

海洋資源調査SOPAC海域
資源開発協力基礎調査報告書

(第3巻)

パプアニューギニア国海域

平成5年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱調資
CR(5)
93-066

RY

JICA LIBRARY



1103397(4)

24715

海洋資源調査SOPAC海域
資源開発協力基礎調査報告書

(第3巻)

パプアニューギニア国海域

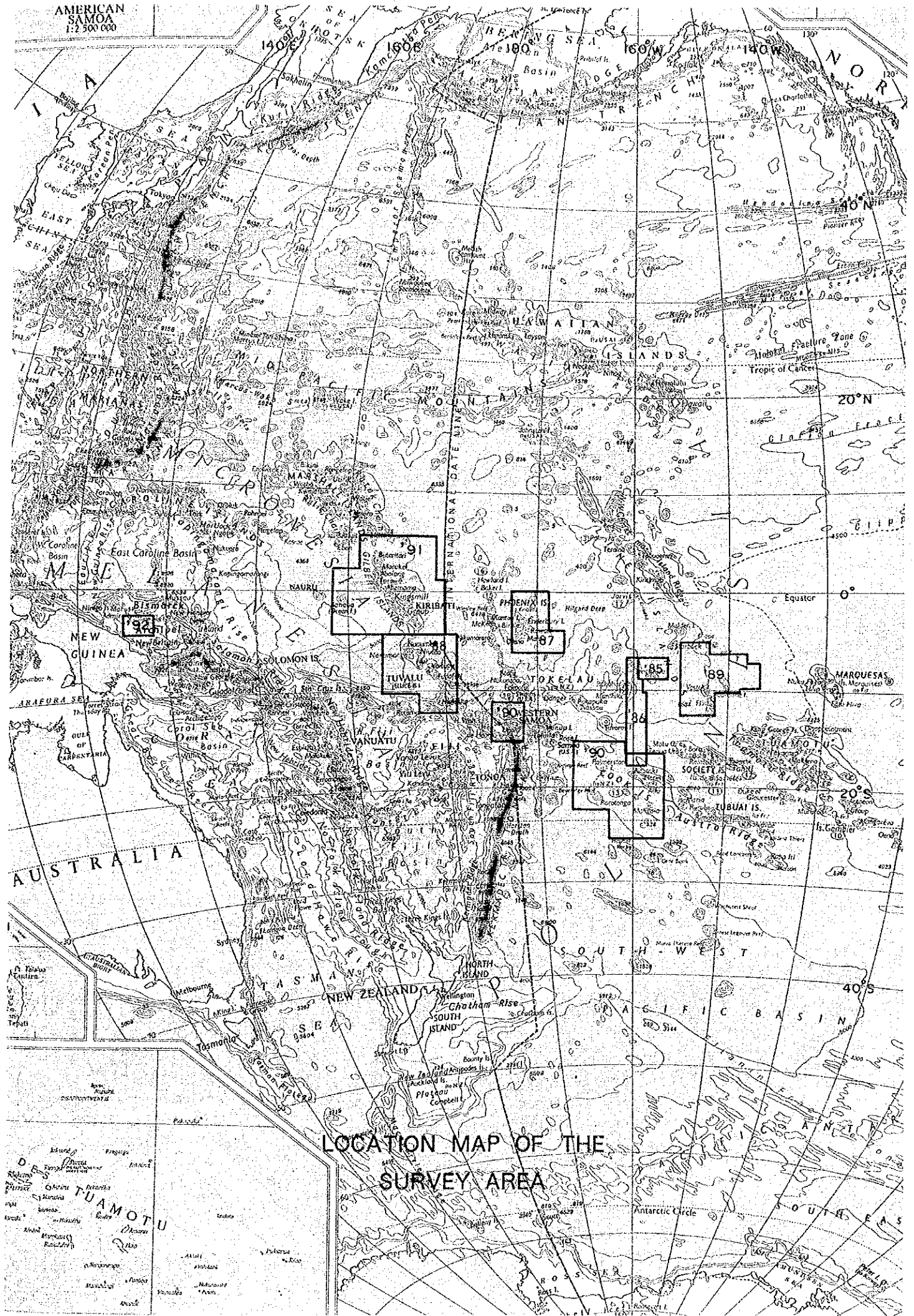
平成5年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

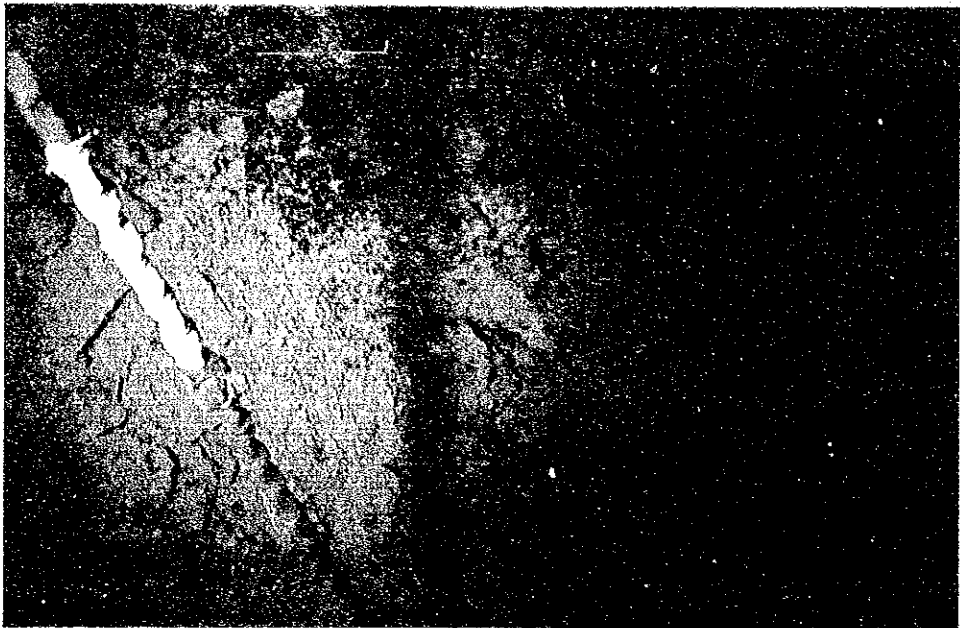
国際協力事業団

24715

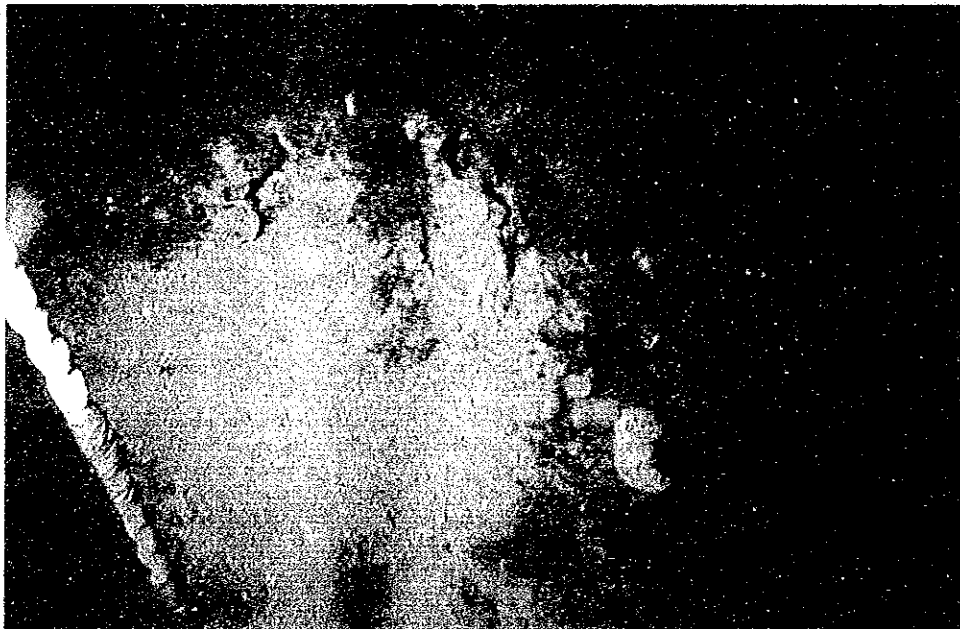
AMERICAN
SAMOA
1:2,500,000



LOCATION MAP OF THE
SURVEY AREA



92SFDC07, 3°01.776' S · 147°52.197' E, 水深 485m
連続撮影式深海カメラ (FDC) で撮影された熱水性酸化帯



92SFDC08, 3°05.993' S · 147°45.206' E, 水深 947m
連続撮影式深海カメラ (FDC) で撮影された熱水性鉱徴

鉱徴および酸化帯の代表的産状

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、加盟諸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2年度から5ヶ年にわたって行われるものであるが、本年はその3年次目に当たり、パプアニューギニア国の経済水域内を調査対象としている。金属鉱業事業団は平成4年8月13日から10月19日までの68日間（出港準備等を含む）、深海底鉱物資源探査専用船第2白嶺丸を現地に派遣し、パプアニューギニア国政府の協力を得て調査を予定通り完了した。本報告書はこの3年次目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当たって御協力いただいたSOPAC事務局、パプアニューギニア国政府ならびに外務省、通商産業省、在パプアニューギニア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5年3月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理事長 石 川 丘

要 旨

SOPAC諸国に対する資源開発協力基礎調査は平成2年から5年間にわたって実施されることとなり、その3年度に当たる本調査は8月13日から10月19日まで、パプアニューギニア国海域の約74,000km²（ビスマルク海西半部）に対して行われた。現地実調査日数は45日間、調査対象鉱物資源は海底熱水鉱床である。

調査は地形図を作成することを主目的とした地形航走、底質堆積物のサンプリングを主とした地化探（地球化学的探査）サンプリング、鉱床の確認と鉱石のサンプリングを主とした地質鉱床調査から成り立っている。

地形航走は海域東部では浅所が多いため原則として1マイル間隔で、西部では2マイル間隔で実施し、地形図を作成した。地質構造推定の一助とするため、測線間隔2マイルで磁気調査を地形航走と同時に実施した。ただし磁気調査の解析作業は陸上で実施した。従来調査結果と今回の調査結果から、当海域は東部のマヌス海盆（水深2,000m前後）と中央部のWillaumez rise（水深170～1,500m）と西部のニューギニア海盆（海山を含む）から成っていることが判明した。中央部は磁気異常も地形も複雑な分布を示すが、図3-3-1に示すごとくトランスフォーム断層と海底拡大軸の組合せを考えた。西部はニューギニア海盆により占められているが、西北部は水深600～880mの海山に富み、西南部は水深2,000m以上の盆状地となっている。そしてこれらの海山群と盆状地の境界部をトランスフォーム断層が走ると考えた。

地化探サンプリングは広域地化探サンプリングとベースライン地化探より成っており、広域地化探は海域全域において21マイルグリッド、39点にて底質堆積物を採取した。ベースライン地化探サンプリングは後述の地質鉱床調査で発見された鉱徴を中心として、2本のベースラインを設定し、そのライン上で計30点の底質堆積物採取を計画した。ただし硬質岩盤に阻まれ3点ではサンプルの採取を断念した。これら66点におけるサンプルから250試料を化学分析用として、200試料をX線回折用として分取した。その結果、底質堆積物中より若干の黄鉄鉱が見出されたが、熱水活動との関連性は判然としない。

地質鉱床調査はSSSによる調査、海底観察、サンプリングより成っており、SSSは地形図から推定された海底拡大軸を確認するため、それと斜交する方向で3測線（計19.1マイル）実施した。その後、FDCによる海底観察を8測線（計35.8マイル）実施し、5ヶ所で鉱徴、2ヶ所で酸化帯を発見した。推定された拡大軸のほんの一部を観察したに過ぎないがこれ程の鉱徴や酸化帯が発見できたという事は当海域の各所で熱水活動が活発であった事を物語っていると思われる。ただし、いずれの場合も熱水性生物やスモーカーが認められないので活動はおおむね終息したのであろう。これら5ヶ所の鉱徴と1ヶ所の酸化帯でサンプリングを実施し多量の酸化鉄及び水酸化鉄を捕捉したが、硫化物を確認するには至らなかった。

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	4
1-7 調査作業実績	5
2 章 調査方法	9
2-1 調査計画	9
2-2 付 番	9
2-3 船位と曳航体位置の決定	11
2-4 音響調査	11
2-5 磁気調査 (P G M 調査)	11
2-6 海底観察及び写真撮影	13
2-7 サンプルング	13
2-8 海水調査 (C T D 測定)	13
2-9 調査データの処理及び解析	16
3 章 海底地形及び地質構造	21
3-1 海底地形	21
1) 概要 (ビスマルク海の地形と地質構造)	21
2) 海底地形	24
3-2 磁気異常	33
1) 磁気異常図の概要	33
2) 磁化強度分布と磁気構造	42
3-3 地質構造	45

4章 地球化学調査	49
4-1 概 要	49
4-2 採取サンプルの性状	53
1) 泥質物	53
2) 岩 石	63
3) その他	76
4-3 調査結果	77
1) 化学分析	77
2) X線回折	79
3) 統計解析	86
5章 地質鉍床調査	88
5-1 概 要	88
5-2 海底地形及び地質構造	88
5-3 海底地質	93
1) FDC観察結果	93
2) 採取岩石の性状	102
3) 堆積物	104
5-4 熱水活動	105
1) 鉍化帯	105
2) 鉍化帯の構成物	105
3) 棲息する生物	115
4) 水温異常	118
6章 考 察	121
7章 ま と め	125
[参考文献]	127
[付帯資料]	巻末
第1表 広域地化探サンプリング結果一覧表	巻末
第2表 ベースライン地化探サンプリング結果一覧表	巻末
第3表 鉍床調査サンプリング結果一覧表	巻末

第4表	化学分析試料リスト	.....	巻末
第5表	X線回折試料リスト	.....	巻末
第6表	化学分析結果（主要成分）一覧表	.....	巻末
第7表	化学分析結果（微量成分）一覧表	.....	巻末
第8表	気象・海象データ	.....	巻末
第9表	M B E S に使用した水深対音速一覧表	.....	巻末
[添付図]			..... 巻末
添付第1-1図	航跡図（M B E S）		
添付第1-2図	航跡図（P G M）		
添付第2図	海底地形図		
添付第3図	磁気異常断面図		
添付第4図	F D C 測線位置図(1)～(6)		
添付第5図	F D C ルートマップ(1)～(6)		
添付第6図	鉱床調査サンプリング位置図(1)～(6)		

【挿入図一覧】

図 1 - 1	調査海域図	2
図 2 - 1 - 1	調査計画図	10
図 2 - 4 - 1	航跡図	12
図 2 - 7 - 1	広域地化探サンプリング位置図	14
図 2 - 7 - 2	ベースライン地化探サンプリング位置図	15
図 2 - 9 - 1	データ処理及び解析系統図	17
図 2 - 9 - 2	調査機器及び作業状況写真(1)~(3)	18
図 3 - 1 - 1	ビスマルク海の地質構造	22
図 3 - 1 - 2	海底地形図	25
図 3 - 1 - 3	海底地形断面図 (A 海域) (1)	26
図 3 - 1 - 3	海底地形断面図 (B 海域) (2)	27
図 3 - 1 - 4	海底地形 3 次元立体図 (A 海域) (1)	28
図 3 - 1 - 4	海底地形 3 次元立体図 (B 海域) (2)	29
図 3 - 1 - 4	海底地形 3 次元立体図 (全海域) (3)	30
図 3 - 1 - 5	海底地形段彩図	31
図 3 - 2 - 1	全磁力等値線図	34
図 3 - 2 - 2	磁気異常図	35
図 3 - 2 - 3	磁気異常・地形複合 3 次元立体図	36
図 3 - 2 - 4	磁気異常断面図 (A 海域) (1)	37
図 3 - 2 - 4	磁気異常断面図 (B 海域) (2)	38
図 3 - 2 - 5	極磁気異常図	39
図 3 - 2 - 6	磁化強度分布図	40
図 3 - 2 - 7	磁気構造図	41
図 3 - 3 - 1	地質構造図	46
図 4 - 1 - 1	広域地化探サンプリング位置図	51
図 4 - 1 - 2	ベースライン地化探サンプリング位置図	52
図 4 - 2 - 1 - 1	広域地化探サンプリング結果概略図	56
図 4 - 2 - 1 - 2	代表的な有孔虫化石種(1), (2)	58
図 4 - 2 - 2 - 1	岩石写真 (地球化学調査)	63
図 4 - 2 - 2 - 2	顕微鏡写真(1)~(4)	67
図 5 - 2 - 1	鉦微周辺の海底地形 3 次元立体図	89
図 5 - 2 - 2	海底拡大軸周辺の海底地形断面図	91
図 5 - 2 - 3	サイドスキャン解析図	92

図5-3-1-1	FDC測線位置図(全体図)	94
図5-3-1-2	FDCによる海底写真	95
図5-3-2-1	岩石写真(鉱床調査)	103
図5-4-1-1	鉱微の産状(1)~(3)	107
図5-4-2-1	鉱床調査サンプリング採取物	110
図5-4-2-2	鉱石品位分析結果散布図	114
図5-4-3-1	棲息する生物(1), (2)	116
図5-4-4-1	C T D鉛直プロファイル (電導度・塩分・ポテンシャル温度・音速対水深図)	118
図5-4-4-2	水温・水深断面図(1), (2)	119

【挿入表一覧】

表 1 - 1	使用機器一覧表	4
表 1 - 2	調査実績一覧表(1), (2)	5
表 1 - 3	調査日程実績表(1), (2)	7
表 4 - 2 - 1 - 1	有孔虫化石産出リスト	60
表 4 - 2 - 2 - 1	薄片鑑定・全岩分析試料リスト	65
表 4 - 2 - 2 - 2	薄片鑑定結果一覧表	66
表 4 - 2 - 2 - 3	全岩分析結果一覧表	71
表 4 - 2 - 2 - 4	全岩分析手順一覧表	74
表 4 - 2 - 2 - 5	全岩分析の最大値, 最小値及び平均値	75
表 4 - 3 - 1 - 1	化学分析手順一覧表	77
表 4 - 3 - 2 - 1	X線回折測定条件一覧表	79
表 4 - 3 - 2 - 2	X線回折同定結果表(1)~(5)	81
表 4 - 3 - 3 - 1	主要13成分の最大値, 最小値及び平均値	86
表 4 - 3 - 3 - 2	微量20元素の最大値, 最小値及び平均値	87
表 5 - 3 - 1 - 1	F D C 調査実績一覧表	96
表 5 - 4 - 1 - 1	F D C で観察した鉱微一覧表	106
表 5 - 4 - 2 - 1	鉱石品位分析サンプルリスト	111
表 5 - 4 - 2 - 2	鉱石品位分析結果一覧表	113
表 5 - 4 - 2 - 3	鉱石品位分析結果から求めた仮定鉱物の構成比	113
表 5 - 4 - 2 - 4	相関係数及び個数表	114

1章 調 査 要 項

1-1 調 査 件 名

平成4年度資源開発協力基礎調査パプアニューギニア国海域。

1-2 調 査 目 的

SOPAC諸国の海域内における深海底鉱物資源賦存状況調査として海底熱水鉱床を対象とした洋上調査及びデータ解析を行う。

1-3 調 査 海 域

平成2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、金属鉱業事業団が指示した次の各点を順次結んで得られる多角形（面積約74,000km²、図1-1参照）を調査海域とした。

番 号	緯 度	経 度
①	2° 15' S	148° 15' E
②	4° 15' S	148° 15' E
③	4° 15' S	145° 15' E
④	2° 15' S	145° 15' E
①	2° 15' S	148° 15' E

1-4 調 査 期 間

洋上調査：平成4年8月13日から平成4年10月19日まで（68日間）

解 析：平成4年4月1日から平成5年3月31日まで

1-5 調 査 員 等

日 本 側

協定折衝：

逆瀬川敏夫（金属鉱業事業団）

箕輪 厚彦（金属鉱業事業団）

現地監督：

高橋 健一（金属鉱業事業団）（9/16～10/18）

調 査 員：調査団長（兼地質班長）

伊達 二郎（深海資源開発株式会社）

地質班員

迫田 昌敏（ " ）

"

永手 末孝（ " ）

"

