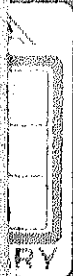


インドネシア共和国  
バリ海岸緊急保全計画調査  
事前調査報告書

昭和62年12月

国際協力事業団



インドネシア共和国  
バリ海岸緊急保全計画調査  
事前調査報告書

JICA LIBRARY



1041449C8J

昭和 62 年 12 月

国際協力事業団

國際協力事業團

|          |           |      |
|----------|-----------|------|
| 受入<br>月日 | '88. 3. 2 | 108  |
| 登録No.    | 17264     | 61.7 |
|          |           | SDS  |

## 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、同国ジャワ島の東に位置するバリ島の南部海岸を対象とした海岸保全対策計画に関するフィージビリティ調査を行うことを決定し、その調査を国際協力事業団が実施することとなった。

国際協力事業団は、昭和62年10月18日より10月30日までの13日間に亘り、建設省土木研究所研究調整官 谷本修志氏を団長とする事前調査団を同国へ派遣した。

同調査団は、現地踏査及び資料収集を行い、併せて本格調査を行う上での日本及びインドネシア両国政府のとりべき措置と本格調査の枠組みを規定した Scope of Work (S/W) についてインドネシア国政府と協議を行った。

本報告書は、その結果を取り纏めたものである。

本報告書が今後の本格調査を立案検討し実施するに際し、参考となることを期待すると共に、今回の調査実施にあたり多大の御協力をいただいたインドネシア共和国政府、在インドネシア日本国大使館並びに関係各位に対し厚く御礼申し上げる次第である。

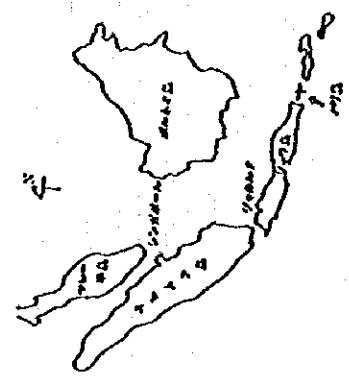
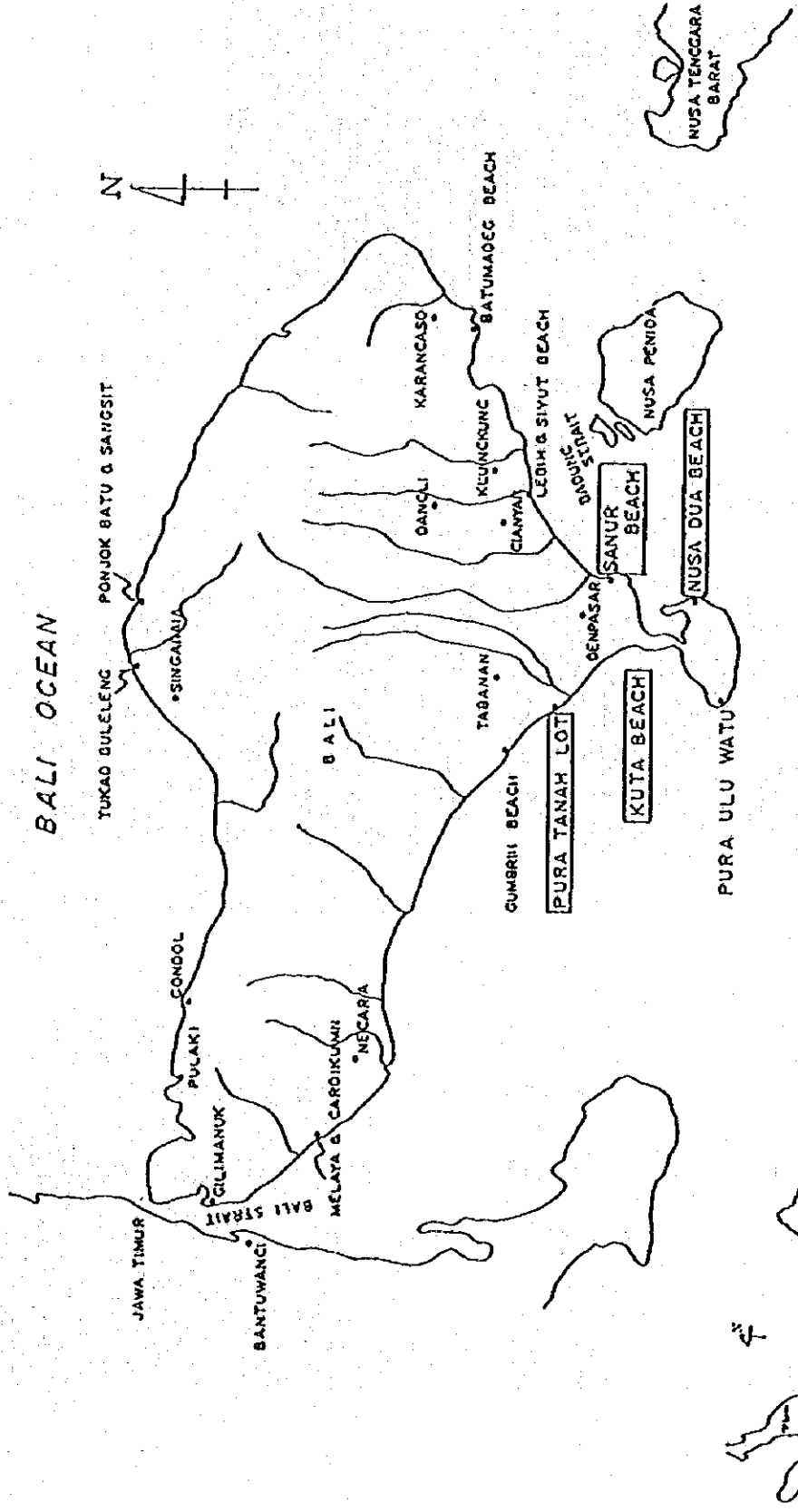
昭和62年12月

国際協力事業団

理事 玉 光 弘 明



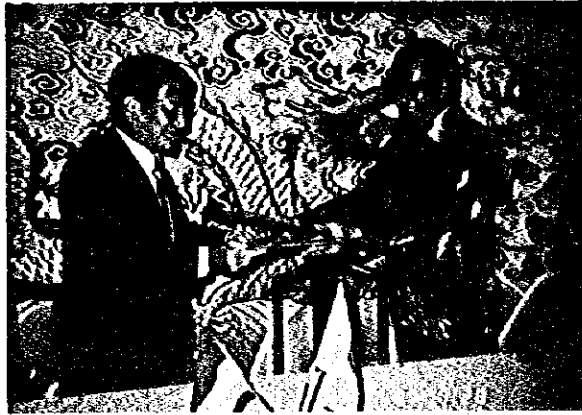
調査対象海岸



バリ海岸緊急保全計画調査  
調査対象地域位置図







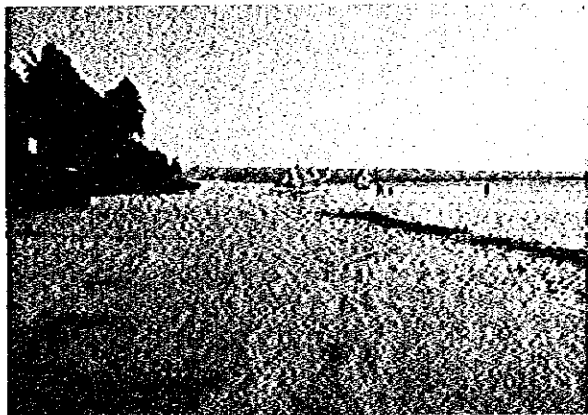
S/W 締結時の署名交換風景  
 日 本 側：谷本修志事前調査団長  
 インドネシア側：Ir Putra Duarsa  
 公共事業省水資源総局河川  
 担当大臣補佐官



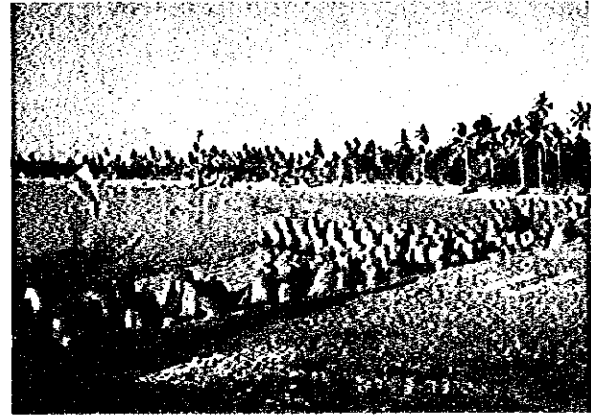
漂砂の流れを断つ滑走路 (アンバサール空港) の建設。  
 上手側では写真のような堆積が、下手側では侵食が起  
 った。(クタ海岸)



いくつかの国際会議の会場にもなったブルタミナ・コ  
 テージの前の護岸。  
 侵食により、護岸の根が洗われ、浜が消え、消波工の  
 ブロックがリゾート地としての景観を悪くしている。  
 (クタ海岸)



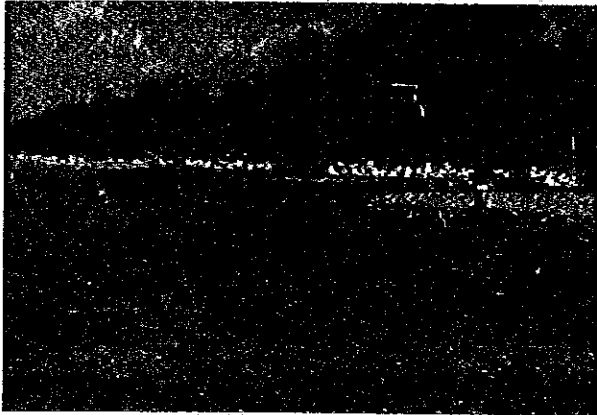
護岸が浮き上がったように見えるが、その分だけ浜退  
 が下っているのである。  
 遠くに見えるのがアンバサール空港の滑走路である。  
 (クタ海岸)



