国際協力事業団
モザンビーク共和国　運輸通信省

No. 2

社会開発調査部報告書

モザンビーク国
ベイラ港航路維持改良計画調査
最終報告書

〔要約編〕

平成10年3月

JICA LIBRARY
J 1142488 (4)

株式会社　テトラ
財団法人　海外造船協力センター

社調一
JR
98-024

1142488 (4)

国際協力事業団
モザンビーク共和国　運輸通信省

モザンビーク国
ベイラ港航路維持改良計画調査
最終報告書

〔要約編〕

平成10年3月

外 貨 交 換 率

１ ＵＳドル＝１１，３００ モザンビークメチカル
　　＝１１６．８４ 円

（１９９７年２月時点）

序　　文

日本国政府は、モザンビーク共和国政府の要請に基づき、同国のベイラ港航路維持改良計画にかかるフィージビリティー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いたしました。

当事業団は、平成8年12月から平成10年3月までの間、4回にわたり株式会社テトラの佐藤昭二氏を団長とし、株式会社テトラと財団法人海外造船協力センターとで構成される調査団を現地に派遣しました。

また、国際協力事業団 国際協力専門員 勝田穂積を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議がおこなわれました。

調査団は、モザンビーク政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、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りました。

この報告書が、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す。

最後に、調査にご協力とご支援をいただいた関係者に対し、心より感謝申し上げます。

平成10年3月

藤田公郎

国際協力事業団
総裁　藤田公郎

伝　達　文

国際協力事業団
総裁　藤田公郎　殿

ここに、モザンビーク国ベイラ港航路維持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。

株式会社 テトラ及び財団法人 海外造船協力センターで構成された私を団長とする調査団は、国際協力事業団との業務実施契約に基づき、平成9年1月から平成10年2月にかけてモザンビーク国において現地調査を実施致しました。現地調査の結果は、モザンビーク国運輸通信省及びその他関係機関との十分な議論、検討がなされ、それに基づいて航路埋没対策の検討及び航路維持計画の策定並びに浚渫船導入に関するフィージビリティー分析を行い、本報告書として取りまとめました。

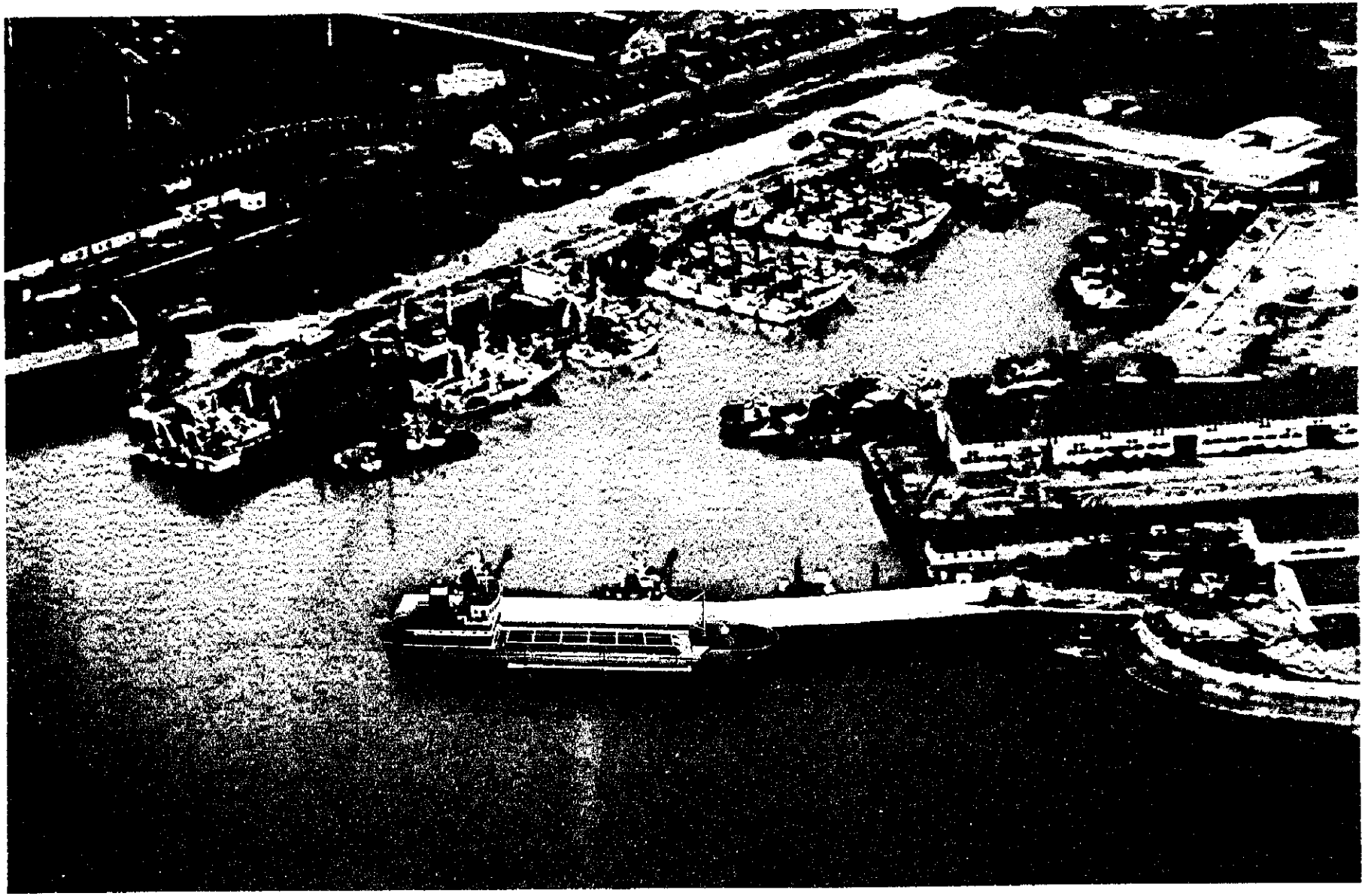
調査団を代表して、モザンビーク国政府及びその他関係機関に対し、我々がモザンビーク国滞在中に受けたご好意と惜しみないご協力に心からお礼申し上げます。

また、国際協力事業団、外務省、運輸省及び在ジンバブエ日本大使館に対しても現地調査及び報告書の作成に当たっての貴重なご助言とご協力をいただいたことに深く感謝申し上げます。

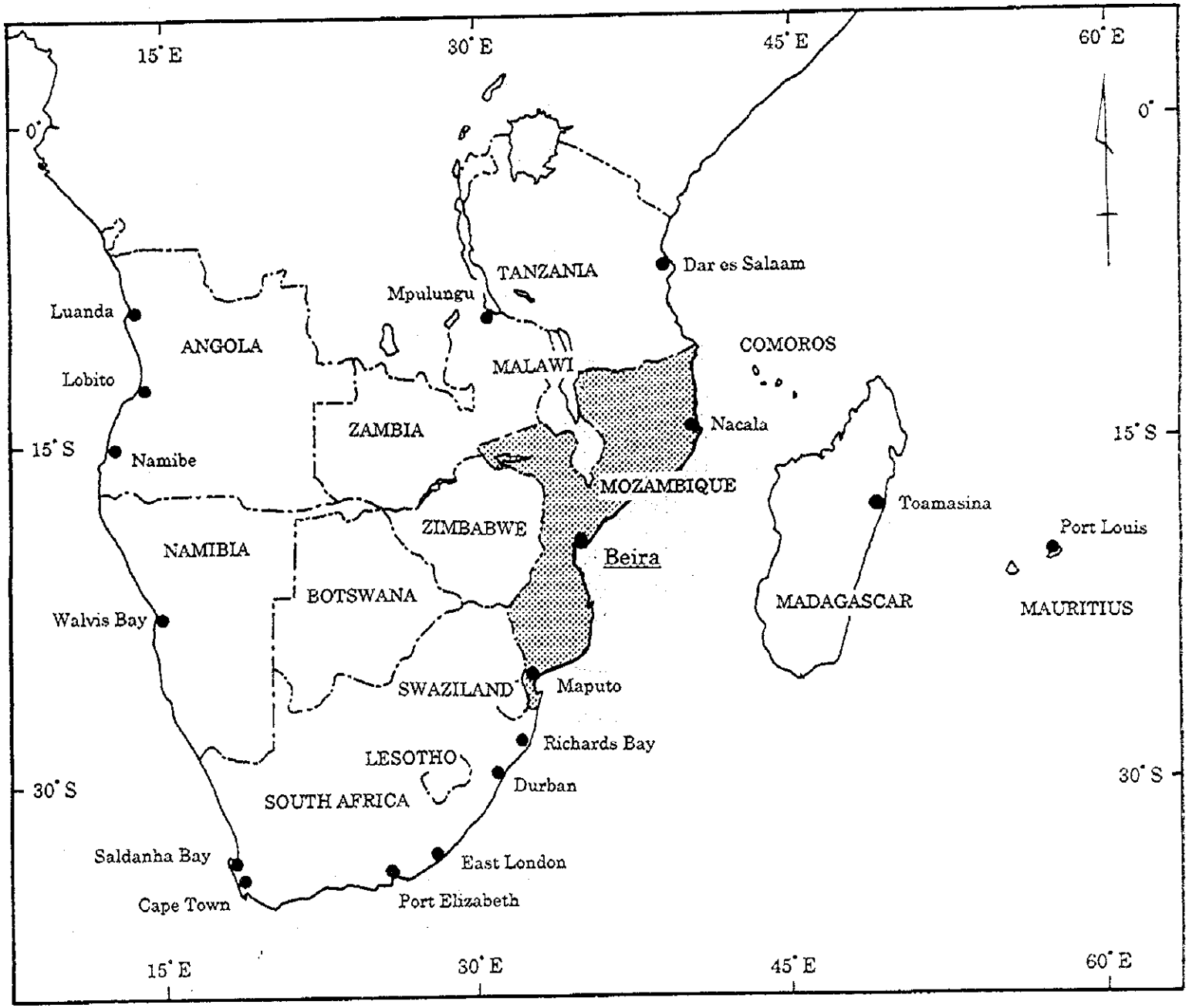
平成10年3月

モザンビーク国ベイラ港航路維持改良計画調査団
団長　佐藤昭二

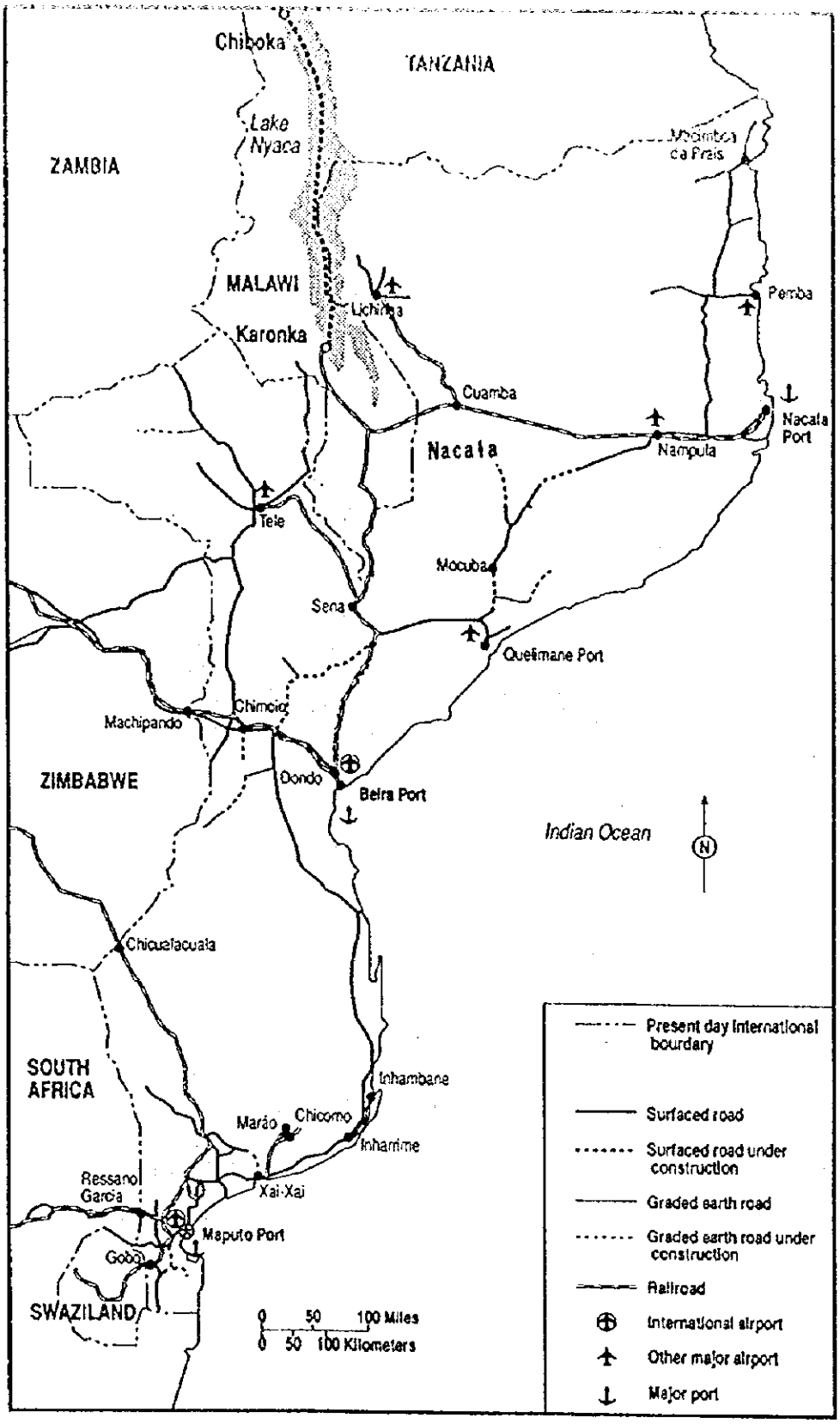
ベイラ港の港湾施設と進入航路



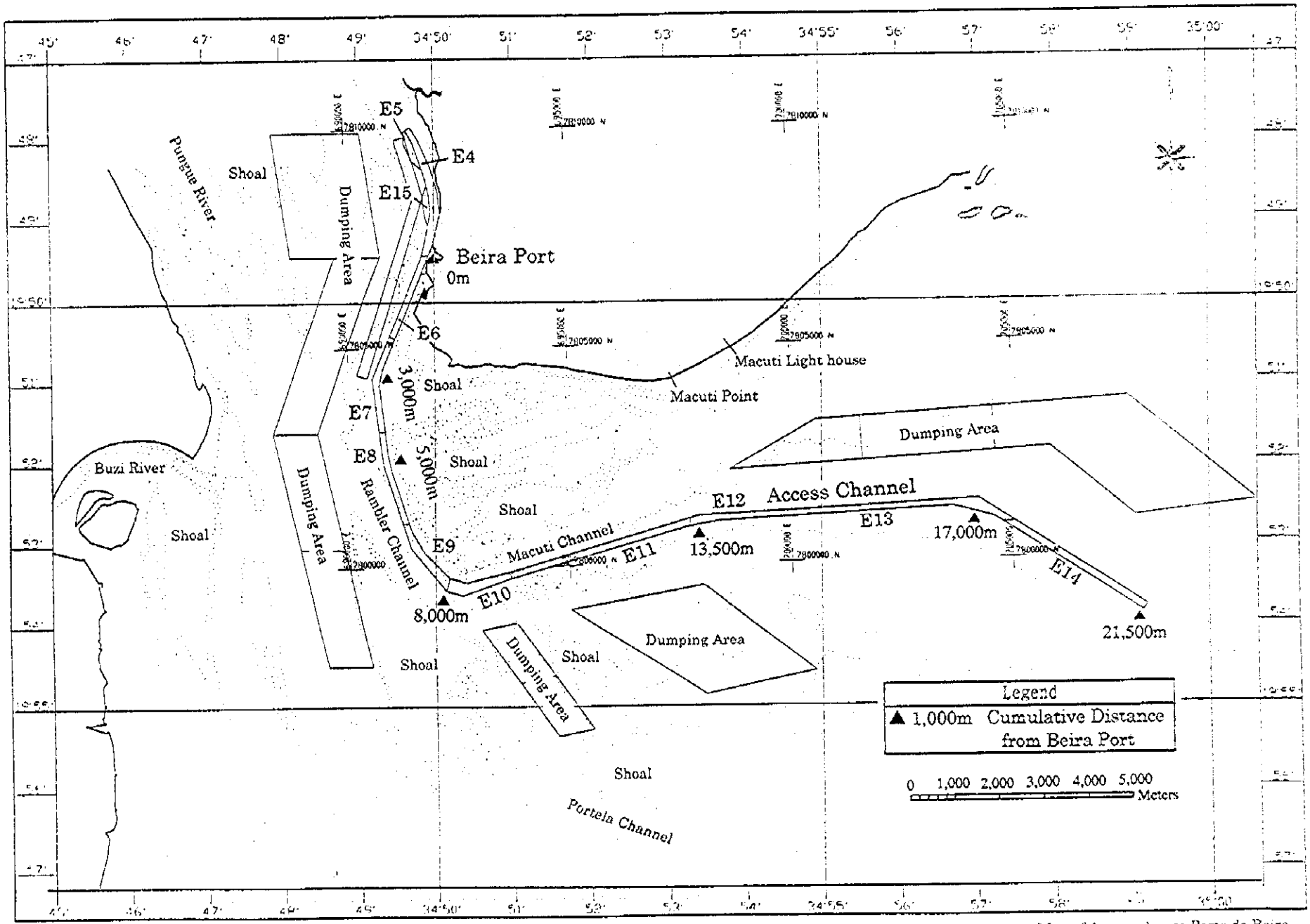
新浚渫船と係留施設


15° E
30° E
45° E
60° E
0°
15° S
30° S
TANZANIA
Dar es Salaam
Mpulungu
Luanda
ANGOLA
COMOROS
MALAWI
Lobito
ZAMBIA
Nacala
Namibe
MOZAMBIQUE
Toamasina
Port Louis
ZIMBABWE
NAMIBIA
Beira
BOTSWANA
MADAGASCAR
MAURITIUS
Walvis Bay
SWAZILAND
Maputo
Richards Bay
LESOTHO
Durban
SOUTH AFRICA
Saldanha Bay
East London
Cape Town
Port Elizabeth