池田 仁志（ " ）

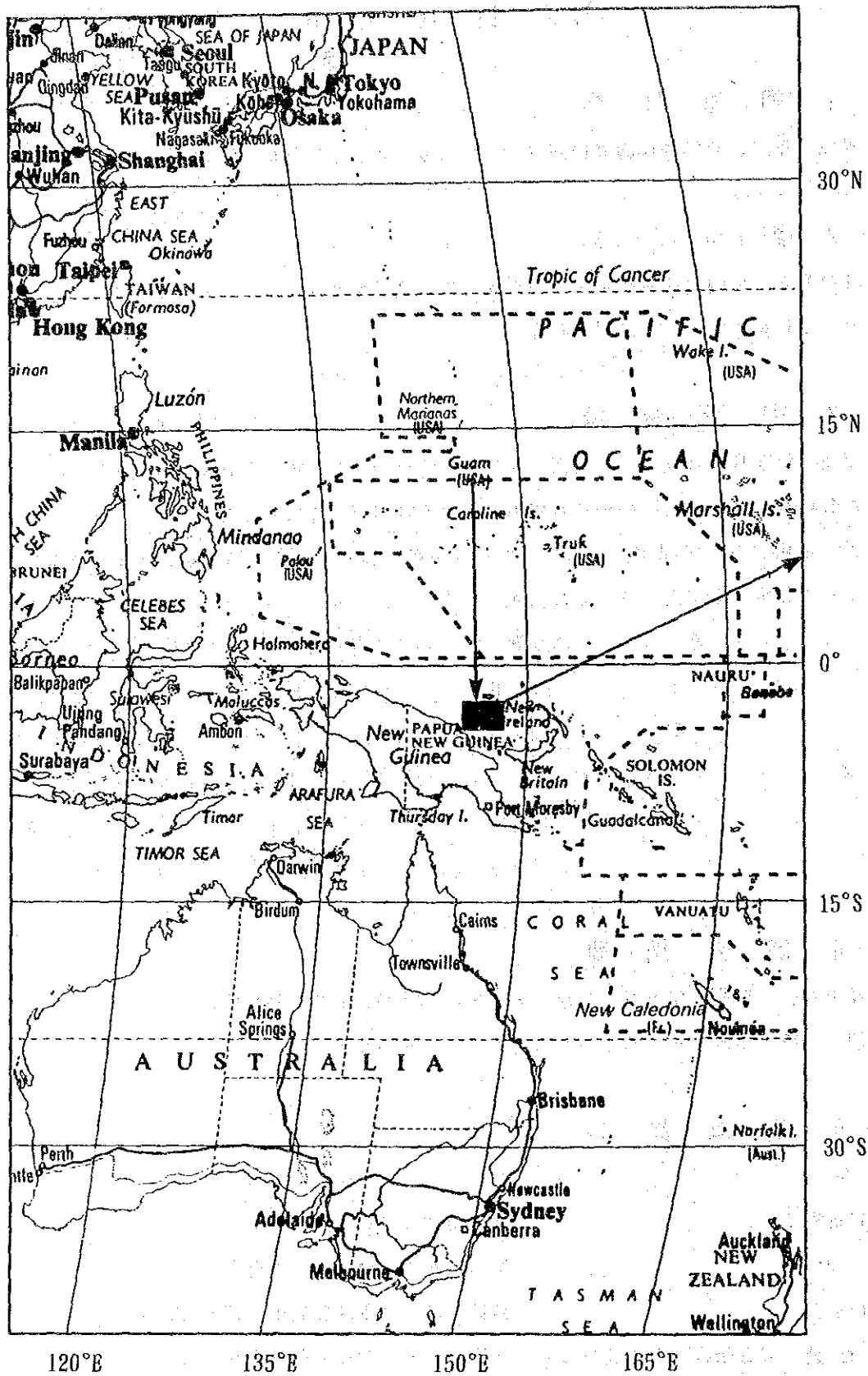


図 1 - 1 調査海域図

地質班員	石山 忠幸 (深海資源開発株式会社)
"	中谷 祐之 (")
"	二窓 敦 (")
"	橋本 豊 (海洋技術開発株式会社)
物探班長	小山 史郎 (深海資源開発株式会社)
物探班員	斎藤 洋男 (")
"	村山 信行 (")
"	木村 邦雄 (")
"	駒形慎太郎 (")
"	柏瀬 憲彦 (")
"	柴橋 隆嗣 (")
"	岡本 公德 (")
"	小林 猛将 (海洋技術開発株式会社)
"	副島 隆史 (")

相手側

協定折衝 : Mr. R. Moaina (Chief Government Geologist, Geological Survey of PNG)

Dr. R. Rogerson (Deputy Chief Government Geologist, GS of PNG)

Mr. S. Nion (Chief Geologist, GS of PNG)

Mr. I. Ripper (Principal Seismologist, GS of PNG)

Dr. Davies (Geology Department, University of PNG)

Dr. Don Tiffin (SOPAC)

Dr. Y. Kinoshita (SOPAC)

客 員 : Dr. John A. Madsen (University of Delaware) (8/12~9/14)

研修生 : Mr. Wilfred Lus (Papua New Guinea) (8/12~9/15)

Mr. Benny Kruman (Papua New Guinea) (9/15~10/19)

1-6 調査機器

今年度調査に使用した主要機器類を表1-1に示す。

表1-1 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
測位	衛星航法		Navy Navigation Satellite System Global Positioning System	NNSS 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 Side Scan Sonar	MBES NBS SSS	
		表層堆積物調査	Sub-Bottom Profiler	SBP	
	全磁力調査		Proton Gradio Meter	PGM	曳航式
	海水調査		Conductivity, Temperature and Pressure measuring system	CTD	
	サンプリング調査		大口径グラビティコアラ グラビティコアラ オケアングラブ ファイnder付パワーグラブ	LC GC OG FPG	
	海底面観察及び写真撮影調査		ファイnder付連続撮影式深海カメラ (CTD搭載)	FDC	曳航式
データ解析・記録・処理	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	

1-7 調査作業実績

調査作業実績を表1-2(1), (2)に, 調査日程を表1-3(1), (2)にそれぞれ示す。

表1-2 調査実績一覧表(1)

項 目		実 績			
調 査 日 程	グアム出港	8月15日	16:30	ラバウル出港	9月17日 16:00
	調査海域到着	8月18日	16:20	調査海域到着	9月18日 12:30
	調査開始	8月18日	17:40	調査開始	9月18日 18:24
	調査終了及び海域離脱	9月13日	00:34	調査終了	10月06日 15:00
	ラバウル入港	9月14日	08:30	調査海域離脱 ホノルル入港	10月07日 00:34 10月18日 08:00
実 調 査 日 数		45日間		(現地時間使用)	
サ ン プ ル 採 取	採試点数	広域地化探 39点	ベースライン地化探 30点	鉱床調査 27点	
	使用サンプラー及び使用回数(含再トライ)	広域地化探 GC 33回 FPG 3回 OG 3回 LC 3回	ベースライン地化探 GC 28回 FPG 3回 OG 5回	鉱床調査 FPG 19回 OG 8回	
	採取サンプル重量(鉱床調査のみ)	熱水性沈殿物 3,242.0kg 岩石 2,200.0kg 泥質堆積物 6,720.9kg 計 12,162.9kg			
F D C 写 真 撮 影	測線数 測線長 写真が得られた枚数	8測線 35.8マイル 1,073枚			
	測線別測線長 及び写真枚数	01測線 210枚 7.9マイル	05測線 37枚 0.9マイル	06測線 194枚 6.5マイル	07測線 161枚 3.4マイル
		02測線 171枚 7.2マイル	08測線 138枚 3.7マイル	03測線 81枚 3.2マイル	04測線 81枚 3.0マイル
C T D	鉛直式	1測点			
	曳航式	8測線(FDC時)			
音 響 探 査	MBES 15.5kHz	A海域4,194.6マイル、B海域1,369.4マイル、合計5,564.0マイル			
	NBS 30.0kHz	" " "			
	SBP 3.5kHz	" " "			
	SSS	3測線、計19.1マイル			
磁 気	PGM	A海域2,174.8マイル、B海域1,369.4マイル 合計3,544.2マイル			
デ ー タ 処 理	DPS MT (IBM)	1巻			
	MBES MT	28巻(オンライン 18巻、オフライン 10巻)			
	図面作成	航跡図、海底地形図、断面図、鳥瞰図、磁気異常図、FDC航跡図 サンプリング位置図等			

表 1 - 2 調査実績一覽表 (2)

実施回数	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	6 回目	7 回目	8 回目	合計(0r平均)
測線 No.	01	02	03	04	05	06	07	08	8 測線
実施月日	9月07日	9月07~08日	9月08~09日	9月09日	9月09日	9月10日	9月10~11日	9月11日	
拡大軸との交角	平行	平行	直交	直交	平行	平行	平行	平行	
測線長	7.9 マイル	7.2 マイル	3.2 マイル	3.0 マイル	0.9 マイル	6.5 マイル	3.4 マイル	3.7 マイル	35.8マイル
観測水深	1,510~1,840m	1,750~1,830m	1,020~1,160m	970~1,130m	890~1,010m	1,000~1,190m	360~ 540m	590~ 970m	360~1,840m
所要時間	8時間17分	7時間39分	3時間48分	3時間40分	3時間48分	6時間38分	3時間39分	4時間18分	41時間42分
投入時刻	00:06	22:08	22:14	02:45	22:05	00:46	21:59	02:18	
揚収時刻	08:23	05:47	02:02	06:25	23:50	07:19	01:33	06:36	
観察時間	7時間04分	6時間23分	2時間48分	2時間42分	52分	5時間40分	3時間03分	3時間31分	32時間03分
平均曳航船速	1.1ノット	1.1ノット	1.1ノット	1.1ノット	1.1ノット	1.1ノット	1.1ノット	1.1ノット	1.1ノット
写真枚数	210枚	171枚	81枚	81枚	37枚	194枚	161枚	138枚	1,073枚
収録テープ数	4 巻	4 巻	2 巻	2 巻	1 巻	3 巻	2 巻	2 巻	20 巻

※ 時刻はGMT表示

表 1 - 3 調査日程実績表 (1)

調査日数	実日数	月日	調査内容	備考
1		08/15		グアム出港(16:30)
2		08/16	調査準備	グアム-海域間 980nm
3		08/17	調査準備	
4	1	08/18	広域地化探 1点及びA海域地形航走	海域到着(16:20)
5	2	08/19	広域地化探 1点及びA海域地形航走	
6	3	08/20	広域地化探 2点及びA海域地形航走	
7	4	08/21	広域地化探 2点及びA海域地形航走	
8	5	08/22	A海域地形航走	
9	6	08/23	広域地化探 2点及びA海域地形航走	
10	7	08/24	広域地化探 1点及びA海域地形航走(with PGM)	
11	8	08/25	広域地化探 2点及びA海域地形航走(with PGM)	
12	9	08/26	広域地化探 2点及びA海域地形航走(with PGM)	
13	10	08/27	広域地化探 2点及びA海域地形航走(with PGM)	
14	11	08/28	広域地化探 2点及びA海域地形航走(with PGM)	
15	12	08/29	広域地化探 1点及びA海域地形航走(with PGM)	
16	13	08/30	A海域地形航走(with PGM)	
17	14	08/31	A海域地形航走(with PGM)	
18	15	09/01	A海域地形航走(with PGM)	
19	16	09/02	A海域地形航走(with PGM)	
20	17	09/03	広域地化探 3点及びB海域地形航走(with PGM)	
21	18	09/04	広域地化探 3点	
22	19	09/05	広域地化探 3点及びA海域地形航走	
23	20	09/06	SSS調査(3測線)及びA海域地形航走	
24	21	09/07	FDC調査(01測線)及びA海域地形航走	FDC 8測線を実施し、5ヶ所で鉱徴を、2ヶ所で酸化帯を発見した。
25	22	09/08	FDC調査(02測線)及びA海域地形航走	
26	23	09/09	FDC調査(03&04測線)及びA海域地形航走	
27	24	09/10	FDC調査(05&06測線)及びA海域地形航走	
28	25	09/11	FDC調査(07&08測線)及びA海域地形航走	
29	26	09/12	鉱床調査(第3→第5→第4鉱徴)	
30		09/13	移動日	海域離脱(00:34)

表 1 - 3 調査日程実績表 (2)

調査日数	実日数	月日	調査内容	備考
31		09/14		ラバウル入港(08:30)
32		09/15		
33		09/16		
34		09/17		ラバウル出港(16:00)
35	27	09/18	B海域地形航走(with PGM)	海域到着(12:30)
36	28	09/19	B海域地形航走(with PGM)	
37	29	09/20	広域地化探2点及びB海域地形航走(with PGM)	
38	30	09/21	ベースライン地化探5点及びA海域地形航走(PGM)	NE側ベースライン
39	31	09/22	ベースライン地化探4点及びA海域地形航走	"
40	32	09/23	ベースライン地化探4点及びA海域地形航走	"
41	33	09/24	ベースライン地化探3点、鉦床調査(第5鉦徴)及びA海域地形航走	"
42	34	09/25	鉦床調査(第5鉦徴)及びA海域地形航走	
43	35	09/26	鉦床調査(第4鉦徴)及びA海域地形航走(PGM)	第4鉦徴及び酸化帯
44	36	09/27	鉦床調査(第3鉦徴)及びA海域地形航走(PGM)	
45	37	09/28	鉦床調査(第2鉦徴)及びB海域地形航走(PGM)	
46	38	09/29	鉦床調査(第1鉦徴)及びB海域地形航走(PGM)	
47	39	09/30	ベースライン地化探5点及びB海域地形航走(PGM)	SW側ベースライン
48	40	10/01	ベースライン地化探5点及びB海域地形航走(PGM)	"
49	41	10/02	ベースライン地化探4点及びB海域地形航走(PGM)	"
50	42	10/03	広域地化探4点及びB海域地形航走(with PGM)	
51	43	10/04	広域地化探2点及びB海域地形航走(with PGM)	
52	44	10/05	広域地化探4点及びB海域地形航走(with PGM)	
53	45	10/06	B海域地形航走(with PGM)	調査終了(15:00)
54		10/07		海域離脱(00:34)
55 ↓ 64		10/08 ↓ 10/17	移動	
65		10/18		ホノルル入港(08:00)

※時間はいずれも現地時間(調査海域では東経150度の標準時間)を使用。

2章 調査方法

2-1 調査計画

本年度はSOPAC第2期5ヶ年計画の3年目に当たり、当初計画どおりパプアニューギニア国経済水域内のビスマルク海で海底熱水鉱床とそれに関連する調査を実施した。

計画は図2-1-1に示すごとく広域地化探サンプリング39点、ベースライン地化探サンプリング30点、地質鉱床調査（SSS、FDC、サンプリング）及び地形航走より成っていたが、実施に際し地形航走の一部を鉱床調査に振り替えたもののほぼ予定通り実施した。

主な調査作業は次のとおりである。

- ① 地形を正確に把握するためGPSとMBESを用い船速10ノットで地形調査を行った。ただし主たる調査対象である東部のA海域は1マイル間隔で、西部のB海域は2マイル間隔で地形航走を実施した。
- 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も2マイル間隔で実施した。
- ③ 海域全体から約21マイルグリッド（39サンプリングポイント）で広域地化探サンプルを採取した。
- ④ 拡大軸を確認するためSSSを3測線実施した。
- ⑤ 地質鉱床調査のため拡大軸と思われる所でFDCを8測線実施し5ヶ所で鉱徴、2ヶ所で酸化帯を発見した。
- ⑥ 発見された鉱徴を中心に2本のベースラインを設定し、30ヶ所で地化探サンプルを採取した。ただしその内の3ヶ所では堆積物を採取できなかった。

2-2 付番

以下の要領で付番する。

〔広域地化探サンプリング点〕年号-R-使用機種（2文字）-No.

例：92RLC01（LC使用の場合）

：92RPG02（FPG使用の場合）

ただし、Rは広域を意味し、No.は01から通し番号とする。

〔ベースライン地化探サンプリング点〕年号-B-使用機種（2文字）-No.

例：92BGC01（GC使用の場合）

92BPG02（FPG使用の場合）

ただし、Bはベースラインを意味し、No.は01から通し番号とする。

〔鉱床調査サンプリング点〕年号-H-使用機種（2文字）-No.

例：92HPG01（FPG使用の場合）

92HOG01（OG使用の場合）

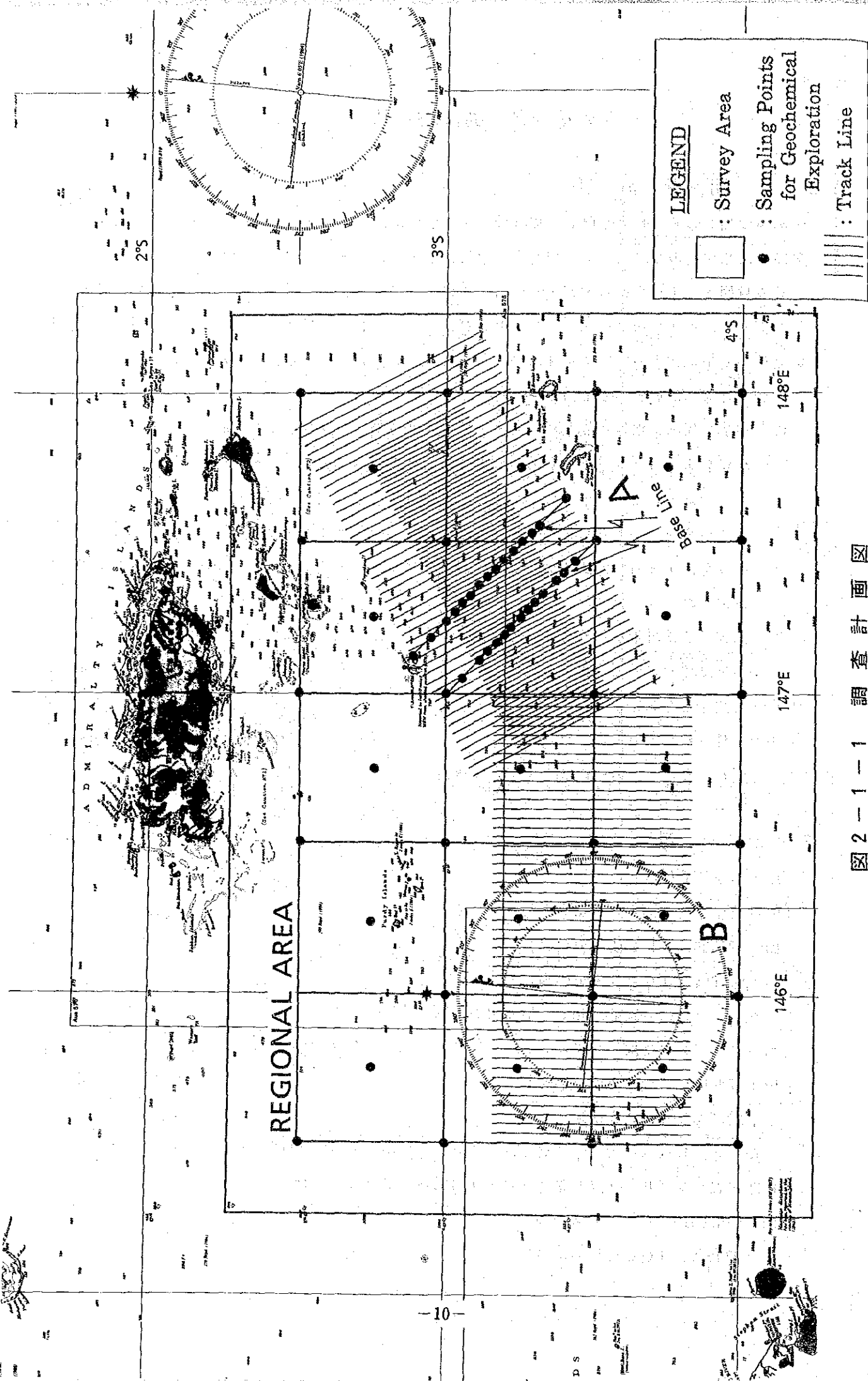


圖 2-1-1 調查計畫圖

ただし、Hは鉞床調査を意味し、No.は01から通し番号とする。

〔FDC測線〕年号－S－FDC－No.

例：92SFDC01

ただし、SはSOPAC、No.は01から通し番号とする。

〔音響探査測線；A海域の場合〕年号－S－No－0 or 1－A

例：92S01-1A

ただし、SはSOPAC、No.は測線番号を表し東側から2マイル間隔で通し番号、0 or 1の0は2マイル間隔を、1はその間（1マイル間隔）の測線を意味する。Aは海域名を表す。

〔音響探査測線；B海域の場合〕年号－S－No－B

例：92S01B

ただし、SはSOPAC、No.は測線番号を表し東側から2マイル間隔で通し番号、Bは海域名を表す。なおB海域では1マイル間隔の音響探査を実施していない。

〔SSS測線〕年号－S－SSS－No.

