

「多国籍企業」の選定標準

「多国籍企業」の選定標準（日本企業）

選定標準

（注）

国際協力機構



NO.

フィリピン共和国

# パナイ河流域洪水防御基本計画調査

主報告書

JICA LIBRARY



1031530173

1985年11月

国際協力事業団

開 二

85-153

国際協力事業団	
受入 月日 '85.12.27	118
	61.7
登録No. 12291	SDS

## 序 文

日本国政府は、フィリピン国政府の要請に基づき、パナイ河流域洪水防御基本計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。

当事業団は、日本工営株式会社 高橋博亮氏を団長とする調査団を昭和58年8月から昭和60年10月に亘り同国に派遣した。

同調査団は、現地においてフィリピン国政府関係者との討議ならびに現地調査、資料収集等を行い、帰国後、更に解析・検討作業を進め、本報告書を取りまとめた。

本報告書が、プロジェクトの進展に供給するとともに、日本・フィリピン両国の友好親善関係の促進に役立つならば、これに勝る喜びはない。

最後に、この調査の実施にあたり、多大な御協力と御支援をいただいたフィリピン国政府ならびに日本国政府関係機関の各位に対し、厚く御礼申し上げる次第である。

昭和60年11月

国際協力事業団  
総裁 有田 圭輔



## 注 記

1. 本報告書は、下記の英文レポート本文の和訳である。

THE PANAY RIVER BASIN-WIDE FLOOD CONTROL STUDY, MAIN REPORT

2. 本報告書で使した通貨の換算は次のように設定した。

1米ドル = 18ペソ = 234円

3. 建設費は、1984年中期の価格標準による財務費用によって算定した。





## 開発計画案の要旨

### 1. 開発プロジェクトの概要

提案されたプロジェクトの概要、実施の目的及び実施時期についての基本的考え方を以下に記述する。

#### 1.1 洪水防御事業

##### (1) 第1期工事（短期的暫定事業）

###### 河川改修

この段階における河川改修は下記の工事から成る。

###### (a) コゴン放水路（9.5km）：

パニタンから下流約4kmの地点からハムラウオン河口に至る放水路を新設する。既存のポンテベドラ川の無害流量 $500\text{m}^3/\text{S}$ を越える洪水量は、この放水路で流下させる計画である。

###### (b) ポンテベドラ川改修（6.1km）

コゴン放水路分岐点からポンテベドラ町に至るポンテベドラ川の部分改修を行う。工事の目的は、疎通能力が $500\text{m}^3/\text{S}$ を下回る箇所の拡輪および既存洗堰箇所の改良である。

###### (c) パニタンーコゴン放水路流入口区間（6.5km）

現況河道を改修し、低水路部の疎通能力を高め、また、両岸に築堤を行なう。

この改修工事によって、パニタンから下流部（パニタンーパナイかんがい計画地区を含む）は、10年確率洪水まで無害とし得る。パニタンから上流部についても、パニタン洪水位を現況氾濫水位より低減し得るので、氾濫状況は改善できる。

###### 多目的ダム建設

下流域の洪水流出量を低減させるために、パナイ川上流部にパナイBダムを建設する。同ダムは出力7,100kWの発電所を併設した多目的ダムとして計画されている。

###### 輪中堤計画

被害ポテンシャルの大きい4町村（ダオ、カルテロ、マンブリオおよびシグマ）の洪水被害を軽減する為に、輪中堤を設置する。

## 非施設の方策

### (a) 氾濫原管理

当面、施設の方策による洪水防御事業が実施されるパニタンより上流地区（氾濫域  $220\text{km}^2$ ）において、将来の洪水被害が不用意に増大させぬよう開発規制あるいは指導を実施する。パニタンより下流部（氾濫域  $118\text{km}^2$ ）については、短期的暫定事業が実施されるが、防御レベルが10年確率洪水相当と低いので、この地区についても適切な開発指導を行うことが必要である。

### (b) 住居移転

住居移転策を2つの地区、即ち(i) マーヨン川下流部（河川区間 Y1）及び(ii) マンプサオ川中流部（河川区間 M3、但し マンプサオ町を除く）、について実施することが予備的に提言された。しかしながら、実際の実務に際しては、個々の住居毎に施策の適用性を吟味することを含め、なお詳細な調査をフィージビリティ調査時に行った上で決定する必要がある。

## 洪水予警報システム

上記の施設および非施設の方策の適切な運営のために洪水予測情報が必要である。当初は普通水位標を設置し水位相関による洪水予警報を行ない、追ってテレメーター施設を設置する（計画施設については、本文中の図 4-5参照）。

## (2) 第2期工事

### 河川改修

この段階で、第1期工事で施工したパニタンより下流の河道の拡築（計画対象洪水：25年確率洪水）を実施する。改修延長は、コゴン放水路を含め  $16\text{km}$  である。

### 輪中堤

新たに3つの町村、即ちマーヨン、ハミンダン及びドマラオに輪中堤を建設する。

## (3) 第3期工事

第3期工事の意図するところは、計画防御対象地区全区間に改修工事を完備し、かつ防御レベルを100年確率洪水レベルまで高めようというものである。改修工事は下記の工事から成る。

### (i) 第2期工事区間の河川通水容量増加（ $16.0\text{km}$ ）：

第2期工事改修区間全長にわたり、堤防拡築によって河道通水容量を100

年確率洪水容量まで引き上げようという計画である。

(ii) 上流部木・支川改修工事 (93.4km)

第2期工事時点まで未了であった(イ)バナイ川中・上流部(パニタンより上流)、(ロ)マーヨン川下流部及び(ハ)マンブリオ川上流部の改修がこの時点で実施される。

## 1.2 かんがい計画

(a) パニタン-バナイかんがい計画

本計画は、パニタン-バナイ地区の既設PISかんがい施設を統合し、新規のかんがいシステムを設置しようというもので、計画かんがい面積は3,250haである。計画収穫量は5.0ton/ha(paddy)と設定された。

この計画地区における1つの制約条件は、この地区が洪水氾濫域に位置していることである。従って、新規かんがい施設工事に先だて、何らかの洪水防御事業が先行実施されることが必要である。

(b) マンブリオかんがい計画

この計画はマンブリオ河下流部の既存かんがい施設の改良と耕作地拡張を意図としている。計画かんがい面積は2,145haである。

上述(a)のパニタン-バナイ計画地区と同様、この地区も洪水氾濫域に位置しているが、特に洪水防御施設を施さずとも、このかんがい計画は経済的に成り立つことが判明している。

## 1.3 ロハス上工水供給計画

提案するロハス上工水供給計画は次の2つの目的を有する。

- (i) 現況設備の取水口は下流バナイ(Lower Panay)川に位置するが、取水口地点まで塩水遡上が及ぶため水質劣化の問題を抱えている。上流バナイ川より河水を導入し、塩水混入の問題を解消することが本計画の第1の目的である。
- (ii) 第2の目的は、施設能力の増加である。現況の取水容量は4,200<sup>3</sup>/dayであるが、他方1995年時点の需要は約11,650<sup>3</sup>/dayと見込まれている。本計画において、新規に7,450<sup>3</sup>/dayの取水及び送水施設を設置する計画である。

上記のうち、(i)の問題は早急に解決すべき問題であるので、本計画は優先的に早期に実施される必要がある。

## 1.4 水力発電計画

第1期洪水防御事業の一環として、パナイBダムは1994年頃の竣工が可能である。電力需給収支の検討結果によれば、パナイ電力系統は1995年頃供給力不足を生じる。従って、この時点でパナイB発電所を系統に投入することは妥当化できる。パナイB発電所の電力は、既設のパニタン変電所(138/69kv)に送電され、系統に組みこまれる計画である。パナイB発電所の設備容量は7,100KW、年間発生電力量は31.4GWhである。

## 2. 実施計画

洪水防御事業は段階的に施工して行くことが提言されている。即ち、第1期工事を先ず実施し、次いで第2期・第3期工事を実施する。後2者については、将来の被害ポテンシャルが増加し、計画が経済的に成り立つようになった段階で(EIRR 8%以上)、実施する計画としている。他プロジェクトも含めた実施工程計画案を付表に示す。

## 3. 建設費算定

上記開発計画の総建設費は、1984年価格で58億2千万ペソと算定された。プロジェクト別の建設費を付表に示している。

## 4. 経済評価

算定された建設費及び便益に基づいて、各プロジェクトの経済評価を行った。提言された計画は良好な経済的指標(EIRRにして8.1%~25.7%)に示される如く全て経済的に優れたプロジェクトと見做して得る。経済評価結果を付表に示す。

## 5. 勧告

計画案の高い経済性および地域の社会的ニーズに鑑み、プロジェクトの早期実現に向けて然るべきアクションをとる必要がある。極力早い時点で開始すべき以降の調査事

項として下記がある。

- (a) 第1期洪水防御事業に関するフィージビリティ調査—河川改修、輪中堤、バナイBダム、非施設の方策及び洪水予警報施設を含む。
- (b) ロハス市上工水供給計画の実施設計
- (c) パニタン—バナイ及びマンブサオかんがい計画のフィージビリティ調査






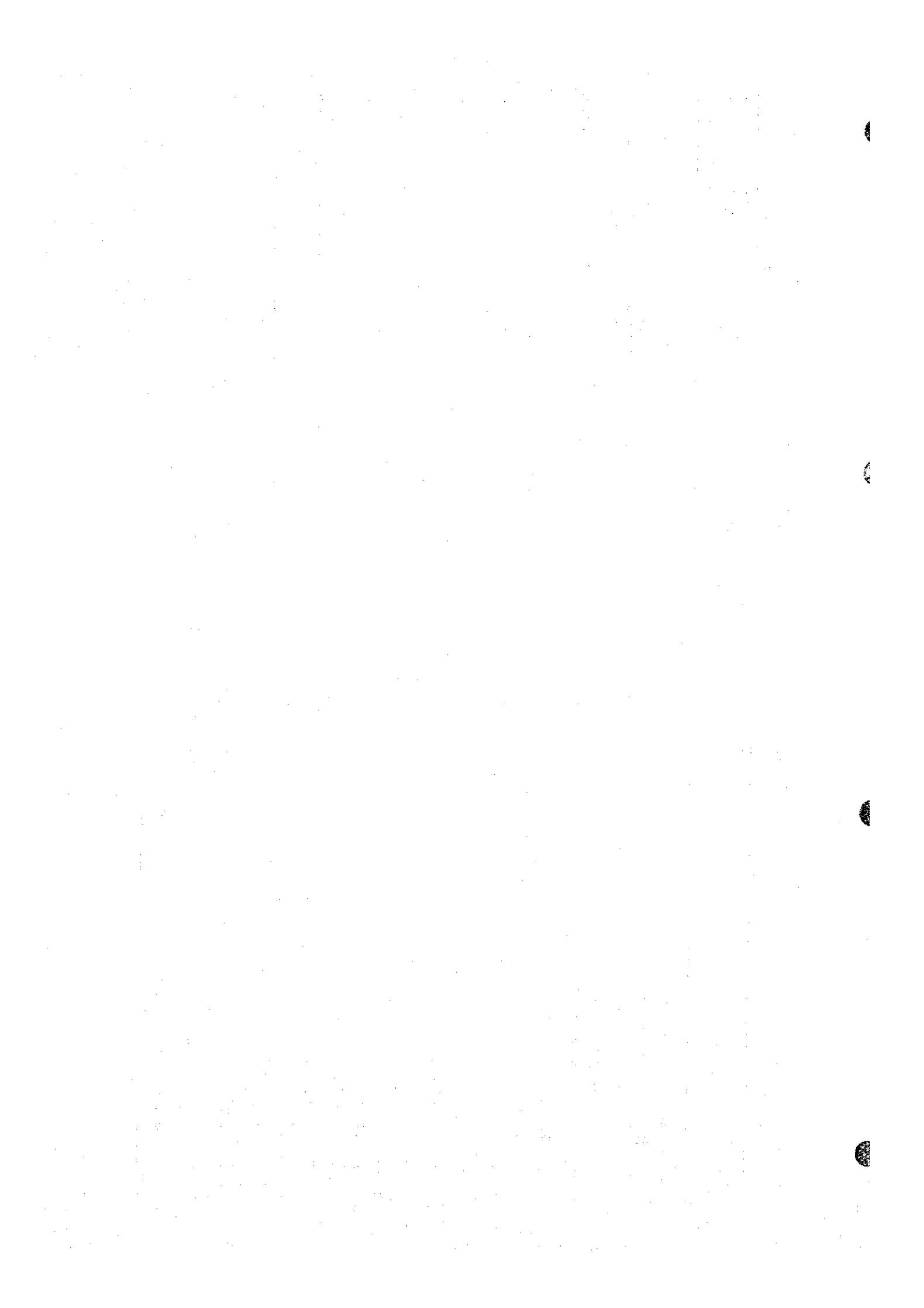
# 全体開発計画の概要及び工程

Project	Description	Construction Cost (P106 equiv)			EIRR (%)	Implementation Schedule (See Figure 5-4 for details)								
		Total	FC	IC		1990	2000	2010	2020	2030				
Flood Control Project														
(1) River improvement work														
- 1st stage work	Improvement : 22.1 km	589	206	383	9.4									
- 2nd stage work	Enlargement : 16.0 km	440	154	286	9.8									
- 3rd stage work	Impr. & enlarge : 109.4 km	3,486	1,220	2,266	15.2 <sup>1/</sup>									
(2) Polder dykes														
- 1st stage Dao	Protection area : 1.17 km <sup>2</sup>	55	27	28	12.7									
Quartero	" : 0.49 km <sup>2</sup>	57	29	28	25.7									
Sigma	" : 0.47 km <sup>2</sup>	42	20	22	10.5									
Mambusao	" : 1.03 km <sup>2</sup>	78	40	38	11.6									
- 2nd stage Maayon	" : 0.64 km <sup>2</sup>	49	24	25	9.3									
Jamindan	" : 0.34 km <sup>2</sup>	39	19	20	9.2									
Dumarao	" : 0.48 km <sup>2</sup>	58	28	30	8.1									
(3) Multipurpose dam														
- Panay B dam	Hydropower : 7.1 MW, 31.4 GWh	471	277	194	11.2									
(4) Non-structural measures	Objective area : 328 km <sup>2</sup>	51	-	51	9.6 <sup>2/</sup>									
(5) Flood forecast/warning system	Telemeter system : 1 lot	84	79	15	4.5 <sup>2/</sup>									
Irrigation Development														
- Panitan-Panay project	Irrigation area : 3,250 ha	183	108	75	11.7									
- Mambusao project	" : 2,145 ha	79	43	36	12.3									
Roxas city water supply project	Supply capacity : 7,450 m <sup>3</sup> /day	56	38	18	16.9									

Notes : 1/ See para. 5.6 of Main Text for reason for high EIRR

2/ To be implemented irrespective their economic merits

 Study/preconstruction activities  
 Construction/installation  
 Operation





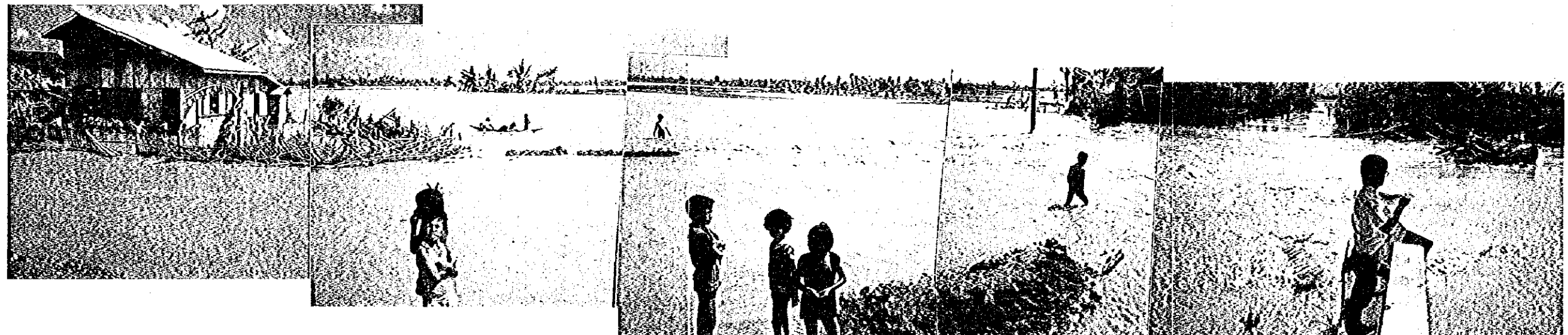






1984 November Flood Photo No. 1 (taken on Nov. 6)

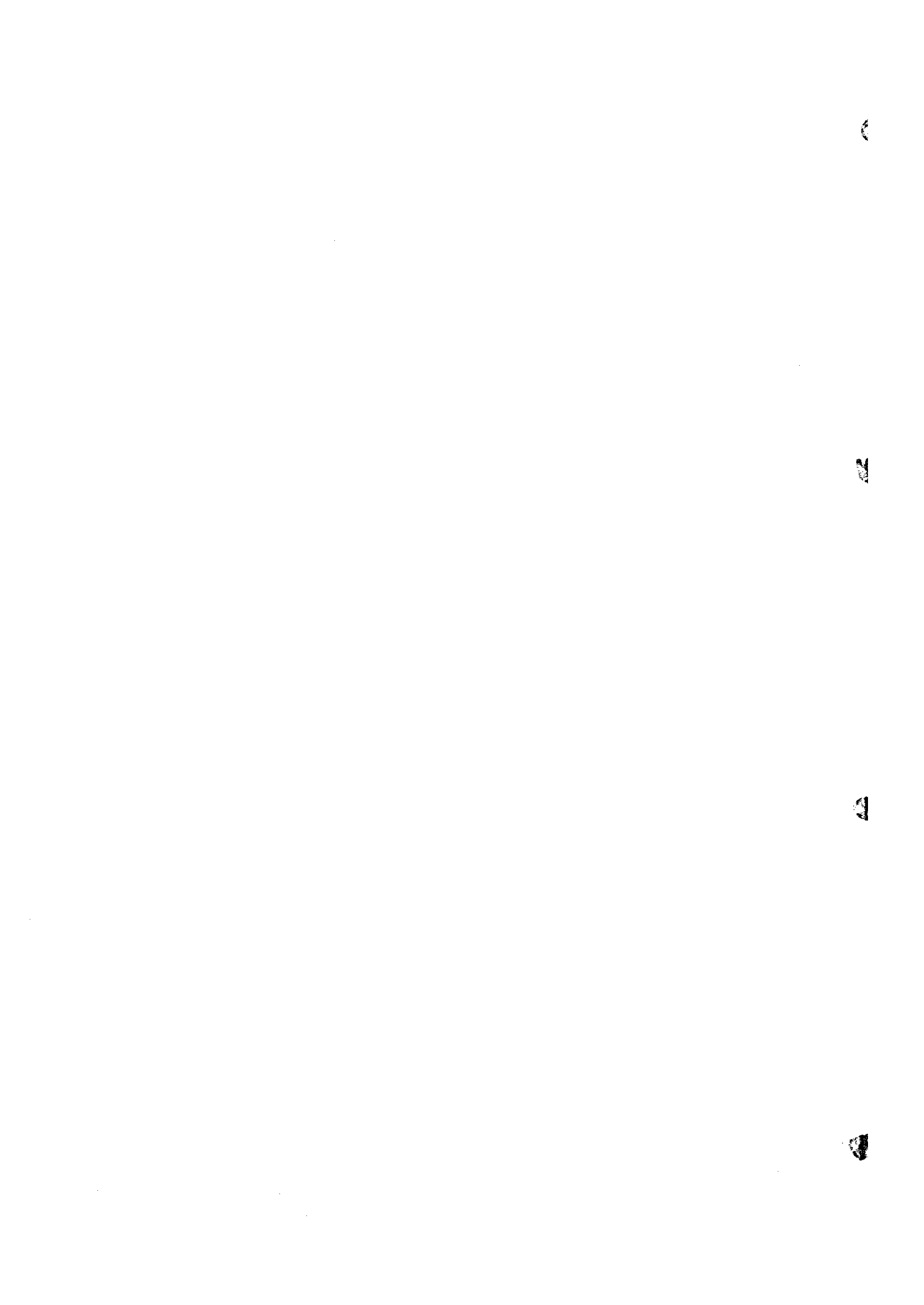
Typhoon "Undang" hit the Panay river basin on Nov. 5, 1984 and caused the flood with serious damage. This picture shows the scene of submerged road connecting the two towns of Mambusao and Sigma and the surrounding paddy fields. The water is flooded from the Mambusao river located on the left side of this picture.



