

チリ共和国

パーケル川、パスクワ川電源開発計画

調査報告書

パーケル川編

昭和51年11月

国際協力事業団

チリ共和国

バーケル川, パスクワ川電源開発計画

調査報告書

バーケル川編

JICA LIBRARY



1026033[9]

| | |
|---------------------|------|
| 国際協力事業団 | |
| 受入 月日 '84. 3. 15 | 704 |
| 登録No. 00400 | 64.3 |
| | MPN |

昭和51年11月

国際協力事業団

は し が き

日本政府は、チリ共和国政府の要請に基づき、同国アイセン州パーケル川およびバスクワ川の水力発電可能地点の基礎調査、および既存の予備計画書の見直しを行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、電源開発株式会社 榎並敏夫氏を団長とする7名の専門家からなる調査団を編成し、1976年2月10日から3月24日(44日間)まで現地に派遣した。

調査団は、パーケル川、バスクワ川についてチリ政府より提出された資料を検討し、チリ電力公社の協力を得て両河川の空中視察を行ない、特に、パーケル川については現地踏査を実施した。

本報告書は、現地で収集した資料および空中視察、現地踏査の結果を検討し報告書としてとりまとめたものである。

本報告書がチリ共和国のアイセン州水力開発に寄与し、同国とわが国の友好をさらに深めることを切望する。

終りに本調査の任に当られた団員各位の労をねぎらうとともに、調査に協力されたチリ共和国政府関係者、在チリ日本大使館関係各位ならびに調査団派遣についてご支援いただいた外務省、通商産業省に対し衷心より感謝の意を表わすものである。

1976年11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

ここに提出するものは、チリ共和国パーケル川、バスクワ川電源開発計画に関する報告書であります。調査団は1976年2月10日から3月24日までの間、チリ共和国企画庁（ODEPLAN, Oficina de planificación Nacional）およびチリ共和国電力公社（ENDESA, Empresa Nacional de Electricidad S.A）の協力を得て、計画地域の一部の現地踏査および関連地域の調査を実施致しました。この間、本計画に必要な水文、地形、地質等の基礎資料およびENDESA作成のパーケル川、バスクワ川水力開発計画報告書の提供を受け、ENDESA技術陣と数次に亘り本計画に関して意見の交換を行いました。調査団は、帰国後現地で収集した資料および現地調査の結果に基づき、開発計画の見直しを行うと共に、発電計画の検討を行ない、その成果を報告書にとりまとめてここに提出するものであります。

チリ共和国は、近年経済活動が活発化し目ざましい成長を遂げつつあり、今後もさらに発展するものと期待されています。

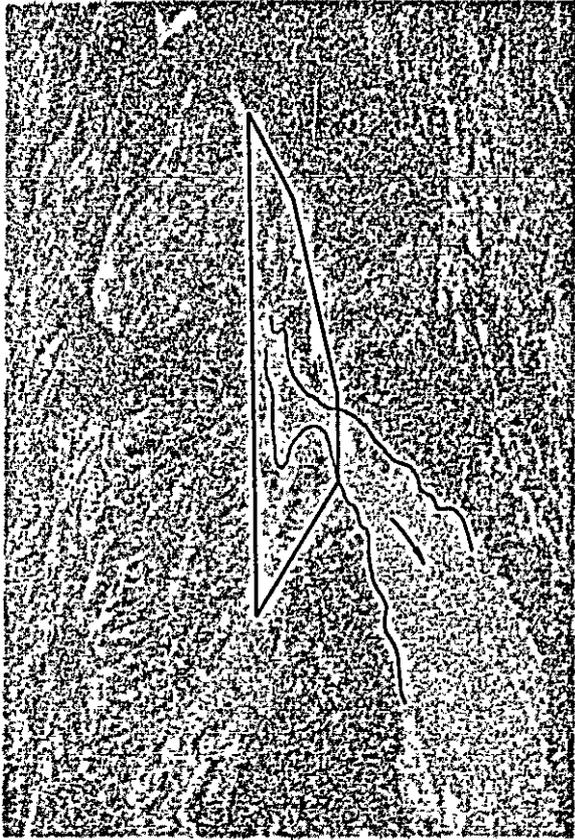
特に、本計画が企画されているアイセン州は、豊富な電力資源に恵まれており、今後の経済発展を強力に支援するベースになるものと考えられます。

本計画が実現に至るまでには、今後の詳細な調査および検討が実施され、より具体的な開発計画が策定されることが必要であります。将来この計画の特性が確認され電力供給諸工業開発を通して、チリ共和国の経済発展に貢献する有力な計画として進展することを期待するものであります。

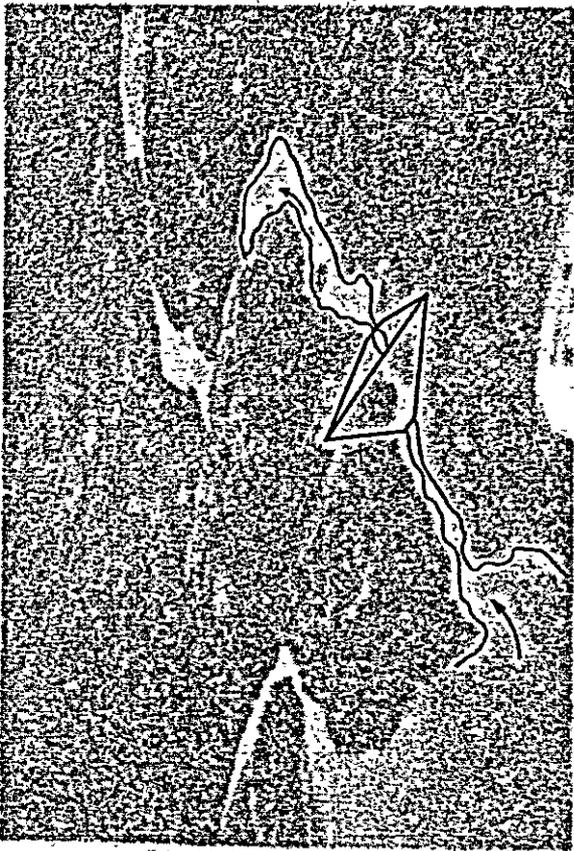
終りに本報告書の提出にあたり我々調査団は、現地調査ならびに検討に多大の御助力と御協力を賜った関係各位に対し、心から感謝の意を表するものであります。

1976年11月

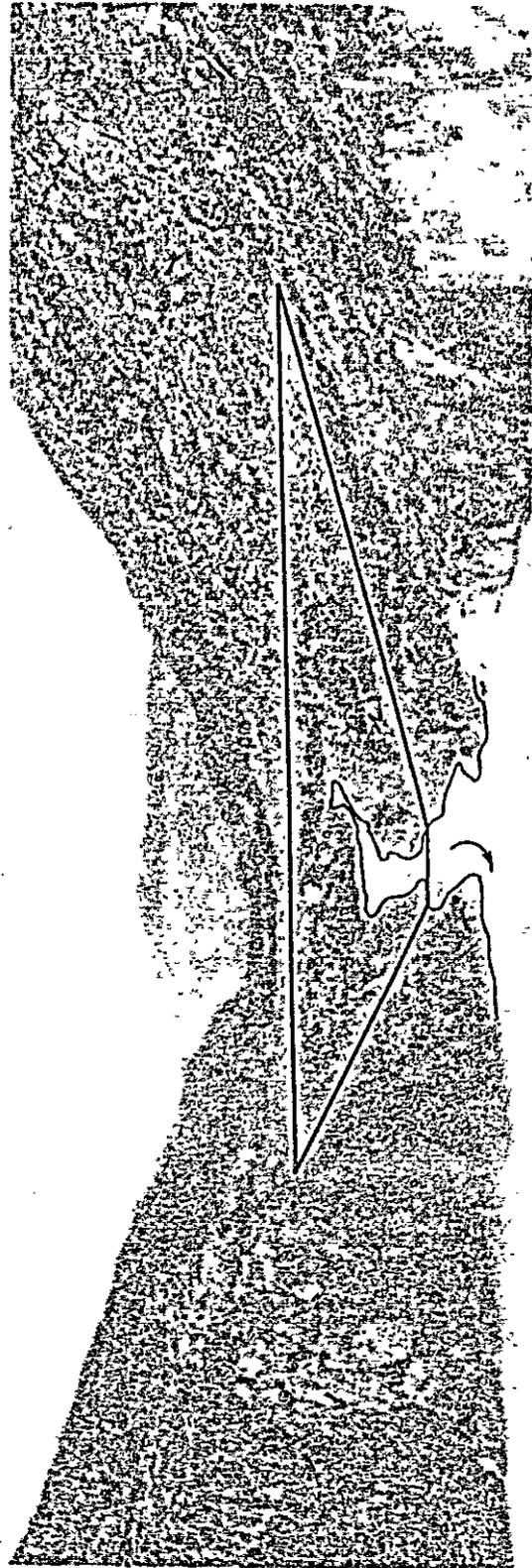
チリ共和国パーケル川、バスクワ川
電源開発計画調査団
団 長 榎 並 敏 夫



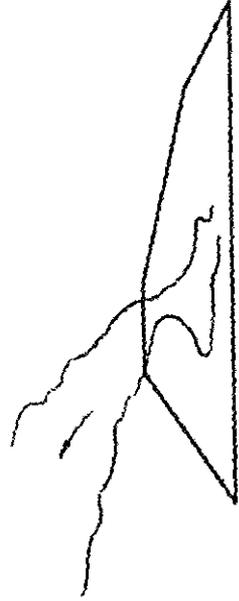
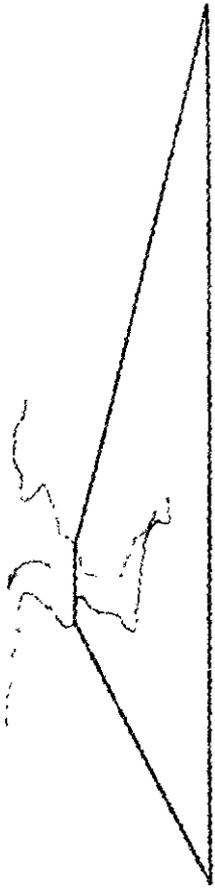
Tamango Dam Site



Chacabuco Dam Site



Chacabuco Dam Site, View from downstream side





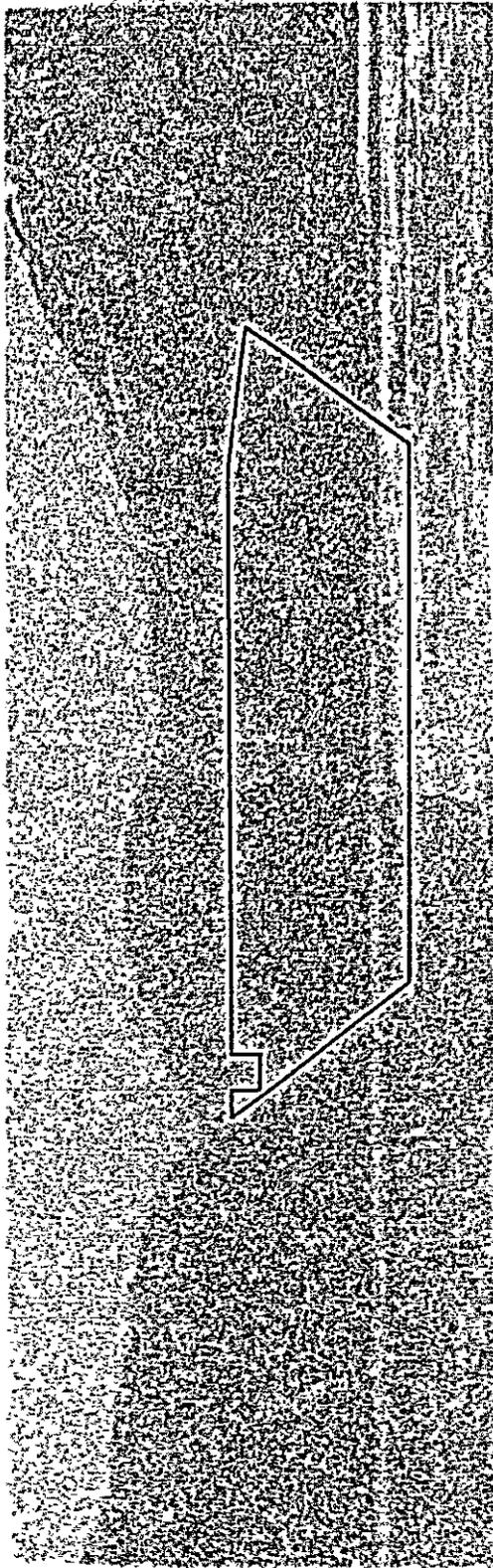
Chacabuco Dam Site



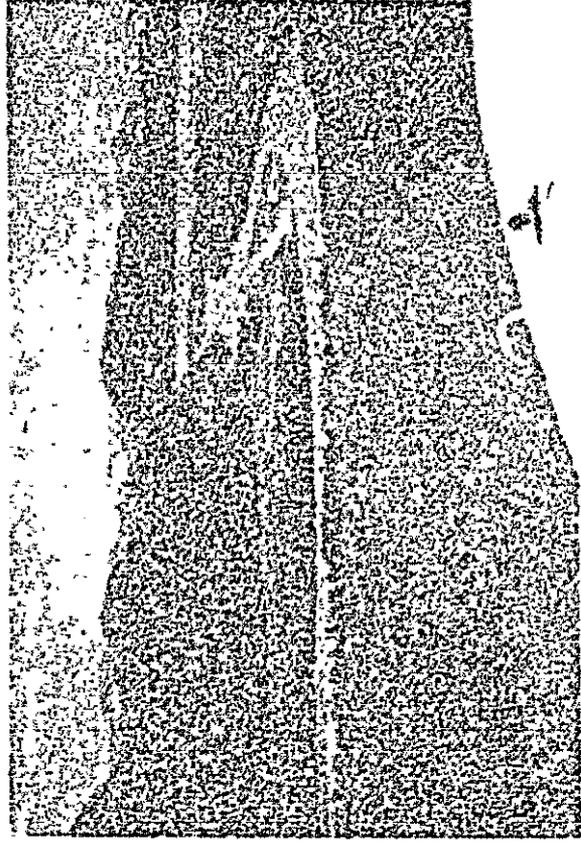
Tamango Dam Site



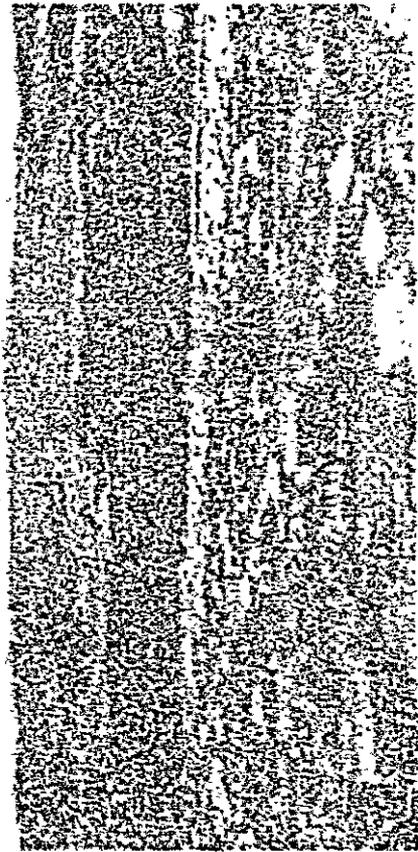
Salton Gorge Dam Site, View from downstream side



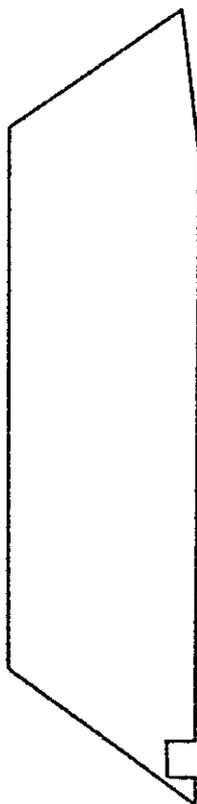
Salton San Carlos Dam Site, View from upstream side

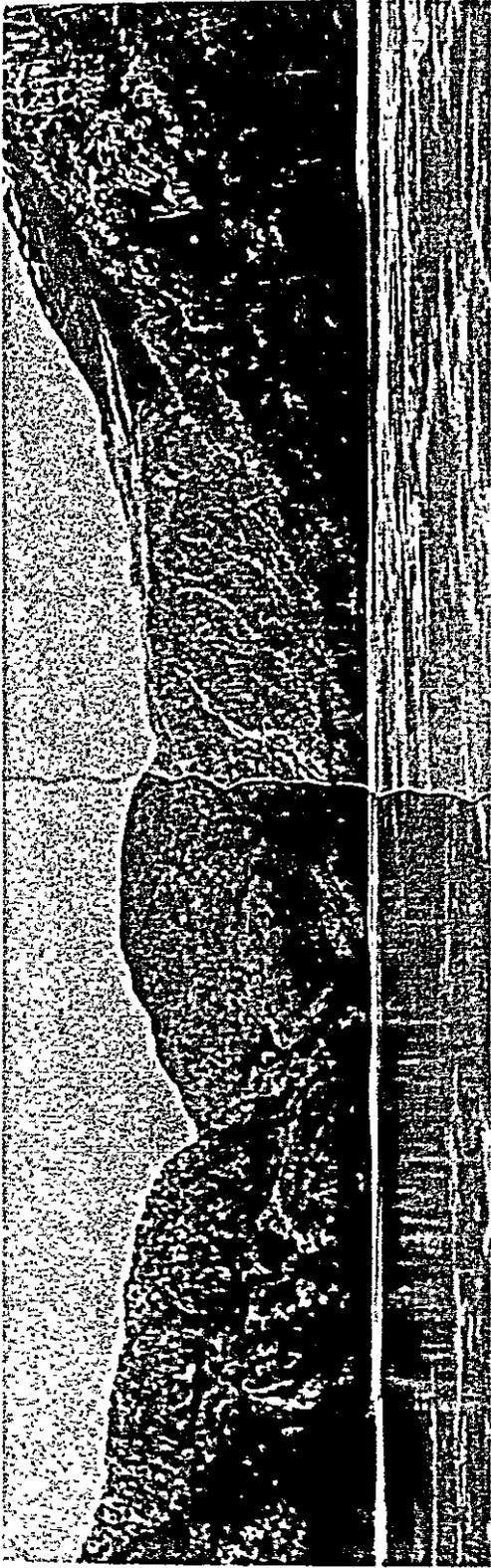


River Mouth of Baker and Fortel Airport



River Mouth of Baker and Fortel Airport





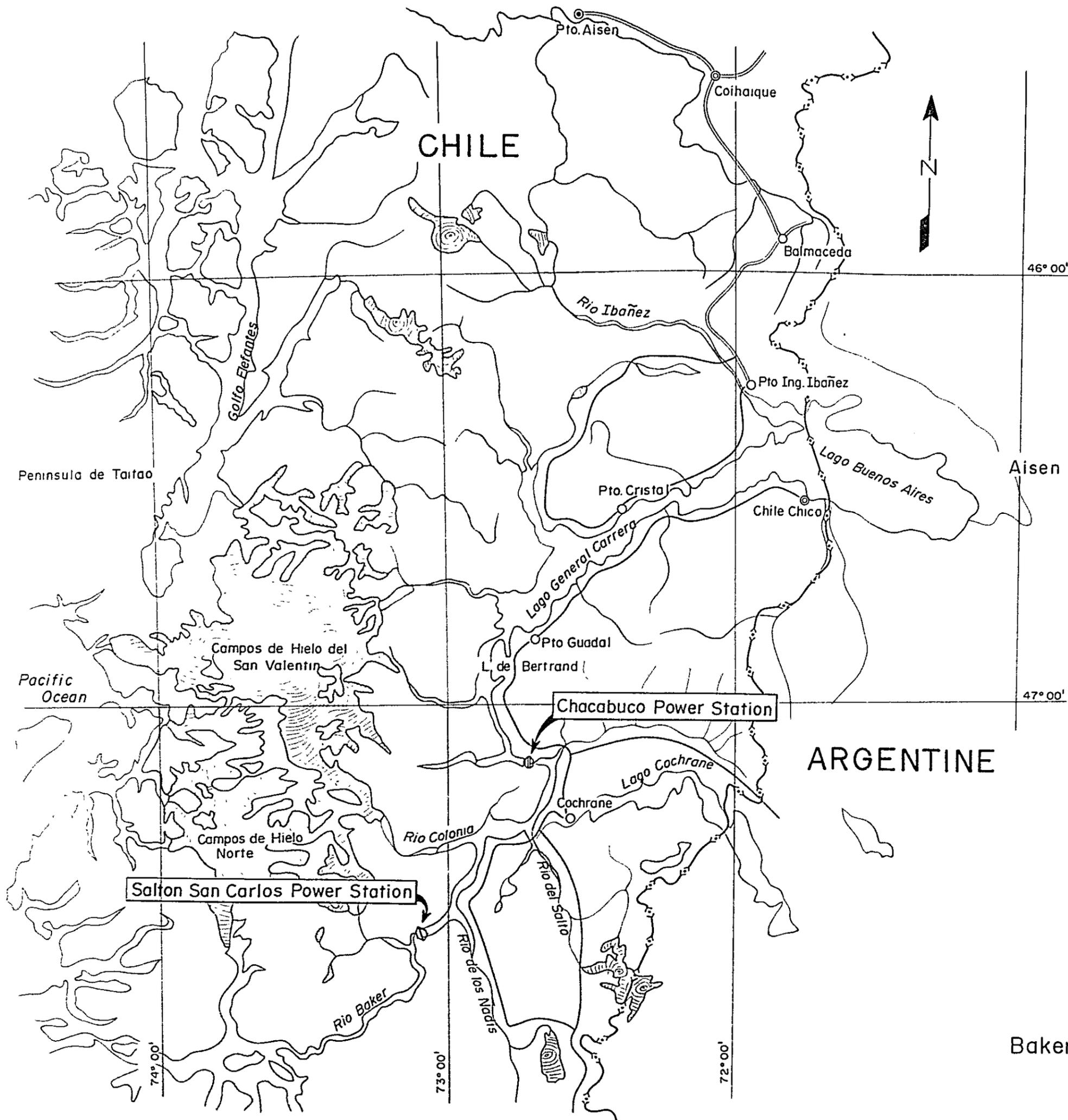
Salton San Carlos Dam Site, View from upstream side



River Mouth of Baker and Tortel Airport



Cochrane Village living about 2,000 inhabitants
in the vicinity of Lago Cochrane



Republic of CHILE



LEGEND

- International Boundary
- Road
- Stream, River
- Glacier
- City, Town, Village
- Power Station

Key and Location Map

of

Baker River Hydroelectric Project

目 次

はしがき

伝 達 状

関係写真

Key and Location Map

| | |
|-------------------------|----|
| 第 1 章 緒 論 | 1 |
| 1.1 経 緯 | 1 |
| 1.2 報告書の目的と範囲 | 1 |
| 1.3 調査団の編成 | 2 |
| 1.4 現地調査日程 | 2 |
| 1.5 基礎資料 | 2 |
| 第 2 章 結論と勧告 | 4 |
| 2.1 結 論 | 4 |
| 2.2 勧 告 | 5 |
| 第 3 章 アイセン州の一般事情 | 7 |
| 3.1 位 置 | 7 |
| 3.2 気 候 | 7 |
| 3.3 社会状況 | 8 |
| 3.4 主要産業 | 9 |
| 3.5 電力の現況 | 9 |
| 第 4 章 水 文 | 12 |
| 4.1 水文資料 | 12 |
| 4.2 河川流量 | 12 |
| 4.3 計画地点の流量算定について | 13 |
| 4.4 確率洪水量 | 14 |
| 4.5 堆 砂 | 15 |
| 4.6 水 質 | 16 |

| | |
|--|--------|
| 第 5 章 地 質 | 30 |
| 5.1 一般地質 | 30 |
| 5.1.1 地 形 | 30 |
| 5.1.2 岩 質 | 30 |
| 5.1.3 地質構造 | 31 |
| 5.2 各サイトの地質状況 | 31 |
| 5.2.1 チャカブコダムサイト | 31 |
| 5.2.2 タマンゴダムサイト | 33 |
| 5.2.3 サルトン・サン・カルロスダムサイト | 33 |
| 5.2.4 サルトン・ゴージダムサイト | 34 |
| 第 6 章 建設材料 | 38 |
| 6.1 ダム材料 | 38 |
| 6.1.1 チャカブコダム材料 | 38 |
| 6.1.2 タマンゴダム材料 | 38 |
| 6.1.3 サルトン・サン・カルロスダム材料 | 39 |
| 6.2 コンクリート骨材 | 40 |
| 6.2.1 チャカブコ地区 | 40 |
| 6.2.2 タマンゴ地区 | 40 |
| 6.2.3 サルトン・サン・カルロス地区 | 40 |
| 第 7 章 パーケル川水力開発計画比較案概要 | 41 |
| 7.1 パーケル川の河川特性 | 41 |
| 7.2 各二段開発計画案の得失 | 41 |
| 7.3 チャカブコ・サルトン・サン・カルロス計画 | 42 |
| 7.4 タマンゴ・サルトン・ゴージ計画 | 50 |
| 7.5 チャカブコ・サルトン・ゴージ (HWL 138.00) 計画 | 55 |
| 7.6 ハイ・サルトン・サン・カルロス計画 | 58 |
| 第 8 章 チャカブコ・サルトン・サン・カルロス計画の見直し | 60 |
| 8.1 計 画 | 60 |
| 8.2 設 計 | 60 |
| 8.3 工事工程 | 61 |

| | | |
|-----------------------|-----------------|-----|
| 8.3.1 | チャカブコ発電所 | 61 |
| 8.3.2 | サルトン・サン・カルロス発電所 | 61 |
| 8.4 | 工事費 | 64 |
| 8.4.1 | チャカブコ発電所 | 64 |
| 8.4.2 | サルトン・サン・カルロス発電所 | 71 |
| 8.4.3 | 電力コスト | 78 |
| 第9章 タマンゴーサルトン・ゴージ代替計画 | | 81 |
| 9.1 | 開発規模 | 81 |
| 9.2 | タマンゴ発電所 | 93 |
| 9.2.1 | ダム | 93 |
| 9.2.2 | 取水口 | 93 |
| 9.2.3 | 水圧管路 | 93 |
| 9.2.4 | 洪水吐 | 93 |
| 9.2.5 | 発電所 | 93 |
| 9.2.6 | 水車および発電機 | 93 |
| 9.2.7 | 電気回路方式および開閉設備 | 93 |
| 9.2.8 | 工事工程 | 94 |
| 9.2.9 | 工事費 | 94 |
| 9.3 | サルトン・ゴージ発電所 | 109 |
| 9.3.1 | ダム | 109 |
| 9.3.2 | 取水口 | 109 |
| 9.3.3 | 水圧管路 | 109 |
| 9.3.4 | 洪水吐 | 109 |
| 9.3.5 | 発電所 | 109 |
| 9.3.6 | 水車および発電機 | 109 |
| 9.3.7 | 電気回路方式および開閉設備 | 109 |
| 9.3.8 | 工事工程 | 110 |
| 9.3.9 | 工事費 | 110 |
| 第10章 耐震 | | 124 |
| 10.1 | パーケル川周辺の地震事情 | 124 |
| 10.2 | 耐震設計について | 124 |

| | | |
|--------------|------------------------|-----|
| 10.3 | 地震観測結果 | 125 |
| 10.4 | 構造物の震動性状と材料の動的性質 | 126 |
| | | |
| 第11章 | 今後の調査 | 132 |
| 11.1 | 水文調査 | 132 |
| 11.2 | 地形調査 | 132 |
| 11.3 | 地震調査 | 133 |
| 11.3.1 | 観測地点 | 133 |
| 11.3.2 | 観測方式と機器類の性能 | 133 |
| 11.4 | 地質調査 | 138 |
| 11.5 | 材料調査 | 138 |
| | | |
| Appendix - 1 | 調査工事数量表 | |
| " | - 2 現地調査日程表 | |
| " | - 3 基礎資料 | |

