

千 里 国

北部地域水資源開発計画調査

事前調査報告書

平成 5 年 2 月

国際協力事業団

社 調 三

CR (3)

93 - 025

千里国北部地域水資源開発計画調査事前調査報告書

平成 5 年 2 月

704
61.7
50

27786

JICA LIBRARY



1120097191



国際協力事業団

27786

チリ国

北部地域水資源開発計画調査

事前調査報告書

平成5年2月

国際協力事業団

序 文

日本国政府は、チリ共和国政府の要請に基づき、同国の北部地域水資源開発計画にかかる調査を実施することを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施することといたしました。

当事業団は、本格調査に先立ち、本件調査を円滑かつ効果的に進めるため、平成4年10月31日より11月19日までの20日間にわたり、当事業団社会開発調査部社会開発調査第二課長・斉藤寛志を団長とする事前調査団（S/W協議）を現地に派遣しました。

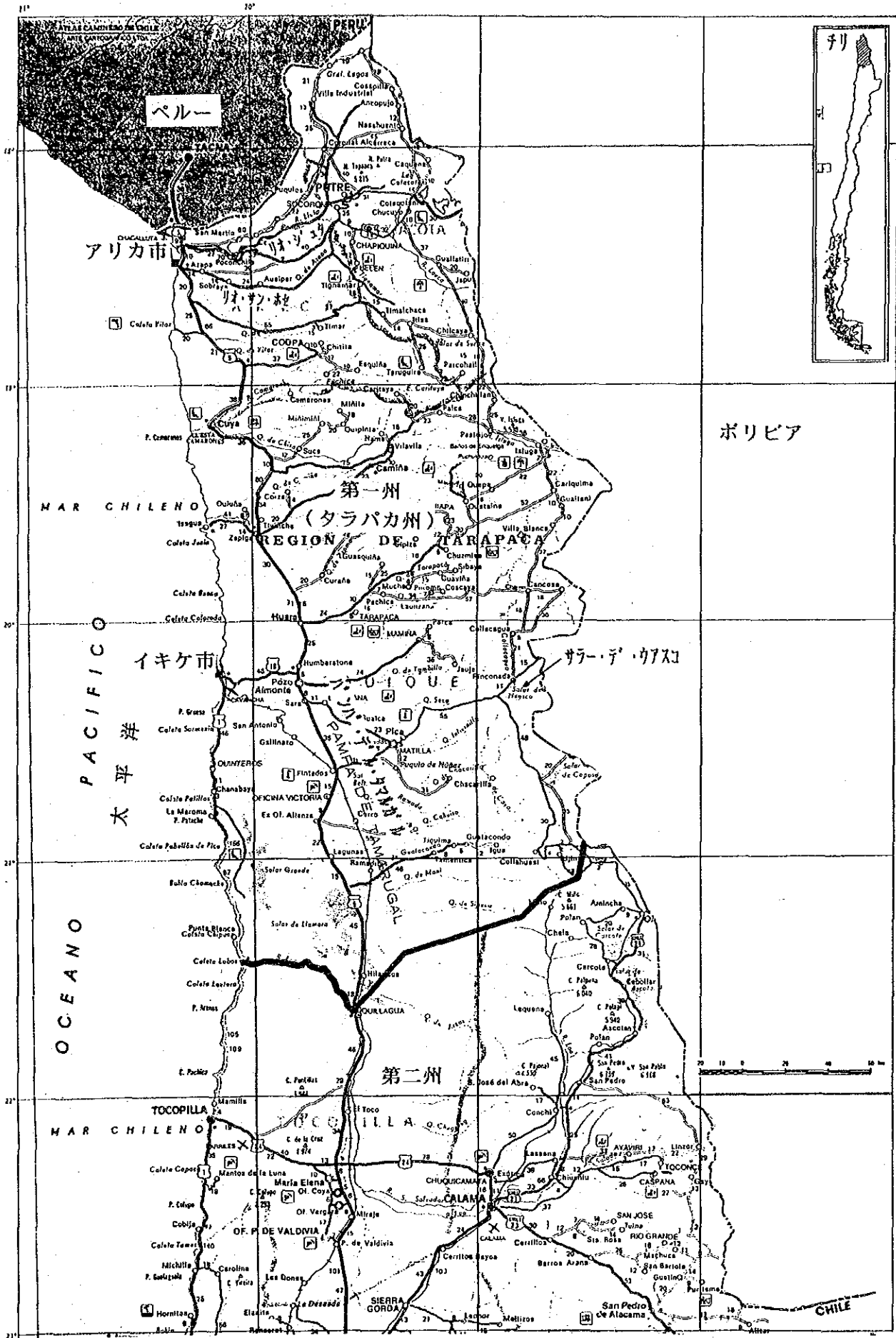
調査団は本件の背景を確認するとともにチリ共和国政府の意向を聴取し、かつ現地踏査の結果を踏まえ、本格調査に関するS/Wに署名しました。

本報告書は、今回の調査をとりまとめるとともに、引き続き実施を予定している本格調査に資するためのものです。

終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成5年2月

国際協力事業団
理事 佐藤 清



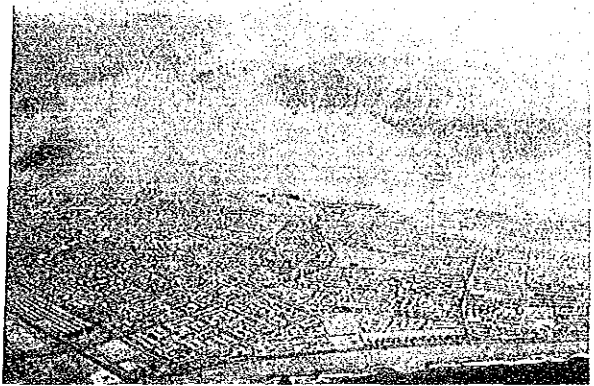
調査地域位置図



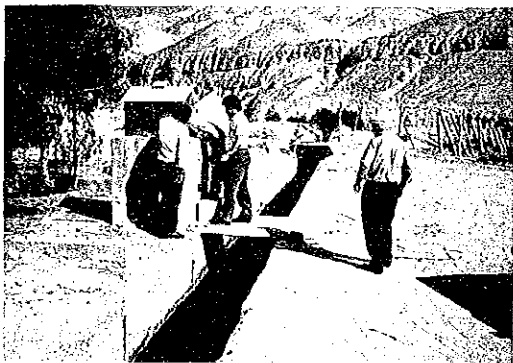
S/W署名、日本側の署名者はJICA社会開発調査第二課の斉藤課長、チリ側の署名者は公共事業省のCarlos Hurtado Ruiz-Tagle大臣



アリカ市を上空より望む、市街地の右に見える緑地はアサバ渓谷



イキケ市を上空より望む、市街は狭小な海岸段丘上に発達している



サン・ホセ川のかんがい用導水路（アサキヤル）



サン・ホセ川上流チャピキーニャ発電所下池、ラウカ川より導水しサン・ホセ川に流している



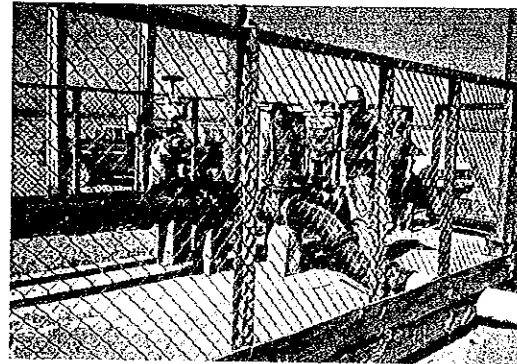
ジュタ川下流域を上流より望む



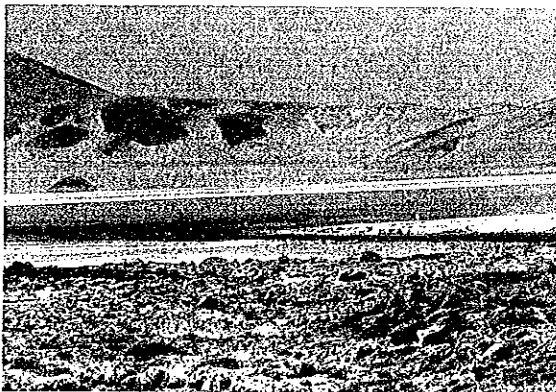
ジュタ川上流スフレ川とカラカラーニ川の合流点、
合流すると水が白濁する



パンパ・デル・タマルガル盆地を東側より望む



タマルガル盆地カンチヨネス水源地の揚水井戸



サラール・デ・ウァスコ盆地の南側にある
ウァスコ塩湖、ピンクフラミンゴが認められる



北側よりウァスコ盆地に流入するコジャカグア川

目 次

序文

調査対象地域図

調査写真

第1章 事前調査団の概要	1
1-1 事前調査の目的	1
1-2 調査団の構成	1
1-3 調査日程	2
第2章 事前調査結果の概要	3
2-1 要請の背景・経緯	3
2-2 要請書の内容	3
2-3 協議の経緯及び結果	4
第3章 チリ国の概要	9
3-1 社会・経済条件	9
3-2 自然概況	11
3-3 ODAの現状・実績	11
第4章 調査対象地域の概要	15
4-1 アリカ地域	15
4-2 イキケ地域	17
第5章 現地調査の概要	21
5-1 アリカ地域	21
5-2 イキケ地域	32
第6章 環境予備調査	45
6-1 概要	45
6-2 スクリーニング・スコーピング	48

第7章 本格調査の内容	53
7-1 調査の基本方針及び留意事項	53
7-2 調査項目及び内容	55
7-3 要員計画	70
7-4 調査実施に必要な機材	71

附属資料

1. 要請書	75
2. SCOPE OF WORK	99
3. MINUTES OF MEETING	123
4. 収集資料リスト	137
5. 面談者リスト	171
6. 資材・機材単価表	175

第1章 事前調査の概要

1-1 事前調査の目的

今回の事前調査は、先方政府関係者との協議、現地踏査、既存資料の分析を通じ、本プロジェクトにかかる先方政府の意向、要請の背景および要請内容、調査の範囲等の確認を行うことを目的とする。また、わが国の協力の可能性の検討を踏まえ、わが方対処方針を説明し、S/W案を協議し、これを署名する。また、あわせて、調査対象地域の状況も調査し、本格調査の実施方針を検討する。

1-2 調査団の構成

氏名	担当	所属先
齊藤 寛志	総括	国際協力事業団社会開発調査部 社会開発調査第二課長
向井 靖雄	環境/地下水開発	国際協力事業団国際協力専門員
渡辺 正知	水資源開発計画	八千代エンジニアリング株式会社 国際事業部技術部技術第二課長
佐々木洋介	ボーリング計画	八千代エンジニアリング株式会社 第一事業部環境開発部主任
平良真一郎	通訳	国際協力サービスセンター研修監理員
村上 敏雄	調査企画	国際協力事業団ジュニア専門員

1-3 調査日程

- 10/31 (土) 団員移動
成田 (19:00) (RG835) -
- 11/1 (日) - サンパウロ (06:50)
サンパウロ (11:15) (RG920) - サンチャゴ (14:00) /
- 2 (月) 公共事業省 (MOP) 表敬、大使館表敬、JICA事務所打合せ
- 3 (火) MOPにてS/W説明
- 4 (水) 移動 サンチャゴーイキケ、第一州州知事表敬、イキケ市内調査
- 5 (木) 現地踏査 (パンパ・デル・タマルガル、サラール・デ・ウアスコ地域)
- 6 (金) イキケ公共事業省協議、移動 イキケーアリカ、アリカ市近郊調査
- 7 (土) 現地踏査 (サンホセ川流域、ジュタ川流域)
- 8 (日) アリカ公共事業省協議、移動 アリカーサンチャゴ
- 9 (月) 公共事業省S/W協議、M/M作成・協議
- 10 (火) 公共事業省S/W、M/M署名
- 11 (水) 大使館報告、JICA事務所報告、企画省国際協力庁表敬・報告
- | | (官ベース) | (コンサルベース) |
|--------|---------------------------------|-----------------------|
| 12 (木) | サンチャゴ(09:55)(LA160)ーメキシコ(17:00) | 資料収集 |
| 13 (金) | メキシコ (9:35)(JL011)ー | 資料収集 |
| 14 (土) | 成田 (17:15) | 資料収集 |
| 15 (日) | | 資料収集 |
| 16 (月) | | サンチャゴ(22:45)(LA148)ー |
| 17 (火) | | ーニューヨーク(9:45) |
| 18 (水) | | ニューヨーク(12:30)(JL005)ー |
| 19 (木) | | 成田(16:35) |

