No. 4

モルディヴ共和国

マレ島南岸護岸建設計画
基本設計調査報告書

昭和62年11月

国際協力事業団

無計二
[redacted]
87-121

モルディヴ共和国

マレ島南岸護岸建設計画
基本設計調査報告書

JICA LIBRARY
1040518[1]

昭和62年11月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入月日 '87.12.04	114
	61.7
登録No. 16996	GRS

序　文

日本国政府は、モルディヴ共和国の要請に基づき、同国のマレ島南岸護岸建設計画にかかる基本設計調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、昭和６２年７月３０日より８月２１日まで、建設省土木研究所河川部海岸研究室長　宇多高明氏を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。

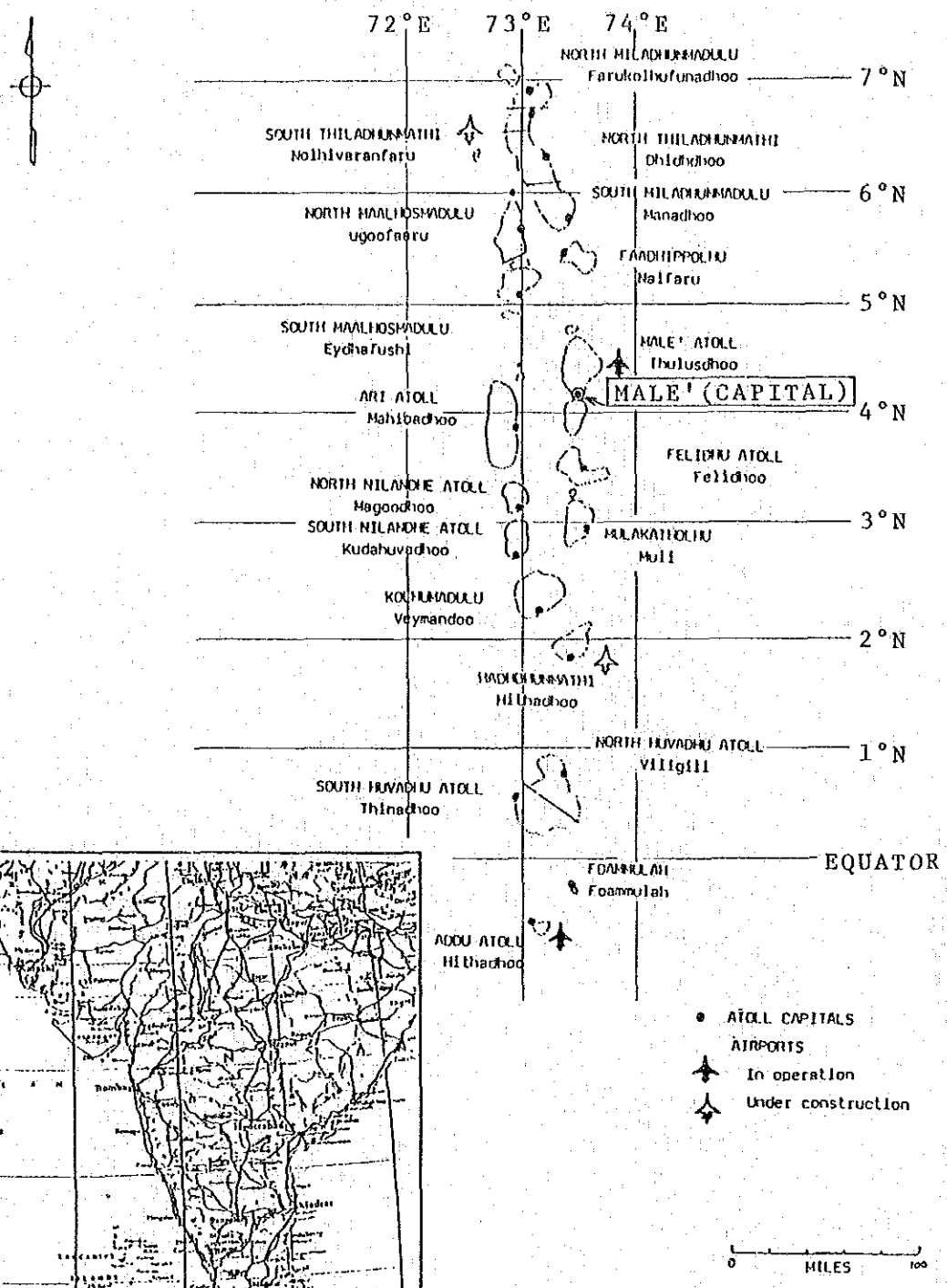
調査団は、モルディヴ国政府関係者と協議を行なうとともに、プロジェクトサイト調査及び資料収集等を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

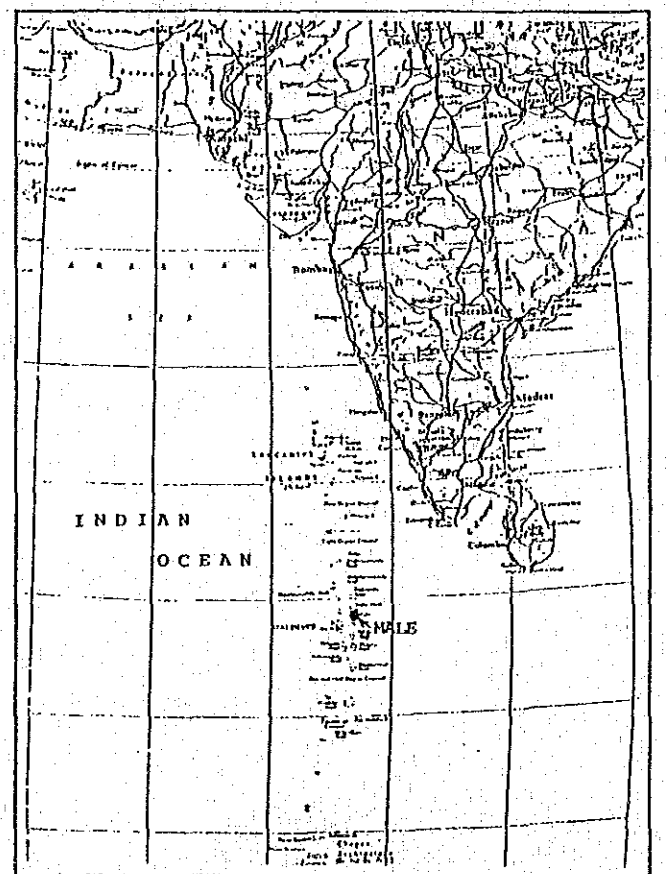
本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、モルディヴ共和国の高潮災害防止に成果をもたらし、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

