インドネシア共和国・スリランカ民主社会主義共和国

メダン-コロンボ海底ケーブル建設計画調査

報　告　書

昭和59年３月

国際協力事業団

国際協力事業団

受入月日 '84. 4. 12	108
登録No. 10170	647
	SDS

マイクロフィシェ作成

序　　文

日本政府は，インドネシア共和国政府及びスリランカ民主社会主義共和国政府の要請に基づき，両国のメダン～コロンボ間を結ぶ国際通信用海底ケーブル建設にかかる調査を行うことを決定し，国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は，昭和５８年８月から昭和５９年２月までの間に３回にわたり，郵政省電気通信政策局業務課課長補佐　内山　幸一氏を団長とする調査団を現地に派遣し，調査船による海底ケーブルルート調査を実施し，帰国後更に解析，検討作業を進め，ここに報告書提出の運びとなった。

本報告書が，本プロジェクトの実施の促進に寄与するとともに，インドネシア・スリランカ両国の国際通信網の向上ならびに日本とインドネシア・スリランカ両国の友好親善を深める一助となるならば，これにまさる喜びはない。

おわりに，本調査の実施にあたり多大な御協力をいただいた関係各位に対し，衷心より御礼申し上げる次第である。

昭和５９年　３月

国際協力事業団
総裁　有田　圭輔

目　　次

	頁
要　　約	1
1. 序　　論	9
1.1　海底ケーブルルート調査の経緯	9
1.2　調査団の構成と調査工程	9
2. 机上検討	15
2.1　概説	15
2.2　海底地形・地質	16
2.3　地震活動	22
2.4　気象，流況および波高・波向	27
2.5　漁業活動	41
2.6　船舶通行状況	45
2.7　海洋石油開発	53
2.8　過去のケーブル障害事例	61
2.9　現存および廃棄海底ケーブル	67
2.10　現存および廃棄パイプライン	71
2.11　投棄区域等	72
3. 陸上部調査	77
3.1　メダン（パンタイチェルミン）	77
3.1.1　海浜および陸揚地調査	77
3.2　コロンボ	83
3.2.1　海浜および陸揚地調査	83
3.2.2　陸上部調査	83
3.2.3　大地比抵抗調査	91

頁

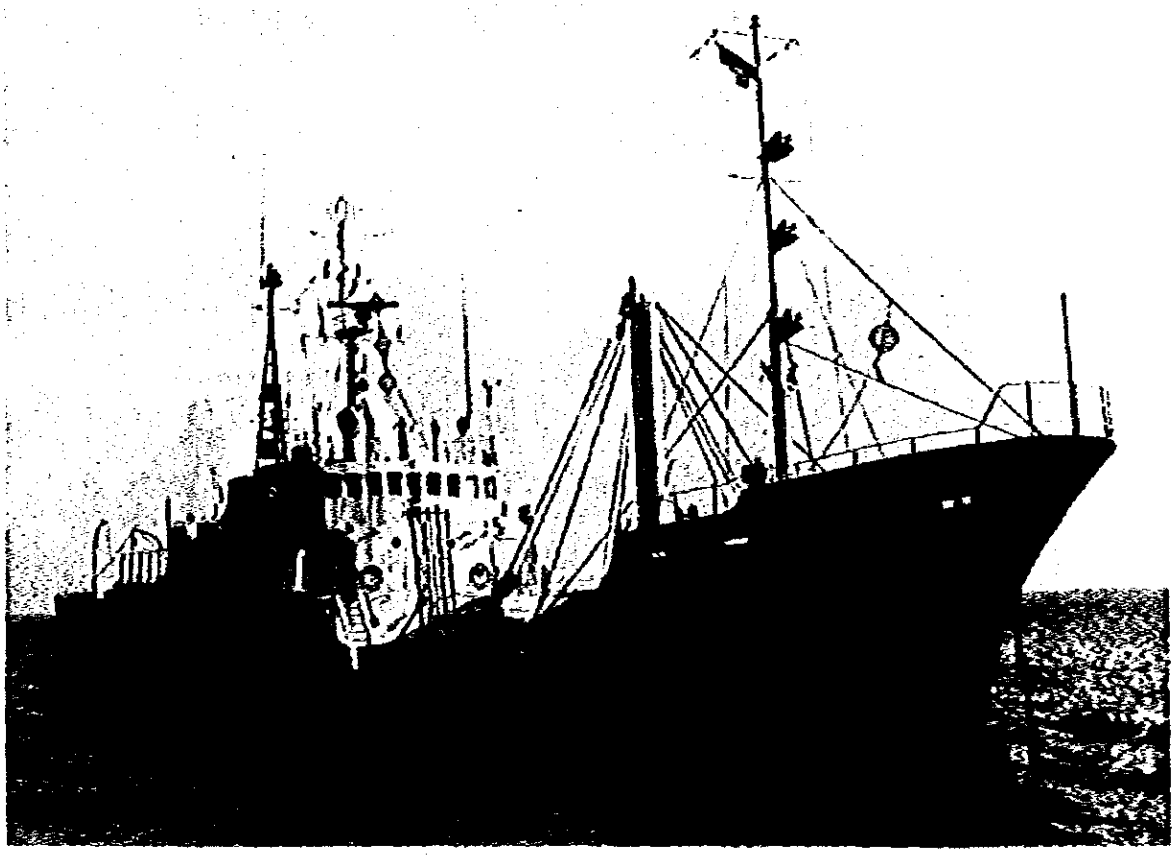
4. 海上調査 …… 97
4.1 概要 …… 97
4.2 海底地形および地質 …… 99
4.2.1 スンダ大陸棚 …… 99
4.2.2 スマトラ陸棚海盆 …… 100
4.2.3 グレートパッセージ（アンダマン－ニコバル海嶺） …… 100
4.2.4 ニコバル海底扇状地 …… 102
4.2.5 90°E海嶺 …… 102
4.2.6 ベンガル海底扇状地 …… 103
4.2.7 コロンボ大陸斜面 …… 103
4.2.8 コロンボ大陸棚 …… 104
4.3 潮況および水温 …… 107
4.3.1 潮況 …… 107
4.3.2 水温 …… 115
4.4 測位 …… 131
4.4.1 測地系と調査用海図 …… 131
4.4.2 調査船の位置測定 …… 131

5. 検討および結果 …… 137
5.1 陸上部 …… 137
5.1.1 メダン（パンタイチェルミン） …… 137
5.1.2 コロンボ …… 137
5.2 推薦ケーブルルートおよびルート状況 …… 139
5.2.1 推薦ケーブルルート …… 139
5.2.2 ルートの状況 …… 139
5.3 推薦ケーブル種別および数量 …… 147
5.3.1 推薦ケーブル種別 …… 147
5.3.2 必要ケーブル数量 …… 148

〔 付　　録 〕

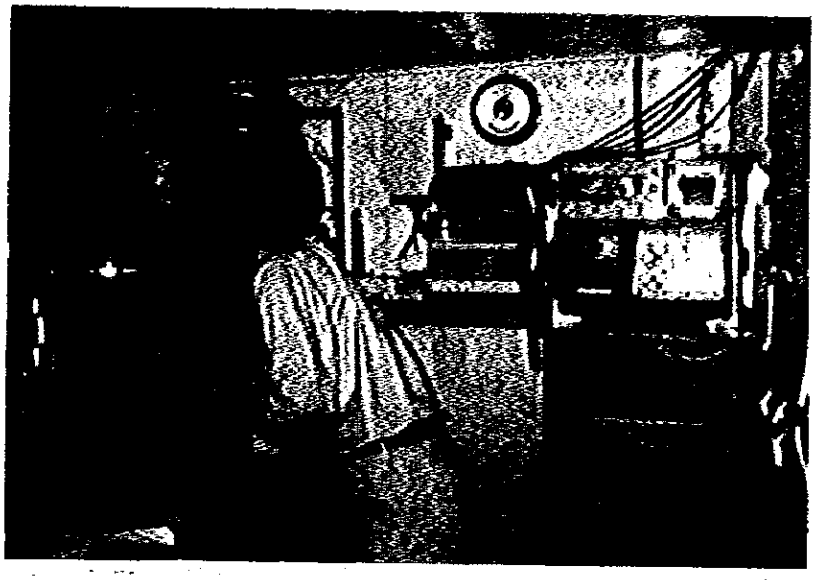
目　　次

		頁
付録 1.	調査時の主要出来事	159
付録 2.	航海日誌要約	162
付録 3.	調査船	174
付録 4.	調査使用機器と調査方法	179
付録 5.	底質試料の粒度試験	243
付録 6.	海底谷の記録	249
付録 7.	パンタイチェルミン沿岸部ルート地形図	259
付録 8.	パンタイチェルミン沿岸部ルート海底地形・地質断面図	261
付録 9.	停船海洋調査データ（パンタイチェルミン沿岸部）	263
付録10.	コロンボ沿岸部ルート地形図	265
付録11.	コロンボ沿岸部ルート海底地形・地質断面図	267
付録12.	コロンボ沿岸部底質分布図	269
付録13.	停船海洋調査データ（コロンボ沿岸部）	271
付録14.	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，ガス管等）	273
付録15.	調査ルート図	281
付録16.	海洋調査地点図	283
付録17.	停船海洋調査データ（浅海部，深海部）	285
付録18.	スンダ大陸棚および陸棚斜面の海底地形・地質断面図	299
付録19.	グレートパッセージ海底地形図	309
付録20.	グレートパッセージ海底地形断面図	311
付録21.	90°E海嶺海底地形図	317
付録22.	90°E海嶺海底地形断面図	319
付録23.	コロンボ浅海部海底地形・地質断面図	321
付録24.	人工衛星通過頻度図	323
付録25.	海底写真	339
付録26.	サイドスキャンソーナーの記録と解説	355

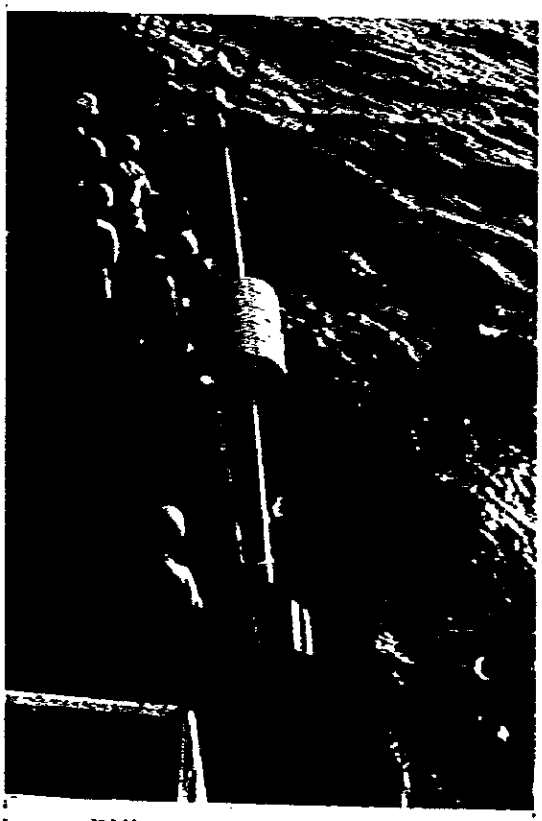


調　査　船　若　潮　丸

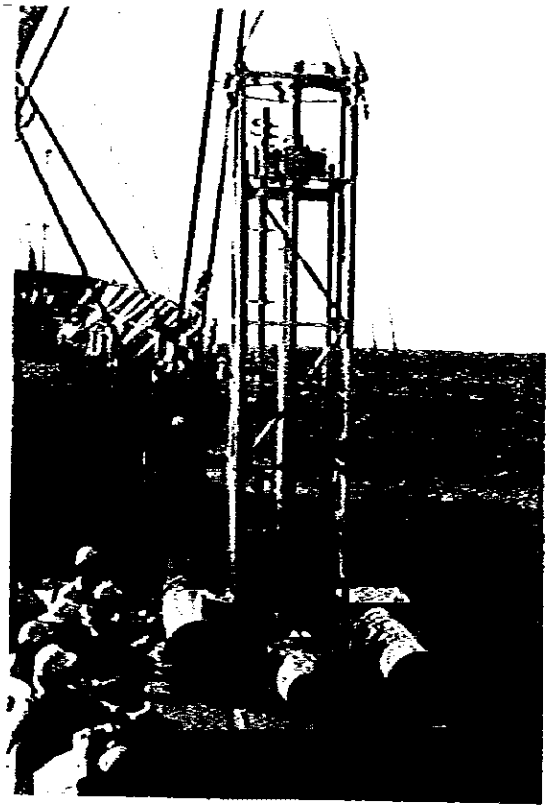
総トン数	493.16総トン
主要寸法	49×8.8×4.05メートル
満水喫水	3.823メートル
主機関	1,000馬力　2基
推進器	可変ピッチプロペラ
航海速力	12.5ノット
航海計器	レーダー，NNSS，オメガ，ロランその他



船位測定作業。NNSSとオメガのハイブリッド航法により船位測定を実施した。

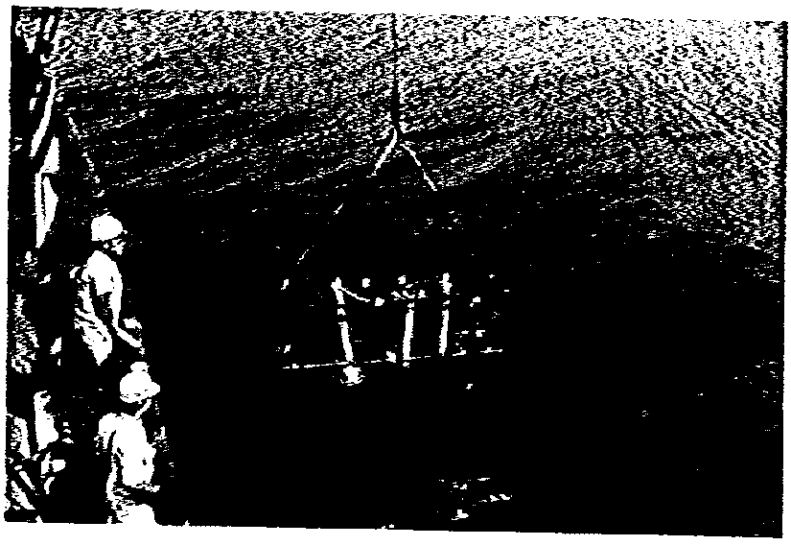


測位用ブイ設置作業。グレートパッセージの地形の複雑なところで、精密海底地形測量に使用した。



採泥器（パイプロコアラー）の投入作業。浅海部で最大285㎝の柱状試料の採取を行なった。

深海カメラ回収作業。
水深約４５００㎞の海
底の写真を撮影した。



流向・流速計の設置作業。
グレートパッセージで、
水深約１５００㎞の３地
点に設置した。

観測室での調査機器
の操作。

パンタイチェルミン陸上部測量。ケーブル陸揚点に杭を打ち、これを基準として全ての調査を実施した。

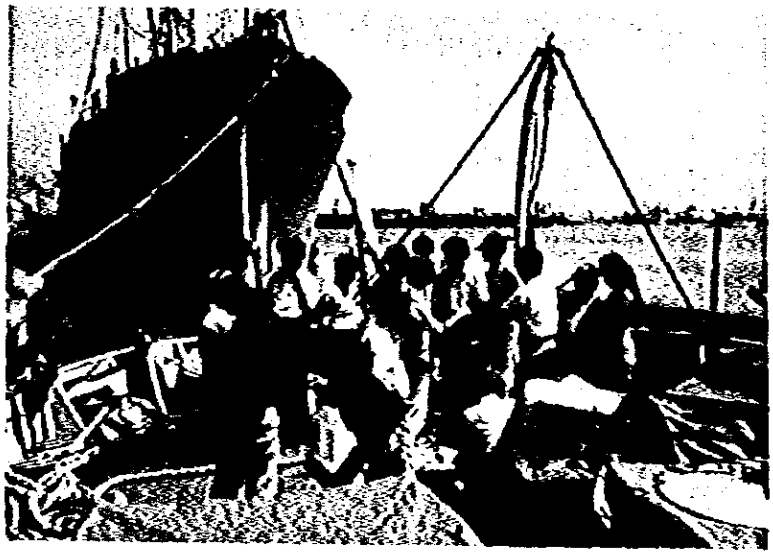
パンタイチェルミン陸上部測量。局舎に既に設置されている基準点と陸揚点との関係を明らかにした。

パンタイチェルミン沿岸調査。小型船を測線上に走航させ、地形・地質調査を実施した。

大地比抵抗測定作業。
ケーブル陸揚地点前面の砂浜で実施した。

コロンボ市街地でのケーブルルート測量。
車と人が多く、測量作業に手間取った。

調査船"若潮丸"公開風景。
スリランカ電気通信総局や港務局の関係者来船



要　約

経済・社会活動の拡大と国際化の進展に伴い国際電気通信サービスに対する需要が増加している。これに対処する為，各国とも国際通信伝送路の建設を進めている。メダン～コロンボ間海底ケーブルは，シンガポールからフランスまで結ぶＳＥＡ－ＭＥ－ＷＥケーブルプロジェクトの一区間をなすものであり，また本プロジェクトは世界で始めてのインド洋横断ケーブルでもある。

現在，インドネシアおよびスリランカ間の国際電気通信サービスは主として衛星通信システムにより行われている。今後の国際通信の需要増加に対処し，通信サービスの高信頼化を計るため，衛星通信システムと海底ケーブルシステムの２幹線ルートを併用する必要が求められてきた。

本ケーブルプロジェクトは東南アジア～中近東～欧州を結ぶ国際通信のハイウェーとなり当事国のみならず周辺諸国の国際通信サービスの改善の上から極めて有意義といえる。

今回，インドネシア，スリランカ両国政府の要請に応え，日本政府はＪＩＣＡを通じ本ケーブルプロジェクトに関する海底ケーブルルート調査および財務分析を実施した。

調査団が今回実施した調査の概要，特に主要点について以下のとおりである。

1. 海底ケーブルルートおよびケーブル長

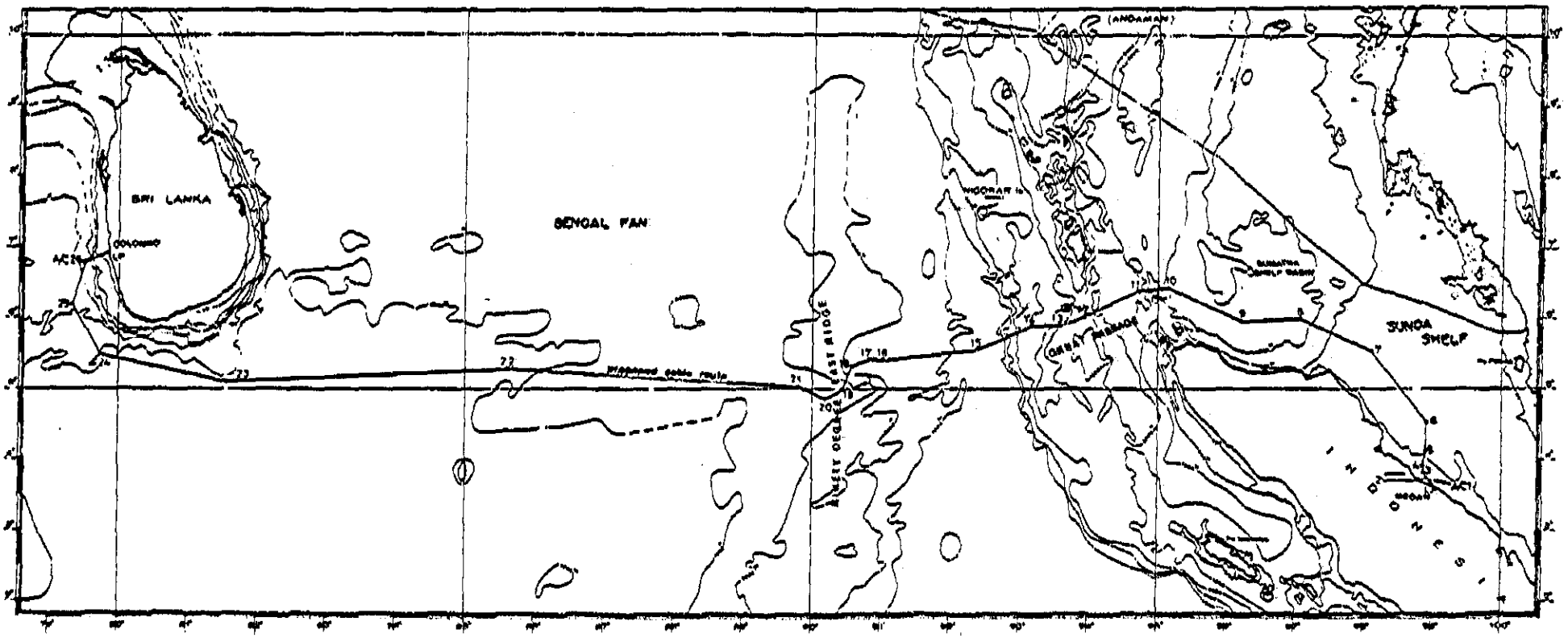
インドネシア陸揚地バンタイチェルミンとスリランカ陸揚地コロンボとを結ぶ海底ケーブルルートは経済性および高信頼性の両面を十分考慮して選定した。

ケーブルルートはマラッカ海峡の浅海部を北上し，その後海底起伏の激しいグレートパッセージ（Great　Passage）を通過し，９０°Ｅ海嶺通過後平坦な海底地形のベンガル海底扇状地を横断しコロンボに至る。そのケーブルルートは図．１に示されるとおりである。

海底ケーブルルート上の問題点およびその対応策は次のとおりである。

(1) インドネシア沿岸の水深３０ｍ以浅海域は広く，投錨地にも近いのでケーブルシステムの安全性を特に考慮しなくてはならない。

スンダ大陸棚での調査の結果，ケーブル障害の原因となる漁業活動が少なく，底質が硬いことが明らかになった。そのため本海域区間では，水深３０ｍまで非埋設で，二重外装ケーブルを使用し，水深３０ｍ以深の大陸棚上では非埋設で，一重外装ケー



A/C …変針点
L. P …海底ケーブル陸揚点

図1　　推　薦　ケ　ー　ブ　ル　ル　ー　ト

ブルを使用することを推薦する。

(2) グレートパッセージ海域は海底起伏が厳しい上，岩が露出していること多く，深海底においても流れの早いことが観測された。

この観測結果に基づき，この海域では深海用特殊保護ケーブル等を使用して，ケーブル摩耗による障害を排除するよう努めることが強く望まれる。

(3) コロンボ浅海部の海底は硬い基盤岩上を砂が薄く覆ったものであり，部分的に露岩しているところもある。また，推薦ケーブルルートは投錨地に近いことから，コロンボ浅海部では二重外装ケーブルを使用し，岸近くの岩礁部分ではこの二重外装ケーブルをトレンチ内に納め，ケーブルを保護することを推薦する。

以上の結果，ルート長は両陸揚地点間で1,384.1㎞，海底起伏に沿わせて海底ケーブルを敷設すると，このケーブル区間の平均ケーブルスラックは約2％と見積もられ，全ケーブル長は1,412.7㎞となる。なお本ケーブル区間のケーブル種別毎のケーブル長を図．2に示す。

備　考

プロジェクトコストの積算および財務分析については，本計画にかかる入札が，調査開始前に終了していたという特殊性に鑑み，コスト関連情報の漏洩を防ぐため，S／Wに基づき，主報告書には記載せず，別冊「財務分析報告書」に収録した。

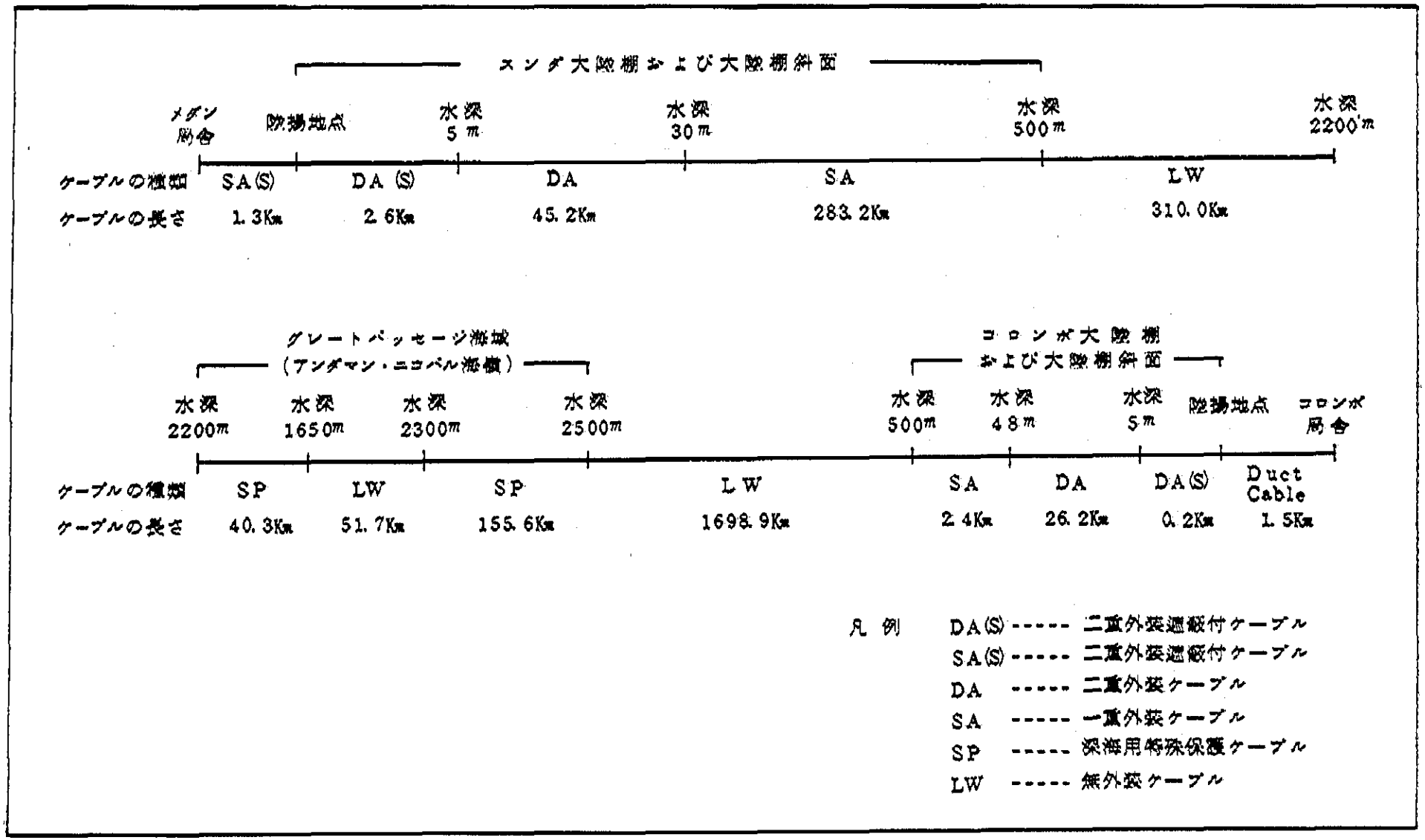


図2　推測ケーブル種別とそのケーブル長

1. 序　論

1.1　海底ケーブルルート海洋調査の経緯

東南アジア，中近東そして欧州を結ぶ海底ケーブルシステムの一区間をなすメダン～コロンボ間海底ケーブルプロジェクトが計画されている。インドネシアおよびスリランカ両政府は日本政府に対し，メダン～コロンボ間の海洋調査の実施を要請した。

この要請に対し，日本政府は国際協力事業団（ＪＩＣＡ）の援助のもとにケーブルルート調査を実施することとし，１９８３年３月日本政府は事前調査団をインドネシアおよびスリランカ両国に派遣し，ケーブルルート調査に対するScope of Work（Ｓ／Ｗ）を取り交わした。

Ｓ／Ｗに基づき，ＪＩＣＡ調査団は，このプロジェクトの机上調査を日本国内において行い，海底地形，地震，海象，漁業活動等の資料を収集し，その資料を分析後ケーブルルート案を作成した。８月３０日から９月７日まで，調査団は両国を訪問し，メダン～コロンボ間海底ケーブルルート調査実施計画書の説明を実施した。調査団はその後，９月１９日シンガポール港において調査船"若潮丸"に乗船し，９月２２日から１１月９日までインドネシアおよびスリランカ両政府の協力のもとにケーブルルート調査を実施した。

インドネシアのカウンタパート，フランスのオブザーバーおよびインドネシア海軍２名の士官は，インドネシアのベラワンにて同調査船に乗船した。

インドネシア海軍士官２名はインドネシア領海内での調査が終了した後，クレングラヤにて下船した。調査船は，往路ルート調査終了後，１０月１６日コロンボに到着し，コロンボ浅海部，陸上部および大地比抵抗調査を，１０月１７日から２２日までＳＬＴＤ，スリランカ測量部，コロンボ港湾局の協力のもとに実施した。

コロンボ港から，スリランカのカウンタパートが調査船に乗船し，帰路ルート調査を１０月２３日から１１月９日まで実施した。

1.2　調査団の構成と調査行程

本調査を実施するため編成された調査団は次のとおりである。

(1) 事前調査

内田　幸一	：郵政省	団長	
木下　龍一	：郵政省	副団長	
利根川　一	：外務省	副団長	
北村　泰介	：KDD	ケーブル技術者	
三井　徳次	：KDD	ケーブル技術者	
富沢　忠	：JICA	コーディネータ	

(2) ルート調査

a．調査団員

内田　幸一*	：郵政省	団長	
石井　昭	：KDD	ルート調査責任者	
永越　章雄	：KDD	ケーブル技術者	
三井　徳次	：KDD	ケーブル技術者	
小林　文隆*	：KDD	財務分析担当	
西山　康郎*	：三洋水路	測量担当	
久保　重明	：三洋水路	地質担当	
大塚　武次	：三洋水路	海象担当	
大山　雅民*	：JICA	コーディネータ	

b．カウンタパート

Mr. Achmad Lesmana	：P. T. INDOSAT	インドネシア	
Mr. Ardhin Ichwan*	：P. T. INDOSAT	インドネシア	
Mr. M. B. Rodrigo*	：SLTD	スリランカ	
Mr. U. S. W. Basnayake	：SLTD	スリランカ	

c．オブザーバー

Mr. L. Lemasson	：PTT	フランス

d．インドネシア海軍

Cpt. Mintardjono

Lt. Iswinardi

(注) *印は海洋調査に参加しなかった。

本調査行程は以下のとおりである。

(1) 事前調査

本調査団は，１９８３年3月6日から3月２５日まで両国を訪問し，ルート調査範囲を決定しＳ／Ｗを取り交わした。

(2) 海洋調査実施計画書の提出

Ｓ／Ｗに基づき，ルート調査実施計画書を作成し，１９８３年8月３０日から9月７日まで計画書の提出・説明を両国で実施した。

(3) ルート調査の実施

往路ルート調査は１９８３年9月２２日からメダンより開始し，１０月１６日にコロンボに到着した。コロンボで陸上部調査，大地比抵抗調査を実施後，１０月２３日からメダンに向け復路ルート調査を実施し，１１月9日全調査を終了した。

