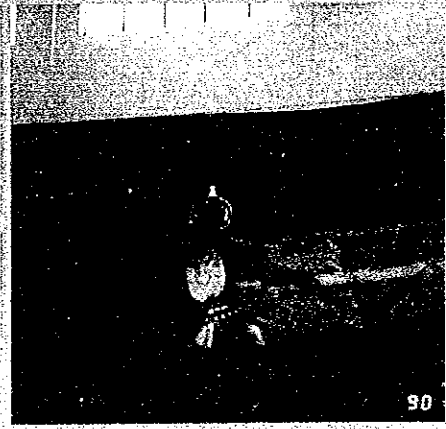
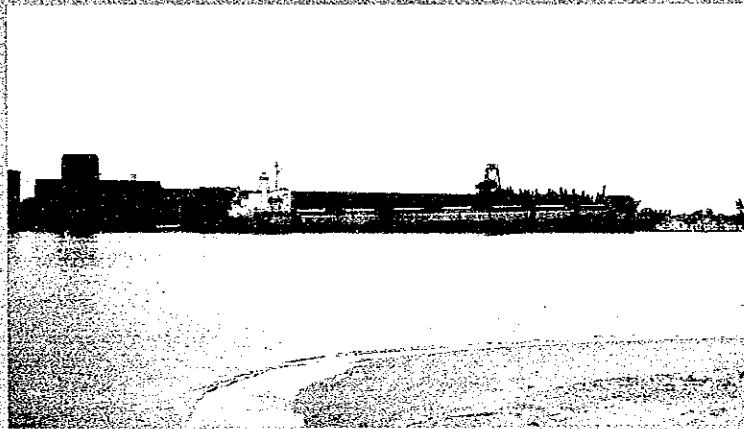
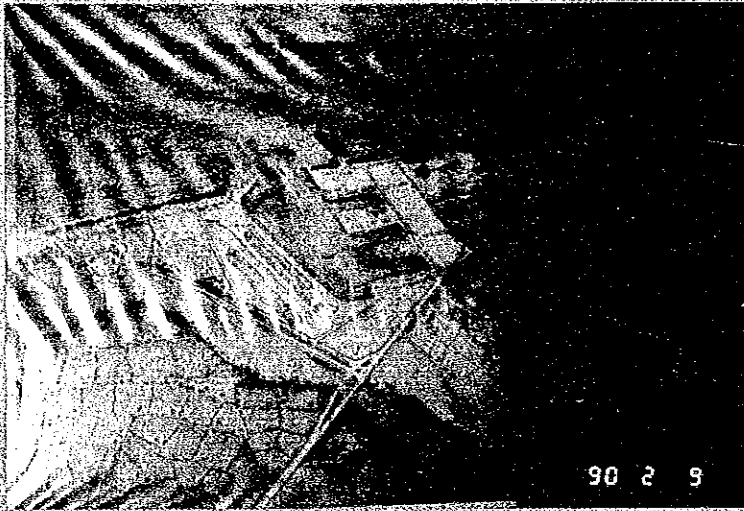


# インド 国

## ニューマンガロール 港

### ニューマンガロール 港 改良 計画 調査



1990. 8 (平成 2 年 8 月)

# 国際協力事業団

ガロール 改良計画調査 (平成2年8月)

107  
617  
38F

JICA LIBRARY



108670911

21794



国際協力事業団

21794

## 序 文

日本国政府は、インド国政府の要請に基づき、同国のニューマンガロール港改良計画に係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、1989年9月より1990年7月まで3回にわたり(財)国際臨海開発研究センター常務理事 岡田靖夫氏を団長とし、同財団及び八千代エンジニアリング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、インド国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、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、両国の友好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、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係者各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

平成2年8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

ここに、インド国ニューマンガロール港改良計画調査報告書を提出できることを光栄に存じます。財団法人国際臨海開発研究センター及び八千代エンジニアリング株式会社で構成された私自身を団長とする本調査団は、国際協力事業団との業務実施契約に基づき、1989年から1990年にかけてインド国で現地調査を実施致しました。現地調査の結果は充分議論検討され、ニューマンガロール港の2005年を目標とするマスタープランの作成及び1994/95年を目標とする短期整備計画の作成とフィージビリティの分析を行い本報告書としてとりまとめました。調査の結果、本プロジェクトの実施はマンガロール港の発展のみならず、カルナタカ州を中心とするインド南部地方の社会・経済の基盤整備として重要かつ効果的な施策であり、しかも経済的、財務的に実施可能と判断されます。調査団といたしましては、本計画が早期に実施されることを期待してやみません。

調査団を代表して、インド政府、ニューマンガロール・ポートトラスト及び本調査に関わりを持った様々な機関に対し、我々がインド滞在中に受けた御好意と惜しめない御協力に、心からお礼申し上げます。

また、国際協力事業団、外務省、運輸省及び現地日本大使館並びにJICA事務所に対しても現地調査及び報告書の作成に当たって貴重な御助言と御助力をいただいたことに深く感謝申し上げます。

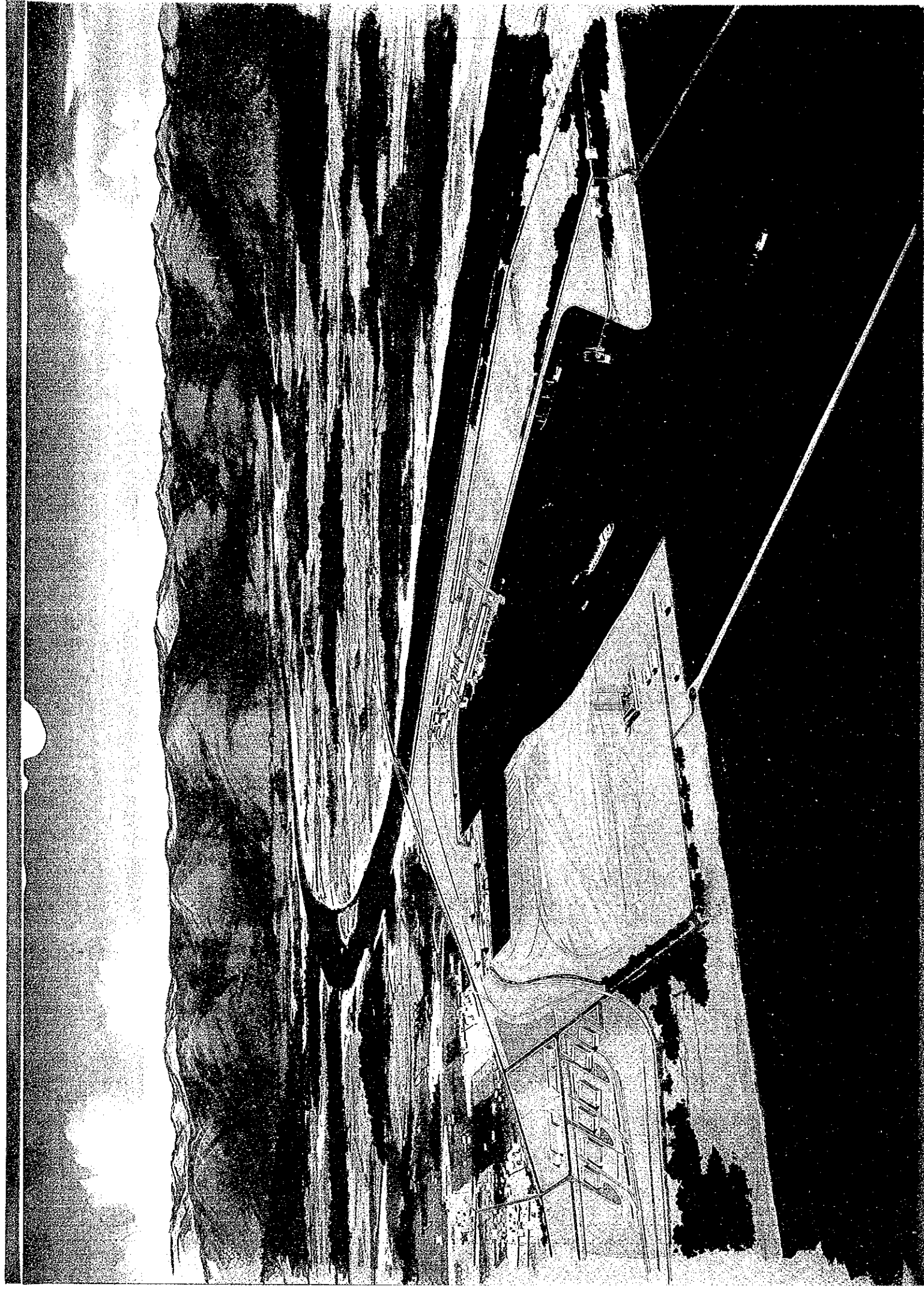
平成2年8月

インド国ニューマンガロール港改良計画調査団

団 長 岡 田 靖 夫

(財)国際臨海開発研究センター常務理事)









## 略 語 一 覧

ADB	Asian Development Bank
CFC	Conversion Factor for Consumption
CWPRS	Central Water and Power Research Station
DWT	Dead Weight Tonnage
EIRR	Economic Internal Rate of Return
FIRR	Financial Internal Rate of Return
GDP	Gross Domestic Product
GRT	Gross Registered Tonnage
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development
ICD	Inland Container Depot
IPA	Indian Ports Association
JICA	Japan International Cooperation Agency
KIOCL	Kudremukh Iron Ore Company Limited
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
MOST	Ministry of Surface Transport
MCF	Mangalore Chemicals & Fertilizer Limited
MOST	Ministry of Surface Transport
NMP	New Mangalore Port
NMPT	New Mangalore Port Trust
NTPC	National Thermal Power Plant
OCDI	Overseas Coastal Area Development Institute of Japan
OECF	Overseas Economic Cooperation Fund
PHRI	Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport, Japan
POL	Petroleum, Oil and Lubricant
Rs	Rupees
SCF	Standard Conversion Factor
SCI	Shipping Corporation of India
TEU	

## 外貨交換率

\$ 1 = Rs. 16.75

# 目 次

結論と勧告	1
1. 調査概要	11
2. 港湾の現状	15
3. 入出港船舶及び取扱貨物量の現況	37
4. 港湾の管理運営	41
5. マスタープランのレビュー	51
6. 埋没土量の予測	72
7. 浚  渫	77
8. 短期整備計画の策定	85
9. 各短期計画に対する概略設計	92
10. 短期整備計画に対する施工計画	102
11. 短期整備計画に対する概算工事費	104
12. 港湾の管理運営に関する勧告	113
13. 経 済 分 析	116
14. 財 務 分 析	124
15. 結  論	133

# 結論と勧告

## 結 論

### 1. ニューマンガロール港改良の必要性

- 1) ニューマンガロール港（NMP）は1988/1989年において5百万トンの鉄鉱石を取り扱っており、これはNMPにおける全取扱量の70%にあたる。鉄鉱石取扱施設は容量の観点からほぼその限界に達している。一方、他のインド国内港では大型の運搬船を受け入れることができるかまたは建設を計画している。従って、本港の鉄鉱石取扱施設を改良してより大型の鉄鉱石運搬船を受け入れて競争力を高め、鉄鉱石輸出を増大させる必要がある。
- 2) NMPの近傍で石油精製施設と石炭火力発電所が計画されており、NMPでは大量の原油、石油製品、石炭の取扱が予想される。原油はペルシャ湾諸国あるいはボンベイ・ハイから輸入されることが予想され、大型のタンカーの受け入れ施設が必要となる。その他、石油製品、石炭取り扱い施設の整備が必要である。
- 3) 現在、NMPの航路・泊地は毎年のようにシルテーションにみまわれ、NMP港務局は維持浚渫に多くの経費を費やしている。航路・泊地が拡張されるとさらに多くのシルテーションが発生することが予想されるので、何等かの対応策が必要になる。
- 4) 更に、政府の認可が未取得ではあるが、インドガスオーソリティによりLNGの取扱がNMPで計画されている。LNGは発火性の高い物質であるため取扱及び処理施設は他の施設からできるだけ離して計画する必要がある。従って、NMPにおいて将来のLNG施設のため、このような条件にあった用地を確保しておく必要がある。
- 5) これらの要請に対応するため、1985年に策定された既存マスタープランの見直し、1994/95年を目標年次とした短期整備計画の作成が必要である。

### 2. 特記すべき自然条件

#### 1) シルテーション

外港航路は毎年シルテーションにより全断面にわたって埋没し、更にそのシルトは泊地内に流入する。シルテーションは南西モンスーン期に起こり、最大3mの厚さとなる。シルテーションの発生源にはいくつかの候補があるがこの調査の中では特定することはできなかった。

#### 2) 岩盤層の存在

NMPの港内には岩盤層が比較的浅いレベルで存在する。現施設の建設の際一度浚渫されているので最も浅い部分は約13.5mとなっている。浅い岩盤層は泊地への入口付近に広がっているので泊地が増深される場合には岩盤浚渫はさけがたい状況にある。

### 3. マスタープラン

(需要予測と目標年次)

- 1) マスタープランは2005年を目標年次として見直した。

2) NMPにおける取扱貨物の需要予測結果は次の通り。

需要予測 (2004/05)

輸出

鉄鉱石	10,000
石油製品	3,160
その他	660
小計	13,820

輸入

原油	6,000
石炭	12,120
その他	3,030
小計	21,150
合計	34,970

(計画の考え方)

計画における最も重要な点は鉄鉱石運搬船と原油タンカーの船型の決定とこれら施設の配置、シルテーションへの対策の選択である。

施設の規模、すなわちバース前面における水深は目標年における取扱量、船型の動向、および岩盤浚渫を勘案して決められるべきである。本報告書の中ではこれらの点を検討した結果、100,000 DWTクラスを計画最大船型とすることとした。

バースの配置は既存のマスタープランを参考にしつつ現施設との調和を考慮して決定した。

シルテーションの対応策としては防波堤の延伸を選択した。防波堤延伸部の配置と延伸長さは防波堤建設費と維持浚渫費の合計が最小になるように定めた。

更に、短期整備計画はマスタープランの段階計画として策定されるべきものであるので、マスタープランは長期的視野と短期的視野の両面から策定した。

(施設計画)

1) 既存鉄鉱石取扱施設の100,000DWT級施設への改良

現在の施設に設置されているシップローダーに小規模の改良を加え、バースを33m延ばすだけで受け入れられる最大の船型は100,000DWT級の船舶である。ここでもし100,000DWTを超える船舶を受け入れようとするコストが急激に上昇する。しかも岩盤浚渫のコストも浚渫厚の増加にともない急激に上昇し、泊地、航路におけるその他の浚渫費用も上昇する。従って、改良は最大100,000DWT級の船舶を受け入れるためのものとした。

2) 新規鉄鉱石取扱施設の建設

鉄鉱石バース1バースでは2005年の需要量1000万トンに対応できないため、もう1バースを既

存バースの隣に建設する。

3) 既存石油製品バースの100,000DWT級原油バースへの改造

既存石油製品バースに係留用あるいは接舷用のドルフィンを付加することなどによって原油用大型バースに改造する。

4) 85,000および35,000DWT級石油製品バースの建設

石油製品タンカーの船型は最大35,000DWT程度と予想されるが、85,000DWTのタンカーが接岸できる製品バースを内港地区に計画する。このバースは原油バースがなんらかの原因で使用できない場合原油タンカーが使用することができる。85,000DWT級のバースと35,000DWT級のバースの建設コストの差はそれほど大きくない。また、本バースは原油バースの改造が終了するまで原油、石油製品両方の取扱が可能である。バースは既存マスタープランとは違って岸を掘り込まずに建設する。2つめの製品バースは製品タンカー専用の35,000DWT級とし、外港地区の南防波堤内側に計画する。

5) 石炭バース（3バース）の建設

50,000DWT級石炭バース3バースを、西ドック内に計画する。

6) LNGバース

将来LNGがNMPにおいて取り扱われる事が予想され、LNGが発火性が高く危険な物質であるため取扱施設は既存施設からできるだけ離して計画される必要がある。従って南防波堤の内側の外港地区に計画した。石油製品第2バースも計画されているが、LNG船は月に4船しか入港しないこと、内港内の原油・製品バースでほとんどの取扱ができ、第2バースでの取扱はそれほど多くないことからとくに問題は生じない。

7) 防波堤の延伸

シルテーション量を減らし、港内の静穏性を高め、さらに船舶のストップングディスタンスを確保するため南北両防波堤をそれぞれ930m延伸し延長1500mとする。

8) 航路・泊地の拡張・増深

100,000DWT級の鉄鉱石運搬船およびタンカーを受け入れるため、航路・泊地を拡張すると共に増深する。

9) LNGターミナルのための南海岸埋立

超低温のLNG輸送管はできるだけ短くする必要があるため、処理施設は積み上げ施設からできるだけ近くに計画する必要がある。更に、危険施設であるため、他の施設からはできるだけ離す必要がある。従って、南海岸地域を埋め立ててLNGターミナルを建設するのが妥当と思われる。

10) その他の施設

雑貨バース、RO/ROバースなどは既存マスタープランのままとする。



(荷役システム)

1) シップローダー

既存鉄鉱石取扱バースの荷役システムに対し、100,000DWT級船舶を受け入れるためのシップローダー小規模改良、シップローダー内ブームコンベアのスピードアップ、シップローダー用のレールの延伸等を計画した。第2バースを建設するときには新規のシップローダーが必要になる。

2) コンベア

岸壁延伸に伴うコンベア用駆動施設の新設、コンベアの延長、及びスピードアップを計画する。

3) リクレイマー

コンセントレイトおよびペレット用のリクレイマーの増設・改良を計画する。

4) ストックヤード

コンセントレイトのための屋内ストックヤードとペレットのための屋外ストックヤードの延伸を計画する。

(その他)

1) タグボートの補強

100,000DWT級船舶を港内で操船するためには3,000馬力級のタグボートが4隻必要になる。現在、NMP港務局では2,000馬力のもの2隻と1,350馬力のもの1隻のみ所有しており、2隻の3,000馬力級タグボートを補強する必要がある。

2) 航行援助施設の改善

NMPへの入出港は航路が極めて長く容易ではないため、航行援助施設の改善が必要である。施設としてはレーダービーコン、ライトビーコン、灯浮標等が必要である。

(マスタープランを実現するために要する費用)

合計	210	Crore
土木施設	121	
機械設備	82	
その他	7	

4. 短期整備計画

(需要予測と目標年次)

1) 短期整備計画は1994/95年を目標年次として策定した。

2) NMPにおける取扱貨物の需要予測結果は次の通り。

需要予測 (1994/95)

輸出

鉄鉱石	7,500
石油製品	1,570
その他	570
小計	9,640
輸入	
原油	3,000
その他	1,970
小計	4,970
合計	14,610

(施設計画)

- 1) 既存鉄鉱石取扱施設の100,000DWT級への改良
- 2) 既存石油製品バースの100,000DWT級原油バースへの改造
- 3) 85,000DWT級石油製品バースの建設
- 4) 防波堤の延伸
- 5) 航路・泊地の拡張・増深

(荷役システム)

- 1) 既存シップローダーの改造
- 2) コンベア用駆動施設の新設、コンベアの延長、スピードアップ
- 3) コンセントレイトのための屋内ストックヤードとペレットのための屋外ストックヤードの延伸

(その他)

- 1) タグボートの補強
- 2) 航行援助施設の改善

(短期整備計画に要する費用)

合計	136 Crore
土木施設	106
機械設備	23
その他	7

5. 短期整備計画に対する経済・財務分析

1) 経済分析

短期整備計画を国民経済的観点から見た費用便益分析をもとに算出した経済的内部収益率 (EIRR: Economic Internal Rate of Return) により評価した。便益として考慮したのは、短

期整備計画が実施されることにより減少する船舶の滞船及び荷役時間に対するコスト、同じく減少する輸送コストであり、費用として計上したのは、建設コスト、施設維持コスト及び管理運営コストである。事業期間を30年として計算すると、EIRRは23%となる。

## 2) 財務分析

短期整備計画の有効性をディスカウント・キャッシュ・フロー法を用いた財務的内部収益率(FIRR: Financial Internal Rate of Return)により分析した。事業期間を同じく30年として計算すると、FIRRは12%と計算される。また、NMP港務局の財務的健全性は事業期間中、インド政府からの貸付金利10.5%の条件で保たれる。

## 3) 分析結果の評価

上記分析結果より、1994/95を目標年次とする短期整備計画はインドの国民経済的観点からも、NMP港務局の財務的観点からもフィージブルであると結論付けられる。

# 勸 告

## 1. 港湾利用料

1990年4月のNMP港務局における入港料、係船料、岸壁使用等の値上げにより、港務局の財務状態は改善された。しかし、このレポートにもあるように、この新港湾利用料のままで短期整備計画に対するFIRRを計算すると8%となり、FIRRが12%必要である場合には港湾使用料を短期整備計画が完了する1994年度より10%、あるいは、1999年度からであれば20%の値上げが必要となる。

一方、NMPにおける鉄鉱石バースは公共バースとして作られたにもかかわらずKIOCLの専用使用となっている。これから建設される原油バースと製品バースも同じ状況となるはずである。専用使用者は専用使用によって作業の効率化などの便益を受けるわけであるから特別使用料や建設費の一部負担など専用使用者の応分な負担を考えるべきである。

