

ペルー共和国

サンタ河電源開発計画調査
報告書

1979年1月

国際協力事業団

ペルー共和国

サンタ河電源開発計画調査

報告書

JICA LIBRARY



1035075[9]

1979年1月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	84. 3. 30	709
登録No.	02304	64.3
		MPN

は し が き

日本政府は、ペルー共和国政府の要請に基づき、サンタ河電源開発計画のプレ・フィージビリティ調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、電力開発プロジェクトの重要性に鑑みて、1978年2月22日から3月29日にわたるまでの36日間にわたって、野崎次男氏を団長とする11人の調査団を派遣した。

この調査は、現地調査を含むものであり、サンタ河電源開発プロジェクトの技術的、経済的プレ・フィージビリティを調査したものである。ここに調査報告書は完成し提出するものである。

本報告書がペルー共和国の電力開発に寄与するとともに、我が国との経済交流及び友好親善の一助となれば誠に嬉しいことである。

最後に、今回の調査に当たられた団員各位に謝意を表すとともに、調査実施にあたって御協力をいただいたペルー共和国政府関係機関の方々を始め、在ペルー日本国大使館、外務省及び通商産業省の関係各位に対し、衷心より感謝の意を表するものである。

1979年1月

国際協力事業団

総 裁 法 眼 晋 作

伝 達 状

国際協力事業団

総 裁 法 眼 晋 作 殿

ここに提出するのは、ペルー共和国サンタ河に位置するC-2、C-3水力発電計画のプレ・フィージビリティ調査および同河川に位置するR-1、R-2、R-3水力発電計画のリコネッサンス調査に関する報告書であります。調査検討した結果は本報告書に詳述されておりますが、その基礎資料およびペルー電力公社電力調査企画局より出された所見に対する回答を技術付録としてAppendixに収録しました。

調査団は11名で編成され、1978年2月22日から3月29日までの36日間にわたり、ペルー電力公社の協力を得て現地調査を実施いたしました。調査団は帰国後東京でスタディを行ない、1979年1月に報告書を完成いたしました。

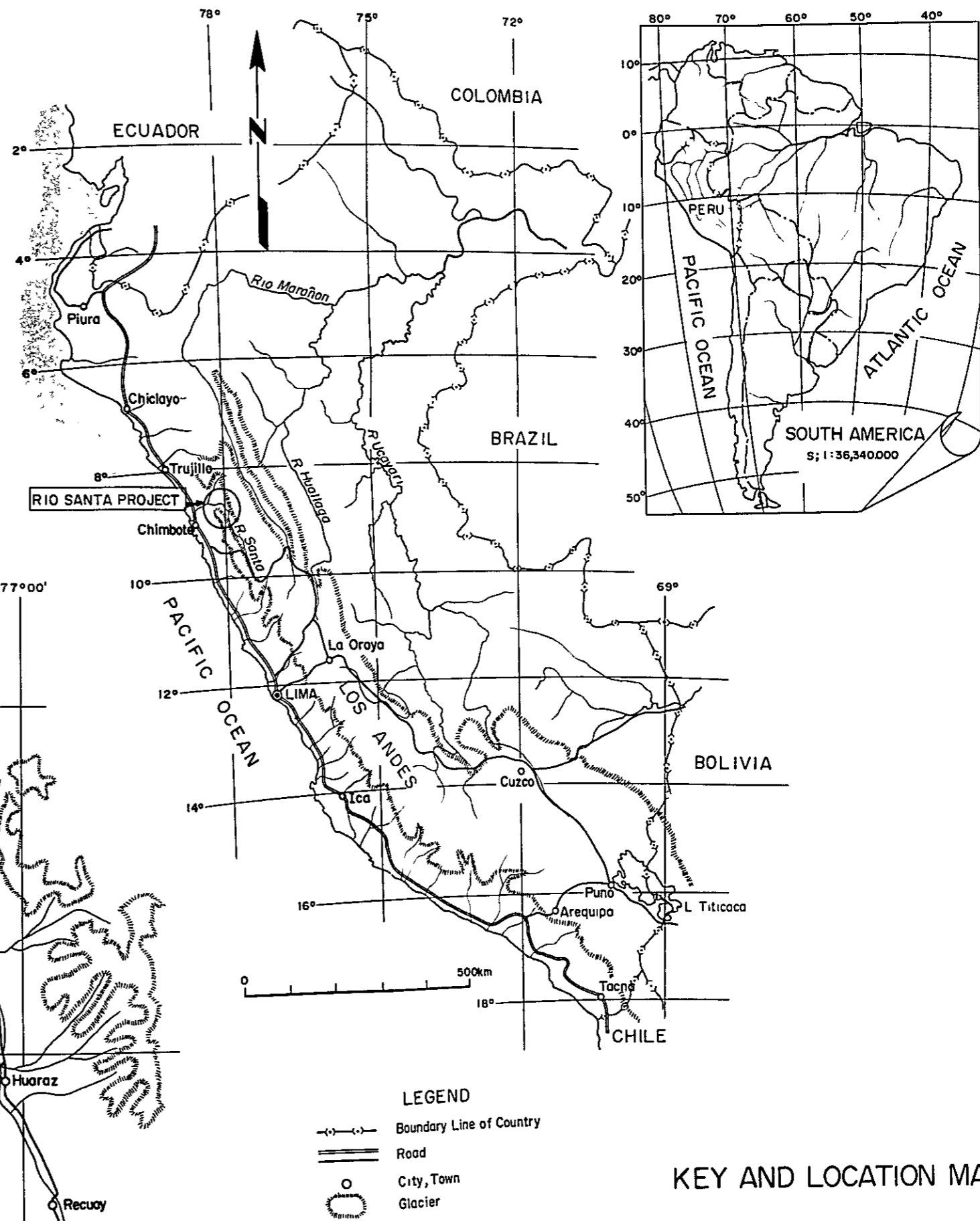
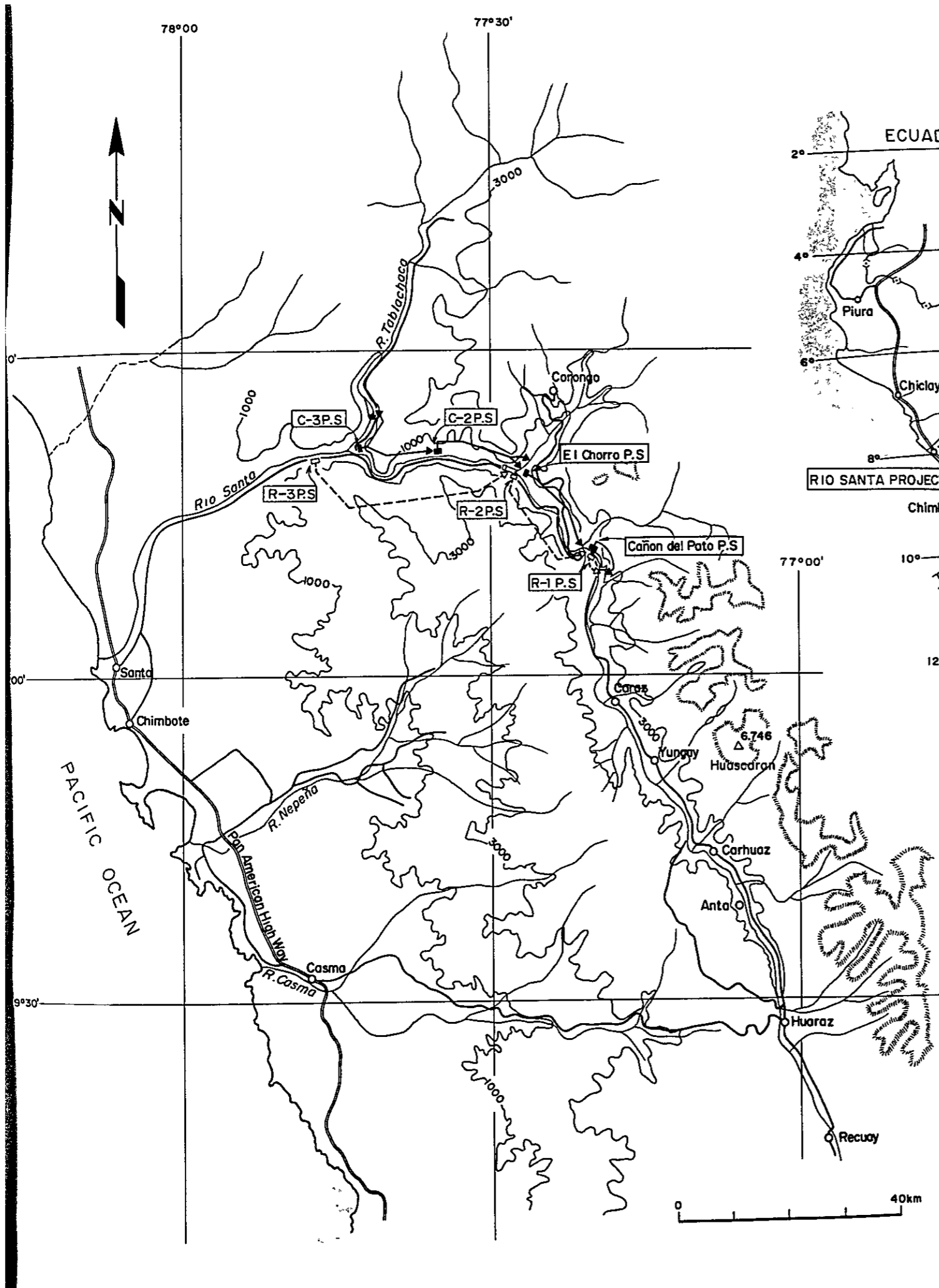
この報告書の提出により、ペルー共和国の電源開発が一段と推進されることを切に念願するものであります。