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

昭和６２年１１月

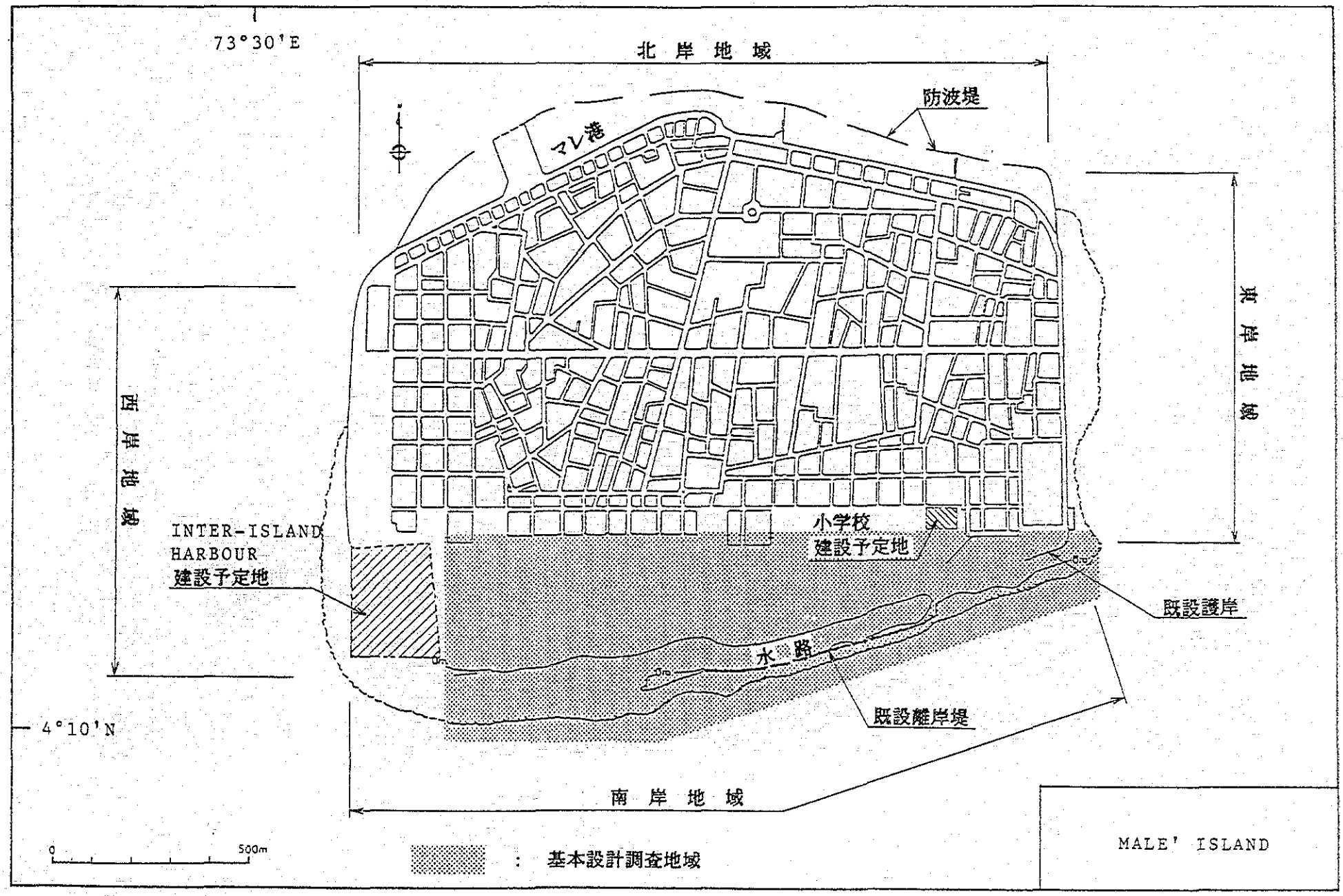
国　際　協　力　事　業　団
総　裁　　有　田　圭　輔

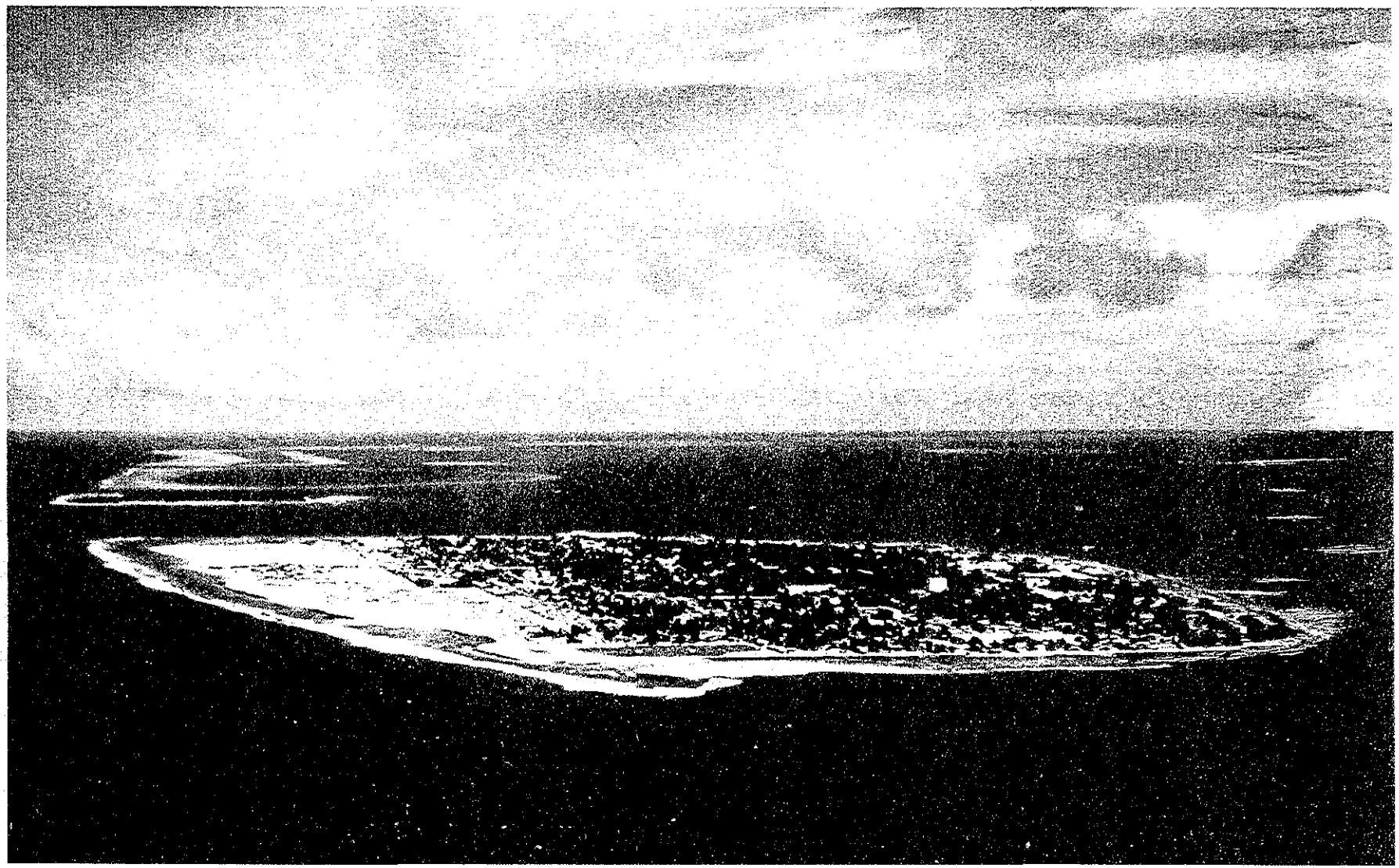




THE WEST COAST OF INDIA DISTRICT

THE MALDIVES

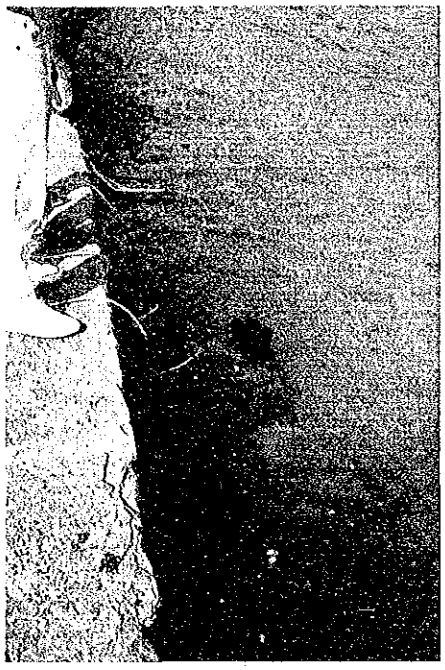

73°30'E
北岸地域
防波堤
マレ港
東岸地域
西岸地域
INTER-ISLAND
HARBOUR
建設予定地
小学校
建設予定地
既設護岸
水路
既設離岸堤
4°10'N
南岸地域
0
500m
：基本設計調査地域
MALE' ISLAND



マレ島全景

南岸埋立地侵食区域全景（離岸堤建設最優先区域）

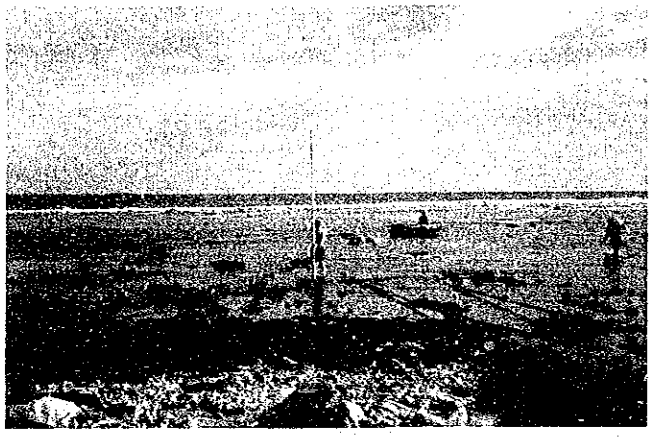
南岸既設コーラルロック離岸堤全景



沈鐘設置

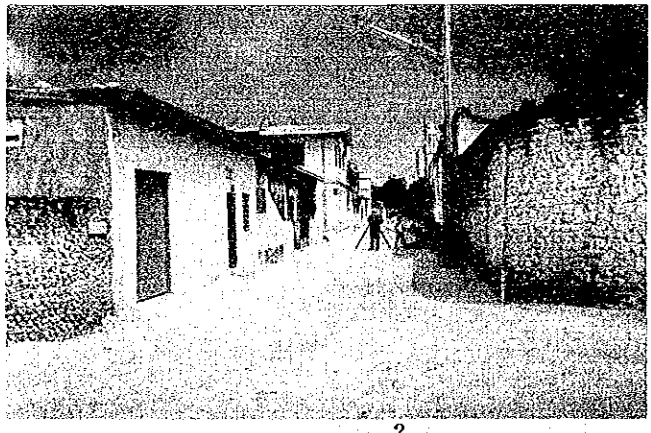
験潮器設置

痕跡調査



汀線及び深浅測量

波浪打上高測定（$^{1}/_{2}$）



波浪打上高測定（$^{2}/_{2}$）

要　約

要　約

モルディヴ共和国マレ島の土地需要は、急激な人口の増加と産業の発展により、年々高まっており、特に、首都マレにおいては安全な土地を安定的に確保することが、緊急かつ重要な課題となっている。

このため、マレ島南岸地域では1979年より埋立事業が開始され、すでに約百万平方メートルの土地が造成された。しかし、護岸施設としては、老朽化したごくわずかな護岸と珊瑚岩を積み上げた簡易な離岸堤があるのみであり、安全で耐久性のある護岸施設はない。その結果、1987年 4月に発生した高潮により、南岸東端区域が内陸深く広範囲に侵食されるという被害がもたらされた。同区域では汀線から住宅地までの距離が約 25 ～30mしかなく、非常に危険な状態となっている。この区域では首都マレの重要な施設である小学校、発電所、住宅等の建設計画が急速に進められており、緊急な護岸対策が必要となっている。

上記高潮災害の直後、わが国は同国の要請に基づき、国際緊急援助隊を派遣し、救援活動を行なうとともに被害状況調査を実施し、同国政府に対して南岸地域に護岸施設を早急に整備するよう勧告した経緯がある。

このような背景のもとに、モルディヴ共和国政府はマレ島南岸護岸建設について、日本国政府に対し無償資金協力を要請してきた。

この要請に応えて、日本国政府は基本設計調査を行なうことを決定し、国際協力事業団は、1987年 7月30日から同年 8月21日まで基本設計調査団をモルディヴ共和国等に派遣した。

調査団は、モルディヴ共和国関係者との協議の他、所要の現地調査を実施し、帰国後、現地調査結果をもとに最適な基本設計計画をとりまとめた。

本護岸建設計画の基本事項は次のとおりである。

① 建設計画はマレ島南岸1.52 kmの区間（南岸東端地域より南岸西端の港湾建設計画地域まで）を対象地域とする。

② モルディヴ共和国が策定した南岸埋立地の開発計画を遵守するよう本計画を立案する。

③ 護岸はリーフ上に計画する。

④ その計画位置は地形、リーフ・エッジからの距離、水深、砕波位置、埋立地開発計画、埋立地侵食状況、既設離岸堤の活用、同既設離岸堤内陸沿いの航路計画、ならびに建設効果と安全性、施工性、事業費等を勘案して設定する。

⑤ 護岸は不連続群堤方式の離岸堤とする。

⑥ 離岸堤は、異形コンクリートブロックとコーラル・ロックから成る透過堤とする。

⑦ 離岸堤の最優先建設区域は、小学校建設予定地の前面に位置し、1987年 4月の高潮で埋立地が内陸深く広範囲に侵食されている区域とする

護岸建設計画の概要は以下のとおりである。

護岸建設計画の主な概要

計画対象地域	マレ島南岸埋立地前面地域
計画護岸長さ	1，520m
護 岸 形 式	透過式不連続群堤方式の離岸堤
護 岸 形 状	異形コンクリートブロックとコーラル・ロックから成る離岸堤： 堤長 100m×天端幅 4.7m×高さ 4m× 2基 堤長 120m×天端幅 4.7m×高さ 4m× 8基

モルディヴ共和国の負担事業の主なものは次のとおりであり、その概算費用は 3万 6千モルディヴルフィア（55万円）である。

－ 既設道路および仮設事務所から建設工事区域までの工事用道路の確保

－ 仮設事務所までの配電設備、電話およびその他の関連設備の設置

モルディヴ共和国の本計画実施担当機関は、公共事業労働局（DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND LABOUR ）である。

モルディヴ共和国の担当機関は、日本のコンサルタントおよび請負業者と密接な連絡、協議を行ない、本護岸建設の一切の工事を円滑に進めるように努力することが肝要である。

日本国政府の負担建設工事の概算費用は、次のとおりである。

PHASE Ⅰ：	4.9億円
PHASE Ⅱ：	7.5億円
PHASE Ⅲ：	9.5億円
合計	21.9億円

また、各PHASE の工事内容は次のとおりである。

(1) PHASE Ⅰ
異形コンクリートブロック製離岸堤（堤長 100m× 2基）の建設

(2) PHASE Ⅱ
異形コンクリートブロックとコーラル・ロックから成る離岸堤（堤長 120m× 2基）および異形コンクリートブロック製離岸堤（堤長 120m× 1基および他の 1基のうち70m分）の建設

(3) PHASE Ⅲ
異形コンクリートブロックとコーラル・ロックから成る離岸堤（堤長 120m× 2基）および異形コンクリートブロック製離岸堤（堤長 120m× 2基および他の 1基のうち50m分）の建設

建設工事期間は、実施設計および入札業務を含めて、交換公文締結後、次の期間とする。

PHASE Ⅰ：	10.0ヶ月
PHASE Ⅱ：	11.5ヶ月
PHASE Ⅲ：	13.0ヶ月
合計	34.5ヶ月

なお、公共事業労働局は、所定期日までにモルディヴ共和国負担工事範囲である仮設資材置場用地を含むすべての建設用地および工事用道路を確保すること、また、仮設事務所用配電設備、電話および他の関連設備をサイトまで無償で準備すること等について責を負う。

本計画の実施により、マレ島の南岸地域の埋立地および都市施設の保全、安定した国土開発計画の推進、人命ならびに財産の保護が可能となり、雇用の増大と市民の生活の安定と向上に大いに寄与することが期待される。

本護岸建設が、日本国政府の無償資金協力によって行なわれる意義は大きく、多大な援助効果が期待されるものである。

序文

地図

写真

要約

目　　次

第１章　緒　　論. 1

第２章　計画の背景. 3
　2-1　護岸施設の現状と護岸事業. 3
　　2-1-1　護岸施設の現状と問題点. 3
　　2-1-2　護岸事業と外国援助. 5
　2-2　関連開発計画の概要. 7
　　2-2-1　国家開発計画. 7
　　2-2-2　関連開発計画の概要と本計画との関係. 8
　2-3　要請の経緯と内容. 11

第３章　計画地の概況. 13
　3-1　一般概況. 13
　3-2　自然条件. 15
　　3-2-1　地質. 15
　　3-2-2　気象. 16
　　3-2-3　海象. 17
　3-3　インフラ状況. 18
　　3-3-1　港湾. 18
　　3-3-2　道路. 18
　　3-3-3　電力. 19
　　3-3-4　上・下水道. 19

