

国際協力事業団

フィリピン共和国
公共事業道路省

フィリピン共和国

ラオアグ川流域
砂防及び洪水防御計画調査

要約報告書

JICA LIBRARY



J1140907(5)

平成9年12月

(株)建設技術研究所
(株)三祐コンサルタンツ
(株)パスコ・インターナショナル

社調二

JR

97-140

フィリピン共和国

ラオアグ川流域砂防及び洪水防御計画調査

要約報告書

平成九年十二月

国際協力事業

118
617
555

LIBRARY

国際協力事業団

フィリピン共和国
公共事業道路省

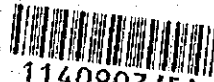
フィリピン共和国

ラオアグ川流域
砂防及び洪水防御計画調査

要約報告書

平成9年12月

(株)建設技術研究所
(株)三祐コンサルタンツ
(株)パスコ・インターナショナル



1140907 (5)

本報告書では、マスタープランの事業費を1996年8月価格、フィージビリティ調査の事業費を1997年6月価格で見積り、フィリピン・ペソで表示している。また、使用した通貨換算率は以下のとおりである。

マスタープラン : 1.00米ドル=26.0フィリピン・ペソ=105日本円
(1996年8月の通貨換算率)

フィージビリティ調査 : 1.00米ドル=26.0フィリピン・ペソ=115日本円
(1997年6月の通貨換算率)

序 文

日本国政府は、フィリピン共和国政府の要請に基づき、同国のラオアグ川流域砂防及び洪水防御計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成8年3月から平成9年12月までの間、4回にわたり、株式会社建設技術研究所の村田直人氏を団長とし、同社、株式会社三祐コンサルタント及び株式会社パスコ・インターナショナルから構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、フィリピン政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

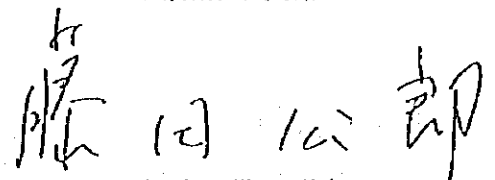
また、当事業団国際協力専門員の渡辺正幸を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し、専門的かつ技術的な見地から検討・密議が行われました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

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

平成9年12月

国際協力事業団



総裁 藤田 公郎

伝達状

平成9年12月

国際協力事業団

総裁 藤田公郎 殿

ここに、フィリピン国ラオアグ川流域砂防及び洪水防御計画調査の最終報告書を提出します。本報告書の計画策定に際しては日本国政府及びJICAの関係各位より御助言、御提案を頂いております。また、マニラにおいて最終報告書(案)の説明協議時にフィリピン政府の公共事業道路省を初めとする関係機関からのコメントも反映しております。

最終報告書では、ラオアグ川流域の砂防及び洪水防御についてのマスタープランの策定結果と、さらに緊急性の高い都市部の河川改修、扇状地河川群の砂防と河川改修、及びラオアグ市街地の都市排水改善についてのフィージビリティ調査結果をまとめております。

フィリピン国の社会経済開発推進の緊急性と必要性に鑑み、当国が早急に本プロジェクトの実現に向けて次の段階に進まれることを期待しております。

本報告書を提出するにあたりJICA、外務省、建設省を初めとする関係機関に対し、また、調査期間中我々に多大な協力、支援を賜ったフィリピン政府の公共事業道路省やその他関係機関に対しても深甚な感謝の意を表するものであります。

フィリピン国ラオアグ川流域砂防及び洪水防御計画調査団

村田直人
団長 村田直人

フィリピン共和国ラオアグ川流域砂防及び洪水防御計画調査

概要

調査期間：1996年3月～1997年11月

受入機関：公共事業道路省

1. 背景

ラオアグ川は、フィリピン共和国ルソン島の最北端にあるイロコス・ノルテ州の州都ラオアグ市を流下し、南シナ海に注ぐ流域面積1,332km²の河川である。流域では、台風通過に伴う豪雨により毎年のように洪水被害が発生している。こうした状況下において、砂防および洪水防御のための施策を実施することが、流域開発を推進していくための必須条件となっている。

さらに、ラオアグ市では、ラオアグ川からの洪水のみならず都市内の排水問題にも苦慮しており、その処理も緊急の課題である。

2. 目的

本調査は、1) ラオアグ川流域の砂防・洪水防御マスタープランの策定、2) マスタープランの優先プロジェクトのフィージビリティ調査、3) ラオアグ市内排水のフィージビリティ調査、4) 調査を通してフィリピン側カウンターパートへの技術移転を目的として実施した。

3. ラオアグ川 砂防・洪水防御計画

3.1 洪水問題

ラオアグ川水系は、ラオアグ、ボンゴ、クラ・ラブガオン、ソルソナ、マドンガン、パバの6河川から主として構成されている。これらの河川で、ソルソナ、マドンガン、パバの3河川は、暫定的な堤防が築造されているが、その他は、未だ自然河道に近い状態のままである。ラオアグ川流域は、こうした河道の流下能力の不足によって、毎年のように洪水災害が発生している。

いっぽう、ラオアグ川を除く5河川は、ルソン島の脊梁山地であるコルディレラ中央山地に水源を発している。この山地では、地質的な脆弱性および人為による劣悪な林相に

よって、多大な土砂が生産されており、この土砂流出が、とくに扇状地部において洪水災害をより深刻なものにしている。

25年確率規模の洪水での想定被害は、次のとおりである。

被害項目	想定被害
氾濫区域	17,290 ha
被災人口	61,118 人
被災資産	
家屋等	12,584 戸
農作物	10,988 ha
被害額	69,610 万ペソ

3.2 マスタープラン

(1) 基本方針

マスタープランの整備水準は、25年確率洪水に対応したものとする。マスタープランでは、上記の洪水氾濫区域および資産のうち、15,300haの氾濫区域ならびに57,600人を洪水から防護していくものとする。

(2) 施設計画

8基の砂防ダム計画と12区域の河川改修計画を策定した。それぞれの概要は次のとおりである(付図2参照)。

計画砂防ダム	砂防ダム計画	
	集水面積 (km ²)	計画堆砂量 (1000m ³)
クラ No. 1	68.2	391
クラ No. 2	63.1	150
ラブガオン No. 1	100.5	1,043
ラブガオン No. 2	90.9	511
ソルソナ No. 1	72.2	233
ソルソナ No. 2	68.2	233
マドンガン	153.8	2,190
パパ	51.4	707

河川改修計画

河川/地域	改修延長 (km)	河幅 (m)	築堤延長 (km)	堤体防護工 (m)
ラオアグ・ボンゴ川	30.0	300-1,000	30.0	
クキット・ラアグ	6.5		6.5	
スヨ・ラアグ	2.1		2.1	
ラアグ市街地	1.5		1.5	
カンガン・ラアグ	4.0		4.0	
サンコラス市街地	3.0		3.0	
サンニユル・サット	3.6		3.6	
スヨ・ディングラス	3.7		3.7	
ディングラス市街地	5.6		5.6	
クラ・ラブガオン川	13.5	200-340	21.9	22,200
ソルソナ川	11.0	230-330	10.9	13,700
マドンガン川	9.0	300	4.0	17,500
ババ川	7.0	223	1.0	12,400
合計	70.5		67.8	65,800

(3) 事業費

マスタープランに要する事業費は、1996年8月の価格で、2,177.8百万ペソである。

(4) 事業効果

マスタープラン実施に伴う事業効果は、次のとおりである。

- ・ 前述のように、15,300haの氾濫区域および57,600人を洪水から防御する。
- ・ 扇状地で洪水のたびに流失していた農地（年平均52ha）を防護する。
- ・ 荒蕪地として現在放棄されている1,800haの扇状地内の荒地を、農地ないし放牧地に改良できる。
- ・ さらに、衛生面や交通網の整備による利便性の向上が期待できる。

(5) 非構造物的対策

マスタープランの施設計画で提案した構造物的対策を補完し、砂防・洪水防御計画を十分に機能させるため、次のような非構造物的対策を提案した。

- ・ 現在進められている植林事業の区域拡張と促進

- ・ 洪水予警報システムの確立と水防体制の整備
- ・ 洪水氾濫危険度の高い区域に対する土地利用規制の実施

3.3 緊急計画

(1) 対象プロジェクト

マスタープランにおける8基の砂防ダムと12区域の河川改修の中から、5基の砂防ダムと7区域の河川改修を緊急計画のプロジェクトとして選定した。これらの概要を以下に示す。

河川	対象プロジェクト	防御区域	防御面積	防御人口
ラオグ	ラオグ市街地改修	ラオグ市街地	330ha	6,203人
ラオグ	サンコラス市街地改修	サンコラス市街地	230ha	5,835人
ラオグ・ボンゴ	ディングラス市街地改修	ディングラス市街地	550ha	4,228人
クラ・ラブガオン	クラNo.1砂防ダム ラブガオンNo.1砂防ダム クラ・ラブガオン川改修	クラ・ラブガオン川流域	3,900ha	11,115人
ワルサ	ワルサNo.1砂防ダム ワルサ川改修	ワルサ川流域	2,280ha	7,152人
マドンガ	マドンガ砂防ダム マドンガ川改修	マドンガ川流域	4,180ha	8,764人
ハハ	ハハ砂防ダム ハハ川改修	ハハ川流域	1,950ha	4,651人
合計			13,420ha	47,948人

(2) 施設計画

選定したプロジェクトは、より詳細な現地調査等に基づいて施設計画が立てられた。なお、計画規模はマスタープランと同等としている。施設計画の概略を以下に示す。

ヲアガ' -ホ' シ' 川改修

項目	ヲアガ' 市街地	サンニコラス市街地	テイ'ング' ラス市街地	合計
改修区間長 (m)	3,490	4,200	5,450	13,140
築堤 (m)	2,250	4,200	5,150	11,600
洪水壁 (m)	1,240	-	300	1,540
護岸 (m)	160	-	300	460
水制 (基)	-	5	-	5
樋管 (基)	2	2	1	5
用地取得 (ha)	6.1	9.9	13.0	29.0
家屋移転 (戸)	-	-	3	3

砂防ダム

項目	クラ No. 1	ヲ'ガ'ガ' No. 1	ヲ'ガ' No. 1	マ'ン'ガ'ン	ハ'ハ'	合計
集水面積 (km ²)	68.2	100.5	72.2	153.8	51.4	
貯砂量 (10 ³ m ³)	422	1,197	242	2,207	794	4,862
ダム基礎	70-テイ'ング'	岩着	岩着	70-テイ'ング'	70-テイ'ング'	
ダム高 (m)	9.0	17.0	12.0	10.5	9.0	
堤頂長 (m)	183	118	118	183	233	
副ダム高 (m)	4.0	7.5	4.0	4.5	3.5	
水叩き (基)	1	-	-	1	1	
コンクリ'ト量 (m ³)	15,100	16,900	5,200	20,800	16,900	74,900
用地取得 (ha)	0.4	-	0.1	-	1.0	1.5
家屋移転 (軒)	-	-	-	-	-	-

扇状地河川改修

項目	クラ'ラ'ガ'ガ'川	ヲ'ガ'川	マ'ン'ガ'ン川	ハ'ハ'川	合計
築堤延長 (km)	21.5	16.0*	10.0*	4.5*	
浚深・掘削 (10 ³ m ³)	992	-	-	-	992
水制工 (基)	349	302	394	283	1,328
床固工 (基)	1	1	1	1	4
樋管 (基)	4	3	8	2	17
橋梁補修 (橋)	1	-	-	-	1
用地取得 (ha)	10.0	-	-	-	10.0
家屋移転 (戸)	-	-	-	-	-

注：*は補修延長

(3) 事業費

緊急計画に要する事業費は、1997年6月の価格で1,911.3百万ペソで、物価上昇予備費を加えると2,333.1百万ペソとなる。

(4) 事業効果

緊急計画の実施に伴う事業効果は、次のとおりである。

- ・ 13,400haの氾濫区域と47,900人を洪水から防御する。
- ・ 扇状地部で、年平均52haの農地流失を防ぎ、荒蕪地として現在放棄されている1,800haの荒地を、農地ないし放牧地に改良できる。
- ・ 衛生面や交通網の整備による利便性の向上が期待でき、さらに事業の実施を通して建設期間中に140万人・日の雇用が発生する。

(5) 事業の経済評価

緊急計画の経済評価は、以下のとおりであり、経済的に本計画は実施可能である。

評価指標	算定値
経済的内部収益率 (EIRR)	19.9 %
純現在価値 (NPV)	423 百万ペソ
便益・費用比率 (B/C)	1.40

3.4 環境影響評価

緊急計画で実施する工事は、比較的小規模な土工および構造物を主体としていることから、環境に与える影響は、工事による表流水の汚濁のみである。しかし、その影響は沈砂池等の簡易な対策によって十分除去できる。

さらに建設後においても大きな環境変化を生じさせないこと、および用地買収・家屋移転も極めて少ないことから、自然および社会環境上問題はないと判断できる。

4. ラオアグ市都市排水計画

4.1 洪水問題

ラオアグ市の雨水排水のほとんどは、ダオラオ・トゥベッククリークという小規模な河

川によって、直接南シナ海に排水されている。ラオアグ市街地は、このクリークの流下能力不足によって、毎年のように氾濫洪水被害を蒙っている。とくに、このクリークの支川であり、大部分の市街地排水を受持っているサンイシドロクリークに被害が集中している。

4.2 都市排水緊急計画

排水計画の整備水準は、5年確率洪水に対応したものとした。提案した緊急計画は、サンイシドロクリークの改修、ダオラオ・トゥベッククリークの一部改修ならびに関連する排水路の改修である。この概要を下記に示す(付図3参照)。

項目	数量
水路改修延長 (km)	2,410
土工量 (m ³)	106,000
護岸工 (m)	2,300
橋梁およびカルバート (基)	10
用地買収 (ha)	2.71
家屋移転 (戸)	-

また、都市排水緊急計画の経済評価は、以下のとおりであり、経済的に本計画は実施可能である。

評価指標	算定値
経済的内部収益率 (EIRR)	31.9 %
純現在価値 (NPV)	105 百万ペソ
便益・費用比率 (B/C)	2.45

4.3 環境影響評価

本緊急計画は、比較的小規模な土木工事であり、環境面に与える影響としては、建設時に河床の底泥をかき混ぜるために生じる水質面での問題が危惧されるのみである。これに対する対策は、十分可能である。むしろ、本計画の実施は、都市の環境改善に大きく寄与するものである。

5. 技術移転

技術移転は本調査の目的の一つであり、次のような調査活動や会議等を通して、公共事業道路省のカウンターパート等に、技術の移転を図った。

- 既往調査・設計資料や社会経済等の基礎データ収集の際に、そのデータの重要性等を認識させ、協同して収集作業を行った。
- 河道調査や流域調査等の現地調査に同行させ、作業の必要性および方法論を指導した。
- 本調査で設置した水文観測機器（雨量計，水位流速計）の維持管理を，地元の公共事業道路省の事務所に依頼し，これを通じて機器のメンテナンス技術のみならず，基礎資料蓄積の重要性を認識させた。
- ステアリング・コミッティーの下に置かれたテクニカル・ワーキング・グループの会議をラオアグ市でも開催し，プロジェクトの内容について地元関係部局と自治体への周知を図った。
- 同様に，セミナーをラオアグ市とマニラ市で開催し，技術移転を図った。

6. 提言

提案した砂防・洪水防御緊急計画および都市排水緊急計画の両者は、技術的にも経済的にも実施可能なプロジェクトである。さらに、環境面でも負の影響はほとんど認められない。したがって、対象地域の洪水問題を解決していくために、プロジェクトの資金面での手当てと早期の実施が望まれる。さらに、次の点を今後の課題として、上げておきたい。

(1) モニタリングの重要性

扇状地河川は、活発な土砂生産のために土砂の堆積・侵食が著しく、これに対する不断のモニタリングが、洪水災害を未然に防ぐためには不可欠である。この観点から、定点における河床横断測量や主要構造物近辺での局所洗掘を定期的にモニタリングし、構造物の破損等を未然に防いでいく努力が必要である。

(2) 施設計画の改善

とくに扇状地河川の施設計画においては、土砂移動が活発なため、これを前提にした施

設計画を立案しているものの、不確定な要素を多く含んでいるといわざるを得ない。そこで、施設施工に至るまでに、模型実験等を実施し、モニタリングの成果をも加味して、対策工の技術的妥当性や構造的な改良を行っていくべきである。