1984 November Flood Photo No. 2 (taken on Nov. 8)

This picture shows a view of the submerged road connecting the two towns of Panay and Pontevedra and the surrounding paddy fields/houses at Agbalo village. The water has overflowed from the Pontevedra river seen at the right side of this picture.

1984年11月の台風ウンダンによる洪水の写真





1984 November Flood Photo No. 3 (taken on Nov. 7)

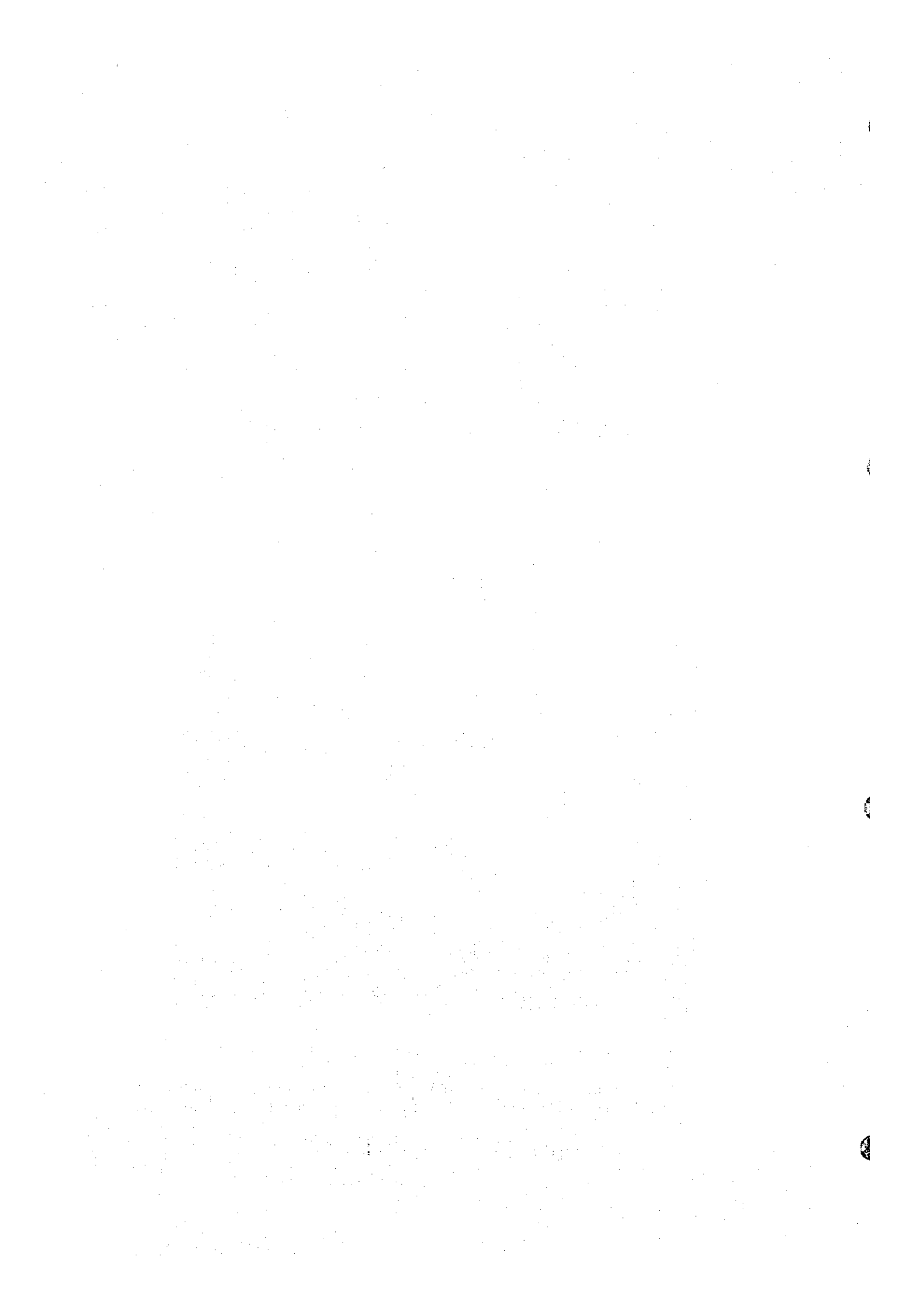
This picture shows the scene of submerged road connecting the two towns of Panay and Pontevedra. The JICA jeep seen in the picture had to give up going to the Pontevedra town on the way due to the deeper water depth and high flow velocity.



1984 November Flood Photo No. 4 (taken on Nov. 9)

This picture shows the paddy fields along the Pontevedra river which are still submerged even 4 days after the typhoon attack.

1984年11月の台風ウンダンによる洪水の写真



# 目 次

	ページ
要 約 .....	S-1
第1章 結 論 .....	1-1
1.1 調査の概略 .....	1-1
1.2 報 告 書 .....	1-2
1.3 謝 辞 .....	1-3
第2章 背 景 .....	2-1
2.1 開発の必要性 .....	2-1
2.2 既往洪水 .....	2-2
2.3 過去の調査でなされた勧告 .....	2-2
2.3.1 過去の調査 .....	2-2
2.3.2 Nationwide Flood Control Plan で提案された計画の概略.....	2-3
第3章 調査地域 .....	3-1
3.1 パナイ川流域 .....	3-1
3.2 自然条件 .....	3-2
3.2.1 気象・水文 .....	3-2
3.2.2 地 質 .....	3-3
3.2.3 地下水開発の可能性 .....	3-3
3.3 土地利用 .....	3-4
3.3.1 流域土地利用の現況 .....	3-4
3.3.2 氾濫区域の土地利用の現況 .....	3-6
3.4 社会経済 .....	3-7
3.4.1 総 説 .....	3-7
3.4.2 人 口 .....	3-8
3.4.3 地域内総生産 .....	3-8
3.4.4 産 業 .....	3-9
3.4.5 運輸・交通 .....	3-11

3.5	流域の洪水および洪水被害額の算定	3-11
3.5.1	河川の現況と特性	3-11
3.5.2	洪水特性	3-12
3.5.3	既往洪水記録	3-12
3.5.4	概 査	3-13
3.5.5	洪水流解析	3-14
3.5.6	洪水被害額の算定	3-15
3.5.7	現況での洪水被害解析	3-16
3.6	農業およびかんがいの開発	3-17
3.6.1	土地利用の現況	3-17
3.6.2	稲作収穫量	3-17
3.6.3	既存のかんがい計画	3-17
3.7	公共用水の供給	3-18
3.8	電力供給	3-19
3.8.1	電力供給系統	3-19
3.8.2	電力供給施設	3-20
3.8.3	既存の電力需要	3-21
3.9	水 取 支	3-22
第4章	流域開発計画策定の基本方針	4-1
4.1	計画作業項目	4-1
4.2	洪水防御計画	4-1
4.2.1	計画策定の基本概念	4-1
4.2.2	計画策定基準	4-2
4.2.3	洪水防御対象地区の設定	4-4
4.2.4	検討すべき計画代替案	4-8
4.3	農業開発計画	4-9
4.4	上工水供給計画	4-9
4.5	水力発電計画	4-10



	ページ
第5章 洪水防御計画 .....	5-1
5.1 概 説 .....	5-1
5.1.1 計画作業の流れ .....	5-1
5.1.2 設計洪水流量 .....	5-2
5.1.3 施設案計画基準 .....	5-2
5.2 長期的洪水防御マスタープラン(LP)の策定.....	5-3
5.2.1 河川改修計画 .....	5-3
5.2.2 放水路計画 .....	5-4
5.2.3 多目的ダム計画.....	5-7
5.2.4 河川改修とダム計画の複合案.....	5-12
5.2.5 長期計画案の算定 .....	5-15
5.3 中期的洪水防御事業の策定.....	5-17
5.4 短期的暫定事業の策定.....	5-18
5.4.1 輪中提案 .....	5-18
5.4.2 河川改修-ダム計画案.....	5-18
5.4.3 その他の特定地点における計画 .....	5-19
5.4.4 短期的暫定計画案の選定 .....	5-20
5.5 非施設の方策の検討 .....	5-22
5.5.1 非施設の方策の代替案 .....	5-22
5.5.2 非施設の方策の評価及び選定 .....	5-24
5.6 洪水予警施設 .....	5-25
5.7 洪水防御事業の策定 .....	5-26
第6章 農業およびかんがいの開発計画 .....	6-1
6.1 将来の開発計画 .....	6-1
6.1.1 開発の基本方針 .....	6-1
6.1.2 かんがい区域の選定 .....	6-1
6.2 計画かんがい区域の現況 .....	6-2
6.2.1 自然条件 .....	6-2
6.2.2 土地利用の現況 .....	6-3
6.2.3 農業人口 .....	6-3
6.2.4 農業生産量 .....	6-4

	ページ
6.2.5 米の市場と価格 .....	6-4
6.2.6 農家の収入・支出 .....	6-5
6.3 かんがい計画の策定 .....	6-5
6.3.1 予想収穫量 .....	6-5
6.3.2 必要かんがい用水量 .....	6-6
6.3.3 必要排水量 .....	6-7
6.3.4 パニタン・パナイかんがい区域 の取水方式の検討 .....	6-7
6.3.5 かんがい設備 .....	6-7
6.4 開発費用の算定 .....	6-8
6.5 開発計画の評価 .....	6-10
6.5.1 経 済 評 価 .....	6-10
6.5.2 農家の収入・支出 .....	6-13
第7章 上工水供給計画 .....	7-1
7.1 流域の水需要の推定 .....	7-1
7.1.1 開 発 基 準 .....	7-1
7.1.2 水需要の推定 .....	7-3
7.2 ロハス上工水供給施設 .....	7-3
7.2.1 施設の必要性と経緯 .....	7-3
7.2.2 現存する水道供給施設 .....	7-3
7.3 既存システムの問題点 .....	7-4
7.3.1 飲料水中の塩分 .....	7-4
7.3.2 漏 水 .....	7-4
7.4 改修計画の基本案 .....	7-5
7.4.1 水 需 要 .....	7-5
7.4.2 計 画 規 模 .....	7-5
7.5 代替取水施設の比較 .....	7-6
7.5.1 ローア-パナイ川の塩水遡上 .....	7-6
7.5.2 代替取水施設 .....	7-7
7.5.3 代替給水案の比較 .....	7-8

	<u>ページ</u>
7.6 ロハス上工水供給計画の経済評価 .....	7-8
7.6.1 経済評価における前提条件 .....	7-8
7.6.2 便 益 .....	7-8
7.6.3 費 用 .....	7-10
7.6.4 結 論 .....	7-10
7.7 ロハス上工木供給計画の財務評価 .....	7-11
7.7.1 財務評価における前提条件 .....	7-11
7.7.2 評価分析のケース選定 .....	7-12
7.7.3 分析結果 .....	7-12
第8章 水力発電計画 .....	8-1
8.1 配電網と電力需要予測 .....	8-1
8.1.1 パナイ島の電力供給の現状 .....	8-1
8.1.2 既存の発電設備 .....	8-1
8.1.3 電力需要予測 .....	8-2
8.2 水力発電計画の策定 .....	8-2
8.2.1 パナイB多目的ダム .....	8-2
8.3 水力発電計画の実施計画 .....	8-3
8.3.1 パナイ配電網内の電力負荷・供給量 .....	8-3
8.3.2 推 薦 案 .....	8-3
第9章 環 境 評 価 .....	9-1
9.1 水 質 .....	9-1
9.2 土 壤 侵 食 .....	9-1
9.2.1 土砂流出と土壌侵食 .....	9-1
9.2.2 河床変動 .....	9-2
9.2.3 地すべり .....	9-2
9.3 魚とその他の野生動植物 .....	9-2
9.4 舟 運 .....	9-3
9.5 公衆衛生 .....	9-3

	ページ
第10章 流域開発計画 .....	10-1
10.1 開発プロジェクトの総括 .....	10-1
10.1.1 全体事業の概要 .....	10-1
10.1.2 開発プロジェクトの概要 .....	10-2
10.2 実施工程計画 .....	10-6
10.3 開発事業費及び経済評価 .....	10-6
10.3.1 開発事業費 .....	10-6
10.3.2 事業別経済評価 .....	10-7
10.4 洪水防御計画案の技術的考察 .....	10-9
10.4.1 第一期計画案 .....	10-9
10.4.2 第二期および第三期計画案 .....	10-12
10.5 養殖漁業および地下水開発 .....	10-15
10.5.1 養殖漁業開発 .....	10-15
10.5.2 地下水開発 .....	10-16
第11章 勸告 .....	11-1

## 付 表 目 録

付表番号	表 題	ページ
表 3.3-1	バナイ河流域の行政区分現地土地利用 .....	I-1
表 3.3-2	洪水氾濫域土地利用及び家屋数 .....	I-2
表 3.4-1	行政区別人口予測 .....	I-3
表 3.4-2	国内地域別総生産高予測 .....	I-4
表 3.5-1	洪水氾濫域別面積及び浸水家屋数 .....	I-5
表 3.5-2	1984年開発現況下における確率年毎の洪水被害算定額 .....	I-6
表 3.5-3	2009年開発現況下における確率年毎の洪水被害算定額 .....	I-7
表 3.5-4	2029年開発現況下における確率年毎の洪水被害算定額 .....	I-8
表 3.7-1	キャピツ県の水道状況(レベルⅢ) .....	I-9
表 3.8-1	バナイ配電網内の電力供給及び消費記録 .....	I-10
表 3.8-2	キャピツ県内の電力供給及び消費記録 .....	I-11
表 4.2-1	河川区内及び主要町村別洪水被害ポテンシャル .....	I-12
表 4.2-2	河川区内ごとの洪水被害指標 .....	I-13
表 4.2-3	防衛代替案(構造物による対策) .....	I-14
表 4.2-4	防衛地域代替案の評価 .....	I-15
表 4.2-5	非施設対策による代替案 .....	I-16
表 5.2-1	河川改修工事(長期案)の経済評価 <div style="text-align: center;">—河川区間ごと(ダムなし) .....</div>	I-17
表 5.2-2	放水路計画と対応する河川改修計画 .....	I-18
表 5.2-3	バナイ河流域のダムサイト修復地の予備検討結果 .....	I-19
表 5.2-4	各ダム計画の概要 .....	I-21
表 5.2-5	予備検討で選定された4つのダムの洪水制御容量 .....	I-22
表 5.2-6	ダム製造前後の洪水水位と流量 .....	I-23
表 5.2-7	ダムあり及びダムなし状態の洪水水位と流量 <div style="text-align: center;">(パニタン基準点・100年洪水) .....</div>	I-24
表 5.2-8	提案された長期洪水防衛計画(構造物による対策) <div style="text-align: center;">—河川区間及びダム別の評価 .....</div>	I-25
表 5.3-1	中期洪水防衛計画代替案の比較 .....	I-26
表 5.3-2	中期洪水防衛計画の評価(輪中含まず) .....	I-27
表 5.3-3	中期洪水防衛計画の評価(輪中含む) .....	I-28

付表番号	表 題	ページ
表 5.3-4	中期計画の段階施工の評価	I-29
表 5.4-1	輪中計画の経済評価	I-30
表 5.4-2	短期洪水防御計画（第一案）の評価—輪中堤防御地域を除く	I-31
表 5.4-3	短期洪水防御計画（第二案）の評価—輪中堤防御地域を除く	I-32
表 5.4-4	部分改修工事の費用・便益比較	I-33
表 5.4-5	パニタン～パナイ～ポンテベドラ区域の開発計画比較	I-34
表 5.4-6	提案された短期計画（構造物による対策）	I-35
表 5.5-1	非施設的対策の工事単価	I-36
表 5.5-2	非施設的対策の評価	I-37
表 5.6-1	洪水予報システムの設備費	I-38
表 5.6-2	洪水予警報システムの経済計画	I-39
表 5.7-1	洪水防御計画—長・中・短期計画案	I-40
表 6.3-1	パニタン—パナイ地区の灌漑用単位取水要求量	I-41
表 6.3-2	マンブサオ地区（ケース1）の灌漑用単位取水要求量	I-42
表 6.3-3	マンブサオ地区（ケース2）の灌漑用単位取水要求量	I-43
表 6.3-4	灌漑用水需要量	I-44
表 6.3-5	取水システム代替案の概要比較	I-45
表 6.3-6	取水システム代替案の経済比較	I-46
表 6.3-7	パニタン—パナイ地区のプロジェクト設備概要	I-47
表 6.3-8	マンブサオ地区のプロジェクト設備概要	I-48
表 6.5-1	プロジェクトを実施する場合の純生産価値	I-49
表 6.5-2	プロジェクトを実施しない場合の純生産価値	I-50
表 6.5-3	プロジェクトを実施する場合としない場合の農家収支 （1984年地方市場価格）	I-51
表 7.1-1	自治体毎の上水需要予測	I-52
表 8.1-1	NPC 及び本調査による電力需要予測	I-53
表 9.2-1	土地利用適性地図からの土壤保全分類	I-54
表 9.2-2	各ダム流域の土地利用区分	I-55
表10.1-1	提案プロジェクトの計画概要	I-56
表10.3-1	河川改修の工事費用概算	I-62
表10.3-2	パナイBダムの工事費	I-63
表10.3-3	各輪中計画工事費（第1期プロジェクト）	I-64