本報告書の提出にあたり、調査の実施に多大の御協力を賜った方々に対し、心から感謝の意を表します。

1979年1月

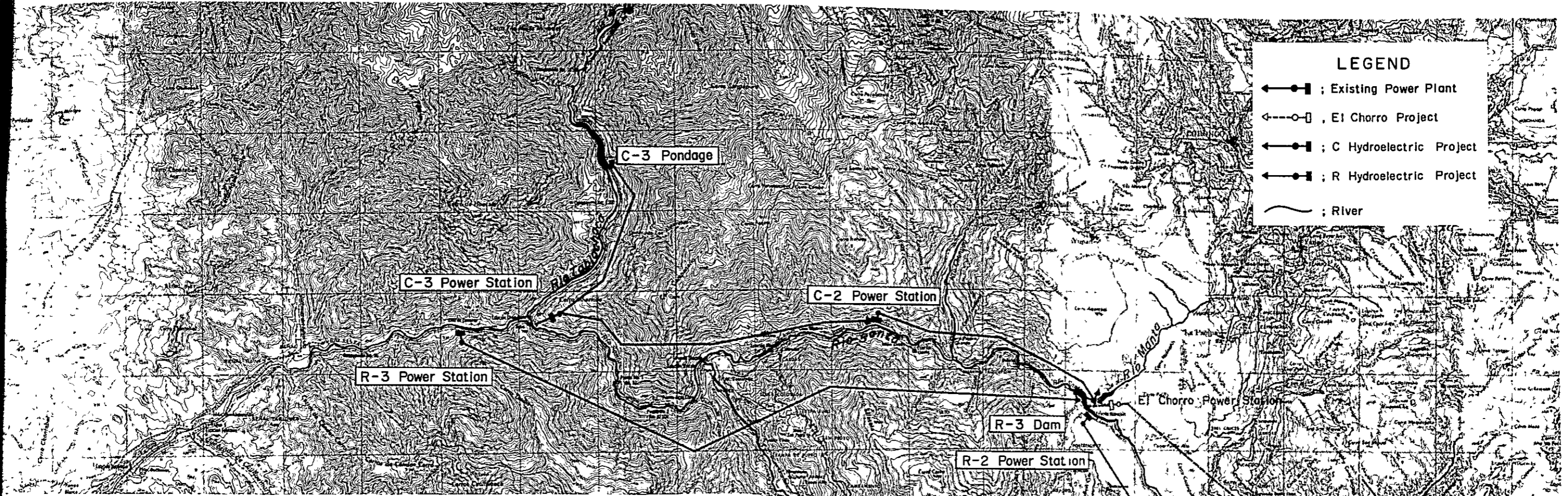
サンタ河電源開発計画調査団

団 長 野 崎 次 男



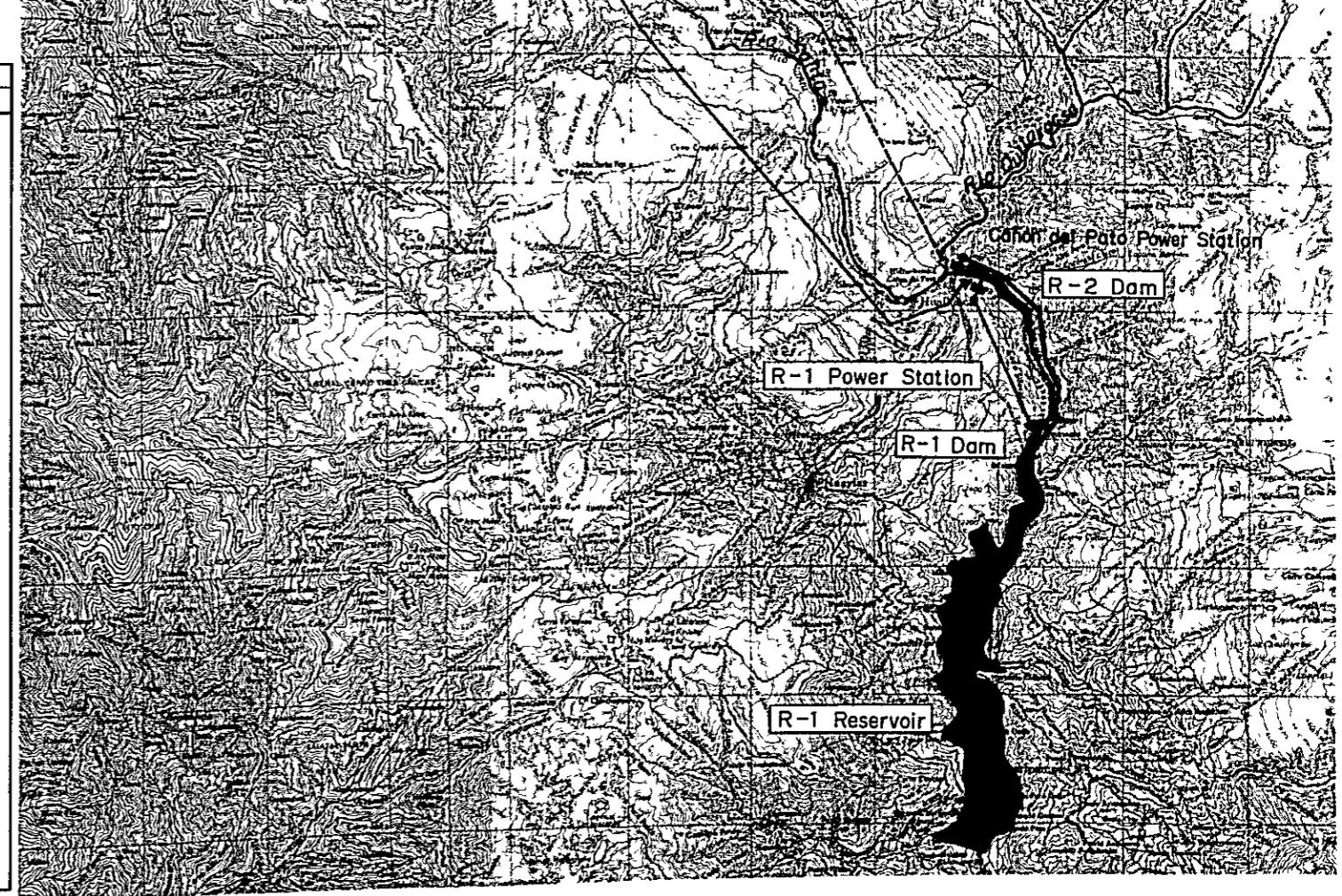
KEY AND LOCATION MAP

Hydroelectric Projects of Rio Santa



Description of Hydroelectric Projects of Rio Santa

Item	Unit	C Hydroelectric Projects (Pre-feasibility Study)		R Hydroelectric Projects (Reconnaissance Study)		
		C-2	C-3	R-1	R-2	R-3
Pondage						
High Water Level	m	9650	7540	2,1300	1,4650	9650
Draw down	m	—	130	110.0	550	100
Water Surface Area	km ²	—	006	180	20	11
Total Storage Capacity	10 ⁶ m ³	—	08	1,5400	44	13
Effective Storage Capacity	10 ⁶ m ³	—	065	1,1700	42	10
Dam						
Type		Concrete Gravity (Rio Manta)	Concrete Gravity (Rio Tablachaca)	Concrete Arch	Concrete Gravity	Concrete Gravity
Height x Crest Length	m	12.5 x 62.0	570 x 45.0	4160 x 453.8	740 x 115.0	55.0 x 100.0
Volume	10 ³ m ³	5.3	85.7	5,500	149.0	27.7
Waterway (Tunnel)						
Headrace (Dia x Length)	m, km	4.8 x 12.5	4.8 x 180, 3.8 x 8.8	8.70 x 4.3	6.2 x 21.5	6.6 x 33.3
Power Production						
Standard Effective Head	m	167.0	2350	622.5	440.0	453.5
Standard Water Level	m	9650	7540	2,0930	1,4470	9620
Tailwater Level	m	7800	5000	1,4650	9650	4400
Power Discharge						
Maximum	m ³ /sec	500	800	252.0	132.0	141.0
Firm	m ³ /sec	490	571	75.7	39.7	42.5
Out Put						
Installed Capacity	MW	72.0	158.0	1,3200	490.0	540.0
Available Capacity	MW	72.0	158.0	1,3200	490.0	540.0
Annual Energy Production	10 ⁶ kwh	630.0	1,192.0	4,062.0	1,717.0	2,067.0



1. The first part of the document is a list of names and titles, including 'The Hon. Mr. Justice G. D. C. ...' and 'The Hon. Mr. Justice ...'.

