

コロンビア国フケネ湖周辺環境改善計画調査事前調査報告書

コロンビア国
フケネ湖周辺環境改善計画調査
事前調査報告書

平成10年10月

JICA LIBRARY



J1149833(4)

国際協力事業団

平成10年10月

国際

705
6.9
ISS
RARY

社 調 二

J R

98 - 142

コロンビア国
フケネ湖周辺環境改善計画調査
事前調査報告書

平成10年10月

国際協力事業団



1149833 (4)

序 文

日本国政府は、コロンビア共和国の要請に基づき、同国のフケネ湖周辺環境改善計画に係る調査を実施することを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施することといたしました。

当事業団は、本調査に先立ち、本格調査を円滑に効果的に進めるため、平成10年9月19日より10月13日までの25日間にわたり、当事業団国際協力専門員、城殿 博を団長とする事前調査団（S/W協議）を現地に派遣しました。

調査団は本件の背景を確認するとともに、コロンビア共和国政府の意向を聴取し、かつ現地踏査の結果を踏まえ、本格調査に関するS/Wに署名しました。

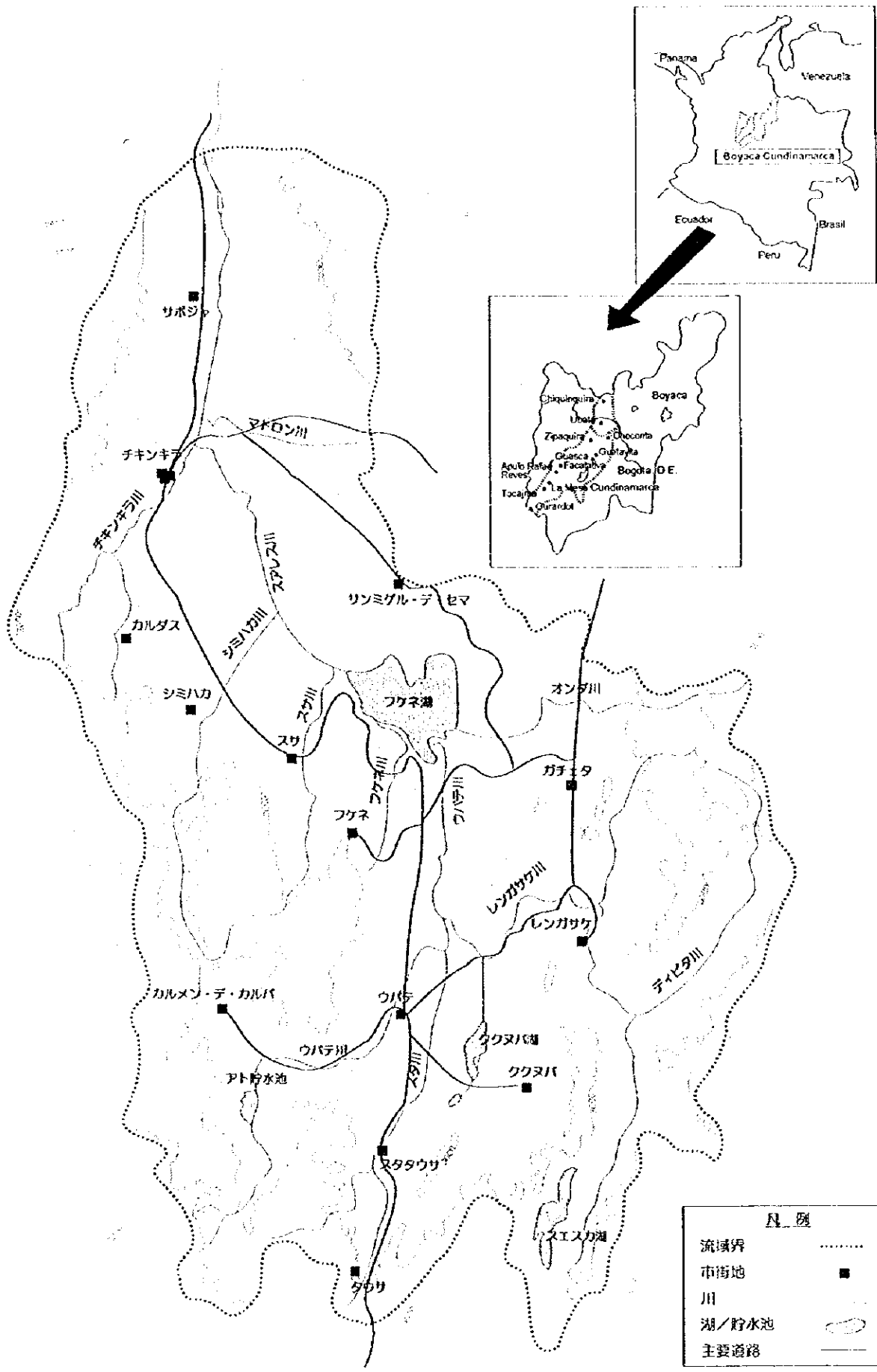
本報告書は、今回の調査をとりまとめるとともに、引き続き実施を予定している本格調査に資するためのものです。

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

平成10年10月

国際協力事業団

理事 泉 堅二郎



ウバテ川ーフケネ湖ースアレス川流域

凡 例	
流域界
市街地	■
川	——
湖/貯水池	○
主要道路	——

0 2 4 6 8 10km



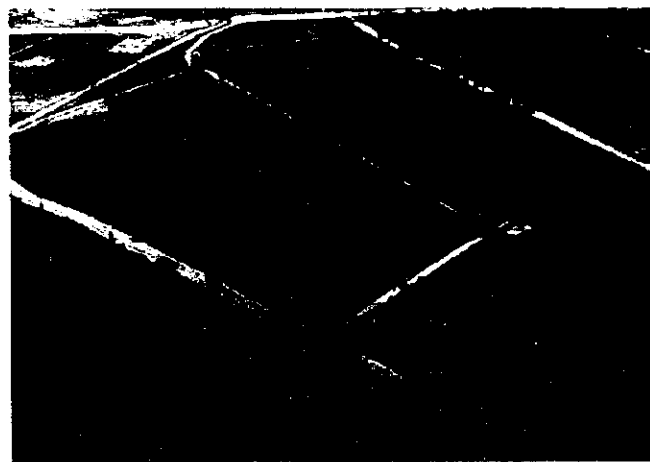
フケネ湖とスアレス川



フケネ湖
(手前は不法侵入を防ぐための水路)



フケネ湖
(東側より)



フケネ湖周辺農地と水路



フケネ湖周辺の放牧地
(堤防で囲まれ、内側には排水路兼用水路がある。)



放牧地内の地下水位観測点



フケネ湖とククヌバ湖を結ぶ水路



ククヌバ湖



パラシオ湖
(陸化して水生植物で覆われている。)



パラモ



パラモ (緑色の部分はジャガイモ畑)



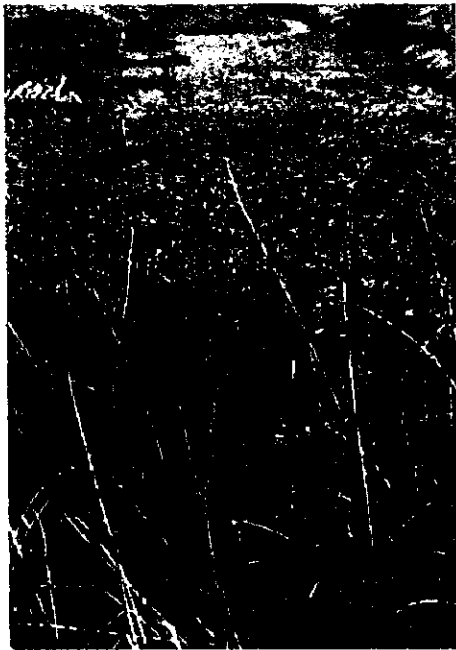
チェクア・プロジェクトの浸食対策
(斜面での畦づくり)



チェクア・プロジェクトの浸食防止対策（植樹と保水溝）



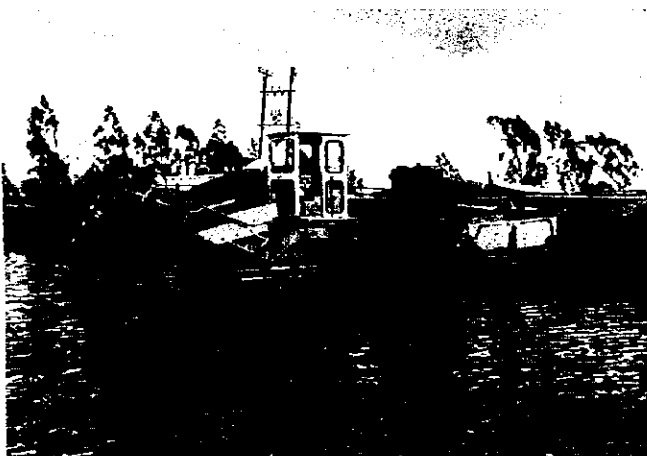
パラシオ湖とククヌバ湖を結ぶ水路を埋め尽くす水草の繁茂



フンコ



エロデアの群生



スアレス川の水草除去艇



スアレス川の浚渫船



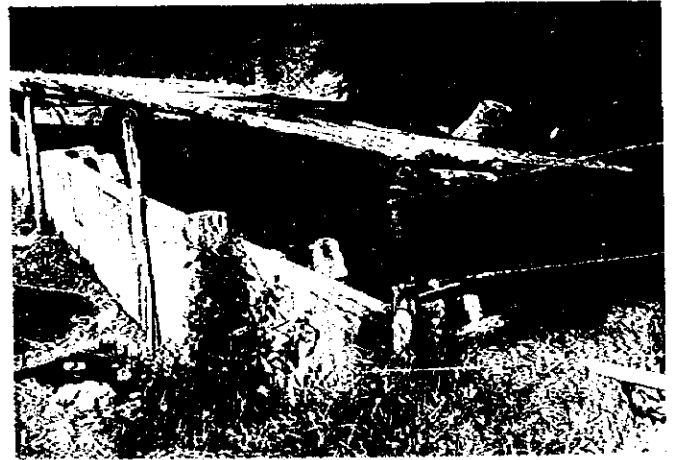
水中より除去された水草



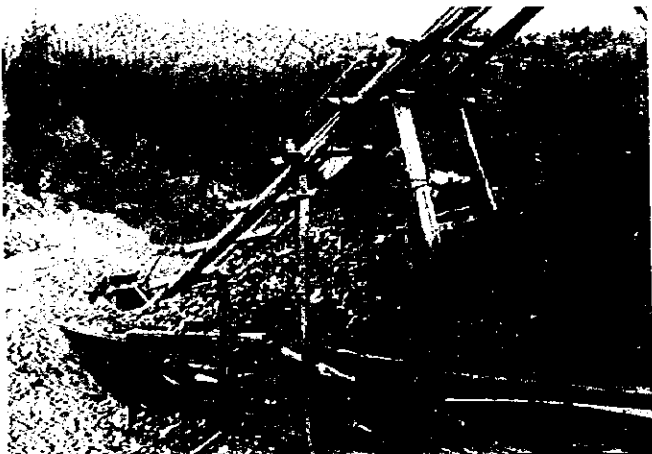
アト貯水池



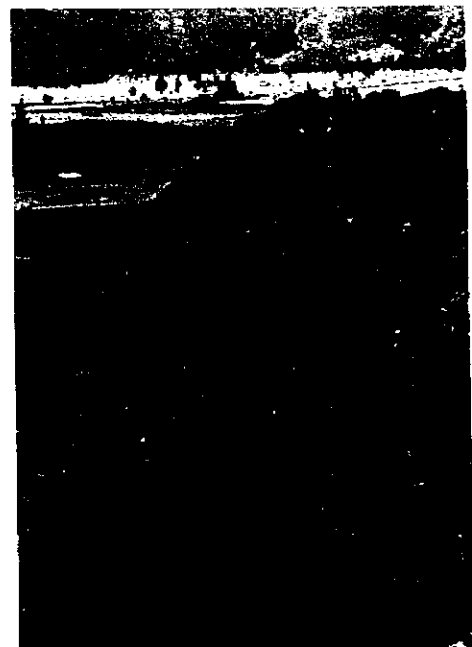
チキンキラ市のゴミ衛生埋立処分場



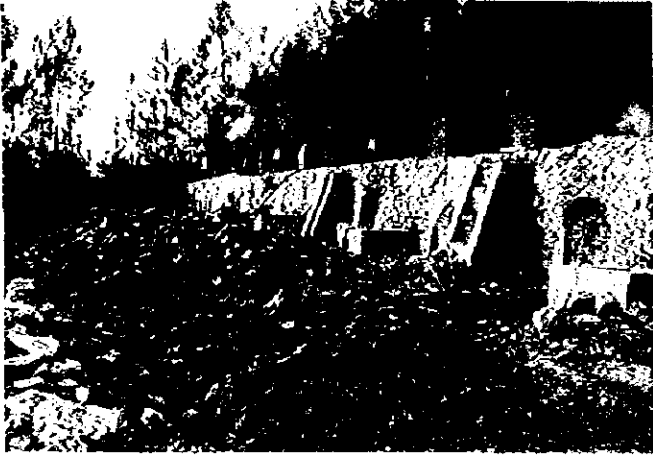
ゴミ埋立処分場からの浸出水処理槽



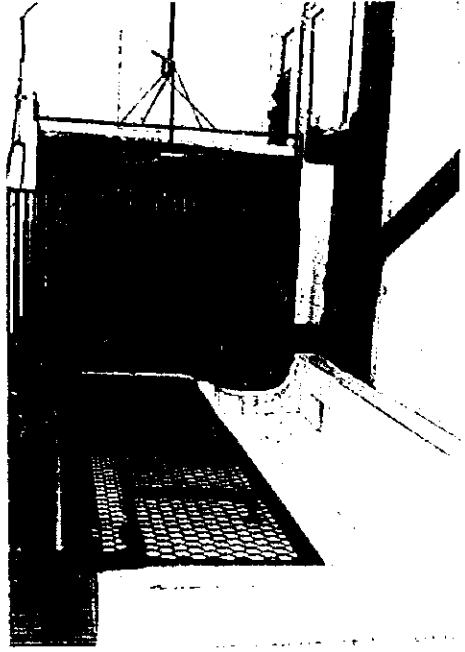
炭坑



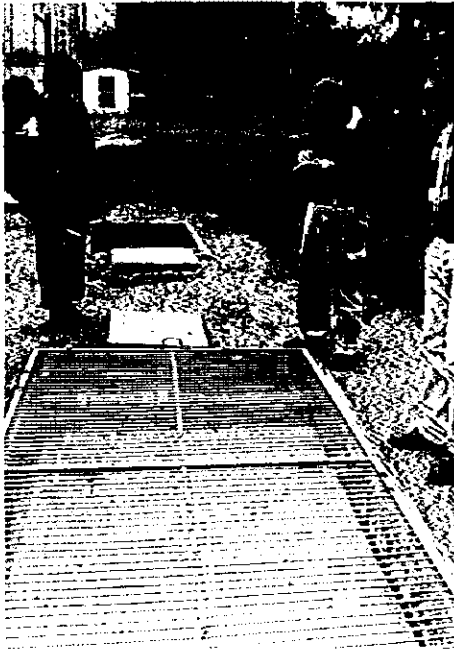
野積みされている石炭くず



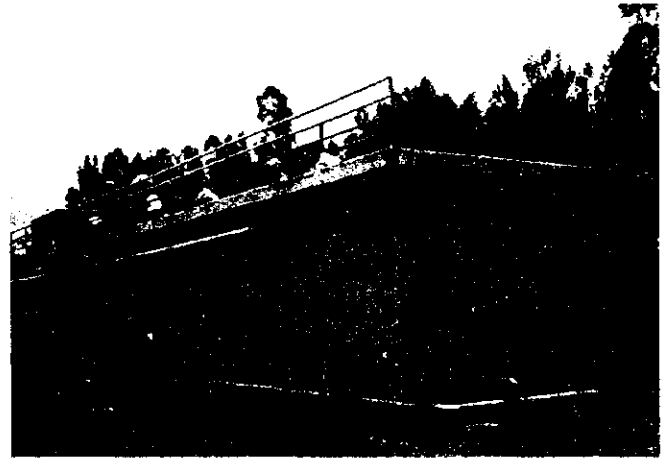
コークス製造工場



畜殺場集水施設の一部



牛乳加工工場の排水前処理施設



ウバテ市下水処理場



下水処理場の沈殿槽



CAR水質・水理・気象研究所

目 次

序 文
地 図
写 真

第1章 事前調査の概要	1
1-1 要請の背景	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
1-5 協議概要	4
第2章 本格調査への提言	8
2-1 調査対象地域の概要	8
2-2 各分野の現状と課題	13
2-3 環境予備調査結果	36
2-4 調査の基本方針	46
2-5 調査対象範囲	48
2-6 調査項目とその内容・範囲	48
2-7 調査工程と要員構成	49
2-8 調査実施上の留意点	50
付属資料	
資料1. コロンビア政府からの要請書 (T/R)	53
資料2. S/W、M/M (英文・西文)	74
資料3. 主要面談者リスト	100
資料4. 面談議事録	102
資料5. 収集資料リスト	109
資料6. CAR所有機材リスト	112
資料7. ローカル・コンサルタント及び生態系関連NGOリスト	114
資料8. Q/N	115

第1章 事前調査の概要

1-1 要請の背景

フケネ湖はコロンビアの首都ボゴタの北約100キロメートル、ボヤカ県とクンディナマルカ県の境に位置している。フケネ湖が位置するアンデス高原は主要農業地帯で、住民の80パーセントが農業に従事し、同国の農業生産の65パーセントを占めている。フケネ湖（貯水面積約2,000ヘクタール）及び流入流出河川のウパテ川、スアレス川は、周辺地域に農業・酪農用水、近接するチキンキラ市に飲料水を提供している。

しかしながら、フケネ湖流域では植民地時代から続く開墾・牧畜を目的とした大規模な山林伐採のため、広範囲で土壌浸食が進行している。このため、流入土砂により湖の貯水面積が加速度的に減少している。また、流域内の農村集落の生活排水、農業や家畜の排泄物、小規模酪農工場の排水等が湖の富栄養化をもたらし、水質及び湖の生態系を著しく悪化させている。また、土壌浸食による土壌流入が一因となつての貯水面積が急激に減少している。

同地域の環境保全事業を実施しているクンディナマルカ地域自治公社（CAR）は、ドイツの協力を得て浸食地復旧に取り組んでいるが、流域全体を管理するマスタープランがないために、その活動は丘陵地の農業保全技術と農民参加による営農・生活の改善に限られており、下流の平坦地域を含んだ流域全体の抜本的な環境保全・回復には至っていない。

このような背景の下、1997年9月、コロンビア政府は我が国に対し、フケネ湖周辺地域の環境改善計画策定に係る協力を要請した。これを受けて、JICAは1998年9月に事前調査団を派遣し、9月30日にS/Wを署名・交換した。

1-2 調査の目的

1. フケネ湖周辺地域の環境改善のためのマスタープランを策定する。
2. 本件調査を通じて、コロンビア側カウンターパートに技術移転を行う。

なお、技術移転セミナーをドラフトファイナルレポート協議の際に開催し、調査を通じて行われた技術移転の総まとめと調査結果の普及を図る。

1-3 調査団の構成

氏名	担当分野	現職
城 殿 博	総括	国際協力事業団国際協力専門員
林 亜 紀 子	調査企画	国際協力事業団社会開発調査部 社会開発調査第二課
望 月 時 男	環境管理計画	環境庁水質保全局水質規制課総量規制室室長
行 平 英 基	水質汚濁対策	アイ・シー・ネット(株) コンサルティング部研究員
岸 洋 一	流域管理	日本技研(株) 海外事業本部技術部部長
大 滝 節 子	通訳	(財)日本国際協力センター研修監理部研修監理員