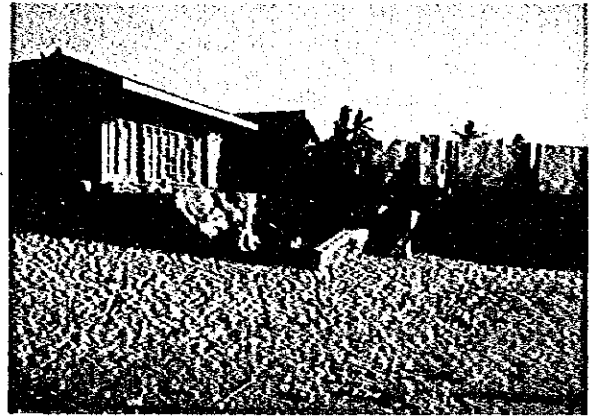
ブルタミナ・コテージの護岸の端である。  
 建設当時と比較すると現在の汀線は100m以上後退  
 している。(クタ海岸)



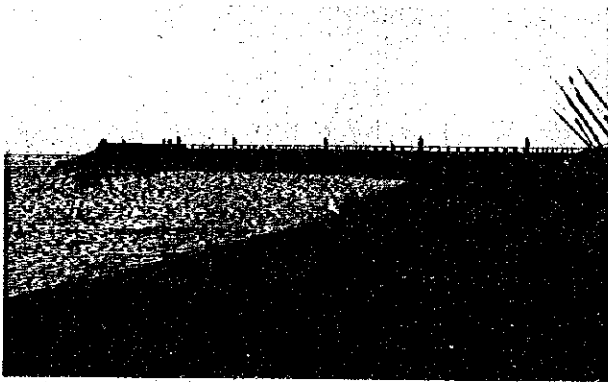




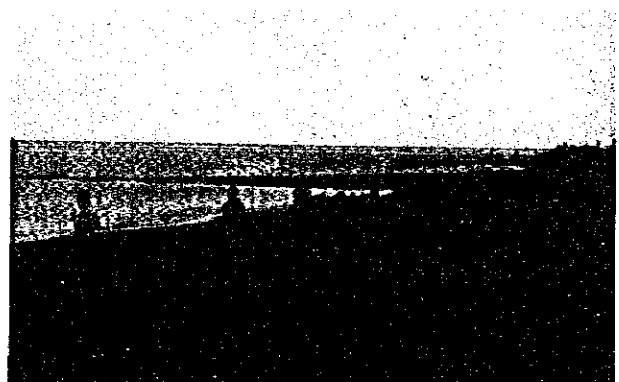
干満差が2 m 程度あるため、干潮時には海岸保全施設は干上がっているが、満潮時には白い石灰石の捨石部分まで波が来て、侵食されるのであろう。突堤が倒壊している。(クタ海岸)



海岸侵食により倒壊したホテル。  
侵食された浜は2 m 程低くなっている。(クタ海岸)



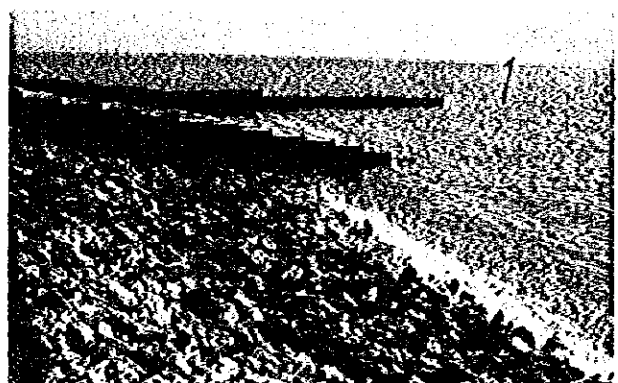
パリビーチホテルの前の巨大な突堤。  
突堤の向う側は漂砂をとらえ、堆積傾向である。  
(サヌール海岸)



筒の歯のように、海岸につき出た突堤群。(サヌール海岸)

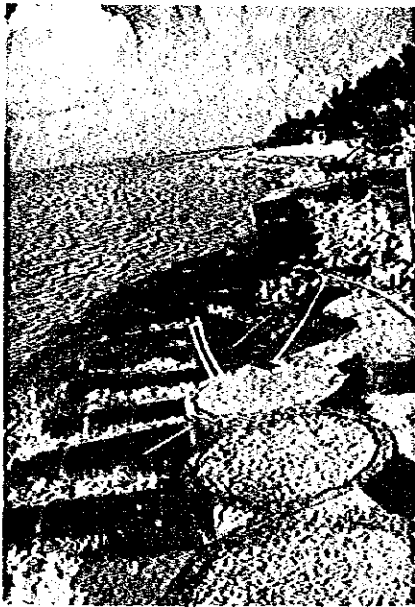


プライベートセクターが作った海岸保全施設。  
保全されている所とそうでない所の汀線の位置に違いが認められる。(サヌール海岸)



パリには珍しく緩傾斜護岸と石灰石の捨石工。  
(サヌール海岸)

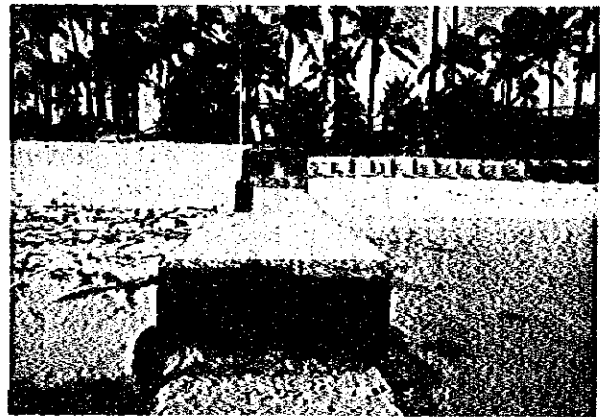




侵食を受け、倒壊した直立護岸。  
向う側に見える汀線は手前の護岸の位  
置より後退している上に、海浜勾配は  
急で侵食性海岸である事を示してい  
る。(サヌール海岸)



護岸の背後まで侵食され、被災した護岸。(サヌール海岸)



突堤の漂砂捕捉効果は大きい  
が、下手側には護岸等の  
侵食対策が必要となる。(ヌサ・ドゥア海岸)

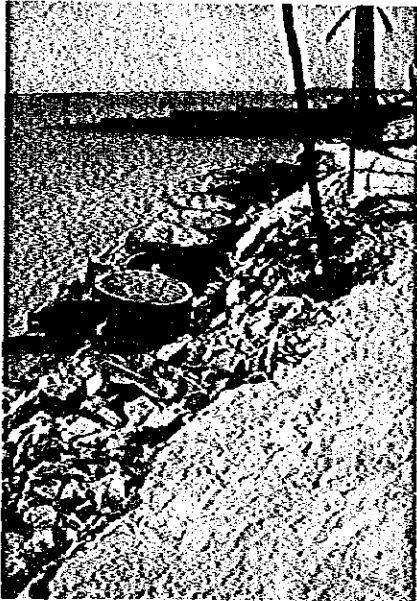


南東のモンスーンによる風浪で、前浜がなくなり、護岸が動いた。(ヌサ・ドゥア海岸)

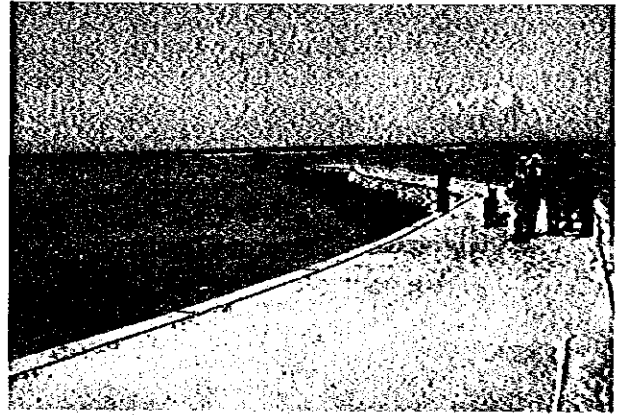


背後は一流のリゾートホテル。景観を重視した海岸  
保全施設が望まれる。(ヌサ・ドゥア海岸)





被災した護岸の応急対策。  
(ヌサ・ドゥア海岸)



石灰石で化粧した大きな突堤と離岸堤。  
(ヌサ・ドゥア海岸)



しかし突堤の先端部は洗堀を受けており、対策として、  
サンドバックで押えてある。(ヌサ・ドゥア海岸)



浜の勾配が急になっており、侵食性の海岸であることを  
示している。(ヌサ・ドゥア海岸)



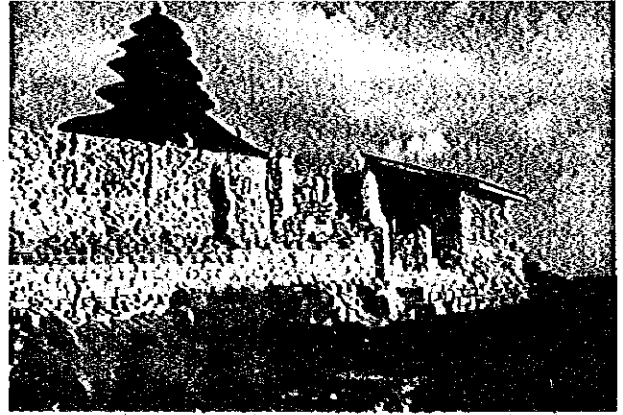
タナ・ロット全景







寺院のある岩は若干堅かったため残ったが、周囲の岩は侵食を受け「鬼の洗濯岩」のようになっている。しかし、残った岩も乾湿を繰り返しているため、風化が進んでいる。(タナ・ロット)