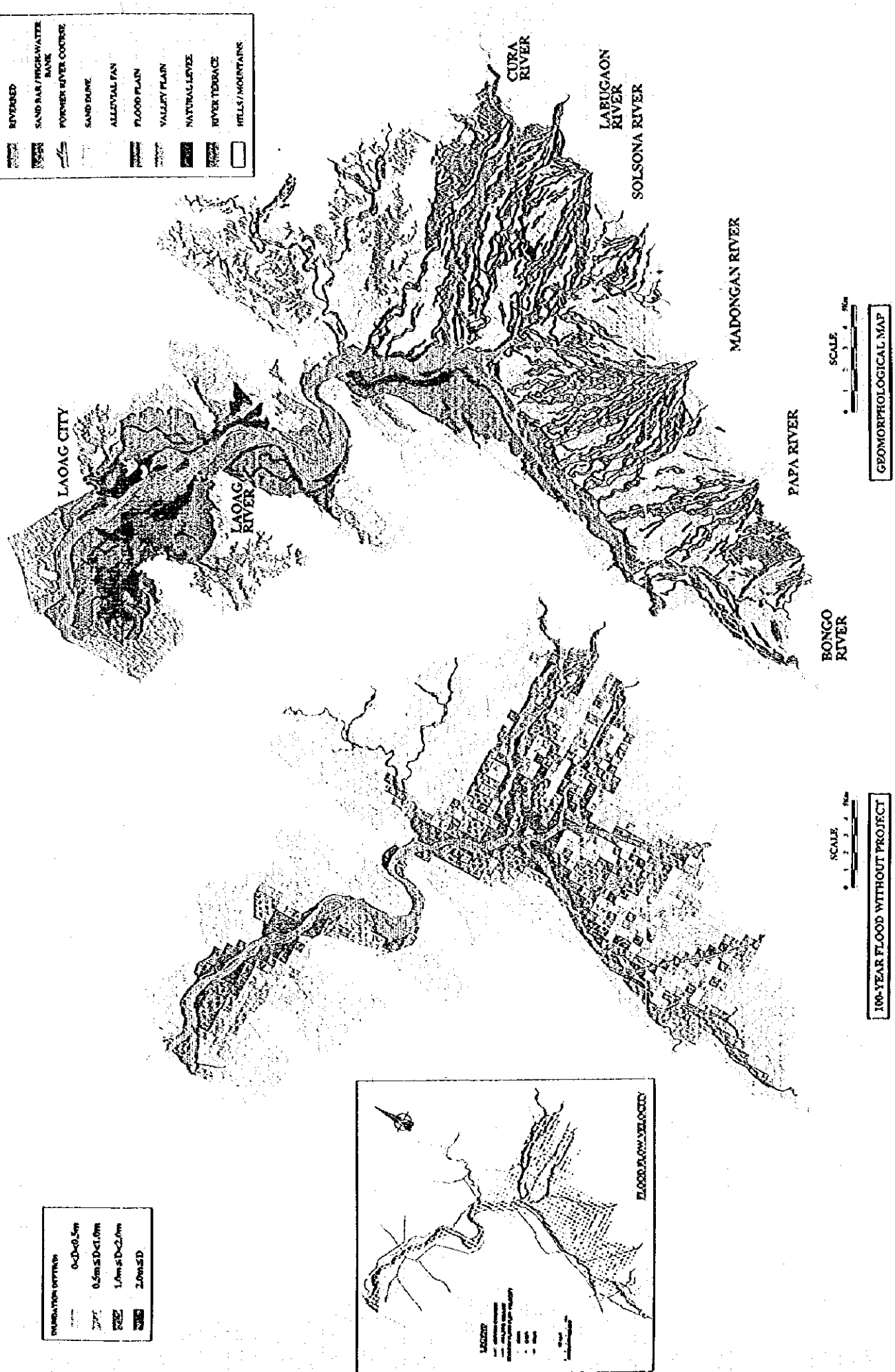
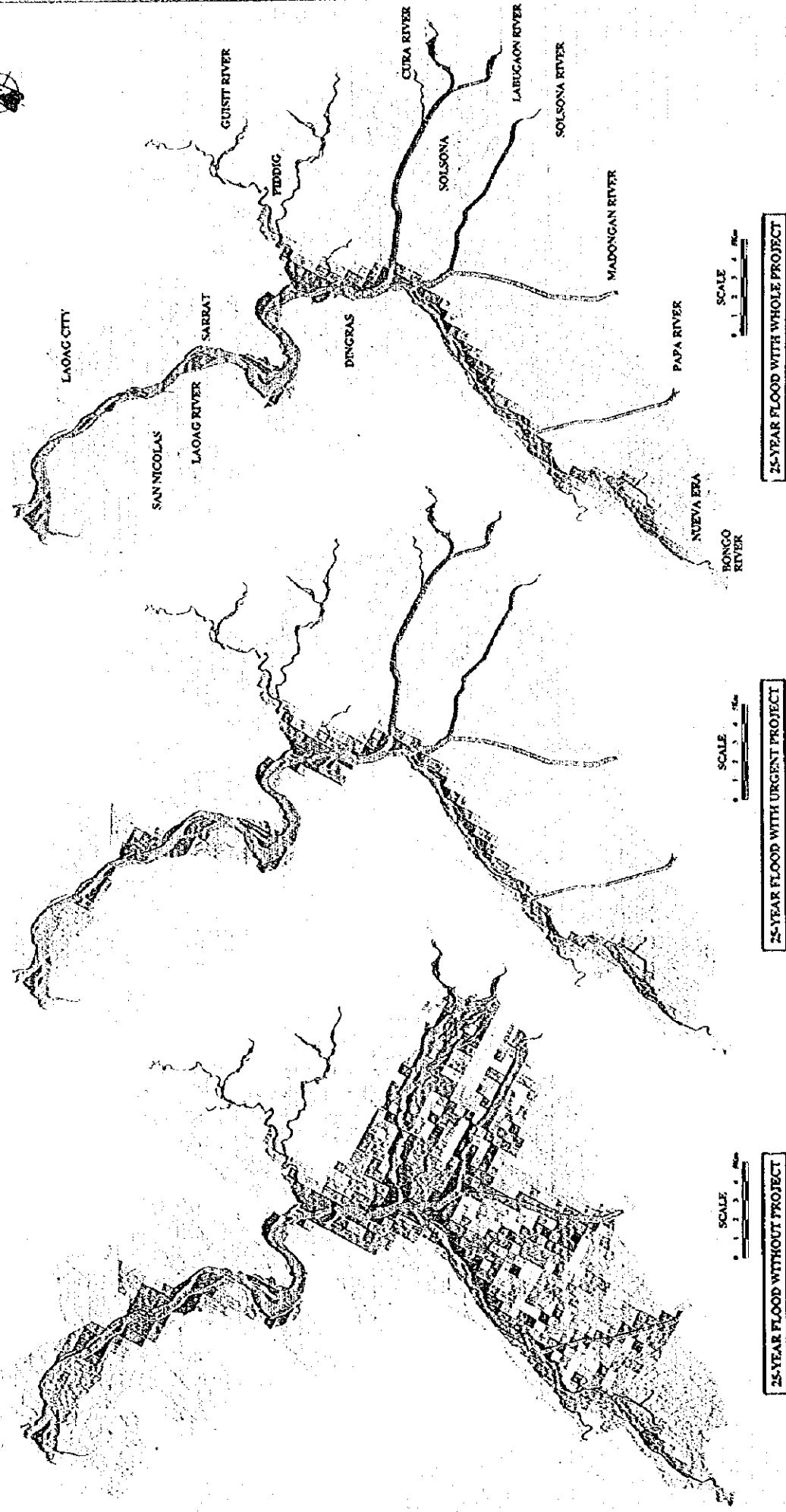
(3) 水源地管理の重要性

ラオアグ川の水源地は、地質的な脆弱性から風化が著しく、かつ人為により劣悪な林相を呈している。これを改善するために、現在多くの植林プロジェクトが実施されている。こうしたプロジェクトは、砂防ダムの効果をより確実にしていくものと考えられる。したがって、現在実施されている植林プロジェクトの区域の拡張とともに、その推進を提言する。

(4) 水防活動の推進

水防活動は、構造物的対策を十全に機能させ、かつ計画規模を上回る洪水に対しても被害を軽減させる効果を有している。今後、実用的な洪水予警報システムを確立して、これに基づいて地域ぐるみで実施できる適切な水防工法の普及と水防組織づくりを行っていく必要がある。このためには、本プロジェクトの施設建設期間等を通して、技術移転を行っていくべきである。

FLOOD HAZARD MAP IN THE LAOAG RIVER BASIN



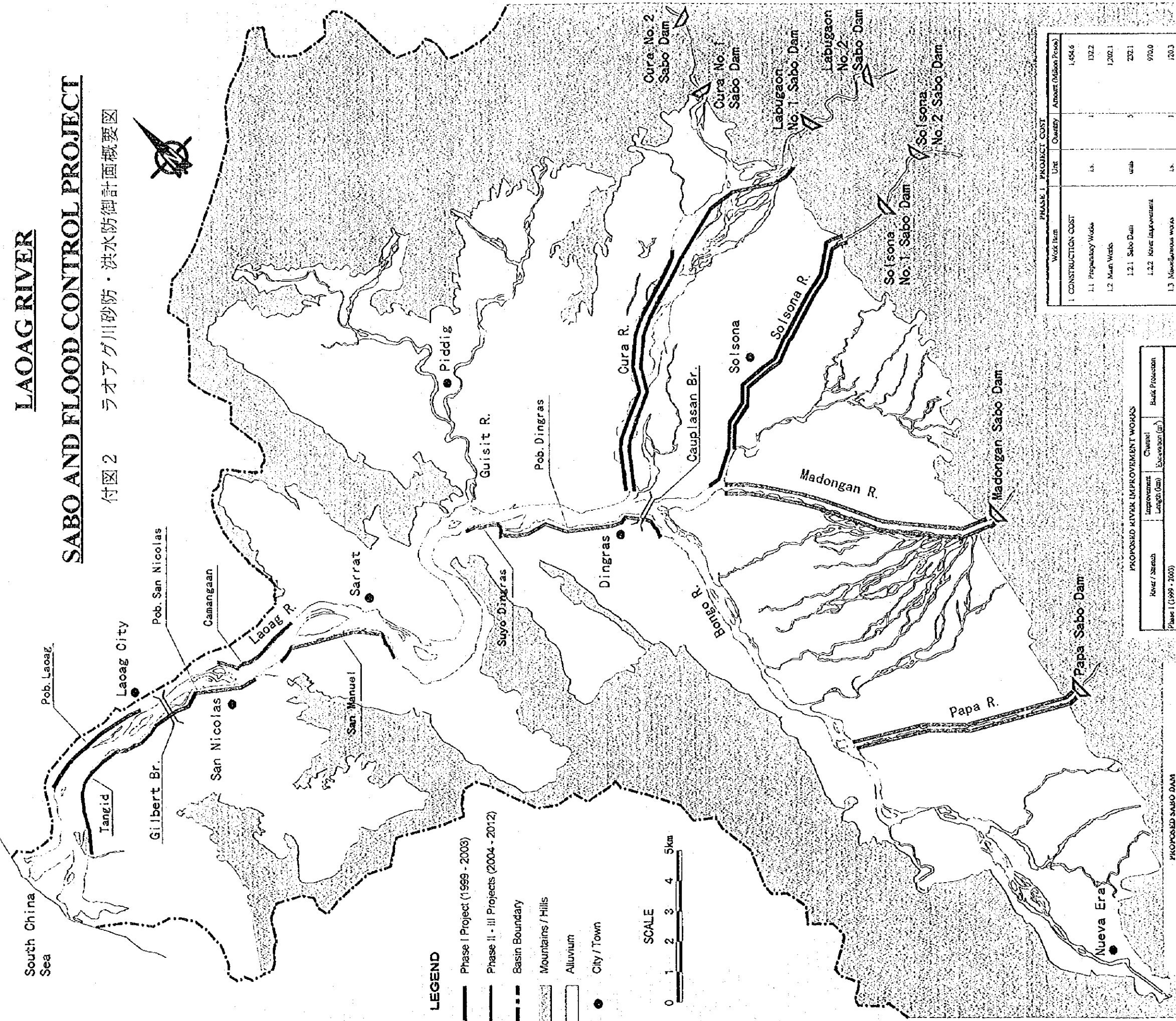
付図1 ラオアグ川流域浸水危険区域図

Note: This is the flood hazard map of the Laoag River Basin, including the geomorphological map. Classification of inundation areas and depths of floods of 25-year and 100-year return periods were made using the "Two-Point Unitary Flood Model" by dividing the flood prone areas into blocks of 100m x 100m and applying hydrologic and topographic data into each block. Also, inundation of floods of 25-year return period after construction of the proposed main plan project (whole project) and the selected urgent project was carried out.

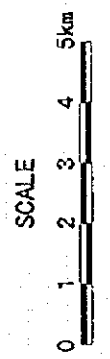
LAOAG RIVER

SABO AND FLOOD CONTROL PROJECT

付図2 ラオアグ川砂防・洪水防御計画概要図



- LEGEND**
- Phase I Project (1999 - 2003)
 - Phase II - III Projects (2004 - 2012)
 - - - Basin Boundary
 - ▨ Mountains / Hills
 - Alluvium
 - City / Town



PROPOSED RIVER IMPROVEMENT WORKS

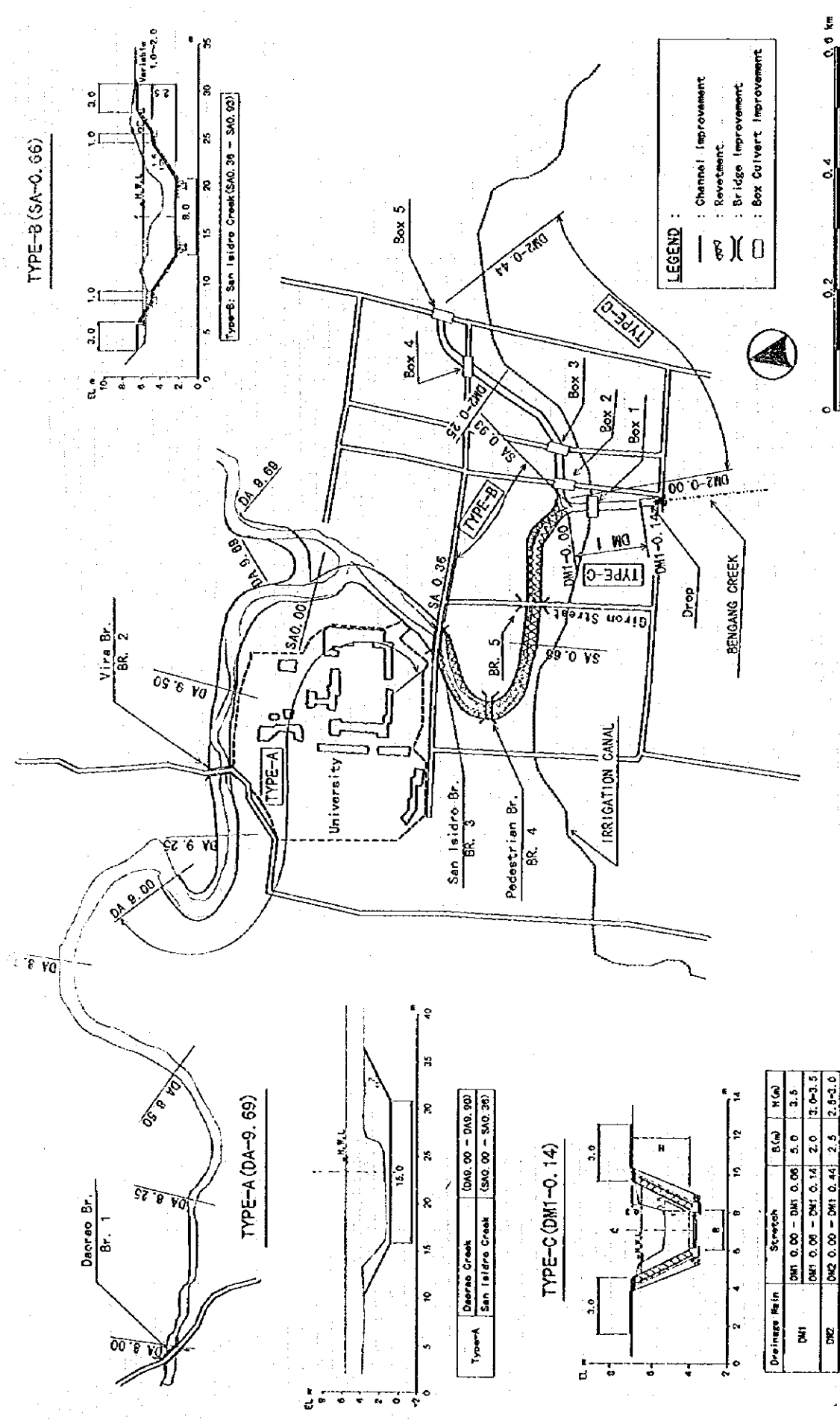
River / Stretch	Improvement Length (km)	Channel Excavation (m³)	Bank Protection
Laoag R. (Pop. Laoag)	3.49	-	Revet Wall (1,240m)
Laoag R. (Pop. San Nicolas)	4.20	-	-
Laoag - Borja R. (Pop. Dingras)	3.33	-	Revet Wall (900m)
Cura / Labugaon R.	21.30	992,000	Spur Dike (349 Units)
Solsona R.	10.00	-	Spur Dike (302 Units)
Madongan R.	10.00	-	Spur Dike (394 Units)
Papa R.	4.50	-	Spur Dike (283 Units)
Phase II (2004 - 2009)			
Laoag R. (Tangid)	3.25	-	-
Laoag R. (Camangaan)	4.00	-	-
Laoag R. (San Manuel)	3.60	-	-
Laoag R. (Sarra)	3.70	-	-

PROPOSED SABO DAM

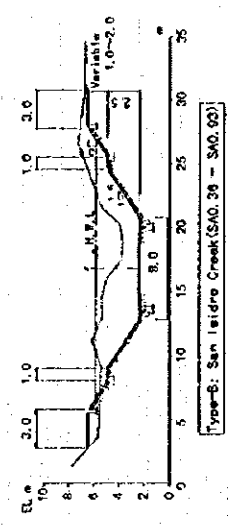
Sabo Dam	Catchment Area (km²)	Dam Height (m)	Dam Length (m)	Settlement Volume (m³)
Phase I (1999 - 2003)				
Cura No. 1	68.2	9.0	183	422,000
Labugaon No. 1	100.3	17.6	118	1,197,000
Solsona No. 1	72.2	12.0	118	242,000
Madongan	153.8	10.5	183	2,207,000
Papa	51.4	9.9	253	794,000
Phase II (2004 - 2009)				
Cura No. 2	63.1	4.5	70	150,000
Labugaon No. 2	90.9	7.0	160	311,000
Solsona No. 2	68.7	10.0	90	253,000

PHASE I PROJECT COST

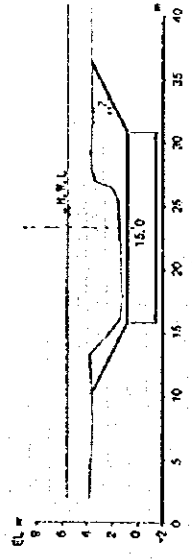
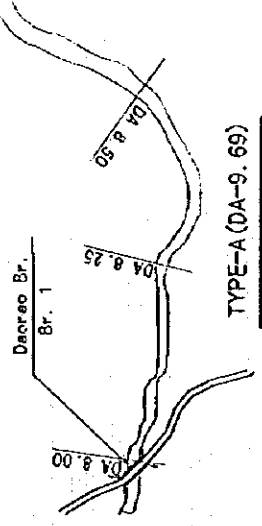
Work Item	Unit	Quantity	Amount (Million Pesos)
1 CONSTRUCTION COST			
1.1 Preparatory Works	ls	1	1,584.6
1.2 Main Works	units	5	1,322
1.2.1 Sabo Dam			1,292.1
1.2.2 River Improvement			232.1
1.3 Miscellaneous works	ls	1	970.0
2 COMPENSATION COST			
2.1 Land Acquisition	ha	41	6.4
2.2 House Relocation	houses	3	6.0
3 ADMINISTRATION COST			
4 ENGINEERING SERVICE COST	ls	1	4.8
5 PHYSICAL CONTINGENCY	ls	1	232.7
6 PRICE CONTINGENCY	ls	1	174.8
Total			421.8



