

社会開発調査部報告書

国際協力事業団

ブラジル連邦共和国

パラナ州企画調整局

ブラジル国パラナ州  
水資源利用計画調査

最終報告書  
(要約)

平成7年12月

JICA LIBRARY



J1125516(3)

八千代エンジニアリング株式会社  
日本工営株式会社

社調ニ

JR

95-131

国際協力事業団  
ブラジル連邦共和国パラナ州企画調整局  
ブラジル国パラナ州水資源利用計画調査  
最終報告書(要約)

平成7年12月

八千代エンジニアリング株式会社  
日本工営株式会社

JICA LIBRARY







1125516(3)

国際協力事業団  
ブラジル連邦共和国  
パラナ州企画調整局

ブラジル国パラナ州  
水資源利用計画調査

最終報告書  
(要約)

平成7年12月

八千代エンジニアリング株式会社  
日本工営株式会社

**Cost Estimate is Based  
on The Price Level of August, 1994,  
According to The Following Exchange Rate.**

**US\$ 1.00 = ¥ 98.87  
(as of August, 1994)**

## 序 文

日本国政府はブラジル連邦共和国政府の要請に基づき、同国のパラナ州水資源利用計画にかかるマスタープラン策定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6年3月から平成7年10月までの間、5回にわたり、八千代エンジニアリング株式会社の中川喜夫氏を団長とし、同社および日本工営株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ブラジル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。

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7年12月

国際協力事業団

総裁 藤 田 公 郎

## ブラジル国パラナ州水資源利用計画調査

### 伝 達 状

国際協力事業団

総裁 藤 田 公 郎 殿

ブラジル国パラナ州水資源利用計画調査の最終報告書を提出致します。本報告書では、パラナ州全土における2015年を目標年とする、各水利用分野にわたる表流水と地下水を含めた総合的な水資源開発と、単に水利用にとどまらず、洪水、河川水質、土壌侵食、生態系、森林などの水に係わる環境要素（利水を含めたこれらを総称して水環境という）の改善に関するストラテジーを提案しています。さらに選定された2つのパイロット流域については、水環境改善に係わるマスタープランを提案しています。

パイロット流域のマスタープランにおいては給水、水力発電、洪水防禦、水質改善および下水道整備、土壌侵食防止、生態系保全、森林保全、水環境管理、組織法制などの分野について、2015年までに実施すべき具体的な事業を提案しています。また、本調査に引きつづき緊急に実施すべき調査項目についても提案しています。

本報告書の作成にあたり、多大な御支援を賜った貴事業団、作業監理委員会、外務省、建設省、北海道開発局、在ブラジル日本大使館、在クリチバ日本総領事館、ならびにブラジル国政府、パラナ州政府関係各位に対し心から感謝致します。

本調査の成果がパラナ州の今後の発展のために活用され、日本とブラジルとの一層の友好の一助となれば、これに優る光栄はないと存ずる次第です。

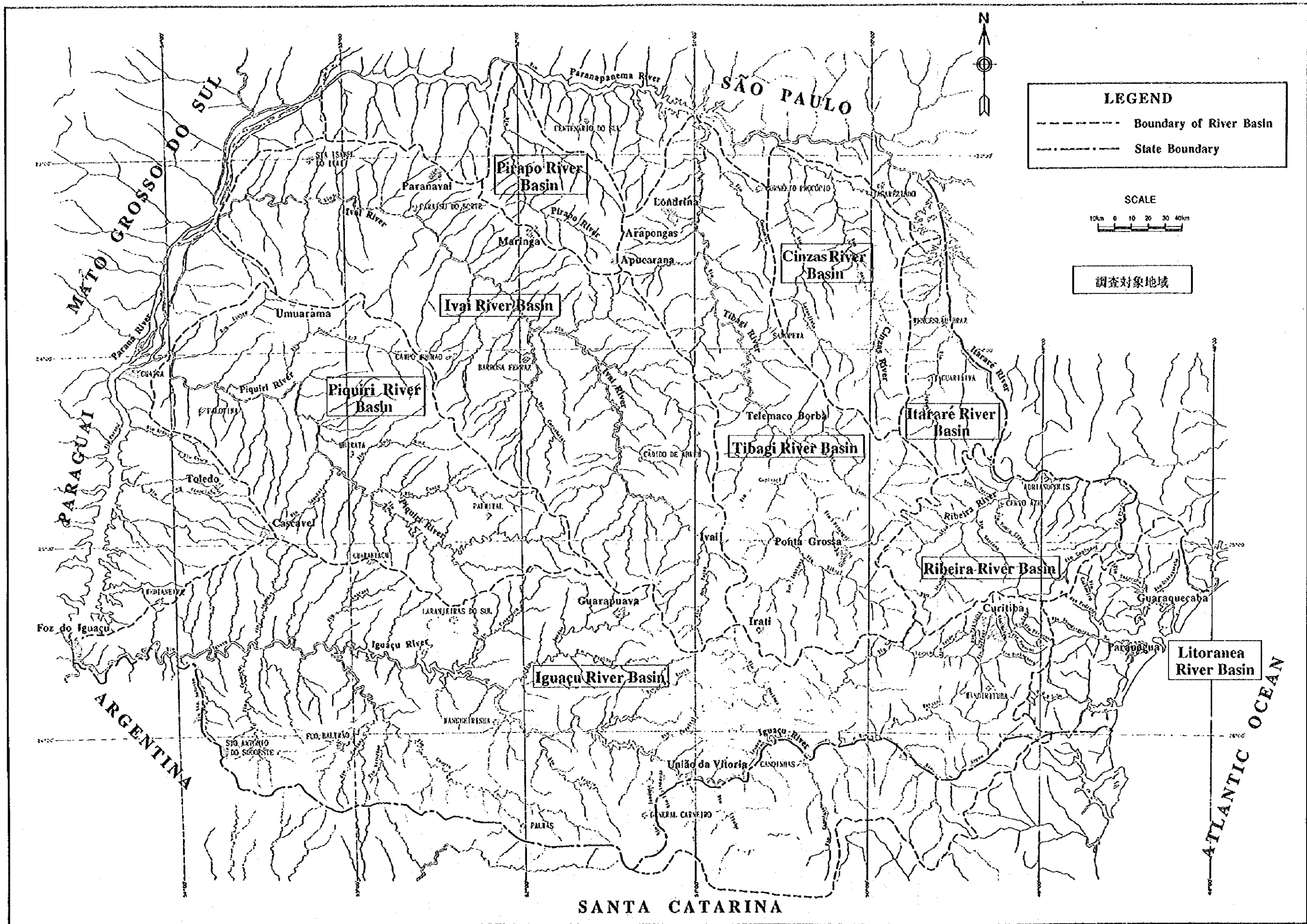
平成7年12月

調査団総括

中 川 喜 夫







ブラジル国パラナ州水資源利用計画調査  
ファイナルレポート  
報告書リスト

1. 要約報告書(和文及び英文)
2. 主報告書(英文)
  - I. パラナ州ストラテジー
  - II. イグアス川流域マスタープラン
  - III. チバジ川流域マスタープラン
3. 分野別報告書(英文)
  - A. 社会経済
  - B. 気象、水文及び表流水資源
  - C. 水理地質及び地下水資源
  - D. 生活用水及び工業用水
  - E. 農業
  - F. 水力発電
  - G. 水利用計画
  - H. 洪水防禦
  - I. 水質及び下水道
  - J. 土壌侵食及び森林
  - K. 生態系
  - L. 水環境管理
  - M. 組織・法制
  - N. 事業費及び経済・財務分析
4. 資料集(英文)

## 調査概要書

### ブラジル国パラナ州水資源利用計画調査

調査期間 1994年3月～1995年12月

受入機関 パラナ州企画調整局

#### 1. 背景

パラナ州の産業は従来農業が中心であったが、近年都市周辺を中心に工業が発達してきており、これに伴い人口の都市集中も著しく、主要都市を中心に生活用水、工業用水の不足が生じている。また、都市周辺の河川水質の悪化、広大な台地における土壌侵食に起因する土砂流出、濁度の増大が生じている。さらに森林や河岸植物の減少により魚類を中心とする生態系の破壊が進行し、一部河川流域には、大きな洪水被害が発生している。

#### 2. 目的

上記の状況のもとで、本調査は2015年を目標年とする各水利用分野にわたる総合的な水資源開発計画を立案するとともに、単に水利用にとどまらず、洪水、河川水質、土壌侵食、生態系、森林などの環境要素(利水を含めたこれらを総称して水環境という)について長期的な改善計画を策定するとともに組織法制および水環境管理の在り方について改善の提案を行うことを目的としている。

#### 3. 調査対象地域

調査対象地域は、パラナ州全土(面積約20万km<sup>2</sup>、人口約850万人)とする。調査対象地域を構成する主要河川流域は11あり、それらは、州内を流れる9つの河川(シンザス、イグアス、イタラレ、イバイ、リトラネア、ピキリ、ピラポ、リベイラ、チバジ)と州境または国境を形成する2河川(パラナパネマ、パラナ)である。

#### 4. 計画の概要

##### 4.1 基本事項

##### (1) 調査段階

本調査は次の段階に従って実施された。

第1段階: 水環境改善に関する方法論の策定

第2段階: パラナ州全域を対象とする水環境改善に関するストラテジーの立案およびパイロット流域の選定

第3段階: 選定されたパイロット流域、イグアス川およびチバジ川流域、について水環境改善に関するマスタープランの策定

パイロット流域以外の流域についてのマスタープランは、本調査終了後パラナ側技術者によって逐次作成される予定である。

##### (2) 社会経済フレームワーク

計画の基礎となる社会経済フレームワーク(人口およびGDP)は、過去の国勢調査の結果に基づき表-1に示すとおりに推定した。人口増加率は1.2%、経済成長率は5.0%とした。

表-1 人口およびGDPの予測

	1993年	2005年	2015年
人口(千人)	8,570(1.00)	9,910(1.16)	11,130(1.30)
GDP(10 <sup>9</sup> US\$)	27,811(1.00)	49,945(1.80)	81,354(2.93)
第一次産業	3,149	3,831	4,874
第二次産業	9,295	17,446	29,110
第三次産業	15,367	28,668	47,370
一人当たりGDP (US\$/人)	3,240(1.00)	5,040(1.56)	7,310(2.26)

(3) 水需要予測

人口およびGDPより水需要を予測すると表-2に示すとおりとなる。生活用水の単位消費水量は、2015年において、都市部で180 l/人・日、村落部で80 l/人・日と仮定した。なお、灌漑用水は、豊富な降雨量のため殆ど必要なく、従って、農業用水は、牧畜用水と養魚用水からなっている。

表-2 水需要量予測

単位: 上段 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/日  
下段 m<sup>3</sup>/秒

目標年	生活用水		工業用水		農業用水		合計	
1993年	899	(1.00)	476	(1.00)	158	(1.00)	1,533	(1.00)
	10.4		5.5		1.8		17.7	
2005年	1,338	(1.49)	724	(1.52)	198	(1.25)	2,260	(1.41)
	15.5		8.4		2.3		26.2	
2015年	1,902	(2.12)	935	(1.96)	229	(1.45)	3,066	(2.00)
	22.0		10.8		2.6		35.4	
	(62%)		(31%)		(7%)		(100%)	

(注) ( ) は比率又は%を示す

4.2 水環境改善ストラテジー

パラナ州全体を対象とした2015年までの水環境ストラテジーは、表-3に示すとおりである。

4.3 水環境改善マスタープラン

パイロット流域として選定されたイグアス川流域およびチバジ川流域について、水環境改善のためのマスタープランをそれぞれ表-4および表-5に示すように策定した。

5. プロジェクトコスト

全州を対象とした水環境改善ストラテジーおよびイグアス川流域およびチバジ川流域の水環境改善マスタープランの実施に要する概算事業費はそれぞれ表-3、表-4および表-5に示すとおりである。

6. 計画の評価

6.1 経済・財務評価

(1) 投資の規模

パラナ州水環境改善ストラテジーを実施するために、2015年までに必要な総事業費は、投資の性格が異なる水力発電分野を除くと、US\$3,155 x 10<sup>6</sup>となっている。これに対してパラナ州政府の2015年までの公共投資の総額はUS\$4,400 x 10<sup>6</sup>と推定される。前者の後者に対する比率は約72%である。公共投資には、水環境セクターの他に交通、通信、住宅などの分野も含まれ、また、ストラテジーの実施に必要な資金は、洪水防禦や生態系保全を除けば、相当部分がそれぞれの分野における担当の公社、又は民間によって調達される可能性が高いので、州政府の公共投資額とストラテジー実施に必要な事業費との間に直接的な関係はないが、必要事業費の妥当性を判断する一つの材料になるものと思われる。この観点から見れば、本ストラテジーの規模は財政的に十分妥当と思われる。

(2) 経済分析

マスタープランにおいて提案された各種事業について経済分析を行うと表-6に示すとおりとなる。

大都市および中都市の給水事業の大部分、洪水防禦、下水道事業、および水力発電事業のEIRRは、経済的に妥当性ありとされる10%を上回っている。イグアス川流域におけるその他の都市の給水事業は、10%をやや下回っているが、これは開発水量が少なく水単価が割高になるためと思われる。しかし、上水道の整備によって金銭的な便益の外に、衛生状態の向上による国民の健康増進や、生活レベルの向上により民生の安定や国民の福利厚生に益するな

ど無形の便益も数多く考えられる。単に、経済評価のみから水道事業の妥当性を論ずるべきではない。土壌侵食防止事業についても10%以下となっているが、この事業の便益は、侵食防止の成功に伴う投入肥料の軽減のみでなく、農作物の増産、浄水コストの軽減、水質の向上など数量化されない便益も数多い。

### (3) 財務評価

経済評価を行った事業のうち、給水事業および下水道事業はSANEPARにより、また、水力発電事業は、COPELにより運営されている。このうち事業の運営が州内に限定される給水事業および下水道事業について財務評価を行うと表-7に示すとおりである。イグアス川流域のその他76都市のFIRRは4.8%とかなり低い、それ以外の事業は10%程度以上となっている。

## 6.2 社会・環境評価

このマスタープランに含まれる主要なプロジェクトは、①ダムによる表流水開発および水力発電、②河川からの直接取水による表流水開発、③井戸掘削による地下水開発、④堤防や河道改修による洪水防禦、⑤下水道整備、⑥テラスの造成や不耕起栽培による土壌侵食防止、⑦生態系保全、⑧植林などであり、いずれも水環境の改善を目標としている。従って、社会・環境に多大の恩恵を与えるものであって、正の影響に比べ負の影響は小さいものと思われる。

本調査はマスタープランレベルの調査であり、上記の負の影響を詳細に検討することは困難であるが、予備的な社会・環境評価の結果、次の項目が負の影響として考えられ、今後のより詳細な調査段階において十分検討されるべきものと思われる。

- 1) 土地取得、補償および住民移転
- 2) 新規水需要者と既存の水使用者間の水利権割当
- 3) ダムによる貯水池の堆砂および下流河道の河床低下
- 4) ダムによる貯水池水質の変化および下流河道に及ぼす影響
- 5) ダムによる周辺景観の変化および史跡、遺跡、保護区の水没
- 6) 地下水開発による地下水位の低下、水質悪化および河川流量への影響
- 7) 堤防建設、河道改修、ダム建設などによる周辺の野生動植物生息域における水中および陸上の動植物群への影響
- 8) 取水・放流による下流河道への影響

## 7. 提言

### (1) 今後緊急に実施すべき調査

- 1) クリチーバ首都圏水環境総合計画調査(地域計画およびフィージビリティ調査)
- 2) ウニオンダビトリア地区洪水防禦フィージビリティ調査
- 3) ロンドリーナ地区上・下水道フィージビリティ調査
- 4) カスカベル地区上・下水道フィージビリティ調査
- 5) ポンタグロッサ地区上・下水道フィージビリティ調査

### (2) パイロット流域以外の主要河川流域におけるマスタープランの策定

### (3) 本調査結果に基づく社会経済開発計画、地域開発計画、各種産業開発計画、交通開発計画など他部門の計画の策定又は見直し

### (4) 本調査結果に基づくストラテジーおよびマスタープランの実施並びにこれら計画の5年毎の見直し

表-3 パラナ州水環境改善ストラテジー

分野	ストラテジーの内容	概算事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)
給水	(1)構造的対策 1)生活用水および工業用水 ・クリチバ首都圏、6大都市、その他都市に対し、1,678,000m <sup>3</sup> /日の供給を行う。開発方式はダム、河川直接取水及び井戸とする。 ・村落部については、人口増加が殆どなく新規開発は必要ない。 2)農業用水 ・牧畜用水、養魚用水として88,000m <sup>3</sup> /日を需要地近傍小河川より直接取水する。	1,796
	(2)非構造的対策 ・節水思想の普及および工業用水リサイクル率の向上による水需要の抑制	12
洪水 防禦	(1)非構造的対策(土地利用規制、住民移転、洪水予警報、洪水避難、洪水耐力増加など)を8地域に適用する。 (2)構造的対策(堤防、河道改修など)を4地域(ウニウグビトリ7、クリチバ首都圏、サンマウス、メリス)に適用する。	200
水質及び 下水道	(1)構造的対策 ・CONAVA水質基準クラス2(BOD 3~5)を全流域で確保するために6河川流域に合計920,000m <sup>3</sup> /日の容量を持つ下水道設備を設置する。 (2)非構造的対策 ・下水道設備計画における地域下水処理施設と浄化槽などの最適な組み合わせ ・工場に対し、クリーナープロダクションの導入	704
土壌侵食 防止	・ラスの造成(60,200km <sup>2</sup> )及び不耕起栽培(31,500km <sup>2</sup> )を適用して現状土壌侵食量28t/ha・年を11t/ha・年以下とする。	443
生態系 保全	(1)構造的対策:固形廃棄物処理場、都市近郊公園緑地、水生生態系研究所、固有種魚種の再生施設の設置 (2)非構造的対策:底生生物による水質モニタリング、農業調査、魚類調査、環境教育、マングローブ保護、木材輸入規制と森林再生のための法整備、生態系モニタリングへの情報集中およびモニタリングならびに保全プログラム	-
森林 保全	・自然林の保全及び植林(8,860km <sup>2</sup> )の実施	-
水環境 管理	・水環境管理センターの設置及び総合モニタリングシステムの設置	-
組織 法制	・①現在進行中の組織変更の過程で組織の強化、②地下水開発の規制及び管理強化、③環境関連法案執行強化、④河川における土砂採取に対する法制整備、⑤水環境管理におけるコスト回収、⑥情報公開による住民参加	-
	小 計	3,155
水力 発電	・13ヶ所の水力発電所建設:合計設備容量 3,095MW	3,381
	合 計	6,536

(注) 概算事業費は1994年8月の物価水準で推定し、外貨交換比率は1US\$=0.89RSとする。

表-4 イグアス川流域水環境改善マスタープラン

分野	マスタープランの内容	概算事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)
給水	1)生活用水および工業用水	
	クリチバ首都圏 : 開発水量 625,000 m <sup>3</sup> /日 : 57 <sup>ヶ</sup> ム、井戸 56 本 3大都市 : 開発水量 167,000 : 直接取水 3、井戸 10 本 6中都市 : 開発水量 62,000 : 直接取水 5、井戸 1 本 その他の 76 都市 : 開発水量 72,000 : 直接取水及び井戸 2)農業用水 : 開発水量 33,000 : 直接取水	760.0 59.1 35.8 102.9 4.6
洪水防弊	・非構造的手段(表-3 参照)を 7 地域に適用する。 ・構造的手段を 3 地域に適用する。 クリチバ首都圏 PROSAM の継続(河道、修景、公園、移転など) PROSAM の拡張(河道掘削、洪水調節 <sup>ケ</sup> ム) シンマリストス 堤防と樋門 ウニオンビトリフ 堤防(L=17km、高=5m)と樋門	(34.3) - 11.1 85.9
	・クリチバ首都圏 下水処理水量 420,000 m <sup>3</sup> /日 ・カスカベル 45,000	294.0 50.0
	・フィスの造成 10,781 km <sup>2</sup> ・不耕起栽培 7,520 km <sup>2</sup> ・農道改良 21,560 km ・農道及びフィス維持管理 ・営農及び土壌管理	43.1 35.5 32.3 33.0 -
生態系保全	・生態系保全プログラム(魚類調査、固有種魚類再生、保護地区管理、セバ <sup>イ</sup> イ カ・インツニコイ <sup>イ</sup> 保護区、生物多様性研究所)	5.3
	・環境教育プログラム(水環境教育)	0.9
	・モニタリングプログラム(生態系インディケーター、河岸植物、サト <sup>イ</sup> ライなど)	2.4
植林	・水環境保全植林 900 km <sup>2</sup> ・商業植林 1,900 km <sup>2</sup>	33.0 135.0
	・モニタリングシステムの設置 (気象、流量、浮遊土砂、地下水位、水生生態系)	2.1
組織法制	・表-3 の 6 項目と次の 6 項目の改善プログラム ⑦流域管理の導入及び適当な機関の設立、⑧総合管理のための調整促進、⑨水利権許可における公聴会の設立、⑩河川毎の総合水質管理の実施、⑪水資源開発管理の促進、⑫最適水配分と需要管理のための水単価の設定と徴集	-
	小 計	1,726.0
水力発電	・3ヶ所の水力発電所の設置:合計設備出力 1,400MW	1,193.9
	合 計	2,919.9

(注) (1)物価水準、外貨交換率は表-3 と同じ

(2)PROSAM:クリチバ首都圏環境衛生プロジェクト(現在進行中)、コストは合計値に含めない。



表-5 チバジ川流域水環境改善マスタープラン

分野	マスタープランの内容	概算事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)
給水	1)生活用水および工業用水	
	3大都市 :開発水量 188,000 m <sup>3</sup> /日 :直接取水2、井戸8本	74.9
	6中都市 :開発水量 81,000 :直接取水6、井戸1本	52.0
	その他の26都市 :開発水量 30,000 :直接取水及び井戸	32.9
	2)農業用水 :開発水量 8,000 :直接取水	1.0
洪水 防察	・非構造的手段(表-3 参照)を2地域(イリイ及び化 <sup>ラ</sup> ンガ)に適用する。	-
下水道 整備	・ポンク <sup>ラ</sup> ロツ 下水処理水量 30,000 m <sup>3</sup> /日	29.2
	・ロト <sup>ラ</sup> リーナ 70,000	59.4
土壌侵 食防止	・フスの造成 3,344 km <sup>2</sup>	13.4
	・不耕起栽培 2,530 km <sup>2</sup>	18.7
	・農道改良 6,690 km	10.0
	・農道及びフス維持管理 ・営農及び土壌管理	10.7 -
生態系 保全	・生態系保全プログラム(魚類調査、固有種魚類再生、保護地区管理、低平地調査)	1.9
	・ヒカリ <sup>ラ</sup> プログラム(生態系イン <sup>テ</sup> ィーター、河岸植物)	1.8
植林	・水環境保全植林 400 km <sup>2</sup>	15.0
	・商業植林 2,000 km <sup>2</sup>	142.0
水環境 管理	・ヒカリ <sup>ラ</sup> システムの設置 (気象、流量、浮遊土砂、地下水位、水生生態系)	0.7
組織 法制	・表-3の6項目と次の6項目の改善プログラム ⑦流域管理の導入及び適当な機関の設立、⑧総合管理のための調整促進、⑨水利権許可における公聴会の設立、⑩河川毎の総合水質管理の実施、⑪水資源開発管理の促進、⑫最適水配分と需要管理のための水単価の設定と徴集	-
	小 計	463.6
水力 発電	・5ヶ所の水力発電所の設置:合計設備出力 1,096MW	1,147.3
	合 計	1,610.9

(注) 物価水準、外貨交換率は表-3と同じ

表-6 経済分析結果

流域	事業種別	事業の規模	EIRR (%)	純現在価値 (10 <sup>6</sup> US\$)	便益/費用比率
イ グ ア ス 川	1. 給水事業	給水量			
	クチハ首都圏	625,000 m <sup>3</sup> /日	10.29	14.9	1.02
	3大都市	167,000	40.79	197.1	3.86
	6中都市	62,000	25.92	50.1	2.20
	その他の76都市	33,000	8.20	-11.7	0.90
	2. 洪水防禦	堤防: L=17km H=5 m	14.65	52.2	1.91
	3. 下水道事業	下水処理水量			
	クチハ首都圏	420,000 m <sup>3</sup> /日	24.27	359.2	2.65
	カカハル	45,000	16.57	24.6	1.66
	4. 土壌侵食防止	18,300 km <sup>2</sup>	8.63	-7.7	0.93
5. 水力発電	ツナク発電所, 154MW*	19.70	188.4	2.31	
チ バ ジ 川	1. 給水事業	給水量			
	3大都市	188,000 m <sup>3</sup> /日	35.98	197.5	3.26
	6中都市	81,000	22.82	55.9	1.92
	その他の26都市	30,000	12.90	6.7	1.18
	2. 下水道事業	下水処理水量			
	ボンガロサ	30,000 m <sup>3</sup> /日	18.56	19.6	1.90
	オトリナ	70,000	20.56	50.7	2.12
	3. 土壌侵食防止	5,874 km <sup>2</sup>	8.36	-2.0	0.92
	5. 水力発電	5ヶ所 1,096MW	25.90	1,853.8	3.41