老朽化しているが、年間40万人の信者と観光客を集めるタナ・ロット寺院。(タナ・ロット)



激しい波浪により海岸侵食を受け、断崖絶壁となっている。(ウル・ワトゥ)



断崖絶壁に大きなクラックが入っているのが見える。(ウル・ワトゥ)



ウル・ワトゥ寺院の中 (ウル・ワトゥ)



# 目 次

序文 地図 写真 目次

(総 論)

|                   |   |
|-------------------|---|
| I 事前調査の概要         | 1 |
| 1-1 事前調査の目的       | 1 |
| 1-2 事前調査団の構成      | 1 |
| 1-3 調査行程          | 1 |
| II 事前調査結果の概要      | 3 |
| 2-1 要請の背景         | 3 |
| 2-2 要請の内容         | 3 |
| 2-3 S/W 協議の経緯及び結果 | 3 |

(各 論)

|                         |    |
|-------------------------|----|
| III バリ島の海岸保全計画及び事業実施の実態 | 9  |
| IV 調査対象地域の概要            | 17 |
| 4-1 対象地域の概要             | 17 |
| 4-2 気象・水文・波浪・漂砂・地質の状況   | 23 |
| 4-3 侵食被害の実態と保全対策の状況     | 25 |
| V 本格調査の内容               | 39 |
| 5-1 調査の基本方針             | 39 |
| 5-2 調査範囲                | 39 |
| 5-3 調査項目及び内容            | 44 |
| 5-4 調査工程                | 48 |
| 5-5 報告書                 | 48 |
| 5-6 要員計画                | 49 |
| 5-7 調査実施の為の必要機材         | 49 |

添付資料

|   |    |
|---|----|
| 1. 「イ」国政府要請書                                | 53 |
| 2. S/W                                      | 65 |
| 3. M/M                                      | 75 |
| 4. 基礎資料の賦存状況 (気象・水文, 波・漂砂, 地形・地質, 社会・経済, 他) | 81 |
| 5. 面談者リスト                                   | 85 |
| 6. 「イ」国関係機関組織図                              | 87 |



(總 論)



# I 事前調査の概要

## 1-1 事前調査の目的

インドネシア国政府の要請に基づき、下記事項を目的として事前調査が実施された。

- (1) インドネシア国政府とのS/W(案)の協議及びS/Wの締結
- (2) 関連資料の確認及び収集
- (3) 現地踏査

## 1-2 事前調査団の構成

- |                   |      |                           |
|-------------------|------|---------------------------|
| (1) 団長(総括兼海岸保全計画) | 谷本修志 | 建設省土木研究所研究調整官             |
| (2) 団員(海岸調査)      | 池野秀嗣 | 建設省河川局海岸課課長補佐             |
| (3) 団員(施設計画)      | 糠沢宏二 | 建設省東北地方建設局河川部河川調査官        |
| (4) 団員(計画調整)      | 中川和夫 | 国際協力事業団社会開発協力部<br>開発調査第二課 |

## 1-3 調査行程

| 日順 | 月日    | 曜日 | 行程                     | 調査内容   |
|----|-------|----|------------------------|--|
| 1  | 10/18 | ㊸  | 成田 - ジャカルタ (GA873)     | 着後, JICA 事務所及び JICA 派遣専門家との日程等打合せ                              |
| 2  | 19    | 月  |                        | JICA 事務所(松岡次長他), 大使館(高島臨時大使, 宇塚一等書記官) 公共事業省(スバンディ水資源総局長他) 表敬訪問 |
| 3  | 20    | 火  | ジャカルタ - デンバサー (GA662)  | 着後, バリ州公共事業局表敬(日程打合せ, S/W 及び Questionnair 提示)                  |
| 4  | 21    | 水  |                        | 現地踏査(サヌール, クタ, ヌサ・ドゥアの各海岸地域)                                   |
| 5  | 22    | 木  |                        | 〃 (ウル・ワトゥ, タナ・ロット地域)   |
| 6  | 23    | 金  |                        | バリ州公共事業局にて既存資料の確認及び収集(バンドンの水工研サムスディン氏参加)                       |
| 7  | 24    | 土  |                        | バリ州公共事業局にてS/W(案)の協議  |
| 8  | 25    | ㊸  | デンバサー - バンドン (GA603)   | 着後, 水工研サムスディン氏とのデータ確認及びM/M(案)の作成作業                             |
| 9  | 26    | 月  | P.M. バンドン - ジャカルタ(車)   | 水工研表敬訪問(スーラストウリ所長他)(データ収集及び今後の調査への協力依頼)                        |
| 10 | 27    | 火  |                        | 水資源総局とのS/W協議及びM/M(案)の検討  |
| 11 | 28    | 水  |                        | S/W修正及びM/M打合せ後, S/W及びM/M署名                                     |
| 12 | 29    | 木  |                        | JICA 事務所(遠藤所長他) 及び大使館(宇塚一等書記官)への現地調査結果報告                       |
| 13 | 30    | 金  | ジャカルタ - 成田 (CX710/500) |  |





## II 事前調査結果の概要

### 2-1 要請の背景

ジャワ島の東に位置するバリ島は、美しい海岸線やヒンズー教の遺跡が数多くあり世界的にも有名な観光地である。「イ」国政府は、石油価格下落によって悪化した国家財政の立て直し策の一つとして、観光開発に力を注いでいる。バリ島の観光開発に資する為1970年代に海岸に滑走路の建設や航路整備が行われたが、これらの人工構造物により潮流の変化が発生し自然海岸のバランスが失われた。その結果、海岸線が侵食されリゾート施設が流失したり、貴重な文化遺跡が流失の危機にさらされている。(海岸侵食状況：ヌサ・ドゥア海岸で12m/15年('70~'85)、クタ海岸で約100m/17年('69~'86))

これに対し、「イ」国政府は、オランダ、オーストラリア等の技術指導の下、海岸保全対策を実施してきたが、いずれも部分的なものであり抜本的な対策とはなっていない。昭和61年度、「イ」国政府の要請に応え、JICAの個別派遣専門家チームが現地に派遣され海岸保全対策の必要性を確認した。

こうした背景をうけ、今回緊急度の特に高いサヌール、クタ等バリ島南部海岸地域を対象とした海岸保全計画の検討に関する技術協力要請が、「イ」国政府から、わが国政府に対しなされた。

### 2-2 要請の内容

昭和62年3月、インドネシア国政府よりバリ島南部海岸を対象とした緊急海岸保全計画に関する調査協力要請が日本国政府に対してなされた。

要請の内容は以下の通りとなっている。

- (1) クタ、サヌール、ヌサ・ドゥアの各海岸における緊急海岸保全計画の検討。
- (2) タナ・ロット、ウル・ワトゥ両崖における波浪による崩壊防止対策の検討。
- (3) Pre-overall studyの実施。(保全対象地域選定の為のバリ島海岸全域に亘る調査)

### 2-3 S/W協議の経緯及び結果

事前調査団は、携行したS/W(案)を基に、10月24日及び10月27日の計2回にわたって公共事共省水資源総局河川担当大臣補佐官 Ir. Putra Duarsa 他とS/Wに係る協議を行い、10月28日同大臣補佐官 Ir. Putra Duarsa と事前調査団長谷本修志氏との間で、S/W及びS/W協議に係るミニッツの署名・交換を行った。

S/Wの変更点及びS/W協議経過は次のとおりである。

(1) S/Wの変更点

① 「III. Study area」について

当初案のサヌール、クタ、ヌサ・ドゥアの3海岸地域に、タナ・ロット地域を加え合計4地域を今回調査の対象地域とした。

② 「IV-3-11」について

当初案の impact on environment and tourism を、「イ」側要望により tourism を削除し、impact on environment に修正した。

③ 「Tentative schedule」について

「イ」側より、本件調査期間中、「イ」側カウンターパートへの技術移転を効率的に実施する観点から、可能な限りインドネシア国内で作業を行う様要望があった。これに対し、日本側は、原案の日本国内での作業期間は、各レポートをとりまとめる上で最低限必要な期間である旨説明した。協議の結果、調査スケジュールに関しては、当初案通りとする事で、「イ」側の了解を得た。

(2) 協議経過及びM/M記載事項

① 調査対象地域について

「イ」側より次の2点につき強い要望が出された。

1) 緊急海岸保全対策地域の選定を目的とした、バリ島全海岸を対象とした Pre-overall Study の実施。

2) タナ・ロット及びウル・ワトゥ両崖地域の F/S 調査の実施。

これに対し、日本側は、以下の通り回答した。

1) 「イ」側より提出された技術協力要請書 (TOR) にも記載されている通り、緊急に対応すべき海岸地域は、サヌール、クタ、ヌサ・ドゥアの3海岸地域及びタナ・ロット、ウル・ワトゥの両崖地域の計5地域に既に特定されており、「イ」側の意図する Pre-overall を、今回の緊急調査の中を含め、実施する必要は無いと考える。

2) タナ・ロットについては、崖の崩壊防止対策ではあるが、侵食の最大の原因である波浪の影響を食い止めることにより、かなりの効果が得られると考えられる。従って、今回調査の主目的である波浪侵食を主とした海岸緊急保全対策調査の対象に含め得ると判断する。

