コロンビア国

Patia河電源開発計画

基礎調査報告書

昭和42年7月

海外技術協力事業団

持出禁止
保存用

JICA LIBRARY
1031764[2]

コロンビア国

Patia河電源開発計画

基礎調査報告書

昭和42年7月

海外技術協力事業団

国際協力事業団
受入月日 '84. 4.-6
登録No. 03078
705
64.3
SD

はしがき

日本政府は，コロンビア政府の要請により，昭和４１年度予算をもって，同国バティア河電源開発計画に関する基礎調査を行なうこととし，その実施を政府の実施機関である海外技術協力事業団に委託した。

事業団は同国におけるバティア河電源開発の重要性に鑑み，その効率的な実施を期して電源開発株式会社水力建設部設計室主査中山謙治氏を団長とし，専門家６名からなる調査団を編成した。

本調査団は昭和４２年１月１６日に東京を出発し，約２カ月の間現地に滞在し，開発計画の各分野について討議研究を行なうとともに，計画地点を踏査し，資料の蒐集を行なった。幸い現地における調査はコロンビア政府関係者の格別の支援と協力によって円滑に行なわれ，調査団全員無事帰国し，ここに調査報告書提出の運びとなった。

本調査報告書がコロンビアの電源開発事業の推進に役立つとともに，両国の友好親善と経済の交流に寄与するならば，これにまさる喜びはない。

終りに本調査の実施に当り，支援を惜しまれなかったコロンビア政府関係者に対し，また調査団団員各位，現地において調査に協力された在外公館の方々，ならびに調査団の派遣に御協力をいただいた通産省，外務省，電源開発株式会社に対し，この機会に厚くお礼申しあげます。

昭和４２年７月

海外技術協力事業団
理事長　渋　沢　信　一

昭和４２年７月

海外技術協力事業団
理事長　渋　沢　信　一　殿

コロンビア国Patia河電源開発計画
基礎調査団長　中　山　謙　治
（電源開発株式会社　設計室主査）

拝　啓

コロンビア国 Patia 河電源開発計画に関する予備調査報告書を作成しましたので，玆許提出いたします。

われわれ調査団は，１９６６年８月の現地での事前打合せに基づき本年１月１７日から３月１４日までコロンビア国に滞在し，同国"水利電力庁"の調査団と協同し本計画の現地踏査および関連地域の調査を行ない，帰国後電源開発株式会社Chief Engineer の指導のもとに技術各部の協力を得て，本報告書を作成いたしました。

本報告書の提出に当り，われわれ調査団は本計画がコロンビア国の将来の産業発展，民主向上に重要な貢献をなし得るものであることを確信いたします。

以　上

目　　次

1. 概　　説 …… 3

1.1 経　　緯 …… 3

1.2 調査の目的および範囲 …… 3

1.3 調　　査 …… 3

1.4 Patia 計画の背景 …… 5

1.5 謝　　辞 …… 6

2. 要約と勧告 …… 9

2.1 一　　般 …… 9

2.2 発電計画 …… 9

2.3 送電計画 …… 10

2.4 需給計画 …… 10

2.5 Patia 計画の開発時期および開発順序 …… 11

2.6 Patia 計画の経済評価 …… 11

2.7 勧　　告 …… 11

3. 電力需要想定および需給計画 …… 15

3.1 関連地域の概況 …… 15

3.2 需要想定 …… 19

3.3 需給バランス …… 26

4. 計画概況 …… 33

4.1 計画地域の概況 …… 33

4.2 基本開発構想およびダム候補地点の選定 …… 34

4.3 基本計画 …… 37

5. 地　　質 …… 41

5.1 計画地域の地質概況 …… 42

5.2 Patia №1ダム候補地点の地質 …… 42

5.3 Patia №2ダム候補地点の地質 …… 43

5.4 地　　震 …… 44

6. 水 文 気 象 …… 47
6.1 一 般 …… 47
6.2 降雨量資料 …… 47
6.3 流 量 資 料 …… 47
6.4 流送土砂量 …… 48
6.5 計画地点の流量の推定 …… 48

7. 計画に関する検討事項 …… 55
7.1 Patia No.1貯水池の規模 …… 55
7.2 最大使用水量および保証水量 …… 56
7.3 Patia No.1ダムの形式 …… 56
7.4 Patia No.1発電所の形式および機器のunit 容量 …… 57
7.5 送電々圧および回線数 …… 58

8. 開発時期および経済評価 …… 63
8.1 開 発 時 期 …… 63
8.2 開 発 順 序 …… 63
8.3 経 済 評 価 …… 64

9. Feasibility Study に必要な調査事項 …… 71
9.1 水 文 調 査 …… 71
9.2 地形図作成 …… 71
9.3 地 質 調 査 …… 72
9.4 気象調査，その他 …… 73

Appendix－Ⅰ 西南地区の各系統の発電設備概要 …… 75
Appendix－Ⅱ 地質および地震 …… 83
Appendix－Ⅲ 水文および気象 …… 91
Appendix－Ⅳ 入手資料目録 …… 107

FIGURE 目 次

FIG. 1 KEY AND LOCATION MAP

FIG. 2 GENERAL PLAN

FIG. 3 GENERAL PROFILE

FIG. 4 ELECTRIC POWER SYSTEM

FIG. 5 CVC LOAD CURVE

FIG. 6 BALANCE OF SUPPLY AND DEMAND

FIG. 7 PATIA BASIN

FIG. 8 ALTERNATIVE PLAN

FIG. 9 GEOLOGIC MAP OF SOUTH-WESTERN COLOMBIA

FIG. 10 GEOLOGIC PLAN AND PROFILE OF PROJECT AREA

FIG. 11 GAGING AND METEOROLOGICAL STATION

略　　語

CVC　　— Cauca地方開発公社

CHEC　　— Caldas県営電力会社

CEDELCA — Cauca県営電力会社

CEDENAR — Narino県営電力会社

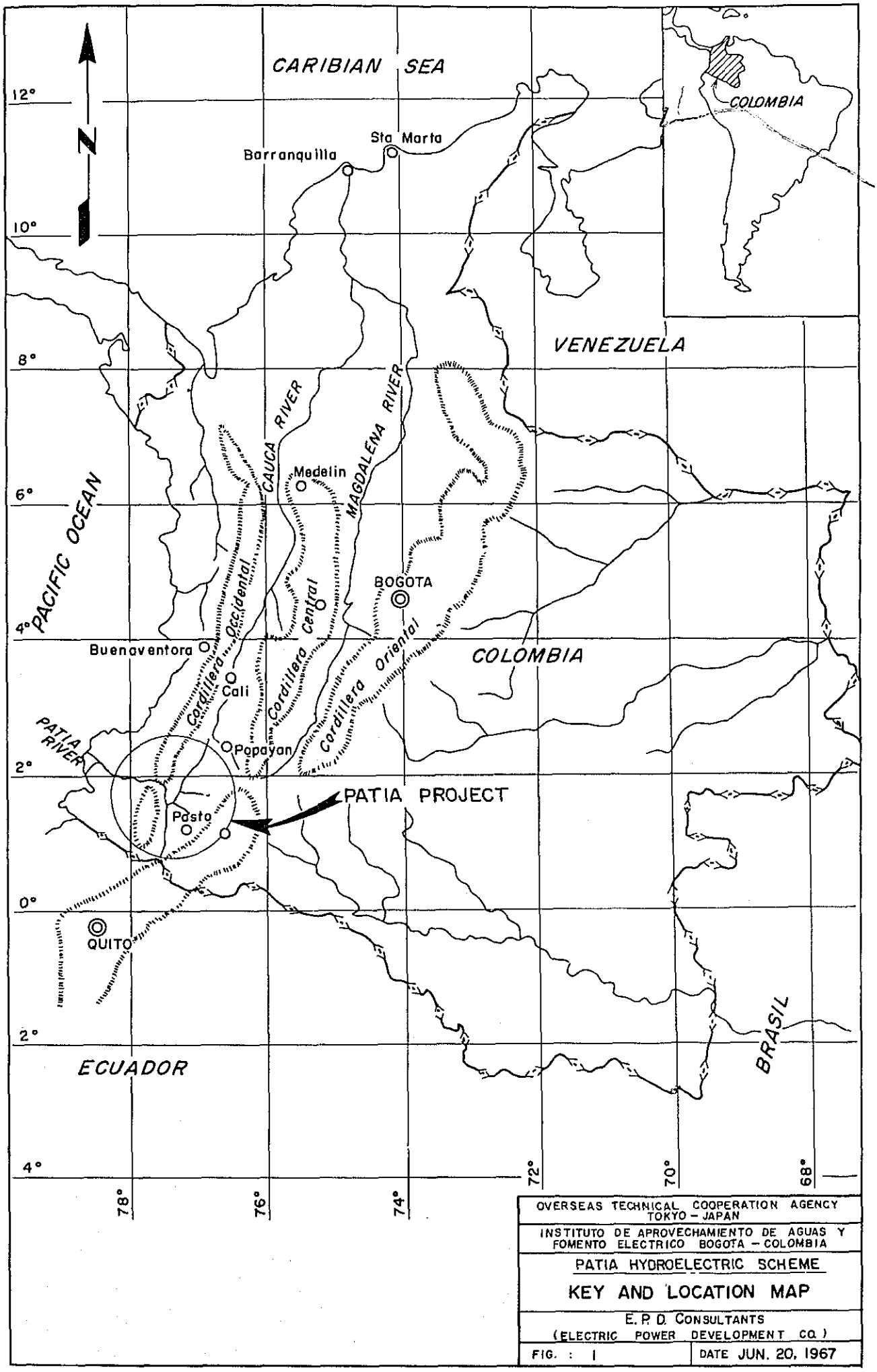
EEPP　　— Medellin市営電力会社

IDB　　— 米州開発銀行

通　貨　換　算　率

工事費および経済評価等の数字は，１９６６年１２月以降の公定為替レート１US$＝１6.２５pesos に基いて算定した。

I. 概　　説



OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
TOKYO – JAPAN

INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA – COLOMBIA

PATIA HYDROELECTRIC SCHEME

KEY AND LOCATION MAP

E. P. D. CONSULTANTS
(ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)

FIG. : 1 | DATE JUN. 20, 1967

I. 概　　説

1.1 経　　緯

Patia 河は，コロンビヤ国のAndes 中央山脈西南部（Cauca県）に源を発し，西流して大平洋に注ぐ大河であり，同国の"水利電力庁"（Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Electrico－以下"Instituto" と略称する）は，従来からこの河の豊富な水力資源に着目し，電源開発計画の構想を有していた。

１９６６年１月，日本の電源開発株式会社の技師が同国を訪問した際，"Instituto"よりこの計画の調査のため，日本のConsulting engineersの派遣方要請があった。その後，コロンビヤ政府と在コロンビヤ日本大使との間に協議が進められ，１９６６年３月，コロンビヤ政府より日本政府に対して本計画の予備調査を通じての技術協力の要請が行なわれた。この要請に応え，日本政府は１９６６年７月，電源開発株式会社の技師より成る調査団の派遣を決定し，その業務を日本政府の実施機関である海外技術協力事業団に委託した。

1.2 調査の目的および範囲

今回の調査目的は，Patia 河の豊富な包蔵水力資源を開発し，同国西南地域一帯の産業発展に資するための水力発電計画，送電計画，関連地域内の電力需給計画および開発時期等について予備的構想を策定し，あわせて，次に行なわれるべきFeasibility 調査に必要な具体的測量，調査の種類および範囲について指針を与えることである。

1.3 調　　査

1.3.1 事前打合せ

調査目的および調査方法について"Instituto"と事前協議し，あわせて調査に必要な諸準備の実施を"Instituto"に依頼するため，１９６６年８月，電源開発(株)土木技師細谷浩正が同国に赴き，約１ケ月間に亘って計画地点の概況を視察するとともに"Instituto"と所要の打合せを行なった。

1.3.2　調査方法

1.3.2.1　調査区分

調査は，対象区域によって次の２つに区分される。

(a)　Field Survey

Patia 河流域の中で有望と思われる計画地点を選定し，この地点において電源開発計画を策定するための調査である。この調査のための対象区域は Patia 河のLake Trueno を下流端とする本流および支流流域を含む。

(b)　関連地域調査

Patia 計画による発生電力を消費することになると思われる地域を対象として行なう電力需要想定，ならびに需給計画の立案である。対象地域としてはCali を中心とし，北は Manizales を含むCaldas 県，南はNariño 県に亘るコロンビヤ西南地域一帯を考え，さらにエクアドル国Quito 地区に対する送電可能性についても検討が行なわれた。

1.3.2.2　入手資料

今回の調査のため，'Instituto' により準備された資料および現地調査の過程において入手した資料のうち，主要なものは下記の通りである。なお，全資料目録はAppendixに示す通りである。

(a)　地形資料

Field Survey Area の主要部の過半をカバーする縮尺1／25,000等高線間隔２５ｍの航空写真測量地形図および写真

(b)　水文資料

(i)　降雨量資料：

Patia 河流域内２３個所の１９５７年～１９６６年間の観測資料。

(ii)　流量資料：

Patia 河本流について１０ケ月間，支流３河川について１０～３年間の測水資料。

(c)　電力需給関係資料：

－Feasibility Report on Interconnection－May 1964

－Informe Anuel (Instituto) －1966

－Preliminary Report on Alto Anchicaya Project (CVC) －1966

－Feasibility Report on Salvajina Project (CVC) －1964

1.3.2.3　調査団員

調査団は，電源開発株式会社の土木技師中山謙治を団長とし，同社の経済専門家小林哲郎，土木技師山田恒一，地質専門家福竹養造，電気技師木田橋勉を団員として合計5名で構成された。

1.3.2.4　調査活動

われわれは，1967年1月17日から同年3月14日まで，約2ケ月間コロンビヤ国に滞在し，この間，2月1日から2月22日までDr.F.A. Forero に率いられる"Instituto"の調査団と協力してPatia 河流域の水力地点のField Survey を行なった。このField Surveyは，現地の道路条件が悪いため，ヘリコプターを利用し，これによって効果的にSurveyを行なうことができた。また，Field Survey と平行して関連地域内の電気事業者を訪れ，当該地域の電力事業について調査を行なった。

ついで，同年3月20日より，東京において，われわれはField Survey および関連地域調査を通じて得た諸資料に基き，電源開発株式会社のChief Engineer の指導の下に，技術各部の協力を得て，水文資料の解析，地形地質資料の解析，電力需給計画，発送電計画および本Patia 計画の経済性の検討等を行ない，予備調査報告書をとりまとめた。

1.4　Patia計画の背景

現在，コロンビヤでは，1963年に世界銀行，米州開発銀行およびDAC加盟11カ国の代表を加えて結成された"コロンビヤ協議グループ"の支持のもとに発足した経済・社会開発10カ年計画が進行中である。

国家予算の規模は，1967年一般会計約47億pesos，開発投資約18億pesos，計約65億pesos であり，同年の国民総生産は約35億US$相当額と推定されている。現在，国民総人口約1,760万人と推定されるので，国民1人当りの生産額は約200$／年と推定される。

周知の如く，コロンビヤはコーヒーMonocultureの国柄であり，貿易構造も，輸出額の75%がコーヒー，14%が石油である。このため，1960年以来コーヒー国際市場価格の下落（1960－1967年間に約20%下落）に伴つて最近，経常輸入年額6億US$に対し輸出年額5億US$程度となり，国際収支逆調の漫性化が懸念されている。このほか，負債構造における対外債務償還負担の逐増という困難な問題もからみ，このためコロンビヤ政府は国際通貨基金との協議のもとに1966年11月29日，平価切下げとともに為替管理令を公

布するに到つた。爾来，コロンビヤ政府は，均衡予算を貫くことによって国際収支，為替，財政面の安定を計りながら経済開発を進めつつある。

このような事情から，経済・社会開発１０カ年計画も必ずしも予定の進捗率は示していないが，電源開発部門は，運輸，通信，農業，鉱工業，上下水道，住宅建設，教育，保健衛生等の諸部門の中で最も順調に進捗しており，全国発電所の設備出力は，１９６０年の９３０mWから１９６６年には約1,６００mWに増大している。電力の開発はこの国の諸工業育成と産業多角化の基礎をなすものであるので，今後とも益々積極的に推進されるものと期待される。

現在この国の電力設備の約６５％はBogota，Medellin，Cali の３大都市および周辺地域に集中しているが，近い将来これら３地域の送電連系が予定されている。ここにおいて，Patia 計画は，後述の如く，その規模および経済性の面からコロンビヤ西南地域で最もPromising のnational level の大計画であり，その実現はコロンビヤ全体の今後の経済社会の発展に絶大の貢献をなすものと期待される。

1.5 謝　　辞

本調査を実施するに当り，終始われわれに支援と協力を与えられたコロンビヤ国政府，〃Instituto〃，Narion 県営電力会社その他諸機関の関係各位に対し，深く感謝の意を表するものである。

2．　要約と勧告

2. 要約と勧告

2.1 一　　般

われわれは，コロンビヤ国Patia河電源開発計画について，"Instituto"から提供された航測写真，地形図，水文資料およびその他の基礎資料に基いてPatia 河流域の現地踏査および関連諸地域の調査を行なった結果，開発規模の基本構想，計画の経済性と開発時期等に関する概括的な見透しを得ることができた。これらについては第3章以下において記述する。

しかしながら，今回の開発構想を策定するに当ってわれわれが入手し得た資料は遺憾乍ら充分なものではなく，このため推定値に頼らざるを得なかった部分も可成りある。しかし，現段階の見透しでは，Ratia 計画はCali 市を主要な需要地とするコロンビヤ西南地域にとって最もPromising な計画の一つと考えられるので，今後Feasibility報告書の作成を含む必要な諸手続の促進を計る必要がある。

2.2 発電計画

Patia 河の水力資源は，Medea PatiaのGuasca 付近からEstrecho de Minama下流端までの間にその大部分が集中している。この間の自然落差は約２２０ｍであり，年平均流量は約２５０㎥／s と推定される。従って，物理的に見た場合，Patia 計画はprime powerで約７１０mw，最大出力で約1,２００mwの，national planのレベルにおける大規模開発の可能性を含むものと考えられる。

また電力需給の面から考えた場合，この水力資源は，１９７０年代の中期から１９８０年代の中期におよぶ約１０年間に予想される西南コロンビヤ地域の増加需要に対処し得るものと思われる。

コロンビヤ西南地域における既存の電力系統および現在の諸計画を勘案すると，この地域の将来の電力系統において，供給安定性の面から最も必要と考えられるものは，経年調整可能な大規模貯水池の存在である。

この点に関し，Media PatiaのGuaitara 川の合流点付近に極めて良好なダム地点が存在しており，ここにダムを築造することによって，経年調整可能な大容量貯水池の実現が可能と思われる。現在入手している資料の範囲では，貯水池は満水位標高約５７０ｍ前後，有効容量約1,７００×１０^{6} ㎥とするのが最も経済性が高い。発電所は，このダムによって得られる

落差を利用するピーク発電所（№1発電所）と，その下流で№1発電所の放水を受けて発電するベース発電所（№2発電所）が考えられ，現段階の構想では，その諸元は概ね下記の通りである。

	最大使用水量(m³/sec)	基準有効落差(m)	出力（mw）		年間電力量(10^6kwh)	
			最大	保証尖頭	可能発生	Prime energy
Patia №1	540	175	800	760	3,300	3,140
Patia №2	300	160	400	400	3,000	2,990
合計		335	1,200	1,160	6,300	6,130

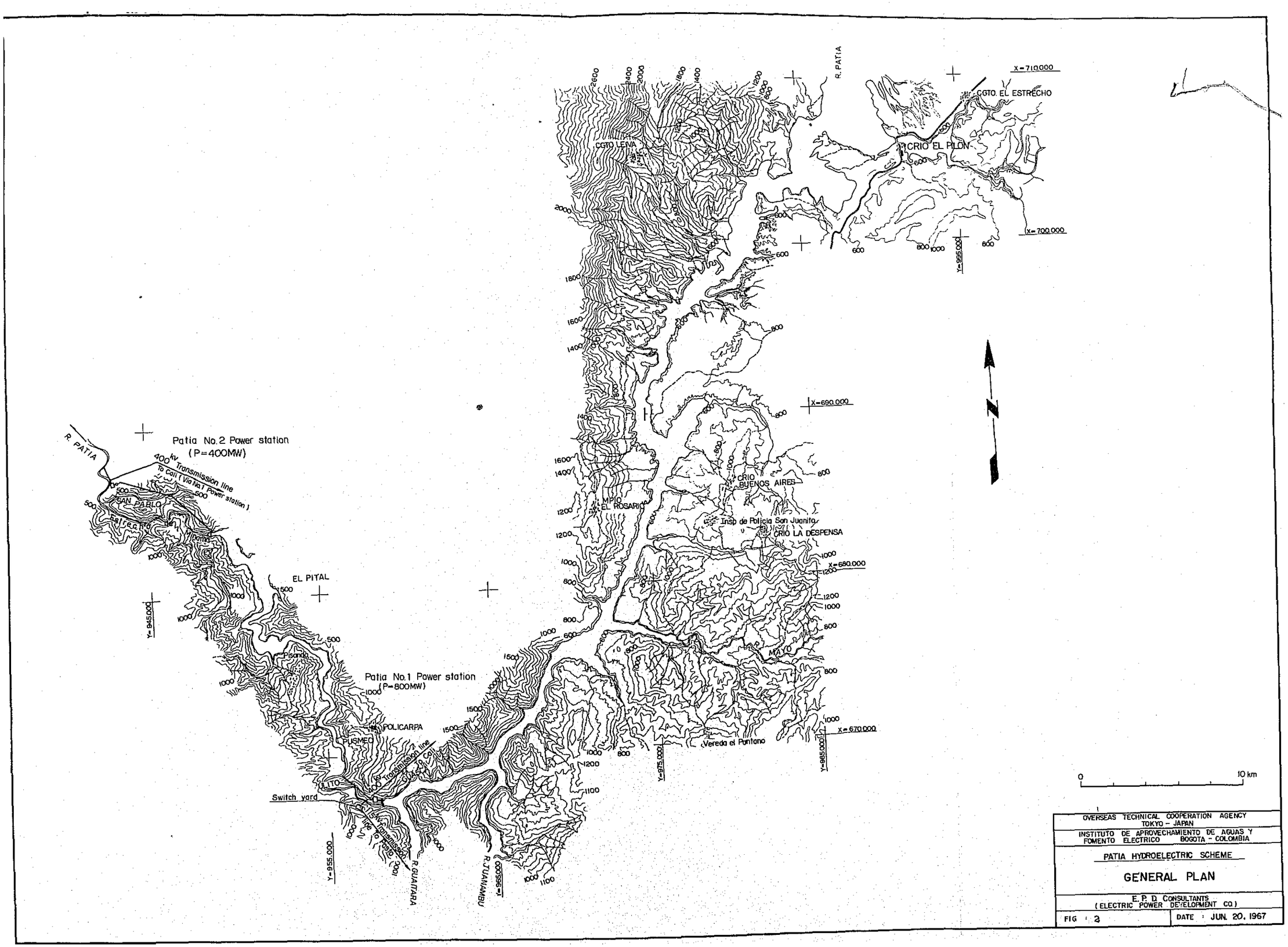
2.3 送電計画

現段階における送電計画の基本構想は，400kv 2回線，延長約300 km の送電線によって需要中心地であるCali 地区に送電し，ここで，Cali－Bogota－Medellin を結ぶNational Interconnection Systemと連系する。また一方，地元のPasto 地区に対する送電も必要なので，この地区に対しては115kv 1回線，延長約55 km の送電線で電力供給を行なう。

2.4 需給計画

Patia 系発電所の発生電力の供給先である西南コロンビヤ地域は，Cali 市を中心とし，北はManizales 市から南はPasto市を経てエクアドルとの国境地域にいたる広汎な範囲に広がるものである。この地域の電力需要は，1966年において最大需要電力約285mw，年間需要電力量約1,260×10^6 kwh であったが，今後の伸びを予想すると，1975年及び1985年において，最大需要電力及び年間電力量はそれぞれ約930mw，2,480mwおよび約4,270×10^6 kwh，11,400×10^6 kwh に増大するものと想定される。

上記の需要規模に対して，供給力は，現在工事中或は実施予定の諸計画（Alto Anchicaya 計画等）が全て完成したとしても，1976年頃には不足を生ずるものと予測される。従って，Patia 計画は1976年頃より需要に対応して段階的に開発を要すると考えられる。この場合，Patia 系発電所の供給能力は前述のように，1976年より1984年までの約10ケ年間の新規需要を賄うことが可能と推定される。



OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
TOKYO – JAPAN

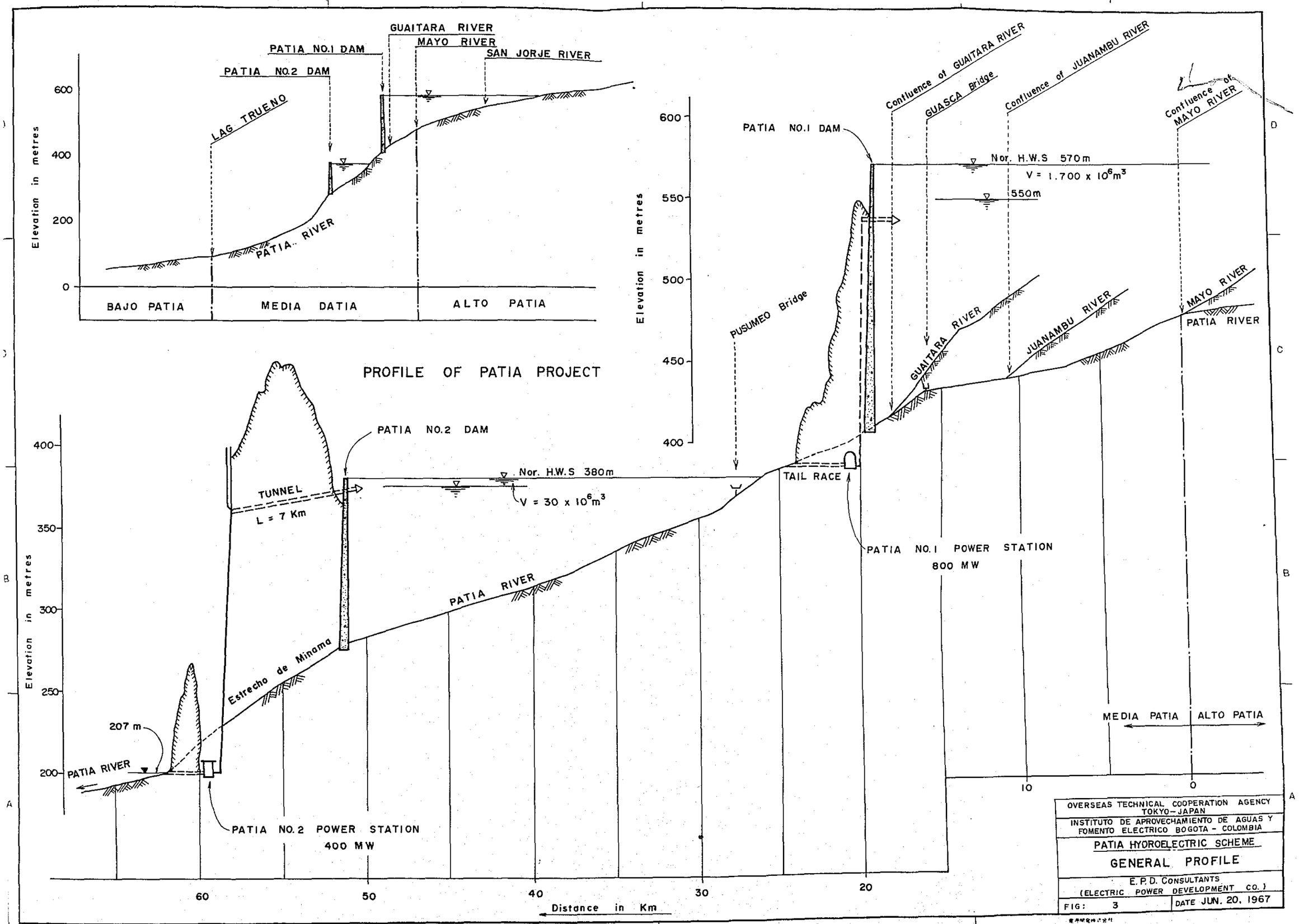
INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA – COLOMBIA