\*イグアス川流域の2ヶ所の発電所（ジョルダンダイバジョン、ソルトカシアス）はすでに建設が始まっているので除外。

表-7 財務分析結果

流域	事業種別	建設投資額 (10 <sup>6</sup> US\$)	維持管理年額 (10 <sup>6</sup> US\$/年)	料金収入 (10 <sup>6</sup> US\$/年)	FIRR (%)
イ グ ア ス 川	1. 給水事業				
	クチハ首都圏	760.0	68.4	157.5	9.5
	3大都市	59.1	5.3	31.3	28.9
	6中都市	35.8	3.2	14.6	22.7
	その他の76都市	102.9	9.3	16.2	4.8
	2. 下水道事業				
クチハ首都圏	293.6	3.6	89.6	21.3	
カカハル	49.5	0.7	9.6	14.3	
チ バ ジ 川	1. 給水事業				
	3大都市	74.9	6.7	40.7	29.5
	6中都市	52.0	4.7	20.5	22.0
	その他の26都市	32.9	3.0	6.8	9.4
	2. 下水道事業				
	ボンガロサ	29.2	0.4	6.3	16.0
オトリナ	59.4	1.0	14.8	17.7	



ブラジル国パラナ州水資源利用計画調査

和文要約報告書

目次

序文	
伝達状	
調査対象地域.....	i
調査報告書リスト.....	ii
調査概要書.....	iii
目次.....	x
図表リスト.....	xii
略字リスト.....	xiv
第1章 まえがき.....	1-1
第2章 水環境管理の概念.....	2-1
第3章 自然条件.....	3-1
第4章 社会経済の現況と将来.....	4-1
第5章 水環境の現況と将来.....	5-1
5.1 生活用水.....	5-1
5.2 工業用水.....	5-1
5.3 農業用水.....	5-1
5.4 水需要.....	5-2
5.5 水力発電.....	5-2
5.6 内陸水運.....	5-3
5.7 洪水.....	5-4
5.8 水質及び下水道.....	5-7
5.9 土壌侵食.....	5-7
5.10 生態系.....	5-8
5.11 森林.....	5-9
5.12 クリチーバ首都圏環境衛生プロジェクト(PROSAM).....	5-9

第6章 水資源賦存量.....	6-1
6.1 表流水.....	6-1
6.2 地下水.....	6-3
第7章 パラナ州の水環境改善ストラテジー.....	7-1
7.1 水資源開発.....	7-1
7.2 水力発電.....	7-3
7.3 洪水防禦.....	7-5
7.4 水質改善と下水道整備.....	7-5
7.5 土壌侵食対策.....	7-8
7.6 生態系保全.....	7-8
7.7 森林の保全.....	7-9
7.8 水環境管理.....	7-9
7.9 組織法制の改善.....	7-13
7.10 概算事業費.....	7-13
7.11 計画の評価.....	7-14
7.12 パイロット流域の選定.....	7-15
第8章 パイロット流域の水環境改善マスタープラン.....	8-1
8.1 水資源開発.....	8-1
8.2 水力発電.....	8-5
8.3 洪水防禦.....	8-6
8.4 水質改善および下水道整備.....	8-11
8.5 土壌侵食対策.....	8-11
8.6 生態系保全.....	8-12
8.7 森林の保全.....	8-13
8.8 水環境管理.....	8-13
8.9 組織法制の改善.....	8-14
8.10 概算事業費と実施工程.....	8-14
8.11 計画の評価.....	8-20
第9章 提言.....	9-1

## 図表リスト

### 第2章

図 2-1	水環境管理の枠組み .....	2-1
図 2-2	総合的水環境管理の概念 .....	2-2

### 第3章

図 3-1	パラナ州の地形 .....	3-3
-------	---------------	-----

### 第4章

表 4-1	パラナ州全体将来人口予測 .....	4-1
表 4-2	主要都市将来人口予測 .....	4-1
表 4-3	GDPおよび一人当たりGDP予測 .....	4-2
表 4-4	GDPと財政支出 .....	4-2

### 第5章

図 5-1	内陸水運の現状と将来 .....	5-5
図 5-2	洪水被害地域 .....	5-6
表 5-1	生活用水の単位消費水量 .....	5-1
表 5-2	工業用水の単位消費水量 .....	5-1
表 5-3	家畜の単位消費水量 .....	5-2
表 5-4	水需要量予測 .....	5-2
表 5-5	電力需要予測 .....	5-3
表 5-6	水力発電用水需要 .....	5-3
表 5-7	洪水被害地域と被害程度 .....	5-4
表 5-8	土壌侵食量および浮遊土砂量 .....	5-8

### 第6章

図 6-1	直接取水可能量 .....	6-2
図 6-2	主要帯水層の分布 .....	6-4
表 6-1	各流域下流端における直接取水可能量 .....	6-1
表 6-2	許容開発可能地下水量 .....	6-3

### 第7章

図 7-1	6大都市水資源開発方式代替案 .....	7-2
図 7-2	水力発電所建設予定地 .....	7-4

図 7-3	パラナ州の水環境ストラテジーの枠組み	7-11
図 7-4	水環境管理センター及び総合的データベースシステム 及び情報ネットワーク	7-12
表 7-1	水資源開発ストラテジー	7-3
表 7-2	洪水防禦ストラテジー	7-5
表 7-3	流域下水道整備計画	7-7
表 7-4	土壌侵食対策の効果(2015年)	7-8
表 7-5	植林計画	7-9
表 7-6	水環境改善ストラテジーの実施に必要な概算事業費	7-13
表 7-7	計画投資額と実績投資額の比較	7-14
表 7-8	パイロット流域の選定	7-15

## 第8章

図 8-1	クリチーバ首都圏水資源開発計画	8-2
図 8-2	クリチーバ首都圏水需給関係	8-3
図 8-3	貯水位と河川水位の関係	8-10
表 8-1	クリチーバ首都圏水資源開発計画	8-1
表 8-2	イグアス川流域水資源開発計画	8-4
表 8-3	チバジ川流域水資源開発計画	8-5
表 8-4	イグアス川流域およびチバジ川流域水力発電計画	8-6
表 8-5	イグアス川およびチバジ川流域における非構造的洪水対策	8-7
表 8-6	構造的洪水防禦対策	8-8
表 8-7	貯水池水位と河川水位の関係	8-9
表 8-8	大都市下水道整備計画(2015年)	8-11
表 8-9	土壌侵食対策	8-12
表 8-10	生態系保全対策	8-12
表 8-11	植林計画	8-13
表 8-12	モニタリングシステムマスタープラン	8-14
表 8-13(1)	イグアス川流域水環境改善マスタープラン事業費および実施工程-(1)	8-15
表 8-13(2)	イグアス川流域水環境改善マスタープラン事業費および実施工程-(2)	8-16
表 8-13(3)	イグアス川流域水環境改善マスタープラン事業費および実施工程-(3)	8-17
表 8-14(1)	チバジ川流域水環境改善マスタープラン事業費および実施工程-(1)	8-18
表 8-14(2)	チバジ川流域水環境改善マスタープラン事業費および実施工程-(2)	8-19
表 8-15	事業分野別経済評価データ	8-20
表 8-16	各事業の経済分析	8-22
表 8-17	各事業の財務分析(FIRR)	8-23

略字リスト

CEPA	: 農業計画委員会 State Commission for Agricultural Planning <i>Comissão Estadual de Planejamento Agrícola</i>
COMEC	: クリチーバ首都圏調整部 Coordination of the Metropolitan Area of Curitiba <i>Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba</i>
CONAMA	: 国家環境評議会 National Council of Environment <i>Conselho Nacional do Meio Ambiente</i>
COPATI	: チバジ川流域環境保護自治体連合 Inter Municipal Concessionaire for the Environmental Protection of the Tibagi River Basin <i>Consórcio Intermunicipal para a Proteção Ambiental de Bacia do Rio Tibagi</i>
COPEL	: パラナ州電力公社 Energy Company of the State of Parana <i>Companhia Paranaense de Energia</i>
CORPRERI	: イグアス川流域洪水対策委員会 Permanent Regional Commission Against Floods in the Iguacu River <i>Comissão Regional Permanente Contra as Cheias do Rio Iguacu</i>
DAGRI	: 農業運営局 Agricultural Operation Department <i>Departamento Operacional da Agricultura</i>
DEPEC	: 牧畜局 Livestock Department <i>Departamento de Pecuária</i>
DERAL	: 農業経済局 Economy Department <i>Departamento de Economia</i>
DNAEE	: 連邦水・エネルギー局 National Department of Water and Electric Energy <i>Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica</i>
ELETOBRAS	: ブラジル中央電力公社 Brazilian Central Electric Joint-stock Company <i>Centrais Elétricas Brasileiras S. A.</i>
ELETROSUL	: 南部電力センター Electric Center of the South <i>Centrais Elétricas do Sul do Brasil S. A.</i>



EMATER	: パラナ州農業技術協力普及公社 Parana State Technical Assistance and Rural Extension Company <i>Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural</i>
EMBRAPA	: ブラジル農業・牧畜研究公社 Brazilian Agricultural and Livestock Research Company <i>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária</i>
FAMEPAR	: パラナ州自治体援助院 Institute for Municipal Assistance of Parana State <i>Instituto de Assistência aos Municípios do Estado do Parana</i>
FAO	: 国連食料農業機構 Food and Agriculture Organization <i>Fundo das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura</i>
IAP	: パナラ州環境院 Environmental Institute of Parana <i>Instituto Ambiental do Paraná</i>
IAPAR	: パラナ州農業研究院 Agricultural Research Institute of Parana <i>Instituto Agronomico do Parana</i>
IBAMA	: ブラジル環境・再生自然資源局 Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources <i>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis</i>
IBDF	: ブラジル森林開発院 Brazilian Forest Development Institute (current IBAMA) <i>Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal</i>
IBGE	: ブラジル地理・統計院 Brazilian Institute of Geography and Statistic <i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
IPARDES	: パナラ州社会経済開発院 Economic and Social Development Institute of the State of Parana <i>Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico Social</i>
JICA	: 日本国国際協力事業団 Japan International Cooperation Agency <i>Agência de Cooperação Internacional do Japão</i>
MERCOSUL	: ブラジル・アルゼンチン・ウルグアイ・パラグアイ地域南部共同市場 South Common Market in Brazil, Argentina, Uruguay and Paraguay <i>Mercado do Cone Sul</i>
MINEROPAR	: パナラ州鉱山公社 Parana State Mineral Company <i>Minerais do Paraná S/A</i>

PROSAM	:クリチーバ首都圏環境衛生プロジェクト Environmental Sanitation Program for Curitiba Metropolitan Region <i>Programa de Saneamento Ambiental de Região Metropolitana de Curitiba</i>
SANEPAR	:パナラ州上下水道公社 Sanitation Company of the State of Parana <i>Companhia de Saneamento do Paraná</i>
SEAB	:農業供給局 State Secretariat of Agriculture and Supply <i>Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento</i>
SEDU	:都市開発局 State Secretariat of Urban Development <i>Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano</i>
SEFA	:財務局 State Secretariat of Treasury <i>Secretaria de Estado da Fazenda</i>
SEID	:商工業経済開発局 State Secretariat for Industry, Commerce and Economic Development <i>Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e do Desenvolvimento Econômico</i>
SEMA	:環境局 State Secretariat of Environment <i>Secretaria de Estado do Meio Ambiente</i>
SEPL	:企画調整局 State Secretariat of Planning and General Coordination <i>Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral</i>
SETR	:運輸局 State Secretariat of Transport <i>Secretaria de Estado dos Transportes</i>
SIMEPAR	:パラナ州気象観測機構 Meteorological System of Parana <i>Sistema Meteorológico do Paraná</i>
SETI	:科学・技術及び高等教育局 State Secretariat of Science, Technology and Higher Education <i>Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior</i>
SUCEAM	:土壌侵食及び環境衛生管理局 Superintendency of Erosion Control and Environmental Sanitation <i>Superintendência do Controle de Erosão e Saneamento Ambiental</i>
SUREHMA	:水資源・環境管理局 Superintendency of Water Resources and Environmental <i>Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente</i>

UEL

:ロンドリーナ大学  
State University of Londrina  
*Universidade Estadual de Londrina*

UNDP

:国連開発プログラム  
United Nation Development Program  
*Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento*

## 第1章 まえがき

パラナ州はブラジル南部に位置し、その面積は約20万km<sup>2</sup>であり、人口は約850万人を有している。パラナ州の産業は従来農業が中心であったが、州政府の積極的な工業化政策により近年農産工業、化学工業、紙パルプ工業などが都市周辺を中心に発達してきている。これにともない人口の都市集中も著しく、州都クリチバ、ロンドリーナ、マリンガ、カスカベル、ポンタグロッサなどの主要都市を中心に生活用水、工業用水の不足が深刻となっている。また、都市周辺の生活排水、各種工業の排水による河川水質の汚染、広大な台地における土壌侵食に起因する濁度の増大などが生じている。さらに森林や河岸植物の減少により、魚類を中心とする生態系の破壊が進行し、一部河川流域には大きな洪水被害が発生している。

パラナ州の地形は殆どがなだらかな丘陵地または台地状を成しており、河川はこれ等を侵食して低い位置を流れている。主要都市や農地は、一般に台地上に分布しているため、水源は大河川の上流部の支流や、地下水とならざるを得ず、降雨量には比較的恵まれているが、各水利用分野間の競合が生じ始めている。

上記の状況を背景に、パラナ州政府は2015年を目標年とする各水利用分野にわたる総合的な、水資源開発計画を立案するとともに、洪水防禦、河川の水質改善、土壌侵食防止、生態系保全などについて長期計画を立案する必要に迫られている。

このような状況の下でブラジル国政府は、1993年8月、日本政府に対して本調査の実施を要請し、これを受けて、同年10月国際協力事業団より事前調査団が派遣され、1994年3月には本調査が開始された。

本調査は、単に水利用についてのみならず、水に係わる洪水、河川水質、土壌侵食、生態系などの環境要素(利水を含めたこれ等を総称して水環境という)について、長期的な改善計画を立案するものである。

本調査は、パラナ州全域を対象に次の段階に従って実施された。

- 第1段階：水環境改善に関する方法論の策定
- 第2段階：パラナ州全域を対象とする水環境改善計画に関するストラテジーの立案及びパイロット流域の選定
- 第3段階：パイロット流域についての水環境改善マスタープランの策定

なお、これ等の調査実施の過程において、ブラジル側に対して、日本側より様々な形で技術移転が行われた。



## 第2章 水環境管理の概念

### (1) 水環境管理の枠組み

この調査に置いて水環境管理を図2-1に示す概念でとらえることとする。水環境は図2-1に示すように①水文循環-流域システムと②人間活動-生態系システムの2つの相互に関連し合うシステムから成っている。①は、量、質、時間、場所の諸量を有する表流水と地下水の総合システムであり、②は、人間活動と水に係わる生態系が相互に関連する領域である。また、この調査における水環境は、(a)表流水及び地下水の水利用(生活用水、工業用水、農業用水の供給、発電水力、内陸水運、養魚) (b)治水・都市排水 及び (c)水質、土壌侵食、生態系などの環境保全の各要素から成っている。

図2-1にも示すようにこれ等の要素を示すサークルは互いに交錯しており、社会経済活動の増大につれて交わりの程度は大きくなるものと思われる。

以下の章には各サークルを構成する各要素について分野別に調査内容を記述してあるが、これ等は実際には図2-1に示すように相互に複雑に影響し合っている。

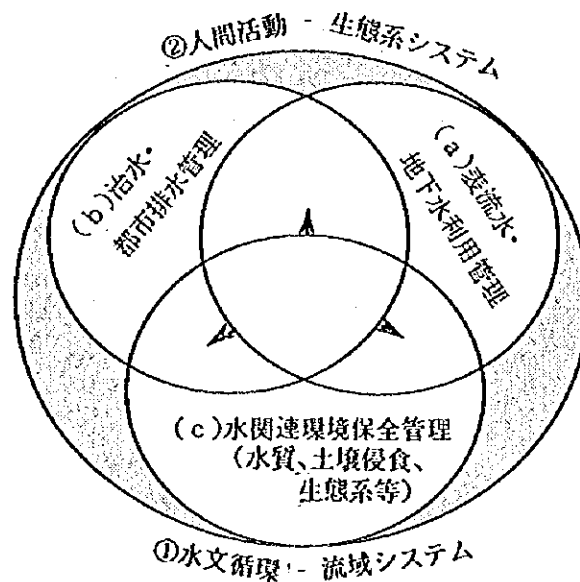


図 2-1 水環境管理の枠組み

## (2) 水環境管理

水環境管理は、次の要素について総合的に管理することでありこれ等の相互関係は図2-2に示すとおりとなる。

- ①全地球的水文循環システム(表流水及び地下水)
- ②計画及び管理のための基準、ガイドライン及びモデル
- ③水利用や環境保全のためのプロジェクト管理
- ④総合的な組織及び法制度
- ⑤表流水及び地下水資源の利用
- ⑥表流水及び地下水システムのモニタリング

水環境の総合的管理を実施するためには組織法制の枠組みを設定することが非常に重要である。また、水環境のモニタリングとデータの関連システムへのフィードバックも非常に重要である。

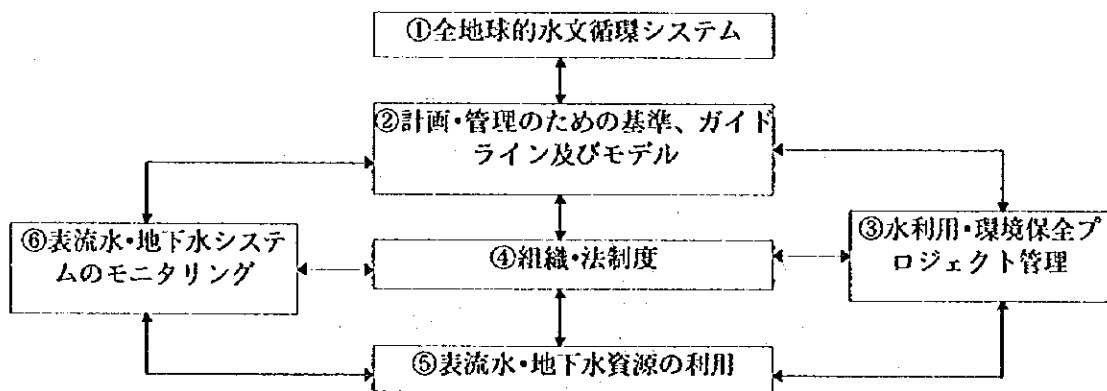


図 2-2 総合的水環境管理の概念

### 第3章 自然条件

#### (1) 位置

パラナ州(Estado do Paraná)は、ブラジル国の南部に位置し、南緯 22° 31' から 26° 43'、東経 48° 05' から 54° 37' の範囲にある東西方向 647Km・南北 486Km で面積 199,554Km<sup>2</sup>の州である。パラナ州は、北部でサンパウロ州に、北西部で南マットグロッソ州に、南部でサンタカタリナ州に、西部でパラグアイ・アルゼンチンの2ヶ国に接し、東部は大西洋に面している。州の北部ではパラナパネマ川が、西部では大河パラナ川が境界となっている。大西洋に面した範囲は、東部の約 98Km の区間でパラナ湾があるが、これは南部ブラジル地域の最も重要な湾の一つであり、パラナグア港・アントニーナ港がここにある(付図:調査対象地域参照)

#### (2) 地形及び地質

パラナ州の地形の構成は、海岸山脈の山岳地帯と、これより東側の狭い海岸平野及び西側の内陸部からなる。内陸部は、東から西の方向に広がる三つの連続する高原地帯(標高 1,000m~300m)からなり、地形勾配は非常に緩やかである。パラナ州の最高峰は、海岸山脈の中のパラナ岳で標高は 1,922m である(図 3-1 参照)。

海岸沿いの細長い平野は、主に沖積平野である。海岸山脈の山岳地帯は、主に結晶性岩類により構成されている。第一の高原は(クリチーバ地方)は、浸食により崩壊した結晶性岩類の層により構成されている。第二の高原(ポントグロッサ地方)は、堆積岩・成層岩・石灰岩により構成されている。州全体の 2/3 を占める第三の高原(ガラパバ地方)は、火山岩を起源とする土壌からなっており、特に、北部・西部・南部地域の「紫色土」と呼ばれる土が特徴的である。北西地域の土は、堆積岩を起源とする砂質土が主である。

パラナ州の河川は 11 の主要河川からなり、そのほとんどが州の北部で州境となっているパラナパネマ川及び西部で一部パラグアイ国との国境となっているパラナ川に注いでいる。パラナパネマ川及びパラナ川に流入する河川は、イタラレ川・シンザス川・チバジ川・ピラポ川・イバイ川・ピキリ川・イグアス川の 7 河川で、いずれも内陸側へ流下している。パラナ川を経ないで大西洋に流出する川は、海岸山脈の東部の大西洋に面したリトラネア川とリベイラ川の 2 河川のみである。地勢と同様に、河川勾配は海岸地域を除き非常に緩い。

#### (3) 気象及び水文

パラナ州の平均気温は 16°C~22°C であり、最も低くなるのが 6 月~7 月で 11°C~18°C、最も高くなるのが 1 月~2 月で 20°C~25°C であり、日本の全く逆となる。パラナ州の降雨は、リトラネア地方と北部地方は、夏場(12 月~2 月)に多く、冬場(6 月~8 月)に少ない傾向にある。南部地域では、5 月及び 10 月に雨が多い傾向はあるが、雨期・乾期と称するような季節差は見られない。年降雨量が最も多いのは、海岸山脈の東側の大西洋に面した地域で、1,500mm/年~2,500mm/年以上の降雨がある。海岸山脈の西側のクリチーバを含む地域では、最も降雨量が少なく 1,400mm/年となっているが、ほとんどの地域はそれ以上であり、南西地方では 2 番目に高く、2,000mm/年に達し、東部及び北部へ行くに従って減少し、それぞれ 1,400mm 及び 1,500mm/年となっている。

パラナ州には(2)で述べたように 11 の主要河川があるが、年降雨量と年流出量より推定した流出率は、リトラネア地方を除き 30%から 50%となっており、平均値は 41%である。また、月平均比流量は、リトラネア地方を除き 1.5m<sup>3</sup>/sec/100Km<sup>2</sup>から 3.0m<sup>3</sup>/sec/100Km<sup>2</sup>に変化している。リトラネア地方は急峻な海岸地方の地形条件を反映して流出率は 70~80%、比流量は 2.6~12.3m<sup>3</sup>/sec/100Km<sup>2</sup>となっている。



#### (4) 土地利用

IAP及びSANEPARの実施した衛星画像解析に基づく主要な土地利用は、①農地(37.6%)、②二次的植生地(ブッシュ)(26.0%)、③牧草地(23.1%)、④森林(9.0%)、⑤植林(3.2%)となっている。

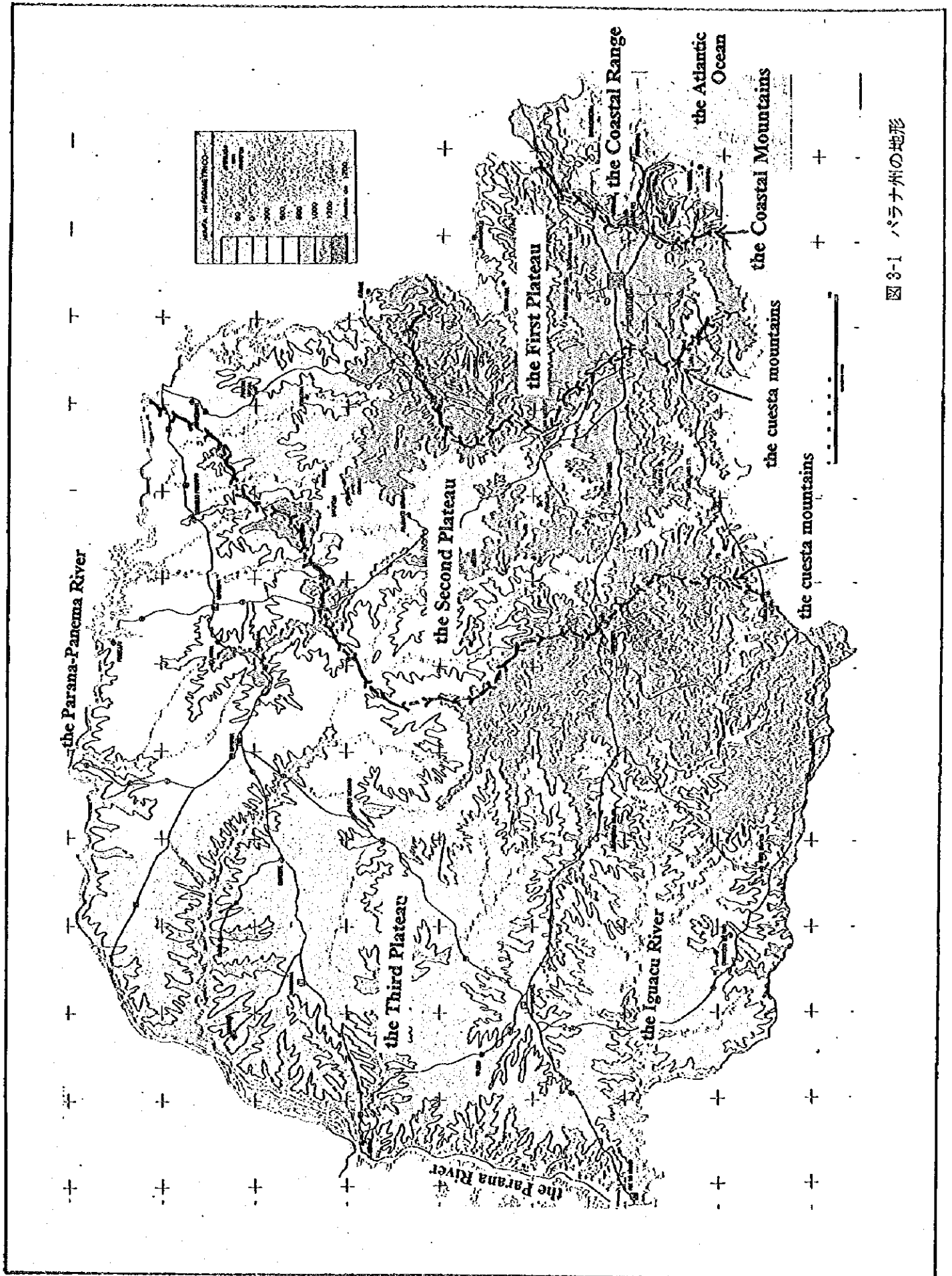


図 3-1 パラナ州の地形



## 第4章 社会経済の現況と将来

### (1) 行政機構

ブラジル連邦共和国は、26の州と1つの連邦区とから成っており、パラナ州はその1つである。各州はそれぞれの州政府を有し、連邦政府に対して独立性が強く、地方分権化が進んでいる。パラナ州は、州知事のもとに20の局があり州全体の行政を司っている。パラナ州は、1993年時点で371の地方自治体（市町村）に分割されており、各地方自治体にそれぞれ市長を長とする行政機関がある。また、地方自治体は、市当局の制定する都市域境界線により都市部と村落部に分かれている。この他に、行政区分ではないが州全体が地方自治体の区分をベースに、24のマイクロリージョン（MRH）と呼ばれる社会経済的にほぼ均質な地域に分割されており、社会経済の統計企画の単位となっている。