3) 一方、ウル・ワトゥについては、崖そのものの崩壊対策が最も重要である。その検討に当たっては、長期間を要するボーリング試掘等地質調査が必要となり、調査スケジュールの大幅な変更が必要となる。又、技術的にも海岸保全とは異った観点からの検討が必要となる。

従って、ウル・ワトゥ地域を今回調査対象に含めるべきではないと判断する。

協議の結果、日本側の説明を「イ」側が理解し、今回の調査対象地域はサヌール、クタ、ヌサ・ドゥアの3海岸地域にタナ・ロット地域を加えた計4地域とすることで、双方合意した。

② カウンターパートについて

カウンターパートの選任に当っては、バリ州公共事業局の技術者だけでなく、関係機関例えば、バンドンの水工研究所等の技術者を含め、海岸保全に関する技術的背景を有する適任者をこれに当てて欲しい旨、日本側は要望し、「イ」側はこれを了解した。

③ 補足調査の実施について

本格調査の実施に際し、下記の補足調査が必要となる事を双方確認した。

- (i) 深浅測量
- (ii) 波高測定
- (iii) 流況調査
- (iv) 漂砂調査 等

上記補足調査の実施経費については、「イ」側より財政逼迫を理由に、日本側が負担して欲しい旨要望が出された。又、必要となる調査用機材についても同様の理由により、日本側負担にて確保して欲しい旨「イ」側は要望した。具体的には、四輪駆動車、波高計等海象観測用器機、調査用小型ボート等の要望があった。上記「イ」側要望に対して、調査団は、帰国後関係機関に伝える旨回答した。

なお、日本側負担により準備される見込みの機材の維持管理については、「イ」側が日本側調査団の指導に基づき責任を持って実施する事とした。

④ 研修員の受け入れについて

「イ」側より、調査期間中、技術移転を効率的、効果的に実施するため、「イ」側カウンターパートを日本へ受け入れて欲しい旨要望があった。

調査団は、帰国後関係機関に伝える旨回答した。

⑤ 航空写真について

調査団は、現地滞在中、バリ島の海岸線地域の航空写真の存在を確認し、その入手につき「イ」側に協力を依頼し、「イ」側はこれを約した。

なお「イ」側より、当該航空写真の日本への持ち出しは、禁止されているとの説明があった。

⑥ 海岸保全施設計画の検討に当って

「イ」側より、表記検討に当っては、既存施設を充分考慮し、施設計画を策定して欲しい旨要望が出され、調査団はこれを理解した。



(各 論)





### Ⅲ バリ島の海岸保全計画及び事業実施の実態

バリ島は、南緯8～9°、東経114°30'～115°30'、ジャワ島の東端に位置し、面積約5,600km<sup>2</sup>、人口約230万人の島で、綺麗な海、静かな波、豊かな砂浜、ヒンドゥー教独特の歴史的遺跡と伝統的な芸能・文化及び年中高い気温に恵まれ、世界的な観光のメッカとして有名であり、年間180万人の観光客が訪れ、インドネシアの外貨獲得上重要な位置を占めている。(図-3.1.1、インドネシア全図)

熱帯地方であるため、島周辺には珊瑚礁の発達が著しく、場所により異なるが、概ね、400m～1000mのリーフが存在する。これらのリーフは干潮時には露出する部分もあり、リーフ上の水深は極めて浅く、沖から押し寄せてくる波浪をリーフの先端で砕波させるため、エネルギーを減少させ、波高を小さくする働きがある。

また、熱帯地方に位置するため、台風等の高い波浪を受ける事が少なく、わが国のように中緯度に位置する地域と比較すると、海岸侵食による災害は少ないと考えられていたが、近年、全島において海岸侵食が進んでおりその対策が求められている。

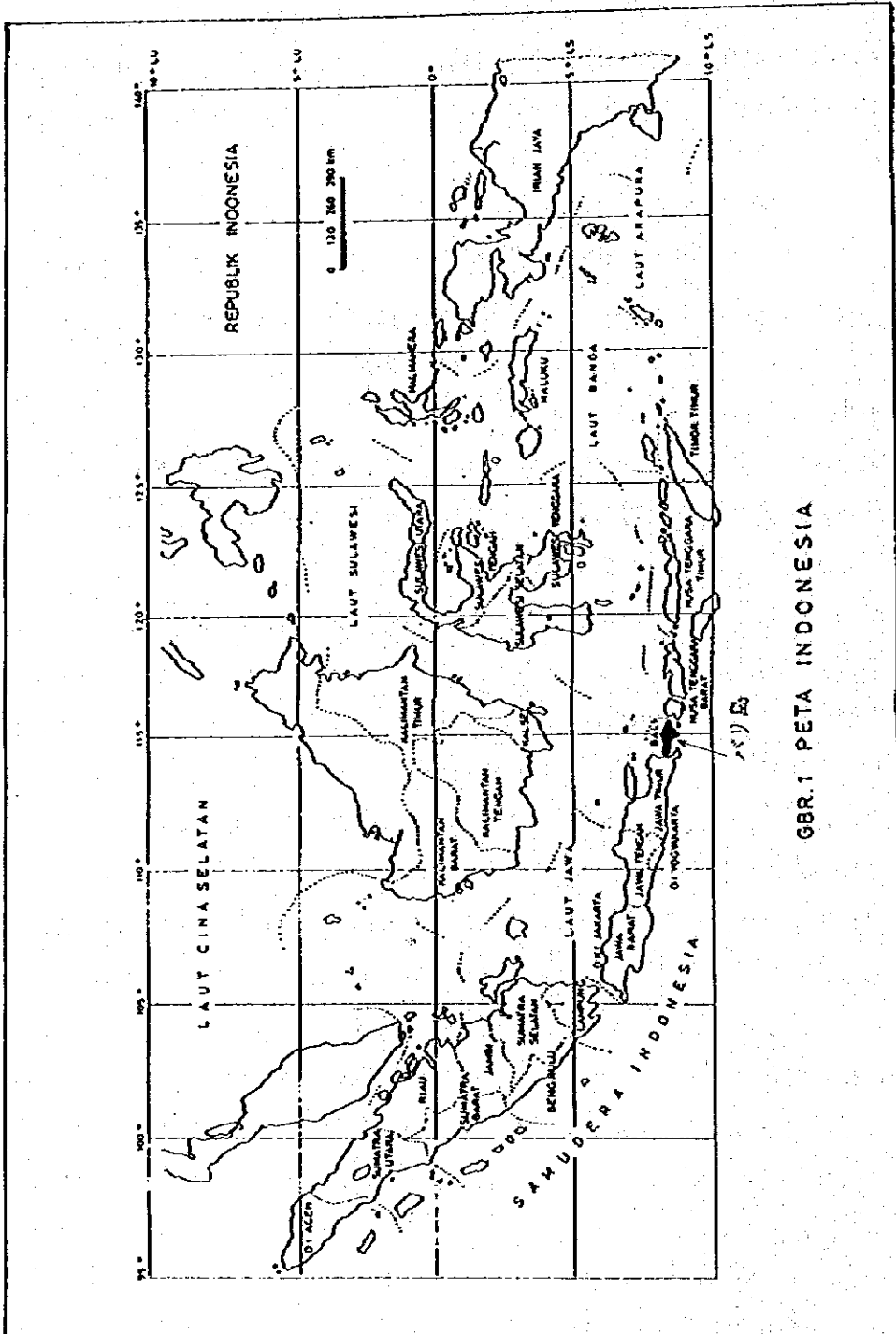
海岸侵食の原因については、種々の要因があり、今後の調査を待たねばならないが、原因のひとつとして、アグン (AGUN) 火山が、1963年に大爆発を起こし、590百万m<sup>3</sup>の土砂を噴出したが、以後爆発を起こしておらず、河川から海岸への砂供給が減少したことも挙げられる。アグン火山から噴出した土砂量調査結果を表-3.1.1に示す。

インドネシア国の海岸侵食対策の計画・実施については、公共事業省水資源総局河川局が所掌しており、バリ島での出先機関はバリ州政府公共事業局である。

既存の海岸保全施設には、公共事業として設置されたものとホテル等の所有者が個人的に設置したものがある。インドネシア国における海岸管理に関する法律はないが、規則により公共事業省が管理することになっており、民間が海岸構造物を設置する場合には、公共事業省の承認を得なければならないことになっている。しかし、実態は大半が無許可のまま設置されている。また、民間が設置した突堤の高さが不足していたのを、公共事業で嵩上げた例もある。

海岸調査及び保全計画の立案は、バンドンの水工研究所で行っており、優秀なコンサルタントもバンドンに多い。深浅測量は、バリ州政府公共事業局で行えるようであるが、最近測量を行っておらず、以前測量に使用した測量杭は残っていない。また、再現するための資料もない。

海岸保全事業の実施状況は、予算が乏しいため、侵食被害の少ない間に対策を講じられず、かなりの侵食を許している。そのため、民間自らが保全施設を設置している状況にある。また、機械力に乏しいため、コンクリートセルを並べた写真-3.1.1(1)～(3)のような護岸・突堤・離岸堤を設置している。このようなバリ島の侵食災害に対して、オーストラリア、オランダ、ベルギー等



GBR.1 PETA INDONESIA

図-3.1.1 インドネシア全図

表-3.1.1 アグン火山の噴出土砂量

DATA OF MT. AGUNG ERUPTION.