第2章 事前調査結果の概要

2-1 要請の背景・経緯

- (1) アリカ市（人口約19万，1989）およびイキケ市（人口約15万，1989）は砂漠乾燥気候地帯（年間降水量1mm程度）に位置し、同国第1州の90%の人口が集中する港湾都市である。
- (2) 1991年の水消費量は、アリカ市では40千 m^3 /日、イキケ市では36千 m^3 /日でありその水源はそれぞれサンホセ川流域の地下水、サンホセ川、ラウカ川等の表流水およびパンパ・デル・タマルガル、サラール・デ・ウアスコの地下水、湧水である。
- (3) アリカ市では、現在1日12時間の給水制限が実施され、イキケ市では地下水の過剰揚水による塩水化が発生しており、また、干ばつ時には深刻な水利権争いが起きる等、極めて逼迫した水問題に直面している。更に2010年には、水需要が現在の6割以上伸びることが予測されており、これらに対応した水資源開発が緊急の課題となっている。
- (4) かかる背景からチリ国政府より北部地域水資源開発計画調査の協力要請を越した。
(平成4年2月)

2-2 要請書の内容

チリ国政府からの要請内容（添付資料1．要請書）の概要は次のとおりである。

(1) 調査の目的

- ア．ラウカ川、サン・ホセ川流域水源評価調査および開発
- イ．パンパ・デル・タマルガル地域地下水ポテンシャル評価、開発および管理
- ウ．サラール・デ・ウアスコ地域地下水ポテンシャル調査および開発

(2) 調査対象地域

- ア．ラウカ川流域およびアンデス山麓のサンホセ川流域
- イ．パンパ・デル・タマルガル地域
- ウ．サラール・デ・ウアスコ地域

(3) 調査項目

- ア．ラウカ川、サン・ホセ川流域水源評価調査および開発
 - ①アリカ市の飲料として利用可能な地下水量
 - ②地球物理学的探査
 - ③井戸の建築と試験揚水の実施
 - ④流域の地下水賦存量の調査と長期使用のための使用可能量測定
 - ⑤断層、地層、地域別の水質探査
 - ⑥揚水方法、地点、アリカ市までの給水路設置計画等に関する比較調査

本調査により降水の利用による最適な取水位置を決定

イ. パンパ・デル・タマルガル地域地下水ポテンシャル評価、開発および管理

- ①パンパ・デル・タマルガルにおける地下水の準3次元シュミレーションモデルの作成
- ②同モデルの検証を行うために必要な水位、水質等のデータ収集
- ③同モデルのオペレーションおよび地下水の利用計画の作成
- ④開発計画の策定
- ⑤環境影響評価（地下水の過剰揚水の影響評価）

ウ. サラール・デ・ウアスコ地域地下水ポテンシャル調査および開発

- ①サラール・デ・ウアスコ盆地における可能取水量の調査
- ②取水および導水システムの基礎計画策定
- ③環境影響評価（水資源開発が同盆地の生態けい与える影響評価）

2-3 協議の経緯及び結果

(1) 経過

ア. 調査団はS/W協議に先立ち、11月2日公共事業省を表敬した。その際先方よりアリカ市への水源候補地の一つとしていたラウカ川流域については、ラウカ川がボリビア国との国際河川であり、「ボ」側との協議が整うまで水資源開発は見合わせることにしたい、それに替わる候補地については明3日までに調査団へ伝達する旨の申し出があった。

イ. 11月3日公共事業省においてS/W案の説明を行った。その際先方よりラウカ川流域に替わる候補地としては、ジュタ川流域を調査対象地域に含めて欲しい旨の要請があった。S/W案について先方は大筋合意を示したが、イキケ市に対する水資源開発として『パンパ・デル・タマルガルの地下水管理・開発計画』と『サラール・デ・ウアスコの水資源（表流水および地下水）開発計画』との双方を実施して欲しい旨強く要請された。

調査団は、これら先方の要請について、明4日から8日まで行われる現地踏査の結果をふまえて、9日のS/W協議の場で検討することとした。

ウ. 11月10日公共事業省においてS/W協議を行った。

まず、調査団より次のとおりの調査基本方針を説明し、先方の大筋の了承を得た。

- ① アリカ市への水源候補地の一つであるラウカ川流域をジュタ川流域に変更することについては了承する。
- ② 第一段階基礎調査は、第二段階詳細調査の調査対象を特定することを目的に、主に現地概査と既存調査、関連資料、各種データ類の評価を行う。

③ 第二段階詳細調査においてはアリカ市およびイキケ市に対する水資源開発可能性を把握するために、アリカ市に対してはサンホセ川流域の水収支の評価および水資源開発可能性の検証並びにジュタ川流域水資源の水質改善・開発可能性の検討、また、イキケ市に対してはパンパ・デダマンガルの水収支の評価および水管理・開発計画の策定並びにサラール・デ・ウアスコの将来における水資源開発可能性の概略検討を行う。

④ 第三段階F/S調査は第二段階詳細調査において選定された緊急の水資源開発優先事業（アリカ市およびイキケ市に対し各タープロジェクトを予定）に係る開発計画の策定を行う。

⑤ 各段階における作業内容や現地事情を考慮し、S/W案の調査工程（TENTATIVE STUDY SCHEDULE）を若干修正する。

その後S/W案の逐条検討を行い、一部字句の修正等を行った後、全面的な合意に達し、11月11日公共事業省 HURTADO大臣と斎藤団長との間でS/Wの署名を行った。

なお、S/W原案と署名されたS/Wとの主な変更点は下記(2)を、関連する協議議事録（11月11日公共事業省 BENITEZ水総局副局長と斎藤団長との間で署名）の内容については同(3)を参照されたい。

(2) S/Wの主たる修正事項

ア. 調査対象地域

アリカ市に対する水資源開発候補地の一つであったラウカ川流域をジュタ川流域に変更した。

イ. 調査工程

調査内容の変更に伴い、調査工程（TENTATIVE STUDY SCHEDULE）を次のとおり修正した。

- ① 第一段階の基礎調査期間を3.5ヶ月から4ヶ月に延長
- ② 基礎調査と第二段階の詳細調査との間に1ヶ月の間隔を置く
- ③ 詳細調査期間を8.5ヶ月から9ヶ月に延長
- ④ 第三段階のフィージビリティ調査の現地および国内調査期間を各々0.5ヶ月短縮し5ヶ月間とする。

ウ. 報告書

ドラフト・ファイナル・レポートとファイナル・レポートとの要約版および主報告書については、参考用としてスペイン語版も作成することとした。

なお、第一段階の基礎調査終了時に提出する報告書をプロGRESS・レポートからインテリム・レポート(1)に変更した。

(3) 協議議事録の内容

ア. 本調査の意義

本調査は、「チ」国の国家開発計画上重視されているアリカ市およびイキケ市を含む北部地域の将来の経済開発に資することが強く期待されている。

イ. 調査地域

アリカ市およびイキケ市に対する水資源開発の調査対象地域は以下のとおり

アリカ市に対する調査地域

1. サンホセ川流域
2. ジュタ川流域

イキケ市に対する調査地域

1. パンパ・デル・タマルガル
2. サラール・デ・ウアスコ

ここで、アリカ市に対する調査対象地域として当初要請されていたラウカ川上流域は、本調査の対象地域には含めず、替って、ジュタ川流域を調査対象に含める。

第二段階の詳細調査での優先調査対象地域は、第一段階の基礎調査の結果により決定する。

ウ. 対象年

水資源開発の対象年または開発総水量の計画は、第二段階の詳細調査の結果に基づき、調査団とMOPとの協議により決定する。

エ. 現地調査におけるMOP側の負担事項

MOPはその負担により以下に示す現地調査の一部を、可能な範囲で実施する。

1. 水質分析
2. 表流水の流量測定

オ. 調査機材の提供

MOPは車輛、コンピューターおよびシュミレーションソフトウェアを含む調査機材の提供を要望した。調査団はこの要望をJICA本部へ伝達する。

カ. カウンターパート研修

MOPはカウンターパートのon-the-job研修および日本での技術研修を要望した。

キ. 調査団への事務所の提供

MOPはアリカ、イキケおよびサンチャゴにおける調査団に対する事務所の提供をMOP側の負担で提供することを約束した。

ク. 調査の早期着手

MOPは調査の必要性和重要性の面から本調査が出来るだけ早期に着手することを要

望し、調査団はその必要性を認めこの要望をJICA本部へ伝達する。

ケ. データ類の収集

調査がスムーズに行われるよう、MOPは本件現地調査の開始までに、必要なデータ類と調査報告書類を収集する。

コ. 環境アセスメント

調査団によるスクリーニングの結果、第一段階の基礎調査において、地下水、水質、湿地帯、少数民族の項目に関してIEEの実施が必要である。第三段階のF/SにおけるEIAは、IEEの結果をもとに実施の要否を判断する。

サ. スペイン語版報告書

各報告書は英語により作成するが、ドラフト・ファイナルレポートとファイナルレポートの要約版と主報告書については、スペイン語版も作成する。

第3章 チリ国の概要

3-1 社会・経済条件

(1) 社会事情

ア. 文化・宗教・国民性

チリは、アルゼンチンやウルグアイと同様に国民の人種構造上、白人系の占める割合が圧倒的に多く、風俗習慣の伝統をスペインやその他西洋諸国より継承し、これにチリ独特の風土的個性を加味した社会を形成している。先住民族固有の文化の影響は、現在のチリ文化にはほとんど身受けられない。

チリは、太平洋とアンデス山脈とアタカマ砂漠に囲まれ、他の中南米諸国から隔離されており、国民は島国的国民性を有していることから、国民は、他のラ米諸国から比べて、ラテン気風が薄く、堅実な国民性を有している。

初期のチリへの移住者は、主としてスペイン人、それに加えてアイルランド人、英国人、フランス人であった。その後、19世紀から第二次世界大戦、さらに戦後ドイツ人、イタリア人、ユーゴ・スラビア人、ユダヤ人、パレスチナ人が加わった。宗教は、カトリック教が支配的であるが、信教の自由が確立されており、また、政教分離が完全に行われている。

イ. 教育

チリの教育水準は、中南米諸国の中では比較的高いものとなっている。

現在、文盲率は、3.5%（1990年文部省統計）程度で、文部省は1980年から1985年にかけて文盲撲滅運動に力を入れている。

初等教育は4年制、大学教育は、一般に4～6年制である。進学率もかなり高い。

(2) 経済

ア. 一般的特色

北部地域は、乾燥地帯で鉱物資源の宝庫である。

中部地域は、温暖な内陸性気候で各種の産業が発達している。

南部地域は、寒冷多雨で森林が多く牧畜も盛んである。

鉱物を初めとする資源は豊富だが、逆に、モノカルチャー経済の弊害もある。このため、チリ政府は、近年、生鮮果実・セルロース等の農林水産品を中心とする一次産品およびその加工品の輸出に力を入れ経済の構造転換に力を注いでいる。

