

スリ・ランカ国

南東部沿岸漂砂調査
報告書

平成元年12月

国際協力事業団

林水産
(3)
89-32

JICA LIBRARY



1078721(6)

20269

スリ・ランカ国

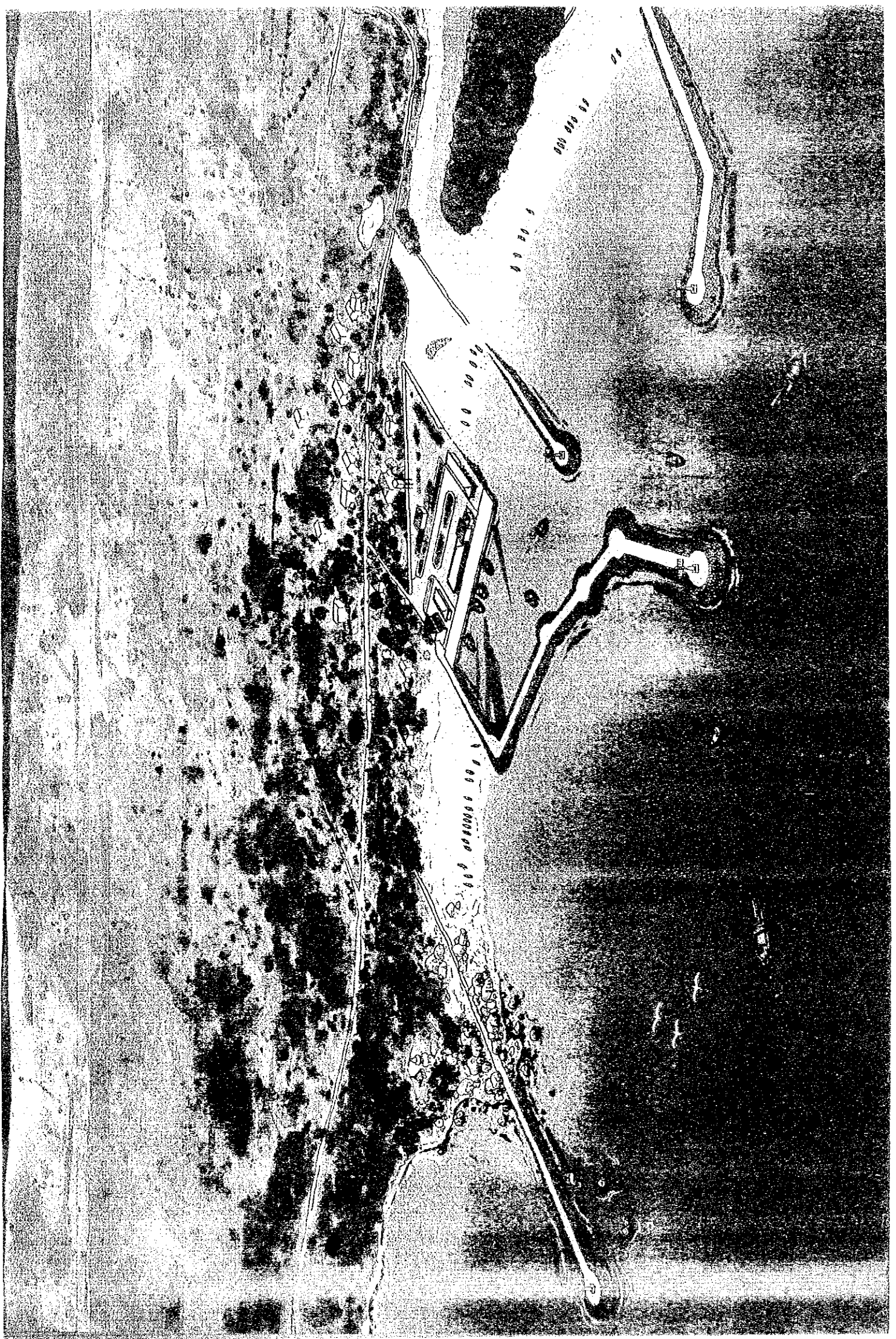
南東部沿岸漂砂調査
報告書

平成元年12月

国際協力事業団

国際協力事業団

20269



序 文

日本国政府は、スリ・ランカ国政府の要請に基づき、同国南東部沿岸域における漂砂に係る開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1988年3月より1989年3月まで田中則男氏（日本テトラポッド株式会社）を団長とする調査団を現地に派遣した。

調査団は、スリ・ランカ国政府関係者と協議を行うとともに、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った。

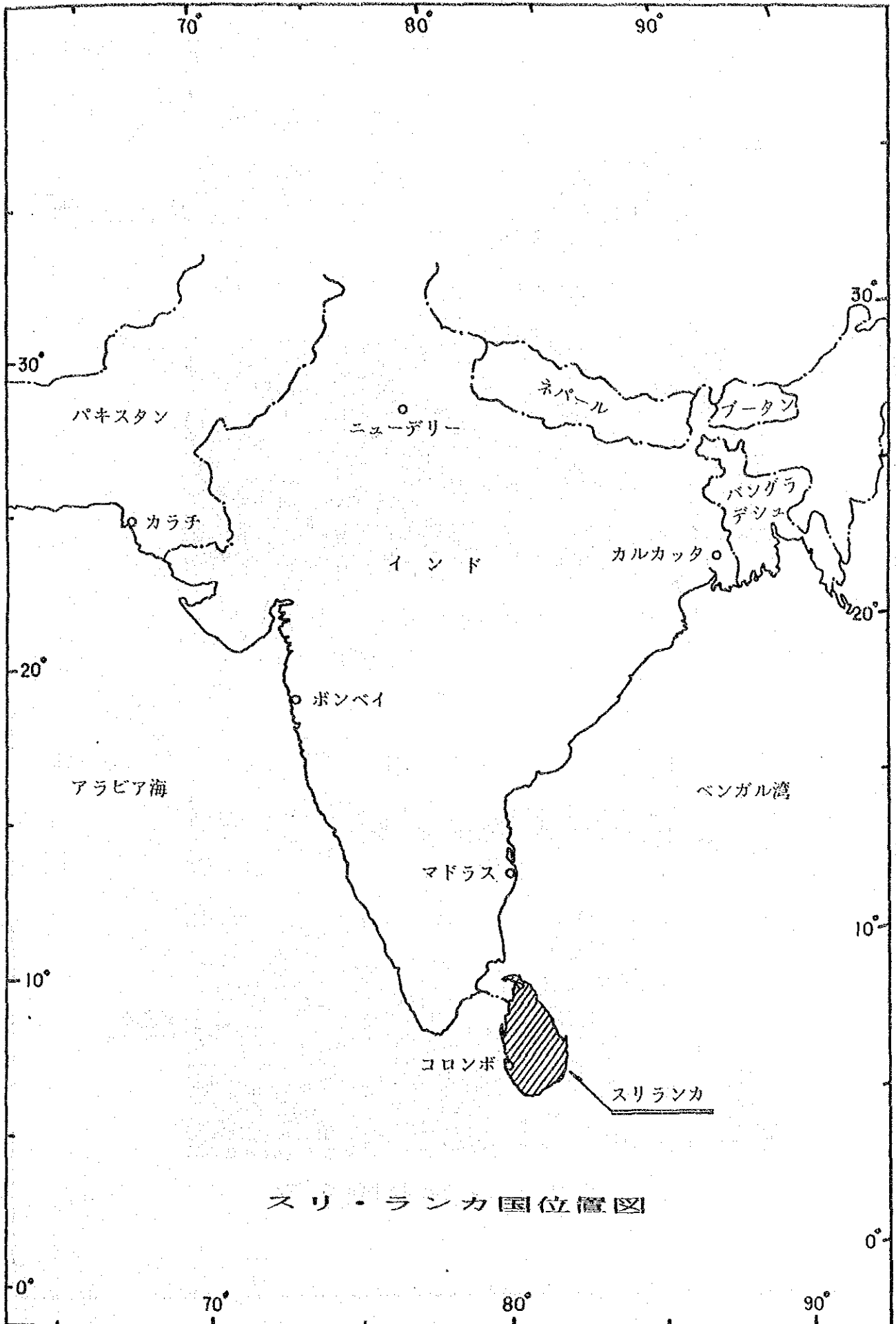
本報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終わりに、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係者各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

