

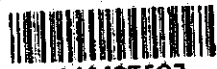
シンガポール共和国  
浅瀬浚渫計画調査(浅瀬)  
報告書

昭和 54 年 2 月

国際協力事業団



JICA LIBRARY



1046435121

国際協力事業団		
受入 月日	'84. 4. 30	119
登録No.	04075	61.7
		SDF

## 序 文

日本国政府は、シンガポール政府との合意にもとづき、シンガポール国領海内に存在する浅瀬除去に必要な費用積算のために諸調査を行うこととし、国際協力事業団が本件調査を実施した。

当事業団は運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所長、中村龍二氏を委員長とする作業監視委員会及び国際臨海開発研究センター、国際航業の技術者より構成される調査団を組織し、現地調査実施のため専門家をシンガポール国へ派遣した。

調査団は現地調査を終了した後、国内において現地調査で得られた情報、資料を解析、検討し、このたび本報告書の完成の運びとなった。

本調査の実施にあたり、シンガポール政府及びシンガポール国関係者の皆様方が本調査に寄せられた御協力に対し、厚く御礼申し上げる次第である。

1979年 2 月

国際協力事業団

総裁 法 眼 晋 作



## 伝 達 文

国際協力事業団

総裁 法眼 晋作 殿

拝啓

シンガポール 浅瀬浚渫計画調査 報告書を提出致します。

本調査団は1978年9月から11月までシンガポールで本プロジェクトの調査を致しました。この報告書はその現地調査の結果を整理・解析し、浅瀬撤去工法及び工費を検討したものであります。

シンガポール港務局は、この調査に基づき早い機会に浅瀬の除去が実施されることを希望しております。

私共は、絶大なる御協力、御援助をいただいたシンガポール共和国政府、シンガポール港務局に心から感謝の意を表するものであります。

さらに、現地調査及びこの報告書のとりまとめに当り、有益な御教示や御援助をいただいた国際協力事業団、運輸省、外務省、在シンガポール日本大使館ならびにシンガポール進出企業の皆様方に厚く御礼申し上げます。

なお、本報告書中の浅瀬位置での土質等の現地調査は国際航業株式会社が実施したものを国際臨海開発研究センターが責任をもってとりまとめたものです。

敬 具

昭和54年 2 月

岡 田 靖 夫

財団法人 国際臨海開発研究センター  
主任研究員

横 田 徹

財団法人 国際臨海開発研究センター  
研 究 員





## 結 論

本報告書は、シンガポール海峡に存在する4ヶ所の浅瀬を除去するための技術的検討ならびに工事費積算を行ったものである。

本検討の基礎資料を得るために実施した浅瀬位置での現地調査項目は次の通りである。これらの調査は1978年10月、11月の期間に日本政府調査団がシンガポール政府の協力を得て実施したものである。

- (1) 深 浅 測 量
- (2) 音 波 探 査
- (3) ボ ー リ ン グ
- (4) 潜 水 観 察 調 査
- (5) 試 験 浚 渫

また、工事費積算は日本の機関が、日本のコントラクターに請負工事として発注する場合を想定して行なったので、これらの条件が変れば請負工事費・工事管理費共に修正が必要となるであろう。さらに着工時期が確定した時点でPrice Contingencyを考慮する必要がある。



## 調査結果の要約

### I. 気象・海象条件

#### 1 風

シンガポール付近の通年の卓越風向は東寄りで、12月～3月は北東風、4月～9月は南東風が卓越している。

風速は微風が多いが、当海域ではスコール前後に突風を伴うことがある。

#### 2 波

シンガポール東沖で冬期に行なわれた約1ヶ月間の波高観測では、最大波高7フィート以下が91%を占めている。浅瀬の存在する海域は、多くの島が存在してさらに静穏であり、作業に特段の支障を与えることはないと思われるが、近くを航行する大型船の航跡波(1.0 m～1.5 m)は常時存在することに留意する必要がある。

#### 3 潮流

シンガポールの潮流は一般に一日一回潮である。港湾区域内ならびに海峡航路内では西流が卓越し、継続時間は1日14～16時間である。浅瀬-Aにおける試験浚渫時の潮流実測値とGusong Towerの現行の予測値を比較すると、浅瀬-Aでは流速が予測値の2倍またはそれ以上に達するようである。

目視実測によると、西流はほぼ航路に平行に流れるが、東流はNEよりむしろEに流れ、潮止まりでもS方向の流れが残るようであった。

Batu Berhantiでの最近の潮流観測による潮流調和常数を用いて試験浚渫時の潮流を計算し実測値と比較すると、Batu Berhantiにおける予測値の方が、浅瀬-Aと近似しているといえる。

この計算結果では、夏・冬季の大潮では流速は4knを越えている。

従って、当海域での作業は、強い潮流及びその変化する流向に、位置がずれたり、流されたりしないように、留意する必要がある。

## II 地形条件

### 1 シンガポールの地形・地質

シンガポール島は西側から、起伏が激しい地形の古期堆積岩、ややなだらかな地形の花崗岩、

さらになだらかな地形の洪積層の3地域に大別される。

古期堆積岩は南東に連なって、Sentosa島、Bukom島など、さらに浅瀬-A、B、C、Dを形成している。

## 2 浅瀬の地形

音響測深機による調査の結果は以下の通りである。

### (1) 浅瀬-A

形状：長さ約100m、中央部の幅約40mの楕円体、面積3000m<sup>2</sup>

最浅部： -17.0m

純土量： 5,000m<sup>3</sup>

### (2) 浅瀬-B

形状：浅所6ヶ所及び点在する数ヶ所の浅所から成る最も複雑な形状、面積34,300m<sup>2</sup>

最浅部： -11.7m (4ヶ所で一番浅い)

純土量： 88,000m<sup>3</sup>

### (3) 浅瀬-C

形状：長さ約750m、中央部の幅約250mの長楕円体、面積126,300m<sup>2</sup>

最浅部： -13.3m

純土量： 389,000m<sup>3</sup>

### (4) 浅瀬-D

形状：一辺約50mの正方形、面積1,700m<sup>2</sup>

最浅部： -18.3m

純土量： 2,100m<sup>3</sup>

## II 地質条件

地質を調べるために、潜水観察、ボーリング(浅瀬-Cにおいて)音波探査、試験浚渫及び採取した試料の岩石試験を行った。

### 1 潜水観察

潜水観察及び水中写真によると、浅瀬-A、Bは起伏が激しく(0.5m前後)露岩している。浅瀬-Cは凹凸が少なく、凸部は露岩しているが、凹部に粗砂の堆積物がみられた。浅瀬-Dは露岩していないが、円礫(径最大1m)が存在し、その間には砂、シルトが堆積している。

浅瀬を構成する岩は、浅瀬-A、B共に礫岩、砂岩及び泥岩の互層である。

採取した試料は、浅瀬-Bでは砂岩、泥岩で、浅瀬-Dでは赤褐色の砂岩である。

## 2. ボーリング

C-1孔では、土質は凝灰質砂岩、凝灰岩で、全体的に強風化されており、-25.1m付近のN値は50回/16cmであった。

C-2孔では、土質は硬質粘土、凝灰質砂岩、泥岩、礫岩の互層で、全体的に強風化されており、礫岩中の礫以外は粘土化している。

C-3孔では、土質は礫岩で、母岩は砂岩及び泥岩で構成されている。

## 3. 音波探査

測線幅25mの音波探査を実施した結果、浅瀬はすべて海底面より岩盤が存在し、これを被覆する堆積物はないことが判明した。

## 4. 試験浚渫

浅瀬-Aにおいて7m<sup>3</sup>グラブバケット(重量60トン)を使用し実施した。

浚渫した岩は、Jurong Formation とよばれる中生代に堆積した礫岩、砂岩、泥岩でその割合は概略5:3:2であった。各岩の硬度はモース硬度計により、

礫岩 3~5

砂岩 3~6

泥岩 2~4

である。この結果は現場観察の結果と傾向がよく一致している。

土運給内で計測した浚渫量は、690m<sup>3</sup>で総つかみ回数235回から、1回当たり平均つかみ量は2.94m<sup>3</sup>となり、つかみ効率0.42が得られた。

## 5. 岩石試験

浅瀬-Aから18箇、浅瀬-Cから3箇のテストピースを作成し、物理試験、力学試験を行った。浅瀬-Aにおいて細かく分類すると礫岩、砂岩、泥岩の相違はみられるが、浅瀬-Cと比較した場合には、同質な岩と分類してよいと思われる。石材としてみると、浅瀬-Aは準硬石、浅瀬-Cは軟石に区分される。

これらの試験結果から、浚渫に対する岩を分類する場合、浅瀬-Aと浅瀬-Cは異ったクラスで考える必要がある。

## IV 危険物探査

浅瀬-Aの潜水調査により多数の爆弾等の危険物が発見された。他の浅瀬においてもその存在の可能性があり、浚渫作業に先行し掃海調査が必要である。

掃海調査方法としては、従来の磁気探査よりも潜水夫による目視観察が有効な方法である。潜水作業はその作業時間が限られ、この広大な対象区域に対して潜水観察だけでも相当な工程となる。その上危険物が発見された場合、その処理に日数を要するので、掃海調査には充分な工期を当てる必要がある。

## V 通航船舶への対策

4ヶ所の浅瀬のうち浅瀬-Aは西行航路に、B、C、Dは沿岸航路に存在するが、満載の大型タンカー以外は、浅瀬上を多くの船舶が通航している。

この為、撤去作業時には、作業船と航行船舶との衝突事故、作業に支障をきたす航跡波に対して、対策を施す必要がある。

その対策には、Circulationに充分な期間をとること、PSAによるRadio Warningの回数を増加することが考えられる。また、使用作業船の船型能力も適切に選定する必要がある。

## VI 浅瀬の浚渫工事

### 1 工法の検討

浅瀬の岩質から、浚渫作業船による撤去が、最も適切である。この岩質に対する浚渫作業船としてクラブ式浚渫船、ディッパー式浚渫船、ポンプ式浚渫船があげられるが、クラブ式浚渫船が技術的・経済的に最適である。

### 2 クラブ浚渫工事計画

#### (1) 浚渫土量

4浅瀬の合計浚渫面積、純土量は各々165,000 $m^2$ 、484,000 $m^2$ である。

#### (2) 月間揚土量

1日24時間、月間24日作業として、7 $m^3$ クラブによる場合、浅瀬-A、B、Dでは、8,035 $m^3$ 、浅瀬-Cでは、14,430 $m^3$ である。

13 $m^3$ クラブによる場合、浅瀬-A、B、Dでは、18,403 $m^3$ 、浅瀬-Cでは、34,690 $m^3$ である。

### 3. 工事費の積算と工期

下表に示すように、4 浅瀬を撤去する場合（ケースⅣ）は、7 m<sup>3</sup>クラブと13 m<sup>3</sup>クラブを備えたクラブ式浚渫船を各一隻ずつ用いて、工期27ヶ月、総工費54百万シンガポールドルとなる。

Cost in Singapore Dollars

Case	I	II	III	IV
Names of shoal	A	AandD	A, B and D	A, B, C and D
Quantity of dredging (M <sup>3</sup> )	7320	10800	126300	616520
Term of works (Mth)	4	5	27	27
Grab bucket (M <sup>3</sup> )	7	7	7	7 and 13
Work cost	1,255,000	1,778,000	18,334,000	53,865,000





# 目 次

第1編 調査結果	1
第1章 風と波	1
1-1 風	1
1-2 波	1
第2章 潮流	5
2-1 一般情況	5
2-2 潮流計算の結果	5
第3章 シンガポールの地形・地質	7
3-1 概 要	7
3-2 浅瀬の地形	8
3-3 浅瀬の地質	19
第4章 危険物探査	42
第5章 航行船舶への対策	43
第6章 浅瀬の浚渫工事	44
6-1 工法の検討	44
6-2 グラブ浚渫工事計画	44
6-3 工事費の積算と工期	45
第2編 現地調査(土質等)	49
第1章 調査概要	49
1-1 調査位置	49
1-2 調査内容	49
第2章 調査地域の概要	54
2-1 地形概要	54
2-2 地質概要	55
第3章 調査結果	56
3-1 測量一般	56
3-2 深浅測量	58
3-3 潜水観察	60

3-4	ボーリング	64
3-5	音波探査	65
3-6	試験浚渫	65
3-7	岩石試験	70
3-8	危険物探査	79
3-9	調査地の潮流	80
第4章 測量方法について		87
4-1	測量一般	87
4-2	深淺測量	87
第3編 グラブ浚渫工事及び工事費積算		89
第1章 グラブ浚渫工事		89
1-1	土質分類	89
1-2	浚渫土量	89
1-3	施工量の算定	90
1-4	工期	91
1-5	施工方法	93
第2章 工事費積算		96
2-1	留意事項	96
2-2	積算	97

## 表 リ ス ト

### 表 番 号

#### 第 1 編

Table 3-3-5a	Physical Properties of Rocks .....	40
Table 3-3-5b	Mechanical Properties of Rocks .....	40
Table 6-2-1	Dredging Quantity by shoal .....	44
Table 6-2-3	Flocet Composition .....	45
Table 6-3-1	Work cost and Term of Works by case .....	48

#### 第 2 編

表 1-1-1	浅瀬の位置(経緯度) .....	49
表 1-2-1	調査数量表 .....	51
表 3-6-3	試験浚渫の時間内訳 .....	66
表 3-6-4	計測結果 .....	67
表 3-7-1 a	資料の採取(礫岩) .....	71
表 3-7-1 b	(砂岩) .....	72
表 3-7-1 c	(泥岩) .....	73
表 3-7-1 d	試験内容と数量 .....	74
表 3-7-1 e	試験結果一覧表 .....	75
表 3-7-3 a	岩石の強度区分(1) .....	78
表 3-7-3 b	(2) .....	78
表 3-7-3 c	岩石の強度 .....	78
表 3-8-2	潜水作業時間内訳 .....	80

#### 第 3 編

表 1-2-1	浚渫面積と土量 .....	89
表 1-3-1	各係数のまとめ .....	90
表 1-4-1	工事規模と使用船種 .....	91
表 1-4-2	工 期 .....	92
表 1-5-1	潜水探査工期 .....	93

表 1-5-2	給閉構成	94
表 2-2-1	工期と工費総括表	98
表 2-2-2	共通仮設費の内訳	99

## 図 リ ス ト

### 図 番 号

#### 第 1 編

Fig. 1-2-1	Location of Four Shoals .....	3
Fig. 3-1-1	Simplified Geological Map .....	7
Fig. 3-2-1 a	Typical Cross-Section of Shoal-A .....	9
Fig. 3-2-1 b	Topographical Map of Shoal-A, B .....	11
Fig. 3-2-1 c	Sounding Map of Shoal-A .....	13
Fig. 3-2-2 a	Typical Cross-Sections of Shoal-B .....	15
Fig. 3-2-2 b	Sounding Map of Shoal-B .....	17
Fig. 3-2-3 a	Typical Cross-Sections of Shoal-C .....	21
Fig. 3-2-3 b	Topographical Map of Shoal-C .....	23
Fig. 3-2-3 c	Sounding Map of Shoal-C .....	25
Fig. 3-2-4 a	Typical Cross-Section of Shoal-D .....	9
Fig. 3-2-4 b	Topographical Map of Shoal-D .....	27
Fig. 3-2-4 c	Sounding Map of Shoal-D .....	29
Fig. 3-3-2 a	Location Map of Survey Area .....	33
Fig. 3-3-2 b	Drilling Log BH-C-1 .....	35
Fig. 3-3-2 c	Drilling Log BH-C-2 .....	36
Fig. 3-3-2 d	Drilling Log BH-C-3 .....	37
Fig. 6-2-4	Location of Dumping Area .....	46

#### 第 2 編

図 1-1-1	調査地位置図 .....	50
図 1-2-1	浅瀬-A, Bにおける調査地点 .....	52
図 1-2-2	浅瀬-Dにおける調査地点 .....	53
図 2-1-1	シンガポール島の地形区分 .....	54
図 3-1-1	直角座標 .....	57
図 3-1-4	P. Sebarok とラッフルス灯台の基準面関係図 .....	58
図 3-3-2	B-1 地点付近の潜水観察による海底断面図 .....	61
図 3-3-3 a	C-1 地点付近海底断面図 .....	62

図 3-3-3 b	C-I 地点付近海底断面図	63
図 3-6-7	A 地点の掘削後の潜水観察	70
図 3-7-2	岩石のコンシステンシー	77
図 3-9-1 a	浅瀬-Aの潮流実測結果(2, Nov)	81
図 3-9-1 b	" (3, Nov)	82
図 3-9-1 c	" (4, Nov)	83
図 3-9-1 d	浅瀬-Cの潮流実測結果(11, Nov)	84
図 3-9-1 e	" (14, Nov)	85

第 3 編

図 2-2-3 a	工事管理計画表(ケース I, II)	100
図 2-2-3 b	" (ケース III a, IV)	101

# 第1編 調查結果





# 第 1 編 調 査 結 果

## 第1章 風 と 波

### 1-1 風

ラッフルス灯台の観測記録(1976年4月~1977年3月)からシンガポール海峡付近の風をみると、通年の卓越風向は東寄りであり、12月~3月の期間は北東風、4月~9月が南東風の卓越する期間である。10月、11月は風が一定しない期間で西寄りの風もある。

風速については熱帯地方特有の微風が多く、5.5 m/s以上の出現率が約30%、10.7 m/s以上は1%にすぎない。

しかしながら、当海域ではスコール前後に突風が伴うことがあり、風波も50cm程度のものが生ずるので、小型船の操船にはこの点の注意が必要であろう。

### 1-2 波

シンガポール海峡はその東端で南シナ海へ通じているため、東へ行く程大きなうねりや風浪が出現する。

4ヶ所の浅瀬が存在するのはSakijang Pel Leah島から西の海域で、シンガポール海峡の中で最も狭い海域で多くの島が点在して遮蔽効果が大きく、海は比較的静穏である。

(Fig.1 2-1 Location of Four Shoals)

当海峡内での波高観測は1976年1月23日~2月21日の約1ヶ月間、シンガポール東沖のジョホール・ショール付近でオランダ製の浮子型水圧式波高計を用い、PSAにより行なわれた。これによると、一年中で最も波の大きい冬期において有義波高で5フィート以下の波が95%、最大波高でも7フィート以下の波が91%を占めており、浅瀬の存在する海域は上述のとおり、さらに静穏であると思われることから調査工事に特段の支障を与えることはないと思われる。然しながら、後で述べるように浅瀬は海峡航路および沿岸航路の境界線付近に存するため、浚渫工事中、近くを航行する大型船の航跡波を常時受けることになる。

この航跡波は時として1.0~1.5 mに及ぶことがあるので作業中の注意が必要であると思われる。

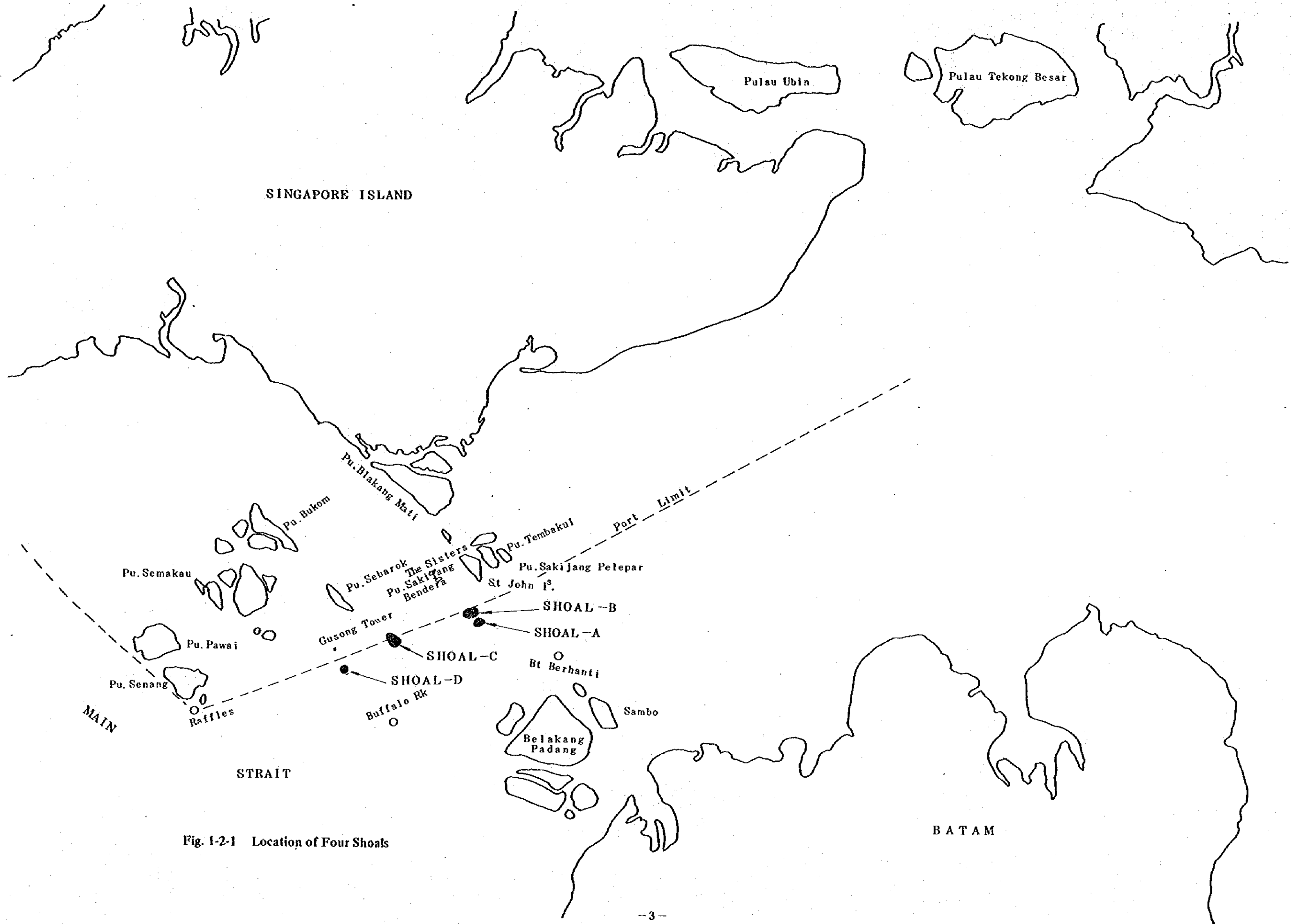


Fig. 1-2-1 Location of Four Shoals



## 第2章 潮 流

### 2-1 一般情況

シンガポールの潮流は一般に Tropic Tide を受けて一日一回潮である。港内区域ならびに海峡航路内では西流が卓越し、西流の継続時間は1日14～16時間である。

浅瀬に比較的近い Main-Strait 内の2地点、Gusong Tower 及び Batu Berhanti の潮流予測表から海峡内の潮流をみると、2地点間ではかなりの相違がみられる。

すなわち、年間最大流速の発生日数についてみると、最大3kn以下の日数が Batu Berhanti では約170日であるのに対し、Gusong Tower では350日あり、年間最大流速も Batu Berhanti では4.3knであるのに対し、Gusong Tower では3.4knと低い値を示している。これは海峡付近の地形からも考えられることで、St. John 島と Batu Berhanti を結ぶ線は海峡の最狭部にあたり、潮流の最も速い部分であると考えられる。

11月2日～4日に亘って浅瀬-Aにおける試験浚渫に際し、(Gusong Tower の潮流予測表と対比するために)、同地点で短期間の測定(PSAより借用したプロペラ型自記式流速計使用)を行なった。これによると、浅瀬-Aの潮流は、Gusong Tower より1時間前後の遅れを伴うと共に、流速も2倍程度あるいはそれ以上に大きいのではないかとと思われる。従って浅瀬-A、B付近の潮流は、Gusong Tower よりむしろ Batu Berhanti の予測値に近いのではないかと考えられる。

浅瀬-Aにおける試験浚渫時の目視観測では西流はほぼ航路に平行に流れるが、東流は、NEよりむしろE方向に流れる感じで、潮止まりも全く静穏にならず、S方向の流れが残る感じであった。従って、作業船を現地にけい留固定する場合、船位を航路に平行に向けると、東流時には、船艙に北側より強い流速を受けることになり、船位を固定することが困難となるので、アンカー及びアンカーチェーンを充分強力なものとして、これに備える必要があると思われる。

次に年間の月別の流速別潮流分布をGusong Tower 予測値からみると、北東モンスーンの吹く12月～3月の期間は海峡の潮流条件の最も悪い時期と一致しているようである。

表によればGusong Tower では年間を通じ、流速1.5kn以下の時間が約75%となっているので、先の検討から、浅瀬-A、B付近では流速3kn以下が同程度の割合になるのではないかとと思われる。

### 2-2 潮流計算結果

Batu Berhanti Light Buoy 付近において1973年12月に潮流観測が第3次マラ

ツカ・シンガポール海峡水路測量によって、15日間に亘ってなされた。その結果から、この付近における潮流調和常数(Tidal Current Constant)が求められている。この常数を用いて試掘実施時期の1978年11月の潮流予測値を計算し、実測値と比較すると前述のように浅瀬-A, Bにおける潮流は、Qusong Towerの潮流よりも、Batu Berhantiにおける潮流予測の方が近似しているといえる。

また、この常数を用いてBatu Berhantiにおける年間の四季の潮流を求めると、春、秋季の大潮は3~4knであり、夏・冬期の大潮では4knを越えている。平均大潮時の最大流速は2.9knである。

### 第3章 シンガポールの地形・地質

#### 3-1 概 要

シンガポール島は南北約20 Km, 東西約40 Kmのひし形の島であり, その地形は島の中央よりやや西側を南北に走る鉄道を境界にして相違をみせている。すなわち, 鉄道の西側は小さな丘陵が多く起伏が激しいのに対し, 中央部はなだらかな丘陵が連なっている。

また, 東側は標高20 m前後で中央部よりさらになだらかな地形を呈している。

本島の最高標高は Bukit Timah Hill の166 mである。これらの地形上の差は地質構成を明瞭に反映している。すなわち, 西側地区の比較的起伏の大きい地形を示している地域は古期堆積岩より成っており, 中央部は花崗岩より成っている。

また, 東側の地域は固結度の低い洪積世の堆積物より成っており, この他 Jurong 地区ならびに Kallang River 沿いに沖積低地帯が比較的広く分布している。( Fig. 3-1-1 Simplified Geological Map )

