

JICA LIBRARY



1040345[9]

フィリピン共和国

カガヤン河流域水資源開発基本計画調査

主報告書

昭和62年8月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	87.10.20	118
登録 No.	16935	61.7 SDP

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、カガヤン河流域水資源開発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、佐藤秀樹氏を団長とする調査団を昭和60年10月から昭和62年3月まで同国へ派遣した。同調査団はフィリピン国政府関係者と意見交換を行うとともに、帰国後、現地調査結果を基に国内作業を進め、最終報告書提出のはこびとなった。

本報告書がフィリピン国の水資源開発に寄与するとともに日本・フィリピン両国間の友好親善の促進に役立つならば、これに勝る喜びはない。

最後に、本調査団に種々協力を惜しまれなかったフィリピン共和国政府関係各位に対し、ここに深甚なる謝意を表する次第である。

昭和62年8月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

カガヤン河流域水資源開発基本計画調査団

伝 達 状

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔 殿

フィリピン共和国カガヤン河流域水資源開発基本計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書は、フィリピン共和国政府の社会・経済開発目的に沿ったカガヤン河流域水資源の開発計画を策定するべく検討を行った調査結果を提示したものであります。

本報告書は、洪水防御、農業開発、水力開発から構成される流域開発基本計画を提示しております。更に、これら社会・経済開発によって増大する水需要に対処するべき水資源開発の方途として多目的・単目的のダム開発を提言いたしました。

報告書は要約・主報告書及び附属書に分冊されております。要約には開発計画の概要を、また主報告書は開発計画とその背景・状況・条件を含めて記述してあります。附属書には計画策定に用いた条件・方法論の詳細を記述いたしました。尚、これら報告書とは別に資料集も作成いたしましたので、ここに提出いたします。

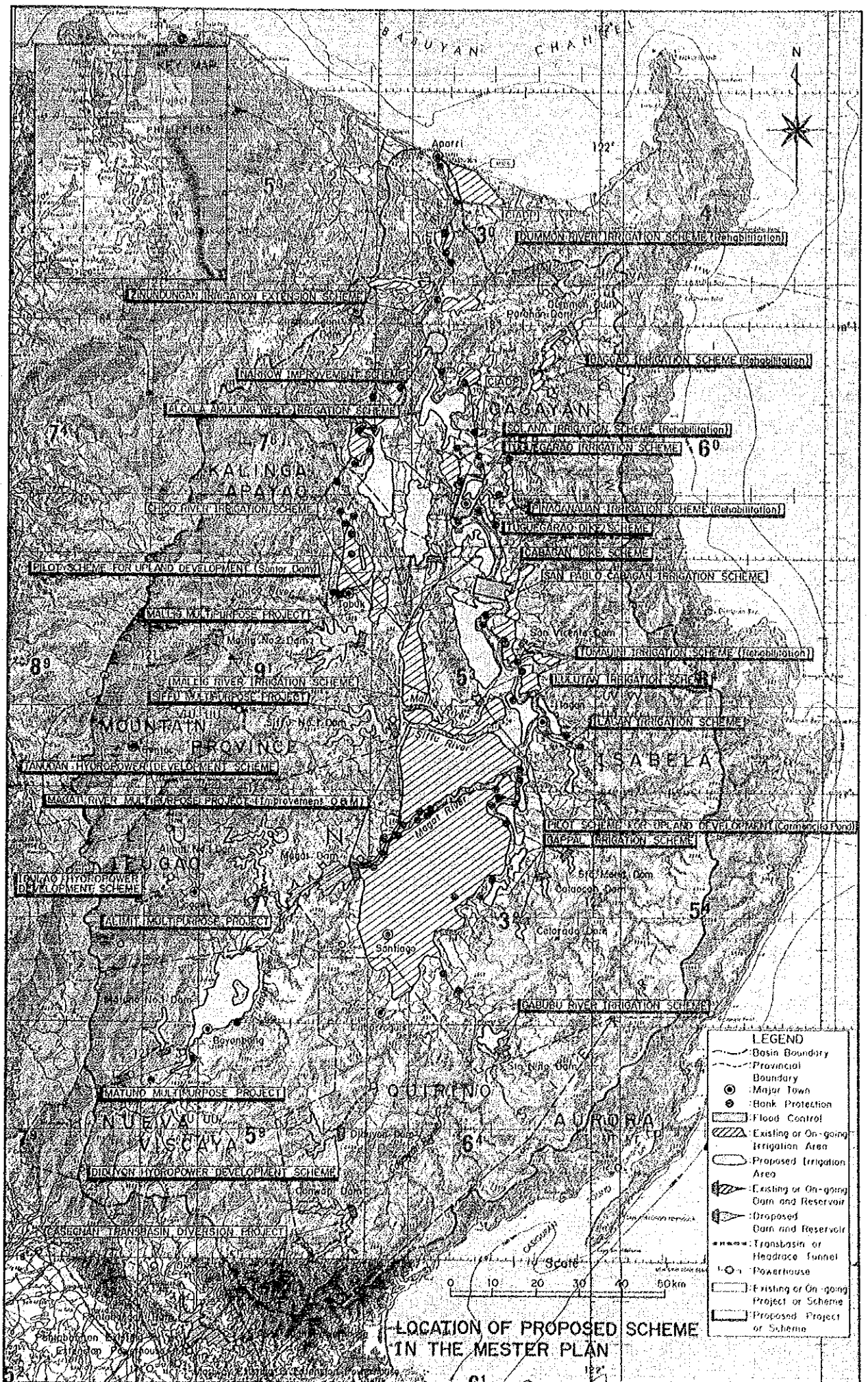
本報告書を提出するにあたり、全調査期間に亘り、多大なご支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、農林水産省、在フィリピン大使館の諸賢、ならびに、フィリピン政府諸機関の関係各位に対し、心から感謝の意を表すものであります。

本調査の成果が、カガヤン河流域の今後の社会開発、及び経済発展と福祉向上のために資するならば、これに優る光栄はないと考える次第であります。

昭和 62 年 8 月

調 査 団 長

佐 藤 秀 樹



LOCATION OF PROPOSED SCHEME
IN THE MESTER PLAN

LEGEND	
	Basin Boundary
	Provincial Boundary
	Major Town
	Bank Protection
	Flood Control
	Existing or On-going Irrigation Area
	Proposed Irrigation Area
	Existing or On-going Dam and Reservoir
	Proposed Dam and Reservoir
	Transbasin or Headrace Tunnel
	Powerhouse
	Existing or On-going Project or Scheme
	Proposed Project or Scheme

要 約

I 序

1. 本調査は日本国政府とフィリピン共和国政府の間で昭和60年8月1日に締結された業務実施協定書(IMPLEMENTING ARRANGEMENT)に基づいて実施されたものである。
2. 協定書によれば、調査の目的はカガヤン河流域、27,300km²に於ける水資源開発の基本計画(Master Plan)を策定することにある。目標とする期間は昭和61年から約20年間である。
3. 国際協力事業団(JICA)は、業務実施のためコンサルタントを選定し、調査団を編成した。調査団はフィリピン政府が組織したカウンターパートチームと協力して調査を実施した。事業団は更に、建設省、農林水産省職員で構成する作業監理委員会を組織し、調査の指導、監理を行った。フィリピン政府が組織した運営委員会とその下部機構であるアドバイザーグループ、技術検討グループも調査に有用な提言、示唆を与えた。
4. 調査は先ず地域の人口、地域内生産(GRDP)、付加価値(GVA)等の社会経済開発目標の枠組みを設定した。設定した目標を達成するための開発計画を検討するにあたり業務実施協定書の規定にもとづき洪水防御、灌漑及び水力発電の開発計画に焦点をあてた。次いでこれらの社会・経済の発展に伴って増大する水需要が引き起こす将来の水不足を推定した。調査検討の結果、将来の水不足を解消するための最良の水資源開発手段としていくつかのダム建設を提案した。ダムにはもしそれが有効ならば洪水防御の容量をもたせるように提案している。
5. 調査団は本調査の全ての結果を記載したドラフトファイナル報告書を62年3月作成し、事業団に提出した。報告書は各関係機関に配布され、その内容・体裁について日本に於ては作業監理委員会、フィリピンに於ては技術検討グループとの協議を行った。最後に作業監理委員会・フィリピンの運営委員会及び調査団との間で合同会議が昭和62年6月15日マニラ首都圏ケソン市で開かれた。本最終報告書は、この合同会議での結論を勘案してドラフト報告書の一部を修正作成したものである。

II カガヤン河流域の概要

1. カガヤン河流域は北緯15度52分、同18度25分、東経120度51分、同122度18分の間に位置し、下記の出脈、水道に囲まれている。

東： シエラマドレ山脈

西： コルリデルラセントラル山脈

南： カラバロ・マバラン山脈

北： バブヤン水道

2. 流域は行政的に、地区(Region) I、II及びIVに属する8州よりなる。

地区(Region) I : マウンテンプロビンス州

 * II : カガヤン、イフガオ、イサベラ、カリంగాアバヤオ、
 ヌエバビスカヤ及びキリノ州

 * IV : オーロラ州

カガヤン河流域は全部で107の郡(Municipality)に分かれている。これらの州・郡の位置をFig. 2.1に示す。

3. NEDAが実施した国勢調査によると流域内人口は1980年現在 $1,885 \times 10^3$ 人であった。それは都市人口は 316×10^3 人、農村人口は $1,569 \times 10^3$ 人に分けられる。都市化が最も進んだ郡はツゲガラオで全人口の41%、言いかえると30,000人が都市人口である。流域の平均人口密度は $69 \text{人}/\text{km}^2$ で、全国平均の $160 \text{人}/\text{km}^2$ と比較し極めて人口密度は小さいといえよう。
4. 1985年に於ける地域総生産は1972年価格で $\text{P}1,825 \times 10^6$ であった。各部門別の付加価値の構成は以下のとおり。

部 門	付加価値 (P 10 ⁶)	割合 (%)
地域総生産	1,825	100
農業	862	47.2
工業	272	14.9
サービス	691	37.9

地域の一人当たりの生産高は P 854 (1972年価格)であり、全国平均、P 1,654 の約半分である。

5. 流域の地形は全体的に傾斜をもち、勾配が 8% 以下のいわゆる低平地は 6,800 km² あるいは全体の 25% にすぎない。8% から 18% の傾斜をもつ丘陵地は約 9,000 km²、勾配 18% 以上の山岳地が 11,500 km² を占める。

流域の土地利用現況を以下に示す。

土 地 利 用	面積 (km ²)
低地	
米作	2,470
とうもろこし 他	1,300
(小計)	(3,770)
丘陵地	
永年作物	270
草地	1,270
(小計)	(1,540)
山岳地	
森林	11,500
(小計)	(11,500)
裸地・遊休地	(10,490)
計	27,300

注目すべき土地資源は低平地の中で開発の遅れている 3,000 km² と、丘陵地の 7,000 km² である。

6. 流域の気象・水文状況は下記のデータで測り知ることができよう。

1) 年平均雨量

— 流域内最大	山岳地帯	4,000 ミリ以上
— 〃 最小	北部低平地	2,000 ミリ以下
— 〃 平均		2,600 ミリ

2) 季節

— 乾季	12月 から 5月	(北東モンスーン期)
— 雨季	6月 から 11月	(南西モンスーン期)

3) 年平均流量

河 川	流域面積 (km ²)	流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)
マガット	5,113	263	0.051
カガヤン上流部	6,633	291	0.044
河口	27,300	1,343	0.049

4) 100年洪水の尖頭流出量

河 川	流域面積 (km ²)	流量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /s/km ²)
マガット	5,113	10,600	2.1
チコ Δ	4,551	8,700	1.9
カガヤン	11,993	23,900	2.0
河口	27,300	21,600	0.8

注) Δ : イラガン川との合流点直上流

これらの数字から、流域の水資源は極めて豊富であるが、季節的には偏っている点
が問題であることがわかる。

7. 河床及び洪水時の水面勾配を下に示す。

河 道 区 間	区間長 (km)	河床勾配	水面勾配
イラガンーツゲガラオ	70	1/5,620	1/5,670
ツゲガラオーアルカラ	75	1/8,680	1/12,080
アルカラー河口	65	1/8,680	1/3,450

河床勾配と水面勾配の違いは、アルカラ付近に隘路が存在することを暗示する。

8. 堆積平野部での河道の流下能力は小さく氾濫は極めて頻繁である。アルカラからツゲ
ガラオにかけての河道の推定流下能力は比流量で 0.23 m³/s/km²である。流域面積は約
20,000 km²で2年確率洪水の尖頭流出に満たない。

1973年と1980年に生じた洪水がもたらした災害は甚大であった。前者は台風オープンに
伴うもので1,860 km²を浸水した。後者は台風アリンがもたらしたもので1,740 km²が冠

水した。これらの氾濫図を Fig. 2.5 に示す。

現在に於ける年平均洪水被害額は、1985年価格で約 P 3,793 × 10⁶ にのぼる。

9. カガヤン河流域の農業生産は、どちらかといえば粗放的である。台風や、洪水の被害を受けやすいこの地域では、集約的農業を行うための投資は危険であると考えられている。1985年に於ける地域農業生産高は以下のとおり。

-米	: P 439 × 10 ⁶
-とうもろこし	: P 120 × 10 ⁶
-その他畑作	: P 72 × 10 ⁶
-漁業	: P 7 × 10 ⁶
-畜産	: P 77 × 10 ⁶
-森林	: P 147 × 10 ⁶

(1972年価格)

10. 1984年の地域内電化率は40%であった。同年のエネルギー消費量及び尖頭負荷は夫々83GWh及び33MWであった。一方流域内の設備容量は365MWである。また日需要曲線から推定した日負荷率は87.5%である。流域内にある発電所は以下のとおり。

-マガット(水力)	: 設備能力	360MW
-ラモン(水力)	:	1,440kW
-トゥマウイニ(水力)	:	760kW
-イラガン(木炭火力)	:	3,100kW

11. 都市部への上水道供給は主としてLWUA及びDPWHがまた農村部へは地方水道開発公社(RWDC)及び村落水公団(BWP)が実施している。1985年には27,000戸が何らかの形で給水を受けており給水率は59%になる。そのうち半数は共同井戸(レベルI)、25%が共同蛇口の給水(レベルII)を受けている。個別の水道施設をもっているのは残りの25%である。1985年の域内平均給水量は141 × 10³ m³/日であった。

III 社会経済予測と目標

フィリピン政府の開発の成果を公平に配分するという政策に則り、この地域の経済開発目標を、2005年までに一人当りの生産高を全国平均並に向上せしめることとした。ここで、全国平均を求めるにあたり極端に工業化がすすんだNCRと地区IVは除くこととした。この両地区の産業構造を他の農業を主たる産業とする地区と同等に考えるわけにいかないからである。目標は、フィリピン中期開発計画を参照して下記のようにになった。

	1985	1990	1995	2000	2005
人口(10 ³ 人)	2,136	2,413	2,702	2,989	3,259
GRDP(P10 ⁶) Δ	1,825	2,689	4,014	5,536	7,080
農業付加価値 Δ	862	1,062	1,383	1,631	1,837*
工業 Δ	272	444	743	1,568	2,544
サービス Δ	691	1,183	1,888	2,337	2,699

注) Δ : 1972 価格

* : 最大可能開発 (P2,408×10⁶) の 70%と森林による生産 (P147×10⁶) の合計

2005年に於ける一人当り生産高はP2,172になる。

IV 洪水防御計画

1. 施設的及び非施設的洪水防御の方法を検討した。本調査で提案する計画は今後20年間以内に効果を発揮する必要がある効果が早く現れる施設的方法の検討に主力を注いだ。然しながら流域管理や、植林、洪水予警報等の非施設的な方策が有効であることは論をまたない。これらの方策もカガヤン河流域の洪水防御計画の中に組み込まれるべきであろう。
2. 水資源の総合開発計画を策定するにあたり洪水防御について基本計画と長期計画の2つの計画を検討した。
3. 洪水防御計画の基本計画を以下の原則のもとに策定した
 - 1) 下流域全体の洪水尖頭流失を押さえるため、上流域にはできるだけ洪水防御ダムを考える。
 - 2) 上流部の本川・支川が持つ河道貯留効果はできるだけ保存する。これらの地域では河岸侵食防止に力を注ぐ。
 - 3) 中・下流部では、低平地を洪水から防ぐために堤防と、河岸侵食防止工を考える。迅速に洪水を排水するために河道正整も考慮する。マガピット狭窄部の開削は中・下流部の洪水防御にとって最も重要な役割を荷なっている。
4. 洪水防御計画の基本計画を、以下の6つの代替案を検討した結果決定した。
 - 1) 代替案 0D : 堤防のみによる洪水防御。ダムも、マガピットの開削も含まない。事業費 $P 35,688 \times 10^6$
 - 2) 代替案 5D : 5ダムと堤防による洪水防御。マガピットの開削は含まない。事業費 $P 36,466 \times 10^6$

