

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

主 報 告 書

平成元年 8 月

国際協力事業団

20107

JICA LIBRARY



1077881 [9]

パラグアイ共和国

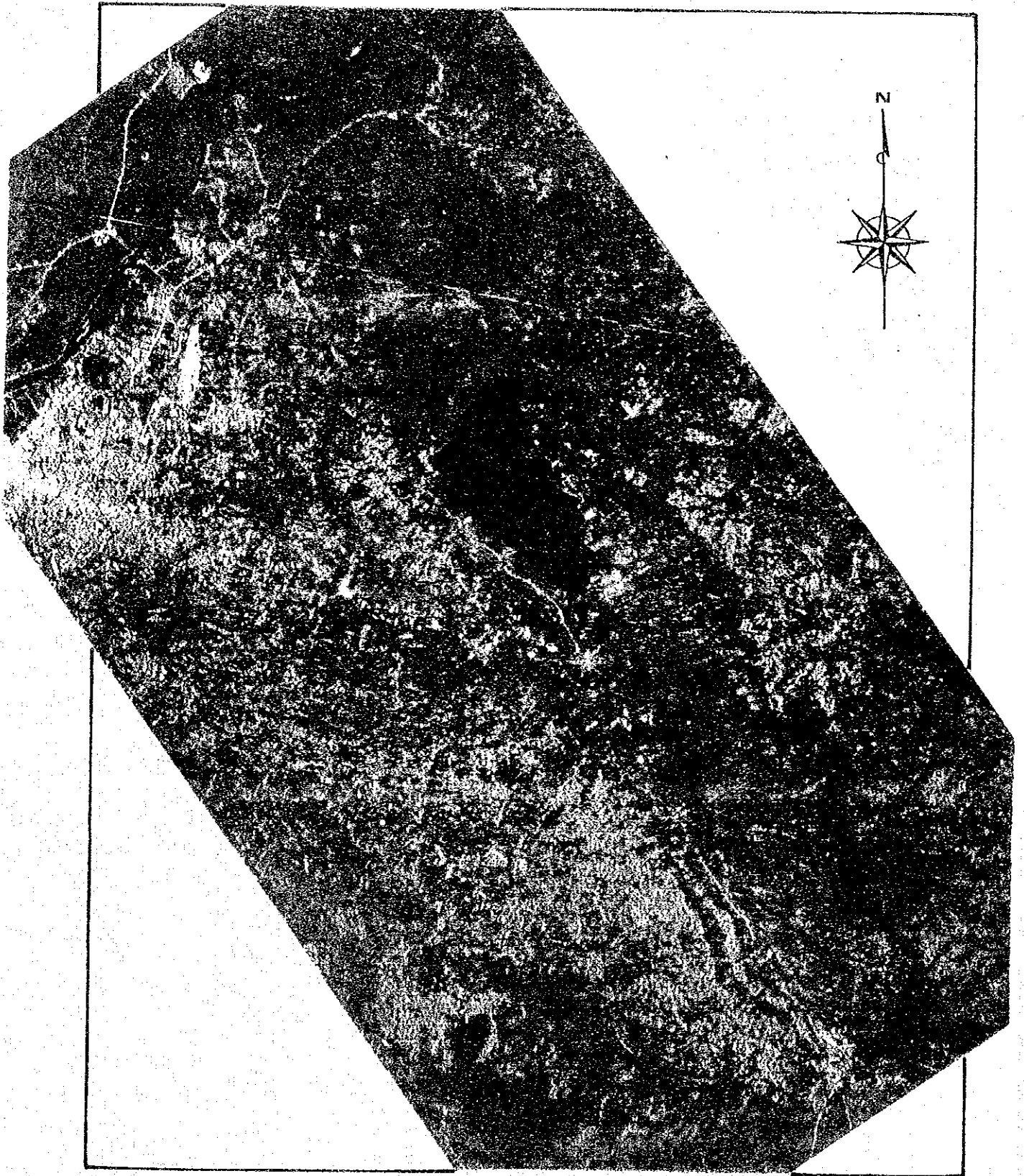
イパカライ湖流域水質汚濁対策計画調査

主 報 告 書

平成元年 8 月

国際協力事業団





イバカライ湖流域のLANDSAT画像（NASA，1981年4月5日撮影）

序 文

日本国政府は、パラグアイ共和国政府の要請に基づき、同国のイパカライ湖流域水質汚濁対策計画に係わる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1988年1月より3月、5月より8月、そして11月より翌1989年3月まで国際航業株式会社の中山政一氏を団長とし、同社及び株式会社建設技術研究所から構成される調査団を現地に派遣した。

調査団は、パラグアイ国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、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った。

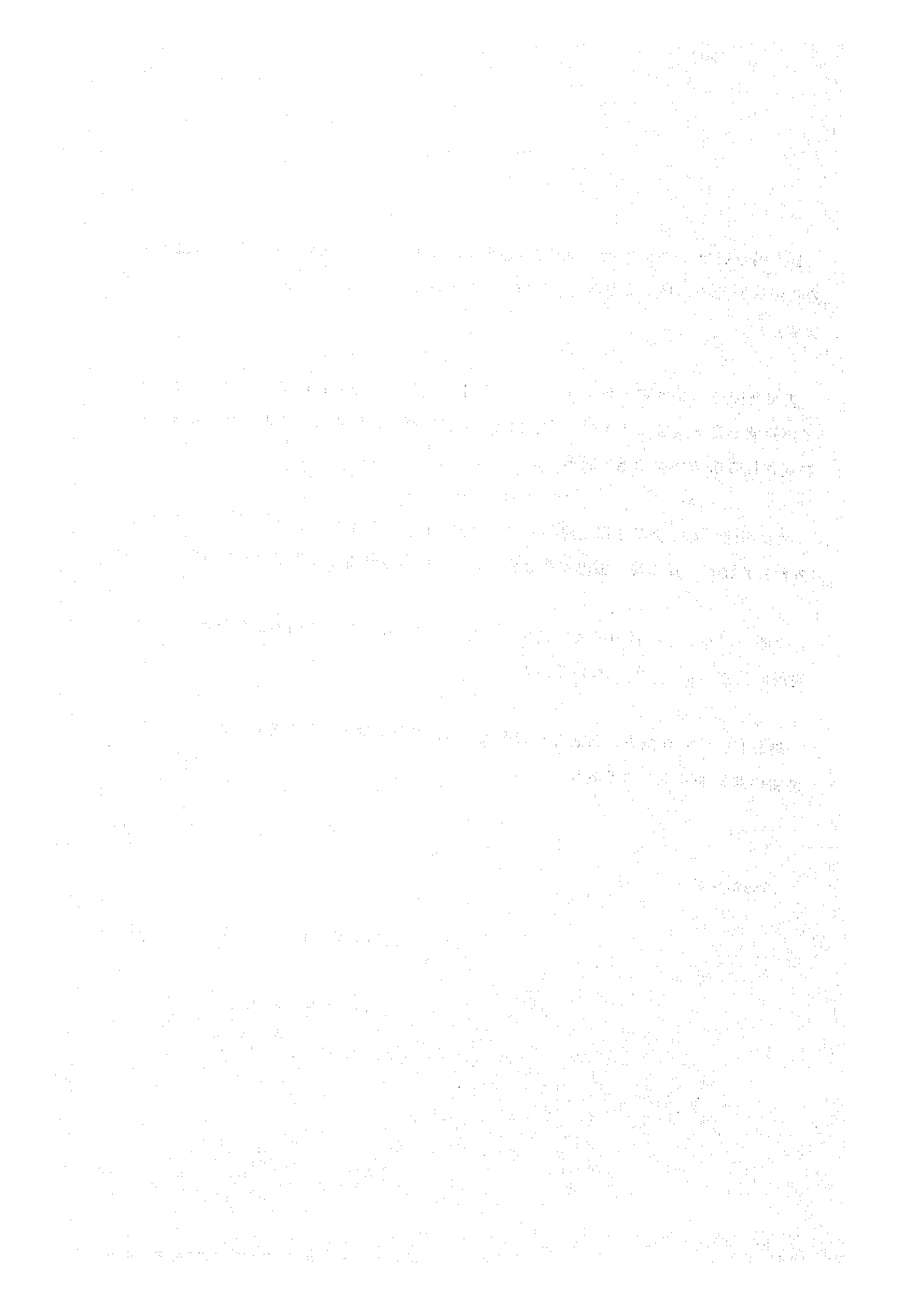
本報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終わりに、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国関係者各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1989年8月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介



本報告書の構成

本報告書はイバカライ湖の水質汚濁機構の解明と同湖流域を対象とした水質汚濁対策の立案を目的として1987年12月～1989年6月に実施された調査の結果をとりまとめたものである。

本調査は調査項目が多岐にわたったため、個々の分野の詳しい調査結果は別冊のサポーターリング・レポートに譲り、本報告書ではそれらの要点のみを述べた。

第1章は、本調査の内容が調査開始前に日本・パラグアイ両国の間で結ばれたS/Wの内容に合致したものであることを示すために設けたものである。

第2章では環境保全対策を検討する際に考慮しなければならない社会・経済条件のうち、パラグアイ国全体に係わるものについて述べた。イバカライ湖及び流域の水質保全対策を事業化するためには、パラグアイ国の政策全体の中でのその事業の位置付けを明確にし、実施に当たっての制度上の問題点を明確にしておく必要がある。そこで、「2・4 環境行政」に力点を置いて記述した。

第3章では対象地域の自然環境及び社会・経済環境の概要を述べた。“自然環境”は1988年1月～1989年2月の1年間の調査・観測結果にもとづいている。「3・1・5 水文・水理」で述べているように1988年1月の集中豪雨とそれに引き続く湖水位の上昇の後、湖水が例年になく清澄化し、その状態が約1年間続いた。本調査はこの間に行われた点に注意する必要がある。“社会・経済環境”では水質汚濁の背景になっている流域内の人間の生活・生産活動について述べているが、統計資料が十分整備されている状態にはないので、不十分な記述となったのはやむをえない。