モザンビーク国位置図

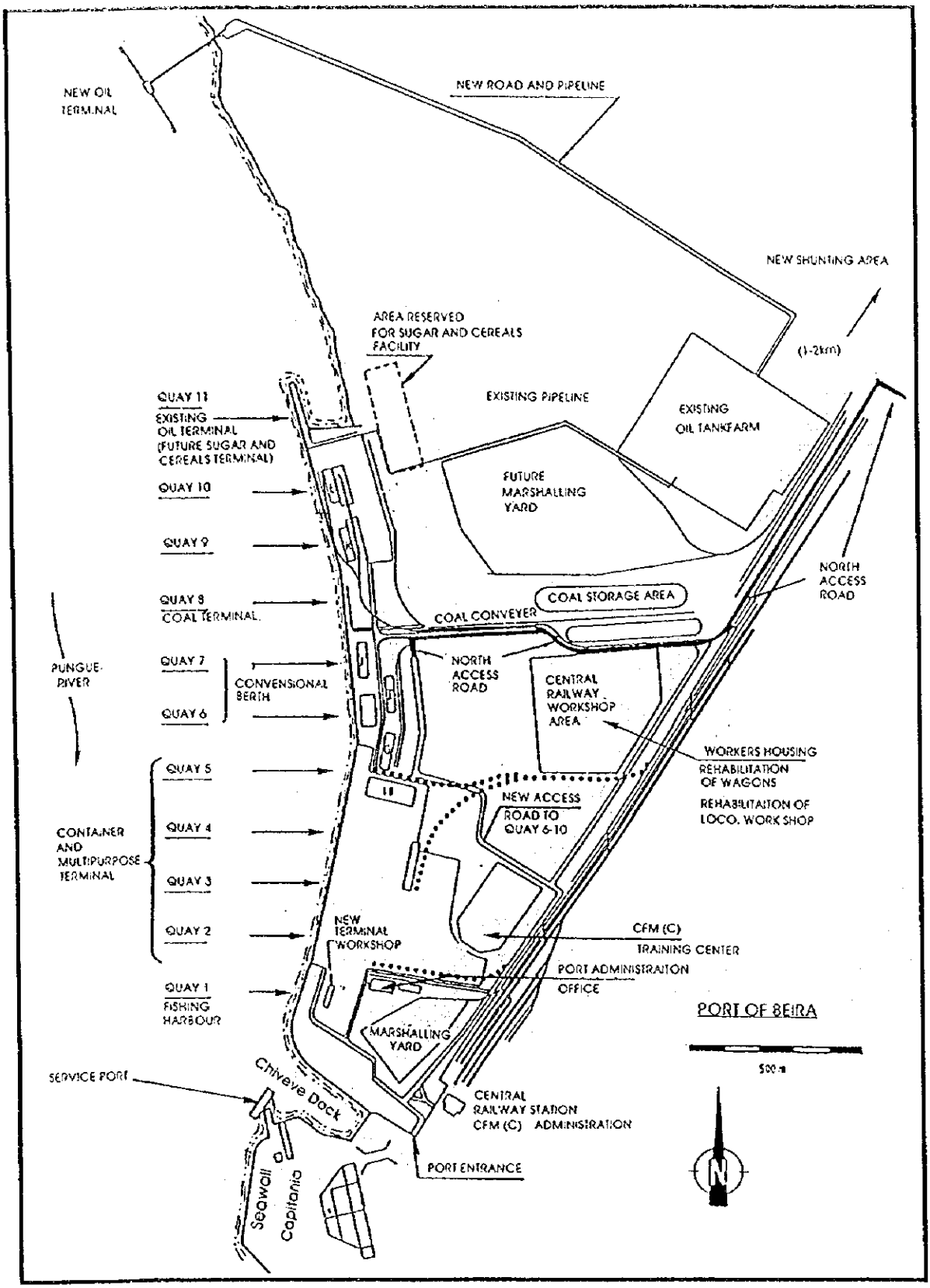


モザンビーク国の運輸交通網



ベイラ港と航路位置図

Source : Map of Approaches to Porto da Beira No.1003



ベイラ港港湾施設配置図

略語一覧

AM	Air Malawi
AZ	Air Zimbabwe
BCA	Beira Corridor Authority
BPTS	Beira Port Transport System
B/S	Balance Sheet
CA	Board of Management, CFM
CDL	Chart Datum Level
CFC	Conversion Factor for Consumption
CFL	Conversion Factor for Labor
CFM	Mozambique Ports and Railways
CFM-C	Mozambique Ports and Railways-Center
CFM-N	Mozambique Ports and Railways-North
CFM-S	Mozambique Ports and Railways-South
CFM-Z	Mozambique Ports and Railways-Zambezia
CIF	Cost, Insurance and Freight
DAC	Development Assistance Committee, OECD
DGPS	Global Positioning System in Differential Mode
DWT	Dead Weight Tonnage
EIA	Environmental Impact Assessment
EIRR	Economic Internal Rate and Return
EMODRAGA	Mozambique Dredging Company
FIRR	Financial Internal Rate of Return
FOB	Free on Board
GCT	General Cargo Terminal
GDP	Gross Domestic Product
GOJ	Government of Japan
GOM	Government of the Mozambique
GPS	Global Positioning System
HAT	Highest Astronomical Tide
IEE	Initial Environmental Examination
INAHINA	National Institute of Hydrography and Navigation
LAM	Mozambique Airline
LAT	Lowest Astronomical Tide
Loa	Length Overall
Lpp	Length between Perpendiculars
MCT	Multipurpose and Container Terminal
MHWN	Mean High Water Neap Tide
MHWS	Mean High Water Spring Tide
MLWN	Mean Low Water Neap Tide
MLWS	Mean Low Water Spring Tide
MSC	Mediterranean Shipping Company
MSL	Mean Sea Level
MT	Mozambique Meticals
MTC	Ministry of Transport and Communications
m-ton	Metric Ton
ODA	Official Development Assisstance

OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
P/L	Profit and Loss
POL	Petroleum, Oil and Lubricant
RSA	Republic of South Africa
SADC	Southern Africa Development Community
SATCC	Southern Africa Transport and Communication Commission
SCF	Standard Conversion Factor
TEU	Twenty Footer Equipment Unit
UK	United Kingdom
US$	United States Dollar
USA	United States of America
UTM	Universal Traverse Mercator
ZA	Zambia Airline
Z$	Zimbabwe Dollar

目　次

頁

位置図
調査の概要
調査の背景

1．モザンビークと周辺諸国の概要 …… 1
　1.1　はじめに …… 1
　1.2　地理と気象 …… 1
　1.3　社会経済状況 …… 1
　1.4　運輸事情 …… 2
　1.5　産業活動 …… 3
　1.6　開発計画 …… 5

2．ベイラ港とその他港湾の現況 …… 8
　2.1　港湾施設 …… 8
　2.2　港湾活動 …… 12
　2.3　維持浚渫 …… 21
　2.4　他港の現況 …… 22

3．自然条件 …… 25
　3.1　地形条件 …… 25
　3.2　気象条件 …… 25
　3.3　海象条件 …… 26
　3.4　底質条件 …… 34
　3.5　漂砂と航路埋没 …… 34

4．航路埋没解析 …… 38
　4.1　深浅測量図の解析 …… 38
　4.2　数値シミュレーション …… 44
　4.3　維持浚渫土量に関する検討 …… 47

5．航路計画 …… 51
　5.1　入港船舶の予測 …… 51
　5.2　航路改良計画 …… 54

6．航路維持浚渫計画 …… 61
　6.1　浚渫船の概略設計 …… 61
　6.2　維持浚渫計画 …… 64
　6.3　管理運営 …… 72

頁

7．環境影響評価 …… 76
7.1　初期環境評価 …… 76
7.2　環境影響評価 …… 78

8．経済財務評価 …… 79
8.1　経済分析 …… 79
8.2　財務分析 …… 84

9．事業実施計画 …… 87
9.1　浚渫船の建造 …… 87
9.2　管理運営面の留意事項 …… 88

10．結論と提言 …… 90
10.1　結　　論 …… 90
10.2　提　　言 …… 92

付属資料

A-1　維持浚渫計画

図表リスト

表リスト　　頁

表 1.3-1　モザンビークおよび周辺諸国の実質国内総生産（GDP）成長率 …… 2
表 1.5-1　モザンビークと周辺諸国における実質 GDP の構成 …… 4
表 1.5-2　SADC 諸港における 1995 年のトランジット貨物のシェアと主要都市への鉄道距離 …… 4
表 1.5-3　1995 年のベイラ港の裨益人口 …… 4

表 2.1.2-1 ベイラ港の主要埠頭の諸元 …… 9
表 2.1.4-1 進入航路と回頭水域の諸元 …… 9
表 2.2.2-1 ベイラ港における入港船舶数 …… 12
表 2.2.2-2 船種別の入港船舶の最大および平均諸元 …… 13
表 2.2.2-3 入港船舶の船種別の船型分布 …… 14
表 2.2.2-4 入港船舶の船種別の入港喫水分布 …… 14
表 2.2.2-5 入港船舶の潮待ち時間 …… 15
表 2.2.3-1 ベイラ港における取扱貨物量 …… 16
表 2.2.5-1 CFM, CFM-C および CFM-C の港湾部門の損益計算書動向 …… 19
表 2.2.5-2 EMODRAGA の損益計算書 …… 19
表 2.3.3-1 ベイラ港の浚渫土量 …… 23
表 2.3.3-2 1989～1990 年の初期浚渫後のベイラ港の浚渫土量 …… 22
表 2.3.3-3 ベイラ港における過去の浚渫記録 …… 24

表 3.2.5-1 モザンビークに影響を与えた大型サイクロン …… 26
表 3.3.5-1 波高別波向頻度（ブイ 1） …… 29
表 3.3.5-2 波高別周期頻度（ブイ 1） …… 29
表 3.3.5-3 波高別周期頻度（ブイ 2） …… 29
表 3.3.6-1 乾期の大潮期における浮標追跡結果 …… 33
表 3.3.6-2 乾期の小潮期における浮標追跡結果 …… 33
表 3.3.7-1 雨期と乾期の最高濁度 …… 34
表 3.4-1　底質特性概要(雨期) …… 35
表 4.1.2-1 1990 年 8 月と 1991 年 8 月の間の埋没土量 …… 43
表 4.1.2-2 1991 年 8 月と 1996 年 4 月の間の埋没土量 …… 44
表 4.2-1　進入航路の水深別埋没土量の計算値（E6 から E11 の区間） …… 46
表 4.3.1-1 平均的な年間維持浚渫土量 …… 48
表 4.3.2-1 水深別航路のＥ６からＥ11 区間の年間埋没量の推定 …… 49
表 4.3.2-2 水深別航路の年間維持浚渫土量の推定値 …… 50

表 5.1.1-1 2000～2025 年のベイラ港における荷姿別貨物量予測 …… 52
表 5.1.2-1 船種別の入港船舶数の将来予測結果 …… 53
表 5.2.3-1 航路水深の評価総括表 …… 57
表 5.2.3-2 水域別の航路水深 …… 58
表 5.2.3-3 水域別航路幅員 …… 58

表リスト　　頁

表 6.2.2-1 維持浚渫計画(1) …… 70
表 6.2.2-2 維持浚渫計画(2) …… 71

表 8.1.2-1 運営費用と初期投資 …… 80
表 8.1.2-1 潮待ち時間と輸送費増大等の節約便益（航路水深８mの場合） …… 82
表 8.1.3-1 航路水深の感度分析における経済的内部収益率(EIRR) …… 83
表 8.1.3-2 初期投資・プロジェクト期間の感度分析における EIRR …… 83
表 8.2.1-1 費用・便益分析における収入 …… 84
表 8.2.1-2 感度分析による FIRR …… 84
表 8.2.2-1 EMODRAGA の財務諸表 …… 85
表 8.2.3-1 EMODRAGA の新浚渫船に対する CFM-C の維持運営費の支払い概況 …… 86

図リスト　　頁

図 2.1.4-1 進入航路の配置図 …… 10
図 2.2.5-1 CFM-C の組織図 …… 18
図 2.2.5-2 EMODRAGA の組織図 …… 18

図 3.3.2-1 ベイラ港の深浅測量図(1997 年乾期) …… 27
図 3.3.4-1 ベイラ港の潮位 …… 28
図 3.3.6-1 大潮期上げ潮時流況（乾期及び雨期） …… 31
図 3.3.6-2 大潮期下げ潮時流況（乾期及び雨期） …… 32
図 3.4-1　進入航路付近の漂砂移動概念図 …… 37

図 4.1.1-1 進入航路の横断面の変化 …… 39
図 4.1.1-2 進入航路の E6 から E11 に沿う水深変化（陸側） …… 40
図 4.1.1-3 進入航路の E6 から E11 に沿う水深変化（海側） …… 40
図 4.1.1-4 進入航路の E13 と E14 における水深変化 …… 41
図 4.1.2-1 進入航路の横断方向の分割 …… 41
図 4.2-1　上げ潮時における潮流の分布 …… 45
図 4.2-2　年間埋没土量の計算値と解析値（1990 年８月～1991 年８月） …… 46
図 4.3.2-1 航路水深別年間埋没土量 …… 49

図 5.1.3-1 潮待ち時間算定結果 …… 54
図 5.2.2-1 進入航路平面配置図 …… 56
図 5.2.4-1 潜堤の標準断面図 …… 59

図 6.1.2-1 浚渫船概念図 …… 63

図 9.1.2-1 浚渫船の建造工程 …… 88

調　査　の　概　要

調 査 の 概 要

1. 背　　景

モザンビークの主要港湾として、中央部のベイラ港、南部のマプト港および北部のナカラ港があげられる。各港は、モザンビーク国内のみならず南部アフリカの内陸国とを結ぶ国際輸送ルートの玄関口としての機能を果たしている。ベイラ回廊は、ジンバブエへの最も経済的な輸送ルートで、鉄道、道路および石油パイプライン等のインフラ整備が行われている。

ベイラ港は、ベイラ回廊整備10ヶ年計画によって港湾の改良整備が進められ、10バースのコンテナーおよび一般貨物埠頭（全長1,690 m）と1バースのオイル埠頭が整備されている。しかし、進入航路および泊地はプンゲ川河口に位置し、航路泊地の埋没が港湾運営上の最も深刻な問題となっている。

モザンビーク国の浚渫作業は、モザンビーク国浚渫公社（EMODRAGA）が行っているが、同公社は1隻の老朽化したドラグ浚渫船と小型の浚渫機材しか保有していない。ドラグ浚渫船は、主にマプト港の航路浚渫に従事していることから、ベイラ港における膨大な埋没土砂の浚渫には対応できない状況である。

このような状況のもと、我が国はモザンビーク政府からの浚渫船の無償供与についての要請を受け、無償資金協力スキームによる事前調査団を1996年2月に派遣した。その結果、浚渫船供与の必要性、緊急性は認められたものの、浚渫船の供与には埋没現象の解明と長期的な観点からの埋没対策の策定が必要であると判断された。これを受けてモザンビーク政府は、1996年3月に日本政府に対してベイラ港航路維持改良計画策定に対する協力を要請した。

2. ベイラ港の現況

ベイラ港への進入航路法線は、プンゲ川河口部の広大な浅瀬を横切っている。航路の初期浚渫は1989年3月から19ヶ月間実施され、航路は対象船舶を30,000 DWTの貨物船・タンカーとしてCDL-8.0 mに整備された。その後、有効な維持浚渫がほとんど実施されておらず、航路の水深は部分的に水深5m以下となっており、大型船舶の入出港は高潮位時に限られるなどの制限を強いられている。

ベイラ港の取扱貨物量は、港湾施設が整備された最近の5年間に増加傾向にある。1996年現在の取扱貨物量は、年間260万トン（石油製品を含む）で、そのうち約80%が内陸国のトランシット貨物である。1996年の入港船舶数は、総数371隻中大型外航船が322隻を占め、最大船舶は30,611 DWTのタンカーであった。

3. 自然条件

ベイラは熱帯域に属し、季節は11月から4月までの雨期と5月から10月までの乾期に分かれる。風条件は比較的静穏で、10 m/s以上の強風の発生頻度は非常に小さく、雨期のサイクロン来襲時に限られる。航路付近の波浪条件も、雨期のサイクロン来襲時以外は年間を通じて静穏である。潮汐条件は潮位差が非常に大きく、大潮平均高潮位および低潮位がそれ

ぞれ6.5m、0.9mである。

本調査において1997年の雨期（1～4月）と乾期（7～9月）の海象観測を実施した結果、つぎのような特性が明らかになった。

(a)雨期の2月9日から4月9日まで実施した波浪観測結果から、進入航路の入口近くの水深-13 mの海域での有義波高2m以上の波の発生頻度は 3.9%で、観測された有義波の最大値は波高4.2m，周期10.7秒であった。
(b)潮流は航路に沿う流れが多く見受けられ、流速の観測最大値は雨期に 2.5 m/sが観測された。
(c)海水の濁度は、乾期よりも雨期に高くなっており、その最大値は2,000 mg/l に近い。
(d)航路の底質分布は砂質土が大部分であるが、シルト質土が主に南北航路部分と航路入り口部に見られる。

マクチ海岸の漂砂は、プンゲ川へ向かう漂砂が卓越している。海岸部および沖合の浅瀬で波や潮流によって移動する漂砂は、河口部に発生する強い潮流によって南北航路内に堆積することができず、河口部航路の両側に砂州を形成し、航路屈曲点付近で航路内に堆積する。また、プンゲ川からの流下土砂は、主に河口右岸側および航路の南側に堆積するように思われる。

4. 進入航路の埋没解析

進入航路の土砂堆積状況について、つぎの特性が明らかになった。

(a)年間堆積土量は、プンゲ川の河川流量と来襲サイクロンの数に大きく影響される。
(b)航路屈曲部付近における埋没が特に激しく、航路法面に顕著な土砂の堆積が起る。
(c)航路入口付近では、雨期に洗掘、乾期に堆積する傾向が明確に見られる。

進入航路の平均年間維持浚渫土量を、深浅図に基づく航路内の土砂収支算定結果および航路埋没数値シミュレーションの結果を勘案してつぎのように見積った。なお、実際の維持浚渫量は、河川や海象条件の年毎の変化により50%前後変動する可能性がある。

(a)航路の計画水深をCDL-8mとした場合の平均年間維持浚渫土量は、250万m^3と見積もられた。
(b)計画水深をCDL-9m，-7m，-6mおよび-5mの航路の平均年間維持浚渫土量は、それぞれ350，170，73および52万m^3と見積られた。