第４章　計画の内容. 21
　4-1　目的・内容. 21

4-2　要請内容の検討. 21
4-3　計画概要. 22
4-3-1　実施体制. 22
4-3-2　計画立案のための基本事項. 22
4-3-3　計画の要約. 23

第５章　基本設計. 25
5-1　基本設計方針. 25
5-2　設計条件の検討. 27
5-2-1　設計条件の要約. 27
5-2-2　設計条件. 28
5-3　基本計画. 38
5-3-1　埋立限界計画線. 38
5-3-2　離岸堤建設計画. 40
(1)平面配置計画. 40
(2)断面計画. 57
5-3-3　基本設計図. 61
5-4　施工計画. 81
5-4-1　離岸堤建設上の注意事項. 81
5-4-2　施工法. 81
5-4-3　施工管理計画. 84
5-4-4　資機材調達. 84
5-4-5　実施スケジュール. 88
5-4-6　概算事業費. 90

第６章　事業実施体制. 91
6-1　実施組織. 91
6-2　工事範囲. 92
6-3　維持管理計画. 93

第７章　事業評価. 95
7-1　効果. 95
7-2　妥当性. 96

第８章　結論・提言. 99
8-1　結論. 99
8-2　提言. 99

資　料　編

資　料　Ⅰ．協議議事録 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ Ⅰ－1
資　料　Ⅱ．調査団員名簿 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ Ⅱ－1
資　料　Ⅲ．現地調査の日程 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ Ⅲ－1
資　料　Ⅳ．面談者リスト ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ Ⅳ－1
資　料　Ⅴ．カントリーデータ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ Ⅴ－1
資　料　Ⅵ．地質・気象データ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ Ⅵ－1
資　料　Ⅶ．ハワイ大学潮位観測データ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ Ⅶ－1
資　料　Ⅷ．モルディヴ共和国マレ島および
　　スリ・ランカ国コロンボ港潮位観測データ ・・・・・・・・・・・ Ⅷ－1
資　料　Ⅸ．コーラル・ロック単位体積重量および一軸圧縮強度試験データ・・ Ⅸ－1
資　料　Ⅹ．汀線および深浅測量データ．・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ Ⅹ－1
資　料　ⅩⅠ．痕跡調査データ（１９８７年４月高潮災害時） ・・・・・・・・・ⅩⅠ－1
資　料　ⅩⅡ．波浪打上げ高推計調査データ（１９８７年４月高潮災害時） ・・ⅩⅡ－1
資　料　ⅩⅢ．モルディヴ共和国負担事業費内訳 ・・・・・・・・・・・・・・・ⅩⅢ－1
資　料　ⅩⅣ．収集リスト ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ⅩⅣ－1

基本設計図目録

1．離岸堤一般配置図　(GENERAL LAYOUT OF DETACHED BREAKWATER)

2．離岸堤全体平面図　(GENERAL PLAN OF DETACHED BREAKWATER)

3．区域Ⅰ　平面図　(ZONE Ⅰ　PLAN)

4．区域Ⅰ　断面図　(ZONE Ⅰ　SECTION)

5．区域Ⅱ　平面図　(ZONEⅡ　PLAN)

6．区域Ⅱ　断面図 (1/2)　(ZONEⅡ　SECTION　(1/2))

7．区域Ⅱ　断面図 (2/2)　(ZONEⅡ　SECTION　(2/2))

8．区域Ⅲ　平面図　(ZONEⅢ　PLAN)

9．区域Ⅲ　断面図　(ZONEⅢ　SECTION)

図　表　目　録

第２章

図　２－１　「モ」国政府組織図および公共事業労働局の位置付け
図　２－２　埋立地開発計画図

第５章

図　５－　１　高さ関係図
図　５－　２　リーフ岸端での水位上昇量
図　５－　３　AREA CODE
図　５－　４　人工リーフによる波高伝達率
図　５－　５　埋立限界計画線と離岸堤の関係図
図　５－　６　透過率の算定図
図　５－　７　各ケースの平面配置図
図　５－　８　離岸堤背後の波高分布（単堤 CASE-A13）
図　５－　９　離岸堤背後の波高分布（群堤 CASE-B03）
図　５－１０　離岸堤背後の波高分布（群堤 CASE-B43）
図　５－１１　越波量の計算図表
図　５－１２　南岸離岸堤建設地域および平面配置図
図　５－１３　防波堤開口部からの回折図
図　５－１４　異常潮位時における区域ⅡおよびⅢの開口部からの回折波高図
図　５－１５　通常時における区域ⅡおよびⅢの開口部からの回折波高図
図　５－１６　離岸堤標準断面図（区域ⅠおよびⅢ）
図　５－１７　離岸堤標準断面図（区域Ⅱ）
図　５－１８　離岸堤標準断面図（区域Ⅱ，誘導点No.12,16付近）
表　５－　１　痕跡調査結果一覧表
表　５－　２　WAVE HEIGHT
表　５－　３　各ケースの比較表
表　５－　４　実施スケジュール

第６章

表　６－　１　新維持管理業務分担

資　料　Ⅵ

図Ａ　６－１　ボーリング位置図
図Ａ　６－２　地質縦断図Ａ－Ａ
図Ａ　６－３　地質縦断図Ｂ－Ｂ

資　料　Ⅷ

図Ａ　８－１　験潮器設置位置図　（コロンボ港）
図Ａ　８－２　験潮器設置位置図　（マレ島）
図Ａ　８－３　マレ島潮位曲線　（1/2）
図Ａ　８－４　マレ島潮位曲線　（2/2）
図Ａ　８－５　コロンボ港潮位曲線（1/2）
図Ａ　８－６　コロンボ港潮位曲線（2/2）
図Ａ　８－７　潮位曲線比較　（1/2）
図Ａ　８－８　潮位曲線比較　（2/2）
表Ａ　８－１　潮高比および潮時差
表Ａ　８－２　潮位の平均値および標準偏差
表Ａ　８－３　調和分解結果［マレ（1/2）］
表Ａ　８－４　調和分解結果［マレ（2/2）］
表Ａ　８－５　調和分解結果［コロンボ（1/2）］
表Ａ　８－６　調和分解結果［コロンボ（2/2）］
表Ａ　８－７　主要四分潮の半潮差比較一覧表
表Ａ　８－８　コロンボ港月平均潮位一覧表
表Ａ　８－９　主要四分潮の半潮差と遅角一覧表

資　料　Ⅹ

図Ａ１０－１　調査位置図
図Ａ１０－２　誘導点設置位置図
図Ａ１０－３　音響測深記録図
図Ａ１０－４　水準測量路線図
図Ａ１０－５　等深線図
図Ａ１０－６　水準測量結果関係図

図Ａ１０－７　仮B.M.付近案内図
表Ａ１０－１　主な使用機器リスト
表Ａ１０－２　水準測量成果一覧表

資　料　ＸＩ

図Ａ１１－１　痕跡調査位置図
表Ａ１１－１　主な使用機器リスト
表Ａ１１－２　調査結果一覧表

資　料　ＸⅡ

図Ａ１２－１　波浪打上げ高推計調査位置図
図Ａ１２－２　波浪打上げ高推計調査模式図
表Ａ１２－１　主な使用機器リスト
表Ａ１２－２　調査結果一覧表

略　　語

ADB	Asian Development Bank (アジア開発銀行)
BM	Bench Mark (ベンチマーク)
DL	Datum Level (基準面)
EEC	European Economic Community (欧州経済共同体)
E／N	Exchange of Notes (交換公文)
FAO	Food and Agriculture Organization (食糧農業機構)
FEP	Flexible Electric Pipe (波付硬質ポリエチレン管)
GDP	Gross Domestic Product (国内総生産)
GNP	Gross National Product (国民総生産)
HHWL	Highest High Water Level (最高高潮位)
JICA	Japan International Cooperation Agency (国際協力事業団)
JIS	Japan Industrial Standard (日本工業規格)
JOCV	Japan Overseas Cooperation Volunteers (青年海外協力隊)
KFW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (西ドイツ復興金融金庫)
MSL	Mean Sea Level (平均潮位)
OPPD	Office for Physical Planning and Design (実施計画設計局)
PVC	Poly-vinyl Chloride (ポリ塩化ビニール)
SFD	Saudi Fund for Development (サウディ・アラビア開発基金)
UNCDF	United Nations Capital Development Fund (国連資本開発基金)

第1章　緒　　論

第1章 緒　論

環礁から成る国の大きな特徴の１つは、点在する多くの島を統合して国家を形成していることであり、必然的に主島と幾つかの副島に政治、経済的な機能が集中することになる。これは主要島の過密化と離島の過疎化を意味する。

モルディヴ共和国（以下「モ」国と呼称する）も、まさにその特徴を有する。首都のあるマレ島では、離島からの移住を極力減少させるよう努力しているが、就労の機会等を求めての短期滞在者の流入ならびに自然増により、人口は過密状態となっている。
このため、「モ」国はマレ島南岸地域のリーフを1979年より埋め立てて、住宅用地および小学校、発電所、港湾施設等の公共用地の確保に努めている。

マレ島南岸地域における現状の護岸施設としては、東端区域に珊瑚石をしっくいで固めた長さ約 100m、高さ約 1.5～ 2.0mのかなり老朽化した護岸と、東端部より西側へ約 500～ 600mの位置から約 600mの区間に水深の浅いリーフ部の珊瑚岩盤を発破して採取したコーラル・ロック（約 0.3～ 3ton/個）を外海側に積み上げた離岸堤（高さ約 2～ 3m）があるが、それらはいずれも高潮、高波の被害を受け、コーラル・ロックがかなり散乱している。南岸のその他の区域には護岸も離岸堤もない。
地形的にも埋立地が平均海面上約 1mと低く、さらにほぼ平坦であることから、南岸地域を高潮、高波から安全に守ることは現状では困難となっている。

1987年 4月には、高潮が「モ」国の全島を襲い、特にマレ島南岸地域は、上記のような護岸事情から、埋立地が広範囲に侵食され、護岸・民家等の各種施設に損傷・流出などの被害を受けた。同地域で計画が進められているマレ島の重要施設である小学校および発電所の建設予定地も数日間にわったって冠水するなどの被害を受けた。

上記のごとく、護岸施設が都市施設を守る基盤として市民の生命と財産の保全、首都としての機能の確保、ならびに安定的な都市開発事業の推進等を図る上で重要な役割を果すものであるとの観点からすれば、既設の護岸は、その規模、質ともにきわめて不十分であると言わざるを得ない。したがって、本護岸建設計画はこうした現状に鑑み、極めて緊急を要するものであるといえよう。
マレ島南岸護岸建設計画は、本年の高潮災害以来、「モ」国でも緊急に整備する必要性が強く認識され、日本およびオランダ国が派遣した国際緊急援助隊からも、「モ」国政府に対し本格的な護岸施設を早急に建設することが望ましい旨勧告されている。

このような背景のもとに、「モ」国は、マレ島南岸地域の護岸問題を解決するために、護岸施設の建設を内容とする無償資金協力を日本国政府に要請してきた。

これに対し、日本国政府は、本計画に関する基本設計調査の実施を決定し、これを受けて国際協力事業団は、建設省土木研究所　河川部海岸研究室長　宇多高明工学博士を団長とする基本設計調査団（資料Ⅱ参照）を、1987年 7月30日から 8月21日まで「モ」国等に派遣した。

この調査の目的は、「モ」国より要請のあったマレ島南岸護岸建設について、現状を的確に把握し、その計画の妥当性、援助効果などを検討することにあった。

今回の調査では、潮位観測、計画地域の汀線・深浅測量、横断測量、高潮痕跡調査ならびに波浪打上げ高推計調査などを実施した。

調査団は、「モ」国政府関係者と要請の背景、目的等について十分な協議と現地調査を行なった。協議の結果は、資料Ⅰ協議議事録として巻末に添付されている。

調査団は帰国後、埋立地の現状、既設護岸施設の実情、維持管理の実態、関連事業計画との関係ならびに協力の妥当性、内容および規模に留意しながら、ここにマレ島南岸護岸建設計画基本設計調査報告書を作成した。