## 2. 非収益施設への財政的援助

港湾は防波堤、航路、泊地、埠頭、荷役機械等の基本的施設が整備されて初めて機能するものである。そしてこれらの施設のうち防波堤、航路及び泊地はそれ自体が非収益施設であると同時に建設費用がかさむ施設でもある。しかし、これらの施設の建設はその地域に大量の雇用機会を生み、建設に要する材料や機材を供給する産業部門に需要を喚起し、さらにはサービス部門の産業にもその需要は及ぶと考えられる。つまり、これら施設の建設の経済効果は全国規模に及んでいる。従って、防波堤、航路及び泊地の建設並びに維持に必要なコストの一部はこれらの経済効果を考慮すれば国が負担してもよいと考えられる。補助金、低利融資、税金免除等が国による負担方法として可能性のあるものであろう。更に付け加えれば、これらの援助措置はこのプロジェクトにおける鉄鉱石バースのように輸出振興にとって不可欠な施設に対しても適用してもよいと考えられる。

## 3. 環境への配慮

### 1) 水質汚染の軽減

このプロジェクトでは大量の浚渫が必要で、浚渫された土砂は近くの海域に投棄される。この土砂投棄によって濁りが発生し、生物相に影響を与えることが考えられる。従って、土砂投棄の際には浚渫船の周囲にシルトプロテクターを設置して濁りが広がるのを防ぐことが必要である。また、濁りが港内に進入すると港内の濁りが解消されるのに長時間かかることが予想されるため、投棄海域は港口から十分な距離をとったところに指定することが必要である。

また、泊地奥部で濁りが発生し、赤茶色になっているのが観察された。汚染源として可能性のあるものとしては、輸入木材の木皮、鉄鉱石、船舶汚水等が考えられるのがその特定はできなかった。しかし、取扱貨物あるいは船舶より何等かのものが流入し水質を悪化させているのは疑いよ

うもない事実である。今後この海域への汚染物質の投棄の禁止と埠頭で発生した汚染水の処理施設の整備が遅れると、濁りが進み悪臭が発生すると考えられる。

水質汚染の定期的定点観測も大切である。異常な汚染が観測されたときには必要な措置を速やかにとることができる。

## 2) 海岸侵食の防止

防波堤の延伸により沿岸漂砂が妨げられ砂のアンバランスが生じ、その結果、海岸侵食と堆積が起こることがある。従って、侵食の早期発見と対策のため、防波堤建設中及び建設後の定期的な汀線変化状況観測及び周辺の深浅測量を行う必要がある。また、侵食が認められたときは突堤や離岸堤の建設が対策として考えられよう。

## 4. 一般雑貨バースにおける積み卸しの生産性向上

現在、NMPの一般雑貨バースにおける荷役の生産性はインド国内の主要港中最も悪い部類にはいっており、競争力の低下を招いている。この理由としては：

### ①低い貨物取扱効率

### ②船舶接岸中の長い非稼働時間

が挙げられる。従って、船舶から保管施設、トラック／鉄道への、および保管施設、トラック／鉄道から船舶への適切な貨物取扱システムの構築が必要である。このシステムは船舶から下ろされた貨物の保管施設／場所への速やかな運搬のための荷役機械の正しい使い方も含まれる。更に、通関その他の事務処理の簡素化と迅速化が求められる。

## 5. 鉄鉱石バースの荷役機械能力

本報告書ではストックヤードの拡張を含む鉄鉱石取扱機械の改良について触れている。K I O C Lは現有機械を使って年間500万トン以上の鉄鉱石を輸出できるとのことだが、鉄鉱石運搬船の立場からは鉄鉱石のストック切れで長時間待たされることになる。一般的に言って標準的なストックヤードの容量は年間取扱量の20%以上（750万トンの場合150万トン以上）が必要である。しかしながら、必要容量までストックヤードを拡張するとなると多大の費用が必要となるため、このレポートの中では現時点と同程度のサービスレベル（滞留日数）を確保できるところまで拡張する計画を提示している。ただし、できるだけ必要容量に近づくように拡張することが望まれる。

## 6. 危険物の取扱

原油、石油製品及びLPGは原油バース及び石油製品バースで取り扱われることになるが、危険物であるため2つのバースの間隔は安全性を考慮して十分取るよう計画されている。加えて、適切な消火設備をそれぞれのバースに備える必要があるほか、バースマスターを配置して危険物荷役と危険物船の操船を支持監督することが必要である。

## 7. 石炭の取扱

石炭火力発電所への燃料炭の全量をNMPを通して輸送することはNMPから発電所までの鉄道輸送(30KM)にコストがかかること、発電所前面沖合いに石炭バースを建設することでより安く輸送できることも有り得ることから再検討の必要がある。従って、最も経済的で合理的な輸送手段を、比較検討してから決定する必要がある。

仮にNMPで石炭を大量に扱おうとすれば石炭のストックヤードから石炭粉が風で吹き飛ばされ他の貨物や周辺地域が被害を受けることを考慮すべきである。石炭粉の飛散を防ぐには表面に薬品を塗布したりシートをかぶせるか、周囲にフェンスやネットを張り巡らして粉がストックヤードの外に飛ばされるのを少しでも減らす方法等が考えられる。また、石炭の山に散水し粉が飛ばされるのを防ぐと共に摩擦熱による着火を防ぐことも必要である。

また、雨水あるいは散水により石炭を含む酸性の排水がストックより港内に流入し水質汚染を引き起こすことが考えられるので排水処理施設が必要になる。

## 8. 航行援助施設

諸施設の改良に伴い、航路の延長は約8KMになる。航路幅が限られた長い航路では、現在設置されているような航路中央線上の導灯だけでは安全上十分な施設とは言えない。ラディオビーコンや点滅灯浮標のような航行援助施設の設置が求められる。さらに、100,000DWT級の鉄鉱石運搬船やタンカーを操船するためには大馬力のタグボートが必要で、NMP港務局が現存所有している2,000馬力のタグボート2隻とそれより小さい馬力のタグボート1隻では十分とは言えないことから、少なくとも3,000馬力級のタグボート2隻を補強する必要がある。

## 9. 今後NMP港務局によって行われるべき調査

インドの研究者の何人かは投棄された浚渫土砂が航路に戻ってきているという意見を持っている。また、防波堤の延伸により付近の海底地形が変化する可能性がある。従って、次に示す調査をNMP港務局の手で行う必要がある。

- ① 投棄土砂の移動状況調査
- ② 定期的な周辺海域の深浅測量調査



# 要 約





## 1. 調査概要

### 1.1 調査の背景

ニューマンガロール港はインドの11港の主要港の一つで、モルムガオ、ビジャカパトナム、マドラス港と並んでインドにおける鉄鉱石輸出の重責を担っている港である。本港における取扱貨物量は1988/89年で710万トンで、その70%が日本や東欧諸国への鉄鉱石輸出で占められている。

本港には水深-13.5m、延長5.5kmにも及ぶ航路と水深-13.0mの回頭泊地があるが、シルテーションにより埋没し、毎年3~4百万 $\text{m}^3$ の浚渫を余儀なくされている。また、インド国内の他の主要港が13~15万トン級の鉄鉱石運搬船を受入れることができ、さらに、施設の増深、拡張計画を有しているのに対し、本港では現在のところ最大で6万トン級の船舶が受け入れられるにすぎない。さらに、石油精製プラントと30km北に離れているものの石炭火力発電所が本港周辺で計画されており、その原燃料が本港で取り扱われる公算が高い。

従って、本港において検討すべき主要事項は次のとおりとなる。

- (1) 鉄鉱石取扱施設の改良計画の作成
- (2) 石油取扱施設計画の見直し
- (3) マスタープランの見直し

### 1.2 調査の目的

調査の目的は次の3点である。

- (1) 2005年を目標年次としたニューマンガロール港のマスタープランの見直し
- (2) インドの第8次5ヶ年計画(1990-1995)に織り込むことを目指した、ニューマンガロール港における大型鉄鉱石運搬船及び石油タンカー受入施設のための改良計画の作成
- (3) 上記改良計画の技術的、経済的及び財務的な実施可能性の有無の診断

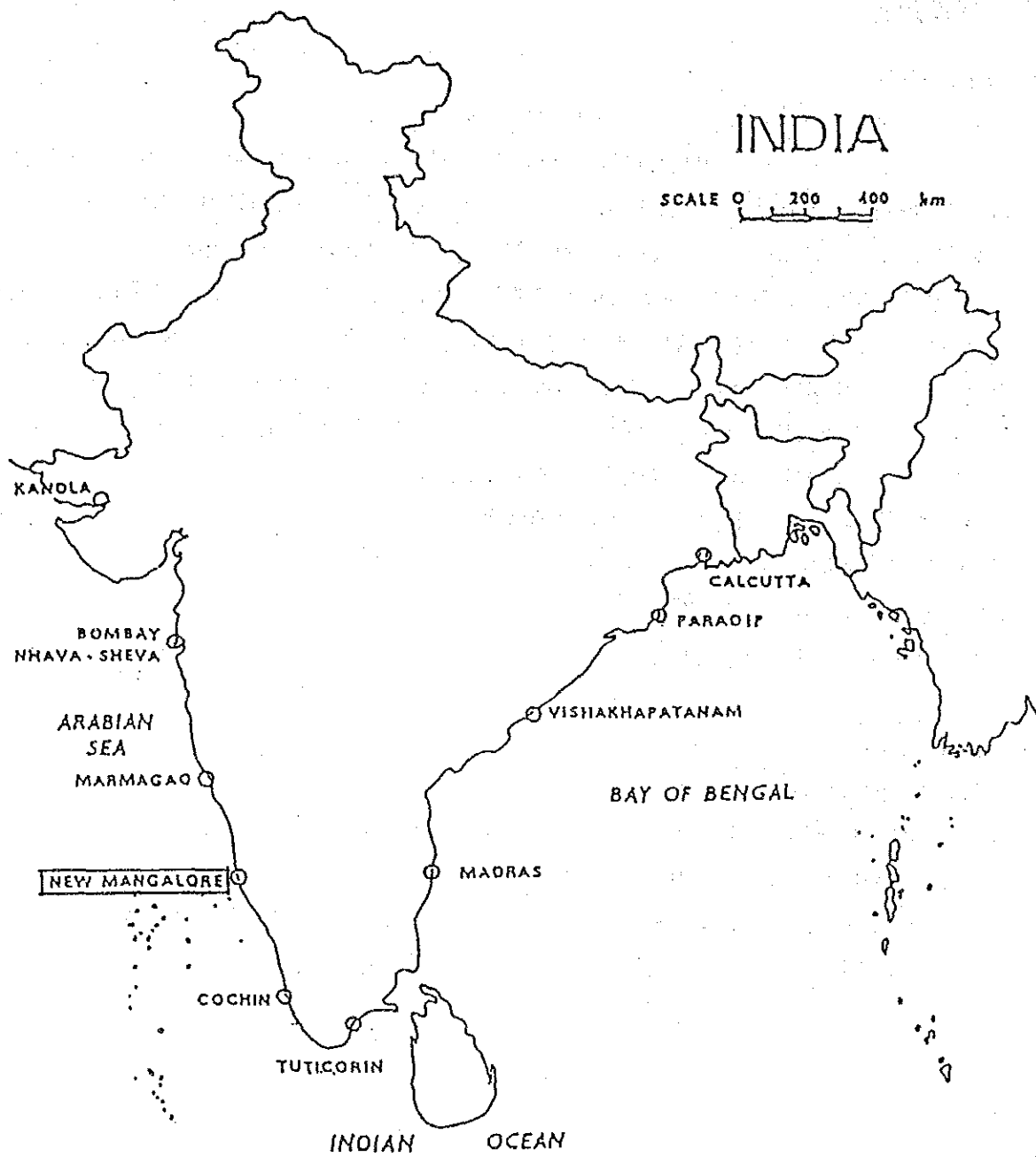


Figure-1.2.1 Major Ports in India

### 1.3 調査内容

調査は図-1.3.1に示すフローチャートに従って実施した。

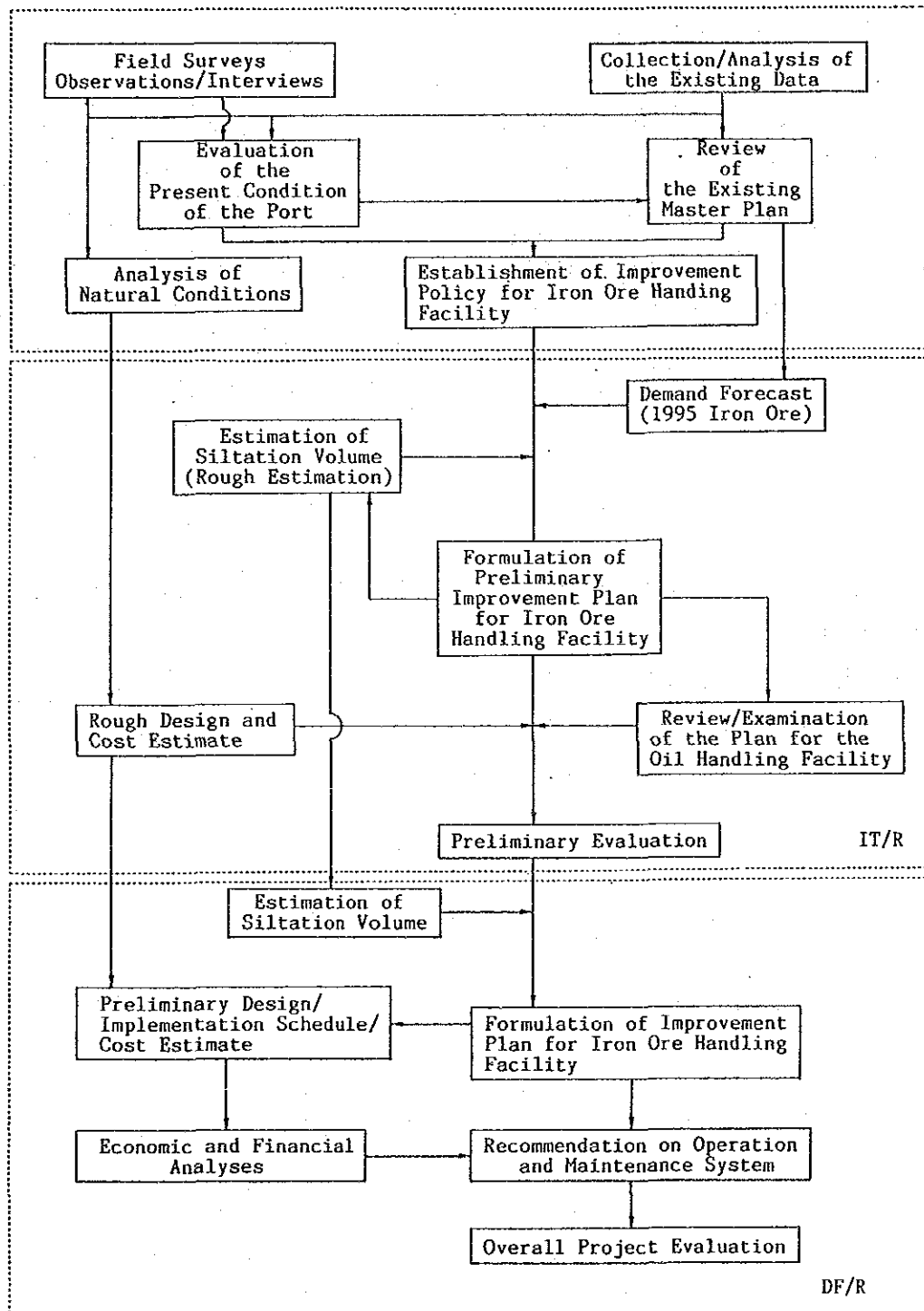


Figure-1.3.1 Working Procedure of the Study

#### 1.4 調査団の構成

調査団は下記に示す12名の専門家により構成された。

岡田靖夫	総括
堀川洋	港湾計画／需要予測
亀井幸雄	埋没対策計画／浚渫計画
服部謙治	経済分析
吉森裕	管理運営／財務分析
室賀弓槻	荷役システム計画
五十嵐三雄	自然条件（海象）
鈴木捷利	自然条件（土質Ⅰ）
渡辺徹	自然条件（土質Ⅱ）
糸井正夫	埋没量計算
関口修司	施設設計
曾我部隆久	施工／積算

#### 1.5 調査期間

1989年8月より1990年8月までのおよそ12ヶ月間の工程で調査を実施した。この間、次に示す3回の現地調査を実施した。

第一回現地調査 平成元年9月4日～11月17日

第二回現地調査 平成2年1月16日～2月14日

第三回現地調査 平成2年6月23日～7月1日

## 2. 港湾の現状

### 2.1 立地及び背後圏

#### (1) 立地

カルナタカ州の面積は191,757km<sup>2</sup>（インドの全面積3.29百万km<sup>2</sup>の約6%）でデカン半島の西部に位置している。

#### (2) 人口

1981年のセンサスによれば、カルナタカ州の人口は、37,135,714人で、人口密度194人/km<sup>2</sup>、インド国内第8番目の州である。

#### (3) 経済

1986/87年のカルナタカ州の国内総生産（要素費用、1970-71年価格）は、333.58億ルピーであった（インド全体では6,810.74億ルピー）。同州の1人当りの国内総生産は、799ルピー/人ではぼインド全体の1人当りの国内総生産と同じであった。

部門別国内総生産は次の通り。

(Unit:%)

		Karnataka	India
1986-87	Agriculture	41.5	N.A.
	Manufacturing	21.6	N.A.
	Other	36.9	N.A.

#### (4) 運輸

##### (i) 道路

1986年3月現在におけるカルナタカ州の道路延長は112,923kmで、そのうち国道1,968km、州道7,912km、主要地方道15,999km、その他地方道7,072kmおよび村道45,495kmであった。

カルナタカ州の主要幹線道路は、次の通り国道7路線があり、総延長2,000kmである（図2.1.1.参照）。

- ① Kolar—bangalore—Belgawn (NH-4)
- ② Hosur—Bangalore—Bagepalli (NH-7)
- ③ Sholapur—Hyderabad Road through Bidar District (NH-9)
- ④ Chitradurga—Sholapur (NH-13)
- ⑤ Belgaum—Panjim
- ⑥ West Coast Road—Goa to Capecomorin (NH-17)
- ⑦ Bangaloor—Mangalore via Hassan (NH-48)

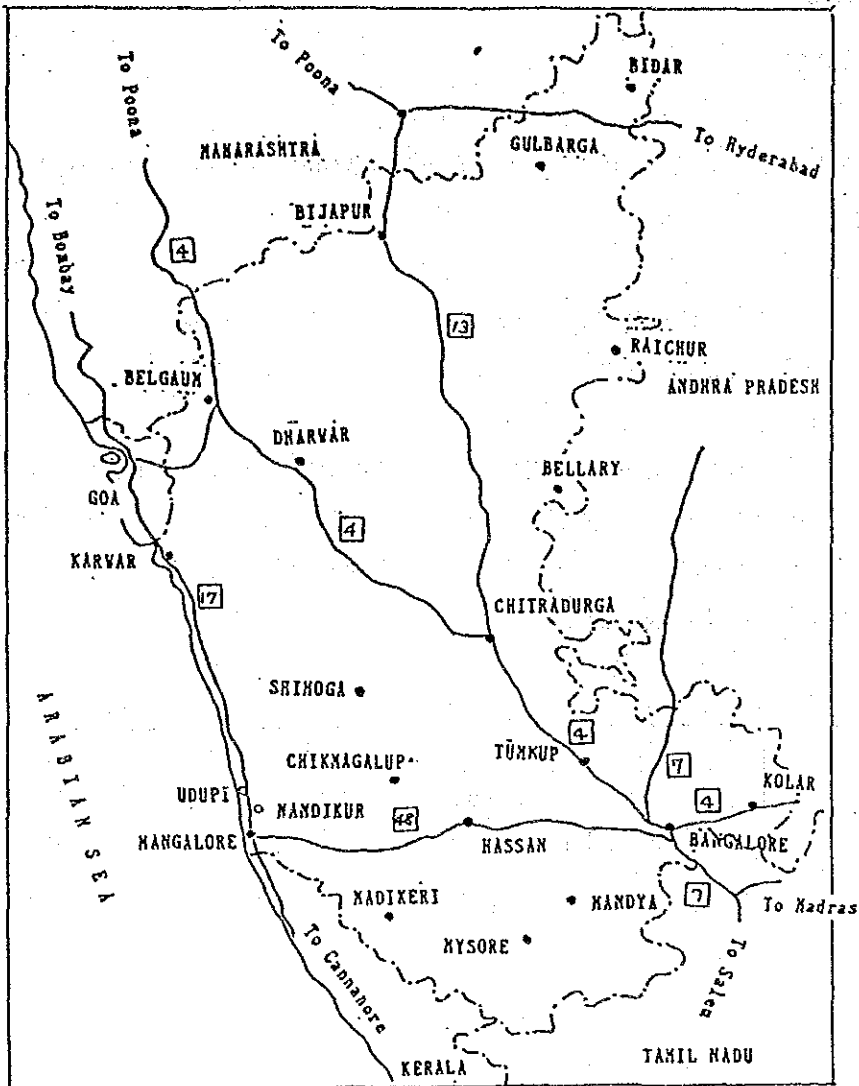


Figure-2.1.1 Highway Network in Karnataka

(ii) 鉄 道

1986年3月末におけるカルナタカ州の鉄道延長は3,024kmで、1956年11月の2,634kmに対し、390km増加した。同州の主要鉄道網は図2.1.2に示す通り9路線である。