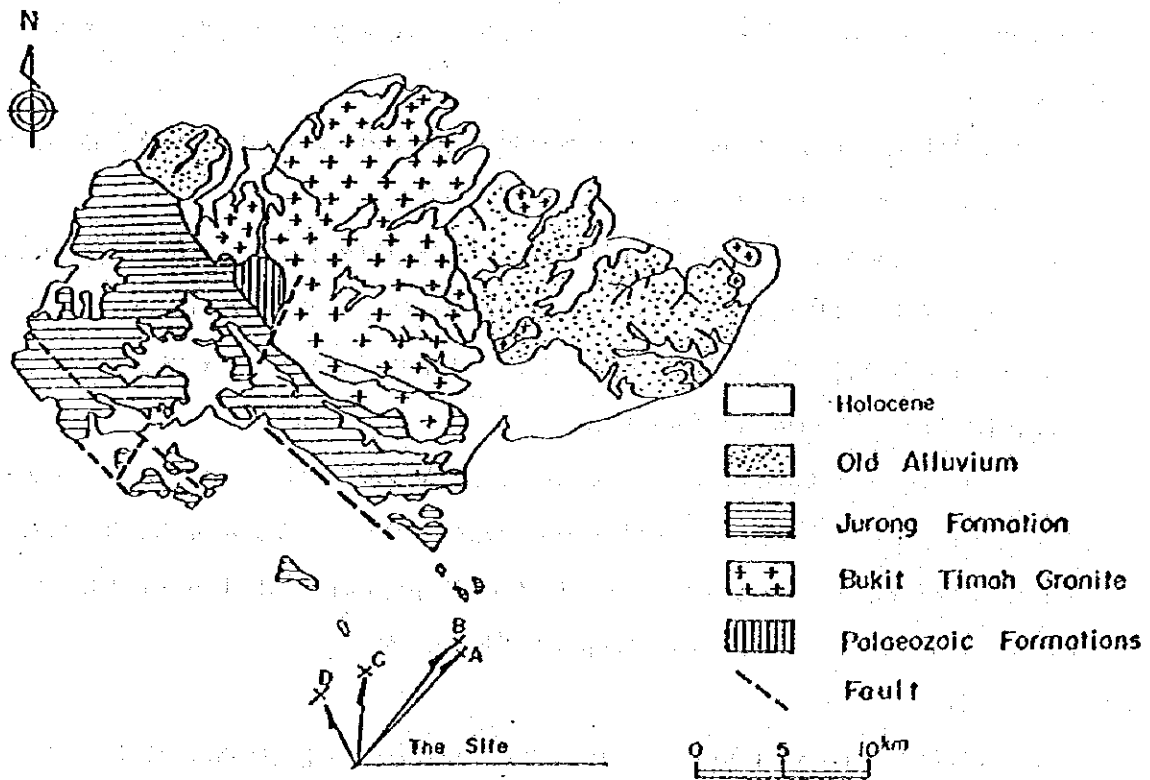


Fig. 3-1-1 Simplified Geological Map

(Source: Geology of the Republic of Singapore published by P.W.D, 1976)

浅瀬-A, Bは北より Sentosa 島, Tekukor 島, Sakijang 島とSE方向に連なる島々の先端に位置するうえ, さらに南を眺めるとこの方向に点々と浅瀬が連なり, インドネシア領の Sambo 島へ続いている。

この地形の高まりは明らかに古期堆積岩である Jurong Formation の構造を反映しているものとみることができる。

浅瀬-C, Dについては同様に Jurong ~ Bukom ~ Sebarok とSE方向に伸びる島々に連続した浅瀬と考えることができる。

このように Sakijang 島から Senang 島までの区間のシンガポール海峡地域については陸上の地質構造がそのまま海底地形に反映しているものと思われる。

調査の結果, 浅瀬はすべて中世代の Jurong Formation が分布していることが明らかになった。

### 3-2 浅瀬の地形

浅瀬及びその付近の海底地形を正確に把握するため, 浅海用精密音響測深機を使用し, 平均測線間隔 2.5 m の深浅測量を行なった。その結果, 各浅瀬の地形は次の通りである。

#### (1) 浅瀬-A

この浅瀬は Sakijang Bendera 島の南約 2.0 Km 沖合のシンガポール海峡航路の西行レーンの北寄り, 沿岸航路との境界近くに位置している。

-21.0 m 以浅の浅瀬は, 長さ約 100 m, 中央部の幅約 40 m, 面積 3,000 m<sup>2</sup> の楕円形をなし, SW-NE 方向, すなわち, ほぼ海峡航路に平行に横たわっている。

最浅部は浅瀬の北寄りにあり, その水深は, -17.0 m であった。(Fig. 3-2-1a Typical Cross-Section of Shoal-A)

浅瀬周辺部の水深はおおむね -23 m 以深であるが浅瀬の南側に -22.0 ~ -23.0 m の浅所が存在しているので, 今回の測量の未測深範囲内に, -21.0 m 以浅の箇所が存在する可能性が残されている。(Fig. 3-2-1b Topographical Map of Shoal-A, B, Fig. 3-2-1c Sounding Map of Shoal-A)

#### (2) 浅瀬-B

この浅瀬は Sakijang Bendera 島の南約 1.5 Km 沖合の沿岸航路内に位置し, 浅瀬-A に隣接している。

この浅瀬は大きな浅所 6ヶ所とその周辺に点在する数ヶ所の浅所から成り, 地質構造と潮流の方向に制約されて複雑な形状を呈している。また, 海底起伏も浅瀬-A以上に激しいので, 今回測深の未測深範囲に -21.0 m 以浅の浅所が存在する可能性が残されており,





Fig. 3-2-1a Typical Cross-Section of Shoal-A

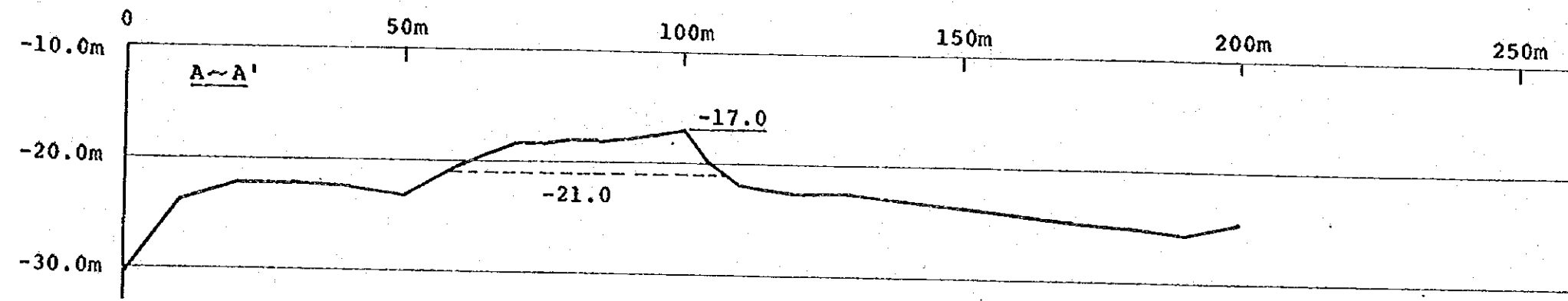


Fig. 3-2-4a Typical Cross-Section of Shoal-D

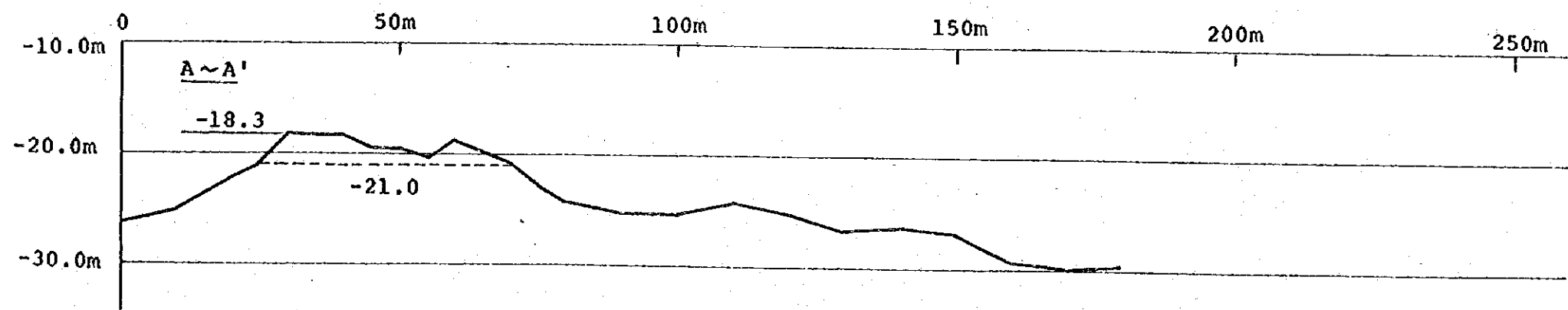
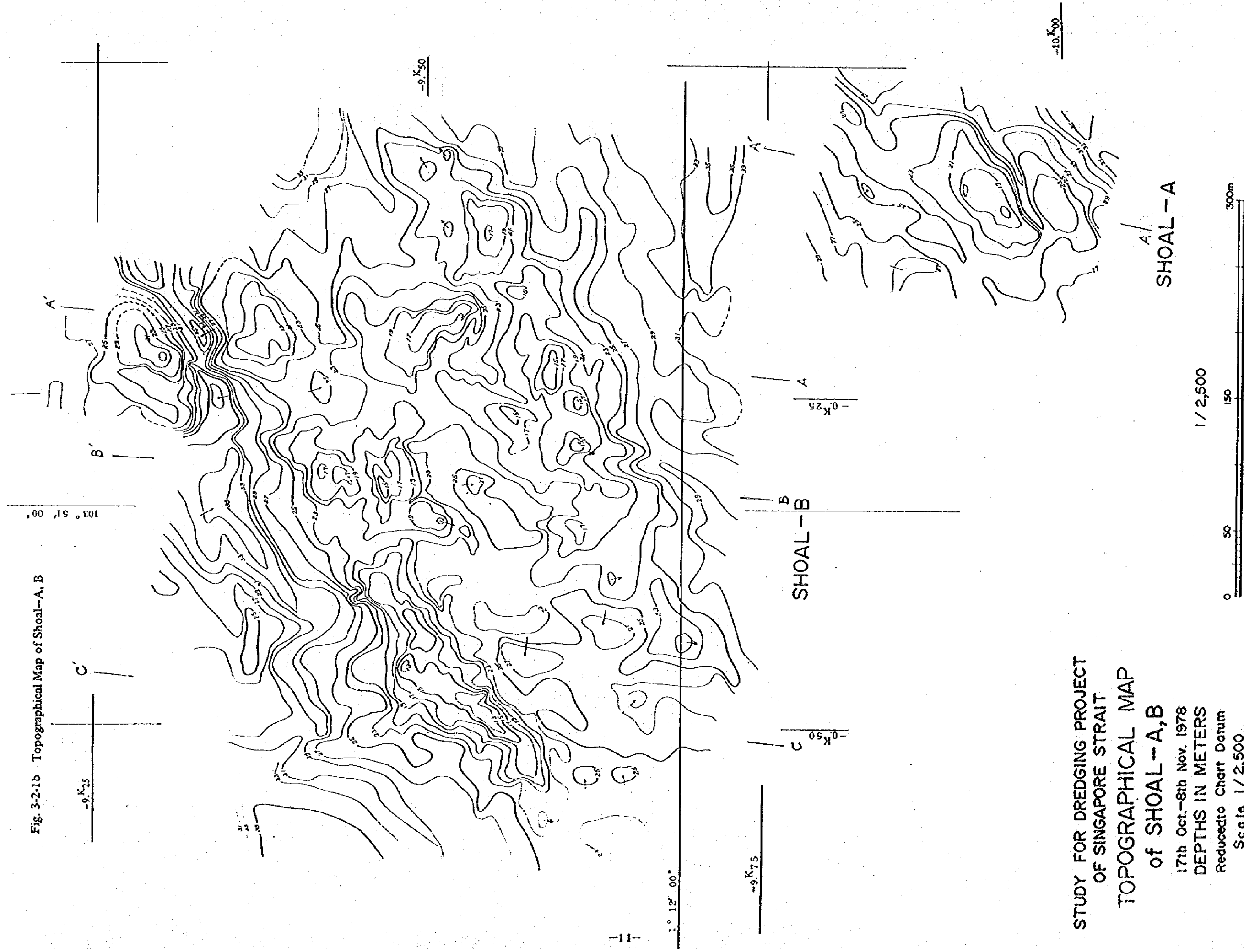


Fig. 3-2-1b Topographical Map of Shoal-A, B



STUDY FOR DREDGING PROJECT  
OF SINGAPORE STRAIT  
TOPOGRAPHICAL MAP  
of SHOAL-A, B

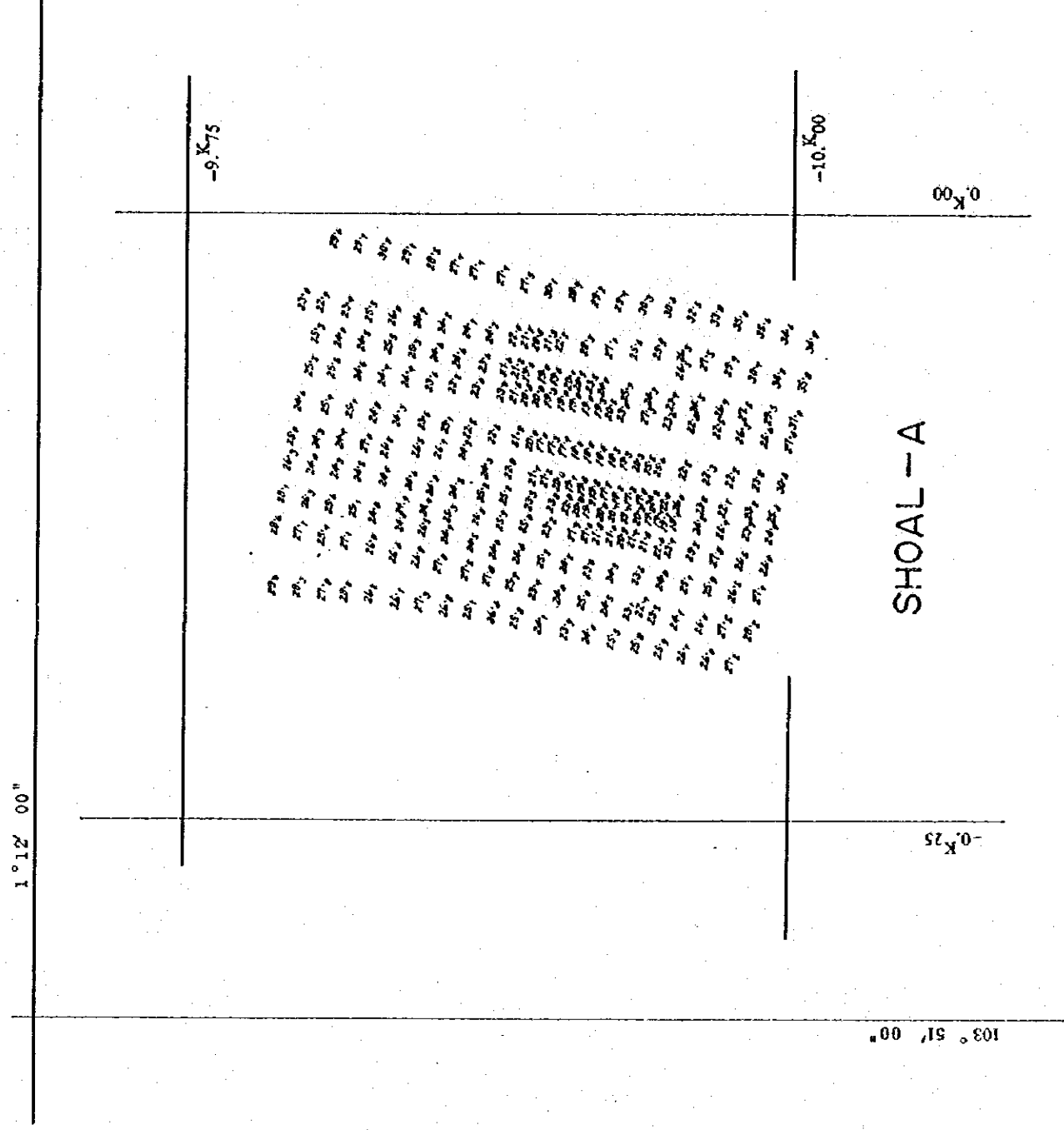
17th Oct.-8th Nov. 1978  
DEPTHS IN METERS  
Reduced to Chart Datum  
Scale 1/2,500

1/2,500

0 50 150 300m

Description

1. This chart is plotted on the plane rectangular grid projection with co-ordinates (0.00M.N, 0.00M.E) of origine at Government Office Flag Staff being in Lat. 1° 17' 15" 528N, Long. 103° 51' 10" 808E.
2. The survey is controlled by the electric distance meter (Audister).  
The position of the slave stations are follows.  
R1 (P.SAKIJANG) -7280.40N +366.59E  
R2 (P.SEBAROK) -8981.63N -5959.22E
3. Tidal height for reduction of soundings were observed at Raffles Lt. tide gauge and at P.Sebarok tide pole.



STUDY FOR DREDGING PROJECT  
OF SINGAPORE STRAIT  
SOUNDING MAP  
of SHOAL- A

17th Oct.-8th Nov. 1978  
DEPTHS IN METERS  
Reduced to Chart Datum  
Scale 1/2,500

Fig. 3-2-1c Sounding Map of Shoal-A

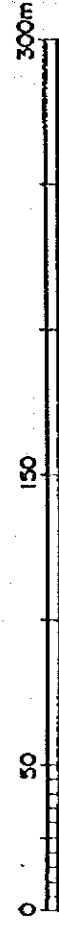
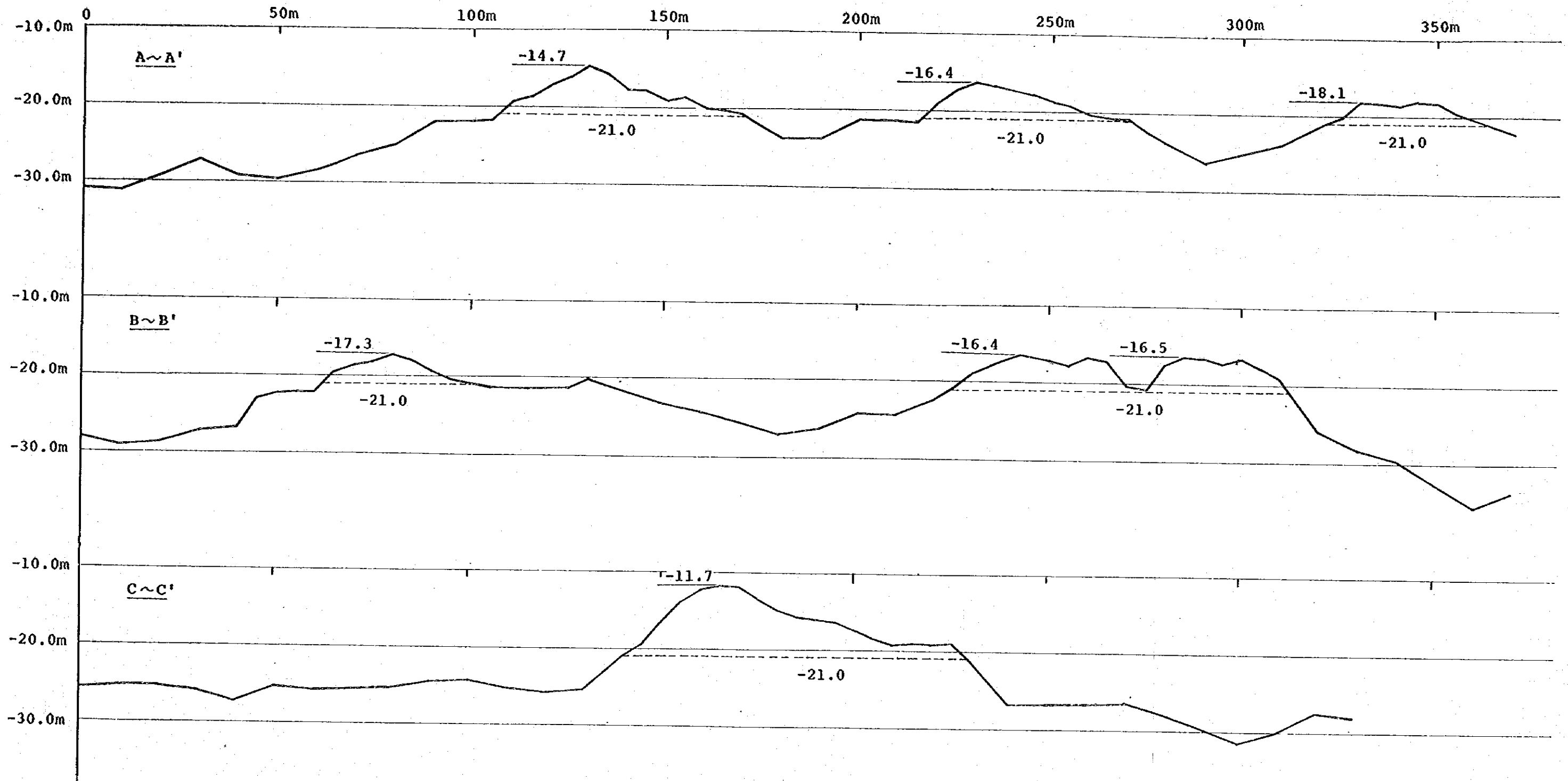
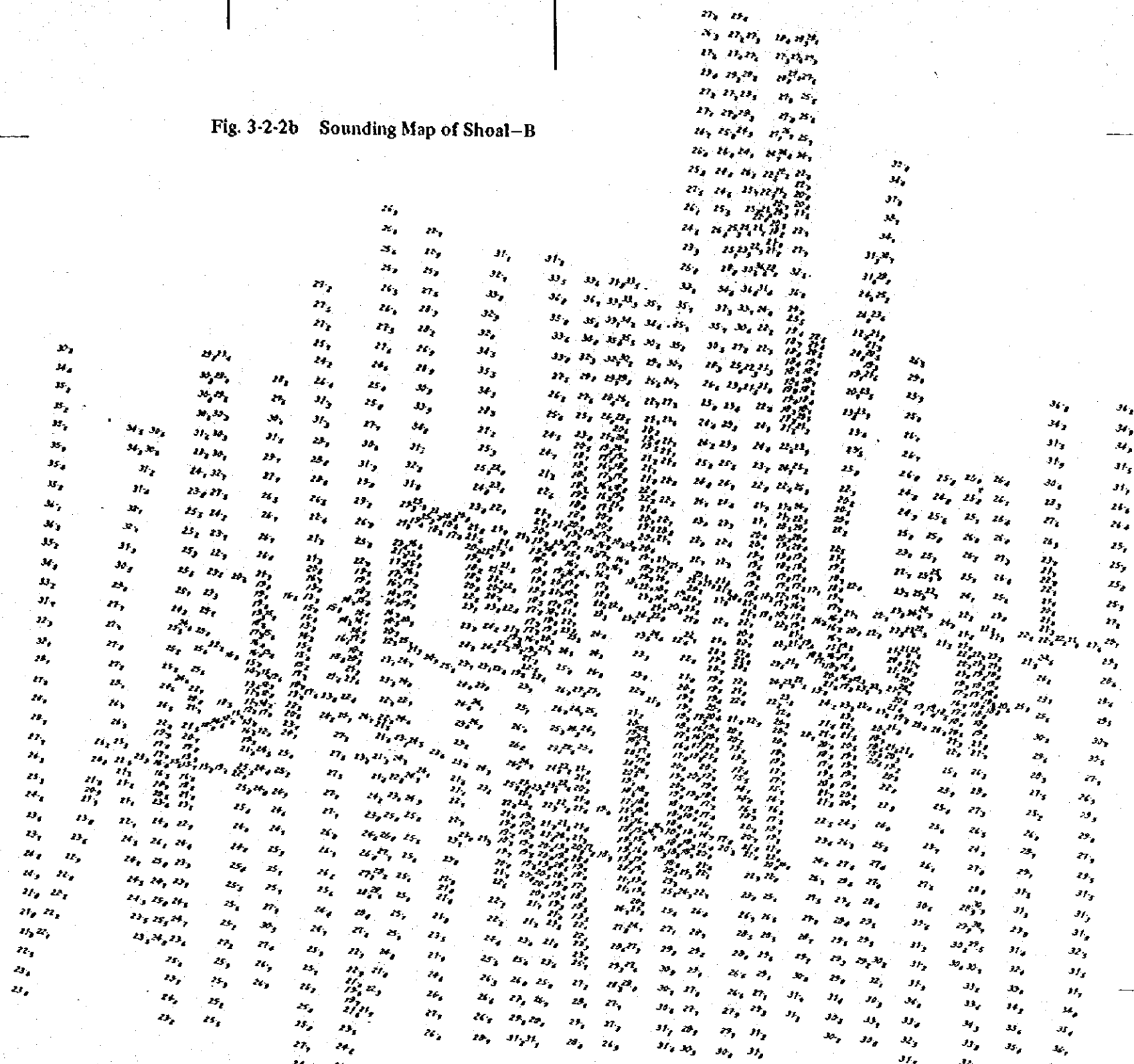


Fig. 3-2-2a Typical Cross-Sections of Shoal-B



-9.K25

Fig. 3-22b Sounding Map of Shoal-B



-9.K50

1° 12' 00"

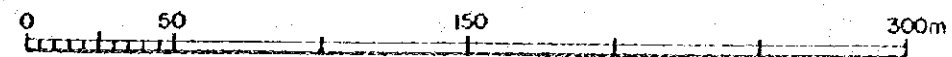
Description

1. This chart is plotted on the plane rectangular grid projection with co-ordinates (O.OOM.N, O.OOM.E) of origine at Government Office Flag Staff being in Lat. 1°17'15" 528N, Long. 103°51'10" 808E.
2. The survey is controlled by the electric distance meter (Audister).  
The position of the slave stations are follows.  
R1 (P.SAKIJANG) -7280.40N +366.59E  
R2 (P.SEBAROK) -8981.63N -5959.22E
3. Tidal height for reduction of soundings were observed at Raffles Lt. tide gauge and of P.Sebarok tide pole.