PATIA HYDROELECTRIC SCHEME

GENERAL PLAN

E. P. D. CONSULTANTS
(ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)

FIG : 2 | DATE : JUN. 20, 1967


GUAITARA RIVER
MAYO RIVER
PATIA NO.1 DAM
SAN JORJE RIVER
PATIA NO.2 DAM
LAG TRUENO
PATIA RIVER
Elevation in metres
600
400
200
0
BAJO PATIA
MEDIA DATIA
ALTO PATIA
PROFILE OF PATIA PROJECT
Confluence of GUAITARA RIVER
GUASCA Bridge
Confluence of JUANAMBU RIVER
Confluence of MAYO RIVER
PATIA NO.1 DAM
Nor. H.W.S 570m
V = 1.700 x 10^6 m^3
550m
PUSUMEO Bridge
GUAITARA RIVER
JUANAMBU RIVER
MAYO RIVER
PATIA RIVER
600
550
500
450
400
PATIA NO.2 DAM
Nor. H.W.S 380m
V = 30 x 10^6 m^3
TUNNEL
L = 7 Km
TAIL RACE
PATIA NO.1 POWER STATION
800 MW
PATIA RIVER
Estrecho de Minama
207 m
PATIA RIVER
PATIA NO.2 POWER STATION
400 MW
400
350
300
250
200
MEDIA PATIA
ALTO PATIA
60
50
40
30
20
10
0
Distance in Km
OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
TOKYO-JAPAN
INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA - COLOMBIA
PATIA HYDROELECTRIC SCHEME
GENERAL PROFILE
E.P.D. CONSULTANTS
(ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)
FIG: 3
DATE JUN. 20, 1967

(A-3)

なお，ここにNational Interconnection Systemは１９７１年頃には就役が期待されているが，この連系送電線を通じて西南地域の全需要をカバーすることは容量的に不可能であり，またかりに送電線容量が増強され得るとしても，西南地域の電力供給を全面的且つ長期に亘って他地域に依存することは供給安定性の面からも，国家経済的観点からも望ましくないと考える。

2.5 Patia 計画の開発時期および開発順序

前項で述べたように，Patia 計画は概ね１９７６年頃に運開することが必要と考えられる。このためには，本工事に約４年を要すると思われるので，Feasibility 調査および実施設計の完了を経て，１９７１年頃までに準備工事が完了出来るよう措置することが望まれる。

また，Patia 系発電所は前述のように段階的に開発されるが，その開発順序は経年貯水池を持つ№１発電所から先に開発するのが有利である。段階開発の完成は概ね１９８４年頃と想定され，この時期にPatia 系発電所の最終出力に達するであろう。

2.6 Patia 計画の経済評価

Patia 系発電所の運開時点における西南地域電力系統の特色を予測すると，prime power の設備出力に対する比率が需要の負荷率に比して著しく低く，渇水期における出力低下が著しい。従って，発電コストの割高な補給火力発電所を新設し，運転せざるを得ない状態となる。

ここにPatia 計画は，これまでの調査では，西南地域において経年調整能力を持ち得る唯一の大規模計画であり，また，prime power と設備出力の比を需要の負荷率より大きくとった運用が可能と推定される。従って，Patia 計画は，電力コストの割高な補給用火力発電所に代って，既存水力発電設備の有効化という大きなmerit をもたらすものである。

現段階では概算の域を出ないが，現在の構想ではPatia 計画の総工事費は約３００,０００千US$ と見積られるので，これによって試算すれば，kwおよびkwh 当りの建設単価は，それぞれ，約２５０US$／kwおよび4.70 US Cents/kwh と推定され，代替火力と比較した価値係数（便益／費用）は1.5程度と算定される。

2.7 勧　　告

(1) Patia 系発電所の運開時期を勘案すると，できるだけ早い時期にFeasibility調査が必要であるので，水文資料の追加取得を中心として，第９章に示す諸準備を早急に実施する

必要がある。

(2) Patia 川包蔵水力の効果的開発を行なうためには，現段階の推定によれば貯水池の満水位標高は５７０±２０ｍ前後と考えられる。従って，この線に沿って関係諸権益の間の意見の調整が必要である。

(3) Patia 計画の開発により，豊富，低廉な電力の利用が可能となる。現在コロンビヤ，エクアドル国境地域開発計画の具体化の動きがあるが，今後はPatia の電力を背景とし，国境地域も含めた西南コロンビヤ全体の工業化計画の再検討が必要と考えられる。

(4) Patia の発生電力のエクアドル送電（Quito地区及び国境地域）の可能性が考えられる。このためには，両国政府間においてこの国際間融通のPriorityの存否，送電線建設費の分担および電気料金決済等について予備的検討がなされることが望ましい。

3. 電力需要想定および需給計画

3. 電力需要想定および需給計画

3.1 関連地域の概況

3.1.1 関連地域の範囲

電力需給の面から，Patia 系発電所の発生電力の供給先と考えられる地域は，下記の理由により，Cali を中心として，北はManizales 市を含むCaldas 県から南はNariño県にいたるコロンビヤ西南地域一帯であり，電力系統としては CVC－CHEC，CEDELCA，CEDENAR の各系統が包含される。（以後この地域を西南地域という）

(1) 現在，コロンビヤでは，Eogota，Medellin，Caliの3大都市および周辺地区に全国電力供給設備の約2／3 が集中しているが，これら3地区の各電力系統はいずれも弧立しており，相互に連系されていない。しかしながら，最近における需要の規模増大に伴い，系統運用の経済性を高めるため，上記3大地区の電力系統を連系する230kv 送電連系計画が具体化しつつあり1971年には本送電線の運開が期待されている。

(2) しかしながら，連系送電線の役割りは，季節的或は応急的な電力融通を主眼とするものと解され，各系統は当該系統内で需要と供給が均衡しつつ発展するのが供給安定性の面から望ましいと考えられる。従って，Patia 発電所の発生電力は，Cali 地区を中心としたValle，Caldas－Quindio，CaucaおよびNariño の各県をその供給地域に設定するのが適当と考えられる。

なお，上記のコロンビヤ西南地域のほか，エクアドル国Quito 地区およびエクアドル国のコロンビヤ国境地帯に対するPatia の電力の送電可能性も考えられるが，これについては3.2.4 項で後述する。

3.1.2 一般経済事情

西南地域の産業，経済の中心はCali 地区であり，ここに西南地域全体の工業生産および電力需要の約50％が集中している。Cali 市は，Rio Cauca 沿岸に発達した長さ200 km，巾平均20 km，面積約4,000 km²の広大肥沃なCauca 平原南端部に位する人口約714,000（1966年）のコロンビヤ第3の大都市である。市の標高約1,000 m，年平均気温25℃，年間雨量1,200 mmで気候の季節的変化は殆どない。

市の周囲には工業が発達し，製油（大豆油），製糖，セメント製造，製陶，ビール醸造，食

品加工，乳製品加工業等が盛である。現在，東部のPalmira 方面と北部のYumbo方面に諸工業が急速に発展しつつある。また，Cauca平原は温暖な気候条件に恵まれているため，従来から牧畜，さとうきび，とうもろこし，米等の栽培が盛であり，コロンビヤの輸出第1位品目であるコーヒーについては全国最大の生産を示しており，（Sevilla，Caicedonia，Trujillo等の諸都市），第3位品目である砂糖については全国生産量の約８０％をこの地域で生産している。また，天然資源についても，Cali－Yumbo 地域一帯に豊富な石炭が埋蔵されている。また，Cali 市より約１５０km離れた大平洋岸には当国最大の貿易港Buenaventura があり，目下１９７０年を目途にＩＤＢ借款による港湾設備増強計画が進められている。計画完成後には同港からの輸出貨物５５０,０００屯／年（１９６１年に対し１００％増），輸入貨物８００,０００屯／年（１９６１年に対し３５％増）の荷揚げ可能と予定されているので，今後はこの港を背景として更に飛躍的な経済発展が期待される。

Caldas県の中心地Manizales市は人口約２２２,０００（１９６６年）のコロンビヤ第7の都市であるが，附近にはほぼ同市に匹敵するPereira 市があり，古くから工業が発達している。

Manizales 市は標高約2,１５０m，年平均気温１７℃前後で，Bogota，Medellin，Caliの３大都市を結ぶ三角形の中心にあり，現在すでにCali との間に１１５kv 線で送電連系されている。

Cauca県の中心地Popayan市はRio Cauca 最上流部に位する人口約７７,０００（1964年）の県都であるが，諸工業は未発達である。

西南部地域の南端に位置するNarino県は総人口約８００,０００（１９６４年）であり，総電力需要の７０％は県都Pasto に集中し，２０％がIpiales に集中している。Pasto市は人口約１１９,０００（１９６６年），Ipiales は約３３,５００で，標高はともに約2,７００m，年平均気温１４℃前後である。工業としては，小規模な家具製造工場，皮革工場，煉瓦工場，肥料工場，ビール醸造等が見られるに過ぎず，産業の主体は，大麦，小麦，とうもろこし，麻，果実栽培等の農業である。このように，現在の経済水準は全国的に見ても低位にあるが，この地域には１９６６年ＩＤＢの提唱になるColombia－Ecuador国境地域経済，社会開発計画の具体化の動きがあり，また最近，隣接の政府直轄区Alto Putumayoに発見された大石油資源開発のため，Putumayo－Tumaco 港間にパイプ・ラインが敷設中である。

これら原油のうち，どの程度が石油精製として電力需要に直結するかは現時点では確認できないが，直接，間接にNariño県の今後の経済発展に波及効果をおよぼすことは疑問の余地が

ない。このほか，鉱物資源についても，県内にはSan Francisco, Buesaco, Rio Cristalの石灰岩，Esmeralda地区の鉛，亜鉛，Mallana 地区のマンガン，Ilanada 地区の銅，Patia 下流域の金等多種多様に埋蔵されており，今後の開発が期待されている。

3.1.3 電気事業者

西南地域に含まれる主要電気事業者は，CVC, CHEC, CEDELCAおよびCEDENARの4者によって代表される。このうち後の3社は"Instituto"支配下の県営電力会社であって，それぞれ，Caldas－Quindio, Cauca, Nariño の各県を供給地域として発送配電事業を行なっている。CVCはCauca河流域の電源開発，洪水防禦，灌漑等を目的とした開発公社でありValle県一帯の電源開発計画の策定および建設を行なっており，完成後の発電および送電設備についてはその支配下にある"Anchicaya 電力会社"（Centrales Electricas de Rio Anchicaya）が運転保守を行なっている。またCali 市を中心とする地域の配電部門はCali市営の"Cali公共事業会社"（Empresas Municipal de Cali）が担当している。また，Tulua, Servilla, Cartago 等の県内各地区は，それぞれの地区の供給業者が配電事業を行なっている。

3.1.4 電力設備の現状

3.1.4.1 発電設備

CVC系統の総設備出力は1966年末現在217mwであるが，現在Calima №1発電所（1，2号機計60mw運転中）において，3，4号機合計60mwの据付工事が進行中であり，本年中に完成予定なので，1967年下期には277mwとなる。このうち，水力は200mw，火力はYumbo 火力発電所の53mwがあり，他はジーゼル24mwである。なお，CVC系統では供給力に余力がなく，Calima №1発電所が完成しても1969年頃には不足状態が予想されるので，現在Alto Anchicaya 発電所計画（340mw）の実施が急がれ，またSalvajina 発電所430mwの建設も検討されている。

CHEC系統の総設備出力は1966年末現在61.6mwである。この系統は殆ど大部分が水力であり，CVC系統と連系されているが供給力は不足状態にあり，San Francisco 135mwの工事が進められており，1970年発電開始の予定である。

CEDELCA系統の総発電設備出力は1966年末現在10.9mwであるが，この系統も供給力が不足している。Popayan 地区はCVC系統から補給を受け，これら不足解消のため，現在Plorida №2発電所（20mw）の実施が急がれており，1970年に運開の予定である。

CEDENAR系統の発電設備出力は，１９６６年末現在約8.7ｍｗであるが，Pasto 地区にはJulio Brave e Higos 社の設備約2ｍｗがあり，計１１ｍｗ程度と推定される。この系統は特に供給力の不足が甚しく，現在Rio Mayo発電所（２１ｍｗ）が建設中である。同発電所の１，２号機計１４ｍｗが１９６８年に運開し，３号機７ｍｗが１９６９年に運開する予定である。以上により西南地域の発電設備の合計は水力２８５ｍｗ，火力５３ｍｗ，ジーゼル３８ｍｗ，合計３７５ｍｗである。

3.1.4.2　送　電　線

西南地域各系統の送電々圧は１１５ｋｖ，３4.5ｋｖが採用されている。CVCとCHEC系統間の連系はCali－Manizales 間の主要都市を結ぶ１１５ｋｖ送電線により行なわれている。CVCとCEDELCA系統間は，３4.5ｋｖのCali－Popayan送電線が運転されているが，今後１１５ｋｖ送電線で結ばれる計画となっている。

CEDENAR系統は現在まだ他系統と連系されていないが，Rio Mayo発電所（２１ｍｗ）の建設と平行して，Popayan－Rio Mayo－Pasto－Ipiales 間約２３５ｋｍの１１５ｋｖ送電線の建設が計画されており，既に工事入札も行なわれている。

他に１１５ｋｖ送電線としてはCali－Anchicaya－Buenaventura線がある。

3.1.5　需給の現状

3.1.5.1　需要実績

需要実績はTable 3.1に示す通り，１９６６年に最大電力で２８５ｍｗ，電力量で1,260×10^6ｋｗｈであった。そのうちCVC系統が７２％，CHEC系統２０％，CEDELCA４％，CEDENAR４％であった。主な系統であるCVC系統の需要構成は過去４年間，概ね工業用４３％，住宅用３２％，商業用１４％，公共施設および照明用１１％の割合となっている。

3.1.5.2　伸び率

CVC系統では供給力が不足した年（１９６４－５年）の伸び率は低かったが，これは負荷制限が行なわれたためであって，供給余力を生じた年の伸び率は極めて高くなっている。例えばYumbo 火力発電所３号機（３３ｍｗ）が運開した１９６２年およびCalima水１発電所１，２号機（６０ｍｗ）が運開した１９６６年の対前年伸び率はそれぞれ年間電力量において24.5％，１１％，最大需要電力において３0.8％，２3.8％の伸びを示している。１９６４および１９６５年が需給面で例外的なものであるとしても，過去６年平均の伸び率は電力量および最大需要電力ともに１４％をやゝ上回っている。

CHEC系統およびCEDELCA系統については最近３－４年間の資料しか入手し得なかったが，

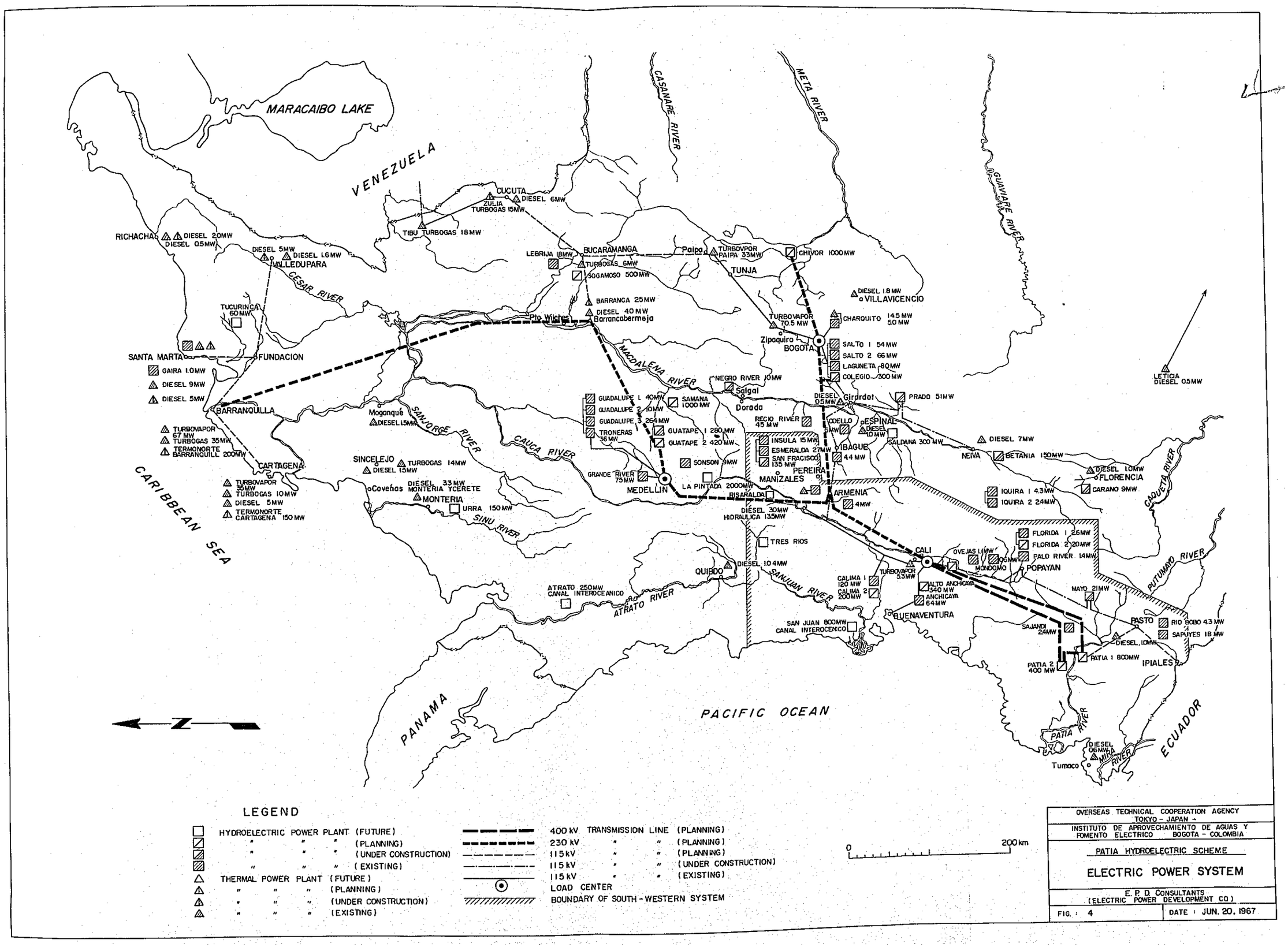
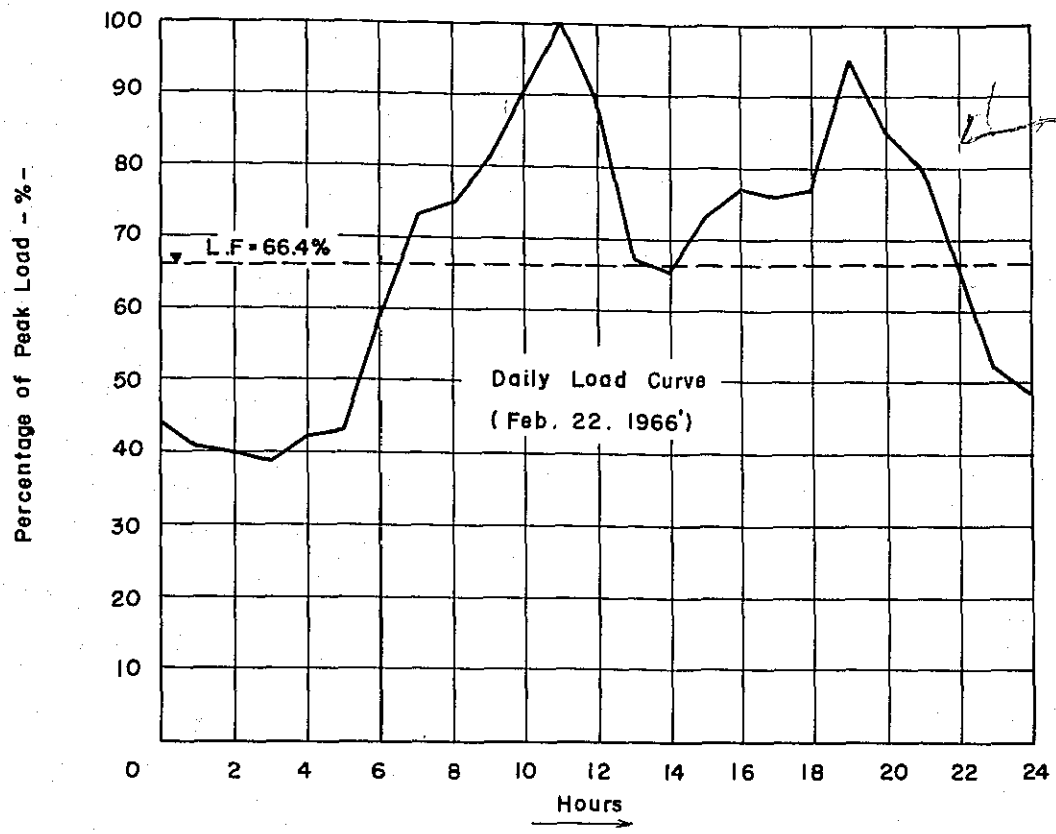
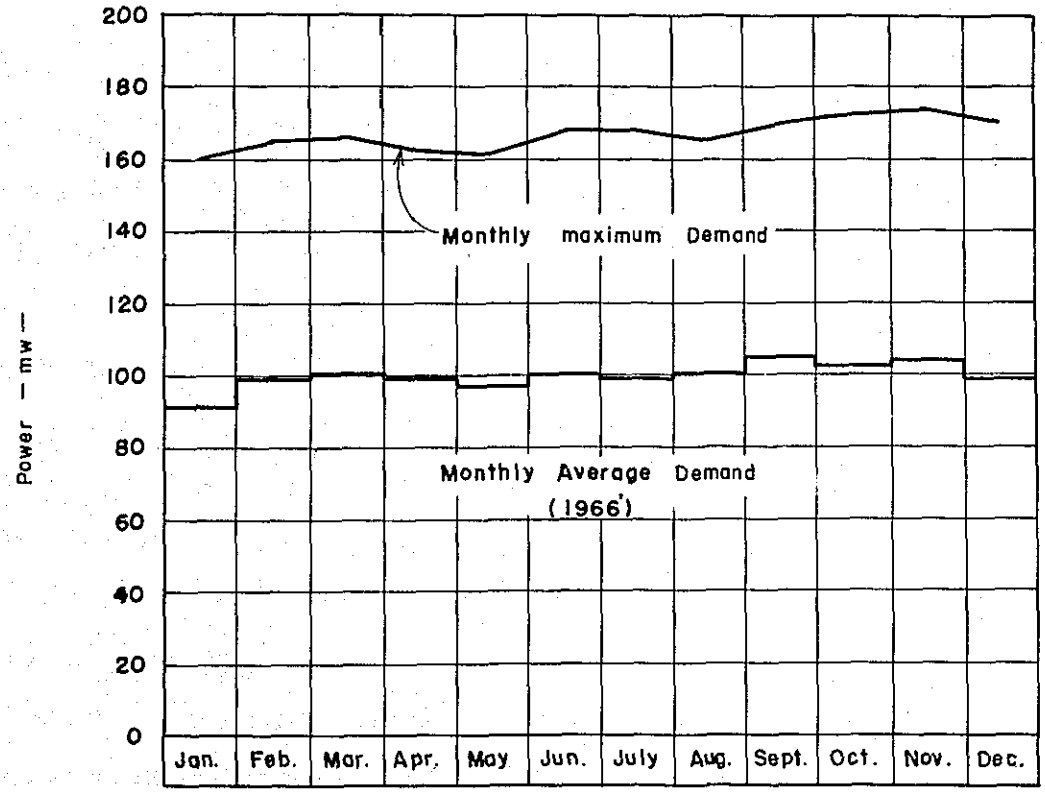

MARACAIBO LAKE
VENEZUELA
CASANARE RIVER
META RIVER
GUAVIARE RIVER
CUCUTA
DIESEL 6MW
ZULIA TURBOGAS 15MW
TIBU TURBOGAS 18MW
RICHACHA
DIESEL 20MW
DIESEL 0.5MW
DIESEL 5MW
DIESEL 1.6MW
VALLEDUPARA
CESAR RIVER
LEBRIJA 18MW
BUCARAMANGA
Paipa
TURBOVPOR PAIPA 33MW
CHIVOR 1000MW
TUNJA
TURBOGAS 6MW
SOGAMOSO 500MW
DIESEL 1.8MW
VILLAVICENCIO
TUCURINCA 60MW
BARRANCA 25MW
DIESEL 40MW
Barrancabermeja
Pto Wilches
TURBOVAPOR 70.5MW
CHARQUITO 14.5MW 5.0MW
Zipaquira
BOGOTA
SALTO 1 54MW
SALTO 2 66MW
LAGUNETA 80MW
COLEGIO 300MW
SANTA MARTA
FUNDACION
GAIRA 1.0MW
DIESEL 9MW
DIESEL 5MW
MAGDALENA RIVER
NEGRO RIVER 10MW
Salgal
LETICIA DIESEL 0.5MW
GUADALUPE 1 40MW
GUADALUPE 2 10MW
GUADALUPE 3 264MW
TRONERAS 36MW
SAMANA 1000MW
Dorada
DIESEL 0.5MW
Girardot
PRADO 51MW
BARRANQUILLA
Moganqué
DIESEL 1.5MW
SAN JORGE RIVER
RECIO RIVER 45MW
CODELLO 1MW
ESPINAL
DIESEL 1.0MW
SALDANA 300MW
TURBOVAPOR 67MW
TURBOGAS 35MW
TERMONORTE BARRANQUILL 200MW
CAUCA RIVER
GUATAPE 1 280MW
GUATAPE 2 420MW
INSULA 15MW
ESMERALDA 27MW
SAN FRACISCO 135MW
IBAGUE 44MW
DIESEL 7MW
NEIVA
BETANIA 150MW
CARTAGENA
SINCELEJO
TURBOGAS 14MW
DIESEL 1.5MW
SONSON 9MW
GRANDE RIVER 75MW
MEDELLIN
LA PINTADA 2000MW
PEREIRA
MANIZALES
ARMENIA
4MW
DIESEL 1.0MW
FLORENCIA
CARANO 9MW
CAQUETA RIVER
TURBOVAPOR 35MW
TURBOGAS 10MW
DIESEL 5MW
TERMONORTE CARTAGENA 150MW
CARIBBEAN SEA
Coveñas
DIESEL 33MW
MONTERIA YCERETE
MONTERIA
URRA 150MW
SINU RIVER
RISARALDA
DIESEL 30MW HIDRAULICA 135MW
IQUIRA 1 43MW
IQUIRA 2 24MW
TRES RIOS
FLORIDA 1 25MW
FLORIDA 2 20MW
PALO RIVER 14MW
CALI
OVEJAS 1.1MW
0.5MW
MONDOMO
POPAYAN
PUTUMAYO RIVER
QUIBDO
DIESEL 1.0 4MW
SANJUAN RIVER
CALIMA 1 120MW
CALIMA 2 200MW
TURBOVAPOR 5.5MW
ALTO ANCHICAYA 340MW
ANCHICAYA 64MW
MAYO 21MW
ATRATO 250MW CANAL INTEROCEANICO
ATRATO RIVER
BUENAVENTURA
SAN JUAN 800MW CANAL INTEROCENICO
SAJANDI 24MW
PASTO
RIO BOBO 4.3MW
SAPUYES 1.8MW
DIESEL 1.0MW
PATIA 1 800MW
PATIA 2 400MW
IPIALES
PACIFIC OCEAN
PANAMA
ECUADOR
PATIA RIVER
DIESEL 0.6MW
MIRA RIVER
Tumaco
LEGEND
HYDROELECTRIC POWER PLANT (FUTURE)
" " " (PLANNING)
" " " (UNDER CONSTRUCTION)
" " " (EXISTING)
THERMAL POWER PLANT (FUTURE)
" " " (PLANNING)
" " " (UNDER CONSTRUCTION)
" " " (EXISTING)
400 kV TRANSMISSION LINE (PLANNING)
230 kV " " (PLANNING)
115 kV " " (PLANNING)
115 kV " " (UNDER CONSTRUCTION)
115 kV " " (EXISTING)
LOAD CENTER
BOUNDARY OF SOUTH-WESTERN SYSTEM
0
200 km
OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
TOKYO - JAPAN -
INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA - COLOMBIA
PATIA HYDROELECTRIC SCHEME
ELECTRIC POWER SYSTEM
E. P. D. CONSULTANTS
(ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)
FIG. : 4
DATE : JUN. 20, 1967