イ. 最近の経済情勢

アジェンデ政権崩壊後、ピノチェット政権は、国内的には市場調整機能を活用した民間主導型の経済運営、対外的には開放体制をとって国内産業を国際競争に直面させると

いった政策をとり、同時に金融機関等の民営化を実施した。

現エイルウイン政権は、前政権の民間重視、開放体制の維持等継続性を保ちつつ、貧困層への配慮も十分に行うとしているが、未だ明確な形では実現されていない。

前政権末期の1989年には2桁成長を記録したが、経済は加熱気味となり90年初頭から金利引上げによる経済調整＝引き締め政策をとり、成長率が低下するとともに、湾岸紛争の影響もあり、インフレ率が高まった。

90年3月に金利が引き下げられ、販売、生産が順調に増加するなど、景気は回復しつつある。

ウ. 産業構造

製造業が未発達のため、結果的に生産面で鉱業および第1次産業のシェアが高く、また、雇用面では第3次産業のシェアが高い。この製造業欠如型あるいは第3次産業肥大型産業構造が、設備投資の低さと相まって、チリ経済の根本的問題点となっている。

農業では、果実栽培が近年積極的に行われ、国際競争力を持ち、現在では農業部門の代表的輸出品となっており、外貨獲得に大きく貢献している。

また、林業は、多雨の南部を中心に発達し、木材、木製品、紙・パルプの生産に貢献している。

水産業では、チリは世界でも屈指の水産国であり、我が国との技術協力による魚介類の養殖も鮭をはじめとして盛んである。

鉱業では、銅は19世紀後半よりチリ経済に重要な役割を果たしており、その埋蔵量は1億2千万トン（世界の約21%）、1990年の生産は159万トン（世界シェアは約18%）である。その他にも鉄鉱石、モリブデン等の資源も豊富である。

製造業では、国際競争力のある分野は、食料、林産品等の原産立地型で、高度加工、高付加価値分野への進出は遅れている。

エ. 国際収支・対外債務

チリは、金利支払、運賃、保険料の支払超により貿易外収支は恒常的に赤字である。従って、貿易収支は黒字となっても、経常収支は恒常的な赤字であり、これを資本収支の黒字で相殺している。

輸出では、銅の占める位置が圧倒的である。しかし、政府の輸出品多様化努力により、生鮮果実を始めとする農産物、水産物、林産物、工業製品の輸出も増加しつつある。

貿易収支（チリ側統計）は、着実に黒字を記録しており、1990年には12.7億ドルの黒字となり、うち対日黒字が7.7億ドルと極めて大きな部分を占めている。主要な貿易国（1990年）は、輸出では米国（17.1%）、日本（16.2%）、西独（11.0%）、ブラジル

(5.7%)等であり、輸入では米国(18.9%)、日本(7.8%)、ブラジル(7.8%)、西独(7.2%)等となっている。我が国は、米国に次いで、チリから見て輸出入とも第二の貿易国となっている。

対外債務は、米銀など国際金融機関がチリに対し積極的な融資を開始した1979年頃から急増し、1990年末の債務残額は174億ドルに上っている。(内、140億ドルが中長期債務)。債務銀行団との間で、1990年9月に1991年以降に返済期限の来る債務のリスケ交渉がまとまり、1991年4月に我が国の東京銀行、東海銀行を含む国際銀行団からの新規借入にも成功し、ボランティアな国際金融市場に復帰した。なお、チリは1985年半ばより、いわゆる「債務の資本化」による債務削減を積極的に進めている。

これらは、チリの経済環境が他の中南米諸国と比べて良好であり、外国資本にとっても魅力的な市場になっていることを反映したものである。

3-2 自然概況

チリ国は南米大陸の南西岸に位置し、国土面積は756,626km²である。ペルー、ボリビア、アルゼンティンの3国と国境を接し、南北に長く(4,329km)、東西の幅が狭い(80~400km)細長い国である。

国土の80%は山岳地帯であり、南北にアンデス山脈と海岸山脈が縦断する。本調査域である北部地域は、砂漠地帯であり、銅、硝石等の世界的鉱産地である。南部地域は、森林、牧畜地帯が広がっており、さらに南部は寒冷地帯で沢山の氷河が見られ、多くのフィヨルドが存在する。また、チリは火山が多く、約55の火山が存在する。

南緯27°以北は砂漠地帯で年間雨量が1mm程度とゼロに近い。首都のサンチャゴ付近は内陸性気候で、1年を通じ昼と夜の気温差が年平均約10℃(晴天の日は20℃を越す)と大きい。夏(12~2月)はほとんど降雨がなく、冬(5~8月)は湿気が多く年間降雨量(330mm)の大半がこの時期に降る。以下、南下するにつれ降雨量が増加し、特にビオ・ビオ川以南で多い。第10州以南は降雨量が多く、例えばプエルト・アイセンでは年間降雨量は2,800mmに達する。また、気温が低く、強い風が吹く等きびしい気候である。

3-3 ODAの現状・実績

(1) 概要

二国間援助では、旧西ドイツ(1990年シェア20.4%)、日本(18.7%)、オランダ(14.1%)、イタリア(10.5%)が主な供与国で、1990年のネット総額は76.9百万ドルとなっている。

国際機関からの援助は、ECとUNDPが主な供与機関で、1990年のネット総額で17.4百

万ドルである。

表3-1に86年から90年までの総援助額の推移を示す。

表3-1 国際機関及び主要国からの政府開発援助純受取額 (NET)

(単位:百万ドル)

項 目	1986	1987	1988	1989	1990
D A C 加 盟 国	-0.4	23.4	46.3	50.3	76.9
旧 西 ド イ ツ	16.2	26.1	18.2	16.8	20.4
日 本	5.4	9.7	15.0	18.3	18.7
オ ラ ン ダ	-	-	-	-	14.1
イ タ リ ア	0.5	3.4	10.7	19.8	10.5
国 際 機 関	-4.7	-2.0	-2.1	10.8	17.4
ア ラ ブ 諸 国	-	-	-	-	-
政府開発援助受取純額	-5.1	21.4	44.2	61.0	94.2

出典: Geographical Distribution of Financial Flows to Developing Countries 1992
OECD

(2) 国際機関の動向

ア. 世銀グループ

ここ数年毎年300百万ドル程度の融資を行っている。近年では、都市開発部門、農業部門、上下水道部門、運輸部門等への融資が行われている。

イ. 国連開発計画 (UNDP)

UNDPはチリ国と協議によりチリ国の長期開発計画に対応した国別計画を策成し5年ごとにチリ国への指示計画額を設定し、その枠内で援助を実施している。ここ数年では、200~300万ドルの資金援助を継続しており、技術協力が主体となっている。

ウ. 米州開発銀行 (I. D. B.)

エネルギー、農・漁業、運輸・通信、鉱工業、都市開発を中心に融資を行って来ており、1990年までの融資総額は4,018.1百万ドルである。

(3) 主要先進国の動向

ア. 旧西ドイツ

旧西ドイツは、チリ国への最大援助国で、近年さらに援助額を増加させている。内容は技術協力が主体で、農業関連のプロジェクトが多い。

イ. カナダ

無償資金協力が主体で、農業関連のプロジェクトが多い。

ウ. オランダ

1987年までは第3位の援助国であったが、1988年にイタリアの援助が伸び、第4位となった。

(4) 我が国の援助動向

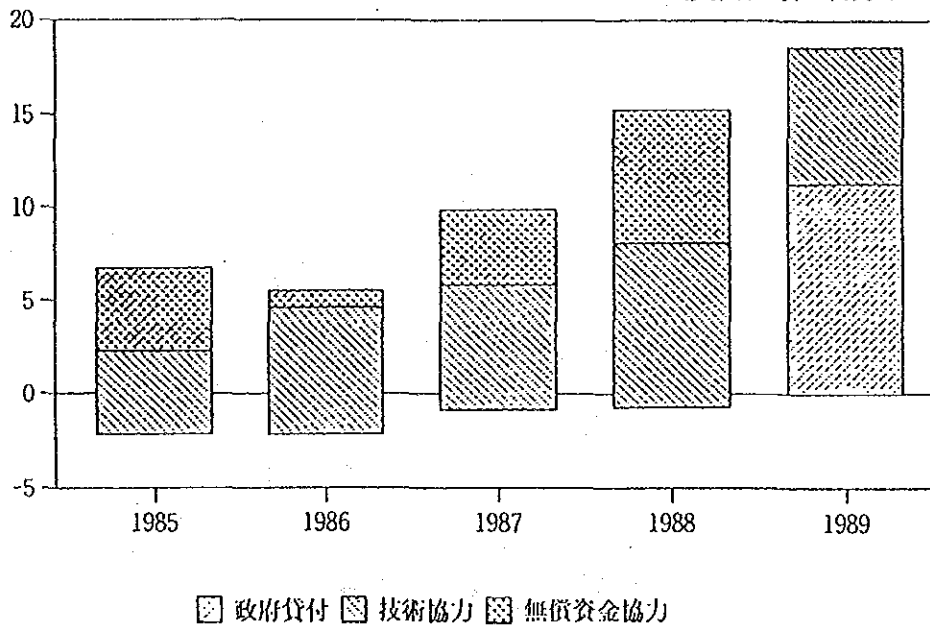
我が国の対チリ国援助は、チリの所得水準が比較的高いことから、技術協力中心に行ってきた。表3-2に85から89年までの対チリODA実績の推移を示す。

技術協力では、鉱業、水産、保健・医療、運輸・交通、通信・放送を中心に行っている。プロジェクト方式技術協力では1990年度に鉱業分野、水産分野等に5件の実績がある。

有償資金協力では1965年度に「一般商業債務繰り延べのための中銀に対する再融資」として約22億円の協力を行ったほか、72年度に商品借款を供与している。その後は、債務繰り延べを行ったのみである。

無償資金協力では1978年度から、水産分野を中心に行ってきた。その他文化無償、災害援助を含め、90年度までに計15件、累計実績は約53億円である。

表3-2 わが国の対チリODA実績
(支出総額：百万ドル)



出典 「我が国の政府開発援助」1990

Geographical Distribution on Financial Flows to Developing Countries 1982~1991

第4章 調査地域の概要

アリカ地域およびイキケ地域の位置するチリ国北部地域は、チリ国の行政区の第1州（タラパカ1州とも呼ばれる）に含まれる。チリ国は、第1州を国家開発上の最重要地域として位置付け、将来は同地区を環太平洋経済圏のチリ国における拠点とすべく計画されている。第1州の人口は約36万人であり、その内90%以上がアリカ市、イキケ市の2大都市に集中している。

4-1 アリカ地域

(1) 社会・経済

アリカ市は、チリ国最北端に位置し、ペルーと国境を接している。アリカ市は太平洋に面するサン・ホセ川河口に発達した町であり、サン・ホセ川の水資源に支えられ、古来より栄えてきた町である。

