

コロンビア共和国

カウカ河  
フルミート水力発電開発計画  
調査報告書

1979年10月

  
電力協力事業団



コロンビア共和国

カウカ河

フルミート水力発電開発計画

調査報告書

JICA LIBRARY



1031757[6]

1979年10月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 4. 10	705
登録No. 03199	64.3
	MPN

## は し が き

日本政府は、コロンビア共和国政府の要請に基づき、同国南部のCauca及びNariño両県において緊急に開発することが望まれているRio CaucaのJulumino水力発電開発計画のフィジビリティ（見直し）調査を行うこととなり、その実施を国際協力事業団に委託した。事業団はこの水力発電計画の重要性を考慮し、1979年2月13日から3月14日に至る30日間にわたり、電源開発株式会社 山本敬氏を団長とする各分野の専門家7名から成る調査団を派遣し、コロンビア共和国政府関係機関の協力を得て、現地調査を実施した。また、本計画地点の地質調査技術援助のため3名の専門家を1979年3月から1979年8月まで派遣した。

本調査は、コロンビア共和国 Cauca 県の県都 Popayan 市附近の Pio Cauca に位置する Julumito 水力発電開発計画について、技術的及び経済的な開発の可能性について、1972年日本政府が実施した調査を基に、再び、調査研究を行ったものである。

本報告書は、現地調査及び収集した資料に基づき、帰国後調査検討を行い、その成果を取りまとめたものである。本報告書がコロンビア共和国の電源開発に寄与するとともに、日本との経済交流及び友好親善の一助となれば誠に善ばしいことである。

終わりに、今回の調査の実施に当たられた団員各位に謝意を表するとともに、熱意ある支援と協力を戴いたコロンビア共和国の政府関係機関の方々を始め外務省、通商産業省及び在コロンビア共和国日本大使館の関係者各位に対し、この機会に心より感謝の意を表わすものである。

1979年10月

国 際 協 力 事 業 団

総 裁 法 眼 晋 作



## 伝 達 状

国際協力事業団

総裁 法眼 晋作

ここにコロンビア共和国 Julumito 水力発電開発計画のフィジビリティ（見直し）調査に関する報告書を提出致します。

本調査の目的は、貴職の委託要請に従って、1972年に、海外技術協力事業団（OTCA）が実施した本計画のフィジビリティ調査報告書の見直し調査であり、電源開発株式会社の専門家が中心となって調査を行なったものであります。

本計画調査の調査団は、電源開発株式会社 山本敬を団長とする7名の専門家により編成され、1979年2月13日から3月14日までの30日間にわたり現地調査を行ないました。調査団は、1972年10月に日本政府がコロンビア共和国政府に提出した「Julumito 水力発電計画フィジビリティ調査報告書」に基づいて、現地において地形、地質、材料及び水文気象等の調査、ならびに本計画の電力供給地域の電力需要調査等を行うとともに、計画作成に必要な諸資料の収集にあたりました。

調査団は、帰国後、電力需要想定、水文解析、地質解析、発電計画、予備設計、工事費積算、経済評価および財務分析等の調査検討を行い、本計画の調査報告書を作成致しました。

Julumito 水力発電開発計画は、コロンビア共和国南部の Cauca および Nariño 両県の急増する電力需要に対処するため、同国政府が緊急に開発することを強く望んでいるものであり、この報告書の提出により、本計画が今後一段と推進されることと確信するものであります。

本報告書の提出にあたり、本調査の実施に多大の御協力を賜ったコロンビア共和国政府関係機関の方々を始め、在コロンビア共和国日本大使館、外務省、および通商産業省の関係の方々に対し心から感謝の意を表します。