5. 進入航路の計画

ベイラ港の取扱貨物量の将来予測は、SATCCによる需要予測結果と維持浚渫による航路改

良によって期待されるハラレ-マプトからハラレ-ベイラルートへの移行量を加えて、2002, 2007, 2017年の年間取扱量はそれぞれ327, 374および510万トンと算定される。この予想貨物量に基づき、入港船舶数の将来予測は、2002, 2007, 2017年にそれぞれ年間557, 681, 959隻と見積られる。

将来の入港船舶数に基づいて船舶航行シミュレーションによる入港船舶の潮待ち時間を予測した結果、計画水深5mおよび6m航路の場合には潮待ち時間が非常に長くなるものの、8m航路の場合には許容できる程度に小さくなることが分かった。計画水深を8mとした場合の海域別水深は、進入波浪の影響度合いに応じてそれぞれCDL.-8.0, -8.5, -8.7mと設定した。航路幅は、初期浚渫時と同様として計画した。

6. 航路維持浚渫計画

浚渫船の型式は、供用中航路の維持浚渫のためドラグ浚渫船が適当とされ、ホッパー容量は維持浚渫計画シミュレーションから計画水深8m航路における年間埋没量250万m^3に対して2,000m^3が最適と判断される。浚渫船の稼働条件は、年間8週間を定期点検や修理などのための期間とし、残りの44週間を週5日で1日24時間稼働とする。

ホッパー容量2,000m^3のドラグ浚渫船1隻体制に対してホッパー容量1,000m^3の浚渫船2隻体制が代替案として考えられるが、1,000m^3浚渫船2隻体制は購入費と運転費用がより高くなるので推奨できない。しかし、2隻体制の場合には、1隻ずつ時期をずらして購入できることや浚渫作業に対する低潮の影響が少ないことなどの利点がある。

新規導入する2,000m^3のドラグ浚渫船は週5日稼働とするが、導入直後の5年間は航路水深を8mとするためのインテリムドレッジングのため週6日稼動とする必要がある。

7. 環境影響評価

環境評価調査では、水質と底質に世界基準以上の有害物質は見出されなかった。また、進入航路の維持浚渫が環境に対して何ら有意な悪影響を与えることはないであろうと結論された。

8. 経済財務評価

経済分析では、費用・便益分析の手法によってプロジェクトが達成された場合(With Case)と達成されない場合(Without Case)を比較することによって本プロジェクトの経済評価を行った。Without Caseでは、浚渫作業を外注し、年間浚渫土量を52万m^3として1997年と同じ航路水深5mに維持することとする。With Caseでは、年間250万m^3を新規に導入される浚渫船によって浚渫し、航路水深を8mに維持する。

新規浚渫船による8m航路の維持浚渫計画のEIRRは、経済価格で24.38%と算定され、これは資本の機会費用12%を上回っている。さらに、この値は航路水深を5m, 6m, 7mおよび9mと変化させた場合のEIRRの結果と比較して最も高い値となっている。また、感

度分析結果から、投下資本と計画期間の変動に対しても航路水深を８ｍとした場合の航路維持浚渫計画が最適であった。

財務分析は、EMODRAGA の固定費用と浚渫土量に 0.57 US$/m³の単価を乗じた変動支出の全額を、港湾収入を徴収する CFM-C が維持浚渫費用として支払うという条件のもとに行い、FIRR は外国借款の金利と同じレベルである 2.28%と算定された。本プロジェクトを実施した結果、25 年間の計画期間終了時には 29 百万 US$の流動資産もたらすこととなり、これは 27 百万 US$の初期投下資本を十分回収するうえに、5 百万 US$の余剰資金も利用可能となる。したがって、本プロジェクトの FIRR は低いレベルにあるとはいえ、充分健全であると評価される。

9. 事業実施計画

新浚渫船の建造期間は、契約成立後 20 ヶ月が必要となる。さらに、ベイラ港までの回航、引渡しに 3 ヶ月が必要と考えられる。また、新規浚渫船の導入にともなって浚渫作業を効率的に実施するため、測量船、航行支援施設、管理運営組織及び船員の訓練等の整備にも充分留意しなければならない。

10. 提　　言

進入航路の維持改善対策としては、早急に上述したホッパー容量 2,000 m³の浚渫船を導入し、進入航路を原水深８ｍに復旧・維持することである。

新規浚渫船の導入にともなう乗組員の新規採用と現有の熟練乗組員の移換は、その導入前に計画実施することが望ましい。また、乗組員および浚渫計画・測量担当技術者の適切な訓練計画をたて、新浚渫船導入前から実施するべきである。

さらに、進入航路の埋没現象の季節的・年的変化を解明し、適切な浚渫計画の策定に資するため、進入航路とその周辺を含む広範囲の測量調査を毎年乾期と雨期に実施するべきである。

土捨て場の位置は、浚渫作業の効率・安全性を支配する主要な要素である。このため、適切な浚渫・土捨て計画の立案のため、定期的かつできるだけ多くの土捨て場の深浅測量が必要である

浚渫工事は、CFM と EMODRAGA との契約によって実施されている。新浚渫船導入後の契約形態を事前に充分検討し、EMODRAGA の財務の健全性を確保することが重要である。

調　査　の　背　景

調査の背景

本報告書は、平成8年12月から平成10年3月まで実施したベイラ港航路維持改良計画調査の結果についてとりまとめたものである。

1．調査の経緯

モザンビークの主要港湾として、中部のベイラ港、南部のマプト港および北部のナカラ港があげられ、それぞれの港湾は同国と南部アフリカの内陸国とを結ぶ外貿貨物の輸送ルートの拠点として機能を果たしている。ベイラ回廊は、ジンバブエとの最も経済的な輸送ルートで、鉄道・道路のほかパイプライン等の輸送インフラが整備されている。

ベイラ港は、プンゲ川河口に位置する河口港で、港湾施設として10バース（総延長：1,632 m、水深：10.0～12.0 m）とオイルバース（水深：13.5 m）が整備されている。現在の年間貨物取扱量は、約260万トンで、そのうち国内貨物は約36万トンにすぎず、ほとんどがジンバブエへのトラジット貨物である。

ベイラ港では、河川および海岸漂砂による航路埋没が港湾運営上の最大の問題点となっている。現在、航路の水深は部分的に5m以下に埋没しており、大型船舶は大潮位差を利用して高潮位時に入出港するなどの制限を強いられている。入出港船舶の安全性を確保するためにもこれら埋没土砂の浚渫が必要となっている。

モザンビーク国の浚渫作業は、モザンビーク国浚渫公社（EMODRAGA）が行っているが、同公社は1隻の老朽化したドラグ浚渫船と小型の浚渫機材しか保有しておらず、ドラグ浚渫船は主にマプト港の航路浚渫に従事していることから、ベイラ港における膨大な埋没土砂の浚渫には対応できない状況である。

このような状況のもと、我が国はモザンビーク政府から浚渫船の無償供与について要請を受け、1996年2月に無償資金協力スキームによる事前調査団を派遣した。その結果、浚渫船供与の必要性・緊急性は認められたものの、浚渫船の供与には埋没現象の把握と長期的な観点からの埋没対策の策定が必要と判断された。これを受けてモザンビーク政府は1996年3月にベイラ港の航路維持改良計画策定にかかる協力を我が国に対し要請してきた。

2．本計画の目的

本調査の目的は、次に示すとおりである。

(1)モザンビーク政府の要請に基づき、ベイラ港の港湾機能を維持するため、航路および泊地の維持改良計画を策定する。

(2) 調査作業およびワークショップを通じてモザンビーク側カウンターパートに対し、技術移転を図る。

3．調査の基本方針

本調査は、ベイラ港の港湾機能を維持するため、既往調査資料および本調査で実施する自然条件調査の結果をもとに、航路の埋没機構に関する検討を行うとともに、埋没対策工の立案および航路埋没量の予測を行い、航路および泊地の維持改良計画を策定する。浚渫船の基本条件の設定にあたっては、航路計画および浚渫計画をもとに、土捨て場の水深や浚渫土の性状、修理ドック等の現地条件を勘案して最適な設計条件を選定する。また、環境配慮に関して、同国の環境影響評価基準が未策定であることから国際協力事業団のガイドライン等の基準に準拠してEIA調査を実施する。

4．調査団の構成

本モザンビーク国ベイラ港航路維持改良計画調査は、下記の作業監理委員会委員および調査団員によって実施された。

(1) 作業監理委員会

勝田穂積	委員長	国際協力事業団
白石哲也	委　員	運輸省港湾技術研究所
中川康之	委　員	運輸省港湾技術研究所

(2) 調　査　団

佐藤昭二	総括／航路計画／環境配慮	(株) テトラ
加藤久徳	港湾計画／浚渫計画	(株) テトラ
越智　裕	航路維持	(株) テトラ
佐藤勝弘	埋没分析	(株) テトラ
岡田伸司	自然条件１／環境	沿岸海洋調査（株）
村岡正清	自然条件２	(株) テトラ
鈴木敏正	船体設計／積算	(財) 海外造船協力センター
石原正一	経済・財務分析	(財) 海外造船協力センター

第　1　章

モザンビークと周辺諸国の概要

第１章　モザンビークと周辺諸国の概要

1.1　はじめに

モザンビークは、南部アフリカの東海岸に位置し、優れた第一次産業環境を有している。ナッツ、砂糖、綿花が伝統的な輸出用農作物であり、現在はエビが有力な輸出品目となりつつある。また、欧州各国との貿易が盛んで、最近は南アフリカ国との貿易量も増加している。日本との外交関係は、1977年に樹立された。日本への主な輸出品はエビで、日本からの主な輸入品は機械類となっている。

1.2　地理と気候

1.2.1　地　　理

モザンビークの国土は802,000 km²の面積を有しており、北部はタンザニア、マラウイ、ザンビアと、西部から南部にかけてジンバブエ、南アフリカ国、スワジランドと国境を接している。国土の東部は、モザンビーク海峡に面しており、マダカスカル島とその海峡を挟んでいる。

また、多くの湾を含む2,800 kmの海岸線を有し、丘陵部と平野部は国土の60%を占める。標高500 mから1,000 mの高原地帯が国土の30%を占めており、山岳地帯は残りの10%ほどである。ザンベジ川を含む５大河川がインド洋にそそいでおり、代表的な湖としてはカワラバサ湖とマラウイ湖があげられる。

1.2.2　気　　候

モザンビークは熱帯性サバンナ気候帯に属し、国土はその気象の特徴から北部の熱帯性モンスーン気候、沿岸部の熱帯性海岸気候、南部の亜熱帯性気候、内陸の熱帯性サバンナ気候の４地域に区別される。各気候帯とも、季節は雨期と乾期に大別される。

1.3　社会経済状況

モザンビークの1995年における人口は17.4百万人であり、1991年から95年までの年間平均人口増加率は4.9%となっている。1996年の人口は18.0百万人と報告されている。そのうち15歳から64歳までの生産年齢人口は全体の75.8%を占めている。また、2000年の人口は20百万人と予測されている。

背後圏となるジンバブエ、マラウィ、ザンビアの人口は、それぞれ11.5百万人、10.0百万人、9.4百万人となっている。各国の1991年から95年までの年間平均人口増加率は、それぞれ3.0%、3.9%、3.5%である。

モザンビークにおける過去５年間の国内総生産（GDP）平均成長率は 6.24%であり、1993 年の GDP は 13.7 億 US$で、一人当りの GDP は 90 US$である。 ジンバブエにおける過去５年間の平均 GDP 成長率は 0.5%、1993 年の GDP は 49.9 億 US$、１人当りの GDP は 520 US$で、GDP はモザンビークの 3.64 倍となっている。マラウィおよびザンビアの過去５年間の平均 GDP 成長率は、それぞれ 1.56%、0.6%となっており、1993 年の GDP はそれぞれ 18.1 億 US$、13.7 億 US$であり、一人当りの GDP はそれぞれ 200 US$および 380 US$である。

1995 年のモザンビークの輸出額は、総計 1.7 億 US$であった。輸出主要品目は、車エビ(81.3 百万 US$)、綿花（18.8 百万 US$）、果実（14.0 百万 US$）、木材（9.4 百万 US$）で、主な輸出仕向地はスペイン（16.1%）、南アフリカ国（13.3%）、米国（11.6%）、ポルトガル（11.2%）となっている。

1995 年のモザンビークの輸入は、総計 7.84 億 US$で、輸入主要品目は、農産物（131.7 百万 US$）、車両（131.0 百万 US$）、機械（159.5 百万 US$）、石炭（95.9 百万 US$）、1995 年の輸入先は南アフリカ国（44.2%）、ジンバブエ（6.7%）、サウジアラビア（5.9%）、ポルトガル（4.4%）であった。

表 1.3-1　モザンビークおよび周辺諸国の実質国内総生産（GDP）成長率

(unit : %)

	1991	1992	1993	1994	1995	注-1	注-2
モザンビーク国	4.9	-0.8	19.3	4.8	3.0	90	1.37
ジンバブエ国	3.2	-5.8	0.9	7.4	-3.2	520	4.99
マラウイ国	7.8	-7.9	10.8	-12.4	9.5	200	1.81
ザンビア国	-0.2	-5.2	9.7	-5.1	3.8	380	1.37

注-1 : Per Capita GDP (US$) in 1993, 注-2 : GDP(billion US$) in 1993
資料 : The Economic Intelligence Unit, Country Report, 4th quarter in 1996

1.4　運輸事情

1.4.1　海上輸送

南部アフリカ開発共同体（SADC）は、タンザニア、モザンビーク、モーリシャス、南アフリカ国、ナミビア、アンゴラおよびザンビアの７カ国で構成され、16 主要港がそれぞれの国に分布している。そのうちモザンビークには、中部のベイラ港、南部のマプト港および北部のナカラ港の３港が主要港として所属している。

ザンビアの内陸港１港を除く主要 15 港の貨物取扱量は、1995 年に 155.74 百万トンを記録しており、1994 年に比較して 9.1%の増加となっている。そのうち、南アフリカ国の取扱量は全体の 89.5%となっており、モザンビークの３港の取扱量（ベイラ、マプトおよびナカラ港）は 5.54 百万トンで全体の 3.3%にすぎない。

南部アフリカ内陸諸国へのトランジット貨物の主要取扱港として、モザンビークのベイラ、マプト港、タンザニアのダルエスサラム港および南アフリカ国のダーバン港があげられ、1995年には5.88百万トンの貨物がこれらの港を経由して内陸国に輸送されている。ベイラ港は、南部アフリカ主要港の総トランジット貨物の 34.0%を占めており、同港の取扱量の79.2%がトランジット貨物となっている。

1.4.2 鉄道輸送

ベイラ港の背後圏として、主にモザンビーク中部の県、マラウイ南部、ジンバブエ北部・北東部さらにザンビアがあげられる。また、マラウイ中部および北部は、ナカラ港およびベイラ港の両港を利用している。内陸国の主要都市間の鉄道距離から、ベイラ港はジンバブエのハラレ、ザンビアのルサカおよびマラウイのブランタイルとそれぞれの周辺地域に関して、周辺他港に較べて距離的に有利となっている。

1.4.3 道路輸送

モザンビークの道路網の総延長は32,000 kmにのぼるものの、その72%は未舗装の状態である。舗装道路のうち、アスファルト舗装および砂利舗装は、それぞれ5,497 kmと2,020 kmにすぎない。ベイラと内陸国を結ぶベイラ回廊の道路として、ベイラ－ムタレ－ハラレ－ルサカ道路およびベイラ－シモヨー－テテ－マラウイ・ザンビア道路があげられる。

1.4.4 航空輸送

モザンビークの主要空港としてつぎの空港があげられ、マプトを中心として定期便が就航している。国際空港は、マプトとベイラにあり、これらの空港から諸外国への連絡が可能である。

* 国際空港： マプト、ベイラ
* 地方空港： ナンプラ、ペンバ、キリマネ、テテ、リチンガ

1.5 産業活動

インド洋沿いに長い海岸線を持つモザンビークは、周辺の内陸諸国のゲートウェイとしての重要な役割を果たしてきている。したがって、モザンビークの運輸部門は長期にわたり多くの外貨収入を得ており、1995年のGDPの運輸部門の外貨収入は全体の15.5%のシェアを占めている。

モザンビークの農業生産は、1995年の国内総生産（GDP）全体の27.2%を占めている。砂糖大根の生産は、1994年の234,000トンおよび1995年の313,200トンから1996年の465,800

表 1.5-1　モザンビークと周辺諸国における実質 GDP の構成

(単位 : %)

実質国内総生産（GDP）の構成				
国名	モザンビーク国	ジンバブエ国	マラウイ国	ザンビア国
暦年	1995	1994	1994	1994
農林業	27.2	13.6	31.3	18.0
鉱業		7.2		6.1
製造業	26.3	22.9	13.9	25.2
運輸・通信業	15.5	6.1	17.4	4.0
流通・観光・飲食業		10.7	7.3	11.7
公共部門		9.6	15.6	21.3
その他産業	31.0	29.9	14.5	13.7
産業別GDP構成比率	100.0	100.0	100.0	100.0

実質国内総支出（GDP）の構成				
国名	モザンビーク国	ジンバブエ国	マラウイ国	ザンビア国
暦年	1995	1994	1994	1994
民間最終消費支出	63.3	51.5	22.7	66.3
政府最終消費支出	12.1	27.2	66.8	22.5
総固定資本形成	60.5	22.4	11	10.2
企業在庫品増加		6.1	2.1	-1.4
財貨・サービスの輸出	24.0	32.6	-2.7	23.4
（控除）財貨・サービスの輸入	-59.9	-34.9		-19.3
統計上誤差		-4.9		-1.7
支出面から見たGDP構成比率	100.0	100.0	100.0	100.0

資料 : Bank of Mozambique, Statistical Bulletin, June 1997

表 1.5-2　SADC 諸港における 1995 年のトランジット貨物のシェアと主要都市への鉄道距離

(単位 : km, 1,000 トン)