2. The second part of the document is a list of names and titles, including 'The Hon. Mr. Justice G. D. C. ...' and 'The Hon. Mr. Justice ...'.

3. The third part of the document is a list of names and titles, including 'The Hon. Mr. Justice G. D. C. ...' and 'The Hon. Mr. Justice ...'.

目 次

第 I 部 緒論および結論と勧告

第 1 章 緒 論

1.1	経 緯	1
1.2	報告書の目的と範囲	1
1.3	既往の調査	2
1.4	基礎資料	2
1.5	現地調査と国内作業	2
1.5.1	現地調査	2
1.5.2	国内作業	3
1.6	Peru 共和国の一般事情	4
1.6.1	地 理	4
1.6.2	気 候	4
1.6.3	人 口	4
1.6.4	経済動向	5
1.6.5	農 業	6
1.6.6	水 産 業	6
1.6.7	鉱 業	6
1.6.8	電 力	7

第 2 章 結論と勧告

2.1	C-2 および C-3 発電計画について	8
2.1.1	結 論	8
2.1.2	勧 告	9
2.2	R 発電計画について	9
2.2.1	結 論	9
2.2.2	勧 告	10

第 II 部 C および R 発電計画における需要想定

第 1 章 需要想定

1.1	供給地域	11
-----	------	----

1.2	中央-北部系統における需要想定の期間と方法	11
1.2.1	期 間	11
1.2.2	需要想定の方法	12
1.2.3	Macroscopic Method による需要想定	13
1.2.4	中央-北部連けい系統内の主な需要地	14
第2章	需給バランス	
2.1	KW バランス	27
2.2	KWh バランス	27
2.3	需給バランスの検討結果	27
第Ⅲ部	C-2 および C-3 水力発電計画 (プレ・フィジビリティ調査)	
第1章	開発計画	
1.1	計画地域の位置および概要	65
1.1.1	計画地域の位置	65
1.1.2	計画地域の概要	65
1.2	Santa 河の開発状況	66
1.3	開発計画の概要	66
1.3.1	発電計画	66
1.3.2	送变电計画	67
第2章	水 文	
2.1	Santa 河流域の地勢	69
2.2	測水所および気象観測所	69
2.3	降 雨	69
2.4	河川流量	70
2.5	計画地点の流量算定	71
2.5.1	流量資料	71
2.5.2	流量資料の補足	71
2.5.3	計画地点の流量	71
2.6	気温および蒸発	72
2.7	設計洪水量	72
2.8	堆 砂	73

2.8.1	C-3 調整池の堆砂	73
2.8.2	C-3 調整池内の堆積土砂の処理について	73
第3章 地 質		
3.1	調査地域の地形, 地質	103
3.2	C-2 発電計画	105
3.2.1	Manta 取水ダム	105
3.2.2	C-2 導水路トンネル	106
3.2.3	C-2 地下発電所	107
3.3	C-3 発電計画	108
3.3.1	C-3 調整池ダム	108
3.3.2	導水路トンネル	109
3.3.3	C-3 地下発電所	111
3.4	建設材料	112
第4章 発電計画		
4.1	基礎的考察	126
4.1.1	発電方式	126
4.1.2	ダムおよび発電所の位置並びにトンネルルート	126
4.1.3	水車の選定について	127
4.2	濁水使用流量と常時使用流量	127
4.3	C-3 調整池満水位の検討	127
4.4	最大使用水量の検討	128
4.5	開発方式および規模の検討	129
4.5.1	検討の基本的考え方	129
4.5.2	C-2 発電所の開発方式および規模	129
4.5.3	C-3 発電所の開発方式および規模	131
4.5.4	検討の結果	133
4.6	出力および発生電力量	133
4.6.1	設備出力	133
4.6.2	常時尖頭出力	133
4.6.3	可能発生電力量	133
4.7	水車型式および台数	133

第5章	予備設計	
5.1.	土木構造物の予備設計	143
5.1.1	C-2 発電計画	143
5.1.2	C-3 発電計画	160
5.2	電気設備の予備設計	182
5.2.1	C-2 発電所	182
5.2.2	C-3 発電所	182
5.3	送電および変電計画	183
第6章	工事費	
6.1	基本条件	193
6.2	工事費の総括	193
第7章	経済評価	
7.1	経済評価の方法	213
7.2	年間費用	213
7.3	年間便益	219
7.3.1	代替火力発電所の年間費用	219
7.3.2	販売可能電力量	220
7.3.3	C-2 および C-3 発電所の年間便益	220
7.3.4	経済評価の結果	221
7.4	電力コスト	222
第8章	今後の調査	
8.1	水文調査	224
8.2	水質調査	224
8.3	地形調査	224
8.4	地質調査	224
8.5	建設材料	225
8.6	水車の磨耗についての調査	225
第IV部	Santa 河水資源開発計画 (リコネッサンス調査)	
第1章	開発計画	

1.1	計画地域の位置と概要	227
1.2.	計画の概要	227
1.3	ダム貯水池および調整池	228
1.3.1	R-1 ダムと貯水池	228
1.3.2	R-2, R-3 ダムと調整池	228
第2章 水文と地質		
2.1	序 論	232
2.2	計画地点の流量	232
2.2.1	R-1 ダム地点	232
2.2.2	R-2 ダム地点	232
2.2.3	R-3 ダム地点	232
2.3	計画洪水量	236
2.4	R-1 貯水池の堆積土砂の推定	237
2.4.1	まえがき	237
2.4.2	雪崩による流下土砂量	237
2.4.3	流下浮遊土砂	237
2.4.4	河床流下砂礫量	238
2.4.5	R-1 貯水池流入土砂礫量	238
2.5	地 質	239
2.5.1	R-1 発電計画	239
2.5.2	R-2 発電計画	240
2.5.3	R-3 発電計画	241
2.5.4	考 察	242
第3章 発電計画		
3.1	基礎的考察	243
3.2	常時使用流量	243
3.3	最大使用水量	243
3.4	貯水池の運用	244
3.5	発電計画の予備設計	245
3.5.1	R-1 発電計画	245
3.5.2	R-2 発電計画	259
3.5.3	R-3 発電計画	261

3.5.4	送電および開閉所計画	279
3.6	工事費と工事工程	281
第4章 経済評価		
4.1	経済評価の方法	305
4.2	年間費用	305
4.3	年間便益	305
4.4	経済評価の結果	305
第5章 今後の調査		
5.1	水文調査	309
5.2	地形および地質調査	309
5.3	地震調査	309
5.3.1	耐震設計	309
5.3.2	地震観測	310
APPENDIX		
A.1	C発電計画の使用水量の検討	A-1
A.2	C-2発電所の必要調整容量の検討	A-3
A.3	Santa計画における水車形式および台数の選定	A-4
1	概 要	A-4
2	C-2発電所水車形式および台数の選定	A-4
2.1	CahuaおよびHachupichu発電所との磨耗の比較	A-5
2.1.1	土砂による水車磨耗の算出式	A-5
2.1.2	C-2とCahua, Machupichu発電所の水車磨耗の比較	A-5
3	C-3発電所水車形式および台数の選定	A-7
4	R-1発電所水車形式および台数の選定	A-10
5	R-2およびR-3発電所の水車形式および台数選定	A-11
A.4	C-3発電所緊急用独立取水口について	A-13
1	序 論	A-13
2	検討条件	A-13
3	検討の結果	A-14
A.5	Basic Data	A-20

