No. 6

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

[redacted]

78 — 42

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

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日にいたるまでの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ばしいことである。

終りに、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。

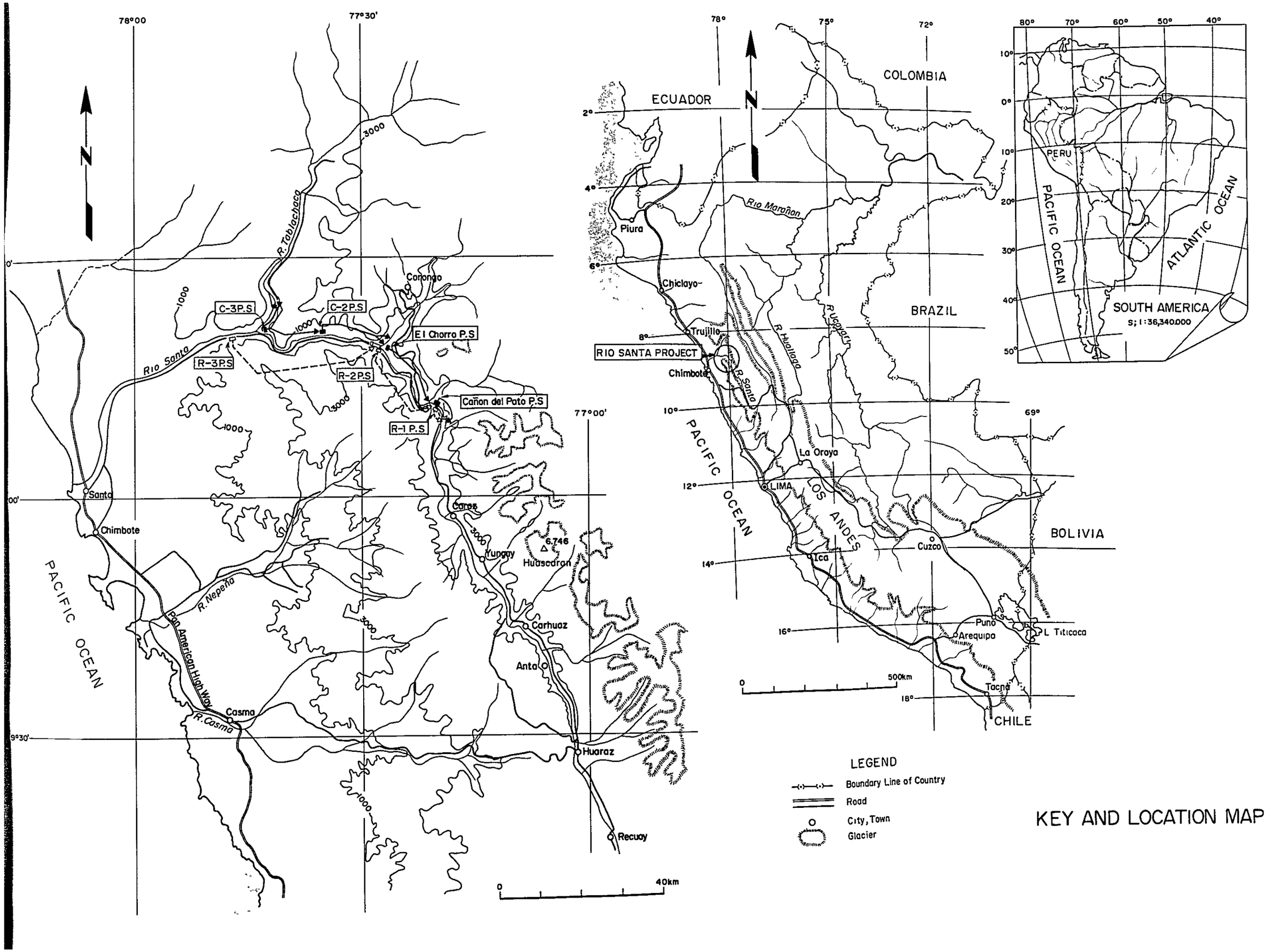
調査団は11名で編成され、1978年2月22日から3月29日までの36日間にわたり、ペルー電力公社の協力を得て現地調査を実施いたしました。調査団は帰国後東京でスタディを行ない、1979年1月に報告書を完成いたしました。