第２章　計画の背景

第2章　計画の背景

2－1　護岸施設の現状と護岸事業

2－1－1　護岸施設の現状と問題点

マレ島全体の既設護岸は、近年建設された北側の港湾岸壁のごく一部分を除き、かなり老朽化している。その現状と問題点は以下のとおりである。

(1) 南岸地域

- 珊瑚石をしっくいで固めた古い護岸が東端区域に約100 m程度あるのみで、その他の区域に護岸はない。
- 上記護岸の両端部は高波によって破損し、その被害は年々拡大しつつあると推測される。
- また、基盤からの護岸高さが約 1.5～ 2.0mと低く、荒天時にはかなりの越波量があるものと推定される。
- 東端部より西側へ約 500～600 mの位置から延長約600mにわたってコーラル・ロック（約 0.5～ 3 ton／個）製の既設離岸堤（基盤からの高さ約 2～ 3m）があるが、その他の区域にはない。なお、その離岸堤は汀線より約30～50m沖合いの位置にある。
- 既設離岸堤は、かなりの消波効果を発揮しているが、全体に破損およびロックの散乱が認められ、特に、東側寄りでその破損が著しく、長年月にわたってその耐久性を維持することは困難である。

(2) 東岸地域

- 全長にわたり、珊瑚石をしっくいで固め、表面を厚さ 5～10cm程度のコンクリートで被覆した古い護岸（天端幅約 1.5m、基盤からの高さ約 1.5m）がある。
- この表面の被覆コンクリートや基部にかなりの破損が認められ、その耐久性および安全性に問題がある。

(3) 西岸地域

- 港湾地域を除き護岸構造は東岸とほぼ同様であり、局所的に表面の被覆コンクリートの破損が認められる。
- 護岸の基部にも破損が多く見られ、その耐久性および安全性に問題がある。

(4) 北岸地域

- 大統領府、外務省等の前面周環道路沿いの大部分は岸壁となっており、その構造は珊瑚石を積み上げ、表面をコンクリートで被覆したものである。前面水深は約 0.5 ～ 1.5mである。この岸壁もかなりの区間にわたりその基部に破損が認められる。

- 既設岸壁の前面のリーフ・エッジ付近には、コーラル・ロックを積み上げその表面をコンクリートで被覆した防波堤が建設されているが、かなり老朽化しており破損も著しく、特に西岸寄りの防波堤はわずかに原形をとどめる程度の区間が数十メートルも続いている。堤体幅は約 1.5m、基盤からの高さは約 3～ 4mである。その耐久性、安全性にはかなりの問題がある。

2－1－2　護岸事業と外国援助

(1) 護岸事業

護岸施設の維持管理は、「モ」国の公共事業労働局が主体となって実施することになっている。「モ」国政府組織における同局の位置付けを図２－１に示す。

しかしながら、その実態としては、護岸天端の簡易な補修程度しか行なわれておらず、護岸施設の計画的な維持管理は行なわれていない。

また、今後の具体的な護岸事業計画も未だ策定されていない。

(2) 外国援助

護岸事業そのものに対する「モ」国の計画が未策定であり、護岸事業のための外国援助は今のところ具体化されていない。

しかしながら、1987年 4月の高潮被害に関連する諸外国の調査としては以下のものがある。

a) マレ島および空港島被害に対する日本調査団（国際緊急援助隊）派遣（報告書提出済）
b) マレ島および空港島被害に対するオランダ調査団派遣（報告書提出済）
c) ＦＡＯの緊急援助資金による調査団派遣
d) 空港島被害に対するインド調査団派遣
e) 　　同上　　イギリス調査団派遣

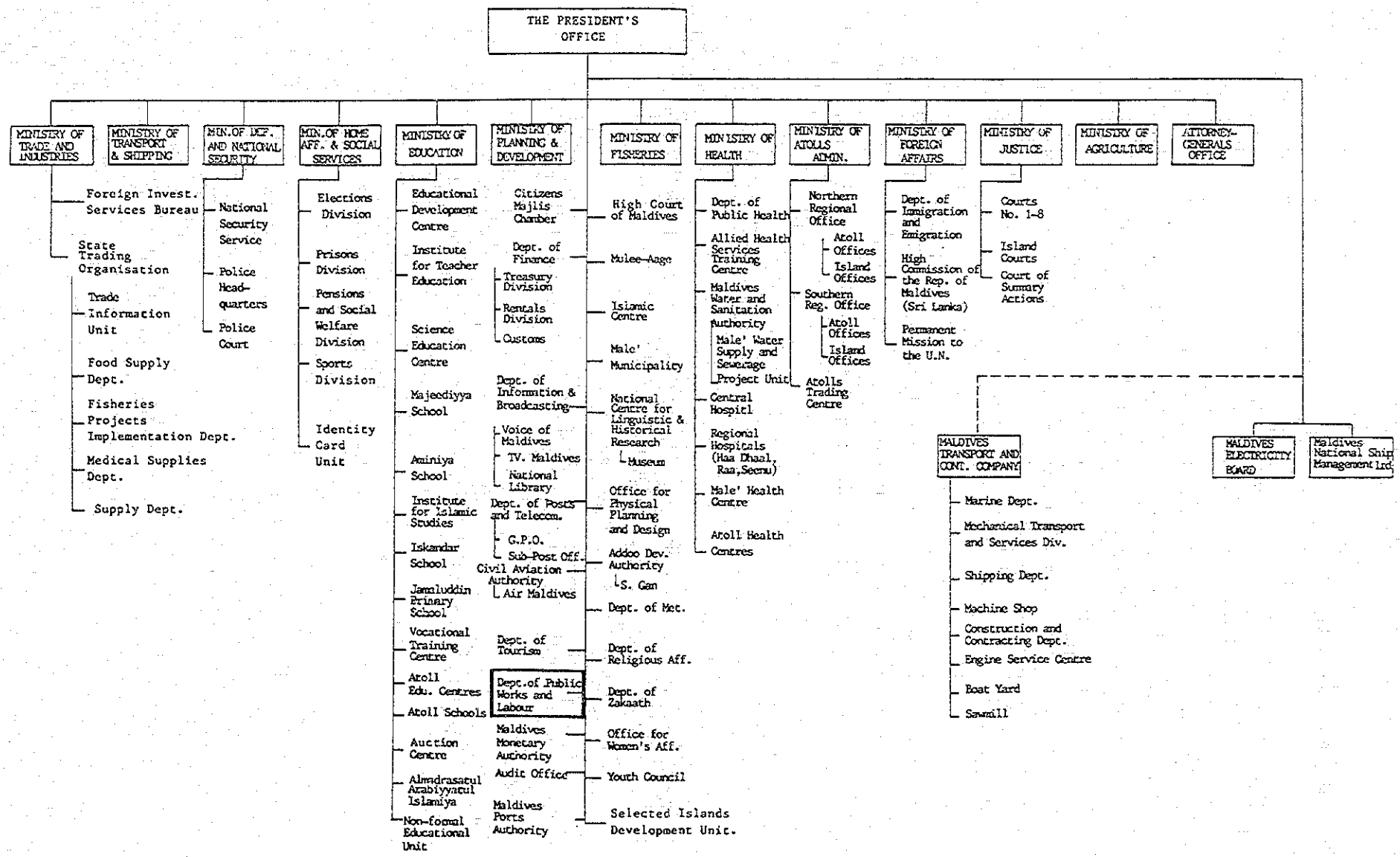


図　2－1　「モ」国政府組織図および公共事業労働局の位置付け

APPROVED —/1987

2－2　関連開発計画の概要

2-2-1　国家開発計画

現ガユーム政権は、「モ」国全体の経済的、社会的発展を促すための一貫した戦略を策定することを目的として、1978年に国家計画庁（NationalPlanning Agency）を設置した。同庁は、1982年に計画開発省(Ministry of Planning and Development)と改名し、「モ」国における最初の３ケ年（1985～1987）国家開発計画を策定した。

この計画書は、２巻より成り、第１巻第１部において経済社会開発のマクロ的な展望を、また第１巻第２部において、部門別の展望をより詳細に記述している。第２巻には、1985年から1987年までの３年間の開発プロジェクトの詳細が記されている。この計画書の中には以下に示した長期目標および重点政策がうたわれている。

長期目標

1．国民の生活水準の向上
2．人口密度と経済社会発展に関し、マレ島とその他の地方環礁間での不均衡是正
3．将来の発展のための自国依存度増強の達成

重点政策

1．生産および輸出促進
2．健康改善
3．教育訓練のレベル向上
4．地方環礁の開発
5．マレ島の改善
6．環境保全

2-2-2　関連開発計画の概要と本計画との関係

(1) 埋立地開発計画

マレ島南岸地域の埋立事業は、住宅、学校、病院、発電所、港湾施設およびその他の公共施設建設用地を確保するために、1979年より開始され、現在までに北岸地域のマレ港拡張工事の浚渫土砂等を用いて、約百万平方メートルの敷地が造成された。

ＯＰＰＤは、大統領府の指導のもとにその埋立地開発計画図（図２－２参照）を作成した。「モ」国の各関係省庁は、同計画に基づいて個々の所轄プロジェクトを推進している。

(2) 島しょ間交通および漁船用港湾建設計画（Inter-Island harbour建設計画）

この計画は、1986年からＵＮＣＤＦの資金援助により、マレ島南西岸に以下の目的を持つ港湾を建設するプロジェクトである。

- 北岸マレ港を商業港として将来拡張することを見越しての、漁船を対象とする代替漁港の建設
- 島しょ間交易の促進
- マレ島漁民用のより良い上陸施設の建設

現在、深浅測量を終え、計画を策定中である。

この計画対象地域は、本計画対象地域と隣接し、かつ、双方とも海岸施設であるため、相互に十分整合を図る必要がある。

現地調査期間中に、この港湾建設計画について「モ」国に確認した結果、その計画対象地域が、本計画対象地域と一部重複することが判明した。しかしながら、工程的に本計画の方が早期実施となるため、本基本設計調査報告書の内容を「モ」国の港湾建設設計に反映する形で本計画との整合を図るものとする。

(3) ゴミ処理場建設計画

この計画はマレ島南岸東端リーフ上に、ゴミ処理・処分場を建設するプロジェクトであり、その目的は、以下のとおりである。

- マレ島で収集したゴミを処理する。
- マレ島の清潔化を図る。
- ゴミの再利用を図る。

現在、外国資金援助の目途がついておらず、未だ計画は具体化されていない。

当ゴミ処理・処分場は、本計画対象地域内のリーフ・エッジ付近に計画されており、海岸工学的に立地不可能であるため、本計画の検討結果に基づき、計画位置の変更を「モ」国に提示する。

(4) 発電所建設計画

この計画は、マレ島の急速な電力需要の増大に対処するため、1991/1992 年を目標年次として、マレ島南岸東端の埋立地に、ＡＤＢの資金援助により４ＭＷのディーゼル発電所（２×２ＭＷ）を建設し、更に、配電系統も新設、整備するプロジェクトである。

現在、ＡＤＢと資金借入について交渉中であり、1987年末設計開始、1988年末工事着工の予定で計画が進行中である。本発電所の建設位置が、高潮災害を受け易い場所にあるため、本計画の検討結果に基づき、その建設位置について若干の変更を「モ」国に提示するものとする。

(5) マレ島上下水道建設計画

この計画は、1985年からＫＦＷ、ＥＥＣ、ＳＦＤの資金援助により、マレ全島の飲料水給水施設と汚水排水施設を建設し、飲料水の確保と伝染病発生および幼児死亡率の減少を図るプロジェクトである。

現在、汚水排水管埋設工事が施工中であり、60% 程度の完工率で、1988年 5月の竣工予定である。

本計画調査対象地域のうち、南岸東部の埋立地の排水については、(1) の埋立地開発計画に基づいて行なわれつつあるが、高潮によって侵食被害を受けた区域については、「モ」国が本基本設計調査報告書に示された埋立限界計画線に基づいて、排水管路網詳細設計を行ない、本計画との整合を図るものとする。