平成元年12月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介



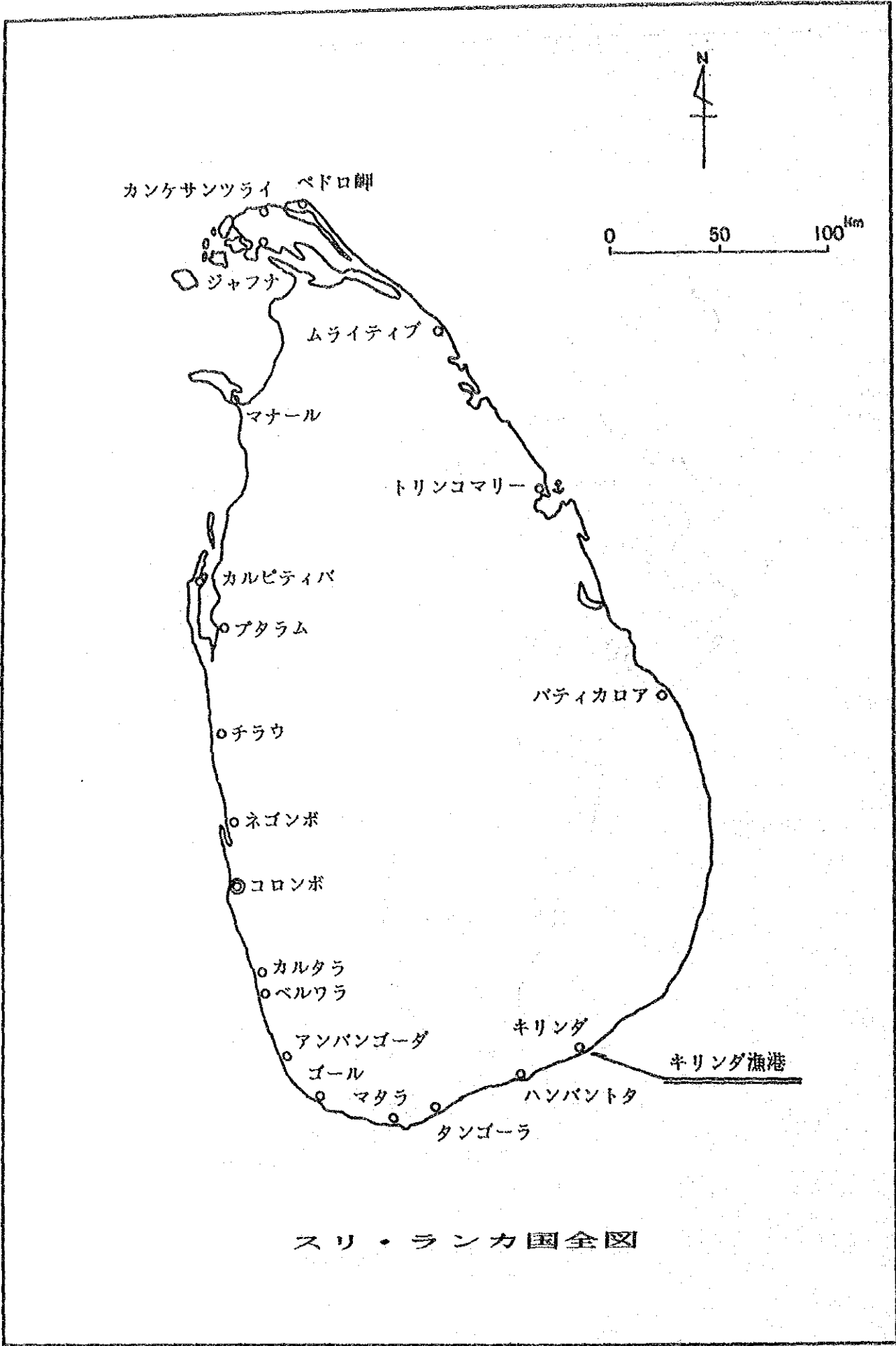




写真-1 キリダ寺院付近より漁港を望む



写真-2 現地調査の状況（底質調査）

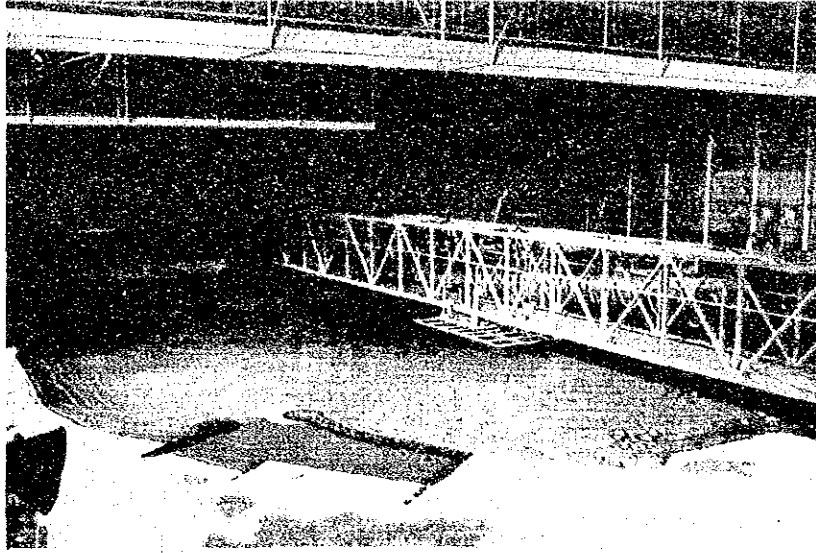


写真-3 三次元水理模型実験（現況）

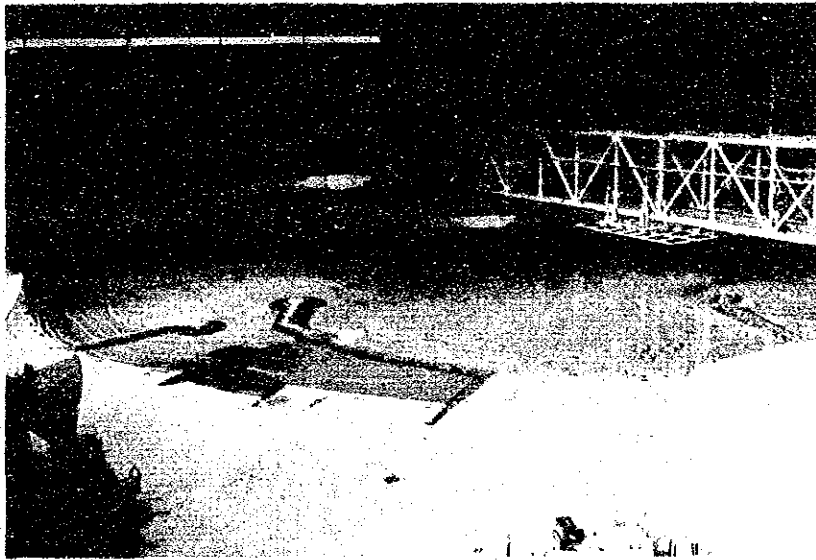


写真-4 三次元水理模型実験（提案対策案）

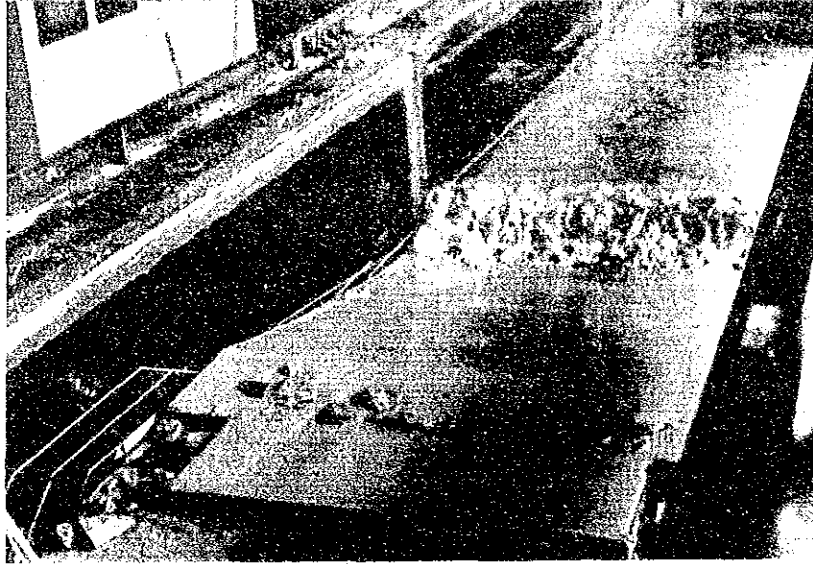


写真-5 二次元越砂対策実験

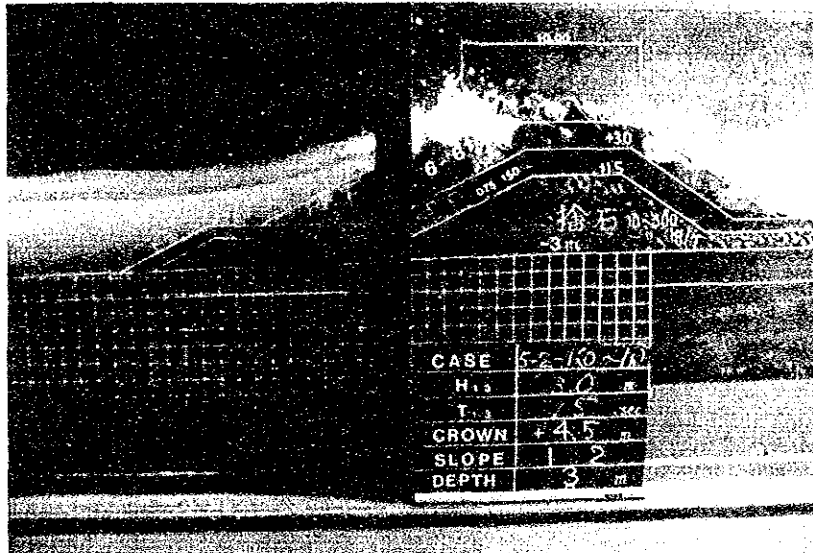


写真-6 二次元安定実験

略語一覧表

- H1/3 : 有義波高
- JICA : 国際協力事業団
- NE : North East
- SW : South West
- T1/3 : 有義周期

外貨交換率

US \$ 1 = R s 35.32 = ¥ 142

(平均TTSレート、平成元年 8 月)

目 次

序 文

要 約

第1章 調査の概要	1
1.1 調査の目的	1
1.2 調査の経緯	1
1.3 本調査実施に際して留意した事項	2
1.4 本調査関係者	5
第2章 自然条件	8
2.1 スリ・ランカ国の自然条件	8
2.2 キリンダ海岸の自然条件	12
第3章 漁港埋没対策とその効果	49
3.1 検討方法	49
3.2 検討方法の有効性	62
3.3 検討ケース	79
3.4 検討結果	86
第4章 埋没対策案の構造諸元の検討	109
4.1 設計条件および構造諸元の設定	110
4.2 越砂対策の検討	120
4.3 構造物の安定性の検討	129
第5章 埋没対策案の提案	141
5.1 埋没対策案の法線配置	141
5.2 構造諸元	155
5.3 対策案の提案	157
5.4 維持浚渫計画	162
第6章 施工計画	164
6.1 施工計画	164
6.2 実施工程	166
6.3 概算工事費	168

第7章 工事実施に当たっての配慮すべき事項	169
7.1 環境への配慮	169
7.2 工事実施中の海浜変形の監視の必要性	172

付属資料

A Scope of Work	A-1
B Minutes	A-8
C 深浅図	A-10
D ハイブリッドモデルに用いる波浪条件	A-11
E サイクロンの波浪推算	A-20
F 二次元模型実験	A-23