STUDY FOR DREDGING PROJECT  
OF SINGAPORE STRAIT  
SOUNDING MAP  
of SHOAL- B  
17th Oct.-8th Nov. 1978  
DEPTHS IN METERS  
Reduced to Chart Datum  
Scale 1/2,500

SHOAL-B

103° 51' 00"



1/2,500



注意を要する。

最浅部は浅所群の西端にあり、水深 $-11.7\text{ m}$ で浅瀬-A~Dのうち最も浅い箇所となっている。(Fig. 3-2-2a Typical Cross Sections of Shoal-B)

-21.0 m以浅の浅瀬の総面積は $34,300\text{ m}^2$ 、純土量は $88,000\text{ m}^3$ である。(Fig. 3-2-1b Topographical Map of Shoal-A, B Fig. 3-2-2b Sounding Map of Shoal-B)

### (3) 浅瀬-C

この浅瀬は Sebarok 島の東南約 $2.5\text{ Km}$ 沖合の沿岸航路内に位置している。

-21.0 m以浅の浅瀬の形状の長さ約 $750\text{ m}$ 、中央部の幅約 $250\text{ m}$ 、面積 $126,300\text{ m}^2$ の長楕円形をなし、NW-SE方向に横たわっており、地質構造に一致している。

この浅瀬は、浅瀬-A, B, Dに比べて起伏が最も少なく平面形状も単調である。最浅部は浅瀬の中央にあり、その水深は $-13.3\text{ m}$ である。(Fig. 3-2-3a Typical Cross-Section of Shoal-C)

この浅瀬は4ヶ所の浅瀬中最大のもので、-21.0 m以浅の純土量は $389,000\text{ m}^3$ である。(Fig. 3-2-3b Topographical Map of Shoal-C, Fig. 3-2-3c Sounding Map of Shoal-C)

### (4) 浅瀬-D

この浅瀬は Sebarok 島の南約 $3.0\text{ Km}$ 沖合の沿岸航路内の海峡航路との境界線近くに位置している。

-21.0 m以浅の浅瀬の形状は一辺約 $50\text{ m}$ の四角形、最浅部はその中央にあり、 $-18.3\text{ m}$ で4ヶ所の浅瀬のうちで最も深い。(Fig. 3-2-4a Typical Cross Section of Shoal-D)

浅瀬の面積は $1,700\text{ m}^2$ 、純土量は $2,100\text{ m}^3$ で、4ヶ所の浅瀬のうちで最も小さい。(Fig. 3-2-4b Topographical Map of Shoal-D, Fig. 3-2-4c Sounding Map of Shoal-D)

## 3-3 浅瀬の地質

### 3-3-1 潜水観察

浅瀬-A~Dの海底地形ならびに表面堆積物を確認するために潜水観察調査を行なった。調査の方法は海底地形の目視観察、写真撮影ならびに堆積物のサンプリングである。

#### (I) 浅瀬-A

潜水観察の結果、表面は高さ $0.5\text{ m}$ 前後の凹凸のある露岩地帯であることが明らか

Fig. 3-2-3a Typical Cross-Sections of Shoal-C

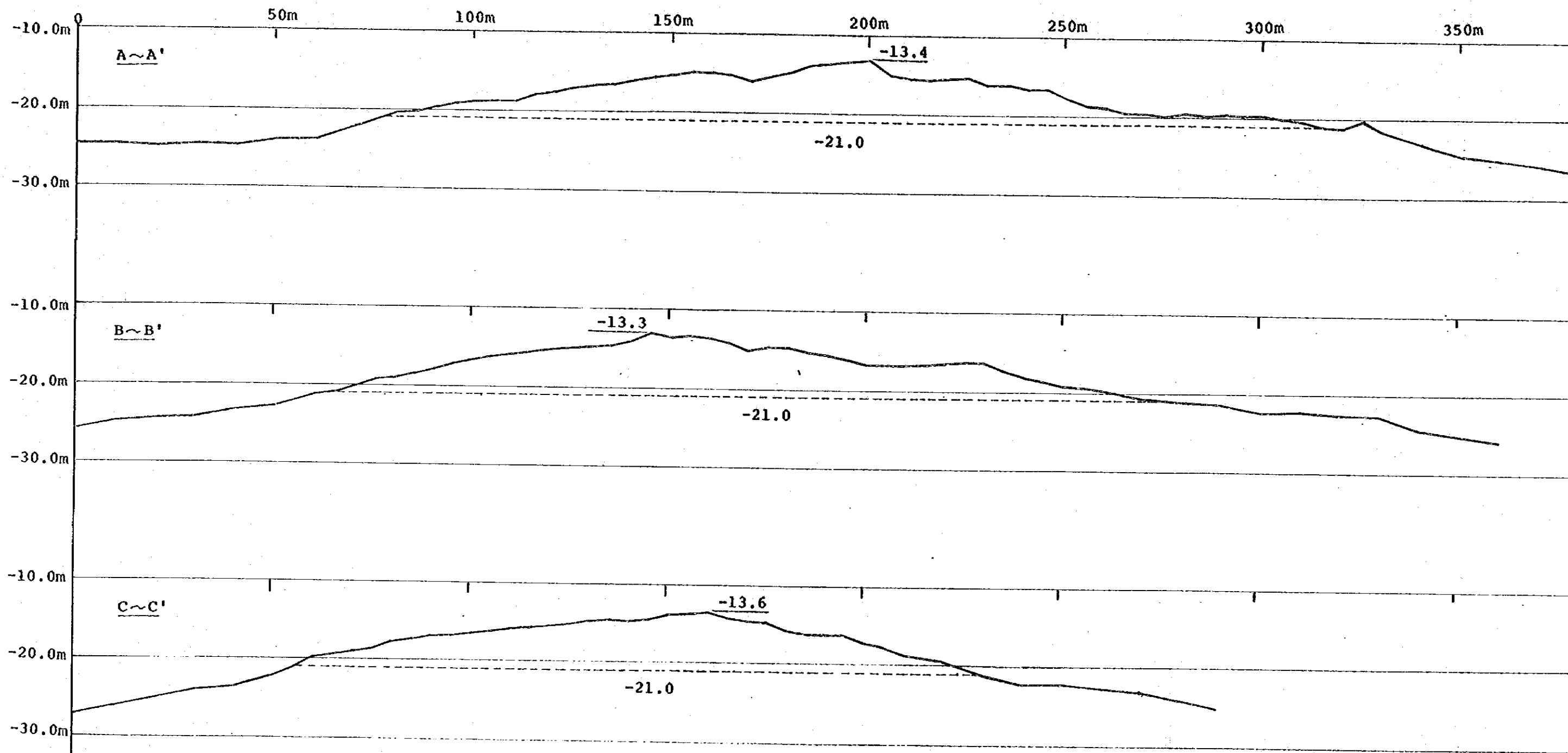
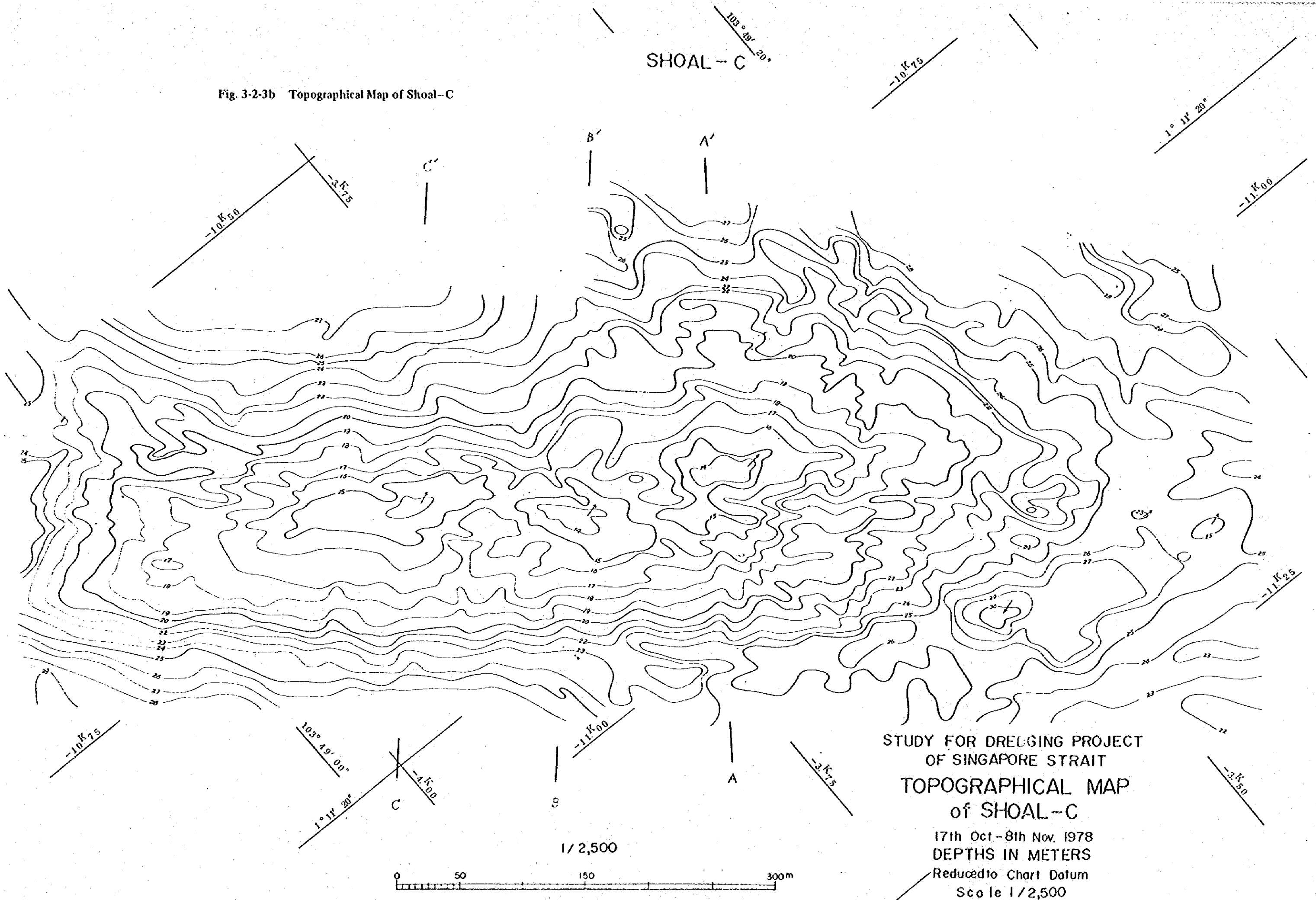




Fig. 3-2-3b Topographical Map of Shoal-C



STUDY FOR DREDGING PROJECT  
OF SINGAPORE STRAIT  
TOPOGRAPHICAL MAP  
of SHOAL - C

17th Oct - 8th Nov, 1978  
DEPTHS IN METERS  
Reduced to Chart Datum  
Scale 1/2,500

1/2,500

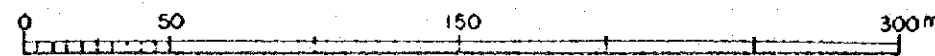
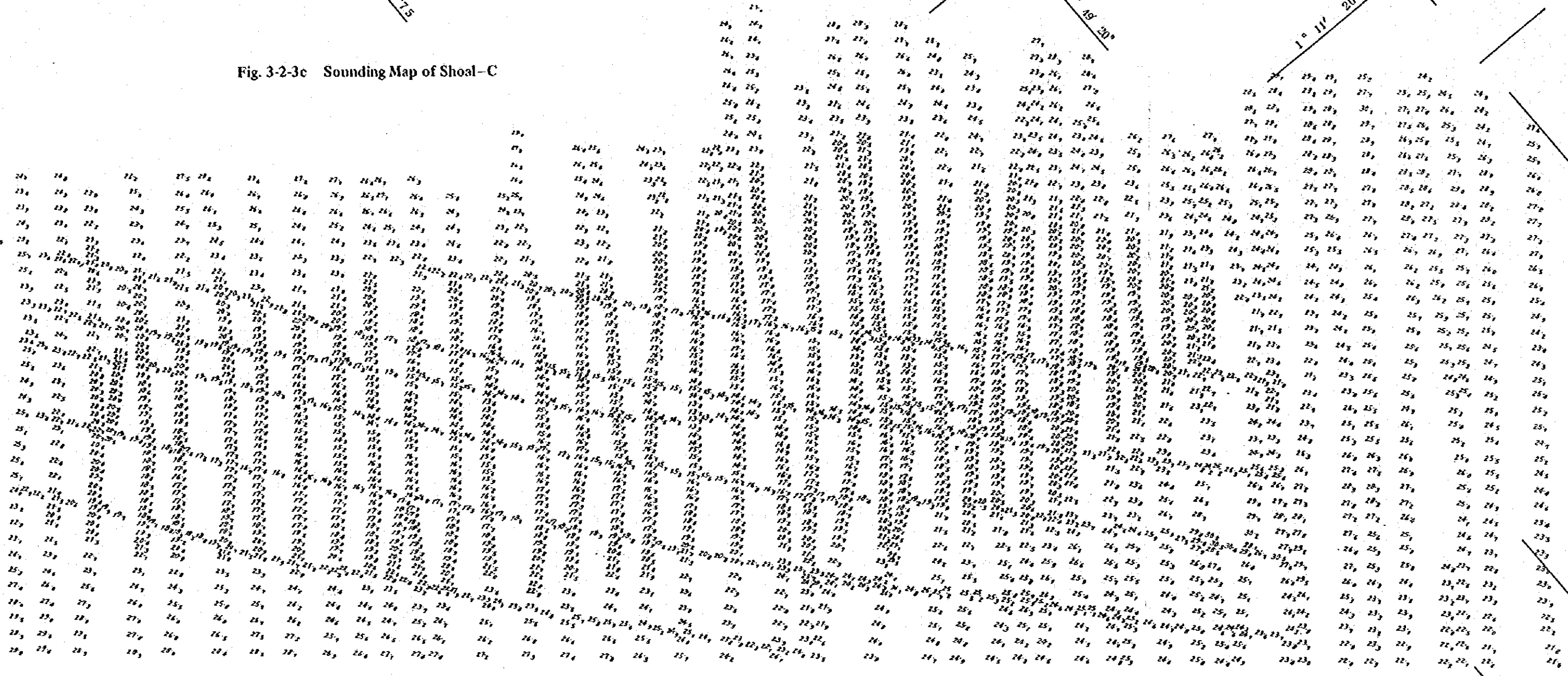


Fig. 3-2-3c Sounding Map of Shoal-C



Description

1. This chart is plotted on the plane rectangular grid projection with co-ordinates (O.OOM.N, O.OOM.E) of origine at Government Office Flag Staff being in Lat. 1°17'15".528N, Long. 103°51'10".808E.
2. The survey is controlled by the electric distance meter (Audister).  
The position of the slave stations are follows.  
R1 (P.SAKIJANG) -7280.40N. +366.59E  
R2 (P.SEBAROK) -8981.63N -5959.22E
3. Tidal height for reduction of soundings were observed at Raffles Lt. tide gauge and at P.Sebarok tide pole.

STUDY FOR DREDGING PROJECT  
OF SINGAPORE STRAIT  
SOUNDING MAP  
of SHOAL-C

17th Oct.-8th Nov. 1978  
DEPTHS IN METERS  
Reduced to Chart Datum  
Scale 1/2,500

1/2,500

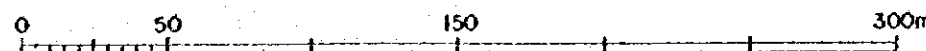
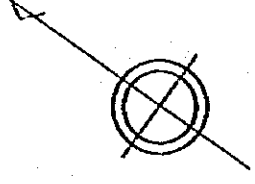


Fig. 3-2-4b Topographical Map of Shoal-D

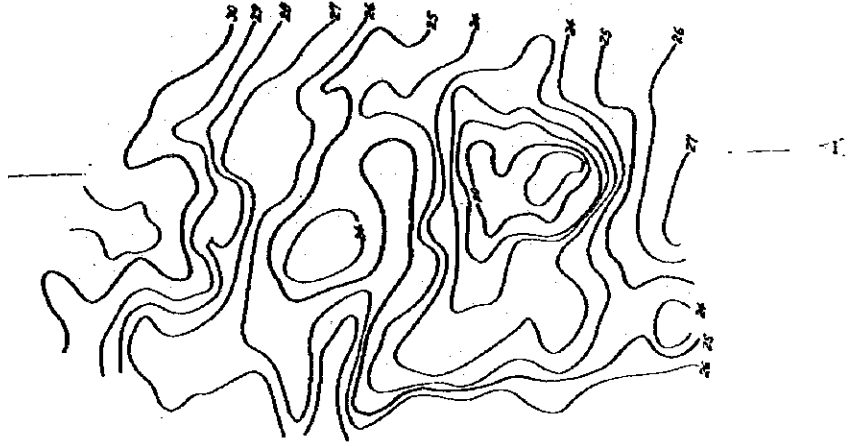
1° 10' 50"

SHOAL - D



103° 48' 00"

1° 10' 50"



103° 47' 50"

-27-

STUDY FOR DREDGING PROJECT  
OF SINGAPORE STRAIT  
TOPOGRAPHICAL MAP  
of SHOAL-D

17th Oct.-8th Nov. 1978

DEPTHS IN METERS

Reduced to Chart Datum

Scale 1/2,500

1/2,500



103° 48' 00"

1° 10' 40"





となった。

表面に連続した平坦面は1.0～1.5 m程度の幅しかなく、さらにこの平坦面にも0.3～0.5 m前後の凹凸があり、完全な平坦面は存在しなかった。

浅瀬を構成する岩は砂岩、礫岩及び泥岩の互層であり、2.0～5.0 cm間隔に亀裂がみられた。また表面の所々に直径0.1～1.0 mの巨礫がみられるがその量はきわめて少ない。

#### (2) 浅瀬-B

この浅瀬の海底地形も浅瀬-Aと同様に凹凸が激しく平坦な面がみられない。

測深結果では-2.4 m付近に約1.0 m幅の平坦面があるが、水深-2.0 m以浅では1.0 m以上の幅をもった平坦面は見られなかった。

一つの平坦面から他の平坦面に変わる傾斜面は、急角度をなし、0.5～1.0 mの落差をもっている。

この落差は陸上における地質構造の観察から判定し、この地域の地質構造の特徴を反映しているものと思われる。すなわち、本地域を構成するJurong Formationの地層の傾斜はかなりの急角度であり、さらに地層が砂岩・泥岩及び礫岩の互層から成っているため、差別侵食を受けたものと推定される。

海底の堆積物は凹部に礫が分布しているが、他の部分は浅瀬-Aと同様に露岩している。表面よりサンプリングした岩は、砂岩ならびに礫岩であった。

以上の海底観察の結果ならびに陸上の地質構造から判断して浅瀬-AとBは同様な地質条件を有するものと考えられる。

#### (3) 浅瀬-C

この浅瀬の海底地形は測深の結果からみると、浅瀬-A、B、Dと異なり、凹凸が少なく、比較的滑かな地形を呈している。

潜水観察の結果でも小さな凹凸の高さは、0.3 m前後で全体に2～5°の緩い傾斜面をなしており、急激な地形の変化は少ない。

海底の堆積物としては、小さな凹部に貝殻を主体とする粗砂が見られた。

凸部は露岩しており、地質は砂岩、礫岩が主体をなしている。

#### (4) 浅瀬-D

この浅瀬の海底地形上の特徴は円形の砂岩礫が多く表面に堆積していることである。

この円礫の径は最大1 mであり、礫と礫の間には砂、シルト等が堆積し、露岩はみられなかった。

採取したサンプルは赤褐色の砂岩であった。

### 3-3-2 ボーリング結果

浅瀬の地質構成ならびに深度方向の風化の程度を確認するためにボーリング機の設置が可能な浅瀬-Cにおいてロータリーボーリング3本を実施した。(Fig. 3-3-2 a Location of Survey Area)

#### (1) ボーリングC-1

本孔では海底面(A.C.D.  $-17.19\text{ m}$ )からA.C.D.  $-27.54\text{ m}$ まで約10 mの掘進を行なった。地質は凝灰質砂岩及び凝灰岩より構成されており、A.C.D.  $-17.99\text{ m}$ より $-21.69\text{ m}$ までは凝灰質砂岩、 $-21.69\text{ m}$ より $-25.79\text{ m}$ までは凝灰岩である。

全体的に強風化されており、凝灰岩中の標準貫入試験値は50回/16 cmであった。(Fig. 3-3-2b Drilling Log BH-C-1)

#### (2) ボーリングC-2

本孔では海底面(A.C.D.  $-15.65\text{ m}$ )からA.C.D.  $-25.85\text{ m}$ まで約10 mの掘進を行なった。

A.C.D.  $-16.45\text{ m}$ から $-19.45\text{ m}$ までは赤褐色の硬質粘土でこの中に径2~3 mmの礫が散在している。

A.C.D.  $-19.45\text{ m}$ から $-25.85\text{ m}$ までは凝灰質砂岩、泥岩ならびに礫岩の互層である。

本孔においても地質は全層強風化されており、礫岩中の礫以外は粘土化している。

(Fig. 3-3-2c Drilling Log BH-C-2)

#### (3) ボーリングC-3

本孔では海底面(A.C.D.  $-15.60\text{ m}$ )からA.C.D.  $-18.60\text{ m}$ まで3 mの掘進を行なった。

本孔では全層が礫岩で、マトリックスは砂岩及び泥岩で構成されている。

礫は径20 mm以下で、泥岩中に散在している。以上のボーリング結果から判定し、浅瀬-Cの地質はJurong Formation中のJong Faceに対比されるものと思われる。

(Fig. 3-3-2a Drilling Log BH-C-3)

### 3-3-3 音波探査

浅瀬-A~Dに対し、測線幅2.5 mの音波探査を実施した。音波探査の結果、浅瀬はすべて海底面より岩盤が存在し、これを被覆する堆積物はないことが判明した。

潜水観察調査の結果、浅瀬-A~Dでは海底表面は岩盤、または礫であり、浅瀬-Cも





Fig. 3-3-2a Location Map of Survey Area

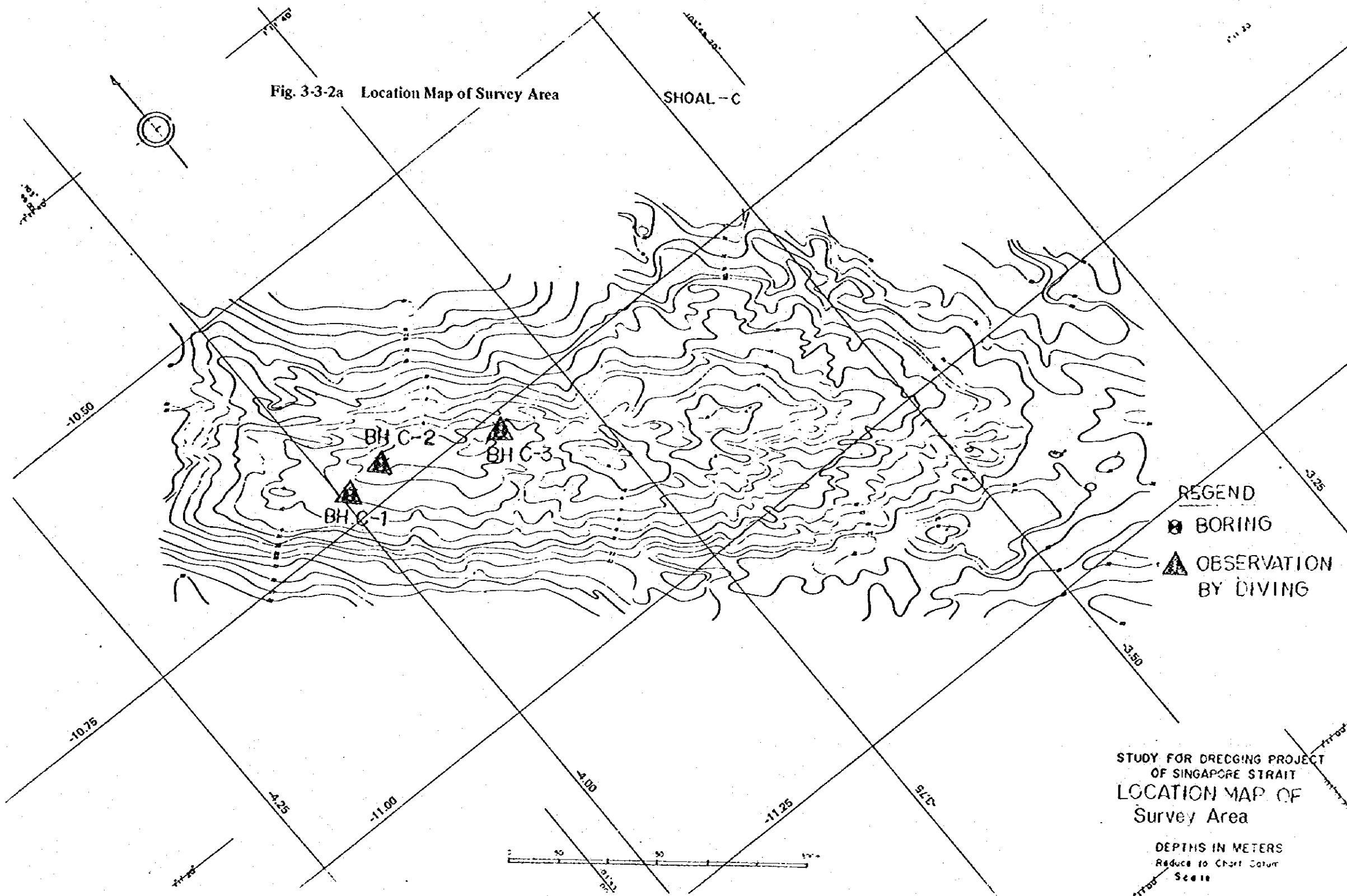




Fig. 3-3-2b Drilling Log BH-C-1

Name of Project : Straits of Singapore Date : 10th to 11th November, 1978 Platform Level : CDL +7.81m  
 Hole Number : BH C-1 Driller : Koken Boring Machine Co., Ltd. Sea Bed Level : CDL -17.19m  
 Co-Ordinates : -10723.449 N -3992.704 E Type of Drilling : Rotary