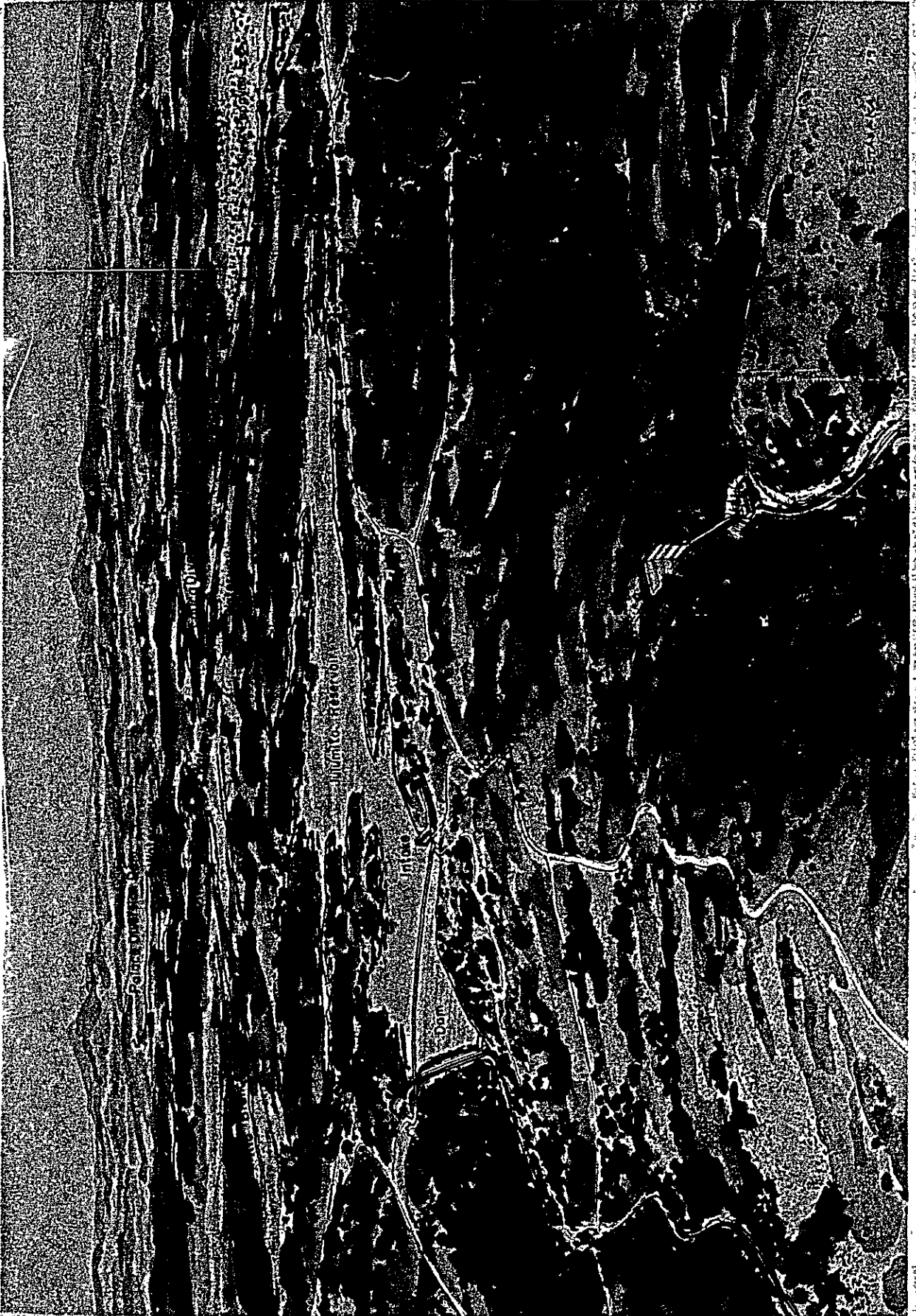
1979年10月

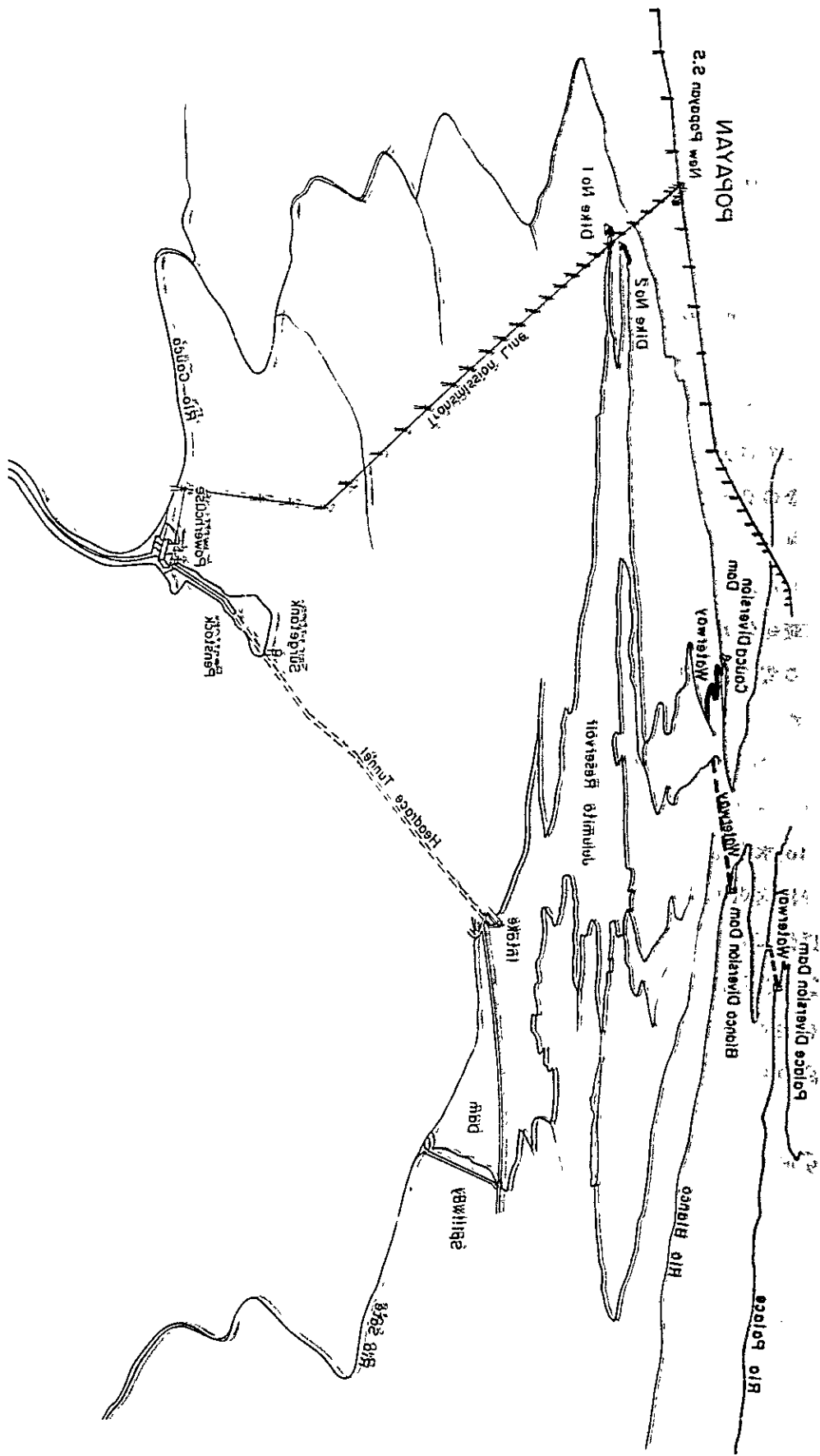
Julumito 水力発電開発計画調査団