国名 港湾（主要都市）	モザンビーク国	ジンバブエ国 (ハラレ市)	マラウイ国 (ブランタイル市)	ザンビア国 (ルサカ市)	その他	総計
ベイラ港		(600km)	(649km)	(1,050km)		
中継貨物量	518	1,737	180	51	1	2,488
マプト港		(1,270km)		(2,020km)		
中継貨物量	819	761			681	2,261
ナカラ港			(807km)	(1,705km)		
中継貨物量	138		277			415
ダルエスサラーム港		(3,465km)	(1,800km)	(2,045km)		
中継貨物量			11	1,083	3,142	4,236
ダーバン港		(2,065km)	(3,658km)	(2,751km)		
中継貨物量	29	307	105	12	26,050	26,503
他港						
中継貨物量	78	5	15		84,973	85,071
総計	1,519	2,810	588	1,148	114,847	121,590

資料 : SATCC, Annual Report, 1996-1997

表 1.5-3　1995 年のベイラ港の裨益人口

(単位 : 百万人)

港湾	モザンビーク国	ジンバブエ国	マラウイ国	ザンビア国	タンザニア国	総計
ベイラ港	5.70	8.37	5.29	0.52		19.88
マプト港	10.20	3.11				13.31
ナカラ港	1.52		4.71			6.23
ダルエスサラーム港				8.85	29.70	38.55
総計	17.42	11.48	10.00	9.37	29.70	77.97

注 : 各港湾の人口は表 1.5.6-1における中継貨物量のシェアから配分した。

トンへ急激に増加している。また、カシューナッツも、1994 年の 29,400 トンおよび 1995 年の 33,400 トンから、1996 年には 65,000 トンへ大きく増加している。

モザンビークの漁業は、国民経済面で非常に重要である。1995 年のエビの全輸出に占めるシェアは 40.5%に達している。1994 年の総漁獲高 24,170 トンのうちエビは 6,600 トン、魚肉は 14,000 トンを占めている。

産業別に見ると、製造業部門はジンバブエが 22.9 %、マラウィが 13.9 %、ザンビアが 25.2 %となっており、モザンビークは 26.3 %である。モザンビークの GDP を産業別に見ると、高い公共投資（GDP 構成の 60.5 %）の結果、建設業の比率が 11.2 %を占めている。

また、鉱業の比率はジンバブエでは 7.2%、ザンビアでは 6.1%である。1994 年から 95 年におけるジンバブエの主要鉱業製品には、石綿（年産 51,800 トン）、クローム鉱石（年産 196,200 トン）、金（229,000 オンス）がある。1994 年から 95 年までのザンビアの主要鉱業製品には、銅(350,476 トン）、コバルト(2,485 トン)、鉛(2,002 トン)、錫(3,446 トン)があげられる。

モザンビークでも、タンタライト鉱業で南アフリカ国の Gencor 社が 5 億 US$の投資を表明しようとしているように、ベントナイト、タンタライト、黒鉛、ダイヤ、チタン等の鉱物資源に関する多くの鉱業プロジェクトに関心が集まっており、一部のプロジェクトはすでに着手されている。

内陸国であるジンバブエ、マラウィ、ザンビアには港湾がなく、諸外国との交易は近隣外国の港湾に依存している。距離(時間)や貨物の輸送費を考慮すると、ベイラ港へのルートがジンバブエ、マラウィ、ザンビアにとって最も有利な回廊となっている。ベイラ港は、モザンビークの中で最も貨物量(2,488,200 トン)が多く、トランジット貨物のシェア(1,965,500 トン, 79.2%）も最大である。1995 年のベイラ港の裨益人口は、マプト港の 1.5 倍に相当する 19.88 百万人と推定される。

1.6 開発計画

1.6.1 国家開発計画

1995 年 5 月発行の現在の国家開発計画の政府プログラムでは、モザンビークの当面の経済発展の主要目的を貧困の克服とし、その目的達成のための GNP 目標成長率は 1995 年～97 年は 6～7 %の目標を設定し，後半の 1998 年～99 年までにはこの数値を 8～9 %に増大させるものとしている。1995 年～98 年の公共投資計画では、運輸部門への公共投資比率(32.5%)が 1 位を占めており、福祉厚生（21.6%）や教育（12.6%）のシェアを上回っている。

1.6.2 地域開発計画

"ソファラ州 21 世紀に向けて"では、年間 10%以上の経済成長を達成するために、つぎの地域開発計画における戦略的ヴィジョンが確立されるべきであるとしている。

(1) ジンバブエや他の国々によるベイラ港利用の拡大
(2) 商業的な投資家によるさらなる投資
  1) ベイラや海岸線沿いの他地点への諸投資や新会社の誘致
  2) 既存の（Tica, Buzi, Sena における）製糖産業への諸投資
  3) 早期の投資による製材産業の育成
  4) 漁業のための冷凍設備に対する投資
  5) 鉱物資源の生産のための地質学的調査や実行可能性調査の早期実施
(3) 主要既存産業（セメント、石綿、木材、織物等）の完全操業
(4) インフラ設備の回復、等

砂糖、製材所および水産物のための冷凍設備投資以外のベイラへの投資や新しい会社の進出計画は、以下にあげられる。

(1) ベイラ鉄鋼プロジェクト(西暦 2001 年に 2.5 百万トンの生産、投資額 6.6 億 US$)
  投資家は南アフリカ国のヨハネスブルグ鉱山会社(JCI)
(2) ベイラ沖天然ガス開発プロジェクト(投資額 1.27 億 US$)
  投資家は米国のエネルギー生産の首位企業である Arco 社と南ア企業の Sasol 社
(3) National Coal Company によるモアタイズ（Moatize）の石炭鉱山復興計画として、300 百万 US$投資のモアタイズ･ベイラ間鉄道復旧プロジェクト
(4) ベイラ港周辺の年産 500,000 トンのパルプ工場や野菜倉庫建設

以上の地域開発計画を勘案すると、ベイラ港の港湾需要は、今後ともさらに増加していくものと予測される。

1.6.3 ベイラ回廊における開発計画

南部アフリカ運輸通信委員会（SATCC）によって策定されたベイラ回廊整備 10 ヶ年計画において、ベイラ回廊の開発計画が制定されている。開発計画では、ベイラ港に係わる港湾施設、鉄道施設と関連インフラの整備に加えて技術協力が含まれている。

ベイラ回廊開発公社（BCA）は、ベイラ回廊整備 10 ヶ年計画実施のため 1985 年に設立され、1996 年に計画達成にともない閉鎖された。港湾整備 10 ヶ年計画にともない 4 億 US$が投入され、ベイラ港およびベイラ回廊の整備と近代化が行われた。

1.6.4 ベイラ港における開発計画

ベイラ回廊開発公社の最終経過報告書から、ベイラ港運輸施設 10 ヶ年計画の一環として 1987 年から 96 年に実施された整備計画の内容は、以下に示すとおりである。また、最近の開発計画として、砂糖・穀物備蓄施設や木材チップ備蓄施設の開発計画がある。

主要なベイラ港運輸施設 10 ヶ年計画

- 航路浚渫
- 航路標識の整備
- 多目的・コンテナバースの整備
- オイルバースの整備
- コンテナ取扱施設の整備
- サービス船舶の整備
- 大型タグボートの整備と既存タグボートの修理

第　2　章

ベイラ港とその他港湾の現況

第２章　ベイラ港とその他港湾の現況

2.1　港湾施設

2.1.1　経　　緯

ベイラ港の歴史は、ポルトガルの基地がプンゲ川の河口に建設された 1887 年までさかのぼる。その後、第１次世界大戦直後の 1930 年に大規模な港湾施設の拡張が行われ、旧岸壁の２番～５番までが建設された。また、その後港湾施設は上流側にさらに拡張され、1981 年には RoRo 船とタンカーのための 11 番岸壁が建設された。

ベイラ回廊整備 10 ヶ年計画は、南部アフリカ運輸通信委員会（SATCC）の協力によって策定され、ベイラ回廊開発公社が主体となって港湾インフラと回廊の再整備と技術移転が実施された。主なプロジェクトととして、２番～５番岸壁が多目的コンテナバースとして再開発されたのにつづき、新たにオイルバースが 12 番岸壁として整備された。

2.1.2　岸　　壁

ベイラ港の岸壁の種類および諸元は表 2.1.2-1 に示すとおりで、外航船の受け入れのため 10 基の連続する埠頭からなる延長 1,632 mの岸壁と 1 km ほど上流に位置する延長 260 mのオイルバースからなっている。２番～５番岸壁の多目的コンテナバースは、総延長が 645.90 mで 1987 年から 92 年にかけて建設された。また、港の南端の１番岸壁は漁港として利用されており、さらに南側のチベベ地区にはタグボート等の支援船舶が係留されている。船舶修理施設および乾ドックもチベベ地区に位置している。

2.1.3　陸上施設と荷役機械

主要埠頭の陸上施設と荷役機械として、以下のものがあげられる。

(1) 多目的コンテナバース

＊ コンテナヤード	200,000 m²
＊ コンテナクレーン	２基（吊り能力 40 t）
＊ トランスファークレーン	１基（吊り能力 40 t）
＊ 上　屋	11,000 m²
＊ 荷役機械	フォークリフト、トレイラ

(2) 一般貨物埠頭

＊ 倉　庫	15,000 m²
＊ 上　屋	10,000 m²
＊ オツナカ倉庫	60,000 m²
＊ 荷役機械	岸壁クレーン、走行クレーン、フォークリフト

(3) 新オイルバース

＊ タンカー諸元	揚荷船舶 500 ～ 50,000 DWT
	揚荷船舶 500 ～ 2,500 DWT
＊ パイプライン径	12 インチ x 1 系統、16 インチ x 3 系統
＊ 貯油施設	陸側 2.3 km

表 2.1.2-1 ベイラ港の主要埠頭の諸元

埠頭	機能	延長	岸壁水深	建設年
コンテナ埠頭		645.90 m		
岸壁 2	コンテナバース	161.50 m	12.0 m	1992
岸壁 3	コンテナバース	161.50 m	12.0 m	1992
岸壁 4	コンテナバース	161.45 m	12.0 m	1992
岸壁 5	コンテナバース	161.45 m	12.0 m	1992
一般貨物埠頭		858.00 m		
岸壁 6	一般貨物バース	170.00 m	10.0 m	1964
岸壁 7	一般貨物バース	165.50 m	10.0 m	1975
岸壁 8	石炭/鉱石バース	187.90 m	10.0 m	1953
岸壁 9	一般貨物バース	167.30 m	10.0 m	1967
岸壁 10	一般貨物/Ro-Roバース	167.30 m	10.0 m	1967
オイル埠頭		388.55 m		
岸壁 11	オイル/Ro-Roバース	128.55 m	10.0 m	1981
岸壁 12	オイルバース	260.0 m	13.5 m	1994
	総延長	1,892.45 m		
その他				
チベベドック	港湾支援船舶バース	448.00 m	4.5 m	
岸壁 1	漁船バース	183.00 m	6.0 m	

出典: Beira Port Transport System, 10-year Development Plan, SATCC, 1986

2.1.4 進入航路と回頭水域

図-2.1.4-1 に示すベイラ港の進入航路と回頭水域は 1989 年と 1990 年に行われた初期浚渫の際に次表のような諸元で建設された。航路の法勾配は 1:10 として設計されている。

表 2.1.4-1 進入航路と回頭水域の諸元

区間	建設水深 (m)	建設幅員 (m)
回頭水域		
E5	5.5	200.
E15	7.5	145.
航路水域		
E4	8.00	200
E6	8.00	135
E7	8.00	135
E8	8.00	135
E9	8.80	135 - 250
E10	9.20	250 - 155
E11	8.70	155
E12	8.80	140
E13	8.50	140
E14	8.70	160

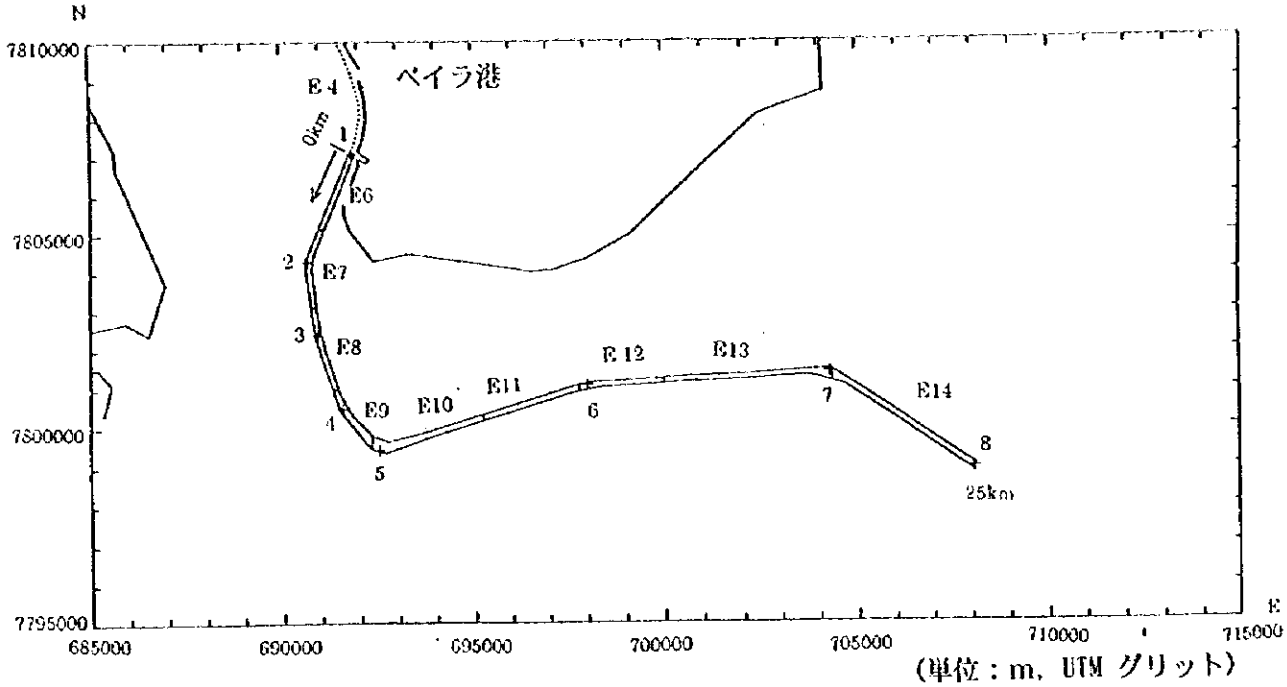


図 2.1.4-1　進入航路の配置図

2.1.5　航行援助施設

ペイラ港はプンゲ川の河口部左岸に位置し、マクチ航路によって外海と結ばれている。図 2.1.4-1 に示すように、進入航路の全延長は 28 km で、そのうち区間E 6 からE 14 まで 25 km でE 4 が 3 km である。碇泊地は、入港船舶の喫水によって 2 ヶ所設置されており、大型船舶用として航路入り口部、小型船舶用として港の入り口部の区間E 7 の西側にそれぞれ配置されている。灯台、灯標等の航行援助施設は、ペイラ港開発計画によってマクチ航路に沿って設置された。これらの施設は、INAHINA によって管理されており、灯標は航路水深や海底地形の変化にともなって随時移動・再配置されている。

2.1.6　浚渫船団および維持設備

(1) 浚渫船団

EMODRAGA は、次に掲げる作業船団を使用して浚渫工事を行っている。

1) 曳航吸引型ホッパー浚渫船

"ROVUMA"	船体寸法	長さ：77.75 m　幅：13.4 m
		深さ：5.95 m　喫水：5.4 m
	推進機関	ディーゼルエンジン　1,125 ps　2 基
	浚渫ポンプ駆動機関	ディーゼルエンジン　950 ps　1 基
	ホッパー容量	1,538 m^3
	浚渫深度	24.0 m
	乗員数	28 人（1 シフト）
	総トン数	1,745.83 GT

2) グラブ浚渫船

"LURIO"	ポンツーン寸法	長さ：24 m　幅：12 m　深さ：2.0 m
	バケット容量	1.5 m^3

3) バックホー浚渫船

"TEMBE"	ポンツーン寸法	長さ：35.6 m　幅：11.4 m
		深さ：2.75 m
	バケット容量	2.0 m^3

4) その他の付属船団

a) スプリット型ホッパーバージ

"BD I"	"BDII"	ホッパー容量	650 m^3
"BDIII"	"BD IV"	ホッパー容量	150 m^3

b) タグボート

"CHIRE"	340ps x 2
"RAMBE"	275ps x 1
"SASKIA"	240ps x 1

c) サーベイボート

"TIKY"	船長　9.9 m型

d) サービスボート

"CHALI"	船長　11.58 m型

(2) 維持修理設備

1) BEIRANAVE

ベイラ港チベベ地区に、船舶修理工場"BEIRANAVE"があり、新浚渫船の維持・修理のために有用と考えられる乾ドックがある。本調査の結果として、"BEIRANAVE"は新浚渫船の通常の維持・修理のためには最も適当な工場であると認められた。

2) ベイラにあるその他の設備

ベイラには EMODRAGA が資機材、予備品類、消耗品類の保管倉庫および小型部品の加工と修理のための機械設備を据え付けた工作所を所有している。また、CFM-C もベイラに機械工場と倉庫を有しており、新浚渫船の維持修理のために有効な設備として利用できる。

2.1.7 支援船舶

支援船舶として、水先案内と係船作業のためパイロットボート、タグボートおよび綱取りボートが配備されており、それぞれの諸元は以下のとおりである。また、これらの船舶は漁港岸壁南のチベベ地区に係船されている。

＊ パイロットボート	船長 12.5 m	2隻
＊ 外海用パイロットボート	船長 13.5 m	1隻
＊ 港内タグボート	牽引能力 30 t	2隻
＊ 綱取りボート		2隻

2.2 港湾活動

2.2.1 海　運

現在ベイラ港を使用している主な船社として、CMB-Transport、Doal Conventional、MSC Mediterranean Shipping、Messina、Maersk、NYK および Unicorn があげられる。ベイラ港への輸送経路は、東アフリカ沿岸のモンバサ港、ダルエスサラーム港、マプト港を経由して、ハブ港である南アフリカ国のダーバン港やケープタウン港および中東のジェッダ港やジベルアリ港に至るルートが一般的である。また、南アフリカや中東のハブ港の混雑緩和のため、ベイラ港からコロンボ港とジベルアリ港を周回するルートが新しく開設された。ベイラ港からマプト港を経由してダーバン港に至るフィーダーサービスによる輸送も可能である。

2.2.2 入港船舶

(1) 入港船舶数

1986 年～96 年の 11 年間にベイラ港に入港した船舶数を、表 2.2.2-1 に示す。過去 5 年間の平均入港船舶数は、年間約 400 隻となっている。近年は、総入港船舶数は減少しているものの、大型船舶の入港数が除々に増加している。