アリカ市の産業は、魚粉、魚油、缶詰の製造等の水産加工業が主であり、これが全生産額の約3分の1程度を占める。

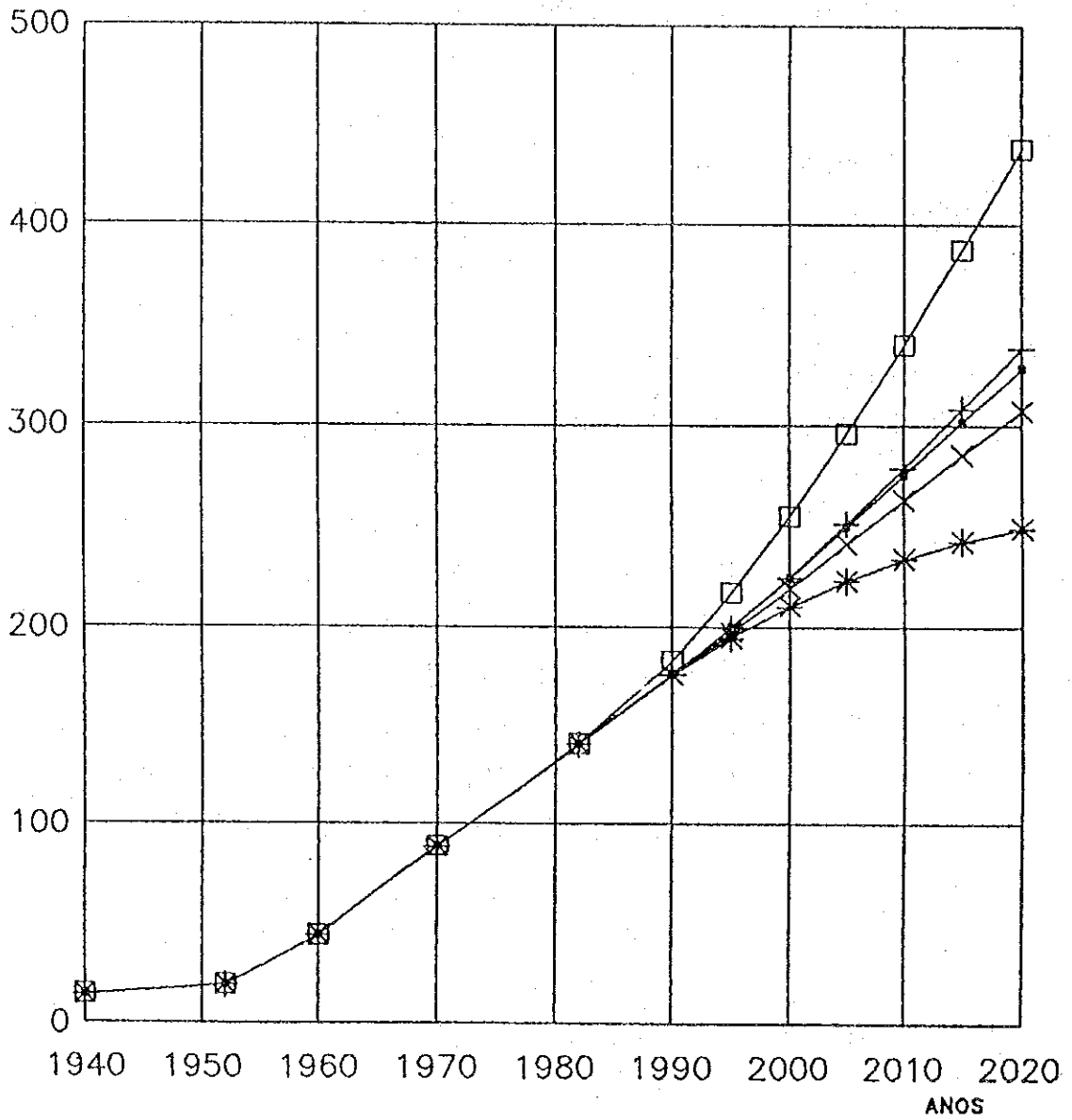
アリカ市は、ペルーと国境を接し、かつ太平洋に出口の無いボリビアとは鉄道で結ばれているとともに、ボリビアからの石油のパイプラインも通じている。この様にアリカ地域は、チリ、ペルー、ボリビアの三国の接点に位置する交通、貿易の要衝として位置付けられている。この様な背景で、アリカ市には無関税地区の特典が与えられようとしており、将来、国際都市として発展することが期待されている。また、飛行場の北側の沿岸部に、工業団地を造成する計画も検討されている。しかしながら、後述する様に水資源の逼迫がアリカ市の発展を阻害し続けているのが現状であり、今後の発展のためには水資源の確保が必須の条件となっている。

アリカ市の人口は、1991年現在約18万人であり、人口増加率は約2.5%程度である。この人口増加率は、イキケ市のそれが約4%程度であるのに比べ低く、アリカ市が水資源の制約により都市の発達が立ち遅れていることを示す。

図4-1にアリカ市の人口予測を示す。図4-1の内、最大予測と最低予測は、都市計画策定上省かれ、中の3本の予測曲線が都市計画検討に採用されている。この図に示される様に、アリカ市の人口は西暦2000年には約22万人程度、西暦2010年には27万人程度、西暦2020年には30万人を突破するものと予測されている。

PROYECCION DE POBLACION CIUDAD DE ARICA

POBLACION (mlles de hab.)



- (1) ARITM —+— (2) GEOM —*— (4) VEGE —□— (5) CUAD
- x— (7) LINEA

図4-1 アリカ市の人口予測図

(2) 自然環境

アリカ市はチリ国の最北部に位置し、平均気温は20℃で夏季と冬季の気温差は約8℃程度である。ここでは、年間を通じ降雨はほとんど認められない。農業はサン・ホセ川やジュタ川の谷底平野で、河川水や伏流水を利用し営まれているのみであり、周辺域は不毛の砂漠地域である。

アリカ市の背後には、アンデス山脈の前縁帯が迫ってきており、わずか50km程度内陸には、標高4,000m以上の高山がそびえている。これらの高山は主として第三紀の火山岩類より構成され、サン・ホセ川やジュタ川等の主要河川沿いには砂礫層より成る第四紀の河床堆積物が分布する。

内陸の高山地域では11月から3月にかけての夏季に降雨があり、その量は200～300mm程度である。

4-2 イキケ地域

(1) 社会・経済

イキケ市は、1960年代から硝石の積み出し港として急速に発達してきた新しい町であり、現在は第1州の州都となっている。

イキケ市の産業は、硝石の開発が衰退した今、水産加工業にその重点が移っている。また、同市はアリカ市と同様に第1州の開発拠点として位置付けられており、今後は貿易、交通のフリー・ゾーンとして発展していくことが期待されている。

イキケ市の人口は、1991年現在で約15万人であり、人口増加率は約4%とチリ国平均の2%を大きく上回っている。図4-2にイキケ市の人口予測を示す。この4本の予測曲線の内、都市計画検討に採用されているのは、内側の2本の予測曲線である。これによると、イキケ市の人口は西暦2000年には約20万人、西暦2020年には30万人を突破するものと予測されている。

PROYECCION DE POBLACION
CIUDAD DE IQUIQUE

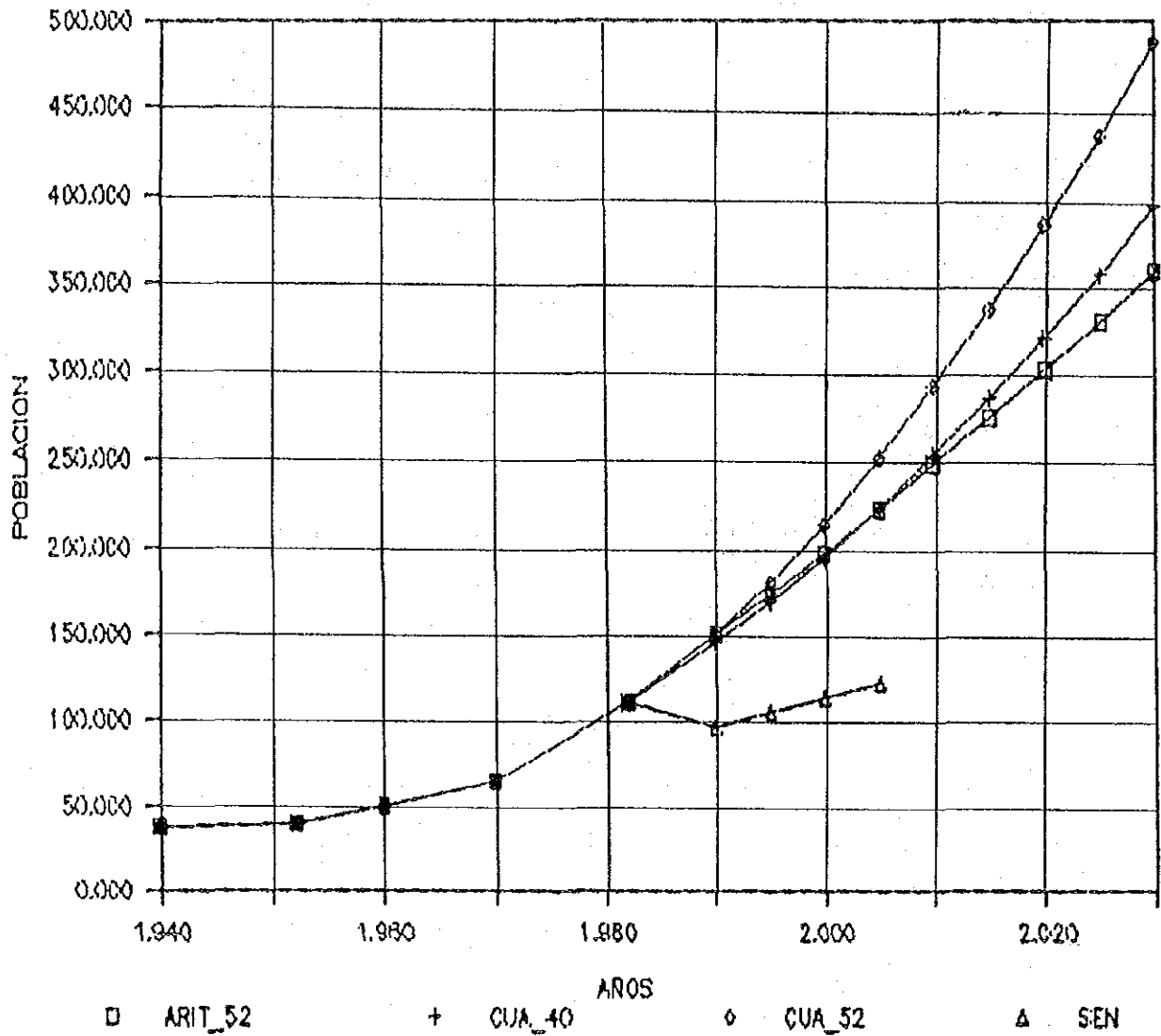


図4-2 イキケ市の人口予測図

(2) 自然環境

イキケ市はチリ国北部の狭小な海岸段丘上に位置し、その幅は最大でもわずか3 km程度で、長さは10km程度である。イキケ市が位置する海岸段丘の背後には、標高1,000mを越す山脈が南北に屏風状に連らなっている。

イキケ市周辺は植生のほとんど無い砂漠地域であり、年間を通じ降雨はほとんど認められない。イキケ市の平均気温は16.7℃であり、夏季と冬季の気温差は6℃程度である。

イキケ市の背後に迫っている山地は、次の図に示す様に西に向い階段状に下降する地形を呈しており、パンパ・デル・タマルガルやサラール・デ・ウァスコの平坦部は、構造性の閉鎖盆地となっている。これらの山地は、主として第三紀の火山岩類より成り、盆地内には第四紀の砂礫層および粘土層が堆積している。