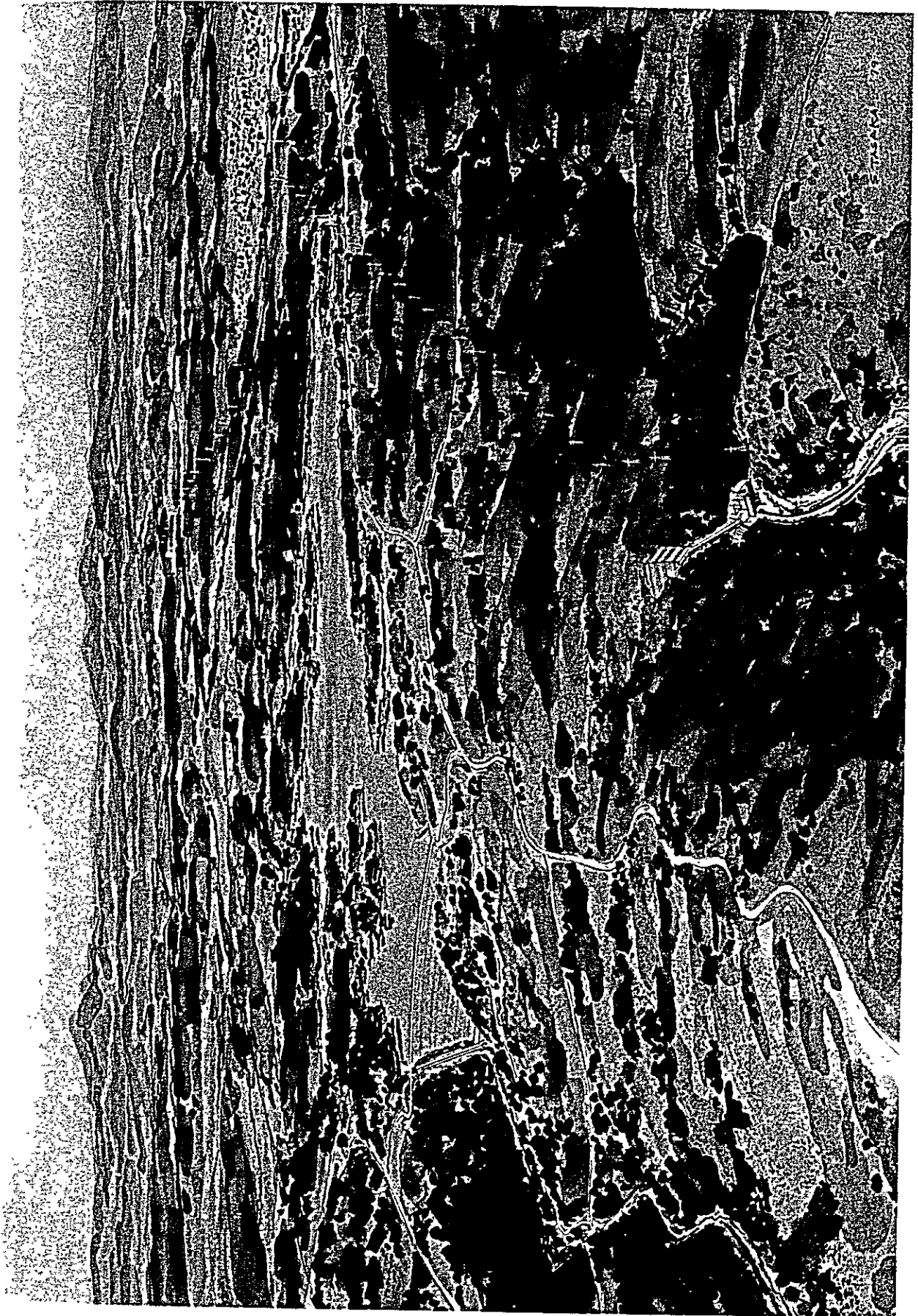
団長 山 本 敬

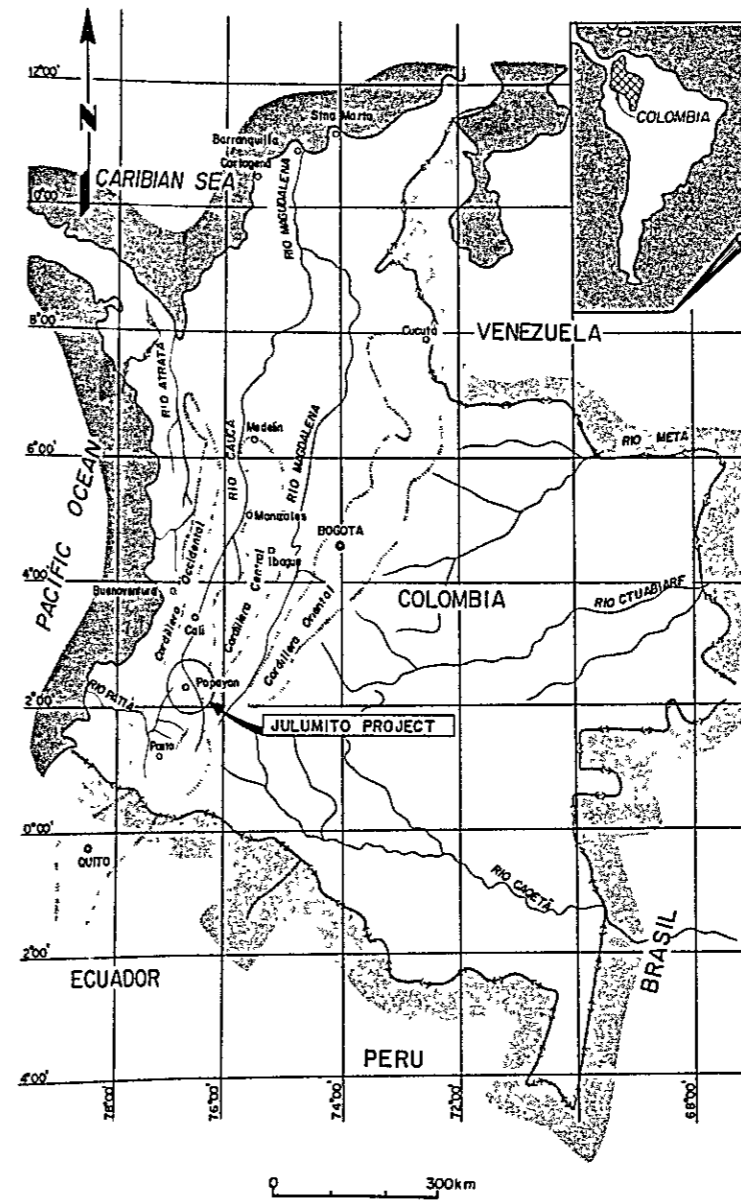
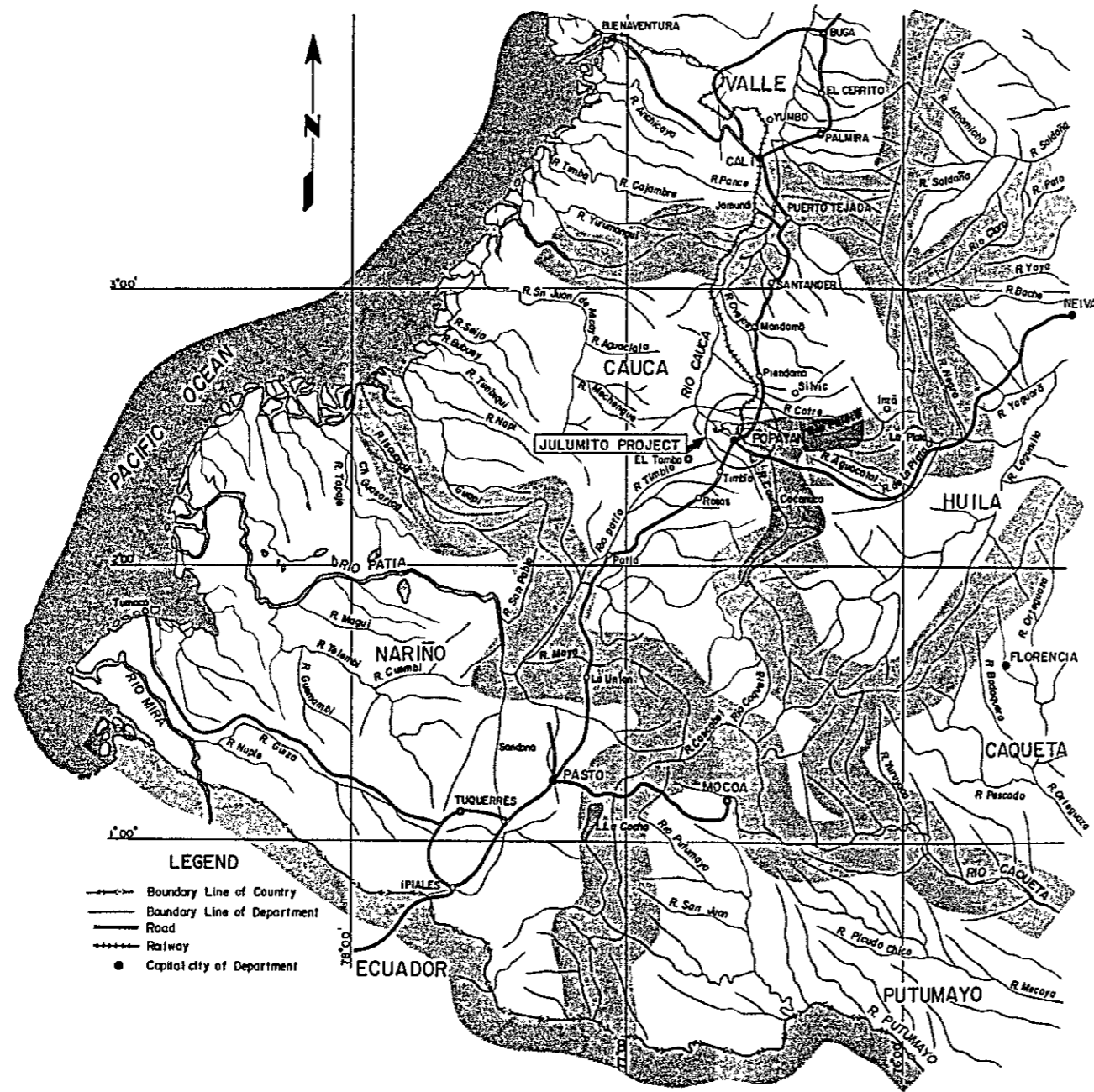










