

パラグアイ共和国
イパカライ湖流域水質汚濁対策計画調査
事前調査報告書

昭和62年3月

国際協力事業団

関二

87-027

パラグアイ共和国
イパカライ湖流域水質汚濁対策計画調査
事前調査報告書

JICA LIBRARY



1030259[4]

昭和62年3月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	'87.7.13	708
登録 No.	16642	61.8 SDS

序 文

日本国政府は、パラグアイ国政府の要請に基づき、イパカライ湖及び同流域の水質汚濁対策調査を行うことを決定し、その調査を国際協力事業団が実施することとなった。

国際協力事業団は、昭和61年11月23日より12月5日まで第一次事前調査団（コンタクトミッション）を同国へ派遣し、要請内容の確認、資料収集及び現地踏査を行い、更に同調査結果に基づき、昭和62年2月3日より2月14日まで第二次事前調査団（S/W・ミッション）を同国に派遣し、本格調査の枠組みを規定したScope of Work（S/W）についてパラグアイ国政府と協議を行った。

本報告書は、その結果を取り纏めたものである。

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

昭和62年3月

国際協力事業団

理事 玉 光 弘 明

S / W 協議署名風景



S / W 協議

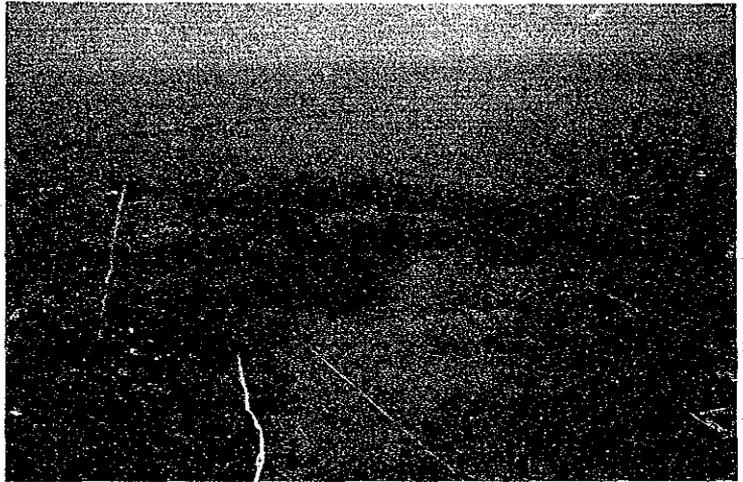


S / W 署名

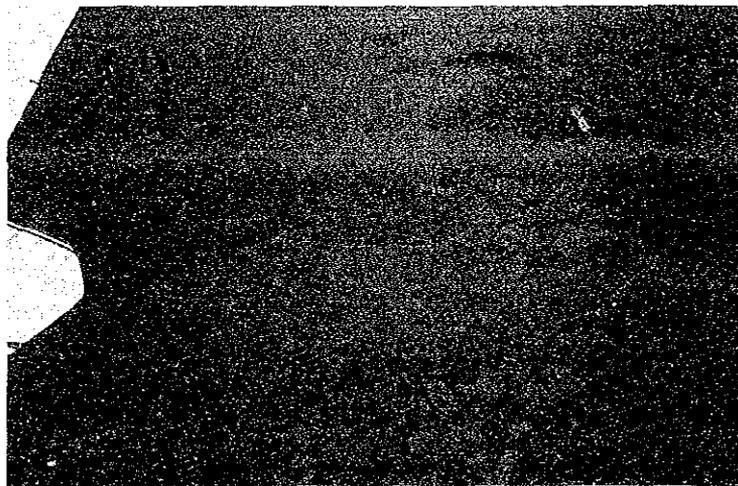
流域の状況



別荘地

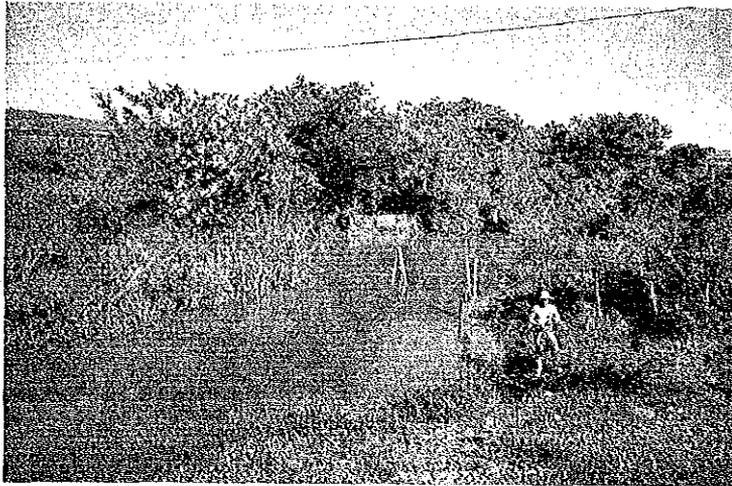


放牧地

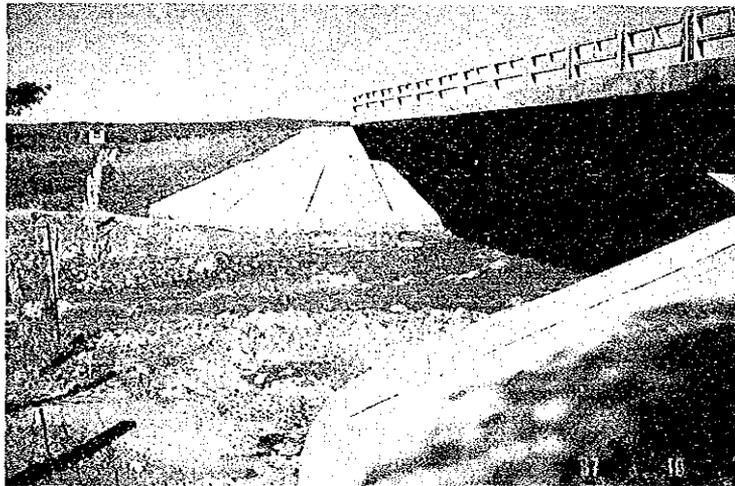


湿原地

流入河川及び流出河川の河口部



主要流入河川のピラジュ川

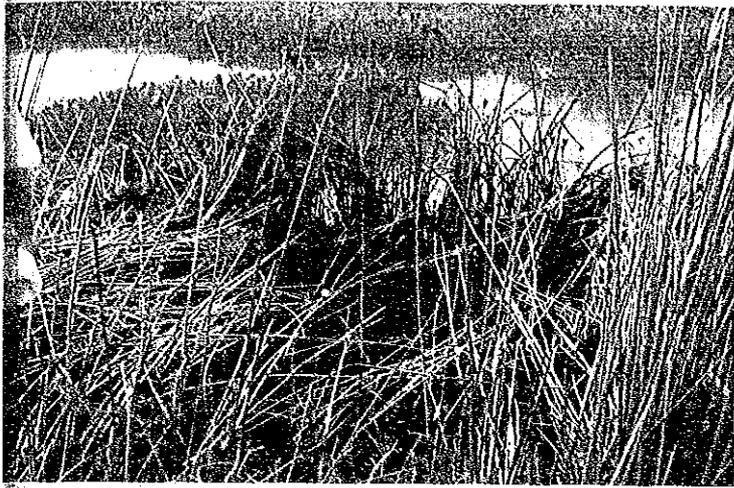


同 上



サラド川への流出部

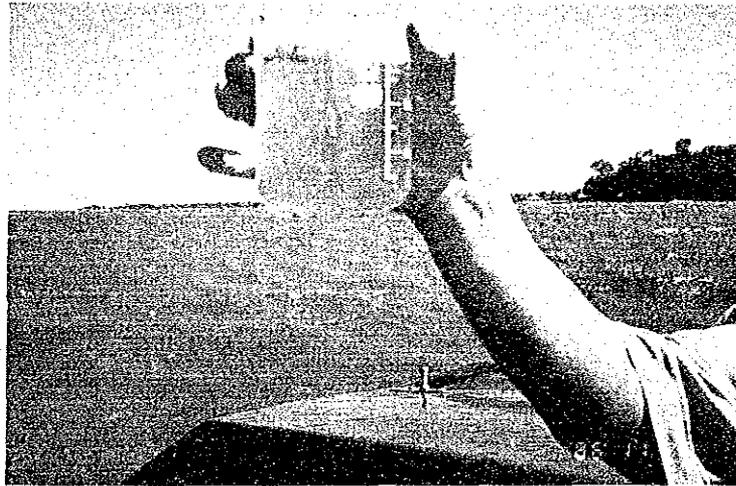
湖周辺の植生及び湖水



湖岸植生例



湖岸植生例

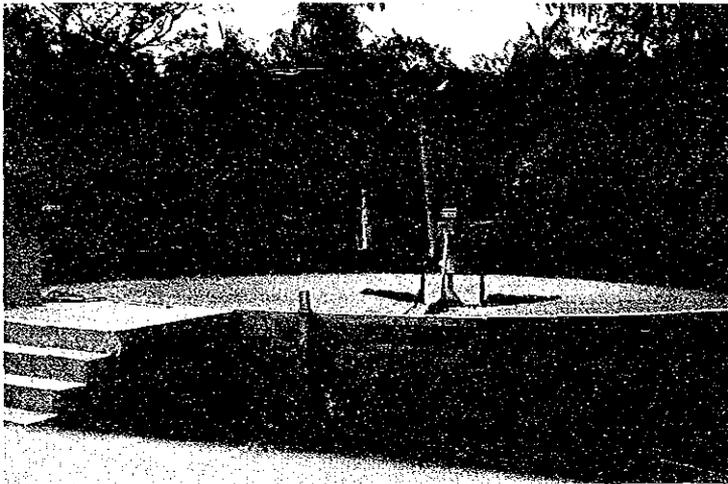


湖 水

工場等の汚水処理状況



石鹼工場の沈殿地

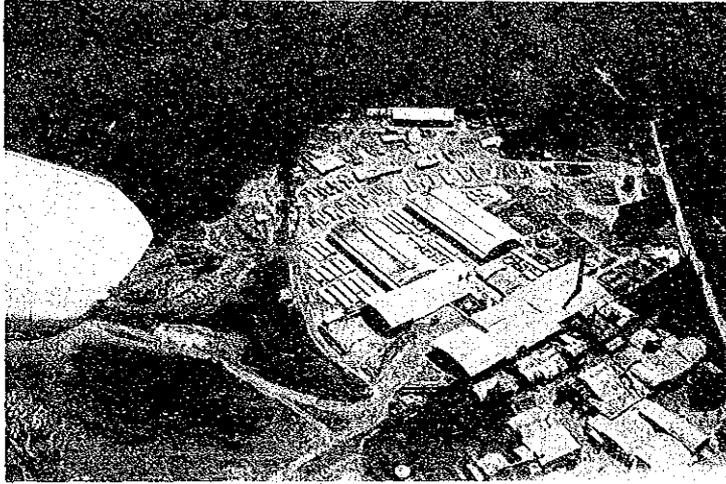


家畜ふん尿の処理施設

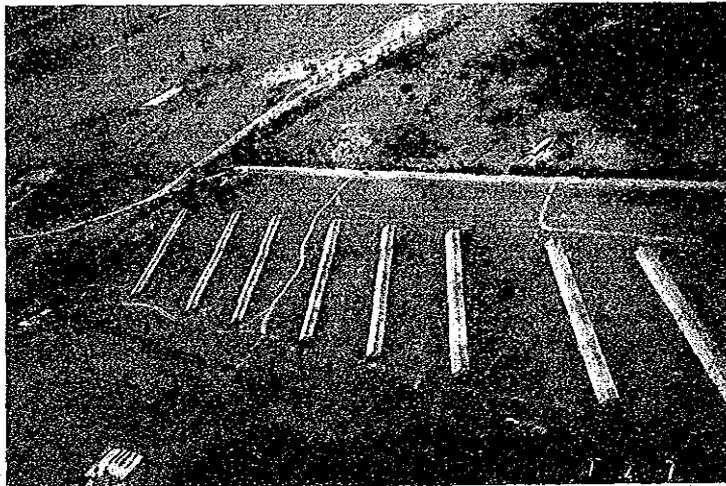


コーヒー工場の排水路

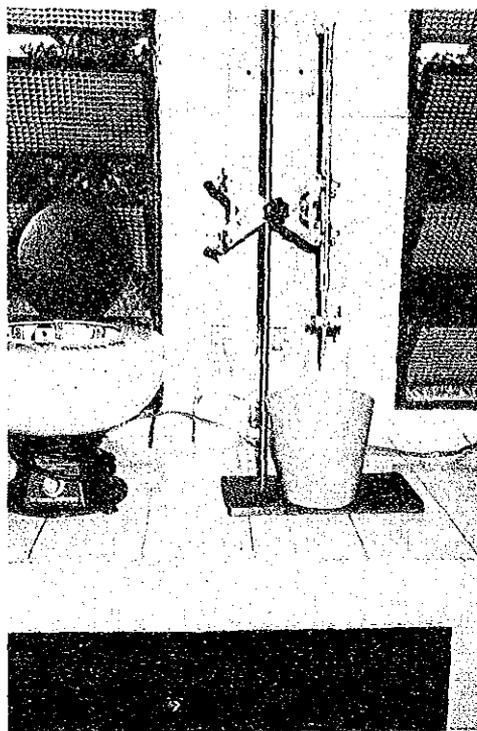
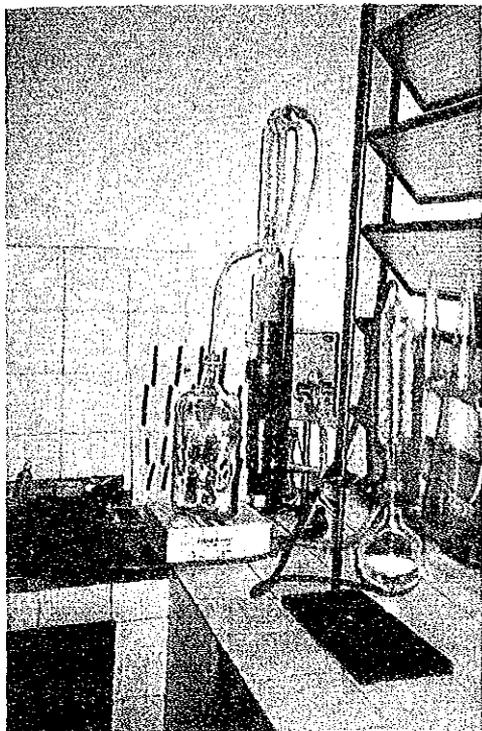
流域工場等



