付　　録

付録1　調査時の主要出来事

ケーブルルート調査時の主な出来事は次の通りである。

1）実施計画書説明から調査船へ乗船まで

8月30日	11：15	東京発
	21：15	ジャカルタ着
		日本大使館　鈴木一等書記官に挨拶
31日	9：00	POSTEL（郵電総局）表敬訪問
		および実施計画書説明
	13：00	INDOSAT表敬訪問および実施計画書説明
9月　1日	9：00	INDOSAT社長　PARAPAK氏表敬訪問
	10：00	INDOSATにおいて実施計画書説明
2日		INDOSATにおいて実施計画書説明
		および協議手続き確認，議事録作成
3日		議事録署名および日本大使館，JICA事務所への報告
4日	16：00	ジャカルタ発
	22：00	コロンボ着
5日	9：00	JICAコロンボ事務所にて打ち合わせ
	10：00	スリランカ駐在日本大使館　伊月一等書記官と打ち合わせ
	16：00	援助局表敬訪問
6日	14：30	SLTD（スリランカ電気通信総局）表敬訪問
		および実施計画書説明
7日	9：00	SLTDにおいて議事録説明
	10：00	陸地測量部に調査依頼
		援助局表敬訪問
8日		コロンボ発　　シンガポール着
9日		JICAシンガポール事務所訪問

9月　9日～14日		乗船準備関係諸手続き
15日	18：00	ケーブルルート調査団員　シンガポール到着
16日		乗船準備
17日		調査船　若潮丸　シンガポール入港
18日	13：00	調査団員全員　若潮丸に乗船
19日	16：00	調査船　若潮丸　シンガポール発

ルート調査中の出来事については，付録2に記載する。

2）若潮丸下船より日本帰着まで

11月13日	13：00	調査団員全員　シンガポールにおいて若潮丸下船
14日～23日		調査結果の検討整理，中間報告書作成
24日	11：00	シンガポール発
	15：00	ジャカルタ着
		調査団長　内田氏（郵政省）と会合
		日本大使館　鈴木一等書記官と打ち合わせ
25日	9：00	POSTEL表敬訪問，中間報告書説明
	14：00	INDOSATにて中間報告書説明
26日		資料収集
27日		調査団内部　協議打ち合わせ（午前中）
28日		INDOSATにて中間報告書説明，議事録作成
29日	9：00	POSTELにおいて議事録に署名
	16：45	ジャカルタ発
	22：00	コロンボ着
30日	10：00	日本大使館　小林三等書記官と打ち合わせ
	14：00	援助局表敬訪問
	15：00	SLTD表敬訪問および中間報告書説明
12月　1日	9：00	SLTDにおいて中間報告書説明
	15：00	議事録作成および署名
2日	9：00	中間報告書中の検討事項について調査団内部での協議打ち合わせ

12月	3日	8：45	コロンボ発
		13：00	バンコク着　バンコク一泊
	4日	8：00	バンコク発
		21：15	東京着

付録2　航海日誌要約

この調査船日誌は，１９８３年9月２１日のベラワン入港から調査の終了した１９８３年１１月９日までの，調査航海についてのものである。

調査は，メダン（パンタイチェルミン）からインドネシア浅海部，グレートパッセージ，ベンガル海底扇状地を通ってコロンボに至る海域にわたっている。

調査にあたっては，乗船立合者と十分な調査内容の検討を行い，且つ調査船　若潮丸に搭載した調査機器も厳密な点検・整備を行い，調査の円滑をはかった。以下に記載した調査日ごとの作業内容は，調査船の航海日誌から抜粋したものである。

１９８３年

9月２１日　水曜日

０９：４０　ベラワン着，入国手続き

１１：００　パイプロコアラーの組立て作業

１８：００　ベラワン出港，乗船立合者１名（インドネシア），
オブザーバー１名（フランス），海軍士官２名（インドネシア）乗船

２０：００　ベラワン沖合の錨泊地に到着

9月２２日　木曜日

０８：００　天候　風向　西，風力　２
Ａ／Ｃ４地点に波速計設置（現地の小型船使用）

１１：２５　Ａ／Ｃ４からパンタイチェルミン沖までの測深および音波探査実施

１５：５０　パンタイチェルミン沖に停船

１６：３０　基準点確認のため，小型船でパンタイチェルミンに上陸

9月２３日　金曜日

０８：００　天候　風向　西，風力　２，波浪　１
パンタイチェルミンの基準点測量および小型船により海浜部の測深，
音波探査，採泥，測温調査実施

１７：３０　パンタイチェルミン海浜部の作業終了，若潮丸に帰船

9月24日　土曜日

08：00　天候　風向　南，風力　2，波浪　0

09：00　パンタイチェルミンに上陸

10：00　小型船により測深，音波探査，採泥実施

17：30　作業終了し若潮丸に帰船

9月25日　日曜日

08：00　天候　風向　西，風力　1，波浪　0

13：30　船位　パンタイチェルミン沖合

18：00　A／C3地点の流向・流速計揚収

19：55　A／C4地点付近に投錨

9月26日　月曜日

08：00　天候　風向　南西，風力　3，波浪　0

船位　A／C4付近

10：35　インドネシア浅海部の調査続行

A／C4からA／C2までの測深，音波探査

9月27日　火曜日

08：00　天候　風向　南南西，風力　2，波浪　0

船位　04°04′N，98°53′E

インドネシア浅海部の測深続行

09：40　V1地点の採泥，測温

12：08　インドネシア浅海部の測深続行

14：00　P1地点の採泥，測温

14：50　インドネシア浅海部の測深続行

17：35　V2地点の採泥，測温

19：20　インドネシア浅海部の測深を続行

22：34　V3地点の採泥，測温

9月28日　水曜日

00：50　インドネシア浅海部の測深続行

03：37　P2地点の採泥，測温

05：00　インドネシア浅海部の測深続行

07：15　P3地点の採泥，測温

08：00　天候　風向　南西，風力　2，波浪　2

船位　4°49′N，98°44′E

インドネシア浅海部の測深を続行

09：50　P4地点の採泥，測温

11：10　インドネシア海部の測深を続行

13：25　P5地点の採泥，測温

14：30　インドネシア浅海部の測深を続行

16：45　P6地点の採泥，測温

17：20　インドネシア浅海部の測深を続行

19：10　P7地点の採泥，測温

20：20　インドネシア浅海部の測深を続行

天候　風向　南西，風力　3，波浪　2

船位　5°20′N，98°20′E

21：54　P8地点の採泥，測温

22：30　インドネシア浅海部の測深を続行

9月29日　木曜日

00：00　P9地点の採泥，測温

01：30　インドネシア浅海部の測深を続行

02：52　P10地点の採泥，測温

04：00　インドネシア浅海部の測深を続行

05：40　P11地点の採泥，測温

06：15　インドネシア浅海部の測深を続行

07：25　P12地点の採泥，測温

08：00　天候　風向　南西，風力　2，波浪　1

船位　5°48′N，97°38′E

インドネシア浅海部の測深を続行

10：10　P13地点の採泥，測温

11：50　インドネシア浅海部の測深を続行

14：02　P14地点の採泥，測温

15：02　インドネシア浅海部の測深を続行

16：15　P15地点の採泥，測温

18：00　インドネシア浅海部の測深を続行

9月30日　金曜日

08：00　天候　風向　南東，風力　3，波浪　1

船位　4°52′N，98°37′E

インドネシア浅海部の測深を続行

11：28　P16地点の採泥，測温

14：10　インドネシア浅海部の測深，音波探査および海底面調査

10月　1日　土曜日

03：50　インドネシア浅海部の測深，音波探査および海底面調査

08：00　天候　風向　南，風力　2，波浪　0

船位　5°45′N，97°41′E

スンダ大陸棚からスマトラ陸棚海盆に入る

測深，音波探査および海底面調査を続行

10月　2日　日曜日

08：00　天候　風向　西，風力　5，波浪　3

船位　6°06′N，95°52′E

スマトラ陸棚海盆からグレートパッセージまでの間の測深実施

A／C9～A／C12の北側ルートの一部は偏位大のため不採用

10月　3日　月曜日

08：00　天候　風向　南西，風力　4，波浪　3

船位　6°00′N，93°24′E

グレートパッセージの測深，音波探査実施

10月　4日　火曜日

08：00　天候　風向　南南西，風力　4，波浪　2

船位　5°58′N，93°20′E

グレートパッセージの測深，音波探査実施

12：15　St.1地点に流向流速計設置（A／C12付近）

14：20　グレートパッセージの測深，音波探査続行

10月　5日　水曜日

08：00　天候　風向　南南西，風力　3，波浪　2

船位　6°19′N，94°28′E

09：40　St.3地点に流向流速計設置（A／C10付近）

13：00　グレートパッセージの測深を続行

18：49　St.2地点に流向流速計設置（A／C12～A／C11）

19：00　インドネシア海軍士官2名下船のためKrueng　Raya へ向かう

10月　6日　木曜日

10：40　Krueng　Raya 入港

インドネシア海軍士官2名下船

飲料水70トン積み込み

10月　7日　金曜日

08：00　天候　風向　南，風力　1，波浪　1

船位　Krueng　Raya 桟橋

13：15　Krueng　Raya 出港，グレートパッセージに向かう

（これよりコロンボ標準時）

19：00　グレートパッセージ到着（A／C9付近）

測深，音波探査開始

10月　8日　土曜日

08：00　天候　風向　西，風力　2，波浪　1

船位　6°24′N，94°52′E

グレートパッセージの測深，音波探査実施

その他に同海域の再測深実施

11：20　St.3の流向流速計の揚収および測温実施

グレートパッセージの地形が甚だしく複雑なため，計画線の南側に補測線を設けて調査実施

10月 9日 日曜日

05：10　St.2の流向流速計の揚収

08：00　天候　風向 南，風力 2，波浪 3

船位　5° 59′N，93° 49′E

11：16　St.1の流向流速計の揚収および測温

グレートパッセージの測深続行

10月10日 月曜日

08：00　天候　風向 南西，風力 4，波浪 3

船位　5° 31′N，92° 27′E

ニコバル海底扇状地の測深実施

10月11日 火曜日

08：00　天候　風向 南，風力 2，波浪 1

船位　5° 18′N，90° 40′E

90° E海嶺の測深および音波探査

複雑な地形のため，測深のみ精測実施

15：00　90° E海嶺からベンガル扇状地に向けて測深開始

10月12日 水曜日

08：00　天候　風向 西，風力 4，波浪 3

船位　5° 10′N，87° 39′E

ベンガル海底扇状地の測深を続行

10月13日 木曜日

08：00　天候　風向 西南西，風力 5，波浪 3

船位　5° 13′N，84° 33′E

ベンガル海底扇状地の測深を続行

10月14日 金曜日

08：00　天候　風向 西南西，風力 4，波浪 3

船位　5° 08′N，81° 17′E

ベンガル海底扇状地の測深を続行

10月15日　土曜日

08：00　天候　風向　西南西，風力　3，波浪　1

船位　6°49′N，79°42′E

衛星の上空飛来まで待機中

12：40　コロンボ大陸棚の測深，音波探査，海底面調査を実施（A／C21まで）

21：00　コロンボ港外錨地着

10月16日　日曜日

08：00　天候　風向　南南東，風力　2

船位　コロンボ港外錨地

港内へ向け錨地発

09：08　コロンボ入港（クィーンエリザベス埠頭）

10月17日　月曜日

OTS，港務局，測量部を訪問し作業打ち合わせ

陸揚げ地点の実地検討

08：00　天候　風向　南西，風力　2，波浪　1

船位　コロンボ港内

10：00　St.Aに流向流速計設置（Galle　Face 沖合）

10月18日　火曜日

コロンボ陸上部のルート調査および陸揚地点（L．P）の測量実施

10月19日　水曜日

コロンボ陸上部のルート調査（陸揚地点よりOTS局舎まで）

08：00　天候　風向　南南西，風力　2，波浪　0

船位　Galle　Face 沖合

コロンボ沿岸部調査のうち測深，音波探査を実施

10月20日　木曜日

08：00　天候　風向　南南西，風力　2，波浪　0

船位　Galle　Face 沖合

コロンボ沿岸部調査のうち，海浜部の水準測量，

海底写真撮影および大地比抵抗測定実施

10月21日　金曜日

コロンボ沿岸部調査で取得した資料の整理

10月22日　土曜日

資料整理および調査用機器の整備

飲料水65トンを積み込み

関係者を招待して船内公開

10月23日　日曜日

12：00　天候　風向　北西，風力　3，波浪　1

船位　コロンボ港内

12：30　SLTDより調査立合者1名乗船

コロンボ出港，コロンボ浅海部より復路調査を開始

13：54　V5およびV4地点（LP～A／C20）にて採泥測温

引き続き測深実施

10月24日　月曜日

06：35　P17地点にて採泥測温

08：00　天候　風向　北西，風力　2，波浪　1

船位　6°49′N，79°37′E

コロンボ大陸棚の測深実施

23：37　P18地点にて採泥測温

10月25日　火曜日

07：36　P19地点にて採泥測温

08：00　天候　風向　北西，風力　3，波浪　2

船位　5°24′N，80°02′E

ベンガル海底扇状地の測深実施（主測線より2海里南側の平行ルート）

19：01　P20地点にて採泥測温

引き続きA／C16まで測深実施

10月26日　水曜日

04：29　P21地点にて採泥測温

引き続きA／C16まで測深実施

08：00　天候　風向　西，風力　3，波浪　2

船位　5°07′N，82°11′E

ベンガル海底扇状地の測深を続行

17：13　P22地点にて採泥測温，海底写真撮影

ベンガル海底扇状地の測深を続行

10月27日　木曜日

08：00　天候　風向　南西，風力　2，波浪　0

船位　5°11′N，84°15′E

ベンガル海底扇状地の測深続行

12：50　P23地点の採泥測温

引き続き測深再開

10月28日　金曜日

07：03　P24地点にて採泥測温

引き続き測深再開

08：00　天候　風向　西，風力　2，波浪　2

船位　5°10′N，87°11′E

ベンガル海底扇状地の測深を続行

20：55　P25地点にて採泥測温

引き続き測深再開

10月29日　土曜日

08：00　天候　風向　西，風力　2，波浪　0

船位　4°51′N，90°12′E

10：00　A／C15A地点通過，90°E海嶺の測深開始

測線は計画ルートの南側線

10：58　P26地点にて採泥，測温，海底写真撮影

90°E海嶺の補測調査実施

10月30日　日曜日　（これよりインドネシア標準時）

03：35　P27地点にて採泥・測温実施

06：48　P28地点にて採泥・測温実施

90° E海嶺の補測調査実施

08：00　天候　風向　西，風力　2，波浪　0

船位　4° 58′N，90° 26′E

90° E海嶺の測深実施

14：16　P29地点にて測温・海底写真撮影

90° E海嶺の測深続行

18：44　P30地点にて採泥・測温実施

23：22　P31地点にて採泥・測温・海底写真撮影

10月31日　月曜日

06：45　P32地点にて採泥・測温実施

08：00　天候　風向　東南東，風力　3，波浪　2

船位　5° 26′N，90° 50′E

ニコバル海底扇状地の測深実施

10：10　P33地点の採泥・測温実施

ニコバル海底扇状地の測深続行

22：53　P34地点の採泥・測温実施

ニコバル海底扇状地の補測線調査

11月　1日　火曜日

08：00　天候　風向　南南東，風力　1，波浪　1

船位　5° 25′N，91° 16′E

19：15　P35地点にて測温・海底写真撮影

ニコバル海底扇状地の測深続行

11月　2日　水曜日

07：36　P36地点にて採泥・測温・海底写真撮影

08：00　天候　風向　南，風力　4，波浪　3

グレートパッセージの測深実施

21：00　P37地点にて採泥・測温・海底写真撮影

22：41　P38地点にて採泥・測温実施

11月　3日　木曜日

02：05　P39地点にて採泥・測温・海底写真撮影

グレートパッセージの補測線調査

06：35　P40地点にて採泥・測温実施

グレートパッセージの補測続行

08：00　天候　風向　南西，風力　3，波浪　3

船位　5°59′N，93°56′E

グレートパッセージの補測続行

18：40　P42地点にて採泥・測温実施

11月　4日　金曜日

00：27　P41地点にて測温・海底写真撮影

08：00　天候　風向　西南西，風力　5，波浪　4

船位　6°04′N，93°52′E

10：04　グレートパッセージのA／C12付近に測位用ブイを2基設置

～13：17　スコールのため測位用ブイのレーダー測位できず現場待機

11月　5日　土曜日

08：00　天候　風向　西南西，風力　5，波浪　4

船位　5°59′N，94°01′E

悪天候のためA／C10方面に避難

12：50　グレートパッセージ東側の補測線調査

21：35　測位用ブイ設置点（A／C12付近）に回航

11月　6日　日曜日

08：00　天候　風向　南南西，風力　5，波浪　4

船位　6°11′N，94°12′E

グレートパッセージ（A／C12付近）の補測調査

12：00　流失測位用ブイ（4日設置のもの）の捜索

～19：47　新しい測位用ブイを設置

20：00　新しい測位用ブイによる補測実施

11月　7日　月曜日

08：00　天候　風向　南南西，風力　3，波浪　1

船位　6°05′N，93°52′E

新しい測位用ブイによる補測実施

17：42　測位用ブイ（1基）の引揚回収

～24：00　流失ブイの捜索

11月　8日　火曜日

08：00　天候　風向　南，風力　3，波浪　2

船位　6°30′N，95°03′E

08：54　P43地点にて測温・海底写真撮影

スマトラ陸棚海盆の測深実施

15：12　P44地点にて測温実施

スマトラ陸棚海盆の測深続行

20：24　P45地点にて測温実施

スマトラ陸棚海盆の測深続行

11月　9日　水曜日

02：01　P46地点にて採泥・測温・海底写真撮影

08：00　天候　風向　南東，風力　2，波浪　2

船位　5°49′N，97°33′E

08：10　P12′地点にて採泥・写真撮影

09：40　全工程の調査終了。シンガポールに向かう

付 録 3　調 査 船

本調査では，沖合部で調査船若潮丸，沿岸部では現地で用船したGalden　Sea　Horse（バンクイチェルミン），Mahawell　Nadee（コロンボ）および若潮丸搭載の作業艇を使用した。

各調査船は，ケーブルルート調査船として十分にその機能を有する船舶が選定された。使用した調査船の要目を以下に示し，図3.2に調査船の外観を示す。

調査船　若潮丸（日本サルベージ株式会社）

総トン数	493.16総トン
主要寸法	49×8.8×4.05メートル
満載喫水	3.823メートル
主機関	1,000馬力　2基
推進器	可変ピッチプロペラ
航海速力	12.5ノット
航海計器	レーダー，NNSS，オメガ，その他

調査船　Galden　Sea　Horse（インドネシア）

船種	漁船
総トン数	約20総トン

調査船　Mahawell　Nadee（スリランカ）

船種	通船
総トン数	約20総トン

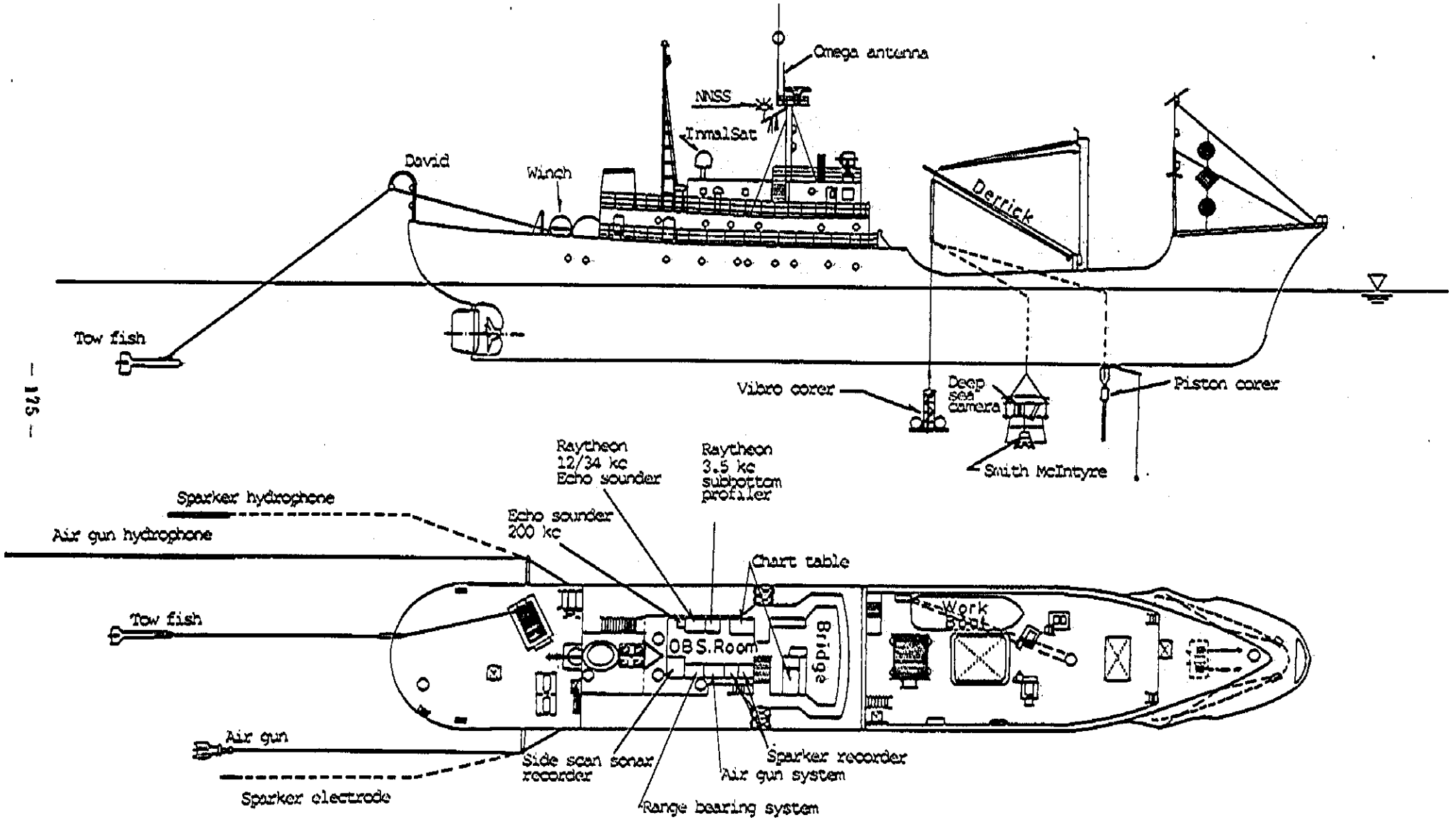
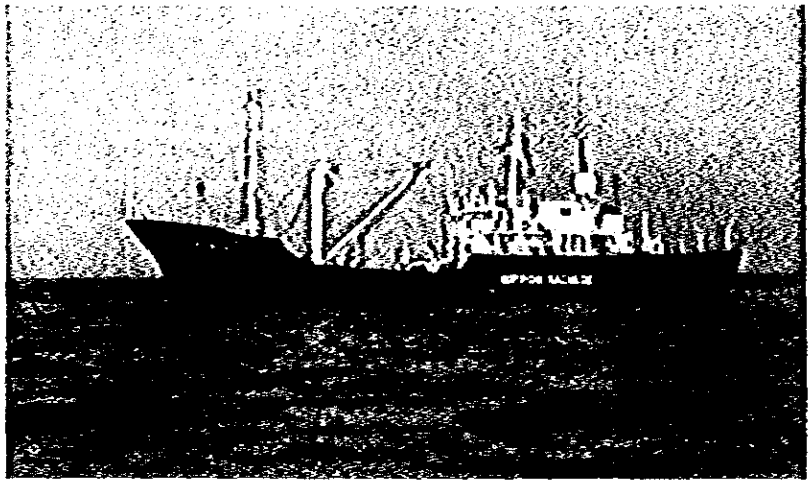
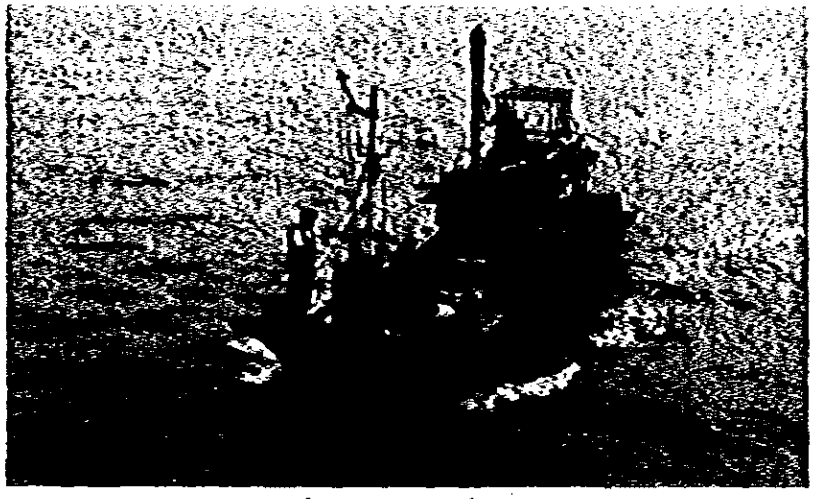


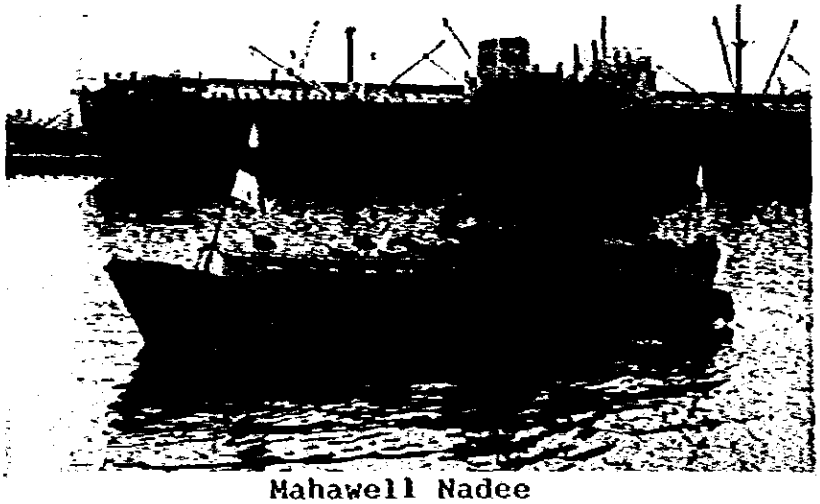
図 3.1　　調査船"若潮丸"及び調査機器の艤装概略図



Wakashio-maru



Golden Seahors



Mahawell Nadee

図 3. 2　　調 査 船

付 録 4　調査使用機器と調査方法

本調査で使用した主な使用機器は次に示すとおりである。

調査項目	機器名	数量	製造元	形式
測位	N N S S	1	古野電気㈱	FSN-70
	オメガ	1	〃	FORM-100
	レーダー	1	日本無線	RAS4NM3-25KPO-3
	ポジショニングブイ	4		
	電波測位機	1	島田理化工業㈱	8D030
測深	深海用測深機	1	レイセオン社	12 KHz／34 KHz
	浅海用測深機	1	千本電気㈱	P.D.R 101
	可搬型測深機	2	ラサ電子㈱	RS-61
音波探査	スパーカー	2	日本電気㈱	NE19C
	エア・ガン	1	ボルツ社	600B
	レイセオン (3.5 KHz)	1	レイセオン社	
海底面探査	サイドスキャン・ソナー	1	E G & G 社	SMS960 (深海用)
	サイドスキャン・ソナー	2	E G & G 社	Mark 1B
採泥	パイプロ・コアラー	1	日油技研工業㈱	海底着座式
	ピストン式柱状採泥器	3	離合社	ピストンコアラー 2 重力式コアラー 1
	スミス・マッキンタイヤー型採泥器	2		
測温	転倒式水温計		吉野計器㈱	
	X・B・T	1	鶴見精機㈱	1825mプローブ
	電気水温計	1	東邦電探㈱	ET-5型
測流	アンデラー流速計		アンデラー社	RCM-4.-5
	切離装置	4	E G & G 社	Model 723A

調査項目	機器名	数量	製造元	形式
海底写真	深海カメラ	1	ベントス社	
	水中カメラ	1	日本光学	
大地比抵抗測定	比抵抗測定器	1	横河電機㈱	L-10型