表 2.2.2-1　ベイラ港における入港船舶数

年	Oc外貿船	内貿船	旅客船，他	計
1986	177	---	---	274
1987	238	110	44	392
1988	272	102	72	446
1989	270	149	86	505
1990	266	116	84	466
1991	260	116	104	480
1992	297	89	35	421
1993	365	83	22	470
1994	341	56	26	423
1995	311	38	18	367
1996	322	37	12	371

出　典 : Final Progress Report, Beira Corridor Authority

(2) 入港船舶の諸元

1996 年にベイラ港に入港した船舶の船種別の船型(DWT)および船長(Loa)の最大値および平均値は、表 2.2.2-2 に示すとおりである。寄港した船舶の最大船型は、タンカーで 30,611 DWT となっており、最大船長はコンテナ船で 206.1 mとなっている。

表 2.2.2-2 船種別の入港船舶の最大および平均諸元

1996年

	タンカー	バラ荷貨物船	コンテナ船	一般貨物船	その他
DWT max. (ton)	30,611	26,040	24,472	19,370	5,084
DWT ave. (ton)	19,106	12,362	8,429	7,703	863
Loa max. (m)	189.0	194.8	206.1	197.9	109.2
Loa ave. (m)	166.0	151.3	138.0	123.2	63.7

また、入港船舶の船種別の船型(DWT)分布を表 2.2.2-3 に示す。入港船舶のうちタンカーに着目すると、16,000 DWT 以上の大型のタンカーが全体の 85%となっており、航路計画策定の上で重要な要素となる。また、入港船舶の船長は 160～180 mに集中しており、ほぼ航路の入港可能最大船長である 200 m以下となっている。

(3) 船舶の入港喫水

1996 年の 1 年間にベイラ港に入港した船舶の入港時の喫水は、表 2.2.2-4 に示すとおりである。入港船舶の喫水は、年々航路水深が減少するなかで、入港時の最大喫水 10.5 mの船舶が記録されている。これらの船舶は、ベイラ港の潮位差の大きいことを利用し、大潮の高潮時に入港しているものと推測される。また、船舶の 70%が喫水 8.0 m以下で入港しているが、喫水 10.0m 以上で入港している大型船舶が 2 %存在している。

(4) 入港船舶の潮待ち時間

ベイラ港に入港するほとんどの大型船舶は、航路を通過するのに必要な水深まで潮位が高くなるのを待って入港している。また、滞船の要因として、夜間の入港を禁止していることから日没後に航路入り口に到着した船舶は翌朝まで入港を待たなければならないことがあげられる。その他の原因として、岸壁の空きがなかったり、岸壁の準備に時間を要する場合がある。

表 2.2.2-5 は、喫水 5 m以上で入港した船舶の平均潮待ち時間を示したものである。ベイラ港への進入航路が浚渫される前の 1988 年には、入港船舶の 70.2%が潮待ちを余儀なくされており、平均潮待ち時間は 9.2 時間となっている。これに対して、航路が初期浚渫された直後の 1991 年には、潮待ち船舶は全体の 11.5%と急激に減少しており、1 隻当りの平均待ち時間も 6.2 時間と短くなっている。また、最近では、航路の浚渫が行われていないことか

表 2.2.2-3　入港船舶の船種別の船型分布

1996年

DWT (ton)	タンカー	バラ荷貨物船	コンテナ船	一般貨物船	その他	計
DWT≧32,000	–	–	–	–	–	–
32,000>DWT≧30,000	1	–	–	–	–	1
30,000>DWT≧28,000	–	–	–	–	–	–
28,000>DWT≧26,000	–	1	–	–	–	1
26,000>DWT≧24,000	5	–	1	–	–	6
24,000>DWT≧22,000	25	3	1	–	–	29
22,000>DWT≧20,000	–	5	5	–	–	10
20,000>DWT≧18,000	12	3	3	2	–	20
18,000>DWT≧16,000	10	8	4	2	–	24
16,000>DWT≧14,000	–	10	3	7	–	20
14,000>DWT≧12,000	1	6	16	2	–	25
12,000>DWT≧10,000	–	9	14	3	–	26
10,000>DWT≧8,000	2	9	12	2	–	25
8,000>DWT≧6,000	–	1	54	1	–	56
6,000>DWT≧4,000	3	3	7	7	1	21
4,000>DWT≧2,000	3	1	30	3	–	37
2,000>DWT	–	9	2	12	40	63
計	62	68	152	41	41	364

表 2.2.2-4　入港船舶の船種別の入港時喫水分布

1996年

入港喫水 (m)	タンカー	コンテナ船	貨物船	その他	計
11.0>Draft≧10.5	6	–	1	–	7
10.5>Draft≧10.0	6	–	3	–	9
10.0>Draft≧9.5	9	–	19	–	25
9.5>Draft≧9.0	8	11	17	–	36
9.0>Draft≧8.5	11	12	7	–	30
8.5>Draft≧8.0	4	15	8	–	27
8.0>Draft≧7.5	8	27	9	–	44
7.5>Draft≧7.0	8	49	6	–	63
7.0>Draft≧6.5	–	17	8	1	26
6.5>Draft≧6.0	–	8	4	–	12
6.0>Draft≧5.5	–	5	7	2	14
5.5>Draft≧5.0	1	2	3	12	18
5.0>Draft≧4.5	1	–	8	5	14
4.5>Draft≧4.0	–	2	4	7	13
4.0>Draft≧3.5	–	4	2	8	14
3.5>Draft≧3.0	–	–	2	3	5
3.0>Draft≧2.5	–	–	2	3	5
2.5>Draft≧2.0	–	–	2	–	2
計	62	152	112	41	364

ら航路水深が浅くなって再び潮待ち時間が長くなっており、1996 年では入港船舶全体の 69.9%が平均 15.0 時間の潮待ちをするようになっている。この結果から、航路埋没はベイラ港における最も切実な問題であり、その解決が急務であることがわかる。

表 2.2.2-5　入港船舶の潮待ち時間

年	入港船舶数	潮待ち船舶数 (2)	% (2)/(1)	平均潮待ち時間（時間）
1988	265	186	70.2	9.2
1991	243	28	11.5	6.2
1994	305	91	29.8	8.2
1996	289	202	69.9	15.0

初期浚渫実施：1989年～1991年

(5) 入港船舶の荷役時間

CFM-C による入港船舶の出入港記録から船舶の荷役時間を算定した結果、タンカーの場合には接岸してから平均 21 時間で荷役を終えている。しかし、貨物船の場合には、荷役時間が非常に長くなっており、1 隻当りの平均荷役時間は 159 時間(6.6 日)となっている。

2.2.3　取扱貨物量

1986 年～96 年の過去 11 年間のベイラ港における取扱貨物量を表 2.2.3-1 に示す。コンテナバースの建設などベイラ整備計画の実施によって貨物の取扱能力は飛躍的に向上しており、貨物取扱量も 1991 年の 1,704 千トンから 1993 年の 2,638 千トンへ急激に増加している。最近の 5 年間の石油製品を含む取扱貨物量は、若干の変動はあるものの 250 万トン程度と増加傾向で推移している。一時的な旱魃救援物資を除いた取扱量をみると、ベイラ港整備計画の完了後、背後国諸国からのトランジット貨物が急増している。

品目別では、ジンバブエからはタバコ、綿花、コーヒー、メイズ、花崗岩および石炭が主に輸出され、肥料、メイズ、米、大豆等の穀物や石油製品が輸入されている。また、ベイラ港の背後圏となるマラウイについても、ジンバブエと同じ内容の品目となっている。

2.2.4　港湾貨物の荷役

(1) コンテナバース

コンテナの船舶への搬入・搬出は、岸壁背後のコンテナクレーンで行われ、コンテナヤードへの移動はシャーシ等を用いている。また、鉄道貨車へは、軌道式のトランスファークレーンによるコンテナの積み換えが行われている。コンテナヤード内あるいはコンテナフレイトステーション内では、フォークリフトやコンテナリフターによる荷役が行われている。

表 2.2.3-1　ベイラ港における取扱貨物量

x 1,000 重量トン

年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
A. トランジット貨物											
* 輸　出	101.0	237.0	241.5	274.0	350.3	252.1	209.3	411.6	576.3	365.3	595.0
* 輸　出（除石油製品）	52.0	81.0	106.6	181.9	192.9	140.6	786.5	746.9	473.8	598.9	645.9
（旱魃救援物資）							(670.0)	(370.0)		(102.7)	(20.2)
計　（除石油製品）	153.0	318.0	348.1	455.9	543.2	392.7	995.8	1,158.5	1,050.1	964.2	1,240.9
* 石油製品輸入	585.0	695.0	734.7	837.0	896.0	904.5	945.3	990.3	1,070.9	1,005.3	1,005.2
合　計	738.0	1,013.0	1,082.8	1,292.9	1,439.2	1,297.2	1,941.1	2,148.8	2,121.0	1,969.5	2,246.2
B. モザンビーク外貿貨物											
* 輸　出	22.0	18.0	29.4	23.5	21.3	41.9	19.0	25.0	24.7	64.3	57.8
* 輸　出（除石油製品）	84.0	131.0	177.8	189.0	155.8	158.3	284.3	284.1	162.2	279.5	162.0
計　（除石油製品）	107.0	147.0	207.2	212.5	177.1	200.2	303.3	309.1	186.9	343.8	219.9
* 石油製品輸入	52.0	63.0	64.6	88.5	54.9	79.4	66.6	86.1	103.7	121.6	84.4
合　計	159.0	211.0	271.8	301.0	232.0	279.6	369.9	395.2	290.6	465.4	304.2
C. モザンビーク内貿貨物											
内貿貨物	117.0	138.0	161.9	161.1	157.6	127.3	81.3	93.5	53.1	53.3	52.9
A + B + C											
合　計	1,014.0	1,362.0	1,516.5	1,755.0	1,828.8	1,704.1	2,392.3	2,637.5	2,464.7	2,488.2	2,603.3
合計（除石油製品）	377.0	604.0	717.2	829.5	877.9	720.2	1,380.4	1,561.1	1,290.1	1,361.3	1,513.7

* コンテナ換算重量：1 TEU = 10 ton

出　典: Final Progress Report, Beira Corridor Authority

(2) 一般貨物埠頭

貨物の船舶への搬入・搬出は、岸壁沿い配置された軌道式の電動クレーンあるいは走行式クレーンが用いられている。また、バラ貨物は、鉄道貨車によって岸壁直背後まで輸送され、貨車から直接船舶にクレーンによって荷役されている。

(3) オイルバース

ガソリンやディーゼルオイル、ジェット燃料等の石油製品は、11 番岸壁または新設された 12 番岸壁で陸揚げされ、パイプラインによって背後の貯油施設まで搬送される。

2.2.5 管理・運営

鉄道港湾公社(CFM)と浚渫公社(EMODRAGA)は、ともに運輸通信省(MTC)傘下の公社である。ベイラ港の港湾・鉄道の運輸経営機能は、CFM の経営委員会(CA)傘下の４つの執行部門の１つである CFM-C により管理されている。CFM-C の組織図は、図 2.2.5-1 に示すとおりである。

1992 年から 96 年までは費用の増加にもかかわらず、CFM の港湾営業収入の多くが外貨で占められているため、限界利益は常にプラスとなっており、CFM の財政管理はインフレに対応しやすくなっている。1994 年の営業損失は、25 億 US$もの戦争による大きな被害を補うための再建に起因している。固定費用は、1993 年以降増大しているものの、各部門の財務経営は採算性が得られている。その結果、ベイラ港の CFM-C 港湾部門の限界利益率は 67.7%にまで上昇した。

EMODRAGA の組織図は、図 2.2.5-2 に示すとおりである。総要員は 213 人であり、本社のあるベイラに 109 人、支社のあるマプトに 104 人の構成となっている。1992 年から 96 年までの損益計算書によると、CFM との協定に基づく収入は 1992 年の 22 億 MT (64.7%) から 1996 年の 244 億 MT (92.8%) にまで増大した。1996 年の総支出は、総収入の 73.8 %となっており、賃金・給与が総収入の 9.8%、燃料・オイルが 22%、修理費が５%、材料・補給部品が９%である。

2.2.6 現在の問題点

現在のベイラ港における問題点を、以下に述べる。

(1) 港湾活動

ベイラ港は、モザンビークだけでなく、ジンバブエ、マラウィ、ザンビア等の内陸国に対しても、海上輸送の重要な役割を担っている。ベイラ港の既存施設の貨物取り扱い能力は、500 万トンと評価されているが、1996 年には 400 万トンを扱ったのみである。陸上の港湾施設は、かなり整備されており、貨物の増加に対応するため、荷役機械や鉄道施設の修理・整備が現在実施されている。

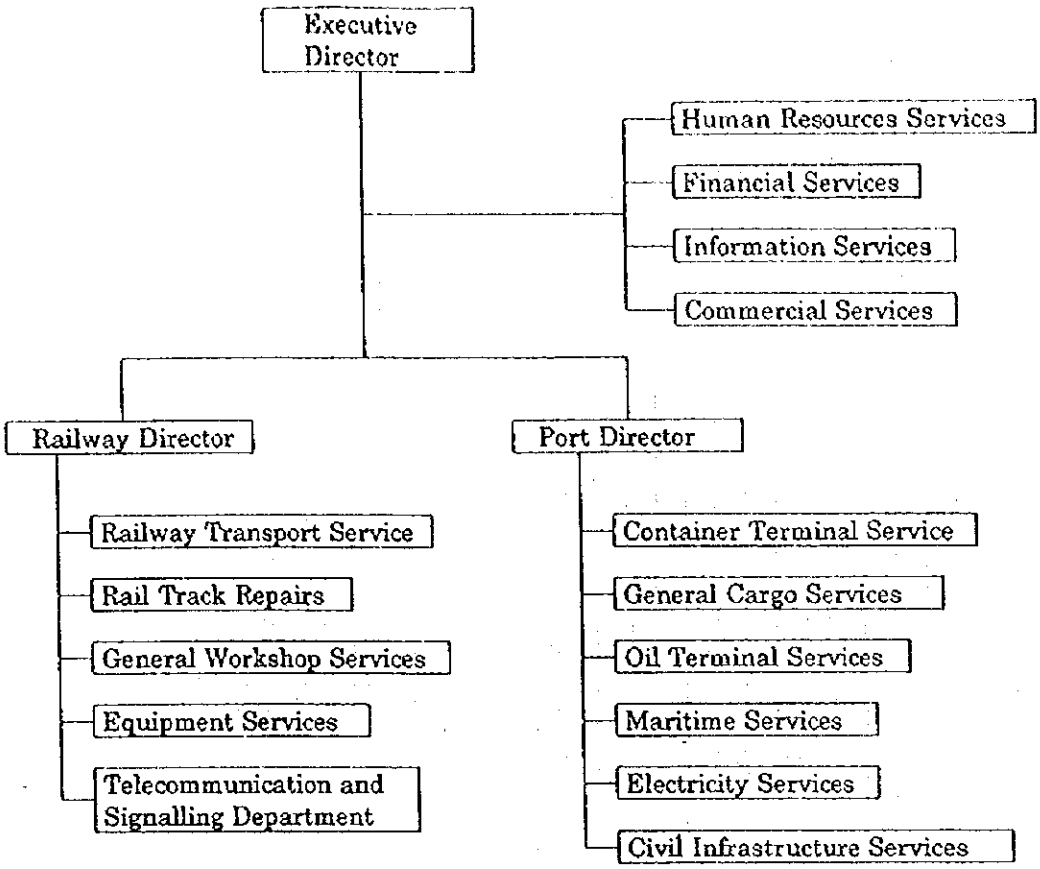


図-2.2.5-1　CFM-C の組織図

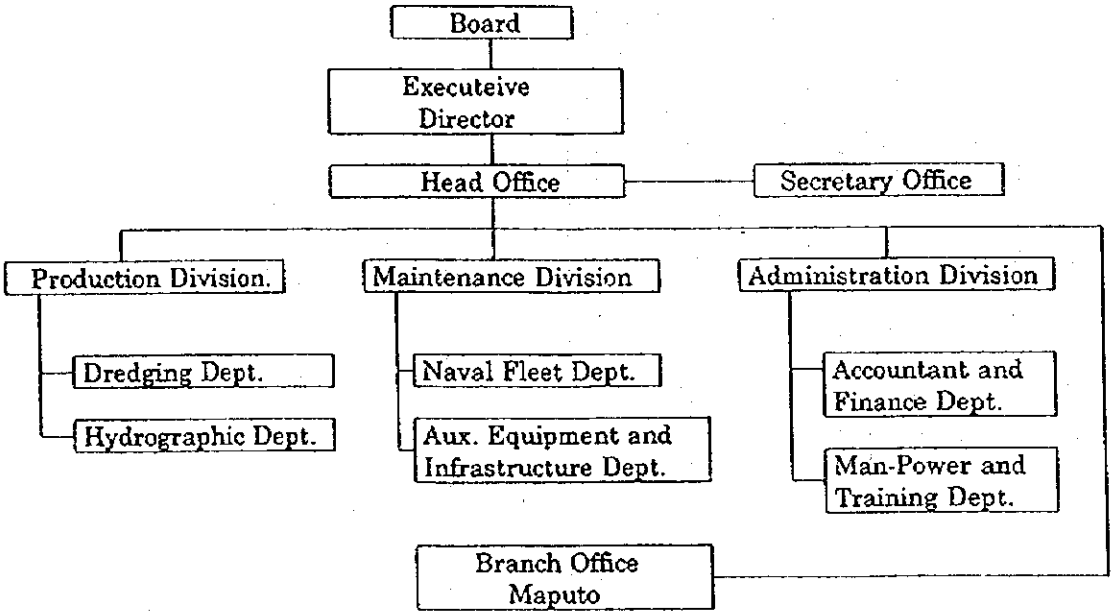


図-2.2.5-2　EMODRAGA の組織図

表 2.2.5-1 CFM, CFM-CおよびCFM-Cの港湾部門の損益計算書動向 (1992-1996.年)