油脂工場



養鶏場



SENASA実験室の状況



目 次

第1章 事前調査の概要	1
1-1 調査の背景	1
1-2 調査の目的	1
1-3 調査団の構成	2
1-4 調査日程	3
第2章 事前調査結果の概要	7
2-1 パラグァイ国政府の意向	7
2-2 協議の経緯及び結果	8
第3章 イバカライ湖及びその周辺地域の現況	13
3-1 自然条件	13
3-2 社会条件	15
3-3 イバカライ湖の汚濁の状況	20
3-4 イバカライ湖の汚濁の原因	21
3-5 イバカライ湖の汚濁対策	22
第4章 本格調査の内容	27
4-1 調査の目的	27
4-2 調査の基本方針	27
4-3 調査の内容	28
4-4 調査実施体制	44
4-5 調査工程	52
4-6 要員計画	55
4-7 報告書	56
4-8 調査実施のための必要機材	57
第5章 本格調査への提言	65

添 付 資 料

1. S/W	69
2. M/M	75
3. 質問状	82
4. 収集資料リスト	102
5. 面談者リスト	103
6. CEPIS資料	105

略 号

S T P ; Secretaría Técnica de Planificación
企画庁（大統領府）

S E N A S A ; Servicio Nacional de Sanamiento Ambiental
環境衛生局（厚生省）

F U N D L A Y ; Fundación de la Cuenca Ecológica
del Lago Ypacaraí
イパカライ湖生態流域財団

J I C A ; Japan International Cooperation Agency
国際協力事業団

第1章 事前調査の概要

1-1 調査の背景

イパカライ湖（湖水面積約53 km²）は、パラグアイ国の首都アスンシオン市の東方約30 Kmに位置し、その流域は約940 km²に及んでいる。当該地域の地形は盆地状をなしており、流域内の流出水は多数の大小河川を通じてイパカライ湖に流入し延長約20 Kmのサラド川を流下して、パラグアイ川に合流している。この湖は、サラド川の流入地点において種々の堆積物や無数の水生植物により、湿原となり、湖の水位を保持している。イパカライ湖の水深は平均約2 m弱であり、むしろ沼に近い性格を有している。

内陸国パラグアイにとってこのイパカライ湖は、極めて貴重な天然資源であり、首都アスンシオン市から近いこともあって絶好の観光地となっており、同湖周辺には別荘、ホテル、レジャー施設がたち並び、パラグアイ国民にとっての“憩いの場”となっている。

近年、流域の開発が進展すると共に、湖周辺の農牧畜産業、農産物加工業による工場排水、周辺集落、ホテル、別荘からの生活排水、森林伐採、宅地開発による土砂の流出等によって、イパカライ湖の水質の悪化が顕著になっているとの指摘がある。現在、イパカライ湖の自然浄化機能が失われているともいわれており、このまま放置すれば、国民の貴重な自然財産が失われてしまうことも懸念されている。

このような状況から、緊急にイパカライ湖の水質汚濁対策を行う必要があるとして、パラグアイ国政府は我が国に対し、本件調査の実施方要請越したものである

1-2 調査の目的

パラグアイ国政府の要請に基づき、下記事項を目的として、第一次及び第二次事前調査が実施された。

（第一次事前調査）

- (1) 要請背景及び要請内容を確認する。
- (2) 本件調査実施にあたっての「パ」側の実施体制、協力体制を確認する。
- (3) 現地踏査によりイパカライ湖の汚濁の現状、主たる汚濁源を確認することにより、本格調査の実施可能性を検討する。
- (4) 今後の協力実施方針について「パ」側と協議の上、協議議事録を作成し署名する。
- (5) 関連資料、データ類を収集する。

（第二次事前調査）

- (1) 第一次事前調査（コンタクトミッション）の協議結果を踏まえ、実施細則について協議

の上署名する。

- (2) 水質分析施設の場所の確保及び設計、水質/底質等の分析のための調査用資機材のリストアップ及び汚水管理試験の候補地選定と概要設計を行う。
- (3) 上空からのイバカライ湖流域の視察、コンタクトミッション時にフォローできなかった主要な工場等の視察、流入河川の河口部の視察等現地踏査による補足調査を行う。

1-3 調査団の構成

(第一次事前調査団)

	(氏名)	(担当分野)	(現職)
団長	菊地邦雄	総括	環境庁水質保全局企画課調査官
団員	池田敏雄	協力企画	外務省経済協力局開発協力課
団員	中島興基	水質保全計画	環境庁水質保全局水質管理課課長補佐
団員	今井千郎	環境管理	国際協力事業団国際協力総合研修所 国際協力専門員
団員	城殿博	生態調査	同上
団員	斎藤寛志	計画調整	国際協力事業団社会開発協力部 社会開発計画課課長代理

(第二次事前調査団)

	(氏名)	(担当分野)	(現職)
団長	菊地邦雄	総括	環境庁水質保全局企画課調査官
団員	中村栄一	排水管理	建設省土木研究所水質研究室室長
団員	野村潔	水質分析	滋賀県立衛生環境センター水質課課長
団員	今井千郎	環境管理	国際協力事業団国際協力総合研修所 国際協力専門員
団員	松谷広志	協力企画	国際協力事業団社会開発協力部 開発調査第2課 課長代理
団員	武徹	計画調整	国際協力事業団社会開発協力部 開発調査第2課

1-4 調査日程

(第一次事前調査)

日順	月日	曜日	行 程	調 査 内 容
1	11/23	日	東京 <u>RG833</u>	
2	24	月	←リオ・デ・ジャネイロ <u>RG902</u> →アスンシオン	<ul style="list-style-type: none"> ○ J I C A事務所と調査日程打合せ ○ 日本国大使館高井書記官と打合せ
3	25	火		<ul style="list-style-type: none"> ○ 大統領府ミランダ官房副長官表敬 ○ 企画庁 (STP) 表敬、委員会と協議 ○ 日本国大使館坂本大使表敬 ○ 委員会と調査内容について協議
4	26	水		<ul style="list-style-type: none"> ○ 厚生省環境衛生局 (SENASA) との協議 ○ アスンシオン大学基礎科学研究所との協議
5	27	木	アスンシオン → サンバルナルディノ	<ul style="list-style-type: none"> ○ サンバルナルディノ 市長表敬 ○ イバカライ湖調査 ○ 周辺工場調査 ○ 周辺企業主との協議 ○ イバカライ湖生態流域財団との協議
6	28	金		<ul style="list-style-type: none"> ○ イバカライ湖調査 ○ 周辺工場等調査 ○ 委員会と協議議事録案の協議
7	29	土	イタグア → アスンシオン	<ul style="list-style-type: none"> ○ 協議議事録作成 ○ 団内打合せ、収集資料の整理
8	30	日		<ul style="list-style-type: none"> ○ 収集資料の整理

日順	月日	曜日	行程	調査内容
9	12/1	月		○ ストロエマネル大統領謁見(坂本大使同行)
10	2	火		○ 大使館坂本大使に調査結果報告 ○ JICA事務所に結果報告
11	3	水	アスンシオン $\xrightarrow{RG903}$ リオ・デ・ジャネイロ	
12	4	木	リオ・デ・ジャネイロ	
13	5	金	RG832 \rightarrow 東京	○ 帰国

(第二次事前調査)

日順	月日	曜日	行程	調査内容
1	2/3	火	東京 $\xrightarrow{RG831}$	
2	4	水	リオ・デ・ジャネイロ $\xrightarrow{RG902}$ アスンシオン	○ JICA事務所と日程打合せ
3	5	木	アスンシオン市	○ JICA事務所表敬 ○ STP表敬 ○ STP委員会の実務メンバーとS/W協議
4	6	金	"	○ 大使館表敬 ○ SENASA水質分析施設の見学 ○ STP委員会の実務メンバーと汚水管理試験、水質分析施設についての協議 M/M(案)の協議
5	7	土	アスンシオン \rightarrow サンベルナルディーノ	○ セスナ機にて、上空よりイパカライ湖流域の視察

日順	月日	曜日	行程	調査内容
5	2/7	土		○ 周辺工場等調査
6	8	日	サンベルナルディーノ → アスンシオン	○ イバカライ湖流入河川河口部の調査 ○ 移動（松谷団員 RG902 にてアスンシオン着、調査団と合流）
7	9	月	アスンシオン市	○ STP委員会の実務メンバーと実験施設等便宜供与についての協議 ○ M/M作成 ○ S/W、M/M署名
8	10	火	〃	○ イバカライ湖流入河川の調査 ○ 移動（松谷団員 RG903 にてアスンシオン発）
9	2/11	水	アスンシオン市	○ 大使館高井書記官に調査結果報告 ○ JICA事務所に調査結果報告
	12	木	アスンシオン $\xrightarrow{\text{RG903}}$ リオ・デ・ジャネイロ $\xleftarrow{\text{RG832}}$ ロス・アンゼレス	
	13	金	ロス・アンゼレス $\xrightarrow{\text{JL065}}$	
	14	土	→ 東京	○ 帰国

第2章 事前調査結果の概要

2-1 パラグアイ国政府の意向

(1) 要請書(T/R)の概要

① 要請内容

- イ) 調査対象地域は、イバカライ湖(湖水面積53km²)及び同流域(940km²)である。
- ロ) 流域の農牧業、農工業の発達、観光開発により、イバカライ湖及び同流域の環境汚染が進行している現況にあり、このような汚染問題に対する対策を考慮しつつ調和のとれた産業の発達を目ざした流域開発計画を立案する。

② 「バ」側の体制

- イ) T/R作成のため「バ」国政府はSTPをオーガナイザーとする「イバカライ湖流域委員会」(以下「イバカライ湖委員会」という。)を設置した。構成メンバーは次の通りである。

一農牧省、公共事業通信省、厚生省、商工省、文部省、内務省、市町村開発庁、アスンシオン大学基礎科学研究所、企画庁、イバカライ湖生態流域財団。

委員会発足の趣旨は次の通りである。

- 多方面に係る当流域開発
- 流域に属し活躍する機関の多様性
- プロジェクトの実施体となる機関に始めから役割を与え参加させるため
- 決定の簡易化
- 協力によるプランの具体化と実施の容易化

なお委員会は、計画作成においてもフォローアップの責任を持ち続けなければならない。調整は企画庁が担当する。

(2) パラグアイ国政府の意向(コンタクト)

コンタクトミッションは、1986年12月1日ストロエスネル大統領に謁見し、その際大統領より「バ」国にとっての本件調査の重要性に鑑み、調査実施のためのあらゆる便宜供与を行いたい旨述べるところがあった。

このように、内陸国パラグアイにおける貴重な自然財産であり、国民の憩いの場となっているイバカライ湖の汚濁の進行は、同国民の重大な関心事となっており、本案件に対する「バ」側の期待感は大きなものがある。

「バ」側関係者からも、無秩序に進められるイバカライ湖周辺の開発によって日々湖の汚濁が進行しているのではないかと、直ぐにでも有効な対策に着手しなければ、永遠にイバ

カライ湖の自然環境が失われてしまうのではないかといった危機感、焦燥感が表明されている。

このように、本件調査の早期実施、対策の早急な着手に対する「バ」側の希望は大きいものがあり、併せて環境行政機構が未整備であることから、体系的な環境行政のあり方についても示唆を得たい旨の要望があった。

2-2 協議の経緯及び結果

(第一次事前調査)

第一次事前(コンタクト)調査団は、出発前に各省の合意を得た対処方針に従い、1986年11月25日午前、午後、11月28日午後の計3回にわたって、大統領府企画庁をオーガナイザーとするイバカライ湖委員会と本格調査の方針等につき協議を行い、その結果を、12月1日、企画庁 Fulvio Monges Decompos 長官と菊地事前調査団長との間で確認し、議事録の署名を行った。