- 3) 代替案 9D : 9ダムと堤防による洪水防御。マガピットの開削は含まない。
事業費 $\text{P}45,796 \times 10^6$
- 4) 代替案 0DM : 堤防とマガピットの開削による洪水防御。ダムは含まない。
事業費 $\text{P}38,278 \times 10^6$
- 5) 代替案 5DM : 5ダムと堤防及びマガピットの開削による洪水防御。
事業費 $\text{P}34,394 \times 10^6$
- 6) 代替案 9DM : 堤防と9ダム及びマガピットの開削による洪水防御。
事業費 $\text{P}45,603 \times 10^6$

これらの代替案の配置をFig.5.10に示す。

結局最小費用を与える代替案5DMを洪水防御計画の基本計画とした。この計画では上流部の洪水位をダムの調節効果によって下げ、中・下流部はマガピットの開削によって洪水位を下げる。中流部で本川沿いにある開発の進んだ地域は堤防によって洪水から防ぐことになる。この計画に含まれているダムは、カガヤンNo.1、イラガンNo.1、シフNo.1、マリグNo.2、マガットダムである。この計画では100年洪水を計画流量としている。

5. 上記洪水防御基本計画から、計画流量を25年洪水に下げて長期計画を策定した。長期計画の主たる諸元は以下のとおり。

- 1) プロジェクトの経済費用 $\text{P}27,543 \times 10^6$
- 築堤工、護岸工、樋管工、開削工、捷水路工、その他。 $\text{P}21,345 \times 10^6$
 - カガヤンNo.1ダム、アリミットNo.1ダム、イラガンNo.1ダム、シフNo.1ダム、マリグNo.2ダム。 $\text{P}6,198 \times 10^6$

2) 経済評価

- 便 益 (P10 ⁶ /年)	3,834.1 (1985年価格)
洪水被害減	3,698.6
護 岸	135.5
- 内部収益率	14.2%

6. 各事業の内部収益率から優先順位を検討した。結果を表5.14にまとめてある。概略以下のとおり。

順位	事 業	内部収益率
1	ツゲガラオ堤防	23.1%
2	狭窄部開削 (NLL)	18.9%
3	護岸	13.7%
4	カガヤン堤防	13.6%
5	狭窄部開削 (NLR)	13.5%
6	マガット/アリミットNo.1ダム	13.1%
7	シフNo.1ダム	12.8%
8	カガヤンNo.1ダム	11.6%
9	マリグNo.2ダム	9.3%
10	イラガンNo.1ダム	5.4%
11	狭窄部開削 (NUP)	-

V 農業開発計画

1. 農業開発の基本方針として以下のように定めた。

- 1) 水田開発適地30.6万 haについて、2005年までに、全て灌漑開発する。

実施過程にある事業の早期完成

既存灌漑システムの改修

新規灌漑開発地の開発

- 2) 稲作栽培技術の改善・普及により生産性の向上を図る。
- 3) 低平地における畑地開発適地 17万 haを全て農用地(畑)化し、トウモロコシの生産を拡大する。
- 4) 畑地の生産向上は、灌漑以外の手段・優良品種の導入及び耕種法の改善によって行う。
- 5) 丘陵地の開発は、永年作物及び畜産開発を中心に行う。
- 6) 永年作物開発は、カシューナッツ、マンゴ、柑橘類を中心に実施する。
- 7) 畜産開発は、乳肉兼用牛の繁殖及び肥育を中心に行う。牛の飼養形態として、繁殖牛は主として放牧により、素牛の肥育は舎飼いで行うものとする。
- 8) 養魚開発は沿岸地域の汽水養殖の可能性が低いため、内水面の淡水養殖を主体とする。養魚生産の拡大は、BFARの増産計画(年率4.5%の増産)にもとづくものとする。
- 9) 林業開発は、フィリピン政府の政策及び環境保全の立場から現況の生産水準に留める。

10) フィリピン政府の農業を経済開発の柱とするという政策に鑑み2005年までに可能な開発を最大限にすすめるものとする。その限界を最大可能性の70%と仮定する。

2. 上記の基本方針を実施するために以下の土地利用計画を策定した。

地 目	1985年	2005年	将来における	2005年における
	土地利用計画 (10 ³ ha)	土地利用計画 (10 ³ ha)	可能最大 開発面積 (10 ³ ha)	既開発面積 比率 (%)
		(1)	(2)	(1)/(2)
<u>低平地</u>				
1. 水 田	247	306	306	100
2. 畑 地 - トウモロコシ	102	142	142	100
- その他	28	28	28	100
3. 野草地 (未利用地)	99	-	-	-
計	476	476	476	-
<u>丘陵地</u>				
1. 永年作物他	27	57	200	29
2. 放牧地	127	210	300	70
3. 野草地 (未利用地)	450	337	104	-
計	604	604	604	-

3. 上記土地利用のうち、低平地については灌漑開発をその主体とする。それらの位置及び諸元を Fig. 6.16 及び Table 6.22 及び Table 6.23 に示す。推奨する灌漑事業は以下のとおり。

事業の名称	対象面積 (ha)
1. 新規灌漑開発	65,330
(1) チコマリグ灌漑	31,200
(2) マツノ灌漑	12,680
(3) ダブブ灌漑	1,000
(4) シヌンドゥンガン灌漑	1,750
(5) アルカラアムルング西灌漑	6,750
(6) ツゲガラオ灌漑	1,400
(7) ルルトン灌漑	2,950
(8) イラガン灌漑	3,200
(9) ガツバル灌漑	4,400
2. 改修あるいは改良	12,212
(1) ドゥモン灌漑	2,070
(2) バガオ灌漑	1,812
(3) ソラナ-ツゲガラオ灌漑	3,143
(4) ピナカナワン灌漑	1,200
(5) トゥマウイニ灌漑	3,987

また、灌漑を行わない低平地は天水畑として開発を行うこととした。

4. 丘陵地 604,000 ha のうち、現在放牧地として利用されているのは約2割にあたる 127,000 ha であり、将来この放牧地を、210,000 ha へ拡大する。放牧地では、現況の飼養形態を改善し、生産性の高い乳肉兼用種による、雑種生産を行うものとする。飼養形態は、輪換放牧による素牛生産(繁殖経営)と採草・舎飼いによる肥育経営の2本柱で行う。

また、丘陵地の永年作物栽培面積は、現況の 27,000 ha から、将来は、57,000 ha へ拡大する。永年作物のうち、カシューナッツ、マンゴ、柑橘類が気候条件に適し、将来の市場性も高いと考えられ、これらの作物を中心に拡大する。

5. 漁業の開発は貯水池に於て行うものとする。
6. 灌漑地の作付は最大収益をあげることを目的としたA型及び節水を主眼においたB型を考えた。また畑作のためにC型を提案した。これらの作付体系ごとに灌漑事業の経済評価を行った。評価の結果は以下のとおり。

(単位;%)

事業	作付 A & C	作付 B & C
I 新規開発		
(1) チコマリグ灌漑	15.7	12.9
(2) マツノ灌漑	12.4	10.1
(3) ダブブ灌漑	19.5	17.2
(4) シヌンドゥンガン灌漑	13.4	12.5
(5) アルカラアムルンク西灌漑	17.3	14.9
(6) ツゲガラオ灌漑	19.4	18.7
(7) ルルトン灌漑	22.8	18.0
(8) イラガン灌漑	28.0	27.7
(9) ガツバル - ポンプによる	20.2	16.2
- ダムによる	13.5	11.4
II 改修及び改良		
(1) ドゥモン灌漑	8.0	5.7
(2) バガオ灌漑	7.3	5.7
(3) ソラナ灌漑	39.0	28.5
(4) ピナカナワン灌漑	75.7	56.0
(5) トゥマウイニ灌漑	12.6	11.7

作付体系は Fig. 6. 19 , 6. 20 及び 6. 21 に示す。

7. 灌漑事業の実施優先順位を決定するに当り、以下の手順を採用した。(イ) 最初に内部収益率15%以上のものと以下のものとクラス分けを行う。(ロ) 次に各クラス内ではヘク

タール当りの農家収益の多い順に優先度を与える。(ハ)ヘクタール当りの農家収益が等しい場合はヘクタール当りの受益者数が多いものを優先する。

以上の手順にもとづいて順位づけを行った結果を以下に示す。

事業	ha当り農家収益 ($\text{P}10^3/\text{ha}$)	順位	ha当り 受益者数	順位	総合 順位
<u>内部収益率 15%以上</u>					
ピナカナワン灌漑	33	1	8.3	2	1
チコマリグ灌漑	32	2	3.1	8	2
ダブブ灌漑	30	3	5.1	5	3
ルルクン灌漑	29	4	4.4	7	4
ソラナ灌漑	28	5	8.1	3	5
ガッバル(ポンプ)灌漑	28	5	4.8	6	6
イラガン灌漑	26	6	8.4	1	7
ツゲガラオ灌漑	24	7	6.1	4	8
アルカラアムルング西灌漑	24	7	1.9	9	9
<u>内部収益率 15%以下</u>					
バガオ灌漑	33	1	4.8	3	10
ドゥモン灌漑	32	2	3.2	4	11
マツノ灌漑	30	3	6.3	1	12
トゥマウイニ灌漑	27	4	6.0	2	13
シヌンドウンガン灌漑	27	4	2.9	5	14

8. 以上の結果から求められる灌漑用水需要量は以下のとおり。

(単位; m^3/sec)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1985	130	158	94	69	139	124	156	93	48	19	67	73
1990	220	251	202	94	173	232	287	183	109	50	63	161
1995	264	302	254	101	218	281	338	217	124	59	65	195
2000	281	323	278	106	235	298	360	232	133	63	67	207
2005	295	338	296	105	255	317	379	244	134	66	66	222

年間畜産用水需要量は以下のとおり。

(単位; $10^6\text{m}^3/\text{年}$)

1985	1990	1995	2000	2005
3.74	4.84	5.94	7.04	8.15
(0.12)	(0.15)	(0.19)	(0.22)	(0.26)

(注) カッコ内は流量 (m^3/sec) に換算したもの

VI 水力発電計画

1. ルソン島に於ける 2005年までの電力需要を予測した。1990・1995・2000 及び 2005年の予測値は 2,927・3,813・4,953 及び 6,428 MW である。一方 1990年の設備能力は4,101 MW が予定されており出力は 3,280 MW である。もしその後の設備増強をしなければ 2005年には 3,000MW の不足が生じることになる。
2. 電力不足に対処するため火力を含めた電力開発候補事業を検討し、費用最小の観点から以下の水力発電事業をカガヤン河流域内で提案した。

事業名	設備容量 (MW)	エネルギー (GWh)	流量 (m ³ /s)	総落差 (m)	水車型	基数
(カセクナン)	(268)	(1,379)	(110.0)	(208.5)	(フランス)	(3)
マツノ	180	528	110.0	220.0	〃	2
イブラオ	17	85	7.8	274.0	〃	3
タヌダン	25	130	11.9	270.0	〃	2
デイドゥヨン	352	957	85.2	486.0	〃	2
チコ IV	360	955	355.0	151.0	〃	4

ここでカセクナンは進行中の事業と考えている。

3. 上記事業の推定費用は以下のとおり。(1985年時価)

- (カセクナン)	(US\$ 445.8 × 10 ⁶)
- マツノ	267.0 × 10 ⁶
- イブラオ	29.0 × 10 ⁶
- タヌダン	34.0 × 10 ⁶
- デイドゥヨン	469.2 × 10 ⁶
- チコ IV	534.9 × 10 ⁶

VII 都市用水需要の推定

1. 都市用水需要を推定するための規準・条件を検討し、以下のように決定した。

項 目	1985	1990	1995	2000	2005
<u>単位用水量</u>					
家庭用水 (l/capita/day)					
Level 1	30	30	30	30	30
Level 2	60	60	60	60	60
Level 3	100	105	110	115	120
サービス用水 (m ³ /軒/日)	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
公共用水					
学校 (m ³ /校/日)	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
病院 (m ³ /軒/日)	3.0	3.25	3.5	3.75	4.0
他 (m ³ /軒/日)	2.0	2.25	2.5	2.75	3.0
建設 (m ³ /day/GVA (P10 ⁶ 1972年価格))	31	31	31	31	31
他の工業用水 (m ³ /day/GVA (P10 ⁶ 1972年価格))	763	743	723	703	684
<u>家庭用水の給水率 (%)</u>					
地方: Level 1	44	47	50	53	50
Level 2	16	28	30	32	35
No service	40	25	20	15	15
都市部: Level 1	50	25	0	0	0
Level 2	25	25	25	0	0
Level 3	25	50	75	100	100
<u>現有能力 (10³ m³/日)</u>	52.4	58.1	58.1	58.1	58.1
<u>損失率 (%)</u>	35	32.5	30	27.5	25

2. 上記の規準及び社会・経済の伸びから都市用水量予測を行った。予測の結果を以下に示す。

(単位 ; m³/日)

年	家庭用水	サービス 及び公共用水	工業用水	計
1985	82,465	17,258	41,538	141,261
1990	111,495	23,722	47,023	182,240
1995	143,504	30,308	77,220	252,032
2000	179,761	39,872	204,881	424,514
2005	211,343	49,182	431,672	692,197

3. 上記の用水毎需要量を群毎に配分し、想定した給水区分別の原水用水量を求めた。結

果は以下に示すとうり。

(単位 ; m³/日)

給水区分	1985	1990	1995	2000	2005
Block 1	11,236	14,639	20,483	34,891	57,111
Block 2	6,977	8,713	11,306	17,472	26,918
Block 3	21,951	28,174	40,017	70,948	118,574
Block 4	9,550	11,519	14,590	22,291	33,851
Block 5	14,901	18,792	25,544	42,376	67,597
Block 6	9,143	11,613	15,991	26,932	43,332
Block 7	12,664	15,901	22,034	7,980	62,110
Block 8	13,568	17,107	24,008	42,131	69,598
Block 9	14,465	18,101	24,165	39,124	61,488
Block 10	10,445	12,542	15,387	21,821	30,941
Block 11	6,563	7,616	8,662	10,801	13,665
Block 12	12,911	16,261	22,842	40,209	66,558
Block 13	6,159	7,569	9,436	13,569	19,586
Block 14	4,359	5,440	6,584	8,517	11,147
Block 15	10,947	13,884	19,561	35,062	60,082
Block 16	2,823	3,420	3,833	4,243	4,647
Block 17	12,290	14,780	20,419	35,766	57,778
Block 18	13,075	15,874	19,768	28,419	40,356
Block 19	7,528	9,122	11,201	15,663	21,775
Block 20	15,772	18,916	24,214	37,320	55,814
計 (m ³ /日)	217,325	269,985	360,046	585,537	922,930
計 (m ³ /秒)	2.52	3.12	4.17	6.78	10.68

VIII 水需給収支計画

1. 灌漑用水取水点、及び都市用水給水区分を考慮して、需給収支算出のためのモデルを検討した。作成したモデルを Fig. 10.1 に示す。モデルに 1963年より 1984年までの 22年間の10日平均流量を入力しシミュレーションを行った。収支算出に必要なとなる河川維持用水については、以下のようにきめた。

- 1) 一般的な維持用水 : $0.0046\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$
N年間の観測期間に於けるN位の濁水量の平均。
- 2) マガビットポンプ場 : $140\text{m}^3/\text{s}$
現在(1985年)の水需要に対して生ずる1/5濁水量。
- 3) 既存マガット・シフ取水地点 : ゼロ

2. 収 支

何ら手当をしなかった場合の水不足予測量は

1985年 ; $109 \times 10^6\text{m}^3$

2005年 ; $1,373 \times 10^6\text{m}^3$

である。詳細は Table 10.1 に示した。

3. 水供給に必要なダム

収支計算の結果生じた水不足を解消するために以下のダムを提案する。

ダ ム	水収支点	目 的	必要容量(10^6m^3)
サント・ニーニョ	6	ダブブ灌漑	2
サンタマリア	8	ガッパル灌漑	} 118
カラオカン	8	ガッパル灌漑	
コロラド	8	ガッパル灌漑	
マツノ No.1	11	マツノ灌漑	61
サンヴィセンテ	33	トゥマウイニ灌漑	7
マリダ No.2	23・26・30・31	チコ・マグリ灌漑	545
バラナン	42	バガオ灌漑・発電	18
シヌンドゥンガン	44	シヌンドゥンガン灌漑・発電	53
ドゥモン	46	ドゥモン灌漑・発電	24

マガットの水不足はマツノ No.1、アリミット No.1 及びシフ No.1 の組み合わせとなるので別途検討する。本流の水不足は還元水によってほぼ完全に充足される。ダムの位置を Fig. 10.2 に示した。