第4章では流域における汚濁物質の発生・排出状況を汚濁源別・水系別に検討すると

ともに、平水時と洪水時の汚濁物質の流出状況を比較した。今回の調査で点源からの負荷の発生・排出状況についてはかなり詳しく把握できたが、面源からの負荷の発生・排出状況についてはまだ不明の点が少なくない。土地利用と排出負荷の関係についての詳しい解析は今後の課題である。

第5章では河川及び湖の水質・底質の汚濁現況を現地測定及び試料分析結果にもとづいて記述した。「5・3・4 既往データとの比較」で述べるように本調査期間中の湖の水質は既往のデータとかなり異なっているので、湖の平均的な汚濁状況や汚濁機構を正しく把握するためには、調査・観測を引き続き実施する必要がある。

第6章では第5章の結果にもとづいて湖内の水質を規制する要因を抽出し、それぞれの重要度と相互の関係を検討した。今回の調査では湖内の水質遷移現象を正確に定量化できるだけの現地実測データは収集できなかったため、不足している部分については既往のデータを利用した。なお、本章は第7章で試みる湖の汚濁シミュレーションの準備作業でもある。

第7章ではイパカライ湖の汚濁状況を数値モデルにより再現することを試みた。先に述べたように、湖内の水質遷移現象を正確に定量化できるだけのデータが不足しているため、再現結果と実測値の間にはまだかなりの隔りがある。しかし、湖の水質に最も強く関与している要因が何かについてはある程度見当を付けることができた。また、対策を施さない場合に湖の水質がどの程度悪化するかについても試算したが、流域の将来条件は十分検討されていないため、結果は参考程度である。

第8章では数ある水質改善技術の中から流域に適用可能なものを選定するとともに、適用に当たっての問題点、概算費用等を検討した。また、本調査で現地実験を実施した酸化池及び土壌処理の概要と試験結果についても述べた。

第9章では水質保全を行政の課題として実行する場合の戦略の概要を述べた。戦略は

基礎的調査研究，自然環境の保全を含めた水質浄化技術の適用，法制度の整備，教育啓蒙活動，行政組織の強化の5項目から成り，それぞれについてパラグアイ国及び流域の自然条件・社会経済条件を考慮した具体的な手法を提示した。また，水質保全計画が効率よく進むように，個々の対策の前後関係に配慮した年次計画も提案した。

第10章では流域の水質保全計画の要点を整理し，今後パラグアイ国がこの計画を推進するに当たってとるべき施策を勧告した。

なお，サポーティング・レポートの構成と内容は以下のようになっている。カッコ内は本報告書中の対応する章及び節である。

- S 1 : 地形・地質・土壌 (3・1・1～3・1・3)
- S 2 : 気象・水文・水理 (3・1・4～3・1・5)
- S 3 : 植生・水生生物 (3・1・6～3・1・7)
- S 4 : 社会経済・土地利用 (2・2～2・3, 3・2～3・3)
- S 5 : 汚濁源に関する調査 (4・1～4・3)
- S 6 : 湖と主要河川の汚濁状況 (5・1～5・5, 6・1～6・2)
- S 7 : 汚濁シミュレーション (7・1～7・4)
- S 8 : 汚水管理試験 (8・2)
- S 9 : 水質保全計画 (2・4, 8・1, 9・1～9・5)

略 号

* 印はパラグアイ国の機関名

AGP	Algal Growth Potential (藻類生産潜在力試験)
ANNP*	National Port and Navigation Authority (港湾局)
BOD	Biochemical Oxygen Demand (生物学的酸素要求量)
C	Carbon (炭素)
CEC	Cation Exchange Capacity (陽イオン吸着能)
Chl-a	Chlorophyll a (クロロフィルa)
Cl ⁻	Ion of Chlorine (塩素イオン)
COD	Chemical Oxygen Demand (化学的酸素要求量)
CORPO SANANA*	Corporation for Sanitary Works (上下水道公社)
DCOD	Dissolved Chemical Oxygen Demand (溶解性のCOD)
DO	Dissolved Oxygen (溶存酸素)
DON	Dissolved Organic Nitrogen (溶解性の有機態窒素)
DOP	Dissolved Organic Phosphorus (溶解性の有機態リン)
DTP	Dissolved Total Phosphorus (総リン中の溶解性成分)
EC	Electric Conductivity (電気伝導度)
EPA	Environmental Protection Agency (米国環境保護庁)
FAO	Food & Agriculture Organization (国連食糧農業機関)
FCQF*	Faculty of Chemical & Pharmaceutical Science, U N A (アスンシオン国立大学化学・薬学部)
FUNDL AY*	Foudation of Lake Ypacarai Basin (イパカライ湖財団)
GDP	Gross Domestic Product (国民総生産)
IBR*	Institute of Rural Welfare, M A G (農牧省土地事務所)
ICB*	Institute of Basic Science, U N A (アスンシオン国立大学基礎科学研究所)

IL	Ignition Loss (強熱減量)
IL _{TR}	Ignition Loss of Total Residue (TRの強熱減量)
IL _{SS}	Ignition Loss of Suspended Solids (SSの強熱減量)
IN	Inorganic Nitrogen (無機態窒素)
INTN*	National Institute for Technology & Standard, MIC (産業貿易省工業規格局)
IP	Inorganic Phosphorus (無機態リン)
MAG*	Ministry of Agriculture & Livestock (農牧省)
MEC*	Ministry of Education (文部省)
MIC*	Ministry of Industry & Trade (産業貿易省)
MOPC*	Ministry of Public Works & Communication (公共事業通信省)
MSPBS*	Ministry of Public Health & Social Welfare (厚生省)
N	Nitrogen (窒素)
NH ₄ N	Ammonic Nitrogen (アンモニア態窒素)
NO ₃ N	Nitrate Nitrogen (硝酸態窒素)
P	Phosphorus (リン)
PAC	Phosphoric Acid Absorption Coefficient (リン酸吸着能)
pH	Hydrogen Ion Exponent (水素イオン濃度)
POC	Particulate Organic Carbon (粒子性の有機態炭素)
PON	Particulate Organic Nitrogen (粒子性の有機態窒素)
POP	Particulate Organic Phosphorus (粒子性の有機態リン)
PO ₄ P	Phosphoric Acid (リン酸)
PRONATURA*	Paraguayan Society for the Protection of Nature (パラグアイ環境保護協会)
SD	Secchi Disk reading value (セツキー板読み取り深度)
SENASA*	National Environmental & Sanitation Service, MSPBS (厚生省環境衛生局)

S F N *	National Forest Service (林野庁)
S S	Suspended Solids (浮遊物質)
S T P *	Technical Planning Secretariat (大統領府企画庁)
T C O D	Total Chemical Oxygen Demand (総 C O D)
T N	Total Nitrogen (総窒素)
T N K	Total Nitrogen Kjeldahl (ケルダール態総窒素)
T P	Total Phosphorus (総リン)
U N A *	Asuncion National University (アスンシオン国立大学)

地名対照表

アスンシオン	Asuncion	ピラジュ	Pirayu
アルトパラナ	Alto-Parana	フェルナンド・デ・ラ・モラ	Fernando de la Mora
アレグア	Aregua	ロスアルトス	Los Altos
イグアス	Yguazu	ヤグアレサウ	Yagua-Resa-u
イタイブ	Itaipu	ヤシレタ	Yacyreta
イタグア	Itaugua	リンピオ	Limpio
イパカライ	Ypacarai	ルケ	Luque
イブク	Y-Pucu		
イボア	Ypoa		
カークーペ	Caacupe		
カークアス	Caaguazu		
カーザバ	Caazapa		
カニンデジュ	Canindeyu		
カビアタ	Capiata		
カラベグア	Carapegua		
サラド	Salado		
サンベルナルディノ	San Bernardino		
サンロレンソ	San Lorenzo		
ジャグアロン	Yaguaron		
ジュクリ	Yuquyry		
チャコ	Chaco		
トロージェ	Troche		
ノースアクシス	North Axis		
パラガリ	Paraguari		
パラグアイ	Paraguay		

目 次

序 文	
本報告書の構成	i
略号	iv
地名対照表	vii
第1章 序論	
1・1 調査の背景	1
1・2 調査の目的	1
1・3 調査の概要	2
1・3・1 調査区域	2
1・3・2 調査の内容及び方法	2
1・3・3 調査工程	5
1・4 調査体制	7
第2章 パラグアイ国の概要	
2・1 地理及び自然環境	10
2・1・1 地理的諸元	10
2・1・2 自然環境特性	10
2・2 国土の開発・保全計画	12
2・2・1 経済開発5ヶ年計画	12
2・2・2 地域開発プロジェクト	12
2・3 国家経済と国民生活	14
2・3・1 産業と就業者数	14
2・3・2 国家予算と公共施設投資額	15
2・3・3 生活関連施設の整備状況	16

2・4	環境行政	17
2・4・1	環境行政の主要課題	17
2・4・2	環境行政機構	17
2・4・3	環境関連法規	18
2・4・4	環境保全事業への投資額	19
2・4・5	環境保全技術	20
第3章	イパカライ湖及び流域の自然環境及び社会・経済環境	
3・1	湖と流域の自然環境	23
3・1・1	地形	23
3・1・2	地質	31
3・1・3	土壌	35
3・1・4	気象	38
3・1・5	水文・水理	41
3・1・6	植生	45
3・1・7	水生生物と生態系	48
3・1・8	イパカライ湖流域の自然環境の変遷	50
3・2	行政単元別に見た社会・経済環境	53
3・2・1	AREGUA	56
3・2・2	CAPIATA	57
3・2・3	ITAUGUA	57
3・2・4	LUQUE	58
3・2・5	SAN LORENZO	59
3・2・6	YPACARAI	59
3・2・7	SAN BERNARDINO	60
3・2・8	PARAGUARI	61
3・2・9	PIRAYU	61