- ① Bangalore—Mysore
- ② Hassan—Mangalore
- ③ Chikjajur—Chitradurga
- ④ Birur—Talaguppa
- ⑤ Bangalore—Pune
- ⑥ Hubli—Sholapur
- ⑦ Hubli—Guntakal
- ⑧ Hospet—Kottur metregauge
- ⑨ Mangalore—Salem

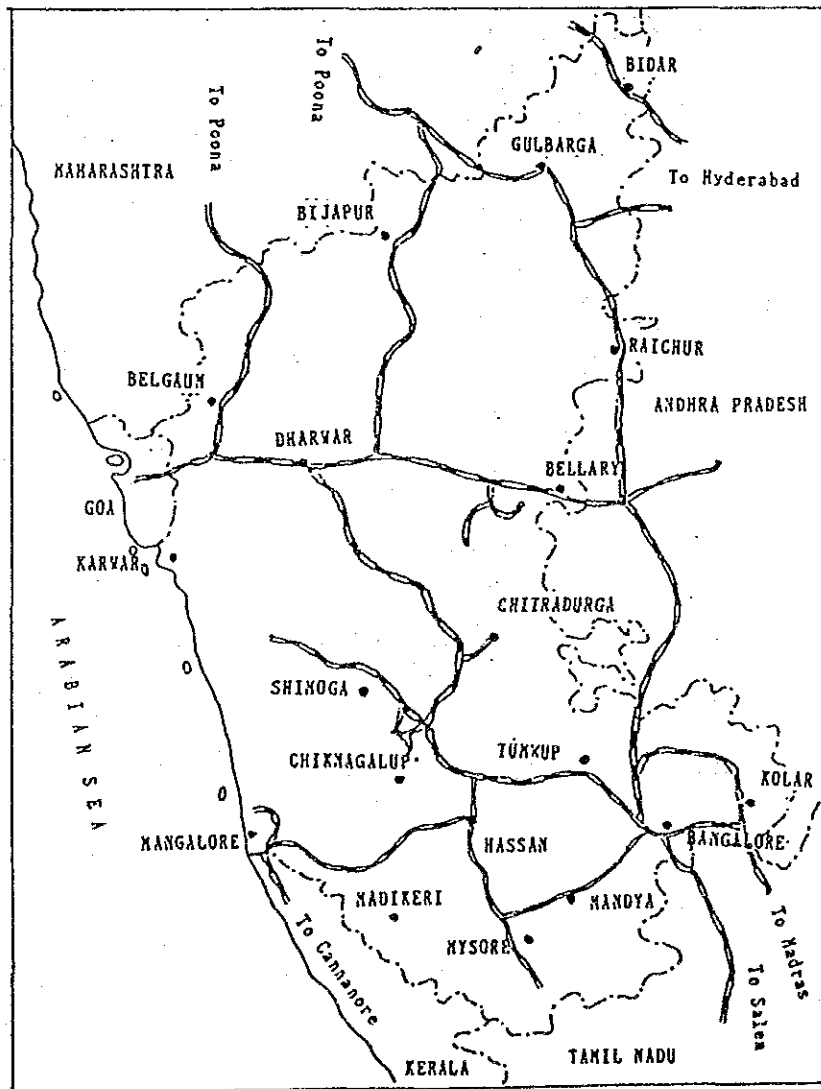


Figure-2.1.2 Railway Network in Karnataka



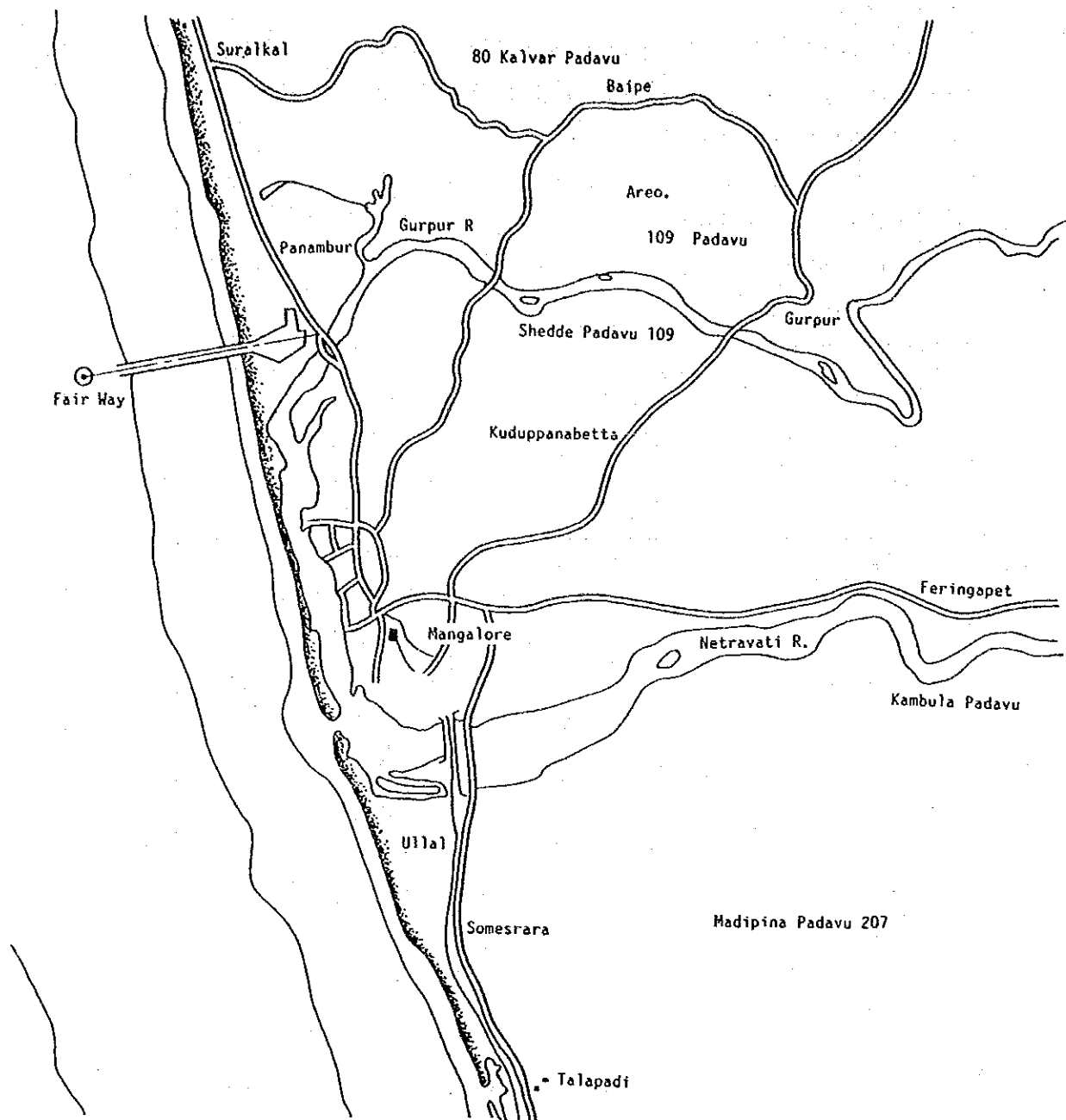


Figure-2.1.3 New Mangalore Port and Vicinity

### (iii) 航 空

カルナタカ州のインド航空公社所有の空港はバンガロールとマンガロールの2ヶ所である。マンガロール空港はボンベイ、バンガロールとつながっている。バンガロールはインドの各州都とつながっている。

### (iv) 港 湾

カルナタカ州は、287kmの海岸線を持ち、合計20港を持つ海運の盛んな州である。カルワール港を除く他の港は河川港である。ニュー・マンガロール港を除く港湾の取扱い貨物量は1.2百万トンである。灯台は州全体で15である。

## 2.2 土地利用

ニュー・マンガロール港に隣接してクドレムク鉄鋼石会社とマンガロール化学・肥料会社の2社がある。港湾地域の北側には鉄道、操車場、商業地区、ニュー・マンガロール港湾公社の管理事務所及び港湾公社職員の住宅地がある。他方南側にはインド石油公社の石油備蓄及び配送施設が設置されている。



## 2.3 施設の現況

ニュー・マンガロール港における現在の施設の状況は以下のとおり。

### 2.3.1 係留施設

ニュー・マンガロール港には、現在6つの岸壁と1つの棧橋があるが、4バースは撤貨物のために1バースは鉄鋼石、棧橋は石油製品のために使われている。また、シャロウバースは冷凍貨物や内貿貨物のために使われている。

これらの施設の概要を以下の表に示す。

表2.3.1 バース仕様

Sl. No.	Description of berth	Draught (in meters)	Length of berths(in meters)	Remarks
1.	Berth No. 1	9.45	198	a straight continuous wharf 594 meters in length
2.	Berth No. 2	9.45	198	
3.	Berth No. 3	10.10	198	
4.	Shallow Berth	6.50	125	
5.	Oil Jetty	9.75	330	
6.	Iron Ore Berth	12.50	285	Length between centers of extreme moorings With mechanized shiploader
7.	Additional Berth	9.15	250	

#### (1) 一般雑貨バース

一般雑貨を扱うためのバースは4バースある（バースNo.1、バースNo.2、バースNo.3、シャロウバース）

これらのバースで扱われている貨物の主な品目としては、肥料やマンガレン、木材、セメントその他である。東側のドックにあるこれらのバースの構造形式としては、重力式、杭式、ダイヤフラムタイプである。

#### (2) 鉄鉱石岸壁

鉄鉱石バースは水深13m、長さ285mのオープンタイプの杭式岸壁である。係岸可能な船型は最大で60,000重量トンである。

岸壁に設置してあるシップローダーは6,000t/hの能力を有し、クドレムク鉄鉱石会社からのコンセントレートとペレットを扱っている。

#### (3) 石油棧橋

石油棧橋はオープンタイプの杭式構造であり、水深9.75m長さ250mである。係船可能な船型は最大30,000重量トンである。

現在、石油製品としてナフサ、燃料油、潤滑油をラバーホースを用い取り扱っている。

(4) コンテナバース

コンテナバースはダイヤフラムタイプで長さ250m水深-9.75mである。コンテナ貨物はクレーンとフォークリフトで扱われている。

コンテナ貨物を扱うための鉄道は近い将来、岸壁直背後に設置させることとなっている。

2.3.2 荷役機械

ニュー・マンガロール港には、各種の荷役機械がある。

3 t ~ 10 t までを3基の岸壁クレーンと、5 t ~ 22 t までの能力を備えたモービルクレーン4基、18 t ~ 30 t までのフローラークレーン2基と、3 t のフォークリフトが備えられている。鉄鉱石バースには6,000 t / nr の能力を持ったシップローダーが設置されている。

現在の荷役機械は以下の表に掲げたとおり。

表2.3.2 Cargo Handling Equipment

Sl. No.	Description of Equipment	Capacity	No. available
1.	"JESSOP" Electrical level luffing wharf cranes	3 Tons	3
2.	"JESSOP" Electrical level luffing wharf cranes	6 Tons	1
3.	"Braithwaite" Electrical level luffing wharf crane (can be converted into grab crane of 4 tons payload)	10 Tons	4
4.	"Coles" Mobile Crane	5 Tons	1
5.	"Coles" Mobile Crane	7.5 Tons	2
6.	"Coles" Mobile Crane	16 Tons	1
7.	"Coles" Hosky 680S Mobile Crane	26.35 M.T. @ 6M Radis (Pick & Carry)	1
8.	"Tata" P & H Crawler Crane	30 Tons	1
9.	"Tata" P & H Crawler Crane	18 Tons	1
10.	Godrej Low Mast Forklift Trucks	3 Tons	2
11.	Voltas 'Yale' Forklift Trucks	3 Tons	2
12.	Tractor Trailer unit for transportation of containers	-	1
13.	Dockside bagging & stitching equipments (for fertilizer/urea/NP/NPK)	3 Tons Per	3
NOTE:	These units are operated and maintained by M/s. Mangalore Chemicals & Fertilizers Limited		
14.	Mechanized iron ore loading equipment at Kudremukh Iron Ore Berth	6000 to 8000 Tons/Hr.	1
NOTE:	This equipment is operated and maintained by M/s. Kudremukh Iron Ore Company Limited		

### 2.3.3 保管施設

ニュー・マンガロール港には、5棟の倉庫があり、各所に配置されている。

バースNo.1には肥料を扱うための倉庫として5,574㎡の広さで10,000MTの容量を持つ倉庫が1棟設置されている。

また2棟の倉庫はそれぞれ2,190㎡の広さで4,000MTの容量を備えている。

残りの2棟はそれぞれ4,380㎡保管能力8,000MTの倉庫である。

倉庫で受け持っているエリアの広さは全体で12,144㎡である。

さらに現在バースNo.4の所に広さ4,920㎡の倉庫を1棟建設しているところである。

また2,190㎡ (60m×36.5m)の広さを持った上屋も利用可能である。

### 2.3.4 管理用船舶

ニュー・マンガロール港の所有する船舶は大型モーターボート、バージ、タグボートその他からなっており、以下の表に示すとおりである。

Table-2.3.3 Specification of Marine Craft Owned by New Mangalore Port Trust

No.	TYPE & NAME OF SHIP	YEAR BUILT	OVERALL LENGTH (M)	MOULDED BREADTH (M)	MOULDED DEPTH (M)	LOADED DRAUGHT (M)	FREE SPEED (KNOTS)	OUTPUT OF ENGINE (HP)(RPM)	STATIC PULL (TONS)	YEAR OF REPLACEMENT
1	TUGBOAT	1975	30.30	8.50	4.40	2.50	12.0	2,000	30.0	1990
	DCI TUG IV							375		
2	TUGBOAT	1976	30.30	8.50	4.40	2.50	12.0	2,000	30.0	1991
	DCI TUG V							375		
3	TUGBOAT	1988	30.00	9.00	3.60	2.70	12.0	1,350	22.5	2018
	M.V. HEMAVATHI							900		
4	GRAB DREDGER		55.17	13.41	3.35	2.13	8.5	401		
	MANGALORE							1,800		
5	SURVEY LAUNCH	1967	15.24	4.27	1.83	1.23	12.0	2x 165		1997
	H.L. KULUR									
6	PILOT LAUNCH	1969	17.25	4.60	2.10	1.15	14.0	2x 156		1999
	P.L. SUMANGALA									
7	WOODEN MOORING LAUNCH	1976	9.14	2.76	1.22	0.75		49		1991
	H.L. NANDINI									
8	FRP MOORING LAUNCH	1984	9.70	2.97	1.82	0.99		108		2004
	H.L. PADMINI									
9	25 TON BUOY LAYING TENDER		18.28	6.09	1.82					

DCI:DREDGING CORPORATION OF INDIA  
NMPT:NEW MANGALORE PORT TRUST

- NOTES;1. DCI TUG IV & V WERE TRANSFERRED FROM DIC TO NMPT IN APR. 1988.  
2. THE HOT DUMP BARGE BUILT IN 1967 WAS CONVERTED INTO THE SELF-PROPELLED GRAB DREDGER 'MANGALORE' IN 1984.  
3. THIS DREDGER IS EQUIPPED WITH A GRAB BUCKET OF 1.91 M3 AND a HOPPER OF 750 TONS CAPACITY.  
4. MAXIMUM DREDGING DEPTH IS 15 METERS.

### 2.3.5 航路および泊地

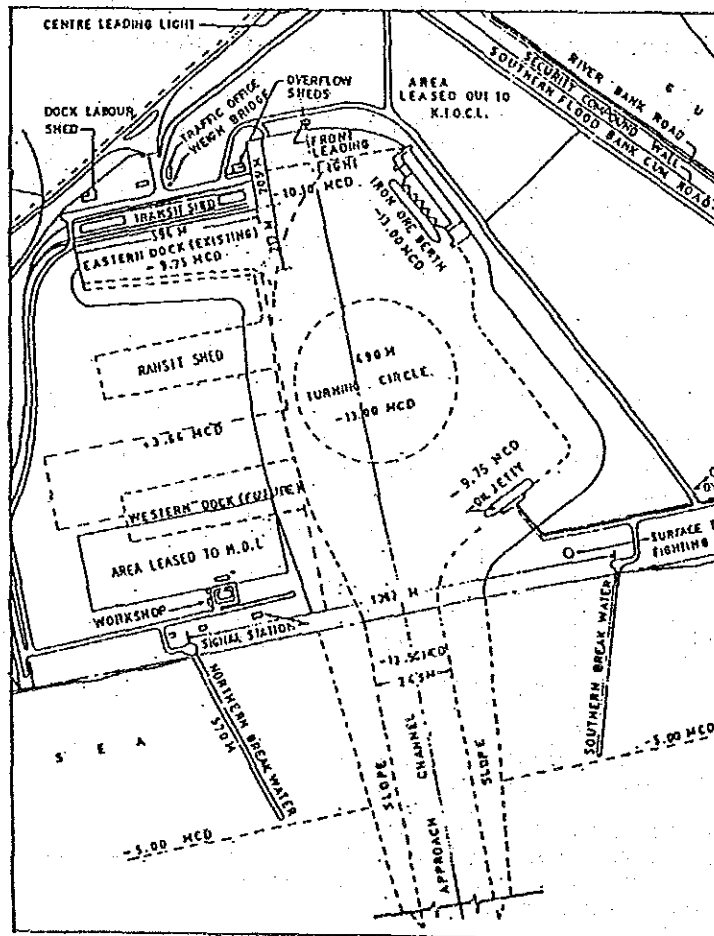
ニュー・マンガロール港へ入港するための航路および泊地の現況は下図に示すとおりである。  
また、北側と南側の防波堤の配置を示す。

#### 進入航路

長 さ：5430m  
幅：245m  
水 深：-13.5m  
許容吃水：12.5m

#### 回頭泊地

直 径：490m  
水 深：13m  
許容吃水：12.5m



Figure—2.3.1 The Channel and the Basin

### 2.3.6 防波堤

防波堤は、北側、南側共に570mの長さを有し港口に配置されており、水深-5mの所までである。

しかしながら、防波堤の長さはまだ十分でないことからモンスーンの時期には波浪に対する静穏度の確保が十分に出来ていない。

防波堤は両側に肩を有する傾斜堤である。

防波堤断面を下記に示す。

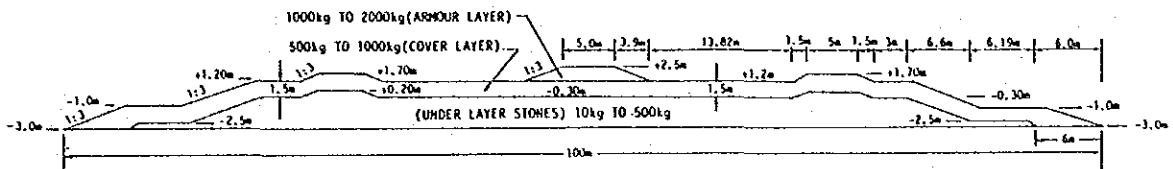


Figure-2.3.2 Section of the Breakwater at -3.0m C.D

### 2.3.7 荷役設備

ニュー・マンガロール港には、各種の荷役設備があるが、主要な設備は鉄鉱石積み出し用のもので、その他は軽量のものである。ここでは鉄鉱石積み出し用設備について説明する。

この設備により粉鉱とペレットの両方を別々に、船に積み込むことができる。図2.3.3はその配置を示す。

粉鉱は、粉鉱用貯鉱場から粉鉱用リクレーマRK01またはRK02によりコンベヤCB85またはCB86に積み込まれ、コンベヤCB89およびCB92を経て岸壁上のシップローダにより船積みされる。

ペレットは、ペレット用貯鉱場からペレット用リクレーマRKによりコンベヤCB434に積み込まれコンベヤCB89、CB92を経て、シップローダにより船積みされる。シップローダは、ブームシャトル方式の起伏形で、予備能力は粉鉱に対して6,000 t/hであり、積み込みシュートの最大半径は海側レールから32mで、6万DWT級の船にまで船積みできるものである。

現在の各機器の能力と貯鉱場の容量を表2.3.4に示す。

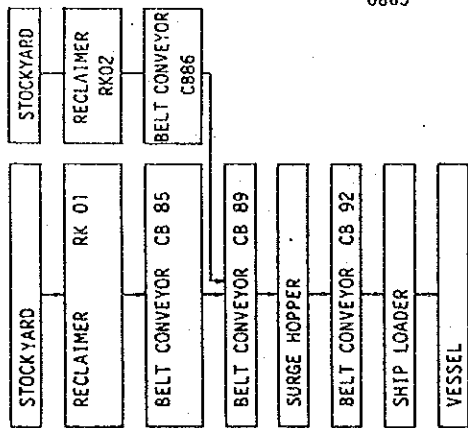
表2.3.4 現存荷役設備の予備能力

荷 役 設 備	予 備 能 力 t / h	粉 鉱	ペレット
シップローダ コンベヤ	ブームコンベヤ	6,000	3,500
	岸壁コンベヤ CB92	6,800	3,500
	連絡コンベヤ CB89	6,800	3,500
	払出コンベヤ CB85,86	3,000×2	
リクレーマ	払出コンベヤ CB434		6,600
	RK01,02	3,500×2	
	RK		5,000
貯鉱場	容量1,000 t	200×2	150