IX マスタープラン

1. マガットダムの貯水容量を一部洪水防御に割り、それを補うシフ No.1、マツノ No.1 及びアリミット No.1 ダムに必要となる最小費用を求めた。その過程を Fig. 11.2 に示す。
2. 上記費用とそれに対応する洪水防御便益の現価を Fig. 11.3 に示す。この図から純現在価値 (NPV) 最大となる洪水防御容量を求め、最適な規模組み合わせとした。各ダムの最適規模は以下のとおり。

マガットダムの洪水防御容量	139	×	10^6m^3
補填容量	94	×	10^6m^3
マツノ No.1 ダムの寄与容量	36	×	10^6m^3 (マガットの不足補填)
総容量	97	×	10^6m^3
アリミット No.1 ダムの寄与容量	156	×	10^6m^3 (マガットの不足補填及び洪水防御容量)
総容量	156	×	10^6m^3
シフ No.1 ダムの寄与容量	41	×	10^6m^3 (マガットの不足補填)
総容量	93	×	10^6m^3

また三ダムの実施順序を検討した結果、シフ・マツノ・アリミットの順が最適であることが判明した。

3. 他の水供給ダムの 2005 年までの水需要を満たす必要容量は前述の通り。これらのダムの最適規模を求めるために 2005 年を超えた需要を満たす場合の各ダムの経済性を検討した。

2005 年以后的水需要に関しては NEDA が行っている 2020 年までの GRDP 予測における伸び率を適用して増加するものと仮定した。2020 年以後は、2015 年と 2020 年を結ぶ直線を外挿して 2040 年まで求めた。これらの需要を充す原水供給便益を、都市用水：P1.0/ m^3 、農業用水：P0.38/ m^3 と仮定して求めた。

各ダムの様々な規模に応じた費用便益曲線は Fig. 11.4 のとおり。図より各ダムの最適規模は、いずれも前記 2005年の必要量を満たす規模に一致することを確認した。

4. これまでに検討した利水ダムとしての最適規模に洪水防御容量を加えて多目的ダム容量を決定した。

1) シフNo.1ダム 水供給(発電) $93 \times 10^6 \text{m}^3$ 、(マガットダム $41 \times 10^6 \text{m}^3$ に相当)、
洪水防御 $115 \times 10^6 \text{m}^3$ 、計 $208 \times 10^6 \text{m}^3$

2) マリグNo.2ダム 水供給 $545 \times 10^6 \text{m}^3$ 、洪水防御 $112 \times 10^6 \text{m}^3$ 、計 $657 \times 10^6 \text{m}^3$

3) マツノNo.1ダム 水供給(発電) $36 \times 10^6 \text{m}^3$ (マガット)、
水供給(発電) $61 \times 10^6 \text{m}^3$ (灌漑)、計 $97 \times 10^6 \text{m}^3$

5. これらの容量にもとづいてダム費用の配分を行った。費用の配分は分離費用・残余便益法によった。配分された費用を用いて経済評価修正した。

費用配分にもとづく各事業の優先順位は以下のとおり。

洪水防御計画

優先順位	1	ツゲガラオ堤防
	2	狭窄部開削(NLL)
	3	シフNo.1ダム(多目的)
	4	河岸侵食防止工
	5	カバガン堤防
	6	狭窄部開削(NLR)
	7	マガットダムシステム(アリミット No.1 多目的)
	8	カガヤンNo.1ダム
	9	マリグNo.2ダム(多目的)
	10	イラガンNo.1ダム
	11	狭窄部開削(NUP)

灌漑計画

優先順位	1	ピナカナワン	改 修
	2	チコマリグ	新 規 (多目的プロジェクト)
	3	ダブブ	新 規
	4	ルルタン	新 規
	5	ソラナ	改 修

6	ガツバル	新 規	
7	イラガン	新 規	
8	ツゲガラオ	新 規	
9	アルカラ・アムルング	新 規	
10	バガオ	改 修	(発電つき)
11	ドウモン	改 修	(発電つき)
12	マツノ	新 規	(多目的プロジェクト)
13	トゥマウイニ	改 修	
14	シヌンドウンガン	新 規	(発電つき)

水力発電計画

優先順位	1	マツノ(多目的)
	2	イブラオ
	3	タヌダン
	4	ディドゥヨン

6. 多目的ダムによって結合される全ての事業を統合した多目的プロジェクトの評価を行った。その結果は以下のとおり。

マツノプロジェクト	(EIRR : 15.3%)
マリダプロジェクト	(EIRR : 15.2%)
シフプロジェクト	(EIRR : 14.5%)
アリミットプロジェクト	(EIRR : 12.1%)

7. 各候補事業の中から、マスタープランに取り込むべきものを選定するために、以下の規準を設けた。

1) 多目的プロジェクト

プロジェクトの経済性は重視するが、水不足・電力不足を補填するプロジェクトの実施を優先する。

2) 洪水防御計画

洪水被害調査の結果から2005年に於て目標 GVA を達成するために2005年の年間想定被害額 $\text{P}8,998 \times 10^6$ の10% 以上が防がれる必要があると仮定した。

3) 農業開発計画

低地を完全に開発するために14の灌漑事業は全てとりこむ。

4) 丘陵地については、現状 154×10^3 ha すなわち 25% の開発を、2005年には 267×10^3 ha すなわち 44% まで拡張する。

5) 発電計画

電力需要をみたす最小費用案によるものとする。但し、二次目的の発電は水供給の実施順に従う。

8. 前述の原則にもとづいて以下の事業を選定しマスタープランを構成した。

1) 多目的プロジェクト

シフプロジェクト、マリグプロジェクト、マツノプロジェクト及びアリミットプロジェクト。

2) 洪水防御計画

ツゲガラオ堤防、狭窄部開削(ナシピン下流左岸)、カバガン堤防、狭窄部開削(ナシピン下流右岸)、河岸侵食防止工。

3) 農業開発計画

灌漑開発及び改修(14事業)。うちチコマリグ灌漑は、マリグ多目的プロジェクトに、またマツノ灌漑はマツノ多目的プロジェクトによる。

永年作物 30,000 ha

放牧地 83,000 ha

4) 発電計画

主目的

: イブラオ、タヌダン、デイドゥヨン

二次目的（農業開発による）： ドゥモン、パラナン、シヌンドゥンガン

選定された事業の配置を Fig. 11.16 に示す。

これらの他既存マガット灌漑事業の維持・運転の改良計画をマスタープランにとり入れる。

9. マスタープランに盛り込まれる事業の総費用は以下のとおり。

1) 多目的プロジェクト

シフ	P	1,057	×	10 ⁶
マリグ	P	3,715	×	10 ⁶
マツノ	P	5,855	×	10 ⁶
アリミット	P	2,037	×	10 ⁶
<hr/>				
(小 計)	(P	12,665	×	10 ⁶)

2) 洪水防御

ツゲガラオ堤防	P	554	×	10 ⁶
狭窄部開削 (NLL)	P	978	×	10 ⁶
河岸侵食防止工	P	970	×	10 ⁶
カバガン堤防	P	307	×	10 ⁶
狭窄部開削 (NLR)	P	2,957	×	10 ⁶
<hr/>				
(小 計)	(P	5,766	×	10 ⁶)

3) 灌漑開発

ピナカナワン	P	23	×	10 ⁶
ダブブ	P	99	×	10 ⁶
ルルタン	P	184	×	10 ⁶
ソラナ	P	73	×	10 ⁶
ガッパル	P	606	×	10 ⁶
イラガン	P	166	×	10 ⁶
ツゲガラオ	P	99	×	10 ⁶
アルカラアムルング	P	434	×	10 ⁶

トゥマウイニ	P	378	×	10 ⁶
ドゥモン	P	449	×	10 ⁶ (含発電)
バガオ	P	451	×	10 ⁶ (含発電)
シヌドゥンガン	P	418	×	10 ⁶ (含発電)
マガット O&M	P	1,060	×	10 ⁶

(小計) (P 4,441 × 10⁶)

4) 発電計画

イブラオ	P	551	×	10 ⁶
タヌダン	P	646	×	10 ⁶
デイドゥヨン	P	8,915	×	10 ⁶

(小計) (P 10,112 × 10⁶)

合計 P 32,983 × 10⁶

10. マスタープランを構成する事業の実施スケジュール作成にあたり、以下の各点に留意した。

- 1) 安全に関する問題はこれを重視する。
- 2) 水不足・電力不足を充足するよう当該事業の実施時期をきめる。
- 3) 経済性の高いものは出来るだけ早く実施する。
- 4) 灌漑面積の年間増分はできるだけ平均化する。
- 5) 投資額はできるだけ平均化する。

マガットの水不足を補充するためシフ・マツノ・アリミットプロジェクトを実施するが、前述のようにシフ・マツノ・アリミットの順番が最も有利であることが判明している。また、発電計画では出力不足を補填するためマツノの稼働を1998年に期待している。更にマガット/アリミットによる洪水防御事業の経済性は5番目である。以上の事情からシフ:1990年、マツノ:1992年及びアリミット1997年実施とした。

マリグプロジェクトは、灌漑事業としての優先順位が高いのでピナカナワン・ダブ事業に次いで1990年実施とした。

河岸侵食防止工は、全域で75箇所を対象としており、逐次実施するべきものであるからマスタープランの期間に継続して実施することとした。

実施スケジュールを Fig. 11.17 に示す。また、事業費の年次分割を Table 11.2 に示す。

11. NEDA の作成した、投入産出分析マトリクスを用いて、建設事業の付加価値誘引係数を算出したところ、1.01であった。このことから、各事業の地域経済に対する波及効果は莫大である、と考えられる。

また、洪水防御の事業実施の結果、2005年に於ては、2年確率洪水に対してさえ84,000戸すなわち462,000人が、多少なりとも被害軽減の便益をうけることになる。

更に、事業の実施は雇傭機会を増大させ、2005年に於ける農業・工業・サービスの労働力需要は、 880×10^3 人で、推定労働人口 $1,140 \times 10^3$ 人の77%にも達する。

この他水不足の解消、電化率の向上が、この地域の社会経済向上に多大の貢献をするものと考えられる。以下に考えられるマスタープランの影響を記述する。

- 1) 所得の増加と消費性向の増進
- 2) 年間を通じた農業生産による雇傭機会の増大
- 3) 工業・サービスの発展にもとづく雇傭機会の増大
- 4) 洪水防御による土地の価値の増大
- 5) 洪水防御による衛生状態の改善
- 6) 水供給による衛生状態の改善
- 7) 電化による文化の向上
- 8) 電化による生活様式の多様化
- 9) 工業化による技術の革新
- 10) 農業経営の複雑化による技術の革新

11) 都市化の進行

12) 工業化による環境汚染

13) 畜産化による環境汚染

14) 農薬による環境汚染

X 短期計画

1. 10年以内に実施されるべき事業を短期計画として取上げ、プロジェクト提案書及びプロジェクト実施計画書を作成し、その他必要となる準備をすすめるべく勧告した。
2. 選定された事業は以下に示すとうり。

1) 多目的プロジェクト

マリグ多目的プロジェクト	:	マリグ No.2 多目的ダム チコ・マリグ灌漑 洪水防御
シフ多目的プロジェクト	:	シフ No.1 多目的ダム 発 電 マガットの補填 洪水防御
マツノ多目的プロジェクト	:	マツノ No.1 多目的ダム マツノ灌漑 発 電 都市用水供給 マガットの補填

2) 洪水防御計画

ツゲガラオの築堤	:	延 長 22.1 km 土工量 $2,340 \times 10^3 \text{ m}^3$
狭窄部の開削 (NLL)	:	改修長 3.8 km 土工量 $5,830 \times 10^3 \text{ m}^3$

河岸侵食防止工 : 75箇所
延長 112.3 km

3) 農業開発計画

ピナカナウン灌漑の改修計画 : 灌漑面積 1,200 ha

ダブブ灌漑計画 : 灌漑面積 1,000 ha

サントール貯水池と丘陵地のモデル開発

カルメンシート溜池と丘陵地のモデル開発

4) 発電計画

多目的プロジェクトに折り込みずみ

3. 短期計画の実施スケジュールを Fig. 12.3 に示す。

目 次

	頁
序 文	
伝 達 状	
要 約	
第 1 章 序 論	1
1.1 典 拠	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査の内容	1
1.4 調査に於ける協力体制	1
1.5 最終報告書	2
1.6 謝 辞	2
第 2 章 流域の概要	3
2.1 対象地域	3
2.2 社会経済概況	3
2.3 地形・地質	5
2.4 気象及び水文	6
2.5 河川と洪水	6
2.6 土地利用	7
2.7 既存利水施設及び水需要	8
第 3 章 水文解析	11

3.1	低水解析	11
3.2	洪水解析	12
3.3	流砂解析	13
第4章	地域経済の成長	15
4.1	マクロ・フレームの予測	15
4.2	地域内人口の予測	16
4.3	地域経済の開発目標	16
第5章	治水計画	19
5.1	河川の現況	19
5.2	治水計画の基本方針	21
5.3	治水基本計画	27
5.4	治水長期計画	31
第6章	農業開発	37
6.1	現況農業土地利用	37
6.2	農業生産現況	37
6.3	可能最大農業開発と開発戦略	44
6.4	灌漑開発計画	47
6.5	灌漑開発計画の実施順位	58
6.6	灌漑用水需要	61
6.7	畑地開発	61
6.8	丘陵地農業開発	62
6.9	漁業及び林業	63

6.10	農業支援組織の改善	64
6.11	農業開発計画	65
第7章	水力発電計画	67
7.1	現状における電力供給	67
7.2	現状における電力消費	68
7.3	包蔵水力	69
7.4	需要予測	70
7.5	水力発電が主目的の計画	70
7.6	水力発電が二次目的の計画	72
第8章	水道の水需要	75
8.1	水道事業の現況	75
8.2	給水原単位	76
8.3	水需要予測	77
第9章	ダム計画	79
9.1	ダム可能地点	79
9.2	多目的ダムの絞り込み	79
9.3	選出されたダム計画地点の状況	80
9.4	小ダム及び溜池の絞り込み	81
9.5	選定されたダムの予備設計	82
第10章	水需給収支解析	87
10.1	解析条件	87
10.2	水不足量の推定	88

10.3	支川に於ける水不足に対する供給	89
10.4	本流に於ける水不足に対する供給	90
第 11 章	マスタープラン	91
11.1	ダムの最適規模	91
11.2	多目的ダムの費用配分	93
11.3	費用配分による優先順位の調整	93
11.4	マスタープランに選定されるべき事業	95
11.5	水資源開発マスタープランの評価	101
第 12 章	短期計画	107
12.1	短期計画	107
12.2	選定されたプロジェクト及び事業	107
12.3	行動計画及び実施スケジュール	107

付 表 目 次

	頁
1.1	List of Members of the Steering Committee T-1
1.2	List of Members of Advisory Committee and Technical Working Group T-2
1.3	List of Counterpart Officer T-4
1.4	List of Advisory Committee Members (including JICA coordinator) T-5
1.5	Officials of Japanese Embassy and JICA Philippines T-5
2.1	Socio-Economic Profile of the Cagayan River Basin T-6
3.1	Runoff Estimation T-7
3.2	Comparison of Calculated Monthly Runoff with Observed or Studied One T-8
3.3	Probable Basin Mean Rainfall in the Base Points T-9
3.4	Water Quality in Cagayan River T-10
4.1	Medium Term Philippines Development Plan T-11
4.2	Long-Term GDP Projection T-11
4.3	Population Projection by Province in the Basin T-12
4.4	Population Projection by Urban/Rural and by Province in the Basin T-13
4.5	Long-Term Projection of GRDP in Region II T-14
4.6	Long-Term Projection of GRDP in the Basin T-14
5.1	Carrying Capacity of Existing Channels T-15
5.2	Flood Mitigation Measures T-16
5.3	Standard Unit Construction Costs for Flood Control Facilities (Financial) T-17
5.4	Standard Unit Construction Costs for Flood Control Facilities (Economic) T-18
5.5	Damage Ratios T-19
5.6	Flood Control Dams T-20

5.7	Design Discharge Distributions for Alternative Framework Plans	T-21
5.8	Economic Project Cost for Framework Plan	T-22
5.9	Principal Features of Framework Plan	T-23
5.10	Economic Project Cost for Long-Term Plan	T-24
5.11	Probable Flood Discharges (Long-Term Plan)	T-25
5.12	Probable Flood Damage (Long-Term Plan)	T-26
5.13	Principal Features of Long-Term Plan	T-27
5.14	Economic Viability of Candidate Schemes for Master Plan	T-28
6.1	Present Agricultural Situation of the Basin	T-29
6.2	Present Agricultural Production in the Basin (1985)	T-30
6.3	Number of Livestock and Poultry in the Basin (1985)	T-31
6.4	National Irrigation System/Project	T-32
6.5	Irrigated Area of Existing NIS	T-33
6.6	Average Irrigated Area of Existing NIS	T-33
6.7	Communal Irrigation Systems	T-34
6.8	Pump Irrigation Systems	T-34
6.9	Private Pump Irrigation Systems	T-34
6.10	Soil and Land Classification	T-35
6.11	Estimate of Potential Maximum Agricultural Production (GVA)	T-36
6.12	Candidate Schemes for Irrigation Development	T-37
6.13	Soil Classification and Present Land Use in New Irrigation Schemes	T-38
6.14	Present Population and Household in New Irrigation Schemes	T-39
6.15	Present Crop Production in New Irrigation Schemes	T-39
6.16	Present Crop Production in Rehabilitation/Improvement Schemes	T-40
6.17	Present Population and Household in Rehabilitation/ Improvement Schemes	T-40
6.18	Future Land Use and Harvested Area in Irrigation Development Schemes	T-41