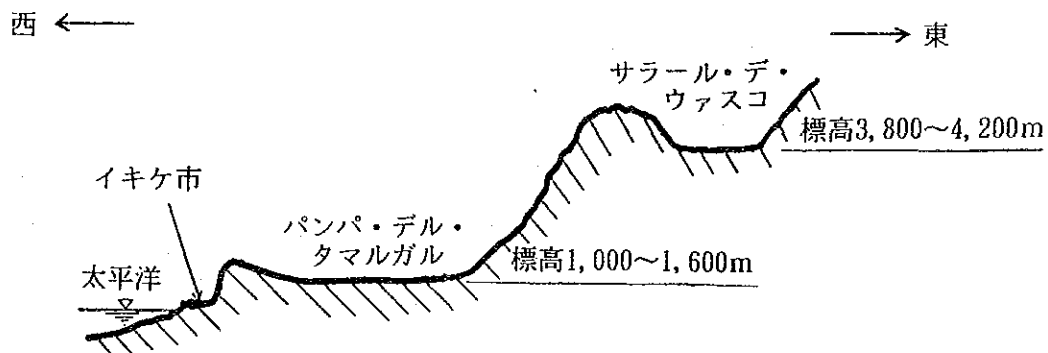


図4-3 イキケ地域の模式的地形断面図

降雨は高地のサラール・デ・ウァスコ付近で年間100~200mm程度認められるが、パンパ・デル・タマルガルやイキケ市ではほとんど無降雨の状態にある。

第5章 現地調査の概要

調査対象地域は以下に示す様に、アリカ地域で2地区、イキケ地域で2地区の計4地区である（調査位置図参照）。

- ; アリカ地域
 - サン・ホセ川流域
 - ジュタ川流域
- ; イキケ地域
 - パンパ・デル・タマルガル盆地
 - サラール・デ・ウァスコ盆地

図5-3にこれらの地域の水文地質図を示す。

5-1 アリカ地域

(1) 水需給状況

a. 人口

アリカ市の人口は現在約18万人であり、水資源の逼迫により都市の発展が阻害されている状況にあると言われている。現在の人口増加率は2.5%程度である。

b. 水供給

アリカ市の上水は全て地下水に依存しており、サン・ホセ川の下流の沖積地に掘られた合計30本の井戸でまかなわれている。上水用の地下水の揚水総量は約0.5トン/秒である。漏水については本格的な調査が行われていないとのことであったが、市内での漏水率は40%にも及ぶものと予測されている。漏水率を40%として単純に原単位を算定すると、約140lit/人/日となる。

c. 水需要

水需要が多く水供給が追いつかない状況にある。このため、通常12時間の給水制限を実施しており、水の需要が特に多くなる夏季には18時間の給水制限（最大22時間）をせざるを得ない状況にある。特に、ここ数年の山岳地域での降雨の減少傾向により、かんがい用の地表水の流量が減少し、かんがい用に地下水を利用し始めており、都市の上水源を更に圧迫している。このため、度々水争いが生じているとのことである。

この様な水の需要と供給のギャップを補うための新規水源として、サン・ホセ川の残余水源とともに、開発のほとんど進んでいないジュタ川の水源が開発の対象となっている。ただし、前者については量的な問題があり、後者には質的な問題がある。

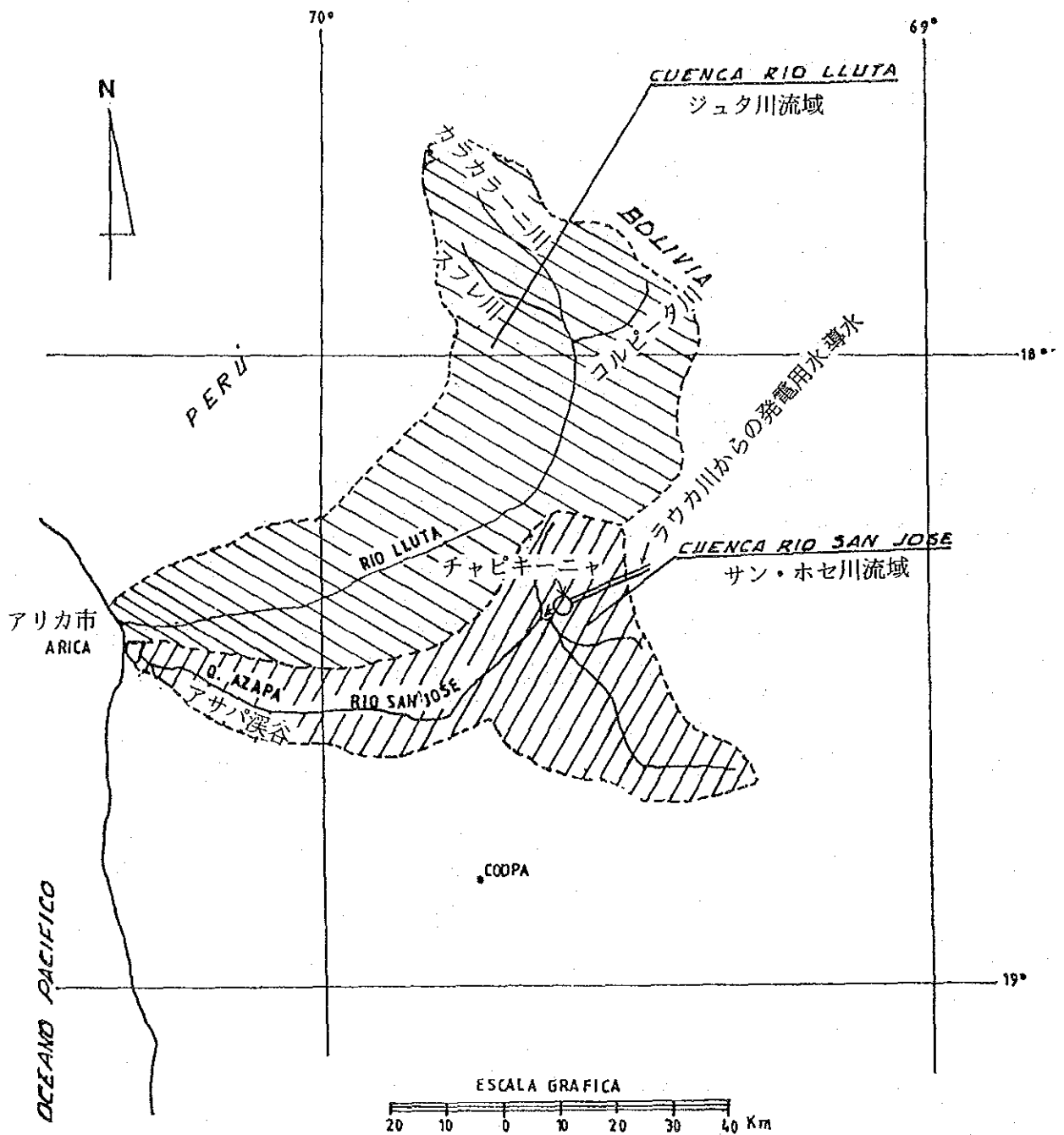


FIGURA 1 UBICACION APROXIMADA ZONA DE ESTUDIO PARA ARICA

図5-1 アリカ地域調査位置図

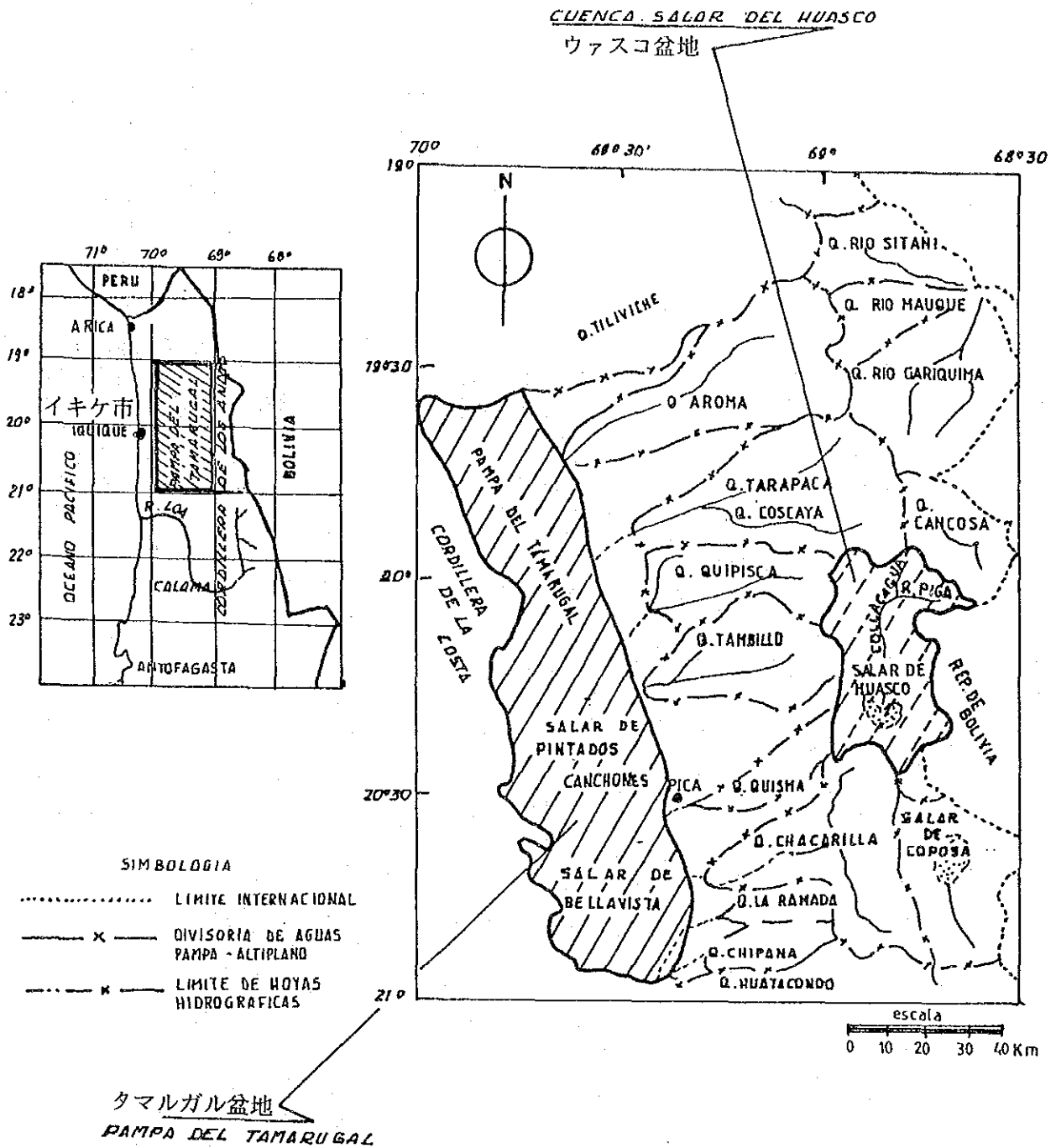


FIGURA 2 UBICACION AREA DE ESTUDIO PARA IQUIQUE

図5-2 イキケ地域調査位置図

(2) サン・ホセ川流域

a. 水資源開発状況

サン・ホセ川の流域面積は3,070km²であり、その表流水の流量は約1.5トン/秒とされている。サン・ホセ川の上流域では表流水が約0.2トン/秒取水されており、ここで取水された表流水は、チャピキーニャ発電所を通じたラウカ川からの導水約0.6トン/秒と合わされ、水路を通じ下流域へと導水されている。その平均流量は約0.8トン/秒である。