SHIPLOADING FLOW

a. CONCENTRATE



b. PELLETS

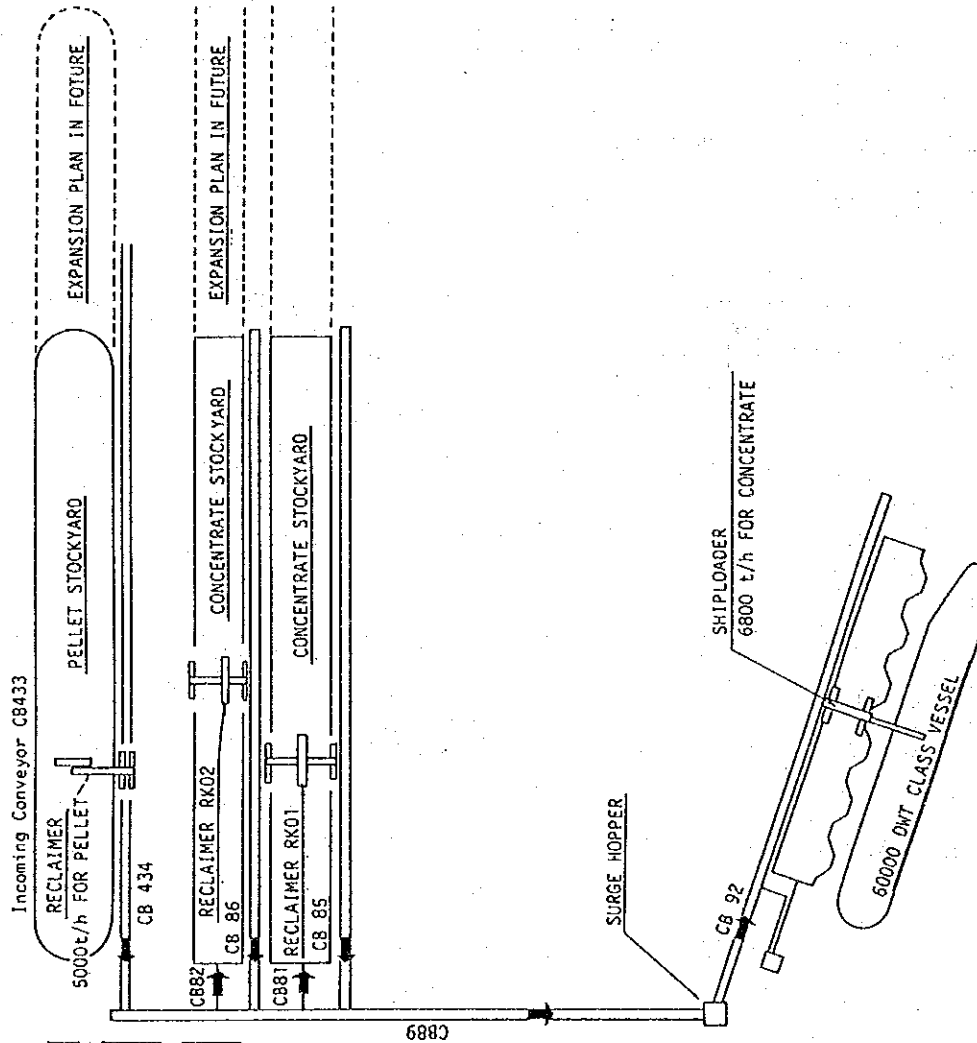
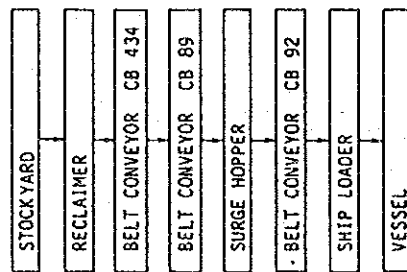


Figure-2.3.3 Layout of Ore Shiploading System (Existing) Kudremukh Iron Ore Co. Ltd. New Mangalore

## 2.4 自然条件

### 2.4.1 気象条件

マンガロールの気象は南西及び北東モンスーンの変化によって左右される。

主な季節の気象的特徴は下記の通りである。

—12月から3月

北東モンスーンの季節で、乾燥しており南部地域を除いて比較的気温が低い。

—4月及び5月

北東モンスーンから南西モンスーンへの遷移期間で風は弱く気温は高い。この時期にアラビア海においてサイクロンが発生することがある。

—7月から9月

南西モンスーンまたは雨期で、風は海上で南西から西、沿岸地帯で西から北西に向かって吹く。降雨のほとんどはこの時期に集中する。

—10月及び11月

南西モンスーンから北東モンスーンへの遷移期間で風は弱い。この時期にはサイクロンが多く発生し、通常年に1回の割合であるが、年に2-3回発生する年もある。

### 2.4.2 海象条件

#### (1) 波浪観測

波高計（ウェーブライダーブイ）による波高観測が航路端水深-15mの地点で、1989年10月から8ヵ月間実施された。この観測期間には、高い波が観測されるモンスーンシーズンは含まれないが、モンスーンシーズンに対するデータとしては1974-1975年に観測された物が使用可能である。今回測定された波高データの特徴は下記の通りである。

—波高及び周期

10月はモンスーンシーズンの終期にあたり、波高は0.5-0.99mが78%を占め、1m以上の波の出現頻度は9%程度である。10月以降2月までは静穏で1m以上の波が発生するのは極めて稀である。モンスーンシーズンが始まる4月から5月にかけては徐々に波高が高くなり、5月には0.55-0.99mの波高が約30%、1.00-1.49mが約36%、1.50-1.99mが約31%の出現頻度となっている。特に2.00-2.49mの高波浪が約3.3%出現している。周期は6.0-8.0secが卓越している。なお、観測期間の最大波高は $H_{1/3}=2.14\text{m}$  ( $T=7.4\text{sec}$ )、 $H_{\text{max}}=3.1\text{m}$  ( $T_{\text{max}}=10\text{sec}$ ) である。

—波向

この時期の最も優勢な波向は西方向 ( $280^\circ$ ) で、ついで南西方向 ( $220^\circ$ ) となっている。

#### (2) 潮流

潮流観測は港外の3地点に設置された潮流計による15日間の定点連続観測と、港内での1昼夜24時間連続観測による方法で実施した。

潮流観測の結果は概ね下記の通りである。

——港外

一般的に潮流は小さく最大流速は24—57cm/secであり、港口付近で測定した値が最も大きくなっている。最大流速における流向はNE—SW（航路と並行）で、その向きは時計方向へと変化する。

——泊地

泊地内の潮流は極めて小さく、流速は0.15m/sec以下で、流向はWNW—NWが卓越する。

### 2.4.3 地質条件

ニュー・マンガロール港においては建設時に実施されたものも含めて多くのボーリングが実施されている。1975年には大型船の寄港を可能とするため航路と泊地の増進が計画され、岩盤の分布を明確とするために音波探査とプルーピング（ジェットボーリング）が実施された。しかしながら、ボーリングの結果と音波探査の結果に相違点も認められるため、本調査においては下記の点を目的として土質調査を実施した。

- 1) 岩盤分布の確認
- 2) 岩盤特性の把握
- 3) 鉄鉱石及び石油パースの改良設計に必要な土質特性の把握

図2.4.1に今回実施した土質調査の位置を示す。

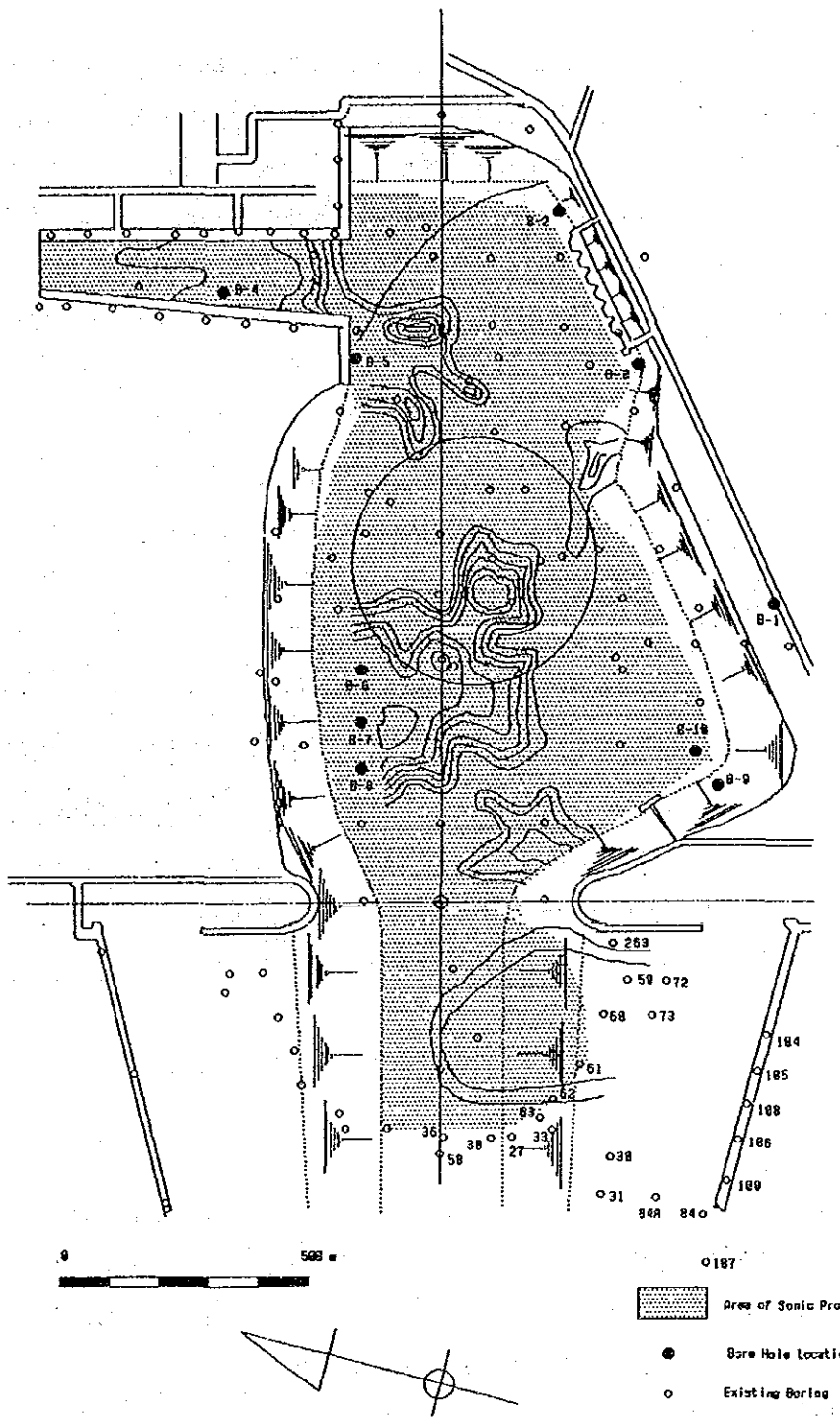


Figure-2.4.1 Location of the Geological Investigation

(1) 地質概要

図にニュー・マンガロール港周辺及び航路における地質構成の模式図を示す。当該地区の地質構成は地表面より砂質土層、粘性土層および基盤を構成する岩盤層からなる。それぞれの土層は均一ではなく砂または粘性土の互層を狭在する。各土層の相対密度または硬度は不均一で広い範囲に分布するが、一般的に、地層は硬質な土層で構成される。海図基準面より-14から-25mの土層の下部には硬質な花崗岩からなる岩盤層が堆積している。既存の防波堤周辺ではN値が3-5の軟弱ないし中位の海性粘土層が堆積し、沖合いに向かうほど軟弱層が厚く堆積しているようであるが、その土質特性は明確でない。

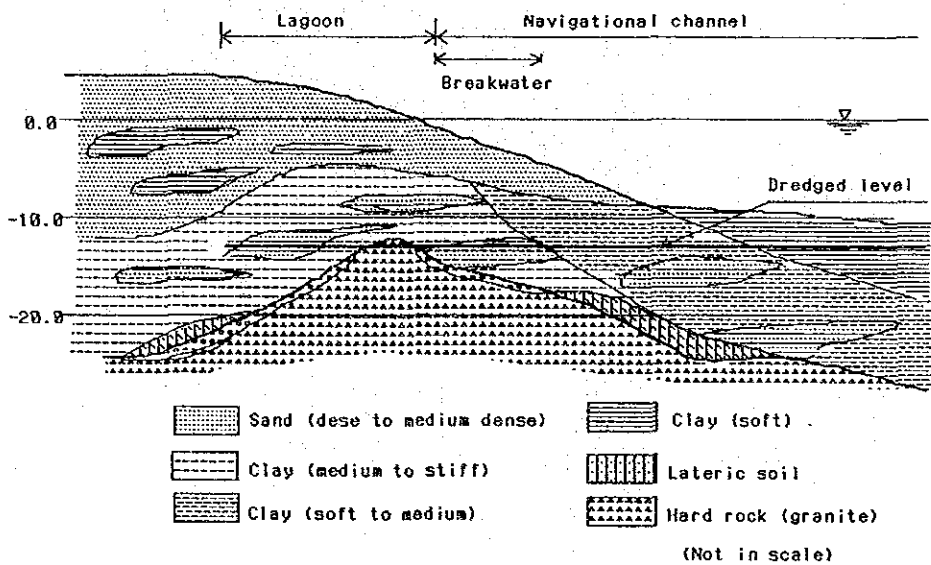


Figure-2.4.2 Rough Sketch of the Geological Strata

(2) 岩盤層の分布

今回実施した音波探査、ボーリング及び既存のデータにより作成した岩盤の分布図を図に示す。岩盤層が海図基準面-20cmより浅く分布するのはカーゴベース周辺と航路中心線上の港口より200-700mの地点である。カーゴベース周辺では岩盤層は-20から-11mに分布するが部分的に-7mから-9.5mで岩盤が露出するヶ所がある。港口より200-700mの地点では岩盤は-14から-20mに分布する。この地域はニュー・マンガロール港が-13.5mまで増深された際に水中発破による浚渫がなされた。音波探査の結果によるとこの地域の岩盤層の表面は凸凹が激しく、水中発破による転石が多く残っているものと推定される。

BED ROCK CONTOUR MAP

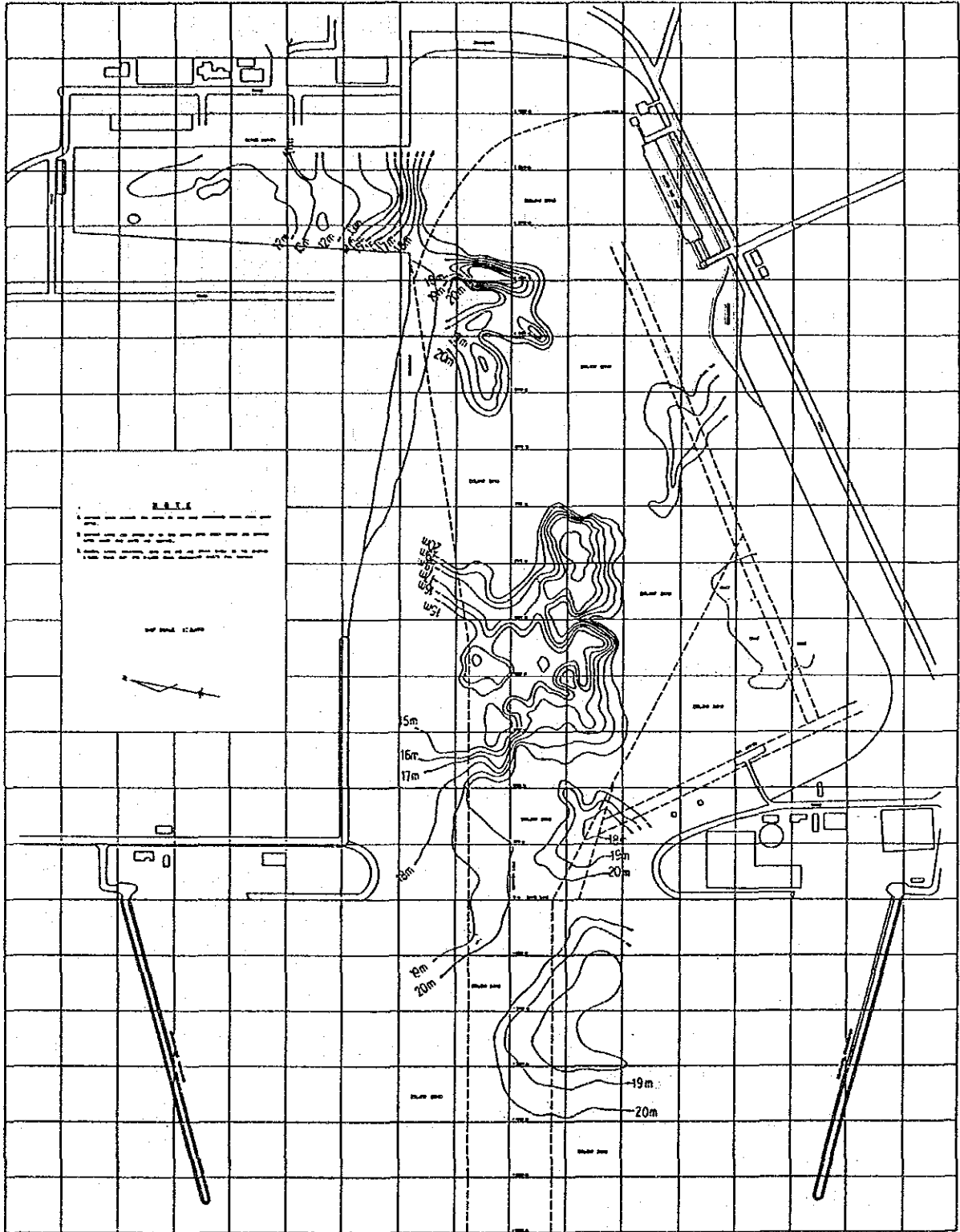


Figure-2.4.3 Distribution of the Bed Rock Stratum

### (3) 弾性波探査

図 にボーリング孔で実施した弾性波探査の結果を示す。岩盤層を伝播するP波速度は4,500—5,000m/secで、岩盤は非常に硬質な材料で構成されていることを示している。

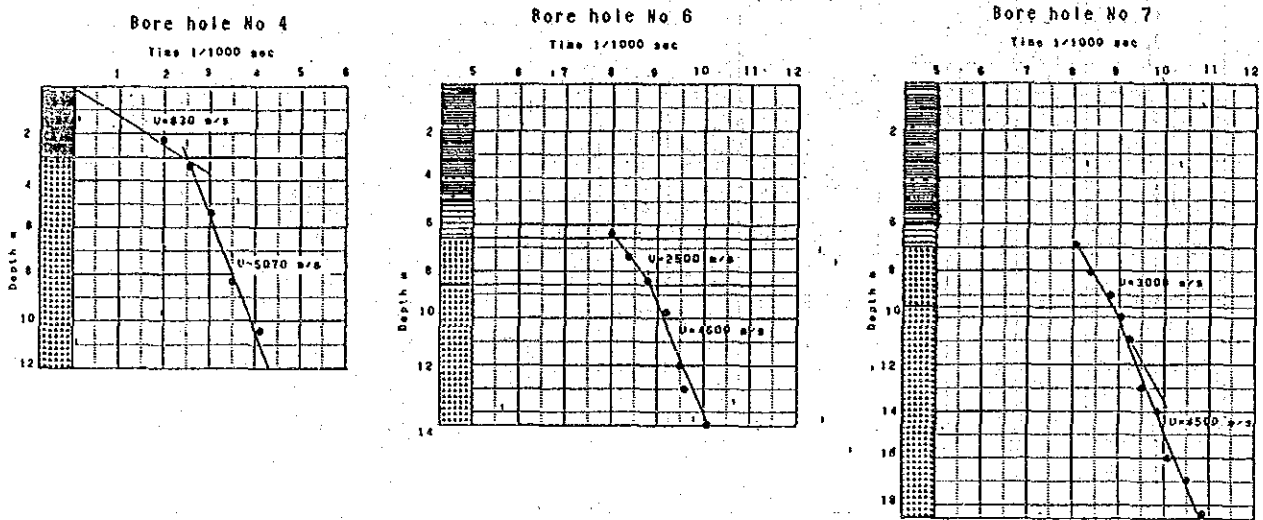


Figure-2.4.4 Results of the Seismic Survey

#### 2.4.4 航路・泊地での埋没の現況

##### (1) 埋没の現況

ニュー・マンガロール港はインド西岸のゴアとコチンの間に位置している。本港における外航航路及び港内での埋没は本港の最も重大な問題のひとつであるが、この埋没問題はインド西岸にある他の主要な港においても同様に見られるものである。表2.4.1は航路及び泊地での1982から1987までの毎年の維持浚渫量を示したものである。この6年間で平均すると1年当りの浚渫量は250万 $m^3$ であり、このうち航路部で157万 $m^3$ 、港内部で93万 $m^3$ となっている。表2.7.1からわかるように、維持浚渫量は毎年変化し、1年おきに大きな量を示している。この変化の原因は次のとおりである。