Figure List

- Fig. -3.1 Monthly Average Precipitation and Temperature at Pto. Aisen
- Fig. -4.1 Location Map of Meteorological Observatory and Runoff Gaging Stations
- Fig. -4.2 (1)~(3) Runoff Duration curve at Bertrand Gaging Station
(4)~(7) Runoff Duration Curve at Colonia Gaging Station
- Fig. -4.3 Monthly Average Runoff at Bertrand and Colonia Gaging Stations
- Fig. -4.4 Probable Flood Discharge
- Fig. -4.5 Rates of Sedimentation of Selected Reservoir in the Western United States

- Fig. -5.1 Geological Map of Chacabuco Site
- Fig. -5.2 Geological Map of Salton San Carlos Site
- Fig. -5.3 Geological Map of Salton Gorge Site

- Fig. -7.1 Chacabuco-Salton San Carlos Project Plan
- Fig. -7.2 Chacabuco-Salton San Carlos Project Profile
- Fig. -7.3 Chacabuco Power Station General Plan
- Fig. -7.4 Construction Schedule of Chacabuco Power Station
- Fig. -7.5 Salton San Carlos Power Station General Plan
- Fig. -7.6 Construction Schedule of Salton San Carlos Power Station
- Fig. -7.7 Tamango-Salton Gorge Project Plan
- Fig. -7.8 Tamango-Salton Gorge Project Profile
- Fig. -7.9 Salton Gorge Power Station Alternative-2 (H. W. L 90.00) General Plan
- Fig. -7.10 Salton Gorge Power Station Alternative-2 (H. W. L 90.00) Dam Profile and Section
- Fig. -7.11 Chacabuco-Salton Gorge Project Alternative-3 (H. W. L 138.00) Profile
- Fig. -7.12 Salton Gorge Power Station Alternative-3 (H. W. L 138.00) General Plan
- Fig. -7.13 High Salton San Carlos Power Station General Plan

- Fig. -8.1 Construction Schedule of Chacabuco Power Station
- Fig. -8.2 Construction Schedule of Salton San Carlos Power Station

- Fig. -9.1 Mass Curve at Tamango Site
- Fig. -9.2 Mass Curve at Salton Gorge Site
- Fig. -9.3 Operation Rule of Tamango Reservoir

- Fig. -9.4 Operation Rule of Salton Gorge Reservoir
- Fig. -9.5 In-Flow Power Discharge and Reservoir Water Surface of Tamango Power Station
- Fig. -9.6 In-Flow Power Discharge and Reservoir Water Surface of Salton Gorge Power Station
- Fig. -9.7 Reservoir Storage Capacity and Area Curves of Salton Gorge
- Fig. -9.8 Tamango Power Station General Plan
- Fig. -9.9 Tamango Power Station Dam Profile and Section
- Fig. -9.10 Tamango Power Station Diversion Tunnel Profile and Section
- Fig. -9.11 Tamango Power Station Penstock Profile and Section
- Fig. -9.12 Tamango Power Station Spillway Plan, Profile and Section
- Fig. -9.13 Tamango Power Station Powerhouse Plan and Section
- Fig. -9.14 Related System Diagram
- Fig. -9.15 Construction Schedule of Tamango Power Station
- Fig. -9.16 Salton Gorge Power Station Alternative-1 (H. W. L 90.00) General Plan
- Fig. -9.17 Salton Gorge Power Station Alternative-1 (H. W. L 90.00) Profile and Section
- Fig. -9.18 Salton Gorge Power Station Alternative-1 (H. W. L 90.00) Intake and Penstock, Profile and Section
- Fig. -9.19 Salton Gorge Power Station Alternative-1 (H. W. L 90.00) Spillway Plan, Profile and Section
- Fig. -9.20 Salton Gorge Power Station Alternative-1 (H. W. L 90.00) Powerhouse Plan and Section
- Fig. -9.21 Construction Schedule of Salton Gorge Power Station
- Fig. -10.1 Earthquake Record at Cochrane in Chile
- Fig. -11.1 Schedule of Investigation Work
- Fig. -A.1 Geological Investigation Plan at Chacabuco
- Fig. -A.2 Geological Investigation Plan at Tamango
- Fig. -A.3 Geological Investigation Plan at Salton San Carlos
- Fig. -A.4 Geological Investigation Plan at Salton Gorge

Table List

| | |
|------------|--|
| Table-3.1 | Generating Facilities and Energy Production in Chile |
| Table-3.2 | Generating Facilities and Energy Production in Province of Aisen |
| Table-4.1 | Characteristics of Gaging Station on Rio Baker |
| Table-4.2 | Runoff Record at Bertrand and Colonia Gaging Station |
| Table-4.3 | Runoff Duration at Bertrand and Colonia Gaging Station |
| Table-4.4 | Monthly Average Specific Runoff at Bertrand Gaging Station |
| Table-4.5 | Monthly Average Specific Runoff at Colonia Gaging Station |
| Table-4.6 | Monthly Average Discharge at Tamango Dam Site |
| Table-4.7 | Monthly Average Discharge at Salton Gorge Dam Site |
| Table-4.8 | Probable Flood Discharge |
| Table-4.9 | Design Flood Discharge |
| Table-4.10 | Sedimentation at each site |
| Table-4.11 | Analysis of Water Quality of Rio Baker |
| Table-7.1 | Description of Chacabuco and Salton San Carlos Projects |
| Table-8.1 | Estimated Construction Cost (Chacabuco) |
| Table-8.2 | Construction Equipment |
| Table-8.3 | Estimated Construction Cost (Salton San Carlos) |
| Table-8.4 | Energy Cost of Chacabuco and Salton San Carlos Power Station |
| Table-8.5 | Construction Cost and Annual Cost of Transmission Line |
| Table-8.6 | Annual Cost at Receiving End |
| Table-9.1 | Energy Production at Tamango Power Station |
| Table-9.2 | Energy Production at Salton Gorge Power Station |
| Table-9.3 | Description of Tamango and Salton Gorge Projects |
| Table-9.4 | Estimated Construction Cost (Tamango) |
| Table-9.5 | Estimated Construction Cost (Salton Gorge) |
| Table-9.6 | Energy Cost of Tamango and Salton Gorge Power Station |
| Table-9.7 | Construction Cost and Annual Cost of Transmission Line |
| Table-9.8 | Annual Cost at Receiving End |
| Table-10.1 | Epicentral Regions of Major Historical Earthquakes in Chile |
| Table-10.2 | Earthquakes in Southernmost Area of Chile |

| | |
|------------|--|
| Table-11.1 | Seismic Observation Equipment |
| Table-11.2 | Specification of Seismic Observation Equipment |
| Table-11.3 | Test of Construction Materials |
| Table-A.1 | Summary of Investigation Works |
| Table-A.2 | Quantity of Investigation Works for Chacabuco Site |
| Table-A.3 | Quantity of Investigation Works for Tamango Site |
| Table-A.4 | Quantity of Investigation Works for Salton San Carlos Site |
| Table-A.5 | Quantity of Investigation Works for Salton Gorge Site. |

第1章 緒論

第 1 章 緒 論

1.1 経 緯

チリ南部のアイセン州では、豊富な水資源および鉱物森林資源に恵まれながら、現在まで開発が遅れていたが、チリ政府は、この地方の地域開発を図るため開発計画の策定を始めた。この地域に良質、低廉な電力供給が可能となれば、この電力をベースに鉱物資源の開発を図り各種産業を誘致し工業化を促進しようと企画し、1974年以來、日本政府に総合開発に関する技術協力を要請して来た。これに応じて国際協力事業団は、産業の基幹となる電力の可能性の調査をするため、1974年水力専門家2名を、パーケル川およびバスクワ川の現地調査に参加せしめた。これを契機にチリ政府は、チリ電力公社（Empresa Nacional de Electricidad S.A以下 ENDESA と略称する）に命じパーケル川水力発電計画の予備計画の作成を行ったが、1974年来再び日本政府に対し、更に一步水力開発の調査を進めるべく専門技師よりなる調査団の派遣を求め、現地調査と予備計画書の見直しを要請して来た。これに応じて国際協力事業団は、1975年2月、水力計画、地質、土木材料、耐震等各部門の専門技師7名よりなるパーケル川、バスクワ川水力開発調査団を編成し、3月末まで44日間に亘り ENDESA の協力を得ながら現地調査を行なった。一方チリ政府は、水力開発の調査と併行して電力需要の観点から各種産業の立地調査を始めており、電力および産業立地の両面から、アイセン州の総合開発計画の立案を図っている。

チリ政府はこの調査報告書を参考として、アイセン地域開発の基本計画を策定すると共に、水力開発に関しては、地質調査など一部調査工事を開始したい意向のようである。

1.2 報告書の目的と範囲

チリ共和国企画庁（ODEPLAN）は、同国南部にあるアイセン州の地域振興を目的として、水力開発および産業立地の両面からその実現を期することを計画している。

本報告書は、上記のうち水力開発計画について検討されるもので、その目的としては ENDESA によって計画立案されたパーケル川水力開発予備計画書について、ダム計画、設計、耐震設計、ダム地質、ダム材料等の技術的な面から再検討を行うと共に、現地調査の結果考慮される代替計画案の作成や、本計画遂進に必要な調査事項を勧告することである。

本報告書の範囲は、計画立案に関して主として技術的な面から検討されるものであり、開発方式としては、技術的に開発可能な発電規模の検討を行うこととし、二段開発方式を対象として、パーケル川水系の一貫開発計画の検討を行なった。

工事費については目安を得るための概算にとどめた。また、当該地域の電力需給および電力

消費地の選定等の産業立地計画については、チリ政府において別途検討中であるので、ここではふれていない。

1.3 調査団の編成

現地調査に参加した団員の氏名、担当、所属および従事期間は下記のとおりである。

| | 氏名 | 担当 | 所属 | 従事期間 |
|----|-----------------------|------|----------------------|----------------------------------|
| 団長 | え なみ とし お 復 並 敏 夫 | 総 括 | 電源開発(株)海外技術協力部 | 自1976年2月10日 至 " 3月24日 |
| 団員 | しし やま じ ろ 下 山 次 郎 | 建設材料 | 日本工営(株)コンサルタント第2事業部 | 同 上 |
| " | た ぬい けい こ 田 中 圭 吾 | 地 質 | 日本工営(株)コンサルタント第1事業部 | 同 上 |
| " | おお ちち たつ お 大 町 達 夫 | 耐 震 | 電源開発(株)奥津建設所 | 自1976年3月5日 至 " 3月24日 |
| " | か とう けん じ 加 藤 憲 司 | 計 画 | 電源開発(株)海外技術協力部 | 同 上 |
| " | えび た ゆう い 蝦 田 佑 一 | 業務調整 | 国際協力事業団鉦工業計画調査部 | 同 上 |
| " | にし むら せい 西 村 森 | 地 質 | 国際協力事業団派遣専門家 チリ大学 | 自1976年2月10日(現地) 至 " 3月24日(参加) |

1.4 現地調査日程

パーケル川、バスクワ川水力発電計画のための現地調査は、Appendix-2 に示すように、1976年2月10日より3月24日までの44日間に亘り実施された。

本調査団は、アイセン州コクランを拠点として、各専門家別に現地調査を行うとともに、首都サンチアゴでは、ENDESAを始めとする諸関係機関に於て資料収集や打合せを行なった。

1.5 基礎資料

現地調査期間中に得られた基礎資料および参考文献は下記の通りである。

(1) 水文資料は、パーケル川流域にあるENDESA管轄の測水所で観測された日平均流量資料を用いた。

(2) 地形図については、Instituto Geografico Militar 作成のアイセン州を全域に亘りカバーする500,000分の1地形図、ENDESA作成の本流、湛水区域を含む20,000分の1およびダムサイト近傍の2,000分の1の航測図を利用した。

また、タマンゴとサルトン・ゴージ地点については、上記20,000分の1の航測図を2,000分の1に拡大した概略地形図を、調査団が日本で作成した。

(3) 地質、ダム材料、耐震の資料については、ENDESA作成の「パーケル川、パスクワ川水力開発予備報告書」を始めとする各種報告書を参考にした。

なお、基礎資料の詳細については Appendix-3 に示す。

第2章 結論と勧告

第 2 章 結 論 と 勧 告

2.1 結 論

パーケル川水力開発計画に於て、現地調査および ENDESA 作成の予備報告書を検討した結果、以下の様な結論に達した。

(1) 基本計画案

パーケル川水力開発計画は二段開発とし、上流発電所は、チャカブコ地点に高さ 71 m のロックフィルダムを築造し、ダム直下に発電所を設け、最大出力 390 MW、年間発生電力量 2,840 GWh を得る。また下流発電所は、サルトン・サン・カルロス地点に高さ 115 m のロックフィルダムを築造し、ダム直下に発電所を設け最大出力 920 MW、年間発生電力量 6,800 GWh を得るもので上、下流発電所を合計すると最大出力 1,310 MW、電力量は 9,640 GWh である。

(2) 代替計画案

現地踏査の結果、代替計画地点として上流はタマンゴ、下流はサルトン・ゴージ地点が挙げられるが、これらは今後の地質調査の結果、チャカブコおよびサルトン・サン・カルロス地点の基礎条件が建設に適さぬ場合に考えられるものである。これより、基本計画案に対する比較案として 3 通りの組合せが考えられるが、物理探査およびボーリング等の地質調査が行われていない現時点では、第 9 章に示すタマンゴーサルトン・ゴージ計画案が有力な代替計画案として挙げられる。

また一段開発計画案としては、サルトン・サン・カルロス又はサルトン・ゴージ地点にハイダムを築造する案が考えられる。

(3) 耐 震

各ダムの候補地点についてみると、チャカブコダム地点では左右岸の地質構成に大差があるため、地震時の異なった挙動がダムの安定性に悪影響を及ぼす懸念がある。

タマンゴダム地点では、左岸の鞍部がダム構造上の弱点になると予想されるため、模型振動実験による検討が必要と思われる。

サルトン・サン・カルロスダム地点では、河床堆積層が深いうえ相対密度が低く、粒度が揃っている砂層の存在が予想され、かかる状態で地震力の如き振動する繰返し荷重を受けると、沈下や流動化のおそれがあるため、ダム型式の決定に当っては慎重な配慮が必要である。

(4) 地 質

チャカブコダム地点一帯は、変成岩がその基盤を成しており、岩質自体は堅硬かつ新鮮であるが、地質構造線が東西に走っており、特にダム地点右岸側では巾 10 m に及ぶ大規模な破碎帯が、広い範囲に亘って強度の剪断作用を受けているのが認められる。この地質構造帯に発達し

た断層が、活断層であるか否かを判定することは非常に難しく、今後の十分な地質調査が望まれる。

タマンゴダム地点は、安山岩、熔岩および変成岩から成っているが、柱状節理、水平節理が発達し左岸部には厚い崖錐堆積物が分布している。一方、右岸は比較的良好な安山岩と熔岩とより成っている。この地点には、ダム築造上若干の問題はあるが、技術的には解決が可能であると思われる。

サルトン・ゴージダム地点は、堅硬新鮮な花崗閃緑岩よりなり、右岸は基礎岩盤が露出している。左岸は崖錐堆積物が浅く分布している。数本の断層が Gorge を斜交して左右岸に発達しているが、破碎帯の中も狭くダム築造に支障はない。

サルトン・サン・カルロスダム地点は、堅硬新鮮な花崗閃緑岩から成っており、左右岸共に良好な基礎岩盤が露出している。両河岸には数本の断層、節理が見られるが比較的容易に処理できるものと思われる。しかし、本地点の河床堆積層が、現在推測されるように厚い場合や、その堆積物の種類や性状によっては、ダム築造の可能性を左右する問題となるため、今後の十分な地質調査が望まれる。

(5) 建設材料

チャカブコダム地点近傍では、コア材料は見つからなかった。しかし、この付近一帯の河岸段丘には、上層に砂層、下層に氷縞粘土が存在するため氷縞粘土自体、またはこれら両材料をブレンドした材料が、コア材に適するか否かがポイントとなる。

タマンゴ、サルトン・ゴージ、サルトン・サン・カルロスの各ダム地点についても、チャカブコ地点同様、それらの近傍で良質なコア材を見つけることはできなかった。従って、これら各地点についても氷縞粘土が利用できるか否かが問題となる。

フィルター材料、ロック材料およびコンクリート用骨材は、何れの計画地点でもその近傍より得られる見込みである。

2.2 勸告

(1) 計画

パーケル川は、国際湖沼であるヘネラル・カレーラ湖およびコ克蘭湖を水源としているため、水力発電開発計画の策定に当っては、これら国際湖沼に対し慎重な配慮が必要である。

二段開発を計画する場合、上下流ダムの一番望ましい組合せとしては、チャカブコダムとサルトン・サン・カルロスダムであるが、若し、これらの地点で何れかダム築造に不相当と判断された場合は、上流ダムについてはタマンゴ地点、下流ダムについてはサルトン・ゴージ地点を、夫々、代替地点とする代替案について考えるべきである。

(2) 水文観測

コ克蘭湖の水位変動および流出量を把握するため、湖畔および湖の出口に水文観測所を

早期に設置すべきである。パーケル川については、支流ネフ川およびニャディス川に、各々1ヶ所流量観測設備を早期に設置すべきである。

(3) 測 量

ダム築造により影響を受ける全貯水池区域をカバーする航測地形図を作成すべきである。また、タマンゴ、サルトン・ゴージダム地点についても地形図を作成すべきである。

各計画地点の水準位は正確性を欠いているので、ベルランド湖より河口までの区間とパーケル川本流とコ克蘭湖間について、河川縦断測量を実施すべきである。

(4) 耐 震

耐震設計上最も基本となる地震力の特性を把握するため、当該地域に早急に機器を設置して地震観測を開始する必要がある。(現地での地震観測に適した観測方式および機器の仕様等は11.3に示している。)

(5) 地 質

チャカブコダム地点は現状では、地質上問題を含む地点と思われるが、今回指摘した問題点を解明するため早急に地質調査工事を実施すべきである。調査項目としては、左右岸に弾性波探査を行うと共に、調査横坑を設けて破碎帯を正確に把握し、更に岩盤試験をも行う必要がある。

タマンゴダム地点は、河床部の侵食が深いと予想され、また、崖部に節理クラックが発達しているため、ボーリングおよび調査横坑による地質調査を行う必要がある。

サルトン・サン・カルロスダム地点は、左右両岸は良好な岩盤であるため、調査の焦点は専ら河床部に絞られる。河床調査の方法としては、第一段階としてポートによる音波探査が適当と判断される。この探査の結果、水深ならびに堆積層の厚さ、堆積層を形成している材料の性状が概略判明した時点で、ダム地点としての適否を判断し、次の調査段階としてボーリング、弾性波探査および調査横坑へと進むべきである。

(6) 建設材料

ダム盛立材料のうち問題となるのはコア材料である。パーケル川の地域には良質なコア材料を見ることはできなかったが、氷縞粘土を含む氷河堆積物を多く見ることができる。従って、この氷縞粘土、あるいは氷縞粘土と砂質材料のブレンドした材料がコア材として使用できるか、否か判定するため、これらの土質試験を行わねばならない。その結果によってはダムタイプの変更も考えられる。

(7) 今後の調査工事

今後の調査工事については、第11章に示された調査工程に基づいて、早急に調査を実施すべきである。

第3章 アイセン州の一般事情

第 3 章 アイセン州の一般事情

3.1 位置

南米の南西端に位置するチリ共和国は、南北に 4,300Km, 巾約 200 Km の細長い国で、総面積は 741,767 Km² である。

本計画地点のあるアイセン州は、この国の南部にある州の一つで、南緯 44°~49° 西経 72°~75° にかけて位置しており、その面積は 113,957 Km² でチリ全土の 14 % を占めている。

3.2 気候

チリ共和国の南部地方の気候は、南極とフンボルト寒流の影響を強く受けているため年間を通して降雨が見られる。海岸山脈とアンデス山脈にはさまれて大湖水を擁する準高原地帯で構成されるアイセン州は、海岸から内陸部へ向けて気象は変化して行く。そのため、氷河の覆う海岸地帯の山々に最大の降雨をもたらす、それより内陸へ向けて徐々に降雨は減少し、アルゼンチンに広がるパンパ地域では最低となっている。

準高原地帯に広がるパーケル川流域内の北部プエルト・イバーニエスからコ克蘭地方にかけては、年平均降雨量が 250 mm~800 mm の間で変化しており、これから西方へ向けて降雨量は徐々に増大し、プエルト・クリスタルやコロニア方面では 900 mm に達する。

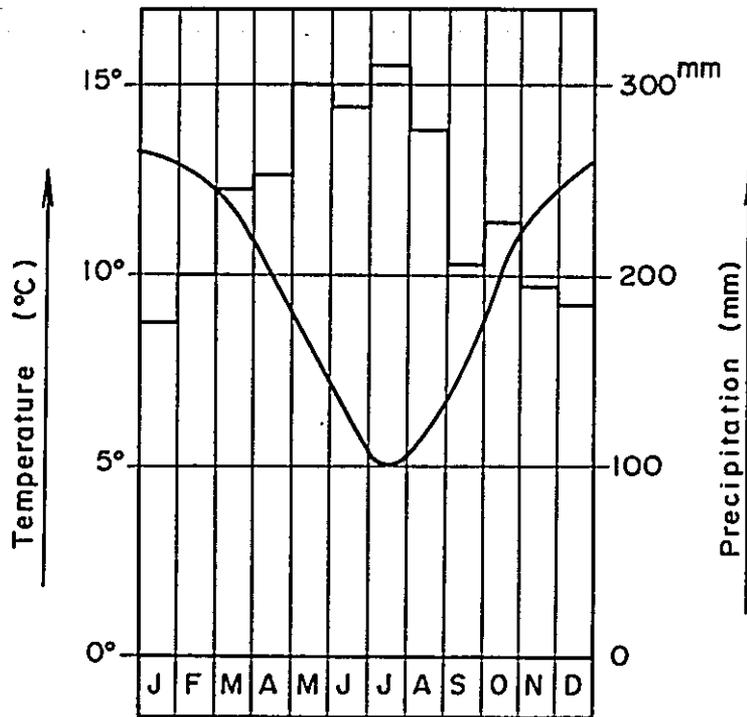
サン・ヴァレンティン山脈の東側支脈付近プエルト・ベルトランドでは 1,500 mm を上回る。海岸地方は 3,000 mm~3,500 mm の間で変化する多雨地帯である。降雨量に合わせ上流部は植生の分布も少ないが、下流へ行くにつれその密度を増している。冬期(6~8月)の海拔 500 m 以上および夏期の 1,000 m 以上の所では、雨は雪となって積もり、それが根雪となって氷河を涵養している。

湿度は降雨と一致した形で変化しており、上流地域では夏期(12~2月)において 50~60 %、秋春(3~5月, 9月~11月)は 60~70 % に上昇し、冬期(6~8月)には最高 70~80 % に達する。海岸地方では、若干の変化はあるものの最高 90 % 程度である。

パーケル川流域は高緯度に位置するため、夏から冬にかけての日照時間は強変化しているその割合は 5:1 位であるが、この強変化にもかかわらず、フィヨルド地形と大湖水の存在が温度較差を小さいものにしてている。平地では夏期は 14℃、秋は 10℃ になり、冬は 4℃ と低下する。春には再び 10℃ となる。まれに冬期において 0℃ を記録することもあり、また、夏期には 30℃ まで上昇することもある。