Table 3.1 西南地域需要実績

項目	単位	1961	1962	1963	1964	1965	1966	備考		
CVC系統								1963－1966年平均需要構成：		
需要端年間電力量	10^3kwh									(%)
年間発電量	10^3kwh	475,390	591,590	703,660	796,000	825,420	912,170	住宅用		32.0
仝上伸び率	%	13.8	24.5	19.0	13.5	3.5	11.0	商業用		14.0
発電端平均電力	kw	54,260	67,530	80,330	90,870	94,300	100,400	工業用		42.6
〃 尖頭負荷	kw	103,310	135,105	153,120	162,940	164,340	203,545	公共施設，照明，他		11.4
負荷率	%	52.5	50.5	52.5	55.8	57.4	51.2	計		100.0
CHEC系統								1965年需要構成：		
需要端年間電力量	10^3kwh	97,263	109,097	126,469	158,046	183,303	－		(10^3kwh)	(%)
年間発電量	10^3kwh	119,107	133,071	152,112	187,499	215,297	－	卸売	79,181	43.0
仝上伸び率	%	－	12.0	16.0	24.8	16.0	－	住宅用	48,787	27.0
発電端平均電力	kw	13,596	15,190	17,363	21,403	24,576	－	商業用	13,739	17.0
〃 尖頭負荷	kw	27,200	30,380	34,720	42,800	49,150	－	工業用	30,657	7.5
負荷率	%	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	－	公共施設，照明，他	10,939	5.5
								計	183,303	100.0
CEDELCA系統								1965年需要構成：		
需要端年間電力量	10^3kwh	－	22,700	24,200	27,001	28,896	－		(10^3kwh)	(%)
年間発電量	10^3kwh	－	29,200	27,000	35,622	37,662	－	住宅用	19,390	67.0
仝上伸び率	%	－	－	7.0	12.0	7.0	－	商業用	3,700	7.2
発電端平均電力	kw	－	3,340	3,090	4,070	4,300	－	工業用	2,085	12.8
〃 尖頭負荷	kw	－	7,300	6,700	8,900	9,400	－	公共施設，照明，他	3,721	13.0
負荷率	%	－	46.0	46.0	46.0	46.0	－	計	28,896	100.0
CEDENAR系統								1965年需要構成：		
需要端年間電力量	10^3kwh	－	－	20,200	25,773	31,086	39,000		(10^3kwh)	(%)
年間発電量	10^3kwh	－	－	26,343	33,673	39,950	48,525	卸売	960	3.5
仝上伸び率	%	－	－	－	28.0	19.0	22.0	住宅用	23,116	74.0
発電端平均電力	kw	－	－	3,040	3,850	4,560	5,540	工業用	3,899	12.5
〃 尖頭負荷	kw	－	－	6,180	8,165	9,165	9,334	公共施設，照明	3,111	10.0
負荷率	%	－	－	38.7	47.2	49.7	59.3	計	31,086	100.0
合計										
年間発電量	10^3kwh	－	－	909,115	1,052,794	1,118,329	－			
発電端尖頭負荷	kw	－	－	200,720	222,805	232,060	－			
総合負荷率	%	－	－	50.0	54.0	55.0	－			





OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY TOKYO - JAPAN	
INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA - COLOMBIA	
PATIA HYDROELECTRIC SCHEME	
CVC LOAD CURVE	
E. P. D. CONSULTANTS (ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)	
FIG: 5	DATE: JUN.20.1967

前者は１６％，後者は約8.5％の伸び率となっている。また，CEDENAR 系統については，ＩＤＢの資料によると１９５０～１９６３年の１３年間は年平均１０％となっているが，その後最近３年間は年平均２３％の異常な伸び率を示している。以上を総合して西南地域の年平均伸び率を求めると約１５％となる。

3.1.5.3　負　荷　率

CVC系統はじめ各系統とも，日負荷曲線は午前１１時の昼間Peak と１９～２１時の夜間Peak があり，また，気温の季節的変化が少いため，需要の月別変動はあまりない。各系統とも，年間Peak の発生月は一定しないが，１１月が最も頻度が高い。

需要の年負荷率は，CVC系統では供給力不足した年は５６～５７％，供給余力のあった年は５２％前後で，平均５４％程度である。CHEC系統は資料が入手できなかったが，需要構成，規模等から判断し，５０％前後と推定される。CEDELCA系統は４６％程度と報告されている。CEDENAR系統は１９６６年は５９％以上に達したが，これは需給関係の極度アンバランスに起因するものであり，１９６３～１９６５年の３年間では概ね４８％程度となっている。これら各系統を総合した年負荷率は約５３％である。

3.1.5.4　総合損失率

発電，変電，送配電の総合損失率は高，低圧需要の構成，需要家密度，発電設備の分布状況，送配電網の整備状況等によって左右されるが，各系統とも可成り高く，下記の通りである。

CVC	系統	１５％
CHEC	〃	１７％
CEDELCA	〃	２３％
CEDENAR	〃	２２％

3.2　需要想定

3.2.1.　想定方法

各関連地域とも，用途別想定を行なうに足る資料が充分でないので，積上げの想定は行なわず，過去の増加傾向，Per Capitaの消費水準，人口増加率，ならびに需要の規模，構成の面での類似地域における過去の発展段階等を考慮したGlobalな想定方法を適用することとした。しかし，この場合にも，或程度具体的な工業開発計画の存在する地域および供給地域内の電気事業者によって独自に需要想定が策定されている地域については，当該開発計画および当該想

定を考慮に入れて想定を行なった。

次に，想定期間については，Patia 計画を，現在工事中或は実施決定済の諸計画の後に実施する場合を考慮すると１９８５年頃までとする必要がある。この想定期間は非常に長期におよぶものであるため，想定に多くの仮定が入ることになる。従って，今後の経済情勢の変動に合せて，その都度需要想定の見直しをする必要があるが，それによって本調査の結果得られた結論に重大な修正を生ずることはないであろう。次に，本需要想定に当ってわれわれが設定した前提は次の通りである。

3.2.1.1　伸　び　率

CVC系統の過去６年間の伸び率は年平均約１５％である。この率で外挿すると，５年後にはCali 地区（系統総需要の約６０％を占める）のPer Capita の消費量は約1,０７０kwh／年となり，Medellin地区の１９６２年の水準（約1,０２０ kwh／年）に達する。EEPP系統（Empresas Publicas de Medellin）の過去５年間の需要の伸びは年率１1.6％程度であり，需要の規模，構成はCVC系統と大差ない。従って，CVC系統については，EEPP系統の発展段階を勘案し，最初５年間は年率１５％，次の５年間で１０％程度に低下し，以後その状態が続くものとした。

CHEC系統の過去５年間の伸び率は年平均約１６％であるが，総需要の約６０％を占めるManizales 地区の１９６５年のPer Capita の消費量（約４５０ kwh／年）はCali 地区の１９６１年の水準（約４６０ kwh／年）とほぼ同水準にある。この系統の需要の規模はCVC系統の約1／4 であるが，卸売電力を除いた需要構成はCVC系統と殆ど変らない。従って，今後のCHEC系統の伸び率はCVC系統の１９６１年以降の伸び率の実績および想定値をそのまゝ適用した。

CEDELCA系統の最近３年間の伸び率は平均8.6％であった。CEDELCA 当局による需要想定では，１９７０年まで年率１9.5％，１９７１年以降１２％となるが，一方この地域におけるPer Capita の消費増加率は5.9％，人口増加率は4.3％、計１0.2％と計画されているので，本報告書では両者の中間をとり，１９７０年までは年率１５％，それ以降１１％と想定した。

CEDENAR系統の過去３年間の伸び率は極めて大きい。現在，この系統の需要端無制限需要電力量は７8.7 × １０^{6} kwh と推定されているので，これから１9.6６年の需要実績３９ × １０^{6} kwh を差引くと，約４０ × １０^{6} kwh の潜在需要が存在することとなる。一方，この地域の経済社会開発計画では，電気に直結する工業開発部門投資額として２3,４１０千$計

上されているが，これに基いて作成されたNarino県庁開発局（Departamento de Planeacion）の計画によると，１９７５年までに，セメント，煉瓦，食肉冷凍，農産物加工，魚貝罐詰，製菓，乳製品加工，機械修理等合計１４種類の工場建設が予定されており，これら諸工場の所要電力として4.45mw見込まれている。これをかりに負荷率６０％とすると，需要端電力量は約23.4×10^6 kwh となる。従って，需要想定の方法としては，Rio Mayo発電所が運開する１９６８－６９年に潜在需要40×10^6 kwh が開拓され，更に新規工業用電力として１９７０年までに10×10^6 kwh，１９７５年までに13.4×10^6 kwh が追加されるものとし，これらを含めた全体の伸び率を１９７０年までは年１５％，１９７１－７３年までに１１％に低下し，以後その状態が続くものとして想定した。他系統における過去の伸び率から類推して，決して過大なものではないと考えられる。

3.2.1.2　負　荷　率

負荷率については，今後諸工業の発展に伴って負荷率向上するであろうが，現在その見透しはつけ難い。また，一般需要家の消費水準も高くなく，その方面の需要開拓の余地が多分に残されているので，従来の軽工業需要の増加とともに一般需要も増加し，需要構成そのものには当分著しい変動は生じないものと考えられる。従って，本想定では，負荷率は一応現状通りとした。併し，CEDENAR系統には，工業化計画の動きがあるので，これを考慮して負荷率を想定した。各系統ごとおよび西南系統全体の想定負荷率を要約すると次の通りである。

CVC　系統	５４％
CHEC　系統	５０％
CEDELCA系統	４６％
CEDENAR系統	４８％－５０％
西南系統総合	５３％

3.2.1.3　総合損失率

各系統とも，総合損失率は可成り高い。しかし，予定された開発計画が実施され，既存の需要規模が増大するとともに新規需要が開拓されれば，必然的に送，変，配電設備の新規拡充が行なわれ，総合損失率は低減するであろう。送，変，配電設備拡充計画の具体的資料は入手できなかったが，類似系統における経験から，次のように想定した。

CVC　系統	１５％
CHEC 系統	１７％　（１９６６－１９７５）
	１５％　（１９７６－　　）

CEDELCA系統	23%	(1966－1970)
	20%	(1971－　　)
CEDENAR系統	22%	(1966－1970)
	20%	(1971－1975)
	18%	(1976－　　)
西南系統総合	16%	

3.2.2　想定結果

以上の前提に基いて，発電端における各系統の最大需要電力および年間需要電力量（平均電力で表示）を想定すると Table 3.2 に示す通りである。また，西南地域を総合した需要の年平均伸び率を5年毎に区切って示すと概ね下表の通りとなる。

年	最大電力 (mw)	平均電力 (mw)	伸び率 (%)
1966	285	145	
			15
1970	500	260	
			13
1975	930	490	
			10
1980	1,520	800	
			10
1985	2,480	1,300	

3.2.3　検　証

巨視的に見れば，電力需要の伸び率と国民総生産の成長率との間には相関々係があると認められるので，1951～1963年までのコロンビヤの経済統計をもって，電力需要の伸び率△D／Dと国民総生産の成長率△GNP／GNPの相関を求めると，次の結果が得られる。

$$\triangle D / D = 3.0 + 1.7 \triangle GNP / GNP$$

現在コロンビヤ政府で実施している経済社会開発10ケ年計画は国民総生産の成長率を年間5.6%と計画しているので，計画がほぼ順調に進展するものとすれば上式より電力需要の伸び率は12.5%となる。10ケ年計画完成後はこの伸び率は若干低下するとしても，経済基盤が確立し，電力消費の素地もでき上るので，なお当分は12%～11%の伸びは示すものと推定され，従って，本需要想定はほぼ妥当なものと解される。

なお，本想定のうち，CEDENAR系統に関して，国境地域開発計画に基く工業化が実施され

Table 3.2　西南地域電力需要想定

（発電端：mw）

年	最大需要電力					平均電力				
	CVC	CHEC	CEDELCA	CEDENAR	計	CVC	CHEC	CEDELCA	CEDENAR	計
1966	204	59	12	10	285	104	29	5	6	144
7	222	64	12	14	312	120	32	6	7	165
8	260	75	15	22	372	140	37	7	11	195
9	293	85	17	30	425	158	43	8	15	224
1970	343	97	19	39	498	185	49	9	19	262
1	388	112	19	42	561	209	56	10	21	296
2	445	128	23	46	642	240	64	11	23	338
3	500	150	25	54	729	270	75	12	27	384
4	562	173	28	60	823	303	87	13	30	433
5	528	202	31	69	927	338	100	14	35	487
6	672	224	34	75	1,025	373	112	16	38	539
7	763	254	38	83	1,138	411	127	18	42	598
8	838	283	42	92	1,256	451	142	20	46	659
9	921	314	47	103	1,385	496	157	22	52	727
1980	1,010	346	52	114	1,522	552	173	24	57	806
1	1,110	382	58	127	1,677	600	191	27	64	882
2	1,230	420	65	131	1,846	666	211	30	66	973
3	1,350	463	72	146	2,031	732	232	33	73	1,070
4	1,452	512	80	162	2,206	805	258	37	81	1,181
5	1,645	563	89	180	2,477	885	286	41	90	1,302

ず，潜在需要の開拓もCEDELCA系統のテンポと同じとした場合のものを別途想定したが，工業化実施の場合の想定値との開きは，西南系統全体の需要規模から見た場合，極く僅少であるので，Patia 計画の実施時期に支配的影響を与える程のことはないと判断される。

3.2.4 エクアドル国への送電可能性

Patia 地点よりエクアドル国Quito 地区までの距離は，Patia 地点より Cali 地区までの送電距離とほぼ等しい。従って，Patia 系発電所の発生電力のエクアドル国への送電可能性についても検討の価値がある。

エクアドル国における電力需要については，同国の Nayon 計画およびSan Miguel de Car計画のFeasibility調査を実施した日本の電源開発(株)によって詳細な需要想定が策定されており，今後の国境地域開発計画の進展に伴い，或程度の送電可能性が考えられる。

われわれが，エクアドル国電力庁（INECEL）と協議した結果でも，上記の可能性は確認された。今回のPatia 計画の需給バランスにはエクアドル送電は含めなかったが下記の未確定要素が解決されゝばエクアドル送電の実現性は増大するものと考えられる。

(1) エクアドル側の国境地域の電力需要については，既述のＩＤＢ勧告に係る経済，社会開発計画の進展如何に左右される面が多いので，今後なお状況の進展を見る必要がある。

(2) Quito 地区への送電については，エクアドル国内で検討中の新規計画と比較して，Patia よりの送電計画のPriorityが立証される必要がある。

(3) 送電線建設費のAllocation が解決されなければならない。

(4) コロンビヤは Patia の発生電力の一方的な輸出国となるので，現在コロンビヤ，ヴェネズエラ間で行なわれている電力融通の如く電力量決済は不可能である。従って，融通電力の料金決済方式を予め両国間で検討しておく必要がある。

3.3 需給バランス

3.3.1 基本的考察

3.3.1.1 Prime Power と保証尖頭出力

Patia 系発電所の発生電力の直接の供給先である西南地域は，系統構成が水主火従であるので，需給バランスの作成に当っては特に水力発電所の供給能力について慎重な検討を必要とする。

コロンビヤでは，需給バランス作成の際，最往最渇水年のHydrological Conditions を基準としている。従って，本報告書においてもこの条件のもとでContinuous に供給し得

る電力，即ちPrime Power と，このPrime Power を系統の負荷率で除して得たLoad Carrying Capacity 即ち保証尖頭出力を供給力の基準として需給バランスを作成した。但し，このLoad Carrying Capacity が設備出力を上回る場合には設備出力をもって当該発電所の保証尖頭出力とし，設備を上回る部分については，他の発電所とのCombined Operation を考え，Peak 時におけるその他発電所の設備の潜在化部分の有効化が行なわれるものとした。

なお，今回の調査においては各発電所の供給力は以上の前提に基いて算定したが，運用方法については未だ不明確な点があるので，今後のFeasibility 調査の段階で改めてCheckする必要がある。

3.3.1.2　送電連系

Cali，Bogota，Medellin間の連系送電線は電圧２３０ｋｖ，Load Limit ２４０ｋｗと設計されているので，西南地域における若干の不足期間はこの限界内で一時電力融通を受けるものとしたが，Alto Anchicaya 発電所の運開以後は，西南地域が他系統から長期間融通を受けると云う立場は採らず，地域自給を建前として需給バランスを作成することとした。

なお，上記連系送電線の運開時期については，本報告書では１９７１年と想定した。また，この他，Bogota系のEl Colegio発電所とCVC系統を連系する１１５ｋｖ１回線が１９６９年に運開する予定であるがこれは上記連系線と同様，一時的電力融通の機能をはたすものと見做した。

Rio Mayo発電所の運開に伴いPopayan－Rio Mayo－Pasto－Ipiales 間の１１５ｋｖ線工事が実施され，更にPopayan－Cali 間に１１５ｋｖ線が増架されることによって，Patia 系発電所運開時点には西南地域の各系統は相互連系済であるものと想定した。

3.3.1.3　既設ジーゼル発電所

西南地域における既設のジーゼル発電所は設備出力合計３８ｍｗ，Prime Power ２０ｍｗである。需給バランスにおいては，これら発電所はPatia 計画実現前までは現在通り運転するものとし，Patia 系発電所運開以後は，発電コストの面から逐次Patia 系発電所に置換えられるものとした。

3.3.1.4　予備力

予備力については，水主火従の系統構成および連系送電線の効果を考慮して５％程度を見込むこととした。

3.3.1.5　新増設発電計画

現在工事中の発電所のほか，本需給バランスにおいては，下記の計画中発電所工事が実施されるものと想定した。

Alto Anchicaya 発電所	340 mw
Salvajina 発電所	430 mw
Florida №2発電所	20 mw

これら諸計画のうち，Florida №2発電所計画については，CEDELCA当局において火力発電計画に変更する案も考えられているが，本報告書においては原案の水力発電計画を考えることとした。また，Alto Anchicaya 計画はすでにCVC当局によって早急に実施が決定されているが，Salvajina 計画の実施時期は未定である。しかし，Patia 計画とSalvajina 計画との実施時期について考えると，Patia計画はFeasibility調査終了後，なお実施設計，準備工事に数年間を要すると考えられるので，Alto Anchicaya 計画の次にはSalvajina 計画，Patia 計画の順に開発を進めるものとして需給バランス作成することとした。

3.3.2　需給バランス

前項の諸前提に基いて，先づPatia 系発電所運開前の西南地域の需給状況および系統の特性等を検討し，更に，この特性に対応して策定されるPatia 系発電所の運開後における同地域の需給状況を予測すると次のように考えられる。

3.3.2.1　Patia 系発電所運開前の需給状況

西南地域は電力不足が累積しており，本年中にCalima №1発電所が完成しても，なお1971年頃までは他系統からの電力融通が必要と考えられる。CVC当局では，この不足電力を，連系送電線を通して補給を受けることを計画している。

現在のCVCの計画では，1972年にAlto Anchicaya 発電所の運開が予定されているが，同発電所の供給力は，それまでに累積されるこの地域の不足分を吸収する程度であって，1974年には再び不足状態となり，Salvajina 発電所の運開が必要となる。しかし，同発電所を運開してもわずか2年後の1976年には再び不足状態となるので，この時点において西南地域の電力不足を一挙に解消するPatia の大電源開発計画の実現が要請される。

3.3.2.2　Patia 系発電所運開前の系統の特性およびこれに対処すべきPatia 系発電所の設備条件

西南地域の系統構成は現在でも水主火従であるが，各電気事業者によって進められている新規発電計画に従えば，Patia 系発電所運開直前頃の西南地域は下記の如く水力が全体の90

%以上を占めるものと予想される。

水　　力	1,225mw	91%
汽　　力	53mw	5%
ジーゼル	34mw	4%
計	1,312mw	100%

このうち，水力の主要発電所はAnchicaya，Calima No.1，San Francisco，Alto Anchicaya，Salvajinaの各発電所であり，これら主要発電所は設備出力合計約1,089mwに対しPrime Powerは約395mw程度である。これら水力発電所は，短期間のPeakを負担するよう計画されているか，或は比較的小規模の貯水池しか設備していないため，渇水期における出力低下が著しいか，或は，設備はあっても需要に対応し得ぬ部分（潜在設備部分）が多いと推定される。かゝる潜在設備部分はわれわれが入手した資料の範囲では200mw～300mwに達するものと推定される。

従って，この系統特性に鑑みPatia計画は次の点に留意して策定する必要がある。

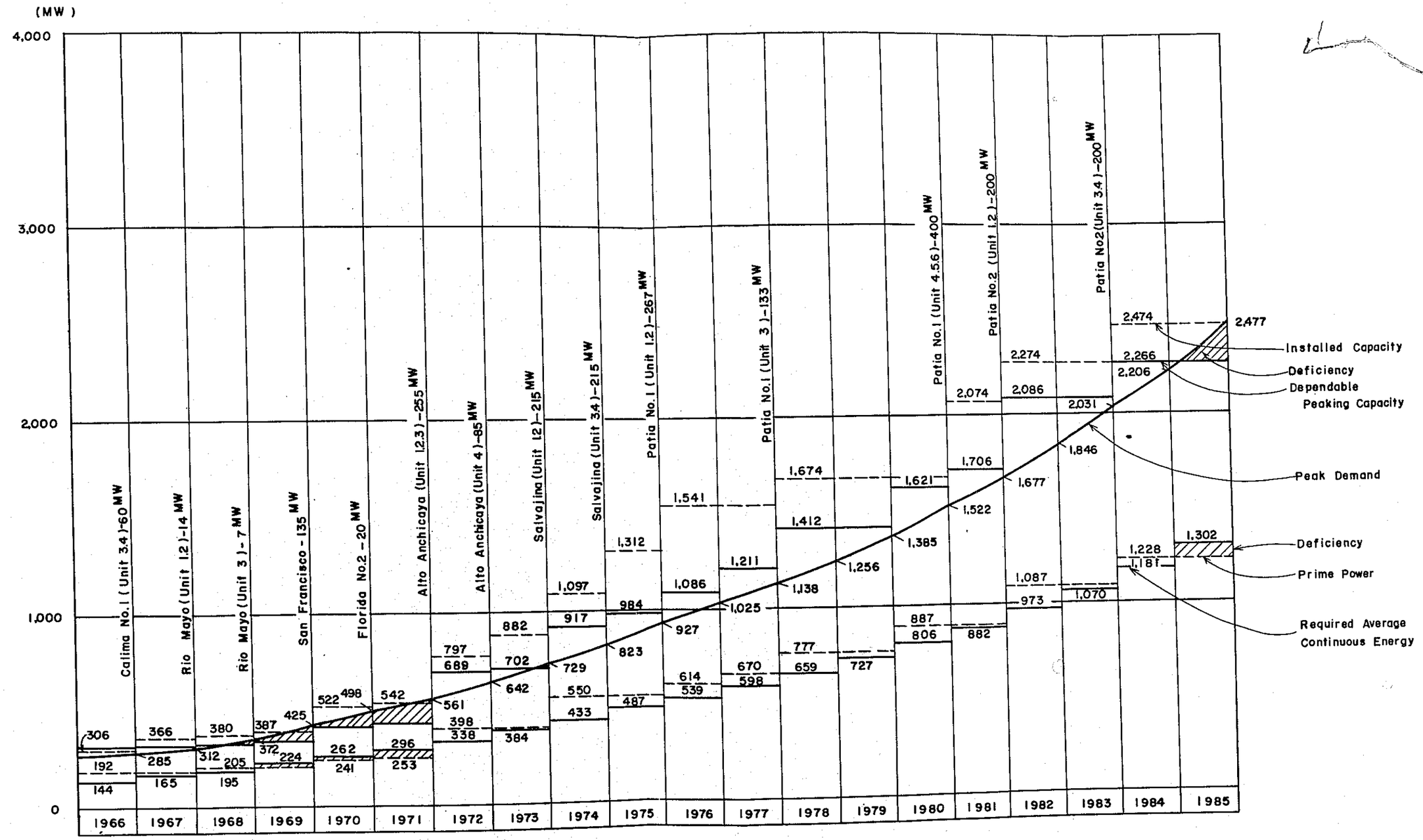
(1) Patia計画地点は西南地域における最も有望な大水力電源地帯であること，およびPatia計画の開発時期には西南地域の需要規模もPeak時に約1,000mwに達し，その後10年間は毎年100mw～150mwにおよぶ新規電源の投入が必要となること，等を考慮すると，Patia計画は経済性の許容範囲において最大限に開発することが適当と考えられる。

(2) 既存系統の特色は，Prime Powerの設備出力に対する比率が需要の負荷率（53%）に比して著しく低いことである。従って，Patia計画は大貯水池により経年調整能力を持たせると共に，発電所の設備利用率を渇水年においても53%以上とし，既存系統の潜在化設備を出来るだけ有効化出来るよう開発することが適当と考えられる。

3.3.2.3　Patia系発電所運開後の需給状況

西南地域の電力需要は1976年には約1,000mw，1984年には約2,200mwと想定されるが，Patia系発電所は第4章で述べる通り最大出力1,200mwに達するので，これを，第8章で示すように，1976年より需要に対応して漸次段階的に開発することにより，この期間約10年間に亘る新規需要を賄うことが可能である。

以上，西南地域における各年の需給バランスを図示すると，Fig6の通りである。



OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
TOKYO - JAPAN

INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA - COLOMBIA

PATIA HYDROELECTRIC SCHEME

BALANCE OF SUPPLY AND DEMAND

E. F. D. CONSULTANTS
(ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)

FIG: 6 | DATE: JUN.20, 1967

4. 計 画 概 要

4. 計 画 概 要

4.1 計画地域の概況

Patia 河はコロンビヤ国の西部を南北に縦走しているアンデス山脈のCordillera Occidental とCordillera Central の間にはさまれた標高５００～1,０００ｍの河谷部を貫流し，多くの支流を集め大河川となりCordillera Occidental を横断して，大平洋に注ぐ。