(単位 : 10億メチカル)	1992			1993			1994			1995			1996		
	全CFM	CFM-C	ベイラ港	全CFM	CFM-C	ベイラ港	全CFM	CFM-C	ベイラ港	全CFM	CFM-C	ベイラ港	全CFM	CFM-C	ベイラ港
(ベイラ港貨物量: 1000トン)			2,392.3			2,637.5			2,613.8			2,488.2			2,603.3
(A) 営業収入	213.9	110.8	76.7	295.4	161.9	94.3	467.4	220.9	110.0	950.7	293.8	205.9	1195.2	455.6	282.0
6.2 給料・賃金	41.0	15.3	6.1	71.1	30.4	12.2	109.9	42.6	17.0	161.8	75.0	30.0	173.5	80.4	32.2
6.8 その他経費	63.9	28.7	8.1	125.6	60.6	18.1	221.1	88.2	19.5	309.6	127.2	25.9	355.2	148.1	58.8
(B) 直接費用	104.9	44.0	14.2	196.7	91.0	30.3	331	130.8	36.5	471.4	202.2	55.9	528.7	228.5	91.0
(A-B) 限界利益	109.0	66.9	62.5	98.7	71.0	64.0	136.4	90.1	73.5	479.3	91.6	150.0	666.5	227.1	191.0
(C) 減価償却費	14.2	2.9	2.2	102.4	63.5	49.9	200.5	100.6	79.7	414.4	100.6	70.0	438.6	100.6	70.0
(D=A-B-C) 営業収益	94.8	63.9	60.3	-3.7	7.5	14.1	-64.1	-10.5	-6.2	64.9	-9.0	80.0	227.9	126.5	121.0
E) 財務収入	5.7	2.7	2.1	34.2	8.2	6.4	10.5	4.1	3.2	53.9	34.5	24.0	61.8	34.5	24.0
F) 財務支出	1.1	0.3	0.2	12.6	3.3	2.6	6.15	3.7	2.9	21.6	2.0	1.4	112.3	2.0	1.4
(G=D+E-F) 経常収益	99.4	66.3	62.2	17.9	12.4	17.9	-59.8	-10.1	-5.9	97.2	23.6	0.0	177.4	159.0	143.6
交換レート (メチカル/US$)	2,432.4			3,722.7			5,918.1			10,785.0			11,230.0		
正規要員数				18,159			18,738	6,914		18,500	5,435	2,170	18,000	5,580	1,977
総要員数				23,700			31,348	11,759		28,500	11,650	4,651	27,000	11,423	4,047

注 : ベイラ港 = CFM-Cの港湾部門

表 2.2.5-2 EMODRAGAの損益計算書 (1992-1996年)

(単位 : 10億メチカル) 年度	1992	(比率)	1993	(比率)	1994	(比率)	1995	(比率)	1996	(比率)
CFMとの協定による収入	2.2	64.7%	4.4	89.8%	8.0	89.9%	15.2	93.8%	24.4	92.8%
その他収入	1.2	35.3%	0.5	10.2%	0.9	10.1%	1.0	6.2%	1.9	7.2%
(A) EMODRAGAの総収入	3.4	100.0%	4.9	100.0%	8.9	100.0%	16.2	100.0%	26.3	100.0%
(B) EMODRAGAの総支出	3.1	91.2%	6.5	132.7%	10.6	119.1%	18.3	113.0%	19.4	73.8%
(A)-(B) 収入一支出	0.3	8.8%	-1.6	-32.7%	-1.7	-19.1%	-2.1	-13.0%	6.9	26.2%

(2) 航路埋没

常時埋没し水深が不十分な航路は、ベイラ港の最大の問題点として、従来より認識されている。ベイラ港の進入航路は、それまでのCDL-6mから、CDL-8mへ浚渫工事契約PA1のもとで、1989年3月から1990年8月に増深された。それ以後、維持浚渫は全く行われていない。

(3) 航路の現状

既存航路は、CDL-4.8mまで埋没し、ベイラ港に入港する船舶の喫水は、10.3mに制限されている。この喫水制限は、結果として海運会社に小型船舶を満載あるいは大型船舶を満載以下で配船するという不経済な対応を余儀なくさせている。船社からの事情聴取によれば、ほとんどの大型船は潮待ちして入港しており、また不必要な潮待ちを避けるため高潮位の直前に到着するように運航日程を調整している。ベイラ港では、船長150m以上の船舶は夜間航行が禁止されており、したがって大型船は昼間の高潮位に航行することになり、長い潮待ち時間が発生している。

ベイラ港では、6mを越える大きな潮位差によりかろうじて維持浚渫なしで船舶を受け入れている。しかし、これ以上航路の埋没が進めば、多くの船社は輸送の経済性と船舶の安全性から大型船を他港へ配船することが考えられる。

(4) 浚渫機材

EMODRAGAは、ベイラ港において1隻のグラブ浚渫船"ロブーマ"を所有しているが、すでに老朽化しており、航路を原水深に復旧維持する浚渫能力は全くない。このドラグ浚渫船は、主にマプトで稼働しており、老朽化からベイラ港への回航は難しく、また浚渫能力もマプト港とベイラ港の2港を兼務するほどの余力はない。維持浚渫作業の必要性は認識されているが、財政的な理由から外注されたこともあるが、浚渫船の購入も実施されないまま現在に至っている。

(5) 港の将来

ベイラ港は、近年の政情の安定とCFMの組織改革によって取り扱い貨物量が急増しており、以前の繁栄を取り戻してきている。内陸国の貨物も安定した増加を示しており、それを取り扱う各種の施設の整備が計画されている。SATCCの予測によれば、ベイラ港の取り扱い貨物は、1995年の250万トンから2017年には490万トンに増加する。このような状況下で、航路埋没は、ますますベイラ港の健全な発展を阻害する要因となっている。

(6) 海難事故

既存の航路は、強潮流あるいは悪天候時にはやや安全性に問題があるが、1996年の座礁事故が1件報告されているだけで大きな事故は発生していない。

2.3 維持浚渫

2.3.1 組織の現状

1990年にEMODRAGAは、運輸通信省直轄の独立した浚渫作業担当機関として設立された。1990年5月に、モザンビーク政府は同国の港湾、鉄道の管理・運営権をCFMに移管した。CFMは、CFM-S、CFM-C、CFM-ZとCFM-Nの4つの地方支局に分割して運営され、ベイラ港はCFM-Cによって管理・運営されている。

EMODRAGAの各部局の所掌業務は次のとおりである。

(1) 工事部　　浚渫工事の作業計画立案と管理業務
(2) 修理部　　作業船団の維持・修理業務
(3) 管理部　　総務、経理業務
(4) マプト支局　浚渫作業、船団維持・管理業務、資金・経理業務

2.3.2 EMODRAGAの経費と資産

1996年におけるEMODRAGAの収入と支出は、つぎに示すとおりである。

(1) CFMとの協定により得た収入は、2,175,988 US$であり、総収入の93%に当たる。
(2) 総支出は、1,726,314 US$であり、総収入の73%に相当する。

1996年末現在のEMODRAGAの総固定資産は、1,326,442 US$である。ベイラ地区だけの固定資産は、705,709 US$であり、総固定資産の53.2%に相当する。

2.3.3 過去の浚渫記録

ベイラ港における、過去の浚渫作業の記録を表2.3.3-1および表2.3.3-2に示す。これらの表に示すとおり、ベイラ港の航路は、1983年から88年にかけてドラグ浚渫船"ロブーマ"により、年平均約33万m^3浚渫され、岸壁前面および漁港はバックホウ浚渫船"ソファラ"により、1983年から90年の期間に年平均約8万m^3が浚渫されている。

ベイラ港では、1989年3月から19ヶ月にわたって大規模な浚渫工事が、ボスカリスとEMODRAGAにより実施されている。工事は、延長33Kmの航路および回頭水域を、水深CDL-8.0mに浚渫するもので、総浚渫土量は、約1,000万m^3に達した。本浚渫工事に関する浚渫船団、およびその他の資料を表2.3.3-3に示す。

年間埋没土量は、過去の調査で3.5～6.0百万m^3と予測されている。過去の維持浚渫土量は埋没土量より少なく、その結果深刻な航路の埋没をきたしている。表に示すとおり、初期浚渫以後の浚渫は、1991年と93年に行われており、岸壁前面の水域での必要性が高く、浚渫土量の約65%を占めている。

表 2.3.3-2　1989～1990 年の初期浚渫後のベイラ港の浚渫土量

(単位　m³：泥槽での堆積)

	E1	E2	E5	E7	E8	E9	E10	E11	合　計	岸壁前面
1990	650	0							650	
1991	90,317	424,238	27,350			125,866			667,771	5,230
1992	8,850	58,154	450		49,899				117,353	
1993	608,166	17,257		126,766	<……	327,885	……	…>	1,080,074	16,900
1994	14,200	0							14,200	0
1995	35,230	2,100							37,330	26,351
1996	37,080	250							37,330	21,170
Total	794,493	501,999	27,800	126,766	49,889	453,751			1,954,708	
%	40.6	25.7	1.4	6.5	2.6	23.2			100.0	

出　典: EMODRAGA dredging report、"E"は航路の区間番号を示す、図 5.2.2-1　参照

2.4　他港の現況

モザンビークには、以下に示すベイラ港を含む３つの国際港と地方港が存在する。

＊ 国際港：マプト港、ベイラ港、ナカラ港

＊ 地方港：モチンボアデプライス港、ペンバ港、アンゴシェ港、ペバネ港、キリマネ港、チンデ港、イハンバネ港、シャイシャイ港

2.4.1　マプト港

マプト港は、背後圏である南アフリカ国、ジンバブエ、スワジランド、ボツワナ、ザンビアおよびザイールの各国を鉄道および道路で結ぶマプト回廊の港湾であり、種々の貨物形態にも対応できる施設を有している。港湾区域の南側には、船舶修理施設および乾ドックがある。また、航路として北側航路が航路幅 100 m、高潮時に最大水深８～10 mで維持浚渫されている。

2.4.2　ナカラ港

ナカラ港は、背後のマラウイを鉄道および道路で結ぶナカラ回廊の窓口となっている。ナカラとクアンパ間の総延長 533 km の鉄道のうち 77 km の区間は、今も復旧作業が継続的に行われている。ナカラ港は天然の良港で、漂砂による航路の埋没はない。

表 2.3.3-1　ベイラ港の浚渫土量

(単位　m³：泥槽での堆積)

機　材	ロブーマ	水　域	ハーツ	水域	ソファラ	水　域	ルリオ	合　計
1983	564,563				22,400			586,963
	242,769	B10			22,400	Chiveve		
	83,205	Q1-10						
	11,865	Q6-10						
	226,724	B9-11						
1984					98,700			98,700
					98,700	Chiveve		
1985	1,229,170				42,800			1,858,933
	1,187,270	B9-11			42,800	Chiveve		
	41,900	B3-6						
1986	444,500				24,060			468,560
	340,560	B9-10			24,060	Chiveve		
	103,940	EEStock						
1987	240,925				99,130			340,355
	5,439	Renab			84,330	Chiveve		
	7,7953	B1-3			5,600	Q8-9		
	7,707	B3-5a			9,200	Q5-6		
	61,622	B6-8						
	88,204	B9-13						
1988	73,520		5,685		127,350			206,555
					120,900	Chiveve		
					650	Q9		
	73,520	B5a-8	5,685	B5a-8	1,300	Q5-6		
1989	34,152				117,575			151,727
	34,152	B1/3			53,525	Chiveve		
					28,250	Q11		
					8,675	Q9		
					9,100	Q5-6		
					18,025	Praya N		
1990					144,170			144,170
					108,795	Chiveve		
					3,250	Q11		
					3,250	Q8		
					7,250	Q6-7		
					6,700	Q2-5		
					14,375	B5/8		
					240	B1/3/5		
合　計	2,022,267		5,685		676,185			3,268,700

出　典：Source; EMODRAGA dredging report 、"BNo, QNo"はブイ番号と岸壁番号を示す。

表2.3.3-3　ベイラ港における過去の浚渫記録

工事名	P.A.1 (Capital Dredging Works)	
発注者	B.C.A.-MTC	
受注者	Breenjenbout - Boskalis/EMODRAGA	
施工監理者	DHV-Holland	
工事期間	1989年 3月～1990年9月　(19ヶ月)	
浚渫水域	航路、回頭水域 ベイラ港と航路の34km水域	
土捨て場	D2, D3, D4	
浚渫規模概要	延　長: 33,408 m 幅　員: 135 m 深　さ: -8 m (CD) 法面勾配: 1:10	
浚渫工事量	10,000,000 m^3	
週間工事量	120,000 m^3	
浚渫土の土質	シルト、細砂、粗砂、粘土、固結粘土	
作業時間		
1日当りの工事実施時間	24時間/日	
1週当りの工事実施日数	7日/週	
1年当りの工事実施週数	45週/年	
浚渫作業のサイクルタイム	1.5 ～ 6.5時間	
浚渫船	No. 1	No. 2
機材名	Cornelis Zanen	Johanna Jacoba
建造者名	IHC	IHC
建造年	1982	1977
基本諸元	128x23x10.0m	104x17.50x6.95
ホッパー容量	8,000m^3	3,250 m^3
載荷状態での船速	15.5 knots	12.8 knots
主機の出力	6,900 HPx2	2,350 HPx2
浚渫ポンプの出力	3,100 HPx2	1,960 HPx2
ドラグヘッドの型式	California/IHC- Silt	California/IHC- Silt
総出力	15,025 HP	
その他の付帯機材・設備		
Cornelis Zanen	13 ヶ月	
T.S.H.D.-"Johanna Jacoba"	8 ヶ月	
タグボート "Sea Eagle II" (Plow)	4 ヶ月	
タグボート "Bison-I"	3 ヶ月	
測量船 "Margo"	21 ヶ月	
交通船 "Drakensteyn"	13 ヶ月	
交通船 "Hendrikje"	9 ヶ月	
バックホー浚渫船 "Sofala"	2 ヶ月	
測量船 "Tiky II"	6 ヶ月	
タグボート "Chire"	2 ヶ月	

第 3 章

自　然　条　件

第３章　自然条件

3.1　地形条件

ベイラ港は、モザンビーク中央部のソファラ地域のプンゲ川の河口部東岸に位置し、その南部のマクチ海岸は、モザンビーク海峡に面している。

3.2　気象条件

ベイラは南緯 19°48'、東経 34°50'の熱帯に属し、季節は 11 月から 4 月までの雨期と 5 月から 10 月までの乾期に分けられる。

3.2.1　気　　温

年間の気温は 20℃から 29℃で、平均気温は 24.5℃である。

3.2.2　湿　　度

年平均湿度は 72.1％で、雨期と乾期の差は小さい。

3.2.3　雨　　量

年平均雨量は約 1,400 mm で、年月の変動が大きい。各月の平均降水量は 11.6 mm から 254.6 mm となっており、過去 10 年間の月別記録によると毎年数ヶ月間は 50 mm 以下の降雨量しかないが、1989 年、90 年、91 年および 96 年の雨期には最大月雨量が 400 mm を越えている。本調査団による雨期の自然条件調査が行われた 1997 年 2 月～4 月は、過去 10 年の平均以上の雨量を記録した。

3.2.4　風

過去 25 年の記録によると、5 m/s 以下の穏やかな風の頻度が 4 月から 7 月には 70～79％程度、3 月と 8 月には 60～69％、10 月には 44％、9 月から 2 月には 50～59％と卓越している。10 m/s 以上の強風の頻度は少なく、10 月の 2.4％が最大となっており、他の月は 2％以下である。また、風向別では年間を通じて東北東から南西の風が卓越している。

3.2.5　サイクロン

過去 30 年間に 23 のサイクロンが、モザンビークに多大な影響を与えたものとして記録されている。これらのサイクロンは、11 月から 4 月に南西インド洋で発生し、ベイラ港周辺に来襲するのは、2 月と 3 月に多くなっている。

表 3.2.5-1　モザンビークに影響を与えた大型サイクロン

期間	サイクロン			期間	サイクロン		
1956/4-1957/3				1977/4-1978/3			
1957/4-1958/3				1978/4-1979/3	Angele		
1958/4-1959/3				1979/4-1980/3			
1959/4-1960/3				1980/4-1981/3	Edwige		
1960/4-1961/3				1981/4-1982/3			
1961/4-1962/3	Daisy	Kate	Gina	1982/4-1983/3	Benedite	Elinah	
1962/4-1963/3				1983/4-1984/3			
1963/4-1964/3	Christine			1984/4-1985/3			
1964/4-1965/3				1985/4-1986/3	Berobia		
1965/4-1966/3	Germaine			1986/4-1987/3			
1966/4-1967/3	Daphne	Irma		1987/4-1988/3	Hely	Filao	
1967/4-1968/3	Flossie			1988/4-1989/3			
1968/4-1969/3				1989/4-1990/3			
1969/4-1970/3				1990/4-1991/3			
1970/4-1971/3	Delphine			1991/4-1992/3			
1971/4-1972/3				1992/4-1993/3			
1972/4-1973/3	Dorothee			1993/4-1994/3	Nadia		
1973/4-1974/3				1994/4-1995/3			
1974/4-1975/3	Honorine	Elsa		1995/4-1996/3	Bonita		
1975/4-1976/3				1996/4-1997/3	Lisette		
1976/4-1977/3	Emilie						

3.3　海象条件

3.3.1　調査目的

既存資料に加えて海象条件に関するデータや情報をさらに収集するために、ベイラ港周辺の航路、土捨て場、ベイラ港の沖合い海域において以下の自然条件調査を行なった。

3.3.2　深浅測量

航路とその周辺の海域の埋没機構と海象の把握のため、ベイラ港周辺の海域において雨期と乾期に深浅測量を実施した。図 3.3.2-1 から、いくつかの大規模な浅瀬が航路沿いに点在する。区間Ｅ９やＥ 10 のような航路の屈曲部において深刻な埋没が発生し、船舶の安全航行に影響を与えている。また、プンゲ川の河口部付近には柔らかな底泥が広く分布している。雨期と乾期の深浅測量結果を比較すると、ほとんどの測量海域で、0.5～２mの堆積がみられた。

3.3.3　バンク形状調査

ベイラ港周辺の浅瀬の分布と形状調査のため、船舶と航空機による海上および上空からの観測を実施した。大潮期の低潮位時には、ベイラ港からマクチ灯台までの進入航路沿いに多くの浅瀬が視認できた。