	頁
6.19	Production Cost per Hectare T-43
6.20	Crop Production under without and with Project Conditions in Irrigation Development Schemes T-45
6.21	Unit Design Discharge T-48
6.22	Salient Features of New Irrigation Schemes T-49
6.23	Salient Features of Rehabilitation/Improvement Schemes .. T-51
6.24	Possibly Maximum Irrigation Area T-53
6.25	Unit Cost for Irrigation System T-54
6.26	Project Cost for Each Candidate Scheme T-55
6.27	Economic Cost for Each Candidate Scheme T-56
6.28	Summary of Financial and Economic Prices for Agricultural Outputs and Inputs T-57
6.29	Annual Incremental Benefits in Irrigation Development Schemes T-58
6.30	Summary of Annual Equivalent Flood Damages in Irrigation Development Schemes T-59
6.31	Annual Production Foregone in Irrigation Development Schemes T-59
6.32	Economic Internal Rate of Returns for Irrigation Development Schemes T-60
6.33	Net Farm Income per ha of Irrigation Development Schemes (Financial Price) T-61
6.34	Number of Beneficiaries per ha of Irrigation Service Area T-62
6.35	Priority Ranking of Irrigation Development Schemes T-63
6.36	Conditions for Irrigation Water Demand Calculation T-64
6.37	Present Irrigation Water Demand (1985) T-67
6.38	Future Irrigation Water Demand (2005) T-68
6.39	Grass Yield and Total Digestible Nutrients T-69
6.40	Cattle Herd Composition in the Average Cattle Farm of 280 ha T-69
6.41	Outlines of Pasture Management and Calf Production T-70
6.42	Outlines of Feedlot Management T-70

7.1	Generation Except NAPOCOR (1984)	T-71
7.2	Power Development Record in Luzon by Plant Type	T-72
7.3	Demand and Supply in Luzon (1984)	T-73
7.4	Status of Energization in Luzon (1984)	T-73
7.5	Energy Sales by Customer Type (MERALCO in 1985)	T-74
7.6	Status of Energization in the Basin (1984)	T-74
7.7	Hydropower Potential of Selected Dams	T-75
7.8	Construction Cost of Hydropower Component	T-76
8.1	Number of Existing Waterworks and Households Served in the Region II (Including MT. Province) in 1985	T-77
8.2	Number of Connections and Water Consumption Served by Tuguegarao Water District in 1985	T-78
8.3	Criteria for Water Demand Projection	T-79
8.4	Projected Water Demand by Municipality	T-80
8.5	Projected Water Demand by Sector	T-80
8.6	Projected Source Water Requirement by Supply Block	T-81
8.7	Projected Source Water Requirement by Sector	T-81
9.1	Results of First Screening	T-82
9.2	Results of Second Screening	T-83
9.3	Result of Geological Survey	T-84
9.4	Proposed Construction Material	T-85
9.5	Land Use and Number of Buildings in Reservoir Area	T-86
9.6	Results of Screening for Small Dam Project	T-88
9.7	Results of Screening for Pond Scheme	T-89
9.8	Priority Ranking for Proposed Small Dam	T-90
9.9	Unit Price for Dam Construction	T-91
10.1	1/5 Probable Annual Water Deficit at Balance Point	T-92
11.1	Allocated Dam Cost and Total Cost	T-93
11.2	Assumed Cost Disbursement	T-94

付 図 目 次

	頁
2.1	BOUNDARY MAP F-1
2.2	GENERAL SLOPE MAP F-2
2.3	GEOLOGICAL MAP OF CAGAYAN RIVER BASIN F-3
2.4	RIVER COURSE SHIFTING F-4
2.5	SURVEY RESULT OF FLOODED AREAS F-5
3.1	LOCATION OF HYDROLOGICAL STATIONS F-6
3.2	LOCATION OF METEOROLOGICAL STATIONS F-7
3.3	TANK MODEL AND CALIBRATED COEFFICIENT F-8
3.4	OBSERVED AND CALCULATED RUNOFF HYDROGRAPH F-9
3.5	FLOW DURATION CURVE AT NASSIPING F-10
3.6	DURATION CURVE OF ESTIMATED 10-DAY RUNOFF (1963-1984) F-11
3.7	BASIN DIVISION IN THE CAGAYAN RIVER SYSTEM F-12
3.8	HOURLY RAINFALL DISTRIBUTION F-13
3.9	COMPARISON OF OBSERVED AND CALCULATED FLOOD HYDROGRAPH AT MAGAT DAMSITE F-14
3.10	PROBABLE FLOOD PEAK RUNOFF DISTRIBUTION UNDER THE PRESENT RIVER CONDITION F-15
3.11	SPECIFIC FLOOD PEAK RUNOFF (100-YR) F-16
3.12	SEDIMENT RATING CURVE IN THE CAGAYAN RIVER F-17
3.13	SEDIMENT TRANSPORT CAPACITY F-18
5.1	CHARACTERISTICS OF EXISTING RIVER CHANNELS F-19
5.2	FLOOD MARKS ALONG CAGAYAN RIVER F-20
5.3	CONDITION OF MAGAPIT NARROWS F-21
5.4	SURVEY RESULT OF FLOODED AREAS F-22
5.5	RIVER COURSE SHIFTING F-23
5.6	LOCATION OF FLOOD CONTROL FACILITIES F-24
5.7	RELATIONSHIP BETWEEN DESIGN RIVER WIDTH ¹ AND DRAINAGE AREA F-25
5.8	STANDARD DIKE SECTION F-25
5.9	LONGITUDINAL PROFILE FOR MAGAPIT NARROW IMPROVEMENT F-26
5.10	ALTERNATIVE FLOOD CONTROL FRAMEWORK PLANS F-27

	<u>頁</u>
5.11	GENERAL LOCATION MAP FOR FLOOD CONTROL FRAMEWORK PLAN F-28
5.12	LONGITUDINAL PROFILE FOR FRAMEWORK PLAN F-29
5.13	DESIGN DISCHARGE FOR LONG-TERM PLAN F-31
5.14	LONGITUDINAL PROFILE FOR LONG-TERM PLAN F-32
6.1	PRESENT AGRICULTURAL LAND USE MAP F-34
6.2	PRESENT CROP PRODUCTIONS OF REGION II (1982-1984 AVERAGE) . F-35
6.3	AVERAGE CROP YIELD PER HA (1974-1984) F-36
6.4	PRESENT CROPPING PATTERN IN CAGAYAN RIVER BASIN F-37
6.5	HARVESTED AREA OF PALAY F-38
6.6	PRODUCTION OF PALAY F-38
6.7	HARVESTED AREA OF CORN F-38
6.8	PRODUCTION OF CORN F-38
6.9	SCHEMATIC DIAGRAM OF IRRIGATION SYSTEM IN THE CAGAYAN RIVER BASIN F-39
6.10	LOCATION MAP OF EXISTING NATIONAL IRRIGATION SYSTEMS AND ON-GOING IRRIGATION PROJECTS F-40
6.11	PHYSIOGRAPHIC LAND-FORM MAP F-41
6.12	LAND CLASSIFICATION FOR PADDY PRODUCTION F-42
6.13	LAND CLASSIFICATION FOR DIVERSIFIED CROPS PRODUCTION F-43
6.14	DEMAND AND SUPPLY PROJECTIONS FOR MAJOR AGRICULTURAL COMMODITIES IN THE PHILIPPINES F-44
6.15	CLASSIFICATION OF IRRIGABLE AREA F-46
6.16	LOCATION MAP OF CANDIDATE SCHEMES F-47
6.17	PRESENT CROPPING PATTERN IN NEW IRRIGATION SCHEMES F-48
6.18	PRESENT CROPPING PATTERN IN REHABILITATION/ IMPROVEMENT SCHEMES F-49
6.19	PROPOSED CROPPING PATTERN (A) IN THE PADDY FIELD AREA F-50
6.20	PROPOSED CROPPING PATTERN (B) IN THE PADDY FIELD AREA F-50
6.21	PROPOSED CROPPING PATTERN (C) IN THE DIVERSIFIED CROP AREA F-50
6.22	GENERAL MAP OF CHICO MALLIG IRRIGATION PROJECT F-51
6.23	GENERAL MAP OF MATUNO RIVER IRRIGATION PROJECT F-56
6.24	GENERAL MAP OF DABUBU RIVER IRRIGATION PROJECT F-57

	頁
6.25	GENERAL MAP OF ZINUNDUNGAN IRRIGATION EXTENSION PROJECT .. F-58
6.26	GENERAL MAP OF ALCALA AMULUNG WEST IRRIGATION PROJECT F-59
6.27	GENERAL MAP OF TUGUEGARAO IRRIGATION PROJECT F-60
6.28	GENERAL MAP OF LULUTAN IRRIGATION PROJECT F-61
6.29	GENERAL MAP OF ILAGAN IRRIGATION PROJECT F-62
6.30	GENERAL MAP OF GAPPAL IRRIGATION PROJECT (CASE 1) F-63
6.31	GENERAL MAP OF GAPPAL IRRIGATION PROJECT (CASE 2) F-64
6.32	SCHEMATIC LAYOUT OF CHICO MALLIG IRRIGATION PROJECT F-65
6.33	GENERAL MAP OF DUMMUN RIVER IRRIGATION SYSTEM F-66
6.34	GENERAL MAP OF BAGGAO IRRIGATION SYSTEM F-67
6.35	GENERAL MAP OF PINACANAUAN IRRIGATION SYSTEM F-68
6.36	GENERAL MAP OF SOLANA-TUGUEGARAO IRRIGATION SYSTEM F-69
6.37	GENERAL MAP OF TUMAUINI IRRIGATION SYSTEM F-70
6.38	DIVIDED SUBBASIN FOR IRRIGATION WATER DEMAND CALCULATION F-71
7.1	TRANSMISSION LINE SYSTEM IN LUZON GRID F-72
7.2	TYPICAL WEEKDAY LOAD CURVE (DRY SEASON 1986) F-73
7.3	LOAD DURATION CURVE IN LUZON GRID F-74
7.4	DEMAND FORECAST (NAPOCOR SALES LEVEL) F-75
9.1	LOCATION MAP OF DAMSITES IN THE CAGAYAN RIVER BASIN F-76
9.2	LOCATION MAP OF SMALL DAM AND POND F-77
9.3	TOTAL CONSTRUCTION COST OF CIVIL WORKS FOR DIVERSION, DAM AND SPILLWAY F-78
9.4	COMPENSATION COST FOR DAM DEVELOPMENT F-79
10.1	BASIN MODEL FOR WATER BALANCE STUDY F-80
10.2	LOCATION MAP OF DAMSITES FOR WATER SUPPLY F-81
11.1	COST ESTIMATE FOR SAVING STORAGE OF MAGAT RESERVOIR F-82
11.2	LEAST COSTLY ALTERNATIVES F-83
11.3	BENEFITS AND COSTS FOR ALTERNATIVE SPACES OF MAGAT RESERVOIR F-84
11.4	BENEFITS AND COSTS FOR ALTERNATIVE SCALES OF DAM F-85

	<u>頁</u>
11.5 LAYOUT PLAN OF SIFFU NO. 1 DAM	F-86
11.6 LAYOUT PLAN OF MALLIG NO. 2 DAM	F-87
11.7 LAYOUT PLAN OF ALIMIT NO. 1 DAM	F-88
11.8 LAYOUT PLAN OF STO. NIÑO DAM	F-89
11.9 LAYOUT PLAN OF STA. MARIA DAM	F-90
11.10 LAYOUT PLAN OF COLORADO DAM	F-91
11.11 LAYOUT PLAN OF CALAOCAN DAM	F-92
11.12 LAYOUT PLAN OF PARANAN DAM	F-93
11.13 LAYOUT PLAN OF DUMMON DAM	F-94
11.14 LAYOUT PLAN OF ZINUNDUNGAN DAM	F-95
11.15 LAYOUT PLAN OF SAN VICENTE DAM	F-96
11.16 LOCATION OF PROPOSED SCHEME IN THE MASTER PLAN	F-97
11.17 IMPLEMENTATION SCHEDULE FOR MASTER PLAN	F-98
11.18 LOCATION MAP OF THE FOREST RESERVES AND WATERSHED FOREST RESERVES	F-99
11.19 LOCATION MAP OF NATIONAL PARKS, GAME REFUGE AND BIRD SANCTUARY, HABITAT OF ENDANGERED SPECIES AND LUDONG	F-100
12.1 LAYOUT PLAN OF SANTOR DAM	F-101
12.2 LAYOUT PLAN OF CARMENCITA POND	F-102
12.3 IMPLEMENTATION SCHEDULE FOR SHORT TERM PLAN	F-103

略 語

(1) フィリピン国内組織

BAI	:	Bureau of Animal Industry
BAECON	:	Bureau of Agricultural Economics
BFAR	:	Bureau of Fisheries and Aquatic Resources
BFD	:	Bureau of Forest Development
BL	:	Bureau of Lands
BPI	:	Bureau of Plant Industry
BS	:	Bureau of Soils
CASUCO	:	Cagayan Sugar Corporation
CAVADECO	:	Cagayan Valley Development Corporation
CSU	:	Cagayan State University
DAF (MAF)	:	Department of Agriculture and Food
DAR (MAR)	:	Department of Agrarian Reform
DOH (MOH)	:	Department of Health
DPWH(MPWH)	:	Department of Public Works and Highways
FSDC	:	Farm System Development Corporation
ISELCO	:	Isabela Electric Company
ISU	:	Isabela State University
LWUA	:	Local Water Utilities Administration
MERALCO	:	Manila Electric Company
MHS	:	Ministry of Human Settlement
NAPOCOR	:	National Power Corporation
NCSO	:	National Census and Statistics Office
NEDA	:	National Economic and Development Authority
NFA	:	National Food Authority
NFAC	:	National Food and Agriculture Council
NIA	:	National Irrigation Administration
NPGC	:	National Pollution Control Commission
PAGASA	:	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services administration
SN	:	Samahang Nayon

(2) 国際組織

ADB	:	Asian Development Bank
FAO	:	Food and Agriculture Organization
IBRD(WB)	:	International Bank for Reconstruction and Development
IRRI	:	International Rice Research Institute
JICA	:	Japan International Cooperation Agency
WHO	:	World Health Organization

(3) その他

AFT	:	Agricultural Food Technician
BWP	:	Barangai Water Program
CIADP	:	Cagayan Integrated Agricultural Development Project
CIP	:	Communal Irrigation Project
CIS	:	Communal Irrigation System
EIA	:	Environmental Impact Assessment
EIRR	:	Economic Internal Rate of Return
GDP	:	Gross Domestic Product
GRDP	:	Gross Regional Domestic Product
GVA	:	Gross Value Added
IAD	:	Integrated Area Development
IRPP	:	Intensified Rice Production Program
MAO	:	Municipal Agricultural Officer
NCR	:	National Capital Region
NIP	:	National Irrigation Project
NIS	:	National Irrigation System
PAO	:	Provincial Agricultural Officer
PIS	:	Pump Irrigation system
RD	:	Regional Director
SWIM	:	Small Water Impounding Management

単位

長さ

mm = millimeter
 cm = centimeter
 m = meter
 km = kilometer

面積

cm² = square centimeter
 m² = square meter
 ha = hectare
 km² = square kilometer

体積

cm³ = cubic centimeter
 l = liter
 kl = kiloliter
 m³ = cubic meter
 MCM = million cubic meter

重量

mg = milligram
 g = gram
 kg = kilogram
 ton = metric ton
 lb = pound

電力

V = Volt
 A = Ampere
 Hz = Hertz (cycle)
 W = Watt
 kW = Kilowatt
 MW = Megawatt
 GW = Gigawatt

その他

% = percent
 PS = horsepower
 ° = degree
 ' = minute
 " = second
 °C = degrees centigrade
 10³ = thousand
 10⁶ = million
 10⁹ = billion (milliard)

複合単位

m³/s = cubic meter per second
 kWh = Kilowatt hour
 MWh = Megawatt hour
 GWh = Gigawatt hour
 kWh/y = kilowatt hour per year
 kVA = kilovolt ampere
 BTU = British thermal unit