(6) 海水淡水化プラント建設計画

この計画は、デンマーク国の無償資金援助により、1,000ton/ 日と200ton/ 日の海水淡水化プラントを各１基ずつ建設するプロジェクトである。1,000ton/ 日のプラントは(4) の発電所の廃熱を有効利用する計画となっている。当プラントへの海水取水管が本離岸堤と重なる可能性があるが、本計画が先行するので、本基本設計調査報告書の内容をプラント設計に反映する形で整合を図るものとする。

DEVELOPMENT PROPOSALS FOR MALÉ RECLAMATION

on information provided by the President's office)

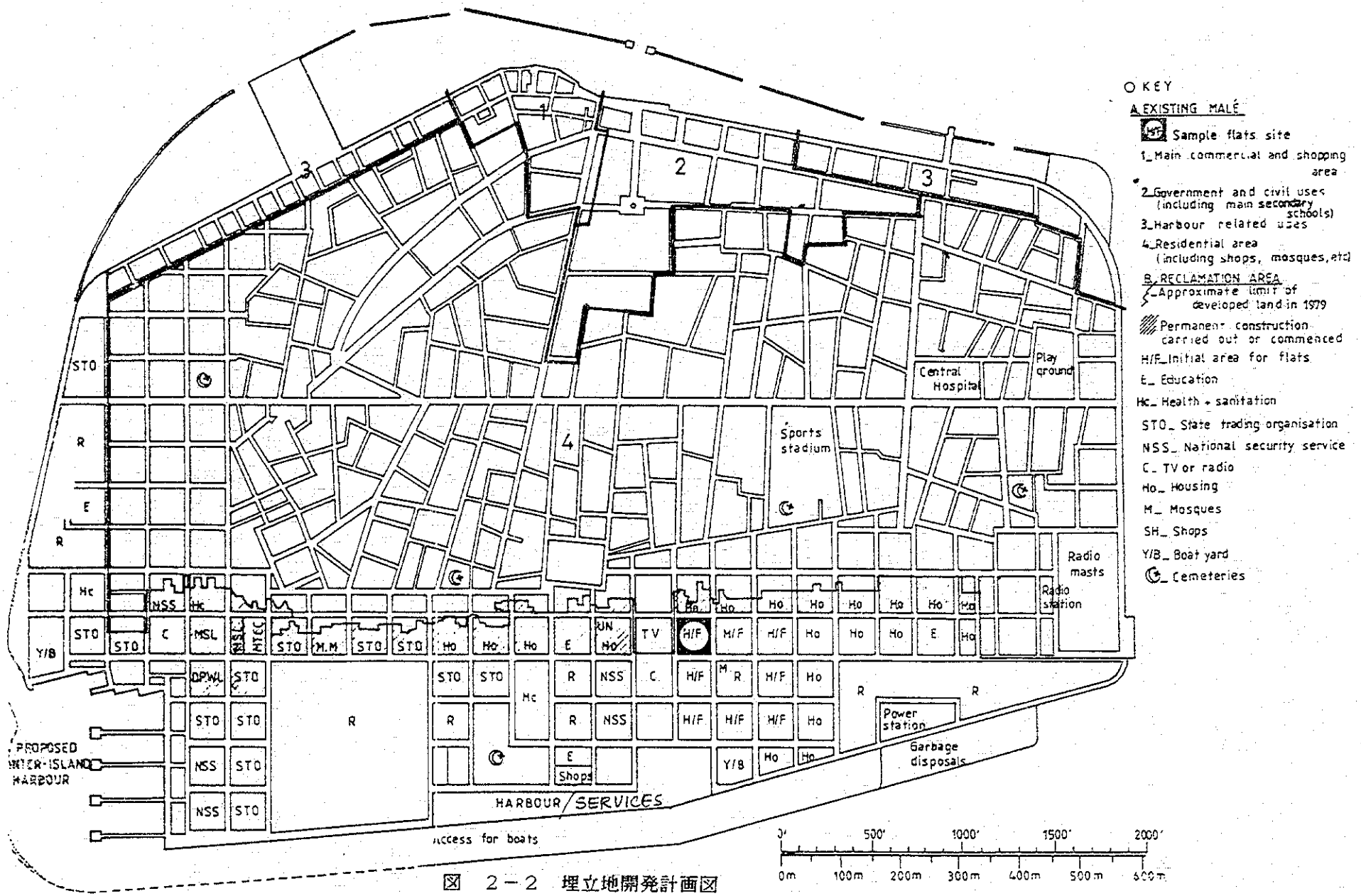


図 2－2 埋立地開発計画図

2－3　要請の経緯と内容

1987年 4月10日から15日にかけて、異常潮位による高潮が「モ」国の全島を襲い、護岸、民家、空港等の各種施設に損傷・流失などの被害が生じた。特に、人口・施設が集中している首都のあるマレ島の南岸の被害が大きく、近年、公共事業労働局が実施してきた大規模埋立地の土砂約36万m^3 の流失は、「モ」国の開発計画に重大な障害を与える結果となった。

また、空港のあるフルレ島の被害も顕著であり、「モ」国全体で被害総額が約 600万米ドル以上に達したといわれている。

日本国政策は「モ」国政府の要請に基づき、同年 4月24日から 5月 2日まで国際緊急援助隊を派遣し、被害状況調査および医薬品等の供与を行なうとともに、同援助隊より同国政府に対し、マレ島南岸地域に本格的な護岸施設を早急に建設することが望ましいとの勧告を行なった。

このような背景のもとに、「モ」国政府は、マレ島南岸地域の護岸建設に関し、日本国政府に無償資金協力を要請してきたものである。

日本国政府は当該要請を検討することを決定し、これを受けて国際協力事業団は、建設省土木研究所　河川部海岸研究室長　宇多高明工学博士を団長とする基本設計調査団を1987年 7月30日から 8月21日まで、現地、スリ・ランカ、シンガポールに派遣した。

第３章　計画地の概況

第３章　計画地の概況

３－１　一般概況

「モ」国は、インド洋上の中央北部、東西約 120 km、南北約 750 kmの間の約90,000 km²の海域にわたって点在し、19の環礁を形成する約1,200 の珊瑚礁の島より成る国である。「モ」国政府発表によれば、国土総面積は298km²、居住者のいる島は 202、残りは無人島である。

モルディヴ諸島は概して平坦で、海抜 2.5m を越えるような陸地は少ない。それぞれの島の周囲に発達した珊瑚礁は、波に対する自然の防壁となっている。

「モ」国の首都であり最大の人口を抱えるマレ島は、北マレ環礁南端に位置しており、その大きさは長径約 1.6 km、短径約1.2kmである。

1986年の推定総人口は 191,993人で、その約25% にあたる50,462人が政治、経済の中心地であるマレに集中している。1977年から1985年の間のマレ島における年平均人口増加率は、 6.2% にも達していた。現在、マレ市当局が人口増加抑制に努めているため、計画開発省は最新予測人口増加率が年平均4.2%から2.1%に漸減するとの見通しを立てている。

モルディヴはイギリスの保護領ののち1965年 7月に独立し、直ちに（1965年 9月）国際連合に加盟し、 114番目の加盟国になるとともに、1968年には、国民投票が実施され、80% 以上の賛成を得て王制が廃止されモルディヴ共和国となった。「モ」国の社会構造は単一宗教を持った単一民族から成っており、社会的には安定している。

経済状況については、国内総生産(GDP) が1985年時点で 6億8,300 万ルフィア（ 9,620万ドル）、１人当り 530ドルの水準にある。

産業構造は、漁業、観光業、海運業を三本柱とし、その他、農業、伝統産業、近代産業より構成されている。漁業は、1985年時点で国内総生産の24% 、就業者数の36% を占め、輸出においても輸出総額の68% に達している。観光業は、1985年時点で国内総生産の16% を占め、観光関係の税収は、税収総額の22% となっている。年間の観光客数は、114,600 人であり、近年、日本からの観光客数も増大している。海運業は、国内総生産の24% にも相当する額を輸出しており、「モ」国の経済に与える影響力は大である。農業は、耕地面積が不足しており国内総生産の10% を占めるにとどまっている。伝統的産業としては、造船（木造）および手工芸が主であり、近代的産業としては、食料生産、まぐろ缶詰生産、雲母加工、編物・縫製、ＰＶＣ管生産等の工場がある。以上からわかるとおり、「モ」国の経済は、海外市場の好不況に大きく影響を受ける産業構造となっている。

財政面では、1985年実績で歳入が国民総生産の20% にあたり、このうち44% が国有会社収入と資産収入であり、56% が税収入となっている。また、歳出は、国民総生産の29% に達し、国内収支は赤字である。歳出のうち国内歳入を越える額は、海外融資および援助により補填されている。1984年末の累積債務は8,800 万ドルに達している。

3－2　自然条件

3-2-1　地　　質

(1) 概要

地質学的には、モルディヴ諸島は、環礁に分類される。

既往の調査資料によると、マレ島内陸部の地質は、盛土、礫混じり砂、細砂、有機質シルト、風化礁性珊瑚、礁性珊瑚からなっている。また、地下水位は、平均地表面下0.6 ～1.0 mの所にあって、この地下水は、地中に浸透する雨水、周辺の海岸より透過流入する海水の量および揚水量とがバランスする状態で珊瑚礁特有のレンズ状をした形で滞水しているものと思われる。

現在、下水道工事を行っている業者は、この地下水を工事用水として使用しているが、最近は、降雨量が少なく工事用水が不足がちとなっている。

本計画に必要な工事用水は、コンクリート練り混ぜ水と異形コンクリートブロック養生水等のために期間約22ケ月で約 6,500～7,000m^3 にのぼると予測される。もし、本工事用水にマレ島の地下水を使用した場合、その需給バランスが大幅に需要側に崩れ、その結果として、地下水の塩水化が進み住民の生活に重大な障害を生ずるとともに、環境を破壊する危険性が大きいと予測される。したがって、工事用水は簡易な海水淡水化装置を用いて確保すべきである。

なお、南岸埋立地の地盤高は水準測量および潮位観測結果より、平均海面上約0.7 ～ 1.0mである。

(2) 離岸堤建設予定位置の珊瑚質石灰岩の支持地盤としての評価

離岸堤建設予定位置はリーフ・エッジから約30～50m内陸側にあって、この付近には珊瑚質石灰岩が露出している。

既設離岸堤は、この珊瑚質石灰岩盤を掘削し、その破砕岩を積み上げて築造したものであり、その石灰岩のサンプルを持ち帰り、試験を行なった結果、一軸圧縮強度は、 318～482kg/cm^2 、単位体積重量は、2.28～2.41g/cm^3 となっている。

このことから、この石灰岩は準硬岩に属するといえる。

また、その掘削深さは約４～６ｍであり、目視観察によると、掘削底面まで石灰岩であると判断される。

以上から、離岸堤基盤となるリーフを形成している石灰岩は、かなりの厚さを有しているものと考えられ、離岸堤の荷重が５t/m^2 前後と小さいことを考慮すれば、この石灰岩は、基盤としてその地耐力を十分有しているとともに、波浪による侵食、洗掘にも十分耐えられるものと判断できる。

3-2-2 気　象

「モ」国の気候は、熱帯性気候に属しており高温多湿である。１年は２つのモンスーン期に分けられ、５月～１０月が南西モンスーン期で雨量が多く、１２月～３月が北東モンスーン期で雨は少ない。年間雨量は約 2,000mmである。

気温は最低で約25℃、最高で約32℃で、年間を通じて気温の差は小さい。湿度は、年平均79～86%と高い。

以下に、1967～1986年（20年間）のマレの各月の平均の気温、風速、降雨量のデータを示す。

	気　温（℃）		風　速（ノット）	降雨量（mm）
	最高	最低		
1月	29.7	25.5	10.4	65.9
2月	30.1	25.7	8.7	57.6
3月	30.9	26.0	7.0	88.8
4月	31.4	26.4	7.7	125.5
5月	30.9	26.3	10.3	228.1
6月	30.5	25.9	10.0	157.2
7月	30.4	25.7	9.6	170.1
8月	30.1	25.6	9.0	191.6
9月	30.0	25.3	10.5	230.3
10月	30.0	25.3	9.8	227.8
11月	30.0	25.3	8.8	199.3
12月	29.7	25.2	9.4	221.8
平均	29.5	25.7	9.3	163.7