1-4 調査日程

日順	月日	曜日	調査日程		宿泊地	
1	9月19日	土	東京11:00(NH010)→ニューヨーク10:30		ニューヨーク	
2	20日	日	ニューヨーク9:30(AV021)→ボゴタ14:10		ボゴタ	
3	21日	月	9:00 日本国大使館表敬 10:00 JICA事務所打合せ 11:40 コロンビア国際協力庁 (ACCD) 表敬 14:00 クンディナマルカ地域自治公社 (CAR) 表敬 15:30 環境省 (Ministerio de Medio Ambiente) 表敬		ボゴタ	
4	22日	火	9:00 CAR-GTZプロジェクト概要説明 14:00 S/W説明、協議		ボゴタ	
5	23日	水	9:00 S/W協議 15:00 ドイツ技術協力公社 (GTZ) 表敬		ボゴタ	
6	24日	木	11:00~17:00 現地踏査 (ボートでのフケネ湖、スアレス川調査、取水堰、GTZプロジェクト・サイト、CARチキンキラ事務所訪問等)		ボゴタ	
7	25日	金	11:00~17:00 現地踏査 (CARウバテ事務所訪問、ウバテ市排水処理場、牛乳工場、食肉処理工場、貯水池、ククスバ湖、炭鉱等)		ボゴタ	
8	26日	土	資料整理		ボゴタ	
9	27日	日	資料整理		ボゴタ	
10	28日	月	11:00~14:00 現地踏査 (ヘリコプターによる上空からの調査) 16:00 CAR水質研究所訪問		ボゴタ	
11	29日	火	9:00 S/W、M/M協議 19:00 調査団主催懇親会		ボゴタ	
12	30日	水	10:00 S/W、M/M署名 午後 団内打合せ、資料整理		ボゴタ	
13	10月1日	木	9:00 資料収集		ボゴタ	
14	2日	金	9:00 JICA事務所報告 11:00 日本国大使館報告		ボゴタ	
			〈官団員〉	〈役務提供団員〉	〈官〉	〈役務〉
15	3日	土	ボゴタ9:30(CO738)→ ニューヨーク16:14	資料収集	ニューヨーク	ボゴタ
16	4日	日	ニューヨーク12:15(NH009)→	資料収集	機中泊	ボゴタ
17	5日	月	東京14:50	資料収集		ボゴタ
18	6日	火		資料収集		ボゴタ
19	7日	水		資料収集		ボゴタ
20	8日	木		資料収集		ボゴタ
21	9日	金		資料収集		ボゴタ
22	10日	土		資料収集		ボゴタ
23	11日	日		ボゴタ9:30(CO738)→ ニューヨーク16:14		ニューヨーク
24	12日	月		ニューヨーク12:15(NH009)→		機中泊
25	13日	火		東京14:50		

1-5 協議概要

- (1) 本格調査実施に際して、先方カウンターパート機関となるCARは、インフラ整備が中心的な役割であった、かつての地方開発公社から、環境省が進める全国レベルの環境保全対策の具体的施策の実施機関へと脱皮を図っている。これに関する法制度上の権限も確立している。
- (2) CARは、フケネ湖周辺環境の長期的な保全と修復を念頭に置きつつ、本格調査を通じて関係水系全体の水質改善、並びに水を中心とする自然資源の適正利用を図るための具体的な方策に係る提言が明示されることを強く期待している。
- (3) CARは、環境改善計画の2000年事業実施のために1999年末には予算化を図りたい意向で、本格調査の速やかな開始と調査期間の圧縮の可能性を打診してきた。日本側は早期着手に向けて努力すること、並びにCARの予算措置の進行状況に配慮しながら調査を進めることを提案した。
- (4) 調査対象地域では、GTZの協力による植生回復と不耕起栽培普及から成る傾斜地土壌浸食対策と土壌保全に係る環境教育が実施されている（1999年末終了予定）。本格調査ではこのプロジェクトの収集データ及び成果を活用することで、双方合意した。
- (5) 現地調査実施上の最も重要な課題は、安全対策である。調査対象地区内での治安に関する情報を、大使館、現地事務所、CAR、GTZを含む関係者から聴取したが、特に憂慮するような回答はなかった。しかしながら、フケネ湖上流域での現地踏査等の調査はC/Pやローカル・コンサルタント等に任せるなど、安全確保に十分配慮することとする。
- (6) 協議の結果

コロンビア側との主な協議内容、及びS/Wの修正点は以下のとおり。

1) 調査名

CARより、調査名称にフケネ湖「流域」の意味のBasinの一語を加えたいとの申し出があった。この名称の方が日本語の名称「フケネ湖周辺」の意味に合致するため、調査団はこれを受け入れ、調査名称を以下のとおりに変更し、その旨M/M2.1に記載した。

〈変更前〉 The Study on Regional Environmental Improvement Plan for Lake Fuquene

〈変更後〉 The Study on Regional Environmental Improvement Plan for the Basin of Lake Fuquene

2) 署名者

コロンビア側署名者はCARの総裁と国際協力庁の計画部副部長、Witnessとして環境省次官とし、その旨M/M2.2に記した。

3) 使用言語

使用言語はコロンビア側の強い要請により、英語を正、西語を副とすることに合意した。

4) 調査目的

I. Introductionの日本側がマスタープラン作成に係る調査を実施すると表現した部分との関連で、CARにしか調査対象地域での計画策定権限はないとして、JICAとCARの協力という意味に変更したいとの強い申し出があった。しかし、最終的には、日本側がCARの権限と役割を尊重するとの文章をM/M序文に加えることで合意が得られ、対処方針どおりとすることに決定した。

5) 調査対象地域

CARより本調査の対象地域としてフケネ湖周辺の平野部のみならず、流入・流出河川の流域を含めたいとの要望が出された。調査団も河川流域全体が湖の環境に影響を与えることを認め、フケネ湖流入・流出河川の全流域（ただし、上流は分水嶺、下流はCARの管轄区域まで）約1,750平方キロメートルとすることに合意し、M/M2.3に記した。

6) 目標年次の設定

目標年次について先方と協議した結果、対象地域の環境管理計画（1999～2010年）が現在策定中であることから、目標年次は調査期間中に本格調査団とCARの協議により決定することとした。その旨、M/M2.4に記載した。

7) 他機関との調整

本調査に関して、環境管理はCAR管轄であるものの、上下水道事業は地方政府、農業は農業省など他機関の責任事項となっているため、調査の円滑な実施のためには関係機関の協力体制を整える必要があることに双方合意した。このため、CARを長とするステアリング・コミッティを設置することとし、その旨M/M2.5に記載した。

8) 調査内容

調査対象地域では、GTZの協力による土壌浸食対策プロジェクトが進行中で、KIWの資金提供による事業化も予定されている。このため、本調査では水質改善並びにモニタリング体制構築を中心とすることをCARは要望している。したがって、S/Wでは土壌浸食分析及び土壌浸食対策計画を削除することで合意した。その旨M/M2.6.1、2.6.2に記載した。

さらに、CARから本調査で水の適正使用に係る提言をしてほしいとの要望が出された。調査団は、湖を中心とした環境改善計画のための本調査において一般的な水収支の分析はで

きても、灌漑方法への提言は極めて困難だと回答した。CARもこれを受け入れたため、M/M 2.6.3にその旨記載した。なお、これに関しては、計画作成のうち従前は土地利用となっていた項目を、水も含めた自然資源の合理的利用計画に変更した。

また、環境教育に関しては、CARがGTZの協力を得て土壌浸食分野で既に実施している。本格調査では、この経験を生かしたうえで、水質保全の環境教育計画をつくることで合意し、その旨M/M2.6.4に記載した。

9) 環境影響評価

コロンビアには環境影響評価基準はないため、同国の関連法規に照らしつつ、JICAのガイドラインを使用して環境影響評価を行うことで双方合意した。その旨M/M2.6.5に記載した。

10) GIS専門家

CARより地理情報等必要なデータの処理技術の移転のために、GISの専門家を本格調査団に加えてほしいとの要望が出された。調査団はこれを本部に伝えることを約した。この旨M/M2.7に記載した。

11) 調査期間

早期事業化に向けてできるだけ早く本格調査団を派遣してほしいとの要望がCARよりあった。調査団は善処するように本部に伝えると回答した。以上をM/M2.8に記載した。

12) 安全対策

調査地域の治安状況についての最新情報を日本国大使館、JICA事務所、コロンビア側関係機関からヒアリングした。調査実施に際しては、C/Pと行動を共にする、夜間の移動は避けるなど、本年3月策定された安全対策措置を十分踏まえた対策をとる必要がある。CARは調査団の安全確保に必要な対策をとることを約束し、この旨M/M2.9(1)に記載した。

13) 事務所提供

現地踏査の結果、対処方針で予定していたチキンキラ事務所よりウバテ事務所の方が、スペースの面でも、宿泊設備が併設されている点からも適切と判断した。CARもボゴタとウバテの2か所に事務所を提供することに合意し、この旨M/M2.9(2)に記載した。

14) カウンターパート配置

CARは日本側が提案した専門性をもった適切な数のC/Pを配置することに合意した。この旨M/M2.9(3)に記載した。

15) カウンターパート研修の実施

先方からカウンターパート研修実施の要望があり、持ち帰って検討する旨M/M2.10に記載した。

16) 技術移転セミナーの開催

先方からの技術移転セミナー開催の要望があり、持ち帰って検討する旨M/M2.11に記載した。

17) レポート

レポートは公開とすることで合意が得られた。また、先方から西文でのレポート作成の要請がなされたため、持ち帰って検討する旨M/M2.12に記載した。

第2章 本格調査への提言

2-1 調査対象地域の概要

2-1-1 地域の範囲

本調査の対象地域であるウパテ川―フケネ湖―スアレス川流域は、西経 $73^{\circ}38'$ ～ $73^{\circ}58'$ 、北緯 $05^{\circ}10'$ ～ $05^{\circ}40'$ の範囲にあり、首都サンタフェ・デ・ボゴタの北約60～135キロメートルに位置する。流域の南部はクンディナマルカ県に、北部はボヤカ県に属する。本流域はコロンビアで3支脈に分かれたアンデス山脈の東支脈山地に位置し、その標高は2,450～3,700メートルである。河川は南から北に向かって流れ、流域中心部にはフケネ湖がある。流域は東西20～40キロメートルの幅をもち、長さは南北に約65キロメートル、流域面積は約1,750平方キロメートルである（図2-1参照）。

2-1-2 自然条件

(1) 地形

この流域は標高2,450メートルほどの湖周辺の平地から標高3,700メートルの山地に及ぶ。地形は北東―南西の走行と東に傾斜する地層に支配され、山腹斜面は大部分が 30° 以下の勾配をもつ。

この流域では植生の面から、標高により分けられており、高い方から3,500メートルを超えるパラモ、その低位のサブパラモ、高位アンデス樹林帯、低位アンデス樹林帯に区分されている。パラモ及びサブパラモは草本類、低木を主とする植生から構成されており、平坦面は湿地化している。パラモは水源涵養地帯として重要な地域である。

流域には4か所の自然湖と1か所の人工湖がある。自然湖は褶曲山脈中の盆地に形成されたものである。流域中央部は周辺山地風化物の堆積した沖積盆地であり、堆積から取り残されたパラシオ、ククヌバ、フケネの3か所の自然湖がある。この沖積盆地は平坦で、フケネ湖を挟む南北約45キロメートル区間の地表の標高は2,540～2,545メートルの範囲にある。現在の湖の状態は、パラシオ湖は堆積によって陸化し水域は湖周囲に掘削された人工水路のみである。ククヌバ湖は南側が陸化し残された水域は約1平方キロメートルである。また、フケネ湖は貯水面積が約20平方キロメートルあるが、水深は大部分で2.5メートルに満たない。このフケネ湖への主な流入河川はウパテ川、オング川があり、流出河川としてスアレス川がある。スアレス川はシミハカ川、チキンキラ川などと合流し、盆地北端の狭い谷から流出する。なお、流域南部には閉鎖湖のスエスカ湖がある。

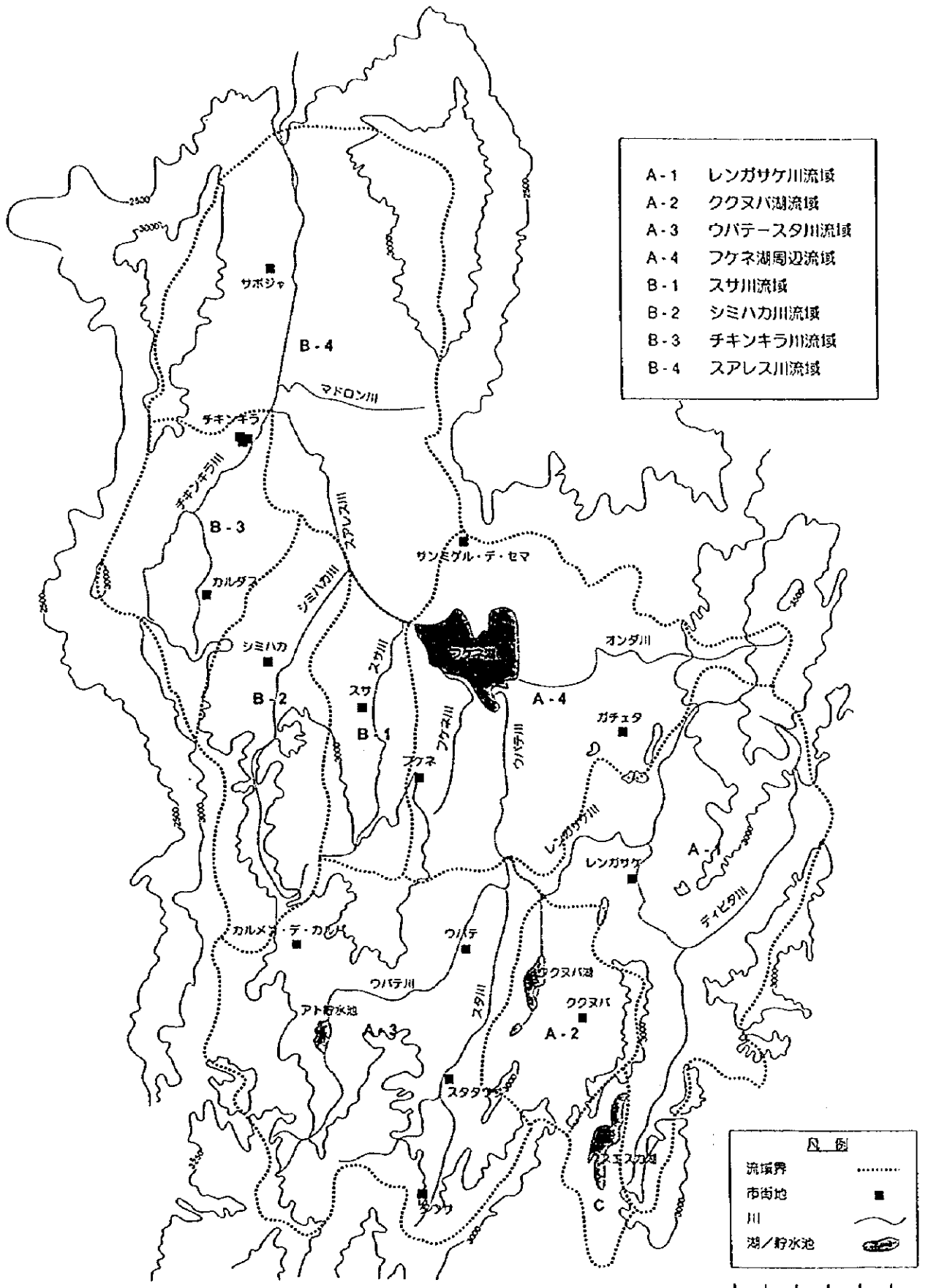


図2-1 ウバテ川—フケネ湖—スアレス川流域水系区分

(2) 気 象

流域の年降水量は南部で少なく北部で多く、1990年代の記録では南部で640ミリメートル、北部で1,590ミリメートルとなっている。降雨は4、5月と10、11月に多く、スコールのように降る。年間降雨量は年変動が大きく、過去の最大年雨量は中央部で約2,300ミリメートル、最小年雨量は約700ミリメートル程度となっている。一方、年蒸発散量は620～750ミリメートルである。年間降雨日数は80～200日程度である。気温は一年中ほとんど変わらず、年平均気温は12℃、また、湿度は77パーセントである。

表2-1 サンタフェ・デ・ボゴタの気温と降水量

(標高: 2,548mASL、観測期間: 1961～1990年)

月別	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
気温 (℃)	12.7	13.0	13.6	13.7	13.7	13.3	13.0	12.9	13.0	13.2	13.1	12.8	13.2
雨量 (mm)	32.3	37.0	59.7	104.3	88.4	64.8	39.6	40.9	61.6	110.6	87.7	45.1	772

(出典: 理科年表、1997年、丸善)

(3) 水 文

1960年から1979年までの湖上流約7キロメートルにおけるウバテ川観測流量を以下に示す。

表2-2 ウバテ川月平均流量

月別	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
流量 (m ³ /s)	1.52	1.29	1.38	3.52	3.53	2.40	1.86	1.63	1.88	3.39	4.69	2.45	2.46

出典: CAR測定値

月別流量は4、5、10、11月に多く、最大の11月は最小の2月の3倍を超える流量である。20年間の年平均流量は、最大は4.33立方メートル/秒、最小は1.61立方メートル/秒であり、流量の年変動は降水量の年変動に対応している。流出河川スアレス川下流流域界における流量は、スアレス川へ合流する河川流量を含み11.45立方メートル/秒である。

(4) 地 質

本流域は、アンデス山脈東支脈の山地に位置する。地層は北東-南西の走行であり、著しい褶曲を受けている。流域東側分水界に古第三紀層が見られるほかは、周辺山地は白亜紀層より構成される。平坦面は周辺山地の風化物が堆積した沖積堆積層である。流域東側

及び南側分水界付近に分布する白亜紀末期のグアドゥア層は石炭層を含み、この地層に沿って約400か所の極めて小規模な炭鉱がある。

(5) 土 壤

流域内の土壌調査はINSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI" (IGAC) によって1965年にまとめられている。流域内の84か所において試掘調査がされているが、肥沃な生産力のある地点に調査が偏り、山地においては調査がされていない。

丘陵、山地の斜面は、起源や肥沃度に違いがあっても、一般的に土壌は中程度から極度の浸食を受け、表層に薄く土壌が残されているにすぎない。パラモを含む高位標高では平坦地に黒色の有機質火山灰土壌が厚く残されている。

2-1-3 社会経済

(1) 行政区分

本流域の南部のクンディナマルカ県管内には10の自治体（タウサ、スタタウサ、ウバテ、ククヌバ、レンガサケ、ガチェタ、カルメン・デ・カルパ、フケネ、スサ、シミハカ）、ボヤカ県管内には4の自治体（チキンキラ、カルダス、サボジャ、サンミゲル・デ・セマ）がある。

(2) 人 口

流域内各自治体の1993年の人口は以下のとおりである。流域内の人口増加率は年1.7パーセントであり、現在の人口は17万人を超えると推測される。

表2-3 流域内人口（1993年）

自治体名	人口（人）	自治体名	人口（人）
クンディナマルカ県	99,447	スサ	5,500
タウサ	5,470	シミハカ	8,232
スタタウサ	3,782		
ウバテ	30,876	ボヤカ県	63,520
ククヌバ	7,715	チキンキラ	41,437
レンガサケ	15,276	カルダス	5,207
ガチェタ	9,648	サボジャ	12,729
カルメン・デ・カルパ	7,837	サンミゲル・デ・セマ	4,147
フケネ	5,061		

出典：Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), 1993

(3) 経済（農業、酪農、鉱業）

流域内の産業は、農業、酪農が主要なものであり、ほかに鉱業と観光がある。

この地域はコロンビアにおける酪農の中心といわれ、平地には約5万頭、山間の傾斜地には約1.5万頭の乳牛が飼育されている。平地ではチーズ、ヨーグルト、バター、ミルクなど乳製品の製造と加工が盛んである。一方、山間の傾斜地では自家消費程度の生産量である。また、豆類、穀物、ジャガイモ、トウモロコシなどの作物栽培も行われている。この流域は首都に近いので、ジャガイモが広範囲に栽培されており、その栽培面積は5万ヘクタールに達する。

また、流域東部と南部の山地には数多くの小規模炭鉱があり、分水界南端の道路沿いではコークスの製造が行われている。

(4) 土地利用

この流域は総面積が約17万5,000ヘクタール、そのうち約3万ヘクタールが平地、残りは山地、傾斜地である。流域内の自治体の中心地は山麓あるいは山間に位置する。平地はすべて農地として利用されており、その80パーセントは放牧地、残りは作物栽培（穀類、トウモロコシ、豆類）が行われている。山間の傾斜地では標高が3,200メートルを超えるパラモを除きほぼ全域が農地として利用されており、自然植生を残す森林は皆無に近い。傾斜地農地の40パーセントは草地である。また、残り60パーセントの農地は作物栽培に利用され、ジャガイモ、穀類、トウモロコシ、豆類が栽培されている。水源地帯として重要な3,000メートル以上のパラモを保護地域として指定し、広がりつつあるジャガイモの栽培を抑制する準備が進められている。