表 リ ス ト

表-2.1.1	主な河川の年間総流出量	7
表-2.2.1	各測量期間における主要な堆積および侵食の発生か所	20
表-2.2.2	スリ・ランカ沿岸各地における主要分潮調和定数および非調和定数分布	27
表-2.2.3(1)	月別波高出現頻度	32
表-2.2.3(2)	季節別波高出現頻度	33
表-2.2.4	月別波浪諸元の最大および最小値	33
表-2.2.5(1)	月別周期出現頻度	34
表-2.2.5(2)	季節別周期出現頻度	35
表-2.2.6	ブイ式波高計と電磁流速計の観測周期の比較	35
表-2.2.7	月別・季節別の波向	36
表-2.2.8(1)	NEモンスーン期におけるうねりの発生頻度	38
表-2.2.8(2)	NEモンスーン期における風波の発生頻度	38
表-2.2.9	沖合いと沿岸の平均波向	39
表-2.2.10	フロート追跡による流れと底層流、沖波との関係	44
表-3.1.1	計算における代表波の作用日数(SWモンスーン期)	60
表-3.1.2	計算における代表波の作用日数(NEモンスーン期)	60
表-3.2.1	漁港周辺の地形変動量	63
表-3.2.2	実験ケース一覧表(現況再現実験)	67
表-3.2.3	現地の流況と実験値との比較	71
表-3.2.4	領域別土量変化(現況再現)	73
表-3.3.1	検討ケース一覧表(1)(対策案:SWモンスーン期)	80
表-3.3.2	検討ケース一覧表(2)(対策案:NEモンスーン期)	80
表-3.3.3	移動床実験ケース一覧表	85
表-3.4.1	領域別土量変化(対策案,SWモンスーン)	87
表-3.4.2	領域別土量変化(対策案,SWモンスーン)	94
表-3.4.3	領域別土量変化(対策案,NEモンスーン)	97
表-3.4.4	領域別土量変化(対策案,NEモンスーン:法線形11,5年)	100
表-3.4.5	堆積・侵食の型	103
表-3.4.6	時間縮尺	103
表-3.4.7	時間縮尺	104
表-4.1.1	サイクロン諸元	112
表-4.1.2	波向別最大波諸元	114
表-4.1.3	到達波の比較	115
表-4.1.4	設計波高	116

表-4.1.5	計画天端高	118
表-4.1.6	天端幅	119
表-4.1.7	被覆石の設計重量	119
表-4.2.1	実験ケース	123
表-4.2.2	本実験結果〈越波流量〉	123
表-4.3.1	対策構造物	129
表-4.3.2	波浪条件および潮位	130
表-4.3.3	実験断面諸元	130
表-4.3.4	実験ケース	132
表-4.3.5	主防波堤実験結果	134
表-4.3.6	突堤実験結果	135
表-5.2.1	主防波堤延長部分断面諸元	155
表-5.2.2	突堤断面諸元	156
表-5.2.3	副堤断面諸元	156
表-5.4.1	漁港別浚渫実績量	163
表-6.2.1	キリシダ漁港改修工事工程表	167
表-6.3.1	概算工費	168

図 面 リ ス ト

図-1.2.1	調査の流れ	3
図-1.2.2	作業工程表	4
図-2.1.1	スリ・ランカ全図	7
図-2.1.2	各モンスーン期の代表的な気圧配置	9
図-2.1.3	既往のサイクロン経路(1901年以降)	9
図-2.1.4	波エネルギー区分	10
図-2.1.5	スリ・ランカの沿岸漂砂の方向等の分布	11
図-2.2.1(1)	1983年2月と1986年11月の海底地形の比較	14
図-2.2.1(2)	1983年2月と1988年5月の海底地形の比較	15
図-2.2.1(3)	1983年2月と1989年3月の海底地形の比較	16
図-2.2.1(4)	1986年11月と1988年5月の海底地形の比較	17
図-2.2.1(5)	1986年11月と1989年3月の海底地形の比較	18
図-2.2.1(6)	1988年5月と1989年3月の海底地形の比較	19
図-2.2.2	汀線測量線図	21
図-2.2.3	代表地点の海岸断面変化	22
図-2.2.4	各側線における侵食・堆積の傾向	23
図-2.2.5	風配図(1983年~1988年, ハンバントタ)	25
図-2.2.6	風配図(1988年5月~1989年2月, キリンダ)	25
図-2.2.7	スリ・ランカ調和定数分布図	26
図-2.2.8	Tangalla潮位関係図	28
図-2.2.9	沖合および沿岸波浪観測位置	29
図-2.2.10	観測波の代表的なスペクトル	37
図-2.2.11(1)	沖合波浪と沿岸波浪の比較(H1/3)	40
図-2.2.11(2)	沖合波浪と沿岸波浪の比較(T1/3)	40
図-2.2.12	海浜流の流向と流速	42
図-2.2.13	沿岸での波高と流速の関係	42
図-2.2.14	沿岸での周期と流速の関係	42
図-2.2.15	SW期ボール・フロートの流跡	43
図-2.2.16	NE期ボール・フロートの流跡	43
図-2.2.17	フロートによる流速と流速計による流速及び沿岸波高との関係	44
図-2.2.18	底質の沿岸方向の分布	45
図-2.2.19	汀線位置変化過程	47
図-2.2.20	堆砂量の推移	47
図-2.2.21	港内堆積厚分布図(85.4~86.8)	48
図-2.2.22	浮遊砂量鉛直分布	48

図-3.1.1	ハイブリッド手法の実施フロー	50
図-3.1.2	現地調査、水理模型実験と数値シミュレーションとの関連	51
図-3.1.3	実験対象領域	52
図-3.1.4	固定床実験測定点位置	55
図-3.1.5	移動床実験測定点位置	55
図-3.1.6	1-lineモデルの概念図	58
図-3.1.7	計算領域図	59
図-3.1.8	浮遊砂捕砂調査の解析結果および底質土調査結果	61
図-3.2.1	堆積土量の領域区分	62
図-3.2.2	堆砂量の変化	63
図-3.2.3	汀線変化図	63
図-3.2.4	港内堆積厚分布図(85.4~86.8)	64
図-3.2.5	観測点位置図	68
図-3.2.6	現地と実験における沖合波浪と沿岸波浪の比較	68
図-3.2.7	現地流況と実験値との比較(SWモンスーン期)	69
図-3.2.8	現地流況と実験値との比較(NEモンスーン期)	70
図-3.2.9	土量変化の算定領域(現況再現)	73
図-3.2.10	領域別土量変化(現況再現(I)SW, 1.8m, 1.25m, 1シーズン)	74
図-3.2.11	領域別土量変化(現況再現(II)SW, 1.8m, 1.25m, 1シーズン)	74
図-3.2.12	領域別土量変化(現況再現(NE), 0.86m, 1シーズン)	75
図-3.2.13	1-lineモデル計算範囲	76
図-3.2.14	ポケットビーチ前面の波高・波向分布	77
図-3.2.15	汀線変化図	78
図-3.2.16	1-lineモデルによる汀線変化計算結果	78
図-3.3.1	対策案の法線配置(1)	81
図-3.3.2	対策案の法線配置(2)	82
図-3.3.3	対策案の法線配置(3)	83
図-3.3.4	対策案の法線配置(4)	84
図-3.4.1	土量変化の算定領域(法線1, 法線2)	87
図-3.4.2	領域別土量変化(対策案, 法線形-1, 200m, 40°, 5シーズン)	88
図-3.4.3	領域別土量変化(対策案, 法線形-2, 300m, 40°, 5シーズン)	88
図-3.4.4	波高分布の比較	90
図-3.4.5	流速ベクトル分布の比較	91
図-3.4.6	波向分布の比較	92
図-3.4.7	港口部周辺の流況比較	93
図-3.4.8	土量変化の算定領域(法線案9)	94

図-3.4.9	領域別土量変化 (対策案, 法線形-9 (予-I) SW波, 1.8m, 1.25m, 5シーズン)	95
図-3.4.10	領域別土量変化 (対策案, 法線形-9 (予-II) SW波, 1.8m, 1.25m, 5シーズン)	95
図-3.4.11	土量変化の算定領域 (法線案9, 法線案11)	97
図-3.4.12	領域別土量変化 (対策案, 法線形-9 (予-I) NE波, 0.86m, 5シーズン)	98
図-3.4.13	領域別土量変化 (対策案, 法線形-11 (予-I) NE波, 0.86m, 5シーズン)	98
図-3.4.14	土量変化の算定領域 (法線案11)	100
図-3.4.15	領域別土量変化 (対策案, 法線形-11 (予-I) SW, NE波組合せ 5年)	101
図-3.4.16	領域別土量変化 (対策案, 法線形-11 (予-II) SW, NE波組合せ 5年)	101
図-3.4.17	地形変化測定結果 (ケースE-2, 初期地形からの変化量)	105
図-3.4.18	地形変化測定結果 (ケースE-1, 初期地形からの変化量)	106
図-3.4.19	地形変化測定結果 (ケースE-1, 初期地形からの変化量)	107
図-4.1.1	法線案11の平面配置	109
図-4.1.2	過去 100年のサイクロン経路	111
図-4.1.3	推算したサイクロンの経路および推算範囲	113
図-4.1.4	浅水・砕波による波高変化	115
図-4.1.5	堤体形式	117
図-4.2.1	堤体形状	122
図-4.2.2	越波流量	124
図-4.2.3(1)	地形プロファイルの変化	125
図-4.2.3(2)	地形プロファイルの変化	126
図-4.2.4	反射率	127
図-4.3.1	基本実験断面図	131
図-4.3.2	堤体下の変形状況	137
図-4.3.3	法先洗掘による変形状況	138
図-4.3.4	天端高と透過率の関係	139
図-5.1.1(1)	キリンダ岬南側海岸汀線変化予測計算結果 (1~5年)	143
図-5.1.1(2)	キリンダ岬南側海岸汀線変化予測計算結果 (6~10年)	144
図-5.1.2	静穏度計算結果 [現況および法線案11]	147
図-5.1.3(1)	キリンダ漁港北側海岸汀線変化予測計算結果 (1~5年, 南側からの供給なし)	150
図-5.1.3(2)	キリンダ漁港北側海岸汀線変化予測計算結果 (6~10年, 南側から50%供給)	151