時間

s = second
min = minute
h = hour
d = day
y = year

通貨

₱ = Philippine Peso
US\$ = US Dollar
¥ = Japanese Yen

交換率

	From Metric system	To Metric system
長さ	1 cm = 0.394 inch 1 m = 3.28 ft = 1.094 yd 1 km = 0.621 mile	1 inch = 2.54 cm 1 ft = 30.48 cm 1 yd = 91.44 cm 1 mile = 1.609 km
面積	1 cm ² = 0.155 sq. in 1 m ² = 10.76 sq. ft 1 ha = 2.471 acres 1 km ² = 0.386 sq. mile	1 sq. ft = 0.0929 m ² 1 sq. yd = 0.835 m ² 1 acre = 0.4047 ha 1 sq. mile = 2.59 km ²
体積	1 cm ³ = 0.0610 cu. in 1 lit = 0.220 gal. (imp.) 1 kl = 6.29 barrels 1 m ³ = 35.3 cu. ft 10 ⁶ m ³ = 811 acre.ft	1 cu. ft = 28.32 lit 1 cu. yd = 0.765 m ³ 1 gal.(imp.) = 4.55 lit 1 gal.(US) = 3.79 lit 1 acre.ft = 1233.5 m ²
重量	1 g = 0.353 ounce 1 kg = 2.20 lb 1 ton = 0.984 long ton = 1.102 short ton	1 ounce = 28.35 g 1 lb = 0.4536 kg 1 long ton = 1.016 ton 1 short ton = 0.907 ton
エネルギー	1 kWh = 3,413 BTU	1 BTU = 0.293 Wh
温度	°C = (°F-32) 5/9	°F = 1.8°C + 32
複合単位	1 m ³ /s = 35.3 cuses 1 kg/cm ² = 142 psi 1 ton/ha = 891 lb/acre 10 ⁶ m ³ = 810.7 acre.ft 1 m ³ /s = 19.0 mgd	1 cuses = 0.0283 m ³ /s 1 psi = 0.703 kg/cm ² 1 lb/acre = 1.12 kg/ha 1 acre.ft = 1,233.5 m ³ 1 mgd = 0.0526 m ³ /s
特殊単位	1 kg = 0.02 cavan	1 cavan = 50 kg

第1章 序 論

1.1 典 拠

かねて、国際協力事業団はフィリピン共和国との間で、カガヤン河流域水資源開発基本計画策定のための技術協力を行う協定を締結し、同事業団と公共事業道路省との間で計画調査の実施方針に就いて協議を行ってきたが、昭和60年8月1日、実施協定書 (IMPLEMENTING ARRANGEMENT) を両者合意のもとに作成した。本調査は同協定書に基づき実施したものである。

1.2 調査の目的

調査の目的は、カガヤン河流域 27,300 方キロの水資源開発基本計画を策定することにある。基本計画は今後約 20年間すなわち西暦 2005年頃までに実施される水資源関連の開発事業を含む総合的な水資源開発計画である。

1.3 調査の内容

調査は、昭和60年10月に開始され62年7月に終了した。調査の初期段階に於いて、国家経済を参照に、地域の経済開発目標を設定した。次にこの目標を達成する為の洪水防御、農業開発、水力開発の現状と問題点について検討を加え開発計画を立案した。そしてこれらの開発計画が実現した場合の水需要の予測を行った。次いで、増大する水需要に対処するため、いくつかのダム・溜池を開発するよう提言している。

本調査は水資源開発ということから、洪水防御、灌漑開発及び水力開発等の計画に調査の重点をおいている。然しながら、将来の経済開発上重要な役割を担うと思われる畜産、永年作物その他の農業開発についても検討を行った。環境影響調査としては主として生態系への影響評価を行った。

1.4 調査に於ける協力体制

フィリピン政府は、調査の運営委員会、諮問委員会、技術検討グループ及びカウンターパート・チームを組織し、関係各省から人選してこれに任命した。一方事業団は、建設省農林水産省職員からなる作業監理委員会を組織し、調査団への技術的勧告を行った。

1.5 最終報告書

本最終報告書は、昭和60年10月から62年7月にわたって実施された調査の一分始終を記述するものである。すなわち、両国政府は62年3月、調査団が作成したドラフト報告書の内容につき、十分な考察を加えた。その結果生じたドラフト報告書に対するコメントについて、両国政府及び調査団は62年6月協議を行った。上記ドラフト報告書をもとに、協議の結論を取り込んで本最終報告書を作成した。

最終報告書は、要約・主報告書及び附属書の三分冊よりなる。附属書には主要な情報・資料のほか、解析や推定に用いた方法論の詳細を納めた。更に、別途作成した資料集には調査団が収集した原資料がまとめてあり、今後フィージビリティ調査等の計画策定時に有効に利用されよう。

1.6 謝辞

調査団に対し、資料・情報の提供、会議への参加と助言その他便宜供与を通じて調査に多大の貢献をいただいた全てのフィリピン共和国政府職員各位に対し、深甚なる感謝の意を表すものである。特に、公共事業道路省のロドリゲス次官とそれを引き継いだヘネル次官を議長とする運営委員会とその諮問委員会、同省ガンソン氏を議長とする技術管理委員会及び同氏をリーダーとするカウンターパートグループの本調査に対する寄与は絶大であった。また本調査の実施に際して我国政府、特に外務省、建設省、農林水産省、在フィリピン日本大使館からいただいた有益な助言及び支援に対し厚く御礼申し上げる次第である。

第2章 流域の概要

2.1 対象地域

調査の対象地域は、フィリピン最大の流域面積をもち、ルソン島の北部を流れるカガヤン河の流域で面積は27,300 km²に達する。当流域は、北緯15度52分と18度25分の間、東経120度51分と122度18分の間位置する。集水域はその東西を夫々シエラマドレ山脈、セントラルコルディレラ山脈で仕切られており、南の分水界はカラバロ・マパラン山塊にある。そして流域の下流端は、バブヤン水道に面している。

流域を行政的にみると地区(Region) I, II, IVに属している。面積的には25,120 km²が地区-IIに属し、これは地区IIの総面積の92.1%にあたる。地区I, IVに属している面積は夫々1,844 km²及び320 km²で、6.7%及び1.2%にあたる。この対象地域に含まれる州はカガヤン・イフガオ・イサベラ・カリంగాアバヤオ・ヌエバビスカヤ・キリノ・マウンテンプロビンスの大部分とオーロラ州の山岳地帯である。Fig. 2.1にこれら行政区分を示した。上記の州は全体で127の郡(Municipality)よりなり、そのうち107郡が対象地域に含まれる。すなわち、カガヤン州は29郡のうち19郡が、イフガオ州は10郡中7郡が、イサベラ州は37郡全部、カリంగాアバヤオ州は15郡中11郡、ヌエバビスカヤ州は15郡全部、キリノ州も6郡全部、マウンテンプロビンス州は10郡中8郡がまたオーロラ州は8郡中4郡が対象地域である流域に属している。

2.2 社会経済概況

カガヤン河流域の人口は、1980年の国勢調査によれば約188.5万人であった。1970年代の10年間の人口成長は平均年率で2.80%であり、これは国全体の2.79%にはほぼ等しい。また、この間の流域への転入人口は33,259人であったが、転出人口は36,041人であり、差引2,782人の減少となった。従って流域人口の自然増は国の自然増よりも大きかったと言えよう。

1980年時点における流域の人口密度は69人/km²であり、これは国全体の密度161.1人/km²よりかなり小さく、国のなかでも過疎地域となっている。この地域の中で最も人口稠密な市はツゲガラオで、509人/km²を記録している。人口密度の高い都市は、概ねカガヤン河及びその支流であるマガット川の川沿い並びにバブヤン海峡沿いに集中している。そしてこれらの地域は農業用地として開発が進んでおり、同時に洪水の被害も受け易い。

NCSO(国家統計局)によれば、流域内の都市人口は1980年で316,067人で、流域人口の16.8%に当たっている。この都市人口比率は国の37.3%よりかなり小さく、都市化が遅れている地域と言えよう。人口面から最も都市化の進んでいる地区は、ツゲガラオで都市人口

比率は41.0%である。流域の1世帯当たりの平均人口は5.5人で、これは国の平均5.6人よりやや小さい。

バタネス郡を除く地区IIの労働力人口(15~64才)は100万人で全人口の53.2%に当たり、これは国全体の比率54.6%より小さい。従って、この地域の経済活動人口割合は、国全体に比べて相対的に低いと言える。

当地域の農業部門は、1970年には有給労働者の77%、42万人を、また1980年には73%、47万人の労働力を吸収していた。また国全体の農業従事者に対する当地域の農業従事者の比率は、1970年の7.3%から1980年の6.4%と減少している。これは地域の産業構造が多少変わったことに起因するが、地域の主導産業が農業であることに変わりはない。

工業部門は、1970年には有給労働者の7.2%、4万人を、また1980年には6.5%、4.1万人の労働力を吸収していた。これは国全体の労働者の各々2.1%(1970年)、1.9%(1980年)に当たる。

商業・サービス部門は、1970年には15.0%、8万人を、1980年には19%、12万人の労働力を吸収していた。これは国全体の各々2.6%(1970年)、2.7%(1980年)に当たる。

地区IIの地域内総生産(GRDP)は、1984年で145億ペソ(現行価格)であり、前年より34.4%増加した。これは国全体の国民総生産(GDP)5480億ペソの2.65%に相当する。1人当たりGRDPは5,898ペソで、国の1人当たりGDPより4,382ペソも少なく、国の値の57.4%にしか当たらない。そのうえ近年は、その差がますます拡大する傾向にある。

GRDPと1人当たりGRDPの実質成長率は、各々-8.7%、-11.0%とマイナス成長を記録している。一方、国全体では、各々-4.7%、-6.9%となっている。従って、当地域の経済は、国全体の平均より一層悪化していることがわかる。そのうえ、ここ3年間における国の1人当たりGDPの減少率が8%であるのに対し、当地域では20%を越すほど著しく低下してしまった。

GRDPを構成する最大のセクターは農業部門で、1984年での粗付加価値(GVA)は72億ペソ(現行価格)で、全体の50%に当たる。農業部門のうち最大の生産物は米で、27.5億ペソを記録した。林業は当地域のGVAでは第二位となっているが、国全体の林業部門の総生産の中では27%を占め、当地域は国最大の林産地となっている。しかし、その生産の伸びはむしろマイナス成長となっている。トウモロコシは、8億ペソで、国の9%に当たる。畜産部門は国全体の中では平均的な生産を行っているが、他の農産品が国の生産に占める比率は比較的低い。

工業部門のGVAは、1984年には21.4億ペソで、GRDPの15%に当たる。国全体の工業部門の構成比が34%であるのに比べると、かなり小さい。工業部門のうち、建設部門が最大の生産をあげており、1980年から1982年の間GRDPの21%を占めていた。しかし、1983年以降激減しており、1983年には-24.1%、1984年には-59.1%を記録し、結果的には1982年の3分の1以下にまで低下した。これは、1982年10月にマガット川多目的ダム(MRMP)が完成し、またそれに伴う灌漑プロジェクトが景気後退に伴って工事が遅れたためと考えられる。当地域における鉱業生産は国全体のそれに比して、それほど大きな役割を担っていない。他の工業生産はほぼ中庸といったところである。

商業・サービス部門のGVAは、1984年には51.6億ペソで、GRDPの35%に当たり、国全体の構成比40%よりやや小さい。この部門の成長経過は国とほぼ相似している。ただし、ここ10年の国の年平均成長率が1.9%であったのに対し、地域のそれはやや小さく1.6%であった。これらの諸数値は、Table 2.1に詳しい。

2.3 地形・地質

カガヤン河は、カラバロ・マパラン山塊にその源を発しカガヤン溪谷を北に流れる。カガヤン溪谷はシエラマドレ山脈の西斜面と、セントラルコルディレラ山脈の東斜面で作られておりそれらに挟まれた堆積平野は幅がせまい。河口は流域の北端、アパリでバブヤン水道に流出している。

流域はその大部分が丘陵地・山地となっている。勾配が8%以下の土地はわずかに6,800 km²をかぞえるにすぎずそれらの土地は既に農用地として開発されている。勾配が8%以上18%以下の丘陵地は、9,000 km²あり、その多くは草地のまゝになっている。残る11,500 km²は山地に属し主として森林に覆われている。流域の地形勾配をFig 2.2に示した。

支流は溪谷の斜面の水を集め、堆積平野を流れる本流と合体する。本流の河川の幅と比較し、平野の幅はせまい。幅は河口より30kmのマガピットで極端に狭くなる。この地点では丘陵が兩岸にせり出して来て一種の峡谷を形成している。マガピットから上流40kmにわたって続く、狭い河道部分をマガピット狭窄部と称している。

コルディレラセントラル山脈の地質は中性～塩基性の深成岩体よりなり、周辺部は層厚の厚い成層火山岩や玄武岩やグレイワッケを母岩とする変堆積岩で構成されている。又、石英質岩の貫入や噴出も当地域内では認められる。コルディレラセントラル山脈での地質的な主要線構造は山脈のならばと基本的に並行な方向性を有している。中新世の炭酸塩類岩や碎屑岩類が構造的にもめて岩塊ブロックになりすべり落ちたものが各所で認められる。

シエラマドレ山脈とカラパロ山脈の地質は中性(安山岩質)の火成岩よりなる。周辺部は第三紀前期の成層した変成火山岩や変堆積岩よりなる。粗粒な結晶質閃緑岩の貫入は各所で認められる。

カガヤン河の沖積平野は地溝堆積盆の上に位置している。その堆積岩は古第三紀～現世にかけてのもので、層厚は7,000 m以上に及ぶ。平野における卓越した分布をもつ岩石は堆積性の碎屑岩類で石灰岩層を狭存する。次に卓越する岩石は火山岩又は碎屑火山岩類である。堆積盆の基盤岩は白亜紀～古第三紀の火山岩と堆積岩からなる。堆積盆中の岩石には、主に閃緑岩や花崗閃緑岩よりなる貫入岩が含まれるが、その母岩は一般に山脈の核をつくる岩体中に存在しているものである。地質概略図をFig. 2.3に示した。

2.4 気象及び水文

カガヤン河流域は熱帯季節風帯に属し、南西風及び北東風の影響を強くうけている。フィリピン気象庁の定義によって分類するとカガヤン河流域は12月から4月が比較的乾燥し、5月から11月にかけて降雨が多いⅢ型の気候帯に属する。

平均年雨量は2,000ミリ以下の北部の平地部から、南東部の山岳地帯のように4,000ミリを超える降雨に見舞われている地域まで中広く分布している。平均降水量は2,600ミリである。

カガヤン河流域はしばしば台風に見舞われる。台風の来襲は7月から12月にかけての6ヶ月に集中している。台風の被害を避けて乾期に農業生産を行うためにも水資源を開発する必要がある。

ツゲガラオに於ける月平均気温は1月の23.1°Cから5月の29.9°Cまで分布している。流域内の平均相対湿度は高く70%から90%まで分布する。ツゲガラオの月平均相対湿度は4月が最小で68% 12月が最大で83%である。蒸発はA-Panを用いて数ヶ所で観測されている。データによると日平均蒸発量はポントクは3.5 mmであるのに対し、アリマナオとツゲガラオは5.9 mm、その他はこの間に分布している。平均風速はアパリで10 km/時、ツゲガラオで5 km/時で、年間を通じて大きな変動はない。ツゲガラオでの日照時間は、12月が一番短く2.7時間、4月は最も長く8時間である。

2.5 河川と洪水

カガヤン河本流は比較的シエラマドレ山脈に寄って流れている。従って右岸側の支川は勾配が急で、流路も短くなっている。反対に左支川には流路が長く、流域面積の大きいものがある。たとえばチコ川の4,600 km²、シフ-マリグ川の2,000 km²及びマガット川の5,100 km²はいずれも左支川である。イラガン川は集水面積3,100 km²で右支川としてはずばぬけ

で大きい。これらの4支川を合わせると14,800 km²となり、全流域面積27,300 km²の54%を占める。堆積平野の大部分が本川の左岸、マガビット狭窄部の上流でマガットと本川との合流点までの中流部に分布している。これらの平地は前述のように米や畑作に利用されている。

河川の状況として注目に値するのは河口から30 km地点に位置するマガビット狭窄部である。この部分では両岸に迫る丘陵に挟まれて一種の峡谷をなしている。河道幅は350 mとせまく、それが約20 km以上、続いている。この狭窄部こそが、上流域での氾濫・蛇行、河岸浸食の原因と考えられている。河道が堆積平野の中で激しく流路を変えている様子をFig. 2.4に示した。この図は、1954年の地図を1979年の地図に投影して作られたものである。蛇行部での河岸浸食は活発で、きわめて深刻である。

河床勾配は河口からツゲガラオまでの130 km区間で1:8,700と緩い。ツゲガラオの上流では若干勾配が急になる。ツゲガラオから上流100 km区間の勾配は1:5,600位である。河川はほぼ原始河川のまま残されており、改修区間はきわめて限られている。手を加えているのは公共事業道路省で、護岸・捷水路及び導流工の建設がその主なものである。