主な協議内容及び確認事項は以下の通りである。

(1) 調査の目的及び範囲について

「バ」側より、日本側が事前に送付したT/R案(イバカライ湖の浄化計画を主眼としたもの、別添)について基本的に合意している旨の表明があった。これを踏まえ本件調査の目的をイバカライ湖及び同流域を調査対象地域とした水質汚濁対策計画の立案とすることで、双方合意した。

(2) 調査の名称について

調査の目的をより明確にするため、本調査の名称を「イバカライ湖環境保全対策調査」から「イバカライ湖流域水質汚濁対策計画調査」に変更した。

(3) 相手国実施機関及び体制について

本件調査に関するパラグアイ側担当機関は大統領府企画庁(STP)である旨パラグアイ側より説明があった。又、本件調査の円滑な実施のため、企画庁はイバカライ湖委員会を組織し、構成メンバーを下記の通りとする旨「バ」側より説明があった。

- －厚生省国家環境衛生局 (SENASA)
- －アスンシオン大学基礎科学研究所 (ICB)
- －イバカライ湖生態流域財団 (FUNDLAY)
- －公共事業通信省 (MOPC)
- －文部省 (MEC)
- －農牧省技術局 (MAG)
- －商工省 (MIC)

一市町村開発庁（IDM）

(4) 開発調査スキーム

調査団から、最終報告書の提出までの一連の流れを「バ」側に説明したところ、「バ」側より最終報告書の提出までに長期間を要し緊急対策事業の着手が遅れることになる。又対策事業の早期着手を図りたいので、最終報告書における対策案については、基本設計レベルまで提示してほしい旨提起されたが、日本側より緊急提言は、調査途中の経過報告書（P/R、IT/R）に含めることとする。又、開発調査における施設設計は予備設計までである旨説明し、「バ」側の了解を得た。

又、「バ」側より調査に積極的に参画したいとの要請があり、日本側より「バ」側の十分な協力が必要である旨回答した。

(5) 調査内容

「バ」側では、SENASA、ICBの調査により、基礎的調査は既に了しており、日本側に直ぐにでも具体的対策に係る提案が得られるものと理解していたため、日本側より湖の環境保全がいかに困難なものであるか、長期間を要するものであるかについて、詳細説明した。

本件に関し、「バ」側より特に提案されたものは次の2点である。

- 調査期間は12～18ヶ月を希望する。
- 行政的措置に係る提言を調査報告に含めて欲しい。

なお、協議の中で、双方確認した調査項目は次の通りである。

- 1) 水質汚濁の現状の調査
- 2) 主要汚濁源の調査
- 3) 湖水の汚濁と汚濁源の間の現状及び将来における相互関係の分析
- 4) 3)の結果に基づき、湖水の汚濁に対してとるべき対策の立案
- 5) 行政措置の基本的方策の提言

調査項目のうち、行政的措置の基本的方策に係る提言について、直接実行しうる行政措置を提起してほしいとの強い希望があったが日本側調査団の性格を説明すると共に、行政措置を実施するのはあくまでも「バ」側であり、提言にとどめるということで「バ」側の理解を得た。

調査項目のうち、湖の汚濁と汚濁源の相互関係の検討について、将来予測をも含めて欲しい旨、「バ」側より要望があったので、将来の開発計画等「バ」側より提供され得るデータの範囲内で検討作業を行うと共に、その結果を汚濁対策計画の立案にも参考とすることとした。

調査報告書について、日本側は英文報告書を本文とし、各報告書の要約のみ西文報告書を作成することとしていたが、「バ」側より全報告書西文としてほしい旨の強い希望があったため、最終報告書の正報告書についても参考として、西文報告書を作成することとした。なお本件については、Supporting Reportを含め、全文を西語として欲しいとの要望が「バ」側のみならず、日本大使館、JICA事務所からも表明された。

(6) 質問事項

別添資料のQuestionnaireに基づいて、各種資料、データ類の提供方依頼した。これに対し、「バ」側は、調査団帰国前に文書をもって回答すると共に可能な範囲で、資料・データ類を整理し提供する旨約した。

なお、「バ」側で提供しうるデータについては、SENASAがそれらとコンパイルし、調査団帰国前に調査団に手交した。

(7) 「バ」側便宜供与事項

- 本件調査に利用しうるデータ、情報の提供
- カウンターパートの提供
- アスンシオン市及びサンベルナルディーノ市における作業室の提供
- 既存の実験施設と舟艇の提供

(8) 「バ」側要望事項

- 調査の迅速な開始
- カウンターパートの日本における研修
- 水質モニタリングと分析のための、車輛を含む資機材の供与

(第二次事前調査)

第二次事前調査団は、調査団の携行したS/W案に基づき、1987年2月5日午前、午後2月9日午前の計3回にわたり、委員会の実務メンバーとS/W、協議議事録の協議を行い、2月9日企画庁Fulvio Morges Ocampos長官と菊地事前調査団長との間でS/W及び協議議事録の署名、交換を行った。

主な協議内容及びS/Wの変更点は次の通りである。

[S/Wの変更点]

- (1) III SOPE OF THE STUDY, 2-1 Basic Survey の小項目に“(4) Current Status of Social and Economic Conditions ”をつけ加える。
- (2) III SCOPE OF THE STUDY, 2-3 “(4) Recommendation on Basic Directions of Administrative Measures ”の項目を2-3(4)から2-4に格上げする。

[協議経緯及びミニッツ記載事項]

(1) レポートの西文化について

調査団より、コンタクトミッション時に、「バ」側より要望のあった全報告書の西文化について、ドラフトファイナル、ファイナルレポートの全レポート西文化を実施する旨報告した。これに対し「バ」側より感謝の意が表明された。

(2) カウンターパート研修について

「バ」側よりカウンターパートの日本における研修の要望があり、又研修の最も効果的な時期に日本に派遣したい旨希望を表明した。

(3) 汚水管理試験について(含便宜供与)

調査団より、汚水管理試験の趣旨一報告書の中の対策の提言を有効なものにし、将来の行政的措置の参考となる様にする。その際、ただ単に日本の技術を紹介するのではなく、パラグアイ国の風土、実情に適した汚水管理の方法を検討する。一を説明し、「バ」側の合意を得た。

また、具体的な試験について、「バ」側より、大きな汚濁源とみなされているホテルと個別民家(まだ下水道が整備されていない)の2種類を対象として、汚水管理試験を行ってほしい旨の発言があったが、調査団はこの種の施設については、日本において各種対策事例があるので、試験を行わなくても必要な提言ができる。問題はパラグアイの土地にあった汚水管理を検討することにある旨説明し、本件については現地踏査を踏まえ、日本側で場所と内容につき検討する旨回答したところ、「バ」側も了解した。

又、調査団より、汚水管理試験の実施に係る土地、電気の提供等の便宜供与を「バ」側に依頼し、「バ」側もこの旨了解した。

(4) 水質分析施設について(含便宜供与)

分析施設のスペースについては、資機材の管理及び日本の調査団が不在の時のデータ管理の必要性を考慮して、SENASA 分析室に隣接する現倉庫の提供を「バ」側に依頼した。

又「バ」側より、工業技術院(INTN)の既存の実験施設も検討してほしいとの希望があったが、日本側は将来環境行政を担ってゆくのはSENASA と思われること、調査期間中カウンターパート機関との密接な連携が必要であること等により、SENASA に分析施設を置くことが最適であると判断する旨述べ、「バ」側も了解した。

又調査団は、分析室の改造について、本年4月末日までに調査団の設計に従い、電気水道等基本的な整備を行ってほしい旨依頼し、「バ」側も了解した。

(5) 資機材の提供について

「バ」側より車輛を含む水質分析のための資機材についての日本からの供与につき要望

があった。

(6) 事務所の提供について

「バ」側の責任において、アスンシオン市内に必要な備品（机、いす、電話、空調設備等）を備えた事務所を、サンベルナルディーノ市内に、同じく必要な備品を備えた事務所及び簡易分析室を調査団のために提供する旨、確認した。

(7) データ・資機材の管理について

日本側調査団が「バ」国に不在の間、データ収集と調査用資機材の運営、管理は、日本側との協議を踏まえ、「バ」側が行う旨、又、双方の合意なしにいかなるデータ、情報も公表しない旨双方で確認された。

第3章 イバカライ湖及びその周辺地域の現況

3-1 自然条件

(1) 位置・地形

調査対象となるイバカライ湖(約53 km²)およびその集水域(約940 km²)は西経57°~58度、南緯25°~26度に位置し、首都アスンシオン市の東30 km、セントラル、コルデイリェーラ、パラグアリの3県にまたがっている。この湖を包み込むイバカライ溪谷は全長64 km、幅5~8 kmで、北に流出河川のサラド川一帯に広がる湿原、最南部にペロクリスト・レデントル、イウ、サント・トマスの各丘陵、西にピラジュ、イバカライ、アレグアの三市を結ぶ線に続くジャグアロン山地を背しており、イバカライ湖はこの溪谷のちょうど摺り鉢状の最深部を占めている。湖沼学的には湖と言うより沼的性格が強く、その成因も河口の自然の堰止めによってできた沼の可能性が高い(ICBの資料より)。

(2) 地質

イバカライ湖流域の地質は、(1)黄褐色スポドソル(ポドソル)、(2)ミシオネス層砂岩性リトソル、(3)カークーベ群砂岩性リトソル、の3つのタイプより構成される。(1)はジュラ湖砂岩に起源するもので、湖南西・西部に発達している。流域の30%がこのタイプの地質で占られている。すなわち、ルケ、カビアタ、アレグア、イタウグア、サン・ロレンソ、ジャグアロン、イバカライ、ピラジュ、パラグアリの各域がこれに含まれる。この荒目の砂質土壌は酸性度が強く、有機質含量が少なく、植物に対する貯水量が中程度なのが特徴である。(2)のタイプは流域南西部の丘陵地(アレグア、イバカライ、パティーニョ、ピラジュ地区)で認められるが、地層は薄い。(3)のタイプは流域南・南東・東部(カークーベ丘陵、アルト、トパティ、パラグアリ、ピリベブイ地区の一部)に分布するが、タイプ(2)同様地層は薄い。このほかに湖付近には沖積層も発見されており、生成年代の異なる沖積土上に発達もしくは発達中の地質を含んでいる(第三紀・第四紀由来の砂、泥、粘土、有機物)。

(3) 湖水の流入・流出

イバカライ湖の湖水供給源としては、降雨、河川流入、湧水流入、農業排水、集落排水、工場排水等が挙げられるが、このうち最重要なのは湖南東部のイバカライ市付近で合流するピラジュ、ヤグアレサウ、ウブクの3つの川であろう。暑期の豪雨時には川水が氾濫し流域のイバカライ市が浸水することも稀れでない。このほかに同湖には20余りの小川や多数の湧水地点が確認されている。

湖水の流出はパラグアイ河と湖北部の間に広がる湿原地帯を蛇行するサラド川を経て進

行する。この湿地の西部には、最近、人口増の顕著な首都近郊の小河川を集めたジュクル川が流入している。

湖水の利用は、リクリエーション用に専ら供されているが、サン・ベルナルディーノ市湖畔で1カ所この町の上水用の取水地点が見られる。

湖の水深が最高2～3 mと浅いこと、日中の高温のために蒸発による水位の日変動および季節変動が極めて激しいようである。

(4) 気象

i) 気温

パラグアイの気候区分は熱帯あるいは亜熱帯に属するが、内陸国特有の特徴を有する。イパカライ湖周辺でも最暖月（12月）の最高気温は40度近くに達するが、反面、最寒月（7月）にはしばしば零下を記録することもある（表-1）。また、気温の日較差も顕著で10～20度の幅が認められる。

ii) 風

卓越風は年間を通じて活発で、暑気(11~3月)は北・北東方向から、寒季(6~9月)は南方向から主に吹くが、イパカライ湖の周辺の地形の影響で風向は変化に富む。しかしながら、通常、夜間は風がおさまることが多い。また、暑季にはスコール様の降雨の前に相当強い風が発生する。

iii) 降水量

前記観測地点の記録(表3-1)を見ると、年間降雨量は1,000~2,000ミリと、年によって極めて大きな変異を示している。概して、暑季に多雨、寒季に少雨といった傾向があるが、必ずしも当てはまらない。熱帯・亜熱帯気候に特徴的な乾期、雨期といった明瞭な区分は認められない。また、この地域の暑季の降雨は長時間にわたることは余り無く、短時間の豪雨の形態を取るのが普通で、その際前触れとして強風を伴う。

iv) 蒸発量

暑季に最高値が認められるものの、年間を通じて蒸発量は高い(表3-1)。これはイパカライ湖の水深が浅く(最深部で2~3m)、高温が蒸発量増大の促進要因となっていることとも関連がある。

v) 流域の植生

既述したように湖の南東部と西部には広大な湿原地帯が広がっており、前者は放牧地に代表される人為が加わっているが、後者は度々近くを蛇行するパラグアイ河の氾濫の影響や地理的な不便さが原因で開発の手を逃れている。これらの地域には、水面に近い順に浮葉植物(浮標植物)、抽水植物(ガマ、ヨシ等)、イネ科草本、野生ヤシが優占している。