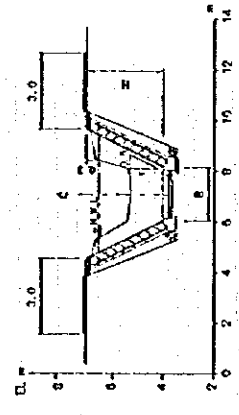
TYPE-B (SA-0.66)



TYPE-A (DA-9.69)



TYPE-C (DM1-0.14)



Drainage Rate	Stretch	B (m)	H (m)
DM1	DM1 0.00 - DM1 0.06	3.0	3.5
	DM1 0.06 - DM1 0.14	2.0	3.0-3.5
DM2	DM2 0.00 - DM1 0.44	2.5	2.5-3.0

LEGEND :

- : Channel Improvement
- : Revetment
- : Bridge Improvement
- : Box Culvert Improvement



LAOAG CITY URBAN DRAINAGE IMPROVEMENT

- URGENT PROJECT -

付図 3 ラオアグ市都市排水緊急計画概要図

ラオアグ川流域 砂防・洪水防御計画調査

要約報告書

目次

第1章	緒言	1
1.1	調査の背景	1
1.2	調査の目的	1
第2章	調査対象地域	2
2.1	調査対象地域の概要	2
2.2	気象・水文	4
2.3	水源地域および河川の現況	6
2.4	土砂生産・流出状況	8
2.5	洪水被害	10
2.6	環境	11
第3章	マスタープラン	12
3.1	計画条件	12
3.2	適用すべき対策工	13
3.3	砂防および洪水防御計画	14
3.4	施工計画と積算	18
3.5	事業評価	19
3.6	マスタープランの実施	21
第4章	緊急計画	22
4.1	計画条件	22
4.2	対策工の詳細検討	22
4.3	緊急砂防・洪水防御計画	25
4.4	事業費の積算と評価	27
4.5	緊急計画の実施	29
第5章	ラオアグ市都市排水計画	31
5.1	調査対象地域	31
5.2	都市排水の現況	32
5.3	洪水被害	32
5.4	都市排水計画	34
5.5	緊急計画の事業費	37
5.6	緊急計画の経済評価	38
5.7	緊急計画の環境影響評価	40

表一覧

表 2.1	フィリピン全国、リージョン I および対象地域の人口の推移	T-1
表 3.1	全国主要河川等の治水計画規模と流域指標	T-2
表 3.2	浸水地域別指標	T-3
表 3.3	マスタープラン実施に要する工事数量	T-4
表 3.4	マスタープランにおける事業費	T-5
表 3.5	環境影響マトリックス	T-6
表 4.1	緊急計画事業費	T-7
表 4.2	環境影響評価チェックリスト	T-8
表 5.1	緊急排水計画事業費	T-9
表 5.2	環境影響評価チェックリスト	T-10

図一覧

図 2.1	ラオアグ川流域の基本構成	F-1
図 2.2	流域関連自治体とその区域	F-2
図 2.3	土地利用現況	F-3
図 2.4	水文観測網位置図	F-4
図 2.5	台風グロリン（1996 年）における実績洪水波形と再現結果	F-5
図 2.6	確率洪水流量	F-6
図 2.7	ギルバート橋における確率洪水波形	F-7
図 2.8	地質分布	F-8
図 2.9	植林事業	F-9
図 2.10	ラオアグ川の流路変遷	F-10
図 2.11	河川地形分類	F-11
図 2.12	現況河川構造物	F-12
図 2.13	水源山地の微地形分類	F-13
図 2.14	既往最大浸水区域	F-16
図 2.15	25 年確率洪水による浸水予想区域	F-17
図 3.1	計画洪水流量配分図（25 年確率）	F-18
図 3.2	ラオアグ川砂防・洪水防御マスタープランの構成	F-19
図 3.3	砂防ダム計画位置図	F-20
図 3.4	砂防ダム計画緒元	F-21
図 3.5	ラオアグ・ボンゴ川河川改修計画	F-22
図 3.6	クラ・ラブガオン川改修の代替案	F-23

図 3.7	クラ・ラブガオン川改修計画	F-24
図 3.8	ソルソナ川改修計画	F-25
図 3.9	マドンガン川改修計画	F-26
図 3.10	ババ川改修計画	F-27
図 3.11	洪水予警報のための水文観測・情報伝達網	F-28
図 3.12	マスタープランの実施計画	F-29
図 4.1	緊急計画概要図	F-30
図 4.2	砂礫堆とその波高	F-31
図 4.3	砂礫堆波高と河床勾配の関係	F-31
図 4.4	砂礫前縁線の入射角 (Ls/Bs)	F-35
図 4.5	河床高, 現況堤防高, 堤内地盤高の計画高水位からの比高	F-36
図 4.6	扇状地河川改修の代替構造物	F-38
図 4.7	ラオアグ・ボンゴ川改修における適用構造物	F-39
図 4.8	ラオアグ市街地防護のための河川改修計画	F-40
図 4.9	サンニコラス市街地防護のための河川改修計画	F-41
図 4.10	ディングラス市街地防護のための河川改修計画	F-42
図 4.11	砂防ダムサイトの地質	F-43
図 4.12	砂防ダム概略設計	F-46
図 4.13	扇状地河川改修における適用構造物	F-51
図 4.14	クラ・ラブガオン川改修計画	F-54
図 4.15	ソルソナ川改修計画	F-55
図 4.16	マドンガン川改修計画	F-56
図 4.17	ババ川改修計画	F-57
図 4.18	緊急計画の実施計画	F-58
図 4.19	プロジェクト実施のための組織構成	F-59
図 5.1	調査対象流域概要図	F-60
図 5.2	現況土地利用図	F-61
図 5.3	将来土地利用図	F-62
図 5.4	ダオラオトウベッククリーク平面図, 縦断図	F-63
図 5.5	サンイシドゥロクリーク平面図, 縦断図	F-64
図 5.6	ラオアグ都市排水区分図	F-65
図 5.7	1996年台風グロリンによるラオアグ市洪水氾濫図	F-66
図 5.8	洪水氾濫区分図	F-67
図 5.9	排水改良対象地域	F-68
図 5.10	流出モデル図	F-69

図 5.11	排水路改修計画平面図 (マスタープラン)	F-70
図 5.12	排水路改修計画縦断面図 (マスタープラン)	F-71
図 5.13	排水路改修計画横断面図 (マスタープラン)	F-74
図 5.14	排水路改修計画平面図 (緊急計画)	F-75
図 5.15	排水路改修計画縦断面図 (緊急計画)	F-76
図 5.16	排水路改修計画横断面図 (緊急計画)	F-78
図 5.17	河岸法面防護工計画断面図	F-79
図 5.18	橋梁計画一般図	F-80
図 5.19	掘削残土処理計画図	F-82
図 5.20	緊急事業工事実施計画	F-83

付属資料 調査関係者名簿

第1章 緒言

1.1 調査の背景

フィリピン国のルソン島の最北端に位置するイロコス・ノルテ州のラオアグ川は、国家中期投資計画（1993 - 1998年）の中で洪水防御を要する全国主要12河川の一つに定められており、台風の通路に当たっているため、台風時の豪雨により毎年大きな洪水被害を受けている。とくに1992年に発生した洪水は、ラオアグ市を含む流域全体に大被害をもたらし、州全体で被災人口129,000人、被害総額は12億円に達した。また同流域では山地から大量の土砂が河道に流出・堆積しており、洪水被害を深刻化する大きな要因となっている。

本流域の今後の発展のためには砂防・洪水防御対策の実施が不可欠であり、フィリピン政府は同事業を公共事業道路省(DPWH)の最優先プロジェクトの一つとして、前述のように国家中期投資計画に含めている。このため、砂防・洪水防御対策マスタープランの策定が急がれている。

日本政府は、上記の計画作成に関するフィリピン政府からの要請に応え、「ラオアグ川流域砂防及び洪水防御計画調査」を実施することを決定し、国際協力事業団を通じ調査団を4次にわたり現地に派遣し、2段階の調査(マスタープラン調査、フィージビリティ調査)を終了し、ここに最終報告書を作成した。

1.2 調査の目的

本調査の目的は次のとおりである。

- 1) ラオアグ川流域における砂防および洪水防御に関する総合的なマスタープランを策定する。
- 2) 優先プロジェクトに係るフィージビリティ調査を実施する。
- 3) 本調査を通じフィリピン側カウンターパートへ技術移転を行う。

さらに、第一次現地調査実施中の平成8年7月に15年確率洪水に相当する台風グロリンが襲来し、とくにラオアグ市街地が浸水被害を受けた。これを契機にラオアグ市より、都市排水計画立案の要請が上がり、国際協力事業団はこれを受けて、ラオアグ市都市排水計画のフィージビリティ調査を追加することを決定した。したがって、本調査では、上記の砂防および洪水防御に関するフィージビリティ調査とともに都市排水計画のフィージビリティ調査を追加実施した。なお、ラオアグ市都市排水計画については、本報告書では別途第5章を設けて、一括して記載している。

第2章 調査対象地域

2.1 調査対象地域の概要

(1) ラオアグ川流域

ラオアグ川は、標高 2,000m を超えるコルディレラ中央山地に水源を持ち、1,332km²の流域面積を擁している。本川上流部は、クラ川との合流点までをボンゴ川と呼び、これより下流部をラオアグ川と呼んでいる。ボンゴ川は、山地を出ると、ババ、マドンガン、ソルソナ、ラブガオン、クラの各河川の形成した扇状地の末端を流下しつつ北上する。また、ラオアグ川は、ギシット川との合流後、湾曲部を経て、自ら形成した氾濫原を流下し、最終的に南シナ海に注いでいる(図2.1)。

流域は、地形的に大きく4つの小流域に分割できる。

1) 上流域

扇状地面とそれを形成している山地部であり、ボンゴ川を含む主要6河川の流域から成る。2,000m を超える尾根が連なる山地部は急峻であり、いっぽう下流の扇状地面も平均して1/260-1/80と急勾配である。この急峻な源頭部がラオアグ川の主な土砂生産源である。上流域は、面積835km²のうち山地・丘陵が634km²を占め、残り201km²が扇状地である。

2) 中流域南部

ボンゴ川およびラオアグ川の左岸沿いに南北に走る丘陵(標高200-500m)を水源とする流域で、面積は160km²でその70%を丘陵が占めている。緩勾配の下流部は、水田として利用されている。

3) 中流域北部

ギシット川の流域であり、源頭部の尾根は標高300mから1,000mである。面積は178km²で、山地・丘陵が76%を占めている。

4) 下流部

ラオアグ川沿いの氾濫原とそれを取り囲む丘陵から成る流域である。この氾濫原は、灌漑施設が整備され、高度に水田としての利用が進んでいる。面積は159km²で、このうち102km²が氾濫原、57km²が丘陵である。

(2) 社会・経済状況

流域には、1市、10ムニシパリティが関係しており、これらは235のバランガイに分割できる(図2.2参照)。1995年のセンサスによると、流域内人口は196,900人で、流域内人口密度は148人/km²であるが、人口の約30%が市街地に集中している。表2.1に示すように、1990年から1995年にかけての人口の伸びは0.85%/年で、全国平均の2.45%/年を下回っている。

将来人口については、年率0.9%の伸びを想定し、2020年までの予測を行った。この結果を次表に示す。

年	人口
1995	196,900
2000	206,000
2010	255,000
2020	246,600

いっぽう、イロコス・ノルテ州の主要産業は、米、ニンニク、とうもろこしを主体とした農業であり、GRDPの41%を占め、全体雇用の51%に達している。GRDPで見ると、サービス部門が、43%と農業をわずかに上回っているが、雇用面では全体の37%である。鉱工業は、GRDPの16%、全体雇用の9%である。また、リージョンIと同等として推定すると、流域内の1995年における一人当りのGRDPは14,900ペソ(577ドル)となる。

リージョンIのGRDPの将来の伸びについては、中期開発計画(1993-1998年)に盛り込まれているGRDPの伸び率の平均6.2%(Medium Scenario)を参考に、次のように設定した。

年	GRDP (10億ペソ)	一人当りGRDP (ペソ/人)	GRDP年伸び率
1995	58.25	15,363	
2000	78.69	19,005	6.20%(1995-2000)
2010	123.97	25,817	4.65%(2000-2010)
2020	168.23	31,574	3.10%(2010-2020)

(3) 土地利用

1996年現在の流域内土地利用は、図2.3に示すとおりであり、これを集計したものが次表である。流域内の約7割を山地・丘陵、約2割を耕地が占めている。

土地利用種別	占有面積	面積比率
耕地	24,665 ha	18.5%
宅地	2,070 ha	1.5%
道路・水路	1,298 ha	1.0%
低地内樹林地	2,234 ha	1.7%
灌木・草地	1,337 ha	1.0%
河川荒蕪地	2,350 ha	1.8%
河道	5,694 ha	4.3%
山地・丘陵	93,562 ha	70.2%
合計	133,210 ha	100%

土地利用について特筆すべきことは、1975年から1996年の20年間において、扇状地面の耕地1,130haが、河川の浸食によって洗い流されたことである。このうち211haは、農民の自助努力によって復旧している。これら農地の流失は、クラ、ラブガオン、ソルソナ、マドンガンの河川沿川に集中している。

また、1996年に定められたイロコス・ノルテ州の将来土地利用計画(Comprehensive Land Use Plan)によると、住宅地の拡充、道路網の整備等とともに、現在5,126haの河川荒蕪地を480haに、5,090haの不毛地を269haに減少させる開発構想が提案されている。

(4) 関連社会資本整備計画

灌漑施設整備

流域内には、イロコス・ノルテ灌漑プロジェクト・フェーズIをはじめ、7区域、合計12,205haの灌漑システムが整備されている。これらに加えて、上記プロジェクトのフェーズIIが計画されている。隣接するアブラ川流域にパルシングダムを建設し、これより導水して、12,400haの新規灌漑とフェーズI地域への農水補給、および42.8MWの水力発電を行う計画である。

地方道整備

当流域では、地方道整備プロジェクト他、さまざまな道路整備が1980年代に実施された。しかし、道路の整備状況は未だ不十分で、とくに扇状地面では道路網の未整備が地域の開発を遅らせている一因となっている。こうした扇状地を南北に横断する道路網の整備には、河川改修による河道の安定が不可欠である。

2.2 気象・水文

(1) ラオアグ川流域の特徴

ラオアグ川流域の気候は、乾季(5月-10月)と雨季(11月-4月)に明瞭に分かれており、年間降雨量2,135mm(1961年から1995年の平均)の97%は、この雨季に集中している。過去48年間に約250個の台風が北部ルソンを襲来ないしかすめており、その中でも大きな被害をもたらした台風の75%は、7月から9月に発生している。

(2) 水文資料の整備状況と解析

水文資料の整備状況

雨量については、流域内に12の雨量観測所が設置されているが、時間雨量を観測しているのは、気象庁(PAGASA)のラオアグ観測所のみである。調査団では、こうした状況を改善するために、上流部を対象に、ビディッグ、ソルソナ、ヌエバ・エラに雨量計を設置した。

いっぽう、水位は、下流のギルバート橋、中流のカウブラサン橋、ソルソナ川上流(ガスガス)の3地点でスタッフ・ゲージにより観測されている。洪水時の観測データを見る限りでは、ギルバート

橋における水位資料のみが過去の洪水ピークを捉えており、信頼性の高いデータといえる。調査団は、それぞれのスタッフ・ゲージの近傍に超音波水位・流速計を設置した。

これら流域に係わる水文観測網を図 2.4 に示す。

台風グロリンによる水文データの観測

第1次現地調査期間中の1996年7月23日から27日にかけて、台風グロリンが北部ルソンに襲来し、多大な降雨をもたらした。調査団が設置した雨量計ならびに水位・流速計は、この洪水を的確に捉えた。その観測雨量および流量は次のとおりである。

観測所	雨量		
	5日雨量(7/23-27)	3日雨量(7/24-26)	最大時間雨量(7/25)
ラオアグ	705 mm	643 mm	51 mm (15:00-16:00)
ビディッグ	786 mm	741 mm	69 mm (16:00-17:00)
ソルソナ	689 mm	594 mm	30 mm (12:00-13:00)
ヌエバ・エラ	829 mm	795 mm	52 mm (12:00-13:00)

水位・流量	
観測所	洪水ピーク流量
ギルバート橋	9,500 m ³ /s
カウプラサン橋	4,800 m ³ /s
ソルソナダム	550 m ³ /s

台風グロリンによる出水は、ギルバート橋の37年間(1959-1996年)の水位記録から見ると、歴代4位に相当し、15年確率と評価できた。ちなみに、1位は1967年の台風ヘニンによるもので、ピーク流量10,900m³/sで25年確率に相当している。ギルバート橋の水位・流量確率は、つぎのとおりである。

確率年	水位(m)	流量(m ³ /s)	確率年	水位(m)	流量(m ³ /s)
2	6.85	4,500	25	9.90	10,900
5	8.29	7,200	50	10.44	12,300
10	9.06	8,900	100	10.94	13,700

(3) 洪水流出解析

この台風グロリンでは、時間降雨、時間水位・流量ともに良好に観測されたため、これを用いた流出計算を行い、実績洪水波形に合うようなモデルの構築が可能となった。流出計算法は、貯留関数

を用い、流域を24の小流域、河道を19の区間に分割した洪水追跡モデルを作成した。台風グロリンの洪水波形によるモデルの同定結果を図2.5に示す。

さらにこの台風グロリンについては、豪雨時における流域内の雨量分布を知る過去のデータがないこと、出水規模が15年確率とかなり大きいこと、雨域が大きく降雨の地域分布もほぼ均等に近いこと、計画に用いるには適していることが特徴であり、台風グロリンの降雨波形を用いて確率洪水を算出するのが最適であると判断した。こうして算定した各河道地点の確率洪水流量を図2.6に、ギルバート橋の確率洪水波形を図2.7に示す。

2.3 水源地域および河川の現況

(1) 水源地域の現況

地質

水源山地であるコルディレラ中央山地を構成しているのは、主として第三紀貫入岩と白亜紀-古第三紀火山岩である。前者は、概ね水源山地の中下流部に分布し、風化が著しく、風化した層は細かな粒子に分解し、空隙を生じている。また後者は、上流部に分布し、コルディレラ中央山地の山体の核を成す基岩であるが、さまざまな個所で断層による破砕作用を受けている。こうした地質構造が、激しい土砂生産の素因となっており、その地質分布を図2.8に示す。