以上に示した主要機器の使用方法と仕様規格を以下に説明する。

(1) 測位

1) 衛星航法システム（NNSS）

衛星航法システムは，現在運用されている5個の航法衛星と衛星の軌道を測定し，その軌道データを各衛星に送信する指令地上局から構成されている。この衛星はすべて地軸である北極と南極の真上を通過する円形極軌道がとられている。衛星は，高度約1,100km，周期約108分で地球を回っていて，この間に地球は約26.5°東方へ時点することになる。したがって5個の衛星は地球の時点に伴い次々に別の衛星が利用できるようになっている（図4.1）。

本調査海域は北緯3°～7°の範囲に位置しており，1日に飛来する衛星は約20個前後である。

NNSSシステムの測位原理は以下のとおりである。

NNSSシステムの衛星はf_1＝399.968MHzおよびf_2＝3／8f_1＝149.988MHzの2周波を送信し，さらに2分毎の時間信号および衛星の位置計算に必要なデータも送信している。その様子はFig4.1に示すとおりで，衛星は円形軌道を回りながらt_0，t_1，t_2，……の位置（時間）で時間信号を送信している。よってt_1-t_0，t_2-t_1，……t_i-t_{i-1}……はすべて2分となり，このとき衛星と地球との距離は$D(t_0)$，$D(t_1)$，……$D(t_i)$という順序で次第に近づきその後これと逆の順序で離れてゆき水平線に没する。このとき受信周波数を計数する。

ドプラー効果を上記にあてはめると衛星と地球間の距離が最小となったときドプラーシフトは0となり衛星の送信周波数が399.968MHz×2分間として1周期の累積がカウントされるが一方，実際には常に移動しているため同じ累積数は上記と差を

生ずる。即ち衛星と受信点間の距離の変化は電波の波長がわかれば求められることになる。

こうして求められた距離差D（t_1）－D（t_{i-1}）が一定となる点はt_1とt_{i-1}を焦点とする回転双曲線となり，船が地球表面にいる条件を加えるとこの双曲線と地球面が交わった線が位置の線になる。

NNSSの測位原理はロランまたはオメガシステムと同じ一種の双曲線航法である。

衛星航法装置FSN－70仕様規格

測位精度	0.1 海里（停船時）
	0.2～0.5海里（航行時）
電源	DC10V～42V，40W
	AC100／110／220V，50～60Hz
動作温度	－30℃～＋70℃（空中線部）
	0℃～＋50℃（その他）

受信装置

受信周波数	399.968MHz±10kHz
同調	自動同調
感度	－140dB
ダイナミックレンジ	－140dB～－80dB

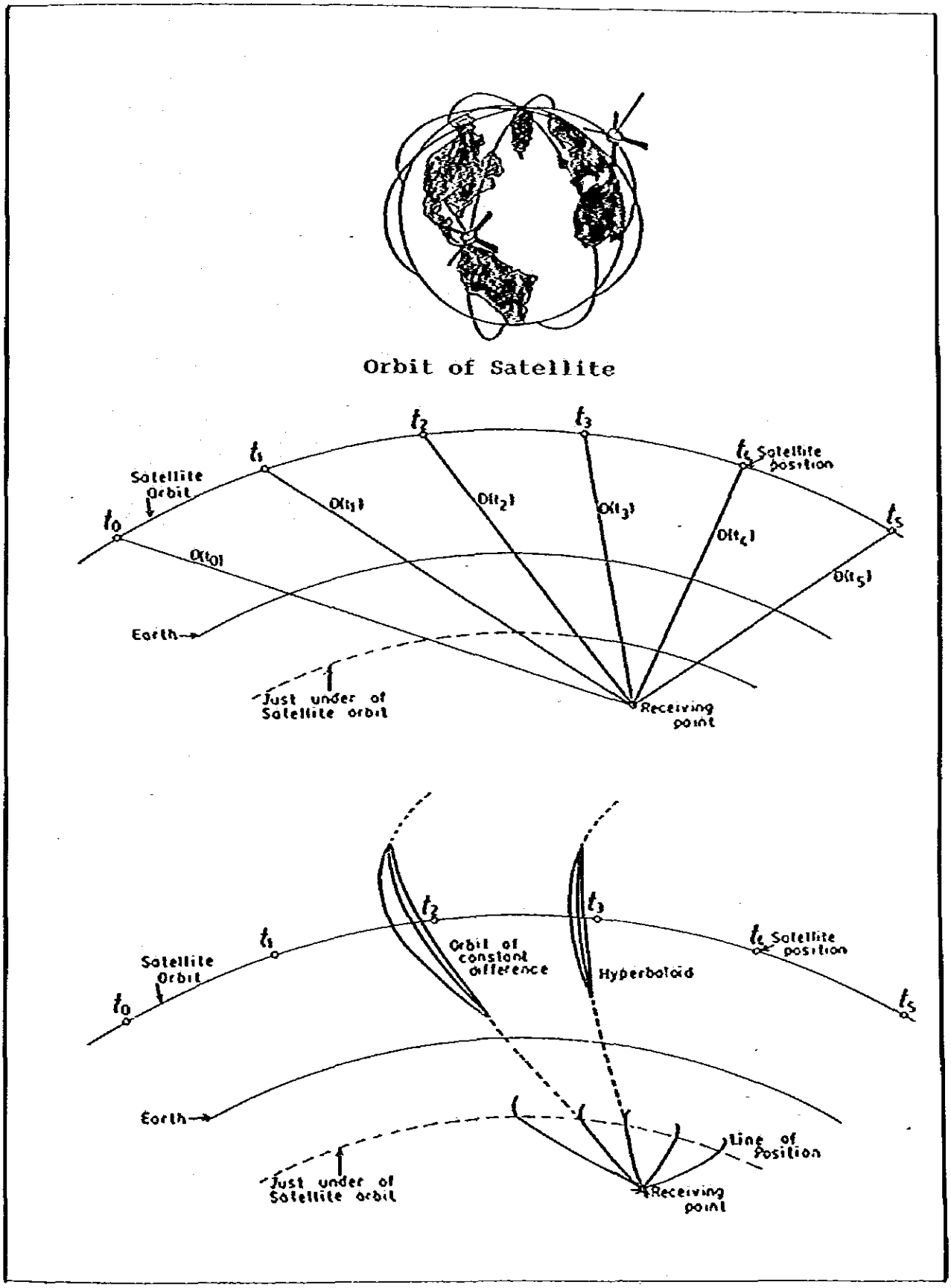
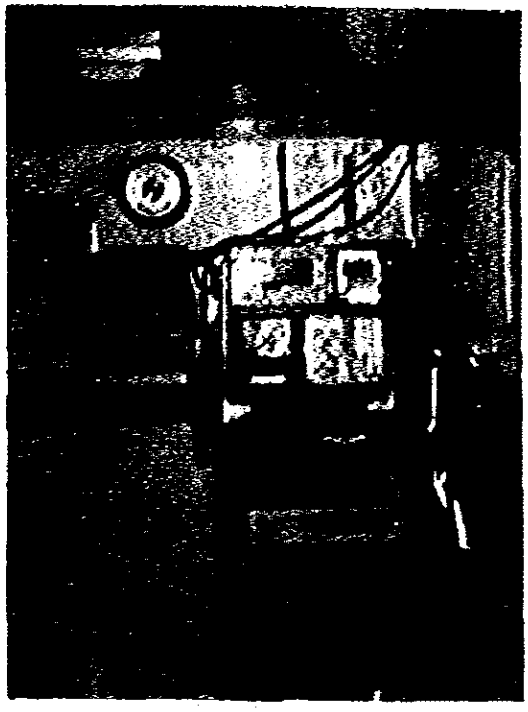
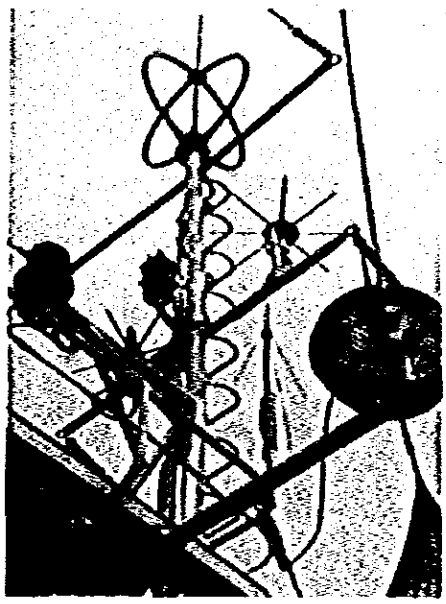


図 4.1　NNSSによる測位原理



Receiver (NNSS and OMEGA)



Antenna

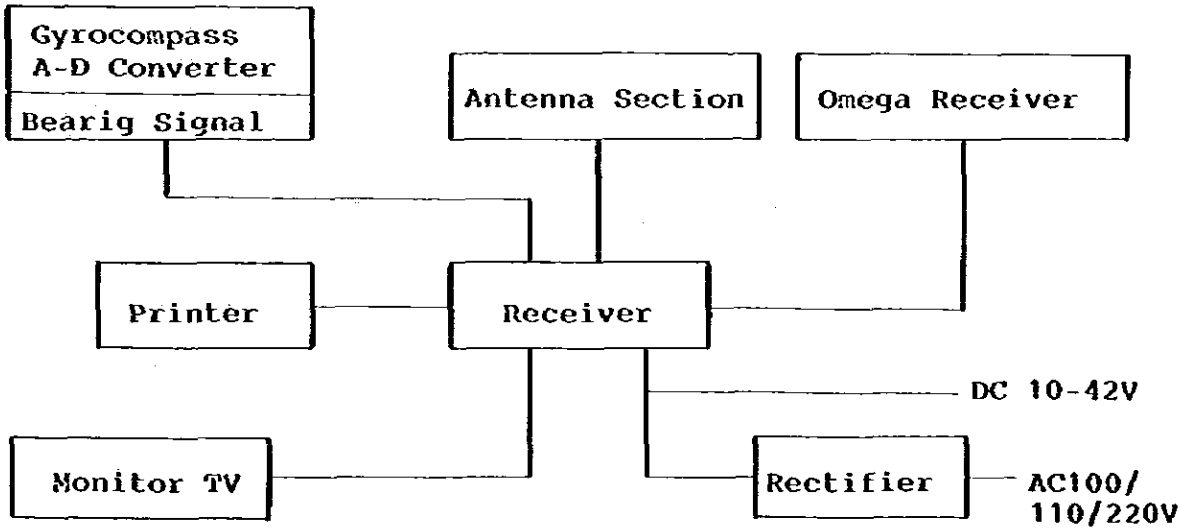


図 4.2　　NNSSとオメガのハイブリッド航法装置の構成

2) オメガシステム

今回の調査におけるオメガシステムによる測位方法は衛星による測位時以外の調査船の位置を連続して決定するため，補助装置としてNNSSシステムに組み合わせたハイブリットとして利用したものである。オメガ局は地球上に8局設置されており，常時位置を知ることができ，NNSSと組み合わせることにより，オメガ電波の伝播特性（電離層の状態による変動を常に受けている）上の偏移を補正し測位が行われる。

図4.2にNNSSとオメガのハイブリット航法装置の構成を示す。

オメガ受信機ORM－100仕様規格

受信周波数	10.2kHz
感度	－40dB（0.01μV）
ダイナミックレンジ	100dB
位相追尾	10.2kHz，8局自動位相追尾
セグメント同期	自動
電源	DC24～32V
	AC100／110／115／220V，1φ，50～60Hz

3）レーダー

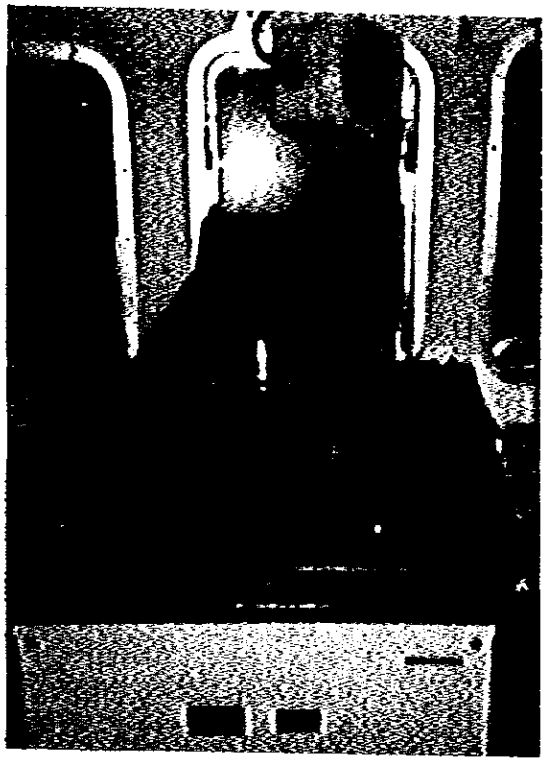
レーダーは，空中線から発射された電波を利用し，物標の距離と方位を読みとることによって船位を決定する装置である。

本調査においては，浅海部で衛星測位の間の位置を決定するために使用した。この装置は，図4.3に示す送信機，受信機，空中線から構成されている。

レーダーは電波の反射および受信を同一の場所で行い，電波の直進性，定速度性および反射性を利用するものである。空中線から指向性のある電波を発射し，海岸線等の物標から反射されて戻ってくる電波を受けてブラウン管上に像として描かせ，距離と方位をよみとり測定する。

レーダーＪＭＡ２５９の仕様規格を次に示す。

尖頭送信出力	５０ｋＷ
ブラウン管径	４０３mm（１６インチ）
距離範囲	0.７５，1.5，３，６，１２，２４，４８，９６マイル
周波数帯	9.３３０～9.４２０MHz
中心周波数	9.３７５MHz（3.2cm）
水平ビーム幅	1°
垂直ビーム幅	２０°
回転数	２２回転／毎分（６０Hz）
	１８回転／毎分（５０Hz）
パルス幅	0.０８μs（0.７５，1.5，３マイル）
	0.8μs（６，１２，２４，４８，９６マイル）
変調方式	サイラトロン変調
最小探知距離	２５m
距離分解能	２０m
方位分解能	1°



JNA 259 Radar

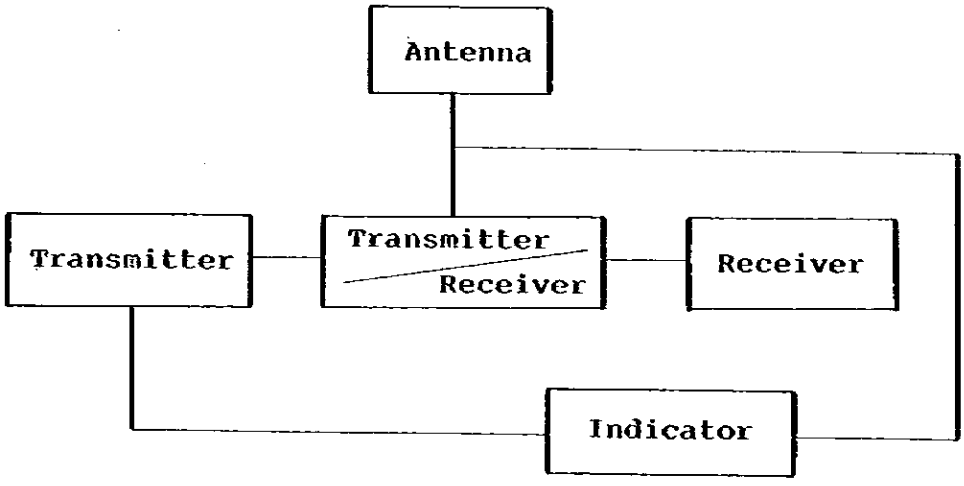


図 4. 3　　レーダ装置の構成

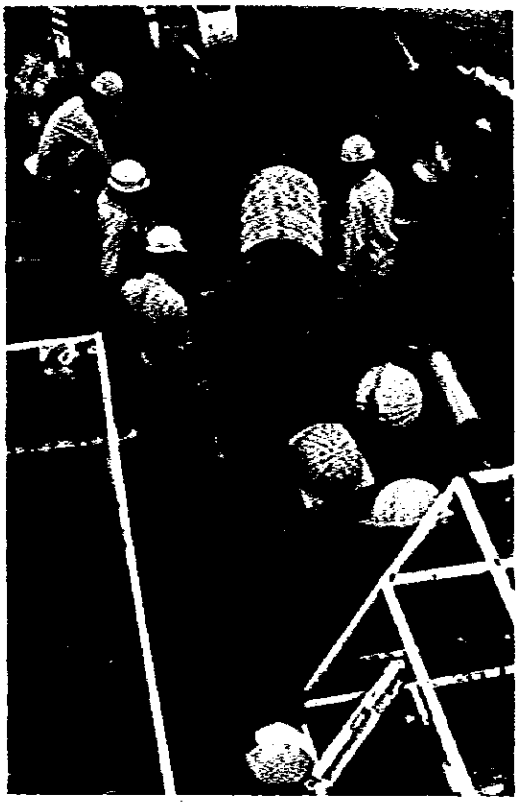
4) ポジションブイ

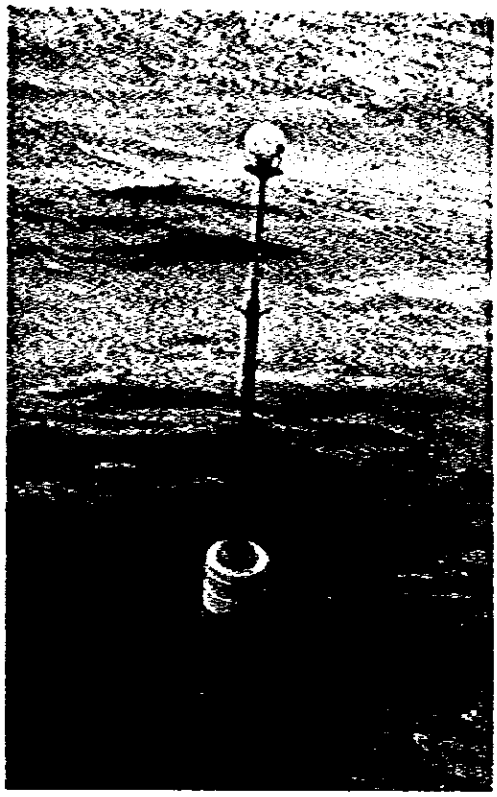
本システムは，図4.4に示すブイおよびその係留系とレーダーシステムから構成され，他の測位方法が利用できない海域において，衛星航法（NNSS）による位置を基に，複数個のブイの位置から，レーダーを用いて，連続した位置を求めるためのものである。

本システムは，設置予定海域の水深，表面流速および波浪より数値計算で最適な浮力体数，重錘および索長を決定し，設置する。その後衛星航法（NNSS）で調査船の位置を決定し，同時にブイの位置をレーダーにより求める。そして，それらのブイと調査船との距離によって，調査船の位置を決定する。

本調査では，グレートパッセージ海域の比較的地形の複雑な場所に2個のブイを設置することによって行った。図4.4にポジションブイの外観を示し，以下にその主な仕様を示した。

水面上の高さ	5m		
重量	基本体	59.0kg	
	内部重錘	4.5kg×10（最大）	
	外部重錘	5.0kg×10（最大）	
浮力	基本体	67.2kg	
	浮力体	50.0kg×12（最大）	純浮力
材質	基本体	耐食アルミ合金	
	浮力体	ポリエチレンフォーム	
探知能力	7～8マイル（静穏時）		
	5～5.5マイル（波浪中）		





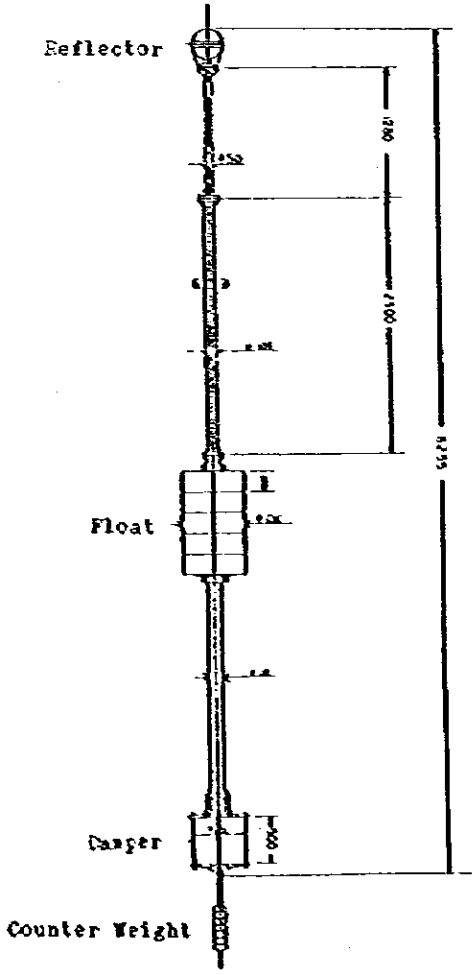


図4.4　　測位用ブイ

5）電波測位機

電波測位機（オーディスター）は，マイクロ波を利用したきわめて精度の高い距離測定装置である。

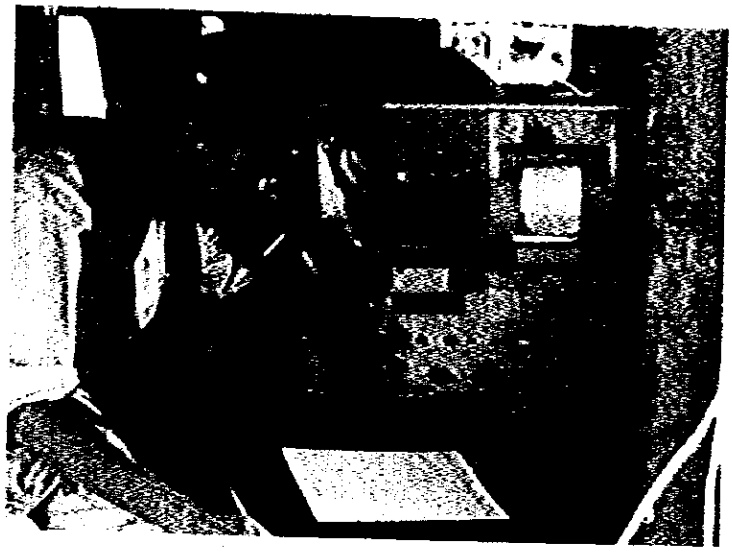
この装置は，パンタイチェルミンおよびコロンボの沿岸部調査で使用した。位置の決定はオーディスターによる距離測定とセオドライトによる方位角とを組み合わせた一距離一角法によって行われた。オーディスター装置は調査船上の主局と陸上の従局から構成される（図4.5）。

次にオーディスターの原理を述べる。

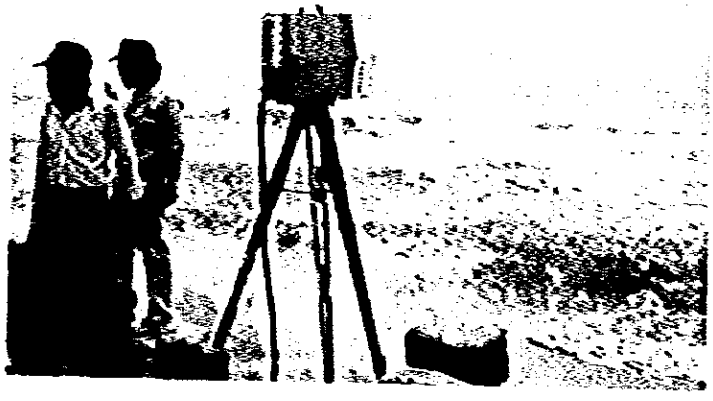
主局からは電波（f_1）信号を発射し，従局からは（f_2）信号および主局から受信した（f_1）信号を混合した（f_1-f_2）信号の2周波を送信する。主局は従局から送信される（f_2）信号を自局の（f_1）信号と混合し（f_1-f_2）信号を得て，従局から送信される（f_1-f_2）信号との位相比較を行う。したがって主局のf_1信号が従局から戻ってくる伝播時間が測定され，2局間の距離が決定される。

オーディスターの仕様規格は以下のとおりである。

最大測定距離	100km	
最大表示値	9999.9m	
測定精度	0.1m	
周波数	主局	2985MHz
	従局	2940／2930MHz



Master Device



Slave Device

図 4.5　電波測位機（オーディスター）

(2) 測深

図4.6に示す測深機は，記録器，送受信器，信号処理器等から成っている。本装置は音響パルスを海底に発射してからこのパルスが海底面で反射されてくるまでの時間を計ることによって調査船直下の水深を求めるものである。

今回の調査では，深海部および浅海部においては，調査船「若潮丸」に装備した深海用１２／３４kHz精密測深機と，浅海部２００kHz精密音響測深機を使用した。沿岸部調査では，小型作業船を使用し，可搬型測深機を装備した。深海用測深機を除く各機種は小型軽量かつ高い精度の測深機である。

深海用１２／３４kHz精密測深機は，記録器，信号処理器，送受波器，ディジタイザーから構成されている。水深の記録は乾式記録紙上に描かれるアナログ式とディジタル方式の２通りから成っている。この装置は相関信号処理器（ＣＥＳＰ）が採用されているため，ノイズが非常に少なくなっている。また２５msの長いパルスで送波するため送波エネルギーが大きくなり，測深能力が大幅にアップすることになる。しかも受波信号は0.5msの短いパルスで記録されるため分解能が非常に良い。

浅海部精密音響測深機（Ｐ．Ｄ．Ｒ１０１型，ＲＳ－６１型）は，トランジスターおよび集積回路の全面的採用により小型軽量の測深機である。この測深機の水深の記録方式は乾式放電記録紙を使用し，回転運動する記録ペンにより水深を描く方式である。記録ペンの駆動は，直流ブラシレスモーターを使用することにより回転時に発生するノイズを少なくしている。

送信はフォトトランジスター方式により行われている。この方式は，回転するスリット円板を挟んで組み込まれてあり，フォトダイオードより派生する光をスリットを通過する瞬間に，フォトトランジスターが受光して電気的なパルスを発生する。さらにこのパルスは別の変換器を通して音響パルスに変換され，送波器から海中に送り出される。海底面で反射され，受波器に到達した信号は変換器を通して音響パルスに変えられ送受切替回路を経て受信器に供給される。受信器はこの信号を十分に増幅し，記録器に送る。記録器はこの信号と送信パルスの両方を記録し，海底地形が描かれる。上記の方法で取得された測深記録の水深は海中音速度，吃水量および潮高等の改正がなされて実水深を示す。深海用測深機の適用水深を１００m以深とし，その吃水量は水面下3.5m，音速度改正は水温・塩分のデータ（既存資料）により補正値を算出した。潮高改正は行われ

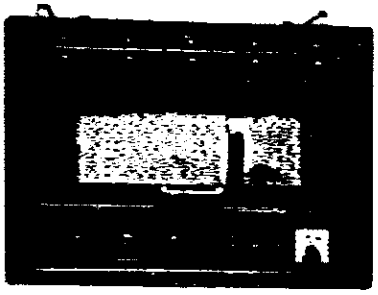
なかった。

浅海用の適用水深は１００m以浅とし，測得水深については潮高改正や音速度改正を施し実水深を求めた。音速度改正はバーチェック法または水温・塩分による改正値を採用した。浅海部におけるコロンボおよびインドネシア海域の水深基準面は，海図記載基準に準じた。

ＲＳ－６１型精密音響測深機の仕様規格はＰ．Ｄ．Ｒ１０１型精密測深機に類似しているので，ここでは除いた。

浅海用精密音響測深機（Ｐ．Ｄ．Ｒ１０１型）の仕様規格は次のとおりである。

記録範囲	０～６０m（浅）
	０～１２０m（深）
記録精度	±３cm＋Ｄ／１０００（Ｄ：水深）
指向角	３°（半減半角）
周波数	２００kHz
電源	ＤＣ２４Ｖ，１.５Ａ



Raytheon(12/34 kc)····Echo sounder for deep sea

PDR 101·····Echo sounder for shallow sea

Portable echo sounder(RS-61)