- 1) 浚渫されるべき埋没量はおよそ300万 $m^3$ のオーダーであり、従って300万 $m^3$ 以上の浚渫が行われるのが正常な状態である。
- 2) 200万 $m^3$ 以下の浚渫量は埋没土量に比べて小さい訳であるが、このような事になるのは以下の理由による。
  - (a) 財政的な制約があること
  - (b) 浚渫船が時に硬い土砂に出合って時間がかかり、航路の浚渫が必要な深さと広さまで行いきれないことがある。
  - (c) 浚渫船が他の港に使われて、十分な時間を確保できないことがある。





表2.4.2 モンスーン期間中の埋没土量

unit:cubic meters

year	channel(a)	lagoon(b)	(a)+(b)	dredging volume per year
1984	2,195,450	-	-	1,851,200
1985	1,911,000	1,152,000	3,063,000	3,296,890
1986	1,700,000*	812,500	2,512,500	1,960,892
1987	2,826,625	968,500	3,795,125	3,092,994
1988	2,971,750	861,900	3,833,650	-
1989	-	691,100	-	-

\*モンスーン前後の深浅測量図の差から求めた埋没量は1986年については63万<sup>3</sup>と小さい位となった。しかしこの年にはモンスーン後の深浅測量を行う前に部分的に航路の浚渫が行われたということであり、したがって1986年の航路の埋没量については別の方法でNMP Tが計算した値を示してある。

しかし南西モンスーン直後の水深を詳細に調べると、水深が最も浅くなる地域はベースライン近傍というよりベースラインから0.5km~1.5km沖合に見られることがしばしばある。このことを示すために、1987と1988年の水深を図2.3.5に示す。この両年は航路での埋没量が非常に大きかった年でもある。図2.3.5にはセンターライン（航路の中心線）に沿うモンスーン前後の水深とともにセンターラインより北側400mでのモンスーン後の水深（浚渫されない原地盤を示す）も示してある。これからセンターラインに沿うモンスーン後の水深はベースラインより沖合1~1.5kmの地域で最も浅くなることがわかる。

さらに図 での顕著な特徴として、モンスーン後のセンターライン上の水深はベースラインより2~2.5km以上の沖合部では原地盤の水深とほとんど一致していることがあげられる。これはベースラインより2~2.5km以上沖合部の航路は、南西モンスーン期間中に完全に埋没してしまふことを示している。

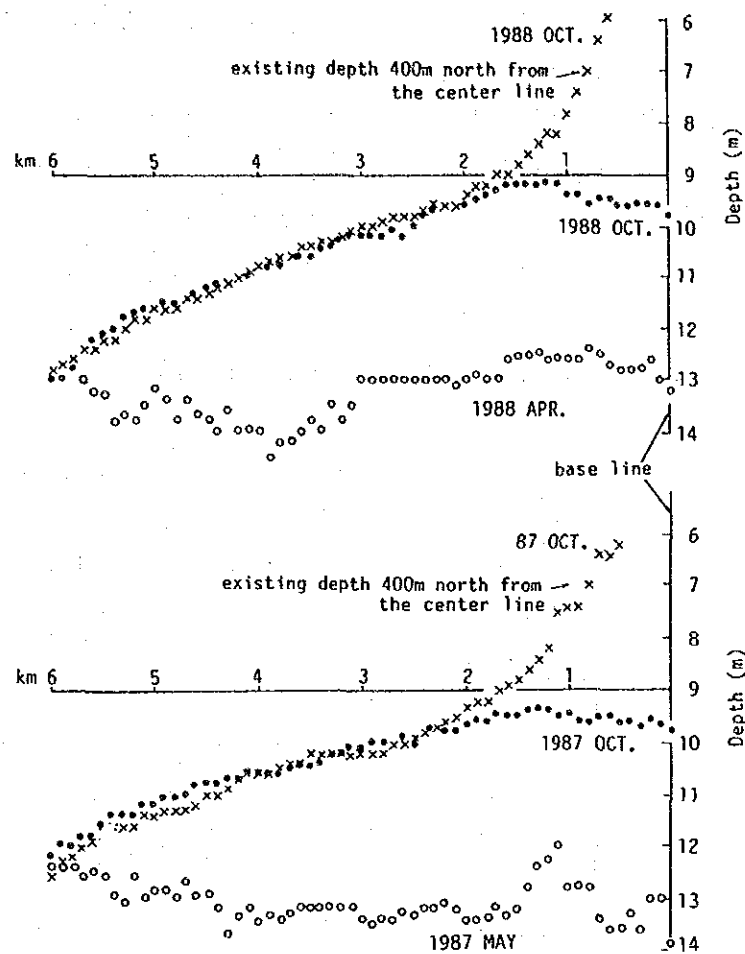


図2.3.5 航路上の水深分布

- 3) 南西モンスーン後の水深は航路に沿う方向にも直交する方向にもかなり一様であるといえる。
- 4) モンスーン後と浚渫前やあるいは浚渫後とモンスーン前の水深を比較すると、これらの期間中における水深変化は非常に小さいことがわかる。これらの期間中にはむしろ水深が増加してゆく傾向さえ見られる。これらのことから、年間の埋没の大部分は南西モンスーン期間中に生じることは明らかである。

(2) 底質特性

ニュー・マンガロールポートトラスト (NMPT) は1984年以降毎年底泥の採取・分析を行っている。底泥採取は岸沖方向の3つの線すなわち、センターライン上とこれより南北に700m離れた線上で行われている。1986年にはモンスーン前(5月)と後(9月)の2回のサンプリングが行われたが、この分析結果のまとめを表2.7.3に示す。表の集計からは、南北700mの線上の岸から250m沖合までの区間のデータは除いている。

この表によると、モンスーン後のシルト・粘土含有率はおよそ80%以上であり、3線上の平

均値で見ると85%かそれ以上となっている。しかし南北700m線上の岸から250m沖合までの区間ではシルト・粘土はなく細砂から構成されている。

このような底質分布の特性は、航路・港内の埋没を引きおこす土砂は、水深5m以上の岸から250以上沖合に広く分布する底泥であることを示唆している。また水深5m以浅の岸よりの海域にシルト・粘土がないということは、この浅い海域が碎波帯であり、碎波によってつねに底泥が巻き上げられ沖に流されるために細砂のみが残っていることを示唆している。

表2.4.3 底質分布の概況 (1986年)

Location		May	September
center line	mean	70	84
	range	55 to 85	73 to 91
	standard deviation	10	6
lagoon	mean	74	85
	range	63 to 81	79 to 91
	standard deviation	6	4
700 m north from c/1	mean	74	91
	range	67 to 81	85 to 95
	standard deviation	4	3
700 m south from c/1	mean	63	88
	range	48 to 78	85 to 90
	standard deviation	12	1

Note: For the two lines 700m north and south of the center line silt and clay content of the samples in the onshore area from the base line to 250m offshore are zero and they are excluded in calculations of the mean etc.

### 3. 入出港船舶及び取扱貨物量の現況

#### 3.1 入出港船舶

##### 3.1.1 船舶隻数

表3.1.1はニュー・マンガロール港の入出港船舶隻数を示しており、1980/81と1987/88の間に隻数が1.88倍に増加したことが読みとれる。この増加は主に、鉄鉱石運搬船の増加に依っている。

表3.1.1 ニュー・マンガロール港入港船舶数

Period	1980-81	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88
Foreign Trade	167	200	215	255	293	234	319	344
Domestic Trade	60	54	40	44	49	65	86	82
TOTAL	227	254	255	299	342	309	405	426

##### 3.1.2 船種及び船型

表3.1.2は1980/81から1987/88までのニュー・マンガロール港における船種別入港隻数である。これによると1985-86と1986-87の間にタンカーとばら積船（バルクキャリアー）が急激に増加している。

また、鉄鉱石バースおよび石油栈橋における1988/89の船階級別利用隻数を表3.1.3及び3.1.4に示す。

表3.1.2 ニュー・マンガロール港船種別入港船舶数

Period	1980-81	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88
Bulk Carriers	26	40	43	69	82	68	116	120
General Cargo	163	159	152	172	189	173	182	201
Tankers	38	55	60	53	71	68	107	105
TOTAL	227	254	255	294	342	309	405	426

Bulk Carriers: Fertilizer, Iron Ore, Other One, Steel Scrap, Coal  
 General Cargo: Cement, Timber, Other Cargo  
 Tankers : P.O.L., Liquid Ammonia, Phosphoric Acid, Edible Oil

表3.1.3 鉄鉱石バース利用船舶の船型分布

Vessel Size (DWT)	No. of Vessel
0 - 9,999	0
10,000 - 19,999	7
20,000 - 29,999	39
30,000 - 39,999	21
40,000 - 49,999	31
50,000 - 59,999	10
60,000 - 69,999	19
70,000 - 79,999	8
80,000 -	0
TOTAL	135

表3.1.4 既存石油製品バース利用船舶の船型分布

Vessel Size (DWT)	No. of Vessel
0 - 4,999	1
5,000 - 9,999	8
10,000 - 14,999	0
15,000 - 19,999	24
20,000 - 24,999	20
25,000 - 29,999	20
30,000 - 34,999	2
35,000 -	0
TOTAL	75

### 3.2 取扱貨物

#### 3.2.1 貨物量

表3.2.1は輸出、輸入別の貨物量を示している。これによると1980/81年から1988/89年までの間に貨物量が約7倍に増加している。特に輸出の増加が顕著でその理由はクドレムク鉄鉱石会社 (KIOCL) による鉄鉱石輸出の増加に依っていることが大きい。

表3.2.1 ニュー・マンガロール港輸出入別取扱貨物量

('000 t)

Period	1980-81	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89
Export	323	830	1431	1595	2387	2690	4243	4803	5517
Import	639	822	851	1242	995	996	1197	1305	1567
TOTAL	962	1652	2282	2837	3382	3686	5431	6108	7084

#### 3.2.2 取扱品目ごと貨物量

##### (1) 輸出

輸出における大宗貨物は鉄鉱石で1981/82年より取扱量が増加し、1988/89年には輸出貨物全体の90.8%を占めるに至っている。その他の主要品目としては表3.2.2に示すように、みかげ石、コーヒー、マンガロン鉄石、クロム鉄石となっている。

表3.2.2 ニュー・マンガロール港品目別取扱貨物量 (輸出)

('000 t)

Period	1980-81	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89
Iron Ore	3	547	1122	1231	1727	2260	3873	4357	5011
Other Ore	43	66	70	47	94	80	37	47	33
Granite Stone	174	118	147	168	273	215	244	314	386
Coffee	63	45	47	39	32	43	49	46	43
Others	40	54	45	110	261	92	31	39	44
TOTAL	323	830	1431	1595	2387	2690	4243	4803	5517

## (2) 輸入

輸入における主要品目は石油製品、原木、化学肥料原料、スクラップとなっている。それぞれの品目の取扱量は表3.2.3のとおりである。

表3.2.3 ニュー・マンガロール港品目別貨物量 (輸入)

('000 t)

Period	1980-81	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89
Cement	87	86	278	359	36	41	14	1	1
Fertilizer	207	180	153	211	247	219	165	93	46
Steel Scrap	21	37	42	39	59	81	120	90	117
Timber	0	0	0	0	0	65	204	342	375
P.O.L.	310	364	351	348	437	412	533	461	571
Lq. Ammonia /Phos. Acid	0	0	0	0	16	17	57	79	141
Edible Oil	0	0	0	0	27	47	57	116	42
Food Grains	4	152	22	141	83	0	0	2	62
Others	10	3	5	144	90	111	47	121	212
TOTAL	639	822	851	1242	995	996	1197	1305	1567

(3) コンテナ貨物

ニュー・マンガロール港における取扱コンテナ個数及び取扱貨物量は表3.2.4及び3.2.5の通りである。

表3.2.4 ニュー・マンガロール港取扱コンテナ個数

units in TEU

Period	Shipped		Landed		TOTAL
	Empty	Loaded	Empty	Loaded	
1984-85	182	472	380	213	1247
1985-86	403	515	528	367	1813
1986-87	164	1369	1198	329	3060
1987-88	865	752	597	817	3031
1988-89	635	488	383	720	2226

表3.2.5 ニュー・マンガロール港取扱コンテナ貨物量

Period	Tonnes
1984-85	8303
1985-86	8828
1986-87	24054
1987-88	21130
1988-89	20461

## 4. 港湾の管理運営

### 4.1 船舶入港実績

1984/85～1987/88年にかけてのニュー・マンガロール港への船舶入港実績は以下に掲げるとおりである。

船種別入港実績は以下のとおり。

Table-4.1.1 Type of Vessels

Years	Break bulk ships	Dry bulk ships	Liquid bulk ships	Total
1984/85	184	82	76	342
1985/86	149	79	81	309
1986/87	182	116	107	405
1987/88	201	120	88	409

\* Break bulk: Cement, Sugar, Timber, Other Gen. Cargo

Dry bulk : Food grain, Fertilizer, Coal, Iron ore, Other ore,  
Steel scrap

Liquid bulk: P.O.L., Edible oil, Liquid Ammonia

#### 4.1.1 雑貨船

ニュー・マンガロール港における雑貨船入港実績は次のとおり。

Table-4.1.2 Ship Performance of Break Bulk Ships

Description	84/85	85/86	86/87	87/88
1. No. of ships	182	149	182	201
2. Total cargo handled ('000 Tonnes)	448	506	589	796
3. Avg. output per ship day (Tonnes)	587	438	500	488
4. Avg. pre-berthing time	1.38	1.74	1.10	1.23
5. Avg. stay at berth	4.20	7.74	6.47	8.11
6. Avg. working time	1.82	3.63	3.19	3.53
7. Avg. non-working time	2.38	4.11	3.28	4.58
8. Working/stay time ratio	0.43	0.47	0.49	0.43
9. Avg. output handled per effective hour (Tonnes)	56.5	39.0	42.2	46.7



#### 4.1.2 撤貨物船

撤貨物船の入港実績を以下に示す。

Table-4.1.3 Ship Performance of Dry Bulk Ships

Description	84/85	85/86	86/87	87/88
1. No. of ships	77	79	116	120
2. Total cargo handled ('000 Tonnes)	2,209	2,625	4,195	4,602
3. Avg. output per ship day (Tonnes)	1,644	3,273	4,732	7,215
4. Avg. pre-berthing time	0.3	4.97	5.4	5.16
5. Avg. stay at berth	17.5	10.15	7.6	5.3
6. Avg. working time	6.0	5.02	3.6	2.8
7. Avg. non-working time	11.5	5.13	4.0	2.5
8. Working/stay time ratio	0.34	0.49	0.47	0.53
9. Avg. output handled per effective hour (Tonnes)	200	275	413	570

貨物別の入港実績を以下に示す。

Table-4.1.4 Ship Performance (Iron Ore)

Type of vessels category wise	84/85	85/86	86/87	87/88
(Iron ore)				
1 Total No. of vessels left	42	54	97	107
2 Total No. of vessels waiting at anchorage	16	34	69	83
3 Pre-berthing waiting hrs.				
(1) For want of berth	322	8,610	14,356	348
(2) Other reasons				13,572
4 Average pre-berthing wait	8	159	148	130
5 Total tonnage handled in tonnes	1,726,620	2,260,139	3,873,289	4,327,359
6 Average tonnage per ship	41,110	41,854	39,931	40,443
7 Pilotage inward and outward (in hours)	121	116	325	210
8 Berth hours				
(1) Working hours of vessels left	1,005	1,873	3,300	3,622
(2) Idling hours at berth	708	632	2,530	2,401
(3) Total No. of berth hours spent by ships	1,713	2,505	5,830	6,023
9 Average output per berth hours	1,008	902	664	718
10 Average output per working hours by vessels	1,718	1,207	1,174	1,195
11 Average time taken to handle 1,000 tonnes of cargo	1	1	2	1.4

Table-4.1.5 Ship Performance (Steel scrap)

Type of vessels category wise	84/85	85/86	86/87	87/88
(Steel scrap)				
1 Total No. of vessels left	4	5	5	5
2 Total No. of vessels waiting at anchorage	4	4	3	4
3 Pre-berthing waiting hrs.				
(1) For want of berth	512	684	216	625
(2) Other reasons				
4 Average pre-berthing wait	128	137	43	125
5 Total tonnage handled in tonnes	58,642	80,899	120,278	90,075
6 Average tonnage per ship	14,660	16,180	24,056	18,015
7 Pilotage inward and outward (in hours)	18	10	15	9
8 Berth hours				
(1) Working hours of vessels left	1,403	2,088	2,541	2,184
(2) Idling hours at berth	1,922	3,444	3,080	2,617
(3) Total No. of berth hours spent by ships	3,325	5,532	5,621	4,801
9 Average output per berth hours	18	15	21	19
10 Average output per working hours by vessels	42	39	47	41
11 Average time taken to handle 1,000 tonnes of cargo	57	68	47	53

#### 4.1.3 液体貨物船

液体貨物船の実績は以下の表に示すとおりである。

Table 4.1.6 Ship Performance of Liquid Bulk Ships

Description	84/85	85/86	86/87	87/88
1. No. of ships	76	81	107	105
2. Total cargo handled ('000 Tonnes)	480	476	647	650
3. Avg. output per ship day (Tonnes)	5,596	5,409	6,072	6,000
4. Avg. pre-berthing time	0.23	0.10	0.38	0.45
5. Avg. stay at berth	1.12	1.08	1.00	1.03
6. Avg. working time	0.70	0.72	0.63	0.67
7. Avg. non-working time	0.42	0.36	0.37	0.36
8. Working/stay time ratio	0.63	0.67	0.63	0.65
9. Avg. output handled per effective hour (Tonnes)	373	336	399	385

品目別の実績を以下に示す。

Table 4.1.7 Ship Performance (Liquid ammonia & Phosphoric Acid)

Type of vessels category wise	84/85	85/86	86/87	87/88
(Liquid ammonia & Phosphoric Acid)				
1 Total No. of vessels left	2	4	15	12
2 Total No. of vessels waiting at anchorage	-	-	1	4
3 Pre-berthing waiting hrs.	-	-	15	27
(1) For want of berth				
(2) Other reasons				
4 Average pre-berthing wait	-	-	1	2
5 Total tonnage handled in tonnes	16,378	17,204	57,018	79,420
6 Average tonnage per ship	5,784	4,301	3,801	1,023
7 Pilotage inward and outward (in hours)	10	7	50	20
8 Berth hours				
(1) Working hours of vessels left	133	43	119	121
(2) Idling hours at berth	62	39	116	114
(3) Total No. of berth hours spent by ships	195	82	235	235
9 Average output per berth hours	59	210	243	337
10 Average output per working hours by vessels	87	400	479	696
11 Average time taken to handle 1,000 tonnes of cargo	17	5	4	3

## 4.2 インド主要港間の荷役効率等諸指標の比較

1986/87年の船種別入港実績を下の3つの指標でインドの主要港間で比較している。

### A. 稼働時間当たりの平均取扱量

本指標は船に係岸して実際に荷役を行っている時の貨物取扱効率を示すものである。非稼働時間すなわち生産性を低減させるものについては除いて計算されている。

### B. 係岸中の平均非荷役時間

本指標は船が着岸するまでの操船時間など不可欠な時間を考慮に入れ、貨物取扱時間以外の非稼働時間と実稼働時間との割合を示している。本指標は船の大きさや、貨物の大きさなどは反映されていない。

### C. 平均待ち時間

本指標は港内において目的とするバースに係岸するまでの時間を示している。

### 4.2.1 雑貨船

雑貨船についての各指標を下記に示す。

Table-4.2.1 Comparison of Ship Performance (Break bulk)

Port	Indicator A	Indicator B	Indicator C
New Mangalore	46 tonnes	3.58	1.36
Calcutta	24	4.64	0.73
Haldia	39	3.87	2.85
Bombay	38	2.90	0.27
Madras	56	2.28	0.47
Cochin	34	2.43	0.83
Visag	50	2.17	0.67
Mormugao	30	3.07	2.28
Paradip	25	1.96	1.45
Tuticorin	42	2.00	0.17

#### 4.2.2 撤貨物船（機械荷役されているもの）

下記表に撤貨物船で岸壁に設置されたローダーなどで機械的に荷役されているものの各指標を示す。

Table-4.2.2 Comparison of ship Performance (Dry-bulk Mechanized)

Port	Indicator A	Indicator B	Indicator
New Mangalore	1,243 tonnes	0.87	5.16
Haldia	610	3.03	1.33
Madras	3,480	1.24	0.98
Visag	1,694	3.13	1.81
Mormugao	821	0.86	3.75
Paradip	1,447	2.20	4.82
Tuticorin	433	0.43	0.71

Table-4.2.3 Comparison of Ship Performance (Dry bulk Conventional)