Fig-3.1 にプエルト・アイセンの年平均降雨量と温度を表わす。

Fig.-3-1 Monthly Average Precipitation and Temperature at Pto. Aisen



Legend

- Temperature
- ▬ Precipitation

3.3 社会状況

アイセン州の面積は、113,957 Km²でチリ全土の14%を占めている。人口58,034人でチリに於いては最も開発の遅れている州である。1917年に入植が開始されたこの地域は、1928年1月に正式に州として制定されたチリ共和国で最も新しい州である。主要都市としては、州都コヤイケを始めとしてプエルト・アイセン、チレ・チコ、コ克蘭、プエルト・シスネスなどがあるが、人口はコヤイケの2万人を筆頭に、何れも数千人から数百人程度の規模である。

パークル川流域にはコ克蘭町があり、人口約2千人で農牧を主体とした生活を営んでいるが、バスクワ川流域には集落はなく単発的に入植者がいるのみである。

アイセン州の道路は、他地域とは隔絶しており中央からの交通は船を利用するか、若しくは飛行機を使うしかない。

道路はプエルト・チャカブコを起点として、コヤイケを經由してプエルト・イバーニエスまで、それからヘネラル・カレーラ湖を渡りチレ・チコからプエルト・ベルトランドを經由してコク

ランまで伸びている。その他は馬路があるのみで道路網は整備されていない。

バスクワ川流域へのアプローチは、空路では軽飛行機によりバスクワ川河口、ケエツル湖およびオイギンス湖岸に至るルートがあり、海路では船によりパークル水路（フィヨルド）を経由し上陸するルートがある。また、1975年、ENDESAはバスクワ川沿いに調査用の小径を開拓した。

3.4 主要産業

アイセン州の主要産業としては、漁業、鉱業、林業、牧畜などが挙げられる。漁業については、プエルト・シスネスやプエルト・アイセンを中心に、あなご、ほら、かき等の魚貝類の漁が行われている。それらの一部は地域消費されるが、大部分はプエルト・シスネスやプエルト・チャカブコで缶詰め等製品化されて中央地域へ出荷されている。又、シンプソン川の上流コヤイケでは、日本の国際協力事業団の援助でさけの養殖が行われている。

鉱業については、ヘネラル・カレーラ湖周辺のプエルト・クリスタルやチレ・チコに於いて、銅や鉛、亜鉛、モリブデン等の採掘が行われている。また、少量ではあるが金や銀も採れる。これらの金属鉱山の他、大理石や石灰岩の採掘も行われているが、何れも規模は小さい。

林業については、豊富な森林資源を背景にプエルト・ブジグアピヤリオ・トランキーロ周辺で製材が行われている。農牧については、羊を中心とした牧畜が盛んで、この地域の最も重要な産業である。羊毛を始めとして肉や皮革等の産物によって収入を得ている。牛の飼育も行われているが規模は小さい。農作物は自給自足的に栽培されるのみで、日用生活必需品等は、中央地域からの輸送に頼っている。

また大氷河サン・ヴァレンティンに代表される氷河群や、迷路のようにいりこむフィヨルドや、多島海地形、内陸部にはヘネラル・カレーラ湖、オイギンス湖を始めとする大小無数の湖があり、それらを取りまくように森林が広がっており風光明媚な場所として、この国の最も代表的な観光地帯となっている。

3.5 電力の現況

チリ共和国は、工業化に必要な電力を開発するため、1944年電力公社ENDESAを設立した。爾来、ENDESAは、幾多の電源開発を行なって、急増する電力需要を満たしてきた。チリ人1人当り電力消費量は、890KWhで中南米の上位にある。最近の電力需要増は、鉱工業の発展と、一般および商業用電力によるところが大きい。

電力供給事業者は、全国設備の57.5%（1,478.4MW）を所有するENDESAをはじめとする電力事業者の他、民間の自家用発電もある。なお、総発電設備（1974年現在）2,572MWのうち電力事業者設備は1,856MW、自家用発電が716MWである。

発電設備および発電々力量の過去4年間の年平均伸び率は、発電設備で5%、発電電力量で6%である。(Table - 3.1 参照)

Table - 3.1 Generating Facilities and Energy Production in Chile

| Item | Year | | | | |
|----------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 |
| Generating Facilities (MW) | 2,143 | * 2,132 | 2,182 | 2,472 | 2,572 |
| Energy Production (GWh) | 7,551 | 8,524 | 8,943 | 8,766 | 9,297 |

Note: * The depressed figure in 1971 is due to decreasing of the private generating facilities.

国土を北から7つのブロックに分けそれぞれ電力系統をもっているが中でもセレーナ市からブエルト・モント市にいたる第2.3.4.5ブロックは、たがいに連系が行なわれており電力融通も活発である。なお、首都サンチャゴを含む第3ブロックの設備容量は、1,159 MWで全体の45%を占めている。

本計画地域のあるアイセン州は、チロエ州とともに第6ブロックを形成しているが、アイセン州に限って見ると、発電設備6.1 MW、発電電力量14.8 GWh、第6ブロックの1人当りの消費電力量は、155 KWhで何れもこの国の最低の水準である。また、自家用発電の大規模なものもなく、最近5ヶ年間の発電設備、発電電力量の増加も殆ど見られない。

アイセン州の発電設備及び発電電力量を Table - 3.2 に示す。

Table - 3.2 Generating Facilities and Energy Production in Province of Aisen

| Name of Plant | Company | Type | Installed Capacity | Energy Production |
|----------------|-----------------|---------------|--------------------|-------------------|
| | | | KW | MWh |
| Puerto Sanchez | E. Minera Aisen | Diesel | 862 | 453 |
| Puerto Cristal | " | " | 122 | 64 |
| Puerto Cristal | " | Hydroelectric | 206 | 990 |
| Puerto Cisnes | ENDESA | Diesel | 56 | 64 |
| Coihaique | " | " | 810 | 557 |
| Chile Chico | " | " | 374 | 621 |
| Puerto Aisen | " | " | 400 | 50 |
| Puerto Ibañez | " | " | 150 | 92 |
| Load Cochrane | " | " | 150 | 112 |
| Aisen | " | Hydroelectric | 3,000 | 11,820 |
| Total | | | 6,130 | 14,823 |

ENDESAは、アイセン水力発電所、アイセン火力発電所、コヤイケ火力発電所の3発電所間を23KVの送電線で連系し一つの電力系統を形づくり、プエルト・アイセンを始めとしてパルマセーダ、プエルト・チャカブコへ給電している。また、その他の町はTable-3.2からも判るように、小規模なジーゼル発電所を設け制限時間内に給電を行なっている。

第4章 水 文

第 4 章 水 文

4.1 水文資料

アイセン州及びパークル川流域には Fig - 4.1 に示すように気象観測や流量観測等の水文観測所が設置されているが、今回入手した資料はベルトランド測水所，コロニア測水所で得られた流量資料のみである。尙，両測水所は開設してからの歴史は浅く，僅か 12 年間に亘る日流量資料を有するのみであり，その一部には若干の欠測期間を含んでいる。両測水所の諸元を Table - 4.1 に示す。

Table - 4.1 Characteristics of Gaging Station on Rio Baker

| Name of Station | Start Year | Elevation m | Catchment Area km ² | Specific Runoff m ³ /s/1000 km ² | Daily Runoff | | |
|-----------------|------------|----------------|--------------------------------------|--|--------------|-------|------|
| | | | | | Mean | Max. | Min. |
| Bertrand | 1963. 5 | 190 | 15,700 | 36.3 | 602.5 | 968 | 371 |
| Colonia | 1963. 4 | 70 | 23,820 | 38.4 | 864.5 | 3,240 | 403 |

本計画遂行に関連して 1975 年にパークル川とニャディス川との合流点下流 2 km 地点に測水所が設置され，同測水所下流 3 km にある Gorge 直下流地点にも測水所を設置することが計画されているが，何れも観測値を得るには到っていない。またコクラン湖からの流出量やコロニア川，ニャディス川等の支流からの流出量についても何ら観測は行われていない。

以上述べたように，パークル川電源開発計画の水文解析を行う為に必要な資料は今の所不足しているのが実情である。

4.2 河川流量

ENDESA が本計画のスタディーに使用した河川流量はパークル川流域に於て観測された 12 年間の実測資料とマニグァーレス川及びシンブソン川で観測された資料を相関させることにより引伸しを計っているが，パークル川とマニグァーレス，シンブソン川とでは流域形態が大いに異なるのでこれらの相関を理論づけすることはできない。

それは 1 つにはパークル川流域には大湖水すなわちヘネラル・カレーラ湖とコクラン湖が重要な水源として存在しているし，加えて乾期に当る 11 ~ 2 月にかけてサン・ヴァレンティン氷河より流下する大氷河が解けてパークル川の豊かな流量を涵養しているからである。これらに対しマニグァーレス川，シンブソン川流域には何れも小規模には存在するものの，河川流量に大

きく影響を及ぼすものではないと判断されるからである。従って、今回スタディーに用いる流量資料はベルトランド及びコロニア測水所で観測された実測値を用いることとした。

但し、両測水所での観測期間内に欠測月を有する観測年の資料については、洪水量算定のスタディーには用いるものの発電規模決定のスタディーには用いないものとした。

Table - 4.2 に両観測所に於る観測資料の有無の期間を示す。

Table - 4.2 Runoff Record at Bertrand and Colonia Gaging Station

| Station | Year | 1963 | '64 | '65 | '66 | '67 | '68 | '69 | '70 | '71 | '72 | '73 | '74 | '75 |
|----------|------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|------|------|
| Bertrand | | 5/1 | ————— | | | | | | | | 11/30 | 4/1 | 3/31 | |
| | | | ————— | | | | | | | | | | 6/1 | 8/29 |
| Colonia | | 4/1 | ————— | | | | | | | | | | 8/31 | |

また測定された流況を Fig- 4.2 , Table - 4.3 , 流量表を Table- 4.4 , 4.5 Fig- 4.3 に示す。これによるとベルトランド測水所の年平均流量は $603 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり、コロニア測水所は $865 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。

4.3 計画地点の流量算定について

パーケル川の全流域面積は $27,150 \text{ km}^2$ であり、そのうち水力開発計画の流域面積はサルトン・サンカルロス地点までで $25,220 \text{ km}^2$ におよぶ。各計画地点と測水所までの流域面積を下記に示す。

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1) Bertrand Gaging Station | C. A. = $15,700 \text{ km}^2$ |
| 2) Chacabuco Dam Site | C. A. = $16,740 \text{ km}^2$ |
| 3) Tamango Dam Site | C. A. = $18,240 \text{ km}^2$ |
| 4) Colonia Gaging Station | C. A. = $23,820 \text{ km}^2$ |
| 5) Salton Gorge Dam Site | C. A. = $25,200 \text{ km}^2$ |
| 6) Salton San Carlos Dam Site | C. A. = $25,220 \text{ km}^2$ |

パーケル川水力発電計画の各計画地点の流量算定にあたっては、本流域には実測データを有する流量観測所が2ヶ所しかないのでその資料を基に各々測水所の流域特性を考慮して、各計画地点までの流域換算を行うものとする。

各計画地点の河川流量は下記により算出することとする。

a) チャカブコ, タマンゴ地点

$$Q = Q_B + (Q_C - Q_B) \times \frac{A}{A_C - A_B}$$

ここに Q ; 計画地点の流量 (m³/sec)

Q_B ; ベルトランド測水所地点流量 (m³/sec)

Q_C ; コロニア測水所地点流量 (m³/sec)

A_B ; ベルトランド測水所地点流域面積 (km²)

A_C ; コロニア測水所地点流域面積 (km²)

A ; 計画地点までの残留面積 (km²)

b) サルトンゴージ, サルトンサンカルロス地点

$$Q = Q_C \times \frac{A}{A_C}$$

ここに Q ; 計画地点の流量 (m³/sec)

Q_C ; コロニア測水所地点流量 (m³/sec)

A_C ; コロニア測水所地点流域面積 (km²)

A ; 計画地点までの流域面積 (km²)

以上により算定したタマンゴ, サルトンゴージの各地点の月平均流量は Table - 4.6, 4.7 に示す通りである。

4.4 確率洪水量

各計画地点の洪水量はベルトランドとコロニア測水所の記録流量を基に Gumbel 法を用いて算出した。その結果を Table - 4.8, Fig - 4.4 に示す。

Table - 4.8 Probable Flood Discharge (Unit ; m³/sec)

| Return Period | Chacabuco | Tamango | Salton Gorge |
|---------------|-----------|---------|--------------|
| 2 | 940 | 1,300 | 2,370 |
| 5 | 1,100 | 1,540 | 3,190 |
| 20 | 1,320 | 1,850 | 4,260 |
| 100 | 1,560 | 2,200 | 5,500 |
| 1,000 | 1,900 | 2,690 | 7,130 |

以上により各サイトの洪水吐に対する設計洪水量は Table-4.9 に示すようになる。

Table - 4.9 Design Flood Discharge (Unit ; m³/sec)

| Dam Site | Concrete Type | Fill Type | Remarks |
|--------------|---------------|-----------|--|
| Chacabuco | 1,870 | 2,250 | Concrete Type ; Q _D = Q _T : 100 x 1.2 Fill Type ; Q _D = Q _T : 100 x 1.2 x 1.2 |
| Tamango | 2,640 | 3,200 | |
| Salton Gorge | 6,600 | 8,000 | |

各サイトに於ける仮排水路トンネルの通水容量は既往最大洪水量と同一値とした。従ってタマngo地点では Q = 1,600 m³/sec , サルトンゴージ地点では 3,500 m³/sec となる。

4.5 堆 砂

パーケル川流域の計画地点における堆砂量を推定するための資料、および他地点での堆砂実績が得られていないので、妥当な推定が難しい。パーケル川流域にはヘネラルカレーラ/ベルランド及びコ克蘭湖と2大湖水を擁する反面、流域北部及び東南部が氷河山陵と接しているため氷河侵食産物の移動、流出の激しいことや、河川勾配の急なこと、水質分析の結果等を考え合せると堆砂量は比較的多いものと推定される。

アメリカ合衆国西部における貯水池の堆砂量実測結果を流域面積との比較で整理すると Fig - 4.5 のようになる。

Fig - 4.5 より各計画地点に於る堆砂量を推定すると Table-4.10 に示すようになる。

Table - 4.10 Sedimentation at each site

| Dam Site | Sediment - Production Rate m ³ /km ² /Year | Sedimentation 10 ⁶ m ³ |
|--------------|---|---|
| Chacabuco | 760 | 72 |
| Tamango | 580 | 139 |
| Salton Gorge | 450 | 301 |

4.6 水 質

今回水質分析用に取水した地点は、既に濁色を呈すニャディス川下流4 kmの地点で、比較的流れのゆるやかな河巾の広がった中央部に於いてポート上より直接採取したもので、その量は700 cc程度である。

その水質分析の結果を Table-4.11に示す。

Table-4.11 Analysis of water quality of the Baker River

| Item | Unit | Sample | Reference value |
|--|-------------------------|--------|-----------------|
| Hydrogen ion concentration | PH | 6.5 | 5.8 - 8.6 |
| Electric conductivity | $\mu\text{v}/\text{cm}$ | 6.0 | Below 300 |
| Sulfuric ion (S^{2-}) | ppm | 6.0 | - |
| Sulfuric acid ion (SO_4^{2-}) | ppm | 8.0 | Below 25 |
| Hydrochloric acid ion (Cl^-) | ppm | 1.7 | " 10 |
| Ammonia ion (NH_4^+) | ppm | 0.4 | 1 |
| Turbidity | ppm | 2.0 | Below 10 |

Note: The reference values are those of industrial water in Japan.

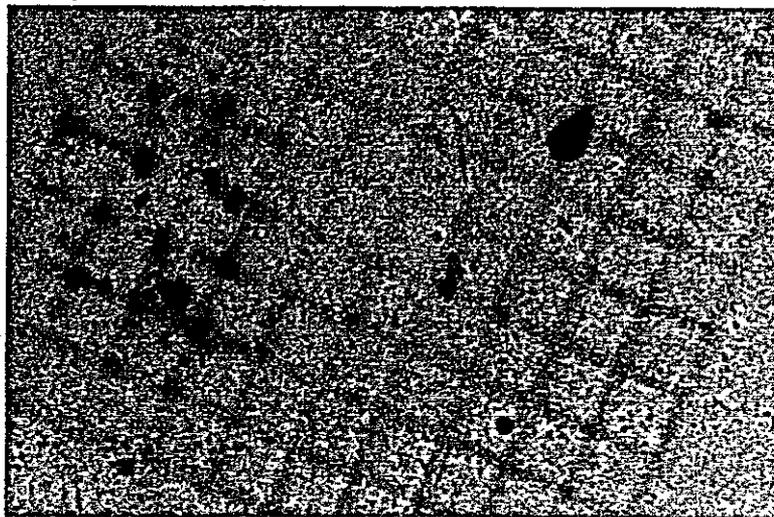


写真-1 チリ共和国バークル川汚過沈殿物の顕微鏡写真
(1目 70 μm × 70 μm)

懸濁粒子の粒径については写真-1に見られるように10 μ m程度のものが大部分を占めており、大きい粒径のものでも20 μ m~50 μ mの細砂に分類される。

今回の分析結果を基に判断すると、濁度がやや多いという点を除けば本河川水は溶解物の少ない新鮮なものである。また懸濁粒子の殆どは細砂であると思われる。

これより本河川水の発電機器に及ぼす影響は化学的には何ら大きな問題はないと推定されるが、水車機器の摩耗や堆砂といった物理的な問題については今後より詳細な調査研究がなされねばならない。

Table - 4.3 Runoff Duration at Bertrand and Colonia Gaging Station

(1) Bertrand Gaging Station (Catchment Area 15,700 km²)

(Unit: m³/sec)

| Year | Max. | 95 Day | 185 Day | 275 Day | 355 Day | Min. | Mean |
|---------|------|--------|---------|---------|---------|------|------|
| 1964 | 764 | 690 | 564 | 455 | 423 | 418 | 578 |
| 1965 | 901 | 783 | 660 | 564 | 451 | 443 | 667 |
| 1966 | 961 | 775 | 676 | 471 | 412 | 406 | 655 |
| 1967 | 814 | 617 | 572 | 479 | 401 | 397 | 558 |
| 1968 | 874 | 717 | 572 | 502 | 460 | 453 | 613 |
| 1969 | 966 | 684 | 596 | 470 | 422 | 416 | 602 |
| 1970 | 769 | 659 | 594 | 461 | 419 | 414 | 574 |
| 1971 | 715 | 600 | 550 | 435 | 397 | 385 | 530 |
| Average | - | 691 | 598 | 480 | 423 | - | 597 |

(2) Colonia Gaging Station (Catchment Area 23,820 km²)

(Unit: m³/sec)

| Year | Max. | 95 Day | 185 Day | 127 Day | 355 Day | Min. | Mean |
|---------|-------|--------|---------|---------|---------|------|-------|
| 1964 | 2,529 | 1,079 | 862 | 697 | 515 | 480 | 905 |
| 1965 | 2,873 | 1,187 | 946 | 761 | 599 | 568 | 1,029 |
| 1966 | 2,390 | 1,115 | 942 | 700 | 537 | 515 | 943 |
| 1967 | 2,247 | 1,092 | 899 | 669 | 518 | 501 | 920 |
| 1968 | 2,650 | 1,121 | 850 | 674 | 591 | 573 | 925 |
| 1969 | 2,276 | 1,045 | 839 | 673 | 551 | 469 | 884 |
| 1970 | 1,560 | 966 | 754 | 638 | 520 | 502 | 817 |
| 1971 | 1,596 | 902 | 758 | 536 | 418 | 405 | 745 |
| 1972 | 1,989 | 1,000 | 777 | 515 | 427 | 415 | 804 |
| 1973 | 1,316 | 969 | 690 | 542 | 475 | 456 | 764 |
| 1974 | 1,229 | 905 | 743 | 544 | 477 | 467 | 756 |
| Average | - | 1,035 | 824 | 632 | 512 | - | 863 |

Table - 4.4 Monthly Average Specific Runoff at Bertrand Gaging Station

(Unit: cu.m/sec./1,000 km²)

| Year | Apr. | May | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Jan. | Feb. | Mar. | Average |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 1963 | N | 45.6 | 43.3 | 35.9 | 31.5 | 27.7 | 26.6 | 28.5 | 34.8 | 41.8 | 46.9 | 44.0 | — |
| 1964 | 43.6 | 43.9 | 41.6 | 32.7 | 29.5 | 27.4 | 27.7 | 29.1 | 34.5 | 42.5 | 52.9 | 50.8 | 38.0 |
| 1965 | 49.6 | 46.1 | 41.8 | 39.3 | 36.9 | 31.3 | 28.8 | 37.9 | 52.9 | 54.3 | 50.1 | 44.8 | 42.8 |
| 1966 | 43.2 | 43.6 | 55.8 | 50.3 | 38.7 | 31.0 | 26.9 | 27.5 | 30.1 | 33.9 | 39.2 | 38.3 | 38.2 |
| 1967 | 38.7 | 43.6 | 39.2 | 32.6 | 29.8 | 26.4 | 25.9 | 33.1 | 45.9 | 52.5 | 52.7 | 49.4 | 39.2 |
| 1968 | 39.2 | 37.5 | 34.0 | 31.9 | 29.7 | 32.4 | 31.4 | 33.4 | 44.5 | 43.3 | 43.4 | 43.3 | 37.0 |
| 1969 | 39.6 | 54.3 | 47.5 | 38.2 | 33.2 | 28.7 | 27.3 | 27.5 | 33.8 | 39.7 | 45.5 | 46.2 | 38.5 |
| 1970 | 41.5 | 40.5 | 41.8 | 35.3 | 31.0 | 28.6 | 27.1 | 28.4 | 33.7 | 38.8 | 37.2 | 37.1 | 35.1 |
| 1971 | 36.2 | 30.7 | 26.9 | 26.8 | 27.5 | 27.0 | 32.5 | 41.0 | 44.9 | 51.7 | 58.3 | 55.6 | 38.3 |
| 1972 | 49.2 | 46.9 | 37.3 | 30.0 | 26.0 | 24.1 | 24.5 | 28.0 | N | N | N | N | — |
| 1973 | 41.7 | 33.8 | 32.5 | 29.3 | 28.3 | 27.3 | 27.5 | 29.9 | 36.9 | 40.1 | 42.7 | 42.2 | — |
| 1974 | N | N | N | 29.9 | 28.0 | 26.0 | 26.2 | 28.1 | 29.7 | 34.5 | 40.8 | 41.5 | — |
| 1975 | 40.4 | 38.0 | 33.2 | 29.7 | 26.4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Average | 41.5 | 42.5 | 41.1 | 36.0 | 32.0 | 29.1 | 28.4 | 32.2 | 40.0 | 44.6 | 47.4 | 45.7 | 38.4 |

N ; No-record

Table - 4.5 Monthly Average Specific Runoff at Colonia Gaging Station

| Year | (Unit: cu. m/sec./1,000 km ²) | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| | Apr. | May | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Jan. | Feb. | Mar. | Average |
| 1963 | 46.1 | 43.0 | 41.2 | 29.5 | 24.6 | 21.5 | 25.4 | 28.0 | 42.4 | 58.8 | 51.1 | 44.0 | 38.0 |
| 1964 | 43.5 | 43.8 | 34.3 | 25.1 | 25.9 | 26.5 | 29.7 | 33.6 | 45.2 | 51.8 | 57.6 | 58.2 | 39.6 |
| 1965 | 47.2 | 41.3 | 37.0 | 31.7 | 33.3 | 28.3 | 29.6 | 54.7 | 48.6 | 52.8 | 49.4 | 50.5 | 42.0 |
| 1966 | 41.9 | 43.7 | 52.9 | 41.0 | 30.1 | 24.4 | 22.6 | 31.4 | 35.0 | 44.0 | 46.5 | 45.0 | 38.2 |
| 1967 | 41.6 | 48.2 | 31.4 | 28.3 | 26.5 | 22.1 | 25.6 | 48.4 | 56.3 | 59.6 | 53.2 | 45.1 | 40.5 |
| 1968 | 35.3 | 37.9 | 28.7 | 30.8 | 27.5 | 33.3 | 27.4 | 41.1 | 46.6 | 49.0 | 45.1 | 44.6 | 37.3 |
| 1969 | 38.2 | 52.3 | 35.8 | 31.6 | 26.4 | 27.3 | 25.4 | 26.7 | 40.9 | 43.3 | 52.8 | 42.7 | 37.0 |
| 1970 | 39.1 | 31.4 | 33.8 | 27.7 | 23.8 | 25.4 | 25.1 | 31.3 | 36.9 | 38.7 | 33.7 | 35.9 | 31.9 |
| 1971 | 29.2 | 24.5 | 20.9 | 23.5 | 24.0 | 26.7 | 34.2 | 42.2 | 39.5 | 52.8 | 46.9 | 40.8 | 33.8 |
| 1972 | 50.0 | 37.2 | 26.9 | 21.4 | 18.6 | 19.4 | 22.5 | 30.6 | 43.1 | 44.0 | 42.8 | 42.2 | 33.0 |
| 1973 | 34.8 | 23.4 | 30.7 | 21.0 | 23.7 | 23.6 | 25.4 | 32.4 | 41.9 | 39.3 | 41.7 | 41.1 | 31.6 |
| 1974 | 38.5 | 32.8 | 24.3 | 24.0 | 24.9 | 20.9 | 23.4 | 30.4 | 35.5 | 45.3 | 46.3 | 41.3 | 32.7 |
| 1975 | 40.3 | 29.9 | 23.9 | 22.1 | 21.3 | | | | | | | | — |
| Average | 40.2 | 38.3 | 33.2 | 28.0 | 25.8 | 24.9 | 26.8 | 35.9 | 42.7 | 48.3 | 47.3 | 44.3 | 36.3 |