図-5.1.4	汀線の経時変化予測点 (A~D)	152
図-5.1.5(1)	A~D点での汀線経時変化 (南からの砂供給なし)	153
図-5.1.5(2)	A~D点での汀線経時変化 (南からの砂供給50%)	154
図-5.3.1	対策案平面配置	158
図-5.3.2(1)	代表断面 [主防波堤延長部]	159
図-5.3.2(2)	代表断面 [副堤]	160
図-5.3.2(3)	代表断面 [突堤]	161

要 約

1. 調査の概要

スリ・ランカ国南東部に位置するキリンダ漁港は、1982年5月にスリ・ランカ国政府の要請を受け、昭和57および58年度の水産無償資金協力によって新設された。しかし、同漁港はこの付近特有の漂砂のために漁港港口が閉塞し、漁港の機能が著しく低下した。

1987年5月、スリ・ランカ国政府から日本国政府に対してこの地域の堆砂問題の打開に係わる技術調査実施の要請があり、わが国は、1987年10月、スリ・ランカ国に事前調査団を派遣し、スリ・ランカ国漁業省との間にS/Wを協議・締結した。

本調査プロジェクトは、このS/Wの主旨に基づいて実施されたもので、その目的は以下の通りである。

- ①キリンダ漁港内外における漂砂現象を調査し、その機構を解明する。
- ②同漁港内への堆砂量を低下させる適切な改修案を提案する。
- ③同漁港改修後の維持浚渫計画案を作成する。

本調査は以下の各項目によって構成されている。

- ①現地データの収集・解析
- ②現地調査
- ③波浪解析
- ④埋没防止対策案の検討（水理模型実験および数値計算）
- ⑤埋没防止対策施設（防波堤等）の構造および諸元の検討
- ⑥構造設計、施工計画、工費の積算および維持浚渫計画の策定
- ⑦環境への影響評価
- ⑧総合評価

調査の結果、埋没対策としてキリンダ岬先端への突堤の新設、既存の主防波堤の延長および既存副堤の北東側への防砂突堤（以下副堤と呼ぶ）の新設を提案した。これらの構造物の建設に関しては、スリ・ランカ国関係機関と協議・検討を重ね、同関係機関の了解を得ている他、近隣寺院の了解も得ている旨、スリ・ランカ国政府から連絡を受けている。

2. 自然条件

既存資料の収集・整理および約1年間にわたる現地観測にもとづいたキリンダ漁港周辺の自然条件の概要は以下のとおりである。

(1) 風

インド洋特有のモンスーン気候であり、SWモンスーン期(5~10月)、NEモンスーン期(11~2月)および端境期(3~4月)に分けられ、各々顕著な風向特性を示した。

(2) 波浪

キリンダ漁港付近に襲来する波浪はモンスーンの影響を強く受けており、キリンダ岬の沖合、水深約20mでの波浪観測結果をまとめると次のようである。

波高については、SWモンスーン期は波高1.00-1.60mに出現頻度が集中するのに対して、NEモンスーン期には、波高0.60-1.20mに出現頻度が集中するのが特徴的であった。

周期は、SWモンスーン期が周期7~10secに、NEモンスーン期が5~8secに各々集中しており、SWモンスーン期の方が波の周期が長くなる傾向があった。

波向は、年間を通じてその分布幅は極めて狭く、真南を中心に東西15度の範囲に90%以上の波が分布する。季節別に見ると、NEモンスーン期で東寄りの波の発生頻度がSWモンスーン期に比べて増加するのが特徴的であった。

(3) 潮汐

潮位観測はタンゴール漁港に設置したフース型検潮機と、キリンダ漁港において沿岸波浪観測用に用いた水圧式波高計を用いて行なった。

観測の結果、キリンダ漁港における潮位差はおよそ50cmと小さく、コロombo港との潮時差は約46分、潮高比は約0.46であった。

(4) 海浜流

沿岸域の海浜流をSWモンスーン期とNEモンスーン期に各々1ヶ月ずつ、電磁流速計およびボールフロートを用いて観測した。

SW期は漁港主防波堤に沿って南から北への流れが恒常的にみられたのに対し、NE期では一方向の顕著な流れはなく、流速も小さいのが特徴的であった。

(5) 地形変化

深淺測量2回、汀線測量4回を実施し、年間の地形変化傾向を把握した。

その結果、海底地形に関して漁港港口から沖へ伸びる堆積域がみられること、北側海浜はSW期に侵食傾向、NE期に堆積傾向となることやポケットビーチ付近はあまり変化していないことなどが確認された。

3. 漁港埋没対策の検討

漁港埋没対策を検討するにあたり、本調査では三次元水理実験と数値シミュレーションを組み合わせたハイブリッドモデルおよび二次元水理実験を実施し、最適と考えられる対策案配置および構造を提案した。

(1) 埋没対策とその効果の検討

本調査では、スリ・ランカ国南東部における漂砂問題を検討するのに、現段階で最も適切と考えられる手法として、固定床を用いた三次元水理実験と数値シミュレーションを組み合わせたハイブリッドモデルを採用した。

埋没対策案としては基本的に以下の3つの構造物を提案し、それらの配置・形状・延長等による埋没防止効果の違いを検討した。

- ①キリンダ岬に突堤 : SWモンスーン期にみられる南から北へ向う漂砂経路を変え、漁港への漂砂を阻止することを主目的とする。
- ②主防波堤の延長 : 港内静穏度の確保およびキリンダ岬と主防波堤間の堆砂能力を大きくすることを主目的とする。
- ③漁港の北東海岸に副堤を新設 : NEモンスーン期に北から南へ向う漂砂を阻止することを主目的とする。

検討の結果、最適な対策案として図-1に示す構造物配置を提案した。

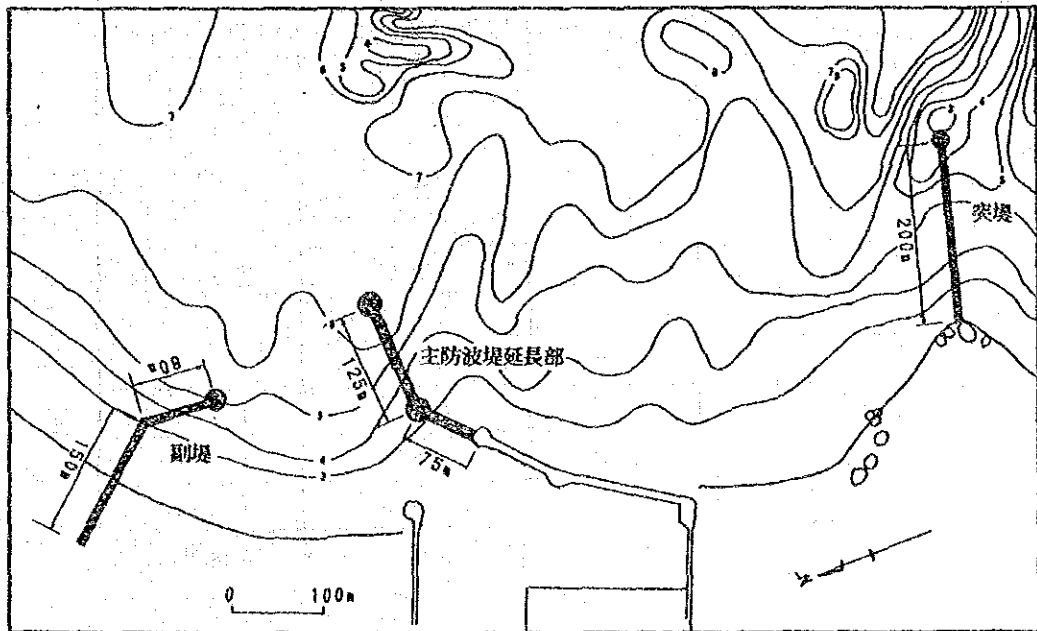


図-1 埋没対策案

(2) 埋没対策案の構造諸元の検討

本調査では、以下の手順で構造諸元を検討した。

- ①設計条件の設定 : スリ・ランカ国漁港整備基本計画調査で求められた50年確率の他に、サイクロンによる異常波をも検討対象とし、日本の『漁港構造物設計法』に基づいて沖波設計波として下記の諸元を設定した。

波向 : S
 波高 : $H_{1/3} = 7.03\text{m}$
 周期 : $T_{1/3} = 10.1\text{sec}$

- ②越砂対策の検討 : 移動床を用いた二次元水理実験を行ない、対策断面構造として石積み式傾斜堤を提案し、主防波堤の所要天端高としてD.L. 約+4.5m程度が望ましいことを示した。

- ③構造物の安定性の検討 : キリンダ岬に新設する突堤と主防波堤延長部分を対象にして二次元水理実験を実施し、各構造物に対する所要被覆石重量を検討した。

これらの検討の結果、各構造物の天端高、被覆石重量および前面法勾配を表-1に示すように設定した。

表-1 各構造物の断面諸元

構造物	設置水深 (m)	天端高 (m)	被覆石重量 (ton)	前面法勾配
主防波堤	6.5 (*)	5.0	8~10	1:2.5
	6.0	4.5	"	1:2
	5.0	"	6~8	"
	3.0	"	"	"
突堤	5.0 (#)	4.0	8~10	1:2
	3.0~4.0	"	5~7	"
	0~3.0	"	3~5	"
副堤	5.0	3.5	6~8	1:2
	4.0	3.0	3~5	1:2
	3.0	"	1.5~3	1:1.5

(*) 堤頭部 (#) 先端部まで

4. 維持浚渫計画

維持浚渫は漁港港口（水深5～6m）付近が対象となると考えられるので、浚渫船により行なうことを想定した。稼働する浚渫船はRUHUNUPUTHAとした。

浚渫量は実験・数値計算による予測結果から最大でも年間10,000m³と推定され、これはスリ・ランカ国においては十分可能な浚渫量と考えられる。浚渫実績量を考慮して1日当りの浚渫量を400m³とすると、年間の必要稼働日数は25日程度となる。