ADDENDUM

中間報告に対する INIE のコメントについて..... A-23

List of Figures

- Fig.-II.1.1 Service Area
- Fig.-II.1.2 Location Map of Proposed Power Stations and Interconnected Transmission Lines
- Fig.-II.1.3 Forecast of the Power Demand National and Central-North System
- Fig.-II.1.4 Correlation between Per Capita GNP and its Growth Rate
- Fig.-II.1.5 Correlation between Per Capita GNP and Per Capita Electricity Production
-
- Fig.-II.2.1 (1) Demand and Supply Balance in Central and North System 1978-1990
- Fig.-II.2.1 (2) Demand and Supply Balance in Central and North System 1991-2000
- Fig.-II.2.2 (1) Demand and Supply Balance in Central and North Region System
? (23) "
-
- Fig.-III.2.1 Location Map of Gaging Station
- Fig.-III.2.2 Isohyetal Map of Rio Santa Basin
- Fig.-III.2.3 Monthly Average Precipitation
- Fig.-III.2.4 Mass Curve of Recreata Reservoir
- Fig.-III.2.5 Runoff Duration Curve of Manta River
- Fig.-III.2.6 Runoff Duration Curve of Tablachaca River
- Fig.-III.2.7 Profile of Tablachaca River and Estimated Deposit Surface in the C-3 Pondage
-
- Fig.-III.3.1 Morphologic Province of Peru and Project Area
- Fig.-III.3.2 Geological Plan of Project Area and Profile of C-2 and C-3 Tunnel Alignment
- Fig.-III.3.3 Geological Plan and Section of C-2 Intake Site
- Fig.-III.3.4 Geological Plan and Section of C-2 Power Station Site
- Fig.-III.3.5 Geological Plan and Section of C-3 Dam Site
- Fig.-III.3.6 Geological Plan and Section of C-3 Power Station Site
-
- Fig.-III.4.1 Pondage Surface Area and Storage Capacity Curves of C-3 Pondage
- Fig.-III.4.2 Alternative Plan of C-2 and C-3 Power Station
- Fig.-III.4.3 Sketch of Alternative Plan of C-3 Power Station

- Fig. -III.5.1 General Plan and Water Conductor (C-2)
Longitudinal Profile**
- Fig. -III.5.2 Connecting Structure (C-2), Plan**
- Fig. -III.5.3 Connecting Structure (C-2), Plan, Profile and Section**
- Fig. -III.5.4 Intake Structure of Rio Manta (C-2)
Plan, Profile and Section**
- Fig. -III.5.5 Power Station Area (C-2)**
- Fig. -III.5.6 Surge Tank, Penstock, Powerhouse and
Tailrace Tunnel (C-2), Profile and Section**
- Fig. -III.5.7 Powerhouse (C-2), Plan, Profile and Section**
- Fig. -III.5.8 Construction Schedule of C-2 Power Station**
- Fig. -III.5.9 General Plan (C-3)**
- Fig. -III.5.10 Water Conductor (C-3), Longitudinal Profile**
- Fig. -III.5.11 Dam and Intake (C-3), Plan, Profile and Section**
- Fig. -III.5.12 Sedimentation Basin (C-3), Plan, Profile and Section**
- Fig. -III.5.13 Air Vent (C-3), Profile and Section**
- Fig. -III.5.14 Power Station Area (C-3)**
- Fig. -III.5.15 Surge Tank, Penstock, Powerhouse and
Tailrace Tunnel (C-3), Profile and Section**
- Fig. -III.5.16 Powerhouse (C-3), Plan, Profile and Section**
- Fig. -III.5.17 Powerhouse (C-3), Plan**
- Fig. -III.5.18 Construction Schedule of C-3 Power Station**
- Fig. -III.5.19 Schematic Single Line Diagram of C-2 Power Station**
- Fig. -III.5.20 Schematic Single Line Diagram of C-3 Power Station**
- Fig. -III.5.21 Forecast of Power Flow in 1987**
- Fig. -III.5.22 Electric System of Central and North Region in 1990**

- Fig. -III.5.23 Transmission Line System of C-2 and C-3 Power Stations**
- Fig. -III.5.24 Transmission Line Tower Configuration**
- Fig. -III.5.25 Selection of Route for Transmission Line**
- Fig. -IV.1.1 Reservoir Surface Area and Storage Capacity Curves of R-1 Reservoir**
- Fig. -IV.1.2 Pondage Surface Area and Storage Capacity Curves of R-2 Pondage**
- Fig. -IV.1.3 Pondage Surface Area and Storage Capacity Curves of R-3 Pondage**
- Fig. -IV.3.1 Mass Curve of R-1 Reservoir**
- Fig. -IV.3.2 General Plan of R Series Hydropower Project**
- Fig. -IV.3.3 General Plan and Water Conductor (R-1), Longitudinal Profile**
- Fig. -IV.3.4 Dam (R-1), Plan, Developed Upstream Elevation and Section**
- Fig. -IV.3.5 Intake, Surge Tank and Outlet (R-1), Plan and Profile**
- Fig. -IV.3.6 Powerhouse (R-1), Plan, Profile and Section**
- Fig. -IV.3.7 General Plan and Water Conductor (R-2), Longitudinal Profile**
- Fig. -IV.3.8 Dam (R-2), Plan, Profile and Section**
- Fig. -IV.3.9 Intake, Surge Tank and Outlet (R-2), Plan and Profile**
- Fig. -IV.3.10 Powerhouse (R-2), Plan, Profile and Section**
- Fig. -IV.3.11 General Plan and Water Conductor (R-3), Longitudinal Profile**
- Fig. -IV.3.12 Dam (R-3), Plan, Profile and Section**
- Fig. -IV.3.13 Intake, Surge Tank and Outlet (R-3), Plan and Profile**
- Fig. -IV.3.14 Powerhouse (R-3), Plan, Profile and Section**
- Fig. -IV.3.15 Forecast of Power Flow in 1999**
- Fig. -IV.3.16 Construction Schedule of R Series Hydropower Project**

List of Tables

Table-II.1.1(1)	Interconnected System of Central and North Region Consumption of Energy (MWh) (Period 1978 - 2000)
Table-II.1.1 (2)	Interconnected System of Central and North Region Maximum Demand of Power (KW) (Period 1978 - 2000)
Table-II.1.2	National Power Demand Forecast by Macroscopic Method
Table-II.1.3	Energy Demand Forecast by Macroscopic Method
Table-II.2.1 (1)	Installation Schedule of Development Plan Proposed by MEM
Table-II.2.1 (2)	Installation Schedule of Development Plan Proposed by MEM
Table-II.2.2 (1)	Balance of Demand and Supply of Total System
{	
(3)	"
Table-III.2.1	Monthly Runoff at Recreata Gaging Station
Table-III.2.2	Monthly Runoff at Pachacoto Gaging Station
Table-III.2.3	Monthly Runoff at Cedros Gaging Station
Table-III.2.4	Monthly Runoff at Balsa Gaging Station
Table-III.2.5	Monthly Runoff at Quitaracsa Gaging Station
Table-III.2.6	Monthly Runoff at Manta Gaging Station
Table-III.2.7	Monthly Runoff at Chuquicara Gaging Station
Table-III.2.8	Specific Runoff at Gaging Stations
Table-III.2.9	Monthly Runoff at Intake of Cañón del Pato Power Station
Table-III.2.10	Runoff Shortage
Table-III.2.11	Outflow of Recreata Reservoir
Table-III.2.12	Monthly Power Discharge of Cañón del Pato Power Station
Table-III.2.13	Evaporation at LampasAlto
Table-III.2.14	Evaporation at Querococha
Table-III.2.15	Evaporation at Safuna

Table-III.2.16	Evaporation at Reservoir
Table-III.2.17	Temperature at Upper Drainage Area of Santa River
Table-III.2.18	Probable Flood Discharge
Table-III.3.1	Stratigraph Sequence and Rock Type in Project Area
Table-III.4.1	Summary of Estimated Construction Cost of Alternative Plan of C-2 Power Station
Table-III.4.2	Summary of Estimated Construction Cost of Alternative Plan of C-3 Power Station
Table-III.4.3	Comparison of Alternative Plan of C-2 and C-3 Hydropower Projects
Table-III.6.1	Summary of Estimated Construction Cost of C-2 Power Station (A)
Table-III.6.2	Summary of Estimated Construction Cost of C-3 Power Station (B)
Table-III.7.1	Construction Cost and Useful Life (Yrs.) of Facility of C-2 Power Station
Table-III.7.2	Construction Cost and Useful Life (Yrs.) of Facility of C-3 Power Station
Table-III.7.3	Annual Cost of C-2 Power Station
Table-III.7.4	Annual Cost of C-3 Power Station
Table-III.7.5	Alternative Thermal Power Plant
Table-III.7.6	Estimated Annual Cost of Alternative Thermal Plant
Table-IV.2.1	Monthly Runoff at R-1 Dam
Table-IV.2.2	Inflow at R-2 Dam after Completion of R-1 Power Station
Table-IV.2.3	Inflow at R-3 Dam after Completion of R-2 Power Station
Table-IV.2.4	Probable Flood Discharge
Table-IV.2.5	Comparison with Characteristic of Santa River and Mantaro River
Table-IV.2.6	Amount of Sediment Inflow
Table-IV.3.1	Maximum Available Discharge
Table-IV.3.2	Summary of Estimated Construction Cost of R-1 Power Station

