

インドネシア共和国
バリ海岸緊急保全計画調査
主報告書

平成元年3月

国際協力事業団

開 二

89-052(1/2)

JICA LIBRARY



1074485[2]

19162

インドネシア共和国
バリ海岸緊急保全計画調査

主報告書

平成元年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

19162

序 文

日本国政府は、インドネシア共和国政府の要請に基づき、わが国の技術協力の一環として同国のバリ海岸緊急保全計画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、昭和63年2月1日より7月15日まで株式会社アイ・エヌ・エー新土木研究所三枝富士男氏を団長とする調査団を現地に派遣した。

調査団は、インドネシア共和国政府関係者と協議を行うと共に、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。

本報告書が本プロジェクトの実施の促進に寄与するとともに、日・イ両国間の友好関係の発展に役立つことを心から願うものである。

終りに、本調査団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3月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

バリ海岸緊急保全計画調査団

伝 達 状

平成元年3月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介 殿

インドネシア共和国バリ海岸緊急保全計画調査の最終報告書を提出致します。本報告書は、昭和63年1月29日及び平成元年3月6日の2回にわたる国際協力事業団とバリ海岸緊急保全計画調査共同企業体（構成員：（株）アイ・エヌ・エー新土木研究所、（株）パンフィック・コンサルタンツ・インターナショナル）の間で締結された契約に基づいて結成された調査団によって、作成されました。

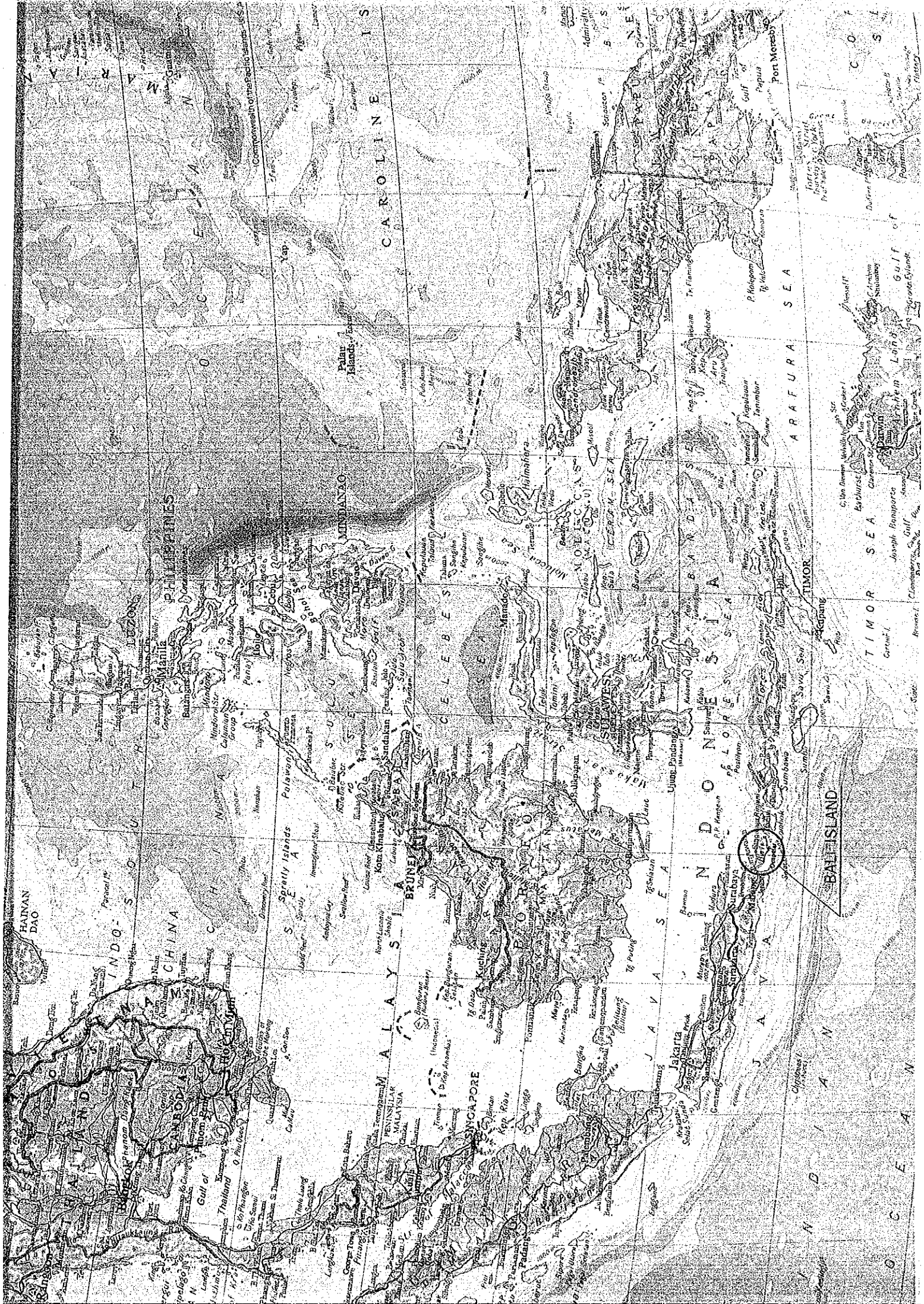
調査団は、合計3回の自然条件調査を含む資料収集のための現地調査を実施しました。本報告書には現地調査の結果を整理、解析して策定したバリ海岸緊急保全計画とフィージビリティ調査の検討結果が述べられています。

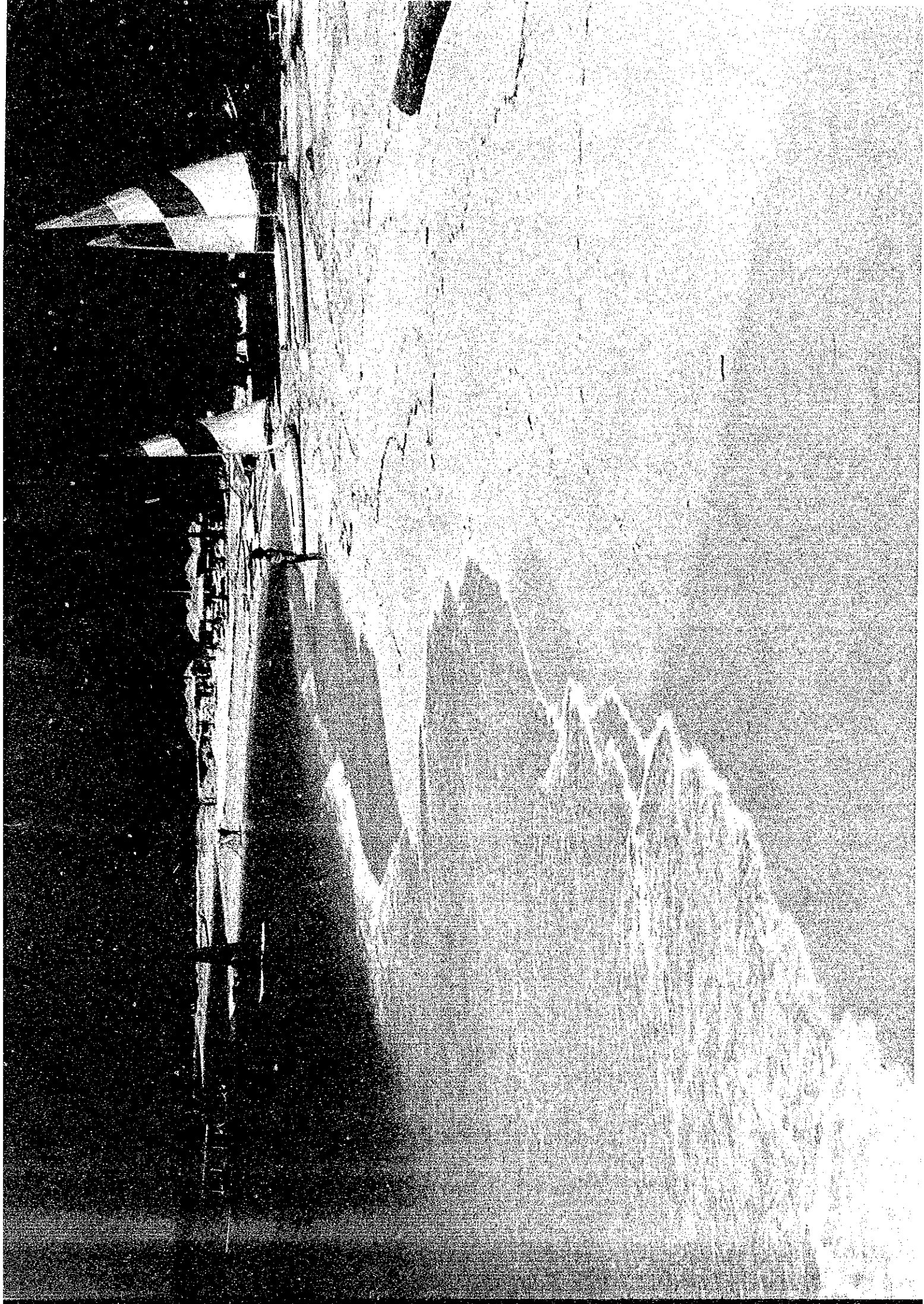
報告書は、要約、主報告書、付属報告書及び資料集に文冊されております。要約は、調査結果全体を簡潔にまとめ、主報告書には、調査の背景、状況、海岸緊急保全計画、事業計画ならびに提言を記述しております。付属報告書には、計画策定に用いた水理学的検討結果などの詳細を記述しております。さらに、資料集も併せて作成致しております。

本報告書を提出するにあたり、全調査期間に亘り、多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、在インドネシア日本大使館の諸賢ならびにインドネシア政府諸機関の関係各位に対し、心から感謝の意を表するとともに、本調査の成果がインドネシア共和国の社会開発及び経済発展に寄与することを希望する次第であります。

調査団長

三 枝 富士男





外貨交換レート

1ドル=1,600ルピア

1ドル=130円

略語一覽

B/C	Benefit-Cost Ratio
BTDC	Bali Tourism Development Corporation
CIF	Cost, Insurance and Freight
DL	Datum line
DGWRD	Directorate General of Water Resources Development
DOR	Directorate of Rivers
DPW	Ministry of Public Works
GDP	Gross Domestic Product
GRDP	Gross Regional Domestic Product
h	Water Depth
H	Wave Height
H ₀	Offshore Wave Height
H _{1/3}	Significant Wave Height
IHE	Institute of Hydraulic Engineering
IRR	Internal Rate of Return
JICA	Japan International Cooperation Agency
MHW	Mean High Water
MHWN	Mean High Water Neaps
MHWS	Mean High Water Springs
ML	Mean Sea Level
MLW	Mean Low Water
MLWN	Mean Low Water Neaps
MLWS	Mean Low Water Springs
MSL	Mean Sea Level
NPV	Net Present Value
Rp	Rupiah
T	Wave Period
T ₀	Offshore Wave Period
T _{1/3}	Significant Wave Period
VAT	Value Added Tax
\$	US Dollar
¥	Japanese Yen

目 次

調査概要

第1章 社会的・経済的背景

1-1 概 要	1
1-2 人 口	1
1-3 GRDP	1
1-4 観 光 産 業	4
1-4-1 バリの観光産業	4
1-4-2 観 光 開 発	4
1-4-3 バリの観光開発	4
1-5 海岸保全事業費	5

第2章 自然条件

2-1 概 要	7
2-2 気 象	7
2-3 海 象	7
2-4 地形・地質	23
2-4-1 地 形	23
2-4-2 地 質 層 序	24
2-4-3 地 質 構 造	29
2-4-4 地 震	29
2-5 地質及び底質調査	32
2-5-1 地 質 調 査	32
2-5-2 底 質 調 査	39

第3章 調査地域の概況

3-1 環境及び景観	63
3-1-1 海洋生態と鳥類	63
3-1-2 景 観	71
3-1-3 インタビュー調査	76
3-1-4 水 質 調 査	77
3-2 土 地 利 用	81
3-2-1 土地利用の現況	81

3-2-2 土地利用計画	82
3-3 侵食の現況	86
3-3-1 バリ島の侵食状況	86
3-3-2 調査地域の侵食状況	88
3-4 海岸保全事業の現況	101
3-4-1 既存施設の設計概要	101
3-4-2 施 工 法	101
3-4-3 DPUによる工事实績	104
3-4-4 砂の粒度分析	110
第4章 海岸侵食の原因	
4-1 一般論	113
4-2 調査地域の侵食原因	115
4-3 海浜物質の起源からみた沿岸漂砂方向に関するコメント	116
第5章 計画案の水理的検討	
5-1 水理模型実験	119
5-1-1 現地リーフ海浜の特性	119
5-1-2 二次元水路による実験	133
5-1-3 三次元水槽による実験	144
5-2 コンピュータ・シミュレーション	169
5-2-1 はじめに	169
5-2-2 入射波の性質	170
5-2-3 代 表 波	179
5-2-4 対策案のシミュレーションによる評価	200
第6章 緊急保全計画	
6-1 緊急保全計画の基本構想	207
6-1-1 最適対策工の選定	207
6-1-2 海岸施設計画の基本構想	207
6-2 クタ・ビーチ緊急保全計画	210
6-3 ヌサドゥア・ビーチ緊急保全計画	211
6-4 サヌール・ビーチ緊急保全計画	212
6-5 タナロット緊急保全計画	213

第7章 設計・施工計画及び概算工費

7-1 施設設計	223
7-1-1 概要	223
7-1-2 設計条件	223
7-1-3 設計上の配慮事項	225
7-1-4 構造型式と材料	225
7-1-5 形状寸法の決定	227
7-1-6 基本設計	229
7-2 施工計画	232
7-2-1 概要	232
7-2-2 建設予定表	233
7-2-3 施工計画の基本方針	234
7-2-4 工事概要	234
7-2-5 工程計画	238
7-2-6 建設材料	241
7-3 概算工費	243
7-3-1 概要	243
7-3-2 建設費	243
7-3-3 概算工費の要約	248
7-3-4 維持費	252
7-4 三分割契約方式	252
7-4-1 概要	252
7-4-2 クタ・ビーチ	255
7-4-3 ヌサドゥア・ビーチ	259
7-4-4 サヌール・ビーチ	263
7-4-5 概算工費の要約	267
7-5 結論	273
7-5-1 概要	273
7-5-2 一括契約方式と三分割契約方式の比較	273
7-5-3 結論	277

第8章 経済分析

8-1 概要	279
8-2 経済便益	279
8-3 経済便益の推計	280

8-4	経済コストの推計	283
8-5	プロジェクトの経済的評価	284
8-6	結 論	286

第9章 海岸行政

9-1	現在の海岸行政	289
9-2	DPUにおける事業実施システム	292
9-3	海岸管理に関する基本法制定の提案	292
9-4	工事実施組織の提案	293

第10章 環境への影響

10-1	調査結果	295
10-1-1	海洋生態	295
10-1-2	景 観	297
10-1-3	水 質	297
10-2	そ の 他	297

第11章 結論及び勧告

11-1	結 論	307
11-2	勧 告	310

付 属 資 料

APP. 2-2-1	降 水 量	313
APP. 2-2-2	風向・風速頻度図	314
APP. 3-1-3	環境に関する調査票	326
APP. 3-4-1	既存施設の施設概要・設計図	337
APP. 5-2-1	コンピュータ・シミュレーションに用いるワンラインモデル	354