### (2) 人口

1991年の国勢調査によるパラナ州の総人口は、8,450,000となっており、1970年から1991年までの人口増加率はほぼ一様で0.95%となっている。この値は、ブラジル全土の人口増加率2.12%と較べるとかなり小さい値である。しかし、同時期の都市部における人口増加率が4.41%であるのに対し、村落部の人口増加率は-3.17%となっており、都市部への著しい人口集中を物語っている。1970年代より都市部の人口比率は増加の一途をたどり、1991年における都市部と村落部との人口比率は、73%及び27%となっている。

将来の人口は、IPARDES及び調査団により表4-1及び表4-2に示すように推定されており、本調査ではこれを用いることとする。

表 4-1 パラナ州全体将来人口予測 (単位:千人)

項目	1993年	2005年	2015年	伸び率	
	①	②	③	②÷①	③÷①
都市部人口	6,430 (75%)	8,350 (84%)	9,970 (90%)	1.29	1.55
村落部人口	2,150 (25%)	1,560 (16%)	1,160 (10%)	0.73	0.54
合計	8,570(100%)	9,910(100%)	11,130(100%)	1.15	1.29
人口 都市部		2.6	1.8		
増加率 村落部		-3.2	-2.9		
(%/年) 合計		1.2	1.2		

表 4-2 主要都市将来人口予測 (単位:千人)

都市名	1993年	2005年	2015年	伸び率	
	①	②	③	②÷①	③÷①
クリチーバ	1,338	1,546	1,717	1.16	1.28
ロンドリーナ	381	488	580	1.28	1.52
ポントグロッサ	227	270	307	1.19	1.35
フォスドイグアス	204	354	479	1.74	2.35
カスカベル	186	250	303	1.34	1.63

### (3) 国民経済

#### <産業構造>

1989年の国内総生産(Gross Domestic Production:GDP)に占める第一次産業(農業、牧畜、漁業)、第二次産業(工業)及び第三次産業(商業・サービス業)の占める割合は、それぞれ14%、26%及び

60%となっている。パラナ州の農業生産のブラジル全体に対する比率は非常に高く、ブラジル全体の農業分野のGDPの20%を占めている。特に、綿花、大豆、とうもろこし及び小麦は、ブラジルで第一位の生産高を誇っており、農業は、パラナ州では依然として主要な産業となっている。また、工業は、食品、繊維、製紙、家具、非金属鉱物などの諸工業が中心となっており、今後も成長が期待される分野と思われる。

<国内総生産>

パラナ州のGDP及び一人当たりGDPの1980年から1991年までの成長率は、それぞれ4.7%および3.7%となっており、1991年の一人当たりGDPは約US\$3,000に達している。また、各分野毎の1980年から1989年までの成長率は、第一次産業、第二次産業、第三次産業について、それぞれ2.1%、4.8%および7.6%となっている。2015年までのGDPの成長率は、過去の傾向およびELETROBAS/COPELの調査結果を考慮して5%と推定した。また、第一次産業、第二次産業、第三次産業の成長率はそれぞれ1.7%、5.4%および5.3%と仮定した。この結果一人当たりのGDPの成長率は、3.8%となる。GDPおよび一人当たりGDPの予測は表4-3に示すとおりである。

表 4-3 GDPおよび一人当たりGDP予測

年	第一次産業 GDP		第二次産業 GDP		第三次産業 GDP		GDP合計		一人当たり GDP US\$
	10 <sup>6</sup> US\$	%	10 <sup>6</sup> US\$	%	10 <sup>6</sup> US\$	%	10 <sup>6</sup> US\$	%	
1993年	3,149	(11)	9,295	(33)	15,367	(56)	27,811	(100)	3,240
2005年	3,831	(8)	17,446	(35)	28,668	(57)	49,945	(100)	5,040
2015年	4,874	(6)	29,110	(36)	47,370	(58)	81,354	(100)	7,310

(4) 公共投資

1988年から1993年までのGDP、歳入、歳出および公共投資の実績は、表4-4に示すとおりである。歳出とGDPの比を6%、公共投資と歳出の比を7%と仮定して、2005年および2015年の公共投資額を推計すると表4-4に示すとおりとなる。1995年から2015年までの累計公共投資額を、表4-4より推計すると約4,400 x 10<sup>6</sup>US\$となる。

表 4-4 GDPと財政支出

項目	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	2005年	2015年
GDP (10 <sup>6</sup> US\$)	25,352	25,619	24,286	25,225	26,486	27,811	49,945	81,354
歳入 (10 <sup>6</sup> US\$)	1,625	1,533	1,859	1,637	1,609	1,744	2,997	4,881
歳出 (10 <sup>6</sup> US\$)	1,991	2,079	1,787	1,637	1,566	1,586	2,997	4,881
公共投資 (10 <sup>6</sup> US\$)	28.7	27.2	38.8	128.8	117.2	92.5	209.8	341.7
歳出/GDP (%)	7.9	8.1	7.4	6.5	5.9	5.7	6.0	6.0
公共投資/歳出 (%)	1.4	1.3	2.2	7.9	7.5	5.8	7.0	7.0

## 第5章 水環境の現況と将来

### 5.1 生活用水

パラナ州の生活用水はその大部分(自治体数の 85%及び人口の 92%)が S A N E P A R によって供給されている。生活用水は、個人が消費する家庭用水と商業施設や公共施設において消費される非家庭用水とに区分される。S A N E P A R の消費水量データにより現在の人口一人当たりの消費水量を推定すると表 5-1 に示すとおりとなる。単位消費水量は都市部と村落部で異なり、同じ都市部でも、所得水準によって異なっている。目標年における単位使用水量は、所得水準の向上にともなう単位消費水量の増加を考慮して表 5-1 に示すように仮定した。目標年における単位消費水量および予測人口より、生活水の需要量を推定した。

表 5-1 生活水の単位消費水量 (l/人・日)

種別	1993年		2005年		2015年	
	都市部	村落部	都市部	村落部	都市部	村落部
家庭用水	90	70	115	75	140	80
非家庭用水	25	0	30	0	40	0
計	115	70	145	75	180	80

(注) 村落部の単位使用水量は、都市部の最も少ない単位消費水量と同等と仮定した。

### 5.2 工業用水

現在パラナ州には約 26,000 の工場がある。工業用水としては S E N E P A R による水道水の供給を受ける場合と井戸等により独自に取水している場合とがある。総使用水量は、474,000m<sup>3</sup>/日と推定されるが、そのうち 900 の大消費者によって 400,000m<sup>3</sup>/日が消費されている。

現在の工業水の単位使用水量については、信頼できるデータが少なかったが、S A N E P A R、I A P 及び S E I D のデータを総合して 1993 年における付加価値額(Value Added)US\$1,000 当たりの使用水量を推定し、これに工業水のリサイクル率の増加を考慮して目標年の単位使用水量を表 5-2 に示すように推定した。目標年における単位付加価値額当たりの使用水量と第二次産業(工業)における GDP(付加価値額)の推定値より工業水の需要を推定した。

表 5-2 工業水の単位消費水量

	1993年	2005年	2015年
リサイクル率増加分 (%)	0.0	19.0	37.5
単位消費水量 m <sup>3</sup> /日・US\$1000V. A	0.059	0.048	0.037

### 5.3 農業用水

農業用水としては、灌漑用水、牧畜用水、養魚用水が考えられる。灌漑用水については、11 の主要作物(綿花、水稲、陸稲、じゃがいも、コーヒー、砂糖キビ、豆類、キャッサバ、とうもろこし、大豆、小麦)について、必要水量が降雨量によってほぼまかなわれることが分かったので、水需要は殆ど無視出来るものと思われる。

代表的な牧畜は、牛、豚、鶏である。1993 年の頭数はそれぞれ 2,815,000、9,736,000、60,744,000 である。これ等の家畜について、単位消費水量を表 5-3 に示すように推定した。牛については、必要水量の内、1 日に摂取する牧草などに含まれる水分を差し引き、実際の水需要は必要水量の 1/3 と考えた。牧畜の目標年数における頭数は I B G E の過去 20 年の増加傾向より推定し、

水需要はこれに単位消費水量を乗ずることにより推定した。

表 5-3 家畜の単位消費水量

家畜	平均体重 (kg)	総消費量 (l/頭/日)	実際の水需要量 (l/頭/日)
豚	40	4.0	4.0
牛	300	30.0	10.0
鶏	2	0.2	0.2

(注)総消費量は飼料から摂取される水分も含む。

養魚の主なものは、鯉とテラピアである。1993年における養魚池の面積は約3,800haと推定され、平均的生産高は約1.5t/haである。養魚池における単位消費水量は、降雨量と蒸発量を考慮して水深1mm/日と仮定した。養魚池の伸び率は、第一次産業(農業)分野のGDP成長率にはほぼ等しく、約2%とした。目標年における養魚池面積と単位消費水量より水需要を推定した。

#### 5.4 水需要

生活用水、工業用水および農業用水の目標年における需要は表5-4に示すとおりである。

表 5-4 水需要量予測

単位: 上段 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/日

下段 m<sup>3</sup>/秒

目標年	生活用水		工業用水		農業用水		合計	
1993年	899	(1.00)	476	(1.00)	158	(1.00)	1,533	(1.00)
	10.4		5.5		1.8		17.7	
2005年	1,338	(1.49)	724	(1.52)	198	(1.25)	2,260	(1.41)
	15.5		8.4		2.3		26.2	
2015年	1,902	(2.12)	935	(1.96)	229	(1.45)	3,066	(2.00)
	22.0		10.8		2.6		35.4	
	(62%)		(31%)		(7%)		(100%)	

(注) ( ) は比率又は%を示す

#### 5.5 水力発電

ブラジルの電力系統は、4つの主要系統(北部、北東部、南東部、南部)から成っており、Eletrobras という電力公社が、国全体の電力政策を統括している。Eletrosul は Eletrobras の下にある4つの公社の一つであり、パラナ州、サンタカタリナ州、リオグランデスル州及びマットグロッソスル州にまたがる南部系統を運営している。パラナ州の発電および配電は州の電力公社COPELによって行なわれている。パラナ州の電力系統は南部および南東部系統に連結されているので、パラナ州の発電量はパラナ州の電力需要のみによって決まるのではなく、連結されている電力系統の需要によって決定される。

パラナ州内には現在、COPEL、Eletrosul などの所有する13の水力発電所が稼働しており発電能力は、5,733MWに達している。

Eletrobras の発電長期計画に基づく電力需要は、南部および南東系統ならびに全ブラジルについて表5-5に示すように推定されている。

表 5-5 電力需要予測

地域	電力量(TWh)			ピーク電力(GW)		
	実績	計画		実績	計画	
	1992年	2205年	2015年	1992年	2205年	2015年
南部/南東部系統	176.5	319.0	444.3	28.8	48.6	67.6
全ブラジル	224.0	430.6	631.3	36.6	65.5	96.1

パラナ州における水力発電のための水需要は表5-6に示すように推定される。しかし、発電水力用の水需要は生活用水、工業用水、農業用水などの水需要と異なる性格を持っている。発電用の水は単にタービンを通すのみで消費されることはない。したがって、下流の水利用に与える影響は比較的少ない。

表 5-6 水力発電用水需要 (2015年)

	設備容量 (MW)	保証電力量 (GWh)	水需要 (m <sup>3</sup> /秒)
既設発電所	5,773	22,900	3,190
計画発電所	3,095	13,627	-
合計	8,868	36,527	-

(注) パラナ川に計画中の Ilha Grande 発電所を除く。

- : データ未整備

## 5.6 内陸水運

内陸水運に従事する会社は、かつては約30あったとされるが、鉄道や道路など他の交通機関の発達にともない次第に減少し、現在ではパラナ川やパラナパネマ川で数社が、農作物や車輛などを運搬しているに過ぎない。

SETRは、イバイ川およびチバジ川における航路について、それぞれ1985年および1991年に調査を行っている。(図5-1参照)

### 1) パラナ川-イバイ川航路(ドットルカマルゴ-パラナ川間)

このルートは、イバイ川河口からドットルカマルゴ市までの237kmの航路を新設して、シアノルテからドットルカマルゴを経由して、マリンガに至る既存の鉄道(PR-323)と連結するもので、航行に必要な水深を保つために、イバイ川にロック設備を有するトレスフィガレスダム(水力発電用)を建設することを前提としている。

### 2) チバジ川-パラナパネマ川航路(ジャタイジニョ-パラナ川間)

この航路は、パラナ川とパラナパネマ川との合流点から既存のキャピバラダムの貯水池を通り、チバジ川ジャタイジニョおよび新設のカノアス1ダムへゆく航路である。航路長は、合流点よりカノアス1ダムまでが217km、チバジ川航路が75kmである。この航路は、既存の3ダム(ロサナダム、タクアルクダム、キャピバラダム)にロック設備を新設することを前提としている。

総工事費は、前者のプロジェクトで1983年の物価レベルでUS\$250×10<sup>5</sup>、後者のプロジェクトで1991年の物価レベルでUS\$250×10<sup>5</sup>と見積もられている。

これ等のプロジェクトは、ロック設備を有するトレスフィガレスダムの新設、既存の3ダムへのロック設備の新設が前提となっている。また、トレスフィガレスダムは、COPELによって2005~2009年に建設が予定されている発電用ダムである。これ等の施設の建設には今後長期間を必要とするので、この間に内陸水運をめぐる周辺の交通環境も著しく変化するものと思われ、将来フィービリティ・スタディの見直しをすべきものと思われる。将来これ等のプロ



プロジェクトが実現したとしても、水の消費という点に関しては殆ど影響がない。ただ、このプロジェクトに含まれるダムや貯水池の建設は、生態系、土砂の堆積・洗掘、洪水その他の水環境に影響するので、事前に十分な環境アセスメントが必要になると思われる。

## 5.7 洪水

1931年以降現在までに発生した大洪水の発生年は、1983、1992および1995年と考えられる。1983年洪水および1992年洪水およびその他の洪水において発生した被害を調査した結果、パラナ州における洪水被害の発生し易い地域は図5-2に示すように、イグアス川流域に多く、又その被害の程度は表5-7に示すとおりと推定される。

表 5-7 洪水被害地域と被害程度

流域	地域	被害程度 <sup>(1)</sup>
イグアス川	全流域	4
	リジョン1:クリチーバ首都圏	4
	リジョン2:ポルトアマゾネス、サンマテウスドスル	4
	リジョン3:レボウカス、グアラプアバ、イラティ <sup>(2)</sup>	2
	リジョン4:ウニオンダビトリア、ポルトウニオン <sup>(3)</sup> 、 ポルトビトリア	5
	リジョン5:ヒオネグロ、マフラ <sup>(3)</sup>	5
	リジョン8:カパネマ	2
	リジョン6:フォスドイグアス、デルエステ市 <sup>(4)</sup>	3
パラナ川	イタイプダム上流	2
海岸地方	リジョン7:モレテス	3
イバイ川	全流域	1
チバジ川	全流域	1
その他	全流域	1

(注) (1) 被害程度 5:甚大、4:大、3:中、2:小、1:無

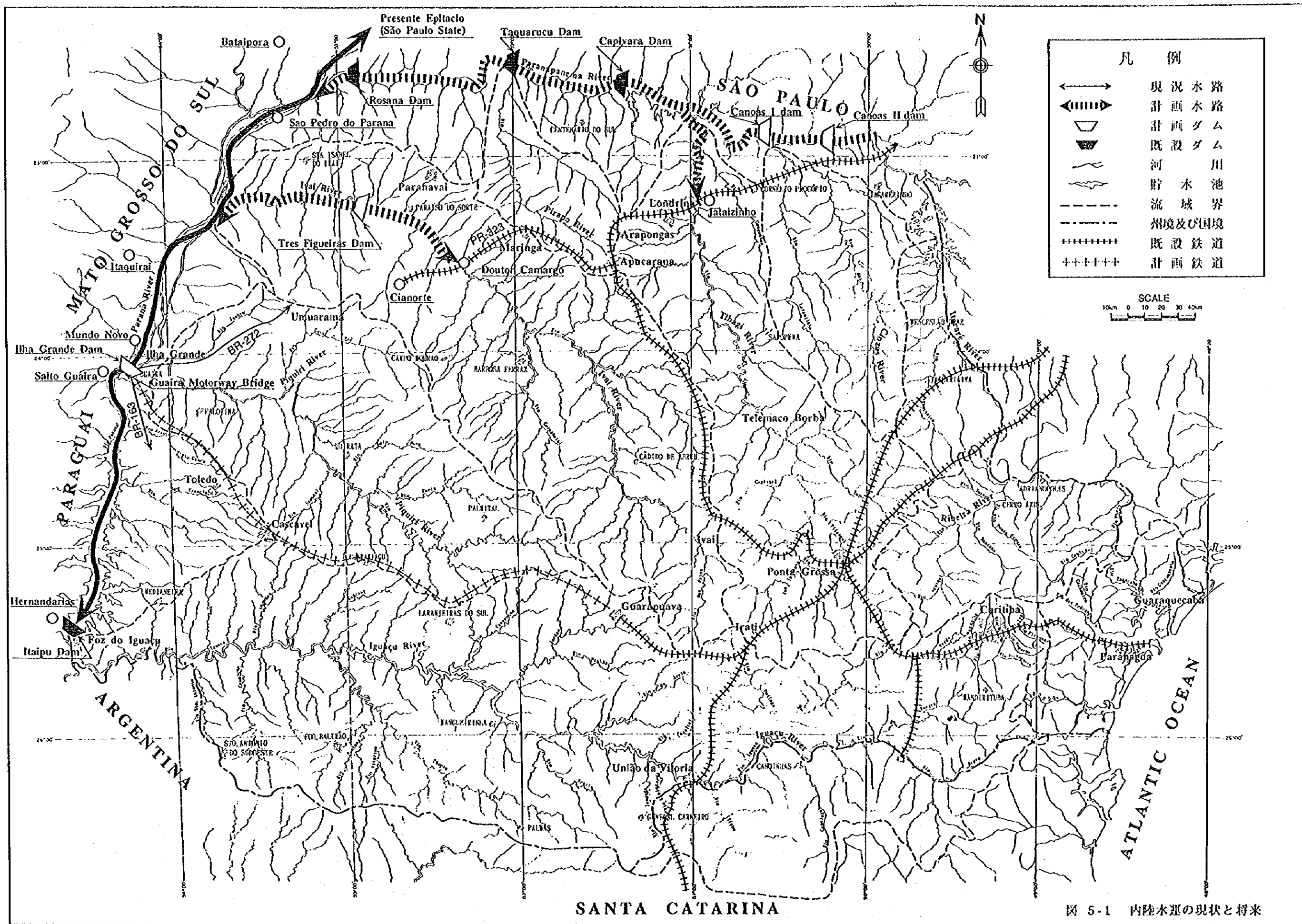
(2) チバジ川

(3) サンタカタリナ州

(4) パラグアイ

特に、被害の大きい地域はイグアス川流域のウニオンダビトリア地域(リジョン4)およびクリチーバ首都圏地域(リジョン1)である。前者の洪水被害額は、1982年洪水でUS\$10×10<sup>6</sup>、1983年洪水でUS\$78×10<sup>6</sup>、後者の洪水被害額は、1993年洪水でUS\$20×10<sup>6</sup>、1995年洪水でUS\$44×10<sup>6</sup>と推定される。





凡 例

	現況水路
	計画水路
	計画ダム
	既設ダム
	河川
	貯水池
	流域界
	州境及び国境
	既設鉄道
	計画鉄道

SCALE  
10km 0 10 20 30 40km

図 5-1 内陸水運の現状と将来

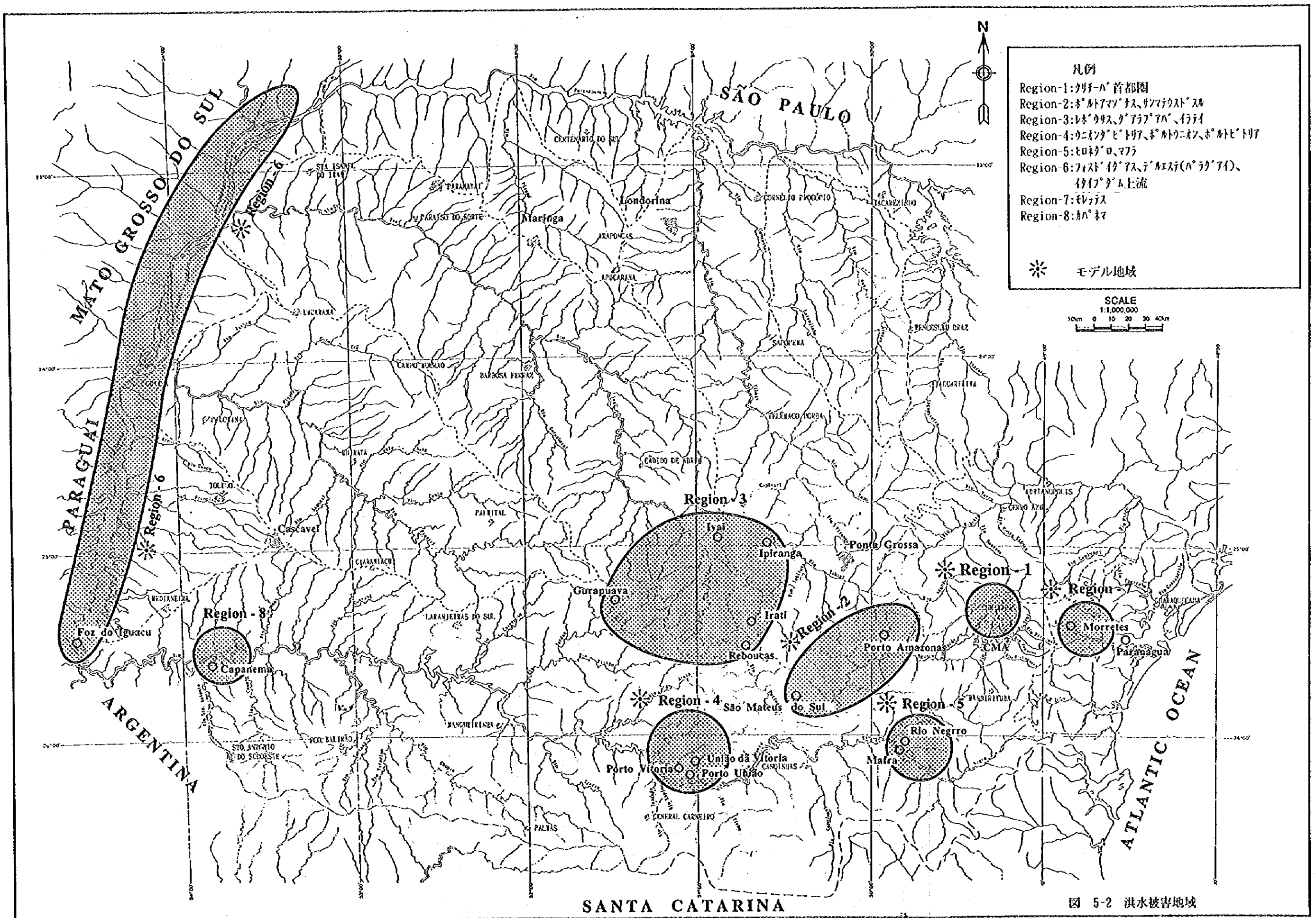


図 5-2 洪水被害地域



## 5.8 水質及び下水道

パラナ州の主要河川の水質は、1970年よりSUREHMAによって観測されており、1986年にSUREHMAが廃止された後は、IAPにより観測が継続されている。IAPは、州内に設置された151の水質観測所について、1982年から1993年までの水質データをとりまとめている。観測項目は、BOD、DO、T-N、T-P、濁度、蒸発残留物、pH及び水温の9項目である。