付表番号	表 題	ページ
表10.3-4	各輪中計画の工事費（第2期プロジェクト）	I-65
表10.3-5	非施設の対象の費用見積り	I-66
表10.3-6	バンタン～バナイ灌漑プロジェクトの工事費	I-67
表10.3-7	マンブサオ灌漑プロジェクトの工事費	I-68
表10.3-8	提案されたロルス市水道地区改良計画の工事費	I-69
表10.3-9	提案されたプロジェクトの経済評価	I-70
表10.3-10	感度分析結果	I-71
表11.1-1	洪水氾濫地区における将来土地利用及び開発規制試案	I-72

## 付 図 目 録

付図番号	表 題
図 3.1-1	地域全体図
図 3.2-1	バナイ河流域の当雨量線地図
図 3.2-2	測水所の位置
図 3.2-3	バナイ河流域の地質分布図
図 3.3-1	バナイ河流域の現況土地利用
図 3.3-2	洪水による冠水地域図
図 3.3-3	洪水解析のための河川区間区分
図 3.3-4	100年洪水冠水地域の現況土地利用図
図 3.5-1	現況バナイ河通水容量、河幅、及び水深
図 3.5-2	1984年11月(ウンダン台風)洪水
図 3.5-3	ウンダン洪水の縦断図
図 3.5-4	河川システムのモデル
図 3.5-5	現況河道の洪水流量配分図
図 3.5-6	5年洪水の冠水深
図 3.5-7	25年洪水の冠水深
図 3.5-8	100年洪水の冠水深
図 3.6-1	現在RIS(河川水灌漑システム)とCIS(共同灌漑システム)の位置図
図 3.6-2	現在PIS(ポンプ灌漑システム)の位置図
図 3.8-2	1984年バナイ電力システム
図 3.9-1	水収支の概略図
図 4.2-2	100年洪水の洪水被害強度
図 4.2-3	代替案1及び2の洪水防御地区
図 4.2-4	代替案3及び4の洪水防御地区
図 4.2-5	代替案5及び6の洪水防御地区
図 4.2-6	洪水防御地区代替案の比較
図 5.1-1	洪水防御計画の策定作業図
図 5.1-2	洪水防御地区代替案4の設計洪水流量(100年洪水)
図 5.2-2	バルクアン分水路の路線図
図 5.2-3	マンブサオーサビアン放水路の路線図
図 5.2-4	パニタン高水分水路の路線図



付図番号

表 題

図 5.2-5	パニタンーバイラン放水路の路線図
図 5.2-6	コゴン放水路の路線図
図 5.2-7	ハムラオン放水路の路線図
図 5.2-8	ダムライト位置図
図 5.2-9	ダム代替案の主要基準点でのピーク流量（現況河道）
図 5.2-10	ダム代替案の主要基準点でのピーク水位（現況河道）
図 5.2-11	長期改修河道にダムをつけた場合の主要基準点でのピーク流量
図 5.2-12	長期改修河道にダムをつけた場合の主要基準点でのピーク水位
図 5.2-13	長期改修計画代替案DR-1設計洪水流量配分図
図 5.4-1	輪中計画の位置図
図 5.6-1	提案された洪水予警報システム
図 6.1-1	灌漑可能区域図
図 6.2-1	パニタンーバナイ地区の土地利用適性図
図 6.2-2	マンブサオ地区の土地利用適性図
図 6.2-3	現況作付図
図 6.3-1	提案された作付パターン
図 6.3-2	作付カレンダー
図 6.3-3	取水計画代替案の比較
図 6.3-4	ポンプ場
図 6.3-5	取水堰
図 6.3-6	パニタンーバナイ地区の灌漑計画全体図
図 6.3-7	マンブサオ地区の灌漑計画全体図
図 7.2-1	現況水道供給システム
図 7.5-1	代替案1：全体図
図 7.5-2	代替案2：全体図
図 7.5-3	代替案3：全体図
図 7.5-4	代替案3：ローアバナイ川縦断図
図 7.5-5	代替案3：取水施設及び混入水路全体図
図 7.5-6	代替案3：橋管詳細図
図 7.5-7	代替案3：ローアバナイ川の防潮水門
図 7.5-8	代替案3：派川の防潮水門
図 8.3-1	バナイ島内の発電所設置計画

付図番号

表 題

図 9.2-1	選択されたダムサイト流域の浸蝕被害分類
図 9.2-2	選択されたダムサイト流域の土地利用図
図10.1-1	第一期計画
図10.1-2	バナイBダム計画
図10.1-3	ダオ町の輪中計画図
図10.1-4	カルテロ町の輪中計画図
図10.1-5	シグマ町の輪中計画図
図10.1-6	マンブサオ町の輪中計画
図10.1-7	第2期プロジェクトの計画
図10.1-8	マアヨン町の輪中計画
図10.1-9	ハミンダン町の輪中計画
図10.1-10	ドラマグ町の輪中計画
図10.1-11	第3期プロジェクトの計画
図10.2-1	提案されたプロジェクトの実施スケジュール
図10.4-1	第1期洪水防御計画の流量・水位への効果(10年洪水)
図10.4-2	第3期洪水防御計画の流量め水位への効果(100年洪水)
図11.1-1	将来の土地開発に対する予備区分図

略 語

ADB	アジア開発銀行
AKELCO	アクラン電力共同組合
AMC	市場開拓共同組合
ANTECO	アンティケ電力共同組合
BAEX	農業拡大局
BCGS	国土地理局
BAECON	農業経済局
BPT	営林局
BS	土壤局
CAPELCO	キャピツ電力共同組合
CAPLECS	法律強制伝達システム
CIS	共同灌漑システム
CY	カレンダー年度（暦年度）
DBP	フィリピン開発銀行
EIRR	経済的内部収益率
EL	標高
F. C	外貨
EPA	肥料及び殺虫剤庁
F/S	実行可能性検討
FSDC	農家システム開発公社
FWL	洪水位
FY	会計年度
GDP	国内総生産
GNP	国民総生産
GOP	フィリピン政府
GRDP	地域国民総生産
GVA	総付加価値
HWL	高水位
HYV	多収穫種
ILECO	イロイロ電力共同組合
IRR	内部収益率

ISA	灌漑サービス
JICA	国際協力事業団
KKK	全国生計計画
L. C.	内貨
LBP	フィリピン土地銀行
LRM	地方資源管理
LWL	低水位
LWUA	地方水道施設庁
MAR	農地改革省
MAF	農業食糧省
MHS	居住環境省
MLG	地方政府省
MOH	厚生省
MPW	公共事業省
MPWH	公共事業道路省
MWSS	首都水道・排水システム
NASUTRA	全国砂糖貿易公社
NCSO	全国人口統計事務所
NEA	全国電化庁
NEDA	全国経済開発庁
NFA	全国食糧庁
NFAC	全国食糧・農業協議会
NIA	全国灌漑庁
NIS	全国灌漑システム
NPC	全国電力公団
NPCC	全国公害規制委員会
NPV	純現在価値
NSDW	飲料水の全国基準
NWRC	全国水資源協議会
OECE	海外経済協力基金
O&M	維持管理
p. a.	一年間に付
PAGASA	フィリピン気象庁

PCARR	フィリピン農業・資源研究協議会
PCIC	フィリピン穀物保険公社
PECC	パナイ電力有限会社
PHILSUCOM	フィリピン砂糖委員会
PIS	ポンプ灌漑システム
RIS	河川水灌漑システム
ROX-WD	ロハス市水道地区
RWDC	地方水道・排水公社
SCF	標準換算率
SEAFDEC	東南アジア漁業開発センター
TWL	下流水位

## 調 査 団 員 名 簿

団 長	高 橋 博 亮
副 団 長	加 藤 道 人
河 川 計 画	西 川 龍 三
水 文 ・ 河 川 計 画	岡 田 弘
農 業 経 済	山 田 喜 作
農 業	松 井 慎 道
灌 漑 計 画	関 根 博 道
灌 漑 設 計	永 野 信 之
夕 ム 計 画	田 中 浩 平
地 質 ・ 地 下 水	谷 古 宇 光 治
土 地 利 用 計 画 ・ プ ロ ジ ェ ク ト 経 済	田 篠 達 郎 <sup>(1)</sup>
電 力 需 要	富 山 桂 紀
工 事 費 積 算	関 英 一 郎
上 工 水 需 要 計 画	春 日 光 昭 <sup>(2)</sup>
構 造 物 設 計	古 川 隆 司
水 理 デ ー タ 分 析	大 内 実
環 境 ・ 評 価	柳 林 実 <sup>(3)</sup>

注：下記の3名を除き、総ての専門家は、  
日本工営株式会社より派遣された。

- (1) 田 篠 達 郎      プロジェクト経済研究所
- (2) 春 日 光 昭      中央復建コンサルタント
- (3) 柳 林 実      地域開発コンサルタント

# 第 1 章 結 論

## 1.1 調査の概略

バナイ川流域は現在まで、ほとんど毎年洪水による被害を受けてきているにも拘らず、何ら対策がとられていない。この為バナイ川流域では、洪水により流域の経済開発が立ち遅れ、住民の生活は不便を強いられてきた。

このような背景のもとに、1979年から1982年にかけてフィリピンの12の主要河川を対象に実施された全国洪水防衛計画の中で、バナイ川の洪水について検討がなされた。

この検討の結果、バナイ川の洪水防衛対策のより詳細な調査・検討の必要性が確認された。

これを受けて、フィリピン政府から日本政府へバナイ川流域の洪水防衛計画の実施に関し技術協力の要請があり、日本政府はこの要請を受け入れた。

調査の内容は、1982年12月17日に、フィリピン政府と国際協力事業団（JICA）の間で合意に達した。調査は1983年 8月に開始され、予定としては1985年 7月末に完了することになっている。

調査の目的は、バナイ川流域の有機的な水資源開発案を確立することである。社会経済、水文、洪水防衛、農業開発、地下水、多目的ダム、水供給及び土地利用を含めた関連分野にも検討が加えられるが、中でも洪水防衛に重点が置かれている。

今回の調査に先立ち、バナイ川の縦横断測量の指導監督および成果品の精度維持の管理が、別途のJICAプロジェクトとして、実施された。1984年 7月までに、その成果がまとめられ、バナイ川とその支流約150kmにわたる区域の1万分の1の地形図が整備された。これにより、本調査においても、洪水被害推定の基礎となる洪水位、氾濫域の正確な推定、洪水被害の算定および工事数量の精度向上が可能となった。既存の5万分の1の地形図から得られる情報のみでは、本調査の意図する調査精度は達成できなかったと思われる。また、これらの地形情報は、本調査のみならず、今後の調査段階においても、河道計画、かんがいおよび道路等の施設計画、更には流域内のその他の開発計画などにおいても有用性を発揮するであろう。

## 1.2 報告書

報告書は、以下に示す通り、計 8冊からなり概要報告書、主報告書、13分野の付属書及び 2種の資料から構成されている。

- 概要報告書
- 主報告書
- 付属報告書 I : 付属書 I 気象・水文、
- 付属報告書 II : 付属書 II 地質・地下水
- 付属書 III 洪水被害
- 付属書 IV 洪水防衛
- 付属書 V 多目的ダム
- 付属報告書 III : 付属書 VI 農業開発
- 付属書 VII かんがい開発
- 付属報告書 IV : 付属書 VIII 上水供給
- 付属書 IX 社会経済
- 付属書 X 電力の需要・供給
- 付属書 XI 環境
- 付属書 XII 建設費
- 付属書 XIII 1984年11月洪水に関する追加調査
- 資料 I
- 資料 II

概要報告書は調査結果と提案事項の要約を述べる。主報告書では、調査結果の要約が、また付属報告書では、各分野のデータ、解析及び推定が掲載されている。資料には現場で得られた気象・水文及び地質のデータがまとめられている。



### 1.3 謝 辞

調査実施に際し、寄せられた御協力に対し、JICAは、フィリピン政府の関係各省庁、担当者に心から感謝を申し上げたい。特に調査に直接関わった公共事業・道路省（HPWH）からは多大な御援助を賜ったことを特記したい。また、HPWHの地方事務所の局長・技師ならびに、他省の地方・州事務所にも謝意を表す。

## 第2章 背景

### 2.1 開発の必要性

パナイ川流域の特徴は、バド balan、マンブリオ及びマーヨンといった主要な支川がすべて、平坦地の広がる中流域で合流する点である。洪水流は、キャピツ湾に達するまで中流域・下流域の蛇行水路を流下し、流域に水害を引き起す。主に、蛇行と堆砂による河口閉塞により、パナイ川は中下流域において、洪水流の流下能力が不足している。このような現状にも拘らず、パナイ川は、洗掘箇所にも多少、護岸が施されている以外、河川改修・堤防の建設はされておらず、自然河川に近いままである。

台風は、ほぼ2年に1回の割合でパナイ島を襲う。パナイ川流域の大規模な洪水は、台風期にその殆んどが集中している。パナイ川の中下流域の洪水被害地域は、農業生産の中心地で、更にこの地域の経済活動は、洪水被害地域の主要都市に集中している。パナイ川流域の洪水問題は、長年にわたり、地域の経済開発と地域住民の生活安定の足かせとなっている。それ故、流域の開発計画の中で、この洪水防衛対策の確立が非常に重要な部分を占める。

パナイ川流域における上水供給は未だ小規模に行われている。現有の上水供給設備のうちで最大のものはロハス水道組合である。この水道施設は取水口への塩水混入の問題を抱えており、水質劣化の改善は緊急課題である。また需要増に対応するために、新規の水源地開発も必要となるであろう。本調査では、水質・水量の両面にわたる水道設備の改善を取り扱う。

パナイ川流域は一部で年間3,500mm を越える多雨地域であり、特にパナイ川上流部沿いの西部山地において、豊富な流量を利用した水力発電プロジェクトが有望である。水力発電プロジェクトは、停滞気味のパナイ島の電力供給を活性化することとなる。

上記の開発ニーズに鑑み、本調査の目的は第一にパナイ川に固有の洪水問題を解消することである。包括的な洪水防衛計画が流域開発計画の中核として策定され、さらに個別の水資源案件であるかんがい開発、上水供給、水力発電の諸計画が検討される。

## 2.2 既往洪水

パナイ川流域は、1948年から1973年の36年間に、19の台風と11の熱帯性低気圧の襲来を受け、その都度様々なレベルの洪水に見舞われている。特に注目すべき洪水は、1973年11月、1976年5月および1984年11月に起きている。そのうち最大洪水は、オープン台風による1973年の洪水である。この洪水はパナイ川流域で広範囲の浸水を惹き起こした。この洪水による被害は1973年価格で $57.4 \times 10^6$  ペソ、現在価格（1984年）で  $341 \times 10^6$  ペソと算定された。

1984年のウンダン台風による洪水もパナイ川流域において記憶に新しい。ウンダン洪水はパナイ島北部において広汎な被害を与えた。パナイ川の洪水氾濫によってキャピツ州で78,691軒の家屋が被害を被った。ウンダン洪水の総被害額は  $248 \times 10^6$  ペソと算定され、そのうち半分以上がキャピツ州におけるものである。

ウンダン洪水は本調査で特別に重要な洪水である。本洪水に関する気象および水文データは、オープン洪水を含めて他の洪水に比して、格段に充実している。洪水流水解析は、ウンダン洪水の諸データを利用することによって精度の向上が可能であった。ウンダン洪水は現地調査の末期に起きたため、スケジュールの制約のためドラフトファイナル時にはウンダンのデータを限定的にしか活用することができなかった。1985年6月には、ウンダン洪水に関する追加調査が行われ洪水流出および被害に関する新規のデータが収集された。追加収集された雨量、流量、洪水痕跡および浸水状況に関するデータは、本最終レポートにおける洪水解析の修正に供され、その結果は本文中にとりまとめられている。

## 2.3 過去の調査でなされた勧告

### 2.3.1 過去の調査

パナイ川の流域開発については、過去2度にわたって、調査が行なわれ、その結果は今回の調査に、大いに参考になっている。この2度の調査は、次の通りである。

- (a) Nationwide Flood Control Plan and River Dredging Program (1982年11月)
- (b) Framework Plan of Western Visayas Region Panay River Basin  
(NWRC、1977年11月)

この2つの調査の概略を以下に説明する。

以下この2つの調査をそれぞれ、“Nationwide Flood Control Plan” 及び “Framework Plan” と呼ぶ。

### Nationwide Flood Control Plan

本調査は、公共事業・道路省（MPWH）の依頼を受けて、日本工営、日建コンサルタンツ並びにBasic Technology and Management Corporationの3社により実施された。本調査の目的は、フィリピンの12の主要河川の洪水防御計画のマスタープランを作成するもので、バナイ川も対象とされた。

本調査では、洪水防御についてのみ、詳細な検討がなされ、かんがい、上水供給及び水力発電といった分野の検討は行なわれていない。

### Framework Plan

本レポートは、国家水資源局（NHRC）により作成され、バナイ川流域の水資源・土地資源を広範囲にわたって、検討している。また、バナイ川流域の流域開発計画を実施する際の指針としても利用し得る。本調査報告書には、降水、河川流、人口、水需要、土地利用、土壌分布、既存の開発計画などに関する多くの有益な情報が掲載されている。

#### 2.3.2 Nationwide Flood Control Plan で提案された計画の概略

“Nationwide Flood Control Plan”では、バナイ川の洪水防御計画について以下の様に記述されている。

#### 基本計画

100年確率洪水を対象とした基本マスター計画で、堤防の整備、河川拡幅及びバナイ川の支川であるバドバラン川での洪水防御用ダムの建設が提案されている。河川改修の対象地域は、バナイ川（但し、下流域を除く）、バドバラン川、マンブサオ川及びボンデベドラ川である。

#### 第1期計画

報告書では、基本計画の段階的实施が提言されており、第1期計画では、設計洪水量の規模を小さくして、25年確率洪水を対象としている。構造物の種類及び改修区間については、基本計画と同じである。第1期計画の第1段階として、最も頻繁に洪水被害にあう最下流

域（ポンテベドラ川）の早期改修が勧告されている。上流域の河川改修及びバドバランダム  
ム建設は第1期計画の第2段階に予定されている。

これらの勧告は、今回の調査においても十分考慮されている。

## 第3章 調査地域

### 3.1 パナイ川流域

パナイ川は、流域の集水面積が約 2,180 K $\pi$ で、本川延長が約152Km であり、西部ピサヤ州にあるパナイ島の北東域に位置している。流域のほとんどはCapiz 県に属し、ごく一部がイロイロ県およびアクラン県に属しており、流域の南側はイロイロ県、西側はアンティック県、北西側はアクラン県、そして北側はサピアン湾に面している。