参 考 表

表 No.		
表 1-2-1	人口、人口密度、世帯数、1986年バリ	2
表 1-2-2	人口推計、1980~2000年、バリ	2
表 1-3-1	GRDP、バリ	3
表 1-5-1	海岸保全事業費	4
表 2-3-1	潮 位 表	9
表 2-4-2-1	バリ島地質層序	26
表 2-4-4-1	デンパサールから 300km以内の地域で、マグニチュード6.0以上の 地震 (1911~1984)	31
表 2-5-1-1	シュミット・ロックハンマーによる岩石の反発度	32
表 2-5-1-2	一軸圧縮試験結果	33
表 2-5-2-1	粒度分析、比重測定及び鉱物組成試験結果	40
表 2-5-2-2	河川及び海浜の底質試料についての実体顕微鏡観察結果	45
表 3-1-1-1	調 査 期 間	63
表 3-1-1-2	調査地域における海洋生態、鳥類	68
表 3-1-4-1	水質試験 (調査記録)	78
表 3-1-4-2	水質試験 (現地観測)	78
表 3-3-1-1	バリ島の侵食状況	86
表 3-3-1-2	侵食対策の緊急度	87
表 3-4-3-1	バリ海岸保全事業の実績	105
表 5-1-1-1	波浪観測データ	126
表 5-1-1-2	主要四分潮	130
表 5-1-2-1	二次元水路実験の結果	135
表 5-2-2-1	調査対象海岸沖波の特性	171
表 6-1-2-1	緊急保全計画一覧	209
表 7-2-3-1	稼 動 日 数	234
表 7-2-6-1	砂採取地点の現況	242
表 7-3-2-1	労 務 単 価	244
表 7-3-2-2	材 料 単 価	244
表 7-3-2-3	主要機械一覧 (一括契約方式)	245
表 7-3-2-4	主要機械使用料	246
表 7-3-2-5	建 設 単 価	247
表 7-3-3-1	プロジェクトコスト (一括契約方式)	249
表 7-3-3-2	年度別プロジェクトコスト (一括契約方式)	250
表 7-3-3-3	海岸別プロジェクトコスト (一括契約方式)	251

表 7-4-2-1	工事費（クタ、三分割契約方式）	256
表 7-4-2-2	年度別工事費（クタ、三分割契約方式）	257
表 7-4-2-3	主要機械一覧（クタ）	258
表 7-4-3-1	工事費（ヌサドゥア、三分割契約方式）	260
表 7-4-3-2	年度別工事費（ヌサドゥア、三分割契約方式）	261
表 7-4-3-3	主要機械一覧（ヌサドゥア）	262
表 7-4-4-1	工事費（サヌール、三分割契約方式）	264
表 7-4-4-2	年度別工事費（サヌール、三分割契約方式）	265
表 7-4-4-3	主要機械一覧（サヌール）	266
表 7-4-5-1	総工事費（三分割契約方式）	268
表 7-4-5-2	年度別総工事費（三分割契約方式）	269
表 7-4-5-3	プロジェクトコスト（三分割契約方式）	270
表 7-4-5-4	年度別プロジェクトコスト（三分割契約方式）	271
表 7-4-5-5	主要機械一覧（三分割契約方式）	272
表 7-5-2-1	プロジェクトコストの比較	275
表 7-5-2-2	主要機械の比較	276
表 8-3-1	バリ国際観光客予測	280
表 8-3-2	インドネシア及びバリへの国際観光客の平均支出額	281
表 8-3-3	プロジェクトの経済便益	282
表 8-4-1	プロジェクトの経済コスト	284
表 8-5-1	経済分析の要約	285
表 8-5-2	プロジェクトの感度分析	286
表 11-1-1	プロジェクトコスト（一括契約方式）	310

付表 No.

付表 3-1-3-1	現地調査票	226
付表 3-4-1-1	既設海岸施設概要（クター1）	337
付表 3-4-1-2	既設海岸施設概要（クター2）	338
付表 3-4-1-3	既設海岸施設概要（ヌサドゥア-1）	339
付表 3-4-1-4	既設海岸施設概要（ヌサドゥア-2）	340
付表 3-4-1-5	既設海岸施設概要（ヌサドゥア-3）	341
付表 3-4-1-6	既設海岸施設概要（サヌール-1）	342
付表 3-4-1-7	既設海岸施設概要（サヌール-2）	343
付表 3-4-1-8	既設海岸施設概要（サヌール-3）	344
付表 3-4-1-9	既設海岸施設概要（サヌール-4）	345
付表 3-4-1-10	既設海岸施設概要（タナロット）	346

参 考 図

図 No.		
図 2-3-1	潮 流	9
図 2-3-2	深 海 波	10
図 2-3-3	海象観測位置図 (クタ)	11
図 2-3-4	海象観測位置図 (ヌサドゥア)	12
図 2-3-5	海象観測位置図 (サヌール)	13
図 2-3-6(1)	波高、周期分布 (クタ)	14
図 2-3-6(2)	波高、周期分布 (クタ)	15
図 2-3-7(1)	波高、周期分布 (ヌサドゥア)	16
図 2-3-7(2)	波高、周期分布 (ヌサドゥア)	17
図 2-3-8(1)	海象観測結果 (クタ)	18
図 2-3-8(2)	海象観測結果 (クタ)	19
図 2-3-9	海象観測結果 (ヌサドゥア)	20
図 2-3-10(1)	海象観測結果 (サヌール)	21
図 2-3-10(2)	海象観測結果 (サヌール)	22
図 2-4-2-1	バリ地質図	27
図 2-4-3-1	バリ島中央部の重力異常及び隆起区域図	30
図 2-5-1-1	地質断面線及び一軸圧縮試験試料採取位置図 (タナロット)	34
図 2-5-1-2(1)	地質断面図A-A', B-B', C-C', D-D' (タナロット)	35
図 2-5-1-2(2)	地質断面図E-E', F-F' (タナロット)	36
図 2-5-1-2(3)	地質断面図G-G', H-H' (タナロット)	37
図 2-5-1-3	日本の海岸の後退速度と岩石圧縮強度との関係図 (20~90年期間)	38
図 2-5-2-1	磁性分離及び2.4規定塩酸溶解試験の処理過程流れ図	48
図 2-5-2-2	河川底質試料採取位置図 (ヌサドゥア)	49
図 2-5-2-3	河川底質試料採取位置図 (サヌール)	50
図 2-5-2-4	サワンガン・プタンガン両部落間の川の河川底質試料の 粒度分析、比重測定及び鉍物組成試験結果説明図	51
図 2-5-2-5	アユン川の河川底質試料の粒度分析、比重測定及び 鉍物組成試験結果説明図	52
図 2-5-2-6	ローロアン川の河川底質試料の粒度分析、比重測定及び 鉍物組成試験結果説明図	53

図 2-5-2-7	海浜底質試料A及びBの採取位置関係説明図	54
図 2-5-2-8	海浜底質試料の採取位置図及びその粒度分析結果 説明図(クタ・ビーチ)	57
図 2-5-2-9	海浜底質試料の比重測定及び鉱物組成試験結果 説明図(クタ・ビーチ)	58
図 2-5-2-10	海浜底質試料の採取位置図及びその粒度分析結果 説明図(ヌサドゥア・ビーチ)	59
図 2-5-2-11	海浜底質試料の比重測定及び鉱物組成試験結果 説明図(ヌサドゥア・ビーチ)	60
図 2-5-2-12	海浜底質試料の採取位置図及びその粒度分析結果 説明図(サヌール・ビーチ)	61
図 2-5-2-13	海浜底質試料の比重測定及び鉱物組成試験結果 説明図(サヌール・ビーチ)	62
図 3-1-1-1	調査範囲	65
図 3-1-2-1	調査範囲の区分(環境・景観)	75
図 3-1-4-1	水質試験位置図(調査記録)	79
図 3-1-4-2	水質試験位置図(現地観測)	80
図 3-2-1-1	土地利用の現況(クタ)	83
図 3-2-1-2	土地利用の現況(ヌサドゥア)	84
図 3-2-1-3	土地利用の現況(サヌール)	85
図 3-3-1-1	バリ島の侵食海岸位置図	87
図 3-3-2-1	汀線変化(クタ)	90
図 3-3-2-2	海浜断面変化(クタ)	91
図 3-3-2-3	$\Delta A - \Delta y$ 図(クタ)	92
図 3-3-2-4	汀線変化(ヌサドゥア)	97
図 3-3-2-5	海浜断面変化(ヌサドゥア)	98
図 3-3-2-6	$\Delta A - \Delta y$ 図(ヌサドゥア)	98
図 3-3-2-7	汀線変化(サヌール)	99
図 3-3-2-8	海浜断面変化(サヌール)	100
図 3-3-2-9	$\Delta A - \Delta y$ 図(サヌール)	100
図 3-4-2-1	石山及び砂採取地点位置図	102
図 3-4-3-1	バリ海岸保全事業の実績	106
図 3-4-3-2	侵食対策工事(クタ)	107
図 3-4-3-3	侵食対策工事(ヌサドゥア)	108
図 3-4-3-4	侵食対策工事(サヌール)	109

図 3-4-4-1	粗砂含有率 (クタ)	110
図 3-4-4-2	粗砂含有率 (ヌサドゥア)	111
図 3-4-4-3	粗砂含有率 (サヌール)	111
図 3-4-4-4	粗砂分布図	112
図 5-1-1-1	波浪・潮流実測記録 (ヌサドゥア、4月)	121
図 5-1-1-2	波浪・潮流実測記録 (ヌサドゥア、6月)	122
図 5-1-1-3	波浪・潮流実測記録 (クタ、3月)	123
図 5-1-1-4	波浪・潮流実測記録 (クタ、6月)	124
図 5-1-1-5	波浪・潮流実測記録 (サヌール、6月)	125
図 5-1-1-6	周期比と相対水深の関係	127
図 5-1-1-7	波高比と相対水深の関係	127
図 5-1-1-8	平均水位の上昇と波高の関係	128
図 5-1-1-9	平均水位の上昇と相対水深の関係	128
図 5-1-1-10	ベノア港における潮位変動 (1988年1月1日～6日)	129
図 5-1-1-11	潮位基準面	130
図 5-1-1-12(1)	波高計によって実測された平均水位とベノア港の 予測潮位変動の比較	131
図 5-1-1-12(2)	波高計によって実測された平均水位とベノア港の 予測潮位変動の比較	132
図 5-1-2-1	実験装置の模式図	133
図 5-1-2-2	波形記録の例	136
図 5-1-2-3	波高と周期の変動	137
図 5-1-2-4	周期比と相対水深の関係	138
図 5-1-2-5	沖波波高に対するリーフ上の波高変動	139
図 5-1-2-6	波高比と相対水深の関係	140
図 5-1-2-7	波高比と相対水深の関係	141
図 5-1-2-8	沖波波高に対する平均水位の変動	142
図 5-1-2-9	相対的平均水位の上昇と相対水深の関係	143
図 5-1-3-1	三次元平面水槽による実験配置図	147
図 5-1-3-2	クタ・ビーチにおける波高分布 (現況)	148
図 5-1-3-3	クタ・ビーチにおける平均水位上昇量の分布 (現況)	149
図 5-1-3-4	クタ・ビーチにおける周期分布 (現況)	150
図 5-1-3-5	クタ・ビーチにおける流況 (現況)	151
図 5-1-3-6	クタ・ビーチにおける計測波高と計算波高の相違	152
図 5-1-3-7	クタ・ビーチにおける波高分布 (対策工)	153

図 5-1-3-8	クタ・ビーチにおける平均水位上昇量の分布 (対策工)	154
図 5-1-3-9	クタ・ビーチにおける周期分布 (対策工)	155
図 5-1-3-10	クタ・ビーチにおける流況 (対策工)	156
図 5-1-3-11	クタ・ビーチにおける流況 (対策工代替案)	157
図 5-1-3-12	ヌサドゥア・ビーチにおける波高分布 (現況)	158
図 5-1-3-13	ヌサドゥア・ビーチにおける平均水位上昇量の分布 (現況)	159
図 5-1-3-14	ヌサドゥア・ビーチにおける周期分布 (現況)	160
図 5-1-3-15	ヌサドゥア・ビーチにおける流況 (現況)	161
図 5-1-3-16	ヌサドゥア・ビーチにおける計測波高と計算波高の相違	162
図 5-1-3-17	ヌサドゥア・ビーチにおける波高分布 (対策工)	163
図 5-1-3-18	ヌサドゥア・ビーチにおける平均水位上昇量の分布 (対策工)	164
図 5-1-3-19	ヌサドゥア・ビーチにおける周期分布 (対策工)	165
図 5-1-3-20	ヌサドゥア・ビーチにおける流況 (対策工)	166
図 5-1-3-21	クタ・ビーチにおける水理模型実験結果	167
図 5-1-3-22	ヌサドゥア・ビーチにおける水理模型実験結果	168
図 5-1-3-23	波の遡上高算定図	169
図 5-2-2-1	バリ島南部周辺海域の等深線と調査対象海岸沖の入射波を 取り出す地点	172
図 5-2-2-2(a)	波向線図 (10sec, SE)	173
図 5-2-2-2(b)	波高分布 (10sec, SE)	173
図 5-2-2-3(a)	波向線図 (15sec, SE)	174
図 5-2-2-3(b)	波高分布 (15sec, SE)	174
図 5-2-2-4(a)	波向線図 (10sec, S)	175
図 5-2-2-4(b)	波高分布 (10sec, S)	175
図 5-2-2-5(a)	波向線図 (15sec, S)	176
図 5-2-2-5(b)	波高分布 (15sec, S)	176
図 5-2-2-6(a)	波向線図 (10sec, SW)	177
図 5-2-2-6(b)	波高分布 (10sec, SW)	177
図 5-2-2-7(a)	波向線図 (15sec, SW)	178
図 5-2-2-7(b)	波高分布 (15sec, SW)	178
図 5-2-3-1	深浅図 (クタ)	182
図 5-2-3-2	波向線図 (クタ)	183
図 5-2-3-3	波高分布 (クタ)	184
図 5-2-3-4	汀線変化の再現計算結果 (クタ)	185
図 5-2-3-5	汀線の方向角と碎波波向の比較 (クタ)	186

図 5-2-3-6	砕波高 (クタ)	186
図 5-2-3-7	総沿岸漂砂量 (クタ)	186
図 5-2-3-8	深浅図 (ヌサドゥア)	187
図 5-2-3-9	波向線図 (ヌサドゥア)	188
図 5-2-3-10	波高分布 (ヌサドゥア)	189
図 5-2-3-11	汀線変化の再現計算結果 (ヌサドゥア)	190
図 5-2-3-12	汀線の方角角と砕波波向の比較 (ヌサドゥア)	191
図 5-2-3-13	砕波高 (ヌサドゥア)	191
図 5-2-3-14	総沿岸漂砂量 (ヌサドゥア)	191
図 5-2-3-15	深浅図 (サヌール)	192
図 5-2-3-16	波向線図 (サヌール)	193
図 5-2-3-17	波高分布 (サヌール)	194
図 5-2-3-18	計算範囲 (サヌール)	195
図 5-2-3-19(a)	汀線変化の再現計算結果 (サヌールA)	196
図 5-2-3-19(b)	汀線変化の再現計算結果 (サヌールB)	197
図 5-2-3-20(a)	汀線の方角角と砕波波向の比較 (サヌールA)	198
図 5-2-3-20(b)	汀線の方角角と砕波波向の比較 (サヌールB)	199
図 5-2-3-21(a)	砕波高 (サヌールA)	198
図 5-2-3-21(b)	砕波高 (サヌールB)	199
図 5-2-3-22(a)	総沿岸漂砂量 (サヌールA)	198
図 5-2-3-22(b)	総沿岸漂砂量 (サヌールB)	199
図 5-2-4-1	対策工1. (クタ)	202
図 5-2-4-2	汀線変化予測 (対策工1.クタ)	202
図 5-2-4-3	総沿岸漂砂量 (クタ)	202
図 5-2-4-4	汀線変化予測 (対策工2.クタ)	203
図 5-2-4-5	総沿岸漂砂量 (クタ)	203
図 5-2-4-6	対策工 (ヌサドゥア)	204
図 5-2-4-7	汀線変化予測 (ヌサドゥア)	204
図 5-2-4-8	総沿岸漂砂量 (ヌサドゥア)	204
図 5-2-4-9(a)	対策工 (サヌールA)	205
図 5-2-4-9(b)	対策工 (サヌールB)	206
図 5-2-4-10(a)	汀線変化予測 (サヌールA)	205
図 5-2-4-10(b)	汀線変化予測 (サヌールB)	206
図 5-2-4-11(a)	総沿岸漂砂量 (サヌールA)	205
図 5-2-3-11(b)	総沿岸漂砂量 (サヌールB)	206