(4) 中間報告書の提出

調査終了後，中間報告書をシンガポールにて作成し，１９８３年１１月２５日から１２月２日までに同報告書を両国に提出・説明した。

(5) 最終報告書（案）の提出

１９８４年1月9日～1月２１日まで両国からのカウンタパートとの打ち合わせの結果をふまえ，最終報告書（案）を作成し，１９８４年1月２４日より2月2日まで同報告書を両国に提出・報告した。

(6) 最終報告書の提出

最終報告書（案）に対する両国のコメントを盛り込み最終報告書を作成し，１９８４年3月末両国政府に発送し，本調査業務を完了した。

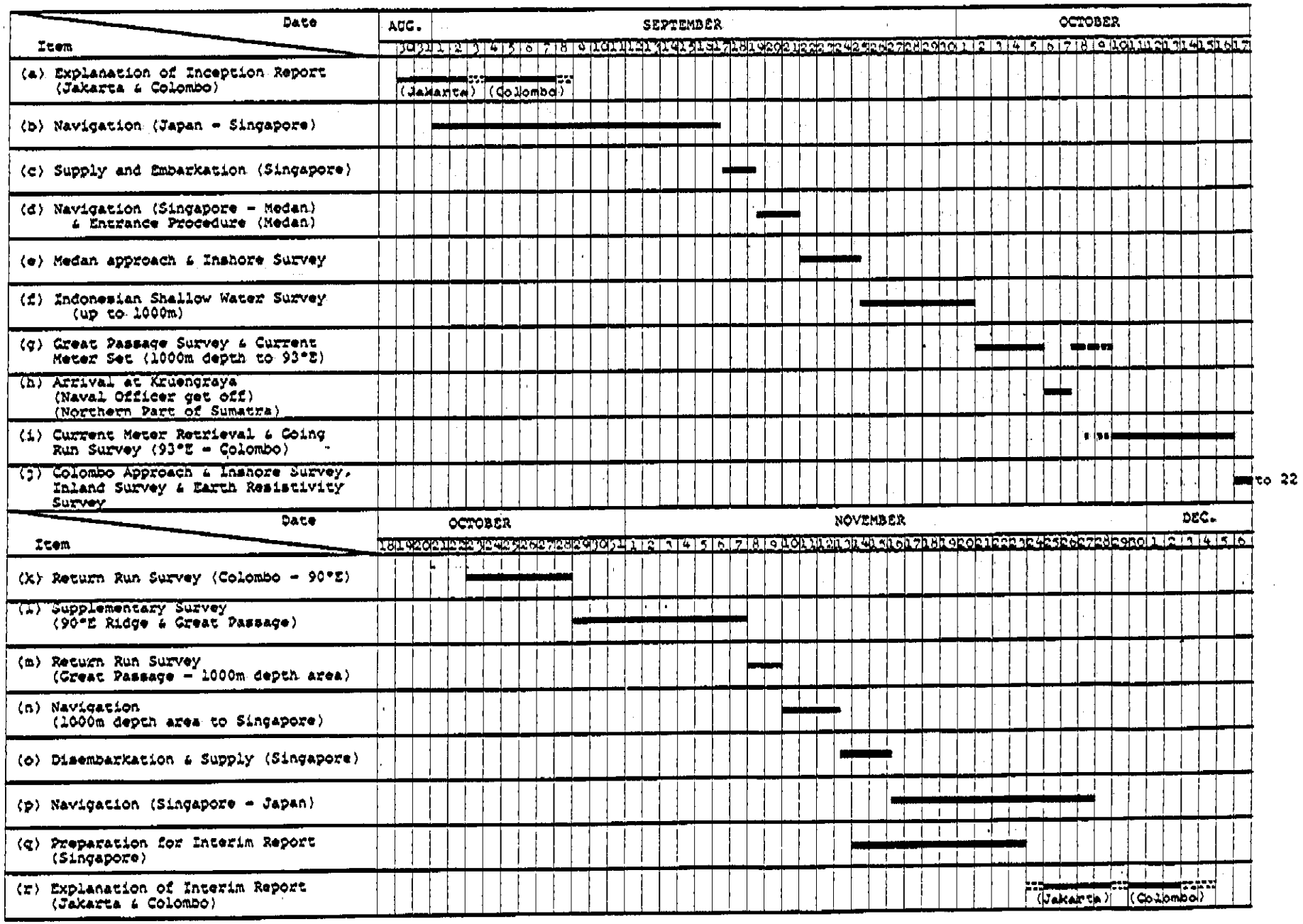


図 1.1　　ケーブルルート調査行程

2. 机上検討

2.1 概説

本章は，日本国内および諸外国から収集した資料を解析整理してまとめたものである。インドネシアおよびスリランカの沿岸付近の情報には，我国で入手することがむずかしいものがあり，これらについては両国に情報の提供を依頼した。

インドネシアからは，爆薬投棄地域や海洋石油開発等に関する資料の提供を受けた。また，スリランカからは，コロンボ沖合の種々の情報とコロンボ市街地の地下埋設物に関する資料の提供を受けた。

2.2 海底地形・地質

メダン（パンタイチェルミン）からスリランカまでの海底は，その海底地形から見て次のように区分できる。

2.2.1 マラッカ海峡

2.2.2 アンダマン海

2.2.3 グレートパッセージ（アンダマン－ニコバル海嶺）

2.2.4 ニコバル海底扇状地

2.2.5 90°E海嶺

2.2.6 ベンガル海底扇状地

2.2.7 コロンボ大陸斜面

2.2.8 コロンボ大陸縁

これらの場所を図2.2.1に推薦ケーブルルートと共に示す。

2.2.1 マラッカ海峡

(1) スンダ大陸縁

マラッカ海峡は全長800kmで，北西－南東方向に伸びた海峡で，その巾は北西口付近で約310kmであるが，南東方向へ行くに従いせまくなり，2°30′N付近から約65kmとなる。水深は南口付近できわめて浅く約20m，そして北口では100m位となっている。

このマラッカ海峡は，スンダ大陸縁の一部であり，今から一万年前の最終氷河期には，海水面が約100m下がり，そのほとんどが陸化した。その海底表面は陸化された際平坦化されたり，また河川の浸食による谷が刻まれた。氷河期が終り，海水面が現在の水準にもどった後もこれらの浸食谷は海底に残された。

現在の海底地形は，第四紀の初め，すなわち更新世に形成されたものである。したがって，海底は一般的には，更新世の地層からなり，さらにその表面は完新世の堆積物に薄く被われている。海底堆積物は泥や砂－泥であるが，流れの速いところなどには砂や礫の分布も見られる。

推薦ケーブルルートは，メダン（パンタイチェルミン）から北へ向かい水深50mに達した後，スマトラ島の沖合約65kmを島とほぼ平行に走る。

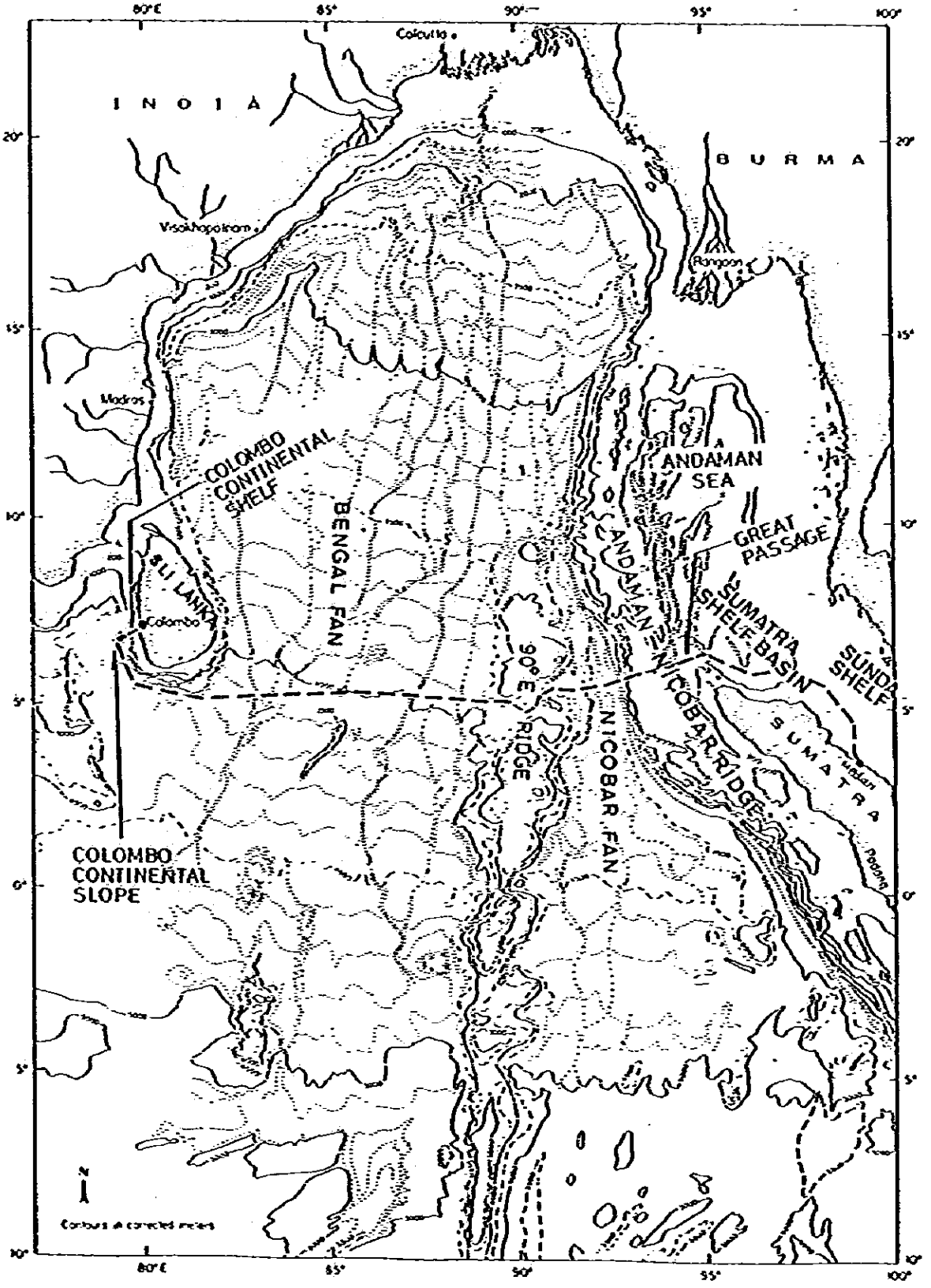


図2.2.1　調査海域の概略海底地形
（Curraysら，1971に作成した図を使用する）

(2) スンダ大陸斜面

スンダ大陸斜面はスンダ大陸棚から水深1,２００mのスマトラ海盆底に至る斜面である。その斜面の傾斜は南西側，すなわちスマトラ島に近い方が比較的急であり，その反対側のPucket 島側ではきわめて緩やかな斜面をなしている。Pucket 島側の水深３００～４００mには海底扇状地の発達しているのが見られる。

また，斜面の下方には凹凸地形が発達しており，これらはクリープやスランピング現象が発生していると推定されている。

推薦ケーブルルートは，斜面の下方に凹凸地形のほとんど少ない安定した斜面を通る。

2.2.2 アンダマン海

アンダマン海は，北をイラワジデルタ，東側をマレイ・ビルマ半島，西をアンダマン・ニコバル島孤，そして南をマラッカ海峡に囲まれた海域である。

この海域の東側にはマレイ・ビルマ半島の大陸棚が水深２００mまで発達しているが，その西側は急激に深くなり，中央アンダマン舟状海盆およびその北にナルコンダム・バーレン海盆，そして南にスマトラ陸棚海盆が見られる。この内，前の２つの平均水深は2,０００mであり，中央アンダマン舟状海盆の最深部は4,１８０mとなっている。

推薦ケーブルルートはこのアンダマン海の南部のスマトラ陸棚海盆中を通る。この海盆は西側に開いた不完全な形の海盆であり，最深部の水深は約1,３００mとなっている。

2.2.3 グレートパッセージ

アンダマン・ニコバル海嶺は，北の中央アンダマンからスマトラ北端まで続く，長さ約９００kmの弓状に伸びた海嶺である。

この海嶺の東側はアンダマン海の複雑な海底地形に続く，そしてその西側は急斜面をなしジャワ海溝の深海部に至る。このジャワ海溝はインド洋プレートとインドシナ・スンダ大陸棚地塊が衝突し，後者の下に潜り込む，いわゆるサブダクション・ゾーン（subduction zone）となっている。

アンダマン　ニコバル海嶺には幾つかの島があり，これらの間は大小の海峡により分離されている。これらの中で，スマトラ島とグレートニコバル島との間にあるグレートパッセージが最も巾が広く，且つ水深が深い。その巾はおよそ１９０km，水深は平均1,５００m位あるが，その海底の起伏は著しく，深いところでは水深2,５００mを越えるところもある。本調査による推薦ケーブルルートは，このグレートパッセージの比較的起伏の少ないところを通過するよう選定された。

2.2.4　ニコバル海底扇状地

ニコバル海底扇状地はベンガル海底扇状地と同じく，ガンジス　ブラマプトラ三角州から運ばれた堆積物により形成されたものであり，その表面は平坦できわめて柔らかい泥質堆積物で被われている。ニコバル海底扇状地の海底は水深4,０００m位で，全体的にジャワ海溝の方向にきわめて緩い傾斜をなしている。

推薦ケーブルルートは，きわめてなだらかな斜面を通過している。

2.2.5　９０°E海嶺

９０°E海嶺は９０°の経度線に沿って，北緯１２°付近から南緯３１°まで伸びた長さ約4,８００km，巾約２００kmの直線的海嶺である。その浅い部分の水深は1,８００～3,０００mであり，その表面は遠洋性のグロビゲリナ軟泥により被われている。この９０°E海嶺は，地震探査によれば，火山性起源というより，地層の隆起により形成されたと推定されており，現在もその起源については研究が行われている。

９０°E海嶺には，この海嶺の長軸の方向に平行な割れ目が発達しており，複雑な凹凸地形を形成している。

本調査における推薦ケーブルルートは，この９０°E海嶺を横断するに当たっては，巾の最も狭く，且つ起伏の少ないところを通過するようにした。

2.2.6　ベンガル海底扇状地

ベンガル海底扇状地は，主としてガンジス－ブラマプトラ三角州から排出された堆積物が沈着して出来た海底三角州扇状地である。その長さは，ガンジス－ブラマ

ブトラ三角州から南へ約3,０００km，水深5,０００m位まで伸び，最大巾は1,１００kmである。

その海底面の傾斜はほぼ均一で，約1.1m／kmの傾斜を示す。また，このベンガル海底扇状地上には，大小の海底水道が図2.2.1に示すように樹枝のように発達している。これらの海底水道は堆積物がこれを通り運搬される海底谷であり，その断面を見ると，陸上の河川断面と同様，V字形をなしたものや，自然堤防の発達したもの，さらに河岸段丘のみられるものなど多種多様である。

これらの海底谷の中には，現在でも運搬が盛んに行われているものがあると言われている。

推薦ケーブルルートは，このベンガル海底扇状地をほぼ北緯5°線に沿って横断することになるが，この付近は海底扇状地の扇頭から約1,６００km位離れており，ケーブルに障害を与えるような強い流れはないものと考えられる。

2.2.7 コロンボ大陸斜面

スリランカ大陸斜面は，全般的に比較的急傾斜（平均約１０°）をなし，特に島の南側の斜面は急で４５°の傾斜を示すところもある。

推薦ケーブルルートは，コロンボの西南西の大陸棚斜面をコンターに直角に通過する。

2.2.8 コロンボ大陸棚

大陸棚は狭く，その巾は２０km位であり，大陸棚外縁での水深は平均６５m位を示す。大陸棚は，砂やサンゴ片などの堆積物で被われている。

推薦ケーブルルートは，コロンボL．Pから岩礁や大型船舶停泊地を避け，比較的平坦な大陸棚上を西南西に伸びている。

2.3 地震活動

調査ルートを含む地域で過去２０年間（１９６０～１９８０）に発生した地震については図2.3.1に示すような分布をなしている。これらの地震は限られた地域に集中的に発生しており，その詳細を図2.3.2に示した。

スンダ大陸棚およびスンダ大陸斜面は安定地塊でインドシナ－スンダ大陸地塊上にあり，これまで１９５９年に微弱な地震が記録されているが，その後には，ほとんど地震の発生は見られない。

グレートパッセージ付近においは，過去マグニチュード７以下の地震の発生が記録されているが，その発生頻度は低い。これらの地震はインドシナ－スンダ大陸地塊の下にインド洋プレートがもぐり込む時，その境界面に発生するものと言われており，そのほとんどがジャワ海溝から２００km巾のベルト地帯に集中している。

９０°E海嶺については，北緯３°から南緯１０°までの間にほとんどが集中しており，これまでの記録によればマグニチュード７以上の地震も発生している。本調査ルートは，北緯５°付近を通過し，しかも海底地形も比較的なだらかなルートを選んでおり，もし地震が発生してもそれにより乱泥流が発生し，ケーブルに障害を与える心配はほとんどない。

ベンガル海底扇状地からスリランカにかけては，安定地塊上にあり，地震活動の記録はほとんどない。

Magnitude >4.5	Magnitude >7.5	Depth (km)	Number of Earthquakes
•	●	0-33	27,758
•	●	34-100	17,555
•	●	101-300	7,329
•	●	301-700	3,167

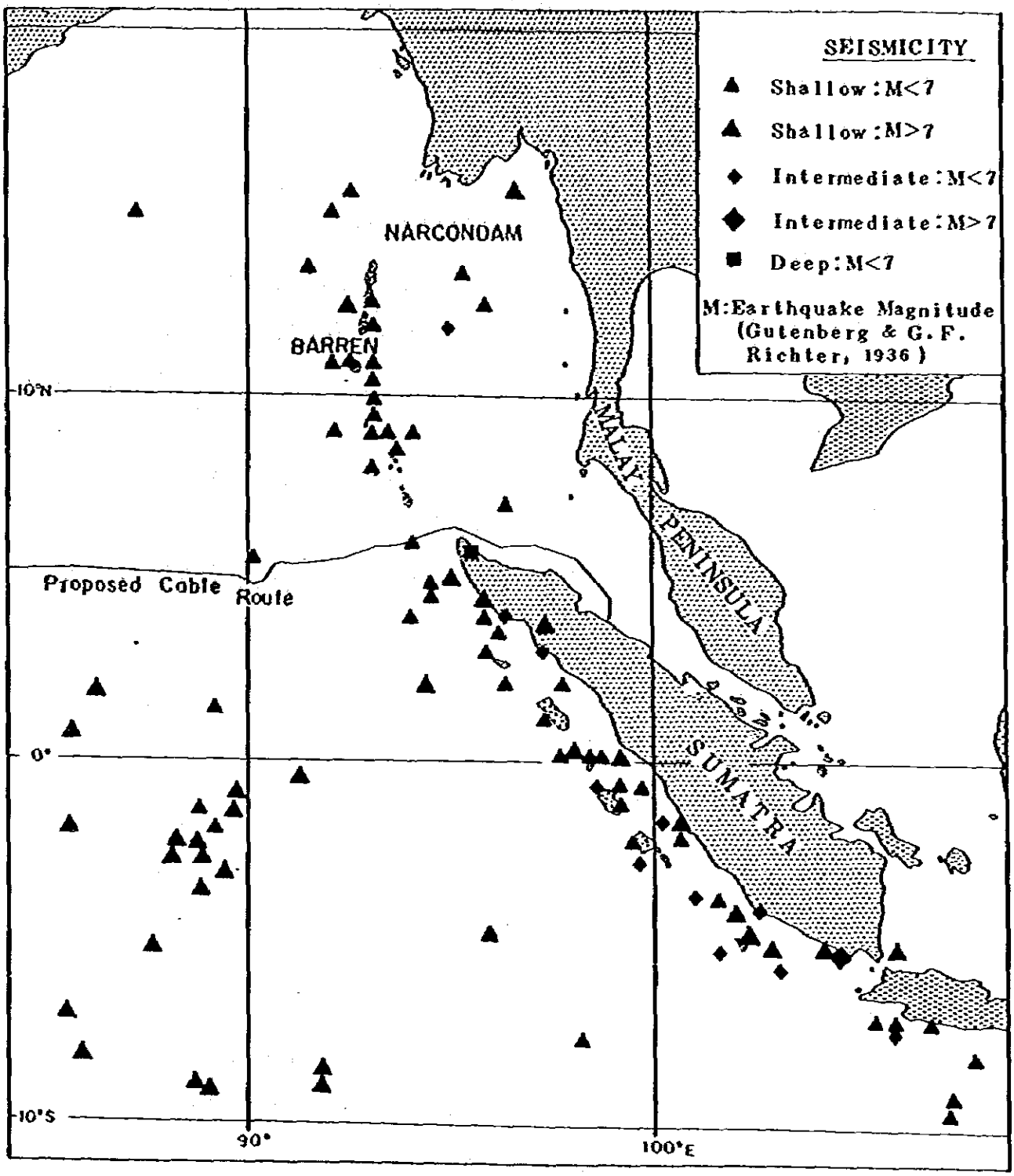


図 2.3.2　　スマトラ島及び 90°E 海嶺付近の地震活動（ Rodolfo 1969 ）

2.4 気象，海流および波高・波向

2.4.1 気象

調査海域はインド洋の季節風に支配されている。すなわち，全調査海域は5月から9月にかけての南西季節風と11月から翌年2月にかけての北東季節風によって支配されている。南西季節風は通常，風力4（Beaufort Scale）程度であるが，ときには風力5ないし6程度に達する。この時期は蒸し暑く，曇天が続き，雨になることも多い。北東季節風は風速，風力とも変化し易いが，風力は4～5程度で，風向は北ないし北東である。気候は晴天で涼しく，空気も乾いている。

4月から5月にかけての季節風交替期は，気候は高温でかつ，天候も変わり易く雷雨も多い。

10月から11月にかけての季節風交替期は，気候，天候とも4月から5月にかけての季節風交替期とほぼ同様である。

ベンガル湾においては熱帯性低気圧のサイクロンが年間を通じて発生する。5月から12月初旬にかけて多く，最多発生月は10月である。サイクロンの進路は一般に12月から3月には北西に進み，4，5月頃は北東に進み，5月から7月にかけてはベンガル湾を北上する。そして8，9月は北北東に進路をとり，10，11月は北西，北あるいは北北東に進路をとる傾向がある。

2.4.2 海流

気候・気象については全調査海域にわたって同じ傾向であるが，海流については調査海域をマラッカ海峡，ベンガル湾およびコロンボ付近の三区域に大別し，以下に述べる。

(1) マラッカ海峡

マラッカ海峡は相対的に水深が浅く，その大部分は73m以浅の水深である。それ故，同海峡の流れの動向は潮汐の影響も大きい。しかし，それにもかかわらず，同海峡には年間を通じて北西への流れが卓越するといわれている。それは北東季節風期には南支那海における南寄りの流れがマレー半島の先端を経てマラッカ海峡に入り，北西へ流れる。また南西季節風期には，カリマタ海峡から南支那海に入る流れの一部がマラッカ海峡に入り北西へ流れるからである。春秋の季節

風交替期には流れも弱くなり，流向もやや不定である。北東季節風期の最盛期にはマラッカ海峡の北部では反時計方向回りの環流がみられることがある。

(2) ベンガル湾

ベンガル湾においては年間を通じて，流れのパターンがみられる。すなわち10°N以南のベンガル湾開口部では季節風に呼応する明らかな流れがあり，12月から3月にかけては一般に西へ向かい，5月から9月にかけては東ないし北東に向かう。

(3) スリランカ付近

スリランカ付近はインド洋，アラビア海，ベンガル湾の流系の集合点である。スリランカ付近の流れは往々にして強く，かつ時間的にも距離的にも急激に変化する。ことにスリランカの南東沿岸部においてはこのようなことが多い。またスリランカの南沿岸部沖合では強く卓越した流れがあり，これは明らかに北東および南西季節風と密接に関係したものである。これらの流れは11月から3月にかけて西ないし南西となり，6月から9月にかけて東流となる。この二つの流れは1日に100浬の流程をもっていることが記録されている。春秋の季節風交替期には色々と変化するが，通常1日に24浬の流程をもっているとされる。

2.4.3 波高・波向

ベンガル湾の波の状況についてはNaval Physical and Oceanographic Laboratory，Cochin（1969）の報告書から引用すると次のとおりである。

ベンガル湾の波高は1960年～1964年の記録では3月が最も穏やかで6月が最も荒れている。6月の平均波高は1.75mであり，熱帯性低気圧の最多発月の10月の平均波高0.97mよりも高くなっている。

また，各季節風期における波の概況は次の通りである。

・春季季節風交替期（3～4月）：波向はベンガル湾を通じて多様である。また3月は最平穏期で平均波高は0.84mである。

・南西季節風期（5～9月）：波向はWないしSWで，波高はこの時期が最も高い。6月は最も荒れる時期で，平均波高は1.75mである。

・秋季季節風交替期（１０月）：波向は多様である。平均波高は0.９７mである。

・北東季節風期（１１～２月）：波は北東の風に対応する。ただし，ニコバル諸島付近では１月と１１月の風向は変化しやすい。また，この時期の波高は南西季節風期よりは一般に低い。