Port	Indicator A	Indicator B	Indicator C
New Mangalore	49 tonnes	18.5	3.94
Calcutta	32	5.04	0.97
Haldia	113	1.98	2.76
Bombay	63	3.47	2.30
Madras	89	5.26	1.31
Cochin	51	13.58	3.47
Visag	56	3.67	1.69
Mormugao	93	4.46	0.54
Paradip	131	1.74	2.01
Tuticorin	81	1.30	0.20

Table-4.2.5 Ship Performance (P.O.L)

Type of vessels category wise	84/85	85/86	86/87	87/88
(Liquid ammonia & Phosphoric Acid)				
1 Total No. of vessels left	2	4	15	12
2 Total No. of vessels waiting at anchorage	-	-	1	4
3 Pre-berthing waiting hrs.	-	-	15	27
(1) For want of berth				
(2) Other reasons				
4 Average pre-berthing wait	-	-	1	2
5 Total tonnage handled in tonnes	16,378	17,204	57,018	79,420
6 Average tonnage per ship	5,784	4,301	3,801	1,023
7 Pilotage inward and outward (in hours)	10	7	50	20
8 Berth hours				
(1) Working hours of vessels left	133	43	119	121
(2) Idling hours at berth	62	39	116	114
(3) Total No. of berth hours spent by ships	195	82	235	235
9 Average output per berth hours	59	210	243	337
10 Average output per working hours by vessels	87	400	479	696
11 Average time taken to handle 1,000 tonnes of cargo	17	5	4	3

Table-4.2.6 Ship Performance (Edible Oil)

Type of vessels by category	84/85	85/86	86/87	87/88
(P.O.L.)				
1 Total No. of vessels left	71	68	84	76
2 Total No. of vessels waiting at anchorage	20	10	14	19
3 Pre-berthing waiting hrs.				
(1) For want of berth	416	137	957	331
(2) Other reasons				309
4 Average pre-berthing wait	6	2	11	8
5 Total tonnage handled in tonnes	436,637	411,772	533,435	455,025
6 Average tonnage per ship	6,150	6,055	6,350	5,987
7 Pilotage inward and outward (in hours)	214	154	300	130
8 Berth hours				
(1) Working hours of vessels left	985	1,104	1,271	1,072
(2) Idling hours at berth	626	570	765	665
(3) Total No. of berth hours spent by ships	1,611	1,674	2,036	1,737
9 Average output per berth hours	271	246	262	262
10 Average output per working hours by vessels	443	372	420	424
11 Average time taken to handle 1,000 tonnes of cargo	4	4	4	4

### 4.3 港湾収支

#### 4.3.1 収支

ポートトラストの1987-87年の総収支はRs.1964.38 lakhsである。

1983-84、1984-85、1985-86、そして1987-88における港湾の運営収入の状況を示す。

Table-4.3.1 Income of NMPT (lakhs)

	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88
Operating income	837.68	1,067.2	1,313.78	1,790.41	1,964.38
Financial and Miscellaneous	97.46	222.48	272.09	670.38	645.40
Total					

#### 4.3.2 支出

運営支出は1986-87年の1120.03.lakhsに対して、1987-88年は1318.98lakh Rs.であった。

営業外支出は1986-87年のRs.470.87lakhに対し476.18lakhsと増加している。

これは政府からとボンベイポートトラストからローンの利子返済が増加したためである。

1983/84から1984-85、1985-86、1986-87、1987-88年にかけての運営支出については以下のとおりである。

Table-4.3.2 Expenditure of N. M. P. T

	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88
Operating income	678.70	844.72	1,041.69	1,120.03	1,318.98
Financial and Miscellaneous	129.04	178.57	275.24	470.87	476.18
Total	807.74	1,023.29	1,316.93	1,590.90	1,795.16

なお、下記の表に支出の内訳を示す。

Table-4.3.3 Operating Expenditure

(1000 Rs)

	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88
Operating Expenditure (Total)	67,870	84,472	104,167	112,003	131,899
1. Cargo handling and Storage	9,131	10,868	13,398	14,268	15,638
(1) Handling and storage of Gen. cargo at Sheds and Wharves	2,421	2,935	3,328	3,267	3,201
(2) Ore berth and stacking yards	38	32	26	19	43
(3) Warehousing	0	-	1	-	4
(4) Operation and maintenance of Wharf cranes and Crane vessels	964	1,273	1,487	1,544	1,951
(5) Handling of Petroleum Oil and Lubricants	27	65	31	38	18
(6) Expenditure on general facilities at docks	99	96	41	39	68
(7) Administration and general expenses	2,220	2,794	3,280	3,418	4,413
(8) New Minor Works	-	-	1	1	1
(9) Depreciation	3,362	3,673	5,203	5,942	5,939
2. Port and Dock facilities	37,672	45,268	59,416	65,094	73,984
(1) Towing, Berthing and Mooring	12,157	14,035	19,232	18,761	19,816
(2) Pilotage	432	263	1,199	1,313	1,610
(3) Drydocking expenses	0	53	-	-	-
(4) Water supply to shipping	281	289	627	501	711
(5) Firefighting	1,441	1,969	4,342	2,377	3,505
(6) Dredging and Marine survey	19,583	19,951	25,931	33,171	39,552
(7) Harbour Patrol	-	-	-	-	-
(8) Operation and maintenance of navigational aids	255	346	494	1,058	701
(9) Salvage and underwater repairs	-	-	-	-	-
(10) Maintenance of dock and harbour walls, marine structures, etc.	1	-	4	2	1
(11) Administration and General Expenses	1,149	1,293	419	410	496
(12) New Minor Works	-	1	0	-	-
(13) Depreciation	2,319	6,985	7,141	7,413	7,460



#### 4.3.3 収支

1987-88年にかけての収益はRs 288.26lakhであった。これより、ポートトラストの職員のための福利厚生のための基金と政府からの借入金の返済にRs.75.75 lakhを充て、差し引きのRs.212.21を内部留保金とした。

#### 4.3.4 損益計算書

下記表にニュー・マンガロール港の損益計算書を示す。

Table-4.3.4 Profit&Loss (1983/84-1987/88)

	83/84	84/85	85/86	87/88	88/89
Operating Income	83,768	106,720	131,378	179,041	196,438
Operating Expenditure	67,870	84,472	104,169	112,003	131,898
Operating Surplus(+) Deficit(-)	15,898	22,248	27,209	67,038	64,540
(+) Financial & Misc. Income	9,746	13,381	9,728	12,494	11,904
Balance	25,644	35,629	36,937	79,532	76,544
(-) Financial & Misc. Expenditure	12,904	17,857	27,524	47,087	47,618
Balance	12,740	17,772	9,413	32,445	28,826
(+) Amount withdrawn from Reserves	-	-	-	-	-
Balance	12,740	17,772	9,413	32,445	28,826
(+) Transfer to Funds Debt charges etc.	125	125	125	2,520	7,605
Net Surplus (+) Deficit (-)	12,615	17,647	9,288	29,925	21,221

## 5. マスタープランのレビュー

### 5.1 需要予測

現存のマスター・プランの目標年次は2000年である。ここでは目標年次を2005年とし、マスター・プランをレビューすることとする。レビューには需要予測及び施設設計計画を含む。

#### 5.1.1 背後圏

カルナタカ州政府が定義したニュー・マンガロール港の経済背後圏は第一義的にはガーツ西部のダクシマ、カナラ、コダク、ハッサン、チクマガル、シモガ地区及びウッサラ・カナラ地区の一部である。

#### 5.1.2 主要貨物の発生地と目的地

ニュー・マンガロール港は基本的にはバラ貨物を取扱う港湾である。主要輸出バラ貨物は鉄鉱石である。1987/88年、1988/89年ニュー・マンガロール港で取扱われた鉄鉱石の全貨物量の占めるシェアは、それぞれ90%と71%であった。従ってニュー・マンガロール港の荷役活動は鉄鉱石に集中しているといえる。

##### (1) 鉄鉱石の発生地

カルナカタ州には、鉄鉱石生産地域が広域に存在しており、1985年の鉄鉱石生産額でインド全体の第四番目の州に位置している。ニュー・マンガロール港で取扱われる鉄鉱石はマンガロールの東110kmにあるクドレムク丘陵地帯からである。約6百万トンの磁鉄鉱が毎年産出され、処理されている。クドレムク社はコンセントレート生産能力7.5百万トンを持っている。

##### (2) 鉄鉱石の目的地

1988/89年の鉄鉱石輸出国は次の通り。

Table-5.1.1 Destination of iron ore (1988/89)

(Unit: '000 tonnes)

Countries	Pellet	Concentrate	Total	Share
Japan	-	2,430	2,430	51.3
Hungary	594	-	594	12.5
Turkey	357	-	357	7.5
Yugoslavia	68	241	309	6.5
Australia	72	183	255	5.4
West Germany	176	-	176	3.7
Czechoslovakia	90	59	149	3.2
Bahrain	-	128	128	2.7
U.S.A.	109	-	109	2.3
Other	210	22	232	4.9
Total	1,676	3,063	4,739	100.0

## 5.1.3 需要予測

## (1) 個別に予測する主要貨物

鉄鉱石は上記の通りニュー・マンガロール港の主要貨物であるので個別に予測する。

現在P.O.L (製品) は輸入貨物である。しかし、マンガロール近隣に将来石油精製工場を建設することになっており、輸出貨物に転ずるものと期待されている。従って、原油 (輸入) とP.O.L 製品 (輸出) の需要予測を各々個別に行なう。またヒンダスタン石油公社がL.P.G. を輸入し、マンガロールに備蓄設備を建設する計画をもっているので、L.P.G (輸入) についても個別に需要予測する。

石炭は現在ニュー・マンガロール港では取扱われていない。しかしマンガロールの近隣に火力発電所を建設する計画があり、近い将来ニュー・マンガロール港の主要貨物になるものと期待されている。従って、石炭についても個別に予測することにする。

## (2) 需要予測結果

1994/95年と2004/05年のニュー・マンガロール港に於ける貨物需要量は次の通りである。

Table-5.1.2 Summary of Demand Forecast

(Unit: Thousand Tonnes)

Items		1988/89 (Actual)	1994/95	2004/05
Export	Iron Ore	5,011	7,500	10,000
	POL(Products)	-	1,570	3,160
	Granite Stone	386	386	386
	Other Cargoes	120	184	274
	Sub Total	5,517	9,640	13,820
	Crude Oil	-	3,000	6,000
Import	POL(Products)	571	-	-
	L.P.G	-	200	500
	Coal	-	450	12,120
	Other Cargoes	996	1,320	2,530
	Sub Total	1,567	4,970	21,150
Total		7,084	14,610	34,970

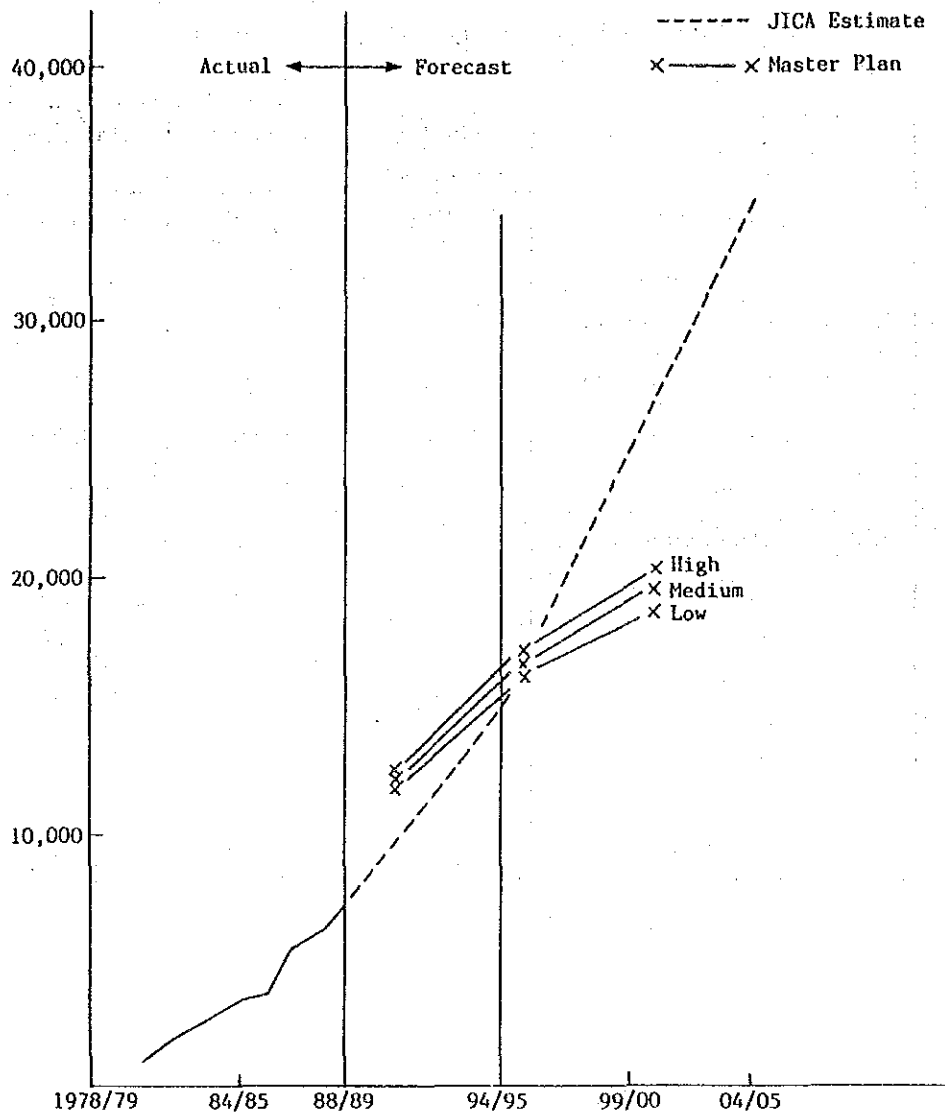


Figure-5.1.1 Demand Forecast

(3) 予測方法

i) 輸出貨物

① 鉄鉱石

鉄鉱石の荷役システムが現状のままであれば、その使用率は1988/89年の70%から1994/95年にはほぼ100%に達する。従って1994/95年には、7.5百万トンと推定した。

鉄鉱石の生産システムの改良により1995年以降には1千万トンの水準の鉄鉱石を取扱えるため、2004/05年には1千万トンの貨物量として推定した。

② P.O.L. (製品)

1994/95年迄にニュー・マンガロール近隣に石油精製工場を建設する計画があり、第1段階では原油3百万トンの処理能力もつ設備を、第2段階では6百万トンの処理能力をも

つ設備が建設されることになっている。精製設備はP.O.L.（製品）のを生産し、製品によりニュー・マンガロール港を通じて輸出されることになっている。マンガロール精製・石油化学会社からの情報によれば、P.O.L.（製品）の輸出量は、1994/95年には1.57百万トン、1999/2000年には3.16百万トンである。従って2004/05年に於いても1999/2000年の輸出水準が続くものと見て、ニュー・マンガロール港のP.O.L.（製品）輸出量を1994/95年1.57百万トン、2004/05年3.16百万トンと予測した。

## ii) 輸出貨物

### ① 原油

上記の通り、石油精製工場の建設によりボンベイ・ハイ及び港湾諸国より原油の輸入が必要となる。マンガロール精製・石油化学会社では、1994/95年に原油3百万トン、1999/2000年に6百万トンを輸入する計画をもっている。従って、2004/05年も1999/2000年と同水準の原油を輸入すると見て、1994/95年には3百万トン、2004/05年には、6百万トンの原油がニュー・マンガロール港で取扱われると推定した。

### ② L.P.G.

ヒンダスタン石油公社は将来インドでL.P.G.が不足するためL.P.G.を輸入し、マンガロール近隣に備蓄施設を建設する計画をもっている。

L.P.G.はニュー・マンガロール港のオイル・ジュッティで取扱われ、8 km先の備蓄施設までパイプラインで運ばれることになっている。計画されている備蓄タンクは、当初20万トン、最終的には50万トン規模になるため、この数量を1994/95年、2004/05年の輸入量とした。

### ③ 石炭

石炭火力発電所の建設計画があり、その規模は第1段階では210MW（2基）、第2段階では500MW（4基）となっている。国民火力発電公社によれば、1994/95年迄に第1段階が実行されることになっている。なお、計画の第2段階がいつ実行に移されるかは現在のところ明かではない。最近エネルギー省はマンガロールの石炭火力発電所に於ける石炭の必要量を次のように発表した。

1994/95年	45万トン
1999/2000年	6.24百万トン
2004/05年	12.12百万トン

従ってニュー・マンガロール港の石炭取扱い量も上記と同じ量とした。

### ④ その他の貨物

その他の貨物の取扱い量については、国内総生産と貨物量との相関により推計した。それによればその他貨物量は1994/95年2.1百万トン、2004/05年3.66百万トンと推計された。

次に、その他の輸出貨物量を5年移動平均の時系列相関より推計した。この結果その他の輸出貨物量は、1994/95年78万トン、2004/05年1.13百万トンと推計。

ニュー・マンガロール港湾公社によれば、現在輸出されているグラナイト・ストーンはインド政府の政策及び近隣のカルワール港の整備により今後ニュー・マンガロールでは増加しないとのことであった。従って、ニュー・マンガロール港のグラナイト・ストーンを取扱い量を将来とも1988/89年の量と変わらないものとした。即ち1994/95年、2004/05年のグラナイト・ストーンのニュー・マンガロール港の取扱い量は38.6万トンである。従って、グラナイト・ストーンを除くその他輸出貨物量はグラナイト・ストーンを含むその他輸出貨物量に占めるグラナイト・ストーンを除くその他貨物量のシェアが1988/89年のシェア23.7%と将来とも同じであると仮定して推計した。

その他の輸入貨物量は、その他貨物全量からその他輸出貨物量を差し引くことから推計した。その結果、その他輸出貨物量は1994/95年1.32百万トン、2004/05年2.53百万トンと推計した。

#### ⑤ LNG

ニュー・マンガロール港湾公社によれば、インド・ガス公社は液体天然ガス (LNG) の輸入の可能性を検討しているとのことである。その情報によれば、LNGの需要は1995年には2.9百万トン、2000年には4.1百万トンとのことである。しかしながら、上記のLNG輸入計画については未だ技術的・経済的輸入の可能性について検討されていないため、ここでは、LNG需要量の予測を行わなかった。但し、2005年以降LNGがニュー・マンガロール港で取扱われる可能性はあると思われる。

## 5.2 施設配置計画の見直し

### 5.2.1 鉄鉱石バース

#### (1) 既存鉄鉱石ターミナルの現状

本ターミナルにおいては、1987/88、1988/89それぞれにおいてそれぞれ約430、500万トンの鉄鉱石が取扱われている。その結果、バース専有率はそれぞれ76%及び89%と高くなっており、さらに、待船時間もそれぞれ一船当り平均で約130及び204時間ときわめて長くなっている。

#### (2) 現ターミナル荷役機械の能力

現状及び改良（小規模改良、大規模改良）後の本荷役機械システムの船積能力は表5.2.1に示すとうりである。

表5.2.1 鉄鉱石ターミナルにおける船積能力

	Capacity of the System (t/h)	Modification
Present	$\frac{6,000}{3,500}$	None
Minor Modification	$\frac{7,000}{3,500}$	Capacity Upgrading of Out-going Conveyor Cross Conveyor Wharf Conveyor
Major Modification	$\frac{8,100}{4,100}$	Additional Reclaimer for concentrate capacity upgrading of Reclaimer for pallets Out-going Conveyor Cross Conveyor Wharf Conveyor

Concentrate  
Pellets

さらに、この能力において、鉄鉱石を年間750万トン（粉鉄60%、ペレット40%）又は1000万トン（粉鉄40%、ペレット60%）を取扱った場合のバース専有率を試算すると表5.2.2のようになる。



表5.2.2 鉄鉱石バースのバース占有率

Annual Throughput of Iron Ore	Max. Ship Size (Ave. Ship Size)	Modification			
		None (existing) D=270	Minor D=270	D=290	Major D=290
7.5 million  concentrate = 4.5 (60%)  pellets = 3.0 (40%)	60,000 DWT (40,000)	0.81	0.78	0.73	0.68
	100,000 (65,000)	0.66	0.63	0.59	0.54
	130,000 (73,000)	0.64	0.61	0.57	0.52
	150,000 (88,000)	0.60	0.57	0.53	0.48
	170,000 (95,000)	0.59	0.56	0.52	0.47
10.0 million  concentrate = 4.0 (40%)  pellets = 6.0 (60%)	60,000 (40,000)	1.14	1.12	1.04	0.96
	100,000 (65,000)	0.95	0.92	0.86	0.78
	130,000 (73,000)	0.91	0.89	0.83	0.75
	150,000 (88,000)	0.86	0.84	0.78	0.70
	170,000 (95,000)	0.85	0.82	0.76	0.69

(3) バース改良の要件

バース専有率の上限を0.6とすると表7.2.2より、次のことが言える。

- 1) 年間750万トンの鉄鉱石を取扱うためには少なくとも100,000DWT級の船舶を受けられる施設が必要である他、年間作業日数を増やし、荷役機械システムの小規模改良が必要となる。
- 2) 年間1000万トンの鉄鉱石を取扱うためには、現存バースの他に新規のバースがもう一バース必要となる。