(5) インフラストラクチャー

流域の中央部を南北に主要道路が通過する。ボゴタからチキンキラまで鉄道が運行されていたが現在は廃線になっている。また、カリブ海沿岸近くのガス田からボゴタまでのガスパイプラインが流域の中央部を南北に通過している。

(6) 教育

コロンビアの学校制度は、7歳前後で入学する5年間の初等学校、引き続き6年間の中等学校、その後の高等教育として、専門学校、大学などがある。高等教育は1,000人に1人程度が受け、その修了年齢は22～23歳である。この流域のクンディナマルカ県には初等中等学校が約210校あり、生徒の合計数は23,045人である。就学率は市街地では90～95パーセント、農村地帯では85パーセント程度である。ちなみにフケネ町には5校の初等学校があるのみである。

2-1-4 関連事業

この地域で実施されている関連事業として、本計画実施機関CARとドイツの援助機関であるGTZ及びKfWとの共同事業により、1980年代からチェクア浸食防止事業が行われてきており、1999年に完了する予定である。また、米州開発銀行（IDB）の融資によってボゴタ川上流域衛生環境改善事業が1991年から5か年計画で行われた。

2-1-5 計画実施機関

本計画を担当する機関は、クンディナマルカ地域自治公社（Corporacion Autonoma Regional de Cundinamarca, CAR）である。CARは1961年にアメリカのTVAをモデルとして地域開発を目的として設立された。1987年までに電力、電話、水道、ダム建設のほか、ボゴタ川の水管理、地域内の地下水管理、浸食地の回復などの事業を実施してきた。これらの建設工事の完成後、CARは自然資源管理の監督機関として、住民と自治体の参加による環境に配慮した持続的開発をめざしている。

CARは財政面では地方自治体が徴収する国税を主体とし、そのほか貯水池管理による収益などによる自主財源を有し、独立機関として地域の環境に配慮した開発を行っている。なお、CARの1998年から2000年までの3年間の予算は約3,536億ペソ（約320億円）である。

2-2 各分野の現状と課題

2-2-1 水質保全にかかわる法制度とフケネ湖及び周辺水域の水質環境

(1) 水質保全にかかわる法制度

コロンビアでは1993年に第99法（Ley99/93）が制定され、それに伴い環境省が創設された。その際、環境と再生可能な資源の管理・保全にかかわる公的なセクターも再編成された。また環境管理ネットワークとしての国家環境システム（SINA）もつくられた。さらにCARの管轄地域内における環境管理を行う機関としての位置づけが明確にされ、権限も強化された。フケネ湖及び周辺水域の水質環境を直接管理し環境管理計画を策定する機関はCARである。

コロンビアの環境管理にかかわる法律は「Marco Juridico del Derecho Ambiental en Colombia. Parte I & II. Ministerio de Medio Ambiente. Septiembre 1996」にすべて記載されている。自然資源利用にかかわる法律として、「Codigo Nacional de Recursos Naturales. Legislacion ecologica por Canilo Satizabal Parra Y Maria Luz Satizabal Jaime. Tercera edicion 1995」がある。環境に関する判例集として「Regimen Legal del Medio Ambiente」がある。1994年8月3日の政令第1753号では環境影響評価制度（環境ライセンス：Licencia Ambiental）について規定されている。

そのほかに、水環境の総合保全政策「Lineamientos de Política para el manejo integral del agua」や課徴金制度（環境税）「El que contamina paga」にかかわる報告書も環境省より発行されている。

(2) 水質基準

陸水の水質基準は1987年第58合意のなかに規定されている。水域は4段階の使用目的に分類され、各段階ごとに水質基準が設定されている。排水基準は、受容体別（自然水域への放水又は下水処理施設）に、それぞれ異なった基準が設けられている。課徴金や工場排水のモニタリングに関する規則についても本合意に記載されている。飲料水の水質基準は1998年の第475政令に規定されている。

(3) 水質汚濁状況

リン濃度を基にフケネ湖の富栄養化度解析を行った報告書「Eutrofication de lagos tropicales」によれば、同湖では「富栄養」「中栄養」「貧栄養」とばらつきのある結果が報告されている。

しかしながら、最新の調査報告書「Plan de manejo, control y disposicion de malezas -Laguna de Fuquene (1997年9月)」によれば、フケネ湖の水質は観測地点4点で高いCOD値を示した(>17ミリグラム/リットル)。フケネ湖への流入主要河川であるウパテ川のCODは高く(>30ミリグラム/リットル)、糞便性大腸菌群数も高い(>2,400MPN/100ミリリットル)。特にコロラド川が4万9,000MPN/100ミリリットルと最も高かった。流入小河川であるモンロイ川、タグア川、カラボザ川、ククヌバ川、バジャードラスマルビナス川のうち、モンロイ川、カラボザ川、バジャードラスマルビナス川についてはCODと油分の検出値が高く、上水としての使用に不適な水質汚染指標値が得られた。さらに、タグア川、ラボザ川、ククヌバ川では第58合意(13条)に照らして農業用水(野菜栽培)として不適な高い糞便性大腸菌群数値が検出された。流出河川であり農業用水や飲料水として使用されるスアレス川の水質は、BOD(>9ミリグラム/リットル)とCOD(>22ミリグラム/リットル)が共に高く、全窒素量も18.53ミリグラム/リットル(チキンキラ川との合流点)と高い値を示した。糞便性大腸菌群数は200万MPN/100ミリリットル(チキンキラ川合流点)から1,300万MPN/100ミリリットル(チキンキラ市街下流域)に達しており水質汚濁は進行している。

このようにフケネ湖とその周辺水域では、有機汚濁・人畜の糞便性汚染・富栄養化の傾向が見られ、特に流出河川であるスアレス川でその傾向が著しい。

(4) 水質汚濁源

汚濁源としては以下が考えられる。

- ・ 集落・市街地からの生活排水
- ・ 酪農工場からの工場排水
- ・ 屠殺場からの排水
- ・ 農地や森林伐採地帯からの流出土壌
- ・ 農地からの肥料・農薬
- ・ 放牧地の家畜し尿
- ・ ゴミ捨て場及びゴミ埋立処分場からの浸出水
- ・ 炭鉱、石炭の備蓄場及びコークス工場からの排水

CARはこれらの汚濁源のうち、生活排水と酪農工場や屠殺場等からの工場排水が最も大きな水質汚濁要因と考えている。また、無秩序な農薬使用による水質汚染についても危惧している。(下水処理場、ゴミ処分場、主要な酪農工場、主要な下水吐き口の位置は収集資料参照。)

(5) 下水処理

調査対象地域の下水道普及率は約60パーセントである。下水処理場は、現在ウバテ、ククヌバ、サンミゲル・デ・セマの3か所のみにある。これら下水処理場の管理は将来的に各市町村に移管する予定である。

ウバテの処理場は浸透性が高い地盤上にあるため、コンクリートタンクを利用したピストン流式嫌気性処理が用いられている(詳細は収集資料を参照: Manual de operacion y mantenimiento planta de tratamiento de aguas residuales - UBATE, IT - 1011 - 98, CAR - ILAM, Julio de 1998)。生活排水と工場排水は合流式の公共下水道によりこの処理場へ導かれる(ウバテの下水道普及率は93パーセント)。この処理場は2010年までの処理量を見込んで建設されているが、現時点で既に処理能力を超えており、余剰の生活污水は河川へ直接放流されている。

ククヌバとサンミゲル・デ・セマの二つの処理場は、素掘りの酸化池を利用した処理方法を用い、一次池から三次池までの三段階式の酸化池を備える。二次池・三次池の処理水は周辺牧草地へのスプリンクラーによる灌漑用水としても使用されている。ククヌバの処理場は、市街中心地(平地)の200~500人くらいの人口の生活排水を対象としており、傾斜地にある集落からの排水は含まれない。ククヌバの酸化池によるBODの除去率は80~85パーセントであるが、油類が混入すると処理率が落ちる(処理池の設計図など関連資料はCARが所有)。

チキンキラでは下水処理場建設予定地の買収は済んでいるが、処理場の設計がまだなされていない。シミハカ（処理排水量を12リットル/秒に設計）、カペジャニア、フケネでは建設予定の下水処理場の設計図はある。レンガサケには処分場があるがまだ稼働していない。

このように、フケネ湖周辺水域に放流される工場排水、生活排水の大半は未処理のまま河川へ放流されている。

(6) 酪農工場・屠殺場

ウバテには、46の許可を受けた酪農工場がある。小規模工場では1日50～100リットルの牛乳を、大規模工場では1日約1万2,000リットルの牛乳を生産する。牛乳のほかにヨーグルトとチーズも生産される。工場の排水には残留牛乳のほかに容器や床の洗浄に使用する次亜塩素酸ナトリウムやカセイソーダ等が含まれる。この排水を前処理する施設を備えた工場はウバテにはない。チキンキラには約6か所（前処理施設なし）、シミハカには約14か所（前処理施設のある工場4か所）の酪農工場がある。また、ウバテからフケネ湖へ向かうアラメダ付近に前処理施設を備えた工場が1か所ある。

酪農工場のほかにウバテには牛乳の保存・加工工場がある。これらのなかには油脂や浮遊固形物を除去するための前処理施設（沈殿・浮上法による）を備える施設もある。

屠殺場は各市町村に一つの事業場があるが、それ以外に無許可の屠殺場も存在する。ウバテの屠殺場の場合、1日に30～50頭の牛を解体する。排水の主成分は血液である。ウバテの屠殺場には開発調査対象域内で唯一の排水の前処理施設がある。牛の内臓は豚や犬の飼料として利用される。屠殺場は各市町村が建設し、その運営は民間へ委託される。

(7) 汎用農薬類

調査対象域の主要作物はジャガイモ、ニンジン、サヤエンドウ等である。これらの作物栽培には様々な農薬が使用されている。なかでもジャガイモはコロンビアの重要な主食の一つであり（国民一人当たり年間に90キログラムを消費）、傾斜地で大規模に栽培されている。ジャガイモ栽培で使用する農薬は以下のとおりである。

- ・殺虫剤(化学物質名) : Vlaton, Lorsban, Monitor, Lorsban, Anystin, Furadan, Curater, Carbofuran, LorsbanIG, Dipterex, Monitor, Curacrom 300, Tamaron
- ・殺菌剤 : Manzate, Dithane, Antracol, Vondozeb, curzate, Curathane, Fitorax, Ridomil, Bretanid, Duter, Rodax, Galben, Sandofan, Punch, Tilt
- ・除草剤 : Round Up (Glifosfato), Gramoxone SL (Paraquat), Esteron Anikilamina

4SL (2, 4-D ester & amine), Sencor WP35 (Metribuzin), Fusilade
200 EC (Fluazifop-P butil), Basagran

ドイツの国際協力機関GTZのBirbaumer氏によれば、カーバメイト系農薬のカルボフラン (Carbofuran) が毒性や使用量の面から特に問題であるとの指摘があった。この農薬はBAYER社製で世界の大半の国々で使用禁止とされているが、コロンビア国内には工場もあり一般に販売されている (約US \$ 16/1リットル瓶)。(農薬類の作物別使用方法・量については収集資料を参照。)

(8) ゴミ処分場

調査対象地域内の比較的規模の大きいゴミ処分場はチキンキラとウバテに1か所ずつある。チキンキラのゴミ埋立処分場は衛生処分場といわれ、Quebrada El Salitreの上流に位置する。ここではポリエチレンシート上にゴミを約10~12メートル積み、その上に表土を40~50センチメートル被せる。シートには集水管が連結され、ゴミ埋立地からの浸出水は処理槽へ集められる。浸出水は沈殿池と濾過池の2層に分かれた処理槽を通過した後、下流へ放出される。ウバテの処分場は収集したゴミを指定された山間部の処分場へ直接投棄するものである。

(9) 炭鉱・コークス工場

調査対象地域内には幅800~1,200メートルの石炭層が2層ある。それらに沿って約400の小規模炭鉱が存在し、深さ約100~150メートルの炭坑が掘られ石炭が採掘される。地下水層に達した際ポンプによる浸出水の排水を行うが、石炭層の間には硫酸鉄等が多く含まれ強酸性の排水が放出される。排水中の重金属濃度に関する調査は行われていない。

コークス工場はタウサからスタタウサにかけて5か所あり、そのほかにもレンガサケとガチェタに数箇所工場がある。タウサの工場の場合、1日に約8トンのコークスを製造する。コークス製造には約2倍量の石炭が必要とされる。

炭鉱やコークス工場から出る石炭くず・コークスの一部は降雨時に下流域へ流される。

(10) 水草問題

水域の富栄養化の一つの現象として、フケネ湖とその周辺水域では水生植物の大増殖が見られる。フケネ湖の主な水生植物は以下のとおりである (収集資料: Plan de monejo, control y disposicion de malezas-laguna de Fuquene)。

・沈水植物: *Egeria densa* (エロデア elodea; 和名オオカナダモ),

Potamogeton illinoensis, *Lemna polyrrhiza*

- ・浮葉植物：*Ludwigia peploides*, *Polygonum hydropiperoides*, *Myriophyllum aquaticum*, *Bidens laevis*
- ・抽水植物：*Scirpus californicus* (フンコ junco), *Typha angustifolia*, *Cyperus* spp.
- ・浮水 (浮標) 植物：*Eichornia crassipes* (ブチョンbuchon；和名ホテイアオイ), *Lemna polurhiza*, *Lemna minor*, *Azolla filiculoides*

これらのうち、エロデア (トチカガミ科) とブチョン (ミズアオイ科) の2種の水草 (外来種) は近年湖内各所で大繁殖し大きな問題となっている。エロデアは、湖面の約34パーセントを占めその生体量も1,200万トンと見積もられている。ブチョンについてもフケネ湖への流入河川や灌漑用水路の水面を覆うほどの大発生が見られる。また在来種のフンコ (カヤツリグサ科) は、湖や用水路の岸辺に密生し湖縁辺部の陸地化を促進させている。

これらは、在来動植物種への生態的圧迫、底泥質環境の悪化、河川や灌漑用水路水面の被覆、湖縁辺部陸地化の促進、船舶往来への障害、貯水量の減少等の問題を引き起こしている。

この対策としてCARは水草除去艇とクレーンを用いての除去作業を常時行っている。ブチョン除去作業の場合、現在1日に約1,500立方メートルを湖から除去している。また、水草を堆肥や牛の飼料として利用する研究開発も行われている。エロデアを堆肥としてトウモロコシ栽培に使用した場合、生産性が43パーセント上昇し生産コストが30パーセント削減される良好な結果が得られている。今後これらが事業化されれば水草問題の一つの解決策となり、CARとしても早くこの技術を実用化したい意向である。これらの研究報告書は現在CARで作成中である。

また、CARは別の水草対策として以下の二つのモデルプロジェクトを提言している (詳細は収集資料を参照)。

- ・岸辺の水草対策 (Manejo y control de la vegetacion de orillas)：ブチョンを流入河川の流入部水域に配置して有機物や重金属類を吸収させる
- ・開水域での水草対策 (Manejo y control de la vegetacion de aguas abiertas)：機械的処理、バイオコントロール、浚渫等によるエロデアの処理

(II) 水質分析・モニタリング体制

水質の分析・モニタリング (気象観測、水文調査も含む) は、CAR科学副局長技術評価部に属する実験所が担当する。フケネ湖及び周辺水域では水質モニタリング用の観測定点が設けられているが、定期的な水質モニタリングは実施されていない (図2-2)。米州開発銀行融資による環境衛生プロジェクト (1991~1996年) でボゴタ川上流域とウパテ川流域