出典：SOME METEOROLOGICAL DATA, 1966～1986
NATIONAL METEOROLOGICAL CENTRE
Department of Meteorology,Male',REPUBLIC OF MALDIVES

3-2-3 海　象

(1) 海流、潮流

既往資料によれば、マレ島付近では、海水の流れは潮流によるよりもモンスーンの風による影響がはるかに大きいようである。

マレ島の東方の水道内では、南のワドゥ水道からの流れが入り込む。北東モンスーン期間中は、この海流の分流はこの水道を通って北西方向へ流れている。この流れは、マレ島とその北のフナドゥ島との間で西方へ向きを変える。

1972年 2月に実施された英国海軍測量艦の観測によれば、この流れは満潮時の1時間半前に始まり、干潮時の 1時間半前まで流れ、マレ島の防波堤の北方ではほぼ満潮時に最強流速 2.5～3 ノットに達し、その北側にそって強く流れるという。北東モンスーン期間中、マレ港付近で強い流れを観測したという。

南西モンスーン期間中、この海流の分流はマレ島の西方の島の南側の水道を経て北マレ礁湖内に流入し主としてマレ島西側の水道およびマレ島とフナドゥ島との間の水道を経て南方へ流れ、ワドゥ水道に流出する。

(2) 潮位

調査団がマレ港内で観測した潮位記録の解析結果に基づき、基本水準面(DL)を、平均水面下0.51mと設定した。また、同潮位観測期間中の最高潮位と最低潮位は以下のとおりであった。

最高潮位　　DL＋ 0.94 m

最低潮位　　DL－ 0.18 m

なお、詳細を資料Ⅷに示す。

(3) 波浪

現地調査で得られたマレ島における波浪観測データは、以下のとおりである。

1) 現地調査期間中のリーフ・エッジにおける砕波波高は約 1.5mで、その周期は約10～11秒であった。

2) 現地における聞き取り調査から、以下のことが確認された。

a) 北東モンスーン期の波浪は主に北東から来襲し、マレ島南岸は比較的穏やかである。

b) 南西モンスーン期には、マレ島南岸の波高は高くなる。

3－3　インフラ状況

3－3－1　港　　湾

「モ」国における貨物の輸出入はそのほとんどを海運に依存しており、その取り扱いはマレ港のみで行なわれている。

マレ港には水深の深い岸壁がないため大型外航船は接岸できず、漁船、国内輸送船、観光船および珊瑚の採取船などの小型船のみが入港している。小型船の修理作業、給油作業などを行なう場所も、長さ約 1,350mの岸壁の一部のみが使用可能という状態であり、マレ港の能力は低い。

このため、外航船はマレ港周辺のリーフ（珊瑚礁）の外側、比較的水深の深い礁湖に停泊し、そこから島まで貨物はタグボートと台船で運ぶこととなるが、多大な時間と手間がかかり、マレ港は改善の必要に迫られている。

同港には、 240ps と 165psの能力を有するタグボートがそれぞれ１隻と、50～150tonクラスの台船が計13隻ある。

また、荷役用クレーン（トラッククレーン）の吊上げ能力は、最大 25 ton と小さい。

「モ」国は、マレ港の将来拡張と島しょ間交易の促進等を見越して、1986年からＵＮＣＤＦの資金援助によりマレ島南西岸に漁船用港湾建設のプロジェクトを発足させ、目下その詳細設計作業を行なっている。

3－3－2　道　　路

マレ島内の道路は珊瑚石や珊瑚砂を単に敷きつめて作られたものがほとんどで、主要幹線道路のほんの一部がコンクリートで舗装されているにすぎない。幅員は12～35フィート（約3.6 ～10m ）と種々であるが、大部分の道路は狭く、複雑に交差しているうえ一方通行道路が多いため、大型車の通行できる範囲はかなり限定されている。

また、道路には側溝等の排水設備がまったくなく、さらに路面は不陸が多いうえ地下水位や道路材の関係から地下浸透能力が低いため、降雨後には道路のいたるところに水たまりができるなど、道路事情は悪い。

当工事用の資機材をマレ港から陸上げした場合には、工事現場まで、港湾沿いの道路と島の東側の道路を利用して運搬する以外にないと思われるが、その道路事情から判断して、この方法は困難であると考えられる。

したがって、当工事用資機材は、外航船から台船等により南岸の工事現場に直接運び、そこで臨時の税関検査および荷役作業等が実施できるよう、仮設桟橋を設置

する方法を採用する。

この方法の採用については、現地調査時の協議で「モ」国側の了承を取付けずみである。

3-3-3 電　力

首都マレとフルレ島にある国際空港への電力供給は電力庁の管轄下にあって、マレ島にある 3.2MWのディーゼル発電設備と、国際空港専用の1MWのディーゼル発電設備により供給されている。観光島を含むその他の島では、それぞれ自家発電設備を設置して電力を供給している。

マレ島内には13ヵ所の変電所があって、そのうち№ 1～№ 8までの変電所では 3.3kvを単相 230V に降圧して給電しているのに対し、№ 9～№13までの変電所では、11 kv を三相四線式400/230Vに降圧して給電を行なっている。なお、周波数は50Hzである。

マレ島における電力消費量は、1975～1980年間で年平均 7.7% の増加を示しており、需要は製造業用、商業用を中心に増加の一途をたどっている。しかしながら、需要に対する対応は不十分で、発電容量の不足により午後 6時30分から10時まで空調機器等の使用を禁止している状況である。電力庁は、現在ＡＤＢ援助により4 MWの発電所および送配電網の整備を計画している。

なお、電力庁は 1.5ケ月分程度の発電に必要な燃料（25,000ガロン）を備蓄しているとのことである。

3-3-4 上・下水道

水を原因とする伝染病の撲滅が重要な課題である「モ」国にとって、上下水道施設の整備、安全な飲料水供給の確保は急務である。マレ島には、公共上水道はなく、飲料用には雨水が利用され、各家庭に雨水タンクの設置が義務づけられている。雑用水には地下水が多く利用されている。

現在、マレ島内ではＫＦＷ、ＥＥＣ、ＳＦＤの資金によって西ドイツ建設業者により、下水排水管路網の建設が進められており、1988年には完成する予定である。

第４章　計画の内容

第4章　計画の内容

4－1　目的・内容

1987年 4月の高潮によるマレ島をはじめとする「モ」国での被害は、同国の高潮、高波に対する地勢上の脆弱性を如実に物語っている。

2-1項で述べたように、既設護岸施設には問題が多く、この状況を放置した場合、国民の基本的な日常生活すらも維持することが困難となりかねない。本計画は、首都機能の集中しているマレ島南岸の護岸施設を建設することによって、同島の高潮、高波による被害を軽減するとともに、伝染病発生等の二次災害を防ぎ、住民の安全はもとより、「モ」国の首都としての機能の確保と安定的な発展を補助することを目的としている。

同国のような地盤の低い国家にとっては、高潮、高波は重要な都市機能、住民の生命および財産に危害を及ぼすという深刻な脅威となっている。本護岸建設計画は、「モ」国の中心地であるマレ島の都市機能の確保、住民の生命と財産の保全、ならびに同島の発展と民政の安定に大きく貢献するものである。

4－2　要請内容の検討

「モ」国要請書の内容は、1987年 4月に発生した異常な高潮で災害を受けたマレ島の護岸建設となっているが、その詳細内容については、特に言及されていない。

本調査団は、既設護岸施設の現況、「モ」国からの要請内容の確認と協議、現地収集資料、情報等に基づいて調査検討した結果、マレ島南岸地域に次に示すような施設を建設することが適切であると判断した。その概要は以下の(1) ～(5) に記述するとおりである。なお、現地調査時に、護岸建設計画案（協議議事録のANNEX2-1,2-2参照）を「モ」国に提示し、技術・維持・管理等の事項について協議を行なった。また、本調査団は、建設計画案の策定にあたり、その緊急性、効果と安全性、施工性、経済性の観点からの検討を加えただけでなく、関連施設計画（日本国無償資金プロジェクトの小学校建設計画、ＡＤＢ資金プロジェクトの発電所建設計画、港湾建設計画他）ならびに既設離岸堤などとの整合性を十分勘案した。

(1) 計画対象地域は、マレ島南岸 1.52kmの区間（東端地域より西端の港湾建設計画地域まで）とする。

(2) 保全施設は、リーフ上に計画され、堤長 100mまたは 120m、開口幅40mの諸元を有する不連続群堤方式の離岸堤とする。

(3) 離岸堤は、異形コンクリートブロックとコーラル・ロックから成る透過堤とする。

(4) 離岸堤の計画位置は、地形、リーフ・エッジからの距離、水深、砕波位置、埋立地開発計画、埋立限界計画線、埋立地の侵食状態、既設離岸堤の活用、同既設離岸堤内陸沿いの航路計画ならびに建設効果と安全性、施工性、事業費等を勘案して、既設離岸堤位置とほぼ同一とする。ただし、東端寄りの地域は多少内陸寄りに配置計画する。

(5) 離岸堤建設の最優先区域は、次の1)～4)の理由により南岸東端の 240m区間とする。

1) 民家より約25～30mの場所まで埋立地が内陸深く広範囲に侵食され、汀線沿いに約1m土盛りした仮護岸しか防護施設がなく、非常に危険な状態にある。
2) リーフ上にコーラル・ロックの離岸堤すらない。
3) 背後地にマレ島の最重要施設である発電所および小学校の建設が予定されている。
4) 住宅の建設が汀線近くまで急速に進められている。

4－3 計画概要

4-3-1 実施体制

護岸事業は、公共事業労働局の管轄であり、同局は現在のところ、かなり破損した既設護岸の簡易な天端補修工事程度しか実施しておらず、大規模な改修や維持補修工事等は行なっていない。

4-3-2 計画立案のための基本事項

本計画立案のための基本事項は次のように設定する。

(1) 対象地域は、マレ島南岸 1.52kmの区間（東端地域より西端の港湾建設計画地域まで）とする。

(2) 保全施設は、リーフ上に計画される透過式不連続群堤方式の離岸堤とする。

(3) 南岸東端の 240mの区間を離岸堤建設の最優先区域とする。

4-3-3 計画の要約

マレ島南岸護岸建設計画の要約は、以下に示すとおりである。

(1) 計画地域を次の三つに大別する。

a) 区域Ⅰ：南岸地域の東端の埋立地が最も侵食されている区域（延長 240m）
この区域は緊急に対策を講じる必要のある区間である。

b) 区域Ⅱ：既設離岸堤が設けられている区域とその周辺区域（延長 640m）

c) 区域Ⅲ：既設離岸堤終端部から西側の区域（延長 640m）

(2) 各区域に公称 3 ton 型異形コンクリートブロックを乱積みした透過式不連続群堤方式の離岸堤を建設する。

(3) 離岸堤の天端高は DL ＋ 3.8mとし、天端幅はブロック 3 個並びの幅を考える。また、その法面勾配は、沖側および岸側とも 1 ：4/3 とする。

(4) 区域ⅠとⅢの離岸堤は、全断面異形コンクリートブロック積みとし、区域Ⅱでは、中詰め材に既設離岸堤のコーラル・ロック材を流用し、その表面を異形コンクリートブロックで被覆する。

(5) 区域Ⅰには、堤長 100mの離岸堤を40mの開口幅で、2 基建設する。
区域ⅡおよびⅢには、堤長 120mの離岸堤を40mの開口幅で、それぞれ 4 基、合計 8 基建設する。

第５章　基本設計

第5章　基本設計

5－1　基本設計方針

本計画の基本設計は下記のような方針で実施する。

(1) 本計画は、ＯＰＰＤが大統領府の指導のもとで作成したマレ島南岸埋立地の開発計画と「モ」国要請内容に基づいて、目下高潮の危険に曝されている地域に適切な保全施設を建設し、高潮災害を軽減することを主目的として策定する。