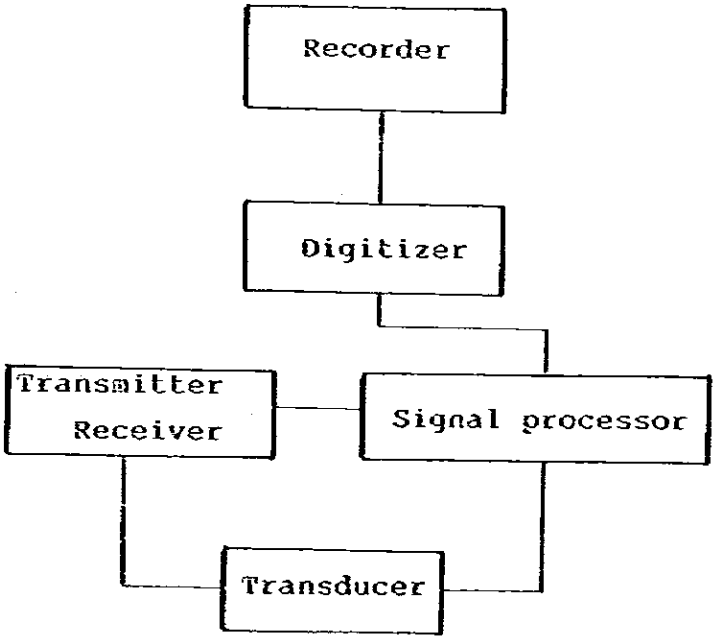


図 4.6　　音　響　測　深　機

(3) 音波探査

海洋において海底下の地質構造を調査するため，低周波で出力の大きい音波が使用されている。この低周波・大出力の音波は，海底で一部反射するものの，海底下に浸透し，各地層境界面で反射を繰り返しながら次第に減衰していく。一方，海底や各地層境界面で反射された音波は受波器で受波された後増幅され，記録紙上に地質断面として記録される。

原理的には音波の周波数が低いほど，また出力が大きいほど探査深度は増すが，逆に分解能は低下し，微細な地質構造をとらえることは困難になる。

今回使用した音波探査機は，放電式音波探査機（スパーカー）空圧式音波探査機（エア・ガン），電歪振動式装置（3.5 kHzレイセオン）であり，探査能力に応じて使用した。

各音波探査機の概要について述べる。

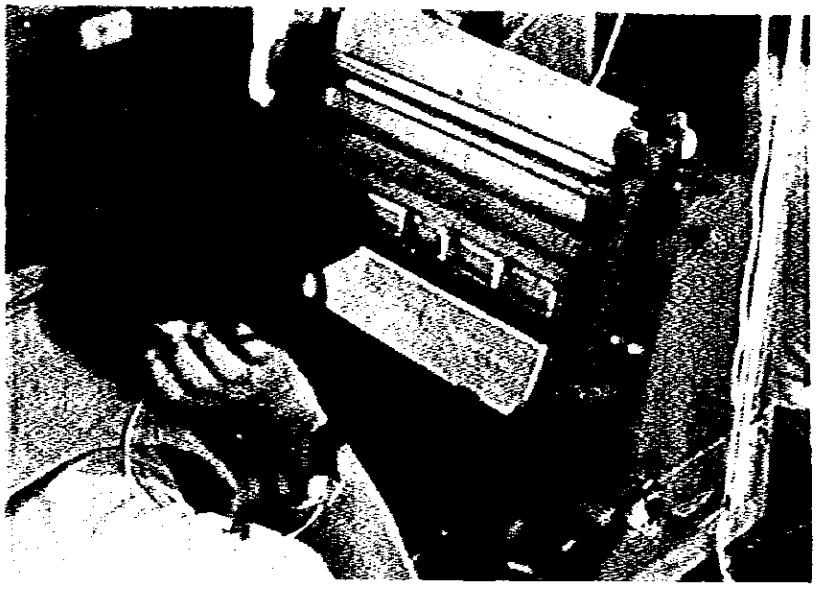
1）スパーカー

送信機では変圧器で昇圧した電圧を整流し，直流高圧にして高圧コンデンサーに蓄える。受信機からの起動トリガーにより高圧閉鎖回路を導通状態にし，直流高圧の電荷を水中放電電極へ供給し放電させる。

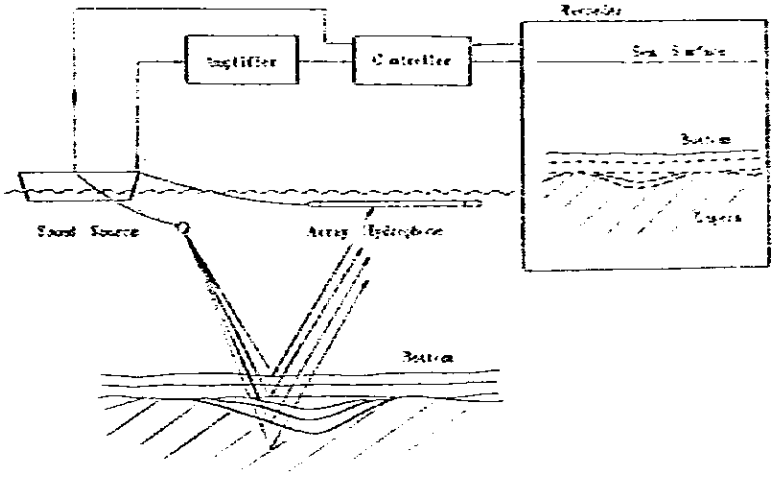
放電により生じた強力な低周波音波は，水中を伝わり海底下へ浸透し，種々の音響境界面から反射され，再び水中にもどってくる。この反射された音波は多重受波器でとらえられ，電気信号に変換されて受信機に送られる。受信機では，この微弱信号を増幅，ろ波，制御および電力増幅して記録紙上に濃淡記録が描かれる（図4.7参照），

NE－19Cスパーカー仕様

送信エネルギー	200ジュール
記録レンジ	100，200，400，800m
記録紙幅	200mm×2段
記録紙送り速度	120，60mm/分
受信周波数帯域	100～5000Hz



Sparker



Sub-bottom Profiling

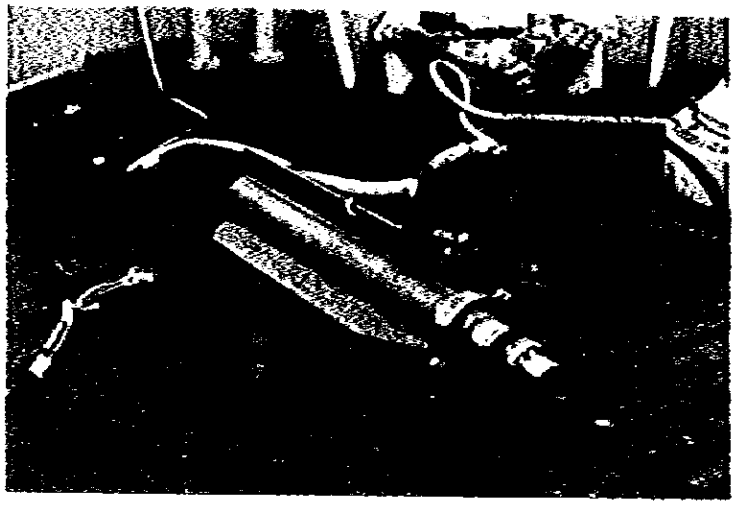
図 4.7　音波探査装置（スパーカー）

2) エア・ガン

この装置は，音源に圧縮空気を使用している。コンプレッサーから容器（ボンベ）に蓄えられた50～150kg／cm²の高圧空気を密閉した容器（Air Gun）に送り込み，これを電磁弁で開閉し，高圧空気を間歇的に海中に放出して音波を発生させる。発生した強力な低周波音波は，海中を伝わり海底および海底下へ伝播し，表質の異なる音響境界面から反射され，再び水中に戻ってくる。この反射された音波を受波器（ハイドロホン）で受信し，電気信号に変換される。受信器では，この微弱信号を増幅，信号処理，制御および電力増幅して記録紙上に濃淡記録を描く。又プログラム装置を使用することにより記録を長大することができる。図1.3にエア・ガンブロックダイヤグラムを示す。

エア・ガンの仕様規格は次のとおりである，

記録方式	乾式放電破壊記録
周波数	30～300Hz
エア・チャンバー	10，20m³
Scan Speed	¼，½，1，2，5，10sec／Scan
コンプレッサー容量	150kg／cm²（最大圧力）
電源	115V AC



Air Gun

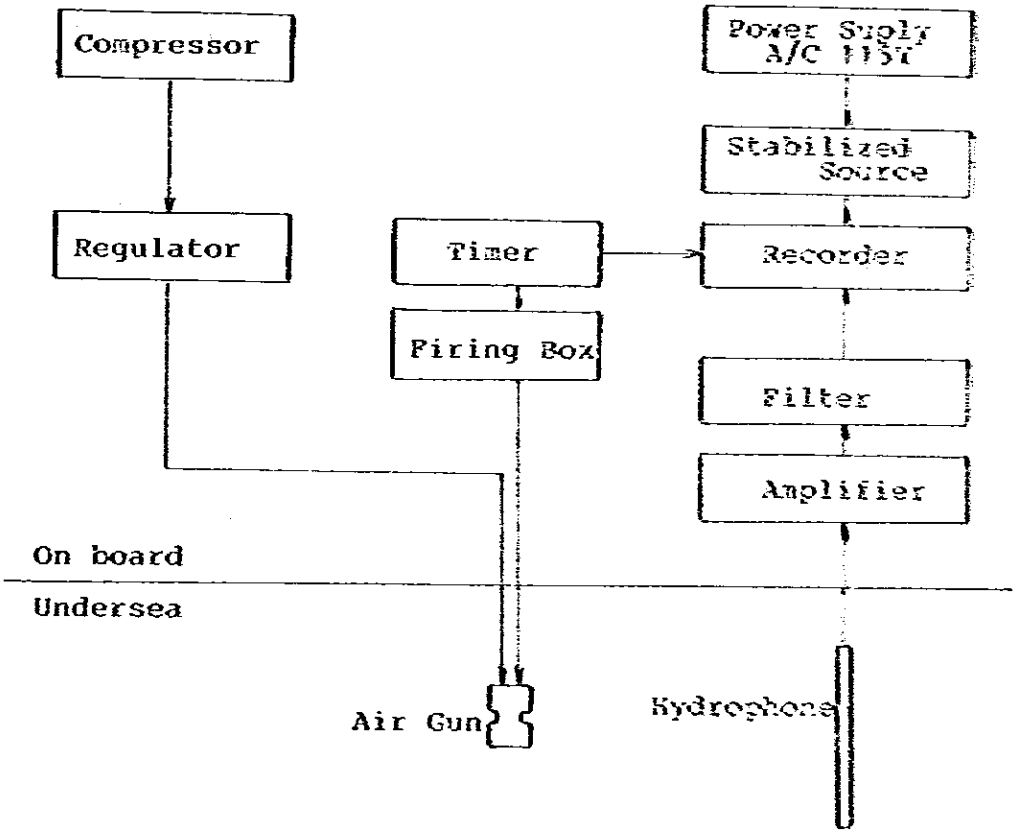


図4.8　音波探査装置（エア・ガン）

3）3.5 kHzレイセオン

この装置は，電歪型素子9個を並列に組み合わせ全体として送信出力を大きく，指向角を小さくしていることが特徴である。機器は，記録器，送受信器および信号処理器等から構成されている。中心周波数が3.5 kHzで音波探査機としては上記の2機種より比較的高いため，分解能は優れている。中深海から深海までの海底表面近くの地層調査に適している。原理的には他の装置と変わらない。記録器からの送信用トリガー信号により，送信用の音波（掃引波）を発生させる。送信器で受けた反射信号は，増幅，信号処理，比較検波されて記録紙へ送られる。この記録器はエア・ガン用記録器と同じ装置であるため深度に応じ記録拡大が可能である（図4.9参照）。

3.5 kHzレイセオンの仕様規格は次のとおりである。

周波数	3.5 kHz（12 kHz）
送信出力	0～2 kW
指向角	30°～80°（送受波器の個数による）
適用水深	0～10.000 m
分解能	30 cm
調査速度	0～12ノット

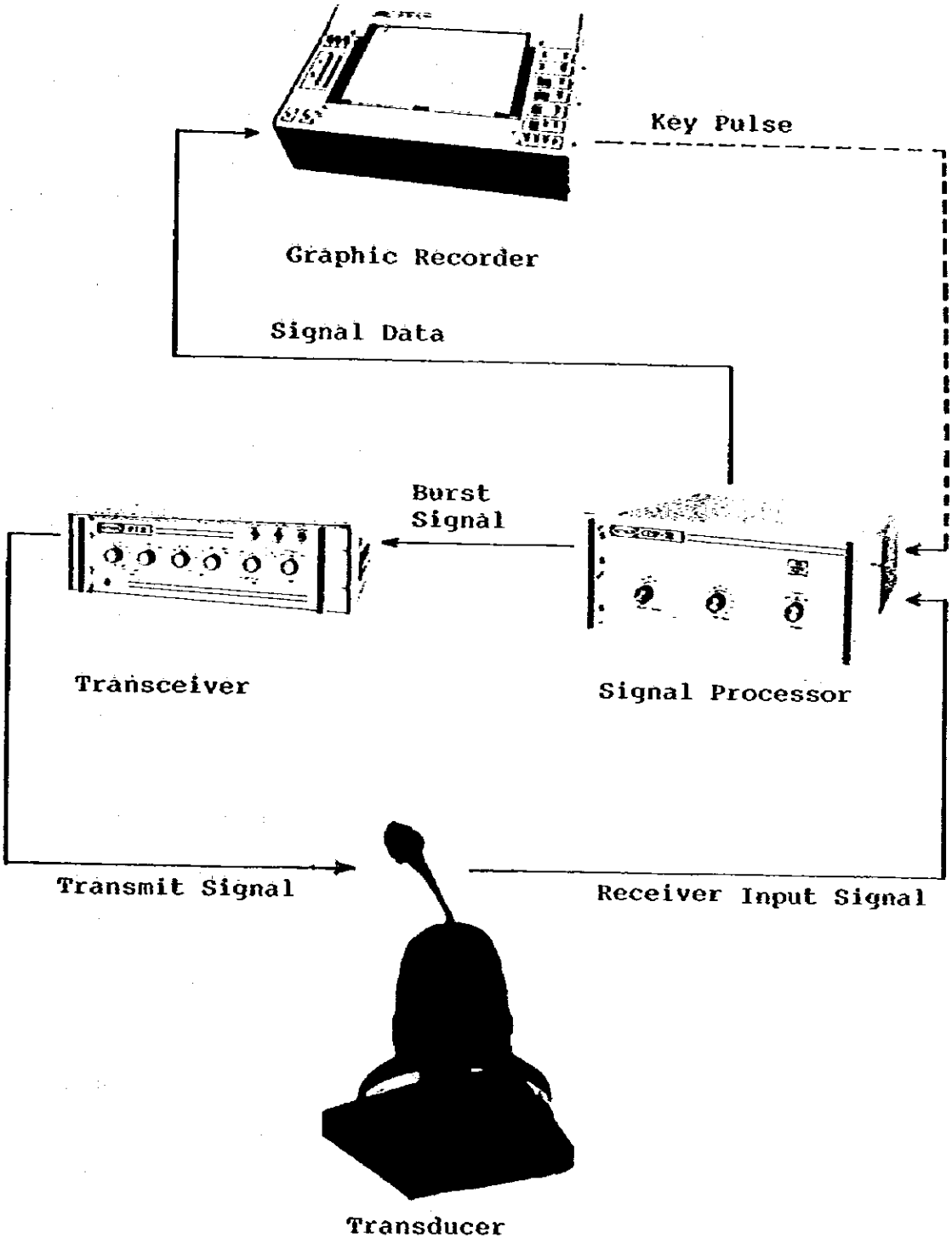


図 4.9　　音波探査装置（レイセオン　3.5 kc）

(4) 海底面調査

本調査における海底面状況調査は，インドネシア浅海部とコロンボ浅海部を対象として，浅海用サイドスキャンソーナー（MARK 1B）と深海用サイドスキャンソーナー（990／996型）の2機種を使用した（図4.10）。

サイドスキャンソーナーは海底表面の凹凸状況を調べるための装置であって，基本的な機能は測深機と同様である。測深機の場合には海面近くにある送信素子によって音響パルスを細いビームにして真下方向に送出するが，サイドスキャンソーナーの場合には海底面近くで曳航される「フィッシュ」に設けられた送信素子から海底面に対して斜めの方向にパルスが送出される。「フィッシュ」上では送受信素子が曳航方向と直角の方向を向くようにフィッシュの両側に配置されていて，図4.10に示すように音響パルスは垂直面では数10度の広い角度を，水平面では約1度の角度をカバーするように送出される。

海底面で反射された音波は「曳航フィッシュ」から海底での音波反射位置までの距離に応じた遅延時間をともなって連続して受信される。音波はその伝播距離に応じて減衰を受けるので，それぞれの伝播距離に対応する受信信号強度のちがいは時間によって利得の変わる時間等化器によって等化される。

受信増幅器の出力信号は曳航フィッシュから音波の反射位置までの距離に対応して記録紙上の場所に記録される。このフィッシュを曳航することによって海底表面の状況は海底表面の起伏に応じた濃淡のパターンをもった写真のように二次元で記録される。

SMS990／960型サイドスキャンソーナーは，トウフィッシュの曳航ケーブル長が数千メートルまで繰り出されるため，曳航器（トウフィッシュ）のレスポンダー音響出力を調査船の舷側に装置したトランスジューサーで受信し，斜距離と方位で位置を決める機能があり，又海底記録の斜距離および船速による歪をリアルタイムに補正し，1：1の縦横比で縮小され航空写真状の海底地形記録が描かれる機能を有している。

以下に浅海用サイドスキャンソーナー（Mark 1B）と深海用サイドスキャンソーナー（SMS990／996型）の仕様規格を示す。

		マーク1B	SMS 990/960
レンジスケール		50, 100, 125, 200, 250, 500m	100, 150, 200, 300, 400, 500m
スケールライン		25m	25m
電源入力		24～30VDC, 4～8A	115VAC
記録紙		湿式, 28cm×37m	乾式, 28cm×50m
重量		38kg	75kg
構造寸法		28cm×34cm×44cm	94cm×72cm×45cm
		(272曳航フィッシュ)	(930曳航フィッシュ)
動作周波数		105±10kHz	59kHz
パルス長		0.1ミリ秒	0.1ミリ秒
ピーク出力		128デシベル	220デシベル
水平ビーム		1.2度	1.2度
垂直ビーム		20度または50度	30度または40度
走査範囲		1,000mまで	1,000mまで
曳航速度		0～15ノット	2～12.7ノット
最大適用水深		600m	6,000m
重量		22kg	90kg
寸法	全長	118cm	165cm
	直径	11.4cm	26.0cm

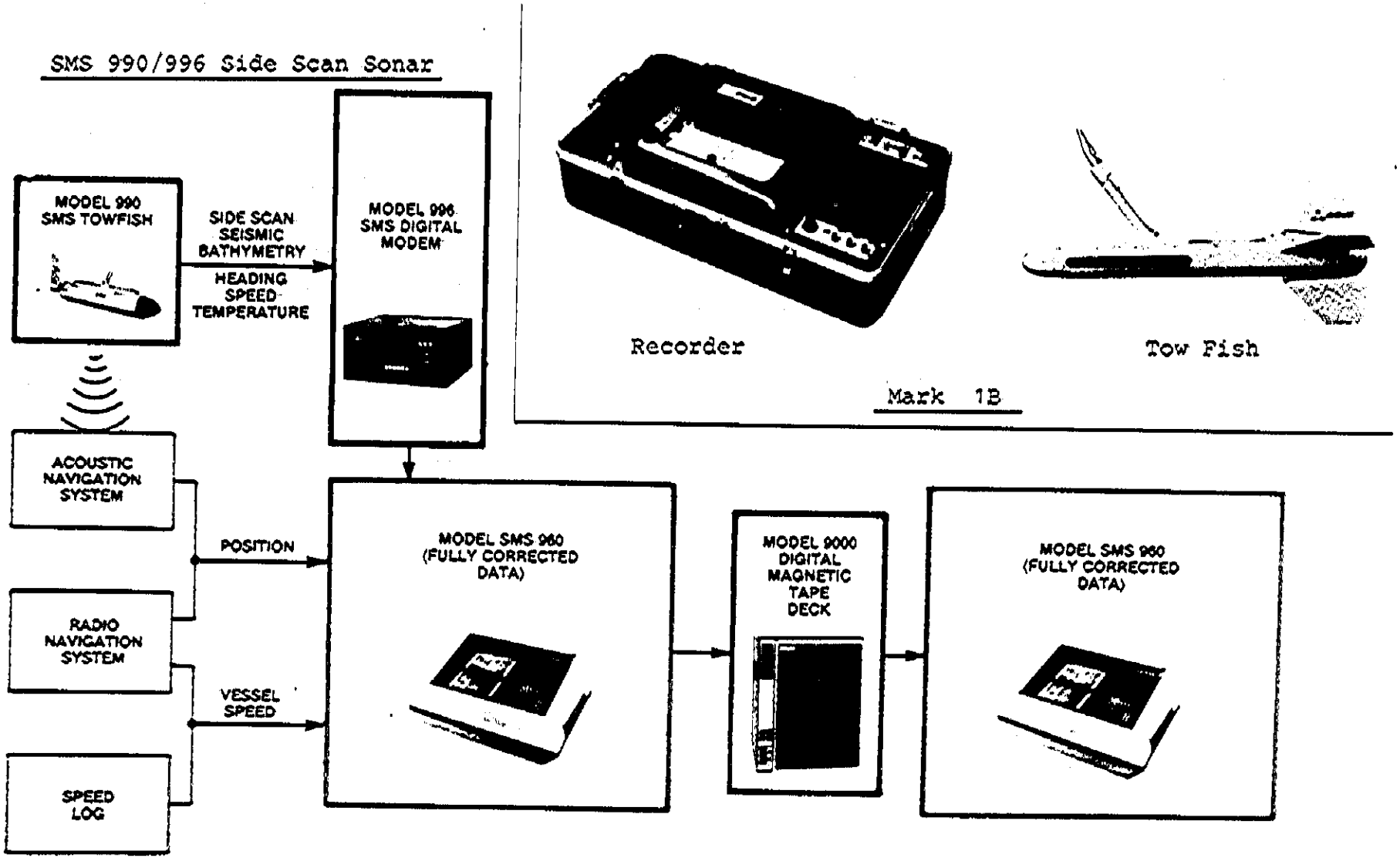


図 4.10　浅海用(Mark 1B)および深海用サイドスキャンソーナー(SMS990/996)

(5) 底質採取

本調査における海底砂質堆積物の採取は，バイブロコアラー，柱状採泥器，スミス・マッキンタイヤー型採泥器，ドレッジャーを使用した。これらの採泥器を図4.11および図4.12に示す。次に各機種の概要を述べる。

1) バイブロコアラー

バイブロコアラーは，従来の柱状採泥器と違って振動による砂の液状化現象を利用した採泥器である。本装置の主なものは水中電動機，バッテリー，制御装置等から構成されている。調査船上から海底に吊下げられたバイブロコアラー装置は海中の制御装置を調査船上の超音波船上装置の操作を行うことにより，柱状採泥管の上端の起振機を作動して海底砂質堆積物を採取する。

バイブロコアラーの仕様規格は次のとおりである。

適用土質		軟泥，粘性土，砂質土，砂	
適用水深		200m以浅	
貫入深度		3mまで	
採泥管	外管	φ89mm×3mmT	長さ3m（ステンレス）
		φ97mm×3.5mmT	長さ3m（スチール）
	内管	φ77mm×3mmT	長さ3m
サンプリング形式		ピストン式	
コアー長		最大3m	
重量		2,000kg，付加重量 432kg	
概略寸法		2,000W×2,000L×4,500mmH	
適用潮流速		2ノット以下で使用可	

2) ピストン式柱状採泥器

ピストン式柱状採泥器は，採泥器に先行して海底に降ろされた重錘が海底に着くことによって起こるレバー動作により海底面上2mの高さから海底に落とされる。これを引き上げる際にピストンがアクリルパイプ中に海底堆積物をひき込んで保持する。柱状採泥器の口についているステンレススチール製のキャッチャも内部方向のみの物質の移動を許す仕かけによって採泥器揚収中に海底物質の流出を防ぐ役割をはたす。この柱状採泥器の海底貫入深度によってケーブル埋設機による海底の掘削量について

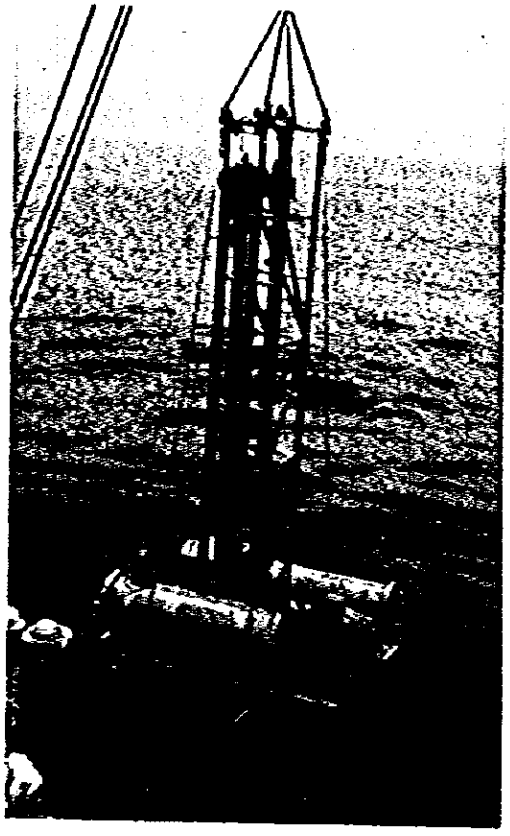
おおよその見当をつけることができる。

3) 重力式柱状採泥器

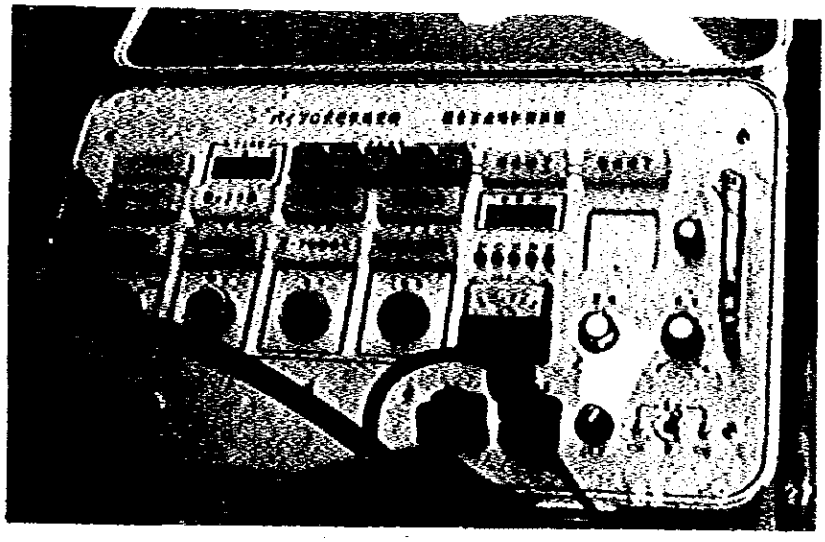
重力式柱状採泥器はフィン；重錘および先端にキャッチャのついた円筒からなり，そのまま水中に投げ込むことによって採泥を行うものである。

4) スミスマッキンタイヤー型採泥器

スミスマッキンタイヤ・グラブ式採泥器は，これが海底に着くことによってあらかじめ仕かけられたスプリングがはずれてグラブの中に海底物質をとりこめるようにしたものである。

