社会開発調査部報告書

No. 2

インドネシア国
バンジャルマシン港
航路維持・浚渫計画調査
報告書
(要約)

平成3年3月

国際協力事業団

社講一
91-015

JICA LIBRARY
1090580(0)
22618

インドネシア国
バンジャルマシン港
航路維持・浚渫計画調査
報　告　書
（要　約）

平成３年３月

国際協力事業団
22618

序　文

日本国政府は、インドネシア国政府の要請に基づき、同国のバンジャルマシン港航路維持・浚渫計画にかかる開発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、1988年３月より1991年３月までの間計８回にわたり、財団法人　国際臨海開発研究センター岡部保氏を団長とし、同センターおよび日本テトラポッド株式会社から構成される調査団を現地に派遣した。

調査団は、インドネシア国政府関係者と協議を行うとともに、現地での諸調査および国内での諸作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1991年３月

国際協力事業団
総裁　柳谷　謙介

伝　達　文

国際協力事業団
総裁　柳谷　謙介　殿

拝　啓

ここにインドネシア国バンジャルマシン港航路維持・浚渫計画調査の報告書を提出いたします。

この調査報告書は、国際協力事業団との契約に基づき、財団法人国際臨海開発研究センターおよび日本テトラポッド株式会社が実施した調査結果をとりまとめたものであります。本調査団は昭和63年３月に調査を開始し、それ以降８回にわたって現地調査を実施致しました。

本報告書は、この現地調査およびそれに引き続く国内作業の結果に基づき、インドネシア国バンジャルマシン港の航路における埋没量低減策および維持浚渫効率改善策について、2000年を目標とする総合計画および1995年を目標とする短期計画としてのとりまとめとその実施可能性の検討を行ったものであります。

調査の結果、本プロジェクトの重要性は大なるものがあると判断され、本プロジェクトが早期に実施されることを期待してやみません。

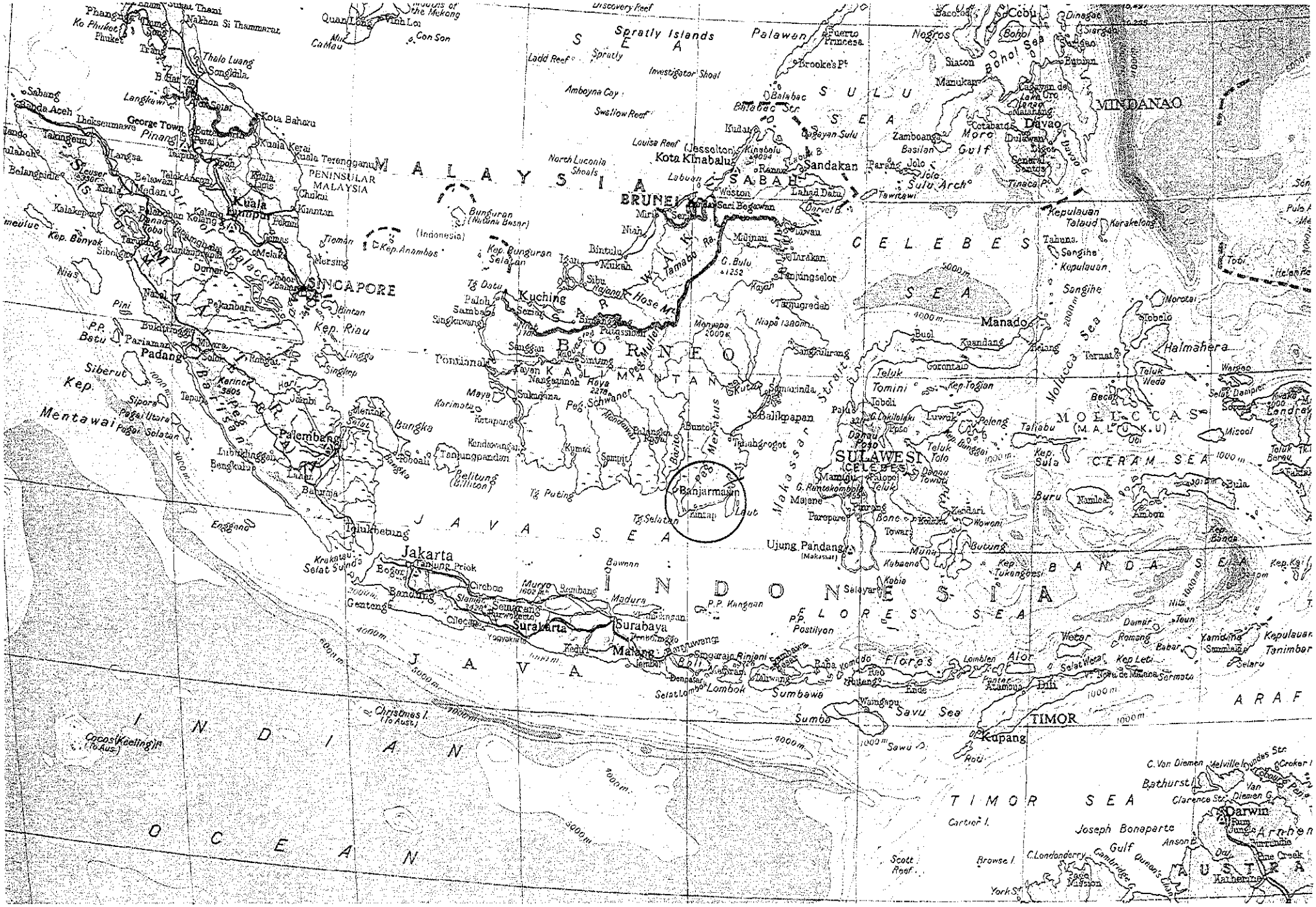
本調査団のインドネシア国滞在中に寄せられた同国政府および関係機関の絶大なる御協力、御支援ならびに御厚遇に対し心から感謝の意を表します。

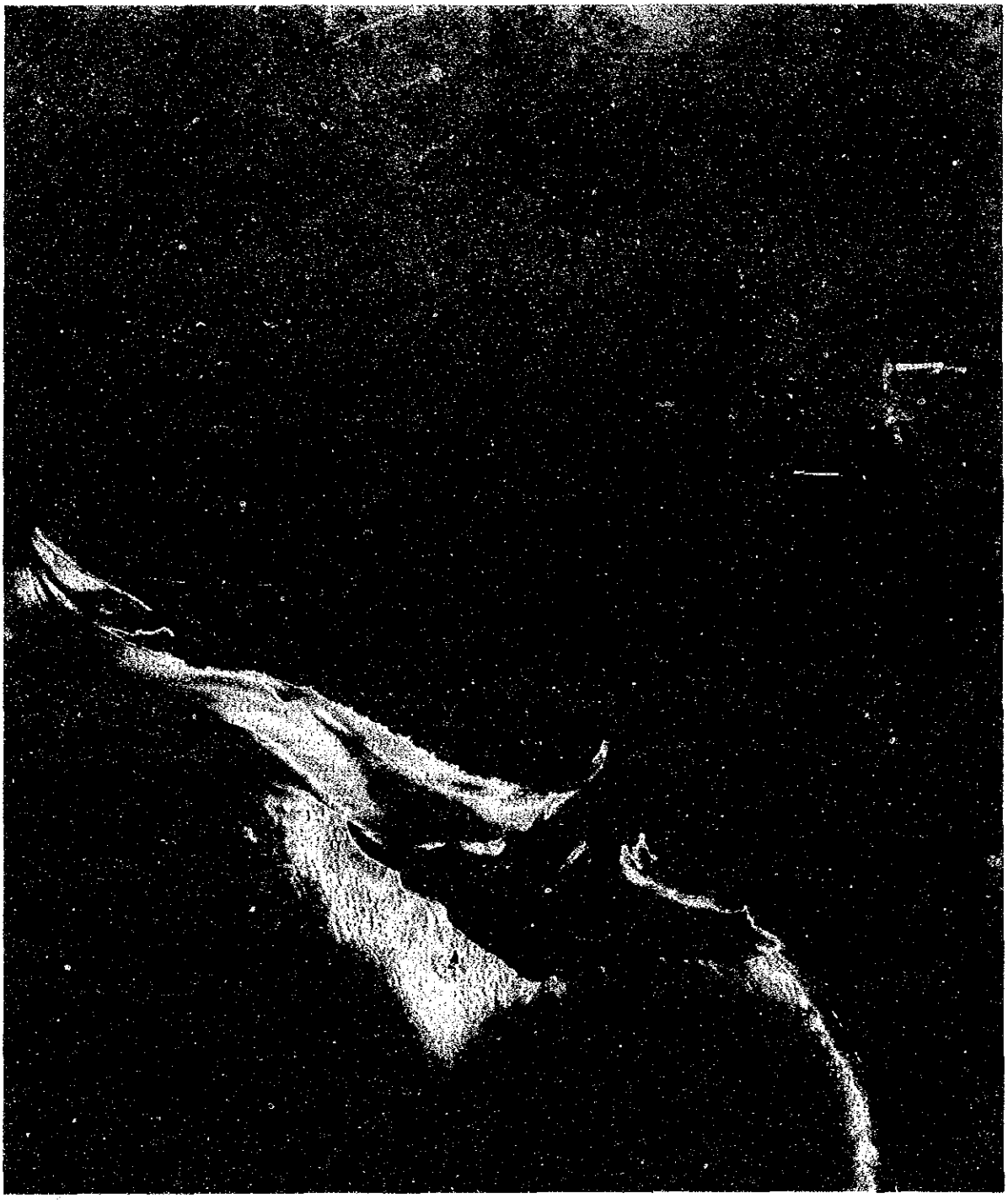
さらに、現地調査および本報告書のとりまとめに当り、有効な御教示、御援助をいただいた国際協力事業団、外務省、運輸省、在インドネシア日本国大使館の皆様に厚く御礼申し上げます。

敬　具

平成３年３月

インドネシア国バンジャルマシン港
航路維持・浚渫計画調査団
団　長　　岡部　　保
（財団法人　国際臨海開発研究センター理事長）


MALAYSIA
SINGAPORE
BRUNEI
SABAH
BORNEO
KALIMANTAN
PENINSULAR MALAYSIA
SULU SEA
CELEBES SEA
SULAWESI (CELEBES)
MINDANAO
MOLUCCAS (MALUKU)
CERAM SEA
BANDA SEA
JAVA SEA
JAVA
INDONESIA
FLORES SEA
TIMOR SEA
INDIAN OCEAN
TIMOR
Palawan
Spratly Islands
Kuala Lumpur
Kota Kinabalu
Kuching
Jakarta
Surabaya
Surakarta
Palembang
Padang
Medan
Manado
Ujung Pandang
Banjarmasin
Balikpapan
Kupang
Darwin
Halmahera
Sumatra

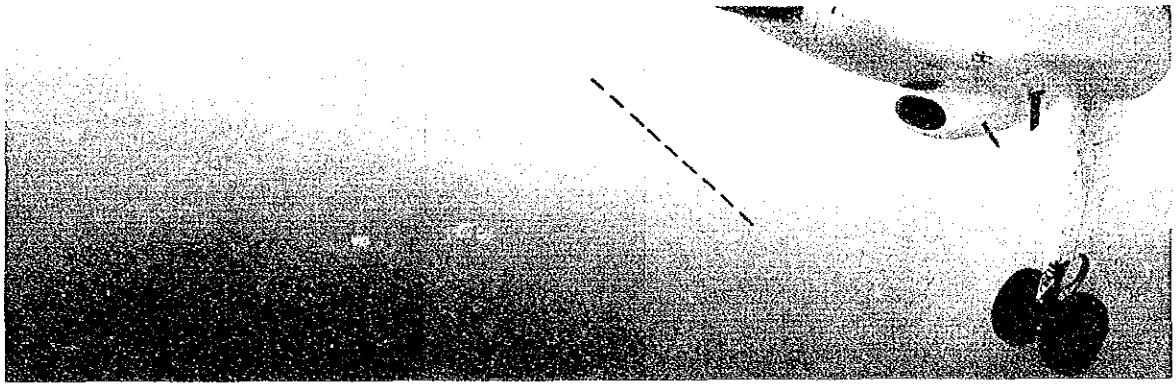


相対濁度（淡）　　（濃）

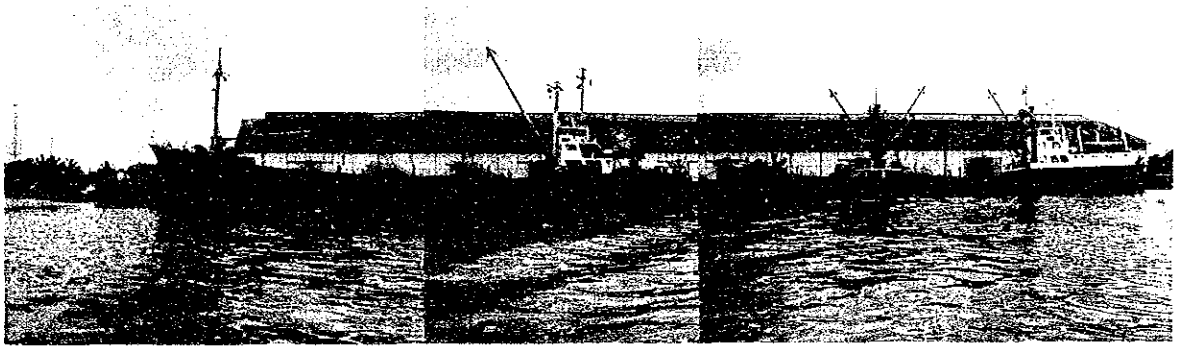
ランドサット衛星写真による濁度分布（1988年6月21日）

相対濁度（淡）　　（濃）

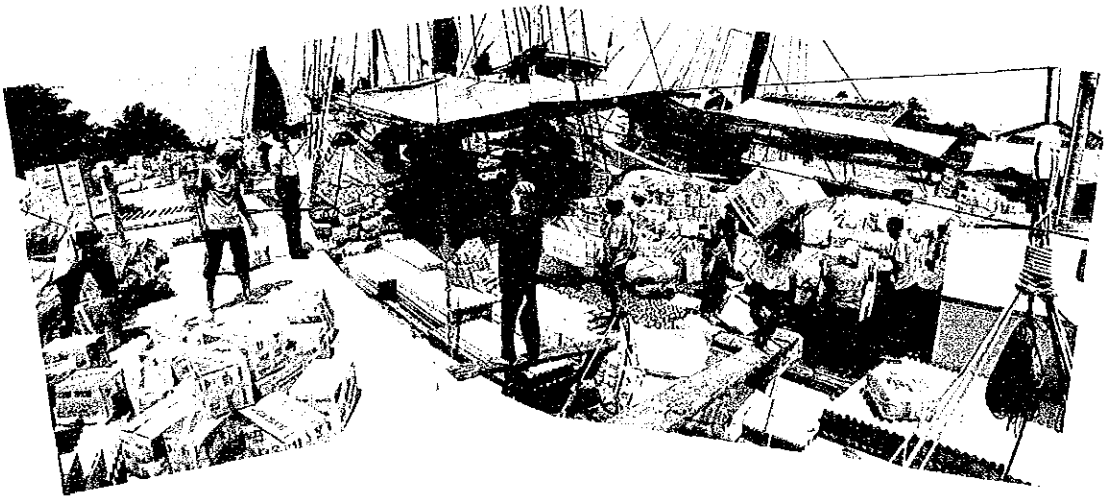
ランドサット衛星写真による濁度分布（1988年6月21日）



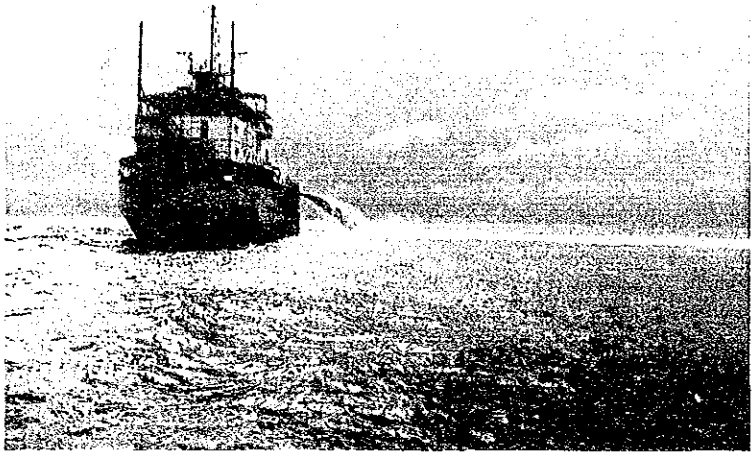
航路全景と河川流の拡散状況(1988年12月9日、南西より河口を望む。点線は航路。)



