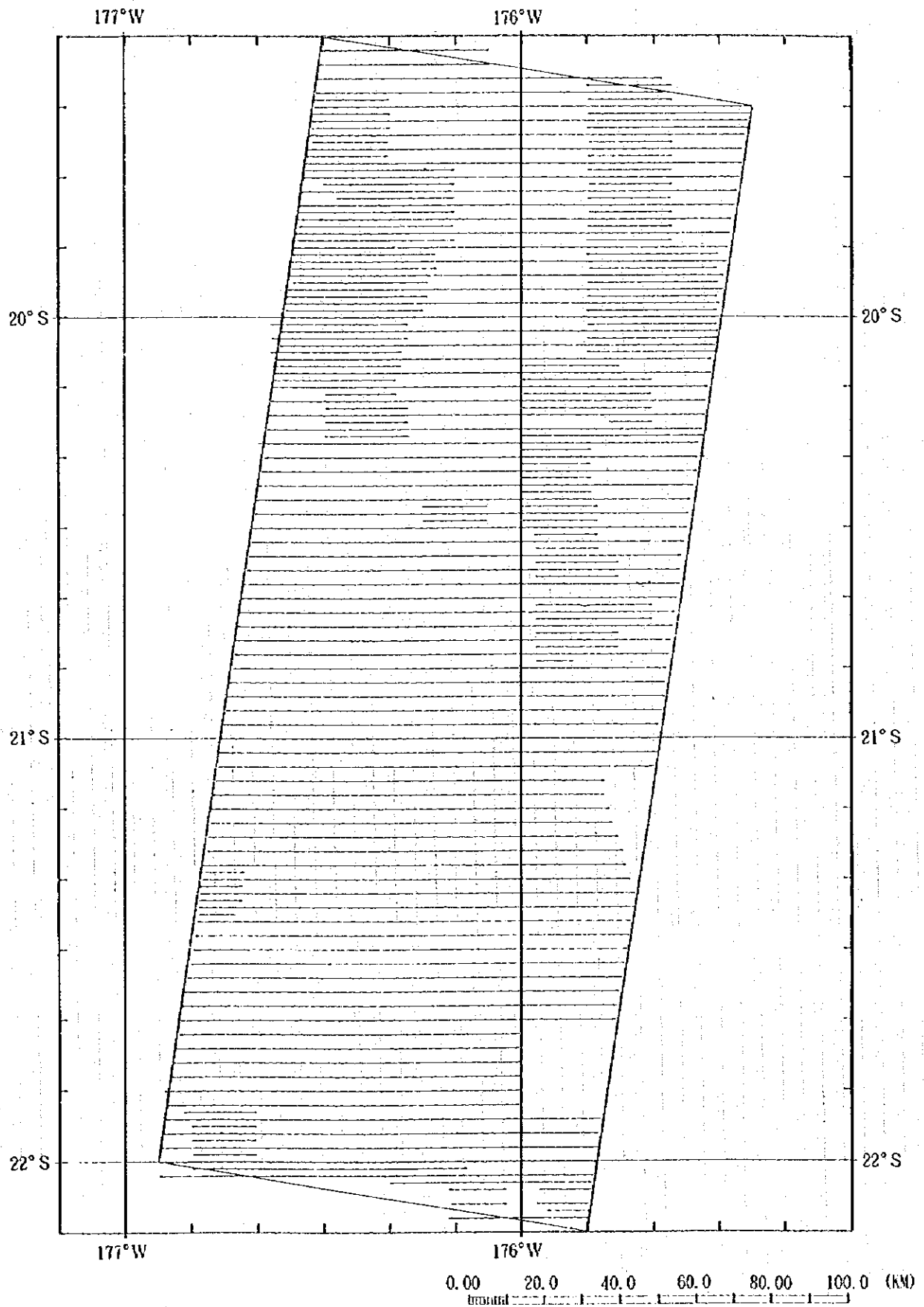


图 2 - 4 - 1 航 迹 图

## 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を用いてトラフ内のリッジや海山周辺など選定された海域で、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。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設定した(図4-1-2参照)。

## 2-7 サンプリング

サンプリングはレグ1(日程前半)におけるベースライン地化探サンプリング(LC)とレグ2(日程後半)における各種サンプリングからなる。

ベースライン地化探としてのサンプリングは21°05'S、176°45'W付近の海嶺を中心にこれとほぼ直交する方向、約10マイルの測線を設定して14点で実施した(図4-1-2(3)の95SLC01~95SLC14)。使用機器はLCを用い1日当たり4回程度実施した。

上記以外のサンプリングは、地形、音圧図等の結果や事前に実施したSSS、FDC調査結果をもとに採取点を決定し実施した。使用機器はLC、FPG、CBを適宜選択した(図4-1-2参照)。

## 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2測点で実施した。

また熱水活動の示徴を把握するため、FDCに取付けたCTDにより水温・塩分・水圧等のデータを5秒毎に取得し解析に供した。

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)に示すとおり処理・解析を行った。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。

岩石試料については、化学分析、X線回折試験、年代測定及び顕微鏡観察を行った。

堆積物については化学分析、微化石鑑定を実施した。



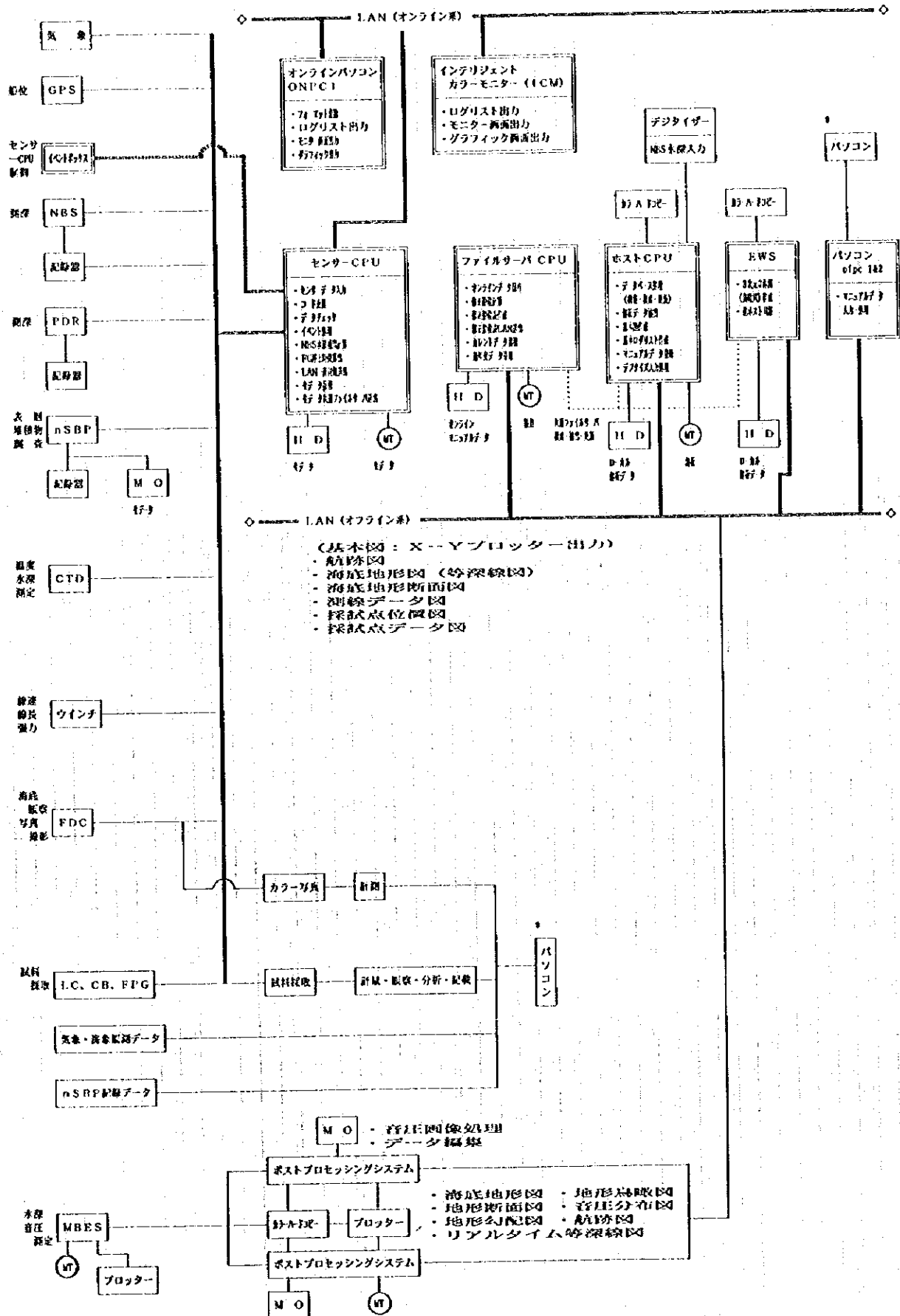


図 2 - 9 - 1 データ処理及び解析系統図

### 3章 海底地形と地質構造

#### 3-1 調査海域周辺の概要

調査海域はトンガ諸島の西方にあるラウ（Lau）海盆の中東部に位置する。トンガ諸島は、オーストラリア東岸から約3,000km東方の南緯15度から24度に北北東から南南西に配列して分布する。トンガ諸島の東方には、同緯度で同方向に伸び最大水深1万メートルを越すトンガ海溝が存在する。トンガ海溝は、太平洋プレートが西進しオーストラリアプレートの下に西方に傾斜して沈み込んでいる場所である。ラウ海盆はトンガ海溝の背弧海盆に相当し、ラウ海盆の東縁がトンガ海嶺（トンガ諸島）で西縁がラウ海嶺となっている。

これらの構造を東から順に並べると以下のようなになる。下図参照。

- ・トンガ海溝：太平洋プレートの沈み込み帯
- ・トンガ海嶺（トンガ諸島）：島弧、火山弧
- ・トファ（Tofua）火山弧：現在の火山フロント。活発な火山活動が継続する。
- ・ラウ海盆：拡大中の背弧海盆。熱水鉱床形成の場。
- ・ラウ海嶺：古島弧

ラウ海盆は、北北東-南南西に伸びるトンガ海嶺と南北に伸びるラウ海嶺に挟まれた縦長の逆三角形を呈する。海盆の北部中央と南部東側には、北北東-南南西走向の2つの拡大軸が存在する。南側の拡大軸はヴァルファ（Valu Fa）海嶺と呼ばれている。

調査海域は、ヴァルファ海嶺の大部分を包括し、海嶺を中心としたほぼ南北に細長い範囲である。

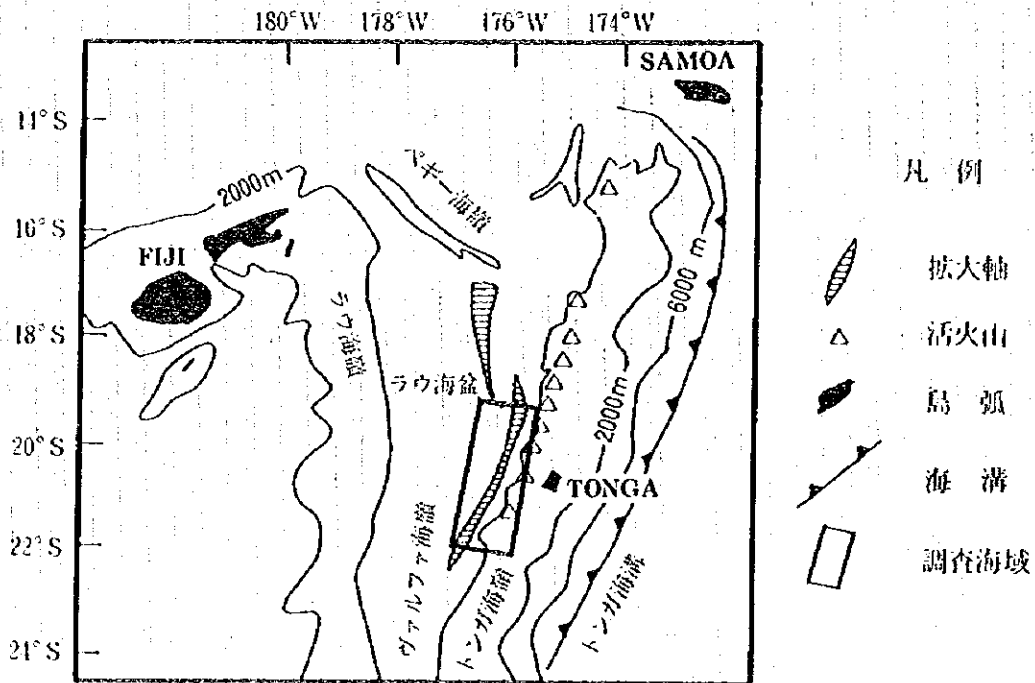


図3-1-1 調査海域周辺の構造図

ラウ海盆の拡大は北部から始まり、東方及び南方へと新しい拡大軸が形成されていった。北側の拡大軸は5～3Maに開き始め、海盆ではMORB型のソレイト質玄武岩溶岩が噴出し、ラウ海嶺では島弧型の火山活動が生じていた。3～1Maにかけて新しい拡大軸が南方に形成された。ここではより分化した島弧型の火山岩が噴出し、玄武岩を主体としてデイサイトまで多様な火山岩が存在する。南側の拡大軸は現在も南方に延びている。