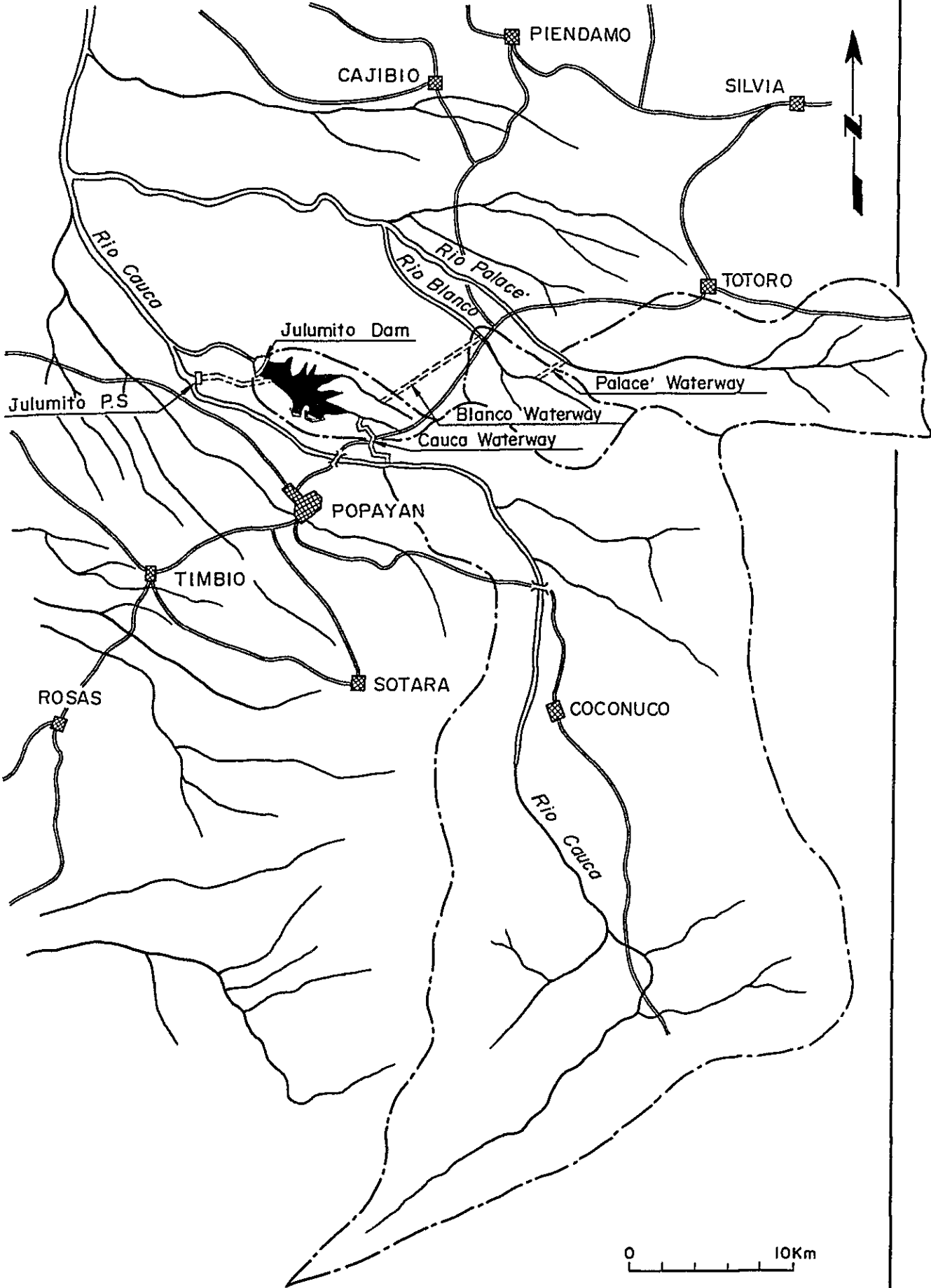


JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
JULUMITO HYDRO-ELECTRIC POWER PROJECT	
KEY AND LOCATION MAP	
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO., LTD. TOKYO, JAPAN	
DR.:	SUBMITTED: T. Kawakami
TR.:	RECOMMENDED: K. Yamamoto
CL. J.A.	APPROVED: H. Ishino
JULY 1979	

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
REVISION			



GENERAL PLAN





# 目 次

## 第1章 結 論

1.1 経 緯 .....	1-1
1.2 既存の報告書 .....	1-2
1.3 報告書の目的と範囲 .....	1-2
1.3.1 目 的 .....	1-2
1.3.2 範 囲 .....	1-2
1.4 調査と研究 .....	1-3
1.4.1 調査団による現地調査 .....	1-3
1.4.2 調査団の構成 .....	1-3
1.4.3 日本における作業 .....	1-3
1.5 基礎資料 .....	1-4

## 第2章 結論と勧告

2.1 結 論 .....	2-1
2.2 勧 告 .....	2-4

## 第3章 開発計画

3.1 計画地域の位置および概要 .....	3-1
3.1.1 計画地域の位置 .....	3-1
3.1.2 計画地域の概要 .....	3-1
3.2 開発計画の概要 .....	3-2
3.2.1 発電計画 .....	3-2
3.2.2 送電, 変電および通信計画 .....	3-3

## 第4章 電力需要想定

4.1 コロンビア共和国の電気事業の現状 .....	4-1
4.1.1 エネルギー資源 .....	4-1
4.1.2 コロンビア共和国の電気事業 .....	4-8
4.2 Julumito水力発電開発計画の対象地域 .....	4-12
4.2.1 Cauca 県 .....	4-12
4.2.2 Nariño 県 .....	4-13



4.3	電力需要想定	4-14
4.3.1	方針	4-14
4.3.2	資料および情報	4-15
4.3.3	積上方式による電力需要想定	4-16
4.3.4	マクロ方式による電力需要想定	4-26
4.3.5	結論	4-33
4.4	電力需給バランス	4-33
4.4.1	コロンビア共和国全体の電力需給バランス	4-34
4.4.2	Julumito水力発電開発計画の対象地域の電力需給バランス	4-48

## 第5章 水 文

5.1	測水所および気象観測所	5-1
5.2	計画地点の流域面積	5-1
5.3	降雨量	5-1
5.4	河川流量	5-8
5.5	計画地点の流量の算定	5-14
5.5.1	基準測水所	5-14
5.5.2	基準測水所流量の算定期間	5-14
5.5.3	基準測水所流量資料の補足方法	5-14
5.5.4	各取水ダム地点の流量の算定	5-27
5.6	設計洪水量	5-41
5.6.1	確率日雨量	5-41
5.6.2	設計洪水量	5-43
5.6.3	仮排水路トンネル通水容量	5-44
5.7	堆砂量	5-44