3・3	水系別に見た社会経済指標	63
3・3・1	人口	63
3・3・2	家畜頭数	64
3・3・3	地目別土地利用面積	64
3・3・4	工鉱業生産量	65
3・3・5	観光レクリエーション施設の利用者数	67
第4章	イパカライ湖流域における汚濁物質の発生源と発生・排出状況	
4・1	汚濁源の分類と分布	68
4・2	汚濁物質の発生・排出状況	71
4・2・1	生活系	71
4・2・2	観光事業系	72
4・2・3	公共施設系	72
4・2・4	産業系	73
4・2・5	点源から発生負荷量の内訳	75
4・2・6	面源	75
4・3	流域からの汚濁物質の流出状況	79
4・3・1	平水時の流出状況	79
4・3・2	洪水時の流出状況	79
第5章	主要河川と湖の汚濁状況	
5・1	水質・底質試料採取日の気象・水理条件	87
5・2	主要河川の水質	88
5・2・1	ジュクリ川	88
5・2・2	ヤグアレサウ川	89
5・2・3	イアク川	90
5・2・4	河川による水質の差異とその原因	90

5・3	湖の水質	97
5・3・1	時間的变化	97
5・3・2	水域による差異	99
5・3・3	水質指標間の相関性	99
5・3・4	既往データとの比較	100
5・4	河川の底質	109
5・5	湖の底質	110

第6章 イパカライ湖の水質汚濁機構

6・1	イパカライ湖の水質汚濁の要因	112
6・2	個々の要因の検討	115
6・2・1	湿原における浄化	115
6・2・2	洪水時における河口域沈降	116
6・2・3	生産（植物プランクトンの増殖）	116
6・2・4	分解（有機物の無機化）	117
6・2・5	粒子性物質の沈降	117
6・2・6	底泥からの溶出	118
6・2・7	底泥の舞い上がり	118

第7章 イパカライ湖の汚濁シミュレーション

7・1	汚濁シミュレーションの目的	124
7・2	汚濁シミュレーションの作業手順	125
7・3	数値モデルの構造	126
7・3・1	モデルの選定と計算汚濁指標の抽出	126
7・3・2	流入負荷量モデル	126
7・3・3	湖内水収支モデル	127
7・3・4	湖内水質遷移モデル	127

7・4	汚濁シミュレーションの解析結果	129
7・4・1	流入量及び流入負荷量の算出	129
7・4・2	湖の水収支と滞留時間（回転数）の算出	130
7・4・3	現況の湖の水質の再現	131
7・4・4	対策を実施しない場合の将来の湖水質の見通し	131
7・4・5	対策を実施した場合の湖水質の変化の見通し	132
第8章 水質改善技術とその評価		
8・1	流域に適用可能な水質改善技術	136
8・1・1	発生・排出源に適用できる技術	136
8・1・2	流入河川に適用できる技術	144
8・1・3	湖沼に適用できる技術	145
8・1・4	汚泥処理技術	147
8・2	汚水処理の現地実験	149
8・2・1	酸化池	149
8・2・2	土壌処理	149
第9章 水質保全計画		
9・1	将来における湖及び流域の利用形態	153
9・1・1	イバカライ湖の今後の利水計画	153
9・1・2	流域の今後の土地利用計画	154
9・2	水質保全目標の検討	158
9・2・1	水質保全目標の内容	158
9・2・2	水質保全の指標と目標レベル	160
9・3	水質保全のための戦略	167
9・3・1	基本方針	167
9・3・2	基礎的調査研究	167
9・3・3	水質改善技術の適用	168

9・3・4	法制度の整備	169
9・3・5	教育及び啓蒙	171
9・3・6	行政組織の強化	173
9・4	水質保全がもたらす社会経済的利益	175
9・5	水質保全計画の進め方	176
9・5・1	年次計画	176
9・5・2	財源計画	178

第10章 結論及び勧告

10・1	結論	180
10・2	勧告	185

挿表一覧

表-M1401	日本側作業監理委員	7
表-M1402	日本側調査団員	7
表-M1403	パラグアイ側委員	8
表-M1404	パラグアイ側カウンターパート	9
表-M3311	イパカライ湖流域の人口	63
表-M3321	イパカライ湖流域の家畜頭数	64
表-M3331	イパカライ湖流域の地目別土地利用面積	65
表-M3341	植物油精製工場の概要	66
表-M3342	と殺場の1日当りの平均処理頭数	66
表-M4211	生活排水の発生負荷原単位	71
表-M4241	植物油精製工場からの排水の汚濁濃度	74
表-M4242	牛1頭の処理に伴う発生負荷量	74
表-M5341	夏季におけるイパカライ湖の水質	108
表-M6211	湿原の概要	115
表-M7411	湿原を含む湖水域への年間流入水量	129
表-M7412	湿原を含む湖水域への年間流入負荷量	130
表-M7421	湖の年間水収支	131
表-M8101	湖沼の水質改善技術	137
表-M8102	イパカライ湖流域に適用可能な水質改善技術	138

表-M9221	日本における公共用水域の水質基準（健康阻害項目）	161
表-M9222	日本における公共用水域の水質基準（生活環境項目）	162
表-M9223	イパカライ湖の暫定的水質基準	163

挿図一覧

図-M 1 3 1 1	調査区域	3
図-M 1 3 2 1	調査の流れ	4
図-M 1 3 3 1	調査工程	6
図-M 3 1 1 1	流域区分図	26
図-M 3 1 1 2	地形区分図	27
図-M 3 1 1 3	ジュクリ川下流域の空中写真判読図	28
図-M 3 1 1 4	イパカライ湖の湖底地形図	29
図-M 3 1 1 5	イパカライ湖の断面図	30
図-M 3 1 2 1	地質図	33
図-M 3 1 2 2	イパカライ湖の底質分布状況	34
図-M 3 1 3 1	土壌図	37
図-M 3 1 4 2	月別平均気温と月別降水量	40
図-M 3 1 5 1	調査期間中の湖及び河川の水位変化	43
図-M 3 1 5 2	ピラジュ川及びジュクリ川の水位-流量関係図	44
図-M 3 1 6 1	山地林及び川辺林の分布	47
図-M 3 1 7 1	調査期間中の植物プランクトンの構成の変化	49
図-M 3 1 8 1	イパカライ湖の歴史	52
図-M 3 2 0 1	流域の行政区	54
図-M 3 2 0 2	流域の土地利用現況	55
図-M 4 1 0 1	流域の主要点源の分布状況	69
図-M 4 1 0 2	流域別・地目別に見た土地利用面積	70
図-M 4 2 5 1	流域別に見た点源発生負荷量	77
図-M 4 2 6 1	粘土・石材・砂利採掘場の分布	78
図-M 4 3 1 1	平水時の有機物(COD)の排出・流入状況	81

図-M 4 3 1 2	平水時の粒状態物質 (SS) の排出・流入状況	82
図-M 4 3 1 3	平水時の栄養塩 (TN) の排出・流入状況	83
図-M 4 3 1 4	平水時の栄養塩 (TP) の排出・流入状況	84
図-M 4 3 2 1	洪水時のジュクリ川の水質及び流送負荷量	85
図-M 4 3 2 2	洪水時のピラジュ川の水質及び流送負荷量	86
図-M 5 1 0 1	調査期間中の湖及び河川の水質変化 (DO)	91
図-M 5 1 0 2	調査期間中の湖及び河川の水質変化 (TCOD)	92
図-M 5 1 0 3	調査期間中の湖及び河川の水質変化 (TP)	93
図-M 5 1 0 4	調査期間中の湖及び河川の水質変化 (TN)	94
図-M 5 1 0 5	調査期間中の湖及び河川の水質変化 (SS)	95
図-M 5 1 0 6	調査期間中の湖及び河川の水質変化 (Cl ⁻)	96
図-M 5 3 0 2	気象条件と湖水質の関係	102
図-M 5 3 2 1	湖内における EC 値の地域的な差異	103
図-M 5 3 2 2	湖内における DCOD の地域的な差異	104
図-M 5 3 2 3	湖内における水質の鉛直方向の変化	105
図-M 5 3 2 4	Chl-a と SS の相関性	106
図-M 5 3 2 5	Chl-a と COD の相関性	106
図-M 5 3 2 6	Chl-a と POP, PON の相関性	107
図-M 5 5 0 1	湖底堆積物の深度方向の性状変化	111
図-M 6 1 0 1	湖内における汚濁物質の挙動	114
図-M 6 2 1 1	ジュクリ川下流湿原の浄化効果	119
図-M 6 2 3 1	湖水中での照度の減衰状況	120
図-M 6 2 3 2	AGP 試験の結果	121
図-M 6 2 4 1	有機物の分解実験結果	122
図-M 6 2 7 1	風速と濁度の関係	123

図-M7201	汚濁シミュレーションの手順	125
図-M7431	汚濁シミュレーションによる現況水質の再現結果	133
図-M7441	対策を施さない場合の湖水のCODの増大	134
図-M7451	対策を施した場合の湖水質の変化	135
図-M8211	アレグアのと殺場に設置した酸化池システムの設計図	151
図-M8221	アレグアの警察署に設置した土壌処理システムの設計図	152
図-M9121	流域の土地利用基本構想(案)	157
図-M9211	有機物の増大と富栄養化が水利用と環境に及ぼす影響	159
図-M9221	現況水質と暫定的水質基準(TCOD)	164
図-M9222	現況水質と暫定的水質基準(TN)	165
図-M9223	現況水質と暫定的水質基準(TP)	166
図-M9511	水質保全のための年次計画	179