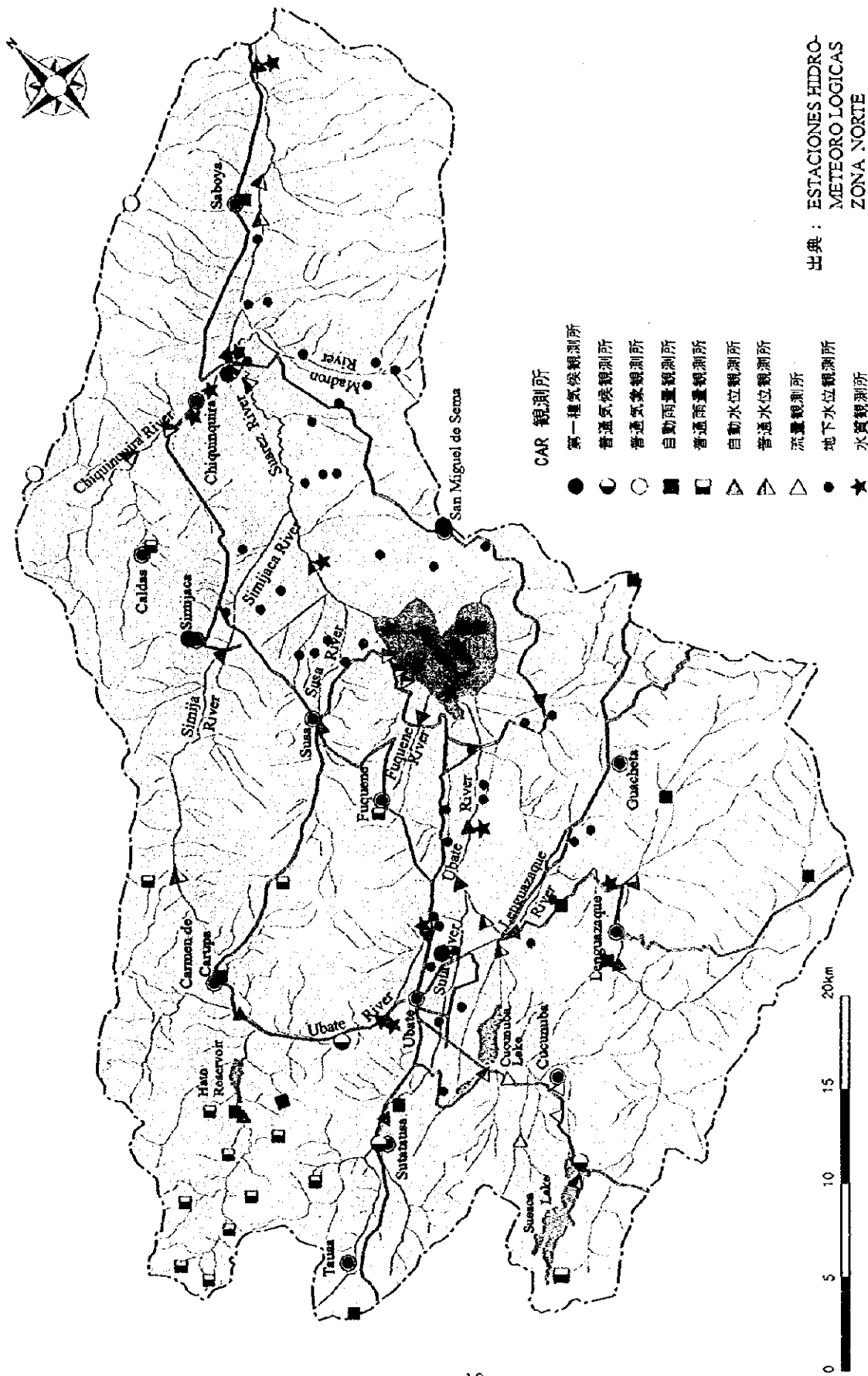


圖 2-2 CAR 觀測所位置圖

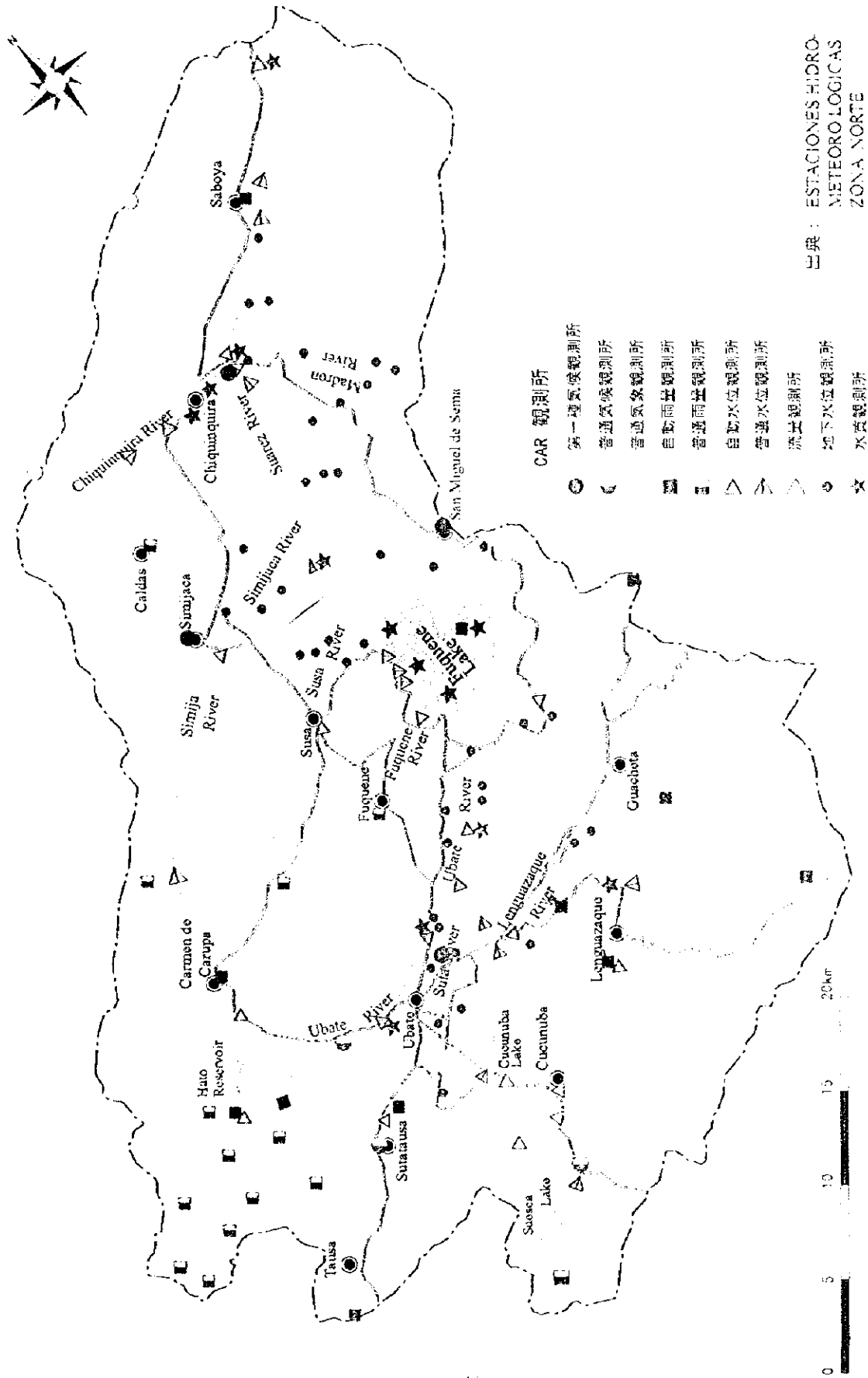


圖 2-2 CAR 觀測所位置圖

に下水処理施設が建設されたが、その際フケネ湖と周辺水域でも水質モニタリングが実施されている（水質データは収集資料を参照）。1997年7月以降、水質調査は実施されていない。

CARの実験所では、収集資料（水質分析項目リスト）に示すとおり、約60項目の水質を分析することができる。また、工場排水の毒性試験も行う。過去のフケネ湖水域での水質測定には、基本物理化学的項目と微生物学的項目約30項目が測定されている。

水質モニタリング効果は、「Programa de aforo y muestreo en los rios Bogota, Ubate, Suarez y sus afluentes; muestreo a embalses, lagos y lagunas. Preservacion y transporte de las muestras. 1991」「Programa de aforo y muestreo rio Bogota y otras fuentes superficiales area CAR. 1994（1992年10月～1993年9月のデータ）」、CAR水質分析実験所の報告書、コンサルタントの報告書「Plan de manejo control y disposicion de malezas acuaticas en la laguna de Fuquene. 1997」に報告されている。さらに、CARとコロンビアのナショナル大学が1991年にパンアメリカン衛生工学・環境科学センター（CEPIS）による栄養度評価法「Metodologias simplificadas para la evaluacion de eutrofication en lagos calidos tropicales - 1981-1990」に基づいてフケネ湖の富栄養化度を評価した調査報告書「Eutrofication de lagos tropicales」がある。1980年代の水質データはCAR保有の「Calidad del agua - Rios Ubate y Suarez」に記載されている。

水質分析機器は、収集資料リストのとおりであり、標準的物理化学項目のほかに、重金属類や農薬類などを測定するための基本機器（ガスクロマトグラフィー2機種、原子吸光度計1台等）が整備されている。実験所で分析できない項目（例：カーバメイト系農薬）や量的に処理能力を超えるサンプルの分析は民間の分析会社へ委託する。

(12) 生態系・保護区域に関する情報

コロンビアの自然保護区域は、国家レベル（Nacional）、地方レベル（Regional）、市町村レベル（Municipal）の3タイプに分類される。調査地域内には計画中のものを含めてCARが指定する地方レベルの保護区域（Area Protegida）が5か所ある（収集資料の地図参照）。これは、水源涵養林として重要な役目を果たし、かつ生物多様性の見地からも貴重な生態系である「パラモ（森林限界を超える標高約3,200メートル以上の高山地帯）」の保全を目的とするものである（収集資料）。CARは今後パラモの保護にも力を入れていく方針である。対象地域内のパラモの生態系について記された著書として「Analisis Geograficos - La vegetacion del paramo de la Laguna Verde (Municipio de Tausa, Cundinamarca). IGAC 1985」がある。

フケネ湖周辺では、以前INDERENA (Instituto de Recursos Naturales) が生態系調査を実施している。また、フォンフンボルト研究所 (Arderata博士等のグループ) には、国内の湿地生態系に関する情報がある。フンダシオンアルコス (Fundacion Arcos) にはフケネ湖の自然環境の写真集があり、時代ごとの生態系の変遷を見ることができる。フケネ湖の絶滅種についての記録は、科学雑誌「Revista Ecologica. No.2 or No.4. Corporacion Fecol」に記録されている。

(13) 今後の課題

以上のような状況からフケネ湖及び周辺水域の水質環境を改善するための課題として次のようなことが考えられる。

1) 水質分析・モニタリング体制の整備

- ・水質・底質分析等モニタリングに必要な技術の習得
- ・水質監視項目の選択
- ・水質関連データの評価・利用技術の習得
- ・汚濁メカニズムの解析
- ・水質分析施設・機器の整備

2) 水質汚濁対策

- ・水質汚濁源の特定
- ・下水道・処理施設整備
- ・工場・事業所排水の前処理施設整備と自主管理や監視・指導の強化
- ・ノンポイント汚濁源対策（肥料・農薬、放牧地の家畜し尿、固形廃棄物等）
- ・土壌浸食防止

3) 生態系保全等の対策

- ・生態系に関する基礎情報の収集
- ・水草の処理対策
- ・動植物の保護
- ・環境教育による住民の意識啓発、環境保全学習の定着化
- ・環境保全のための土地利用
- ・新規開発事業に対する環境影響評価の徹底の実施
- ・研究機関、環境管理機関、NGO、地方自治体、住民、事業者間の連携

2-2-2 流域管理

フケネ湖は褶曲山脈にできた堆積盆地にあり、周辺山地の浸食により生産される土砂堆積による埋没過程にある。湖周辺の傾斜地において農業活動が活発化するに伴い、斜面が農地化し浸食が激しくなり、この流出土砂によるフケネ湖の土砂堆積も加速化してきた。湖の土砂堆積は湖水面積の減少を引き起こし、湖水面の減少によって湖の貯水量と利用可能水量は減少してきた。また、土砂堆積によって新たに出来た湖周辺の土地への不法侵入が新たな問題を引き起こしている。さらに、流域の土地利用形態が森林から農地へと変化するに従って、洪水流出時間の短縮、ピーク流量の増加など下流への流出形態も変化してきた。また、流域内の湖では、近年は湖水位が低下し、湖の陸化が進んでいる。

フケネ湖周辺環境整備計画における流域管理は、人間活動に起因する浸食を抑制して自然風化による生産土砂程度に低減し、湖への土砂堆積負荷を軽減するとともに、フケネ湖の水位低下を制御し、湖周辺の環境変化を少なくするとともに利水への障害を少なくすることに目的がある。

(1) 流域管理に関係する機関及び関連情報

流域管理計画に関連する機関は以下のものがある。

1) 環境・河川流域管理を担当する政府組織

- ・環境省：環境に関する政策立案
- ・INAT (Instituto Nacional de Adecuacion de Tierras)：河川利水に関する政策立案
- ・CAR：本調査計画を担当する。環境監視・指導機関になりつつある。また、水利権に関する実務も行う。
- ・鉱業エネルギー省：炭鉱の採掘権、地下水の管理、地質調査

2) 環境・河川流域管理を担当する非政府組織

- ・ECOFUND

3) その他の機関

- ・GTZ

また、計画関連情報については次に示す機関から入手できる。

- ・気象・水文：CARの水文気象センターに過去20年間の記録がある。
- ・灌漑：CARの灌漑部門 (Bogota) にフケネ湖システム灌漑管理のマニュアルがある。
- ・地形図：国土地理院 (Instituto Geografico "Augustin Codazzi" :IGAC) で1/100,000、1/50,000、1/25,000の地形図を販売
- ・地形図：湖周辺平地部1/10,000、CARにあり。

- ・土壌図：各自治体ごとのデータがクンディナマルカ、及びボヤカ県庁農村開発部にある。また、流域内84か所の土壌柱状図が「IGAC, SUELOS DE UBATE-CHIQUINQUIRA ESTUDIO DETALLADO DEL VALLE Y GENERAL DE LA ZONA, 1965」に記載されている。
- ・土地利用図：各自治体ごとの現状の土地利用図がクンディナマルカ、及びボヤカ県庁農村開発部にある。また、縮尺1/10,000程度のチェックア・プロジェクト地域（傾斜地）の土地利用図はCARにある。
- ・地質図：1/100,000（INGEOMINASにて購入可）
- ・航空写真：本流域を含む写真はIGACに多数あり、販売されている。
- ・衛星写真・衛星画像データ：入手可能（CARに問い合わせること）
- ・追加関連資料

人口統計：Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE),
「Colombia Estadística」

農業統計：Ministerio de Agricultura, 「Boletín Estadísticas Agropecuarias」

法律：再生可能天然資源と環境保全関連（1973年法律（Ley）第23号、及び
1974年政令（Decreto）2811号）

森林関連（1973年法律第23号、及び1974年政令2811号、1976年
政令877号）

(2) 流域における気象・水文観測

流域の水管理のため、CARでは気象・水文観測を行っている。流域内には気象観測所が7か所設置されている。そのうち4か所では気温、湿度、雨量、蒸発量、日射量、日照時間、地温、風速、風向が観測され、他の3か所では気温、湿度、雨量、蒸発量が観測されている。このほかに雨量観測所が26か所設置され、12か所では自記記録、残り14か所では1日1回午前7時の読み取りがされ、これらのデータは過去30年間分がデータベースに収められている（図2-2参照）。

また、流域内の流量観測所は自記記録観測所が15か所、水位標が17か所設置されている。水位標の読み取りは毎日6時と18時、洪水時にはピーク流量も観測される。また、水位観測所においては2か月に1回程度、プロベラ式流速計を使用して流速が測定される。さらに、湖周辺平地の農地に地下水位の観測所が42か所設置されており、月1回の読み取りがされている。

これらCARによる観測の状態は良好であり、少なくとも過去20年間のデータの信頼性は十分に高いと判断される。

(3) 水系区分

フケネ湖に流入する主要河川はウバテ川、フケネ川、オンダ川であり、その全流域面積は約1,050平方キロメートルである。このうちウバテ川が最大の流域面積をもち、約800平方キロメートルを占める。ウバテ川上流の支流アト川にはアト貯水池が造られており、灌漑及び上水の水源とされている。フケネ湖からの流出河川はスアレス川のみである。このスアレス川には、スサ川、シミハカ川、チキンキラ川が合流する。

ウバテ川、フケネ湖、スアレス川流域は、以下の支流域に分割される（図2-1参照）。

・フケネ湖への流入河川

レンガサケ川流域：流域南東部の山地、標高は2,540～3,550メートル、流域面積293平方キロメートル

ククヌバ湖流域：流域南部、パラシオ湖、ククヌバ湖がある。パラシオ湖は約0.5平方キロメートルの面積をもつ。ククヌバ湖は約2.5平方キロメートルの面積である。標高は2,540～3,100メートル、流域面積92平方キロメートル

ウバテースタ川流域：標高は2,540～3,750メートル、流域面積338平方キロメートル

フケネ湖周辺流域：標高は2,540～3,550メートル、流域面積243平方キロメートル

・スアレス川への流入河川

スサ川流域：標高は2,540～3,500メートル、流域面積64平方キロメートル

シミハカ川流域：標高は2,540～3,450メートル、流域面積153平方キロメートル

チキンキラ川流域：標高は2,540～3,000メートル、流域面積130平方キロメートル

スアレス川流域：標高は2,535～3,400メートル、流域面積413平方キロメートル

・独立流域

スエスカ湖流域：スエスカ湖を中心とする閉鎖流域である。標高は2,850～3,150メートル、流域面積は25平方キロメートルである。

(4) 土地利用

A 開発の歴史

この地域では、A.D.8世紀ごろから先住民が定住した形跡が認められており、16世紀にスペイン人が来る前から既に標高2,850メートル以下の山腹と山麓の農業適地は大部分が利用されていた。先住民は湖周辺の平地は利用せず、また平地の大部分は冠水していた。スペイン人が牧畜を導入してからは、より標高の高い受食性の高い山腹斜面や、湖周辺の平地を排水して農地が拡大した。特に湖の周辺の湿地は干拓を行った者がその土地を所有できるという法律があったため、湖周辺は開発が進んだ。この開発の進行に伴

い環境は悪化し、19世紀初めには既に激しい浸食によって農地が疲弊し、農業生産力が低下したため、一部の先住民は税金が払えなくなったり家計が成り立たなくなったことが報告されている。

B 現在の土地利用と浸食

フケネ湖の周辺及び流入・流出河川沿いには面積約3万ヘクタール、標高2,540~2,545メートルの平坦な湖沼堆積沖積平地が広がる。この平地は地下水位が高く地表付近にあったため、排水により農地化が進められてきた。この平地は、現在、全面的に農地として利用されており、その80パーセントは放牧草地であり、残りは豆類、穀類などが栽培されている。また、かつて排水のために掘削された水路網が非常に密に配置されており、現在、降雨期には地表排水路として、また一方では地下水位を制御する地下灌漑水路として、灌漑と排水の両用に利用されている。この平地にはおよそ1,500戸の酪農家があり、土地所有面積は1戸当たり15~20ヘクタールである。家畜はほとんどが乳牛であり、飼育頭数は3頭/ヘクタール、平地全体で約5万頭に達するという。この平地では、地表の傾斜がないため浸食が皆無である。

一方、フケネ湖周辺の開発の進行に伴って湖の土砂堆積が進んだ。現在、流域内傾斜地においては後述のCAR-GTZによる浸食防止事業が実施されており、湖への土砂堆積に関する問題は軽減されつつあるものの、現在までの土砂堆積と湖水位の低下により湖水面積が減少し、その結果新たに陸化した土地への不法侵入が問題となっている。

流域の山地は面積が約14万5,000ヘクタールある。標高3,200/3,300メートルを超えるパラモを除いては、その大部分が農地化され、自然林はほとんど残されていない。農地として不適当な所には植林がされている。植林の樹種の大部分はユーカリ、マツなどであるが、近年はアカシア類も植えられている。森林の状態は樹木蓄積は少ないが、過放牧や家畜の過剰踏み歩きはなく、顕著な浸食の形跡も見られない。

山地には農地が約10万ヘクタールある。農家戸数はおよそ1万4,000戸、土地所有面積は1戸当たり約7ヘクタールである。農地の40パーセントにあたる約4万ヘクタールの草地では1万2,000頭の乳牛が飼育されているが、浸食防止のため放牧はあまり行われていない。このため、過放牧はなく、植生被覆は極めて良好であり、動物の踏み道、浸食路、ガリーなどはない。草地では採草後でも10センチメートルほどの草に覆われて表土は露出せず、土壌の流亡は全くないといわれる。残りの60パーセントはジャガイモ、豆類、穀類、トウモロコシなどの畑作が行われている。畑作地では、かつては90トン/ヘクタールに達する激しい浸食も起きていたようであるが、CAR-GTZによるチェックアッププロジェクトが功を奏し、大規模な商業的ジャガイモ栽培地以外では浸食は少なくなっている。

近年、この地域ではジャガイモ生産が著しく増加してきており、その栽培は農耕が禁止されているパラモにも広がっている。この理由は、パラモは地形が比較的平坦で黒色有機質土壌がありジャガイモ栽培に適していること、気温の低いパラモがジャガイモ栽培時の病虫害防止に有利であること、利用価値の低かったパラモは地価が低いため小農、貧農が保有しており、大規模な商業的ジャガイモ栽培業者がこの土地を賃借しやすいことなどにある。このような商業的なジャガイモ栽培では土壌浸食対策は全く考慮されず、業者は肥沃な土壌が流亡し生産性が低下すると他の場所へと移動する。このため、土壌流亡による水源涵養地帯としてのパラモの荒廃が問題となっている。

農地以外の浸食は、植生侵入のない風化した道路切土斜面や、溪流源頭部、急勾配溪流等において見られる。また、浸食防止対策がとられていない傾斜地農地を結ぶ道路や、有効な対策がされていない大規模なガリー浸食も見られる。これらの浸食規模は、現状では農地の浸食ほど大きくはないが、将来拡大する性格のものである。さらに、流域南東部の流域界近く、スタ川、レンガサケ川、ククヌバ湖上流域では小規模な炭鉱が約400か所操業しており、坑口周辺に放置された鉱滓が原因となって、小規模な浸食が発生するおそれがある。

C 土地利用計画

土地利用制限や法的措置の行使を含む土地利用計画を策定する権限は、コロンビアの法律では各自治体に帰属している。しかし、現在コロンビア国内で土地利用計画が作成されているのは、流域の南端に位置するタウサのみである。調査対象のフケネ湖流域では、農業利用が禁止されているパラモにおいても大規模にジャガイモが栽培される事態になっている。CARでは流域内に、チキンキラ西方のアルト・デ・テレコム、ククヌバ東側高地、流域南西のゲレロガレバパラモ・ベルデ湖地域、ガチェタ東側のラバナパラモなど6か所の保護区域を指定準備中であるが、流域環境の悪化を避けるためには利用制限を含む土地利用計画を策定する必要がある。このため、現況土地利用、傾斜、土壌、植生、保護地域など適切な流域管理を行うための指標を抽出し、これに基づく土地利用計画策定のためのガイドラインを作成することが望まれている。なお、タウサ土地利用計画はチェクア・プロジェクトのなかでつくられ、全国のモデルとされており、CD-ROM化されてIGACより販売されている。この土地利用計画は流域の一部を含み、このなかで取り上げられた因子、判定基準は、本調査計画において参考になると思われる。

土地利用計画を客観的に作成する手段としてGISが有効である。CARにはGISシステムが導入されているが、現在のところ、実用化するには至っていない。CARによるとハードの面では必要とする地理情報の収容能力はあり、簡単なデータの画像出力には問題はないが、演算を伴う場合は処理速度が非常に遅い。一方、ソフトの面からは他の機関の

有する情報、衛星画像、GPSデータなどの取り込みもGISを実用化するために必要である。このため、CARではシステムの改善、人員の強化、機材の更新などもこのフケネ湖周辺環境改善計画のなかでの取り組むべき課題としている。

(5) 山地斜面の浸食防止――チェクア・プロジェクト

傾斜地の農業利用は土壌浸食が大きな問題となる。この地域においても、かつては傾斜した農地を斜面の上下方向に全面耕起する方法で畑作が行われていた。しかし、現在はCAR-GTZによるチェクア・プロジェクトが実施され浸食防止農法が積極的に導入されている。