図 6-1-1-1	計画フローチャート	208
図 6-2-1	クタ・ビーチ保全計画	215
図 6-3-1	ヌサドゥア・ビーチ保全計画	217
図 6-4-1	サヌール・ビーチ保全計画	219
図 6-5-1	タナロット保全計画	221
図 7-1-1-1	設計フローチャート	223
図 7-1-2-1	震度分布	224
図 7-1-4-1	構造型式	226
図 7-1-5-1	標準断面(突堤)	227
図 7-1-6-1	基本設計図(構造物、クタ)	229
図 7-1-6-2	基本設計図(構造物、ヌサドゥア)	230
図 7-1-6-3	基本設計図(構造物、サヌール)	230
図 7-1-6-4	基本設計図(養浜工、クタ)	231
図 7-1-6-5	基本設計図(養浜工、ヌサドゥア)	231
図 7-1-6-6	基本設計図(養浜工、サヌール)	231
図 7-2-2-1	プロジェクト実施スケジュール	233
図 7-2-4-1	養浜工(イラスト)	235
図 7-2-5-1	工程計画(一括契約方式)	239
図 7-2-6-1	養浜砂採取地点位置図	242
図 7-4-1-1	工程計画(三分割契約方式)	253
図 9-1-1	公共事業省組織(概略)	290
図 9-2-1	事業実施組織(現状)	291
図 9-4-1	事業実施組織(提案)	294
図10-1-2-1	フォトモンタージュ地点	296
写真10-1	現況(クタ・ビーチ) : プルタミナコテージ前面(1)	299
写真10-2	完成予想図(クタ・ビーチ) : プルタミナコテージ前面(1)	299
写真10-3	現況(クタ・ビーチ) : プルタミナコテージ前面(2)	300
写真10-4	完成予想図(クタ・ビーチ) : プルタミナコテージ前面(2)	300
写真10-5	現況(ヌサドゥア・ビーチ) : 地中海クラブ前面	301
写真10-6	完成予想図(ヌサドゥア・ビーチ) : 地中海クラブ前面	301
写真10-7	現況(サヌール・ビーチ) : ワルダブラホテル前面	302
写真10-8	完成予想図(サヌール・ビーチ) : ワルダブラホテル前面	302
図11-1-1	プロジェクト実施スケジュール	309

付図 No.		
付図 2-2-1	降水量 (1974-1987)	313
付図 2-2-2	風向・風速頻度図	314
付図 3-1-3-1	観光客インタビュー調査結果	331
付図 3-4-1-1	既設海岸施設設計図 (クタ)	347
付図 3-4-1-2	既設海岸施設設計図 (ヌサドゥア)	348
付図 3-4-1-3	既設海岸施設設計図 (ヌサドゥア)	349
付図 3-4-1-4	既設海岸施設設計図 (ヌサドゥア)	350
付図 3-4-1-5	既設海岸施設設計図 (サヌール)	351
付図 3-4-1-6	既設海岸施設設計図 (サヌール)	352
付図 3-4-1-7	既設海岸施設設計図 (タナロット)	353
付図 5-2-1-1	ワンラインモデルの定義図	356
付図 5-2-1-2	碎波々向の定義図	356

調查概要

調査概要

1. 調査の背景

インドネシアは大小約13,700の島々から成る四面海に囲まれた国であり、その南北は赤道を挟み北緯6°～南緯12°にわたり約2,000km、その東西は東経95°～140°にわたり約5,000kmに及ぶ。その陸域は約190万km²の面積を有し、216の山、221の大河と18の大湖を有する。行政上、インドネシアは27の州からなり、その下に246のKabupatenと呼ばれる県と54のKotamadyaと呼ばれる市が設置されている。13,700余の島々の内、無名の島が半分以上を占めており、人が居住しているのは7%の島にすぎない。

バリ島は27州のうちの1州であり、神話に満ちたインドネシアの代表的観光地である。バリ州は国土の0.29%の面積しかないが、インドネシア全人口の約2%の人々が生活している。バリ島には多くの観光地があるが、海浜（ビーチ）はそのうち最も人気のある地域である。毎年、世界中からバリを訪れる観光客は多く、バリ及び国家経済にとって、観光産業は最も重要な役割を果たしている。観光産業は雇用を発生し、外貨獲得の手段として高い評価を得ており、政府も観光産業促進の政策を種々計画している。

一方、インドネシアの国土は海に囲まれており、基本的に波浪による侵食災害を受け易く、近年はとみに至る所で海岸侵食が進んでいる。現時点で侵食を受けている地区は、数10箇所に及んでいる。特に、バリ島では海岸沿いの高度に開発された地域や人家の多い地区に侵食が顕在化している。

このような状況に鑑み、インドネシア国政府は日本国政府に対して、国土保全と経済的発展の基盤として海岸を整備すべく同国のバリ海岸緊急保全計画調査の実施と技術協力を要請した。

日本国政府は、この要請を受けて調査の実施を決定、1987年10月18日から30日まで事前調査団を現地へ派遣した。

同調査団は、プロジェクトの内容についてインドネシア共和国公共事業省関係者と一連の協議を行ない、1987年10月28日事前調査団長、谷本修志氏と同省大臣補佐官Putra Duarsa氏との間で調査の範囲についての合意を得た。

2. 調査目的および対象地域

調査の目的は以下に示す通りである。

- (1) 調査対象地域における海岸緊急保全計画の策定
- (2) 海岸緊急保全計画のフィージビリティ調査の実施
- (3) 上記調査を通じてのインドネシア国政府のカウンターパートへの技術移転

調査対象域はバリ島の南部に位置する州都デンパサールに近いサヌール・ビーチ、ヌサドゥア・ビーチ、クタ・ビーチとタナロット海岸である。デンパサールからサヌール・ビーチは南東へ6 km、ヌサドゥア・ビーチは南へ16 km、クタ・ビーチは南西へ9 km、タナロットは西へ15 km離れた地域である。これらの調査地域とデンパサール間は良好な舗装道路で結ばれている。観光客の80%以上が訪れるサヌールとクタ・ビーチ、さらに40%以上が訪れるヌサドゥア・ビーチでは、海岸線の数kmにわたって侵食が発生している。

ヒンズー教の貴重な文化遺産であるタナロット寺院が建立されている海崖は、近い将来、波浪による侵食によって崩壊し喪失しそうな危機的様相を呈している。

3. 調査実施体制

インドネシア国政府側の調査実施機関は、公共事業省の水資源総局が担当し、日本国政府の技術協力の実施機関として、国際協力事業団がその任に当たった。

調査は1988年2月から1989年3月までの期間に行われ、以下に示す作業監理委員会の監理指導の下で、調査団により実施された。

インドネシア国政府関係者も付記する。

(1) 調査団

団 長	三 枝 富士男 (総 括)
団 員	佐久間 襄 (海岸計画)
	後 藤 和 博 (施設計画)
	鶴 木 和 夫 (海象観測)
	柴 田 正 和 (海象解析)
	桜 木 弘 (模型実験)
	山 田 俊 夫 (施設設計)
	海老原 純 次 (施工積算)
	寺 津 陽 次 (地 質)
	岡 田 伸 司 (海象測定)
	小 島 昭 久 (経済財務)
	磯 田 統 (環 境)
	高 松 邦 明 (測 量)

(2) 作業監理委員会

委員長	谷 本 修 志	建設省土木研究所次長
委 員	宇 田 高 明	建設省土木研究所海岸研究室長
委 員	芦 田 義 則	建設省河川局海岸課長補佐

(3) インドネシア国政府

Ir. Putra Duarsa	: 公共事業省、総括監察官
Ir. Soebandi Wirosumarto	: 水資源総局、局長
Ir. KUSDARYONO	: 公共事業省、大臣補佐官
Ir. Hartono Pramudo	: 水資源総局、河川局長
Ir. Amir Muryadi	: CIMANUK Project 所長 (前、河川局計画部、部長)
Ir. Siswoko	: 河川局計画部、部長
Ir. Soetrisno	: 河川局防災部、部長
Ir. Sarwono Sukardi	: 河川局計画課、課長
Ir. C.L. Sumartono	: 河川局侵食対策課、課長
Ir. M. Yahya	: 水工研究所
Ir. Soeroto Martomidjojo	: 公共事業省、バリ地方建設局、局長

(4) 河川局カウンターパートとローカルエンジニア

Ir. I Ketut Kaler, M. Eng	: 総括
Ir. I Made Subagia	: 総括
Ir. Kardana	: 海岸計画
Ir. Gde Adi Suarsajaya	: 海岸計画
Ir. Sarwono Sukardi	: 施設計画
Ir. I Ketut Suwandi	: 施設計画
I Wayan Mundra, BE	: 海象観測
Ir. Syamsudin, Dipl. HE	: 模型実験
Ir. Tjokorda B. Budiana	: 海象解析
Ir. Titanata	: 施設設計
Ir. I Gst. Ngr. Anom Artawan	: 施設設計
Sobirin, BE	: 施工計画
I Ketut Netera, BE	: 積算
Ir. C.L. Soemartono	: 地質
Ir. Modesta Tandiyuk	: 地質
Eddy Aristiyanto, BE	: 地質
Subandi, BIE	: 海象測定
Endang, BE	: 海象測定
Drs. I Nyoman Padma	: 経済分析

4. 報告書の構成

報告書はサマリーレポート、メインレポート、サポーティングレポート、データブックの4分冊より構成されている。

サマリーレポートには調査結果全体の概要が述べられている。メインレポートには調査の基礎的な情報、水理学的検討結果、海岸保全緊急計画、設計・施工計画、経済分析、海岸行政、環境への影響評価が記述されている。最後の第11章では、提言について述べられている。

サポーティングレポートには、計画の水理学的検討に関するコンピューター・シミュレーションの結果と関連する海象観測の資料が含まれている。

データブックには、地質調査に関する次の項目が含まれている。

I：底質試験

II：地質調査と一軸圧縮強度試験

III：施工材料試験

5. 謝 辞

調査団は、1988年2月から3回に亘り、インドネシア政府関係者、カウンターパートと協力して、資料収集、地形測量、深淺測量、海象観測、地質調査、環境調査等の現地調査を実施するとともに意見を交換し、海岸侵食の現状と対策について相互の理解を深めた。調査団は、その間インドネシア政府関係者、カウンターパート各位から寄せられた多大な御協力、御支援に対し心から感謝の意を表します。

調査団は、又、全調査期間を通じて有効な御教示、御援助を頂いた外務省、建設省、在インドネシア日本大使館、その他関係諸機関の各位に厚くお礼申し上げます。

第1章 社会的・经济的背景

第1章 社会的・経済的背景

1-1 概 要

バリ島は、ジャワ島の東方南緯 $8^{\circ} 03' 40'' \sim 8^{\circ} 50' 48''$ 、東経 $114^{\circ} 25' 53'' \sim 115^{\circ} 42' 40''$ の位置にある。

人口は1986年において 270万人であるが人口の多くは開発の進んでいる南部リゾート地区の周辺にある。

この熱帯性の島の面積は 5,632km²であり、島の中央部にいくつかの火山がありその山麓地帯は水田となっている。

島の南端には、3つの海浜リゾートがあるがこれ等のリゾートは、いずれもインドネシアの代表的な国際的リゾートとして名高い。

1-2 人 口

人口に係わる諸データを表1-2-1 に示す。バリ州の年平均人口増加率は1982年以降 1.08%であり、インドネシア全国平均値よりかなり低い値である。これは、バリ島への流入人口よりも流出人口のほうが多いことによる。バリ島の人口予測が表1-2-2 に示されている。これによれば、1990年には 2,866,000人、2000年には 3,303,000人に達する見込みである。

1-3 GRDP (Gross Regional Domestic Product)

GRDPを表 1-3-1にまとめた。バリ州においては、2つの産業がバリの地域総生産に大きく寄与している。農業はそのうち最も支配的な産業であり、1983年以降はわずかに減少傾向にあるが、1985年には39.8%を占めている。山麓地帯の大部分は水田であり、バリ経済に対する農業の占める割合は1984年時点で全国平均の25%を越えている。

GRDPの第2位は貿易、ホテル及びレストラン産業である。この部門は1983年に 14.1%を占めていたが年々増加し、1985年には地域総生産の 15.6%を占めるに至った。この占有率の上昇は国外からの観光客の増加によるものである。

さらに、観光産業と輸送、通信、サービス業とは密接に係わっており、貿易、ホテル及びレストラン業で代表される観光産業は、実際には表の数字以上に多くの貢献を果たしている。従って、観光産業はバリ経済にとって重要な地位を占めていることは明白と言えよう。

表 1-2-1 人口、人口密度、世帯数、1986年バリ

Regency	Area (' 000 km ²)	Popula- tion (' 000 persons)	Density (persons per km ²)	Number of House- holds	Average No. of Members of House- hold
1. Jembrama	842	205.7	244	43.2	4.8
2. Tabanan	389	347.4	414	70.7	4.9
3. Badung	543	550.6	1,015	99.9	5.5
4. Gianyar	368	317.3	865	59.6	5.3
5. Klungkung	315	157.9	489	28.9	5.3
6. Bangli	521	169.7	326	34.8	4.9
7. Karangasem	840	338.4	403	69.9	4.8
8. Buleleng	1,366	517.4	379	110.1	4.7
Total					
1986		2,660.4	462	517.1	5.0
1985		2,558.5	454	508.8	5.0
1984		2,528.6	449	495.5	5.1
1983		2,502.2	444	488.1	5.1
1982		2,491.0	442	487.0	5.1

Source: Statistical Year Book of Bali, 1986

表 1-2-2 人口推計、1980~2000年、バリ

(' 000 persons)

	1980	1985	1990	1995	2000
0 - 14	956.4	916.8	937.6	917.8	1,022.2
15 - 54	1,263.7	1,460.4	1,647.9	1,793.8	1,907.4
55 -	241.5	284.0	280.5	322.3	373.7
Total	2,479.4	2,658.5	2,866.0	3,087.9	3,303.3
Growth Rate (% per annum)	1.40%	1.51%	1.50%	1.36%	

Source: Statistical Year Book of Bali, 1986
(Statistical Office of Bali Province)

表 1-3-1 GRDP、バリ

(in 1983 Constant Prices)

	GDP (Mil. Rp.)			Share (%)		
	1983	1984	1985	1983	1984	1985
1. Agriculture	390,268	427,110	423,440	43.3	43.2	39.8
2. Quarrying	5,907	4,497	4,227	0.7	0.5	0.4
3. Manufacturing	38,993	41,869	48,939	4.3	4.2	4.6
4. Electricity and Water Supply	6,748	7,239	10,160	0.8	0.7	1.0
5. Construction	61,714	62,374	64,196	6.9	6.3	6.0
6. Trade, Hotels and Restaurants	126,911	147,316	166,482	14.1	14.9	15.6
7. Transportation and Communication	83,716	93,397	101,329	9.3	9.5	9.5
8. Banking and Other Financial	18,956	21,549	21,989	2.1	2.2	2.1
9. Ownership of Dwellings	7,903	8,838	8,993	0.9	0.9	0.8
10. General Government and Defense	77,856	78,453	96,547	8.6	7.9	9.1
11. Services	82,225	95,533	118,453	9.1	9.7	11.1
Total	901,195	988,178	1,064,756	100.0	100.0	100.0

1-4 観光産業

1-4-1 バリの観光産業

1986年及び1987年には、観光産業の成長率は2桁の伸びを示した。国家総輸出収益の面から見ても、観光収益は第6位に位置する重要部門となっている。しかも、その多くはバリ州からの収益であり、外国人観光客のデータから判断すると、少なくとも30%はバリ観光によるものである。経済的不況にある現状からも、当観光産業は外貨獲得に重要な役割を果たさねばならない。

外貨を獲得し地域住民の雇用機会を確保するためにも、観光産業を確実に発展させなければならない。このような意味において、直面する最もむずかしい問題は、バリ島に発生している海岸侵食問題と言えよう。

1-4-2 観光開発

インドネシアは、ASEAN諸国の内、外国人観光客の最も少ない国の一つである。インドネシアは又、近年石油価格の低迷から国際収支が悪化している。このような状況にあつてインドネシア国政府は外貨獲得のため観光開発を促進している。

インドネシア国政府は次のような観光政策をとっている。

- 観光産業による外貨の獲得及び雇用機会の増大。
- 国内観光の促進。
- 観光客誘致のためのセールス促進。

政府は国家計画Pelrita IV (1984-1988)において年率14%の外国人観光客の増大を目標とし、1988年の観光客数を120万人と設定している。

同計画には、次の施策が掲げられている。

- 観光地開発による雇用機会の創出。
- 国の観光開発に対する積極的関与。
- インドネシアにおける観光客滞在日数の長期化の促進。

1-4-3 バリの観光開発

インドネシアの観光政策は“Bali & nine”というスローガンによって特徴づけられる。そのスローガンはインドネシアに観光地を積極的に開発することとバリを同国観光の中核とすることを意図している。

バリの観光施設はクタ、ヌサドゥア、サヌールに集中している。クタ、サヌールは、バリ島の中心的存在であり、中級或いは簡易な宿泊施設も整備されている。

政府は、1972年、ヌサドゥアをハイクラスの国際観光リゾートとして開発することを決定し、同時にこの地域におけるホテルの建設を1985年迄4つ星、5つ星に限定し

た。サヌールはバリの伝統をセールスポイントとして開発されてきており、一方、クタは長期滞在者の多いことが特徴である。

いずれにしてもバリ観光開発の大きな特徴は、バリの伝統的生活様式を守るとともにバリの自然景観を観光客にアピールしていることである。

1-5 海岸保全事業費

バリにおける海岸保全事業費を表 1-5-1に示す。1985年～1992年の事業費は総額Rp. 7億となっている。予算の配分は侵食の状況、設置範囲、及び背後地の土地利用状況を配慮して決められている。ヌサドゥア、クタ、サヌールの事業費が多い。

表 1-5-1 海岸保全事業費

(Unit: Million Rp.)