第 1 章 序 論

1・1 調査の背景

イパカライ湖は面積59.6km²の浅い湖で、パラグアイの首都アスンシオン市の東方約30kmに位置する。同湖の流域面積は約900km²である。

内陸国のパラグアイにとってこの湖は貴重な天然資源であり、観光レクリエーションの場である。しかしながら、湖沼学的な特性と周辺の開発によりイパカライ湖の水質は次第に悪化してきている。もし、この傾向が続くならば、イパカライ湖は観光レクリエーションの場及び天然資源としての価値を失うことになるかもしれない。

水質汚濁対策が緊急に必要であることを認めたパラグアイ政府は日本政府にイパカライ湖の汚濁対策の立案を要請した。

1・2 調査の目的

本調査の目的は以下のとおりである。

1) イパカライ湖の汚濁対策計画の立案

2) パラグアイ国関係者への技術移転

1・3 調査の概要

1・3・1 調査区域

調査はイパカライ湖及び同湖に流入する河川の流域を中心に行ったが、流出河川の流域も必要に応じて調査した。調査区域を図－M1311に示す。

1・3・2 調査の内容及び方法

調査は大別すると、①水質汚濁の背景となっている流域の自然環境及び社会経済環境の把握、②湖及び河川の汚濁現況の把握と汚濁機構の解析、③流域に適用可能な水質改善技術の選定と評価、④水質保全計画の全体像の立案の4部から成る。

①では、湖及び流域の地形・地質・土壌・気象・水文・水理・植生・水生生物等の自然条件を主として現地踏査及び観測により、流域に属する自治体（区）とパラグアイ国の社会経済条件のうち特に水質保全に係わりの深い事項を主として統計資料の解析と聞き取り調査により明らかにした。

②では、流域に分布する汚濁源を対象としたアンケート調査、汚濁排出状況の実測、河川・湖沼の水質及び底質の分析、数値シミュレーション等の手段を用いた。

③では日本その他の国における水質改善技術の適用例、現場で実施した汚水処理試験の成果をもとに適用可能な技術を選定し、流域の自然条件・社会経済条件を考慮に入れた評価を行った。

また、④ではハードな対策とソフトな対策を組合わせた総合的な水質保全計画を立案し、目標達成を2011年に想定して実施の手順を検討した。以上の調査の流れを図－M1321に示す。

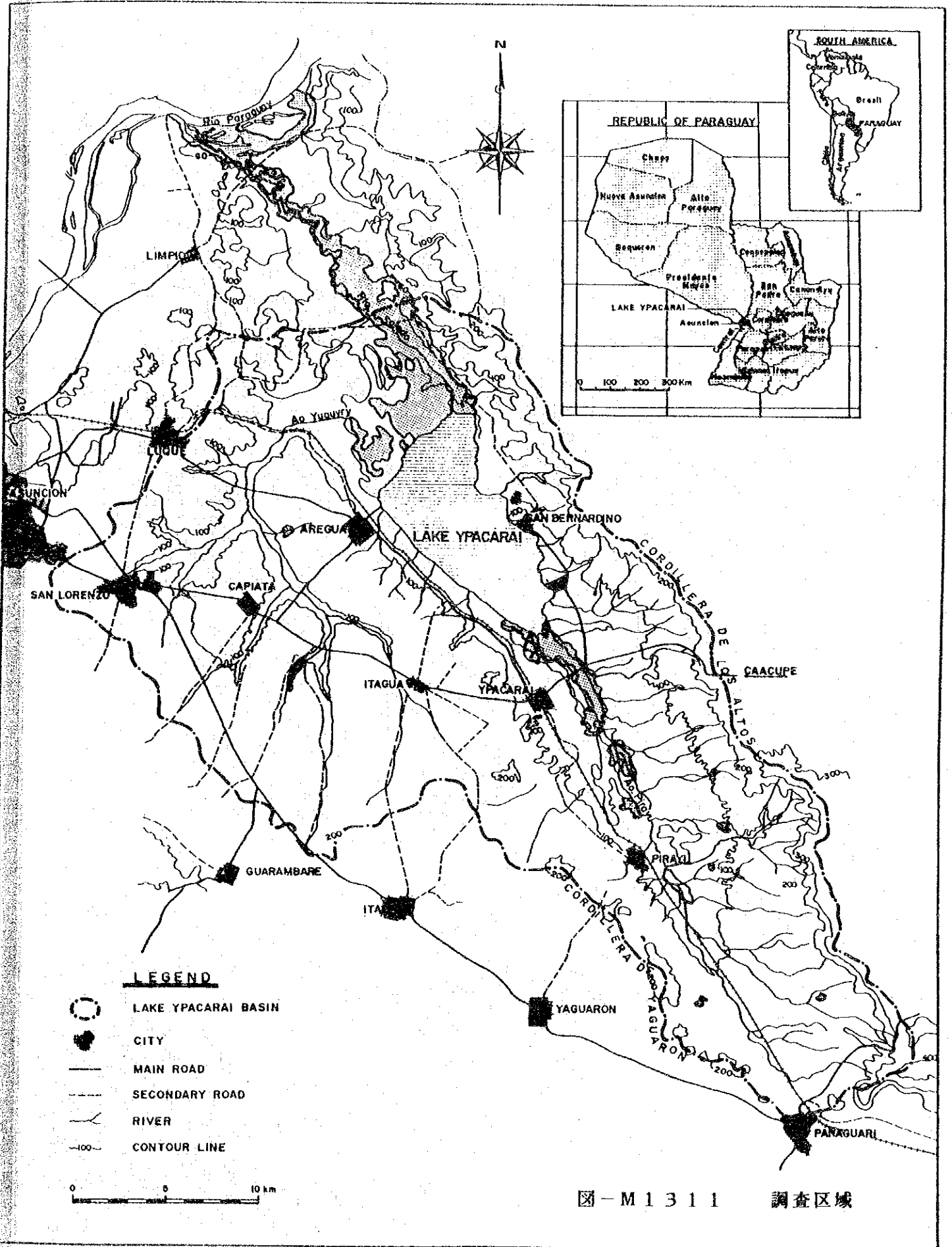
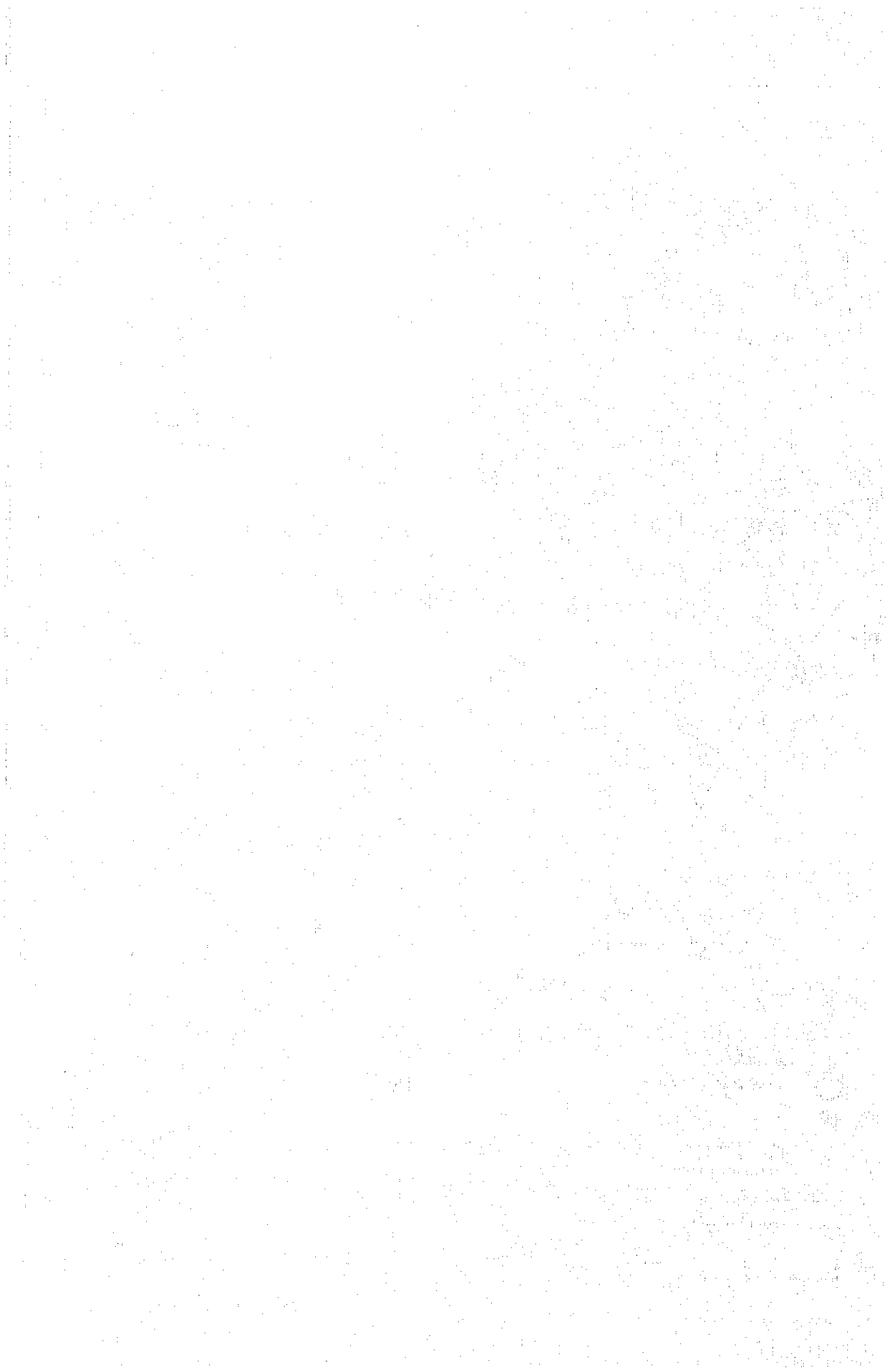
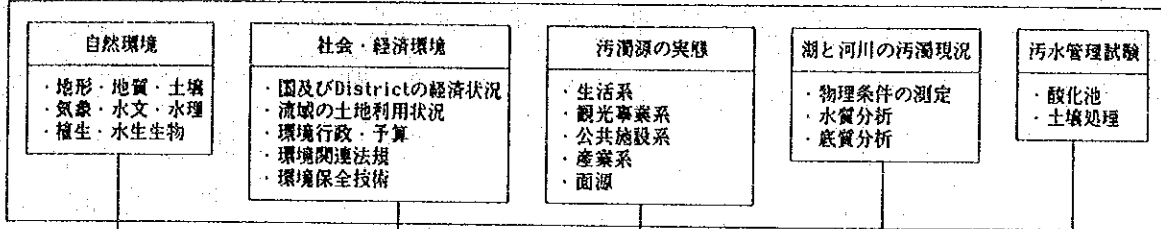


