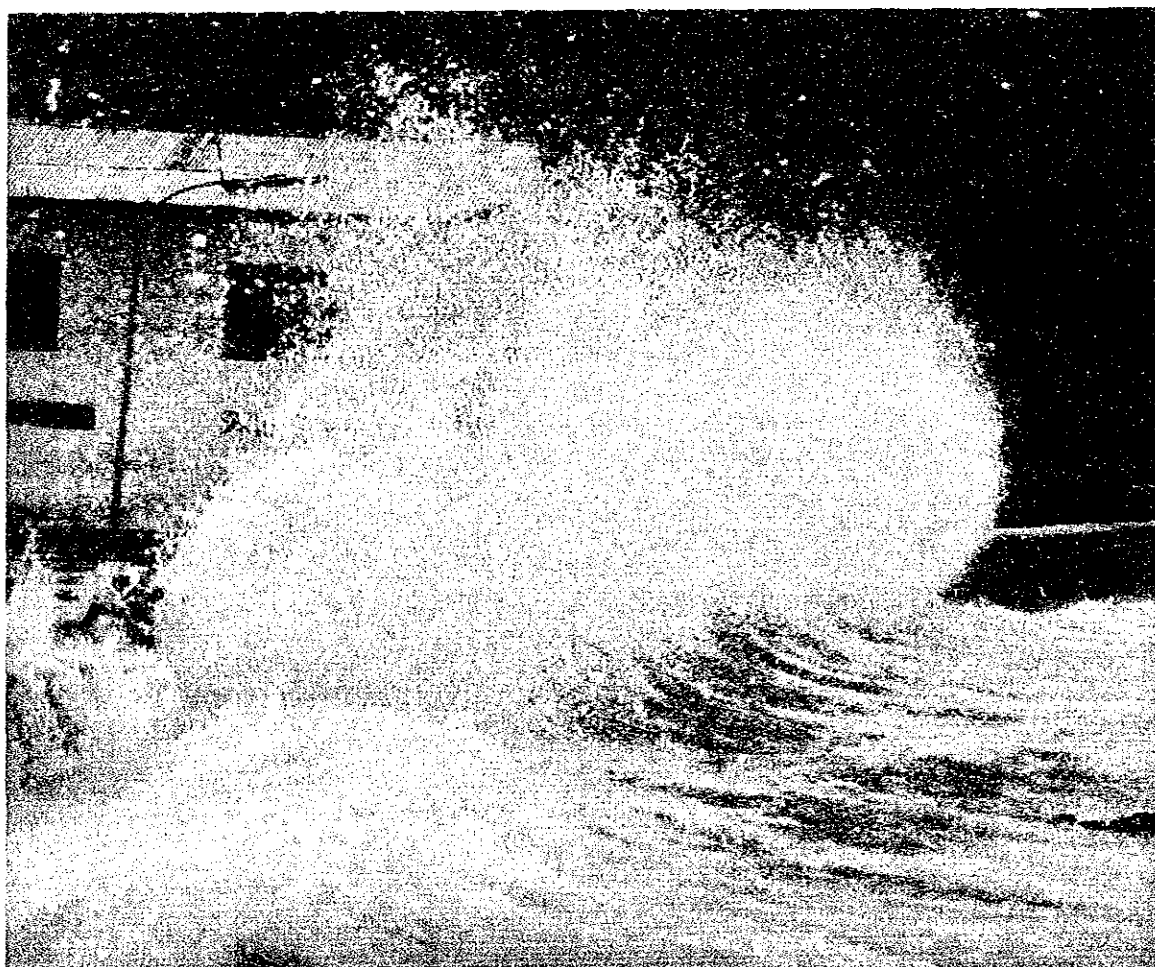


モルディヴ共和国

マレ島海岸防災計画調査報告書

和文要約



平成4年12月

国際協力事業団

社調二

CR(3)

92-124

JICA LIBRARY



1101860(3)

24461

モルディヴ共和国

マレ島海岸防災計画調査報告書

和文要約

平成4年12月

国際協力事業団



序 文

日本国政府は、モルディヴ共和国政府の要請に基づき、同国のマレ島海岸防災計画にかかる開発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いたしました。

当事業団は、平成3年9月から平成4年10月までの3回にわたり、株式会社アイ・エヌ・エーの桜本弘氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

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、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。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成4年12月

国際協力事業団
総裁 柳谷 謙介

Adjoining Chart No: 108

N 6°

N 4°

N 2°

0°

E 72°

E 74°

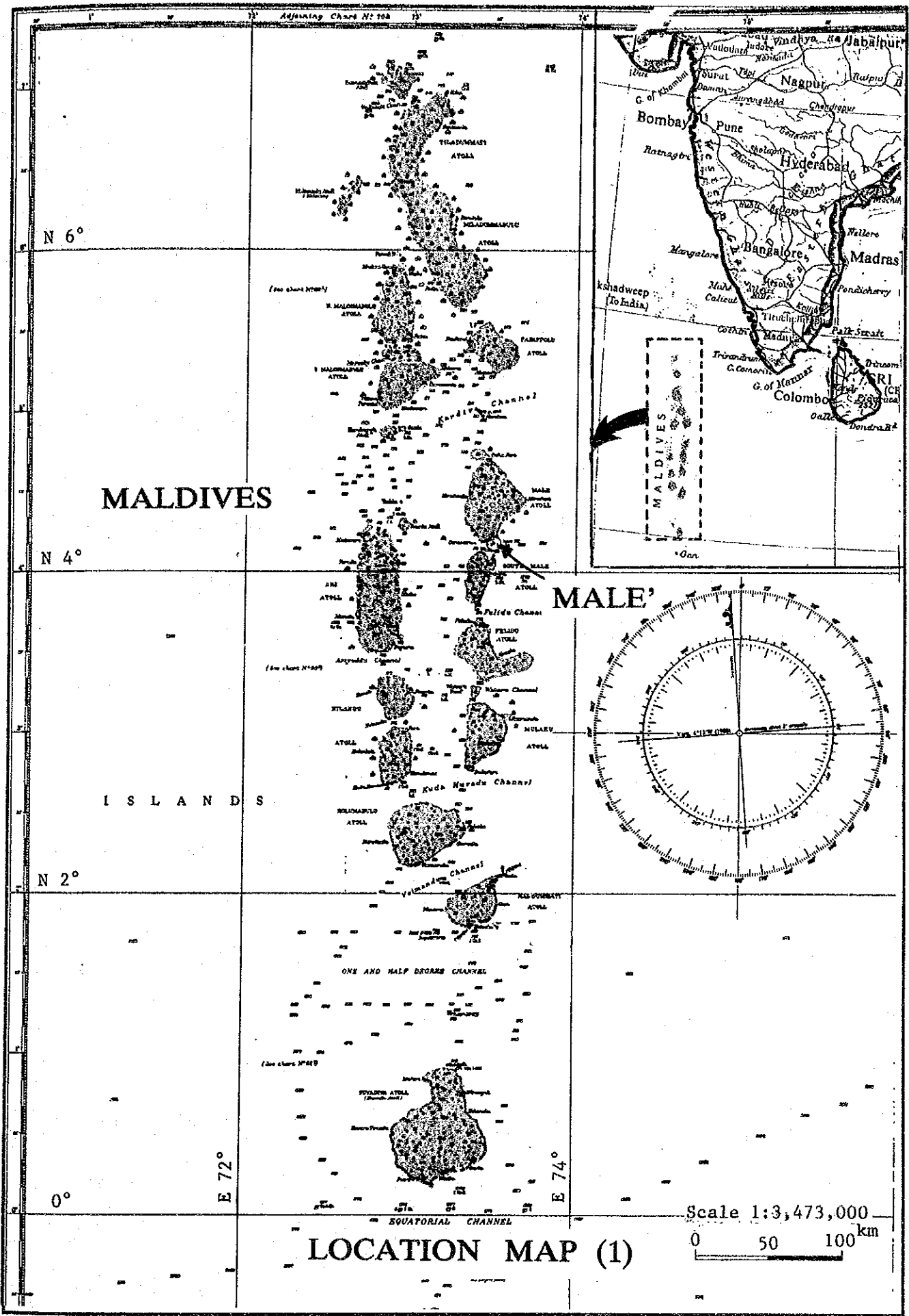
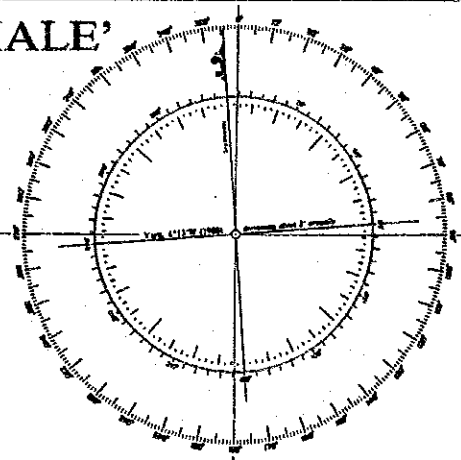
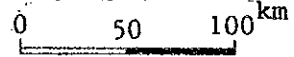
MALDIVES

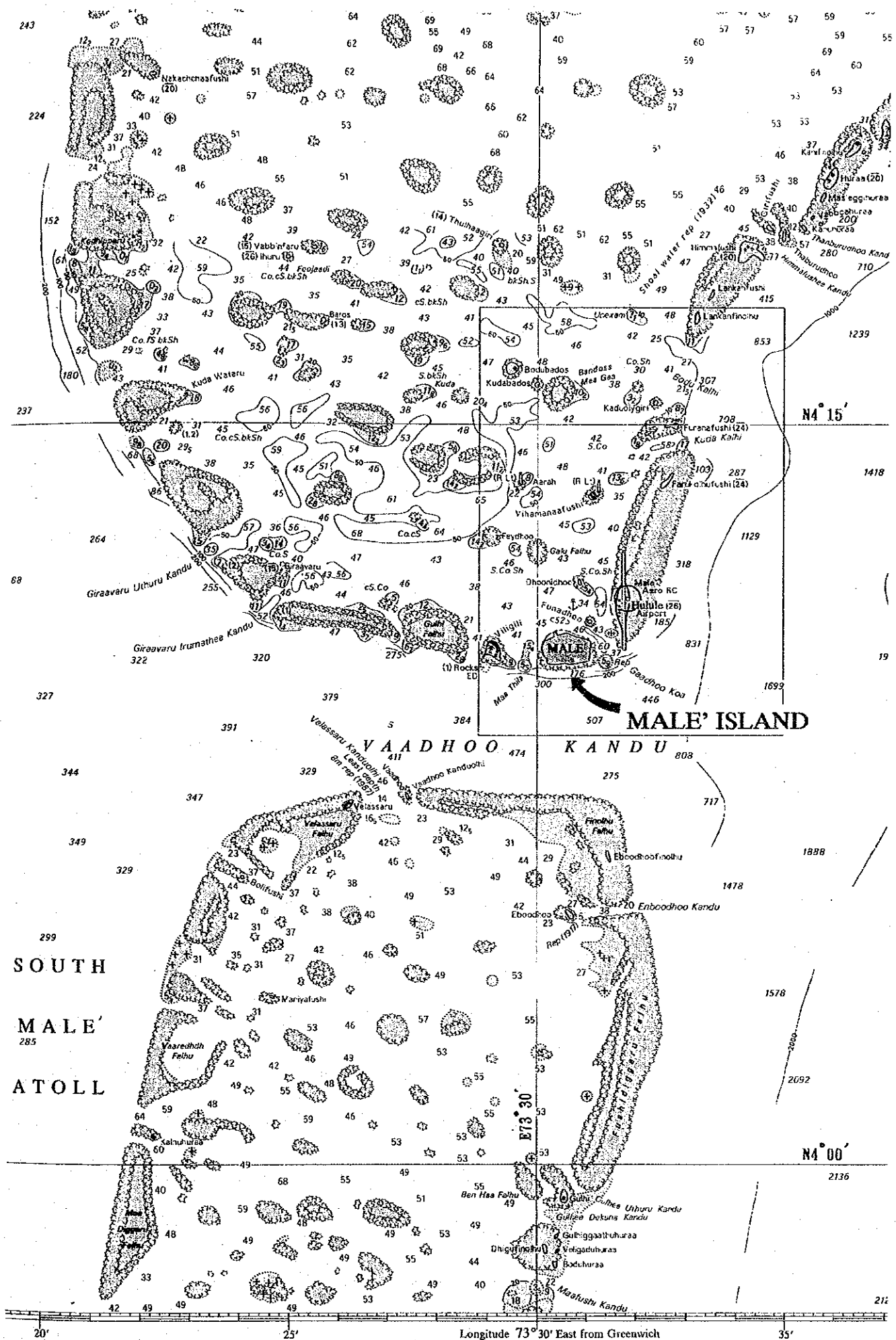
I S L A N D S

MALE'

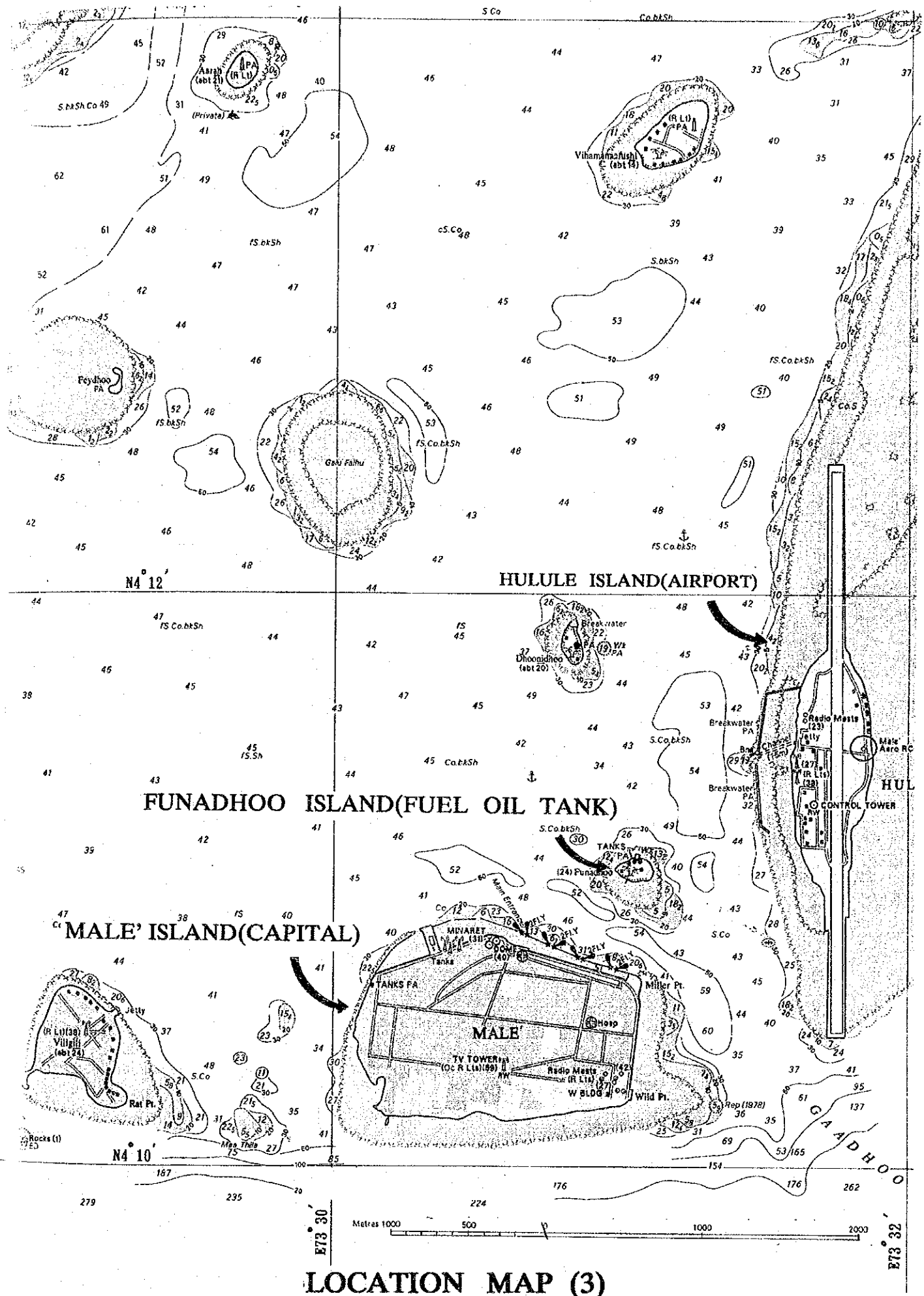
LOCATION MAP (1)