パナイ川は本流のパナイ川とバトバラン川、マンブサオ川、およびマーヨン川の3支川で構成されている。

パナイ川 は、パナイ流域の西側分水嶺を形成する高部山岳地域に源を発し、その主流は、最初南方へ流れ、次に東方に流れを変え、さらにバトバラン川が合流する点から北東へと流れを変え、最後に再び東方へ流れを変えて、ピラール湾に流入している。

マンブサオ川 も、パナイ流域の西側分水嶺を形成する高部山岳地域の北側に源を発し、東方へ流れてダオ町付近でパナイ川に合流している蛇行のはげしい川である。

バトバラン川 は、最高標高が 500m程度の比較的低い山々で形成される東側の分水嶺に端を発する。バトバラン川流域は概して、南側が非常になだらかな地形なのに対し、北側は比較的急峻な地形となっている。バトバラン川は西側へ流れ、パナイ川に合流するが、下流部の氾濫原ではかなりの蛇行が見られる。

マーヨン川 は、パナイ川流域の東側分水嶺を形成する標高数 100メートルの山地域に源を発し、西方に流れて、マーヨン町の下流でパナイ川に合流する。

パナイ川の中流部は堀込河道であり蛇行が著しい。特にマーヨン川とマンブサオ川との合流点区間では、蛇行が著しく、河道沿いに多くの三ヶ月湖が残っている。パナイ川の中流域および下流域は、ほぼ平坦な沖積平野を形成し、主に稲作に使われている。自然堤防はパナイ川沿いにはほとんど無い。

パナイ川はパニタン町の約5 Km下流でローアーパナイ川とボンテベドラ川に分流する。ボンテベドラ川が主流であり、ローアーパナイ川へはごく一部が分流している。ボンテベドラ川の下流区間は養魚池用に築造された堤防に囲まれている。又ボンテベドラ町の下流でハムラウオン川が分派している。

## 3.2 自然条件

### 3.2.1 気象水文

流域の気候は、気象庁 (PAGASA) の分類によると、パナイ流域の実際の気候とは多少異なるものの、タイプⅢに属し、年間を通じて気候上の変動が穏やかなものとして特徴づけられる。流域の年間平均気温と相対湿度はそれぞれ平均 $27^{\circ}\text{C}$ と $81\%$ であり、月々の変動は双方とも小さい。降雨量は、変動がはっきりしており、2月から4月の3ヶ月間は他の月よりも比較的少なく、月雨量は通常 $100\text{mm}$ 以下であり、6月から11月の6ヶ月間は比較的多く、月雨量は通常 $200\text{mm}$ を超える。少雨期と多雨期の間は遷移期間である。パナイ川流域での年間雨量は流域平均で $2,559\text{mm}$ であるが、図3.2-1に示すように西側分水嶺付近の山地域の $3,500\text{mm}$ から南東域の $2,000\text{mm}$ まで幅広く遷移している。現在16ヶ所に雨量計が設置されており、西側および東側の分水嶺近くの山地域を除き、比較的均一に配置されている。パナイ川の水位・流量は過去において3ヶ所で比較的長期(20年以上)の観測が行われたが、現在は別の9ヶ所に水位計が設置され、大部分が現在稼働中である。これらの観測記録を基に算定した流量はポンテベドラ川との分派点(集水面積 $1,976\text{km}^2$ )で年流出量は $2,920 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、これに対応した平均流量は $92.6 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。又、年間を通じて95%の期間確保できる流量は、同地点で $16.2 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。水位観測所の位置は図3.2-2に示す。

流域での集中的な豪雨は主に台風の通過によって引き起こされる。過去の記録によれば、1948年から1984年の37年間に19個の台風がパナイ島を来襲した。即ち2年に1回の割合である。このうちパナイ川流域に大洪水を引き起こした特筆すべき台風は、1973年11月の台風オペンと1984年11月の台風ウンダンである。台風オペンによる洪水はおそらく戦後最大のものであり、生起確率は約25年と推定される。台風オペン来襲時の3日間雨量はロハス市で $269.6\text{mm}$ 、プレジデントロハス町で $384.8\text{mm}$ 、リバカオ町(アクラン県)で $519.1\text{mm}$ 、そしてクラシ町(アンティック県)で $665.5\text{mm}$ であった。この洪水で引き起こされた尖頭流量はクアルテロ町で $1,420 \text{ m}^3/\text{sec}$ と算定されている。

1984年の台風ウンダンによって引き起こされた洪水は、台風オペンによる洪水よりも全体として規模が小さく、洪水規模は約10年生起確率と評価された。台風ウンダンによる洪水で重要な点は、豪雨及び洪水水位・流量がパナイ流域に新たに設置された観測所で観測することができたということである。観測された3日間雨量はロハス市で $104.0\text{mm}$ 、

プレジデントロハス町で 163.6mm、リバカオ町（アクラン県）で 138.0mm、そしてクラシ町（アンティック県）で 167.7mmであった。又、洪水の尖頭流量はクアルテロ町で  $1,080 \text{ m}^3 / \text{sec}$ 、パニタン町で  $1,450 \text{ m}^3 / \text{sec}$ と算定されていたが、この流量は特にパニタンにおいて、調査団によって実施された実際の洪水流量観測結果によって裏付けられている。又、洪水氾濫については、洪水痕跡調査及び地域住民からの聞き込み調査によって必要な記録が収集された。従って洪水解析および氾濫シミュレーションは台風ウンダンによる降風及び洪水記録を基に、モデルを作成し、計算の検証をすることになった。

### 3.2.2 地質

アッパーパナイ川およびマンブリオ川の流域は漸新-中新世の比較的堅く固結した隙岩、砂岩、およびシルトより構成されている。一方、バドバラン川およびマーヨン川の流域は前期鮮新世の安山岩質火山角隙岩と漸新世の安山岩で構成されている。又流域中央部は低い緩やかな丘陵地であり、前期中新-鮮新世時代の比較的やわらかく団結したシルト質岩、粘板岩、砂岩および隙岩で構成されている。そして下流域では、パナイ川本川河道沿いに、広く平坦な耕作地が発達しており、第4紀の沖積および洪積岩で構成されている。

上述の岩質は各流域の代表的なものであるが、他に鮮新-更新世の石灰岩、前期中新-鮮新世の比較的堅く団結した砂岩および漸新世の堅い砂岩等数種類の岩石が観測されている。パナイ河流域のほとんどの岩体はかなり若い地質年代に属しているが、一般に安山岩質火山角隙岩、堅い砂岩、堅い隙岩および石灰岩を除き比較的やわらかいものが多い。パナイ川流域の地質地図を図 3.2-3に示す。

### 3.2.3 地下水開発の可能性

NWRCによる全体計画によると、パナイ川流域全体での平均年降水量は  $1 \text{ km}^2$  当り 88 l/sec 見積られている。その内、パナイ川およびその支川への計算上の地下水供給は  $1 \text{ km}^2$  当り 25 l/sec である。つまり 62 l/sec が蒸発散と表面流失と推定されている。

本川河道沿いには沖積堆積物で形成される広い平坦な耕作地が広がっているが、沖積堆積物が風化した粘土質の土が大部分で粗い堆積物はほとんど存在しない。この沖積堆積物の厚さは、中流部で約 10 m から 20 m であり、下流部で約 30 m かそれ以上である。



沖積堆積物の沖積帯水層がバナイ川の中流部及びマンブサオ川トマーヨン川の下流部に数キロメートル以上の幅で発達している。又、ローアーバナイ川と流域及びポンテベドラ川流域にも、広い範囲に伸びた沖積帯水層が発達している。しかし、最下流域は、海岸部の低湿地地帯となっており、海水の浸入が観察されている。

流域に存在する井戸の観測によると、静的水位（地下水位）はほぼ地表面下-0.3mから-17.5mの範囲であり、平均的には-5.0mという浅い水位である。このうち最も浅い平均静水位はバナイ町での地表面下-1.7mであり、最も深い平均静水位はドゥマラオ町での地表面下-5.6mである。流域での平均地下水位は地表面下 3.0mとなる。一般に、静水位はかなり浅い深さであるといえる。

現存する井戸のほとんどはバナイ川の主な支川沿いにある主要町村つまり、タバツ町、ドゥマラグ町、ドゥマラオ町、ダオ町、シグマ町、パニタン町、マンブサオ町、ハミンダン町、マーヨン町、ポンテベドラ町、バナイ町およびロハス市にある。

さらに現存する井戸の台帳によると、台帳に記入されている108個の井戸の内、わずか約50個の井戸が飲料用として許容しうるものということである。残りの井戸の水は、塩からい、悪臭がする、あるいは色がついている等で水質が悪いということになっている。水質が悪い主な理由は、塩水や、下水からの汚濁物の含入や不十分な自然のろ過による質の悪い帯水層の存在に帰因しているものと考えられる。海水浸入により井戸水が塩からくなるものと考えられるが、調査期間中この塩水浸入が15個の井戸で確認され、特にローアーバナイ川およびポンテベドラ川下流部において顕著であった。

上述の調査結果から判断すると、地下水開発の潜在的可能性は、主にその水質の悪さのために乏しいと結論づけられる。しかし、大規模な地下水開発の可能性はごく小さいものの、小規模な開発で、限られた地域における水源としてならば、可能性は十分あるものと考えられる。

### 3.3 土地利用

#### 3.3.1 流域土地利用の現況

バナイ流域の現在の土地利用状況は、1983年に撮影された縮尺の航空写真を用いて分類された。各々の土地利用の面積と比率は下表にまとめられた通りである。表 3.3-1に、バナイ川流域内の県、市および郡別の土地利用分類の詳細を示す。又、流域の概略土地利用分類の詳細を示す。又、流域の概略土地利用図を、図 3.3-1に示す。

### バナイ川流域における土地利用

土地利用分類	面積 (ha)	比率 (%)
水 田	40,960	19
砂糖きび等畑作物	48,530	21
果樹 (主としてヤシ)	7,740	4
牧場/雑草地	8,410	4
灌 木	86,730	40
森 林	11,880	5
沼地・低湿地	1,850	1
養魚池	10,560	5
住宅地域/村落	1,540	1
合 計	218,200	100

上表よりわかるように、農業としての土地利用は全流域面積の48%を占めるが、一方で45%の面積は灌木および森林で覆われ、何ら集約的な使用がなされていない。工業および商業用としての土地利用は、面積に関していえば無視し得るほど小さい。

沖積平野の大部分は、主として稲作のために耕作されており、丘陵地域は砂糖きび、陸稲、放牧等比較的多種の農業に利用されている。又、山地部の大部分は、焼き畑農業の結果生じたものと考えられる灌木で構成される2次林で被われている。一方、海岸沿いの低地部は養魚池が多く、そのほとんどは沼地あるいは低湿地上に開発されたものである。

#### (1) 農業上の土地利用

稲は流域における最も主要な作物である。水田の全面積は、40,960haであり、流域の19%を占めるが、そのほとんどがバナイ川の中流部および下流部一帯に分布している。つまりダオ、ドゥマラオ、マンブサオおよびバナイ郡においては大部分の土地が稲作に利用されており、2期作あるいは3期作が幅広く実施されている。

砂糖きび等畑作物用に開墾された地域は流域全体の21%即ち約48,530haと見積られている。砂糖きび栽培はドゥマラオ、マーヨンおよびタバツ郡に集中しているが、小さな縮尺の地図上に区別して示すことのできないほどの小規模な砂糖きび栽培もまた、流域に多く分布している。

やし栽培として使用されている面積は、流域全体の4%即ち7,740haであり、主に海岸

沿いや集落付近に存在している。

## (2) 他の土地利用

養魚池は流域全体の約5%即ち10,560haを占め、70%がミルクフィッシュ用である。魚の養殖に関しては、フィリピンの他の地域よりも集約性が高い。

灌木は、高地の斜面上に広がっており、土地占有率としては最も大きい。ここで分類される灌木地は主として土壌の浸蝕性が高いために、将来の農業開発には適さないものと判断される。しかし、灌木といっても土壌の保持および保水において、重要な役割をはたしているといえる。

住宅地域はごくわずかな面積しか占めておらず、全流域面積のわずか1%を占めるのみであり、商業および工業用の土地利用は無視し得るといってよい。しかし、住宅、商業および工業を目的とした土地利用は、流域の人口増や地域経済の発展につれて、将来確実に伸びることが予測される。

### 3.3.2 氾濫区域の土地利用の現況

バナイ川の中流および下流部は氾濫頻度の高い地域であり、それは先の第2章において述べたように、主として河道の疎通能力が不十分なために引き起こされている。5年確率洪水および100年確率洪水で冠水するであろう地域を、図 3.3-2に示す。

本調査で言う洪水常襲地域とは、現在の河道条件の下で、100年確率洪水によって冠水する地域として定義されるものとする。地域としては、海岸沿いの低地部、バナイ川の中流および下流部、そしてマンブサオおよびマーヨン川の低地部を集合したものである。洪水常襲の地域は全面積で 338km<sup>2</sup> となり、それは流域の15%を占めると共に土地利用可能面積の約1/4 を占めている。さらにそこには、流域人口の27%である 121,300人の住民が住んでいる。洪水常襲地域の人口および土地利用を下表に示す。

洪水常襲地域の人口および土地利用

項目	流域合計	洪水常襲地域	占有率 (%)
人口	447,800	121,300	27.1
面積(ha)			
-水田	40,960	18,944	46.3
-砂糖きび	48,530	3,849	7.9
-養魚場	10,560	1,137	10.8
-その他	114,760	9,886	8.6
合計	218,200	33,816	15.5

洪水常襲地域には、18,944haの水田が含まれており、川沿いの沖積平野に幅広く広がっている。洪水常襲地域内の水田は、流域の全水田の46%を占めており、この流域においては稲作が地域経済をささえる主要な経済活動であるので、農地、特に水田の洪水防御に重要性を持たせるべきである。

この流域における砂糖きびは比較的高地で耕作されており、従って洪水常襲地域にある砂糖きび畑はわずかに3,849haであり全面積の約8%にすぎない。

洪水で湛水する地域の土地利用形態を明確にするため、一定のます目で分割したメッシュマップを用いて、より詳細な検討が行なわれた。表 3.3-2は、洪水被害の地域的分布を明確にするために分割された23の河川区間の流域毎に、100年確率洪水による湛水地域の土地利用状況を示している。又、図 3.3-3は、小分割流域の区分を示している。この表からも、水田が上、中、下流域において最大の土地利用形態であることがわかる。水田の湛水は、パナイ川の下流部、中流部（小分割区域H7）において、特に顕著である。又、砂糖きび畑の湛水の大半は、パナイ川の中流および上流域で発生しており、養魚場の湛水はほとんどボンテベドラ地域（小分割区域P1）の最下流域で生じている。洪水常襲地域の土地利用形態の詳細を図 3.3-4に示す。

### 3.4 社会経済

#### 3.4.1 総 説

パナイ川流域面積  $2,181\text{km}^2$  の約90%がキャピッツ県に属し、残りの10%がイロイロおよびアクラン県に属している。キャピッツ県はロハス市と14の郡で構成され、その内12群の各郡全体あるいはその一部が流域内に位置している。キャピッツ、イロイロおよびアクラン県はパナイ島にあるが、行政上は地域VI（西ビサヤ）に属している。

地域VIはパナイ島全体とネグロス島の一部から成り、面積 $20,223\text{km}^2$  に及び  $1,818\text{km}^2$  のアクラン県、 $2,522\text{km}^2$  のアンティック県、 $2,633\text{km}^2$  のキャピッツ県、 $5,324\text{km}^2$  のイロイロ県および  $7,926\text{km}^2$  のネグロスオクシデンタル県の5つの県から構成されている。前4県はパナイ島に位置し、残りの1県がネグロス島に位置する。

### 3.4.2 人 口

NCSOによる1980年人口調査によると、パナイ川流域の人口は447,844人であり、一方キャビッツ県では492,231人である。流域人口の大半はキャビッツヤーノ民族であり、残りはイロンゴ民族である。フィリピンにある73県のうち、キャビッツ県は人口については34番目にランクされている。

キャビッツ県の人口の年間伸び率は1970年から1980年までの統計では平均2.37%と計算された、一方地域VIは2.55%であり、国全体では2.75%であった。流域人口の伸び率は国全体の伸び率よりも低い、地域VIよりも若干高い。

流域における労働人口、即ち15才から64才までの人口は、1980年における流域総人口の52.2%であった。この割合は、国全体および地域VIでは各々54.6%および53.6%であった。キャビッツ県における労働人口は年々伸びているとはいうものの、全人口に占める割合は国全体および地域VIよりも低い状態である。

フィリピンでは農業および関連産業が他の産業よりも、より多くの労働機会を提供している。農業部門には1980年におけるキャビッツ県の就労人口の67.2%が属しており、一方国全体および地域VIでは同年においてそれぞれ51.4%および60.5%が属している。従って、流域の経済は、国の他の地域に比較して、農業活動への依存度が高いといえる。

人口密度は、1980年において単位 $\text{km}^2$ 当り186.9人であった。これは国全体の単位 $\text{km}^2$ 当り223.8人よりも小さい。キャビッツ県の都市部の人口は全人口の13.5%であり、都市部の人口に関しては、キャビッツ県は全国73県の内の66番目に位置する。又、一世帯当りの平均的家族数は、1980年には5.7人であり、全国では5.6人であり、地域VIでは5.8人であった。

流域の将来人口は、1990年に573,000人、2000年に699,000人、そして2020年に825,000人と予測されており、表3.4-1に示す通りである。1980年から2000年および2000年から2020年までの平均伸び率はそれぞれ2.1%および1.0%と推定されている。又将来の一世帯当りの家族数は1980年の5.7人かつ2020年の5.1人に減少するものと予測されている。

### 3.4.3 地域内総生産

地域VIのGRDP(地域内総生産)は、1972年物価水準表示で1983年において

82億8,800万ペソであった。これは国全体の国内総生産GDP1,001億2,500万ペソの8.3%を占める。地域VIのGRDPの内31億7,100万ペソ(38.3%)が農業部門、23億8000万ペソ(28.7%)が工業部門、27億3700万ペソ(33.0%)がサービス部門によって各々生産されている。

地域VIの住民1人当りのGRDPは、1983年において1972年物価水準表示で1,691ペソであり、住民1人当りのGDP1,927ペソの87.8%になる。一方現在の物価水準表示での1983年の住民1人当りのGRDPは5,952ペソであり、住民1人当りのGDPである7,330ペソの81.2%になる。この事実は、地域VIの発展が国全体の発展に比して、わずかに鈍いことを意味している。