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil & Rock	Colour	Visual Description	Depth in m	Standard Penetration Test		R.Q.D. (%)	Coring Time in min.		Mohs Scale of Hardness	Remarks	
									Blows/30cm	Core Recovery %		10	20			30
1	17.99	0.80	0.80				No core boring for setting up of casing	0.80	0		-	10			Rotation of bit = 60 to 80 r.p.m. Delivery water = 15 to 20 l/min.	
2						Yellowish brown	Fine to medium grained. Heavily weathered. Can be crushed by fingers. Cracks with inclination of 50 - 60° are observed at 1.3m and 2.6m.	1.60	100		59			0		
3						Whitish grey	Contains some fine gravels between 2.15 - 4.50m	2.85	100		88			2		Delivery pressure = 2 to 4 kg/cm
4	21.69	4.50	3.70		Tuffaceous Sandstone	Yellowish brown		4.15	100		34			2		Type of bit: Metal Crown
5							Silty fine sand.	5.50	100		0			1		
6							Sand is fine to medium grained. Material seems to be soil between 4.50 - 5.60m. Can be crushed easily by fingers.	5.60	100		0			1		
7								7.10	87		0			1		
8								7.26		N=50/16				0		
9	25.79	8.60	4.10		Tuff	Grey	Laminae of clay at 5.1m, 5.6m & 8.1m. Contains some small gravels at 8.5m.	8.60	93		(50)			1		
10	27.54	10.35	1.75				No core was recovered below 8.6m	10.35	0					-		

End of Drilling

Fig. 3-3-2c Drilling Log BH-C-2

Name of Project : Straits of Singapore Date : 14th to 15th November, 1978 Platform Level : CDL +9.35m  
 Hole Number : BH C-2 Driller : Koken Boring Machine Co., Ltd. Sea Bed Level : CDL -15.65m  
 Co-Ordinates : -10718.263 N -3948.314 E Type of Drilling : Rotary

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil & Rock	Colour	Visual Description	Depth in m	Standard Penetration Test		R.O.D. (%)	Coring Time in min.	Mohs Scale of Hardness	Remarks
									Blows/cm	Core Recovery				
1	16.45	0.80	0.80				No core boring for setting up of casing	0.80				10		Rotation of bit=80 r.p.m
2					Yellowish brown sandstone fragments at 1.8m.	Yellowish brown sandstone fragments at 1.8m.	Contains mudstone fragments between 2.0 to 2.4m.	2.40	41	0	0	20	0	Delivery water = 15 to 20 l/min
3					Silty Clay with gravel	Reddish brown	Can be crushed by fingers. Contains many cracks between 4.3 to 5.2m.	4.00	100	N = 50/6 (30)	0	30	0	Delivery pressure = 2 to 4 kg/cm
4	19.45	3.80	3.00		Tuffaceous Sandstone	Whitish grey to brown	Heavily weathered. Contains vertical veins of quartz below 6 to 7m.	4.06			11	40	1	Type of bit: Metal Crown
5	20.85	5.20	1.40			Whitish grey to reddish brown		5.30	100		0	50	2	
6						Whitish grey to reddish brown		6.00	100		0	30	1	
7						Whitish grey to reddish brown		7.80	33		0	40	1	
8	23.45	7.80	2.60		Mudstone	Reddish brown		9.00	71		0	50	1	
9						Reddish yellowish brown		10.20	67		0		1	
10	25.85	10.20	2.40		Conglomerate	Yellowish brown		10.20	67		0		1	

End of Drilling

Fig. 3-3-2d Drilling Log BH-C-3

Name of Project : Straits of Singapore  
 Date : 20th to 21st November, 1978  
 Platform Level : CDL +9.40m  
 Hole Number : BH C-3  
 Driller : Koken Boring Machine Co. Ltd.  
 Sea Bed Level : CDL -15.60m  
 Co-Ordinates : -10767.240 N -3835.024 E  
 Type of Drilling : Rotary

Scale in m.	Elevation in m.	Depth in m.	Thickness	Legend	Type of Soil & Rock	Colour	Visual Description	Depth in m	Standard Penetration Test		R.Q.D. (%)	Coring Time in min.	Mohs Scale of Hardness	Remarks
									Blows/cm	Core Recovery %				
1	15.90	0.30	0.30		Alternation of Reddish or heavily weathered Conglomerate Sandstone and Mudstone		No core-boring	0.30				10		
2							Semi-angular to round gravel with dia. of 2 - 5mm, $\phi_{max} \approx 20mm$ . Can be crushed easily by fingers. Slightly cemented below 2.1m	1.80	33			20		
3	18.60	3.00	2.70				No core was recovered between 1.0 - 1.8m and 2.5 - 3.0m	3.00	50	0		30	0	Rotation of bit = 80 r.p.m. Type of bit: Metal Crown
4												40		
5												50		
6														
7														
8														
9														
10														

殆ど岩盤が露出しており、岩盤の谷に処々堆積物が認められたと報告されており、音波探査の結果はこれに一致している。

### 3-3-4 試験浚渫結果

試験浚渫は浅瀬-Aにおいて7m<sup>3</sup>グラブバケット(60ton)付きのグラブ式浚渫船を使用して実施した。

浚渫の方法は浅瀬の頂点付近約20m×20mを平坦に掘削することならびにこの中の1ヶ所を-2.3mまでツボ掘りすることで、試験浚渫の総土量は掘削後の状態で約700m<sup>3</sup>であった。

#### (1) 採取試料の観察

浅瀬-Aからグラブ浚渫により採取された試料はシンガポールでJurong Formationと呼ばれる中生代に堆積した砂岩、泥岩、礫岩等の堆積岩である。

採取された岩は一般に数cm~数十cmの角塊状をなし、海底表面から茶褐色に酸化されている。

今回の試掘で採取された最大の岩塊は約150cm×150cm×100cmの礫岩であった。

岩質は全体的に風化されて軟らかく、ハンマーで叩くと鈍い音を発し、層理面に沿って簡単に破砕する。今回の試掘で採取された岩質の割合は概略、礫岩：砂岩：泥岩=5：3：2程度と考えられ、夫々の代表的な試料の観察結果は次の通りである。

#### - 礫岩

青灰色または茶褐色を呈する。礫は一般に直径2~3mm程度の亜円ないし円礫が多く、最大径は20mm程度である。

礫そのものは硬いが岩自体の固結度は緩く、ハンマーで叩くと鈍い音を発し、比較的簡単に破砕する。

部分的に乳白色~青灰色の比較的硬い礫岩で厚さ1~2mm程度の石英脈を含むものが観察された。

#### - 砂岩

青灰色ないし緑灰色または茶褐色を呈する。部分的に直径2~3mmの細礫を含んでいる。岩質は脆く、ハンマーで簡単に砕け、部分的には手で砕くこともできる。

岩塊には数cm~数十cm間隔で層理面が発達している。

#### - 泥岩

青灰色ないし緑灰色または暗紫色を呈する。岩質は脆く、ハンマーで叩くと鈍い音

を発し、簡単に砕ける。岩塊には数cm～数十cm間隔に層理面が見られ、これに沿って簡単に剝離する。

前述の通り深さ方向の風化の程度を調べるために、グラブバケットによる同一点におけるツボ掘りを-2.3 mまで行なったが岩の風化の程度にはほとんど変化はなかった。

風化の程度の目安の一つとしてモース硬度計により求めた各岩の硬度は次の通りである。

礫岩	3 ~ 5
砂岩	3 ~ 6
混岩	2 ~ 4

この結果は現場観察の結果と傾向がよく一致している。砂岩は硬度が6で比較的硬い値を示しているが、層理がよく発達していて脆い。

#### (2) グラブバケットのつかみ効率

試験浚渫に際し掘削した全土量と粘つかみ回数からグラブバケット1回当たり平均つかみ量を計算すると、土運船内で計測した土量が690 m<sup>3</sup>、その間の粘つかみ回数が235回(グラブバケットの転倒等による空つかみを除く)であったことから、

$$1 \text{ 回当たり平均つかみ量} = 690 / 235 = 2.94 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{つかみ効率} = 2.94 / 7.0 = 0.42$$

が得られた。

### 3-3-6 岩石試験結果

#### (I) 物理試験

浅瀬-Aで行なった試掘調査にて採取された礫岩・砂岩・泥岩よりなる試料から18個のテストピースを作成した。また、浅瀬-Cで行なったボーリング調査にて得られたコアから3箇のテストピースを作成した。

この21箇のテストピースに対して、物理的性質を調べるために乾燥密度、湿潤密度、吸水率、有効間隙率を試験により求めた。

その結果がTable 3-3-5 aである。

浅瀬-Aにおいて密度の大きさは礫岩(乾燥2.37, 湿潤2.48), 砂岩(乾燥2.42 湿潤2.52), 泥岩(乾燥2.53, 湿潤2.61)の順で浅瀬-Cにおける密度は乾燥1.85 湿潤2.15である。浅瀬-Cがかなり小さい値を示している。

吸水率は、浅瀬-Aでは、3.44%~4.63%とあまり差がないが、浅瀬-Cでは19.67%となって、浅瀬-Aのそれと較べ大きな値となっている。有効間隙率は、浅瀬-Aでは8.67~10.95、浅瀬-Cでは25.78である。

Table 3-3-5a Physical Properties of Rocks

地区	岩種	乾燥密度			湿潤密度			吸水率			有効間隙率			試験数	試験要
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均		
浅瀬-A	礫岩	2.47	2.26	2.37	2.55	2.39	2.48	6.29	3.26	4.63	14.49	8.03	10.95	5	試掘試料
	砂岩	2.43	2.37	2.42	2.56	2.49	2.52	5.28	3.03	4.30	12.04	7.52	10.37	8	
	泥岩	2.55	2.45	2.53	2.64	2.57	2.61	4.79	3.02	3.44	11.73	7.62	8.67	5	
	平均	2.44			2.54			4.15			10.06			18	
浅瀬-C		2.04	1.59	1.85	2.28	1.98	2.15	24.65	11.82	19.67	26.62	24.10	25.78	3	ボーリングコア
	平均	1.85			2.15			19.67			25.78			3	

各岩種毎の平均値は岩種毎の試料についての試験値を試料数にて除したものである。

(2) 力学試験

力学的性質を求めるために、同じテストピースについて一軸圧縮試験を行なった。但し、浅瀬-Aについては圧裂強度試験も行なった。一軸圧縮試験によって得られた圧縮強度、ヤング率、ポアソン比、また圧裂試験から得られた圧裂強度をTable 3-3-5bに示す。

Table 3-3-5b Mechanical Properties of Rocks

地区	岩種	圧縮強度 Kg/cm <sup>2</sup>			圧裂強度 Kg/cm <sup>2</sup>			ヤング率 ×10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup>			ポアソン比			試験数
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	
浅瀬-A	礫岩	5528	624	2018	238	8.0	15.3	5.95	0.62	2.79	0.35	0.13	0.28	5(2)
	砂岩	3350	1768	2302	13.6	8.8	11.2	4.34	1.91	3.10	0.21	0.11	0.15	8(2)
	泥岩	4852	949	2646	48.1	21.4	34.8	9.86	3.14	5.32	0.18	0.10	0.15	5(2)
	平均	2321			20.6			3.63			0.189			18(6)
浅瀬-C		218	45.0	17.1	—	—	—	0.68	0.41	0.51	0.33	0.28	0.31	3(0)
	平均	17.1			—			0.51			0.31			3

註 ( )内は圧裂強度試験数

浅瀬-Aの平均圧縮強度は201.8~264.6 Kg/cm<sup>2</sup>で、最大は礫岩の552.8 Kg/cm<sup>2</sup>を示し、石材としては準硬石に区分される。

浅瀬-Cの平均圧縮強度は17.1 Kg/cm<sup>2</sup>で、最大は21.8 Kg/cm<sup>2</sup>と、浅瀬-Aに比較し、一桁以上の強度低下を示している。



圧裂強度は引張強度を調べるために、浅瀬-Aにおいて実施した。

ヤング率・ポアソン比は一軸圧縮試験の歪-応力曲線を用い、最大荷重の $\frac{1}{2}$ の応力に対応する点の歪によって求めた参考値である。

岩種別のヤング率は以下のような例がある。

岩種	ヤング率 ( $\times 10^4$ Kg/cm <sup>2</sup> )
礫岩	3.7 ~ 4.4
砂岩	0.5 ~ 1.0

以上の物理試験、力学試験によって、浅瀬-Aを構成する礫岩・砂岩・泥岩は物理的性質、力学的性質において多少の差異はあるが浅瀬に対する特性としては同一の岩で分類されると考えてよいと思われる。

浅瀬-Cの岩は浅瀬-Aの岩に比較すると、強度、結合度において格段に劣っている。浅瀬-Aのテストピースは一つの塊から作成しているのに対し浅瀬-Cは、ボーリングコアであることから、そのテストピースはかなり乱された状態にあることも考えられるので、これより直接の強度比較を行なうには問題があるが、各種調査から総合的に判断して浅瀬-Cの岩は、浅瀬に対する特性としても楽なクラスに属する岩と考えてよいと思われる。

## 第 4 章 危 険 物 探 査

浅瀬は潮流も早く周辺の水深が深い中での突起部であるので、砲爆弾等の危険物が存在する可能性は少ないであろうと予想したが、今回の現地調査中、浅瀬-Aの頂上付近から英国軍の500ポンド爆弾10発及び高射砲弾、機重弾等が多数発見された。

500ポンド爆弾は発見後直ちにシンガポール政府に通知し、海軍処理班により現地にて爆破処理されたが、10発中9発が完全に爆発し、威力も相当なものであった。

現地調査区域においては幸いに機雷は発見されなかったが、シンガポール沿岸海域の過去の危険物発見の状況から浚渫区域に機雷存在の可能性もないわけではないし、また上記爆弾にしても工事に大きな危険を伴うので工事に先立ち、浚渫区域の完全な掃海調査が必要不可欠であると思われる。

浅瀬上は、A、B、については堆積物が全くなく、C、Dについてもごく薄い砂が堆積しているにすぎないので、危険物の埋没は考えられない。従って磁気探査は必要なく、直接潜水夫による海底観察が有効な方法であろう。

潜水作業はスキンドIVINGによる場合水深と潮流から潮止まり（転流時）の1時間程度しか作業時間がとれない。海峡地域の潮汐は1日1回潮が支配的で、1日2回の潮止まりのうち1回が夜間となることもあり、1日の作業時間はきわめて短かいので、多数の潜水夫を同時に使用することが必要となるであろう。

爆発物が発見された場合の処理は、前述の通りシンガポール海軍処理班に処理依頼を行なうと当日、または翌日現地に来てくれるが潜水時間の制約を受け、爆破が必ずしも当日に完了しないこともあるので、工事に先立つ掃海調査には充分な工期を当てる必要がある。

## 第5章 通航船舶への対策

P S A, Marine Department により協同実施されたシンガポール海峡の通航船舶調査の結果によれば、1976年10月時点における月間通航船舶数は約4,500隻であった。これは年間隻数にすると54,000隻に相当するので1956年における名古屋港入港船舶数に匹敵する。船の種別では59.4%が貨物船、27.9%がタンカー、1.4%がその他のバルクキャリアー、1.4%が旅客船となっており、とくにシンガポール海峡を通過する大型タンカーが多いことが特徴である。

4ヶ所の浅瀬のうち浅瀬-Aは西行航路に、B、C、Dは沿岸航路に存在するが、浅瀬といっても水深からして満載の大型タンカー以外は殆ど支障がないので、現状でも浅瀬上を多くの船舶が通航している。

従って浚渫工事にあたり、作業船を浅瀬上に定置する場合、浮標灯を適切に配置し、本船が工事水域に誤まって進入し、事故を起すことがないように十分な安全対策を行なうことが重要である。

今回行った現地調査の経験ではとくに問題となるのは浅瀬-A、Bを浚渫する場合の西行大型船対策であろうと思われる。

現在、西行通過船はHambat Shoal上の浮標灯を右手に見て通過しているが、今回調査区域を明示するため浅瀬-A、Bを3箇の浮標灯で囲んだところ、西行大型通過船が誤まってこの中に進入するケースがしばしばあり危険であった。

工事に関するCirculationに十分な期間をとること、P S AによるRadio Warningの回数増加なども併せて配慮することが必要である。

以上のほか、付近を通航する大型船、または高速船の航跡波にも注意する必要がある。航跡波は大型タンカーよりむしろコンテナ船、または軍艦が高速通航した後に著しく、時には1.0～1.5 mに及ぶことがあると思われる。これは作業船本体はさておき、アンカー船、交通船などの小型付属船の安全に支障となり、思わぬ事故を招くことになるので、潮流が速い条件を合わせ配慮し、適切な船型能力のものを選ばねばならない。

現在、大型グラブ浚渫船では1,000～1,500 HP程度の引船、揚錨兼用船を使用している例がみられるが、こうしたものならば先ず安心できるものと思われる。

## 第6章 浅瀬の浚渫工事

### 6-1 工法の検討

以上の岩質調査の結果から、岩質はいわゆる軟質岩盤に属し、浚渫にあたり発破、砕岩船による砕岩等の特殊な工法は必要とせず（使用すればむしろコスト高となる）、浚渫船による直接浚渫が可能であると判断される。岩質だけからすれば使用可能な浚渫船としてグラブ式浚渫船、ディッパー式浚渫船、ポンプ式浚渫船が考えられるが、現場条件として浚渫水深が $-21\text{ m}$ と深いこと、潮流が最大約 $5\text{ kn}$ と速いこと、海底が浅瀬及びその付近を含めて起伏の多い岩盤であることを考慮すると、ディッパー式浚渫船は我が国の現有船で最大浚渫深度が $-16.0\text{ m}$ であり、現地の潮位が約 $3\text{ m}$ あることより使用が不可能である。

またポンプ船は浚渫水深からは可能であるが、底質が傾斜と起伏の多い岩盤であるためスパッドによる固定が不可能と考えられ、スパッドを使用しないクリスマスツリー方式を用いるとしても最大 $5\text{ kn}$ に達する速い潮流の中での船尾固定及びスウィングは浚渫面積が浅瀬A, B, Dについては小さく、精度上困難が大きいと思われるので、今回の場合不相当であると考えられる。

以上の検討から、使用浚渫船のうち、技術的、経済的に最適のものはグラブ式浚渫船で、現地における試験浚渫の結果から $7\text{ m}^3$ （ $60\text{ t}$ ）以上のヘビータイプ、またはウルトラヘビータイプのグラブバケットを使用する工法を工費算定の対象にすることとした。

この場合 $7\text{ m}^3$ （ $60\text{ t}$ ）級のグラブバケットを使用すべきか、さらに大型のもの（ $13\text{ m}^3$ （ $120\text{ t}$ ））を使用すべきかは浚渫総土量と工期に依存するので、浚渫のケースにより、比較計算を行なうこととした。尚、大型グラブ式浚渫船を使用するケースでは、このクラスのもの現在シンガポール付近にいないことから、日本からの回航を考慮している。

### 6-2 グラブ浚渫工事計画

#### 6-2-1 浚渫土量

Table 6-2-1 Dredging quantity by shoal

Quantity shoal	Dredging area ( $\text{m}^2$ )	Net dredging ( $\text{m}^3$ )	Extra dredging ( $\text{m}^3$ )	Total* Quantity ( $\text{m}^3$ )
A	2,972	4,938	2,378	7,320
B	34,332	88,038	27,466	115,500
O	126,345	389,146	101,076	490,220
D	1,669	2,149	1,335	3,480
Total	165,318	484,271	132,255	616,520

\*浚渫土量はNet土量と余泥土量との和であり、1位を四捨五入している。

### 6-2-2 作業時間と月間揚土量

1日当りの就業時間	24時間
1日当りの運転時間	18時間
月間作業日数	24日
月間揚土量	

7 m <sup>3</sup> Grab dredger	浅瀬-A, B, D	8,035 m <sup>3</sup>
	浅瀬-C	14,430 m <sup>3</sup>
13 m <sup>3</sup> Grab dredger	浅瀬-A, B, D	18,403 m <sup>3</sup>
	浅瀬-C	34,690 m <sup>3</sup>

### 6-2-3 船団構成

下表の2種類の船団を適宜組合わせて使用する。

Table 6-2-3 Fleet Composition

	Heavy type grab fleet	Ultraheavy type grab fleet
Grab dredger	DE-1600PS, 7m <sup>3</sup> grab, 1	DE-3200PS, 13m <sup>3</sup> grab, 1
Tugboat	D-1100PS	D-2000PS
Anchor boat	D-120PS	D-360PS
Hopper barge	2(500m <sup>3</sup> , bottom door type)	2(800m <sup>3</sup> , bottom door type)
Passenger boat	4(Wooden, D-100PS)	4(Wooden, D-100PS)

船位置は常時電波測距儀にて確保する。

### 6-2-4 土捨場

別図に示すセマカウ島南部前面区域とする。(Fig. 6-2-4 Location of Dumping Area)

### 6-3 工事費の積算と工期

Table 6-3-1をみるにあたって下記の項目に留意されたい。

(i) この積算は1978年12月に行なわれている。日本円とシンガポールドルの換算率は、

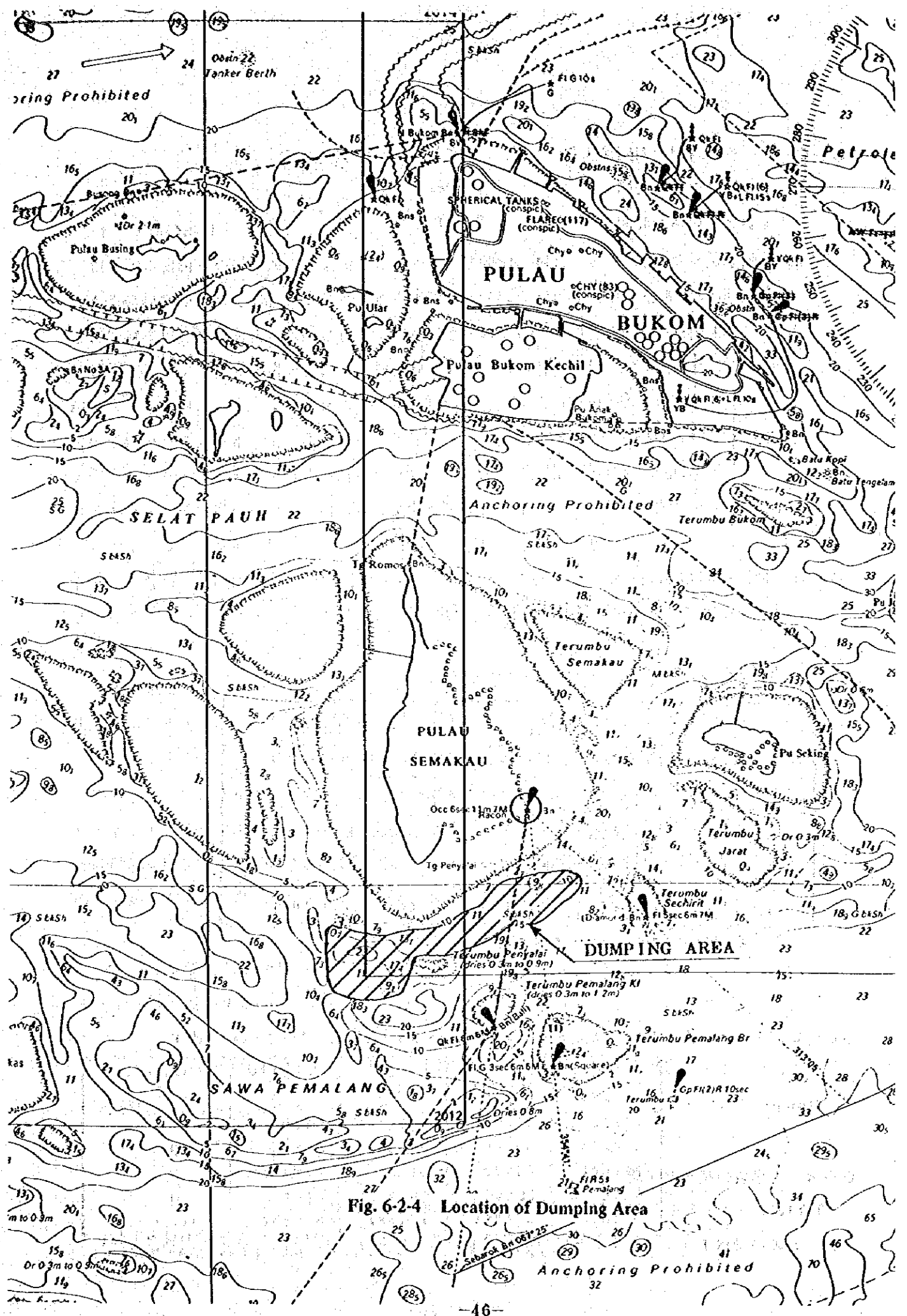


Fig. 6-2-4 Location of Dumping Area

1 S \$ = 9 0.9 円 としている。

- (2) 作業船の現地での入手可能性は7 m<sup>3</sup>級グラブ船が現在、現地で稼働しており、13 m<sup>3</sup>級グラブ船は日本より回航するとしている。従って著しく着工時期が遅れた場合は、再検討されねばならない。
- (3) この積算は以下の事項は含まれていない。
  - a. 本工事のために、港区外に船舶・人員が出入する際に書類手続が必要とされるならば、それによって生ずる待機等による能率の低下によるコスト上昇
  - b. 本工事のためにシンガポール国に持込まれた船舶、機器、資材に対する関税ならびに船舶に対する外国船としてのPort due等
  - c. 泊地、公共棧橋の使用料
  - d. 潜水探査により発見された危険物の処理費
  - e. 物価上昇に対する費用
- (4) Miscellaneous Work には下記の項目が含まれている。
  - a. 危険物の潜水探査費
  - b. 標識ブイの設置・移動・維持費
  - c. 航行船舶警戒費
  - d. 竣工検査の測量費
  - e. 浚渫土の試料採取・試験費
- (5) 監督艇として、ランチ及びスピードボートが用意されるものとする。
- (6) Physical Contingency はここで予測と異なった岩質に遭遇し、その除去費用が必要となった場合に適用されるものである。

Table 6-3-1 Work Cost and Term of Works by Case

		Cost in Singapore Dollars			
		I	II	III	IV
Names of shoals demolished		A	A and D	A, B and D	A, B, C, and D
Net volume of shoals	m <sup>3</sup>	4,938	7,087	951,25	484,271
Quantity of dredging	m <sup>3</sup>	7,320	10,800	1,262,00	616,520
Term of works	Month	4	5	27	27
Size of grab bucket	m <sup>3</sup>	7	7	7	7 and 13
<b>I Contractor's cost</b>					
1. Dredging cost		754,000	1,113,000	1,301,400	374,130,00
2. Mobilization and Demobilization cost		-	-	-	5,621,000
3. Miscellaneous work		171,000	242,000	1,627,000	423,300
Total		925,000	1,355,000	1,464,100	472,670,00
<b>II Contingency physical price</b>					
		171,000	252,000	2,952,000	585,700
<b>III Employer's cost</b>					
		159,000	171,000	741,000	741,000
Grand Total		1,255,000	1,778,000	1,832,400	538,650,00