カガヤン河流域は台風の通路にあたり、台風が伴う豪雨により生ずる洪水が頻繁である。大洪水は1959年、1964年、1967年、1973年及び1980年に発生している。

洪水の発生は6月から11月までの6ヶ月間に集中している。そのうち10月の洪水発生頻度はきわめて高い。近年の洪水の中で最も大きな被害を与えたのは1973年台風オープンによるもので11月23日より26日にわたり全域に被害をもたらした。1980年、台風アリンによる洪水も大洪水で11月1日から7日まで流域内のあちこちで浸水を生じた。1973年の洪水は1906年以来、また1980年洪水は1973年以来最悪の洪水であったといわれている。被害調査の結果から1973年洪水による冠水面積は1,860 km²、1980年洪水によるものは1,740 km²であった。冠水したのは本川と主要支川沿いの平地部である。Fig 2.5にこれらの洪水の氾濫図を示した。

流域内107郡のうち52郡は氾濫常襲地域に位置している。これら氾濫域にある郡の大部分はカガヤン、イサベラ及びヌエバビスカヤ州に属するものである。人口からみると63%以上が氾濫常襲域内の郡に住んでいる。ツゲガラオ、イラガン、サンチャゴ及びカワヤンは主要な郡で人口も60,000人以上抱えているが、いずれも氾濫常襲域内に存在している。

2.6 土地利用

カガヤン流域の42%すなわち11,500 km²は森林に覆われている。この地域の主たる産業が農・水産業であるにもかかわらず、農業・水産用地は全体の20%、すなわち5,300 km²にすぎない。裸地・沼地その他居住地等が5,000 km²を占める。注目すべきは、未利用の草地

として残されている 5,500 km²であろう。これらの草地はほぼ傾斜が 8% から 18% までの丘陵地帯に広がっている。

森林の大部分は自然林で山岳地帯に分布する。木材の生産は地区 II では減少の傾向にあるがそれでも 1984 年の付加価値は、1972 年価格で P 180 × 10⁶、すなわち農業付加価値の 15% を占めた。

1985 年の米作面積は 2,470 km² と推定され農用地のほぼ 46% を占めている。

畑作面積は 1,300 km²、放牧用地は 1,270 km² であった。農業は疎放的で生産性も低い。

永年作物用地、養魚場の占める面積は小さく夫々 270 km²、30 km² にすぎない。

2.7 既存利水施設及び水需要

取水は主として水田用水、都市用水のために行われている。灌漑用水は、取水堰もしくは、ポンプによって川より取水している。また、都市用水はほとんど地下水をその水源としている。

既存灌漑システムは次に示す四つに分類できる。国営灌漑システム (NIS)、共同組合方式灌漑システム (CIS)、ポンプ灌漑システム (PIS)、及び個人によるポンプ灌漑システム。

1986 年には 8 つの NIS が稼働中で総灌漑面積は 131,500 ha である。これらのシステムの中でソラナ-ツゲガラオシステムはポンプ灌漑方式で、本流から取水している。マガットシステムは多目的ダムをもち、97,400 ha を灌漑している。その他の NIS はいずれも頭首工で取水する方式である。NIS によって水供給をうけているのは雨季作が 94,300 ha、乾期作が 85,200 ha である。

流域内には 1,156 の CIS があり総サービス面積は 58,300 ha である。ほぼ全システムがその水源を支流にもとめている。雨季の純灌漑面積比率は 0.73、乾季は 0.63 である。年間の比率は、1.36 と比較的が高い。

PIS は 40 システムあり 2,800 ha を灌漑している。ほぼ 4 分の 3 はカガヤン河に沿っている。維持運転費が高価なこと、水文現象が不安定なため稼働率はあまり高くない。

個人所有のポンプ灌漑システムも 1,800 程あり、全部で 12,000 ha を灌漑している。取水は本流・支川半々である。

更に、2 つの NIS が 1986 年中に完成する予定であった。また CIADP は 1988 年に完成予定である。全計画面積は 19,300 ha である。

1985年の灌漑用水量は $3,100 \times 10^6 \text{ m}^3$ であったものと推定される。このうち $2,000 \times 10^6 \text{ m}^3$ は流域面積 $5,113 \text{ km}^2$ のマガット川に集中している。これは $97,400 \text{ ha}$ を対象とするマガット灌漑システムの取水堰がこの川に造られているからである。マガットシステムに次いで大きいのは $20,100 \text{ ha}$ のチコシステムで相当の取水を行っている。1985年の推定水需要は $235 \times 10^6 \text{ m}^3$ である。流域面積 $4,551 \text{ km}^2$ のチコ川に対する推定総水需要は、1985年に於て $350 \times 10^6 \text{ m}^3$ である。

1985年に於けるカガヤン河本流にかかる灌漑用水需要は $420 \times 10^6 \text{ m}^3$ でこのうち 90% あるいは $370 \times 10^6 \text{ m}^3$ はマガット川との合流点からマガピットまでの 200 km 区間に分布している。CIADP のポンプ場もそのうちひとつである。残りの $50 \times 10^6 \text{ m}^3$ は本流の上流域に分散している。

流域面積 $2,015 \text{ km}^2$ のシフ・マリグ川には $270 \times 10^6 \text{ m}^3$ の需要がかかる。これは主としてシフ灌漑 ($12,000 \text{ ha}$) 及びマリグ灌漑 ($2,400 \text{ ha}$) による。両灌漑システム共取水堰をもっている。

流域面積 $3,132 \text{ km}^2$ のイラガン川による灌漑用水需要量は $8 \times 10^6 \text{ m}^3$ にすぎない。

DPWH は地区 II 内に約 1,700 の都市用水供給施設を建設してきた。更に地方水道開発公団 (RWDC) は配水施設をもたない単純な給水施設を約 1,800ヶ所に建設してきた。この地域で注目に値する給水のための組織は地方水道整備庁 (LWUA) と村落水公団 (BWP) である。LWUA と BWP は夫々 5ヶ所、及び 4ヶ所の給水施設を建設した。これらの施設は配水管及び各家庭までの末端施設までをもっている。1985年にこれらの施設によって給水を受けた家庭は 274×10^3 軒で、給水率は 60% になる。平均日給水量は $52 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$ であった。

一人当たり水消費量は都市部で 100 l 、農村部では 30 l と考えられている。また LWUA の推定によると、1985年現在の工業・サービス業の用水量は夫々 $54,000 \text{ l/GVA (P } 10^6)$ 及び $1,000 \text{ l/day/軒}$ であった。

以上から、1985年に於ける 1985年の都市用水量は $217 \times 10^3 \text{ m}^3$ であったものと考えられる。これは現在公共水道の給水能力の約 3 倍にあたる。能力を越えた分は個人が開発した取水施設によって宥われたものと思われる。

第3章 水文解析

3.1 低水解析

流域内にある76水文観測所の記録を分析した結果、20観測所のデータが信頼おけるものと判定した。然しながら観測期間は短く、大体に於て10年以内である。従って記録のみでは長期にわたる水資源の包蔵力を推定するには不足であった。これらの観測所の配置を Fig. 3.1 に示した。

その代わり、いくつかの雨量観測所での日降雨量は20年以上にわたって利用可能である。こうした事情からシミュレーションモデルを作成し、流出解析を行うことによって長期間の流量を算出することになった。これらの雨量・気象観測所の配置を Fig. 3.2 に示した。

流量の算出は以下の手順によった。

- a) 流域内各地域の特性を代表していると思われる水位観測所の選択
- b) 流出モデルの作成
- c) 流出モデルによる長期流出量の算出
- d) カガヤン河流域の支流域等による分割
- e) 流域面積及び降雨の比率を長期流出量に乗じて各分割流域毎の長期流出量算出
- f) 長期流出量の考察

検討の結果、以下の6観測所がカガヤン河流域内の各地域を代表するものと結論した。

ギナルピン観測所	カガヤン河上流域を代表する
ドゥラオ観測所	マガット川流域を代表する
ミナンガ観測所	イラガン川流域を代表する
ラリオンアルト観測所	カガヤン河下流域を代表する
アムパウイレン観測所	チコ川上流域を代表する
ビヌクブック観測所	チコ川下流域を代表する

計算が簡便であり、降雨・流出の非線型性を良く表現することのできるタンクモデル法を今回の流出モデルに採用した。観測値を用いて試行錯誤を繰り返してモデルの同定を行った。モデルの同定は Fig 3.3 に示す通りである。モデルの尤度は観測水位と算出水位を比較して検討を行った。Fig. 3.4 にその間の状況を示す。1963 年から 1984 年までに観測された 22 年間の降雨データをモデルに投入し、長期間にわたる平均 10 日流量を算出した。

カガヤン河流域を支流等 considering して 53 の分割流域に分割した。各分割流域毎に降雨・流域面積を考慮して上記のように算出した長期流量から 22 年間の平均 10 日流量を算出した。算出した流量を Table 3.1 に要約して示した。このようにして推定した流量を実測値と比較し Table 3.2 に示した。この表からも推定値の尤度が高いことがわかる。

ナシピン観測所に於ける観測データにもとづくもの及び算出流量による流況曲線を作成し Fig 3.5 に示した。二つの流況曲線から算出した流量の尤度が高いことがうかがえる。以上の検討結果から算出した流量を本調査に用いることとした。主要支川の流況曲線を Fig 3.6 に示した。

カガヤン河流域の年間平均流出量は、流域面積 27,300 km² に対して 1,343.2 m³/s である。

3.2 洪水解析

長期にわたる日降水量は 10 観測所で記録されており、流域平均雨量をこれから算出した。それらはアバリ、トゥアオ、ツゲガラオ、ナネン、イラガン、ポントク、ナヨン、エチャゲ、コンスエロ及びダガン観測所である。時間雨量はアバリとツゲガラオで観測されており、日雨量の時間分布はこれから推定することができる。

マガットダム地点に於ては時間洪水水位が記録されており、それは流域の時間雨量との対応がついているので洪水流出モデルを作成するのに都合が良い。年最高水位はカラクタク、ラリオンアルト、バソングラオ、バラタオ、ミナンガ、およびオスカリスで記録されている。但し、観測期間は短く、わずか二・三年のものもある。

このような事情から、洪水流出解析を以下の手順で行うことになった。a) 流出モデルの構築 b) 豪雨解析 c) シミュレーションによる洪水流出解析。

洪水流出は現場の気象はもとより地形・地質・植性等の影響を強く受ける。そこで 27,300 km² の流域をいくつかの小流域に分割した。そして各分割流域内に流出条件を代表する基準点をもうけた。

結局、チコ、シフ、イラガンおよびマガット川等主要支川との合流点を考慮して基準点を Fig. 3.7 に示すごとく9点もうけた。そして各基準点に対してシュミレーションモデルを作成した。

アバリ及びツゲガラオで記録された豪雨はほぼ4日間の継続時間をもつ。一方、最も長い流路での洪水の伝播時間は64時間であった。従ってカガヤン河の降雨継続時間を4日にとって洪水流出解析を行うこととした。また、遅滞時間が1日であることから、ダムサイトでの洪水解析には降雨継続時間を1日とした。

点雨量から面積雨量を推定するためにティーセン法を採用した。ダムサイトの洪水解析には降雨の高度補正を行っている。流域平均雨量の年最大値に対して確率計算を施し確率降雨の推定を行った。確率分布としては、ピアソンⅢ型を仮定した。結果を Table 3.3 に示した。

アバリとツゲガラオで記録された時間雨量から雨量継続時間曲線を作成した。曲線を直線的に外挿し4日間に引き伸ばしを行った。こうして4日雨量継続曲線を作成した。1日雨量は4日雨量のほぼ65%にあたる。計画降雨を作るにあたり中央集中型とした。計画降雨パターンを Fig. 3.8 に示す。

本調査の対象となるカガヤン河は河道貯留を無視できないので洪水の流出・追跡モデルとして貯留函数法を採用した。既存25,000分の1及び50,000分の1の地形図と不等流計算の結果をモデル作成の資料とした。モデルの同定を行うにあたり、各定数は試行錯誤によって求めた。同定の結果は Fig. 3.9 に示してある。

こうして作成したモデルに確率降雨を投入し、様々な確率洪水を算出した。100年確率洪水の尖頭流出量を各地点で求め Fig. 3.10 に流量配分図として示した。また比流量を求め、クリーガーの比流量曲線上にプロットし、推定の妥当性を検定した。結果を Fig. 3.11 に示す。

3.3 流砂解析

浮遊砂の観測は流域内でも数ヶ地点で行われており流砂量曲線が作られている。チコ川のバソングラウ、マガット川のオスカリス、カガヤン本川のディパディウ観測所のものを Fig. 3.12 に示す。上記曲線を用いてアンパウィレン、オスカリス及びギナルピンでの流砂量を推定した。また掃流砂量は浮遊砂量の20%にあると仮定した。

推定した流砂量はアンパウィレン;1,060、オスカリス;1,520及びギナルピン;1,280 $m^3/km^2/年$ であった。この中から最も大きい負荷である1,520 $m^3/km^2/年$ あるいは1.5 mm/年をこの流域の流出土砂量と仮定した。

更にカガヤン河と支流での掃流力を26ヶ地点にわたって検討した。浮遊砂、掃流砂に対する掃流力推定方法としてアインシュタイン-ブラウンの方法を採用した。流砂の物理特性値は水質試験及び河床材試験の結果をもとに仮定した。掃流力推定の結果を Fig. 3.13 に示す。

掃流力は、ほぼ流出土砂量の50%であった。目下極端な河床の上昇がみられないので流出土砂量の半分は本川到達前に堆積しているものと考えられる。

河川水の灌漑、都市用水としての適合性をみるために水質の分析を行った。分析の結果は Table 3.4 にまとめてある。NPCCの基準にてらし、カガヤン河の水は灌漑用水としてもまた都市用水としても合格することがわかった。

第4章 地域経済の成長

4.1 マクロ・フレームの予測

NEDA(国家経済開発庁)は、“フィリピン人口予測：1980-2030”の中で、国全体の人口予測を市レベルまで、細分化して予測している。予測は、年齢や性別等を基礎とした一般的な手法(cohort法)で行われている。

この予測では次の様な仮定条件が採用されている：

- (a) 予測の初期条件としては、1980年の国勢調査の結果を用いる；
- (b) 出生数は、出生率の変化に伴って変わる。出生率は、1980年の水準から徐々に減少し、2010年には純再生率が1となる。；
- (c) 死亡数は、死亡率の変化に伴って変わる。死亡率は現行の保健衛生・医療施設の改善によって低下する。その結果、1980年における平均余命が61.6才であったものが、2030年には73.5才まで延長する。；
- (d) 対外移民は、厳重な法管理のもとにほとんど影響を及ぼさない。国内における人口の移動は、現状の状況がそのまま、続くものと仮定する。

予測された全国的人口およびその間の年平均増加率は以下のとおりである：1990年 - 6,148万人、2.38%；1995年 - 6,842万人、2.16%；2000年 - 7,522万人、1.91%；2005年 - 8,159万人、1.64%。

NEDAでは、長期経済開発計画を検討中であり、その計画では、確固とした安定的な経済成長を達成するよう経済基礎を整備し、産業構造の再編成を行うよう示唆している。同様に、国際的な経済状況も改善されるものと期待しており、特に次のような点について良好な環境へと推移するものと仮定している：安定しかつ確かな市場の確立；関税障壁の減少；開発途上国への資本投入の拡大；工業先進国経済の恒常的な成長。国内的には、BAIDS(農業関連産業均衡開発計画)の推進により、農業並びに輸出が国の経済成長を促し、また工業部門では、効率性改善によって定常的な経済運営が可能となると期待している。この結果、国家経済は健全で安定的な成長が維持され、2000年までには、近代化された農業と共に高度に工業化された経済体制が実現するであろうと見込んでいる。

さらに、“フィリピン中期経済開発計画”がNEDAから公表され、1987年から向こう6年間の国及び各地域の総生産の計画目標が掲げられた(Table 4.1 参照)。そこで、本調査におけるGDPの予測は、上記の経済開発を基礎として、Table 4.2のように設定した。

中期計画では、1987年から1992年までの6年間における各地域の年平均経済成長率は5.8%から7.7%となっている。その結果、1985年、1986年はマイナスないしはゼロ成長ではあったが、1992年には国全体のGDPは1353億ペソ(1972年固定価格)になると予測されている。年成長率は、初めは高いものの2005年に向かって徐々に安定化していくとみられ、2000年から2005年の5年間では3.9%程度と予測される。2005年には、GDPは2290億ペソ(1972年固定価格)と予測されるので、1985年から2005年までの20年間の年平均経済成長率は4.75%になる。この内訳についてはTable 4.2を参照されたい。

4.2 地域内人口の予測

地域内人口も同様に“フィリピン人口予測：1980-2030”によって予測されている。2005年までの市別の予測人口はTable 4.3に示すとおりである。2005年には、地区II全体で383.5万人と予測され、これは国全体の4.7%に当たる。流域内では、325.9万人となり、同じく4.0%に当たる。

