

コロンビア共和国

カウカ河

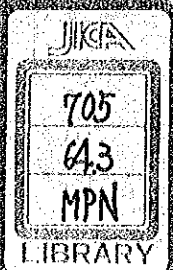
フルミート水力発電開発計画

調査報告書

概要

昭和55年1月

国際協力事業団



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



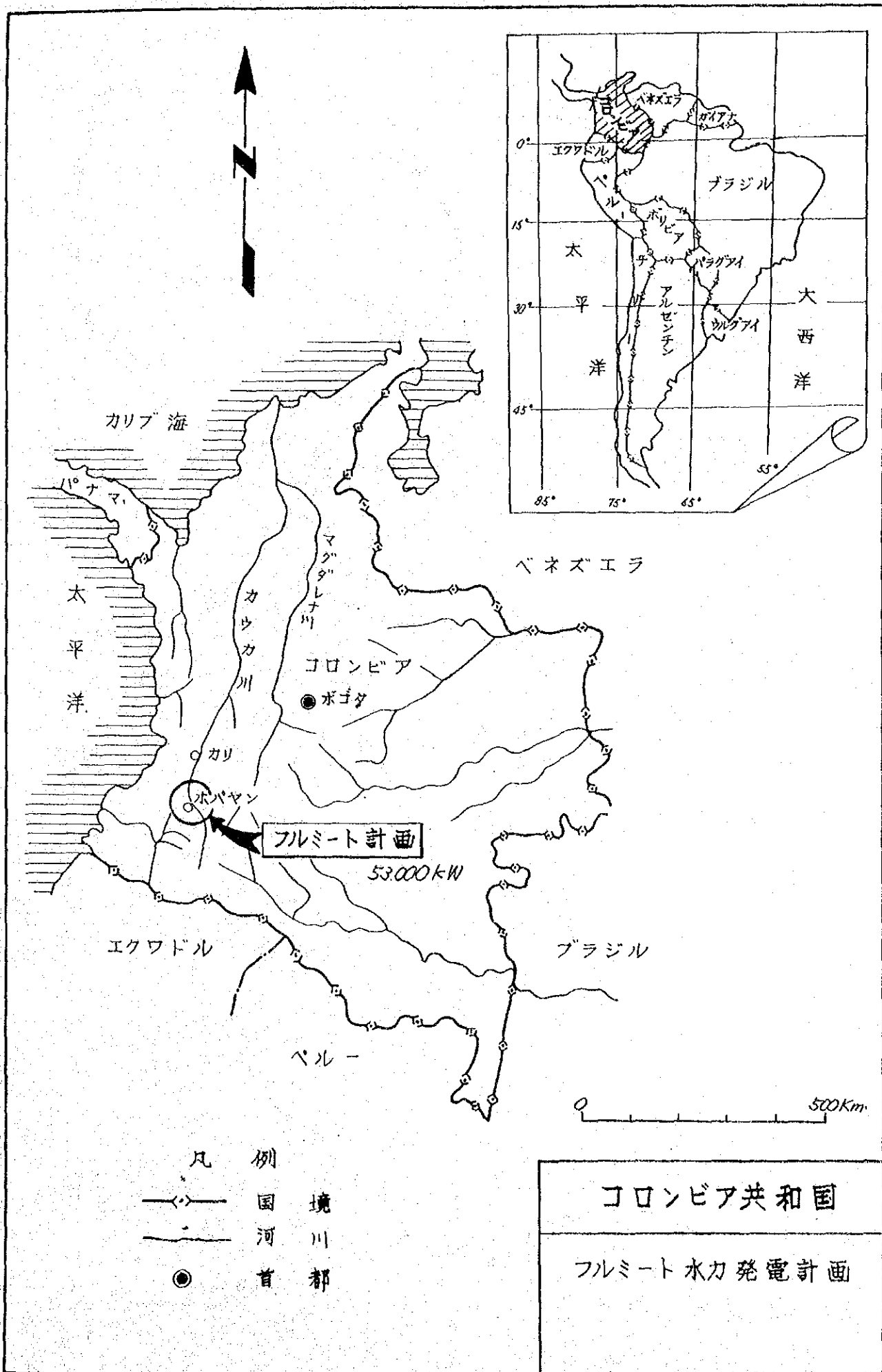
1031756[8]