一方、湿原以外の湖畔は早くから人為の強い影響を受け、原植生(常緑・落葉広葉樹やかん木を主とする)は、わずかに約14%を残すのみで、ほとんどが代償植生である。その被度は比較的良好である。以前より粗放的な放牧、自給的農耕が行なわれている地域では、貧弱な植被と砂質系土壌に起因する土壌流出の激しい個所もあり、湖水の濁化の一因となっている。

3-2 社会条件

(1) 土地利用の状況

土地利用状況を見ると、イパカライ湖流域は人口密集地であるサン・ベルナルディーノ、イパカライ、アレグアの3市以外の区域では耕作面積1ha以下の零細農民の自給用耕作地(主にトウモロコシ、キャッサバ、豆類、サトウキビを栽培)、粗放的な肉牛の放牧地

林地（一部柑橘園）でほとんど占られ、アレグア地区では借地農による野菜類（イチゴ、トマト、メロン、ピーマン等）の栽培地も見受けられる。

(2) 人口動態

流域内の主要な町と農村部の人口動態については1982年に実施されたセンサスの結果（農牧省統計・センサス局、1985）に詳しいが、これによると農村部での人口の減少傾向に比べて市街地の増加が顕著である。特に、近年、首都アスンシオン周辺のルケ、サン・ロレンソ、カビアタ、フェルナンド・デ・ラ・モーラ等の諸市の急激な人口の膨張（上記資料）に伴い、イバカライ湖周辺地域への無計画な土地分譲（湖岸はほぼ全域が私有地）が進行中で、スポーツクラブ、ホテル、個人の別荘地が急増している。これらの建設の過程で森林が伐採され、降雨時の土壌の侵蝕を誘発している。この傾向はイバカライ・アレグア間の道路の舗装化に伴い湖西岸にも及んでいる。

(3) 産業活動

イバカライ湖周辺の主たる産業として、屠殺場、インスタント・コーヒー工場、皮なめし工場、アルコール工場、植物油搾油工場等の農産加工場（イバカライ市内に多い）、ホテル、スポーツクラブ、乳牛多頭飼育農場（約240頭）があげられる（図3-2）。この

表3-1 国立農業研究所（カーターベ）における気象観測データ

平均気温（℃）

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971/80*	26.5	26.5	25.3	21.9	19.2	17.6	18.0	18.2	20.4	22.5	23.7	26.0
1981	26.5	27.0	25.3	22.9	22.8	16.2	17.4	21.4	19.3	22.9	24.9	25.5
1982	26.5	25.6	24.9	23.3	20.6	17.6	19.8	20.5	21.7	23.1	23.6	24.8
1983	26.9	25.7	24.4	22.3	20.0	15.0	15.9	18.0	18.5	22.9	23.7	27.6
1984	27.3	27.6	25.5	—	22.1	16.8	18.9	17.0	21.7	25.5	25.0	25.5
1985	27.7	26.7	25.4	22.4	20.5	17.9	16.4	17.3	19.4	23.1	26.7	28.6

* 1971/80は10年間の平均

最高気温（℃）

1971/80	37.0	37.5	37.6	34.5	33.8	33.0	32.0	33.0	34.5	37.5	35.5	36.5
1981	33.5	35.0	35.2	34.5	32.5	28.5	31.5	34.0	35.5	35.0	36.0	34.0
1982	36.0	34.0	34.5	32.5	31.5	29.0	29.0	32.5	32.5	34.0	34.0	35.5
1983	35.0	34.2	35.0	33.0	31.0	29.0	28.0	32.0	32.0	36.0	34.0	36.0
1984	36.0	35.5	35.0	32.0	31.5	29.0	30.5	30.0	34.0	35.0	33.0	35.0
1985	35.2	37.0	35.5	33.5	31.0	29.0	28.5	30.5	33.2	35.0	39.5	40.0

最低気温（℃）

1971/80	12.5	11.5	3.5	6.5	2.5	2.0	-1.5	1.0	2.5	6.5	9.0	10.0
1981	17.5	20.0	14.5	10.0	11.0	0.0	0.0	9.0	3.5	8.0	12.0	15.5
1982	15.5	17.0	12.5	10.5	7.5	2.0	4.5	7.5	9.5	7.5	13.5	11.0
1983	15.0	12.0	11.0	11.0	6.5	4.0	4.0	5.0	5.0	9.0	10.5	17.0
1984	19.0	15.0	17.0	7.0	4.5	2.5	1.0	2.0	6.0	15.0	13.5	13.5
1985	14.5	14.0	15.5	10.5	5.0	2.5	2.0	6.0	7.0	10.8	14.0	17.5

降水量（ミリ）

年間

1971/80	184.7	109.3	142.7	158.2	140.6	112.6	46.3	111.6	90.3	159.9	227.8	154.3	1,638
1981	133.5	188.4	126.3	228.0	55.7	66.7	9.4	68.2	43.6	58.3	183.7	260.4	1,422
1982	77.6	179.7	75.5	65.1	79.9	172.1	24.1	75.1	159.7	149.3	444.8	170.1	1,672
1983	345.6	216.5	65.0	251.0	310.4	107.2	129.0	28.8	152.9	144.6	145.4	26.1	1,925
1984	183.3	83.9	292.3	195.2	70.1	88.9	10.3	49.7	35.3	133.3	408.6	145.4	1,689
1985	38.1	101.2	103.8	342.2	116.0	41.5	146.1	134.1	93.8	140.2	31.0	85.9	1,373

蒸発量（ミリ）

年間

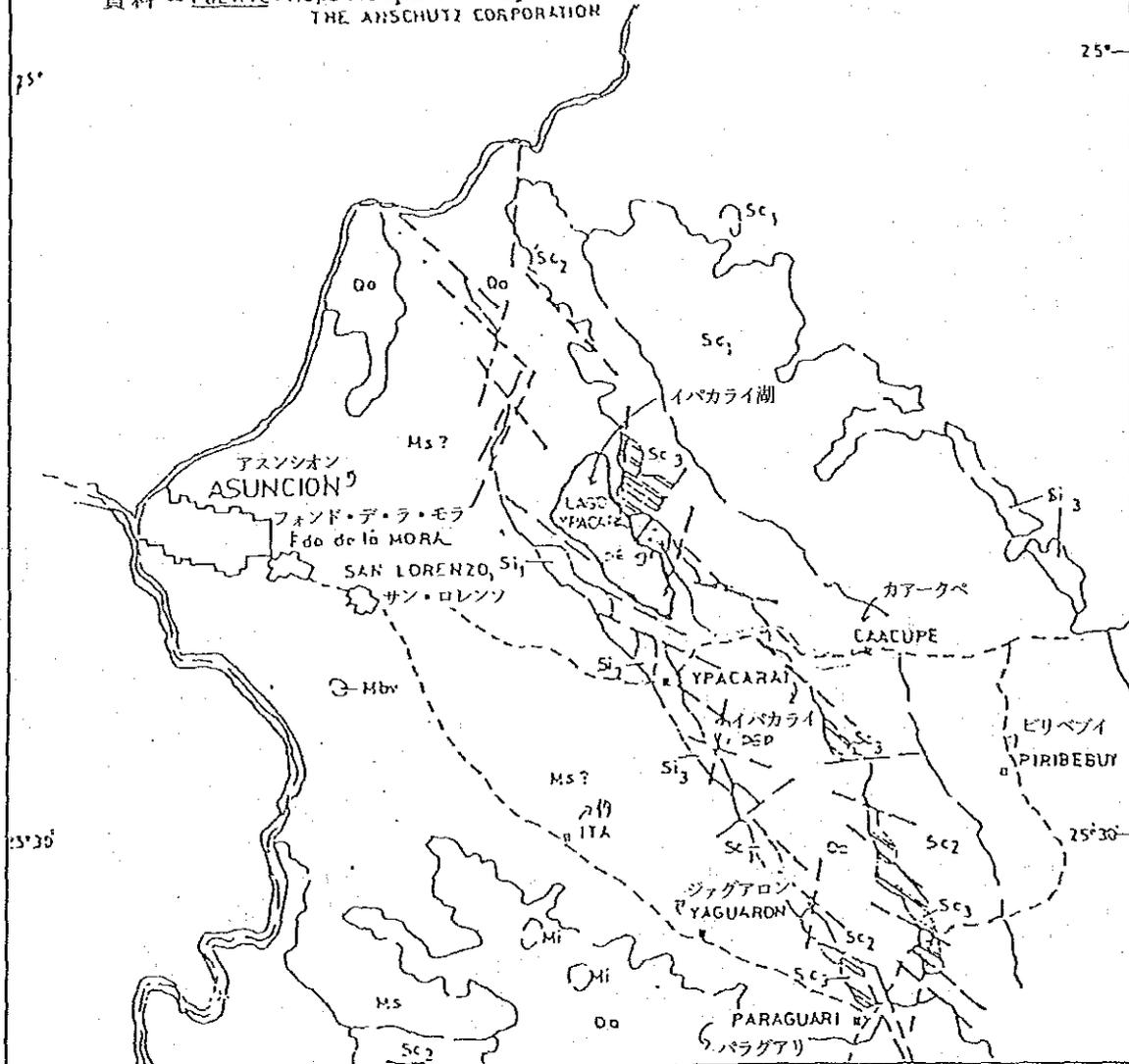
1971/80	140.1	120.5	130.4	122.0	107.5	103.9	132.7	120.5	163.0	176.8	151.5	154.1	1,639
1981	100.3	88.5	81.9	97.0	102.0	60.5	77.4	142.9	103.2	130.5	133.0	97.6	1,214
1982	176.2	87.0	75.5	80.0	111.0	72.0	97.8	111.8	109.2	81.5	66.2	81.8	1,150
1983	78.2	64.5	68.0	52.6	53.5	68.8	56.6	90.6	105.3	86.0	82.2	166.1	960
1984	125.5	199.0	107.0	73.6	114.2	74.9	126.3	111.8	177.7	160.5	43.1	77.8	1,352
1985	68.5	69.4	70.0	44.6	52.6	32.2	119.8	82.7	84.0	94.1	—	212.5	—

図3-1

Fig. 2 MAPA GEOLOGICO-ESTRUCTURAL 地質構造地図
 Cuenca del Lago Ypacarai ← イパカライ湖盆地

縮尺 → ESCALA 1:500.000

資料 → FUENTE: Mapa Geológico del Paraguay Oriental* パラグアイ東部の地図
 THE ANSCHUTZ CORPORATION



REFERENCIAS- 参考事項

CUATERNARIO 第四紀	Qo	Aluviones 沖積土	CRETACICO 白亜紀	Mbv	Extrusivas Basicas P. Alcalinas-アルカリ性岩	Si1	雲母質の砂岩 (海洋性)
			JURASICO ジュラ紀	Mi		Si2	泥状の砂岩 (海洋-湖沼性)
			TRIASICO 三疊紀	Ms	Areniscas Eolicas 原石器時代の砂岩	Si3	砂槽状の砂 (海洋性)
						Sc1	もろい砂状の砂 (表面海洋-河川性)
						Sc2	砂 (表面的海洋性)
						Sc3	礫 (河川性)
FALLA INFERIDA	-----	断層					
CONTACTO GEOLOGICO	~~~~~	接点					
CAMINOS	-----	道					
			57°30'				
					PRECAMBRIICO 前カンブリア紀	P.E.P.	花崗岩 斑岩
							57°