NCDAは1984年6月に地域VIにおけるGRDPに関する計画を準備した。しかしそれは1983年から1987年までのわずか5年をカバーするにすぎないものである。

公式な長期経済計画が存在しないため、本調査においては将来のGRDPを、GDPに比例して成長するものと仮定した。つまり本調査においては、過去のデータに基づいてGDPとGRDPとの間の関係は線形であると仮定した。一方キャピッツ県のGRDPもまた、地域VIのGRDPに比例して変化するものと仮定した。その結果を表3.4-2に示す。

フィリピンのGDPは1992年以降年間平均6.5%の率で成長するものと推定される。しかし表3.4-2によると、地域VIのGRDPはGDPよりもやや低い率で成長することになる。表に示されているようにキャピッツ県の住民1人当りのGRDPは地域VIの他の県に比してかなり高いというものの、国全体の住民1人当りのGDPに比べると低くなっている。

#### 3.4.4 産 業

##### (1) 農業、漁業および林業

##### 水 稲

水稲はキャピッツ県の主要な産物である。1981年には、キャピッツ県の水稲生産高はおよそ275,000トンであり、これは地域VIの生産高(1,273,000トン)の3.5%に対応した。この事実はキャピッツ県が地域VIおよび国全体において重要な水稲生産県であることを示している。

##### 砂糖きび

砂糖きびは、外貨収入の主要産物の一つであり、地域VIの主要産物の一つでもある。1981年における地域VIの砂糖きび生産高は国全体の生産高の27%を占めた。キャピッツ

県もまた県の主要農産物の一つとして砂糖きびを生産している。しかし、地域Ⅵの砂糖きび生産高に対するキャビッツ県の生産高はわずか4%であり、従って砂糖きび生産におけるキャビッツ県の役割はかなり小さい。

#### トウモロコシ

トウモロコシは穀類の中で米に次いで重要な農産物であり、特に一年の内で穀物収穫の少ない月における生産物として重要である。1981年における地域Ⅵのトウモロコシ生産高は国全体のわずか2%とはいうものの、その生産高の内約16%がキャビッツ県からのものである。

#### 他の農産物

地域Ⅵにおいて生産されるバナナおよび他の果物の割合は、国全体の生産高の約10%である。しかしキャビッツ県におけるバナナを除く他の果物の生産高はかなり小さく、その大半が自家消費に当てられている。

#### 畜産および養鶏

畜産および養鶏もキャビッツ県の重要な産業の一つである。しかし、ほとんどの生産が小規模な状態で行なわれている。畜産のうち、水牛は肉用だけでなく農場労役用としても使用されている。

#### 漁業

漁業もまた地域Ⅵにとって重要な産業である。1981年における漁業生産高は、2億7,700万トンに上り、これは、国内生産高の17%にあたる。同年におけるキャビッツ県の生産高は1,600万トンであり、地域生産高の6%に当る。キャビッツ県の漁業生産の大半は内陸漁業（養魚）に依存しており、内陸漁業に関しては地域生産高の29%を生産している。

#### 林業

地域における丸太および材木の生産高は、主に開発可能資源の不足により、年々減少してきた。さらに、世界景気の後退により、輸出の需要が減少した。キャビッツ県では丸太や材木をほとんど生産しておらず現状では将来も生産する見込みはない。

#### (2) 工業

キャビッツ県における製造業の発達は今までのところ非常に遅れている。1978年において、キャビッツ県には100人以上雇用している製造業はわずかに2つである。2つの精糖所であるが1つはプレジデントロハス町にあり他の1つはドゥマラグ町にある。上記以外の工業は、5~99人の雇用者がいる小規模なものや、1~4人を雇用している家内工

業である。それらは、食品加工、木材生産、家具製作、靴の生産、貝殻・竹・金属工芸および縫製業等である。

キャピッツ県の将来の発展のためには、地域経済を安定させるために農業の多様化が必要である。農業の多様化は、基本的に米と砂糖きびという2つの作物に依存している農業関連産業を促進するものと考えられる。将来の発展は労働者の集中的な雇用を生み出す小規模の工業も促進する。

### 3.4.5 運輸・交通

1982年現在のキャピッツ県の道路総延長は2,469kmであり、11%即ち285kmが国道、19%即ち467kmが県道、33%即ち819kmが郡道、そして36%即ち898kmが村道となっている。道路密度は1ha当り0.46kmである。

キャピッツ県にはただ1つの港として、クラシ港がある。クラシ港には55.5m×12.0mの栈橋と9.0mの埠頭があり、水深は7.5mである。又キャピッツ県には、ロハス市にただ1つの空港があり1日1便ロハス市とマニラの間に定期便がある。パナイ鉄道はキャピッツ県のロハス市とイロイロ県のイロイロ市を結んでおり本線延長は116.6kmである。

## 3.5 流域の洪水および洪水被害額の算定

### 3.5.1 河川の現況と特性

パナイ川は自然河川であり、洗掘された河岸対策として施工された数ヶ所の護岸を除いて、河道改修箇所はなく人工的な堤防もない。河道は地表面からの掘り込み河道となっており、自然堤防はパナイ川沿いにはほとんど形成されていない。

パナイ川において、バドバラン川およびマーヨン川との各合流点の間の区間では、蛇行が著しく、疎通能力は $500\text{m}^3/\text{sec}$ 以下に押えられている。一方、マーヨン川合流点とパニタン町との区間では、河床勾配は非常に緩い(約1/19,000)ものの、上流区間に比べると蛇行は少ない。パナイ川はバスラン村の分流点においてローアーパナイ川とポンテベドラ川とに分派する。ローアーパナイ川は川巾も小さく、河床も堆砂により高くなっているため疎通能力が小さく、パナイ川の主流はポンテベドラ川となっている。しかし、ポンテベドラ川の河口付近の河床はやはり堆砂のために上昇しており、河口付近の疎通能力は



500m<sup>3</sup>/sec以下と推定される。

パナイ川の疎通能力、河幅・水深、および河床勾配という主要な特性を図 3.5-1に示す。この図よりパナイ川の疎通能力はほとんどの区間において2年確率洪水量以下であることがわかる。

### 3.5.2 洪水特性

パナイ川流域の洪水特性は、洪水湛水域が広く湛水時間が長いことである。3.3.2節で述べたように100年洪水の湛水域（洪水常襲域）は流域面積の15%であり、総面積が338km<sup>2</sup>である。又洪水常襲域に住んでいる住民は121,300人であり流域人口の27%にあたる。比較的規模の小さい10年確率洪水程度でも、湛水域および影響を受ける人口は、著しくは減少しない。

流域における氾濫水は、比較的長い期間流域にとどまる。例えば台風ウンダンによる洪水時には、洪水によって引き起こされた湛水は大部分の区域では3、4日間で引いたもの、1週間以上続いた地域もあった。パナイ川流域の長期間湛水の原因の一つは、パニタン町近くの地形が、氾濫水の排水にとって自然のボトルネックとなっていることである。パニタン町付近の河道断面は洪水氾濫時でも兩岸に広がる丘陵によって約300m幅に押えられており、洪水時にはこの地点から上流へ背水が伸びている。ボトルネックとなる断面を持つ河道箇所は他にダオとクワルテロ付近にも存在し、湛水時間長期化の一因となっている。パニタンのボトルネック断面を通過した洪水流は、下流のパナイーパニタン地域の低地氾濫原に分散し、最終的には河口部付近に排水される。

上述のボトルネックおよび下流氾濫原の排水不良のため引き起こされる氾濫水の湛水によって、かなりの資産流出が生じている。

### 3.5.3 既往洪水記録

過去のパナイ川流域が経験した最大の洪水は、1973年11月に発生した台風オパンによる洪水であり、2番目に大きいものは1984年11月に発生した台風ウンダンによる洪水である。洪水の水文および被害記録は特に台風ウンダンによる洪水のものが収集され、洪水解析およびその妥当性評価に十分使用され实际的であった。

### (1) 台風オベンおよびウンダンによる洪水氾濫域

1973年の台風オベンによる洪水および1984年の台風ウンダンによる洪水の尖頭流量は、クワルテロ町でそれぞれ  $1,420\text{m}^3/\text{sec}$  および  $1,080\text{m}^3/\text{sec}$  であった。統計解析によって、オベンによる洪水は25年確率洪水に相当し、ウンダンによる洪水は10年確率洪水に相当することが示された。ウンダン洪水時の洪水氾濫域が、追加調査期間中に  
行われた洪水痕跡の聞き込み調査を基に推定され図 3.5-2に示されている。総氾濫面積は約  $250\text{km}^2$  であった。

### (2) 洪水被害

台風オベンの洪水によって引き起こされた洪水被害額が質問表の結果に基づいて、全国洪水防御計画報告書 (Nation-Wide Flood Control Plan) において見積られている。推定洪水被害額は1973年標準物価水準で 5,740万ペソであり、1984年標準物価水準では 3億 3,100万ペソとなる。

台風ウンダンによって生じた洪水被害に関する情報は、1985年6月に行なわれた追加調査期間中に収集された。推定洪水被害額は現在 (1984) の標準物価水準で 2億 4,760万ペソであった。洪水被害評価額に関しては、1億 1,590万ペソが農作物に生じた被害であり、その内約86%が水田 (稲作) であった。建物および公共構造物の被害はそれぞれ 9,010万ペソおよび 3,190万ペソであった。

### 3.5.4 概 査

「全国洪水防御計画」報告書作成時においては、解析に必要な地形情報は20m間隔の等高線を持つ縮尺 1:50,000の地図と平均約 6km間隔の河道横断面図でのみであった。この不十分な地形情報では、制度のよい洪水被害評価をすることに相当の制約があったものと考えられる。

縮尺10,000分の1の地形図を作成することを主目的とした別のJICAプロジェクトが1984年7月に成果品を提出した。これらの地図に含まれている地形情報は、本調査において潜在的洪水被害額の評価、工事費積算、施設計画等に際して非常に重要なものであった。又、将来の計画段階においても、さらに有効利用されるものと考えられる。この地形図作成を目的してプロジェクトにおいては主として次のような作業が行われた。

#### 1) 航空写真測量

バナイ川流域のほぼ全域 (面積:  $2300\text{km}^2$ ) をカバーする航空写真が 1:20,000の縮尺

で撮影された。(但し、山地域の写真は不鮮明なものが少なくない。)

## 2) 地形図作成

上記の写真から氾濫原地域(面積:  $700\text{km}^2$ )と主要ダムサイト地域(バナイB, バナイC, マンプサオB, バドバランA)の地形図が2mの等高線間隔を持つ縮尺10,000で作成された。

## 3) 河川縦横断測量および横断測量

河川縦横断測量がローアーバナイ川、ポンテベドラ川、バドバラン川下流域、およびバナイ川合流点より上流約25km地点までのマンブサオ川で行なわれた。横断面の間隔は約3km~5kmであり横断方向の幅は約1kmであった。

### 3.5.5 洪水流解析

(1) 洪水流解析が、過去の降雨記録を基に、確率洪水のハイドログラフ推定と流域内の洪水水位、および起こりうる氾濫状況の推定ために行なわれた。本調査においては、河川システムのモデルを設定し、電算機によって洪水流出計算を行なった。解析の主要な手順は、以下の通りである。

a. 河川システムモデルの作成

b. 代表的な生起確率を持つ流域確率降雨の推定

c. 流域分割区域毎に各生起確率で起こり得る、洪水流出の推定(洪水水位、洪水量、洪水断続時間)。

設定した河川システムのモデルを図 3.5-4に示す。この河川システムモデルの妥当性は、1984年11月の台風ウンダンによる洪水時に収集された降雨、洪水流のおよび洪水痕跡データ、さらに1973年11月の台風オペンによる洪水記録も補足的に用いて、検証された。

## (2) 洪水流解析に使用された記録

1973年に発生した台風オペンによる洪水は戦後最大の洪水であり、本来は洪水流解析の基本資料として使用すべきものである。バナイ川流域の雨量観測所は1976年かそれ以後に設置されたものがほとんどで、1973年当時の降雨記録は非常に限られている。

一方、台風ウンダンは、1984年11月にバナイ川流域に広範囲の洪水による湛水を引き起こした。この洪水は、住民の記憶及び洪水痕跡調査により、オベン洪水に次ぐ2番目に大きな洪水であったと判断された。そして、被害額もオベン洪水に匹敵するほど大きなものであった。ウンダン洪水は、調査団が現地調査期間中に発生したため、洪水に関する情報は洪水中及び直後のものが収集された。又さらに1985年6月に行なわれた現地における追加調査において、広い範囲の氾濫域における洪水痕跡や被害記録を含む、さらに詳しい情報が収集された。

洪水流解析に関して収集された主なデータは下記の通りである：

- ・バナイ川流域内の10ヶ所の雨量観測所での日雨量記録（1部6時間雨量を含む）
  - ・バナイ川の6ヶ所の水位観測所での水位記録
  - ・バナイ川および支川沿いの30ヶ所での洪水痕跡（水位）
  - ・250ヶ所での冠水状況（最高水位および湛水継続時間の聞き込み調査結果）
  - ・バニタン水位流量観測点での洪水時の流量観測。
- （これに基づいて様々な洪水に対して適応できる水位-流量曲線が作られた）
- ・台風ウンダンのコース、風速およびロハス市での気圧記録
  - ・各々の項目については被害記録

実際の洪水水文量に関して精度の高い比較的詳細なデータが利用できることで、洪水流解析の検証には台風ウンダンによる洪水の記録が採用された。但し1973年の台風オベンによる洪水のデータはシミュレーション結果をさらに確実にする補助データとして用いられた。

### (3) 確率洪水の推定

上記データを基に各生起確率の洪水流各基準点での水位・流量が算定され、その結果は図 3.5-5に示されている。又各々の基準点での水位予測に基づいて、5年、25年および100年洪水に対する氾濫状況が推定され、図 3.5-6~図 3.5-8に示されている。

さらに表 3.5-1には、各確率洪水によって冠水する面積および家屋数がまとめられている。

#### 3.5.6 洪水被害額の算定

本調査において洪水被害は、次の6つの範疇に関して評価された。即ち、1)農作物

2)家畜 3)建物 4)養魚場 5)公共構造物および 6)間接被害である。その中で特に主要な範疇といえる農作物の被害と建物被害に関してはさらに小さな範疇に分割された。

#### 農作物の被害

- 灌漑水田
- 天水田
- 野菜
- 砂糖きび

#### 建物被害

- 住宅
- 家財
- 非住宅
- 在庫

人口の増加、経済活動の拡大および農業生産性の改善によって、各項目の洪水被害は増大するものと仮定した。

洪水氾濫原は 100m四方の正方形メッシュで分割した。洪水被害は各正方形メッシュ毎に評価され、図 3.3-3に示すように、小分割区域毎に集計された。そして各々の正方形メッシュ内の湛水状況が、洪水流解析によって計算された水位によって評価された。

まず、各々の被害範疇毎に、各確率洪水における被害額が将来予測を含めて算定された。次に1984年及び将来の洪水被害年平均額が算定された。1984年、2029年における推定洪水被害額を表 3.5-2から 3.5-4に示す。

### 3.5.7 現況での洪水被害解析

洪水被害の推定結果は次のようにまとめられる。

- (i) ドゥマラグ町下流から支川マーヨン川との合流点までのパナイ木川中流部沿い、及び支川のマンブサオ川下流部の水田地帯において小規模洪水(5年洪水)でも深い湛水が引き起こされている。つまり上記区間での農作物被害は、小洪水(5年洪水)に際しても大きいものといえる。
- (ii) 大規模洪水の場合上記の深い湛水域はポンテベドラ町までの下流域に広がる。この場合、パニタン-パナイ地域における作物被害はいちじるしく増大している。
- (iii) 建物被害は農作物被害に次ぐ被害項目である。建物被害は、洪水流入量が

あるレベルを越えた後さらに増加すると急激に増大する傾向がある。

(iv)建物被害は本川および主要な支川沿いの限られた数の町（例えばドゥマラオ、ドゥマラグ、ワクルテロ、マーヨン、マンブサオ、シグマ、パニタンおよびポンテベドラ）で、集中的に発生している。

### 3.6 農業および灌漑の開発

#### 3.6.1 土地利用の現況

バナイ川流域で生産される主要農作物は米であり、次に砂糖さびである。水田は総面積40,960ha、即ち流域面積の19%を占める。現在耕作されている畑作物はトウモロコシ、カツサバ、サツマイモ等である。水稲耕作に付随して生産されている他の農作物は、葉の多い野菜と豆類である。

#### 3.6.2 稲作収穫量

現在の状況における水稲生産は、農業経済統計局 (Bureau of Agricultural Economics) と農業省経済部 (Ministry of Agricultural Economics) のロハス市にある支都より得た、自治体レベルでの生産量データに基づいて評価された。これらのデータは、調査団によって実施された農家レベルでの農作物生産調査を通して確認され、かつ調整された。その結果によると、水稲の平均生産高は灌漑水田で1ヘクタール当たり約 3.2トンであり、天水田で 2.8トンであるが、渇水や洪水のような自然災害のために、年毎に多少の変動がある。

#### 3.6.3 既存の灌漑計画

バナイ島には現在10個の国家灌漑システム(NIS)が存在するが、流域内にはマンブサオ郡に1,440haの灌漑面積を持つ唯一のNISが存在するのみである。NISの他のマンブサオ河川灌漑システム(RIS)、各自治体による灌漑システム(CIS)、ポンプ灌漑システム(PIS)、及び私設灌漑システムが存在しており、流域の総水田面積40,960haのうち約8,580haをカバーしている。

NISの灌漑排水施設の建物及びシステムの運用および保守もまたNIAによって行なわれ

ている。一方CIS は計1,000ha 以下の灌漑サービス面積を持つシステムであり、灌漑排水施設はNIA によって建設されているが、運用および保守は農家レベルで行なわれている。

マンブサオRIS は1975年に設立され、当初は1977年から1978年に渡る作物年度の乾期に、約780ha を灌漑することを目的とした。その後このシステムは1979年に拡張し1979年度の雨季および乾期に各々1,440ha および780ha の灌漑用水を供給している。

又、流域には約 2,200haの水田を灌漑する23個のCIS が存在している。

さらに流域には農家の組織的開発共同体(FSDC)によって運用されている54個のPIS が建設されておりまた、169個のPIS がNIA によって建設され、個人所有者によって運用されている。FSDC管轄下のPIS のサービス面積は3,460ha であり、個人所有者によって運営されているPIS は1,490ha である。

マンブサオRIS とCIS の位置は図 3.6-1に示されている。又FSDC管理下のPIS の位置は図 3.6-2に示されている。

### 3.7 公共用水の供給

公共用水の供給に関しては、下表に示すように1980年国勢調査に基づくとキャピッツ県ではわずかに 8,230個の家屋、即ち全家屋数の 9.5%しかサービスを受けていなかった。

流域における公共用水供給状況  
(1980)