植林

水源山地および丘陵部の山林は、17世紀以降の人的営為によって伐採が進み、現在のような荒廃をもたらした。現在、環境天然資源省(DENR)では、フィリピン植林計画II(OECF)を始めとする8種の植林プロジェクトを実施し、水源部の環境改善を目指している(図2.9参照)。

(2) 河川の現況

河道の特性

ラオアグ川水系を構成する主要河川の特徴を整理すれば次のようである。

河川	河川延長(km)	河床勾配(%)	河道幅(m)	備考
ラオアグ	31.6	0.021-0.090	400-1,000	湾曲部2ヶ所、堤防無
ボンゴ下流	11.0	0.151-0.200	300-600	ほぼ直線河道、堤防無
ボンゴ上流	12.0	0.311-0.943	300-400	網状流路、湾曲部1ヶ所、堤防無
クラ/ラブガオン	17.0	0.331-1.08	100-1,000	多くの分派流路、堤防無
ソルソナ	11.5	0.137-1.54	230-330	法線屈曲部5ヶ所、堤防有
マドンガン	9.5	0.452-1.35	300	法線屈曲部1ヶ所、堤防有
パパ	7.5	0.54-1.85	223	法線屈曲部1ヶ所、堤防有

これらの河川の河床には、砂礫堆が形成されており、洪水流を曲流させ河岸侵食の原因ともなっている。さらに、洪水による砂礫の運搬に伴って砂礫堆も前進し、これと同時に水衝部も移動する。

河床に形成されている砂礫堆の特徴を、河川毎に整理してみると次のようである。

- ラオアグ川では、単列砂礫堆が形成されており、その波長は 3-5km で、ギシット川合流点下流と河口部上流の 2 つの湾曲部によって、砂礫堆の移動は制約を受けている。
- ポンゴ川下流部では、単列ないし複列の砂礫堆が形成されており、波長は約 2km である。この砂礫堆の移動については、右岸からの扇状地河川の流入によって、制約を受けている。
- 扇状地河川であるポンゴ川上流部、クラ/ラブガオン川、ソルソナ川、マドンガン川、ババ川では、単列、複列砂礫堆ないし網状流路が形成されており、その波長も約 300-1,000m 程度と下流河道に比して小規模になっている。
- 一般に扇状地河川の砂礫堆は移動しやすい性質を持っているが、ソルソナ川とババ川においては、河道の屈曲部や支川合流によって、移動はかなり制約を受けている。

流路の変遷と河川地形分類

扇状地河道は、水深が浅く、広い河道を形成しているため、多くの分派水路が形づくられ、流路の変遷も著しい。いっぽう、下流のラオアグ川は上流部と下流部に位置する 2 つの湾曲部によって、砂礫堆の移動が制約されており、比較的安定した流路をとっている。図 2.10 に、最近の 50 年間にわたる扇状地部の流路の変遷を整理している。とくに、クラ/ラブガオン川、ソルソナ川、マドンガン川の変遷が顕著である。

また、本調査で撮影した空中写真を判読し、沖積地形面の微地形分類を行った。この結果を図 2.11 に示すが、扇状地面上や下流部氾濫原上の旧河道の分布、自然堤防の分布等が明瞭に把握できる。こうした地形分類図は、土地の成り立ちを知るのみならず、洪水災害の危険箇所や洪水避難の際の適地等、防災計画において有意義な情報を提供することができる。

河道の流下能力

現況河道の流下能力を、無堤区間については河道満杯、築堤区間については余裕高を考慮して、不等流計算を用いて算定したものが次表である。

河川	流下能力 (m ³ /s)	対応確率 (年)
ラオアグ川	2,000-5,000	2-4
ボンゴ川	500-2,000	5
ギシット川	500-1,000	2-10
クラ/ラブガオン川	500-2,000	1-10
ソルソナ川	1,000-1,300	25
マドンガン川	2,000	25
パバ川	1,000-1,500	100

ラオアグ川は、主としてこうした不十分な流下能力に起因して、毎年のように浸水被害に見舞われている。さらに、ソルソナ川、マドンガン川、パバ川は、流下能力は高いものの、河床材料を積み上げただけの緊急堤防であるため、破堤の危険度が高く、実質的にはその安全度は極めて低いといわざるを得ない。

現況河川構造物

ラオアグ川水系の河川構造物は、1) 堤防、水制、護岸等の洪水防御施設、2) 頭首工、ポンプ場、簡易取水堰等の灌漑施設、3) 橋梁、潜水橋、排水口等のその他関連施設に分類できる。これら現況施設の配置を図 2.12 に示す。

2.4 土砂生産・流出状況

(1) 生産土砂

1991年9月に国家灌漑庁(NIA)が撮影した空中写真と、本調査で1996年4月に撮影した空中写真の両者を判読し、山地内の土砂生産機構と生産土砂量を推定した。この結果を図 2.13 に示すが、山地流域内には多くの地滑り地形が認められる。いっぽう、過去の履歴については、大規模な崩壊跡、土石流の流下跡とその堆積物、洪水段丘等が認められ、山地の荒廃状況を物語っている。こうした大規模な崩壊は上流部に主として分布しており、中下流部の山林伐採跡地では、小規模な表層崩壊が主たる土砂生産源となっている。したがって、ラオアグ川流域の大量の土砂生産は、地質構造的な要因が強いと判断できる。

次に、1991年と1996年の空中写真を判読・比較することによって、この間の生産土砂量を推定することができる。ここでは、崩壊規模(面積)別の崩壊深および崩壊後の表面侵食深を設定し、崩壊地の消長を計測して、生産土砂量を算出した。

この結果、4年半の間に5,543,000m³の土砂が生産されたことがわかり、これは2,320m³/year/km²に相当する。さらに、この間のトピックとして、ボンゴ川の上流部で大規模な崩壊が発生しており、この生産土砂量だけでも750,000m³に達している。この大規模崩壊を除外して、平均的な生産土砂量を考えると、4,793,000m³(2,010m³/year/km²)となる。

長期にわたる土砂生産の結果、山地溪流にも多大な土砂が不安定な状態で堆積しており、これの二次侵食も下流への土砂供給源となる。こうした河床堆積土砂は、 $26,442,000\text{m}^3$ ($51,700\text{m}^3/\text{km}^2$)と推定され、この河床堆積土砂の約46%がマドンガン川の河谷に堆積している。

(2) 土砂収支解析

河道内を流送される土砂成分を掃流砂、浮遊砂、ウォシュロードに分け、扇状地から下流部の河道に至る土砂収支を検討した。ウォシュロードについては、調査期間中の台風グロリンによる洪水時のサンプリングによって、流量-土砂量曲線を作成し、これを用いた。

平均年での土砂収支

ラオアグ雨量観測所で観測された35年間の年雨量の平均を示す年を平均年として、この年(1968年)の洪水時系列を再現し、土砂収支を検討した。その検討結果を整理すると次のようである。

- 1) 年平均生産土砂量は、前述のように $1,065,100\text{m}^3$ ($2,010\text{m}^3/\text{year}/\text{km}^2$)である。
- 2) 扇頂部からの年平均流出土砂量は、 $903,700\text{m}^3$ ($1,770\text{m}^3/\text{year}/\text{km}^2$)であり、このうちウォシュロードが20%を占めている。
- 3) 扇状地河川以外の流入土砂として主要なものは、ギシット川からの流入土砂量であり、 $70,600\text{m}^3$ ($400\text{m}^3/\text{year}/\text{km}^2$)と見込まれる。
- 4) さらにその他の流域からのウォシュロードの流入量を $221,600\text{m}^3$ ($350\text{m}^3/\text{year}/\text{km}^2$)と見込む。
- 5) 海域への流出土砂量は、 $570,000\text{m}^3$ ($430\text{m}^3/\text{year}/\text{km}^2$)と見込まれ、ここではウォシュロードが81%を占めている。

こうした解析結果に基づくと、扇頂部から河口までの河道において、年平均 $625,900\text{m}^3$ の土砂が堆積していることとなり、これを単純平均すると $3\text{cm}/\text{year}$ に相当する堆積深となる。なお、堆積土砂の分布は、扇頂部付近に31%、扇状地中流部に46%、扇状地末端付近に13%、ラオアグ川に10%と推定される。

計画洪水時の土砂収支

後述するように、マスタープランの計画規模として25年確率を考慮しており、この計画洪水時の扇状地上流部での土砂収支を併せて検討した。その結果は次のとおりである。

- 1) 計画洪水時には、6主要支川(扇状地河川群)の合計で $1,122,700\text{m}^3$ の土砂(掃流砂・浮遊砂のみを考慮)が扇頂部に流出する。これは、年平均値($724,800\text{m}^3$)の1.5倍に相当する。
- 2) 扇頂部では、同様に合計 $399,200\text{m}^3$ の土砂が堆積し、これは流出土砂の36%に相当する。
- 3) この結果、扇頂部では、土砂堆積によって、河道からの溢水氾濫、さらには河道閉塞

による河道の首振りが発生し、被害を拡大させる危険性が大きく、これを防止する適切な土砂制御施設が必要である。

2.5 洪水被害

(1) 洪水状況

扇状地を含む低地を対象に、バランガイ単位で過去の洪水の浸水区域、湛水深・時間、被災人口、現存の家財等についての聞き取り調査を実施した。この結果、過去の洪水で浸水した経験を持つ区域を包括したものが、図 2.14 に示す浸水区域である。こうした区域は 19,900ha にのぼり、流域全体の 14.9% を占めている。

こうした浸水被害とともに、ラオアグ川、とりわけ上流部の扇状地で顕著な被害は、既に述べたような河川の浸食による耕地の流亡である。近年 20 年間で、クラ、ラブガオン、ソルソナ、マドンガンの河川沿いに 1,130ha にのぼる耕地が、流亡している。

(2) 氾濫シミュレーション

低地部を 500m 四方のメッシュに分割し、このメッシュの地形情報をもとに二次元氾濫シミュレーションを行った。25 年確率洪水によるシミュレーション結果を図 2.15 に示すが、上記の実績と良好に符合している。確率年毎の浸水区域は次のとおりである。

洪水確率	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年
浸水予想区域	12,800ha	14,800ha	15,950ha	17,290ha	18,990ha	20,220ha

(3) 氾濫区域内資産と想定被害

洪水被害調査と氾濫シミュレーションの両者の結果を勘案して氾濫区域内資産を集計したものが次表である。

被害項目	25 年確率洪水		100 年確率洪水	
	数量	資産額 (百万ベソ)	数量	資産額 (百万ベソ)
住居(建物および家財)	12,113	1,065.9	15,630	1,375.4
農地	10,988ha	228.0	13,222ha	174.0
工場	365	76.3	511	105.7
公共施設				
教育施設	85	148.8	107	187.3
保健施設	21	71.0	29	105.2
道路	559.9km	145.0	675.6km	178.5
灌漑施設	10,789ha	504.9	12,934ha	605.3

なお、両確率洪水において想定される被災人口は、25年確率で61,100人、100年確率で78,858人である。

(4) 確率規模別被害

河川氾濫による確率規模別被害額は、現況で以下のとおりである。

確率規模	5年	25年	100年
想定被害額(百万ペソ)	458.8	696.1	913.8

2.6 環境

流域内の環境面での現況および課題を整理すると次のようである。

- ・ 河川の表流水の水質は良好であり、DENRで定めている水質基準のAクラスをSSを除き満足している。
- ・ 山地・丘陵の植生は良好でないが、DENRにより各種の植林計画が進められている。
- ・ 海浜には砂丘が発達し、流域外を含め3,350haに達しており、国の天然記念物的な指定を受けようとしている。
- ・ 小規模ながら内水面漁業が行われており、汽水域も含めた漁獲高は80トン/年である。
- ・ 表流水の主たる利用は灌漑目的であり、水道水源は湧水と深井戸に依存している。その他に、河川表流水は、洗濯、野菜栽培、レクリエーション活動に利用されている。
- ・ 1995年に75,000人の観光客が、イロコス・ノルテ州を訪れており、その50%が外国人で、多くは台湾からである。観光スポットとしては、砂丘とスペイン統治時代の教会等がある。
- ・ ティンギアン、イトネグ、イスネグといった少数民族が山地内に居住しており、合計370世帯が生活している。彼らは、伝統的な農耕および政府の植林プロジェクトに従事している。

第3章 マスタープラン

3.1 計画条件

(1) 計画規模

砂防・洪水防御計画の規模は、一般に流域の水文的特性、社会・経済的重要性、および国の財政負担能力によって決定される。過去フィリピンで洪水防御のマスタープランが策定されたカガヤン川、アグノ川、バンバンガ川等の10水系について、計画規模、流域諸元、社会・経済条件等の比較を行った。これを表3.1に示すが、その結果、次のような根拠からラオアグ川の計画規模を25年確率洪水とした。なお、25年確率洪水の流量配分を図3.1に示す。

- ・ ラオアグ川流域は、10河川流域に比して、流域の規模が小さく、開発度合も高くはない。
- ・ 同様に、氾濫区域も狭く、被災人口も大きくはない。
- ・ したがって、これら10河川流域を上回るような計画規模は、設定すべきではない。
- ・ しかし、近年の既往最大とみなされる1967年の台風ヘニンによる出水規模が25年確率規模と推定され、住民の記憶にも残っていることから、これと同等以上の計画規模は必要と考えられる。
- ・ さらに、ラオアグ川では、25年確率規模の洪水を防御すれば、発生可能な洪水被害額のほぼ90%まで防除できる。

(2) 計画対象年

河川の治水事業は、社会・経済条件の変化によって、その実施期間が大きく変化する。いっぽうマスタープランの対象年は、基本条件の予想可能な範囲内において、出来る限り将来に設定することが好ましい。本調査では、マスタープランの対象年を、約25年後として2020年とした。

(3) 計画実施地域の選定

25年確率洪水による浸水区域を洪水の流下形態、地形区分、土地利用(市街地と農村)を勘案し、19の地域に区分した(図2.15参照)。これら19地域を防御する砂防・洪水防御施設を検討し、次のような指標を抽出して地域の重要性および対策の緊急性を検討した。

- ・ 防御対象人口
- ・ 現況および将来の経済的内部収益率(EIRR)
- ・ 技術的および環境面での問題の有無

この結果を表3.2に示すが、この19地域の中からマスタープランで整備すべき12の地域を選定した。これらは、次のとおりである。

流域	地域数	対象地域
下流域	6	タンギット・ラオアグ, スヨ・ラオアグ, ラオアグ市街地, カマンガン・ラオアグ, サンニコラス市街地, サンマニュエル・サラット
中流域	2	スヨ・ディングラス, ディングラス市街地
上流扇状地	4	クラ・ラブガオン川流域, ソルソナ川流域, マドンガン川流域, パバ川流域

3.2 適用すべき対策工

(1) 土砂調節工法

ラオアグ川流域、とくに上流の扇状地においては、次のような課題を克服すべく、対策工の機能が求められる。

- ・ 平年の過剰な土砂供給に対し、これを貯留・調節して、扇状地河川の河床上昇を防止し、災害ポテンシャルが増大するのを防ぐ。
- ・ 大洪水時における山地部からの流出土砂を貯留・調節して、扇状地河川での大量な土砂堆積を防止し、扇頂部等での河道の首振りによる洪水・土砂災害の発生を防ぐ。

こうした機能を期待できる施設は、砂防ダムと遊砂地(サンドポケット)であるが、後者は設置後土砂が貯まるごとに排砂が必要なこと、河道沿川にこれに見合う適地がないことから、対策工として砂防ダムを選定した。

(2) 河川改修工法

河川改修工法には、大きく 1) 築堤, 2) 浚渫・掘削, 3) 洪水調節用ダム, 4) 遊水地, 5) 捷水路, 6) 放水路がある。これらとラオアグ川の現地の特徴を勘案すると、まず、洪水調節用ダムと遊水地は、地形上その適用が困難である。また、捷水路と放水路については、その必要性が認められず、また適切なルートもない。さらに、有効な手段の一つと考えられる浚渫・掘削については、次のような検討を行った。

- ・ 本川・支川の長区間において浚渫・掘削が必要であり、その量は、扇状地河川で 2,000 万 m³、ラオアグ本川で 3,000 万 m³と算定される。これには長期間を要するとともに、その後の維持浚渫も必要となる。
- ・ いっぽう、この膨大な浚渫土を収容できる土捨場が内陸部にはなく、わずかに海域か砂丘部がその候補地となる。したがって、浚渫・掘削は、適用が困難である。
- ・ また、浚渫・掘削土砂を砂利資源として活用する方策も検討したが、現在の市場価格に見合うのは、ラオアグ本川下流部で浚渫して、日本の市場へ積み出す場合のみである。これは、内陸輸送費が高価であること、および日本以外の市場では価格的に引き合わないことによるものである。
- ・ しかし、上記の場合もほぼ市場価格に見合う程度であり、浚渫場所が限定されてしまうこと、

公共事業の進捗が市場価格に左右されかねないことから、砂利資源としての活用策は、本計画に取り込まないものとした。

以上の検討から、築堤方式を河川改修の主要工法として選定した。

3.3 砂防および洪水防御計画

ラオアグ川流域砂防および洪水防御計画のマスタープランの計画概要を図 3.2 に示し、それぞれの施設計画の概要を以下に述べる。

(I) 砂防計画

砂防ダム計画の基本方針

砂防ダムに期待する効果、すなわち計画条件として、施設の機能が継続する期間を建設後 20 年と設定し、次の 2 条件を満たす施設規模を考えた。

- 1) 計画洪水時に、各扇状地河川で、最も災害の危険性が大きい扇頂部の土砂流送能力に見合う量以下に流出土砂を調節すること。
- 2) 経年的な河床上昇を極力抑え、扇状地河道が天井川となるのを防止すること。

砂防ダム計画

砂防ダムサイトの適地および最大ダム高は、空中写真判読と現地調査によって決定した。

前述のように、扇頂部の土砂流送能力に見合う堆砂勾配(ほぼ元河床勾配の 3/4 に相当)を計画堆砂勾配とした。それに至る期間、すなわち砂防ダムの耐用年数を 20 年として、この間の下流扇状地河道の河床上昇を、2.5cm/年以内に抑えるのに必要な貯砂量を、土砂収支計算によって検討した。

次に、単独ダムの場合と 2 ダムの場合(上流側のダムを 10 年後に建設)について、現在価値による経済比較を行い、最終的に最適な砂防ダムの配置計画を決定した。計画砂防ダムの位置を図 3.3 に、砂防ダムの諸元を次表に、構造諸元を図 3.4 に示す。