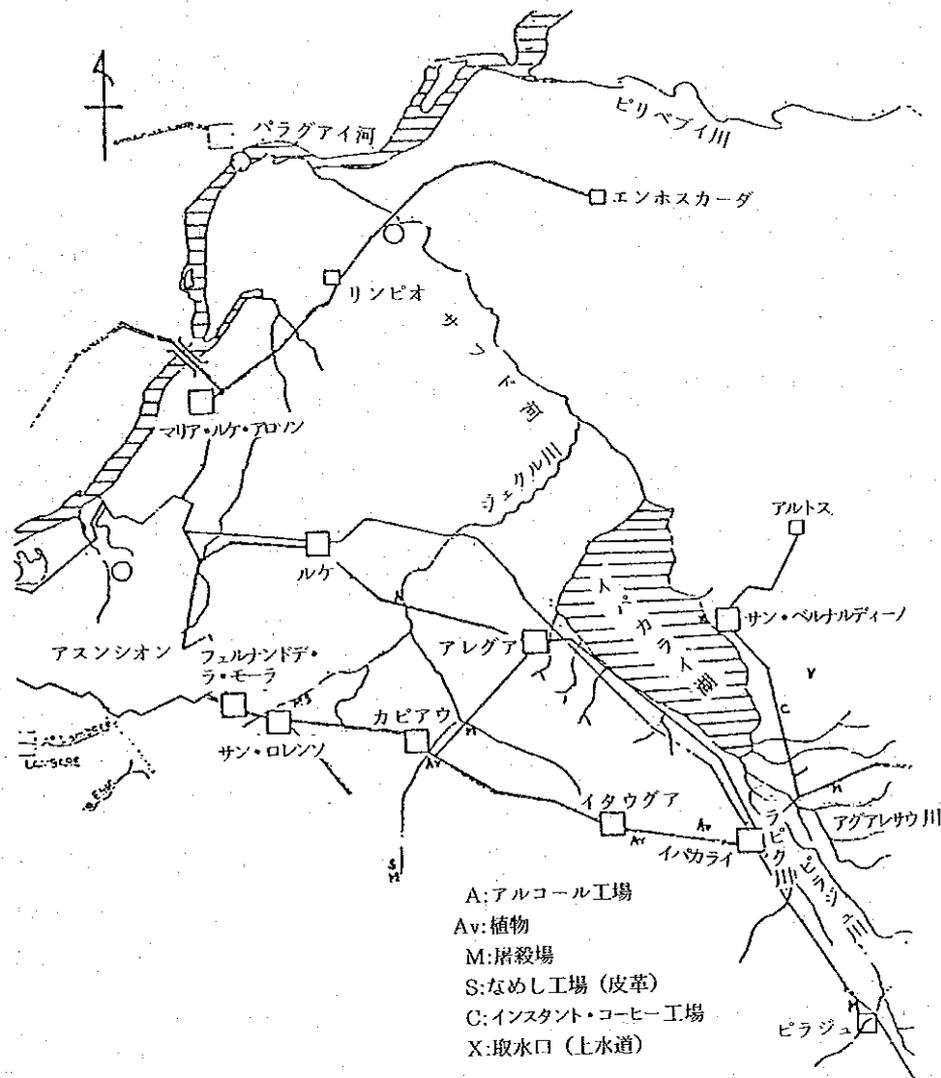


図3-2 イパカライ湖周辺の工場等の分布

うち農産加工場は原料獲得に季節性があるため周年操業の個所は少ない。また、ホテルなどの観光サービス業部門でも12～3月の暑期に利用人口のピークがある。これらの施設から出される排・廃水は概して湖に流入している場合が多い。

以上の他イパカライ湖流域外に位置する首都近郊のサン・ロレンソ、カピアタには湖周辺より数・規模に勝る工場群が分布し、その排水は湖北西部の湿原に至っており（ジュクル川支流流域を経て）、パラグアイ河増水時には湖水に混入することもある（最近では1984年に記録）。

3-3 イパカライ湖の汚濁の状況

イパカライ湖の水質の状況については、濁度が極めて高く、微粒子が懸濁しており、目視による水色は茶褐色、黒褐色を呈している。このことは湖全体についてほぼ同様な状態となっていると推測される。ICBの調査によれば、pH、水温、溶存酸素等の鉛直分布は周年を通してほぼ一様となっているが、これは風による上下混合によるものであり、成層状態は形成されにくいと推定される。また、湖面が鏡のような状態になった場合においても、透明度は10cm前後と極めて低い状況にあることから、懸濁粒子はほとんど沈降しないものと推定される。このことは、光の透過を著しく低下させるものであり、ICBの調査では、光の消散係数 K ($I = I_0 e^{-kd}$) は $0.25/cm$ と極めて大きな値を観測している。（深さ10数cmのところまで無光になると推定される。）

このような物理的条件は、湖内の生物生産とその構造に著しい影響を与えることとなり、通常の植物プランクトンの光合成層は僅かに表面10数cm程度と限られ、かつ表面で増殖した植物プランクトンは上下混合により下層の無光層に輸送されるために、連続的な植物プランクトンの生産は著しく阻害されることとなる。このことは事実、湖内の栄養塩類が大量に存在するにもかかわらず、pHは6-7程度であり、また、溶存酸素も100%に達していないことから、光合成に利用されない状況を示している。このように、この湖は、安定した食物連鎖が見られない、いわゆる非調和型の湖の性状を呈している。

この様な自然的とも言える状態が長年かかって形成されたものと推定されるが、これに加えて、近年周辺の汚濁物が負荷することにより、イパカライ湖の水質は人為的な流入汚濁、非生体的有機物及び内部で生産される植物プランクトンにより構成されているものと推定される。近年、この傾向を地元パラグアイは懸念しているところであるが、現状の水質は、我が国の富栄養化された湖沼における植物性プランクトン等による汚濁とは異なり、大量の非生体的な有機物の懸濁状態に深く関連している。

一方、底質については、湖の出口附近、中央部、サン・ベルナルディーノ市沿岸などで今回サ

ンプリングした底泥の状況を見ると、軟泥状、いわゆるヘドロ状（ICBの調査では厚さ0.5 m - 1.5 m）であり、粒子も細かく、色相は黒ないし黒褐色である。周辺の土壌の砂も底泥のなかに含まれている。特に硫化水素などの異臭はないがベントスなどは観察出来なかった。ICBの調査した溶存酸素の鉛直分布からみて、底層は無酸素状態でないとする。

また、湖の出入り口付近には広大な湿原地帯が存在しているが、この湿原が流出入する土砂等の堆積作用、あるいは湖内の水質状態の改善にどの程度寄与しているか不明である。ある場合には枯れたあし等が逆に湖の水質に何らかの影響を及ぼすことも考えられる。

魚類の生息状態については、ICBの調査によれば、魚類の産卵は湖内では行われず、周辺の河川で成長した魚類が湖内で見られるだけと推定されている。

3-4 イパカライ湖の汚濁の原因

湖の水質汚濁の原因としては、大別すれば、生活系の排水の流入、植物油製造工場などからの廃液、家畜の糞尿、土壌の流出（降雨時）等が挙げられる。

生活系の排水は一般的には簡易な沈澱槽を設け、地下浸透法により処理されているが、豪雨時にはこれがオーバーフローして湖内に流入することも指摘されている。

工場・事業場については、何らかの排水処理は行っているものの、排水原液に近い状態のものが排水されており、これは、湖の有機汚濁等の原因となるものである。例えば、今回調査したインスタントコーヒー工場では、排水原液は極めて濃厚であるため、別途土壌還元的処理をしているが、定期的な施設洗浄水は僅かではあるが直接未処理のまま小川を通して排出されている。なめし皮工場では、排水を自社内のラグーンに一時溜めて排出している。アルコール工場では、原料が季節的なものであるため、操業状態は視察できなかったが、排水をラグーンに一時導いている状況である。サン・ベルナルディーノ市の浄水場は、直接湖水を取水しているが、ろ過汚泥を湖内に戻しているため、濁りの原因になっている。乳製品製造工場では、牛舎（約240頭）からの糞尿を沈澱槽に溜め、攪はんし、上澄みを排水し、沈澱物は肥料化している。このような簡易処理による排水のBOD、磷、窒素などの負荷は高いと思われる。なお、植物油製造業については調査できず、また、屠殺場は公害が著しいため市の行政指導により閉鎖したとのことである。

湖周辺の宅地開発は、ここ数年急速に伸びているが、これに伴う森林の伐採や道路の建設により土壌流出が加速され、これによる湖内への直接あるいは流入河川を経由する汚濁負荷、いわゆる非特定汚濁源からの負荷も大きいものと推定される。

- (参考) 湖の周辺に立地する主な工場
- インスタントコーヒー製造工場
 - アルコール製造工場
 - なめし皮工場
 - 植物油製造工場
 - 乳製品製造工場(酪農併設)
 - 浄水場

3-5 イパカライ湖の汚濁対策

(1) 規制等

ブラグアイ国における公害対策は、SENASA(厚生省)の権限に属しており、SENASAが直接公害防止のための工場などの規制や指導にあたっている。その根拠となる法律は環境衛生法(国会承認)であるが、条文は基本的な方針を定めているにすぎず、具体的な水質環境基準/排水基準のようなものは、条項には含まれていない。その作業は今後の課題であると説明を受けた。なお、イパカライ湖の環境保全を官民一体となって推進するため、前記のとおり地元イパカライ湖生態流域財団(FUNDLAY)が1984年4月に結成された。

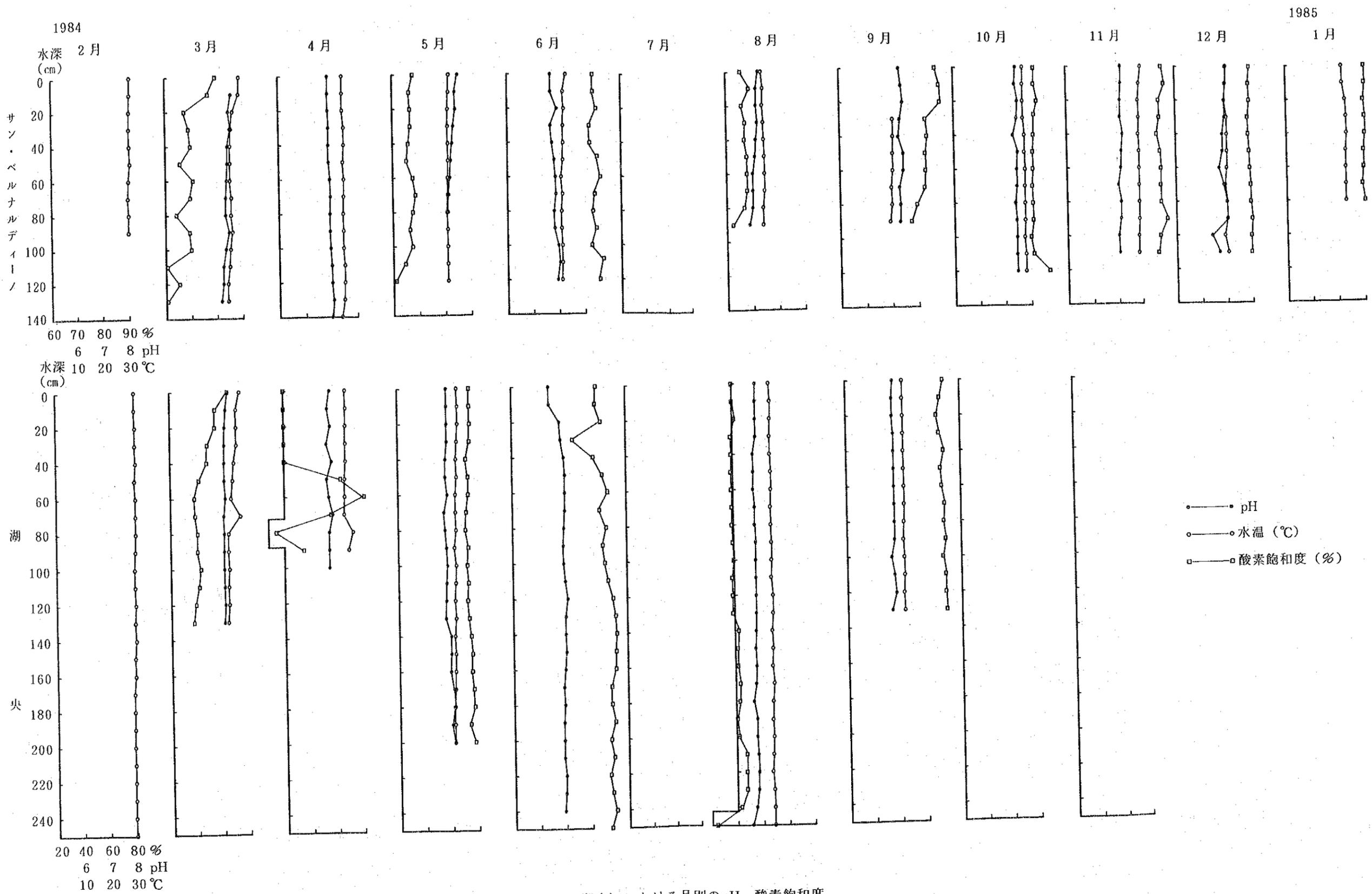
湖の水質汚濁の具体的な対策としては、法に基づく排水基準等の処置が整備されていないことから、行政指導による対策が主体となっている。SENASAが各工場の実態をみながら、適切な対処(沈澱池の設置)を試みているが、一般的に本格的な排水処理施設の設置などは経済的な問題からも困難な状況にあると考える。深刻な汚濁をもたらすものについては、なかには閉鎖という手段で対処している例(屠殺場)も見られる。

(2) 水質観測

イパカライ湖及び関連河川の水質の調査に関しては、SENASAがBOD、COD、pH、DO、栄養塩類などの一般的な項目についてモニターしているが、実験室、機材については、量的質的に十分とは言えない。

また、汚濁源についても、SENASAが監視することとなっているが、現在のところ利用できる水質・水量のデータが整備されておらず、また、将来的にも十分測定が為されるか否か疑問である。