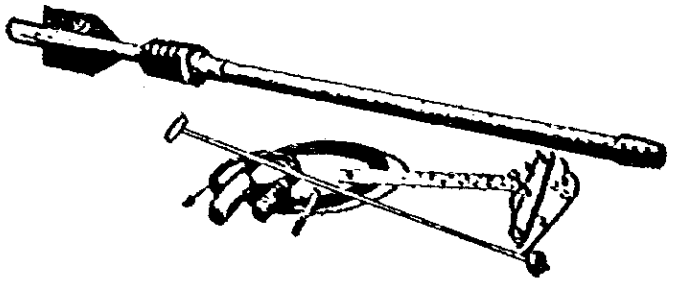


Vibrocorer

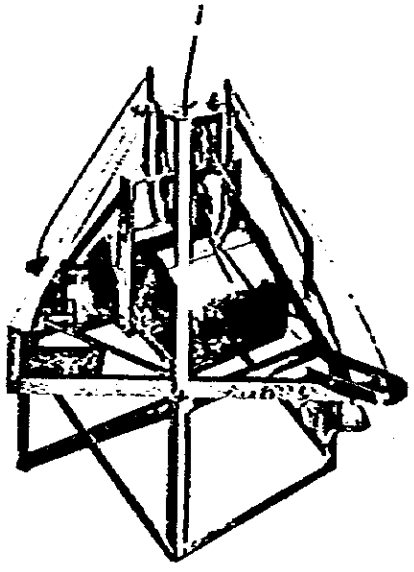


Acoustic Controler

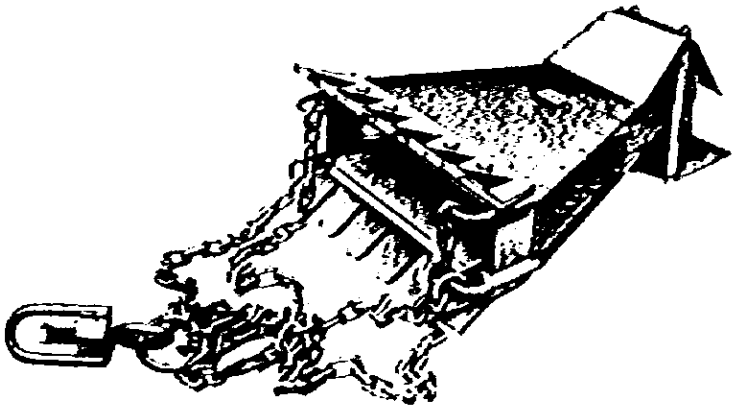
図 4.11　　パイプロコアラー



Piston Corer



Smith-McIntyre Sampler



Dredger

図 4.1 2　　調査に使用した各種採泥器

(6) 流況調査

インドネシア浅海部，スリランカ浅海部およびグレートパッセージ部において行った流況調査の流速計係留方法を図4.13に示す。

インドネシア浅海部では水深26mの調査点で，海面下5mと底上5mに流速計を係留した。係留方法は，2丁の錨によって表層に係留された3個のブイの真中のブイから，海面下5mに流速計をつり下げる方式と，海底に沈めた40kgの重錘から水中ブイの浮力によって底上5mに流速計を設置する立ち上がり方式を用いた。重錘と錨をロープで連結する事で，両者は一本のラインで結ばれた係留系となる。

スリランカ浅海部では，水深23.5mの調査点に海面下5mと底上5mに流速計を入れた。係留方法は，上記の立ち上がり方式に2台の流速計を係留したものである。海面下5mの流速計は予め測定した水深からの逆算で，中間のロープ長を調整する事により正確な水深に係留する。この係留系では重錘の直上に水中自動切離し装置を取り付け，重錘と係留系を切り離して流速計の回収を行った。

グレートパッセージ部では，3調査点において流況調査を行った。3調査点の水深は約1,500mで測定線は底上10mと15mである。係留系は立ち上がり方式を基本に作られており，調査終了後は重錘直上の切り離し装置を作動させ，重錘を除いた係留系を船上に回収する。この原理では表層のブイは不必要であるが，万一切り離し装置が作動しない場合を考慮し，その場合でも表層ブイから係留系の回収が行なえる様，付加したものである。しかしながら本調査中使用した切り離し装置は100%作動した。

1）アンデラー流速計　モデル4，モデル5

磁気テープ記録式流速計で，流向，流速，水温，電気伝導度の4項目について測定が可能である。

各項目の測定範囲は次の通りである。

流　　向：0～360°

流　　速：2.5～250cm/sec

水　　温：－0.34～32.17℃

電気伝導度：0～70mho/cm

測定インターバルは，0.5分～30分まで選択可能。

電源は9V専用バッテリーを使い，1万インターバル分使用可能。

耐圧深度はモデル4が2,000m，モデル5が6,000mである。

2）水中切り離し装置

海流計の最も適した係留方法である水中ブイによる立ち上がり設置をした場合の回収時に不可欠の装置で，超音波指令によりアンカーウェイトを切り離し，測器を自動的に浮上させる。

深海部で使用した水中切り離し装置（BG&G）の主要規格は次の通りである。

浮上発信装置（Mod. 701）

寸法（cm）：48×18×33

重量（kg）：16

発信周波数：9又は11kHz

切り離し装置（Mod. 723A）

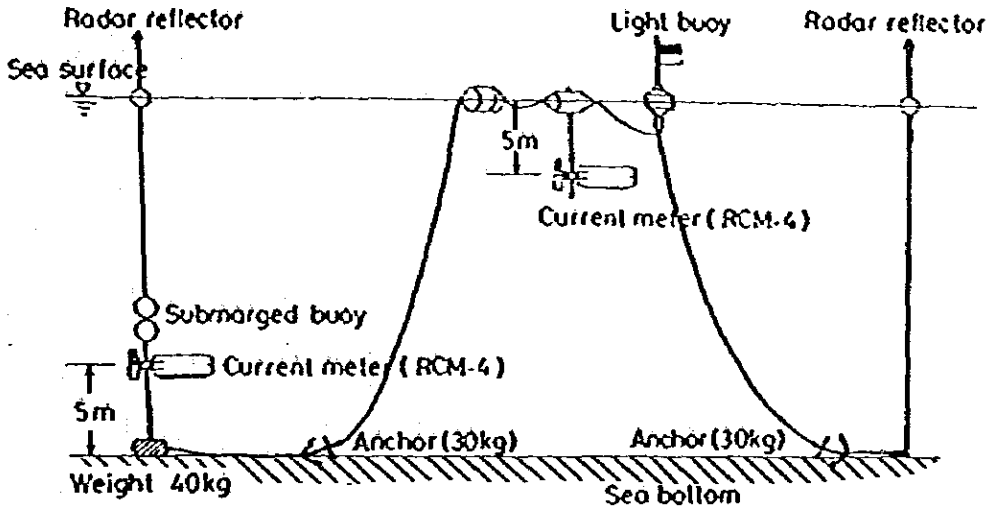
使用可能深度：6,000m

応答周波数：8種類

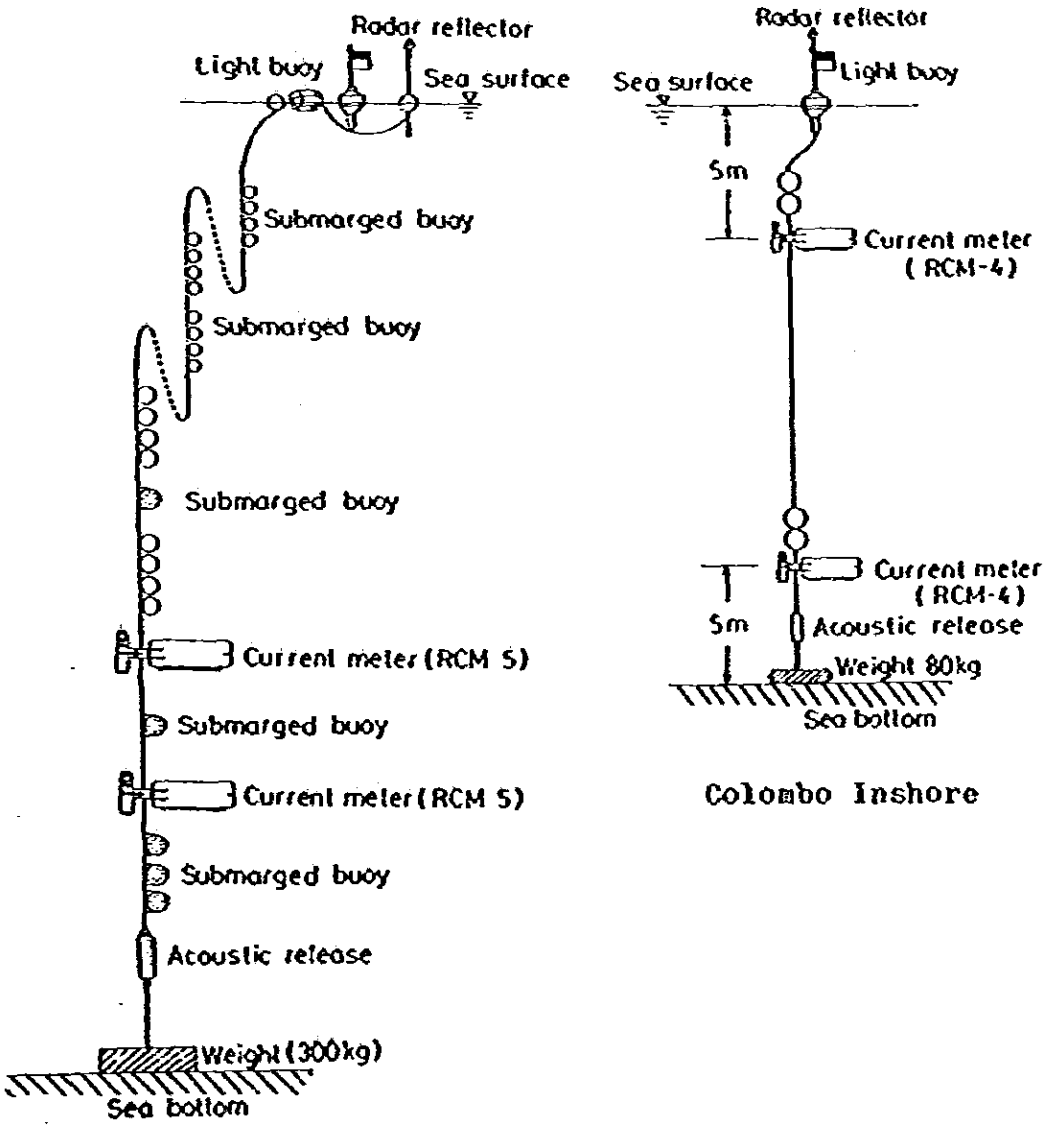
寸法（inch）：φ6.6×43.0

重量：31.8kg

使用可能水温：－10℃～160℃



Medan Inshore

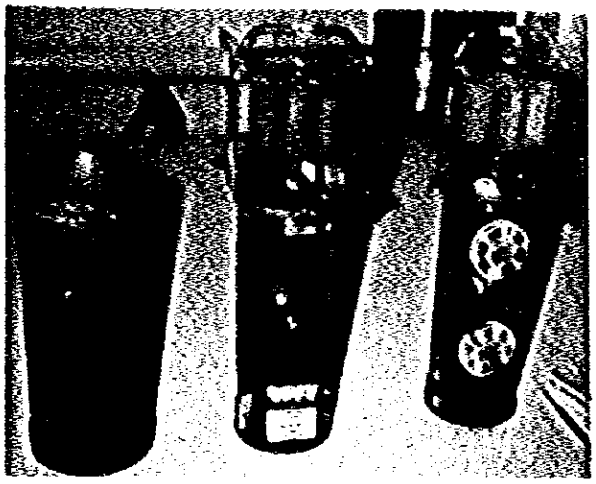


Colombo Inshore

Great Passage

図 4.13　流向・流速計の係留方法

Current Meter which connected by rope with Buoy and Acoustic Releaser, installed in the sea.



Inside of Current Meter

Releaser (EG&G)

図 4.15　流向・流速計設置用機器

(7) 水温調査

水温調査は９４測点において行った。そのうち７５点はＢＴ－５型電気水温計および転倒温度計を使用し，他の１９点はＸＢＴ等を使用したものである。

観測層は海域によって多少異なるが，５０ｍ以浅域では，0.5，1.0，2.0，3.0，4.0，5.0，7.0，10.0，15.0，　20.0，30.0，40.0ｍおよび底上1.0ｍの計１２層，５０ｍ以深域は，0.5，10.0，20.0，30.0，50.0ｍおよび水深の中間，底上５ｍあるいは１０ｍの計７層である。

水深５０ｍまではＢＴ－５型電気水温計を使用し，５０ｍ以深の２層は転倒温度計を使用した。

ＸＢＴによる測点の水深は1,８００ｍ以浅である。

1）ナンセン採水器および転倒温度計

i）ナンセン採水器

弁によって開閉する円筒形の採水器で，転倒温度計を取り付けることができる。使用方法は，ワイヤーにナンセン採水器を正立状態で取り付け，観測水深までワイヤーをくり出し，ナンセン採水器が観測層に到達した後，メッセンジャを用いて転倒させる。転倒と同時にナンセン採水器の開いていた弁は閉じる。メッセンジャーは中心にワイヤー径に合わせた穴を貫き，ワイヤーを伝ってナンセン採水器の位置まで落下し，その転倒装置に衝撃を与え，転倒させる金属オモリである。

ii）転倒温度計

転倒温度計は正立状態でその場の水温を記録する。それが転倒するとその時の示度分の水銀柱が切り取られ保存される仕組みになっている。

防圧型と被圧型があり，両者の水温差より転倒位置で温度計が受けていた圧力が分かり，そこから観測した水温の水深が計算できる。

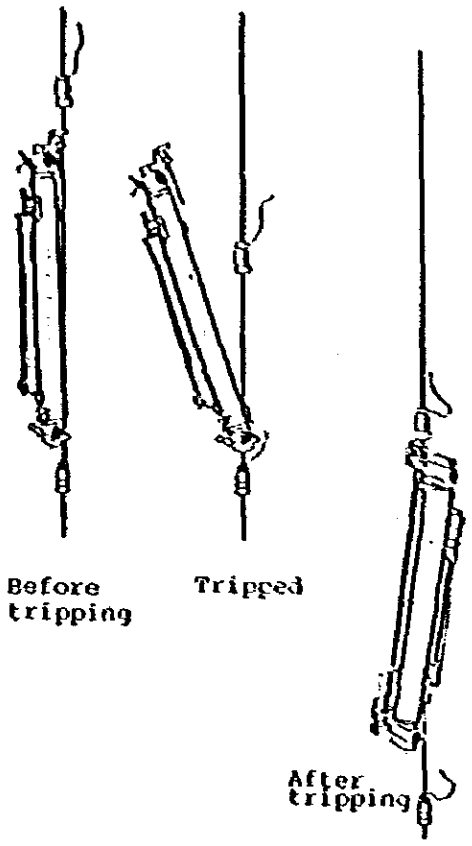
2）ＸＢＴ（Bxpendable　bathythermograph）

ＸＢＴは航行中又は停泊中の船舶から，水温測定プローブを投下することによって，海中の鉛直温度分布を自動的に測定し，記録するものである。本調査で使用したＸＢＴは水深１８００ｍまでの水温測定が可能である。水温測定範囲は－２℃～３４℃までである。

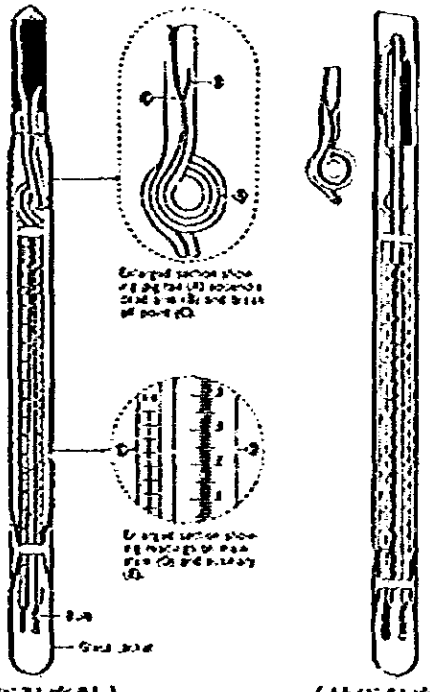
3) ET－5型電気水温計

船上よりセンサー部を観測層までつり下げる事により，その場の水温を読み取る事ができる。本調査で使用した物はコード長が５０ｍあり，５０ｍ水深までの測温が可能である。

水温測定範囲は－５～４０℃，センサー部の水温感応速度は２～３秒である。



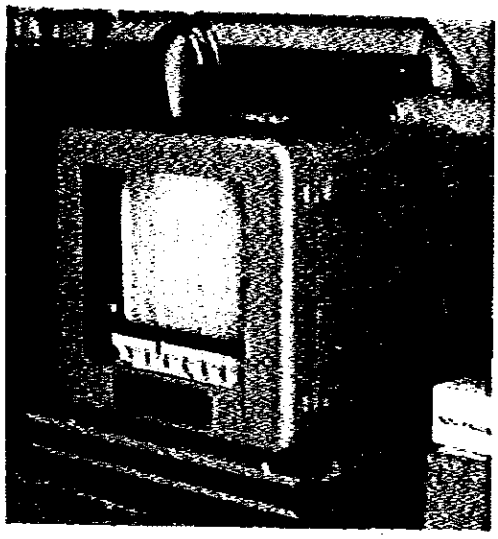
ナンセン採水器および転倒温度計
（メッセンジャーの衝突により，フックが
はずれ，ナンセン採水器が転倒する）



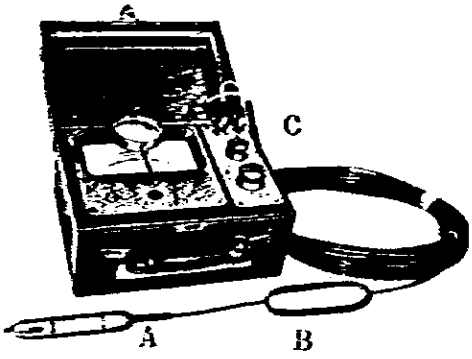
（防圧温度計）　　（耐圧温度計）

図 4.16　転倒温度計

XBT launcher. Sensor probe is pushed out into the water. Sensor is connected by electric wire with Recorder



Recorder of XBT



Electric thermometer (ET-5)
A: Sensor B: Weight
C: Indicator

ET - 5 in operation on-deck

図 4.17 水 温 観 測 用 機 器

(8) 海底写真撮影

本調査で使用したカメラは深海カメラ（米国，ベントス社製）と水中カメラ（日本光学社製）の2機種である（図4.18参照）。

深海カメラによる撮影地点は，ベンガル海底扇状海底で1地点，90°E海嶺で4地点，グレートパッセージで5地点，スマトラ陸棚海盆で1地点，スンダ大陸棚で1地点の計12地点である。水中カメラを使った潜水夫による撮影地点は，コロンボ付近で5地点行ったが，海底透明度が非常に悪かったため2地点だけしか撮影できなかった。

深海カメラは35ミリ深海標準カメラシステムで，カメラ部，フラッシュ部，ピンガー部より構成されている。

フラッシュ部はキセノン管の発光による照明およびカメラ部へのシャッターパルスおよびフイルム巻き取りの駆動電力の供給を行っている。

カメラ部はフイルム巻き取り部，シャッター，レンズ部およびデータチャンバー部より成っている。フイルムは撮影の都度フイルム駆動モーターにフラッシュ部より電力が供給されて，1フレームつづ巻き取られる。

撮影距離および焦点深度の設定は，レンズシャッターマウント部にあるツマミによってセットされる。データチャンバー部には撮影日時分秒およびステーション番号が表示され，フレーム枠の隅に写し込まれる。

ピンガー部は12kHzの音波パルスを発射して，船上の受信機でピンガーからの直接波および海底反射波を記録して，これら2つの記録の間隔を計ることによって，ピンガーと海底までの距離を知ることが出来る。

深海カメラの各部の仕様規格は次のとおりである。

〔カメラ部〕

標準フイルム撮影枚数	800枚
フイルム長	30.5m（10フィート）
筐体寸法	長さ 64.3cm
	直径 12.5cm
重量	空中 21.0kg
	水中 16.0kg
シャッター速度	2／5秒～1／50秒

所　要　電　源	382型フラッシュ部より給電
	DC28±5V　1A

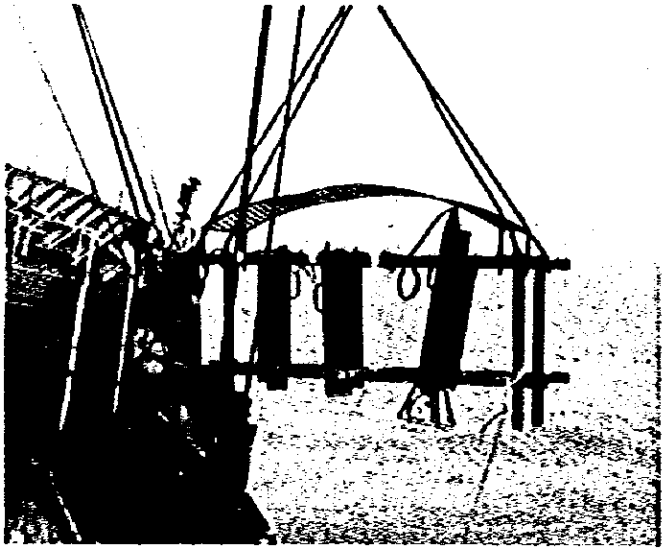
〔フラッシュ部〕

フラッシュ管入力	100W/秒
発　光　回　数	完全充電時　3200回
発　光　時　間	1/1000秒
筐　体　寸　法	全長　90.5cm
	最大直径　21.0cm
重　　量	空中　31kg

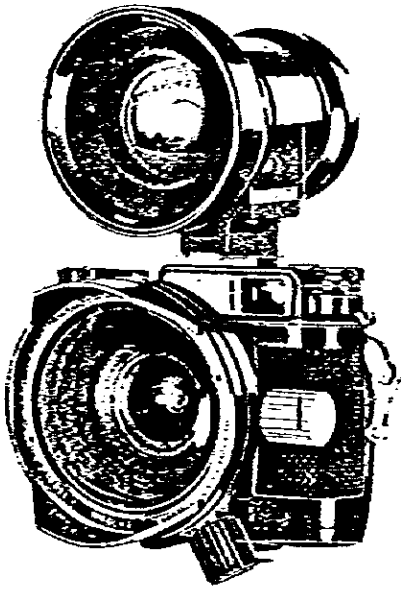
水中カメラは外筐，機構部，レンズの3つの部分から構成されている。カメラによる撮影は，ダイバーによって行われる。

水中カメラの各部の仕様規格は次のとおりである。

使用フィルム	35mmフィルム
画面サイズ	24mm×36mm
標準レンズ	15mm，F3.7
距離目盛	∞～0.3m
画　　角	94°



Deep Sea Camera (Left: Pinger, Center: Camera, Right: Flash)



Underwater Camera

図 4.18　　海底写真撮影用カメラ

(9) 大地比抵抗測定（ウエンナー法による地質調査）

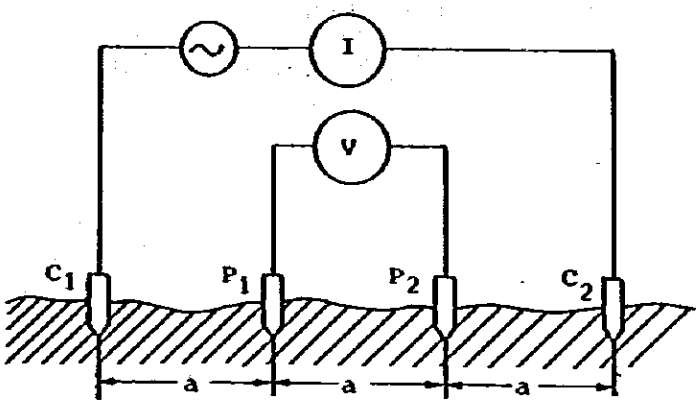
大地の抵抗値（大地比抵抗）を測定する方法はいくつかあるが，ほとんどはウエンナーが考案した方法に改変を加えたものが多い。

ウエンナーの4電極棒打ち込み方式では，4本の金属棒，C_1，P_1，P_2，C_2 を"a"メートル間隔で直線上に並べて地中に打ち込み，電気的に接触させる方法である。

C_1，C_2 の電極間に I（A）の電流を通したとき，P_1，P_2 の電極間に（V）の電圧降下があった。大地の抵抗値 ρ が一様であれば次の等式が成り立つ。

$$\rho = 2\pi a V / I = 2\pi a R \ (\Omega \cdot m) \qquad R = V / I \ (\Omega)$$

ここでRは電極間の測定抵抗値である。この等式はウエンナーの式と呼ばれ，打ち込み電極の深さが電極間の間隔"a"の1／20以内であれば，極めて実用的であるとされている。したがって大地比抵抗値 ρ は，測定されたRの値から算出される。



ウエンナーの式における大地比抵抗値 ρ は，大地が等質の構造であれば，電極間の間隔"a"とは関係なく，一定である。しかし，大地は一般にそれぞれ抵抗値の異なったいくつかの地層で構成されている。したがって，上記の式で算出した抵抗値は，特定の岩又は堆積層についてのものではなく，そこに分布している岩や堆積層のそれぞれの抵抗値の平均値である。このような測定値を「みかけの抵抗値」と呼び，これは電極間の間隔や電極列の位置によって変わるものである。

ある土地についての"a"と ρ の関係がわかれば，概略の地質構造，地層の構成や地下水の位置を推測できる。"a"と ρ の関係を示す標準曲線や補助曲線を描き，その上に実測によって得た a－ρ 曲線を重ねてみると，概略の抵抗値や各地層の深さが曲線上から得られる。こうして得られた抵抗値は，一般に地層の性質を判定する指標とされて

いる。

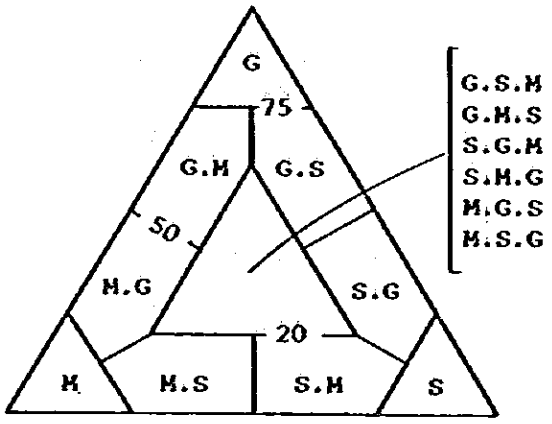
1.－10型大地比抵抗測定機（横川電機社製）の仕様規格は次のとおりである。

測定方法	ウエンナー4電極法
作動原理	交流電位差計方式（非成極，比抵抗値直接読み取り可能）
電源	手動発電
測定範囲	0～0.3／3／30／300Ω
読み取りダイヤル目盛	0～30Ω（1Ω刻み）
ダイヤル倍率	×0.01，×0.1，×1，×10
精度	10～30Ωの範囲で指示値の±3％
	10Ω以下の範囲で指示値の±1％
出力電圧	350V（150回転／分以上で）
測定周波数	65Hz／s以上
付属品	電線付電極用打ち込み棒　5本

付 録 5　底 質 試 料 の 粒 度 試 験

底質試料はＪＩＳ（日本工業規格）Ａ－１２０４に従って分析を行った。試験結果を表5.1に示す。

底質の分類は下記の三角座標分類図によって行った。



Ｇ：礫　　ＳＭ：泥混じりの砂

Ｓ：砂　　ＭＳ：砂混じりの泥

Ｍ：シルトおよび粘土　　ｆＳ：細砂

ｃＳ：粗砂

表5.1(1/3)　粒度試験結果

No	Sampling In depth (m)	Area	Bottom Material	Mechanical Composition (%)			
				Clay	Silt	Sand	Gravel
M-1		S. S	f. S	2		98	0
M-2		〃	S. M	18	15	67	0
M-3		〃	S	8	6	85	1
M-4		〃	M. S	30	28	42	0
M-5		〃	f. S	10	7	83	0
M-6		〃	f. S	7	7	86	0
M-7		〃	S. M	24	17	58	1
M-8		〃	f. S	10	4	86	0
V-1	0 ~0.2	〃	S. M	14	16	65	5
	0.5 ~0.7		M	29	60	11	0
	1.0 ~1.2		M	35	63	2	0
P-1	0 ~0.2	〃	M	29	26	42	3
	0.3 ~0.5		M. S	60	23	17	0
	0.75~0.95		M	48	31	21	0
V-2	0 ~0.2	〃	S. M	12	23	60	5
	0.8 ~1.0		M	26	62	12	0
P-16	0 ~0.2	〃	S. M	14	32	52	0
	0.35~0.55		M	65	33	2	0
V-3	0 ~0.2	〃	f. S	10	14	73	4
	0.2 ~0.4		M. S	29	30	40	1
	0.8 ~1.0		M	56	41	2	1
P-2	0 ~0.2	〃	S. M	12	31	55	2
	0.5 ~0.68		M	10	83	7	0
P-3	0 ~0.05	〃	S. M	11	23	64	2
	0.25~0.37		M	60	39	1	0
P-4	0 ~0.2	〃	f. S	14	23	60	3
	0.3 ~0.48		M	61	36	3	0
P-5	0 ~0.2	〃	M. S	3	57	40	0
P-6	0 ~0.2	〃	f. S	6	8	86	0
P-7	0 ~0.2	〃	f. S	6	7	87	0
P-8	0 ~0.12	〃	S. M	7	18	75	0
	0 ~1.0	〃	M	58	36	6	0
P-9	0 ~0.05	〃	S. M	5	39	52	4