計画砂防ダム	集水面積 (km ²)	ダム高 (m)	ダム幅 (m)	元河床勾配 (%)	計画堆砂勾配 (%)	計画堆砂量 (1000m ³)
クラ No. 1	68.2	6.5	170	1.08	0.81	391
クラ No. 2	63.1	4.5	70	1.08	0.81	150
ラブガオン No. 1	100.5	10.0	100	1.15	0.86	1,043
ラブガオン No. 2	90.9	7.0	160	1.15	0.86	511
ソルソナ No. 1	72.2	10.0	30	2.58	1.94	233
ソルソナ No. 2	68.2	10.0	90	2.58	1.94	233
マドンガン	153.8	7.0	120	1.52	1.14	2,190
ババ	51.4	7.0	210	2.08	1.56	707

砂防ダムは、本来河川水を貯留する施設ではないが、止水壁を河床砂礫の中に設置し、さらに水量調節用のゲートを設ければ、堆積している砂礫の空隙(約35%)を利用して、河川水を貯留する施設に変えることができる。こうした砂防ダムの多目的利用として、灌漑補給と水力発電の可能性について検討した。

計画の砂防ダムで空隙に貯留できる水量は477,000m³である。イロコス・ノルテ灌漑計画フェーズ1の検討結果に準じ、この貯留量をもとに灌漑補給計算を実施した。この結果、計画渇水年(5年確率)の雨季に870ha、乾季に70haの農地への灌漑が新たに可能となる。これは、1,483トンの米と21トンの畑作物の増収に相当する。いっぽう、灌漑配水路はすでに整備されているため、追加的費用は止水壁とゲートのみである。しかし、これらの増収効果と追加費用を算定し、費用対効果(B/C)を求めると、15%の割引率で0.87となり、経済的には見合わないとの結論が得られた。

いっぽう、水力発電施設に必要なスペースと十分な落差を考えれば、水力発電が可能なサイトは、ソルソナ No.1とNo.2の2砂防ダムである。これらのサイトについて、水力発電の実施可能性を検討したが、ほぼディーゼル火力に見合うコストで発電可能であるのは、ソルソナ No.2のみであった。しかし、不安定な河川水を直接利用しているため、これ単独では安定した電力供給は困難であり、他の電力供給網に統合されない限り実施の可能性は低いと判断された。

(2) 河川改修計画

選定した計画実施地域を対象に河川改修計画を策定した。以下にその要点を記す。

ラオアグ・ボンゴ川

対象は中下流に位置する8地域の洪水防御である。ラオアグ・ボンゴ川の沿川の浸水原因は、主として河岸からの溢水であり、また浸水区域も河川沿いの狭い区域に限定されている。こうしたことから、現況の河道法線を変える必要性はなく、現況河道の流下能力が不足している区間を対象に築堤を行うものとした。

堆積土砂については、ラオアグ川とボンゴ川下流部については、約0.5cm/年であり、比較的小さい値といえる。したがって、ラオアグ・ボンゴ川では顕著な河床上昇は発生しないと想定され、現況の河床縦断形状を踏襲した河道計画を策定する。また、すでに現況で広い河道を有しており、築堤により計画流量の流下が可能のため、新たな拡張・引堤は行わない。

ラオアグ・ボンゴ川の改修計画を図3.5に示す。また防御地域別の改修諸元は、次のとおりである。

防御対象地域	計画洪水流量 (m ³ /s)	改修延長 (km)
タンギット・ラオアグ	10,900	6.5
スヨ・ラオアグ	10,900	2.1
ラオアグ市街地	10,900	1.5
カマンガン・ラオアグ	10,900	4.0
サンニコラス市街地	10,900	3.0
サンマニュエル・サラット	10,900	3.6
スヨ・ディングラス	8,700	3.7
ディングラス市街地	3,220-8,700	5.6
合計		30.0

クラ・ラブガオン川

現在でも自然河道に近いクラ川とラブガオン川の改修について、図 3.6 に示すような、A) 上流部での合流案、B) 中流部での合流案、C) 両川分離案の代替案比較を行った。水理面、社会経済面、建設コスト面から評価した結果、上流部で合流させて、その後最も広い河道を流下させる A 案を最適案として選定した。

クラ・ラブガオン川については、砂防ダムが建設されると、その後 20 年間、平均的な土砂堆積深は、約 0.7cm/年に減少する。こうした砂防ダムによる河道の縦断的な安定効果を見込み、計画河床縦断形状は現況を踏襲するものとする。

レジーム理論 ($B = \alpha Q^{1/3}$, ここに B は川幅, Q は洪水流量) の係数 α を 7 とし、計画洪水流量から必要な川幅を設定した。この結果、クラ川で 200m, ラブガオン川で 250m, 両川合流後で 340m とした。

適用工種は、築堤、河道浚渫・掘削、および堤体防護工である。

クラ・ラブガオン川の改修計画を図 3.7 に示す。また改修諸元は、次のとおりである。

河川	計画洪水流量 (m ³ /s)	改修延長 (km)	河川幅 (m)	計画高水勾配
クラ川	850-2,360	11.7	200-340	1/324-1/154
ラブガオン川	1,260	1.8	250	1/92

ソルソナ、マドンガン、ババ川

この 3 河川は、1991 年から 1993 年にかけて、不十分なが、緊急災害防止事業 (OECF ローン) で河川改修が実施された。河道法線もその際に固定されており、基本的にこの法線形を踏襲するものとした。

砂防ダムが建設されると、その後 20 年間、平均的な土砂堆積深は、ソルソナとマドンガン川で 2.5cm/年、ババ川で 2.3cm/年である。植林計画が良好に進んでゆけば、さらに減少することが期待できる。こうした砂防ダム等による河道の縦断的な安定効果を見込み、計画河床縦断形状は現況

2.5cm/年、ババ川で2.3cm/年である。植林計画が良好に進んでゆけば、さらに減少することが期待できる。こうした砂防ダム等による河道の縦断的な安定効果を見込み、計画河床縦断形状は現況を踏襲するものとする。

現在の河道幅をレジーム理論で検証すると、係数 α は5.6から8.5の間に分布しており、経験的に十分な川幅を確保していることがわかる。したがって、現況の川幅は変更しないものとする。

適用工種は、流下能力が不十分な区間の築堤と、堤体防護工の設置による堤体強化である。

ソルソナ川の改修計画を図3.8、マドンガン川の改修計画を図3.9、ババ川の改修計画を図3.10にそれぞれ示す。また改修諸元は、次のとおりである。

河川	計画洪水流量 (m ³ /s)	改修延長 (km)	河川幅 (m)
ソルソナ川上流	1,030	4.1	230
ソルソナ川中流	1,120	5.5	230
ソルソナ川下流	3,490	1.5	330
マドンガン川	1,970	9.0	300
ババ川	690	7.2	223

(3) 非構造的対策

上記の構造的対応に加えて、土砂流出の抑制、洪水被害の軽減といったラオアグ川流域の抱える課題を解決していくためには、以下のような非構造的対策を兼ね合わせて実施していくことが肝要である。

水源管理

現在、環境天然資源省 (DENR) で実施している植林事業は、流域内で約 470km² を占めており、これらの事業の促進を図る必要がある (図 2.9 参照)。さらに、こうした植林事業がカバーしていない区域、すなわちマドンガンとババ川流域も植林事業の対象区域に包含していく必要がある。

洪水予警報

急流河川のため洪水到達時間が短いラオアグ川流域では、洪水予警報のための情報収集・伝達は、可能な限り時間短縮した方式で行うのが好ましい。まず、必要な水文観測機器を扇状地の扇頂部等に設置し、洪水時の情報は、携帯電話によって DPWH の地方技術事務所 (District Engineering Office) に集約し、これを州の災害対策センター (PDOC) に流すシステムを構築する (図 3.11 参照)。これを受けて、PDOC では台風情報等を総合的に判断して、下位の災害対策調整委員会 (MDCC, BDCC) に順次警報等を流し、現場での避難および水防対策に役立てるものである。

水防活動

現在ラオアグ川流域、とくに扇状地部では、過去の洪水時にバランガイを単位とした組織的な水防

活動が実施されている。これは、洪水前および洪水時に簡易な堤防等を築造するのが主な活動である。しかし、これらは水防技術、使用機材、財政力のそれぞれに限度があるため、小規模なものに留まらざるを得ない現状にある。今後、河川改修の進捗に合わせて、水防活動の強化が望まれる。上記の洪水予警報の整備とともに、次のような水防活動のための組織、活動等を整備していくものとする。

- ・ 水防団は、現在と同様に沿川のバランガイを基本単位として構成し、バランガイ災害対策調整委員会 (BDCC) のもとに活動する。
- ・ 水防活動に関わる費用は市ないしムニシパリティの負担を原則とするが、これを州政府が財政的にバックアップしていく体制づくりを行う。
- ・ 水防活動の目的は、堤防およびそれを防護している水制、護岸等の構造物が洪水時に損壊するのを防ぎ、災害の拡大を防止することであり、そのための技術移転を進める。
- ・ 扇頂部、河川合流点等の重要個所に監視所を設置し、迅速な対応が行えるよう、洪水時の監視を実施する。

氾濫原管理

マスタープランの実施に伴い、次のような氾濫原管理を進めるべきである。

- ・ マスタープランで対象とされなかった 7 地域の浸水区域について、新規の住宅建築等の開発を制限する。
- ・ 扇状地内で洪水災害の危険性の高い扇頂部付近、および旧分派河道内での開発を制限する。

3.4 施工計画と積算

(i) 工事量

砂防ダムおよび河川改修に関わる工事量は、それぞれ次のとおりである。これらの詳細については、表 3.3 に示す。

砂防ダム

項目	数量
主ダム	8 基
水叩き	8 基 (212m)
副ダム	8 基
コンクリート工	113,150m ³
掘削土	148,300m ³
用地取得	無
移転家屋	無

河川改修

項目	数量
築堤, 洪水防御壁	67.8km, 1,577,000m ³
河道掘削	1,532,000m ³
堤防護岸等	65.8km, 719,000m ²
水制工	50基
樋管	37基
床固工	4基
橋梁改良	1橋
用地取得	50ha
移転家屋	21軒

(2) 事業費の積算

1996年8月の価格を基準としてマスタープラン実施に要する事業費を積算すれば、2,178百万ペソとなる。この詳細は、表3.4に示す。

単位:百万ペソ(1996年価格)

項目	費用
1. 建設費	1,714.3
1) 準備費	157.7
2) 砂防ダム	301.5
3) 河川改修	1,099.9
4) 雑費	155.2
2. 補償費	8.0
1) 用地取得	4.9
2) 住居移転	3.1
3. 管理費[(1+2)の5%]	86.1
4. エンジニアリング費[1の10%]	171.4
5. 予備費[(1+2+3+4)の10%]	198.0
合計	2,177.8

3.5 事業評価

(1) 経済評価

次のような便益および費用をもとに、事業の経済的妥当性を検討した。この経済評価は、1996年8月の価格を用いており、交換レートはUS\$1.00=26ペソ=105円である。

事業便益

次のような洪水被害軽減効果ならびに土地の開発便益を考えた。

- ・ マスタープランの実施により、15,300haの土地と57,600人が洪水被害から免れ、家屋・家財、工場、インフラ、農作物の被害軽減効果を算定し、併せて間接被害軽減額を考慮した。
- ・ 同様に、過去の実績から52ha/年の農地が洪水により流失しており、この便益を考慮した。
- ・ 河川改修を実施することにより、現在荒蕪地として残されている1,800haの土地が、農地として利用可能となる便益を考慮した。

さらに、将来については、人口の伸びを2020年まで年率0.9%とし、GRDPの年伸び率を2000年まで6.2%、2000年から2010年までを4.65%、2010年から2020年までを3.2%とした。

経済費用

事業費の経済価格への変換係数は、内貨分に対して82%、外貨分に対しては120%を適用した。

経済評価

経済的内部収益率(EIRR)、純現在価値(NPV)、便益・費用比率(B/C)を算定した結果が次表である。ここで、NPVとB/C算定については、割引率15%を考えた。この結果、とくにEIRRが15%を超えており、本マスタープランは経済的に実施可能と判断できる。

分析指標	算定値
EIRR	20.6%
NPV	493百万ペソ
B/C	1.50

(2) 財務評価

ラオアグ川改修に必要な事業費は、フィリピン政府の治水施設投資額の中で、将来実施時点において約4.5%を占めることとなる。いっぽう、イロコス・ノルテ州の全国に対するGRDPの比率は、約3%であり、財政的には十分投資できる範囲内にあると判断できる。

(3) 社会評価

本プロジェクトが地域社会に与える影響としては、1)洪水被害軽減効果、2)土地利用の高度化効果、3)経済的に遅れている扇状地の開発促進効果、4)プロジェクト実施による雇用促進効果が考えられる。

(4) 環境影響評価

環境影響の予測ならびに事業が及ぼす評価を表3.5に示す。工種が砂防ダムと現況河道法線に沿っ

た河川改修のため、環境に与える負の影響は極めて小さく、事業完成後はむしろ環境的にも好ましい効果が発揮されることがわかる。

3.6 マスタープランの実施

マスタープランは、以下に記す理由等から、1) 第1期：1999年-2003年、2) 第2期：2004年-2009年、3) 第3期：2010年-2012年の3期に分けて実施するものとする。この実施計画を図3.12に示す。

- ・ 砂防ダム建設は、扇状地河川改修の前提となるもので、砂防ダムと扇状地河川改修は、第1期に実施する。
- ・ なお、クラ、ラブガオン、ソルソナの各河川の2基目の砂防ダムは、1基目のダム建設後10年目、すなわち第3期に建設する。
- ・ 実施の緊急性が高く、かつ経済効果も高いラオアグ、サンニコラス、ディングラスの市街地を防護するための改修は、早期(第1期)に実施する。
- ・ 残された改修区間は、第2期に実施する。

また、緊急計画の対象としては、第1期プロジェクトを選定する。

第4章 緊急計画

4.1 計画条件

(1) 対象地域および施設

緊急計画の対象地域および施設を整理すると次のようであり、7地域の河川改修と5基の砂防ダム建設がこれに該当する。こうした緊急計画の概要を図4.1に示す。

河川	対象地域	施設計画	浸水区域面積 (ha)	人口 (人)
ラオアグ川	ラオアグ市街地	河川改修	330	6,203
	サンニコラス市街地	河川改修	230	5,835
ラオアグ・ボンゴ川	ディングラス市街地	河川改修	550	4,228
クラ・ラブガオン川	クラ・ラブガオン流域	河川改修 砂防ダム各1基	3,900	11,115
ソルソナ川	ソルソナ流域	河川改修 砂防ダム1基	2,280	7,152
マドンガン川	マドンガン流域	河川改修 砂防ダム1基	4,180	8,764
ババ川	ババ流域	河川改修 砂防ダム1基	1,950	4,651
合計			13,420	47,948

注：ラオアグ市街地の区域には、堤防法線の連続性を保つためスヨ・ラオアグ地域を含めている

(2) 計画規模等

計画規模は、マスタープラン同様、25年確率洪水を対象とする。したがって、計画洪水流量は、マスタープランのものと同一である。

4.2 対策工の詳細検討

(1) 構造物の根入れ等の基礎諸元

ラオアグ川の扇状地河川のような土砂流出の多い急流河川では、河床上に形成された砂礫堆に規定された洪水流の集中発散によって生じる水衝部における河岸の洗掘・侵食による破堤災害が、洪水災害発生的主要原因となっている。これは、1996年7月に襲来した台風グロリンによる河道災害を見ても明らかである。さらに多大な土砂の流出が、砂礫堆の前進を促し、水衝部を移動させていく要因となる。

すでに堤防により河道が固定されつつあるソルソナ、マドンガン、ババについて河道に形成されている砂礫堆の形状および砂礫堆の波高(局所洗掘深)を現地調査したものが図4.2である。この基礎調査結果をもとに砂礫堆の波高と河床勾配の関係をとりまとめたものが図4.3である。この結果を

平均河床高からの局所洗掘深に変換し、さらに1mの余裕を見込み、勾配別に整理すると次表のようになる。この結果を計画構造物の根入れ深さに適用する。

河床勾配 I	平均河床からの根入深 (m)
$I < 1/125$	2.2
$1/125 < I < 1/77$	2.5
$1/77 < I < 1/67$	3.0
$1/67 < I$	3.3

また、堤体防護工の一つとして水制が有力候補に上げられるが、水制については、その長さおよび間隔が問題となる。我が国の経験では、水制工の長さは、対岸に及ぼす影響を小さくするため、川幅の10%以内というのが一般的である。したがって、扇状地河川の川幅が300m前後であることを勘案して、水制長を15m(両岸で30m)とした。

次に、間隔であるが、これは現地に形成されている砂礫堆の前縁線の入射角 (L_s/B_s) を検討し、これをもとに15mの水制長でカバーできる間隔を水制工計画の間隔とした。

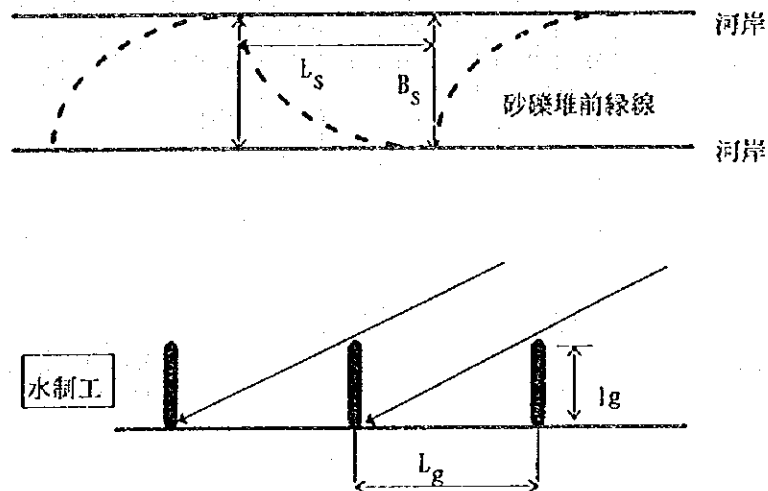


図4.4に砂礫堆の前縁線の入射角 (L_s/B_s) と河床勾配との関係を示している。これをもとに入射角は勾配別に次のように設定できる。

河床勾配 I	入射角 L_s/B_s
$I < 1/125$	2-3
$1/125 < I$	4-5

水制長を15mとして、これより水制間隔を安全側で設定すると、河床勾配が1/125より急な区間で30m、緩い区間で60mとなる。

(2) 計画高水位の設定

多大な土砂流出のある扇状地河川は、築堤し河道内に土砂を押し込めることによって、河床が上昇し、ひいては堤内地盤よりも高くなり、いわゆる天井川を形成し、洪水災害に対して脆弱な構造を造り出す。これが、砂防ダムの土砂貯留効果を期待する所以であるが、この土砂貯留効果は、扇状地河道内で土砂移動の不均衡をもたらし、河床は新たな均衡に至るべく変化を開始する。