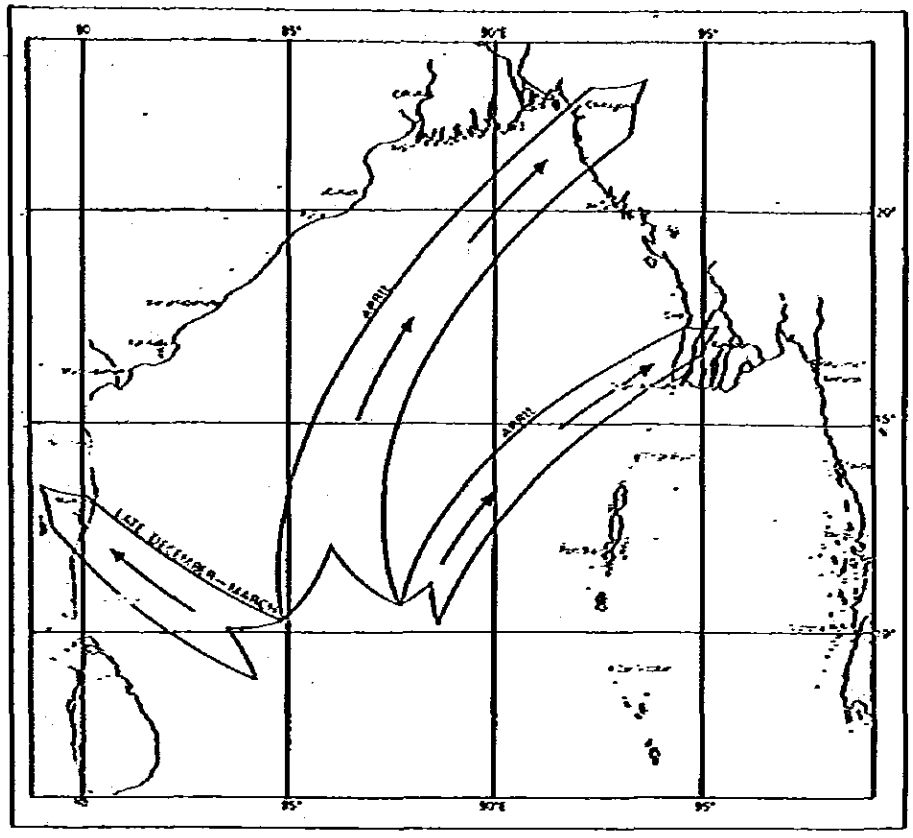


図2.4.1　　サイクローンの通常の進路（１２月～４月）
〔英版水路誌より〕

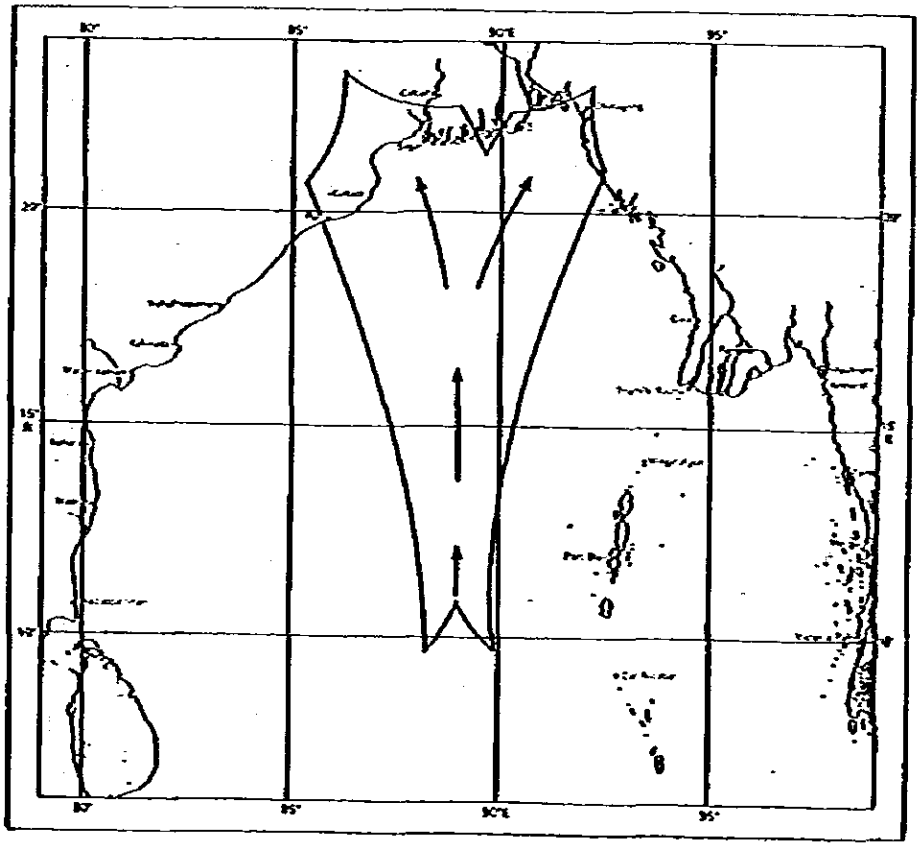


図２.４.２　　サイクローンの通常の進路（５月～７月）
〔英版水路誌より〕

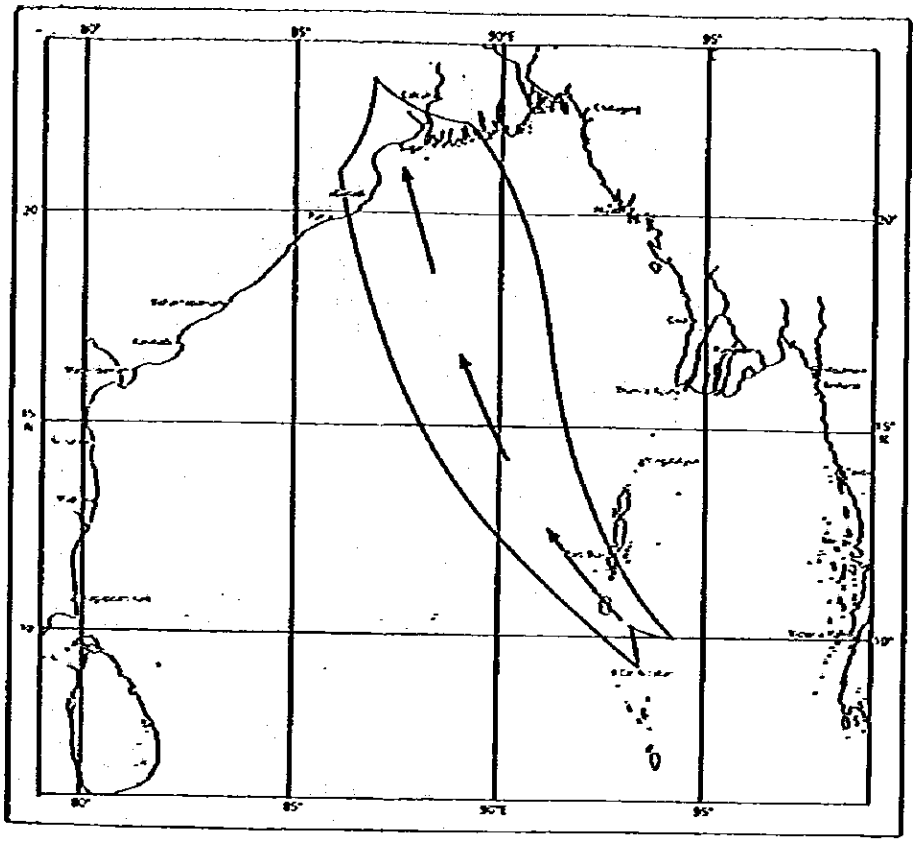


図２.４.３　　サイクローンの通常の進路（８月～９月）
〔英版水路誌より〕

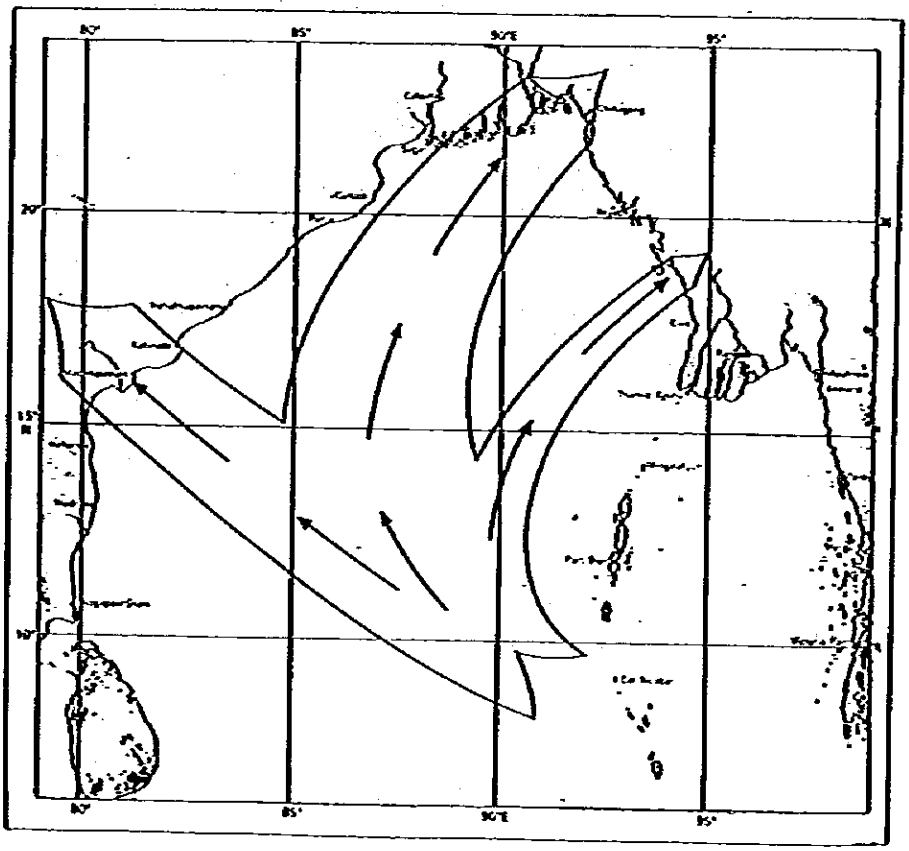
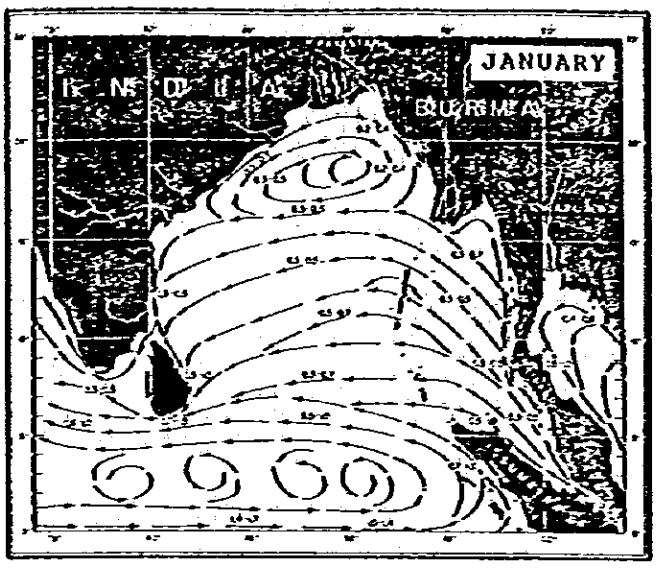
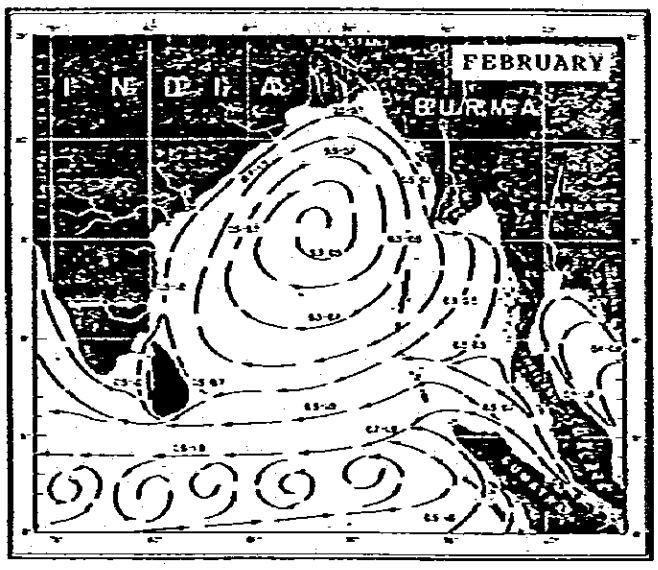
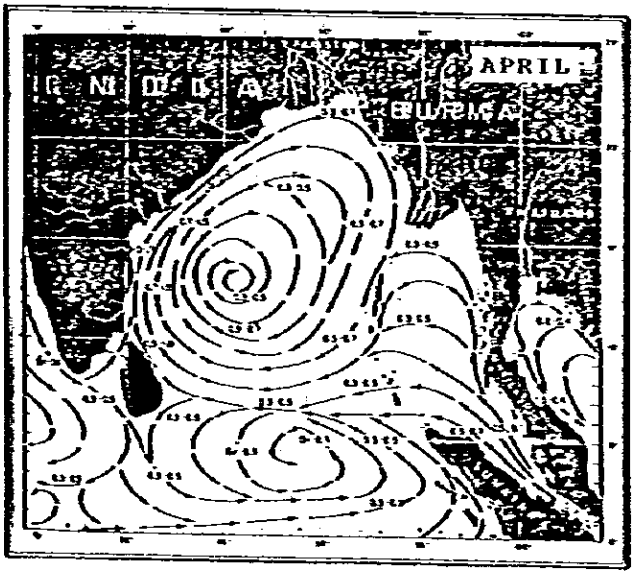


図２.４.４　　サイクローンの通常の進路（１０月～１１月）
〔英版水路誌より〕

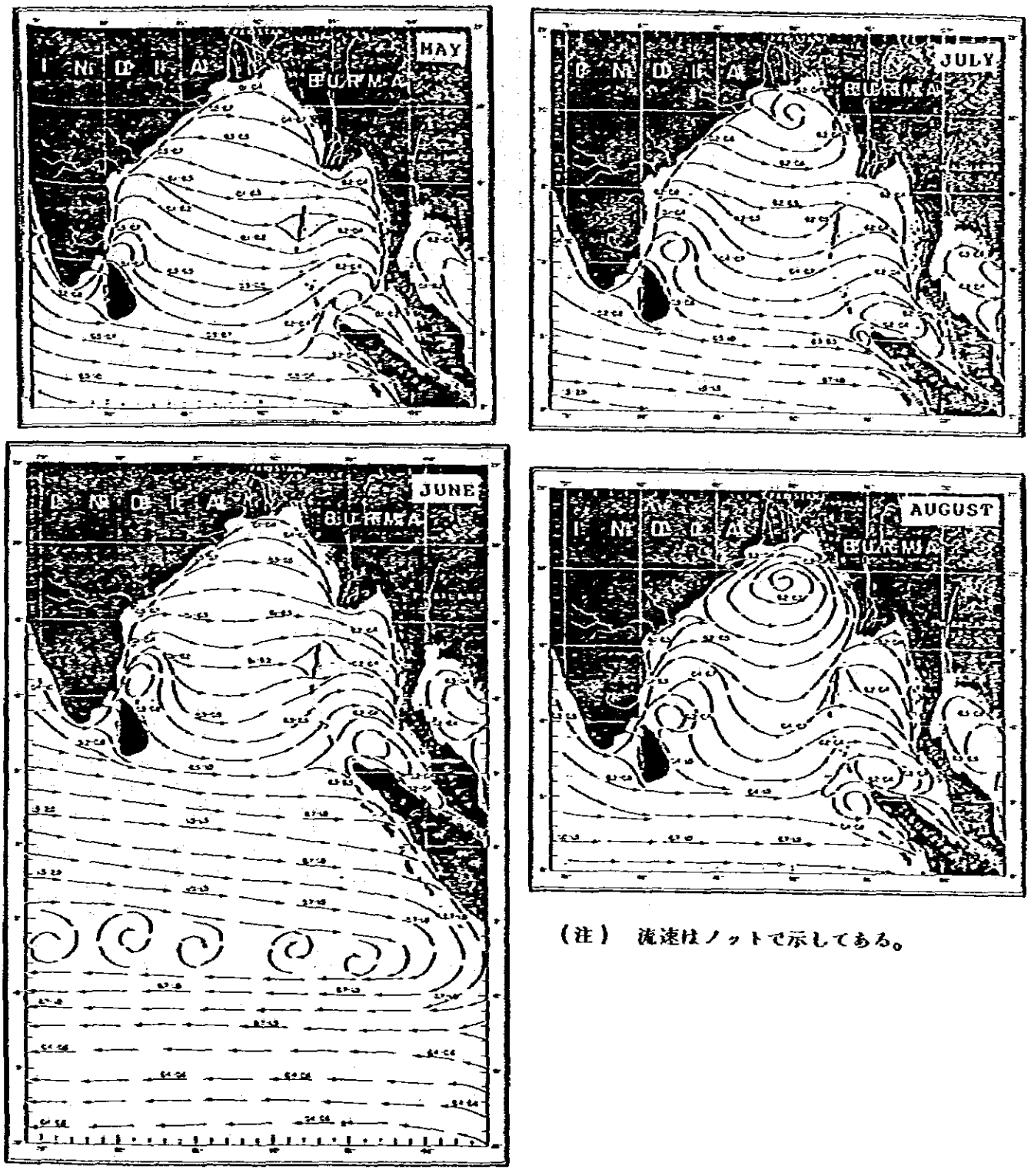






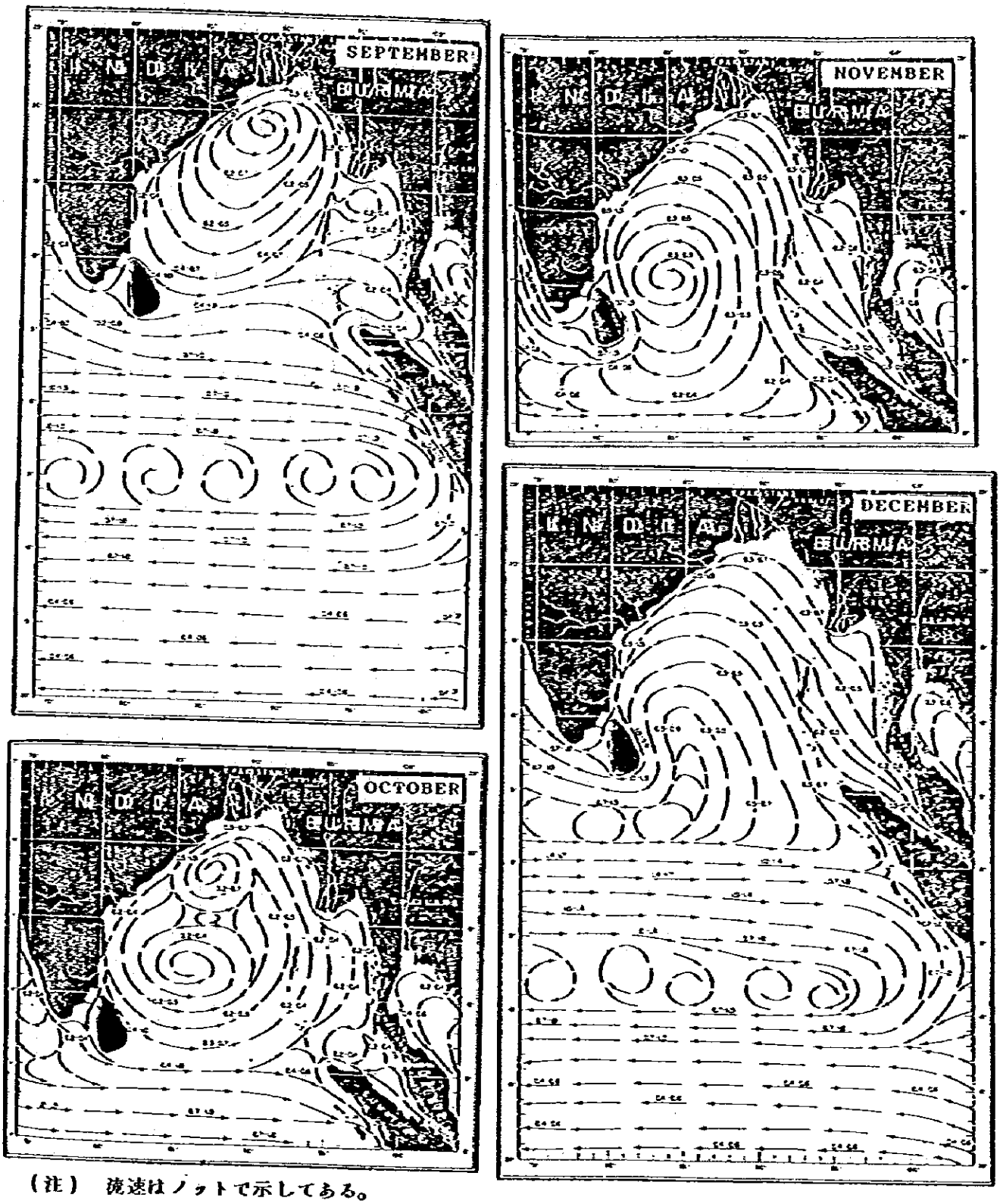
（注） 流速はノットで示してある。

図２4.5　　表面海流の一般的な流向・流速（1月～4月）



（注） 流速はノットで示してある。

図 2.4.6　　表面海流の一般的な流向・流速（5月～8月）



（注） 流速はノットで示してある。

図 2.4.7　表面海流の一般的な流向・流速（9月～12月）

2.5 漁業活動

2.5.1 インドネシア水域

パンタイチェルミン付近には，1～2トン程度の小型漁船が操業しており，それらの漁法は刺網（Gill net），引網（Hand line）である。この他ランポーン（Runpon，Fish lure）と呼ばれる小規模の漁業がある。

パンタイチェルミンの沖合3～3.8kmにかけては，Jermal（Tide trap）と呼ばれる木造の水中構築物を付設した網漁業が5ヶ統見られる（図2.5.1）。これらのJermalは当初計画したケーブルルート上に存在していたためルートの変更を余儀なくされた。しかし，Jermalは刺網や引網と同様，直接ケーブルに障害を与えるものではない。

ここで，ケーブルに障害を与える可能性の大きいトロール漁業は，1982年1月に発表されたインドネシア大統領令によって1983年1月1日以降インドネシア全水域で禁止されている。

以上のことから，インドネシア水域においては漁業活動によるケーブル障害はほとんどないものと考えられる。

2.5.2 コロンボ水域

コロンボ沿岸部付近では，約80隻内外の漁船が，刺網やトロール漁業を行っている。漁船の大きさは10トン未満であり，その多くは3.5トン程度のものが多い。また，漁業の最盛期は9月である。これらの漁業のうち，ケーブルに障害を与えるものとして考えられるのはトロール漁業であるが，その規模も小さく，ケーブル障害の心配はまずないものと考える。

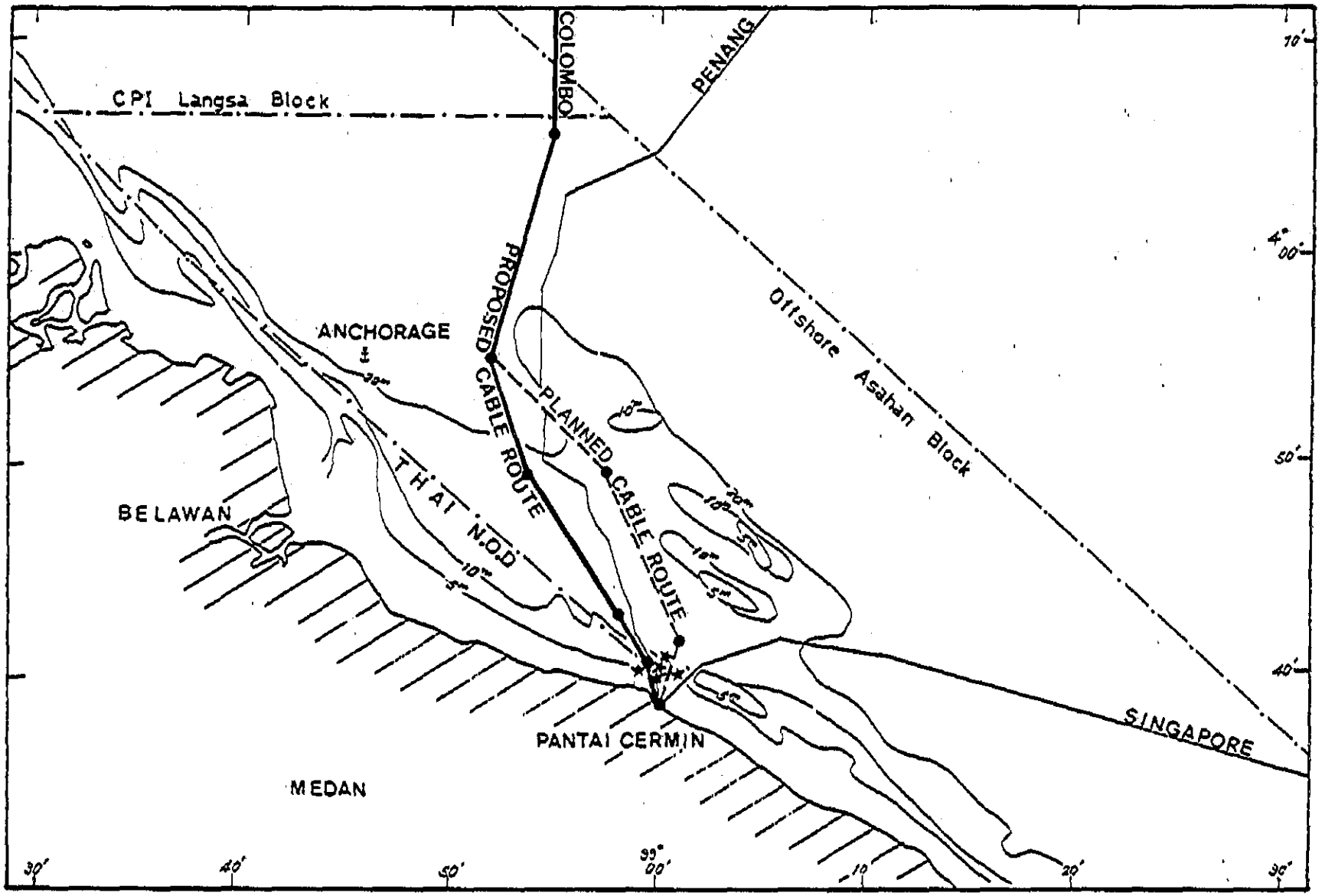


図 2.5.2　　パンタイチェルミン沖ケーブルルート　　★----TIDAL TRAPS.

2.6 船舶通行状況

2.6.1 船舶の主要航路

シンガポール沖からコロンボ沖に至るまでの区域における船舶の航路を大型船と小型船とに区分し，これらを概説すると次のとおりである。

(1) 大型船

1）シンガポール海峡からOne Fathom Bank まで

この区域にはIMCO（国際海事協議機構）の承認によるTraffic Separation Scheme が設定されており，そのコースは海峡の中央部よりややマレーシア寄りの水深の深い所に設定されている。

2）One Fathom Bank からスマトラ島北西端まで

この区域ではOne Fathom Bank からDiamond Pt.（メダンの北西方約140海里）沖10海里の地点に向かい，その後はWe島の北方5海里乃至15海里の地点に向かっている。このコースは今回の調査地点のA／C6付近でケーブルルートと交差している。

3）スマトラ島北西端沖合（95°E付近）

この区域を通過する船は，スマトラの最北端にあるRondo島の北側又は南側をほぼ東西に通過している。ケーブルルートとは10～15海里の間隔がある。

4）スマトラ北西端からスリランカの南方まで

この区域では，Rondo島からDondra Head の南約10海里の地点に向かって，約850海里の距離を269度の針路で一直線に航行している。この途中，グレートパッセージにおいてケーブルルートと交差している。

5）スリランカの南方からインド南端沖まで

Dondra Head 通過後，スリランカの南西端を回り，インド南端のCape Comorinの南西15海里付近に向かっている。この途中，コロンボの南西方40海里付近でケーブルルートと交差している。

(2) 小型船

小型船が通航している地域は，スマトラ島北西部およびスリランカの南西部の沿岸であるが，概して船の数は少なく，メダン港およびコロンボ港付近でやや多くなっている。またその航路は沿岸至近距離を通っているので，前記のメダン港

およびコロンボ港付近以外ではケーブルルートと交差していない。

2.6.2 通航船の隻数と船種

シンガポール海峡，マラッカ海峡およびベンガル湾における通行船の隻数と船種ならびにルート調査実施中に調査船付近を通過した船は次の通りである。

(1) シンガポール海峡

シンガポール政府が実施した，海峡通航船舶の調査結果は表2.6.1のとおりである。

ただし，その数値は７５総屯以下の小型船までを含んでおり，インドネシア，マレーシア方面への小型沿岸航行船が含まれているものと推定される。

(2) マラッカ海峡

マラッカ海峡を通航する全船舶数を調査した統計はないが，他の資料から推定すると次のようになる。

1）前記のシンガポール海峡の統計値から，5,０００総屯以上の全船舶と5,０００総屯以下の船のうち１／５がマラッカ海峡を通航するとすれば，１日平均隻数は８９.７隻となる。

2）日本船主協会の資料によれば，１９６８年の日本船舶のマラッカ海峡通航隻数は年間3,４７４隻である。一方シンガポール政府の調査による，シンガポール海峡通航船の国籍別構成比において，日本船は１４.２％を占めている。これらの数値から通航船数を計算すると，１昼平均６７.０隻となる。

1）の統計は１９７３年であり，2）の統計は１９６８年であるから，現時点においては1）の数値をも超えて，１日平均１００隻前後になっていると推定される。

(3) ベンガル湾

マラッカ海峡を通航する船舶のうち，どの位の船がスマトラ島北端からスリランカのDondra　Head に向けて航行するかを推定する資料として，日本水路協会が１９８３年に調査した資料がある。それによると，マラッカ海峡通過船のうち４％がラングーン，カルカッタ，マドラス方面へ，３９％がアフリカ東岸向けおよびアフリカ南端回りであり，残りの５７％の船がDondra　Head を回って

ペルシア湾又はスエズに向かっている。

したがって，この航路を通航する船の数は1日平均約57隻となるが，スマトラ島に近い所では，アフリカ東岸の北部向けの船もこのコースに近い所を通航するので，通航船の数は数%多くなり平均60隻を超えるものと考えられる。

表2.6.1　　シンガポール海峡通航船舶調査

	Oct. 1969（28日間）			Feb.-Mar. 1973（28日間）		
	隻　数	1日平均隻　数	構成比（%）	隻　数	1日平均隻　数	構成比（%）
1）観測総隻数						
Mount Faber	3.623	129.4		4.019	143.5	
2）用途別構成比						
タンカー，ばら積み船	1.231	44.0	34.0	1.115	39.8	27.8
貨物船	1.961	70.0	54.1	2.595	92.7	64.6
客船	27	0.9	0.7	38	1.4	0.9
その他	404	14.4	11.2	271	3.7	6.7
計	3.623		100.0	4.019		100.0
3）屯数別構成比						
30,000総屯以上	162	5.3	4.5	276	9.9	6.9
5,000 ～30,000総屯	344	83.7	64.7	1.857	66.3	46.2
75～5,000 総屯	940	33.6	25.9	1.882	67.2	46.9
75総屯以下	177	6.3	4.9	4	0.1	
計	3.623		100.0	4.019		100.0

(注) 本表は「マラッカ・シンガポール海峡浚渫の経済的効果に関する調査」　1973年より抜粋したものである。

2.6.3　今回の調査作業中に調査船の付近を通過した船の数

今回の調査作業中，10月7日から11月8日までの間，調査船付近を通過した船の数は表2.6.2のとおりである。なお，この中にはレーダによって視認したもの

も一部含まれている。

表2.6.2　　作業中の視認船隻数

区　分　(東経)	視認隻数	作業日数	1日当り隻数
79°～80°　(N)	21	3	7
79°～80°　(S)	21	2	10.5
80°～81°	1	1	1
81°～82°	10	2	5
82°～83°	2	1	2
83°～84°	4	1	4
84°～85°	1	1	1
85°～86°	0	1	0
86°～87°	2	1	2
87°～88°	0	1	0
88°～89°	1	1	1
89°～90°	0	1	0
90°～91°	4	2	2
91°～92°	5	1	5
92°～93°	17	2	8.5
93°～94°	100	6	16.6
94°～95°	48	4	12
95°～96°	0	1	0
96°～97°	5	1	5
97°～98°	0	1	0
98°～99°	10	1	10

表2.6.2の区分はケーブルルート上を経度10度毎に区分してあるが，スリランカ南西方の79°E～80°Eの区間はケーブルルートが南北方向に走っているので，北緯6°線の北側を（N），南側を（S）として2分した。

1区域の作業日数が1日未満のところも，すべて1日として計算した。

図2.6.1には大型船航路とケーブルルートを図示してあるが，両者が交差する地点は，A／C6付近，A／C12～A／C14付近，A／C25とA／C26の中間である。この交差地点付近とコロンボ，メグン両港付近では視認船の数も多かったが，その他の区域では10海里～30海里離れているので，視認船は少なかった。

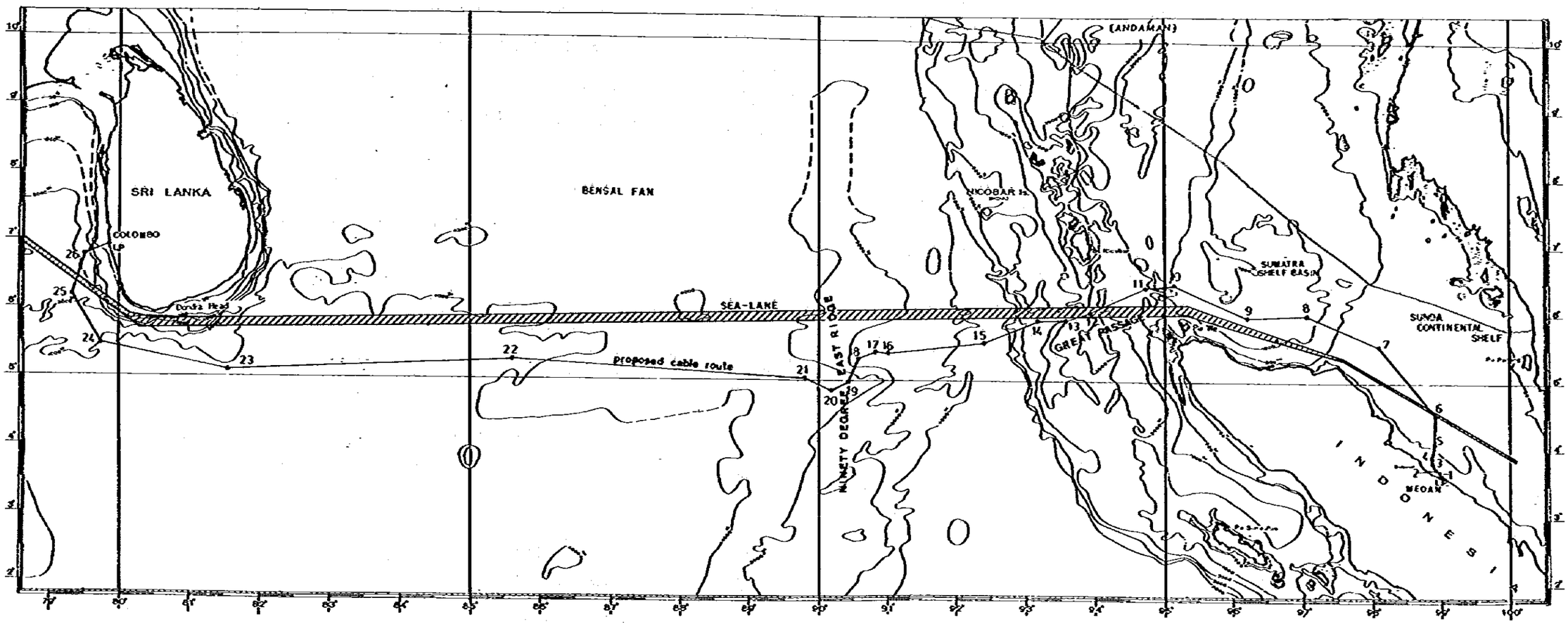


図2.6.1　　大型船航路とケーブルルートとの関係

2.7 海洋石油開発

推薦ケーブルルートが通過する石油鉱区はIndosatの資料（表2.7.1）およびPetroconsultant（S. A. Geneva）発行の石油掘削計画図（1983年度版）によれば次の通りである。

2.7.1 インドネシア水域

推薦ケーブルルートはASAHANブロックの鉱区をA／C1～A／C6の区間で約80km，NSOブロックではA／C6～A／C8にかけて約180km，更にNSO EXTENSIONブロックでA／C8～A／C9～A／C10にかけて約190kmにわたって通過している。それぞれの鉱区の利権は次のようになっている。

ASAHANブロック	Offshore Oil, Oxocc International
NSOブロック	Mobil Oil Indonesia
NSOイクステンションブロック	Indonesia PTE Ltd.