ラウ海盆の拡大軸部ではいくつかの熱水鉱床が発見されている。特に、ヴァルファ海嶺の南部では活動中の熱水活動域が確認されている。ここでは、重晶石及び硫化物のチムニー、塊状硫化物、脈状～網状硫化物とともに様々な熱水活動現象が観察される。ラウ背弧海盆南部（ヴァルファ海嶺）の熱水鉱床は、大陸地殻内の若い背弧海盆型（例えば沖繩トラフ）と海洋地殻に規制される成熟した背弧型（中央海嶺型に近い、例えば北フィジー海盆）との中間の性質をもつ。（Y. Fouquet et al (1993)）

調査海域には、ヴァルファ海嶺南部の熱水活動域の北部が含まれる。

### 3-2 海底地形

調査海域はトンガ諸島の西方にあるラウ海盆の中東部に位置し、対象海域内には北北東-南南西の走向をもつ拡大軸（ヴァルファ海嶺の北部延長方向にある）が存在する。地形調査で得られた当調査海域の海底地形段彩図、海底地形図及び代表的な地形断面図を図3-2-1、図3-2-2及び図3-2-3に、また全測線の地形断面図を付帯資料第1図に示す。

当調査海域の海底地形の主な特徴は以下のとおりである。

- ① 当調査海域は北部で水深が深く（最大水深約3,250m）南部に向けて次第に浅くなる傾向が見られる。
- ② 対象海域のほぼ中央、南北に走る拡大軸を境として、その西と東では地形は大きくその様相を異にする。すなわち西側崖（最大比高差約500m）は地形が複雑かつ急峻なのに対し東側崖（最大比高約200m）は比較的平坦な地形となっている。
- ③ 拡大軸周辺に接して、これと同様の方向に多くの海山、海丘が見られる。

#### ・拡大軸西側の海山、海丘

水深約2,200m以浅に海山、海丘があり拡大軸東側より規模が大きく、南北方向に延びる傾向がある。また、拡大軸西側、 $20^{\circ}12'S \cdot 176^{\circ}25'W$ 付近にカルデラ状の海丘がある。この海丘は長短軸が約1km、比高約200mで、カルデラの規模は長軸が2km、短軸が1.5kmである。

#### ・拡大軸の東側の海山、海丘

拡大軸の西側海山、海丘に比べて規模が小さい。 $20^{\circ}50'S$ 以北の海山、海丘は拡大軸の西側海山、海丘同様に南北方向に点在する。また、 $20^{\circ}50'S$ 以南では、水深約2,500m付近に海丘が見られる。