Fiscal Year	National Budget					Expenditure against C. Erosion
	Bali Province	Nusa Dua	Sanur	Kuta	Tanah Lot	
1980/81						
1981/82	80	-	80	-	-	
1982/83	-	-	-	-	-	
1983/84	-	-	-	-	-	
1984/85	50	15	-	35	-	
1985/86	727	691	36	-	-	
1986/87	794	694	100	-	-	
1987/88	985	471	-	-	514	
1988/89						
1989/90	525	50	100	20	n. a.	
1990/91	650	50	50	15	n. a.	
1991/92	755	50	50	150	n. a.	
1992/93	890	-	-	350	n. a.	
1993/94	1,180	-	-	500	n. a.	

Note: n. a.; not available

Source: D. P. U.

第2章 自然条件

第2章 自然条件

2-1 概 要

バリ島は西側のバリ海峡と東側のロンボク海峡にはさまれている。バリ海峡は水深わずか-60mにすぎないが、ロンボク海峡はインドネシア諸島にある最も深い海峡の一つである。バリ島は北側にジャワ海、南側にインド洋に面している。

2-2 気 象

バリ島の気候は6ヶ月ごとに変化する。6月から9月はオーストラリア大陸気団の影響を受け乾季となり、12月から3月の期間はアジア大陸と外洋を通る太平洋気団の影響により雨季となり、大気は水分を含みバリに雨をもたらす。乾季と雨季の間、即ち4月～5月と10月～11月は変遷期である。雨季には強風が強く、西及び北西風となる。一方、乾季はオーストラリア大陸から吹く東風となり、やはり強風となることが多い。付図2-2-1、2-2-2にデンパサールで測得した降水量、風向風速頻度を示す。

2-3 海 象

(1) 潮 汐

北部海岸の実測潮位差は南部海岸よりも小さい。ヌサドゥア・ビーチ近傍のベノア地点での潮差は2.0mである(表2-3-1)。

(2) 海 流

乾季の海流は東のオーストラリア方面から西側へ流れ、風向と一致する。雨季になるとカリマンタン海峡を通る流れは、西から東へと逆転する。一般に、バリ島沖合の海流は乾季(0.8ノット)より雨季(0.7ノット)のほうが流速の小さくなる傾向が認められる(図2-3-1)。

(3) 沖 波

バリ島の南方沖合のインド洋上地点で米軍によりまとめられた海洋気象台帳に波高、周期および波向の統計データが記載されている(図2-3-2)。当データは、バリ島調査域に対する沖波波浪特性を示しており、バリ島南岸域への卓越波向は南東から南西方向の範囲であることが理解できる。

(4) 現地観測

クタ、サヌールおよびヌサドゥアの各地点において、波浪、沿岸流および漂砂に関する現地観測が実施された(図2-3-3~5,図2-3-8~10)。

1) 波 浪

海岸に入射してくる波は沿岸域の漂砂を引き起こす主要因である。図2-3-6~7はクタ、ヌサドゥア・ビーチの沖合とリーフ内と各々における有義波高および有義周期の分布である。バリ海岸においては、リーフは天然の防波堤機能を果し、リーフ内波高は沖合のその1/2~1/3に減少する。

2) 沿 岸 流

流速計をクタ、ヌサドゥアおよびサヌールの3海岸各々の1~2箇所を設置し、侵食域に発生している典型的な流れの測定を試みた(図2-3-3~5)。

クタ・ビーチでの侵食域はブルタミナコテージの北側海浜であり、当地点のリーフ幅は空港の滑走路近傍で1kmと広いが、侵食域前面ではその幅が急激に狭くなっている。流速計はこの狭いリーフ地点に設置された。観測結果によると、当地点の流速は大きく、リーフの沖合へ流出する状況も認められた。また、流向はほぼNNEである。

ヌサドゥア・ビーチでは、海谷(リーフ切れ目の深み)をはさんでその両側に流速計が設置された。測定結果によると、リーフ内の両側から海谷へ向かう流れが観測された。

サヌール・ビーチの侵食対象域にも海谷が存在する。ここでも、その南北の両側に流速計を配置した。両者の流向は異なり、南側地点が北側より大きな流速値を示した。

3) 螢 光 砂

螢光砂の広がりから底質は海岸線に沿って沿岸方向へ移動することが明らかとなった。また、その拡散の卓越方向はその地点の流向とほぼ一致することが認められる。ヌサドゥア・ビーチの螢光砂調査結果によると、底質は北側からの移動量が大きいものの、リーフ内南北両側から海谷へ落ち込んでいることが認められた(図2-3-9)。

表 2-3-1 潮 位 表

(In Meters)

Place	S. Lat.	E. Long	MHWS	MHWN	MLWN	MLWS	ML
Buleleng	8.06	115.05	+1.0	+0.6	+0.4	0	0.5
Teluk Padang	8.32	115.03	+1.2	+0.7	+0.5	0	0.6
Benoa	8.45	115.13	+2.0	+1.4	+0.6	0	1.0

MHWS : Mean High Water Springs

MHWN : Mean High Water Neaps

MLWN : Mean Low Water Neaps

ML : Mean Sea-levels

Source: Admiralty Tide Tables, Volume 3, 1988.

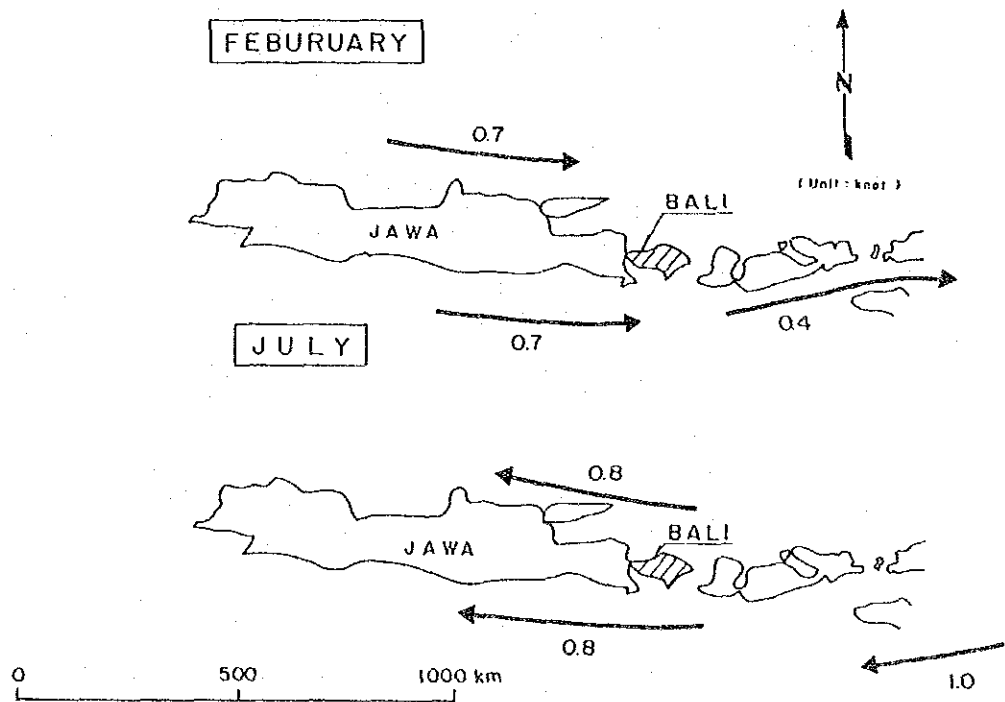


图 2-3-1 潮 流

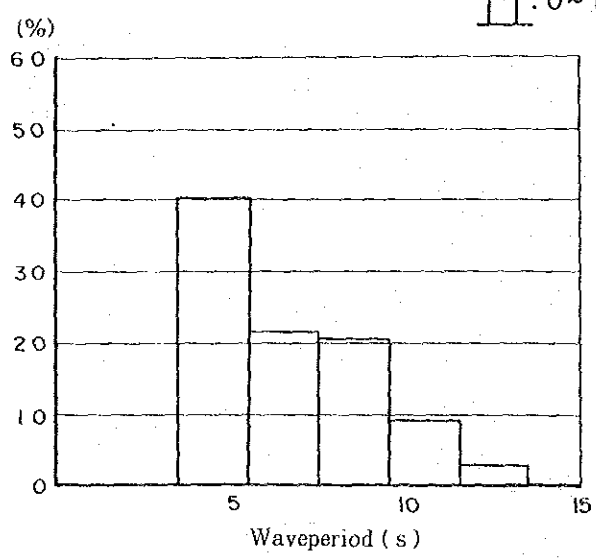
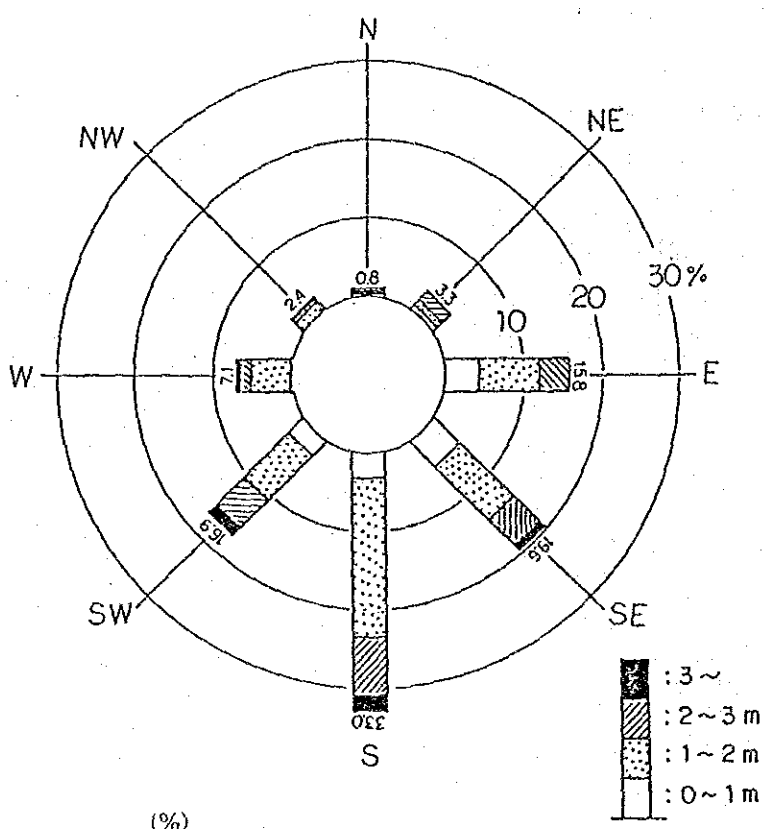
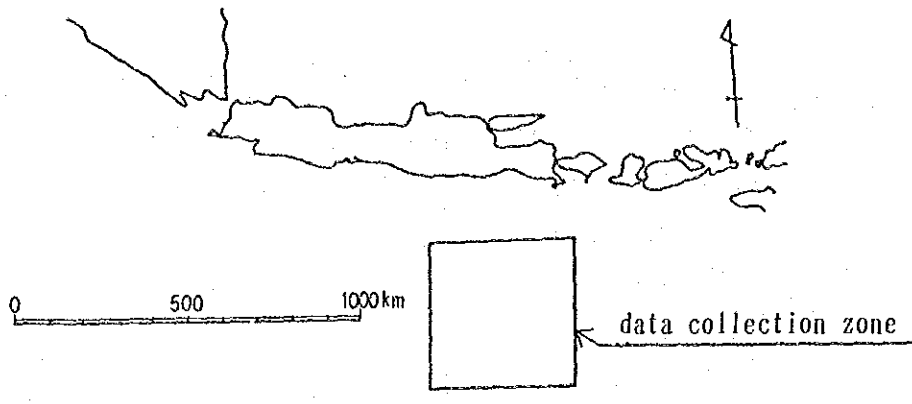


图 2-3-2 深 海 波

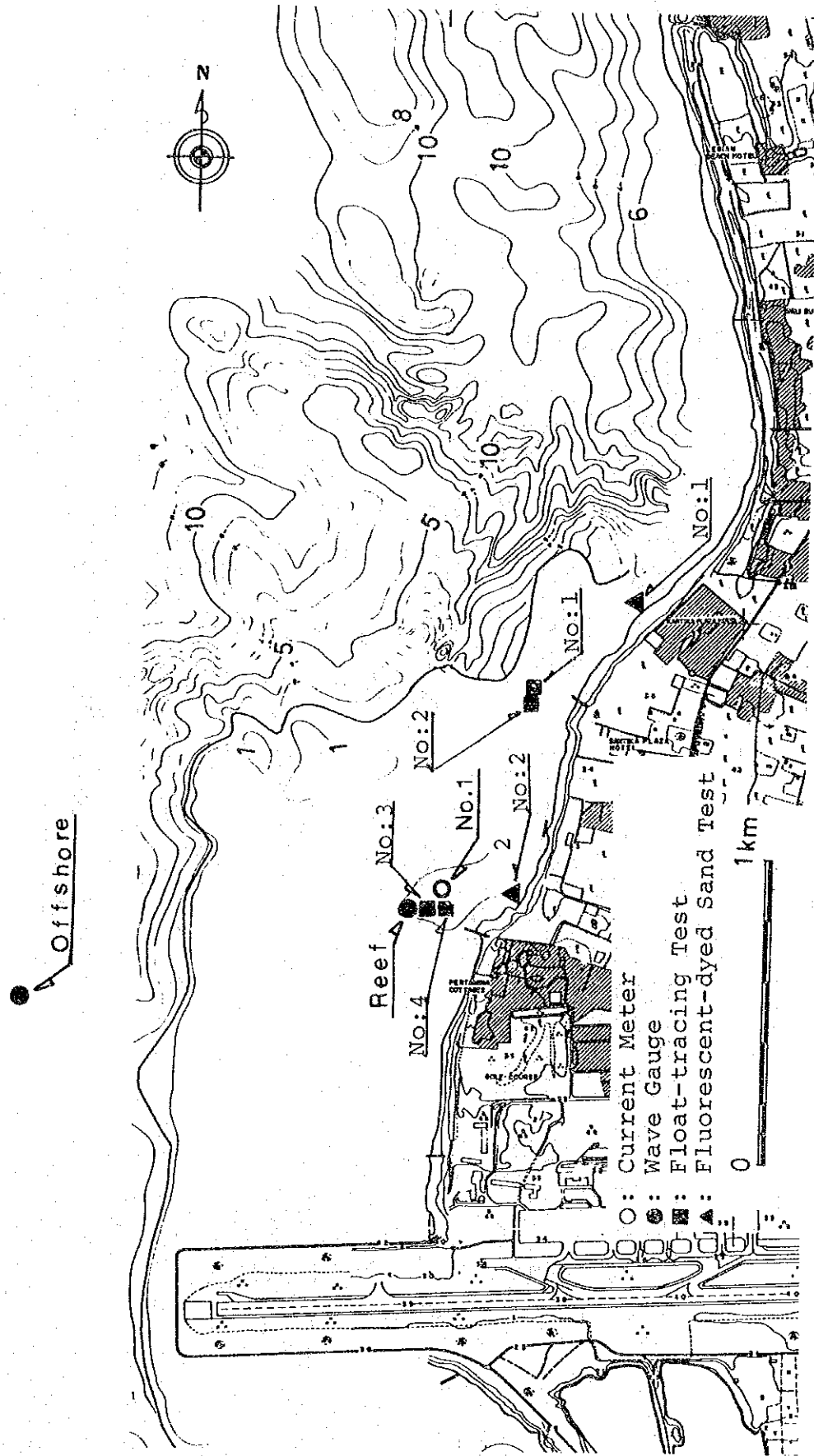


図 2-3-3 海象観測位置図 (クタ)