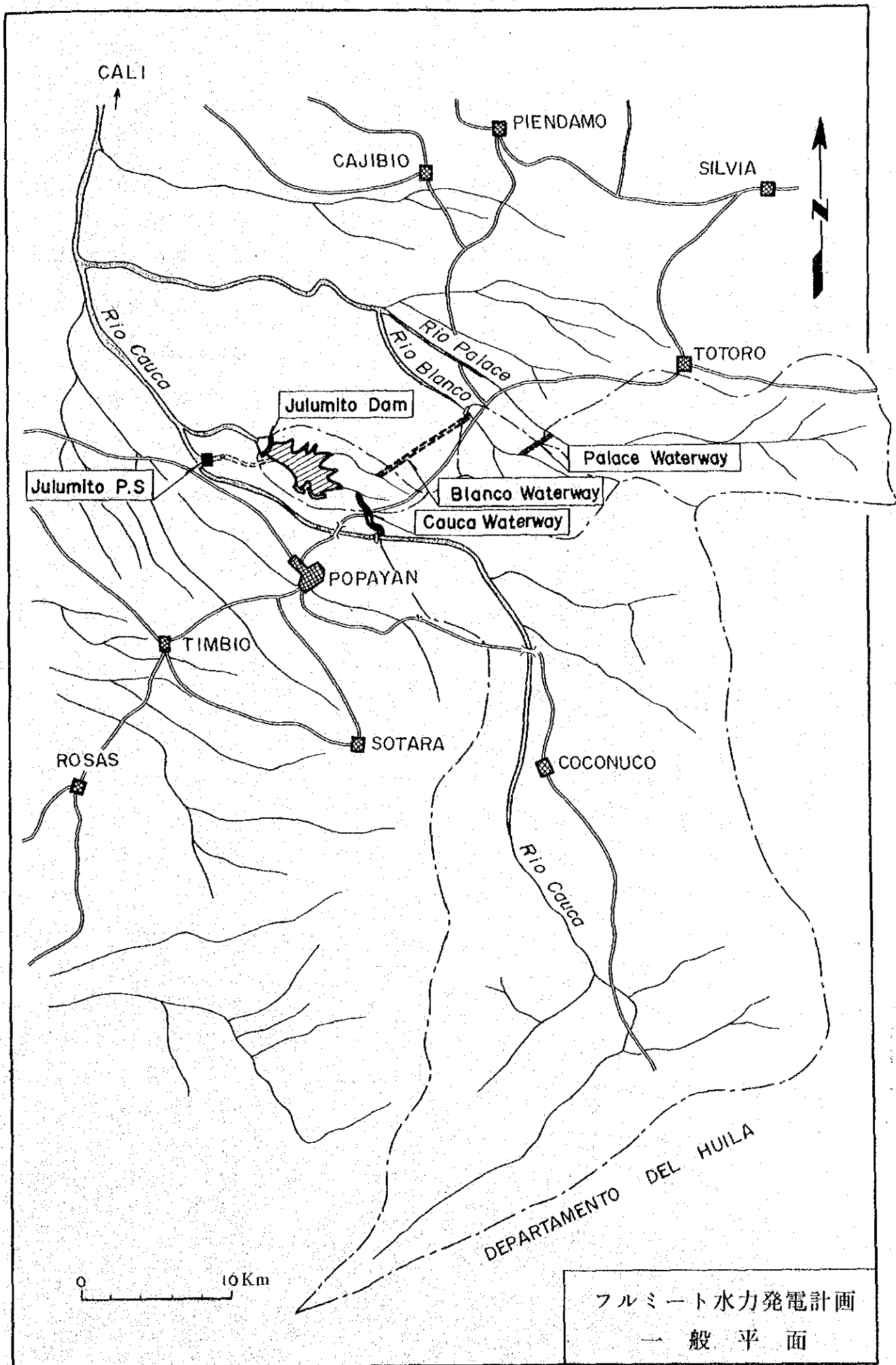
概 要

昭和54年10月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 3. 31	705
登録No. 12563	64.3
	MPN





フルミート水力発電計画
一般平面

目 次

1. 要請の背景	1
2. 調査の目的	2
3. 調査団の構成および日程	2
4. 調査の内容	2
5. 結論と勧告	4
6. 計画地点の概要	8

1. 要請の背景

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 Energía 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きた。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。

2. 調査の目的

この計画は、同国のカウカ県東部に源を発するカウカ河上流部の流域 1,120 Km²の河水を利用して出力 53,000 kW の水力発電所を建設するものであり、カウカ県の県都ボパヤン市の北西約 10Km に位置する。

本調査の目的は、1972 年日本政府により実施された本発電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発電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。また、加えてボーリングおよび土質試験を主体とする地質調査工事の技術援助を行うことである。

3. 調査団の構成および日程

調査団による本発電計画の現地調査は、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。そのうち約 2 週間は、コロンビア国の首都ボゴタに於いて、ICEL と打合せを行うと同時に資料収集も行った。また残りの 2 週間は、ボパヤン市を基地として現地調査を実施した。

なお、本発電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 月末まで現地に於いて実施されたが、この間、調査団員の一部は現地に滞在し技術指導を行った。

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 ㈱
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 ㈱
"	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	" (")	"

4. 調査の内容

Julumito 水力発電開発計画調査報告書は、2 項「調査の目的」で述べたように 1972 年の調査報告書の見直し調査であるため、主に水文資料の解析、地質調査資料の分析、電力需要の想定、開発規模の検討、経済評価および財務分析等の調査研究を実施した。以下に調査内容の概要を述べる。