Table 4.4は、2005年までの流域人口を都市人口と農村人口とに分類した予測値として示す。都市人口は、1985年で40.3万人だったものが、2005年には99.8万人にまで増加する。一方、農村人口は、1985年の173.3万人から2005年には226.1万人へと増加する。従って都市人口は、20年間に2.5倍に増加し、都市人口比が18.9%から、2005年には30.6%へと増大することになると予測した。

4.3 地域経済の開発目標

1985年における地区IIのGRDPは、国全体のGDPの2.56%しか占めていない。この比率は、水資源、土地資源や労働力の地域の潜在力からみて著しく低い。国家の目標、すなわち、地域格差の是正という観点からみて、地域の経済力は少なくとも国の平均値まで高めるよう、地域の経済開発を促進すべきであると考えられる。このため、地域内の1人当たりGRDPが、2005年までに国全体(ただし、工業化の進んだNCRとRegion IVを除く)の1人当たりGDPとが均衡するところまで引き上げられるよう地域内生産の目標設定をした。また、この目標値に向かって、経済力は2005年まで直線的に上昇するものとした。この結果、地区IIの経済は、1985年から2005年までの20年間に年平均6.69%で成長するものと期待される。一方、国全体の経済成長は同期間で4.75%と考えられている。

地区IIの経済成長の過程は、国の経済開発の基本方針BAIDSに倣って、国の発展過程と同じような経緯を辿ると考えた。ただし、現状での地域内の産業構造は、国全体の平均像とは異にしている。例えば、1985年における地域内総生産のうち農業の占める割合は、国が29.0%であるのに対し、この地域では52.2%となっている。従って、地区IIにおける各生産部門の地域経済における生産は、国全体の産業構造の変化とは多少異なった動きをするものと考えられる。地域内の各産業の生産力は次の様な仮定のもとに算出した；(1)カガヤン河

流域の農業生産は、2005年までに最大の潜在力の70%まで開発される；(2)流域の農業生産は地区II全体の71%を産出する、換言すれば、地区II全体では、流域の1.41倍の農業生産をあげる；(3)目標達成するための、農業生産以外の生産は、商・工業部門によって達成される；(4)商業、工業のGVAの持ち分は国の配分と同様に振り分けられる、というのも地域内農業部門の総生産に占める比率は、将来には国の比率とほぼ同程度にまで達するので；(5)各部門の成長過程は、極端な変化が起こらないよう調整する。この結果、工業部門は、比較的高い成長率を持続しなければならず、当地区における工業化政策の推進は不可避と考えられる。とにかく、各部門の経済成長は次のように期待される；農業部門3.86%；工業部門11.76%；商業サービス部門7.03%。各部門の期待される経済成長過程は、Table 4.5に示されている。

前述したように、カガヤン河流域の農業生産は、地区II全体の71%に当たる。一方、工業生産の地域的配分は、都市人口に比例するものと、また商業サービス部門の地域的配分は、総人口に比例するものと設定し算出する。この結果、流域の2005年における総生産は708億ペソ(1972年固定価格)となり、1985年時点の3.9倍に達する(Table 4.6参照)。20年間の年平均成長率は7.0%となる。

第5章 治水計画

5.1 河川の現況

5.1.1 現況河道

カガヤン河の主要な河道特性はFig. 5.1に示す通りである。不等流水位から推定した現況河道の流下能力はTable 5.1に示す通りであるが、本川のアルカラからツゲガラオの間では、他区間に比べ流下能力が著しく低下していることがわかる。

マガビット(距離標30km)の直上流部およびアルカラ(距離標65km)の直下流部は周囲の丘陵地により狭窄部が形成されており、またアルカラの上流部では河道が極端に蛇行しているが、これらは現況河道の特異区間として注目すべき区間である。本調査期間中に行った洪水痕跡調査から、狭窄部(以後、マガビット狭窄部と称する)により上流部の洪水水位が堰上げられ、その影響はFig.5.2に示す通りツゲガラオにまで及んでいることがうかがえる。洪水痕跡から洪水時の水面勾配を推定すると以下の通りである。

区 間	水面勾配	河床勾配
河口 ~ アルカラ	1/3,450	1/8,680
アルカラ ~ ツゲガラオ	1/12,080	1/8,680
ツゲガラオ ~ イラガン	1/5,670	1/5,620

マガビット狭窄部におけるさらに詳細な洪水痕跡はFig. 5.3に示す通りであるが、これからマガビット地点とナシピン地点において洪水水位を堰上げる原因となる峡谷が存在していることが推定されよう。

5.1.2 洪水被害

カガヤン流域の洪水は通常、台風シーズンである6月から11月にかけて発生しており、特に10月はその頻度が高い。近年においては1973年(11月23日~26日)洪水、1980年(11月1日~7日)洪水が最大であり、それぞれ台風オベン、台風アリンによりもたらされたものである。1973年洪水は1906年以降最大のものであり、1980年洪水がそれに次ぐといわれている。

一方、1973年および1980年洪水を対象として詳細な聞き込み調査を行い、その結果を水位観測所における水位記録、周辺地形、洪水痕跡などと照合して、最終的にFig.5.4に

示す氾濫域を推定した。両洪水により氾濫した地域はほぼ同様であり、1973年、1980年洪水の氾濫面積はそれぞれ1,860km² 1,740km²と推定された。

上記氾濫被害に並ぶものとして、河岸侵食による被害があげられる。Fig. 5.5は1954年から1979年にかけての25年間における流路変遷と年平均の河岸侵食速度を示したものであるが、丘陵地に囲まれた一部地域を除き、本支川のほぼ全区間で河岸侵食が進行していることがわかる。とりわけ、本川沿いのラロからカバガンにかけての区間と、チョコ川の中流部では侵食が著しい。

カガヤン河流域は107の郡で構成されているが、そのうち52の郡が洪水氾濫による被害を受けている。これらの地域は主にカガヤン、イサベラ、ヌエバビスカヤの各州に分布しており、流域内人口1,885×10³人(1980年調査)のうち約63%が当地域に居住している。ツゲガラオ、イラガン、サンチャゴ、カワヤンの4郡に最も人口が集中しており60,000人を超えるが、これらの郡もしばしば洪水の被害を受ける地域である。

5.1.3 治水施設の概要

流域内の治水施設としては、水制、護岸、捷水路、堤防などがあり、各施工箇所を示すとFig. 5.6の通りである。これらの施設は堤防を除き、すべて河岸侵食防止を目的として施工されたものである。

関係当局により各種の治水排水施設が継続的に施工されてはいるが、いずれも小規模であり局所的なものばかりである。この様な背景には、治水予算が非常に不足しているというフィリピンの現状があるものと思われる。

マガットダムは流域内で唯一の既設ダムであるが、貯水池内には治水容量が確保されていない。しかし、1983年の竣工以後の貯水池モニター記録によると、ダム上流域で発生した洪水のピークカットに大きく貢献していることがうかがえる。1985年の10月19日から20日にかけて、ダム地点で約7,700 m³/sのピーク流入量が観測されたが、マガットダムで調節した結果、約4,500 m³/sに低減している。

5.1.4 問題点および治水対策の必要性

上述の現況を踏まえ、カガヤン河流域の治水に関連した問題点、および治水対策の必要性を整理すると以下の通りである。

- 1) 流域の洪水被害は氾濫、河岸侵食の2大要因によりもたらされており、両者を盛り込んだ治水対策を講ずることが必要である。

- 2) マガビット狭窄部は洪水位を堰上げ、その影響は上流のツゲガラオ付近まで及んでいる。これにより河道の流下能力を減少させるばかりではなく、流路の極端な蛇行をまねいている。特にアルカラ~ツゲガラオ間は流域内で最も洪水を受けやすい地域となっており、マガビット狭窄部の改修は治水対策の代替案の1つとして取り上げる必要がある。
- 3) 現況の治水施設は小規模なうえ、局所的に施工されているにすぎない。流域治水全体計画および実施のための資金計画が必要である。

5.2 治水計画の基本方針

5.2.1 計画のアプローチ

水資源開発マスタープランの一環として治水計画を取り込むために、治水基本計画、治水長期計画、治水短期計画を策定する。

治水基本計画は100年確率高水対応の流域治水全体計画であり、カガヤン河流域における理想的な治水システムを包含するものである。一方、治水長期計画は治水全体計画の規模を25年確率高水対応に縮小したものであり、この中から2005年までに実施すべき事業を選定してマスタープランに盛り込むものである。さらに2~3の事業が治水短期計画として選ばれ、緊急治水計画を構成する。

一般に治水対策としては施設の対策と非施設の対策に大別される。施設の対策は洪水の原因そのものを軽減することを目的とするもので、堤防、放水路、治水ダム、遊水池などを建設することによって行われるのに対し、非施設の対策は氾濫常襲地域内での被害額を軽減することを目的とするもので、氾濫原管理、洪水予警報などの方法が考えられる。これらの方法をまとめるとTable 5.2の通りである。

施設の対策は従来から行われてきたもので、比較的短期間に直接的な効果を発揮することから、今後も治水対策の主流をなすものである。一方、非施設の対策は主として施設の対策による治水効果を補うものとして考えられており、法律の改正や住民ならびに関係当局間の合意などを必要とするためやや政治的な面があり、実質的な効果が現れるまでには多少時間がかかる。

本調査では、主として施設の対策について検討するが流域管理、水源地かん養、洪水予警報などの非施設の対策についても併せて検討を加え、カガヤン河流域における効果的かつ経済的な治水システムを策定する。

5.2.2 治水計画代替案

カガヤン流域の洪水被害を軽減するためには氾濫と河岸侵食の防止対策が必要である。護岸・水制は洪水流から河岸を直接防御し、河道を安定させる基本的な対策工法である。河道の整正も侵食を受けている河岸から流心部を遠ざけるという意味では河岸侵食防止工の1つである。これらの河岸侵食防止工は必要に応じて各所に設けられるものである。

堤防および洪水流の流下の障害を取り除くための河道の整正は直接的な氾濫防止対策である。ショートカットおよびマガピット狭窄部の改修が代表的な河道の整正方法として考えられる。これらの氾濫防止対策は多少なりとも下流部へ洪水を集中させるので、流域全体を対象として計画する必要がある。

治水ダムは洪水のピークを調節し、下流部の氾濫を広範囲にわたって防止する効果をもつものであり、有望なダムサイトは流域内にかなり認められる。一方、遊水池として適当なサイトは見当たらないが、カガヤン河上流部および支川は、かなりの洪水貯留効果を持っており、これらの河道貯留により、カガヤン本川の中下流部における洪水ピークが低減されている様である。

以上から、カガヤン本川および主要支川の治水計画を以下の方針に基づいて策定することにする。

- 1) 下流部の広範囲にわたって洪水のピーク流量を低減させるため上流域では治水ダムについて検討する。
- 2) カガヤン本川上流および支川においては既存の河道貯留機能を保全する。また、これらの区間では河岸侵食防止対策に努める。
- 3) 本川の中下流部では、低平地を洪水から防御するため、築堤および河岸侵食防止対策を行う。また、洪水の速やかな流下を図るため河道の整正を行う。マガピット狭窄部の改修はこの区間の治水対策上、重要な検討事項になると思われる。

5.2.3 計画の基準

(1) 一般

- 1) 治水基本計画は100年確率高水対応とし、治水長期計画、マスタープランならびに治水短期計画は25年確率高水対応とする。

- 2) カガヤン本川ならびに主要支川の計画高水位は不等流計算により求めることとするが、マンニングの粗度係数を以下の通りに定める。

n=0.040	低水路
n=0.060	築堤区間の高水路
n=0.10	氾濫原

(2) 堤防計画

- 1) 計画河道幅 $W(m)$ は $10\sqrt{A}$ (A : 流域面積 km^2) を下回らないものとする。この考え方は日本の河道設計に用いられている。(Fig. 5.7)
- 2) 堤防法線は、現況河道および河道沿いの低平地を包絡する様に定めることを原則とするが、既存の集落地や公共施設をできるだけ考慮する。
- 3) 堤防の後背地が計画河道幅よりも狭い地域には堤防を設けず、既存の河道貯留機能を保全する様に努める。
- 4) 堤防の標準断面は建設省河川砂防技術基準(案)に基づき、Fig. 5.8の様に定める。

(3) 治水ダム計画

- 1) 治水全体計画ならびに治水長期計画では治水単目的ダムを考慮し、コンクリート重力ダムとする。
- 2) 貯水池の調節方式は一定率一定量方式とする。
- 3) 調節の開始流量はダム下流部の流下能力又はカガヤン本川のアルカラ〜ツゲガラオ間の平均流下能力程度とする。
- 4) 治水容量はダムサイトの状況が許すかぎり大きくとるものとするが、次の洪水が到着するまでに容量を回復できるよう、100年確率高水に対して流出率を0.1とした場合を限度とする。

(4) 工事単価

- 1) 事業費は1985年12月における単価を用いて積算し、すべてペソ表示とする。また換算レートはUS\$1 = P 19 = 200円とする。
- 2) 事業費は経済評価事業費と総事業費について積算する。経済評価事業費は事業の代替案比較ならびに事業の評価に用いる。また、総事業費については内貨、外貨別に積算する。
- 3) 各事業費はTable 5.3及び5.4に示す工事単価を用いて積算する。また、ダム関係の工事単価については9章で詳細に示す。
- 4) 総事業費の工事単価については、公共事業省ならびに関係当局における既往実績を参考にする。
- 5) 経済評価事業費の工事単価は総事業費の単価から租税、関税等の移転項目、シャドーレート差引いて算出するが、差引額は18%と仮定する。また、土地の経済評価を逸失便益を推定して行う。

(5) 洪水被害額の算定

- 1) 洪水被害としては氾濫によるものと河岸侵食によるものを考え、それぞれについて被害額を算定する。
- 2) 氾濫による被害額は以下の様にして求める。
 - 直接被害額と間接被害額は別々に求める。
 - 直接被害額としては以下のものを考慮する。
 - a) 一般住居(家財も含む)およびその他の建物(内部資産も含む)に対する一般資産被害額
 - b) 灌漑田、天水田、畑地に対する農作物被害額
 - c) 家畜被害額
 - d) 公共土木施設等被害額
 - 一般資産被害額、農作物被害額は資産額に対し、Table 5.5に示す被害率を乗じて算定する。

- 家畜被害額、公共土木施設等被害額は他の被害額に一定率を乗じて算定する。
 - a) 家畜被害額 = 農作物被害額 × 12.6 %
 - b) 公共土木施設等被害額 = 一般資産被害額 × 86 %
- 氾濫による収入減少や緊急の支出等の間接被害額は直接被害額の5%とする。
- 3) 河岸侵食による被害額は以下に示す大胆な仮定のもとに算定する。
 - 被害項目としては以下のものを取り上げる
 - a) 一般資産被害
 - b) 農作物被害
 - c) 道路被害
 - d) 宅地損失
 - 被害地域としては、対策が施されなければ本事業の耐用年数期間に侵食される可能性がある場所を選定する。また、河岸侵食被害としては、継続的に侵食をうけるものと流路の変更によるものとのを考える。
 - a) 継続的に侵食をうける面積は年平均の侵食速度から算定する。
 - b) 流路の変更により侵食をうける面積は現況流路と予想される新流路とに囲まれた地域として算定する。新流路の位置は現況の地形、河川形態から判断する。
 - 年平均の河岸侵食被害額は上記の侵食面積上に存在する資産額を累計して算定する。
 - 一般資産額および農作物資産額は、氾濫被害額の算定に用いたものと同様とする。
- 4) 上記に示す氾濫被害および河岸侵食被害に加え、洪水により住民の社会経済活動に影響を生じるが、これらを被害額として算定することは難しい。相当する項目を拾い上げると以下の通りである。
 - 住民の生計に与える被害

- 交通および輸送に与える被害
- 商工業の業務に与える被害
- 死傷者の発生
- 衛生状態の悪化
- 水防活動、避難救助、復旧作業などの緊急活動に伴う出費

(6) 経済評価

- 1) 治水便益は氾濫および河岸侵食による被害の軽減額として算定する。
- 2) 氾濫被害の軽減額は2年、5年、10年、25年、50年及び100年確率高水による氾濫被害額をもとに算定する。
- 3) 河岸侵食に対する便益は、年平均の河岸侵食被害額をもとに算定する。
- 4) 治水便益は現況の流域内資産が一定の場合と、経年的に一定の割合で変化すると仮定した場合について、それぞれ算定する。
 - 流域内資産が一定の場合は、1985年末における資産が将来も増加しないものとする。
 - 流域内資産が経年的に変化する場合は、流域内における経済活動の発展および地域住民の生計拡大によって、年々資産が増加すると仮定する。
- 5) 将来の流域内資産を算定するにあたっては以下に示す仮定を設ける。
 - 一般資産は地区Ⅱにおける1人当たりのGRDP予測値の増加率に従って増加する。予測値によると、1985年におけるGRDPは2005年には2.4倍になる。
 - 農作物資産は2005年までは一定率で増加し、その後は一定値に保たれるものとする。2005年における農作物資産は農業開発計画のマスタープランに基づくものとする。