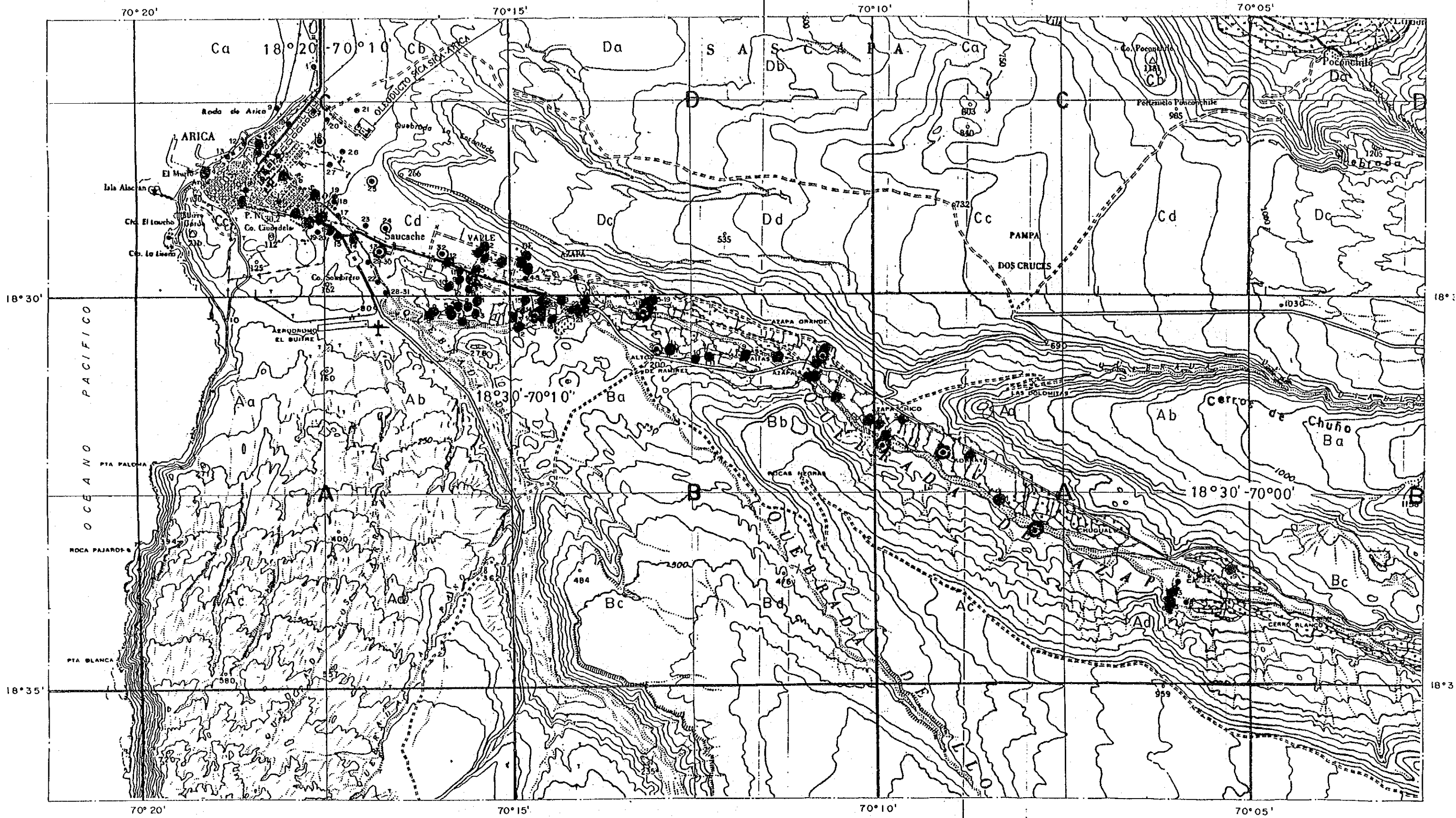
サン・ホセ川の取水された残りの約1.3トン/秒の表流水は、砂礫層より成る川床堆積物内に伏流し地下水としてアリカ市へと流れ、ここで都市用水として開発されている。

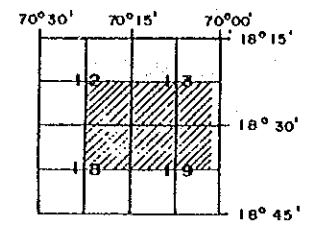
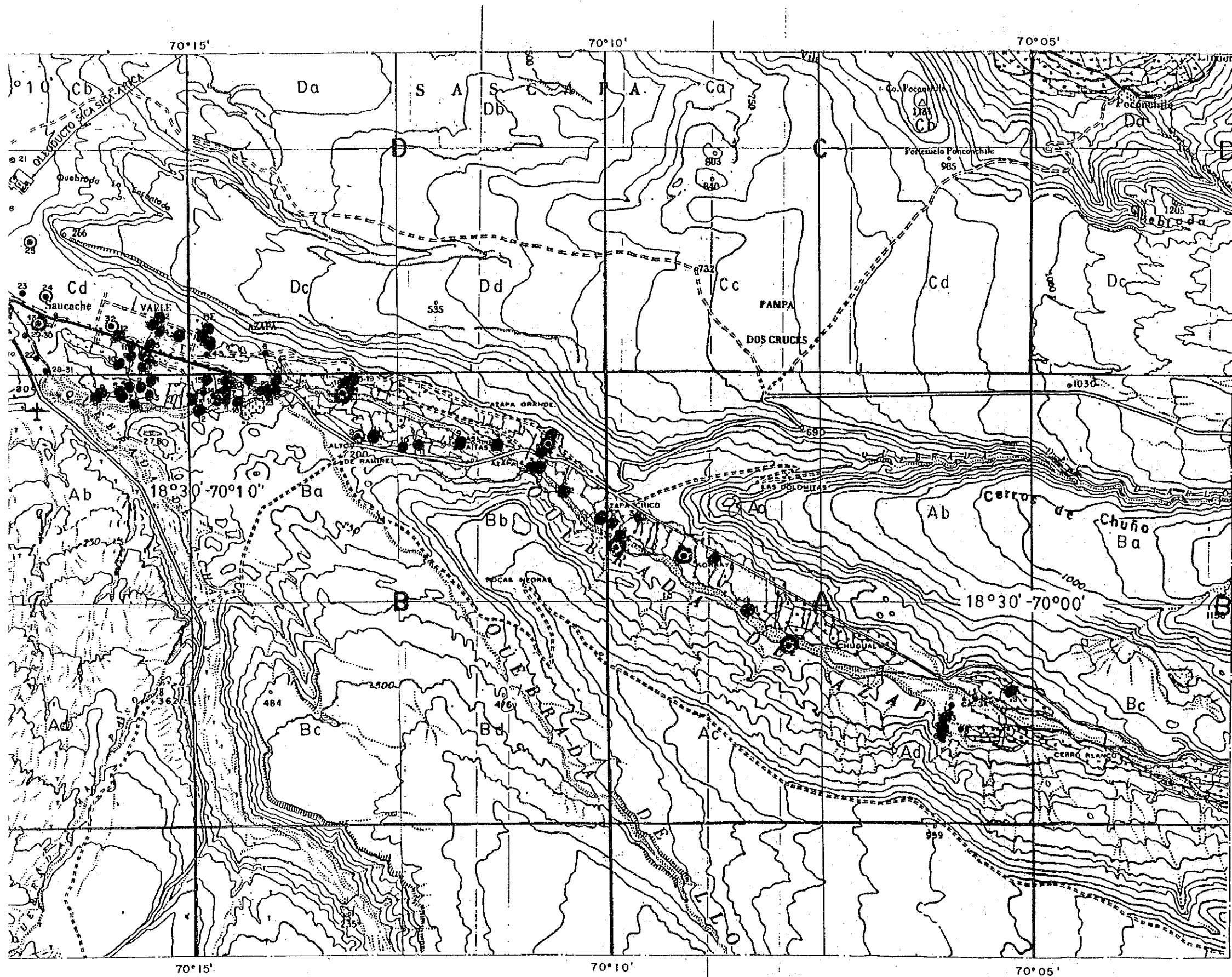
水路を通じ導水された表流水の内約20%は漏水し、残りの約0.5トン/秒がかんがい用水としてアリカ川流域で使用されている。表流水として海へ流出する量は現状ではゼロである。

サン・ホセ川下流域（アサバ渓谷と呼ばれる河口から約30kmの区間）では、農場内に一種の遊水池が設けられ、洪水時の表流水をここに貯留し地下浸透させている。この様にサン・ホセ川の水資源はかなり高度に開発されていると言え、ESSATの現地技術者の説明によると、アサバ渓谷の地下水盆は、地下水シミュレーションを行い管理しているとのことであった。

なお、表流水はかんがい用水、地下水は都市用水という配分が原則的には定められているが、図5-4の井戸の配置図に示す様に、前述の都市用水用の30本の井戸の他にも、アサバ渓谷では100本以上の井戸が掘削されており、これらは全てかんがい用の井戸である。もっとも、これらのかんがい用井戸は、渇水時の繁急用井戸の性格が強く、通常は使用されていない場合が多いとのことである。しかし、近年の山岳地における干魃傾向の顕在化によりサン・ホセ川の表流水の流量が減少し、地下水をかんがい用に揚水する量が増大し、都市用水との取り合いで法的な争いも生じてきている。

チリ国では、現在米州開発銀行（BID）の借款を得て、公共事業省（MOP）および農業省が全国6箇所で総合開発計画調査を実施する予定となっており、既に1992年7月にTORが完成している。TORによるとその調査の内容は、森林、農業、土壌、洪水防衛、水資源、社会・経済、環境等多岐にわたる総合的なものであり、概略設計、工事費積算、社会経済評価、管理運営計画等を含むF/Sステージまで包括したプロジェクトである。サン・ホセ川流域は、この6箇所の内の1つに選定されており、サン・ホセ川流域の水資源調査項目としては、地下水資源の開発、他流域からの転流、地下水の涵養、表流水のアロケーション、下水の再利用、水質の保全が挙げられている。この様





UBICACION DE CARTOGRAFIA
BASE I.G.M.

SECCION: A-12 = ARICA
A-13 = POCONCHILE
A-18 = C° CAMARACA
A-19 = VALLE DE AZAPA

SIMBOLOGIA

- = POZO
- ⊙ = POZO EN RED N.E.
- ⊗ = POZO EN RED - CALIDAD QUIMICA
- ⊕ = POZO - CALIDAD QUIMICA



図5-4 サン・ホセ川下流域(アサバ渓谷)井戸配置図

D. G. A.	MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DIRECCION GENERAL DE AGUAS DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA	
	PROYECTO: RED DE CONTROL NIVELES DE AGUA SUBTERRANEA	
ESCALA: 1: 50.000	CONTENIDO LAMINA: UBICACION DE POZOS EN EL VALLE DE AZAPA	
FECHA: SEPT.- 87	RED PROYECTADA POR: ALAMOS Y PERALTA INGENIEROS CONSULTORES LTDA.	
DIBUJO: LUIS BARRERA		

に、このプロジェクトはJICA調査と重複する部分があり、着手報告書（IC/R）作成時に、チリ国側とサン・ホセ川流域における調査内容について十分に協議し、BIDプロジェクトと重複しない内容にする必要がある。

b. 水 質

表流水、地下水ともに現状のところは特に水質の問題はない。しかし、かんがい起因すると考えられる地下水の塩分濃度の上昇傾向が認められ、今後の検討が待たれている。

c. 開発ポテンシャル

アサパ渓谷の帯水層は河床砂礫層であり、基礎岩は第三紀の火山岩類である。アサパ渓谷の下流部の谷幅は約2 kmで、砂礫層の厚さは100m程度であるとのことである。

アサパ渓谷では原則として表流水は農業用水、地下水は都市用水という配分が定められている。

都市用水としての地下水は、おもに海に面したアリカ市周辺で開発されているが、過剰揚水に伴う地下水への海水の進入や、地下水位の顕著な低下は未だ認められていないとのことである。沿岸のアリカ市街の中に天然の地下ダムが存在するために、このような地下水障害が発生していないという説もあるが、いずれにせよ現状では過剰揚水に伴う地下水障害が発生していないことから、アサパ渓谷における新規の地下水開発の可能性は、ある程度残されていると言えよう。

(3) ジュタ川流域

a. 水資源開発状況

ジュタ川はアンデス山脈のプートレ山に源を発する、流域面積約3,500km²の河川である。ジュタ川の水質は次に述べる水質の問題があるため、ほとんど開発されていないのが現状である。

b. 水 質

現地のESSATの技術者の説明によると、ジュタ川河口付近の地下水の水質は以下に示すように、きわめて劣悪である。表流水の水質も、地下水のそれとほぼ同じであるとのことである。

pH	:	3以下（強酸性）
電気伝導度	:	3,500マイクロジーメンズ/cm （塩分濃度2,000ppm以上、飲料水には適さず）
ボロン含有量	:	10ppm以上（農業用水基準をも大きく上回る）
ヒソ含有量	:	飲料水基準を上回る

pHおよび電気伝導度（塩分濃度）については、ジュタ川上流右支川のスフレ川が原

因であるとされる。スフレ川はペルーとの国境に位置するタコラ火山に源を発する硫黄含有量の著しく高い強酸性河川であり、スフレ川はカラカラーニ川と合流しジュタ川となる。カラカラーニ川の水質は良好であるが、スフレ川と合流すると即座に白濁し水質が劣化してしまう。カラカラーニ川の流量は約0.4トン/秒である。ボロンおよびヒソについては、ジュタ川上流左支川のゴルピータ川の含有量が高く、これはゴルピータ川の上流にある鉱山の廃水が原因とされている。

c. 開発ポテンシャル

ジュタ川の流量は2.3トン/秒とされており、ほとんど全量が地表水および伏流水として海へと無効放流されているのが現状である。また、水文地質調査も行なわれておらず、河口部の砂礫層の厚さ等の資料もない。