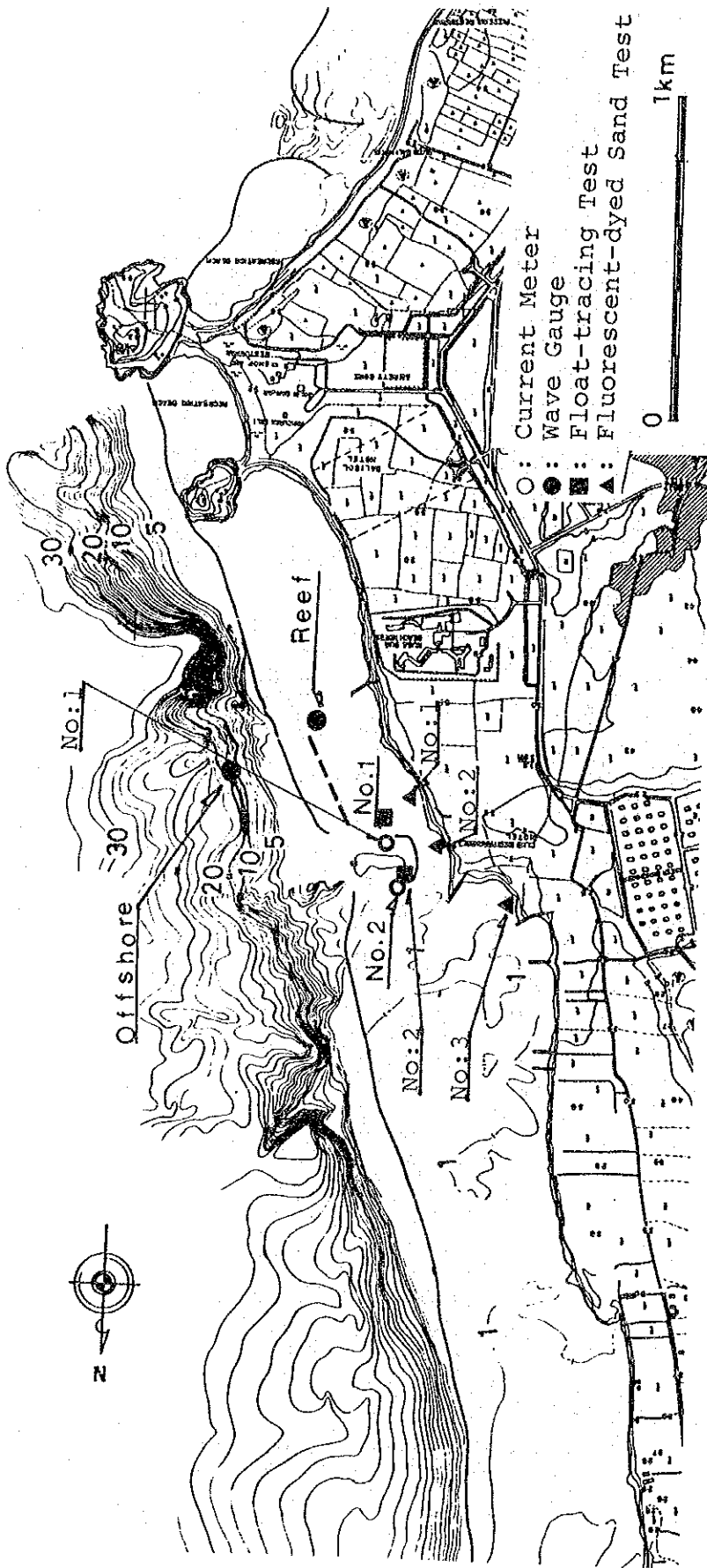


图 2-3-4 海象観測位置図 (ヌサドゥア)

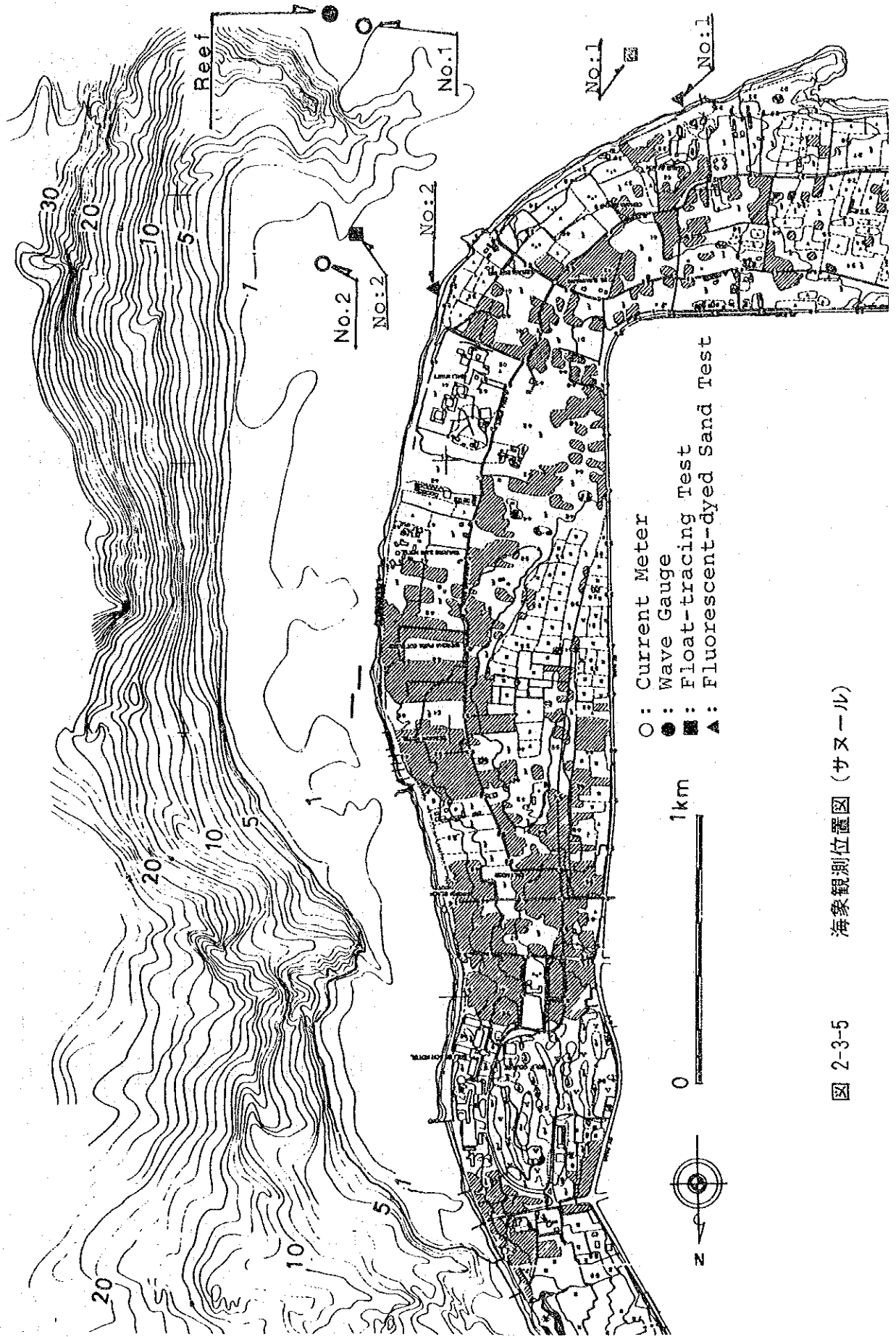


図 2-3-5 海象観測位置図 (サヌール)

KUTA (MAY-JUNE:1988)

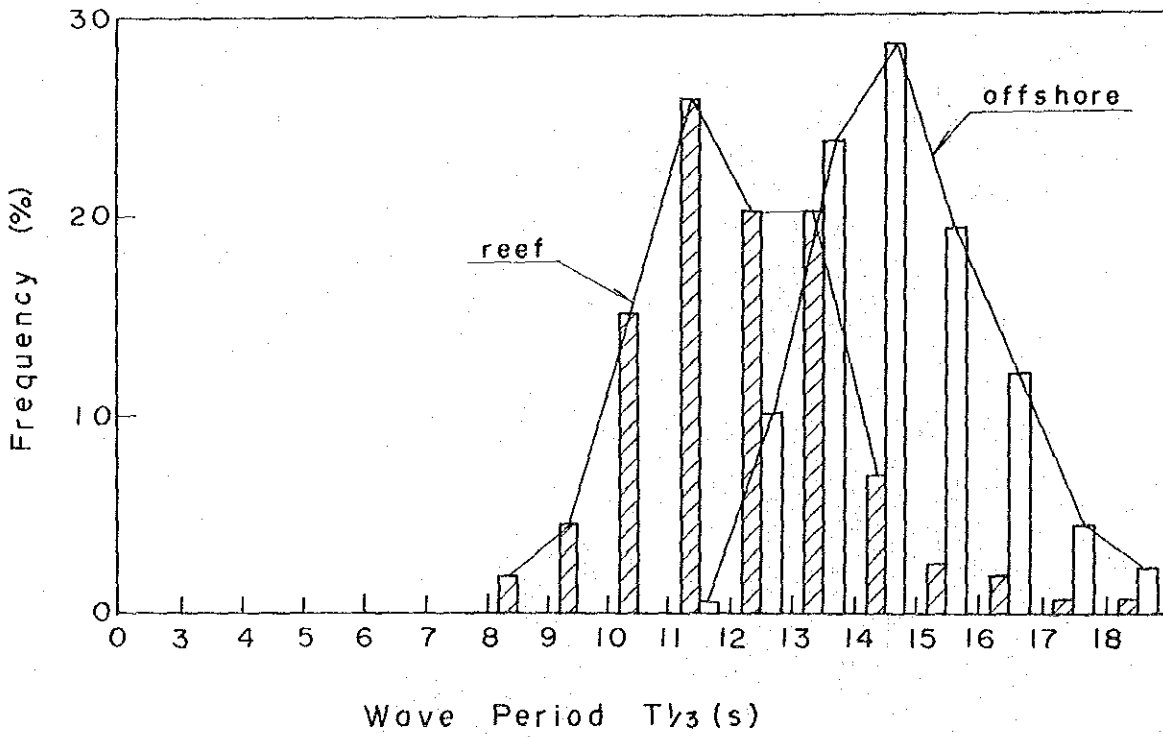
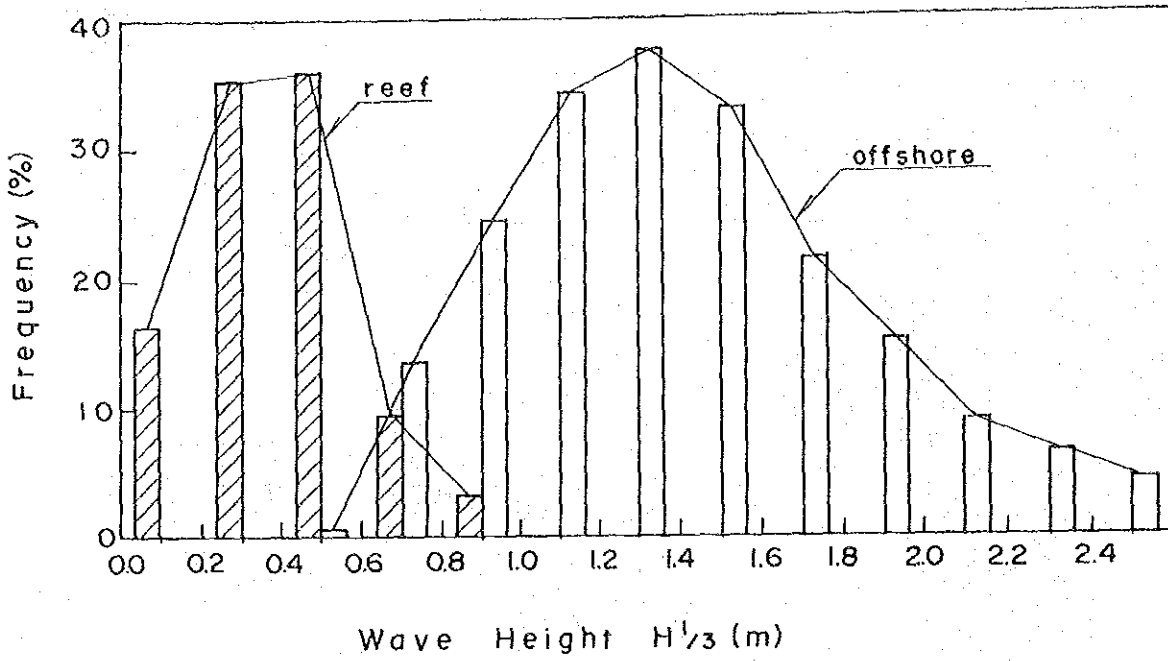


図 2-3-6(1) 波高、周期分布 (クタ)

KUTA (Reef : 1988)