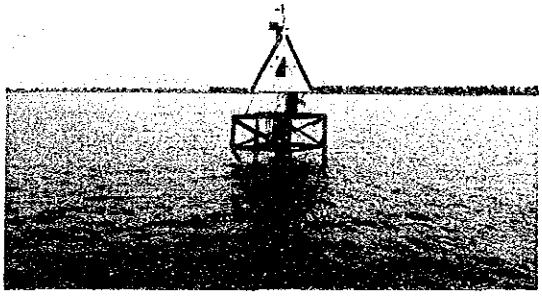
トリサクティ埠頭



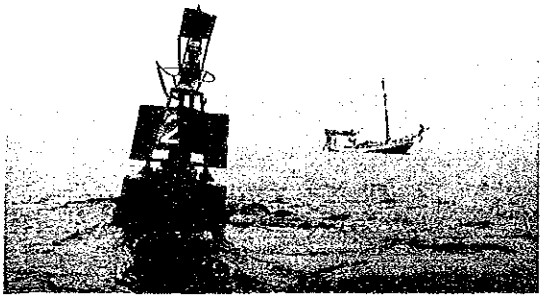
マルタプラ埠頭



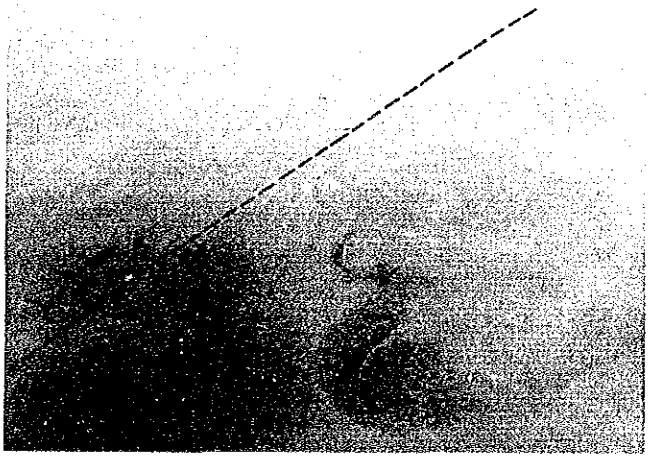
航路維持浚渫中のHALMAHERA



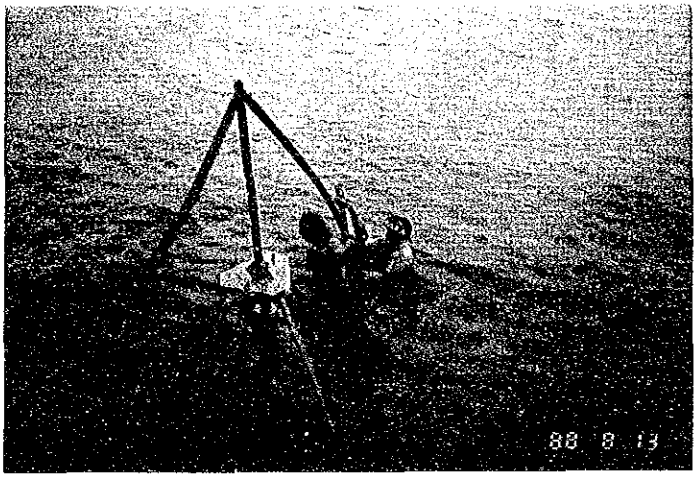
航路標識（前方誘導灯）



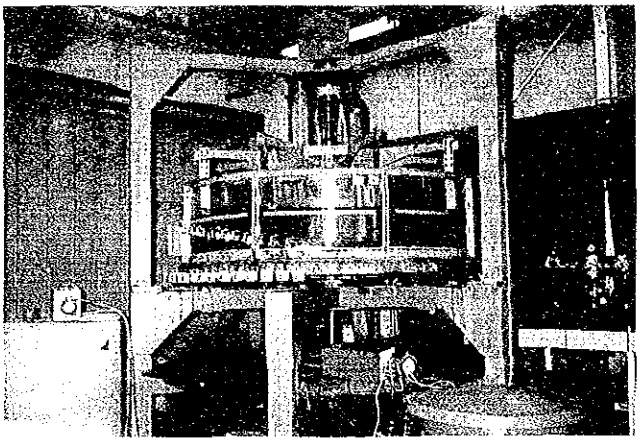
第２ブイと沈座中の帆船



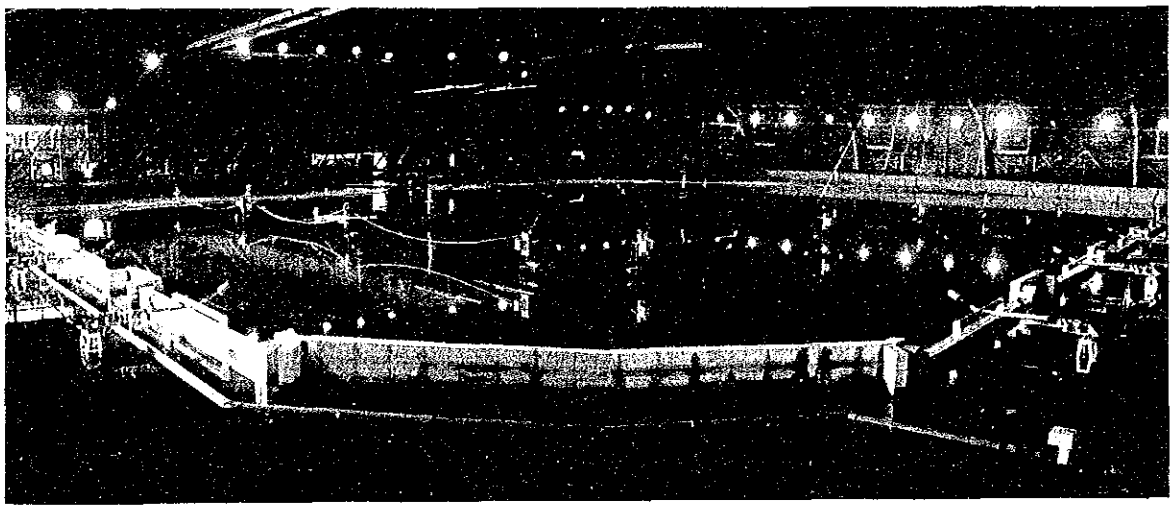
航路西側の砂洲(1989年10月18日、河口より南を望む。点線は航路。)



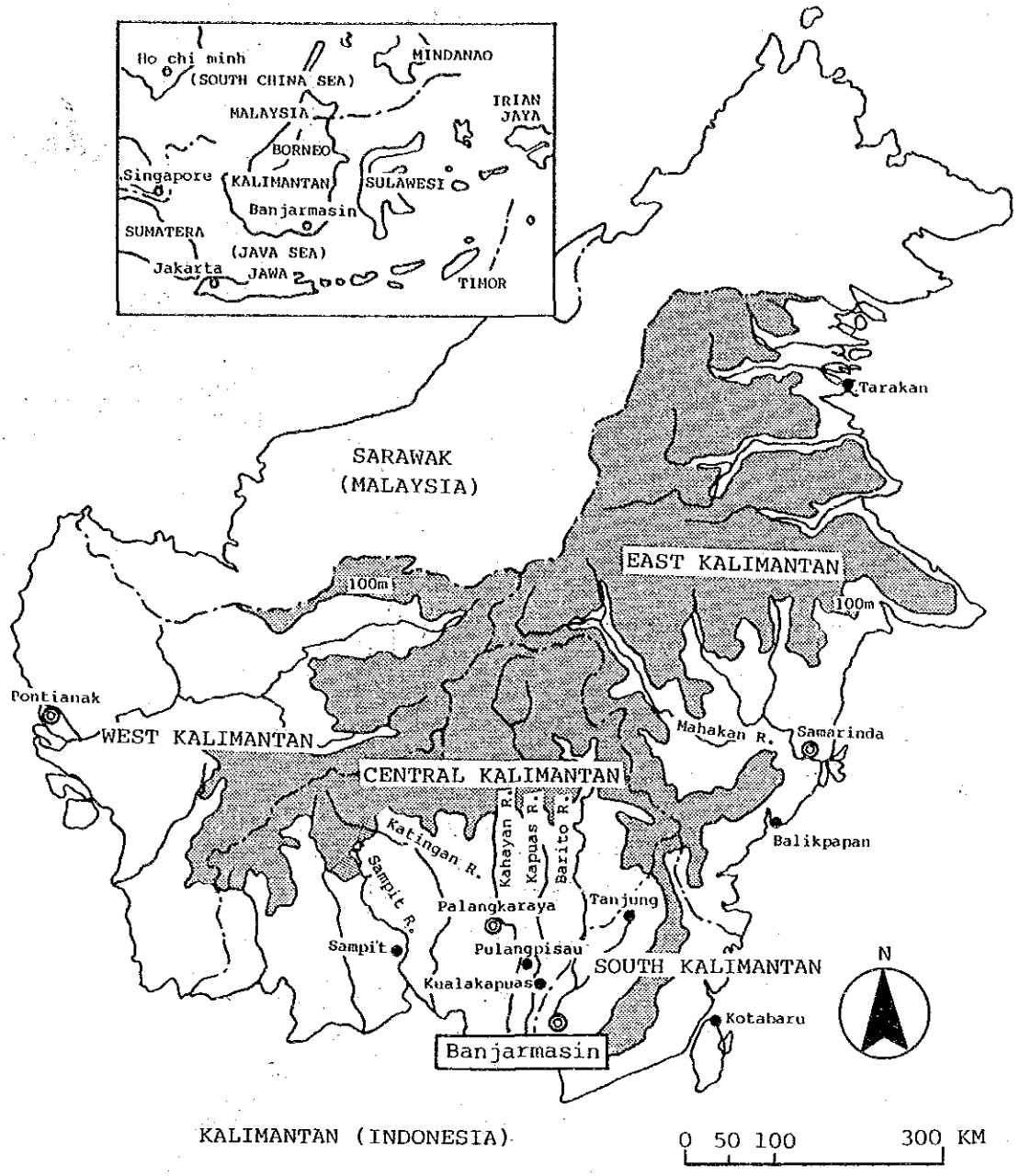
自然条件調査（流速計の設置）



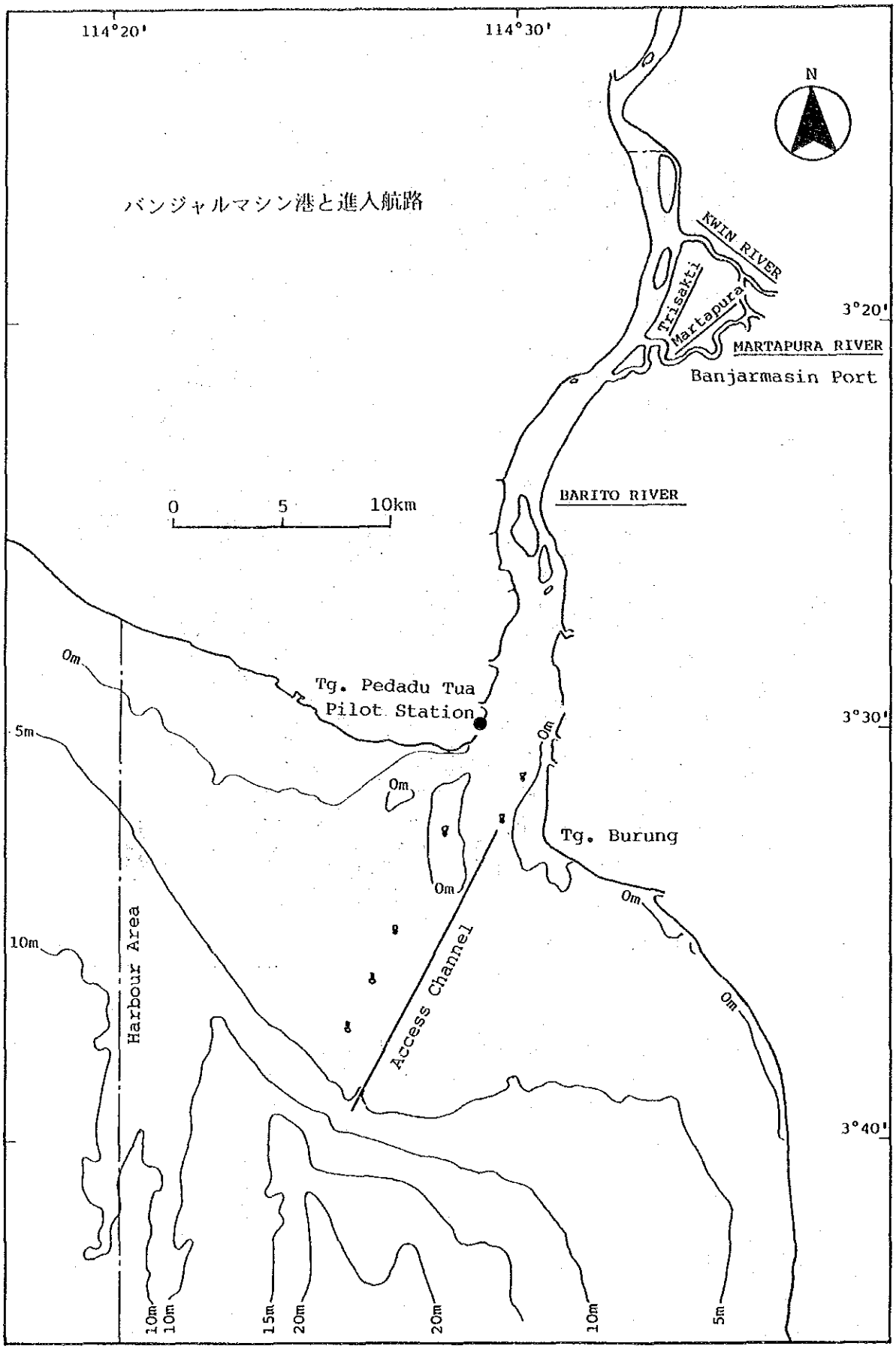
室内試験（流れによる巻上げ試験）



水理模型実験



バンジャルマシン位置図


114°20'
114°30'
N
バンジャルマシン港と進入航路
KWIN RIVER
Trisakti
Martapura
MARTAPURA RIVER
Banjarmasin Port
3°20'
BARITO RIVER
0
5
10km
Tg. Pedadu Tua
Pilot Station
3°30'
Tg. Burung
Access Channel
Harbour Area
3°40'
0m
5m
10m
15m
20m

外貨交換率

1米ドル＝1,849 ルピア

1円　　＝12.69 ルピア

（1990年8月1日）

目　　次

結　　論

勧　　告

第Ⅰ部　序　　論

第１章　調査の背景 …… 9

第２章　調査の目的 …… 9

第３章　調査方法と組織 …… 9

第４章　調査のスケジュール …… 9

第Ⅱ部　港湾、航路および浚渫の現状分析

第１章　港湾および航路の現状 …… 10

第２章　自然条件 …… 11

第３章　航路埋没の現状 …… 15

第４章　航路浚渫の現状 …… 16

第５章　港湾の利用状況 …… 17

第６章　バンジャルマシン港航路浚渫の状況 …… 20

第Ⅲ部　航路計画および維持浚渫の改善策の検討

第１章　航路計画 …… 23

第２章　埋没の低減対策案 …… 25

第３章　航行安全および航行援助施設の改善案 …… 26

第４章　浚渫管理運営の改善 …… 27

第５章　浚渫技術の改善 …… 28

第Ⅳ部　航路埋没対策の効果

第１章　水理模型実験 …… 30

第２章　室内試験および数値シミュレーション …… 33

第３章　埋没対策案の効果 …… 36

第Ⅴ部　対策案の評価

第１章　埋没対策案 …… 40

第２章　浚渫効率改善案 …… 42
第３章　経済性の概略比較 …… 46
第４章　対策案の選定 …… 48

第Ⅵ部　総合計画
第１章　航路および埋没対策計画 …… 50
第２章　浚渫計画 …… 50
第３章　維持、管理および運営計画 …… 52
第４章　概算工費 …… 53
第５章　現在の港湾開発計画の検討 …… 53

第Ⅶ部　第一期計画
第１章　段階計画および第一期計画 …… 54
第２章　施設および機材の予備設計 …… 56
第３章　プロジェクトの実施計画 …… 59
第４章　概算工費 …… 60
第５章　経済分析 …… 62
第６章　財務分析 …… 63
第７章　管理運営計画 …… 64
第８章　プロジェクト実施に係わる留意点 …… 65

表 目 次

Table No.	Title	Page
Table II- 1	Present Allocation of Function for Management and Operation of Maintenance Dredging	16
Table II- 2	Past Records of Shipping by Ship Type	19
Table III- 1	Summary of the Projection of Future Cargo	24
Table III- 2	Forecast of the Number of Ship Calls	24
Table IV- 1	Results of Siltation Forecast by Hydraulic Model Tests	37
Table IV- 2	Results of Siltation Forecast by Numerical Simulations	38
Table V- 1	Candidate Alternatives and Estimated Siltation Volume	41
Table V- 2	Costs of Siltation Reduction Plans	42
Table V- 3	Costs of Making Turning Basin	44
Table V- 4	Costs of Dredging Equipment and Machinery	45
Table V- 5	Cases for Comparison of Channel Size	46
Table V- 6	Internal Rate of Return of Each Channel Size	46
Table V- 7	Internal Rate of Return of Each Siltation Reduction Plan	47
Table V- 8	Effects of Dredging Efficiency Improvement Plans	48
Table V- 9	Evaluation of Candidates for Siltation Reduction	49
Table VI- 1	Project Cost of the Comprehensive Plan	53
Table VII- 1	Project Cost of the First-stage Plan	61
Table VII- 2	Annual Investment Cost of the First-stage Plan	62
Table VII- 3	Results of EIRR Calculation	63
Table VII- 4	Results of FIRR Calculation	64

図 目 次

Fig. No.		Title	Page
Fig.	II- 1	Flow Pattern of Surface Current (Ebb Tide)	13
Fig.	II- 2	Annual Change of Discharge Volume, Quantity of Suspended Material and Rainfall	14
Fig.	II- 3	Progress of Siltation along the Channel Center	15
Fig.	II- 4	Related Organizations of the Maintenance Dredging at Banjarmasin	20
Fig.	IV- 1	Layout of the Model	30
Fig.	IV- 2	Concentration of Tracer in the Channel	32
Fig.	IV- 3	Mesh Map around the River Mouth	34
Fig.	IV- 4	Actual and Simulated Siltation (Discharge 3,500m^3/sec Case I-1)	35
Fig.	IV- 5	Effect of Submerged Walls (dotted line) and Principal Plan (solid line) (Discharge: 5,000m^3/sec, Distance between Walls: 270m)	35
Fig.	VI- 1	Arrangement of Submerged Walls and Navigational Aids (Comprehensive Plan)	51
Fig.	VII- 1	Arrangement of Submerged Walls and Navigational Aids (First-stage Plan)	55
Fig.	VII- 2	Structural Plan of Submerged Walls	58
Fig.	VII- 3	Project Schedule of the First-stage Plan	59

結論と勧告

結　　論

このバンジャルマシン港航路維持・浚渫計画調査は、当該航路の埋没量低減策の開発、維持浚渫の効率改善策の開発、および2000年にむけての総合計画ならびに1995年までの第一期計画の策定を目的として1988年に開始されたものである。本調査の結論は次のとおり要約される。

1.　バンジャルマシン港航路維持対策の重要性

バンジャルマシン港航路の埋没はインドネシアでも最も厳しいものと位置づけられる。従来、水深６ｍ幅員60ｍを維持するために年間約３百万㎥の維持浚渫が必要であると考えられてきた。実際には、毎年２百万～３百万㎥の浚渫がなされてきたが、上記の断面を維持することはほとんど不可能であった。この調査での分析の結果では、必要な維持浚渫量は４百万㎥以上に達し、もし当初計画の水深６ｍ幅員 100ｍに維持しようとすれば年間５百万㎥をこえる浚渫が必要となると推定される。

一方、この港の取扱貨物量と入港船舶数は過去５年間に劇的に増加した。すなわち、それぞれ年率11.3％と 5.1％の増加である。しかるに、同期間中の平均船型は大きくなっていない。これは航路水深の制約のためと考えられる。航路内の事故も少なからず発生している。具体的には過去４年半に沈没、衝突、座礁等21件にのぼっている。さらに、小さな乗りあげ事故は頻発しているとみられる。

将来についても貨物量とコンテナ化は増加することが期待されている。そのため、トリサクティ地区においては水深９ｍ延長120ｍおよび水深５ｍ延長350ｍの岸壁を増設する開発プロジェクトが行われており、1991年末までに完成する予定である。

このように、港湾開発計画に調和した航路を維持し、将来の交通量に適合し、かつ航行の安全を確保することは必須のことである。これを実現するために埋没量の低減と浚渫効率の改善により維持費用を削減することが重要であり、それは当港のみならずひいてはインドネシアの経済発展に貢献するものである。

2.　航路計画目標

本調査で行った需要予測およびその他の分析に基づき、航路の計画目標は次のとおりとする。

ａ．貨物量および船舶交通量

1995年	貨物量	680万トン／㎥
	船舶交通量	9,600隻
2000年	貨物量	890万トン／㎥
	船舶交通量	10,600隻

b．2000年までの計画対象船型

コンテナ船をふくむ6,500総トン（10,000重量トン）級貨物船

c．航路規模

水深　DL－6m、幅員 100m、法面勾配 1/8および1/10

3. 埋没量低減策

次の代替案を選定し、それらの航路埋没量低減効果を評価した。

現法線について

(1) 基本案（水深6m、幅員100m、対策施設なし）

(2) 潜堤案（延長、位置、高さ、間隔等各種）

(3) 導流堤案（延長3,100m）

(4) トラップ案（追加幅員70m、対策施設なし）

(5) 長突堤（海岸突堤）案（延長6km）

新法線について

(6) 新南北法線案（水深6m、幅員100m、対策施設なし）

上記の代替案との比較のため

(7) 現状（水深6m、幅員60m、対策施設なし）

(8) 拡張案（水深8m、幅員120m、対策施設なし）

1年間にわたる自然条件の現地調査の結果と底質特性についての室内試験の結果に基づき、埋没防止効果を次の方法により評価した。

a．数値シミュレーション（多層浮遊・拡散モデル）

b．水理模型実験（三次元密度流モデル）

c．a．とb．の複合（a．および流泥（fluid mud）モデル）

代替案の比較と評価は計画の健全性、技術上の実現可能性、および投資の効率性の面から行い、その結果長い潜堤（水深6m、幅員100m、潜堤間隔240m、海底からの高さ1.5m、延長Spot No. 2,000～13,000、埋没量低減効果約45%）を航路両側に設置する案