Patia 河は西南地域において，大平洋に注ぐ河川のうちで最大の河川であり，盆地状に形成された集水面積は約１３,５００ km² におよび河川延長は５１０ km である。

この河は河状特性より３つの部分に分類され，主として盆地状の河谷部を緩勾配で蛇行して流れている延長約１７０ km のAlto Patia，Cordilleca Occidentalを横断して延長１２０ km の峡谷を流れるMedia Patiaおよびアンデス山脈を出て大平洋までの平野部を蛇行して流れる延長２４０ km のBajo Patia から成っている。

Alto PatiaはCordillera Central の西側斜面を流下する支流とCordillera Occidental の東側斜面を流下する支流を集めて，両山脈にはさまれた盆地状の河谷部を南流する。山岳部を流れる支流は3,０００～4,０００ｍの山地より1,０００ｍの河谷部まで急勾配で流下するので急峻な谷を形成している。しかし河谷部は緩勾配（１／７００～１／1,３００）で河巾も広く，開けた河谷を形成している。支流San.Jorge河が合流する付近よりMayo 河が流入する付近にかけては特に開けた河谷を成しているので，ダムを築造した場合の貯水ポケットの適地となっている。

Media PatiaはMayo 河の合流点から始り途中でJuanambu河，Guaitara河の２大支流を集めて，Cordillera Occidentalを横断し，Lago Trueno に終る延長１２０ km の区間である。すなわちMedia Patia 河はMayo 河の合流点において本流の流域6,０００ km² とMayo の流域1,１００ km² を合せ西南方向に流れる。合流点より5 km 付近まではAlto Patia の連続で，開けた河谷部を形成しているが，Matingo 付近より峡谷に入る。この付近で支流Juanambu（流域面積2,１００ km² ）を合流し，方向を西方に転じ，Guaitara河（流域面積4,５００ km² ）合流点より２～３ km 下流付近までの間は深い峡谷を流れる。

Guasca 橋付近は，両岸相せまる谷を形成している。この付近まではMedia Patia も比較的緩勾配（１／３５０）の河川であるがGuasca 付近より急流となる。Guaitara河を合流した

Patia 河は流域１３,５００ km² の大河川となって，再び２kmにわたって形成されている特に深いV字形の峡谷を流れ，開けた河谷に変わるところで大きく蛇行して流れを北方に変ずる。この付近よりPusumeoを経てPisanda村付近まで約１０kmにわたる区間は比較的開けた河谷部である。Pisanda 付近で流れを北西に転じ約１０kmの大きく蛇行した峡谷を流れ，El Pital付近において再び開けた河谷となり緩流する。その後Patia 河は約１０kmにわたるMinama峡に入り，河巾の極めてせまい急流となり，途中でSan Pablo 河を合流する。Minama峡を出たPatia河はMedia Patiaの終点Lago Trueno まで両岸の比高の低い広い河谷を緩流する。

Media Patiaはこの間，Mayo河の合流点（標高４８０ｍ）より，Guasca（標高４２０ｍ）付近でGuaitara河を合流し，Lago Trueno（標高１００ｍ）まで流下する。特にGuasca付近よりMinama峡の出口（標高２００ｍ）までの間は落差２２０ｍあるので，Guasca付近にダムを築造すれば，このダムによってせき上げられる落差と前記の落差とは水力発電に有効に利用し得るものである。

更にBajo PatiaはLago Trueno(標高１００ｍ）より大平洋まで延長２４０kmで，平野部を蛇行して緩流する。

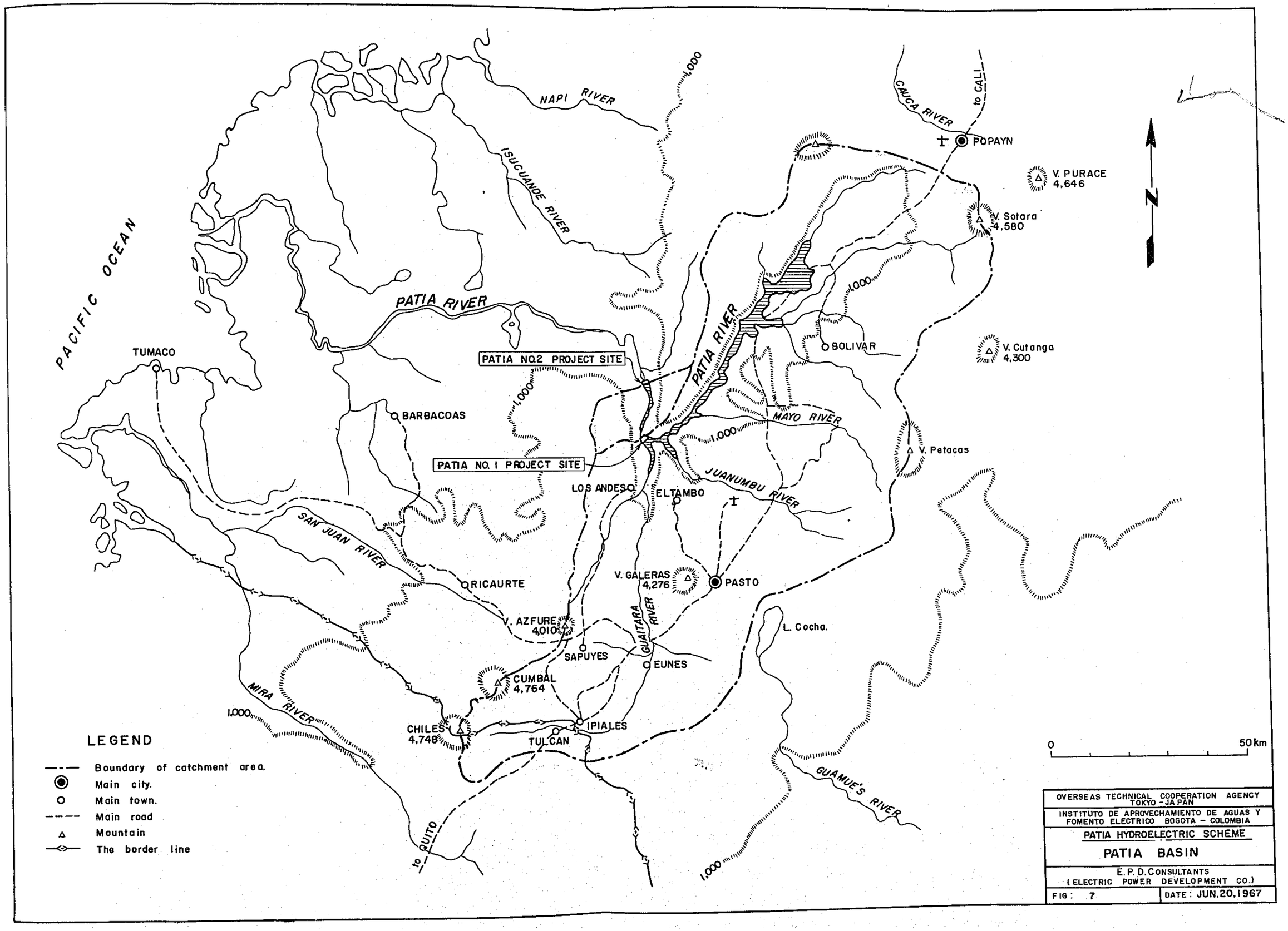
Patia 流域は全般的に未開発の地帯であり，Alto Patia の河谷部一帯およびMedia Patia 沿岸数ケ所においてわずかに農耕，牧畜などを行なっているにすぎない。また交通事情も悪く，自動車通行はPopayan～Pasto～Ipiales 間に通じている国道およびこれから分岐する若干の道路を除いては不可能である。したがってMedia Patiaに行くためには山道をラバで行くか或いはヘリコプターを利用する以外にない。

Patia 河の水力を利用する水力発電所としては小支流に小規模水力が若干あるほか，現在建設中のMayo 発電所（２１ｍｗ）があるに過ぎない。

4.2 基本開発構想およびダム候補地点の選定

われわれは調査過程において，入手した基礎資料をもとに，Patia 河電源開発計画の基本構想を立案し検討した。しかし，これら入手資料のうち，特に地形図，流量記録などの基礎資料に不備な点が多かったので，調査時にわれわれが行なった概測の結果をもとにこれら資料を補足しつつ開発構想を立案せざるを得なかった。

今後Feasibility調査の段階においてはより正確な資料が入手できると思われるので，その際当該資料をもとにして本計画は再検討されなければならないが，その場合においても，今


PACIFIC OCEAN
TUMACO
NAPI RIVER
ISUCUANDE RIVER
PATIA RIVER
PATIA NO.2 PROJECT SITE
PATIA NO. 1 PROJECT SITE
BARBACOAS
LOS ANDES
ELTAMBO
JUANUMBU RIVER
MAYO RIVER
BOLIVAR
CAUCA RIVER
to CALI
POPAYN
V. PURACE 4,646
V. Sotara 4,580
V. Cutanga 4,300
V. Petacas
SAN JUAN RIVER
RICAURTE
V. GALERAS 4,276
PASTO
V. AZFURE 4,010
GUAITARA RIVER
SAPUYES
EUNES
L. Cocha.
CUMBAL 4,764
MIRA RIVER
CHILES 4,748
IPIALES
TULCAN
GUAMUE'S RIVER
to QUITO
1,000
LEGEND
Boundary of catchment area.
Main city.
Main town.
Main road
Mountain
The border line
0
50 km
OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY TOKYO - JAPAN
INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA - COLOMBIA
PATIA HYDROELECTRIC SCHEME
PATIA BASIN
E. P. D. CONSULTANTS (ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)
FIG: 7
DATE: JUN.20,1967

回の基本開発構想に重大な変更を生ずることはないと考えられる。

今回の基本開発構想の立案に当って留意した事項は次の通りである。

(1) 第3章で述べたようにPatia 計画地点はコロンビヤ西南地域の電力需給状況よりみて大規模経年貯水池をもつ水力地点として開発することが必要と考えられる。

(2) Patia 系発電所は西南地域の供給力の主体となるものである。したがって貯水池の有効貯水量と発電所の設備出力は負荷形状に応じてピーク電力でもベース電力でも自在に供給し得るよう定めることが必要と考えられる。

(3) Patia 計画においては主ダム地点の選定および貯水池容量の決定が計画の基本となる。この場合主ダム地点は流域内からの流入水をできるだけ多く取水できる位置に選定し，また貯水池はできるだけ標高を高く貯水効率が良く下流利用落差を有効に利用し得るよう計画することが必要である。

(4) Patia 河の水力発電に経済的に利用できる範囲はMedia PatiaのMinama峡の終端（標高２００ｍ）より上流の部分と考えられる。すなわち，これより下流の河川の勾配は１／３００以下であって，このため水路をつくって落差を経済的に得ることはできない。また，ダムを築造して落差をつくろうとしても，河巾が広くなり経済的なダム候補地点がないからである。

(5) Patia 河支流にも或程度の水力が包蔵されているが，これらは比較的小規模であって，局地的な利用を対象としての開発しかできない。従って，今回の調査の目的であるNational Plan のレベルにおけるPatia 河本流開発計画には殆ど影響がないので，Studyから除外した。

以上の観点から主ダム地点はAlto Patia の開けた河谷部の標高５５０ｍより標高６００ｍ程度までの範囲に分布する貯水ポケットを主貯水池に利用するよう留意して選定される。この場合候補地点として

A) Guaitara合流点直下のConfluencia地点

B) Guaitara合流点の上流約２kmのGuasca地点

C) Mayo 河合流点の下流５ kmの地点

が考えられる。

このうちA地点が他の２地点に比して地形，地質，流量の点などからみて最も有利な地点と考えられる。なぜならB地点はA地点に比してダム高において約２０ｍ低くてすむが谷巾がA地点に比して広く地質も地表踏査の結果では，劣るので，工事費の大巾節減は期待できない。

又，(B)地点はGuaitara河の流域4,500 km² を利用することができないので貯水池への流入量は約30％減少し，このため発生電力は大巾に減少する。われわれはこの場合Guaitara河より貯水池にDivertする案についても検討したが得られる効果に比して工事費が割高となるので採用は不適当である。したがって，B地点は候補より除外すべきものと判断される。次にC地点はA地点より約16 km 上流に位置しており，このため取水流域は，Alto PatiaとMayo 河のみの7,100 km² に減少し，A地点に比して47％減少することになる。この場合，ダム直下に設けられる発電所の放水位は約40mとなるので，これより下流の落差を利用しJuanambu，Guaitara河よりの流入水を有効に利用するためConfluencia付近に高さ50m級のもう一つのダムを作る案が考えられるがこのように2つのダムによる場合は工事費も割高となり，採用は不適当と判断される。したがってA地点が主ダム候補地点として最も適当と判断される。

主貯水池によって調整された水量を主ダムでせき上げられる落差だけで利用するにとどめずConfluencia地点（河床高420m）よりMinama峡の下流端（河床高200m）までの間に得られる220mの落差も合せて利用することが電力経済上最も有利と判断される。この区間はMinama峡を除いては比較的緩勾配（1／200）であり，彎曲河川をショートカットできる部分も少なくかつ使用水量も大きいので一般的にみて水路だけで落差を得る方式は経済的に得策でない。したがって，ダム単独，あるいはダムと水路の組合せにより落差を得る方式を考慮すべきと考える。

このためのダム候補地点としては，

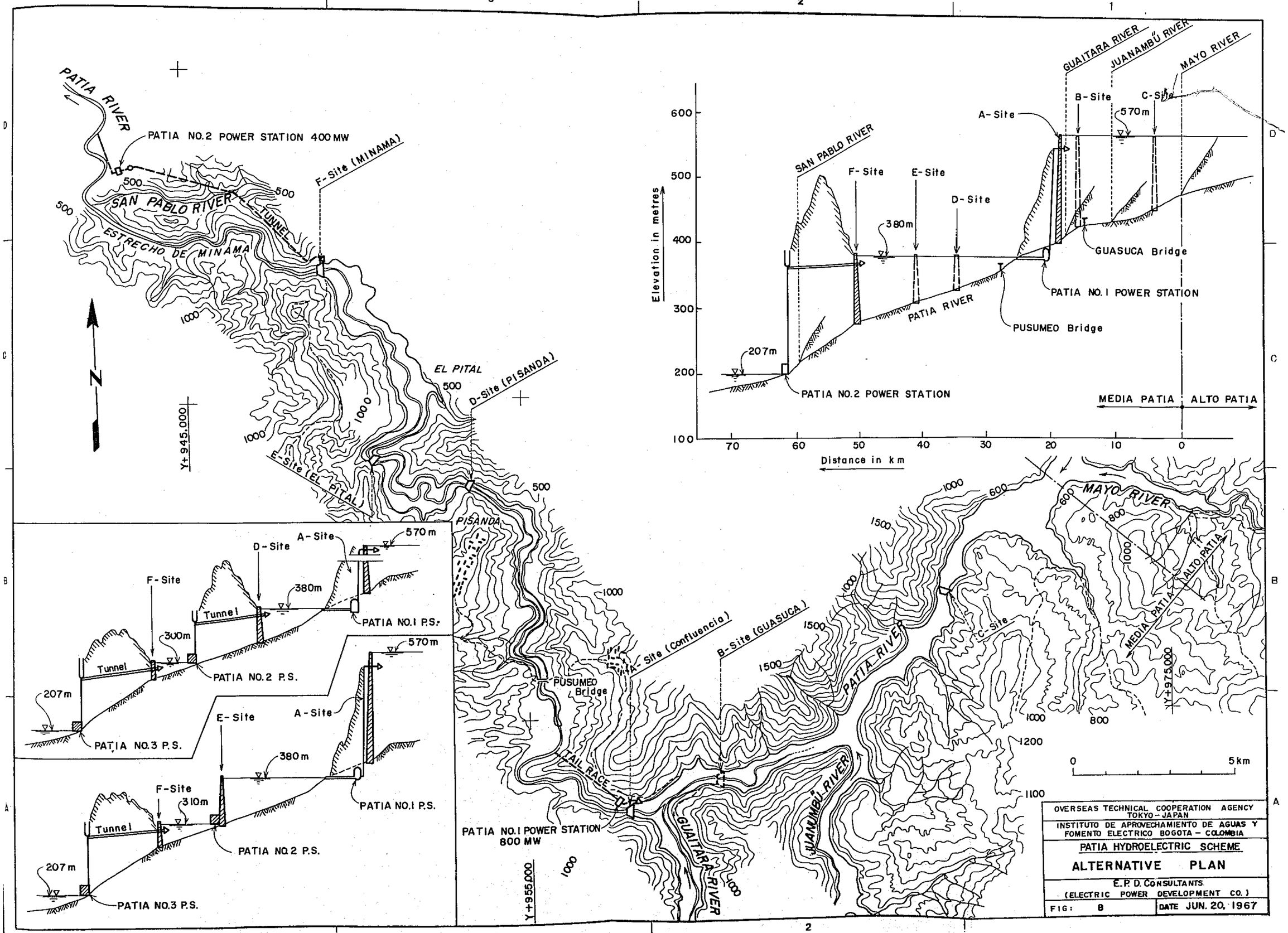
D）Pusumeo橋の下流8 kmのPisanda 地点（河床高330m）

E）D地点より7 km 下流のEl Pital地点（河床高310m）

F）Minama峡の入口のMinama地点（河床高280m）

などが地形上，地質上適当と考えられる。

この候補地点の中でダムによってつくられる調整池の満水位をPatia No.1発電所の放水位（約385m）まで高めることができ，しかも残る落差を水路によって一段式に利用することのできる地点はF地点だけである。すなわち，F地点に高さ100m級のダムを造り，これよりMinama峡を水路でショートカットし落差を得るダム水路式の開発案がPatia No.1発電所下流の落差を利用する案のうち最も有利な案と考えられる。しかし，現段階の調査ではダム高100m級のダム地点として判断するに十分な測量を得ていないので今後の調査結果をみて，D地点，E地点などを代案として考慮すべきである。D地点は一見して地形上十分ダム築造の


PATIA RIVER
PATIA NO.2 POWER STATION 400 MW
SAN PABLO RIVER
TUNNEL
ESTRECHO DE MINAMA
F-Site (MINAMA)
EL PITAL
D-Site (PISANDA)
E-Site (EL PITAL)
PISANDA
Y+945,000
Y+955,000
Y+975,000
PUSUMEO Bridge
A-Site (Confluencia)
B-Site (GUASUCA)
TAIL RACE
PATIA NO.1 POWER STATION 800 MW
GUAITARA RIVER
JUANAMBÚ RIVER
MAYO RIVER
MEDIA PATIA
ALTO PATIA
0 5km
Elevation in metres
Distance in km
SAN PABLO RIVER
F-Site
E-Site
D-Site
A-Site
B-Site
C-Site
570m
380m
207m
GUASUCA Bridge
PATIA NO.1 POWER STATION
PUSUMEO Bridge
PATIA NO.2 POWER STATION
MEDIA PATIA
ALTO PATIA
Tunnel
300m
310m
PATIA NO.1 P.S.
PATIA NO.2 P.S.
PATIA NO.3 P.S.
OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY TOKYO-JAPAN
INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA - COLOMBIA
PATIA HYDROELECTRIC SCHEME
ALTERNATIVE PLAN
E.P.D. CONSULTANTS (ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)
FIG: 8
DATE JUN. 20, 1967

(A--3)

可能性があるようにみえるが，火山噴出物性の地質と判断され，今回の調査では地点的にみて，満水位３８５ｍ程度のダムの築造の可能性は確認できなかった。しかしダム築造の可能性があるとしても，このダムからMinama 峡下端まで一気に水路で導水することは経済的に無理であり，水路による導水の可能性はＤ地点直下流の彎曲部を2.5 kmの水路でショートカットする程度しか考えられない。従って，残る落差を利用するためには，Minama 峡に調整池の満水位３００ｍ程度のダムを作る必要がある。このため二段式の開発となり工事費が割高となる。

またＥ地点は前記Ｄ地点の下流７kmに位置し地形的には調整池満水位３７０～３８０ｍ程度のダム築造は十分可能であるが右岸側の半島状の尾根は遮水性に疑問がある。またＤ地点同様落差を残すことになり，この落差を利用するためには二段式の開発となってＤ地点同様工事費割高となる。

4.3 基本計画

Patia 河本支流包蔵水力の最有効利用という観点から今後Feasibility調査を進めるにあたって基本となる計画案は次のように考えられる。

4.3.1 Patia No.1計画

Alto Patia の開けた貯水ポケットに貯水池をつくり，かつPatia 河の流入水を最大限に取水するためPatia 河本流とGuaitara河の合流点直下のConfluencia地点をダム地点とし，ここに貯水池満水位５７０ｍ，ダム高約１８０ｍのダムを造ると総貯水量は約3,２００×１０^{6}ｍ^{3}となり，利用水深２０ｍ程度で有効貯水量約1,７００×１０^6 ｍ^3 を得ることができる。この貯水池により年間流入量約8,０００×１０^6 ｍ^3 を調整できるので渇水期自流１１０ｍ^3／secに貯水池よりの補給水を加えるとPatia No.1発電所において約２５０ｍ^3／sec の平均使用水量を得ることができる。一方この発電所はPatia No.2発電所との関連において利用率４５％程度の運転が最も適当と考えられるが，その場合最大使用水量は約５４０ｍ^3／sec となる。一方落差はダムによって得られる落差と，約２kmの放水路によって得られる落差をあわせると基準有効落差は約１７５ｍとなる。従ってPatia No.1発電所は最大出力約８００,０００kw年間発生電力量約3,３００×１０^{6}kwhの供給能力を有することとなる。

4.3.2 Patia No.2計画

Minama地点にダムを築造し，これによってつくられる調整池の満水位がNo.1発電所の放水位にほぼ等しくなるようにする。この場合ダム高は約１００ｍとなる。池は逆調整あるいは非常用の補給として利用するものとし，できるだけ大きな落差をとるため利用水深を浅くする。

この貯水池からMinama峡をショートカットし，最大通水量３００m^3／sec，延長約８kmの水路をつくって導水するとダムによる落差と水路による落差を合わせて約１６０mの有効落差が得られる。従ってPatia №２発電所は最大出力約４００,０００kw，年間発生電力量約3,０００×１０^6 kwh の供給能力を有することとなる。

以上現段階の構想に基づくPatia №１，№２ダム発電所の主要諸元は次表Teble 4.1 の通りである。

Table 4.1　Patia計画主要諸元

	Patia№1 発電所	Patia№2 発電所	合　　計
貯水池　満　水　位	５７０m	３８０m	
有効貯水量	1,７００×１０^6 m^3	３０×１６^6 m^3	
放　水　位	３８５m	２０７m	
有効落差（基準）	１７５.０m	１６０m	
最大使用水量	５４０m^3/sec	３００m^3/sec	
最　大　出　力	８００,０００kw	４００,０００kw	1,２００,０００kw
保証尖頭出力	７６０,０００ 〃	４００,０００ 〃	1,１６０,０００ 〃
Prime 出　力	３６０,０００ 〃	３４０,０００ 〃	７１０,０００ 〃
年間発生電力量	3,３００×１０^6 kwh	3,０００×１０^6 kwh	6,３００×１０^{6}kwh
工事費（含送電線）	US$１８０×１０^6	US$１２０×１０^6	US$３００×１０^6

5. 地　　質

5. 地　　質

5.1 計画地域の地質概況

調査地域を構成する地質は主として段丘堆積物，火山噴出物，第三紀堆積岩及び中生代堆積岩であり，その層序は次のTable 5.1 のとおりである。

Table 5.1 計画地域の地質層序

Period	Geology	(m) Thickness	Rock unit
Quarternary	Terrace deposit	5～20	Gravels and tuffaceous sand
Quarternary Neogen tertiary	Volcanic products	Thicher than 20	Agglomerate, tuff, andesite, dacite.
Tertiary	Sedimentary rock	?	Mainly Shale, sandstone
Mesozoic	Clastic sediments	?	Sandstone, slate, tuff, chert.
	Volcanic sediments	?	Green rock complex (Basalt, tuff, tuffbreccia)

段丘堆積物：

段丘は河岸の各所に発達し，普通1段ないし2段ある。構成する材料は火山灰質砂および直径5～20 cm の円礫で，礫は主として安山岩，砂岩，凝灰岩である。なお，Peñol－Aguroyaco 間の非常に標高の高い（標高1,500 m，河床からの比高約1,000 m）付近にも砂礫層の分布が見られるが，詳細の確認は今後の調査にまたなければならない。

火山噴出物：

Patia 河およびその支川流域には，火山が各所に分布している。例えばChiles, Cumbal, Arufral, Galeras およびDoña Juana などの諸火山で，これらのほとんどはKonideと考えられる火山地形を示している。これらの火山は多量の噴出物を流出し，低部を埋めたゝめ，流域の各所には火山噴出物によって造られた台地がある。その代表的な場所はMayo 河の中流部より上流部にかけた地域およびJuanambu 河，Guaitara 河の流域である。噴出物はこの

地方では"Toba"と総称されているAgglomerate, Tuff, Volucanic detritus depositsと，その他Andesite, Dacite の熔岩よりなっている。これらはいづれもよく締っており，固結しているところもある。

第三紀堆積岩

この堆積岩はMayo 河の中流部から下流部にかけての地域およびPatia 河が海岸平野部に入る付近より下流に分布している。

Patia 河の下流部の堆積岩はCordillera Occidental に沿って南北に長く連続して分布している。岩石は頁岩が主である。

中生代堆積岩

この堆積岩は計画地域の基盤を構成する岩石で，Media Patia のほゞ全域に分布している。

岩石は2種類に分けることができる。1つはPatia №1 計画地点に幅約3 km の帯状に分布するGreen rock complexであり，他は上記の地点を除いて，広範囲に分布するSedimentary rock である。

両者共，同一のGeologic formationに属するものであるが，前者は主としてBasalt, Mafictuff, Tuffbreccia より構成されたVolcanic sediments であり，後者はSandstone, Slate, Tuff, Chert などより構成されたClastic sediments である。顕微鏡鑑定の結果から，前者の岩石は上述の通りBasalt或はTuff などと命名されるべき岩石であるが，この報告書では一括してGreen rock と呼ぶことにする。また，後者は一括してClastic sediments と呼ぶことにする。

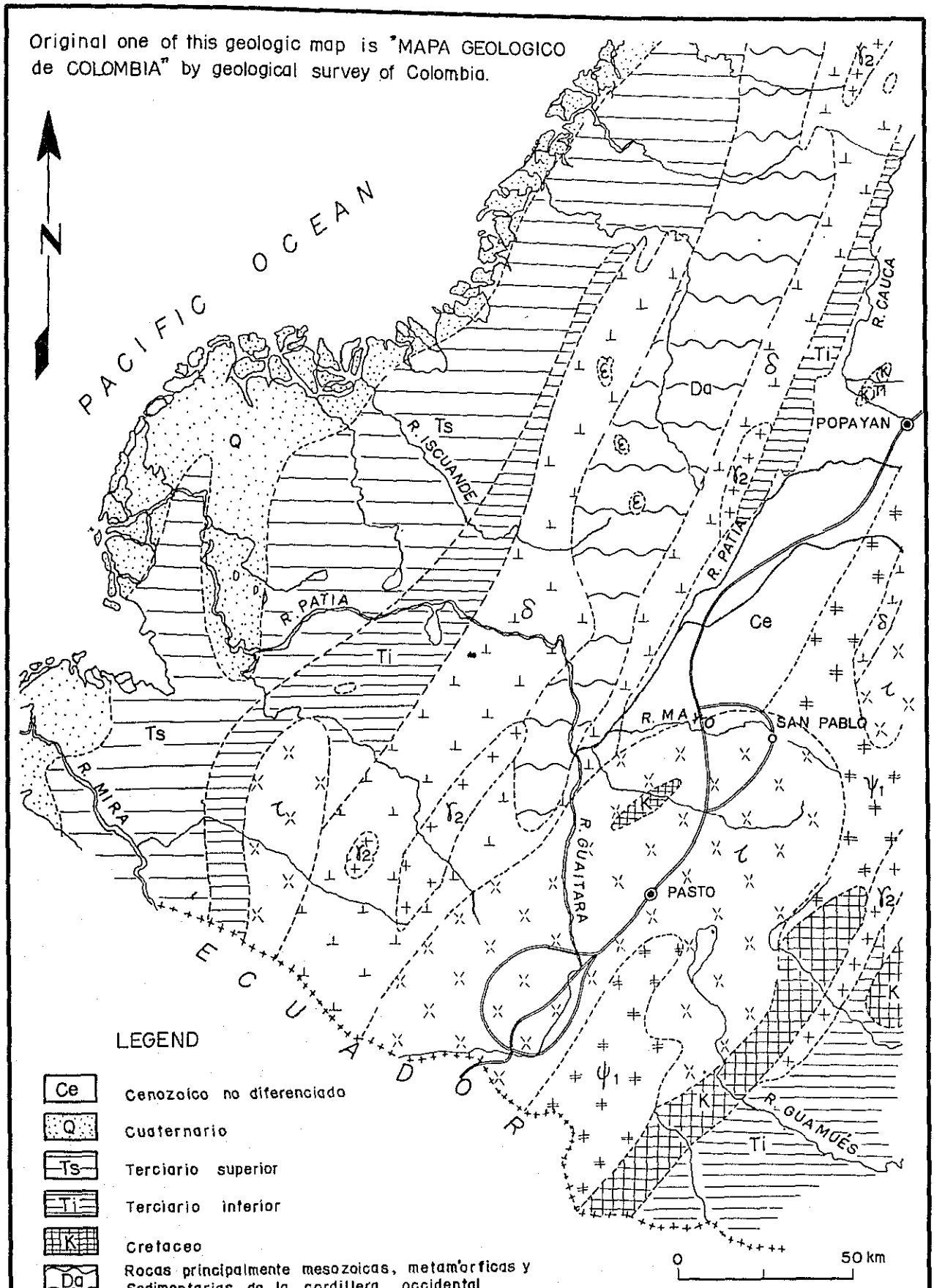
Gteen rock, Clastic sediments とも，その走向，傾斜はCordillera Occidental の長軸方向にほぼ一致したNS ないしN10°～20°W orEを示している。傾斜は局部的に変化しているがMedia Patia の範囲では一般に40°～70°Wである。Green rock の岩質は緑色，ち密，堅硬であるが，亀裂，節理に富んでいる。

Clastic sediments の岩質は河床の露岩では比較的堅硬であるがGreen rock と比べると風化されやすい。また，局所的には弱く変成されている。

5.2 Patia No 1ダム候補地点の地質

Patia №1ダム候補地点の右岸には"Instituto"が今回の調査のために設けた幅約50 cm の歩道があり，また水際線沿いも歩行可能であったが，左岸は，急崖のため既設の道はなく，僅かに調査期間中"Instituto"によって河水面より20mないし40m高い位置に，かろうじ

Original one of this geologic map is "MAPA GEOLOGICO de COLOMBIA" by geological survey of Colombia.