例：92SSSS01

ただし、SはSOPAC、No.は01から通し番号とする。

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150°E地方時（GMT+10時間）を用いた。

2－4 音響調査

海底地形調査は、主たる調査海域である東部のA海域では浅所が存在する事もあって1マイル間隔で実施した。さらに水深が極度に浅く0.5マイル間隔の航走を実施した海域もある。西部のB海域では2マイル間隔で測線を設定した（図2－4－1及び添付第1図航跡図参照）。

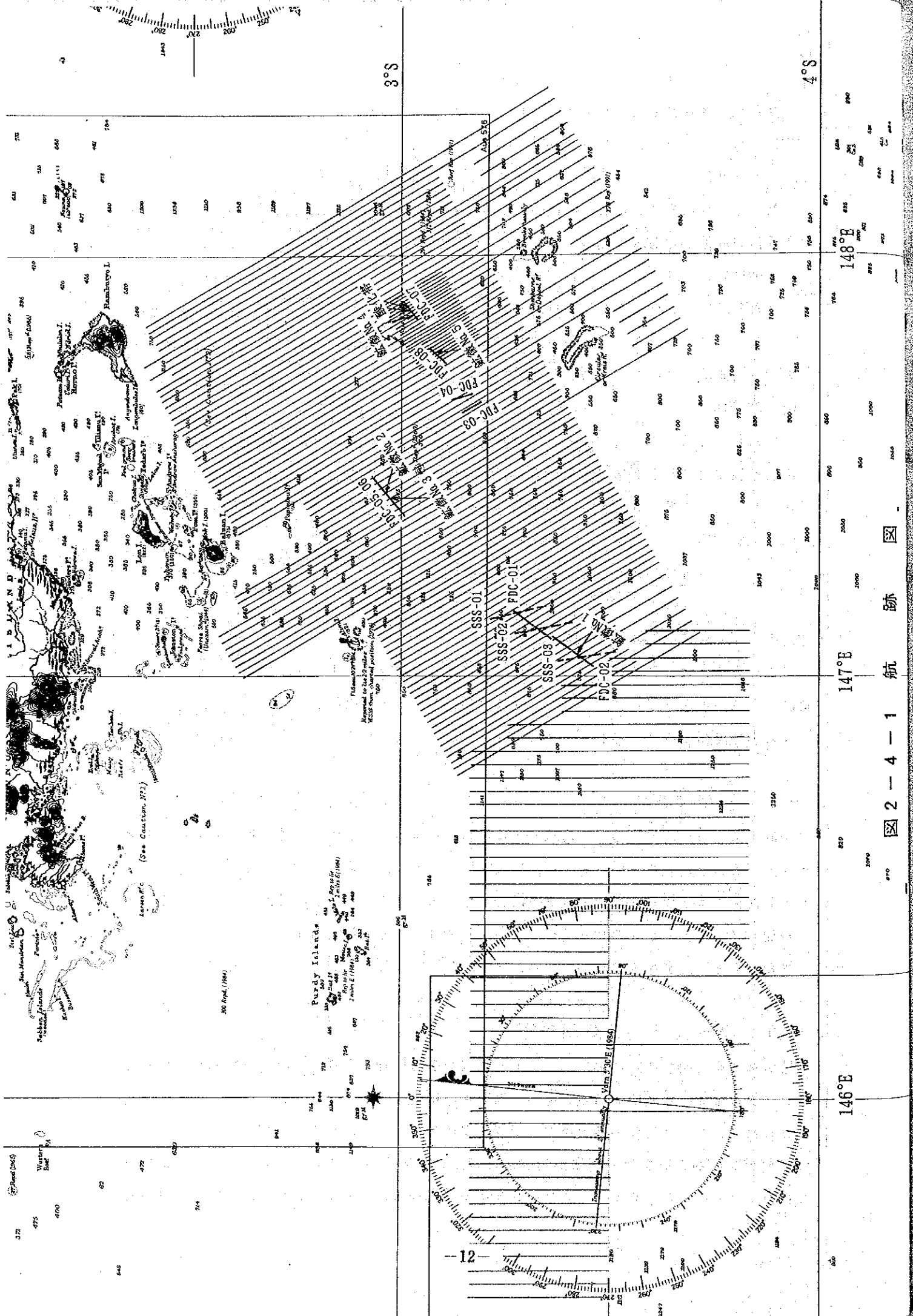
船速10ノットでMBESは約5～10秒毎に、NBSは8秒毎に測深を行った。

またSSS調査を拡大軸に斜交する方向で3測線実施した（図2－4－1参照）。

2－5 磁気調査（PGM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。ただし磁気データは2マイル間隔の航走に際して採取された。

PGM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が750m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



148°E

147°E

146°E

圖 2-4-1 航 跡

した。

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を用い拡大軸周辺で、船速約1ノットで曳航しながら、カラー画像を用い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。

測線長は拡大軸に平行な場合は約3～7マイル、直交する場合は約3マイル、曳航方向はNE→SW or N→Sとして設定した。ただし92SFDC05測線は約1マイル観察を行った所で機器のトラブルが発生したため、一度揚収した後92SFDC06として再度実施した(図2-4-1参照)。そして5ヶ所で鉱徴を、2ヶ所で酸化帯を発見した。鉱徴は鉱床を伴うと予想した酸化鉄帯に対して、酸化帯は鉱床を伴うか否か判然としない酸化鉄帯に対して使用した。

2-7 サンプリング

広域地化探としてのサンプリングは当初計画通り39点実施した(図2-7-1参照)。使用機器は種々トライした結果、GCの有効な場合が多かった。水深にもよるが一日当たり平均5回程度実施した。ただし92RGC15を実施したがサンプル採取出来ず、あらたに92ROG15を実施してサンプルを得た場合もある。この場合、図面上及び広域地化探サンプリング結果(第4章及び付帯資料第1表)には後者のみを示した。

ベースライン地化探としてのサンプリングはFDCによる観察で鉱徴を発見したため、鉱徴を通るベースラインを設定し、鉱床調査サンプリング点と重複する地点を除き、30点のサンプリングを実施した。サンプラーとしては広域地化探サンプリングの場合と同様にGCを多用したが、サンプルが採取出来なかった点が3点あった。これら3点は図面(図2-7-2)上では最終使用サンプラーの形で示されているが、ベースライン地化探サンプリング結果(第4章及び付帯資料第2表)中では欠番となっている。

鉱床調査としてのサンプリングは、事前に実施したFDCで発見した5ヶ所の鉱徴と1ヶ所の酸化帯に対して実施され、使用機器はFPGとOGを適宜選択した。原則的にFPG1日当たり3採取点、その間にOGを2採取点とした。FPGはサンプリング箇所が発見できなかったり、機器のトラブル等で途中揚収した場合でも付番しており、それらの番号は図表等では欠番となっている。今回FPGはカラー映像で使用した。

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1回実施した。

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・水圧等のデータを5秒毎に取得し解析に供した。

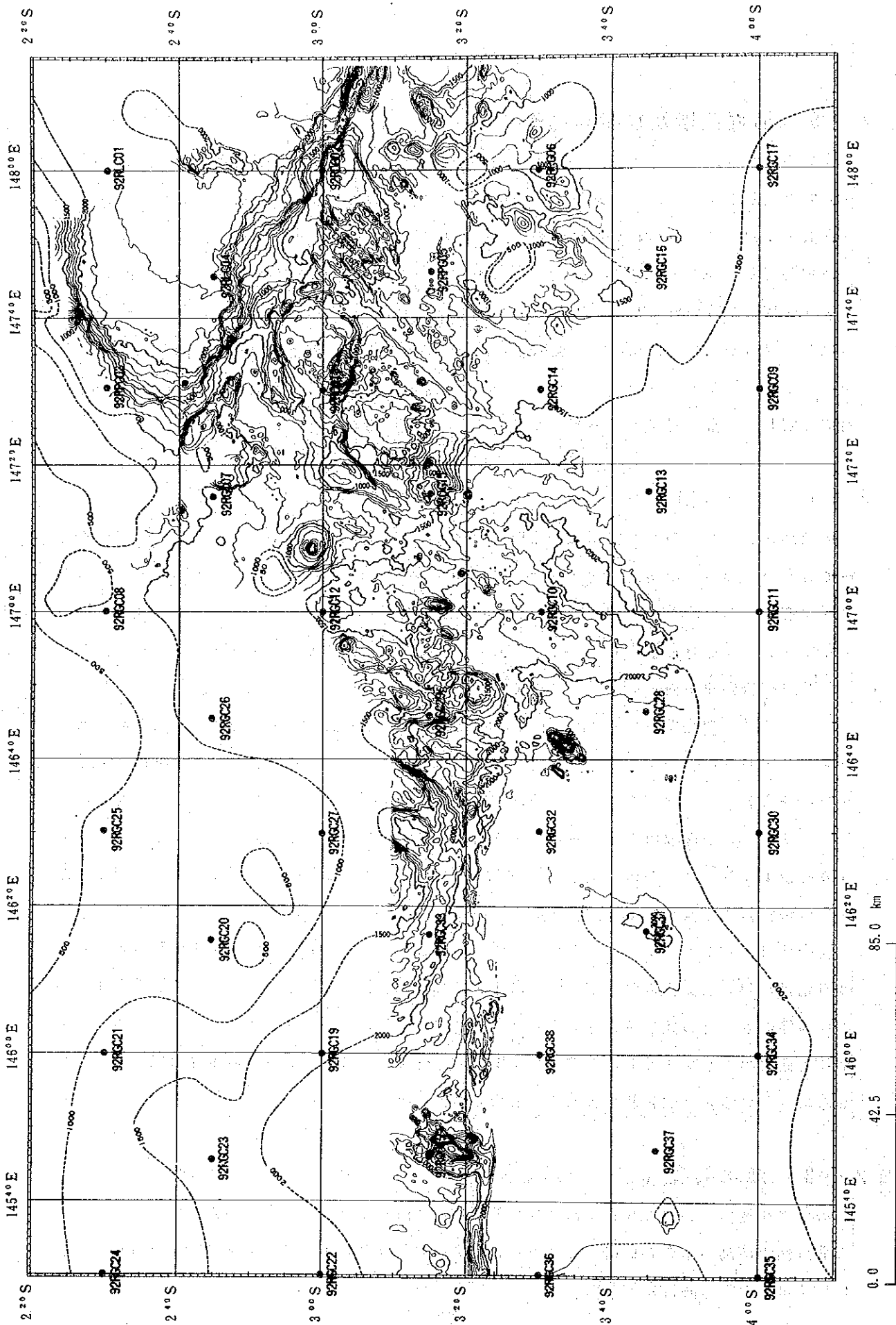


図 2-7-1 広域地化探サンプリング位置図

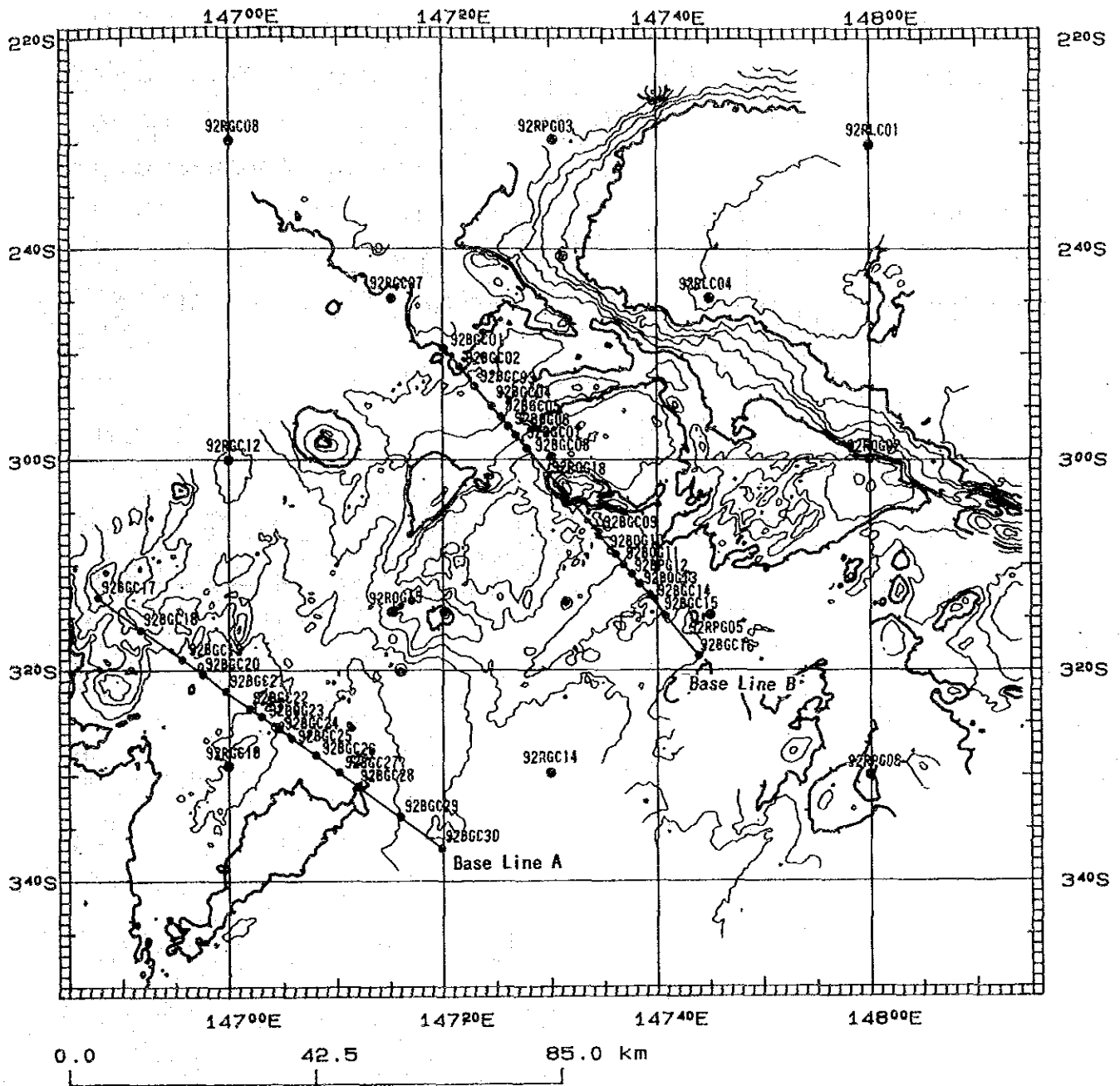


図 2 - 7 - 2 ベースライン地化探サンプリング位置図

さらに F D C に取り付けた C T D 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

D P S 及びパソコンを使用し、図 2 - 9 - 1 のデータ処理及び解析系統図に示すごとく処理・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。すなわち熱水性沈殿物等は品位分析、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線回折を行い、さらにその一部から微化石試料を採取し化石鑑定を実施した。また、図 2 - 9 - 2 (1)～(3)に調査機器及び作業状況写真を示す。

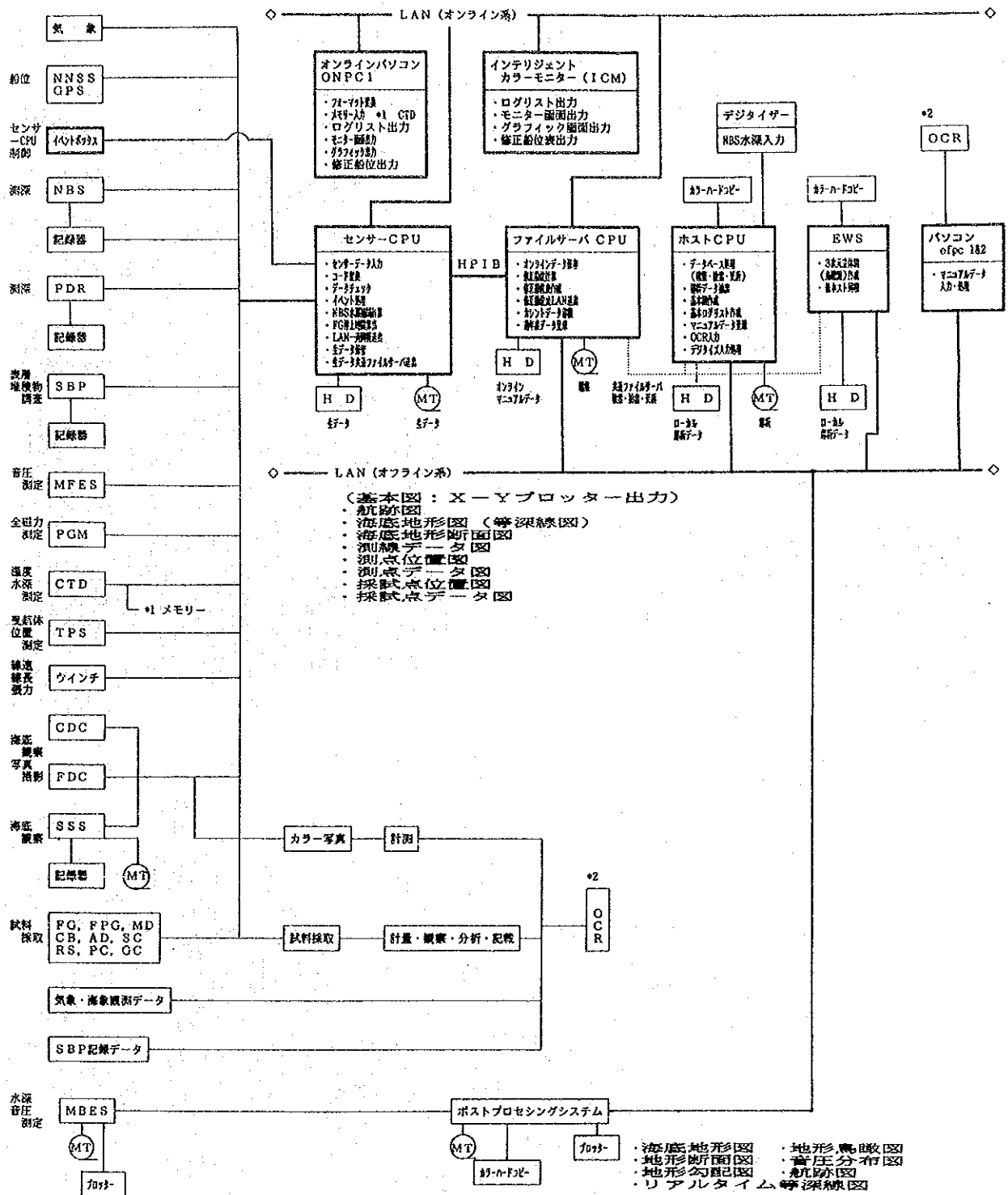
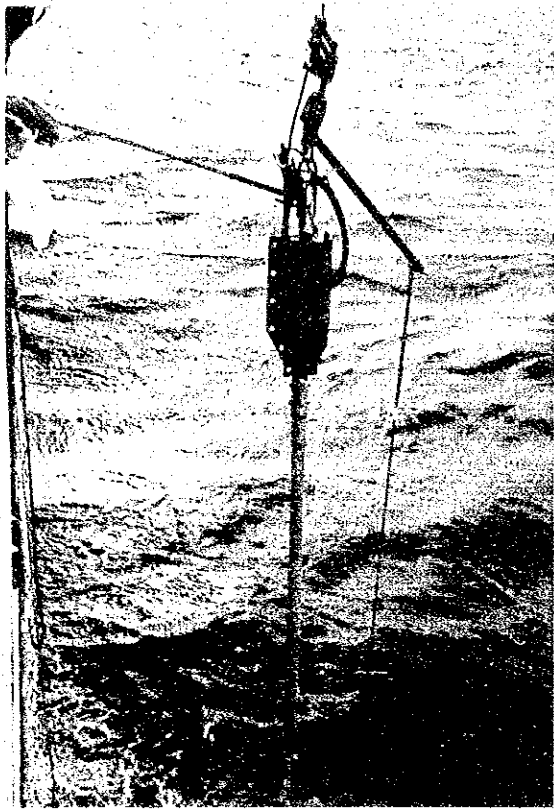
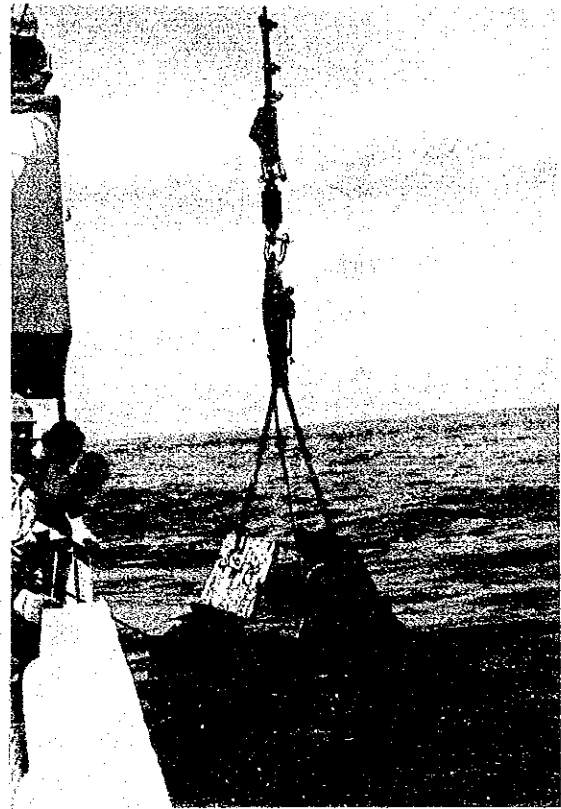


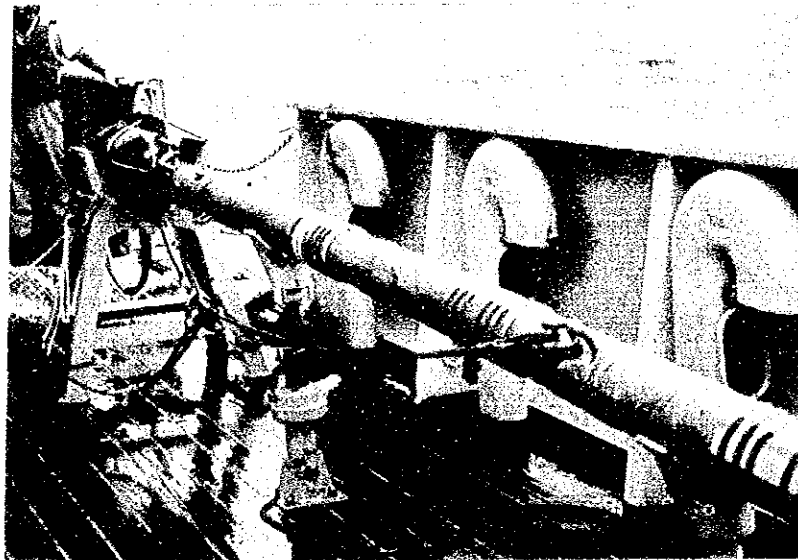
図 2 - 9 - 1 データ処理及び解析系統図



グラビティコアラ (GC)