チェクア・プロジェクトの実施範囲はフケネ湖流域のうち、クンディナマルカ県に属する自治体である。このプロジェクトは1980年から試行され、1985年からは1994年までを1期、1995年から1999年までを2期として、現在も実施中である。1989年以降フケネ湖流域も対象地域に含まれた。プロジェクトの初期段階で、植林や伐採の禁止だけでは浸食の進行を止める効果が低いため、土壌管理も必要であることが認められた。この方法として降雨の地表流出を少なくするための等高線水路、土塁、石積み堤を設置するとともに草本類、灌木、高木を組み合わせて植生を回復させる浸食箇所の治療的方法が取り入れられた。現在は、激しい浸食箇所の治療的方法による復旧、浸食を予防するための不耕起、最小耕起栽培、マルチ、緑肥使用など農耕法の改善、放牧の制限など農民に対する啓蒙、学校における流域保全教育などが実施されている。

プロジェクトでは浸食防止を持続的にするため、地域農民が規制をしなくても自らの意志で転換する浸食防止法を取り入れている。この地域の農民はこれまでより労力のかからない方法で同じ収穫があれば喜んで取り入れるということから、作物残滓を農地に残して地表を保護し、残滓の運搬と処分の作業量を少なくした。また、賃借トラクターによる全面耕起に代わり、不耕起栽培や種を蒔く1列だけを耕起する最小耕起法を取り入れ労力と出費を節約した。

フケネ湖流域12万5,000ヘクタールのうち、深刻な浸食に直面している約1万3,000ヘクタールにおいて治療的方法が採用され、その他の地域では農耕法の改善、啓蒙、教育を主とする浸食の予防法が導入されている。これに対して、この地域の5~10ヘクタールの土地を所有する農家は土壌保全の重要性を理解し、自分の土地を守るために予防的な浸食防止農法へとスムーズに移行しつつある。また、100~150戸の大規模農家もこれを受け入れており、プロジェクトは大きな効果を上げている。

チェクア・プロジェクトでは今後の問題として、大規模ジャガイモ栽培業者に対しても規制をしなくても自らの意志で転換できるような浸食防止型のジャガイモ栽培法を開発することが必要だとしている。

(6) 湖の土砂堆積

A 河道の土砂流送能力変化

自然河道では洪水時に河川が氾濫したとき、河道周辺が冠水したり、土砂堆積によって埋没する。フケネ湖周辺においても山間部から平地への谷出口の小さな扇状地における河道の移動や土砂堆積、平地における河道の蛇行により、開発の初期には被害が発生していたと思われる。農地や放牧地でのこのような被害を少なくするために、フケネ湖周辺では山間部から平地への谷の出口から、湖に達する排水路が設けられている。ほとんどの排水路は直線とされ、河道に堆積した土砂を両岸に積み上げた築堤 (jalillon) によって流路が固定されている。このような対策は、通年流水のある河川 (rio) ばかりでなく、一時河川 (quebrada) においても講じられている。

しかし、このような対策が湖の堆砂を加速している可能性がある。一般に流路においては水深が大きく流速が速いほど土砂の流送能力が高まる。掘削と築堤によって整備され、より狭く深くなったフケネ湖周辺の水路は、自然状態に比べて格段に大きな土砂流送能力をもつようになっており、土砂濃度の高い洪水時の出水は途中で氾濫することなく、細粒の土は湖まで流送されていると思われる。フケネ湖周辺平地にある改修河川は、このように周辺農地へ土砂を堆積させることなく、河道の下流域と湖に土砂を堆積させる結果を招いている。

B 湖の土砂堆積

上に述べたように周辺山地の農地においては浸食防止農法が普及してきたため、人為による土砂生産量は減少しつつある。一方、山地から湖へ流入する河川は排水機能を高めるよう整備されたため、山麓に近い平地にとどまるべき土砂はより下流へと流送されるようになっている。この結果、山地における自然風化による土砂生産が続く限り、土砂流送能力が大きくなった河道は土砂を湖にまで送り込むことになる。湖周辺平地における河道形態を変更することは極めて難しいため、湖への流入土砂を少なくする方法として、湖に近い河道最下流部で土砂をとらえる草、水草などによる緩衝帯を設置することも検討の価値がある。

また、湖の土砂堆積を一時的に緩和する方法として、CARではフケネ湖の浚渫を検討した。その結果、1997年時点での費用は2,500万USドルと計算され、経済的に効果的ではないと結論された。しかし、この結果の判断について相反する意見がCAR内部にあり、この結論をレビューすることも必要であると思われる。

(7) 湖水位の維持

A 水利用の現状

フケネ湖周辺地域における水源は河川、湖の地表水である。水源として、フケネ湖のほか、ウバテ川上流のアト貯水池、ククヌバ湖水系のパラシオ湖、ククヌバ湖、また、ウバテ川、スアレス川などがある。水の用途はフケネ湖周辺平地の農地への灌漑用水が大部分であり、そのほかに流域内の町村の上水、工業用水（酪農業）がある。フケネ湖流域の灌漑は主に牧草に対して行われ、湖周辺の平地には無数の川排水兼用の水路が配置されている。周辺山地から平地へ流入する河川はすべてこれらの水路に連結されており、降雨時にだけ流水のある一時河川も灌漑に利用される。灌漑方法は地下灌漑であるが、時期あるいは場所によって地下水位が低いときにはトラクターや小型エンジン駆動ポンプによるスプリンクラー灌漑が補助的に使用されている。地下灌漑の方法は、圃場内の地下水位が低くなると圃場内の小水路にポンプあるいは重力により湖や川から給水し、小水路から水を浸透させて圃場内の地下水位を上昇させる。地下灌漑では圃場への供給水量が直接測定されないため、灌漑用水量が不明であり、過去のデータからこれを評価する必要がある。なお、CARによると作物の消費水量調査が行われており、データが全くないわけではない。

CARによる雨量・水位の観測データによると、多雨といわれた1980年代には湖周辺平地の冠水を避けるために下流の水門を開放して放流していた。しかし、近年は少雨で、ククヌバ湖、フケネ湖共に水位が低下し、時期によってチキンキラ市の上水が供給制限を受けるほど水不足となっている。また、ウバテ川支流のスタ川流域では灌漑用水が不足しており、アト貯水池から補給する計画がつくられている。しかしながら、一方では湖の環境を維持するため、湖水位の低下を防ぐことが大きな目標の一つとされており、灌漑水量を作物別に規定し灌漑を制限する計画もある。

B 水管理の現状

パラシオ湖、ククヌバ湖は共に流出河川のない独立した湖であった。1930年代にパラシオ湖、ククヌバ湖及びレンガサケ川を結び、フケネ湖と連絡する水路が掘削された。現在、ククヌバ湖、フケネ湖の水を灌漑に利用するため、図2-3に示すように水門が4か所に設置されている。この水門のうちでも、フケネ湖上流のウバテ川に設置されたクビオ水門とスアレス川のチキンキラ川合流点上流にあるトロン水門は重要である。

クビオ水門は、フケネ湖の水位が高く貯留容量がないときウバテ川を堰止めるものである。これによって、フケネ湖へ流入するウバテ川の水を逆流させてククヌバ湖へ貯留する。クビオ水門で水位は3.15メートル堰上げられ、ククヌバ湖の水位は、フケネ湖の過去の最高水位より約3メートル高い2.544メートルに保つことができる。これによりフ

ケネ湖上流の農地に重力灌漑を行うことが可能となっている。

トロン水門はフケネ湖より下流 18 キロメートルにあり、フケネ湖の水位を維持するとともに、湖下流スアレス川沿いの農地に対する灌漑を保障するために設置されている。この水門によって、スアレス川の水位は水門地点において 2,539.91 メートルに保たれ、フケネ湖の水位もほぼこの高さに維持される。

これらの水門によってフケネ湖とククヌバ湖は貯水池群として制御できるようになっており、その操作は CAR によって行われている。湖周辺農地が冠水しないような水門ゲート操作を行うため 1984 年に調査が実施された。これに基づいて下記のようなトロン水門のゲート制御プログラムが設定された。これによると 4、5 月と 10、11 月の雨期前には湖水位をあらかじめ低下させることになっている。しかし、この解析は多雨であった 1980 年代初めの降雨量に基づいており、少雨となった 1990 年代に入ってから、この計画水位を維持すると湖水位が下がりすぎるため、現在のゲート操作は必ずしもこのプログラムには従っていないようである。

表 2-4 トロン水門における維持水位

月 別	水 位 (m)	月 別	水 位 (m)
1	2,539.10	7	2,539.10
2	2,538.75	8	2,538.75
3	2,538.50	9	2,538.50
4	2,538.75	10	2,538.75
5	2,538.95	11	2,538.95
6	2,539.10	12	2,539.10

出典：Estudio de Aprovechamiento Hidraulico del Sistema Cucunuba-Fuquene-Rio Suarez, 1984

C アト貯水池

アト貯水池は、ウバテの上水道への補給とフケネ湖上流農地の灌漑を目的とする。ダムは高さ 36 メートル、堤長約 43 メートルの中心コア型アースダムで、谷幅が 10 メートル以下の極めて効率的な場所に建設され、1992 年に完成した。貯水池の水面標高はおよそ 2,840 メートル、貯水容量は 970 万立方メートルでフケネ湖の 30 センチメートルの水深に相当する貯留量である。流域面積は 56 平方キロメートルであり、流入河川の源流は標高 3,000 メートルを超えるパラモにある。流域の大部分が草地と畑地であり、貯水池周辺では麦などの穀類が、高位標高では森林限界付近までもジャガイモが栽培されている。なお、現在この貯水池からの放流は下流からの要求に応じて行われており、合理的

な放流計画を策定することが必要であるとCARでは認識している。

D 水管理費の賦課

フケネ湖周辺の灌漑の運営管理は現在CARによって実施されている。灌漑地区の主要な水路、河川の浚渫、及び河川と湖の水草の除去が主な仕事であり、これに要する費用は水利用者が負担している。この負担金は原則的に灌漑に利用した水量に応じて賦課されるものであるが、本地区は地下灌漑であるため特殊な方法が採用されている。その方法は、地下水位が低いほど灌漑効率が悪く、また灌漑するための費用が嵩むことから、地下水位を測定してその地下水位が低いほど負担金を少なく徴収する。この目的のため、地区内には42か所の地下水位観測井戸が設置されており、農地の地下水位をモニターしている。

E 湖水位の維持

フケネ湖の水位は雨期には上昇、乾期には低下というパターンで変化してきた。近年の湖水位は、1970年代に比べて1メートルほど低下し、年間の変動の振幅は小さくなってきたといわれる。しかし、この原因が近年の少雨にあるのか、あるいは灌漑用水量の増加にあるのかは明確ではなく、CAR内部においてもこの二つの見方がある。年変動の避けられない降雨／洪水量に対して、灌漑用水量は作物の種類が変わらない限り変化しないことから、一方では灌漑を制限するという意見があり、他方には少雨に備えて貯水池を建設するという意見がある。いずれの意見も湖の水位低下を避けることに目的があるが、観測データの解析に基づく意見ではない。CARは、20年以上にもわたる豊富なデータをデータベース化して保存しており、これを解析することによって、湖の水位低下の原因が明らかになると期待できる。また、このデータを用いた水収支シミュレーションを行えば、ククヌバ湖、フケネ湖、パラシオ湖、アト貯水池を連結し、フケネ湖の湖水位低下を最小とする流域全体の最適水管理計画、更にゲートの操作計画が策定可能であり、これによって現在より湖水位の変動を少なくすることができると期待される。

(8) 流域管理における課題

1600年以來のフケネ湖流域の大規模な開発によって、洪水流出形態は変化してきた。山地の森林を伐採し農地が拡大したため、洪水継続時間は短くなり、洪水ピーク流量は増大した。農地は森林に比べて数十倍から数百倍も浸食されるため、洪水時の土砂濃度は高くなり、洪水とともに流出してくる土砂量も格段に増加した。湖周辺の平坦地においては、排水路を設けて排水を促進するとともに、山地から流出してくる自然河川を直線とし両岸には堤防を設け、洪水による農地の冠水と堆砂を防いできた。これによって、平坦地の余剰水は排除され、土砂はより下流の河道や湖に達するようになった。更に農地の周りには洪

水時の農地の冠水を防ぐために堤防が造られ、湖水面積は狭められた。このため、大洪水時には、水位が上昇しても湖水面は広がらず、水位はより高くまで達するようになった。

現状はこのように、洪水は短時間に集中し、大量の土砂が湖まで流れ込み、湖の水位はより早くより高くまで達するようになっている。このため、湖の調整能力を超える洪水流入があるときは洪水被害を避けるため湖に貯留せず下流へ放流する必要がある。1984年につくられたゲート操作要領は、雨期前にあらかじめ放流して湖水位を低下させることにしている。しかし、この操作によって雨期の降水量が少ないときには、湖水位は低下し利用可能水量は不足する。湖への流入量は減少しても灌漑必要量は少なくならないため、湖水位は一層低下する。

このような流域の現状から見て、流域管理における課題として、次の事項があげられる。

1) 土地利用計画策定のためのガイドライン作成

保護が必要なパラモや湖周辺の湿地、激しい浸食が予想される急傾斜農地、耕作に特別の注意が必要な農地など、流域の環境を良好に維持するために何らかの措置が必要な地域を抽出するための要因の特定と、保護あるいは規制の程度を規定する基準の作成

2) GISの活用指針

土地利用計画策定、環境管理の指標となる要因を選定し、これらを地理情報として視覚化すること、将来追加される情報の取り込みを容易にすること、既存のシステムの効果的利用のための改善案の提示

3) 流域における浸食防止の促進

実施中のチェック・プロジェクトの評価、ボヤカ県への浸食防止事業の拡大、農地以外に対する浸食防止策の提示、将来の湖への土砂堆積の推定

4) フケネ湖の水位低下を最小とする貯水池群運用シミュレーション

支流単位の水収支、湖周辺の平地における灌漑と地下水流動、流域全体としての水収支、貯水池と湖を連結した貯水池群運用シミュレーション

5) 最適水管理計画の立案

地下灌漑の評価、灌漑水量規制による作物（牧草、豆類、穀類、トウモロコシ）収量への影響評価、貯水池群最適運用のためのゲート操作基準、新規水資源開発の可能性検討

なお、貯水池群運用計画、最適水管理計画などの立案にあたっては水収支シミュレーションが必要である。湖周辺では地下水流動も大きなファクターであると思われる、水収支シミュレーションではこれを考慮する必要がある。なお、地下水流動の解析に必要な地盤の透水係数のデータはないため、地下水位観測井戸を利用して、水位回復法によって透水係数を求めることが推奨される。

このような水収支シミュレーションの結果によっては、現在のようなあらかじめ設定したプログラムによってゲートを操作する方法に代わるゲート操作方法についての検討が必要である。また、ゲート操作だけでは調整できないような水量不足があるときは、灌漑の規制あるいは新規水資源開発の可能性について、既に調査がなされているというダム建設計画も含めて、検討することが望ましい。

一方、灌漑水量の制限は収量の減少に結びつくため、灌漑水量あるいは地下水位と牧草、豆類、穀類、トウモロコシなどの作物収量の変化について、将来の実証試験の実施などを含めて慎重な調査と検討が必要と思われる。

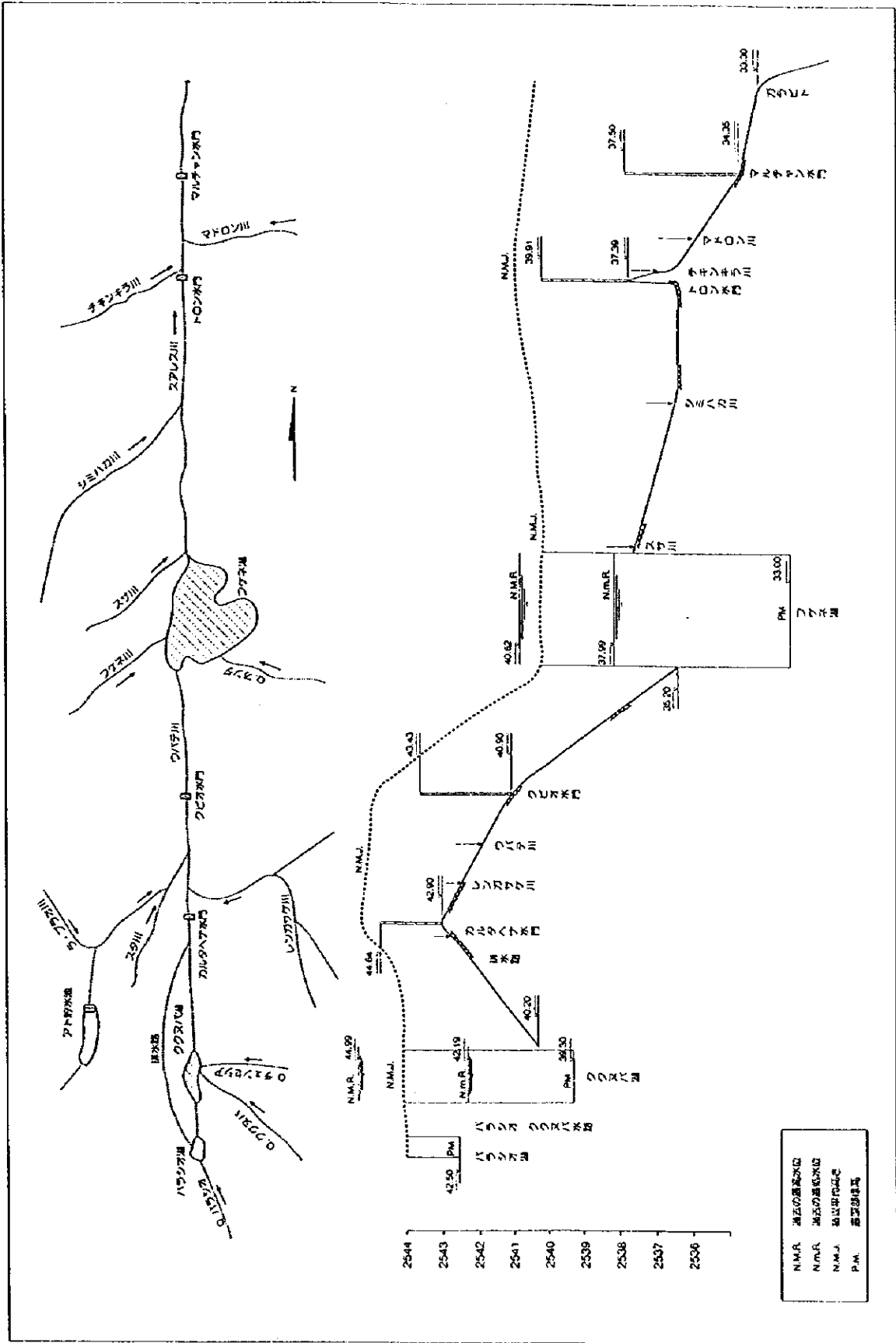


図2-3 クヌバ湖-ウバテ川-アレス川水系水位

2-3 環境予備調査結果

2-3-1 IEE・EIAの実施体制

コロンビアには、環境影響評価を実施したうえで開発事業を許可する「環境ライセンス (Licencia Ambiental)」の制度がある。開発事業を実施する前に、事業主体は環境ライセンスを取得する必要があるかについての審査をCARに対し申請する。CARは申請に応じて事業が及ぼす環境影響に関する調査の必要性を検討し、調査が必要と判断した場合には調査のT/Rを作成し事業主体に対して環境影響調査をするよう通告する。この段階がおおむねIEEに相当する。環境影響調査結果とCAR独自の調査を総合的に評価して環境ライセンスを付与するかどうかの判断を下す。この段階がおおむねEIAに相当する。環境影響調査を必要としないと判断されたものについては、環境ライセンスの取得は必要ない。

環境ライセンスの手続きを必要とする代表的な事業は、鉱物資源開発、花卉栽培、発電所建設、養豚、養鶏、放牧等である。畜産のうち牛舎の場合は、環境ライセンスの手続きを必要としない。これらの詳細は1993年第99法 (Ley99/93) と1994年政令第1753号に規定されている。