表5.1(2/3) 粒度試験結果

No	Sampling in depth (m)	Area	Bottom Material	Mechanical Composition (%)			
				Clay	Silt	Sand	Gravel
	0.2 ~0.43	S. S	M	62	34	4	0
P-10	0 ~0.11	〃	S. M	47	16	36	1
	0.11~0.22	〃	M. S	4	33	63	0
P-11	0 ~0.7	〃	M. S	15	52	33	0
P-12	0 ~0.15	〃	f. S	6	10	84	0
	0.5 ~0.7		M. S	14	46	38	2
P-13	0 ~0.2	S. B	M	76	22	2	0
	0.8 ~1.0		M	70	29	1	0
P-14	0 ~0.2	〃	M	73	26	1	0
	0.8 ~1.0		M	82	16	2	0
P-15	0 ~0.2	〃	M	79	18	3	0
	1.0 ~1.2		M	55	44	1	0
P-46		〃	M	55	44	1	0
P-42	0 ~0.29	G.	f. S	10	15	75	0
P-38	0 ~0.2	〃	M	39	37	24	0
	0.8 ~1.0		M. S	36	37	27	0
P-35	0 ~0.21	N.	M	66	33	1	0
P-34	0 ~0.2	〃	M	78	20	2	0
P-33	0 ~0.2	90' B	M	66	32	2	0
	0.7 ~0.92		M	75	21	4	0
P-32	0 ~0.2	〃	M	46	52	2	0
P-30	0 ~0.2	〃	M	55	31	14	0
P-27	0 ~0.2	〃	M	57	31	12	0
	0.6 ~0.8		M	69	23	8	0
P-25	0 ~0.35	〃	M	65	24	11	0
P-24	0 ~0.2	B.	M	69	25	6	0
	0.5 ~0.7		M	79	17	4	0
P-22		〃	M	81	16	3	0
P-17		C. C	M	30	48	21	1
V-5	0 ~0.2	C. S	f. S	7		90	3
	1.0 ~1.2		S	4	7	78	11
V-4	0 ~0.2	〃	f. S	5		94	1
	1.0 ~1.2		f. S	8		90	2

表5.1 (3/3)　粒度試験結果

No	Sampling in depth (m)	Area		Mechanical Composition (%)			
				Clay	Silt	Sand	Gravel
M-9		C. S	c. S	—	—	97	3
M-10		〃	c. S	—	—	94	6
M-11		〃	c. S	—	—	98	2
M-12		〃	c. S	—	—	99	1
M-13		〃	c. S	—	—	99	0
M-14		〃	c. S	—	—	98	0
M-15		〃	f. S	—	—	94	0

S. ……Sunda Shelf
S. B. …Sumatra Basin
G. ……Great Passage
N. ……Nicobar Fan
90° E…90° E Ridge
B. ……Bengal Fan
C. C. …Colombo Continental Slope
C. ……Colombo Continental Shelf

付録6　海底谷の記録

ベンガルファン上の海底谷の研究としてはCurray et al（1971）によるものがあり，これには海底谷が網目のように広がっている状況がよく示されている。今回の調査結果，推薦ケーブルルートの10ヶ所で海底谷を横断した。その位置はCurray et al（1971）の調査結果とよく一致していた（図6.1参照）。これらの海底谷の断面記録（レイセオン3.5kHz音波探査機による）を図6.2～図6.10に示した。また，これらの海底谷の形状や特徴等を表6.1に示した。

今回の調査では，さらにこれらの海底谷中を乱泥流が現在も流れているのか，そしてその流れは海底ケーブルに障害を与える可能性があるかを検討する資料を収集することに努めた。

このためNo.8の海底谷で底質採取および海底写真撮影，そしてまた最も大きいNo.2の海底谷で底質採取を行った。

採泥試料を分析した結果，海底谷の河床の底質は，きわめて微細で軟泥であり，強い流れを示す粗粒の堆積物は全く見られなかった。また河床を撮影した海底写真（写真No.1参照）には，速い流れを示す海底上の砂漣（Ripple mark）のようなものは認められなかった。これらのことから，この推薦ケーブルルート付近における流れの存在について明確な証拠は得られなかったが，得られたデータから見るともし流れがあってもケーブルに障害を与えるような速い流れの乱泥流は考え難い。

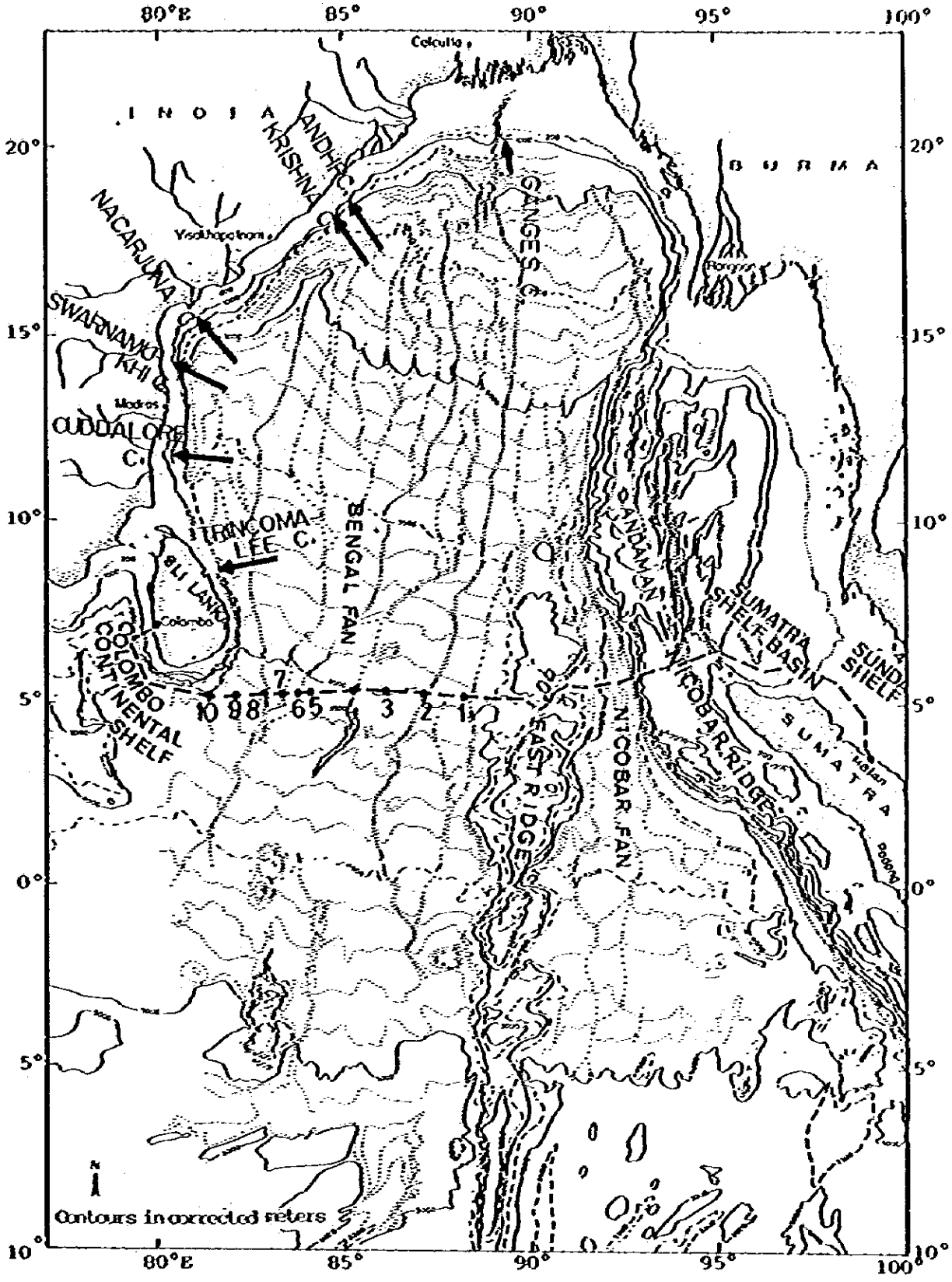
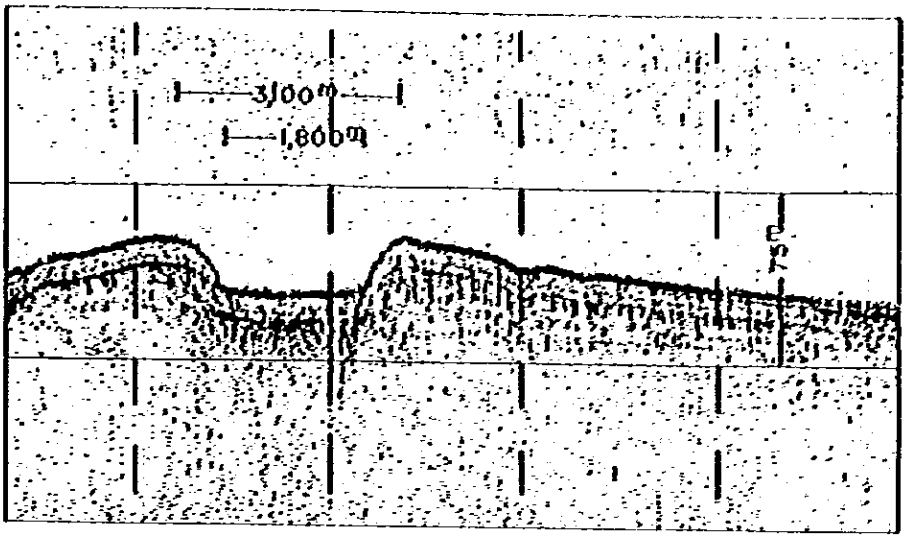
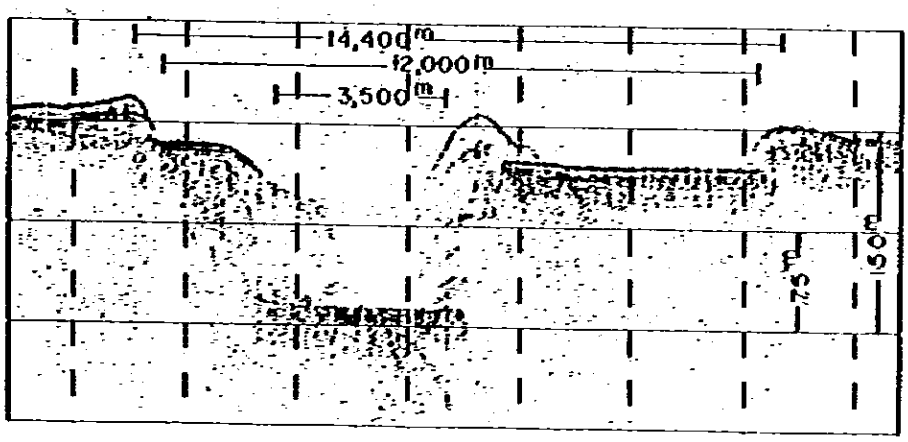