サービスレベル	(家屋数)		
	統 計	都市部	農 村 部
上 I 水 シ ス テ ム レ ベ ル I	3,130(3.6%)	368(3.2%)	2,762(3.7%)
レ ベ ル II	2,331(2.7%)	1,360(12.1%)	971(1.3%)
レ ベ ル III	2,769(3.3%)	2,064(18.4%)	707(0.9%)
小 計	8,230(9.5%)	3,790(33.8%)	4,440(5.9%)
他 の シ ス テ ム 自 治 体 水 供 給 シ ス テ ム	665(0.8%)	290(2.6%)	375(0.5%)
シ ス テ ム 其 他	77,545(89.7%)	7,128(63.6%)	70,417(93.6%)
小 計	78,210(90.5%)	7,418(66.2%)	70,792(94.1%)
総 計	86,440(100.0%)	11,208(100.0%)	75,232(100.0%)

注：レベルI—井戸又は源泉で、何らの排水システムを持たないもの。

レベルII—レベルIに共同水汲施設を加えたもの。

レベルIII—個々の家庭と連結する配水管システムを持つもの。

他のシステム—個人所有の供給システムか井戸、源泉、河川等の供給源から個別に供給されるもの。

公共の供給システムによって供給を受けている家屋の内、3,130軒の家屋即ち流域家屋数の3.6%がHPWHによって建設されたレベルⅠの施設によってカバーされている。HPWHのキャピッツ県地区12担当事務所は、過去3年間にレベルⅠの施設を450システム建設してきた。従って各レベルⅠのシステムが平均約30軒をカバーすると想定すれば、レベルⅠの供給システムによってサービスを受ける家屋は、1984年末までに15,000軒をこえるものと予想される。過去3年間にレベルⅡの供給システムが、37箇所HPWHによって建設されている。1980年において、レベルⅡのシステムは2,331軒をカバーしていた。レベルⅡの各システムが平均200軒をカバーすると想定すると、1984年には、7000軒以上がレベルⅡのシステムサービスを受けることになるものと予測される。

パナイ川流域では、いくつかの都市においてレベルⅢの供給システムを持っている。しかし、17ある自治体のうちで、1984年末現在機能しているのは、ロハス市水道局、ピラル水道局、ドゥマラグ給水所、ドゥマラオ水道局、イビサン給水所およびシグマ給水所の6つのシステムにすぎない。他に6つのシステムが存在しているが、1984年11月の台風「ウンダン」によって特にポンプシステムに被害を受け、修理部品がないために、現在は機能していない。従っていくつかの町の住民のみが、これらのシステムによってサービスを受けているにすぎない。

レベルⅢの供給システムは1980年に2064軒即ち都市部家屋数の18.4%をカバーしていたにもかかわらず、1984年末では、微増の約2300軒をカバーする程度であることが予測されている。

### 3.8 電力供給

#### 3.8.1 電力供給系統

パナイ島は4つの県、即ちイロイロ、キャピッツ、アンティクおよびアクランの各県から成る、島全体がNPC(全戸電力公団)のサービスエリアである。個々の県内での電力供給は、消費者への配電に関しては電力配給公社によって行なわれているが発電および送電に関してはNPCが管轄している。

パナイ島には電力配給公社が6つあり、それらは次の通りである。



## パナイ島における電力配給公社

名 称	サービス地域
(1) パナイ電力公社 (PECO)	イロイロ市
(2) イロイロ電力公社 I (ILECO I)	イロイロ県南部
(3) イロイロ電力公社 II (ILECO II)	イロイロ県北部
(4) キャピッツ電力公社 (CAPELCO)	キャピッツ県
(5) アクラン電力公社 (AKELCO)	アクラン県
(6) アンティック電力公社 (ANTECO)	アンティック県

図 3.8-1に各公社の電力サービス地域を示す。パナイ川流域の大部分はキャピッツ県に属しておりキャピッツ県内の電力サービスは、1971年に設立されたCAPELCO(キャピッツ県電力公社)によって行なわれている。

### 3.8.2 電力供給施設

図 3.8-2に、現存する電力システム、1984年において建設中の電力システム、及び将来案として提案されている電力システムを示す。

NPC によって所有されている発電施設に加えて、PECOは独自の発電施設を持っている。しかし、それらは古くて不経済な施設であり、将来まで使用できる状況ではない。パナイ島に現存する発電所の能力は次の通りである。

現存発電施設－パナイ島のシステム

発電所	発電所容量 (kw)	設備容量 (kw)
NPC :		
PDPP I (NPC デイグル)	24,820	4× 7,300
PBP-2 (NPC 発電船)	27,200	4× 8,000
PDPP II (NPC パニタン)	7,600	2× 5,500
PECO :		
PECO	12,500	19,750
計	72,120	91,950

現在、島の80%をカバーする地域が電力供給地域と考えられ、電気の普及率は、全島において37-38%と推定されている。

### 3.8.3 既存の電力需要

表 3.8-1および 3.8-2にパナイ島全域とキャビッツ県の高圧送電システムにおける発電および電力消費に関する歴史的記録を示す。

1983年におけるCAPELCOの電力消費量は15,473HHWとなり、最大負荷は7.8HHWであった。又過去8年間のキャビッツ県の電力消費量の年間成長率は32%であった。

キャビッツ県における現在の負荷分布は住宅地域および商業地域で卓越している一方、工業消費者に対する負荷は総負荷量のわずかな部分しか占めていない。消費項目について個数でいうと、住宅用が93%を占め、5%が商業用、2%が道路照明用となっている。工業消費者は個数のパーセントで表示する限りでは無視し得る数である。一方電力消費量に関しては、47%が住宅用、18%が商業用、19%が工業用、そしてその他が16%である。

パナイ島全域の高圧送電システムにおいて、最大電力需要量は1983年に42HHWであった(表 3.8-1参照)。NPCによれば、電力需要は発電容量の不足が原因で、長期にわたり抑制されてきたとのことである(特に1984年7月に、32HHWの発電船が稼働する以前はより著しかった)。NPCは容量不足による制限が取り除かれる時、待機中消費者も配電されることによって、消費量は48HHWに増加するものと予測している。

パナイの電力状況で特筆すべき点として、現在「損失」として分類されている不明確な電力消費の存在がある。キャピッツ県における1983年の電力供給は27,100MWhであったが、その内6,324MWhがCAPELCOによって発電され、20,776MWhがNPCから購入された(表3.8-1参照)。そして全エネルギーの内、652MWhを発電所が使い15,473MWhが消費者に使われ、10,975MWhは損失量となっている。この事実は、発電所自身の消費量と配電損失量が約40%以上となることを意味している。

### 3.9 水収支

河川水は、現在マンプサオ地域およびパニタン-パナイ地域における灌漑および河川沿いに位置する主要な町に対する自治体や産業のための水供給(H&I)として使用されている。水の使用量は、将来本調査において提案されたプロジェクトが実施に移された以後は、増加することが予測されている。

本調査においては、現在および将来の水の需要と供給のバランスを評価するために水収支計算が試みられた。図3.9-1に水収支計算のためのモデルを示す。

解析の結果、2030年までの水需要に対しては、貯水池制御を考慮に入れなくても自然の河川水供給量で十分対応できることがわかった。(灌漑に対しては渇水月においても80%以上の期間供給可能であり、H&I水供給に対しては年間95%供給可能であることを条件とした)

この点から、パナイ川は現在及び将来の水需要に対して十分な供給力があるものと判断される。

## 第4章 流域開発計画策定の基本方針

### 4.1 計画作業項目

前述第3章で明かにされた如く、バナイ川流域における最大の問題は、頻繁に発生する洪水問題である。従って、本調査では洪水問題を検討すべき第一義的課題とするが、同時に流域総合開発案策定の観点から、農業開発、上水供給、更には水力発電開発の可能性についても検討を行なう。

以下に、洪水防御、かんがい開発、上水供給及び発電計画策定についての基本方針を述べる。

### 4.2 洪水防御計画

#### 4.2.1 計画策定の基本概念

洪水防御事業立案に際しては、施設の方策(Structural measures)による場合および非施設の方策(Non-structural measures)による場合の両者が考えられる。本調査では主として前者に関する検討に重点をおいたが、後者についても必要な検討を加えるものとする。

施設の方策による洪水防御事業を実施する場合、施設の安全度及び住民の長期的民生安定という観点から、極力高レベルの防御(たとえば100年洪水を対象)を施すことが、本来望ましい。しかしながら、計画地区の経済開発状況によっては、当初から高レベルの防御事業を実施することは、経済的に是認されぬケースがあり得る。そのような場合、まず防御レベルを多少低くした暫定的防御事業を実施し、追って地域の開発状況が進み被害ポテンシャルが増大した時点で、高レベルの防御事業を追加実施するという段階的開発方策を考える必要がある。

バナイ川流域の場合、当初時点から高レベル防御事業が妥当化されぬケースもあり得ることに鑑み、短期・中期的計画を折りこんだ防御計画を検討するものとする。本調査の意図することは、その結果として、ここ当面実施すべき最も妥当な洪水防御方策の提言を行なうことにある。

## 4.2.2 計画策定基準

### (1) 開発計画の設定

前述した如く、短期的暫定計画及び中期計画を含んだ開発計画を設定するが、基本的に短・中期計画案は長期的マスタープランのフレームの中で逐次実施されて行くことを基本的骨子とする。

#### LP；長期計画 (Long-term Plan)

- ・現況氾濫域のほぼ全域について、High protection level の洪水防御施策を実施する。
- ・目的値としては、次の2つの条件を設定する。
  - (a) 現況氾濫域の人口のうち90%以上の住民を洪水災害から免れしめることを第一の設定条件とする（施設案および非施設案双方による）。
  - (b) Panay 川流域の主要産業は稲作を中心とする農業である。住民の意識としても農地に対する洪水防除の希望が強い。よって、実際の範囲内で最大限の農地を洪水被災から免れしめる（主として施設案による）ことを補足的目的条件とする。

#### MP；中期計画 (Mid-term Plan)

- ・長期計画案が現時点で経済的に是認されぬ場合、中期計画を実施する。
- ・Protection levelは通常あり得る洪水（たとえば既往の大洪水）を対象とした中位的なものとする。
- ・現況氾濫域人口の約70%が何らかの洪水被害軽減便益を受けうることを指標とする。

#### SP；短期的暫定計画 (Short-term Provisional Plan)

- ・上記の中期計画が、主として経済的観点から現況実施困難な場合、短期的暫定計画を実施する。
- ・Protection levelとしては低くなることは止むを得ず、頻繁に発生する中小洪水を対象とした計画とするが、それ以上の規模の洪水に対しても被害軽減

効果を持つ計画であることが望ましい。

- ・対象地区としては、中小洪水によって多大な被害を受けている重点地区（被害密度、被災人口の観点から）とする。現況氾濫域人口の約50%以上が何らかの洪水被害軽減便益を受け得ることを指標とする。

## (2) 計画対象洪水の選定

上記(1) に述べた各々の開発計画案に対し、下記の確率洪水を設定する。

### LP：長期計画案対象洪水量

- ・バナイ川の河川規模、流域土地利用ポテンシャルに鑑み、長期的には 100年確率洪水を想定することが望しい。これは、先の“Nation-wide flood Control Plan”の提言に合致する。

### MP：中期計画案対象洪水量

- ・近年に発生した洪水のうち最大洪水は、1973年11月に発生したオペン洪水（25年確率相当）である。通常あり得る洪水という観点から、この洪水を計画対象洪水として選定する。これは、先の“Nation-wide flood Control Plan”の提言する第1期計画の計画対象洪水に合致する。
- ・1973洪水は住民の記憶に残る最大洪水である点、これを暫定計画洪水として選定することは、住民への説得力もある。

### SP：短期計画案対象洪水量

- ・この場合、明確なcriteriaを設けることは困難である。よって、次の2ケースを経済比較によって選定することとする。

#### (a) 最小複合断面案：

低堤防とはいえ築堤を行なう場合、最小限10年確率洪水程度を想定することが望しい。よって、この場合、10年洪水を計画対象洪水とする。この規模の洪水は、近年の大洪水であった1984年洪水に相当する点で、上記のMPの場合と同様住民への説得力もある。

#### (b) 単断面河道案：

この案は、考えられる案のうち、最小規模の開発を意図するものである。原則として築堤を伴わない単断面による河道改修とすることによって、少なくとも現況洪水状況を悪化させることはない。現況河道の疎通能力（bankful capacity）が1～1.5年洪水であるので、これを2～3年洪水疎通程度まで拡幅し、かつ河道矯正による洪水位低下を主たる目的とする。

この案により築造される河道は将来の複合断面の低水路部分を構成することになる。

#### (3) 実施時期の判定

上記L P, M P, S P案の経済比較は、割引率8%を標準値として行なうこととする。洪水防御事業は、自然災害の防除、民生安定の向上といった本来の目的から判じ、必ずしも経済的観点からのみで是非を判定すべきではないが、本調査では実施に値する洪水防御プロジェクトとしてE I R R 8%以上のものを選定することとした。

近い時点で実施すべきプロジェクト選定については、E I R Rの高い計画から優先的に実施して行くことを指標とする。他方、現況においてE I R Rの低い計画については、地域開発に伴う洪水便益の拡大を待って、将来時点で実施されるものとする。

#### 4.2.3 洪水防御対象地区の設定

##### (1) 重点防御地区の予備的判別

確率洪水年別（5年及び100年）の現況氾濫域を図3.3.2に示す。図に明かな如く、氾濫域は洪水の規模によって顕著な差異を示さない。このことは、洪水量の軽減（たとえば上流ダムによる調節）によって即効的に洪水防除が可能となる特定の地区がないことを意味し、従って地形的観点からの重点地区判別は明瞭化し難い。他方、5年洪水、100年洪水位の差異がパニタンの基準点で3.7mであることに鑑み、水位低減に伴う洪水被害軽減効果は期待できる。

図4.2-1及び4.2-2に小洪水（5年確率）及び大洪水（100年確率）時における被害密

度図を示す。図によれば、被害は河川沿い一様に発生しているが、地区的には、Panitan 下流域において被害ポテンシャルが最も大きく、かつ点在する主要町村で被害密度が高いことがわかる。

被害度（年平均被害額で示す）及び被災人口を、図 3.3-3に示す河川区間（湛水地区）別及び主たる町村別に集計すれば、表 4.2-1に示すとおりである。同表において、下記の criteria に基づく重点防御地区の予備的判別を試みた。

河川区間・町村別 重点防御地区の選定基準

想定する洪水 防御施設	選択しようとする 区間・場所	選 定 基 準
河 川 改 修	河 川 区 間 （汎濫地区）	河川改修延長あたり被害額（ベソ/km）の大きい順に優先度が高い。主要町村は別途輪中堤で防御されるものと考え、ここでは主要町村抜きの被害額を指標として使用した。
輪 中 堤	町 村	被害ポテンシャル（ベソ）の大きい順に優先度が高い。

表 4.2-1において、level-1 と判定された河川区間及び町村が各々河川改修及び輪中堤工事の対象とすべき最重点地区であり、次いでlevel-2, level-3 の順に優先順位がおかれるべきことがわかる。



## (2) 防御対象地区代替案の設定

洪水防御対象地区の選定にあたって、次の2点を配慮した。

- (a) 防御事業は、表 4.2-1に示す被害ポテンシャルの高い地区の順に優先的に実施されるべきである。
- (b) 過度の防御事業（主として河川改修による）を実施する場合、下流部への洪水流出量は急増し全体工事はコスト高となる。これを避けるために、被害ポテンシャルの低い地区は意図的に改修を行わず、むしろ積極的に遊水池として残すことが考えられて然るべきである。遊水池として考えられる地区を表 4.2-2に示す。

上記の観点から表 4.2-3に示す6つの防御対象地区の代替案を設定し、それらの比較を試みた。設定した代替案は下記の趣意に基づく。

- Alternative-1 : 被害ポテンシャルが最も高いPanitan より下流域（河川区間P1及びP2）のみ改修し、上流部は現況のまま氾濫地区として残す。
- Alternative-2 : 改修区間をマンブサオ合流点まで延ばす。但し表 4.2-2に設定した遊水池地区は残す。
- Alternative-3 : 改修区間をバド balan 合流点まで、またマンブサオ町まで延長する。但し表 4.2-2に想定した遊水池は残す。
- Alternative-4 : パナイ川沿いの改修区間をドマラグまで延長し、またマーヨン川及びバラクアン川に防御工事を施す。
- Alternative-5 : パニタン直上流部及びマンブサオ川上流部を改修し被害度レベル-2の地区を全て防御する。
- Alternative-6 : 被害度レベル-3を含む全河川区間に何らかの防御工事を施す場合。  
但し、この場合においても被害ポテンシャルは極度に小さく、また1/10,000地形図上において防御工事の効果が明かに小さいとおもわれる地区は除く。

上記6つの代替案の計画防御地区の位置を図 4.2-3から図 4.2-5に示してある。

### (3) 洪水防御対象地区の選定

この検討段階で意図するところは、長期的洪水防御事業の構想を定める為の計画対象地区の選定である。この観点から、選定にあたっては下記の事項を考慮した。

- (a) 長期的事業のフレームワークとしては、将来の如何なる開発のニーズにも対応できるように、基本的には最大限の開発の可能性を想定しておく必要がある。
- (b) 前節 4.2.2(1) で定めたLP案の目標値が満たされるべきこと。

- 被災人口の90% に対し洪水防御を施す
- 農業地区について実際の範囲内において最大限の防御を施す。

表 4.2-4及び図 4.2-6に示す諸比較数値を吟味の結果、Alternative-4 に設定した地区を防御対象地区と選定することにした。選定理由は下記のとおり。

- 1) 図 4.2-6において、“Damage reduction/Cost ” で示されるCost effective - ness指標の1つの変曲点がAlternative-4 の点にあることがわかる。これ以上、防御地区を拡大する場合、Cost effectivenessが落ちること。
- 2) Alternative-4の実施で約80% の人口を洪水被害から救済できる。この数値は目標値の90% に十分近く、残り10% については別途非施設的方法を考慮することとする。
- 3) Alternative-4において、現況氾濫域内のAgricultural land の73% に対する洪水防除が可能である。それ以上対象地区を拡大しても（たとえばAlternative-5において）、洪水防除が可能となるAgricultural land の伸びが小さいことに鑑み、Alternative-4 が実際的な限界とみなし得る。
- 4) Alternative-4以上に防御地区を拡大する場合、下流洪水量が著しく拡大する。
- 5) Cost effectiveness 指標値の観点からは、Alternative-1 が優れることが図

4.2-6に示される。しかしながら防御できる人口、農業用地が目標値に満たないので長期的マスタープランのフレームとなしがたい。

上記において計画対象地区を定めたが、実際の洪水防御事業は全体計画のフレームワークの中で開発のニーズに応じ逐次策定されねばならない。その検討は第5章に述べる。

#### 4.2.4 検討すべき計画代替案

##### (1) 施設計画案

河道形状、洪水氾濫状況及び地形の観点から、パナイ川洪水防御工事の施設案として以下のものが考えられる。

- a) 河川改修案
  - a-1) 既存水路の改修
  - a-2) 放水路（付替河道）の建設
- b) 洪水防御用ダム案
- c) 上記a)及びb)の組み合わせ案
- d) 輪中堤案