2-3-2 ローカル・コンサルタント、研究機関の環境調査実施能力

CAR側より推薦を受けた環境調査のできるコンサルタントは2社ある (ILAM社、Cuervo Murier社)。これらのうちILAM社は調査経験や実験設備の面で優れている。

フケネ湖に類似した生態系の情報を保有しているNGOは4団体ある (付属資料7参照)。また、フォンフンボルト研究所は国内全土の生態系の台帳づくりを実施している。同研究所のGerman Arderate博士は湿地生態系研究の第一人者であり、フケネ湖の生物多様性にかかわる情報をもつ。

2-3-3 プロジェクト概要書 (PD)、プロジェクト立地環境書 (SD)、合同スクリーニング及び合同スコーピングの結果

CAR側の環境影響評価を担当する環境管理副局環境クオリティー部所属の専門家3人、計画開発副局長のHerran氏並びに本開発調査のコーディネーターとなる予定のJordan女史を交えて合同スクリーニングと合同スコーピングを実施した。

CAR側の説明では、環境影響評価のためのガイドラインはその都度事業内容に即したものがつくられており、今回のスクリーニング・スコーピングに使用できるコロンビア側のガイドラインはなかった。したがって、スクリーニング・スコーピングはJICAの環境配慮ガイドラインに準じて、CAR側の専門家の意見を交えながら実施した。

本格調査には、下水道・処理施設整備や水草の処理など環境配慮が必要と考えられるプロ

プロジェクト・コンポーネントが含まれるため、CAR側との協議の結果、本格調査には環境配慮を加えることとした。プロジェクト概要書（PD）とプロジェクト立地環境表（SD）、合同スクリーニング、合同スコーピングの結果は次のとおりである。

(1) プロジェクト概要書 (PD)

項目	内容
プロジェクト名	フケネ湖周辺環境改善計画調査
プロジェクトの背景及び目的	コロンビアのアンデス高原(東部山系)に位置するフケネ湖周辺地帯は、同国の重要な農牧業地帯である。しかしながら、山林の大規模伐採による土壌浸食や湖への大量の土砂流入と灌漑用水の不適切な利用により、近年その貯水面積と貯水量が減少している。さらに、農村集落や市街地からの生活排水、酪農工場や屠殺場その他からの工場排水、農業排水等により湖水の水質汚濁と生態系の悪化が認められるようになった。本件はコロンビア政府からの要請に基づき、フケネ湖と流入・流出河川であるウバテ川とスアレス川流域の環境を管理・改善するM/Pを策定するものである。
事業実施地域の概要	クンディナマルカ県北部に位置するフケネ湖、ウバテ川とスアレス川流域。 (フケネ湖を境としてクンディナマルカ県とボヤカ県に分かれる。)
受益人口及び受益面積	約16万人(14市町村); フケネ湖、ウバテ川(流入河川)、スアレス川(流出河川)等の全流域を含めた農村地帯及び市街地約1,750km ²
実施機関	環境省クンディナマルカ地域自治公社(CAR)(七つの地方事務所を含めて職員約1,000名) チキンキラ市に管理事務所、ウバテ市に管理出張所有り。
付属施設	モータープール(ブルドーザー、バックホウ、ドラッグライン、水草除去機)
環境関係機関	環境省
下水処理システム等	下水道: 合流式 既存の処理方法: ピストン流式嫌気性処理RAP(ウバテ)、3段階式酸化池処理(ククヌバ、サンミゲル・デ・セマ) 処理能力: 45l/s(ウバテ、第1フェーズでの計画処理量) BOD除去率: 66%(ウバテ) 80~85%(ククヌバ) 対象となる下水量と集水域面積はCARに概算データあり 汚泥処理方法: 埋め立て(ククヌバ)、乾燥(ウバテ) 下水路: 暗渠 排水量: 37l/s(ウバテ) 処理下水放出先: 河川
土壌浸食	土壌浸食地域面積: CARに概算データあり
主要産業	農業/酪農業/石炭採掘・コークス製造
主要インフラ	道路/河川・湖/貯水池/上水道/下水道/廃棄物埋立処分場/ゴミ捨て場/灌漑排水・取水堰/船着場
対象となる環境問題	湖水面の低下、土壌の河川・湖への流出と湖底の上昇(貯水量減少)/土壌浸食/農業による汚染(水質悪化)/各種排水による富栄養化と有機汚濁(水質悪化)/富栄養化による水草の繁茂(貯水量減少、船舶往来への障害、取水への影響、生態系への悪影響等)
工場等汚濁物排出源	生活排水/酪農工場/農業/肥料/浸食土壌 等
その他特記すべき事項	農業の影響に注意 石炭開発・コークス工場やゴミ処理場等の影響も考慮する

(2) プロジェクトのコンポーネントと計画規模

プロジェクトの主要コンポーネント (開発行為)	プロジェクトの形態 新規/改善	備考
集落・工場排水処理計画	新規及び改善	コンポーネントの各項目はS/Wに基づく
自然資源の合理的利用計画	改善	
湖水水質管理・改善計画	改善	
水草処理対策	改善	
環境教育	改善	
組織・制度づくり	新規	

(3) プロジェクト立地環境表 (SD)

- 1) プロジェクト名：フケネ湖周辺環境改善計画調査
- 2) プロジェクト対象地域の社会立地条件

土地所有／利用形態・制度	平地では比較的裕福な農民による牧畜が営まれ、傾斜地では零細農家の農地が分布。法的には湖縁辺から30m以内の陸地は国有地と定められるが不法占拠者あり。
経済活動	酪農、ジャガイモ・ニンジン・サヤエンドウ栽培等の農業（傾斜地含む）、酪農工場、屠殺場、石炭開発、コークス製造等。
慣行制度（水利権等）	水利権付与はCARの権限。
地域住民	湖周辺の陸地化した地域への不法侵入者（貧困層含む）あり。山間部・傾斜地域に貧困層多し。
公衆衛生	飲料水の水質悪化。
人口	約16万人（チキンキラ3万8,000人、大ウバテ3万1,000人等；地域内の14市町村1993年の統計）。
その他	

3) 自然環境

気 候	気候の変動少ない。年平均気温14℃（ボゴタ市）。年間降雨量800～1,000mm（東部山系）。約3か月ごとに雨期、乾期が入れ替わる。 雨期：4～5月、10～12月中旬 乾期：12～2月、6～9月
地形・地勢	アンデス東部山系に位置。フケネ湖の高度2,580m（東経73°734′、北緯5°467′）。
水文・排水環境	灌漑・排水用水路、河川、湖内での水草類の繁茂。ウバテ川（流入河川）とスアレス川（流出河川）流域を含めた1,750km ² の農牧地帯を対象。
土 壌	土壌浸食、流出土壌のフケネ湖への堆積。
植 生	農牧地開発・炭坑の坑木調達等のための森林伐採。CAR-GTZによる植林事業（アカシア類等）。かつての植林地ユーカリ林あり。
貴重な生物種・自然	パラモ（水源涵養林、生物多様性の見地から）。フケネ湖には絶滅又は絶滅に瀕する鳥類・魚類あり。
その他	

4) プロジェクト地域内に注意を要する地域又は環境条件の有無

	プロジェクト地域内	プロジェクト地域外 (近傍)	備考
特別な地域指定:			
S1. ワシントン条約対象となる動植物の生息地	(不明)	(不明)	
S2. ラムサール条約該当湿地	(不明)	(不明)	環境庁が現在検討中
S3. 国立公園、自然保護地域等	(有)	(有)	CAR指定の保護区
S4. その他			
社会立地:			
S5. 先住民・少数民族居住地(遊牧民)	(無)	(不明)	
S6. 史跡、文化財、景勝地の有る地域	(無)	(不明)	
S7. 負の影響大な経済活動が有る地域	(有)	(有)	酪農工場、屠殺場、農牧業
S8. その他			
自然立地			
S9. 乾燥・半乾燥地域(サバンナ、レンジランドを含む)	(無)	(無)	
S10. 熱帯雨林地域、パラモ	(有)	(有)	パラモは特に重要
S11. 湿地・泥炭地			
S11-1. 湿地	(有)	(有)	フケネ湖周辺は重要な生態系 水鳥にも要注意
S11-2. 泥炭地	(有)	(有)	
S12. 海浜・沿岸部			
S12-1. マングローブ林帯	(無)	(無)	
S12-2. サンゴ礁	(無)	(無)	
S13. 山岳地帯・急傾斜地・受浸地・後背地	(有)	(有)	GTZ-CARによる浸食防止のプロジェクト
S14. 閉鎖水域(湖沼・人造池)	(有)	(有)	
S15. その他			

5) 域内・周辺地域・類似地域での開発による環境への重大な影響事例などの特記事項

- a. 農地・放牧地獲得、炭坑坑木調達等のための森林伐採による土壌浸食
- b. 河川やフケネ湖への土壌堆積と湖底の上昇(湖水面・貯水量の減少)
- c. 酪農工場等からの工場排水、農村集落等からの生活排水その他からの下水による有機汚濁・富栄養化とそれに伴う水草の大繁殖(水量の減少、生態系悪化等への影響)
- d. 都市排水処理施設の未整備による下水放流先である河川の水質汚染の加速(ボゴタ川流域)

(4) 合同スクリーニング結果

- 1) プロジェクト名：フケネ湖周辺環境改善計画調査
- 2) 対象国名：コロンビア
- 3) 本格調査での環境配慮の必要性

開発行為	開発形態	環境配慮の必要性	備考
集落・工場排水処理計画	新規	有	環境配慮必要性の根拠は1993年第99法と1994年第1753号政令を参照。 CARが開発事業の主体となる場合は、環境省から環境ライセンスを取得しなければならない。しかし環境管理を目的とした事業をCARが行う場合は、環境ライセンス取得の必要はない。したがって今回の調査では、環境影響評価は法的には義務とされない。
	改修	有	
自然資源の合理的利用計画	新規	有	
	改修	有	
湖水水質管理・改善計画	新規	無	
	改修	無	
水草処理対策	新規	有	
	改修	有	
環境教育	新規	無	
	改修	無	
組織・制度づくり	新規	無	
	改修	無	

4) 特別な地域指定の有無

プロジェクト地区内 プロジェクト地区外
(周辺影響地区)

- a. ワシントン条約該当動植物種 (不明) (不明)
- b. ラムサール条約該当湿地 (不明) (不明)

1998年中に本条約に該当する国内の湿地帯が少なくとも一つ指定される予定。

- c. 国立公園・自然保護地域等 (有) (有)

現行の保護地区1か所あり。計画中のものも含めて合計5か所あり。

5) スクリーニング項目

スクリーニング項目	環境要素小項目 (起こりうる環境影響の例)	評定結果	備考 (根拠)
環境大項目			
I. 社会環境			
1. 社会生活 関連住民の住民生活、経済活動、交通、コミュニティー、制度・慣習等の既存の社会生活に悪影響を及ぼさないか	<ul style="list-style-type: none"> * 計画的住居移転 * 非自発的な住居移転 * 住民間の軋轢 * 先住民・少数民族・遊牧民への悪影響 * 人口増加 * 人口構成の急激な変化 * 水利権・漁業権の再調整 * 組織化等の社会構成の変更 * 生活様式の変化 * 経済活動の基盤移転 * 経済活動の転換・失業 * 所得格差の拡大 * 既存制度・慣習の改革 	有	下水・水草処理場や処理方法の影響 水利用者の既存制度習慣への影響
2. 保健・衛生 関連住民の保健状況等に影響を及ぼさないか、あるいは水関連の疫病を引き起こさないか	<ul style="list-style-type: none"> * 農薬使用量の増加 * 風土病の発生 * 伝染性疾患の伝播 (住血吸虫・マラリア・オンコセルカ・フィラリア等の疾病) * 残留毒性 (農薬等) の蓄積 * 廃棄物・排泄物の増加 	有	水草や汚泥の汚染の可能性 水草や汚泥処理量の増加
3. 史跡・文化遺産・景観等 歴史的、考古学的、景観的、科学的等の特有な価値を有する地域あるいは特別な社会的価値のある地域かどうか	<ul style="list-style-type: none"> * 史跡・文化遺産の損傷・破壊 * 貴重な景観の喪失 * 埋蔵資源への影響 	無	特に問題となる場所はない
II. 自然環境			
4. 貴重な生物・生態系地域 貴重な生物・生態系を有する地域かどうか	<ul style="list-style-type: none"> * 植生変化 * 貴重種・固有動植物種への影響 (貴重か固有な動植物の減少、絶滅) * 湿地・泥炭地の消滅 * 熱帯林・ワイルドランドの消滅 * サンゴ礁の破壊 * 有害生物の侵入・繁殖 * 生物種の多様性 * マングローブ林の破壊 	有	植物相の変化 動植物相情報の収集の必要性が高い
5. 土壌・土地 土地の荒廃、土壌浸食、土壌汚染等を招かないか	<ul style="list-style-type: none"> * 土壌塩類化 * 土壌浸食 * 土地の荒廃 (砂漠化を含む) * 地盤沈下 * 土壌肥沃度の低下 * 土壌汚染 	無	土壌浸食・汚染対策にかかわるプロジェクトである
6. 水文・質等 河川、湖沼の表流水、地下水あるいは大気に悪影響を及ぼさないか	<ul style="list-style-type: none"> * 表流水の流況変化 (水位) * 湛水・洪水の発生 * 土砂の堆積 * 水質の汚染・低下 * 舟運への影響 * 大気汚染 * 地下水の流況・水位変化 * 河床の低下 * 富栄養化 * 塩水の浸入 * 水温の変化 	無	正の影響大
総合評価		要	

(5) 合同スコーピング結果

I. プロジェクト名：フケネ湖周辺環境改善計画調査

II. 社会環境

環境項目	評 定			補 足	今後の調査内容
	集落・工場排水処理計画	自然資源の合理的利用計画	水草処理対策		
1. 社会生活					
(1) 住民生活					
計画的な住民移転	A		B	処理場建設用地 汚泥・水草処理量	下水と水草処理場の位置・環境・処理量 土地利用状況
非自発的な住民移転	C	B	C	水位の変化による移転	住民の土地利用状況 住民の生活環境
生活様式の変化	C	B	C		同上
住民間の軋轢					
先住民・少数民族・遊牧民					
その他					
(2) 人口問題					
人口増加					
人口構成の急激な変化					
その他					
(3) 経済活動の基盤移転					
経済活動の転換・失業					
所得格差の拡大					
その他					
(4) 制度・習慣					
水利権・漁業権の再調整		A		灌漑水の最適利用	灌漑水利用状況の実態
組織化等の社会構造の変更		B		水利用者組合などのかかわり	水利用者の構成
既存制度・習慣の改革		A			水利用者の組織・慣習
その他					
2. 保健・衛生					
農薬使用量の増加					
風土病の発生					
伝染性疾病の伝播					
残留毒性（農薬等）の蓄積	B		A	水草中の重金属濃縮についての分析データあり	汚泥や水草の毒性調査
廃棄物・排泄物の増加	A		A	廃棄汚泥・水草量の増加	処理方法・量・場所
その他					
3. 史跡・文化遺産・景観等					
史跡・文化遺産の損傷と破壊	C				特に問題となる史跡・文化遺産等はない
貴重な景観の喪失					
埋蔵資源への影響					
その他					

評定の区分 A：インパクトが予想されるため現地調査における検討が必要
 B：不明
 C：留意すべきインパクトはないものと考えられる

Ⅲ. 自然環境

環境項目	評 定			補 足	調 査 内 容
	集落・工場排水処理計画	自然資源の合理的利用計画	水草処理対策		
4. 貴重な生物・生態系地域					
植生変化	B		A	優先水草の除去	処理場の位置・規模、処理量
貴重種・固有動植物種への影響	B		B	動植物相情報の不足	動植物相
生物種の多様性	B		B	動植物相情報の不足	動植物相
有害生物の侵入・繁殖					
湿地・泥炭地の消滅	C		C		
熱帯林・ワイルドランドの消滅					
マングローブ林の破壊					
サンゴ礁の破壊					
その他					
5. 土壌・土地					
(1) 土壌					
土壌浸食		C			
土壌塩類化		C			
土壌肥沃度の低下					
土壌汚染					
その他					
(2) 土地					
土地の荒廃（砂漠化含む）					
後背地の荒廃（林地・草地）					
地盤沈下					
その他					
6. 水文・水質等					
(1) 水文					
表流水の流況変化			C	水草除去による流況変化	
地下水の流況・水位変化					
湛水・洪水の発生					
土砂の堆積					
河床の低下					
舟運への影響					
その他					
(2) 水質・水温					
水質の汚染・低下	C			有機汚濁負荷の低減	
富栄養化	C			富栄養化緩和	
塩水の浸入					
水温の変化					
その他					
(3) 大気・騒音					
大気汚染・悪臭	A		A	汚泥、腐敗水草、底泥からの悪臭	下水と水草の処理方法・処理場所
騒音	C			ポンプの音、汚泥輸送等	
その他					

評定の区分 A：インパクトが予想されるため現地調査における検討が必要
 B：不明
 C：留意すべきインパクトはないものと考えられる

2-3-4 関連する環境資料・情報

フケネ湖の水質や生態系に関する情報は、収集資料や付属資料の「訪問先及び調査内容要旨」のとおりである。そのほかに、FONDO FEN（国内電力会社基金）もコロンビアの湿地帯の情報を公開している。

調査対象地域では現在ドイツのGTZとCARによる土壌浸食対策（植林・土壌保全）のプロジェクトが展開されている。このプロジェクトは1999年末には終了する予定であるが、本格調査とこのプロジェクトが相互に補完できるような流域保全計画を策定する必要がある。

2-3-5 本格調査での環境調査に関する提言

調査対象地域での自然環境と社会環境に関する情報は、NGO、大学等の研究機関、政府各機関に散在しており環境情報の収集・整理は重要な作業である。また、CARは水文、地質、気象、土壌浸食、農業、工場排水等の数値データを数多く保有しておりデータの統合整理と精査も重要である。

2-4 調査の基本方針

(1) 事業化に対するコロンビア側の意向

フケネ湖水系はコロンビアの主要酪農地帯である周辺地域の酪農・農業用水並びに飲料水の主要供給源であり、良好な水質かつ適切な水量を維持することは地域環境保全のみならず、同国の経済にとっても重要である。したがって、CARは本件調査の終了後に円滑かつ早急な事業化を希望している。また、コロンビアは借款による資金調達を好まず、優先度の高い部分から自己資金で事業化する方針を掲げている。CARは2000年事業実施に向けて、1999年末までにはそのための予算措置を講じたい意向である。したがって、事業化に向けたCARの予算措置等の取り組み状況について適宜確認しながら進めることとする。

(2) 留意事項

調査項目に関連して、以下の項目が先方の関心事項として指摘されているので、この点を考慮して調査を行うこと。

1) 富栄養化対策

フケネ湖の富栄養化の結果、湖・河川の大部分で大量の水草が繁茂しており、河川では刈り取り処理を行っているが、抜本的な解決策とはなっていない。CARはこの事態を問題視しており、環境を破壊しない方法での水草処理（及び水草再利用）を含めた富栄養化対策を求めている。

2) 合理的水利用

調査対象地域では牧畜（牧草）と農業が主要な水の消費活動と推定されている。湖の貯水量が減少しており、対象地域における適正な水利用のための提言が必要とされる。

(3) 既存調査成果の活用

調査対象地域では、GTZの協力による植生回復と不耕起栽培普及から成る傾斜地土壌浸食対策と土壌保全に係る環境教育が実施されている（1999年末終了予定）。本件調査では、このプロジェクトの収集データ及び成果を活用することとする。

また、フケネ湖の貯水面積拡大のためにCARが行った浚渫の検討、及びCAR—地理院—GTZの協力によるタウサ市の土地利用計画等、他の調査結果を必要に応じ、検討・利用する。

(4) 既存データの活用

効率的な調査実施のために、長期的データの必要な水文・気象、水質、地形、地質等のデータ（地形図、航空写真を含む）は信頼性を確認しつつ既存のデータを最大限活用すること。

(5) CAR設備・機能の活用

CARは本件調査のデータ分析・処理に必要なGISや水質分析機器をおおむね所有している。したがって、計画策定に必要な情報処理作業は、調査団からC/Pへの技術移転を兼ねつつ、原則としてCARの担当部局又は付属研究所で行うものとする。ただし、各機関の通常業務と重複して、分析・処理に長時間を要してしまう場合は、ローカル・コンサルタント等に委託することも可とする。