ブラジルの水質基準は、CONAMAによって定められており、各クラスの水質は8つの水質項目で規定されているが、BODで示せば次の通りである。

クラス1<3 mg/l、クラス2<5 mg/l、クラス3<10 mg/l、クラス4>10 mg/l

河川および流域毎の目標水質クラスは、所管区分に従ってCONAMA又はSUREHMAによって定められている。全般的な水質目標はクラス2となっており、公共上水道の取水源や公園地域、その他特定河川については、クラス1、クリチーバ、ロンドリーナ、マリंगा、ポンダグロッサなどの大都市周辺の特に汚染の進んでいる河川については、クラス3としている。この他に、海岸山脈地域の特に水質の良い河川については、スペシャルクラスとしている。

現状におけるパラナ州の主要河川の水質は、ほぼクラス1に属しており、部分的にクラス2のところがある。ただし、クリチーバ市内及び周辺河川は例外で、汚染が進行しており、市内を流れるベレン川、バリギ川、イグアス川最上流部はクラス4以上となっている。

1990年のSANEPAR資料によると、下水管渠の全国人口に対する普及率は27.8%、そのうち下水処理施設の普及率は15.4%となっており、クリチーバ市については、それぞれ41.7%および15.6%となっている。工場排水については、IAPの資料によると有機汚濁排水の著しい492の工場について、IAPが処理レベルを定めて操業の許可を与えている。492の工場の、工場排水におけるBOD除去率はかなり高く、全体の平均値は97%に達しているが、放流水のBODは50~850と、日本の工場排水の公共水域に対する放流基準(BOD 160)に比較してかなり高い値を示している。

汚濁負荷として、生活系排水、工場排水、家畜排水、自然汚濁負荷を考慮して、2015年の社会・経済環境における河川の水質を予測した。ただし、州境をなすパラナ川とパラナパネマ川は予測から除外した。この場合、下水道施設は現状のままとし、2015年までの人口増加、工業生産の増加、家畜頭数の増加による汚濁負荷の増加を考慮している。流域毎の汚濁解析を行った結果、現状でクラス1~2に属する河川水質は、2015年までにクラス2~4と大幅に悪化することが予測された。2015年においてCONAMA基準のクラス2をほぼ満足する河川は、9河川のうちイタラレ川、ピキリ川、リトラネア川の3河川にすぎず、他の6河川流域については、下水道整備による汚濁負荷の削減が必要となる。

## 5.9 土壌侵食

パラナ州では土壌侵食が著しく、農業においては、土壌肥沃度の減少にともなう生産性の低下、化学肥料の多量の投入、生産性低下によって農地を放棄した農民の都市集中などが生じ、河川においては、流下土砂の増大、生態系の破壊、水質汚濁が進行している。各河川流域について、USLE式を用いて土壌侵食量を推定すると、表5-8に示すとおりとなる。USLE式は、降雨の侵食度、土壌の侵食度、土地の傾斜および斜面長、被覆植生、保全状況などを要素として、単位面積当たりの年間の土壌侵食量を計算するものである。

また、各河川に設けられた水文観測所では、浮遊土砂と河川流量を観測しており、これ等のデータに基づき、各流域から流出する浮遊土砂量を推定すると、表5-8に示すとおりとなる。浮遊土砂量と土壌侵食量とを比べることにより、各流域毎の浮遊土砂流出率を求めた。

表5-8より、土壌侵食の著しい流域は、シンザス川、イバイ川およびリベイラ川であり、比較的小さい流域は、イタラレ川である。なお、海岸地方のリトラネア川流域は土壌侵食量が小さ

いので検討の対象から外した。土壤侵食量の許容値は、対象とする面積により異なり 10km<sup>2</sup>以上から耕区サイズに対して 2 t/ha/年～25 t/ha/年とされている。これに対して表 5-8 に示す土壤侵食量は非常に大きく、流域平均値は、28 t/ha/年となっており、今後何らかの対策が必要と思われる。

表 5-8 土壤侵食量および浮遊土砂量

流域	流域面積 (km <sup>2</sup> )	土壤侵食量		浮遊土砂量		土砂流出率 ②÷①
		①総侵食量 (1000t/年)	侵食量 (t/ha/年)	②総流出土砂量 (1000t/年)	流出土砂量 (t/Km <sup>2</sup> /年)	
シンザス	9,291	33,066	36	780	84	0.024
イグアス	55,318	154,804	28	996	18	0.006
イタラレ	5,198	2,439	5	504	97	0.207
イバイ	35,879	115,309	32	4,915	137	0.043
ピキリ	24,708	66,328	27	2,619	106	0.039
ピラポ	5,006	9,387	19	345	69	0.037
リベイラ	9,129	27,471	30	520	57	0.019
チバジ	24,635	58,568	24	764	31	0.013
計(平均)	169,164	467,372	(28)	11,439	(68)	(0.024)

## 5.10 生態系

主要な 11 河川流域における生態系の現状について、つぎの項目を調査した。

- 1) 植物相 : 森林、植林、貴重種、保全地区
- 2) 陸生動物相 : 哺乳類、爬虫類、鳥類、昆虫類
- 3) 水生生物相 : 魚類、固有種、外来種、貴重種
- 4) 底生生物 : 無脊椎動物
- 5) 水辺生息地 : 低平地、マングローブ地域、沼沢地

これ等の調査の結果、生態系の現状について次のような問題が見出された。

- 1) 1940 年以前には国土の 83% の自然林が存在したが、現在では 5% しか残っておらず、2000 年までには 2.5% に減少するとされている。
- 2) イグアス川流域の植物相は荒廃が進み、イバイ川では森林は殆ど残っていない。チバジ川流域では植物相は二次的植生にとって変わられている。また、ピキリ川の植物相は、変状著しく復旧は困難である。
- 3) 陸生動物相が保存されているのは、植生被覆の良い所で、海岸地方地域がそれに該当する。
- 4) パラナ州の哺乳類のうち 12.5% はレッドリストに載っていると思われる。また、17 種の爬虫類、15 種の蝶、117 種の鳥がレッドリストに含まれている。
- 5) イグアス川、パラナ川、チバジ川について広汎な魚類の調査が行われた。イグアス川で発見された固有種の数が多い。しかし、流路の約 50% が水力発電用の貯水池となっており、従来の急流を緩流へと変え魚類の自然の住環境を阻害している。また、ダムにより本流および支流への遡上が妨げられている。
- 6) パラナパネマ川の漁獲の減少は、河岸植物の減少、農業汚染、乱獲が原因と思われる。
- 7) 水辺に居住する水鳥は 28 の科に属する 156 種がいるが、人間活動や環境の悪化により、植物の減少、保護林の消滅、農業汚染、昆虫の減少が起り、このため減少している。

- 8) 河川沿いの低平地は、農業生産のために農地に転用されている。また、グアラツバ、パラナガ、アントニーナのマングローブ林は、港湾施設の拡大のためその範囲を狭められている。

これ等の問題点を解決し、生態系を保全するための対策が必要である。

#### 5.11 森林

IAPの衛星画像解析に基づいたSANEARのGIS計算の結果によると、自然林および植林の比率は、州面積のそれぞれ9%(17,800km<sup>2</sup>)および3.2%(6,300km<sup>2</sup>)となっている。

連邦政府は、1987年まで植林を促進し、1966年から1987年までの間に約9,600km<sup>2</sup>の植林を行っている。特に、ポントグロッサ、クリチーバ、パラナガ地方で大規模に(全体植林面積の70%)行われている。

DAGRI/SEABは、1994年1月より植林を開始した。植林者に対し必要コストの50%の融資を行うものである。また、1991年以来IAPは、SANEPARと協同して公共水道用水供給のため河岸沿いの植生の復活を目指している。1994年時点で1,300kmの河岸の植生のため、200万本の苗木を植え付けている。

森林の減少により、保水力が無くなるため洪水を引き起こしたり、表流水資源の減少を招いている。また地面が直接降雨にさらされるので、土壌侵食が促進され、結果として土砂が河川に流入し、水質汚濁の原因となっている。過去に大規模な森林が失われたため、19世紀の現状に戻すことは不可能であるが、植林は、水環境の改善や流域管理のために不可欠である。

#### 5.12 クリチーバ首都圏環境衛生プロジェクト(PROSAM)

このプロジェクトは、クリチーバ首都圏を対象とした、給水、治水および排水、下水道整備、環境保全を含む総合環境衛生プロジェクトであり、1.8m<sup>3</sup>/sec給水のためのイライダムの建設、イグアス川左岸沿いの15kmの排水路掘削、河岸公園の整備、1,300kmの下水道管渠および8ヶ所の下水処理場建設、廃棄物処理、橋梁の建設、環境教育などを主なプログラムとしている。総事業費は、US\$233 x 10<sup>6</sup>でそのうち52%を世界銀行の融資によっている。プロジェクトは、1992年から1997年までの間に実施される予定であるが、1995年6月現在の進捗状況は、20%未満と推定される。



## 第6章 水資源賦存量

### 6.1 表流水

パラナ州は降雨量に恵まれ表流水の賦存量は極めて豊富である。ここでは、水資源賦存量として、河川より直接取水可能な表流水の量を推定する。

パラナ州の法律では、許容直接取水量は $Q_{10.7}$ の50%以下と規定されており、取水地点下流への最小放流量は、 $Q_{10.7}$ の50%以上とすることが規定されている。ここに $Q_7$ とは、7日間連続日流量の平均値の年間最小値を言う。また、 $Q_{10.7}$ とは、10年に1回の確率で発生する $Q_7$ を言う。 $Q_{10.7}$ は日本の洪水流量 $Q_{355}$ にほぼ匹敵する流量と考えられる。

パラナ州の主要河川流域を30のブロックに分割し、それぞれのブロックの下流端において直接取水可能な表流水( $Q_{10.7}$ の50%)を計算すると、図6-1に示すとおりとなる。また、各流域の最下流端における直接取水可能量は表6-1に示すとおりとなる。表6-1によると直接取水可能量の合計は、 $320 \text{ m}^3/\text{sec}$ ( $27.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{日}$ )となり、5.4で推定した2015年における総水需要量 $3.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{日}$ はこの値の11%にすぎない。

表 6-1 各流域下流端における直接取水可能量

流域名	流域面積 ( $\text{km}^2$ )	直接取水可能量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )	年平均流量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )
シンザス	9,291	4.95	141.6
イグアス	68,700	93.22	1,579.1
イタラレ	5,198	7.64	104.2
イバイ	35,879	66.58	733.9
リトラネア	5,766	20.05	-
パラナ 1	1,332	4.54	-
2	3,157	5.42	-
3	8,668	10.58	-
パラナパネマ 1	1,246	1.30	-
2	695	0.35	-
3	3,712	4.17	-
4	4,144	6.78	-
ピキリ	24,708	43.54	598.3
ピラポ	5,006	8.83	78.2
リベイラ	9,129	25.94	158.0
チバジ	24,635	16.85	472.6
合計	829,566	320.74	3,865.9

(注) 年平均流量は、各流域最下流の主要観測所の値を流域面積比例で拡大した。



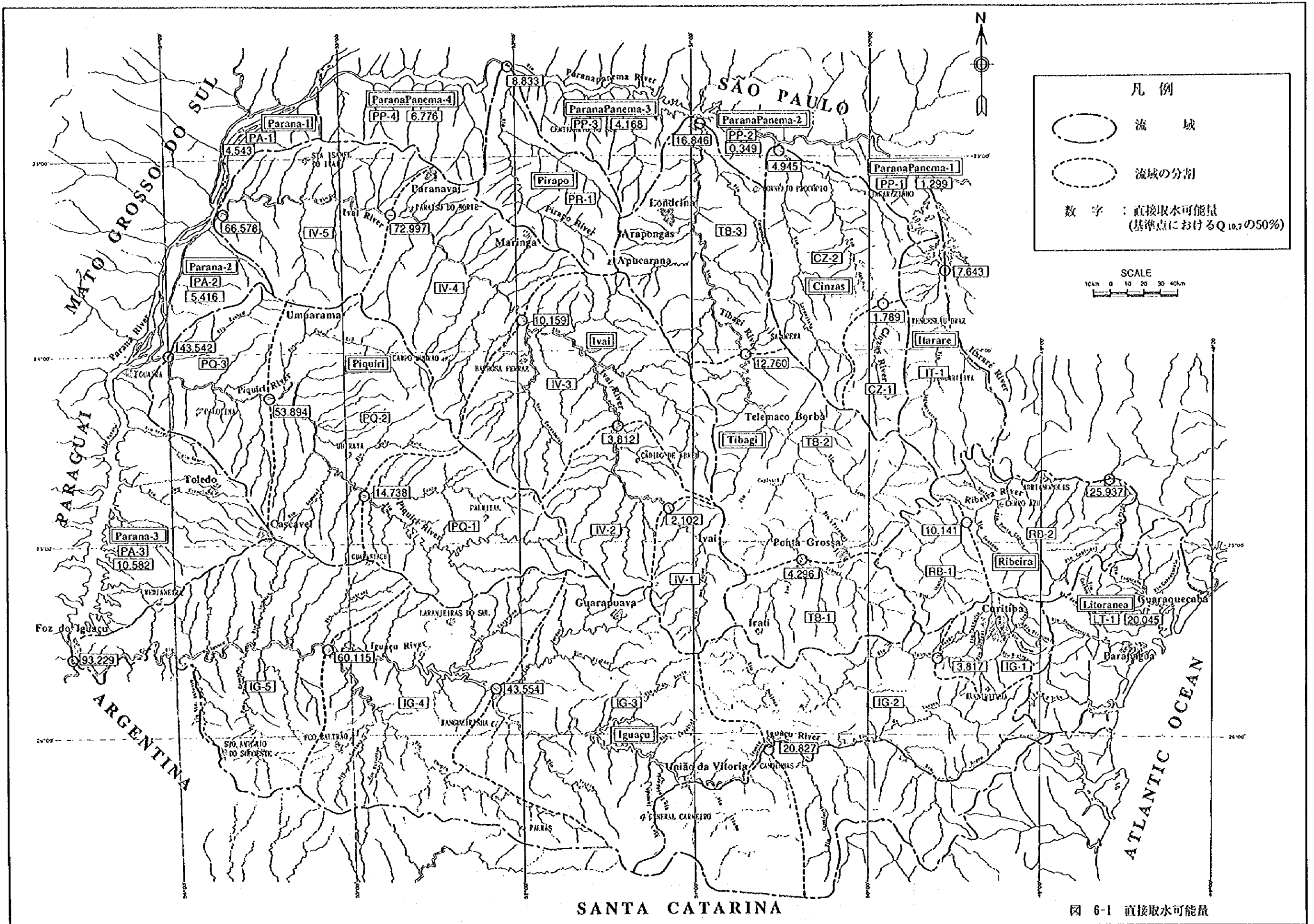


図 6-1 直接取水可能量



## 6.2 地下水

持続可能な地下水開発を行うためには、井戸の生産性をポンプテストの結果のみから判断するのではなく、各帯水層について表流水と地下水の水収支の観点から検討する必要がある。

地下水資源は、循環部分と貯留部分とから成っている。循環部分の地下水は、降雨の浸透にともなって地下水位が上昇し貯留される。また、この部分は、河川に基底流量を放流する役割も果たし、乾期における、水環境を自然に保つことにも役立っている。従って、この循環部の地下水を全て開発することは出来ない。許容開発可能量の循環部地下水の総量に対する比率は、河川流量に及ぼす影響、帯水層の特性などを考慮して、経験的に定められている。

流量観測の結果得られた $Q_7$ や $Q_{355}$ のデータを用いて、各帯水層から流出する基底流量を解析し、許容開発可能量を各帯水層毎に表6-2に示すように推定した。合計は、 $15.0 \times 10^6 \text{m}^3/\text{日}$ となっている。また、各帯水層の分布は図6-2に示すとおりである。

表 6-2 許容開発可能地下水量

No.	帯水層名	帯水層面積 ( $\text{km}^2$ )	循環部地下水量 ( $10^6 \text{m}^3/\text{日}$ )	開発可能率 (%)	許容開発可能量 ( $10^6 \text{m}^3/\text{日}$ )	井戸の 生産性
1.	カルスト	5,740	4.5	30	1.4	AAA
2.	アトモシツツ花崗岩類	7,540	4.0	10	0.4	CC
3.	前期 $\text{H}^{\circ}$ レゾイク、カストロ/ $\text{H}^{\circ}$ ラガ $\text{H}^{\circ}$ フ	7,150	3.0	10	0.3	C
4.	中後期 $\text{H}^{\circ}$ レゾイク、イラ ラ $\text{H}^{\circ}$ ラガ $\text{H}^{\circ}$ フ	17,400	7.0	10	0.7	B
5.	後期 $\text{H}^{\circ}$ レゾイク、 $\text{H}^{\circ}$ サ イ $\text{H}^{\circ}$ ラガ $\text{H}^{\circ}$ フ	15,700	6.0	10	0.6	B
6.	モック、セグ $\text{H}^{\circ}$ 層北部	59,050	40.0	20	8.0	AA
7.	モック、セグ $\text{H}^{\circ}$ 層南部	42,060	20.0	15	3.0	BB
8.	カイウ $\text{H}^{\circ}$ 層	30,450	3.0	10	0.3	BB
9.	クチ $\text{H}^{\circ}$ 首都圏	1,130	0.34	10	0.03	-
10.	第4紀河床	380	1.11	30	0.3	A
	合計		88.95	-	15.03	-

(注) 井戸の生産性は、 $\text{AAA} > \text{AA} > \text{A} > \text{BB} > \text{B} > \text{CC} > \text{C}$ の順である。

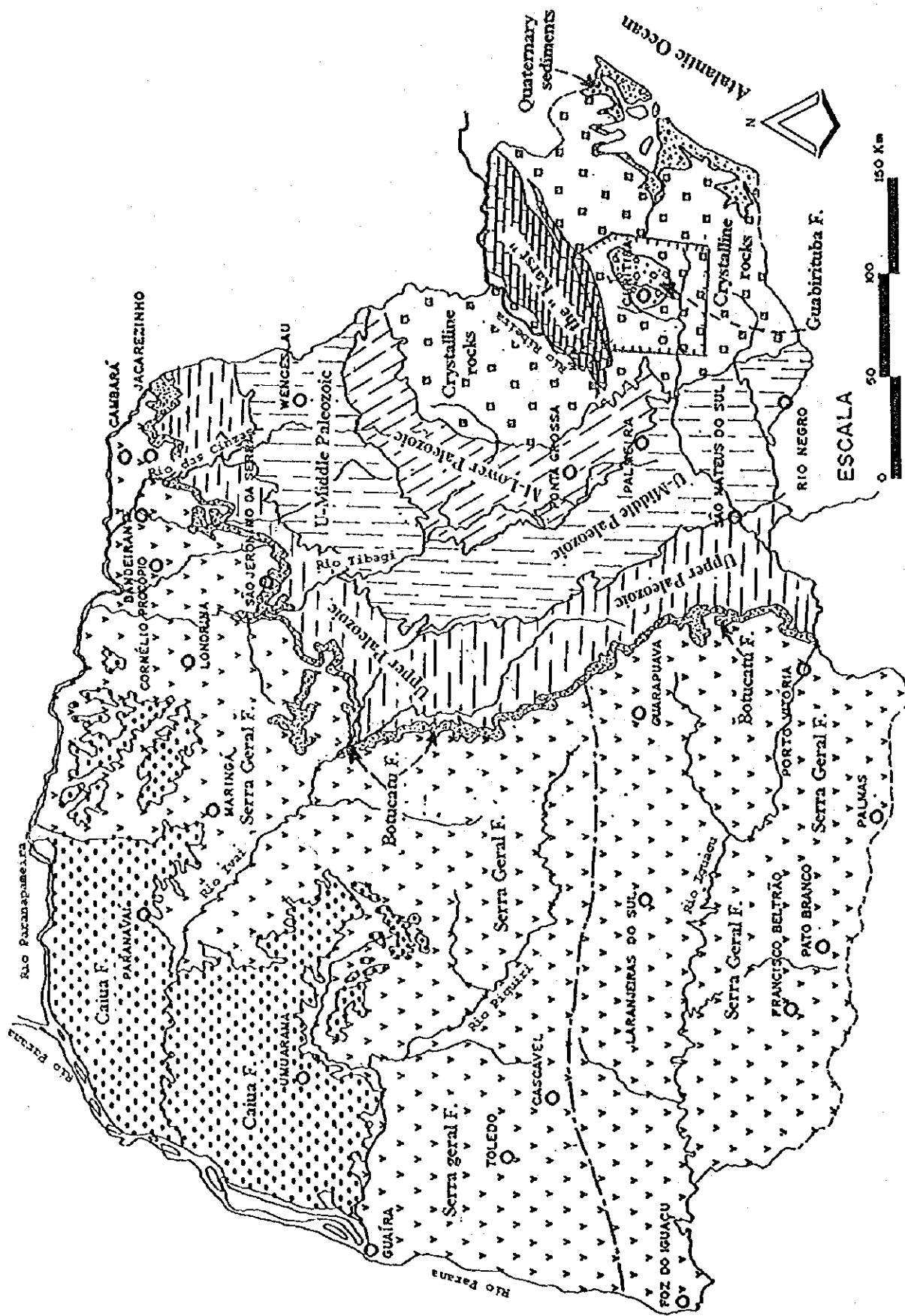


図 6-2 主要帯水層の分布

## 第7章 パラナ州の水環境改善ストラテジー

### 7.1 水資源開発

#### (1) 水源と開発水量

生活用水、工業用水および農業用水の水需要に対し、水源としては表流水および地下水が考えられるが、原則的には大需要、集中需要、長期開発には表流水が、小需要、分散需要、短期開発には地下水が適していると思われる。どちらの水源を採用するかは、当該水需要の需要量、需要時期、表流水ポテンシャル、地下水ポテンシャル、地形条件、水理地質条件、技術的、経済的条件などを総合勘案して個々に決定すべきものである。

水需要量に対して開発水量を決定するには、導水、水処理、配水の過程で発生する損失を見込む必要がある。本調査では、水需要の種別に応じて2015年時点で、10～25%の損失を見込んで開発必要量を算定した。2015年における総水需要量  $3.07 \times 10^6 \text{m}^3/\text{日}$  に対し、必要開発水量は  $3.84 \times 10^6 \text{m}^3/\text{日}$  となり約25%増となる。

#### (2) クリチーバ首都圏

クリチーバ首都圏は、人口集中が最も激しく、水需要の最も大きい地域である。2015年における人口は約310万人、新規開発水量は  $613,000 \text{m}^3/\text{日}$  ( $7.1 \text{m}^3/\text{sec}$ ) 前後と推定される。

クリチーバ首都圏は、イグアス川最上流部に位置し、流域面積も小さいため、河川からの直接取水による開発は困難であり、ダムによって流水を調節して開発せざるを得ない。イグアス川本川および支川における10のダムサイト予定地がSANE PARにより調査されている。10のダムによる合計開発水量は、 $6.6 \text{m}^3/\text{sec}$  と推定された。また、クリチーバ市の北方約10～50kmには、カルスト帯水層があり、豊富な地下水ポテンシャルを有している。

クリチーバ首都圏の生活用水および工業用水の供給は、これ等ダムまたは井戸により行うこととなる。両者の開発方式の適正な比率はマスタープラン調査で決定するものとし、ストラテジー段階では7:3の比で開発を行うと仮定する。すなわちダムにより約  $5.0 \text{m}^3/\text{sec}$  ( $432,000 \text{m}^3/\text{日}$ )、井戸により  $2.1 \text{m}^3/\text{sec}$  ( $181,000 \text{m}^3/\text{日}$ ) の開発を行うものとする。

#### (3) 大都市

パラナ州では、河川の本流や支流の最上流部に大都市が立地するケースが多く、これ等の都市では水資源の開発に問題が多い。ここでは、この様な状況にあるカスカベル、ポントグロッサ、ロンドリーナ、アプカラナ、マリंगा、ウムアラマについて、水資源開発方式を検討する。開発の方式として、河川の直接取水、ダムによる調節、井戸掘削があり、各都市について、これ等比較案を検討すると図7-1に示すとおりとなる。図7-1は表流水開発のみ示してあるが、各都市について井戸による開発も考えられる。これ等の代替案からストラテジー段階では最もコストが小さい表7-1に示す案を選定した。