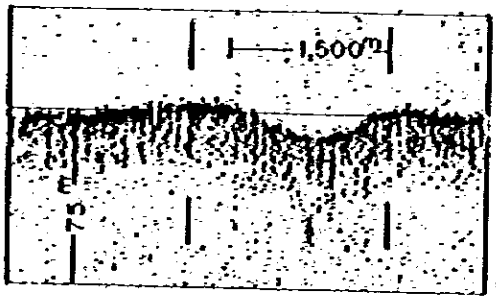
図6.1　　海底谷調査位置図（Curray, 1971の図を使用する）



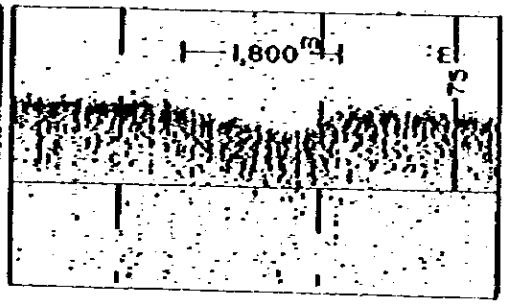
Submarine Canyon No.1



Submarine Canyon No.2

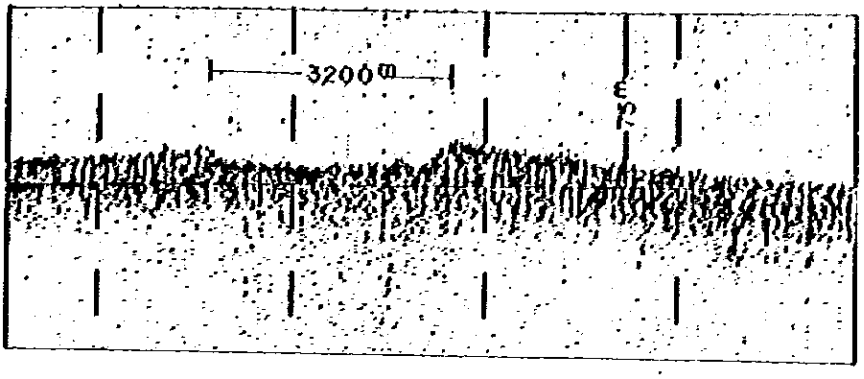


Submarine Canyon No.3

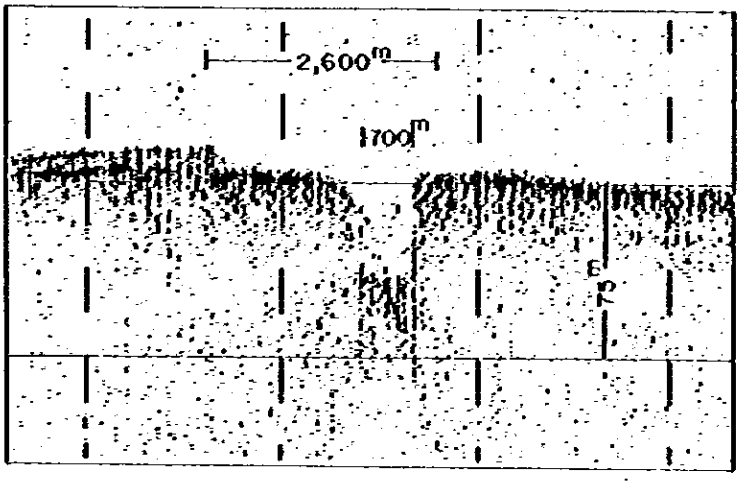


Submarine Canyon No.4

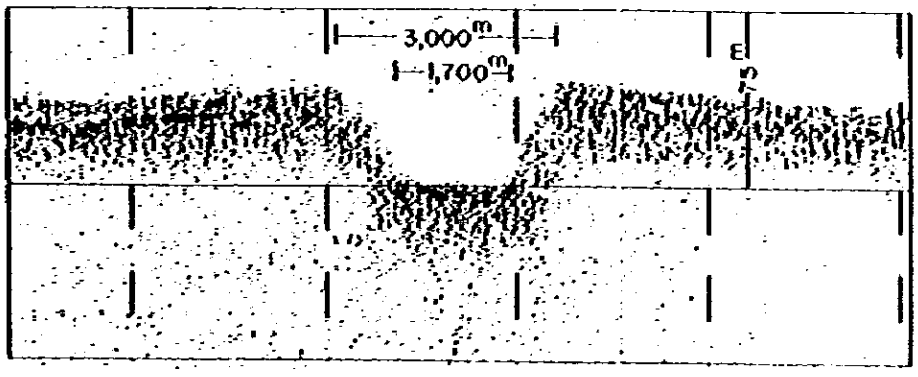
図 6.2　　海底谷の音波探査記録（レイセオン　3.5 KC による）



Submarine Canyon No.5

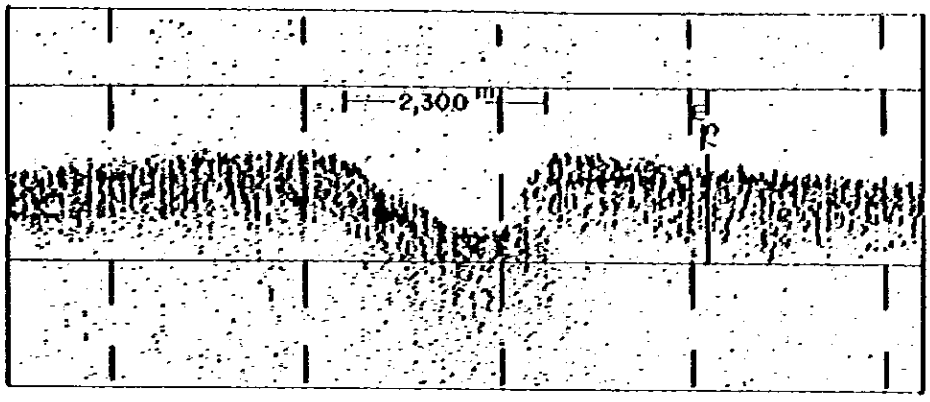


Submarine Canyon No.6

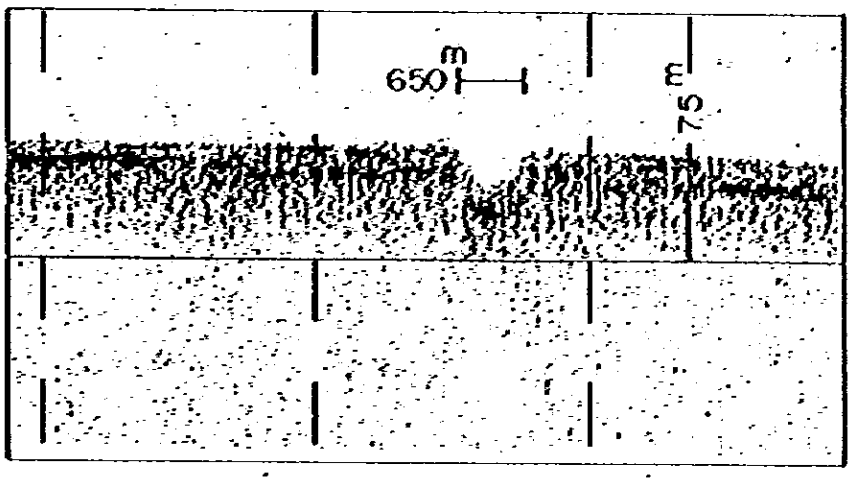


Submarine Canyon No.7

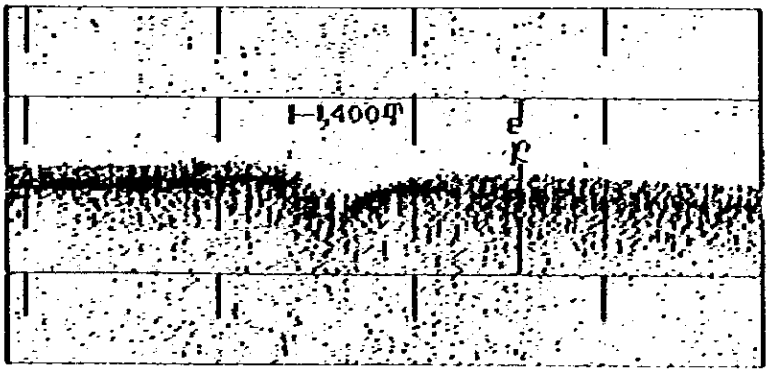
図 6.3　　海底谷の音波探査記録（レイセオン 3.5 KC による）



Submarine Canyon No.8

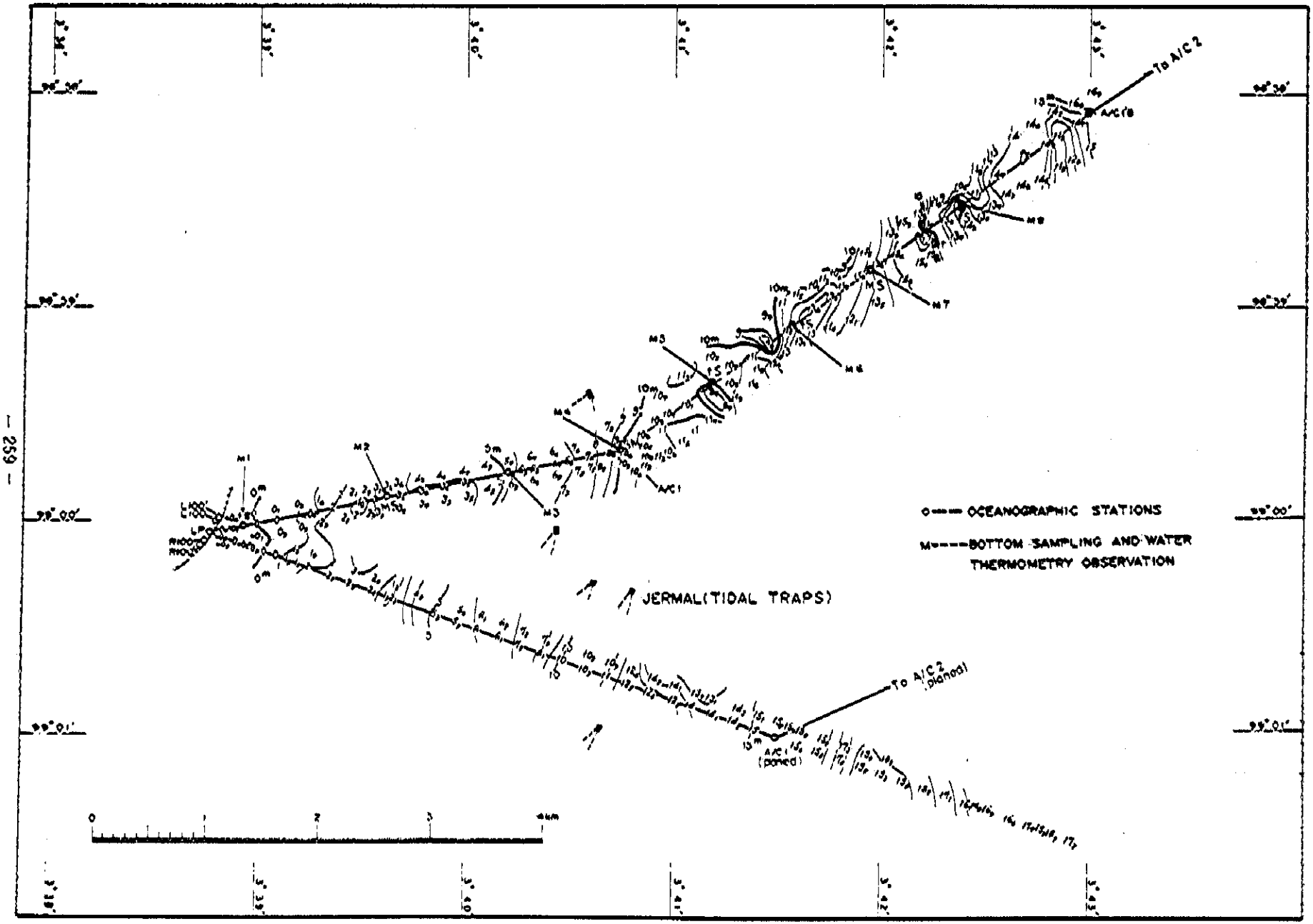


Submarine Canyon No.9

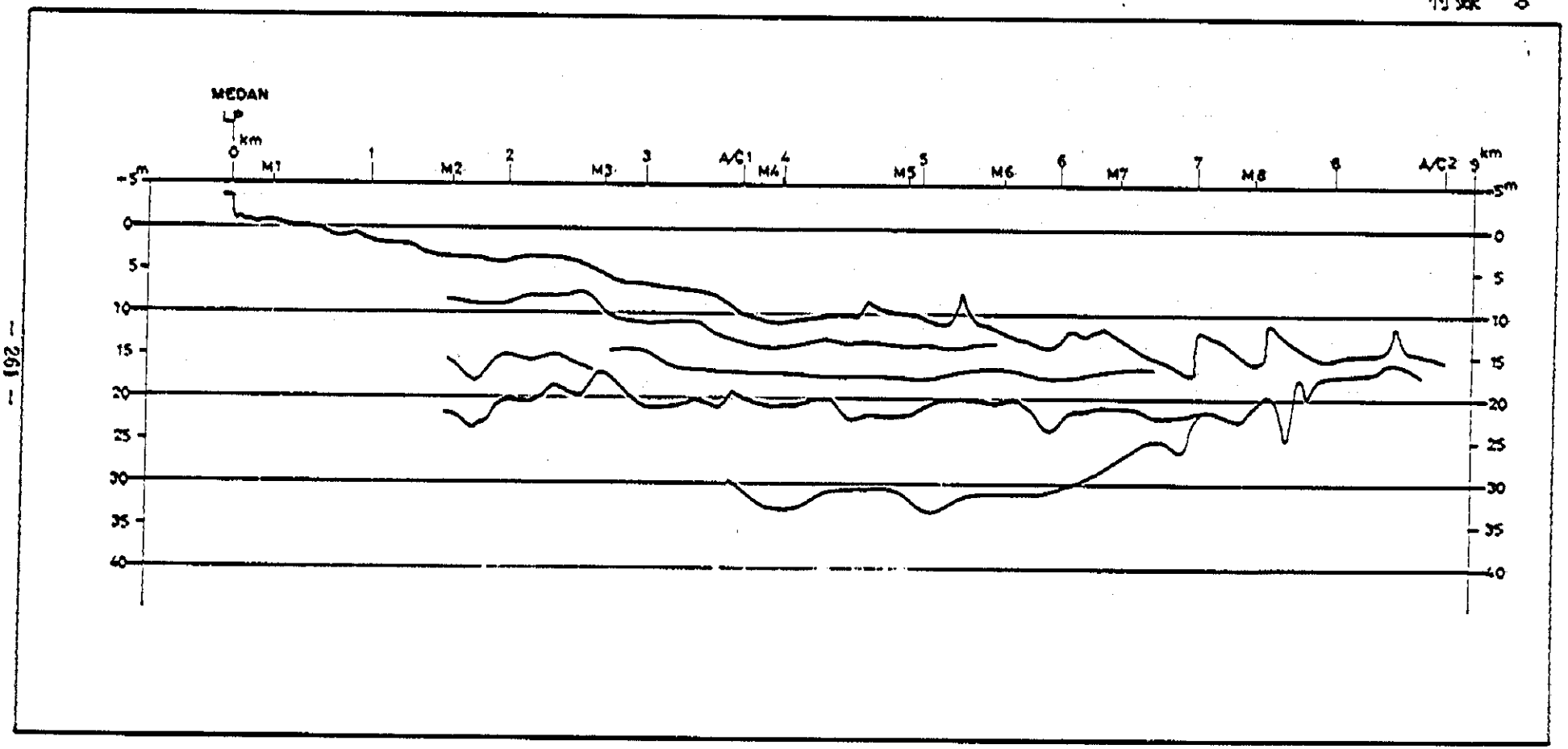


Submarine Canyon No.10

図 6.4　　海底谷の音波探査記録（レイセオン 3.5 KCKよる）



パンタイチェルミン沿岸部ルート地形図



パンタイチェルミン沿岸部ルート海底地形・地質断面図

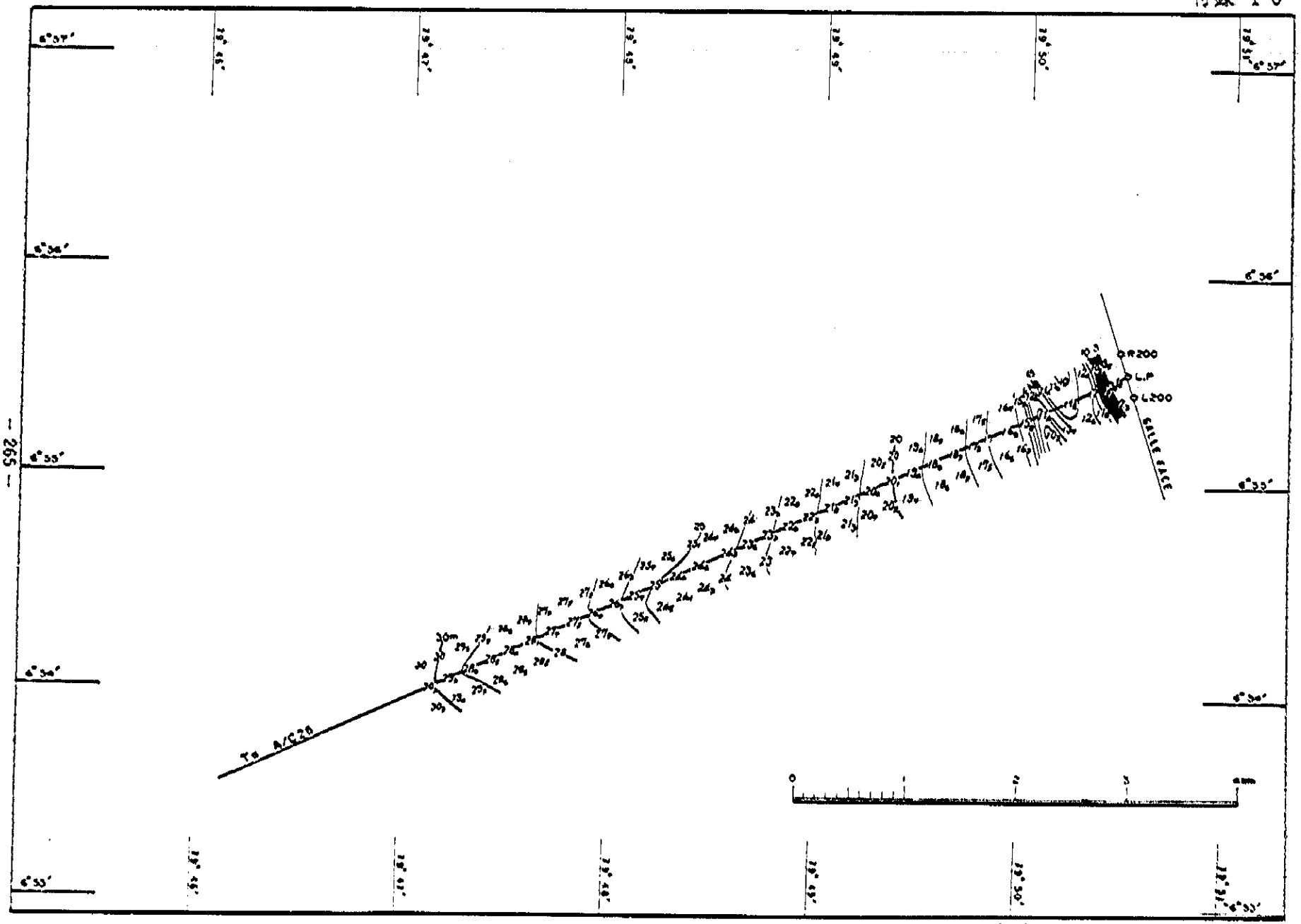
付録 9

停船海洋調査データ（パンタイチュルミン沿岸部）

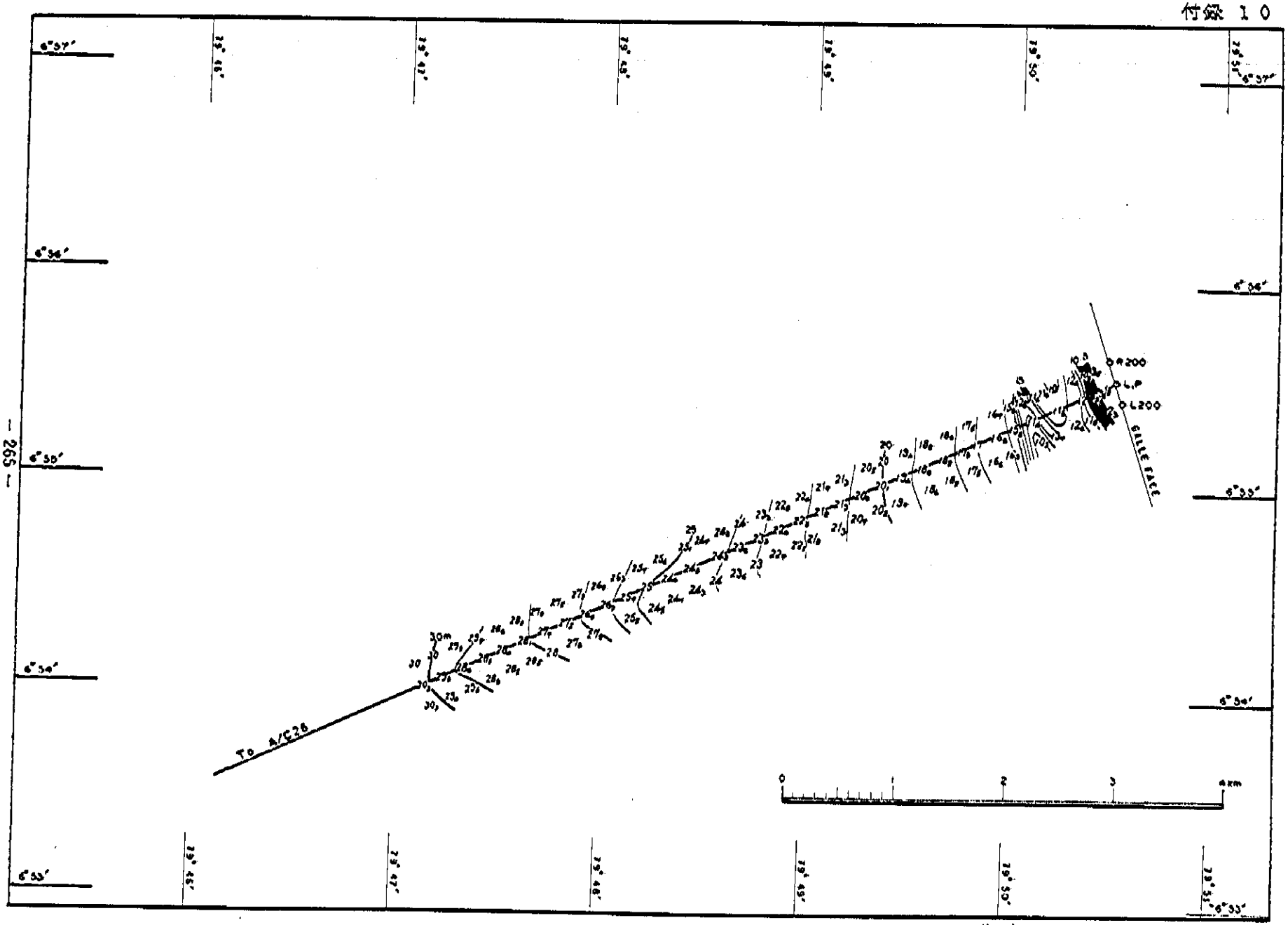
Observational Item \ Station		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Sampling Date		24th Sep	24th Sept	24th Sept	24th Sept	24th Sept	24th Sept	24th Sept	24th Sept
Location	(N)	3°-38'.93	3°-39'.62	3°-40'.21	3°-40'.74	3°-41'.19	3°-41'.57	3°-42'.10	3°-42'.54
	(E)	99°-00.02	98°-59'.89	98°-59'.77	98°-59'.67	98°-59'.33	98°-59'.08	98°-58'.74	98°-58'.37
Depth (M)			3.5	5.5	11.0	10.0	12.0	12.7	15.8
Temp. (°C)	Surface	-	29.6	29.7	29.4	29.4	29.4	29.5	29.5
	Bottom	-	29.3	29.3	29.3	29.3	29.4	29.3	29.4
Current (max.)	V (m/sec)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Direction	-	-	-	-	-	-	-	-
Sampling Device		G	G	G	G	G	G	G	G
Bottom Materials & Core Length (cm)		fine Sand	Muddy Sand	Sand	Sandy Mud	fine Sand	fine Sand	Muddy Sand	fine Sand
Photo No.		-	-	-	-	-	-	-	-

Gravel
Sand
Silt
Clay
Shell Fragment

P: Piston Corer V: Vibrocorer G: Grab Type Sampler D: Dredger

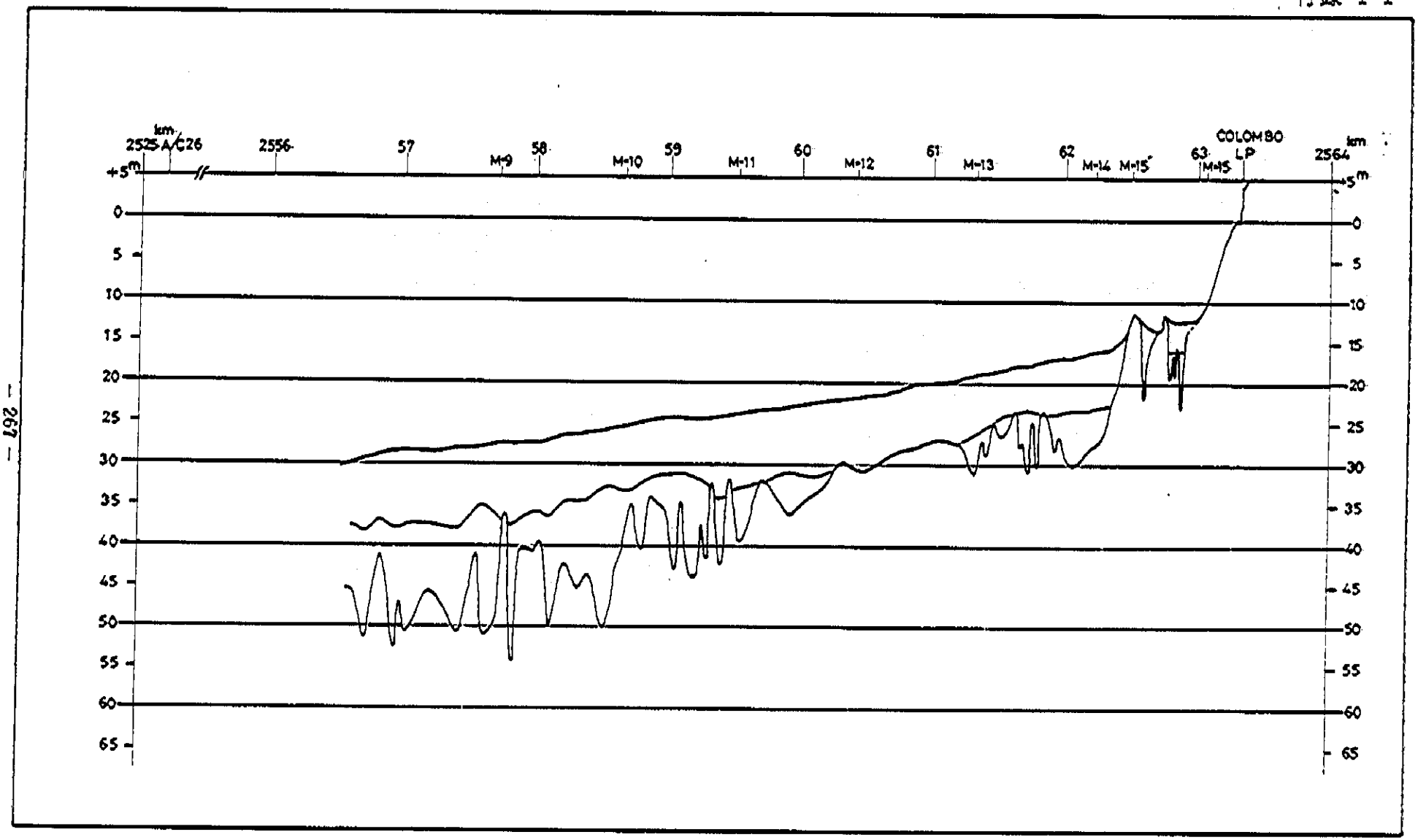


ロロンボ沿岸部ルート地形図

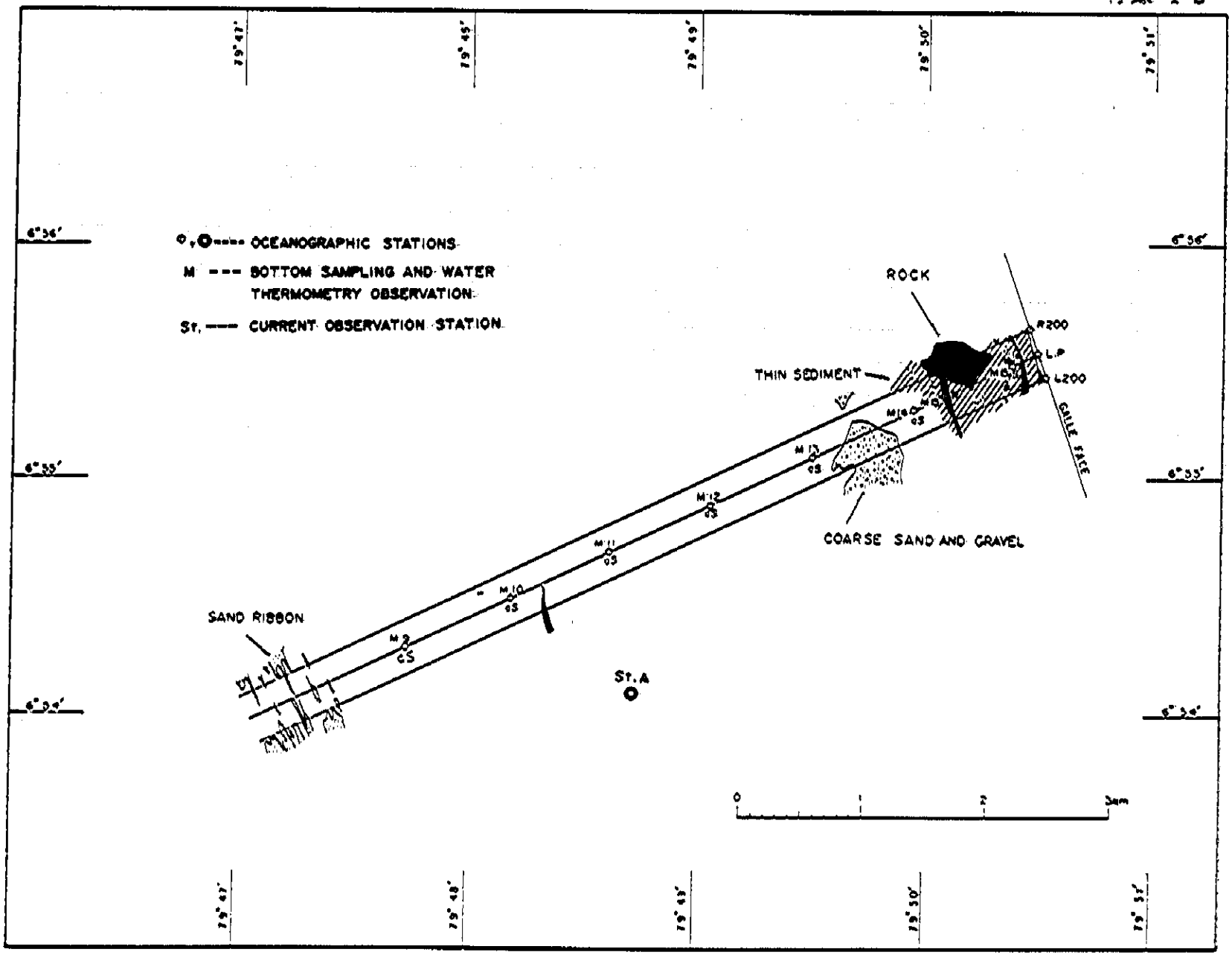


sounding in metres

コロンボ沿岸部ルート地形図



コロンボ沿岸部ルート海底地形・地質断面図



ニロンボ沿岸部底質分布図

停船海洋調査データ（コロンボ沿岸部）

付録13

Observational Item \ Station		M10	M11	M12	M13	M14	M15''	M15	St A	M9
Sampling Date		20th Oct	20th Oct	20th Oct	20th Oct	20th Oct	20th Oct	20th Oct	18th-19th Oct	20th Oct
Location	(N)	6°-54'.49	6°-54'.69	6°-54'.89	6°-55'.49	6°-55'.30	6°-55'.36	6°-55'.48	6°-54'.10	6°-54'.29
	(E)	79°-48'.17	79°-48'.62	79°-49'.06	79°-50'.36	79°-49'.95	79°-50'.08	79°-50'.42	79°-48'.72	79°-47'.73
Depth	(M)	25.5	24.0	22.0	18.0	16.0		10.5	23.5	27.5
Temp. (°C)	Surface	28.5	28.6	28.5	28.6	28.3	-	28.1	-	28.3
	Bottom	25.7	25.8	25.9	26.2	27.3	-	26.7	-	25.6
Current (max.)	V (m/sec)	-	-	-	-	-	-	-	25.6	
	Direction	-	-	-	-	-	-	-	S	
Sampling Device		G	G	G	G	G	Camera	G	—	G
Bottom Materials & Core Length (cm)		Coarse Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Rock	fine Sand	—	Coarse Sand
Photo No.		-	-	-	-	-	00	0	-	-

Gravel

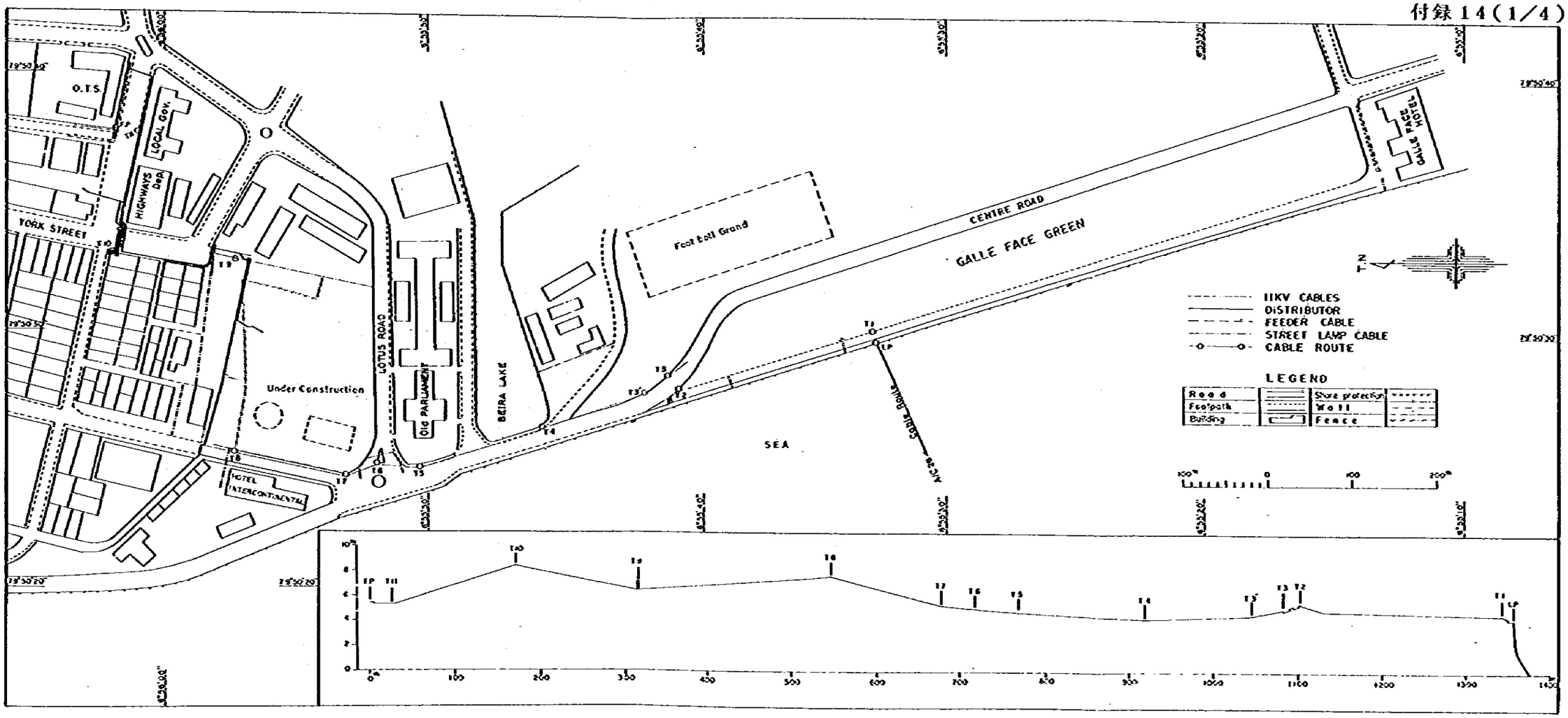
Sand

Silt

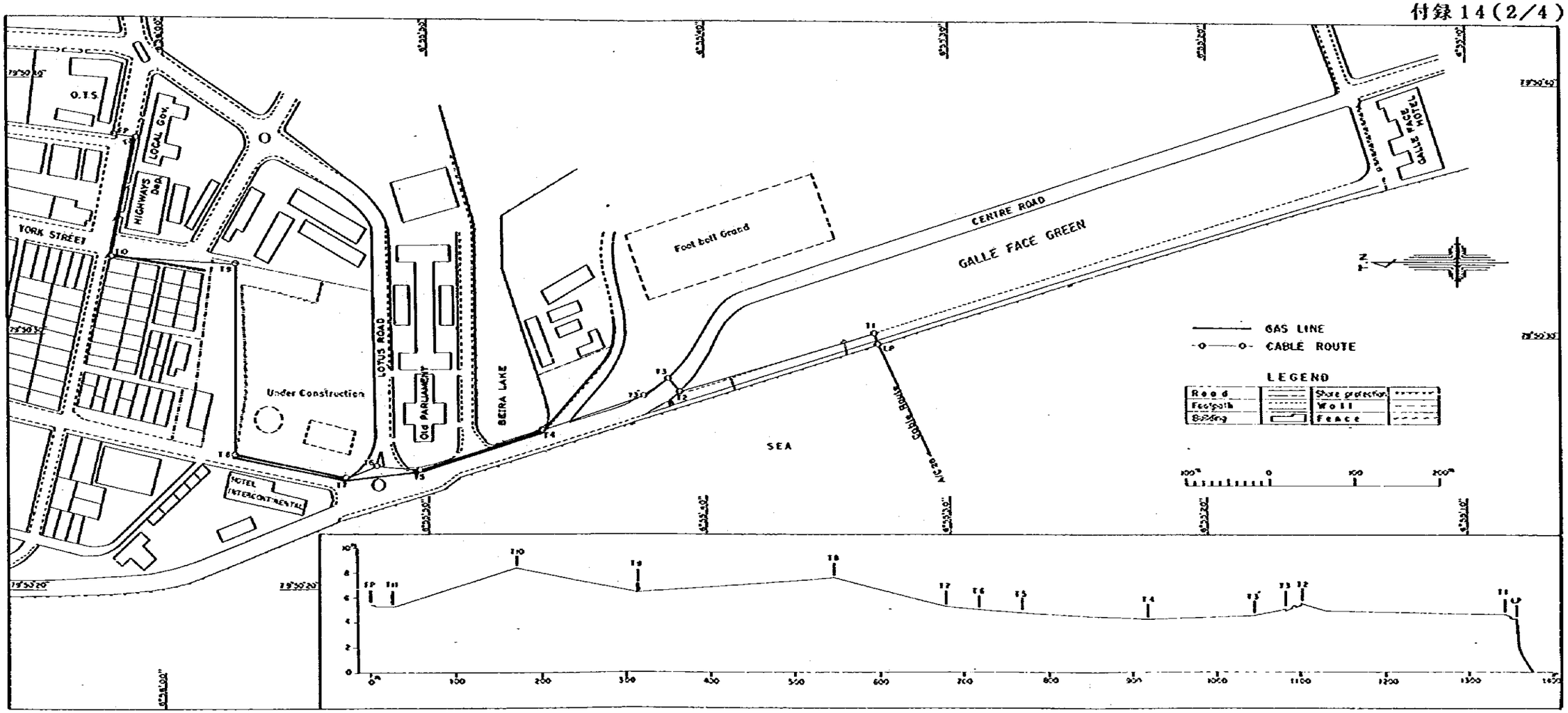
Clay

Shell Fragment

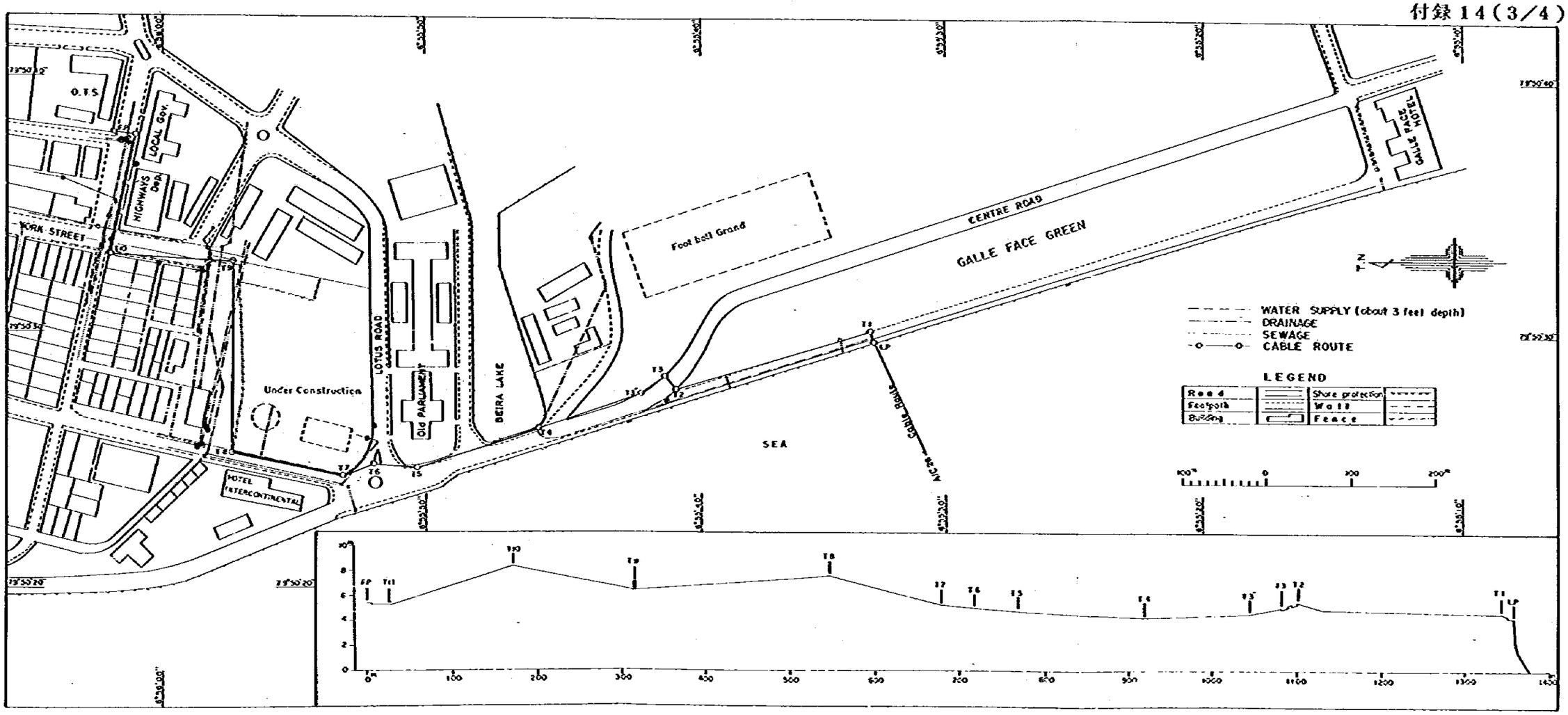
P: Piston Corer V: Vibrocorer G: Grab Type Sampler D: Dredger