同計画図上で示すようにASAHANブロックにおいてケーブルルートの両側に廃棄油井が6ヶ所，NSOブロックの北部で廃棄油井とガス油井が20ヶ所図載されている。しかし，スマトラ北部のNSOイクステンションブロックで廃棄および既存等の油井の図載は全くない。

この海域における石油開発計画については，インドネシア石油（プルタミナ石油と日本の合弁会社）に問い合わせたところ，全くコメントが得られなかった。しかしインドネシア石油関係者の見解によれば，石油開発の鉱区内であっても先に工事や開発に着手した方に優先権がある。もし先に海底ケーブルが敷設されていれば，石油掘削地点やその諸設備は海底ケーブルルートを避けなければならない。しかし，石油やガス開発が急務の場合は，石油開発側はケーブルの移設に関して，それ相当の補償をする必要がある。

2.7.2 スリランカ水域

推薦ケーブルルートは，A／C25～A／C26の間において，No.8ブロックを約4km，A／C26からL．Pにかけてはno.9ブロックを約37kmにわたって通過

している。各ブロックの利権関係は次の通りである。

№8ブロック　　R. J. Walker　Oil　Co.

№9ブロック　　Phoenix, Off　PET.

ＳＬＴＤから石油開発関係の部署（政府の）に問い合わせた結果，スリランカの大陸棚全域に石油鉱区がかかっているが，現在のところ実際に活動しているのはスリランカ北部にかぎられていることが明らかになった。またコロンボ付近では現在，具体的な計画は全くなく，ケーブル敷設には問題ないということであった。

表27.1　スマトラ沖で過去に設置された石油プラットホームおよびリグの位置（INDOSATの提供によるもの）

OIL COMPANY	POSITION	
	Latitude (N)	Longitude (E)
M.E.I.I.	05-43-00.8	97-45-35.3
M.E.I.I.	05-40-34.8	97-45-32.9
Mobil Expl. IND. INC.	05-39-33.2	97-45.43.3
Mobil Expl. IND. INC.	05-43-51	97-45-37
Mobil Expl. IND. INC.	05-19-04	98-04-20
Mobil Expl. IND. INC.	05-23-20.8	98-05-28.4
Mobil Expl. IND. INC.	05-27-38.6	98-04-49.2
Mobil Expl. IND. INC.	05-18-18.4	98-02-34.3
Mobil Expl. IND. INC.	05-17-57.4	98-02-16
Mobil Expl. IND. INC.	05-41-28.6	97-45-31.7
Mobil Expl. IND. INC.	05-44-26.9	97-48-2.4
Mobil Expl. IND. INC.	05-45-20.3	97-51-54.2
Mobil Expl. IND. INC.	05-45-35	97-49-55
Mobil Expl. IND. INC.	05-43-18.3	98-06-03
Mobil Expl. IND. INC.	06-14-31.8	97-50-21.1
Mobil Expl. IND. INC.	05-19-37.03	98-04-30.441
Mobil Oil IND. INC.	05-20-10	96-05-33
Mobil Oil IND. INC.	04-33-24	99-02-41
Aquitaine INC. WD.	04-07-09	98-37-38
NORTH SUMATERA Oil INC.	03-52-13	98-51-42
NORTH SUMATERA Oil INC.	04-01-39	98-59-26

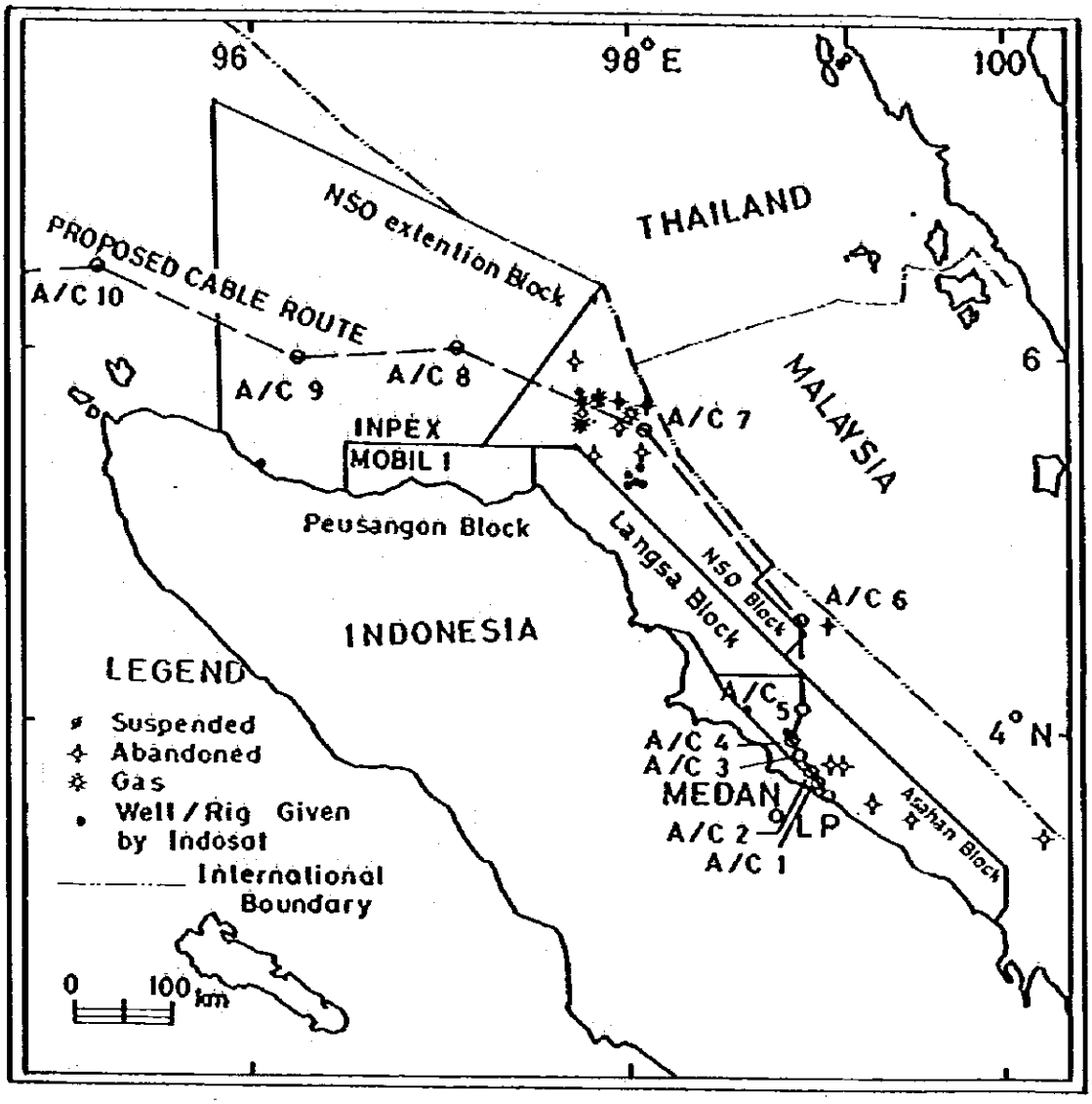


図 2.7.1　　インドネシア海域における海洋石油開発（INDOSAT の資料および石油掘削計画図を使用しまとめた）

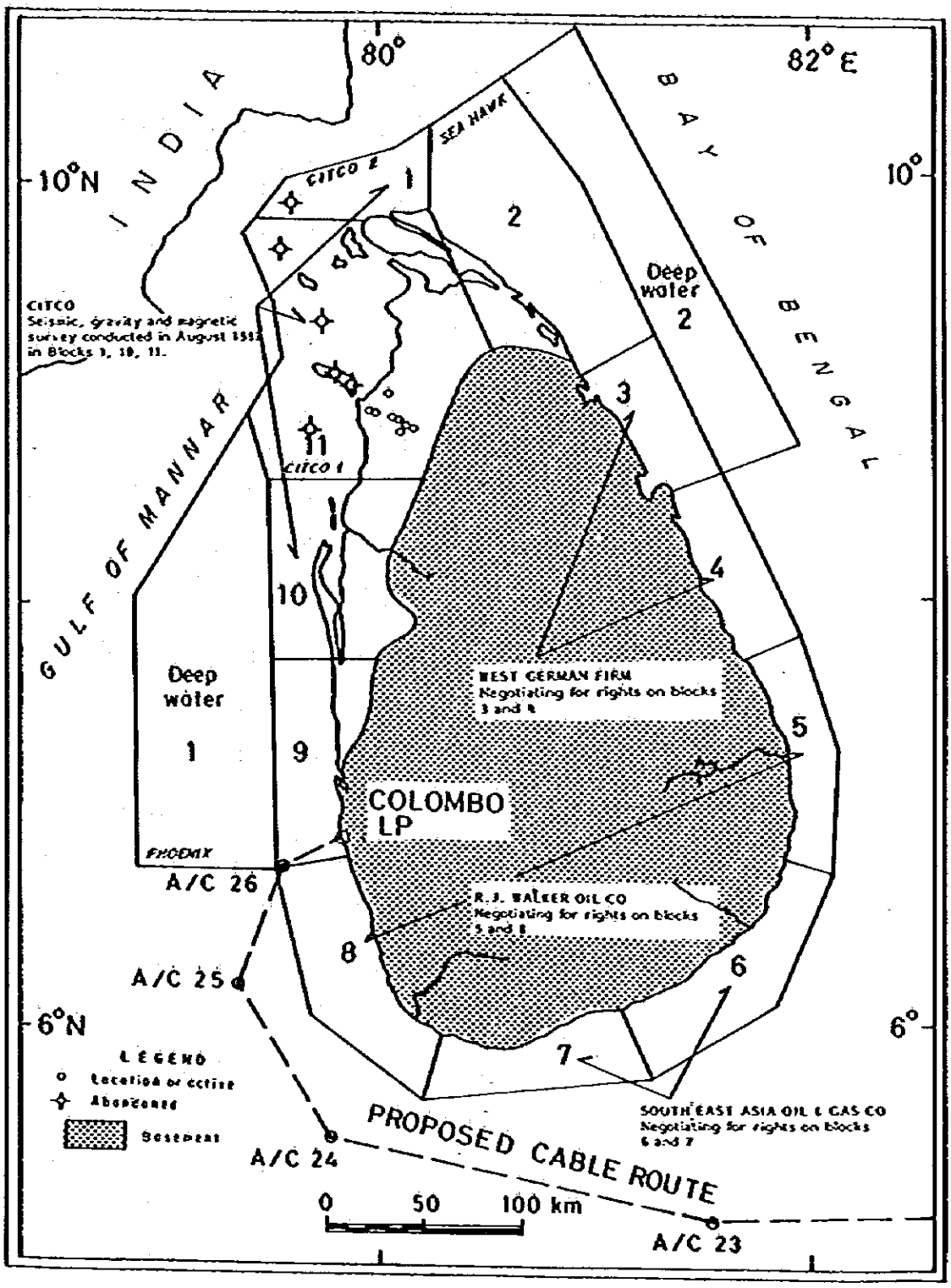


図２７.２　　スリランカ海域における海洋石油開発
（石油掘削計画図を使用しまとめた）

2.8 過去のケーブル障害事例

既設の電信線で，今回の調査海域に関連があるものは次のとおりである。フランスのＰＴＴから得たケーブル障害事例の資料5），6），7），8）によって，障害の場所と障害原因を図示した（図2.8.1および図2.8.2参照）。

1）マドラス－ペナンNo.1　　1871－1927

2）マドラス－ペナンNo.2　　1891－1962

3）マドラス－ペナンNo.3　　1921／2－1973

4）コロンボ－ペナンNo.1　　1913－1973

5）コロンボ－ペナンNo.2　　1923－1973

6）メダン－ペナン　　1891－1950

7）アデン－コロンボ　　1913－1966

8）コロンボ－セイシェルズ　　1922－1954

メダン－ペナン線について見ると，ケーブル障害原因の大部分は腐蝕に因るものであるが，メダンの近海では原因不明のものや，浚渫船やクレーンに引っかけられたとみられる人為的障害も発見された。コロンボ－ペナンNo.2線について見ると，ケーブル障害は，ペナン島近くのスンダ大陸棚およびその斜面，グレートパッセージ，コロンボ大陸棚およびその斜面で起きている。スンダ大陸棚およびその斜面での障害は，メダン－ペナンの場合と同様に腐蝕によるものである。

グレートパッセージにおける障害の大部分は摩損によるものである。コロンボ側では二件の障害記録があり，一つは大陸斜面でのケーブルよじれによるもので，他は海岸近くでの摩損と腐蝕に因るものである。

上記の障害状況をまとめると，障害の起きた場所は，スンダ大陸棚，スンダ大陸斜面，グレートパッセージ，コロンボ海岸付近であって，90°E海嶺，ベンガル海底扇状地，ニコバル海底扇状地等の深海部では起きていない。

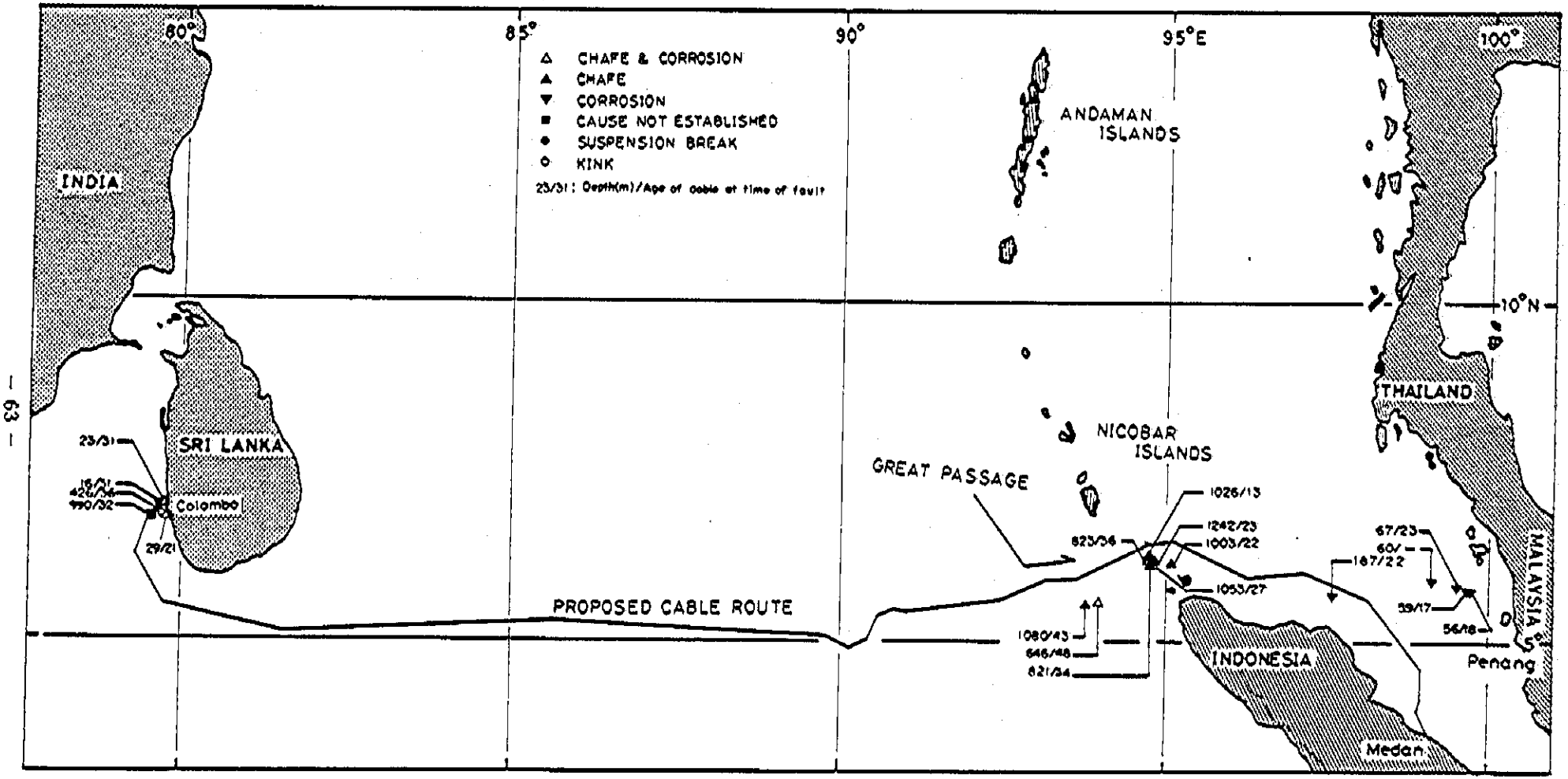


図 2. 8. 1　　推測ケーブルルート付近の過去のケーブル障害

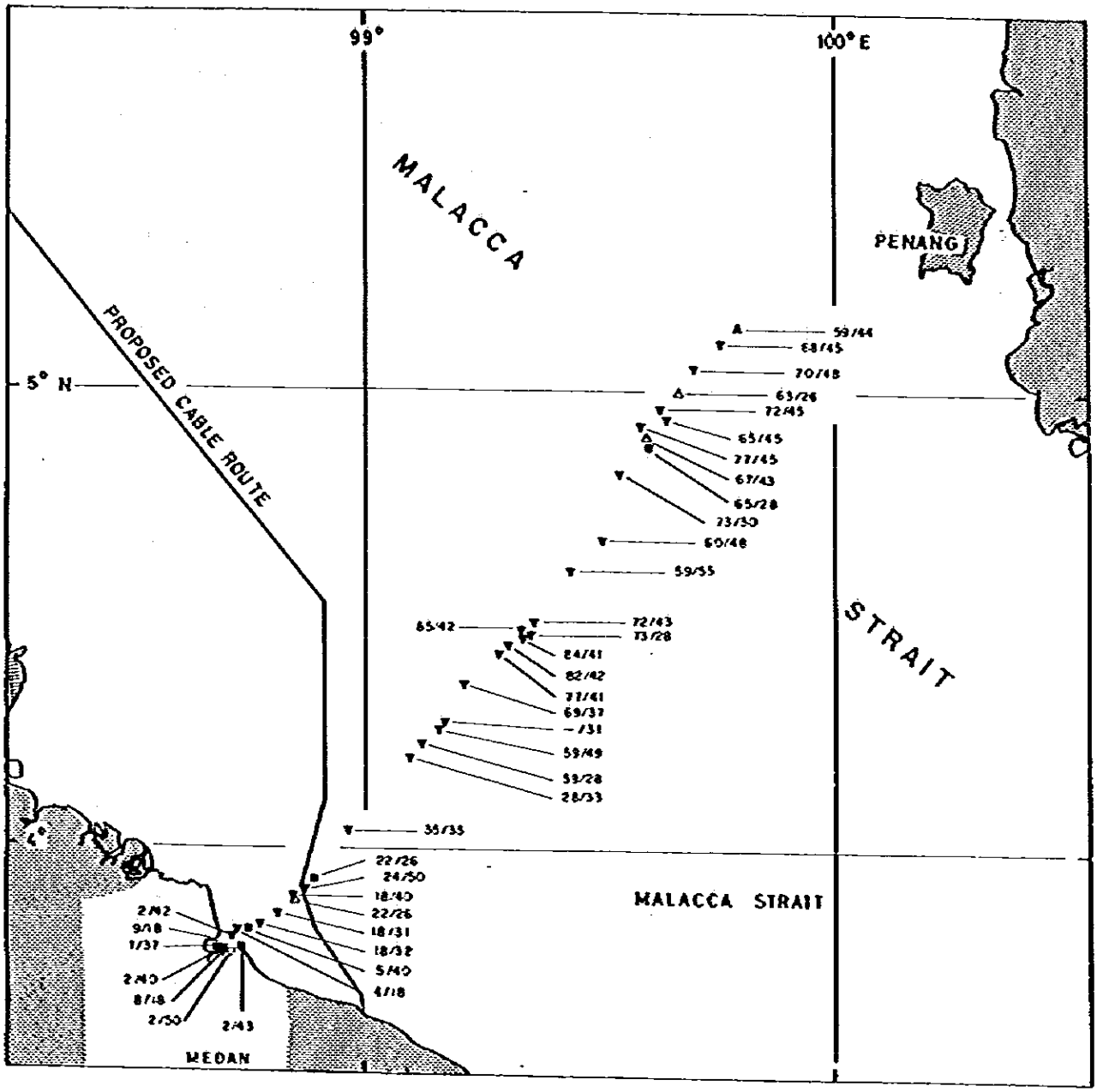


図 2.8.2　　メダン付近の過去のケーブル障害

2.9 現在および廃棄海底ケーブル

ベンガル湾およびマラッカ海峡において，現在使用中の海底ケーブルおよび廃棄されている海底ケーブルの状況は次のとおりである（図2.9.1参照）。

推薦ケーブルルートは両方の陸揚地点近くで下記の廃棄電信ケーブルと交差している。

1）現在使用中の海底ケーブル

メダン－ペナンケーブル	１９８３年敷設
ペナン－マドラスケーブル	１９８１年敷設

2）廃棄された海底ケーブル（電信ケーブル）

メダン－ペナンケーブル	１９５０年廃棄
ペナン－マドラスケーブル（３本）	１９２７～１９７３年廃棄
ペナン－コロンボケーブル（２本）	１９７３年廃棄
コロンボ－アデンケーブル	１９６６年廃棄
コロンボ－セイシェルケーブル	１９５４年廃棄

3）計画中の海底ケーブル

メダン－シンガポール間には現在計画中の海底ケーブルが一本ある。

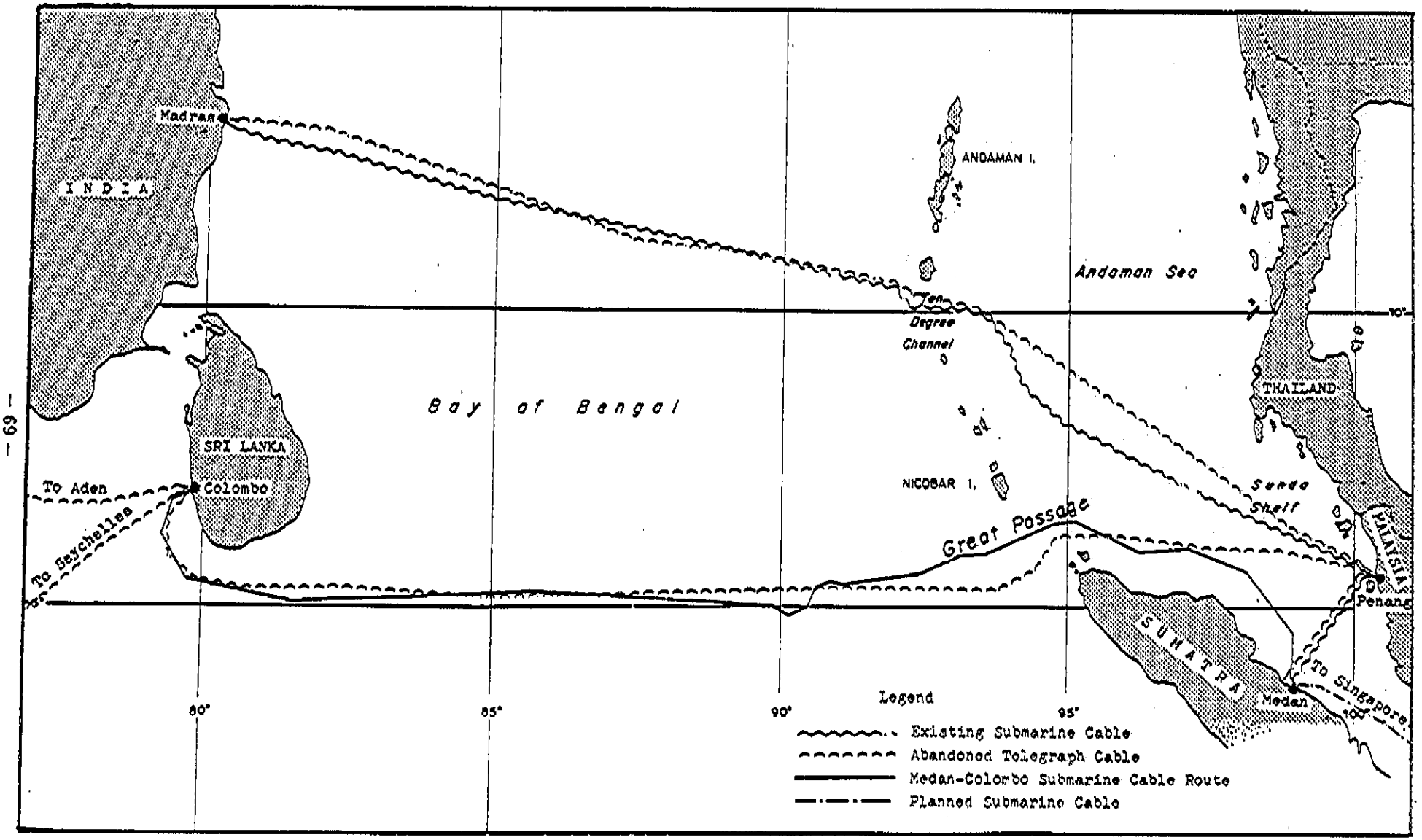


図 2.9.1　　現存および廃棄海底ケーブル

2.10 現存および廃棄パイプライン

2.10.1 インドネシア水域

2.7.1において述べたように，インドネシア水域には試錐（Boring）を実施したが，石油やガスの兆候なかったり，開発するのには鉱量が少なく，廃棄された石油井やガス井が推薦ケーブルルート付近に見られる。しかしこれらはいずれも開発の初段階で廃棄ないし中止されたもので，海底にパイプラインを敷設されるに至っていない。

2.10.2 スリランカ水域

2.7.2において述べたように推薦ケーブルルート付近にはこれまで全く石油およびガス開発は行われておらず，したがって現在，パイプラインが海底に敷設されていることは全くない。

2.11 投棄区域等

マラッカ海峡には，次のような投棄区域等がある（図2.11.1参照）

爆薬投棄区域および爆弾投棄地点等はインドネシア海軍の海図№6，9および10に示されている。

(1) 爆薬投棄区域

1）Belbara島付近

Belbara島の周辺で，99°27′10″E，3°50′07″N，99°30′10″E，3°43′30″Nの経緯度線に囲まれる区域は爆薬冬季区域で，立ち入り禁止区域となっている。ケーブルルートA／C1の東方約26海里にある。

2）We島付近

We島の北西方で，次の4地点を結ぶ線に囲まれる区域である。

a．05°58′10″N，95°07′50″E

b．05°58′20″N，95°07′30″E

c．05°57′10″N，95°05′10″E

d．05°57′00″N，95°05′50″E

ケーブルルートA／C10の南方30海里にある。

(2) 爆弾投棄区域

下記の経緯度で示す2地点で，ケーブルルートA／C5の東方約14海里および約50海里のところにある。

a．04°02′30″N，99°09′30″E

b．03°58′00″N，99°44′30″E

(3) 障害物区域

下記の経緯度で示す2地点で，障害物は何れも沈船である。"a"はケーブルルートA／C4～5の西方約3海里に，"b"はA／C7の南西方約37海里のところにある。

a．04°01′10″N，98°50′35″E

b．05°09′50″N，97°38′00″E

(4) 機雷未掃海区域

We島の北岸1海里以内の海岸で，次の経緯度線によって囲まれる区域である。

ケーブルルートA／C9～10の南西方約27海里のところにある。

05° 52′30″N, 95° 15′00″E

05° 52′50″N, 95° 15′20″E

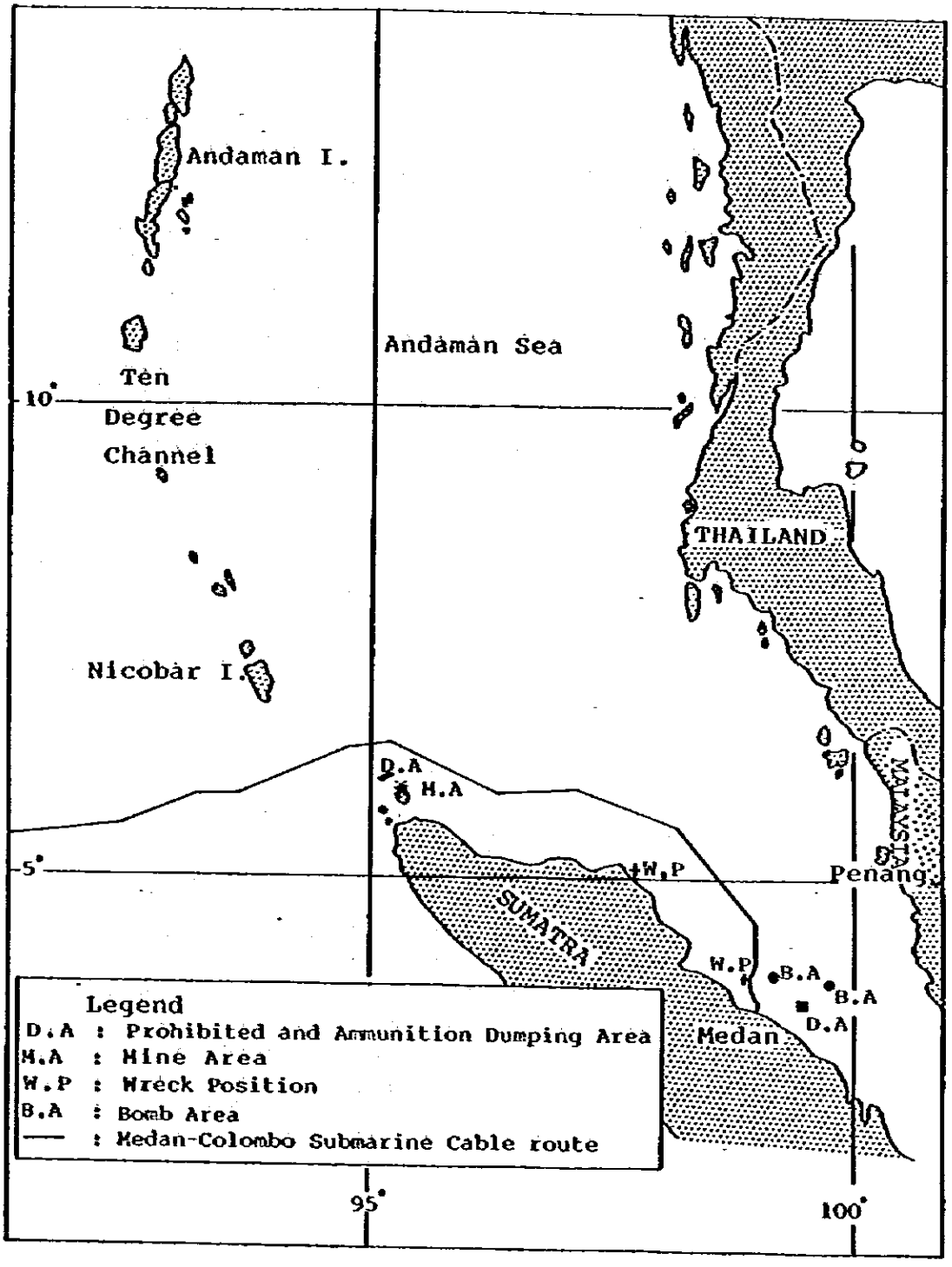


図2.11.1　　爆 薬 投 棄 区 域 等

3. 陸上調査

3.1 メダン（パンタイチェルミン）

3.1.1 海浜および陸揚地調査

メダン－コロンボ海底ケーブル建設用の陸揚地点は，メダン－ペナン海底ケーブルおよびメダン－シンガポール海底ケーブルとほぼ同一地点である。必要な陸上調査は，すでにＩＮＤＯＳＡＴによってすべて実施されているので，今回の現場調査においては，Ｓ／Ｗに示されている陸揚地点の経緯度を確認するにとどめた。