Scale 1:3,473,000

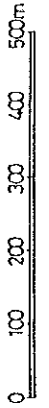
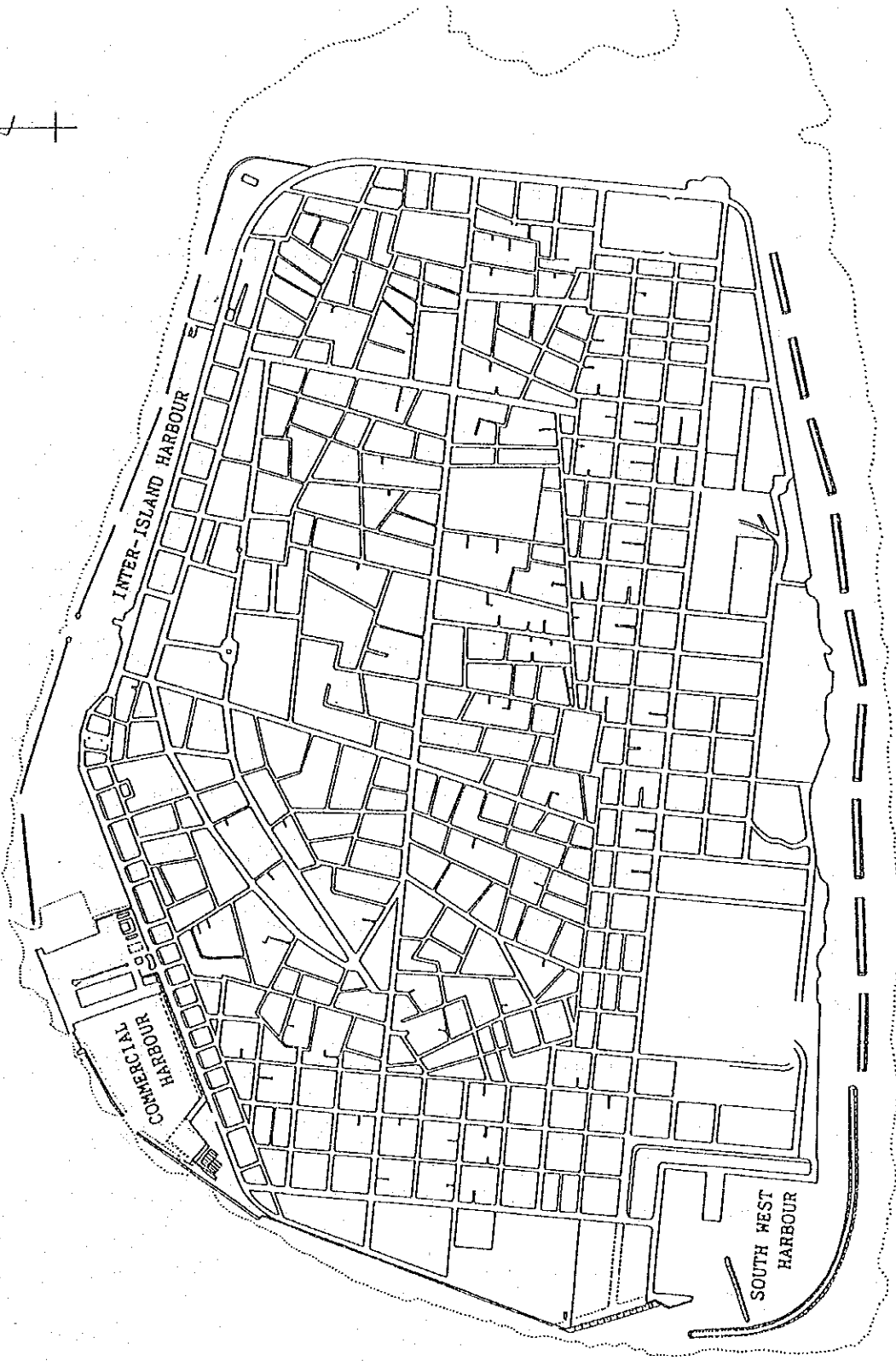
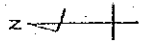




LOCATION MAP (2)



LOCATION MAP (3)



LOCATION MAP (4)



Photo-1 MALE ISLAND (Sep. 1991)



Photo-2 SOUTH AND EAST COAST (Sep. 1991)
The southern part of the east coast is the only location in Male' where sea bathing, swimming and surfing are practised by the local people.

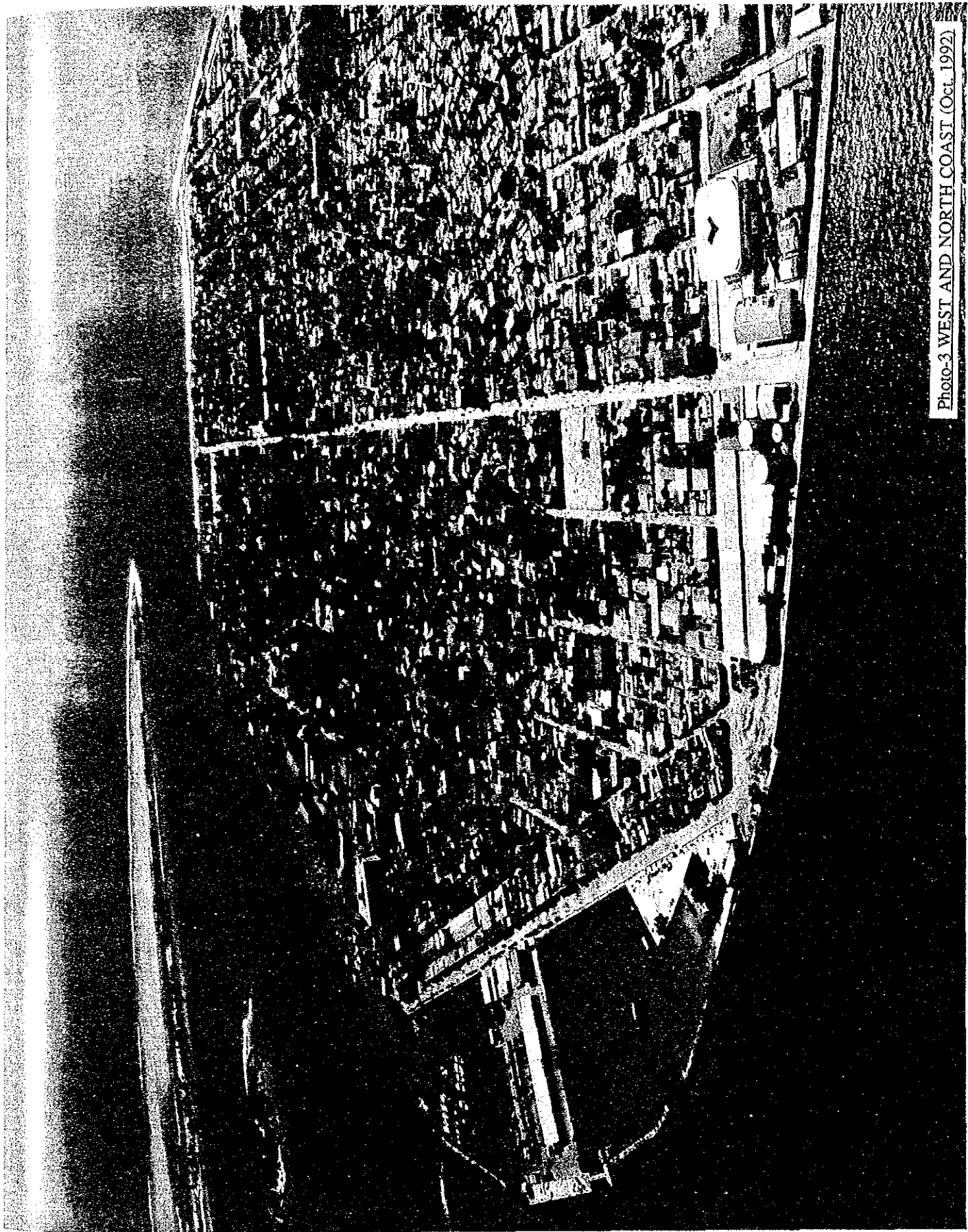


Photo-3 WEST AND NORTH COAST (Oct. 1992)

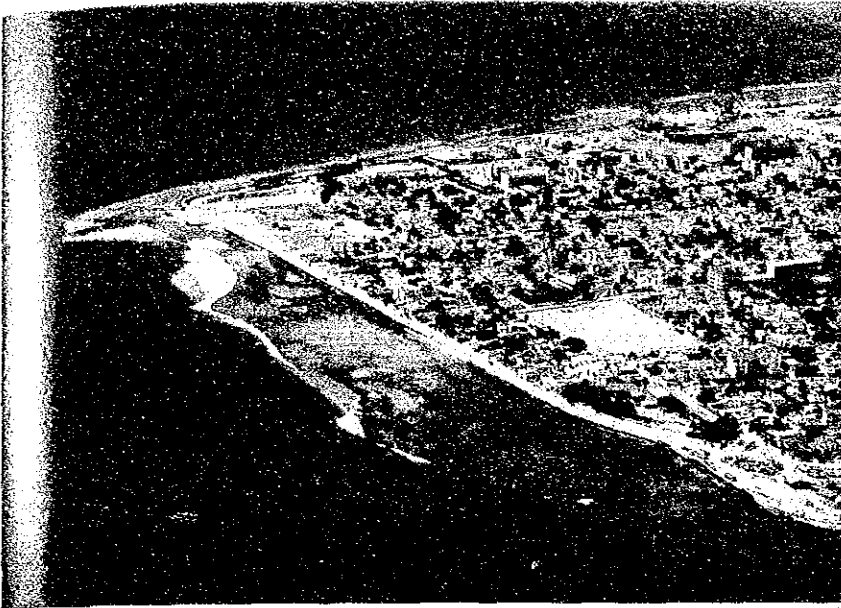


Photo-4 EAST COAST (Sep. 1991)

Although coral reef is the most ideal breakwaters, the Government plans to reclaim this coast to provide construction of swimming pool.

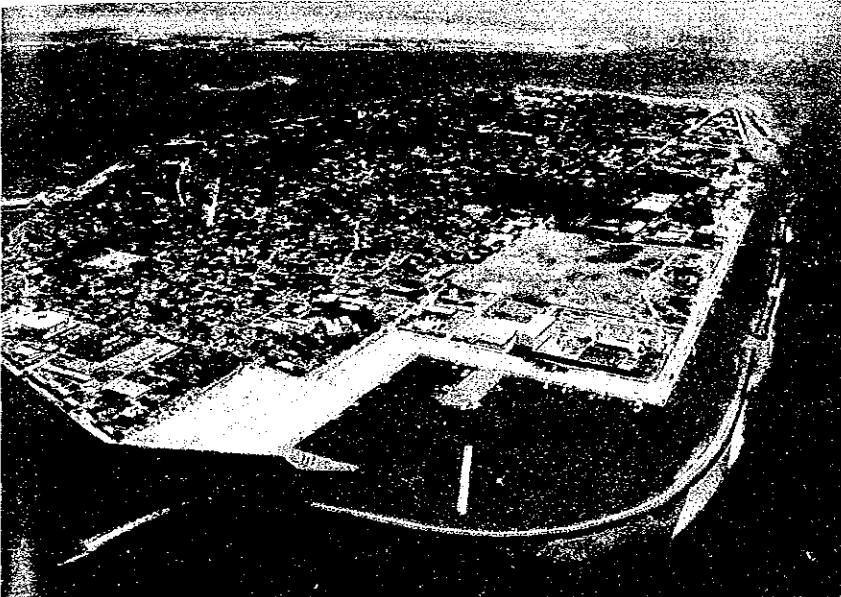


Photo-5 SOUTH COAST (Sep. 1992)

The detached breakwaters were completed in 1990. Along the coast, quaywalls for inter-island boats are planned.

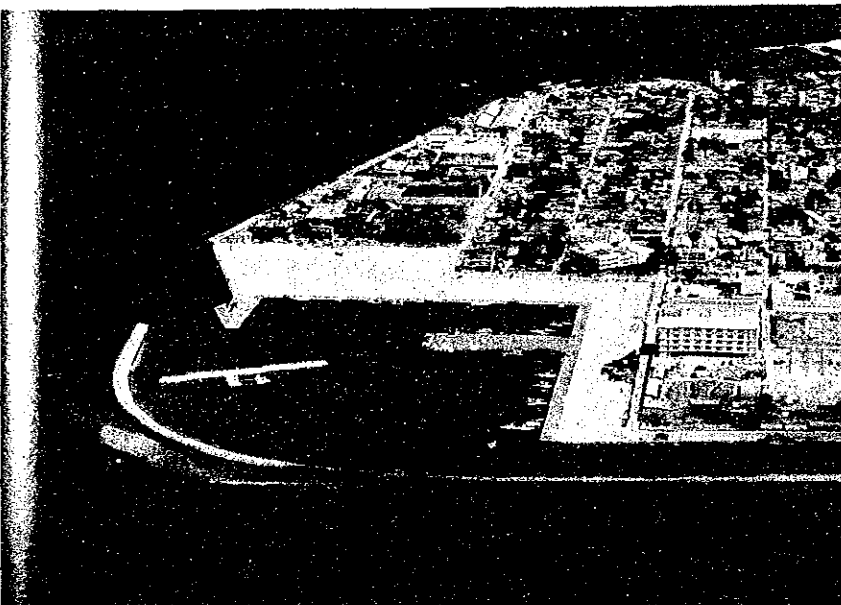


Photo-6 SOUTH-WEST HARBOUR(Oct. 1992)

Inter-island harbour was completed in November 1992.

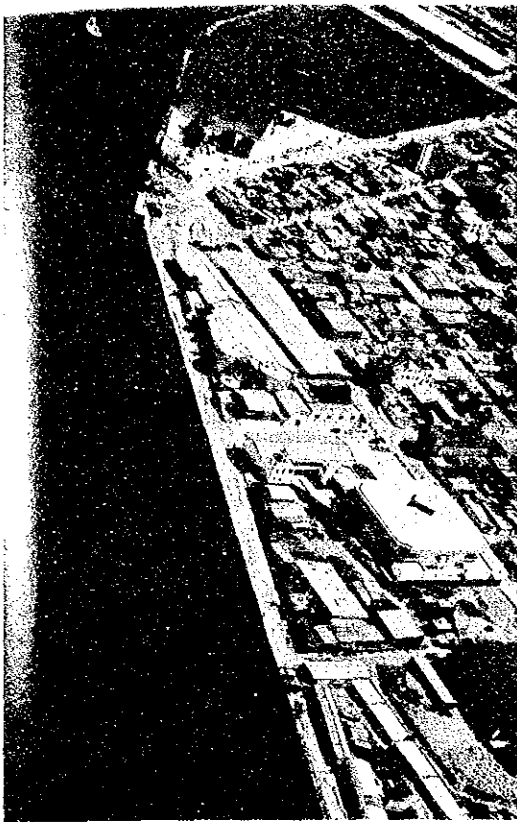


Photo-7 WEST COAST (Oct. 1992)

There are many important public facilities such as hospital, school and education center very close to the seawalls. The Government plans to expand Marine Drive to connect two harbours.

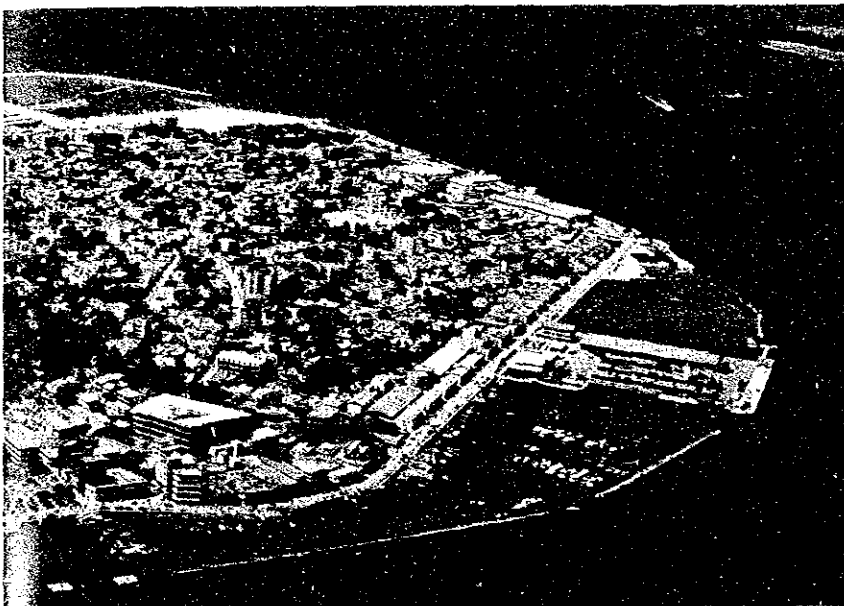


Photo-8 NORTH COAST (Oct. 1992)

Commercial harbour and Inter-island harbour are congested with dhonis, fishing boats and pleasure boats.



Photo-9 FUNADHOO ISLAND (Sep. 1991)

Three tanks of 1800 mt capacity are installed and utilized as fuel storage for Male' and other islands.

Fuel oil is transported to Male' everyday by small tankers.

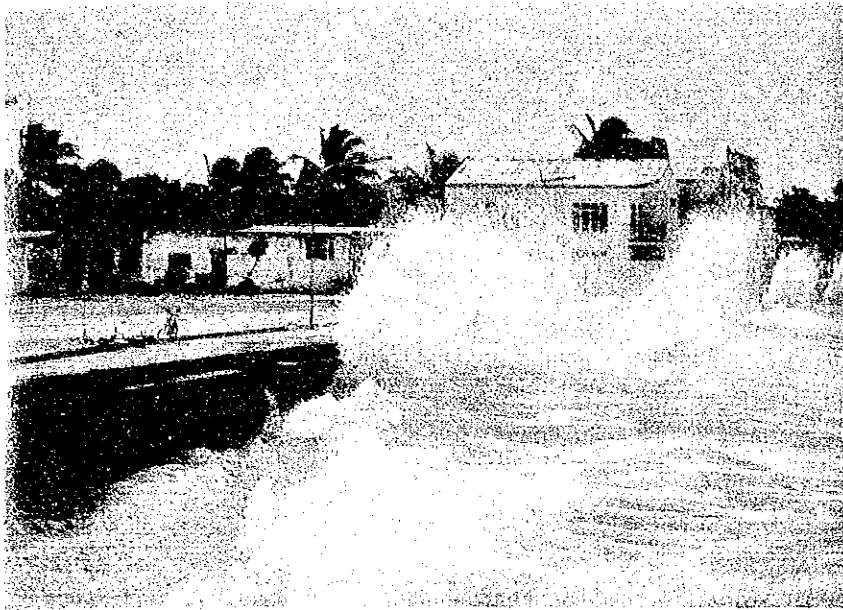


Photo-10 EAST COAST (Jul. 1992)

Wave overtopping occurs very often at the south part of east coast seawall.