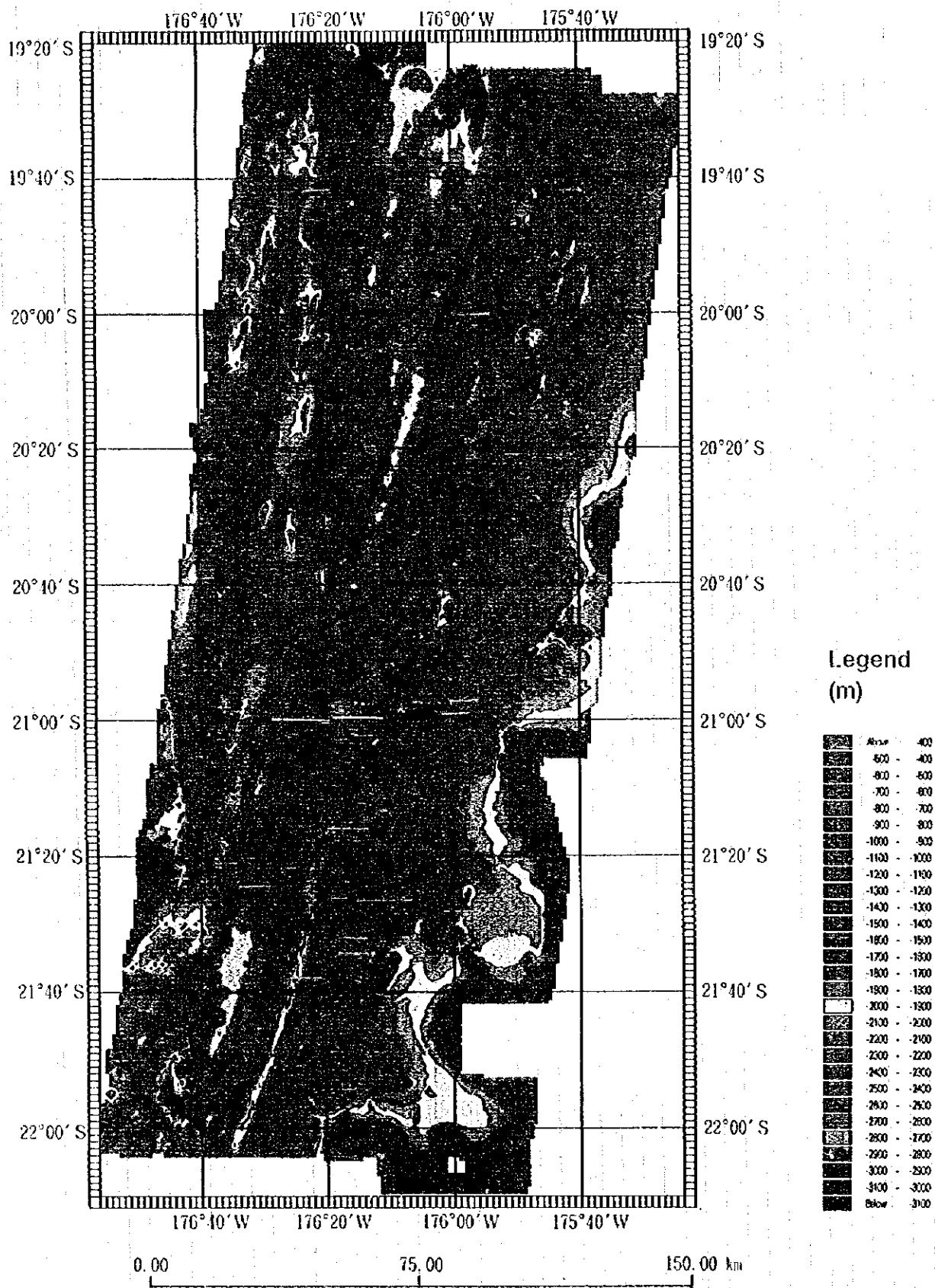


图 3 - 2 - 1 海底地形段彩图

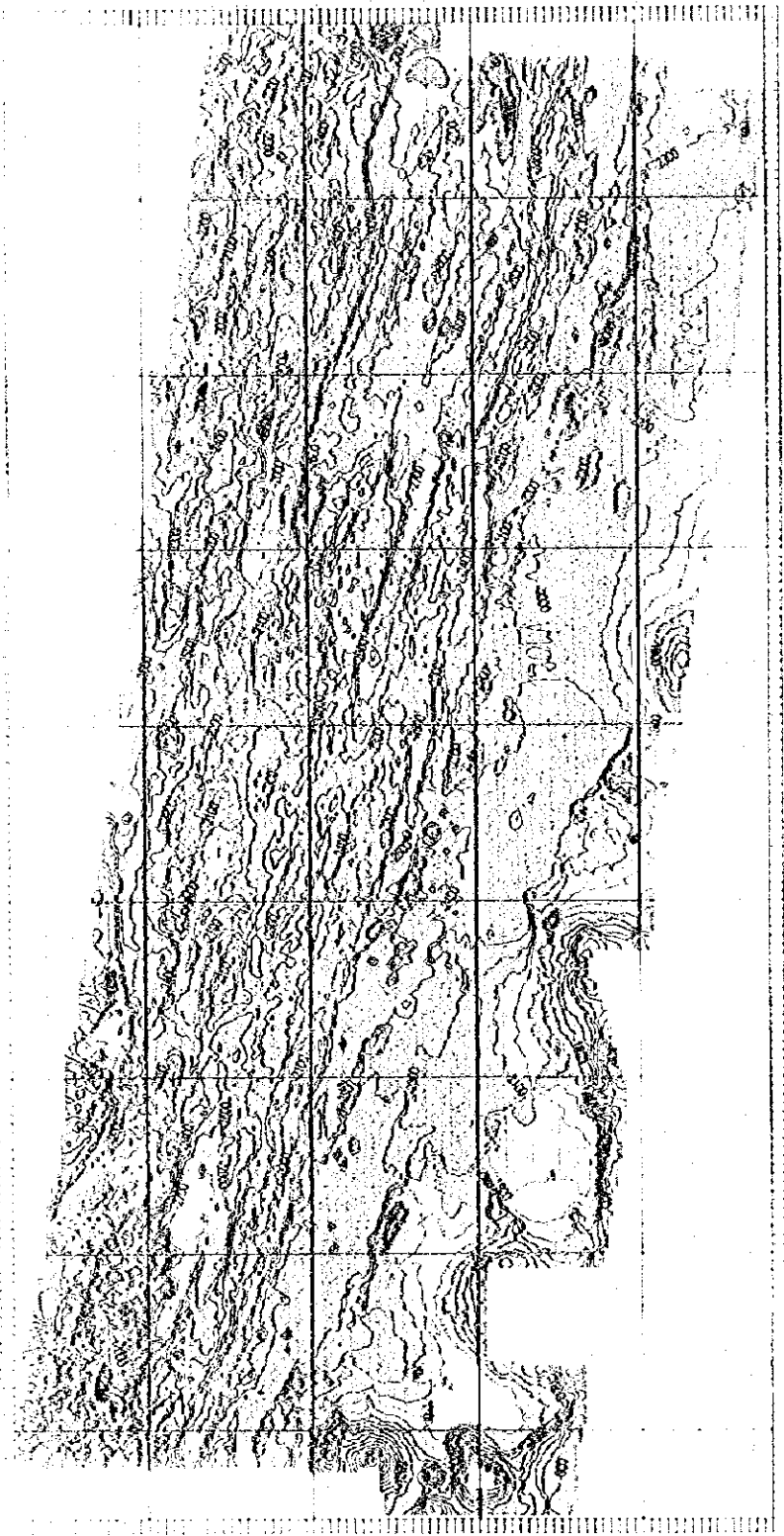


图 1 海南岛地形图

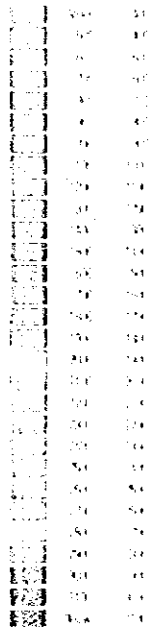


图 2 海南岛地形图

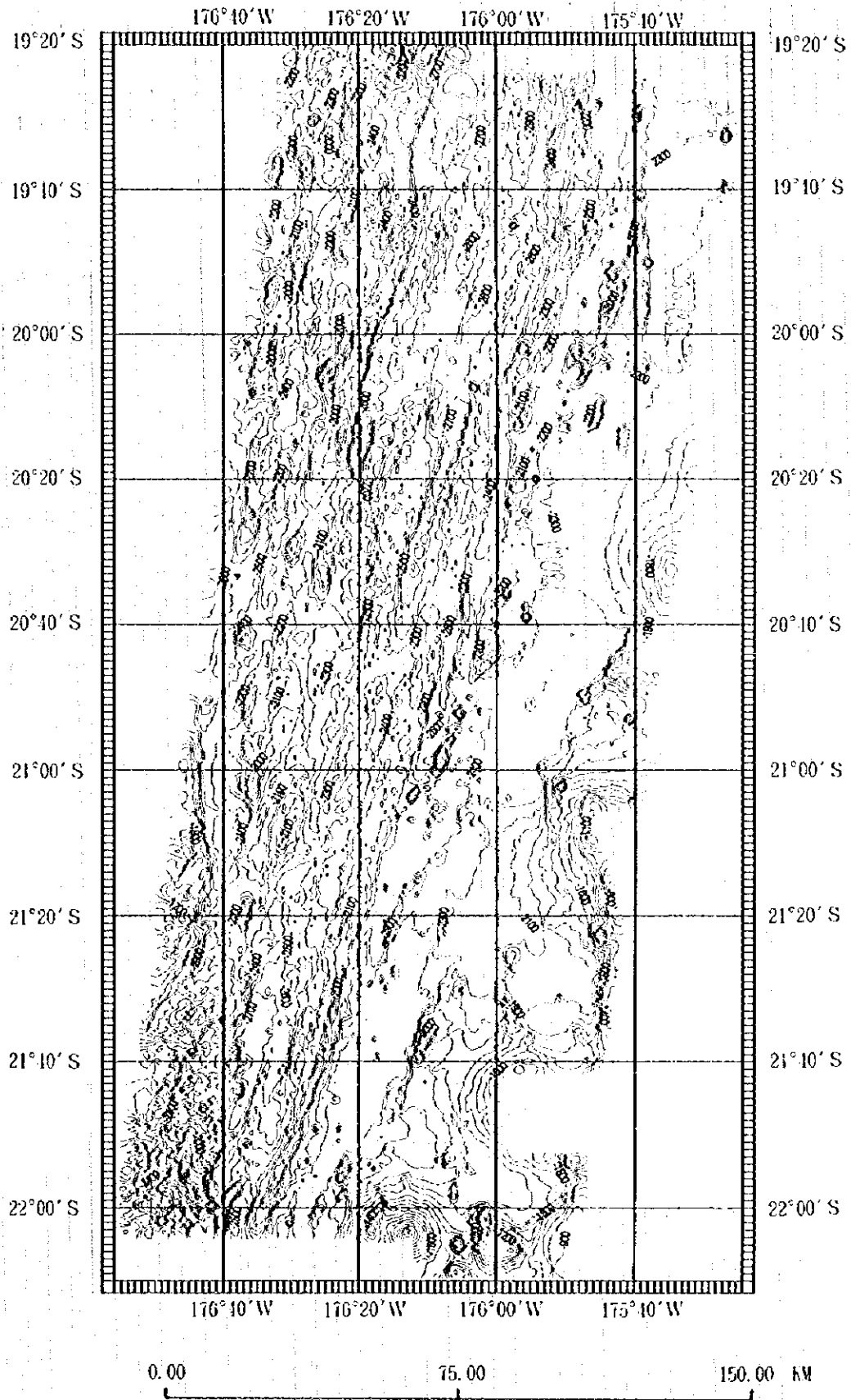


图 3 - 2 - 2 海底地形图

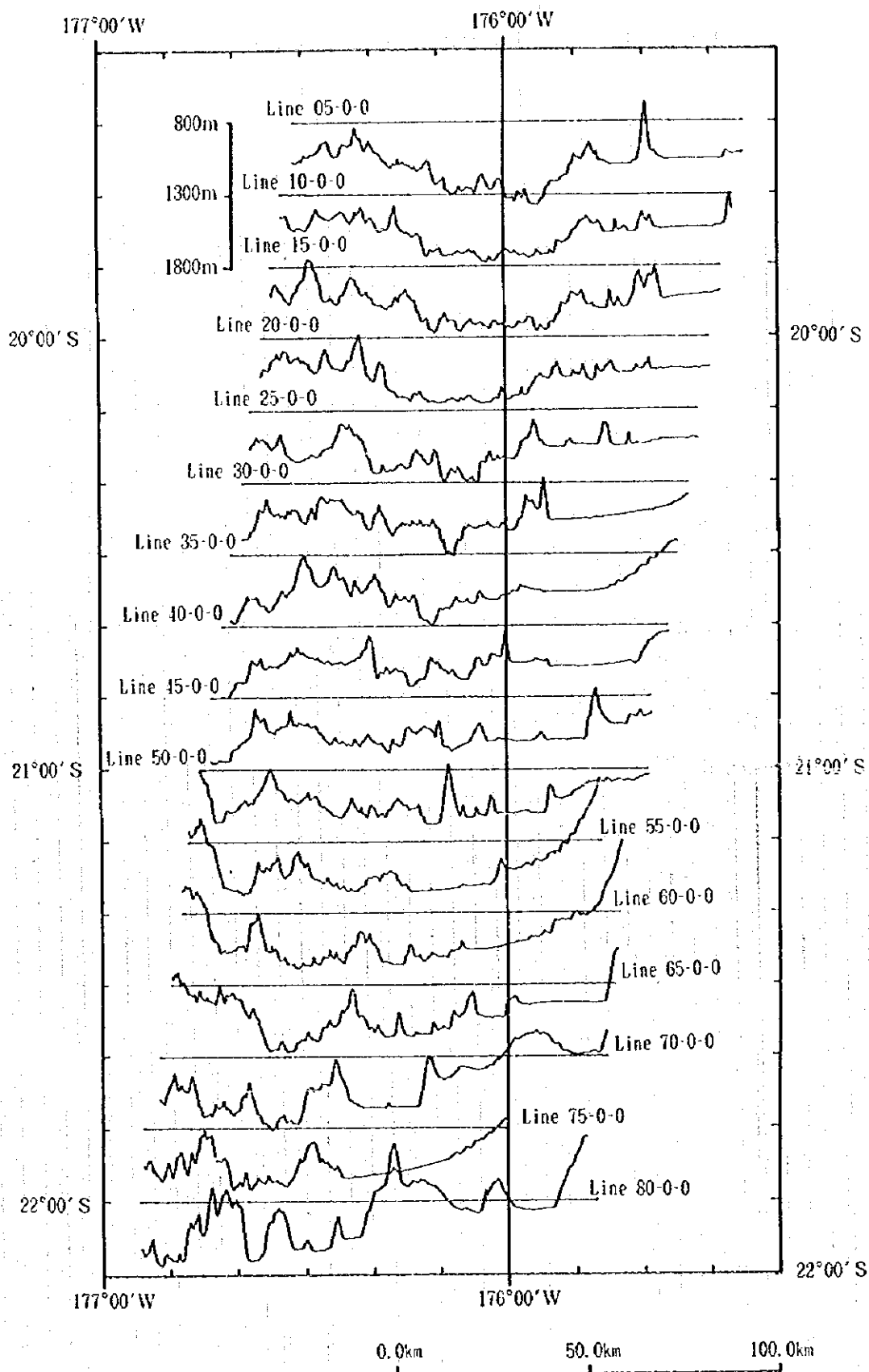


图 3 - 2 - 3 海底地形断面图

- ④ 海域南西部 $21^{\circ} 40' S \cdot 176^{\circ} 36' W$ 付近には凹地が見られる。この凹地は長軸が約55km、短軸が約20kmである。最大水深は約2,800mである。
- ⑤ 拡大軸は北部で溝状を呈しており、中央( $20^{\circ} 40' S$ 付近)から南部に行くに従い海嶺状になる。南部では海嶺がよく発達している。
- ⑥ 拡大軸は $20^{\circ} 00' S \sim 20^{\circ} 40' S$ 間で重複拡大軸となりその間に凹地を有している。この凹地は、中軸谷で長軸が約65km、短軸が6kmで最大水深は約2,800mである。また、この中軸谷の東側斜面部ではテラス状地が見られる。このテラス状地は、水深約2,600m以浅にあり、幅約200m、長さ約2kmである。
- ⑦ 北部 $19^{\circ} 55' S \cdot 176^{\circ} 04' W$ 付近にある海丘のように拡大軸を中心に東西に分離したことを示唆する地形形状がいくつか見られる。

### 3-3 磁気調査

#### (1) 全磁力

全磁力測定は、調査海域において、測線間隔2マイルの地形調査と並行して実施した。データの悪い箇所、あるいは欠測のある箇所は再測を行った。調査期間中、磁気嵐の影響は特に認められなかった。経時変化磁場補正は行っていない。全磁力測定値を間隔1,500mでリッピングし、全磁力等値線図(図3-3-1)を作成した。コンター間隔は100nTとした。

本海域の全磁力値は、42,300~44,800nTの範囲にあり、大局的な傾向は北で低く、南で高い。この傾向は理論的に求められたグローバルな地球磁場の傾向と一致する。

#### (2) 磁気異常

全磁力値から1次傾向面を求め、全磁力値と傾向面の残差を全磁力異常値とし、磁気異常図(図3-3-2)を作成した。また、全磁力値とIGRF(国際標準地球磁場)との残差による磁気異常図を作成し、図3-3-3に示した。これらの図はいずれもコンター間隔は50nTとした。

傾向面残差とIGRF残差を比較すると、ほぼ同様の分布を示すが、IGRF残差の方が全体的に約100nT低くなっている。以下ではIGRF残差の磁気異常図について述べる。

本海域の大局的な磁気異常分布として、調査地域全体にわたって、北北東-南南西方向に帯状の正の磁気異常が分布し、それらの帯状分布と交差する帯状の正の磁気異常分布が認められる。この磁気異常図では、いわゆる磁気楕模様は明瞭には認められない。海域内の磁気異常の振幅は大半が-300~+300nTの範囲であり、全体では負の磁気異常の占める割合が大きい。さらに、磁気異常分布を詳細にみると以下のようなことがいえる。