こうした変化を先取りして河道計画を策定する必要があるため、河床変動計算を実施して、将来の河道変化を予測した。これにもとづいて、現況河床と将来の予測される河床を比較し、安全側を考え、高い方を包絡するような河床縦断形のもとに計画高水位を設定した。

ちなみに、計画高水位を基準に河床高、現況堤防高、堤内地盤高の縦断的变化をまとめたものが図4.5である。この結果、20年後の将来においても、河床は堤内地盤よりも下位にあり、砂防ダムの効果によって、天井川を形成することが避けられると予測できる。

(3) 対策工種の比較検討

堤体防護工として考えられる工種は、1)護岸工、2)水制工、3)流路工の3種である。これらの得失を、代表区間としてマドンガン川の上流部をとり、比較設計を通して検討した。

- ・ 護岸工は、前述の根入深に基づき、根固ブロックで防護するタイプとした。
- ・ 水制工は、長さ15m、間隔30mの練石積の構造とし、前述の根入れを入れる。
- ・ 流路工は、袖付きの帯工を考え、袖間で流しうる流量を2年確率洪水とし、帯工間隔は、静的平行河床勾配を参考に450mとする。さらに帯工の間の堤体防護工として、帯工による局所洗掘の緩和を期待して、規模の小さい水制工を設置する。

これらの構造物の概略を図4.6に示す。単位長さ当りの工事費は次表のとおりであり、水制工が最も経済的な構造物であることがわかる。

工種	単位長さ当りの工事費 (百万円/km)
護岸工	48.6
水制工	28.4
流路工	53.3

さらに、適用工法について、経済性ととも次のような水理的特徴も考慮して、水制工による堤体防護対策を選定した。

- ・ 多大な流出土砂および1992年の河道固定の影響を受けて、現況河道は変化しており、さらに今

後砂防ダムの建設によって、より変化していくことが予測される。こうした状況下で帯工等の横断構造物を連続的に設置することは、時期尚早と判断される。

- ・ 今後の河道変化を見定めるためにも、河道全体への影響の少ない水制工で対処し、河床が落ち着いた時点で、再度見直しを行うのが適切と考えられる。この時点で、横断構造物の設置が必要と判断されれば、水制工を横断的に繋ぐ方式で帯工等の建設が可能となる。

4.3 緊急砂防・洪水防御計画

緊急計画の内容について、以下に河川毎の概要を示す。

(1) ラオアグ・ボンゴ川改修計画

ラオアグ・ボンゴ川の改修諸元は、次のとおりである。

対象地域	改修区間	築堤延長	計画洪水流量 (m ³ /s)
ラオアグ市街地	4.9-8.3km (右岸)	3,490m	10,900
サンニコラス市街地	6.9-11.1km (左岸)	4,200m	10,900
ディングラス市街地	27.6-33.3km (左岸)	5,450m	3,220-8,700
合計		13,140m	

当区間の改修は、市街地を背後に控えているため、築堤を基本とするが、移転家屋を最小とするため、ラオアグとディングラスでは洪水防御壁の建設も含める。改修内容は、以下のとおりであり、提案した構造物を図4.7、改修計画を図4.8-10に示す。

項目	ラオアグ市街地	サンニコラス市街地	ディングラス市街地	合計
改修延長 (km)	3.49	4.20	5.45	13.14
築堤 (m)	2,250	4,200	5,150	11,600
洪水壁 (m)	1,240	-	300	1,540
護岸 (m)	160	-	300	460
水制 (基)	-	5	-	5
樋管 (基)	2	2	1	5
補償				
用地取得 (ha)	6.1	9.9	13.0	29.0
家屋移転 (軒)	-	-	3	3

(2) 砂防ダム計画

砂防ダムについては、マスタープラン調査に加えて、より詳細な地形測量、横断測量ならびに地質調査を実施した。ダムサイトの地質調査結果を図4.11に示す。ダムサイトの地質構造からラブガオンNo.1とソルソナNo.1砂防ダムの基礎は、岩着とし、その他はフローティングとした。提案す

る砂防ダム諸元は次のとおりであり、概略設計図を図 4.12 に示す。

項目	クラ No.1	ラブガオン No.1	ソルソナ No.1	マドンガン	パパ	合計
集水面積 (km ²)	68.2	100.5	72.2	153.8	51.4	
貯砂量 (10 ³ m ³)	422	1,197	242	2,207	794	4,862
ダム基礎	ポ・テイング	岩着	岩着	ポ・テイング	ポ・テイング	
ダム高 (m)	9.0	17.0	12.0	10.5	9.0	
堤頂長 (m)	183	118	118	183	233	
副ダム高 (m)	4.0	7.5	4.0	4.5	3.5	
水叩き (基)	1	-	-	1	1	
コンクリート量 (m ³)	15,100	16,900	5,200	20,800	16,900	74,900
用地取得 (ha)	0.4	-	0.1	-	1.0	1.5
家屋移転 (軒)	-	-	-	-	-	-

(3) 扇状地河川改修計画

対象は、クラ・ラブガオン、ソルソナ、マドンガン、パパの扇状地4河川であり、これらの改修諸元を整理すれば次表のようになる。

河川	区間	計画洪水流量 (m ³ /s)	改修区間延長 (km)	河道幅 (m)	計画高水勾配
クラ	中・下流	2,360	10.9	340	1/725-1/123
	上流	850	-	200	-
ラブガオン	全区間	1,260	1.8	250	1/116-1/105
ソルソナ	下流	3,490	1.5	330	1/658
	中流	1,120	5.5	230	1/1,410-1/114
	上流	1,030	4.0	230	1/69-1/65
マドンガン	全区間	1,970	9.0	300	1/429-1/73
パパ	全区間	690	7.0	223	1/202-1/54

扇状地河川改修における堤体防護のための適用工法は、4.2で述べたように、水制工を用いる。こうした扇状地河川における適用構造物の概略を図 4.13 に、クラ・ラブガオン、ソルソナ、マドンガン、パパの各河川の改修計画を図 4.14-17 に示す。河川毎の改修内容を整理したものが次表である。

項目	クララガオン川	カサ川	マドン川	パバ川	合計
築堤延長 (km)	21.5	16.0 [†]	10.0 [†]	4.5 [†]	
浚深・掘削 (10 ³ m ³)	992	-	-	-	992
水制工 (基)	349	302	394	283	1,328
床固工 (基)	1	1	1	1	4
樋管 (基)	4	3	8	2	17
橋梁補修 (橋)	1	-	-	-	1
用地取得 (ha)	10.0	-	-	-	10.0
家屋移転 (軒)	-	-	-	-	-

注：[†]は補修延長

4.4 事業費の積算と評価

(1) 事業費

緊急計画における事業費の積算に当っては、精度を向上させるため、次の点にとくに留意した。なお、1997年7月の価格を用いて積算し、交換レートはUS\$1.00=26.00ペソ=115円である。

- ・ 工事費は、建設資材、施工方法を勘案し、工事別に積上げた数量で算出した。
- ・ 内・外貨比率は、建設資材別、重機、労務者、補償費、管理費、エンジニアリングに分けて算定した。
- ・ 用地取得は、計画施設用地、砂防ダム堆砂域、クララガオン川の新規築堤区域について考慮した。
- ・ 予備費は、物理的予備費として、建設費、補償費、管理費、エンジニアリング費の合計の10%を見ており、物価上昇に備えた予備費として、内貨7%、外貨2%の年物価上昇率を考慮した。

緊急計画の実施に要する事業費は、下表に示すように1,911.3百万ペソ、物価上昇予備費を加えると、2,333.1百万ペソとなる。なお、事業費の詳細を表4.1に示す。

単位：百万ペソ

項目	外貨分	内貨分	合計
1. 建設費	654.1	800.5	1,454.6
1.1 準備費	59.4	72.8	132.2
1.2 主要工事費	540.6	661.6	1,202.2
(1) 砂防ダム	105.4	126.7	232.1
(2) 扇状地河川改修	358.6	478.1	836.7
(3) ラオカ・ボン川改修	76.6	56.8	133.4
1.3 雑費	54.1	66.1	120.2
2. 補償費	0.0	6.4	6.4
2.1 用地取得	0.0	6.0	6.0
2.2 家屋移転	0.0	0.4	0.4
3. 管理費	0.0	43.8	43.8
4. エンジニアリング費	209.4	23.3	232.7
5. 物理的予備費	86.4	87.4	173.8
小計(1-5)	949.9	961.4	1,911.3
6. 物価上昇に備えた予備費	83.2	338.6	421.8
合計	1,033.1	1,300.0	2,333.1

(2) 経済評価

緊急計画の便益

緊急計画の実施により、13,400haの土地と47,900人の住民が洪水から防護されることとなる。また次のような資産等が保全される。

資産・農作物	数量
家屋	9,515
店舗	187
工場	44
学校	71
農作物	8,600ha

扇状地では、年平均52haの農地が洪水により流失していたものが、改修によって沿川の農地が防護される。さらに、洪水の危険性が減少することにより、1,800haの荒蕪地が放牧地や農地として開発可能となる。

以上の便益を集計し、現在資産による年平均値で表わすと、1) 洪水被害軽減便益：244.4百万ペソ、2) 農地保全便益：3.7百万ペソ、3) 荒蕪地の開発便益：8.5百万ペソ、合計256.6百万ペソと評価できる。

経済評価

マスタープラン同様、経済的内部収益率 (EIRR)、純現在価値 (NPV)、便益・費用比率 (B/C) を算定した結果が次表である。ここで、NPV と B/C 算定については、割引率 15% を考えた。この結果、とくに EIRR が 15% を超えており、本緊急計画は経済的に実施可能と判断できる。

分析指標	算定値
EIRR	20.3%
NPV	442 百万ベソ
B/C	1.43

さらに感度分析結果も、EIRR が 1) 10% の費用増 : 18.7%、2) 10% の便益減 : 18.5%、3) 年率 4.9% の低成長シナリオ : 19.1% であり、いずれにしても実施可能と判断できる。

社会評価

マスタープランと同様の効果が期待できるが、緊急計画の実施予定時期である 2000 年から 2003 年までの 4 ケ年に、のべ 52 万人日の熟練労働者と 90 万人・日の一般労働者の新規雇用が発生し、その波及効果も含めて、地域経済の活性化をもたらすと考えられる。

環境影響評価

緊急計画で実施する工事は、築堤、河床掘削・浚渫、砂防ダム・床固工・水制工の建設および関連施設の建設といった比較的小規模な土工および構造物である。こうした工事が環境に与える負の影響としては、工事による表流水の汚濁のみである。しかし、河床材料には、元来シルト質や粘土質の成分が少ないため、その影響は簡易な沈砂池等によって十分除去できると判断できる。

全体的な環境影響評価の結果は、表 4.2 に示すとおりであり、工事自体も山地内ないし現在の河道内で実施され、かつ建設後にも大きな環境変化を生じさせないため、自然環境上の負の影響は、ほとんど認められない。さらに用地買収や家屋移転も極めて少ないため、社会環境上も問題はないといえる。

4.5 緊急計画の実施

(1) 実施計画

緊急計画の実施計画を図 4.18 に示すが、次のような観点から作成した。

- ・ 事業実施については、海外の資金援助を想定し、その適用手続きに 1 年程度を充てる。
- ・ 実施設計に、同じく 1 年を充てる。
- ・ その後、4 ケ年で工事を行う。

これにもとづいた事業費の支出計画をとりまとめると次のようになる。

単位：百万ペソ

年	外貨分		内貨分		合計	
1999	86.4	(89.9)	16.9	(19.3)	103.3	(109.2)
2000	219.4	(232.8)	245.9	(301.3)	465.3	(534.1)
2001	225.7	(244.2)	241.8	(317.0)	467.5	(561.2)
2002	221.6	(244.6)	238.0	(334.0)	459.6	(578.6)
2003	196.8	(221.6)	218.8	(328.4)	415.6	(550.0)
合計	949.9	(1,033.1)	961.4	(1,300.0)	1,911.3	(2,333.1)

注：1997年価格で表示，カッコ内は，物価上昇を加味した値

(2) 実施体制

緊急計画の実施に際しては，一般にあらたな事務所がPMO-MFCP (Project Management Office-Major Flood Control and Drainage Projects), DPWHの下に開設される。この組織案を図4.19に示す。PMO-LRSFCP (Laoag River Sabo and Flood Control Project)と呼ばれる組織となろう。

(3) 維持管理体制

建設後の維持管理の段階になると，地方事務所にその権限が移管され，現在のイロコス・ノルテ州第1地方事務所が維持管理を行っていくこととなる。

第5章 ラオアグ市都市排水計画

5.1 調査対象地域

(1) 調査対象地域の概要

ラオアグ市の都市域は、ラオアグ川の河口から8 km上流の右岸側に位置している。都市排水は、そのほとんどがダオラオ-トゥベッククリークへ流出し、一部の排水はラオアグ川へ直接流入している(図5.1参照)。

ダオラオ-トゥベッククリークは、38.79 km²の流域面積を擁しており、中下流部をダオラオクリーク、上流部をトゥベッククリークと呼んでいる。ダオラオ-トゥベッククリークは、その中流部で主要支川の一つであるサンイシドゥロクリーク(流域面積:1.99 km²)と合流している。

ダオラオクリークは、都市域の北側沿いを流れ、さらに蛇行しながら東から西へ流下し、河口上流1.5 kmで北側へ流行を大きく変え、砂嘴を形成して南シナ海へ注いでいる。河口部は通常閉塞しており、バカラ川の支川を通して南シナ海へ流入している。しかし、洪水は閉塞部分を開削しながら海へ流出する。

(2) 行政・人口

ラオアグ市の面積は107.51 km²であり、80のバランガイから構成されており、このうち29のバランガイ(10.94 km²)に都市域が含まれる。ダオラオ-トゥベッククリーク流域は、ラオアグ市内に位置し、上記の29バランガイを含む51のバランガイが関係している。

ラオアグ市の人口は、88,336人(1995年統計)であり、この内57,883人が流域内人口であり、40,717人(46%)が上記の都市域を含む29のバランガイに集中している。平均人口密度は、ラオアグ市内で822人/km²、流域内で1,492人/km²、都市域で3,722人/km²となっている。

NEDAの人口予測では2020年に市の人口は111,400人となり、都市域では49,800人に達する見込みである。

(3) 土地利用

1996年現在の流域内土地利用は、図5.2に示すとおりであり、これを集計したものが次表である。流域内の約5割を水田・耕地、約1割を宅地・商業地が占めている。

土地利用種別	占有面積	面積比率
宅地・商業地	431 ha	11.1%
丘陵・樹林地・果樹園・草地	1,205 ha	31.1%
水田・耕地	2,156 ha	55.6%
河道・砂丘	87 ha	2.2%
合計	3,879 ha	100.0%

また、ラオアグ市は図 5.3 に示すような住宅地の拡充計画を策定している。

5.2 都市排水の現況

(1) クリークの現況

ラオアグ市の都市排水は、その大部分が、主排水路、2次排水路、3次排水路を通じてサンイシドゥロクリークおよびダオラオトゥベッククリークへ排水されている。ダオラオトゥベッククリークの勾配は緩く蛇行箇所も多い。サンイシドゥロクリークとの合流部から下流の勾配は 1/2,300 以下となっている。クリーク沿いは、築堤されておらず、その周辺の土地利用は水田となっている。サンイシドゥロクリークは市街地の主要な排水路であり、勾配は、1/270 から 1/650 であるが、洪水時、ダオラオクリークからの背水の影響を受ける。

ダオラオトゥベッククリークおよびサンイシドゥロクリークの平面図、縦断図を図 5.4、図 5.5 に示す。

(2) 都市排水網

ラオアグ市の都市排水網は図 5.6 の通りである。全排水区 501.4 ha は下記の 11 の排水区に分ける事ができ、市街地と農地の面積は、それぞれ 333.7 ha および 167.7 ha である。

排水区 (ha)		排水区 (ha)	
DA - 1	53.0	DA - 7	80.0
DA - 2	94.1	DA - 8	42.0
DA - 3	23.9	DA - 9	36.2
DA - 4	11.0	DA - 10	23.1
DA - 5	17.0	DA - 11	38.1
DA - 6	83.0	合計	501.4ha

排水区内の、401.0ha (DA-1~DA-8) あるいは 80%がダオラオトゥベック クリークへ排水され、97.4ha (DA-9~DA-11) あるいは 20%がラオアグ川へ排水されている。また、この全排水区の 40% あるいは 199 ha (DA-1~DA-5) がサンイシドゥロクリークへ排水されている。

排水区における排水路延長の内訳は、主排水路:6.53km, 2次排水路:22.38km, 3次排水路:56.33km である。

5.3 洪水被害

ラオアグ市は、1996年7月の台風グロリンにより大きな洪水被害を生じた。図 5.7 に示す通り、流域内の 27% (1,035ha) が浸水し、都市域の 62% (336ha) が浸水した。さらに、ラオアグ川からの洪

水の一部が流域内に流入し、洪水被害を大きくした。

洪水被害の主要原因を考慮して流域を4地域に区分し、各地域の洪水の原因を下表に取りまとめる(図5.8参照)。

地 域	主 要 原 因
都市域Ⅰ	ラオアグ川からの越水
都市域Ⅱ*	サンイシドゥロ クリークの流下能力不足, ダオラオ クリークからの背水
都市域Ⅲ	ダオラオ-トゥベック クリークの流下能力不足, ダオラオ クリークからの背水
農村地域	ラオアグ川からの越水, 河口閉塞, ダオラオ-トゥベック クリークの流下能力不足

*: 都市域Ⅱは、サンイシドゥロ クリーク流域に相当する。

上記の各地域の被害額は、以下のとおりである。

(単位:千ペソ)