上記の施設計画代替案について、計画地区毎に適用の可否を検討の上、次章第5章において全体施設計画代替案を立案するものとする。

##### (2) 非施設の方策

施設案と比較する目的で非施設の方策(Non-structural measure)についても予備的な検討を行う。特に、長期的に施設案(structural measures)が実施されぬ地区について、あるいは暫定的の方策が長期にわたる場合、非施設の方策(non-structural measures)による洪水被害軽減策(主として将来被害)を講ずることを考える必要がある。

ここに非施設の方策とは広義の意味で用い、河川施設工事以外の方策を総称するも

のである。バナイ川流域で考えられる実際的・非施設の方策として下記の方策が挙げられる。

- a) 洪水氾濫域管理(Flood Plain management)
- b) 建物の構造交換(Structural change of buildings)
- c) 建物の移転(Relocation of Housings)
- d) 洪水予測警報施設(Flood forecasting and warning system)

上記代替案について費用及び便益を定量的に算定し評価するものとする。その他の非施設の方策については、バナイ川への適用が実際的でないことを理由に特に検討を加えなかったが、それらの方策に対するコメントを表 4.2-5に付してある。

#### 4.3 農業開発計画

バナイ流域における主要作物は稲作である。年間を通じて極端な乾期を有しないという恵まれた気象条件の下に流域内の稲作土地利用は比較的進んでいる。既に多くのかんがい地区が存在するが(流域内田地総面積40,960haのうち8,580ha、前出 3.6.3参照)、なお新規かんがい計画のポテンシャルはある。

また、本流域における顕著な特徴は、既存かんがい地区の単位面積当り収穫量(3.2ton/ha)と非かんがい地区のそれ(2.8ton/ha)の差異がないことである。このことは、既設かんがい地区についても、かんがい施設改良・営農法改善によって、収穫量増産(5ton/ha程度まで)がなお可能であることを意味する。

本調査では、まずかんがい可能地区(改良を含む)を明かにした上で比較選別し、選定されたかんがい事業候補地区について事業の技術的・経済的可能性を検討する。基本的にNational Irrigation System(NIS)の計画対象となり得る1,000ha以上のかんがい計画を検討の対象とする。

#### 4.4 上水供給計画

流域内の最大の上水需要地は、ロハス市である。現在、ロハス市上水供給施設は、取水口地点への塩水混入の問題を抱えており、これは早急に改善すべき問題の一つである。よって、本調査において、ロハス市上水施設改善策を検討・提言するものとする。

他方、流域内に点在するその他の町村の需要は未だ小規模レベルに留まっている（1町村  
当り受益者数 250戸以下、供給力6 $\ell$ /sec以下）。これらの町村への上水供給問題は流域  
全体開発レベルの検討というより個別の施設計画として扱うべきものとして、本調査では  
特に詳細な検討は行なわない。

#### 4.5 水力発電計画

上記 4.2で述べた洪水防御計画立案に伴って、幾つかのダム計画が提言されるが、それ  
らのダムについて水力発電を含めた計画案とすることが考えられる。よって本調査では洪  
水調節+発電の多目的ダム計画を吟味し、発電計画の妥当性を検討することとする。

前述した如く（第3.9節参照）、下流域利水需要はここ当面（2030年迄）現況パナイ  
川低水流量より小さい。よって、ダム計画に際し、低水流量増効果を特に計画の一要素と  
して考える必要はない。ただ、ダムに発電計画を含める場合、結果的に乾期流量増効果を  
伴うので、その流量増分は量的に把握するものとする。

## 第5章 洪水防御計画

### 5.1 概 説

#### 5.1.1 計画作業の流れ

洪水防御計画策定のための作業の流れを図 5.1-1に示す。作業の大まかな流れとしては下記のとおりである。

- 1) 計画対象地区の選定  
長期計画案(LP案)の対象とすべき洪水防御地区を設定する。この項については既に前章第 4.2.3節に記述した。
- 2) 長期計画案の策定  
長期計画案に含まれるべき最適施設案の選定を行なう。計画対象洪水量は100年洪水とする。
- 3) 中・短期的暫定計画の策定  
上記 2) 設定された長期計画のフレームの中で、当面実施に値する短期的あるいは中期的洪水防御事業のメリットを評価する。この場合の防御レベルは25年確率洪水以下とする。
- 4) 非施設の方策の検討  
上記 2) 及び 3) で検討された施設案との比較あるいは組み合わせの可能性を吟味する為に、前章第 4.2.4節に述べた非施設の方策についての検討を行う。
- 5) 段階的事業実施案の策定  
上述2), 3) 及び4)の検討結果に基づき、洪水防御事業の段階的实施についての提言を行う。

各々のStepにおける検討結果は、第 5.2節以降に記述してある。

### 5.1.2 設計洪水流量

前章第 4.2.3節で定めた計画対象地区Alternative-4 に想定された設計洪水流量に対して施設計画を行う。図 5.1-1に現況河川状態における洪水流量配分図を示す。

### 5.1.3 施設案計画基準

第 4.2.4節に記述した通り、本study は以下の施設案に対し検討を加えるものである。

- a) 河川改修案
  - a-1 既存水路の改修
  - a-2 放水路（付替河道）の建設
- b) 洪水調節ダム案
- c) 上記(a)案及び(b)案の組み合わせ案
- d) 輪中堤案

費用及び経済性の比較により上記施設案の相対評価を行なう。但し、上記施設案のうち、(d) 輪中堤案については、特定地区の優先的防御という目的からみて中・短期的暫定事業の一環とみなし、長期計画フレームワーク策定の段階では特に考慮しない。評価に際しては以下の基本的方針及び基準を適用した。

#### (a) 建設費

－1984年の価格を適用した。

#### (b) 経済費用

－積算した財務費用のうち内貨分についてはその82%を経済費用とする。

#### (c) 洪水防御便益

－現在及び将来における洪水被害の軽減により生じる便益。被害軽減額は付属書Ⅲに記載した方法により積算される。

－将来における被害ポテンシャルの増加予想は以下の条件の下で行なわれた。

- 1) 比較的高いレベルの洪水防御事業（25年確率洪水以上）が施される場合、将来における被害ポテンシャルは付属書Ⅲで定めた伸び率で増加する。

- 2) 10年未満の確率洪水に対する低防御レベルの洪水防御では、被害ポテンシャルの伸びを上記の半分とする。
- 3) 洪水防御を行わない場合は、被害ポテンシャルの伸びは上記の1/4とする。

—築堤を伴う改修を行うところでは、保護された堤内地の一部が内水の流出により氾濫しやすいまま残る。この被害は、算定した被害軽減の5%に相当するものとする。

(d) 建設期間

- 河川改修：4～8年間（作業規模による）
- 放水路建設：準備作業を含め、5年間
- ダム：準備作業を含め、5年間
- 輪中堤：準備作業を含め、3年間

(e) 割引率：年率8%

## 5.2 長期的洪水防御マスタープラン(LP)の策定

### 5.2.1 河川改修計画

(1) 計画改修区間

第4章第4.2.3節で選定されたAlternative-4の計画防御地区を対象として計画する。中間部の非防御地区についても、現河道部については必要に応じて適宜改修を行なうので、全改修延長は約109kmに及ぶ。計画改修区域位置は図4.2-4に示してある。

(2) 施設計画

河道計画及び費用算定に際し、下記の事項を考慮した。

- 計画洪水量が比較的大きいことに鑑み、複断面河道とする。
- 計画河道水位は現況洪水位より大幅に上廻らぬよう河道断面を設定する。
- 現河道は主として拡幅することによって疎通能力の拡大を企る。疎通能力は2～3年洪水量程度とし、現況河道幅の2倍以上の拡幅は行わない。



一改修は極力既存河道沿いに行ない、捷水路等による河道矯正は必要最小限とし、基本的に既存水路を包絡する形で堤防法線を定める。

### (3) 計画案の経済評価

概算した建設費と便益に基づいて、各河川区間毎に経済評価を試みた。詳細を表 5.2-1 に示し、以下に評価結果を示す。

河川改修単独案の経済評価

項目 区分	建設費 (10 <sup>6</sup> ペソ)	現在価値 <sup>1)</sup> (10 <sup>6</sup> ペソ)			B/C	EIRR (%)
		費用 (C)	便益 (B)	純便益 (B-C)		
LP案全計画区間	5,595	2690	918	-1,771	0.3	0.7

注：割引率8%/年

河川回収単独による全体事業のEIRRは0.7%と低い値を示し、現況直ちに実施するにはやや経済的に劣ることが判明した。よって以下に放水路案、ダム案を含めた施設代替案を検討する。

### 5.2.2 放水路計画

#### (1) 放水路案

以下の6点における放水路案の検討を行った。計画地点を図 5.2-1 に示す。

#### (a) 放水路案FH-1: マンプサオーバラクアン放水路

この放水路案はマンブサオ町上流約 1.3km地点からマンブサオ川洪水流をバラクアン低湿地に転流しようという計画である。放水路は既存のバラクアン川沿いに設置され、総延長は 8.3kmである。計画放水路ルートを図 5.2-2 に示す。分流地点の集水面積は約 305km<sup>2</sup> であり、この地点の 100年確率洪水は2300m<sup>3</sup>/Sである。放水路流下能力は既存マンブサオ川通水容量 300m<sup>3</sup>/Sを差し引いて2000m<sup>3</sup>/Sと設定した。この案によれば、放水路入口より下流のマンブサオ川沿いの洪水防除には有効であるが洪水期当初からバラクアン川低地部の水田地帯を湛水せしめるという

欠点がある。

(b) 放水路案FW-2: マンプサオーサピアン放水路案

本計画案は、(a)と同じくマンブサオ川に対して計画され、マンブサオ町より約1.5km下流地点から、北方のサピアン湾へ分流し、パナイ川における洪水を減少させることにある。放水路の総延長は8kmに及ぶ。この水路は最初の1km区間で低地にある水田を横切り、次の4～4.5km区間は山間部を通り、残り2.5～3km区間で池の多い地域を抜けていく。分流地点における集水面積は $330\text{km}^2$ である。計画放水路ルートを図5.2-3に示す。放水路の流下能力は上記(a)案と同じ趣旨で $2000\text{m}^3/\text{sec}$ とした。

(c) 放水路案FW-3: パニタン放水路

現況、パニタン町地点河道の疎通能力が限られているために、大洪水が発生した場合洪水流は右岸鞍部を越流している。本計画案は、既存河道の幅幅を行わず、現況河道疎通能力以上の洪水流を右岸鞍部に設置する放水路で流下せしめようというものである。放水路流入口はパニタン町より約2.3km上流地点に設け、流出口はパニタン町から約1.8km下流に計画する。放水路延長は2.2kmである。放水路ルート図を図5.2-4に示す。

パニタン地点での集水面積は約 $1987\text{km}^2$ 、100年確率洪水量は $4600\text{m}^3/\text{S}$ である。パニタン地点現況河道の疎通能力(100年確率計画洪水位における)は $1800\text{m}^3/\text{S}$ と算定されるので、これを差し引いた $2800\text{m}^3/\text{S}$ が放水路設計洪水流量となる。特筆すべきことは、放水路流入口地点では河岸に風化凝灰岩が露出していることである。従って、放水路流入口敷高は風化岩層より上部に設定する必要がある。

(d) 放水路案FW-4: パニタンーバイラン放水路

本計画案の放水路流入口は上記(c)案と同一地点に計画される。但し、本計画案の意図するところは、洪水流を直接東方のピラール湾へ分流し、下流部のパナイーポンテベドラ川への流入を軽減させることにある。放水路の総延長は約11.5kmである。この水路は最初の9km区間で低地にある水田を横切り、次の0.5km区間は低い台地を通り、最後の2.5km区間で既存のポンテベドラ水路の南1.5kmにあるマラギット川に合流する。放水路ルートを図5.2-5に示す。

放水路の流下能力は $4100\text{m}^3/\text{S}$ として計画した。これはパニタン地点の100年確率洪水流量 $4600\text{m}^3/\text{S}$ から下流部のパナイーポンテベドラ川の現況無害流量 $500\text{m}^3/\text{S}$ を差し引いたものである。

(e) 放水路案FH-5: コゴン放水路

本計画案はパナイ川とポンテベドラ川に分岐点より約4km下流地点のポンテベドラ川から東方のハムラウオン川へ分流するものである。放水路の総延長は約9.5kmに及び、長さ11kmのポンテベドラ川の既存水路よりわずかに短い。図5.2-6に放水路のルートを示す。

本計画案の場合、放水路流入口より下流のポンテベドラ川には局所的な改修工事を行うのみで、洪水時には無害流量 $500\text{m}^3/\text{S}$ までを流下させ、洪水流の大半は放水路で排出する。放水路流入口地点での100年確率洪水量は $4600\text{m}^3/\text{S}$ と算定されるので、放水路計画洪水量は $4100\text{m}^3/\text{S}$ となる。

(f) 放水路FH-6: ハムラウオン放水路

ポンテベドラ河口部では堆泥の為に河床位が高く、この為に疎通能力を落している。また、ポンテベドラ町より下流のポンテベドラ川沿いはフィッシュポンドで占められるが、この一帯の基礎土質条件は悪く高堤防の建設は好ましくなく、堤防高は3m以内におさえることが望ましい。

ポンテベドラ現況河道を改修する場合、上記の河口閉塞及び低堤防の制約条件の為に、堤防間河道幅は約1500mを要し、近辺の土地利用に与える影響が大きい。

他方、ハムラウオン川河口での河口閉塞は顕著でない。この点に着目し、本計画の意図するところは洪水流の一部をハムラウオン川沿いに新設する放水路によって分流しようというものである。この場合、ポンテベドラ川には約 $1500\text{m}^3/\text{S}$ を流下せしめ、残り $3100\text{m}^3/\text{S}$ を放水路で排出するものとする。放水路ルートを図5.2-7に示す。

(2) 河川改修単独案との比較検討

放水路案は、本質的に特定の場所における河川改修案の代替案といえる。上記(1)で提案された6つの放水路案と対比すべき河川改修工事を表5.2-2に示してある。

放水路案及び河川改修単独案のいずれの場合も、事業によってもたらされる洪水防御便益は同じであるので両案の優劣はコスト比較によって判定できる。表5.2-2

に示したコスト比較の結果、放水路案FW-5が河川改修計画案に比し有利であることがわかる。

(3) 放水路案の経済比較

放水路案FW-5を含む場合の 1) 河川区間P1-P2のみの区間の河川改修事業、及び 2) LP案全計画区間における河川改修事業の経済的指標を下記に示す。

放水路FW-5案の経済評価

項 目	建設費 (10 <sup>6</sup> 円)	現在価値 <sup>(1)</sup> (10 <sup>6</sup> 円)			備 考
		費用 (C)	便 益 (B)	純 便 益 (B-C)	
河川区間P1-P2	1,426	830	310	- 520	パニタンより 下流部
LP案全計画区間	4,418	2,573	942	- 1631	EIRR= 3.0%

注： (1) 割引率 8%/年

放水路案FW-5を含むLP全計画区間の事業のEIRRは 3.0%と算定された。これは前節 5.2.1で得られた河川改修単独案のEIRR 0.7%を大きく上廻り、放水路FW-5案を含む場合の経済的有利性がわかる。よって、放水路FW-5案は長期マスタープランのフレームの中にも含めるものとし、以降のstudy で述べる河川改修とは放水路FW-5案を含む計画を意味する。

5.2.3 多目的ダム計画

(1) 有望ダム地点

これまでの調査を参照し、また1:50,000の地形図を吟味して、次の8つのダム地点を選んだ。その位置を図 5.2-7に示す。

- ・バナイA地点、バナイB地点、バナイC地点（アッパーバナイ川）
- ・バドバランA地点、バドバランB地点（バドバラン川）
- ・マンブサオA地点、マンブサオB地点（マンブサオ川）
- ・マーヨン地点（マーヨン川）

以上のダム地点のうち、バナイA地点は、NIAによるハラウル川多目的プロジェクトで提案されている。またバナイC地点、バドバランB地点、マンブサオB地点およびマーヨン地点は、HPWHによる“Nationwide Flood Control Plan”の調査で提案されている。その他の地点、バナイB地点、バドバランA地点、およびマンブサオA地点は本調査で新たに提案されたものである。

## (2) 予備選定

現地踏査と地表地質調査が、前述のダム地点について実施され、またダムおよび水力発電についての予備的計画が、1:10,000の地形図と各ダム地点の推定流出量を基に行なわれた。

調査と検討の結果を表 5.2-3に示す。これらの情報を基に、次の4地点は今後の調査から除外することとした。

- バナイA地点 : 予備計画の結果は有望であるが、ダム地点の地質条件が良好でない。ダム地点は固結度の低い礫岩から成り、過去のボーリングで異常な漏水が記録されている。
- バドバランB地点 : この地点は石灰岩地帯にある。岩盤には洞穴が多く、近くに湧水の存在が認められた。（ちなみに上流域のバドバランAダム地点は石灰岩地帯の外にある。）
- マンブサオA地点 : 流域面積が73 km<sup>2</sup>と小さい。ダム地点の地質条件が良好でない。さらに費用指数値（ダム建設費/総貯水量）が高い。
- マーヨン地点 : 流域面積が140 km<sup>2</sup>と相対的に小さい。また費用指数値も良くない。

このようにして、バナイB地点、バナイC地点、バドバランA地点およびマンブサオB地点を今後、重点的に検討することとした。

(3) 予備選定したダムの開発計画

各ダムの最適規模は、洪水調節と水力発電の多目的ダムとして検討された。基本的には洪水調節に優先度が与えられるものとし、貯水池の容量配分を行った。4つのダムのうち、バドランAダム及びアンブサオBダムについてはほとんど、発電用容量がとれぬため、洪水調節単独ダムとして計画された。各ダムの形式選定は、主として、地形及び地質状況を基に判断した。ダム形式選定についての具体的な記述は付属報告書ⅡにあるアペンディクスVの6.2節を参照してもらいたい。検討の結果選定された各ダムの主要計画諸元は、以下の通りである。(各ダムの詳しい諸元は、表5.2-4参照)

備選定したダムの主要諸元

項目	パナイB	パナイC (1)	パナイC (2)	バドランA	マンブサオB
ダム型式	コンクリート重力	コンクリート重力	コンクリート重力	ロックフィル	コンクリート重力ロックフィルの複合型式
流域面積 (km <sup>2</sup> )	239	509	509	258	217
ダム高 (m)	52.4	39.1	34.3	30.9	34.7
洪水調節容量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	33.8	144.8	130.2	38.0	31.5
利水容量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	30.5	252.3	127.6	—	—
設備容量 (KW)	7,100	11,000	6,800	—	—