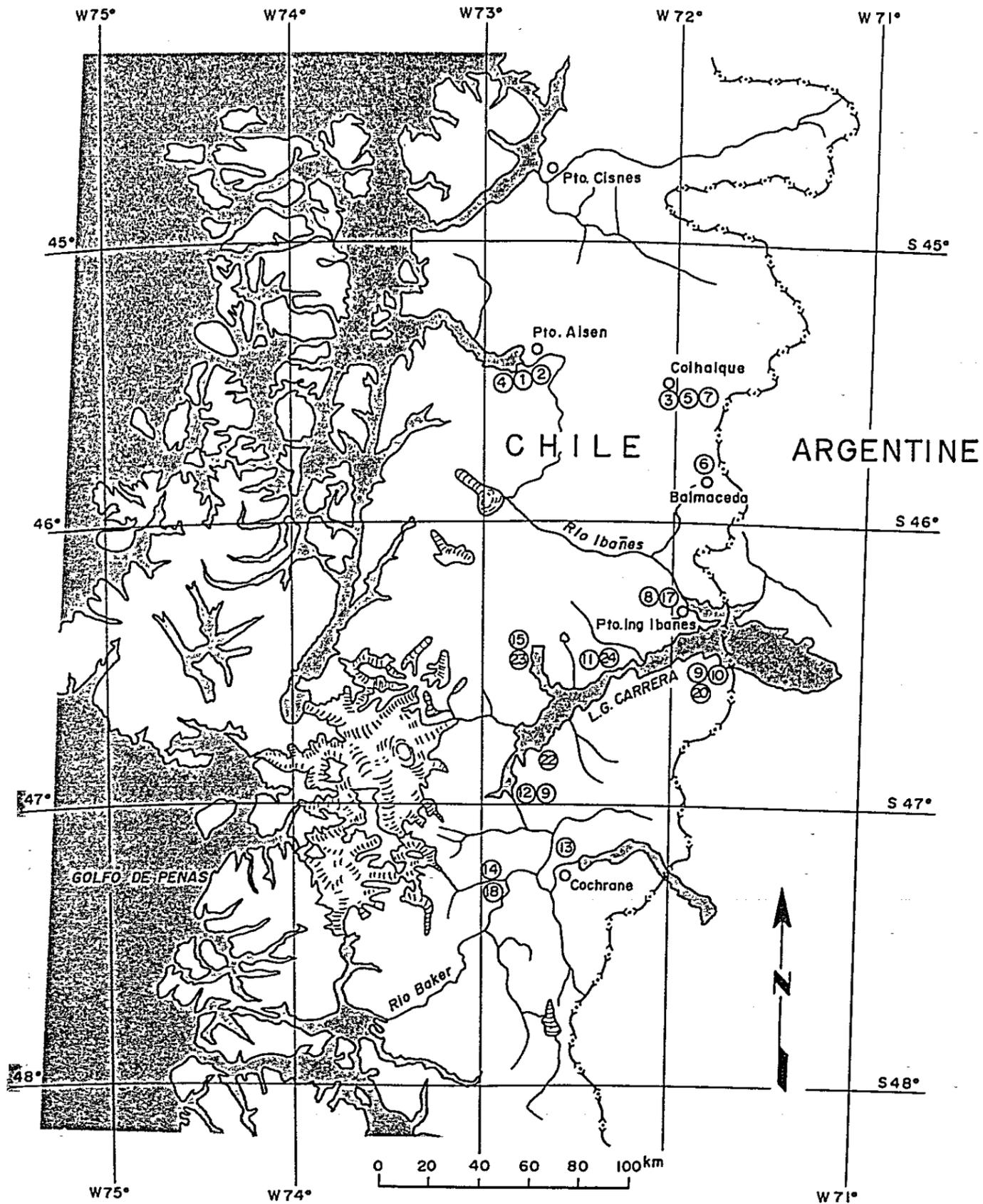
Table- 4. 6 Monthly Average Discharge at Tamango Dam Site Catchment Area 18, 240km² (Unit; m³/sec)

| Year | Apr. | May | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Jan. | Feb. | Mar. | Average |
|---------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 1964 | 794 | 800 | 704 | 540 | 511 | 492 | 520 | 565 | 709 | 889 | 887 | 803 | 685 |
| 1965 | 887 | 805 | 727 | 660 | 646 | 549 | 531 | 817 | 933 | 845 | 1001 | 982 | 782 |
| 1966 | 778 | 796 | 996 | 854 | 642 | 517 | 458 | 530 | 585 | 980 | 909 | 859 | 742 |
| 1967 | 728 | 829 | 657 | 562 | 519 | 450 | 470 | 718 | 915 | 694 | 769 | 748 | 672 |
| 1968 | 687 | 687 | 581 | 574 | 525 | 597 | 543 | 667 | 828 | 1011 | 965 | 870 | 711 |
| 1969 | 712 | 975 | 779 | 648 | 555 | 513 | 485 | 512 | 670 | 833 | 804 | 800 | 691 |
| 1970 | 739 | 671 | 703 | 587 | 511 | 497 | 479 | 540 | 638 | 752 | 884 | 816 | 651 |
| 1971 | 608 | 514 | 446 | 465 | 475 | 491 | 606 | 757 | 779 | 707 | 671 | 668 | 599 |
| Average | 742 | 760 | 699 | 611 | 548 | 513 | 512 | 638 | 757 | 839 | 861 | 818 | 692 |

Table- 4. 7 Monthly Average Discharge at Salton Gorge Dam Site Catchment Area 25, 200km² (Unit; m³/sec)

| Year | Apr. | May | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Jan. | Feb. | Mar. | Average |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 1964 | 1097 | 1104 | 866 | 632 | 651 | 668 | 750 | 848 | 1138 | 1482 | 1289 | 1110 | 970 |
| 1965 | 1189 | 1042 | 932 | 798 | 839 | 715 | 746 | 1380 | 1225 | 1305 | 1453 | 1468 | 1091 |
| 1966 | 1330 | 1246 | 1272 | 1055 | 1102 | 1334 | 1032 | 759 | 615 | 569 | 791 | 882 | 999 |
| 1967 | 1049 | 1213 | 792 | 713 | 668 | 557 | 645 | 1221 | 1420 | 1109 | 1171 | 1134 | 974 |
| 1968 | 889 | 956 | 722 | 776 | 694 | 839 | 690 | 1035 | 1174 | 1501 | 1340 | 1137 | 979 |
| 1969 | 963 | 1318 | 903 | 795 | 666 | 688 | 642 | 727 | 1031 | 1236 | 1136 | 1124 | 936 |
| 1970 | 985 | 792 | 852 | 699 | 600 | 639 | 632 | 789 | 930 | 1092 | 1330 | 1075 | 868 |
| 1971 | 736 | 618 | 526 | 591 | 604 | 673 | 862 | 1063 | 997 | 975 | 913 | 906 | 789 |
| 1972 | 1185 | 937 | 678 | 540 | 468 | 488 | 567 | 772 | 1686 | 1109 | 1078 | 1064 | 831 |
| 1973 | 877 | 590 | 774 | 529 | 597 | 594 | 643 | 816 | 1057 | 992 | 1051 | 1036 | 796 |
| 1974 | 866 | 827 | 612 | 606 | 627 | 528 | 716 | 765 | 896 | 1143 | 1168 | 1041 | 816 |
| Average | 1015 | 968 | 812 | 703 | 683 | 702 | 720 | 925 | 1052 | 1138 | 1156 | 1089 | 914 |

Fig.-4.1 Location Map of Meteorological Observatory and Runoff Gaging Stations



A) Meteorological Observatory Station

| Area | Name of Station | Elevation | Type | Start Year | Executive Organ |
|-----------|---------------------------|-----------------|------|------------|-----------------|
| Aisen | 1. Pto. Aisen | 10 ^m | MT | 1931 | DGA |
| | 2. Pto. Aisen | 10 | PV | 1968 | ENDESA |
| | 3. Coihaique | 771 | PV | 1929 | DGA |
| | 4. Pto. Chacabuco | 8 | PV | 1965 | DGA |
| | 5. Coihaique Bajo | 140 | PV | 1920 | OMC |
| | 6. Balmaceda | 520 | MT | 1953 | OMC |
| | 7. Coihaique | 275 | MT | 1942 | OMC |
| Rio Baker | 8. Pto. Ibañez | — | PV | 1961 | DGA |
| | 9. Chile Chico | 215 | MT | 1963 | DGA |
| | 10. Lago en Chile Chico | 212 | PV | 1954 | OMC |
| | 11. Pto. Cristal | 25 | PV | 1960 | OMC |
| | 12. Pto. Bertrand | — | PV | 1961 | DGA |
| | 13. Lago Cochrane | 100 | MT | 1964 | ENDESA |
| | 14. Colonia | 105 | PV | 1963 | ENDESA |
| | 15. Pto. Murta | — | PV | 1961 | ENDESA |
| | 16. Tenencia lago Carrera | — | PV | 1967 | DGA |

MT ; Meteorological observatory
PV ; Pluviometer

B) Runoff Gaging Station

| Area | Name of Station | Elevation | Type | Start Year | Executive Organ |
|-----------|-----------------------------|------------------|-------|------------|-----------------|
| Rio Baker | 17. Ibañez en Desembocadura | 217 ^m | Lm-LG | 1963 | ENDESA |
| | 18. En Colonia | 105 | Lm-LG | 1961 | ENDESA |
| | 19. En Desague L. Bertrand | 200 | Lm-LG | 1963 | ENDESA |
| | 20. En Chile Chico | 215 | Lm | 1961 | ENDESA |
| | 21. Pto. Sanchez | 215 | Lm | 1959 | ENDESA |
| | 22. Pto. Guadal | 215 | Lm | 1959 | ENDESA |
| | 23. Murta en Lago | 219 | Lm-LG | 1963 | ENDESA |
| | 24. En Pto. Cristal | 215 | Lm | 1961 | ENDESA |