## 第6章 地質および材料

6.1	調査の目的および結論	6-1
6.1.1	地質調査の目的および内容	6-1
6.1.2	既往の調査	6-1
6.1.3	結論	6-1
6.2	計画地域の一般地質	6-3
6.2.1	地形・地質の概要	6-3
6.2.2	層位および岩種 (Stratigraphy and Rocktype)	6-4

6.2.3	地質構造	6-9
6.2.4	地震	6-10
6.3	主要計画地点の地質	6-12
6.3.1	流域および貯水池	6-12
6.3.2	Julumitoダムおよびダイク	6-13
6.3.3	圧力トンネル	6-18
6.3.4	調圧水槽, 水圧管路および発電所	6-19
6.4	集水計画地点の地質	6-20
6.4.1	Rio Cauca 集水計画	6-20
6.4.2	Rio Palace 集水計画	6-22
6.5	材 料	6-23
6.5.1	土質材料	6-23
6.5.2	ロック材料およびフィルター材料	6-25
6.5.3	コンクリート骨材	6-33
6.6	地質調査工事の結果	6-34
6.6.1	調査工事数量内訳および位置	6-34
6.6.2	ダム地点調査工事結果	6-35
6.6.3	ダイク地点における調査工事結果	6-36
6.6.4	取水口付近の調査工事結果	6-37
6.6.5	調圧水槽調査工事結果	6-37
6.6.6	Cauca 取水ダム地点調査工事結果	6-37
6.6.7	土取場調査工事結果	6-38
6.6.8	原石山調査工事結果	6-38
6.7	土質材料試験結果	6-39

## 第7章 開発規模ならびに発電計画の検討

7.1	基本の方針ならびに条件	7-1
7.1.1	基本の方針	7-1
7.1.2	基本的条件	7-1
7.2	集水路の検討	7-4
7.2.1	集水路のルートならびに型式の検討	7-4
7.2.2	集水路容量の検討	7-8
7.3	貯水池規模の検討	7-8
7.4	貯水池の運用操作	7-10

7.5	保証水量	7-26
7.6	発電所最適規模と最大使用水量	7-26
7.6.1	Julumito水力発電所の供給能力とその性格	7-26
7.6.2	負荷曲線と新規供給力	7-26
7.7	保証尖頭使用水量	7-29
7.8	設備出力および保証尖頭出力	7-29
7.9	主機台数	7-29
7.10	可能発生電力量	7-30
第8章 予備設計		
8.1	設 計	8-1
8.1.1	土木構造物	8-1
8.1.2	水車および発電機	8-26
8.1.3	送電線および通信設備	8-26
8.1.4	主要諸元	8-27
8.2	電力系統解析	8-77
8.2.1	目 的	8-77
8.2.2	前提条件	8-77
8.2.3	検討結果	8-78
第9章 工事工程および施工計画		
9.1	工事工程	9-1
9.1.1	一 般	9-1
9.1.2	年別の工事実施概要	9-5
9.2	施工計画	9-6
9.2.1	地域条件および輸送路	9-6
9.2.2	建設用仮設備	9-6
9.2.3	建設用材料の調達	9-7
9.2.4	主要構造物の施工	9-8
第10章 建設費		
10.1	基本的条件	10-1
10.1.1	一 般	10-1
10.1.2	建設費計上の範囲	10-1

10.2	建設費の内容	10-1
10.2.1	土木工事費	10-1
10.2.2	水力機器・電気機器類の費用	10-6
10.2.3	準備工事費	10-6
10.2.4	技術費	10-6
10.2.5	補償費	10-6
10.2.6	予備費	10-6
10.2.7	建設中利子	10-6
10.2.8	建設費のエスカレーション	10-6
10.3	建設費の総括	10-8
10.4	年度別工事費	10-10
第11章	経済評価	11-1
11.1	基本的考察	11-1
11.1.1	代替火力のユニット容量と立地	11-1
11.1.2	Julumito水力発電開発計画および代替火力の総費用	11-3
11.1.3	代替火力の燃料費	11-3
11.2	Julumito水力発電開発計画の総費用	11-5
11.2.1	建設工事費	11-6
11.2.2	運転維持費	11-7
11.2.3	設備更新費	11-8
11.3	機種別代替火力の総費用	11-9
11.3.1	建設工事費	11-10
11.3.2	運転維持費	11-11
11.3.3	設備更新費	11-12
11.3.4	燃料費	11-13
11.4	便益，費用比率および経済的内部収益率	11-15
11.4.1	便益，費用比率	11-16
11.4.2	経済的内部収益率	11-16
11.5	感度分析	11-17
11.5.1	Julumito水力発電開発計画の建設費の変化による影響	11-18
11.5.2	代替火力の燃料費の変化による影響	11-18

## 第 12 章 財務分析

12.1 必要建設費	12-1
12.2 借款条件	12-2
12.3 電気料金	12-3
12.3.1 需要家端における電気料金	12-3
12.3.2 発電端における電気料金	12-3
12.4 Julumito 水力発電所の年経費	12-5
12.4.1 運転維持費	12-5
12.4.2 減価償却費	12-5
12.5 返済計画	12-5

## APPENDIX

APPENDIX - I	詳細設計のために必要とする追加調査	I	- 1
APPENDIX - II	CEDELCA および CEDENAR の電力需要実績	II	- 1
APPENDIX - III	コロンビア共和国経済の概要	III	- 1
APPENDIX - IV	現在価値計算	IV	- 1
APPENDIX - V	水文, 気象資料	V	- 1
APPENDIX - VI	タンク, モデル方式による水文解析	VI	- 1
APPENDIX - VII	地質調査工事結果	VII	- 1
APPENDIX - VIII	土質材料, 試験結果	VIII	- 1
APPENDIX - IX	地震記録	IX	- 1
APPENDIX - X	収集資料リスト	X	- 1
APPENDIX - XI	調査団日程表	XI	- 1