このように、量的には非常に開発ポテンシャルが高いと言えるが、水質の問題が大きな制約となっており、開発にあたっては流域の水質改善（ダム建設を含む）、上流域（カラカラーニ川）からの導水、スフレ川の切り回し、鉱山廃水の処理、汚染された河床堆積物からの有害物質の溶出対策、水処理施設の導入等を考慮する必要がある。

5-2 イキケ地域

(1) 水需給状況

a. 人口

現人口は約15万人で人口増加率は約4%と高い（チリ国平均は約2%）。

b. 水供給

現在パンパ・デル・タマルガル盆地（タマルガル盆地と呼ぶ）のカンチャネスにある水源地から0.6トン/秒の揚水を行い、これを約70km離れたイキケ市へ導水している。導水の途中約0.1トン/秒の水を分水し（一部盗水あり）、イキケ市へ供給している水量は約0.5トン/秒となっている。市内での漏水量は約40%にもおよび、実際に供給されている水量は約0.3トン/秒に過ぎない。これに基づき単純に原単位を算出すると約170 lit/人/日となる。

c. 水需要

現在のところは、特に深刻な水不足は発生していないとのことであるが、カンチャネス水源地での集中的な過剰揚水により水質が悪化（塩分濃度が高くなる）するとともに、水源地の水位が年間1m程度の割合で低下しつつある。この様に、カンチャネス水源地は将来の水源地として量的および質的に不安がもたれている。

(2) パンパ・デル・タマルガル盆地

a. 地形・地質

タマルガル盆地はイキケ市東方約70kmに位置し、東西約36km、南北約220kmの南北に延びた形状を示す、面積約7,800km²の広大な盆地である。タマルガル盆地は完全に閉鎖された盆地であり、ここから流出する河川は存在しない。タマルガル盆地の標高は、1,000mから1,600mであり、北から南へゆるやかに傾斜する平原が広がっている。盆地の南側には、ピンタドス塩湖を始めとする幾つかの塩湖が存在していたが、現在では全て涸上ってしまっているとのことである。

タマルガル盆地の地質は、基盤岩として第三紀の火山岩類が分布し、これを第四紀の砂礫層、粘土層が埋積する。盆地内には基盤岩の山が数箇所突出しており、基盤面の形状が単純な舟底形ではないことをうかがわせる。

b. 地下水開発状況

タマルガル盆地の地下水開発は、硝石の開発が盛んとなる1960年代に本格的に開始され、1987年の井戸調査では、350本以上の井戸が登録されている（図5-5のタマルガル盆地井戸配置図参照）。この内、大量に地下水を揚水している井戸は少なく、主要な井戸の数は18本である。他の井戸は水質が悪く放棄された井戸や臨時に少量の地下水を汲み上げている井戸、あるいはDGAから揚水の許認可が下りていない井戸である。タマルガル盆地では現在数多くの地下水開発申請がDGAに出されているが、イキケ市の水源であるカンチョネス水源地の地下水位の低下傾向や塩水化傾向を配慮し、全て保留しているとのことである。

現在、タマルガル盆地で稼動している18本の井戸の総揚水量は716 lit/秒である。これらの井戸の深度は平均100m程度であり、最大で200m程度である。その内カンチョネス水源地では8本の井戸で610 lit/秒の揚水を行っており、タマルガル盆地の総揚水量の85%を占めている。

カンチョネス水源地はわずか2km四方程度の地域であり、この様な狭少な地域で7,800km²もあるタマルガル盆地での地下水開発のほとんどをまかなっていることになる。この様に、現状のタマルガル盆地（タマルガル地下水盆）の地下水開発は、決して効率的とは言えない状況にある。

c. 水文地質

タマルガル盆地は、第三紀の火山岩類より成る基盤を第四紀の粘土層、砂礫層（カンチョネス層と呼ばれることもある）が埋積しており、第四紀の砂礫層がタマルガル盆地の主要な帯水層となっている。第四紀層の厚さ、つまり基盤岩までの深さは場所によって大きく異なるが、一般に北から南に向い深くなる傾向があり、北部ではおよそ90m程

度であるものが、南部では700mにも達するところもある。

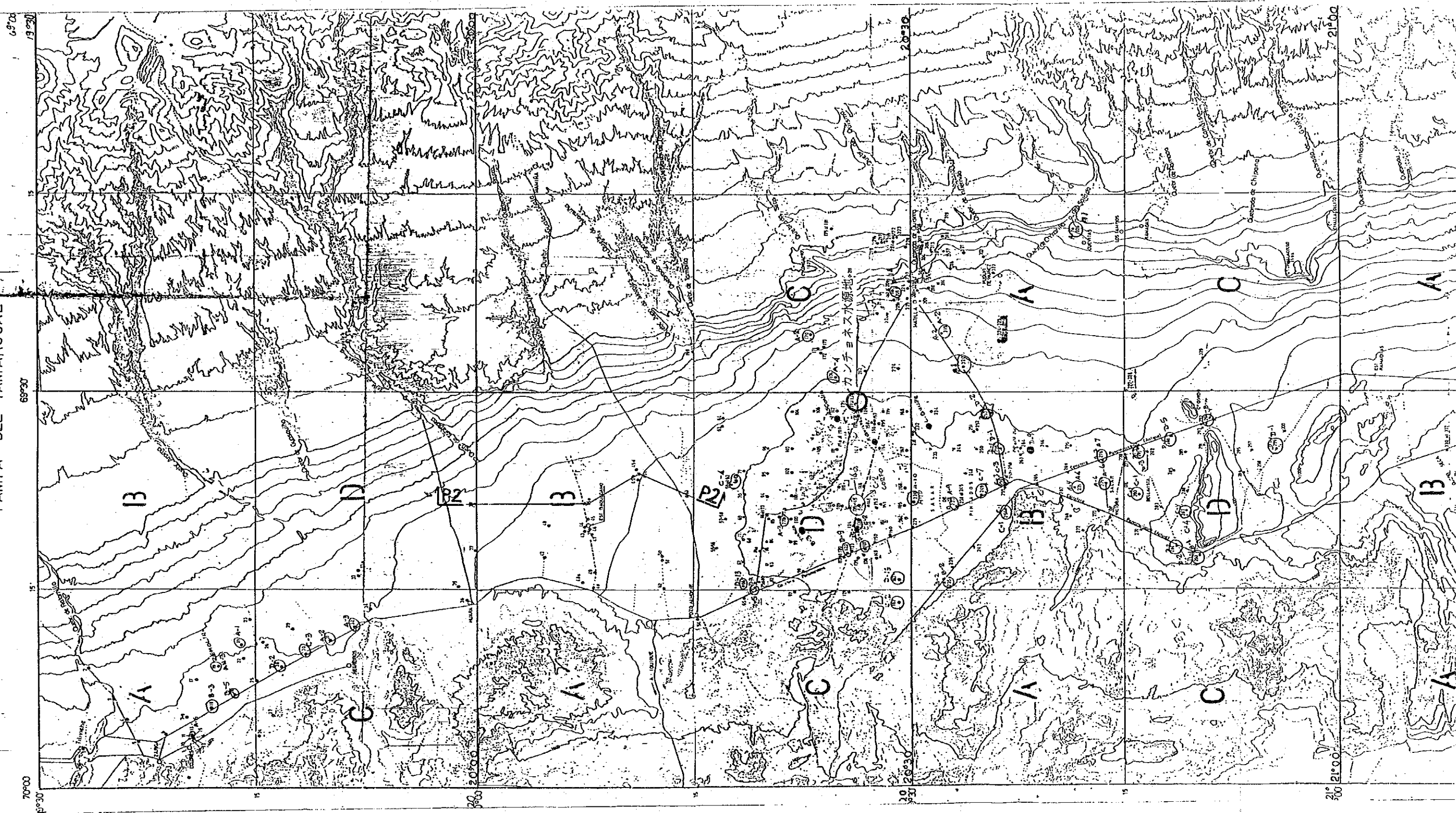
帯水層である砂礫層は大局的には3層に区分されるとのことであるが、図5-6の地質断面図に示す様に実際は複雑に指交しており、水理的には連続している部分が多いとのことである。なお、地質の記録のある井戸は270本程度存在するとのことであり、その深度は100~200m程度である。

地下水面の深さは、過剰揚水を行い地下水位が著しく低下しているカンチョネス水源地を除き、おおむね5~25mである。地下水面は南に行くにつれ浅くなり、塩湖が存在していた付近では、地表面付近に位置するようになる。タマルガル盆地の地下水面の形状は、図5-7の地下水開発がそれほど進んでいない時代の地下水コンター図に示す様に、平原の傾斜と同様に北から南へゆるやかに傾斜しており、東の山岳地から涵養された地下水が南へ向かい流れていることを示す。

帯水層の透水量計数100~3,000 m^3 /日程度で、貯留係数は0.0001から0.25とされている。またチリ大学の炭素14測定によると、タマルガル盆地の地下水の年代は、盆地中央部で約5,000年、盆地南部の塩湖付近では約10,000年という結果が出ている。このことから、タマルガル盆地の地下水の動きは、極めて緩慢であることが予想される。

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
BUS CENTRO DE ESTUDIOS HIDROLOGICOS