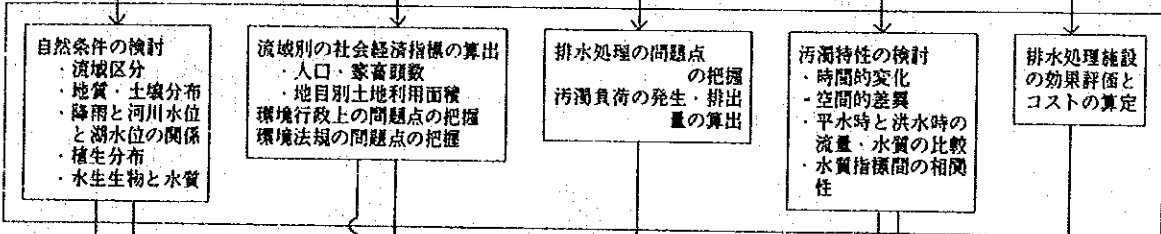
图-M1311 调查区域



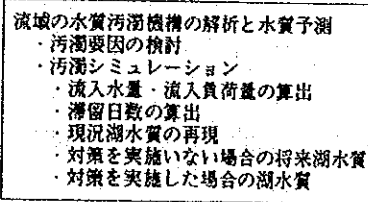
(現地調査)



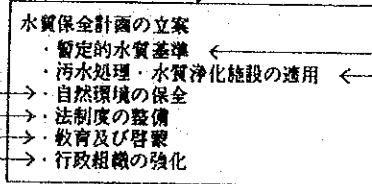
(資料整理)



(解析)

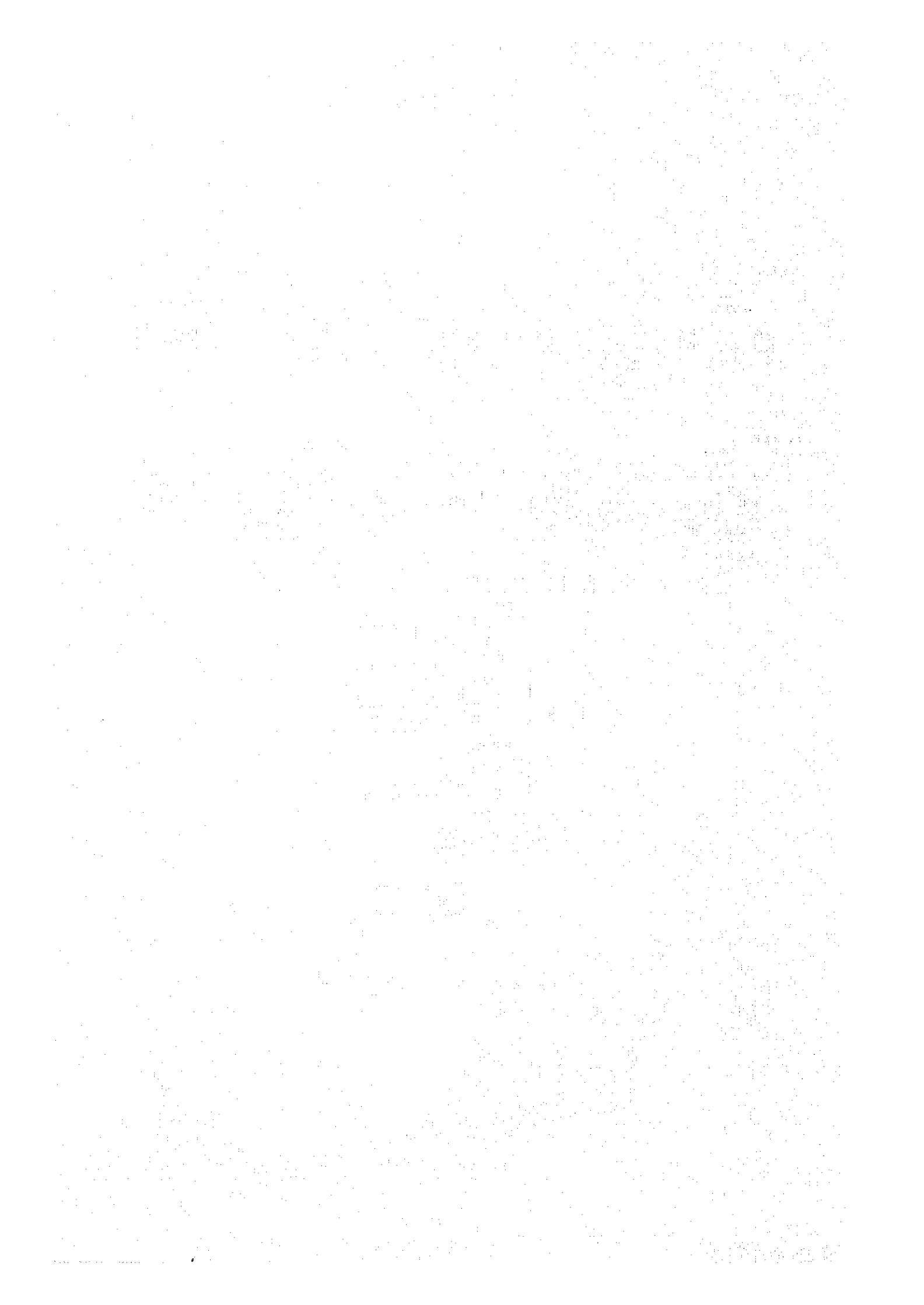


(対策立案)



提 言

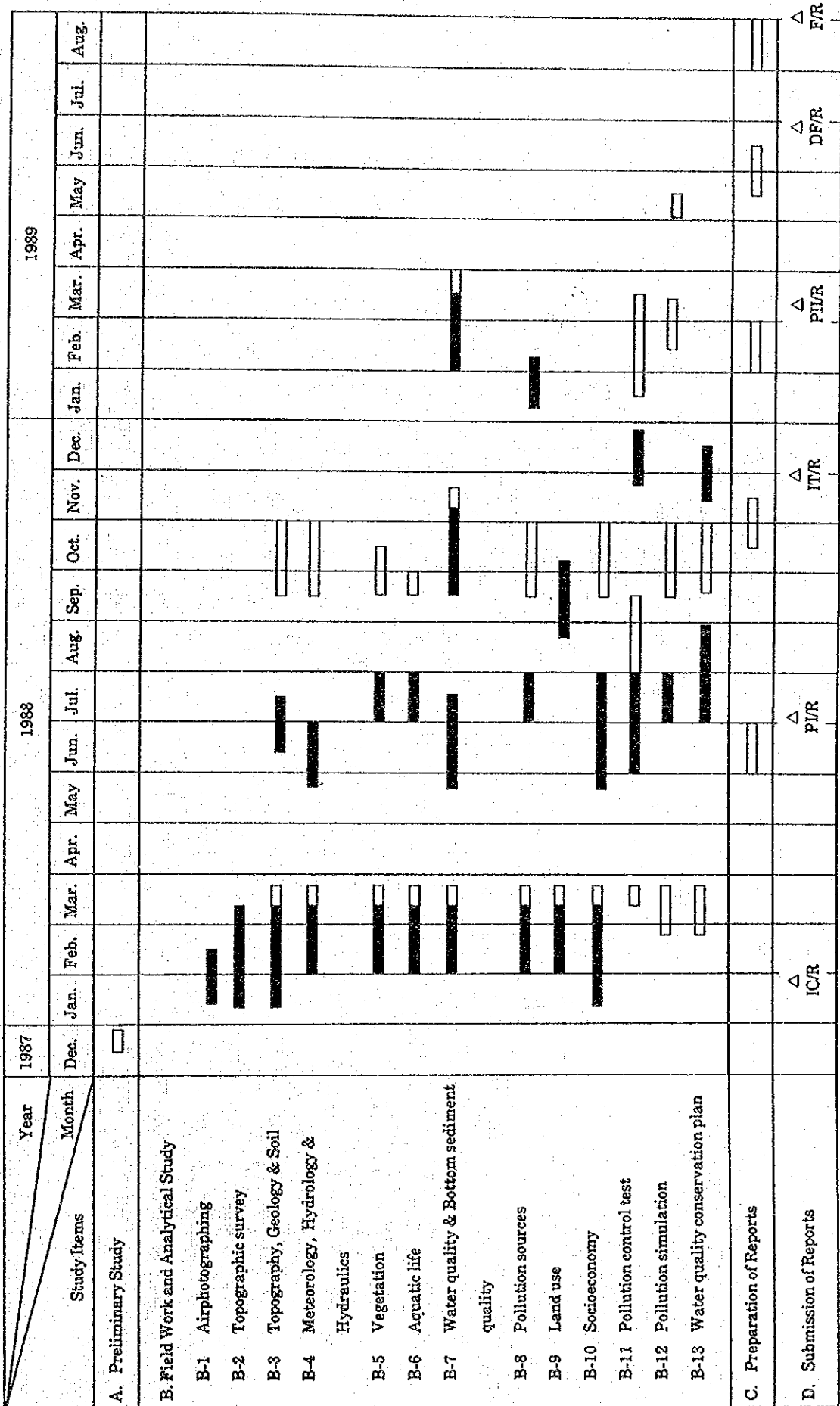
図-M1321 調査の流れ



1・3・3 調査工程

本調査は1987年12月18日に始まり、1989年8月に終了した。調査工程は図-M133-1に示すとおりで、上記期間中5回（1988年1月・6月・11月、1989年3月・6月）にわたって両国間で調査方針及び調査結果に関する報告と協議が行われた。また、水質・底質分析、気象・水文・水理観測、排水処理現地試験等を通してSTP、SENASA ICB等の技術者への技術の移転が行われた。