## DRAWING LIST

DWG. No. 1	Key and Location Map
DWG. No. 2	General Layout
DWG. No. 3	Geology; General Plan
DWG. No. 4	Geology; Dam Site, Plan
DWG. No. 5	Geology; Dam Site, Profile
DWG. No. 6	Geology; Waterway and Power House Site
DWG. No. 7	Geology; Waterway and Power House Site (Alternative)
DWG. No. 8	Geology; Rio Cauca Diversion Dam Site
DWG. No. 9	Reservoir; Plan
DWG. No. 10	Dam; General Plan
DWG. No. 11	Dam; Profile and Typical Cross Section
DWG. No. 12	Dam; Section (2 - 1)
DWG. No. 13	Dam; Sections (2 - 2)
DWG. No. 14	Diversion and Outlet Tunnel; Plan Profile and Sections
DWG. No. 15	Spillway; Plan, Profile and Sections
DWG. No. 16	Dike No. 1; Plan, Profile and Sections
DWG. No. 17	Dike No. 2; Plan, Profile and Sections
DWG. No. 18	Intake; Plan, Profile and Sections
DWG. No. 19	Waterway; Plan, Profile and Sections
DWG. No. 20	Penstock; Plan, Profile and Sections
DWG. No. 21	Powerhouse; Plan and Sections
DWG. No. 22	Waterway (Alternative); Plan, Profile and Sections
DWG. No. 23	Penstock (Alternative); Plan, Profile
DWG. No. 24	Powerhouse (Alternative); Plan and Sections
DWG. No. 25	Rio Cauca Diversion Dam; Plan and Profile
DWG. No. 26	Rio Cauca Diversion Dam; Sections
DWG. No. 27	Rio Palace Diversion Dam; Plan, Profile and Section
DWG. No. 28	Rio Balnco Diversion Dam; Plan, Profile and Sections
DWG. No. 29	Cauca, Palace and Blanco Diversion; Waterway



# 第1章 緒 論





## 第1章 緒 論

1.1 経 緯 .....	1-1
1.2 既存の報告書 .....	1-2
1.3 報告書の目的と範囲 .....	1-2
1.3.1 目 的 .....	1-2
1.3.2 範 囲 .....	1-2
1.4 調査と研究 .....	1-3
1.4.1 調査団による現地調査 .....	1-3
1.4.2 調査団の構成 .....	1-3
1.4.3 日本における作業 .....	1-3
1.5 基礎資料 .....	1-4



# 第 1 章 緒 論

## 1.1 経 緯

コロンビア共和国における電力需要は近年、9.1% / 年と比較的高い割合で増加しているが、同国南部の Cauca 県および Nariño 県地域も 10.1% / 年で、高い伸び率を示している。この増加する電力需要に対処するため、コロンビア共和国政府は水力発電所の建設をはじめ、スチーム火力、ディーゼルおよびガスタービンの各発電所の建設を積極的に進めている。Cauca, Nariño 両地域に対しても、ICEL ( Instituto Colombiano de Energia Eléctrica, コロンビア電力公社 ) は 1970 年 Rio Mayo 水力発電所 ( 21MW ), 1975 年には Florida II 水力発電所 ( 24MW ) を完成させる等、水力発電所の建設を行なってきた。

しかるに、この地区の増加する需要に対し、更に新規の電源の開発が必要であり、このため ICEL は Rio Cauca 上流部に Julumito 水力発電所の開発を計画した。

ICEL は 1969 年、コロンビア共和国政府を通じ、日本政府に対し Julumito 水力発電計画に関する予備調査 ( プレリミナリィ・スタディ ) の実施を要請した。この要請を受けて日本政府は、海外技術協力事業団 ( Overseas Technical Cooperation Agency - OTCA ) を通じ 1970 年 2 月から 4 月にかけての 2 ヶ月間、土木、電気および地質の 3 名の専門家を派遣して調査を実施し、1970 年 6 月本計画の予備調査報告書を、コロンビア共和国政府に提出した。

ICEL および CEDELCA ( Centrales Eléctricas del Cauca - Cauca 県電力公社 ) は、この予備報告書の勧告に基づいて 1970 年から 1971 年にわたり計画地点の測量および地質調査を実施し、これをほぼ終了した 1971 年、コロンビア共和国政府は再び日本政府に対し、本計画のフィジビリティ・スタディの実施について協力要請を行ってきた。この結果、OTCA は EPDC ( Electric Power Development Co., Ltd. - 電源開発株式会社 ) の技師を中心とする、土木、電気、地質および経済の各分野 6 名の専門家から成る調査団を、1972 年 2 月 8 日より 3 月 23 日までの 45 日間コロンビア共和国へ派遣し、フィジビリティ・スタディの現地調査を実施した。本調査団は帰国後、スタディを行ない、同年 10 月フィジビリティ調査報告書をコロンビア共和国政府へ提出した。

その後、本計画はコロンビア国側の諸事情により進展をみななかったが、近年に至り、同国政府および ICEL は本水力発電所を早急に建設したいとして、日本政府に技術協力を要請して来た。日本政府は 1972 年に実施したフィジビリティ・スタディを見直すことが必要であると、この業務を国際協力事業団 ( Japan International Cooperation Agency - JICA ) に委託した。JICA は EPDC の技師を中心とする 7 名の技師から成る調査団を 1979 年 2 月 13 日より 3 月 14 日までの 30 日間、コロンビア共和国の現地に派遣して、必要な現地調査を実施した。

同調査団は帰国後、現地調査で収集した諸資料に基づいてスタディを実施し、本調査報告書

を作成した。

## 1.2 既存の報告書

Julumito 水力発電開発計画は 1968 年、EPDC、ICEL および CEDELCA の技師により立案され、若干の現地踏査が実施されたが、1970 年の日本政府専門家によるプレリミナリィ・スタディまでは特に報告書は無い。

1970 年以降、本計画について作成された調査報告書は以下の通りである。

- (1) REPORT OF PRELIMINARY STUDIES ON JULUMITO HYDRO - ELECTRIC PROJECT ( CENTRALES ELECTRICAS DEL CAUCA S. A. - OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY ; GOVERNMENT OF JAPAN - June 1970 - )
- (2) PROYECTO - 274 - CENTRAL HIDROELECTRICA DE JULUMITO ANALISIS ( ICEL. DIVISION DE INGENIERIA HIDRAULICA Bogotá - Julio de 1971 )
- (3) COMENTS AND ALTERNATIVE SCHEME FOR JULUMITO HYDRO - ELECTRIC POWER PROJECT - OCT. 1970 ( BY Dr. Carlos Sanclemerte )
- (4) RESULT OF STUDY OF ALTERNATIVE PLANS PROPOSED BY DR. CARLOS SANCLEMENTE IN REGARD TO JULUMITO PROJECT - Dec. 1970 ( EPDC )
- (5) FEASIBILITY REPORT ON JULUMITO HYDRO - ELECTRIC PROJECT ( CENRALES ELECTRICAS DEL CAUCA S. A. - OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY ; GOVERNMENT OF JAPAN, AUG. 1972 - )

## 1.3 報告書の目的と範囲

### 1.3.1 目的

本報告書の目的は、1972 年日本政府により実施された本計画のフィジビリティ・スタディを、その後の社会情勢、経済状況の変化および技術の進歩、コロンビア国内の電力系統の変化等を考慮して、再度スタディして、本計画の技術的および経済的可能性を再確認することにある。

### 1.3.2 範囲

本スタディの範囲は、1972 年日本政府が作成したフィジビリティ調査報告書を基に、

Julumito水力発電開発計画について Cauca, Nariño 両県の電力需要に最も適し、かつ最も経済的な計画案を再検討することにある。

特に、近年における技術の進歩等を考慮し、構造物設計の一部見直しを行ない、また、石油危機以降の世界的な経済情勢の変化に伴ない、建設費については基本的に再検討を加えるものとする。この結果、経済分析・財務分析についても見直しを実施する。