| Eruption Data                   | Name Of Tributaries<br>Into Which Sand Flows | Volume deposited                               |   |
|---------------------------------|--|--|---|
|                                 |  | 1963 Survey                                    | 1969 Survey                                   |
| 1. Mountain : Mt. Agung         | <u>I. North Side :</u>                       |  |   |
|                                 | 1. Daya River.                               | 24,20. $10^6$ m <sup>3</sup>                   | 9,90. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
| 2. Eruption :                   | 2. Sakta River.                              | 9,30. $10^6$ m <sup>3</sup>                    | 2,90. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
| 17 Maret 1963                   | 3. Nusu River.                               | 10,50. $10^6$ m <sup>3</sup>                   | 4,80. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
| 16 Mei 1963.                    | 4. Batuniti River.                           | 4,60. $10^6$ m <sup>3</sup>                    | 0,25. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
| 3. Material of eruption:        | Sub Total :                                  | 48,60. $10^6$ m <sup>3</sup>                   | 17,85. $10^6$ m <sup>3</sup>                  |
| 590,30. $10^6$ m <sup>3</sup> . |  |  |   |
|                                 | <u>II. East South Side :</u>                 |  |   |
|                                 | 1. Bahapi River.                             | 17,60. $10^6$ m <sup>3</sup>                   | 5,60. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
|                                 | 2. Krekuk River.                             | 4,30. $10^6$ m <sup>3</sup>                    | 0,65. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
|                                 | 3. Buhu River.                               | 2,80. $10^6$ m <sup>3</sup>                    | 0,14. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
|                                 | Sub Total :                                  | 24,70. $10^6$ m <sup>3</sup>                   | 6,39. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
|                                 |  |  |   |
|                                 | <u>III. South Side :</u>                     |  |   |
|                                 | 1. Sabuh River.                              | 2,30. $10^6$ m <sup>3</sup>                    | 0,25. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
|                                 | 2. Langon River.                             | 16,40. $10^6$ m <sup>3</sup>                   | 8,08. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
|                                 | 3. Barak River.                              | 4,20. $10^6$ m <sup>3</sup>                    | 0,59. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
|                                 | 4. Yeh Sah River.                            | 11,40. $10^6$ m <sup>3</sup>                   | 2,71. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
|                                 | 5. Telagawaja River.                         | 12. $10^6$ m <sup>3</sup>                      | 2,50. $10^6$ m <sup>3</sup>                   |
|                                 | Sub Total :                                  | 46,30. $10^6$ m <sup>3</sup>                   | 14,13. $10^6$ m <sup>3</sup>                  |
|                                 |  |  |   |
|                                 | <b>Total :</b>                               | <b>119,60. <math>10^6</math> m<sup>3</sup></b> | <b>38,37. <math>10^6</math> m<sup>3</sup></b> |

Mt. Agung Project .-

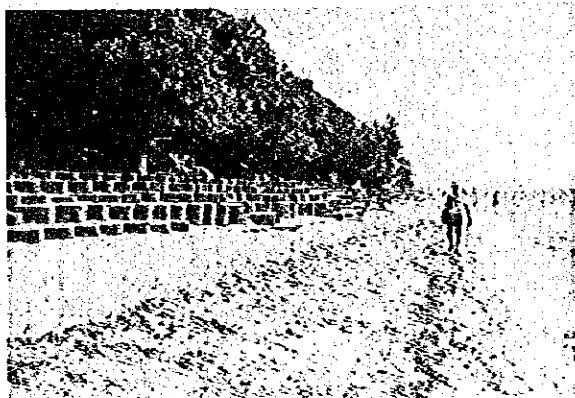


写真-3.1(1) 護岸の例

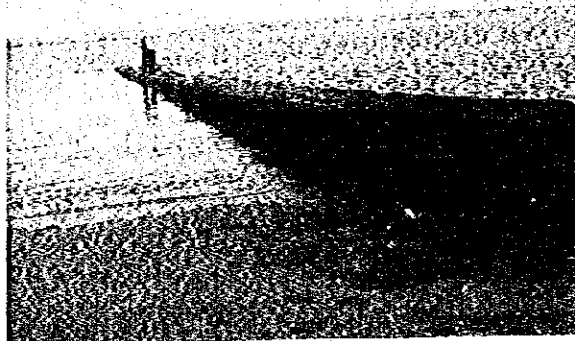


写真-3.1(2) 突堤の例

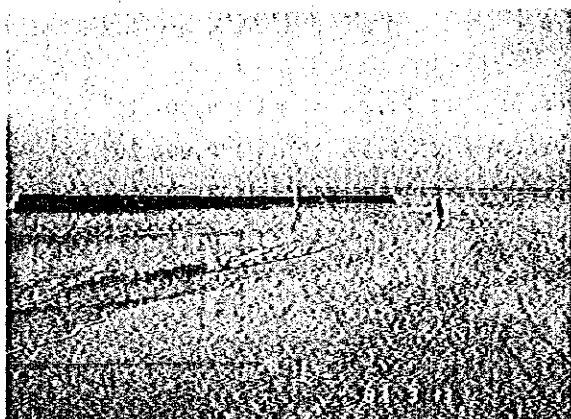


写真-3.1(3) 離岸堤の例

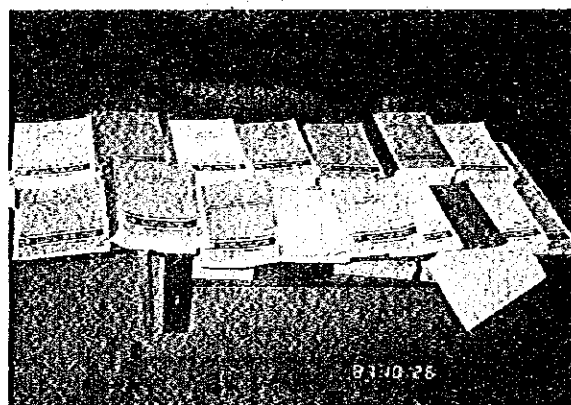


写真-3.1.2 諸外国からの提言

の諸外国から、写真-3.1.2や表-3.1.2に示すように色々な提言がなされているが、実行に移されたものはない。

表-3.1.2 諸外国からの提言リスト (バンドン水工研究所が所有)

|     |      |        |   |
|-----|------|--------|---|
| 24. | 1978 | PS 518 | Pengukuran profil, pengamatan pelskal, pemeriksaan dan pemasangan patok-patok di pantai Kuta Bali, periode 1977.                  |
| 25. | 1978 | PS 519 | Pengukuran profil pantai Sanur Bali setelah terjadinya gelombang besar akibat gempa bumi di Setatan pulau Lombok 19 Agustus 1977. |
| 26. | 1978 | PS 520 | Penyelidikan di lapangan mengenai erosi pantai Bali, pantai Sanur.  |
| 27. | 1978 | PS 521 | Penyelidikan di lapangan mengenai erosi pantai Bali, pantai Kuta.   |
| 28. | 1978 | PS 522 | Pengukuran propil, pengamatan pelskal, pemeriksaan dan pemasangan patok-patok di pantai Sanur Bali periode 1978.                  |
| 29. | 1978 | PS 523 | Studi dan pengembangan pembuatan alat-alat peralatan untuk penyelidikan model matematik.  |
| 30. | 1978 | PS 555 | Pengukuran propil dan pemeriksaan patok-patok di pantai Kuta Bali Agustus 1978.   |
| 31. | 1978 | PS 556 | Pengukuran propil pantai Sanur Bali setelah terjadi tsunami 19 Agustus 1977.  |
| 32. | 1978 | PS 559 | Penyelidikan di lapangan mengenai erosi pantai Bali-pantai Sanur.   |
| 33. | 1978 | PS 560 | Pengukuran propil pantai Kuta Bali.   |
| 35. | 1979 | PS 587 | Penyelidikan di lapangan mengenai erosi pantai Bali-pantai Kuta Jan-Februari 1979.  |
| 36. | 1979 | PS 588 | Pengukuran propil pantai Sanur-Bali Januari - Februari 1979.  |
| 40. | 1979 | PS 592 | Prarencana offshore groin di pantai Sanur-depan Sanur Beach Hotel.  |
| 41. | 1979 | PS 640 | Rencana pemasangan krib di depan pantai Sanur Bali.   |
| 42. | 1979 | PS 648 | Pengukuran situasi dan propil pantai Kuta Bali.   |
| 45. | 1979 | PS 640 | Rencana bangunan pencegah erosi pantai di pantai Sanur Bali dengan menggunakan Headland Control.                                  |
| 46. | 1979 | PS 648 | Pengukuran propil dan situasi pantai Kuta Bali September 1979.  |
| 48. | 1979 | PS 674 | Penyelidikan di lapangan mengenai erosi pantai Sanur Bali September 1979.   |
| 49. | 1979 | PS 675 | Penyelidikan di lapangan mengenai erosi pantai Kuta Bali Januari 1980.  |