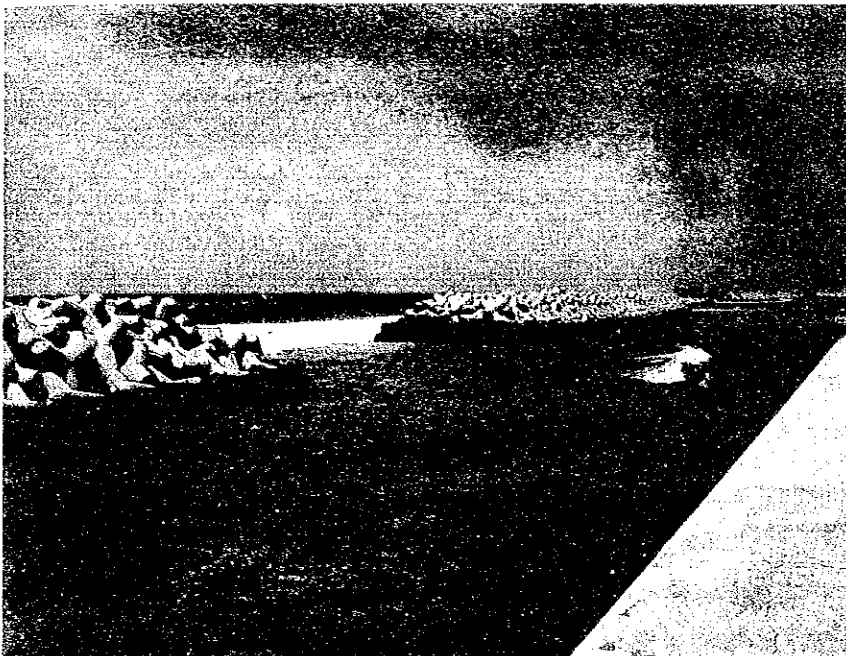


Photo-11 SOUTH COAST (Sep. 1991)

Detached breakwaters were constructed on the reef edge of the south coast after the 1987 high tide disaster.



Photo-12 WEST COAST (Sep. 1991)

The existing seawalls are constructed very close to reef edge. There is no room to expand the road seaward although the road is planned to be expanded.

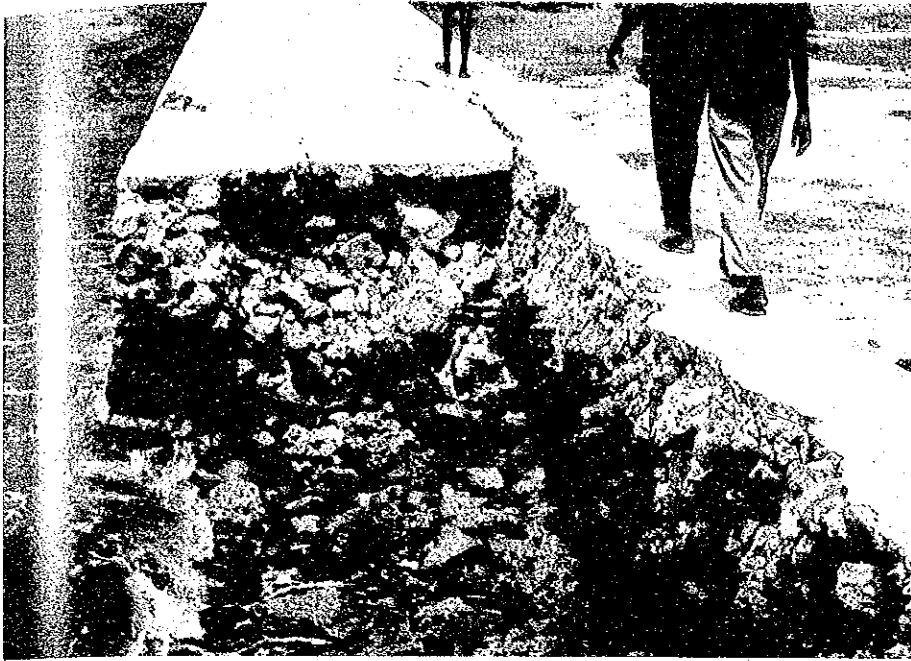


Photo-13 EXISTING SEAWALL
STRUCTURE (Sep. 1991)

The structure is of coral rocks of 10 to 20 cm in dia. piled with its surface mortared or plastered.



Photo-14 SHEET PILING SEAWALLS (Sep. 1991)

New sheet piling seawalls are being substituted for the old seawalls along north coast.

報告書の構成

本調査の報告書は、下記の7巻からなっている。

- ① 和文要約 全調査結果の和文要約
- ② 英文要約 全調査結果の英文要約
- ③ 主報告書Ⅰ マレ島の防災計画（F/S）
- ④ 主報告書Ⅱ フナドゥ島の防災計画（概略）
- ⑤ サポートィング報告書 補足検討書
- ⑥ 資料集Ⅰ 測量図面集
- ⑦ 資料集Ⅱ 海象観測データ集

目 次

序 文	頁
位 置 図	
写 真	
報告書の構成	
第1章 調査の背景	1
1.1 経緯と目的	1
1.2 調査地の概要	2
第2章 現地調査結果	7
2.1 概 要	7
2.2 環 境	7
2.3 地形および深淺測量	13
2.4 土質調査	14
2.5 気 象	15
2.6 海象観測	16
2.7 現況の海岸保全施設	18
第3章 海岸保全計画	20
3.1 基本計画	20
3.2 モデル実験	24
3.3 予備設計	25
3.4 事業費積算	34
第4章 環境影響評価	36
4.1 環境影響要因	36
4.2 計画案に対する環境影響予測と評価	38
第5章 組織・運営	41
5.1 平常運営体制と緊急時運営体制	41
5.2 海岸防災関連組織の運営方針	41
5.3 施設維持管理制度	41
5.4 海岸防災の組織運営	42

第6章 事業評価	44
6.1 前書き	44
6.2 費用・便益見地から見た事業	44
6.3 防災ポテンシャル	45
第7章 実施計画	46
7.1 実施優先度	46
7.2 工 程	46
第8章 結論および提言	48
8.1 結 論	48
8.2 提 言	49
付 録 : 関係者リスト	

第1章 調査の背景

1.1 経緯と目的

1.1.1 経緯

モルディヴ共和国における1986年以前の異常高潮の被害についてははっきりした記録がない。しかし、1987年4月、1988年6月と9月に甚大な被害をもたらした3つの高潮が発生したことが記録されている。

1987年4月10日から15日にかけて、首都マレ島および周辺諸島において、大きな高潮が発生し、海岸護岸・民間の家屋・空港施設等に被害を与えた。その高潮による被害額は約600万ドルと推定されているが、その殆どはマレ島南岸の人口密集地域およびフルレ島の国際空港に集中している。マレ島に高潮が発生した場合、島の標高が低く平坦であり、また、排水システムも十分でないことから浸水は非常に長期にわたって継続する。1987年には、その長期の浸水と高温も原因して下痢性の伝染病が発生した。

1987年の浸水被害の発生後、モルディヴ共和国政府は日本政府に対し異常高潮災害に対する緊急援助を要請し、これを受けて、日本政府は国際緊急援助隊を派遣するとともに無償援助により1987～1989年度にわたり緊急事業としてマレ島南岸に離岸堤の建設を行なった。

しかしながら、緊急的な離岸堤の工事は完成したものの、既存の海岸保全施設は未整備の状況にあることから、モルディヴ政府は護岸の施設整備を中心とした海岸防災計画の調査を日本国政府に要請し、これを受けJICAは1991年1月事前調査団を派遣し、本件調査のS/Wに調印した。

1.1.2 目的

マレ島の陸地面積は、2km²以下で、全人口213,215人（1990年調べ）の約26%が居住している。近年、首都への人口流入が著しく、そのためにマレ島は極めて過密な人口密度になっている。したがって、マレ島の居住者に対して安全に居住環境を提供するには、同島の海岸護岸を改良することが緊急な課題となる。

調査の目的は、地形・水理・海洋・地質等の他、関連する必要な調査を行ない、モルディヴ側のカウンターパートに対する技術移転を行ないながら海岸護岸の建設計画を立案することである。

1.2 調査地の概要

1.2.1 プロジェクトサイト

(1) モルディブ国

モルディブ共和国は1,190の小島からなる群島で、そのうち200の島に人々が居住している。島々は26の環礁で形成されているが、行政管理の面からの19の行政単位である「アトール」に区分されている。個々の島は小さく、かつ海面上の標高も2mを越えることはない。

1990年の人口調査によると213,215人を数え、西暦2000年には288,800人に増加すると見込まれている。アトール毎の人口を表1.2.1に示す。

表1.2.1 アトール人口（1985年および1990年）

Locality	1985	1990
Republic	180,088	213,215
Male	45,874	55,130
Atolls	134,214	158,085
North Thiladhunmathi	9,899	12,031
South Thiladhunmathi	10,850	12,890
North Miladhunmadulu	7,509	9,022
South Miladhunmadulu	6,864	8,437
North Maalhosmadulu	9,416	11,303
South Maalhosmadulu	6,982	7,716
Faadhippolhu	6,414	7,725
Male Atoll	8,734	10,133
Ari Atoll	7,861	9,793
Felidhu Atoll	1,419	1,697
Mulakatholhu	3,490	4,186
North Nilandhe Atoll	2,148	2,614
South Nilandhe Atoll	3,568	4,199
Kolhumadulu	6,949	8,189
Hadhdhunmathi	7,212	9,101
North Huvadhu Atoll	6,054	7,295
South Huvadhu Atoll	8,905	10,417
Foamulah	4,983	6,160
Addu Atoll	14,957	15,177

Source : Ministry of Planning and Environment

モルディヴ国の経済活動は主に漁業、観光、海運業である。土壌はやせて耕地が少ないため農業は盛んでない。伝統的産業としては造船業、マット織物、宝石細工や塗装業などの手工業が挙げられる。輸出産業としては魚のカン詰産業や衣料品業が挙げられる。

GDP (Gross Domestic Product) を表1.2.2に示した。

表1.2.2 GDP (1987~1990)
(in million Rufiyaa at 1985 constant price)

Sector	1987	1988	1989	1990
Gross Domestic Product (GDP)	709,668	771,554	843,180	970,318
Agriculture	77,909	79,856	82,252	87,130
Fisheries	116,543	124,118	132,670	147,554
Coral and Sand Mining	13,193	13,984	14,893	17,891
Construction	58,066	63,872	70,515	83,900
Manufacturing + Electricity	39,655	43,621	48,201	55,625
Distributoin	115,487	128,768	144,092	166,829
Transport	37,106	40,817	45,021	56,958
Tourism	122,402	133,907	147,297	177,797
Real Estate	30,899	33,680	36,880	40,615
Services	37,861	42,934	49,160	55,600
Government Administration	60,547	65,997	72,200	80,420

*Newly revised figures adjusted to production changes in the two leading sectors and changes in prices.

Source: Ministry of Planning and Environment

(2) 首都マレ

マレはマレ環礁を構成する島の1つである。有史以来、マレはモルディヴ国の政治、商業および文化の中心である。マレはモルディヴ国を構成している環礁群の北側に位置し、その面積は約1.8km²あり、人口は55,130人を数える(1990年人口調査による)。この固定人口に加え、商品販売や買物および医療を受けに他のアトールから渡ってくる数千人の浮動人口がある。マレ島以外に住む人々は、子供の教育のためマレ島にある公立や私立の学校へ入学させている。

マレ島の気候は高温多湿である。その日平均気温は30.4℃から25.7℃で変動している。年間降雨量は平均1,623mmで、綿製品の衣服が着用に適している。

近年実施された西側および南側のリーフ埋立事業により、島の面積は元の面積の1/3ほど増加した。マレ島は狭小であるためどこでも歩いていける。実際、20分ほど歩けば島の端から端へ横切ることが出来る。しかし、自転車が最も普及している交通手段であり、近年はバイクやバン、トラックや乗用車も急速に普及してきた。

マレ島から国際空港や他の島々へは海上交通に頼らざるを得ず、ドーニーと呼ばれる小型フェリーボートが一般的に用いられている。ドーニーのほとんどはマレ島の北側にある防波堤で囲まれた内港に停泊している。マレ島の海岸域は乗客の輸送、地域産物の荷下ろしや漁獲物の荷揚げ等、さまざまな目的に用いられている。外洋船舶は外港に停泊し、積荷は税関のある「Guraabu Thundi」に新しく建設された埠頭へはしけで運搬されている。

1.2.2 関連開発計画

(1) 国家開発計画（1991年～1993年）

モルディヴ政府は全ての開発の最終目標を国民に係わる諸条件の向上に置き、それを達成する責務を負っている。諸条件の向上はモルディヴ国民の物質的および非物質的な両面の進歩を包含し、具体的には均衡のとれた収入の増加、良好な住居、質の高い健康管理と教育サービスの享受、さらには様々なレクリエーション機会を増加させること等を目指している。同様に、社会、文化的価値のある福祉水準の改善、環境保全および安定かつ調和のとれた社会の存続等の向上を期待している。

計画の主な目的は以下のとおりである。

- (i) 全てのモルディヴ人の生活水準と生活内容の向上。
- (ii) 開発による恩恵を人々に平等に分配する。
- (iii) 今後の発展に必要な自己独立を一層強化する。

上記目的は今後3年間の国家発展を導くものであり、その方針決定に当たっては、優先事項を明らかにしなければならない。モルディヴ政府はこれまでの政策と計画を詳細に検討し、30の優先開発項目を決定した。それらは以下の5項目に分類できる。

- 経済運営と経済発展
- 社会資本の整備
- 社会生活の向上
- 制度の整備
- 環境

(2) 地域開発計画

1) マレ島埋立事業

当事業は1979年4月に開始され1986年7月に終了した。事業の目的は、マレ島の南側および西側の浅い礁原部を埋め立て、59.7ヘクタールの土地を造成し、家屋のない人々への土地供給や、学校、病院、発電所、国内用港湾、スポーツ等の公共施設用地を確保することである。当事業以前のマレ島の土地面積は約108ヘクタールであった。1979年に14.9ヘクタールが埋め立てられ、それらのうち、22%相当の土地は既に新しい家屋所有者や関連政府機関に譲渡されている。必要な埋立土砂量は約85万 m^3 に達し、主に北側の港湾開発地点から浚渫された。埋立面積と年度別投入費用を表1.2.3に示す。

表1.2.3 埋立事業

Year	Area Reclaimed(ha.)	Cost(000Rf.)
1979	0.2	2,212
1980	13.6	4,464
1981	8.4	6,941
1982	8.4	5,259
1983	12.5	8,754
1984	1.3	6,643
1985	7.4	7,429
1986	7.9	n. a.
	59.7	41,702

Source : DPWL (1985)

2) 国内交通および漁船用港湾の開発

現在、北側の海岸はディーゼルボート、ドーニー、公共および私有の大型船、観光船、貨物はしけ等の一連の船舶によって占められている。はしけは北西に位置する商業港を基地とし、島の北にある停泊地に投錨した大型船から荷物を運搬している。当事業の目的の一つは島の南西部に新しい港を建設することによって、北側港湾の混雑している状態を軽減し、国内交通および漁船用の泊地を提供することにある。港の建設事業はADB、UNCDFおよびOPECの資金援助で1991年4月に開始され、1992年11月に完成した。

3) 海岸道路の拡張計画

南西国内港の開港に伴う交通量の増加に対応するため、モルディヴ政府は幅25フィートの西海岸道路を35フィートに拡張する計画である。既存の西海岸の護岸はリーフ礁原の縁に築造されており、道路拡幅の余地が少ないので、新しい護岸計画立案に際しては十分な配慮が必要である。

4) プール計画

モルディヴ政府はオリンピック競技に参加できる泳者を育成するため、淡水プールを造る計画である。その立地点としては東海岸の埋立地を考えている。モルディヴは海洋国家であり、水泳を普及させ、国際的および国家的競技会に参加できる多くの人を育成するためにマレ島にスイミングプール建設計画を考えている。

5) その他

その他の関連計画として以下のものがある。

- a) ゴミ処理計画
- b) 発電所計画
- c) 給水および下水処理計画
- d) 淡水化プラント計画
- e) インディラ・ガンジー記念病院

第2章 現地調査結果

2.1 概要

環境、地形、地質、気象、海象および海岸保全施設に関するデータと情報を収集するために、調査団はマレ島およびフナドー島の現地調査を実施した。

2.2 環境

2.2.1 社会的・経済的環境

(1) 土地利用

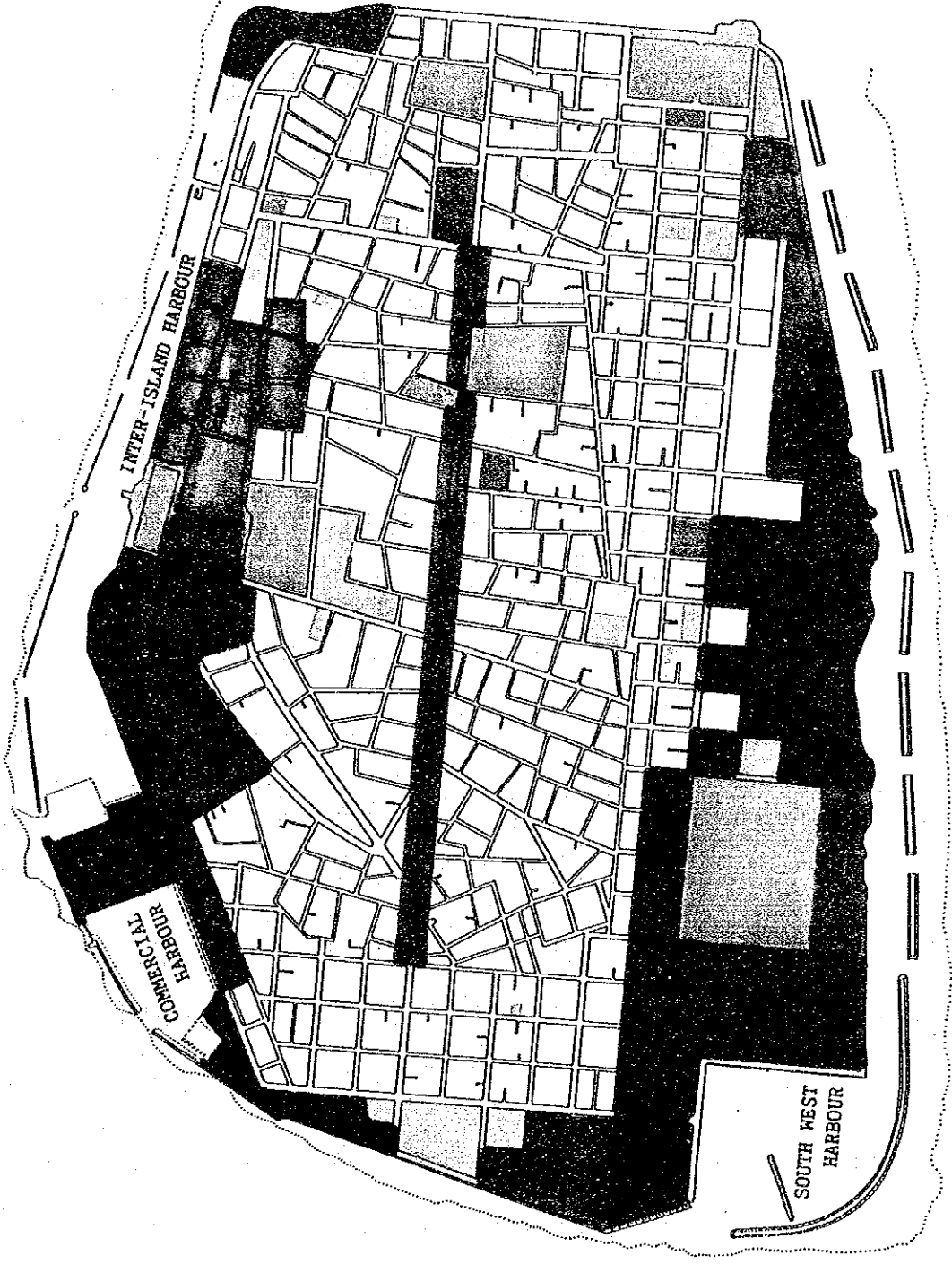
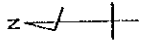
マレ島の土地利用を図 2.2.1および表 2.2.1に示す。マレ島の面積は約 1.8km²で、そのうち、住宅地と商店街は57%を占めている。政府関係の倉庫やプロジェクト・サイトは南側地域に配置されている。マレ島の北西部と中心部は商業地域となっている。