(6) 関連地方政府との調整

上下水道の整備、運営、維持管理及び土地利用計画は各地方政府の管轄となっている。よって、これらの事業にかかわる計画作成にあたっては、ステアリング・コミッティを通じて関係地方政府と情報・意見交換を十分に行ったうえで、技術移転セミナー等でマスタープランの環境保全の概念及びその技術的背景の理解を得るよう努めるとともに、彼らが実施可能な水準の計画を立案することとする。

(7) 安全対策

調査団は、1998年3月にJICAが策定した安全対策措置を十分踏まえて行動することとし、フケネ湖上流域での現地踏査等の調査はC/Pやローカル・コンサルタント等に任せるなど、安全確保に十分配慮することとする。

2 -- 5 調査対象範囲

調査対象地域は、フケネ湖及び流入・流出河川流域（面積1,750平方キロメートル）とする（図2-1参照）。なお、上流域は分水嶺、下流域はCARの管轄区域境界までを対象範囲とする。

2 -- 6 調査項目とその内容・範囲

本格調査での調査項目及び内容は以下のとおりとする。

1. 既存資料収集・分析

- (1) 自然条件（地形・地質、気候、水文等）
- (2) 生態系・植生
- (3) 社会経済状況
- (4) 土地利用
- (5) 水利用
- (6) 排水・廃棄物処理、公衆衛生
- (7) 汚濁源
- (8) 関連組織・制度
- (9) 関連開発計画
- (10) 他ドナー等による関連プロジェクト
- (11) その他

2. 現地踏査

- (1) 自然・景観
- (2) 湖沼及び河川現況
- (3) 水利用実態
- (4) 土地利用実態
- (5) 関連施設現況
- (6) モニタリング体制

3. 実 査

- (1) 生態系・植生
- (2) 水文・水理
- (3) 水質・汚濁源
- (4) 湖沼堆積物
- (5) 水利用実態
- (6) 住民意識

4. 解析

- (1) 汚濁解析
- (2) 土砂流入解析
- (3) 水収支解析
- (4) シミュレーション・モデル作成

5. 環境改善計画

- (1) 水質汚濁対策
- (2) モニタリング体制
- (3) 合理的水利用計画
- (4) 土地利用計画（土砂流対策含む）
- (5) 環境教育
- (6) 維持管理組織・制度

6. 事業評価

- (1) 財務評価
- (2) 経済評価
- (3) 環境影響評価（自然及び社会・経済）

7. 段階別事業実施計画

2-7 調査工程と要員構成

2-7-1 調査工程

本格調査の期間及び工程は、S/Wに示したスケジュールに従い、全体で14か月とする。

2-7-2 要員構成

調査団は、M/Mで示すように、おおむね以下の分野の専門性を有する団員で構成することとする。

- ① 総括／環境管理計画
- ② 富栄養化
- ③ 水質汚濁対策
- ④ 水質モニタリング
- ⑤ 水文・水理
- ⑥ 自然資源利用
- ⑦ 流域管理・土地利用計画（GIS）
- ⑧ 排水処理施設・公衆衛生

- ⑨ 生態系
- ⑩ 社会・経済
- ⑪ 環境教育／住民参加
- ⑫ 財務計画
- ⑬ 業務調整

2-8 調査実施上の留意点

2-8-1 水質汚濁対策

- ・特に早急な対応が必要と想定される農薬（特にパラモにおける大量使用）と放牧されている家畜の糞尿による水質汚濁状況の調査を行い、有効な汚濁防止策を提言することとする。
- ・CARが求めている効果的かつ生態系を損なわない水草の除去に向けて、現行の水草処理方法を見直すとともに、水草草体への有害物質の蓄積状況を踏まえたうえでの処理及び再利用方法を検討する必要がある。

2-8-2 土壌浸食と土地利用

- ・CAR-GTZにより農地の浸食防止プロジェクトが現在実施されており、流域の土壌浸食の問題は軽減されつつある。湖の土砂堆積に及ぼすこのプロジェクトの影響について評価する必要がある。
- ・農地以外の浸食による湖への土砂堆積に及ぼす影響について評価する必要がある。
- ・土地利用計画策定の権限をもつ流域内の自治体が土地利用計画を策定するにあたり、流域の環境維持と浸食防止に寄与するガイドラインの作成が望まれる。特に、農業利用が禁止されている水源涵養地であるパラモにおけるジャガイモ栽培が大きな問題であり、このパラモを保護する視点からの土地利用ガイドラインが必要であると思われる。
- ・CAR-GTZのチェックア・プロジェクトでは、1998年に地域農民にプロジェクトの効果と普及の程度をアンケート調査し、その結果は現在取りまとめられている。浸食防止対策地域を更に拡大するため、この調査結果は参考とすべきである。
- ・湖への土砂流入量の軽減、堆積土砂の排除について検討する必要がある。このため、CARが実施したフケネ湖浚渫に係る調査結果をレビューする。

2-8-3 水管理・水収支

- ・CARは、20年以上にもわたる気象・水文観測結果をデータベース化して保存しており、このデータを有効に利用した解析が必要である。
- ・地下灌漑について灌漑用水量を評価する必要がある。作物の消費水量、灌漑水量の制限、将

来の実証試験の実施などを含めて慎重な調査と検討が必要である。

- ・湖周辺では、地下水流動も大きなファクターであると思われる。しかし、地下水流動の解析に必要な地盤の透水係数のデータはないため、地下水位観測井戸を利用して、水位回復法によって透水係数を求めることが推奨される。
- ・環境上問題となっているフケネ湖の水位の低下を最小限とするアト貯水池と湖群を連結した運用シミュレーションを行い、貯水池群の操作計画を策定する必要がある。
- ・CARによって行われている水門操作を含む流域の水管理は1999年末に水利用者団体に移管され、将来の水管理はこの水利用者組合が実行することになっていることを考慮する必要がある。

2-8-4 その他

- ・フケネ湖では湖水面積の減少によって湖の一部が陸化し、この陸化部への不法侵入が起きていることは注意を要する。

付 属 資 料

資料1. コロンビア政府からの要請書 (T/R)

資料2. S/W、M/M (英文・西文)

資料3. 主要面談者リスト

資料4. 面談議事録

資料5. 収集資料リスト

資料6. CAR所有機材リスト

資料7. ローカル・コンサルタント及び生態系関連NGOリスト

資料8. Q/N

資料1. コロンビア政府からの要請書 (T/R)

コロンビア共和国
フケネ湖周辺農村環境整備計画調査
調査実施要領 (T/R)

クンディナマルカ地方自治公社
(CAR)

技術協力要請書（開発調査）

要 請 者：コロンビア国政府

案 件 名：フケネ湖周辺農村環境整備計画

責 任 機 関：環境省 (Ministerio del Medio Ambiente)

実 施 機 関：クンディナマルカ自治開発公団

Corporacion Autonoma Regional de las Cuencas de los Rios Bogota,
Ubate y Suarez (CAR)

援助要請先：日本国政府

1. 計画の背景

コロンビア国は、エクアドルから続くアンデス山脈が3つの文脈に分かれて南北に走っており、それぞれ西山脈、中央山脈、東山脈と呼ばれ4,000~5,000m級の高峰を有する。

気候は標高による垂直分布で異なり、低地では平均気温24℃を超える熱帯性気候であるが、1,000m上がるごとに暖温帯、冷涼帯と移り、標高3,000mを超えると寒帯気候となり、平均気温は8℃以下となる。

国土の約25%を占めるアンデス高原地域では、傾斜地域が多いが農業活動が盛んで、現在全農業者の80%が従事しており、農業生産額の65%を占めている。しかし、本地域ではスペイン植民以前から続く開畑又は牧畜のための山林大規模伐採が原因で、広範囲で土壌浸食が進行しており、農業生産性の低下のみならず、生活環境の悪化、生態系バランスの変化といった問題が顕著化している。

このため、「コ」政府は、土壌調査・地図作成を行う国土地理院、気象観測や土壌浸食試験を実施する水文気象環境情報庁（環境省）、農地浸食防止技術の開発を担当する農業試験局（農業農村開発省）、各州単位で保全事業を実施する自治開発公団（環境省）等を通して、傾斜地域の農地保全対策プロジェクトを実施している。

なお、首都ボゴタがあるクンディナマルカ（CUNDINAMARCA）県には、CAR（Corporacion Autonoma de las cuencas de los Rios Bogota, Ubate y Suarez）自治公団があり、ドイツの協力によって浸食地復旧事業に取り組んでいるが、主活動は丘陵地の農地保全技術と、農民参加による営農・生活の改善に置かれており、下流平坦地域を含んだ流域全体の抜本的な

保全・開発には至っていない。

下流平坦地域では、川や湖の上砂堆積が酷く、フケネ湖では加速度的に貯水面積を減らしている。また、流域内の農村集落からの下水による不適当な集積分が湖に流入しており、湖の富栄養化及び水生植物・浮き草の繁茂が湖水環境を悪化させている。

CARではこのような下流地域の農村環境改善を最優先プロジェクトとして位置付け、早期の実施を図るため、日本の技術協力に期待し要請するものである。

2. 地区の目的及び内容

(1) 計画の目的

CARが管理・運営しているフケネ湖周辺を含むウバテ川・スアレス川の下流域農村地帯約30,000haにおいて、資源の管理・保全及び回復を図るため、湖水環境保全、集落排水対策及び傾斜地域における小規模灌漑方法等について開発計画を樹立する。

これにより、地域農民達の農業生産の向上を図ると共に、地域住民の生活環境の改善、流域内の自然環境の保全を図るものである。

(2) 計画の内容

フケネ湖周辺の農村地帯の自然環境及び農村生活環境整備計画を立てるため、以下の調査・計画を実施する。

- －フケネ湖及びククヌバ湖の堆積物の量を把握するための深淺測量調査
- －湖の復元を図るための浚渫工法、浚渫量の計画
- －湖面の水草処理対策
- －流域内にある集落排水施設の計画
- －傾斜地灌漑プロジェクトへの技術協力、設計
- －荒地及び湿地の管理と耕作方法の技術的助言
- －受益地農民に対する短期講習、セミナー開催を通じた技術の移転

3. 計画実施機関

本計画の実施機関及び管理機関は、環境省 (Ministerio del Medio Ambiente) に属するCAR (Corporacion Autonoma de las cuencas de los Rion Bogota, Ubate y Suarez) である。

本機関は、職員数約400名で出先事務所としてチキンキラ市に管理事務所があり、ここには管理用機械 (ブルドーザー、バックホウ、ドラッグライン等) のモータープールがある。

また、ウバテ市には管理出張所があり、各事務所には技術職員が配置されており、維持管理

体制は整っている。

4. 調査計画

(1) 調査対象地域

調査対象区域は、首都ボゴタから北方へ約100kmに位置し、ウバテ市とチキンキラ市にあるウバテ川流域、フケネ湖周辺及びスアレス川流域の約30,000haである。

本地区に関連する都市、集落は上流よりククヌバ、ウバテ、レンガサケ、スサ、サンミゲル・デ・セマ、シミハカ、チキンキラである。これらの都市はフケネ湖を境として、クンディナマルカ県とボヤカ県に跨っている。

(2) 調査の概要

調査は大きく分けて下記の二段階に分類できる。

段階-1 調査対象地域の現状を把握するとともに、既存資料、各種データより地区内の問題点を洗い出し、開発基本構想を樹立する。

段階-2 問題点解決に必要な補足調査を実施するとともに、開発基本構想に基づいた開発計画を立てる。また、本計画における評価、効果を明らかにする。

なお、政府機関関係者への技術移転は、上記の段階1、2を通じて実施される。調査の各々の作業内容は以下の項目からなる。

1) 段階-1

① 資料収集、現地調査

以下の事項について既存資料の収集を行うとともに、必要な現地調査を実施する。

- a. 地形および地質
- b. 気象および水文
- c. 地形図作成、深淺測量
- d. 農牧業の現況、土地利用状況
- e. 各河川・湖沼の水資源活用調査、水質調査
- f. 湖沼堆積物調査
- g. 既存施設の利用状況
- h. 灌漑及び排水状況調査
- i. 農業経済および地域経済

- j. 地域内の集落の生活環境調査
- k. 当該分野の国家開発計画および地方開発計画
- l. 既存調査報告書のレビュー

② 開発基本構想の樹立

地域全体の農村環境に係る開発基本構想の検討

③ 技術移転

2) 段階－2

① 補足調査および開発計画

段階－1の地形図作成、測量成果を基に補足調査を実施するとともに、以下の諸計画を作成する。

- a. 開発基本計画
- b. 計画土地利用と農牧業生産計画
- c. フケネ湖の水草対策及び浚渫計画
- d. 集落排水の処理計画
- e. 流域内の環境整備計画
- f. 事業実施計画および概算工事費
- g. 維持管理計画
- h. 経済評価

② 技術移転

③ 調査報告書の作成

3) 政府による便宜供与

コロンビア政府は調査団に対して次の便宜を供与する。

- a. カウンターパートの配置
- b. 事務所及び必要な備品類の提供
- c. 調査活動に必要な装備やサービスの提供
- d. 本プロジェクトに関する技術的な資料、データの提供
(1/50,000地形図、気象観測データ、河川流量測定データ等)

(3) 調査期間

本調査計画（案）では、会調査期間は14ヶ月を要する。この内、第一期作業は7ヶ月、第二期作業は6ヶ月を要する。その後、最終レポート草案に対する当国政府のコメントを加味して仕上げるまでに1ヶ月を要する。

これらを表に纏めれば、以下の通りである。

項 目	月 別 工 程													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Phase 1														
資料収集														
現地踏査														
基本構想の決定														
地形図作成・測量														
技術移転														
国内解析														
Phase 2														
補足調査														
分析、検討														
開発計画樹立														
経済評価														
技術移転														
国内解析														
報告書の作成														
インベションレポート	▲													
プログラムレポート			▲											
インテリゲンレポート							▲							
ドラフトファイルレポート													▲	
ファイルレポート														▲

----- 現地調査 ===== 国内作業

REPUBLICA DE COLOMBIA

PROYECTO DE DESARROLLO RURAL EN LOS
ALREDEDORES DEL LAGO FUQUENE

DOCUMENTO PARA SOLICITUD
DE COOPERACION TECNICA

(BORRADOR)

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS
DE LOS RIOS BOGOTA, UBATE Y SUAREZ (CAR)

SOLICITUD DE COOPERACION TECNICA

(Terminos de Referencia)

SOLICITANTE: GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA

NOMBRE DEL PROYECTO: PROYECTO DE DESARROLLO RURAL EN LOS ALREDEDORES DEL LAGO FUQUENE

ORGANISMO RESPONSABLE: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ORGANISMO EJECUTOR: CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUND CUENCAS DE LOS RIOS BOGOTA, UBATE Y SUAREZ (CAR)

PAIS SOLICITADO: GOBIERNO DE JAPON

1 PERFIL DEL PROYECTO

Colombia está atravesado por la cordillera de Los Andes desde el norte hasta el sur continuando hacia Ecuador a la vez esta cordillera se divide en la cordillera Occidental, Central y Oriental ambas paralelas, presentándose picos muy elevados de 4,000 a 5,000 metros de altura.

El Clima es muy variado de acuerdo a la altura. La región baja posee un clima tropical con una temperatura media de 24 grados centígrados. En cada elevación de mil metros, el clima cambia de clima cálido, templado y hasta clima frío después de los 3,000 metros con una temperatura media de 8 grados ó menos.

La región andina ocupa aproximadamente el 25% del territorio nacional, en esta región las actividades agrícolas son predominantes a pesar de que existen muchas vertientes y se encuentra el 80% de todos los productores agrícolas del país, ocupando el 65% de toda la producción agrícola nacional. En estas condiciones, sin embargo, resaltan cada vez mas los problemas de erosión en una área muy amplia, debido a la deforestación a gran escala producida para obtener áreas para cultivo y ganadería, la cual se remonta desde la época de colonización española, siendo un problema que provoca la disminución de la producción agrícola, deterioración del medio ambiente causando un desequilibrio ecológico.

Por consiguiente, el Gobierno de Colombia esta realizando algunos proyectos para la conservación de tierras en pendiente, por medio de varias instituciones, tales como el Instituto Geográfico Nacional encargado de estudios de suelo y mapa, Instituto de Informaciones de Hidrología, Meteorología y Medio Ambiente (Ministerio de Medio

Ambiente) como ejecutor de pruebas de erosiones, Instituto de Investigaciones Agrícolas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural) encargado del desarrollo de tecnología para evitar erosiones en el área de cultivo, Corporaciones Autónomas Regionales (Ministerio del Medio Ambiente) para la realización de obras de conservación en cada departamento.

Bogotá la capital de la República se encuentra en el Departamento de Cundinamarca, en dicho departamento la CAR (Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Bogotá, Ubaté y Suárez) esta ejecutando la recuperación de terrenos erosionados mediante la Cooperación Alemana, centrandose sus actividades en la tecnología de conservación de tierras para uso agrícola y el mejoramiento del nivel de vida por medio de la explotación agrícola a través de la participación de los agricultores, sin embargo estas actividades de conservación y desarrollo agrícola solo se ejecutan en la cuenca superior de los Ríos Ubaté, Bogotá, y Suárez excluyéndose por así la cuenca inferior.

En la cuenca inferior se presenta suficiente sedimentación de arenas provenientes de los ríos y lagunas y esta disminuyendo en forma acelerada el área del agua embalsada del Lago Fuquene. Además por medio de las aguas negras procedidas de las comunidades de la cuenca, un exceso de nutrientes llega al lago y fomenta un crecimiento exagerado de plantas acuáticas y algas, afectando el medio ambiente del Lago.

CAR considera que este proyecto es prioritario para lograr el mejoramiento del ambiente en las comunidades de la cuenca inferior, por lo cual deberá ser realizado en forma urgente, motivo por el cual presentamos esta solicitud para la cooperación técnica al Gobierno de Japón.

2 OBJETIVOS Y CONTENIDO DEL PROYECTO

- (1) La CAR controla y administra una zona de 3,000 hectáreas aproximadamente en la cuenca inferior de los ríos de Ubaté y Suárez, incluyendo los alrededores del Lago Fuquene. Con el fin de controlar, conservar y recuperar los recursos de dicha zona, se elaborará un proyecto de desarrollo respecto a la conservación del ambiente del Lago, sistema de drenaje de las comunidades y el sistema de microirrigación en las zonas de declive.

Mediante la ejecución del Proyecto, se pretende incrementar la producción agrícola en las comunidades locales, además de mejorar el ambiente comunitario y la conservación del medio ambiente de la cuenca.

- (2) Contenido del Proyecto

Para formular el Proyecto del mejoramiento del medio ambiente y del ambiente comunitario de la zona rural ubicada en los alrededores del Lago Fuquene, se realizarán los siguientes programas y estudios:

Medición de profundidad para identificar el volumen de la sedimentación en

- los Lagos Fuquene y Cucunuba
- Metodología y volumen de dragado para recuperar las condiciones originales de los lagos
- Medidas contra las plantas acuáticas de la superficie
- Sistema de drenaje para las comunidades de las cuencas
- Cooperación técnica y diseño del proyecto de sistema de riego en las zonas de declive
- Asesoramiento técnico para el manejo de las tierras azoladas y pantanosas y el cultivo en dicha zona
- Transferencia de tecnología para los productores de la zona beneficiaria mediante cursos de corto periodo o seminarios

3 ORGANISMO EJECUTOR DEL PROYECTO

El organismo ejecutor y administrativo del presente Proyecto es la CAR (Corporación Autónoma de las Cuencas de los Ríos Bogotá, Ubaté y Suárez), que es dependiente del Ministerio del Medio Ambiente.

En este organismo trabajan aproximadamente 400 funcionarios, tiene una oficina regional en la Ciudad de Chiquinquirá, donde se guardan los equipos pesados (tractores, excavadoras, dragalíneas, etc). En la ciudad de Ubaté, existe una oficina local, en cada oficina se han distribuido personal técnico que forma parte del sistema de mantenimiento.

4 PLAN DEL ESTUDIO

(1) Area del Estudio

El área del Estudio se encuentra a unos 100 km. de Bogotá, capital de la República, hacia el norte con una extensión de 30,000 hectáreas aproximadamente, abarcando la Cuenca del Río Ubaté que se encuentra en la ciudad Ubaté y Chiquinquirá, los alrededores del Lago Funeco y la Cuenca del Río Suárez.