## 第2編 現地調査(土質等)



## 第2編 現地調査（土質等）

### 第1章 調査概要

#### 1-1 調査位置

調査対象の浅瀬は東側より A, B, C, D で表わされている。(図1-1-1 調査位置図)

浅瀬-AとBはP. Subar Laut の南東約2 Km地点にあるKg. Hambat と称される浅瀬で, Southern Fairway と Sister's Fairway の分岐点に位置を占めている。

浅瀬-Cは, P. Sebarok の南東約2.5 Kmの浅瀬で4箇所の浅瀬の中では最も大きく, Jong Fairway の入口に位置を占めている。

浅瀬-Dは, P. Sebarok の南約2.5 Kmにある浅瀬である。これらの浅瀬の略位置は次のとおりである。

表1-1-1 浅瀬の位置（経緯度）

名 称	位 置
Shoal - A	1° 11' 52" N 103° 51' 07" E 付近
Shoal - B	1° 12' 05" N 103° 51' 02" E 付近
Shoal - C	1° 11' 25" N 103° 49' 06" E 付近
Shoal - D	1° 10' 43" N 103° 47' 58" E 付近

#### 1-2 調査内容

今回の調査で実施した項目は, 表1-2-1に示すとおりである。また潜水探査, 試掘, ボーリング調査, 調査地点の位置を, 図1-2-1~図1-2-2及び第1編 Fig. 3-3-2aに示した。

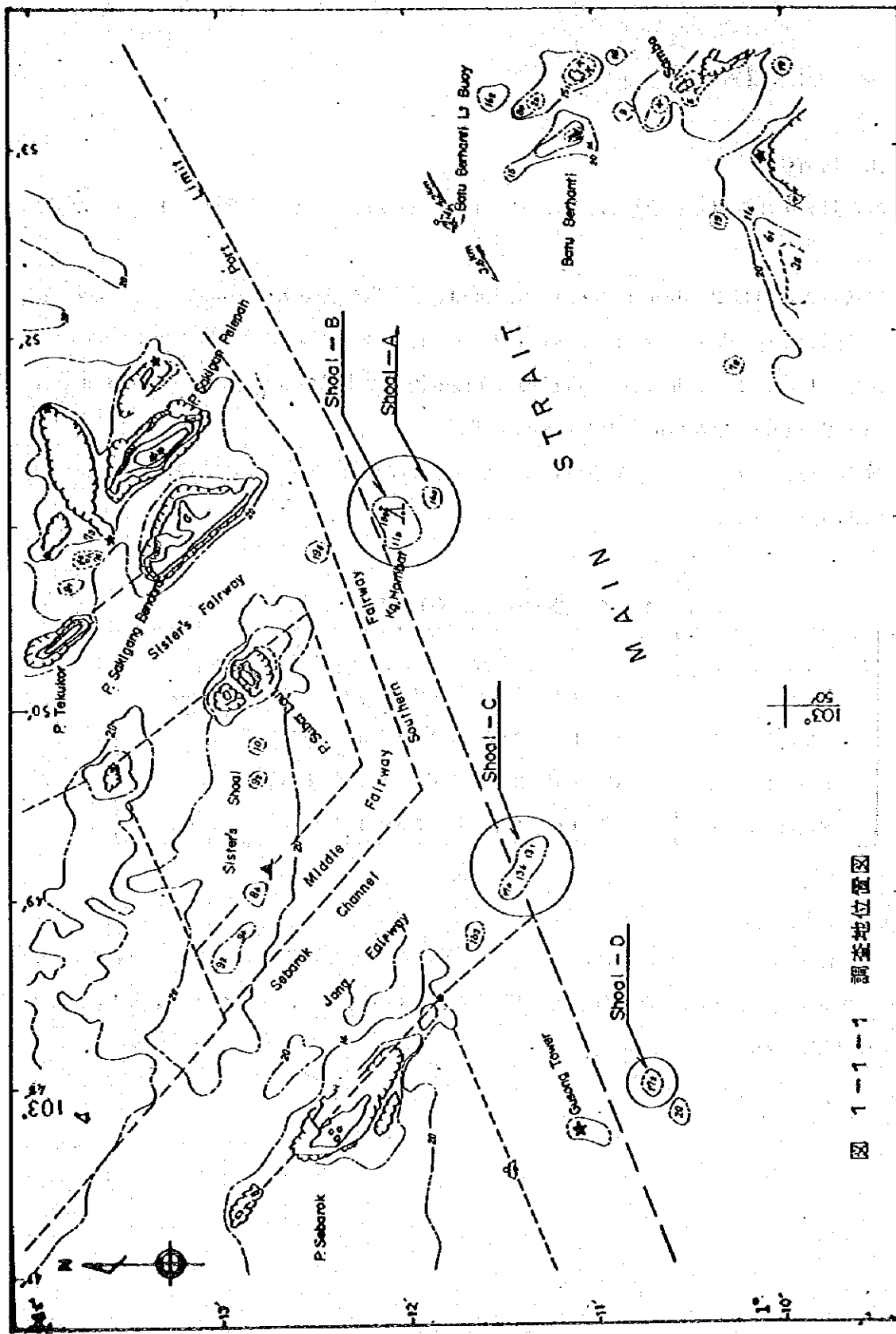
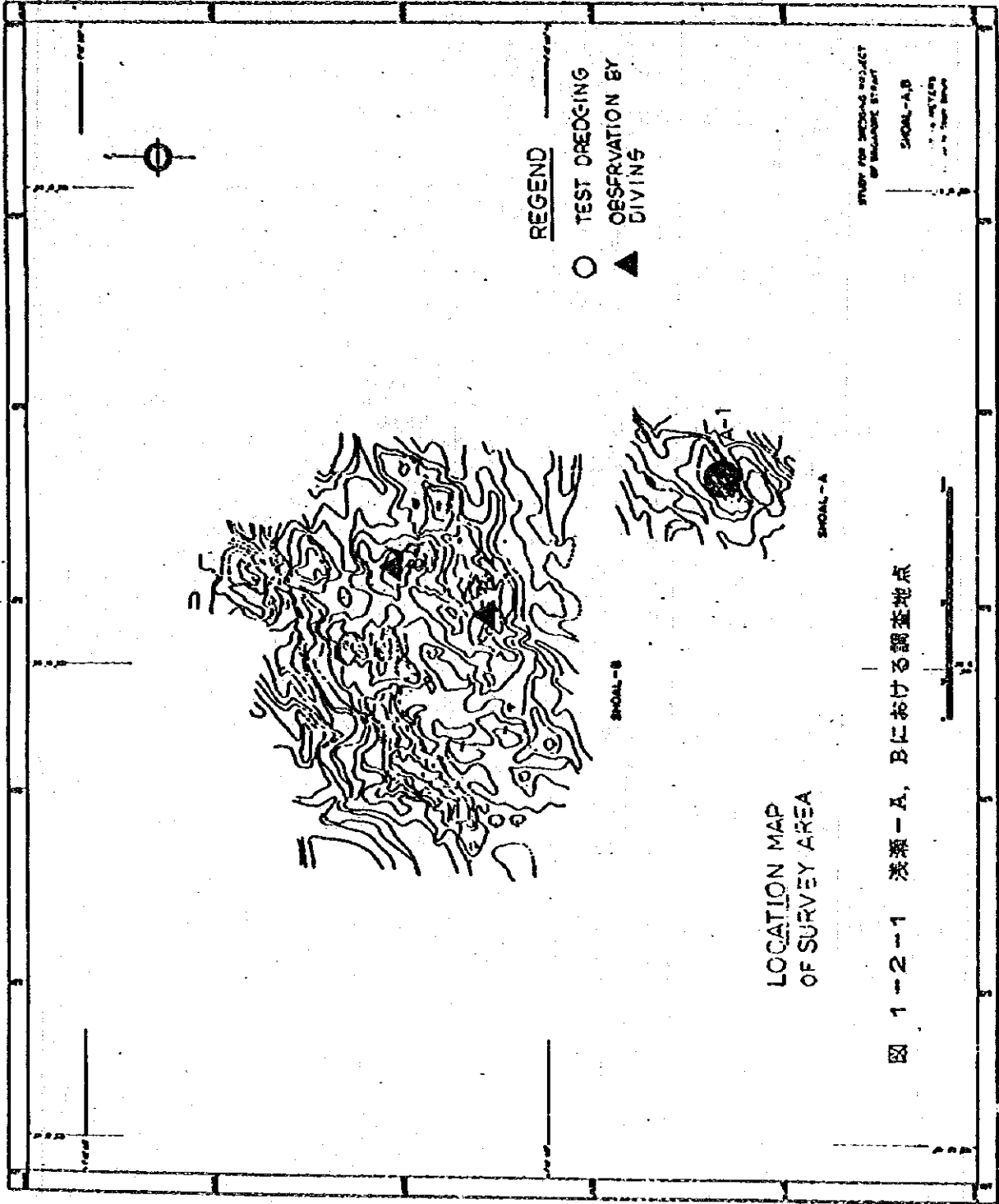


图 1-1-1 调查地位位置图

表1-2-1 調査数量表

Area	調査項目	調査数量	
Shoal-A	深浅測量	測線長 5900m	深浅図, 海底地形図
	音波探査	深浅測量と同じ	地形地質断面図
	潜水探査	1箇所	海底の状況の観察。爆弾等危険物の探査。 潜水日報としてまとめる。
	試掘	1箇所	データ収集, サンプルング
Shoal-B	深浅測量	測線長 22900m	Shoal-A と同様
	音波探査	深浅測量と同じ	Shoal-A と同様
	潜水探査	B-1, B-2 2箇所	危険物の確認 海底観察
Shoal-C	深浅測量	測線長 26300m	Shoal-A と同じ
	音波探査	深浅測量と同じ	Shoal-A と同じ
	ボーリング調査	O-1 1035m O-2 1020m O-3 270m	試錐柱状図
	潜水探査	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> 3箇所	危険物の確認 海底の観察 サンプルング
Shoal-D	深浅測量	測線数 測線長 2700m	深浅図, 海底地形図, 地形地質断面図にまとめる。
	音波探査	深浅測量と同じ	地形地質断面図
	潜水探査	D-1 地点	観察 サンプルング
室内試験	岩石試験	Shoal-A 18箇 Shoal-C 3箇	密度, 吸水率, 含水率 一軸圧縮 圧裂試験



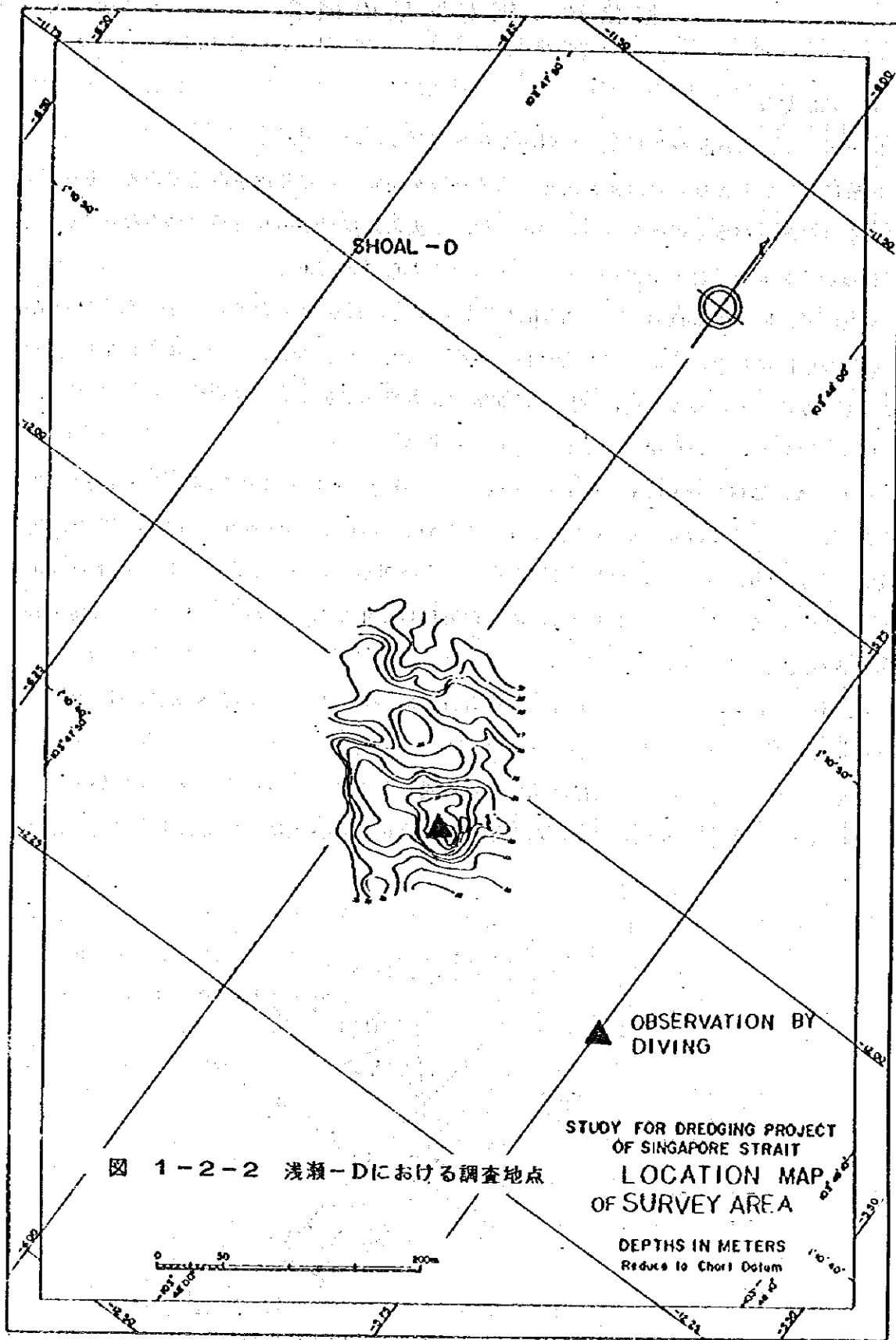


図 1-2-2 浅瀬-Dにおける調査地点

STUDY FOR DREDGING PROJECT  
OF SINGAPORE STRAIT  
LOCATION MAP  
OF SURVEY AREA

DEPTHS IN METERS  
Reduces to Chart Datum

## 第2章 調査地域の概要

### 2-1 地形概要

シンガポール島は南北約20 Km, 東西約40 Kmのひし形の島である。

地形は島の中央よりやや西側を南北に通る鉄道を境界にして相違をみせている。鉄道の西側は小さな丘陵が多く起伏が激しいのに対し、中央部はなだらかな丘陵がつらなっている。東側は標高20 m前後で中央部よりさらになだらかな地形である。

本島の最高標高は Bukit Timah Hill の166 mである。これらの地形上の差は地質構成を明瞭に反映している。すなわち西側地区の比較的急起伏の大きい地形を示している地域は古期堆積岩より成っており、中央部は花崗岩より成っている。

東側は固結度の低い洪積世の堆積物よりなっている。

浅瀬-A, Bは Sentosa 島～Tekukor 島～Sakijang 島とSE方向につらなる島々と平行に列っている Terumbu Selegi, P. Subaru Darat, P. Subaru Laut の先端に位置する。さらに海図によればSE方向に点々と浅瀬が連なり、Indonesia の Sambo 島へと続いている。この高まりは明らかに古期堆積岩(中生代に堆積した Jurong Formation)の構造を反映している。

C, D地区についても同様に Jurong～Bukom 島～Sebarok 島とSE方向にのびる島の連続した浅瀬と考えることができる。

このように Singapore 海峡は陸上の地質構造がそのまま海底地形に反映しているものと思われる。(ただし、Sakijang 島から Senang 島間の海峡について云えることである)

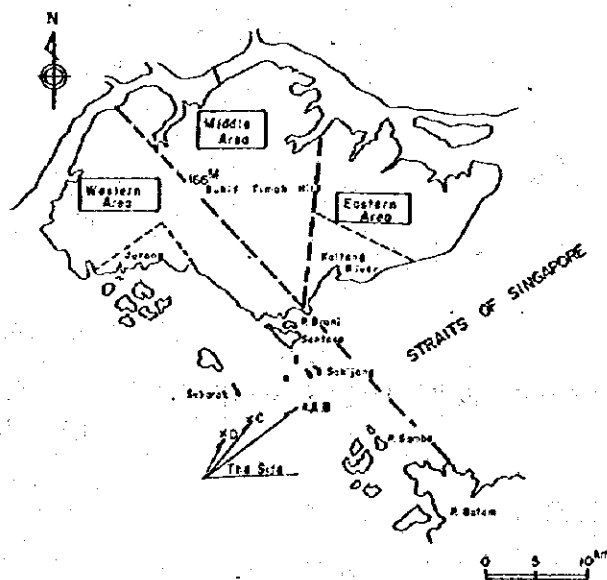


図2-1-1 シンガポール島の地形区分



## 2-2 地質概要

シンガポール国の地質は本島中央部に広く分布する花崗岩（中生代前期に活動した Bukit Timah Granite）と西側に分布する古期堆積岩（中生代中～後期に堆積した Jurong Formation）と東側に分布する洪積層（第四紀前期に堆積した花崗岩質の砂層）に大別することができる。

さらに島中央部 Bukit Timah Hill を中心に小規模ではあるが古生層（Palaeozoic）が分布している。

この他に Jurong 地区、Kallong River 沿いの低地及び海岸線沿いの低地には沖積層が分布している。（第1編 Fig.3-1-1 Simplified Geological Map）

調査地域の浅瀬はすべて、中生代の Jurong Formation が分布していることが調査結果で明らかになった。この他、島の周囲の浅瀬には現生の coral 及び砂が堆積している。

調査地に直接関係のある Jurong Formation について説明する。

### < Jurong Formation >

Jurong Formation は P.W.D. (1976年) 発行の Geology of the Republic of Singapore によると後期 Triassic から早期 Jurassic に堆積した浅海性堆積物である。これを6つの相 (facies) に分類して記載されているが岩質は大差がない。

6つの相は下位より Queen's town, Jong, Ayer chawan, Rimau, St. Johns, Tengah である。本調査地に対比される相は、A, B 地区が Rimau Facies (Jr), C, D 地区が Jong Facies (Ji) と考えられる。

Rimau Facies (Jr) の岩質は Conglomerate, Quartz sandstone と Mudstone より構成されている。

Jong Facies (Ji) は, Conglomerate, Sandstone, Mudstone より構成されている。Sandstone は, 凝灰質な部分も見られる。礫岩は Siltstone, Mudstone の中に 6 cm ~ 1.0 cm の径の礫が混入していることが多い。

## 第 3 章 調 査 結 果

### 3-1 測 量 一 般

#### (1) 座 標 系

シンガポールで設置している基準点と座標に基づいて測量を行った。シンガポールの基準点はマレー半島で使用されている Kertau Datum に準拠して座標が求められている。

今回の調査では Kertau Datum 系における経緯度を用いて直角平面座標系を設定し作業を行った。この座標系の原点は、P S A Grid の原点と同一とした。

この報告書で調整した図面の座標は、原則として今回設定した直角平面座標系で示し、必要と思われる場合に応じて経緯度を算出した。(図 3-1-1 直角座標)

#### (2) 測 位

測位には全て電波測位機 (Audister) を用いた。測位機の従局点は P. Sakijang pelepas ( $R_1$ ) と、P. Sebarok ( $R_2$ ) に設置した。従局点の座標は次のとおりである。

##### P. Sakijang ( $R_1$ )

地理学的経緯度 (Kertau Datum)

$1^{\circ} 13' 18'' 4814$

$103^{\circ} 51' 22'' 6676$

平面直角座標

$X = -7280.40 \text{ m}$

$Y = +3666.59 \text{ m}$

##### P. Sebarok 従局点 ( $R_2$ )

地理学的経緯度 (Kertau Datum)

$1^{\circ} 12' 23'' 0883$

$103^{\circ} 47' 58'' 0230$

平面直角座標

$X = -8981.63 \text{ m}$

$Y = -5959.22 \text{ m}$

#### (3) 基 準 面

基準面は Chart Datum Level とした。(A.C.D と同じ)

#### (4) 潮 位 観 測

水深値およびボーリング掘進深度の際の潮高改正に供するために、P. Sebarok Jetty に tide pole を設置し、1.0 分毎に潮位観測を実施した。

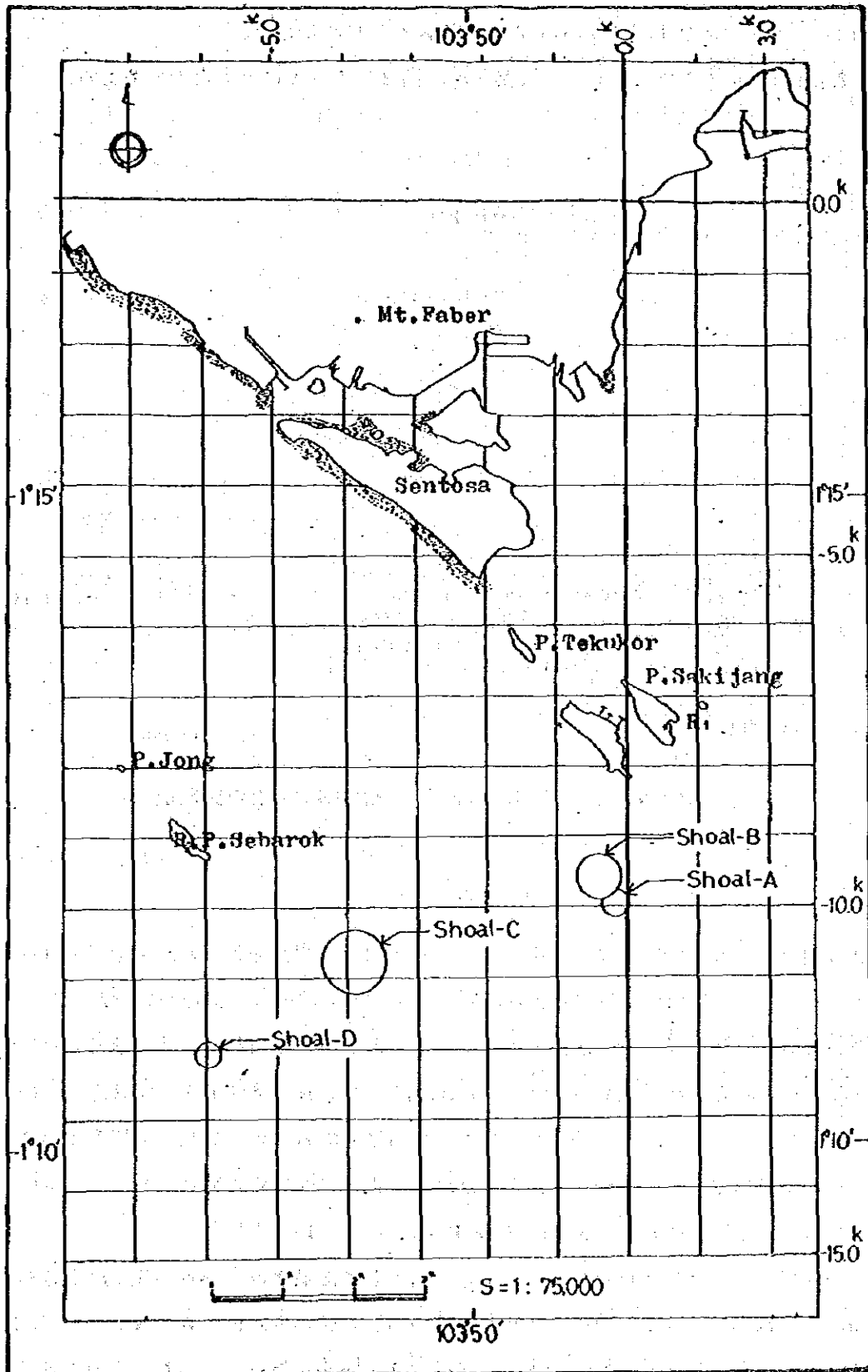


圖 3-1-1 直角座標

このTide poleの零位とC.D.L.の関係は、Raffles Light Houseに設置してあるTide poleおよびTide gaugeと比較検潮を行い決定した。

各Stationにおける各レベルの関係は、図3-1-4に示すとおりである。

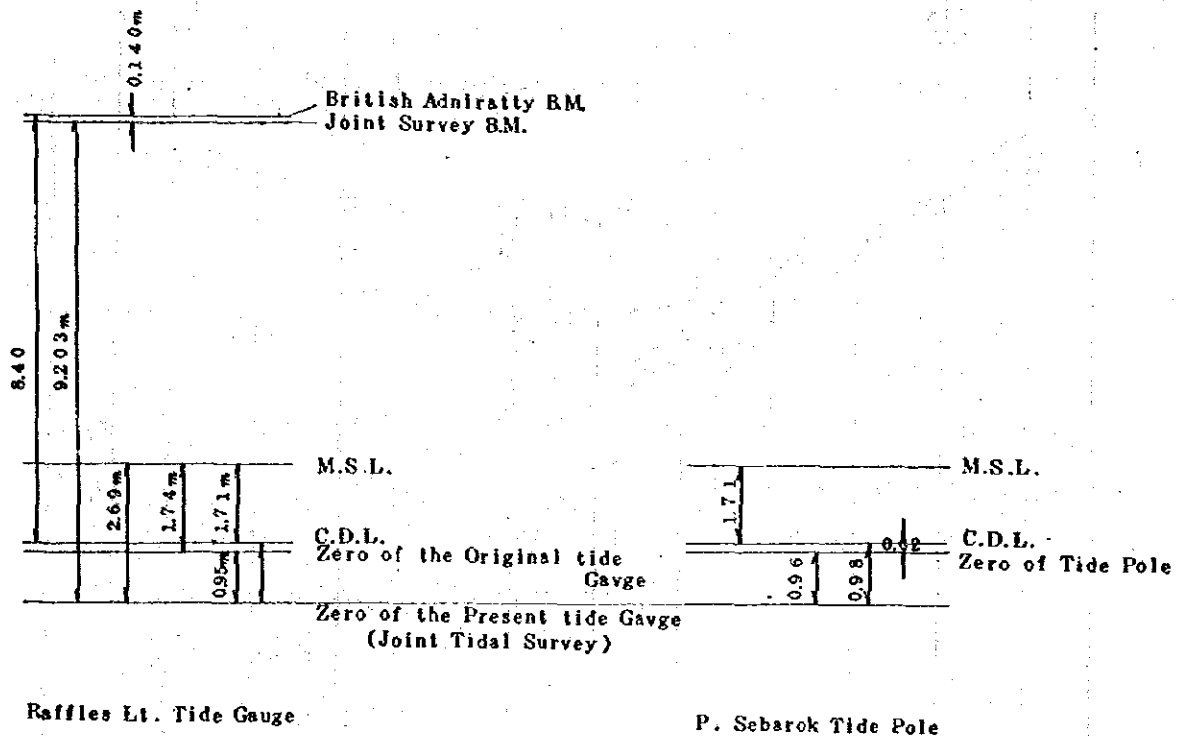


図 3-1-4 P.Sebarokとラッフルス灯台の基準面係図

### 3-2 深浅測量

浅瀬周辺の地形と浚渫対象土量を把握するために音響測深を行った。測深間隔は原則として25mとし、浅瀬の地形が充分とらえられるよう必要に応じて補測を行った。

今回の調査では浚渫土量を求めることが重要であるので平均的な土量を求めるため、水深の読みとり間隔を水深-21m以浅は5m間隔、-21m以深は10m間隔とし、いずれも等間隔とした。ただし、浅瀬の頂点等、それ以外に特に水深の浅い地点も読み取った。