資産項目	都市域Ⅰ	都市域Ⅱ	都市域Ⅲ	農村地域
住宅	1,139	1,960	193	597
商業/工業	4,566	27,289	436	217
病院	400	600	200	600
学校	944	3,505	134	1,079
農業/漁業	10	0	0	375
合計	7,059 (16.0%)	33,354 (75.3%)	963 (2.2%)	2,868 (6.5%)
総合計	44,244 (100%)			

また、ラオアグ川の治水事業により、ラオアグ川からの越水が防壁され、河口開口部の維持管理が十分に行われた場合、上記の被害額は、以下のように減少する。この場合、洪水被害の大部分がサンイシドゥロ クリーク流域の都市域Ⅱへ集中する事がわかる。

(単位:千ペソ)

	都市域Ⅰ	都市域Ⅱ	都市域Ⅲ	農村地域
	10 (0.1%)	33,354 (94.5%)	963 (2.7%)	956 (2.7%)
合計	35,283 (100%)			

5.4 都市排水計画

(1) 計画対象地域

洪水被害調査の結果よりサンインドゥロクリーク流域 (1.99km²) を都市排水マスタープランの対象地域とする。また、この流域の北側に隣接する区域 (0.83km²) は将来宅地化される予定にあり、この区域も計画に含める (図 5.9 参照)。

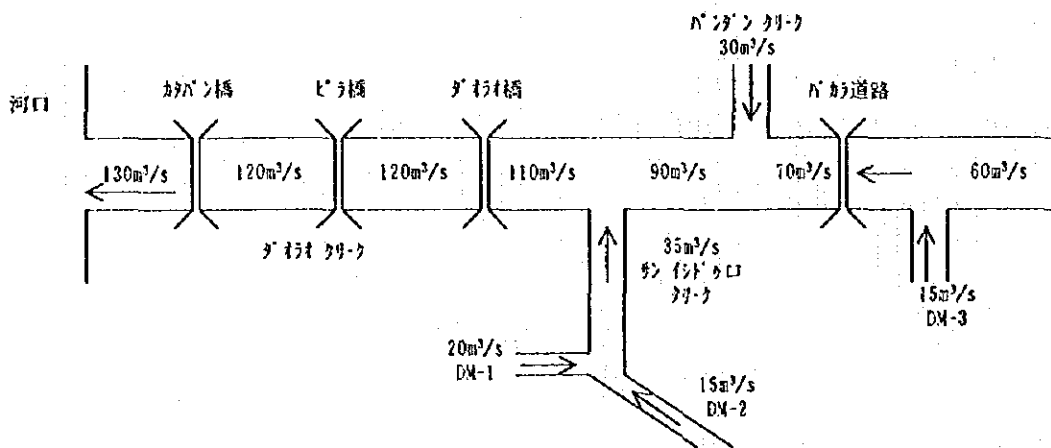
以下に改良すべきクリークおよび主排水路を示す。

- 1) サンインドゥロクリーク
- 2) ダオラオクリークの上流 (サンインドゥロクリークへ背水の影響を及ぼす区間)
- 3) サンインドゥロクリークへ流入する2主排水路: DM1, DM2
- 4) 将来の宅地地域の主排水路: DM3

(2) 計画洪水流量

フィリピンにおける他の地方中核都市の排水計画規模が5年確率であるため、本都市排水計画においても、計画規模を5年確率とする。

ダオラオ-トゥベッククリーク流域に対して、図 5.10 に示す流出モデルをもとに、下記の計画洪水流量配分を策定した。



(3) マスタープランの策定

ダオラオクリークの上流およびサンインドゥロクリークは、2箇所蛇行を除いて、現況河道沿いに改修を行う。ダオラオクリークの上流部は、サンインドゥロクリークとの合流部およびパンダンクリークとの合流部で大きく蛇行している。そこで、支川と本川のスムーズな洪水流の合流が行われるようショートカットを行う。ダオラオクリーク、サンインドゥロクリーク、主排水路 (DM1, DM2, DM3) の改修計画平面図を図 5.11 に示す。

ダオラオクリークからの背水の影響を軽減し、計画高水位が市街地の地盤高以下となるようにす

るためには、ダオラオ クリーク、サンイシドゥロ クリーク、主排水路 (DM1, DM2) の掘削、狭窄部となっている橋梁等の架け替えが必要である。DM3 (主排水路) は、計画洪水水位が将来の宅地地域の地盤高以下となるよう設定された。改修計画縦断図を図 5.12 に示す。

各改修水路の横断は、所定の計画洪水流量を流下しうる断面とする。河岸の勾配は農地部では緩勾配とし、住宅地では急勾配にすると共に護岸を設けるものとする。計画横断図を図 5.13 に示す。

ダオラオ クリークの河口部は、台風の来襲前に開削工事を行う。開口断面は、長さ 30m、幅 20m、深さ 1.5m である。

また、現況の排水路は、雨水だけでなく汚水も排水しており、乾期には環境上劣悪な状況にある。そこで、汚水を専用に排水するための下水管 (インターセプター) を改修護岸の裏に設置し、都市域の環境改善を行う。

以上の結果、マスタープランの工事内容は以下の通りであり、全事業費は、191 百万ベソとなる。

工種	数量	総額 (百万ベソ)
I. 建設費		135.65
1.1 準備工 (10% of 1.2 and 1.3)		12.33
1.2 主要工事		112.11
(1) 土工		19.61
掘削	158,746m ³	18.26
築堤/埋め戻し	15,919m ³	1.35
(2) 護岸工	5,420m	41.29
(3) 橋梁, カルバート工		40.62
橋梁	6 橋	36.50
ボックスカルバート	6 基	4.12
(4) その他		10.59
落差工	1 箇所	0.22
樋管工	1 箇所	0.25
汚水インターセプター	2,550m	5.02
河口開削	一式	5.10
1.3 雑工 (10% of 1.2)		11.21
II. 補償費		12.05
2.1 用地買収	5.65ha	11.60
2.2 家屋移転	3 軒	0.45
III 管理費 (3% of I and II)	一式	4.43
IV コンサルタント費 (16% of I)	一式	21.70
V 予備費 (10% of I, II, III and IV)	一式	17.39
合計		191.22

(4) 緊急計画

マスタープランの中から現況の市街地の洪水問題を解消するために必要な工事を選び出し、それを緊急都市排水計画とする。以下に緊急計画に必要な工事を示す。

1) ダオラオクリーク

- 水路改修工 900m
- 橋梁工 2橋
- 河口開削工 1箇所

2) サン イシドゥロ クリーク

- 水路改修工 930m
- 護岸工 1,140m
- 橋梁工 3橋

3) 主排水路：DM1, DM2

- 水路改修工 140m (DM1), 440m (DM2)
- 護岸工 280m (DM1), 880m (DM2)
- ボックスカルバート工 1基 (DM1), 4基 (DM2)

4) 汚水インターセプター 2,550m

図 5.14-16 に緊急都市排水計画の平面図、縦断図、横断図を示す。主要構造物としては、護岸、橋梁、ボックスカルバートがある。この中で、護岸および橋梁計画の詳細を図 5.17 および図 5.18 に示す。橋梁の現況および計画寸法は以下の通りである。

No.	名前	現況				計画			
		幅(m)	長さ(m)	スパン	タイプ	幅(m)	長さ(m)	スパン	タイプ
Br.1	ダオラ橋	5.0	39.5	3スパン	RC	5.0	39.5	3スパン	RC
Br.2	ダイン橋	5.0	15.0	1スパン	RC	5.0	38.2	1スパン	PC
Br.3	サンイシド橋	8.5	12.5	1スパン	RC	8.5	29.7	1スパン	PC
Br.4	歩道橋	2.0	14.5	1スパン	スチール	2.0	24.5	1スパン	PC
Br.5	ヒン橋	7.5	2.5	1スパン	カルバート	7.5	23.3	1スパン	PC

下表に、ボックスカルバートの現況および計画寸法を示す。

No.	名前	現況			計画		
		幅(m)	高さ(m)	ボックス数	幅(m)	高さ(m)	ボックス数
Box1	灌漑水路	4.0	1.2	1	5.0	2.8	1
Box2	マツリ通り	2.5	1.4	1	5.2	2.7	1
Box3	カサ通り	2.0	1.9	1	5.1	2.6	1
Box4	カサ通り	1.5	1.0	1	5.0	2.5	1
Box5	カサ通り	3.0	0.5	1	5.0	2.5	1

5.5 緊急計画の事業費

(1) 工事計画

緊急排水計画における土工量は、掘削土 98,000m³ に対して埋め戻し土 8,000 m³ であり、90,000m³ の捨て土量となり、4.5ha の土捨て場が必要となる。いっぽう、これらの捨て土は、将来の宅地開発にとって有効に活用できる。土捨て場の候補地を図 5.19 に示す。工事は全体で 2 年とし、排水路工事およびカルバート工事は 1 年以内に完了する。そこで、工事の全体計画を図 5.20 に示す。

(2) 事業費

建設事業費は、以下の条件のもとで積算した。

- 1) 積算基準年は 1997 年 6 月とする。
- 2) 通貨交換率を 1 米ドル=26.0 ペソ=115 円とする。
- 3) 補償費は過去の実績、土地・家屋税、市場価格を基に評価する。
- 4) 管理費は建設費及び補償費の 3%とし、コンサルタント費は工事費の 16%とする。
- 5) 予備費は工事費、補償費、コンサルタント費の 10%とする。
- 6) 物価上昇は内貨に対して年 7%、外貨に対して 2.0%とする。

建設事業費は、1997 年価格で総額 118.0 (百万ペソ) となり将来の物価上昇を考慮した場合、135 百万ペソとなった。下記にその概要を示す。

工 種	数 量	金 額 (百万円)		
		内 貨	外 貨	合 計
I. 建設費		44.54	41.48	86.02
1.1 準備工 (10% of 1.2 and 1.3)		4.05	3.77	7.82
1.2 主要工事				
(1) 土工		36.81	34.28	71.09
掘削	98,000m ³	7.65	4.24	11.89
築堤/埋め戻し	8,000m ³	7.20	4.02	11.22
(2) 護岸工	2,300m	0.45	0.22	0.67
(3) 橋梁, カルバート工		3.23	13.24	16.47
橋梁	5 橋	18.13	14.26	32.39
ボックスカルバート	5 基	16.00	12.58	28.58
(4) その他		2.13	1.68	3.81
落差工	1 箇所	7.80	2.54	10.34
樋管工	1 箇所	0.18	0.04	0.22
汚水インターセプター	2,550m	3.78	1.24	5.02
河口開削	一式	3.84	1.26	5.10
1.3 雑工 (10% of 1.2)		3.68	3.43	7.11
II. 補償費		0.00	4.74	4.74
2.1 用地買収	2.71ha	0.00	4.74	4.74
2.2 家屋移転	0	0.00	0.00	0.00
III. 管理費 (3% of I and II)	一式	0.00	2.72	2.72
IV. コンサルタント費 (16% of I)	一式	12.38	1.38	13.76
V. 予備費 (10% of I, II, III and IV)	一式	5.30	5.43	10.73
VI. 合 計		62.22	55.75	117.97
V. 物価上昇		3.98	12.83	16.81
VI. 総 計		66.20	68.58	134.78

事業費積算の詳細を表 5.1 に示す。また、予算配分の概要は、以下の通りである。

(単位：百万円)

年	内 価	外 貨	合 計
1999	8.17 (8.50)	7.13 (8.16)	15.30 (16.66)
2000	39.47 (41.89)	37.28 (45.67)	76.75 (87.56)
2001	14.98 (16.21)	10.95 (14.36)	25.93 (30.57)

()内の数値は、物価上昇を含む。

5.6 緊急計画の経済評価

(1) 事業便益

事業便益は、緊急排水事業に伴う洪水被害軽減便益である。洪水被害は直接被害と間接被害に分ける事ができる。直接被害には以下の資産が含まれる。

- 1) 家屋及び家族への影響
- 2) 商店及び工場 (建物, 機械, 機材, 在庫品を含む)
- 3) 道路, 水道, 電気, 電話, 灌漑施設, 教育施設, 医療施設 等の社会基盤施設

また、間接被害としては以下のものがあるが、ここでは間接被害を直接被害の 10%とする。

- 1) 事業及び生産活動に対する機会損
- 2) 防災活動
- 3) 洪水被災者に対する救護・医療活動
- 4) 犯罪に対する防止活動

現在の社会経済状況を基本にした2年および5年確率による洪水被害額は以下のとおりである。

(単位：百万ペソ)

工種	2年確率洪水	5年確率洪水
1. 直接被害	39.3	53.8
家屋	1.7	3.3
商店、工場	27.0	36.1
社会基盤施設	10.6	14.4
2. 間接経費	3.9	5.4
合 計	43.2	59.2

上表より、5年確率洪水に対応する年洪水被害軽減便益は、現在の社会経済条件を基にした場合、26.2百万ペソである。

この便益は、将来人口およびGRDPの伸びに比例して増加するものと考えられる。そこで、将来人口およびGRDPの伸びを以下のように仮定する。

- 1) 人口：0.93%（現在～2020年）
- 2) GRDP：6.2%（現在～2000年），4.65%（2000～2010年），3.1%（2010～2020年）

また、将来の社会経済状況を基にした便益は、目標年次の2020年以降は一定とする。

(2) 経済評価

経済評価は、経済的内部収益率（EIRR）により評価するものとする。このときの施設の耐用年数は50年とした。また、経済評価は現在の社会経済状況を基本にした場合と将来の場合の2ケースについて行った。

社会経済状況	内部収益率	便益/コスト	現在価値（百万ペソ）
現在の場合	22.0%	1.47	34
将来の場合	31.9%	2.45	105

将来の社会経済状況を基本ケースとして感度分析を行った結果を以下に示す。

検討ケース	内部収益率	便益/コスト	現在価値 (百万円)
基本ケース	31.9 %	2.45	105
コストが10%増加した場合	29.5 %	2.23	98
便益が10%増加した場合	29.2 %	2.21	87
経済成長が仮定を上回った場合 1)	36.6 %	3.10	152
経済成長が仮定を下回った場合 2)	29.8 %	2.19	87

1) : 8.9 % (現在~2000年), 6.68 % (2000~2010年), 4.45 % (2010~2020年)
2) : 4.9 % (現在~2000年), 3.68 % (2000~2010年), 2.45 % (2010~2020年)

上表より、提案された事業は経済的に実行可能と考えられる。

(3) 社会評価

提案された事業は、建設中(2000~2001年)に以下のような労働者の雇用機会を創出すると共に、またさらに関連業務の創出により、地域経済の活性化に貢献する事となる。

職 種	労働力 (人・日)
熟練労働	13,000
単純労働	52,000
合 計	65,000

一方、提案された事業は洪水の危機から住民を救い、社会環境・公衆衛生の改善につながる。

5.7 緊急計画の環境影響評価

緊急計画の施工時および管理時の環境への影響の予測・評価を以下にとりまとめる。工種としては、水路掘削、埋め戻し、護岸、橋梁、カルバート等の工事がある。構造物は、比較的小規模の土/コンクリート構造物であり、すべて河道内に建設される。

工事期間中および維持管理中の影響評価項目を以下に示すと共に、評価結果を表5.2に示す。

1) 工事期間中

水質汚染、大気汚染、騒音、土砂流出、魚類や野生生物への影響、植物の損傷、用地買収・家屋移転、考古学的・歴史的資産の破損、交通妨害、雇用創出

2) 管理期間中

水文および流況、水質汚染、大気汚染、騒音、地質の損壊、野生生物の生息環境の喪失、魚類の産卵場所の損傷、景観の損傷、魚場の喪失、航路の喪失、希少天然資源の損傷、経済損失の減少、健康障害の減少、宅地の増加

これらの評価項目の中で、環境への影響を緩和すべき項目として工事期間中の水質汚染が考えられる。そこで、河床掘削、構造物基礎の掘削、水替工などの工事において、濁水の発生を少なくする

ための手段を提案する必要があり、工事現場下流の沈澱池の設置などが考えられる。

一方、他の評価項目については、建設中および管理中に環境へ与える影響は非常に小さい、したがって、とくに環境対策の提案は行わない。

表

表2.1 フィリピン全国、リージョンI および対象地域の人口の推移

Province City/Municipality	Census Population (1000)				Average Annual Growth Rate (%)			
	1970	1980	1990	1995	'70-'80	'80-'90	'90-'95	'70-'95
Philippines	36,684.5	48,317.0	60,559.1	68,349.5	2.79	2.28	2.45	2.52
Region I	2,488.4	2,922.9	3,547.3	3,791.7	1.62	1.95	1.34	1.70
Ilocos Norte Province	343.4	390.7	460.7	482.7	1.30	1.66	0.94	1.37
Laoag River Basin *1	189.7	218.8	259.7	271.0	1.44	1.73	0.85	1.44
- Laoag City	61.7	69.7	83.2	87.8	1.22	1.79	1.07	1.42
- San Nicolas	20.2	23.4	27.6	29.0	1.48	1.68	0.98	1.46
- Sarrat	16.8	18.8	21.3	21.3	1.10	1.24	0.02	0.94
- Dingras	22.8	26.5	30.5	31.5	1.54	1.42	0.63	1.31
- Solsona	12.8	14.7	18.9	19.7	1.41	2.51	0.82	1.73
- Piddig	13.1	14.8	17.1	17.8	1.24	1.45	0.84	1.24
- Marcos	7.4	10.3	13.0	13.7	3.36	2.31	1.11	2.49
- Banna (Espiritu)	11.7	12.9	15.3	16.0	1.00	1.76	0.81	1.26
- Nueva Era	3.4	3.9	5.2	6.2	1.41	2.91	3.52	2.43
- Carasi	0.3	0.4	0.6	0.8	2.16	4.15	3.48	3.22
- Vintar	19.5	23.4	27.1	27.4	1.84	1.48	0.26	1.38

Source: (1) 1990 Census of Population and Housing, NSO

(2) 1995 Census of Population and Housing, NSO

Note: *1 A total figure of a city and ten municipalities involved in the basin.