表 2.2.1 マレ島の土地利用 (1991年)

Area Category	Area (km ²)	(%)
Residential / Small Shops	1.000	57.0
Commercial Area	0.142	8.1
Government Office	0.059	3.4
Government Warehouse / Project Sites	0.284	16.2
Public Utilities	0.095	5.4
Educational Area	0.046	2.6
Recreation / Park	0.128	7.3
Total	1.754	100.0

(2) 海岸利用

マレ島の現状における海岸防災施設と海岸利用を図 2.2.2に示す。マレ島は護岸と離岸堤によって囲まれている。現在建設が進んでいる商業港湾と国内港は北側に位置している。国内港は数多くのドーニーが停泊しており、南西港の工事が現在南海岸で進められている。マレ島の海岸線は住民のレクリエーションの場として用いられている。南東海岸はサーフィンができる唯一の場であるため若者達で賑わっている。モルディヴ政府はマレ島を対象としたいくつかの開発計画を立案している (図 2.2.3)。



- LEGEND
- RESIDENTIAL/SMALL SHOPS
 - COMMERCIAL
 - GOVERNMENT OFFICES
 - GOVERNMENT WAREHOUSES
 - PROJECT SITES
 - PUBLIC UTILITIES
 - EDUCATIONAL
 - RECREATION/PARK



図 2.2.1 マレ島土地利用図

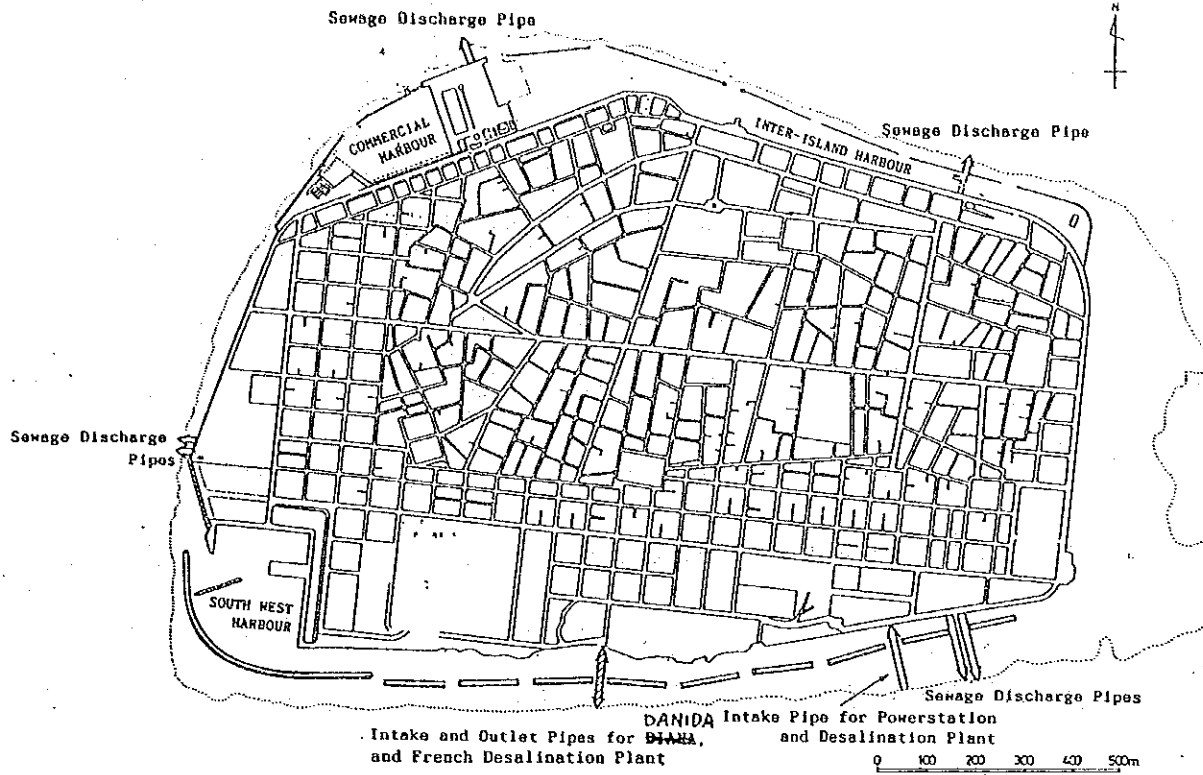


图 2.2.2 现况海岸利用图

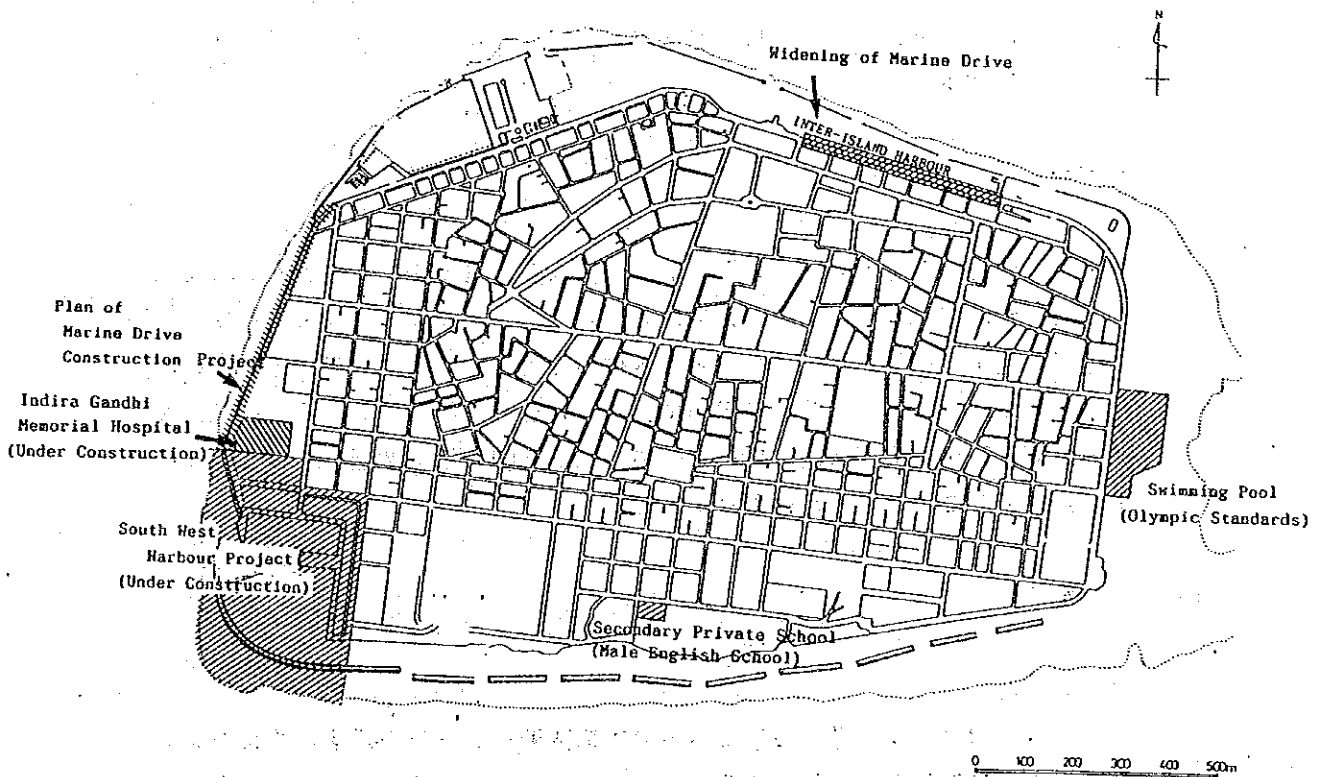


图 2.2.3 将来海岸利用图

(3) 交通

モルディヴには、ドーニー、エンジン付のヨット・ドーニー、ランチ等の様々な船舶が見られるが、最も一般的な交通手段はドーニーである。ドーニーは島嶼間の交通手段として用いられている。現在、ドーニーの泊地はマレ島の北側に位置する国内港である。

2.2.2 自然環境

(1) 気候

モルディヴの気候は2期に区分される。

- 北東モンスーン 12月～3月
- 南西モンスーン 4月末～10月

月の平均気温は4月に最も高く31.7℃であり、最低は9月の25.1℃である。しかし、季節的変動は小さい。また、フルレ空港島における年間平均降雨量は約1,900mmで、月平均の最大降雨量は6月、8月～10月および12月に200mmを越える。最も出現頻度の高い風向は12月～2月に発生する北東風と、5月～9月に発生する西風である。

(2) 地下水

地下水の状況は多孔性のサンゴ石、海水面および降雨の特性で決まる。Alasdair J. Edwards (1989)によれば、平均地下水位は平均海面上0.4mにあり、平均海面下の地下水の層厚は16mである。水位の変動は潮位と同じ変動をしている。淡水化プロジェクトでは井戸を用いて水質調査を実施している。その結果、塩化物の濃度は降雨と海面水位に依存しており、塩化物の濃度が低い地域はマレ島の中心部であることが明らかにされている。

(3) 海岸水理

a) 流れ

図2.2.4にインド洋における海流の季節変動パターンを示す。北東モンスーン期には西流が発生し、南西モンスーン期には東流が生じている。一般的に、潮流は上げ潮時に東流となり下げ潮時に西流となる。しかし、流速は島の場合によって変動する。

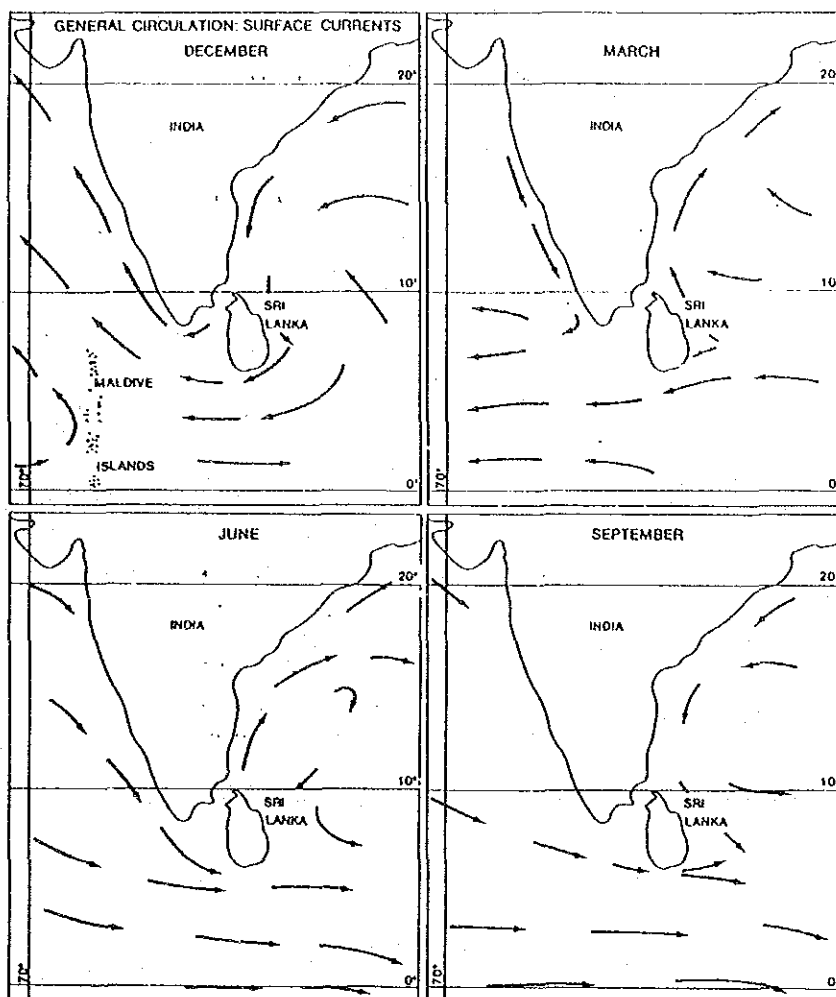


図 2.2.4 モルディヴ周辺海域の表層流 (by Bernard Swan)

b) 潮位

米国海軍省の水路測量局出版の「潮汐表Vol. 2, 1991」によれば、マレ島の潮汐定数は以下の通りである。

潮汐定数	Z_0	M_2	S_2	K_1	O_1
値 (m)	0.56	0.24	0.14	0.12	0.06

H. W. L.	D. L. + 1.34m
M. S. L.	D. L. + 0.64m
海面基準図	D. L. + 0.08m
L. A. T.	D. L. + 0.00m

(4) 海の水質

マレ島の港湾における水質汚濁は漁業農業省の海洋研究課によって調査が実施された。国内港では以下の問題が指摘されている。

- 油や船底に貯った汚水、魚の血や死んだ魚による汚染
- トイレのない船の居住者が排出する糞尿やゴミの投棄による汚染

その他、

- 未処理のまま放出されている6ヵ所の下水排水
- 海岸域へのゴミ投棄

が挙げられる。

(5) 海洋動植物

モルディヴのサンゴ礁には250種以上のサンゴが生棲している。サンゴは礁原と島を形成してきた。また、サンゴは家屋の建築材や海岸保全構造物の材料として用いられている。

a) 東海岸

サンゴ礁は海岸から穏やかに傾斜し東方へ延びている。東海岸の南部沖合の水深12m地点には生きている青紫色の *Acropora hyacinths* と *cytheria* と死んでいる *Porite* が存在し、かなりの量の *Pocillopora* が認められる。北部には薄く生きたサンゴが分布し、塊状の *Porite* の生きたものや死んだものが分布している。また、サンゴ虫が作った台状の *Porite* も認められたがその形状はあまり発達していない。いたるところに藻類が繁茂し海底を覆っている。

b) 西海岸

礁原は狭く緩やかに傾斜し、水深2mの地点のリーフ外縁に達している。そこから急激に落ち込み、昔の海水面であった岩棚の水深20m地点まで達している。岩棚には上部から落ちてきた多くの缶やサンゴの丸石が存在している。第2段目の岩棚は水深22m地点に認められた。やや緩やかな傾斜部分を経て、その後は急勾配で水深30mまで落ちている。この地点には、上部から転落し

てきた死んだサンゴの丸石が推積している。

上部礁原の約半分は直径 0.5～ 0.8mのサンゴの転石で覆われている。転石の間は粗砂で覆われた平坦な岩で構成されている。礁原上に見られる生物はその99%が藻類であり、塊状のサンゴの死骸の上に繁茂している。生きたサンゴは1%未満であった。

c) 南海岸

南海岸の東部には、サンゴの死骸の上に繁茂した藻類が生物の大部分である。生きているサンゴは15%程度と思われる。小さなAcroporaが礁原上に多く認められる。既して、Acroporaと Pocilloporaは良好な状態で生存してるが、塊状サンゴは良好な状態とは言えない。

d) 北海岸

北海岸では、護岸の沖に離岸堤がある。離岸堤と護岸で囲まれた範囲は小型船の停泊地となっており、小魚の生育場ともなっている。離岸堤から沖合には他の海岸より狭い礁原がある。北海岸の中央部では5-15m、東側では20-30mの幅があり、リーフェッジから落ち込んでいる。礁原の上部には砂が堆積しており、サンゴの生育状態はよくない。

2.3 地形および深淺測量

地形測量は海岸線から陸側に平均50mの領域まで平板とレベルを使い実施した。また、施設や道路および建物の境界線は 500分の1の縮尺でプラスチック用紙に直接線引きした。

深淺測量はボートを用いて実施した。ボートには音響測深機を搭載し、基準点上に設置したセオドライトでボートを沖合から岸方向へ一直線に誘導した。測深音響は連続的に記録し、測深位置を計器により約50m間隔でチェックした。沿岸方向の測線間隔は10mピッチで、測深記録は潮位記録で補正した。一方、浅い礁原領域では仮設基準点からテープとレベルを用いて測深を行なった。