(4) バースの改良規模

バースの改良は少なくとも100,000DWT級の船舶を受け入れられるような規模でなされなければならない、また荷役機械システムの改良も必要である。ただし、これは年間750万トン取扱の場合で、1000万トン取扱の場合には、100,000DWT級が受入れられるよう改良されたとしても一バースのみでの取扱は不可能である。

(5) 船型 (世界の鉄鉱石船)

全世界で稼働している鉄鉱石船のうち約70%は100,000DWT以上であり、さらにその半分は

150,000DWT以上の船型である。ただしこれは世界のどの地域で稼働している船舶かで変わり、日本、南米太平洋岸等では50%以上か、150,000DWT以上、西アフリカ、アジア東欧、アメリカ合衆国等では50%以上が100,000DWT未満である。

さらに、船令面から言えば比較的新しい1981年以降推進した船舶は40,000～60,000DWTか60,000～80,000DWTのものがほとんどであることがわかる。

(日本の鉄鉱石船)

ニュー・マンガロール港に入港した大型の鉄鉱石船のほとんどは日本向けである。また、日本船籍の鉄鉱石船は140,000～150,000、170,000～180,000及び200,000DWT以上のものが多い。

(鉄鉱石積出港)

世界の主要な鉄鉱石積出港のほとんどは100,000DWT以上の船舶の受入能力を持っている。インド国内に限ってみても、100,000DWT以上の能力を持っているほか、拡張計画を有しているものが多い。

(石油取扱施設計画)

ニュー・マンガロール港近傍に計画されている石油精製所はニュー・マンガロール港を通して原油の搬入、石油製品の搬出を行うことになると考えられる。原油タンカーについては、100,000～150,000DWT級のもが使われると考えられる。

(船型代替案)

100,000DWT及び150,000DWTが次の理由により代替案として選択された。

- 1) 100,000DWTは年間750万トンの鉄鉱石を取扱うために必要な船舶であり、他のインド国内鉄鉱石取扱港が現在受入可能で、ニュー・マンガロール港が少なくとも追いつかなければならない水準である。また、石油取扱施設の代替案の一つである100,000DWT級原油タンカーとほぼ同様な満載喫水を持つ船型でもある。さらに現状のシップローダーに小規模の改良を加えるだけで受入れられる最大の船型である。また、満載喫水は100,000DWTと130,000DWTでは大きな差があり、浚渫コストの違いも大きい。
  - 2) 150,000DWTは石油取扱施設の代替案の一つである。150,000DWT級原油タンカーとほぼ同様な満載喫水を持ち、また、日本籍船の鉄鉱石運搬船の船型のうち比較的多いものの一つである。
- (6) 改良のシナリオ

改良のシナリオは次に示す2つのものが考えられる。

(シナリオー1)

- a) 1994/95年までに既存鉄鉱石バースを100,000DWT以上の船舶が受入れられるよう改良する。
- b) a)と同時期に荷役機械システムを小規模改良する。
- c) 1999/2000年までに新規の鉄鉱石バースーバースを建設し、必要な荷役機械を設置する。

(シナリオー2)

- a) 1994/95年までに新規の鉄鉱石バースを建設し、必要な荷役機械を設置する。(既存バース及び荷役機械はそのまま。)

## 5.2.2. 石油バース

### (1) バース規模

原油バースの規模は鉄鉱石バースの規模に合わせて決定される。次の表は鉄鉱石バースの代替案に対応した石油バースの代替案を示している。

表5.2.3 石油バース代替案

Iron Ore Berth Alternative (DWT)	Oil Berth Alternative	
	Crude Oil Jetty (DWT)	Product Jetty (DWT)
100,000	100,000	35,000*
150,000	150,000	35,000*

\* 85,000 is possible (for use of crude tanker in case of breakdown of the crude oil jetty)

### (2) バース数

1994/95年における原油、石油製品の取扱量は需要予測によりそれぞれ300万トン、160万トンと予測され、さらに、20万トンのLPGの取扱が見込まれている。タンカーの船型を下記のように設定すると、原油バース、石油製品バースそれぞれ一バースの場合、バース専有率は次のように計算される。

原油タンカー	最大船型	100,000DWT
	平均船型	83,000DWT
	バース専有率	0.24
石油製品タンカー	最大船型	35,000DWT
	平均船型	28,000DWT
	バース専有率	0.47

従って、1994/95年の需要に対応するためには原油、製品バースとも一基ずつ必要になることがわかる。

さらに、2004/05年においては原油600万トン、石油製品316万トン、LPG50万トンの取扱が見込まれ、同様の条件でバース専有率を計算すると、原油バース0.48、石油製品バース0.97となり、2004/05年の需要に対応するためには、原油バース一基、石油製品バース二基が必要となることがわかる。

### (3) 施設配置

#### (原油バース)

原油バースは鉄鉱石バースと違ってパイプラインやローディングアーム等の計量器具のみですむため、内港地区（既掘込水域）はもとより、外港地区（防波堤内側）にも設置可能である。従って原油バースの設置可能位置は次の通りである。

- 1) 内港地区西岸（既存石油製品バースを改良する）
- 2) 外港地区

#### (石油製品バース)

設置可能位置は次の通りである。

- 1) 内港地区西岸
- 2) 外港地区

### 5.2.3 石炭バース

需要予測によると石炭取扱量は1994/95年に45万トンであったものが、1999/2000年に624万トンに急増し、さらに2004/05年に、1,212万トンに倍増すると予測されている。従って45万トンは一般雑貨バースで取扱えるものの、取扱が急増する1999/2000年までには石炭取扱ターミナルの整備が必要となる。

石炭運搬船の船型は現マスタープランで採用されたと同じ50,000DWTであると仮定すると、年間624万トンの場合2バースの岸壁と、3基のアンローダーが、年間1,212万トンの場合はさらに1バースの岸壁と3基のアンローダーが取扱いに必要となる。

インド側によるとターミナルの位置は西ドック計画の西側が可能で、現在MDL（マサゴンドック会社）に貸与している土地の半分を返換してもらい、石炭ストックヤードとして転用することが可能である。

### 5.2.4 その他のバース

#### (一般雑貨)

雑貨バース計画は次の理由から変換している。

1994/95年及び2004/05年における石炭を含む（1994/95のみ）雑貨貨物量はそれぞれ234,319万トンと予測される。現在一バースあたりの取扱い貨物量は約33万トン/バース（現在150万トンを5バース（小型船バース1バース含む）で取扱っている）であるが、現在2バースが建設中であり、現マスタープランではさらに4バースが建設されるので、1994/95年及び2004/05年における一バースあたりの取扱貨物はそれぞれ36万トン/バース、30万トン/バースとほぼ同水準となる。

#### (LNG)

ニュー・マンガロール港では将来LNGの取扱いが予測されている。認可をまだ受けていない

もののインド・ガスオーソリティがLNGターミナルの建設を計画しており、その内容によると、

1) 年間取扱量 410万重量トン

2) ターミナル用地 20~30ha

となっている。これに対し、南防波堤南側の海岸地先を埋立てターミナル用地とし、南防波堤の内側にLNGバースを建設することで対応可能であると考えられる。

## 5.2.5 航路・泊地

### (1) 水深

水深の決定の際には船舶のスコット、トルムを考慮する必要がある。その結果、水深は船舶の満載喫水により泊地で1.0m、航路で1.5mそれぞれ深くすることが必要となる。

表5.2.4 船底よりの余裕深さ

(m)

	Unprotected Area (Channel)	Protected Area (Basin)
Tidal Allowance*	- 0.3	- 0.3
Squat	0.3	0.3
Trim	0.9	-
Net Under-keel Clearance	0.6	0.6
For safety against Hard Rock Seabed	-	0.4
Total	1.5	1.0

\* MLWL : 0.26m above CD

### (2) その他諸元

#### (航路巾)

航路巾は片道航路規制を行う場合には最大船の船長分なければならないという基準がある一方、UNCTADによると操船巾と余裕をあわせて船舶の巾の5倍が必要であるとされている。ここでは前者基準をとることとする。

#### (ストップングディスタンス)

船舶の安全な操船のためにはストップングディスタンスとして適切な水深と最大級の船長の5倍の長さを有する直線でしかも外海から遮蔽された水域を取ることが必要である。

#### (回頭泊地)

タグボートを使うと仮定すると、最大船の2船長を直径とする円型の水域が一般的に船舶の

回頭のために必要となる。

### (3) 航路・泊地の諸元

表5.2.5に100,000DWT及び150,000DWTの鉄鉱石運搬船を仮定した時の航路・泊地の諸元を示す。

表5.2.5 航路及び泊地の必要規模

Iron Ore Carrier Size (DWT)	Length (m)	Beam (m)	Full Draught (m)	Depth		Width of Channel (m)	Diameter for Turning Circle (m)
				Basin (m)	Channel (m)		
100,000	270	42	15.5	-16.5	-17.0	275*	550*
150,000	300	47	17.5	-18.5	-19.0	300	600

\* In the case of a 100,000 DWT iron ore carrier, crude oil tanker of 100,000 DWT can enter at high tide. The width and diameter are decided by the length of the tanker.

### (4) 航路・泊地の配置

前述したように泊地内には広い範囲で岩盤が分布している。大型船を受け入れるためには航路・泊地を拡張、浚渫しなければならず、そして、費用のかさむ岩盤浚渫を減らすために航路・泊地ともできるだけ南方向にずらすことが必要である。一方、船舶の操船中の安全性を確保するため航路・泊地は十分に広くとり、構造物や停泊中の船舶との間に充分距離をとれるようにする必要がある。

原油バースが外港地区に建設させる場合には、大水深の回頭泊地は外港地区に設けることができる。鉄鉱石バースは内港地区にあるが、入港時は空船であるので、現水深で回頭可能であり、出港時はバース位置が港口寄りにあることが比較的狭い水域で操船可能である。従って、内港地区の大水深浚渫地域はこの満載鉄鉱石船の出港に必要な水域に限られ、岩盤浚渫の範囲を減らすことができる。

### 5.2.6 防波堤

防波堤の延伸は航路内のシルテーションと水深-7 m程度までの水域で発生する漂砂による堆積を防ぐ方策の一つとして考えられる。延伸の長さ、法線を決定するその他の要素としてはストラッピングディスタンスと、港内静穏度の確保がある。

### 5.2.7 配置計画の代替案

以上の検討の結果次のようなマスタープランのための配置計画の代替案を作成した（図7.2.1～7.2.4）、case-1はシナリオ-1に基いて作成されたものでその他のケースはシナリオ-2によっている。

防波堤法線はLNGバースの位置の違いによってcase-1/2とcase-3/4で異なっている。また、大水深回頭泊地はcase-3/4の場合外港地区に、case-1/2の場合は内港地区に配置されている。さらに、case-3/4の場合、15万トン級船舶の出港のための限定水域を内港地区において、大水深に浚渫する計画になっている。

各ケースの係留施設等の計画は次の通りである。

#### (1) case-1

- 1) 既存鉄鉱石取扱施設の100,000DWT級施設への改良（短期）
- 2) 新規鉄鉱石取扱施設の建設（長期）
- 3) 既存石油製品バースの100,000DWT級原油バースへの改造（短期）
- 4) 85,000および35,000DWT級石油製品バースの建設（前者：短期、後者：長期）
- 5) 石炭バース（3バース）の建設（長期）
- 6) LNGバース（将来）
- 7) 防波堤の延伸（短期）
- 8) 航路・泊地の拡張・増深（短期）
- 9) LNGターミナルのための南海岸埋立（将来）
- 10) その他の施設（雑貨バース、RO/ROバース、長期）

#### (2) case-2

- 1) 100,000DWT級新規鉄鉱石取扱施設の建設（短期）
- 2) 既存石油製品バースの100,000DWT級石油製品バースの建設（短期）
- 3) 85,000および35,000DWT級石油製品バースの建設（前者：短期、後者：長期）
- 4) 石炭バース（3バース）の建設（長期）
- 5) LNGバース（将来）
- 6) 防波堤の延伸（短期）
- 7) 航路・泊地の拡張・増進（短期）
- 8) LNGターミナルのための南海岸埋立（将来）
- 9) その他の施設（雑貨バース、RO/ROバース、長期）

#### (3) case-3

- 1) 150,000DWT級新規鉄鉱石取扱施設の建設（短期）
- 2) 外港地区における150,000DWT級新規原油バースの建設（短期）
- 3) 35,000DWT級新規石油製品バースの建設（長期）

- 4) 石炭バース（3バース）の建設（長期）
- 5) LNGバース（長期）
- 6) 防波堤の延伸（短期）
- 7) 航路・泊地の拡張・増深（短期）
- 8) LNGターミナルのための南海岸埋立（将来）
- 9) その他の施設（雑貨バース、RO/ROバース、長期）

(4) case-4

- 1) 150,000DWT級新規鉄鉱石取扱施設の建設（短期）
- 2) 外港地区における150,000DWT級新規原油バースの建設（短期）
- 3) 35,000DWT級新規石油製品バース2バースの建設（第1バース：短期、第2バース：長期）
- 4) 石炭バース（3バース）の建設（長期）
- 5) LNGバース（将来）
- 6) 防波堤の延伸（短期）
- 7) 航路・泊地の拡張・増深（短期）
- 8) LNGターミナルのための南海岸埋立（将来）
- 9) その他の施設（雑貨バース、RO/ROバース、長期）



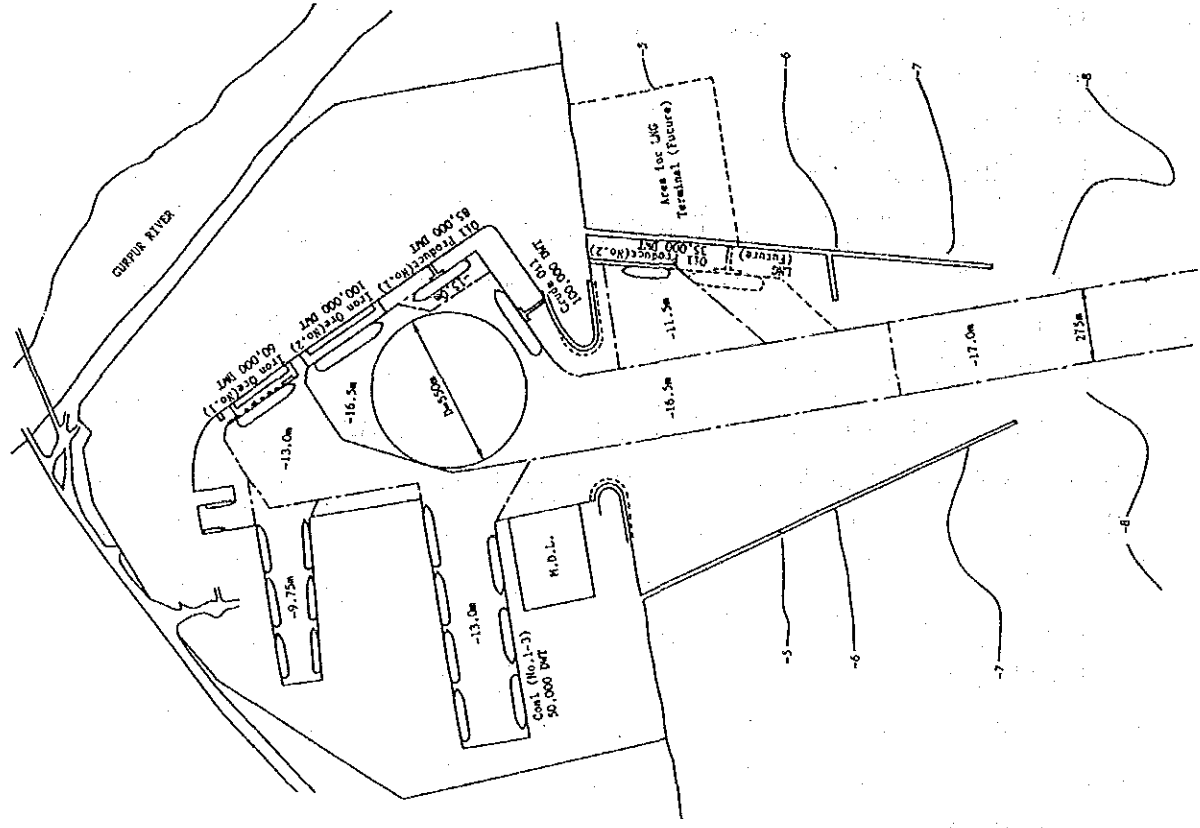


Figure-5.2.2 Master Plan Alternative (Case-2)

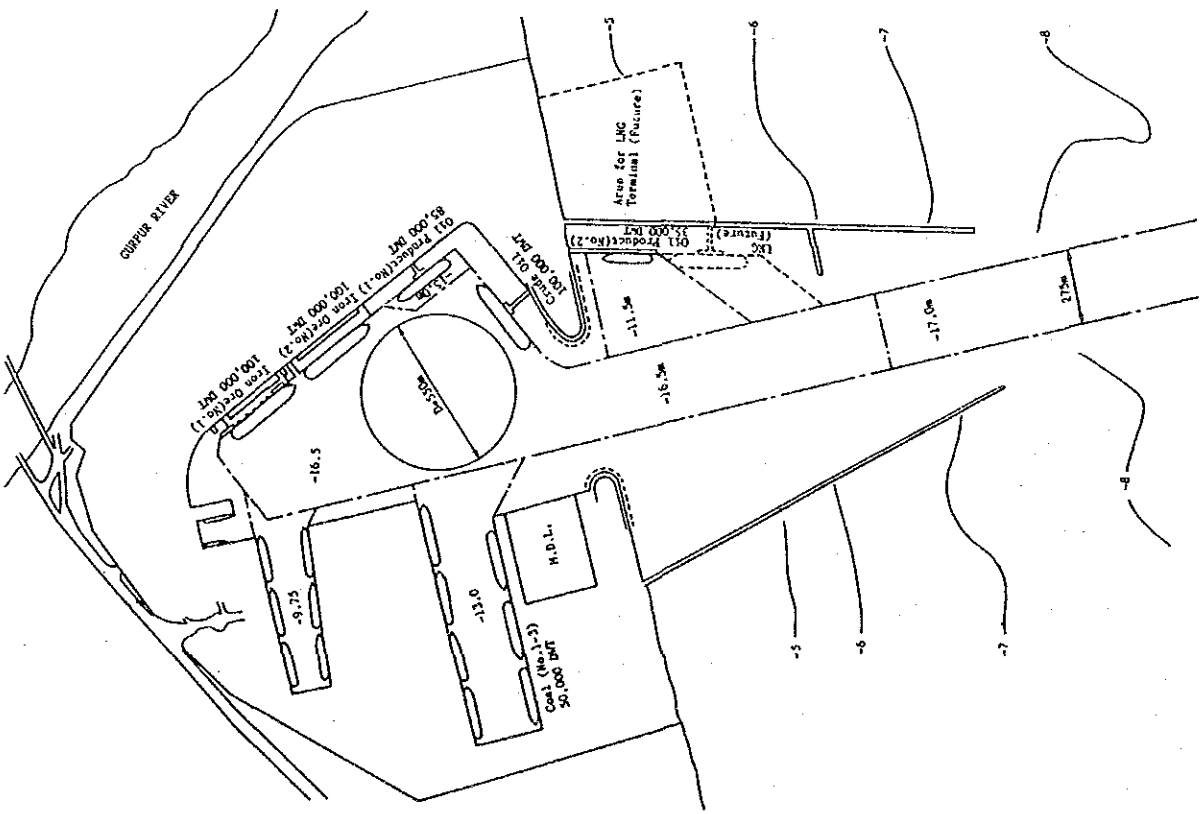


Figure-5.2.1 Master Plan Alternative (Case-1)