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。

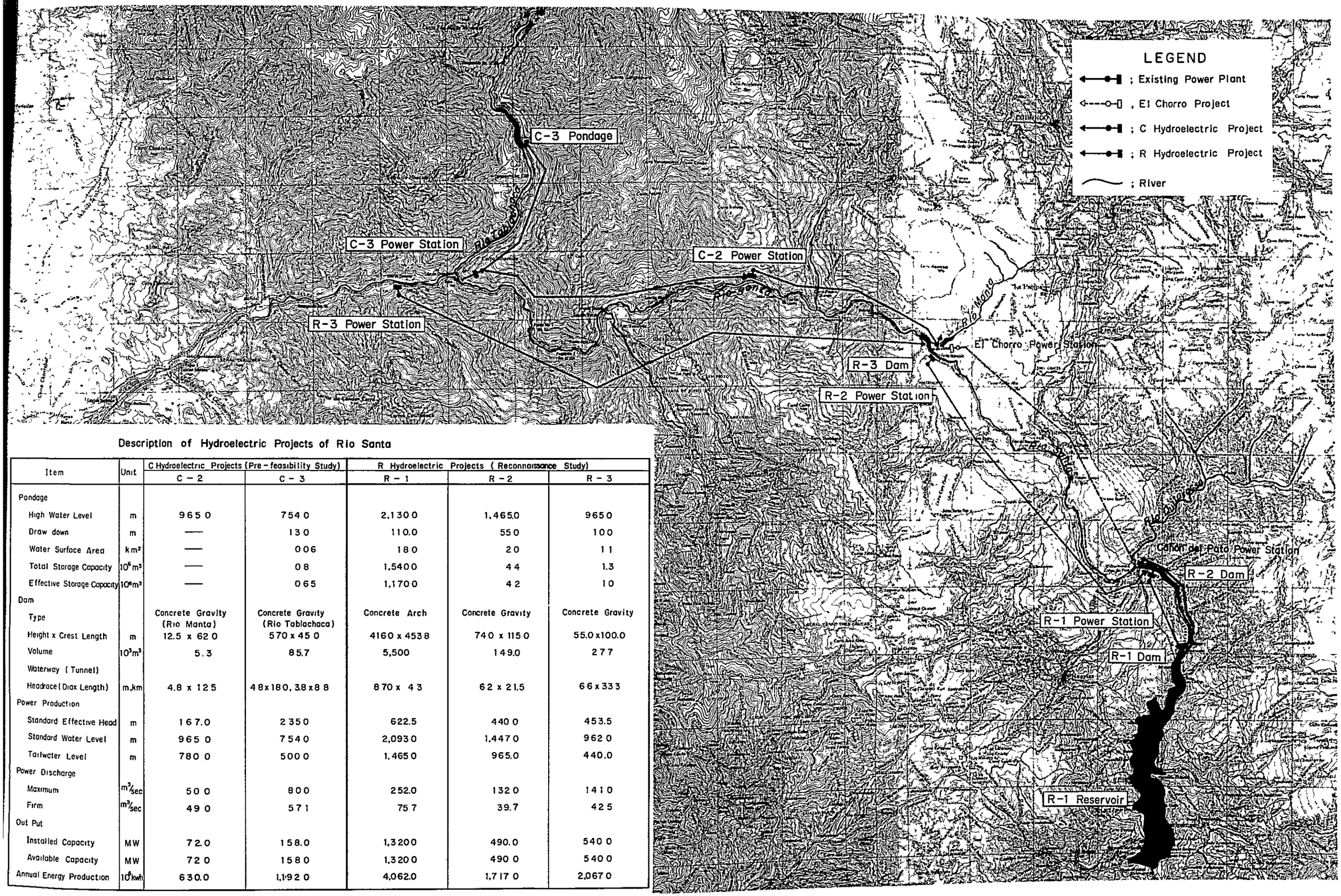
1979年1月

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	965.0	754.0	2,130.0	1,465.0	965.0
Draw down	m	—	13.0	110.0	55.0	10.0
Water Surface Area	km^2	—	0.06	18.0	2.0	1.1
Total Storage Capacity	$10^6 m^3$	—	0.8	1,540.0	4.4	1.3
Effective Storage Capacity	$10^6 m^3$	—	0.65	1,170.0	4.2	1.0
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	57.0 x 45.0	41.60 x 453.8	74.0 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 (Diax Length)	m,km	4.8 x 12.5	4.8 x 18.0, 3.8 x 8.8	8.70 x 4.3	6.2 x 21.5	6.6 x 3.33
Power Production						
Standard Effective Head	m	167.0	235.0	622.5	440.0	453.5
Standard Water Level	m	965.0	754.0	2,093.0	1,447.0	962.0
Tailwater Level	m	780.0	500.0	1,465.0	965.0	440.0
Power Discharge						
Maximum	m^3/sec	50.0	80.0	252.0	132.0	141.0
Firm	m^3/sec	49.0	57.1	75.7	39.7	42.5
Out Put						
Installed Capacity	MW	72.0	158.0	1,320.0	490.0	540.0
Available Capacity	MW	72.0	158.0	1,320.0	490.0	540.0
Annual Energy Production	$10^6 kwh$	630.0	1,192.0	4,062.0	1,717.0	2,067.0

目　　次

ADDENDUM

List of Figures

List of Tables

第Ⅰ部　緒論および結論と勧告

第1章 緒 論

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 delPerú 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ー北部系統は，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，中央ー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。

この要請に応え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，ELECTROPFRU 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 №1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140m³／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Huallanca 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ケ月間滞在した。

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° 21′～18° 21′ 西経68° 39′～81° 20′ に位置している。国土の総面積は，約129万Km² 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，海抜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河などが深い渓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。内陸部の海抜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。海抜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ケ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1Km²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（メスティーソ）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
コーヒー	53	4.1	101	7.4	196	11.4
砂糖	269	20.9	91	6.7	74	4.3
綿花	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当な地域が多いため，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てみると，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（100万バーレル）	22.6	23.6	25.8	28.1	26.3