浚渫経費は、スリ・ランカ国における浚渫単価が約Rs 100/m³であるので、年間Rs 1,000,000と推定される。

5. 施工計画

本調査において提案した埋没対策を建設する場合の構造物と主な工種は、以下のようである。

- ①構造物
 - ・主防波堤の延長部
 - ・主防波堤の改修部
 - ・副堤（新設）
 - ・突堤（新設）

- ②工種
 - ・岩石工
 - ・基礎工
 - ・被覆石据付工
 - ・舗装工
 - ・浚渫工

施工所要期間は砕岩能力などの施工条件から最低2年間（24ヶ月）が想定される。

工程は表-2に示すとおりであり、まず突堤の建設に着手し、次いで主防波堤延長を行なうこととする。

表-2 キリンダ漁港改修工事工程表

業務内容	月 数																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
資機材調達・運搬	■																							
準備・後片付		■																						
採石			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
主防波堤延長								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
主防波堤改修																			■	■	■	■	■	■
副堤																					■	■	■	■
突堤										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
浚渫													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

6. 概算事業費

提案する埋没対策構造物（図-1参照）の建設概算事業費は、表-3に示すように全体で20億5千万円である。

表-3 概算工費

法線案		法線案11
構造物		
主防波堤 延長部分	天端高 (m)	+4.5
	延長 (m)	200
主防波堤 既設改修部	天端高 (m)	+4.0
	延長 (m)	100
波除堤	天端高 (m)	なし
	延長 (m)	
副堤	天端高 (m)	+3.0
	延長 (m)	230
突堤	天端高 (m)	+4.0
	延長 (m)	200
概算工費 (億円)		20.5

7. 工事実施に当たっての配慮すべき事項

(1) 環境への配慮

沿岸部の開発事業は、周辺の環境に様々な変化を引き起こす可能性を秘めている。従って事業の開始に当たっては、スリ・ランカ国内関係機関において、事前に環境変化の社会的な影響やアセスメントの必要性等について、十分検討・協議する必要がある。

検討・協議すべき環境に係わる主な事項を列挙すると以下の通りである。

- ① 自然環境に係わる事項
 - * 生態系への影響と対応策
 - * 自然海浜の喪失と対応策
 - * 水質・底質への影響
 - * 景観への影響
- ② 社会環境に係わる事項
 - * 歴史的文化遺産の保護
 - * 既設インフラへの影響

③ 漁業への影響

* 漁獲漁種の変化

* 漁獲量の変化

④ 建設工事中に伴う環境への影響

* 濁りの発生

* 騒音・振動の発生

本報告書では、海浜の侵食および海浜への堆砂の問題および工事中の濁りの問題について検討した。また、突堤を新設することについては、近隣寺院の基本的了解を得ている旨、スリ・ランカ国関係機関より連絡を受けている。

提案したキリンダ漁港の埋没対策施設の施工によって、キリンダ漁港の北側海岸において海岸侵食が、キリンダ岬の南側海岸において堆砂がそれぞれ進行することが予測される。

漁港北側海浜の侵食は、将来10年の間に長さ北側6 km、巾最大50m 程度に広がるものと予想される。同海浜周辺には居住人口はほとんど無く、海岸侵食の社会的影響は少ないと考えられるが、将来に向けて当面、定期的な測量を実施する等の監視が必要である。

一方、キリンダ岬南側海岸の堆砂は、将来10年の間に長さ南側1 km、その海浜幅も季節的变化を繰り返しながら最大100m程度に止まるものと予測される。

また、捨石の投入により、施工現場付近では濁りが発生する。しかし、この濁りは波浪や強い海浜流により急速に希釈されるため、長期にわたって同じ所にとどまることはないと考えられる。したがって、工事による濁りが周辺海域に及ぼす影響は小さいものと考えられる。

(2) 海浜変形の監視の必要性

提案した対策案は、現在の知識・経験、技術水準に照して、スリ・ランカ国の要請に応じた、最も妥当なものと考えられる。

なお、漂砂現象の複雑さおよび漂砂予測の世界的にみた技術水準が、完全なものとはなっていないことなどから、開発事業に伴う周辺の埋没や海岸侵食等に関して、予想外の現象の生ずる可能性を完全には否定出来ない。

そのため、漂砂海岸においては、防波堤等の工事の施工に際しては、多くの場合、地形測量、深浅測量等を実施し、予測結果との差異の有無を確認しながら事業が進められている。

第1章 調査の概要

第1章 調査の概要

1.1 調査の目的

日本国政府は、1982年5月にスリ・ランカ国政府の要請を受け、スリ・ランカ国漁港整備計画基本設計調査を行い、昭和57および58年度の水産無償資金協力によって、スリ・ランカ国南東部沿岸に位置するキリングダ地区に漁港を新設することを決定した。これに基づいて、1983年9月工事が開始され、1985年4月竣工の後スリ・ランカ国政府に引き渡された。その後、同港はこの地域周辺における唯一の近代的漁港として活況を呈していたが、この地域特有の強い漂砂の影響を受けて、同港周辺および港内への堆砂が顕著になり、ついに1986年6月には港口が閉塞され、港の機能が著しく低下するに至った。そのため、スリ・ランカ国政府は、1987年5月、日本国政府に対して、堆砂問題の打開に係わる技術調査の実施を要請してきた。これを受けて、わが国は、1987年10月にスリ・ランカ国に事前調査団を派遣し、スリ・ランカ国漁業省との間にS/Wを協議・締結した（付録-A 参照）

本調査プロジェクトは、このS/Wの主旨に基づいて実施されるもので、その目的は以下の通りである。

- ①キリングダ漁港内外における漂砂現象を調査し、その機構を解明する。
- ②同漁港内への堆砂量を低下させる適切な改修案を提案する。
- ③同漁港改修後の維持浚渫計画案を作成する。

1.2 調査の経緯

図-1.2.1 にその作業フローを示すように、本調査は以下の各項目によって構成されている。すなわち

- ①現地データの収集・解析
- ②現地調査の実施
- ③波浪解析
- ④埋没防止対策案の検討（水理模型実験および数値計算）
- ⑤埋没防止対策施設（防波堤等）の構造および諸元の検討
- ⑥構造設計、施工計画、工費の積算および維持浚渫計画の策定
- ⑦環境への影響評価
- ⑧総合評価

これらの各項目の実施工程は、図-1.2.2 に示すとおりである。

図-1.2.2 で明らかなように、作業は、着手報告書に示した工程に、概ね沿って進捗して来たが、1988年末から1989年当初にかけてのキリングダ地区の社会状況のため、NE系モンスーン期の短期調査が1989年1月に実施し得ず、同年3月に実施される結果となった。このため、NE系モンスーンに対する三次元水理模型実験が、1989年6月以降に先送りされ、最終報告書の提出が、着手報告書提示時点の計画に比べて、約一ヶ月遅れる結果となった。

各報告書は次の時期にそれぞれスリ・ランカ国側へ提出された。着手報告書（1988年4月）、経過報告書（1988年8月）、中間報告書（1989年3月）、最終報告書案（1989年10月）および最終報告書（1989年12月）。

着手報告書提出時に取り交わされたミニッツを付録-Bに示す。

埋没防止対策案の検討の過程で、キリンダ岬の先端に潜堤あるいは突堤を設けることが極めて有効であることが明らかになった。

景勝地であるキリンダ岬に潜堤あるいは突堤を新設する可能性については、スリ・ランカ国当局から調査チームに対し、地元寺院等の基本的な了解が取り付けられ、キリンダ岬先端へのこれら施設の新設に支障のないこと、および船舶航行の安全性の観点から、潜堤より突堤の方が望ましいとの回答を得た。このような過程を反映して、キリンダ岬先端の施設は当初潜堤で検討して来たが、後にこれを突堤に切り換えて検討している。

1.3 本調査プロジェクト実施に際して留意した事項

本調査プロジェクト実施に際して特に留意した事項は、以下の通りである。

- ①国際協力事業団で設置された作業管理委員会と密接な協議のうえ作業を進めることとし、調査計画の策定、調査手法の検討、調査結果の解釈、埋没対策の選定等の各段階において、作業管理委員会を開催する（合計8回開催）他、数度に渡って各委員と個別に協議する機会を持った。
- ②スリ・ランカ国政府に対しては、着手報告、経過報告、中間報告、最終報告案等の提出の機会に討議を重ね、また、数度に渡る質問状のやり取りを重ねる等、十分な協議を尽くすことに努めた。
- ③埋没対策のために必要な施設新設の障害となり得る問題点を洗い出し、事前にそれに対処することに努めた。
- ④その他、既設漁港の建設工事に際して生じた漁港周辺地域との問題を調査し、これらを埋没対策施設の設計・施工計画の策定に取り入れることに努めた。
- ⑤キリンダ岬の上手（南側）およびキリンダ漁港の下手（北側）海浜の変形を予測し、漁港埋没対策の実施に伴う海浜変形について検討した。また、工事実施中の濁りや振動等の影響についても考慮した。
- ⑥調査に使用した機材の使用法、新しい調査法等について、業務を通じてスリ・ランカ国側カウンターパートへ技術移転することに努め、初期の成果を納めた。
- ⑦海象条件の厳しい当該地域において、海上作業を含む調査を実施するに当たって、作業の安全確保を計り、また、地域の情勢変化に応じて、調査工程を適切に変更する等、業務を安全に実施することに努め、無事故で遂行することが出来た。