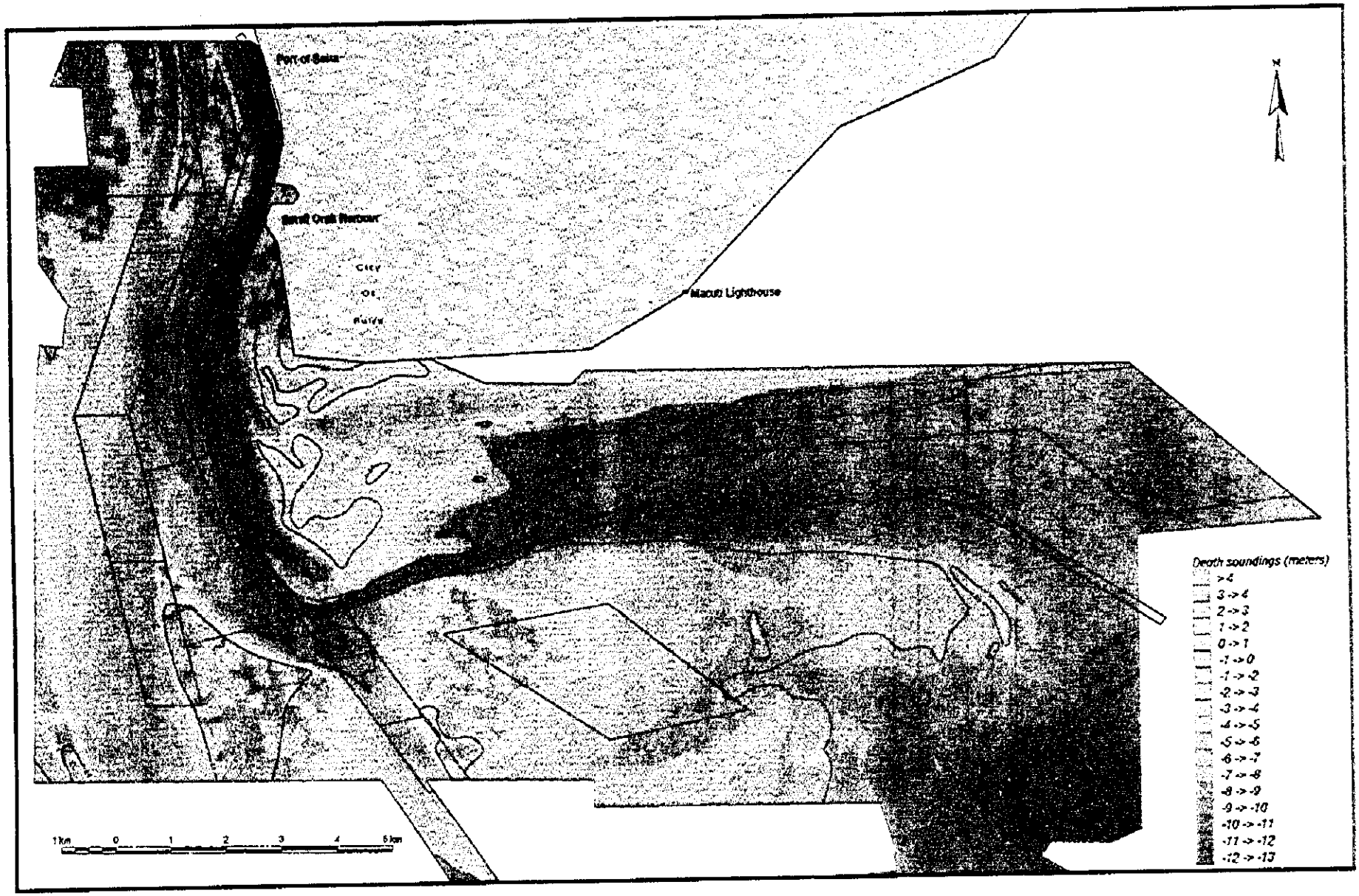


図 3.3.2-1　ベイラ港の深浅測量図(1997 年乾期)

3.3.4 潮位観測

"The Admiralty Tide Table" に記載されているベイラ港の潮位を、図 3.3.4-1 に示す。ベイラ港周辺の潮位は、典型的な 1 日 2 回潮である。潮位の実測値は、ベイラ港の CFM-C の観測所から入手するとともに、深浅測量中は本調査によってもベイラ港内において潮位観測を実施した。ベイラ港における潮位は、図 3.3.4-1 に示すように大潮平均高潮位が 6.5 m、小潮平均高潮位が 4.2 m、大潮平均低潮位が 0.9 m、小潮平均低潮位が 2.7 mとなっている。

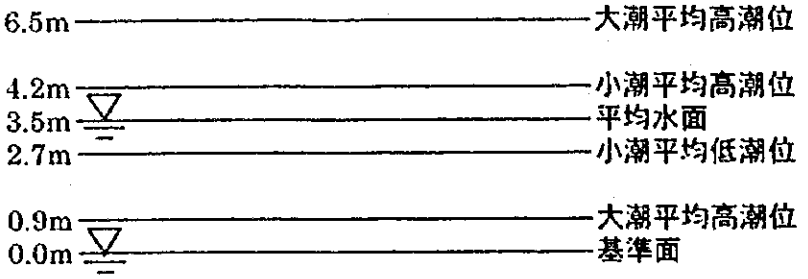


図 3.3.4-1　ベイラ港の潮位

3.3.5 波浪観測

航路付近の波浪観測を雨期に実施した。観測ブイ 1 号は水深 13 mの南緯 19° 55'、東経 35° 02' に、観測ブイ 2 号は水深 5 mの南緯 19° 53'、東経 34° 53' に設置され、観測されたデータは陸上局に転送して記録した。波高と波向の関係を表 3.3.5-1 に、波高と波長の関係を表 3.3.5-2 と表 3.3.5-3 に示す。観測期間中の最大波は、3 月に来襲したサイクロン "Lisette" によって発生した波浪で、最大波高 4.2 mが観測ブイ 1 号で、波高 2.2 mが観測ブイ 2 号で記録された。

観測ブイ 1 号で記録された波浪は、51.6%が波高 0.5～1.0 m、35.5%が波高 1.0～1.5 m、8.8%が波高 1.5～2.0 m、3.9%が波高 2.0 m以上であった。波向き別では、東および南東の波が卓越していた。

観測ブイ 1 号で記録された最も頻度の高い波は、波高別では 0.5～1.0 mの波で、50.4%発生し、周期別では 6 秒以下の波が 44.8%発生していた。観測ブイ 2 号で記録された最も頻度の高い波は、波高別では 0.5～1.0 mの波が 63.9%発生し、周期別では 6 秒以下の波が 79.2%であった。

波浪観測期間中は南東の波が卓越していたが、3 月の第 1 週にはサイクロン "Lisette" の影響によって東北東の高波浪が観測された。

表 3.3.5-1　波高別波向頻度（ブイ１）

波　高 (m)	南	南西	西	北西	計
4.0-	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.6%
3.5-4.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.0-3.5	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	1.1%
2.5-3.0	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.9%
2.0-2.5	0.3%	0.9%	0.1%	0.0%	1.3%
1.5-2.0	1.0%	7.1%	0.7%	0.0%	8.8%
1.0-1.5	0.6%	26.5%	7.7%	0.7%	35.5%
0.5-1.0	1.0%	31.5%	16.2%	2.8%	51.6%
0.0-0.5	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%
計	2.8%	68.5%	25.1%	3.6%	100.0%

表 3.3.5-2　波高別周期頻度（ブイ１）

周　期 (s) / 波　高 (m)	-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-	計
4.0-	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.3%
3.5-4.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.0-3.5	0.0%	0.1%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.6%
2.5-3.0	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
2.0-2.5	0.3%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%
1.5-2.0	3.7%	4.1%	0.1%	0.6%	0.0%	0.0%	8.6%
1.0-1.5	22.4%	9.6%	5.1%	0.7%	0.6%	0.0%	38.4%
0.5-1.0	18.1%	9.3%	14.1%	6.7%	2.0%	0.1%	50.4%
0.0-0.5	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
計	44.8%	24.3%	20.0%	8.3%	2.6%	0.1%	100.0%

表 3.3.5-3　波高別周期頻度（ブイ２）

周　期 (s) / 波　高 (m)	-6.0	6.0-8.0	8.0-10.0	10.0-12.0	12.0-14.0	14.0-	計
4.0-	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.5-4.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.0-3.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.5-3.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.0-2.5	0.1%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%
1.5-2.0	0.9%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%
1.0-1.5	7.2%	1.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	8.8%
0.5-1.0	50.7%	4.6%	4.9%	3.1%	0.4%	0.0%	63.9%
0.0-0.5	20.2%	1.3%	1.3%	1.8%	0.4%	0.0%	25.1%
計	79.2%	7.5%	6.9%	5.5%	0.9%	0.0%	100.0%

3.3.6 流況観測調査の概要

ベイラ港およびその周辺の航路埋没現象は、波浪および流況による影響が大きいことから流況観測および浮標追跡を乾期および雨期の大潮期と小潮期に実施した。

流況観測は、各測点に作業船を係留して上層（海面下 0.5 m）、中層（中間水深）および下層（海底上 1.0 m）の各層で流速・流向を観測した。なお、流速計センサー部には強い流れの中でも可能な限り鉛直性を保持するため、魚型錘を取り付けた。浮標追跡は、各観測点で浮標投入後、GPS により 5 分毎に浮標の位置出しを行った。

大潮期の流況観測の結果を図 3.3.6-1 に、浮標追跡の結果を表 3.3.6-1 に示す。

(1) 大潮期の流況観測結果

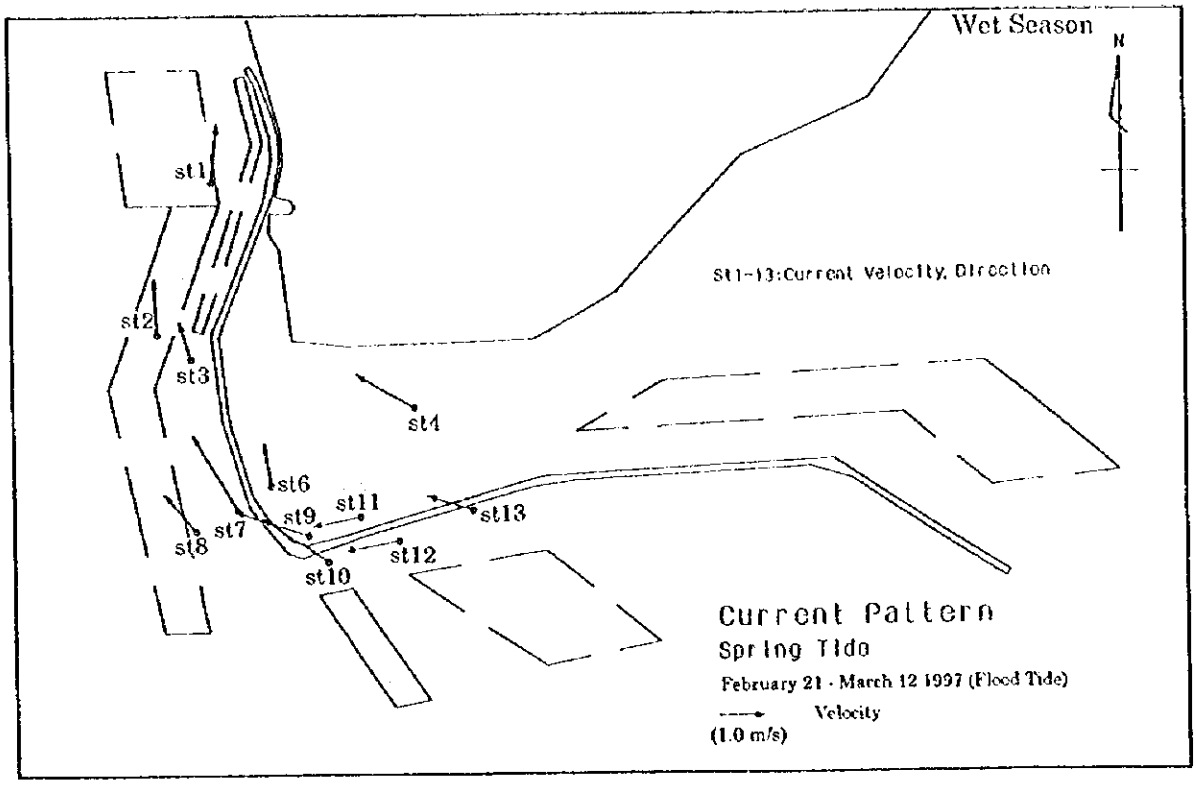
全般的に大潮期における流況は、潮汐の変動と明確に対応している。各測点の上、中、下層間は各層ともに同じような特性を示しており、特に St. 7 より沖合に位置する St.13 至る各測点までは、この現象が顕著に現れている。流速に関しては、各測点とも下、中、上層の順に速くなる傾向が見られる。また、下げ潮から上げ潮への転流時の滞留時間は、各測点とも短く、潮位差の大きい海域の特徴を示している。測点中の上げ潮および下げ潮時の最強流はともに St. 2 で観測され、上げ潮時では流速 2.50 m/s の北方向流で、下げ潮時では流速 2.0 m/s で流向は南南東であった（波高 1 m、南風 7 ～ 8 m/s）。特徴的には、雨期と乾期の観測結果に大きな差異は見られなった。

(2) 小潮期の流況観測結果

全般的に小潮期における流況は、潮汐の変動との明確な関連性があまり見られない。上げ潮時、下げ潮時ともに各測点の流向は航路に沿うか、航路に流入する形態を示す。これは潮流が少なからず航路の影響を受けていることを示している。上げ潮時の最強流は St2 の 1.45 m/s の北流であり、下げ潮時には ST. 5 の 1.45 m/s の南流であった。また、下げ潮時の St. 3，4，5，11 に関しては、小潮時の流速が大潮の流速を上回る結果となっている。

(3) 大潮期の浮標追跡結果

大潮時の海岸に比較的近い STF. 1（St. 4 の近傍）における下げ潮から転流して上げ潮に至る間の浮標軌跡から、東西方向の往復流から上げ潮になるにつれてブンゲ川河口まで北上している。また同時に観測された Stf. 2（St.11 の近傍）の軌跡の前半部分は、Stf. 1 よりも沖合に位置することから環流的広がりを示すものの、後半の上げ潮時には Stf. 1 と同じ結果となった。また、Stf. 3（St.12 の近傍）の追跡結果も Stf. 1，2 とよく似た様相をを示している。



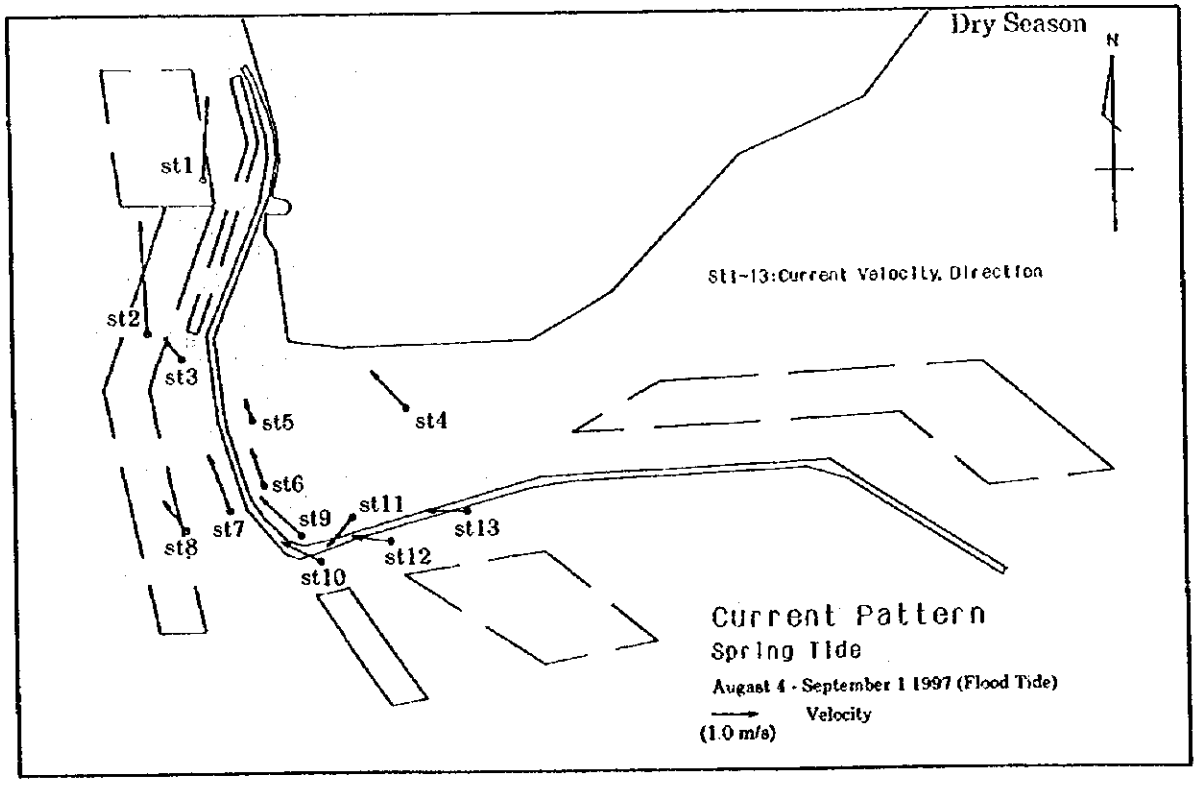
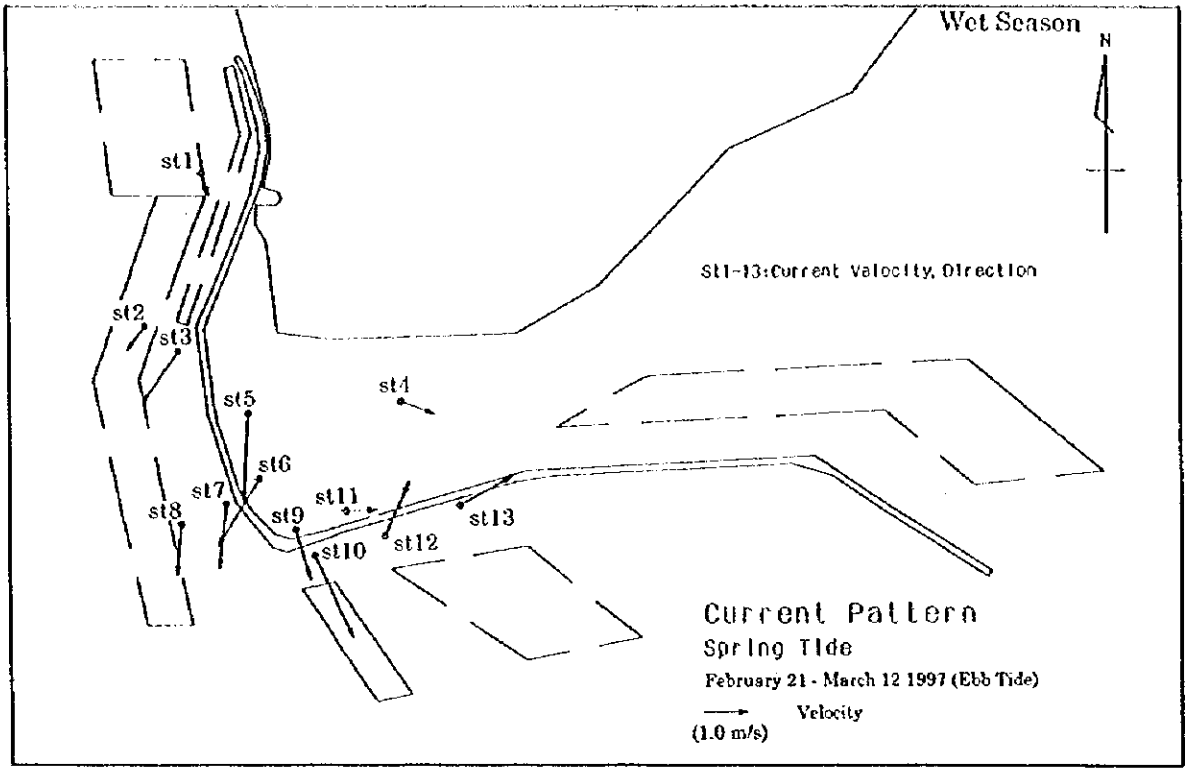