地形および深淺測量結果は図面に編集し、サポーディングデータ Iとしてまとめた。

2.4 土質調査

土質調査は、マレ島の東、南および西海岸の護岸予定法線上の地表下の地質工学的データおよび土質データを得る目的で実施した。

(1) マレ島の地質

マレ島は北マレ環礁の南東端に位置している。同島は、馬蹄形のサンゴ礁、そのサンゴ礁に取り囲まれた礁湖内の島から成っている。サンゴ礁はサンゴの破砕塊が海面付近で見られる礁縁およびその内側に分布する礁原とからなる。

(2) 堤防基盤の物理的性質

標準貫入試験を伴うコア・ボーリングがマレ島の東、南および西海岸において各1孔ずつ計3孔、護岸予定法線上で実施された。得られたデータに基づく地質工学的解析の結果を以下に示す。

計画された護岸の基盤は、東海岸の北部では主として礁湖堆積物、礁原上に位置する東海岸の南部と南海岸ではルーズな自生造礁サンゴである。また、礁縁に位置する西海岸も同じくルーズな自生造礁サンゴから構成されている。

これらの礁湖堆積物とルーズな自生造礁サンゴの物理的性質は表 2.4.1に要約した。

表 2.4.1 礁湖堆積物とルーズな自生造礁サンゴの物理的性質

Name of Foundation Rock	Description	N-value (S.P.T)	Unconfined Compressive Strength kgf/cm^2	Ultimate Bearing Capacity t/m^2
Lagoon Sediments	Coral Sand and gravel, median grain size: 0.4~ 0.6mm	3~33	—	16~22
Loose Coral Rock	Reef building coral which grows in-situ, with many pores and cavities	2~ 50	5~135 (average 70) The test was performed on core samples only	45~60

(3) 材料試験

a) 既存護岸から採取されたサンゴ粗骨材試料

既存護岸から採取された全てのサンゴ粗骨材試料は、「コンクリート用砕石」についての規準 JIS A 5005 から判断すると、軟岩、低い単位容積重量および高い吸収率を示すことから、構造用粗骨材としては不適當である。しかし、これらサンゴ粗骨材を計画護岸の填材として使用することは十分可能である。

b) 粗骨材として浚渫したサンゴ塊試料

浚渫した全てのサンゴ塊試料は、「コンクリート用砕石」についての規準 JIS A 5005から判断すると、軟岩と低い単位容積重量であることから、構造用粗骨材として好適とは言えない。しかし、これらの浚渫されたサンゴ塊試料は、計画護岸の填材として使用することは十分可能である。

c) 細骨材として浚渫したサンゴ砂試料

浚渫した全てのサンゴ砂試料は、マレーシアの川砂試料と比較して、より「軟い粒」からなり、かつより低い比重を持つのでコンクリート用の細骨材としては必ずしも適當とは言えない。

2.5 気象

マレ島の気象特性を把握するため、気象センターがフルレ島で観測した1986年1月～1990年12月までのデータを基に、風、降雨および気温について統計処理を行った。

(1) 風況

年間を通じて卓越風向は西、北西、北東および東北東である。季節変化に着目すると、12月～2月の期間は北東および東北東の風が卓越する。3月～4月にかけては風向は様々に変動する。5月～6月は西南西～西北西の風が多く、7月～10月は北西風が多くなり西～北西風が卓越するが、西南西の風は逆に減少する。11月は西風がときたま発生するが風向きは変化し始める。以上より、北東モンスーンは11月～2月にかけて出現し、南西モンスーンは5月～10月に出現している。その他の期間はモンスーンの過度期と言える。

(2) 降 雨

図 2.5.1に1986年から1990年までの月平均降水量を示した。2月、3月および7月の降雨は比較的少ないのに対して、12月は降雨量が最大となっている。

(3) 気 温

1986年から1990年間の月別最大および最小気温を図 2.5.2に示した。各月の最大気温は約31℃で、月毎の大きな変化は認められない。最大と最小の気温差は、年間を通じてほぼ一定で約5℃である。

2.6 海象観測

海象観測は水圧式波高計と電磁流速計を用いて、東海岸、南海岸および西海岸でそれぞれ実施した。

(1) 南東沖合地点

ほとんどの観測データは波高 0.5~1 mで周期10秒の波であった。インド洋から伝播してくる大部分の波は、マレ島に南東方向から入射する周期10秒程度の波である。

一方、流速の最大値は55cm/secであった。流向は西方向へ流れる西流と東方向へ流れる東流とに大別できる。西流は引き潮時に、東流は上げ潮時に発生する。

(2) 東海岸礁原上

リーフ礁原に出現する波高は、沖波がリーフ外縁で砕波するためかなり小さくなる。また、浅海域の海底地形の影響で波の屈折現象が生じるため波向は変化する。礁原上の全ての流れは、潮位に関係なく北方向に一様に流れている。東海岸のリーフ礁原上の海水は北側に存在するリーフの切れ目から沖合へ流出していると推定される。観測結果から、東海岸の礁原上に卓越する流れは波浪流、即ち海浜流であると結論される。

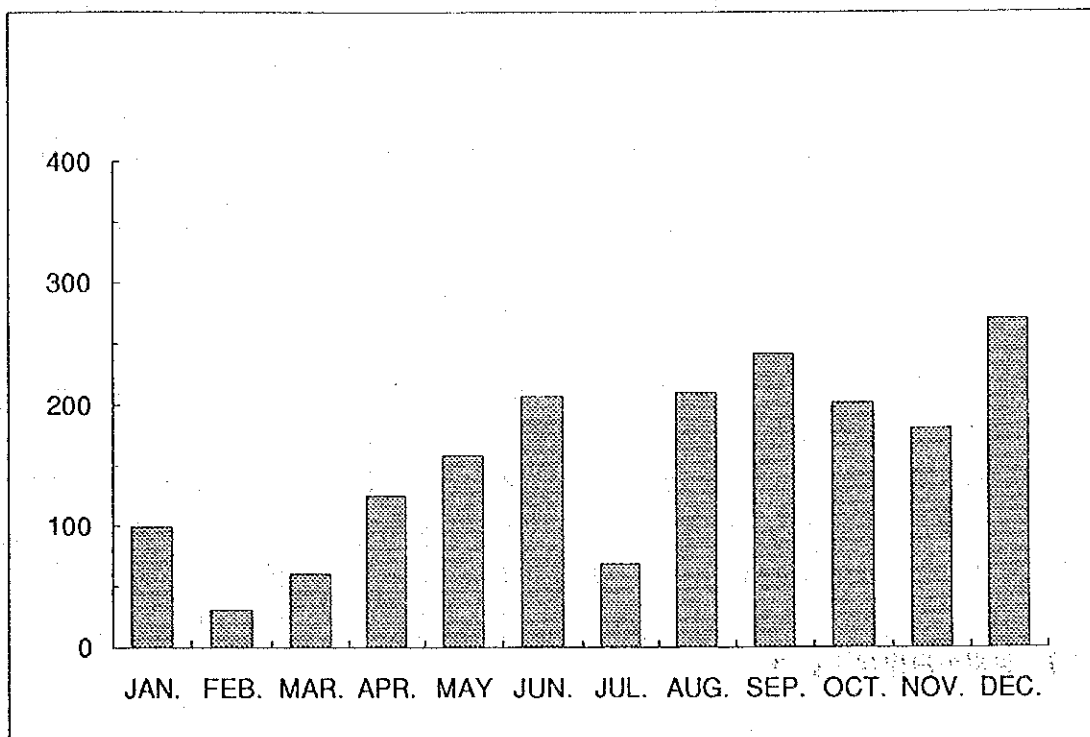


图 2.5.1 月别平均降雨量 (1986-1990)

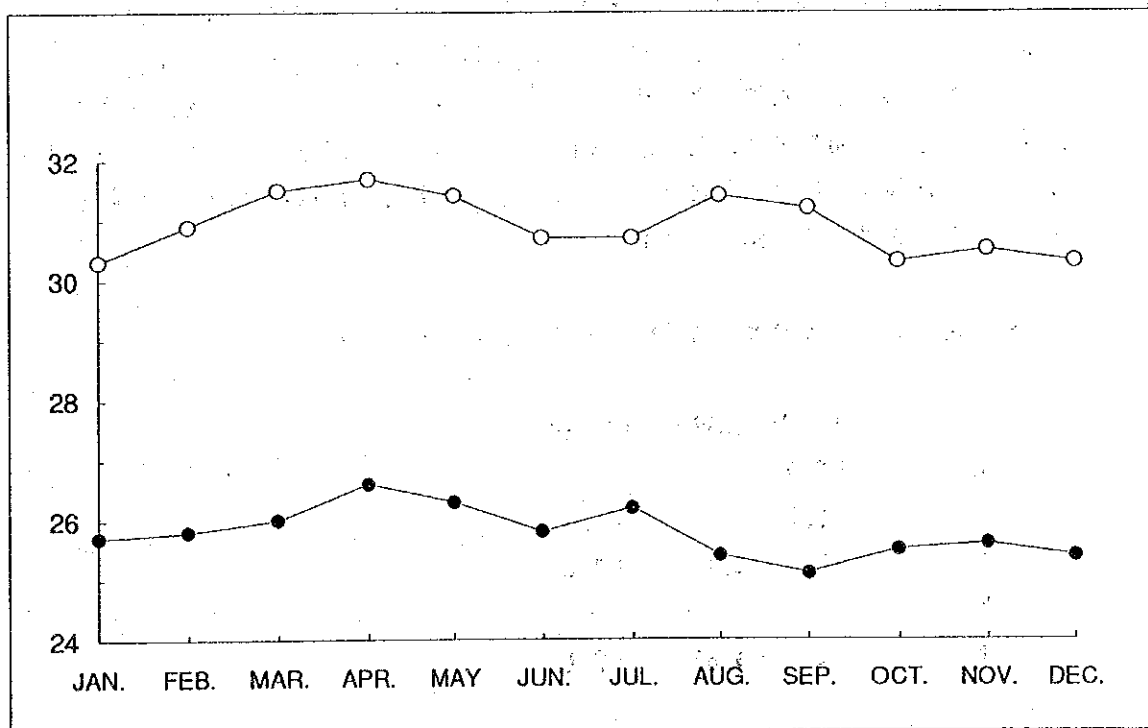


图 2.5.2 月别最高最低气温 (1986-1990)

(3) 南海岸航路上

観測点は離岸堤の岸側に位置しているため出現波高は小さい。離岸堤の開口部で観測した波高は30cm～40cmと離岸堤背後の観測値より大きい。離岸堤背後の流れは比較的弱い、流向は航路に沿った西向である。

(4) 西海岸

観測期間中は静穏であったため、20cm～30cmの波高の波を観測した。周期は比較的長く10秒程度で、入射方向が南寄りであったことから判断すると、観測波浪はインド洋から伝播して来た屈折と回折を受けたうねりと考えられる。

西海岸の沖合の流れは南流が卓越している。観測された流向および流速から判断すると、西海岸に出現する卓越流は海浜流ではなく潮流であると推定される。

2.7 現況の海岸保全施設

図 2.7.1に現況におけるマレ島の海岸保全施設を図に示した。旧式の護岸は東、西、北および南海岸に建設され、10～20cmの直径のサンゴ石を積み重ね、表層をモルタル仕上げした構造形式である。特に潮汐にさらされた部分のモルタル表面は劣化しており、空洞が認められる。また、内部のサンゴ石は崩れ落ち、老朽化が著しい。現在の護岸背後には5m～8m幅の「Marine Drive」と呼ばれる海岸道路が島を巡っている。商業港および国内港は北海岸に海岸に開発されており、サンゴ礁外縁に沿って築造された防波堤によって防護されている。その防波堤は北海岸に見られる護岸と同じタイプの構造である。北海岸の護岸はドーニーや観光船の係留、停泊用で使用され、現在、矢板壁による補修工事が施工されている。島嶼間を連絡する船舶用の南西港は最近開港された。港は図 2.7.1に示す防波堤と護岸によって防護されている。南海岸の離岸堤背後にモルディブ政府は新しい岸壁を建設し、小船が停泊や荷役ができるよう計画を立てている。

マレ島の護岸と防波堤の天端高は以下の通りにまとめられる。

	護 岸 (岸壁)	防波堤
東	+2.8	—
南	+2.1	+4.1
南西	+3.1(+1.8)	+3.5
西	+2.6	—
北	+2.0(+1.8)	+2.1

第3章 海岸保全計画

3.1 基本計画

保全計画の立案に際しては、波浪、潮位、地形、海岸利用、関連開発計画、地元住民の要望等のさまざまな海岸に係わる条件を把握する必要がある。

(1) 設計条件

海域と陸域を識別しやすくすることおよび港湾計画との整合性を考慮し、当護岸プロジェクトでは港湾と同一の基準面 (D.L.) と潮位条件を用いることとする。この基準面は公共事業労働省の基準高さ99.80mと一致する。平均水面 (M.S.L.) は D.L. + 0.64m であり、朔望平均満潮位 (H.W.L.) は D.L. + 1.34m である。

各海岸に提案した施設に対する最終的な設計潮位 (D.H.W.L.) および設計波は以下のとおりである。

1) 西海岸

- 沖波設計波 : $H_o = 1.2\text{m}$ 、 $T = 4.6\text{sec}$
- D.H.W.L. : D.L. + 1.34m

2) 東海岸

- 沖波設計波 : $H_o = 3.0\text{m}$ 、 $T = 16\text{sec}$
- 護岸前のD.H.W.L. : D.L. + 1.64m
- 護岸前の設計波 : $H = 1.3\text{m}$ 、 $T = 16\text{sec}$

3) 南海岸

- 沖波設計波 : $H_o = 3.0\text{m}$ 、 $T = 16\text{sec}$
- 岸壁前の設計波 : $H = 0.7\text{m}$ 、 $T = 6\text{sec}$
- 岸壁前のD.H.W.L. : D.L. + 1.63m

4) 北海岸

- 沖波設計波 : $H_o = 0.6\text{m}$ 、 $T = 4.6\text{sec}$
- D.H.W.L. : D.L. + 1.34m

(2) 基本方針

モルディヴ政府からの要望は地域住民の種々の活動の便に供するため考慮されねばならない。保全計画に関する主な要望は以下のとおりであり、本調査ではこれらを計画の基本方針とする。

- 1) 護岸天端高は水平線が見える程度まで下げる。
- 2) 東海岸の南側領域は海水浴やサーフィンが地元の人によって楽しまれている唯一の場所であり、このレクリエーション機能を維持する対策工にすべきである。
- 3) 南海岸には港湾の整備計画があるので、小型船用の岸壁として使用できる護岸を検討する。
- 4) 南海岸および西海岸には、10.5m幅の海岸道路を通すので、護岸や岸壁の背後は十分なスペースを確保する。
- 5) 護岸背後には排水施設を備える。
- 6) 東海岸の北側領域にはモルディヴ政府が準備・実施する埋立計画の条件下で護岸計画を立案する。

高潮の来襲から陸域を防護する防災上の緊急性から、建設工事は西海岸、東海岸、南海岸および北海岸の順で優先すべきである。

(3) 計画施設の代表断面

波浪や潮位の特性、海底地形、海岸利用、関連する開発計画およびモルディヴ側の要望を考慮し、各海岸における護岸の試案を表3.1.1にまとめた。

西海岸においては背後地を来襲波から防護するため、消波ブロック型式の護岸を提案した。このタイプの護岸は波浪エネルギーを効率良く吸収し、世界中で最も普及している工法である。

東海岸では、養浜された砂浜で海水浴が楽しめ、砂浜へのアクセスが容易な階段護岸を提案した。東海岸の他の領域は、背後地を越波から防護するため消波ブロック型式の護岸を提案した。

南海岸では、岸壁前面の航路は既存の離岸堤群によって静穏性が確保されており、小型船の活動に供するため天端の低い直立形式の岸壁を提案した。

北海岸では、現在の防波堤位置に堅固な新しい防波堤を築造する。異形消波ブロック形式の透過性防波堤の断面は非常に幅広くなり、船舶の停泊域のスペースが充分確保できないため、コンクリート方塊形式の防波堤が望ましいと考えられる。

表3.1.1 基本的保全対策案のまとめ

TYPE	ELEVATION OF SEAWALL (D.L.+m)	BLOCK MOUND		CROWN HEIGHT OF BLOCKS (D.L.+m)	INCIDENT WAVE		TIDE LEVEL (D.L.+m)	OVERTOPPING RATE (m ³ /m s)	RUNUP HEIGHT (D.L.+m)	REMARKS
		Num. of Row	Num. of Layer		Ho(m)	T(sec)				
PRESENT CONDITION	2.6	—	—	—	—	—	—	0.034	6.5	
PLAN-(1)	3.0	4	2	1.5	—	—	—	0.005	4.4	
PLAN-(2)	3.0	4	3	1.5	1.2	4.6	1.34	0.004	4.1	
PLAN-(3)	3.0	5	2	3.0	—	—	—	0.002	2.7	
PLAN-(4)	3.0	5	3	3.0	—	—	—	0.0	—	
PLAN-(5)	3.0	5	3	3.0	—	—	—	0.0	—	

3.2 モデル実験

3.2.1 水理実験

波浪、潮位、地形および既往の高潮災害に関する現地調査の結果に基づき、2次元水槽を用いて水理実験を実施した。実験はマレ島の西、東および南海岸の代表的提案施設の技術的妥当性を検討するものである。

(1) 西海岸

現況の海岸施設では護岸に衝突した波がかなりの高さまで這い上がり、背後地へ大量の越波を発生させる。当海岸の背後地は高密度に利用されているので、大きな浸水は許容できない。技術的な面とモルディヴ政府の要望を勘案すると、天端ブロック3列並びで、天端高D.L. + 2.60mの消波ブロック形式の護岸が推奨できる。

(2) 東海岸

高潮時に高波浪が発生する悪条件を考えると、消波ブロックなしの対策案では現況施設下での実験で認められた越波現象が発生する恐れがある。従って、高さD.L. + 3.0mの直立壁の前に消波ブロックを設置した護岸が背後地防護の観点から望ましい。