注) 元床被則波
 二次定動則規
 三三固移規不
 三三固移規不

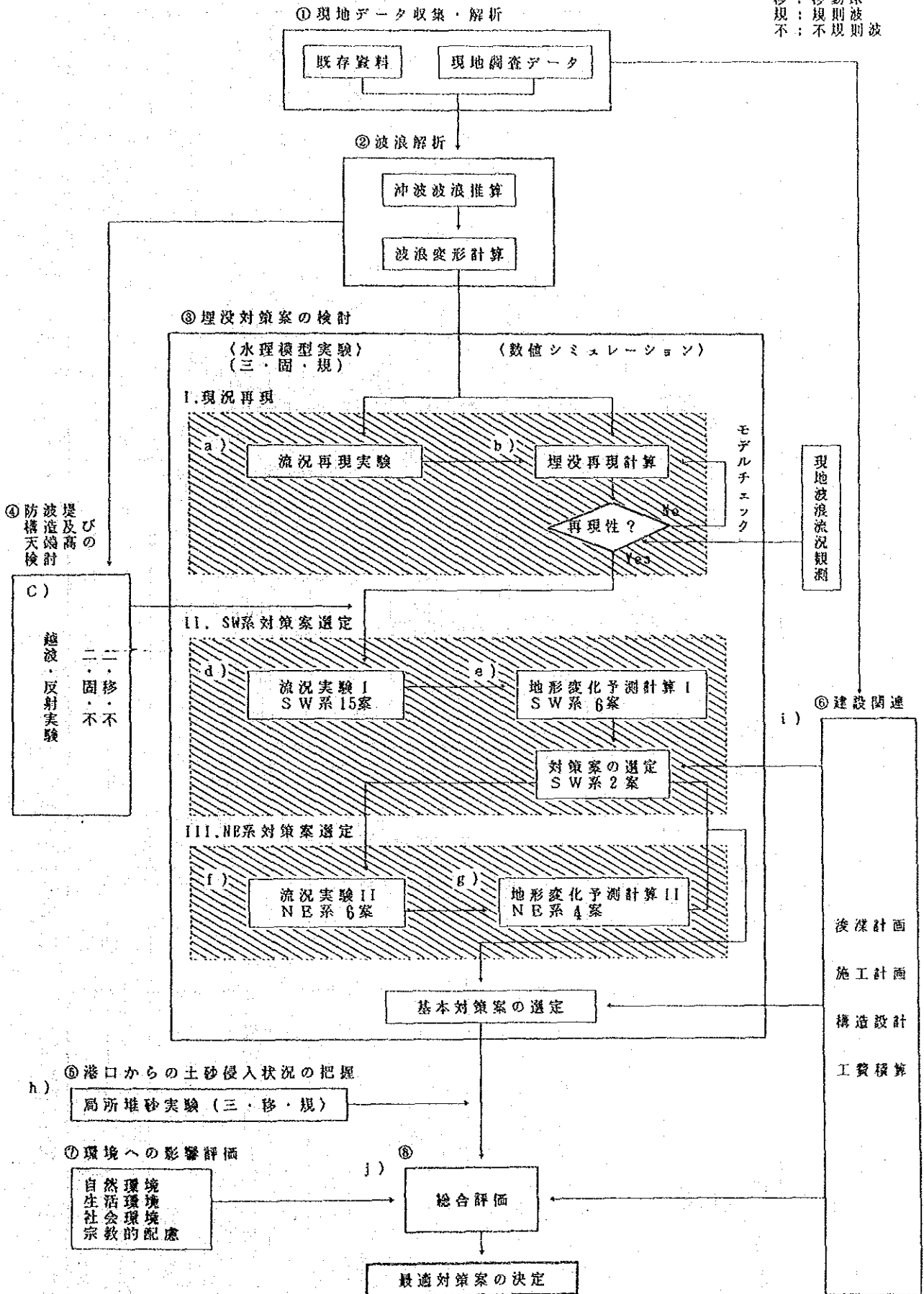


図-1.2.1 調査の流れ

図-1.2.2 作業工程表

調査期間 作業項目	昭和62年度					昭和63年度					平成元年度													
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
国内準備作業																								
資料収集調査																								
深淺・地形測量																								
沖合波浪観測																								
沿岸波浪観測																								
波浪推算・波浪変形計算																								
水理模型実験(2次元)																								
水理模型実験(3次元)																								
数値シミュレーション																								
浚深・施工計画, 設計・積算																								
総合評価																								
最終報告書案作成																								
最終報告書作成																								
着手報告書 提出・説明・協議																								
経過報告書																								
中間報告書																								
最終報告書案																								
最終報告書 提出																								

凡例：
 現地調査期間
 国内調査期間
 変更分
 模型撤去
 報告書等の説明

1.4 本調査プロジェクトの関係者

本調査プロジェクトの主要な関係者は以下の通りである。

[日本国側関係者]

作業管理委員会委員

榎木 亨	大阪大学工学部	教授
出口 一郎	大阪大学工学部	助教授
山本 正昭	水産庁水産工学研究所	漁港水理研究室長

調査チーム

田中 則男	総括・漂砂調査計画	日本テトラポッド株式会社
浅川 勉	水理模型実験 (三次元)	日本テトラポッド株式会社
足立 有平	水理模型実験 (二次元)	日本テトラポッド株式会社
	海象条件調査	
松岡 道男	数値シミュレーション	日本テトラポッド株式会社
宮田 康弘	土木施工	日本テトラポッド株式会社
我原 弘昭	海象条件調査	日本テトラポッド株式会社
	深浅測量	

[スリ・ランカ国側関係者]

Mr. N.V.K.K. Weragoda	Secretary, Ministry of Fisheries & Aquatic Resources
Mr. Claud Fernando	Director, Planning & Programming, ditto
Mr. S. Wewelwala	Director, Development, ditto
Mr. L.I.P. Gunawarnasuriya	Chief Engineer, CFHC
Mr. S.V. Fernando	Engineer, ditto

第2章 自然条件

第2章 自然条件

2.1 スリ・ランカ国の自然条件

この節では、文献や既存資料から知られる、スリ・ランカ国全域の自然条件をマクロな視点に立って述べる。

2.1.1 地形

図-2.1.1 に示すように、スリ・ランカ国は南北方向に長軸を持つ卵型の形状をしている。長軸の長さは約 420km、短軸の長さは約 225kmあり、国土の広さは65,000km² で、北海道のほぼ 0.8倍に相当する。短軸の最も長い箇所は南に偏り、南端から長軸の長さの1/4程度北側の位置にあり、この位置の中央部が、この国で最高の山岳地帯に当たる。

(1) 河川

山岳地帯の西側が、年間降水量が 2,000mmを越える多雨地帯であり、北東側が 1,000mm 前後の乾燥地帯である。そのためもあり、表-2.1.1 の一覧表に示す年間総流出量の大きい河川は、国の南西部に集中している（ただし、年間総流出量が 2 番目に大きい河川は、大きな断層に沿って流れるマハヴェリ河であり、東海岸中央部に流出する。しかし、東海岸における大きい河川はこれのみである）。また、山岳高地に近い南部の河川は、平坦地を流れる河川に比べて急勾配であり、降水量の多さと相まって、河川の土砂流出量が多い。

本調査の対象地キリンダは、スリ・ランカ国の南部東寄りに位置し、キリンダ漁港の西ほぼ 3 km地点に流出するキリンダオヤ及び東ほぼ 20数kmに流出するメニック河は、45,000万 m³程度の年間総流量を有し、この国では中位の河川である。しかし、年間総流量45,000万 m³は、平均流量15m³/secに相当し、河川規模としては、わが国の諸河川と比較しても、小規模なものである。

(2) 海岸及び海底地形

スリ・ランカ国南部においては山岳地帯が比較的海岸近くまで迫り、海岸線は小さな岬によって区切られ、それらの岬の間に延長の短い（数km程度）海浜が形成され、所々に小湾が「砂し」によって閉塞されて出来たラグーンが点在する。

西部ペルワラ岬（図-2.1.1 参照）以北においては、急速に海浜の延長が長くなり、延長数10km程度の海浜が続いている。また、東部サンマガ・カンダ岬（図-2.1.1 参照）以北においても同様である。

スリ・ランカ国南東部では、水深 100mまでの海底勾配は比較的緩やかで、大陸棚を形成し、それ以深では急に水深が深くなっている。水深 100m以浅の海底地形は相当に複雑であり、沖合いに向かって単調には水深が増加しない場合が多い。特に、キリンダ漁港の沖合い 7 - 8 km沖合いにはグレート・パッセス・リッジと呼ばれる浅瀬が東西方向に 20km余に渡って横たわっており、その頂部水深は -10m前後である。