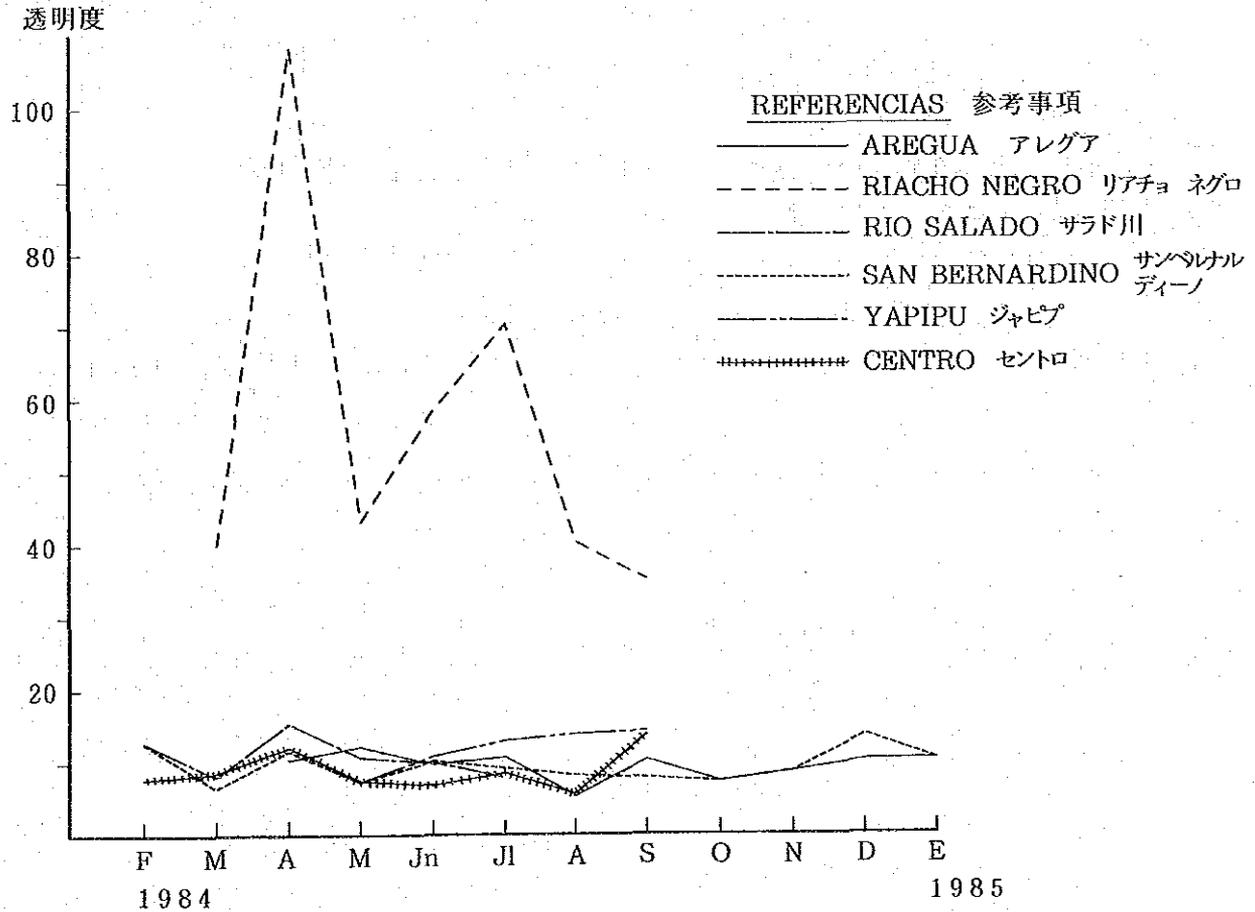
湖の学術的な調査についてはICB(アスンシオン大学)が中心となって、湖の水質調査、生物相調査、底質調査などを実施しているが、現象論的な解析が中心のようであり、水理モデル解析や汚濁シミュレーションなどには至っていない。さらに、これらのデータはSENASAの行政に利用可能であるが、必ずしも活用されていない。



調査地点2カ所 (サン・ベルナルディーノ、湖央) における月別のpH、酸素飽和度、水温の垂直分布 (ICB報告書より)

TRANSPARENCIA, TURBIDEZ,
 ABSORCION Y COLOR
 透明度、濁度、
 吸収と（水）色

La Transparencia del Agua (om Secchi) por Estacion y Mes.
 表3-2 各測点における毎月の水の透明度



2月 3月 4月 5月 6月 7月 8月 9月 10月 11月 12月 1月

※
 ※リアチョ・ネグロの透明度が高い理由についてI.C.B.報告では触れられていないが、湖へ流入するリアチョ・ネグロ川の流入地点で測定されたことから、この川の水質と密接な関係があると思われる。

ABSORCION DE LA RAOIACION SOLAR EN EL AGUA

表3-3 水中に於ける太陽熱の吸収度

(Mayo 1984, San Bernardino, NTU=51)
五月

Prof-(cm)	I(Lux)	A(%def)	K_A/cm
0	25346	0	
5	6670	73.6	0.267
10	2001	92	0.24
15	0	100	

Prof=profundidad(水深又は) I=Intensidad(強度)

A = absorcion(吸収度)

K_A = coeficiente de absorcion(吸収率)

水中に於ける太陽熱の吸収度を測定する為、水中セレン表電池(水中照度計)が使用された。

第4章 本格調査の内容

4-1 調査の目的

- (1) イパカライ湖及びその流域の水質汚濁対策を検討し、総合的な水質汚濁対策計画を立案すること
- (2) 調査を通じ、パラグアイ国の関係者に技術移転を行うこと

4-2 調査の基本方針

本調査の目的である総合的な水質汚濁対策計画を立案する為には、湖及び関連河川の汚濁対策の検討のみでなく、社会的経済的側面からの考察、土地利用対策の検討、対策を実施する為に必要とされる行政的手段の検討等を可能にする幅広い視点での調査が必要である。また、水質汚濁対策計画にはパラグアイ国の社会経済状況、風土等に適した諸対策を盛り込み、対策の実効性を確保することが必要である。更に、本調査の結果は単にイパカライ湖の対策に生かされるだけでなく、パラグアイ国全体の環境対策を検討する際の基礎となることから、本調査で環境対策の基本的な考え方、あり方を提示することが重要である。

以上の本調査の基本的性格を踏まえ、本調査を下記の基本方針に基づきとり行うこととする。

(1) 汚濁解析関連調査

- ① 汚濁解析を行うに必要な基本情報（気象、水文、地形、地質、土地利用、植生等）が不備であるため、必要な調査を行い整備することとする。
- ② イパカライ湖は日本に典型的に見られる湖と異なり、非調和型・腐植湖と考えられる為、汚濁の特徴・要因について十分な検討を行い、諸対策を実施した場合の湖の反応についての子察を行うこととする。
- ③ 調査及び汚濁シミュレーションモデルの検討、作成については、極力先方関係者のマンパワーを活用するよう努めるとともに、その考え方および技術的手法等について技術移転を行うこととする。

(2) 汚濁対策関連調査

- ✓ ① 汚濁対策の検討にあたっては、将来のパラグアイ国の社会、経済状況、行政体制、風土等を踏まえ、パラグアイ国に適した実効性の高い対策を検討し提示することとする。
- ✓ ② 汚水管理試験はこの趣旨に基づき行うものであるが、自然浄化機能の活用、管理の容易さ、環境啓蒙的效果を追求することとする。
- ✓ ③ 汚濁対策は、人為、自然の汚濁源を対象にするだけでなく、湿地帯、森林等の植生が持つであろう対策上の効果も対象とする。
- ✓ ④ 汚濁シミュレーションモデルを活用し、幅広い諸対策の効果的組合せを検討することとする。

する。

(3) 行政施策の検討

イパカライ湖の対策に係る行政施策をパラグアイ国の現況を踏まえつつ幅広く検討する。この際、将来のパラグアイ国全体の環境施策をも考慮しつつ基本的事項（法制度、組織、監視体制等）について検討し、提言の形で取りまとめることとする。

4-3 調査の内容

(1) 現況調査

a. 水文・気象等

(イ) 水文・気象

調査対象域におけるこの種のデータは極めて不十分で、本調査では水温と密接な関係にある気温、水中照度に関係する日射量・日照時間・雲量、湖沼とその流域の水収支に関係する降水量・蒸発量、および湖内における水流動に関係する風向・風速等を調査する。

(ロ) 水理

水質汚濁に関連する湖沼の水環境を論ずるには、単なる湖内の現象ばかりでなく、それから生ずる物理的インパクトも含めた湖内現象を把握する。このような見地から湖水位、湖水深、湖流、湖水温、河川水位、河川流量、流入土砂、濁水等の観測・測定を行なう。

(ハ) 地形・地質

イパカライ湖流域の保全、利用を効果的に進めるための基本的データとなる集水域の地形図、地質図、土壌図等を作成する。

(ニ) 植物生態

湖岸の遊水機能に貢献すると考えられる湿原並びに湖流域の植生について調査する。

b. 水質・底質等調査

イパカライ湖、およびその周辺河川の水質（動・植物プランクトンを含む）および底質の調査を行うことにより、湖の水質（底質含む）特性を明らかにする。

調査項目

- ✓ a) イパカライ湖、および関連河川の水質（動・植物プランクトンを含む）・底質の現状把握
- ✓ b) イパカライ湖における汚濁の主要物質解明とその起源・動態
- ✓ c) イパカライ湖の底質の堆積状況・堆積の歴史、堆積要因の把握
- ✓ d) イパカライ湖に対しての周辺湿地帯の寄与の把握

c) イパカライ湖の水質と底質との相互関連の把握

分析項目

○ 水質水温

透明度

照度

水色

水素イオン濃度 (pH)

溶存酸素 (DO)

懸濁物質 (SS)

化学的酸素要求量 (COD)

生物化学的酸素要求量 (BOD)

塩化物イオン (Cl^-)

電気伝導率 (EC)

アルカリ度

炭素 (TOC、TC)

りん (PO_4^{3-} 、DTP、TP)

窒素 (NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、DTN、TN)

けい酸 (SiO_2)

クロロフィル (Chl-a)

硫酸イオン (SO_4^{2-})

鉄 (Fe)

○ 底質含水率

強熱減量 (IL)

粒度分布

水素イオン濃度 (pH)

酸化還元電位 (ORP)

りん (PO_4^{3-} 、TP)

窒素 (NH_4^+ 、TN)

炭素 (TOC)

硫化物 (S^{2-})

○ その他植物プランクトン

動物プランクトン

水生植物

c. 汚濁源

(1) 汚濁源の分類

汚濁負荷(源)は大別して点源負荷と面源負荷に分けられる。これらの各汚濁源からの湖への負荷流入経路は、直接あるいは河川を経由している。これらを概念的に示せば図-1になる。イパカライ湖についての汚濁機構を明らかにするとともに、汚濁源を特定し、それらからの負荷を推定する。

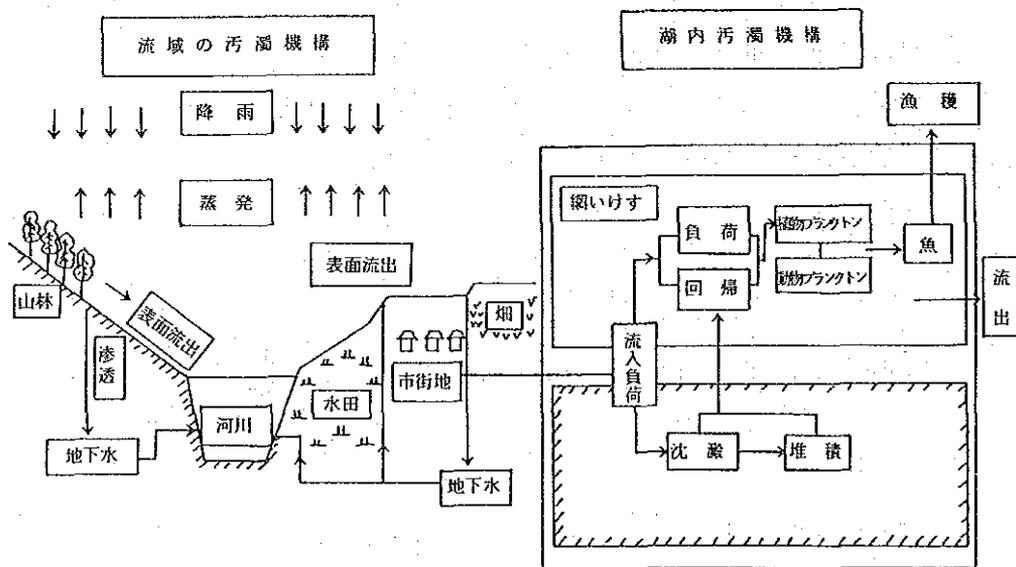


図4-1 汚濁機構の模式図

(ロ) 排出負荷量の算出

- ✓ 1) 各負荷量は原則、通常の状態におけるものを把握することとし、実則によるものとする。(ただし、これによれない場合は、原単位などを用いて推定する。)
- ✓ 2) 主たる工場については、排水系統を調査し、污水处理施設を特定するとともに、湖あるいは湖への流入河川までの到達経路を明らかにする。
- ✓ 3) 汚濁負荷(以下についても同じ)は、COD、全窒素、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、全リン、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、SS、大腸菌群数についてそれぞれ算定する。
- 4) 発生源の区分は図-2に示す概念図を参考として、当該水域の特性に合うようにする。

(イ) 流入負荷量の算出

点源あるいは面源からの汚濁物が河川を經由して流入する場合、その量を河川流量とその水質の積から求める。主たる河川については流量、水質を実測するが、資料が十分得られない時は、年降水量、湖の水位と水収支、既存資料、流出率、流達率等を考慮し、年平均的な流入負荷を所定の地点毎に算出し、全体量を推定する。