Table-IV.3.3	Summary of Estimated Construction Cost of R-2 Power Station
Table-IV.3.4	Summary of Estimated Construction Cost of R-3 Power Station
Table-IV.4.1	Annual Cost of R Series Hydropower Plants
Table-IV.4.2	Economic Evaluation of R Series Hydropower Plants



第I部 緒論および結論と勧告

第1章 緒 論

第2章 結論と勧告



1.1 経緯

Peru 共和国全土に対するエネルギーの総合的開発計画の策定および調整を行う動力鉱山省 (Ministerio de Energía y Minas 以下MEM と称す。)、電力開発の計画設計を担当している電力企画庁 (Instituto de Investigaciones Energéticas y Servicios de Ingeniería Eléctrica 以下INIE と称す。)および電源の開発と供給運営を行なっているPeru 電力公社 (Empresa Pública de Electricidad del Perú 以下ELECTROPERU と称す。)は、Peru 共和国における将来の電力需要の伸びに対応するため、一体となってその長期開発計画の立案に当たっている。

この長期開発計画の中に於いて、ここ数年のうちに送電連系が予定されている中央-北部系統は、Peru 共和国の電力需要の約70%をしめており、この系統の電力供給計画はこの国にとって最も重要な課題となっている。

これに対し、中央-北部系統地区で残された大規模な水力電源開発の可能な河川は、太平洋岸に流入する多くの河川の中で最大の流量をもつ Santa 河でありその包蔵水力は 2,500,000 kW 以上とされている。

したがって、MEM、ELECTROPERU および INIE は前記 Santa 河の水資源開発計画の調査に着目し、INIE がMEM と ELECTROPERU の合意を得て、日本政府に対し Santa 河の電源開発計画の調査の実施を要請したものである。

この要請に応じて日本政府はその作業の実施を国際協力事業団 (Japan International Cooperation Agency, 以下 JICA と称す。)に委託した。これに対し JICA は11名の専門家からなる調査団を編成し Peru 共和国に派遣した。

調査団は1978年2月22日から3月29日までの間、INIE 技術陣の協力を得て計画地域ならびに関連地域の調査を行ない、帰国後1978年4月1日より1979年1月31日までの間、現地で収集された資料およびMEM、ELECTROPERU および INIE との打合せに基づいて本報告書を作成した。

1.2 報告書の目的と範囲

本報告書の目的は、Peru 共和国の首都 Lima 市の北方約 400 km に位置し、太平洋に流入する Santa 河の電源開発計画の策定である。すなわち同河川の唯一の既設発電所である Cañón del Pato 発電所、その直下流の El Chorro 発電計画 (フィジビリティ・スタディ実施済) の下流に階段式に開発を予定している C-2 および C-3 水力開発計画について、プレ・フィジビリティレベルの検討を行い最適な開発計画案を策定するものである。また関連調査として Cañón del Pato 発電所からサンタ公団が Tablachaca 川の合流点の下流 5 km 地点に計画している Chao

Viru 農業用水取水口地点までの間の、残された水資源の調査、即ち、R発電計画（R-1, R-2, R-3発電計画）をリコネッサンス・レベルで検討を行うものである。

本報告書の検討範囲は、C-2, C-3発電計画については、プレ・フィジビリティ・レベルで、Peru 共和国の北部-中央区域の全区域を対象とする電力需要想定を1977年から2000年までの期間について行う。発電設備は取水ダム、調整池、導水路、発電所とChimbote 61変電所に至る送変電設備とする。またR発電計画についてはリコネッサンス・スタディのレベルで検討を行うものとする。

1.3 既往の調査

今回の調査対象であるC-2およびC-3発電計画の調査地点については、1965年から1968年にかけてサンタ公団が、アメリカのコンサルタント「White Engineering」とPeru 共和国のコンサルタント「PYV Ingenieros」に依頼して作成したEl Chorro 水力発電計画のフィジビリティ報告書の中にこれらの開発の可能性について記載されている。

その後、この計画はINIEにより、Santa河の支流Manta川およびTablachaca 川の水を調整し利用することによりC-2発電所の設備出力を138MW, C-3発電所を220MWとするリコネッサンス程度の計画検討が行なわれた。

一方、Cañón del pato 発電所からC-3発電所地点までの残存水資源調査については、Santa河の年平均流量が $140\text{ m}^3/\text{sec}$ (Tablachaca 川との合流点附近)あることから、現在の計画では使用されない残存水資源の有効利用計画を策定すべくINIEにおいて準備中であった。

1.4 基礎資料

本計画の検討に必要な電力需要想定関係資料、地質図、地形図、水文資料、経済関係資料を現地調査期間中にINIEを通じ入手した。これらの資料リストはAppendix - A・5に記載されている。

1.5 現地調査と国内作業

1.5.1 現地調査

C-2およびC-3発電計画のプレ・フィジビリティ調査およびSanta河の水資源調査のための現地調査は、1978年2月22日から同年3月29日までの36日間にわたり行なわれた。

調査団は下記11名の専門家により構成されそれぞれの専門分野を担当した。

	氏名	担当	所属	従事期間
団長	野崎次男	総括	電源開発㈱	自1978年2月22日 至1978年3月29日
団員	深沢誠一	土木	同上	同上
団員	岡田剛	土木	同上	同上
団員	原幸雄	経済	同上	同上
団員	名村忠久	送電	同上	同上
団員	山川弘勝	電気	同上	同上
団員	加藤憲司	土木	同上	同上
団員	加藤禎昭	土木	同上	同上
団員	岸田三好	地質	同上	同上
団員	佐藤博文	経済	同上	同上
団員	竹本節生	業務調整	国際協力事業団	自1978年2月22日 至1978年3月19日

調査団は資料収集および現地調査のため、主として首都 Lima および計画区域内にある Hualanca 村を基地として行動した。

C-2 および C-3 発電計画については、プレ・フィジビリティレベルの調査に必要な資料、水資源調査については、リコネッサンス・レベルの調査に必要な資料が得られた。

現地調査期間中、INIE 長官 Ing Miguel Suazo, 次長 Ing Cesar Zapata 氏を中心とした INIE の全面的な協力が得られ、また、調査団と行動を共にした INIE の技師 Ing Romero, Ing Marquina, Ing Felix, Ing Valenzuela, Ing Angles 氏等の協力を得て、この現地調査を実施した。

1.5.2 国内作業

調査団は帰国後 1978 年 4 月 1 日から 1979 年 1 月 31 日まで C-2 および C-3 発電計画のプレ・フィジビリティ・スタディの検討並びに Santa 河の水資源調査については、リコネッサンス・スタディの検討を行い本報告書を作成した。また団長野崎次男は 1978 年 10 月 4 日から 18 日まで中間報告書を携え、MEM, ELECTROPERU および INIE を訪問し検討結果の最終調整を行なった。

なお、Ing Guillermo Romero と Ing Marquina Neira の両氏は、調査団と共に両計画の報告書作成過程における調査、検討に参画するため JICA の研修生として 1978 年 9 月 14 日に来日し約 1 ヶ月間滞在した。

1.6 Peru共和国の一般事情

1.6.1 地 理

Peru共和国は、南米大陸西北部の太平洋に面した国であり、南緯 $0^{\circ} 21' \sim 18^{\circ} 21'$ 西経 $68^{\circ} 39' \sim 81^{\circ} 20'$ に位置している。国土の総面積は、約129万 Km^2 で日本の約3.3倍あり、南米諸国のうちでは第3位の広さをもっている。

Peru共和国の地形はきわめて変化に富んでおり、海岸地帯(Costa)、山岳地帯(Sierra)、密林地帯(Selva)と呼ばれる非常に対照的な3つの地域に大別される。

海岸地帯は、太平洋岸に沿って幅50~100Km、長さ2,500Kmにわたって続いており、年間を通じてほとんど降雨をみない。また山岳地帯はこの海岸地帯の東側に位置し、海拔1,200~6,800mにおよぶ山々がAndes山脈を形成している。それらが西部、中央、東部山脈と呼ばれる3つの主山脈を形成し、西北から東南の方向に縦走しているのが見られる。これらの山脈は互いに近接し、その間をAmazon上流のMarañon河、Aprimac河、また本計画により開発を予定しているSanta河などが深い溪谷をつくって流れており、ときには横断してけわしい横谷をつくっている。また、密林地帯はAndes山系の東側裾野から東部国境に至る地域で、全土の約50%を占め一面大森林で覆われている。とくに、東北部はAmazon上流の流域として広大な平地が開かれている。