(3) 南海岸

低天端高D.L. + 1.8mの岸壁に対する実験では、現況護岸のケースよりも越波量が大きい。しかし、岸壁の背後地を十分に舗装すれば許容できる越波量と考えられる。さらに、離岸堤間に潜堤を設置すれば越波量も小さくなり航路の静穏性も増加するので、技術的にはより望ましい対策案と考えられる。

3.2.2 数値モデル試験

東海岸のリーフ礁原および南海岸の離岸堤群を対象に数値モデルの検証計算を行なった。その結果、観測値とほぼ良い一致が得られたので保全施設計画案に数値モデルを適用し予測計算を行なった。

東海岸の埋立地前面には、現況とほぼ同程度の流速を持った海浜流が出現した。従って、当海岸の埋立て計画によって有意な影響は発生しないと予想される。

南海岸の航路上の波高分布結果から、東側から数えて第4番目と第5番目の離岸堤開口部に最も大きな波が侵入することが明らかにされた。この波浪の侵入は沖合の深い地形がこの領域で最も近付いているためと判断される。

西海岸を対象にした計算結果から判断すると、当海岸には波浪に起因する海浜流は発生しないと考えられる。

3.3 予備設計

3.3.1 基本計画

モデル実験による検討結果およびモルディヴ政府からの要望に基づき、マレ島の各海岸に対する以下の保全対策工が提案できよう。

(1) 西海岸

1) 北側領域

型 式 : 消波ブロック堤
天 端 高 : D.L. + 3.00m
天端ブロック数 : 2列

2) その他の領域

型 式 : 消波ブロック堤
天 端 高 : D.L. + 2.60m
天端ブロック数 : 3列

(2) 東海岸

1) 人工ビーチ

護岸型式 : 階段式護岸
突堤型式 : 消波ブロック堤
天 端 高 : D.L. + 3.00m

2) 埋立地およびその他の領域

型 式 : 消波ブロック堤
天 端 高 : D.L. + 3.00m

(3) 南海岸

1) 港湾領域

岸壁型式 : 直立コンクリート堤
天端高 : D.L. +1.80m
背後地の勾配 : 2%

2) 東部領域

護岸型式 : 直立コンクリート堤
天端高 : D.L. +2.40m

(4) 北海岸

防波堤型式 : コンクリートブロック堤
天端高 : D.L. +2.10m
位置 : 現防波堤と同じ位置

3.3.2 設計方針

予備設計は下記の設計方針を基に行なうものとする。

(1) 建設予定地の自然条件に留意すること。

- 1) 当該地の地形、地質、気象・海象条件を十分把握し、基本設計に反映する。
- 2) 珊瑚礁内での潮流による漂砂対策を考慮する。
- 3) 環境保全対策を十分配慮する。

(2) 当該国および建設予定地の諸条件に適した構造、資機材、工法であること。

- 1) 構造形式はできるだけ単純で、かつ材料入手が容易なものとし、維持管理が容易なものとする。
- 2) 当該地の自然条件を配慮した工法、施工計画を検討する。

(3) 当該国独自の関連法規あるいは技術基準等はほとんど整備されていないため、設計に際しては、我が国の法規、基準等に準拠して進める。

3.3.3 設計条件の設定

現地調査の結果を踏まえ、施設設計に使用する条件を以下のように設定する。

1) 海象条件

- 潮位 さく望平均満潮面 H. W. L. = D. L. + 1.34m
 平均水面 M. S. L. = D. L. + 0.64m
 さく望平均干潮面 L. W. L. = D. L. - 0.06m
- 設計波浪 図 3.3.1参照

2) 地震力

モルディヴにおいては、地震の発生は皆無で過去の記録も見あたらないため、地震力は考慮しないものとする。

3) 土質条件

第2章 2.4節を参照のこと。

4) 岸壁利用条件

- 対象船舶 動力ドーニー
 全 長 : 13.5m
 最大幅 : 3.6m
 最大喫水 : 0.9m
 ブルワーク高 : 0.2m
- 上載荷重 $q = 1.0 \text{ t/m}^2$

5) 材 料

- 裏込材 : 内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$ 、 $\delta = 15^\circ$
- 基礎捨石 : 内部摩擦角 $\phi = 40^\circ$
- 単位体積重量
 鉄筋コンクリート : 2.45 t/m^3 (空中)、 1.45 t/m^3 (水中)
 無筋コンクリート : 2.30 t/m^3 (空中)、 1.30 t/m^3 (水中)
 裏込材 : 1.80 t/m^3 (空中)、 1.00 t/m^3 (水中)

6) 静止摩擦係数

- プレキャストコンクリートとプレキャストコンクリート : 0.5
- プレキャストコンクリートと基礎捨石 : 0.6

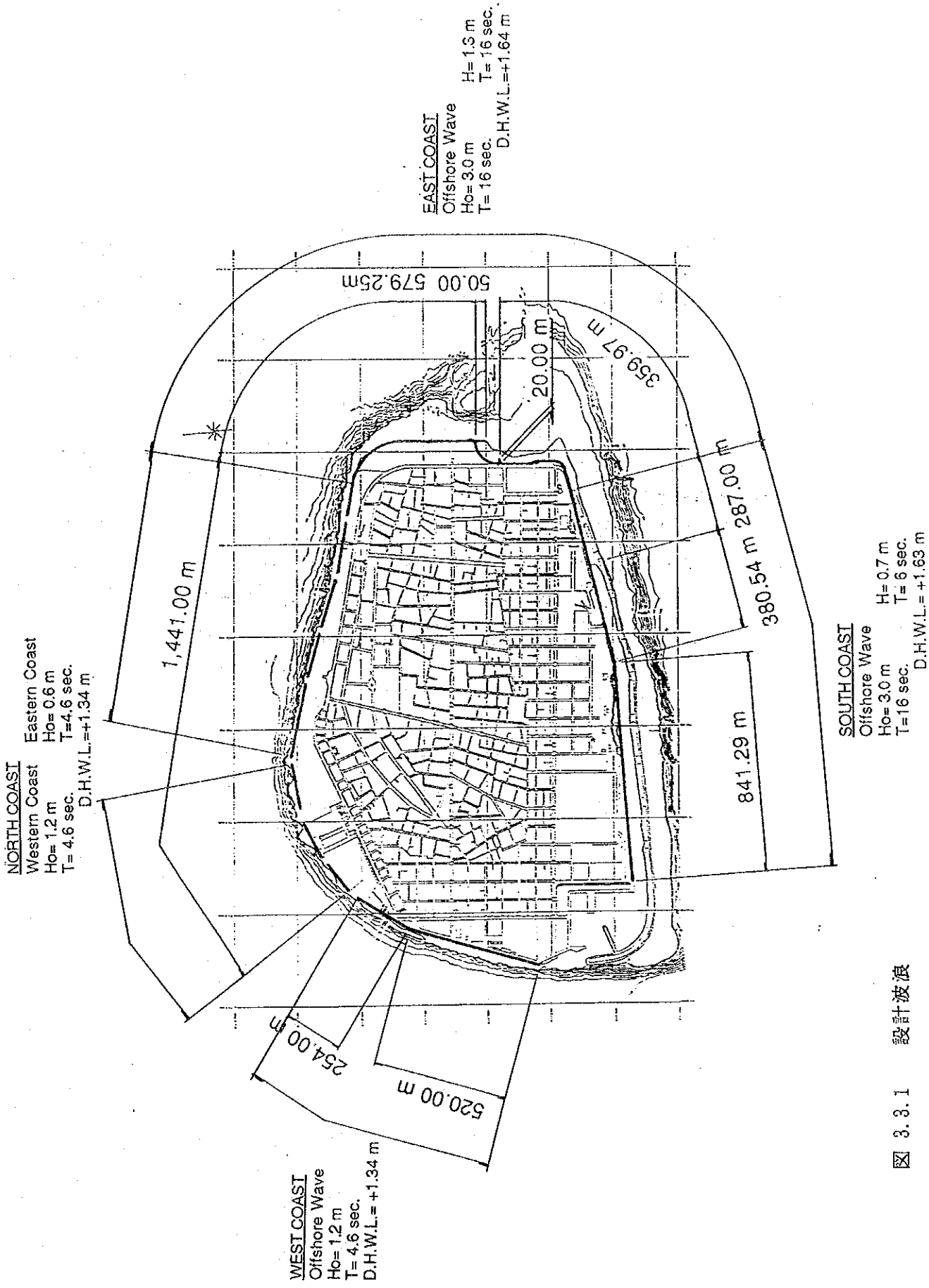


図 3.3.1 設計波浪

7) 安全率

- 滑動 : 1.2 (常時)
- 転倒 : 1.2 (常時)
- 地盤支持力 : 2.5

8) 材料の許容応力度

- 鋼矢板 : 1,400kg/cmf (SY295)
- 異形鉄筋棒鋼 : 1,800kg/cmf (SD295A)
- 鉄筋コンクリート : 240kg/cmf (設計基準強度)
90kg/cmf (許容曲げ圧縮強度)
9kg/cmf (許容せん断縮強度)
- 無筋コンクリート : 180kg/cmf (設計基準強度)

9) 準拠基準等

- 日本工業規格 (JIS)
- 海岸保全施設築造基準解説 ((社) 全国海岸協会)
- 港湾の施設の技術上の基準・同解説 ((社) 日本港湾協会)
- コンクリート標準示方書 ((社) 土木学会)
- Shore Protection Manual (US Army Corps of Engineers)

3.3.4 予備設計

(1) 法線計画

海岸防災施設の法線計画を図 3.3.2 および 3.3.3 に示した。なお、南西港部は設計対象範囲より除くものとし、施設総延長は下表 3.3.1 に示した。

表 3.3.1 海岸保全施設延長

海岸	位置	延長 (m)	各海岸延長
西海岸	北部	254.00	774.00
	南部	520.00	
東海岸	北部	579.25	1,088.45
	階段部	149.23	
	突堤部	(71.00)*	
	南部	359.97	
南海岸	西部	841.29	1,508.83
	中央部	380.54	
	東部	287.00	
北海岸		(1,291.00)**	1,291.00
総計*		4,812.28	4,812.28

* : 突堤部を除く。

** : 埠頭部延長150mは現在ADBにより調査実施中につき除く。

(2) 施設設計

以上の結果を踏まえ検討した結果、図 3.3.4 に示す施設構造物を海岸防災施設として提案した。

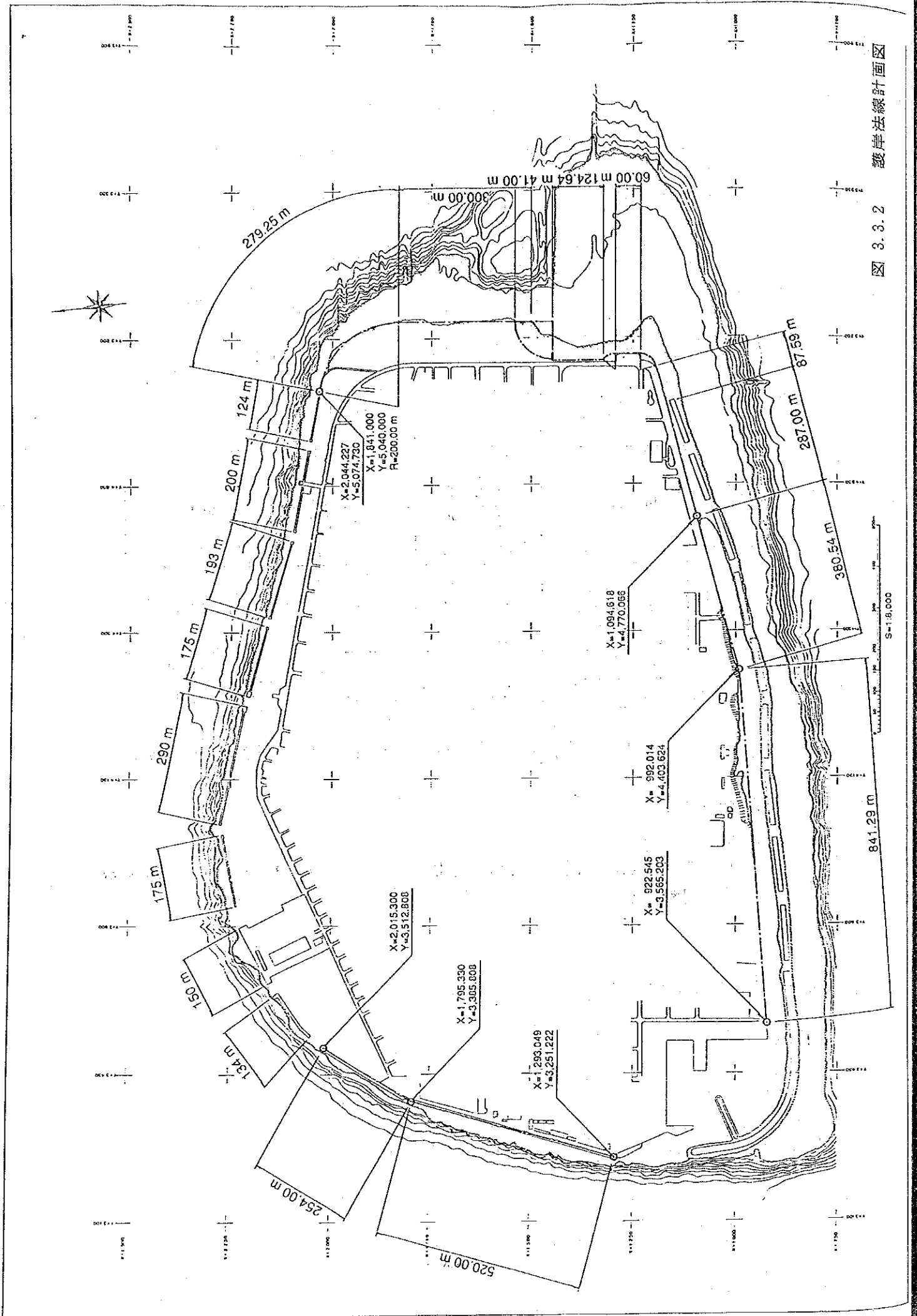


図 3.3.2 護岸法線計画図

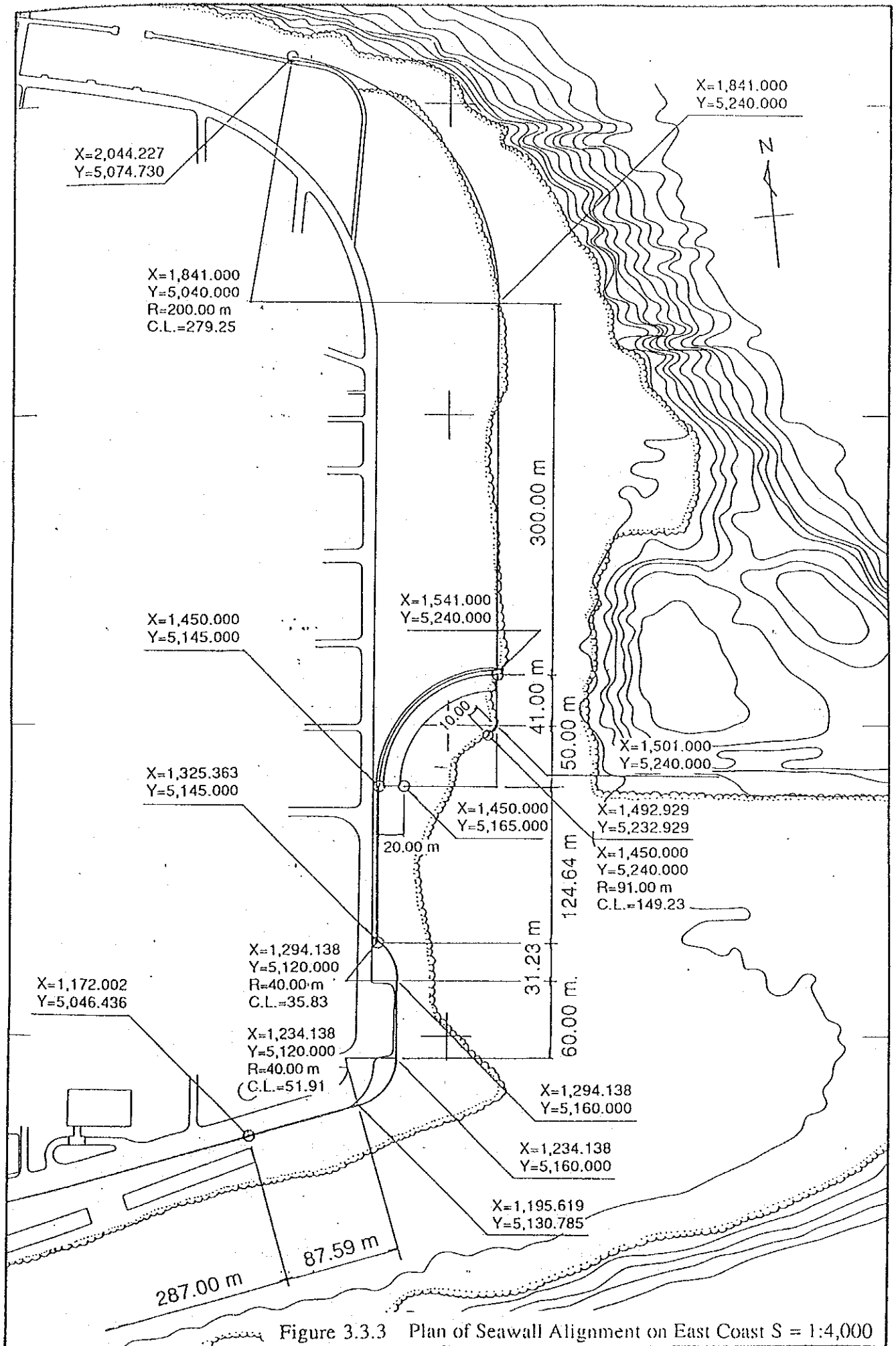
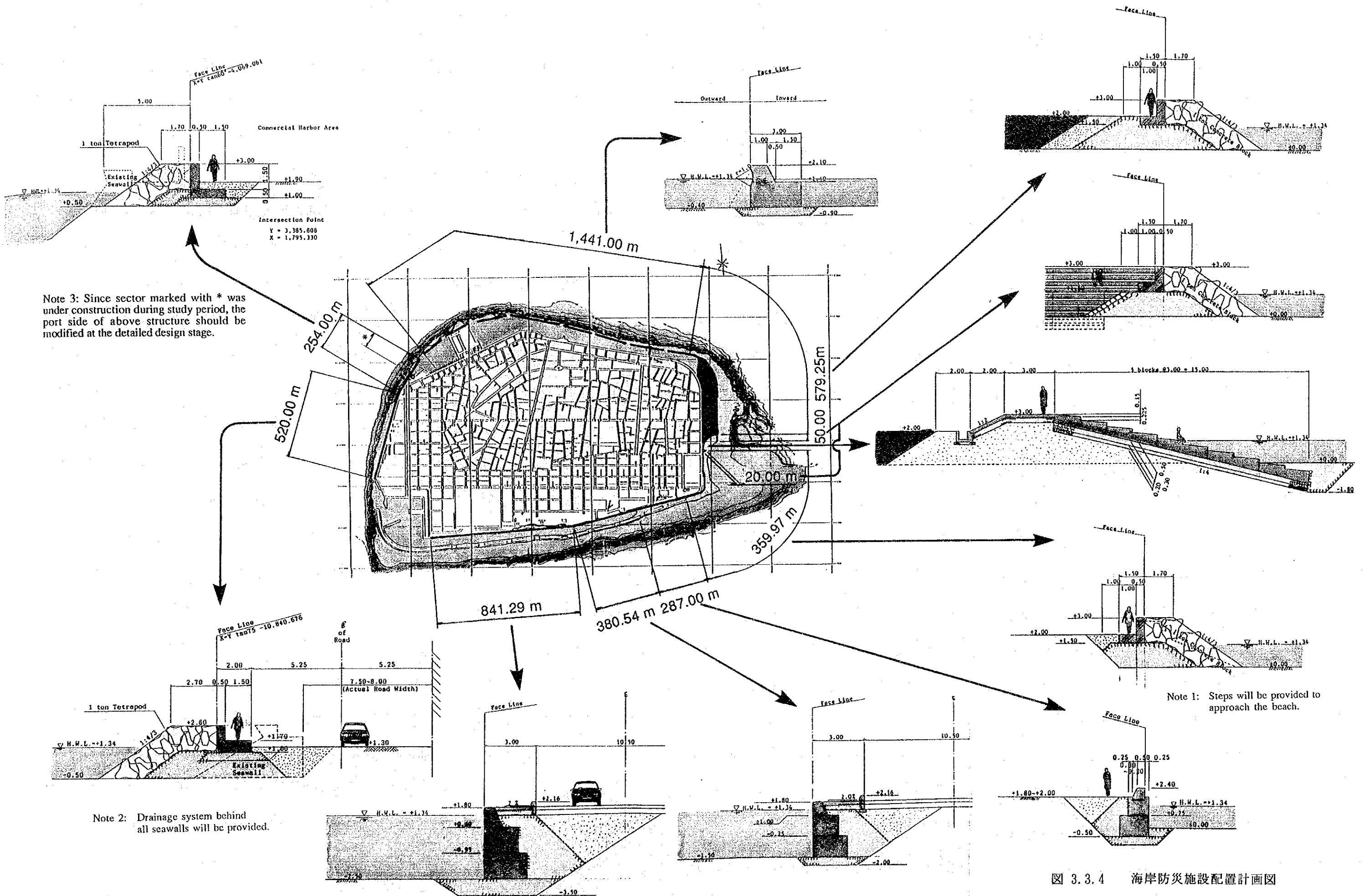