4-1 水文資料の解析

本調査団が現地調査により収集した降雨、流量記録と前回報告書のそれらを併わせ、改めて水文解析を行ない欠測記録について補足計算を行なうとともに、可能発生電力量、日平均流量、設計洪水量を算定した。

4-2 地質調査資料の分析

本計画地点の地質調査は、前回報告書の調査結果に今回調査団が現地において実施した主要構造物の基礎の地質調査工事ならびに諸試験を併わせ地質解析を行った。また、ダム築造材料についての諸試験を実施し、設計に必要な諸データを測定した。

4-3 電力需要想定

入手した諸資料を基に過去の電力需要の内容を分析し、積上方式およびマクロ方式によって需要想定を行った。

4-4 開発規模の検討

今回の調査で新たに入手した諸資料を基に、貯水池規模、発電所使用水量、設備容量の最適規模等の検討をし、最も経済的なProjectの規模を求める検討を行った。

4-5 経済評価

Julumito 水力発電所の経済評価は、Paipa 市付近に建設されると仮定した代替石炭火力発電所のコストによって比較評価する。この場合、耐用年数間の総コスト総便益より求められる内部収益率およびColombia 国における割引率を考慮したB/Cを求め評価した。

4-6 財務分析

本計画の財務分析は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借款等による場合について、借款条件、需要家端および発電端における電気料金、発電所の年経費、返済計画等の考察を行った。

4-7 建設費

建設費は予備設計、施工計画の内容を基に計画地点の自然条件、地域条件、工事規模等を加味して1979年の労賃・物価に基づき算定した。

以上に述べた内容について、現地調査で収集した資料、情報を基にそれぞれ技術的および経済的可能性の再検討を種々行ない、本計画地域、地点の水力発電計画に最も適した、且つ経済的でコロンビア共和国の電力事情に則した計画の調査検討を実施した。

5. 結論と勧告

5.1 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は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。

計画概要

発電所設備容量		53,000 kW
年間発生電力量		307,000 MWh
主要土木構造物		
1. 主ダム	中央遮水型 ロックフィルダム 高さ×長さ 83 m×340 m ダム体積 1,250,000 m ³	
2. 副ダム	アースフィル 2ヶ所	
3. 取水ダム	コンクリート重力 3ヶ所	
4. 主水路	圧力トンネル 内径 4.2 m×延長 1,775 m	
5. 支水路	バラセ導水路(トンネル) 770 m ブランコ# (#) 3,650 m カウカ# (開渠) 2,620 m	
6. 発電所	地表式 鉄筋コンクリート構造	
主要電気機器		
水車 発電機 変圧器	縦軸フランシス 27,500 kW×2台 29,500 kVA×2台 400 rpm 60 Hz 29,500 kVA×2台	
送電線	115 kV 1 cct 10 Km	

(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変電所渡して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。

5.2 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. - 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調査については，今回の調査団ならびに ICEL が実施したが，さらに，Rio Palace, Rio Blancoの集水路トンネルについては工事施行に必要な資料を得るため，ボーリングによる地質調査を行なう事。

(2)-2 地形測量

Julumito 水力発電計画の詳細計画を行なうために必要な地域の地形測量を行ない，正確な地形図を作成する事。

(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-1 全体スケジュール

項目	年	'79	'80	'81	'82	'83	'84
(1) フェジビリティ スタディ		⇒(完了)					
(2) 地質，材料調査および試験		⇒(完了)					
(3) 地形測量		⇒(完了)					
(4) 詳細設計および工事入札書類の作成		———					
(5) 準備工事 〔取付道路，動力設備，エンジニアオフィス〕		———					
(6) 入札		□					
入札		□					
評価		□					
(7) 建設工事 (6-2 参照)		———					
(8) 貯水		□					
(9) 試験		□					
(10) 発電開始		□					

6. 計画地点の概要

所在地 カウカ県 ボバヤン市 (県都人口 10 万人) 北西 10 Km
カウカ河本流

計画地点への交通 ボゴタの南西約 400 Km

ボゴタ $\xrightarrow[\text{40分}]{\text{(航空機)}}$ カリ $\xrightarrow[\text{2時間}]{\text{(P.Aハイウェイ)}}$ ボバヤン $\xrightarrow[\text{15分}]{\text{(車)}}$ 計画地点

最寄市 カリ市 人口 100 万人

// 港 ブエナベントウラ市 (カリ市西 50 Km)

気 候 年平均気温 22℃ (月別の変化 ± 2℃ 程度)

年平均湿度 60 %

年間雨量 2,000 mm 前後

一年中を通じ温和な気候である。

建設工事実施の場合の諸条件

道路：舗装道路

資材調達：国内資材，カリ市で可能

外国資材，ブエナベントウラ港で可能

エンジニア事務所宿舎：ボバヤン市

電力供給区域

カウカ県，ナリィニョ県 人口 150 万人

主なる産業 農業

既設発電設備 (1979 年現在) 約 50 MW

1985 年の電力需要 (想定) 131 MW

1990 年の電力需要 (想定) 192 MW