を2000年への総合計画として、また不連続な潜堤（断面同一、延長Spot №3,000～7,000および№10,000 ～13,000、埋没量低減効果約30%）を1995年までの第一期計画の埋没量低減策と結論した。

4. 浚渫効率改善策

浚渫作業、機材、測量、施工管理、管理運営の改善に関する多くの方法が技術的実現性と費用節約の観点から検討された。

次の方法が効果的でかつ実現可能性があると結論された。

a．回頭泊地の航路中央部での設置（浚渫効率の改善約17%）

b．ドラグヘッドへの鋤の取付（同約14%）

c．測量機器を装備した排土板付曳船の導入（同約５%）

d．ドラグヘッド位置表示装置の装備

e．測定計器、高速測量船１隻、パーソナルコンピューター、測量やぐらおよび検潮柱２本の導入

管理運営面からの他の方法として、機材の維持修理の合理化、迅速なスペアパーツの調達、組織、人事、手続の改善等があげられる。

5. 総合計画

2000年にむけて、埋没土量を低減するために航路両側に潜堤(Spot №2,000～13,000)の建設を計画した。

航行安全確保のために航行援助施設の配置とパイロットボート１隻の調達を計画した。

浚渫効率改善策として上記4.ａからｅにあげた方法を計画した。

以上の総費用は51.1百万米ドルと概算される。

6. 第一期計画

1995年にむけて、埋没低減策としては、総合計画の内比較的埋没の多い部分を遮蔽するものとして航路の両側に２組の潜堤(Spot №3,000～7,000と10,000～13,000）の建設を計画した。

航行安全策は、その重要性と緊急性により総合計画において規定したものと同じものを計画した。

浚渫効率改善策は、その顕著な効果に鑑み、既述の4.ａからｅを第一期計画で実施する。

以上の総費用は37.8百万米ドルと概算される。

本計画の経済的内部収益率（ＥＩＲＲ）は13.2%、財務的内部収益率（ＦＩＲＲ）は5.0%であり、第一期計画の実施は妥当であると判断される。

勧　告

この調査で得られた知見と分析をもとに、計画の成功裏の実施と当港の発展に資するため、本調査団はインドネシア政府に対し次のとおり勧告する。

1. 航路維持の基本方針

バンジャルマシン港の航路は、水深6m、幅員 100mの断面で計画し、維持するべきである。

不連続潜堤による埋没量低減策、航路航行安全対策、および浚渫効率改善策からなるここで提案した第一期計画は、その重要性と効率性に鑑み、実施するべきである。

2. 埋没量低減策

実施計画は予備調査から追跡調査に至るまでの事業期間を通じてのエンジニアリングサービスの重要性に十分配慮し、準備する必要がある。潜堤の計画に当っては、詳細なボーリングと設計条件の再チェックに基づき詳細設計を注意深く実施しなければならない。風、潮汐、波、潮流、河川流量、浮遊物質、底質、海底地形についての定期的な観測は、この調査で供与された機材と本プロジェクトで調達される機材を有効に利用して、適切な間隔でできるかぎり長期にわたって実施するべきである。

潜堤の建設もまた注意深くかつ柔軟に実施されなければならない。海底の堆積や浸食からの潜堤の機能の保全に留意して、その局所的な適応性と設計あるいは施工の建設段階における改善の可能性を確かめるために、段階的な建設方法と監視調査を計画するべきである。

潜堤の機能と効果を確かめ、さらに維持補修の必要性について判断するために、追跡調査が実施されるべきである。

今後も航路埋没に関する資料の収集、統計の整備、特性の解析を続けるあらゆる努力を払うことを提言する。

3. 浚渫効率改善策

機械的な面からいえば、スペアパーツ、経過記録、維持点検基準等の準備を通じて、浚渫機材の維持修理を円滑かつ効果的に行う必要がある。

作業面からは、潜堤の外側への横吹き浚渫および河口土捨について、それらの効果と

影響を知るために試行すべきである。浚渫の計画と施工に関し、測量方法を改善しその精度を増すためにあらゆる努力をすることは基本的に重要なことである。

管理の面からは、機材の維持修理についてのモニタリングシステムの導入および訓練計画の拡充は、政府の浚渫担当部局の陣容ならびに組織の強化とともに推進すべきである。

コンピュータ化された管理システムの導入が推奨される。実施機関すなわち浚渫公社は煩雑な手続きの合理化、維持修理計画の確立、スペアパーツの迅速な調達等に努力するべきである。

4. 財務上の方策

政府がこの調査で見積られた航路維持浚渫量を毎年浚渫できるだけの財源を確保するべきことは当然のことである。

これはインドネシア国の基本的な国のプロジェクトの一つであるので、その財源には有利な条件のものが充当されるべきである。

5. 航路航行安全対策

航路の利用者、例えば水先案内人、船員、船社代理店等の要望を聞きつつ彼らの協力を得て、政府は航行援助施設を良好な状態に保ち、また航行安全の指導や規制を、特に小型船やはしけについて、強化しなければならない。

潜堤と船舶の衝突を防ぐためあらゆる方法がとられるべきであり、建設期間中においては安全で円滑な船舶の通行を確保しなければならない。

6. 調査結果の応用

バンジャルマシン港と同様な埋没と浚渫の問題に悩まされている他の港に関する計画、施工、調査、および研究に適用できるような本調査で新たに発見された現象や知識、開発された解析の方法、あるいは効果的な対策等、この調査の結果の活用が推奨される。

7. 調査機器の有効利用

本調査で調達された調査機器もまたできるかぎりインドネシアでの観測に役立てるべきである。

8. 統計の充実

港湾統計は、例えば貨物量の単位、コンテナ貨物の分類、通過船舶の取扱い、海難の記録等に関して、充実改良し、港湾開発政策の策定に反映されるべきである。

要　　約

第I部　序　論

第1章　調査の背景

バンジャルマシン港は、バリト川の河口から約26km上流に位置している。その河口から沖の浅瀬に14kmの長さの進入航路（以下、特に河川航路と区別する必要がある場合を除き、単に「航路」と呼ぶ）があり、多量の航路埋没（Siltation ）に悩まされてきた。毎年の維持浚渫量は2百万ないし3百万m³にのぼっている。そのような努力にもかかわらず、航路の計画水深を維持するのは難しく、経済的に大きな負担となってきた。

このような状況に鑑み、インドネシア政府は1985年に日本政府に対し、当航路のシルテーション問題を緩和するための技術協力を要請した。

第2章　調査の目的

本調査の目的は以下のとおりである。

－バンジャルマシン港航路の埋没土量の低減方策の開発

－維持浚渫の改善方策の開発

－当該航路の埋没対策の総合計画と第一期計画の策定

第3章　調査方法と組織

調査の主な方法および項目は、現状分析、自然条件現地観測、埋没量低減および浚渫効率向上のための代替案の計画、水理模型実験および数値シミュレーションによる埋没低減効果の検討、総合計画および第一期計画のとりまとめである。

調査は財団法人国際臨海開発研究センター（OCDI）および日本テトラポッド株式会社(NTC)との共同企業体が当り、調査団は13人の専門家で構成された。

第4章　調査のスケジュール

調査は、実質的には1988年4月より1991年3月の間に実施された。その間、調査団は8回にわたりインドネシアで現地調査を行い、セミナーあるいはトレーニングを総計6回実施した。

第Ⅱ部　港湾、航路および浚渫の現状分析

第１章　港湾および航路の現状

(1) 社会経済条件

バンジャルマシン港の背後圏は、南カリマンタン州の西部および中カリマンタン州の東部を含んでいる。そこにおける人口は2,762千人（1985年値、以下同じ）であり、そのうちバンジャルマシン市の人口は432,657人である。主要な産業部門は、農業、林業および漁業である。

(2) 現在の組織

インドネシアの港湾および航路は運輸省（MOC)の管轄下にあり、その下の海運総局（DGSC）内の港湾浚渫局が港湾施設、機械、サービス、水先案内、浚渫を所掌している。運輸省傘下に地方運輸事務所（KANWIL）が各州にあり、港湾管理事務所（ADPEL）が主要港におかれている。バンジャルマシン港の管理は第Ⅲ港湾公社（Perumpel Ⅲ）のバンジャルマシン事務所が行っている。

(3) 港湾・航路の過去・現在の状況

バンジャマシン港には、２つの臨港地区がある。すなわちトリサクティ埠頭（岸壁延長 320m、実水深約９m）およびマルタプラ埠頭（同288m、約５m）である。目下、トリサクティ地区で岸壁拡張（同＋120m、９mおよび＋350m、５m）のプロジェクトがアジア開発銀行（ADB)他の援助で1987年より始まっており、1991年中に完成の予定である。

河口外の進入航路は現在14kmの延長がある。本航路には1975および1976年に水深６m、底幅 100mに浚渫された。それ以来、毎年維持浚渫がなされてきたが、埋没量が多くかつ浚渫土量も限られていたため、平均的には水深５m、底幅60m程度以下にしか維持されてこなかった。

第２章　自然条件

(1)　調査目的

バリト川河口域のシルテーション機構を解明するための基礎資料を得るために総合的な現地調査が、1988年９月から1989年９月までの１年間にわたりバンジャルマシン港の周辺や沿岸域において実施された。調査により得られたデータは、シルテーション現象を明らかにするためや様々なシルテーション防止対策の効果を評価するための水理模型実験と数値シミュレーションに極めて有用なデータとなった。

(2)　調査実施体制

現地調査は、調査団監督の下にJICA貸与の種々の最新の調査機器と一部現地調達の機器を用いてインドネシア国のローカル・コンサルタントにより実施された。得られたデータは、調査団により最終的に分析・処理された。

なお、JICAの調査機器は、調査終了後、インドネシア政府に贈与された。

(3)　調査項目および内容

1)　基準点測量および船位測定

調査初期の段階において、調査船の船位測定の基準とするため、バリト川の河岸や河口部の沿岸域に多くの基準点が設けられた。

船位測定は、原則として、高精度の電波測位機により実施された。

2)　総合調査

総合調査は、イ）沿岸域の潮流調査　ロ）バリト川三角洲上の底層流調査　ハ）バリト川河口域の流況パターン調査　ニ）三角洲域の流速・濁度調査　ホ）三角洲域の底質・塩分および懸濁物質調査から構成され、1988年９月～10月（乾季）、1989年１月～２月（雨季）および1989年４月～５月（移行期）の３回実施された。それぞれの調査期間は、約１ケ月間であった。

3)　月１回調査

月１回調査は、イ）進入航路の塩水くさび調査　ロ）バリト川の河川流量および懸濁物質輸送量調査　ハ）航路の底質調査　ニ）深浅測量による進入航路の埋没土量調査から構成され、概ね毎月、合計12回実施された。

4)　通年調査

通年調査は、イ）バリト川の河口にあるパイロットステーションと進入航路先端

部の２個所での潮位観測　ロ）パイロットステーションでの風向・風速観測　ハ）進入航路先端部での波浪観測からなり、それぞれ自記式の観測装置により１年間観測された。

5)　広域海底地形調査

バリト川河口域全面の東西方向40km南北方向30kmの広域の海底地形調査は、精密音響測深機により２回実施された。１回目の調査は1988年12月から1989年６月にかけて、２回目の調査は1989年６月から９月にかけてそれぞれ行なわれた。

6)　土質ボーリング調査

土質ボーリング調査は、進入航路周辺の３個所において海底面下約20mまで実施された。

7)　海底面の定義調査

海底面を様々な測定器（レッド、流向流速計、２周波数を備えた音響測深機、柱状採泥器等）によりとらえ、それらの相違を検討しようとする調査は、進入航路内外において３回実施された。１回目は1989年５月に、２回目は1989年６月に、また３回目は1989年８月にそれぞれ行なわれた。

8)　底質採取

運輸省港湾技術研究所において底質の沈降・舞上り特性等を把握するために行われた特殊な土質試験に供するために進入航路から 400リッターの底質を採取し、日本国へ輸送した。

9)　既存資料の収集および解析

自然条件に係る既存資料（例えば、進入航路の深浅図、風・雨量観測データ、ランドサットデータ等）をインドネシア国あるいは日本国において収集し、それらの解析を行った。

(4)　調査結果

上記の現地調査の結果は、プログレスレポート(1)から(3)とインテリムレポート(1)に取りまとめられた。さらに、詳細な調査結果は、自然条件総合解析報告書（1990年３月）に取りまとめられた。

調査結果の主要点は、ファイナルレポートの第２部第２章に要約されているが、ここでは調査の主要な成果について以下に略述することにする。

1)　バリト川河口域周辺の流れの状況が明らかにされた。特に、明らかになったバリト川河口からの表層流のパターンは、極めて特徴的なものであった（図Ⅱ－１参照）。

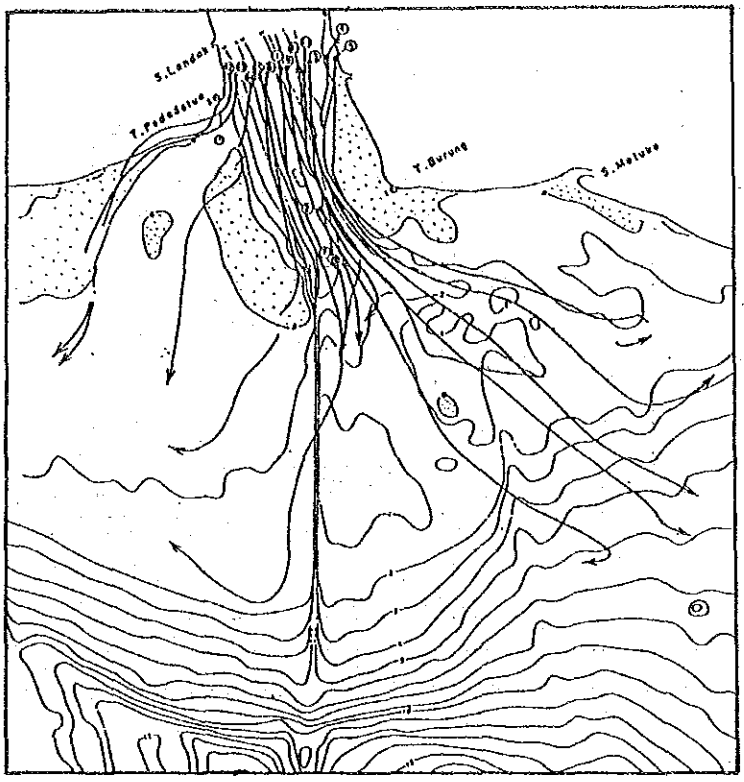


Fig. II-1 Flow Pattern of Surface Current
(Ebb Tide)

2) バリト川や河口域周辺の底質分布が明らかにされた。

3) 塩水くさびが形成される場所の概要が、時期（例えば季節）別に明らかにされた。

4) 1年間の河川流量と懸濁物質輸送量の変化が明らかにされた（図Ⅱ－2参照）。また、それらの変化は、雨量変化と対比された。

5) 進入航路の年間の埋没量変化が明らかにされた。しかしながら、ほとんどの調査期間を通じて実施されていた浚渫作業のため、自然状態での埋没量の観測は浚渫休止期間（1989年2月28日～5月24日）中しかできなかった。

6) 上記浚渫休止期間中に、周波数210kHzと33kHzの音波の反射面で識別できるいわゆる流泥（fluid mud)の発達が認められ、その発達状態が追跡された。

7) パイロットステーションと進入航路先端部の1年間の潮位観測データに基づいて潮汐調和定数が算出された。その定数から両地点とも日周潮型であることが明らかになった。

8) パイロットテスーションの風と進入航路先端部の波の1年間の傾向が明らかにされた。

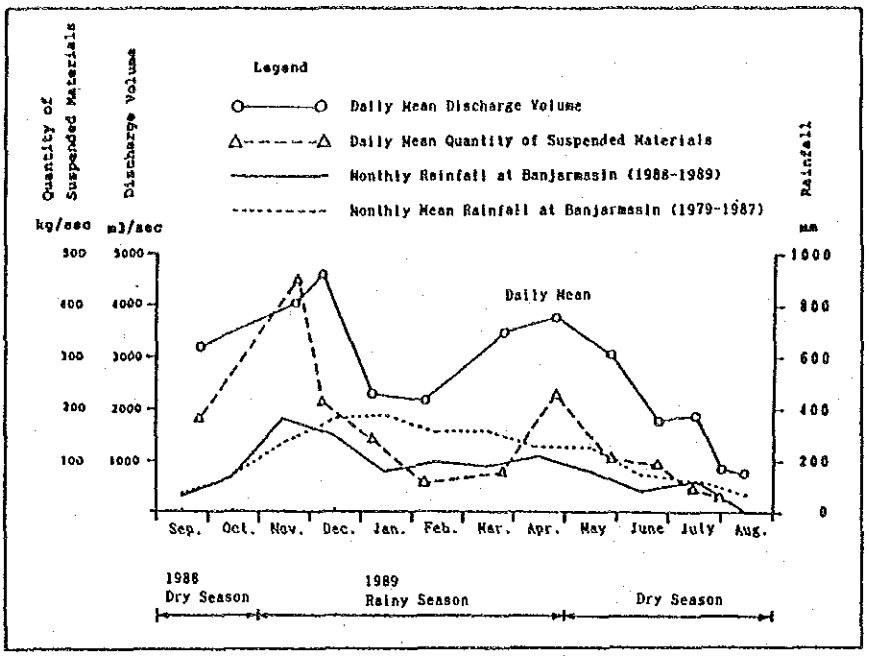


Fig. II- 2 Annual Change of Discharge Volume, Quantity of Suspended Material and Rainfall

9) バリト川河口前面海域の広域の海底地形が明らかにされた。

10) 土質ボーリング調査により進入航路周辺の海底面下約20mまでに分布する土質の性状が明らかにされた。すなわち、表層の緩い細砂の下に砂混じりのシルト／粘土からシルト質粘土が深度約20mまで連続する層相であった。

11) ランドサットデータの解析により、バリト川周辺の海岸線の前進する傾向、河川水の流出パターンおよび相対的な濁水の分布状況等が明らかにされた（カバーページのカラー写真参照）。

第３章　航路埋没の現状

(1)　海底の長期的・広域的変化

ジャワ海の古海底地形図によれば、氷河期の水面下降により、バリト川とカプアス川は現河口から100km程沖合で合流していた。現在のバリト川河口の扇状の浅瀬はこの古地形の上に形成されたものと理解される。今世紀初頭の古い海図と比較すると河口の西側の海岸線は年100m以上のスピードで前進してきたことが分かる。

海底等深線の最も重要な特性の一つは、航路入口付近Spot No.10,500から13,000の西に形成されている浅瀬である。その浅瀬の先端は航路の中に侵入し、その結果Spot No.12,300前後にあたかも海底ダム状の堰を形作り、その背後に約２ｍの厚さの流泥（fluid mud）層が航路全域にわたって覆う現象が発生する。航路中心線上の縦断図の一例を図Ⅱ－３に示した。