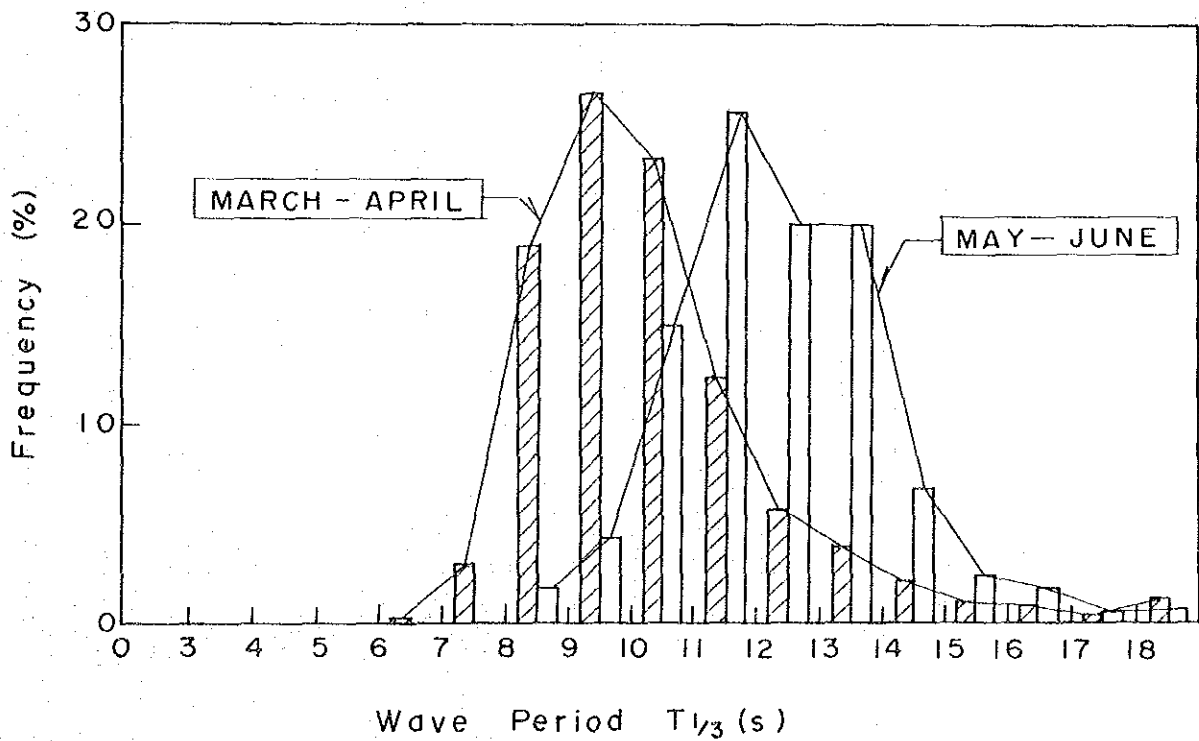
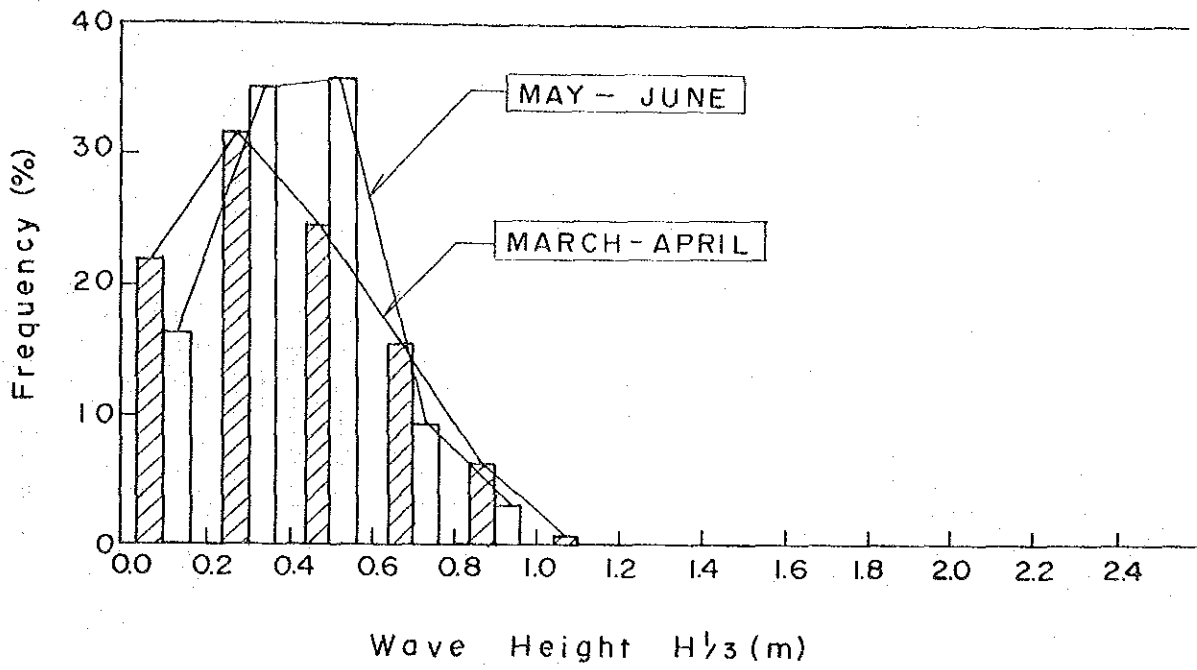


図 2-3-6(2) 波高、周期分布 (クタ)

NUSA DUA (MAY-JUNE: 1988)

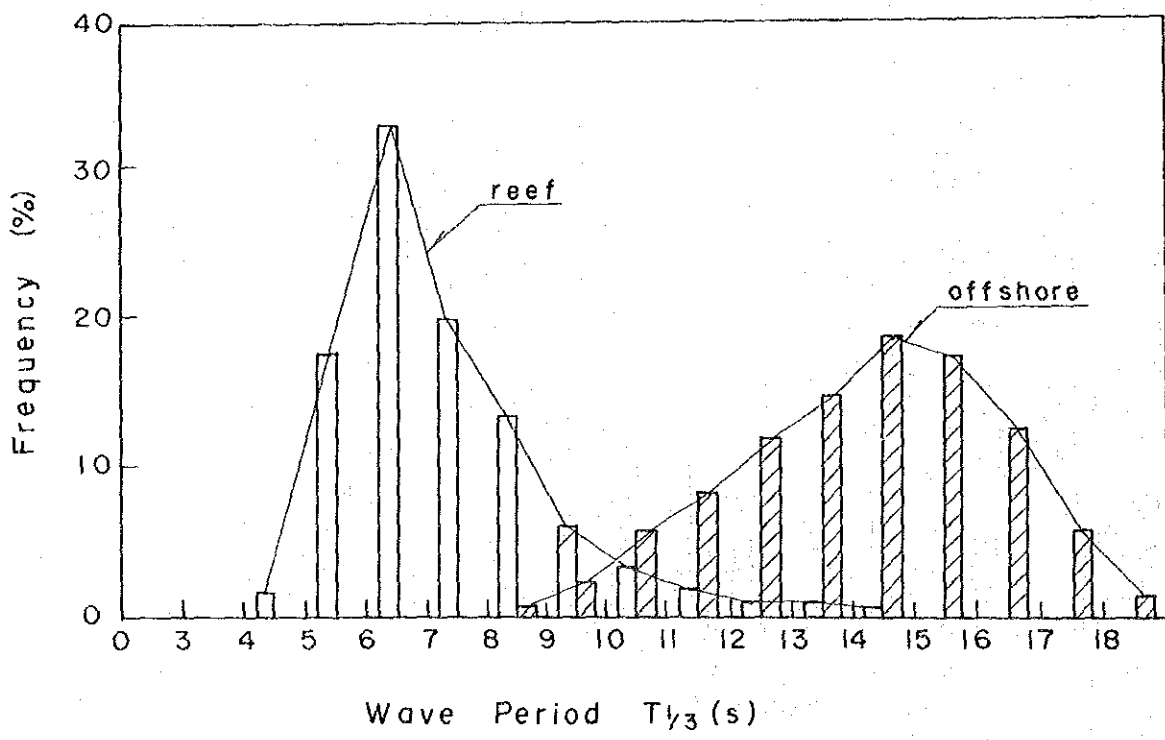
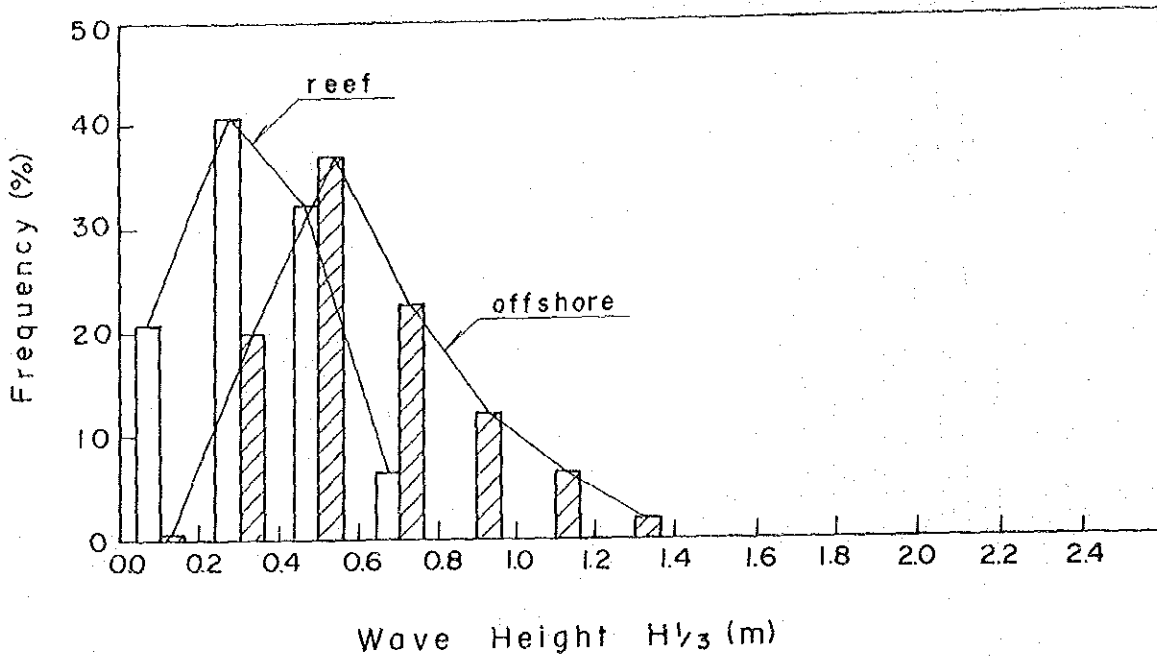


図 2-3-7(1) 波高、周期分布 (ヌサドゥア)

NUSA DUA (OFFSHORE: 1988)

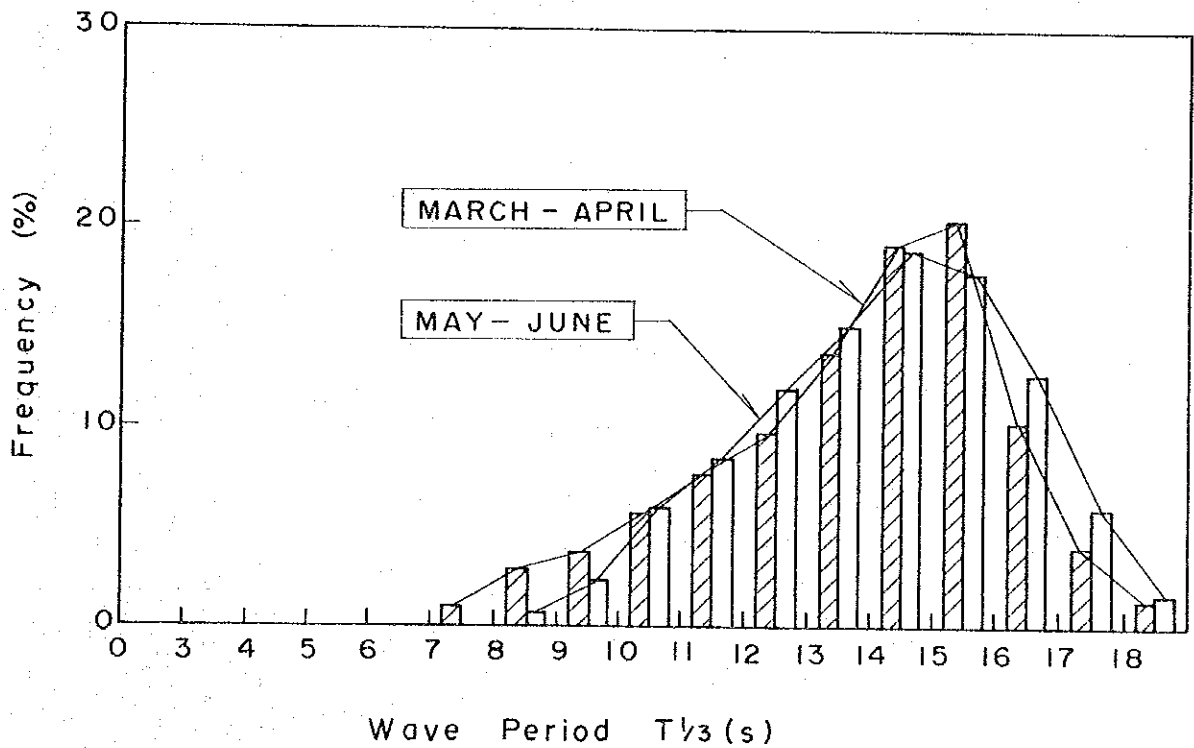
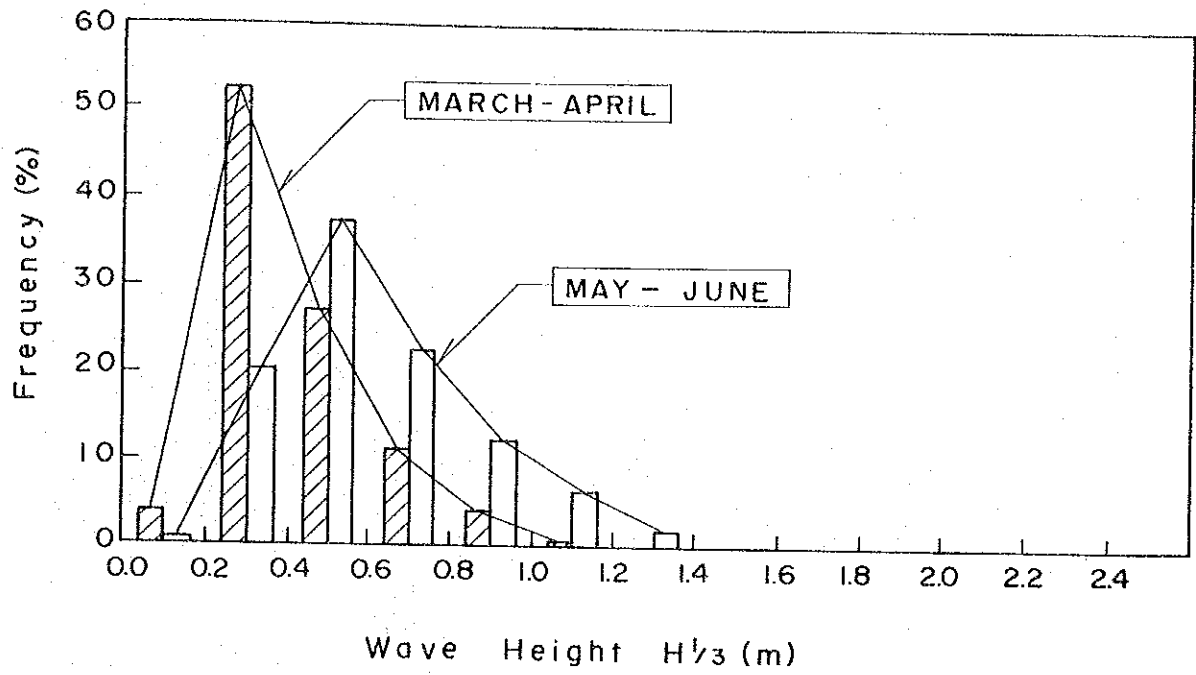


図 2-3-7(2) 波高、周期分布 (ヌサドゥア)