1.6.2 気 候

Peru共和国の気候は、地形的区分にしたがってまったく異った様相を呈している。まず海岸平野は海岸に沿って南から北へ冷たいHumboldt海流が流れているため、他の同緯度の国と比べると意外に気温が低い。首都Limaの年間降雨量は40mm程度にすぎず、したがって海岸平野は人口灌漑の行えるオアシス以外はすべてパンパと呼ばれる砂漠で海岸は世界有数の乾燥地帯となっている。内陸部の海拔1,000~2,000mの高地では標高が高くなるので気温は低く天気もよく乾燥している。海拔4,000m以上のAndesの高山地帯はさらに気温が低く、降雨量も多く冬季は雪やひょうをみることがあり、5,000m以上の高山になると万年雪に覆われ氷河が発達している。

Andesの東斜面からAmazon上流の低地にかけては気温も高く、降雨量も多く熱帯雨林すなわちジャングルとなっている。

1.6.3 人 口

1975年に於ける総人口は1,477万人である。1966年~75年にわたる過去10ヶ年間の年間人口増加率は2.9%の高率を示している。人口密度は1 Km^2 あたり11.5人である。また人口分布を見てみると海岸地帯が40.1%、山岳地帯50.6%、森林地帯が9.3%となっており、人種構成は純粋のインディオが49%、混血(メスティーン)37%、純粋の白人13%、その他1%と推定されている。

ペルー国人口の推移 (1966~1975年)

(単位: 1,000人)

年	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
人口	11,428.9	11,760.4	12,101.4	12,452.4	12,813.5	13,185.1	13,572.0	13,952.0	14,355.2	14,770.0

資料: ANUARIO DE ESTADISTICA ELECTRICA 1975 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

1.6.4 経済動向

ペルーは過去4年来、国際収支の悪化とインフレの高進に悩まされ、不安定な経済状態から脱しきれずに苦慮している。1975年から1978年前半にかけて、いくたびか内需抑制、財政均衡、輸出刺激を含む措置をとってきたのだが、満足な効果をあげていない。

因に最近の国内総生産および輸出の動向については下記に示す通りである。

産業部門別国内総生産

(単位: 百万ソル)

	1970	1974	1975	1977 (推定)
農 牧 業	36,731	39,515	39,753	41,152
漁 業	5,724	2,682	2,215	2,897
鉱 業	19,050	19,954	17,759	26,501
工 業	35,966	48,612	51,529	78,844
建 設 業	12,550	19,714	23,656	16,699
そ の 他	104,140	141,406	147,846	153,636
総 合	214,161	271,883	282,758	319,729

(資料: Banco Central de Reserva del Perú)

外国貿易品別輸出額の推移

(FOB: 100万ドル)

	1975		1976		1977	
	金額	構成比(%)	金額	構成比(%)	金額	構成比(%)
銅	156	12.1	227	16.7	392	22.7
亜鉛	152	11.8	192	14.1	164	9.5
魚粉	156	12.1	178	13.1	179	10.4
銀	146	11.3	145	10.7	173	10.0
コヒー	53	4.1	101	7.4	196	11.4
砂糖	269	20.9	91	6.7	74	4.3
棉花	53	4.1	71	5.2	48	2.8
鉄鉱石	52	4.0	64	4.7	91	5.3
鉛	42	3.3	64	4.7	82	4.7
原油・石油製品	44	3.4	53	3.9	52	3.0
そ の 他	167	12.9	174	12.8	274	15.9
合 計	1,290	100	1,360	100	1,725	100

(資料: Banco Central de Reserva del Perú)

1.6.5 農 業

Peru 共和国にとって農業は重要な産業の一つであり、全労働人口の約半数は農業に従事している。しかしながら、国内総生産の中に占める地位は年々漸減し、1970年には19.8%であったものが1976年には13.0%に低下している。

地形的に海岸の乾燥地帯、Andes 高山地帯、Amazon 地帯など農業に不適當な地域が多いため、農耕地の面積は国土の2.4%の310万ヘクタールに過ぎない。今後の発展の為に灌漑および土地改良などへの投資が期待されている。主要な輸出農産物は砂糖、綿花、コーヒーであり、1977年に於ける輸出高はコーヒーが1億9,600万ドル、砂糖が7,400万ドル、綿花が4,800万ドルとなっており Peru 共和国の輸出総額のうちに占める割合は、それぞれ11.4%、4.3%、2.8%となっている。

1.6.6 水 産 業

Peru 共和国は1960年代末までは世界有数の漁業国であったが、Humboldt 海流の変動もありアンチョビ漁業が振わなくなり、1970年をピークにして漸減してきている。

ちなみに漁業の国内総生産に対する寄与率をみると、1970年では2.7%であったものが1977年には0.9%と低下しており、また輸出総額における比率をみても28.4%から12.2%と大幅に減少している。

1.6.7 鉱 業

Peru 共和国は古来有力な鉱業国で、Andes 各地に各種の豊かな鉱産物の鉱床を有している。主として銅、銀、鉛、亜鉛、鉄鋼石等を産するが、最近では相次いで新油田が発見され、この方面の開発に期待が寄せられている。

鉱 産 物 の 生 産 状 況

		(単位:トン)				
		1971	1972	1973	1974	1975(推)
	銅	213	226	215	222	184
	銀 (kg・F)	1,264	1,269	1,287	1,215	1,111
	鉛	172	190	198	179	180
亜	鉛	386	448	459	450	448
鉄	鉱 石	5,617	6,086	5,852	6,220	5,067
石	油	22.6	23.6	25.8	28.1	26.3
	(100万バレル)					

(資料: Ministerio de Energia y Minas)

1.6.8 電 力

Peru 共和国の電気事業は 1972 年 ELECTOROPERU が設立されて、それまで国営、公営、私営の一般電力供給、並びに工場等の自家発と分かれていた事業形態にあったものが、一般電力供給についてはこの ELECTOROPERU に統合され国営の一貫した組織として変更されつつある。また自家発を有する業者としては、鉱山、農業関係の大企業のものおよび非常に多くの小規模なものが全国各地にある。

MEM 発行の 1975 年電力統計年鑑によれば、1975 年に於ける全発電設備は 2,358.9 MW であり、そのうち水力発電は 59.23 % に相当する 1,397.3 MW であり、火力発電は 40.77 % の 961.6 MW である。また、一般電力供給事業と自家発電とに分類するならば一般電力供給者は 1,467.9 MW で全体の 62.22 % を占め、自家発電は 891.0 MW で 37.78 % に相当する。

また水・火力別の全発電設備出力の推移を下記に示す。

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
水 力	772.2	870.9	915.1	918.6	922.6	989.2	1,056.8	1,278.3	1,388.0	1,397.3
火 力	651.5	688.1	691.4	733.8	754.5	807.5	873.2	875.6	876.8	961.5
計	1,423.7	1,559.0	1,606.5	1,652.4	1,677.1	1,796.7	1,930.0	2,153.9	2,264.8	2,358.8

(資料: Ministerio de Energia y Minas)

年間発生電力量については、1975 年には 7,486 GWh に達しており、1966 年～1975 年にわたる過去 10 ケ年間をみると年平均 6.5 % の増加をみせている。また、1975 年に於ける年間発生電力量のうち 73.1 % の 5,470 GWh は水力発電によるもので、火力発電による電力は全体の 26.9 % で 2,016 GWh である。

一方、電力消費量については、損失も含めた年間消費電力量は、1970 年～1975 年まで年平均 6.0 % の比率で増加しており、1975 年に於ける Peru 共和国全土の年間消費電力量は 7,396 GWh となっている。これを人口一人当りで見ると 507 KWh/年となる。

また、用途別年間消費電力量 (1975 年) は下記の表に示す通りである。

用 途	消費電力量 (GWh)	構 成 比 (%)
街 燈	295.6	3.99
住 宅	1,252.0	16.92
商 業	248.4	3.35
工 業	2,155.2	29.13
農 業	164.2	2.22
鉱 業	1,860.3	25.15
水 産 業	86.0	1.16
一 般	550.5	7.44
損 失	784.2	10.60
合 計	7,396.4	100.00

(資料: Ministerio de Energia y Minas)

第 2 章 結論と勧告

C-2 および C-3 発電計画並びに R 発電計画について既存の調査報告書、MEM, ELECT-ROPERU および INIE より提供のあった資料、また現地における調査および国内での検討の結果、それぞれ次の結論と勧告が得られた。