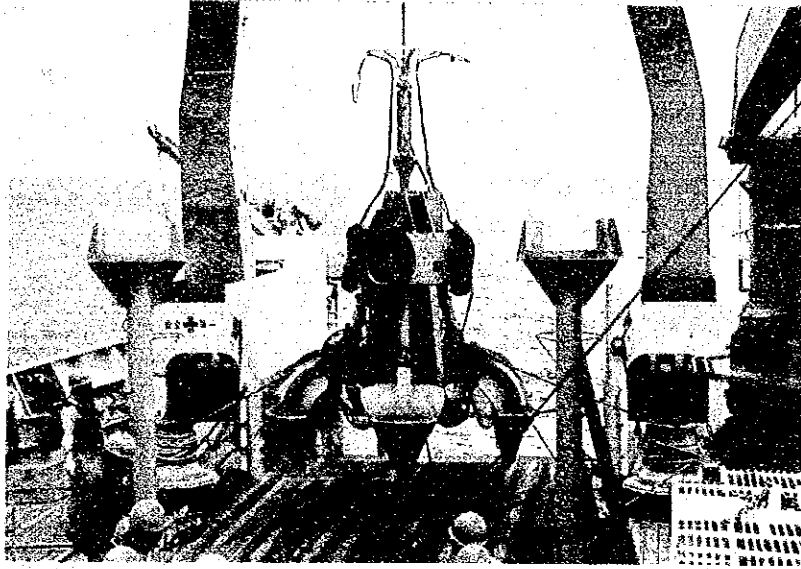


オケアングラブ (OG)

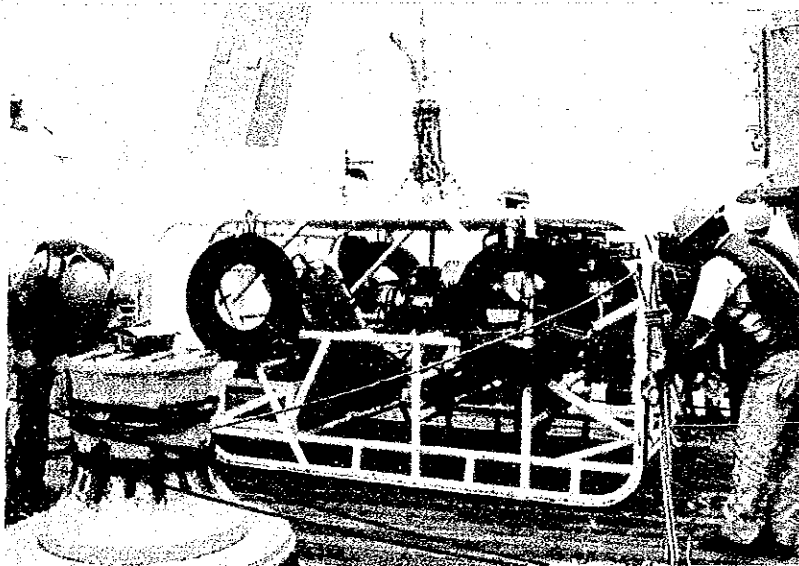


大口徑グラビティコアラ (LC)

図 2 - 9 - 2 調査及び作業状況写真 (1)

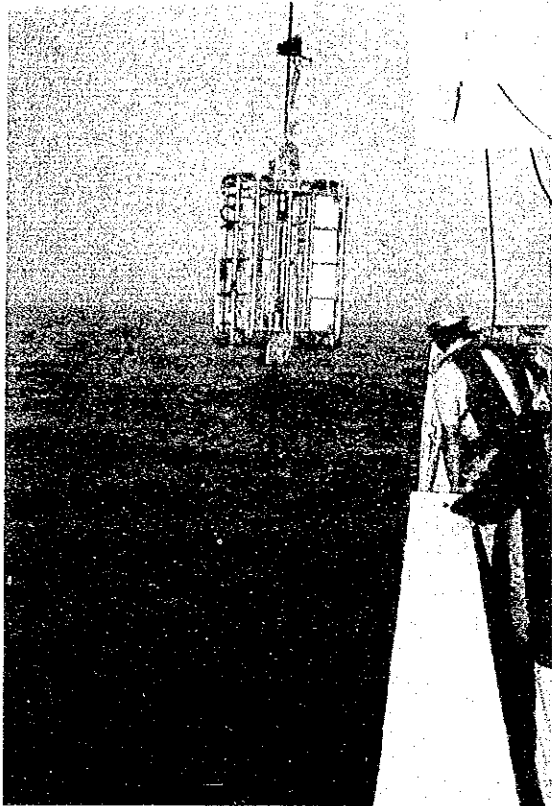


ファインダー付パワーグラブ (F P G)

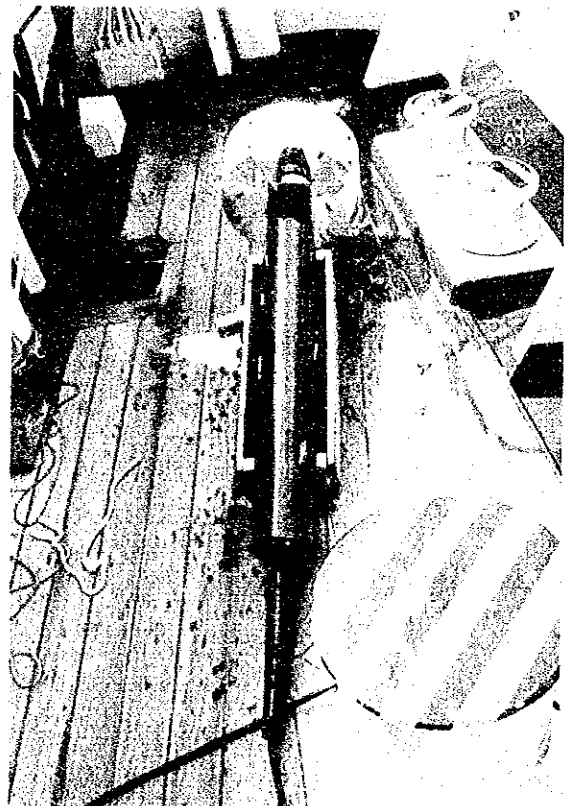


ファインダー付連続撮影式深海カメラ (F D C)

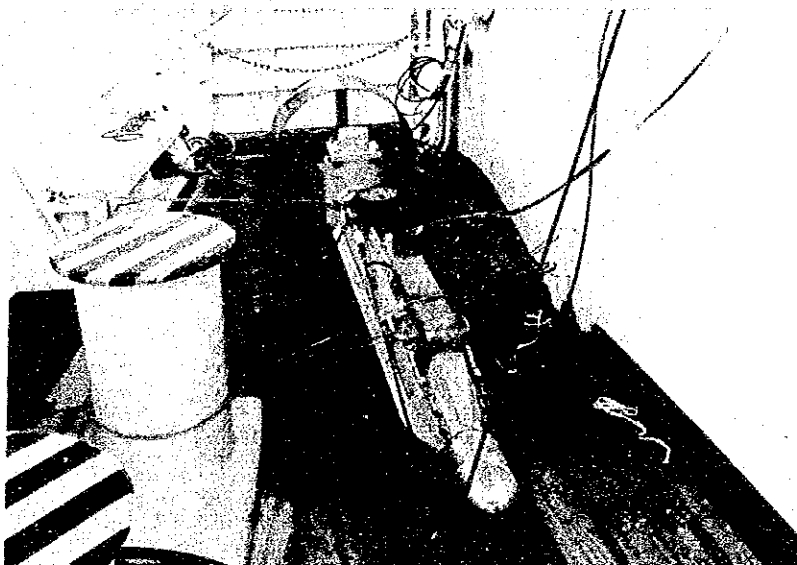
図 2 - 9 - 2 調査機器及び作業状況写真 (2)



メモリ付電気伝導度、温度、圧力
測定装置 (CTD)



プロトングラジオメーター (PGM)



サイドスキャンソナー (SSS)

図 2 - 9 - 2 調査機器及び作業状況写真 (3)

3 章 海底地形及び地質構造

3-1 海底地形

1) 概要 (ビスマルク海の地形と地質構造)

Taylorなど(1991)によるビスマルク海域の地形及び地質構造を図3-1-1に示す。

ビスマルク海は南西部をニューギニアに、南・南東部をニューブリテン島、東部と北部をニューアイルランド島、マヌス島に境された海域である。この海域は北西-南東方向のWillaumez rise*¹で2分され、東部がマヌス海盆、西部がニューギニア海盆である。

ビスマルク海は、海底拡大軸-トランスフォーム断層-海底拡大軸で表現される海底拡大系によって南北に2分されると考えられている。この海底拡大系と南部のニューブリテン海溝とに挟まれたプレートをビスマルク・プレートという。この海底拡大系と北部のマヌス海溝(西メラネシア海溝)に挟まれたプレートはマヌス・プレートとEguchi(1989)は呼称している。マヌス海溝は、長さ1,100km、幅60km、最深所6,540m、活動を停止し、対応する島弧はマヌス諸島(アドミラルティ諸島)と推定され、ニューブリテン海溝は長さ750km、幅40km、最深所8,320m、活動中で、その島弧はニューブリテン島である(Tomoda 1972)。上記した理由から、ビスマルク海はニューブリテン海溝域の背弧海盆(縁辺海)*²と推定されている。さらに、マヌス海溝の西端、パプアニューギニア半島に沿って活動中のニューギニア海溝がある。

図3-1-1に示されたビスマルク海の主要な海底拡大系は、次に示す2本の海底拡大軸

- ① マヌス海盆を横断する約3°40' S・150° Eから3° S・150° 30' Eまで延びるほぼ北東-南西方向の海底拡大軸(以下、マヌス海底拡大軸と呼称する)。
- ② マヌス海盆とニューギニア海盆間のWillaumez riseを横断する北東-南西方向の海底拡大軸

とこれらの海底拡大軸をつなぐ北西-南東方向のトランスフォーム断層2本およびニューギニア海盆を横断する東西方向のトランスフォーム断層からなる。

*¹ Willaumez riseは、水深1,500m以浅で、マヌス島からニューブリテン島の北に位置するWillaumez半島まで長さ約400kmである(Johnson 1979)。

*² 重力異常からみて、縁辺海の特徴は重力のフリーエア異常が正異常のみからなることにある。すなわち地殻の均衡が成立していない海底である(Tomoda 1972)。事実、ビスマルク海の148° E以東では重力のフリーエア異常は正異常のみからなる(Taylor et al. 1991)。なお、148° E以西では断片的な重力資料しかみいだせなかった。

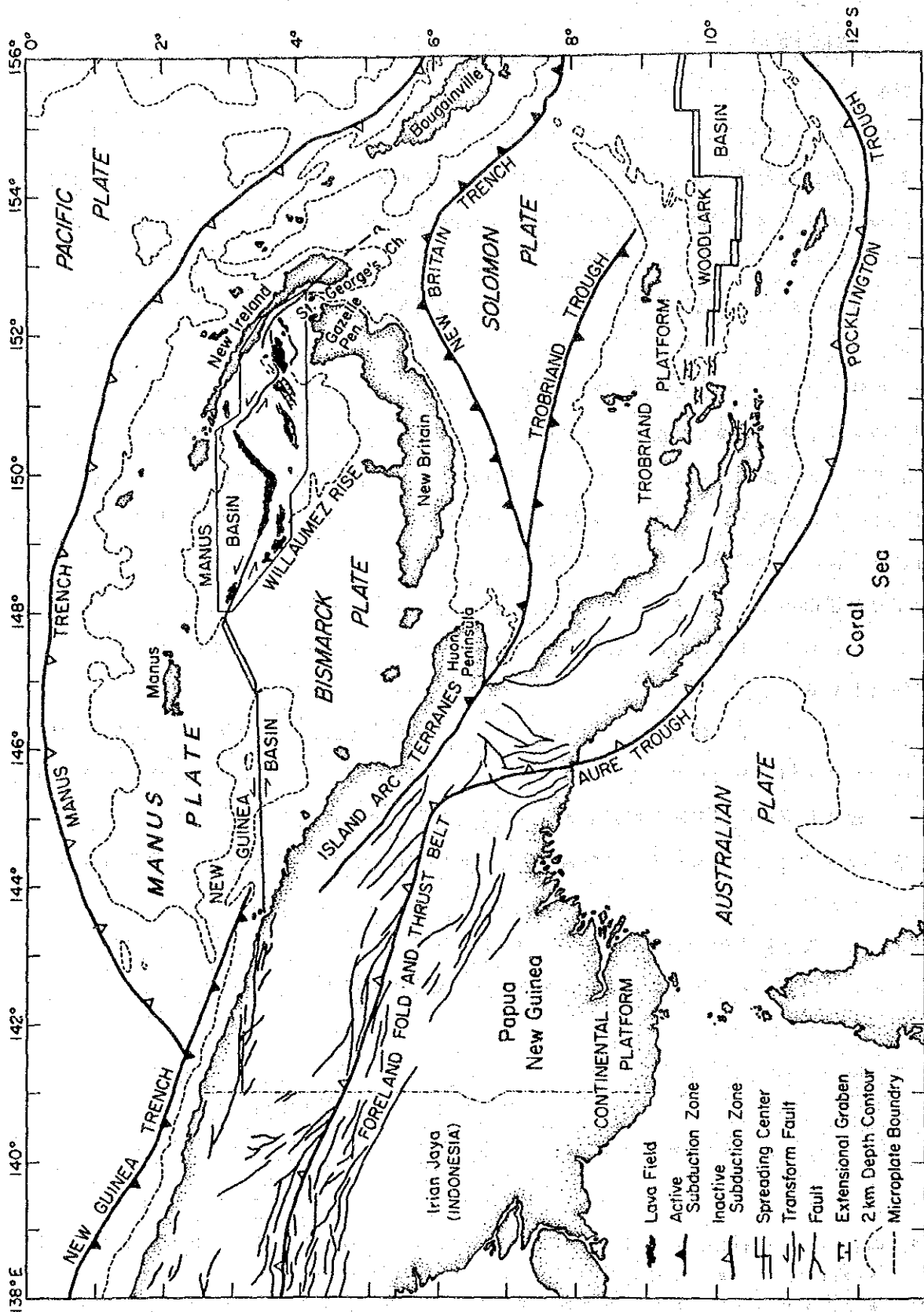


図 3-1-1 ビスマルク海の地質構造

これらの海底拡大系の位置は、遠地地震観測網データから明らかにされた幅30~40kmの浅発地震帯(深さ60km以浅)にはほぼ対応している(Eguchi 1989)。ただし、1本の海底拡大系の幅に比較して浅発地震活動帯の幅30~40kmは著しく幅広いと推定され、また発震機構解がすべて横ずれ型である。これらに基づいて、Taylor(1979)は海底拡大軸は単純な一本の軸ではなく、多数の小規模なトランスフォーム断層で切断されていると解釈した。なお、Eguchi(1989)は遠地地震観測網データでは位置などの精度が悪いので、8台の自己浮上式海底地震計を用いた海底微小地震観測を実施して、ほぼ148°30'Eから149°30'Eまでの北西-南東方向のトランスフォーム断層内には東西方向の拡大軸が雁行状に配列していると解釈した。

Taylor(1979)は、マヌス海盆の地磁気データに基づき、前述したマヌス海底拡大軸は、過去350万年前から平均N60°W方向に拡大開始し、平均拡大速度は北側で7.4cm/y南側で5.8cm/y、全体で13.2cm/yと算定し、非対称海底拡大軸とみなした。

1990年にマヌス海底拡大軸(3°15'S・150°08'Eから3°05'S・150°25'E間)において、Tufar(1991)は、Bothなど(1986)の調査結果をもとに海底熱水性硫化物を大量に採取し、熱水性生物、スモーカーなどを発見した。また、Crookなど(1990)は3°06.79'S・150°21.18'E付近で、海底熱水性酸化物帯を発見した。

Binnsなど(1991)は、3°40'S・151°40'Eを中心とするPaul ridge周辺で海底熱水鉱床を発見している。

Sakai(1991)は3°41'S・151°52'Eを中心とするcauldronで硫化鉱物を確認している。

当調査海域に隣接する第四紀の火山或いは火山群として次のようなものが挙げられる。

- ① マヌス島の南側に位置するSt. Andrew Strait 周辺にある火山群-Tuluman諸島(1953~1957に噴火した)・Lou島・Pom諸島・Fedarb諸島など。
- ② ニューブリテン島の北に位置するVitu諸島。
- ③ 調査海域の南部パプアニューギニア半島沿いに活火山のあるManam島とKarkara島。

当調査海域に隣接する主な島々とReefは次のとおりである。

- ① 北部: Purdy 諸島, Alim島およびPapialou諸島。
- ② 南部: Circular reef, Sherburne reef。

2) 海底地形

当調査海域の海底地形図と代表的な地形断面図を、それぞれ図3-1-2及び図3-1-3(1), (2)に示す。地形3次元立体図を図3-1-4(1)~(3)に示す。当海域の海底地形をわかりやすくするために図3-1-5に海底地形段彩図を示す。

調査海域の北側には、北西から東方に Purdy諸島・Alim島・Papialou島・Baluan島・Tuluman 島(1953年~1957年に噴火した)・St. Andrew諸島・Lou 島・Rambutyo島などがある。調査海域の南東域にCircular reef, Sherburne reef 及び小さな浅瀬がある。

当調査海域は、北西方向に幅60~70kmのWillaumez riseで2分され、その東部はマヌス海盆、西部は主にニューギニア海盆からなる。当調査海域の海底地形の特徴をWillaumez rise, マヌス海盆およびニューギニア海盆海域に分けて次に記述する。

<Willaumez rise>

- ① Willaumez riseの東側境界は比高約 1,000mの断崖を介してマヌス海盆と接し、西側境界はAlim島と Circular reefを結ぶ北西の線とみなされる。この線上には、顕著な3海山が分布する。Riseの幅は60~70km, 頂部の方向は北西である。
水深は 170~ 1,500mの範囲にあり、頂部水深 700m以浅の海山・海嶺が数多く分布し、また島々やReefもあり起伏に富むRiseである。
- ② 3° 02' S・147° 50' E付近を中心とする堆(Bank)が存在する。この堆内には数多くの頂部が認められ、最浅部の水深は 170mである。その内、走向S 35° Wの2山頂列を海底拡大軸と推定した。
- ③ 2° 52' S・147° 32' E(水深 650m)の海山からほぼS 35° W方向に延び、3° 40' S・146° 55' E付近で消滅する海嶺がある。このうち、3° 02' S・47° 20' E(水深 680mの海山の東斜面)を境に、南西側の海嶺は海底拡大軸と推定し、その北東側は伝播性拡大軸(Propagating spreading center)とみなす考え方もある。
- ④ 上記③の海嶺とほぼ平行に②に述べた堆の中心付近から槍状に細く鋭く尖り3° 20' S・147° 30' E付近まで延び、消滅する海嶺がある。この海嶺は退行性拡大軸(Dying spreading center)とみなす考え方もある。
- ⑤ ③と④の海嶺の中間に、山頂水深 300mの海山(3° 02' S・147° 33' E)を挟んで、その南西側と北東側に凹地がある。それぞれの水深は1,730m及び1,370mである。