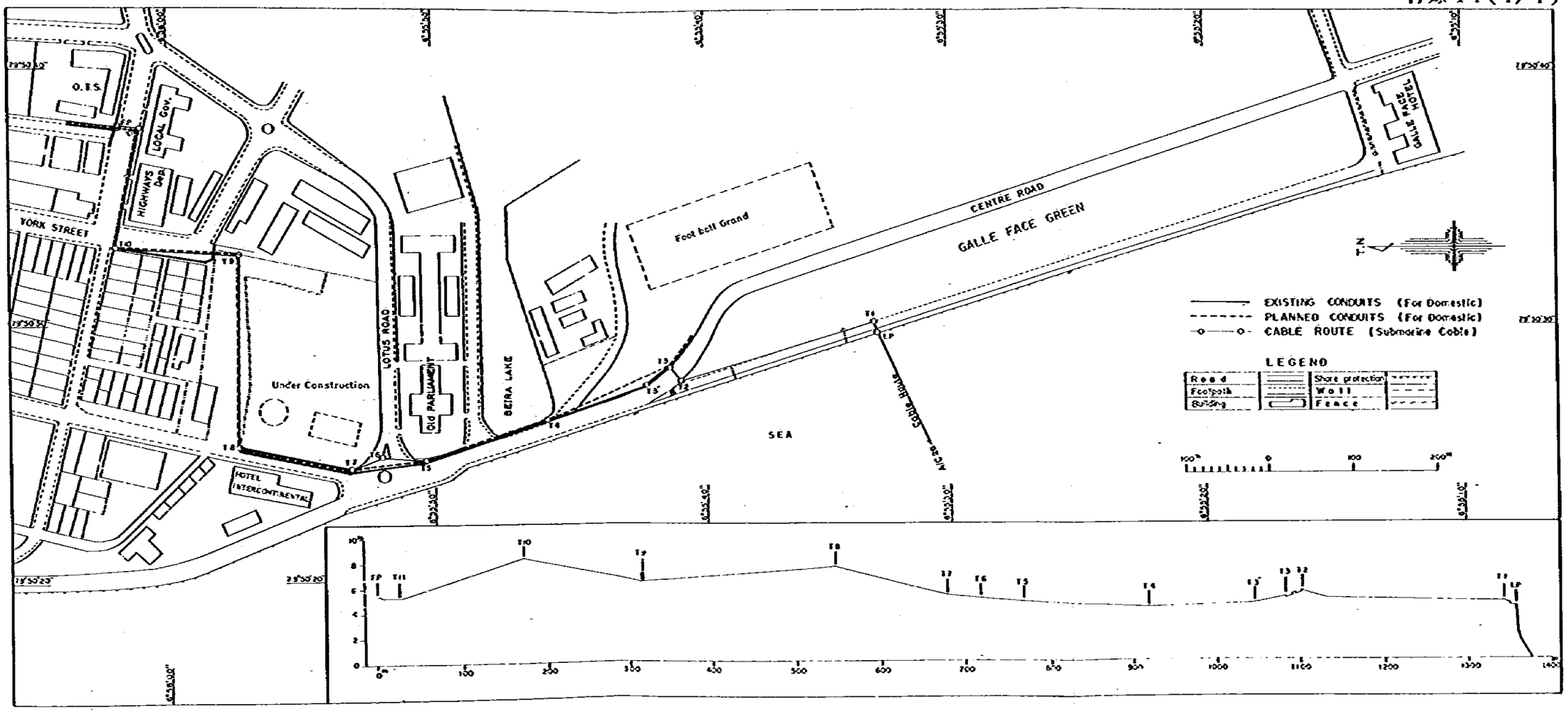
コロンボ陸上部ケーブルルート付近の地下埋設物（電力ケーブル）



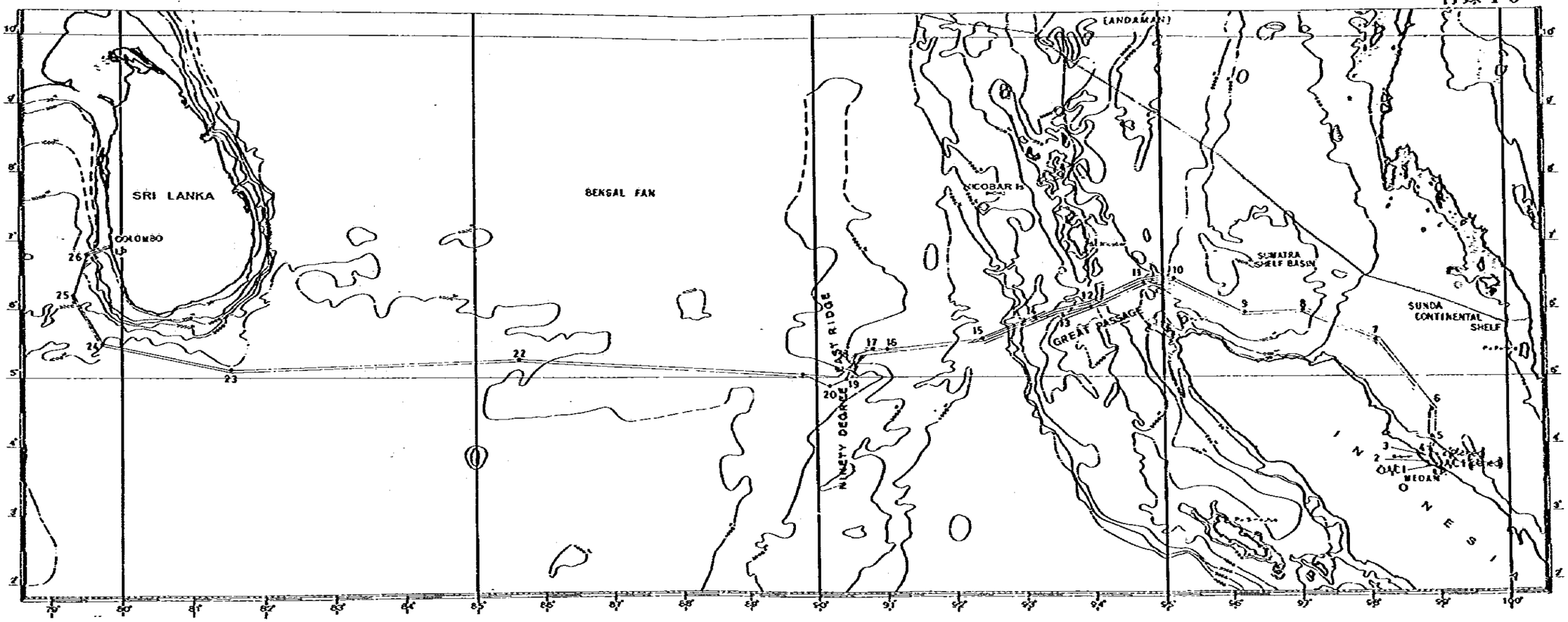
コロンボ陸上部ケーブルルート付近の地下埋設物（ガス管）



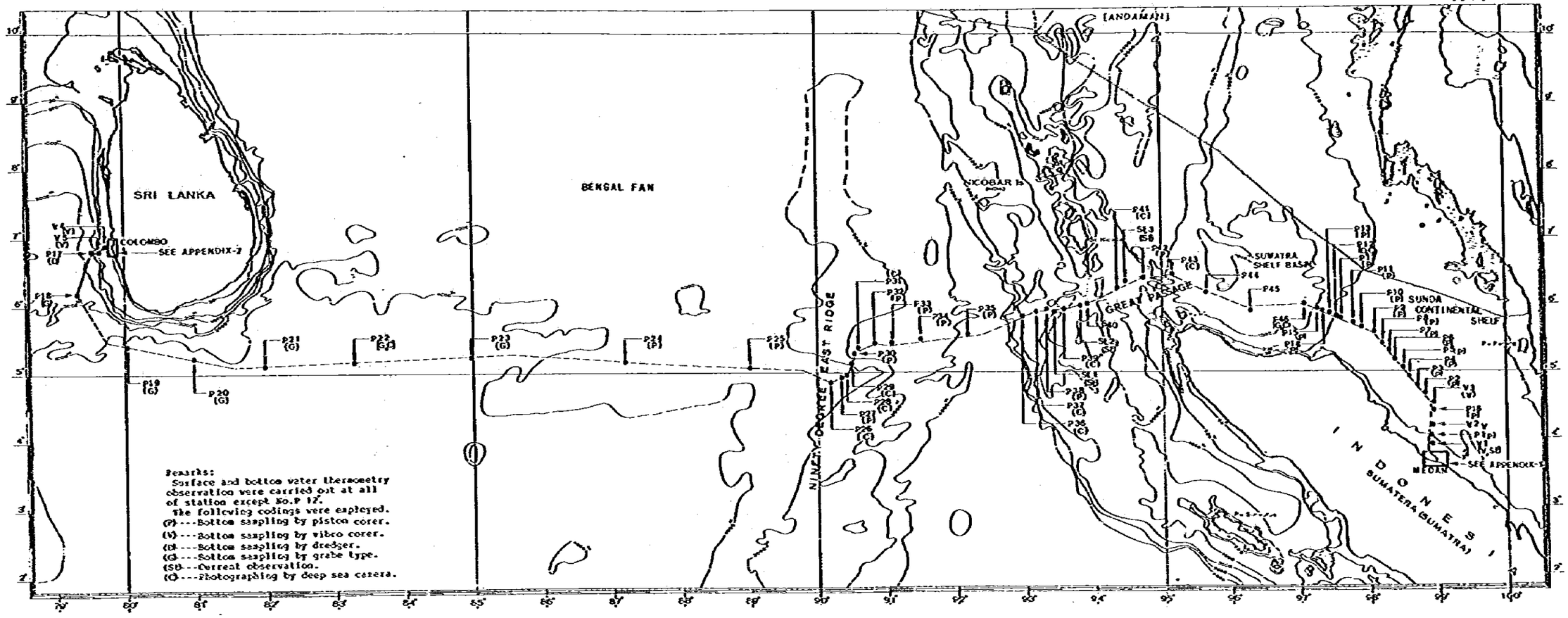
コロンボ陸上部ケーブルルート付近の地下埋設物（給水管，排水管および下水道）



コロンボ陸上部ケーブルルート付近の地下埋設物(既存および計画中の国内通信ケーブル)


SRI LANKA
COLOMBO
BENGAL FAN
NICOBAR IS
(ANDAMAN)
SUMATRA SHELF BASIN
SUNDA CONTINENTAL SHELF
GREAT PASSAGE
NINETY DEGREE RIDGE
ACEH
MEDAN

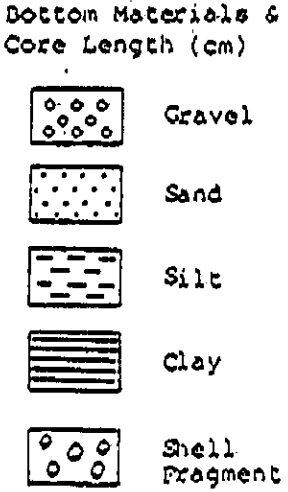
調　査　ル　ー　ト　図


SRI LANKA
COLOMBO
SEE APPENDIX-2
BENGAL FAN
NICOBAR IS.
[ANDAMAN]
SUMATRA SHELF BASIN
GREAT PASSAGE
SUNDA CONTINENTAL SHELF
NINETYEAST RIDGE
INDONESIA
SUMATERA (SUMATRA)
MEDAN
SEE APPENDIX-2
Remarks:
Surface and bottom water thermometry observation were carried out at all of station except No.P 17.
The following codings were employed.
(P)---Bottom sampling by piston corer.
(V)---Bottom sampling by vibro corer.
(D)---Bottom sampling by dredger.
(G)---Bottom sampling by grabe type.
(SB)--Current observation.
(C)---Photographing by deep sea camera.

海　洋　調　査　地　点　図

停船海洋調査データ(浅海部,深海部)

Observational Item \ Station		V1	P1	V2	P16	V3	P2	P3	P4
Sampling Date		27th Sept 23-24th Sep	27th Sept	27th Sept	30th Sept	27th Sept	28th Sept	28th Sept	28th Sept
Location	(N)	3°-55'.00	4°-04'.73	4°-13'.20	4°-24'.76	4°-32'.00	4°-39'.65	4°-47'.15	4°-55'.33
	(E)	98°-52'.00	98°-54'.73	98°-55'.07	98°-55'.16	98°-55'.00	98°-48'.52	98°-43'.21	98°-36'.52
Depth	(M)	30.0	32.7	42.0	55.0	62.0	67.0	68.5	75.0
Temp. (°C)	Surface	30.6	30.1	30.0	30.1	29.7	29.9	30.0	29.9
	Bottom	29.7	29.6	29.6	29.0	27.3	25.7	27.0	26.7
Current (max.)	V (m/sec)	57.8 / 58.9	-	-	-	-	-	-	-
	Direction	NW / SE	-	-	-	-	-	-	-
Sampling Device		V	P	V	P	V	P	P	P
Bottom Materials & Core Length (cm)		30 / 285	20 / 95	40 / 223	20 / 55	40 / 205	30 / 68	5 / 37	20 / 48
Photo No.		-	-	-	-	-	-	-	-

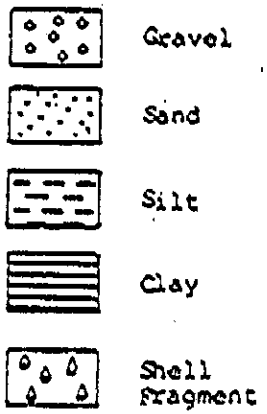


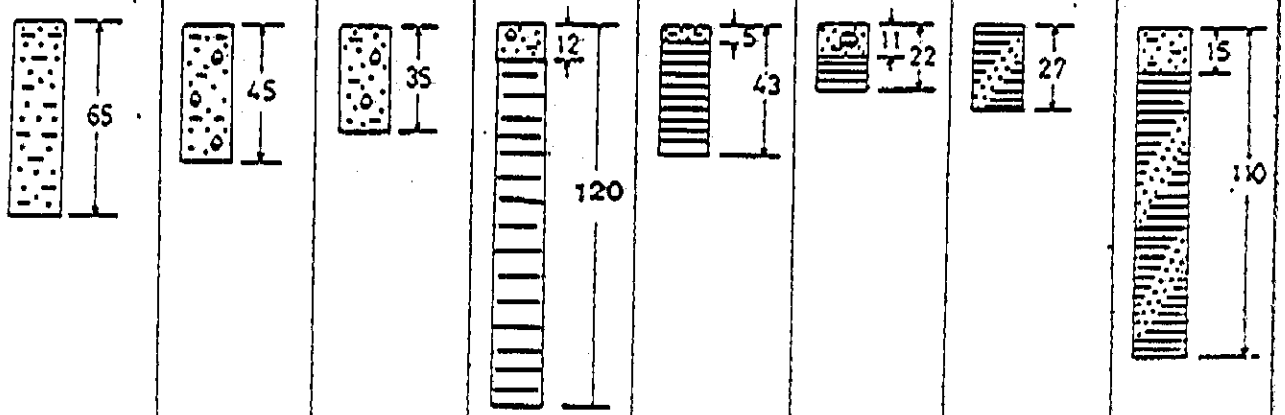
P: Piston Corer V: Vibrocorer G: Grab Type Sampler D: Dredger

停船海洋調査データ(浅海部,深海部)

Observational Item \ Station		P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Sampling Date		28th Sept	28th Sept	28th Sept	28th Sept	29th Sept	29th Sept	29th Sept	29th Sept
Location	(N)	5°-0.3'.15	5°-10'.85	5°-18'.81	5°-26'.25	5°-35'.02	5°-38'.83	5°-42'.78	5°-46'.63
	(E)	98°-29'.90	98°-24'.24	98°-17'.89	98°-11'.94	98°-04'.91	97°-55'.69	97°-46'.58	97°-37'.28
Depth	(M)	70.0	91.0	91.5	96.0	107	105	105	115
Temp. (°C)	Surface	30.9	30.9	30.0	30.0	29.6	29.4	29.2	29.3
	Bottom	25.3	25.3	25.0	25.8	20.5	19.8	19.2	19.5
Current (max.)	V (m/sec)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Direction	-	-	-	-	-	-	-	-
Sampling Device		P	P	P	P	P	P	P	P
Photo No.		—	—	—	—	—	—	—	—

Bottom Materials & Core Length (cm)





P: Piston Corer V: Vibrocorer G: Grab Type Sampler D: Dredger

停船海洋調査データ(浅海部,深海部)

Observational Item \ Station		P12'	P13	P14	P15	P46	P45	P44	P43
Sampling Date		9th Nov	29th Sept	29th Sept	29th Sept	9th Nov	8th Nov	8th Nov	8th Nov
Location	(N)	5°-48'.69	5°-50'.43	5°-52'.92	5°-55'.25	5°-59'.76	5°-52'.95	6°-10'.36	6°-25'.88
	(E)	97°-32'.62	97°-27'.69	97°-22'.18	97°-16'.17	97°-04'.97	96°-19'.15	95°-38'.29	95°-08'.87
Depth	(M)	145	523	834	990	1,180	1,313	1,267	1,315
Temp. (°C)	Surface	-	29.6	30.2	30.7	28.6	28.8	29.0	28.0
	Bottom	-	10.1	8.1	7.3	5.5	5.0	5.0	4.9
Current (max.)	V (m/sec)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Direction	-	-	-	-	-	-	-	-
Sampling Device		D	P	P	P	G	-	-	-
Bottom Materials & Core Length (cm)		rock	148	150	130	Mud	-	-	-
Photo No.		12	-	-	-	11	-	-	10

Gravel
Sand
Silt
Clay
Shell Fragment

P: Piston Corer V: Vibrocorer G: Grab Type Sampler D: Dredger

停船海洋調査データ（浅海部，深海部）

Observational Item \ Station		P42	St 3	P41	P40	St 2	P39	St 1	P38
Sampling Date		3rd Nov	8th Oct	4th Nov	3rd Nov	9th Oct	3rd Nov	9th Oct	2nd Nov
Location	(N)	6°-23'.02	6°-20'.40	6°-12'.87	6°-01'.27	5°-58'.73	5°-54'.54	5°-57'.42	5°-53'.82
	(E)	94°-43'.53	94°-28'.27	94°- 20'.86	93°-55'.28	93°-49'.03	93°-35'.06	93°- 26'.01	93°-20'.45
Depth	(M)	1,980	1,557	1,736	1,230	1,380	2,000	1,565	1,790
Temp. (°C)	Surface	28.3	29.0	28.3	28.2	29.0	28.1	29.1	28.3
	Bottom	4.9	5.0	4.6	5.4	5.4	4.8	5.1	5.1
Current (max.)	V (m/sec)	-	26.6 / 49.3	-	-	37.2 / 31.2	-	41.4 / 28.2	-
	Direction	-	NNE / WSW	-	-	NNE / SSW	-	SSW / E	-
Sampling Device		P	-	-	-	-	-	-	P
Bottom Materials & Core Length (cm)		29	-	-	-	-	-	-	139
Photo No.		-	-	9	-	-	8	-	-

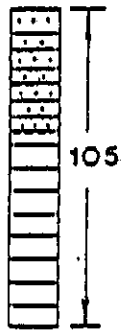
Bottom Materials & Core Length (cm): Gravel, Sand, Silt, Clay, Shell Fragment

P: Piston Corer V: Vibrocorer G: Grab Type Sampler D: Dredger

Observational Item \ Station	P37	P36	P35	P34	P33	P32	P31	P30
Sampling Date	2nd Nov	2nd Nov	1st Nov	31st Oct	31st Oct	31st Oct	30th Oct	30th Oct
Location (N)	5°-53'.20	5°-48'.88	5°-32'.55	5°-28'.15	5°-23'.90	5°-25'.50	5°-19'.65	5°-14'.93
Location (E)	93°-10'.29	92°-58'.53	92°-11'.65	91°-29'.30	91°-03'.72	90°-49'.45	90°-35'.15	90°-32'.78
Depth (M)	1,220	1,740	4,115	3,800	3,680	3,779	3,260	3.302
Temp. (°C) Surface	28.2	28.2	28.6	28.6	28.4	28.5	28.7	28.8
Temp. (°C) Bottom	5.4	3.2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5
Current (max.) V (m/sec)	-	-	-	-	-	-	-	-
Current (max.) Direction	-	-	-	-	-	-	-	-
Sampling Device	-	-	P	P	P	P	-	P
Bottom Materials & Core Length (cm)	-	-	21	40	92	20	-	65
Photo No.	7	6	-	-	-	-	5	-

Bottom Materials & Core Length (cm): Gravel, Sand, Silt, Clay, Shell Fragment

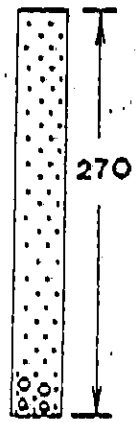
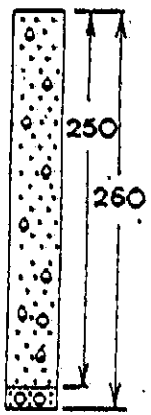
P: Piston Corer　V: Vibrocorer　G: Grab Type Sampler　D: Dredger

Observational Item \ Station		P29	P28	P27	P26	P25	P24	P23	P22
Sampling Date		30thOct	30th Oct	30th Oct	29th Oct	28th Oct	28th Oct	27th Oct	26th Oct
Location	(N)	5°-06'.40	4°-58'.23	4°-56'.24	4°-51'.76	5°-04'.99	5°-10'.60	5°-14'.45	5°-10'.12
	(E)	90°-28'.91	90°-25'.87	90°-21'.85	90°-10'.92	88°-59'.55	87°-10'.95	84°-59'.55	83°-17'.50
Depth	(M)	2,940	3,358	3,507	3,692	3,423	4,115	4,027	4,130
Temp. (°C)	Surface	29.0	29.0	28.8	29.2	29.1	28.5	29.3	28.5
	Bottom	1.6	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4
Current (max.)	V (m/sec)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Direction	-	-	-	-	-	-	-	-
Sampling Device		-	-	P	-	P	P	G	G
Bottom Materials & Core Length (cm)		-	-	 105	-	35	150	-	Mud
Photo No.		4	3	-	2	-	-	-	1

Gravel　Sand　Silt　Clay　Shell Fragment

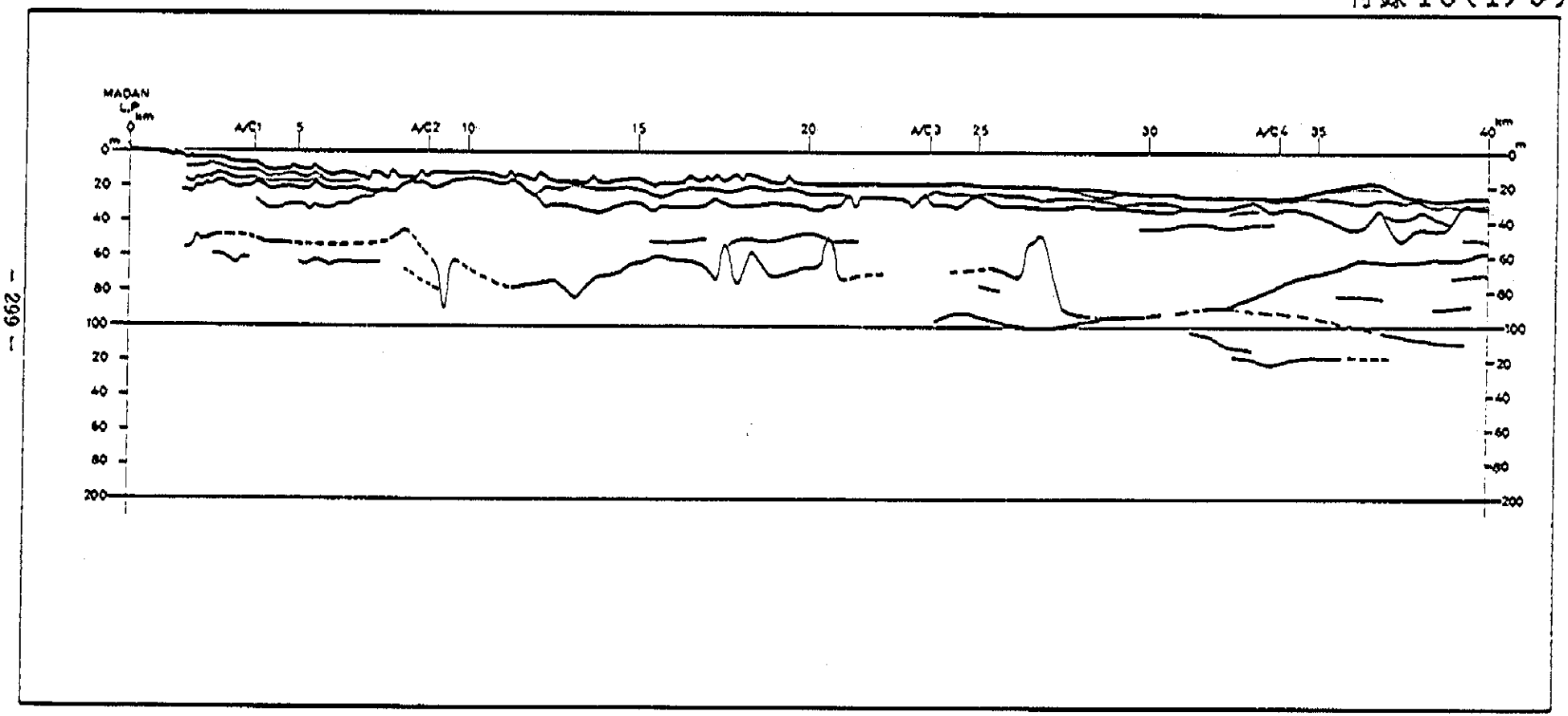
P: Piston Corer　V: Vibrocorer　G: Grab Type Sampler　D: Dredger

停船海洋調査データ（浅海部，深海部）

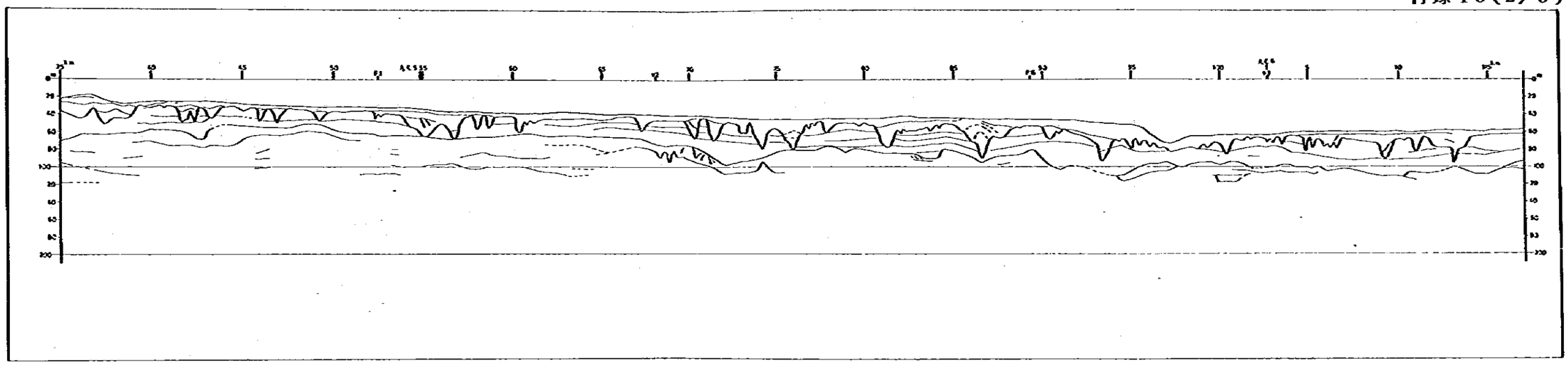
Observational Item \ Station		P21	P20	P19	P18	P17	V5	V4	
Sampling Date		26th Oct	25th Oct	25th Oct	24th Oct	24th Oct	23rd Oct	23rd Oct	
Location	(N)	5°-06'.59	5°-12'.52	5°-24'.01	6°-12'.23	6°-48'.46	6°-50'.35	6°-53'.03	
	(E)	81°-59'.33	80°-59'.22	80°-02'.36	79°-19'.12	79°-34'.82	79°-38'.94	79°-45'.10	
Depth	(M)	4,180	4,247	4,143	2.595	944	49.5	44.5	
Temp. (°C)	Surface	28.5	28.6	28.7	28.2	27.3	27.9	27.5	
	Bottom	1.4	1.4	1.4	1.9	6.7	25.7	25.2	
Current (max.)	V (m/sec)	-	-	-	-	-	-	-	
	Direction	-	-	-	-	-	-	-	
Sampling Device		G	G	G	G	D	V	V	
Bottom Materials & Core Length (cm)		-	-	-	-	Mud			
Photo No.		-	-	-	-	-	-	-	