９月２２日に，陸揚地点にあたるパンタイチェルミン海浜の踏査を行い，９月２３日に陸揚地点（ＭＣＬＰ）の基準点測量を実施した。陸揚地点（ＭＣＬＰ）は，与えられた基準点（ＣＬＰ）等を基に多角測量によって決定した。その結果は図3.1.1に示した。陸揚地点（ＭＣＬＰ）の緯度・経度は次のとおりである。

緯度：　３°３８′４６.２６９″

経度：９９°００′０３.０１２″

図3.1.2で示すように，陸上部のケーブルルートは海浜の陸揚地点から局舎（Ｂ２点）まで，ほぼ一直線でその距離は1,１９６.７８ｍである。途中は湿地で１つのクリークと２つの砂帯を横切っている。ルートに沿って約５０ｍ幅にマングローブ林を伐採してあり，大部分が湿地帯である。

陸揚地点から海側は，傾斜約６度（１／10）の砂浜が下降し，平坦な海底に続いている。海底は泥混じりの砂で覆われており，0.1度の極ゆるやかな傾斜で沖合に広がっている。干潮時には汀線が陸揚地点から約５００ｍ沖合に後退するが，満潮時には海水に覆われて数メートル幅の海浜を残すのみとなる。

底質の硬さを調べるため，推薦ケーブルルートに沿って１００ｍ毎に鉄棒の貫入を実施した。底質はきわめて軟らかく，1.5ｍ以上の深さまで鉄棒が貫入した。

	LATITUDE (N)	LONGITUDE (E)
CLP	3° 38' 46".156	99° 00' 03".190
MCLP	3 38 46.269	99 00 03.012
A/C 1	3 40 44.400	98 59 40.200
A/C 1 (planned)	3 40 30.000	99 01 00.000

Note : Coordinates of CLP are given by INDOSAT

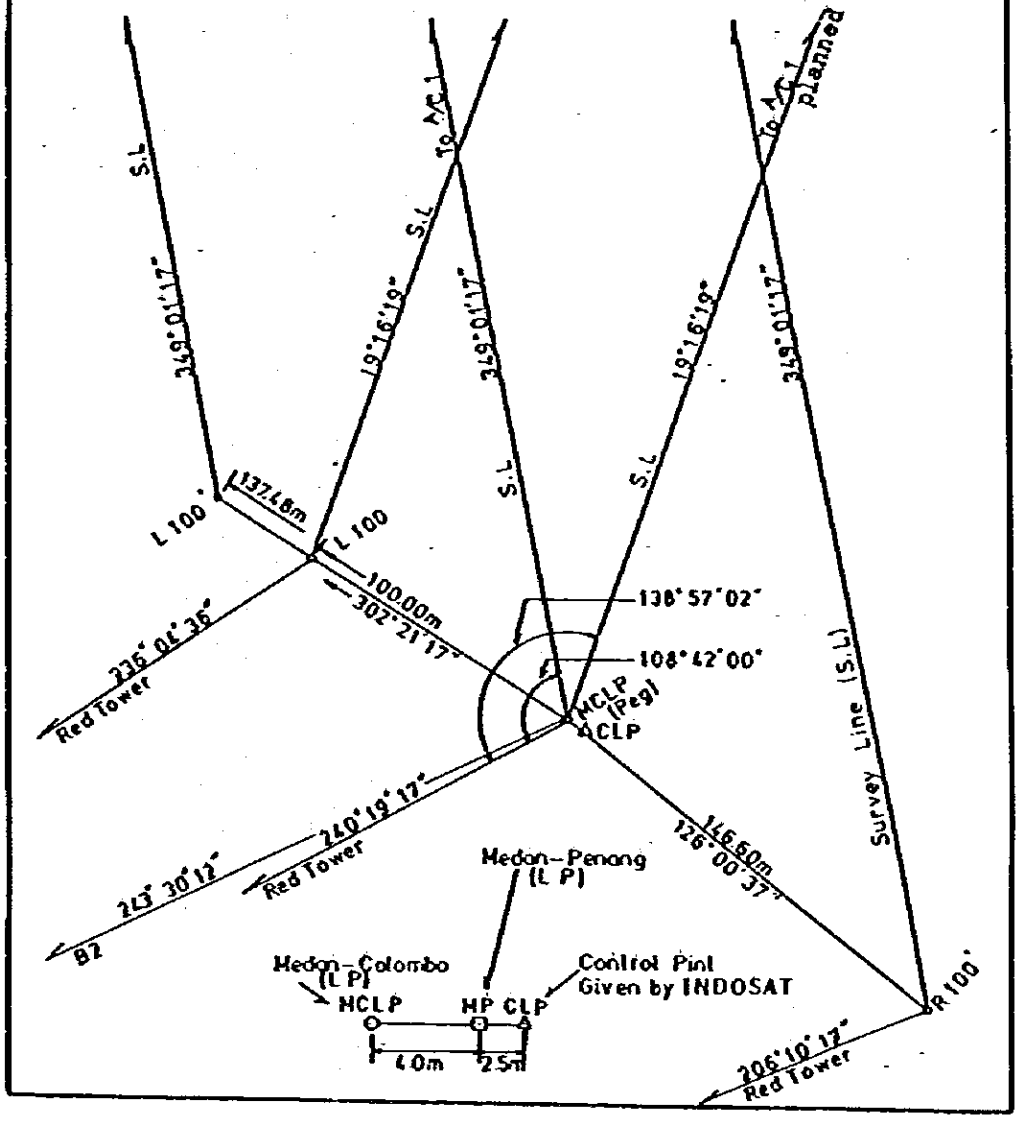


図 3. 1. 1　　パンタイチェルミン陸揚地点と基準点および調査測線との関係

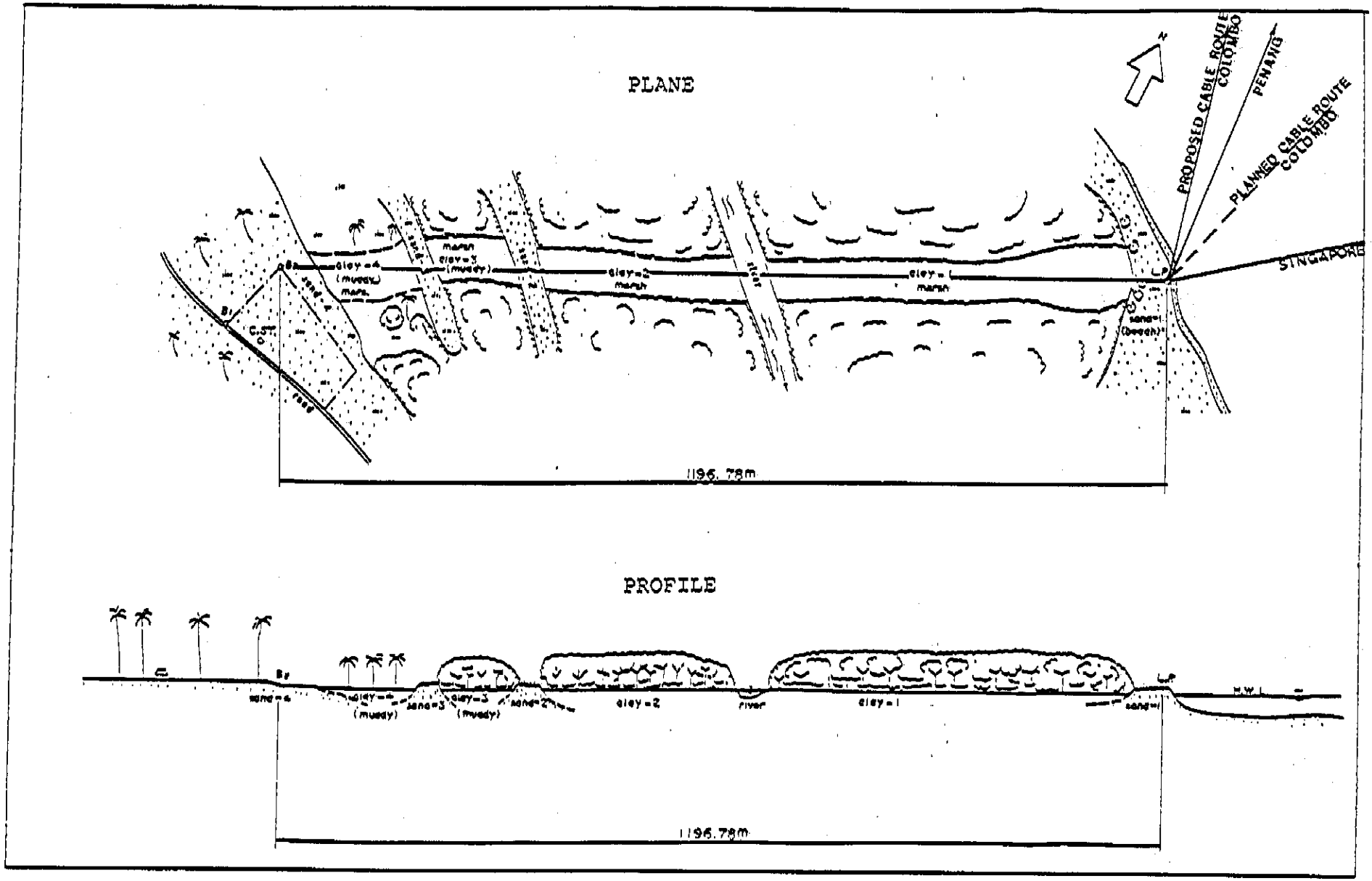


図 3.1.2　　パンタイチェルミンのケーブル陸揚地点

3.2 コロンボ

3.2.1 海浜および陸揚地調査

ケーブル陸揚地点の候補地は，長さ約1kmのGalle Face Green前面の石積護岸の海岸である。護岸から10～15mの間は，約1mの薄い砂の層に覆われており，その沖合には海岸に平行に岩盤が露出している。砂層は薄く，沖合の露岩と同じ岩盤が基盤をなしている。

ケーブル陸揚地点の選択は，次の諸点に留意して行った。

- コロンボ港務局から得た情報により，現存の投錨区域を避けて最良のルートを選ぶこと。
- 陸上部分のケーブルルートをより短くすること。
- アースを設置する場所として砂層の厚い所，又陸揚げ工事用の広さが十分にあること。

推薦陸揚地点として，Galle Face ホテルの北方約650mの所を選定した。

陸揚地点（LP）の測量は10月18日に実施した。LPの位置は，先に依頼しておいたスリランカ国測量部の測量によって求められた基準点A，Bを使用し，多角測量によって決定した。その測量結果は図3.2.1に示し，LPの緯度・経度は次のとおりである。

緯度：　6° 55′ 32.750″

経度：79° 50′ 29.668″

3.2.2 陸上部調査

陸上のケーブル路線は，SLTDと十分協議した上，OTSの建物までの間を，工事中の新道を含む市街路に沿って選定した。調査はSLTDおよびスリランカ測量部の協力を得て，輻輳した地区を通って実施した。

調査は10月19日に行われた。路線測量においては，陸揚地点（LP）からOTSビルディング（FP）の間は基準点A，Bを使用し，多角測量と水準測量とによって距離と高低を求めた。その測量結果を表3.2.1に示した。又ケーブル路線に沿って存在している建物等との関係を調査し，その結果を図3.2.2に示した。推薦ルート上の重要箇所には，小杭を埋めた。その箇所を図3.2.2に示す。

	LATITUDE (N)	LONGITUDE (E)
A	6° 55′13.4419	79° 50′35.9776
B	6 55 25.8797	79 50 32.0036
LP	6 55 32.750	79 50 29.668
FP	6 56 01.946	79 50 37.899

Note : Coordinates of A and B are given by Survey Department of Sri Lanka

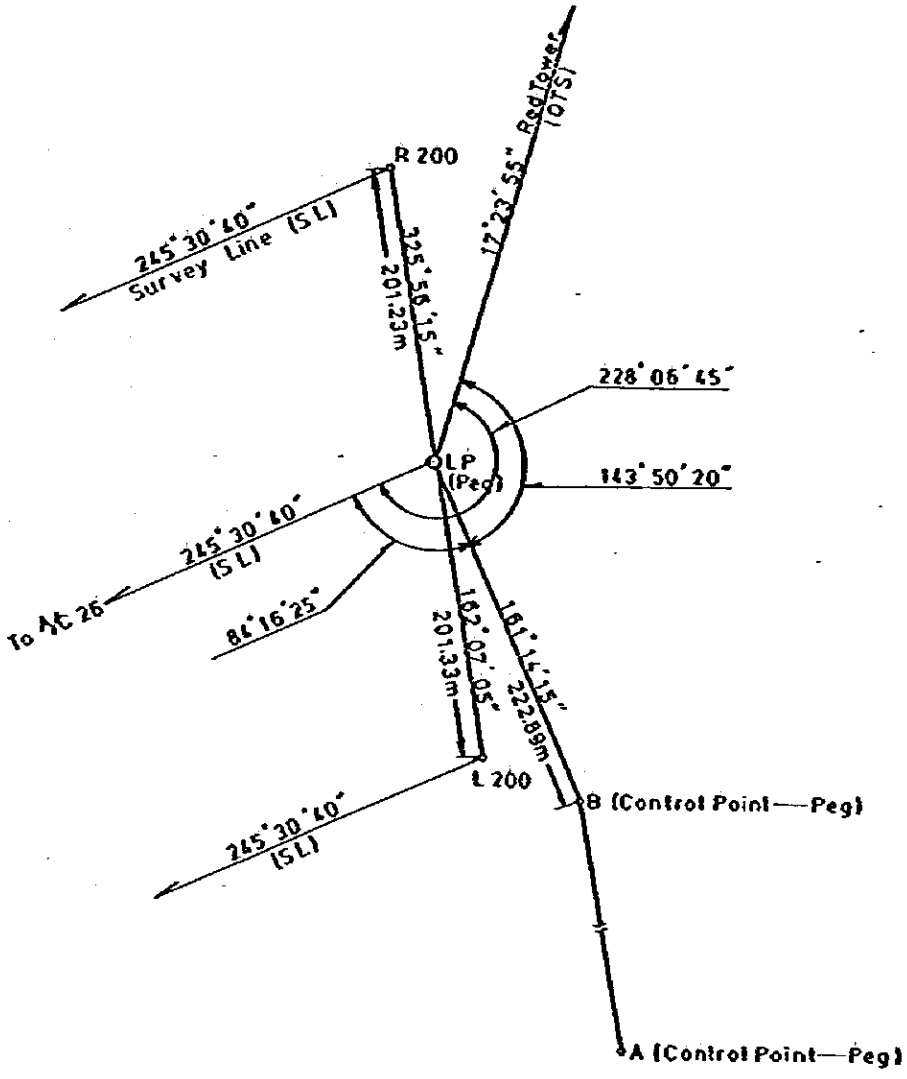


図3.2.1　コロンボ陸揚地点と基準点および調査測線との関係

表3.2.1　　コロンボ陸上部ケーブルルート測量結果

CONTROL POINT	LATITUDE (N)	LONGITUDE (E)	HEIGHT ABOVE D.L	DISTANCE
A	6°55′13″4419	79°50′35″9776	4.m08	
				401.m03
B	6 55 25.8797	79 50 32.0036	4. 18	
				201. 23
L.P	6 55 32.750	79 50 29.668	4. 28	
				14. 45
T 1	6 55 32.902	79 50 30.114	4. 67	
				239. 78
T 2	6 55 40.357	79 50 27.799	5. 58	
				23. 66
T 3	6 55 40.859	79 50 28.384	5. 08	
				36. 48
T 3′	6 55 41.826	79 50 27.693	4. 60	
				127. 87
T 4	6 55 45.772	79 50 26.368	4. 29	
				150. 31
T 5	6 55 50.410	79 50 24.806	4. 77	
				51. 29
T 6	6 55 52.075	79 50 24.929	5. 03	
				38. 83
T 7	6 55 53.245	79 50 24.448	5. 31	
				132. 10
T 8	6 55 57.451	79 50 25.343	7. 60	
				230. 27
T 9	6 55 57.393	79 50 32.845	7. 06	
				143. 70
T 10	6 56 02.065	79 50 33.105	8. 37	
				146. 38
T 11	6 56 01.108	79 50 37.777	5. 27	
				26. 00
F.P	6 56 01.946	79 50 37.899	5. 41	
			Total (L.P～F.P)	1361.m12

HEIGHT ABOVE D.L = M.S.L - 0.38m
M S L = Mean Sea Level
D L = Datum Level

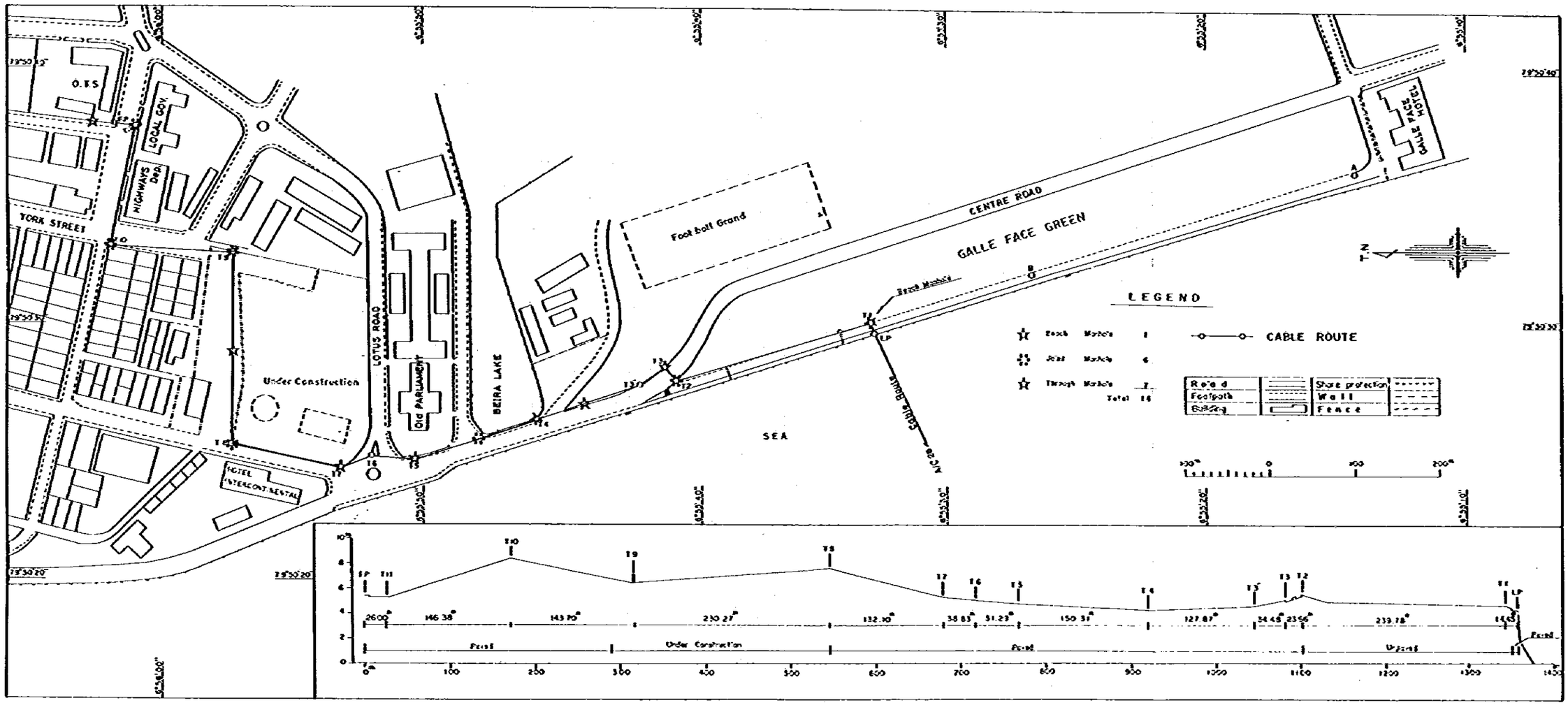


図3.2.2　　コロンボ陸上部推薦ケーブルルート

陸揚地点からＯＴＳビルディングまでの路線上の各測点間の集計距離は1,３６１.１２mであった。

敷設工事着手前に電力線，通信線，上下水道管，ガス管等の地下障害物について，十分調査する必要がある。

関係機関から得た資料によって，現存および企画中の地下構造物を付録１４に示す。

3.2.3 大地比抵抗測定

コロンボにおいて，最適のアース用地を探し，かつその場所に適したアース電極システムを決めるために，陸揚地点付近の海岸で大地比抵抗測定を実施した。

１０月１９日と２０日に，推薦アース設置用地を含めた６地点において，ウェンナーの４電極法で大地比抵抗測定を実施した。測定方法の詳細は付録４に示す。

当初は，５m以上の砂層があって，アース電極もらくに打ち込めるものと予想していたが，結果は予期に反したものであった。

この結果から判断すると，砂浜と見える場所の砂層は1.5mより薄く，その下に厚さ数メートルの海水を含んだ風化岩と，その下方に未風化の岩層が分布しているものと推定されるつ。大地比抵抗の平均値は，砂層中が１０ohm-m 以下であるのに対し，この岩層中は約１８０ohm m 位あるものと解釈される。ほかの細目は，表3.2.2および図3.2.3に示す。

メダン（パンタイチェルミン）においては，すでにメダン－ペナンケーブルのためにＰＦＢアースシステムが設置されている。ＩＮＤＯＳＡＴは，計画中のメダン－コロンボケーブルおよびメダン－シンガポールケーブルについては，現存するメダン－ペナンケーブルのアースシステムを共用することにしていた。そのため，メダン（パンタイチェルミン）においては大地比抵抗調査を実施しなかった。

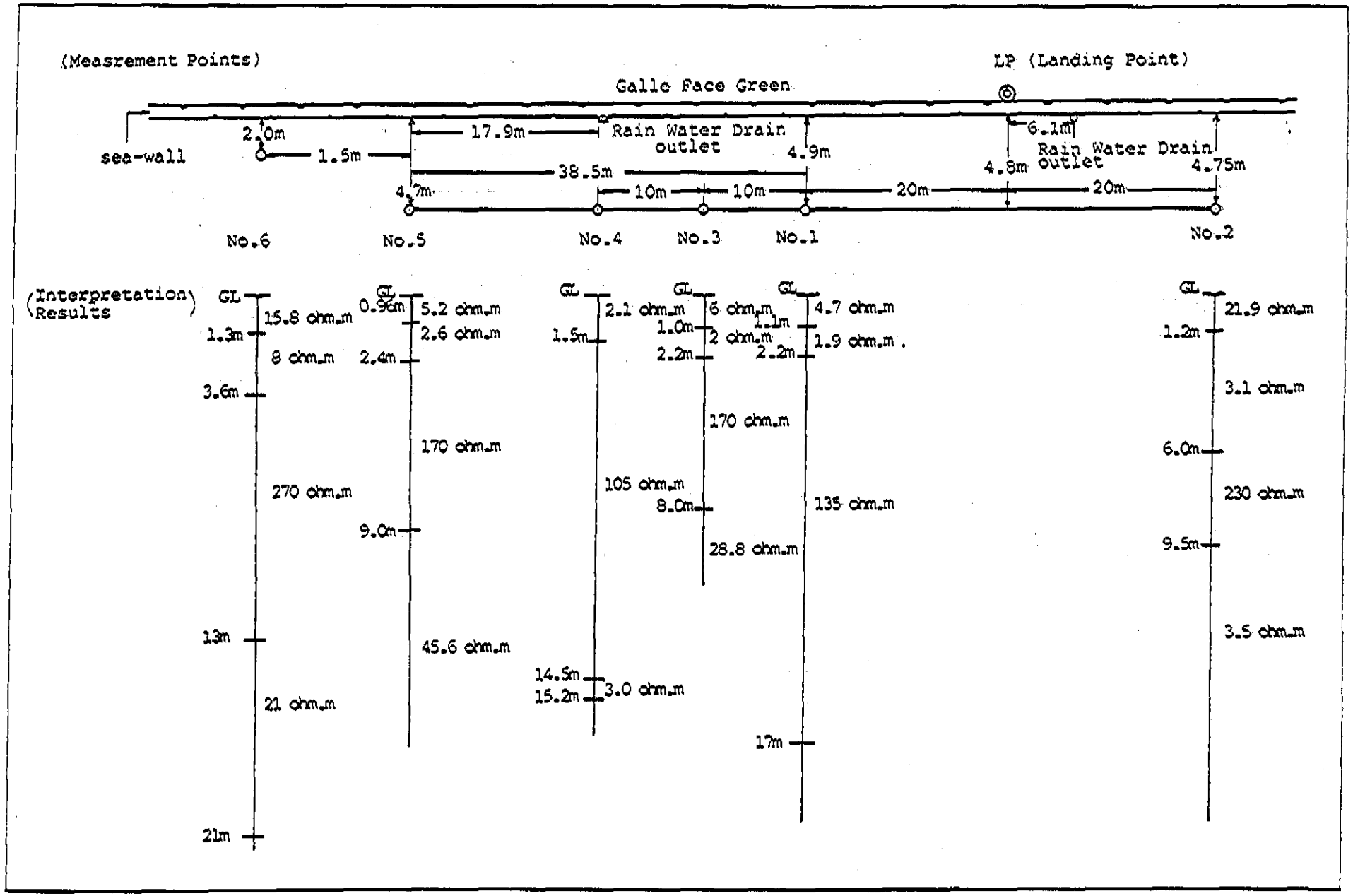


図3.2.3　大地比抵抗測定地点と測定結果

表3.2.2　大地比抵抗測定結果

1. Measurement Results

a (m)	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
	R (ohm.m)	R (ohm.m)	R (ohm.m)	R (ohm.m)	R (ohm.m)	R (ohm.m)
1	6.7 x 0.1	3.5 x 1	9.5 x 0.1	3.4 x 0.1	8.0 x 0.1	27.5 x 0.1
2	28 x 0.01	9.75 x 0.1	2.8 x 0.1	3.0 x 0.1	3.0 x 0.1	8.8 x 0.1
3	26.6 x 0.01	3.5 x 0.1	2.8 x 0.1	2.9 x 0.1	29.6 x 0.01	5.2 x 0.1
5	27.9 x 0.01	17.5 x 0.01	24.4 x 0.01	2.9 x 0.1	29.0 x 0.01	3.4 x 0.1
7	24.4 x 0.01	16.5 x 0.01	25.4 x 0.01	27.2 x 0.01	27.5 x 0.01	27.8 x 0.01
10	25.5 x 0.01	12.5 x 0.01	19.4 x 0.01	25.2 x 0.01	22.0 x 0.01	23.8 x 0.01
12	23.0 x 0.01	10.5 x 0.01	16.0 x 0.01	20.0 x 0.01	20.0 x 0.01	23.6 x 0.01
15	17.5 x 0.01	9.5 x 0.01	19.7 x 0.01	19.0 x 0.01	19.5 x 0.01	20.4 x 0.01
20			10.0 x 0.01	14.2 x 0.01		14.0 x 0.01

a (m)	2πRa (ohm.m)	2πRa (ohm.m)	2πRa (ohm.m)	2πRa (ohm.m)	2πRa (ohm.m)	2πRa (ohm.m)
1	4.21	21.98	5.97	2.14	5.03	17.29
2	3.52	12.25	3.52	3.77	3.77	11.06
3	5.01	6.59	5.28	5.47	5.58	9.80
5	8.76	5.50	7.67	9.11	9.11	10.68
7	10.73	7.25	11.17	11.96	12.10	12.23
10	16.01	7.85	12.19	15.83	13.82	14.95
12	17.30	7.91	12.06	15.08	15.08	17.79
15	16.49	8.95	18.57	17.91	18.38	19.23
20			12.57	17.84		17.59

4. 海上調査

4.1 概要

調査ルートは既存の海図，海底地形，地質の情報にもとづいて，ケーブルにとって危険な海域を避けなお且つケーブル長を最短にするよう選定されたものであり，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そしてベンガル湾を横断しコロンボに至る総延長約2,500kmにおよぶ海域である（図5.2.1参照）。現在調査海域にはペナン－メダンケーブルが敷設されている他メダン－シンガポールケーブルの敷設も予定されている。さらにインドネシア沿岸部には石油開発鉱区が設定され，コロンボ沖合には投錨地が設定されている。このため当初計画された調査ルートのうち，既設ケーブルとの交差や投錨地を横切ることが確認されたので，調査ルートの一部変更がなされた。

調査作業は調査対象域を4～5海里以上の沖合部と，それ以内の沿岸部とに分け実施された。以下に各作業について述べる。

沖合部調査は往路，復路とに分け，調査船"若潮丸"を使用して行った。往路は9月22日から10月15日まで，復路は10月17日から11月9日まで実施された。調査測線は主調査測線と2海里離れ並行する副調査測線の2ルートを計画した。往路は主調査測線を，復路は副調査測線に沿って実施された。ただしインドネシア浅海部（水深1,000mまで）においては，往路で主調査測線の他に副調査測線についても調査が行われた。またグレートパッセージ域において一部補足調査を追加した。調査は以下の項目について実施された。

(1) 測深

(2) 海底面上の障害物探査

(3) 音波探査

(4) 海底堆積物の採取

(5) 水温観測

(6) 底層流観測

復路では，副調査測線に沿って行われた他，往路調査のデータをもとに海底地形の複雑な90°E海嶺，グレートパッセージの両域において最適ルートを決定するため

補足調査測線を設定し，精密な海底地形測量がなされた（付録１９，２０）。その調査項目は以下のとおりである。

(1) 測深

(2) 海底堆積物の採取

(3) 水温観測

(4) 海底表面の写真撮影

以上の往路，復路の各調査のうち，底層流観測はグレートパッセージ域で海底付近に流速計を設置して行われた。水温観測，海底堆積物の採取および海底写真撮影は，これに先立って行われた調査の解析結果から，主調査測線上に調査地点を設け，これらの地点に船を止めて実施した。

沿岸部調査はパンタイチェルミンとコロンボの沿岸域を現地でそれぞれ用船したボート（Golden Sea Horse, Mahawell Nadée）および若潮丸搭載の作業艇を使用して下記の項目について実施した。

(1) 測深

(2) 海底面上の障害物探査

(3) 音波探査

(4) 海底堆積物の採取

(5) 水温観測

(6) 底層流観測

(7) 海底表面の写真撮影

調査測線は主調査測線とその両側各２００m離れた２本の平行線とし，海岸線より沖合４～５海里まで実施された。

4.2 海底地形および地質

4.2.1 スンダ大陸棚

(1) 沿岸部

当初に計画した調査ルートは，水深の深い所に早く到達するように選定してあったが，メダン－ペナン海底ケーブルと２箇所で交差していた。しかし，ジャカルタにおける実施計画書の打ち合わせの席上で，ＩＮＤＯＳＡＴからこの交差を避けるために，海岸に沿って斜めに進む替わりのルートが示唆された。そこで，これら２つのルートについて調査を実施することにした。調査の結果，海底地形については両者の間に大きな違いはなかったので，ＩＮＤＯＳＡＴによって示唆されたルートを，推薦ケーブルルートとした。