|     |      |         |   |
|-----|------|---------|---|
| 50. | 1979 | PS 685  | Pengukuran profil dan situasi pantai sanur Bali Januari 1980.   |
| 53. | 1980 | PS 652  | Penelitian erosi pantai Kuta.   |
| 54. | 1980 | PS 653  | Pengukuran profil di pantai Sanur.  |
| 57. | 1980 | PS 694  | Pengukuran situasi dan profil pantai Kuta Bali April - Mei 1980.  |
| 58. | 1980 | PS 695  | Pengukuran gelombang dan pengamatan pasang surut di pantai Sanur Bali April Mei 1980.                           |
| 62. | 1980 | PA 728  | Perencanaan krib pantai Sanur, Alit Batujimar, Bali.  |
| 63. | 1981 | PS 730  | Penyelidikan di lapangan mengenai erosi pantai Sanur Bali Juni 1980.  |
| 64. | 1981 | PS 731  | Pengukuran situasi, profil dan pengamatan pasang surut di pantai Kuta Bali Juli 1980.                           |
| 68. | 1981 | PS 759  | Pengukuran situasi, profil, pasang surut dan pemasangan patok di pantai Kuta, Bali Juli 1980.                   |
| 69. | 1981 | PS 760  | Pengukuran situasi dan profil di pantai Kuta, Bali Januari 1981.  |
| 70. | 1981 | PS 761  | Pengukuran situasi, profil, pasang surut dan pemasangan patok di pantai Nusadua, Bali Desember - Januari 80/81. |
| 71. | 1981 | PS 762  | Pengukuran situasi dan profil di pantai Sanur Bali Des-Januari 80/81.   |
| 73. | 1981 | PS 766  | Penelitian krib-krib tegak lurus pantai di pantai Sanur, Kuta dan pantai Manado.                                |
| 76. | 1981 | PS 818  | Studi dan pembuatan prarencana untuk pengamanan dan rekreasi Pantai Nusa Dua (Interim report II).               |
| 81. | 1981 | PS 836  | Studi dan pembuatan prarencana pengamanan dan rekreasi Pantai Nusa Dua (Final report).                          |
| 85. | 1982 | PS 850  | Laporan penelitian karakteristik bangunan pengendali erosi pantai di sekitar Alit's Bungalaow Sanur Bali.       |
|     |      | PS. 415 | Penyelidikan erosi pantai Kuta, Bali  |
|     |      | PS. 441 | Pemeriksaan dan pemasangan patok-patok, pengukuran situasi dan profil; pengamatan pelskal di pantai Kuta, Bali  |
|     |      | PS. 455 | Pengukuran profil, pengamatan pelskal, pemeriksaan dan pemasangan patok-patok di pantai Sanur, Bali             |
|     |      | PS. 461 | Penyelidikan erosi pantai Sanur, Bali   |
|     |      | PS. 462 | Penyelidikan erosi pantai Kuta, Bali  |

- PA. 640 Rencana bangunan pencegah erosi pantai di pantai Sanur, Bali dengan menggunakan headland control
- PS. 674 Penyelidikan di lapangan mengenai erosi pantai Sanura Bali, September 1979
- PS. 675 Penyelidikan di lapangan mengenai erosi pantai Kuta Bali, Januari 1980
- PS. 685 Pengukuran profil dan situasi pantai Sanur, Bali
- PS. 686 Pengukuran profil dan situasi pantai Lebih, Bali
- PS. 687 Pengukuran profil dan situasi pantai Batumadeg, Bali
- PS. 648 Pengukuran profil dan situasi pantai Kuta-Bali, September 1979
- PS. 694 Pengukuran situasi dan profil di pantai Kuta, Bali, April-Mei 1980
- PS. 695 Pengukuran gelombang dan pasang-surut di pantai Sanur, Bali, April-Mei 1980
- PA. 730 Penyelidikan di lapangan mengenai erosi pantai Sanur, Bali
- PS. 731 Pengukuran situasi, profil dan pengamatan pasang surut di pantai Kuta, Bali
- PS. 759 Pengukuran situasi, profil, pasang surut dan pemasangan patok di pantai Kuta, Bali
- PS. 760 Pengukuran situasi dan profil di pantai Kuta, Bali
- PS. 761 Pengukuran situasi, profil, pasang surut dan pemasangan patok di pantai Nusa Dua, Bali
- PS. 762 Pengukuran situasi dan profil di pantai Sanur, Bali
- PS. 766 Penelitian krib-krib tegak lurus pantai di pantai Sanur, Kuta dan pantai Manado
- PS. 695 Pengukuran gelombang dengan stadia wave meter (pantai Sanur)
- PS. 730 Pengukuran gelombang dengan stadia wave meter (pantai Sanur)
- PS. 818 Komplek perhotelan Nusa Dua
- PS. 836 Komplek perhotelan Nusa Dua, Bali
- PS. 864 Analisa erosi dan pembuatan prarencana pengamanan pantai Kuta, Bali
- PS. 925-HAP Pengukuran situasi dan profil pantai Nusa Dua Bali





## IV 調査対象地域の概要

### 4-1 対象地域の概要

今回の調査対象地域は、インドネシア国側の T.O.R に基づいて、緊急保全対策が必要とされているクタ、サヌール、ヌサ・ドゥアの3海岸及びタナ・ロット、ウル・ワトゥの2崖海岸とした。(図-4.1.1)

なお、5海岸の選定にあたっては、インドネシア国側の要請、侵食被害の状況及び経済効果等を勘案して行った。

#### (1) サヌール海岸 (Sanur Beach)

当海岸は、バリ島南端部の東側の海岸で、南西のモンスーンによる波浪の影響を受け、過去20年間に約30m程度の侵食があったようである。一般に、北向きの沿岸流が存在するが、バリ・ビーチ・ホテル (Bali Beach Hotel) の南側のリーフの切れ目の所では、漂砂の方向が北と南に分かれている。

なお、リーフの切れ目は、リーフに押し寄せた波浪がリーフから出ていく添筋になり、図-4.1.2に示すように、リーフの切れ目を境として、流れの方向が変わるものである。

バリ・ビーチ・ホテルの北側に突堤が設置されているが、これにより、ホテルの前面にはかなりの砂の堆積が見られる。さらに、同ホテルの南側には、写真-4.1.1に示すように、公共事業省により2つの離岸堤が建設(1984年、1986年)され、かなりのトンボロがつき、効果を上げている。しかし、離岸堤の構造は、わが国のものと比較すると、高さが低くかつ不透過となっているため、離岸堤前面の洗掘を招いている。

侵食が激しいにもかかわらず、公共事業で施工してもらえない所には、個人が、突堤や護岸等の海岸構造物を施工しており、一部にはその効果が認められるものの、全体としては極めて低い効果しかない。また、それどころか、マイナスの影響も認められる所も多々見られた。

#### (2) ヌサ・ドゥア海岸 (Nusa Dua Beach)

ヌサ・ドゥア海岸の南端東側には、かつて小さな島が2つあり、北向きの漂砂があったが、島のトンボロ効果によりバリ本島と陸続きとなり、2つの島の間は綺麗なポケットビーチを形成しており、非常に安定した海岸形状を示している。(写真-4.1.2)

しかし、島の半島化により、半島化した地点より北側の海岸は漂砂の供給が絶たれ、これが侵食の1つの原因となっている。当海岸の北端には、1987年に突堤が完成し、その南側はかなり良好な砂の堆積傾向が見られる。(写真-4.1.3参照)

中央部は、ヌサ・ドゥアホテル等多数の一流ホテルが集中している有数のリゾート地域を

比例尺 1:500,000 (比例尺 1:500,000)