本海域を北部から南部に貫くように、北北東-南南西方向に延びる3本の帯状あるいは点



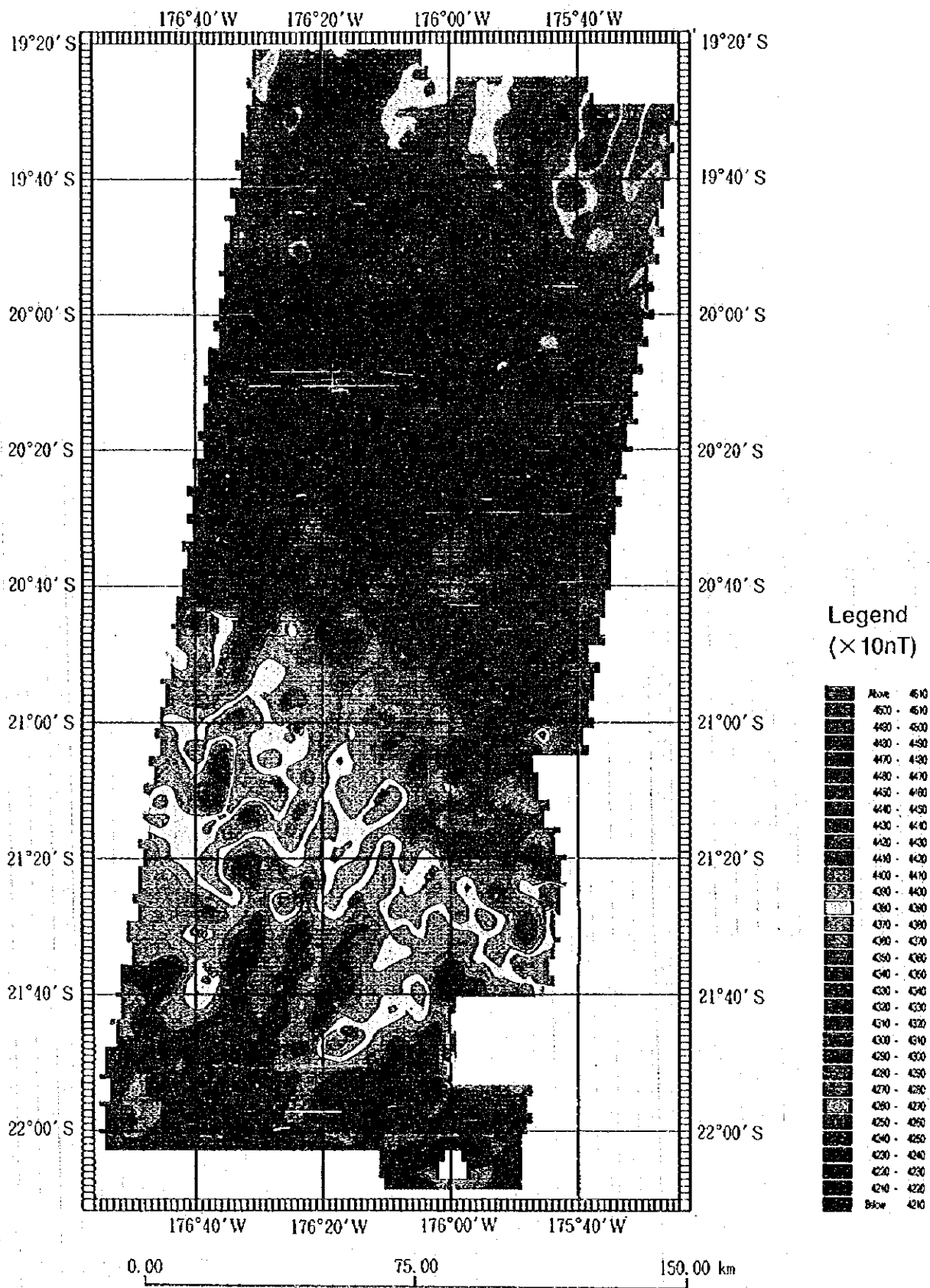


图 3 - 3 - 1 全磁力等值线图

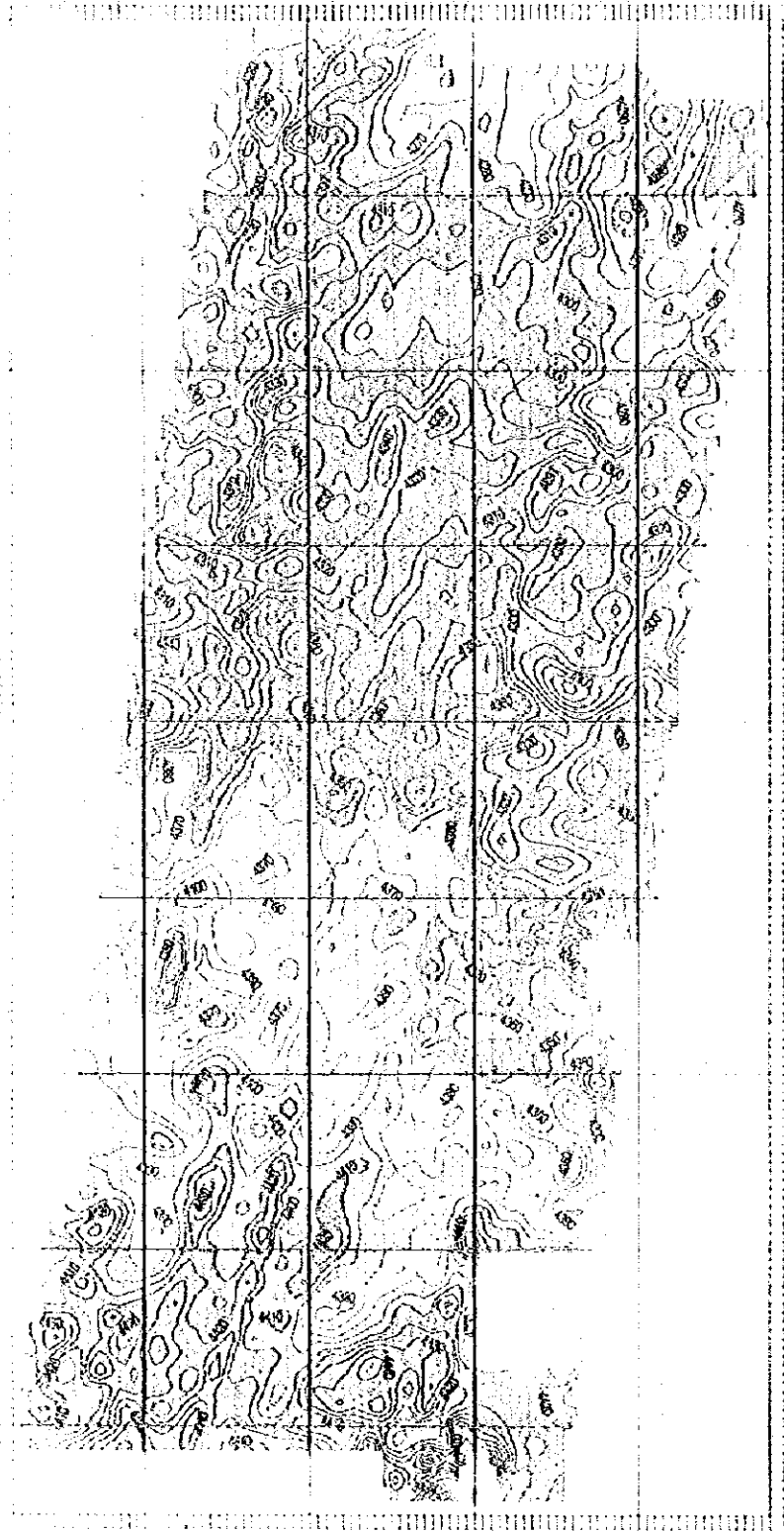


Figure 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

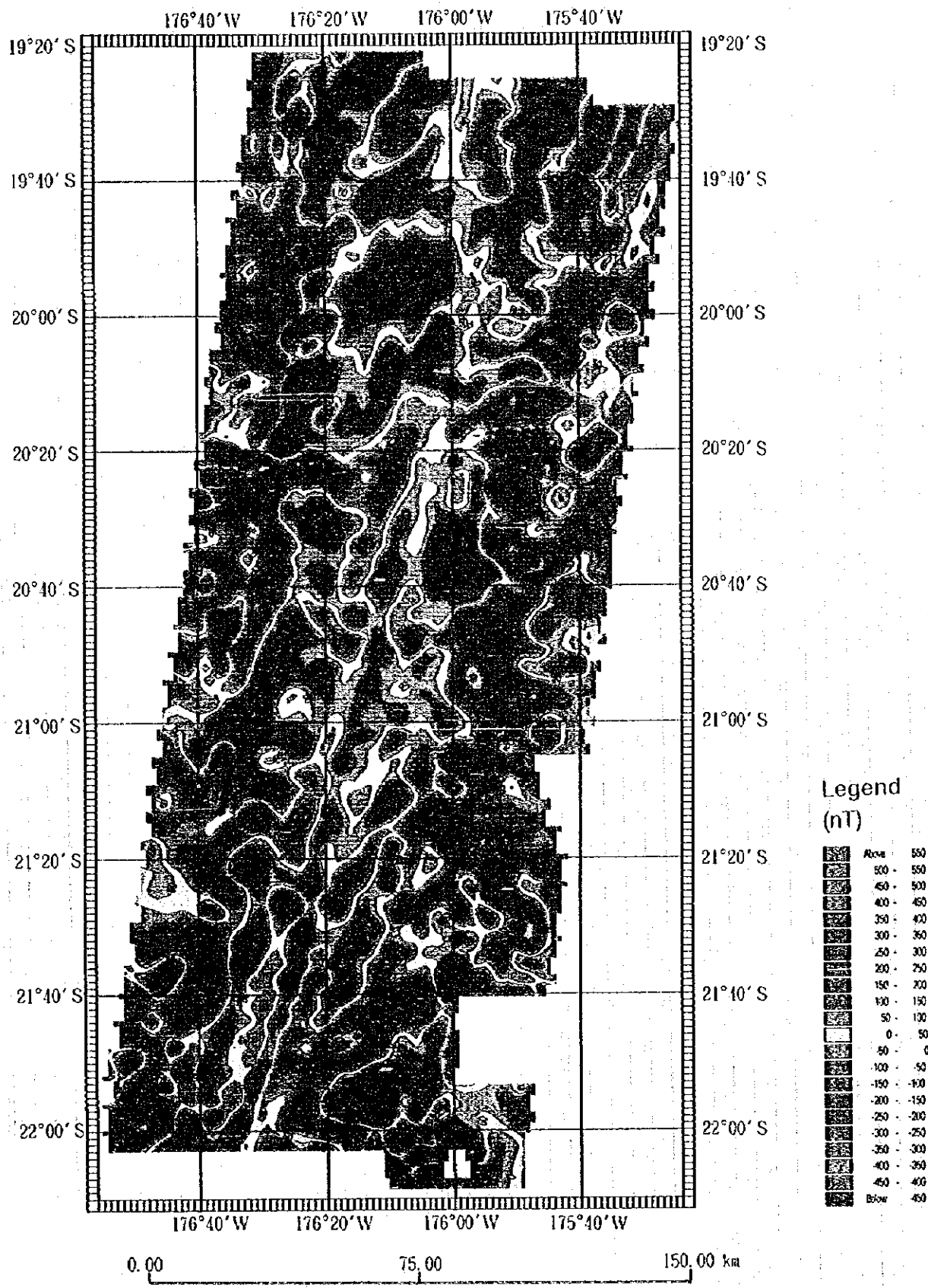
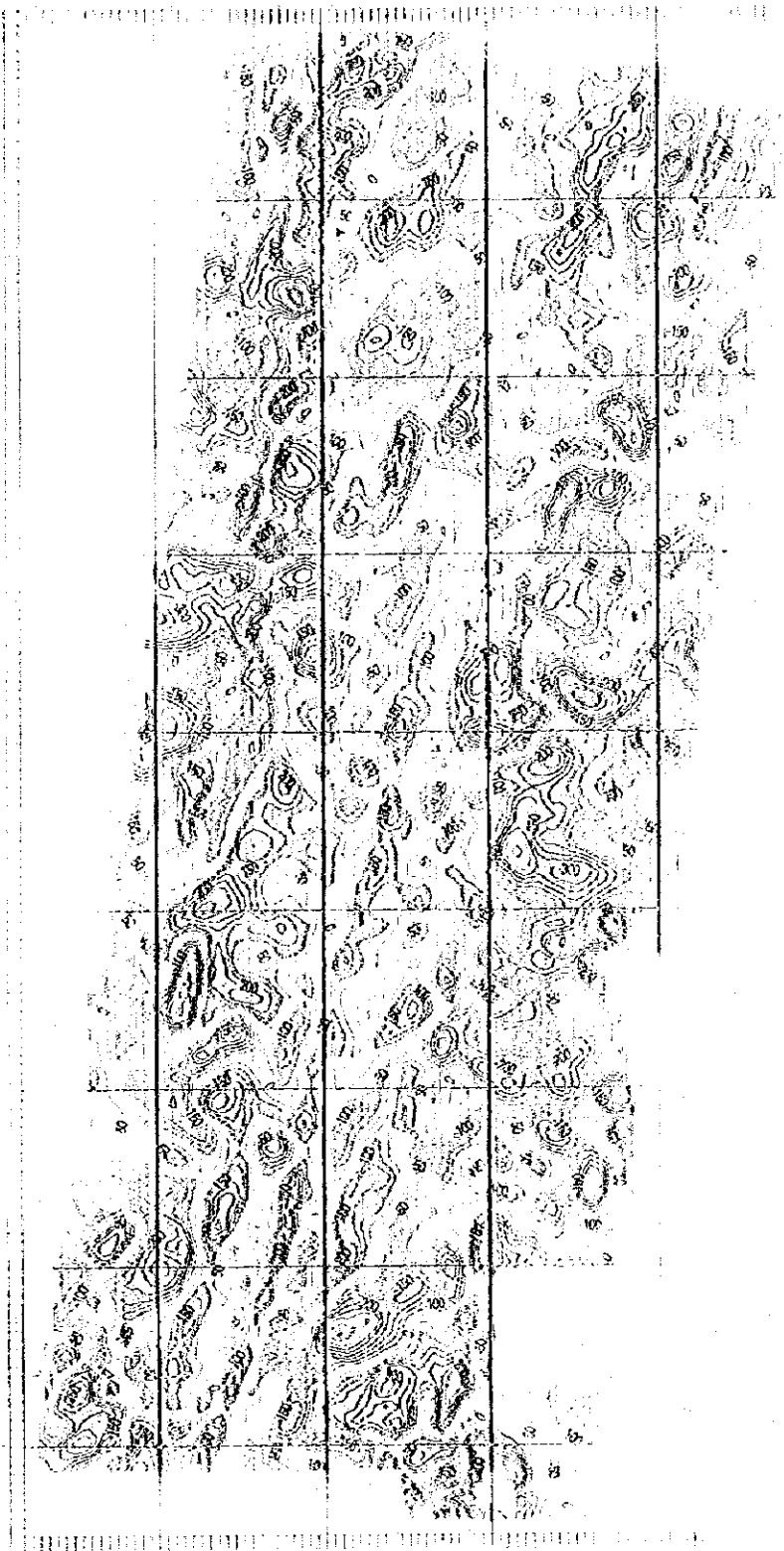


图 3 - 3 - 2 磁气异常图 (倾向面残差)