沿岸部の調査は，現地用船の"Golden Sea Horse"（約２０トン）と調査船の搭載艇を使用して，陸揚地点から8.8km（4.75海里）沖合の水深約１５ｍの所まで実施した。陸揚地点から４km沖合の水深１０ｍの所までは，海底の傾斜は約0.2度で徐々に深くなっている。4.0kmから8.8km沖合の区域では，比高２～５ｍ，長さ２００～５００ｍの非対称型サンドウェーブが６個認められた。底質は柔らかい砂混じり泥又は泥混じり砂で，その厚さは２ｍ以上あるものと推定される。以上の調査結果を付録７および８に図示する。

(2) 沖合部

推薦ケーブルルートは，スンダ大陸棚の上を通り，陸揚地点から大陸棚の外縁で水深約１４０ｍの所までで，約３１５kmの距離となっている。

スンダ大陸棚は浅く平坦な地域で，底質の柱状試料によると，表面堆積物は泥混じりの細砂で，２０～４０cmの厚さで粘着性の強い粘土より成る地層の上を覆っている（付録１７参照）。地形的に特筆すべき点は，サンドウェーブ，古い河川の跡，凹地，サンドリップルが見られることである。

陸揚地点から５～２０kmの所にしばしばみられるサンドウェーブは，比高２～５ｍ，長さ２００～５００ｍで，付録１８に示すように非対称な形をしている。

古い河川の跡と思われる溝は，陸揚地点から２５１kmの距離で水深１００ｍの所にあり，その幅は約１kmで深さは１０ｍである。調査の結果河床には柔らかい堆積物が堆積していた（付録１８参照）。

サイド・スキャン・ソーナーの記録によると，陸揚地点から４４km～２９５kmの区域には多くの凹地や穴がある。これらの凹地や穴の多くは，３０～４０mの直径で深さは１～２mあり，ガス噴出孔の跡と考えられる。陸揚地点から４２５km～４４０kmの所の大陸棚の外縁部付近で，水深１１０m～２００mの区域には多くのサンドリップルが見られる。

大陸棚外縁部の水深１３８～１６０mの所では，音波探査や海底面探査の結果，巾2km以上にわたり，所々に岩石が露出し，その間にサンドリップルが分布していることが明らかになった。またドレッジャーを使って採泥した結果，砂岩や泥岩が採取されており，これは上記の露頭が砂岩又は泥岩でできていることを示していた。

4.2.2 スマトラ陸棚海盆

推奨ケーブルルートは，スンダ大陸棚に続く斜面を下降して，スマトラ陸棚海盆の平坦な海底に至る。この海盆は，西北西に口を開いた不完全な形をした海盆である。ケーブルルートはこの平坦な海盆底を横断し，西北西の開口部を通ってグレートパッセージ（アンダマン－ニコバル海嶺）に至る。

海盆を形成している大陸棚斜面は，水深１４０mから1,３３０mに至る斜面であり，比較的なだらかな傾斜をなしている。その傾斜は，陸棚外縁部から水深５４０mの所（陸揚地点から約３３０km）付近まで2.6度であり，それ以深は平均0.5度である。斜面の表面は，水深５４０mまでは比較的滑らかであるのに対して，それ以深では，多くの大小の起伏（長さ１５０～７００m，高さ２～１０m）が見られる。

斜面の表面堆積物は，柔らかい泥であり，その厚さはほとんどの所で５m以上ある。この表面堆積物の下位には，砂層や礫層が分布しているものと推定される。海盆底は極めて平坦であり，その表面は泥に覆われておりその厚さは２０m以上ある。

4.2.3 グレートパッセージ（アンダマン－ニコバル海嶺）

この区域は，全ルート中最も地形的に複雑な所であるため，多くの測線を設定して綿密な調査を実施した。ケーブルルート上のA／C１０～A／C１５間の距離は

３１５kmであるが，調査船の航走距離は1,５５３kmに達し，ルート距離の５倍以上となった。

測深作業は，調査船の測位にＮＮＳＳを利用して精密に進められたが，ＮＮＳＳの受信状態が良くなるのを待つために，停船することもしばしばあった。はじめの測量で，かなり複雑な地形であることが分かったＡ／Ｃ１２の周辺では，補測を最後に実施した。そこでは測線間隔を１海里として，あらかじめ設定した２個の測位ブイを目標として，レーダーによる精密測位を実施した。はじめに実施したＮＮＳＳによるものと，測位用ブイによるものとを比較して見ると，地形的によく一致していた。したがってＮＮＳＳによる測位は十分な精度があることを確認した。

付録１９および付録２０に示すように，この区域は地形的特徴から次の５区画に区分される。

1）Ａ／Ｃ１０とＡ／Ｃ１１との間にある谷

2）Ａ／Ｃ１１の西方１０～６５kmに広がる緩斜面

3）2）の斜面とＡ／Ｃ１２との間にある谷

4）Ａ／Ｃ１２の西方にある大小の山と谷

5）海嶺から西側の大洋底に向かって下降している斜面

1）の谷は，最大水深3,４２５ｍの大きな谷で，東側斜面は傾斜角１２度，そして西側斜面は傾斜角１2.4度を示す。その谷底の巾は１４kmあって西に向かってゆるやかに傾斜し，柔らかい泥質の堆積物が，２０～４０ｍの厚さで堆積している。

2）の斜面は，西に向かってゆるやかに傾斜し，その表面は滑らかで厚さ２ｍ以上の泥質堆積物である。

3）の谷は，2）の斜面の西側にあり，最大水深は2,６８６ｍある。谷底の幅は4kmあり平坦かつ滑らかで，厚さ５ｍ以上の泥に覆われている。この谷の斜面の傾斜は，東側で１1.3度，西側で１0.3度である。

4）の区域は，Ａ／Ｃ１２から西方１４０kmにわたって，大小の山が連なり山頂の水深は1,２００～2,０００ｍである。しかし，その斜面傾斜角はいずれも１０度以下である。山の部分にはほとんど堆積物は見られず，わずかに谷底の所々に泥質の堆積物が見られる。最大の谷は幅２kmの平坦な谷底をもっている。

5）の区域は，グレートパッセージ（アンダマン－ニコバル海嶺）の西側斜面で，

その水深は1,551mの所からニコバル海底扇状地の4,350mの所まで下がっている。最大傾斜角は17度で，水深3,000mから3,900mの間にある。この区域では海底堆積物はほとんど見られない。

4.2.4 ニコバル海底扇状地

ニコバル海底扇状地は，グレートパッセージと90°E海嶺との間の区域で，パンタイチェルミンの陸揚地点から約890km～1,070kmの間にある。海底の水深は3,570m～4,350mで，90°E海嶺方向になだらかな上り傾斜をなしている。

この区域の海底堆積物は，ベンガル海底扇状地の堆積物と同様に，ガンジス－ブラマプトラ三角州から海底谷を通って，乱泥流により運ばれたものと言われている。ピストン式柱状採泥器を使って，2箇所で底質採取を行った。その結果，付録17に示す両地点で柔らかい泥が採取された。

4.2.5 90°E海嶺

主調査ルートは90°E海嶺において，起伏の少ない所を最短距離で横断するようには選んであったが，調査の結果ではかなり地形の険しい所に遭遇した。このため地形的に良いルートを探すために，数本の補測を行った。

この地域のケーブルルート距離は約310kmである。海嶺は図5.2.2に示すように4つの山系に分かれている。

第一の山系は，ニコバル海底扇状地に近い所で比較的規模も小さく，主要なものは比高140m，傾斜角5度の山である。

第二の山系は，比較的複雑な地形が見られたので，この山系と次の第三の山系の一部にかけて，数本の補足調査を行った。その結果，この山系には5つの起伏が認められ，比高は50～170m，最大傾斜角は約5度であった。

第三と第四の山系は，全体的になだらかな地形をなしており，比高20m～80mの小さな起伏が認められる程度であるが，第三の山系の南側斜面は5度のやや急な傾斜になっている。

90°E海嶺の調査区域の海底は，ほとんどが柔らかい泥質堆積物に覆われてお

り，その厚さは谷部においては５ｍ～２０ｍ位であった（付録１７参照）。

4.2.6 ベンガル海底扇状地

この海域の調査は，９０°Ｅ海嶺の西側から，北緯５°の線とほぼ平行にベンガル海底扇状地を横断し，コロンボ大陸斜面に至る約９４０kmのルートについて実施した。

ベンガル海底扇状地は，平坦な大平原の中に，多くの海底谷が刻まれているのが特徴的である。ガンジス・ブラマプトラ三角州から，これらの海底谷を通って流れる乱泥流で運ばれる堆積物が，海底扇状地の成因であると考えられている。これらの海底谷の中には，現在でも乱泥流が流れているものがある，との報告がなされている（付録６）。

本調査ルートは全般的には極めて平坦な海底であるが，ルート上で１０ヶ所の海底谷を記録した。その幅は７００ｍ～3,５００ｍ，深さは１０ｍ～１４０ｍであった。

乱泥流調査のため，最も存在の可能性のありそうな海底谷について，採泥および海底写真の撮影を実施した。その結果，写真には海底のリップルマークも見られず，採取された試料は軟らかい黄灰色軟泥であり，粗粒堆積物は見られなかった。これらのことからケーブルに障害を及ぼすような，強い流れは存在しないものと考えられる。

4.2.7 コロンボ大陸棚斜面

この大陸棚斜面は，水深4,２００ｍのベンガル海底扇状地からコロンボ大陸棚外縁に至るルート中で，最も急峻な斜面の一つである。

図5.2.2に示すように，傾斜は岸に近づくにしたがって階段的に急になり，各階段の変換点には大小の山が形成されている。各階段毎の急傾斜の平均傾斜角は，水深4,０４０ｍ（Ａ／Ｃ２４付近）から1,７５０ｍ（陸揚地点から約６０kmの所）の間で１度，水深1,４４０ｍから６５０ｍの間で9.2度，水深５１０ｍから１１５ｍの間は最も急峻で２１度，水深１１５ｍから４０ｍの間で5.4度となっている。音波探査の結果では，斜面の岩盤上にはほとんど堆積物の存在は見られない。

4.2.8 コロンボ大陸棚

(1) 沿岸部

沿岸部調査は，コロンボ港務局の小型船"MAHAWELL NADEE"（約２０トン）を使用して，陸揚地点から沖合約6.8km（3.7海里）の水深３０ｍの線までの間を実施した。その結果を付録１０，１１，１２および１３に示す。

海浜の停船から沖合約３００ｍまでの間は，底質は細砂で2°～3°の傾斜をなしている。沖合３００ｍから1kmまでの間の海底は，片麻岩の露頭が2箇所あるが，そのほかは粗砂が分布している。沖合1kmから6.8kmまでの間は，0.2°のゆるい傾斜が続いており，底質は厚さ1.5～2.0ｍの薄い粗砂層で，その下は起伏した岩と礫砂層からなっている。ケーブルルートは，沖合4.5kmにあたる露岩部と投錨地を避けて選定された（図4.2.1参照）。

(2) 沖合部

コロンボ大陸棚は，海浜から２6.5km沖合で水深５０ｍの大陸棚外縁部まで広がっている。

この大陸棚は，極めてゆるい傾斜で，底質は露岩の部分を除き大部分は砂で覆われている。海底堆積物は大陸棚斜面に近い所のみが泥質の砂となっている。音波探査の結果によると，５～１０ｍの厚い堆積物に覆われている（付録２３参照）。

バイブロコアラーで採取した柱状試料によると，底質は礫を含んだ貝とさんごの破片から成っており，2.5ｍ以上の深さになるとかなり硬くなってくる（付録１７参照）。陸揚地点から8.2km沖合には，岩石の露頭地域があり，天然のダムの形をして内側の堆積物を保持している。この天然ダムの外側は，５～６ｍの崖となっている。

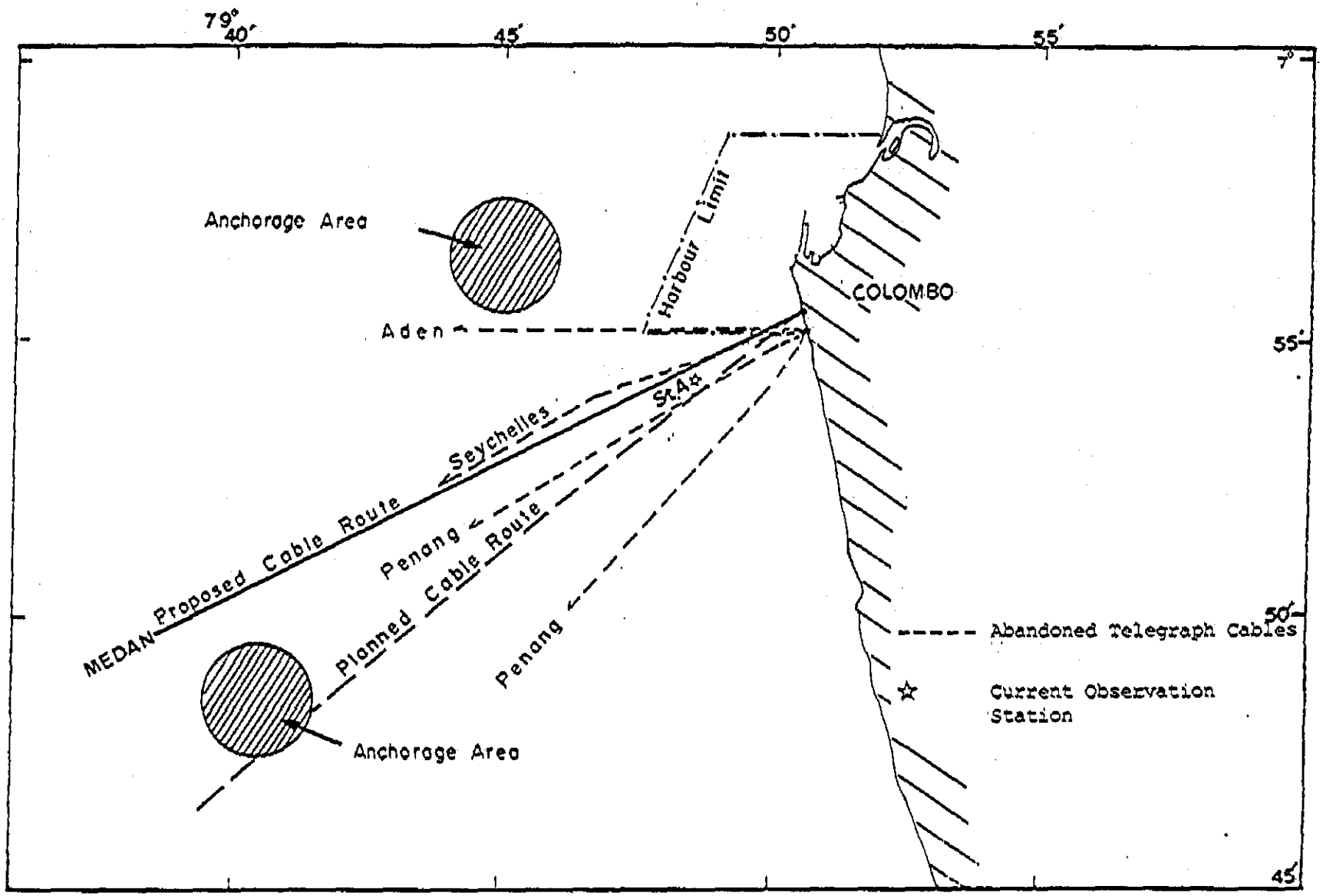


図 4.2.1　　コロンボ沖ケーブルルート

4.3 流況および水温

4.3.1 流況

(1) メダン沿岸部

流れは，上層（海面下５m）・下層（底上５m）ともに，同じような変動をしており，マラッカ海峡に沿って北西・南東方向の出現頻度が非常に高い。また，北西・南東方向への往復流となっており，その変動は規則的である（図4.3.1）。

調査期間中に観測された最大流速値は，上層で６９.０cm／sec（1.3kt），下層で５８.９cm／sec（1.1kt），スカラー平均流速は，上層で４０.６cm／sec（0.8kt），下層で３７.７cm／sec（0.7kt）と流速は若干，上層の方が早い傾向がみられるものの，両者の間にはたいした差はみられない。

調査期間中の平均流は，上層が流向２°，流速2.6cm／sec，下層が流向１８７°，流速1.4cm／sec と上層と下層は逆方向となっている（図4.3.1参照）。

出現頻度の高い流向は上・下層とも北西・南東の二方向で，全体の６～７割を占めている（図4.3.1）。特に，出現頻度の高い流速はみられないが，流速１０cm／sec 以下の弱流は殆どみられない。

(2) グレートパッセージ（アンダマン－ニコバル海嶺）

測流結果をみると，水深1,５００～1,６００mの底層部に於いても，予想以上の流れが存在しており，各調査点とも平均流速２０cm／sec 程度の流れがみられ，その変動には若干の周期性もみられる（図4.3.2参照）。

調査期間中に観測された最大流速値は，St.1（底上１０m層）で４1.1cm／sec（0.8kt），St.2（底上１５m層）で３７.２cm／sec（0.7kt），St.2（底上１０m層）で３７.５cm／sec（0.7kt），St.3（底上１５m層）で４９.３cm／sec（1.0kt），St.3（底上１０m層）で４７.７cm／sec（0.9kt）であった。深海部の流れは底層にもかかわらず最大1.0kt近い流れが観測された。

スカラー平均流速は，St.1（底上１０m層）で２０.０cm／sec（0.4kt），St.2（底上１５m層）で１８.５cm／sec（0.4kt），St.2（底上１０m層）で１８.０cm／sec（0.4kt），St.3（底上１５m層）で２０.１cm／sec（0.4kt），St.3（底上１０m層）で１９.７cm／sec（0.4kt）であった。スカラー平均流速は各調査点とも略２０cm／sec（0.4kt）程度であった。

調査期間中の平均流は，St.1（底上10m層）で流向164°，流速12.8cm/sec，St.2（底上15m層）で流向24°，流速4.3cm/sec，St.2（底上10m層）で流向33°，流速4.8cm/sec，St.3（底上15m層）で流向250°，流速9.5cm/sec，St.3（底上10m層）で流向253°，流速8.7cm/secであった。平均流はSt.1では南南東流，St.2では北北東流，St.3では西南西流であった。

出現頻度の高い流向は，St.1（底上10m層）で南南西（26.9%），St.2（底上10m層）で北東（18.9%），St.3（底上10m層）で西南西（20.1%）で，各調査点によって異なっている。全体的には，St.1では南流傾向，St.2，St.3では北東－南西方向への往復流となっている。

出現頻度の高い流速は各調査点とも流速10～20cm/secの範囲が多く，その出現率はSt.1（底上10m層）で46.3%，St.2（底上10m層）で47.3%，St.3（底上10m層）で59.2%と全体の約5割を占めている（図4.3.2参照）。

各調査点の底上10m層の流跡を3調査点ともデータの得られた10月6日0時から10月8日0時までの進行ベクトルからみると，St.1は恒流成分が大きいために，南東，南西流を繰り返しながら全体的に南南東方向へ流れている。St.2では，往復流を繰り返しながら，全体的には北方への緩い流れとなっている。St.3では，St.2と同様に往復流を繰り返しているものの，恒流成分が大きい為，西南西方向へ流れており，流動距離も大きい。流速変動には，各調査点とも若干の周期性が認められる（図4.3.2参照）。

(3) コロンボ沿岸部

コロンボ沿岸部は直接外洋に面しているために，潮流の影響は小さく流れは複雑である。概して，海岸線に平行な南北方向の流れが多い傾向にあるものの，上層と下層の流れには対応がみられず，上・下層が逆方向に流れることもある（図4.3.3）。

調査期間中に観測された最大流速値は，上層で25.9cm/sec（0.5kt），下層で25.6cm/sec（0.5kt），スカラー平均流速は，上層で18.4cm/sec（0.4kt），下層で13.4cm/sec（0.3kt）と流速は若干，上層の方が早い傾

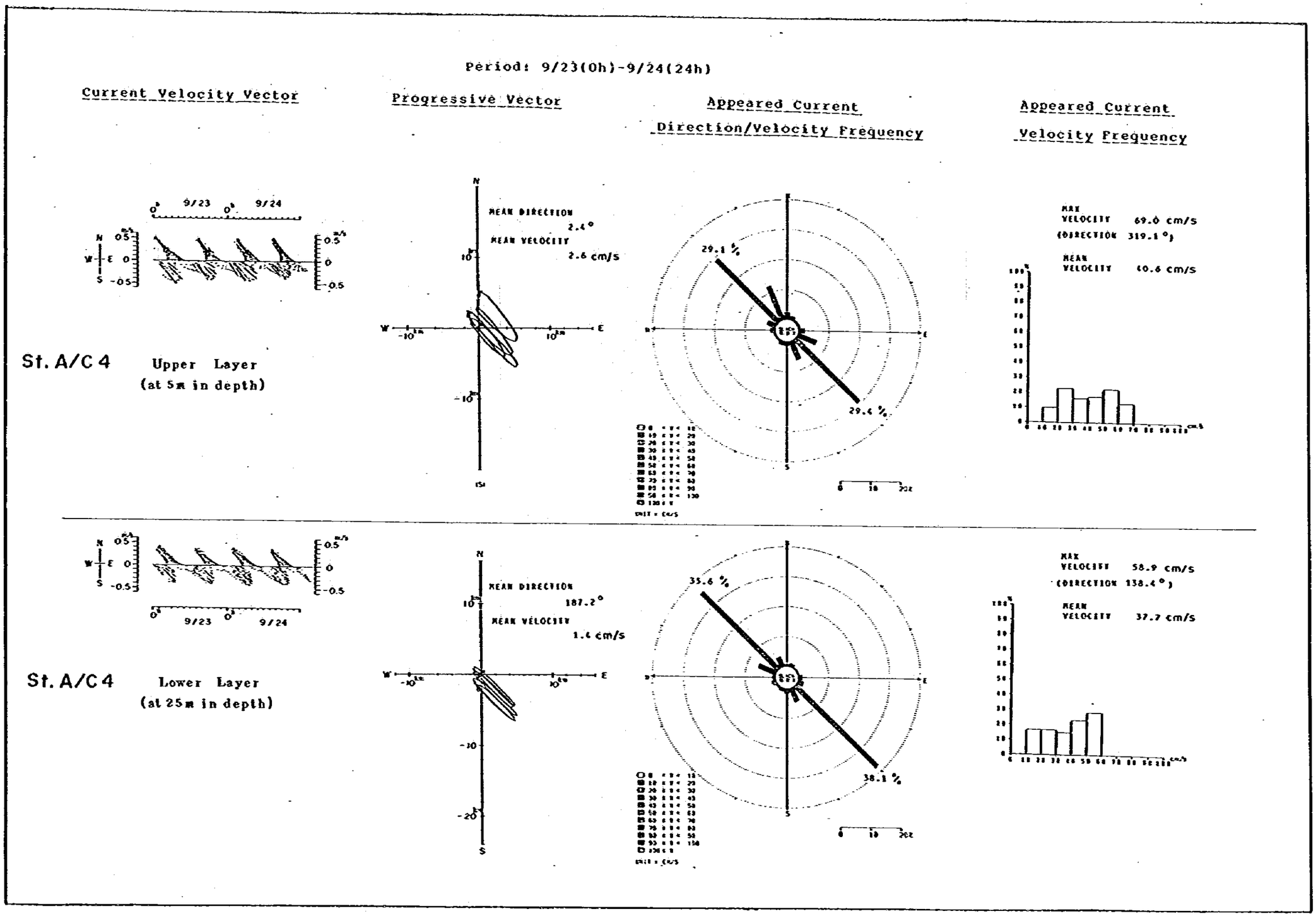


図 4.3.1　　パンタイチェルミン沿岸部A/C4付近の流況観測結果

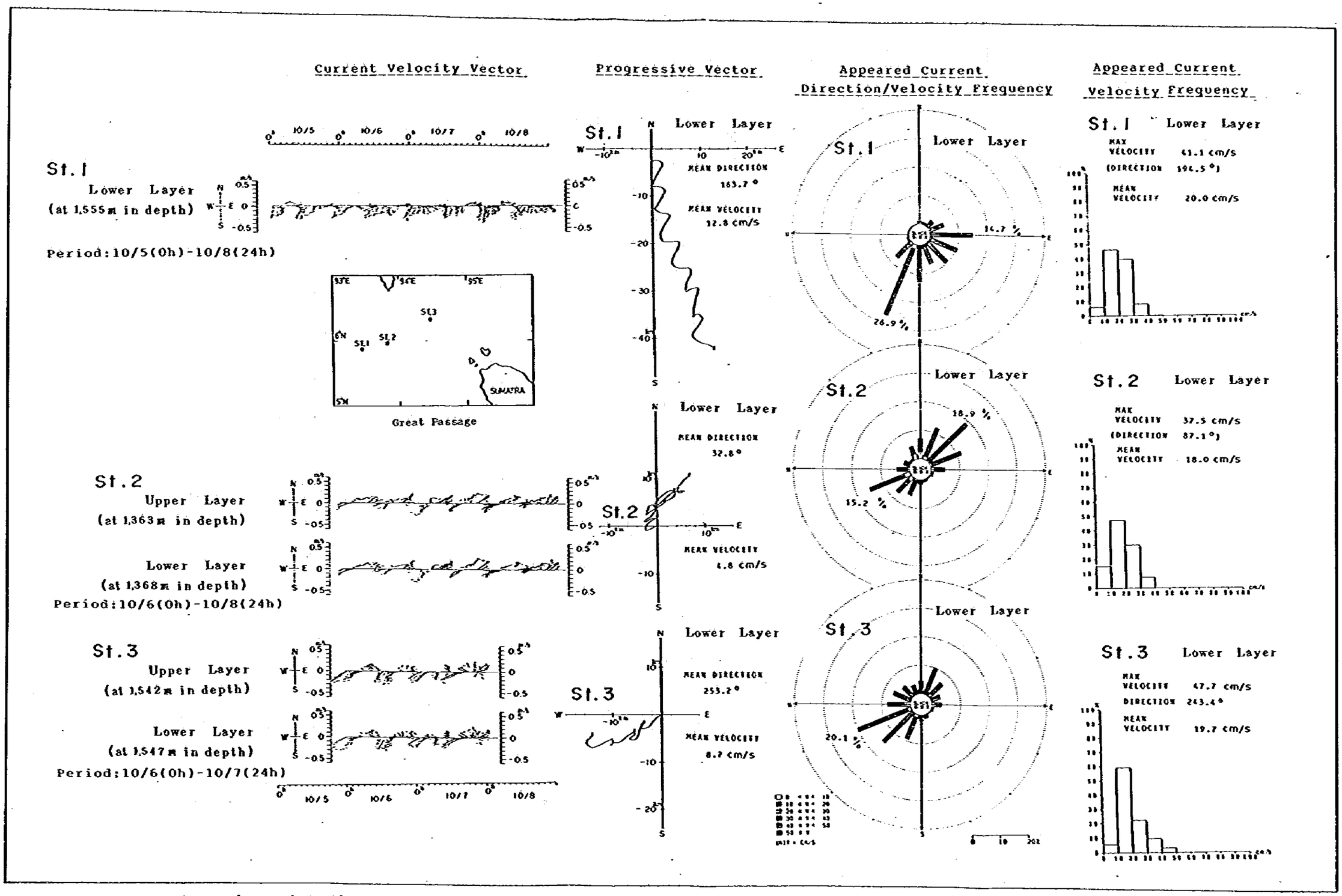


図 4.3.2　　グレートパッセージにおける流況観測結果

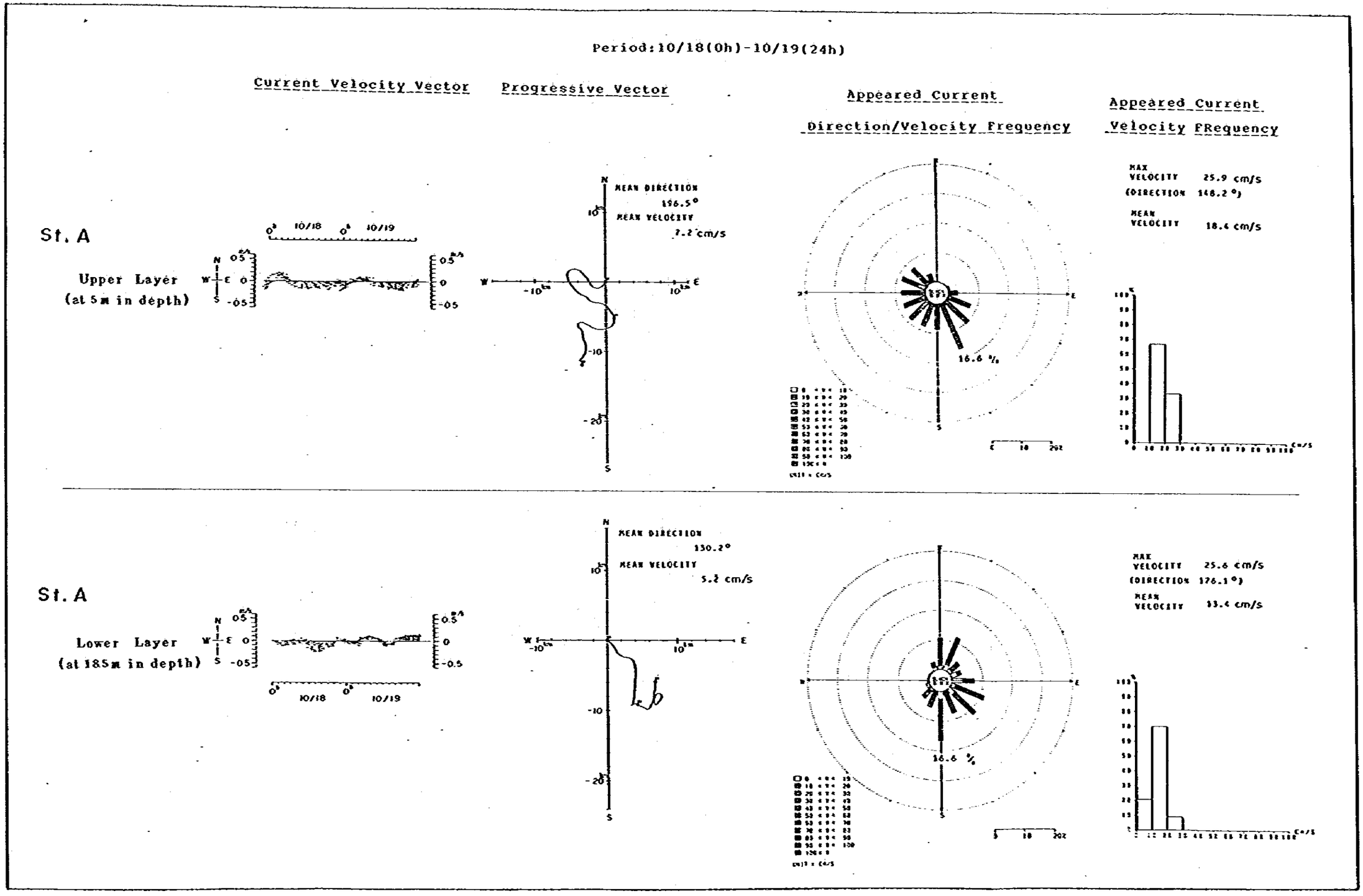


図 4.3.3　　コロンボ沿岸部における流況観測結果

向がみられるものの，両者の間にはたいした差はみられない。

調査期間中の平均流は，上層が流向１９７°，流速7.2cm／sec，下層が流向１３０°，流速5.2cm／sec と共に南側の流れとなっている。

流速変動には，明瞭な周期性はみとめられないものの，上層の流速の変動には日周期に近い変動が含まれているのが伺える。

4.3.2 水温

(1) メダン沿岸－マラッカ海峡部

メダン沿岸部では表層から水深が５０m程度の海域までは，水温は鉛直的に一様となっており，水温は２９℃台である。水深が５０mから１００mにつれて，底層の水温は２９℃から１９℃へと約１０℃降下している。これは，水深５０mから９０mにかけ顕著な水温躍層が形成されていることを示し，水温の鉛直勾配は約0.2℃／mとなっている（図4.3.4）。