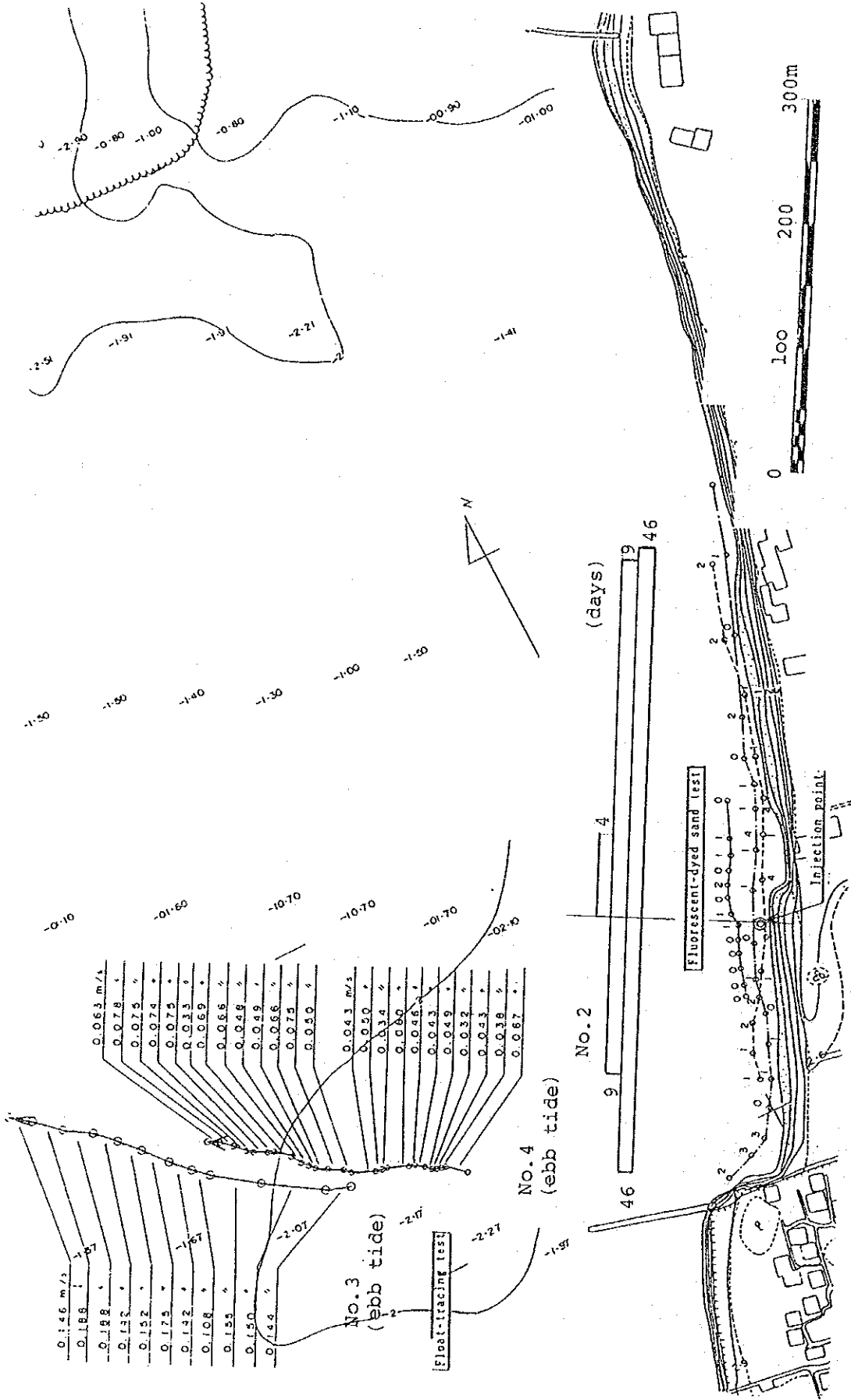


図 2-3-8(1) 海象観測結果 (クタ)

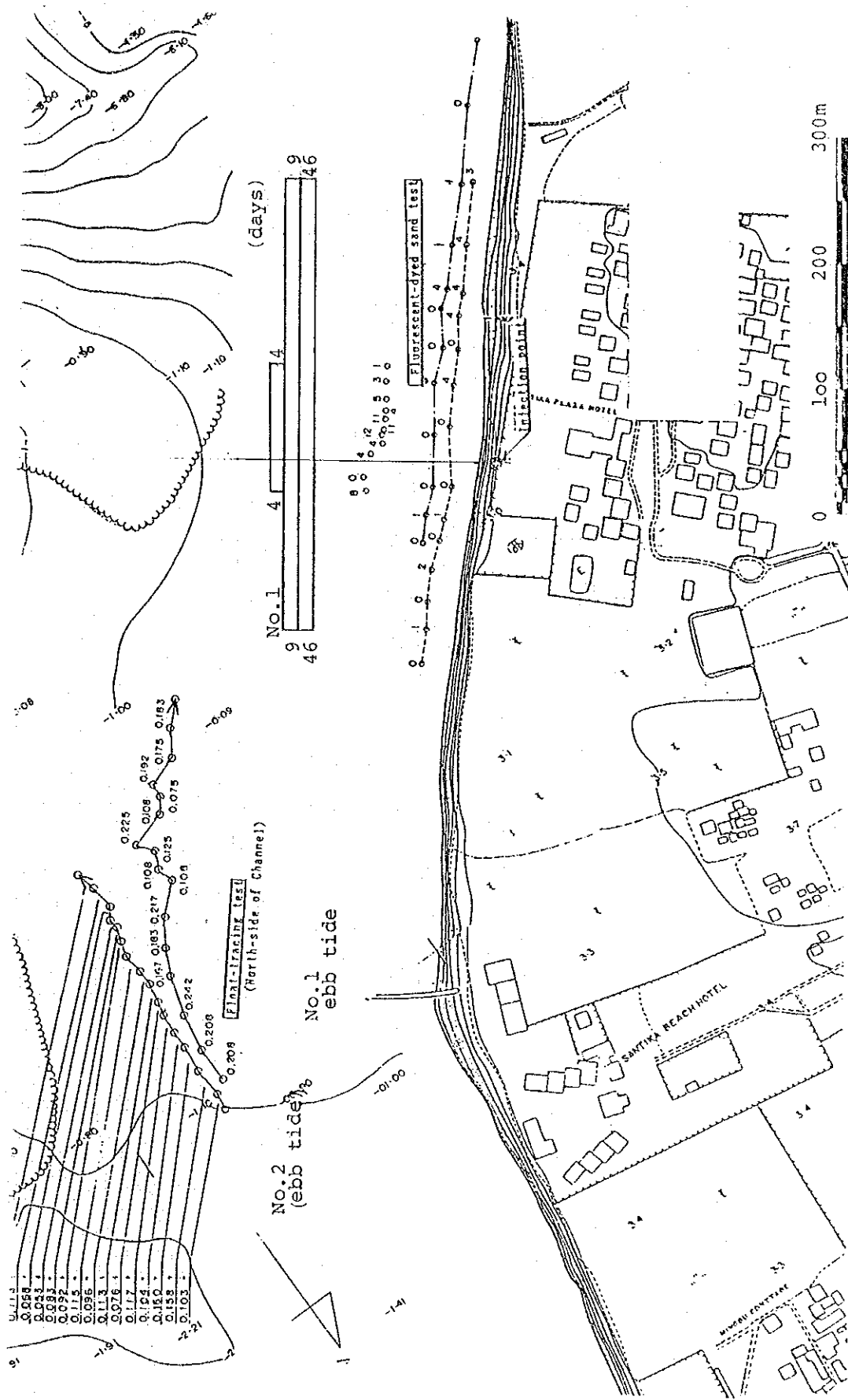


図 2-3-8(2) 海象観測結果 (クタ)

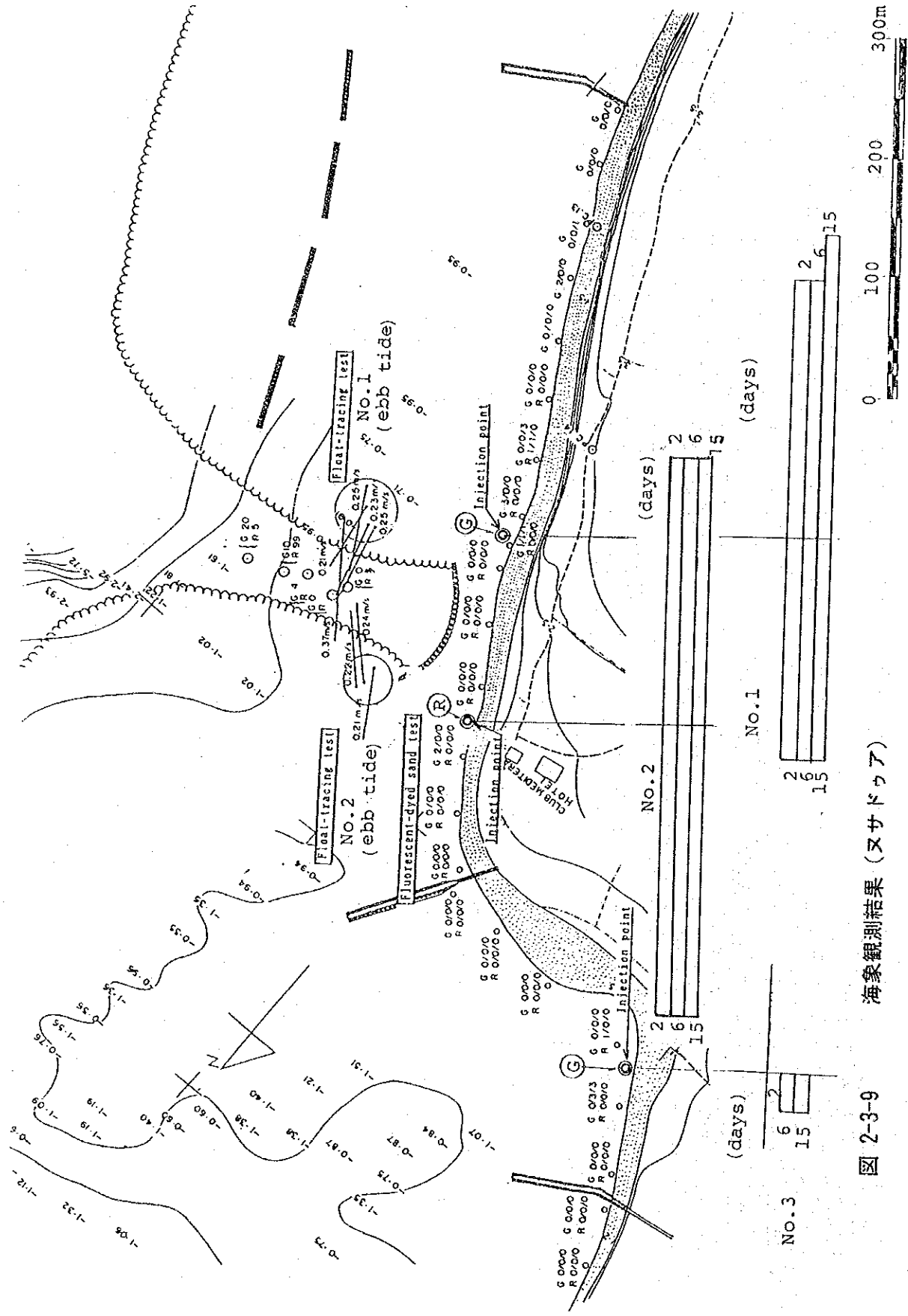


図 2-3-9 海象観測結果 (又サドゥア)

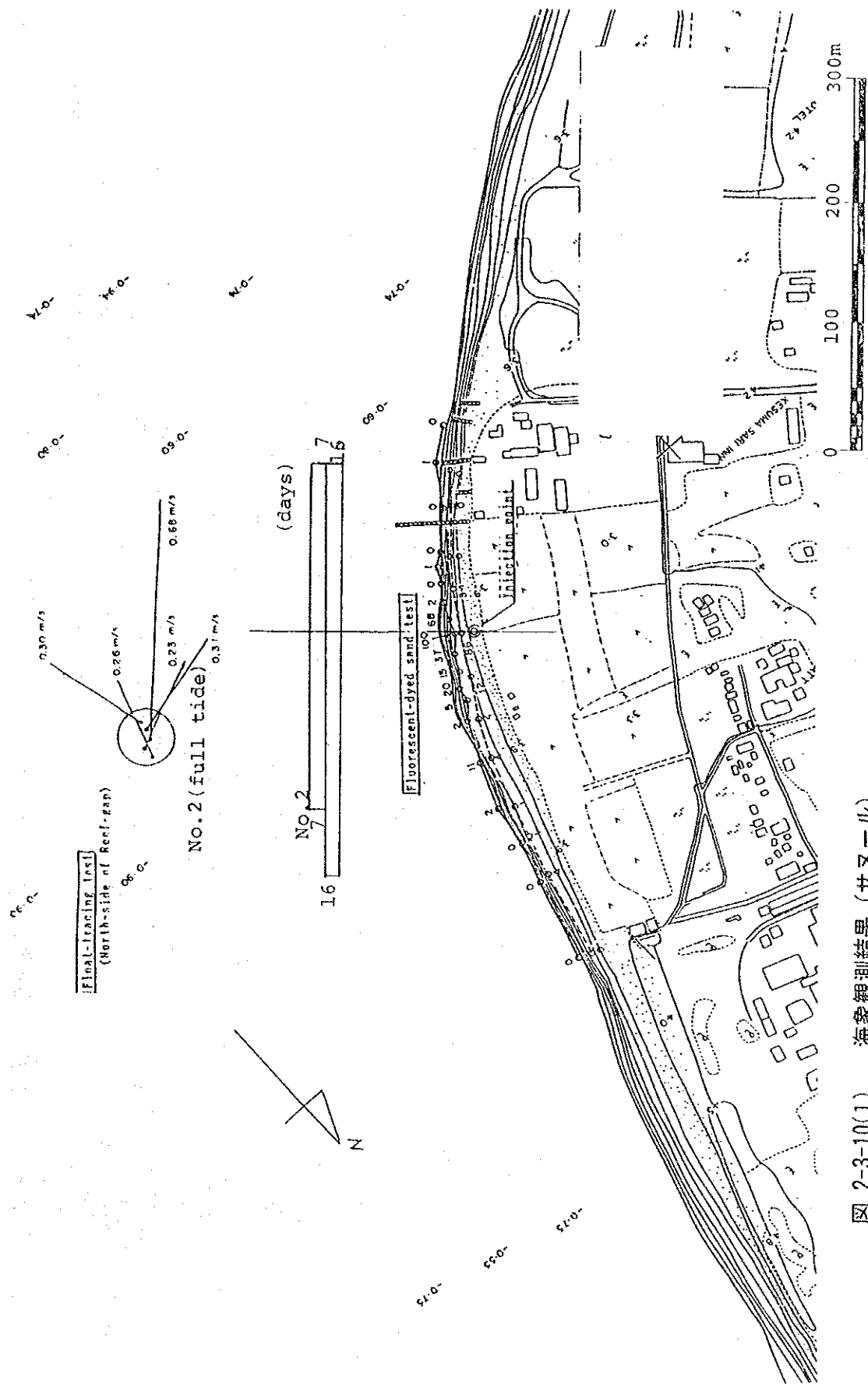


図 2-3-10(1) 海象観測結果 (サヌール)