Lm ; Staff Gage
LG ; Automatic Gage

Fig-4.2(1) Runoff Duration Curve at Bertrand Gaging Station

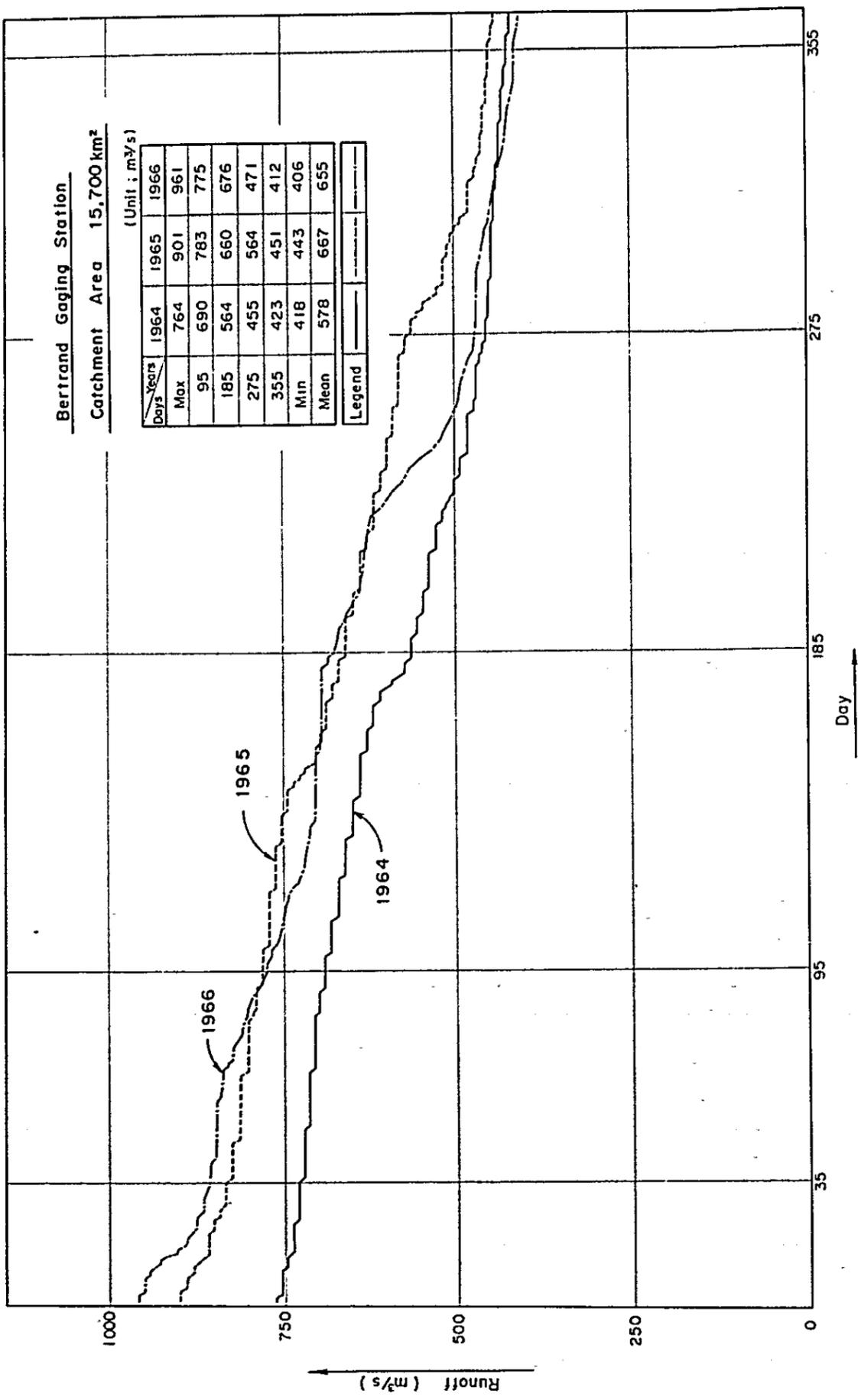


Fig-4.2(2) Runoff Duration Curve at Bertrand Gaging Station

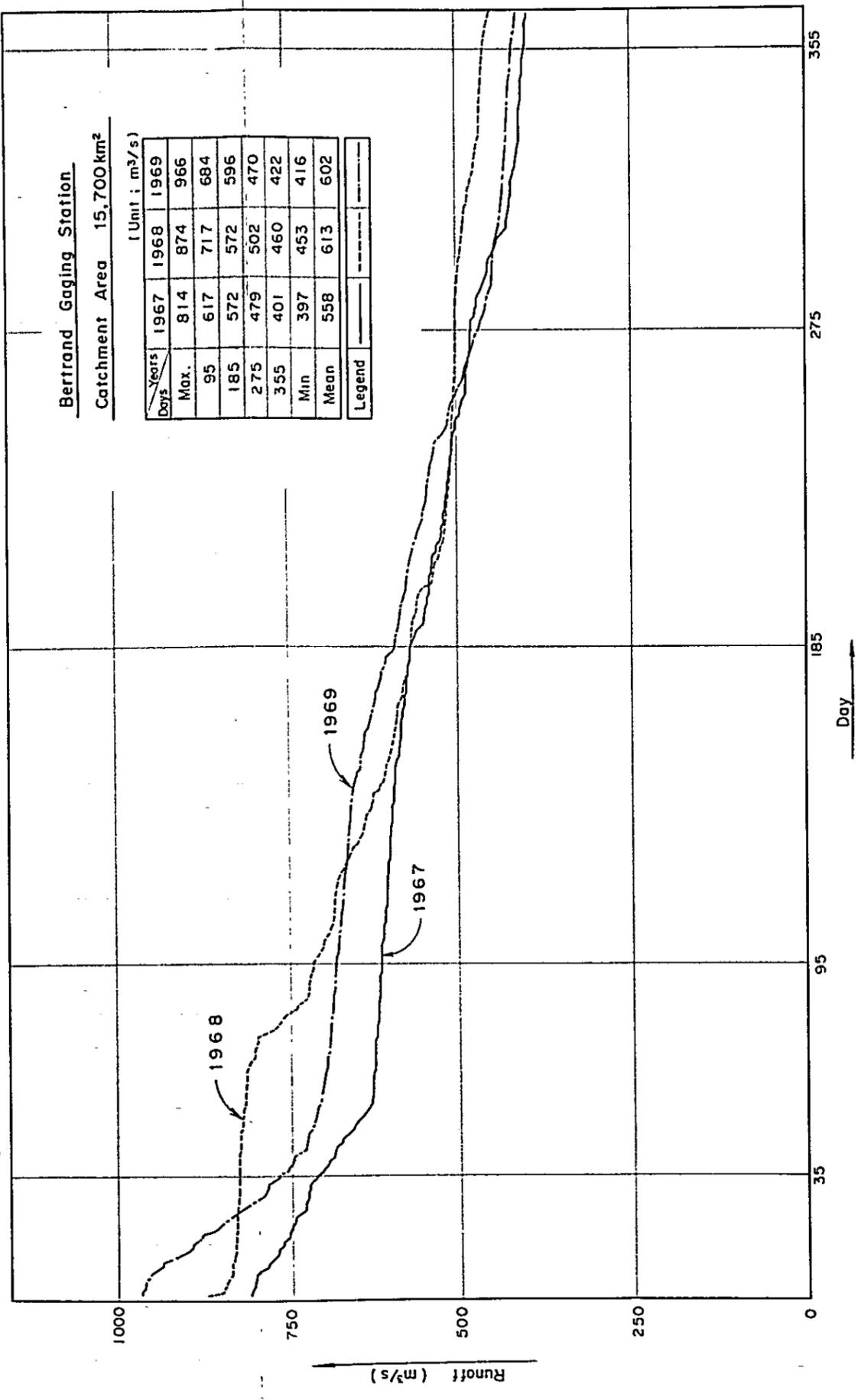


Fig-4.2(3) Runoff Duration Curve at Bertrand Gaging Station

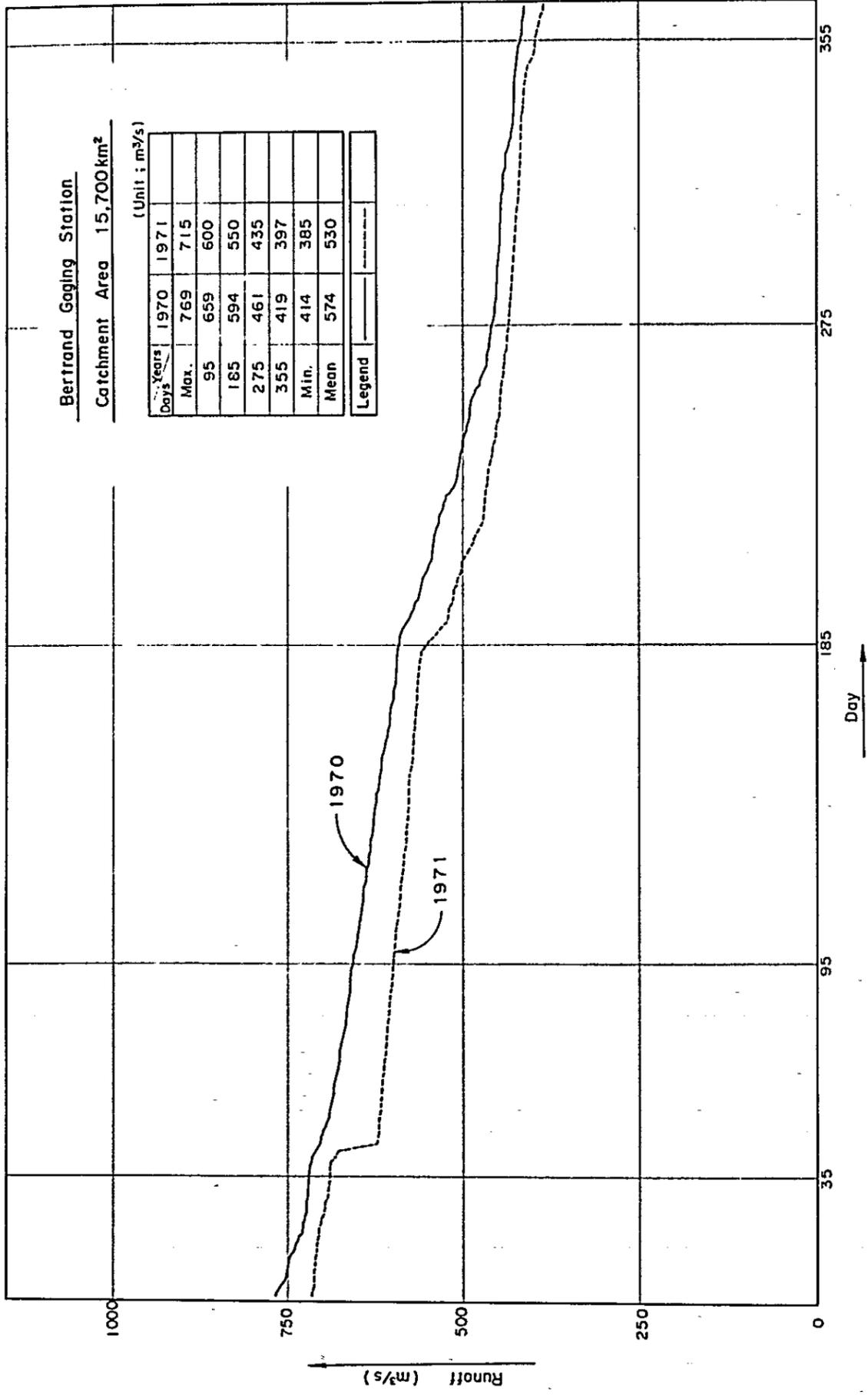


Fig-4.2(4) Runoff Duration Curve at Colonia Gaging Station

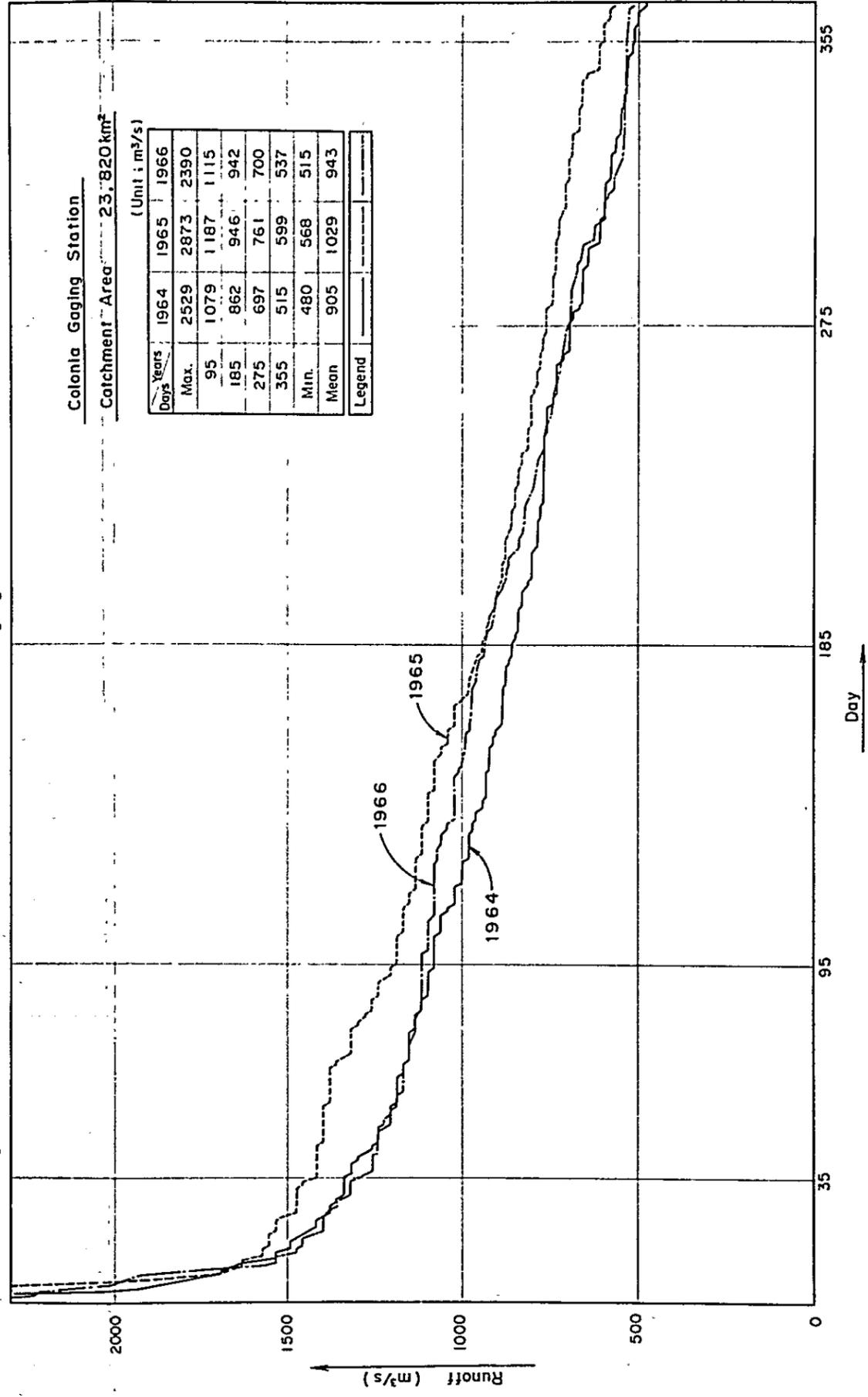


Fig-4.2(5) Runoff Duration Curve at Colonia Gaging Station

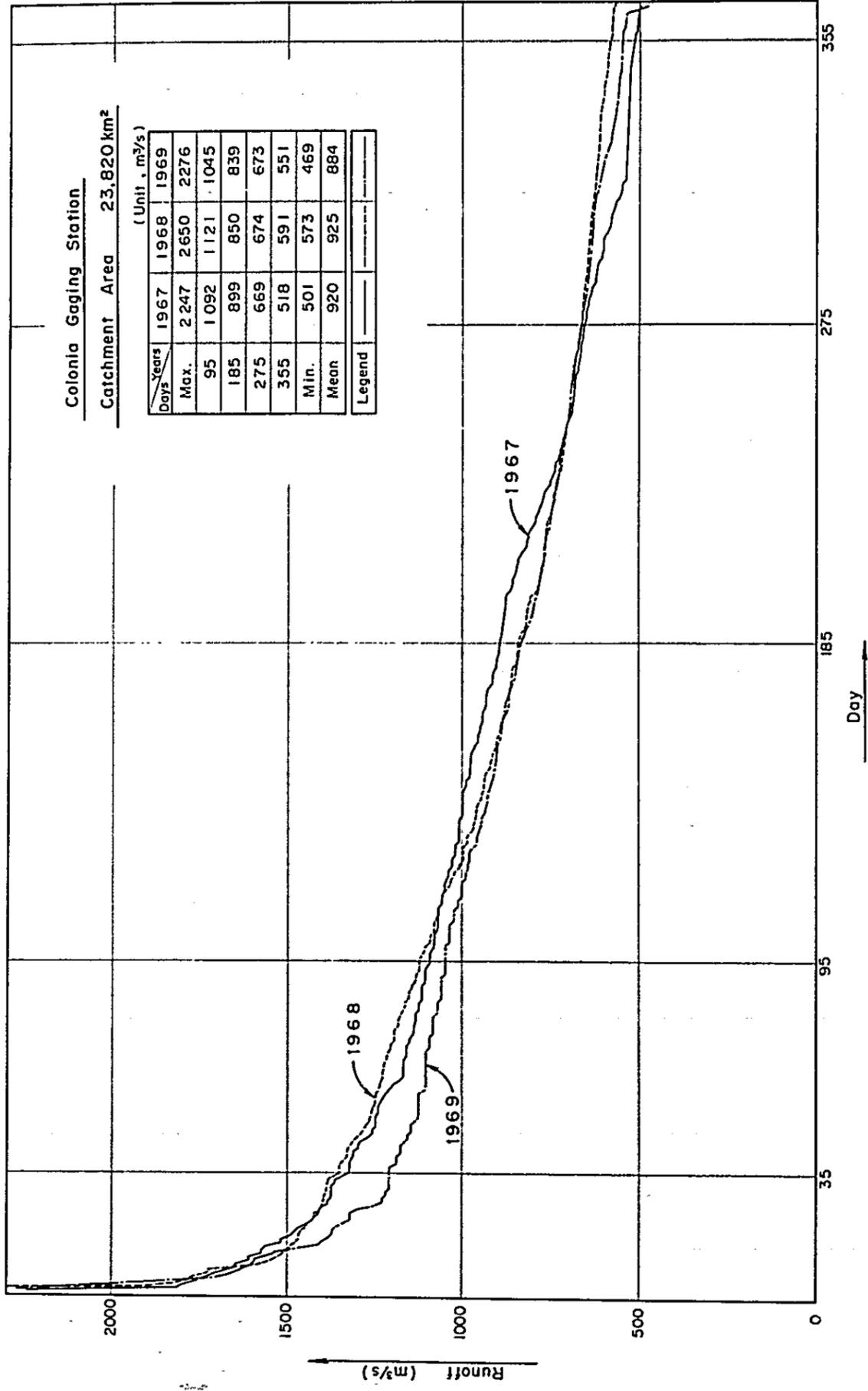


Fig-4.2(6) Runoff Duration Curve at Colonia Gaging Station

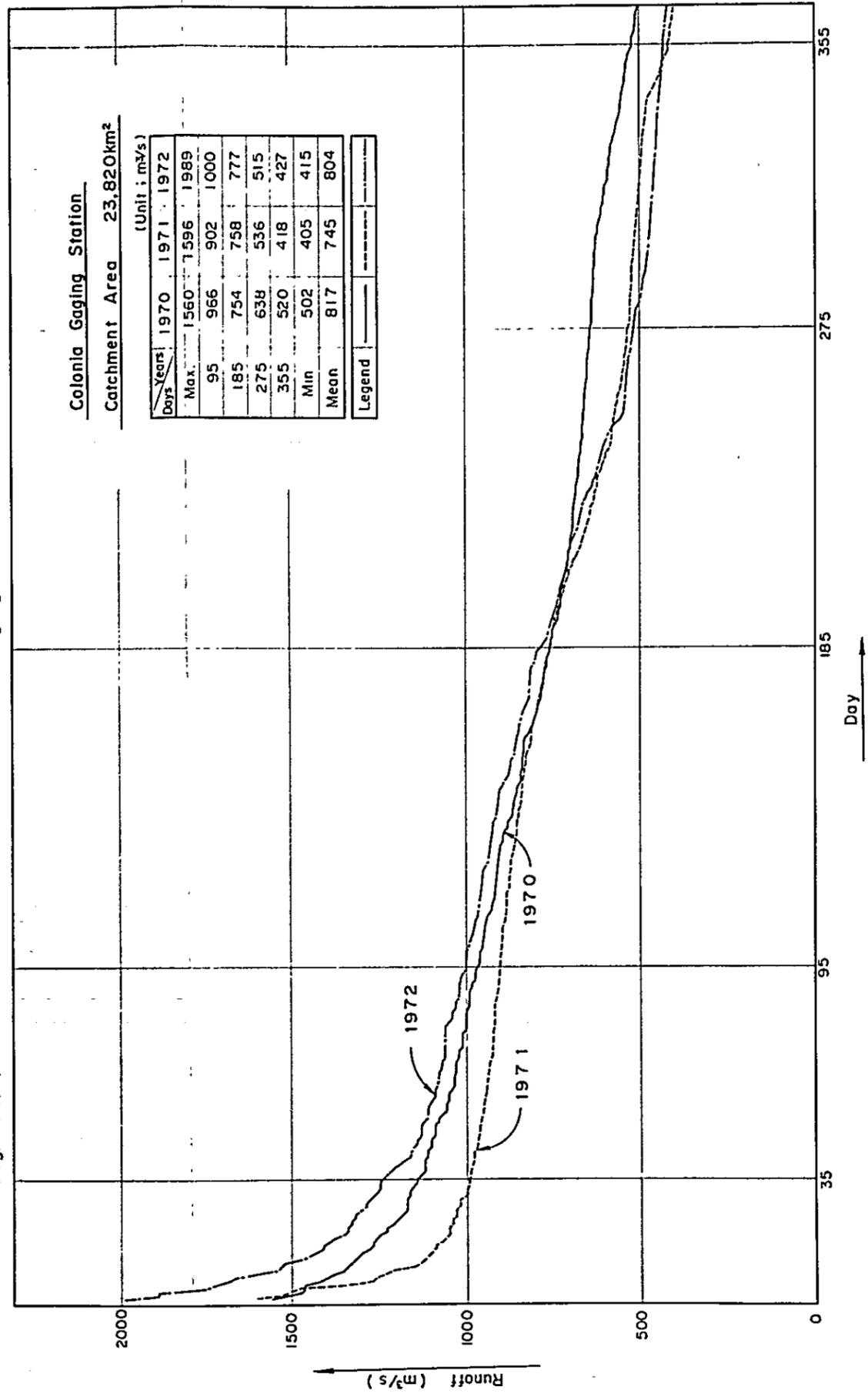


Fig-4.2(7) Runoff Duration Curve at Colonia Gaging Station

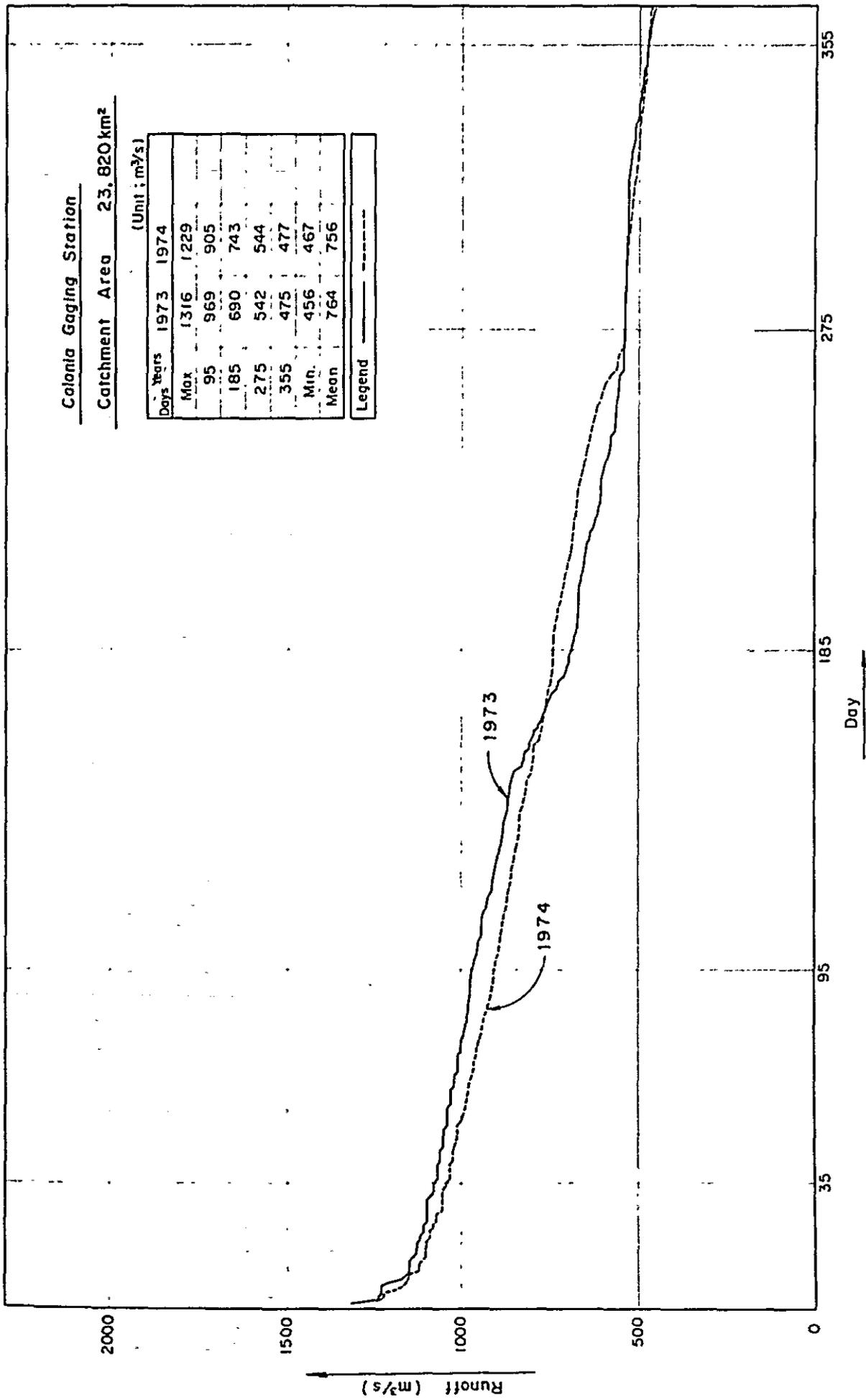


Fig. - 4.4 Probable Flood Discharge

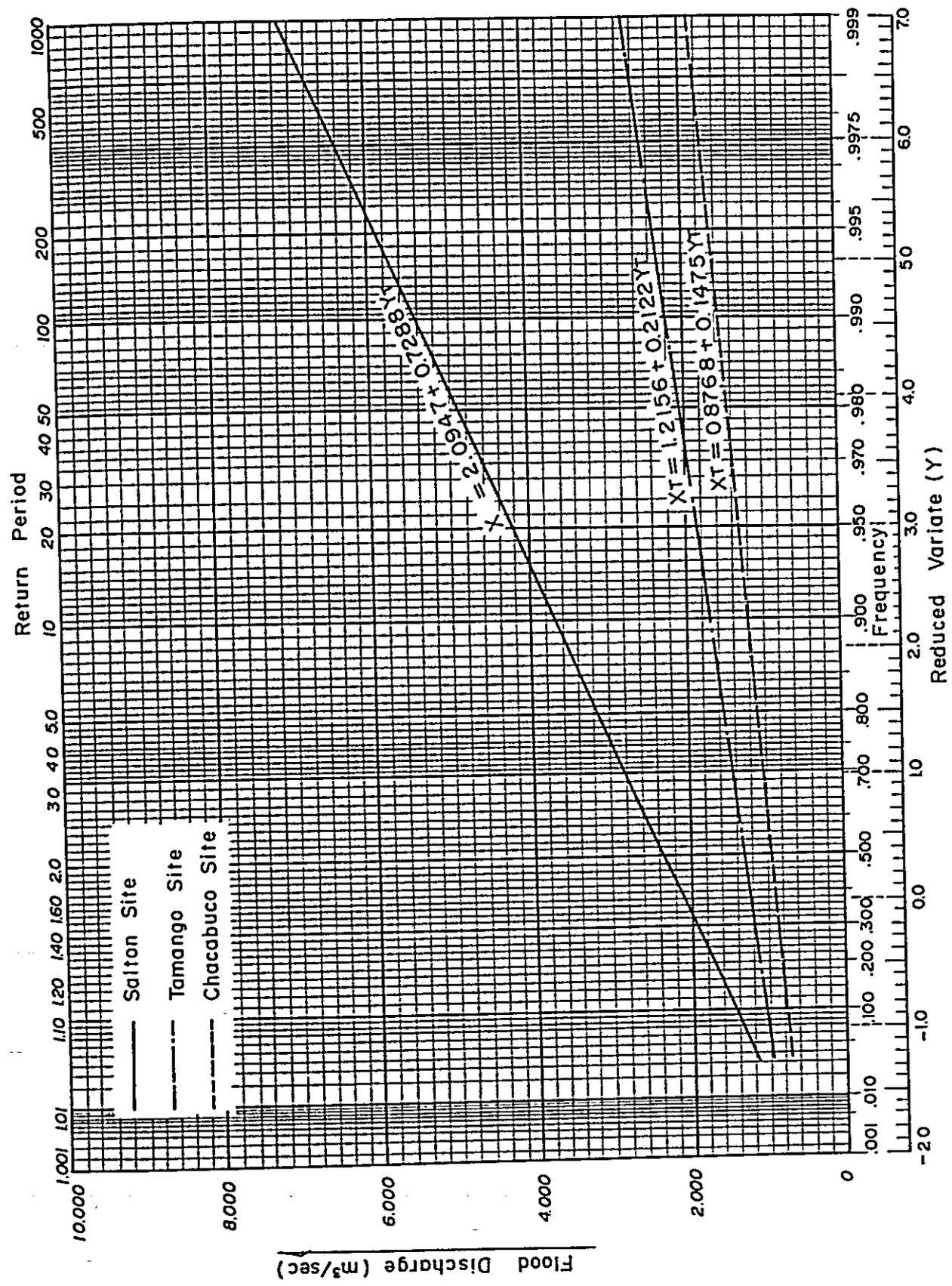
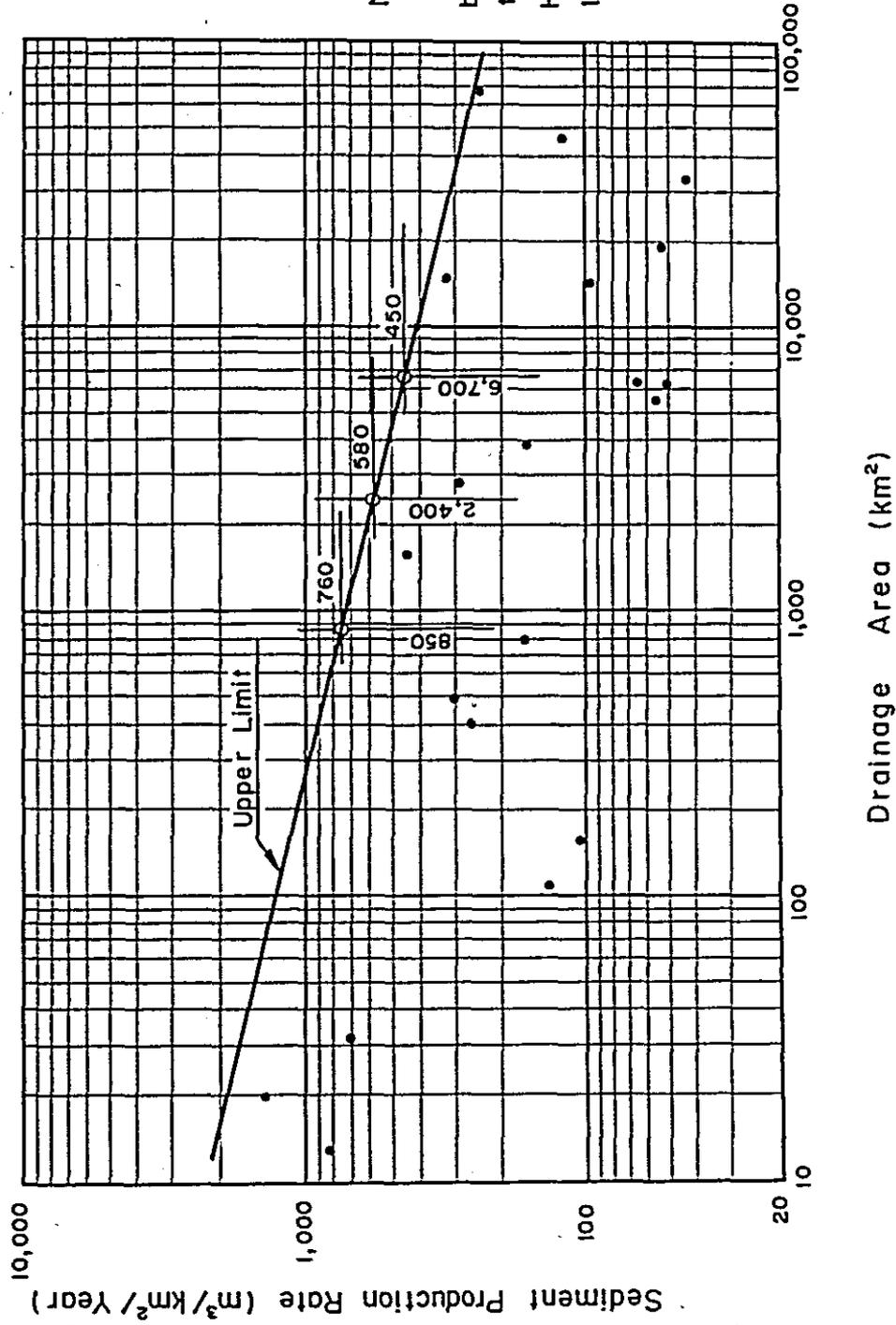


Fig.-4.5 Rates of Sedimentation of Selected Reservoir
in the Western United States



Note ;

The figure was prepared
by using the data shown in
the "Hand Book of Applied
Hydrology. by VEN TE CHOW
1964,"

第 5 章 地 質

第5章 地 質

5.1 一般地質

5.1.1 地 形

西経72°度より74°，南緯46°30'より48°，いわゆるパタゴニアの太平洋沿岸中部に位置するパーケル川は，北部をパタゴニアン・アンデス中最高峰のサン・ヴァレンティン山（標高4,058 m）を擁した氷河山陸と接し，東南部もまた，サン・ロレンソ山（標高3,700m）を中心とする氷河山陸に接しつつ，西部太平洋沿岸のフィヨルド地帯へと面している。

この地域の西半部は，中生代の花崗岩系の岩体が主として見られ，東半部は古生代の変成岩より構成されている。この地域の北東部には主として安山岩，流紋岩系のジュラ紀火山岩層と海成・陸成の堆積物から成る第三紀堆積岩層がある。

この地域の地形は，過去の氷河の侵食作用及び広域的な地質構造によって特徴づけられている。パタゴニアン・アンデス山系の東縁ではヘネラル・カレーラ湖（湖面積約1,893 km²，標高205 m），コ克蘭湖（湖面積約380 km²，標高154 m），オイギンス湖（湖面積約1,000 km²，標高285 m）等のような多くの湖が散在している。パーケル川はヘネラル・カレーラ湖に源を発してメイン・パタゴニアン・アンデスを東から西へ横断し，ネフ川，サルト川，コロニア川，ニャディス川，ベンティスケエーロ川等の大支流を併せて，太平洋岸のカレータ・トルテルへと流出している。

5.1.2 岩 質

この地域には黒色頁岩，千枚岩，石英片岩，緑色片岩，石灰質片岩，大理石等から成る変成岩の基盤累層群が広く発達している。石灰質片岩と大理石は，当地域の北部，特にヘネラル・カレーラ湖の西部に極く部分的に見られる。緑色石灰質片岩は，当地域の北半部に稀にしか見られない。この変成岩基盤の厚さはまだ確認されていない。

変成岩基盤を不整合に覆って，安山岩熔岩，安山岩質火砕岩，凝灰岩から成り，石英安山岩，粗粒玄武岩質の岩脈を伴う，ジュラ紀の火山岩層が存在し，その全層厚は約500 mと見込まれる。これらの火山岩類は，下記に示す地点に露出している。

- (1) ヘネラル・カレーラ湖の西部
- (2) パーケル川とチャカブコ川の合流点周辺
- (3) チャカブコ川の両岸
- (4) パーケル本流，コ克蘭川，サルト川によって境されるコ克蘭村の西側地域
- (5) サルト川とトランキーロ川の合流点附近
- (6) タマンガダム地点

上記火山岩と変成岩基盤の中間部に、部分的に数センチから 30 m の厚さを有する礫岩、黒色頁岩等の堆積岩が見られる。

また、細粒礫岩、砂岩、シルト岩、泥岩、石灰岩等の海成・陸成堆積物からできた第三紀層もこの地域に見られる。この堆積岩層の厚さは H.R.Katz(1962)によって 1,000m 以上と推定されている。しかし、これらの地層はパーケル川の候補地点にも認められず、僅かにヘネラル・カレーラ湖の南岸とチャカブコ川北岸との中間部に見られるのみである。

第四紀堆積物としては、氷河期の最終段階の氷河堆積物が（川と湖を含む）氷食谷の中に顕著である。一般に、これらの堆積物は氷堆石と、氷碛粘土のような湖成堆積物から成っている。この地域の氷碛粘土の量はかなり多く、またこの氷碛粘土は現世まで堆積し続けたものである。

基礎岩盤表面の風化、崩壊の程度は全般に比較的軽微であり、薄い。

当地域の西半部は花崗岩、花崗閃緑岩や輝緑岩、小岩体等の貫入岩体から成っている。

5.1.3 地質構造

この地域は、地質構造線すなわち北々西及び東北東の方向に発達する顕著な諸断層によって、いくつかのブロックに分けることができる。主なブロックは次のとおりである。

- (1) ヘネラル・カレーラ湖の西岸と、レオン川の北側には火山岩層が主として分布している。一方、上記区域の南側には変成岩基盤累層群のみが見られる。
- (2) 第三紀堆積岩層は、チャカブコ川の北側に発達しているが、南側は変成岩基盤と火山岩層から成っている。
- (3) パーケル川のタマンゴダム比較地点の附近、及び川の西側には火山岩層があり、東側には主として変成岩基盤が出ている。
- (4) チャカブコ川の北側には変成岩があり、川の南側には火山岩層が存在する。
- (5) ニャディス川沿いに、西側には花崗岩類、東側には変成岩基盤が露出している。

一般に、この地域の北半部では、変成岩基盤累層群の中の褶曲軸と、片理の方向は主に北々東である。地域の中央部では東西方向性が卓越し、南半分では北東方向が卓越する。

最も新しい地殻運動は中新世以後と判定されて居り、その特徴は東北東及び北々西方向の断層と、東西方向の軸を有する大規模な褶曲である。

5.2 各サイトの地質状況

5.2.1 チャカブコダムサイト

このサイトは、ダム、発電所、洪水吐、仮排水路等の主要構造物を、計画、配置するのに非常に有利な条件を有している。

しかし、この峡谷地帯自体が、大きい構造帯の中央に位置しており、その上周辺に多くの断

層や強度の破碎帯が認められる。特にダム地点では、右岸アバットメントが多数の断層によって強い剪断を受けている。断層の一つはダム軸の近傍を通り、この断層によって生じた破碎帯は10 m以上の巾を有する。これらの断層の方向はN 20° E, 80° W及びNS 60° Wであり、そのうち若干のものは川を横断して左岸に向っている。ダム地点右岸が強く破碎されている一方、左岸側の状況はこれに比べてさほど乱されてはいないようである。

当地点の基礎岩盤は、非常に堅硬で新鮮な結晶片岩（緑泥岩、石英片岩、片理の走向18°E）から成り、兩岸共に片理の方向性に変化は見られない。

実際の流路の方向と周囲の地質状況から考えて、この峡谷が何らかの大規模な断層又は破碎帯に沿って、深い侵食の結果形成されたという事もあり得る。

断層が活断層であるか否かを判断する事は非常に困難である。しかし、たとえ当地点の断層や破碎帯が第三紀の強い構造運動によって生じたものであって、現世においては活動していないと仮定しても、なおこれらの断層や破碎帯はダム、発電所、洪水吐等の主要構造物の基礎状況として好ましくないものである。

従って、将来相当量の経費と時間を費して、基礎処理のための、より詳細な地質工学的調査と研究が必要とされるであろう。（Fig-51 参照）

然しながら、ENDESA は、地質条件を除く他の諸条件が本計画に有利であることから、このサイトを、今回の踏査結果から直ちに放棄する意志はなく、指摘された問題点に対する詳細な地質調査を実施し、その結果を待って最終判断を下したいとの意向を示した。このENDESA の意向に対し、今後直ちに調査すべき事項を次の如く提案した。

- (a) 左右兩岸に弾性波探査を出来るだけ細かいグリットを組んで実施すること。
- (b) 詳細な地表地質踏査を行うこと。
- (c) 調査横坑を出来るだけ多数設け、破碎帯の状況を直接肉眼で観察し、正確に実態を把握すること。
- (d) 掘削した横坑内で、破碎帯並びにそれに準ずる不良岩部に於ける岩盤力学試験（剪断、変形の現場試験）を実施すること。
- (e) 左右両河岸から数本のボーリングにより、コア採取並びに透水試験を行って、gorge（河床）に断層や破碎帯が存在するか否かを調べること。

チャカブコダムサイトが地質的に好しくないと判断されるなら、このサイトの上下流の近くに適地がないか踏査してほしいとのENDESA の要望に基き、地形的に適地と考えられる2ヶ所、即ち、チャカブコサイトの upstream でパケル川とネフ川の合流点近くのgorge地点、およびチャカブコサイトから約2 km 下流にあるgorge地点を選び、踏査した。