Gravel
Sand
Silt
Clay
Shell Fragment

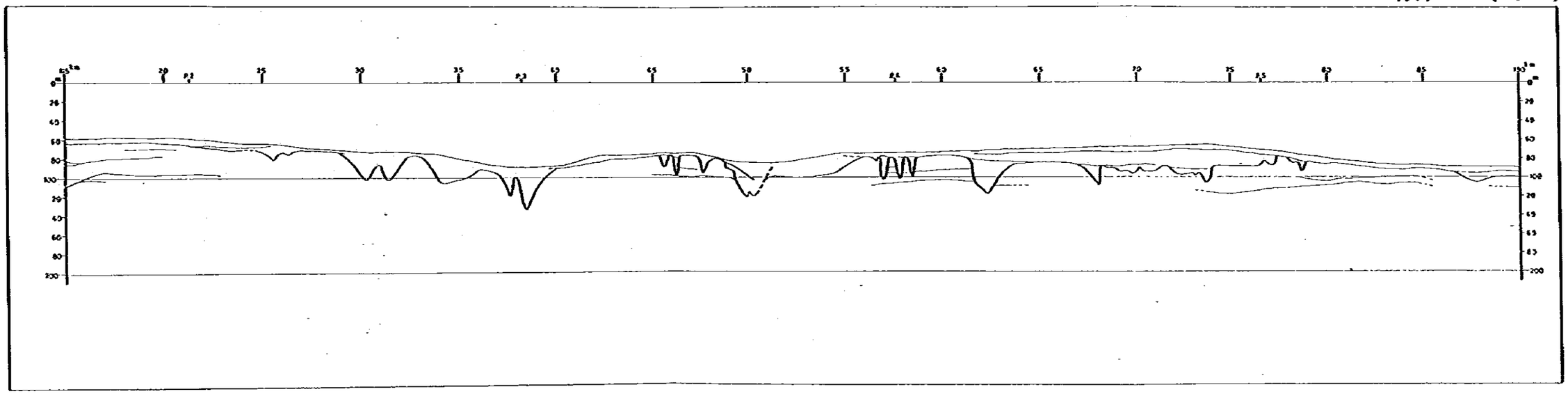
P: Piston Corer V: Vibrocorer G: Grab Type Sampler D: Dredger



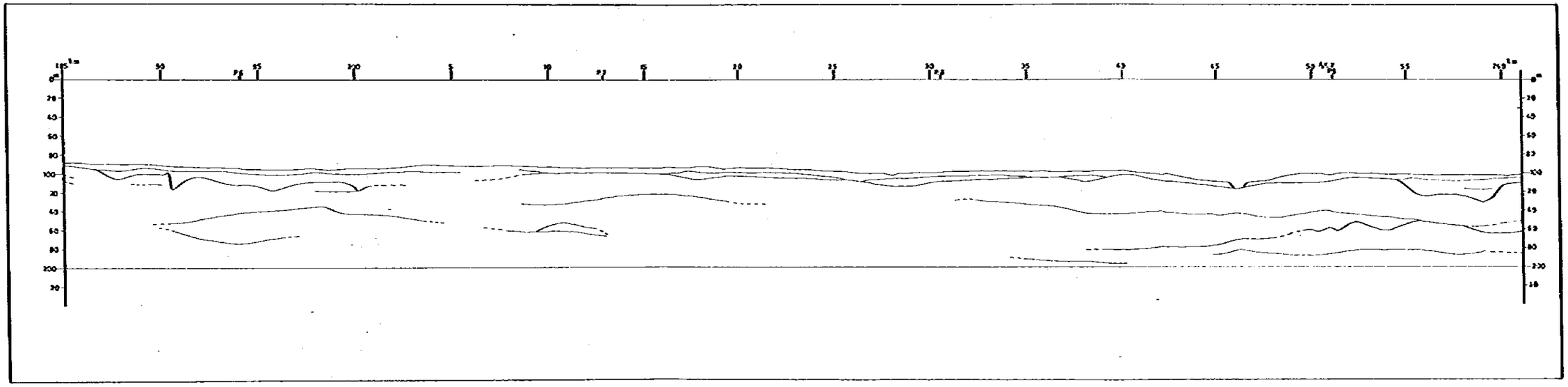
スンダ大陸棚および陸棚斜面の海底地形・地質断面図



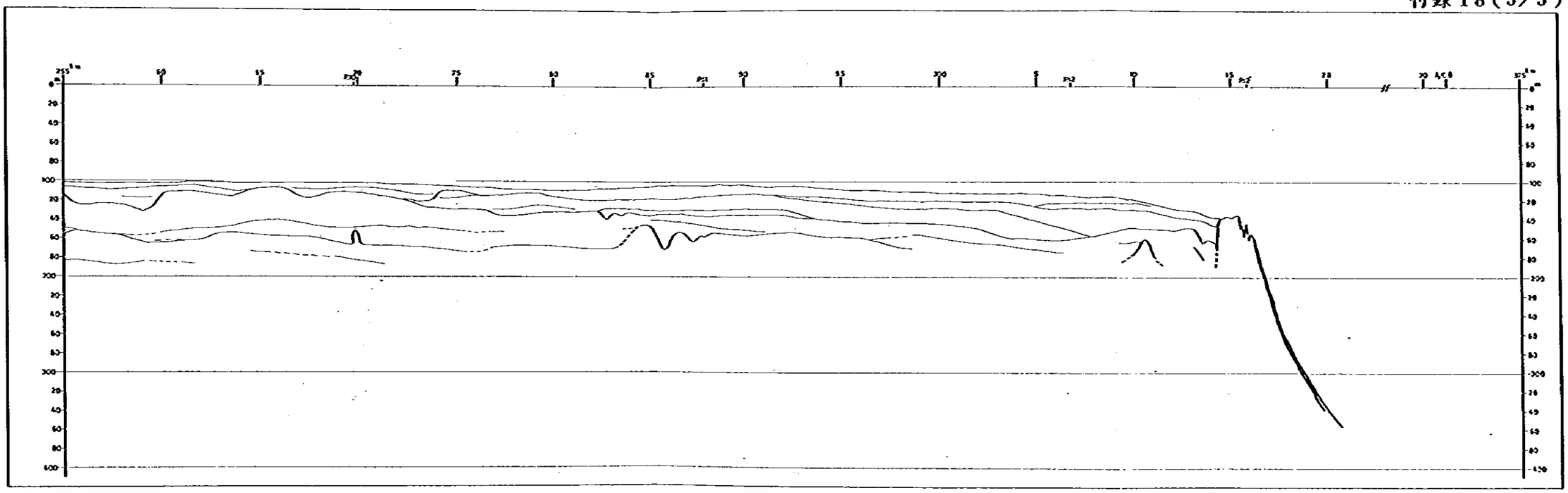
スンダ大陸棚および陸棚斜面の海底地形・地質断面図



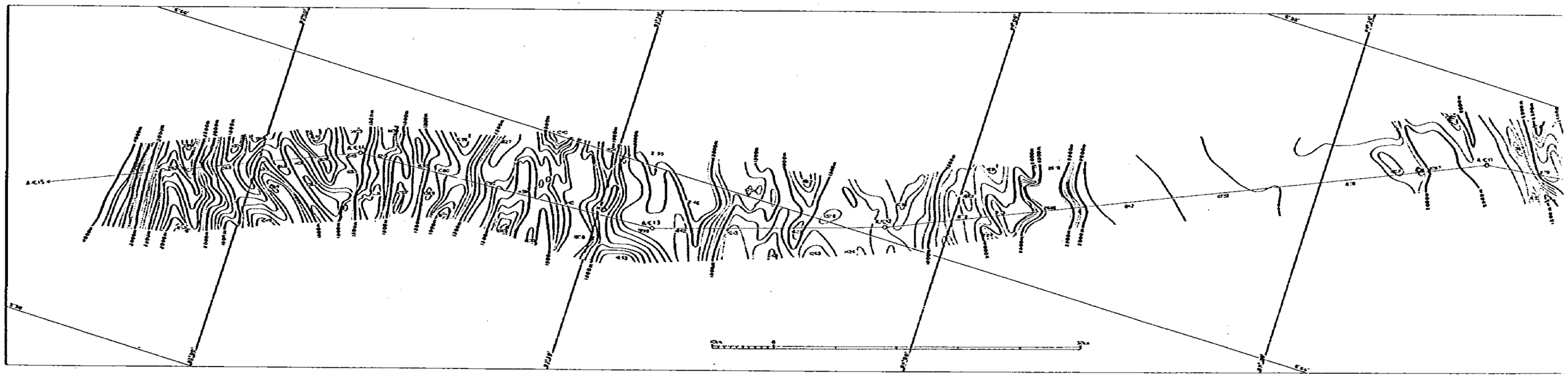
スンダ大陸棚および陸棚斜面の海底地形・地質断面図



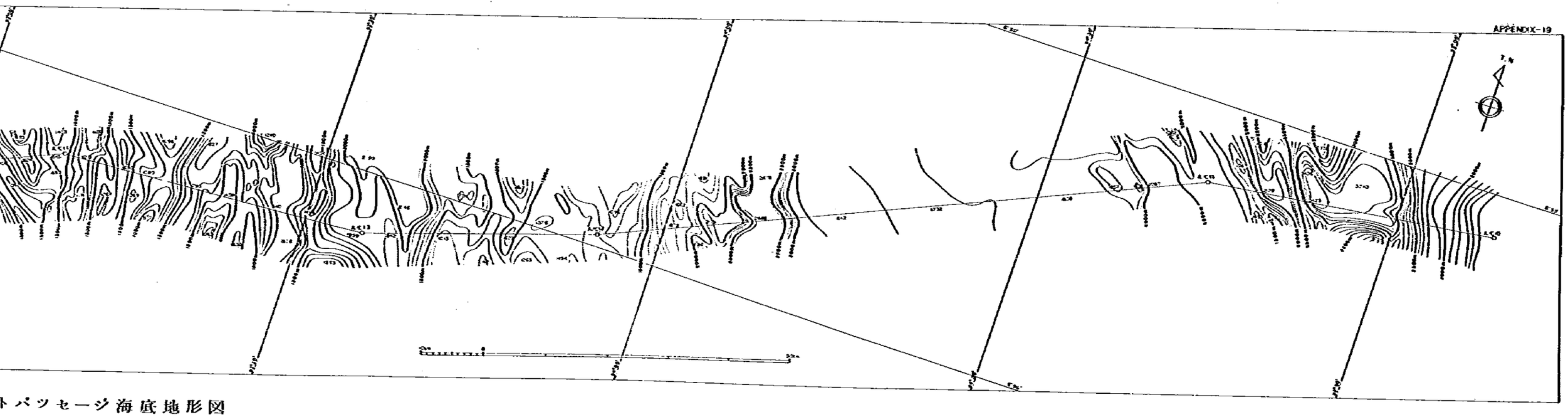
スンダ大陸棚および陸棚斜面の海底地形・地質断面図



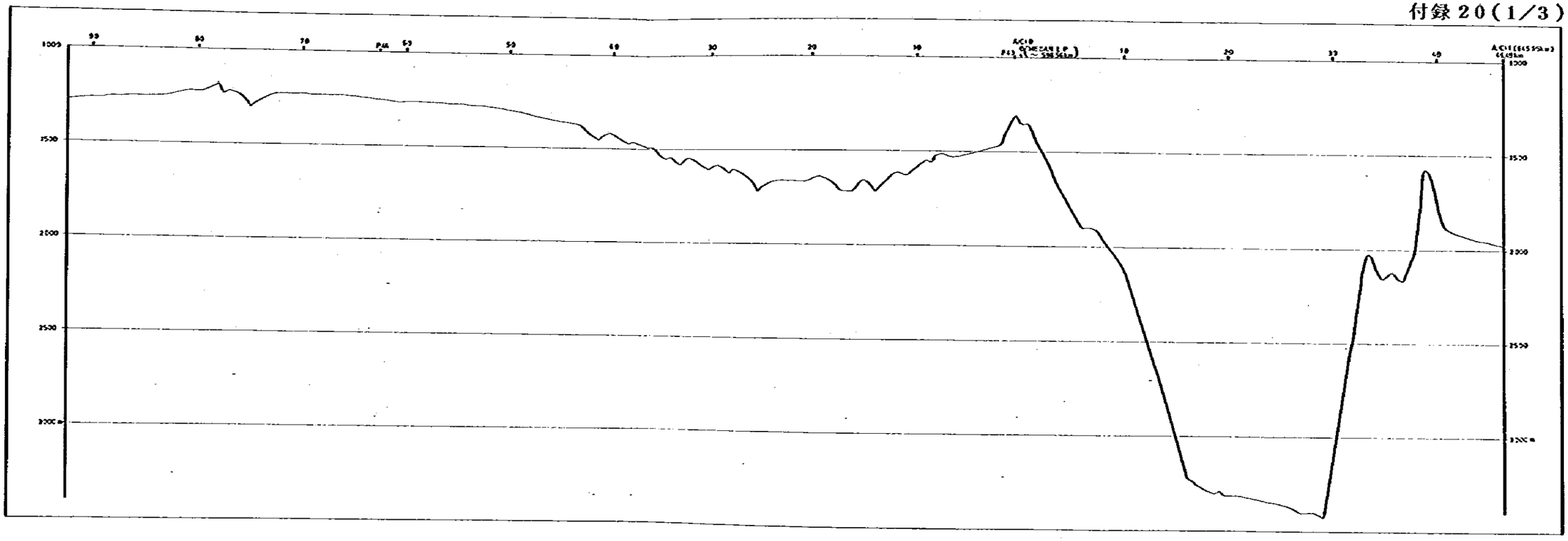
スンダ大陸棚および陸棚斜面の海底地形・地質断面図



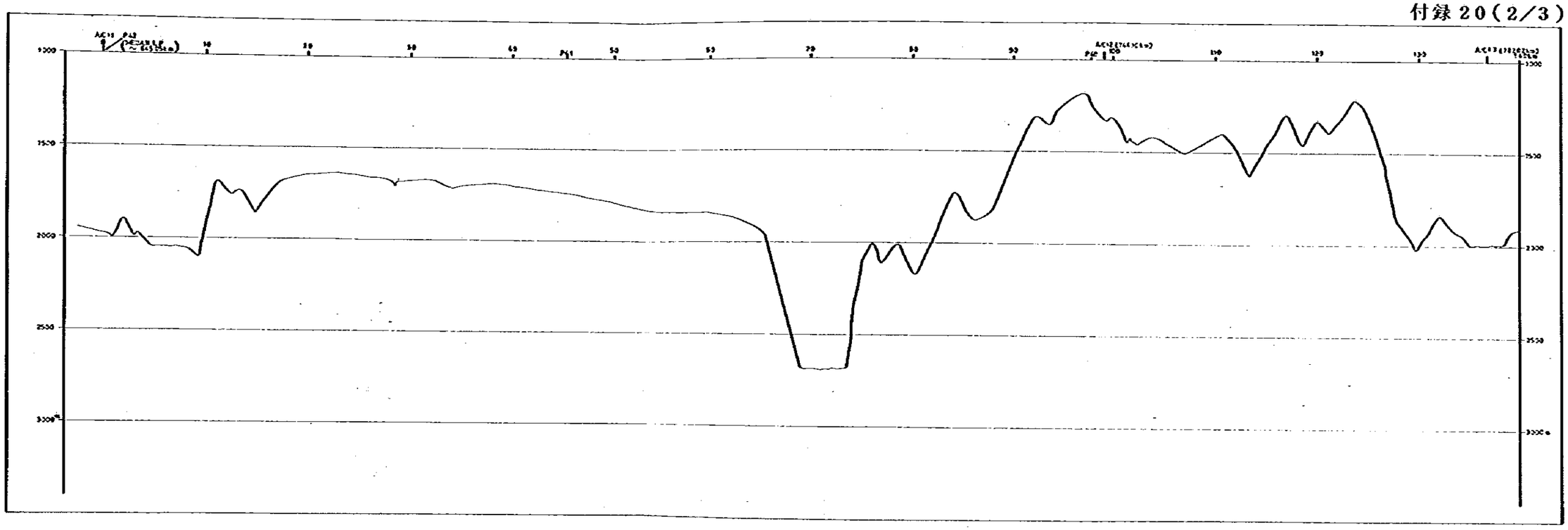
付録１９　　グレートパッセージ海底地形図



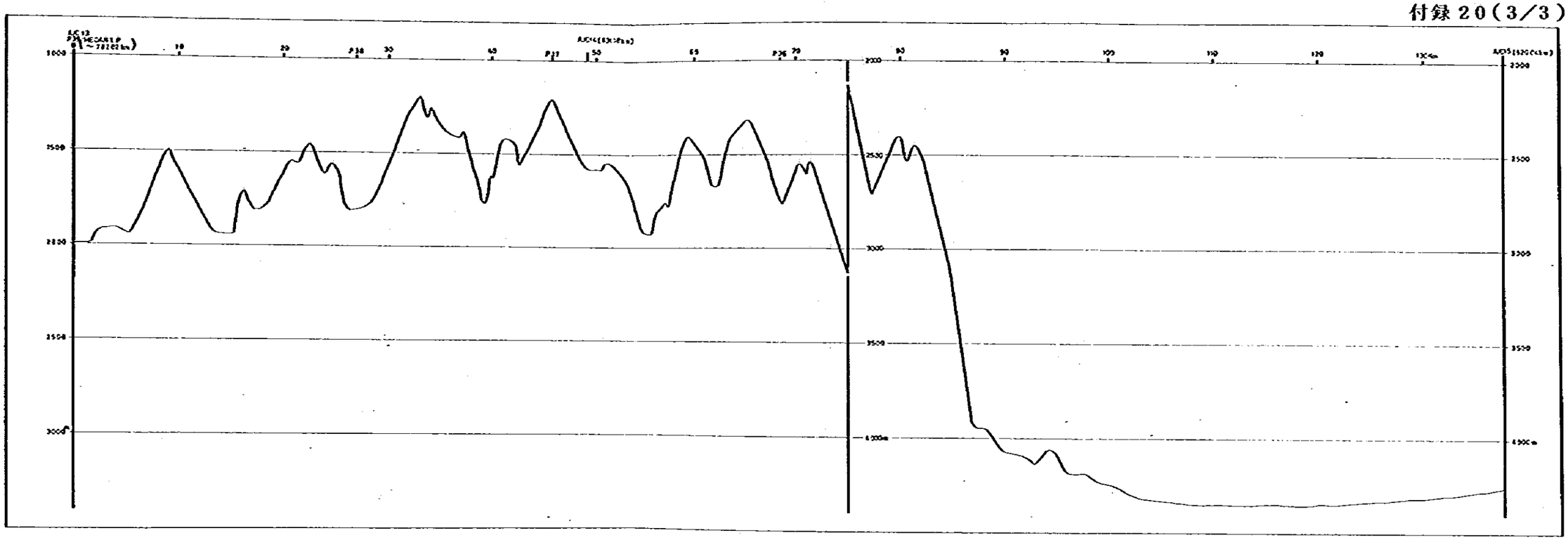
トパッセージ海底地形図



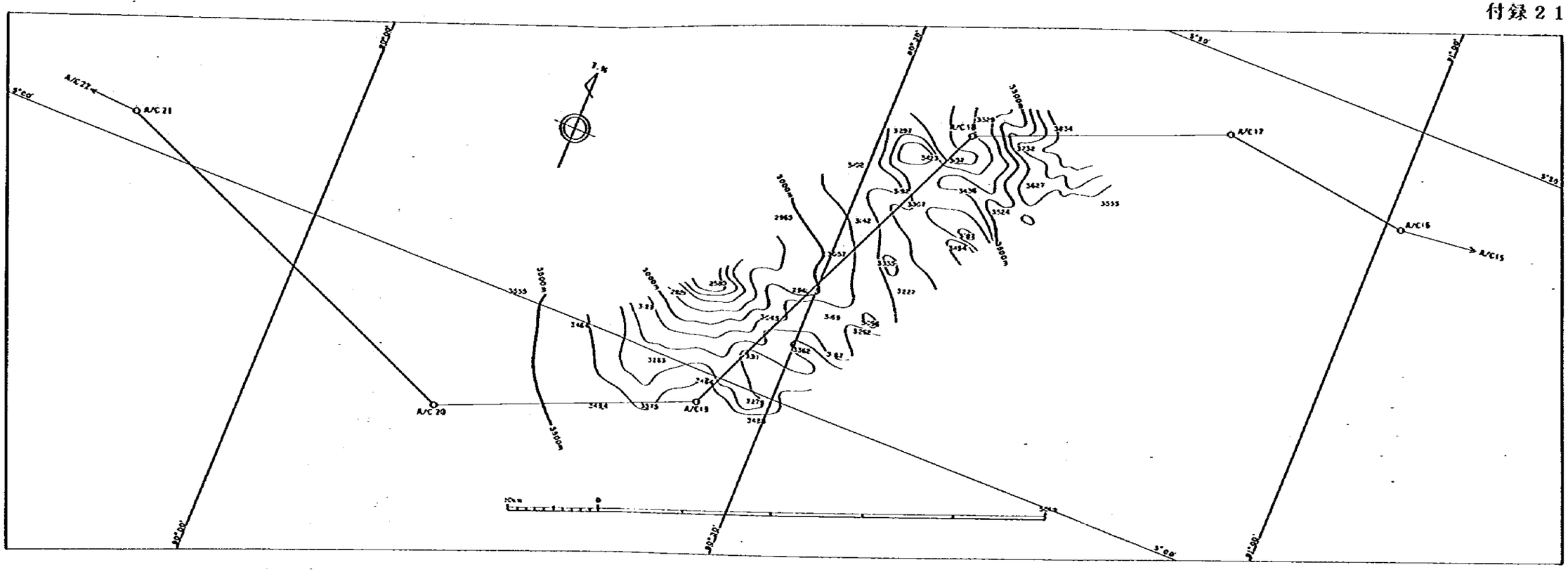
グレートパッセージ海底地形断面図



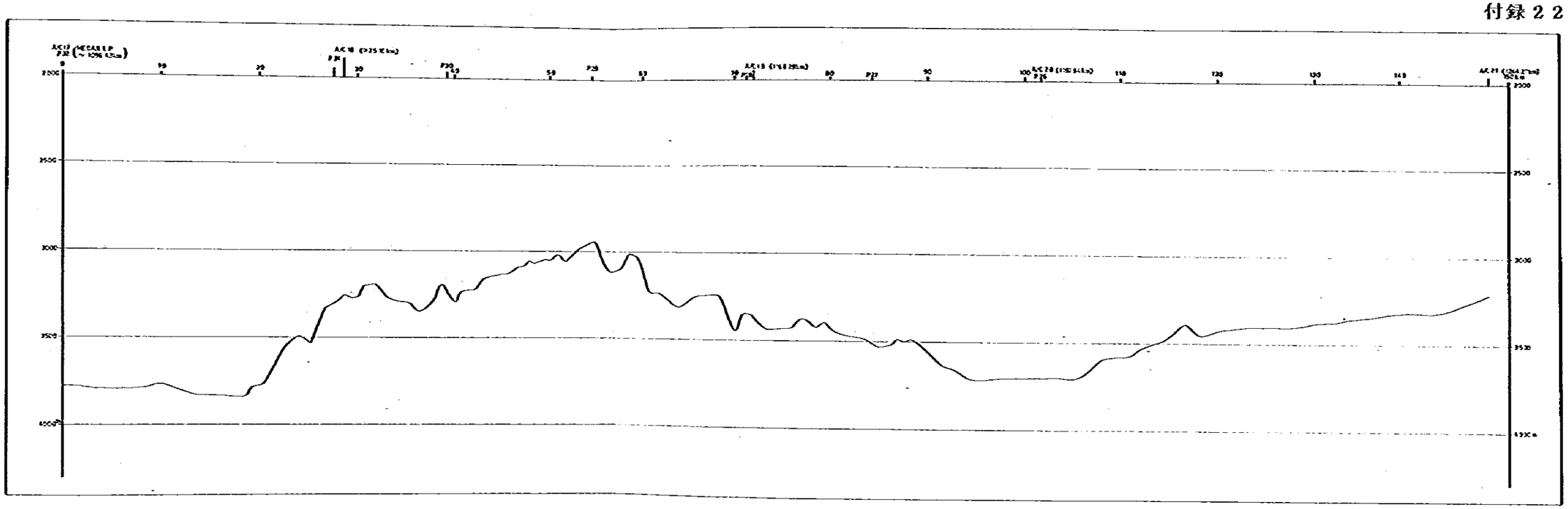
グレートパッセージ海底地形断面図



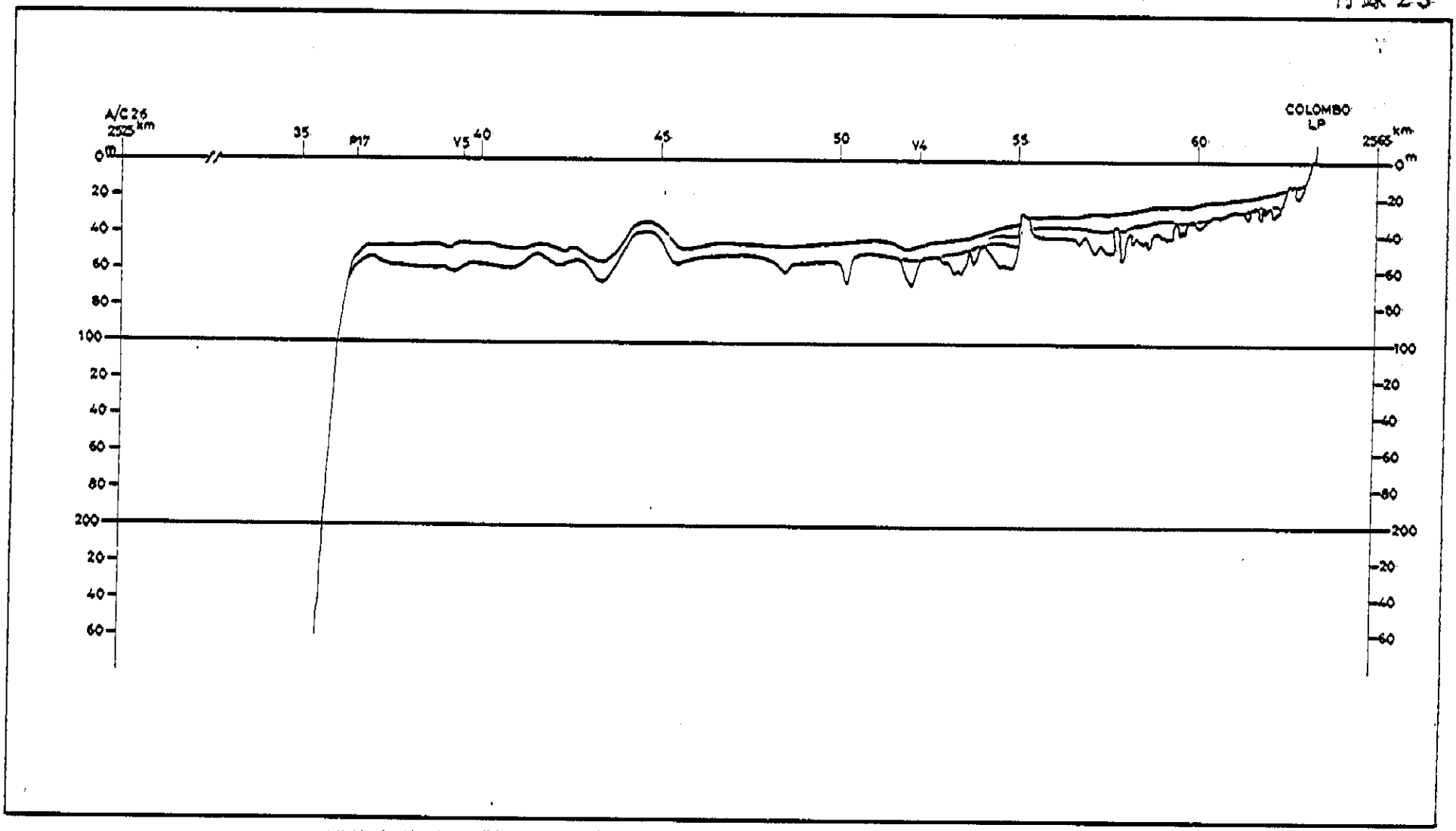
グレートパッセージ海底地形断面図



９０°Ｅ海嶺海底地形図



９０°Ｅ海嶺海底地形図



コロンボ沖海部海底地形・地質断面図