LEGEND

Ce	Cenozoico no diferenciado
Q	Cuaternario
Ts	Terciario superior
Ti	Terciario inferior
K	Cretaceo
Da	Rocas principalmente mesozoicas, metamórficas y Sedimentarias de la cordillera occidental
ψ_1	Ectinitas (esquistos cloriticos, micacitas de una y dos micas.
τ	Andesitas, basaltos y sus tobas de edad cenozoic
δ	Formaciones diabásicas
γ_2	Granitos alcali-calcicos y granodiorita
ε	Tonalitas y rocas intrusivas más básicas

OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
TOKYO-JAPAN

INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA — COLOMBIA

PATIA HYDROELECTRIC SCHEME

GEOLOGIC MAP OF SOUTH-WESTERN COLOMBIA

E.P.D. CONSULTANTS
(ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)

FIG: 9 | DATE JUN. 20. 1967

て歩行できる程度の調査用歩道が造られたのみで，水際線沿いに調査することは不可能であった。またこの地点にはボーリングや横杭などの調査工事は実施されていないので，岩盤深部の状態は露頭観察より推定し広域に亘る地質構造の判定にはヘリコプターよりの調査および航空写真地質調査（Photo geological survey）によって行なった。

Patia №1 ダム地点の基盤はGreen rock である。この岩石はこの地点付近のみに分布するものであって計画区域の大部分を占めるClastic sediments と岩質的に異り，堅硬，ち密でダム基礎岩盤として優れている。しかし，AppendixⅡに記するように，この地点には亀裂が多い。今回の概査では，左右両岸の岩盤にSlicken side のある亀裂が多数認められたが，これらはいづれも軟質な粘土を挾まず，それ程大規模なものではなかった。したがってこれらの亀裂がダム建設を不可能にする程の欠点とは考えられず，亀裂に適当な処理を講ずれば高さ１８０ｍ級のコンクリートダムを建設することは可能であると判断される。しかし，もし亀裂が岩盤内部において，軟質な厚い粘土層を伴っていたり，或いは深部まで広く開口している場合には，その状態に対応して十分な処置を考慮する必要がある。更に今回の調査では左右両岸の亀裂（断層）の連続性は認められなかったが，このことから，河床部に断層が存在することも予想されるので，Feasibility調査の実施前にボーリング，横杭等によって基盤を十分調査する必要がある。

発電所はダム候補地点より下流２～３ｋｍの範囲内に建設することになると思われるが，この範囲を構成する地質はダム地点と同じくGreen rock である。岩質は前述のとおり，新鮮部では非常に堅く，地上式地下式いづれの発電所の基礎としても適当である。しかし，亀裂や節理が開口しているか否か，あるいは大きな断層が基礎に伏在しているか否かの地質構造の解明は地下発電所の設計，施工に際し重要な問題になる。従って，上記範囲の地質精査を行なったのち，ボーリングによる調査が必要である。

なお，この区間に，トンネルを計画する場合，右岸には水量の多い大きな沢が見当らず，大規模な湧水はないと思われる。

貯水池を構成する地質は主としてClastic sediments および火山噴出物であり，漏水の恐れがある岩石は分布していない。

5.3　No 2 ダム候補地点の地質

本地点も№1ダム候補地点と同様，精密な地形測量は行なわれていないため，概査には航空写真を使用した。またダム候補地点に接近する道路は全くなく，地質調査を行なうための条件

は№1ダム候補地点より更に悪かったので調査は主としてヘリコプターを使用して行こなわれた。

ダム候補地点はEstrecho de Minamaと呼ばれる峡谷の上流端に位するが，この付近の地質はClastic sedimentsに属する粘板岩や凝灰岩とそれを補う火山噴出物である。しかし火山噴出物は主に高標高部に分布し，ダム基礎は，粘板岩である。この岩石は新鮮なところでは十分堅硬であるためコンクリートダムの基礎岩盤として適当である。また水路ルート候補地も同様な地質であるが，この区域では水量の多い沢が多数分布しているため掘削中に湧水の伴う恐れがある。従って，十分な調査が必要である。

貯水池を構成する地質は№1ダム貯水池と同様で，漏水の恐れのある岩石は分布しない。

5.4 地　　震

地震資料Serie A—Sismologia Segunda Epoca (Instituto Geofisico de Los Andes Colombianos 1952年1月)によると，コロンビヤ国は環太平洋地震帯の1部に属しているため，地震の発生は可成り多い。当国の地震多発地帯を区分すると，下記の通りである。

1) Cordillera Occidentalおよび太平洋沿岸

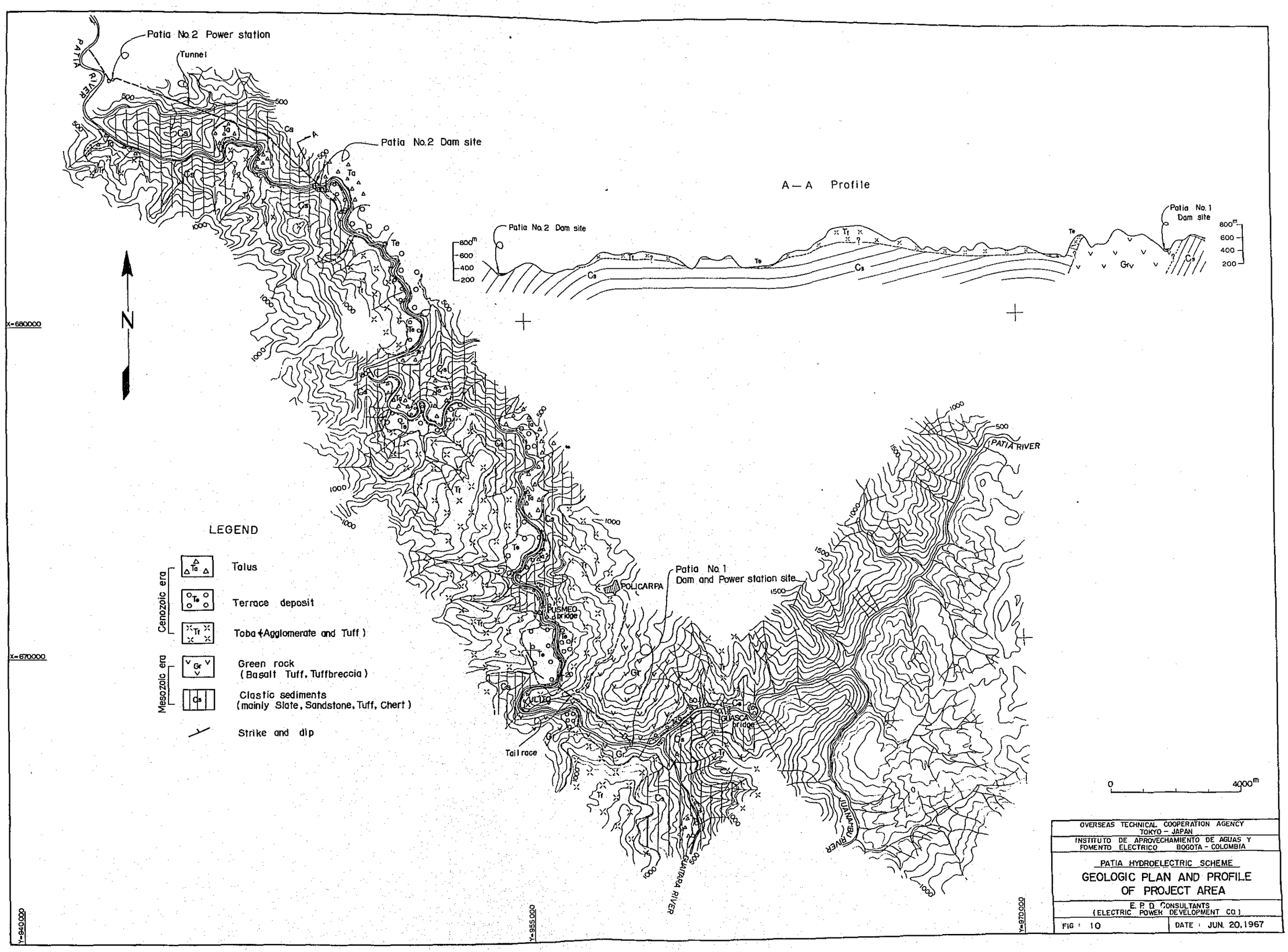
2) Cordillera Centralおよびエクワドル国境付近

3) Cordillera OrientalのSantander del Norte地方およびTachira地方

4) コロンビヤ北部(Venezuela国境付近)

計画地域はCordillera OccidentalとCordillera Centralの間に位置し，しかもエクワドル国境までの距離は約100kmであるので，上記区分のうち，2)に近い位置にある。

上記の報告書の添付図を用いて，Patia №1地点を中心として半径50km，100km 200kmの円を描いた場合，この円内に発生した地震は，Appendix IIに記述したとおりである。この結果によると，100km圏内に発生した地震は10回あり，そのうち8回はRossi－Forel震度階級のV～Xに属している。更にPatia地域における地震発生の確率を試算すると，№1ダム候補地点を中心として半径100km圏内に，今后100年間に発生するかもしれないRossi－Forel震度階Ⅷ～Xの地震は約1.4回である。計画地点が当国の地震多発帯に属していること，および上記試算の結果などを勘案して，計画地点の構造物設計に当っては地震に対する十分な考慮を払う必要がある。



OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
TOKYO – JAPAN

INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA – COLOMBIA

PATIA HYDROELECTRIC SCHEME

GEOLOGIC PLAN AND PROFILE OF PROJECT AREA

E. P. D. CONSULTANTS
(ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)

FIG : 10 | DATE : JUN. 20, 1967

6. 水　文　気　象

6. 水 文 気 象

6.1 一　　般

Patia 河流域内の気候に季節的あるいは地域的変化を与えているのは，フンボルト海流によって生じる湿った空気を運ぶ西風，ならびに大西洋上の気団を運びアマゾン平原を吹きぬける東風の２つの気流およびこの地域を南北に走るアンデス山脈である。

Patia 河流域内の気象概況は概ね次の通りである。

Patia 河最下流のBajo Patia 付近は年間7,０００mm 以上の降雨があり，高温多湿の赤道雨林気候である。Cordillera Occidentalの東側のAlto Patia 付近では標高毎に気候状況が異なる。すなわち標高５００ｍ付近の地域は年平均気温約２8°～３０℃の高温であるが，年間降水量は約2,０００～3,０００mm である。標高1,０００～1,５００ｍの地域は年平均気温２０℃前後を示し，年間降水量は約1,０００～1,５００mm である。更に標高2,０００～3,０００ｍの地域は年平均気温約１０～１５℃となり，年間降水量は更に減少する。

計画地域の乾季は７，８，９月であり，雨季は１１月，１２月および４月，５月である。この降雨傾向は，コロンビヤ西南地域における他河川流域の降雨状況と殆んど同じである。

6.2 降水量資料

Patia 河流域内には"Instituto"によってTable 6.1 およびTable 6.3 に示す２３ケ所の雨量観測所が設置されている。各々の観測所では日降水量が観測されており，その記録の信頼度は十分である。雨量観測所２３ケ所のうち１２ケ所は１９５５年～１９６０年の間に設置されたものでおゝむね７～８年間の観測結果を得ている。これらの観測記録の詳細はAppendix Ⅲ に示してあるが最近の各観測結果はTable6.1 に示す通りである。

6.3 流量資料

Patia 河流域内には"Instituto"により１９６６年末現在Table 6.4 に示すように合計４ケ所の測水所が設置されている。各測水所では，定時観測を行なっておりその記録は十分な信頼度をもっている。

Patia 河本流では，計画地点付近のPusumeo(CA＝13,787 km^2) およびGuasca (CA＝9,395 km^2)の２測水所が１９６５年末から１９６６年初めにかけて新設されたが，本流の流

量記録はPusumeo測水所で観測された１９６６年５月～６月および８～１２月の９ケ月分があるにすぎない。なお，この１９６６年はコロンビヤ全域にわたって異例な水文年であったといわれている。

支流Guaitara河については，その中流部にAncuya測水所（CA=3,058km^2）が１９６４年に設置されて現在まで測水が続けられ，通算３ケ年にわたる観測結果がある。また支流Mayo河については，その中流部の(Canada測水所（CA=616km^2）で１９６０年以来測水が行なわれている。

Patia 河流域内の以上の測水所における１９６５年および１９６６年の月別平均流量実績はTable 6.2 に示す通りである。

以上のようにPatia 本流の測水記録はその期間が短く，計画流量推定のためには期間的に不足している。

6.4 流送土砂量

Patia 河は，河水の色よりみて，かなりの流送土砂を含んでいるものと判断されるが現在までのところ流送土砂量の測定は行なわれていない。しかしFeasibility調査のためには流送土砂量に関する資料を入手する必要がある。

6.5 計画地点の流量の推定

一般に計画地点の流量を求めるためには計画地点に位置する測水所による直接測水観測が相当の年数にわたり連続して行なわれることが理想的であるが，十分な直接測水観測データーのない場合は便宜的に降水量あるいは他の測水所の記録から計画地点の流量を間接的に推定する方法が用いられる。このような便宜的手法を用いた場合であっても直接観測された値と推定値との誤差は許容される範囲でなければならない。

計画流量を間接的に推定するには，一般的方法として，(1)近傍測水所の流況と計画地点の流況が相似していると考えられる場合は流域面積比に補正係数を考慮して，推定する方法，および(2)流域内の雨量分布を十分正確に知りうるような降雨量観測記録がある場合には，その雨量記録から計画地点の流量を推定する方法の２つがある。

Patia 河の場合，現時点では基本となるべきPusumeo測水所の記録が僅か１９６６年の９ケ月あるにすぎず，しかも水文年としては，１９６６年はコロンビヤ全域が異例の豊水年であったため，上記のいずれの方法を採用するにしても高い精度を期待することは困難である。

本報告書では，計画立案のための極めて予備的な判断をするために，流域内の雨量観測所の雨量記録から，流出係数を仲介として計画地点の流量の推定を試みた。

すなわち，Table 6.1 の２３ケ所の雨量観測所のうち，観測期間の短いもの，連続記録のないもの，および同一流域内で似た降雨傾向を示すものを除いて，本流および主要各支流流域を代表すると考えられるSajandi, Imues, Buesaco, la Cruzの４雨量観測所を選定し，これら各観測所の降雨量にその支配流域面積を考慮して加重平均を求め，これに基いて１９６２～１９６６年の５ケ年間のPusumeo 測水所支配流域の月別全雨量を推定した。次にこの推定雨量とPusumeo測水所の１９６６年における実測流量との関係から月別流出係数を降雨量の関数として求め，この係数を１９６５年以前の年に適用し計画地点の５ケ年間にわたる月別平均流量を推定した。この場合，１９６６年は異常豊水年であったが，河川の流出機構には本質的な変化を生じていないので，以上の操作は妥当なものと考えられる。

その結果，１９６６年を除く４ケ年平均は年平均２５０m^3/sec（年間総流入量約8,０００×１０^6m^3）と推定され，流出量の分布は１～３月約２７％，４～６月約２７％，７～９月約１６％，１０～１２月約３０％と考えられる。

年平均２５０m^3/secという値は，6.3項で述べたAncuya, Mayo両測水所の年平均比流量および6.2項で述べた１２ケ所の雨量観測所の年間降水量と流出率の両方からわれわれの経験によって判断すれば妥当なものと思われる。

こうして推定された流量は本報告書の目的であるPatia 計画の基本構想立案のためには十分適用できると考えられるがFeasibility調査を行うためには不充分である。Feasibility調査のためには，できれば，Pusumeo測水所で１０年間程度の流量を測定することが望ましいが，このように長期間の実測資料がなくても，若し，上流各支流にある各測水所流量記録と今後明らかになるであろうPusumeo測水所流量記録との相関，あるいは降雨記録とPusumeo測水所流量との相関が明らかにされうるならば，過去の支流測水所記録や雨量記録等の資料を利用し得るのでFeasibility調査はより早期に実施できるであろう。

Table 6.1　Patia流域内各観測所雨量記録（1966年）

（mm）

観測所名	河川名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
La Sierra	Sn Jorge	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sajandl	本流	38	33	223	241	339	153	68	35	30	314	579	502	2,555
Bolivar	Sn Jorge	55	72	173	187	216	68	51	14	106	230	628	400	2,200
La Cruz	Mayo	29	61	148	120	99	35	20	25	9	165	378	358	1,447
Hyoro Mayo	Mayo	—	—	(60)	295	170	129	47	55	62	231	385	302	—
San Pablo	Mayo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Melcaderes	本流	104	55	127	143	238	43	57	60	42	257	298	225	1,649
PuertoMuevo	本流	10	30	88	75	211	72	15	10	0	202		617	—
Buesaco	Juanambu	19	61	169	128	125	100	21	15	37	210	327	204	1,416
La Union	Mayo	229	148	255	545	403	204	105	49	109	607	660	541	3,855
Taminango	本流	125	30	152	152	182	90	93	—	—	—	—	—	—
Cumbal	Guaitara	49	74	146	77	109	45	65	25	(32)	131	123	153	—
Imues	Guaitora	26	(14)	239	130	260	70	49	15	31	132	457	649	2,072
Tuqueres	Guaitara	32	95	133	108	84	32	17	80	—	138	209	—	—
Tangua	Guaitara	46	91	119	115	109	67	63	34	49	110	238	200	1,241
Nariño	Guaitara	72	110	138	151	219	53	40	46	63	239	532	457	2,120
Sandona	Guaitara	254	101	139	247	191	108	—	—	—	202	300	112	—
Samaniego	Guaitara	41	—	114	125	272	180	—	56	116	183	287	—	—
Chachagui	Juanambu	40	54	180	196	246	212	—	—	—	214	333	236	—
Peñol	Guaitara	10	0	80	95	134	144	43	50	48	167	286	190	1,247
Agroyaco	Guaitara	—	—	—	—	82	57	—	17	13	88	206	—	—
Policarpa	本流	—	—	—	(7)	72	93	19	9	5	197	310	—	—
Pisanda	本流	—	—	—	112	47	57	56	34	58	83	—	—	—

Table 6.2　Patia 流域内各測水所月平均流量

（流域面積 100 km² 当り　m³／sec）

測水所名	河川名	流域面積	年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
Cañada	Mayo	616.0	1965	2.81	1.85	1.22	1.46	2.56	2.69	3.28	2.16	1.51	1.51	1.90	3.59	2.22
			1966	1.40	0.88	2.92	1.96	1.66	1.79	3.33	2.50	1.80	1.57	4.32	9.17	2.79
Sajandi	Sajandi	161.0	1965	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			1966	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ancuya	Guaitara 中流	3,058	1965	1.62	1.07	1.21	1.92	2.54	2.09	2.21	1.78	1.19	1.17	2.14	1.96	1.75
			1966	1.20	1.12	1.49	1.65	1.34	1.11	1.70	1.63	1.38	1.30	1.88	—	—
Calrosaha	Guaitara 上流	121	1965	3.06	1.74	1.74	7.02	6.20	1.65	1.07	0.74	1.57	1.31	6.36	2.73	2.98
			1966	1.65	1.74	4.21	2.98	2.48	1.74	2.15	1.24	—	—	8.18	9.59	—
Pusumeo	本流	13,787	1965	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			1966	—	—	2.69	2.16	2.37	1.62	—	1.29	0.99	1.60	5.82	13.62	—

注）　一印は観測月である。

Table – 6.3

Period of precipitation record

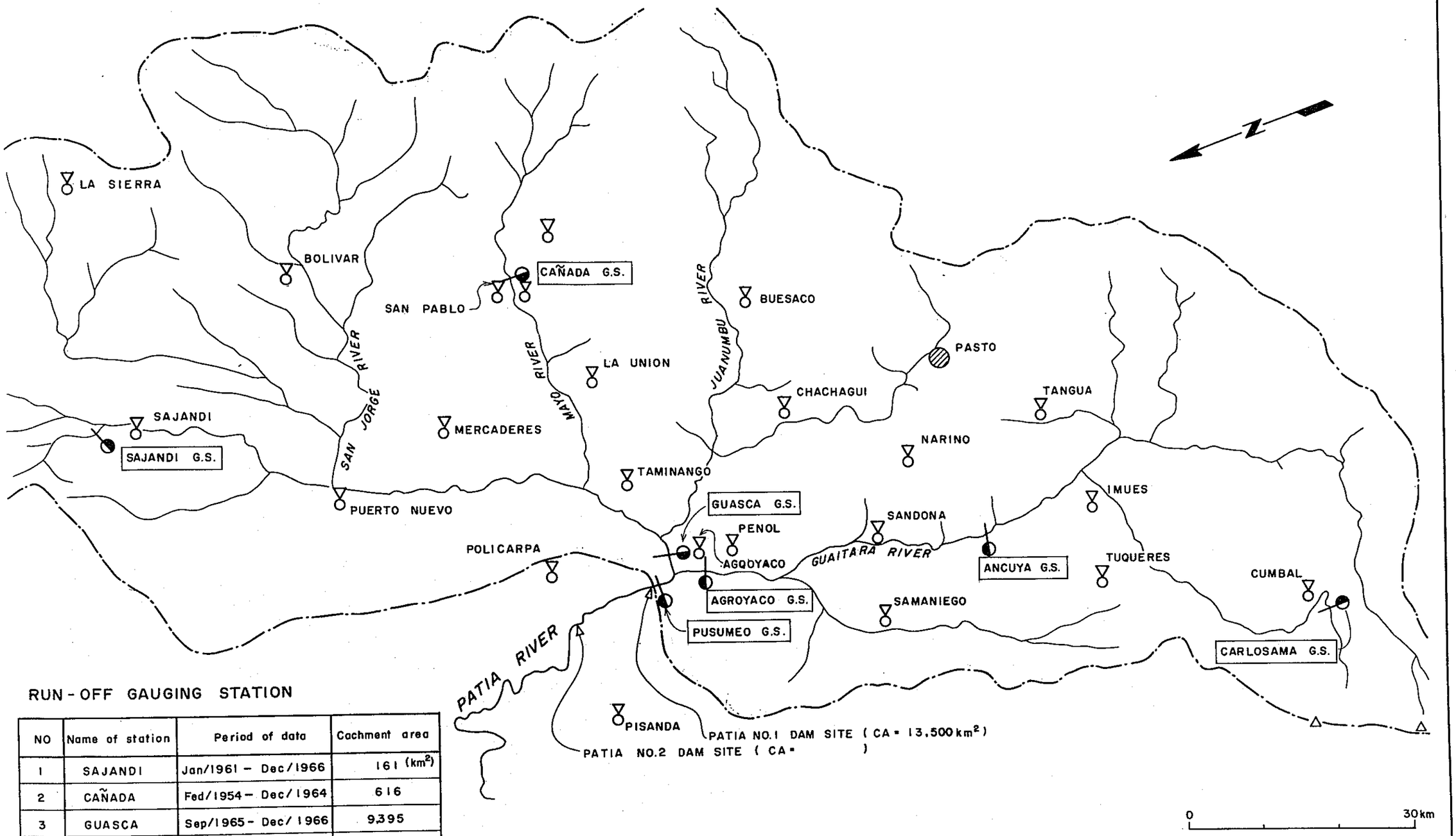
station \ year	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
LA. SIERRA											Aug	Jan
BOLIVAR											Aug	
SAJANDI			Nov	Jan								
RUERTO. NUEVO											Aug	
LA. CRUZ						Feb						
HYDRO MAYO												Feb
SAN PABLO						Jan						Dec
MELCADERES											Apr	
LA. UNION					Jan							
TAMINANGO											Jul	Jul
BUESACO					Jan							
CHACHAGUI					Jan							Jul oct
CUMBAL				Jun			Jun Sep					Aug oct
TANGUA				Jan								
IMUES			Jan									
TUQUERES				Jan			Jun Aug					Sep
NARIÑO					Jan		Jun Aug					
SANDONA											Jun	Jul Nov
SAMANIEGO				Jan Nov	Apr May						Dec	Feb Jul
PEÑOL					Jan Sep							Nov
AGROYACO												Apr Jul
POLICARPA												Mar
PISANDA												Apr

Table – 6.4

Period of run off gauging record

Station	River	C.A(km²)	year												
			1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
CAÑADA	MAYO	6 16							Jan						
SAJANDI	SAJANDI	1 61	Feb								May oct		Aug		
GUASCA	PATIA	9,395												Aug	
CARLOSAMA	BLANCO	1 21			Jan										Aug
ANCUYA	GUAITARA	3,0 58											Jan		
PUSMEO	PATIA	13,787													Feb Jun Aug

Note ; C.A = Catchment area.