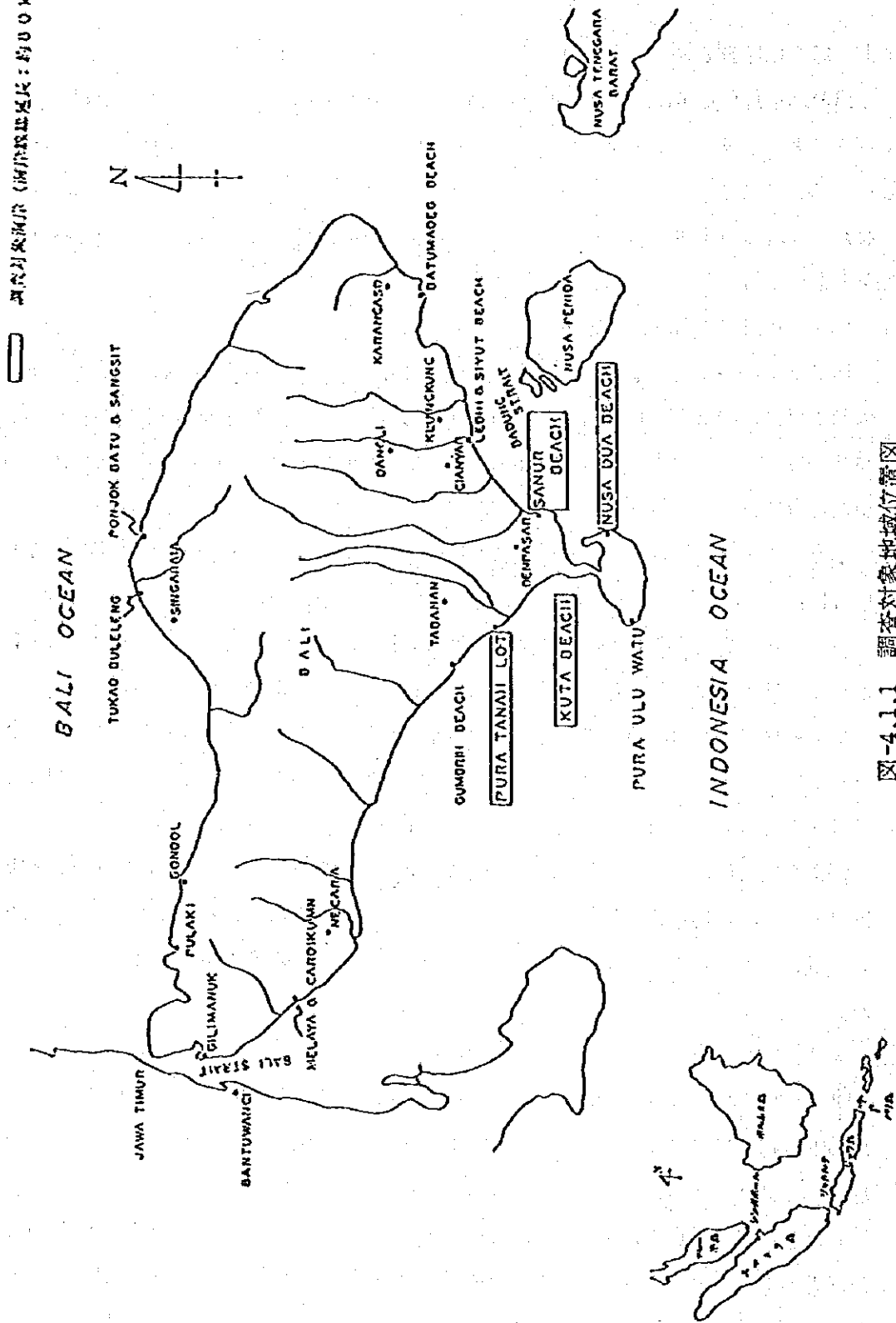


图-4.1.1 调查对象地域位置图

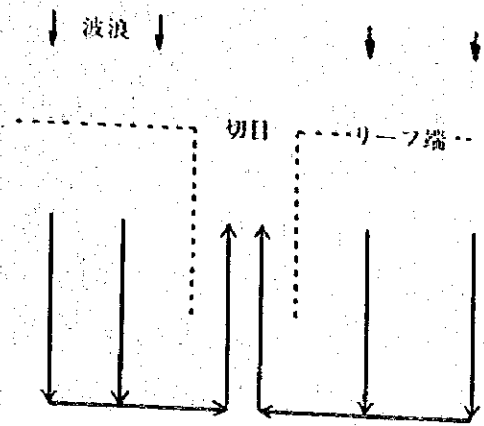


図-4.1.2 リーフ上の流れ

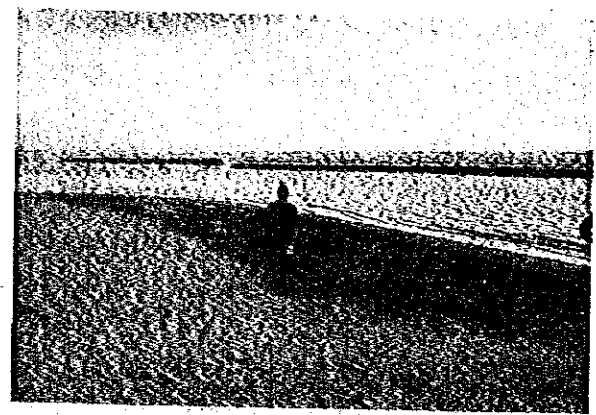


写真-4.1.1 サメール海岸の離岸堤

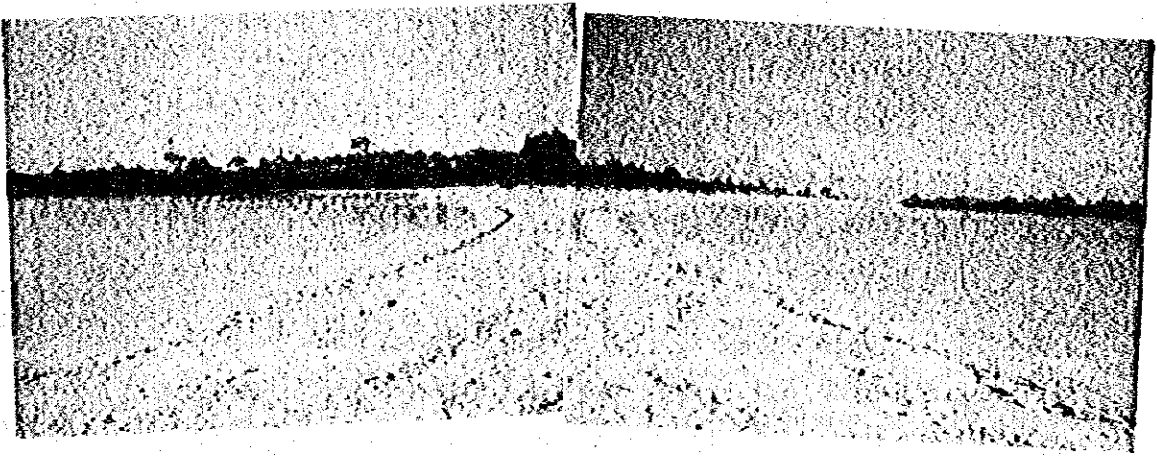


写真-4.1.2 ポケットビーチ化し安定したヌサ・ドゥア海岸の南端部



写真-4.1.3 ヌサ・ドゥア海岸の北端部の突堤

形成しており、ヌサ・ドゥア海岸にとって重要な海浜であるが、侵食が激しく、護岸、突堤及び離岸堤により守られているが、南西のモンスーンによる風浪により、護岸の一部が被災していた。

### (3) クタ海岸 (Kuta Beach)

この海岸の侵食は、全く人為的な原因で起こっている。リーフが約1kmに亘って存在する海岸に1969年にデンパサール空港 (Denpasar Airport) の滑走路が建設されたが、それにより、北向きの漂砂が遮断されたため、滑走路より南側には堆積現象が現れるのに対し、北側には大幅な侵食となり、汀線が約100m位後退したと言われている。また、この侵食により、プルタミナコテージ (Pertamina cottage) の前面に設置された護岸の基礎が大きな洗掘を受けていた。さらに北側には、基礎のみが残っているコテージや放置された建物がある。

クタ海岸は、調査対象の3砂海岸の中では最も侵食による被害が大きい海岸であり、現在も侵食が進行しつつある海岸である。

### (4) タナ・ロット (Tanah Lot)

ここは、クタの日没風景とともに知られる夕日の名所であるとともに、ロック・テンブルの愛称で知られるタナ・ロット寺院がある。ビーチから少し離れた巨大な岩上に黒色の塔が二つ立っており、ヒンズー教徒の巡礼地として、年間40万人もの信者と外国人観光客が訪れ、文化的、観光的見地から見て非常に重要なところである。このタナ・ロット寺院のある岩の周囲には、リーフが存在せず、インド洋からの波の影響を直接受けているため、崖侵食が非常に進んでおり、このまま侵食が進むと、この寺院の存続の危機に瀕することは容易に想像のつくところである。

現在、応急緊急対策として、大統領の留置予算を流用して、消波ブロックを設置中であるが、景観上の問題もあり、何らかの抜本的対策が必要であろう。

余談ながら、調査期間中、このタナ・ロット寺院の修復に、西ドイツ政府が34,400米ドルの援助を申し出ている記事を目にした。

### (5) ウル・ワトゥ (Ulu Watu)

バリ島の最南端にある海岸地帯で、約100m程度の切り立った崖からなり、その崖の上にタナ・ロット以上に立派なピンドゥー寺院がある。ここには、リーフが存在せず、前面の海底勾配もかなり大きく、インド洋の荒波を直接受けて、崖侵食が進んでいる。むしろ、この崖侵食により、切り立った崖風景が形成されたと言った方が正確な地形をしている。寺院の下には、大きなクラックが何本も存在しており、波浪による崖侵食が主要因で起こっている現象ではあるが、侵食対策だけでは対処出来るものではない。



写真-4.1.4 ヌサ・ドゥア海岸の被災状況

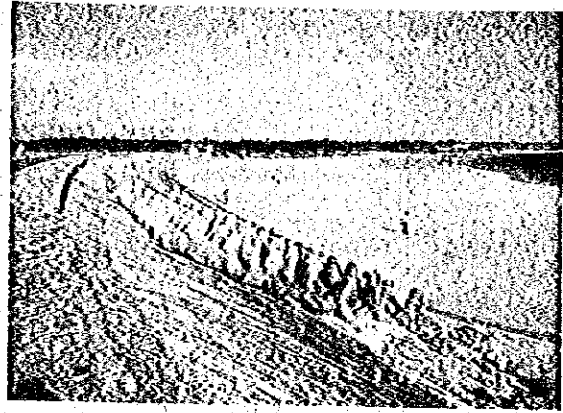


写真-4.1.5 デンパサル空港南側の堆積状況 (クタ海岸)

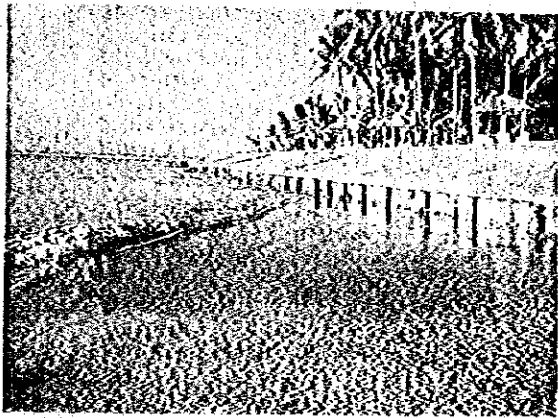


写真-4.1.6 プルタミナコテージ前面護岸の侵食状況 (クタ海岸)

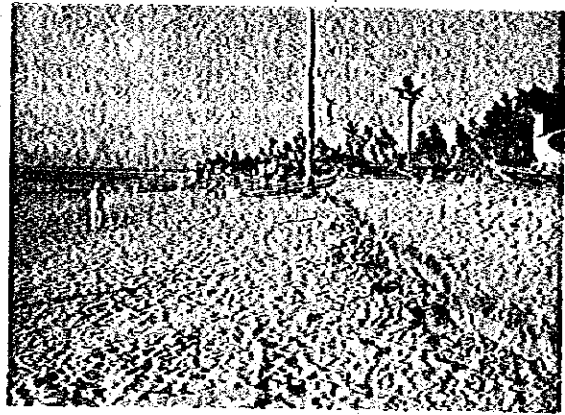


写真-4.1.7 浜崖の見えるクタ海岸

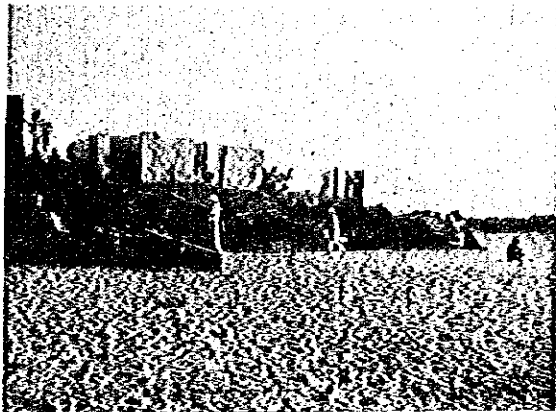


写真-4.1.8 侵食により破壊されたコテージ



写真-4.1.9 タナ・ロット

## W. German minister inspects temple rehabilitation

DENPASAR, BALI — West German Minister of Research and Technology Heinz Riesenhuber is scheduled to spend the weekend in Bali and inspect the rehabilitation of Tanah Lot temple.