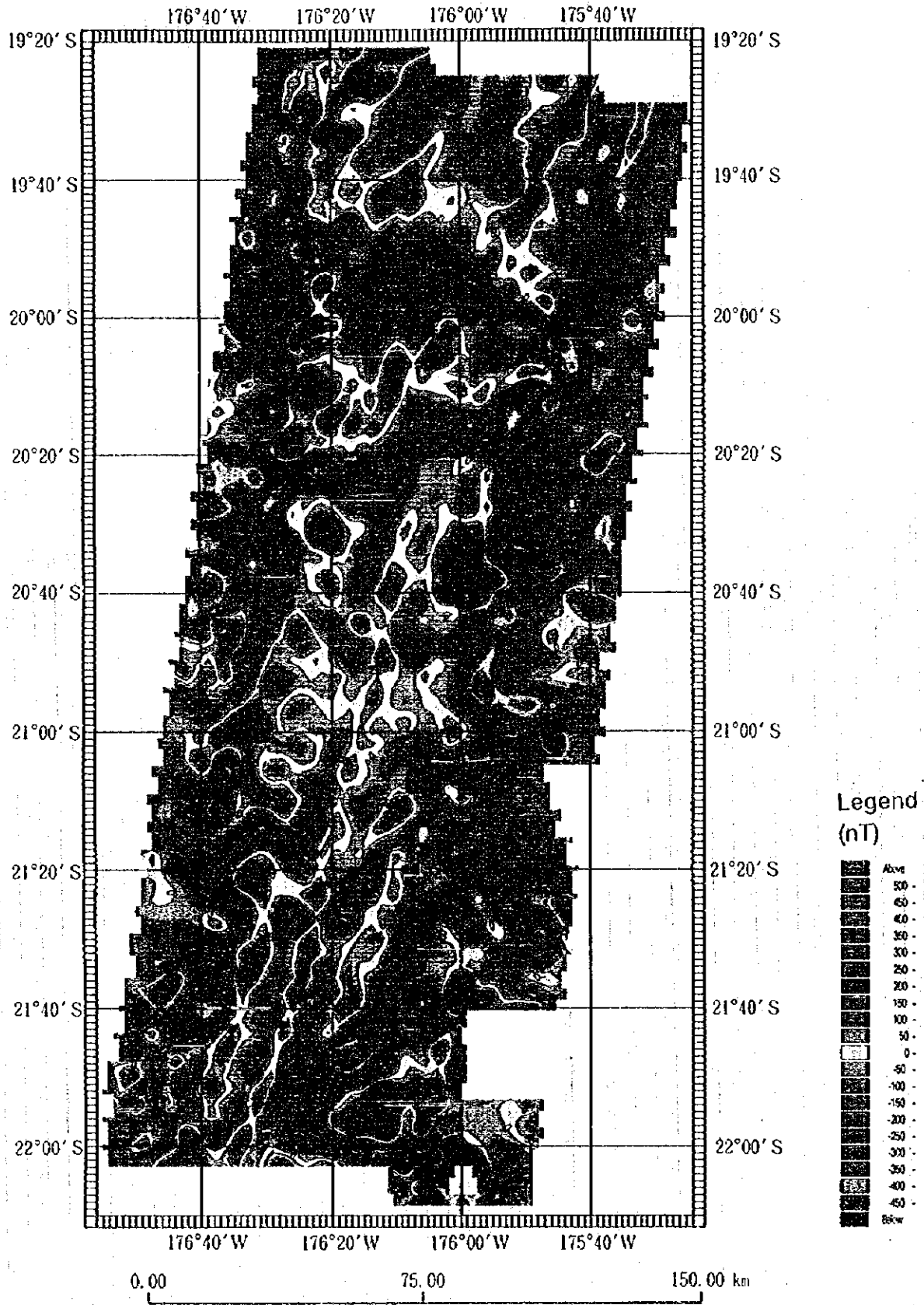
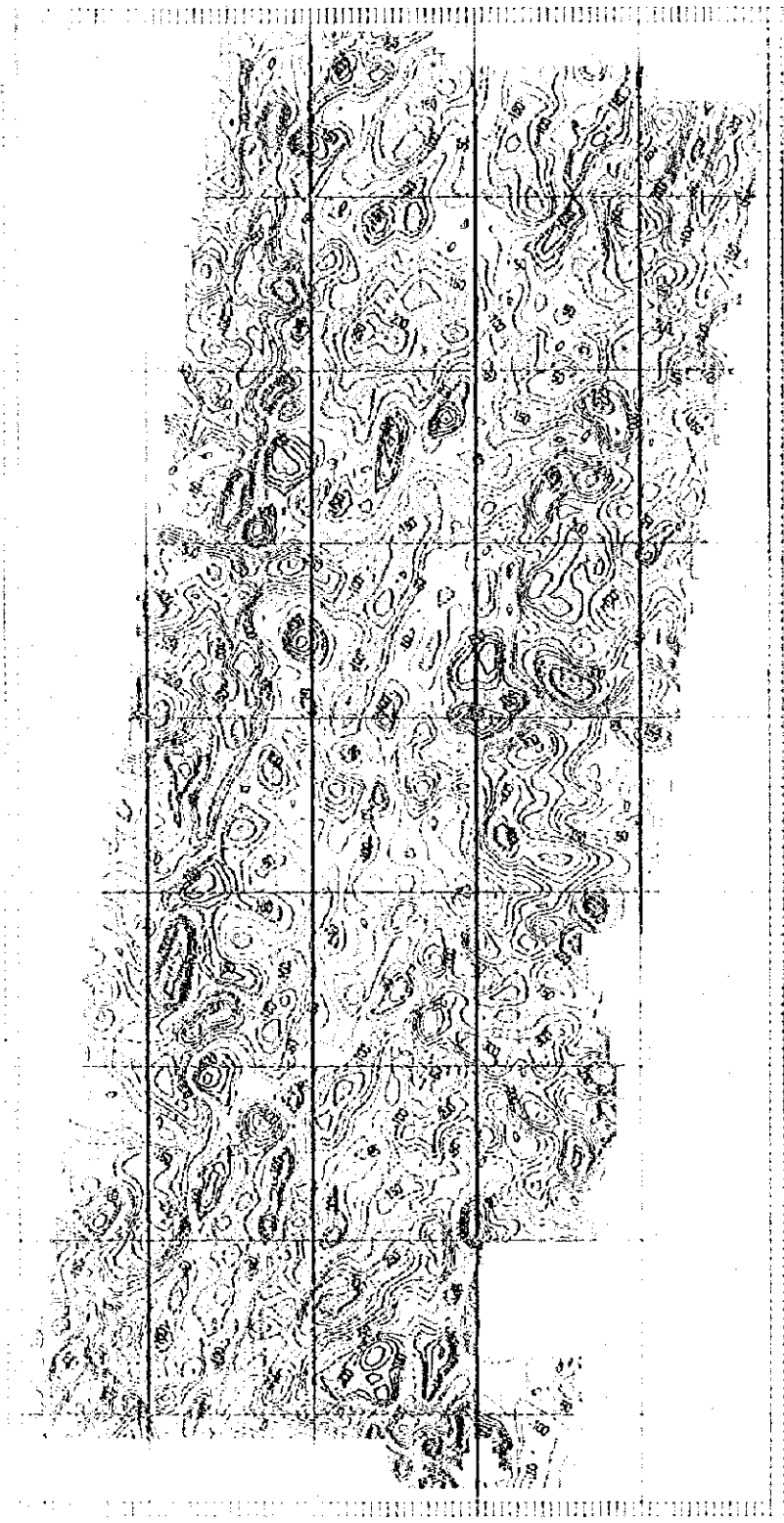


图 3 - 3 - 3 磁气异常图 (IGRF 残差)



Latitude	Longitude
10° 00' N	100° 00' W
10° 00' N	100° 15' W
10° 00' N	100° 30' W
10° 00' N	100° 45' W
10° 00' N	100° 00' W
10° 15' N	100° 00' W
10° 15' N	100° 15' W
10° 15' N	100° 30' W
10° 15' N	100° 45' W
10° 15' N	100° 00' W
10° 30' N	100° 00' W
10° 30' N	100° 15' W
10° 30' N	100° 30' W
10° 30' N	100° 45' W
10° 30' N	100° 00' W
10° 45' N	100° 00' W
10° 45' N	100° 15' W
10° 45' N	100° 30' W
10° 45' N	100° 45' W
10° 45' N	100° 00' W
11° 00' N	100° 00' W
11° 00' N	100° 15' W
11° 00' N	100° 30' W
11° 00' N	100° 45' W
11° 00' N	100° 00' W

U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE

列状の正の磁気異常が認められる。振幅は最大のもので約+300nTである。中央の正の帯状磁気異常は、ほぼ拡大軸に沿っている。その両側の正の帯状磁気異常は、中央の正の帯状磁気異常からほぼ等距離に分布し、調査海域北部から南部に向かうにつれて、中央の拡大軸に沿う正の帯状磁気異常との間隔が狭くなっている。中央の正の帯状磁気異常は、その大部分が拡大軸の地形の高まりに対応している。また、これら構造に沿った正の帯状磁気異常を切るように、19°43' S、20°10' S付近では東西方向の正の帯状磁気異常が認められる。一方、海域中央部北の重複拡大軸の凹部や海域北端の海域内最深である凹部は、負の磁気異常を示す。

海域中央部の20°40' S・176°0' E付近、南部の21°55' S・176°18' E付近には、最大振幅+250nT以上の正の磁気異常が比較的広範囲に認められる。これらの正の磁気異常の近傍には最大振幅-400nT以下を示す規模の大きな負の磁気異常が分布しているのが特徴的である。

海域北部南の20°10' S・176°49' E付近にはダイポール状の磁気異常が認められる。振幅は-450~+50nTを示す。地形的には比較的フラットな部分に相当する。

海域の南東端には、典型的なダイポール状の磁気異常が存在する。振幅は-400~+450nTであり、本海域内で最も大きい値を示す。この磁気異常は、海拔-500m以下の海山によるものと思われる。

### (3) 極磁気異常

南半球の中～低緯度地方では、現在の地球磁場方向に磁化(正帯磁)した磁性体による磁気異常は、一般に、磁性体の南側に負、北側に正の一对の磁気異常として現れる。一方、極地方では単一の正磁気異常が磁性体の直上に現れる。したがって、得られた磁気異常図(IGRF残差)に極磁気交換を施すことにより北の高異常が南側へ移動し、南の低異常が消滅した単一の高異常(南極点における磁気異常)として再現される。

こうして得られる極磁気図は、正帯磁した磁性体の直上に高磁気異常が分布することになり、地形・地質との対比や磁性体の分布に対する解釈が容易になると同時に、3次元定量解析を利用した磁気構造の把握が可能となる。また、本海域には負帯磁(現在の地球磁場と逆方向の磁化)の磁気構造が多数存在するが、この場合には磁性体の直上に低磁気異常が分布する。

本調査海域は、北端と南端の緯度差が170'と大きく、伏角も南北端間で5°近く変化するが、海域中央部の伏角41°Sを採用して極磁気異常図(図3-3-4)を作成した。

極磁気異常図によると、磁気分布は正と負の磁気異常の縞模様で特徴付けられ、高異常に対応して正帯磁の磁性体が分布する一方、低異常には負帯磁の磁性体が対比される。このようにして得られた極磁気異常図では、磁気異常図(IGRF残差)と比較して磁気異常の振