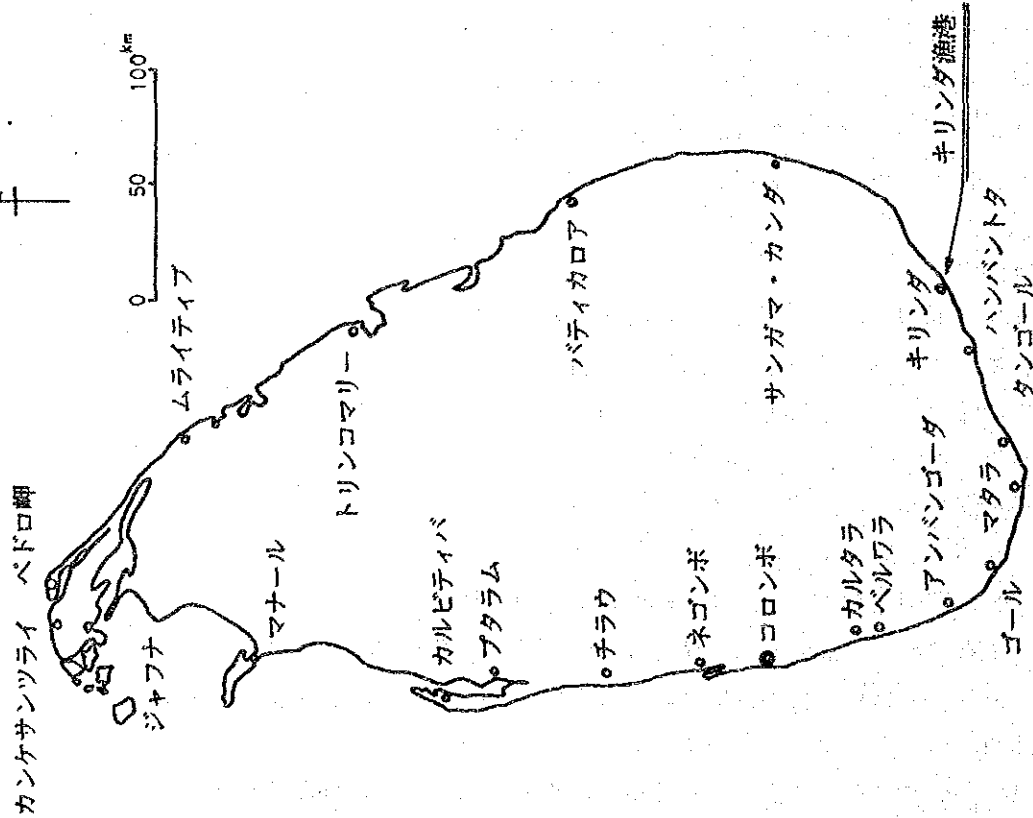


図-2.1.1 スリ・ランカ全図

番号	河川名	年間流量 (百万m ³)
1.	カラ河	8187
2.	マハヴェリ河	8142
3.	ケラニ河	5581
4.	クラウエ河	2201
5.	ギン河	2180
6.	マハ・オヤ	1485
7.	ニルワラ河	1380
8.	ベントータ河	1247
9.	デュドル・オヤ	1130
10.	ガル・オヤ	1079
11.	カラ・オヤ	855
12.	アタナガラ・オヤ	845
13.	ムンデニ・アル	781
14.	マドゥル・オヤ	777
15.	アルビ・アル	567
16.	メニクク河	485
17.	ヤン・オヤ	482
18.	キリンディ・オヤ	429
19.	クンブukkan・オヤ	428
20.	マ・オヤ	300

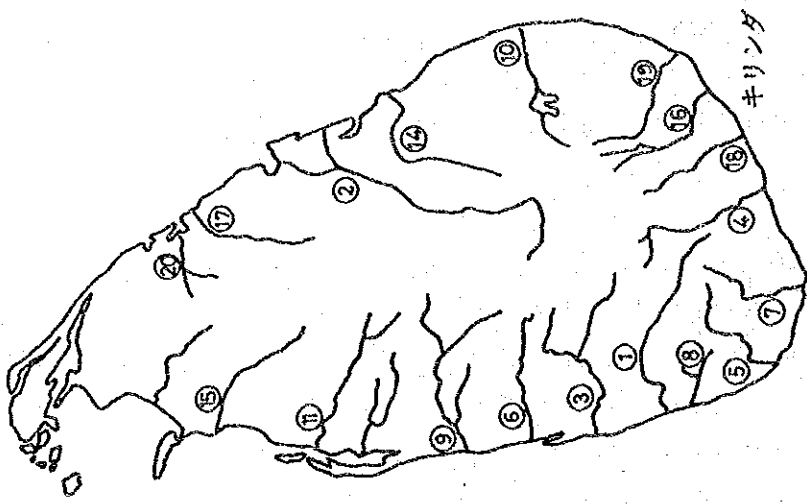


表-2.1.1 主な河川の年間総流出量

2.1.2 気象

スリ・ランカ国は典型的なモンスーン気候地帯に属する。すなわち、図-2.1.2 に示すようにSWモンスーン期においては、南に向かって気圧が高く、南西風が卓越し、NEモンスーン期には、北に向かって気圧が高く、北東風が卓越する。これらの風は、いわゆる貿易風と呼ばれるもので、各季節における卓越風の風向の変動は少なく、長期間に渡って同一方向の風が継続する。

スリ・ランカ国東側のベンガル湾においては、サイクロンと呼ばれる熱帯性低気圧が発生するが、サイクロンの発生頻度は、太平洋における台風に比べると低く、また、図-2.1.3 にその移動経路を示すように、これらがスリ・ランカ国、特にその南部に影響を与えることは希である。さらに、前線が天気図中に見られることは、ほとんど無い。

2.1.3 海象

(1) 波浪

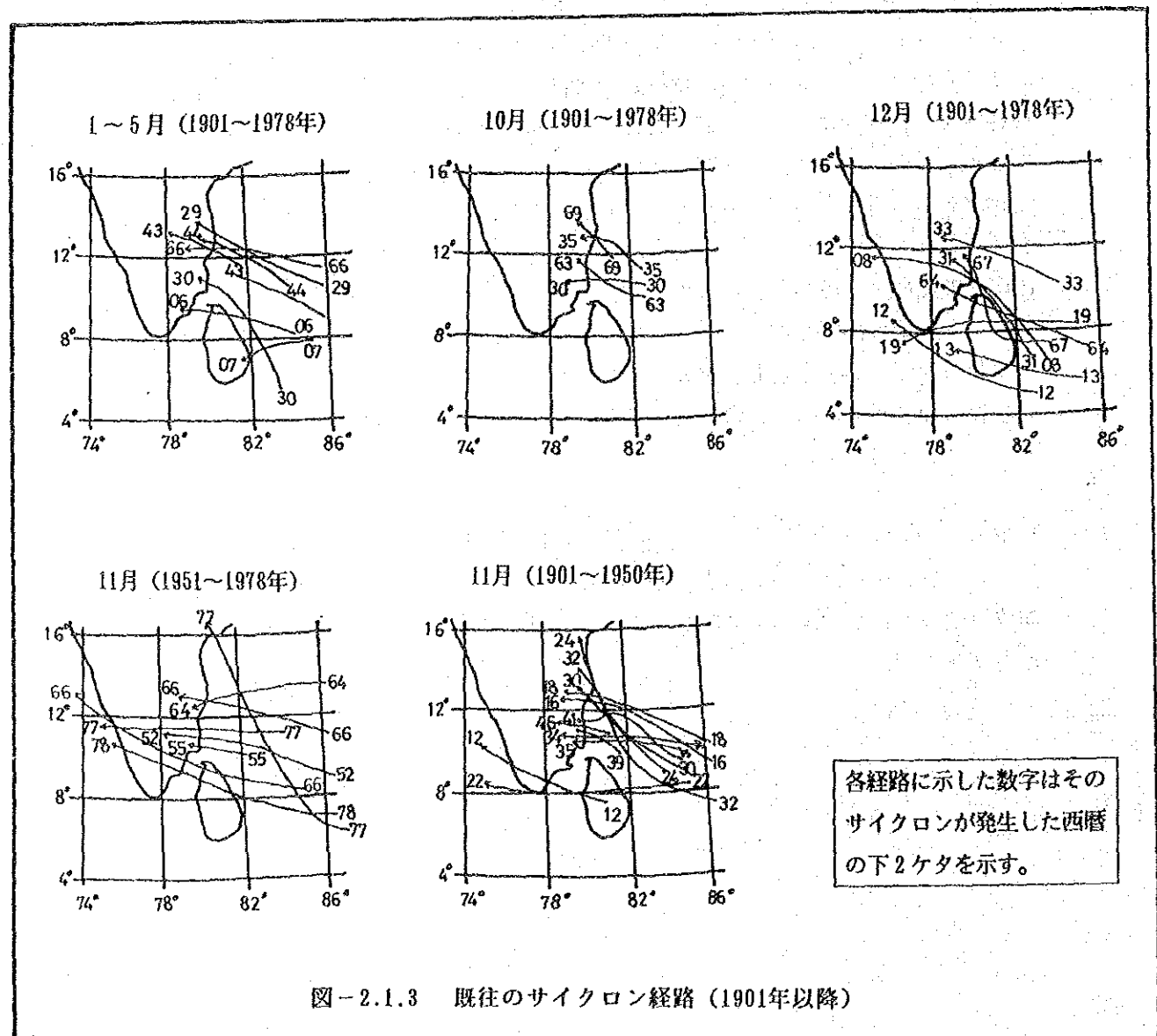
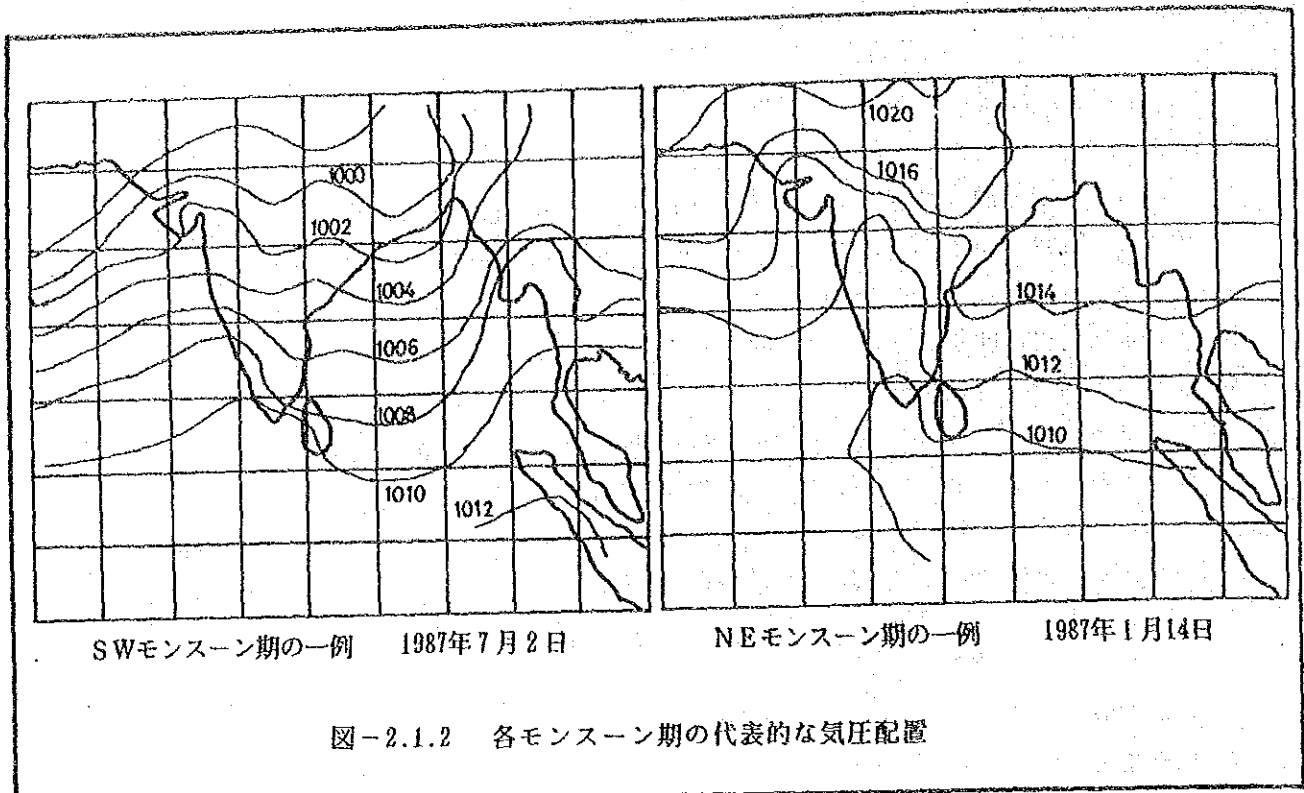
前述の気象特性に応じて、スリ・ランカ国では、各モンスーン期に合わせて、SWモンスーン期（5-9月）には、南西方向からの波が卓越し、NEモンスーン期（12-2月）には、北東からの波が卓越して来襲する。従って、スリ・ランカ国全土の波浪特性は、各地域について、図-2.1.4 に示す通り区分される。