#### (4) その他の都市

(2)、(3)で述べた地区の他、パラナ州には356の自治体があり、これ等の自治体の必要開発水量は、最小  $0.001$  から最大  $0.795 \text{m}^3/\text{sec}$  まで変化し、平均は、 $0.024 \text{m}^3/\text{sec}$  ( $2,100 \text{m}^3/\text{日}$ ) となっている。表流水ポテンシャルの項で検討したように、河川の最上流部を除いては、需要に比べポテンシャルが十分大きいので、これ等の都市は原則として近傍の河川より直接取水により開発するものとし、止むを得ざる場合のみ地下水開発によることとする。

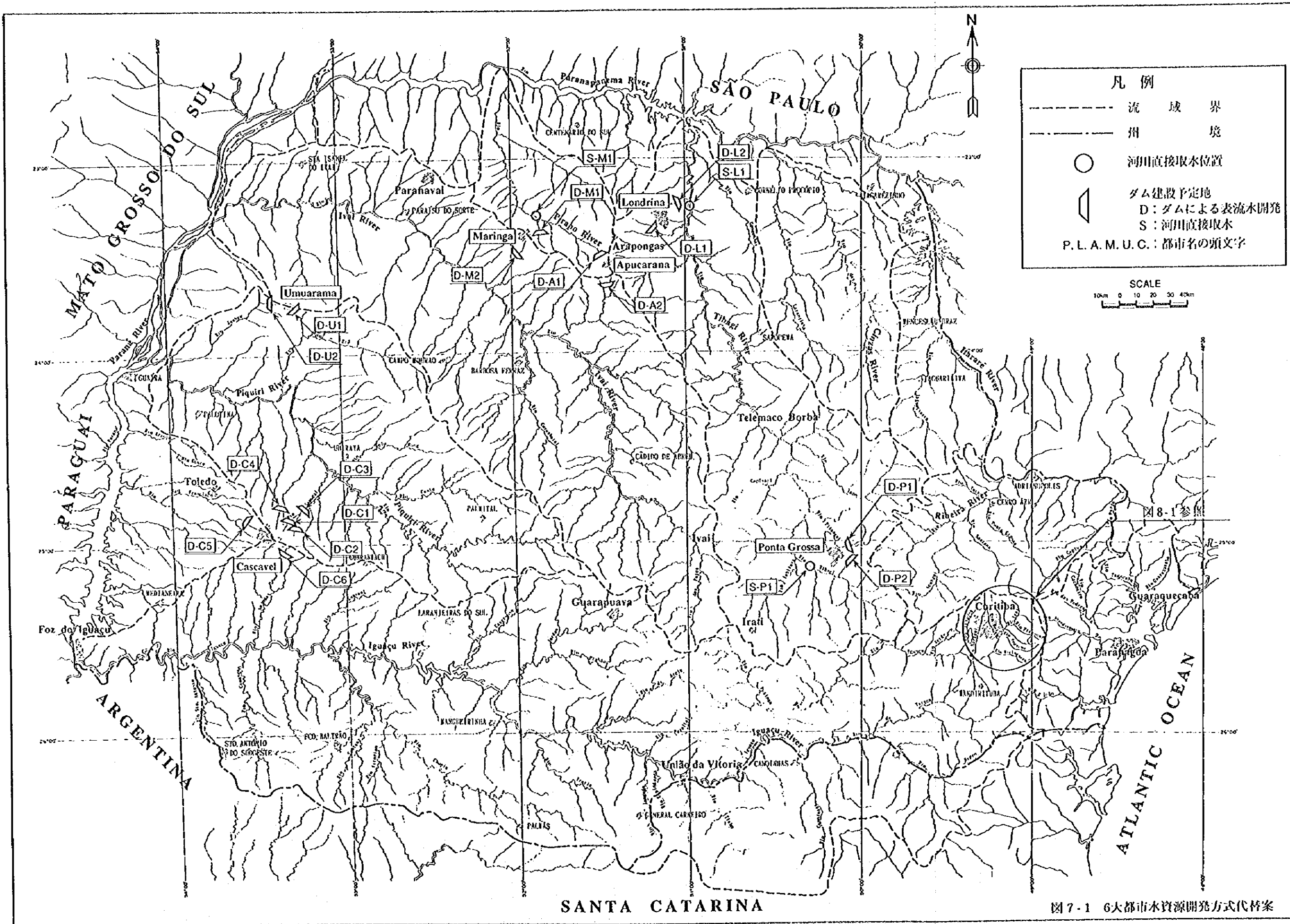


図7-1 6大都市水資源開発方式代替案



(5) 村落

村落の人口は、人口の都市集中のため殆ど増加せず、従って水需要の伸びもごく一部地域に見られる程度である。水需要地点が広く分散しているため、地下水開発によることを原則とするが、実際には新規需要は少なく、既存施設の改良、維持管理を十分に行うことで対処できるものと思われる。

(6) 農業用水

牧畜および養魚用の水需要は、比較的小さく、パラナ州全体に分散している。水源としては需要地近傍の小河川より表流水を直接取水することで可能と思われる。

上記水資源開発のストラテジーをとりまとめると表7-1に示すとおりとなる。

表 7-1 水資源開発ストラテジー

	開発水量 (m <sup>3</sup> /s)	事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)	水単価 (10 <sup>6</sup> US\$/m <sup>3</sup> /s)	開発方式
(1) 生活用水および工業用水(都市部)				
1)クリチーバ首都圏	7.088(2.572)	759.7	107.2	複数ダムの開発と地下水開発
2)カスカベル	0.611(0.145)	78.4	128.3	1ダム開発
3)ポントグロッサ	0.615(0.283)	20.0	32.5	直接取水
4)ロンドリーナ	1.045(0.300)	31.4	30.0	直接取水
5)アプカラナ	0.202(0.058)	24.1	119.3	地下水開発
6)マリンガ	0.906(0.339)	24.1	26.6	直接取水
7)ウムアラマ	0.044(0.010)	30.5	693.2	1ダム開発
8)その他の都市	8.497(1.603)	827.9	97.4	直接取水
小計	19.008(5.310)	1,796.1	94.5	
(2) 農業用水(村落部)				
	1.018	12.2	12.0	直接取水
合計	20.026(5.310)	1,808.3	90.3	

(注) ( )は工業用水開発量を示す。

(7) 節水およびリサイクル

本調査における生活用水の需要は、現在の水需要から将来の生活レベルの向上を予測して推定しているが、節水の思想を普及することにより水需要を減らすことができ大幅な事業費の節減が可能となるものと思われる。また、工業用水の需要推定には、工場内における水のリサイクル率を仮定しているが、これを高めることにより工業用水需要を抑えることが可能である。これらを実現するために州政府は、節水思想の普及、教育、使用水量を抑制する料金制度の導入、リサイクル率向上のため税制上の優遇策、助成金の交付などを実施すべきである。

7.2 水力発電

Eletrobras/C O P E Lの計画によるとパラナ州内に2005年までに4ヶ所の発電所(合計設備容量1,559MW)を、2015年までには9ヶ所の発電所(合計設備容量1,536MW)を新設する予定となっている。これ等の発電所の建設予定地は、図7-2に示すとおりである。



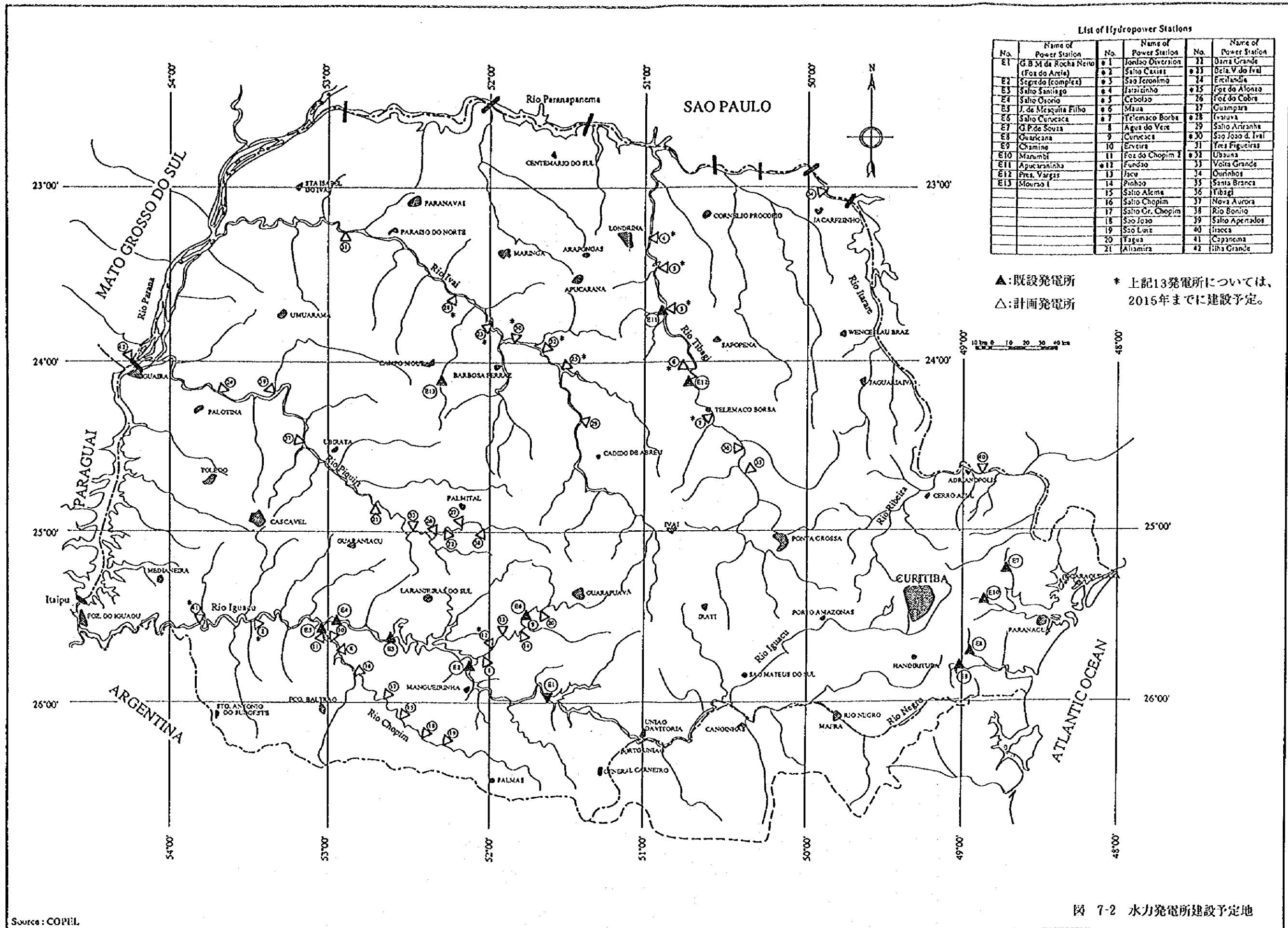


図 7-2 水力発電所建設予定地

Source: COPIL



### 7.3 洪水防禦

洪水防禦の方法として、非構造的対策と構造的対策がある。非構造的対策としては、①洪水氾濫源の土地利用規制、②住民移転、③洪水予警報、④洪水避難・水防、⑤洪水耐力の増加(建物、敷地の嵩上げ、防水構造など)、⑥ダム・貯水池操作法の改善などが考えられる。また、構造的対策としては、ダム、堤防、放水路、遊水池などの建設および河道の改良などが考えられる。

洪水被害の顕著な地域(5.7 参照)について適用すべき手段は、表 7-2 に示すとおりとなる。

表 7-2 洪水防禦ストラテジー

地域	非構造的対策						構造的対策
	①	②	③	④	⑤	⑥	構造物種別
リジョン1 クリチア首都圏	-	-	○	○	○	○	PROSAMの継続、(ダム、堤防、公園、排水路)
リジョン2 シンマウスラス ホムトアマン	-	-	○	○	○	-	PROSAMの拡張 堤防
リジョン3 レフカス、ゲラフア、イラ	-	-	○	○	-	-	-
リジョン4 ウニオン・ビトリア (ホムカウニオン:シンカカリ州)	○	○	○	○	○	○	堤防
リジョン5 ヒネグロ、マラ	-	-	○	○	○	-	-
リジョン6 ファスト・イマス	○	○	○	○	-	○	-
リジョン7 エレリス	○	○	-	○	○	-	堤防、河道改修
リジョン8 カネ	-	-	-	○	-	-	-

(注) ①土地利用規制、②住民移転、③洪水予警報、④洪水避難・水防、  
⑤洪水耐力増加、⑥ダム貯水池操作法の改善  
非構造的対策について、- は現状維持、○ は改良ないし新規適用を示す。  
PROSAM については 5.12 節参照

### 7.4 水質改善と下水道整備

5.8 で述べたように、2005 年および 2015 年で河川水質が CONAMA 基準クラス 2(BOD 5) を超える河川流域については、都市部の下水道を整備することにより河川水質をクラス 2 に保つこととする。

汚濁解析の手順は次の通りである。

①各河川流域を分割し、その下流端に水質基点を設定した。②汚濁負荷として、生活排水、工場排水、畜産排水、自然系汚濁を考慮し、各汚濁負荷の流達率(発生汚濁負荷が河川に流入する比率)を仮定した。③ 1993 年について各流域の汚濁負荷を計算し、各水質基点における 1993 年の測定水質に基づき汚濁負荷の浄化残率(流達負荷が流下にともなって浄化されて、水質基点における流出負荷となるが、流出負荷の流達負荷に対する比率)を求めた。④これ等の流達率および浄化残率を用いて、2005 年および 2015 年の各基点の水質を予測した。

各河川流域で、河川水質をクラス 2 に保つために必要な流域の BOD 削減量を求め、最も BOD 削減量の大きな水質基点について流域の下水道整備対象人口、下水道処理水量、事業費を求

めると表7-3に示すとおりとなる。

上記の構造的対策に加えて、次に述べる非構造的対策が提案される。

#### 1) 最適下水処理方式の適用

下水処理方式として、下水管渠や、下水処理場を有する地域下水処理と浄化槽などを用いる個別下水処理とがあるが、これらのいずれを適用するかはその地域における人口密度による。前者は投資額が大きく、人口密度の少ないところでは不経済となる。それぞれの地域において技術的、経済的見地からいずれの方式を適用すべきかを計画段階で判断すべきである。

#### 2) クリーナープロダクションの導入

従来の工場では、製造工程の末端において、工業排水の水質を改善し、河川に放流しているが、クリーナープロダクションでは、新しい製造技術を製造工程の途中に組み込むことにより、固形廃棄物を減少し、排水の量や質を改善するものである。州政府はクリーナープロダクションの導入を積極的にすすめるために助成金の設置や、税制の優遇など適切な措置をとるべきである。

表 7-3 流域下水道整備計画

流域名	計算水質基準点	流達負荷量 kg-BOD/日 ①	浄化残率 ②	流出負荷量 kg-BOD/日 ③	目標水質 mg-BOD/l ④	河川流量 Q 10. m <sup>3</sup> /sec ⑤	許容流出負荷量 kg-BOD/日 ⑥	必要削減負荷量 kg-BOD/日 ⑦	対象人口 千人 ⑧	対象下水量 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /日 ⑨	事業費 10 <sup>3</sup> US\$ ⑩
シンザス	CZ-05	24,812	0.24	5,955	5	8.80	3,802	8,971	166	28	21.4
チバジ	TI-06	58,679	0.52	30,513	5	25.60	11,059	37,412	693	118	90.3
ピラボ	PI-13	65,555	0.23	15,078	5	15.00	6,480	21,495	398	68	52.0
イバイ	IV-12	131,302	0.23	30,199	5	14.00	6,048	48,302	894	152	116.2
イグアズ	IG-36	250,439	0.52	130,228	5	120.20	51,926	150,581	2,789	474	362.5
リベイラ	RB-03	57,000	1.00	57,000	5	72.80	31,450	25,550	473	80	61.2
合計									5,413	920	703.6

(注) 1) イタラレ、ピキリ、リトラネア流域は2015年においても水質はほほクラス2を確保できる。

2) ③=①×②、⑤=④×⑤×86.4、⑦=③-⑥)÷②、⑧=⑦÷0.054、⑨=⑧×170 l/日・人

3) 計算水質基準は、その流域で最も水質が悪い基点である。

## 7.5 土壌侵食対策

土壌侵食の許容値は、5.9 で述べたように対象とする面積により異なり 10km<sup>2</sup> 以上から耕区サイズに対して 2t/ha・年～25t/ha・年が推奨されている。本調査の場合対象面積は、5,000～55,000km<sup>2</sup> と大きいので、2t/ha・年とすべきであるが、現状の土壌侵食の発生状況(28t/ha・年)に比べてこの目標はあまりに現実的でないので、2015 年までの目標値としては、11t/ha・年と仮定し、2.0t/ha・年の目標値は 2015 年以降に成し遂げられるものとする。

土壌侵食の機械的な対策としては、①テラスの造成、②等高線沿いの小盛土及びバッファーストライプ(盛土上牧草栽培)、③等高線栽培、④道路の表面保護と排水、⑤排水路網整備によるガリ侵食防止、⑥沈砂池などが考えられる。

営農及び土壌管理の観点からの対策としては、①不耕起栽培法、②適正な作付間隔、③適切な栽培暦、④施肥、⑤間作、⑥マルチング(畝間被覆)・作物残滓による被覆、⑦常時植生被覆、⑧土壌の団粒化などがある。

本調査においては、土壌侵食対策の効果を判定するために、最も有効と思われるテラスの造成と不耕起栽培法を適用し将来予測を行う。これ等の対策を実施した場合の 2015 年における土壌侵食量は、表 7-4 に示すとおりとなる。土壌侵食量は、現在の 32%～19%に減少し、平均土壌侵食量も 28t/ha・年から 8t/ha・年へと減少する。

テラスの造成と不耕起栽培に要するコストと、肥料(窒素、カリウム)の軽減および濁度の減少による浄水コストの軽減は、表 7-4 に示すとおりとなり、これ等の対策は経済的にも十分実現可能であると思われる。

表 7-4 土壌侵食対策の効果 (2015 年)

流域名	土壌侵食量 1994 年 (t/ha・年)	土壌侵食対策 (1,000ha)		土壌侵食量 2015 年 (t/ha・年)	事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)		便益 (10 <sup>6</sup> US\$)		
		テラス	不耕起 栽培		テラス	不耕起 栽培	肥料削減		浄水
							N.	K.	
シンザス	36	384	233	7	15.4	15.0	49.5	4.1	0.13
イグアス	28	1,935	1,063	8	77.4	69.0	201.7	16.8	0.54
イタラレ	5	176	97	1	7.0	6.0	3.3	0.3	0.01
イバイ	32	1,334	565	8	53.4	36.0	159.5	13.3	0.42
ピキリ	27	964	514	7	38.6	33.0	89.7	7.5	0.24
ピラポ	19	184	80	6	7.4	5.0	12.1	1.0	0.03
リベイラ	30	293	116	8	11.7	7.0	37.6	3.1	0.10
チバジ	24	751	479	7	30.3	31.0	76.6	6.4	0.21
平均	28	-	-	8	-	-	-	-	-
合計		6,021	3,147		241.0	202.0	630.0	53.0	2.0
総計		9,168			443		685		

(注) N:窒素肥料 K:カリウム肥料

## 7.6 生態系保全

生態系の保全のために、次のような構造的および非構造的対策が提案される。

### (1) 構造的対策

- 1) 固形廃棄物の再生、堆肥生成、埋立処分場の建設
- 2) 都市近郊の緑地や公園の設置、および環境教育とレクリエーションのための動物の導入



- 3) 水生生態系研究所の設置
  - 4) 固有種魚類の再生施設の設置
- (2) 非構造的対策
- 1) 底生生物による水質のモニタリングと評価
  - 2) 生態系に作用する農業研究
  - 3) 魚類調査および固有種魚類の再生研究
  - 4) 持続的開発のための環境教育プログラムの強化と実施
  - 5) マングロープの保護と破壊防止の法制整備
  - 6) 木材の輸入規制および固有種の森林再生のための法制整備
  - 7) 生態系データベースセンターへの情報の集中
  - 8) 生態系モニタリングと保全プログラム

## 7.7 森林の保全

植林には、直接利益と間接利益がある。前者は、木材の生産や、燃料としての木や果樹からの収入であり、後者は、土壌侵食防止、洪水防禦、水質改善などの水環境保全である。

過去における急激な森林減少と現在の状況を考えると、森林保全のための植林の拡大は、財政的援助や人々の関心も少ないこともあり、非常に緩やかなものとならざるを得ない。森林保全のための法律もいくつかあるが、森林の減少は法規制による保全より早く進行しているように思われる。

将来の植林の戦略としては、農地や牧草地に適さない土地を森林に変更し、木材や製紙原料の供給のように商業的に利用すべきである。農業省の農業適地地図(1981年)によると、886,000haの土地が農業には適さないが森林には適している。従って、これ等の土地を2015年までに、より多くの収入を生む商業用森林にシフトすべきである。

商業用に推奨される樹種は、ユーカリ、パラナ松および松(外来種)である。もし886,000haの植林が2015年までの20年間に均等に植林されるとすれば、年間の植林面積は44,300haとなる。政府の補助金があった時代の植林は、年間48,000haの実績があり、上記の植林計画は実現可能と思われる。そうすれば、2015年における植林面積は、表7-5に示すように州全体の12%まで拡大される。

表 7-5 植林計画

種別	1994年		2015年	
	面積 (km <sup>2</sup> )	全州に対す る比率(%)	面積 (km <sup>2</sup> )	全州に対す る比率(%)
自然林	10,200	5.1	10,200	5.1
植林	5,000	2.5	13,860	6.9
計	15,200	7.6	24,060	12.0

(注) 1994年の森林面積は、SANE PAR GIS計算による。

## 7.8 水環境管理

### (1) 水環境管理戦略の枠組み

水環境の保全、改善、開発と管理に関する戦略の将来のあるべき姿を図7-3のように

提案する。水環境管理のストラテジーの枠組みは大きく水環境政策と実施上のストラテジーの二つに分けられる。水環境政策は、2015年を達成目標とする中長期的な、目的および原則ならびに実施上の方策の改善と法組織制度の改善に関する政策より構成されてる。実施上のストラテジーは、水資源開発計画、環境保全改善計画、財務改善の方策及び実施計画より構成される。

## (2) 水環境管理センター

前節に描いた水環境管理の概念と枠組みを実現するためにパラナ州の水環境管理センターの設立を提案する。水環境管理センターは図7-4に示すように、州全体を統括する州管理センターと流域ごとに地域管理する地域管理センターより構成される。州管理センターは、パラナ州全体の水環境を行政的及び技術的に管理するために、地域管理センターと連結する観測データと情報のデータベースとネットワークを整備する必要がある。地域管理センターは、管轄する流域のモニタリングとプロジェクトの管理センターとして機能するばかりでなく、一般大衆や地域住民への情報の提供とコミュニケーションの場を提供し、将来の望ましい水環境を実践する場でもある。

## (3) 総合的モニタリングシステム

計画、プロジェクト管理、運転及びモニタリングは、法組織制度と密接な関係を保ちつつ、循環的にかつ、相互的に作用し、全体として調和する。パラナ州の水環境は、21世紀に向けて、都市の急激な拡大と農村開発の厳しい影響を受けることになり、総合的モニタリングは、人間と水生エコシステムとの共生を実現するために必要な重要な基礎データと管理データを提供し、水環境管理の根幹となる。提案する総合モニタリングシステムは下に示す4つのサブシステムより構成され、その総合管理には、図7-4に示す総合的データベースと情報ネットワークが必要となる。

- 1) 高密度、多次元観測による水文循環モニタリングシステム
- 2) 固有種と絶滅の危機に直面する動植物種を中心とするエコシステムライブラリーのモニタリングシステム
- 3) 洪水予警報システム
- 4) 市民への広報システム