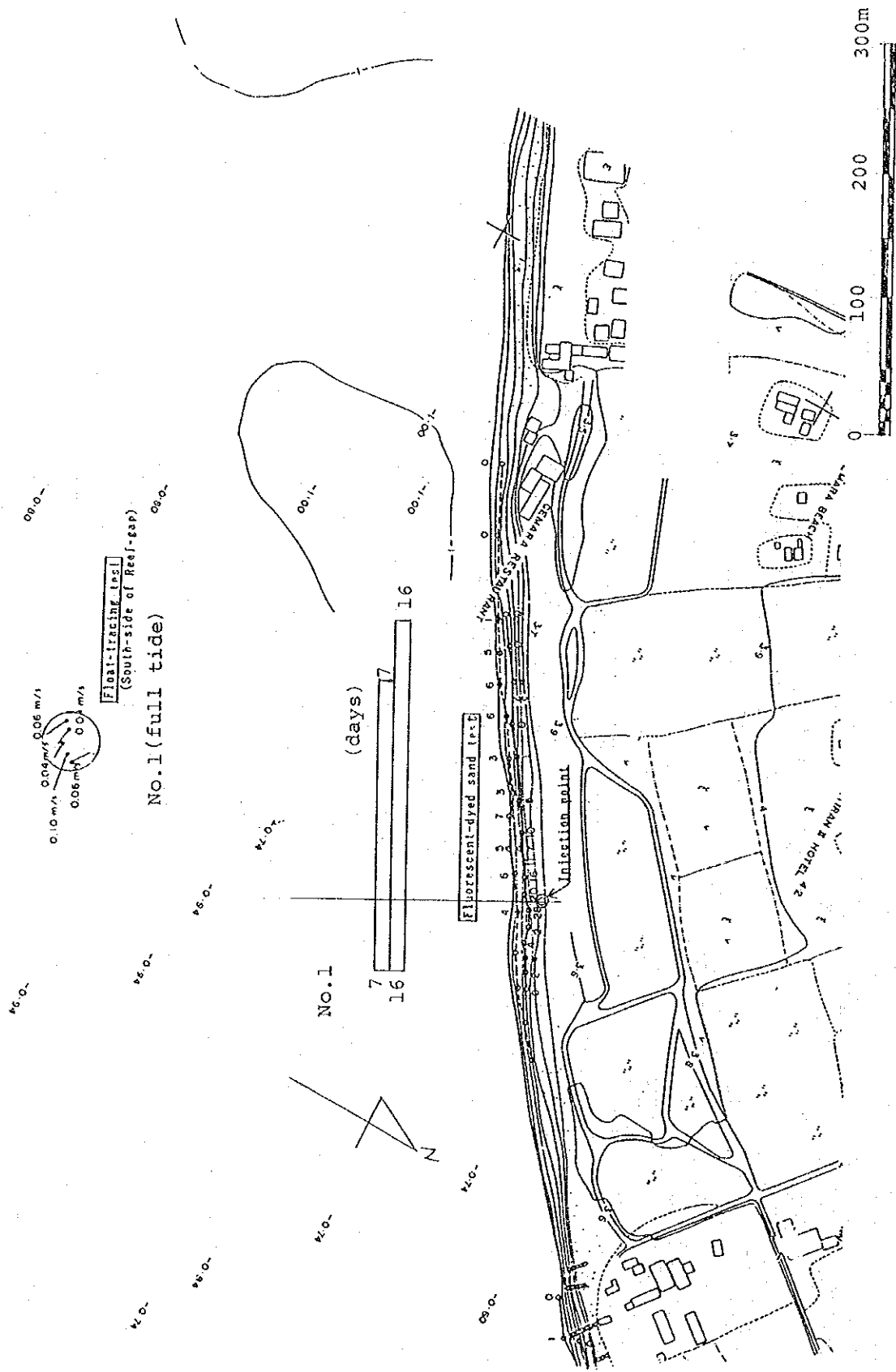


図 2-3-10(2) 海象観測結果 (サヌール)

2-4 地形及び地質

2-4-1 地 形

バリ島は次の4つの地形区分に分けられる。(図 2-4-3-1参照)

- ① バリ島の北部を東西に走る火山山岳地区
- ② その火山山岳地区の南斜面を形成する南部山麓地区
- ③ 南部山麓地区と南部半島 Bukit Badung 地区との間に位置する低地地区
- ④ 南部半島を東西に走り、海拔 100~200mの平坦な丘陵を形成するBukit Badung 地区

(1) 火山山岳地区

火山山岳地区は、バリ島西部の比較的古い火山群と東部の新しい火山群から成る。

古い火山群は侵食によって開析され、原火山地形を失っている。Kelatakan 山(海拔 698m)、Merbuk 山(海拔 1,388m)及び Patas 山(海拔 1,412m)がこの古い火山群に属する。新しい火山群はまだ原火山地形を残している。

Batukau 山(海拔 2,276m)、Buyan-Bratan 火山(Pohen 山 Lesong 山及び Catur 山から成る)、Batur 山(海拔 1,717m)及び Agung 山(海拔 3,142m)がこの新しい火山群に属する。

Buyan-Bratan 火山及びBatur 火山は、二重式火山であり、Tamblingan、Buyan、Bratanの各カルデラ湖とBatur カルデラ湖をそれぞれ有している。Agung 火山は単一の成層火山で、美しい円錐形を示し、頂上に河口を有している。

(2) 南部山麓地区

南部山麓地区は河川によって肥沃な水田地帯となり扇状に広がっている。主な河川は He、Empass、Penet、Ayung、Wos、Petamu、Sangsang 及び Unda である。これらの河川は、互に平行して流れ、火山山麓において沖積扇状地を形成している。南部山麓地区の南西海岸には、タナロット海岸のような海食崖がみられるが、同地区の南東海岸にはみられない。

(3) 低地地区

低地地区は沖積平野、砂浜、砂丘、陸繋砂州、海跡湖及び砂嘴から成っている。この低地地区の地形は海岸侵食及び堆積によって絶えず変化しており、サヌール・ビーチ、ヌサドゥア・ビーチ、及びクタ・ビーチの主要な調査地域を含んでいる。

(4) Bukit Badung 地区

南部半島の Bukit Badung 地区は陸繋島であり、サンゴ石灰岩の平坦な丘陵から成っている。サンゴ石灰岩はドリーネや鍾乳洞がみられるカルスト地形を示している。美しい急崖をなす海食崖が Bukit Badung 地区の南西海岸にみられる。しかし、Bukit Badung 地区の北東側では、緩やかな斜面となっている。

2-4-2 地質層序

バリ島の地質層序は表 2-4-2-1 に要約され、その地質分布は図 2-4-2-1 (バリ島地質図、インドネシア地質調査所発行) に示される。

この地域における最も古い地層は、Ulakan 層であり、火山角礫岩、熔岩及び凝灰岩から成る。この地層はバリ島東部に分布し、恐らく下部～上部中新世であろう。凝灰岩、泥灰岩及び砂岩から成る Sorga 層は、バリ島の西部に局部的に露出している。この地層は恐らく、中部～上部中新世と推定される。

上述の2地層より若い Selatan 層は、中新世～鮮新世であり、主としてサンゴ石灰岩から成り、南部半島と Penida 島に分布している。この地層の年代はサンゴ石灰岩中に含まれる化石によって同定されている。上述のUlakan、Sorga 及び Selatan の各層は、比較的古く、バリ島の基盤岩を形成している。

恐らく、鮮新世と考えられる火山岩及び堆積岩であるPulaki火山岩類、Prapatagun 層及びAsah 層は、バリ島の北部海岸に沿って分布している。

第四紀下部(更新世)に属する Djembrana 火山岩類及び Palasari 層は、バリ島の西部に広範囲に分布している。Kelatakan 山、Merbuk 山及び Patas 山等の古い火山群を構成する Djembrana 火山岩類は、熔岩、角礫岩及び凝灰岩から成り、海成堆積物であるPalasari層は、礫岩、砂岩及びサンゴ石灰岩から構成される。

第四紀(更新世～完新世)に属する Batukau 山、Buyan-Bratan 火山、Batur 山、Agung 山及び Seraja 山の新しい火山群は、バリ島中部及び東部において、個々に独立してみられる。Buyan-Bratan 及び Batur の凝灰岩・ラハールは第四紀(更新世～完新世)に属し、バリ島中部において広範囲に分布している。

沖積層は河川・海岸に沿い、あるいはカルデラ湖において、河川堆積物、湖沼堆積物、砂浜、砂丘、陸繋砂州、及び砂嘴としてみられる。沖積層は、3種類の碎屑物、すなわち火山岩起源、碎屑岩起源及びサンゴもしくはサンゴ石灰岩起源から構成される。

バリ島のほぼ全域にわたって、バリ島の活火山からもたらされた火山灰が広く覆っている。

表 2-4-2-1 バリ島地質層序

Age	Formation	Lithology
Quaternary (Pleistocene ~ Holocene)	Alluvial Deposit Volcanic Products of Subrecent	Gravel, sand, clay Volcanic products of present Buyan- Bratan Volcano
	Lava of G. Pawon Volcanic Products of G. Batukau Volcanic Products of G. Agung Volcanics of present G. Batur Buyan-Bratan and Batur Tuff and Lahar Deposits	Parasitic cone of G. Agung Volcanic products Volcanic products Volcanic products Tuff, lahar
Lower Quaternary (Pleistocene)	Palasari Formation	Conglomerate, sandstone, coral lime- stone
	Seraja Volcanics Volcanics of Old Buyan-Bratan Volcano and Old Batur Volcano Djembrana Volcanics	Volcanic products Volcanic products
Pliocene (?)	Asah Formation	Lava, breccia, pumiceous tuff with calcareous crack fillings
	Prapatagung Formation Pulaki Volcanics	Limestone, calcareous sandstone, marls Lava, breccia
	Selatan Formation	Predominantly coral limestone
Middle (?) to Upper Miocene	Sorga Formation	Tuff, marl, sandstone
Lower (?) to Upper Miocene	Ulakan Formation	Volcanic breccia, lava, tuff with intercalations of calcareous material

Note: Quote from "Geological Map, Bali, 1971 (1 : 250,000)" published by the Geological Survey of Indonesia.

PETA GEOLOGI GEOLOGICAL MAP BALI

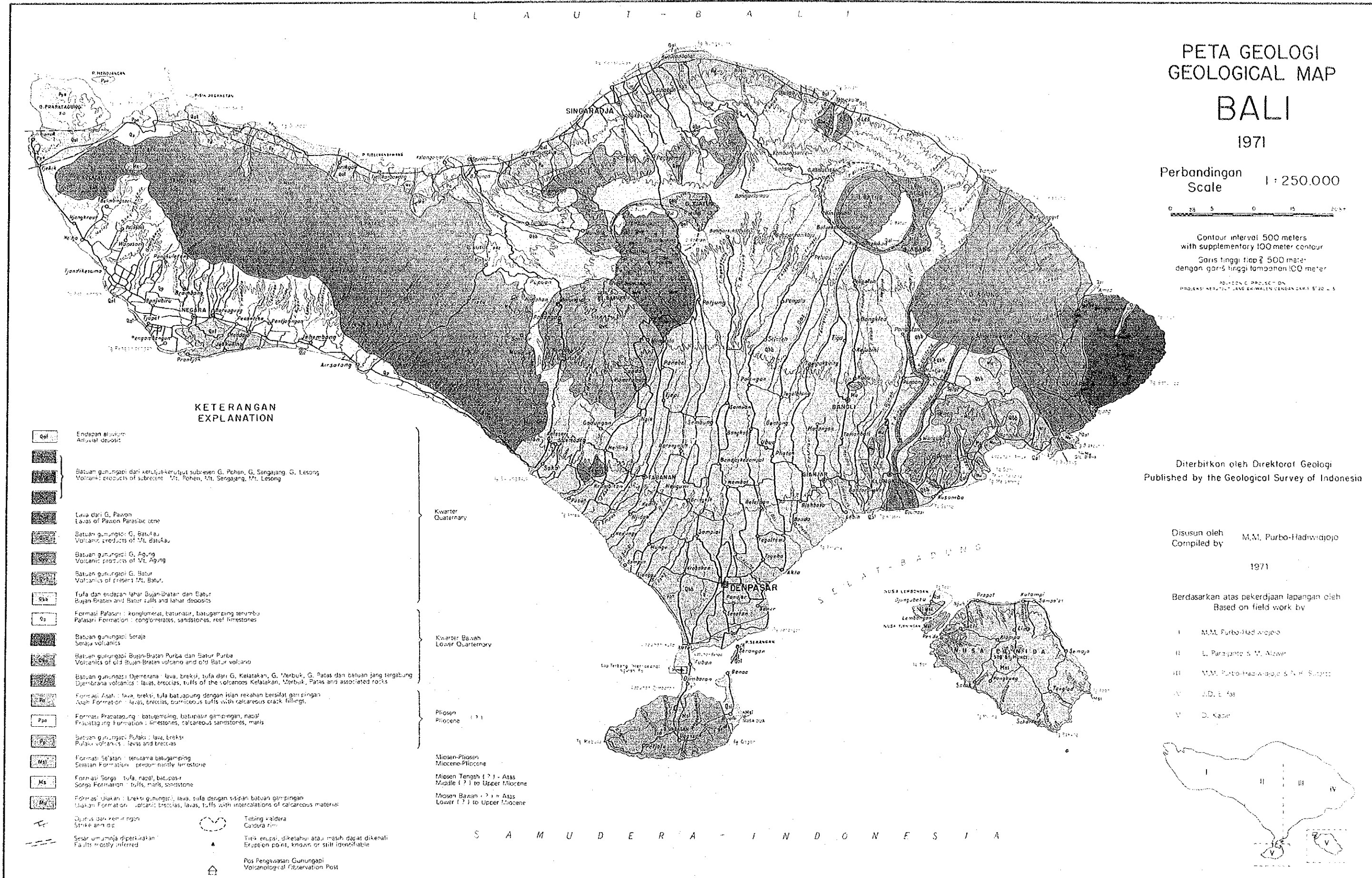
1971

Perbandingan
Scale 1 : 250.000



Contour interval 500 meters
with supplementary 100 meter contour
Garis tinggi tiap 500 meter
dengan garis tinggi tambahan 100 meter

PROJEKSI: UTM, ZONE 49S
PROJEKSI: UTM, ZONE 49S DENGAN GARIS 6° 20' L.S.



KETERANGAN EXPLANATION

- Qd** Endapan Alluvium
Alluvial deposits
- Qv** Batuan gunungapi dari kerucut-kerucut subresen G. Pohan, G. Sanggajung, G. Lesong
Volcanic products of subresen Mt. Pohan, Mt. Sanggajung, Mt. Lesong
- Qp** Lava dari G. Paxon
Lavas of Paxon Paratitic cone
- Qm** Batuan gunungapi G. Batatau
Volcanic products of Mt. Batatau
- Qa** Batuan gunungapi G. Agung
Volcanic products of Mt. Agung
- Qb** Batuan gunungapi G. Batur
Volcanic products of present Mt. Batur
- Qts** Tufa dan endapan lahar Bujan-Bratan dan Batur
Tuffs and lahar deposits of Bujan-Bratan and Batur
- Qs** Formasi Palasari : konglomerat, batuanir, batugamping terumbu
Palasari Formation : conglomerates, sandstones, reef limestones
- Ql** Batuan gunungapi Seraja
Seraja volcanics
- Qol** Batuan gunungapi Bujan-Bratan Purba dan Batur Purba
Volcanics of old Bujan-Bratan volcano and old Batur volcano
- Qd** Batuan gunungapi Djembrana : lava, breksi, tufa dari G. Kelatakan, G. Merbuk, G. Patas dan batuan jang teragabung
Djembrana volcanics : lavas, breccias, tuffs of the volcanoes Kelatakan, Merbuk, Patas and associated rocks
- Qa** Formasi Asah : lava, breksi, tufa batujung dengan isian rekahan bersifat gampingan
Asah Formation : lavas, breccias, tuffaceous tuffs with calcareous crack fillings
- Pp** Formasi Prapatung : batugamping, batupasir gampingan, maral
Prapatung Formation : limestones, calcareous sandstones, marls
- Pv** Batuan gunungapi Pulaki : lava, breksi
Pulaki volcanics : lavas and breccias
- Mt** Formasi Setan : terutama batugamping
Setan Formation : predominantly limestone
- Ms** Formasi Sorga : tufa, maral, batupasir
Sorga Formation : tuffs, marls, sandstone
- Mb** Formasi Uluakan : breksi gunungapi, lava, tufa dengan sisipan batuan gampingan
Uluakan Formation : volcanic breccias, lavas, tuffs with intercalations of calcareous material
- T** Garis dan kerincingan
Strike and dip
- S** Sesar umumnya diperkirakan
Faults mostly inferred
- C** Teting Caldera
Caldera rim
- E** Titik erupsi, diketahui atau masih dapat dikenali
Eruption point, known or still identifiable
- P** Pos Pengawasan Gunungapi
Volcanological Observation Post

Diterbitkan oleh Direktorat Geologi
Published by the Geological Survey of Indonesia

Disusun oleh M.M. Furbo-Hadiwidjaja
Compiled by 1971

Berdasarkan atas pekerjaan lapangan oleh
Based on field work by

- I M.M. Furbo-Hadiwidjaja
- II L. Parjanto S.M. Alizer
- III M.M. Furbo-Hadiwidjaja & N.H. Sutanto
- IV J.D. E. Far
- V D. Kasir

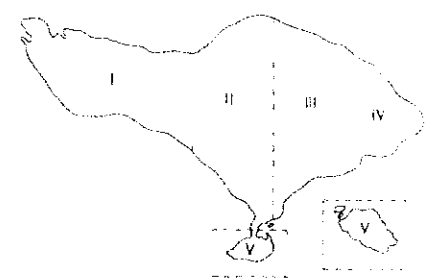


图 2-4-2-1 バリ地質図