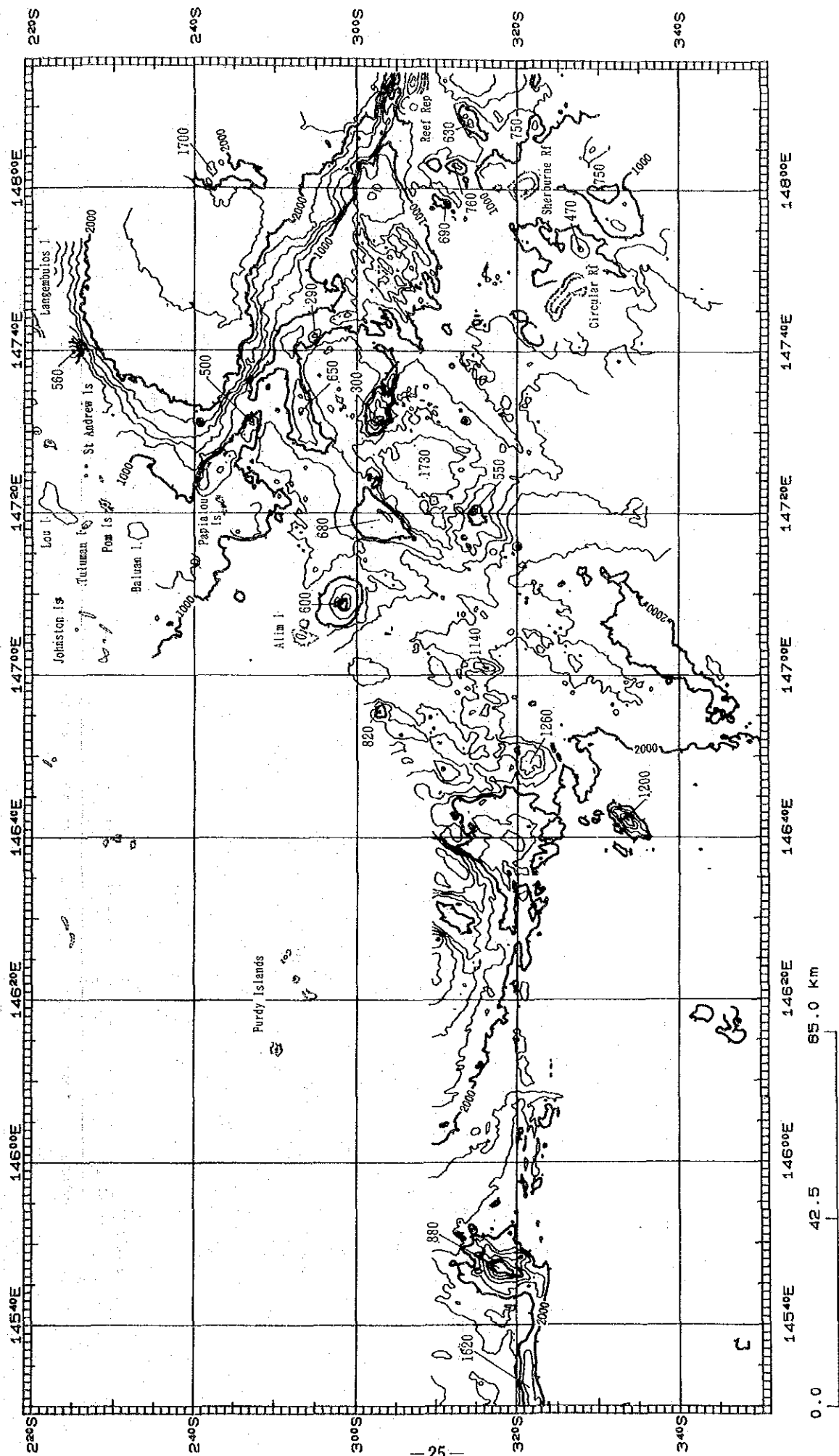


图 3-1-2 海底地形图

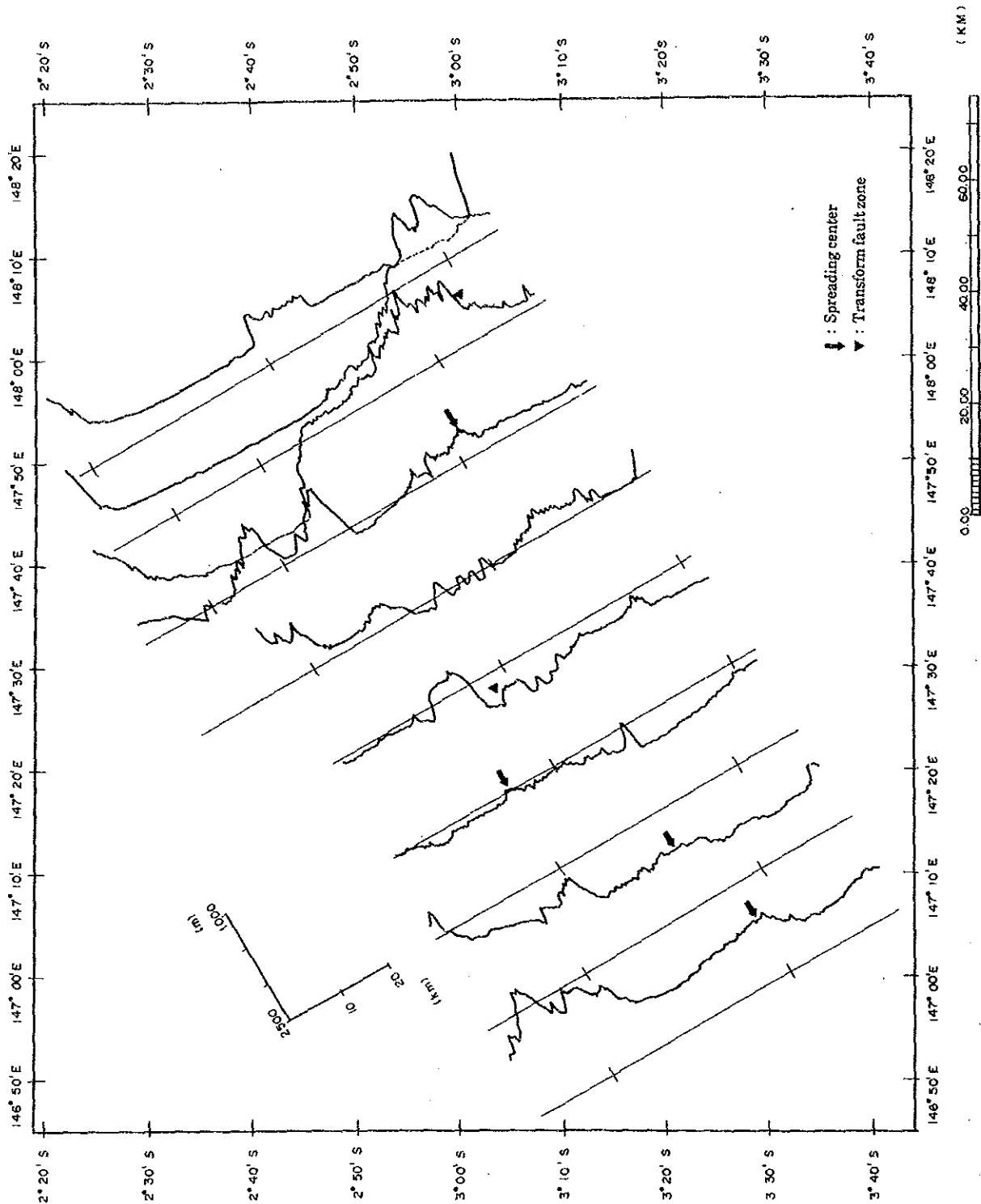


图 3-1-3 海底地形断面图 (A 海域) (1)

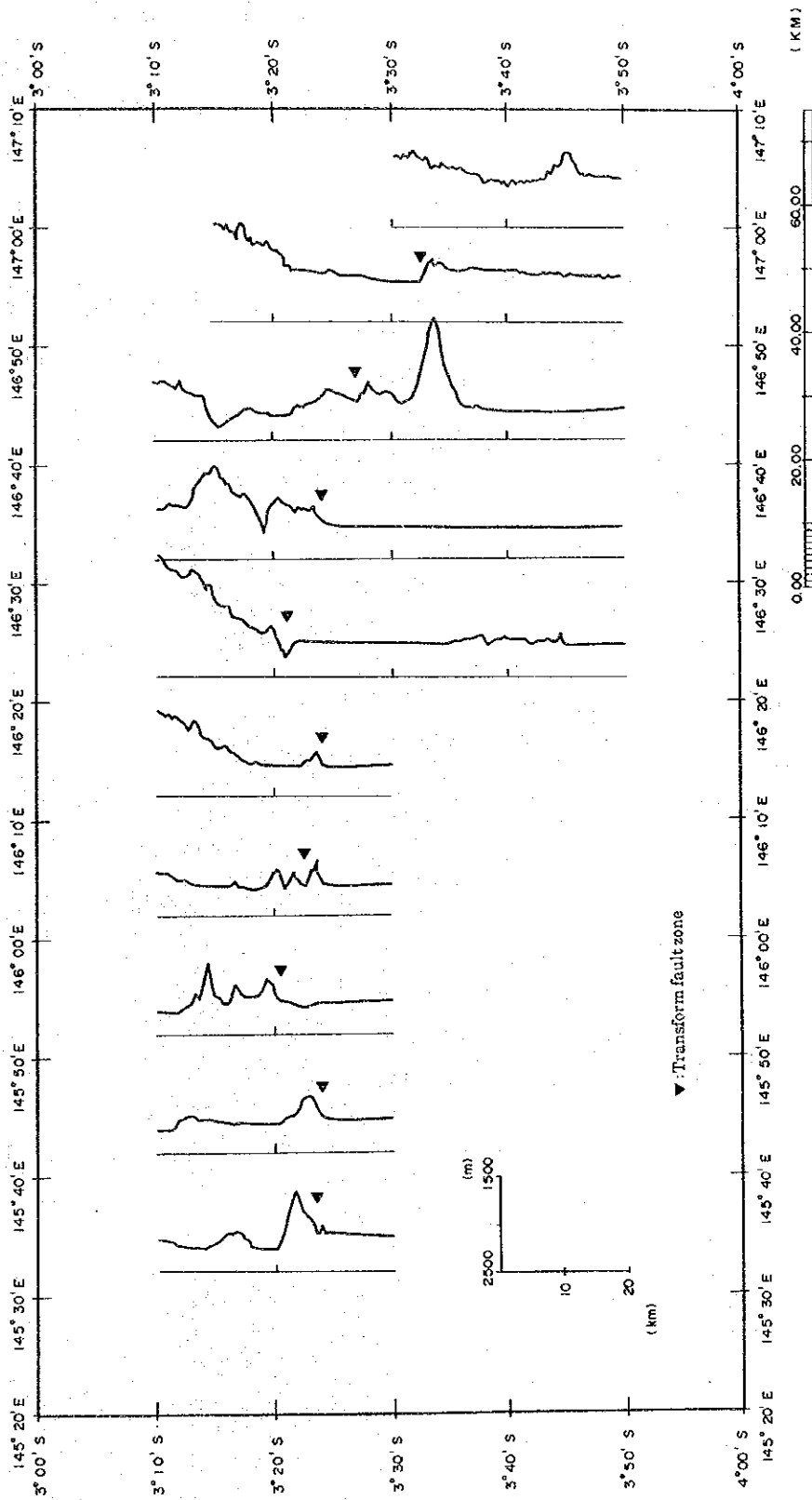


图 3-1-3 海底地形断面图 (B 海域) (2)

LEGEND

SC : SPREADING CENTER
 TFZ : TRANSFORM FAULT ZONE
 PSC : PROPAGATING SPREADING CENTER
 DSC : DYING SPREADING CENTER

(m)

-600.0
 -1600.0
 -2600.0

2°30'S

147°00'E

147°30'E

148°00'E

2°30'S

3°00'S

3°30'S

147°30'E

148°00'E

148°00'E

-2600.0

NEW GUINEA BASIN

MANUS BASIN

SC

TFZ

PSC

DSC

RIEVE -200
 -400
 -500
 -600
 -800
 -1000
 -1200
 -1400
 -1500
 -1800
 -2000
 -2200
 -2400
 -2600
 BELOW -2500

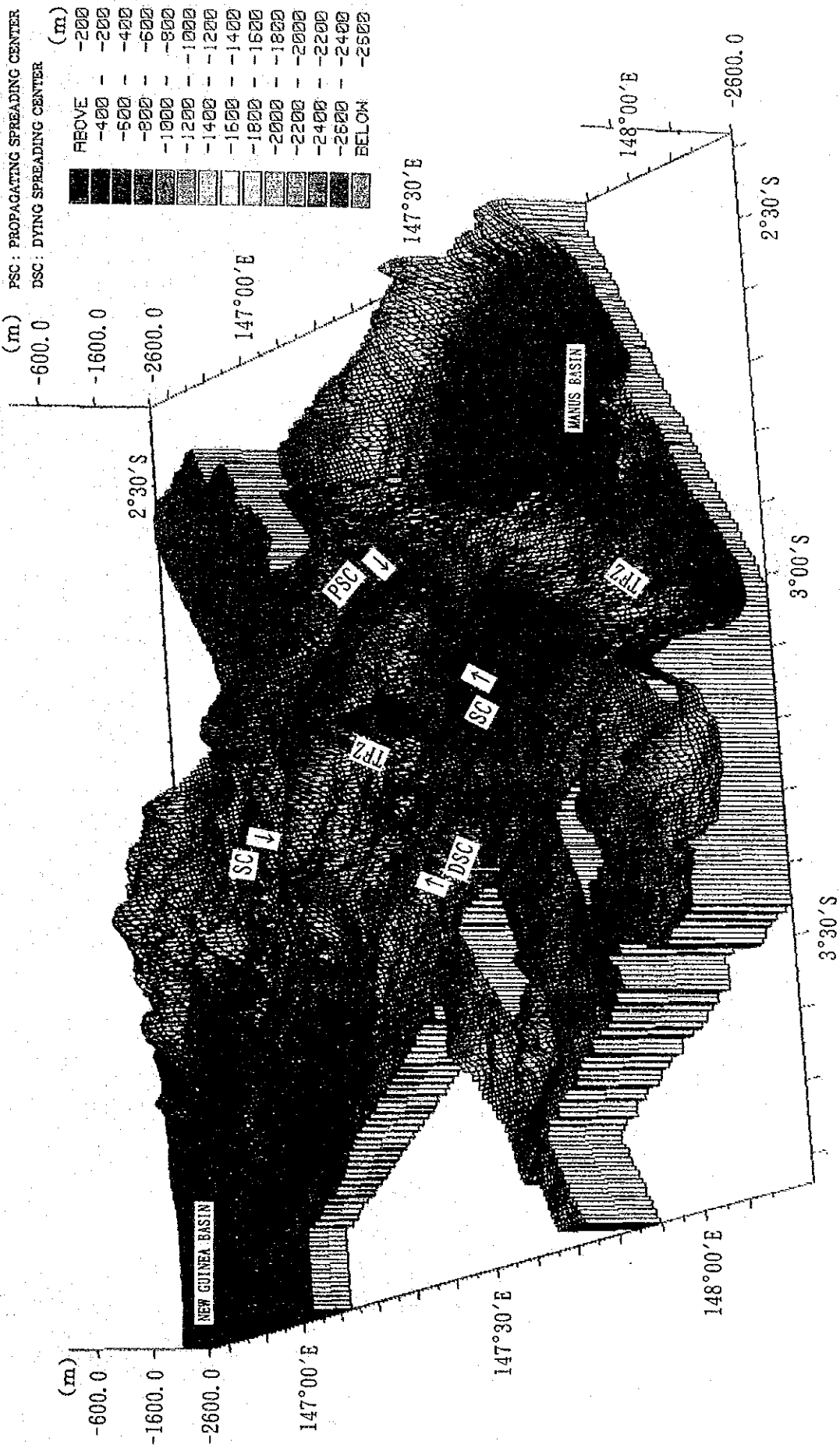


图 3-1-4 海底地形 3 次元立体图 (A 海域) (1)

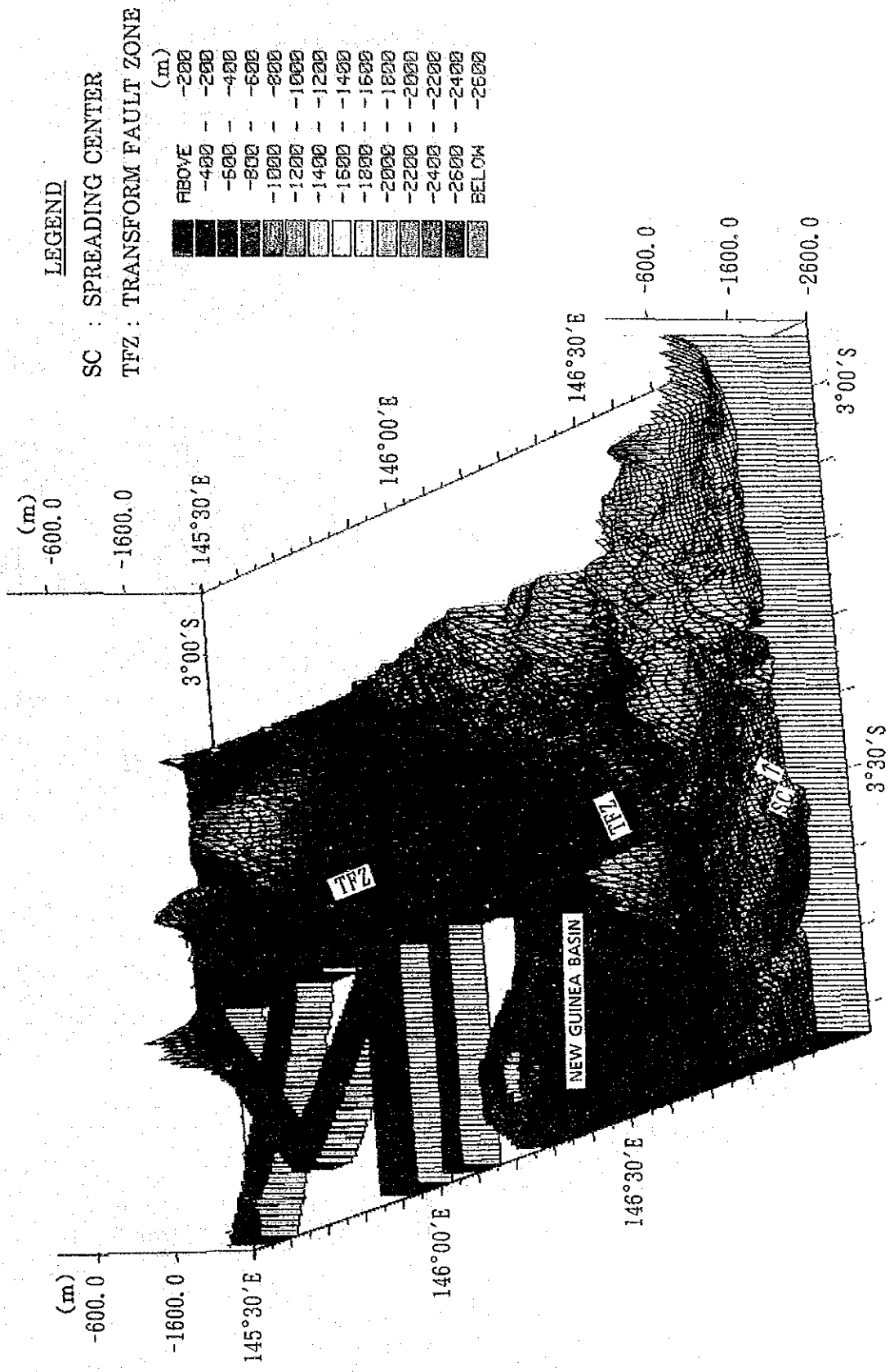


图 3-1-4 海底地形 3 次元立体图 (B 海域) (2)

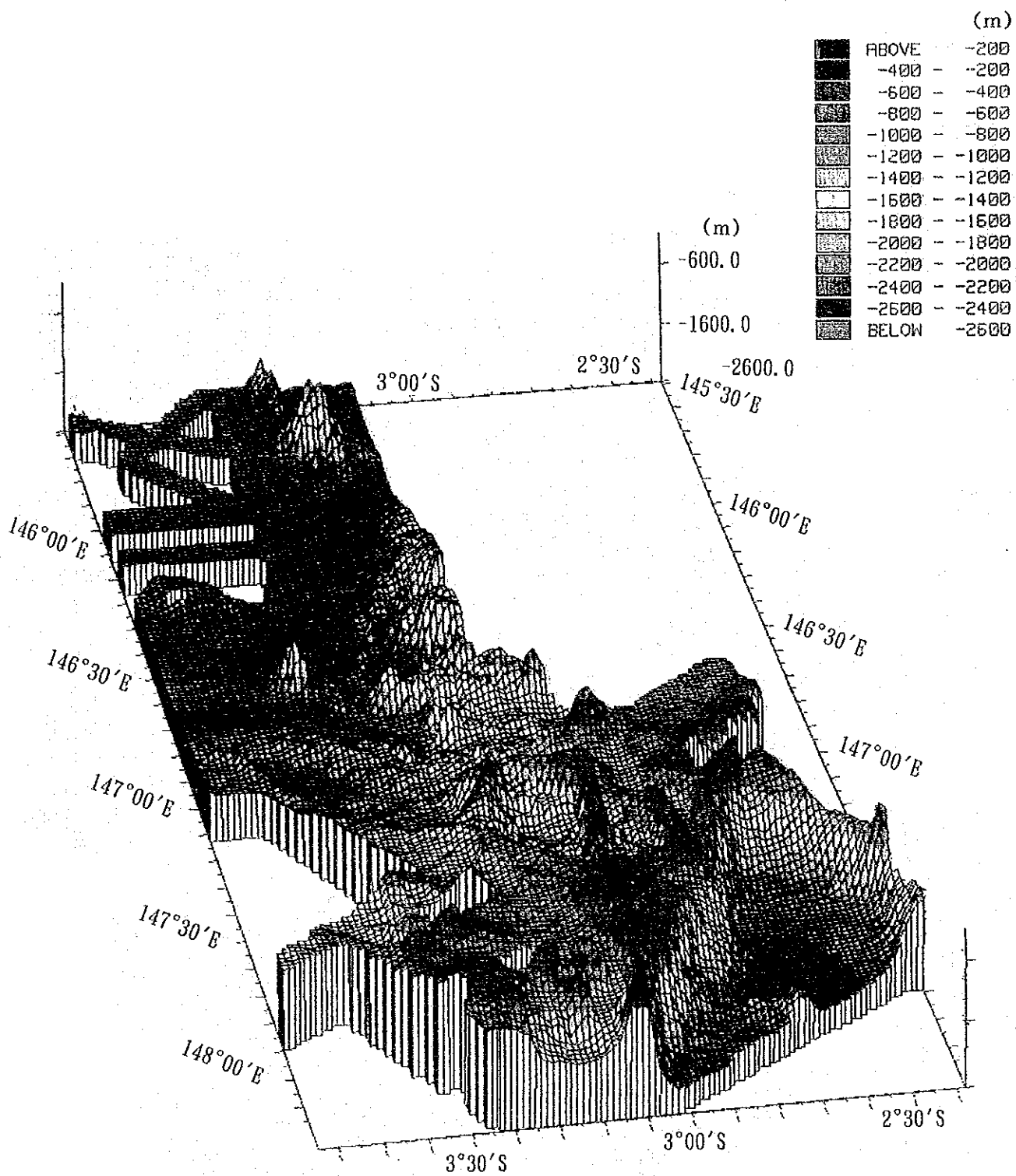


图 3 - 1 - 4 海底地形 3 次元立体图 (全海域) (3)