## 1.4 調査と研究

### 1.4.1 調査団による現地調査

調査団による本計画の現地調査は、ICELおよびCEDELCAの技術者の協力を得て、1979年2月13日から3月14日までの30日間にわたり、実施された。

なお、本計画の調査工事についても、地質調査および土質材料調査試験が1979年8月末日まで現地において実施されたが、この間、調査団員の一部は8月末日まで技術指導を行なった。

### 1.4.2 調査団の構成

Julumito水力発電開発計画の調査団は、次の9名により構成された。

団 長	山 本	敬	土木技師(総 括)	電 源 開 発 株
団 員	浅 井	功	コーディネーター(調整)	国際協力事業団
"	加賀美	浩	電気技師(電気担当)	電 源 開 発 株
"	阿 部	信	地質技師(地質担当)	"
"	川 島	武 志	土木技師(土木担当)	"
"	上 野	久 雄	" ( " )	"
"	加 藤	憲 司	" (調査工事担当)	"
"	堀	二 郎	" ( " )	"
"	浅 野	潤 一	" ( " )	"

### 1.4.3 日本における作業

調査団の帰国後、1979年3月より同年9月まで、現地での調査結果および収集した資料を使用して、EPDC本社において石野弘チーフエンジニアの指揮のもとに、同社の技師グループにより本計画の調査研究が行なわれた。水文資料の解析、地質調査資料の分析、電力需要の想定、開発規模の検討、予備設計、電力系統解析、工事費の積算、経済評価および財務分析等の諸研究が実施され、本報告書が作成された。

## 1.5 基礎資料

本計画の調査のために、ICELをはじめコロンビア政府関係機関より提供された資料の内、主なるものは次の通りである。

### (1) 水文，気象資料；

計画地域内およびその周辺地域に存在する降雨および流量観測所の1962～'76年の月別、日別観測記録。

### (2) 地形測量図

計画地域全般の地形図（ $S = 1 / 10,000$ ）

ダム，発電所等の主要構造物地点の地形図（ $S = 1 / 1,000 \sim 1 / 500$ ） 他

### (3) 地質調査資料

第1次地質調査資料：1970～'71年にICELおよびCEDELCAが実施したもので、ダム，発電所，圧力トンネルの各地点，原石山（Quarry site），コア材料採取場（Borrow area）等のボーリング，横坑および堅坑等の試掘調査および試験結果の資料。

第2次地質調査資料：1979年，本調査団が現地においてICELと共同で実施したもので，各構造物地点のボーリングを主体とした調査結果ならびに土質材料試験の結果等の諸資料。

### (4) 電力需給等に関する諸資料

### (5) 工事費積算に関する諸資料

なお，基本的な資料名については APPENDIX-X に示す。

## 第2章 結論と勧告





## 第 2 章 結論と勧告

2.1	結 論	.....	2-1
2.2	勧 告	.....	2-4

## FIGURE LIST

Fig. 2 - 1 Whole Schedule of Julumito Hydro-Electric Power Project

## 第2章 結論と勧告

### 2.1 結論

Julumito水力発電開発計画についての調査、研究の結果、以下に述べる結論が得られた。

- (1) 近年、コロンビア共和国における電力需要の伸びは著しく、最近10ヶ年間に於いて毎年9.1%と高い伸び率を示している。本計画の対象地域であるコロンビア共和国南部の Cauca 県電力公社 (CEDELCA) および Nariño 県電力公社 (CEDENAR) が電力供給を行なっている両県地域においても、電力需要の伸びは高く、1971年より1977年の間の平均伸び率は10.1%/年である。

今後、コロンビア共和国の経済が順調な発展を示せば、コロンビア国全体の電力需要の伸びは毎年9.6%と想定される。また、CEDELCAおよびCEDENAR 電力系統は電灯需要、公共建物、街路灯および小規模工業用電力需要を中心に、今後共、毎年8.6%の伸び率で増加していくものと想定される。今回の調査研究の結果、本計画対象地域の電力需要は1980年には82.8 MW、1985年には131.4 MW、そして1990年には192.2 MW に達するものと想定される。

- (2) 本地域における電力需要の伸びに対処するため、ICELは、1970年にCEDENAR系統にRio Mayo発電所(21 MW)、1975年にCEDELCA系統にFlorida II発電所(24 MW)を完成させた。一方、ICELは中央電力系統との連系送電線の建設を進め、1972年にCVC系統のPance変電所とCEDELCAのPopayan変電所間に115 kVの送電線を完成させ、CVC系統とCEDELCA、CEDENAR系統との電力融通を可能とさせる等の対応策をとって来た。さらに、ICELは1985年に運転開始が予定されているBetania水力発電計画(最終出力500 MW)との関連において230 kV、送電線によってCEDELCAおよびCEDENAR電力系統を連系する計画を有している。

従って、両電力系統は将来、既設115 kV送電線と230 kV送電線によって中央電力系統と連系され、電力供給の信頼度は一段と向上する。なお、電力系統の解析結果からみて、新Popayan変電所およびCatambuco変電所地点で、既設115 kV系統と230 kV変電所を連系し、ループ運転することが電力系統の運用上好ましい。

- (3) CEDELCA、CEDENAR 系統では日間調整用の調整池を有するRio MayoおよびFlorida II発電所を中心に供給が行なわれているが、昼間および点灯ピーク需要時には30~40 MWの電力をCVC系統から115 kV連系送電線を通じ買電している。この買電電力はCEDELCAおよびCEDENARの需要家端平均の売電電気料金とほぼ同じ単価であり、受電電力が増大するほど、両系統の発電コストが増大することになる。

従って、出来るだけ早い時期に、CEDELCA、CEDENAR 系統に発電コストの安い

新規供給設備を設置すべきであり、その時期は早いことが望ましい。

(4) この新規供給力としての Julumito 水力発電開発計画の技術的および経済的可能性について調査研究を実施した結果、本計画は極めて有利な水力発電計画であると結論された。

本結論に基づく Julumito 水力発電計画の概要を以下に示す。

### 1. Principal dimensions of Julumito Project

#### Civil structure

Main dam	: Rockfill-center core type, H=82.0m, L=340m
Dike No.1 and No.2	: Earthfill type, L=224.6 + 603.8=828.4m
Headrace tunnel	: Pressure tunnel, 4.2m $\phi$ x 1,775m
Surge tank	: Orifice type H=63.0m $\phi$ =8.0m
Penstock	: Welded steel L=287.3m $\phi$ =4.2m~3.2m
Powerhouse	: Ground surface
Rio Cauca diversion	: Concrete dam H=12.5m L=77.0m
Rio Palace diversion	: Concrete dam H=8.7m L=34.0m
Rio Blanco diversion	: Concrete dam H=7.5m L=42.4m

#### Electrical equipment

Turbine	: Vertical Francis type 27,500kW x 2, 25m <sup>3</sup> /sec x 2
Generator	: 29,500 kVA x 2, 400 rpm, 60 Hz
Transformer	: 29,500 kVA x 2
Outdoor switchyard	: 115 kV equipment