RUN-OFF GAUGING STATION

NO	Name of station	Period of data	Cachment area
1	SAJANDI	Jan/1961 – Dec/1966	161 (km²)
2	CAÑADA	Fed/1954 – Dec/1964	616
3	GUASCA	Sep/1965 – Dec/1966	9,395
4	CARLOSAMA	Jan/1964 – Nov/1966	121
5	ANCUYA	No data	3,058
6	AGROYACO	Jan/1956 – Dec/1966	
7	PUSUMEO	Nov/1966 – Dec/1966	13,787

Note:

: Run-off gauging station

: Rain fall gauging station

OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
TOKYO-JAPAN

INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO BOGOTA – COLOMBIA

PATIA HYDROELECTRIC SCHEME

GAUGING AND METEOLOGICAL STATION

E.P.D. CONSULTANTS
(ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.)

FIG: 11 | DATE JUN. 20, 1967

7．　計画に関する検討事項

7. 計画に関する検討事項

7.1 Patia No 1貯水池の規模

第4章で述べたGuaitara河合流点直下流のPatia №1（Confluencia）ダムサイドは今回の概略踏査の結果によれば，地形および地質の条件から判断して貯水池満水位標高は約600mまで高めることができると考えられる。またこの地点の上流のポケットの地形からみて，貯水池容量は貯水池満水位標高が550m以下の場合は極めて小さいが，水位がそれ以上になると急速に増大するものと考えられる。一方Patia 系発電所に要求される機能が年間を通じての保証出力の増大および渇水期の補給出力の供給にあることから考えると，Patia №1発電所貯水池の容量はPatia 河の年間流量を完全調整し得る大きなものであることが望ましい。従って，貯水池満水位標高は570M±20mの間に選ぶべきこととなるであろう。

この場合経済的見地から最も有利な貯水池満水位標高を選定する必要がある。従って，われわれはこの目的のために，前章で述べた1962年～1966年の推定流量がPatia №1発電所地点の流況を代表するものとの仮定の上に立って，Patia №1発電所の経済性および最適開発規模の検討を行なった。

われわれは標高550mと600mの間で貯水池満水位を数種類撰び，その各々について有効容量300×10^6～$2000\times10^6\,m^3$程度を与えるような利用水深をいくつか考え，これらすべての場合について，5ケ年間の流量マスカーブ，将来の電力需要の想定負荷率を基として，各ケース間の経済比較を行なった。この経済計算において算出された，設備出力，発生電力量，建設工事費，さらに便益費用比，kw当り建設費，kwh当り建設費等の諸経済指標の値から判断すると，Patia №1発電所貯水池の満水位標高は約750m，有効貯水量は約$1,700\times10^6\,m^3$とするのが最も経済的であると考えられる。

なお，Patia №2発電所調整池については，この調整池のダムは主として落差を得るために造られるものであるが，その貯水容量を利用して逆調整および週間調整を行なうことが望ましい。その有効容量としては約$30\times10^6\,m^3$程度で十分であろう。この場合，Patia №1発電所の放水位との関係を考慮し，更にダム地点の地形，地質を考慮すれば，№2発電所調整池は満水位標高380m程度，利用水深は3m程度とするのが適当と判断される。

7.2 最大使用水量および保証水量

前項で述べたように Patia №1貯水池の有効容量を1,700×10^{6}m^{3}とすれば，貯水池による調整効果により，渇水年の渇水時において常時250 m^3/sec程度の流量が得られる。但し，この Firm Discharge の値は6.5項において推定した5ケ年間の流量に基いて得られたものであり，一方，Patia 河の水文サイクルはこれよりも長いと考えられる。従って，さらに大きな渇水の可能性を考慮して，これを約5％割り引き，240 m^3/sec程度を Patia 系発電所の保証水量と考えるのが妥当であろう。

次に，西南地域における需用の負荷率が53％前後であること，および Patia №1および№2の両発電所が他の水力発電所の渇水時の出力低下を補うよう計画される必要があること等を考慮すると，両発電所の総合設備利用率は約56％とするのが適当と考えられる。この場合，需用に対するこれら両発電所の運転方式および利用率については，両発電所の物理的特性から考えて，№1発電所はピーク発電を行ない利用率45％で運転し，№2発電所はベース部分を担当し利用率80％で運転させるのが適当と判断される。この場合，Patia №1発電所の最大使用水量は約540 m^3/sec，№2発電所のそれは約300 m^3/secとなるであろう。

7.3 Patia No1ダムの形式

一般にダムの形式は，ダム地点の地形，地質，洪水量あるいは工事用材料の現地賦存度等を考慮して，所要のダムを最も経済的につくることができるように決定されなければならない。この場合検討の対象となるのは重力式，中空重力式，アーチ重力式，アーチ式等の各種のコンクリートダムと，フィルタイプダムであろう。

Patia №1ダム地点は谷幅が狭く，また基礎岩盤も比較的よいので，コンクリートダムの建設が技術的に可能であると判断される。この程度の谷幅とダム高との比では，地形の面からはダムをアーチ型式とすることが一応考えられる。しかし現地点ではこの地点の地質的条件が高いアーチダムの経済的な建設を可能にするか否かを判断するのに十分な資料が得られておらず，かつ処理するべき洪水量も大きいことを考えると，現段階でアーチダム形式を敢えて採用することは妥当でない。一方，アーチ重力式ダムについては，地質的条件からも，その採用は可能と判断され，ダム本体の体積はアーチ式に比較して増えるが，堤体の下流面を利用して安全かつ経済的な洪水吐を設けることができるので，ダムおよび洪水吐の合計の工事費はアーチ式の場合よりも大巾に増加することはなかろう。重力式および中空重力式ダムはアーチ重力式ダムに比べて経済的に不利であり，採用すべきでないと考えられる。

一方，フィルタイプダムは，一般に経済的に建設できるダム型式の一つであるが，このダムの場合には，工事中においても竣工後においても，ダム上の洪水の越流は絶対に許すことはできない。従って，Patia №1地点のように，洪水量が大きい地点では，フィルタイプダム型式を採用した場合には工事中の仮排水路に多額の工事費を要し，また洪水吐もダム下流面を利用できないため，堤体と別個に独立してChute spillway またはTunnel spillway 等を採用する必要性を生じ，多額の工事費を要する。従って，本地点にフィルタイプダムを建設することは得策でないと思われる。更に Patia №1発電所は電力需要の増大に伴って段階的にその設備出力を増して行くよう，建設されることになると思われるので，ダムも発電所設備の増大に応じて段階的に貯水池容量を増していくよう建設されることが経済的見地から望ましく，この点からもカサ上げの容易なコンクリートダム型式がカサ上げの困難なフィルタイプ型式よりも有利である。Patia №1ダムをコンクリート式で建設する場合，ダム工事のみでも約 $300 \times 10^3 m^3$ のセメントが必要となるであろうが，われわれが行なった調査の結果ではコロンビヤで生産されているセメントの品質は充分ダムコンクリートに使用できるものであり，Patia系発電所の建設開始の時期までには国内の生産設備も十分に増強されるみこみなので量的にも問題はないと考えられる。

以上のことからこれまでの調査の段階では Patia №1ダムの型式はアーチ重力式として検討を進めることが妥当と考えられる。しかしながら，この点について最終的結論を得るためには，今後のFeasibility調査の段階で更に詳細な検討が必要である。

7.4 Patia No1 発電所の形式および機器の unit 容量

Patia №1発電所はピーク発電所としての運転が期待され，使用水量が大きいので，発電所はできればダムに接近させて設けるのが経済的であるが，この地点は谷幅が狭く，両岸相迫り，洪水量が大きいので，ダム直下流には space の面から見て地上式発電所を設けることは不可能と思われる。また，ダムおよび発電所は電力需要の増大に応じて段階的に建設されるものと思われるので，ダム内部に発電所を設けることもかなり困難である。従って，Patia №1発電所は，できるだけダムに近づけた地下式にするのが現段階では適当と考えられる。この地点の地質は地下式発電所の建設を可能にする程度に良好と判断され，一方 Patia 河が蛇行しているのを利用し，これをショート・カットする長さ約3km の短い放水路トンネルを設ければ，経済的に落差を得ることができるので，これによって地下発電所にすることの不利が相当 cover できるであろう。

次に Patia №1発電所の発電機台数の決定に当っては，西南地域における系統供給力の安定，水車の製作限界，機器類の輸送限界等を充分考慮して決定しなければならない。

一般に，1ユニットはその容量を大きくすればする程経済的になるが，採用できる1ユニットの容量には限界があって，当該ユニットの故障による出力の減少が系統の予備力を動員するなどの方法により補償できる範囲内にあるように定めなければならない。このようにして決められる1ユニットの容量の限界は系統の発電力の構成，需要の状態によっても異るが，一般には全系統発電力の10％程度である。従って，Patia系発電所運開時期における西南地域の総出力は約1,000 mw と推定され，またCali－Bogota－Medellin の Interconnection もその頃には完成済と思われるので，Patia №1発電所のユニット容量は100～150mw 程度が適当と考えられる。また，Buenaventura から Patia №1発電所に至る内陸輸送路に関しても，Pan American Highway の利用が可能と推定されるので，この程度の大きさの機械類の輸送に対しては特に問題はないものと考えられる。

7.5 送電電圧および回線数

Patia 系発電所の発生電力は，大部分がCali 地区に送電され，Cali でNational Interconnection System に連系される一方，残りは地元Nariño県の Pasto へ送電され，地方的需要の充足に向けられるものと計画されるが，この送電計画において，送電々圧および回線数は，現在の段階では次のように設定することが適当と考えられる。すなわち，Cali 地区向け送電線の電圧については，現在コロンビヤ国のNational Interconnection Systemに採用を予定されている230 kv またはそれより上の400 kv 級の2通りの案が考えられるが，下記の理由により400 kv 級の採用が適当と思われる。

(1) 230 kv の場合には，Cali でのNational Interconnection Systemへの連系には好都合であるが，長距離送電線のため1回線当りの送電容量が少く，このため約1,000 mw の電力を送電するには7～8回線を必要とする。従って，先行投資は少いが，長期的に見て経済的でないと判断される。

(2) 400 kv 級の電圧の場合には，必要回線数が2回線で済み230 kv 系統との連系設備等を考慮しても，230 kv 案よりもやゝ経済的と考えられる。

(3) コロンビヤ国での現行最高送電々圧は115 kv であるが，230 kv が至近年度に実施される段階にあることを考えると，Patia 計画の実施時期と想定される1970年代の中頃には400 kv 級電圧の採用は充分可能と考えられる。

しかし，Patia 計画送電々圧の決定はコロンビヤ国のnext higher valtage の採用動向を考慮しつつ，全国的連系送電網の問題としてFeasibility調査の段階で更に詳細な検討が必要である。

次にPasto 向け送電線の電圧および回線数は送電距離，送電容量，および既設系統との連系等から考え，115 kv 1回線が適当であろう。しかし，この送電線は，若しエクアドル国への送電が実現する場合には初めから230 kv が適当と考えられる。なお，この115 kv 送電線は Patia 系発電所工事に先立って建設し，発電所工事の工事用動力を供給するために使用することが適当と考えられる。

8．　開発時期および経済評価

8. 開発時期および経済評価

8.1 開発時期

第3章で述べたように，1975年頃の西南地域の電力需用の規模は，最大需用電力において約930mw，年平均需用電力において約490mwと想定され，これに対する供給能力は保証先頭出力約980mw，prime power 約550mw程度と推定される。従って，peak時の設備の予備率は概ね5%程度となる。これは，本地域とBagota, Medellin 両地域間の需用のdiversityを考慮した場合の予備率の許容限度である。

1976年には需用規模は更に増大し，最大需用電力約1,030mw，年平均電力約540mwと想定されるので，この時期から逐次需用に対応してPatia系発電所を運開することが必要と考えられる。勿論需用想定はその都度新しい経済情勢に照して見直してゆく必要があり，今後の情勢如何によって，これら発電所の運開時期が若干ずれることも予想されるが，大略1976－1980年までの期間の早い時期に運開を要することは間違いないと思われる。なお，開発のテンポについては，現段階の構想ではPatia №1発電所は1976年に1,2号機運開し，その後5年間で最終出力まで開発し，Patia №2発電所は1982年に1,2号機運開し，その後3年間で最終出力まで開発することが，需要の増勢に最も合致した開発テンポと考えられる。

8.2 運開順序

運開順序については，下記の観点からPatia系発電所は最初にPatia №1発電所，次にPatia №2発電所の順序で運開することが技術的経済的に有利と考えられる。

(1) Patia №2発電所の調整池の容量は現段階の構想では週間調整能力しか持てず，この場合のPatia №2発電所のPrime powerは約120mw前後と概算される。従って，若し№2発電所を先に（例えば1976年に）運開したとした場合には，西南地域全体のPrime power は，ジーゼル発電所を予備にまわしたとして，計約650mw程度に止まり，運開後3年目には不足を生ずるので，Patia №1発電所の運開が必要となる。これに対し，Patia №1発電所を先に運開した場合には，同発電所の大規模経年貯水池のContribution によって，同発電所のPrime powerは約360mwと概算されるので，№2発電所はPatia №1発電所の運開後概ね7年後に運開すればよいこととなる。従ってPatia №1発電所を先に運開する方が，需給面はもとより工事資金の効率的運用の面からも有利と思われる。Patia 計

画の諸元および工事費は今後の調査に伴って或程度の変動は予想されるが，各発電所の機能，特性に変化は考えられないので，運開順序はPatia №1発電所，Patia №2発電所の順に設定することが有利と推定される。

(2) Pan American Highway の建設は1970年代の初頭と目されており，そのHighwayから分岐するPatia №1発電所の工事用取付道路約50kmのうち相当部分は既設道路の改修利用が可能である。所がPatia №2発電所の工事用取付道路はPatia №1発電所地点から更に約40km下流に伸び，この道路は全区間が山岳部の新設道路である。従って，Patia 計画は上流側からPatia №1発電所，Patia №2発電所の順序で開発を進める方が技術的にも容易である。

8.3 経済評価

8.3.1 評価方法

経済評価の方法としては，等価サービス（kW kWh の供給能力）の代替火力と比較する方法が適用されるが，この場合，Patia 計画の便益基準には下記要素を適用するのが妥当と考えられる。

(a) 販売可能電力及び電力量

現時点の調査では，Patia 計画は西南地域における最も有望な計画と思われるが，大規模計画であるので，需用に見合った開発を進めても，発生電力および電力量が完全に消化されるまでには若干時間を要するであろう。従って，便益基準としての電力および電力量は実際に販売可能と思われる電力および電力量を採ることとする。なお，従来コロンビヤでは，水力発電計画の経済評価の際，当該計画の供給能力を運開時点から100%便益に見込んでいる例が多いが，これは飽くまで，需用に見合って有効に消化し得る供給能力を適用すべきであろう。

Patia 地点からCali，Pasto の需用地1次変電所入口までの送電ロスは，電力ロス約5%，電力量ロス約3%程度と推定されるので，現段階の構想に基くPatia 系発電所の受電端販売電力および販売電力量は，耐用年数期間平均化して，概ね次のように想定される。

	項　　目	販売電力（mW）	販売電力量（mWh）
Patia	№1　発電所	約　706	2,986,300
Patia	№2　発電所	約　372	2,860,100
計		約　1,078	5,846,400

(b)　他発電所の設備有効化部分

第3章で述べたように，西南地域の既存の水力発電計画がその儘，実施されたとした場合，Patia 系発電所運開前の発電系統は電力量に比して設備部分が大きく，このため，渇水期において約200～300mWの設備潜在化部分を生ずるものと懸念される。

現段階の構想では，Patia 計画は既存系統のこの欠陥をカバーするよう計画され，Prime power を基準とした設備利用率も約56％前後に落付くと思われる。一方，この地域の負荷率は概ね53％前後と想定されるので，Patia 系発電所の運開に伴って既存系統の潜在化設備のうち，可成りの部分が有効化し得るであろう。現地点の見透しでは，この有効化部分は年平均約174mW前後と推定される。これらの有効化設備部分は Patia 計画の実施によってもたらされるものであるので，これは Patia 計画の便益に計上するのが適当と思われる。

8.3.2　代替火力の型式

代替火力の unit 容量は，Patia 系発電所運開時における系統の規模を考慮すると125mW程度が適当と考えられる。また，台数は点検補修時の予備1台を含め計11台が必要であろう。使用燃料については，西南地域は石炭，石油とも充分であるが，Patia 計画の場合は代替火力の設置個所に予定される Cali － Yumbo 地域周辺が豊富な炭産地であること，価格関係において石炭6,000kcal／kg，重油10,000kcal／kgとして比較してみても，Cali 地区における石炭価格は石油の約半値であり，仮りに石炭の merit 差を石油の約70％程度と見ても現状では充分石油に対抗できること，および石油はコロンビヤにおける重要な外貨収入源であること等を考慮して代替火力の燃料型式は石炭，重油混焼（重油混焼率5％）が適当と考えられる。この代替火力の諸元，建設費等は次の通りである。

容量×台数	125mW×11台
運転熱効率	34.8％
燃料発熱量	6,000kcal／kg
燃料価格	7.38US$／ton
燃料単位	3.04USmille/mWh

建設単価　　163US$/kW

総工事費　　224,125,000US$

№1代替火力	142,625,000US$
№2代替火力	81,500,000US$

8.3.3　算定基準

(a)　利子率および総工事費現価

現在，経済計算の際，コロンビヤでは通常外貨の利子率6%，内貨の利子率10%としているので，Patia 計画についてもこの利子率を適用する。次に，建設利息，管理費，Engineering 費用等一切を含めた総工事費は現段階において約300百万US$と推定され，このうち，内貨と外貨の割合については，この種Project の例から勘案して概ね外貨6，内貨4の比率と考えられる。従って，Compound rateは7.6%となる。この利子率を適用してPatia 系発電所および代替火力の総工事費を各発電所の運開時点において現価換元すると，概ね次のように推定される。

（単位：1000US$）

項目	当該水力	代替火力
Patia №1発電所：		
ダム発電所	133,000	
送電線	33,000	
計	166,000	115,000
Patia №2発電所：		
ダム発電所	102,000	
送電線	16,000	
計	118,000	76,000
合計：		
ダム発電所	235,000	
送電線	49,000	
計	284,000	191,000

(b) 経　費　率

コロンビヤの電気事業会計規則によれば，耐用年数はダム，発電所５０年，送電線３５年，火力発電所２５年である。従って，償却についてこれらの耐用年数を考え，その他の経費率（総工事費に対する比率）についてコロンビヤの Interconnection Committee で承認されている数値を適用すると次の通りとなる。

項　　目	当該水力(%)	代替火力(%)
原初設備金利，償却	7.80	7.80
取替設備金利，償却	0.56	1.25
人　件　費	1.20	1.69
運転維持費		1.70
修　繕　費	0.20	0.20
保　険　料	0.10	0.25
管　理　費	0.55	0.55
計	10.41	13.44

8.3.4　評　　価

以上の算定基準に基いて，Patia 系発電所の５０年間平準化された年間経費，便益，受電端１kWh当り原価，および価値係数を求めると，概ね次のようになる。

項　　目	当該水力	代替火力
(a) 年間経費（１０００$）		
Patia №１発電所	16,500	24,500
Patia №２発電所	11,700	18,200
総　合	28,200	42,700
(b) 便　益（１０００$）		
Patia №１発電所	20,400	
Patia №２発電所	17,100	
既設設備有効化部分	3,700	
総　合	41,200	
(c) 受電端原価（mills/kWh		
Patia №１発電所	5.5	8.2
Patia №２発電所	4.1	6.4
総　合	4.8	7.3

(d) 価値係数

Patia №1，№2 発電所

総　合	1.46

Patia 計画はまだ概略構想の段階なので，上記の数値は巾のあるものであり，概算の域を出ない。しかしながら，今後観測資料が整備され，Feasibility 調査の段階で計画諸元および工事費に或程度の変動があっても，現段階で上記水準の価値係数が推定されるので，Patia 計画は極めて Promising な計画であり，所要の測量，観測資料が整備され次第，早急に Feasibility 調査を実施することが望ましいと考えられる。

9. Feasibility Study に必要な調査事項

9. Feasibility Study に必要な調査事項

9.1 水文調査

水文資料は今後 Patia 計画のFeasibility調査を行なうに当って最も重要な基礎データーであるので，下記の作業を通じて十分な期間の測水記録を蒐集する必要がある。

(1) Patia 河本流のPusumeo 測水所における測水作業の完全な継続。

(2) Patia 河本流のGuasca測水所および支流Guaitara 河のAgroyaco 測水所の整備と，測水作業の完全な継続。

9.2 地形図作成

9.2.1 計画全般に必要な地形図

(1) Alto Patia 流域のうち標高８００m以下の部分についての航測図化地形図の作成。図化面積＝２００,０００ha，縮尺＝１／２５,０００，コンター間隔＝２５m

(2) Media Patia流域のうち，Patia 河本流，Guaitara河およびJuanumbū 河の湛水区域の標高８００m以下の部分を対象とした航測図化地形図の作成。図化面積＝８０,０００ha，縮尺＝１／２５,０００，コンター間隔＝２５m

(3) Patia №１ダム候補地点より下流Minama峡出口までの標高８００m～５００m以下の区間を対象とした航測図化地形図の作成。図化面積＝１０,０００ha，縮尺；１／５,０００，コンター間隔＝５m

(4) Alto Patia とMayo 河の合流点からMinama峡出口まで約７０kmにわたるMedia Patiaの全域の河川縦断測量の実施。基準水準点は約５km間隔に１５ケ地点設置する。この水準点は準備工事，本工事にも使用されるものである。

(5) Patia 地点より需要地までの送電線ルート選定のための航測図化地形図の作成。縮尺＝１／１００,０００。

(6) Pan American Highway から分岐して，Patia №１計画地点に至る道路ルート選定のための航測図化地形図の作成。縮尺＝１／２５,０００。Alto Patia 地域航測図化時にこの範囲も含めることが望ましい。

9.2.2　細部地形図

(1)　Patia No.1計画地点において，ダム候補地点および発電所開閉所，放水口地点を含む地形図の作成。測量面積＝約３００ha，縮尺＝１／1,０００，コンター間隔＝２ｍ。標高コンターは仮設備配置の検討もできるよう約７００ｍまでとる必要がある。

(2)　Patia No.2計画地点において，ダム候補地点の標高５００ｍ以下の部分の地形図の作成。測量面積＝約１００ha，縮尺＝１／1,０００。発電所および放水口地点の標高４５０以下の部分の地形図の作成。測量面積＝約１００ha，縮尺＝１／1,０００。

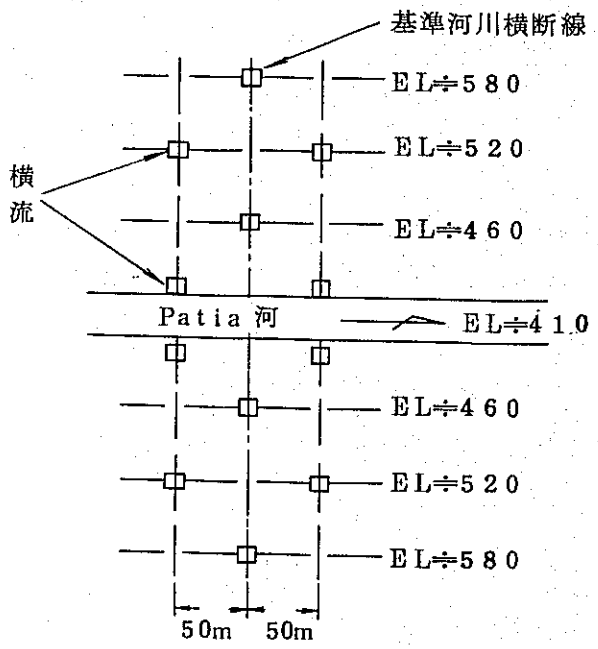
9.3　地質調査

9.3.1　Patia No.1ダム候補地点

(1)　１／1,０００地形図による地質調査

(2)　横坑，ボーリングによる基盤調査

基準河川横断線付近に左右岸各２本の横坑を掘削し，各横坑の終端より５方向，すなわち左側，右側，上側，下側および前方向に深さ５０ｍのコアボーリングを掘削し，更にその孔を利用して透水試験を行なう。もし，ボーリング調査が実施困難な場合は次図の位置に深度２０ｍ～３０ｍの横坑を掘削する。



9.3.2　Patia No.1発電所地点

(1)　1／1,000地形図による発電所地点の地質調査

(2)　発電所基礎まで達するコアボーリングを実施し，更にそのボーリング孔を利用して透水試験を行なう。

(3)　1／5,000地形図による放水路全域の地質調査

9.3.3　Patia No.2ダム候補地点

(1)　1／1,000地形図による地質調査

(2)　トレンチ掘削による地質調査

(3)　横坑，ボーリングによる地質調査

9.3.4　Patia No.2トンネルおよび発電所地点

(1)　1／1,000地形図による発電所地点の地質調査

(2)　発電所基礎まで達するコアボーリングの実施

(3)　1／5,000地形図によるtunnel全域の地質調査

9.4　気象調査，その他

9.4.1　気　象　調　査

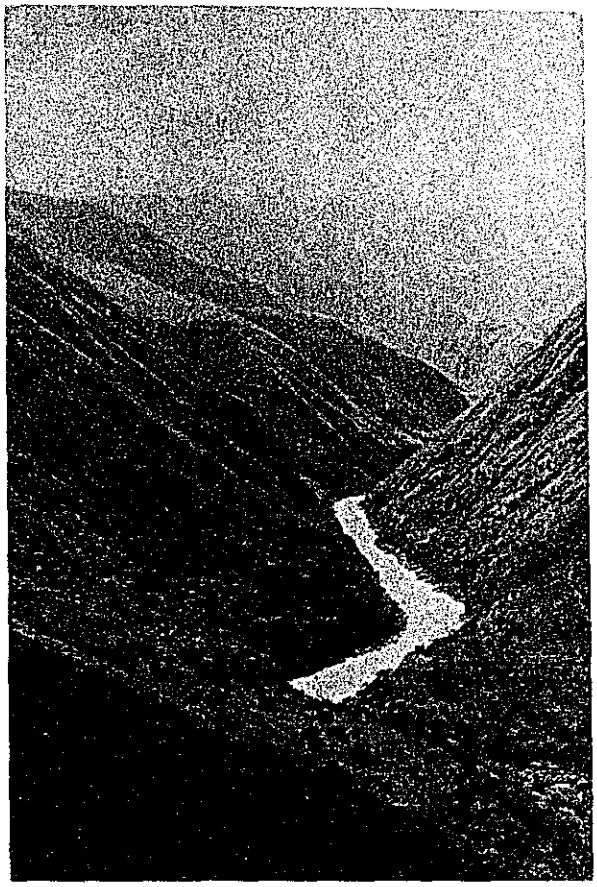
(1)　Pasto および Popayan 観測所における，気温（最高，最低，平均），湿度（最高，最低，平均），雨量（月雨量，日最大，時間，最大，降雨日数），水温（河川における最高，最低），雷雨日数，風向，風速等の調査。