踏査の結果判明したことは、両地点共、チャカブコサイトと同様地質構造帯上に位置し、チャカブコサイトよりむしろ多数の断層や破碎帯が発達し、激しく、地質的に剪断騒乱されて

いるのを確認した。特に主断層や破砕帯の方向が、いづれのサイトでも川流と同様、上下流方向に発達し、河床自体にも破砕帯が存在する可能性があり、ダムサイトとしては不適であると判断した。

5.2.2 タマンガダムサイト

タマンガダムサイトは、パーケル川が直角に南へ流路を転ずるチャカブコ川合流点より下流約3.5kmの峡谷に位置する。

ダム地点の基礎岩盤は柱状及び水平節理を有する火山砕屑性安山岩熔岩から成っている。ダム地点のすぐ下流地域には、基盤の緑泥岩石英片岩が広く露出している。右岸の岩層は風化されずに殆んどが露出しているが、左岸は比較的厚い崖錐と段丘堆積物に覆われている。

顕著な断層破砕帯はこの地点では認められない。ダム地点左岸は断崖又はオーバーハングのような急斜面を形成し、峡谷の深さは20m以上である。

上記諸条件を考慮して、フィルダムの建設について、地質工学的に次のような問題点が指摘される。

- (a) 深い峡谷と急斜面に対して、掘削による大規模な整形又はコンクリートに置きかえるというような特殊処理が必要となろう。
- (b) 左岸側に鞍部地形があり、この部分をコア・ゾーンから外すか、或いは掘削によって鞍部を除去する必要がある。
- (c) 火山砕屑性安山岩熔岩と結晶片岩基盤との間に、黑色頁岩の存在する可能性と、その厚さをダム地点においてチェックしなければならない。もし黑色頁岩があればその支持力、透水性、剪断強度等の物理的特性を調べなければならない。
- (d) ダム地点の基礎岩盤中に著しく発達する節理や亀裂を通じてかなりの漏水が考えられるので、基礎処理の詳細な設計を行なうために、充分入念な透水試験とグラウト試験を実施する事が、地質調査の重要な部分となるであろう。

タマンガダム地点は、地質地形両面になお若干の問題を持ってはいるが、将来、チャカブコ地点での地質調査とダム建設に高額な費用を要するならば、チャカブコ地点に対する比較地点として妥当なものであるだろう。

5.2.3 サルトン・サン・カルロスダムサイト

ダム地点は、サン・カルロスの近くにあるパーケル川の急流部の末端に位置し、ここより川は流路を大きく左折して西北西方向に向かっている。川巾はダム地点で250mである。ダム地点における川の平均水位は標高約32m、兩岸の尾根は約35°~40°の傾斜を有し、川の水位より170m以上高い。しかし、ダム地点の水深と河床堆積物は、未だくわしく調べられていない。

ダム地点兩岸のアバットメントは、主に花崗閃緑岩と若干の岩脈から成っている。これらの

岩は風化されず完全に露出して居り、非常に新鮮で充分な堅岩である。

兩岸には、いくつかの断層や破碎帯が認められるが、これらの破碎帯は石英安山岩又は石英斑岩及び粗粒玄武岩等の酸性、塩基性の岩脈によって填充されている。多くの垂直節理も発達しているが、大部分は閉じた節理である。

一般的に、サルトン・サン・カルロスダム地点は、地質工学的、地形的観点からは、高いダムの建設に適していると考えられる。河床の状況、水深、堆積物等を確認するために、測深や調査作業をなるべく早期に行なう必要がある。これらの作業の実施は、ダム地点の最終選定とプロジェクトの工事費積算のため特に重要である。

現地調査をした結果、この河床調査方法としては、弾性波探査や、ボーリング工等の適用が極めて困難な状況にあるので、第一段階の調査として、ボートを利用した音波探査を試みるべきであろう。

上記の方法で、川の深さと河床堆積物の性質や深さを確認し、当ダム地点の技術的可能性を判断した上で、弾性波探査、コア・ボーリング、透水試験、横坑内観察、詳細な地形測量等兩岸の地質調査に進むのがよいであろう。

今回の現地調査結果はFig-52にまとめてある。

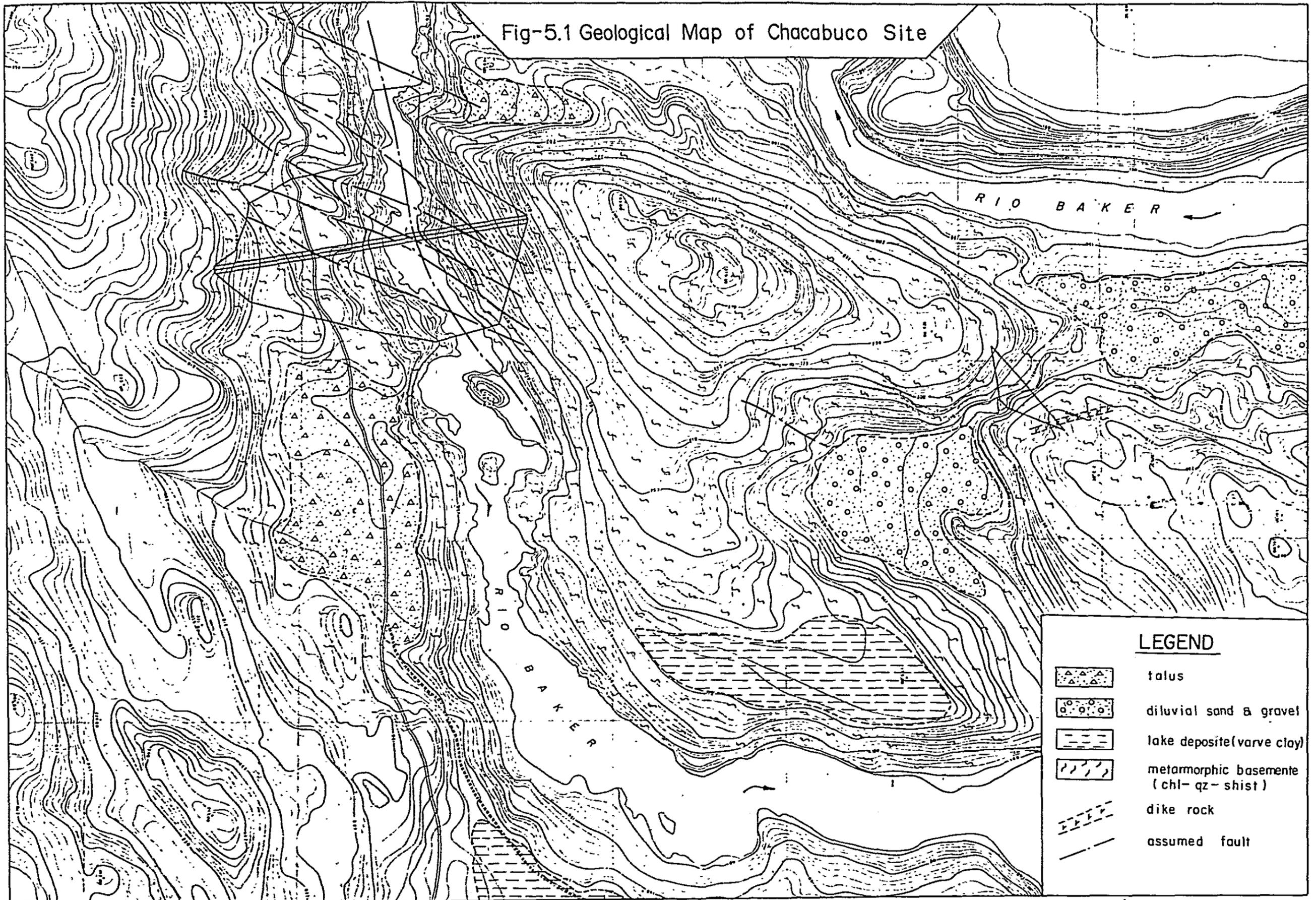
5.2.4 サルトン・ゴージダムサイト

サルトン・サン・カルロスダムサイトが地質的、経済的にダム建設に不適と判断された場合、サルトン・サン・カルロスの上流約3.5kmの峡谷部が、数メートルの落差を犠牲にするものの、比較ダム地点として有望である。この峡谷は南西方向に走り、長さ約700m、巾30～40mである。峡谷の平均標高は約40m、兩岸の尾根は標高200m以上である。

このダム比較候補地点は、全域非常に堅固で新鮮な花崗閃緑岩と、石英安山岩、粗粒玄武岩等の若干の岩脈から成って居り、岩脈は破碎帯に沿って貫入しこれを完全に填充している。峡谷を横断して、特に右岸アバットに顕著な断層(EW・80°S)と節理(N 50°E)が見られる。特に右岸上流部には2本の顕著な断層に境され、多数のブロックに割れたクサビ形の部分がある。他の部分は完全に露出していて風化もなく、基礎として全く良好である。一方、左岸ダム軸附近には比較的薄くせまい崖縫が見られる。全般的に、花崗閃緑岩と酸性又は塩基性岩脈から成る基礎岩盤は充分堅固で新鮮なものと判断される。

従ってこの地点は、基礎岩盤の強度、耐久性、透水性、構造的特徴等の点から見て、大ダムの建設に極めて好適な条件を与えるものと判断される。地表地質調査の結果はFig-53を参照されたい。

Fig-5.1 Geological Map of Chacabuco Site



LEGEND

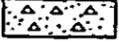
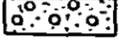
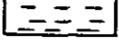
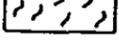
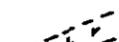
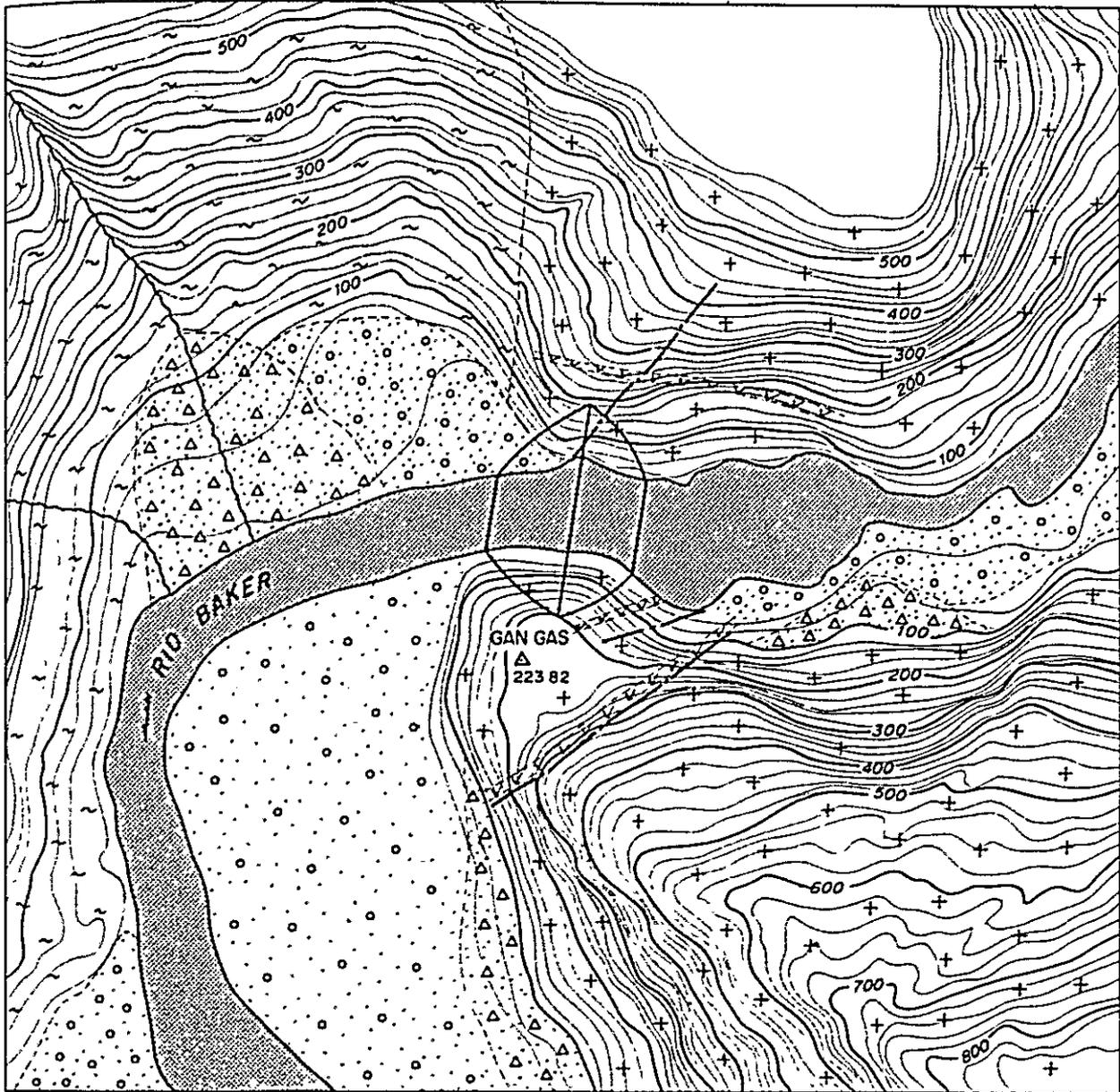
-  talus
-  diluvial sand & gravel
-  lake deposit (varve clay)
-  metamorphic basement (chl-qz-shist)
-  dike rock
-  assumed fault

Fig-5.2 Geological Map of Salton San Carlos Site



LEGEND

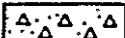
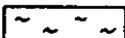
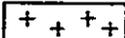
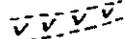
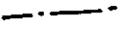
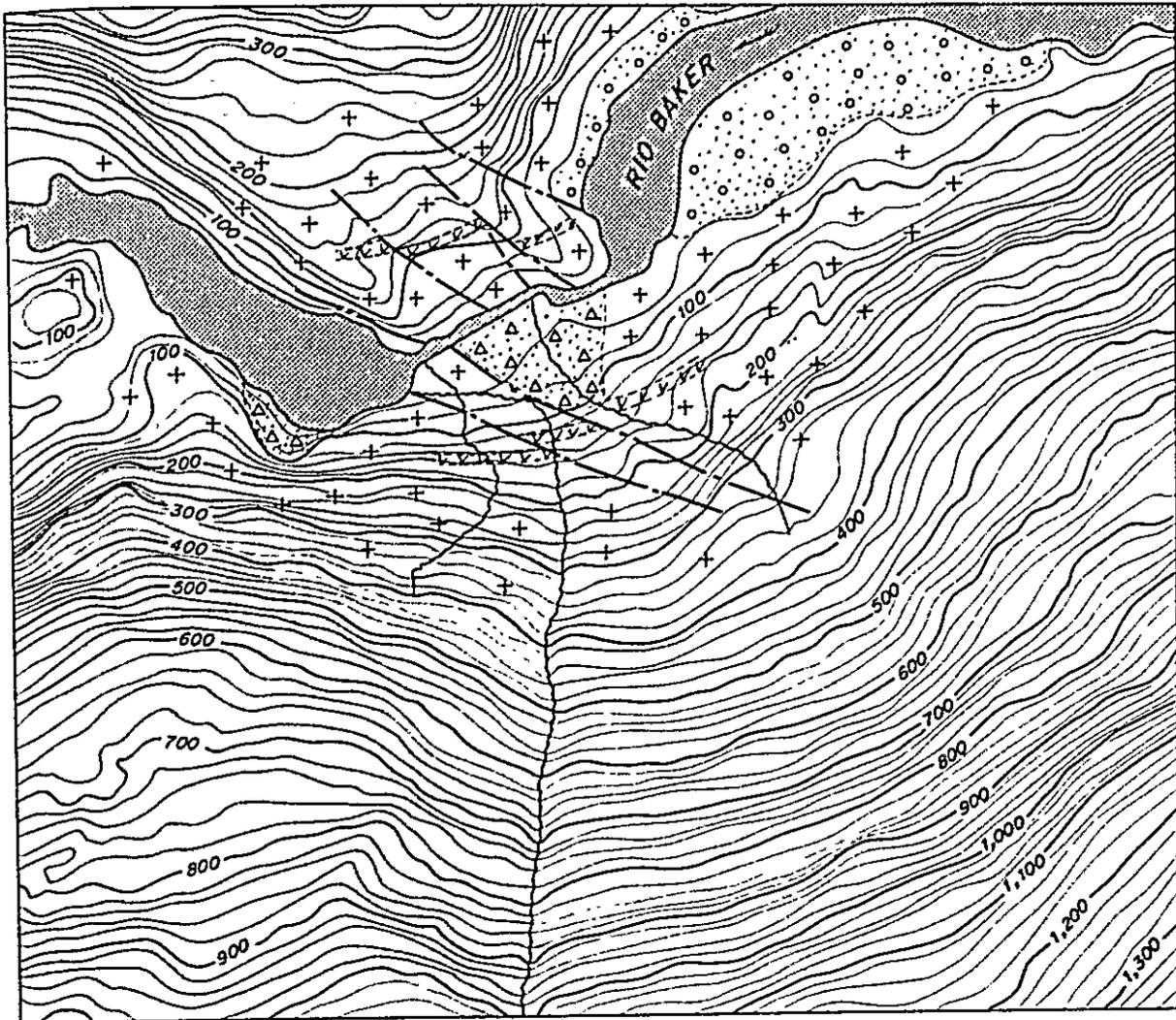
-  alluvial deposits
-  talus
-  metamorphic basement
-  granite
-  dike rock
-  assumed fault

Fig-5.3 Geological Map of Salton Gorge Site



LEGEND

- | | |
|--|-------------------|
| | alluvial deposits |
| | talus |
| | granite |
| | dike rock |
| | assumed fault |

第6章 建設材料

第 6 章 建設材料

6.1 ダム材料

6.1.1 チャカブコダム材料

(a) コア材料

今回、我々はチャカブコダムサイト近傍で、良質なコア材料を見つけることはできなかった。しかし、チャカブコダムサイトの近くのパーケル川の両岸には、多くの氷河堆積台地が見られる。これらの堆積物は、うすい表土と、その下方の上部は砂利を含む砂層、下部は氷碭粘土層よりなっている。よって、これらの台地より試料を採取して、コア材料の特性をチェックする必要がある。

若し、粘土質材料又は混合材料の特性が試験の結果コア材料として適当であることが分かれば、次の段階として台地に堆積している材料の採取可能数量に対して、調査孔、或いは溝堀でこれを確認する必要がある。

(b) フィルター材料

フィルター材料については、上記の台地から得られる砂質の砂利がフィルターゾーンに相当であると思われる。よって材料の特性をチェックするため、これらの台地から試料を採取する必要があり、続いて採取可能数量を確認する必要がある。

(c) 透水性材料

ダムサイト近くの採石場からロック材料を取る場合は、発破費用がかかる。材料の運搬距離および、盛立された材料の剪断強度を考慮すれば透水ゾーンに対しては、玉石と砂利の混合材料よりはむしろロック材料の方が好ましい。透水性材料をネフ川の下流地区より求めるとすれば、材料の運搬距離は5km以上となり、且つネフ川の堆積物は細粒分を多く含んでいるので、材料の篩分けが不可欠となるであろう。なお、仮排水トンネル、洪水吐、その他の構造物の掘削より得られるロックは勿論、透水ゾーンに対して使用できる。

6.1.2 タマンガダム材料

(a) コア材料

タマンガダムサイトの周辺ではコア材料として使用できる土取場は発見できなかった。しかし、チャカブコ川の下流左岸の台地（ダムサイトより測って5km上流）およびパーケル川の左岸の台地（ダムサイトより測って5km下流）は土取場として期待できると考える。これらの台地は、先に述べたように砂質層と氷河粘土層でできているので、これらの台地の材料の特性をチェックするため、材料の試料を採取する必要がある。

(b) フィルター材料

フィルター材料については、ダムサイトから9km下流にある左岸側河岸の地域が採取場の一つとして期待できる。

しかしながらこの地域はダムサイトより距離が遠すぎ、且つ、シルト質の材料を含んでいるものと考えられるので比較のため、この河岸の地域および6.1.2(a)項で指摘した氷河台地の両方から材料試料を採取する必要がある。

(c) 透水性材料

タマンゴダムの場合は、必要とする透水性材料の数量は約10,000,000 m³となる。それ故材料の運搬距離と要求される剪断強度を考慮に入れると、透水性材料にはタマンゴサイトの近くの採石場、および諸構造物に対する掘削より生ずるロックを使用することが望ましい。

6.1.3 サルトン・サン・カルロスダム材料

(a) コア材料

我々は今回は、パーケル川とヴェンティスケーロ川との合流点付近に良質なコア材料を見付けることはできなかった。一方、ダムサイト上流10 kmの左岸に位置する氷河台地およびダムサイト下流4 kmの左岸に位置する崖錐地区は土取場として使用できると思われる。前者は砂層と粘土層よりできており、後者は風化岩となっているが、この適材は崖錐地区に点在していることが観測される。

これらの地区から、材料の特性を Checkするため土の試料を採取する必要がある。その結果、若し試験結果がコア材としての条件に合うことが分かった場合は、次の段階として採取可能数量を確認する必要がある。一方、これらの材料がコア材としての特性や数量の点で中央遮水壁型ロックフィルダムが不適當であると判断された場合は、ダム型式はコンクリートダムか表面遮水型ロックフィルダムが考えられる。今予定しているサルトン・サン・カルロスダムサイトの河床堆積が深すぎる場合にはサルトン・サン・カルロスダムサイトから4 km 上流のサルトンゴージダムサイトが適當であり、その地質条件がよいときは代替ダム地点となる。

(b) フィルター材料

ヴェンティスケーロ川との合流点地域から得られる砂質の砂利はフィルターゾーンとして使用できると思われる。そこでこの材料の特性を試験するため、上記の地域より材料の試料を採取する必要があり、続いて採取可能数量についてもこれらの確認が必要である。

(c) 透水性材料

今計画しているサルトン・サン・カルロスダムは高く、しかも大きなダムであるので技術

面および経済面の両方から、透水性材料としてはダムサイト近くの採石場より得られるロックを使用すべきことを勧告する。

なお、仮排水トンネル、洪水吐並びにその他の構造物の掘削より得られるロックは勿論、透水ゾーンとして使用できる。

6.2 コンクリート骨材

6.2.1 チャカブコ地区

コンクリート骨材用採取地としては次の地点が考えられる。

- (1) ネフ川との合流点地区
- (2) デルタ型台地 - パーケル川の左岸に位置し（左岸道路とパーケル川の間）チャカブコダムサイトの upstream 5km の距離にある。
- (3) 氷河台地 - パーケル川の左右両岸にある。

コンクリート骨材としては、シルト質材料および有機物を含んでいてはならない。且つ又、堅硬で耐久性の材料でなければならないので、上記の各地区から材料試料を採取する必要がある。そして試験室においては粒度分析を含めた諸試験を行うべきであり、且つ、又堆積材料の採取可能数量を調査孔、又は溝掘りで確認する必要がある。

コンクリート骨材採取地に対する我々の経験によれば、骨材の採取は大型機械で行われることと、材料の損失とを考えれば採取場の骨材の見積数量は設計数量の 1.5 倍以上にとるべきである。

6.2.2 タマンゴ地区

コンクリート骨材用採取地については、タマンゴダムサイトより下流 10km の距離にあるパーケル川左岸の河岸地区が骨材の採取地の 1 つとして期待できる。それで試験室において材料試料について試験する必要がある。

6.2.3 サルトン・サン・カルロス地区

コンクリート骨材用採取地としては次の地点が考えられる。

- (1) ヴェンティスケーロ川との合流点地区
- (2) ニャディス川との合流点地区

上記のうち、前者地区の堆積物は細粒分が多いと思われる。一方、後者地区は小粒の砂利に富んでいると思われる。何れにせよ、試験室において材料試料について試験する必要がある。サルトンサンカルロス発電所で必要な全コンクリート数量は 200,000m³ 以上と想定されるので、十分なる採取地を確保する必要がある。一方、若し、骨材の採取地において不適当なる粒度に出合った場合は、砕石プラントにおいてこれを調整する必要がある。

第7章 バークル川水力開発計画 比較案概要

第 7 章 バークル川水力開発計画比較案概要

7.1 バークル川の河川特性

バークル川はチリ共和国アイセン州の南緯 46°~48°、西経 71°~73° 30' にかけて位置している。

国際湖ヘネラルカレーラにその源を発し、アンデス山脈の一部を形成する急峻な山峽を南西に流下し、ペーナ湾（太平洋）へ注ぐ延長 170km の河川である。その流域面積はアルゼンチン領土 5,560 km² を含め 27,150 km² におよんでいる。

バークル川を上流、中流、下流部に 3 分割するとベルトラント湖より支流チャカブコ川合流点までの河川勾配 260 分の 1、チャカブコ川よりヴェンティスケーロ川間の中流部の河川勾配 1,300 分の 1、ヴェンティスケーロ川より河口までの下流部河川勾配 2,000 分の 1 のように区分することができる。

氷河の解氷水および湖面積 1,893 km² の大きさを持つヘネラルカレーラ湖によって自然に調整された水量はベルトラント測水所で最大流量 968 m³/sec、最小 371 m³/sec、年平均 603 m³/sec であり洪水期と称される 7、8、9 月においてさえ年平均流量の 55% 近くを流出させている。