図 3.3.6-1　大潮期上げ潮時流況（乾期及び雨期）



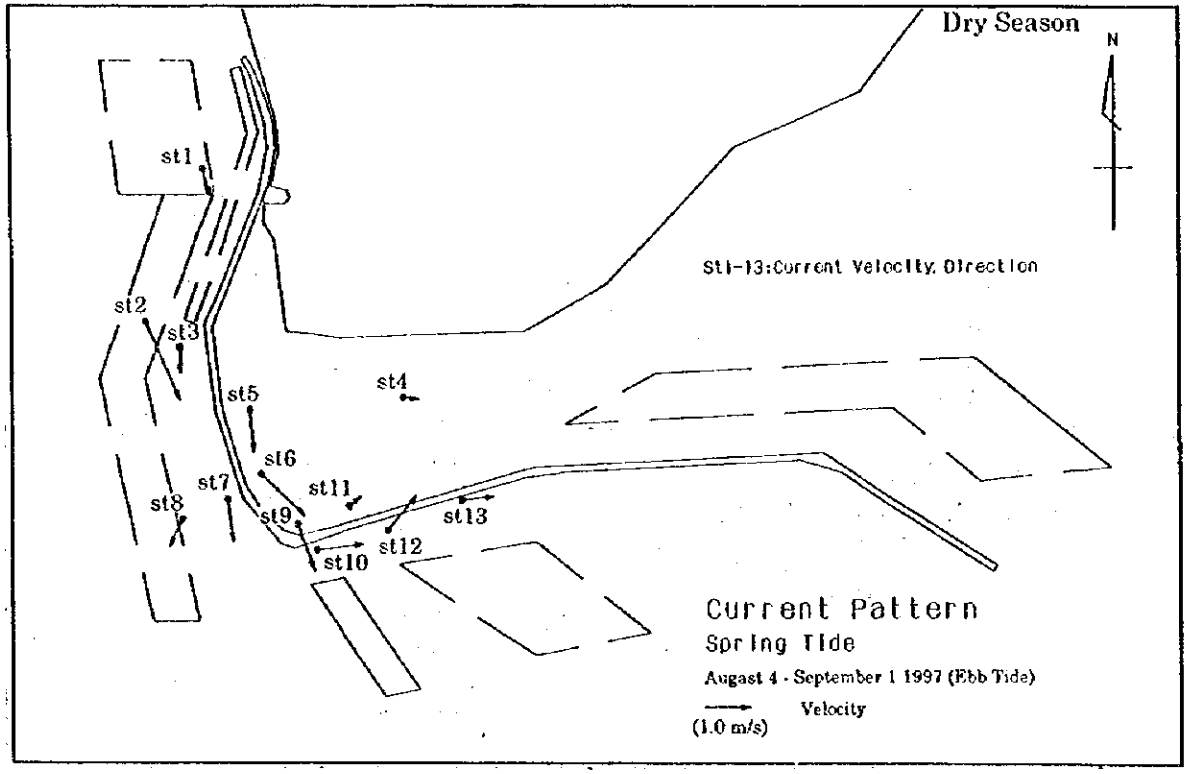


図 3.3.6-2 大潮期下げ潮時流況（乾期及び雨期）

表 3.3.6-1　乾期の大潮期における浮標追跡結果

測　点	最大流速(F)*	流　向	最大流速(E)*	流　向
Stf 1	1.46m/秒	西	1.27m/秒	東
Stf 2	2.05m/秒	北	0.99m/秒	北東
Stf 3	1.85m/秒	北	1.41m/秒	北東

*注 1:(F)上げ潮時　　(E)下げ潮時

(4)　小潮期の浮標追跡結果

Stf 1，2，3ともに、上げ潮時の小さな西流と、下げ潮時の強い東流が特徴的である。下げ潮時には、大潮時と比べて流速が小さくなるものの、流向はほぼ同じ方向となっている。

表 3.3.6-2　乾期の小潮期における浮標追跡結果

測　量	最大流速(F)*	流　向	最大流速(E)*	流　向
Stf 1	0.19m/秒	西	0.88m/秒	東
Stf 2	0.31m/秒	北北東	0.88m/秒	東
Stf 3	0.31m/秒	西	0.83m/秒	東北東

*注 1:(F)上げ潮時　　(E)下げ潮時

3.3.7　濁度観測調査の概要

濁度観測は、観測点、観測層および観測時間とも流況観測と同様に行われた。各測点の最大濁度を表 3.3.7-1 に示す。

(1) 大潮期の濁度観測結果

各測点の大潮期における濁度の変化をみると、概して各測点ともに潮汐変動に追従した変化を示し、下げ潮時から干潮になるにしたがって各層ともに高濁度となっており、かつ下げ潮時の濁度は上げ潮時の濁度より低い。また、測点 9，10 を除いて流れの遅くなる干潮時頃に濁度が低くなる傾向が見られる。鉛直変化に関しては、全般的に上層から底層にかけて濁度は高くなる傾向が見られる。最高濁度は、下げ潮時に観測された。

(2) 小潮期の濁度観測結果

小潮期における潮汐変動と濁度との関係は、乾期、雨期ともにあまり顕著でない。しかし、雨期の方が乾期よりも高い濁度を示していることが伺え、プンゲ川、ブジ川の両河川上流の大雨による流量増加の影響が現れている。なお、鉛直変化に関しては、大潮期と同様に、上層から底層にかけて濁度は高くなる傾向が見られる。

表 3.3.7-1　雨期と乾期の最高濁度

測点	大潮時濁度（ppm）		小潮時濁度（ppm）	
	雨期（最大観測値）	乾期（最大観測値）	雨期（最大観測値）	乾期（最大観測値）
1*	1,020	1,719	225	84
2*	1,250	1,726	230	105
3	1,512	1,692	335	142
4	764	739	190	80
5	1,665	1,651	305	336
6	1,443	1,220	332	561
7	1,624	1,132	65	73
8	1,420	802	103	166
9	1,523	1,089	154	96
10	1,220	1,247	90	74
11	1,284	1,158	278	173
12	1,382	669	202	146
13	1,220	524	185	28

*注1：乾期の大潮時の測点No.1とNo.2の観測はその他の観測に比べ、高波浪時に行なわれた。

3.4.　底質条件

既存資料に加えて底質条件の現況を把握するため、ベイラ港周辺海域、航路、土捨て場、ベイラ港沖合いにおいて底質調査を雨期と乾期について実施した。

雨期に実施した底質調査結果を、表 3.4-1 に示す。航路内の底質は、全体的に砂質土が多くなっており、ベイラ港南東部から航路の屈曲部前の部分と航路出口付近のＥ 14 の部分では、主にシルト質土が存在する。また、粗粒砂が航路屈曲部に分布し、沖合い部では細砂が多くなっている。シルト質土は、航路の南部より北部に多く見られる。

3.5　漂砂と航路埋没

ベイラ港への入港航路は港前面の広大な浅瀬を通過する。この領域の漂砂は、ザンベジ川およびその他の河口から北側のマクチ海岸に沿って南下するもの、プンゲ川およびブジ川から流出するものおよび南海岸の河口から北上するものからなっている。これらのうち、第一の供給源が最も優勢と考えられ、特にマクチ浅瀬を構成する土砂は北側から移動したものと思われる。これは、ザンベジ川の河川流域面積が他の周辺河川と比較にならない程広大なためである。

図 3.5-1 は、前節で述べたことや過去の深浅図から推定した進入航路付近の漂砂の概要である。プンゲ川から排出される底質は、一般に細砂かシルトである。これらの細砂やシルトは、ベイラ港岸壁に沿った狭い流心部分を除いた広い河口部一帯および進入航路の南側によ

表-3.4-1　底質特性概要（雨期）

試料 No.	礫 (%)	砂 (%)	細粒土 (%)	分類 Class	中央粒径 (mm)	含水比 (%)	かさ密度 (g/cm³)	乾燥密度 (g/cm³)	空隙比	比重	鉱物分析
C2	0	36	63	シルト質細砂	0.030	197.7	1.270	0.431	5.08		
C4	0	100	0	砂	0.420	16.9	1.901	1.626	0.63		
C5	14	67	19	粘土、礫混じり砂	0.320	30.9	1.909	1.485	0.80	2.63	15%:chlorite-montmorillonite clay 15%:illite clay 35%:shell and coral fragments. 35%:quartz <1%:ilmenite and almandine garnet
C6	0	100	0	砂	0.180	32.7	1.856	1.397	0.90		
C7	4	96	0	砂	0.800	14.7	1.671	1.457	0.82		
C8	0	100	0	砂	0.350	16.0	1.583	1.365	0.94		
C9	4	96	0	砂	0.600	13.0	1.622	1.435	0.73		
C10	2	98	0	砂	0.770	12.3	1.637	1.458	0.81	2.65	96%:sand-sized quartz grains 3%:shell and rock fragments <<1%:heavy minerals
C11	30	70	0	礫混じり砂	1.490	9.8	1.686	1.536	0.73		
C12	6	94	0	砂	0.790	10.9	1.585	1.429	0.85		
C13	9	91	0	砂	0.750	13.4	1.719	1.516	0.75		
C14	1	99	0	砂	1.000	5.5	1.531	1.451	0.83		
C15	6	94	0	砂	0.600	16.9	1.741	1.489	0.78		
C16	0	33	77	粘土質細砂	0.023	179.0	1.282	0.458	4.72	2.61	45%:chlorite-montmorillonite clay 45%:illite clay 10%:quartz and shell fragments with mica flakes <<1%:shiny black ilmenite
C17	0	28	72	粘土質細砂	0.009	247.8	1.225	0.352	6.44		
C18	0	100	0	砂	0.150	24.9	1.450	1.161	1.28		
C19	0	44	56	シルト質細砂	0.040	86.2	1.512	0.812	2.22		
C20	0	100	0	砂	0.460	1.6	1.285	1.265	1.09		
C21	2	98	0	砂	0.600	89.0	1.385	1.373	0.93		
C22	0	16	84	粘土質細砂	0.004	145.7	1.197	0.487	4.38	2.63	60%:chlorite-montmorillonite 30%:illite clay 5%:quartz,shell fragments and mica flakes <2%:ilmenite and almandine garnet with lesser amounts of schorl tourmaline
C23	0	100	0	砂	0.220	31.4	1.871	1.424	1.86		
B1	0	64	36	シルト混じり砂	0.109	69.9	1.595	0.939	1.79		
B2	0	46	53	シルト質細砂	0.050	63.9	1.335	0.815	2.21		
B4	1	99	0	砂	0.420	20.2	1.667	1.387	0.91		
B6	11	89	0	礫混じり砂	0.240	36.6	1.756	1.286	1.06		
B8	0	100	0	砂	0.300	18.6	1.670	1.408	0.88		
B12	1	99	0	砂	0.195	22.4	1.639	1.339	0.98		
B17	0	100	0	砂	0.240	22.7	1.663	1.355	0.96		
B19	2	98	0	砂	0.440	17.9	1.698	1.433	0.85		
B24	6	94	0	砂	0.890	18.4	1.629	1.376	0.93		Average 95%:sand-sized quartz grains Average 4%:shell and rock fragments <<<1%:heavy minerals
B31	6	94	0	砂	0.920	4.8	1.541	1.476	0.80	2.65	
B32	3	97	0	砂	0.670	12.0	1.641	1.465	0.81	2.65	
B33	7	93	0	砂	0.930	2.3	1.549	1.514	0.75	2.65	

り多く堆積している。

ベイラ港東側のマクチ海岸に沿っては、ブンゲ川に向かう漂砂が卓越している。その要因として、沖波が海岸線に垂直な線に対して東寄りに入射し、潮流もマクチ海岸ではブンゲ川に向かう方向に卓越することがあげられる。また、その漂砂の一部はブンゲ川の左岸に沿って港の方へ移動し、残りの土砂は進入航路のＥ６からＥ８の部分に堆積、あるいは強い潮流に乗って航路内を移動するものと思われる。

一方、マクチ浅瀬で波に巻き上げられた砂は、海岸に平行のほか沖向きの流れによって沖合にも移動し、浮遊移動する漂砂量は波高とともに増加する。この浮遊砂は航路に沿う強い下げ潮流時に、Ｅ６からＥ８に到達できず進入航路の屈曲部に向かって砂州を形成し、航路内に入るものと思われる。

また、一部の底質は、ペリカンおよびびランブラ浅瀬の方向からも波や潮流の作用で航路内に移動堆積することが考えられる。また、進入航路の沖側入口まで航路内を移動した漂砂はその付近に広く堆積して、さらにその一部は海岸の方へ波によって運ばれる。しかし、このマクチ海岸の方へ運搬される漂砂は、海浜部から流出する砂と比較して量的に小さい。

上述した漂砂の特性は、底質の化学的元素分析の結果からも確認された。

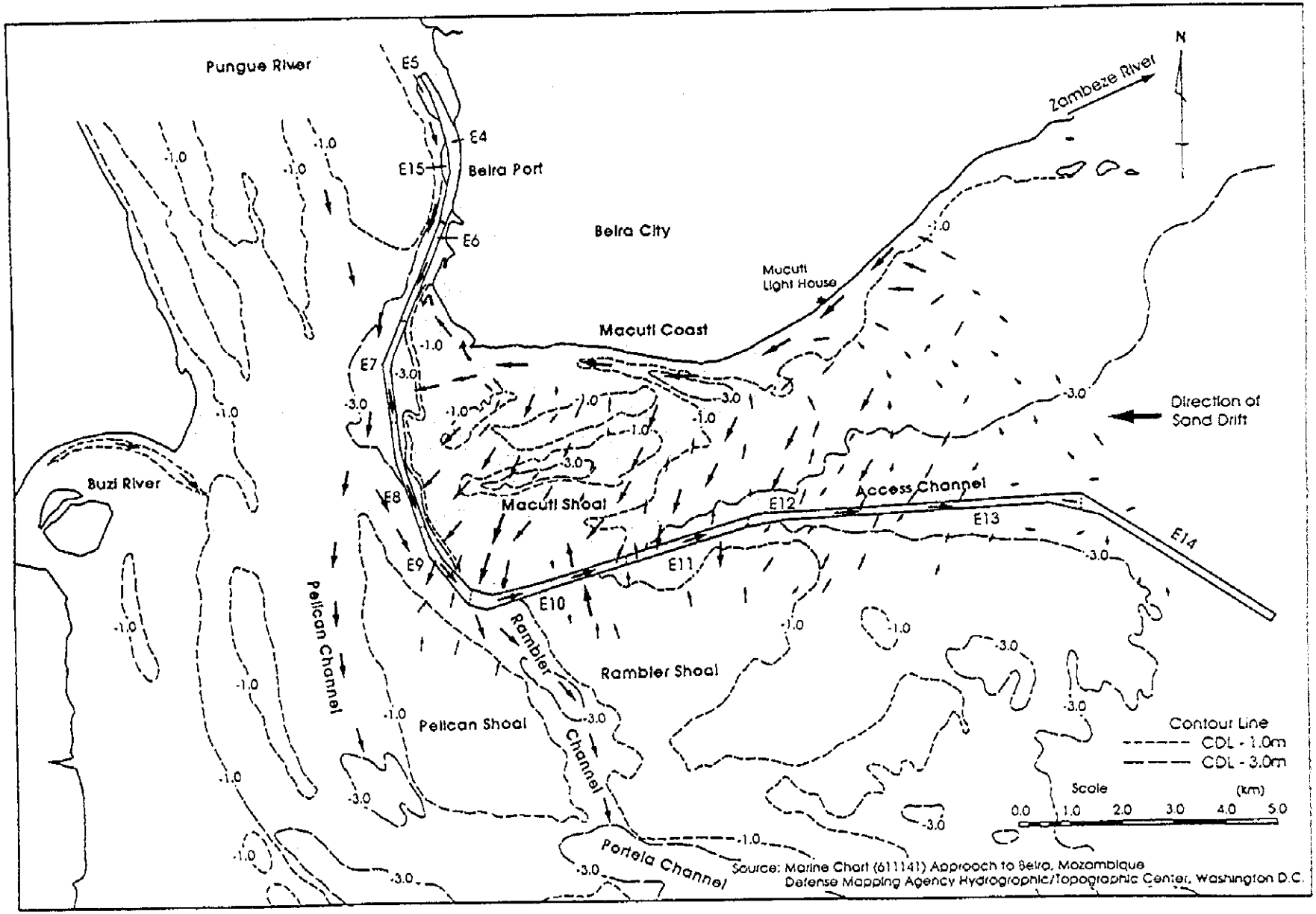


図 3.4-1　進入航路付近の漂砂移動概念図