表3.1 全國主要河川等の治水計画規模と流域指標

Item	Cagayan River	Agno River	Pampanga River	Mt. Pinatubo	Pasig River	Mt. Mayon	Panay River	Agusan River	Ilog-hilabagan River	Jaro-Iloilo River	Laoag River
1. Project Area											
River Drainage Basin(km ²)	27,300	7,640	10,503	322	4,678	699	2,181	1,140	2,162	505	1,332
Project Area(km ²)			3,200	1,296	981			199			
Nos. of Cities/Municipalities	107	83	12*	9*	17*	23	17	2*	4		11
Total Pop.(1,000)	2,136	2,324	1,792*	736*	5,926*	419	448	134*	347	310	197
Pop. Density(per km ²)	78	304	599*	568*	6,040*	599	187	673*	160	613	148
Ratio of Urban Pop. (%)	19	26		59*	mostly*	20	14	mostly*	20	mostly	29
GRDP of Agriculture(%)	47	37	37	24*	0*	52	38		32		42
GRDP of Industry/Service(%)	53	63	63	76*	100*	48	62		68		58
Developed Land Use(%)	20	30	40	53*	51*	65	49	69*	51		20
2. Potential Damage											
Flooded Area(km ²)	1,860	2,465	1,448*	393*	110*	184	338	79*	120	41	202
Affected Pop.(1,000)		1,457		205*	1,100*	70	121	115*	47	149	79
3. Design Probability											
Framework(year)	100	100	100		100		100	100			
Master Plan(year)	25	25			100	50	25		100	50	
Short-term(year)	25	10	20	20	30		10	30	25	20	
4. Implement. Period											
Framework(year)	not	not	not		not		not	not			
Master Plan(year)	20	20			30	10	30		20	20	
Short-term(year)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Note : 1) * shows the figures for project area, while others are for drainage basin.

2) "not" in implementation period means not specified".

表3.2 浸水地域別指標

Sub-project	Protected Area(ha)	Protected Population	Project Cost (million P)		EIRR (%)		Technical Validity	Environmental Adverse Impact
			Sabo Dam	River Imp.	Total	Present		
Tangit, Laoag	600	3,945		36.3	36.3	17.9	no problem	not significant
Suyo, Laoag	200	1,054		14.8	14.8	7.4	no problem	not significant
Poblacion, Laoag	130	5,149		60.8	60.8	21.6	no problem	not significant
Camangaan, Laoag	480	2,039		35.6	35.6	12.5	no problem	not significant
Poblacion, San Nicolas	230	5,835		28.7	28.7	13.7	no problem	not significant
San Manuel, Sarrat	550	1,339		22.0	22.0	12.8	no problem	not significant
San Felipe, Sarrat	100	182		41.3	41.3	*	no problem	not significant
Sto. Tomas, Sarrat	150	107		17.4	17.4	*	no problem	not significant
San Marcos, Sarrat	30	102		11.4	11.4	*	problem	not significant
San Cristobal, Sarrat	80	73		32.6	32.6	3.4	problem	not significant
Guisit/Mandaloque	730	1,058		208.8	208.8	2.1	problem	not significant
Suyo, Dingras	200	2,317		32.3	32.3	14.0	no problem	not significant
Poblacion Dingras	550	4,228		40.8	40.8	14.6	no problem	not significant
Cura River	3,900	11,115	219.7	589.9	809.6	10.7	no problem	not significant
Solsona River	2,280	7,152	88.9	268.0	356.9	14.4	no problem	not significant
Madongan River	4,180	8,764	65.7	351.1	416.8	13.6	no problem	not significant
Papa River	1,950	4,651	65.9	212.2	278.1	8.4	no problem	not significant
Lower Bongo River	400	480		118.4	118.4	3.5	problem	not significant
Upper Bongo River	550	1,528	70.5	425.3	495.8	0.7	problem	not significant
Total	17,290	61,118	510.7	2,547.7	3,058.4	171.3		

Note : * means negative EIRR

表3.3 マスタープラン実施に要する工事数量

Subo Dam	Main Dam Nos. (unit)	Apron Length (m)	Counter Dam Nos. (unit)	Total Concrete Volume (m ³)	Total Excavation (m ³)	Compensation	
						Land (ha)	House (units)
Cura No.1	1	18	1	14,500	22,200	-	-
Cura No.2	1	20	1	6,300	9,700	-	-
Labugaon No.1	1	30	1	19,200	19,800	-	-
Labugaon No.2	1	21	1	16,350	23,400	-	-
Solsona No.1	1	40	1	9,600	5,700	-	-
Solsona No.2	1	40	1	11,900	5,000	-	-
Madongan	1	26	1	17,300	39,800	-	-
Papa	1	17	1	18,000	22,700	-	-
Total	8	212	8	113,150	148,300	-	-

(2) River Improvement Works

Work Items	Dike		Channel Excavation (m ³)	Slope Protection		Toe Protection Length (m)	Toe Protection Volume (m ³)	Spurdiike (units)	Sluiceway (units)	Groundsill (units)	Bridge Extension (m ² (Nos.))	Compensation	
	Length (m)	Volume (m ³)		Length (m)	Area (m ²)							Land (ha)	House (units)
(1) Tangid, Laoag	6,450	176,000	-	-	-	-	-	10	2	-	-	10	-
(2) Suyo, Laoag	2,100	73,000	-	-	-	-	-	-	2	-	-	4	-
(3) Poblacion, Laoag	1,500	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
(4) Camangaan, Laoag	4,000	195,000	-	-	-	-	-	-	3	-	-	8	1
(5) Poblacion, San Nicolas	3,000	140,000	-	-	-	-	-	10	2	-	-	6	-
(6) San Manuel, Sarra	3,600	86,000	-	-	-	-	-	-	2	-	-	5	20
(7) Suyo, Dingras	3,700	104,000	-	-	-	-	-	-	3	-	-	5	-
(8) Poblacion, Dingras	5,600	205,000	-	-	-	-	-	10	3	-	-	10	-
(9) Cura/Labugaon River	21,900	550,000	1,532,000	22,200	206,500	22,200	35,500	20	4	1	315(1)	1	-
(10) Solsona River	10,950	173,000	-	13,700	155,400	13,700	25,300	-	4	1	-	1	-
(11) Madongan River	4,000	60,000	-	17,500	225,500	17,500	32,800	-	7	1	-	-	-
(12) Papa River	1,000	14,500	-	12,400	132,000	12,400	23,400	-	2	1	-	-	-
Total	67,800	1,576,500	1,532,000	65,800	719,400	65,800	117,000	50	37	4	315(1)	50	21

表3.4 マスタープランにおける事業費

Work Item	Unit	Quantity	Amount (Million P)
1. CONSTRUCTION COST			1,714.3
1.1 Preparatory Works	l.s.	1	157.7
1.2 Main Works			1,401.4
1.2.1 Sabo Dam	units	8	301.5
1.2.2 River Improvement			1,099.9
(1) Earth Dike	m	6,450	170.8
(2) Flood Wall	m	1,500	36.8
(3) Channel Excavation	m ³	1,532,000	135.1
(4) Slope Protection	m	65,800	486.3
(5) Toe Protection	m	65,800	156.0
(6) Spurdike	pcs	50	10.0
(7) Sluiceway	pcs	37	51.0
(8) Ground Sill	pcs	4	46.0
(9) Bridge	pcs	1	7.9
1.3 Miscellaneous Works	l.s.	1	155.2
2. COMPENSATION COST			8.0
2.1 Land Acquisition	ha	50	4.9
2.2 House Resettlement	houses	21	3.1
3. ADMINISTRATION COST (5 % of 1. + 2.)	l.s.	1	86.1
4. ENGINEERING SERVICE COST (10 % of 1.)	l.s.	1	171.4
5. PHYSICAL CONTINGENCY COST (10 % of 1., 2., 3. & 4.)	l.s.	1	198.0
Total			2,177.8

表3.5 環境影響マトリックス

MAJOR ACTIVITIES (which may cause of Impacts)		ENVIRONMENTAL FACTORS														
		Physico-Chemical			Biological		Geological		Socio-Economic							
Project Stage	Activities	Surface Water	Groundwater	Topography	Air, Noise & Offensive Odor	Terrestrial Species	Aquatic Species	Scientific Interest	Aesthetic Potential	Economic Activities	Land Use	Transportation & Traffics	Historical & Archeological Interest	Health and Social Services	Life Style & Community	Cultural Communities
Pre-Construction	Land Acquisition															
	Relocation or Resettlement															
Construction	Labor Mobilization									+						
	Sabo Dam	-			-	-	-			++	-					
	Reinforcement of Existing Dike				-					+						
	New Dike				-		-			+	-					
	Channel Dredging	-			-		-			+	-					
	Spur Dikes				-		-			+	-					
	Strengthen of Revetment				-		-			+	-					
Post-Construction	Sabo Dam	+					-			+++	+++					
	Dikes	+++								+++	+++	++		+	++	
	River Channel	++								+++	+++	+++			++	

Note: + : Positive (Beneficial) Impact - : Negative (Adverse) Impact

Impact Categories : + or - : Possible but Minor Impact
 ++ or -- : Minor to Moderate Impact
 +++ or --- : Moderate to Major Impact

表 4.1 緊急計画事業費

(Unit : pesos at 1997 price)					
Work Items	Unit	Quantity	F.C. Portion	L.C. Portion	Total
1. CONSTRUCTION COST			654,074,234	800,509,346	1,454,583,580
1.1 Preparatory Works (10% of 1.2 and 1.3)			59,461,294	72,773,577	132,234,871
1.2 Main Works			540,557,218	661,577,972	1,202,135,190
1.2.1 Sabo Dams and Alluvial Fan Rivers			464,057,078	604,752,012	1,068,809,090
(1) Cura/Labugaon River			199,329,827	203,134,303	402,464,130
a) Cura Sabo Dam No.1	m3	15,100	21,305,400	24,660,600	45,966,000
b) Labugaon Sabo Dam No.1	m3	16,900	24,834,100	30,941,900	55,776,000
c) River Improvement	km	12.70	153,190,327	147,531,803	300,722,130
(2) Solsona River			77,269,313	114,492,177	191,761,490
a) Solsona Sabo Dam No.1	m3	5,200	7,735,800	9,993,200	17,729,000
b) River Improvement	km	11.00	69,533,513	104,498,977	174,032,490
(3) Madongan River			111,467,506	165,572,024	277,039,530
a) Madongan Sabo Dam	m3	20,800	28,218,300	33,510,700	61,729,000
b) River Improvement	km	9.00	83,249,206	132,061,324	215,310,530
(4) Papa River			75,990,432	121,553,508	197,543,940
a) Papa Sabo Dam	m3	17,000	23,340,600	27,528,400	50,869,000
b) River Improvement	km	7.00	52,649,832	94,025,108	146,674,940
1.2.2 Laoag-Bongo River Improvement	km	13.14	76,500,140	56,825,960	133,326,100
(1) Poblacion Laoag River Improvement	km	3.49	18,151,884	15,523,916	33,675,800
(2) Poblacion San Nicolas River Improvement	km	4.20	23,286,964	15,650,536	38,937,500
(3) Poblacion Dingras River Improvement	km	5.45	35,061,292	25,651,508	60,712,800
1.3 Miscellaneous Works (10% of 1.2)			54,055,722	66,157,797	120,213,519
2. COMPENSATION COST			0	6,440,000	6,440,000
2.1 Land Acquisition	ha	40.5	0	5,990,000	5,990,000
(1) Sabo Dams	ha	1.5	0	150,000	150,000
(2) Alluvial Fan River Improvement	ha	10.0	0	1,000,000	1,000,000
(3) Laoag-Bongo River Improvement	ha	29.0	0	4,840,000	4,840,000
2.2 House Relocation	houses	3	0	450,000	450,000
(1) Laoag-Bongo River Improvement	houses	3	0	450,000	450,000
3. ADMINISTRATION COST (3% of 1 and 2)			0	43,830,707	43,830,707
4. ENGINEERING SERVICES COST (16% of 1)			209,460,036	23,273,337	232,733,373
5. PHYSICAL CONTINGENCY (10% of 1, 2, 3 and 4)			86,353,427	87,405,339	173,758,766
SUB-TOTAL			949,887,696	961,458,730	1,911,346,426
6. PRICE CONTINGENCY (2% for FC and 7% for LC)			83,190,000	338,532,000	421,722,000
TOTAL			1,033,077,696	1,299,990,730	2,333,068,426

表4.2 環境影響評価チェックリスト

(Construction Phase)

Impact Area	Direct Impact	Nature	Magnitude
Water Quality/Air Quality/ Noise	Water Pollution	Negative	Moderate
	Air Pollution	Negative	Minimal
	Noise Generation	Negative	Minimal
Geology	Soil Erosion	Negative	Minimal
Ecology	Fish/Wildlife Disturbance	Negative	Minimal
	Vegetation Loss	Negative	Minimal
Socio-Economy	Land Aquisition/House Relocation	Negative	Minimal
	Archaeological/Historical Asset Loss	Negative	No Effect
	Traffic Disturbance	Negative	Minimal
	Local Labor Employment	Positive	Significant

(Operation Phase)

Impact Area	Direct Impact	Nature	Magnitude
Hydrology/River Morphology	Groundwater Recharge Reduction	Negative	Minimal
	Riverbed Aggradation	Negative	Minimal
	Reduction of Channel Shifting	Positive	Significant
	Increase of River Bank Erosion	Negative	Minimal
	Decrease of Sand Supply to Coast	Negative	Minimal
Water Quality/Air Quality/ Noise	Generation of Water Pollutants	Negative	No Effect
	Generation of Air Pollutants	Negative	No Effect
	Generation of Noise	Negative	No Effect
Geology	Geological Destruction	Negative	No Effect
Ecology	Loss of Wildlife Habitat	Negative	No Effect
	Disruption of Fish Spawning Grounds	Negative	Minimal
Aesthetics	Aesthetic Impainment of Landscape	Negative	Minimal
	Visual Impairment of Historical/ Cultural Resources	Negative	No Effect
Natural Resources Use	Loss of Fishing Area	Negative	No Effect
	Impairment of Navigation	Negative	No Effect
	Damage to Economically Valuable Natural Resources	Negative	No Effect
Socio-Economy	Reduction of Economical Loss	Positive	Significant
	Reduction of Health Risk	Positive	Significant
	Increase of Available Farmland	Positive	Significant
	Disruption of Minorities' Life	Negative	No Effect

表 5.1 緊急排水計畫事業費

Work Items	Unit	Unit Cost (Pesos)	Quantity	Amount (1000 Pesos)
I. Construction Cost				86,020
1.1 Preparatory Works (10% of 1.2 and 1.3)				7,820
1.2 Main Works				71,091
(1) Earth work				11,893
Excavation	m3	115	97,528	11,216
Filling	m3	85	7,970	677
(2) Revetment Work (L=2,300 m)				16,473
Revetment Type RA				
Gravel	m3	510	2,381	1,214
Top Concrete	m3	2,500	205	513
Base Concrete	m3	3,500	536	1,876
Wet Masonry	m3	1,950	2,649	5,166
			Sub-total	8,769
Gabion Mattress	m3	1,300	639	831
Revetment Type RB				
Gravel	m3	510	1,427	728
Top&backfill Concrete	m3	2,500	962	2,405
Base Concrete	m3	3,500	254	889
Wet Masonry	m3	1,950	1,462	2,851
			Sub-total	6,873
(3) Bridge and Culvert Work				32,390
Bridge				28,582
Br1 (W=5m,L=39.5m)	m2	25,000	237	5,925
Br2 (W=5m,L=38.2m)	m2	28,000	229	6,412
Br3 (W=8.5m,L=29.7m)	m2	28,000	252	7,056
Br4 (w=2m,L=24.5m)	m2	28,000	98	2,744
Br5 (w=7.5m,L=23.3m)	m2	28,000	175	4,900
Removal of Existing Bridge	m3	3,000	515	1,545
Box Culvert				3,808
Box1 (5.0*2.8*6.0)	pcs	282,000	1	282
Box2 (5.2*2.7*30.0)	pcs	1,434,000	1	1,434
Box3 (5.1*2.6*7.0)	pcs	328,000	1	328
Box4 (5.0*2.5*25.0)	pcs	1,144,000	1	1,144
Box5 (5.0*2.5*10.0)	pcs	458,000	1	458
Removal of Existing Box Culvert	m3	3,000	54	162
(4) Others				10,335
Waste Water Interceptor				5,015
RC Pipe 0.6m	m	1,900	1,700	3,230
RC Pipe 0.8m	m	2,100	850	1,785
Drop	pos	220,000	1	220
Mouth Opening				5,100
Backhoe (0.6m3)	pos	2,200,000	1	2,200
Bulldozer (15t)	pos	2,900,000	1	2,900
1.3 Miscellaneous Works (10% of 1.2)				7,109
II. Compensation Cost				4,740
2.1 Land Acquisition				4,740
Farm/Open Space	ha	1,700,000	2.7	4,590
Residential Area	ha	15,000,000	0.01	150
2.2 House Resettlement	houses	150,000	0	0
III. Administration Cost (3% of I and II)				2,723
IV. Engineering Service Cost (16% of I)				13,763
Total of I, II, III and IV				107,246
V. Physical Contingency (10% of I, II, III and IV)				10,725
Grand Total				117,971

表5.2 環境影響評価チェックリスト

(Construction Phase)

Impact Area	Direct Impact	Nature	Magnitude
Water Quality/Air Quality/ Noise	Water Pollution	Negative	Moderate
	Air Pollution	Negative	Minimal
	Noise Generation	Negative	Minimal
Geology	Soil Erosion	Negative	Minimal
Ecology	Fish/Wildlife Disturbance	Negative	Minimal
	Vegetation Loss	Negative	Minimal
Socio-Economy	Land Aquisition/House Relocation	Negative	Minimal
	Archaeological/Historical Asset Loss	Negative	No Effect
	Traffic Disturbance	Negative	Minimal
	Local Labor Employment	Positive	Significant

(Operation Phase)

Impact Area	Direct Impact	Nature	Magnitude
Hydrology/River Morphology	Hydrological/River Morphological Change	Negative	Minimal
Water Quality/Air Quality/ Noise	Generation of Water Pollutants	Negative	No Effect
	Generation of Air Pollutants	Negative	No Effect
	Generation of Noise	Negative	No Effect
Geology	Geological Destruction	Negative	No Effect
Ecology	Loss of Wildlife Habitat	Negative	No Effect
	Disruption of Fish Spawning Grounds	Negative	No Effect
Aesthetics	Aesthetic Impairment of Landscape	Negative	No Effect
	Visual Impairment of Historical/ Cultural Resources	Negative	No Effect
Natural Resources Use	Loss of Fishing Area	Negative	No Effect
	Impairment of Navigation	Negative	No Effect
	Damage to Economically Valuable Natural Resources	Negative	No Effect
Socio-Economy	Reduction of Economical Loss	Positive	Significant
	Reduction of Health Risk	Positive	Significant
	Increase of Available Residential Land	Positive	Significant