5.3 治水基本計画

5.3.1 治水方式の策定

カガヤン河流域における主要な治水方式としては築堤、マガビット狭窄部の改修および治水ダムによるものが考えられる。治水ダムにより下流への流出を調節し、マガビット狭窄部を改修することによって常襲氾濫域における排出を促進することが可能であるが、これらはそれぞれ必要な時期に実施すればよい。一方、築堤は河川背後地を氾濫から守ることを目的とするが、反面、築堤部下流への流量を増加させるので、極端な流量増加を生じない堤防計画を策定することはもちろん、ある程度の流量増加に対処できる様な施工計画を策定することが必要である。

(1) 堤防計画

堤防計画は狭窄部改修、治水ダム等と共に行われるべき基本的な治水方式である。堤防による水文効果を検討するために、堤防の有無による現況流域の100年確率高水を計算した。結果はTable 5.7の代替案0Dとして示す通りである。

表から、カガヤン本川に連続堤を計画すると現況に比べて最大27%ピーク流量が増加することがわかる。この流量は計画の基本となる値であり、基本計画高水流量と呼ばれている。

(2) マガビット狭窄部の改修

マガビット狭窄部の改修は上記の基本計画高水流量を対象として検討する。

まず、理想的な改修を念頭におき、狭窄部による背水効果が完全に除去されるまで、距離標30kmから65kmの区間の水路を拡幅する案を検討した。

マガビット(M地点)、ナシピン(N地点)、ナシピン上流(UN地点)においての水路拡幅が上記改修に必要であることが調査により明らかとなったが、以下に示す通り、全体の掘削量は $144,140 \times 10^3 \text{m}^3$ にのぼる。

- M地点(距離標 30.0km~33.3km) : 68,228,000 m^3
- N地点(距離標 52.0km~59.0km) : 43,194,000 m^3
- UN地点(距離標 59.0km~66.0km) : 32,718,000 m^3

ナシピン地点の改修についてはショートカット案(N2地点)も検討した。N2地点の掘削量は43,321,000m³とほぼN地点の掘削量に等しいが、標高30mの丘陵部の掘削を伴うなど難工事が予想されるため、採択しないことにした。

狭窄部の改修には膨大な掘削工事量が伴うため、段階施工が必要と思われるが、段階施工の代替案として以下の案について検討した。

- 代替案 1：M地点、N地点及びUN地点の改修（完全改修案）
- 代替案 2：N地点およびUN地点の改修
- 代替案 3：UN地点の改修
- 代替案 4：N地点の改修

上記各案の改修を行った場合の水位を100年確率基本高水に対して計算するとFig. 5.9に示す通りである。

各案による効果をアルカラ近傍の距離標65km地点の水位低下量並びに単位掘削量に対する水位低下で評価すると以下の通りである。

代替案	(*)	
	水位低下量 (m)	水位低下量/掘削量 (cm/10 ⁶ m ³)
1	4.69	3.3
2	3.58	4.7
3	0.59	1.8
4	3.08	7.1

(*) 現況水位 23.02m からの低下量

上記結果が代替案4が最も効果があると判断し、ナシピン地点の改修案を治水全体計画に盛り込むこととする。

(3) 治水ダム

発電、灌漑、治水の観点から14のダムサイトがスクリーニングにより選定されたが、治水単独目的としては、下流の洪水ピーク低減に直接的効果を持つ最下流に位置す

る8ダムにしほって検討することとした。8ダムとしては、カガヤン No.1,マリグ No.2,シフ No.1,イラガン No.1,ピヌクブック,アダラム,チコ No.4,ディサブンガンが選ばれたが、とりわけ、カガヤン No.1,マリグ No.2,シフ No.1,イラガン No.1の4ダムが治水ダムとして効果があることがスクリーニングで明らかになっている。

さらに、既存のマガットダムは治水に対して非常に効果的な位置にあるため、新たに治水容量を配分させる案についても検討した。この場合、マガットダムの配分治水容量に相当する既存の利水容量を確保するため、アリミット No.1ダムを建設し、それにあてることとした。

以上から、8ダムにマガットダム(アリミット No.1ダム)を加えた9ダムを治水基本計画に組み込むこととする。

マガットダムの治水容量はアリミット No.1ダムの諸条件を考慮して決定する必要があるが、水収支計算の予備検討によると、アリミット No.1ダムサイトの水賦存量から、約 $240 \times 10^6 \text{m}^3$ の治水容量をマガットダムに確保することが可能である。

治水ダムの概要はTable 5.6に示す通りである。有効治水容量は100年確率連続4日雨量に対する流出ハイドログラフから算定したものであるが、カガヤン No.1ダム、およびアダラムダムについては、ダムサイトの地形による拘束を受けるため、条件の許す最大可能な容量とした。また、アリミット No.1ダムは、マガットダムの利水量補足に必要な容量を確保することとした。カガヤン No.1ダム、アダラムダム、マガットダムの流出率はそれぞれの容量になる様に計算して求めた。また、堆砂容量は100年間の流出土砂量に対して確保したが、年比堆砂量は $1,500 \text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ と仮定した。

(4) 流域全体治水計画代替案

上述の各案をとりまとめて以下に示す6つの流域全体治水計画代替案を作成し、比較検討を行った (Fig. 5.10)。

- 1) 代替案 0D : 堤防計画のみで構成され、マガビット狭窄部は現況とする。
- 2) 代替案 5D : カガヤン No.1、マリグ No.2、シフ No.1、イラガン No.1およびマガット(アリミット No.1)の5ダムと堤防計画で構成され、マガビット狭窄部は現況とする。
- 3) 代替案 9D : 上記5ダムにピヌクブック、アダラム、チコ No.4およびディサブンガンの4ダムを加えた9ダムと堤防計画で構成され、マガビット狭窄部は現況とする。

- 4) 代替案 0DM : 堤防計画にマガビット改修を合わせて行う。
- 5) 代替案 5DM : 5ダム、堤防計画にマガビット改修を合わせて行う。
- 6) 代替案 9DM : 9ダム、堤防計画にマガビット改修を合わせて行う。

5.3.2 比較検討

各代替案に対する 100 年確率計画高水流量配分を示すと、Table 5.7 の通りである。

治水全体計画は水路改修工事とダム工事から構成され、水路改修工事としては築堤、護岸、狭窄部改修、ショートカット、河岸侵食防止工、排水樋門およびその他付帯工事が考えられる。一方、ダム工事としては、仮排水路、ダム、洪水吐などがある。

これら水路改修工事、ダム工事の概略設計を行い、それに基づいて各代替案の経済評価事業費を算定した。事業費の内訳は直接工事費、補償費、技術費および予備費である。

水路改修工事の概略設計は以下に示す方法で行ったが、治水コンクリートダムの概略設計については、9章に示す設計基準に基づいて行った。

- 1) 築堤および護岸 : 本支川共に、堤防は 100 年確率計画高水位に対して設計し、余裕を見込んで土量を算定する。また、1/25,000 地形図をもとに、堤防の水衝部には護岸を設ける。
- 2) 狭窄部改修 : マガビット狭窄部の中から、ナシピン地点のみを対象として拡幅工事を行うこととする。
- 3) ショートカット : 洪水の速やかな流下と工事量を節約するために、著しい蛇行区間に捷水路を設ける。
- 4) 河岸侵食防止工 : 低水路の整正と河岸侵食の防止を目的として行うが、網状河川の流路固定も含めて考える。工事対象地域は以下の様に選定する。
 - 現在極度に侵食をうけている地域および侵食されやすいと考えられる地域
 - 低水路の整正および流路の固定が必要な地域
 - 低水路が集落、道路およびその他の重要公共施設に接近している地域
- 5) 排水樋門 : 堤内地の排水を目的として設計するが、経験的に 1.5m×1.5m×2 門の樋門 1 基で 4km² の排水を行うこととする

る。すなわち堤防延長2km区間に3基必要であると仮定する。

- 6) その他付帯工事 : カガヤン本川に架かるマガビット、ブントン、ガム、ナギリアンの4橋の改修が必要であるが、マガビットを除く3橋は河川改修に伴う架け換えを行う。

上記の概略設計をもとに、流域全体治水計画代替案の事業費を算定すると以下の通りである。

- 代替案0D	: P 35,688×10 ⁶
- 代替案5D	: P 36,466×10 ⁶
- 代替案9D	: P 45,796×10 ⁶
- 代替案0DM	: P 38,278×10 ⁶
- 代替案5DM	: P 34,394×10 ⁶
- 代替案9DM	: P 45,603×10 ⁶

事業費の比較から、堤防計画に5ダム、マガビット狭窄部の改修を組み込んだ代替案5DMが最も有利である。代替案0D、5Dがそれに次ぐが、堤防天端が非常に高くなるため、周到的な維持工事が必要であり、代替案5DMを治水全体計画として選ぶことにした。

5.3.3 治水基本計画の基本概要

治水基本計画の施設位置図、河川縦断図はそれぞれFig. 5.11,5.12に示す通りである。また、経済評価事業費、計画の基本概要はそれぞれTable 5.8,5.9に示す。

5.4 治水長期計画

治水長期計画は25年確率高水対応の流域全体治水計画であり、治水全体計画をもとに策定する。また、治水長期計画の中から効果的な事業を採択して、マスタープランに組み込むこととする。

5.4.1 概略設計

堤防計画に治水全体計画で採択された5ダムおよびマガビット狭窄部の改修を組み込んで、25年確率計画高水流量を計算した。治水ダムの規模ならびに操作方法、マガビット狭窄部の改修規模および堤防法線は治水基本計画に準じて定めた。狭窄部の掘削に伴って発生する大量の土砂は、カガヤン河およびチコ川沿いの近接する低地の盛土に使用し、洪水被害をうけない宅地や公共施設の用地に供給が可能と思われるが、掘削土の有効利用については今後の調査にゆだねる。

治水長期計画の計画高水流量配分はFig. 5.13に示すが、河口での流量は17,900 m³/sで、治水基本計画に比べると、70.5%に減少している。

河川の計画高水位はFig. 5.14に示す通りであり、堤防の設計基準は治水全体計画と同様に定めた。また、経済評価事業費はP 27,543,000,000であり、詳細をTable 5.10に示した。

5.4.2 経済評価

治水長期計画の便益としては、想定氾濫被害の減少によるものと、河岸侵食被害の減少によるものを取り上げた。また、便益の算定は流域内の資産が一定の場合と、経年的に増加する場合について行った。

(1) 流域内の資産が一定の場合の便益

現況流域(治水事業を実施しない場合)の高水流量を各確率別に示すとTable 5.11の通りである。

治水事業を実施しない場合の想定氾濫被害を数個のブロック毎に算定したが、被害総計はTable 5.12の通りである。これをもとに年平均被害額を算定すると流域全体でP 3,793,000,000になる。

狭窄部の改修およびダムを建設した場合の確率高水流量および被害額はそれぞれ前述のTable 5.11、5.12に示す通りである。

治水長期計画を実施した場合、狭窄部改修、ダムおよび堤防の相乗効果により、25年確率高水までは完全に防止できるうえ、狭窄部改修およびダムについては、100年確率高水まで、その効果が期待できる。

一方、堤防完成後も、カガヤン本川沿いには現況被害額の20%が残存すると仮定した。

上記の方法に従って、流域内資産一定の場合の年平均便益を河岸侵食相当分も含めて算定すると以下の通りである。

- 氾濫軽減便益	: P 1,564×10 ⁶ /年
- 河岸侵食防止便益	: P 73×10 ⁶ /年
- 総便益	: P 1,637×10 ⁶ /年

(2) 流域内の資産が経年的に増加する場合の便益

流域内の資産が経年的に増加する場合についても、水文条件は資産一定の場合と同様であると仮定した。一方、被害額すなわち治水便益は、流域内の資産の蓄積および経済拡大効果により年々増加すると考えた。

治水事業の有無による将来における被害額を資産一定の場合と同様に6確率高水について算定した。

算定結果から流域内資産が経年的に増加する場合の年平均便益を求めると以下の通りである。

- P 1,637×10 ⁶ /年	1985年
- P 2,723×10 ⁶ /年	1995年
- P 3,834×10 ⁶ /年	2005年
- P 7,781×10 ⁶ /年	2020年
- P 14,728×10 ⁶ /年	2040年

(3) 経済評価

費用～便益の経済分析にあたり、以下の仮定を設けた。

- 1) 直接工事はマスタープランを目標に1991年から2005年の15年間に行う。
- 2) 技術管理業務は1990年から2005年にかけて発生する。
- 3) 補償は直接工事の前年までに終了するものとし、1990年から2004年にかけて行う。

- 4) 事業費は工事期間内に、毎年一定額で発生する。
- 5) 事業の耐用年数は工事着手から起算して50年間とし、1991年から2040年までを考える。
- 6) 事業に伴って発生する便益はその時点までに投資された事業費の累計に比例して発生する。
- 7) 各年の維持管理費は、その時点までに投資された事業費の累計の0.5%とする。
- 8) 費用～便益の経済分析に用いる価格は1985年末のものとする。

治水長期計画の経済効果を資産一定の場合と経年的に増加する場合について、内部収益率で算定すると以下の通りである。

- 流域内資産が一定の場合 : 4.8%
- 流域内資産が経年的に増加する場合 : 14.2%

(4) 治水長期計画の基本概要

治水長期計画の基本概要は、Table 5.13 に示す通りである。

5.4.3 治水事業の実施優先順位

治水長期計画を実施するためには、膨大な資金を必要とするため、マスタープランの目標年次である2005年までにすべてを実施することは困難である。従って、治水長期計画の中から数個の事業を選定し、その経済効果により、マスタープランに採択することにした。

- 1) 堤防 : 堤防計画の中から、防御対象の資産が集中している以下の2区間を選定した。
 - ツゲガラオ堤防
 - カバガン堤防
- 2) 護岸 : 選定された上記の堤防強化のため、護岸を計画した。
- 3) 狭窄部改修 : 選定されたナシピン地点をさらにナシピン下流左岸(NLL地点)、ナシピン下流右岸(NLR地点)、ナシピン上流(NUP地点)に分割し、上記3地点の改修をマスタープランの対象事業として取り上げた。各事業の掘削土量は以下の通りである。

- N(全改修) : $43,194 \times 10^3 \text{m}^3$
- NLL : $5,828 \times 10^3 \text{m}^3$
- NLR : $17,624 \times 10^3 \text{m}^3$
- NUP : $19,869 \times 10^3 \text{m}^3$

各事業の距離標 65 km 地点における水位低下量および単位掘削土量あたりの水位低下量は以下の通りである。

事業	水位低下量/掘削土量	
	水位低下量 (m)	(cm/ 10^6m^3)
N	3.08	7.1
NLL	1.19	20.4
NLR	2.10	11.9
NUP	0.52	2.6

- 4) 治水ダム : 治水長期計画で採択された以下の5ダムをすべてマスタープランの対象事業として取り上げた。
- カガヤンNo.1ダム
 - マガット/アリミットダム
 - イラガンNo.1ダム
 - シフNo.1ダム
 - マリグNo.2ダム
- 5) 河岸侵食防止工 : 治水長期計画で取り上げたものをすべてマスタープランの対象とした。

経済評価に基づいて各事業の実施優先順位を定め、マスタープランに取り上げる選定基準とした。各事業の経済評価は以下に示す仮定に基づいて行った。

- 1) 事業費のうち、直接工事費、技術管理費、補償費は1991年から1995年までの5年間に毎年同額発生する。

- 2) 便益は各事業に対して、事業実施の有無による被害額の差として算定する。また、便益は流域内の資産が一定の場合および経年的に増加する場合について算定する。
- 3) ダム工事の便益は工事竣工の翌年から発生するのに対し、水路改修工事の便益は工事の進捗に比例して発生する。
- 4) 治水長期計画で用いた事業評価の基準を上記1)~3)以外の事項に適用する。

各事業の実施優先順位はTable 5.14に示す通りであるが、以下にまとめて示す。

優先順位	事業	内部収益率(%)	
		流域内資産 一定の場合	流域内資産 将来増加の場合
1	ツゲガラオ堤防	11.6	23.1
2	狭窄部改修(NLL)	8.9	18.9
3	河岸侵食防止工	7.3	13.7
4	カバガン堤防	5.3	13.6
5	狭窄部改修(NLR)	5.2	13.5
6	マガット/アリミットダム	5.1	13.1
7	シフNo.1ダム	5.1	12.8
8	カガヤンNo.1ダム	3.8	11.6
9	マリグNo.2ダム	2.2	9.3
10	イラガンNo.1ダム	-	5.4
11	狭窄部改修(NUP)	-	-