測深の結果は水深図、海底地形図および地形断面図にまとめた。

#### (1) 浅瀬-A (第1編 Fig. 3-2-1b, Fig. 3-2-1c)

海上保安庁水路部発行の海図では16.9mとして記載されている浅瀬で、長さ約100m、中央部の幅約40mの楕円形をなしている。長軸の方向はSW-NE方向で、Main Straitの方向とほぼ一致している。水深-21mを浚渫対象とした場合の土量及び底面積は概略次のとおりである。

土量  $4,900\text{ m}^3$  (平均断面法による)

底面積  $3,000\text{ m}^2$  (平均求積法による)

周辺部の水深は、おおむね $-23\text{ m}$ であるが、浅瀬の南東側に $-22\text{ m}\sim-23\text{ m}$ の浅瀬が存在している。今回の音測結果では $-21\text{ m}$ 以浅の箇所は認められないが、海底起伏量は、 $1\text{ m}\sim 2\text{ m}$ はあるので、未測深範囲(測線と測線の間)に $-21\text{ m}$ より浅い地点が存在する可能性はある。その他はおおむね $-23\text{ m}$ 以深であり、浅瀬は存在しないと思われる。

(2) 浅瀬-B (第1編 Fig. 3-2-1b, Fig. 3-2-2b)

浅瀬-Aの北西約 $400\text{ m}$ にあり、海図ではK9. Hambatと記載されている浅瀬である。海底地形図に示すようにこの浅瀬の地形は起伏が著しく複雑であり6箇所の大きい浅瀬とその周辺に小さい浅瀬が多数存在している。

これらの浅瀬は地質構造を反映して、SE-NW方向にも配列しているが、ここではN-E-SW方向(Main strait)の方向性が強い。

浅瀬-Bの浚渫土量は下記のようになるが、海底起伏が浅瀬-Aより激しいので浅瀬-Aと同様に、今回の未測深範囲(測線と測線の間)にも小さな浅瀬が存在する可能性がある。特に浅瀬-Bでは、 $-22\text{ m}\sim-23\text{ m}$ の水深の区域が広いので工事前に、更に高密度な掃海測深を実施し、小さな浅瀬の位置を確実に把握しておく必要がある。

土量  $88,000\text{ m}^3$

底面積  $34,300\text{ m}^2$

(3) 浅瀬-C (第1編 Fig. 3-2-3b, Fig. 3-2-3c)

P. Sebarokの東南約 $2.5\text{ km}$ の地点にある長楕円形の浅瀬であり、長軸の方向はNE-SE方向になっている。この方向にはP. Bukom, P. Jong, P. Sebarokなどがほぼ直線状に配列しており、地質構造と一致している。

浅瀬-Cは、地形図に示されるように、浅瀬-A, B, 浅瀬-Dと比べて起伏量は少なく地形も比較的単調であり、舟底を伏せた形状(長軸 $750\text{ m}$ , 短軸 $250\text{ m}$ )を呈している。最も浅い水深は $-13.3\text{ m}$ であったが、海図によれば $-13.1\text{ m}$ の地点がある。

浅瀬-Cの浚渫対象土量は次のとおりである。

土量  $389,000\text{ m}^3$

底面積  $126,000\text{ m}^2$

海底の起伏は余り大きくないので今回の測深で浅瀬のほぼ全容を把握したものと思われる。

(4) 浅瀬-D (第1編 Fig. 3-2-4b, Fig. 3-2-4c)

浅瀬-Dは、Gusong Towerの南々東約 $800\text{ m}$ にある浅瀬で、海図では $-17.2\text{ m}$

と記載されている。一辺約50 mの四角形をなしている。浅瀬-Dも浅瀬-A, Bと同様起伏に富んでいるが、周辺の浅瀬は-23 mより深くなっている。

土量 2,100 m<sup>3</sup>

底面積 1,700 m<sup>2</sup>

### 3-3 潜水観察

浅瀬-A~Dの海底地形及び表面の堆積物を確認するために潜水観察調査を行った。調査の方法は、海底地形の目視調査と写真撮影によった。同時に海底堆積物のsamplingを行い地質の判定を行った。

#### (1) 浅瀬-A

潜水調査の結果、海底面は0.5 m前後の凹凸のある露岩地帯であることが明らかになった。

連続した平坦面は10~15 m程度しかなくさらにこの平坦面にも0.3~0.5 mの凹凸があり、完全な平坦面は見られなかった。

海底面を構成する地質は、砂岩、礫岩及び泥岩の互層である。潜水調査時には、泥岩のSampleは採取できなかった。編末写真-1に海底面の状況を示す。

#### (2) 浅瀬-B

本浅瀬の海底地形も浅瀬-Aと同様に凹凸が激しく平坦面は見られない。

潜水調査の結果では-24 m附近に比較的広い平坦面が見られるが、-20 m以浅では10 m幅以上の平坦面は見られなかった。海底地形は図3-3-2に見られるように比較的サイクリックに急崖(0.5~1.0 Hight)が見られる。この断面はほぼ東西方向である。この方向はJurong Formationの走向と直交する方向であるため地質構造を反映しているものと推定される。すなわちJurong Formationは、砂岩、礫岩、の互層であり、それぞれ風化侵食の度合が異なるため地形上にその傾向が出たのではないと思われる。

本浅瀬の凹部に堆積している礫の地質は石英質の硬質砂岩(Quartz sandstone)であった。編末写真-2に海底面の状況を示す。

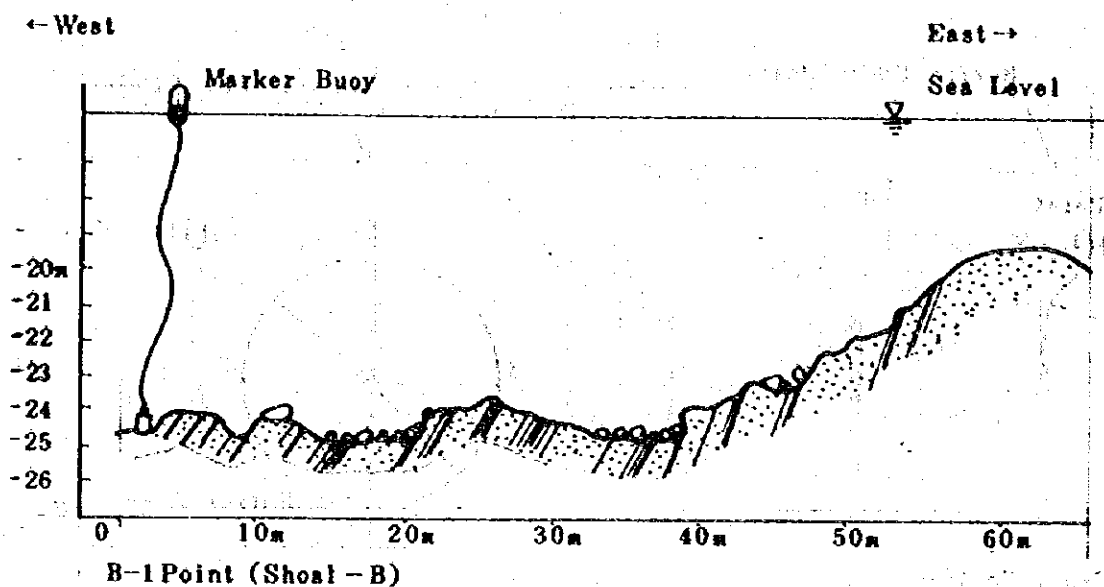


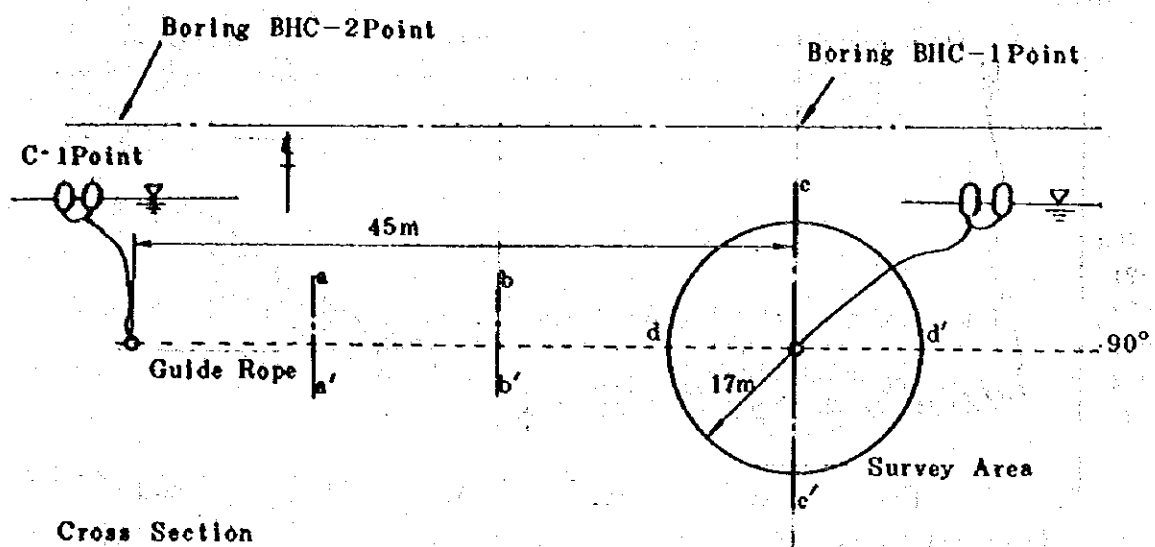
図3-3-2 B-1地点付近の潜水観察による海底断面図

(3) 浅瀬-O

浅瀬-Oの海底地形は、浅瀬-A, B, Dと異なり、比較的なだらかな地形を呈していることが、測深結果で明らかになっていた。潜水調査の結果では0.3m前後の凹凸はあるが、急激な地形変化はなく、全体にゆるい傾斜(2°~5°)を呈していた。潜水調査結果の断面図を図3-3-3a~図3-3-3bに示す。海底堆積物は礫、砂が凹部に堆積している。

礫径は10~30cm大のものが多し。砂は、貝殻片を主体とした粗砂である。凸部は露岩しているので砂の堆積層厚は数十cmであろう。

編末写真-3に海底面の状況を示す。



Cross Section

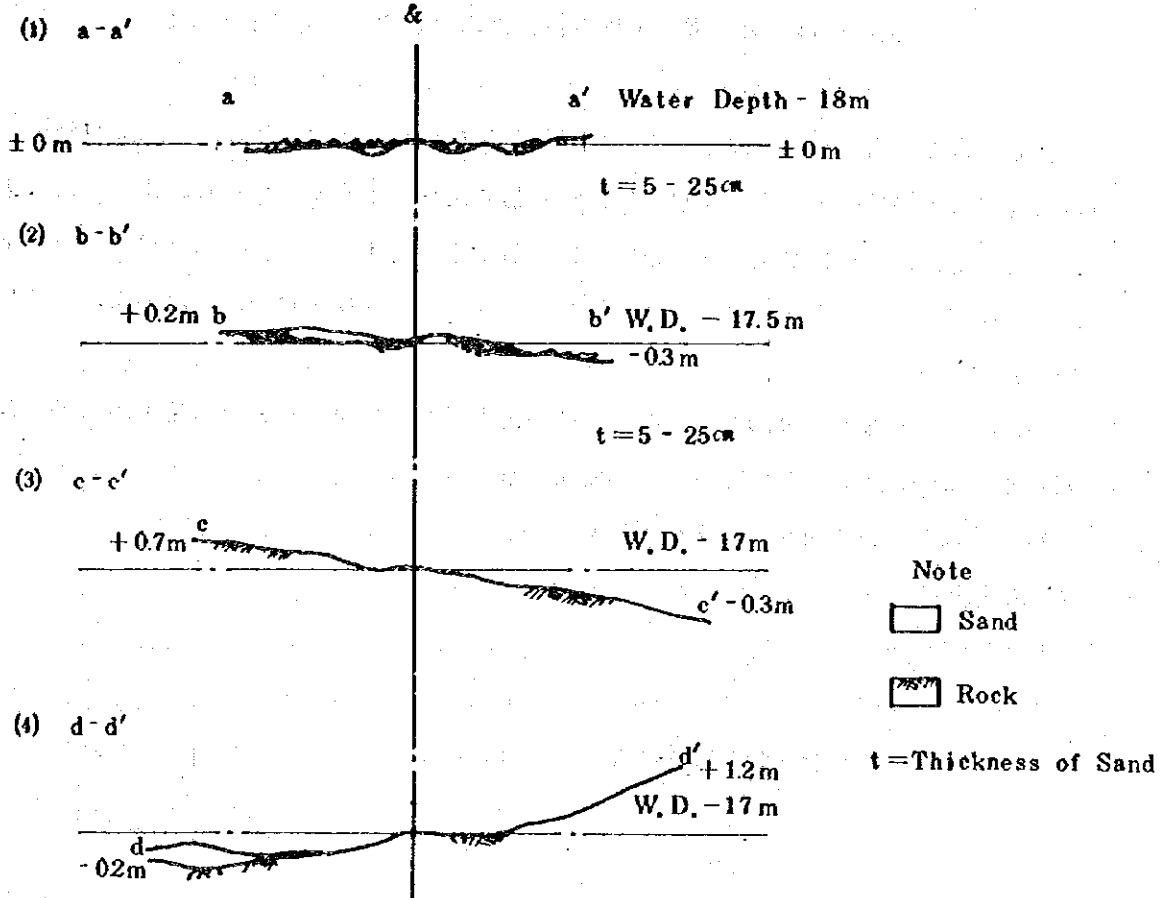
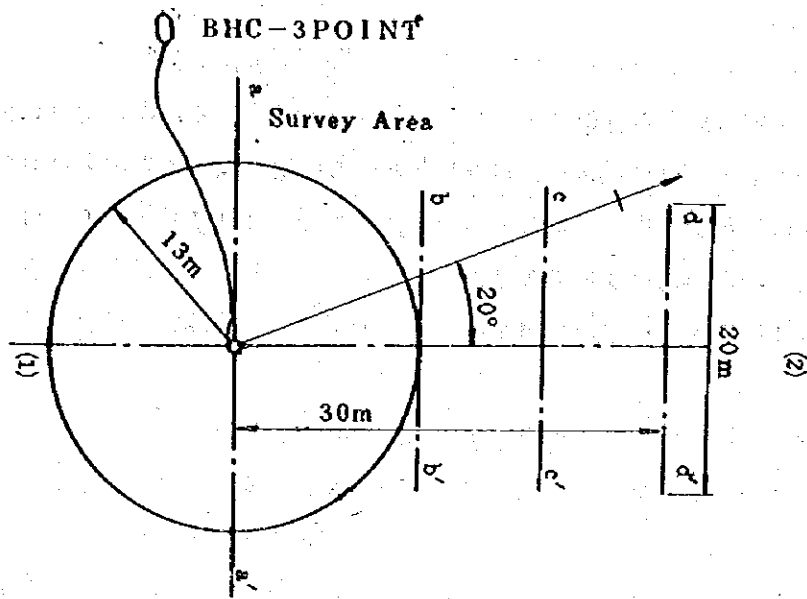


图 3-3-3a C-1地点附近海底断面图





Cross Section  
(1) - (2)

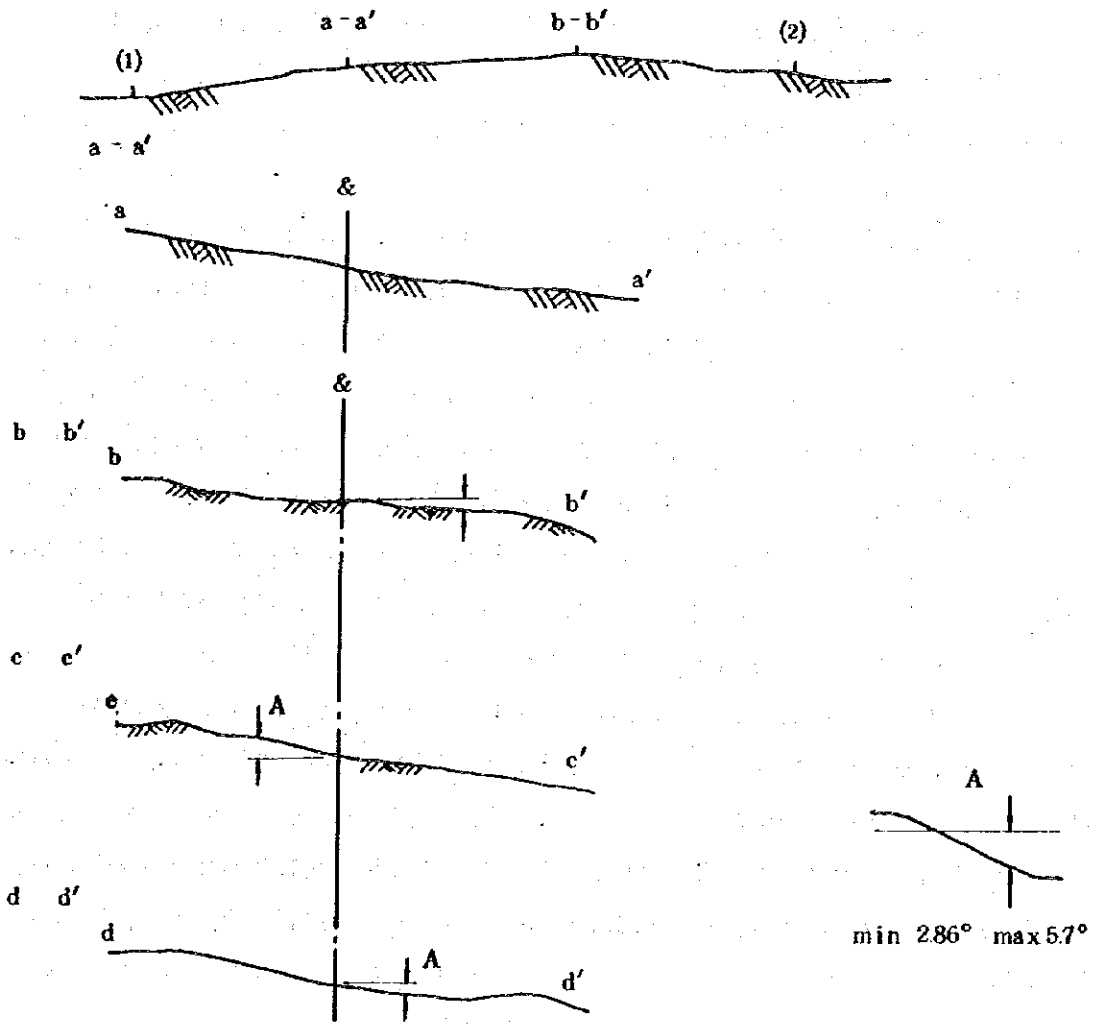


图 3-3-3b C-II 地点附近海底断面图

#### (4) 浅瀬-D

この浅瀬の海底地形上の特徴は径1.0 m以上の大きさのある円礫が密集している。この礫の間を砂、シルトが堆積している。露岩したところは潜水探査の範囲では見られなかったが、この巨礫の堆積状況の観察結果からみて、表層のみに堆積しているものと推定される。

採取した試料は赤褐色の砂岩であった。

編末写真-4に海底面の状況を示す。

### 3-4 ボーリング

ボーリングは地質構成及び深さ方向の風化状況を確認するためにボーリング槽の設置が可能な浅瀬-Cにおいてロータリーボーリング機械を用いて3本実施した。

採取したボーリングコアを見ると、いずれもJurong Formationの砂岩、礫岩、泥岩の互層である。凝灰岩も部分的に見られる。礫岩層の礫は石英質の硬い礫で直径2~5 mmで最大径2.0 cm程度のものがボーリングコアとして採取された。

岩石は全体的に強風化作用を受け、ボーリングコアの大部分が粘土化している。したがってモースの硬度も2が最高値であった。

以下各ボーリングごとに説明する。

#### (1) ボーリングC-1 (第1編 Fig 3-3-2b)

本ボーリング孔の海底面高さは、C.D.L.-17.91 mで、C.D.L.-27.54 mまで掘削をおこなった。地質は凝灰質砂岩、凝灰岩より構成されている。C.D.L.-17.99 mより、-21.69 mまでは、コア採取率100%で長さ20~30 cmの棒状コアが採取された。C.D.L.-21.69 mより、C.D.L.-25.79 mまでは凝灰岩である。

全体的に強風化されていてC.D.L.-25.79 mより、C.D.L.-27.54 mまではコアが採取できなかった。凝灰岩中の標準貫入試験値は、50 blow/16 cmであった。採取されたコアの風化の程度は大きく、ハンマーで容易に破砕される。またボーリングコアの亀裂は60°~70°の傾斜をしており、地層の傾斜が高角度であることが推定される。

#### (2) ボーリングC-2 (第1編 Fig 3-3-2c)

本ボーリング孔の海底面高さは、C.D.L.-15.65 mで、C.D.L.-25.85 mまで掘削をおこなった。C.D.L.-16.45 mより、C.D.L.-19.45 mまでは赤褐色の硬質粘土で、径2~3 mmの礫が散点している。この粘土は原岩(泥岩)の構造が残っていることから2次堆積物ではなく泥岩が風化変質作用をうけて粘土化した部分と考えられる。

C.D.L.-19.45 mより、C.D.L.-25.85 mまでは凝灰質砂岩、泥岩、礫岩の互層である。

本ボーリング孔も全層強風化作用を受け、礫岩の礫以外は粘土化している。

(3) ボーリングC-3 (第1編 Fig 3-3-2d)

本ボーリング孔の海底面高さは、C.D.L.-15.60mでC.D.L.-18.60mまで掘削をおこなった。全層が礫岩で、Matrixは砂、泥岩で構成されている。礫径は $\phi 20$ mm以下で、泥岩(強風化して粘土になっている)の中に散点している。

以上のように全層が強風化作用を受け、C-1の砂岩以外は粘土化していて棒状コアを採取することができなかった。

本浅瀬のボーリングコア及び陸上の調査、既存の地質資料から判定し、Jurong Formation中のJong Faciesに対比されるものと思われる。

### 3-5 音波探査

浅瀬-A~Dに対し、測線幅25mの音波探査を実施した。その結果、海底は岩盤の記録になっており、これらを被覆する砂、泥などの未固結堆積物は存在していないと思われる。

調査区域のうち、浅瀬-A, B, Dの海底は、岩盤または礫であるが、浅瀬-Cでは海底の谷間に堆積物が存在しているところがある。しかし、浅瀬の区域では海底からほとんど岩盤であり、岩盤の窪地に数十cmの、極く薄い砂層が堆積しているのみであることが、潜水調査で確認されている。

音波探査ではこれらの薄い砂層は記録されないので海底面以下全層を岩盤とみなせる。

### 3-6 試験浚渫

浅瀬浚渫工法決定及び工費積算資料を得るために、浅瀬-Aにおいてグラブ船による試験浚渫をおこない、各種データを収集した。浚渫の方法は浅瀬の頂点付近約20m $\times$ 20mを平坦に掘削すること、ならびにこの中の1箇所を-2.3mまでツボ掘りすることで行った。

(I) 使用船舶

a) Grab Dredger 943.14 G/T  
(KEIHINMARU)

使用バケット 7m<sup>3</sup> 60 ton

b) Pusher Tug 170.52 G/T  
(1,000HP)

c) Hopper Barge 480.00 G/T  
(800m<sup>3</sup>)

d) Anchor Boat 19.99 G/T  
(100HP)

e) Passenger Boat (D-100HP)

(2) 試験浚渫時の計測方法

試験時に掘削毎のサイクルタイムとつかみ土量を計測した。

計測項目、計測時間は別表のとおりであるが、計測項目の内、巻上げと施回及び積込みと施回は同時に行ったため計測時間は分離できなかった。1回当りの掘削量を求めるためバケット内側に目盛をつけ、読み取りを行ったが、岩塊が盛上ってバケット内の掘削岩塊が平らにならないため目測によるものが殆んどである。そのため全掘削回数を計数しておき、掘削終了後にバーチに積込まれた土量を計測して、その土量を全掘削回数で除して、1回当りのつかみ量を求める方法もとった。

(3) 作業時間

試験浚渫実施日は、危険物探査及び除去に要した日数を除くと11月2日～4日の3日間である。試験浚渫中の運転時間と休止の内訳は下表のとおりである。

試験浚渫時間が少ないのは現地の潮流が速く、掘削できない状態で潮流待ちの時間が多かったことによる。

表3-6-3 試験浚渫の時間内訳

DATE	OPERATING TIME(hr)	WAITING TIME(hr)	TEST TIME (hr)	REMARKS
2 Nov	3:45	20:15	(2:07)	Test
3	5:40	18:20	(2:36)	"
4	3:45	20:15	(2:09)	"
5	0	24:00	0	
Sum	13:10	82:50	(6:52)	