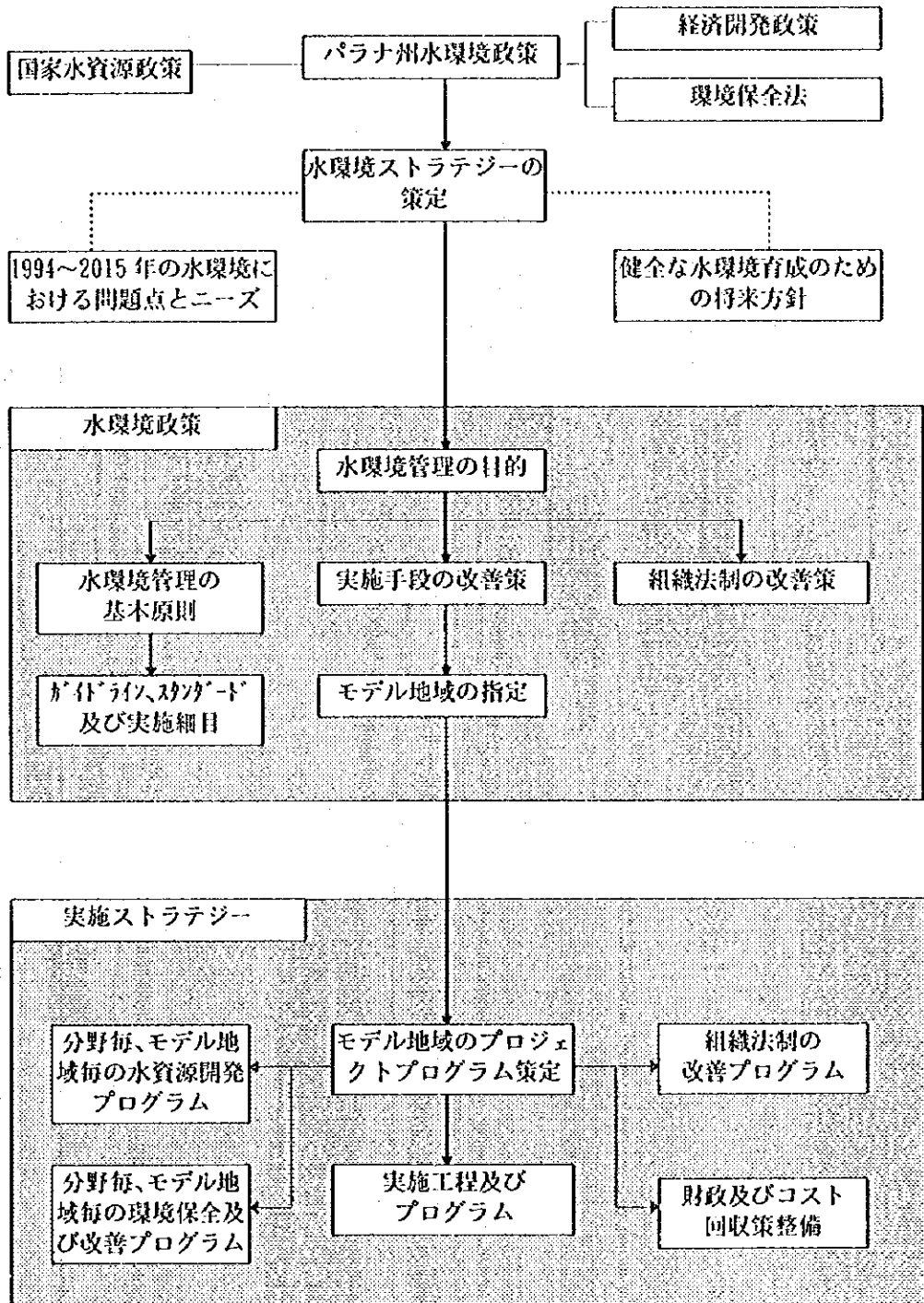


図 7-3 パラナ州の水環境戦略の枠組み

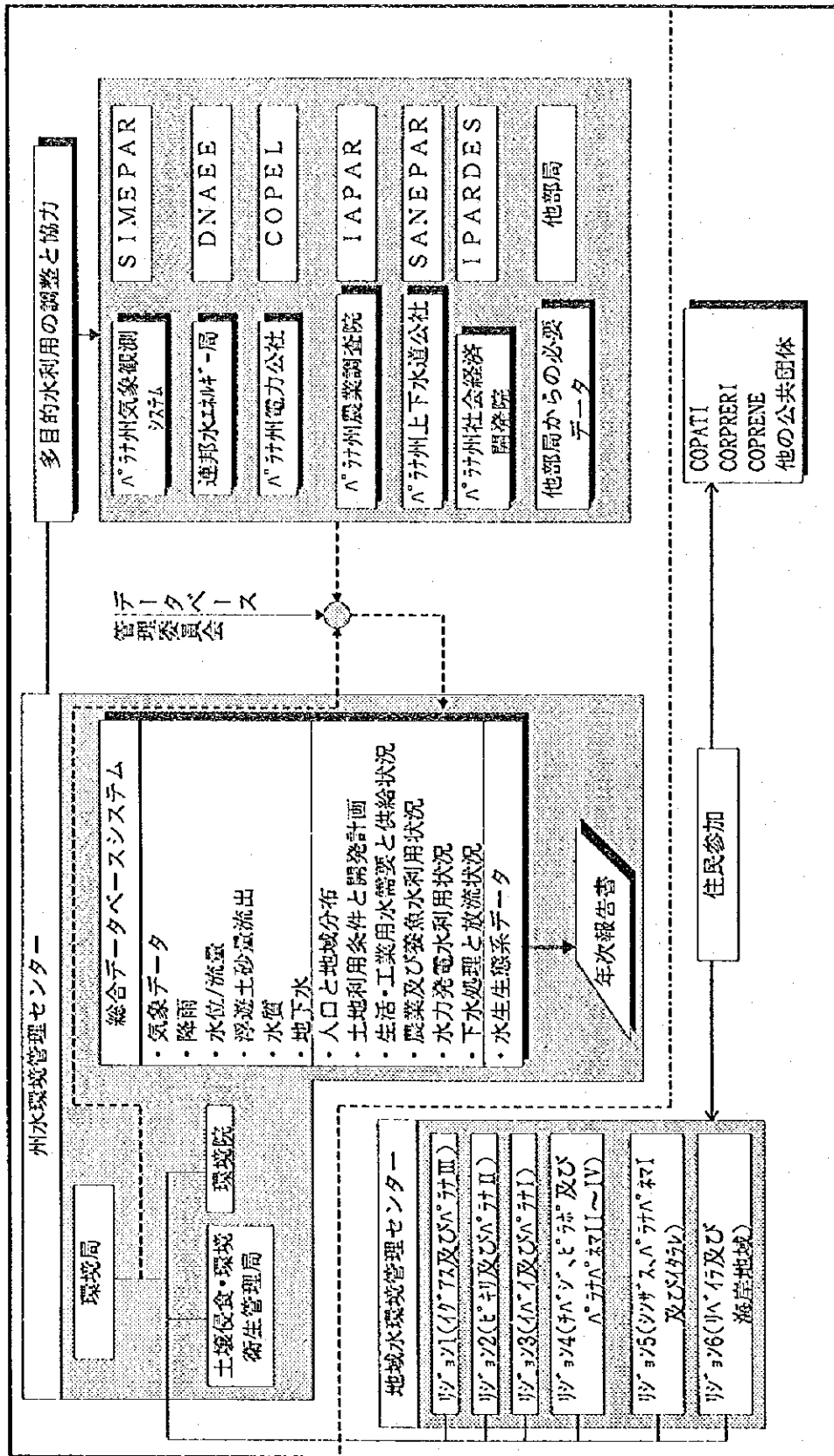


図 7-4 水環境管理センター及び総合的データベースシステム及び情報ネットワーク

## 7.9 組織法制の改善

現状における組織法制を調査分析した結果、今後 2005 年までに次の事項について改善すべきものと思われる。

- 1) 現在進行中の SEMA、SUCEAM、IAP など組織変更の過程で人員配置や教育訓練を含む更なる組織強化を行うこと。
- 2) 地下水開発の規制および管理の強化
  - ①地下水ポテンシャル評価、②地下水利用の査察強化および登録の促進、③地下水開発と利用について管理拡大、④地下水への水源保全規則の拡張
- 3) 環境関連法案執行強化
  - ①利用者による運営や事故報告義務の設定、②工業種別毎の排水基準の設定、③排水基準や水質基準に対する不適合やそれらに対する問題点を認識する能力を段階的に増強すること、④地下浸透に対する排水基準の整備、⑤農薬使用に対する管理の強化
- 4) 河川における土砂採取に対する法制整備
- 5) 水環境管理におけるコスト回収
  - ①水資源評価や環境モニタリングのためのコスト回収、②上・下水道コストの回収
- 6) 情報公開による住民参加の促進

## 7.10 概算事業費

パラナ州全体の水環境改善ストラテジーの実施に必要な概算事業費を主要な分野について推定すると表 7-6 に示すとおりとなる。この事業費は、1994 年 8 月の物価水準に基づいて推定した。外貨交換比率は、1US\$=0.89RS である。

表 7-6 水環境改善ストラテジーの実施に必要な概算事業費

分野	計画諸元	概算事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)	備考
生活用水給水	1,183,000 m <sup>3</sup> /日	1,294	村落部を除く全都市部
工業用水給水	495,000 m <sup>3</sup> /日	502	同上
農業用水給水	88,000 m <sup>3</sup> /日	12	牧畜用水及び養魚用水
下水道整備	920,000 m <sup>3</sup> /日	704	6 河川流域対象
洪水防禦		200 <sup>(1)</sup>	4 都市に対する構造的対策
土壌 侵食 対策	行いの造成	6,021,000 ha	241
	不耕起栽培	3,147,000 ha	202
	小計	9,168,000 ha	443
合計		3,155	
水力発電	3,095 MW	3,381	
総計		6,536	

(注) (1): マスタートープラン調査における概算事業費より推定

## 7.11 計画の評価

### (1) 技術的評価

本調査において策定された各分野における戦略は、戦略策定レベルに必要とされる精度からみて、技術的に十分満足できるものである。それぞれの戦略は、次の項目に十分留意して策定されている。

- 1) 入手可能な限りの基礎情報やデータの分析、解析
- 2) 代替案の技術的、経済的見地からの比較検討
- 3) 提案戦略の技術的安全性
- 4) 提案戦略の技術的确实性
- 5) 提案戦略の技術的実現性

### (2) 経済・財務評価

パラナ州水環境改善戦略を実施するために2015年までに必要な総事業費は、投資の性格が異なる水力発電分野を除くと、US\$3,155 x10<sup>6</sup>と推定されている。これに対して第4章表4-4で推定したパラナ州政府の2015年までの公共投資の総額はUS\$4,400 x10<sup>6</sup>となっており、前者の後者に対する比率は約72%である。公共投資には、水環境セクターの他に交通、通信、住宅などの分野も含まれ、また、戦略の実施に必要な資金は、洪水防弊や生態系保全を除けば、相当部分がそれぞれの分野における担当の公社、又は民間によって調達される可能性が高いので、州政府の公共投資額と戦略実施に必要な事業費との間に直接的な関係はないが、必要事業費の妥当性を判断する一つの材料になるものと思われ、この観点から見れば、本戦略の規模は財政的に十分妥当と思われる。

上水道(生活用水及び工業用水)、下水道および水力発電の分野における過去の投資実績額の年平均値と、本戦略に基づく今後の計画投資額の年平均値を比較すると表7-7に示すとおりとなる。上水道の計画投資額US\$90 x10<sup>6</sup>/年は実績投資額US\$57 x10<sup>6</sup>/年に対して58%高いが、実績投資は、上水道のうちでも主として生活用水に対して行われてきたことを考えると、生活水の計画投資額US\$65 x10<sup>6</sup>に対してはほぼ同程度と言えよう。また、下水道については、計画投資額US\$35 x10<sup>6</sup>/年に対し、実績投資額は、US\$19 x10<sup>6</sup>/年となっており、前者は後者より84%高い、これは、従来下水道整備に対する投資が必要以上に低く抑えられてきたことと、本戦略における全流域の河川水質の目標がCONAMAの水質規準クラス2(BOD 3~5 mg/l)を満足するという、現状からみてかなり高い目標を設定したためと思われる。

水力発電計画の投資規模は、妥当な水準と判断される。パラナ州での発電電力の半分近くは州外に供給されており、この点と関連し、今までの水力発電プロジェクトの投資資金には、COPEL以外の資金がかなりの程度投入されてきた。(セグレド発電計画の場合は、全投資額の51%が外部資金)従って、下記の約80%の差(US\$169 x10<sup>6</sup>/年対US\$94 x10<sup>6</sup>/年)は外部資金により埋められると判断できる。

表 7-7 計画投資額と実績投資額の比較 (10<sup>6</sup>US\$)

分野	計画投資額		投資実績	備考
	合計	年平均	年平均	
上水道				
生活用水	1,309	65	-	
工業用水	502	25	-	
小計	1,811	90	57	SANEPAR <sup>†</sup> -外による
下水道	704	35	19	SANEPAR <sup>†</sup> -外による
水力発電	3,381	169	94	COPEL <sup>†</sup> -外による

### (3) 社会・環境評価

本ストラテジーは、水環境の改善を目標とするもので、生活用水、工業用水、農業用水の供給、下水道整備による水質改善、洪水防禦、土壌侵食防止、生態系の保全などを目的としている。従って、社会、環境的に正の影響は非常に大きい。負の影響は極めて小さいものと思われるが、これらについては、第8章水環境改善マスタープランで述べる。

#### 7.12 パイロット流域の選定

パラナ州全体について水環境改善のためのストラテジーを策定した後、次の段階のマスタープラン調査を行うために対象とすべきパイロット流域を選定した。

パイロット流域を選定するために、各流域について次の項目を比較検討した。①社会経済(人口およびGDP)、②水需要、③洪水被害、④水質、⑤土壌侵食、⑥生態系

各流域のそれぞれの項目についての重要性をA(非常に重要)からE(殆ど重要性はない)の5段階に評価した。その結果は、表7-8に示すとおりである。表7-8より、最も重要性の高い流域は、イグアス川流域であり、ついでチバジ川流域であると判断し、これら2つをパイロット流域として選定した。

表 7-8 パイロット流域の選定

流域名 項目	シチナス	イグアス	イリ	イハイ	チバジ	ピリ	ピラホ	リハイ	チバジ
社会・経済	D	A	E	C	E	D	D	D	B
水需要	D	A	E	C	E	C	D	E	B
洪水被害	E	A	E	D	B	E	E	E	D
水質	C	A	D	D	E	C	D	D	B
土壌侵食	A	B	B	A	D	B	C	B	C
生態系	E	A	D	C	E	C	C	E	A
総合評価		1							2

(注) A:非常に重要、E:殆ど重要でない

## 第8章 パイロット流域の水環境改善マスタープラン

### 8.1 水資源開発

#### (1) 地域分類

水資源の開発目的および利用形態は地域により異なるので、マスタープランは地域を分類し、各地域ごとに計画することとする。地域はまず大きく都市部と村落部に分けられるが、都市部における水利用は、生活用水と工業用水である、村落部における水利用は生活用水と農業用水である。都市を2015年の予測人口に基づき(A)大都市(人口100,000人以上)、(B)中都市(人口50,000人以上)、(C)その他の都市に分類する。また、(C)は、都市の立地条件を考慮して更に、(a)主要河川近傍に立地する都市、(b)二次および三次支川近傍に立地する都市、(c)台地や山地の頂上部に立地する都市に分類してマスタープランを立案する。イグアス川流域では、(A)に属する都市は17(そのうち14はクリチーバ首都圏に含まれる)、(B)が6都市、(C)は76都市である。また、チバジ川流域では、(A)が3都市、(B)が7都市、(C)が26都市となっている。

#### (2) クリチーバ首都圏

クリチーバ首都圏の2015年における生活用水と工業用水の新規開発必要量は、7.24m<sup>3</sup>/sec(625,000m<sup>3</sup>/日)と推定される。これに対して、供給する側の水源は、クリチーバ周辺のイグアス川支流のダム/貯水池による表流水開発、およびクリチーバ北方10~50kmに分布するカルスト帯水層からの地下水開発が考えられる。クリチーバ周辺の10のダムサイトについて、開発計画を検討し、カルスト帯水層について第1から4ステージの開発計画を検討した結果、ダム建設と井戸掘削の最適組み合わせとして表8-1に示す案を提案する。これ等の建設位置は、図8-1に示すとおりであり、クリチーバ首都圏の水需給関係は図8-2に示すとおりとなる。

表 8-1 クリチーバ首都圏水資源開発計画

種別	開発水量 (m <sup>3</sup> /s)	事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)
イライダム、	1.400	49.3
ピラクアラIIダム	0.750	22.0
ペケーニョダム	0.800	28.6
アルトミリングアバダム	0.600	35.3
コチアデスピケダム	1.200	43.8
地下水開発(ステージ1) 29井戸	1.290	40.3
地下水開発(ステージ2) 27井戸	1.195	57.5
合計	7.235	276.8

(注) 事業費は、取水コストおよび送水コストであり浄水および配水コストを含まない。





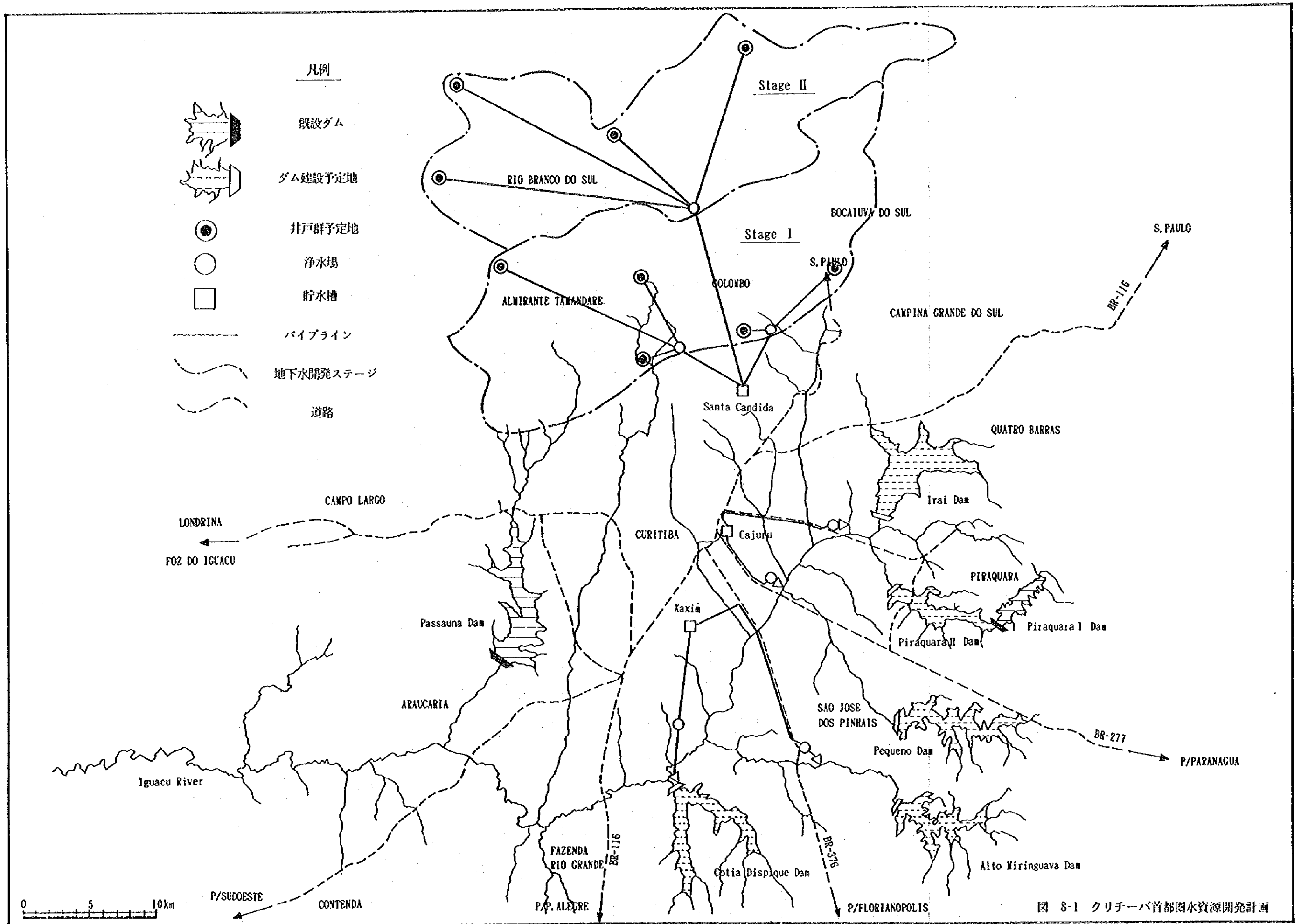


図 8-1 クリチーバ首都圏水資源開発計画



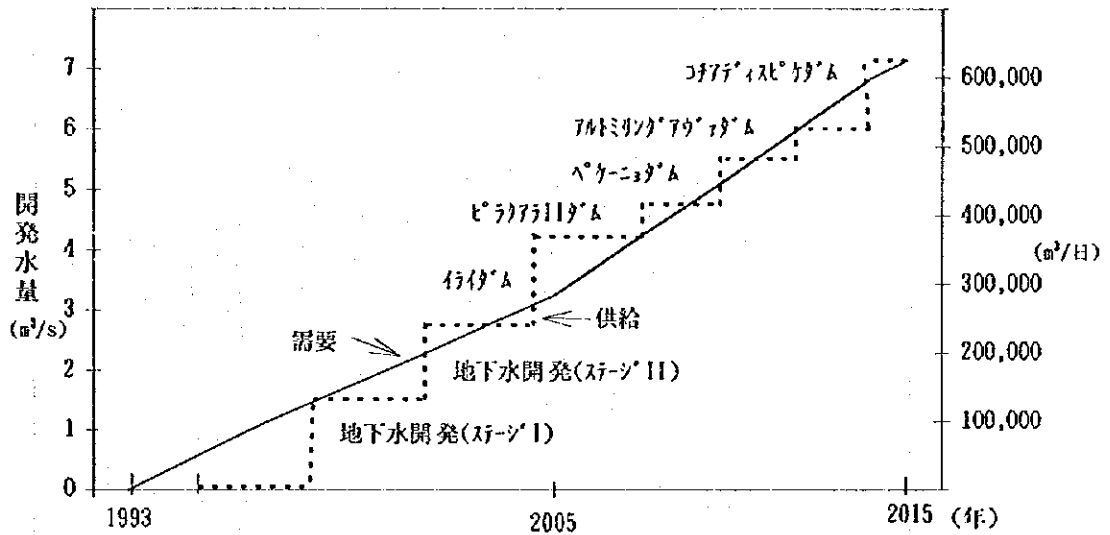


図 8-2 クリチーバ首都圏水需給関係

(3) 大都市および中都市

イグアス川流域の大都市は、クリチーバ首都圏の他にカスカベル、フォスドイグアスおよびグアラプアバがあり、中都市としては、フランシスコベルトラオン、パトブランコ、メディアネイラ、ドイスビジニョス、パルマス、ウニオンダビトリアがある。また、チバジ川流域の大都市は、ポントグロッサ、ロンドリーナ、アプカラナがあり、中都市としては、カストロ、テレマコボルバ、コルネイロプロコピオ、アラポンガス、カンベ、イビポラン、イラテイがある。それぞれの都市の必要開発水量に対し、水源を検討し、概略施設計画を立案し、事業費を推定した。その結果は、表 8-2 および表 8-3 に示すとおりである。

(4) その他の都市

その他の都市は、その立地条件により、(a)に属するものは、河川からの直接取水とし、(b)および(c)に属するものは、地下水および表流水直接取水のいずれかを技術的、経済的観点から比較検討して選定した。事業費については、個々の都市について推定するのは困難なので、代表例について事業費を検討し、事業費-開発水量曲線を求め、これにより事業費を推定した。結果は、表 8-2 および表 8-3 に示すとおりである。

(5) 村落

村落における生活用水の需要は、一部を除いて殆ど増加しない。従って需要は既存施設の改良又は維持管理の強化により十分まかなわれると思われるので、新規開発計画は必要ないと思われる。

## (6) 農業用水

牧畜および養魚などの農業用水は、付近の小河川からの直接取水でまかなえるものと思われる。事業費は、その他の都市における水単価より類推した。

表 8-2 イグアス川流域水資源開発計画

地区名	取水源	開発水量 (m <sup>3</sup> /日)	事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)
<b>&lt;クリチーバ首都圏&gt;</b>			
クリチーバ首都圏	地下水(ステージ I) 29 井戸	111,000	110.6
	地下水(ステージ II) 27 井戸	103,000	157.9
	イライダム	121,000	135.4
	ピラクアラ II ダム	65,000	60.4
	ペケニョダム	69,000	78.5
	アルトミリングアバダム	52,000	96.9
	コチアデスピケダム	104,000	120.3
小 計		625,000	760.0
<b>&lt;大都市&gt;</b>			
カスカベル	サンジョセ川 I	13,000	7.1
	サンジョセ川 II	13,000	7.1
	地下水(ステージ I) 9 井戸	16,000	17.7
	地下水(ステージ II) 1 井戸	10,000	7.0
フォスドイグアス	パラナ川 I	30,000	3.7
	パラナ川 II	30,000	3.7
	パラナ川 III	30,000	3.7
グアラプアバ	バナナス川 I	13,000	4.6
	バナナス川 II	12,000	4.5
小 計		167,000	59.1
<b>&lt;中都市&gt;</b>			
フランシスコ ベルトラオン	マレカス川 I	10,000	2.4
	マレカス川 II	10,000	2.3
パトブランコ	チョピン川	10,000	9.1
メディアネイラ	地下水(ステージ II) 1 井戸	11,000	4.3
ドイスビジニョス	チョピン川	12,000	9.1
パルマス	カルデイラス川	6,000	4.9
ウニオンダピトリア	イグアス川	3,000	3.7
小 計		62,000	35.8
<b>&lt;その他の都市&gt;</b>			
小 計	表流水および地下水	72,000	102.9
<b>&lt;農業用水&gt;</b>			
小 計	表流水および地下水	33,000	4.6
合 計		959,000	962.4