しかし、後述するように、NEモンスーン期の波は、南からの長周期の「うねり」と北東からの風波とが重なったものであることが分かっている。北東モンスーン期におけるこうした「うねり」は、南半球における夏期、オーストラリア北西部やインド洋南西部に発生する熱帯性低気圧に起因するものと考えられる。

スリ・ランカ国南東部では、SWモンスーン期に波浪が大きく、NEモンスーン期には比較的小さい。しかし、NEモンスーン期と言えども、「うねり」の波高は、1m前後に達するし、一方、波の大きい南西モンスーン期においても、波高が、2mを越えることは希である。

(2) 潮汐

スリ・ランカ国における潮位差は、概して小さく、大きい地点でも70cm程度である。潮汐波は南から北へ向かって進み、このため、満潮および干潮の時刻は、北の地点ほど遅くなる。



沿岸エネルギー区分

区 分	うねり	相対的なエネルギー強度
A. 季節的な変動を有する領域		
A11 SWモンスーン期	年 中	低 - 中
A12 "		中 - 高
A21 NEモンスーン期	NE	低 - 中
A22 "	モンスーン期のみ	中
B. 年間を通じて中～高ランクの領域		
B1	年 中	中
B2		中 - 高
C. 年間を通じて低ランクの領域		

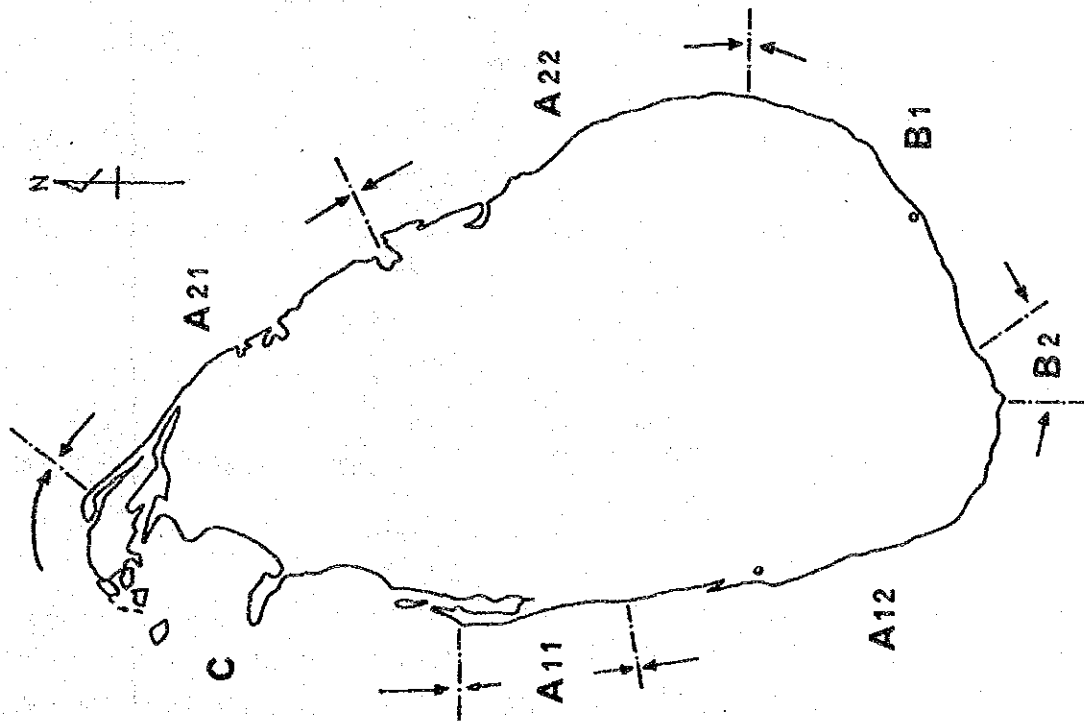


図-2.1.4 波エネルギー区分

2.1.4 漂砂等

前述した波浪特性を反映して、スリ・ランカ国における漂砂は、大半の地域で明瞭な卓越方向を示す。すなわち、図-2.1.5 に示すように、島の西部及び南東部において、南から北へ向かう漂砂が卓越し、南からの波の影響を受けない島の北部では、北から南に向かう漂砂が卓越している。沿岸漂砂の卓越方向が明瞭な海岸では、沿岸構造物の漂砂に対する上手における顕著な土砂堆積と下手における深刻な侵食が起こり易く、一般に、漂砂問題の処理が難しい場合が多い。

近年、スリ・ランカ国においても、図-2.1.5 に表示した地域で顕著な海岸侵食が見られ、石積みの護岸や突堤が作られ、コロンボ市の北部には、侵食対策工として離岸堤が設けられている。海岸侵食の原因としては、港湾等の沿岸構造物の構築や沖合いの珊瑚礁を漆喰等の材料として採取・破壊したことが大きいと言われている。

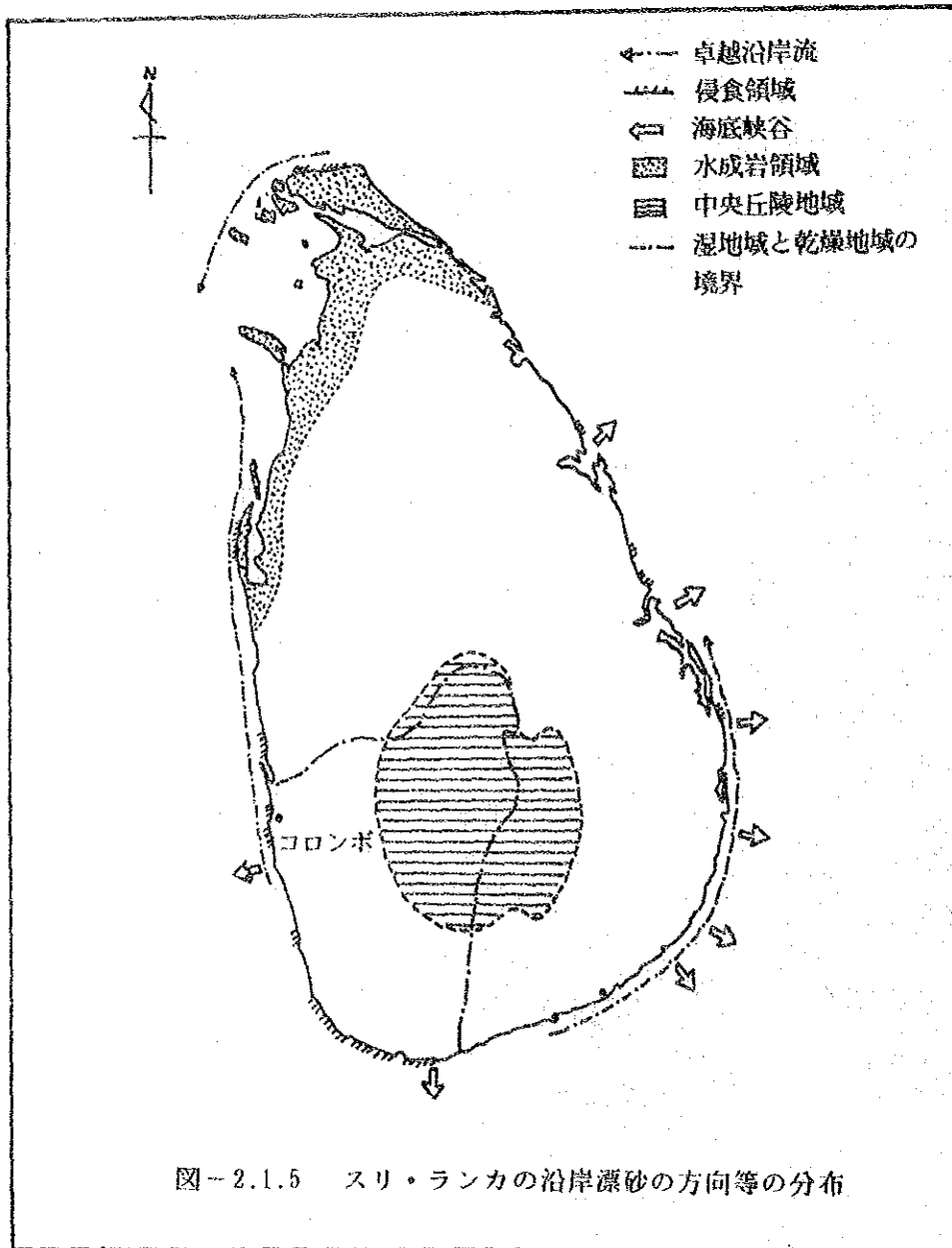


図-2.1.5 スリ・ランカの沿岸漂砂の方向等の分布