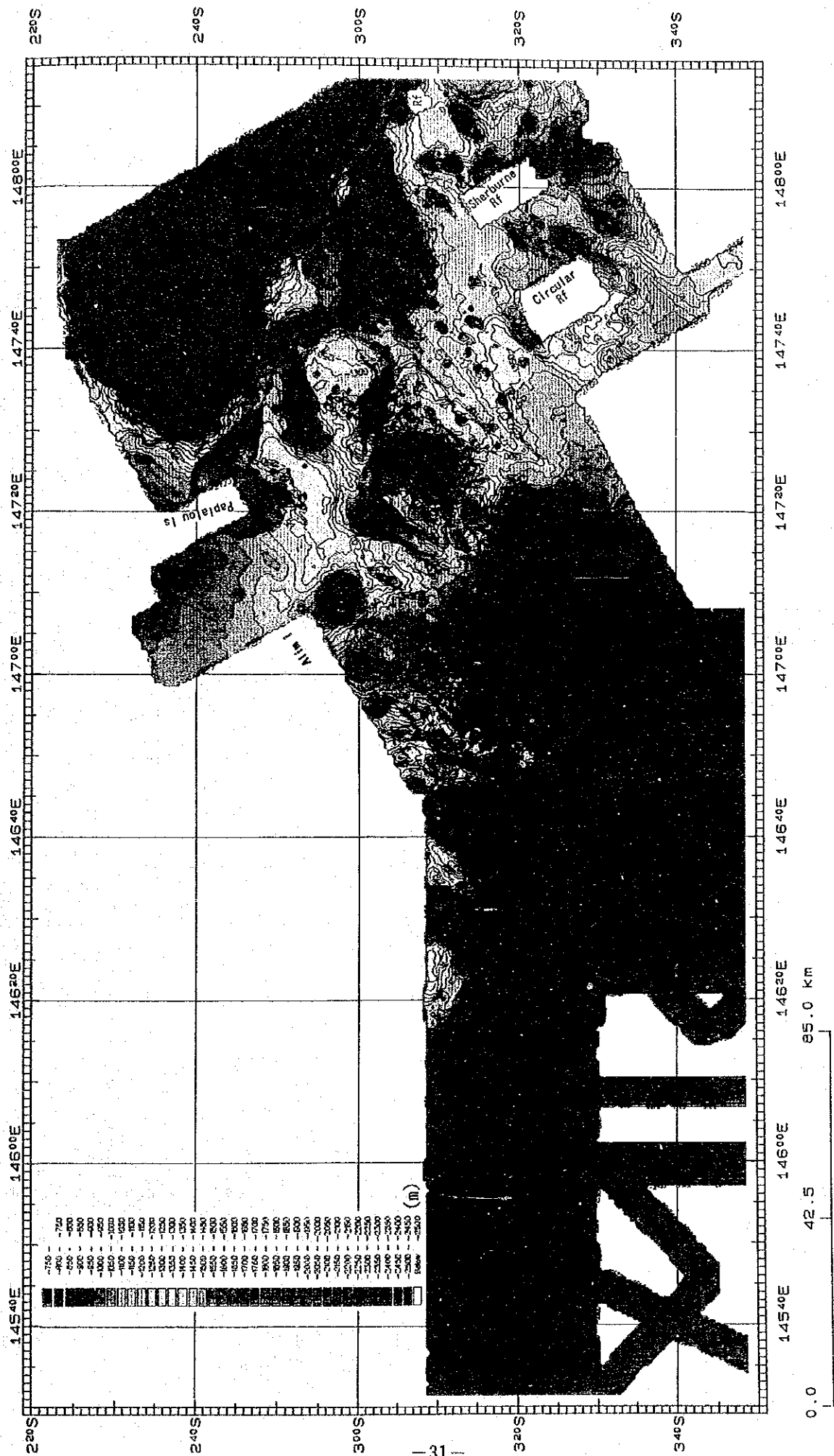


图 3-1-5 海底地形段彩图

< マヌス海盆 >

当調査海域の北東部にはマヌス海盆の北西端部が存在する。

マヌス海盆の西縁辺部は、落差 1,000m 程度の断崖であり、北部境界も落差 1,000m 程度の断崖状地形である。

当調査海域内のマヌス海盆はおおむね水深 2,200m 程度の平坦地であるが、 $2^{\circ} 40' S \cdot 148^{\circ} E$ 付近には水深約 1,700m の小規模な隆起部がある。

< ニューギニア海盆海域 >

① ニューギニア海盆東部は、Willaumez rise からの拡大軸（海嶺）、北部から張り出した海山列、水深 2,000m 程度の小規模な凹地などがあり、地形は複雑である。

② $146^{\circ} 30' E$ 以西では、 $3^{\circ} 20' S$ 線沿いに海山列が存在するが、 $3^{\circ} 20' S$ の南部は非常にスムーズな海底面である。

③ ほぼ $146^{\circ} 50' E$ 以西における、等深線 2,000m 以深の海域は平坦地である（前述した②参照）。ただし、 $3^{\circ} 35' S \cdot 146^{\circ} 40' E$ 付近に頂部水深約 1,200m の海山がある。

④ $3^{\circ} 20' S \cdot 146^{\circ} 40' E$ 付近に長円形を示す 2,400m 以深の最深所がある。

⑤ ④に述べた凹状地の西部には、Purdy 諸島などにつらなる海台状地が半円状に張りだしている。

⑥ 西縁 $3^{\circ} 18' S \cdot 145^{\circ} 48' E$ 付近に、山頂水深約 880m の海山がある。

⑦ ⑤に述べた海台状地と⑥に述べた海山周辺は水深 2,200m 以深であり、この付近でニューギニア海盆は北側に広がる傾向にある。

3-2 磁気異常

磁気調査は、地質構造、海底の年代（磁気縞模様）などを知る目的で実施した。

データの処理及び図面類の作成はDPSを用いて次の順序で実施した。

- ① 全磁力測定値を内挿して間隔 1,000mの各格子点の全磁力値を求める。
- ② 各格子点の全磁力値から1次傾向面を求め、この1次傾向面から各格子点の全磁力値を逆算する。
- ③ 各格子点の磁気異常値は①-②（残差）とする。
- ④ ①のデータから全磁力等値線図（図3-2-1）を、③のデータから磁気異常図（図3-2-2）及び磁気異常・地形複合3次元立体図（図3-2-3）を作図する。なお、磁気異常断面図（図3-2-4(1), (2)）は磁気測定値から1次傾向面値を引算した測線の磁気異常値データから作成した。
- ⑤ 格子点の磁気異常値に5点重みつき移動平均によるフィルタ処理を実施した後、正と負の対からなる磁気異常を北磁極に移動したときに示す単一の磁気異常値（これを極磁気異常値という）に変換し、極磁気異常図（図3-2-5）を作成した。
- ⑥ 極磁気異常に一致するように自動的にモデルを作る方法（逆解析法）により磁化強度分布図（図3-2-6）及び磁気構造図（図3-2-7）を求めた。

なお、当海域の全磁力測定値は39,000~40,000nTの範囲にある。地磁気の永年変化及び日変化の補正は実施していない。

以下、磁気異常図、極磁気異常図、磁化強度分布図及び磁気構造図の順に記述する。

なお、海底拡大系との関係については3-3に後述する。

1) 磁気異常図の概要

当調査海域の全磁力等値線図と磁気異常図をそれぞれ図3-2-1および図3-2-2に示す。また、磁気異常・地形複合3次元立体図と磁気異常断面図を、それぞれ図3-2-3および図3-2-4に示す。

当調査海域の磁気異常の特徴は以下のとおりである（図3-2-2）。

- ① 調査海域では磁気縞模様が同定できないので、海底年代の特定はできなかった。
- ② 本調査海域のマヌス海盆内は後述のWillaumez riseに比較して大局的には磁気異常の小さな海域である。
- ③ Willaumez riseは北北西及びほぼ東西性の2系列の磁気異常帯からなる。磁気異常の振幅が1,000nTを越え、マヌス海盆やニューギニア海盆の磁気異常と比較して非常に高い。この理由として、Willaumez riseの磁性岩体はマヌス海盆・ニューギニア海盆よりも年代が新しいこと、磁性体が厚いことなどが挙げられる。
- ④ マヌス海盆とWillaumez riseの北端部に、おおむね東西方向に連なると予想される逆帯磁した可能性のある負の磁気異常が認められる。

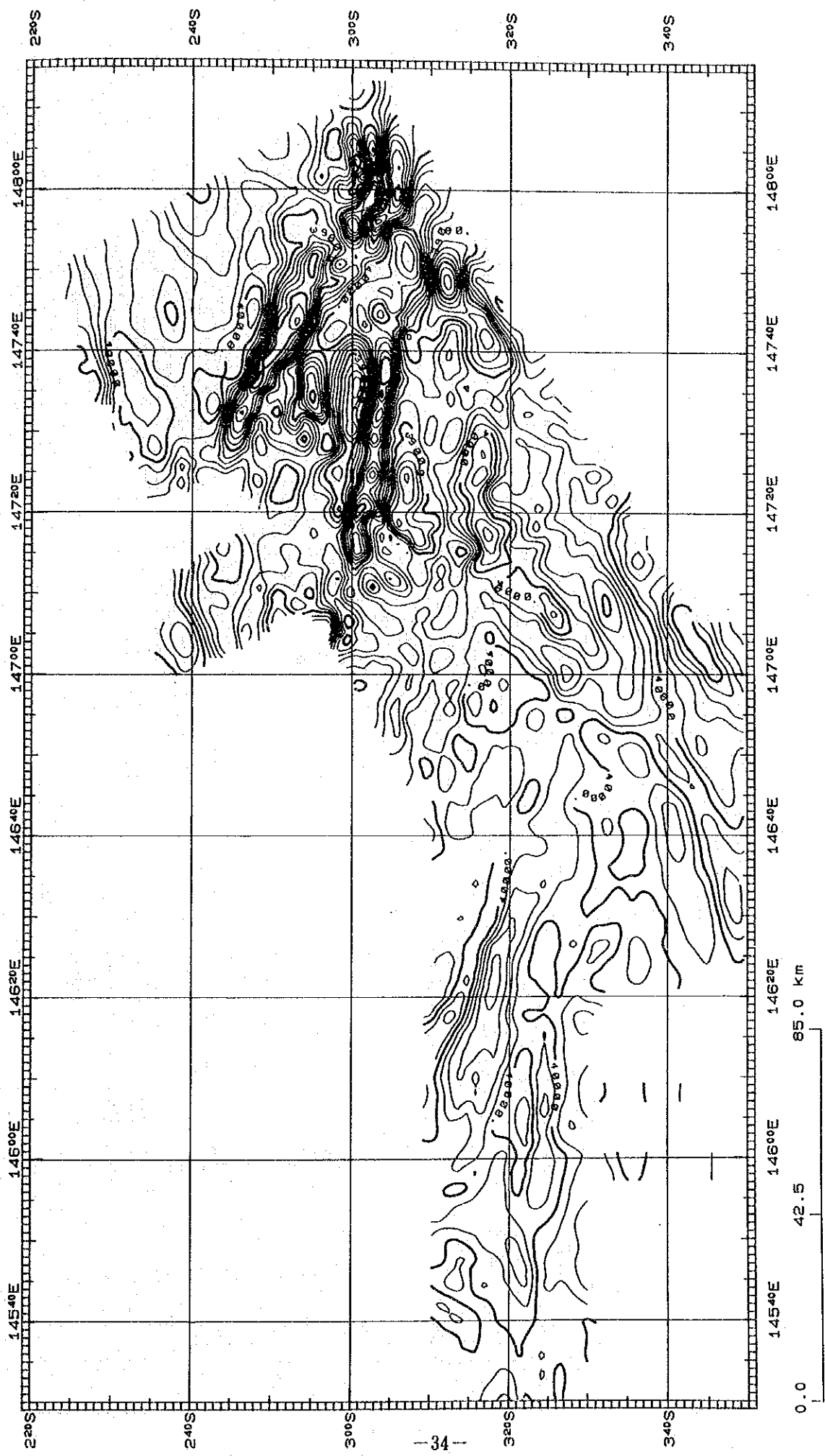


图 3-2-1 全磁力等值线图

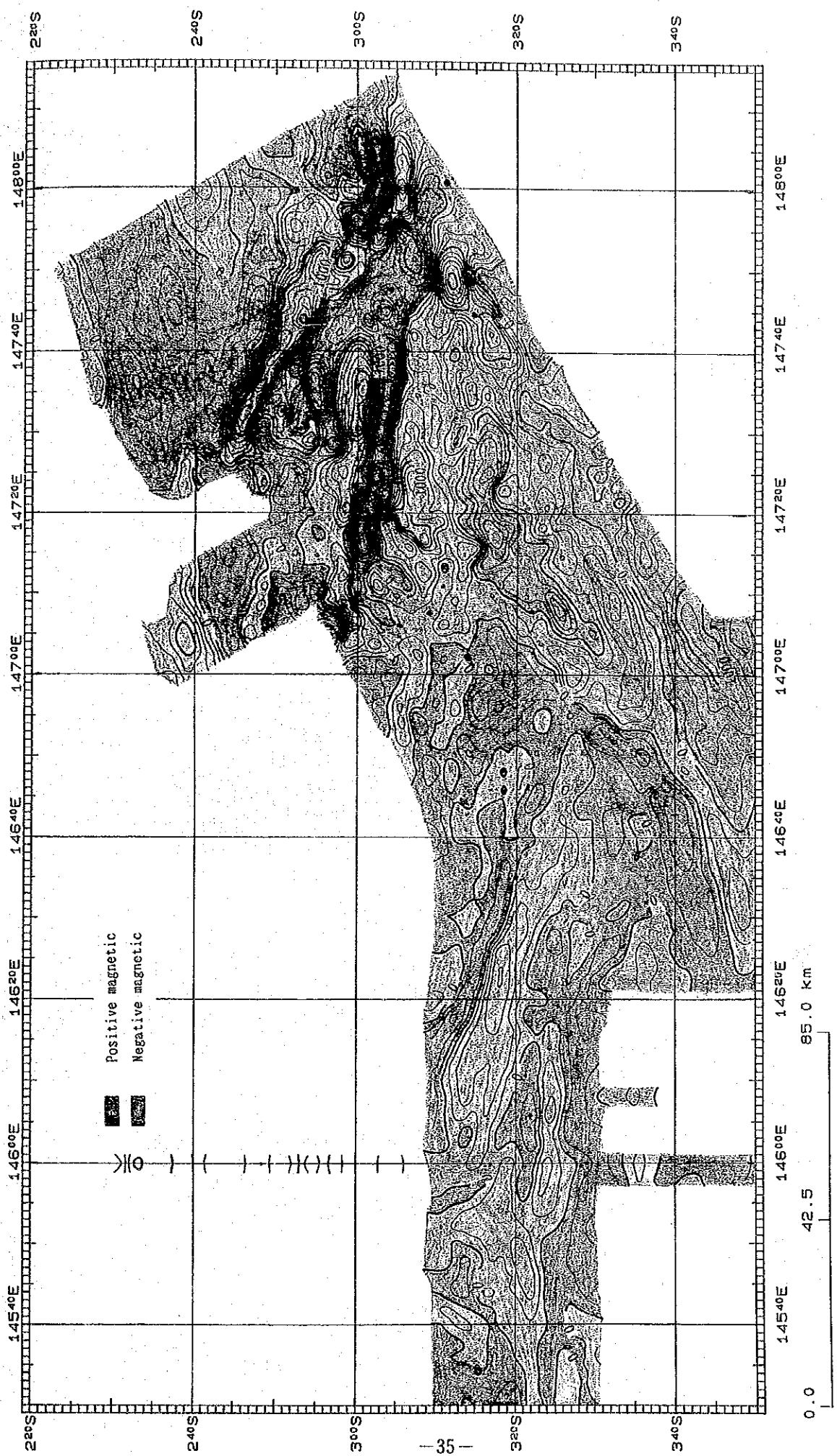


图 3-2-2 磁 气 异 常 图

LEGEND

SC : SPREADING CENTER
 TFZ : TRANSFORM FAULT ZONE
 PSC : PROPAGATING SPREADING CENTER
 DSC : DYING SPREADING CENTER

Positive magnetic anomaly
 Negative magnetic anomaly

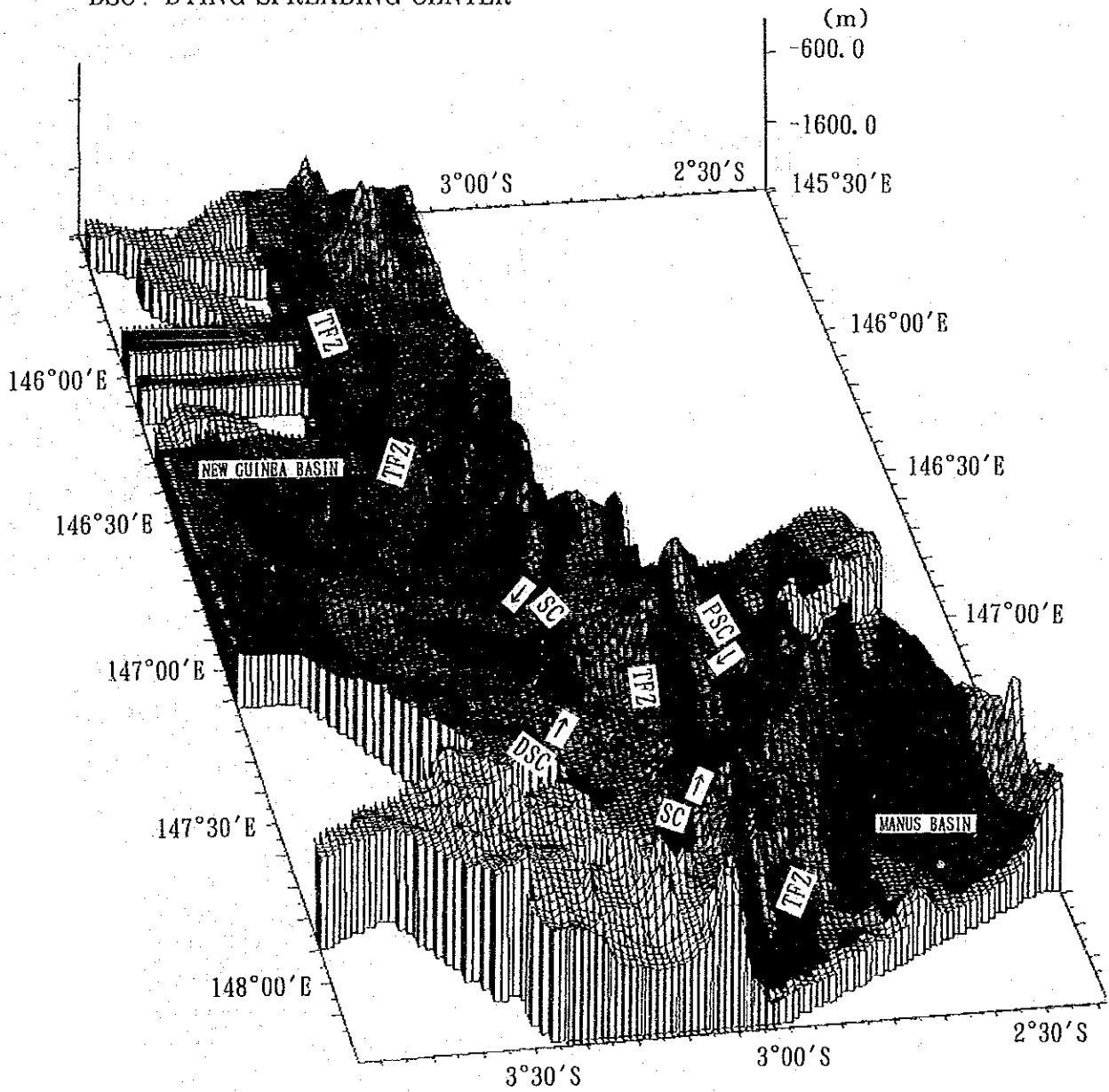


图 3 - 2 - 3 磁气異常・地形複合 3 次元立体图

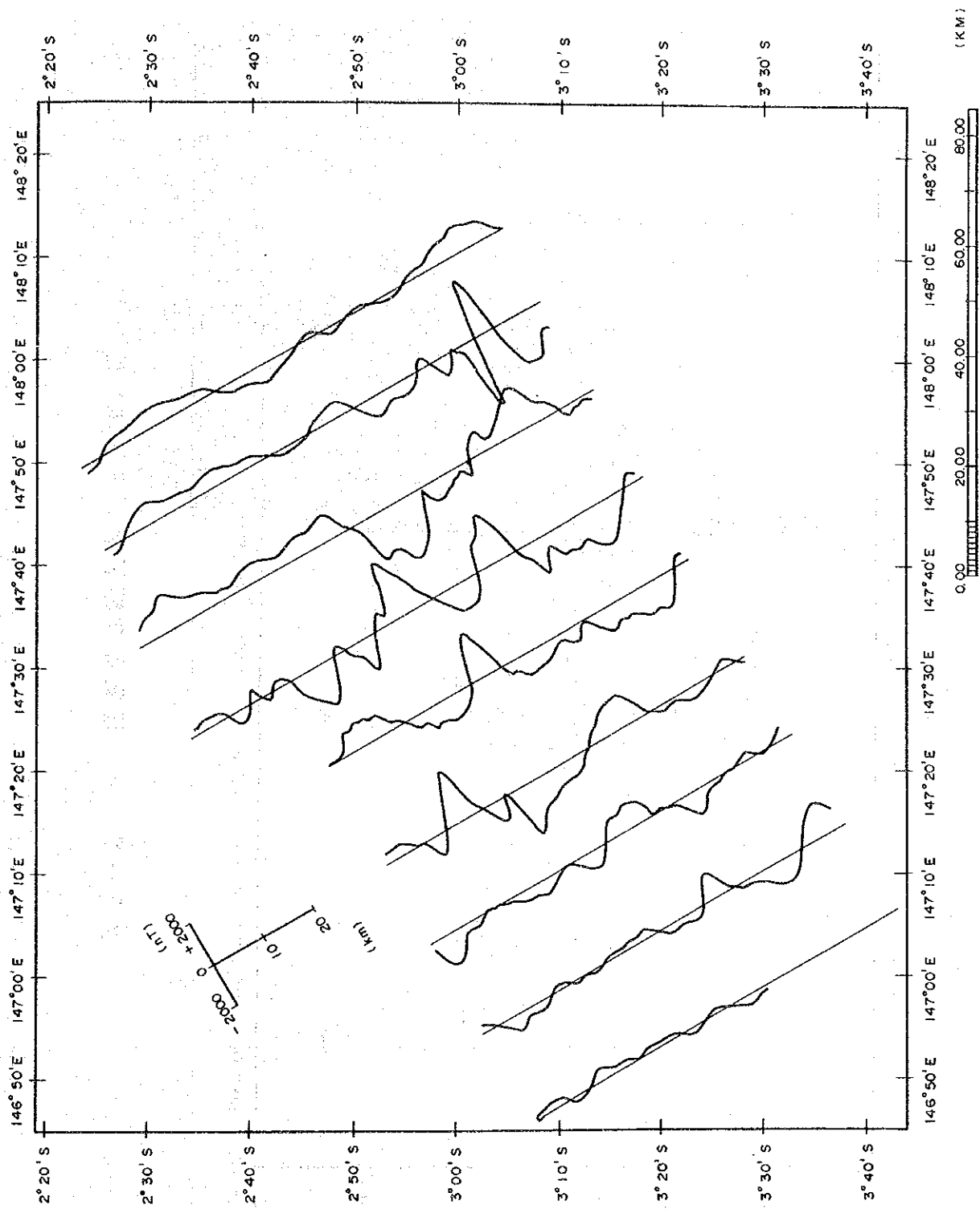


图 3-2-4 磁气异常断面图 (A 海域) (1)