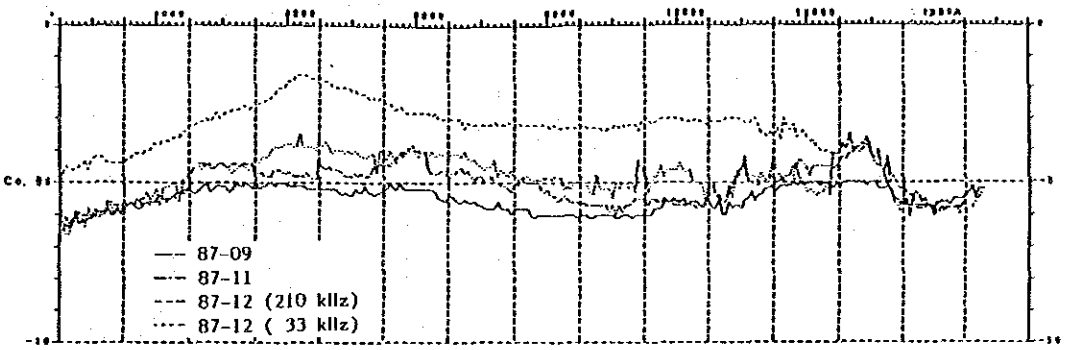


Fig. II- 3　Progress of Siltation along the Channel Center

(2)　航路の埋没土量

1975および1976年のキャピタル浚渫中の埋没土量は、パシフィック・コンサルタント・インターナショナルによって3.5百万㎥と推定されたが1988年に5.26百万㎥であったと修正された。過去の深浅測量で210kHzの音響測深機で測定した埋没率は、月別あるいは季節別にかなりの変動がある。例えば、３月から６月にかけては年によって240千ないし860千㎥／月、11月から12月にかけては２百万㎥／月以上である。

(3)　航路内での埋没特性

単位長さ当りの埋没土量でみると、最も厳しい埋没はSpot No.4,000から9,000、次にSpot No.9,250から12,500の間で起っている。

航路内にたまった流泥の鉛直方向の構造は調査団によって初めて1990年に明らかに

された。浚渫の休止後、通常まず海底ダムが形成され、その後背後に流泥層が２ないし３cm／日のスピードで成長するとみられる。

第４章　航路浚渫の現状

(1) 維持浚渫に関係する諸機関

航路維持浚渫は運輸省の監督下におかれており、浚渫の計画および実施に関しては、海運総局、地方運輸事務所、浚渫公社、港湾公社等の多くの機関が関係している。

(2) 維持浚渫の管理運営

維持浚渫の管理運営に関係している５つの機関の主要機能分担は下表のとおりである。

Table II- 1 Present Allocation of Function for Management and Operation of Maintenance Dredging

Function \ Organization	MOC	DGSC	KANWIL	Perum Pengerukan	Perum Pelabuhan
Research on water depth requirements for all ports and entrance channels		✓	✓	✓	✓
Preparation of dredging programs for ports and channels		✓	✓		✓
Approval of dredging programs	✓	✓			✓
Calculation of dredging volume		✓	✓	✓	✓
Execution of dredging				✓	
Monitoring of dredging performance		✓	✓	✓	✓
Post dredging, water depth, and siltation surveys		✓	✓	✓	✓
Appointment of private companies for execution work				✓	
Coordination of dredging activities		✓	✓	✓	✓
Preparation of crew standards and equipment standards	✓	✓		✓	
Approval of new investment plans for equipment and installation	✓	✓			
Equipment preparation		✓		✓	
Budget preparation	✓	✓	✓	✓	✓
Budget approval	✓	✓		✓	✓
Budget control		✓		✓	✓
Administration of overall dredging activities		✓		✓	✓

(3) 浚渫機材

浚渫公社の現有の浚渫船隊は、13隻のトレーリングサクションホッパー浚渫船、3隻のカッターサクション浚渫船、3隻のバケット浚渫船および8隻のグラブ浚渫船より構成されている。これらの27隻の浚渫船の総浚渫能力は年間約4千万㎥と推定されている。

浚渫付属機材としては、曳船、土運船、水運搬船、燃料運搬船、乗組員運搬船、揚錨船、はしけ、測量船、通船、平底船および排砂管等がある。

(4) 浚渫作業

第I港湾公社から第IV港湾公社および地方運輸事務所等のいくつかの事務所から海運総局へ送られてくる浚渫必要土量に基づき、海運総局は浚渫計画を作成し、国家開発企画庁（BAPPENAS）の承認を得る。

航路浚渫は政府（海運総局）の責任で、泊地浚渫は港湾公社の責任である。トレーリングサクションホッパー浚渫船が主要な役割りを果しており、最近の総浚渫土量の約90%を占めている。

他の建設工事と同様に、浚渫作業は品質、工程、安全、原価の面から施工管理されている。

(5) 維持・修理

大半の維持・修理はジャカルタのタンジュンプリオク及びスラバヤのタンジュンペラックにある浚渫公社の施設で行われている。浚渫公社の施設の許容を超えた作業船舶の水面下の部分の維持・修理は、政府所有のいくつかの造船所で行われている。

第5章　港湾の利用状況

(1) 船舶交通

バンジャルマシン港に寄港する船舶は大別して以下の7種類ある。すなわち、外航船（Oceangoing vessels；インドネシア語でSamudera, 略号O.G.）、国内船（Inter-island vessels；Nusantara , I.I.)、地方船（Local vessels；Local , Loc.）帆船（Sailing vessels；Rakyat, PL/PLM）、特　別　船（Specialized vessels ；Khusus Industry, S.I.)、タンカー(Tankers；Tank)およびパイオニア船（Pioneer vessels ；Perintis）である。

就航航路は、内航ではスラバヤ、ジャカルタ、バリクパパン、セマラン等であり、外航ではシンガポール、香港等が含まれる。

過去の寄港船の記録としては、表Ⅱ－2(1)および(2)に示したとおり、過去5年間で隻数は年間5.1%で増加したが、船型は同期間中に変化していない。

(2) 貨物と船客

貨物量は、同期間中に表Ⅱ－2(3)に示したように年間11.3%という非常な増加を記録した。大宗貨物は、輸出の合板、輸入のアスファルト、移出の製材、移入の肥料である。

コンテナー化は1987年に始まったばかりであるが、取扱い量は急増し1989年には4,180ＴＥＵに達した。島嶼間船客数も1984年の約6万人から1989年の15万人に成長した。

(3) 接岸状況

進入航路を通過できる船は、航路の水深の制約で、6,000総トン以下に限られている。これより大きい船は沖の泊地に停泊せざるをえない状況である。

(4) 航行安全の現況

現在の航行安全の状況は満足できるものではなく、航路内での事故の件数は少なくない。すなわち、過去4年半の間に、沈没、衝突、座礁等で21件を数えている。現在の航行援助施設の配置と維持の状態も十分とはいい難いものである。

Table II- 2 Past Records of Shipping by Ship Type

(1) Number of Calls

Ship Type	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Oceangoing	206	216	340	435	424	423	617
Interisland	169	290	275	298	218	212	191
Local	993	1,044	787	950	1,081	1,096	973
Sailing	2,763	2,501	2,417	2,256	1,827	1,643	1,666
Special	595	591	2,131	2,774	3,713	4,411	2,565
Tanker	227	223	210	217	217	255	241
Total	4,953	4,865	6,160	6,930	7,480	8,040	6,253

(2) Average Ship Size

Unit: GRT/Ship

Ship Type	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Oceangoing	6,500	8,300	5,900	8,100	7,900	7,500	5,500
Interisland	1,750	1,100	700	1,400	1,200	1,000	940
Local	140	140	110	170	150	160	190
Sailing	100	100	90	130	100	100	120
Special	600	550	230	340	330	330	610
Tanker	1,000	1,100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,300

(3) Total In and Out Cargo Volume

Unit: Thousands of ton/m^3

Ship Type	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Oceangoing	764	727	-	1,042	1,153	1,156	1,142
Interisland	143	174	-	137	207	241	321
Local	132	181	-	243	252	256	504
Sailing	570	646	-	746	558	577	797
Special	278	53	-	487	473	445	208
Tanker	308	290	(303)	243	261	280	276
Total	1,993	2,074	(2,340)	2,894	2,902	2,954	3,548

第６章　バンジャルマシン港航路浚渫の状況

(1)　関係機関

バンジャルマシン港の航路の維持浚渫は、政府予算で施工されており、下図の関係諸機関により実施されている。

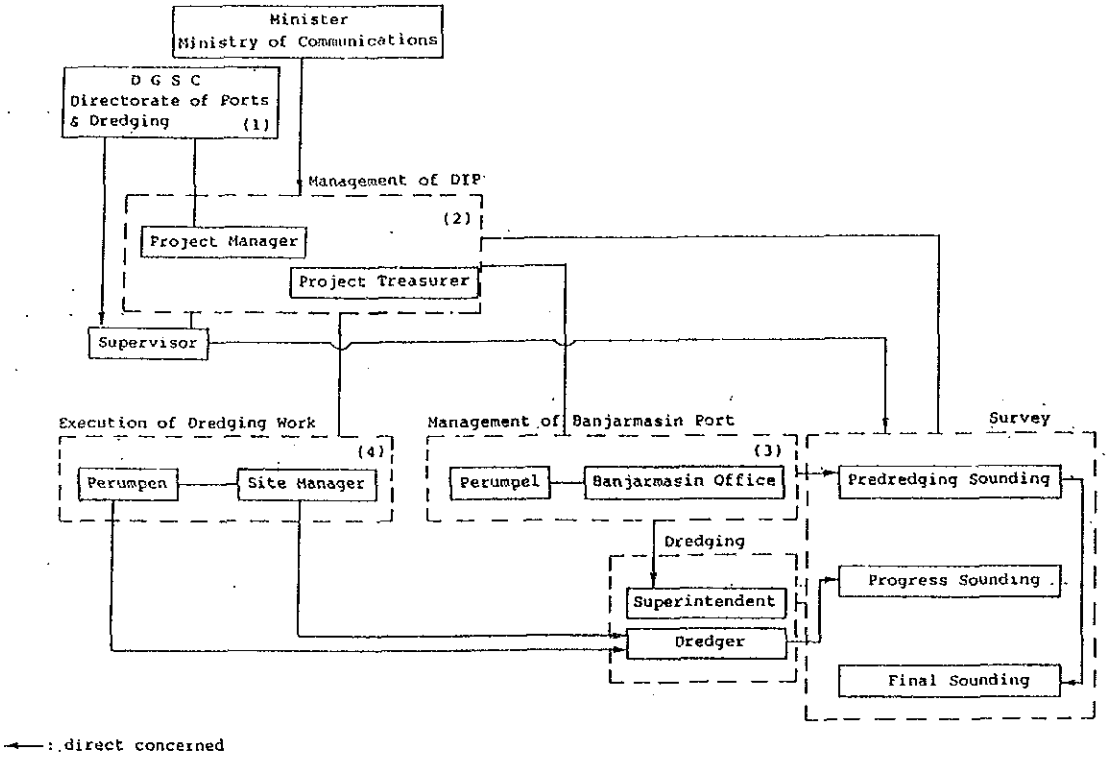


Fig. II- 4　Related Organizations of the Maintenance Dredging at Banjarmasin

(2)　管理と運営

1)　浚渫工事施工への指示

関係諸機関は、航路及び泊地の浚渫作業における開発と管理に関する海運総局の新しい通達(1990年４月10日付No. PP. 74/1/6-90) に基づき、維持浚渫を実施している。

2)　浚渫計画

維持浚渫の実施は、競争入札無しで独占的に浚渫公社によって行われている。しかし、民間業者を含む政府予算及び港湾公社の予算の浚渫工事の競争入札が、1989年の運輸省令No. KM. 20Ａに基づき、1991年４月より実施される予定である。

3) 浚渫予算

バンジャルマシン港航路の維持浚渫は、最優先のプロジェクトとされている。しかしながら近年バンジャルマシンでの維持浚渫は、港湾公社の資金及び外国資金によって実施されている。

(3) 浚渫機材

4種類の異なるホッパー容量の9隻のトレーリングサクションホッパー浚渫船がバンジャルマシン航路の維持浚渫工事に従事してきた。

(4) 浚渫作業経過

この航路におけるキャピタル浚渫は、1975年9月から1976年の9月にかけて日本のカッターサクション浚渫船によって施工された。実浚渫土量は施工中の埋没により、630万㎥の見積土量の2倍に達した。最近の年間維持浚渫土量は、約 200万㎥から360万㎥の間である。

アジア開発銀行の資金で、1988年6月から1989年2月にかけてセミキャピタル浚渫が施工された。ホッパー浚渫は航路の西端部で最も多く行われ、アジテーション浚渫は航路の中心付近で最も多く行われた。浚渫公社のトレーリングサクションホッパー浚渫船がこの航路で就役する時の能力は、標準能力の約70%と推定される。

この航路に就役した浚渫船の過去の日報によると、主な休止理由は以下の通りである。

－冷却水（海水）取入口の頻繁な清掃

－低潮位のために航行不可

－他の航行船舶のために待機

(5) 浚渫の施工

維持浚渫作業前の航路の深度は、通常低潮位以下2m～4mの間である。それ故、浚渫船自身の航行安全のために、アジテーション浚渫が必要である。このアジテーション浚渫に続いて、通常の浚渫が行われる。すなわち、ホッパーの中に浚渫土が積み込まれ、浚渫船が土捨場に航行し、航路進入口の南方約 4.5㎞にある指定の土捨場に土捨する。

(6) 維持・修理

バンジャルマシン付近には、浚渫船の修理施設はない。故に、修理が必要な時は、浚渫船は浚渫公社の修理施設および大きな造船所があるスラバヤまで航行しなければならない。

第Ⅲ部　航路計画および維持浚渫の改善策の検討

第１章　航路計画

(1) 社会経済フレーム

背後圏の人口は、1985年に 2,762千人であったが、1995年に 3,500千人、2000年に 3,800千人と予測した。

背後圏のGRDPの成長率は、1985－1990年に年率 3.9－ 4.9%、1990－1995年に 4.1－ 5.5%、1995－2000年に 4.9－ 5.7%に設定した。

(2) 将来の貨物量予測

上記の人口およびGRDP予測、過去のトレンドならびに貨物量と各種経済指標との相関分析に基づき、品目別の貨物量予測を行った。その結果は表Ⅲ－１のとおりである。総貨物量は、1989年の値と比べ、1995年に 1.9倍、2000年に 2.5倍になると見込まれる。

(3) 将来の船舶通行予測

船種別に寄港船舶数の予測を行った。その結果は表Ⅲ－２のとおりである。船舶数は1989年の値に比べ、1995年に 1.5倍、2000年に 1.7倍になると見込まれる。

(4) 航路規模の必要条件

計画的視点から、航路の必要条件を検討した。その結果は以下のように要約される。

航路のレーン数：１（単線）

夜　間　航　行：可能

対　象　船　型：6,500 総トン（10,000重量トン）級貨物船

航　路　規　模：水深ＤＬ－６ｍ、幅員 100m、法勾配1/8および1/10。

Table III-1 Summary of the Projection of Future Cargo

Unit: thousands of tons/m^3

Item	Past Records					Forecast	
	1985	1986	1987	1988	1989	1995	2000
I. Foreign							
1)Exports	737.3	771.4	966.8	1,009.2	1,402.6	2,523	3,146
2)Imports	33.4	50.7	39.3	31.0	39.5	67	92
Sub-Total	770.7	822.1	1,006.1	1,040.2	1,442.1	2,590	3,238
II.Domestic							
1)Outgoing	487.5	591.8	444.0	516.3	652.1	1,047	1,253
2)Incoming	1,082.1	1,480.5	1,452.2	1,397.2	1,453.8	3,147	4,370
Sub-Total	1,569.6	2,072.3	1,896.2	1,913.5	2,105.9	4,194	5,623
Total	2,340.3	2,894.4	2,902.3	2,953.8	3,548.0	6,784	8,861

Table III- 2 Forecast of the Number of Ship Calls

Year	Type of Ship	Volume Number (Th. ton) (Th. psn)	Average Volume (Ton/ship) (psn/ship)	Number of ships	
				Annual	Daily
1995	Oceangoing	2,780	3,740	743	2.04
	Interisland	706	2,600	271	0.74
	Local	598	600	997	2.73
	Sailing	794	500	1,588	4.35
	Special	1,598	280	5,707	15.64
	Tanker	309	1,300	238	0.65
	(Sub-Total)	(6,784)	(-)	(9,544)	(26.15)
	Passenger	198	2,500	79	0.22
	Total	-	-	9,623	26.36
2000	Oceangoing	3,547	4,500	788	2.16
	Interisland	934	3,000	311	0.85
	Local	779	640	1,217	3.33
	Sailing	933	510	1,829	5.01
	Special	2,327	380	6,124	16.78
	Tanker	340	1,600	213	0.58
	(Sub-Total)	(8,861)	(-)	(10,482)	(28.72)
	Passenger	233	2,500	93	0.26
	Total	-	-	10,575	28.97

第２章　埋没の低減対策案

(1)　埋没の現象と原因

航路埋没の現象と原因については、測量・観測とその解析に基づいて再度検討した結果、以下のようにまとめられる。

a．浅瀬全域での塩水楔による河川流出土の堆積、

b．航路上流西側の浅いサンドスピットとそれによる航路内 Spot No.12,300付近での水中ダムの形成、

c．Spot No.11,000より上流領域での流れによる海底の洗掘、

d．航路中央領域での波と波れの作用によるシルテーション、

e．Spot No.4,000より沖領域での波による洗掘と法崩れ、および

f．Spot No.2,000より沖領域での航路左右および上流からの緩やかなシルテーション。

(2)　埋没低減のための代替案

埋没低減効果を検討するために以下の代替案を選定した。

1)　現　状（水深DL－６ｍ、幅員60m）

2)　無施設案

a．基本案（水深DL－６ｍ、幅員100m）

b．拡張案（水深DL－８ｍ、幅員120m）

c．トラップ案（水深DL－６ｍ、幅員 100mに加え、水深DL－ 5.5m、幅員70m）

3)　導流堤案（水深DL－６ｍ、幅員100m；　Spot No.9,900－13,000）

4)　長突堤案（水深DL－６ｍ、幅員100m；延長６km）

5)　潜 堤 案

a．短潜堤案（Spot No.3,000－ 4,000）

b．拡張潜堤案（Spot No.2,000－10,500）

c．長潜堤案（Spot No.2,000－13,000）

d．不連続潜堤案（Spot No.3,000－7,000および10,000－13,000）

e．段階案(Spot No.3,000－7,000あるいはSpot No.3,000－7,000プラス10,000－13,000の西側)

6)　複合的防止案（水深DL－６ｍ、幅員100m）

a．導流堤と潜堤案

b．長突堤と潜堤案

7) 法線変更案（水深DL－6m、幅員 100m；新南北法線）

第3章 航行安全および航行援助施設の改善案

(1) 航行の安全性の向上

現在の航路の航行上の問題点は以下のように分類される。

a．外航船と小型船の混合交通、

b．バージ曳航タグの操船性不足、

c．比較的強い横断流、

d．不十分な航路幅と水深、および

e．その他。

航行安全性の向上のためには、以下の対策が望ましい。

a．定期的な測量と浚渫、

b．航行管制、

c．航行援助施設の最適配備と維持、

d．通信システムの整備、および

e．その他のバックアップシステムの整備。

これら以外の可能な対策としては、海岸に設置したレーダー管制システム、港湾交通信号、パトロール船による監視・忠告、無線通信システム、あるいは曳航と漁船に対する特別な規制が考えられる。

(2) 航行援助施設の改善

考慮されるべき航行援助施設としては以下のものが挙げられる。

a．ペア浮標システム、

b．同期灯標システム、

c．自動ランプ交替器、

d．太陽電池システム、

e．誘導灯、

f．レーダー反射器、および

g．レーダートランスポンダー（レーコン）。

第４章　浚渫管理運営の改善

(1) 関係機関

維持浚渫に関係する諸機関はその機能と組織体制を再整備している。地方運輸事務所は運輸省の一部組織となり、運輸省に従属し、責任があるものとなった。合理化の努力の中で、港湾公社および浚渫公社の部が４つの部から３つの部に減少した。