メダン沿岸(St.A/C 4) にて得られた水温連続記録によると，上層は２9.1℃～２9.7℃，下層は２9.7℃～２9.8℃と表層は気象攪乱の影響を受け若干変動を行っているが，下層は殆ど水温変化はみられず一定である（図4.3.6）。

上・下層にあまり水温差がみられず水深５０m付近まで水温が一様である理由は，マラッカ海峡部では潮流によって，鉛直的によく混合されている為である。

(2) グレート・パッセージおよびベンガル湾

インドネシアよりスリランカにいたるベンガル湾南部の水温構造をみると，スマトラ陸棚からグレート・パッセージ域では，水深１００～５００m層付近にかけて顕著な水温躍層が存在しているが，それ以深は緩やかな水温勾配となっている。底層の水温は４～５℃前後と一定となっているが，５℃の等温線の分布は海底地形の影響があらわれている。

海洋部の水深2,０００mでは水温2.7～2.9℃，底層では1.1～1.6℃とほぼ一定である（図4.3.5）。

鉛直的には，表層が２８～２９℃程度で，水深５０mまでは水温は緩やかに下降する。水深５０～３００mにかけては顕著な水温躍層がみられ，水深３００mでは水温は１１～１２℃と約１５℃程度低くなっている。水深2,０００mまでは

約3℃まで徐々に降温し，それ以深の深海部の水温の降下は非常に緩やかで，水深3,000m以深では，水温は1.1～1.6℃の範囲にある。

現在の海洋学的考察によると，水深4,000mを越える深海部の水塊の源は，全地球的にみて，グリーンランド沖と南極のWeddell海の二ヶ所しかないといわれ，ここで沈降した水が全海岸の深海部に広がっている。このようなことから，深海部の水温は全地球的な規模で考えなければならず，その変動も非常に緩やかで，大きなタイムスケールを有している。今回の観測結果もMARSDENのデータと比較しても殆ど変わらず，変動も殆どないことを示している（図4.3.9）。

グレートパッセージに設置された流速計（設置水深1,500m付近）によって得られた水温連続記録をみると，St.1（底上10m）では5.0～5.4℃，St.2では5.0～5.7℃（底上15m），5.1～5.7℃（底上10m），St.3では5.0～5.1℃（底上15m），4.8～4.9℃（底上10m）とSt.1，St.2では底層に於いても若干の変動がみられる（図4.3.6）。

水温変動の比較的大きいSt.2についてみると，流れの北方成分とその変動が良く対応しており，南流が出現すると水温が低下する傾向がみられる。水温変動の小さなSt.1についても同様な傾向がみられ，西流が出現すると水温が低下する傾向にある（図4.3.10）。

St.1，2，3に於いてXBT（Bxpendable Bathythermograph）による水温の鉛直微細構造観測結果によると，水深50～200mに存在する水温躍層が波打っているのがわかる（図4.3.7参照）。

また，グレート・パッセージ付近において調査中の目視観測からも，異常に波立つ場所（Choppy Water）と滑らかな水面（Slick）が交互に帯状になって南北方向に幾すじも現れているのが認められた（Pl.4.3.1）。この現象は，内部波が当海域に存在していることを示唆している。また，この現象について，Richard B. Perryら（1965）も，当海域の内部波について報告している。

内部波が存在する海域では，水温躍層を境界にして上層と下層では流れの向きが逆方向となる（図4.3.8）。

(3) コロン半沿岸部

コロン半沿岸部での水温調査によると，表層は28.1～28.6℃の範囲にあり，

水深３～４ｍ付近までは水温は表層と殆ど変わらない。水深５ｍ前後には水温躍層が存在している。距岸2.5kmまでは，底層水温は２６.２～２６.７℃であるが，それより沖側は若干水温が低くなっており，２５.６～２５.９℃となっている。

コロンボ沿岸部（St.A）での水温連続測定結果をみると，表層は２８.７～２９.２℃，下層は２６.０～２８.２℃と下層の水温変動量が非常に大きい。

この変動には流れが大きく関与しており，流れの各分速と水温との相関は，表層で，北方分速（相関係数：－０.５０），東方分速（相関係数：０.７０），下層で，北方分速（相関係数：－０.７３），東方分速（相関係数：０.３４）であった。表層は東方分速値と下層は北方分速値との関係が深いようである。すなわち，表層は北西流時には降温，南東流時には昇温する傾向にあり，下層は北流時に降温，南流時に昇温する傾向がみられる。

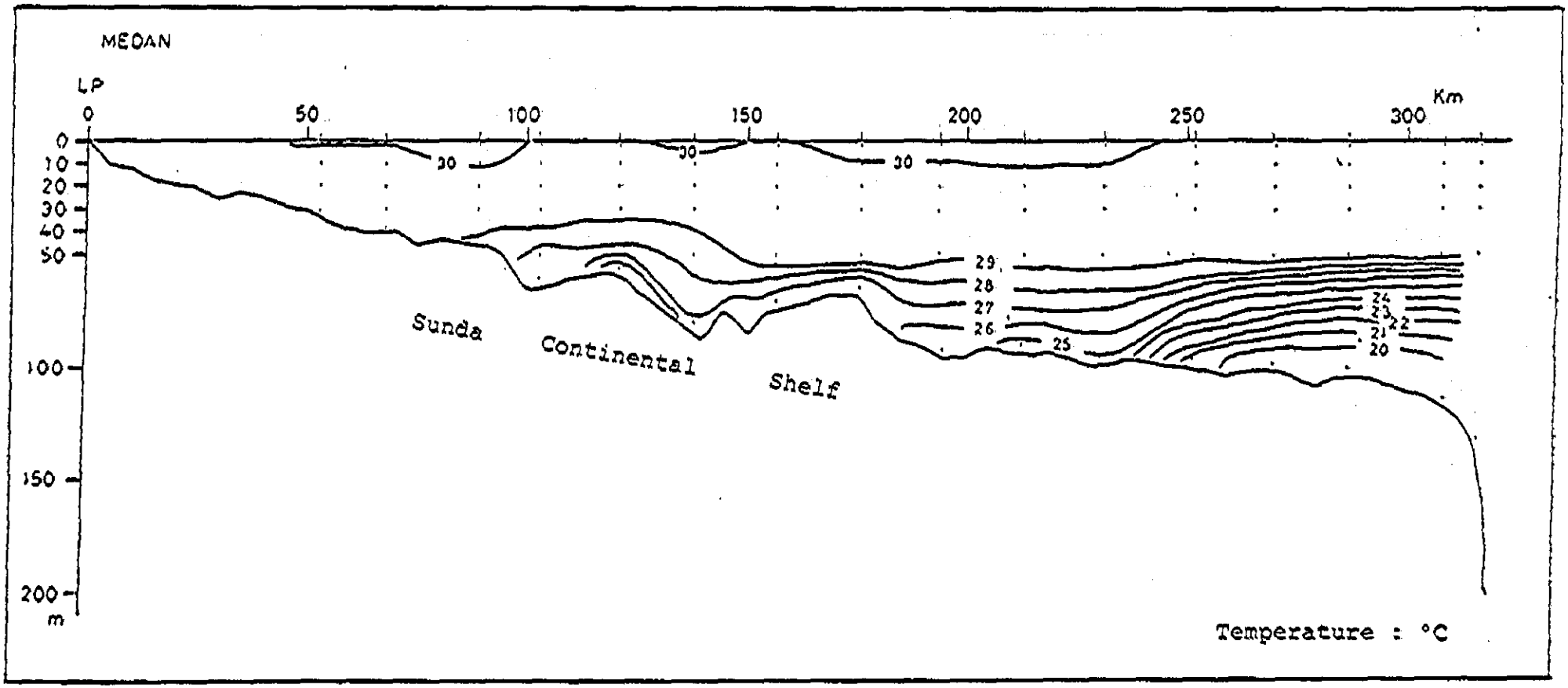
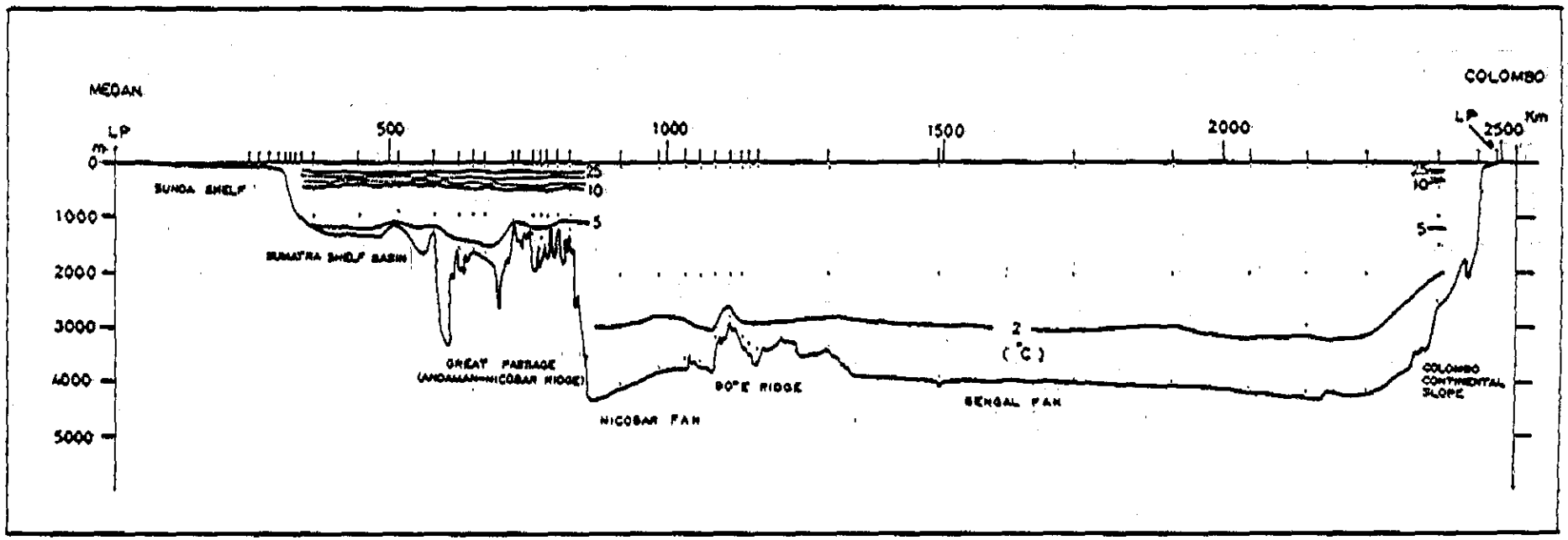


図 4.3.4　　スンダ大陸棚上での水温分布



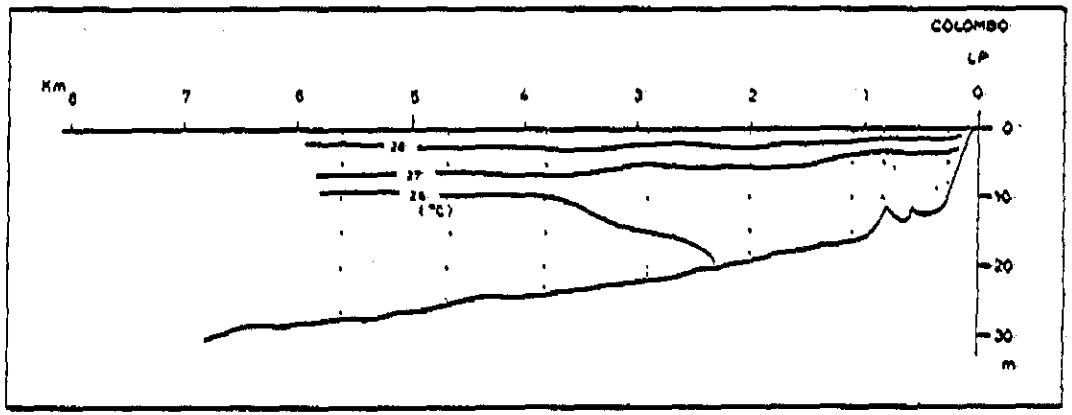


図 4. 3. 5　　スマトラ陸棚海盆，グレートパッセージ，ベンガル海および コロンボ大陸棚上における水温分布

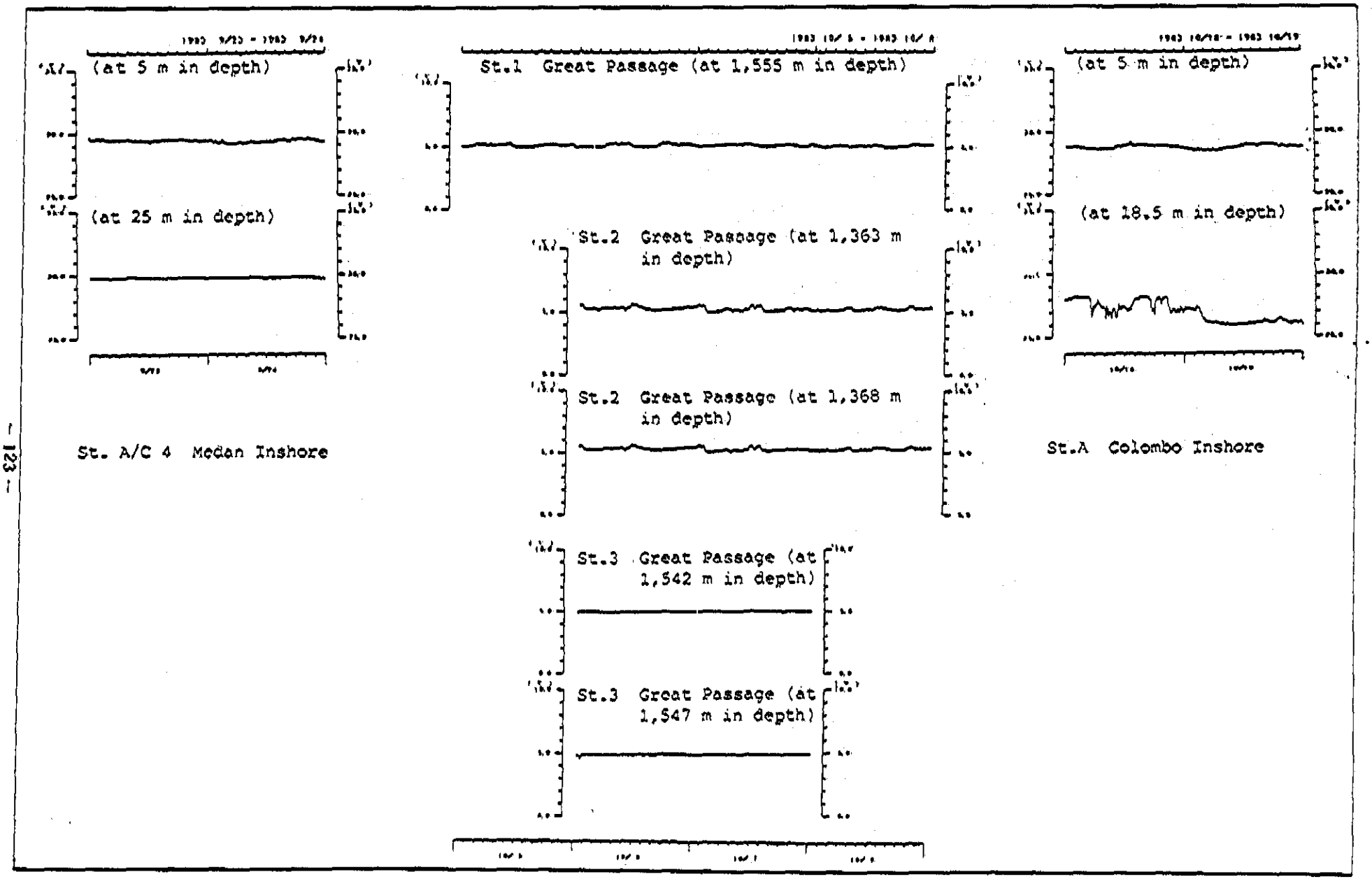
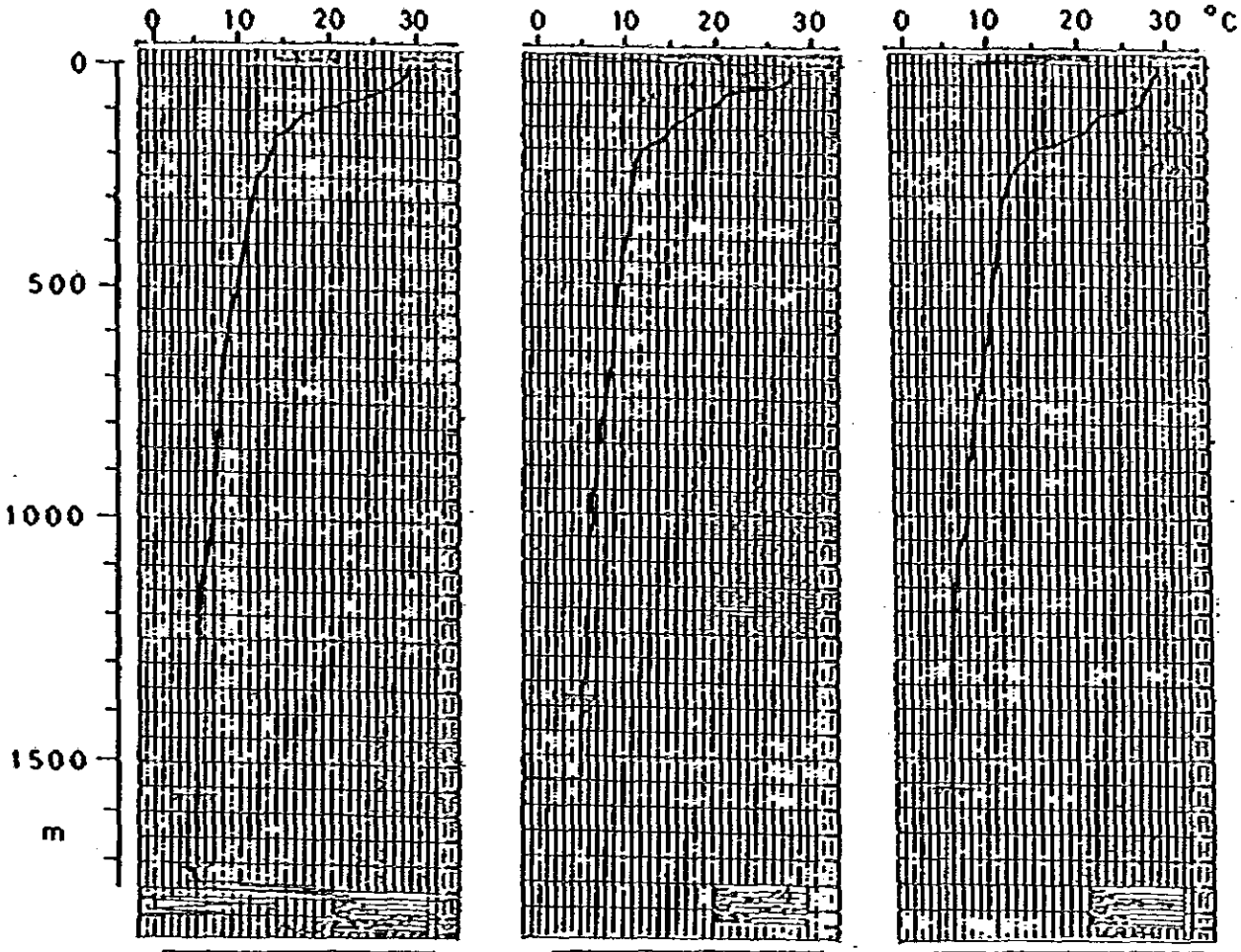


図 4.3.6　　水温の連続観測結果（流向・流速計内蔵の水温センサーによる）

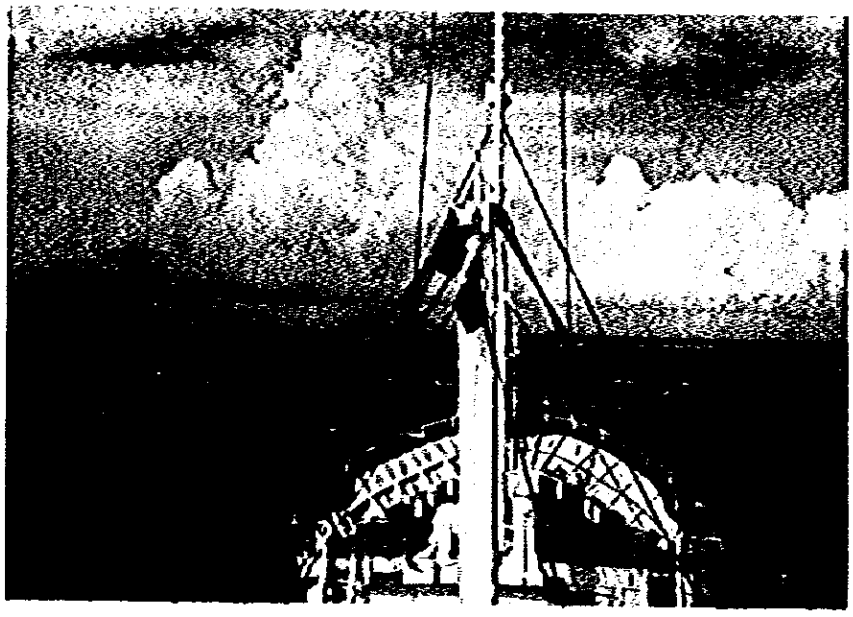


STATION	St.1
DATE TIME	9th Oct. 13 - 20
DEPTH(m)	1,565
LAYER(m)	WATER TEMP. (°C)
0	29.1
10	29.0
20	28.4
30	27.9
50	26.3
75	22.2
100	18.3
150	15.2
200	13.3
300	11.6
500	9.8
600	8.7
800	7.7
1000	6.8
1200	5.5
1500	5.2
B +10	5.1

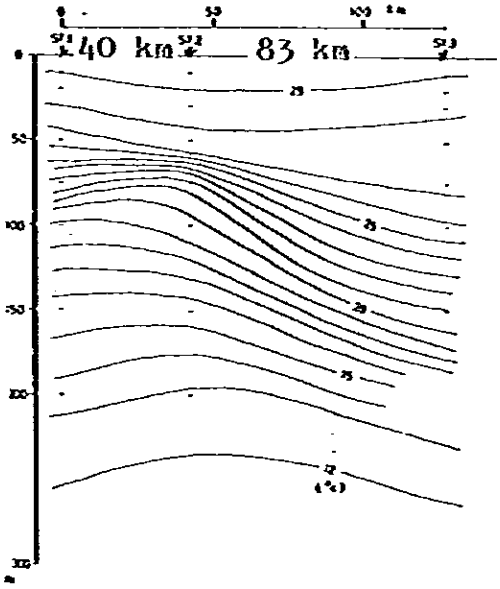
STATION	St.2
DATE TIME	9th Oct. 08 - 15
DEPTH(m)	1,378
LAYER(m)	WATER TEMP. (°C)
0	29.0
10	29.0
20	29.0
30	28.8
50	27.5
75	21.3
100	19.3
150	15.3
200	12.2
300	11.1
500	9.6
600	9.1
800	7.6
1000	6.5
1200	6.1
B +10	5.4

STATION	St.3
DATE TIME	8th Oct. 15 - 32
DEPTH(m)	1,557
LAYER(m)	WATER TEMP. (°C)
0	29.0
10	29.0
20	28.7
30	28.2
50	27.6
75	27.1
100	25.9
150	20.9
200	14.4
300	11.5
500	10.2
600	9.6
800	7.7
1000	7.0
1200	5.4
1500	5.1
B +10	5.0

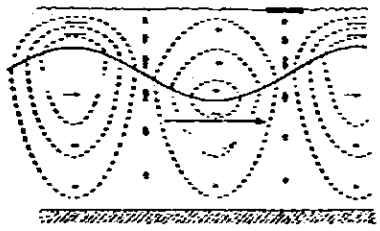
図 4. 3. 7　　グレートパッセージでのXBTによる水温観測結果



Pl. 4.3.1 CHOPPY AND SLICK ON SEA SURFACE IN GREAT PASSAGE



Thermocline in Great Passage



Internal Wave (by LaFond,1969)
Internal wave appears at thermocline progressive direction of internal wave reversed with surface wave.

図 4.3.8 水温躍層と内部波によるSLICK/CHOPPY現象の説明

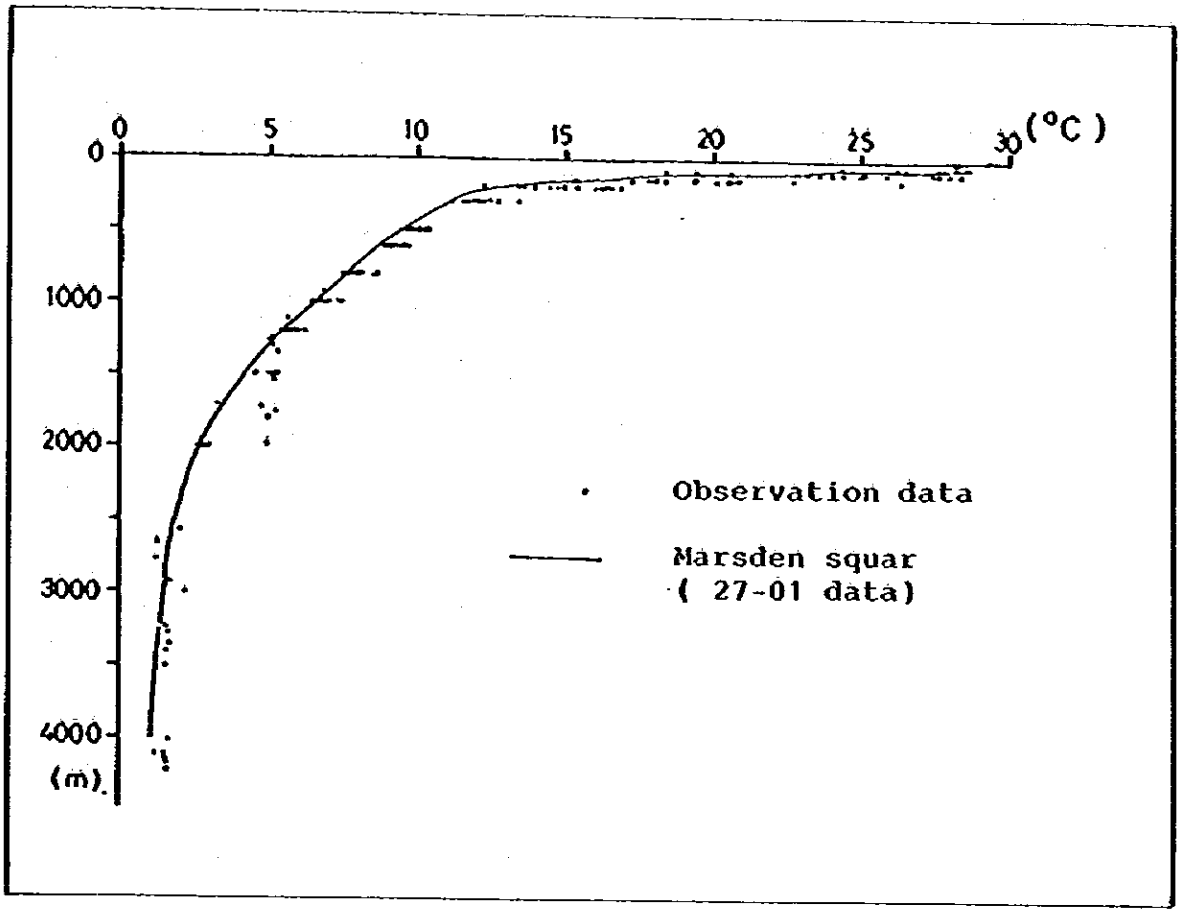


図 4.3.9　　既存の水温データ(Marsden Squar 27−01)と観測結果との関係

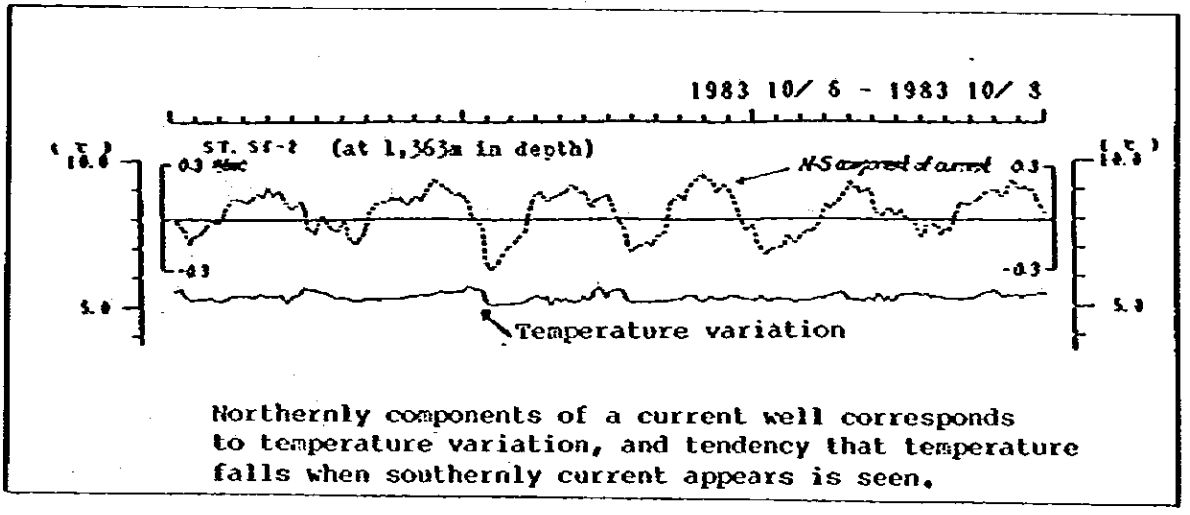


図 4.3.10　　流況と水温との関連(グレートパッセージSt. 2)

4.4 測位

4.4.1 測地系と調査用海図

調査海域はメダンからコロンボまでの広大な範囲であり，同海域を含む海図は，１９７３年にインドからＩＮＴ№７０６が刊行されている。調査作業にあたって，水深および海底地形の概要を知るためおよび調査結果の検討用に同海図を使用した。また，実際の調査作業に用いる調査用海図を作成するにあたって，船位測定に必要な海岸線，島，顕著な目標等を同海図より採用した。