2.1 C-2 および C-3 発電計画について

この調査、計画および予備設計の結論と勧告はプレ・フィジビリティ・レベルで行われたものである。

2.1.1 結論

- (1) C-2 発電計画については 3 通り、また、C-3 発電計画については 6 通りの代案を選定し検討した結果、次の開発案が妥当であるとの結論に達した。

C-2 発電計画は、El Chorro 発電所の放流水 $48.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ と Manta 川の湧水量 $2.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ を合わせた $50.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ の水を使用し、延長 12.7 km の導水トンネルで地下式発電所へ導き 72 MW の発電を行なうものである。

C-3 発電計画は、C-2 発電所の放流水 $50.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ と Tablachaca 川に設けられる調整池において調整された $30.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ の水を、それぞれ延長 18.3 km と 9.1 km の導水トンネルで地下式発電所へ導き 158 MW の発電を行なうものである。

- (2) C-2 発電所用 Manta 川調整池について、当初発電所のピーク出力を大きく取り、便益を有利にする目的で Manta 川に調整池を設ける計画を立案したが、現地調査の結果、河床勾配が急で堆積砂礫が多く、調整池の設置が困難であるとの結論により、通常の取水ダムを設置することとした。
- (3) C-2 発電所の位置について、当初 C-2 発電所は El Chorro 発電所放水口より 16.5 km 下流の Santa 河右岸に地上式発電所を計画立案した。しかしながら、この地点は C-3 調整池の満水位より低いいため C-2 発電所の発電放流水を C-3 調整池に導入することが出来ない。したがってこの代案として C-3 調整池水位を基準にして C-2 発電所位置を決定した。この場合、C-2 発電所は地下式とし El Chorro 発電所から 12.5 km の地点になる。
- (4) C-3 調整池ダムについて、このダムは Tablachaca 川と Santa 河の合流点より約 10 km 上流の Tablachaca 川の最峡谷部に設けられる計画であったが、現地調査の結果、この地点の左岸側の地質の構成に不確実な部分が発見されたので、ダム軸を前記地点より 200 m 上流の多少河幅は広いが、地質の構成がより確実な地点に選定した。
- (5) C-2 および C-3 発電計画地点の地質は地表踏査の結果、何れの地点も主要土木構造物に重大な支障を来たすような異状は見られない。

(6) 電力需要と Santa 河電源開発計画の各発電所の投入時期の検討は、MEM が 1977 年 12 月に算定した中央および北部系統の需要想定を基本として行った。MEM の想定によれば 1977 年時点は中央系統のみであるが、1985 年時点に中央および北部系統の全てが送電連系される。この場合、平均的需要の伸び率は 6.5 % であり、ほぼ妥当な数字である。

2000 年までの電力需要は次のように想定される。

年	需要電力 (MW)	需要電力量 (GWh)
1977	658	3,830
1985	2,542	15,443
1996	5,257	30,873
2000	6,763	39,718

電力需要と現在進行中の諸プロジェクト並びに C-2, C-3 発電所の調査および建設に要する期間を考慮して、C-2 発電所は 1986 年、C-3 発電所は 1987 年に運転開始するものとした。

(7) C 発電計画は技術的には特に重大な問題はなく、経済的な面からは代替火力との比較において便益費用比 (B/C) = 1.25 ~ 1.35 超過便益費 (B-C) = 10.51 ~ 14.51 × 10⁶ US\$ でフィジブルな計画と思考される。

2.1.2 勸告

上記の結論から C-2, C-3 発電計画を実現するため、フィジビリティ・スタディに必要な次の調査を開始することを勧告する。

- (1) 計画区域の水文、気象観測資料は 7 ~ 24 年に渡りほぼ整っているが、今後もこの観測を続けると共に Manta 川、Tablachaca 川の水質調査も合わせ行うこと。
- (2) ダム、発電所地点の 1/1,000 実測地形図の作成および水準測量を行うこと。
- (3) 地表踏査による地質図作成とダム地点のボーリング調査工事の実施。

詳細については「第 III 部第 8 章今後の調査」に述べられている。

2.2 R 発電計画について

この検討結果はリコネッサンス・レベルの調査であり未だ多くの調査、確認すべき事項があるので、技術的、経済的に開発の可能性ありと断言出来るものではない。現段階では重大なる問題点は見出されず下記結論から、今後この計画の調査を進める価値がある事を示すものである。

2.2.1 結論

- (1) Santa 河右岸にシリーズに計画されている既設発電所 Cañón del Pato 地点より、C-3 発電所計画地点までの区間の水資源と落差を有効に且つ経済的に効率よく開発するためには、

Cañón del Pato に大貯水池を造り Santa 河左岸に 3 つの発電所を設けることが有効である。

上流より R-1, R-2, R-3 と命名し, それぞれ 1,320 MW, 490MW, 540MW
合計 2,350 MW の出力を得るものである。

- (2) Santa 河の未利用水資源を開発するためには, 流量の全てを貯溜し経年調整する事が必要で, しかも最小限 100年間にわたる流下土砂 (約 7 億 m^3 , Cordillera Blanca の雪崩による流下土砂を含む) を余裕をもって推積し得るポケットを備えた貯水池が必要である。このため Cañón del Pato の最峡谷部に総貯水容量約 15 億 m^3 を持つ高さ 416 m, コンクリート量約 5,500,000 m^3 のアーチダムを築造することとした。なお, この貯水池により年平均で 70 m^3/sec の水を灌漑用として供給する事が可能になると共に, Santa 河沿いに約 10 年に一度の割合で発生している Cordillera Blanca の雪崩による災害を大巾に減少させる効果が期待出来る。
- (3) この R 発電計画はリコネッサンス・レベルの調査に基づくものではあるが, その経済性は便益費用比 (B/C) = 1.56 超過便益費 ($B-C$) = 111,260,000 US\$ である。また, この運転開始時期は調査並びに建設に 17 年程度要すると考えられるので 1995 年頃とした。

2.2.2 勸告

上記の結論から R 発電計画の水資源調査を更に進めるため次の調査を開始することを勸告する。

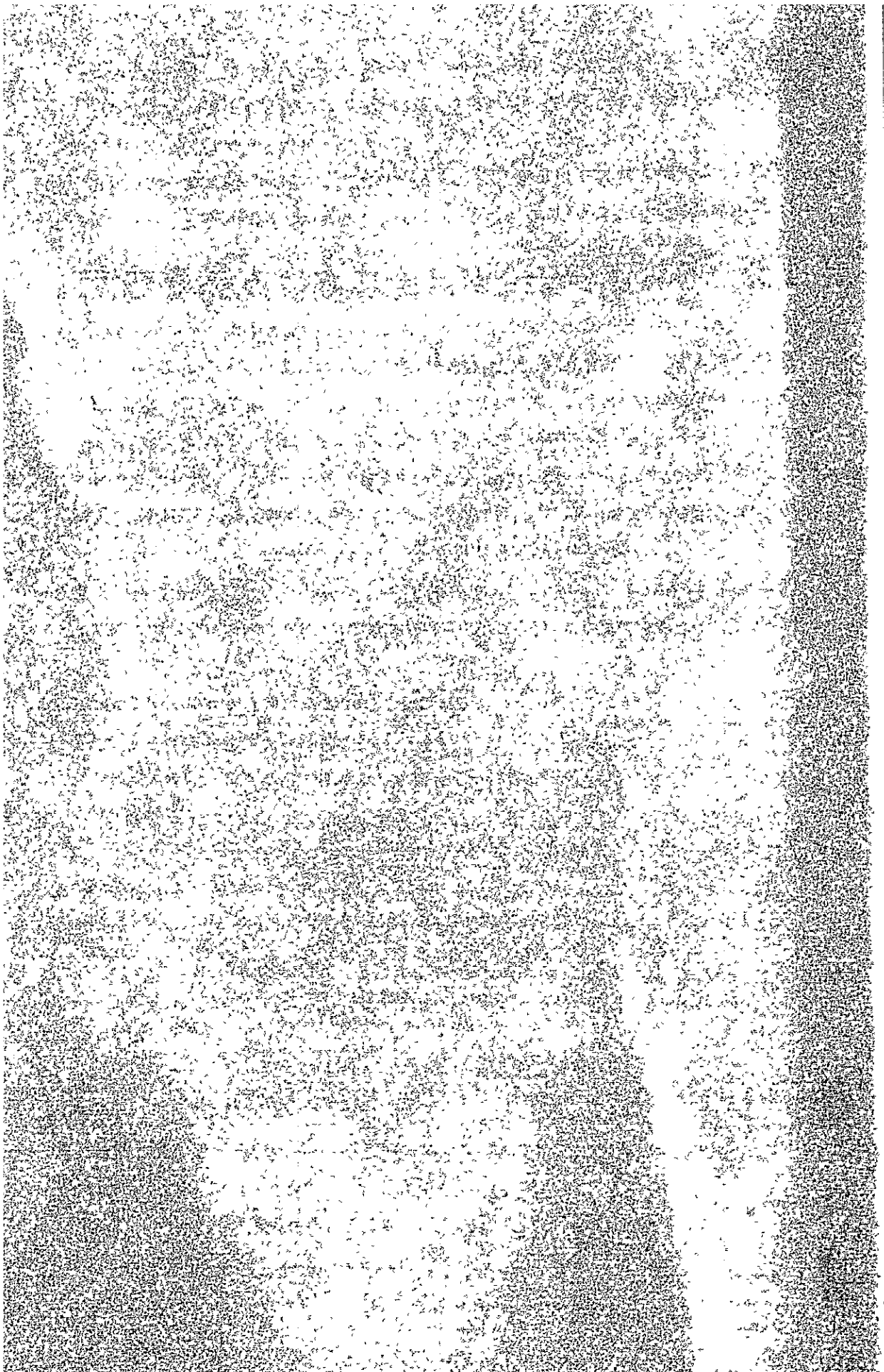
- (1) R-1 ダム地点付近の $1/1000$ 航測図の作成
- (2) 導水路経過地域を含む $1/5000$ 航測図の作成
- (3) ダムおよび発電所地点の地表踏査