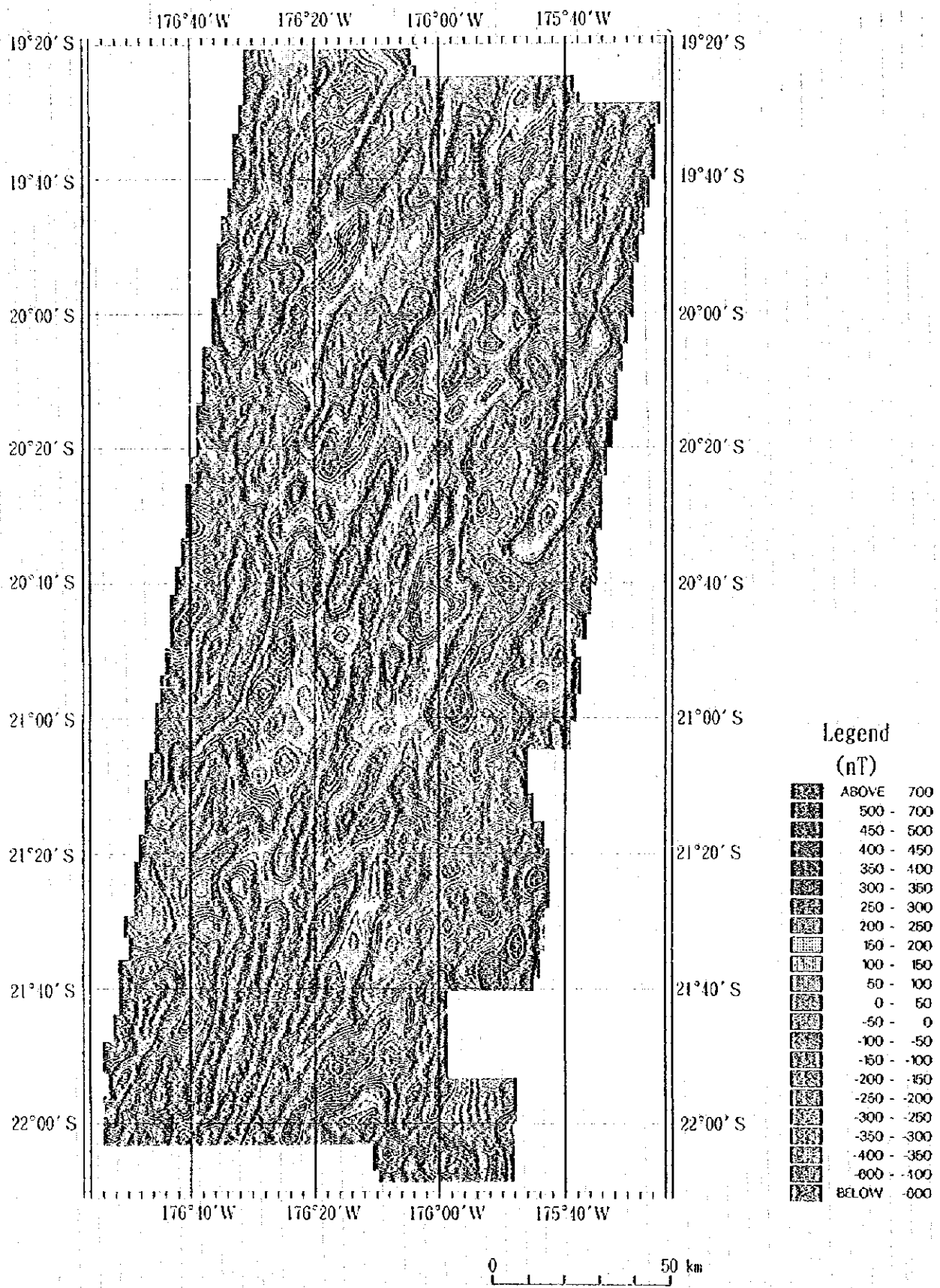


图 3 - 3 - 4 極磁氣異常図



幅が増し、北北東-南南西方向の走向と配列が強調されている。また、磁気異常図（IGRF残差）では海底地形との相関があまり明瞭でなかったのに対し、地形高所と高異常との明瞭な相関が認められる。島弧縁辺部、海山等の地形高所と高極磁気異常との正の相関が明瞭となった。特に、調査海域中央部～南部における拡大軸を形成する海嶺、あるいは点在する海山、海嶺に一致した正の極磁気異常が発達している。極磁気異常図における磁気分布から次のようなことがいえる。

大局的には、調査海域中央を南北に連なる広大な高異常卓越部（正異常が優勢な一連の領域）と、その東と西の低異常卓越部（負異常が優勢な領域）とに大別できる。前者では正帯磁が、また後者では負帯磁がそれぞれ卓越すると考えられる。

高異常卓越部には、本海域を南北に貫くように北北東-南南西方向に延びる3本の帯状高異常が断続的に分布し、その多くが海嶺の位置・走向に対応している。特に、中央に発達する帯状高異常は海嶺にほぼ一致して強い連続性を示すのが特徴的である。高異常卓越部の帯状高異常は至るところで「横ずれ」や「おじれ」が見られ、特に $20^{\circ} 00' S \sim 20^{\circ} 20' S$ 付近でこの特徴が著しい。これらは東西方向の断裂系の存在や、重複拡大軸のような歪み構造を反映した可能性が考えられる。

#### (1) 磁化強度分布

3次元磁化強度分布解析では、海底下に潜在する磁性体分布を無数の角柱の集合体からなる3次元モデルで近似し、各角柱の磁化強度を逆解析の方法によって算出する3次元モデルインバージョンを行った。

使用した3次元モデルの各角柱は、上面を海底面、下面を海拔-16kmとした。極磁気図を用いて行った磁化強度解析の結果、得られた磁化強度分布図を図3-3-5に示す。以下に磁化強度分布の特徴や、磁化強度と地形及び拡大軸との関係について述べる。

##### ① 大局的な磁化強度分布

本調査海域の磁化強度はおおよそ $-3 \sim +3 A/m$ の範囲に分布し、拡大軸に平行な北北東-南南西方向に並列する正と負の磁化強度の縞模様が特徴的である。これらの磁気縞模様の正帯磁と負帯磁のコントラストは、地殻拡大の進行中に行われた度重なる地球磁場の反転によって生じたものであると推定される。正・負の磁化強度はそれぞれ、磁場反転時の磁場の強さに支配され、正帯磁卓越ゾーンは現在と同方向の地球磁場が強い時期に生成したと考えられる。

大局的には、極磁気の高異常卓越部及び低異常卓越部にそれぞれ対比される「正帯磁卓越部」及び「負帯磁卓越部」に2分される。

特に、調査海域中央を南北に連続する正帯磁卓越部では、その横幅が緯度によって大きく異なり、北部で約70km、中央部で50～60km程度、南端部で約30kmと著しい変化が認めら

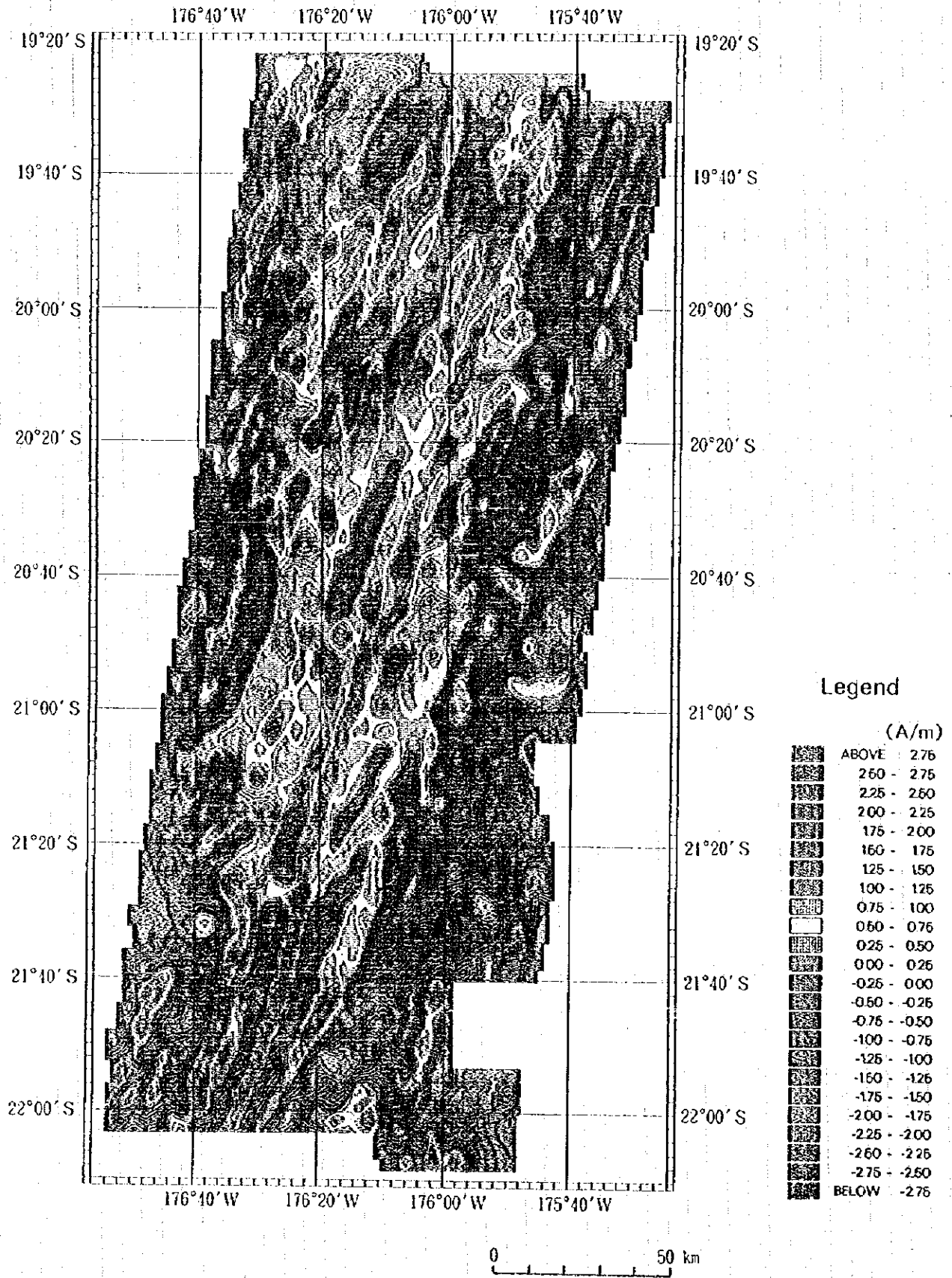


图 3 - 3 - 5 磁化强度分布图

れる。

## ② 海底地形との対比

本調査海域は概して東西両側を高地に挟まれた海盆に位置し、この海盆中には北北東-南南西方向に伸長・配列する大小の海嶺・海山及び地溝が発達している。

海嶺や地溝と磁化強度分布との位置関係を比較すると、正帯磁卓越部及び負帯磁卓越部のいずれも高磁化異常が海嶺に対応し、低磁化異常が地溝に対比される場合が多い。特に、正帯磁卓越部では、数条の帯状高磁化異常が断続的に南北に連なるが、そのほとんどが海嶺の位置・方向と強い相関性を示している。

ただし、海嶺に対して低磁化異常、地溝に対して高磁化異常がそれぞれ局所的に合致する場合も所々に見られ、調査地全体として正帯磁と負帯磁の構造が混在することを裏付けている。

## ③ 拡大軸に関する検討

正帯磁卓越部に発達する数条の帯状高磁化異常は、その多くが海嶺の位置・走向に対応している。特に、正帯磁卓越部の中央部の高磁化異常は海嶺にほぼ一致して強い連続性を示し、これが拡大軸に対応すると考えられる。この拡大軸は、南から北へ行くに従って正帯磁卓越部の中央から東部へ若干偏る傾向があり、また、調査海域北部で連続性が不明瞭となる。

こうした拡大軸が調査海域北部で正帯磁卓越部の東へ偏る傾向と、前述した正帯磁卓越部の幅が南から北へ次第に広がる特徴から、地殻拡大の速度は北へ行くほど増したこと、あるいは拡大の始まった時期が北部ほど早かったこと、さらに拡大軸西側の方が東側よりも地殻拡大の速度が若干大きいことなどが考えられる。

また、正帯磁卓越部では、至るところで帯状高磁化異常の『横ずれ』や『ねじれ』が見られる。こうした歪みは主として $19^{\circ} 48' S \cdot 176^{\circ} 48' W$ 、 $20^{\circ} 10' S \cdot 176^{\circ} 00' W$ 、 $20^{\circ} 24' S \cdot 176^{\circ} 24' W$ 、 $21^{\circ} 14' S \cdot 176^{\circ} 32' W$ の緯度・経度で示す地点を中心とする各地域に発達し、東西系の断裂系や海嶺・地溝のオーバーラップに伴う歪み構造が存在する可能性が指摘される。

## (5) 磁気構造

図3-3-6の磁気構造図に海底地形図と対比して、

- ① 磁化強度 $+1 A/m$ 以上の『正の強磁化ゾーン』
- ② 磁化強度 $-1 A/m$ 以下の『負の強磁化ゾーン』
- ③ 並列する正帯磁域と負帯磁域の境界をその連続性と負帯磁側への落ち込みで表す『正帯磁と負帯磁の境界』