Figure 3.3.3 Plan of Seawall Alignment on East Coast S = 1:4,000

图 3.3.3 東海岸護岸法線計画面



Note 3: Since sector marked with * was under construction during study period, the port side of above structure should be modified at the detailed design stage.

Note 2: Drainage system behind all seawalls will be provided.

Note 1: Steps will be provided to approach the beach.

图 3.3.4 海岸防災施設配置計画図

3.4 事業費積算

各海岸の防災施設事業費を表3.4.1に示した。積算に当り、下記科目について積上げた。

- (1) 直接工事費 : 1991年12月現在の単価を用い、内・外貨ポーション別に工事費を積算した。
- (2) 直接工事費 : 間接工事費は、資機材輸送費、間接費、建設業者の利益を含め積上げ積算した。
- (3) 詳細設計・工事監理費 : 詳細設計費および工事監理費は、上記(1)直接工事費と(2)間接工事費の和の各々2%および7%とした。
- (4) 予備費 : 予備費は、建設工事については上記(1)+(2)の10%、設計監理については、上記(3)の5%を計上した。
- (5) 物価上昇 : 物価上昇は考慮しないものとする。

なお、事業費は下記条件を基に積算した。

(1) 免 税

(2) 換算外貨レート : 1US\$=¥129.53

1MRf=¥ 11.99

(1992年9月15日までの過去6ヶ月平均T T Sレート)

表 3.4.1 事業費総括表

Phase 1 West Coast										92.10.6	Unit Price
Work Item	Unit	Quantity	1 MRF=¥ 11.99		1 US \$=¥ 129.53		Jpn (¥ 1,000)		Jpn (¥ 1,000)	Total Amount	
			Maldivian Rufiyaa (M)	US Dollar (US\$)	Unit Price	Amount	Unit Price	Amount			
CONSTRUCTION COST											
1. Direct Construction Cost				2,313,006		3,806,598		109,190		629,991	
West Coast North	l.m.	254.00		781,464		975,595		34,164		169,902	669
-do- South	l.m.	520.00		1,531,543		2,831,004		75,026		460,089	885
2. Indirect Cost				2,722,593		1,707,918		240,345		494,216	78%
3. Total Construction Cost										1,124,207	
ENGINEERING SERVICES											101,179
1. Detailed Design		2%								22,484	
2. Supervision		7%								78,694	
CONTINGENCY Construction											112,421
Engineering Services		5%								5,059	
TOTAL PROJECT COST											1,337,806

Phase 2 East Coast										Unit Price	
Work Item	Unit	Quantity	1 MRF=¥ 11.99		1 US \$=¥ 129.53		Jpn (¥ 1,000)		Jpn (¥ 1,000)		Total Amount
			Maldivian Rufiyaa (M)	US Dollar (US\$)	Unit Price	Amount	Unit Price	Amount			
CONSTRUCTION COST											
1. Direct Construction Cost				3,165,141		5,608,355		127,284		891,685	
East Coast N/S/G	l.m.	1,010.22		2,539,035		4,562,954		111,022		732,504	725
-do- Step	l.m.	149.23		626,106		1,045,401		16,263		159,181	1,067
2. Indirect Cost				3,663,954		1,885,775		303,999		592,194	66%
3. Total Construction Cost										1,483,879	
ENGINEERING SERVICES											133,549
1. Detailed Design		2%								29,678	
2. Supervision		7%								103,872	
CONTINGENCY Construction											148,388
Engineering Services		5%								6,677	
TOTAL PROJECT COST											1,765,816

Phase 3 South Coast										92.10.6	Unit Price
Work Item	Unit	Quantity	1 MRF=¥ 11.99		1 US \$=¥ 129.53		Jpn (¥ 1,000)		Jpn (¥ 1,000)	Total Amount	
			Maldivian Rufiyaa (M)	US Dollar (US\$)	Unit Price	Amount	Unit Price	Amount			
CONSTRUCTION COST											
1. Direct Construction Cost				3,324,896		8,154,188		116,235		1,212,312	
South Coast West	l.m.	841.29		2,426,782		5,603,358		77,233		832,133	989
-do- Center	l.m.	380.54		420,836		1,579,863		23,146		232,831	612
-do- East	l.m.	287.00		477,278		970,967		15,856		147,348	513
2. Indirect Cost				4,063,041		1,881,233		352,033		644,425	53%
3. Total Construction Cost										1,856,737	
ENGINEERING SERVICES											167,106
1. Detailed Design		2%								37,135	
2. Supervision		7%								129,972	
CONTINGENCY Construction											185,674
Engineering Services		5%								8,355	
TOTAL PROJECT COST											2,209,518

Phase 4 North Coast										Unit Price	
Work Item	Unit	Quantity	1 MRF=¥ 11.99		1 US \$=¥ 129.53		Jpn (¥ 1,000)		Jpn (¥ 1,000)		Total Amount
			Maldivian Rufiyaa (M)	US Dollar (US\$)	Unit Price	Amount	Unit Price	Amount			
CONSTRUCTION COST											
1. Direct Construction Cost				2,520,573		4,069,816		91,915		649,300	
North Coast	l.m.	1,291.00		2,520,573		4,069,816		91,915		649,300	503
2. Indirect Cost				2,566,015		1,678,657		234,912		483,115	74%
3. Total Construction Cost										1,132,415	
ENGINEERING SERVICES											101,917
1. Detailed Design		2%								22,648	
2. Supervision		7%								79,269	
CONTINGENCY Construction											113,242
Engineering Services		5%								5,096	
TOTAL PROJECT COST											1,347,574

第4章 環境影響評価

4.1 環境影響要因

4.1.1 建設工事期間中

本プロジェクトに起因する工事期間中の環境影響要因としては、次の4点を挙げる事ができる。

- 建設機械の運転
- 浚渫工事
- 施設建設工事
- 建設資機材の搬出入

4.1.2 施設完成後

海岸防災施設完成後においては、高潮あるいは越波等に対して本プロジェクトの目的である防災機能を十分に発揮することができる。

4.1.3 環境要因・要素関連分析

マトリクス法による要因・要素関連表を表4.1.1に示した。

表4.1.1 環境要因・要素関連連表

環境要素		社会・経済環境													自然環境										
		土地利用	沿岸部利用	交通	基盤施設	コミュニティ	人口流動	漁業	雇用	公衆衛生	文化財	レクリエーション	景観	斜面の安定	沿岸水文	水質	地下水利用	地下水の水質	大気	騒音	振動	陸生植物	海生植物		
環境影響要因	建設機械運転			-2								-1						-1	-3	-3				-1	
	既存施設撤去		-2	-1			-1		-1			-1				-2			-1					-1	
	浚渫・埋立		-2				-2									-2								-3	
	施設建設		-2	-1			-1									-1								-1	
	資機材の搬出入			-1																					
	西海岸	+2		+1	+3	+2			+1				+1											+1	
	東海岸	埋立地	+3	-2		+2				+1															-3
		人口ピーチ	+2	+2																					-2
	南海岸	+1	+2	+2																					
	北海岸																								

-3 : 悪影響大 +3 : 好影響大 * 上段 : マリンスポーツ
 -2 : " 中 +2 : " 中 下段 : 陸上スポーツ (サッカー、テニス)
 -1 : " 小 +1 : " 小

4.2 計画案に対する環境影響予測と評価

4.2.1 建設工事期間中

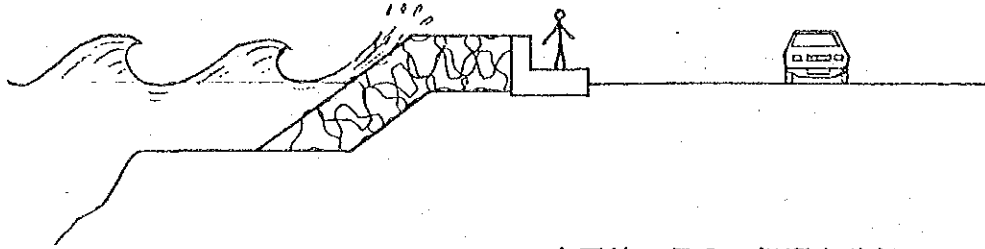
工事期間中においては、社会・経済的及び自然環境的にも負の影響を及ぼすと予測される。しかし、線的な工事であり、かつ比較的短期間で施工場所が移動して行くため、周辺に及ぼす影響は小さいと判断される。

4.2.2 施設完成後

施設完成後供用時における環境評価結果は下記のとおりであり、各海岸部での想定される利用状況を図化したものを図4.2.1に示した。

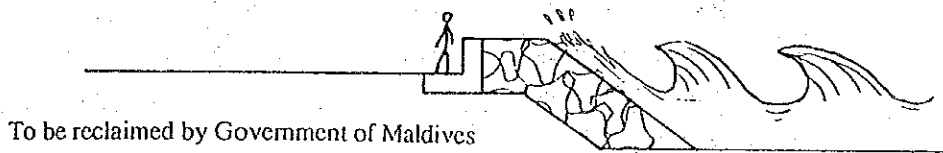
- 西海岸…… 環境影響の変化はほとんどない。
- 東海岸…… モルディヴ政府による埋立工事が実施されれば、海洋生物に影響を及ぼす。他の環境要素については、影響はほとんどないと判断される。さらに、約46,000㎡の埋立地が造成されればモルディヴ政府が希望しているスポーツ関連公共施設の建設等も可能となり、また親水護岸の新設により島民の沿岸利用にも多大な好影響を与える。
- 南海岸…… 南海岸部は既設構造物の代替補強であるため影響はないと考えられる。
- 北海岸…… 北海岸も既設防波堤の代替補強であるため影響はないと考えられる。

西海岸



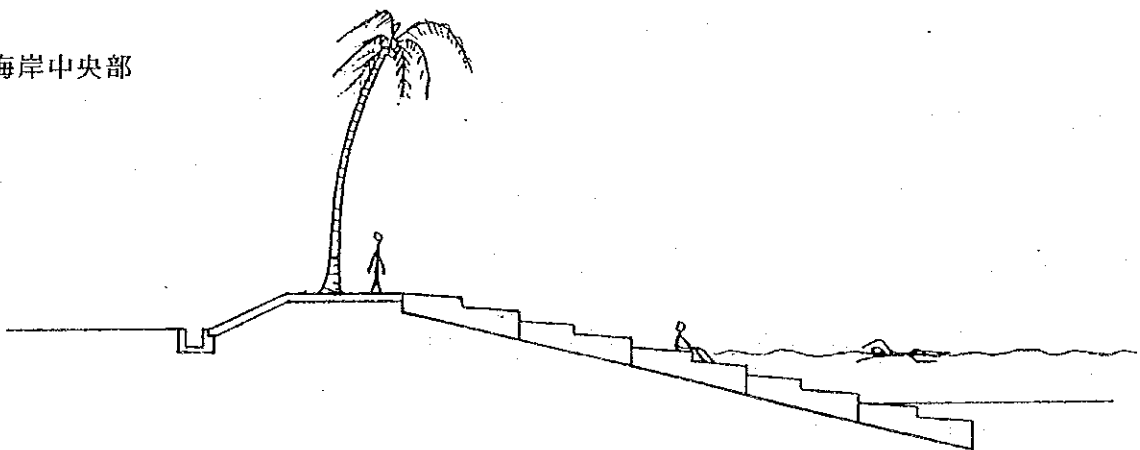
- 水平線の見える視野を確保

東海岸北部



- モルディヴ政府立案のスポーツ・レクリエーション振興計画の埋立地における実施

東海岸中央部



- 階段式護岸の新設による親水性の維持

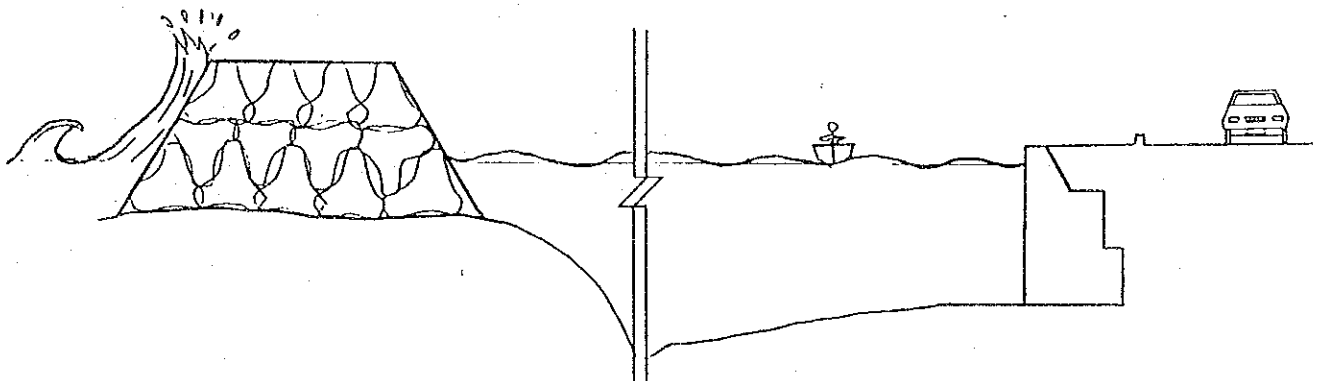
図4.2.1 マレ島新設施設利用 (1)

東海岸南部



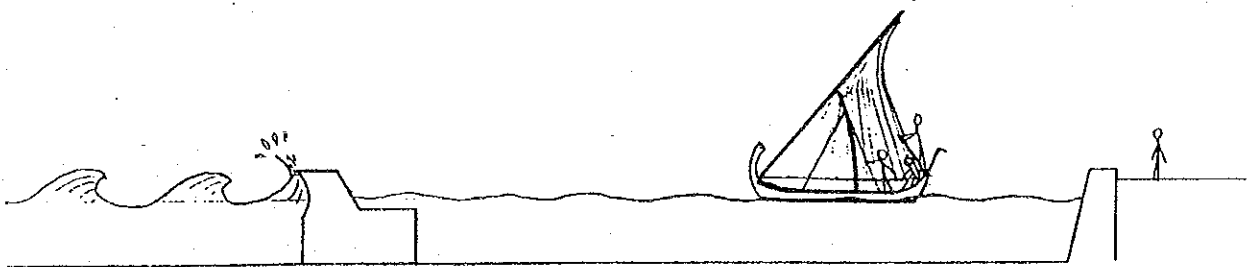
- サーフィン等の海洋スポーツの継続可能

南海岸



- 既存施設の代替補強により現状維持

北海岸



- 既存施設の代替補強により現状維持

図4.2.1 マレ島新施設利用 (2)