上記海図の測地系はインド系（エベレスト）であるので，調査用海図も同様とし，測地定数はエベレスト（１８３０年）の値を用いた。しかしながらＮＮＳＳ，オメガにより得た位置測定の数値は世界測地系（ＷＧＳ－７２）に基づいているので，これを地域測地系（インド系）に変換しなければならない。変換はあらかじめ緯度，経度を１°メッシュに区分し，各区分について補正値を計算して求めた。その結果によると，調査海域では世界測地系から南東へ２５０ｍ～４５０ｍ移動させた点が地域測地系（インド系）による緯度，経度に相当する。

計算に使用した各々の測地定数は以下のとおりである。

エベレスト	赤道半径	6,377,276.345m
	偏平率	1／300.8017
ＷＧＳ－72	赤道半径	6,378,135m
	偏平率	1／298.26

算出した補正値は図4.4.1に示すとおりである。

調査用海図は，メルカトール図法により北緯5°を基準として作成し，船位記入に用いた。

4.4.2 調査船の位置測定

沿岸部での調査作業は，現地用船の小型船に電波測位機を搭載して実施した。船位はあらかじめ海岸に設定した誘導点上にトランシットを設置し，作業船を調査測線上に誘導し，電波測位機を併用して距離と角度で決定した。測位機の精度は極めて高く，トランシット誘導による作業船の偏位量を考慮に入れても，±３ｍ位である。

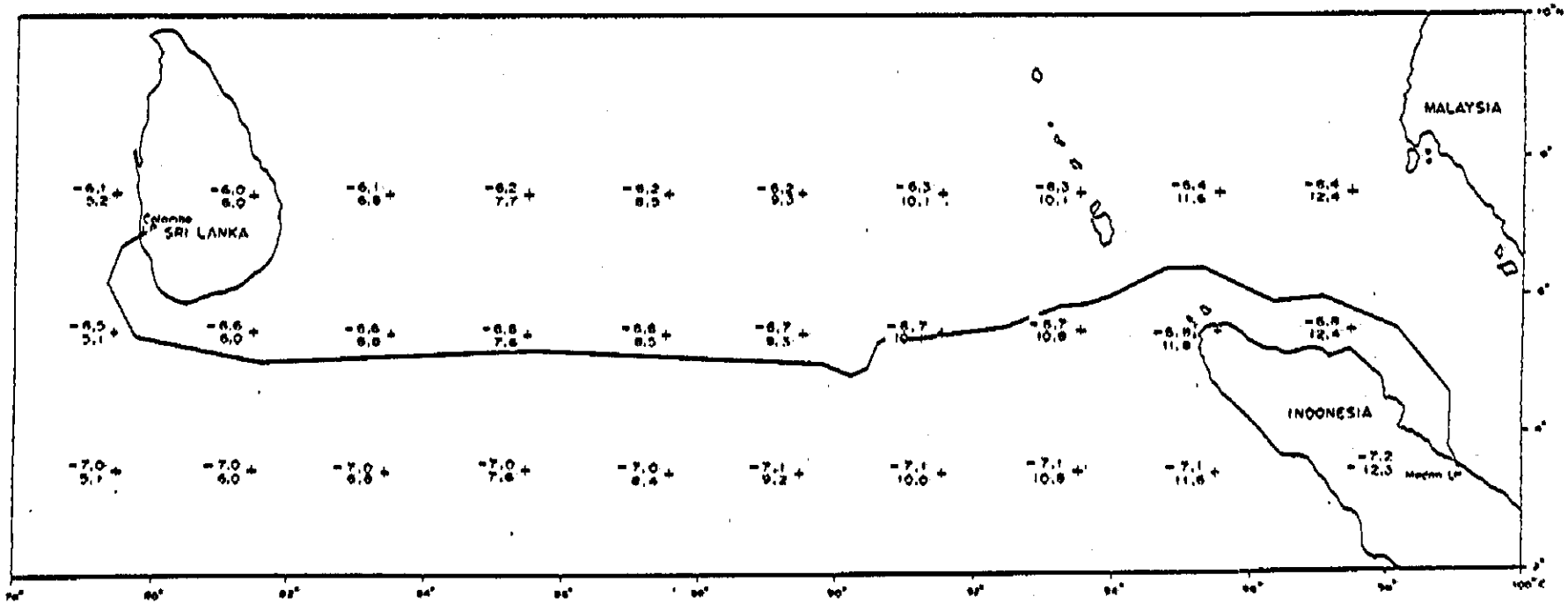


図 4. 4. 1　　世界測地系（WGS 72）からインド系（エベレスト）へ座標変換するための補正値

調査路線の大部分を占める沖合部では，ＮＮＳＳおよびオメガのみが受信可能で，他の測位システムはサービス区域外となっている。したがって調査中の船位測定は，両者による合成航法で行うこととした。衛星の飛来は，その軌道が南北両極の真上を通過するため，赤道近くの低緯度地方では受信回数は少なく，高緯度になるに従いその回数は多くなる。調査海域では２０回～２４回ぐらいの衛星測位が可能とされている。したがって１回の衛星測位から次回の衛星測位までの間は，他の測位システムによって船位を求める必要があるので，本調査では主としてオメガにより船位を実施した。

オメガの電波伝播は，夜間と昼間では電離層の移動による変化および海域や季節，時間による変化を常に受けているため，伝播特性上の偏移の補正を行わなければならない。そのためにＮＮＳＳとオメガによる合成航法が採用された。オメガの測位値は，ＮＮＳＳのそれと比較して大きい誤差を含んでいるが，ＮＮＳＳにより受信して決定した測位値にただちに強制修正される。その時点での精度はＮＮＳＳに一致することになる。ＮＮＳＳ航法の測位精度は，停船時0.1海里，航行時0.2～0.5海里である。

ＮＮＳＳ航法の補助としてのオメガは，地域，時間により受信状態が悪くなり，不安定になる場合があった。その場合，ジャイロコンパスと船速による推測航法で，次のＮＮＳＳによる受信点まで測位が続けられた。調査船は精度を高めるため，ＮＮＳＳからの良好な測位データが得られるまで停船して待機することがしばしばあった。

海底地形の複雑なグレートパッセージ域の一部では，測位用ブイを設置しレーダーを使用して精度の高い調査が実施された。この航法システムは，海面上のブイの頭部に装着してあるレーダー反射器の位置を連続して追跡するシステムである。

ブイの設置点の位置（シンカーの位置）は，ＮＮＳＳおよびブイのシンカーに取り付けたトランスポンダーを使って精確に決定した。調査船の位置は，レーダー反射器までの距離と方向で連続的に求めた。ブイの流れによる移動は，ブイのシンカーに取り付けたトランスポンダーを使用し，ブイの初めの設置点（シンカーの位置）とレーダにより決定したとの関係から船位測定毎に補正値を求め位置の修正を実施した。

先行して行ったNNSS測位航法で得た地形と，測位ブイを使用して得た地形とを比較した結果，両者に著しい違いはみられなかった。したがってNNSSによる精密測位は高い精度をもっていることが確認された。

沿岸部においては，あらかじめ設定した顕著な目標までの測距とNNSSによる測位を併用したが，レーダーとNNSSによる位置誤差には大きな差異はなく，十分な精度で船位を決定できた。

調査は北緯3°～7°帯で往復行われ，期間中（38日間）の衛星飛来の状況を以下の表に，衛星の経路および飛来頻度をそれぞれ付録24に示す。

	使用可能	使用不可能	合計
飛来回数	416回	300回	716回
回／日	11回	8回	19回
%	58%	42%	

上記の結果より，調査船が衛星からの信号を受信する回数は，1日に平均19回であり，条件の悪い衛星を避け，良好な測位の得られる平均の受信回数は1日に11回出現し，その平均時間間隔は約2時間である。

良好な衛星から次の良好な衛星を受信するまでの，最短時間間隔は数分で，最長時間間隔は約6時間である（付録24参照）。

以上の状況から判断して，海底地形の複雑なグレートパッセージ域の一部では，ケーブル敷設時に測位ブイを設置して測位精度を確保することが望ましいと考えられる。

5. 検討および結果

5.1 陸上部

5.1.1 メダン（パンタイチェルミン）

(1) 陸上ケーブルルート

パンタイチェルミンは，メダン～ペナンケーブルの陸揚地点であり，さらにメダン～シンガポールおよびメダン～コロンボケーブルも同地点に陸揚される。

陸揚局舎の建設工事は既に終了しており，局舎周辺の現状はマングローブのはえた沼地である。陸上ケーブルルートに沿っては既に５０m巾にマングローブが伐採されているが，陸上ケーブルの大部分は沼地の中を通ることになる。

メダン～コロンボケーブル用の陸揚地点は，メダン～ペナンケーブル陸揚地点の北西４mに選定した。

陸上ケーブルルートは，メダン～ペナンケーブルから４m離して，海浜から沼地を通り，ほとんど直線状に走る。その距離は1，１９６.７８mである（図3.1.2）。陸上ケーブルは直埋とする。

(2) アースシステムおよびルート

局舎敷地内には，既にメダン～ペナンケーブル用の給電用アースシステムが設置されており，メダン～シンガポールおよびメダン～コロンボケーブルシステムは，これを共用することとなっている。

5.1.2 コロンボ

(1) 陸上ケーブルルート

陸上ケーブルルートの選定はＳＬＴＤの協力のもとで実施した。

ケーブルルートは，陸揚地点よりGalle Face Greenの歩道に沿って２４０m行きCenter Road に至る。その地点より混雑した舗装道路および工事中の新しい道路（２５０m以上）を通りＯＴＳビルに至る。

陸揚地点よりＯＴＳビルまでの総距離は1，３６１.１２m，最大高低差は４mである。人為的障害および電波障害からケーブルを保護するため１m以上の深さにダクトを埋設し，ケーブルをダクト内に通すことを推奨する。

ダクト内には，メダン～コロンボケーブル，コロンボ～ジブチケーブル用とし

て直径１００mmの管を４本（海底ケーブル用２本，アースケーブル用１本，予備に１本）準備する。しかし，管の数は将来計画により変更もありうる。

海側ケーブルと陸上ケーブルとを接続する為に海浜マンホールを設置することを推奨する。また，陸上ケーブルを敷設するために図3.2.2に示す位置に合計１４個のマンホールを配置することを推奨する。

陸上ケーブルは市街地を通るため，電力線，通信線，水道管，下水管，ガス管等のすべての埋設物を避けてルートを選定することは不可能である。これらの埋設物のルート図を付録１４に示す。したがって，地下埋設物の位置を明確にする十分な調査を実施してから本工事に入ることを推奨する。

(2) アースシステムおよびルート

陸上アースケーブルルートは，経済性および安全性の観点から，海底ケーブル用と同じダクトを使用することを推奨する。大地比抵抗測定の結果から，陸揚地の周辺では岩場の海浜が続いている。したがって，１０ohm 以下の低抵抗を得る為には何らかの対策を取る必要がある。給電用アースシステムとして，以下の海浜アースシステム(a)および海中アースシステム(b)が考えられる。

(a) 陸揚地点付近の岩場に複数の電極棒を設置し，炭素又はベントナイト等の抵抗低減剤を加える。

(b) 破浪からアースを守るため，沖合約1km（水深１５m）に海中アースを設置し，アースケーブルは海中トレンチ内に入れる。

両アースシステムは共に工事に際し困難な点があるが，(b)システムに対し(a)システムは経済性，安定性および安全性から見て好ましい。

しかし，特に岩場においては電気的測定だけでは地下の状態を明らかにすることは不可能である。したがって，最終判断はボーリング調査の結果を見て行うべきである。ボーリングによる地質調査の結果が悪ければ海中アースシステムを考慮すべきである。この点については，工事に先立ち，なるべく早い時期にボーリング調査を実施することを推奨する。

5.2 推薦ケーブルルートおよびルート状況

5.2.1 推薦ケーブルルート

海洋調査結果から，図5.2.1に示すケーブルルートがメダン～コロンボ海底ケーブルシステムに最適であると結論できる。両陸揚点の延べルート長は2,563.34kmである。コース変針点および変針点間の距離を表5.3.1に，ルートに沿っての海底断面を図5.2.2に示す。

5.2.2 ルート状況

ペラワン港の作業および港湾開発計画に伴うケーブルへの影響を避けるためには，ケーブルルートをパンタイチェルミンから北東部に，かつケーブルルートをできるだけ早く水深の深い部分に到着するように取る必要がある。しかし，メダン～ペナンケーブルは既に布設されており，メダン～シンガポールケーブルルートもパンタイチェルミン沿岸に決定されている。したがって，メダン～コロンボ用ルートとしては北西部が残されているだけである。メダン～コロンボケーブルは他のケーブルシステムに交差することなくパンタイチェルミン北西部に選定された。

パンタイチェルミン浅海部の海底は平坦な地形を有し，時たま比較的急な斜面を有する地形が存在する。しかし，この急な傾斜はサンドバンクにより形成されたもので季節的に移動するものと推察される。ペラワン港沖合では，ケーブルルートは海岸線に沿っているが，投錨地からは十分離してある。

パンタイチェルミンから，ケーブルルートは平坦な海底地形を有するスンダ大陸棚を海岸線に沿って直線的に選定された。一般に大陸棚では，漁業活動が盛んである。漁業活動は調査期間中の漁船の活動状況，サイド・スキャン・ソーナーによる調査の結果およびこの海域での漁業データや文献などから調査をした。その結果，この海域でのトロール活動の形跡は見られず，且つ，底質は締まった粘土のためケーブル埋設は難しいと思われる。

スンダ大陸棚から，海底傾斜2.6度で水深１４０mから1,３３０mに下がり，スンダ海盆に至る。地層探査の結果では，この斜面の海底基盤の上には，数mの堆積物（泥）が存在する。ケーブルルートはこの海盆底を約１２０nm北北西に進み，グレートパッセージに至る。

グレートパッセージは数多くの海山および海谷から成り，比高約５００mの起伏が多く水深1,２００mから3,４００m位まで変化する。

A／C１０からA／C１１に至る間には，谷底巾１４km，最大水深3,４２５m，最大傾斜１2.4度を有する大きな谷が存在する。この谷底は，泥の堆積物で覆われている。ケーブルルートは，この谷を通った後，水深1,６００mまで登り，その後，西側になだらかに傾斜しA／C１２付近で二番目に大きい谷に至る。

この谷は，巾4km，最大水深2,６８６m，最大傾斜１１度を有し，谷底は数mの泥の堆積物で覆われている。

A／C１２からA／C１４までは，比高約5.００mの起伏を繰り返しながら水深1,２００mから2,０００mに下る。この海域は起伏が激しいが，海底傾斜は１０度以下である。堆積物は各山の頂部ではほとんどみられないが，谷部では泥質堆積物が分布するところもある。グレートパッセージの西側は，最大傾斜１７度で水深4,３５０mまで下がりニコバル海底扇状地に至る。グレートパッセージ海域において数地点で海底写真を取った結果，この海域の海底面に火山岩が分布しているところが見られた。また，底層流観測の結果，水深1,５００mで１ノット近い流れの存在が確認された。

このグレートパッセージでは，主ルートだけではなく南および北がわで多くの補足調査を実施した。その結果，海底は起伏が著しく，多くの個所で露岩していることが明らかになった。推薦ルートはグレート・パッセージ域でもよりなだらかな海底傾斜を有するルートを選定した。

以上のように一般に，グレートパッセージの海底地形は複雑である。この付近での衛星から良好な測位信号を得られるのは平均2時間間隔であり，最長時間間隔は約6時間である。このためケーブル敷設時には事前にNNSSにより位置を決めたポジション・ブイを設置し，これら用いるのが有効である。又レーダによる測位は近くの島には，よいレーダ目標物がないため期待できない。

グレート・パッセージの西側は，深海で，かつ海底の平坦なニコバル海底扇状地があり，約１２０km続く。ニコバル海底扇状地の西部には９０°E海嶺が存在する。

この海嶺は最浅部水深3,０００mで最大傾斜5度であり，大部分が柔らかい泥で

覆われている。

９０°E海嶺の西側の海底は水深4,０００mまで深くなり，ベンガル海底扇状地に至る。この海嶺ではケーブルルートはなるべく平坦な地を選定した。

ベンガル海底扇状地は９０°Eの西は水深4,０００mから徐々に深くなり水深4,２００mに達する。ベンガル海底扇状地では，ケーブルルートは巾７００mから3,５００m，深さ１０mから１４０mの海底谷を所々で横断する。これら海底谷は乱泥流により造られた海底谷と報告されており，現在でも活動しているものがあると言われている。この海底谷で採泥した結果粗粒堆積物を含まない黄灰色の軟泥が採取され，又，深海カメラでの撮影の結果にも流れを示すリップルマークも認められなかった。このことから，少なくとも乱泥流は現在，ケーブルルート付近では活動をしていないものと推察される。

ベンガル海底扇状地からコロンボ大陸棚に至る海域は，急斜面（最大２１度）が存在する。この海域の海底は堆積物がほとんどなく岩が露出している。

コロンボ大陸棚は徐々に水深５０mまで深くなり，そこから一気に2,０００mまで深くなる。波打ち際（水深１５mまで）付近は露出した岩が広く分配する。水深１５mより海側では，基盤岩上を砂質堆積物が覆っている。ケーブルルートとしては，投錨地を避け比較的平坦で且つ砂層の厚い部分を選択した。

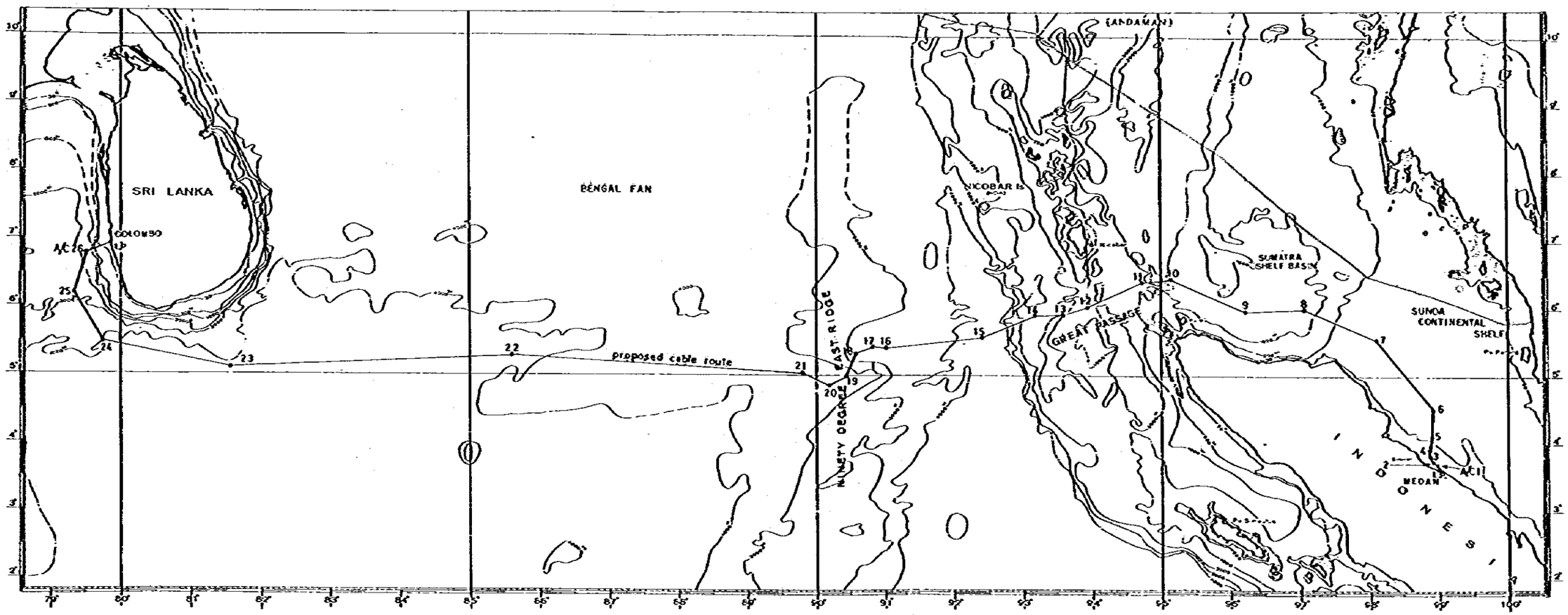


図5.2.1　推　薦　ケ　ー　ブ　ル　ル　ー　ト

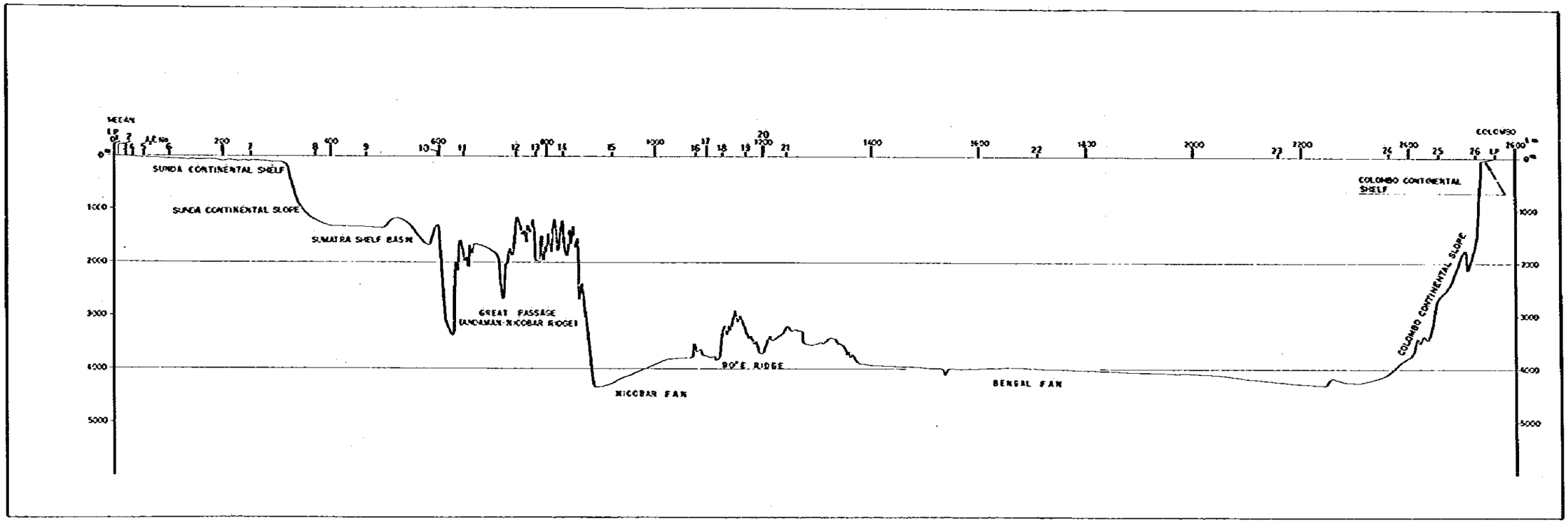


図5.2.2　　推薦ケーブルルート海底地形断面図

5.3 推薦ケーブル種別および数量

概略ケーブル種別および数量を表5.3.1に示し，合わせてケーブルスラックを示した。

5.3.1 推薦ケーブル種別

(1) 陸上部（陸揚局舎から陸揚点）

人為的障害および電波障害からケーブルを保護するためメダン側では，一重外装遮蔽付ケーブルを直埋し，コロンボ側では，無外装遮蔽付ダクトケーブルをダクト内に収容することを推薦する。

(2) 沿岸部（陸揚点から水深５ｍまで）

人為的障害，波および電波障害からケーブルを保護するため二重外装遮蔽付ケーブルを陸揚点から水深５ｍまで使用することを推薦する。海浜部および汀線部のケーブルは埋設し，ケーブルが移動しないようにする。

(3) 極浅海部（水深５ｍから５０ｍまで）

投錨に対する必要な安全性を図るため非埋設二重外装ケーブルを推薦する。メダン側では，ケーブルルートは水深３０ｍ線をベラワン投錨地から１２海里以上離している。ベラワン投錨地とケーブルルートとの最接近点はＡ／Ｃ４で，その距離は7.5海里である。したがって，この海域では，水深３０ｍまで二重外装ケーブルを使用し，３０ｍ以深では非埋設一重外装ケーブルを使用し，漁業活動などに対処する。

コロンボ側では，ケーブルルートは部分的に岩礁部を通り，投錨地を避けて水深４８ｍの大陸棚外縁に至る。その為，非埋設二重外装ケーブルを推薦する。しかし，海浜から水深１５ｍまで約1kmの一部露岩域では波によるケーブルの移動を防ぐため海中トレンチを提案する。

外縁部を越えると海底傾斜が急であり，水深が深くなるため，外縁部横断には一重外装ケーブルを推薦する。

(4) 浅海部（水深５０ｍから５００ｍまで）

スンダ大陸棚および傾斜部での漁業活動に対する必要な安全性を図るため水深５００ｍまでは非埋設一重外装ケーブルを推薦する。

コロンボ急斜面では，水深５００ｍで岩盤の露出域が観測された。したがって，

一重外装ケーブルを大陸棚外縁部からこの岩盤部にかけて使用することを推薦する。

(5) 深海部（水深５００m以深）

起伏の激しいグレートパッセージでは，異常に早い底層流の存在が確認され，また旧電信ケーブルでのケーブル摩耗による障害が報告されている。したがって，深海部に適した特殊保護ケーブルを使用し長期間安定したシステムを確保することを推薦する。この海嶺には基盤が露出した特に地形の複雑な海域が二箇所ある。このため，この部分には，特殊保護ケーブルを使用することを推薦する。しかし，その他の海域では堆積物があるので無外装ケーブルを使用する。グレートパッセージ以外の深海部では，特に支障となる海域はないので無外装ケーブルを使用する。

5.3.2 必要ケーブル数量

必要ケーブル長は以下の条件により決定した。

- ケーブルスラックは，海底傾斜および予知不可能な観測誤差，トートワイヤスピード，ケーブル沈下速度を考慮して計算した。
- ケーブル最終接続，再敷設，海流，風および測位装置の偏移に必要な追加スラックは今回は考慮しなかった。しかし，追加スラックは，深海部で１％以下を考慮すれば良い。
- 最終ケーブル長は，敷設計画，システムダイヤグラム，スラック計画等で若干の変更がありうる。
- 位置間の距離計算は，エベレスト座標の航程線距離で行った。ケーブル長は距離にスラックを乗じ，0.1km以下は切り上げした。

陸揚局間の距離は，２，５６３．３４km，平均スラックは２．０７％で全ケーブル長は２，６１６．３kmである。

必要ケーブルの数量は以下の通りである。

(1) 海中部

二重外装遮蔽付ケーブル	2.8km
二重外装ケーブル	71.4km

一重外装ケーブル	285.6km
特殊保護ケーブル	195.9km
無外装ケーブル	2,060.6km
海中部総ケーブル長	2,616.3km

(2) 陸上部

一重外装遮蔽付ケーブル	1.3km
無外装遮蔽付ダクトケーブル	1.5km
陸上部総ケーブル長	2.8km

(注) 局舎内の必要ケーブル長は推定し，又，余長ケーブル分は考慮しなかった。

表 5.3.1 (1/3)　　ケーブル変針点位置，推薦ケーブル種別およびケーブル長

Pos. No.	Position (Degs.Mins)		Distance (km)		Slack (%)	Cable Length (km)	Cable Type	Approx. Depth (m)	Remarks
A/C	Latitude (N)	Longitude (E)	Between	Cumulative					
Medan Lp	3 - 38.77	99 - 00.05		0				Beach	
			3.70			2.6	DA(S)	5	
A/C-1	3 - 40.74	98 - 59.67		3.70					
			5.09						
2	3 - 43.00	98 - 58.09		8.79					
			14.78			45.2	DA		
3	3 - 49.70	98 - 53.70		23.57					
			10.26		0.5%				Sunda Shelf
4	3 - 55.00	98 - 52.00		33.83					
			21.02					30	
5	4 - 6.00	98 - 55.00		54.85					
			47.91			283.2	SA		
6	4 - 32.00	98 - 55.00		102.76					
			148.38						
7	5 - 35.00	98 - 5.00		251.14					
			119.94					500	
8	6 - 0.00	97 - 5.00		371.08					
			94.39						Sunda Shelf Basin

Note : Distance is geodetic line distance with Everest.
: Land cable is excluded.
: Slack depends on rough calculations.

Legend
DA(S): Double Armoured Screened Cable
DA : Double Armoured Cable
SA : Single Armoured Cable
SP : Specially Protected Cable
LW : Lightweight Cable

表 5.3.1 (2/3)　ケーブル変針点位置，推測ケーブル種別およびケーブル長

Pos.No	Position (Degs.Mins.)		Distance (km)		Slack (%)	Cable Length (km)	Cable Type	Approx. Depth (m)	Remarks.
A/C	Latitude(N)	Longitude(E)	Between	Cumulative					
			94.39						
9	5 - 56.00	96 - 14.00		465.47	2%	310.0	LW		
			133.09						
10	6 - 26.30	95 - 8.50		598.56					
			46.49		7%			2200	
11	6 - 23.00	94 - 43.50		645.05		40.3	SP		
			99.05		3%	51.7	LW	1650	
12	6 - 1.00	93 - 54.50		744.10				2300	
			37.92						
13	5 - 54.50	93 - 35.00		782.02	7%	155.6	SP		Great Passage (Andaman-Nicobar Ridge)
			49.16						
14	5 - 53.00	93 - 8.40		831.18					
			88.86					2500	
15	5 - 33.90	92 - 24.20		920.04					
			154.93		1%				Nicobar Fan
16	5 - 23.90	91 - 0.90		1074.97					
			21.46						
17	5 - 25.55	90 - 49.40		1096.43			LW		
			28.67						
18	5 - 19.50	90 - 35.10		1125.10					

表 5.3.1 (3/3)　　ケーブル変針点位置，推薦ケーブル種別およびケーブル長

Pos. No.	Position (Degs,Mins)		Distance (km)		Slack (%)	Cable Length (km)	Cable Type	Approx. Depth (m)	Remarks
A/C	Latitude(N)	Longitude(E)	Between	Cumulative					
			43.19						90°E Ridge
19	4 - 58.00	90 - 25.80		1168.29					
			29.65		2%				
20	4 - 51.80	90 - 11.00		1197.94					
			46.33						
21	5 - 1.80	89 - 48.00		1244.27					
			466.34						
22	5 - 16.00	85 - 36.00		1710.61		1698.9	LW		
			449.41						Bengal Fan
23	5 - 5.00	81 - 33.00		2160.02	1%				
			203.96						
24	5 - 28.00	79 - 45.00		2363.98					
			93.30						
25	6 - 12.00	79 - 20.00		2457.28	4%	2.4	SA	500	
			67.92						Colombo Continental Slope
26	6 - 46.96	79 - 31.65		2525.20		26.2	DA	48	
			38.14			0.2	DA(S)	5	
COLOMBO LP	6 - 55.55	79 - 50.49		2563.34	0.5%			Beach	Colombo Continental Shelf

Total Route Length: 2563.34 km (1384.10 nm)
Total Cable Length: 2616.3 km (1412.7 nm)
(1 nm = 1.852 km)