(2) 対象地域は、マレ島南岸地域 1.52kmの区間とする。

(3) 対象地域の一部には、リーフ・エッジにほぼ平行に約 600mにわたってコーラル・ロックを積み上げた既設離岸堤があって、かなりの消波効果を発揮している。したがって、本計画ではこの既設離岸堤とコーラル・ロック材を有効に活用する。

(4) 本計画では、既設護岸ならびに南岸西端区域の漁船用港湾建設計画を考慮し、それとの整合を図る。

(5) 本計画は、高潮災害の軽減と伝染病等の二次災害を防止するための緊急性と重要性を有するものであり、事業費、施工性、安全性等を勘案し、さらに、短期間での建設が可能となるよう計画する。また、緊急性、重要性の高い場所から段階的に建設ができるよう計画する。

(6) 本計画に適用する設計基準は、日本の技術基準によるものとする。
なお、計画施設は、既設施設との取り合い条件ならびに諸元等について支障のないよう十分に配慮する。

(7) 本計画では、現在「モ」国政府がおかれている財政事情を十分認識し、将来の維持・管理が極力容易で、かつ、それに要する費用が低廉なものとなるよう計画する。

(8) 本計画では、「モ」国の雇用増大と同国への技術移転がなされるとともに、建設資材・機材についても同国にあるものを極力活用できるように策定する。

(9) 本計画に対し、「モ」国住民の理解と協力が十分得られるように配慮する。

(10) 離岸堤の形式は、透過式不連続群堤とする。保全施設として離岸堤を選定した主な理由は、以下のとおりである。

1) 上記の埋立地開発計画に従い、離岸堤より内陸側に航路を確保する必要がある。
2) 来襲波の消波を行ない、埋立地沿いに将来建設される護岸の越波量や波の打上げ高さを低減できるうえ、離岸堤背後に静穏域が確保できる。
その効果により航路の安全性を高めることができる。また、埋立地の護岸施設の建設規模が小さくできる。
3) 埋立地の侵食が防止できる。
4) 既設離岸堤をわずかに整形・整備することによって既存のコーラル・ロックを本計画の離岸堤の中詰材として最大限に活用できる。
5) 施工が比較的簡単で、さらに工期が短く、その効果を短年月で期待できる。
6) 工事費が比較的低廉である。
7) 維持管理および補修工事が比較的容易であり、完成後においても「モ」国に大きな経済的、技術的な負担を与えない。

(11) 本計画は、PHASE Ⅰ、Ⅱ、Ⅲから成っており、各PHASE の交換公文締結後の建設工事期間は、下記のとおりである。

PHASE Ⅰ：	10.0ヶ月
PHASE Ⅱ：	11.5ヶ月
PHASE Ⅲ：	13.0ヶ月
合計	34.5ヶ月

5－2　設計条件の検討

5-2-1　基本設計方針

5-2-2 以降で詳述する設計条件等を要約すると、以下のとおりである。

(1) 設計条件

1) 基本水準面　；　平均水面下 0.51 m

2) 設計高潮位　；　DL＋1.8 m

3) 離岸堤設置水深　；　DL－0.7 ～＋0.3 m

4) 設計波

波高　；　2.0 m

周期　；　14 秒

波向　；　リーフ・エッジに直角

(2) 離岸堤の平面配置

5-3 の検討に基づいて設定した離岸堤の平面配置は、図５－１２に示すとおりである。

(3) 離岸堤の断面

5-3 の検討に基づいて設定した離岸堤の標準断面は、図５－１６、１７、１８に示すとおりである。

5−2−2 設計条件の検討

(1) 基本水準面

マレ島には，明確な基本水準面が設定されていない。ここでは，本計画および今後の諸施設の計画等の基準とするため，基本水準面を設定する。

基本水準面は以下に示すフローに基づき，平均水面下 Zo=0.51mと設定した。

マレ島潮位観測データ（1987.8.11〜1987.9.10)による平均水面(H_{II})および主要四分潮の半潮差の和（ΣM）の計算

← 潮位データを電算機に入力し、Darwinの方法により平均水面および主要四分潮を計算する。（資料Ⅷ参照）

↓

コロンボ港における潮位観測データによる平均水面の補正値(h) の計算

← コロンボ港における過去 5年間（1952.4〜1957.12)の平均水面と1 ケ月平均(1987.8.15〜1987.9.14) の平均水面との差を計算する。（資料Ⅷ参照）

↓

修正平均水面（H'_{II}）の計算

← $H'_{II} = H_{II} + h$

↓

水深基準面（Z')の計算

← $Z' = H'_{II} - \Sigma M$

上記の各記号は図５－１に示すとおりである。

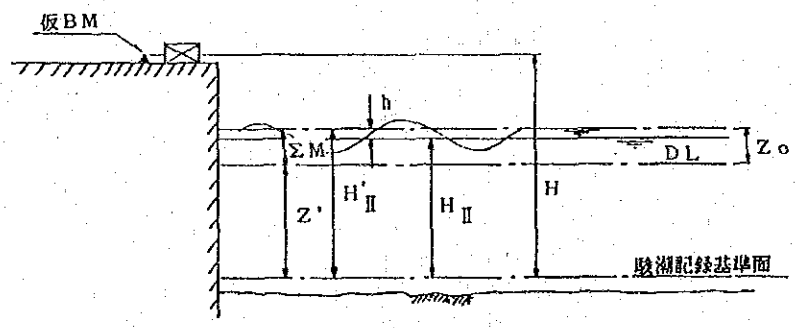


図５－１　高さ関係図

マレ島の潮位観測データに基づく各計算の結果は、以下のとおりである。

$$H = 3.44 \text{ m}$$
$$H_{II} = 2.93 \text{ m}$$
$$h = 0.08 \text{ m}$$
$$\Sigma M = 0.51 \text{ m}$$

これらより，以下のように基本水準面が設定される。

$$H'_{II} = H_{II} + h = 3.01 \text{ m}$$

$$Z' = H_{II} - \Sigma M = 2.50 \text{ m}$$ （平均水面下0.51m）

(2) 設計高潮位

日本の基準によれば、設計高潮位は、高潮対策施設に対して次のいずれかの方法で決定することとなっている。

a) 既往の最高潮位
b) 朔望平均満潮位＋既往の最大潮位偏差

マレ島には潮位偏差に関する観測データがないため、同島の既往最大潮位偏差を決定することができない。したがって、上記 a) の方法で推定する。上記 a) の値は以下に示す①および②の方法で推算する。

なお、1987年４月の異常高潮時の気圧は、空港島のデータによると1011～1012mbであり、気圧低下による海面の吸い上げは考えられない。また、同データによると風速は 4～ 6m／秒、風向は、北西～西（NW～W ）であり風による海面の吹き寄せも考えられず、現段階では、この高潮の原因を推定することは困難である。

① 平均水面(MSL) に主要四分潮の半潮差の和を加えた水位

略最高高潮位（HHWL）は次式で与えられる。

$$HHWL = MSL + (O1 + K1 + S2 + M2)$$

マレ島におけるMSL と主要四分潮の半潮差は、同島の潮位観測記録より、以下のように設定される。

詳細は、資料Ⅷを参照されたい。

MSL ＝ DL ＋ 0.51 m

主要四分潮の半潮差

O1（主太陰日周潮）　：　0.04 m

K1（日月合成日周潮）：　0.11 m

S2（主太陽半日周潮）：　0.13 m

M2（主太陰半日周潮）：　0.23 m　　合　計　0.51m

以上より、HHWLは以下のようになる。

HHWL ＝ DL ＋ 0.51 ＋ 0.51 ＝ DL ＋ 1.02 m

② 1987年４月の異常高潮の痕跡調査より推定される水位

本調査団が現地調査で得た高潮痕跡高は、下表のとおりである。

表５－１　痕跡調査結果一覧表

測定地点	高潮痕跡高（m）
A	DL＋1.73
B	DL＋1.60
C	DL＋1.63

なお、測定地点は、資料ＸＩの図Ａ１１－１に示されている。

以上の検討結果をもとに、それらのデータの精度および潮位観測期間の短さを勘案し、設計高潮位を以下のように設定する。

HHWL ＝ DL ＋ 1.8　m

また、(5) 項の設計波で設定している沖波の諸元を用いて、参考までにリーフ岸端での水位上昇量を推定すると以下のとおりである。

換算沖波波高（H_o'）：4.1m
沖波周期（T）：14 秒
沖波波長（Lo）：$1.56\ T^2 = 306$ m

沖波の波形勾配（H_o' / Lo）：0.013
リーフ岸端での水深（R）：1m

$$R / H_o' = 0.24$$

図5－2より、　$\eta_t / H_o' = 0.24$

したがって、リーフ岸端での水位上昇量（η_t）は以下のように約1mとなる。

$$\eta_t = 0.24 \times H_o' = 0.24 \times 4.1 = 0.98\ \mathrm{m}$$

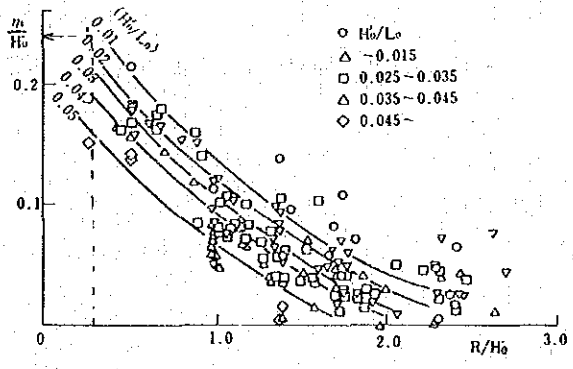


図5－2　リーフ岸端での水位上昇量

（出典：宇多・小俣：人工リーフの設計の考え方）
「海岸」 No.27 (1987)

潮位観測結果から得られたマレ島の10分潮に基づいて算定した高潮災害時の平均高潮位は、DL+ 0.82 mである。これに前述のリーフ岸端の水位上昇量を加えると、

DL+ 0.82 m + 0.98 m = DL + 1.80 m

となる。

この値は、先に設定した設計高潮位に合致しており、想定程度の冲波が来襲した可能性が高いと考えられる。

(3) 離岸堤設置水深

現地測量の結果より、離岸堤設置水深を下記のように設定する。

DL−0.7 m ～ +0.3 m

(4) 各種材料等の単位体積重量

設計に採用する各種材料の単位体積重量は以下のとおりとする。

無筋コンクリートブロックおよび海水については、一般的な値を採用し、コーラル・ロックについては、「モ」国より持ち帰ったサンプルの試験結果に基づき決定した。

なお、コーラル・ロックの試験結果の詳細は資料Ⅸを参照願いたい。

a) 無筋コンクリートブロック : 2.3 t／m^3
b) コーラル・ロック : 2.3 t／m^3
c) 海水 : 1.03 t／m^3

(5) 設計波

i) 波高および周期

設計波高は、以下の a) および b) の方法で推定する。

なお、設計波周期は、本調査団の現地調査期間中の平均波周期（約 10 ～ 11 秒）および高潮災害時に撮影したビデオテープより算定される周期（約 13 ～ 14 秒）を勘案して14秒と設定する。

a) 砕波帯内砕波波高よりの推算

砕波帯内の砕波波高は一般に次式で推算される。

砕波波高　$H_D = 0.78\ h$　（m）

ここに、h：離岸堤前面水深　（m）

現地測量結果より離岸堤の設置水深は約 DL －0.7 ～＋0.3 mであり、設計高潮位を DL ＋1.8 mとすると砕波波高は以下のように約1.2 ～2.0 mとなる。