予算の制約を考慮し、国民経済の面から航路の安全航行を確実にするために、関係諸機関は中央政府に対して適正な維持浚渫の必要性を強く訴える必要がある。

(2) 機材の維持と供給

何隻かのトレーリングサクションホッパー浚渫船が定期的検査維持のためのドック入りをしていない。定期検査のためのドック入りのスケジュールは、規則と実施計画に基づいて守られるべきである。定期点検と船上修理は浚渫公社によって決定されているが、定期的に実施されるべきである。

浚渫公社の機材調達は本社を通して行われており多くの時間がかかっている。調達の承認過程を速め、スペアパーツの管理を含めて、維持修理のためのコンピューターシステムを導入する必要がある。

(3) 人材と訓練

浚渫公社が1984年に創立されてからわずか６年しか経過していないので、人材のほとんどは本社およびタンジュンプリオク支社に集中している。

外国資金によって浚渫公社の訓練プログラムが実施中である。このような大規模な訓練を継続する事が必要である。この事は浚渫公社の人材だけでなく、関係諸機関の人材に対しても必要である。

(4) 浚渫予算と単価

第四次五ケ年計画において、計画と実施の間で浚渫予算と浚渫土量に大きな差異があった。

航路の安全航行のために、第五次五ケ年計画においては、維持浚渫実施の資金を確保する事が必要である。

浚渫単価は浚渫公社の基本的な積算に基づき、運輸省と海運総局の間で決定され、この浚渫単価は毎年見直されている。異なる各浚渫現場条件は浚渫費用の積算に影響

を与える多くの要因があり、浚渫費用は各浚渫現場における浚渫船の推定能力と推定作業可能時間に基づいて算出されるべきである。

第5章　浚渫技術の改善

この章では、西暦2000年を目標とした長期的視点および現状を考慮して、効果的技術が検討されている。

(1) 計画

1) 長期的視点において

航路維持浚渫において、最も重要な要因は航行水深を知る事である。海底の正確な深度を知るために、210kHzと33kHzのような二つの周波数を同時にいつも使用し、音響測深を行うべきである。そして、重錘によるクロスチェックを行うべきである。

浚渫土量は、計画上最も基本的なデータである。適切な計画を作成するために、地区別及び土質別の浚渫土量が必要である。

2) 現状下において

効果的な計画への第一歩として、過去の浚渫記録の蓄積と蓄積データの分析が必要である。

(2) 浚渫の施工および施工管理

1) 長期的視点において

航路の種々の状況から判断して、トレーリングサクションホッパー浚渫船が最も適している。ドラグヘッドは浚渫効率に関係する重要な部分であり、爪の様なものを取り付ける事によって、効率がしばしば向上している。将来のドラグヘッドとして、海底付近で外側に広がり、ドラグヘッドの幅が現状の数倍になるものが考えられる。浚渫効率が工事の後半になるにつれて低下するのは、避けられない。この浚渫効率の低下を最少限度に抑える為の一つの方法は、均し板を使用する事である。

セミキャピタル浚渫の初期の浚渫記録の分析から判断するとアジテーション浚渫は有効である。

現在の浚渫船の位置出し装置は、浚渫船の位置を示しており、浚渫地点を示していない。ドラグヘッド位置表示装置を使用する事が、正確な浚渫地点を知るための最上の方法の一つである。

世界中で、浚渫作業の工程および品質管理は主に音響測深により行われており、

それ故、音響測深の合理化が必要である。

2) 現況下において

日本で開発されたドラグヘッドに取り付ける鋤は、本航路においても有効であろう。均し板を使用した日本での現場試験浚渫は、良好な結果であった。

浚渫能力を最大限に活用するために、異なる施工段階に対応した最上の作業が必要である。

アジテーション浚渫は少なくとも短期間において、航路中央付近の浚渫に対しては有効である。

この狭い航路の中央に回頭泊地を設ける事は、サイクル時間を減少し、非生産時間を減少させるのに最良の方法である。全航行距離に対する航行節約距離の計算結果は約14%である。

もしも浚渫船が河口付近の航路東側に土捨したら、捨土の一部は退潮の時に南方への流れによって運び去られる。

本航路は河口付近に位置し、14kmの長さを有するので、航路沿いに二本の検潮柱を設置すべきである。

(3) 維持・修理

1) 長期的視点において

ホームドッキングシステムについてここ数年間運輸省と産業省の間で検討されている。日本で作成された浚渫船の維持および点検基準は、浚渫公社の維持・修理に対して参考になる。浚渫公社が予防維持を目ざす事を薦める。

2) 現況下において

第一歩として、各浚渫船のすべての維持・修理記録を整理して、経過記録紙へ記載する事である。浚渫船員が、製作所の指示書に従って点検し、維持・管理しているのは適切な事である。

第Ⅳ部　航路埋没対策の効果

第１章　水理模型実験

現況航路における埋没状況と浚渫土量を減少させる目的の対策工の効果を検討するために、三次元水理模型実験を行った。水理実験は、海側に塩水を使用し、河川からは真水を流入させる方法で行った。

模型配置を図Ⅳ－１に示す。

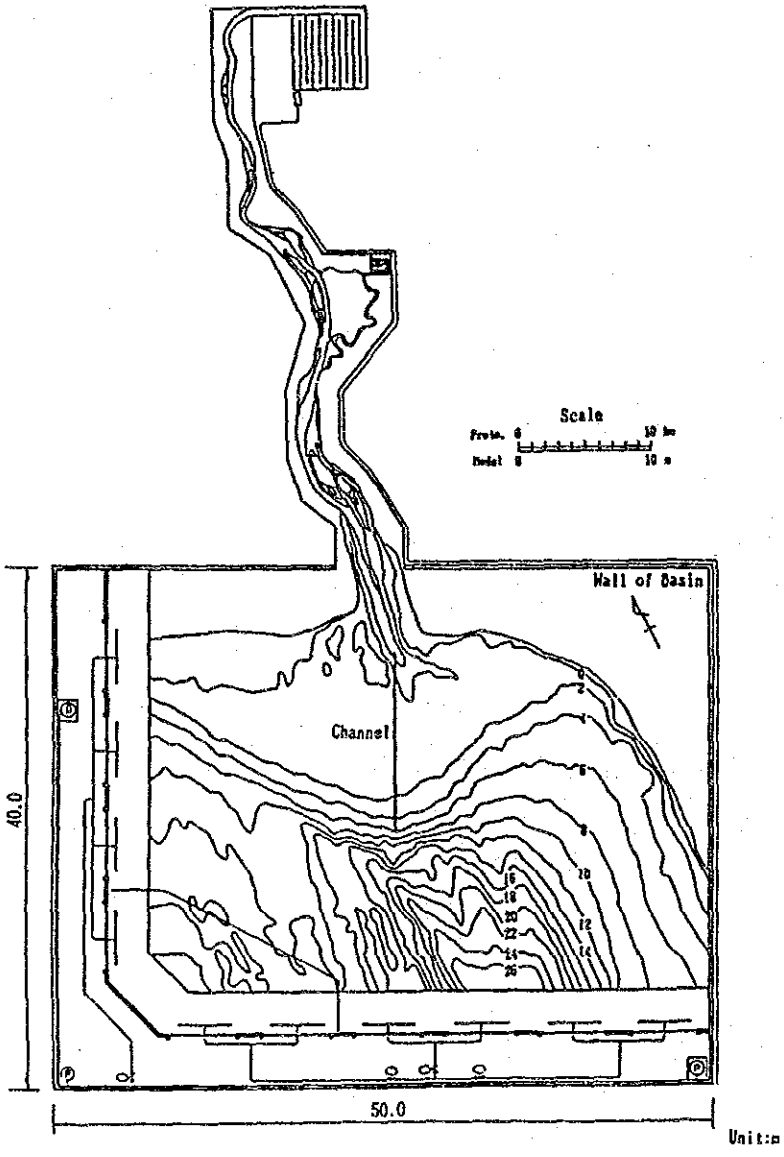


Fig. IV- 1　Layout of the Model

実験結果の概要を以下にまとめる。

(1) 現況再現実験結果

実験条件は、現地調査結果の詳細な解析結果に基づいて決定された。基本的には、1989年4月に行なわれた第3回総合調査結果を参考とした。何故なら、現地における浚渫作業が3月から5月まで休止され、第3回総合調査期間中に埋没状況の把握ができ、現況再現条件として最適と判断されたためである。

現況における潮汐・潮流・表層流れや塩水クサビのような水理的条件は、水理模型において十分な精度で再現された。

航路内の流れ、特に下層においては河口に向う平均流（一潮汐平均）が現地と同様水理模型においても確認された。

河川による主流は、航路東側の浅瀬中央に向って河口より流出し、航路上流端を西から東へ横切り、そしてその一部が沖側で西側に向って航路を横切る傾向を示した。

塩水クサビは、乾季にはバンジャルマシン港よりさらに上流まで到達し、雨季には河口付近までである。

1989年3月から5月までの浚渫休止期間の初期において、ダム状の顕著な堆積が河口に近い位置で認められた。このダムが形成されると、そのすぐ下流側の位置において急速に堆積が進行した。又、航路の沖側では、航路の沖側出口より4km～7kmの範囲に顕著な堆積が認められる。ダムの形成を除くこのような堆積傾向は、図Ⅳ－2に示すようにトレーサー実験によって検証された。

(2) 対策工実験結果

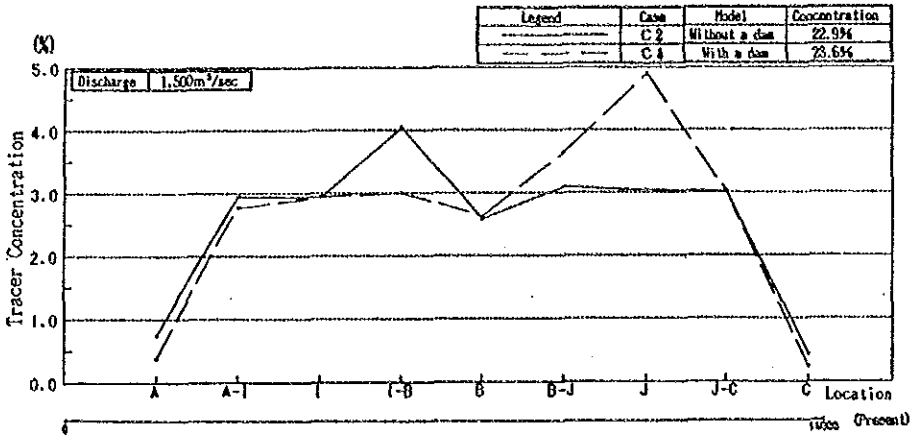
潜堤、導流堤、航路拡張や新航路案などの種々の対策工が、トレーサー実験によって比較検討された。

表層流の状況は、基本案（拡幅案）と潜堤案について現況との差は認められなかった。突堤や導流堤案については、構造物周辺において流れの変化が観察された。

航路内の河口に向う平均流は、対策工によってより強くなった。

現況航路では、現地で観測された状況と同様に、実験でもSpot No. 6,500付近で高いトレーサー濃度が観察されたが、対策工はこのような航路内の高い濃度増加を減少させる事が出来た。

現航路の潜堤案と新航路案は、航路内トレーサー濃度を効果的に減少させる事が出来た。



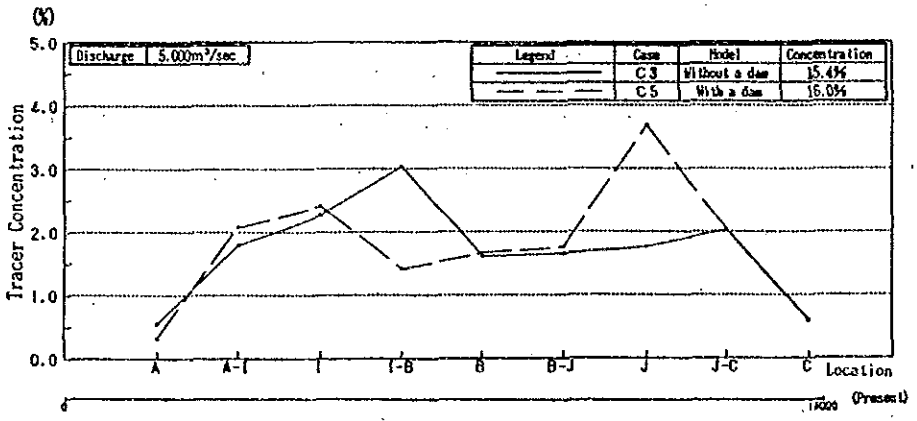


Fig. IV- 2 Concentration of Tracer in the Channel

第２章　室内試験および数値シミュレーション

(1)　底質の室内試験

バンジャルマシン航路の現地の底泥の物理特性と挙動を解析するために、以下の３種類の室内試験を行った。

ａ．流動特性、

ｂ．洗掘・堆積特性、および

ｃ．沈降・圧密特性。

その結果、洗掘率や沈降速度などの種々の物理定数が得られ、数値シミュレーションに応用された。

(2)　数値シミュレーション

数値シミュレーションでは、流れと波による土粒子の洗掘、拡散、交換、移送および沈降堆積現象を考慮した多層３次元レベルモデルを使った。その計算メッシュは図Ⅳ－３のように３段階に切った。

計算は以下のケースの雨季および乾季に対して行った。

ａ．現　状、

ｂ．基本案、

ｃ．潜堤案（航路の水深および幅員、あるいは潜堤の高さ、間隔および配置を変えた各種）、

ｄ．導流堤と潜堤案、

ｅ．トラップ案、

ｆ．拡張案、および

ｇ．新南北法線案。

1)　シミュレートしたものと実際の埋没との比較

最初に、現在の航路において実際に起こった埋没とシミュレートしたものとを比較した結果、図Ⅳ－４に示したように、両者は非常に良く合っていることが確認された。

2)　各種代替案に対する航路埋没の推算

次に、上にあげた各種埋没対策での航路埋没量の推算を行った。その結果の一例として、図Ⅳ－５に、長潜堤案と基本案の計算結果を比較したものを示した。

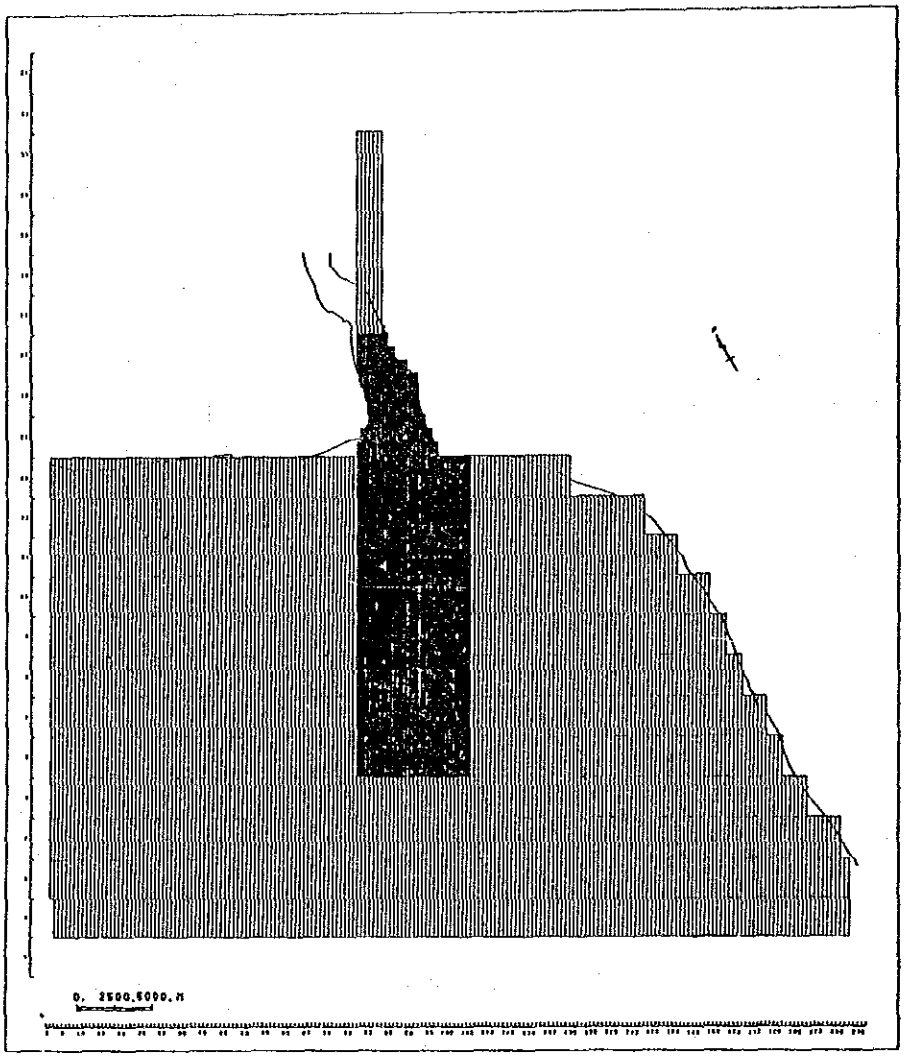


Fig. IV- 3 Mesh Map around the River Mouth

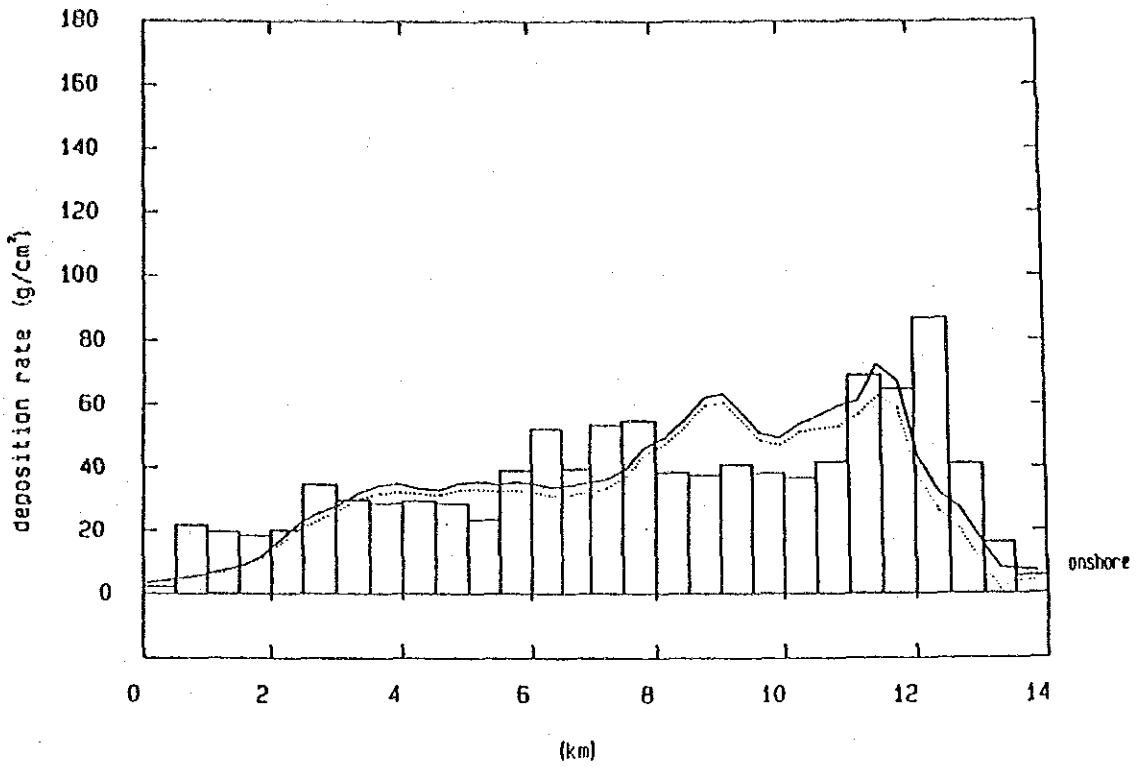


Fig. IV- 4 Actual and Simulated Siltation
(Discharge 3,500m^3/sec Case I-1)