(ニ) 流出負荷量の算出

湖から流出する汚濁量を3の流入負荷算出に準じて算出する。

(ホ) 湖面への直接負荷量の算出

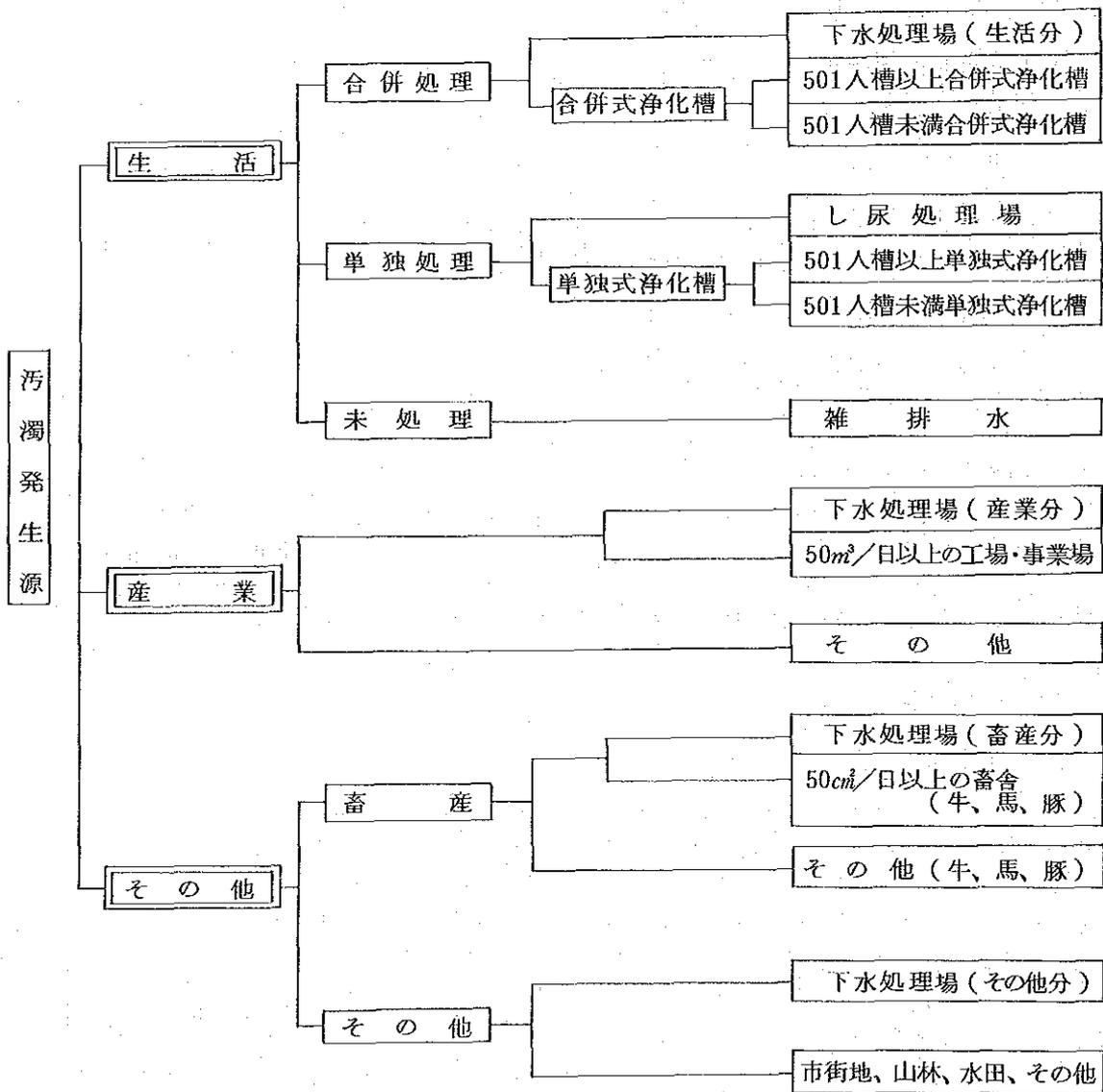
湖面降水汚濁負荷量が全体の流入負荷に比べ無視できない場合は、これを推定する。

d. 社会・経済の現況

- (イ) 特にイパカライ湖流域に影響を持つ諸活動(人口、都市、別荘、産業、農業、畜産、土地利用等)の全国レベル及びイパカライ湖流域での現況を社会・経済指標(雇用人口、生産高、投資額等)を用いて把握する。
- ✓ (ロ) 将来の社会経済活動の様相及びイパカライ湖流域の相対的位置について利用可能な資料を用いて考察を行う。

図4-2 発生源の区分（日本の例）

- ① 生活：日常生活において排出されるし尿及び雑排水に係る汚濁負荷量
- ② 産業：工場等の生産活動等に伴って排出される汚水又は廃液に係る汚濁負荷量
- ③ その他：家畜の飼育・生産に伴って排出されるふん尿及び雑排水に係る汚濁負荷量
山林、水田、市街地等からの自然的汚濁負荷量及びその他の汚濁負荷量



(様式)

汚濁負荷量の集計表
 (当該水域の特性に合わせ適宜修正のこと)

負荷	内 訳	年間流入水量 ($10^6 m^3$)	年 間 流 入 負 荷 量 ($Kg \cdot y^{-1}$)										
			NO_3-N	NH_4-N	NO_2-N	TIN	T-N	PO_4-P	T-P	D-COD	COD	SS	
流 入 河 川	a 河 川												
	b 河 川												
	c 河 川												
	⋮												
	z 河 川												
	河川合計												
湖 面 降 水	○ 降下度を 含む ○ 否												
直 接 排 出	下水処理場 a												
	" b												
	養殖(魚種 a) (魚種 b)												
	沿岸農地 工場排水 a												
	" b												
	直接排出合計												
※ 地 下 水													
総 流 入 負 荷													

[備考] 必要に応じて、日単位等で、その変動を含めて別の表に表わしてもよい。

※ 無視し得ない場合に推定する。

(2) 汚濁機構の調査

汚濁機構の調査においては、イパカライ湖及びその流域を対象に汚濁負荷の



の各過程を定式化し、イパカライ湖の汚濁とその原因の関係を定量的に明らかにする。

一般的に流域からの汚濁負荷の発生から流達、湖内への流入の過程と、湖沼底泥、内部生産を含んだ湖内での水質遷移現象は図4-3のように表わすことができる。従って、汚濁負荷の発生過程の定式化においては、点源として把握されるものは勿論、面源として考えられる汚濁源の発生負荷量も定量的に把握することが必要となる。また、汚濁負荷の輸送過程においては、沈降、吸着、再浮上、侵食などの物理的現象、生化学的な分解などの生化学的、化学的現象について定量的な定式化を行う。

湖沼内において水質遷移を定式化する場合、富栄養化についてはいくつかの方法が提案されている(表4-1)。どの方法を適用するかについては明確な選定基準はないが、対策の効果が反映できるモデル構造としておく必要がある。

表4-1 湖水質の予測モデル例

モデル名	特長
Vollenveiderモデル	<ul style="list-style-type: none"> 多くの実湖沼のデータに基づいている為に、予測が異常値となることはない。 年単位の長期予測に適する。
負荷量水質変換モデル	<ul style="list-style-type: none"> 湖水質調査の解析を行った上でのモデルで、当該湖沼の特性が反映される。 削減負荷量による水質改善量の予測に適する。
物質循環モデル	<ul style="list-style-type: none"> COD、N、Pの湖沼での収支と循環を連続的に計算して水質を予測している。 流入水量の変化及び湖水の栄養塩濃度の低下等の対策の予測に適する。
生態系モデル	<ul style="list-style-type: none"> COD、栄養塩の他に植物性プランクトン、動物性プランクトン、魚類、底生生物等の挙動を総じた湖沼生態系のバランスの予測が可能である。 湖内生態系の挙動及び湖内対策の評価に適する。

a. 負荷量発生機構の調査

ここでは流域で発生し湖内へ流入する負荷量の算定方法について述べる。対象とする負荷量あるいは水質項目は、

COD(Mn)

DCOD

TN

DTN

TP

DTP

SS

SS₃₀

大腸菌群

pH

水温

を主とするが、補足的に

BOD₅

DBOD₅

各態別N、P

一般細菌

UV₂₆₀ 吸収

なども実態調査の対象となる。

調査は図4-4に示すフローに従って行うことを原則とする。流入負荷量を算定するための主要河川・排水路での水質調査は季節別の晴天時24時間調査の他に少くとも3回の雨天時調査を実施する。また、降雨負荷についても最低3回の降雨を対象に実測を行う。

制御面から見た汚濁源を分類すると表4-2のようになり、本調査の対象となる。

さらに、流入河川等からの流入水については、AGP等の試験によってAvailabilityを把握しておくことも必要である。

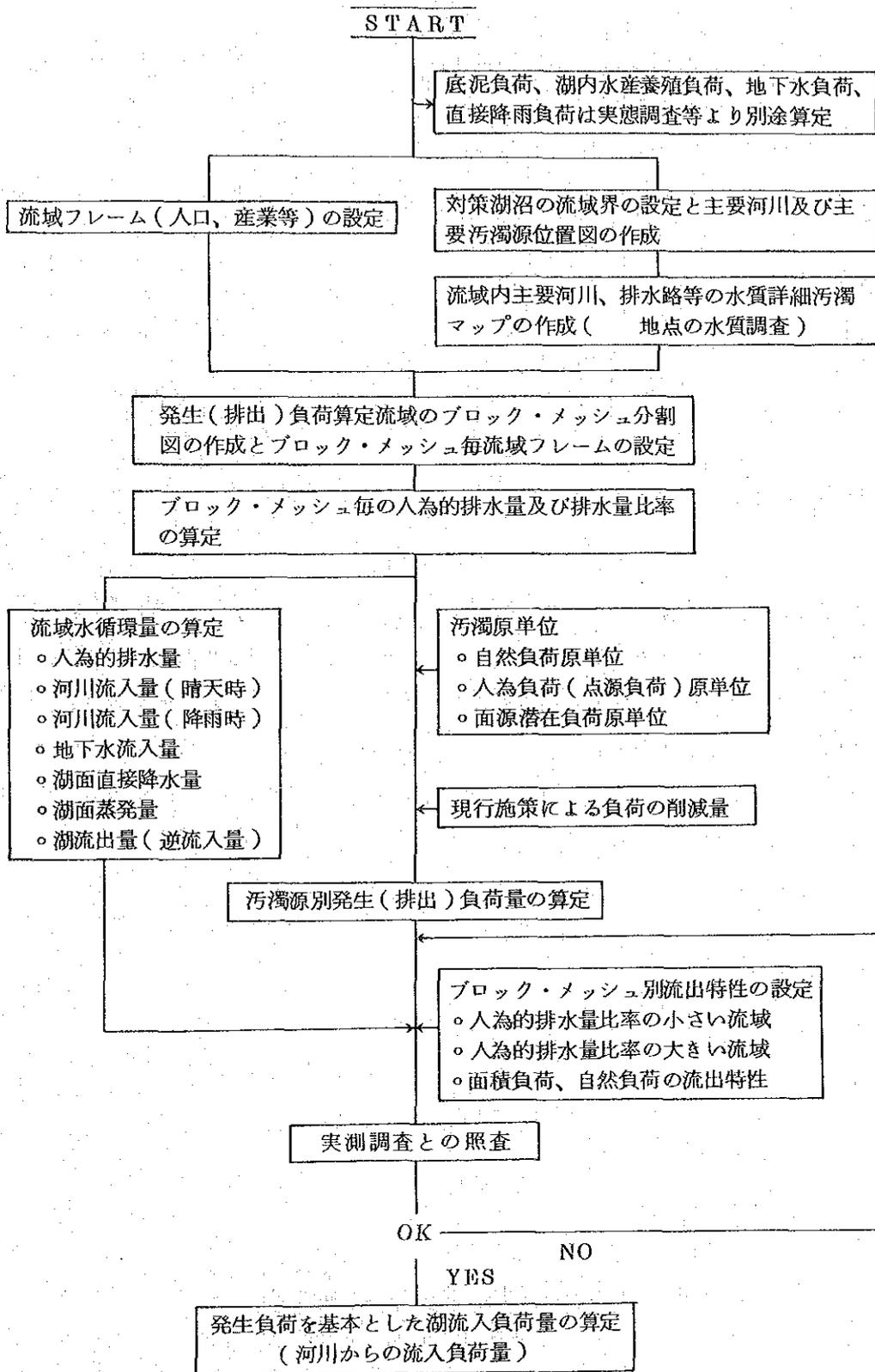


図 4-4 流域特性調査による解析にもとづく負荷量算定フロー

表4-2 汚濁源別の削減対象の可能性分類

制御が可能である	制御が可能と考えられる	制御が困難である
生活排水系	市街地排水	山林・原野
観光事業系		
社会施設系	湖内内部生産	降雨等
鉱工業系		
農業系	河道水路系	大気汚染
畜産系		
水産養殖系		
底泥回帰系		

b. 湖内汚濁機構の調査

湖内の水質は単純に流入負荷が湖内で拡散・沈殿して形成されるのではなく、図4-5に示すように、有光層においてはプランクトン活動による内部生産、無光層においては底泥との物質交換等が常に行われており、その汚濁機構を解明するのは必ずしも容易ではない。