表 8-3 チバジ川流域水資源開発計画

地区名	取水源	開発水量 (m <sup>3</sup> /日)	事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)
<b>&lt;大都市&gt;</b>			
ポントグロッサ	チバジ川 I	18,000	6.7
	チバジ川 II	19,000	6.8
ロンドリーナ、 カンベ	チバジ川 I	35,000	15.5
	チバジ川 II	35,000	15.5
	チバジ川 III	36,000	15.5
アプカラナ	地下水(ｽｰﾌﾞ I) 4井戸	22,000	7.3
	地下水(ｽｰﾌﾞ II) 4井戸	23,000	7.6
小計		188,000	74.9
<b>&lt;中都市&gt;</b>			
カストロ	イアボ川 I	11,000	2.8
	イアボ川 II	11,000	2.7
テレマコボルバ	チバジ川 I	9,000	3.4
	チバジ川 II	9,000	3.4
コネイロ・ロビオ	コンゴニヤス川	6,000	7.4
アラポンガス	地下水(ｽｰﾌﾞ I) 1井戸	11,000	7.2
	ピラボ川	9,000	8.7
イビボラン	チバジ川	9,000	7.4
イラティ	インビツビニヤ川	6,000	9.0
小計		81,000	52.0
<b>&lt;その他の都市&gt;</b>	表流水および地下水		
小計		30,000	32.9
<b>&lt;農業用水&gt;</b>	表流水および地下水		
小計		8,000	1.0
合計		307,000	160.8

## 8.2 水力発電

イグアス川流域およびチバジ川流域に、2015年までに建設が計画されている水力発電所は、表 8-4 に示すとおりである。それらの位置は、図 7-2 に示すとおりである。

イグアス川流域に 3ヶ所合計設備出力 1,400MW が、チバジ川に 5ヶ所合計設備出力 1,096MW が計画されている。

## (6) 農業用水

牧畜および養魚などの農業用水は、付近の小河川からの直接取水でまかなえるものと思われる。事業費は、その他の都市における水単価より類推した。

表 8 2 イグアス川流域水資源開発計画

地区名	取水源	開発水量 (m <sup>3</sup> /日)	事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)
<b>&lt;クリチーバ首都圏&gt;</b>			
クリチーバ首都圏	地下水(ステージI) 29 井戸	111.000	110.6
	地下水(ステージII) 27 井戸	163.000	157.9
	イライダム	121.000	135.4
	ピラクアラ II ダム	65.000	60.4
	ペケニョダム	69.000	78.5
	アルトミリングアバダム	52.000	96.9
	コチアデスピケダム	104.000	120.3
小 計		625.000	760.0
<b>&lt;大都市&gt;</b>			
カスカベル	サンジョセ川 I	13.000	7.1
	サンジョセ川 II	13.000	7.1
	地下水(ステージI) 9 井戸	16.000	17.7
	地下水(ステージII) 1 井戸	10.000	7.0
フォスドイグアス	パラナ川 I	30.000	3.7
	パラナ川 II	30.000	3.7
	パラナ川 III	30.000	3.7
グアラプアバ	バナナス川 I	13.000	4.6
	バナナス川 II	12.000	4.5
小 計		167.000	59.1
<b>&lt;中都市&gt;</b>			
フランシスコ ベルトラオン	マレカス川 I	10.000	2.4
	マレカス川 II	10.000	2.3
パトブランコ	チョピン川	10.000	9.1
メディアネイラ	地下水(ステージII) 1 井戸	11.000	4.3
ドイスビジニョス	チョピン川	12.000	9.1
パルマス	カルデイラス川	6.000	4.9
ウニオンダビトリア	イグアス川	3.000	3.7
小 計		62.000	35.8
<b>&lt;その他の都市&gt;</b>	表流水および地下水		
小 計		72.000	102.9
<b>&lt;農業用水&gt;</b>	表流水および地下水		
小 計		33.000	4.6
合 計		959.000	962.4

表 8-3 チバジ川流域水資源開発計画

地区名	取水源	開発水量 (m <sup>3</sup> /日)	事業費 (10 <sup>3</sup> US\$)
<b>&lt;大都市&gt;</b>			
ポインタグロッサ	チバジ川 I	18.000	6.7
	チバジ川 II	19.000	6.8
ロンドリーナ、 カンベ	チバジ川 I	35.000	15.5
	チバジ川 II	35.000	15.5
	チバジ川 III	36.000	15.5
アプカラナ	地下水(ステージ I) 4井戸	22.000	7.3
	地下水(ステージ II) 4井戸	23.000	7.6
小計		188.000	74.9
<b>&lt;中都市&gt;</b>			
カストロ	イアボ川 I	11.000	2.8
	イアボ川 II	11.000	2.7
テレマコボルバ	チバジ川 I	9.000	3.4
	チバジ川 II	9.000	3.4
コイボロビオ	コンゴニヤス川	6.000	7.4
アラボンガス	地下水(ステージ I) 1井戸	11.000	7.2
	ピラボ川	9.000	8.7
イビボラン	チバジ川	9.000	7.4
イラティ	インビツビニヤ川	6.000	9.0
小計		81.000	52.0
<b>&lt;その他の都市&gt;</b>	<b>表流水および地下水</b>		
小計		30.000	32.0
<b>&lt;農業用水&gt;</b>	<b>表流水および地下水</b>		
小計		8.000	1.0
<b>合計</b>		<b>307.000</b>	<b>160.8</b>

## 8.2 水力発電

イグアス川流域およびチバジ川流域に、2015年までに建設が計画されている水力発電所は、表 8-4 に示すとおりである。それらの位置は、図 7-2 に示すとおりである。

イグアス川流域に 3ヶ所合計設備出力 1,400MW が、チバジ川に 5ヶ所合計設備出力 1,096MW が計画されている。



表 8-4 イグアス川流域およびチバジ川流域水力発電計画

位置 番号	発電所名	流域	河川	設備容量 (MW)	年間保証電力 量 (Gwh)	運転開始 予定
1	ジョルダニア・イグアス	イグアス	ジョルダニア	6.5	499	1996. 3月
2	カマカサ	イグアス	イグアス	1,240	4,853	1998. 12月
4	ジョルダニア	イグアス	イグアス	156	758	2002. 9月
5	イグアス	イグアス	イグアス	156	757	2003. 9月
小計(2005年まで)				1,559	6,867	
3	イグアス	イグアス	イグアス	284	1,386	2006
6	イグアス	イグアス	イグアス	388	1,617	2007
7	イグアス	イグアス	イグアス	112	541	2008
12	イグアス	イグアス	イグアス	154	640	2005~09
小計(2005~2015年)				938	4,184	
合	イグアス川 : 16 発電所合計設備容量 3,435MW			1,400	5,992	
計	チバジ川 : 7 発電所合計設備容量 1,556MW			1,096	5,059	

### 8.3 洪水防禦

#### (1) 流域全般

洪水被害は、イグアス川に集中しており、チバジ川ではイラティ、イピランガなどの被害が報告されているが、その程度は小さい。

洪水防禦には、非構造的対策と構造的対策があり、それぞれの対策と適用地域は表 8-5 および表 8-6 に示すとおりである。

表 8-5 イグアス川およびチバジ川流域における非構造的洪水対策

地域	自治体	非構造的 洪水対策	第1ステージ	第2ステージ
			現在～2005年	2006～15年以降
イ グ ア ス 川	クリチーバ首都圏	土地利用規制	—	—
		洪水予警報	△	○
		洪水避難	△	△
		洪水耐力	△	△
		操作規則	△	○
	サンマテウスドスル	土地利用規制	—	—
		洪水予警報	△	○
		洪水耐力	△	△
	ポルトアマゾナス	土地利用規制	—	—
		洪水予警報	△	○
洪水耐力		△	△	
レボウサス、 グアラプアバ	土地利用規制	—	—	
	洪水耐力	△	△	
ウニオンダビトリア	土地利用規制	△	△	
	洪水予警報	△	○	
	洪水耐力	△	△	
	操作規則	△	○	
ヒオネグロ	土地利用規制	—	—	
	洪水予警報	△	○	
	洪水耐力	△	△	
フォスドイグアス	土地利用規制	△	△	
	洪水予警報	△	○	
	洪水耐力	△	△	
	洪水耐力	△	△	
	操作規則	△	○	
カパネマ	土地利用規制	—	—	
	洪水予警報	—	—	
	洪水耐力	—	△	
チ バ ジ 川	イラティ	土地利用規制	△	△
		洪水耐力	—	△
イピランガ	土地利用規制	△	△	
	洪水耐力	—	△	

(注)(1)土地利用規制=土地利用地域区分(住民移転と公園化を含む)策定及び適用

洪水予警報 = 洪水予報及び警報システムの策定及び実施

洪水避難 = 避難及び救助活動

洪水耐力 = 土地や建物の嵩上げ

操作規則 = 貯水池や洪水調節施設の操作規則改良

(2) —: 現在の方法の継続 △: 現在の方法の改善 ○: 新規適用

表 8-6 構造的洪水防禦対策

地域	自治体	構造的洪水 防禦対策	事業費 (US\$10 <sup>6</sup> )	実施工程	
				第1ステージ 現在～2005年	第2ステージ 2006～15年以降
1.	クリチーバ 首都圏	PROSAMの継続 -河道掘削15km(約130万m <sup>3</sup> ) -河岸域景観及び公園整備 -パイプ建設(洪水調整及び クリチーバへ1.8m <sup>3</sup> /sの給水) -洪水危険地域1,400戸の移転 -河岸環境保護のための 7,000区画の土地収用	34.3 (パイプの建設費は除く)	○	-
		PROSAMの拡張 -クリチーバ市による河道掘削 -ピラタリ、ペケニョ、アトミンガ ダ(洪水調整と給水)	N/A	○ △	○
2.	サンマテウス	堤防	11.1	-	○
4.	ウニオンダ	堤防 -堤防延長17km(140万m <sup>3</sup> ) -樋門8基	85.9	○	

(注) △:部分的実施 ○:完全実施 N/A:推定不可  
PROSAM 継続事業費は1992年価格、PROSAMについては5.12節参照

(2) ウニオンダビトリアの洪水対策

ウニオンダビトリアの洪水対策は、土地の利用規制と堤防建設の組み合わせが妥当と思われる。

土地利用規制については、標高746.5m以下は居住制限地域とし、公共・民間を問わず建物や家屋の存在を禁止する。既存の建物は、安全地域に移転させる。また、標高746.5mから748.5mの間は、条件付き地域として、公共・民間建物の新設は禁止するが、既存の構造物はそのままとし、洪水耐力をあげるために地盤や床の嵩上げを奨励する。

構造的な手段は、樋門を有する次の諸元をもつ堤防を建設する。

- 設計洪水量 4,980 m<sup>3</sup>/sec(1983年洪水、確率120年)
- 設計洪水位 750.0m (1983年洪水位)
- 堤防天端標高 751.2m (余裕高1.2m)
- 堤防延長 17 km
- 堤防高 5 m (堤防法線は地盤高746.5m以上の位置とする)
- 樋門(含むろ施設) 8基

(3) ウニオンダビトリアの洪水位

フォスダレイア貯水池からウニオンダビトリアを経てサンマテウスドスルに至る河道区間における洪水位を種々の仮定に基づき不等流計算により検討した。対象洪水は、1983年および1992年洪水とし、貯水池水位を744.0mから739.0mまで変化させた。河川縦横断形状は、JICA調査団およびCOPELが実施した測量結果による。

計算の結果は、表8-7および図8-3に示すとおりである。表8-7から分かるように、いずれの洪水の場合も、貯水池水位の変化によるウニオンダビトリアの水位変化はごく小さいように思われ、むしろ1983年洪水と1992年洪水の流量変化による水位変化の方が大きいように思われる。

表 8-7 貯水池水位と河川水位の関係

単位:水位(m)

ケース	洪水	ファストアレイ (D1-77) CN011	バットトリ (BAT-1B) CN153	ウエスタトリ (14.GPF) JT141	フルフルリス (FINFL-01) CF271	サンマウス (S-25.GPF) JS251
A1	1983	744.0	746.7	750.1	759.0	764.3
A2	1983	742.0	746.3	750.0	759.0	764.3
A3	1983	739.0	746.1	749.9	759.0	764.3
A4	1992	742.0	745.4	748.7	757.7	763.4
A5	1992	739.0	745.3	748.7	757.7	763.3

(注) (1) ウエスタトリでの洪水流量は、1983年洪水で 4,980m<sup>3</sup>/sec、1992年洪水で 3,810m<sup>3</sup>/sec とした。

(2) ファストアレイ貯水池の H. W. L. は 742.0

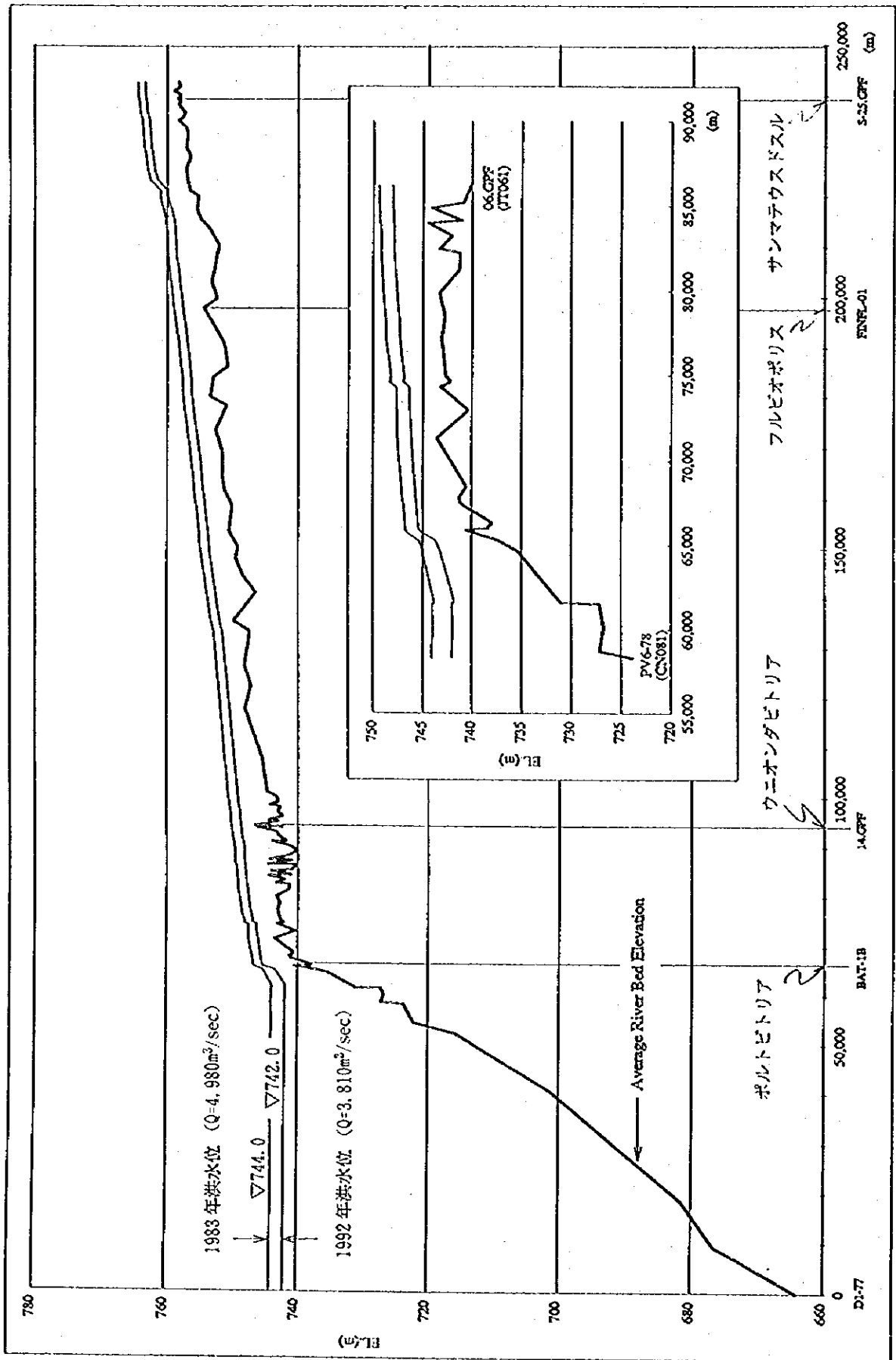


図 8-3 貯水位と河川水位の関係

## 8.4 水質改善および下水道整備

### (1) 大都市

流域の河川水質に対して、最大の汚染源は大都市から流出する生活系排水と考えられるので、イグアス川流域およびチバジ川流域の大都市について将来汚濁負荷を予測し、都市の立地条件も考慮して、それぞれの流域について、クリチーバ首都圏とカスカベル市、およびポンタグロッサとロンドリーナを選定して、現状水質および将来の水質改善ならびにそれに必要な下水道整備計画を検討した。

目標水質基準は、将来達成可能な水質目標として、カスカベルがクラス2(BOD 3~5)であることを除き、他の3地域はクラス3(BOD 5~10)としたが、現状はこれよりはるかに水質は悪くクラス4以下となっておりBODも30以上と思われる。

現状における発生汚濁負荷(生活排水+工業排水)、希釈水量(河川流量 $Q_{10.7}$ +生活排水量+工業排水量)、現状水質(BOD)から流達率を仮定して浄化残率を推定し、この流達率および浄化残率を用いて、2005年および2015年において目標水質におさめるための汚濁負荷削減量、下水処理量、事業費を推定した。結果は、表8-8に示すとおりである。

### (2) 流域全体

流域を、イグアス川は20のブロックに、チバジ川は17のブロックに分割し、各流域の汚濁源(生活排水、工業排水、畜産排水、自然系排水)からの汚濁負荷による将来水質を、上記の4都市について表8-8の下水道整備が行われるとして、ストリーター・フェルベスの式を用いて計算した。この結果によると、イグアス川クリチーバ首都圏直下流はBOD6となり、CONAMAの目標値クラス3を満足する。その他の地点についても、両流域ともクラス2以下となっており、目標値を満足している。

従って、イグアス川およびチバジ川の河川水質は、クリチーバ首都圏、カスカベル、ポンタグロッサ、ロンドリーナ市の下水道整備を行うことにより自動的に目標値を満足することとなる。なお、これ等4都市の他の都市でも、都市内又は都市直下流の水質改善を行うために相応の下水道整備を行う必要がある。

表 8-8 大都市下水道整備計画(2015年)

項目	イグアス川流域		チバジ川流域	
	クリチーバ首都圏	カスカベル	ポンタグロッサ	ロンドリーナ
都市人口(千人)	3,040	303	306	580
希釈水量(千 $m^3$ /日)	1,143	144	163	255
発生負荷量 生活排水	164,200	16,400	16,500	31,300
(kg/日) 工業排水	23,200	300	2,900	11,800
流出負荷量(kg/日)	45,000	4,300	4,500	9,800
目標水質(BOD mg/l)	10	5	10	10
許容流出負荷量(kg/日)	11,400	720	1,600	2,500
負荷削減量(kg/日)	122,700	11,400	8,900	20,800
対象人口(千人)	2,392	265	206	406
下水処理量( $m^3$ /日)	420,000	45,000	30,000	70,000
事業費(10 <sup>6</sup> US\$)	294.0	50.0	29.2	59.4

## 8.5 土壌侵食対策

7.5では土壌侵食量をEMATERの地域区分に従って計算したが、ここでは各自治体区分毎に計算した。イグアス川流域での平均土壌侵食量は、18t/ha・年となっている。イグアス川下流左岸に侵食度の高い地域が広く分布しており、ノバエスペランサドスドエステ、ボアエスベ

ランサドイグアス、バラカオ、イタペジャラドエステでは、86t/ha・年～57t/ha・年に達している。また、チバジ川流域での平均土壌侵食量は、10.9t/ha・年となっている。チバジ川下流右岸に侵食度の高い地域が広く分布しており、サオジェロニモダセラ、サポペマ、ジャタイジイニョ、サンタセシリアドパボでは、93t/ha・年～32t/ha・年となっている。これ等の値はいずれも目標値11t/ha・年よりはるかに高い。

土壌侵食対策として、①全耕地に対して100%のテラスを実施、②豆類、とうもろこし、大豆などの耕地の不耕起栽培の比率を50%までたかめる、の2案を中心とし、補助的に農道改良、営農対策、土質管理を行うこととする。これにより、2015年の土壌侵食量の平均値は、イグアス川流域で4t/ha・年に、チバジ川流域で2.4t/ha・年に減少する。

土壌侵食対策の事業量、事業費は、表8-9の示すとおりである。事業費総額US\$197に対して投入肥料の軽減など十分な便益が期待できる。

表 8-9 土壌侵食対策

対策	イグアス川流域		チバジ川流域	
	施工面積(延長) km <sup>2</sup> /(km)	事業費 (10 <sup>3</sup> US\$)	施工面積(延長) km <sup>2</sup> /(km)	事業費 (10 <sup>3</sup> US\$)
テラス	10,781	43.1	3,344	13.4
農道改良	21,560	32.3	6,690	10.0
段差工農道維持	-	33.0	-	10.7
不耕起栽培	7,520	35.5	2,530	18.7
営農対策	30,700	-	14,300	-
土質管理	30,700	-	14,300	-
合計		143.9		52.8

## 8.6 生態系保全

イグアス川およびチバジ川流域における生態系保全のための対策は、表8-10に示すとおりである。これ等の対策の目的および事業費も同表に示してある。

表 8-10 生態系保全対策

対策	目的				事業費(10 <sup>3</sup> US\$)	
	保全	経済性	衛生	モニタリング	イグアス川	チバジ川
<保護対策>						
魚類種別調査	○			○	881	664
魚類動態調査	○	○			487	487
固有魚類再生調査	○	○			493	493
貯水池魚類調査	○	○		○	2,620	-
保全区域管理プログラム	○	○			31	51
チバジ川地区保全プログラム	○	○	○		585	-
インニロヴィ地区保全プログラム	○	○			241	-
ピマリ川低平地調査	○				-	245
生物多様性研究所設立	○	○		○	-	-
<環境教育プログラム>						
水環境教育プログラム	○		○		860	-
<モニタリング>						
生物指標モニタリング	○		○	○	1,286	1,096
河岸植物モニタリング	○		○	○	670	670
ブラカライモニタリング			○	○	414	-
合計					8,568	3,706

## 8.7 森林の保全

イグアス川における自然林と再生林は流域の 14.3%(7,900km<sup>2</sup>)および 1.7%(900km<sup>2</sup>)を占めており、前者は、パラナ州全体の 44%に相当している。他の流域に比べイグアス川流域では自然林が良く保全されていると言える。また、チバジ川流域では、自然林が 3.8%(900km<sup>2</sup>)、再生林が 9.4%(2,300km<sup>2</sup>)でパラナ州全体の再生林の 36.5%がチバジ川流域に存在する。

森林の保護再生対策として、現在保護区域に法律で指定されている地区の森林を保存することは勿論のこと、保護地域を生態系や環境保全のためだけでなく、景観の維持やレクリエーションのために更に拡大すべきである。イグアス川流域には、イライ川貯水池やパルミツタル川流域に新しい保護区を設定する計画があるが、政府の財政的、法制的、技術的な支援によって実現に努力すべきである。

次に、植林については、商業目的を導入して積極的に行うべきである。植林の適地としては、①農地や牧草地に不適當な土地、②農地の河岸沿いの部分がある。

イグアス川流域およびチバジ川流域の植林計画は、表 8-11 に示すとおりである。

表 8-11 植林計画

流域	目的	植林地種別	植林面積 (km <sup>2</sup> )	年間植林面積 (ha/年)	事業費 (10 <sup>6</sup> US\$)
イグアス川	商業利用 水環境保全	農牧草地不適地	1,900	9,500	135
		河岸沿い農地	900	4,500	33
		小計	2,800	-	168
チバジ川	商業利用 水環境保全	農牧草地不適地	2,000	10,000	142
		河岸沿い農地	400	2,000	15
		小計	2,400	-	157
		合計	5,200		325

## 8.8 水環境管理

水環境管理計画で、最も重要で優先的に実施すべきモニタリングシステムのマスタープランについて述べる。

イグアス川流域およびチバジ川流域で実施すべきモニタリングシステムの項目および数量、事業費は表 8-12 に示すとおりである。



表 8-12 モニタリングシステムマスタープラン

項目	設備内容	数量		事業費(10 <sup>6</sup> US\$)	
		イグアス川	チバジ川	イグアス川	チバジ川
1)SIMEPARシステムの完成	気象レーダー	3		(35,000)	
	衛星画像受信装置	1			
	気象観測テレメータシステム	116			
	水文観測テレメータシステム	44			
	環境観測テレメータシステム	3			
	その他				
2)気象・降雨モニタリングシステム強化	気象観測所	4	-	30	
	降雨観測所	103	19	155	29
3)流量観測所	量水標	11	7	110	70
4)浮遊土砂観測所	浮遊土砂観測所	-	3	-	30
5)地下水モニタリングシステム	観測井戸	-	16	-	231
6)カチン首都圏及び周辺地区表流水・地下水総合モニタリングシステム	流量観測所	5	-	50	-
	観測井戸	81	-	1,381	-
7)水生生態系モニタリング		1	1	332	292
8)総合テレメータシステム	コンピュータと電話のネットワーク	7	7	70	70
合計		-	-	2,120	722

(注) SIMEPARシステムの設置は現在全州を対象に州政府予算で進行中、合計値には含まれない。

### 8.9 組織法制の改善

第7章パラナ州水環境ストラテジー、7.9節 組織法制で述べた改善項目1)~6)に加え、マスタープランにおいては、次に述べる7)~12)の項目を提案する。

#### 7) 流域管理の導入及び適当な機関の設立

- ①流域水環境関連機関の調整委員会(調整、ガイドライン発行、勧告を行う)、又は、
- ②流域委員会及び流域管理機構(流域の水環境を全て管理する)