を図示した。以下にそれらの特徴を述べる。

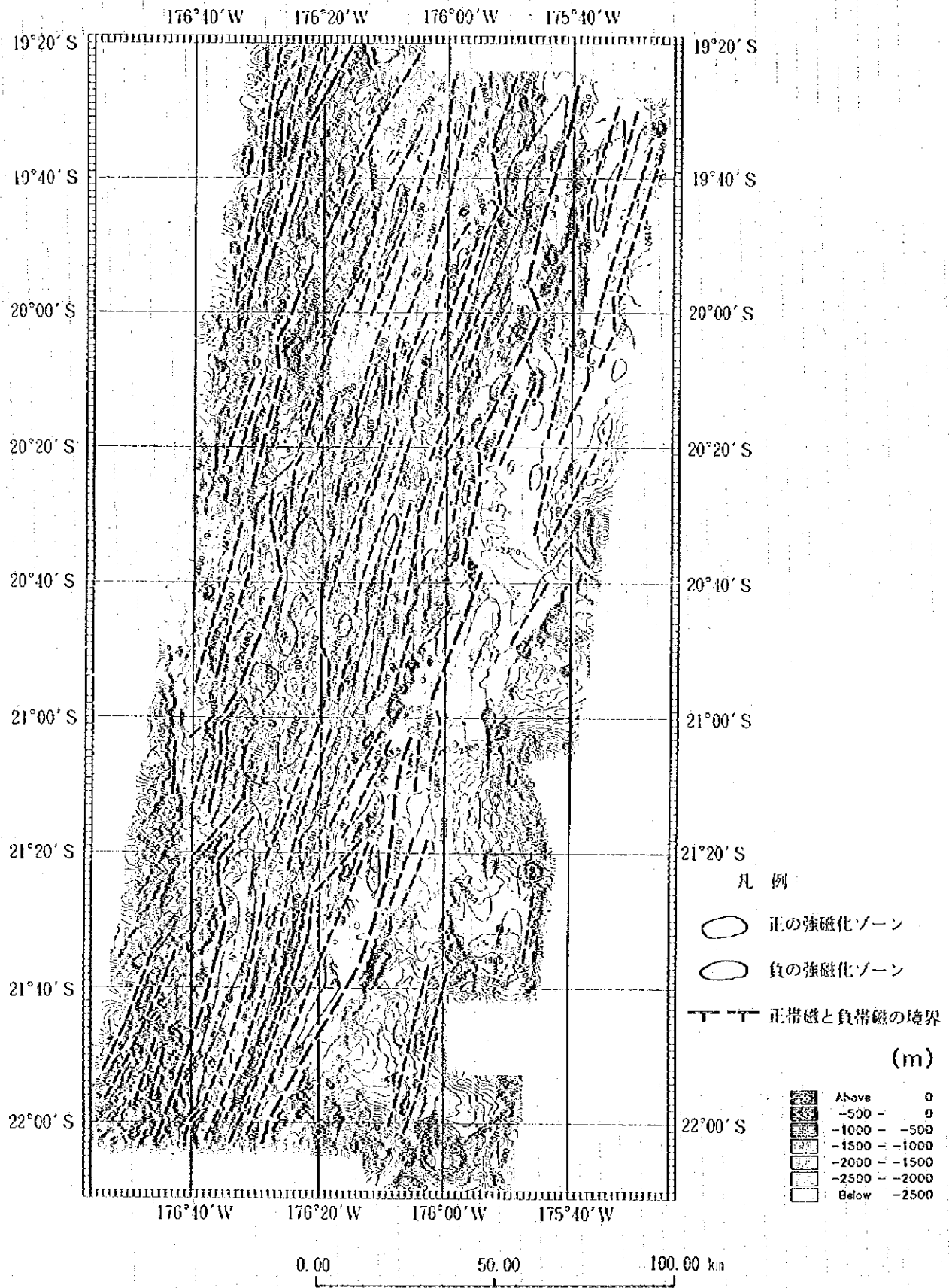


図 3 - 3 - 6 磁 気 構 造 図

#### ① 正の強磁化ゾーン

磁化強度  $+1 \text{ A/m}$  以上の正の強磁化ゾーンはそのほとんどが正帯磁卓越部に集中的に分布するが、負帯磁卓越部の一部の海山に対応するものも所々に見られる。

正帯磁卓越部の正の強磁化ゾーンは、これまで述べた拡大軸に代表される地形との正相関が顕著である。しかし、地溝状の低地においても、南から  $21^{\circ} 40' \text{ S} \cdot 176^{\circ} 35' \text{ W}$ 、 $20^{\circ} 10' \text{ S} \cdot 176^{\circ} 06' \text{ W}$ 、 $19^{\circ} 50' \text{ S} \cdot 176^{\circ} 10' \text{ W}$ 、 $19^{\circ} 32' \text{ S} \cdot 175^{\circ} 58' \text{ W}$  等の各地点を中心として、南北に伸長する正の強磁化ゾーンが分布する。

#### ② 負の強磁化ゾーン

磁化強度  $-1 \text{ A/m}$  以下の負の強磁化ゾーンは、ほとんどが負帯磁卓越部中に広く分布し、低地に対応する地形との相関が強い。正帯磁卓越部中には、正の強磁化ゾーンに挟まれて小規模に分布するのみである。

負帯磁卓越部中の負の強磁化ゾーンは、正の強磁化ゾーンと比較して南北方向の連続性が弱まり、平面的に分散する傾向が認められる。

#### ③ 正帯磁と負帯磁の境界

並列する正帯磁域と負帯磁域の境界部を、断層状の境界線と負帯磁側への落ち込み方向で図示し、特に、正帯磁卓越部と負帯磁卓越部の境界は太い境界線を用いて強調した。

正・負帯磁域の境界線は北北東-南南西方向の走向を示して断続的に連なり、正帯磁卓越部において幅数 km から 20 km を越える境界線が多数発達するが、負帯磁卓越部ではまばらである。また、調査海域の至るところで境界線の連なりが途絶え、北部の  $20^{\circ} 00' \text{ S} \sim 20^{\circ} 20' \text{ S}$  付近では所々に正帯磁と負帯磁の連続性の反転が認められる。

### 3-4 地質構造

#### (1) 地質構造

図 3-4-1 に海底地形図から得られたリニアメントを示す。同図における拡大軸の位置は、地形的特徴と MBE S 音響イメージ図における反射音圧の高い部分から推定した。本章以降では、調査海域の拡大軸とはこれらの部分を示すものとする。

調査海域の主要なリニアメントは、拡大軸に平行な北北東-南南西走向を有する（この方向は、トンガ海溝とトンガ海嶺にも平行である）。これらの多くは、海洋地殻の拡大に伴い生じる正断層運動が形成した断層崖を表している。調査海域西部ではラウ海盆西方のラウ海嶺と同方向の北-南から北北西-南南東方向のリニアメントが、同東部では拡大軸にやや斜交する北東-南西方向のリニアメントも認められる。

図 3-4-2 に地質構造を示す。最も主要で顕著な地質構造は、調査海域を北北東-南南西方向に縦断するラウ海盆の拡大軸である。この拡大軸は、雁行状配列をなすいくつかの地溝と海嶺からなる。調査海域中央部では拡大軸の重複が認められる。拡大軸の重複部や屈曲

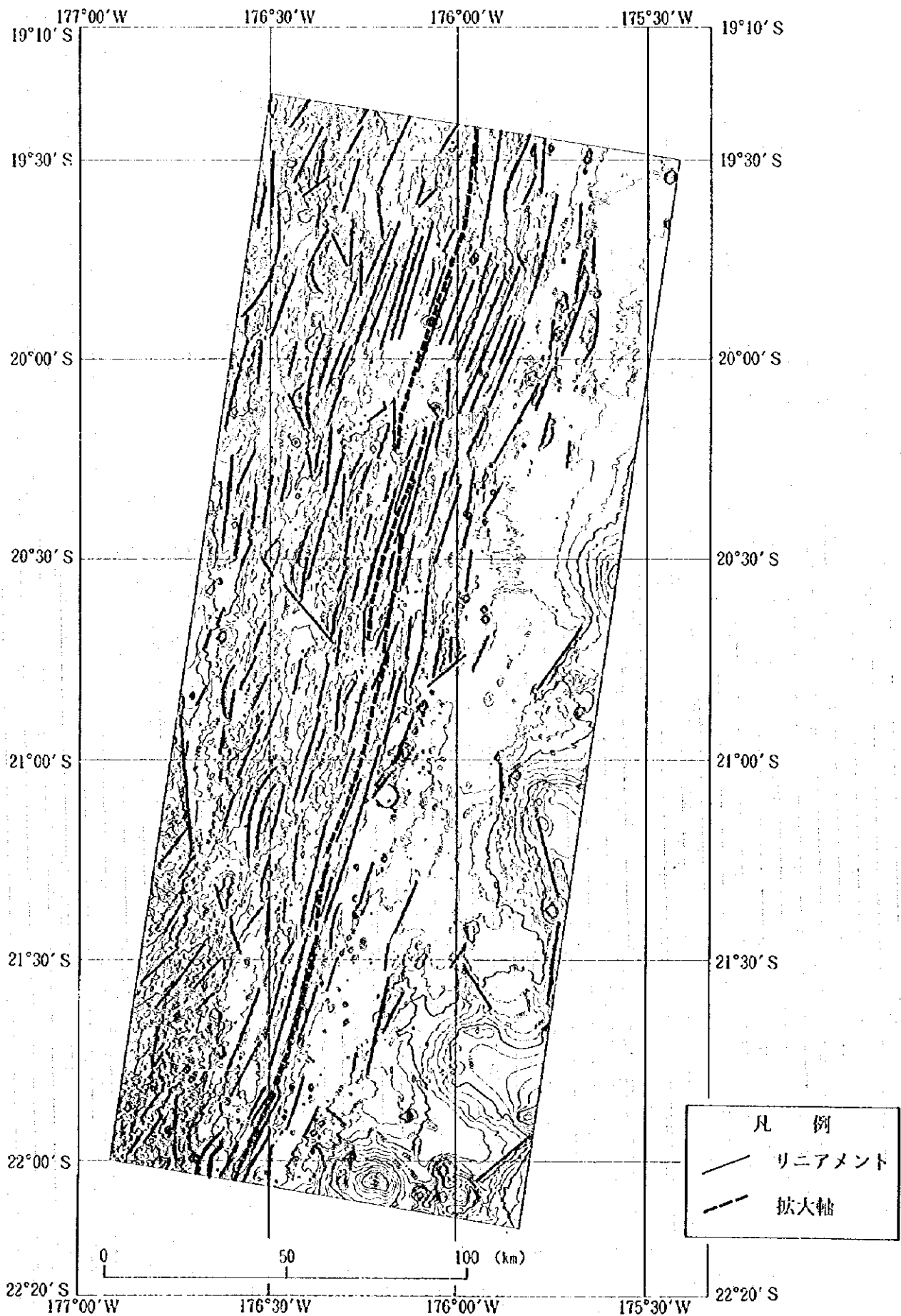


図 3 - 4 - 1 リニアメント図

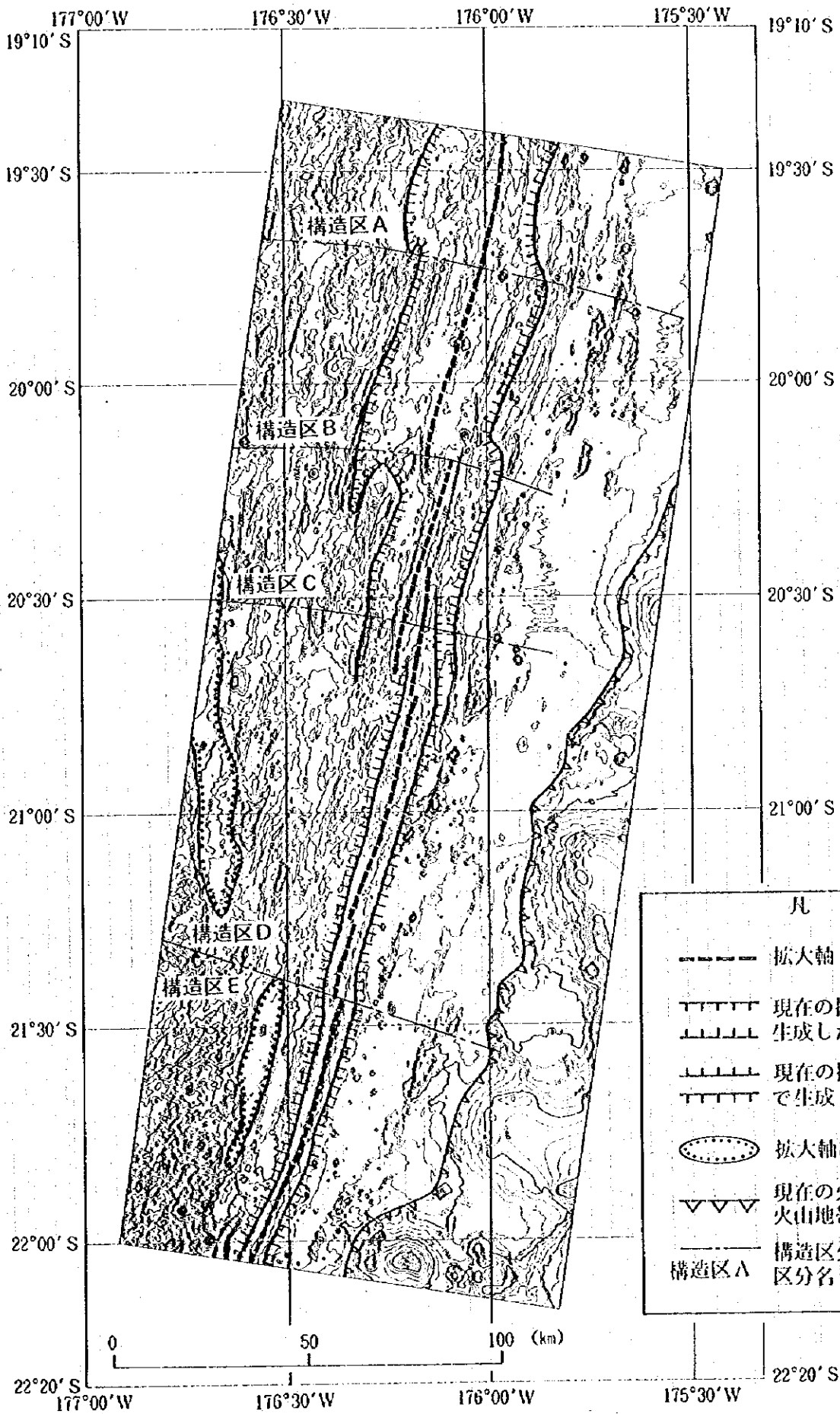


図 3 - 4 - 2 地 質 構 造 図

部ではそれに呼応した走向のリニアメントが発達する。

調査海域の北半部では、拡大軸は主に地溝を形成し、拡大により新たに生じた海洋地殻は約25~35kmの幅に達すると考えられる。南半部では、拡大軸は主に海嶺を形成し、拡大に伴う火山岩の噴出により形成された海嶺は10km前後の幅を持つ。両地域の拡大軸の形態の相違は、拡大が始まった年代、拡大速度、噴出する火山岩の岩質、などの相違に起因すると考えられる。