（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。

水・火力別の全発電設備出力の推移　（単位：MW）

	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てみると 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。

用途別年間消費量（1975年）

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，ELECTROPERU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 m³／secとManta川の渇水量2.0m³／secを合わせた50.0 m³／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72MW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50.0m³／secとTablachaca 川に設けられる調整池において調整された30.0m³／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158MW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200m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）＝10.51～14.51×10^6 US$ でフィジブルな計画と思考される。

2.1.2 勧　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Ⅱ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m³，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m³を持つ高さ416m，コンクリート量約5,500,000m³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70m³／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）＝111,260,000US$ 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 勧　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勧告する。

(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期間と方法

1.2.1 期　間

電力需要想定の期間は1977年から2,000年までの24ケ年間とした。この対象期間のうち，1990年までの14ケ年間の電力需要は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ケ年間の電力需要は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なえば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 Período 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Macroscopic Method によりチエックしその妥当性を証明した。

MEMは上記需要想定の策定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連けいされる。

(3) 1980年 PERU中央鉱山公社（CENTROMIN)の220 kV 送電線（Pomacocha ～ Pachachaca ～ Oroya 間）が運転開始になりCENTROMIN の電力需要が中央系統に連けいされる。

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－北部系統に連けいされる。

(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－北部系統に連けいされる。

(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－北部系統に連けいされる。

(6) その他の需要として1978年にはHuancayo ～ Valle Mantaro，Chancay ～ Huaral 間，1980年Cobriza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－北部系統に連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な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連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

調査団は中央一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500～1,000US$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$/Capita（1968年価格）を基準にして傾向線に従い400，500，600，700US$……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