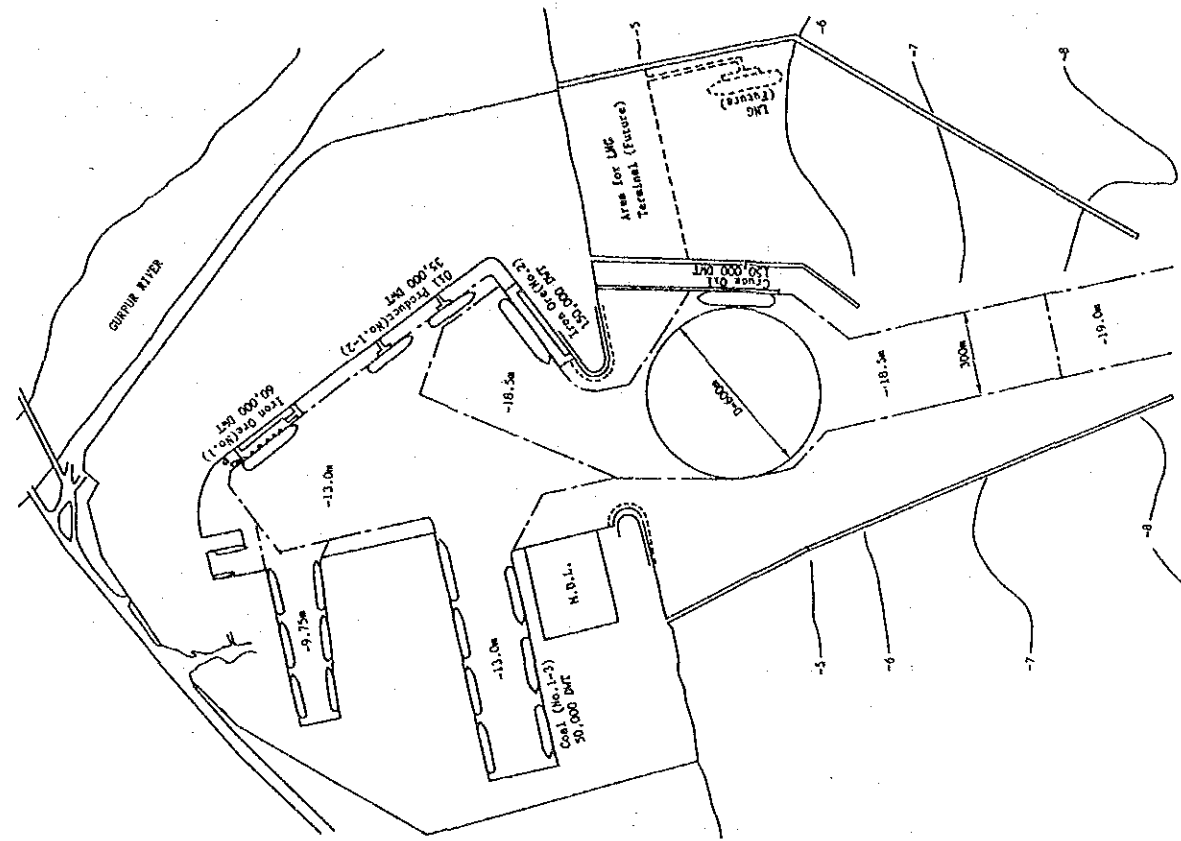


Figure-5.2.4 Master Plan Alternative (Case-4)

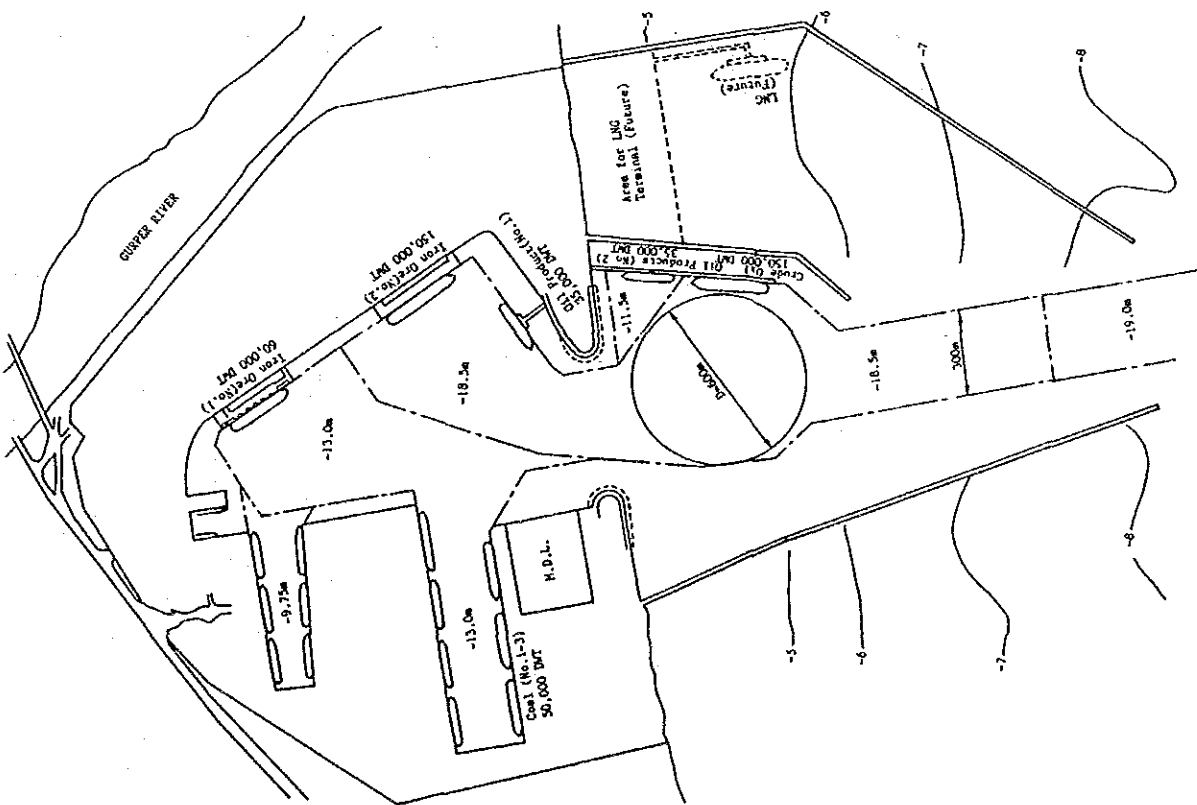


Figure-5.2.3 Master Plan Alternative (Case-3)

## 5.2.8 最適配置計画の選定

### (1) 手法

上記4ケースの代替案の中から下記に示すいくつかの観点から総合的に判断して最適配置計画を選定した。

- ・コスト
- ・便益
- ・投資の柔軟性
- ・将来の発展計画 (LNG Jettuy)

### (2) コスト

コストとしては次に示すような初期投資コスト、維持コスト等を考える。

- ・初期投資コスト：鉄鉱石バース

原油バース

石油製品バース

航路・泊地浚渫

防波堤

鉄鉱石取扱機械

タグボート及び航行援助施設

- ・維持コスト：維持浚渫

- ・運営コスト：

一般雑貨バース等のその他施設は今回のプロジェクトとは関係なく整備されることになるのでそのコストはここでは省略した。表5.2.6、5.2.7に代替案ごとのコストを示す。

表5.2.6 マスタープラン代替案の概略コスト

(unit: Crore Rs.)				
Case	1	2	3	4
Iron Ore Berth (long-term) ('000 DWT) Berth (short-term)	100+100 (100)	60+100 (60+100)	60+150 (60+150)	60+150 (60+150)
Iron Ore Berth Improvement Construction	3.5 9.7	- 9.7	- 13.7	- 13.7
Crude Oil Jetty	3.7	3.7	10.9	10.9
POL Jetty	9.3	9.3	4.3	8.9
Dredging	66.2	63.9	94.3	73.2
Breakwater	22.0	22.0	45.4	45.4
Total (for short-term plan only)	114.4 (99.6)	108.6 (103.5)	168.6 (164.3)	152.1 (148.9)
Equipment (for short-term plan only)	80.7 (21.6)	78.5 (78.5)	85.2 (85.2)	98.8 (98.8)
Other (for short-term plan only)	7.3 (7.3)	7.3 (7.3)	7.5 (7.5)	7.5 (7.5)
Grand Total (for short-term plan only)	202.4 (128.5)	194.4 (189.3)	261.3 (257.0)	258.4 (255.2)

表5.2.7 マスタープラン実施による維持浚渫費の増加

Case	1	2	3	4
Siltation Volume (Mm3)	6.1	6.1	5.1	5.1
Increase in Maintenance Volume (Mm3) *	1.3	1.3	0.6	0.6
Increase in Dredging Cost (Cr. Rs.)	2.0	2.0	0.9	0.9

\* Present maintenance dredging volume = 3 Mm<sup>3</sup>  
Maintenance dredging volume = 0.7 x siltation volume

(3) 便益

便益として計上したのは荷役時間、帯船時間の短縮及び輸送費の低減によるコスト減である。これらの節約は船型が大型なほどバースが多いほど増加する。長期計画（マスタープラン）に対する各代替案に対する便役／コスト比率を表5.2.8に示す。これにより、各代替案間に特に違いのないことがわかる。

表5.2.8 Benefit/Cost of Each Long-term Development Alternatives

Discount Rate	0.05	0.07	0.1	0.12	0.15	0.2
Case-1	1.54	1.34	1.11	0.98	0.84	0.66
Case-2	1.62	1.38	1.12	0.98	0.83	0.65
Case-3	1.66	1.40	1.10	0.95	0.79	0.61
Case-4	1.69	1.42	1.12	0.97	0.81	0.62

(4) 投資の柔軟性

case-1の他は、750万トンの鉄鉱石を輸出する1994/95年までに巨額の投資を行い、一挙に1000万トンの鉄鉱石を取扱える能力を有するようになる。需要予測によると、鉄鉱石輸出は1000万トンまで増加するとされているが、この量まで到達できるか、到達するとしたらいつか、に関して不確実性があるため、短期整備計画時に1000万トン取扱可能な施設を整備する。case-2/3/4は短期的には過剰投資であると言える。逆に、case-1は、まず750万トン対応の改良をし、その後、需要の動向を見て、第2バースの建設の必要性あるいはその時期を判断できるという意味で柔軟性を有しているといえることができる。

(5) LNGターミナル

4ケースすべてに対して、他の施設と調和のとれたLNGターミナル計画を作成することができる。

(6) 結論

以上をまとめると、表5.2.9によりになり、case-1が最適の案であるとの結論を得る。

### 5.2.9 マスタープラン代替案の総合評価

Case	1	2	3	4
Cost				
Short-term	A	B	C	C
Long-term	B	A	C	C
Benefit	A	A	A	A
Flexibility	A	C	C	C
LNG Terminal	B	B	B	B
Overall Evaluation	A	B	C	C

## 6. 埋没土量の予測

### 6.1 埋没対策としての防波堤

ニュー・マンガロール港における埋没の現況や底質分布の特性から、埋没の基本的なメカニズムは航路周辺の海底に広く分布する底泥の流入沈降によるものであることがわかる。シルト粘土よりなるこの底泥は南西モンスーン期の波浪により大きなじょう乱によって水中に浮遊し航路・港内に流入し、航路・港内では水のじょう乱が小さいので重力沈降によって堆積することになる。したがって埋没対策の基本的考え方は多量の泥を含む水の航路・港内への流入を防ぐことである。この流入を抑制する最も直接的な方法は航路に沿う防波堤を延長することである。

また水深-7 mまでの海岸よりでは時に漂砂による砂の航路への流入堆積が生じると言われている。この砂は航路を維持するために早急に浚渫される必要がある。防波堤の延長はこの砂の流入の抑制にも効果があると考えられる。

防波堤を長く延長することはぼう大な費用を要する。例えば航路全体に沿って、防波堤を延長することは財政的にはほとんど不可能であろう。

航路に流入する底泥の量は、砕波帯の近傍で大きく、沖に行く程減少すると考えられる。従って埋没防止策としての防波堤の延長は延長の初期の段階で大きく、沖に延びていくに従って単位の長さ当りの効果は減少していく。一方防波堤の単位長さ当りの建設コストは延長の初期段階で小さく、沖に延びていく程大きくなる。したがって防波堤の建設コストと維持浚渫のコスト（もちろん年間のものではなく、数十年のプロジェクトライフ期間中の総コスト）の合計額は防波堤のある延長距離で極小値と採るような防波堤延長距離の関数となると考えられる。この極小値を採る延長が埋没防止策として最適の延長距離といえる。本章ではこの評価を行うための資料を得るため、防波堤の延長距離毎の埋没土量の算定を行ったものである。

### 6.2 防波堤延長による埋没土量の算定

#### 6.2.1 予測モデル

##### (1) 基本的考え方

南西モンスーン後の深浅測量結果によると、2 km以上沖合の航路水深は周辺の原地盤の水深とほとんど同じになることがわかる。これは航路が完全に埋没してしまうことを示している。一方港内の埋没土厚は港口から港奥に向かって次第に減少するが、モンスーン後の水深勾配は約1/2000と非常にゆるやかである。このゆるやかな底勾配や、毎年深く浚渫される鉄鋼石バース前面での埋没土量が大きいことは、流入土砂の流動性がかなり大きいものであることを示唆している。

このようなことから、防波堤で囲まれた航路部及び港内での埋没は、防波堤外の航路に周辺から流入してきた細粒の底泥が航路に沿って密度流的に流れることによって生じると考えられる。

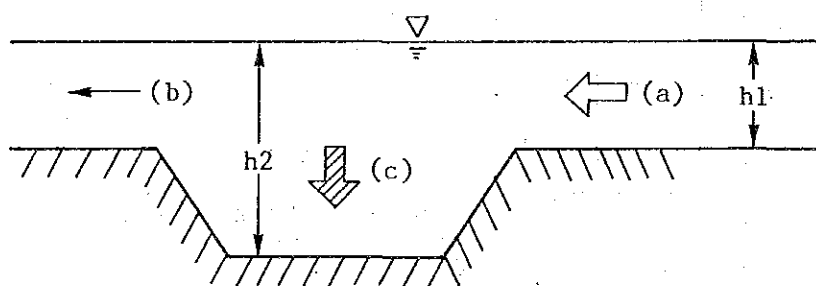
無論港内埋没の一部は、モンスーン期の波浪の作用によって水中に浮遊した底泥が移流。拡散のメカニズムによって港内に運ばれ、その沈降によって生じたものもあるだろう。しかし移流拡散モデルを用いた数値シミュレーションによっては、実際に見られる非常にゆるやかな海底勾配を再現することはできなかった。このことから、港内への土砂の流入は主として周辺から航路内に流入した土砂の密度流的な流動によるものであるとして良いように思われる。

以上のような点を考慮して、埋没予測は2つのモデルを使って行った。ひとつはSwanbyモデルと呼ばれるものであり、これによって周辺からの航路への流入土砂量を求めた。SwanbyモデルはこれまでCentral Water & Power Research Station (CWPRS) によってニュー・マンガロール港やインドのその他の主要港を対象に埋没量の予測に用いられてきたものである。

2つ目は土砂輸送モデルであり、これによって航路に沿って徐々に生じる土砂の移動を一種の密度流として扱った。このモデルを実際的な問題に適用したような事例は見あたらないが、ニュー・マンガロール港における埋没の実情を分析した結果として、このようなモデル化が土学的・実際の観点からして必要かつ適切であると考えられる。

## (2) Swanbyモデル

Swanby公式というのは、波と流れが共存する開放性沿岸域での全漂砂量（掃流砂と浮遊砂の合計）を求める公式のひとつである。この公式はCWPRSによってニュー・マンガロール港を含めてインドの主要港を対象に埋没予測に使われてきたものである。この公式を埋没土量の予測にどのように適用するかは以下のとおりである。



航路断面

- (a) 航路上流側の全漂砂量を表わす。
- (b) 航路を通過する全漂砂量を表わす。
- (c) 航路への埋没量を表わし(a)-(b)である。

航路上流側の漂砂量(a)は航路を通過する漂砂量(b)よりも大きい。それは水深のちがいにより土砂を保持する力が航路内より上流側の方が大きいからである。上流側と航路上で波と流れの条件を与えることによってSwanby公式から(a)と(b)の漂砂量を求める。次に(a)-(b)によって航路内に流入する土砂量を求めることができる。



(3) 航路・港内における土砂輸送モデル

粘着性の土砂の輸送に関して最近提案されている概念的なモデルのひとつは図6.2.1に示すようなものである。この図では、浮遊泥を含む水の層と粘着性の底との間に泥の濃度の高い流動性を持つ泥層があることを示している。モンスーン期間中あるいは直後の航路内に流入した土砂は、かなりの流動性を持ち、図中の流動性泥層に相当すると考えられる。音響測深器で測定される水深は図中のLutoclineで示される深さに相当し、いわゆるnautical depthと呼ばれるものは、図中のStationary Mudの層内にあると考えられる。

本報告書では、航路に沿う一次元の密度流モデルを採用して、上述の流動性泥層が埋没に及ぼす影響を表現した。そしてこのモデルはSwanbyモデルと結合して用いた。この2つのモデルの結合は、航路内での土砂の移動を正しく表現するためだけでなく、防波堤に囲まれない航路への土砂の流入量を正しく見積るためにも必要なことである。というのは航路内での土砂の移動によって航路内水深は変化し、その水深は周辺からの航路への土砂の流入量に影響するからである。

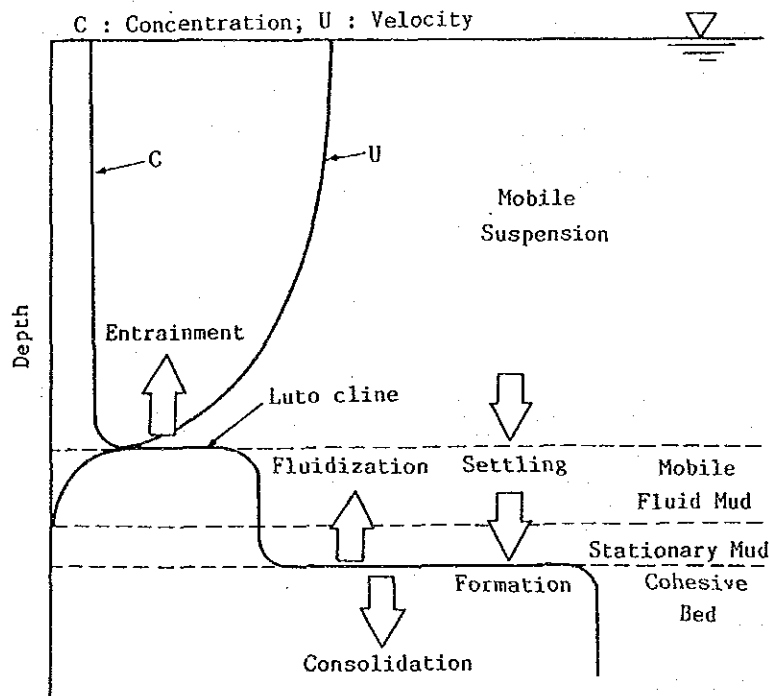


図6.2.1 粘着性の土砂輸送に関する概念的モデル

(A.J. Mehta, On estuarine cohesive sediment suspension behavior, JGR, Vol.94 No.C10, 14303-14314, 1989)

(4) 波浪条件

ニュー・マンガロール港建設プロジェクトに際して、1968～1969の間の18ヶ月にわたり波浪観測が実施されている。表6.2.1はこの観測による6月から9月までの有義波高の超過確率分布を示したものである。Swanbyモデルによる計算では波浪条件として表8.3.1を用いた。

表6.2.1 有義波高の超過確率分布 (1968、6月～9月)

month	percentage of time, significant wave height exceeded					
	0.5m	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
June	100	97	55	25	8	1
July	100	73	31	17	3	1
August	100	94	25	3	0	0
September	100	18	0	0	0	0

IMOBCO International Inc., Report of wave & current studies pertinent to an offshore terminal site at Mangalore.

6.2.2 埋没土量の予測結果

(1) 現況再現

予測モデルの中のパラメータを調整することによって、現況の航路防波堤条件に対する予測結果が実際の埋没土量を再現するようにした。表6.2に現況再現結果と実際の埋没土量の比較を示す。表で見られるように、予測結果は実際の埋没土量と良く一致している。この計算において防波堤に囲まれない航路内に流入する漂砂の総量はモンスーン期間中の4ヶ月間で1010万 $m^3$ となり、また航路を通過する漂砂量は540万 $m^3$ と計算された。従って航路に流入した土量は $1010 - 540 = 470$ 万 $m^3$ となるが、これは予測の埋没土量330万 $m^3$ と一致しないが、この差分 $470 - 330 = 140$ 万 $m^3$ は航路に沿って沖に流出したことを示している。540万 $m^3$ という大量の土砂が航路を通過して流出しているが、これは航路がほぼ完全に埋没してしまうことから生じるのである。このようなことから埋没を起こす潜在的な力は非常に大きいことがわかる。

表6.2.2 埋没量の計算値と実際との比較

(million  $m^3$ )

	Channel (a)	Lagoon (b)	(a) + (b)
Model output	2.26	1.02	3.28
Actual Siltation	2.48	0.95	3.43

(2) 防波堤の各延長に対する埋没量の評価

防波堤の最適延長を決めるために、現状の延長である500mから初めて2500mまで500mピッチで防波堤を延長していったときのそれぞれの場合に対する埋没量を求めた。その結果を表6.2.3に示す。

これらのケースにおいて航路は深さ-17m、幅270m、延長7,500mとした。この延長は現況の航路より約2,500m長い。防波堤の長さが現況の500mであるとき、この計画航路の防波堤に囲まれない部分の容積は約1,200万 $m^3$ となるが、これに対して現況航路の防波堤より外の容積は290万 $m^3$ である。

表6.2.3より、防波堤500mの場合の埋没量は930万 $m^3$ であり、防波堤の延長にともなって埋没量は減少していくことがわかる。始めの500mの延長による埋没量の減少量は220万 $m^3$ であり、その後は500mの延長毎に100万 $m^3$ づつ減少していく結果となっている。このように、防波堤の延長は埋没量の抑制に対し、非常に有効であることがわかる。

表6.2.3 防波堤の各延長に対する埋没量予測結果

(million  $m^3$ )

length of the breakwater	Channel outside the breakwater	Channel inside the B.W. and Lagoon	Total
500 m	7.3	2.0	9.3
1,000 m	5.6	1.5	7.1
1,500 m	4.6	1.5	6.1
2,000 m	3.7	1.4	5.1
2,500 m	2.9	1.2	4.1