第5章 組織・運営

5.1 平常運営体制と緊急時運営体制

平常運営体制時の海岸防災に関連する活動で公共事業・労働省が単独で関与する分野は施設建設と維持管理のみで、波高記録保持およびPR活動は他省との連携でさらに充実したものとなるのは明らかである。また、緊急時運営体制は別に専門組織の結成が必要となることから、本章では公共事業・労働省の管轄外の組織・運営に関しても言及する。

5.2 海岸防災関連組織の運営方針

5.2.1 意識の変遷

モルディブは海洋国家である。国民の生活は何らかの形で海と繋がっている。しかし、海に対する意識は歴史とともに変遷し、その力点の置き場所は、経済→環境→社会心理の方向に移ってきている。

5.2.2 環境保護国家委員会（NCPE）

環境保護国家委員会（NCPE）は、1987年災害直後に設けられた災害委員会が発展的に解消し、企画・環境省内に1989年に設立された。現在、同委員会は海岸管理の全業務を監視し、適切な助言を企画・環境大臣に答申している。同委員会の活動は維持管理・資料収集・PR・災害緊急時対策の4分野からなり、その役割分担は表5.2.1に示すとおりである。。なお、PR・災害緊急時対策に関してはマレ島民組織である4つの区開発委員会の参加が非常に重要であるので、今後はこれらも組織に入れられる必要がある。

5.3 施設維持管理制度

施設の維持管理責任は公共事業・労働省港湾局におかれ、施設の位置図、構造図、管理マニュアル、パトロール時間割等が準備され、パトロールが定期的実施されるべきである。これらは現在のところ十分機能されていないようである。本計画施設完成時までに表5.3.1に示すようなパトロールプランが実施され、施設の保守が十分になされることが不可欠である。

表 5.2.1 環境保護国家委員会（NCP E）の役割分担

活動分野		計 画	実 施
1	海岸防災施設維持・管理	<ul style="list-style-type: none"> -計画局 -公共事業労働省 -マレ市 	<ul style="list-style-type: none"> -港湾局（公共事業労働省）
2	資料収集・分析	<ul style="list-style-type: none"> -企画・環境省 	<ul style="list-style-type: none"> -環境研究部（企画環境省） -公共事業局（公共事業労働省）
3	公 報（PR）	<ul style="list-style-type: none"> -企画・環境省 -情報省 -教育省 -区開発委員会 	<ul style="list-style-type: none"> -モルディヴラジオ -テレビモルディヴ -情報省 -教育省 -区教育委員会
4	災害緊急時対策	<ul style="list-style-type: none"> -防衛・保安省 -区開発委員会 	図5.4.1に示す

表 5.3.1 施設維持管理のパトロールプラン

位 置	陸 上 施 設		海 上 施 設	
	海 面 上	河 面 下	海 面 上	海 面 下
方 法	徒 歩	潜 水	ボ ー ト	潜 水
頻 度	毎 週	毎 月	毎 月	毎 月

5.4 海岸防災の組織運営

5.4.1 海象観測

海象観測を継続して行ない、それを記録して行くことが基本である。観測機器の保守は公共事業局の責任下となる。公共事業局の職員にも、ダイビングの免許を保持した者を採用し、適時、水中下の観測器および海岸保全施設を維持管理することを提言する。

5.4.2 P R

P R活動は、市民の生命を守る柱となる海岸防災施設の維持の重要性を市民に知らしめながら、市民に海洋の全体像が持つ本質を理解させることを目的にし、市民が常に海岸災害に関して意識するために重要である。そのため、例えば1987年の4月10日の災害を記念して4月10日を“海岸防災の日”と名付けた記念日として、海岸防災訓練を催すなどし、市民に海岸防災への関心を高めるなどの方策が提案される。

5.4.3 災害時緊急対策システム

災害発生（あるいは、可能な場合は接近の予報）とともに、防衛・保安大臣を長とする災害対策本部が環境保護国家委員会（N C P E）内に設置され、緊急時連絡網を通じて要員が招集され、緊急活動が開始されなければならない。平常時における防災訓練は、各区開発委員会に所属する市民防災義勇軍に対し定期的に行なわれることが必要である。緊急時における本部と各実施主体との連絡は、図5.4.1に示すネットワークで実施されるべきである。

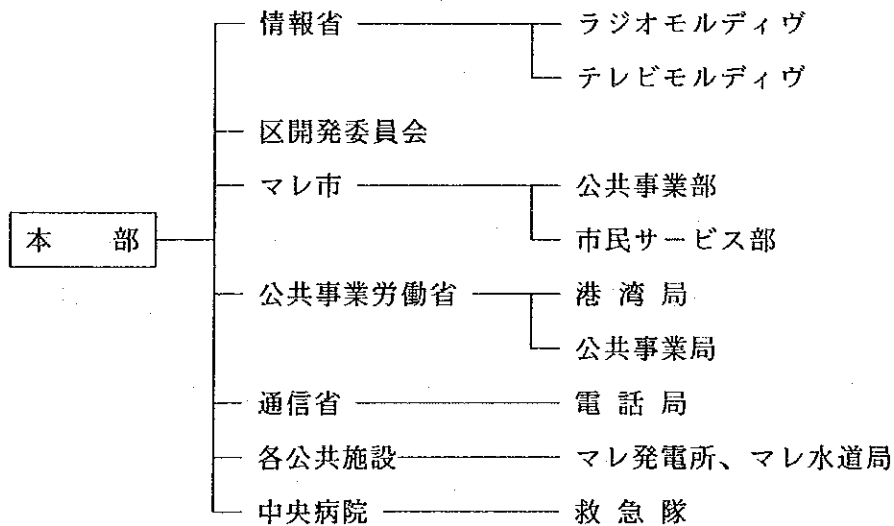


図 5.4.1 緊急時連絡網

第6章 事業評価

6.1 前書き

本事業評価は狭義の費用・便益の見地からのものと、社会全体の防災ポテンシャルの見地から総合的に評価したものとで構成される。

6.2 費用・便益見地から見た事業

6.2.1 経済的内部収益率 (EIRR)

(1) 施設建設費用

総建設費用 (表3.4.1参照) (1992年価格)

西海岸	US\$ 10,328,156 (1,337.8百万円)
東海岸	US\$ 13,632,487 (1,765.8百万円)
南海岸	US\$ 17,057,963 (2,209.5百万円)
北海岸	US\$ 10,403,567 (1,347.6百万円)
合計	US\$ 51,422,173 (6,660.7百万円)

(2) 便益

本事業の年間便益は高潮波被害曲線から算出された想定年間高潮被害額に相当するものとする。また、1987年度の高潮災害は100年確率と推算する。

1987年度の津波による直接被害の一部 (主として公共施設) は、MRf. 29,348,621 (1987年価格) と推算されている (Direct 1)。本調査では民間住宅および小規模店舗等建造物に対する浸水被害 (Direct 2)、および家財に対する浸水被害 (Direct 3) を追加した。また、間接被害として積極的収益に対する機会損失を算定した。

(3) 経済的内部収益率

本事業の経済的内部収益率 (EIRR) は30% (北海岸建設費を除く) および24% (全海岸建設) と計算された。この数値は現在の平均的資本機会費用10~15%を上回るため、本計画の実施は妥当である。

6.3 防災ポテンシャル

6.3.1 防災評価指標 (DPAI)

本節ではマレ島民の防災ポテンシャル増加の観点から計画の評価を試みる。京都大学防災研究所の河田教授は災害に対する遭遇確率 (P) が平均寿命 (T₁) の関数で表わされ、

$$P = 1 - P_1 = (1 - 1/T) \cdot T_1$$

かつ、防災・減災に寄与するハードウェアとソフトウェアとの効果を結合した場合の自然災害の危険性を表す確率 (P_d) が、

$$P_d = 1 / [1 + \exp \{ - (\alpha + \beta P_1 + \gamma P_2) \}]$$

で表現されることを示した。同氏はさらにこの式を規格化、

$$DPAI = 433 * (0.731 - P_d)$$

とし、防災評価指標と名付けた。この指標では、最も危険な状態が100、最も安全な状態が0となる。モルディヴの平均寿命は近年とみに増加し、90年代後半には70歳に到達する勢いであるが、本計画の実施によりDPAIは25減少し、43になる。ちなみに、主な先進国ではDPAI < 50である。以上から本計画の実施が防災に寄与する度合いは非常に大きいことが読み取れる。

6.3.2 巨大災害における最大死亡リスク

都市災害は当該都市の人口密度が過密になり自国の平均密度の15~20倍以上になると、爆発的に巨大化する傾向にあることが統計で知られている。河田氏の計算式によれば、1990年度、平均寿命65.8歳、過密度42.1倍のマレ島における都市災害増幅指標は約20となり、想定最大死者数は1,500となる。

現実には確率1/100以下の1987年の大災害でも死者わずか2名であったようにマレ島は確かに地理的に幸運な位置に存在しているが、近來の局地的大気の大擾乱による被害も増えており、地球温暖化による海面上昇も危惧されている。もし、本年度CO₂国際会議の予測海面上昇高65cm : 2100年が正しいならば、本計画による海岸防災施設は数字で示された防災能力以上に心理的にも不安を和らげる効果を持つことになる。

第7章 実施計画

7.1 実施優先度

第3章で述べたとおり各海岸の整備優先順位は、西海岸、東海岸、南海岸および北海岸の順番である。各海岸部内において施工は、図7.1.1に示す順序で実施するものとする。

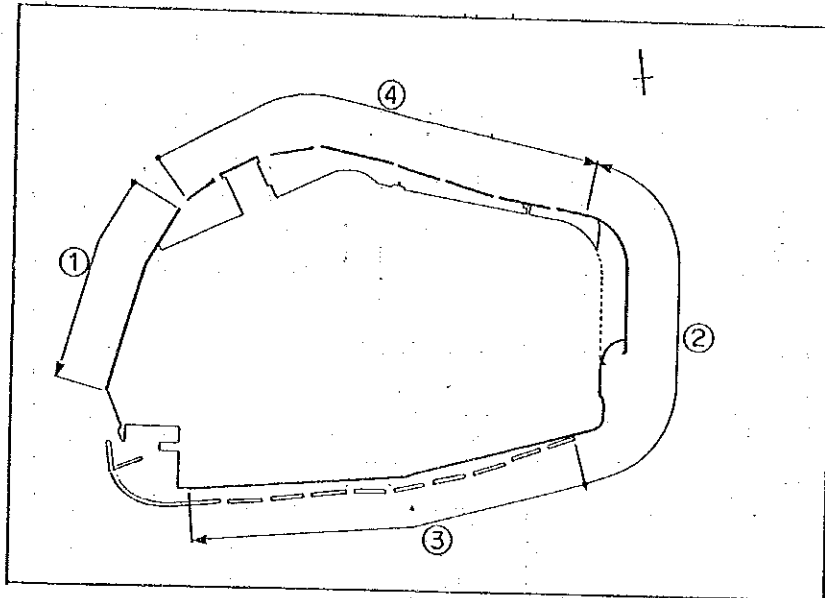


図 7.1.1 施工順序

7.2 工程

工期は、詳細設計、入札も含め約5年間と予想され、各海岸ごとにフェーズ分けするものとする。表7.1.1に全体工程表を示した。

第8章 結論および提言

8.1 結 論

(1) 海岸保全施設の必要性

モルディヴ国は1,190余りのサンゴ礁の島々からなる国家であり、そのうち202島に人が居住している。個々の島は浅い礁湖によって囲まれ、サンゴ礁は海岸防災から島を防護している。しかしながら、モルディヴでは1980年代以降次第に高潮浸水被害を受けるようになってきた。例えば、異常な高潮位を伴った高波浪が1987年4月にマレ島を来襲し護岸や人家に甚大な被害をもたらし、低平地は浸水され伝染病が蔓延した。

マレ島の人口が増加するに伴い、人家や道路および公共施設等の土地を確保するためリーフ外縁近くまでの埋立を余儀なくされた。浅いリーフ礁原が埋立によって狭くなるに伴い陸域に作用する波力は強大となり、波のセットアップによって海水面は上昇する。その結果、埋立地は高潮災害を受けやすくなり、現実に1987年以降しばしば浸水被害を被っている。さらに、現況の護岸は表層を薄くモルタルで覆ったサンゴ石を積み重ねた形式のものであり、構造強度および入射波に対する天端高の両面において不十分と言わざるを得ない。

従って、住民の安定した生活を確保するため、マレ島の全海岸に適切な護岸を築造することが緊急に求められている。

(2) 海岸保全計画

マレ島の環境、地形、地質、気象、海象および既存の保全施設について実施した現地調査結果およびモルディヴ政府の要望を考慮し、海岸保全計画を立案した。計画立案に際しては、モデル実験によって技術的な適合性を検討するとともに、対策工の施工性および経済性に配慮した。なお、高潮災害に対する緊急性から対策の優先順位は西海岸、東海岸、南海岸および北海岸の順とした。提案した対策工法は以下のとおりである。

1) 西 海 岸

- － 消波ブロック型式の護岸

- 2) 東海岸
 - 南部と北部の領域では、消波ブロック型式の護岸
 - 中央部は人工ビーチと階段護岸
- 3) 南海岸
 - コンクリート方塊型式の直立岸壁
- 4) 北海岸
 - コンクリート方塊型式の防波堤

上記保全施設の建設工事の手順等を考えると、マレ島全海岸の施設を完了するには5年を要すると推定される。提案施設によって高潮による背後地への越波が防護され、その結果、住民の経済的、社会的活動が増進されるものと考えられる。

(3) 環境への影響

工事の進行中および工事完了後の段階において、社会的・経済的環境および物理的・自然的環境に与える影響を検討した。いずれの段階においても、提案した保全施設が環境へ与える影響は重大なものではないと考えられる。

8.2 提言

対策施設工事が順調かつ効率良く進捗し、保全施設の長期的な機能を維持するために下記事項が提言される。

- (1) 当プロジェクトに続く次の詳細設計業務は早急に開始されるべきである。
- (2) 当プロジェクトを担当する公共事業労働省の土木技術者に海岸工学の海外研修を行ない、波、流れ、潮汐、海面上昇等のさまざまな海岸工学の知識を習得せざるとともに海岸保全施設の維持管理システムを確立させる。
- (3) 建設工事用の重機や資材、消波ブロックの置場等の十分な広さの現場作業用地を確保すべきである。
- (4) 東海岸北側にモルディヴ政府が実施する埋立計画と十分な調整を図り、護岸建設事業を進めるべきである（モルディヴ政府が実施する予定の埋立土砂量は約9万 m^3 と見積もられる）。

- (5) 護岸建設後のモルディブ側による巡回調査において、波高、波の打ち上げ高、高波時の越波等を観測することは、新設護岸の実際の効果を把握する点からも、また、モルディブの他の島々で生じている海岸保全問題に対処する知識を得る点からも推奨される。
- (6) 南海岸の離岸堤開口部の必要箇所、防災上の機能の範囲を越えるが、透過性の潜堤を設置することが望ましい。潜堤によって港の静穏性が増し、小型船の停泊がより安全となる。また、透過性潜堤であるため航路内の海水流動の阻害になりにくく、水質の悪化を最小限にできる。
- (7) 護岸の天端高や消波ブロックの重量はその地点の入射波の波力に対応できるように設計されているので、提案した護岸位置を沖方向へ移動すべきではない。

関係者リスト

(1) モルディヴ政府関係者

Hon. Abdulla KAMALUDEEN (MPWL) : Minister
Mr. Mohamed SHIHAB (MOFA) : Director of External Resources
Mr. Abdulla MASEEH (MOFA) : Assistant Under-Secretary
Mr. Ibrahim MANIKU (MPWL) : Director of Public Works
Mr. Wang ZHENG-DE (MPWL) : Coastal & Harbor Engineering Advisor
Mr. Quirico F. ORENCIA (MPWL) : Civil Engineer
Mr. Regheb Ahmed KHALAF (MPWL) : Civil Engineer
Mr. Mohamed SAEED (MPE) : Director, Programme
Mr. Hussain SHIHAB (MPE) : Director of Environment Affairs
Mr. Mohamed ALI (MPE) : Deputy Director, Environment Research
Mr. Mohamed HUNAIF (MPE) : Assistant Director, Physical Planning
Mr. Hamdoon A. HAMEED (MPE) : Director, Projects
Mr. Mahjoob SHUJAU (MM) : Civil Engineer
Mr. Abdulla SALEEM (MM) : Under-Secretary
Mr. Mohamed SHAFEEGU (OPPD) : Director
Mr. Ali HAIDAR (OPPD) : Senior Planner

(2) カウンターパート

Mr. Ahmed ASHRAF (MPWL) : Assistant Under-Secretary,
Overall Management
Ms. Fathmath RASHEED (MPWL) : Architect Trainee, Soil Investigation
Facility Design Environment Analysis
Mr. Ajwad SHAKEEL (MPWL) : Civil Engineer Trainee, Wave Observation
Topo/Hydrographic Survey Coastal
Analysis

(3) J I C A 作業監理委員会

宇多 高明 (建設省) : 委員長
衛門 久明 (建設省) : 委員
勢田 昌功 (建設省) : 委員

(4) J I C A 調査団

小野 民雄 (I N A)	:	総 括 (平成 3 年度)
桜本 弘 (I N A)	:	総 括 (平成 4 年度)
鶴木 和夫 (I N A)	:	海岸防災計画
永吉 毅至 (I N A)	:	海象観測
池原 政和 (I N A)	:	測 量 (海底)
比嘉 直 (P C I)	:	測 量 (陸上)
寺津 陽次 (I N A)	:	地質・土質・材料
折下 定夫 (P C I)	:	施設設計
高橋 勝彦 (P C I)	:	積算・施工計画
佐藤 彰祝 (P C I)	:	環 境
小野田文彬 (P C I)	:	組織・事業評価

注) I N A : (株)アイ・エヌ・エー

P C I : (株)パシフィックコンサルタンツインターナショナル

JICA