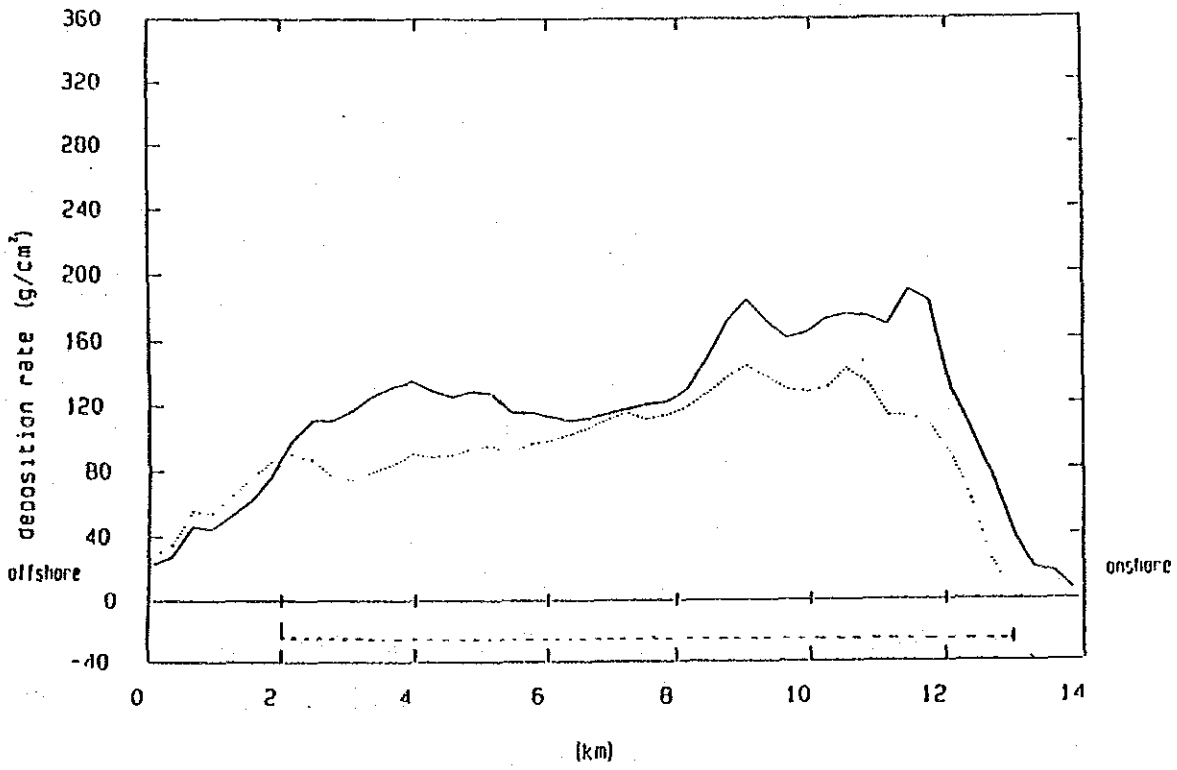


Fig. IV- 5 Effect of Submerged Walls (dotted line) and Principal Plan (solid line)
(Discharge: 5,000m^3/sec, Distance between Walls: 270m)

第３章　埋没対策案の効果

(1)　水理模型実験と数値シミュレーション結果のまとめ

水理模型実験による航路埋没量の予測結果（相対値）と数値シミュレーションによる結果（絶対値）をそれぞれ表Ⅳ－１と２にとりまとめて示した。

(2)　航路の拡幅と増進の効果

いろいろな航路規模に対する埋没量は、上の現状、基本案および拡張案の数値シミュレーションの結果を外挿することによって推定される。ここでは、埋没量は航路水深と底幅に指数的に比例すると仮定した。その結果、水深－４ｍ×底幅60ｍで 4.0百万㎥／年、－６ｍ×60ｍ（現状）で 4.2百万㎥／年、－６ｍ× 100ｍ（基本案）で 5.1百万㎥／年、－８ｍ× 120（拡張案）で 5.9百万㎥／年等となる。

(3)　潜堤の効果

埋没を防止する潜堤の効果は潜堤の設置範囲比に比例する。しかし、その推定効果は水理模型実験と数値シミュレーションとで大きな差がある。その理由は、前者は密度流型の現象を再現しており、後者は浮遊・沈降型の現象を対象としているからであり、前者の方が潜堤の効果が大きく出ている。ここでは両現象を総合化する方法が採られた。それは数値シミュレーション結果に流泥の影響分を加味したもので、若干の仮定をおいて水理模型実験、現地観測、理論解析の結果を利用したものである。そうして得られた埋没土量は、長潜堤案では潜堤間隔（航路幅員）が 180ｍ（60ｍ）で 2.3百万㎥／年、 210ｍ（ 100ｍ）で 2.8百万㎥／年、 270ｍ（ 100ｍ）で 2.9百万㎥／年となり、不連潜続堤案 270ｍ（ 100ｍ）で 3.5百万㎥／年となった。なお、潜堤の無い場合は数値シミュレーション結果と同じになる。

(4)　埋没削減の他の方法の効果

導流堤の効果は潜堤案とほぼ同じである。

長突堤案の効果については、別途いわゆる one－line theory を用いて評価した。その結果、西海岸での東向きの沿岸輸送は本突堤で相当止められ、汀線の前進は突堤先端に達するのに約40年かかると見込まれる。

南北方向への航路法線変更効果は、航路の長さを短縮した分の効果に一致している。

Table IV- 1 Results of Siltation Forecast by Hydraulic Model Tests

(1) Ratio of Tracer Density for the Present Conditions

Case No.	River Discharge	Present Cond. (3,500m^3/sec)	Rainy Season (5,000m^3/sec)	Dry Season (1,500m^3/sec)	Remarks
C-1	3,500m^3	-	1.00	1.00	Without a dam
C-2	1,500		(2.66)*	(2.27)*	
C-3	5,000				
C-4	1,500m^3	-	1.06	1.03	Without a dam
C-5	5,000				
C-6	3,500				

*) Compared with the principal plan (D1)

(2) ratio of tracer Density Density for Improvement Plans

Case No.	Classification	River Discharge (m^2/sec)	Channel Depth and Width	Layout	Crown Height	Present Cond. (3,500m^3/s)	Rainy Season (5,000m^3/s)	Dry Season (1,500m^3/s)
D1-1	Principal Plan	1500	-6m, 100m	-	-	-	1.00	1.00
D1-2		5000						
D1-3		3500						
D2-1	Long Jetty	1500	-6m, 100m	6km	MWL	-	0.52	0.90
D2-2		5000						
D3-1	Submerged wall (3)	1500	-6m, 100m	SP. 2,000 -10,500	1m ab. sea bed	-	0.38	0.65
D3-2		5000						
D4-1	Submerged wall (1)	1500	-6m, 100m	SP. 3,000 -9,000	1m ab. sea bed	-	0.44	0.88
D4-2		5000						
D5-1	Submerged wall (2)	1500	-6m, 100m	SP. 3,000 -9,000	2m ab. sea bed	-	-	-
D5-2		5000						
D6-1	Jetty + Subm. Wall	1500	-6m, 100m	6km above(3)	HWL 1m	-	0.11	0.72
D6-2		5000						
D7-1	Training Wall	1500	-6m, 100m	SP. 9,900 -13,000	HWL 1m	-	0.76	0.94
D7-2		5000						
D8-1	Trap	1500	-6m, 170m	SP. 4,000 -13,500	-	-	0.30	0.80
D8-2		5000						
D9-1	New N-S Alignment (29°)	1500	-6m, 100m	-	-	-	0.21	0.59
D9-2		5000						
D9-3		3500						
D10-1	New N-S Alignment (48°)	1500	-6m, 100m	-	-	-	0.58	0.87
D10-2		5000						
E1-1	Non-Continuous Subm. Wall	1500	-6m, 100m	SP. 3,000 -7,000 SP.10,000 -13,500	1.5m ab. sea bed	-	0.38	0.73
E1-2		5000						
E1-3		3500						
E2-1	Subm. Wall During Construction(1)	1500	-6m, 100m	SP. 3,000 -7,000 SP.10,000 -13,500	1.5m ab. sea bed	-	0.50	0.73
E2-2		5000						
E3-1	Subm. Wall During Construction(2)	1500	-6m, 100m	SP. 3,000 -7,000	1.5m ab. sea bed	-	0.61	0.97
E3-2		5000						

Table IV- 2 Results of Siltation Forecast by Numerical Simulations

(Unit: million m^3)

Case No.	Classification	River Discharge (m^3/sec)	Channel Depth and Width	Layout	Crown Height	Present Condition	Rainy Season	Dry Season	Annual Total
I-1 I-2 I-3	Present Condition	3,500 5,000 1,500	-6m 60m	- - -	- - -	0.8<1.00>	2.7<1.00>	1.5<1.00>	4.2<1.00>
II-1 II-2	Principal Plan	5,000 1,500	-6m 100m	- -	- -	-	3.3<1.22> (1.00)	1.8<1.21> (1.00)	5.1<1.21> (1.00)
III	Submerged Wall (1)	5,000	-6m 100m	Sp. 3,000 -9,000	1m ab. sea bed	-	2.9(0.89)	-	-
IV	Submerged Wall (2)	5,000	-6m 100m	Sp. 2,000 -10,500	1m ab. sea bed	-	2.9(0.88)	-	-
V	Submerged Wall (3)	5,000	-6m 100m	Sp. 2,000 -13,000	1m ab. sea bed	-	2.7(0.82)		
VI-1 VI-2	Submerged Wall (4)	5,000 1,500	-6m 100m	Sp. 2,000 -13,000	1.5m ab. sea bed	-	2.5(0.77) 2.4**(0.75)	1.4**(0.75)	3.8**(0.75)
VII	Training Wall +Subm. Wall	5,000	-6m 100m	Sp. 2,000 -13,000	HWL+ 1m ab.s.b.	-	2.4(0.74)		
VIII	Trap	5,000	-6m 180m	Sp. 4,000 -13,500	-	-	3.0(0.92)		
IX	Expansion Plan	5,000	-8m 120m	- -	- -	-	3.8(1.15)		
X-1 X-2	New N-S Alignment	5,000 1,500	-6m 100m	- -	- -	-	2.8(0.85) <1.03>	1.6(0.87) <1.06>	4.4(0.86) <1.04>
XI-1 XI-2 XI-3	Present Con. + submerged Wall (4)	3,500 5,000 1,500	-6m 100m	Sp. 2,000 -13,000	1.5m ab. sea bed	*0.6<0.74>	1.9*<0.71>	1.1*<0.73>	3.0*<0.71>
XII-1 XII-2	Non-continuous Subm. Wall (4)	5,000 1,500	-6m 100m	Sp. 2,000 -6,000 Sp.10,000 -13,000	1.5m ab sea bed	-	2.7(0.81)	1.6(0.85)	4.2(0.83)

Notes *) Distance between walls: 180m
**) Distance between walls: 210m, the others are 270m,

(5) シルテーションの変動

上に求めた航路埋没土量の計算値は、雨季と乾季に分けて年間の平均値を求めたものである。そこで年による変動を数値シミュレーションと現地観測に基づいて概略推定してみると、計算値の45%あるいはそれ以上になりうると見込まれる。

第Ⅴ部　対策案の評価

第１章　埋没対策案

(1) 航路計画の視点

1) 計画の基本

航路計画面から埋没低減案を評価する場合、以下の点を考慮した。すなわち、船舶航行需要と計画基準を満足するかどうか、将来の航路拡張が可能か、および航行安全が図れるかの３点である。そうすると除外されるべき案としては、航路水深が－６ｍより浅いものと幅員が 100mよりも狭いものがあげられる。潜堤案については、将来の拡張と航行安全からみて、堤体間隔の狭いものは不利と判断される。

2) 航行安全

航行援助施設の満すべき条件と配置について、現航路、それに潜堤の有無および新南北法線の場合の誘導灯、進入浮漂、航路浮漂、潜堤指示灯に対して検討を加えた。

3) 環境への影響

環境面からみて、上のどの対策案も重要な問題は起こらないと考えられる。

(2) 埋没の防止

埋没の防止と削減という視点のみから判断して、比較的に有利な対策は各種の潜堤案と新南北法線案である。不連続潜堤案は連続な潜堤の一部とみなされる。長突堤案と拡張案は2000年以降において最も適したまた可能なものと判断される。潜堤の場合、堤体間幅が 210mと 270mとではその効果に大きな差はなく、 240mが有力案と考えられる。これらの他、技術的に必要な考慮事項としては、埋没防止施設との関連で浚渫効率がどうなるか、改善できるか、あるいは技術的問題や信頼性はどうかという点である。そこで以後の検討に値する対策案をまとめたのが表Ⅴ－１で、表中ではケース番号を付け直している。

基本案は技術的には難しくないが、埋没土量が非常に多い。潜堤案は埋没量低減効果が最も高い。ただし、潜堤周辺の海底に埋没あるいは洗掘の発生する可能性があることを詳細設計段階で配慮しておく必要がある。新南北法線案は中間的な埋没土量を示している。しかし、新航路周辺で大規模な海底の侵食が発生することが予想され、

それによる土量増加を考慮するべきである。

Table V-1 Candidate Alternatives and Estimated Siltation Volume

(Million m^3/year and ratio in ( ))

Case No.	Classification	Distance Between Walls	Annual Siltation Volume
II.	Principal Plan	-	5.1 (1.0)
III-2	Submerged Walls	210m ～225m	2.8 (0.55)
-3	Submerged Walls	240m	2.9 (0.55)
IV.	New N-S Alignment	-	4.4 (0.86)

(3) 浚渫の視点から

埋没対策として選定された四つの代替案に関して、浚渫の面から評価する。

1) 基本案（ケースNo.Ⅱ）

航路の拡幅が必要であり、カッターサクション浚渫船が必要である。このタイプの浚渫船は、浚渫期間中は他の船舶の航行に支障を与える恐れがある。

2) 潜堤案（ケースNo.Ⅲ）

潜堤間の距離が210mから225mの場合（ケースNo.Ⅲ－２）、推定年間埋没土量はすべての代替案の中で最少である。もしも、潜堤の外側に土捨する横吹き浚渫が可能なら、浚渫効率は著しく向上する。この案の特色は、潜堤間の距離が 240m（ケースNo.Ⅲ－３）の場合にも適用される。

3) 新法線案（ケースNo.Ⅳ）

キャピタル浚渫は大型カッターサクション浚渫船で行われる。航路法線は、主要潮流の方向と同様なので、アジテーション浚渫は有効でない。

(4) 概算工費

埋没量低減策として挙げられている各代替案について、キャピタル浚渫、埋没量低減施設および航行援助施設にかかる初期コストを概算した結果を表V－2に示す。

Table V-2 Costs of Siltation Reduction Plans

Case No.	Classification	Channel Depth and Width	Layout	Crown Height, Width	Annual Siltation Volume (mill.m^3)	Total Dredging (A) (000US$) (mill.Rp)	Total Facility (B) (000US$) (mill.Rp)	Navi. Aid (C) (000US$) (mill.Rp)	Grand Total (A)+(B)+(C) (000US$) (mill.Rp)
II	Principal Plan (PP)	-6m 100m	Present Alignment	No Facilities	5.1	9,820 18,157	-	1,126 2,081	10,945 20,238
III -2	Submerged Wall (C2)	-6m 100m	Sp. 2,000 -13,000	1.5m 210m	2.8	8,128 15,028	30,334 56,087	981 1,815	39,443 72,930
III -3	Submerged Wall (C3)	-6m 100m	Sp. 2,000 -13,000	1.5m 240m	2.9	8,177 15,120	30,334 56,087	981 1,815	39,493 73,022
IV	New N-S Alignment (NA)	-6m 100m	N-S Direction	No Facilities	4.4	29,366 54,297	-	1,078 1,992	30,443 56,290

第2章　浚渫効率改善案

(1) 浚渫方法

1) 適切な方法

航路の土質、天候、海象、航行船舶、給油、給水、断面、土捨場等の現状から判断して、トレーリングサクションホッパー浚渫船が本航路の維持浚渫には適切である。

2) 回頭泊地設置

航路中央部に回頭泊地を設置した場合、ホッパー容量が 2,900㎥および 4,000㎥

のトレーリングサクションホッパー浚渫船は航行距離が14.2%節約でき、その結果浚渫効率が16.5%向上する。

3) ドラグヘッドへの装着物

セミキャピタル浚渫における浚渫船IRIAN JAYAの平均含泥率は約47%であった。ドラグヘッドに鋤を取り付ける事により、他の浚渫船も含泥率を47%まで向上できる。

4) 排土板付曳船

トレーリングサクションホッパー浚渫船による維持浚渫を補助する為に、排土板付曳船を使用する事が必要であろう。浚渫効率向上分を定量的に推定する事は困難である。しかし、この排土板付曳船を使用する事によって、約5%は浚渫効率が向上すると見込まれる。

5) ドラグヘッド位置表示装置

ドラグヘッド位置表示装置を設置する事により浚渫効率は向上し、深浅測量の回数は減少する。

6) アジテーション浚渫と横吹き浚渫

アジテーション浚渫による捨土のその後の挙動が不明なので、アジテーション浚渫が有効であるかないかは、明白でない。しかし、アジテーション浚渫の後、トレーリングサクションホッパー浚渫船が安全に作業していることから判断して少なくとも短期間においてはアジテーション浚渫は有効と言えるであろう。

浚渫船が潜堤の外側に浚渫土を横吹きできる場合は、潜堤の為に舞い戻り量が著しく減少する事が期待される。しかし、この方法には実際上いくつかの問題がある。

7) その他

本航路の年間埋没土量は大量なので、1隻の浚渫船が年間を通して常時浚渫している事が必要である。航路全長にわたって段階毎に浚渫していく事が望ましい。

河口付近東部における土捨が現場試験で有効である事が判明したら、特に河口付近を浚渫している時に、退潮時にそこへ土捨する事は有効であると思われる。

(2) 浚渫機材

鋤は容易に現在のドラグヘッドに取り付けられる。排土板付曳船は、トレーリングサクションホッパー浚渫船のよりよい浚渫のために必要である。ドラグヘッド位置表示装置はトレーリングサクションホッパー浚渫船に設置される。

(3) 浚渫施工管理と測量

1) 浚渫施工管理

浚渫作業の施工管理には、品質、工程、安全、原価の四要素がある。流量計、含泥率計、吃水計等の機器は、有効である。パーソナルコンピューターは、日々の浚渫作業を管理していく上で大変有効である。

2) 深浅測量のために、航路のSpot No.5,000およびNo.10,000付近に検潮柱を設置する事が必要である。測量船および浚渫船の位置を正確に知るために、河口の東部に測量用のプラットホームが1基新設される。速くかつ安定して航行できる新しい測量船が必要である。そしてこの測量船には、完全な測量機器を設置することとする。