7.2 各二段開発計画案の得失

二段開発の計画案についてその得失を比較すると、概略次表に示すとおりである。

| 計画案 | 上流ダム地点 | 下流ダム地点 | 得 | 失 |
|---------------|--------|----------------|--|---|
| 1. ENDESA 基本案 | チャカブコ | サルトン サンカルロス | 上下流ダム共に地形的には最も優れており、貯水量も多く有利で、ダム、発電所および付属設備の配置も妥当である。なお、工事施工上のポイントとなる水替作業も容易で工事作業のためのスペースも十分確保できる。 | 一方、問題点としてはチャカブコダムサイト右岸の断層および破碎帯と、サルトンダムサイトの河床部堆積層があげられる。ダムのタイプは上下流ダム共にフィルタイプであるが、ダムサイト付近にコア材が見当たらないのでコア材の採取地が問題である。 |
| 2. 比較案 | チャカブコ | サルトンゴージ | 上流ダムは上記に同じ、サルトンゴージダムは河床堆積のない峡谷部に築造されるため、ダムの基礎処理はサルトンサンカルロスに比べて有利であるが、発電所の配置等に問題がある。なお、フィルタイプダムの場合は、コア材が近くにないため、コンクリートダムに対する場合は非常に有望な代案になると考える。 | |
| 3. 比較案 | タマンゴ | サルトン サンカルロス | タマンゴダムは、チャカブコダムの基礎処理が技術的ならびに経済的に不利な場合の代替案であるが、このダムは経済面ではチャカブコダムに劣るが、地表踏査ではネックとなる断層はダムサイトには見られない。しかし上下流ダム共、ダム工事費が高くしかも利水計画に対し | |

| | | | |
|--------|------|---------|---|
| 4. 比較案 | タマンゴ | サルトンゴージ | 貯水容量の配分が有効性を欠く。 また、タマンゴダムがフィルタイプの場合はコア材の採取地に問題がある。 チャカブコダムがダム築造に不適當であると判断された場合の代替案であるが、利水上、前記の組合せ同様、不利である。 上下流ダム共に基礎処理は可能である。サルトンゴージダムはコンクリートダムが期待される。 |
|--------|------|---------|---|

今後の地質調査の結果、若しチャカブコダムの建設が可能であると判断された場合は計画案№2の上流チャカブコ（フィルタイプダム）と下流サルトンゴージ（コンクリートダム）の組合せが良く、一方チャカブコダムの建設が不可能な場合は計画案№4の上流タマンゴ（フィルタイプダム）と下流サルトンゴージ（コンクリートダム）の組合せになるであろう。

7.3 チャカブコ - サルトン・サン・カルロス計画

本計画は上流部チャカブコ地点および下流部サルトンサンカルロス地点に各々ダムを築造し、発電を行う二段開発計画である。総利用落差は174mで利用率は84%に達する。

発電所出力合計1,310 MW、年間発生電力量合計9,640 GWhである。(Fig-7.1, 7.2 Table-7.1)

(a) チャカブコダム

チャカブコダムはネフ川下流5.5kmに位置するU字形の地形を有する峡谷部に建設される。又、U字形地点の始端に旧河川によって切込まれた鞍部があり仮排水路および洪水吐の建設に非常に有利な地形をなしている。

本地点に中央遮水壁型ロックフィルダム（高さ71.0m、提体積1,500,000m³）を建設することによって、有効貯水容量38億m³を得ると同時にダム直下に発電所を建設し、その間の最大落差66.6m、最大使用水量717m³/secを用いて最大出力390 MW年間発生電力量2,840 GWhを得るものである。(Fig-7.3, 7.4 参照)

(b) サルトン・サン・カルロスダム

サルトンサンカルロスダムは支流ヴェンティスケーロ川上流3.5kmに位置し、川の流れが西方から大きく南方にカーブして峡谷部から平野部へ広がる直前の地点に建設される。本地点に中央遮水壁型ロックフィルダム（高さ115m、提体積9,300,000m³）を築造することにより、有効貯水容量52億m³を得ると同時に左岸側に地下発電所を建設し、その間の最大落差107.5m、最大使用水量1,075m³/secを用いて最大出力920 MW、年間発生電力量6,800 GWhを得るものである。(Fig-7.5, 7.6 参照)

Table - 7.1 Description of Chacabuco and Salton San Carlos Projects

| Item | Chacabuco | Salton San Carlos |
|----------------------------|--|---|
| Location | Province of Aisen, Chile | |
| River | Baker River | |
| Catchment area | 16,740 km ² | 25,220 km ² |
| Design flood discharge | 3,000 m ³ /sec | 3,500 m ³ /sec |
| Gross storage capacity | - | 17,000 x 10 ⁶ m ³ |
| Effective storage capacity | 3,810 x 10 ⁶ m ³ | 5,160 x 10 ⁶ m ³ |
| Reservoir area | 1,900 km ² | 300 km ² |
| High Water level | 206.7m | 138 m |
| Available drawdown | 2.0 m | 20.0 m |
| Installed capacity | 390 MW | 920 MW |
| Maximum power discharge | 717 m ³ /sec | 1,075 m ³ /sec |
| Effective head | 64 m | 104 m |
| Annual power production | 2,840 GWh | 6,800 GWh |
| Dam; | | |
| Type | Rockfill with center impervious core | |
| Height | 71 m, 54 m | 115 m |
| Crest length | 380 m, 160 m | 540 m |
| Width of crest | 8 m | 8 m |
| Volume | 1,500,000 m ³ 300,000 m ³ | 9,300,000 m ³ |
| Spillway | | |
| Type | Ski jump type | Ski jump type |
| Gate | Tainter gate | Tainter Gate |
| Height x Width x Numbers | 10m x 12.5 m x 4 | 15m x 10m x 3 |
| Length | 220 m | 350 m |
| Intake | | |
| Structure (Height x Width) | 27m x 64 m | 45m x 95m |
| Gate | Roller | Roller |
| Numbers | 4 | 4 |
| Penstock | | |
| Numbers | 4 | 4 |
| Length | 86 m | 144 ~ 222 m |
| Inner diameter | 5.7 m | 7.0 m |
| Powerhouse | | |
| Type | Semi-underground | Semi-underground |
| Structure (Width x Length) | 35 x 125 m | 30 x 177 m |
| Tailrace | | |
| Type | Open channel | Tunnel |

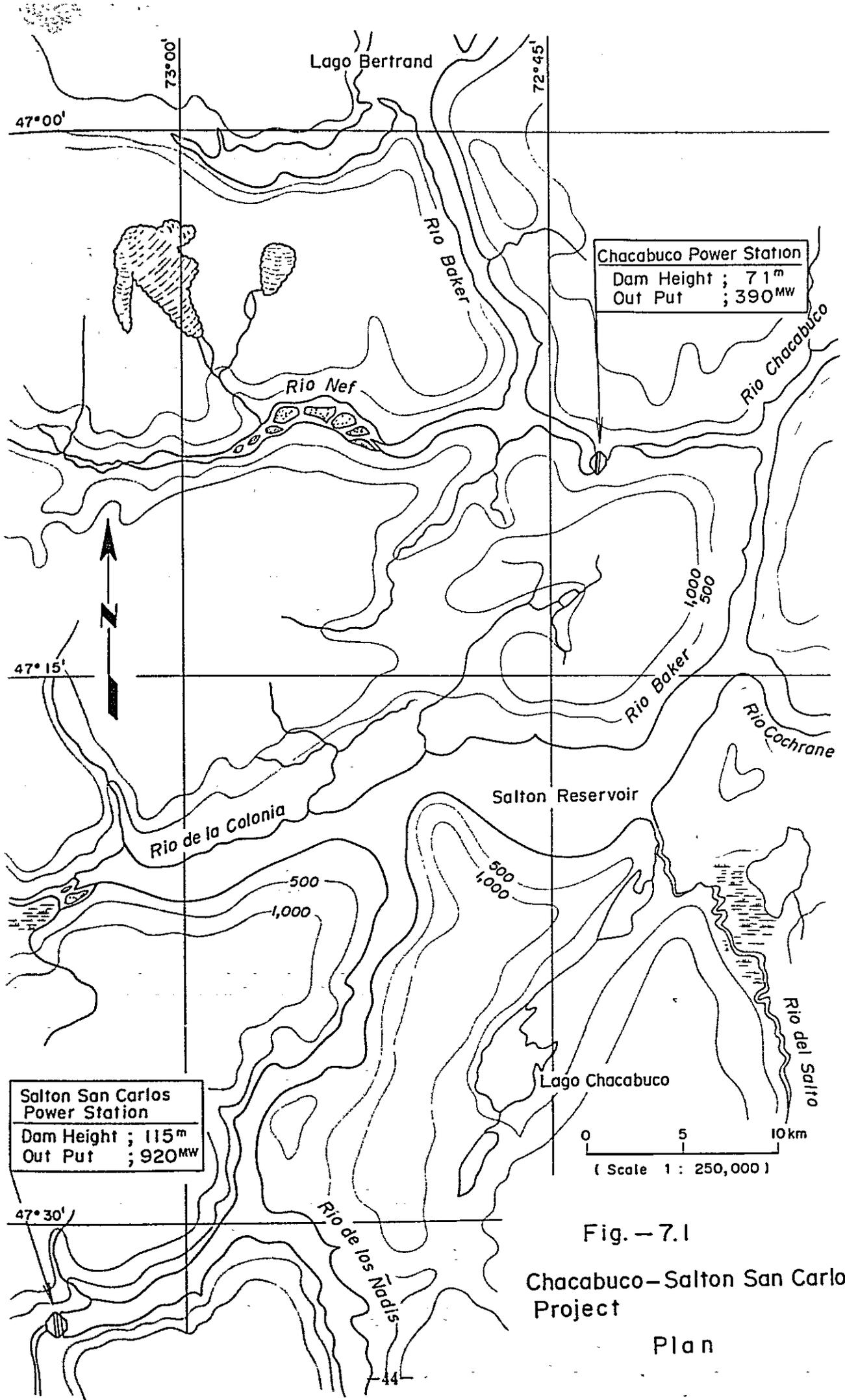
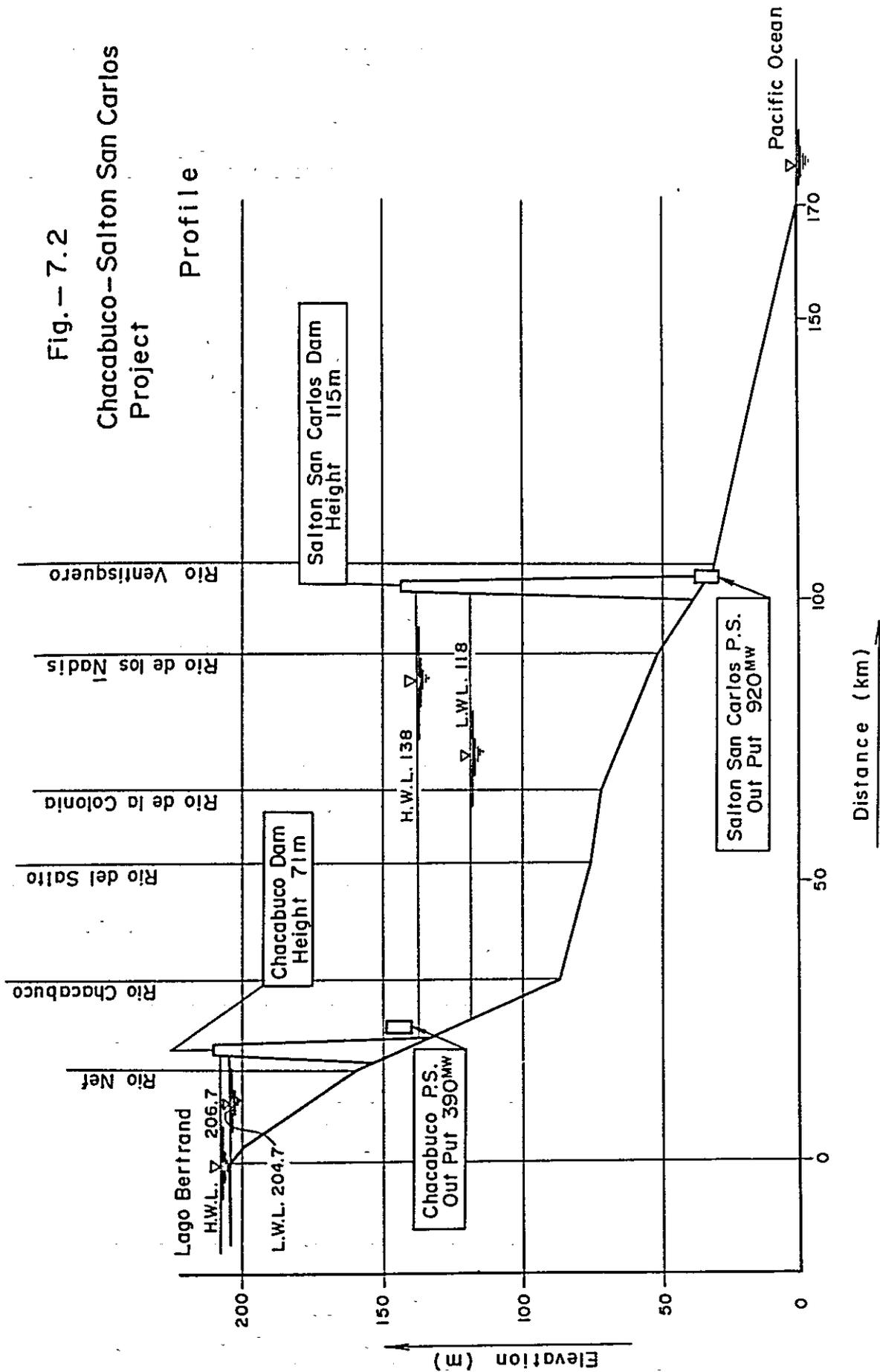


Fig. - 7.1

Chacabuco-Salton San Carlos Project

Plan

Fig. - 7.2
Chacabuco - Salton San Carlos
Project



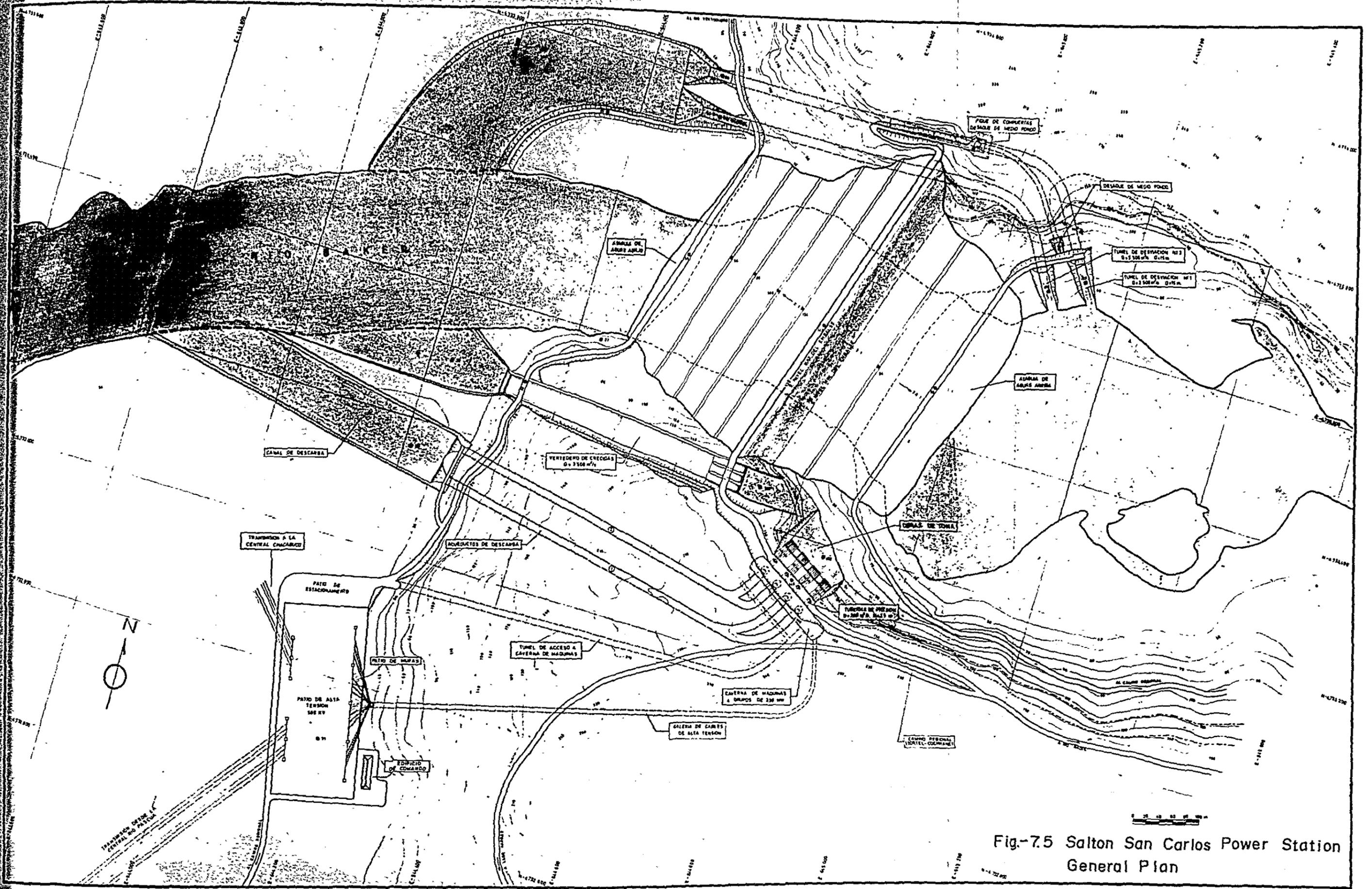
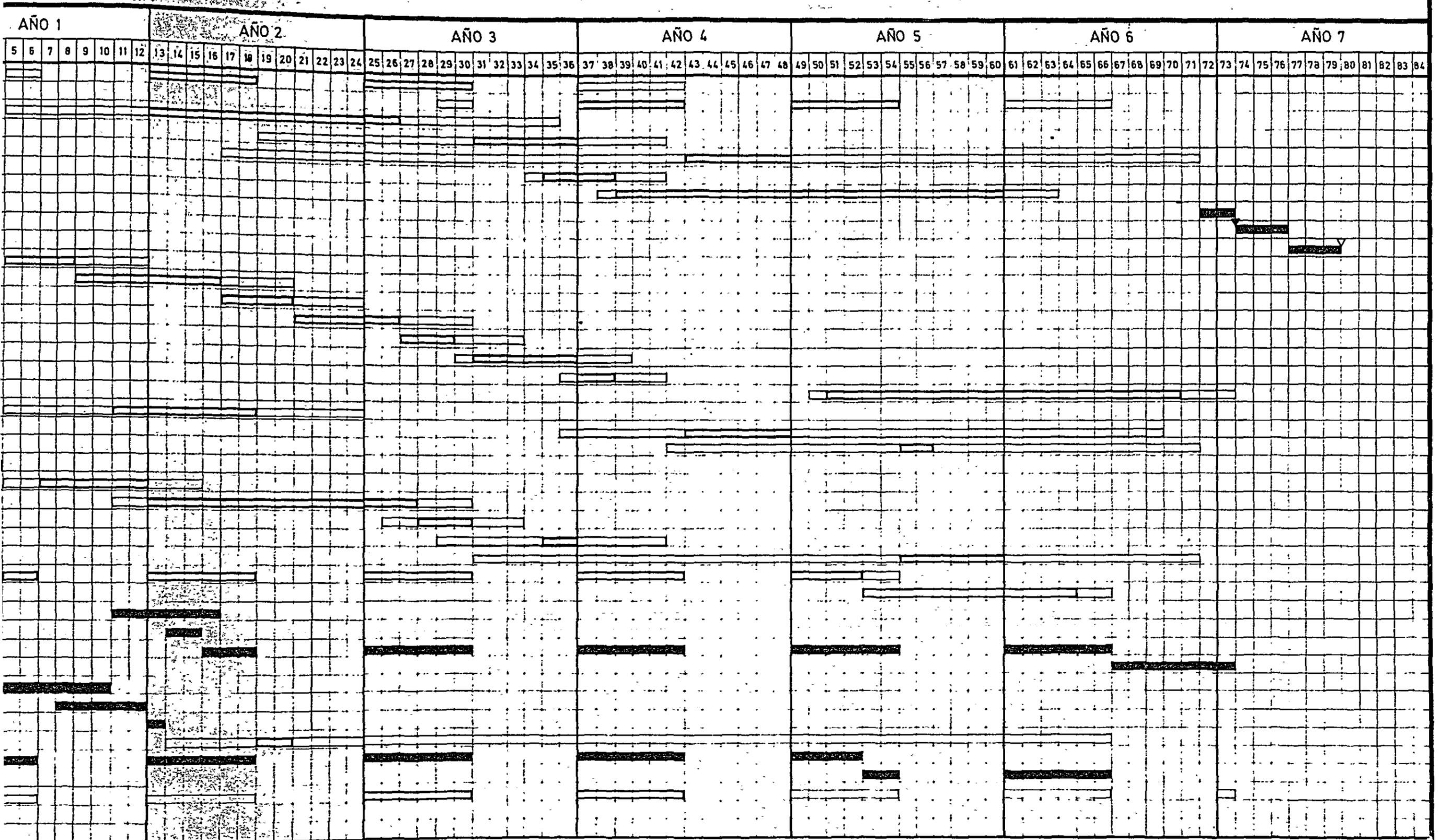


Fig-7.5 Salton San Carlos Power Station General Plan

Fig.-7.6 Construction Schedule of Salton San Carlos Power Station



7.4 タマンゴー サルトン・ゴージ計画

本計画は上流部タマンゴ地点および下流部サルトンゴージ地点に各々ダムを築造し、発電を行なり二段開発計画である。総利用落差は171.7m、利用率は83%である。

発電所出力合計は1,160MW、年間発生電力量合計8,576GWhである。(Fig-7.7, 7.8, Table-9.3 参照)

(a) タマンゴダム

タマンゴダムは、パーケル川とチャカブコ川合流点より下流3.7kmに位置している。地形は両岸が切り立ち、峡谷部をなしており発電計画には良好な地点である。

ダムは中央遮水壁型ロックフィルダム(高さ170m、堤体積13,500,000m³)タイプで有効貯水容量38億m³を得てダム直下に半地下式発電所を建設し、その間の最大落差114m、最大使用水量760m³/secにより最大出力720MW、年間発生電力量5,541GWhを得るものである。(Fig-9.8~9.13 参照)

(b) サルトン・ゴージダム

このダム地点は、サルトンサンカルロス地点より4km上流のサルトン滝部に位置し、支流ニャディス川と合流したパーケル川がこの地点で長さ1kmの峡谷により落差約10mの滝となって流下している。地形、地質共に発電計画には良好な地点である。ダムはこの峡谷部の略中央に中央遮水壁型ロックフィルダム(高さ70m、堤体積1,430,000m³)を建設するが、これによって有効貯水容量19億m³を得て左岸側に半地下式の発電所を設け、その間の最大落差51m、最大使用水量1,040m³/secにより最大出力440MW、年間発生電力量3,035GWhを得るものである。(Fig-9.16~9.20 参照)

このダム地点は、地形的にはコンクリートダムを計画すると洪水吐設置に有利となるため、フィルタイプダムのコア材が容易に得られぬ場合には有力な計画案になるため、その概略図を Fig-7.9, 7.10 に示した。