図 - M 1 3 3 1 調査工程



Work in Paraguay (solid black bar) Work in Japan (white bar)

1・4 調査体制

本調査に係わった日本側委員，日本側調査団員，パラグアイ側委員及びパラグアイ側カウンターパートは表-M1401～M1404に示すとおりである。

表-M1401 日本側作業監理委員

氏名	担当	所属*
菊地邦雄	総括	環境庁水質保全局調査官
中島興基	水質保全	環境庁水質保全局水質管理課課長補佐
野村 潔	測定解析	滋賀県立衛生環境センター水質課長
中村栄一	排水管理計画	建設省土木研究所下水道部水質研究室長
富沢健二	汚水管理試験	日本下水道事業団技術開発部技術開発課長
今井千郎	流域環境保全	国際協力総合研修所国際協力専門員
城殿 博	湖沼生態	国際協力総合研修所国際協力専門員

*所属はいずれも調査開始時点のもの

表-M1402 日本側調査団員

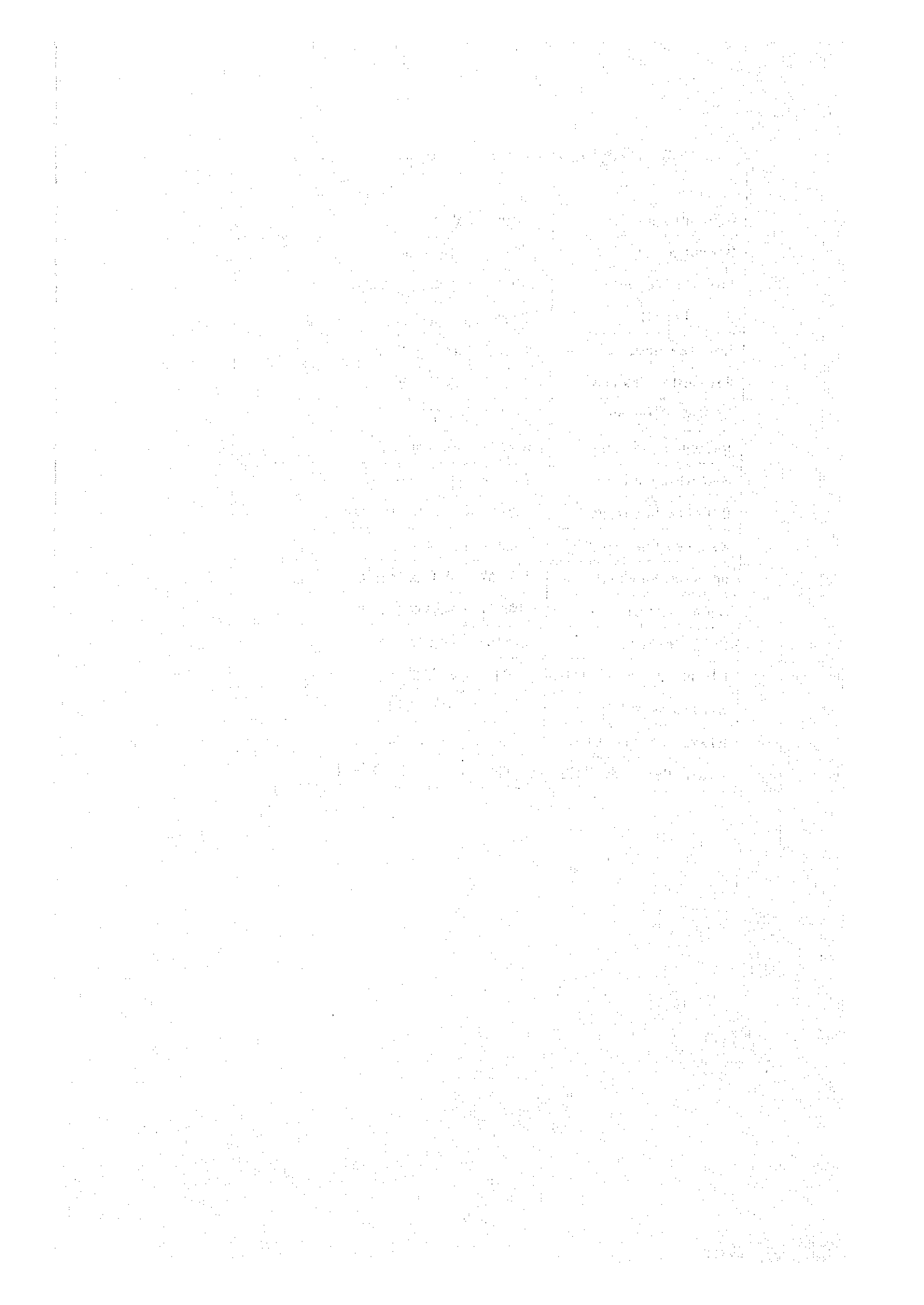
氏名	担当
中山政一	総括/団長
杉山 明	水質保全計画/副団長
小原 克	社会経済
内田安彦	水文・水理
松井宏明	植物生態/自然環境保全
百足彰子	水質・底質分析
青木純一	汚水管理試験
浜田隆治	汚濁源/排水管理
斎藤 広	汚濁シミュレーション
高橋幸雄	水生生物
喜納政治	土地利用
神里勝也	地形・地質
田口 広	測量

Table 1403 パラグアイ側委員

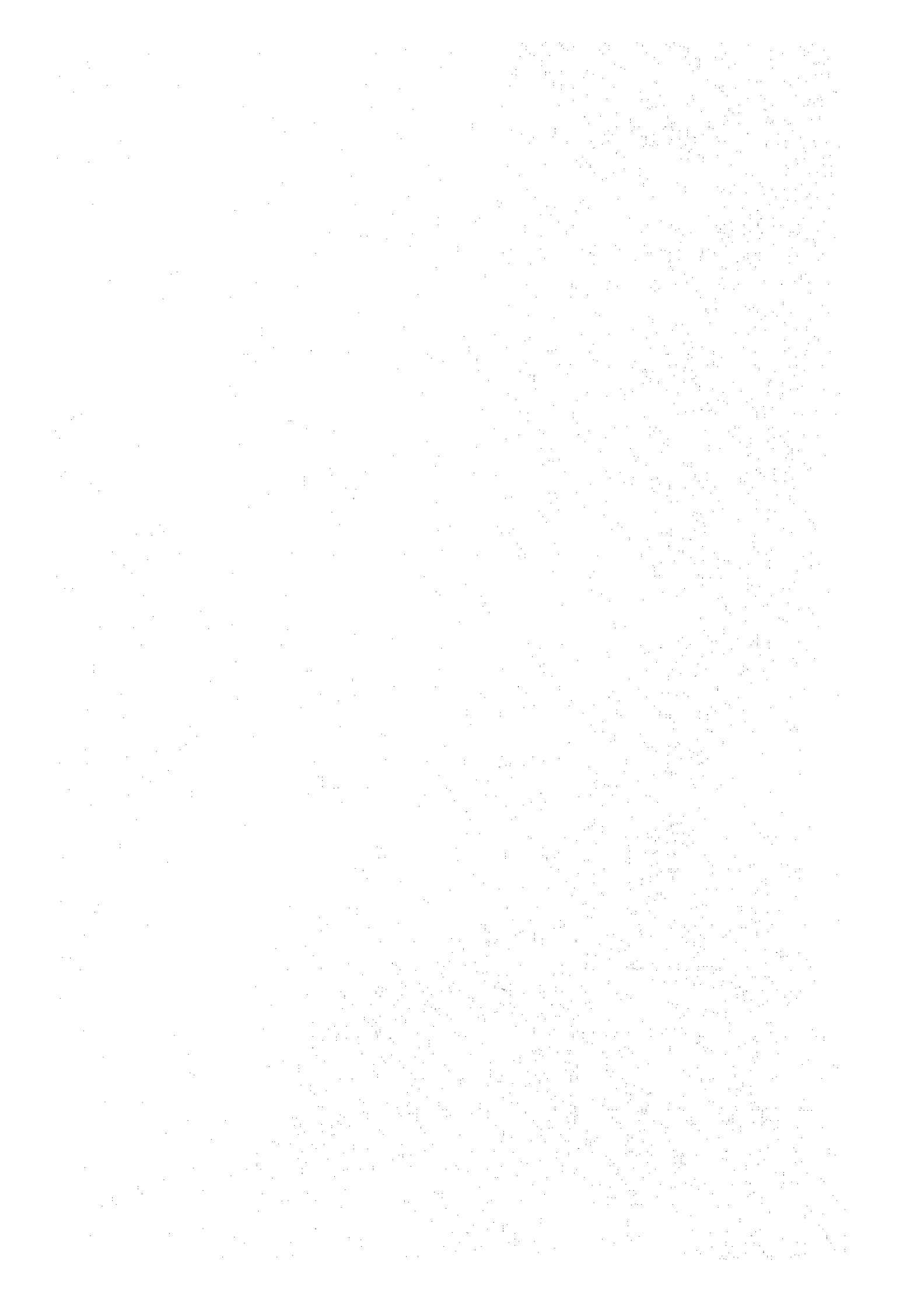
氏名	所属
Federico Mandelburger	STP長官
Fulvio Monges Ocampos	STP前長官
Armando Hermosilla	STP企画官
Juan J. Benitez Rickmann	大統領府
Marcial Samaniego	パラグアイ・日本協会
Hermann Naumann	FUNDLAY
Marcial Samaniego (Jr.)	国防省
Baltazar A. Romero Blanco	国防省
Elpidio Moreno Carreras	海軍
Jose Martino Vargas	INTN
Miguel Angel Lezcano	SENASA, MSPBS
Pedro Calabresse	SFN, MAG
Victor C. Vidal	SFN, MAG
Nicolas Espinola	MOPC
Jose Serra Cuevas	MH
Olga K. de Caceres	MEC
Nestor Ferreira Perrupato	ANNP
Narciso Gonzalez Romero	ICB, UNA
Rafael Camperchioli	FCQF, UNA
Vladimir Puschkarevich	CORPOSANA