(2)　Guasca観測所における毎日の気温，湿度，雨量，水温の調査。

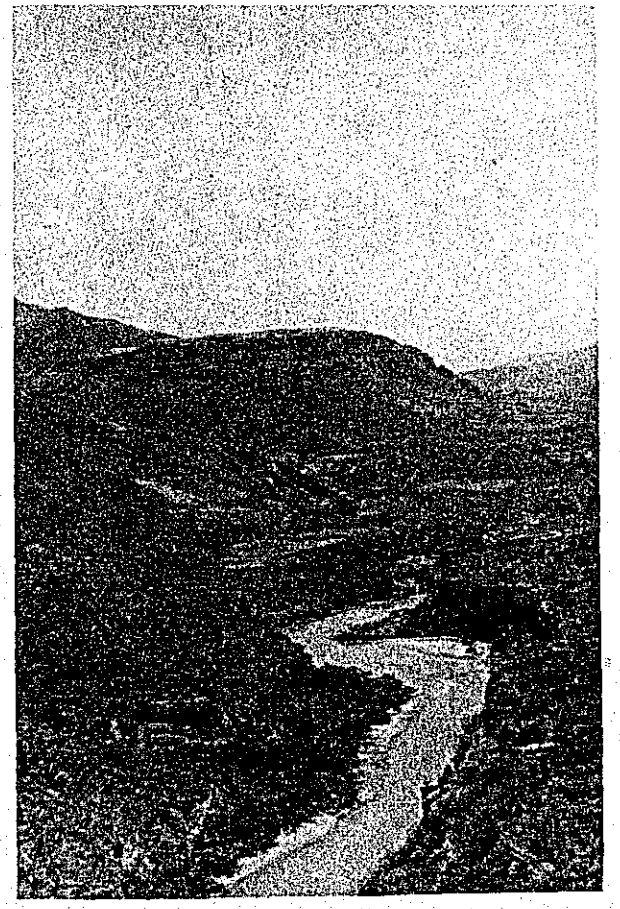
(3)　Puerto nuevo 観測所における蒸発量の調査。

9.4.2　その他調査

Patia 河本流およびGuaitara 河の水質分析，および流送土砂量の測定。

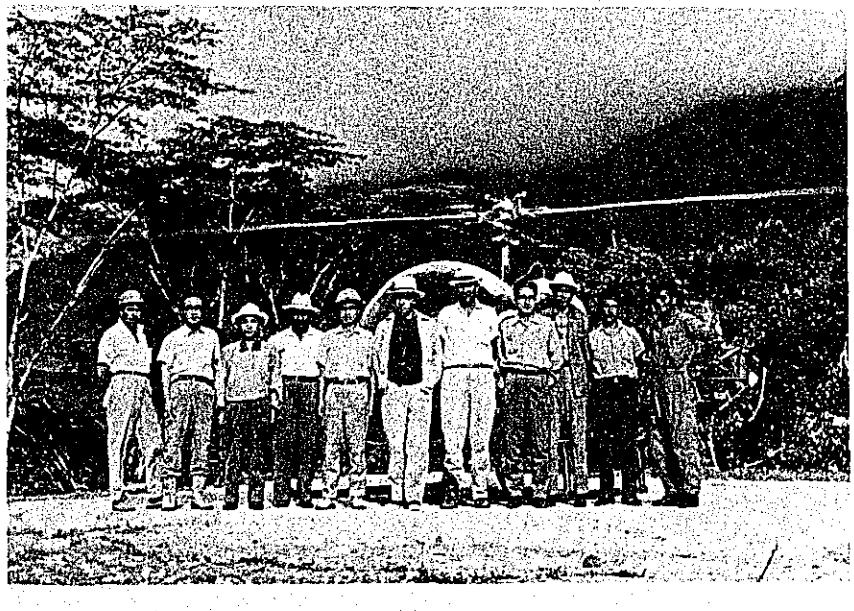


PATIA #1 dam site
(From upper stream)

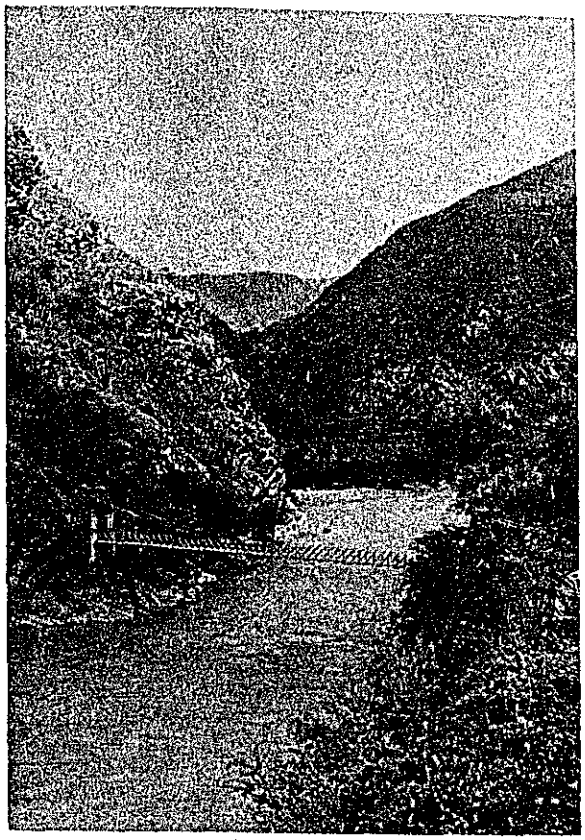


PATIA reservoir area
(Near confluence of Rio PATIA
and Rio MAYO)

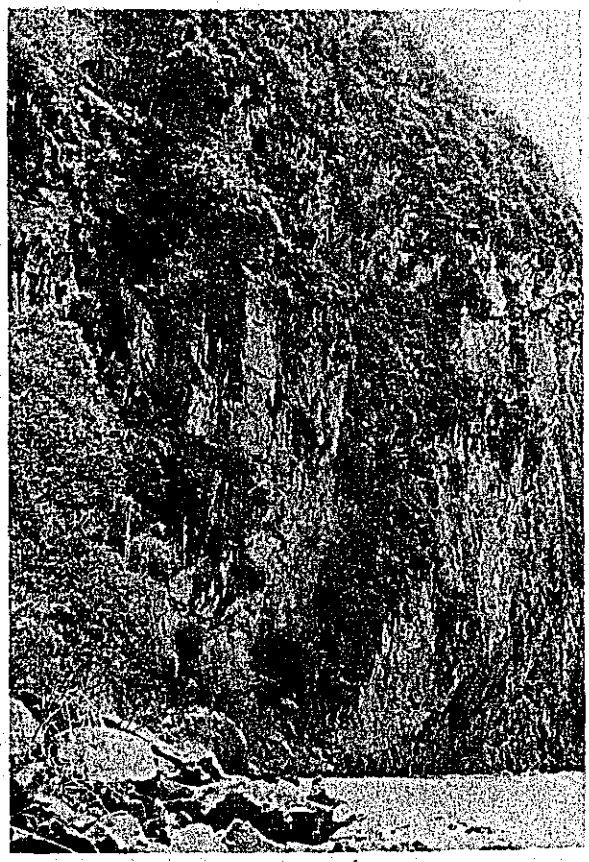
Lake TRUENO



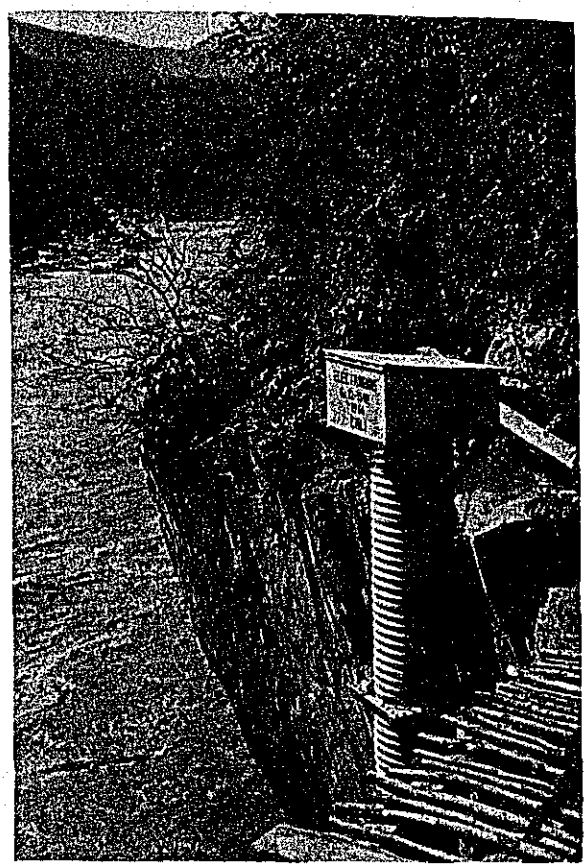
Members of Survey team



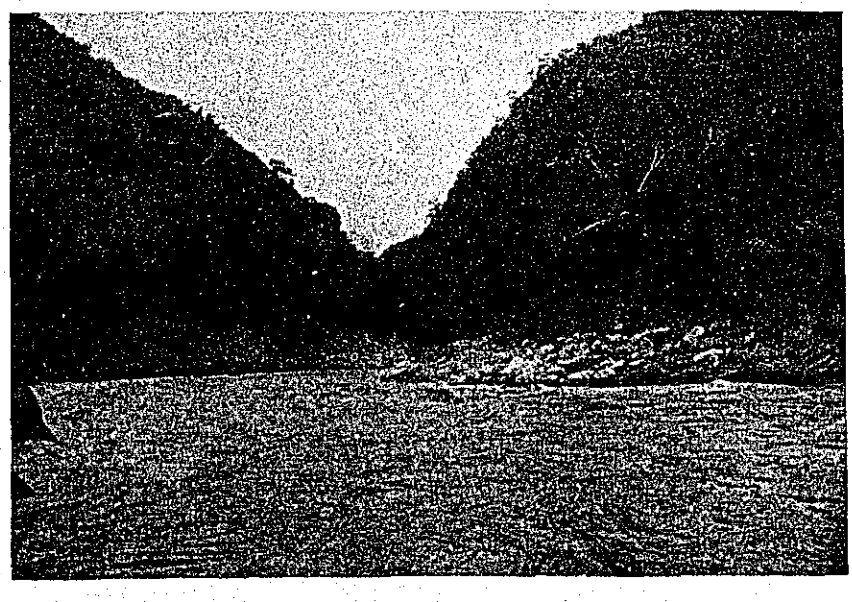
Guasca bridge
(3km upstream from Ali dam site)



Proposed outlet site of tailrace
(ULITO site)



Gauging station at Pusmeo bridge



PATIA #2 dam site
(From upstream)

Appendix-I
西南地区の各系統の発電設備概要

西南地域の発電設備概要

Patia 計画の開発時期を決定するためには，電力需用想定と平行して，CVC，CHEC，CEDELCA，CEDENAR 等西南地域各系統の既設および工事中ならびに計画中発電設備の供給能力および運転方式等が充分明らかにされなければならない。

このため，我々は上記各電気事業者において必要資料の蒐集に努めたが，入手資料は必ずしも充分ではなく，特に運転方式について不明確な点があった。従って，主要水力発電所の幾つかについて，われわれは3.3.1.1項で述べた方法でこれら発電所の保証尖頭出力を推定した。

上記推定値を含めた各系統の発電設備概要は以下の表の通りである。

Table A.I. 1 CVC 系統発電設備

(kW)

発電所名	設備出力	Prime Power	保証尖頭出力	有効貯水量 ($10^6 m^3$)	河川名
(既設水力)					
Calima No. 1	120,000	63,000	117,000	411	Calima Bravo
Anchicaya	64,000			1.5	Anchicaya
Nima No. 1 & No. 2	7,300	4,100	7,300		Nima
Guadalajara	1,300	1,000	1,300		Guadalajara
Cali No. 1 & No. 2	1,800	1,200	1,800		Cali
Frio River	1,700	1,400	1,700		Trua
El Rumor	1,160	800	1,160		Trua
La Rivera	240	150	240		Trua
Sevilla	490	400	490		Pijao
Cartago No.1 & No. 2	810	600	810		La Vieja
小計	198,800	72,650	131,800		
(既設火力)					
Yumbo	53,000	42,400	53,000		
合計	251,800	115,050	184,800		
(計画中水分)					
Alto Anchicaya	340,000	145,100	268,000	40	Anchicaya
Salvajina	430,000	152,000	282,000	400	Cauca
以上総計	1,021,800	412,150	734,800		
(既設ジーゼル)					
Cali	9,720	3,500	7,000		
El Morro	6,000	2,300	4,600		
Buenaventura	4,840	2,500	4,840		
その他	7,760	7,150	7,760		
小計	28,320	15,450	24,200		

Table A.I. 2 CHEC系統発電設備

(kW)

発電所名	設備出力	Prime Power	保証尖頭出力	有効貯水量($10^6 m^3$)	河川名
(既設水力)					
La Insula	15,400	10,200	14,600	1.5	Chinchina Campoalegre
La Esmeralda	27,000	25,400	27,000		〃
Dos Quebradas	8,500	3,600	7,200		La Estrella
Belmonte	3,800	1,900	3,800		
Libaré	2,200	1,000	2,000		
Armenia	4,000	2,000	4,000		
Calarcá	1,000	500	1,000		
その他	5,700	4,200	4,400		
小計	67,600	48,800	64,000		
(工事中水力)					
San Francisco	135,000	35,600	71,000	3.5	Chinchina Campoalegre
合計	196,600	84,400	135,000		
(計画中水力)					
Tres Rios	250,000 ~ 400,000				
Risaralda					
小計					
(既設ジーゼル)					
Pereira	4,000	2,000	4,000		
その他	2,000	1,000	2,000		
小計	6,000	3,000	6,000		

Table A.I. 3 CEDELCA系統発電設備

(kW)

発電所名	設備出力	Prime Power	保証尖頭出力	有効貯水量 ($10^6 m^3$)	河川名
(既設水力)					
Florida	2,600				Cauca
Sajandi	2,400				Sajandi
Mondomo	600				Mondomo
Ovejas	1,100				Mondomo, Ovejas
Asnazū	400				Asnazū
El Palo	1,400				Palo
Silvia	700				Piendamo
Coconuco	1,600				Grande, San Andres
小計	10,800	(1) 4,000	(1) 4,000		
(計画中水力)					
Florida No.2	20,000	(1) 12,000	20,000		Florida
合計	30,800	16,000	24,000		
(既設ジーゼル)					
Guapi	100				
Caldono					
小計	100	(1) 50			

(注 1) 推定値

Table A.I. 4 CEDENAR 系統発電設備

(kW)

発電所名	設備出力	Prime Power	保証尖頭出力	有効貯水量($10^6 m^3$)	河川名
(既設水力)					
Rio Bobo	4,380				Bobo
Rio Sapuyes	1,856				Sapuyes
Rio Mayo (old)	600				Mayo
Rio Ingenio	200				Ingenio
小計	7,036	(1) 4,000	6,000		
(工事中水力)					
Rio Mayo	21,000	(1) 13,000	21,000		Mayo
合計	28,036	(1) 17,000	27,000		
(既設ジーゼル)					
Pasto	1,000	(1) 500	800		
Tumaco	636	(1) 300	500		
Julio Brave e Higas	2,000	(1) 1,000	1,600		
小計	3,636	(1) 1,800	(1) 2,900		

(注 1) 推定値

Appendix-II
地質および地震

1. 主貯水池およびダム候補地点の地質

ダム候補地点は左岸約６０°，右岸約４５°の斜面より形成されている左右岸非対称のＶ字谷で，計画満水位（５５０ｍ）での谷高と谷幅の比は約１：２である。

本地点を構成する地質はGreen rock である。この岩石は新鮮な部分では緑色を呈し，緻密で，非常に堅硬であるが，風化した部分では茶色を帯び，やゝ脆弱である。

A　左　岸

左岸は表土および崖錐の堆積はなく，岩盤が広く露出している。岩盤は風化作用の影響を殆んど蒙っておらず，堅硬であるが，大小のき裂が発達している。大きなき裂は造山運動によって生じたと判断されるScratch を伴った鏡肌（Slickenside）を有しているが，粘土は挾在していない。

調査期間中に，設定した基準河川横断線より上流約１００ｍ，下流約１５０ｍ間に存在するSlickenside を有する主なき裂は次の二つの系統に分けられる。

1）傾斜が低角度のき裂

この系統に属する顕著なき裂は３つあり，それらの位置，走向傾斜および特徴を示せば次の通りである。

(a) 標高※　４１０ｍ付近，走行ＥＷ，傾斜１０°～２０°Ｓ，幅約8·0 cm のき裂帯が見られるが，粘土は伴わない。き裂は幅１ cm ほど開口。

(b) 標高４５０ｍないし４６０ｍ，走行ＥＷ，傾斜２０°～３０°Ｓ，顕著なSlickenside を伴ない，地形的にも連続が顕著である。密着。

(c) 標高４９０ｍ付近，接近不可能なため走向，傾斜は測れなかったが，き裂の連続は地形上明瞭である。

※ 標高はすべて気圧計による測定である。以後同様。なお，河水面の標高は約４１０ｍである。

2）傾斜が垂直に近いき裂

この系統に属する顕著なき裂は４つあり，それらの位置，走行傾斜および特徴は次の通りである。

(a) 基準河川横断線の上流約１００ｍ付近，走向ＥＷ，傾斜鉛直。右岸より連続する唯一の

き裂，連続が顕著に見られる。幅５ないし１０ cm 開口。

(b) 基準河川横断線付近，走行ＮＳ，傾斜鉛直。高い所では顕著に見られ，開口しているようであるが，河岸付近でやゝ不明瞭となる。

(c) 基準河川横断線の下流約１３０ｍ付近，走向ＮＳ，傾斜７０Ｅ。河岸より高所まで連続が顕著，局部的に１ cm ないし２ cm 開口。

(d) 基準河川横断線の下流約１３０ｍ付近。走向Ｎ５０Ｗ，傾斜６０°ＳＷ。河岸に近いところで，(c)のき裂と交る。連続は顕著。幅約５ cm のき裂帯を伴う。

Ｂ　右　岸

右岸は山腹部に厚さ３ｍ未満と推定される表土および崖錐が堆積するため，河床部以外の岩盤の状態は明らかでない。しかし，局所的に点在する露頭から判断すれば，山腹部の岩盤は，風化が可成り進んでいるように推察される。

河床部の露頭は新鮮で非常に堅硬であるが，左岸と同様，表面には多くのき裂が見られる。これらは全般に河川とほぼ直交または斜交するもので，殆んどが左岸のき裂と同様なSlic－kenside を伴い，なかには幅１ cm ないし３ cm 開口しているものもある。

ダム地点付近で認められた主なき裂は基準河川横断線より上流に８本，下流に１０本あり，それらの走行傾斜を上流より順次示せば次のとおりである。

(a) 基準河川横断線より上流約６０ｍ区間

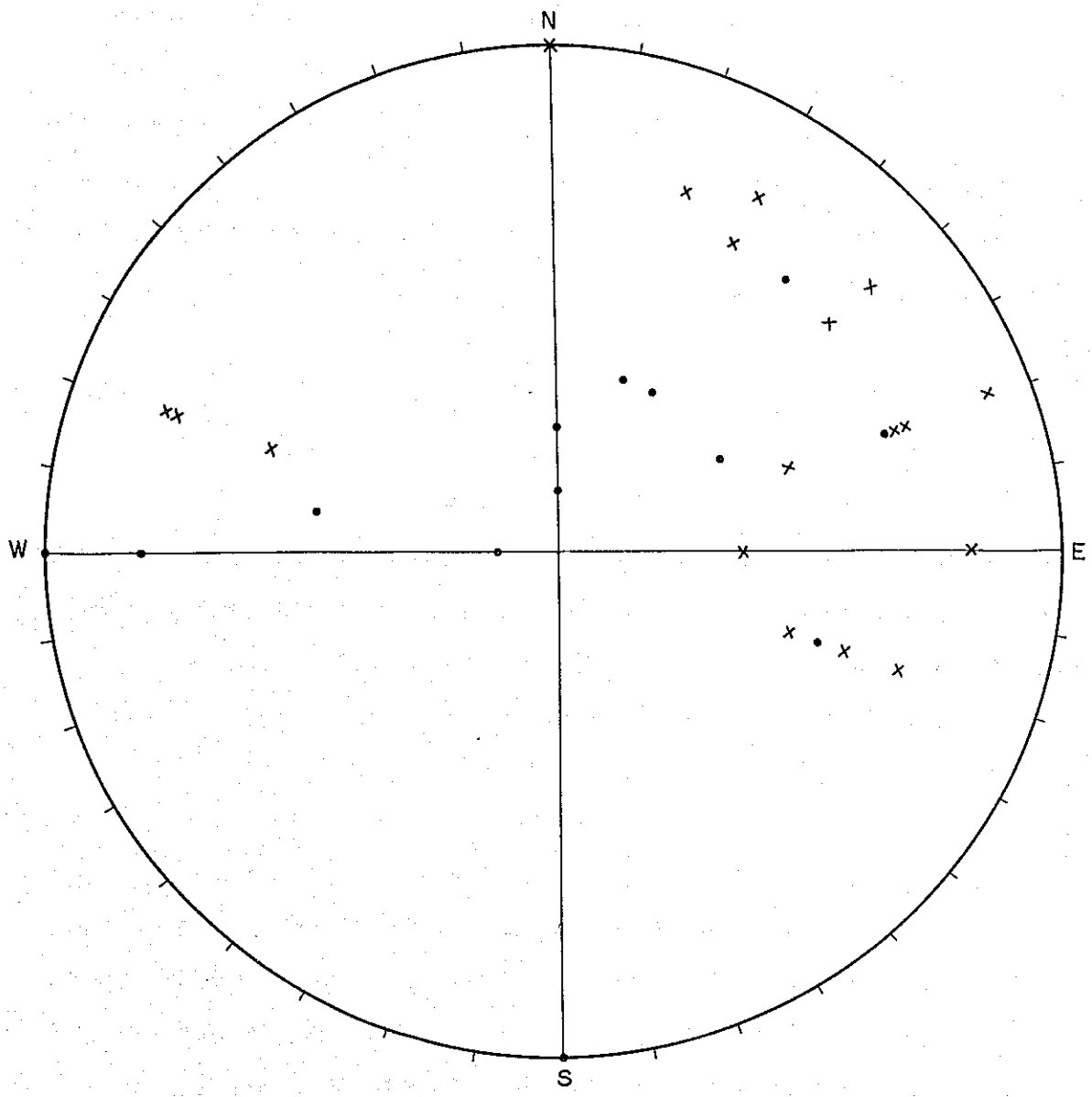
Ｎ６０°Ｗ，６０°ＳＷ，Ｎ２０°Ｅ５０°ＳＥ，Ｎ２０°Ｅ６０°ＮＷ，Ｎ２０°Ｗ６０°ＳＷ，ＮＳ３０°Ｗ，ＮＳ７０°Ｗ，Ｎ２０°Ｗ８０°～９０°ＳＷ，Ｎ２０°Ｅ７０°ＳＥ。

(b) 基準河川横断線より下流約１３０ｍ区間

ＥＷ９０°（左岸に続く），Ｎ６０°Ｗ７０°ＳＷ，Ｎ２０°Ｗ６０°ＳＷ，Ｎ２０°Ｅ７０°ＳＥ，Ｎ４０°Ｗ６０°ＳＷ，Ｎ２０°Ｗ４０°ＳＷ，Ｎ２０°Ｅ５０°ＮＷ，Ｎ４０°Ｗ７０°ＳＷ，Ｎ７０°Ｗ６５°ＳＷ，Ｎ２０°Ｅ４０°ＮＷ。

次の図は上記の主なき裂および他の小き裂の一般的な方向をシュミットネットを用いて示したものである。この図によると，この地点のき裂の方向はＮＷ方向，南側傾斜に卓越している。

Point diagram of 31 cracks at Patia No.1 dam site.