イグアス川流域は連邦管理の河川が含まれるので、当面①を目標とし、最終的には②を目標としたいが、チバジ川流域は、州政府管理河川のみからなるので、②を目標とする。

#### 8) 総合管理のための調整の促進

- ①水環境分野協同委員会の設立、②土地利用管理との緊密な調整

#### 9) 水利権許可における公聴会の設立

#### 10) 河川毎の総合水質管理の実施

- ①河川毎の排水規準の設定、②流域下水道の設置及び管理

#### 11) 水資源開発管理の促進

- ①水資源開発管理の強化、②建設、運用、維持費の分担

#### 12) 最適水配分と需要管理のための水単価の設定と徴集

### 8.10 概算事業費と実施工程

概算事業費と実施工程はイグアス川流域については表 8-13、チバジ川流域については表 8-14 に示すとおりである。これら主要分野のマスタープラン実施に要する事業費は、水力発電を除くとイグアス川流域およびチバジ川流域についてそれぞれ US\$1,726 x10<sup>6</sup> および US\$464 x10<sup>6</sup> となる。

表 8-13(1) イグアス川流域水環境改善マスタープラン事業費および実施工程-(1)

マスタープランの内容	事業費 10 <sup>6</sup> US\$	実施工程			
		現在 2000	2001 2005	2006 2010	2011 2015
I. 給水	962.40				
(1) 生活用水および工業用水	957.80				
開発水量 プロジェクト地域 (m <sup>3</sup> /日) 開発方式					
1) 大都市: 2015年の人口が 100,000人以上	819.10				
(a) クリチーバ首都圏	760.00				
地下水開発ステージ I	111,000 29 井戸	110.60			
地下水開発ステージ II	103,000 27 井戸	157.90			
イライダム	121,000 ダム	135.40			
ピラクアラIIダム	65,000 ダム	60.40			
ペケーニョダム	69,000 ダム	78.50			
アルトミリングアバダム	52,000 ダム	96.90			
コチアデスピケダム	104,000 ダム	120.30			
(b) カスカベル	38.90				
サンジョセ川 I	13,000 直接取水	7.10			
サンジョセ川 II	13,000 直接取水	7.10			
地下水開発ステージ I	16,000 9 井戸	17.70			
地下水開発ステージ II	10,000 1 井戸	7.00			
(c) フォスドイグアス	11.10				
パラナ川 I	30,000 直接取水	3.70			
パラナ川 II	30,000 直接取水	3.70			
パラナ川 III	30,000 直接取水	3.70			
(d) グアラブアバ	9.10				
パナナス川 I	13,000 直接取水	4.60			
パナナス川 II	12,000 直接取水	4.50			
2) 中都市: 2015年の人口が 50,000人以上	35.80				
(a) フランシスコベルトラオ	4.70				
マレサス川 I	10,000 直接取水	2.40			
マレサス川 II	10,000	2.30			
(b) パトブランコ	9.10				
チョピン川	10,000 直接取水	9.10			
(c) メディアネイラ	4.30				
地下水開発	11,000 1 井戸	4.30			
(d) ドイスビジニョス	9.10				
チョピン川	12,000 直接取水	9.10			
(e) パルマス	4.90				
カルディラス川	6,000 直接取水	4.90			
(f) ウニオンダビトリア	3.70				
イグアス川	3,000 直接取水	3.70			
3) その他の76都市	102.90				
(2) 農業用水					
全流域	33,000 直接取水	4.60			

表 8-13(2) イグアス川流域水環境改善マスタープラン事業費および実施工程-(2)

マスタープランの内容	事業費 10 <sup>6</sup> US\$	実施工程			
		現在 2000	2001 2005	2006 2010	2011 2015
2. 洪水防禦	97.00				
(1)非構造的対策(土地利用規制, 洪水予警報, 洪水避難, 洪水耐力, 操作規則)クリチーバ首都圏, サマタス・スル, ポルマツ・スル, レイ・ウス, グアラフ・アハ, ウニオン・ビトリア, ヒネロ, フェスト・ウ・アス, カ・カ	-				
(2)構造的対策	97.00				
1)クリチーバ首都圏					
(a)PROSAMの継続(河道, 修景, 公園, 移転など)	(34.30)				
(b)PROSAMの拡張					
河道掘削					
洪水調節ダム					
2)サンマテウスドスル					
堤防と樋門	11.10				
3)ウニオンダビトリア					
堤防(長=17km, 高=5m)と樋門	85.90				
3. 水質改善	344.00				
(1)下水道整備					
地域	下水処理水量(m <sup>3</sup> /日)				
(a)クリチーバ首都圏	420,000	294.00			
(b)カスカベル	45,000	50.00			
4. 土壌侵食対策	143.90				
(1)テラスの造成	10,781 km <sup>2</sup>	43.10			
(2)不耕起栽培	7,520 km <sup>2</sup>	35.50			
(3)農道改良	21,560 km	32.30			
(4)農道の維持管理		33.00			
(5)営農及び土壌管理		-			
5. 生態系保全	8.63				
(1)保護対策	5.33				
1)魚類種別調査	0.90				
2)魚類動態調査	0.50				
3)固有魚種再生調査	0.50				
4)貯水池魚類調査	2.60				
5)保全地域管理計画	0.03				
6)セラバイタカ地区保全プログラム	0.60				
7)エンジニエログレイ地区保全プログラム	0.20				
8)生物多様性研究所	-				
(2)環境教育プログラム	0.90				
1)水環境教育	0.90				
(3)モニタリングプログラム	2.40				
1)生物指標モニタリング	1.30				
2)河岸植物モニタリング	0.70				
3)サンドフライモニタリング	0.40				
6. 植林	168.00				
(1)水環境保全植林: 900 km <sup>2</sup>	33.00				
(2)商業植林: 1,900 km <sup>2</sup>	135.00				

表 8-13(3) イグアス川流域水環境改善マスタープラン事業費および実施工程-(3)

マスタープランの内容	事業費 10 <sup>6</sup> US\$	実施工程			
		現在 2000	2001 2005	2006 2010	2011 2015
7. モニタリングシステムの設立	2.13				
(1) SIMEPARシステムの完成	(35.00)				
(2) モニタリングシステム強化	0.19				
1) 4気象観測所	0.03				
2) 103降雨観測所	0.16				
(3) 11流量観測所	0.11				
(4) クリチーバ地区における表流水地下水 総合モニタリングシステム	1.43				
1) 5流量観測所	0.05				
2) 17カルスト地区観測井戸	0.41				
3) 20グアピロツバ地区観測井戸	0.34				
4) 44其他地区観測井戸	0.63				
(5) 水生生態系モニタリング	0.33				
(6) 総合データベースシステム(7セトのコンピューター 及び電話線ネットワーク)	0.07				
8. 組織制度の改善					
(1) 現在進行中の組織変更の過程における組織強化					
(2) 地下水管理強化					
(3) 環境関連法案の執行強化					
(4) 河川における土砂採取に対する法制整備					
(5) 水環境におけるコストの回収					
(6) 情報公開による住民参加					
(7) 流域管理の導入及び適当な機関の設立					
(8) 総合管理のための調整の促進					
(9) 水利権許可における公聴会の設置					
(10) 河川毎の総合水質管理の実施					
(11) 水資源開発管理の促進					
(12) 最適水配分と需要管理のための 水単価の改定と徴集					
小 計	1,726.00				
9. 水力発電					
3ヶ所の水力発電所 合計設備出力 1,400 MW	1,194.00				
合 計	2,920.00				

(注) 1) 事業費推定の物価水準は1994年8月のものとする。また、外貨交換比率は1US\$=0.89R\$とする。

2) PROSAM継続事業及びSIMEPAR事業の事業費は合計に含めない。

表 8-14(1) チバジ川流域水環境改善マスタープラン事業費および実施工程-(1)

マスタープランの内容	事業費 10 <sup>6</sup> US\$	実施工程			
		現在 2000	2001 2005	2006 2010	2011 2015
1. 給水	160.80				
(1) 生活用水および工業用水	159.80				
開発水量 プロジェクト地域 (m <sup>3</sup> /日) 開発方式					
1) 大都市: 2015年の人口が 100,000人以上	74.90				
(a) ポンタグロッサ	13.50				
チバジ川 I 18,000 直接取水	6.70				
チバジ川 II 19,000 直接取水	6.80				
(b) ロンドリーナとカンベ	46.50				
チバジ川 I 35,000 直接取水	15.50				
チバジ川 II 35,000 直接取水	15.50				
チバジ川 III 36,000 直接取水	15.50				
(c) アプカラナ	14.90				
地下水開発ステージ I 22,000 4 井戸	7.30				
地下水開発ステージ II 28,000 4 井戸	7.60				
2) 中都市: 2015年の人口が 50,000人以上	52.00				
(a) カストロ	5.50				
イアボ川 I 11,000 直接取水	2.80				
イアボ川 II 11,000 直接取水	2.70				
(b) テレマコボルバ	6.80				
チバジ川 I 9,000 直接取水	3.40				
チバジ川 II 9,000 直接取水	3.40				
(c) コルネリオプロコピオ					
コンゴニヤス川 6,000 直接取水	7.40				
(d) アラポンガス	15.90				
地下水開発ステージ I 11,000 1 井戸	7.20				
ピラボ川 9,000 直接取水	8.70				
(e) イビポラン					
チバジ川 9,000 直接取水	7.40				
(f) イラティ					
インビツピニヤ川 6,000 直接取水	9.00				
3) その他の26都市	32.90				
(2) 農業用水					
全流域 8,000 直接取水	1.00				
2. 洪水防禦					
(1) 非構造的対策 (土地利用規制と洪水避難: 行イ及び化°ラカ°)					
3. 水質改善	88.60				
(1) 下水道整備					
地域 下水処理水量(m <sup>3</sup> /日)					
(a) ポンタグロッサ 30,000	29.20				
(b) ロンドリーナ 70,000	59.40				
4. 土壌侵食対策	52.80				
(1) テラスの造成 3,344 km <sup>2</sup>	13.40				
(2) 不耕起栽培 2,530 km <sup>2</sup>	18.70				
(3) 農道改良 6,690 km	10.00				
(4) 農道及びテラスの維持管理	10.70				
(5) 営農及び土壌管理	-				

表 8-14(2) チバジ川流域水環境改善マスタープラン事業費および実施工程-(2)

マスタープランの内容	事業費 10 <sup>6</sup> US\$	実施工程			
		現在 2000	2001 2005	2006 2010	2011 2015
5. 生態系保全	3.71				
(1) 保護対策	1.94				
1) 魚類種別調査	0.66				
2) 魚類動態調査	0.49				
3) 固有魚種再生調査	0.49				
4) 保全区域管理計画	0.05				
5) 氾濫低平地調査	0.25				
(2) モニタリングプログラム	1.77				
1) 生物指標モニタリング	1.10				
2) 河岸植物モニタリング	0.67				
6. 植林	157.00				
(1) 水環境保全植林: 400 km <sup>2</sup>	15.00				
(2) 商業植林: 2,000 km <sup>2</sup>	142.00				
7. モニタリングシステムの設立	0.72				
(1) SIMEPAR システムの完成	(35.00)				
(2) モニタリングシステム強化: 19雨量観測所	0.03				
(3) 7流量観測所	0.07				
(4) 浮遊土砂観測のための3流量観測所	0.03				
(5) 地下水モニタリング	0.23				
1) 4ロンドリーナ地区観測井戸	0.06				
2) 2アプカラナ地区観測井戸	0.03				
3) 10其他地区観測井戸	0.14				
(6) 水生生態系モニタリング	0.29				
(7) 総合データベースシステム(7ヶ所のコンピュター及び電話線ネットワーク)	0.07				
8. 組織制度の改善					
(1) 現在進行中の組織変更の過程における組織強化					
(2) 地下水管理強化					
(3) 環境関連法案の執行強化					
(4) 河川における土砂採取に対する法制整備					
(5) 水環境におけるコストの回収					
(6) 情報公開による住民参加					
(7) 流域管理の導入及び適当な機関の設立					
(8) 総合管理のための調整の促進					
(9) 水利権許可における公聴会の設置					
(10) 河川毎の総合水質管理の実施					
(11) 水資源開発管理の促進					
(12) 最適水配分と需要管理のための水単価の改定と徴集					
小計	463.60				
9. 水力発電					
5ヶ所の水力発電所 合計設備出力 1,096 MW	1,147.30				
合計	1,610.90				

(注) 1) 事業費推定の物価水準は1994年8月のものとする。また、外貨交換比率は1US\$=0.89RSとする。

2) SIMEPAR事業の事業費は合計に含めない。

## 8.11 計画の評価

### (1) 経済評価

経済評価を行うにあたって、前提条件は次のとおりとする。

- 1) 建設投資額は、表 8-13 および表 8-14 に示した各事業の事業費とする。
- 2) 維持管理費、便益、建設期間、評価期間は表 8-15 に示すとおりとする。
- 3) 建設投資額および維持管理費(財務価格)を経済価格に変換するための標準変換係数は、0.85 とする。
- 4) 現在価値を算定するための割引率は、10%とする。
- 5) 外貨交換レートは、1 US\$= 0.89 R\$とする。

表 8-15 事業分野別経済評価データ

事業分野	維持管理費 <sup>(1)</sup> 年額	便益	建設期間 (年)	評価期間 (年)
給水事業	9%	生活用水 US\$ 0.92/m <sup>3</sup> 工業用水 US\$ 0.56/m <sup>3</sup>	4	30
洪水防禦事業	0.5%	US\$ 9.8×10 <sup>6</sup> /年 <sup>(2)</sup>	5	50
下水道事業	別途積算	US\$ 0.58/m <sup>3</sup>	4	30
土壌侵食防止事業	3%	肥料軽減コスト	1	30
水力発電事業	0.5%	US\$ 72/MWh	5	50

(注) (1): 維持管理費%は建設投資額に対する比率

(2): 被害軽減額(年率 5%で増加すると仮定)

パラナ州やブラジルにおける種々の情報から EIRR (Economic Internal Rate of Return: 経済的內部収益率)の判断基準である資本の機会費用は 10~12%前後と考えられる。各事業の EIRR は表 8-16 に示すとおりである。

大都市および中都市の給水事業の大部分、洪水防禦、下水道事業、および水力発電事業の EIRR は、10%を上回っている。中都市給水事業のうちチバジ川流域のイラテイおよびイグアス川流域の大中都市以外の都市における給水事業は、10%をやや下回っているが、これは開発水量が少なく水単価が割高になるためと思われる。しかし、上水道の整備によって金銭的な便益の外に、衛生状態の向上による国民の健康増進や、生活レベルの向上による民生の安定や国民の福利厚生における利益など無形の便益も数多く考えられる。単に、経済評価のみから水道事業の妥当性を論ずるべきではない。

土壌侵食防止事業についても 10%以下となっているが、この事業の便益は、侵食防止の成功に伴う投入肥料の軽減のみでなく、農作物の増産、浄水コストの軽減、水質の向上など数量化されない便益も数多い。

### (2) 財務評価

経済評価を行った事業のうち、給水事業および下水道事業は、SANEPARにより、また、水力発電事業は、COPELにより運営されている。このうち事業経営が州内に限定される給水事業および下水道事業について財務評価を行う。

財務評価の前提は、経済評価のそれとほぼ同じである。料金収入は次のとおりとした。

生活用水	: US\$ 0.62/m <sup>3</sup>
工業用水	: US\$ 1.10/m <sup>3</sup>
下水道処理水	: US\$ 0.58/m <sup>3</sup>

各事業についてFIRR(Financial Internal Rate of Return:財務的内部収益率)を求めると、表8-17に示すとおりとなる。イグアス川流域のその他76都市のFIRRが4.8%とかなり低い  
が、それ以外の事業は10%程度以上となっている。

給水事業には、工業用水と生活用水が含まれる。表8-17には生活用水のみを対象としたFIRRも示してあるが、後者は前者に比べてかなり低い。これは、工業用水の水道料金が生活用水のそれより高いためと思われる。現在工業用水の取水は、各工場によって個々に行われているケースも多く、SANEPARによる給水はそれほど多くはないが、将来的には地下水開発規制や表流水資源の利用増加に伴い、SANEPARに依存する比率は大きくなると思われる。給水事業に比べて、下水道事業ではFIRRは、かなり高い値を示している。これらの検討結果は、①資金の調達、②料金の地域差に基づく改訂、③投資順位の決定などに役立つものと思われる。

### (3) 社会・環境評価

このマスタープランに含まれる主要なプロジェクトは、①ダムによる表流水開発および水力発電、②河川からの直接取水による表流水開発、③井戸掘削による地下水開発、④堤防や河道改修による洪水防禦、⑤下水道整備、⑥テラスの造成や不耕起栽培による土壌侵食防止、⑦生態系保全、⑧植林などであり、いずれも水環境の改善を目標としている。従って、社会・環境に多大の恩恵を与えるものであって、正の影響に比べ負の影響は小さいものと思われる。

本調査はマスタープランレベルの調査であり、上記の負の影響を詳細に検討することは困難であるが、予備的な社会・環境評価の結果、次の項目が負の影響として考えられ、今後のより詳細な調査段階において十分検討されるべきものと思われる。

- 1) 土地取得、補償および住民移転
- 2) 新規水需要者と既存の水使用者間の水利権割当
- 3) ダムによる貯水池の堆砂および下流河道の河床低下
- 4) ダムによる貯水池水質の変化および下流河道に及ぼす影響
- 5) ダムによる周辺景観の変化および史跡、遺跡、保護区の水没
- 6) 地下水開発による地下水位の低下、水質悪化および河川流量への影響
- 7) 堤防建設、河道改修、ダム建設などによる周辺の野生動物生息域における水中および陸上の動植物群への影響
- 8) 取水・放流による下流河道への影響



表 8-16 各事業の経済分析

流域	事業種別	E I R R (%)	純現在価値 (10 <sup>5</sup> US\$)	便益/費用比率	
イグアス川	1. 給水事業				
	・大都市				
	クチン首都圏	10.3	14.9	1.02	
	カカハル	21.5	36.7	1.81	
	フストイアス	77.8	129.1	10.98	
	ケアラアハ	38.2	26.8	3.52	
	・中都市				
	グ フラソコマムラオン	51.2	24.0	5.38	
	ア パトアラコ	17.0	4.9	1.46	
	ス マイアネ行	37.5	12.3	3.45	
	トイビジニョス	18.4	6.0	1.56	
	ハルマス	18.8	3.4	1.59	
	ウニョクビトリア	10.3	0.1	1.02	
	・その他の76都市合計	8.2	-11.7	0.90	
		2. 洪水防禦			
	ウニョクビトリア	14.7	52.2	1.91	
	3. 下水道事業				
	クチン首都圏	24.3	359.2	2.65	
	カカハル	16.6	24.6	1.66	
	4. 土壌侵食防止事業	8.6	-7.7	0.93	
	5. 水力発電事業				
	フカト発電所	19.7	188.4	2.31	
チバジ川	1. 給水事業				
	・大都市				
	モンカローサ	37.6	38.6	3.45	
	ロトリナ&カハ	34.1	110.9	3.05	
	アアカチ	40.9	49.9	3.87	
	・中都市				
	カストロ	46.7	23.6	4.68	
	フレコトカハ	35.6	17.5	3.21	
	コネイロコビオ	10.8	0.4	1.05	
	フカソカス	17.6	9.8	1.50	
	化カラン	19.1	5.3	1.61	
	行ツチ	7.1	-1.6	0.85	
	・その他の26都市合計	12.9	6.7	1.18	
		2. 下水道事業			
		モンカローサ	18.6	19.6	1.90
	ロトリナ	20.6	50.7	2.12	
	3. 土壌侵食防止事業	8.4	-2.0	0.92	
	4. 水力発電事業				
	5 発電所	25.9	1,853.8	3.41	

(注) イグアス川流域の発電所のうちジョルタノグアイアーションとソルトカガスは建設が開始されているので除外した。

表 8-17 各事業の財務分析(FIRR)

流域	事業種別	建設投資額 (10 <sup>6</sup> US\$)	維持管理年額 (10 <sup>6</sup> US\$)	料金収入年額 (10 <sup>6</sup> US\$)	FIRR (%)	備考
イ グ ア ス 川	1. 給水事業					
	・大都市					( )内は生 活用水の みの場合
	クイーパ首都圏	760.0	68.4	157.5	9.5( 4.0)	
	カカハル	38.9	3.5	10.1	13.5(11.6)	
	フイストイグアス	11.1	1.0	17.4	62.2(58.3)	
	クアラブアハ	9.1	0.8	5.7	33.3(27.2)	
	・中都市					
	フランクスバムラコ	4.7	0.4	4.8	47.2(39.0)	
	パトブラコ	9.1	0.8	2.1	11.2( 8.3)	
	メティネバ	4.3	0.4	2.2	27.6(24.8)	
	トイビジニョス	9.1	0.8	3.3	20.4(12.8)	
	パルマ	4.9	0.4	1.3	14.4(10.5)	
	ウニクビトリア	3.7	0.3	0.7	8.7( 3.6)	
	・その他の76都市合計	102.9	9.3	16.2	4.8( - )	
2. 下水道事業						
クイーパ首都圏	294.0	3.6	89.6	21.3		
カカハル	50.0	0.7	9.6	14.3		
チ バ ジ 川	1. 給水事業					( )内は生 活用水の みの場合
	・大都市					
	ボンクローチ	13.5	1.2	8.9	34.6(27.4)	
	ロトリカカハ	46.5	4.2	21.4	25.5(22.3)	
	アウカチ	14.9	1.3	10.3	35.9(29.6)	
	・中都市					
	カスト	5.5	0.5	6.3	51.1(38.5)	
	レマコカハ	6.8	0.6	4.7	36.1(27.1)	
	コネイブロビオ	7.4	0.7	1.4	7.3( 3.3)	
	アホソカス	15.9	1.4	4.8	16.5(11.3)	
	ヒボラソ	7.4	0.7	1.6	13.0(10.1)	
	イラティ	9.0	0.8	1.4	4.7( - )	
	・その他の26都市合計	32.9	3.0	6.8	9.4( 5.4)	
	2. 下水道事業					
ボンクローチ	29.2	0.4	6.3	16.0		
ロトリカ	59.4	1.0	14.8	17.7		

注) : ( - ) はマイナス

## 第9章 提言

### (1) 今後緊急に実施すべき調査

本調査に引き続いて緊急に実施すべき調査として次の調査を提案する。

#### 1) クリチーバ首都圏水環境総合計画調査

本調査の結果、クリチーバ首都圏の水環境に関して、①ダム開発による給水、②地下水開発による給水、③水質と下水道整備、④洪水防禦などの問題点が明らかにされた。今後、これ等の水環境要素を総合する、マスタープランより一段精度の高い水環境地域計画を策定し、最も緊急を要する1つまたは複数の水環境要素を前述した4つの要素から選び出し、フィージビリティ調査を実施する。

#### 2) ウニオンダビトリア地区洪水防禦フィージビリティ調査

パラナ州の中でも最も洪水被害の大きいウニオンダビトリア地区について洪水防禦計画のフィージビリティ調査を実施する。

#### 3) ロンドリーナ地区上・下水道フィージビリティ調査

クリチーバ首都圏について水需要の大きなロンドリーナ地区の上水道に関するフィージビリティ調査を行うとともに、同地区が山頂部に位置し下流河川の水質に悪影響を及ぼすと思われるので、併せて下水道に関してもフィージビリティ調査を実施する。

#### 4) カスカベル地区上・下水道フィージビリティ調査

カスカベルは、今後の発展に伴い水需要が増大するものと思われる。本調査では、給水源としてこの地区の立地条件から、表流水と地下水の組み合わせを考えたが、今後フィージビリティ調査を行い、精度の高い計画とする必要がある。また、下水道についても本地区が山頂部に位置し、下流河川の汚染源となることから、十分なフィージビリティ調査を行う必要がある。

#### 5) ポンタグロッサ地区上・下水道フィージビリティ調査

ポンタグロッサ地区は、クリチーバ首都圏の衛星地区として今後発展が予想される。人口や工業生産の増加に伴い水供給や下水道の問題が生じられると思われるので、上・下水道フィージビリティ調査が必要である。

### (2) パイロット流域以外の河川流域におけるマスタープランの策定

本調査では、パラナ州全体のストラテジーを立案した後、イグアス川およびチバジ川をパイロット流域として選定し、これ等流域についてマスタープランを策定した。これ等以外の7流域についても、出来るだけ早い機会にパラナ州政府によりマスタープランを策定することが望ましい。この場合、本調査で設置したステアリングコミッティーやテクニカルコミッティーがマスタープラン策定にあたり十分機能するものと期待される。

### (3) 他部門の計画の見直し

本調査で提案されたストラテジーおよびマスタープランは、水環境改善の立場から、種々の仮定や推定に基づいて策定されており、社会経済開発計画、地域開発計画、各種産業開発計画、道路・交通開発計画などの他部門の開発計画は、この水環境改善計画からの提案を考慮して具体的な事業を計画し、または見直しをする必要がある。例えば、地域計画において、クリチーバ首都圏一極集中を避け、地方中心都市に人口や産業を分散させる案などを真剣に検討すべきと思われる。







JICA