拡大軸の東方10~40kmのところには、これとほぼ平行する海丘列が存在する。これらは、拡大軸に平行な断裂に沿って火山岩が噴出して形成されたものである。調査海域の東端から南東部には、トンガ海嶺の火山フロント（トファ火山弧）に相当する、活動的な海底火山列が存在する。

調査海域は上述のように2つの海域に大きく区分できるが、拡大軸とその周囲の構造により、北から順に以下の5つの構造区（A~E）に細分した。図3-4-2にこの地質構造区分が併記されている。

#### 1) 構造区A

位置：19° 44' S付近より北側、調査海域の北端部。

地形：拡大軸は、南部で海嶺、北部で地溝をなす。北端部は小さな海盆をなし、調査海域を縦断する拡大軸はこの海盆部で消滅する。

構造：拡大軸周辺では、下記の構造区Bのように顕著な左右対称の構造は認められない。

拡大軸の走向は北部で北-南、南部で北北東-南南西を示すが、周囲の構造は北部で北北東-南南西方向、南部で北-南方向を示し、お互いに斜交する関係にある。この現象は、元々は両者は平行関係にあったものが、拡大が進展するに伴い応力場に変化が生じて、南部において新しい断裂が形成され拡大軸が東へ移動したために生じたと考えられる。

拡大軸の西側にはいくつかの小さな海盆が存在する。これらの海盆は、現在は拡大を停止した古い拡大軸である可能性がある。この仮定に基づくと、本構造区では拡大軸が西から東へと順次移動してきたことになる。

#### 2) 構造区B

位置：19° 44' S付近から20° 10' S付近まで。

地形：拡大軸は地溝をなす。拡大軸を中心として幅約35kmまでは、拡大軸に平行な地溝と地塁が交互に繰り返し、左右対称の地形を呈する。19° 54' Sには、拡大軸で2つに分離され半円形を呈する2つの海丘が存在する。拡大軸の東方約35kmのところ、北北東-南南西の方向に連なる海丘列が存在する。

構造：拡大軸の走向はN 20~25° Eで、これに平行な北北東-南南西走向のリニアメン



トが非常に発達する。これらのリニアメントの多くは地溝と地塁の境界に相当し、この境界は拡大に伴う引張り応力場で形成された正断層崖である。この断層崖の最大延長は45kmに及ぶ。地区南部では、これらの断層崖は不明瞭になる。

拡大軸の南端部では、走向が南北に変わり南方への連続が失われ消滅する。一方、この東方には構造区Cの拡大軸の北端部が存在する。20° 10' S付近で2つの拡大軸が重複し、重複拡大軸となっている。

### 3) 構造区C

位置：20° 10' S付近から20° 33' S付近まで。

地形：拡大軸は幅2～4kmの地溝をなす。この地溝内中央には、小丘、小地塁などの地形的高まりが連なる。拡大軸の近辺では、これと平行な地溝と地塁が交互に存在する。

構造：拡大軸の走向はN 20° E前後で、南端部ではN 10° E前後に変化する。これと平行なりニアメントが全体的に発達する。地溝と地塁の境界は正断層崖である。

拡大軸の南端部では、走向が南北に変わり南方への連続が失われる。一方、この東方には構造区Dの拡大軸の北端部が近接して存在する。構造区Dの拡大軸北端部の走向は南北で、構造区Cの拡大軸に突き当たるように接する。20° 25' ～33' Sでは2つの拡大軸が重複し、重複拡大軸となっている。したがって、本構造区の拡大軸は南北両端で重複拡大軸を形成している。

### 4) 構造区D

位置：20° 33' S付近から21° 27' S付近まで。

地形：拡大軸は全体的には海嶺を形成するが、海嶺頂部における微地形的には北部と南部では海嶺を、中央部では地溝をなす。細かくみると、拡大軸の中心が海嶺の部分と地溝の部分が雁行状に配列している。

拡大軸の東方5～15kmのところ、北北東-南南西～北東-南西方向の海丘列がいくつか存在する。西端部には、北北西-南南東方向の大きな地溝の南端部が存在する。

構造：拡大軸の走向はN 20～10° Eで、雁行状配列をなす。現在の拡大軸によって形成された海嶺は、幅10km程度と考えられる。この海嶺上では構造区Bのような平行断層群はあまり顕著でない。リニアメントのほとんどは拡大軸に平行している。西部では曲線的なりニアメントも認められる。

### 5) 構造区E

位置：21° 27' S付近より南側。調査海域の南端。

地形：拡大軸は海嶺をなす。海嶺の幅は6km前後で、比高は500～600mである。この海

嶺は他地区の海嶺や地塁に比べて非常に比高が大きく、急傾斜の特徴を示す。このような尾根地形は、他には海丘列で顕著に認められる。この特徴は溶岩の性質（粘性、形態など）及び噴出量に起因する。

南端部では、拡大軸の東方約25kmに火山フロントの海底火山が存在する。同部は、調査海域の中で拡大軸と火山フロントの距離が最も近い場所である。西部域（調査海域の南西端）では、数多くの海丘が群集し海山を形成するが、海丘が特定の方向に配列する傾向は認められない。

構造：拡大軸の走向は、北部でN15°E、南部でN25°Eである。21°49′Sに走向の明瞭な変曲点が存在する。拡大軸周辺のみで拡大軸と平行なリニアメントがみられる。西部域では、北東-南西走向のリニアメントが卓越する。

## (2) MBES音響イメージ

海域内の底質物分布、特にリフト拡大に伴い噴出した岩盤の露出とそれに対する堆積物被覆の状況を知ることが目的として、MBESの各ビームの受信音圧を用いてMBES音響イメージ図（図3-4-3）を作成した。ここでは海底の反射音圧の高い部分が黒く、低い部分が白く表現されている。本イメージ図は、

- ① 音圧が高く、濃度が濃い部分
- ② 一様に音圧が低く、濃度が薄い部分
- ③ 音圧が変化し、濃淡が斑状を示す部分

に分けられ、FDC観察結果によりそれぞれ岩盤の露出、堆積物表面、堆積物により薄く被覆された岩盤に対応している。ただし、このなかで濃淡が斑状を示すものは、その堆積物の被覆率、海底表面凹凸の程度等により、全体的な濃度が濃いものから薄いものまで様々に変化する。

MBES音響イメージ図には、調査海域のほぼ中央を北北東-南南西方向に貫く濃度の濃い部分が帯状に明瞭に現れている。その幅は最大部分で10km程度である。この岩盤の露出帯は既存資料等により拡大軸と推定され、調査海域北端の中央部分から南へ向かって、途中、重複したり、ゆるい屈曲を示しながら調査海域南端へ延びている。

海域全体については、大局的には濃度の薄い部分、すなわち堆積物の分布が卓越する。また、中央の拡大軸と平行に細い帯状の岩盤の露出帯が数カ所で認められる。

特に、岩盤の露出部分（濃度が濃い部分）に着目して、海底地形との対応をみると以下のとおりである。

中央の拡大軸の露岩域は、調査海域の北端から20°38′S付近までの範囲では、概ね四部に相当する。20°38′S付近から海域南端にかけては、地形の高まりに対応している。

海域中央部から南部にかけては拡大軸の東側に帯状の岩盤の露出部が数カ所で認められる

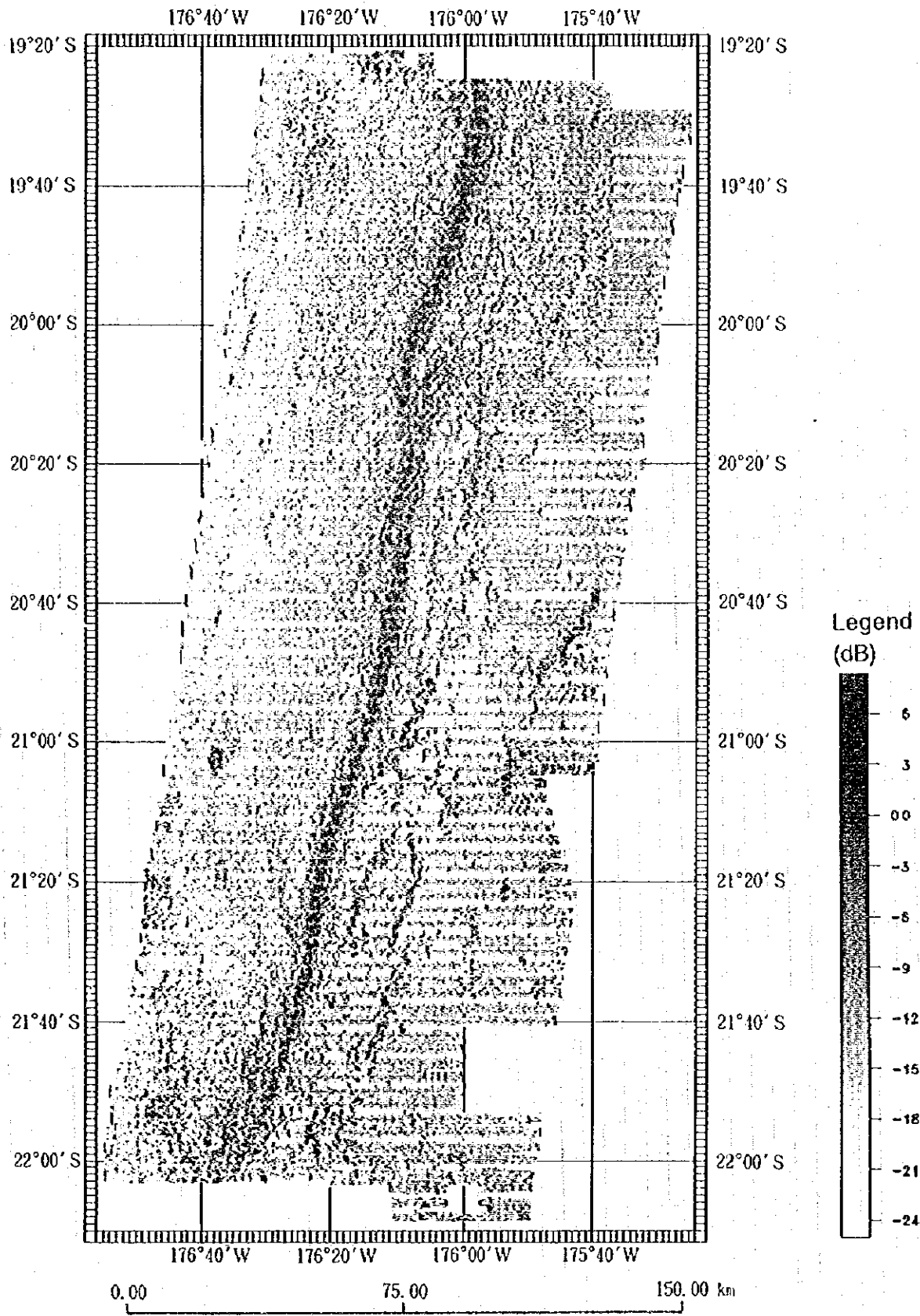


図 3 - 4 - 3 MBES 音響イメージ図