表-M1404 パラグアイ側カウンターパート

氏名	所属	担当
Gregorio Raidan	STP	総括
Bernardo Esquivel	STP	社会経済
Eulizes Zugasti	SENASA	水質保全計画
Juan Escriba	SENASA	水質分析
Rosalba Govilan	SENASA	水質分析
Florentin Cuenca	SENASA	水質分析
Victor Gimenez	SENASA	水質分析
Ramona P. Narvaez	SENASA	水質分析
Sebastian Jara	SANASA	排水処理
Bertila Rejalaga	INTN	排水処理
Narciso Gonzalez R.	ICB	生物
Hermann Naumann	FUNDLAY	水質保全計画
Oscar Corvison	FUNDLAY	水質保全計画
Deli Hermida	SENASA	汚濁源
Gladys A. de Montiel	ICB	水生生物
Stella Marys Munoz	ICB	水生生物
Elizabeth Ferreira	ICB	水生生物
Lidia Perez de Molas	ICB	植生/土地利用



第2章 パラグアイ国の概要



2・1 地理および自然環境

2・1・1 地理的諸元

パラグアイは南米のほぼ中央に位置し、北をボリビア、東をブラジル、南と西をアルゼンチンの3国に囲まれた内陸国で、海へ出るにはパラグアイ川、ラプラタ川を約1,500km下らなければならない。

国土面積は406,752km²、人口は3,920,000人（1987年）であるが、人口の98%がパラグアイ川の東側（面積にすると全土の39%）に偏在している。また、都市部の人口は全人口の43%、人口増加率は年平均2.54%である。

首都アスンシオンの人口は約60万人と推定されているが、隣接するサンロレンソ、ルケ等を含めた首都圏人口は80～90万人に達し、全国人口の1/5強が首都圏に集中していることになる。

2・1・2 自然環境特性

パラグアイは内陸国ではあるが標高800mを超える山は無く、国土全体が極めて平坦である。国の中央をほぼ南北に走るパラグアイ川の東西で自然環境に大きな差がありそれが人口の分布や生産活動にも大きな影響を与えている。

パラグアイ川の西側の地区（チャコ地区）は、面積が全土の約6割を占める。年平均気温は摂氏25度前後と高く、夏季は著しく湿度が高い。地形が平坦なことに加えて透水性の低い土壌が発達するのでしばしば洪水に見舞われる。また、地下水が塩分を含むため農業用水の取得がむずかしく、大部分の地域は放牧地として利用されている。このような自然条件に規制されて、パラグアイ川の西側の地区の人口は全土の2%に

も充たない。

いっぽう、パラグアイ川の東側地区は面積が全土の約4割を占め、ほぼ南北に伸びるカアグアス山脈より東側の地区はパラナ川の流域に属する。この地区の年平均気温は摂氏21～23度と西側地区よりは低く、年間降雨量も1,400～1,800mmと西側地区より多い。地形は起伏に富み、土壌も一部の地区を除いて肥沃である。このため、全土の人口の98%がこの東側地区に居住し、生産活動の大部分もこの地区で行われている。

国土の中央を流れるパラグアイ川の周辺にはパンタナールとよばれる広大な湿原が広がっていて、富栄養の土壌に湿地林が発達している。雨季には水域が著しく拡大し、この湿地林の中を水が音をたてて流れる。

2・2 国土の開発・保全計画

2・2・1 経済開発5ヶ年計画

パラグアイの長期経済計画としては国家5ヶ年計画（1985～1989）がある。これは1976～1981年の高度経済成長期の後に続いた経済不振から立ち直ることを目的として策定されたもので、教育・行政面まで含めた広い視野から生産活動を高める方策を提示している（なお、つい最近、1989年～1990年の国家計画が策定された）。

パラグアイはこれまでも農業・牧畜業・林業を基礎として国家経済の発展を図ってきたが、上記の国家5ヶ年計画でもこの路線を踏襲し、以下の4項目を経済発展の基本方針として掲げている。

- ①農業、牧畜業、林業を国家経済の基本とする。
- ②輸出の増大、新しい市場の開拓、農牧関連工業の振興をとおして経済成長を図る
- ③政府は経済発展の振興に指導的役割を果たす。
- ④健康、教育、環境衛生、住宅事情、社会的安全の面で都市と農村の格差を是正する。

また、長期的な目標の1つとして、天然資源の合理的な利用と自然環境の保全をあげていることも注目される。これは、1985年にSTPにより刊行された”パラグアイの環境”を基礎としたもので、具体的な行動としては、環境関連法規の研究、地区別の環境を規制している生物物理的・社会経済的要素の分析、環境開発機関の設立、公式非公式を問わないあらゆるレベルでの環境教育を挙げている。

2・2・2 地域開発プロジェクト

県単位の地域開発プロジェクトとしては、パラガリ、カーザバ、アルトパラナーカニ

ンデジュ、ノースアクシスで実施中、もしくはすでに完了した総合農村開発プロジェクトがある。これは経済社会5ヶ年計画にもうたわれている都市と農村の格差是正を目的としたもので、農地の開発と保全、生活基盤の整備、教育等あらゆる面を対象としているしかし、資金的には外国からの借款に頼る部分が多い。例えばパラガリ農村総合開発プロジェクトの場合は全費用52,000,000 U S \$であるが、うち37,000,000 U S \$は外国からの借款である。

目的が限定されたプロジェクトとしては農村部での水資源開発と衛生、空港の建設等がある。

2・3 国家経済と国民生活

2・3・1 産業と就業者数

パラグアイはエネルギー資源・鉱物資源としてみるべきものを産しないために、国家経済は農業・牧畜業・林業に大きく依存し、その製品の輸出によって成立している。

農業はGDPの15%前後、就業人口の約43%を占め、パラグアイ最大の産業である。耕地はすでに約150~200万haあるが、さらにその5~6倍が適地として開発をまっている。作物は大豆・綿花・とうもろこし・タピオカ・小麦・砂糖キビ・米・タバコなど多種多様で、いずれもほぼ自給が達成されている。大豆と綿花は30%以上が輸出されており、この他にも輸出にまわすことのできる作物の種類が多いので、国際価格の変動に対する適応性は比較的高い。

牧畜業はチャコ地区を中心に広い地域で行われている。GDPに占める割合は8%前後、就業人口も全体の2%前後に過ぎないが、国内の食料事情からみて重要な産業である。ただし、経営が粗放的なため生産性・成長率ともあまり高くない。主体は牛で食肉は大部分が国内消費用となっている。

林業はアルゼンチンやブラジルとの国境に近い東部地区を中心に行われている。GDPの2.5%前後を占めるに過ぎないが、輸出に占める割合は毎年10~20%と大きく、大豆・綿花に次ぐ重要産物である。森林面積は国土の約半分を占め、ラパチョ、セドロ、ケブラチョなどが有用材である。伐採面積は年間4~6万haにも達するが、伐採後植林が行われるのはその1%程度に過ぎないため木材資源の枯渇が心配されている。

特筆すべき鉱物資源を産しないために鉱業といえるほどのものは無く、石灰石が毎年50~60万トン生産される程度である。米国企業がチャコ地区で石油探査を行っているが、有用油田はまだ発見されていない。

パラグアイ川、パラナ川の豊かな水を利用した電力資源の開発がイタイブ、ヤシレタという2つの巨大ダム建設を通して行われているが、国内には電力多消費型の産業が乏しいために大部分はブラジル、アルゼンチンに輸出されることになる。

工業はGDPの16.5%、就業人口の12%を占める。しかし、農・畜・林産物の加工業が主体で、いわゆる製造業は極めて少ない。このため、消費材の多くを輸入に頼っているのが現状である。

経済開発5ヶ年計画では1985～1989年の間に就業人口を全体で24万人増やすことを目指しており、その内訳は農・牧・林業が40%、工業が18%、建設業が9%となっている。

2・3・2 国家予算と公共施設投資額

1988年の国家予算の総額は8,547億Gであった。

歳入の4/5以上は租税収入であるが、低所得者が多いため直接税の割合は低く、外国貿易税及び物品税が主体となっている。

いっぽう、歳出は経常支出が約80%を占め、経済社会開発のための資本支出を拡大することが難しい状況にある。

貿易は1986年において総輸出額が2.27億ドルで肉、大豆、木材、綿花の4品で全体の70%強を占める。いっぽう、同年の総輸入額は5.83億ドルで輸入品は石油のシェアが大きく、次いで機械類、食料品、繊維となっている。輸出の伸び悩みの主因は干魃による農業生産の不振、従来過大評価されていたグアラニ貨の貨幣価値見直しによる輸出額が目減りにあると見られている。