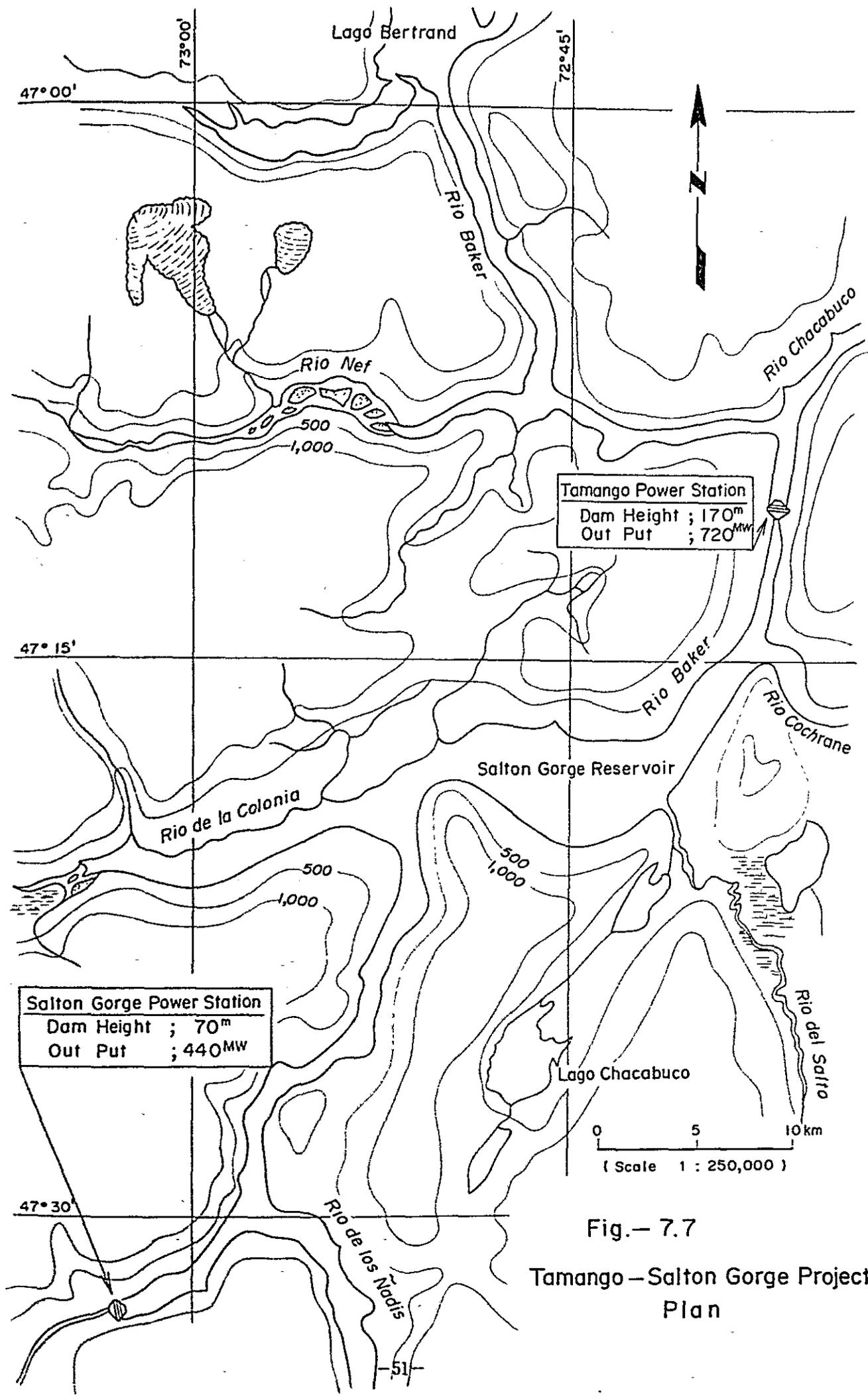
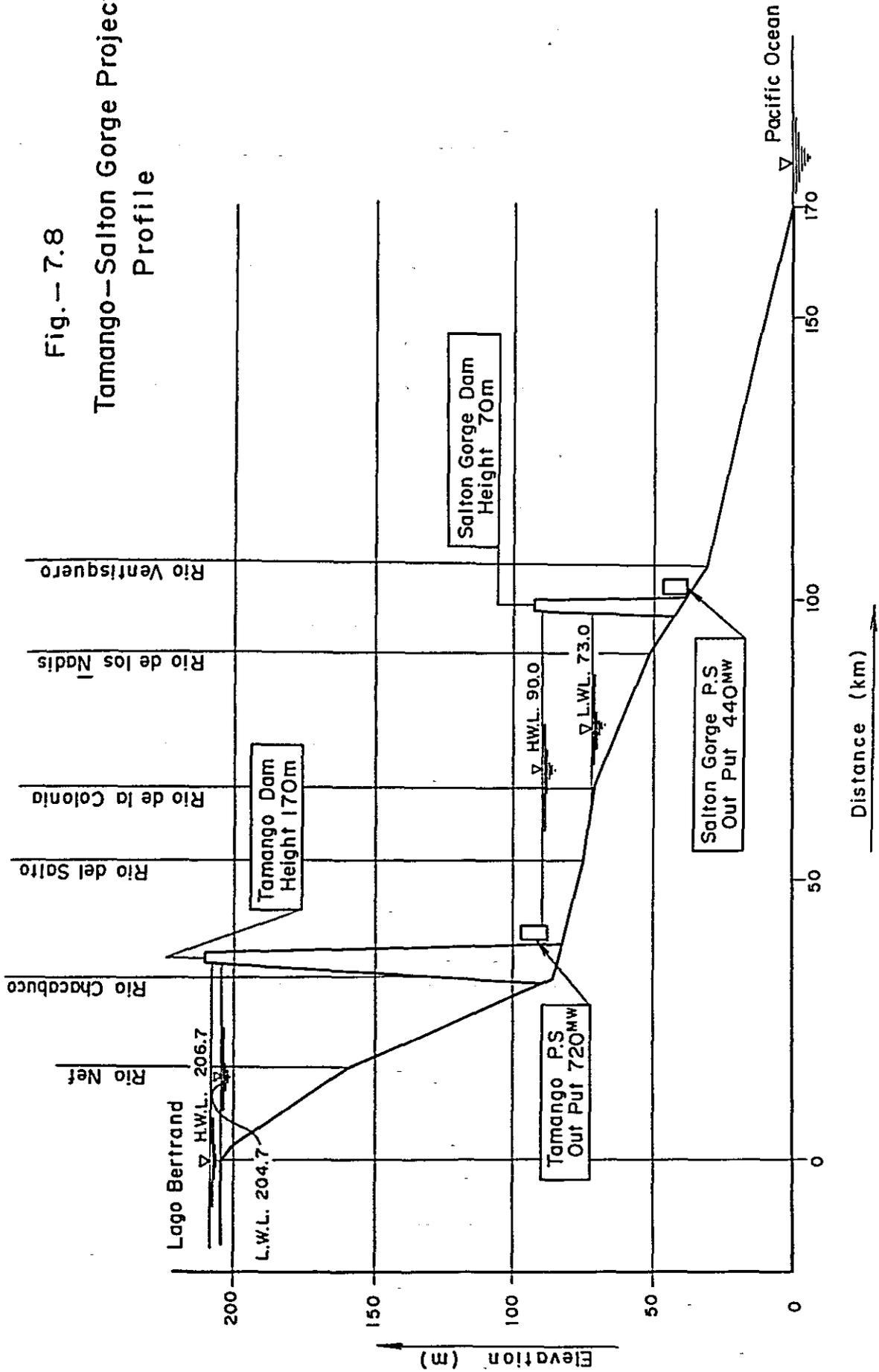


Fig.— 7.7
 Tamango—Salton Gorge Project
 Plan

Fig. -- 7.8

Tamango--Salton Gorge Project Profile



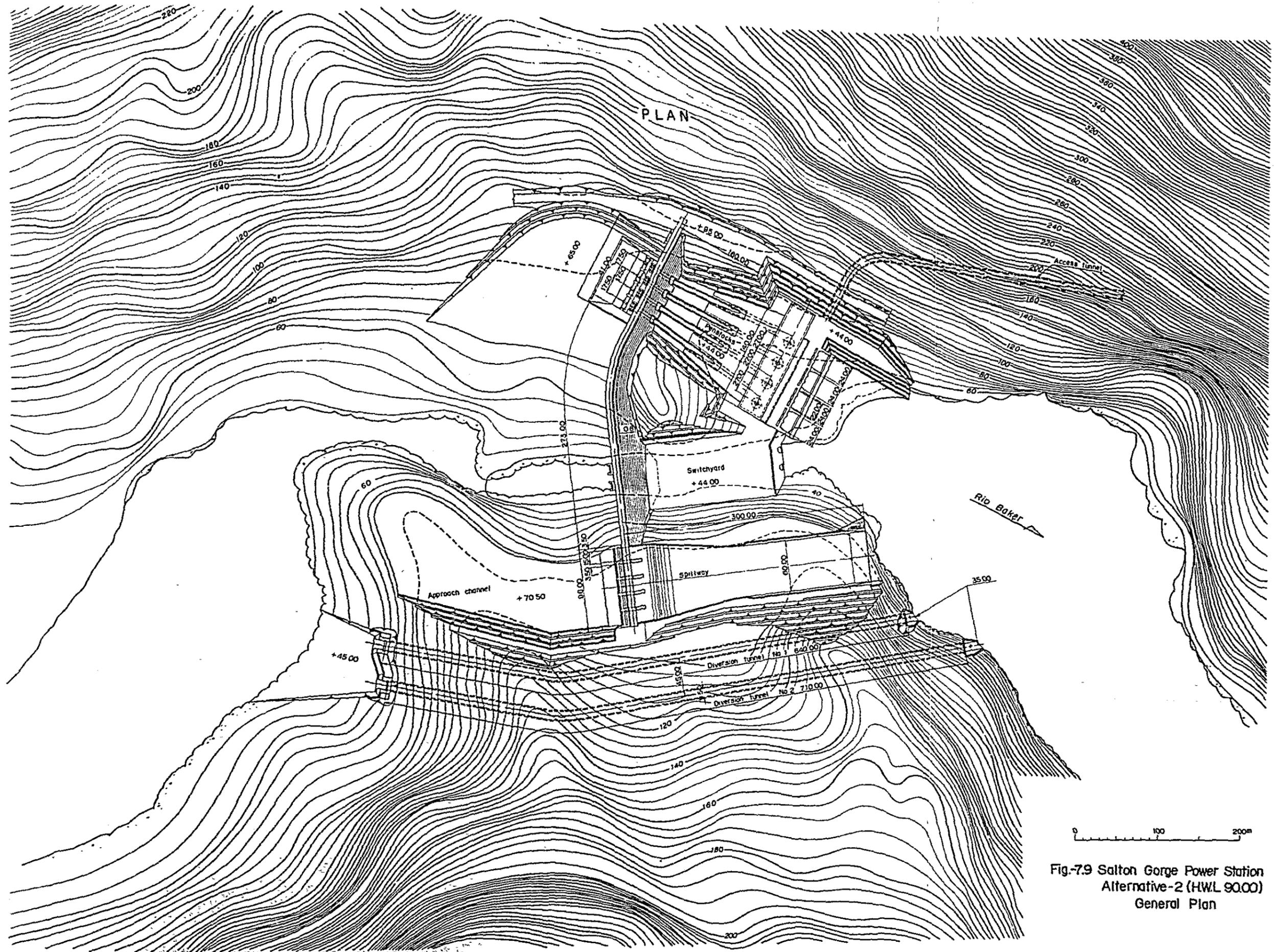
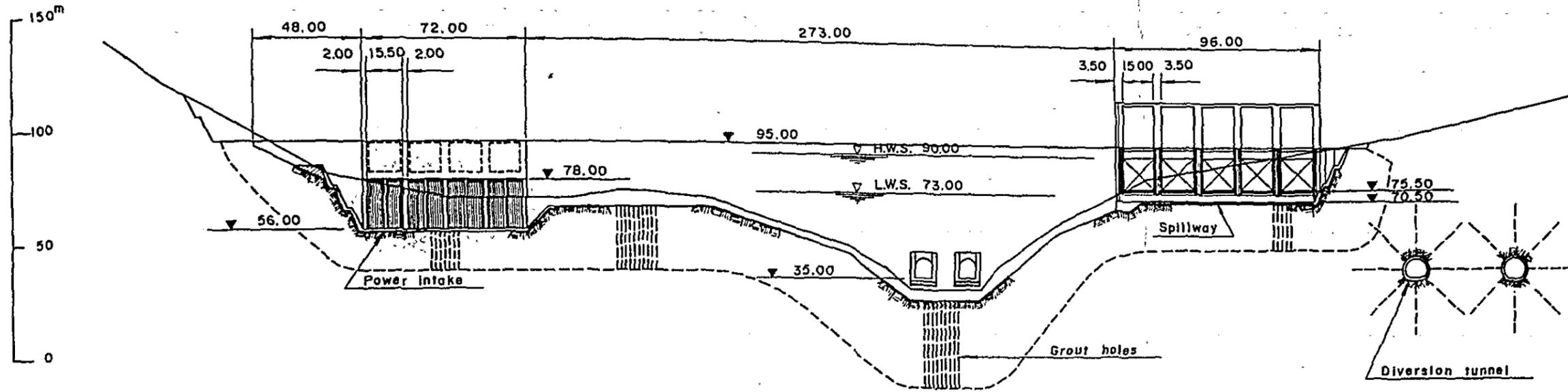


Fig.7.9 Salton Gorge Power Station
Alternative-2 (HWL 90.00)
General Plan

PROFILE ALONG AXIS OF DAM



TYPICAL SECTION OF DAM

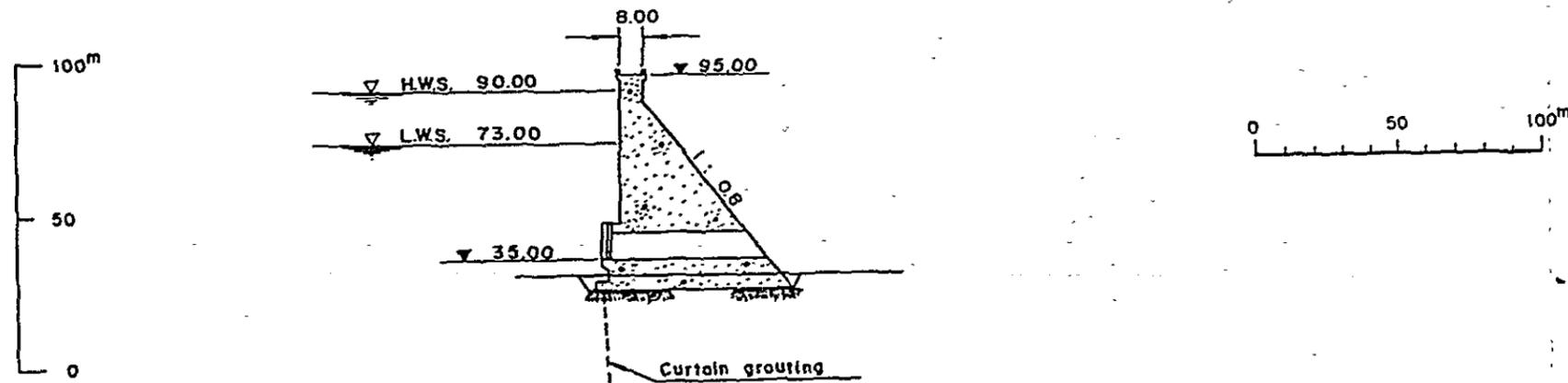


Fig.- 7.10 Salton Gorge Power Station
Alternative-2 (H.W.L.90.00)
Dam
Profile and Section

7.5 チャカブコ - サルトンゴージ(H.W.L 138.00)計画

本計画は、上流部チャカブコ地点および下流部サルトンゴージ地点に各々ダムを築造し、発電を行う二段開発計画である。総利用落差は171.7m、利用率は83%である。

発電所出力合計は1,270MW、年間発生電力量合計9,340GWhである。(Fig-7.11参照)

(a) チャカブコダム

7.3(a)チャカブコダムに同じである。

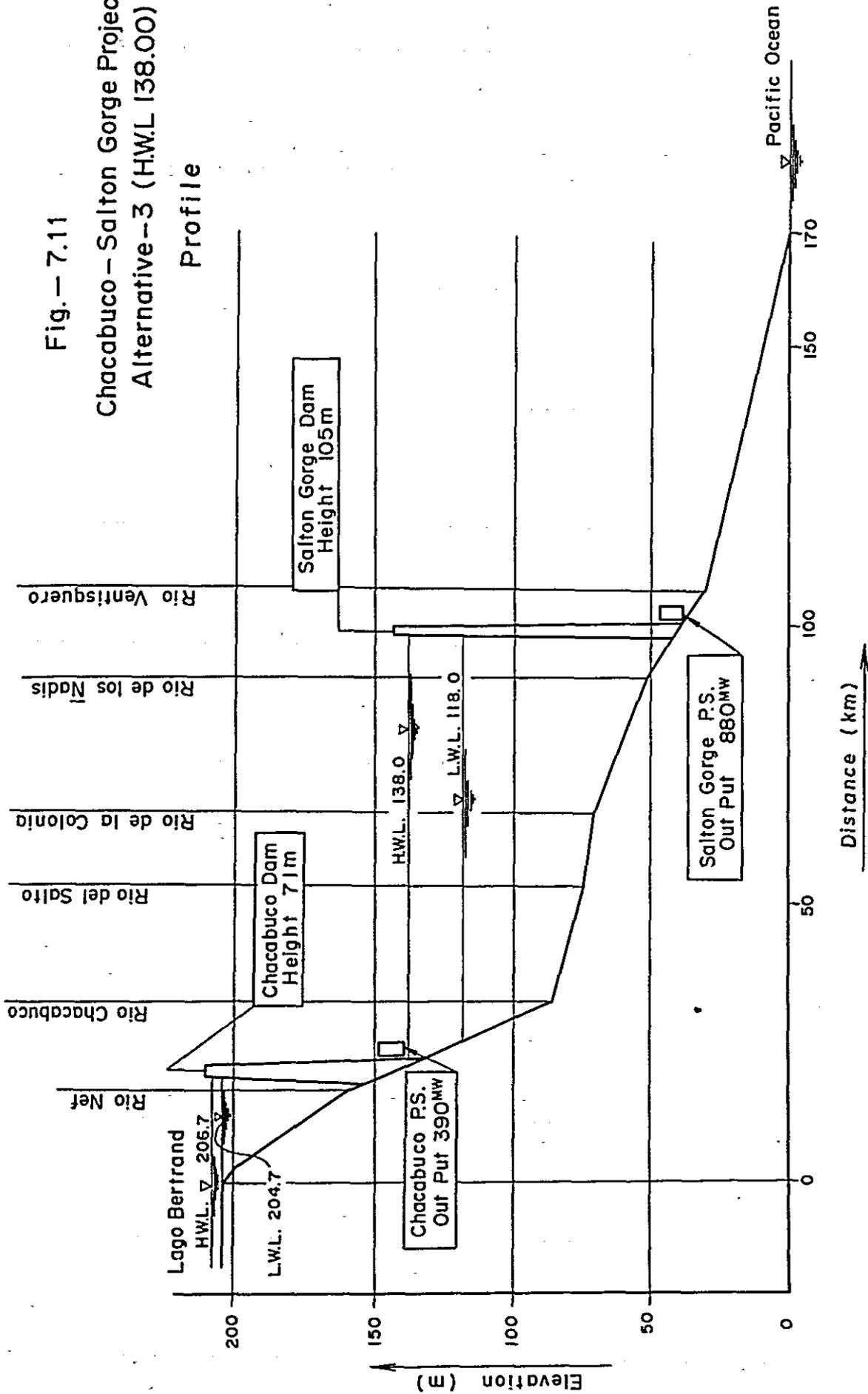
(b) サルトンゴージ(H.W.L 138.00)ダム

この計画は7.3(b)サルトンサンカルロス地点のダム基礎処理に難点がある場合の代替案となるもので7.4(b)サルトンゴージダム地点と同一場所に高さ105mのコンクリートダムを建設することにより、有効貯水容量約50億 m^3 を得、左岸側に半地下式の発電所を設け、その間の最大落差102.5m、最大使用水量1,075 m^3/sec により最大出力880MW、年間発生電力量6,500GWhを得るものである。概略図をFig-7.12に示す。

Fig. — 7.11

Chacabuco — Salton Gorge Project
Alternative — 3 (H.W.L. 138.00)

Profile



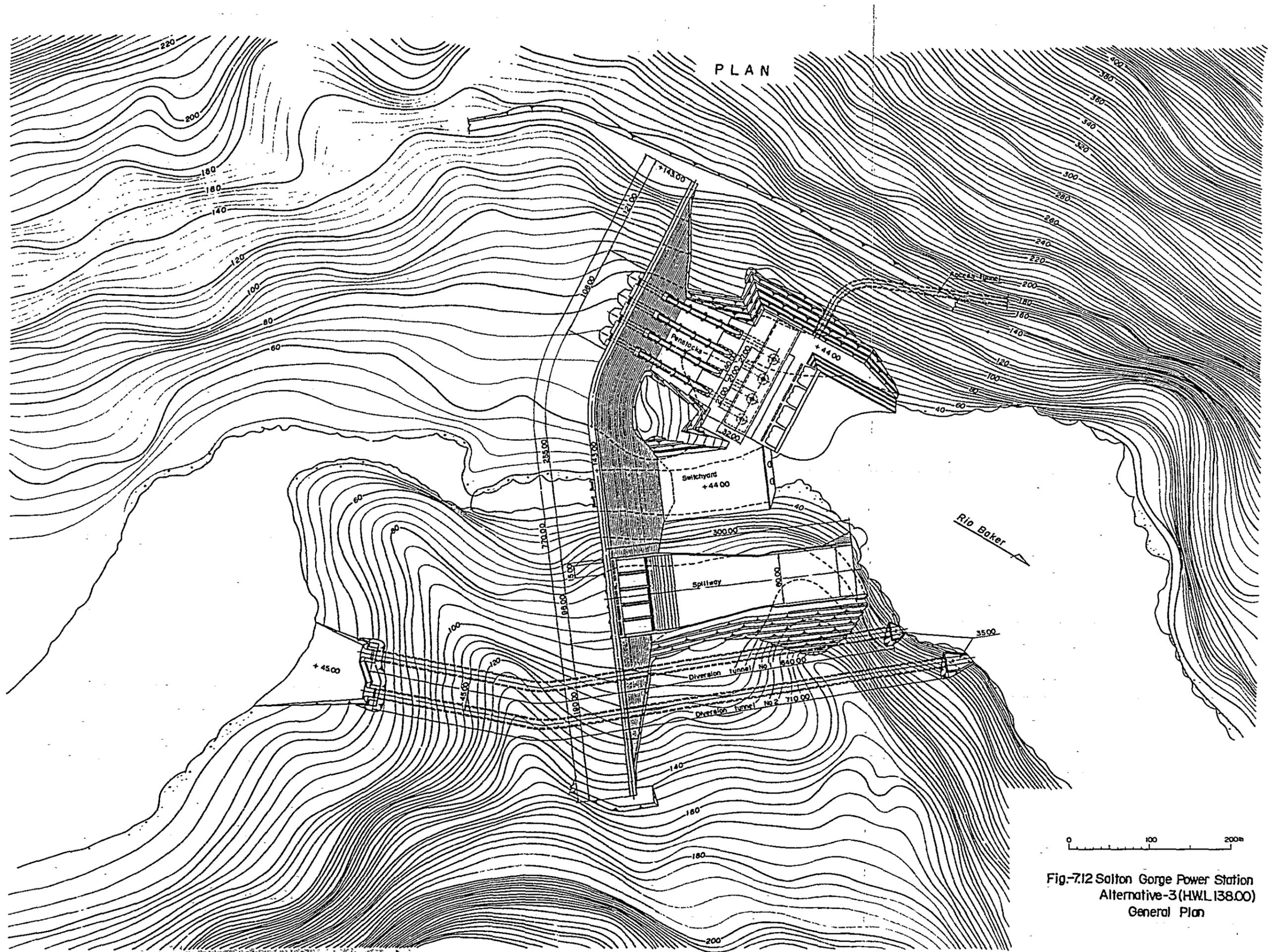


Fig-7.12 Salton Gorge Power Station
Alternative-3 (HWL 138.00)
General Plan

7.6 ハイ・サルトン・サン・カルロス計画

本計画は前記チャカブーサルトン・サン・カルロス計画の代替案で1段開発としたもので、サルトン・サン・カルロス地点に中央遮水壁型ロックフィルダム(高さ180m, 堤体積20,000,000m³)を建設することによって, 有効貯水容量194億m³を得右岸側に地下発電所を建設し, その間の最大落差177m, 最大使用水量1,176m³/secを用いて最大出力1,700MW, 年間発生電力量12,300GWhを得るものである。(Fig-7.13参照)

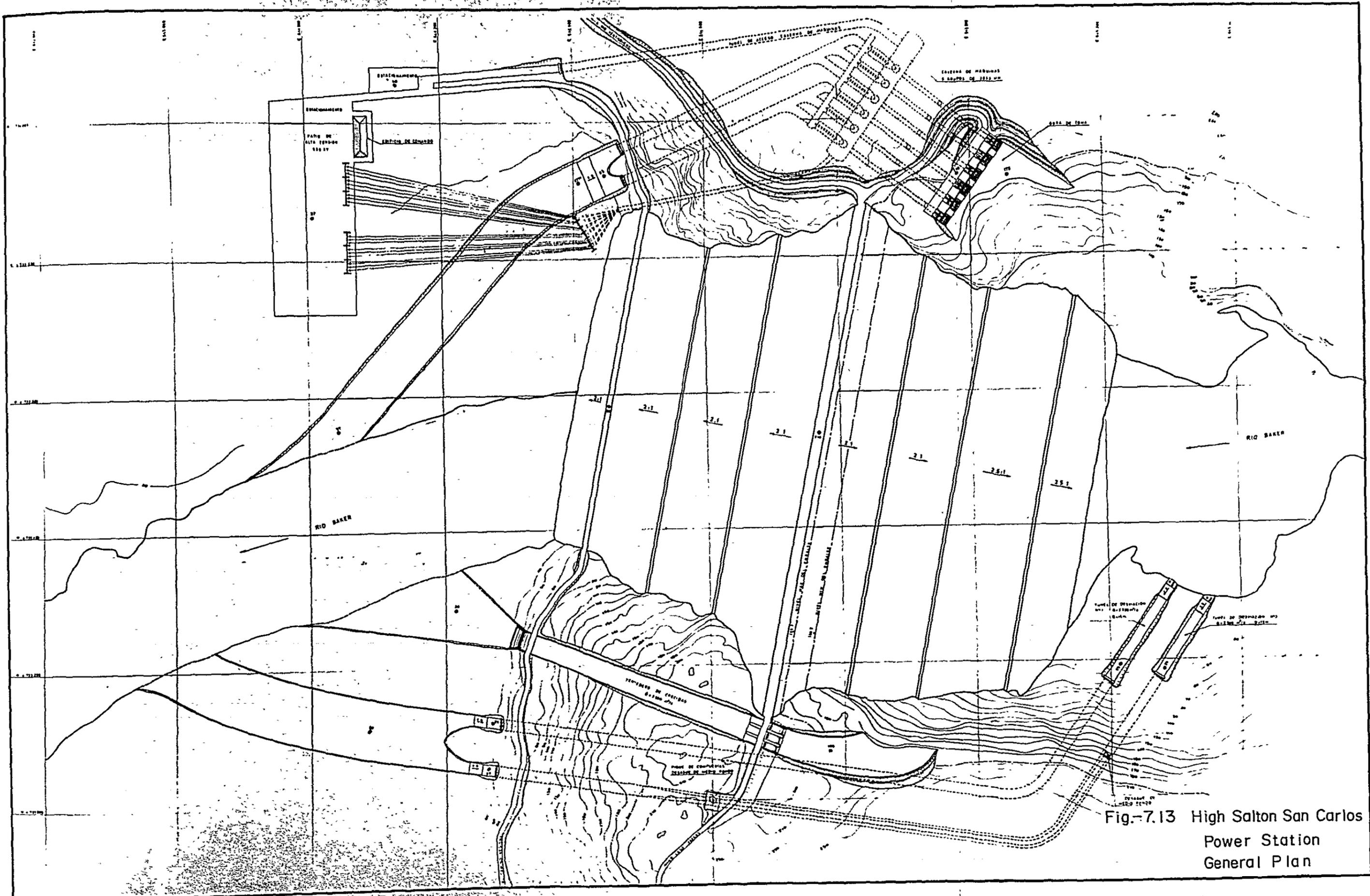


Fig.-7.13 High Salton San Carlos
Power Station
General Plan