(4) 計測結果

サイクルタイム計測及びバケットによる一回当りつかみ土量の計測結果をまとめたのが、表3-6-4である。

表3-6-4中の各Sheetは10回の試験掘の平均値を示したものである。したがって11 Sheetsで合計110回の試験浚渫の計測をおこなっていることになる。

ロスタイムに要した内容は主に掘削位置を変更するため、本船を移動するのに要した時間である。サイクルタイム調査結果では各サイクルも、あまりバラツキはなく、1サイクル177秒から232秒となっている。ロスタイムの多かったSheet No 1とSheet No 11を除くと、177秒から191秒の範囲であった。

表 3-6-4 計 測 結 果

SHEET NO	CYCLE TIME								COEFFICIENT GRAB BUCKET	
	REWINDING (sec)	DREDGING (sec)	WINDING & ROTATION	LOADING & ROTATION(sec)	LOSS TIME (sec)	SUN (sec)	DREDGING Coefficient of VOLUME(m³) Grab Bucket	DREDGING Coefficient of VOLUME(m³) Grab Bucket		
1	48'	36'	89'	37'	22'	231'	1.27	0.181		
2	46'	38'	59'	37'		180'	2.01	0.287		
3	48'	39'	56'	35'		178'	2.77	0.396		
4	40'	36'	62'	39'		177'	1.66	0.237		
5	46'	38'	58'	35'		177'	2.76	0.394		
6	44'	37'	64'	41'	18'	205'	3.50	0.500		
7	43'	38'	62'	37'	3'	183'	1.11	0.203		
8	46'	39'	61'	40'	5'	191'	1.43	0.189		
9	49'	36'	59'	37'		181'	2.07	0.296		
10	43'	39'	60'	36'		178'	1.65	0.236		
11	39'	40'	67'	37'	49'	232'	2.15	0.307		
SUM	492'	416'	697'	411'	97'	2113'	22.38			
AVERAGE	45'	38'	63'	37'	9'	192'	2.03	0.291		

一回毎のクラブケットによるつかみ土量を実測または目測する方法により得た平均掘削量は2.03 m<sup>3</sup>で、ケット係数は0.291となっている。

ホッパーバージに積込んだ岩塊量の体積を求めて掘削総回数235回で割って求める方法で求めた場合は、最終的なバージ積込み総体積(土量)  $V = 689.49 \text{ m}^3$  から一回当り平均掘削量は、2.93 m<sup>3</sup>/回となり、ケット係数は0.418が得られている。

掘削時の岩塊の状況は砂岩質のものは最大50 cm大のものが採取されたが、ほとんどがJoint面から破壊し10~20 cm大の角礫となっている。礫状になって採取されるが、ホッパーバージに投入すると破碎するものがほとんどであった。

#### (5) 地質状況

60 ton のクラブケット(容量7 m<sup>3</sup>)によって採取された試料はJurong Formationの砂岩、泥岩、礫岩等の堆積岩である。

採取された岩塊は一般に数cm~数10 cmの角礫状をなし、地層の層理に沿って破碎されたものと推定される。海底面付近より採取された岩塊には海草、サンゴ等の生物が付着し、表面には茶褐色に酸化変色されている。今回の試掘で採取された、最大の岩塊は150 cm × 150 cm × 100 cmの大きさであった。編末写真-5,6に掘削された岩を示す。

#### ◎ 岩質

全体的に風化されて軟く、ハンマーの打撃により鈍い音を発し、層理面に沿って簡単に破碎する。層理は砂岩、泥岩に発達しており、一般に数cm~数10 cm間隔に認められる。

今回の試掘で採取された岩質の比率はおおよそ

礫岩:砂岩:泥岩=5:3:2

となっており、浅瀬-Aでは礫岩、砂岩の比率が多い。

各々の岩質の特徴は下記のとおりである。

#### a. 礫岩

青灰色または茶褐色を呈する。2~3 mmの亜円礫~円礫が主体となり、最大粒径は20 mm程度である。礫は堅実であるが岩塊全体の風化は進み固結度は低く、ハンマーにより鈍い音を発し比較的容易に破碎する。部分的に1~2 mm幅の石英脈を含んだ比較的堅い礫岩(乳白色~青灰色)も認められた。

#### b. 砂岩

青灰色~緑灰色、あるいは茶褐色を呈する。部分的に径2~3 mmの細礫を含んでいる。数cm~数10 cm間隔で層理が発達し、ハンマーで簡単に砕くことができる。また部分的には手で砕くこともできる。

c. 青灰色～緑灰色、或いは暗紫色を呈する。岩質はもろく、ハンマーにより簡単に砕ける。数cm～数10cm間隔に層理面が認められ、層理面に沿って簡単に剥離する。

以上のように浅瀬-Aの地質はJurong Formationの礫岩、砂岩、泥岩の強風化岩より構成されている。

深度方向への風化の程度を調べるため同一地点で掘削を行い、約3m掘下げたが、岩の風化の程度はほとんど変らなかった。

風化の程度の目安としてモースの硬度計により試料の硬度を調べた。その結果は表3-7-1a, 1b, 1cに示したとおりであるが、岩質毎にまとめると次のようになった。

岩質	硬 度
礫岩	3～5
砂岩	3～6
泥岩	2～4

この結果は現場で観察した結果とよく一致している。砂岩が硬度6と比較的硬い値を示しているが層理が良く発達し、風化も進んでいるので巨視的に見れば脆い岩盤となっている。

#### (6) 試掘中の潮流の影響

試験掘削作業では潮流待ちの時間が多く、特に西流時に作業が困難であった。観測結果でも西流の流速が速く、現場の状況を反映している。

作業上の影響としてはグラブバケットを巻下げ中回転してワイヤーがねじれることと、海底面でグラブが転倒するトラブルが多かった。その他船位移動のためアンカーチェーン操作をおこなうとアンカーが移動して船位を予定地点にセット出来ないことがあった。

試験掘削中の潮流観測は簡易的な方法によっているが、Berhanti Lt. 地点よりさらに潮流が早い傾向が認められる。また地形が複雑であるために潮流も他の地点とは異なっているように思われる。

今後、各浅瀬の潮流観測を行い、正確なデータの下に施工計画を立案すべきと思われる。

#### (7) 潜水調査結果

グラブ掘削前後の海底地形状況の差を確認するために試掘前後にDiverによる観察、写真撮影をおこなった。

掘削跡は、図3-6-7に示すように長さ38m幅約25mの範囲で浅瀬の一番高まりのほとんどを掘削していた。掘り跡は平面でなく2～3mの凹凸が点々と分布していて、掘削前後の位置の確認ができないほど地形が変化していた。底質は20～30cm径の角礫

状の岩層が一面に分布していた。欄末写真一七に掘削後の海底面の状況を示す。

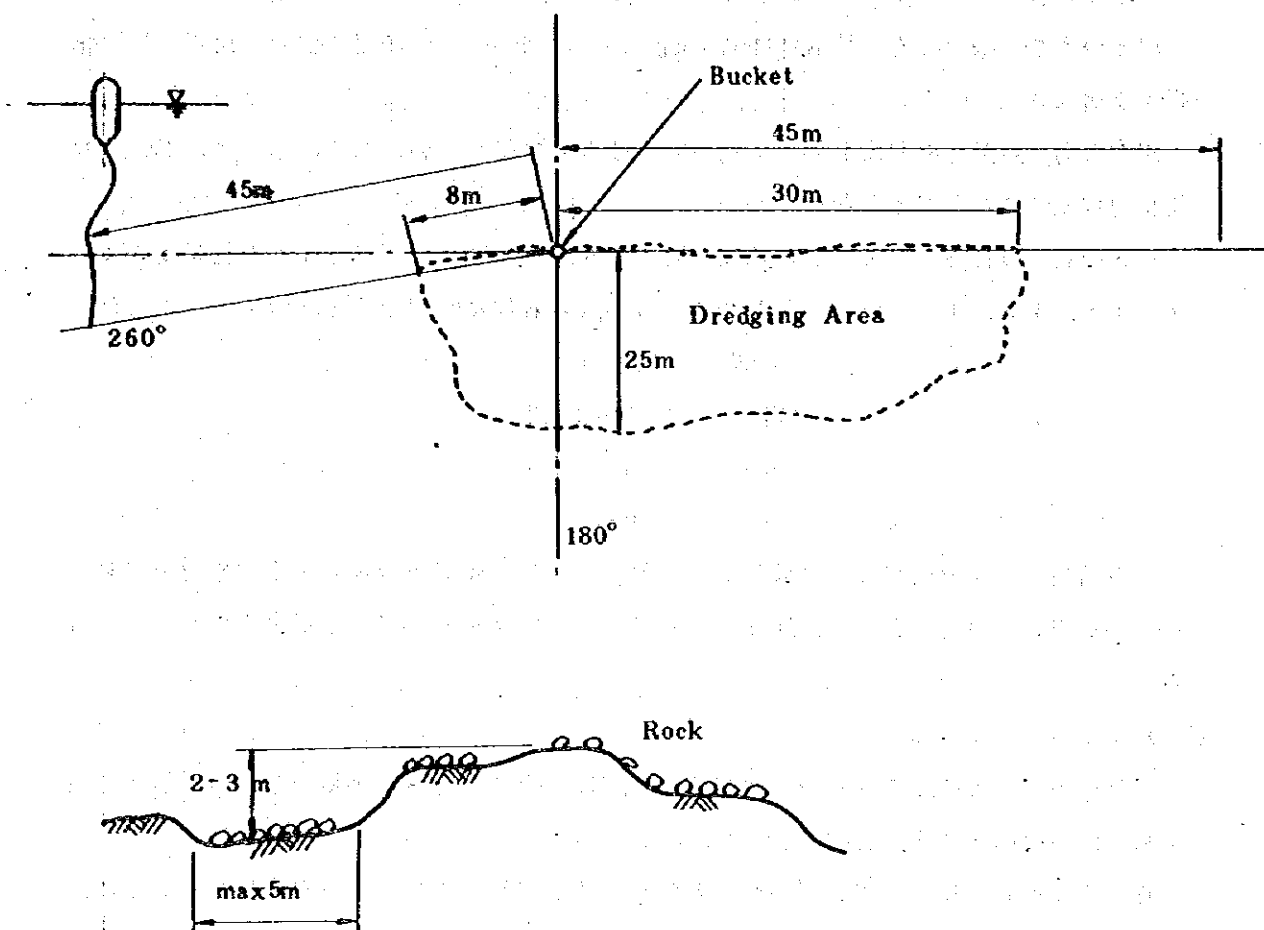


図 3-6-7 A地点の掘削後の潜水観察

### 3-7 岩石試験

#### (I) 試料

試掘調査(浅瀬-A)の際採取したブロックサンプルの中から礫岩, 砂岩および泥岩の各々について約20箇所ずつ合計62箇のテストピースを作成した。このうちから代表的なサンプル18箇所を選び岩石試験を行った。(表3-7-1a, 1b, 1c)

またボーリングコア(浅瀬-C)から3箇のテストピースを作成できたので岩石試験を実施した。試験内容及び数量は表3-7-1dに示すとおりで

各々の試料に対する試験の結果は岩石試験総括表に示した。(表3-7-1e 試験結果一覧表)

試験の方法は国鉄における岩石標準試験法に準じた。



表 3-7-1 a 試料の採取(礫岩)

Conglomerate

Sample No.	Colour	Remarks	Mohr's Hardness	Specimen No.	Length of Specimen (cm)	Note
C-1	Bluish grey	Semi-round gravels with diameter of 2 to 5 mm. Heavily weathered.	3	+ C-1-1	10.0	
				1-2	7.0 + 6.0	
				1-3	6.0	
C-2	Dark bluish grey	Max. diameter of semi-round gravel is about 10 mm. Fairly well cemented.	5	+ C-2-1	15.0	
				2-2	13.0	
				2-3	8.5	
				2-4	15.0	
C-3	Dark bluish grey	Semi-round gravels with diameter of 2 to 5 mm. Fairly well cemented.	5	C-3-1	10.0	Top portion was crushed.
				3-2	13.0	Top portion was crushed.
				+ 3-3	16.0	
C-4	Dark grey to Dark brown	Max. diameter of semi-angular gravel is about 10 mm. Heavily weathered.	4	C-4-1	8.0 + 2.0	
				4-2	8.0	
				4-3	7.0 + 2.0	
C-5	Dark bluish grey	Max. diameter is about 10 mm. Heavily weathered.	4	C-5-1	8.0	
				5-2	5.0 + 5.0	
C-6	Dark greenish grey	Semi-round gravels with diameter of 2 to 5 mm. Max. diameter is about 20 mm. Heavily weathered.	3	+ C-6-1	14.0	
				+ 6-2	12.0	
				6-3	8.0 + 9.0	

Total No. of Specimen: 18 Nos.

\* Diameter of specimen is 5 cm.

+ Sample for Rock Test.

- 赤丸が Test 実施分 15ヶ ) 計 18ヶ Test を実施
- 他に C-1 Boring Core 3ヶ

表 3-7-1 b 試料の採取(砂岩)

Sandstone

Sample No.	Colour	Remarks	Mohr's Hardness	Specimen No.	Length of Specimen (cm)	Note.
S-1	Dark bluish grey	Medium to coarse grained. Can be crushed easily by a hammer.	6	+ S-1-1	12.5	
				1-2	12.5	
				1-3	12.0	
S-2	Bluish grey	Medium to coarse grained. Can be crushed easily by a hammer.	6	S-2-1	13.0	
				+ 2-2	18.0	
				2-3	9.5	
				2-4	14.0	
S-3	Bluish grey to Brown	Coarse grained. Contains some fine gravels. Crushed easily by a hammer.	6	+ S-3-1	11.0	
				3-2	11.0	
				+ 3-3	11.0	
S-4	Greenish grey	Medium to coarse grained. Heavily weathered. Can be crushed partly by hand.	3	S-4-1	11.0	Contains some hair cracks.
				+ 4-2	11.0	Contains some hair cracks.
				4-3	10.0	
				4-4	9.5	
S-5	Bluish grey to Brown	Coarse grained. Contains some fine gravels ( $\phi = 2$ to 5 mm). Heavily weathered.	5	S-5-1	16.0	
				5-2	11.0	
				+ 5-3	18.0	
S-6	Greenish grey	Medium to coarse grained. Can be crushed easily by a hammer.	6	+ S-6-1	10.0	
				+ 6-2	10.0	
				6-3	8.0	

Total No. of Specimen: 20 Nos.

\* Diameter of specimen is 5 cm.

+ Sample for Rock Tests.

表 3-7-1c 試料の採取(泥岩)

Muds tone

Sample No.	Colour	Remarks	Mohr's Hardness	Specimen No.	Length of Specimen (cm)	Note
M-1	Greenish grey to Dark purple	Can be crushed easily by a hammer. Many hair cracks.	2	M-1-1	8.0 + 2.0	
				1-2	7.0 + 7.0	
				1-3	8.0	
M-2	Bluish grey to Dark brown	Contains some fine sand. Can be crushed easily by a hammer.	4	M-2-1	13.0	Contains a vertical crack.
				2-2	12.5	
				2-3	20.0	Hair cracks at top portion.
				2-4	20.0	
M-3	Dark bluish grey	Can be crushed easily by a hammer.	2	M-3-1	13.0	Hair cracks at middle portion.
				3-2	12.0	
				3-3	6.0 + 4.0 + 2.0	
M-4	Dark purple to Greenish purple	Can be crushed easily by a hammer.	2	M-4-1	13.0	
				4-2	12.0	
				4-3	9.0	
				4-4	8.0	
M-5	Dark purple to Greenish purple	Can be crushed easily by a hammer.	3	M-5-1	8.0	
				5-2	11.5	
				5-3	12.0	
				5-4	6.0 + 5.0	
M-6	Dark purple	Can be crushed easily by a hammer.	2	M-6-1	9.0	Contains a vertical crack.
				6-2	13.0	
				6-3	8.0	
M-7	Dark purple	Can be crushed easily by a hammer.	2	M-7-1	10.0	
				7-2	11.0	
				7-3	8.0	

Total No. of Specimen: 24 Nos.

\* Diameter of specimen is 5 cm.

† Sample for Rock Test.

Table 3-7-1d 試験内容と数量

	岩種	硬度試験	岩石の 密度試験	岩石の吸 水率試験	一軸圧縮 試験	圧裂試験	摘 要
浅瀬 I A	礫岩	18	5	5	5	2	試験試料
	砂岩	20	8	8	8	2	、
	泥岩	24	5	5	5	3	、
	小計	62	18	18	18	9	、
浅瀬 I C	砂岩	3	3	3	3	0	ボーリングコア
計		65	21	21	21	9	

表 3-7-1 e 試驗結果一覽表

Specimen No.	Diameter cm	Height cm	Weight g	Sectional Area cm <sup>2</sup>	Maximum Load kg	Unconfined Compressive Strength kg/cm <sup>2</sup>	Absorbed Water %	Water Content %	Porosity %	Wet Density	Natural Density	Dry Density	Modulus of Elasticity x10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup>	Poisson's Ratio (γ)
C-1-1	5.033	8.388	394.3	19.99	1340	67.37	6.29	10.628	14.493	2.45	2.41	2.30	1.32	0.30
C-2-1	5.072	10.053	508.4	20.20	5250	309.40	3.259	4.440	8.084	2.55	2.51	2.47	5.06	0.30
C-3-3	5.087	10.070	516.0	20.32	9200	452.76	3.388	7.023	8.361	2.55	2.54	2.47	5.95	0.18
C-6-1	5.053	10.057	485.9	20.05	1850	92.27	4.688	10.438	11.111	2.48	2.47	2.37	0.978	0.35
C-6-2	5.052	10.002	479.7	20.05	1750	87.28	5.498	11.569	12.756	2.39	2.37	2.26	0.621	0.29
M-2-3	5.050	9.925	508.8	20.03	5500	279.58	3.016	3.926	7.621	2.60	2.57	2.53	9.66	0.18
M-3-2	5.050	10.022	511.7	20.03	1900	94.86	4.785	5.265	11.730	2.57	2.51	2.46	3.53	0.17
M-4-1	5.071	10.087	523.1	20.20	9800	485.15	3.159	3.867	8.011	2.62	2.57	2.54	3.14	0.14
M-5-3	5.065	10.053	528.4	20.15	2400	119.11	3.092	4.645	7.923	2.64	2.61	2.56	5.00	0.17
M-7-2	5.069	9.813	510.0	20.18	6950	344.40	3.146	4.885	8.046	2.64	2.61	2.56	5.07	0.10
S-1-1	5.069	9.923	486.9	20.18	5570	330.00	4.369	6.075	10.514	2.51	2.47	2.41	2.46	0.19
S-2-2	5.068	10.093	497.2	20.17	4500	223.10	3.766	3.780	9.278	2.56	2.50	2.46	4.34	0.13
S-3-1	5.066	9.383	454.1	20.16	3350	176.09	5.045	5.864	12.037	2.51	2.44	2.39	1.91	0.16
S-3-3	5.066	9.992	487.2	20.16	3750	186.01	5.282	6.458	12.500	2.49	2.43	2.37	2.84	0.11
S-4-2	5.074	9.912	490.0	20.22	4500	222.95	4.471	4.357	10.857	2.54	2.48	2.43	3.89	0.18
S-5-3	5.067	10.138	512.0	20.16	4550	225.69	3.030	3.826	7.523	2.56	2.52	2.48	2.66	0.21
S-6-1	5.067	9.200	448.6	20.16	4250	210.81	3.728	5.519	9.091	2.53	2.49	2.44	2.76	0.11
S-6-2	5.074	9.308	456.5	20.12	5500	272.01	4.699	6.25	11.161	2.49	2.44	2.38	3.94	0.13
BHC-1-1	5.990	10.000	610.0	28.18	520	18.45	24.645	10.520	26.616	1.98	1.73	1.59	0.451	0.32
BHC-1-2	5.995	11.000	672.4	28.23	310	10.98	11.815	13.970	24.098	2.28	2.18	2.04	0.407	0.33
BHC-1-3	5.990	11.900	748.9	28.18	615	21.82	22.556	10.520	26.616	2.18	2.02	1.91	0.682	0.28
C-3-3	5.090	3.100		20.32	590	23.80								
6-1	5.050	2.840		20.05	180	7.99								
M-2-3-1	5.050	3.130		20.03	1195	48.13								
2-3-2	5.050	3.580		20.03	1250	44.02								
7-2	5.070	2.640		20.18	450	21.40								
S-2-2	5.070	4.290		20.17	465	13.61								
5-3	5.070	2.850		20.16	200	8.81								

(2) 岩石の物理的性質(第1編 Table 3-3-5 a)

a. 密度

岩石の湿潤, 乾燥, 自然状態における密度を測定した。自然状態というのは試験時の含水状態の密度であるので原位置(海中)での密度は湿潤密度に近い状態にあると思われる。

浅瀬-Aのサンプル18箇の試験結果によると乾燥密度の平均は2.44, 湿潤密度の平均値は2.54となっている。岩種別にみると泥岩が大きく礫岩が小さい値を示している。モースの硬度では礫岩が3~5(主として3), 砂岩が3~6(主として6), 泥岩は硬度は低いが高くなっている。

試掘結果によると, 岩種別の構成比は,

礫岩:砂岩:泥岩=5:3:2

となっているので砂岩の密度(乾燥2.44, 湿潤2.52)を浅瀬-Aの岩石密度とみなしてよいと思われる。

浅瀬-Cのボーリングコアを用いた試験結果では乾燥密度は1.59~2.04, 湿潤密度は1.98~2.28の範囲の値を示し, 浅瀬-Aの岩石よりかなり小さい密度となっている。

b. 吸水率・含水率・有効間隙率

含水率は試験時の含水状態の値を示しており, 原位置での状態とは異なっていると思われる。吸水率は浅瀬-Aのサンプルでは, 3.016~6.290(%)の範囲にあり, 岩種別にもあまり大きな差はない。一方浅瀬-Cのサンプルでは1.815~2.4645(%)の範囲にあり浅瀬-Aより一桁大きい値を示している。岩石のコンシステンシー区分を行うため, 縦軸に乾燥比重, 横軸に吸水率をとり, 試験結果をプロットし, 図3-7-2に示した。

浅瀬-Aの岩石のコンシステンシーはB(結合度が高い)であり, 浅瀬-CのサンプルはD, E(結合度が非常に低い)に区分され, 浅瀬-Aと浅瀬-Cの岩石に差がみられる。有効間隙率は浅瀬-Aの岩石は7.523~14.493(%)の範囲の値を示している。

一方, 浅瀬-Cの岩石では2.4098~2.6166(%)の値を示し, 浅瀬-Aより大きい。

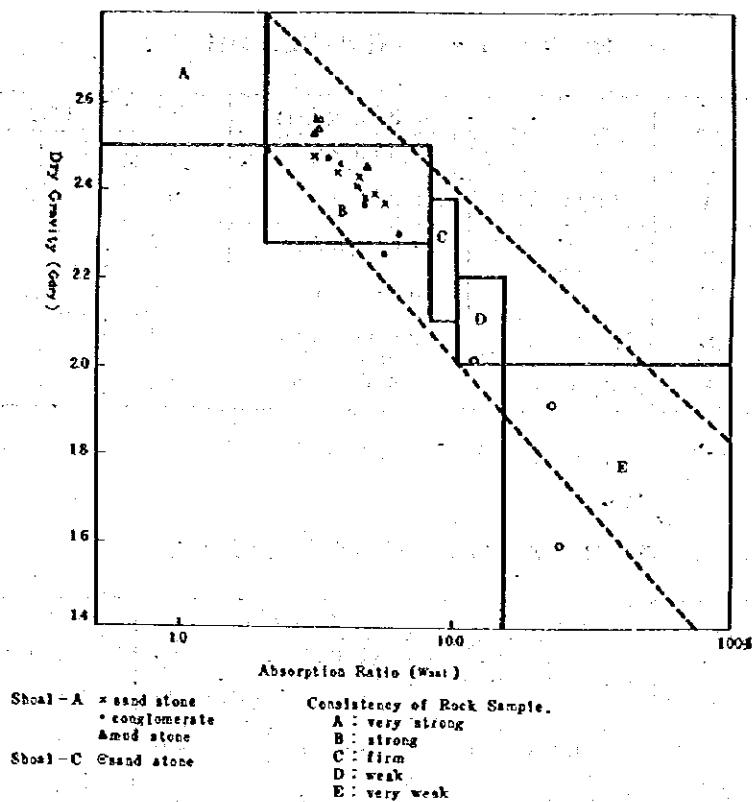


図3-7-2 岩石のコンステンシー

(3) 岩石の力学的性質 (第1編 Table 3-3-5b)

a. 一軸圧縮強度

浅瀬-Aのサンプルでは一軸圧縮強度は、67.37~485.15 (kg/cm<sup>2</sup>) 範囲にあり、全体の平均値は232.14 (kg/cm<sup>2</sup>) となっている。一軸圧縮強度による岩石区分は種々あるが、ここではDeere&Millerによる区分法と石材用の区分法によって試験結果を分類した。(表3-7-3a, 表3-7-3b)

表に示されるように大部分のサンプルは100~280 kg/cm<sup>2</sup>の圧縮強度であり、非常に弱い強度の岩石であり石材としては準硬石に区分される岩石であることがわかる。

岩種別にみると強度は泥岩が最も大きく砂岩、礫岩の順になっているが、平均値には大きな差はない。しかし、礫岩、泥岩は試料によってバラツキが大きい。

浅瀬-Cでは一軸圧縮強度は10.98~21.82 kg/cm<sup>2</sup>の範囲にあり、浅瀬-Aの岩石より一桁強度が弱くなっている。

b. 圧裂強度

引張強度を調べるため圧裂試験を実施した。圧裂強度は7.99~48.13 kg/cm<sup>2</sup>, 平

表 3-7-3a 岩石の強度区分(1)

区分	表現	一軸圧縮強度	頻度 (箇)	
		kg/cm <sup>2</sup>	Shoal-A	Shoal-C
A	非常に強い強さ	>2240	0	0
B	強い	1120~2240	0	0
C	普通	560~1120	0	0
D	弱い	280~560	5	0
E	非常に弱い	280> 0	13	3

(注) DeereとMillerによる区分

表 3-7-3b 岩石の強度区分(2)

区分	一軸圧縮強度	参考値		頻度 (箇)	
	kg/cm <sup>2</sup>	吸水率	見掛比重	Shoal-A	Shoal-C
硬石	>500	5<	約27~25	0	0
硬石	100~500	5~15	25~20	14	0
硬石	100>	15>0	<約2.	4	3