$$h = 1.8-(-0.7 \sim +0.3) = 1.5 \sim 2.5\text{m}$$

したがって、

$$H_D = 0.78 \times (1.5 \sim 2.5) = 1.17 \sim 1.95\text{m}$$

と推定される。

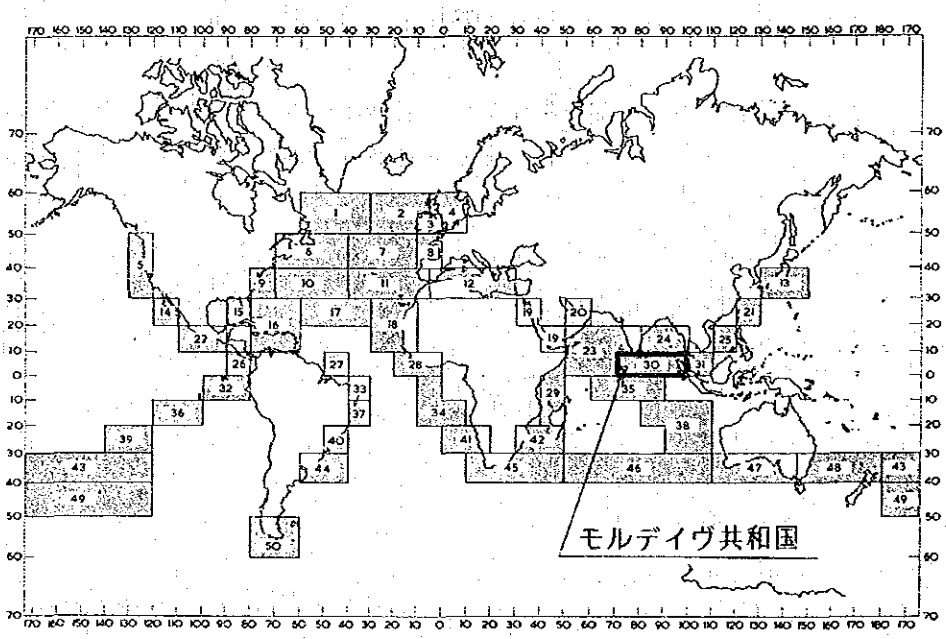
b)　日本国建設省土木研究所研究論文よりの推算

本研究論文に基づいて離岸堤に作用する設計波高を推算するためには、まず沖波波高を推定する必要がある。しかし、「モ」国には沖波に関する既往データが皆無であるため、下記のOCEAN WAVE STATISTICS の資料＊より推定する。

i）　沖波波高の推定

「モ」国は下図に示すようにエリア３０に属している。

有義波高（$H_{1/3}$）は、表５－２に示されたるエリア３０での WAVE HEIGHT CODEの最大値を用いて推定する。



GROUPING OF MARSDEN SQUARES INTO AREAS

図５－３　　ＡＲＥＡ　ＣＯＤＥ

＊：　OCEAN WAVE STATISTICS,
MINISTRY OF TECHNOLOGY
NATIONAL PHYSICAL
LABORATORY,N.HOGBEN & F.
E.LUMB,LONDON,1967

表5－2　WAVE HEIGHT

AREA 30

ALL SEASONS

DIRECTION CLASS - ALL DIRECTIONS

WAVE PERIOD CODE

WAVE HEIGHT CODE	X	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	TOTALS
00	1392	1718	28	11	13		2	1	2	33	16	3216
01	96	3607	326	84	17	7	4	1	1	5	134	4282
02	70	5099	2102	488	131	56	10	3	2	12	53	8026
03	70	2060	3143	974	245	95	19	11	2	1	1	6621
04	43	444	1660	1014	200	73	15	4			1	3454
05	11	146	608	558	192	66	19	2		1	2	1605
06	9	44	156	246	101	39	9	2				606
07	7	13	64	94	45	17	7					247
08	1	11	16	27	30	14	2	1				102
09	1	3	5	7	13	12						41
10		1	1		1	4						7
11		1		4		1						6
12				2						1		3
13				1								1
TOTALS	1700	13147	8109	3510	988	384	87	25	7	53	207	28217

WAVE HEIGHT CODE	WAVE HEIGHT FEET	WAVE HEIGHT METRES
00	1	0・25
01	1・5	0・5
02	3	1
03	5	1・5
04	6・5	2
05	8	2・5
06	9・5	3
07	11	3・5
08	13	4
09	14	4・5
10	16	5
11	17・5	5・5
12	19	6
13	21	6・5
14	22・5	7
15	24	7・5
16	25・5	8
17	27	8・5
18	29	9
19	30・5	9・5
90	33	10
91	36	11
92	39	12
93	43	13
94	46	14
95	49	15
96	52	16
97	56	17
98	59	18
99	62	19

表５－２より求められる波高 6.5mは、船上からの目視観測による波高であり、有義波高（$H_{1/3}$）はOCEAN WAVE STATISTICS に示されている次式を用いて、以下のように4.1 mと推定する。

$$H_{1/3} = (1.23 + 0.44 \times 目視波高)$$

$$= 1.23 + 0.44 \times 6.5 = 4.1m$$

ii）　離岸堤位置での波高の推定

下図を使用して、離岸堤位置での波高を推定する。

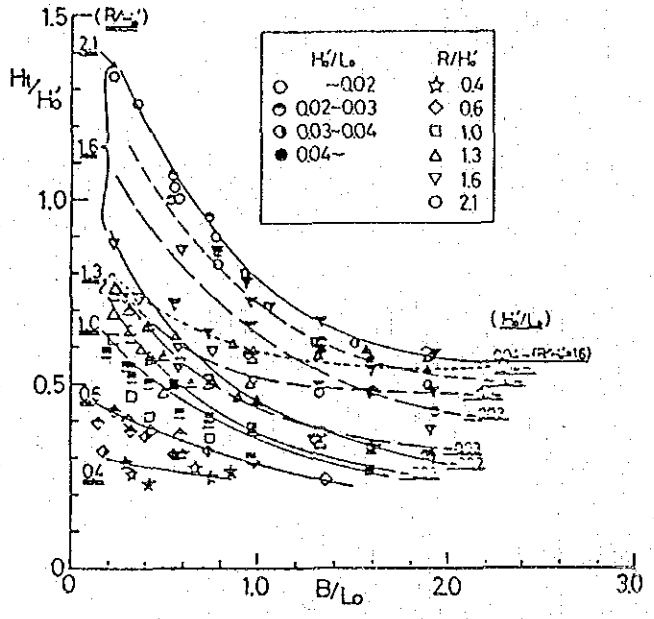


図５－６　人工リーフによる波高伝達率

ここに　Ho'　：換算沖波波高　（m）
　　Lo　：沖波波長　（m）
　　R　：堤脚水深　（m）
　　B　：リーフ・エッジからの距離　（m）
　　Ｈｔ　：伝達波高　（m）

（出典：宇多・小俣：人工リーフ設計の考え方、『海岸』ＮＯ．２７，１９８７）

$H_o' = 4.1m$

$L_o = 1.56 \times 14^2 = 306m$

$R = 2.5m$

$B = 30\ m$

したがって、

$H_o' / L_o = 4.1 / 306 = 0.013$

$R / H_o' = 2.5 / 4.1 = 0.61$

$B / L_o = 30 / 306 = 0.10$

以上より、伝達波高を以下の様に1.93mと推定する。

$H_t / H_o' = 0.47$

$H_t = 0.47 \times 4.1 = 1.93$

2) 波高の設定

以上の結果をまとめると、次のとおりである。

a) 砕波帯内砕波波高より、$H_D = 1.17 \sim 1.95\ m$

b) 日本国建設省土木研究所の発表論文より、$H_D = 1.93\ m$

これらの結果より、設計波高は 2.0m とする。

3) 波向

高潮時の沖波波向は、日本およびオランダ国緊急援助調査団報告書によると、南東（ＳＥ）と報告されている。

また、本調査団の現地調査期間中の沖波波向は、ほぼ南東（ＳＥ）であったが、離岸堤計画位置での波向は、ほぼリーフ・エッジに直角に入射していた。

さらに、書籍 "MALDIVES A NATION OF ISLANDS"に掲載されているマレ島および空港島の航空写真によってもマレ島全周の波向は、リーフ・エッジにほぼ直角に入射している。

したがって、設計波の波向はリーフ・エッジに直角に入射するものとする。

5－3 基本計画

5-3-1 埋立限界計画線

離岸堤背後の埋立限界計画線は，波浪による越波流量を許容値以下にするとともに小学校等の諸施設を保全するために必要な護岸の規模等を考慮し、離岸堤から適切な距離を保って設定されなければならない。

本報告では、地形、地盤高、埋立地開発計画、既設離岸堤内陸沿いの航路計画、航路部の波高、建設効果、施工性および事業費等を勘案し、図５－５に示す埋立限界計画線を提案する。

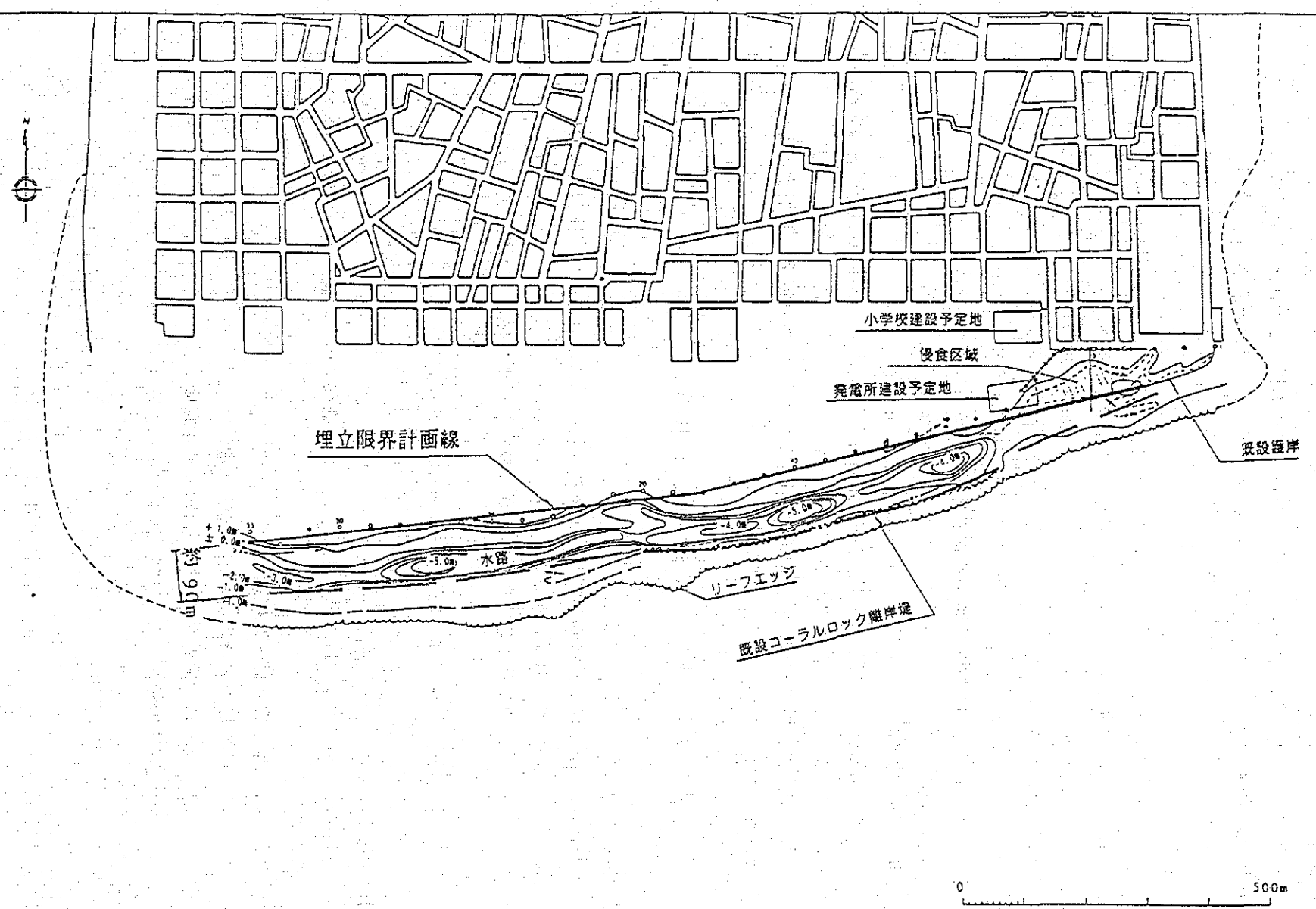


図　5－5　埋立限界計画線と離岸堤の関係図