× Crack of left bank

• Crack of right bank

2. コンクリート用骨材

4.1項で記述したとおり，Media Patia区間にはRiver depositがほとんどない。従って，現段階ではコンクリート骨材には粗骨材，細骨材ともにPatia №1ダム候補地点周辺のGreen rock を砕石に使用することが予定される。

Green rock は岩質的には堅硬，緻密であり，原石として適当であると判断される。砂は計画地点の近くに分布する段丘堆積物中より採取することも考えられるが，この場合，Patia計画の構造物が大規模であること，Patia 河流域の段丘堆積物は火山噴出物を多量に含んでいること等を勘案し，質量ともに充分な調査を行なうことが必要である。

3. 地　　震

第5章に記述した資料の添付図によると，Patia №1ダム候補地点を中心として描いた半径50km，100km，200km円内に発生した地震はTable A·II·1の通りである。なお表に用いられている震度階級とRossi － Forel震度階級の関係は下記の通りである。

表中の震度	Rossi － Forel 震度
A	I ～ IV
B	V ～ VII
C	VIII ～ X

表によると，半径100kmの圏内に発生した地震は10回あり，同じく200km圏内では34回ある。このように，計画地域に比較的地震の発生が多いのは，この地域がコロンビヤ国の地震多発地帯の1つに属するためと考えられる。表および東京大学教授河角博士の論文を参考として，計画地域に発生するかもしれない地震の確率を試算すると下記の通りである。

$$N(i,t)=\frac{n(i)}{T}\cdot t$$

$n(i)$＝過去T年間に発生した震度i以上の地震回数

T＝地震記録の存在する年数

t＝地震発生の期待年

$N(i,t)$＝震度i以上の地震が，t年間に発生する期待値

表によると，信頼し得る地震記録は１７３５年より１９５１年まで２１６年間あり，その期間に，半径１００km 圏内に発生したCグループに属する地震は３回である。従って，今後１００年間に，半径１００km 圏内に発生するかもしれないCグループの地震期待値は次の通りとなる。

$$N(i,\ t)=\frac{n(i),\ t}{T}$$

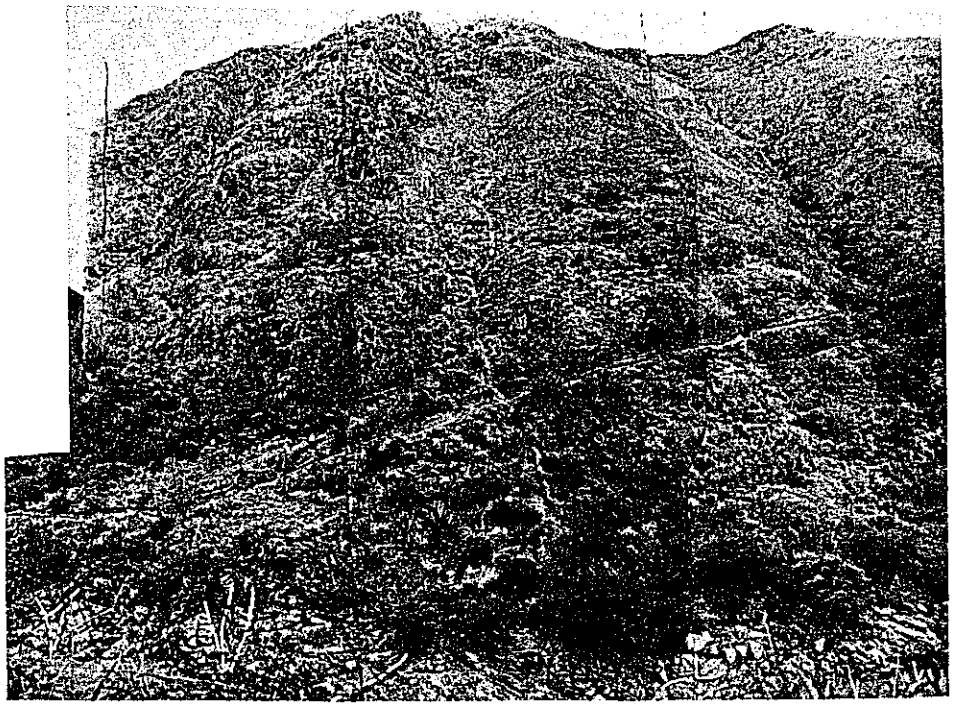
$T=216$，$n(i)=3$，$t=100$，$N(i,\ t)=1.38\fallingdotseq 1.4$

すなわち，Patia No.1地点を中心として，半径１００km 圏内に，今後１００年間に発生するかもしれないCグループ（Rossi － Forel震度階級Ⅷ～Ⅹ）の地震は約1.4回である。

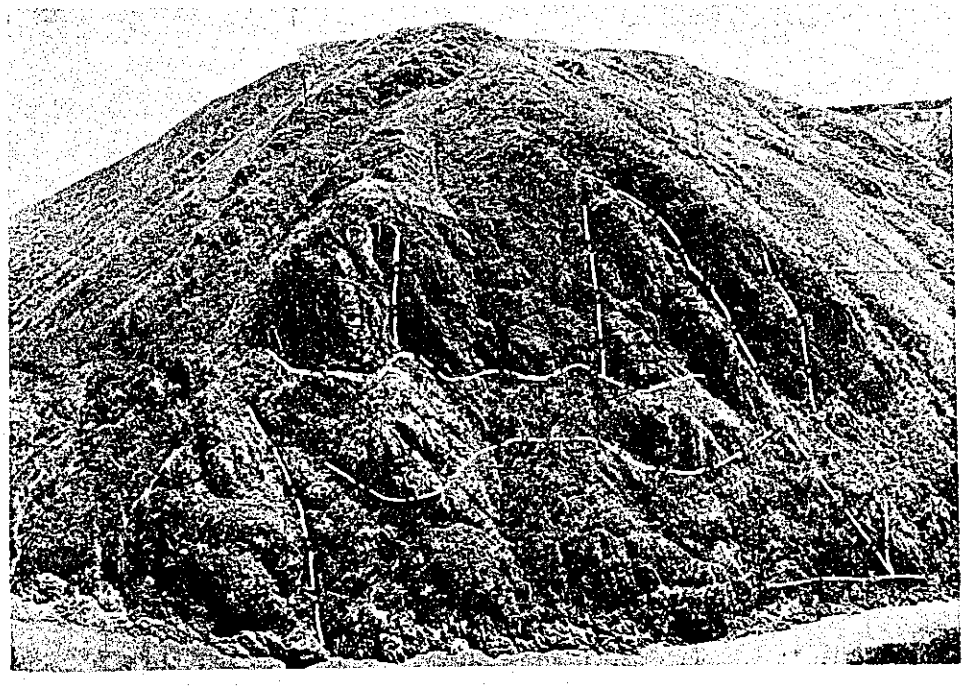
Table A. II. 1 Patia No. 1 ダム候補地点より半径
50～200 km 以内地震発生記録

	古記録			地震計記録		
半径(km)	震度	位置	発生年	震度	位置	発生年
50	B	77.1°, 1.4° N	Mar. 1834	A	77.5°, 1.5° N	Jun. 1853
100	C	76.9°, 1.3° N	Jan. 1834	C	77.5°, 1.0° N	Dec. 1923
				B	78.0°, 1.2° N	Dec. 1923
				B	78.0°, 1.3° N	Feb. 1933
				C	77.5°, 1.0° N	Aug. 1935
				B	77.8°, 1.0° N	Oct. 1936
				A	76.9°, 1.0° N	Jul. 1945
				B	78.0°, 1.0° N	Jul. 1951
200	A	76.5°, 3.0° N	1566	C	77.5°, 3.0° N	Jan. 1920
	C	76.5°, 2.6° N	Feb. 1735	C	78.0°, 3.0° N	Jun. 1925
	C	76.5°, 2.5° N	Feb. 1736	C	77.0°, 0.0°	Jul. 1925
	C	77.8°, 0.4° N	Feb. 1797	B	77.5°, 0.6° N	Dec. 1926
	B	68.0°, 4.1° N	1798	B	77.8°, 3.4° N	Aug. 1934
	C	76.4°, 1.8° N	Nov. 1827	A	77.4°, 0.7° N	Jul. 1936
	C	77.5°, 2.8° N	1835	B	78.5°, 2.5° N	May 1937
	A	75.5°, 0.1° N	1840	A	77.2°, 3.3° N	Sep. 1944
	B	76.5°, 2.4° N	Sep. 1878	A	76.3°, 2.3° N	Mar. 1946
				A	78.0°, 1.0° N	Jul. 1951
				A	76.5°, 1.0° N	Dec. 1953
				A	78.0°, 0.0° N	Jan. 1955
				A	78.5°, 3.0° N	Mar. 1956
				C	79.0°, 2.0° N	Feb. 1958
				A	79.0°, 1.5° N	Apr. 1958

According to the Seismic and tectonic map of Colombia by J. Emilio Ramirez and Luis Forero Duran.



Patia No.1　ダム候補地点　右岸



Patia No.1　ダム候補地点　左岸

Appendix-III
水文および気象

1. コロンビヤ国内の降雨量および主要河川流量

" Instituto " はコロンビア全国にわたり，雨量観測施設を，また主要河川のかなりの部分に測水所を設け，観測を行なっている。

これらの中からの主要地点における１９６３年の降雨量および主要水系の１００ km² 当り比流量を示すと下表の通りである。

Table A.Ⅱ.1 国内各地点降雨量

(mm) (1963年)

位置	県	観測所名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年計
経度 72°50′ 緯度 10°54′	Guajira	Fonseca	15	152	5	51	128	94	0	89	180	185	35	18	952
〃 7° 〃 10°25′	Magdalena	Algarrobo	45	20	0	127	200	221	75	181	80	172	85	0	1,206
〃 75°32′ 〃 9°44′	Bolivar	Sanonofre	0	9	15	84	123	139	54	85	168	173	149	10	1,009
〃 74°45′ 〃 9°13′	Bolivar	Magangue	0	35	75	65	168	224	183	156	189	327	141	13	1,576
〃 73°24′ 〃 7°06′	Santander	Campamento La Raz	62	162	181	465	535	184	151	143	198	467	511	61	3,120
〃 74°24′ 〃 6°29′	Antioquia	Berrio Puerto	55	90	100	108	77	94	55	70	160	92	183	138	1,222
〃 74°31′ 〃 4°11′	Cundin Amarca	Pandi	105	79	134	302	378	192	38	71	74	221	165	26	1,785
〃 74°48′ 〃 3°45′	Tolima	Aco	238	245	268	326	240	45	87	15	0	250	622	232	2,568
〃 76°58′ 〃 1°33′	Nariño	La Cruz	121	225	36	187	174	78	25	19	3	135	227	173	1,403

Table A.Ⅱ.2 国内主要河川各月平均流量表（流域面積 100km²当り m³/sec） (1963年)

河川	位置	県	観測所	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
Sodamoso	経度73°18′ 緯度 7°04′	Santander	El Tablazo	0.62	0.81	1.66	4.25	5.42	2.49	2.15	1.81	1.26	3.02	3.99	1.01	2.39
Smapaz	〃 74°31′ 〃 4°11′	Cundin Amarca	Pandi	0.75	1.34	0.77	2.30	5.22	4.95	1.61	1.92	0.61	2.33	3.96	1.11	2.25
Prato	〃 74°55′ 〃 3°46′	Tolima	Puente Casabianca	3.05	6.40	3.80	8.60	9.80	2.12	1.50	1.24	0.84	3.30	10.10	2.21	4.40
Anchicaya	〃 76°50′ 〃 3°42′	Valle	Danubio	6.41	9.30	8.06	11.60	14.10	9.40	7.70	7.04	6.70	12.10	14.00	11.00	9.80
Cauca	〃 76°21′ 〃 2°31′	Cacuca	Suarez	2.90	5.35	4.00	4.70	6.09	3.00	2.20	2.45	1.48	1.42	5.01	3.65	3.53
Mayo	〃 77°00′ 〃 1°38′	Narino	Lacanada	2.55	5.01	3.10	3.55	3.75	3.85	3.25	2.23	0.80	1.00	3.17	2.42	2.88

2. Ipiales空港における気象記録

Patia 流域における気象観測専用施設は流域南端の高原に位置するIpiales空港にあり，これ以外は現在設置予定の段階にある。

Ipiales空港において観測された気温，湿度，天候の結果は次の通りである。

Table A.Ⅲ.3 Ipiales 空港気象観測資料（標高約2,900m）

月平均気温 （℃）

年＼月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1961	—	—	—	—	11.0	10.2	9.2	10.0	11.0	10.4	10.4	10.7
62	12.0	11.2	12.0	11.2	11.7	10.5	9.9	9.5	10.0	11.0	11.6	10.7
63	9.0	11.0	11.0	13.0	11.9	12.3	9.8	9.6	10.0	10.0	12.2	11.5
64	11.2	—	9.0	12.5	11.0	9.8	9.4	8.7	—	—	—	—

年	年最高気温	年最低気温	年最高湿度	年最低湿度	降雨日数	風雨日数
1961	16.7℃	4.2℃	90%	64%	194日	14日
62	17.3	4.5	94	59	148	12
63	20.5	4.0	94	62	178	2
64	18.5	3.9	96	58	122	5

3. 降水量記録

1) LA SIERRA

Year \ Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1965	--	--	--	--	--	--	--	--	73	316	688	479	--
1966	82	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Average													

2) BOLIVAR

1965	--	--	--	--	--	--	--	--	(50)	361	343	206	--
1966	55	72	173	187	216	68	51	14	106	230	628	400	2,200
Average										296	486	303	

3) SAJANDI

1955	219	157	148	163	221	104	47	13	19	228	336	324	1,979
1956	111	196	75	312	320	63	83	0	166	362	275	222	2,185
1957	196	57.1	183	206.5	177	40.5	2	0	54.5	244.7	152		1,313.3
1958	150	21	168	225	108	60	0	32	92	240	277	247	1,620
1959	30	7	121	221	136	42	3	19	5	29	33	58	704
1960	23	41	33	14	27	7	15	45	2	31	61	13	312
1961	23	8	53	44	6	32	14	0	10	25	74	147	436
1962	176	185	166	128	134	157	0	50	100	230	345	170	1,841
1963	223	294	80	221	158	120	168	7	55	235	406	235	2,202
1964	21	240	65	321	184	311	81	55	70	220	239	469	2,276
1965	119	40	150	323	246	0	0	45	105	289	570	232	2,119
1966	38	33	223	241	339	153	68	35	30	314	579	502	2,555
Average	110.7	106.6	122.2	201.6	171.3	90.8	40.1	25.1	59.0	204.0	278.9	238.1	1,628.5

4) PUERTO NUEVO

Year \ Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1965	--	--	--	--	--	--	--	--	(2)	71	236	91	--
1966	10	30	88	75	211	72	15	10	(0)	202	( )	617	--
Average										136.5		354	

5) LA CRUZ

1960	--	--	(148)	40	79	8	7	44	6	195	119	96	--
1961	29	8	52	183	39	89	3	5	10	62	267	--	--
1962	131	136	150	76	200	31	18	54	42	177	233	279	1,527
1963	121	225	36	187	174	78	25	19	3	135	227	173	1,403
1964	25	90	36	187	53	83	34	77	24	191	16	211	1,145
1965	164	21	34	189	126	14	38	39	62	239	361	223	1,510
1966	29	61	148	120	99	35	20	25	9	165	378	358	1,447
Average	83.2	90.2	76.0	140.3	110.0	48.3	20.7	37.6	22.3	164.9	245.9	223.3	1,406.4

6) HYDRO MAYO

1966	--	--	(60)	295	170	129	47	55	62	231	385	302	--

7) SAN PABLO

1960	161	231	151	11	109	0	26	35	9	270	131	190	1,324
1961	107	68	35	188	27	52	20	71	0	104	259	244	1,175
1962	193	194	164	156	116	48	6	52	30	201	197	267	1,624
1963	144	249	70	255	184	62	16	2	40	0	243	189	1,454
1964	2	114	65	222	86	99	58	68	22	203	175	472	1,586
1965	261	24	65	212	51	0	3	6	41	479	372	173	1,687
Average	144.7	146.7	91.7	174.0	95.5	43.5	21.5	39.0	23.7	209.5	229.5	255.8	1,475.0

8) MERCADERES

Year \ Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1965	--	--	--	--	--	--	10	14	42	200	330	132	--
1966	104	55	127	143	238	43	57	60	42	257	298	225	1,649

9) LA UNION

1959	68	22	102	179	185	216	11	57	3	132	161	322	1,458
1960	249	218	164	168	307	35	89	49	39	356	232	129	2,035
1961	116	36	119	208	57	122	79	0	26	204	330	235	1,532
1962	155	151	207	189	230	162	4	77	43	206	345	215	1,984
1963	206	442	95	211	130	97	28	6	62	129	338	90	1,834
1964	4	89	59	339	51	151	72	152	12	275	617	557	2,378
1965	198	37	173	514	413	3	45	50	194	603	690	297	3,217
1966	229	148	255	545	403	204	105	49	109	607	660	541	3,855
Average	153.1	142.9	146.8	294.1	222.0	123.8	54.1	55.0	61.0	314.0	421.6	298.3	2,286.6

10) TAMINANGO

1965	--	--	--	--	--	--	--	--	70	298	507	136	--
1966	125	30	152	152	182	90	93	--	--	--	--	--	--

11) BUESACO

Year \ Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1959	81	45	72	163	183	86	19	8	5	133	150	209	1,154
1960	129	184	189	62	116	10	38	0	3	234	117	131	1,213
1961	82	54	88	254	49	60	15	0	21	201	232	118	1,174
1962	86	82	81	106	141	16	0	42	38	112	90	90	884
1963	85	208	55	56	133	160	0	0	25	158	187	116	1,192
1964	46	65	56	266	54	107	55	58	57	186	152	251	1,353
1965	164	20	29	230	57	5	6	20	53	149	273	93	1,099
1966	19	61	169	128	125	100	21	15	37	210	327	204	1,416
Average	86.5	89.9	92.4	158.1	107.3	68.0	19.3	17.9	29.9	172.9	191.0	151.5	1,185.6

12) CHACHAGUI

1959	115	55	99	143	326	185	22	79	12	273	170	172	1,651
1960	151	231	211	107	162	31	7	53	17	161	151	177	1,459
1961	101	42	165	253	58	100	53	4	33	282	329	158	1,578
1962	192	112	248	156	301	137	0	55	51	211	237	138	1,838
1963	96	279	80	257	361	105	7	0	64	268	296	188	2,001
1964	13	67	77	420	99	197	86	81	45	275	192	478	2,028
1965	33	0	81	322	324	0	0	14	5	289	382	202	1,652
1966	40	54	180	196	246	212	--	--	--	214	333	236	--
Average	92.6	105.0	142.6	231.8	234.6	120.9	25.0	40.9	32.4	246.6	261.3	218.6	1,743.9

13) CUMBAL

Year \ Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1958	103	18	--	--	--	--	3	68	17	93	76	75	--
1959	44	28	38	117	133	28	16	51	28	43	78	52	656
1960	73	136	51	92	128	15	38	19	23	115	80	31	801
1961	30	32	51	177	65	38	(46)	(3)	62	95	102	93	(794)
1962	60	71	112	70	104	69	27	25	27	109	134	87	895
1963	77	78	45	110	73	53	19	7	20	38	111	80	711
1964	10	30	30	158	74	121	20	32	50	76	99	73	773
1965	122	16	21	135	109	15	45	20	58	84	135	94	854
1966	49	74	146	77	109	45	65	25	(32)	131	123	153	--
Average	63.1	53.7	61.1	117.0	99.4	48.0	29.1	30.9	35.6	87.1	104.2	82.0	781.7

14) TANGUA

1958	85	65	29	135	97	81	7	48	27	95	171	152	992
1959	58	34	45	62	134	68	52	61	0	96	110	143	863
1960	76	164	97	36	97	43	39	35	10	71	53	74	795
1961	41	33	72	168	36	56	19	0	22	209	247	83	986
1962	119	94	145	114	144	64	13	60	32	110	127	86	1,108
1963	57	170	53	123	65	75	24	1	6	132	225	129	1,000
1964	24	59	64	160	28	121	40	28	24	108	132	151	939
1965	117	3	15	215	111	5	10	7	83	80	239	125	1,010
1966	46	91	119	115	109	67	63	34	49	110	238	200	1,241
Average	69.2	79.2	71.0	125.3	91.2	64.4	29.7	30.4	28.1	112.3	171.3	127.0	992.7

15) IMUES

Year \ Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1957	55	25	50	147	127	51	31	18	8	105	59	76	752
1958	128	64	42	130	150	42	3	66	2	126	245	187	1, 185
1959	93	11	25	21	130	40	26	24	7	130	92	196	795
1960	218	159	16	54	116	12	21	15	17	249	183	215	1, 275
1961	57	93	138	210	14	55	95	6	84	208	386	83	1, 429
1962	196	81	258	153	188	24	9	95	47	65	118	97	1, 332
1963	43	434	121	164	110	76	25	8	3	75	113	88	1, 260
1964	69	15	28	64	41	364	26	46	28	218	304	274	1, 477
1965	54	30	27	152	175	1	3	23	95	195	596	173	1, 524
1966	26	(14)	239	130	260	70	49	15	31	132	457	649	(2,072)
Average	93.9	101.3	94.4	122.5	131.1	73.5	28.8	31.6	32.2	150.3	255.3	203.8	1, 225.4

16) TUQUERES

1958	120	132	201	90	196	55	5	31	96	224	242	245	1, 637
1959	108	65	38	152	68	161	36	213	13	148	236	315	1, 553
1960	173	372	226	203	279	140	161	76	27	265	285	264	2, 471
1961	128	128	191	331	168	176	(139)	12	74	268	523	116	(2,254)
1962	171	183	149	117	171	169	17	82	53	274	309	176	1, 871
1963	179	493	168	257	184	135	35	19	63	142	470	294	2, 439
1964	6	163	46	505	136	350	78	249	104	147	373	167	2, 324
1965	88	23	39	211	260	7	7	76	74	126	118	138	1, 167
1966	32	95	133	108	84	32	17	80	( )	138	209	( )	( )
Average	111.7	183.8	132.3	219.3	171.8	136.1	44.5	93.1	63.0	192.4	307.2	214.4	1, 923.1

17) NARINO

Year \ Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1959	194	85	106	183	163	91	23	60	1	194	295	240	1,635
1960	294	261	282	77	126	2	49	60	9	240	221	282	1,903
1961	150	144	254	238	29	122	(64)	3	24	226	445	182	(1,881)
1962	288	155	206	184	175	179	6	86	17	219	356	261	2,132
1963	369	384	134	261	168	67	20	1	42	270	422	240	2,378
1964	18	156	41	264	14	127	53	145	21	53	27	91	1,010
1965	74	49	19	71	38	0	0	0	21	79	89	81	521
1966	72	110	138	151	219	53	40	46	63	239	532	457	2,120
Average	182.4	168.0	147.5	178.6	116.5	80.1	27.3	50.1	24.8	190.0	298.4	229.3	1,671.3

18) SANDONA

1965	--	--	--	--	--	--	36	33	132	316	709	386	--
1966	254	101	139	247	191	108	--	--	(45)	202	300	112	--

19) SAMANIEGO

1958	110	39	10	159	40	45	0	37	35	272	316	--	--
1959	153	70	--	160	(169)	181	34	101	34	151	187	288	(1,528)
1960	139	162	276	142	226	40	56	116	0	226	117	110	1,610
1961	188	44	230	337	106	4	102	0	47	388	558	278	2,282
1962	176	201	430	235	454	239	10	77	267	212	251	171	2,725
1963	89	346	213	263	160	57	110	84	75	336	460	87	2,280
1964	0	280	70	370	262	179	36	37	468	335	378	340	2,755
1965	232	82	120	247	207	34	33	27	0	121	662	311	2,076
1966	41	--	114	125	272	180	--	56	116	183	287	--	--
Average	125.3	153.0	182.9	226.4	215.9	106.6	47.6	59.4	115.8	247.1	357.3	226.4	2,288.0

20) PENOL

Month / Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1959	109	23	97	141	202	105	36	75	15	--	--	--	--
1965	--	--	--	--	--	--	--	--	35	203	324	18	
1966	10	0	80	95	134	144	43	50	48	167	286	190	1,247
Average													

21) AGROYACO

1966	--	--	--	--	82	57	--	17	13	88	206	--	--

22) POLICARPA

1966	--	--	--	(7)	72	93	19	9	5	197	310	--	--

23) PISANDA

1966	--	--	--	112	47	57	56	34	58	83	--	--	--

4. 水 文 資 料

1) CANADA G. S.

Month / Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1961	5.5	7.1	9.9	15.0	15.2	13.6	12.7	11.4	8.4	9.2	24.4	10.6	11.9
1962	14.0	12.7	12.0	12.3	19.6	20.6	27.0	16.1	8.4	13.2	12.0	19.8	15.7
1963	15.6	31.1	19.0	21.8	23.0	23.7	20.0	13.7	4.9	6.1	19.5	14.9	17.7
1964	10.0	5.8	7.0	8.9	12.0	15.5	14.8	14.2	10.4	8.0	9.9	20.8	11.5
1965	17.3	11.4	7.5	9.0	15.8	16.6	20.2	13.3	9.3	9.3	11.7	22.1	13.7
1966	8.6	5.4	18.0	12.1	10.2	11.0	20.5	15.4	11.1	9.7	26.6	56.5	17.2
Average	11.8	12.3	12.2	13.2	16.0	16.8	19.2	14.0	8.8	9.3	17.4	24.1	14.6

2) SAJANDI G. S.

Month / Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1954	--	12.9	10.2	19.2	15.8	10.3	6.6	4.1	2.9	7.8	15.0	24.0	--
1955	19.0	13.1	15.7	15.6	15.9	14.1	8.8	4.8	4.1	9.1	23.9	24.1	14.0
1956	22.0	18.7	14.8	12.0	17.3	16.5	8.6	3.6	3.0	15.2	18.4	16.1	13.8
1957	17.8	6.6	7.3	9.6	12.3	11.8	5.1	4.3	3.8	5.7	6.8	11.3	8.5
1958	8.6	10.5	5.0	6.9	10.0	7.1	3.9	3.1	2.2	2.9	9.9	11.9	6.8
1959	13.7	5.9	4.1	5.9	12.4	6.8	4.0	2.7	1.7	3.4	6.4	18.2	7.1
1960	24.5	29.3	9.6	12.2	13.1	4.1	2.6	1.8	1.5	2.4	12.2	18.3	10.9
1961	8.9	8.0	3.9	15.0	7.6	3.4	0.9	0.5	0.5	1.4	14.3	10.0	6.2
1962	12.9	12.4	10.3	6.9	8.1	(8.8)	--	--	--	(1.6)	12.8	23.6	--
1963	20.4	27.3	13.8	15.0	15.9	5.0	1.8	0.6	0.4	0.5	6.7	7.5	9.4
1964	10.5	4.8	2.8	9.8	12.0	13.3	5.4	2.0	--	--	--	--	--
Average	15.8	13.6	8.9	11.6	12.8	9.2	4.8	2.8	2.2	5.4	12.6	16.5	11.1

3) ANCUYA G. S.

Month / Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1964	25.5	18.8	23.8	41.6	42.7	77.2	45.5	48.8	58.4	33.2	51.9	58.5	44.3
1965	49.4	32.8	37.1	58.6	77.8	63.8	67.7	54.3	36.3	35.8	65.5	60.0	53.4
1966	36.8	34.4	45.7	50.5	41.1	33.8	51.9	49.9	42.1	39.9	57.6	--	--
Average												59.3	48.9

4) CALROSAMA G. S.

Month / Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1956	6.3	6.2	10.9	8.9	4.4	4.5	3.6	2.2	2.3	17.4	3.7	7.3	6.5
1957	5.2	4.7	8.6	11.5	13.0	5.1	2.7	2.3	2.6	2.3	2.1	1.8	5.2
1958	3.8	2.8	2.7	5.8	3.6	10.4	1.6	2.7	1.5	4.9	5.0	2.3	3.9
1959	3.9	2.0	0.7	2.9	4.7	1.8	0.9	1.0	0.9	1.9	2.8	3.3	2.2
1960	4.2	10.3	3.5	3.2	3.0	2.0	2.0	1.5	1.0	2.7	3.0	2.9	3.3
1961	1.5	1.4	3.5	9.0	3.9	3.4	2.0	1.0	1.2	1.6	9.1	2.5	3.3
1962	3.2	3.2	4.3	3.8	10.1	3.5	2.0	2.0	1.2	3.6	4.5	2.7	3.7
1963	1.9	5.5	3.4	3.2	5.4	2.1	1.1	0.7	0.6	3.3	10.6	2.6	3.3
1964	1.8	1.5	1.0	7.5	2.1	8.4	1.8	1.1	2.0	1.8	5.3	4.9	3.2
1965	3.7	2.1	2.1	8.5	7.5	2.0	1.3	0.9	1.9	2.8	7.7	3.3	3.6
1966	2.0	2.1	5.1	3.6	3.0	2.1	2.6	1.5	--	--	9.9	11.6	--
Average	3.4	3.8	4.2	6.2	5.5	4.1	2.0	1.5	1.5	4.2	5.8	4.1	3.8

5) PUSUMEO G. S.

Month / Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1966	--	--	371	269	327	223	--	178	137	220	803	1,878	--

Appendix－Ⅳ

入手資料目録

1. 一 般 資 料

(1) Revista del Banco de República, Mar. - Nov. 1966
- Banco de República -

(2) Boletín Mensual de Estadística, Jan. 1966
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística

(3) Plan de Industrialización - Narino, Oct. 1965
- Oficina de Planeación de la República de Colombia

(4) Hacia un Programa de Integración Fronteriza Colombo-Ecuatoriana Feb. 1966 - Banco Interamericano de Desarrollo

2. 電気関係資料

(1) National Plan of Electrificatión (1965 - 1975)
- "Instituto" (Electricite de France)

(2) Feasibility Report on Interconnection Apr. 1964
- EEEB, EEPP, CVC (Ingetec, Integral) -

(3) Informe Anual 1965 - Empresas Filiales
- Instituto -

(4) Informes (1965) - EEEB -

(5) Informes y Balance (1965) - EEPP -

(6) Informe a Junta Directiva - Estadísticas Compradas Dec. 1966 - Electrificadora de Antioquia -

(7) Alto Anchicaya Feasibility Report, Oct. 1966
- CVC -

(8) Tarifas para el servicio de energía eléctrica en Colombia July, 1964 - Instituto -

(9) The Electrification Program for Ecuador, Nov. 1966
- Instituto Ecuatoriano de Electrificación -

(10) Estudio de Demanda para la ciudad de Pasto
1960 - 1980, Jan. 1966
- CEDENAR -

(11) Sistema Eléctrico para el Departamento de Narino, Mar. 1965
- CEDENAR -

(12) The salvajina Project, Feb. 1965
- CVC (Acres International) -

3. 地質関係資料

(1) Areas de posible explotación minera en la hoya del Río Patia, 1967
- Ministerio de minas y petróleos zona minera de Pasto -

(2) Informe geológico sobre el proyecto Río Patia, 1966
- Instituto -

(3) Observaciones geológicos y estudio petrográfico sobre 54 muestras colectadas por el Dr. Laureano Rincon, en el Departamento de Narino en la viá Tambo, Pedol, Policarpa
Informe No. 1074
- Servicio Geológico Nacional-1962-

(4) Compilación de las estudios geológicos oficiales en Colombia, Tomo X
- Servicio Geológico Nacional-1960-

(5) Serie "A" Sismología (Segunda epoca) Publicación, No. 18
- Instituto Geofísico de los Audes Colombianos-1952-