(注) JIS-A 5003-1963(石材)による区分

表 3-7-3c 岩石の強度

岩	試料番号	一軸圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	圧裂強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	ぜいせり度	摘要
礫岩	C-3-3	452.76	23.80	19.02	Shoal-A
	C-6-1	92.27	7.99	11.55	"
砂岩	S-2-2	223.10	13.61	16.39	"
	S-5-3	225.69	8.81	25.62	"
泥岩	M-2-3-1	379.58	48.13	5.81	"
	M-2-3-2	(279.58)	(44.02)	(6.35)	"
	M-7-2	344.40	21.40	16.09	"
平均		269.63	20.62	15.75	

(注) 平均値はM-2-3-2を除く。



均値は  $20.62 \text{ kg/cm}$  となる。(表 3-7-3c 岩石の強度)

c. ヤング率・ポアソン比

一軸圧縮試験の歪一応力曲線を用い、最大荷重の  $1/2$  の応力に対応する点の歪によって求めた参考値である。

### 3-8 危険物探査

浅瀬-A~Dのボーリング地点及びグラブ掘削地点の危険物の有無を確認するために潜水夫による探査を実施した。

本地域は露岩していて海底の起伏が激しいために通常の磁気探査ができないため、直接潜水夫による探査を実施した。

#### (1) 探査の方法

探査は下記の要領でおこなった。

- (a) 測量船で探査予定地点に Marker Buoy を設置した。この測量には電波測位機を使用した。
- (b) 潜水夫が、Marker Buoy を中心に探査する範囲に十字に Guide Rope を海底面に設置した。
- (c) 潜水夫 5 名で Guide Rope を中心に同心円状に探査をおこなった。1 名の探査幅は  $5 \text{ m}$  とし、次の探査地点とは  $5 \text{ m}$  重複させて探査を順におこなった。
- (d) 爆弾発見と同時に危険 (Red Colour) のしるしをつけたブイを爆弾にとりつける。数が多い場合にはこのブイを Guide に海底で爆弾と爆弾の間を Rope で連結した。
- (e) 爆弾発見後直ちに船舶無線を通じ陸上本部より P S A 担当者に通報した。休日の場合には P S A Port Master に通報した。
- (f) その後 Singapore Navy により爆発作業をおこなった。さらに確認のため潜水夫による探査をおこない完了とした。

#### (2) 探査結果

##### (a) 探査日程及び人員

探査に要した日時及び人員は、表 3-8-2 の通りである。

なお、本地域は潮流がきわめて速いため、潜水作業可能時間は潮止り前後  $30 \text{ 分} \sim 60 \text{ 分}$  程度であった。また、潜水深度が  $20 \text{ m}$  以上になるため長時間潜水による減圧時間を考慮しなければならないので実作業時間はきわめて少ない。この他に本海域の透明度もあまり良くなく(プランクトンのため)日中で  $4 \sim 5 \text{ m}$  である。これも潮流の関係で  $3 \sim 4 \text{ m}$  におちることもあった。

(b) 探査結果

探査結果は500ポンド爆弾9箇を発見し、Singapore Navyによる爆破処理をおこなった。爆弾は浅瀬NW方向に集中して発見されている。そのほとんどが水深22m以深の所であった。

この他にCANON BALL及びその他の砲弾が発見された。

表 3-8-2 潜水作業時間内訳

DATE	DAILY JOB	DIVER (人)	TENDER (人)	WORKING TIME	EXPLOSIVE by NAVY	BOMB	EQUIPMENT
25th OCT	A-Area Survey	3	1	30min		1PCS	S, TANK BPCS
26th "		0	0	0	EXP. (1PCS)		
28th "	A-Area Survey	7	2	40		5PCS	S, TANK 13PCS
29th "	"	7	2	60	EXP. (PCS)	1 "	TANK 17 Compressor 1
30th "	"	7	2	40	EXP. (1PCS)	1 "	TANK 13 Compressor 1
31st "	A, B-1Area Survey	7	2	30		1 "	TANK 11 Compressor 1
1st NOV	"	7	2	40	EXP. (1PCS)		TANK 6
2nd "	B-1, C-1Area Survey	7	2	30			TANK 4
3rd "	B-1, C-2Area Survey	7	2	30			TANK Comp 6 2
4th "	"	7	2	40			TANK Comp 4 1
Total		59	17	340		9PCS	TANK 77PCS Comp 7days

3-9 調査地の潮流

(1) 潮流観測

調査地点の付近では浅瀬-Dの北方約1kmの地点にあるGusong Tower (1°11'.1N 10°47'.7E) 地点で潮流観測が実施され、時間毎の潮流予報が潮汐表として公表されている。しかし、現地の潮流はGusong Towerの予報値とは大きい差があったので電気流速計(CM-2 Type)を用いて簡易的に潮流を測定した。結果は、浅瀬-Aに関しては、図-3-9-1a~図-3-8-1c、浅瀬-Cに関しては、図3-9-1d~図-3-9-1eに示した。

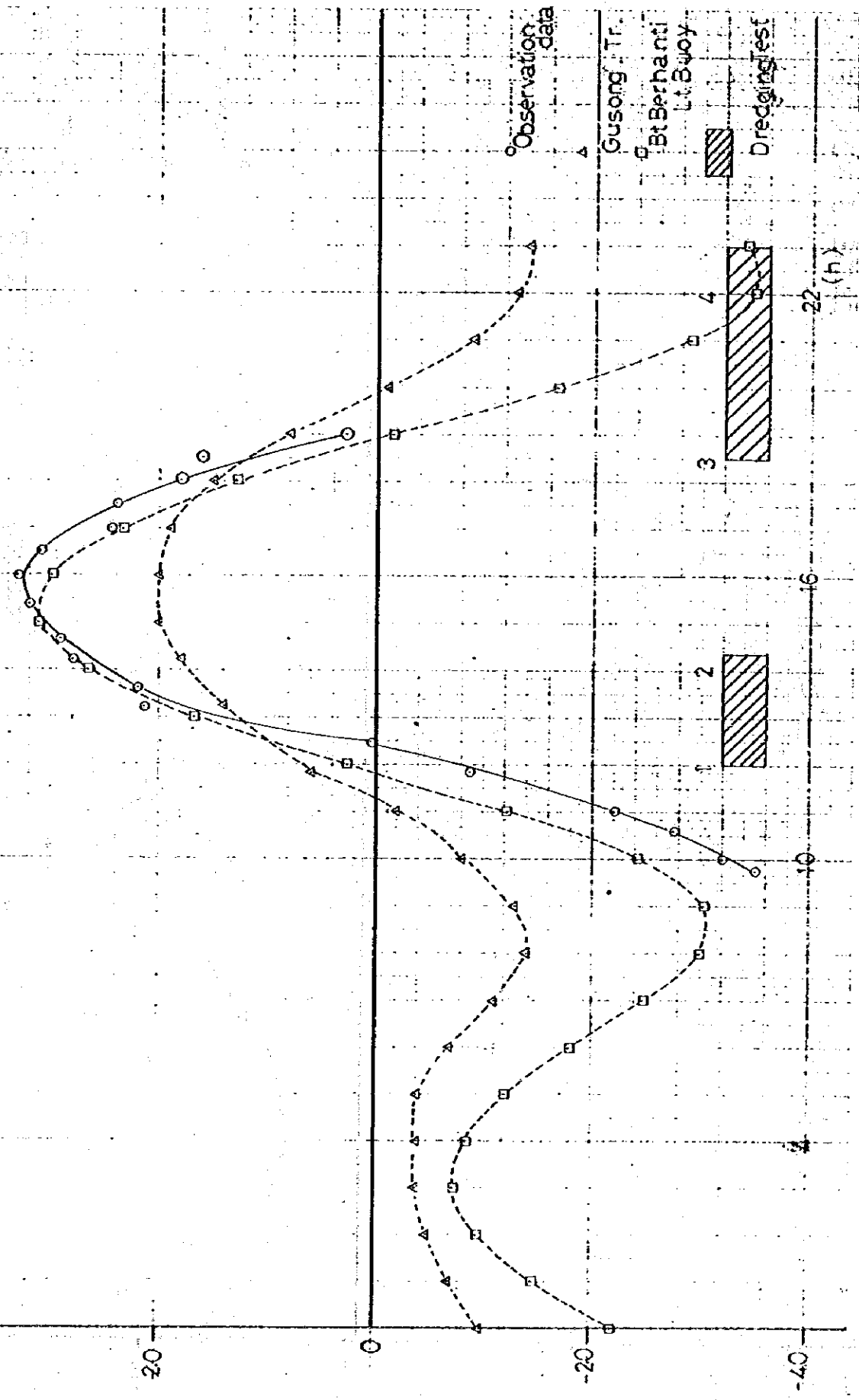
観測の方法は、浅瀬-Aはグラブ船、浅瀬-Cではクレーン船にロープの一端を固定し、海面下1m、5m、10mの深度の流速を測定した。このため観測された潮流はグラブ船(またはクレーン船)の影響を受けていると思われるが、10m層はおおむね実際の流向

(k)

図 3-9-1. 浅瀬-Aの潮流実測結果 (2.Nov.)

(Shoal-A)

DATE 2 NOV 78



DATE 3. NOV. '78

図 3-9-1 b 浅瀬-Aの潮流実験結果 (3 Nov.) (Shoal-A)

(k)

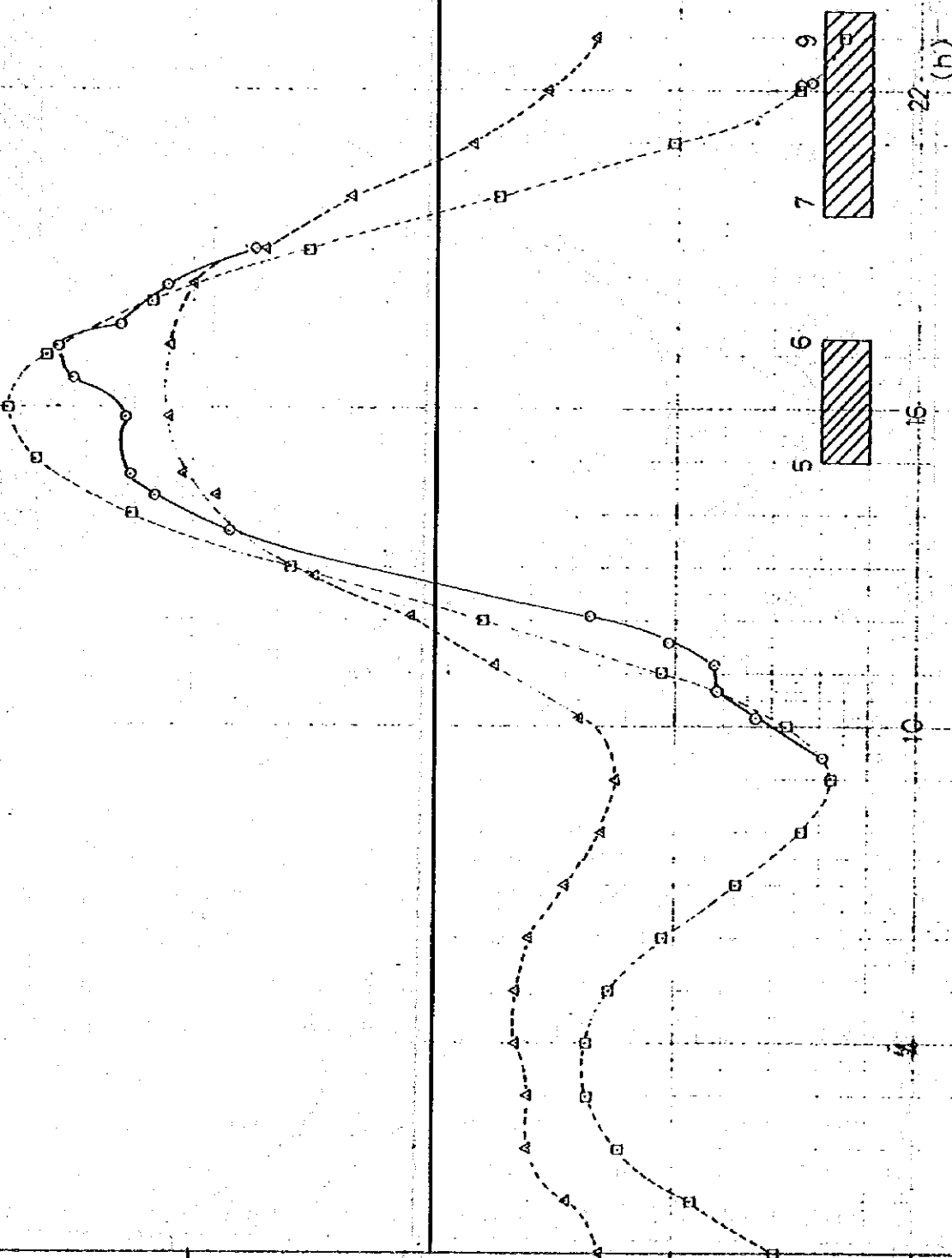
4.0

20

0

-20

-40



○ Observation data

△ Gusong Tr.

□ Bt. Berhanti Lt. Buoy

▨ Dredging Test

22 (h)

15

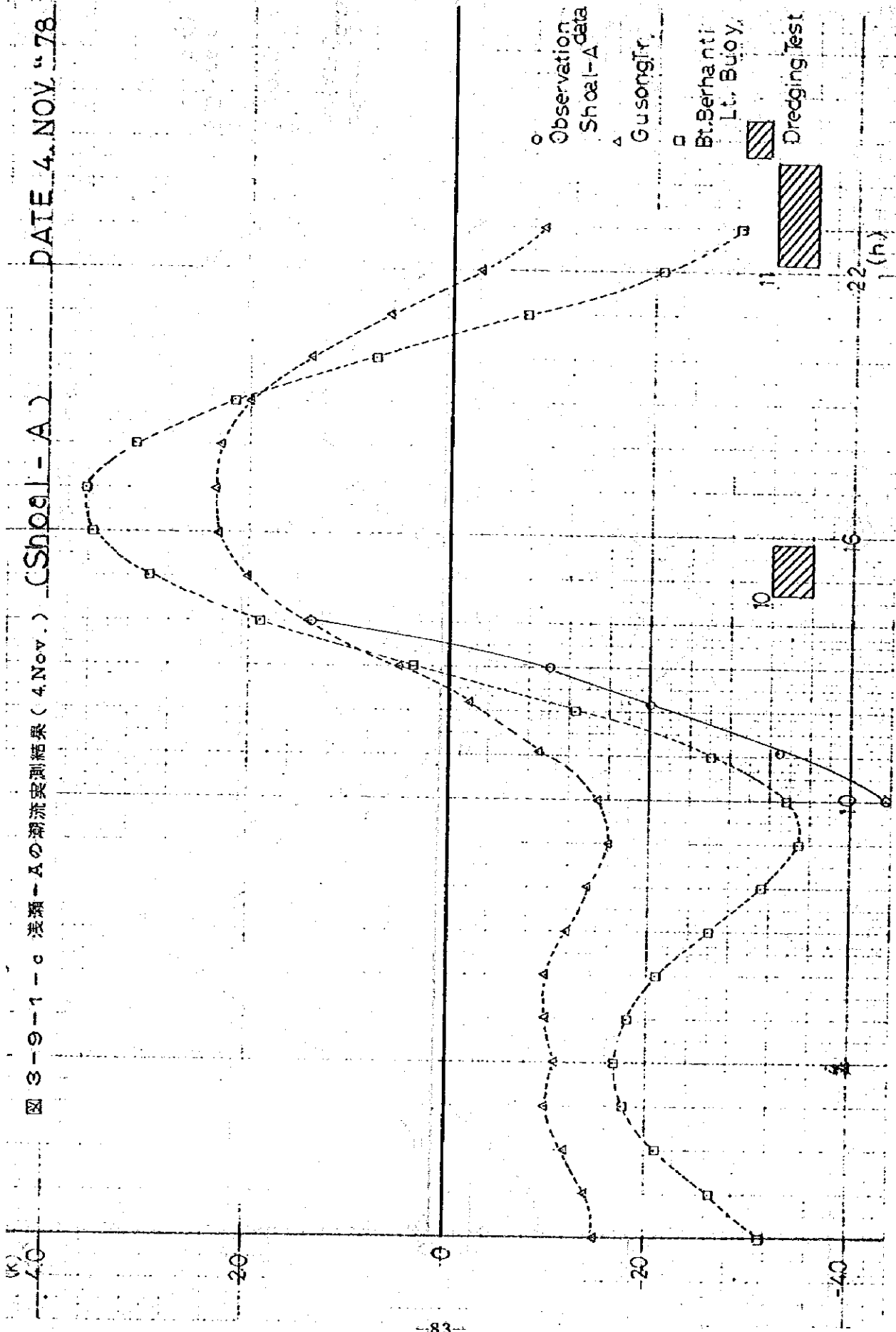
5

6

7

9

図 3-9-1-c 浅瀬-A の潮流実測結果 (4. Nov.) (Shoal-A) DATE 4. NOV. '78

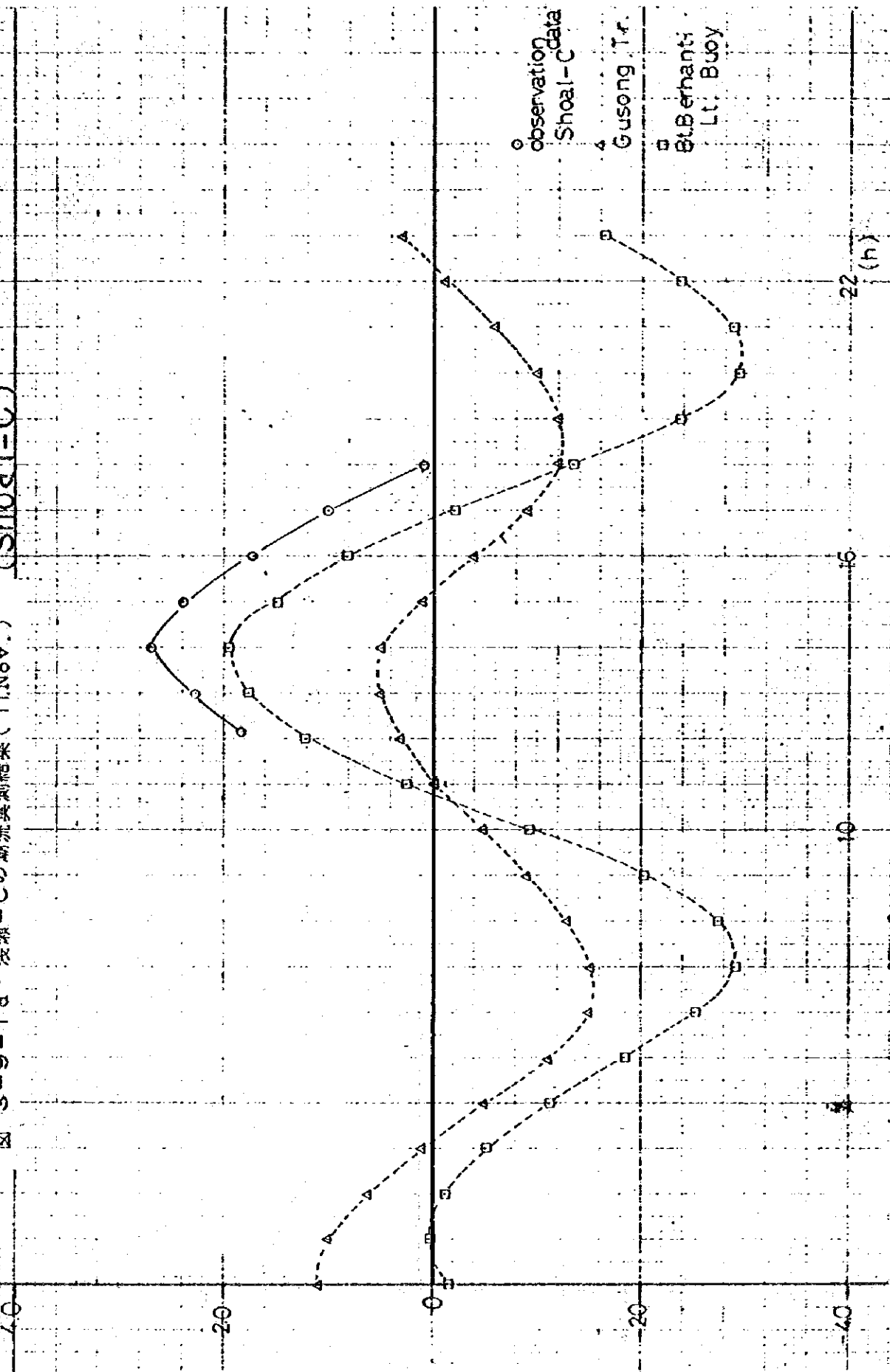


DATE 11 NOV 78

(Shoal-C)

図 3-9-1 d 浅瀬-Cの潮流観測結果 (11 Nov.)

(k)



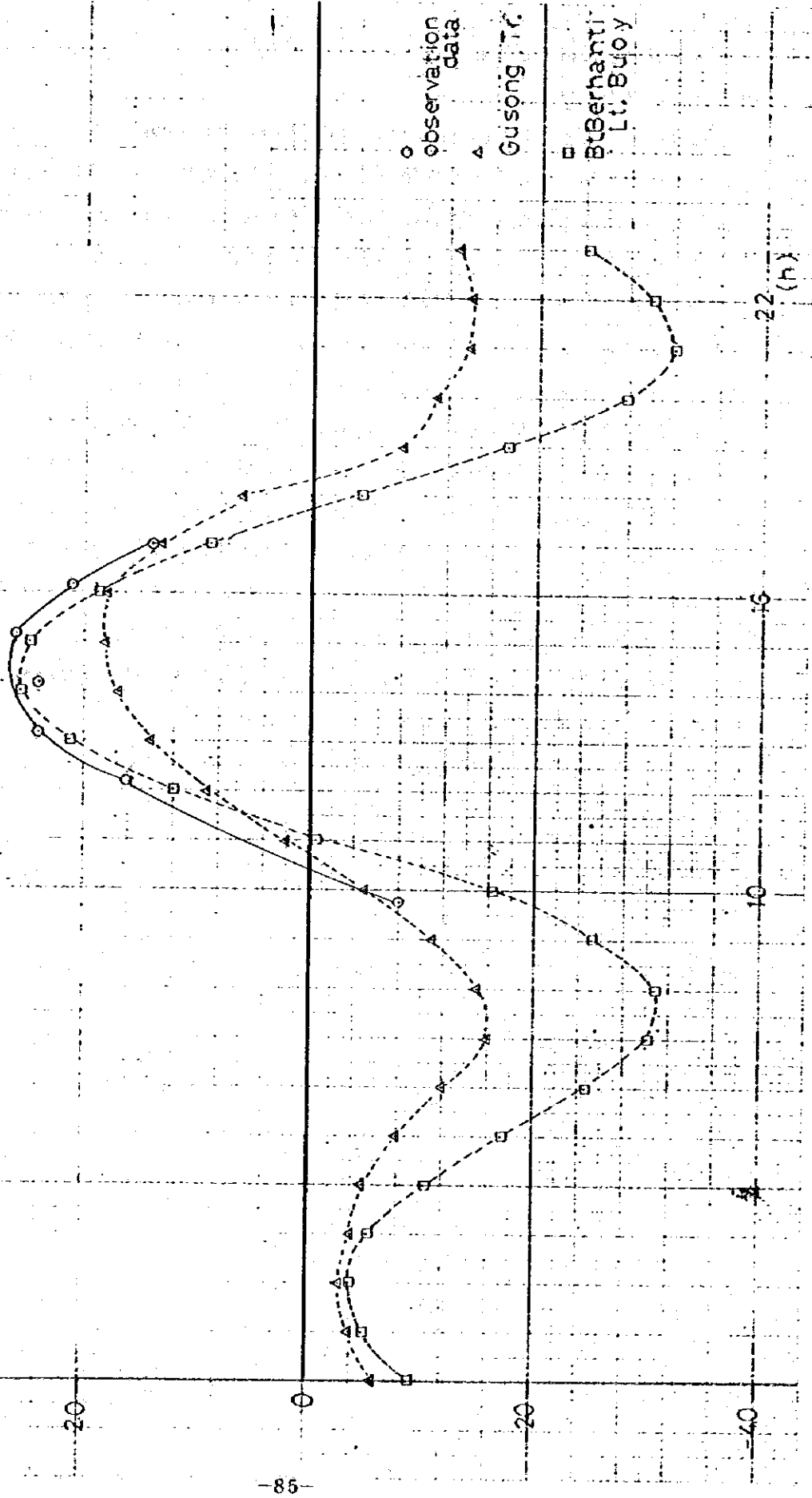
○ observation  
□ Shoal-C  
△ Gusong Tr.

St. Berhants Lt. Buoy

DATE 14. NOV. 78

(Shoal - C)

図 3-9-1 e 浅瀬-Cの潮流観測結果 (14. Nov.)



流速を観測していると思われる。

## (2) 潮流計算の結果

浅瀬-A, Bから約3 km離れた地点のBt. Berhanti Buoyで, 第3次 マラッカ・シンガポール海峡水路測量の際15日間の潮流観測が実施され, 調和解析が行われている。この結果を用いた試掘期間中の流速の計算値及び, PSAのGusong Tower 地点予報値の同じ方向成分のものを各々前述の実測潮流曲線にプロットした。

流速曲線に示されるように浅瀬-A地点の潮流はGusong Tower 地点よりBt. Berhanti Lt Buoyの予報値の方に似ていることがわかる。従って現時点ではBt. Berhanti Lt Buoyの予報値を用いて調査地点の潮流を検討することが適切である。

Bt. Berhanti 地点の四季の潮流および平均大潮期の潮流も求めた。

これによると夏季冬季の大潮期に潮流が速く4knを超えていることがわかる。

また日周潮の成分が強く日等不調が存在しているのが特徴である。シンガポール海峡では偏西恒流が0.9knに達しており, ある時期には東流がほとんどみられない時もあることがわかっている。

平均大潮期の潮流は東流より西流が強いことがあらわれている。

調査海域の潮流は上記の如く複雑な変化をするうえに調査地域の浅瀬付近では地形条件も加わって, さらに複雑な変化をみせると思われる。

浚渫工事に先立ち, 潮流調査を行い, 潮汐予報をしておくことが工事計画を立案するうえで有効と思われる。