Vice Governor of Bali I Dewa Gde Oka will welcome Minister Riesenhuber at Ngurah Rai airport, Saturday. The German guest will then pay a courtesy call on Governor Ida Bagus Mantra.

Minister Riesenhuber's visit to the island resort was aimed at having a closer look at the rehabilitation project of the Tanah Lot temple for which the West German government provided an aid amounting to Rp 55 million (about US\$ 34,300).

The Hindu temple is facing erosion because of harsh waves coming from the Indian Ocean. The Indonesian government alone has allocated some Rp 558.2 million (about US\$ 348,700) under the presidential aid known as "Banpres."

Head of the project in charge of controlling the erosion, Wayan Wirya, told Antara

Thursday that he appreciated the West German interest in preserving a historic tourist object like the Tanah Lot temple.

He explained that the control of erosion was underway and was expected to be completed by the end of this month.

The rehabilitation among other things will involve talented craftsmen aside from architects and builders in an attempt to maintain its original features, though concrete cement would be applied. [Ant/92]



写真-4.1.10 ウル・ワトゥ

#### 4-2 気象・水文・波浪・漂砂・地質の状況

海岸に打ち寄せる波は、風によって形成される。バリ島では、乾期（4月～9月）に南東の風が吹くため、東海岸に属するサヌール海岸とヌサ・ドゥア海岸が侵食の危機に晒されるが、一部の波は、図-4.2.1に示すように、屈折現象により、西海岸であるクタ海岸やクナ・ロット

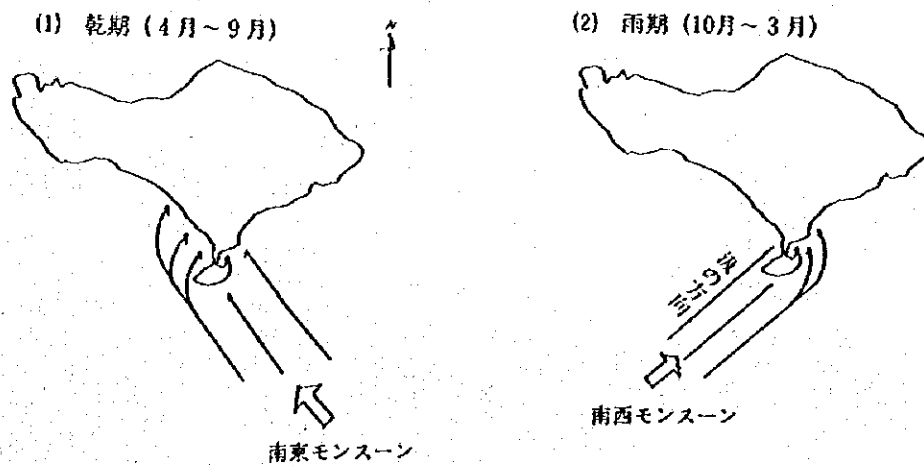


図-4.2.1 波の方向の季節変化



に押し寄せる。また、雨期（10月～3月）には、南勢の風が吹き、西側の海岸に強い波浪が押し寄せ、侵食を引き起こすが、反対側の東海岸にも、一部屈折波が押し寄せる。

漂砂は、波によって運ばれる砂のことで、漂砂の多寡によって、汀線が前進したり、後退したりする。したがって、海中に漂砂を遮断するような構造物が構築されると、漂砂の上手側には堆積、下手側には侵食現象が生じる。また、砂の供給量が一定でも、風が強い場合には、波も大きくなり、侵食現象が生じる。

バリ島の南部の海岸は、モンスーンの風向により概ね北向きの漂砂になるが、各海岸を個別に見れば、リーフの切れ目を境として、それぞれ逆向きの漂砂が流れている。原理はIV.1.(1)で詳述した通りである。したがって、リーフの切れ目を境として、突堤に堆積する砂の位置が逆転しているのが見られる。

漂砂量については不明であるが、現地での聴取したところ、突堤の設置により顕著な砂の堆積が認められる箇所も多々あり、かなり豊富にあるものと考えられる。しかし、その供給源が保全施設のない海浜からのものであることは、侵食状況から見て明白である。

海浜を形成している砂の分布は、図-4.2.2に示すように、満潮時に海面に没する部分(斜線部分)は、よく締まった細砂からなり、その上には(◆◆の部分)、珊瑚が砕けて出来た丸く直径1mm程度の比重の小さい砂から成っている。また、そのなかには、黒っぽい、火山からの流出砂と思われる砂もかなりの量が含まれていた。

潮位差は2 m程度で、干潮時には、写真-4.2.2で示すように、リーフが干上がってしまう。したがって、海岸侵食は満潮時に起こるものと考えられる。また、実際に工事を行う場合、潮待ち作業にすれば、陸上作業と何ら変わりはなく行えるので、実作業は容易であろう。

しかし、対策工法として、人工リーフを考える場合、リーフの天端高を決定するに当たって、この潮位差は大きな障害となろう。

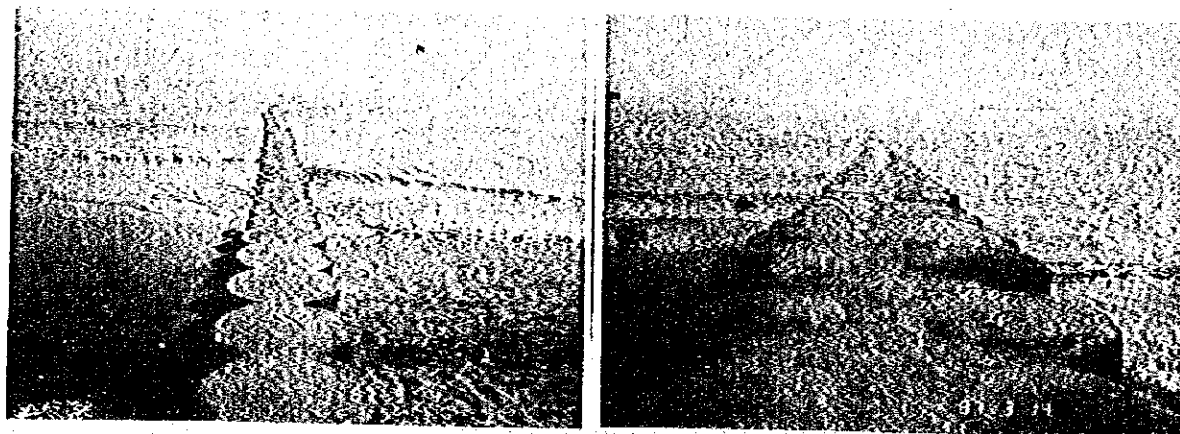


写真-4.2.1 リーフの切れ目を境にして異なる突堤に堆積した砂の位置（サヌール海岸）

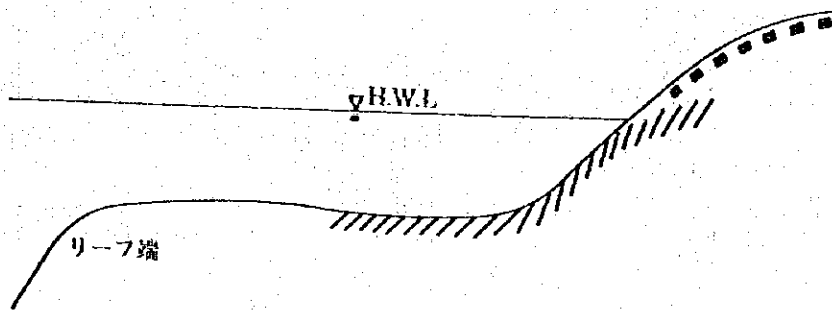


図-4.2.2 砂の横断分布概念図



写真-4.2.2 干上がったリーフ (サマール海岸)

#### 4-3 侵食被害の実態と保全対策の状況

##### (1) 砂海岸の侵食被害の実態

3つの砂海岸の侵食被害の実態として、顕著な事は、以下の通りである。

(a) 満潮時の汀線より上の浜の勾配が急であること。

また、浜崖が生じている。

これは、砂海岸全域が侵食性海岸であることを示す現象である。

(b) 護岸の根の侵食、ホテルの倒壊等の被害が出ている。

(c) 樹齢十年程度のヤシの根が侵食を受け、根を洗われ、倒壊しており、それまではヤシの木が成長出来る環境であった事を示しており、侵食現象が急に進んだ事を示している。