#### Transmission line

: 115 kV, 1 cct, 10 Km, 160mm<sup>2</sup>ACSR

#### Telecommunication

: PLC system

### 2. Capacity of Julumito Project

Installed capacity	: 53.0 MW
Annual average energy production	: 307.0 GWh

### 3. Economic features of Julumito Project

Construction cost	: 103.2x10 <sup>6</sup> US\$ (including cost escalation until 1984)
Average unit energy cost	: 3.65 US¢/kWh
Benefit-cost ratio	: 1.57

(5) Julumito水力発電開発計画の総建設費は、新Popayan変電所までの送電線建設費を含め、1979年6月現在の価格で75,900,000 U.Sドル（外貨45,592,000 U.Sドル、内貨30,308,000 U.Sドル）である。

本計画の完成予定年（1984年末）までの期間のコスト上昇を、毎年外貨分に対し7%、内貨分に対し10%と仮定すれば、完成時の推定建設費は103,200,000 U.Sドル（外貨59,658,000 U.Sドル、内貨43,542,000 U.Sドル）となる。

(6) Julumito水力発電所の年間販売可能電力量は、新Popayan変電所渡しで300百万kWhである。

また、耐用年数間に均等化した同発電所の年経費は10,939,000 U.Sドル（年経費率10.6%）であり、新Popayan変電所渡しのkWh当り電力コストは3.65 U.Sセントである。

(7) Julumito水力発電開発計画の経済評価をPaipa市付近に建設されると仮定した代替石炭火力発電所との比較において、Julumito発電所の便益・費用比率（B/C）を求めると、1.57である。

また、本計画の経済的内部収益率は20.7%と高い。

(8) Julumito水力発電所はCEDELCA、CEDENAR系統の電力需要の伸び、将来の負荷のパターン、ならびに既設設備の供給能力から見て、運転開始当初は電力負荷のピーク部分を、また将来はミドル部分を分担することとなる。

(9) 今後の必要な調査、詳細設計、入札、準備工事および建設に必要とする期間を考慮すれば、本計画の建設着手は1982年、また運転開始は1984年末となる。

本計画の建設工程は、Fig. 2-1の通りである。

(10) Julumito水力発電開発計画の財務分析を、世銀等の国際金融機関よりの融資による場合と、政府間の開発援助による場合の2ケースについて検討を行なったが、その結果、準備工事等に必要な資金はICELの自己資金によることが必要であり、また、本工事費を両機関のいずれかよりの借入れによる場合は、運転開始7年後の1991年には累積のキャッシュ・フローは黒字となり、財務的にみても妥当な計画である。

(11) Julumito水力発電開発計画は、CEDELCA、CEDENAR系統において、貯水池を有する安定した電力の供給源として直接寄与するのみならず、Cauca県、Nariño県の産業、経済および雇用の促進、観光産業の発展に、間接的に貢献するものと思われる。

(12) Julumito水力発電開発計画における土木構造物の設計および施工については、特別困難な問題は存在しないと考えるが、今回の調査、研究の結果、次のごとく判断される。

(12)-1 Julumito水力発電計画地域は全般に厚い火山層に覆われており、その下部の基礎岩盤である安山岩質熔岩はかなり風化している。

従って、土木構造物の設計および施工にあたっては、十分な配慮が必要であり、このためにも正確な地質調査を実施することが、極めて重要である。

(2)ー2 ダムの型式は、ダム地点の地形・地質およびこの近傍で採取可能なダム築造材料の諸性質と不透水部の厚さを考慮して、アーチ状を呈する傾斜コア型ロックフィルダムとするのが最も適当である。

(2)ー3 現地調査の結果、ダム地点で得られるダム築造材料は必ずしも良好とは云えないが、適切なるダムの設計および施工方法を採用することにより、ダム築造材料として充分使用し得るものと判断する。

(2)ー4 圧力トンネルは充分基礎岩盤の覆りが得られるよう、そのルートを選定した。また、発電所の位置は地形および地質の状況を判断して、最も適当な地点を選定した。

(2)ー5 水圧鉄管路の設計については、地上式の案と地下式堅坑案の2案について検討した結果、建設費が若干安い地上式案を採用した。

今後、この部分の地形・地質について更に調査を行ない、建設費の高騰、または将来の維持管理に問題が生じる恐れのある場合には、詳細設計段階において、地下式堅坑案に変更する。

(2)ー6 Rio Cauca 取水ダム地点は、その基礎部が厚い砂礫層に覆われており、この直下には漏水防止の基礎処理を実施する必要がある。

(2)ー7 Rio Palace, Rio Blanco の集水路は、開渠案とトンネル案の二案について検討を行なった結果、開渠案は建設費は安いですが、取水開始後の維持管理に問題がある。すなわち、長水路となるため、山腹の土砂崩れ等により水路の一部が土砂により埋没する危険があり、このため、復旧に要する費用等を考慮すれば、当初の建設費は若干高くてもその後の維持管理に問題の少ないトンネル案を採用することが望ましい。なお、Rio Blanco 集水路計画については、地形図完成後詳細設計に入る前に、ルートの再検討が必要である。

(2)ー8 コンクリート用骨材は、材質および経済性等を考慮して、主として発電所附近の原石山およびトンネルより採取した岩石を骨材として使用することとする。また、Rio Timbio, Rio Hondo 等の河床堆積物も補助的に使用することとする。

## 2.2 勸告

2.1の「結論」に基づき、以下に述べる事項を勸告する。

### (1) 建設工程について

Julumito 水力発電開発計画の建設工事は1982年に着手、1984年末に完成すべきである。

従って、これに合わせて調査工事、詳細設計等の諸準備を行なうこと。また、Fig. 2-1に示す全体工程に従って諸準備を遅滞なく進めること。

### (2) 今後の現地調査について

(2)-1 地質調査等

詳細設計に必要な地質および土質材料調査については、今回の調査団ならびに ICEL によりその大部分を実施したが、さらに、詳細設計および工事施工上必要な資料を得るため、APPENDIX-I に示す地質調査を行なうこと。

また、ダム築造用の土質材料については火山灰層および安山岩熔岩の風化残留土との混合材料についても諸試験を行なうことが望ましい。

(2)-2 地形測量

Julumito 水力発電計画の詳細設計を行なうために、APPENDIX-I に記載された地域の地形測量を行ない、正確な地形図を作成すること。

(3) Pance ~ Popayan 既設 115 kV 送電線の一部移設について

CVC 系統の Pance 変電所と Popayan 変電所を結ぶ既設連系送電線 (115 kV) が Julumito 貯水池予定地内を通過している。従って、この部分については、鉄塔 (10 基) の移設を ICEL の責任のもとで行なうこと。

Fig. 2-1 Whole Schedule of Julumito Hydro Electric Power Project

Item		Year					
		1979	1980	1981	1982	1983	1984
(1)	Feasibility study	▬					
(2)	Geological Investigation and material test	▬					
(3)	Topographical survey	▬					
(4)	Detail design and preparation of tender document		▬	▬			
(5)	Preparation work <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding-left: 5px; margin-left: 20px;">                     Access road                      Electrical equipment                      Engineers office                 </div>			▬	▬		
(6)	Tender Tender Evaluation			▬	▬		
(7)	Construction work				▬	▬	▬
(8)	Water storage						▬
(9)	Test						▬
(10)	Start of operation						▬