原則的には表4-3に示すような項目を湖沼特性として把握する必要がある。さらに、水質項目としては次のようなものを対象とする。

COD

DCOD

各態別N、P

Chl-a

pH

濁度

透明度

(プランクトンの種、数：補助的)

さらに、湖内の濁質成分についてはその汚濁源を明らかにするとともに、一次生産力も明らかにする必要がある。底泥については流入負荷源としての調査を行う必要がある。

最終的には図4-5に示した物質循環モデル、あるいは生態系モデルを構築し、検証することになる。

c. 汚濁シミュレーション

負荷量発生機構及び湖沼汚濁機構の調査結果を受けて、現況のイパカライ湖の汚濁現象を再現するためのシミュレーションを行い、イパカライ湖の水質汚濁に最も大きな影響を及ぼしている汚濁源特性、湖沼特性等を明らかにする。

シミュレーションモデルの時空間スケールの設定に当たっては、当該湖沼の水理・水文学的特性を十分に勘案することが必要である。

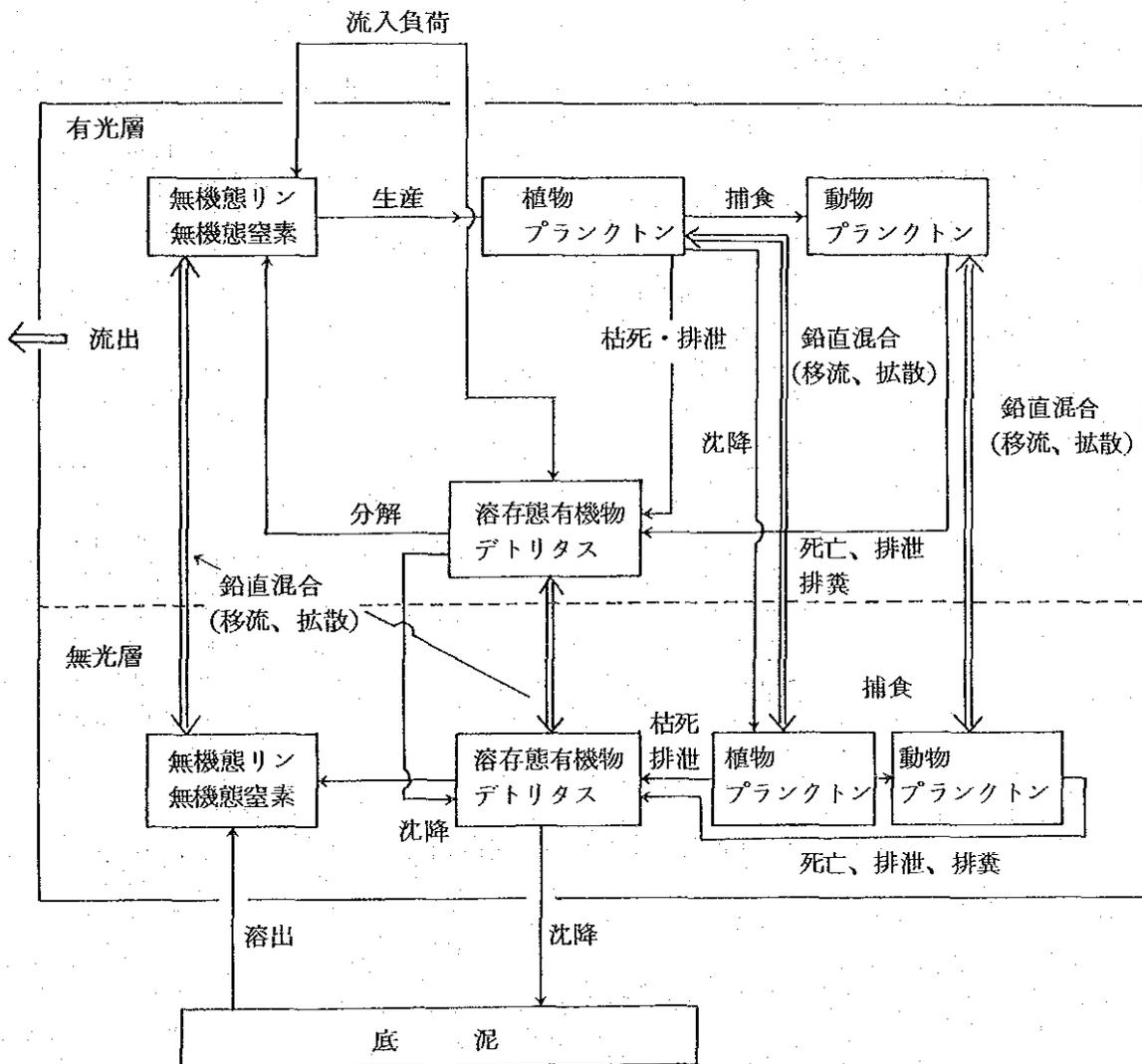


図 4-5 生態系モデルの構造図 (例)

表4-3 「湖沼に関する項目」一覧

項目	内容	必要度	主たる用途	人手法	労力の多寡	技術的難易度	備考
(1) 湖沼の諸元	湖沼の位置、標高、面積、容積、水深、流入・流出口位置、水位-容積曲線、湖盆形状等	◎	物理的諸特性としての入力 水体分割の参考	他機関 実測	-	-	モデルの構造によって異なる。特に湖沼をいくつかに分割するときは湖盆形態が重要。
(2) 湖沼の水収支	流入河川別流入水量、流出吐別流出量、湧水量、浸透量、蒸発散量等	◎	水収支の評価 負荷の評価	実測	やや多い	易しい	モデルによって異なるが場合によっては実測したり、適当に推定する。流出解析を併用する場合も多い。
(3) 気象	気温、日射量、風速、風向、湿度（雲量、その他）	○	生産量の評価、熱収支モデルへの入力、流動モデルへの入力	他機関 実測	-	-	熱収支モデルや流動モデルをどのように扱うかによって必要度が大きく変わる。
(4) 水中照度	水中照度の水平、垂直分布	○	生産項の評価 熱収支モデルへの入力	実測	普通	易しい	水平分布については必要度は少ない。結果を置換入力して分布を与える方法と植物プランクトンによる減量を評価して取扱う方法がある。
(5) 湖流	水平方向流れの水平、垂直分布	△	水体の分割、鉛直拡散、移流拡散等の評価の参考、時に流動モデルの検証	実測	多い	難しい	モデルとの対応から必要が生じたとき検討する。
(6) 湖沼の水温分布	湖内代表地点の垂直分布、時に水平分布	◎	水体の分割に利用。モデルによっては鉛直拡散の評価検証	実測	普通	易しい	湖盆形状が複雑な場合は水平分布も重要になる。

(湖沼水質管理指針策定調査一部修正)

(3) 水質汚濁対策

(a) イパカライ湖保全・管理目標の検討

将来の利用形態も考慮した水質保全目標を検討する。又、保全を確保するための管理目標及び管理手法（例えば、水面利用、後背地利用に着目したゾーニング、各ゾーンに対応した管理）の検討を行う。

(b) 土地利用及び汚濁源の将来像の検討

4-3のⅣを基に将来像を検討するが、その現実性、合理性について慎重な検討を行う。

(c) 汚濁対策の検討

上記(a)、(b)を踏まえ、下記について検討を行うが、その際パラグアイ国の諸状況に適したものとなるよう常に意をつくすこと。

(i) 人為汚濁源汚水対策

対策技術のメニュー、効果、費用について検討を行うが、費用についてはパラグアイ国の労賃等の現状を踏まえたものにする。

(ii) 自然汚濁源対策

流域の自然環境、土地利用を踏まえ、対策手法、効果、費用について検討を行う。

(iii) 湖水対策

水浴等の水面利用にあたっては、湖水そのものの浄化を検討することも必要となる。このような湖水対策の必要性、対策手法、効果、費用について検討を行う。

なお、上記(i)、(ii)については汚水管理試験の結果得られた知見を活用すること。又、最終廃棄物の処理についても検討する。

(iv) 土地利用対策

湿地帯、森林、後背地の植生が持つ水質対策上の効果を踏まえ、流域の土地利用のあり方、規制手法、管理手法（利用にあたっては湖水辺から100mの森林、植生に手を加えない等）について検討する。

(v) 諸対策の効果的組合せ検討

諸対策をばらばらに、或はその全てを実施することは非合理的であるし、又、パラグアイ国の限られた財源では不可能と考えられる。このため、諸対策を有機的に結び付けた、幾つかの対策組み合わせメニューを汚濁シミュレーションモデルを用い検討する。

(vi) 社会経済的効果

水質汚濁対策計画に盛り込まれた諸対策の実施がパラグアイ国の社会経済に与えるであろう効果について考察を行う。

なお、汚水管理試験については、パラグアイ国の実情にあった有効な水質汚濁対策を立案すべく行なわれるもので、イパカライ湖及びその流域の自然浄化能力、及び汚水管理の湖沼水質保全に果す効果を把握・実証することを目的とする。

具体的な実施方法については、汚濁源、汚濁機構がある程度明らかにならなければ確定し得ないことから、第一期の現地調査結果を踏まえて、試験サイト、及び設計を行うこととする。

参考までに以下実施方法案を示す。

〔実施方法〕

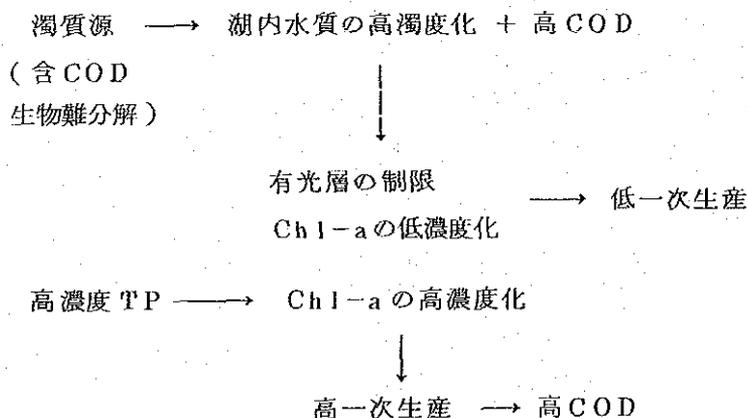
イパカライ湖の水質汚濁の現状を富栄養化としてとらえるか、あるいは濁質汚染、有機物汚染、細菌汚染などととらえるかで汚水管理試験の実施方法は異なる。

SENASAのデータでは、湖内の水質は(82年2月8日)次のようになっている。

水温	27.0 ~ 29.5 °C
DO	5.8 ~ 7.3 mg/l
pH	6.4 ~ 7.4
透明度	12 ~ 17 cm
(Secchi)	
SS	7.1 ~ 30.3 mg/l (ただし流入部 51)
COD	7.1 ~ 20.3 mg/l
濁度	104 ~ 124 mg/l
TP	0.046 ~ 0.140 mg/l (0.097)
Chl-a	3.2 ~ 22.5 mg/l (8.4)

Pから見ると富栄養となるが、Chl-aから見ると中栄養と富栄養の間である。従って富栄養化はしているが、一次生産量は少ない。

しかしながら、CODはかなり高く、また透明度も小さいことから、濁質成分中に一次生産以外の有機物がかなりあることがうかがえる。ただし、濁質源制御のみでは危険である。



濁質源が同時に主要なTP源になっている場合、あるいは湖内TPのAvailabilityが非常に小さい場合を除けば、イパカライ湖で取るべき対策の目的は、

TP濃度の低下

濁度(or COD)の低下

が同時に図られることである。対策としては、

1) 流域の大きさから見ると、

PIRAYUの流域

YPUCUの流域

2) 近さから見ると、

San Bernardino市内

3) Potentialの大きさから見ると(あくまで可能性)、

底泥

となる。

CODに比してBOD₅が小さいので、濁質はかなり生物難分解の有機物を含むと考えられ、

工場排水、底泥、流出土砂

が汚濁源と言えるが、どれが主たるものか現時点では不明。

次にTPについてはPIRAYU及びYPUCUの流量と河川水質(PO₄-Pで0.07~0.08及び0.03~0.23 mg/l)から見ると、底泥とともにこの2河川が主要なものと考えられる。勿論、人口から言ってもSan Bernardinoの生活排水も処分形態によってはTP源として無視し得ない。

以上より、汚水管理試験のメニューは次のようになる。

- ① PIRAYUの流域の濁質源、TP源対策
- ② PIRAYU川の直接浄化(一部)
- ③ YPUCUの流域の濁質源、TP源対策
- ④ YPUCU川の直接浄化(一部)
- ⑤ San Bernardinoでの生活排水対策
- ⑥ 濁質or COD源となっている工場対策
- ⑦ 底泥対策

4. 具体的施策の提言の検討

イパカライ湖の対策に係る行政施策をパラグアイ国の現況を踏まえつつ幅広く検討する。この際、将来パラグアイ国全体の環境施策を検討、実施することも考慮しつつ基本的事項(法制度、組織、監視体制等)について検討し、提言の形でとりまとめることとする。