Las ciudades y comunidades relacionadas con el área del estudio son Cucunuba, Ubaté, Lenguaque, Susa, San Miguel de Sema, Simijaca y Chiquinquirá señaladas en orden de situación geográfica desde de la Cuenca Superior hasta la Cuenca Inferior, estas ciudades pertenecen a los Departamentos de Cundinamarca y Boyacá que se limitan mediante el Lago de Funeco.

(2) Perfil del Estudio

El estudio consiste en las dos siguientes fases:

Fase I: Elaborar el concepto básico de desarrollo mediante el análisis de la situación actual del área y recolección de datos e informaciones existentes para identificar los problemas del área

Fase II: Formular un plan de desarrollo de acuerdo al concepto básico, realizando

los estudios complementarios que sean necesarios para resolver los problemas. Además, aclarar la evolución e identificar los efectos del Plan.

La transferencia de tecnología al personal de las Instituciones del Gobierno se llevará a cabo en curso de las Fase I y II.

Las actividades de cada fase son las siguientes:

1) Fase I

① Recolección de datos y estudios en campo

Recoleccionar los datos existentes y realizar estudios necesarios de campo con respecto a los siguientes puntos:

- a Topografía y geología
- b Meteorología e hidrografía
- c Elaboración de mapas topográficos y medición de la profundidad
- d Situación agropecuaria y uso de tierra
- e Estudios sobre el aprovechamiento de los recursos hídricos en los ríos y lagos y la calidad de agua
- f Estudios sobre la sedimentación del lago
- g Uso de las instalaciones existentes
- h Situación del riego y drenaje
- i Economía agrícola y regional
- j Estudios del ambiente comunitario del área
- k Plan Nacional de Desarrollo y Plan Regional de Desarrollo
- l Revisión de los informes existentes

② Establecimiento del concepto básico para el desarrollo

Análisis del concepto básico para el desarrollo con respecto al ambiente rural de toda el área

③ Transferencia de tecnología

2) Fase II

① Estudios complementarios y planes del desarrollo

Realizando estudios complementarios en base al resultado de los levantamientos topográficos y elaboración de mapas en la fase I, se formularán los siguientes planes:

- a Plan básico de desarrollo
- b Plan del uso de tierra y plan de la producción agropecuaria
- c Medidas contra las plantas acuáticas del Lago de Fuquene y plan de dragado
- d Plan para el tratamiento de aguas negras de las comunidades
- e Plan de mejoramiento del medio ambiente dentro de la cuenca

- f. Plan de ejecución del proyecto y estimación del costo
- g. Plan de mantenimiento y administración
- h. Evaluación económica

- ② Transferencia de tecnología
- ③ Elaboración de los Informes del Estudio
- 3) Compromisos del Gobierno de Colombia

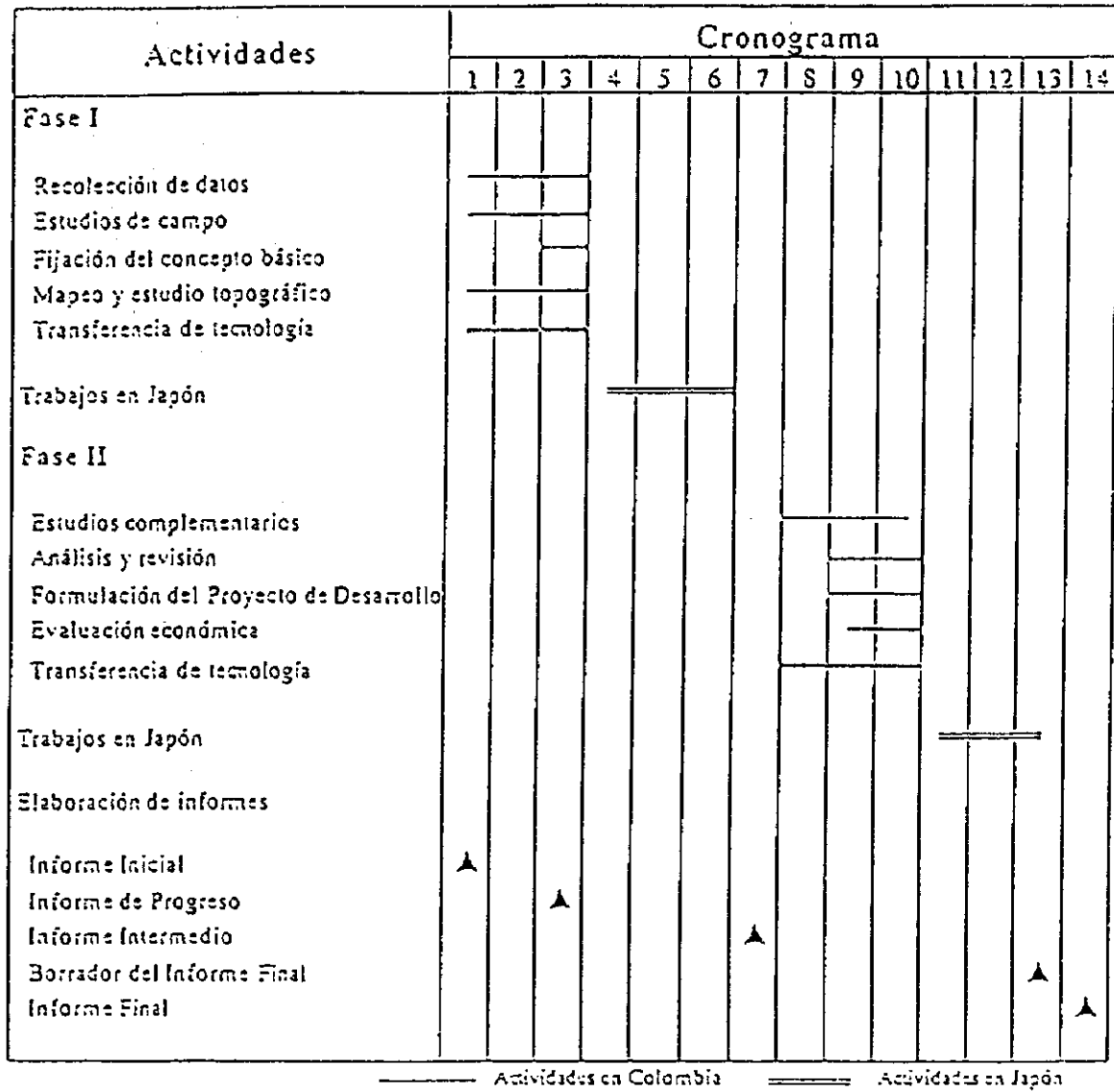
El Gobierno de Colombia tomará las siguientes medidas a favor de la Misión Japonesa del Estudio

- a. Asignación del personal de contraparte
- b. Preparación de oficinas con equipos necesarios
- c. Prestación de servicios y equipos necesarios para el Estudio
- d. Presentación de informaciones y datos técnicos relacionados con el Proyecto (mapas topográficos 1/50,000, datos meteorológicos, datos hidrológicos, etc.)

- (3) Periodo de Ejecución del Estudio

El plan de Estudio (borrador) necesitará un periodo de 14 meses. La primera fase necesita 7 meses y la segunda 6 meses, y posteriormente se necesitará 1 mes para completar el Informe Final, considerando los comentarios del Gobierno de Colombia sobre el Borrador del Informe. El cronograma de actividades para la ejecución del estudio es el siguiente:

Cronograma de Ejecución de Actividades del Estudio







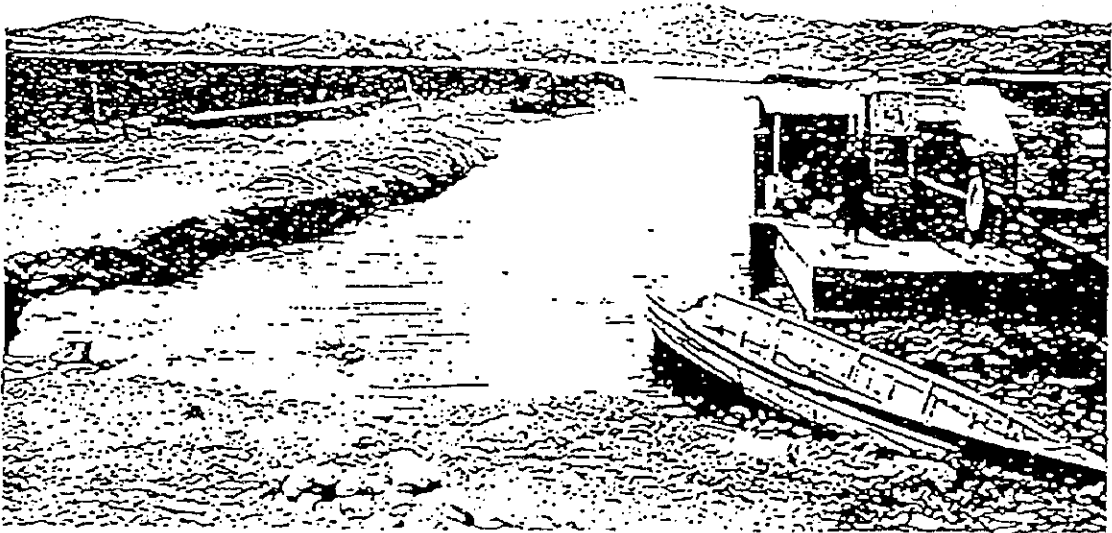
湖富栄養化の伴う水草、葦の繁茂



葦群の中に設けられた自然水路



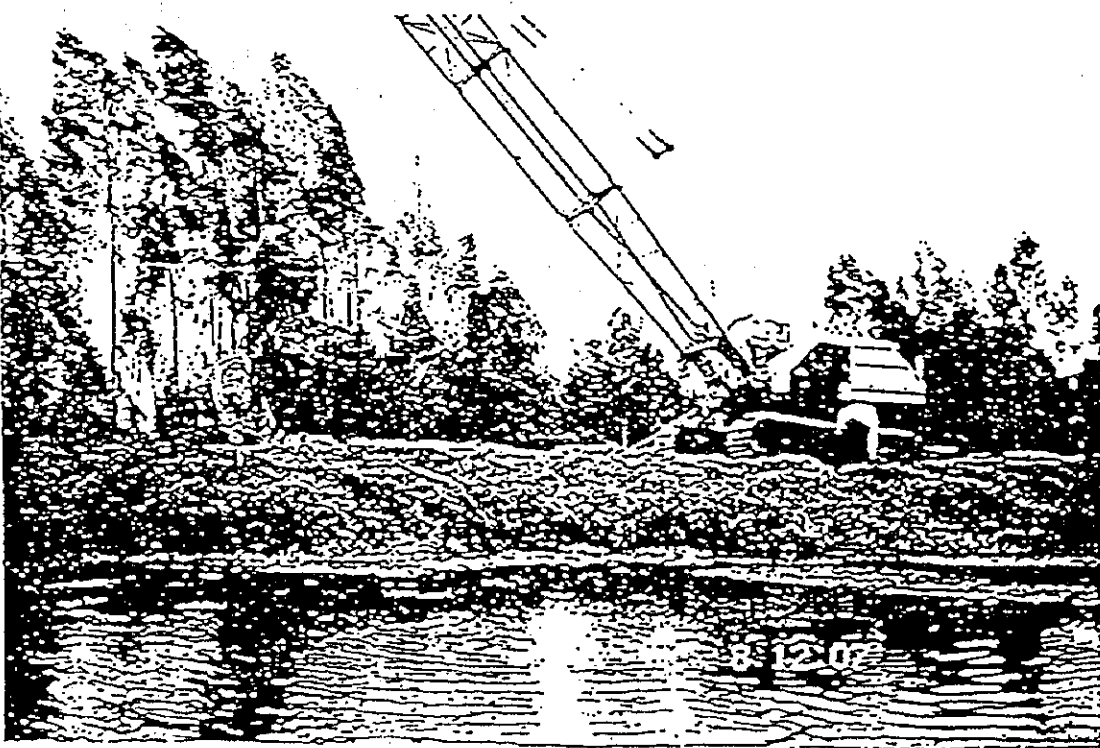
フケネ湖及び周辺山地の状況



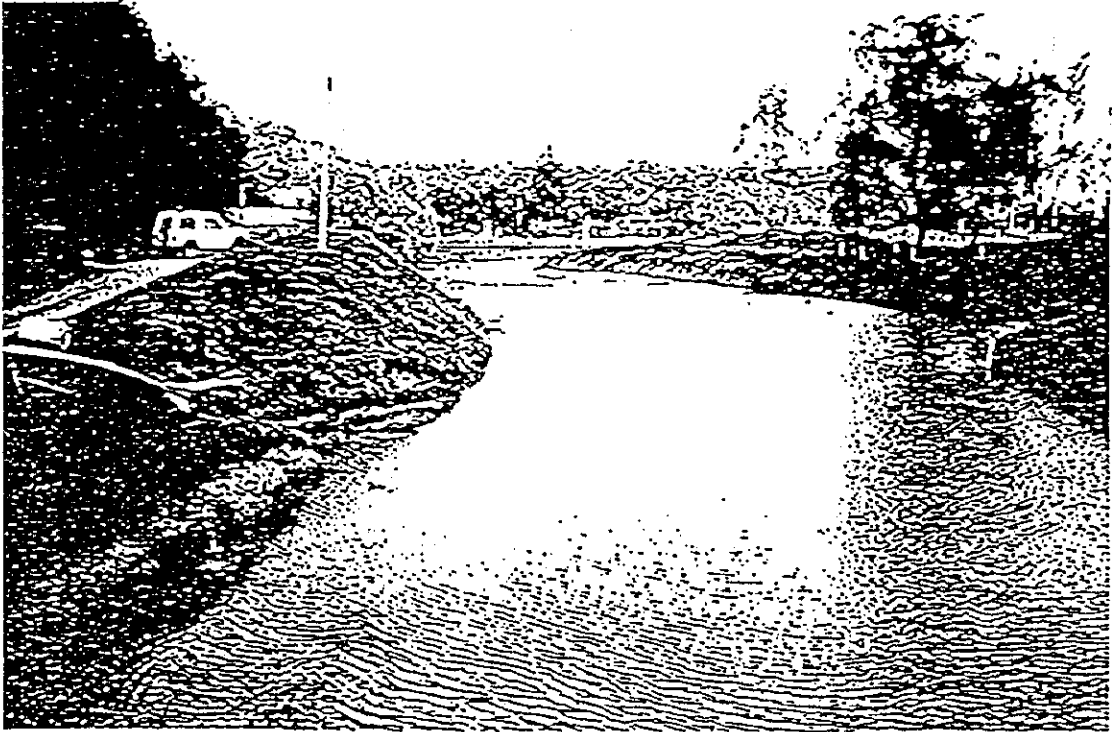
フケネ湖岸の状況



湖内の水草除去作業（水草刈取り機）



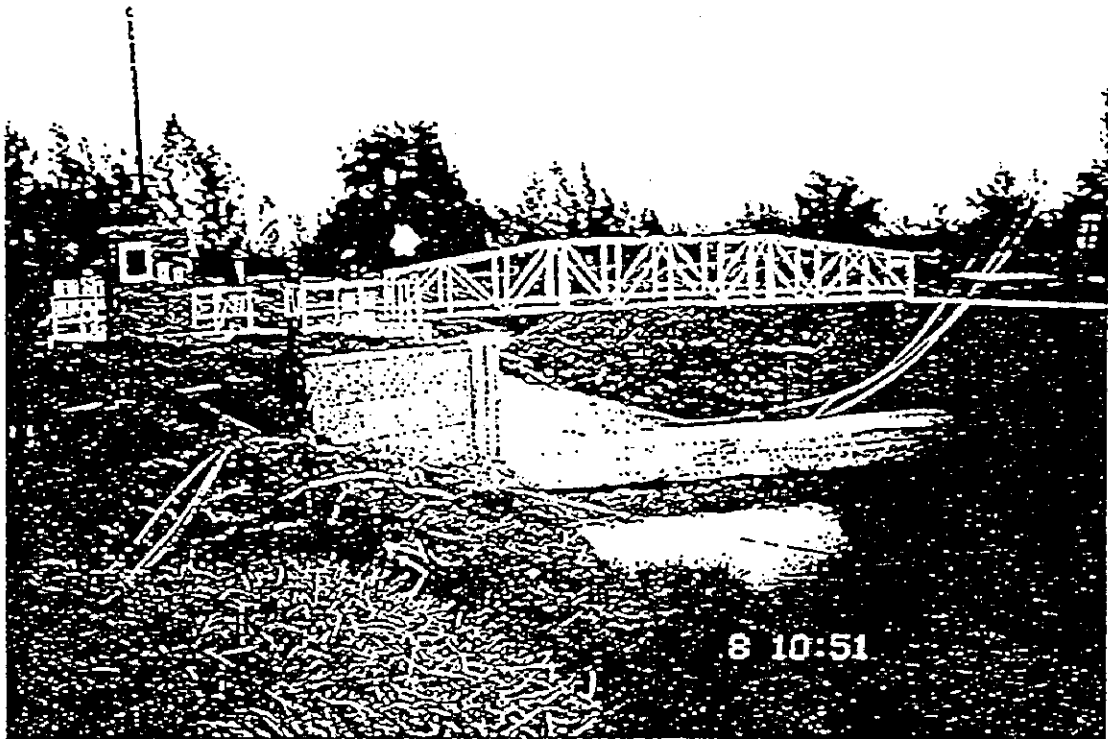
フケネ湖下流放水路の浚渫作業



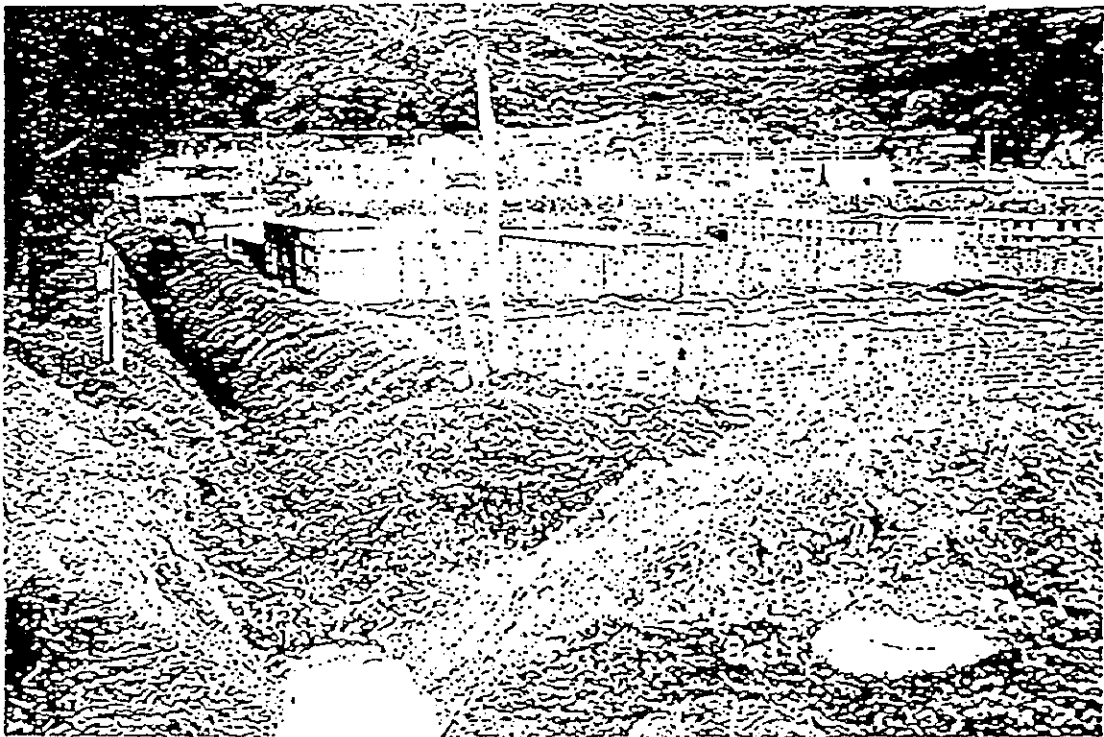
フケネ湖下流放水路の状況



フケネ湖の水位調節ゲート（チキンキラ市郊外）



灌溉用水取水堰の建設状況



ウバテ川流域集落より下水の流入



CAR チキンキラ管理事務所



チキンキラ事務所のモータープール