歳出の機関別内訳は、中央政府機関（11省庁）が29%、その他の独立機関が71%となっている。

中央政府機関予算の約6割は行政関係に支出され、その内訳は国防が22%、文教が21%、公共事業通信が19%、内政が14%で、残りを7省庁が分けあっている。

公共施設のうち道路は主としてMOPCが整備している。国内道路の総延長は約24,000kmであるが、舗装率は1割以下である（1986年）。未舗装部は降雨時にしばしば遮断され、農産物などの流通の大きな障害となっている。道路の建設・整備に1988年は約250億Gが投資されており、これは国家予算の約2.5%に当る。

河川のうち水運に利用されている大きなものはMOPCの一部局であるANNPが管理している。パラグアイでは河川が物資輸送に果たす役割が大きく、輸入貨物の73% 輸出貨物の32%が船で運ばれている。この河川の航路維持に1988年は約90億Gが投資されている。

2.3.3 生活関連施設の整備状況

1982年のセンサスによると、住宅の約46%は市街地にあり、54%が農村にある。住宅の96%前後は独立家屋で、アパートのような集合住宅は全体の3%に過ぎない。また、住宅の約半分はレンガ造りで、一軒の家には平均5.2人が住んでいる。

公共下水道に接続している住宅は全体の約1割に過ぎず、便所の無い住宅、シャワー設備もしくは浴室の無い住宅がそれぞれ約4割ある。また、生活用水が水道により供給されている住宅は約2割、井戸もしくは泉に依っている住宅が約7割あり、その他は河川から直接得ている。電気が供給されている住宅は約4割、ゴミ収集サービスの受けられる住宅は約14%にとどまっている。

2・4 環境行政

2・4・1 環境行政の主要課題

パラグアイにおいても環境保全問題が関心を集めるようになったことは、2・2・1で紹介した国家5ヶ年計画の長期的目標の1つとしてこれが取り上げられていることから明らかである。

最も重要な課題は表流水の汚濁防止である。表流水の汚染は1970年代に首都アスンシオンとその近郊の河川ではっきり現れてきた。イパカライ、イボア、イグアスの3つの湖の環境保全が特別課題としてとりあげられている。

パラグアイにおいては食品加工業が最も重要な農牧関連工業であるが、これが水質汚濁の大きな源となっている。また、植物油やアルコール製造業、皮なめし業も汚濁物質をほとんど無処理で排出し、河川を汚染している。

アスンシオンでは水質汚濁の他に大気汚染も問題になっており、ディーゼル自動車の排出する硫黄酸化物、アルコール燃料から発生するホルムアルデヒドを削減する方策が検討されている。

2・4・2 環境行政機構

パラグアイ国の環境行政を一定の方針のもとに総合的に推進する機関はまだ無く、多くの機関が個別に以下に示すような環境保全に関連した業務を実施している。最新の国家5ヶ年計画の中では自然環境の保全と利用を推進するための1つの手段として環境開発庁の設立が提唱されているが、そのような機関の新設はSTPの役割である。

- M A G : 食肉加工業の衛生管理，牧草地・土壌・森林・水資源の保全
- I B R : 国立公園用地の取用，観光事業の推進，動植物の保護
- M I C : 産業設備の新設・拡充・更新に関するガイドラインの設定
- I N T N : 各種産業の技術レベルの改善指導，家庭から排出される生ゴミの活用方法の検討，産業排水処理施設の設計と技術協力，産業排水の分析
- M O P C : 運輸・エネルギー・観光・鉱業・通信等の公共事業の実施
- SENASA : 環境に関する法律の整備，人口150～4,000人の町への生活用水の供給水道水の水質管理，一般家庭の衛生管理についての技術指導，食品衛生指導，工場廃水の監視，大気・水・土壌を含めた自然環境の保全
- M E C : 小・中学校の教育を通して環境保全の重要性を認識させること
- CORPOSANA : アスンシオン及び人口4,000人以上の町への生活用水の供給と下水道の整備
- U N A : 環境に関する教育（I D A），湖沼学的研究を含む各種環境問題の研究（I C B）
- A N N P : 港湾施設の計画及び建設，地形・地質・水文・水理の研究
- FUNDLAY : イバカライ湖及び流域の生態系の保護と環境の保全を目的として1984年に設立された民間機関
- PRONATURA : パラグアイの重要な動植物と自然に関する情報の普及を目的として設立された民間機関

2・4・3 環境関連法規

1967年に制定されたパラグアイ憲法は，その132条で，天然資源の保全とその合理的な開発は国が責任をもって行うことをうたっており，1976年に批准されたワシントン条約（CITES）にも加盟している。

1980年に制定された衛生法（法律第836号）では，自然環境を悪化させるあらゆる行

為の禁止（第66条）、大気・水・土壌に対して排出することのできる汚濁物質の限度を定める権限が厚生省にあること（第67条）、公害防止の対策とそのためプログラムを作成する義務も厚生省にあること（第68条）、公共の場所及びレクリエーション地区における汚水排出の禁止（第80条）、食用に供する動植物に汚水を与えることの禁止（第82条）、生活用水・工業用水・農業用水・レクリエーション用水の水源に汚濁物質を排出することの禁止（第83条）、厚生省は土地所有者に必要な応じて排水施設を作らせる権限を有すること（第85条）等を明記している。

また、1986年に制定された大統領令第 18831号は、自然環境保全とその構成要素の略奪及び有害な変更を引き起こすいかなる行為をも禁止する目的をもって、天然資源・土壌・保護林・自然保全地域の保護についての基準を設定したもので、保護樹帯の設定、汚濁物質の排出禁止、土壌浸食・土壌劣化に対する配慮、造林の促進、過放牧の禁止等を定め、これらの基準に違反した場合には処罰することを明記している。

このように、環境を保全するための法令は整備されているが、具体的な基準値や規制値は設定されていない。

2・4・4 環境保全事業関連予算

環境行政を全体的に推進する機関がないので環境保全という名目の予算はない。しかし、いくつかの機関は広い意味で環境保全につながる事業を実施しているので、その事業への投資額を見ることにする。

農牧省関係の環境保全事業としては植林、土壌保全、国立公園の維持管理等がある。

厚生省ではSENASAが環境関連行政の中心となっていて、1988年の予算総額は14.3億G（厚生省予算の約10%）である。内訳は水道事業費が9.4億G（65.7%）、廃棄物処

分事業費が3億G(20.9%)、人件費・消耗品代が1.9億G(13.4%)となっている

上記のSENASAの水道事業費は水道建設に必要な資金のうちの30%程度であり、残りは銀行からの借入金(約50%)と住民が支払う水道料金(約20%)で賄われている。

CORPOSANAの1988年の予算総額は127億Gで、うち85%が水道に、15%が下水道に割当てられている。しかし、CORPOSANA自身の役割は計画立案と維持管理のみで、建設費そのものは当初、建設会社が金利を含めて負担し、共用できる段階になって利用者から施設費の名目で回収している。水道料金は使用量に応じてCORPOSANAが直接徴収し、その5%が下水道の維持管理費となる。なお、1981~1983年の場合、予算の19%が水道料金として徴収されたもので、56%は外国からの借款であった。

2・4・5 環境保全の技術レベル

水質を中心とした環境保全技術の現状をいくつかの機関について見てみる。

農村部を中心とした生活排水の処理技術と一般家庭に対する衛生指導はSENASAが中心となって行っている。このためSENASA職員(1988年で常勤が481名)の52%はこの部門に配属されている。

表流水の水質の監視、工場からの排水の監視もSENASAの業務の一部であるが、従来は人員や施設の不足から十分行われてこなかった。本プロジェクトによりサンロレンソにある水質試験室が拡充・整備されたが、これを維持管理していくためには現在の予算では不十分である。また、分析技術の移転も行われたが、今後この技術を継承発展させていくためには技術者の計画的な養成プログラムを作る必要がある。

地下水の賦存状況や水質についてはSENASAとCORPOSANAが調査を行っている。

生活排水の下水処理技術の開発と下水道の整備計画はCORPOSANA が中心となって行っている。そして、下水の最終的な処理の方法は地区により異なる。すなわち、水量の豊富なパラグアイ川に臨むアスンシオンは管で集めた下水をそのまま同川に放流しているし、近くに水量の大きな川のないサンロレンソではラグーンに集めてバクテリアによる処理を施した後にサンロレンソ川に放流している。また、サンベルナルディノの下水道計画では、市街地の排水をいくつかのポンプにより7km下流まで輸送し、比較的水量の多いサラド川へ放流することになっている。

表流水を生活用水に利用しているアスンシオンやサンベルナルディノの浄水場を管理しているのもCORPOSANA である。サンベルナルディノの浄水場は沈殿池が無く、原水に凝集剤を加えて直接ろ過している（マイクロブロック法）。また、ろ過タンクの逆洗により発生する汚泥の処理工程が無いためにこれを湖に戻しているという問題がある。この浄水場の水質管理はpH、濁度、色度、残留塩素の4項目で行っている。

産業廃水処理技術の開発や事業所に対する廃水処理の技術的指導はINTNが中心となって行っている。

産業廃水処理プラントとして最新のものはトローチェのアルコール公社の工場にある。これはフランスの技術により作られたもので、砂糖キビからアルコールを抽出する過程で生ずる廃液を自然曝気、強制曝気、嫌気性消化、砂ろ過等の手段を使って浄化している。しかし、最終的な産物である汚泥の処理がされないまま野積みになっているのは問題である。

民間企業が所有する産業廃水処理プラントとしては植物油精製工場のCAPSA が1979年に完成したのがある。これはドイツの技術により作られたもので、BODが9,000mg/lという高濃度廃水を1,000mg/lにまで浄化することができるが、その後の処理を行うラグーンは設置されていない。また、最近施設の一部が故障したということ

で、現在はプラントそのものも稼働していない。同じ植物油精製工場のAceitera Itaguáにも排水処理プラントがあると言われているが詳細は不明である。

以上は水質の管理、排水処理という個別技術についてのパラグアイの現状を概観したものであるが、流域管理という観点からの総合的な水質管理体系は、まだ確立されていない。