(4) 概算工費

埋没量低減策各案について、回頭泊地形成に必要な浚渫コストの概算結果を表V－3に示す。

Table V-3 Costs of Making Turning Basin

Case No.	Classification	Channel Depth and Width	Layout	Crown Height, Width	Annual Siltation Volume (mill. m^3)	Turning Basin Additional Volume (000m^3)	Unit Cost (US$) (/$m^3$)	Total (000US$) (mill.Rp)
II	Principal Plan (PP)	-6m 100m	Present Alignment	No Facilities	5.1	40	1.73	69.2 127.9
III-2	Submerged Wall (C2)	-6m 100m	Sp. 2,000 -13,000	1.5m 210m	2.8	40	1.73	69.2 127.9
III-3	Submerged Wall (C3)	-6m 100m	Sp. 2,000 -13,000	1.5m 240m	2.9	40	1.73	69.2 127.9
IV	New N-S Alignment (NA)	-6m 100m	N-S Direction	No Facilities	4.4	50	2.57	128.7 237.9

浚渫機材およびその他の機器にかかる概算コストを表V－4に示す。

Table V-4 Costs of Dredging Equipment and Machinery

Unit: thousands of US$

ITEM	UNIT	QUANTITY	UNIT COST	TOTAL
Dredging Equipment				
Tug Boat with a Blade & Survey Equipment				742.6
Tug Boat with a Blade (700PS)	Nos.	1	713.8	713.8
Echo Sounder (210KHZ/33KHZ)	Nos.	1	28.8	28.8
Survey Boat				656.8
Survey Boat (FRP, 20 knots Max.)	Nos.	1	480.4	480.4
Positioning System	Nos.	1	137.3	137.3
Echo Sounder (210KHZ/33KHZ)	Nos.	1	28.8	28.8
Data Processing System	L.S.	1	10.3	10.3
Spade for Draghead	Nos.	8	1.72	13.7
Draghead Position Indicator	L.S.	1	274.5	274.5
Survey Platform	Nos.	1	6.9	6.9
Personal Computer	Nos.	1	3.4	3.4
Tide Pole	Nos.	2	0.34	0.7
Hopper Dredger Remodeling	Nos.	1	14,687.2	14,687.2
Total without Hopper Dredger Remodeling				1,698.6 (mill. Rp.) 3,140.8
Total with Hopper Dredger Remodeling				16,385.8 (mill. Rp.)30,297.4

第３章　経済性の概略比較

本章における経済性の比較の目的は総合計画の代替案の概略評価を行うことにより、経済的な面から計画の策定に資することにある。なお本章において用いている内部収益率については経済価格への変換を行っていない点に留意を要する。

(1) 航路計画

次の３種の航路規模について分析する。

Table V-5 Cases for Comparison of Channel Size

Case	Depth	Width	Annual Maintenance Dredging Volume	Remarks
"Without" Case	-4m	60m	4.0 Million m^3	Actual Condition
Case A	-6m	100m	5.1 Million m^3	Principal Plan
Case B	-8m	120m	5.9 Million m^3	Expansion Plan

1) 便益

航行船舶の潮待ちによる滞船時間とその費用についての各ケースと Without ケースとの差を航路拡大の便益と考える。

2) 評価

各ケースの内部収益率は次のとおりである。

Table V-6 Internal Rate of Return of Each Channel Size

Case	IRR
Case A (Depth -6m, Width 100m)	33.2%
Case B (Depth -8m, Width 120m)	13.3%

上記の結果から見てケースＡが航路計画上最善の代替案である。

(2) 埋没対策計画

表Ｖ－１の埋没対策案について検討する。

1) Withoutケース

ケースNo.IIをWithoutケースとする。

2) 便益

各ケースにおける維持浚渫費用の減少を各々の便益とする。

3) 評価

各ケースの内部収益率は次のとおりである。

Table V-7 Internal Rate of Return of Each Siltation Reduction Plan

Case	Case No.III-2	Case No.III-3	Case No.IV
IRR	8.5%	8.1%	3.4%

潜堤案（ケースNo.III－２およびNo.III－３）の内部収益率は実質的な高さを持っているといえる。

(3) 浚渫効率改善計画

浚渫効率の改善は浚渫費用を比例的に減少させるものと仮定しその減少を浚渫効率改善計画の便益とする。

1) 浚渫効率改善計画の効果

浚渫効率改善計画の効果は次表のとおりである。

Table V-8 Effects of Dredging Efficiency Improvement Plans

Unit: Thousands of US $

Item	Making Turning Basin	Attachments to Dragheads	Tugboat Equipped with a Blade
Initial Cost	69	14	743
Increase in Dredging Efficiency	16.5%	13.8%	5%
Annual Benefit in Year 2000	624	534	210
Total Benefits -Total Costs Through Project Life	29,791	25,123	7,802

2) 横吹き浚渫

横吹き浚渫はケースNo.III－2において浚渫効率を117%改善するものと推定される。これに基づいて内部収益を計算すると3.4%となる。

3) 浚渫効率改善計画全体の効果

浚渫効率改善計画の全体としての効率改善効果はケースNo.IIにおいて22%と推定される。これに基づいて内部収益率を計算すると42%となる。経済的に見てこれを実施することがのぞましいことは明らかである。

第4章 対策案の選定

(1) 埋没低減案

計画、技術および経済の各視点から上の検討をふまえた評価を表V－9にとりまとめた。全般的にみて、潜堤案（案III－3）が総合計画の候補として最適と判断される。一方、不連続な潜堤はこの連続提案の一段階と位置づけられる。

Table V- 9 Evaluation of Candidates for Siltation Reduction

Case No.	Classification/ Kind of Siltation Countermeasures	Bottom Width B (m)	Wall Distance W (m)	Planning			Technical			Economic
				Traffic Demands and Criteria	Navigation Safety	Future Expansion	Decrease of Siltation Volume	Improvement of Dredging Efficiency	Problems and Reliability	Cost Effectiveness
II	Principal Plan	100	-	+	+	+	-	-	+	
III-2	Submerged Walls	100	210 -225	+	-	-	+	+	0	+
3	ditto	100	240	+	0	+	+	0	0	+
IV	New N-S Alignment	100	-	+	+	+	-	-	-	-

Notes: + (very good), 0 (good), - (poor)

(2) 浚渫効率改善計画

技術的および経済的見地より、浚渫効率向上計画は以下の通りである。

a. 航路中央部に回頭泊地の設置

b. ドラグヘッドに鋤を取りつける

c. 測量機器一式を装備した排土板付曳船の建造

d. 浚渫船にドラグヘッド位置表示装置を設置

e. 流量計、含泥率計、吃水計等の計器の使用

f. 現場にパーソナルコンピューターの設置

g. 210kHzおよび33kHz の様な同時に二つの周波数を使用して音響測深を行い、重錘でも検査

h. 航路沿いにSpot №5,000および№10,000の付近に検潮柱を設置

i. 河口東部に測量用のプラットフォームを新設

j. 完全な測量機器を装備した高速の測量船の建造

第VI部　総合計画

第１章　航路および埋没対策計画

(1)　総合計画の目標

総合計画の目標年次は2000年である。2000年における取扱い貨物量と船舶交通量は、それぞれ約8.8百万トン／㎥と11,000隻／年と推定される。航路を通る計画船型は6,500総トン（10,000重量トン）級貨物船である。

(2)　航路および埋没対策計画

航路法線は現在の法線とする。その断面は水深－６ｍ、幅員 100m、法勾配 1/8および1/10である。航路は、高さ海底から1.5ｍ、間隔 240mの潜堤でSpot　No. 2,000から13,000までの両側を防護する。

(3)　航行安全計画

航行安全施設を改善し、誘導灯２基、レーコン付き進入浮標１基、レーダー反射器付き航路浮標５基、潜堤位置表示灯８基を計画する。この他の航行安全対策も、パイロット・ボート一隻の調達と共に計画している。

以上の航路、潜堤および航行援助施設の計画を図VI－１に示した。

第２章　浚渫計画

最初に、計画断面に基づき浚渫公社のトレーリングサクションホッパー浚渫船とカッターサクション浚渫船によって航路は拡幅および増深される。次に、航路は浚渫公社のトレーリングサクションホッパー浚渫船により、計画断面になるように維持浚渫されるべきである。第Ｖ部の第４章で既述された浚渫効率改善計画が実施される。

ドラグヘッドに鋤を取りつけ、回頭泊地を設置し、排土板付曳船を使用する事による効率向上後の推定能力は、セミキャピタル浚渫等の実績に基づいた能力に、効率向上の係数を乗ずる事により算出されている。 2,000㎥および 2,900㎥のホッパーを保有するトレーリングサクションホッパー浚渫船の効率向上後の推定能力は標準能力とほぼ同様である。 4,000㎥のホッパーを保有するトレーリングサクションホッパー浚渫船の効率

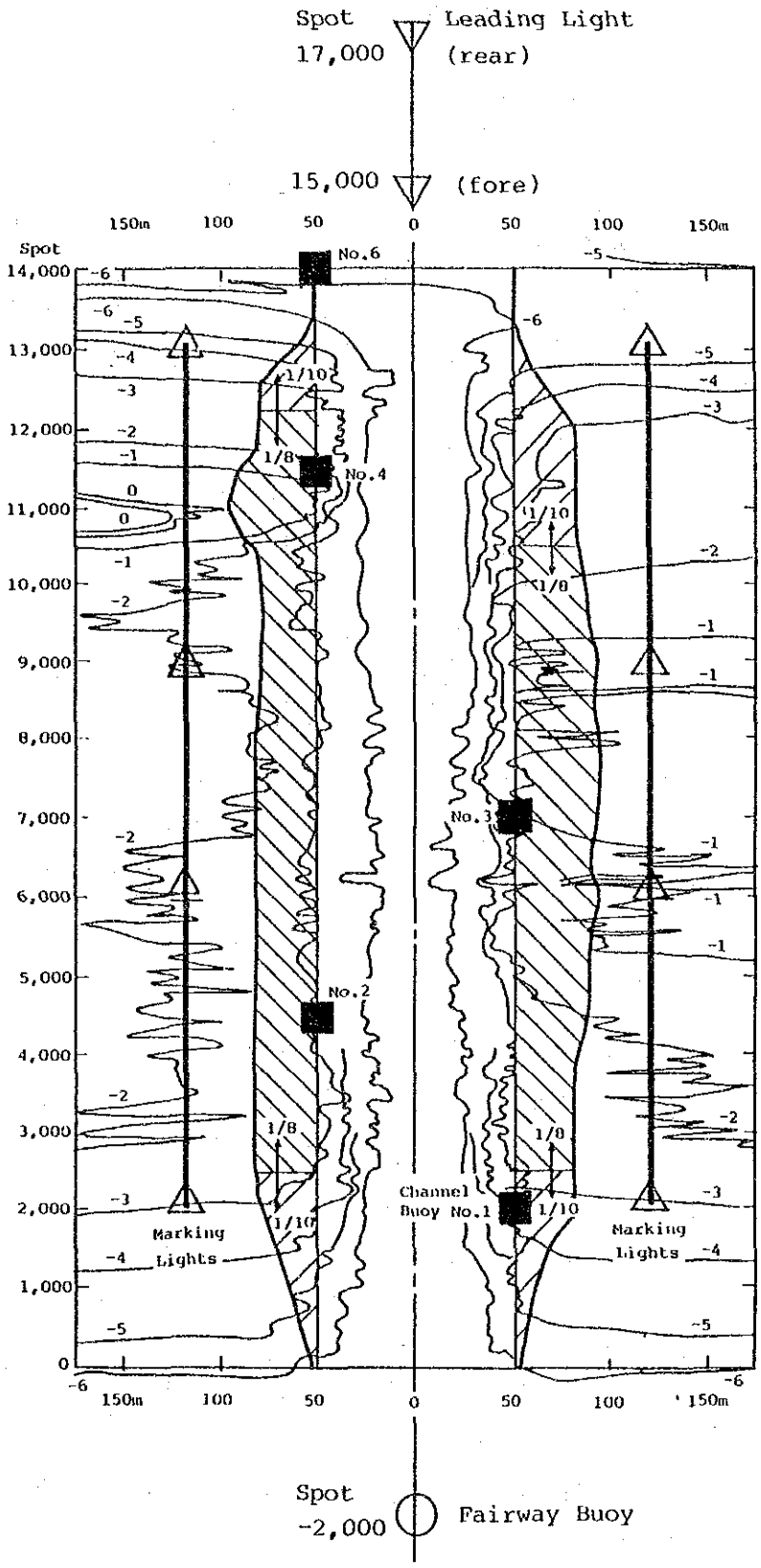


Fig. VI- 1 Arrangement of Submerged Walls and Navigational Aids (Comprehensive Plan)

向上後の推定能力は、標準能力の約85%である。

第3章　維持、管理および運営計画

(1) 埋没対策の維持および管理

潜堤の状態と海底の変化をチェックし、潜堤の機能が引き続き確保されるように、定期的な測量と維持が必要である。

(2) 航行援助施設の維持と信頼性

航行援助施設は、その役割が連続的に果せる極めて信頼性の高いものとするため、適切に選定、施工、設置および維持する必要がある。

(3) 浚渫機材の維持・修理

現在での重要点は、スペアパーツの供給である。浚渫船がスペアパーツを待って待機する事がしばしば発生している。

各浚渫船及び付属船の過去の維持・修理記録を示す経過記録用紙の作成をすべきである。種々のデータが浚渫公社の浚渫船隊の維持・点検基準を作成する為に収集される必要がある。

ホームドッキングシステムが実現するかどうかは不明である。もしも、実現された場合は、浚渫公社はこのシステムに従う。浚渫公社は、すべての自社保有の船舶の維持・修理ができる造船所の建設を計画している。

(4) 浚渫管理運営

維持浚渫の管理運営を効果的にするために、下記の3点に基づいて必要な改善を行う事を薦める。

1) 運輸省の内部に維持浚渫の計画、管理、開発について責任をもつ“中心的組織”を設立する。

2) スペアパーツ及び資機材の調達を含み浚渫船の維持修理のための監視システムを設立する。

3) 浚渫公社の人材のみならず他の維持浚渫の関係諸機関の人材に対しても大規模な訓練を継続する。

第４章　概算工費

総合計画にかかる費用の概算結果を表Ⅵ－１に示す。総合計画のコストの総額は約51百万米ドルと見積られる。その内、外貨分が約37百万米ドル（総額の70%）、内貨分が約14百万米ドル（総額の30%）である。また、総額に対するプロジェクト項目毎の割合は、潜堤が60%、キャピタル浚渫が17%、浚渫機材が３%、航行援助施設が２%等となっている。

Table VI-1　Project Cost of the Comprehensive Plan

Unit: thousands of US$

ITEM	UNIT	QUANTITY	UNIT COST	FOREIGN	LOCAL	TOTAL	
[COMPREHENSIVE PLAN COST]							
Capital Dredging				0.0	8,552.0	8,552.0	16.7%
Dredging by Hopper	m^3	5,810,000	0.00081	0.0	4,713.4	4,713.4	
Dredging by Cutter	m^3	2,218,000	0.00173	0.0	3,838.6	3,838.6	
Submerged Walls	m	22,000	1.4	27,593.1	2,741.9	30,335.0	59.3%
Dredging Equipment				1,696.2	2.4	1,698.6	3.3%
Tug Boat(700PS)	Nos.	1	742.6	742.6	0.0	742.6	
Survey Boat	Nos.	1	656.8	656.8	0.0	656.8	
Spade for Draghead	Nos.	8	1.7	13.7	0.0	13.7	
Draghead Pos. Indicator	Nos.	1	274.5	274.5	0.0	274.5	
Survey Platform	Nos.	1	6.9	4.5	2.4	6.9	
Personal Computer	Nos.	1	3.4	3.4	0.0	3.4	
Tide Pole	Nos.	2	0.3	0.7	0.0	0.7	
Navigational Aids				982.8	152.7	1,135.5	2.2%
Leading Light Rear	Nos.	1	171.6	102.9	68.6	171.6	
Leadign Light Front	Nos.	1	178.4	109.8	68.6	178.4	
Fair-way Buoy	Nos.	1	86.5	82.4	4.1	86.5	
Channel Buoy	Nos.	5	24.5	116.7	5.8	122.5	
Sub. Wall Marking Light	Nos.	8	3.4	22.0	5.5	27.5	
Pilot Boat	Nos.	1	549.1	549.1	0.0	549.1	
Mob./Demob.	L.S.	1		686.3	53.2	739.5	1.4%
Engineering Services				1,725.0	928.8	2,653.8	5.2%
Detailed Desing	L.S.	1		690.0	371.5	1,061.5	
Superivision & Survey	L.S.	1		1,035.0	557.3	1,592.3	
Physical Contingency	L.S.	1		4,307.2	1,704.5	6,011.7	11.8%
Total				36,990.6 72.4%	14,135.5 27.6%	51,126.1 100.0%	100.0%

第５章　現在の港湾開発計画の検討

(1)　需要および施設拡張

本調査の結果は、基本的にバンジャルマシン港の現在の開発計画と斉合している。ただし、当港の過去五年間の貨物量の増加率は、1985年に作られたマスタープラン（改訂版）の予測よりも高いものであった。

したがって、当港の施設の開発を予定より早める政策をとることが提言される。

(2)　待機泊地の計画

本調査の航路航行シミュレーションの結果、2000年までには航路から出る船の待機泊地を河口部に２隻分配置することが必要と考えられる。

第Ⅶ部　第一期計画

第１章　段階計画および第一期計画

(1)　航路および埋没対策計画

プロジェクトの慎重な実施に注意し、埋設対策施設すなわち潜堤の第１段階としては、最も効果を期待できる場所としてSpot No.3,000～7,000 および10,000～13,000を防護する不連続な潜堤を計画する。この第一期計画の目標年次は1995年とする。