注 (1) : 単独案

(2) : パナイBダムが上流に建設される場合

また、各ダムの洪水調節効果を表5.2-5に示す。

#### (4) 各ダム計画の洪水防御効果

各ダム計画の洪水調節効果を考慮の上、下流域の洪水流出解析を行なった。解析の結果として、パニタン基準点における洪水流量と洪水位を表 5.2-6に示す。また、図 5.2-9にパナイ本流の主要地点のピーク洪水量を、2年、5年、10年、25年、および 100年洪水の場合について示し、また図 5.2-10 に洪水位を示す。

図は次のことを示唆している。

- i) 洪水防御の効果はパナイCダムの場合が最も大きく、以下パナイBダム、バドバランダム、マンブサオダムとなる。マンブサオダムの洪水防御効果が非常に小さいことが注目される。マンブサオダムは 100年確率洪水の場合、 $1,770\text{m}^3/\text{sec}$  のピーク流入量を  $885\text{m}^3/\text{sec}$  まで押えるにもかかわらず、パナイ川とマンブサオ川の合流点での洪水量調節効果はほとんどゼロである。洪水流量の低減はわずか  $20\text{m}^3/\text{sec}$  (  $700\text{m}^3/\text{sec}$  から  $675\text{m}^3/\text{sec}$  ) にすぎない。これは下流域における自然洪水貯留作用が大きいためである。
- ii) ピーク流量低減という点では、下流域では効果が次第に減少する。パナイBダムの場合、100年確率洪水に対するピーク流量の低減は、バドバラン川の合流点で  $180\text{m}^3/\text{sec}$  である。一方、パニタンでは  $60\text{m}^3/\text{sec}$  に減少する。この傾向は他のすべての場合に対して共通である。
- iii) 洪水時水位の低下は、小洪水の場合と大洪水の場合において大差はない。パナイBダムの場合、100年確率洪水に対するマンブサオ川の合流点での洪水時水位の低下は  $0.2\text{m}$  である。他方、5年確率洪水および2年確率洪水の場合においても、水位低下は両方の場合とも同じく約  $0.2\text{m}$  である。この傾向は他のすべての場合に対して共通である。

#### (5) 各ダム計画の建設費用

各ダム計画の建設費用は、1984年の価格水準、財務費用ベースで評価した。各計画の費用は以下に示す通りである。

各ダム計画の建設費用

(単位：10<sup>6</sup> ペソ)

ダ ム	建設費用
バナイBダム	471.2
バナイCダム(1)	1045
バナイCダム(2)	834
バドバランダム	353
マンブサオダム	439

- 注：(1) : バナイCダム単独案  
 (2) : 上流にバナイBダムが建設される場合

(6) 各ダム計画の経済評価

ダムおよび発電所の建設期間は、前述のように5年とした。建設費用の支払は1年目10%、2年目15%、3年目25%、4年目30%、5年目20%とする。運転費用および維持管理費用の年総額は経済費用の2%とする。

プロジェクトの便益は洪水防御の便益と発電の便益から成る。洪水防御の便益は5.1.3節に表わす方法で評価した。発電の便益はkw便益とkwh便益に分けて評価した。kw便益は2,340ペソ/kwとし、kwh便益は1.255ペソ/kwhとした。便益算定方法は付属報告書ⅡにあるアペンディクスVの7.2節に示す。

以上の費用、便益を用いて、経済評価を行なった結果を以下に示す。



各ダム計画の経済評価

ダム計画	現在価値 <sup>(1)</sup> (10 <sup>6</sup> ペソ)			B/C	EIRR (%)
	費用 (C)	便 益 (B)	純 便 益 (B-C)		
バナイBダム	345	455	110	1.3	10.8
バナイCダム <sup>(2)</sup>	687	601	-86	0.9	6.8
バナイBダム+ バナイCダム <sup>(3)</sup>	740	709	-31	1.0	7.6
バド balan Aダム	213	55	-158	0.3	-
マンブサオBダム	290	28	-262	0.1	-

Note: - No EIRR value

- 注 (1) : 割引率 年率8%, 便益には発電便益を含む。  
 (2) : バナイCダム単独案  
 (3) : 上流にバナイBダムが建設される場合

上表に示す如く、ダム単独計画としてはバナイBダム、バナイCダム、バド balan Aダム、マンブサオBダムの順に経済的に有利であることがわかる。うち、バド balan Aダム及びマンブサオBダムの経済評価は著しく劣ることに鑑み (EIRR値なし)、基本的には以降の検討から外すこととする。

5.2.4 河川改修とダム計画の複合案

(1) 複合案

ここに述べる洪水防衛計画複合案とは、ダムおよび河川改修計画の複合案であり、本 study では下表に示す全部で 4つの計画を検討した。

下記の 4つの計画は、有望なダム単独計画と河川改修からなる組み合わせをすべて含む。

一方、あまり有望でない計画からなる他の組み合わせは、本 study の段階で除外した。

検討した代替複合案

組合せ 代替案	ダム計画案				
	バナイB ダム	バナイC ダム	バド balan A ダム	マンブサオB ダム	河川改修
DR-1	*				*
DR-2		*(1)			*
DR-3	*	*			*
DR-4(2)	*	*	*	*	*

注 : \* 検討案

(1) バナイCダム単独案。その他は上流にバナイBダムを建設する場合

(2) バド balan Aダム、マンブサオBダムは有利な計画ではないが、参考までに4ダム全てを開発するケースを検討する。

(2) ダム・河川改修複合洪水防御計画の効果

ダム計画および河川改修計画を個々に実行するよりも、両者を組み分けた複合案の洪水防御効果が大きい。即ちダム計画を組み合わせた場合、目標とする洪水防御レベルを減ずることなく、貯水地での貯留によって洪水量を軽減することで、下流部の洪水位を低下せしめ、従って必要な堤防高を低くできる効果がある。

洪水防御の効果は、基準地点の水位と流量で便宜的に評価できる。バナタン基準点におけるこれらの記録を表 5.2.7に示す。また図 5.2-11 および図 5.2-11 は、バナイ本流沿い主要地点における洪水流量及び河道内水位を示す。

(3) ダム-河川改修複合計画の経済評価

各計画の開発予定については、次の方針を適用した。即ち、2つのダムを建設する場合、2番目のダムの建設は、最初のダムの作業開始から4年後に開始する。河川改修計画とダム計画を組み合わせる場合、河川改修作業は、ダム建設開始の3年後に開始する。

洪水防御計画の経済評価は、各々の計画の費用および便益見積りを用いて行なった。評価の結果を以下に示す。

ダム-河川改修複合案の経済比較

代 替 案	建設費 (10 <sup>6</sup> ペソ)	現在価値 <sup>(1)</sup> (10 <sup>6</sup> ペソ)			B/C	EIRR 4(X)
		費用 (C)	便 益 <sup>(2)</sup> (B)	純便益 (NPV)		
DR-1	4,234	2,352	1,201	-1,151	0.51	3.8
DD-2	5,223	2,621	1,301	-1321	0.50	3.7
DR-3	5,418	2,643	1,384	-1,259	0.52	3.8
DR-4	5,837	2,840	1,348	-1,492	0.47	3.3

注 : (1) : 割引率 年率8%

(2) : 発電便益を含む

## 5.2.5 長期計画案の策定

### (1) 長期計画案の選定

前出第 5.2.2 節から 5.2.4 までに検討された諸施設案の経済評価結果をとりまとめると下記のとおりである。

長期計画案—施設代替案の経済比較

施設代替案	建設費 ( $10^6$ ペソ)	純便益 <sup>(1)</sup> ( $10^6$ ペソ)	EIRR (%)
河川改修単独案			
河川改修+放水路案 <sup>(2)</sup>	5,593	- 2,390	0.7
河川改修+放水路 +ダム案 <sup>(3)</sup>	4,418	- 1,631	3.0
-代替案DR-1	4,234	- 1,151	3.8
-代替案DR-2	5,223	- 1,321	3.3
-代替案DR-3	5,418	- 1,259	3.8
-代替案DR-4	5,837	- 1,492	3.3

注：(1) 割引率 年率8%  
 (2) 放水路案 FH-5を含む  
 (3) 発電施設を含む

上表に示される如く、純便益額（値としては負であるが）およびEIRRが最も大きい点でパナイBダムを含む施設代替案DR-1が経済的に最も優れることがわかる。次いで、パナイCダムを含む代替案DR-2あるいはDR-3が有利で、DR-1と十分競合し得る案であるが、パナイCダムが拘える社会問題（タバスを含む約40km<sup>2</sup>の土地水没）に鑑み、DR-1をしのぐ有利案とは見なし難い。よって、本調査においては、長期計画案の全体フレームワークとして代替案DR-1を提言する。この案による計画防御対象地区別の費用—便益指標を表 5.2-8に示してある。また、DR-1案が実施された場合の計画洪水流量配分図を図 5.2-13に示す。

## (2) 長期計画案の実施時期

推奨された代替案DR-1案の経済的内部収益率（EIRR）は、3.8%と低いレベルにとどまる。第4.2.2節(3)項で定めたEIRR標準値の8%より小さいので、この長期計画案を現時点で実施することは経済的見地から妥当でない。

他方、年を追って流域内の経済活動は拡大して行くが、伴って被害ポテンシャルも増大する。被害ポテンシャルが増大すれば、上記の長期施設計画案の実施もある時点で経済的に妥当化されることになる。本調査における予備的試算によれば、2022年頃実施（着工）すればEIRR8%以上となり、事業実施は経済的に妥当化できる。

よって、本調査の提言としては、上記に提言された長期的な大規模事業は将来の便益拡大を待って実施することを前提として、ここ当面見送ることが妥当であると考え。それでは、中・短期的にはどういう施策を打つべきかを次節5.3以降で検討することとする。

### 5.3 中期的洪水防御事業の策定

前節 5.2で長期的洪水防御事業（施設案）の全体フレームが策定された。このフレームに従って、防御レベルを25年確率洪水とした場合の中期計画案の経済的妥当性の評価を試みた。

#### (4) 施設代替案

前述第 5.1.1節において中期的防御事業の目的値として現況被災人口の約70% 以上を洪水被害から免れしめることを挙げた。この条件を充たすべく防御重点地区を選定すると、第 4.2.3節で検討した防御計画対象地区代替案のうちAlternative-3 に対応する河川区間が中期事業の防御対象地区として選別される。この防御対象地区を前提に、第 5.2節で吟味した施設代替案のうち比較的有利と判定された下記の3案について施設案の再比較を試みた。

HP-1	河川改修（放水路FW-5を含む）
HP-2	河川改修＋パナイBダム
HP-3	河川改修＋パナイBダム＋パナイCダム

経済比較の結果を表 5.3-1に示すが、結論としてはHP-2案が経済的に最も有利である。これは、第 5.2節で策定された長期計画のフレームと同一である。但し、EIRRは 6.7% にとどまり、長期計画(LP)案同様実施は時期早尚である。

HP-2案における河川区間別の経済評価結果を表 5.3-2に示す。

同表の結果によれば、個別的にみると河川区間P6（ダオ地点）及びP8（カルテロ地点）において河川改修の純便益がプラス側となっているが、下流部を改修しないまま河川区間P6およびP8のみを改修するわけにはいかない。よって、中期計画レベルでの河川改修は現時点ではなお経済的に妥当化できない。予備的試算によれば2005年頃実施（着工）すればEIRR 8% 以上となり、事業実施は経済的に妥当化できる。

## (2) 防御対象地区代替案別の評価

上記施設案(HP-2)に対し、次いで試みた第 4.2.3節(2) 項で設定した防御対象地区代替案に対応する計画の有利性を吟味してみた。尚、この場合経済人口目標値の基準は外すことを前提とすることになる。

HP-2A	防御対象地区をAlternative-4 とする場合
HP-2B	防御対象地区をAlternative-3 とする場合
HP-2C	防御対象地区をAlternative-2 とする場合
HP-2D	防御対象地区をAlternative-1 とする場合

経済比較の結果、被害ポテンシャルの最も高いAlternative-1 地区に限っても(HP-2Dの場合)、25年確率洪水を対象とした事業は現時点では経済的に妥当化できないことがわかった。

## 5.4 短期的暫定事業の策定

### 5.4.1 輪中提案

当然のことながら、資産の集中する主要な町において被害ポテンシャルが大きい。従って、これらの主要町村を優先的に防御することが、短期的暫定事業の一つとしてまず考えられる。施設としては、輪中堤を考える。輪中施設は 100年確率洪水位に対して立案する。

氾濫域内には12の主要町村があるが、その位置を図 5.4-1に示す。これらの全ての町村について輪中堤の計画を行なった。建設費見積り及び経済比較結果を表 5.4-1に示す。

ボンデベドラ、ダオ、カルテロ、マーヨン、シグマおよびマンブサオの6つの町村における輪中計画がEIRR 8% を越え、有利な計画とみなせる。

### 5.4.2 河川改修-ダム複合計画案

前出 4.2.1(2) に記述した如く、短期的暫定案(SP)については、10年洪水(SP-1)及び2年洪水(SP-2)を対象とする2案について経済比較を行なう。洪水防御施策としては、長期計画案(LP)のフレームに沿う施設を想定する。なお、洪水便益算定に際しては、上記 5.4.1で提言された輪中堤が先行実施されるものとし、輪中堤に帰されるべき便益は除外するものとした。経済比較結果を表 5.4-2(SP-1 案) および表 5.4-3(SP-2 案) に示す。

### 5.4.3 その他の特定地点における計画

#### (1) 既設マンブサオ堰改良工事

マンブサオ町より約 7.6km 上流地点に農業用水取水のための既設マンブサオ堰がある。この堰は高さ約 4.5m の固定堰であるが、明かに上流域の洪水位を堰上げている。

本計画は、既設マンブサオ堰を 2.5m 下げ、かつ堰の上下流部約 2km の河道改修し疎通能力を増す(10 年確率洪水量相当) ことによって、上流部の洪水位低減を図るものである。改良後の堰頂には高さ 2.5m のゴム堰を設置し、常時貯水位は現況のままとする。

本計画案に関する経済評価結果を表 5.4-4 に示すが、計画としては必ずしも有利ではないので以降の検討から除外する。

#### (2) カルテロ及びダオ地点狭さく部拡幅

1984年11月洪水(ウンダン洪水)の実績によれば洪水流は、カルテロ及びダオ地点でうっ積し、上流域水位を堰上げている。本計画案は、これら2地点の河道を拡幅し、上流域水位の低下を図ろうというものである。但し、下流域では流量増となるので反面弊害を伴う。本計画案による水位低減効果及び下流域流量増は下記のとおり算定される。

カルテロ、ダオ地区拡幅に伴う水位・流量変化

確率洪水	上流部水位(EL.m)				下流部流量 ( $m^3 / S$ )	
	カルテロ		ダオ		パニタン地点	
	現況	拡幅後	現況	拡幅後	現況	拡幅後
100年	18.9	15.1	15.8	15.5	2670	2980
50年	17.8	14.2	15.1	14.6	2670	2540
25年	16.6	13.3	14.2	13.7	1830	2020
10年	15.1	12.4	13.2	12.7	1370	1470
5年	13.9	11.6	12.1	11.9	1040	1110
2年	12.8	10.7	11.3	10.9	790	840

表 5.4-4 に本計画案の費用-便益算定結果を示す。同表数値は本計画案が特に有利な案ではないことを示している。



### (3) パニタン地点疎通量拡大

カルテロ、ダオと同様、パニタン地点においても洪水流はうっ積している。しかしながら、この地点で河道拡幅を行うことは、下流部が被害ポテンシャルの大きい地区である点、明かに下流流量増に起因する弊害のほうが大きい。従って、下流部の河川改修を行うことが前提となるが、これは前出の河川改修計画（第 5.4.2節）で検討済みである。

### (4) バラクアン川流域低地部氾濫防除

現況、バラクアン川下流部の河道断面が過小（特に既設のシグマーカルテロの道路橋地点）である為に、バラクアン低地部の洪水氾濫が長期間残留しがちである。1984年洪水の場合、バラクアン河口での洪水位低下後も上流の低地部では約1週間洪水が残留した。道路橋地点河道を拡大する為に、現在新橋を架設中であるが、これは低地部の氾濫期間短縮に有効であろう。

但し、低地部の氾濫そのものはマンブリオ川からの越流、及びバナイ川本流からの背水を防除しない限り存続する。

従って、バラクアン川低地部の洪水防除は短期的暫定事業で扱うことは困難であり、本調査ではLP及びHP案の検討に含めている。

## 5.4.4 短期的暫定計画案の選定

### (1) パニタンーバナイ地区洪水防御計画

河川改修計画案の中ではSP-1B案が経済的に最も有利である（表 5.4.2および表 5.4.3参照）。SP-1B案の防御対象地区はパニタンより下流の河川区間P1およびP2である。よって、この地区を短期的暫定計画の洪水防御計画対象地区として選定することとした。

この地区の洪水被害軽減策として下記の3つのケースを比較検討してみる必要がある。

#### Case-A: 河川改修

SP-1B案のEIRR値が7.7%と比較的低い値であることが注記される。しかしながら、洪水防御事業の実施は引き続きパニタンーバナイかんがい計画（第6章参照）の実施を可能とし得る便益効果を有し、従って両プロジェクトはパッケージ・プロジェクトとして評価することが適当である。表 5.4-5に示す如く、河川改修+かんがい計画のEIRRは8%以上と算定される。

Case-B: ポンテベドラ町のみを輪中堤で防御し、残る地区は現況のまま放置する案である。この場合、放置地区については洪水被害が残留するので、上記(a)案のSP-1B案で防除できる分の被害額をペナルティとして計上し、(a)案と比較されるべきである。比較値を表 5.4-5に示す。

Case-C: 施設案を実施しない場合

この案は河川改修および輪中堤双方とも実施せず、全ての地区を現況のまま放置する場合である。全ての地区に被害が存続するので、Case-Bの場合と同様、SP-1案で軽減可能な被害額現在価値をペナルティとして計上し、Case-Aと比較すべきである。比較値を表 5.4-5に示す。

表 5.4-5の比較指標値 (NPV 値) に示されるようにCase-Aが経済的にすぐれた計画案であることがわかる。

(2) マーヨン輪中堤

マーヨン地区に対する洪水被害軽減策としては、後述の第 5.5節の検討の結果、非施設方策が輪中堤案より優れることが判明した。

代 替 案	純便益現在価値 (割引率：8%)	備 考
- 輪中堤案	0	表 5.4-1参照
- 非施設の方策	¥ 2.5×10 <sup>6</sup>	表 5.5-2参照

よってマーヨンについては輪中堤案は採用しないものとする。

上記(1) および(2) の判定事項を考慮の上選定した短期的洪水防御事業計画案 (施設の方策) を表 5.4-6にまとめて示す。