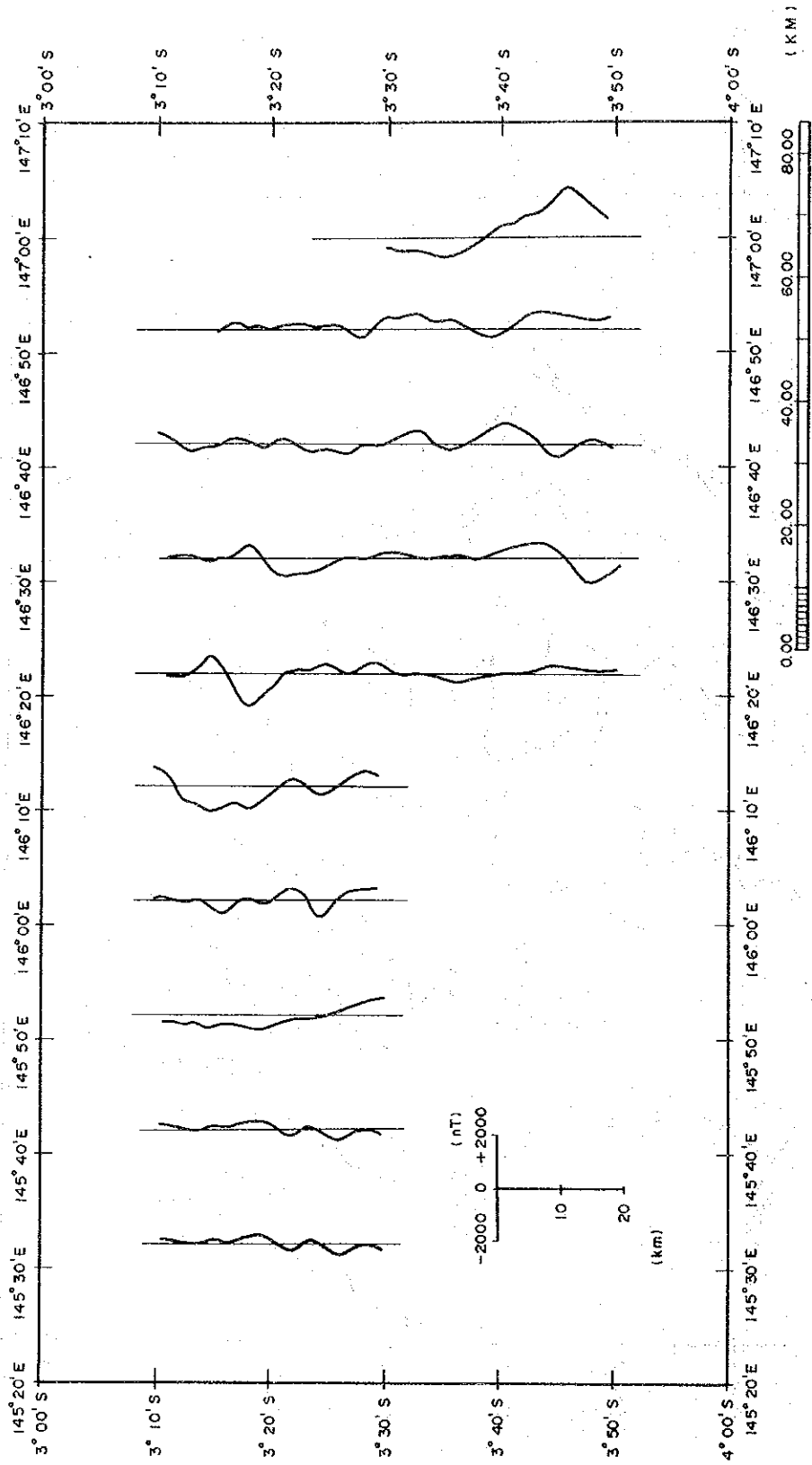
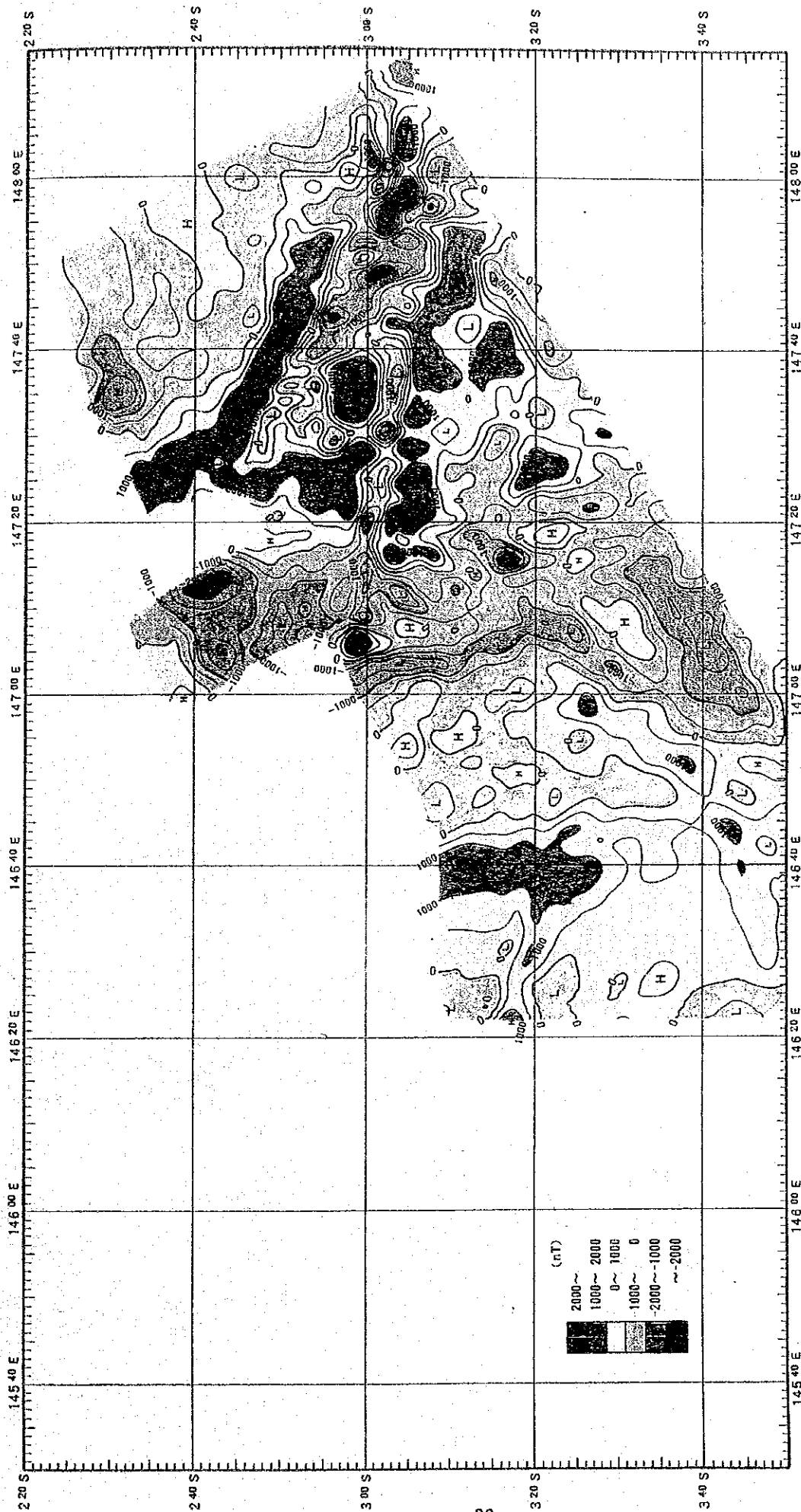


图 3 - 2 - 4 磁气异常断面图 (B 海域) (2)



LEGEND

Contour of reduction to the pole 1,000 nT interval 500 nT interval

H High anomaly
L Low anomaly

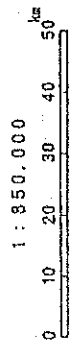


图 3-2-5 極磁気異常図

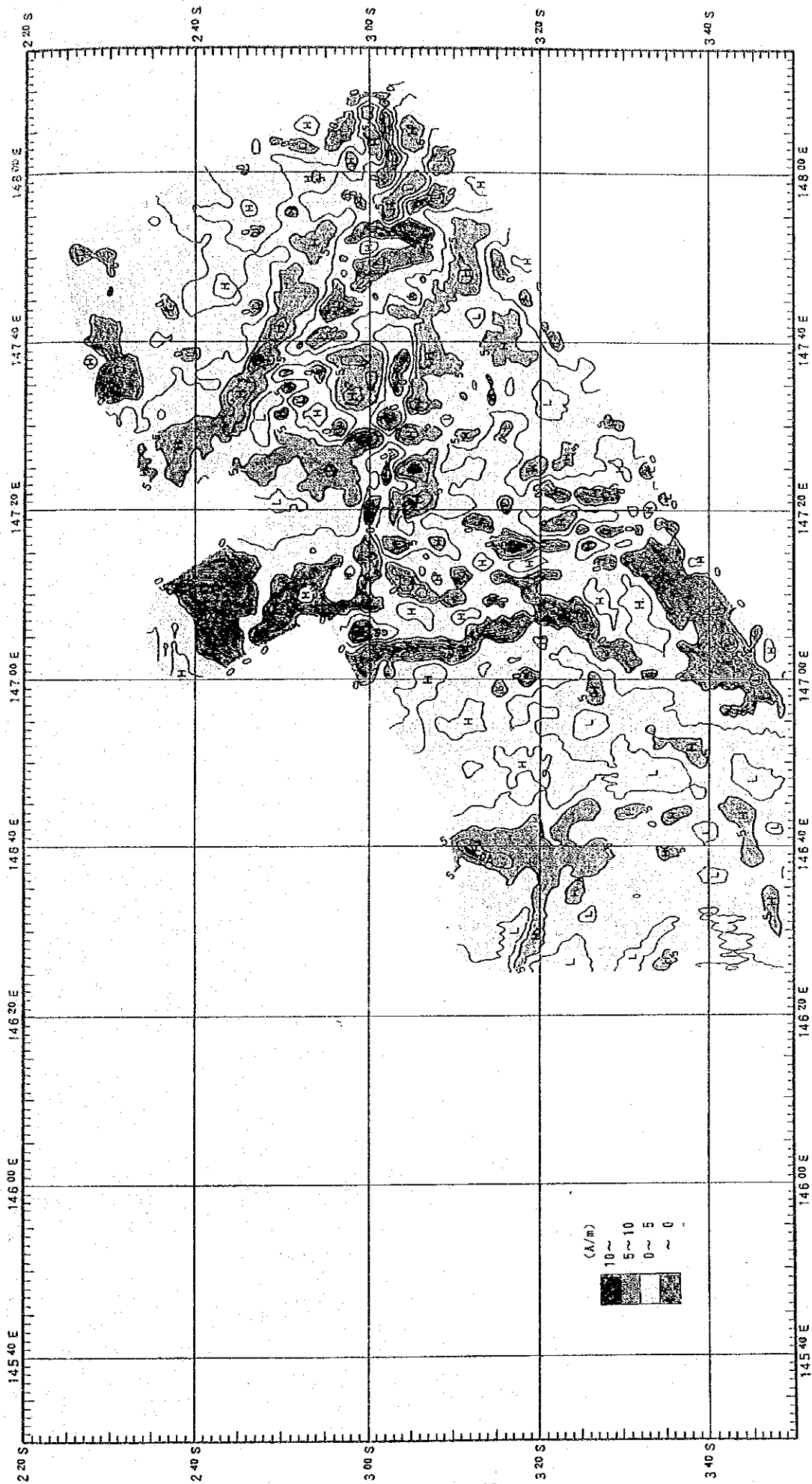


图 3-2-6 磁化强度分布图

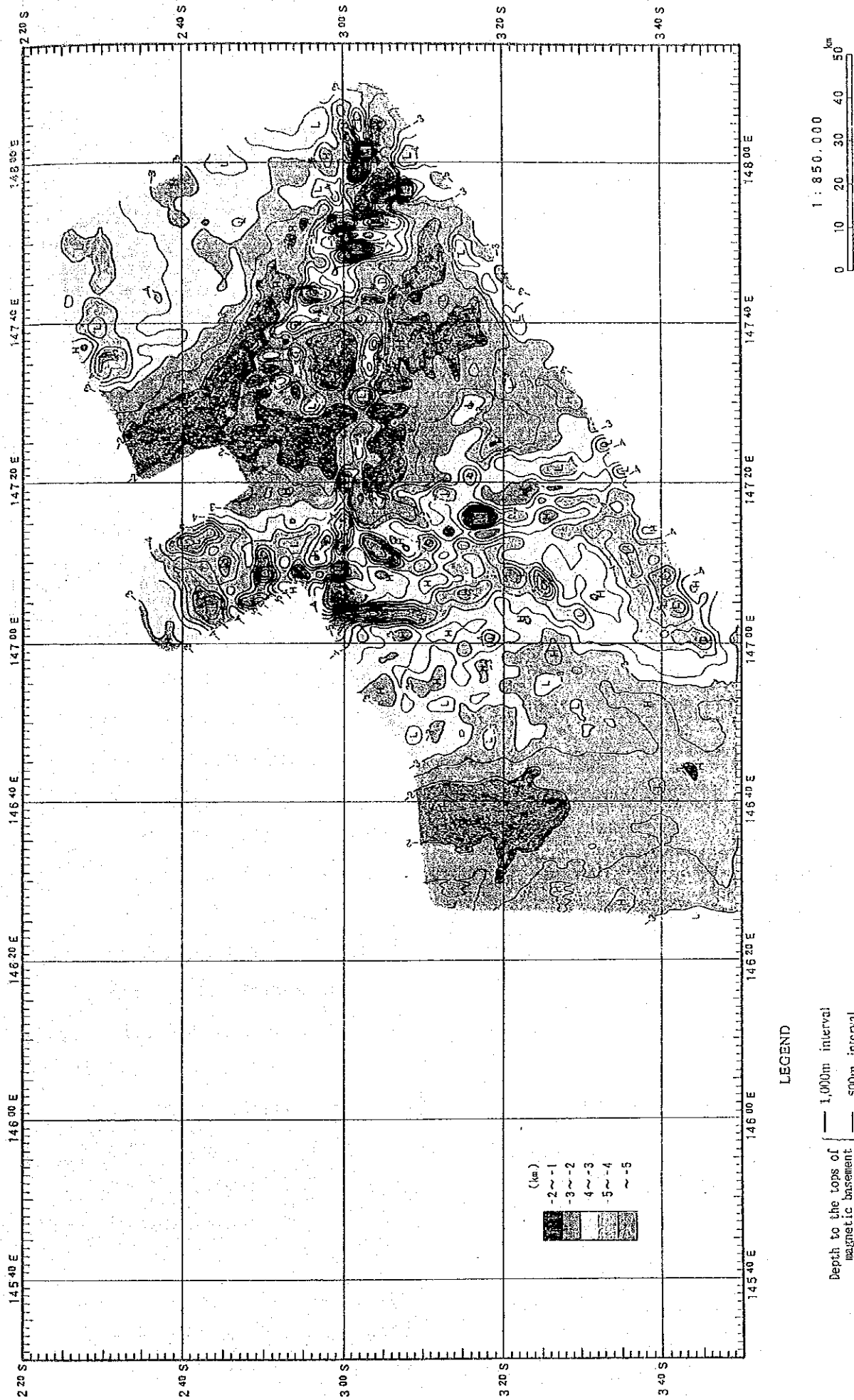


图 3-2-7 磁气构造图

⑤ ニューギニア海盆は、Willaumez riseに比較して、全体的に磁気異常の小さな海域であるが、次に示す2つの磁気異常が特徴的である。

・ $3^{\circ} 15' S \cdot 147^{\circ} 30' E$ から $3^{\circ} 30' S \cdot 147^{\circ} 05' E$ にかけて島状に正の高磁気異常が分布し、この異常の北と南側に分布する負の磁気異常は、 $3^{\circ} 30' S \cdot 147^{\circ} 05' E$ 付近で合流して西南西方向に延びる傾向にある。

・ おおよそ $3^{\circ} 30' S \cdot 146^{\circ} 50' E$ 付近からほぼ北西方向に延び $3^{\circ} 10' S \cdot 146^{\circ} 30' E$ 付近で西方向に変針する負の磁気異常が分布する。ただし、 $3^{\circ} 10' S \cdot 146^{\circ} 00' E$ 付近では負の異常が北部に広がる傾向にある。

⑥ $3^{\circ} 35' S \cdot 146^{\circ} 40' E$ 付近に位置する海山はその振幅は小さいが正帯磁している。
 $3^{\circ} 18' S \cdot 145^{\circ} 48' E$ 付近に位置する海山は負の磁気異常帯内にある。

2) 磁化強度分布と磁気構造

3次元磁気逆解析による磁化強度分布と磁気構造の計算は、磁気測定測線長が40マイルの海域についてのみ実施した。

(1) 逆解析法

正と負の対からなる全磁力異常は変換^{*1}を施すことにより、単一の異常として表現できる。すなわち、正帯磁した磁性体の直上が正の極磁気異常の中心となり、逆帯磁した磁性体の直上が負の極磁気異常の中心になる。したがって、磁気異常図を極磁気異常図に変換することによって、理論上は海底地形との対比や磁性体の分布状況の解釈が容易になる。さらに、磁化強度分布および磁気構造などの把握を可能にする3次元逆解析法が容易になる。極磁気異常図を図3-2-5に示す。

磁化強度は、下面を水平な基準平面とし、上面を海底面とする2層構造（区画した角柱で近似する）と仮定して計算して求めた。磁化強度分布図を図3-2-6に示す。

磁気構造は海底面下に磁化強度コントラストが一定の3次元磁気2層構造を仮定して計算した。すなわち、任意の $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ の半無限長角柱の各格子点に対して $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ の領域内の磁力の総和をその格子点の極磁気異常値とする。ついで、この値と極磁気データと比較して、極磁気異常値の過不足から各角柱の深度を増減する。この操作を極磁気データと計算値がほぼ一致するまで繰り返し計算して求めた。その全格子点の角柱上面の深度等値図を3次元磁気構造図とした。実際には磁化強度を10, 20, 30 A/mの3種類について磁気構造を計算し、海底地形図・磁化強度分布と比較検討した。その結果、20 A/mの磁気構造図が海底地形図・磁化強度分布などと最もよく調和するので、図3-2-7磁気構造図として作用した。

*1 磁性体を北または南磁極に移動させたときに示す磁気異常に変換する方法である。それゆえ、この変換を極磁気変換、その異常を極磁気異常と表現する。

(2) 極磁気異常図の概要

磁気異常図（図3-2-2）と比較すると、極磁気異常図（図3-2-5）の特徴は以下のとおりである。

- ① 大局的には、磁気異常の正と負異常はそれぞれ低（負）および高（正）極磁気異常図に変換されている^{*1}。なお、当調査海域では低（負）極磁気異常域を逆帯磁と考えるよりも、磁化強度の小さい磁性体が存在すると解釈した方がよい。
- ② おおよそ 147° 20′ E以西では、磁気異常図では明瞭に見られなかった南北方向の低極磁気異常と高極磁気異常とからなる。前者の1例として 147° 05′ E線に沿って帯状に分布する負の極磁気異常、後者の1例として 146° 40′ E線に沿って分布する正の極磁気異常が挙げられる。
- ③ 大局的にみると海山は低磁気異常を示すものが多い。

(3) 磁化強度分布

磁気異常は、3次元磁性体の深度の3乗に逆比例するので、磁化強度分布図は海底下の比較的浅部の磁化強度を反映していると考えられる。磁化強度分布図（図3-2-6）の概要は以下のとおりである。