(2)　航行安全対策

第１段階の航行安全対策として、航行管制の強化、航行援助施設（総合計画で規定されたものと同数）の購入・設置、およびパイロット・ボート一隻の調達を計画する。

航路の潜堤および航行援助施設の計画図を図Ⅶ－１に示す。

(3)　浚渫計画

第一期計画における浚渫計画は以下の通りである。

a．計画断面に基づき航路の拡幅と増深

b．航路中央部に回泊頭地の設置

c．ドラグヘッドへの鋤の取りつけ

d．測量機器一式を装備した排土板付曳船の建造

e．浚渫船にドラグヘッド位置表示装備を設置

f．流量計、含泥率計、吃水計等の計器の使用

g．現場にパーソナルコンピューターの設置

h．210kHz及び33kHzの様な同時に二つの周波数を使用して音響測深を行い、重錘でも検査

i．航路沿いにSpot No.5,000およびNo.10,000の付近に検潮柱を設置

j．河口東部に測量用のプラットフォームを新設

k．完全な測量機器を装備した高速の測量船の建造

l．必要なスペアパーツの準備

m．各浚渫船および付属船の過去の維持・修理記録を示す経過記録用紙の準備

n．浚渫船隊の維持及び点検基準の準備

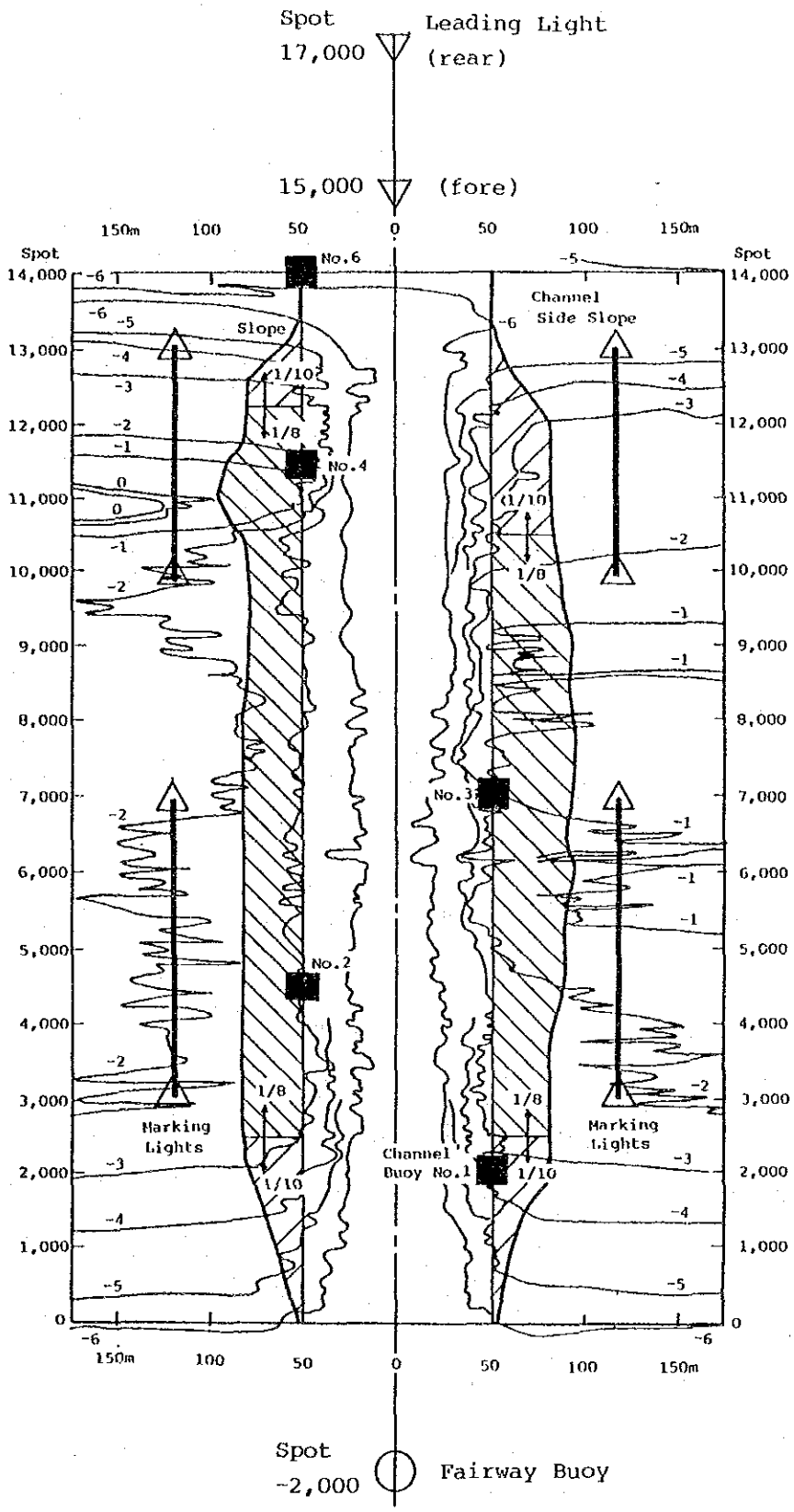


Fig. VII- 1 Arrangement of Submerged Walls and Navigational Aids
(First-stage Plan)

o. 現在のアジテーション浚渫の効果の調査

p. 河口にて試験的土捨の実施

q. 潜堤の外側に土捨する試験的横吹きの実施

(4) エンジニアリング・サービス

エンジニアリング・サービスには、通常のものの他に潜堤の監視調査、追跡調査及び浚渫の試行の管理が含まれる。

第2章　施設及び機材の予備設計

(1) 航路

航路の配置と断面を提示した。これには、航路中央付近での直径 165mの回頭泊地1区画も含まれる。

(2) 埋没量低減施設（潜堤）

1) 設計条件

(a) 天端高：海底面より1.5m

(b) 潮位

Indian Spring High Water : DL+ 2.859m

Mean Sea Level : DL+ 1.627m

Indian Spring Low Water : DL+ 0.396m

(c) 土質

土質調査の結果を要約すると以下のとおりである。

－海底面直下の上層部は有機物の破片の混入した灰色がかった粘性砂層で厚みは約3～4mである。

－その下にはボーリング調査範囲である海底面下21m程度まで柔らかいシルト及び粘土である。

－N値

ボーリング孔、No.1（Spot No. 4,000付近の航路東側）では、海底面下3mでN値が2、21mでは4であった。

ボーリング孔、No.2（Spot No.10,000付近の航路西側）では、海底面下3mでN値が0、21mでは6であった。

－一軸圧縮強度（qu）

ボーリング孔No.1では、海底面下12mでqu＝ 0.217kg／cm²、20mでは0.502kg／cm²であった。

ボーリング孔No.2では、海底面下6mでqu＝ 0.325kg／cm²、16mでは0.515kg／cm²、20mでは 0.3kg／cm²であった。

(d) 設計波

代表的な設計波の条件として、本フィージビリティー調査の範囲では以下の条件を採用した。

$H_{1/3}$ ＝ 2.4m、H max＝ 3.8m、T＝6 sec、β＝70°（DL－2mにおいて）

ここに　β：波の入射波向と潜堤の法線に直角な方向のなす角度

2) 潜堤構造

いくつかの構造案の比較結果を踏まえ、現段階で適当と考えられる潜堤の構造案を図Ⅶ－2に示す。

(3) 航行援助施設

航行援助施設とパイロット・ボートの設計条件、仕様および設計を図面と共に示した。ちなみに、パイロット・ボートの仕様は以下のとおりである。

船体

材料　：FRP

規模　：約 Loa17.5m×Bext4.2m×D2.1m

主機

馬力　：約 450ps× 2,000rpm ディーゼル×2基

最高速度：20ノット以上

定員

旅客　：8人

船員　：2人

機器

乗降　：リギングネット

レーダー、サーチ・ライト、無線（VHF、SSBおよびMW）

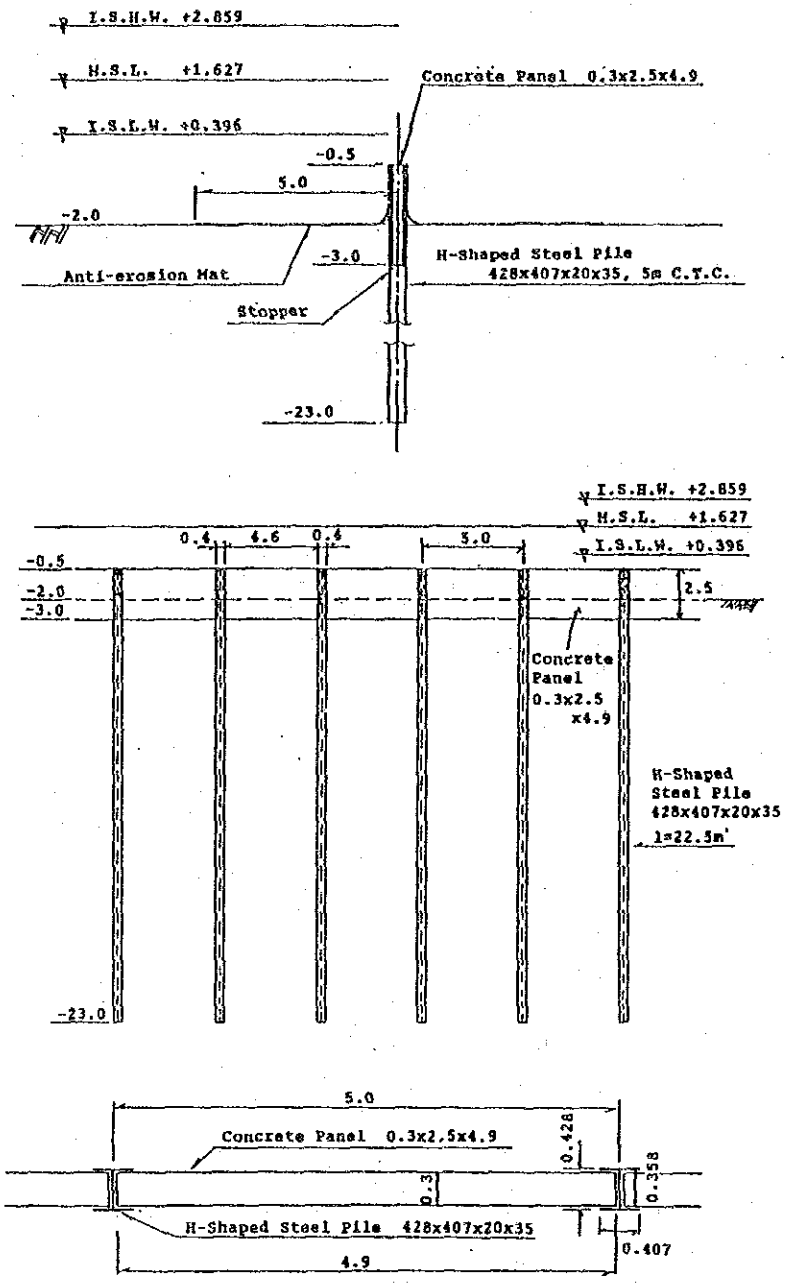


Fig. VII- 2 Structural Plan of Submerged Walls

(4) 浚渫機材の設計

1) 排土板付曳船

排土板付曳船の仕様は以下の通りである。

全長 ：20.0m

幅 ： 6.8m

深さ ： 2.8m

吃水 ： 2.0m

速力　：8.0ノット

主機　：350ps×2基

2) 測量船

ＦＲＰ製の高速測量船の仕様は以下の通りである。

全長　：17.0m

幅　　：4.2m

深さ　：2.1m

吃水　：0.8m

速力　：20.0 ノット（最高）

主機　：360ps×2基

第3章　プロジェクトの実施計画

第一期計画の実施工程案を図Ⅶ－3に示す。

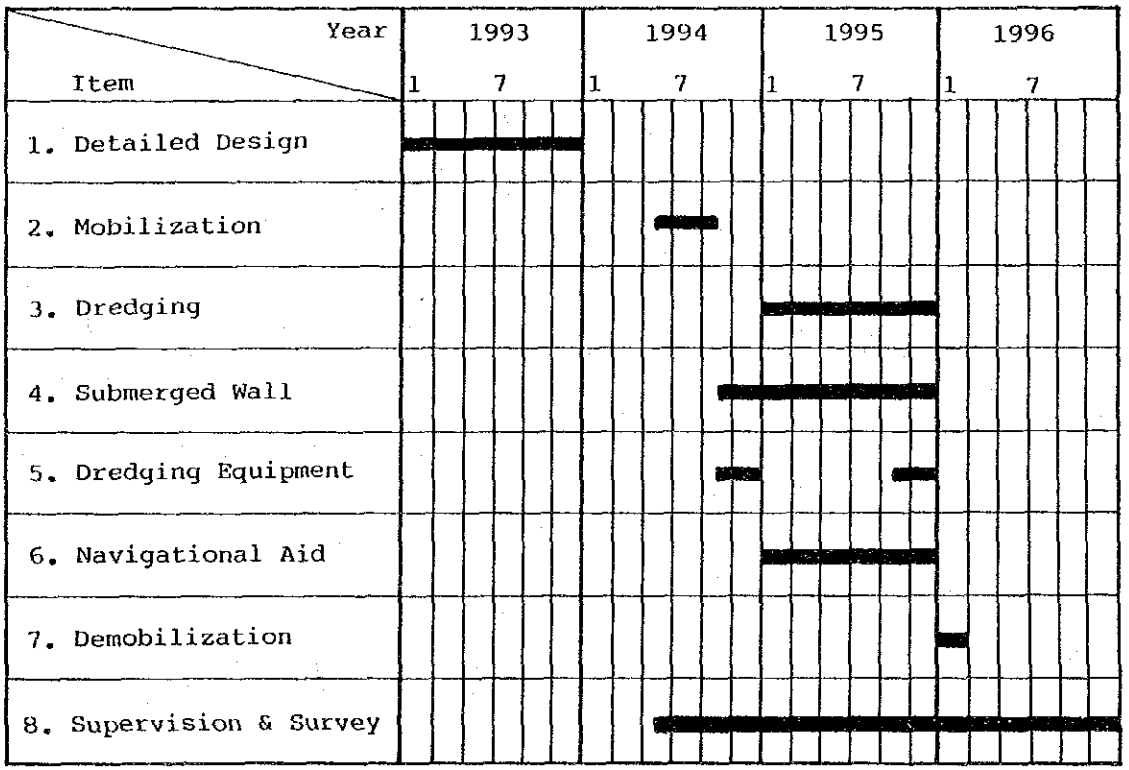


Fig. VII- 3 Project Schedule of the First-stage Plan

第４章　概算工費

第一期計画にかかる費用の概算結果を表Ⅶ－１およびⅦ－２に示す。第一期計画のコストの総額は約38百万米ドル（約 700億ルピー）と見積もられる。その内、外貨分が66％、内貨分34％である。また、総額に対するプロジェクト項目ごとの割合は、潜堤が51％、キャピタル浚渫が23％、浚渫機材が５％、航行援助施設が３％等となっている。年次別にみると投資額の約80％が1995年に集中しており、その他、1993年に２％、1994年に15％、1996年に１％となっている。

Table VII-1 Project Cost of the First-stage Plan

Unit: thousands of US$

ITEM	UNIT	QUANTITY	UNIT COST	FOREIGN MATERIAL	FOREIGN LABOUR	FOREIGN TOTAL	LOCAL MATERIAL	LOCAL SKILLED LABOUR	LOCAL UNSKILLED LABOUR	LOCAL TOTAL	GRAND TOTAL	
Capital Dreadging				0.0	0.0	0.0	6,166.4	2,215.0	170.6	8,552.0	8,552.0	22.6%
Dredging by Hopper	m^3	5,810,000	0.00081	-	-	0.0	3,506.2	1,117.5	89.7	4,713.4	4,713.4	
Dredging by Cutter	m^3	2,218,000	0.00173	-	-	0.0	2,660.1	1,097.5	81.0	3,838.6	3,838.6	
Submerged Walls	m	14,000	1.4	15,242.7	2,316.5	17,559.2	1,005.4	606.9	132.5	1,744.9	19,304.1	51.1%
Dredging Equipment				1,696.2	0.0	1,696.2	0.7	1.4	0.3	2.4	1,698.6	4.5%
Tug Boat(700PS)	Nos.	1	742.6	742.6	-	742.6	-	-	-	0.0	742.6	
Survey Boat	Nos.	1	656.8	656.8	-	656.8	-	-	-	0.0	656.8	
Spade for Draghead	Nos.	8	1.7	13.7	-	13.7	-	-	-	0.0	13.7	
Draghead Pos.Indicator	Nos.	1	274.5	274.5	-	274.5	-	-	-	0.0	274.5	
Survey Platform	Nos.	1	6.9	4.5	-	4.5	0.7	1.4	0.3	2.4	6.9	
Personal Computer	Nos.	1	3.4	3.4	-	3.4	-	-	-	0.0	3.4	
Tide Pole	Nos.	2	0.3	0.7	-	0.7	-	-	-	0.0	0.7	
Navigational Aids				982.8	0.0	982.8	76.4	61.1	15.3	152.7	1,135.5	3.0%
Leading Light Rear	Nos.	1	171.6	102.9	-	102.9	34.3	27.5	6.9	68.6	171.6	
Leading Light Front	Nos.	1	178.4	109.8	-	109.8	34.3	27.5	6.9	68.6	178.4	
Fairway Buoy	Nos.	1	86.5	82.4	-	82.4	2.1	1.6	0.4	4.1	86.5	
Channel Buoy	Nos.	5	24.5	116.7	-	116.7	2.9	2.3	0.6	5.8	122.5	
Sub.Wall Marking Light	Nos.	8	3.4	22.0	-	22.0	2.7	2.2	0.5	5.5	27.5	
Pilot Boat	Nos.	1	549.1	549.1	-	549.1	-	-	-	0.0	549.1	
Mob./Demob.	L.S.	1		343.2	0.0	343.2	36.7	15.4	1.1	53.2	396.3	1.0%
Engineering Services				454.6	1,060.8	1,515.5	204.0	571.2	40.8	816.0	2,331.5	6.2%
Detailed Design	L.S.	1		159.1	371.3	530.4	71.4	199.9	14.3	285.6	816.0	
Supervision & Survey	L.S.	1		295.5	689.5	985.1	132.6	371.3	26.5	530.4	1,515.5	
Physical contingency	L.S.	1		2,437.5	347.5	2,785.0	1,081.5	427.2	46.3	1,554.9	4,339.9	11.5%
Total				21,157.1 56.0%	3,724.8 9.9%	24,881.9 65.9%	8,570.9 22.7%	3,898.2 10.3%	406.9 1.1%	12,876.1 34.1%	37,757.9 100.0%	100.0%

Table VII-2 Annual Investment Cost of the First-stage Plan

[First-stage Plan] Unit: thousands of US$

Item \ Year	1993	1994	1995	1996	Total
Capital Dredging	0.0	0.0	8,552.0	0.0	8,552.0
Dredging by Hopper	0.0	0.0	4,713.4	0.0	4,713.4
Dredging by Cutter	0.0	0.0	3,838.6	0.0	3,838.6
Submerged walls	0.0	3,860.8	15,443.3	0.0	19,304.1
Dredging Equipment	0.0	288.3	1,410.4	0.0	1,698.6
Tug Boat(700PS)	0.0	0.0	742.6	0.0	742.6
Survey Boat	0.0	0.0	656.8	0.0	656.8
Spade for Draghead	0.0	13.7	0.0	0.0	13.7
Draghead Pos. Indicator	0.0	274.5	0.0	0.0	274.5
Survey Platform	0.0	0.0	6.9	0.0	6.9
Personal Computer	0.0	0.0	3.4	0.0	3.4
Tide Pile	0.0	0.0	0.7	0.0	0.7
Navigational Aids	0.0	0.0	1,135.5	0.0	1,135.5
Leading Light Rear	0.0	0.0	171.6	0.0	171.6
Leading Light Front	0.0	0.0	178.4	0.0	178.4
Fair-way Buoy	0.0	0.0	86.5	0.0	86.5
Channel Buoy	0.0	0.0	122.5	0.0	122.5
Sub. Wall Marking Light	0.0	0.0	27.5	0.0	27.5
Pilot Boat	0.0	0.0	549.1	0.0	549.1
Mob./Demob.	0.0	264.2	0.0	132.1	396.3
Engineering Services	816.0	505.2	866.0	144.3	2,331.5
Detailed Design	816.0	0.0	0.0	0.0	816.0
Supervision & Survey	0.0	505.2	866.0	144.3	1,515.5
Physical Contingency	0.0	606.7	3,726.6	6.6	4,339.9
Total	816.0	5,525.2	31,133.7	283.0	37,757.9

第５章　経済分析

(1) プロジェクトライフ

プロジェクトライフは33年（1993年～2025年）とする。

(2) Without ケース

この費用便益分析は次のWithケースとWithoutケースの間で行う。

Withケース：航路水深6m　幅員 100m、不連続潜堤(Spot No.3,000～7,000および10,000～13,000)

Withoutケース：航路水深6m　幅員100m、潜堤無し

(3) 便益

不連続潜堤による埋没量の減少とそれによる維持浚渫費用の減少を経済価格で表したものを便益とする。

(4) 費用

建設費及び施設の維持補修費のWithケースと Withoutケースの差を経済価格で表したものを費用とする。

(5) EIRR の計算結果

Table VII-3 Results of EIRR Calculation

Case	EIRR
Base Case	13.2%
Increase of Construction Costs by 10%	11.9%
Decrease of Benefits by 10%	11.8%

(6) 結論

第一期計画は経済分析の上から実施可能である。

第6章　財務分析

(1) 手法と前提

プロジェクトライフ及び Withoutケース等の前提は経済価格への変換を除いて第5章の経済分析と同様である。

(2) 便益

不連続潜堤による埋没量の減少とそれによる維持浚渫費用の減少を便益とするのは