詳細については「第 IV 部第 5 章今後の調査」に述べられている。

第II部 CおよびR発電計画における需要想定

第1章 需要想定

第2章 需給バランス



第 1 章 需要想定

1.1 供給地域

Peru 共和国の電力供給地域は、Fig - II. 1.1 に示すように北部地域 (North Region)、中央地域 (Central Region)、南部地域 (South Region)、東部地域 (Oriental Region) の 4 つの区域に分けられているが、中央と北部地域は 1980 年から 1984 年までに送電連けいされる予定である。

今回の Santa 河計画は北部と中央区域のほぼ中央部に位置し、このプロジェクトの対象となる電力供給地域は中央-北部区域の全区域である。

1977 年 12 月、MEM において策定された電力需要想定によると代表的年度の Peru 共和国総需要電力量および中央-北部地域の需要電力は下記に示すとおりである。

国全体の需要電力

年 度	総需要電力量 (GWh)	最大電力 (MW)
1977	9,493	1,817
1985	19,106	3,368
1996	37,840	6,556

中央-北部地域の需要電力

年 度	需要電力量 (GWh)	最大電力 (MW)
1977	3,830	658
1985	15,443	2,542
1996	30,873	5,257

(但し、1977 年度は中央地域のみを示す)

上記需要想定からも判るように中央-北部地域の電力需要は Peru 共和国総需要電力量の約 70% を占めておりこの国における最も重要な電力消費地域である。

1.2 中央-北部系統における需要想定の間隔と方法

1.2.1 期 間

電力需要想定の間隔は 1977 年から 2,000 年までの 24 年間とした。この対象期間のうち、1990 年までの 14 年間の電力需要は C 発電計画を立案する上において必要であり、また、1991 年から 2,000 年までの 10 年間の電力需要は R 発電計画の策定上必要なものである。

即ち、これらの期間についての電力需要想定を行えば C および R 発電計画の規模、開発の時期、および有効化等の検討を行なうには充分であると判断する。

1.2.2 需要想定の方法

電力需要想定を実施するにあたり、1977年12月にMEMによって策定された“Sistema Interconectado Centro-Norte Demanda de Potencia y Energía Périodo 1978-1990”の想定値を基準として検討を行なうとともに上記想定の妥当性を1.2.3項で述べる如くMacrosopic Methodによりチェックしその妥当性を証明した。

MEMは上記需要想定の方策にあたり下記の条件を基本としている。

- (1) 1977年までの電力需要は首都地域の電力需要を受け持つPERU電力公社(ELECTRO PERU)系統とMantaro系統の電力需要とを合わせたものである。
- (2) 1978年PERU鉄公社(HIERRO PERU)のMarcona変電所が運転開始し、これによりHIERRO PERUの電力需要が中央系統に受けいされる。
- (3) 1980年PERU中央鉱山公社(CENTROMIN)の220 kV送電線(Pomacocha ~ Pachacahaca ~ Oroya 間)が運転開始になりCENTROMINの電力需要が中央系統に受けいされる。
一方、ELECTRO PERUの220 kV送電線(Lima ~ Chimbote ~ Trujillo 間)とParamonga変電所が運転開始になり、これらの電力需要が中央-北部系統に受けいされる。
- (4) 1984年ELECTRO PERUの220 kV送電線(Trujillo ~ Pacasmayo ~ Chiclayo ~ Bayovar 間)が運転開始し、Trujillo ~ Bayovar間の電力需要が中央-北部系統に受けいされる。
- (5) 1985年ELECTRO PERUの220 kV送電線(Bayovar ~ Piura 間)が運転開始し、この間の電力需要が中央-北部系統に受けいされる。
- (6) その他の需要として1978年にはHuancayo ~ Valle Mantaro, Chancay ~ Huaral 間、1980年Cobrizo地区、1982年にAyacucho ~ Huancavelica 間、1984年にMichiquillay ~ Cajamarca間、1986年にTumbes ~ Zarumilla間のそれぞれの電力需要が中央-北部系統に受けいされるものとしている。(Fig- II. 1. 2 参照)

また、MEMは各関係機関と調整した上で中央-北部系統の過去に行なった需要想定を現実に合わせて地域別に算定し、工鉱業の開発計画に伴う需要の伸び率を最終的に下記のように想定した。

期 間	伸び率(%)
1977 - 1985	18.9
1985 - 1996	6.5

上記表より1977年から1985年の間は非常に高い伸び率(18.9%)を示しているが、これは前述の如く他地区の需要が送電受けいされたためである。また、Peru共和国全域の需要の伸び率も同様の思想で下記に示すとおり想定した。(Fig- II. 1. 3 参照)

期 間	伸び率 (%)
1977 - 1985	8.0
1985 - 1996	6.2
1977 - 1996	7.0

調査団は中央-北部系統内の電力需要想定にあたり上記の伸び率を採用し Table - II. 1. 1 (1)(2)に示すとおり想定を行なった。

1.2.3 Macroscopic Method による需要想定

需要想定にはマクロ手法による想定法があるがこれによる検討結果を下記に述べる。

一国の経済活動は GNP という指標で最も包括的に表わされる。電力は生産と消費という国民の経済活動の殆んどあらゆる分野で使用されているため、長期的にみると GNP と極めて良い相関関係を持つものと考えられる。電力需要の巨視的予測とは上述のように個人当りの GNP, すなわち, GNP/Capita と個人当りの電力消費量と kWh/Capita の間の相関関係を基として長期に亘る国全体としての電力需要の規模を推定する方法がある。このような相関関係は個々の国毎に、その経済規模や、国民の個人所得水準によって規定されるものであり、従って国によって可成りの相違がある。しかしながら EPDC によって行なわれ、国際原子力機構 (IAEA), 世界銀行 (IBRD) でも承認された各国別の統計的調査によれば、幾つかの所得規模に対応してそれぞれ電力消費規模の大まかな傾向線が存在する。この長期予測方法に必要なパラメーターは次のとおりである。

- a) 過去の実績から推定される国民経済の現段階における GNP/Capita の平均的成長率
- b) 現在における GNP/Capita の規模
- c) 現在における kWh/Capita の規模
- d) GNP/Capita の規模の変化に対応する成長率の変化の度合い
- e) GNP/Capita の規模の変化に対応する kWh/Capita の変化の度合い

これらの資料を基として得られる全国的電力需要の規模は以下の手順によって求まる。

— GNP/Capita と成長率との相関関係 —

前述の統計的調査によれば Fig-II. 1. 4 に示すように GNP/Capita の規模とそれに対応する成長率との間には大まかな相関関係があり、GNP/Capita が 500 ~ 1,000 US\$ に達するまでは成長率のテンポは漸次高まるが、その後は漸次低下することが示されている。

Peru 共和国の GNP/Capita である 466 US\$/Capita (1968年価格) を基準にして傾向線に従い 400, 500, 600, 700 US\$ …… と漸次増大させ、それぞれ対応する GNP/Capita の年間成長率を拾うと Fig-II. 1. 4 に示すとおりとなる。

— GNP/Capita と kWh/Capita との相関関係 —

同じく統計的調査の結果では GNP/Capita と kWh/Capita の間にも大まかな相関関係が存