- ① 磁化強度は10 A/m以上～-5 A/m以下の範囲に分布し、最大20 A/m程度である。全体的に正の磁化強度が卓越する。
- ② 5 A/m以上の顕著な高磁化強度ゾーンは、Willaumez riseとニューギニア海盆の146° 30′ E線付近とに分布する。この高磁化強度帯は、磁性体がほぼ海底面近くに潜在あるいは一部露出していると推定される。
- ③ 0 A/m以下の顕著な低磁化強度分布はWillaumez riseで東西系、147° 00′ E～147° 20′ E間の海域で南北系の配列が卓越する。前者は海山にはほぼ対応し、主に熱水変質によるものと推定される。後者は、磁化強度の小さい磁性体を反映すると考えられる。
- ④ 負の磁化強度分布と海山の位置関係を微視的にみると、必ずしも海山頂部と負の磁化強度分布のピークとが一致せず、むしろ負の磁化強度の中心は海山頂部の周辺部に位置する場合が多い。このことは負の磁化強度は逆帯磁しているのではなく、いくつかの原因で磁気消失しているためと推定される。

(4) 磁気構造

磁気構造図は、2層構造が成立しない所（例えば多層構造、傾斜した磁性体、逆帯磁の存在する所）では信頼度に乏しく、また仮定した磁化強度が地区ごとに変化する場合には磁性体深度が局所的にシフトする（低磁化強度部では深く、高磁化強度部では浅く計算さ

*1 低緯度地域では磁気異常は東西系が卓越する傾向にある。

れる)等の短所があるものの、磁性体深度等値線のパターンは、当海域のおおまかな地質構造を表現していると思われる。

磁性体の深度に着目すると、当調査海域は磁気構造は次に記述する4地区に分けられる(図3-2-7)。

- ① マヌス海盆は、磁性体深度 3,000m以深の地区
- ② Willaumez riseは磁性体深度 3,000m以浅の隆起地区
- ③ 147° 00' E~ 147° 20' E間の海域は磁性体深度 3,000m以深の地区
- ④ 147° 00' E以西(ニューギニア海盆)は磁性体深度3,000m以浅の緩やかな隆起地区

大局的にみると、①と③に挟まれた②の地区(Willaumez rise)の磁気基盤深度^{*1}が全体的に深度 1,500mと浅く、隆起した構造となっている。また、③の海域は磁気基盤深度が 3,000~5,000mの箇所が大部分を占めており、南北系の大規模な磁気的な構造帯となっている可能性がある。なお、磁気基盤が深い一つの理由として磁化強度が小さいことが挙げられ、②と③の地区では岩石またはFeTiの含有量が異なる可能性がある。

なお、①と③の北端部に認められる基盤深度の 4,000m以深と表現されている箇所は逆帯磁している可能性があり、逆帯磁しているときには、この周辺の磁気基盤は浅くなる。さらに、④の 146° 40' E線沿いの地区に、構造計算結果では磁気基盤深度が海面から突出している。この原因は仮定した磁化強度が大きいためと推定される。ただし、3° 20' S・146° 40' E付近に認められる2,400m以深の箇所には年代の新しい岩石が存在すると推定される。

*1 以下、磁性体の深度を磁気基盤深度と表現する。

3-3 地質構造

<海底拡大系について>

海底地形・磁気調査結果に基づいて、当調査海域の海底拡大系は2本の海底拡大軸と3本のトランスフォーム断層帯からなると推定した。この他、伝播性拡大軸 (Propagating spreading center) 及び退行性拡大軸 (Dying spreading center) とみなされる拡大系も提示した。これらの分布推定位置を図3-3-1に示した。

- ① Willaumez riseの南東隅に推定した海底拡大軸は方向が約S45°W、長さ約19km、幅約5km、水深約500~1,000mである。地形的には山頂部-谷部-山頂部からなる。
- ② Willaumez riseからニューギニア海盆の東部にかけて分布する海底拡大軸は、方向S35°W、長さ約76km、幅約5~15km、水深約750~1,750mの海嶺である。その中軸谷は断続しており、雁行状・並列状に分布している可能性もある(図5-2-3参照)。
- ③ 図3-3-1に示すように①の拡大軸に連続して西側の海嶺を退行性拡大軸、同じく②の東側の海嶺を伝播性拡大軸と解釈する事もできるが、次の理由により採用しない。

すなわち、③を導入するとほぼ平行な2系列の拡大軸が存在することになり、いわゆる重複拡大軸*1とみなせる。したがって、この2系列の中間にN80°W方向のトランスフォーム断層帯を配置することは、プレートテクトニクス理論からみると矛盾する。この点については今後の検討課題である。

- ④ Willaumez rise内に、2本のトランスフォーム断層帯を推定した。その方向はRise crestと同じ北西方向で、それぞれN72°W及びN80°Wである。
- ⑤ ニューギニア海盆では、トランスフォーム断層帯はN60°W方向から3°20' S・146°30' E付近で東西方向に変わる。この海域には浅発地震帯が東西方向に帯状分布する。

N60°W方向のトランスフォーム断層帯の地形は、主に断崖型・凹地を呈するものが見られ、東西方向のトランスフォーム断層帯の地形は、小海山・海山列が見られる。

Eguchi (1989), Taylorなど(1991)によると、ビスマルク海の浅発地震の発震機構解は横ずれ型で、トランスフォーム断層帯には小規模な海底拡大軸を伴うとされる。したがって、③と④のトランスフォーム断層帯にも拡大軸を伴うかは今後の検討課題である。

なお、磁気縞模様を同定できないので、当調査海域の拡大開始年代、拡大速度などは特定できない。

*1 これまで東太平洋海嶺で発見された重複拡大軸 (Overlapping spreading center) と比較すると、両拡大軸間にある二つの円形の凹地をOverlapping basin (Deep hole) とみなすには規模が大きい。なお、トランスフォーム断層帯とした理由は線状の顕著な磁気異常に対応するからである。

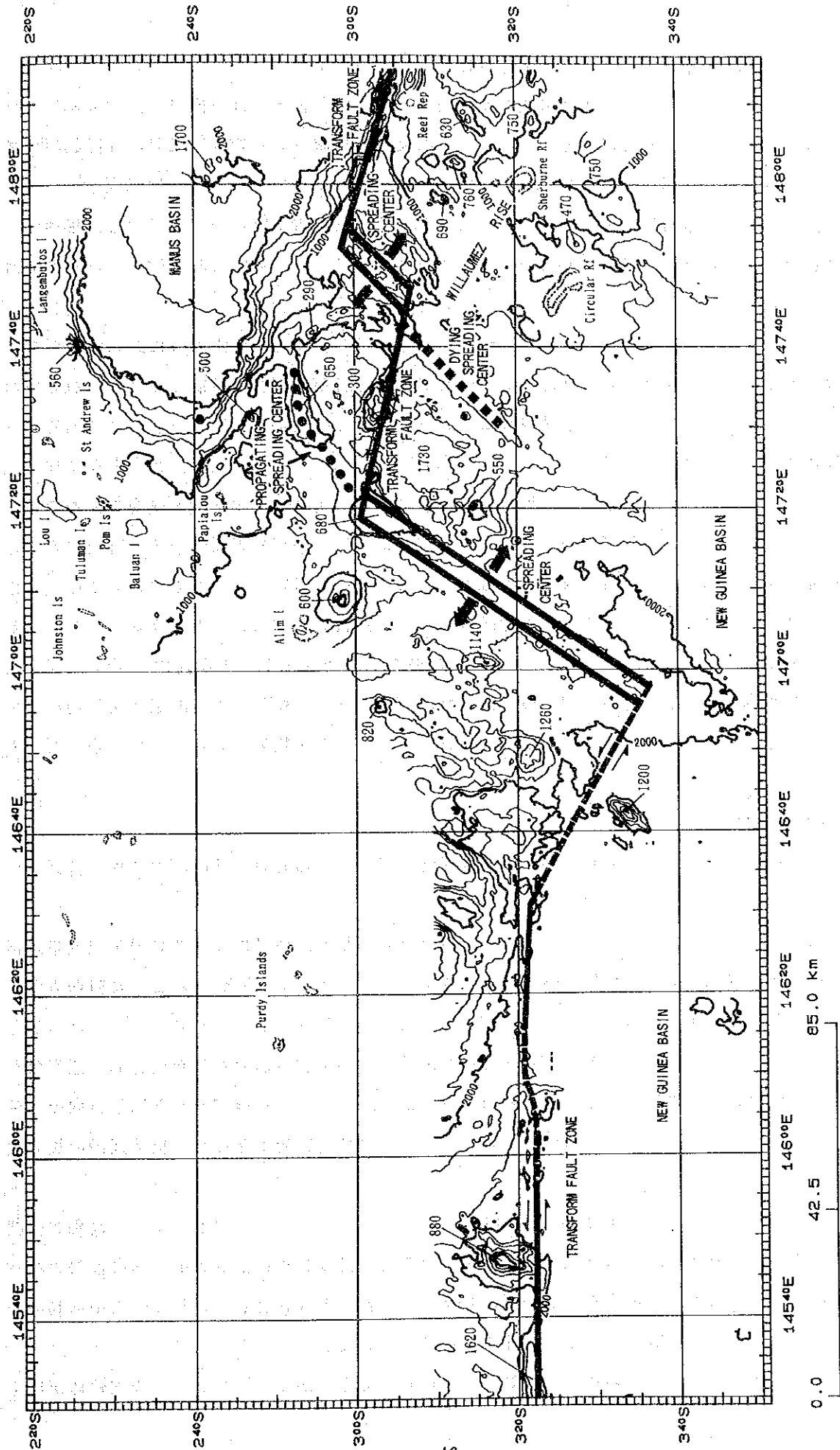


图 3-3-1 地質構造图

つぎに海底拡大系の磁気異常との関係は以下のとおりである。

①の拡大軸は、南北に延びる低磁化強度帯に属する。②の拡大軸は全体的に南北性の低磁化強度帯（ 5 A/m 以下）に属する。しかし、両拡大軸を反映する顕著な磁気異常（磁気縞模様など）は認められない。

伝播性拡大軸と退行性拡大軸とは、ほぼ同じ $5 \sim 10 \text{ A/m}$ の中磁化強度帯に属し、伝播性拡大軸と退行性拡大軸とで磁気異常の差異は認められない。さらに両拡大軸を反映する磁気構造は認められない。

東太平洋海嶺の山頂部に見られる新火山ゾーンは高磁化強度帯に属するのに、当海域の海底拡大軸が低磁化強度帯に属する理由として、海底拡大と火山活動とが長期間停止し、新しい溶岩等が供給されないことなどが挙げられる。ただし、①の拡大軸は、熱水変質による消磁も考えられる。

Willaumez rise内の2本のトランスフォーム断層帯は線状の顕著な低磁化強度帯に対応する。ニューギニア海盆を走る北西方向のトランスフォーム断層帯はその北側の一部に帯状の高磁化強度帯を伴う傾向がある。東西方向に走るトランスフォーム断層帯は、磁気異常図では正と負磁気異常（その振幅は小さい）の境界付近に位置し、Willaumez rise内のトランスフォーム断層帯と異なり、顕著な磁気異常を示さない。このことはニューギニア海盆内にあるトランスフォーム断層帯は火山活動の時期が短かいためと推定される。なお、この海域は浅発地震が東西方向に帯状に観測されている地区にほぼ合致し、プレートが剛体であることを示唆している。

<Willaumez rise>

3-1に記述したようにWillaumez riseは幅 $60 \sim 70 \text{ km}$ 、北西方向に延び、水深約 $1,500 \text{ m}$ 以浅である。

Willaumez riseの東境界では落差約 $1,000 \text{ m}$ の急崖をなし、境界に沿って高磁化強度帯が存在する。西境界は、前述した拡大軸（海嶺）や退行性拡大軸（海嶺）が、おおむね南西方向に存在し、明瞭な急崖が認められない。しかし、磁気構造（図3-2-7）では、磁性体の賦存深度がマヌス・ニューギニア海盆よりも著しく隆起し、西境界もおおむね南北方向に急崖状を呈し、当Riseは南西に延びる地塁状の隆起構造を示す。さらに、Rise Crestと同じ方向のトランスフォーム断層・Rise crestに直交する拡大軸・伝播性拡大軸が存在し、構造運動の複雑なRiseと考えられる。

Rise内には、Reefや山頂水深 600 m 内外の海山・海嶺が数多く存在する。また、高磁化強度の磁性体が広く分布し、潜頭岩脈の存在、かつ局所的に熱水作用による大小の非磁性帯の存在が推定される。このことから火山活動が激しかったRiseとみなされる。これらの火山活動の一部はトランスフォーム断層に密接に関連すると推定される。

磁気縞模様が同定できないため、海底の年齢は同定できなかった。しかし、強磁性体が広く

分布し、FDCによる観察によると堆積物が薄く、鉱徴が発見されたことから、比較的新し火山も多いと考えられる。

Johnson(1979)は、Willaumez riseの起源として

① Extinct spreading center, ② Remnant arc, ③ Hot spot trace

などをあげ、3.5Ma 前の Tectonic upliftによって始まった Diapirism (高温のマントル密度はクラスト密度よりも小さい)によって隆起したと考えている。

<ニューギニア海盆>

① 147° 00' E~147° 20' E間は南北方向性の低磁化強度の磁気構造の存在が推定される。

② トランスフォーム断層帯の南側は、海山の少ない非常に平坦な海底面である。ただし、南側に帯状・散点状に分布する10 A/m程度の磁化強度帯(図3-2-6)に対応する磁気構造は堆積物で埋没されていると推定される。また、3° 35' S・146° 43' E付近に位置する海山は正帯磁した磁気異常を示す。

③ 3° 20' S・146° 40' E付近に当調査海域最深所水深2,400mがある。最深所周辺は南北に延びる正帯磁した高磁化強度帯(図3-2-6)が認められ、新しい溶岩などが存在すると推定される。

④ トランスフォーム断層帯の北側3° 18' S・145° 48' E付近に位置する海山は負の磁気異常内にある。

4章 地球化学調査

4-1 概 要

今回の地球化学調査は、「広域地化探」と「ベースライン地化探」に分けられる。

広域地化探は、 $2^{\circ} 30' S$ 、 $4^{\circ} 00' S$ 、 $145^{\circ} 30' E$ 、 $148^{\circ} 00' E$ の各経緯線で囲まれる海域において $30'$ グリッドで試料採取点を配点する他、このグリッドのそれぞれの中心に試料採取点を設け、合計39ポイントで試料採取を計画したものである。

ベースライン地化探は、地形調査の結果予想された海嶺中軸部において実施されたFDC調査で発見された鉱徴のうち、特に92SFDC02測線の鉱徴($3^{\circ} 24.70' S$ ・ $147^{\circ} 03.81' E$)と92SFDC06測線の鉱徴($2^{\circ} 57.32' S$ ・ $147^{\circ} 26.55' E$)をそれぞれ中心として、FDC測線の方向(=海洋底拡大軸方向)に直交する方向に、試料採取点をライン状に配点したものである。前者を「ベースラインA」、後者を「ベースラインB」と呼称する。相対的位置関係は、前者が南西側、後者が北東側である。ベースラインBは、その南東部において、退行性拡大軸(dying spreading center)と $3^{\circ} 10.57' S$ 、 $147^{\circ} 37.63' E$ で交差するため、このポイントをライン上のもうひとつの中心(第二中心)とし、先の鉱徴を第一中心とする二重中心配点を行った。この結果、ベースラインAでは先の鉱徴を中心とし、 126° 方向と 306° 方向にそれぞれ中心から1.0マイル・2.5マイル・5.0マイル・7.5マイル・10.0マイル・15.0マイル・20.0マイル離れたポイントを試料採取点として計画した。ただし、中心の点は、鉱床調査のためのサンプリングで試料の採取がなされていたため計画点から除外した。また、ベースラインBは、ライン方向 141° (321°)で、第一中心及びその北西側1.0マイル・2.5マイル・5.0マイル・7.5マイル・10.0マイルと南東側1.0マイル・2.5マイル、第二中心及びその北西側1.0マイル・2.5マイル・5.0マイルと南東側1.0マイル・2.5マイル・5.0マイル・7.5マイル・10.0マイルそれぞれ離れたポイントを試料採取点として計画した。試料採取計画点数は、ベースラインAで14点、ベースラインBで16点の合計30点である。

試料採取に使用された機器は、グラビティコアラ(調査初期にはラージコアラ)を中心とし、グラビティコアラで採取できなかったポイントでは引き続きオケアングラブまたはパワーグラブを実施し、試料採取に努めた。この2度のトライでもなお採取できなかった場合は試料の採取を断念した。

この結果、広域地化探ではすべての計画点で採取が成功したが、ベースライン地化探では、ベースラインAにおいて1点(中心の北西側1.0マイル点)とベースラインBにおいて2点(第一中心点および第二中心の北西側2.5マイル点)の計3点で採取がなされなかった。

広域地化探の試料採取点は、西暦年下2桁(92)+R(広域の意)+使用機器(アルファベット2文字)+2桁の通し番号で表した。使用機器は、GCがグラビティコアラ、LCが大口径グラビティコアラ、OGがオケアングラブ、PGがパワーグラブを表す。したがって、

LCを使った1番目のサンプリングポイントは「92RLC01」となる。

ベースライン地化探の試料採取点は、西暦年下2桁(92)+B(ベースラインの意)+使用機器(アルファベット2文字)+2桁の通し番号で表した。使用機器は、広域地化探同様、GCがグラビティコアラ、OGがオケアングラブ、PGがパワーグラブを表す。実際の採取はベースラインBが先となったので、2桁の通し番号は、ベースラインBに01~16、ベースラインAに17~30が当てられた。したがって、グラビティコアラを使ったベースラインAの1番目のサンプリングポイントは「92BGC17」となる。なお、試料採取に失敗した3点については空番としたため、通し番号06・同10・同23は試料採取点としては存在しない。

以下、本章で試料採取位置を示す場合、広域地化探では「R+通し番号」、ベースライン地化探では「B+通し番号」を便宜的に使用する。

広域地化探のサンプリング位置を図4-1-1、ベースライン地化探のサンプリング位置を図4-1-2に示す。また、広域地化探のサンプリング結果一覧を付帯資料第1表に、ベースライン地化探のサンプリング結果一覧を付帯資料第2表に示す。

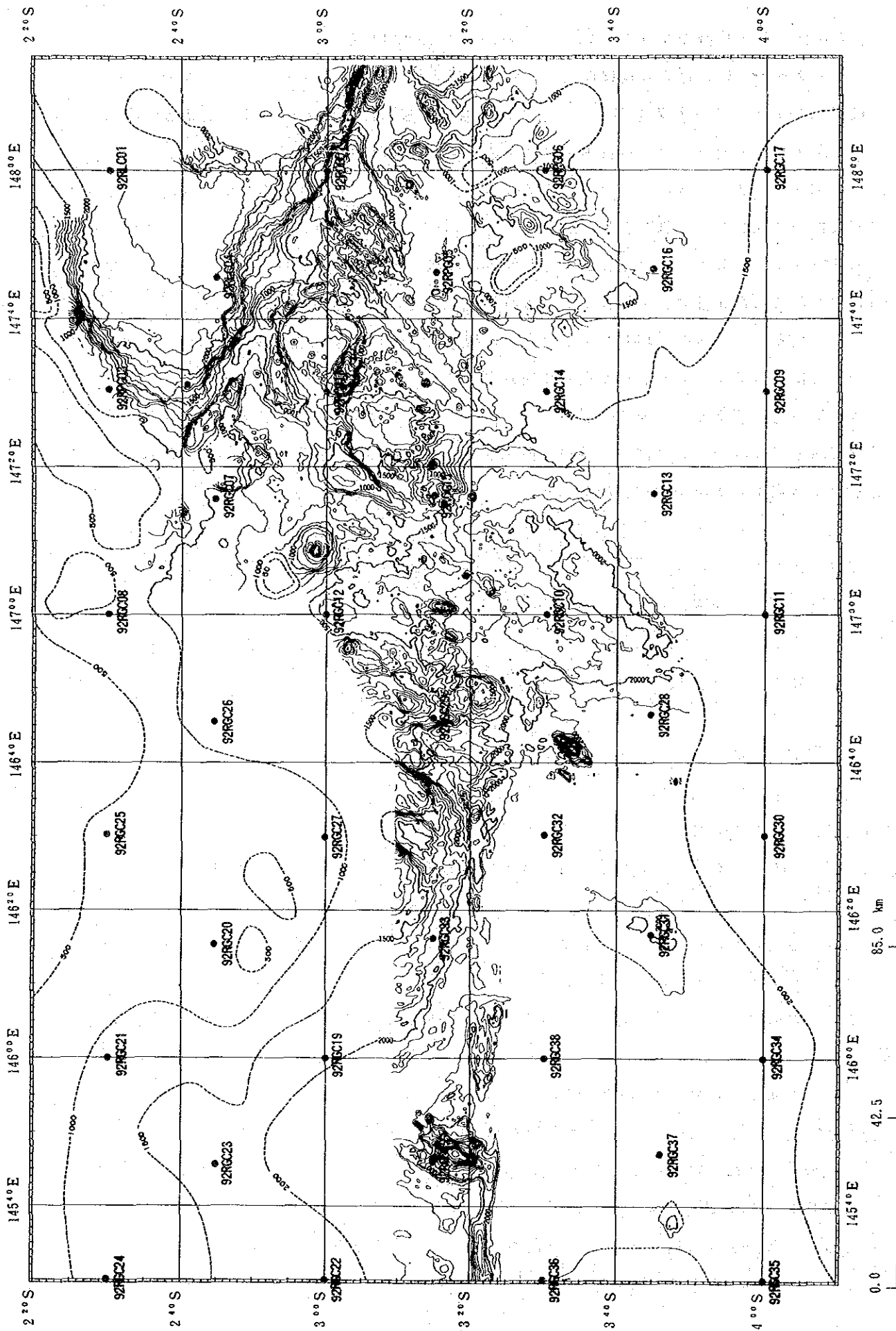


図 4-1-1 広域地化探サンプリング位置図