CATASTRO DE POZOS
PAMPA DEL TAMARUGAL



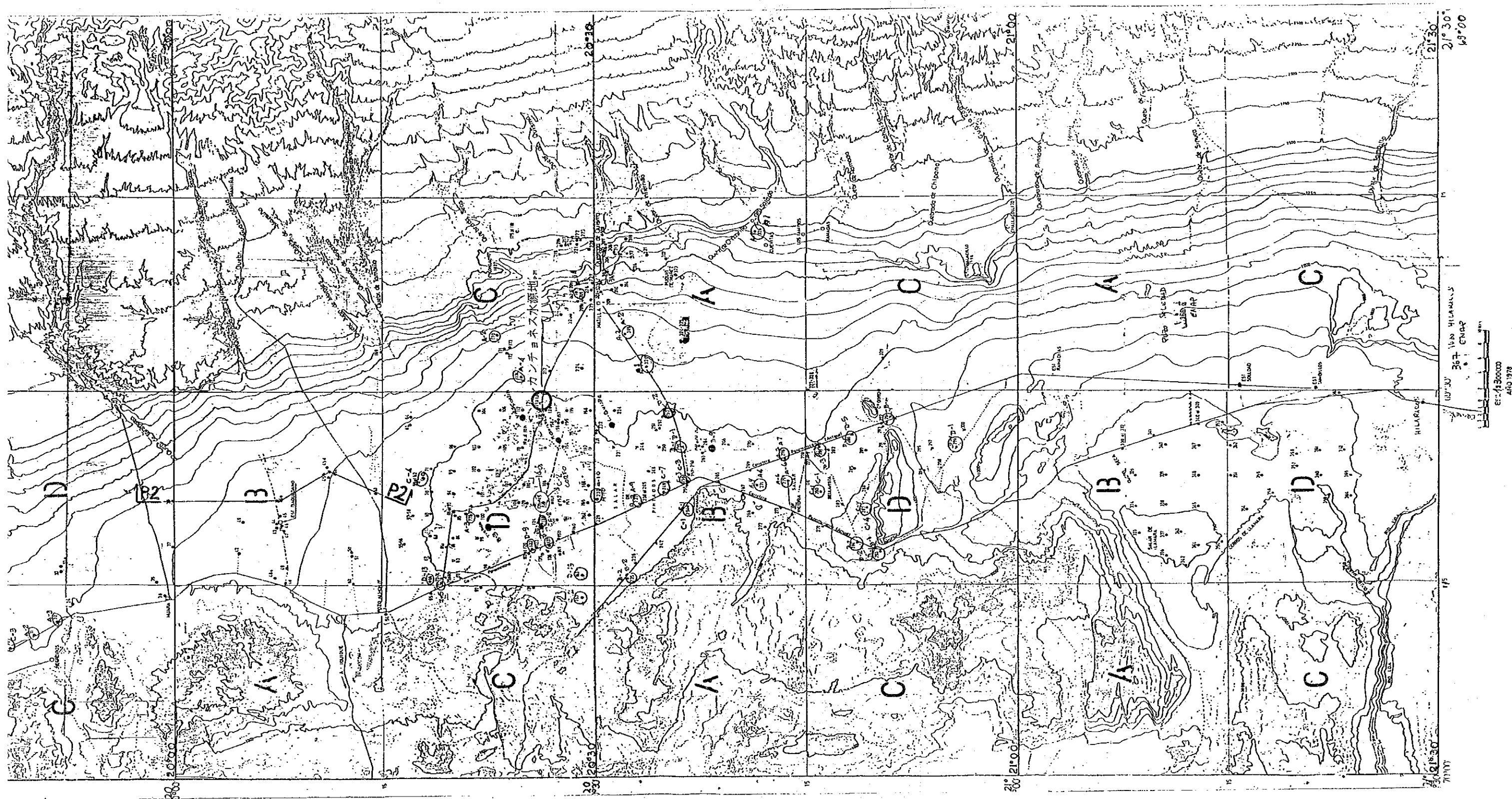
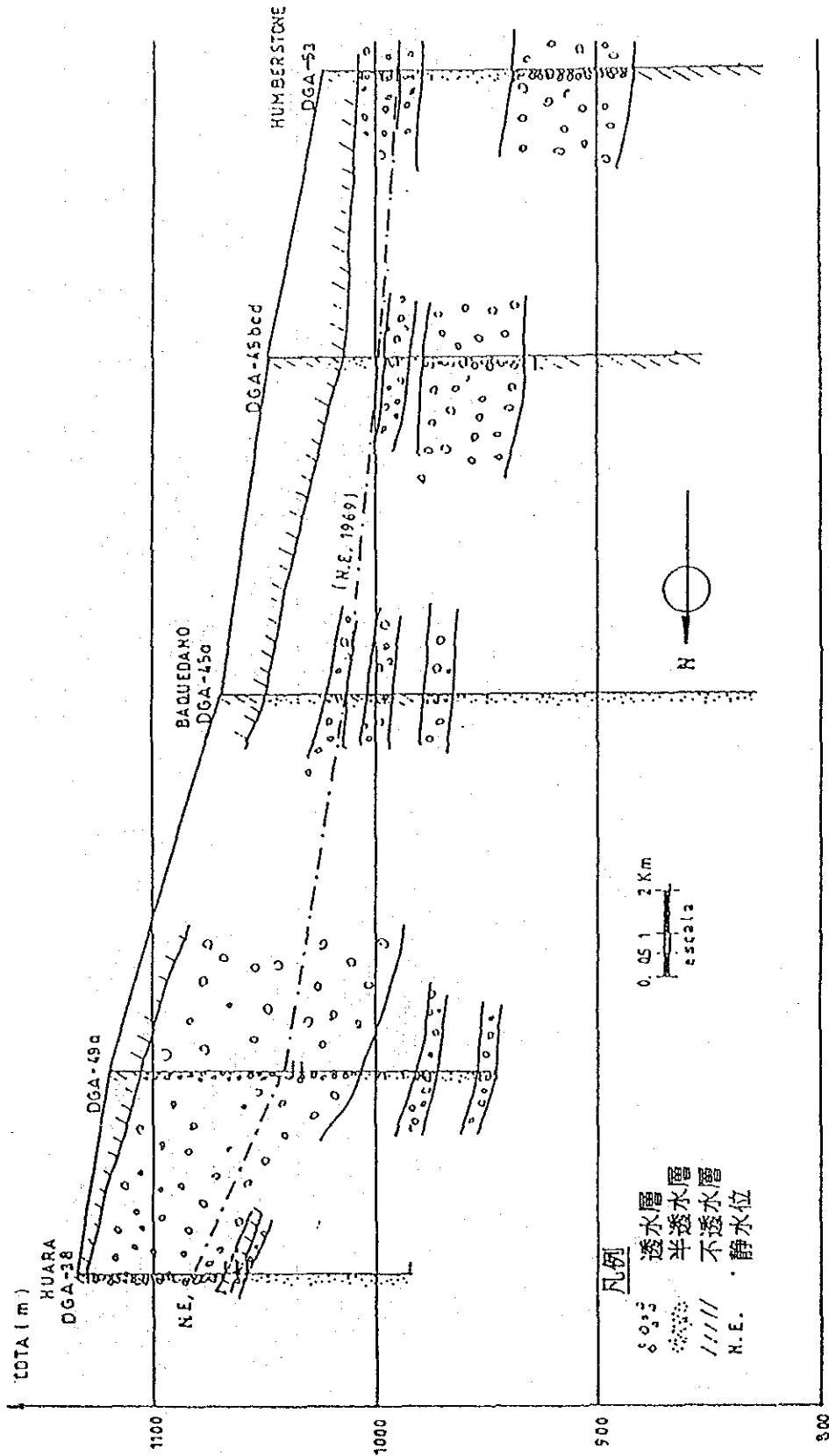


図5-5 タマルガル盆地井戸配置図



断面 P2

図 5-6 タマルガル盆地の地質断面図
(断面位置は井戸配置図に示してある)

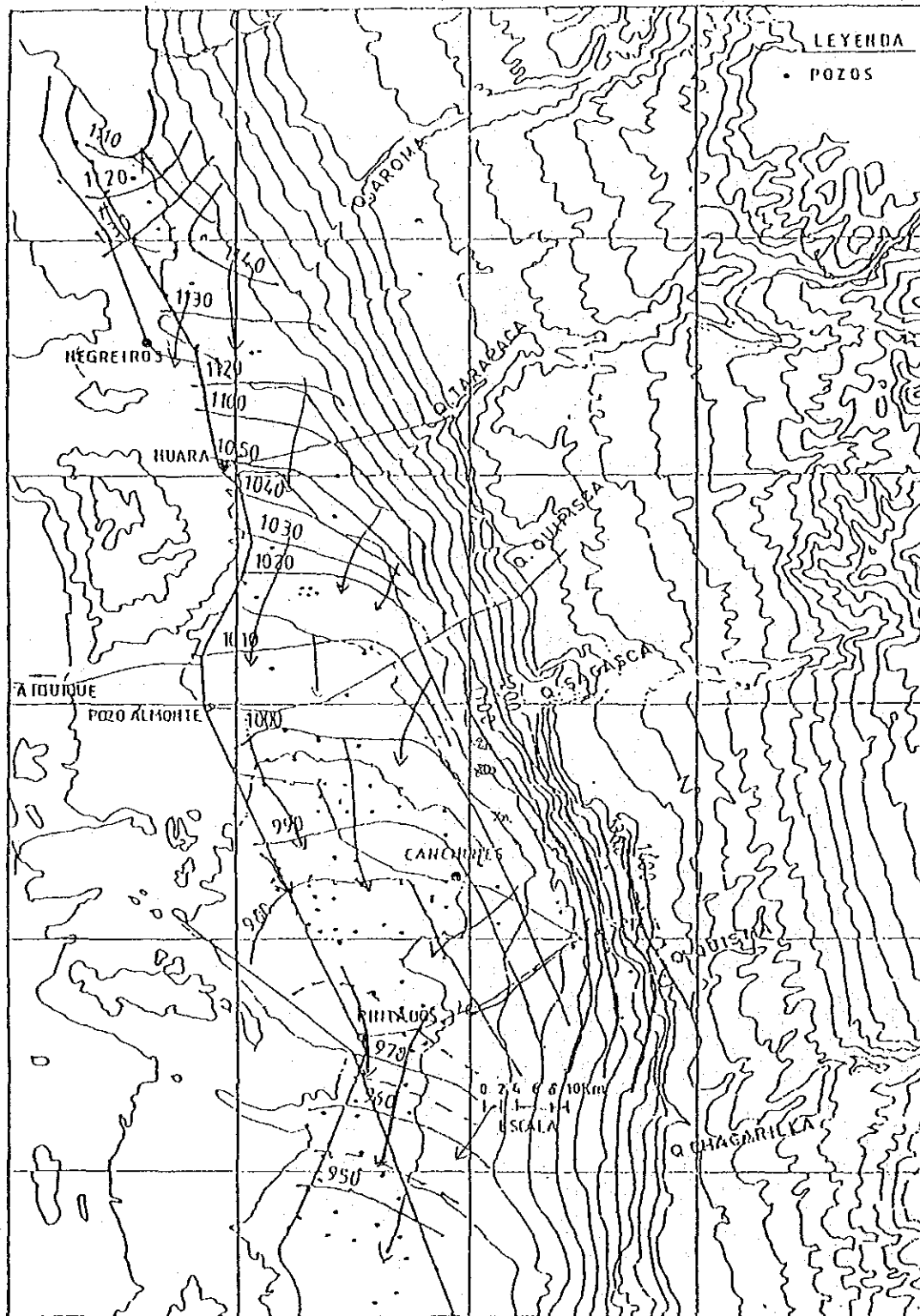


図 5-7 等ポテンシャル図 (静水位 1950-1965)

d. 水 質

タマルガル盆地の地下水は、北から南および東から西へ流れており、図5-8に示す様に南あるいは西に行くに従い塩分濃度が高くなる傾向がある。この様に、タマルガル盆地では地下水流の全体的な動きに従って、南と西に向う水が段階的に汚染され、最終的に南の塩湖地域で5,000マイクロジーメンス/cm以上の電気伝導度を有する様になる。このような現象は、塩類（主としてNaCl）を含んだ地層からの溶出が主たる原因と考えられ、地層との接触時間の長くなる地下水流の下流側、つまり南側と西側でより一層塩分濃度が高くなると考えられている。

カンチョネス水源地では、最近の過剰揚水のため西側の塩分濃度の高い地下水を引き込んでいる現象が図5-8に示す様に明らかになってきている。

また、タマルガル盆地の地下水は、もともと鉛、ヒソ、マンガンの含有量が高く、鉛、ヒソについてはほぼ飲料水基準の上限値付近の値を示し、マンガンについては飲料水基準の数倍の値を示している。

e. 開発ポテンシャル

タマルガル盆地での降水量はほとんどゼロと言ってよく、地下水の涵養は盆地に流れ込む河川水により行われているとされている。

1988年のチリ大学の初歩的研究によると、表5-1に示す様に盆地の地下水涵養量が約1トン/秒であるのに対し、流出量は井戸の揚水量0.7トン/秒の他に植生からの蒸発散量等を加え約1.7トン/秒とされている。この様に、チリ大学の初歩的研究によれば、タマルガル盆地の地下水収支は年間約0.7トン/秒の流出超過であり、将来水資源が枯渇する危険性があるとされている。

表5-1 タマルガル盆地の水収支 (1980年代)

流 入		流 出	
各溪谷の基底流による涵養			
アローマ	250 l/s	パンパ地域の揚水	716 l/s
タラパカ	385 l/s	塩湖からの総蒸発量	286 l/s
サガスカ	101 l/s	植物からの蒸散量	690 l/s
キピスカ	105 l/s		
ピカ	30 l/s		
チャカリーリャ	125 l/s		
ラマダ	6 l/s		
計	1,002 l/s	計	1,692 l/s

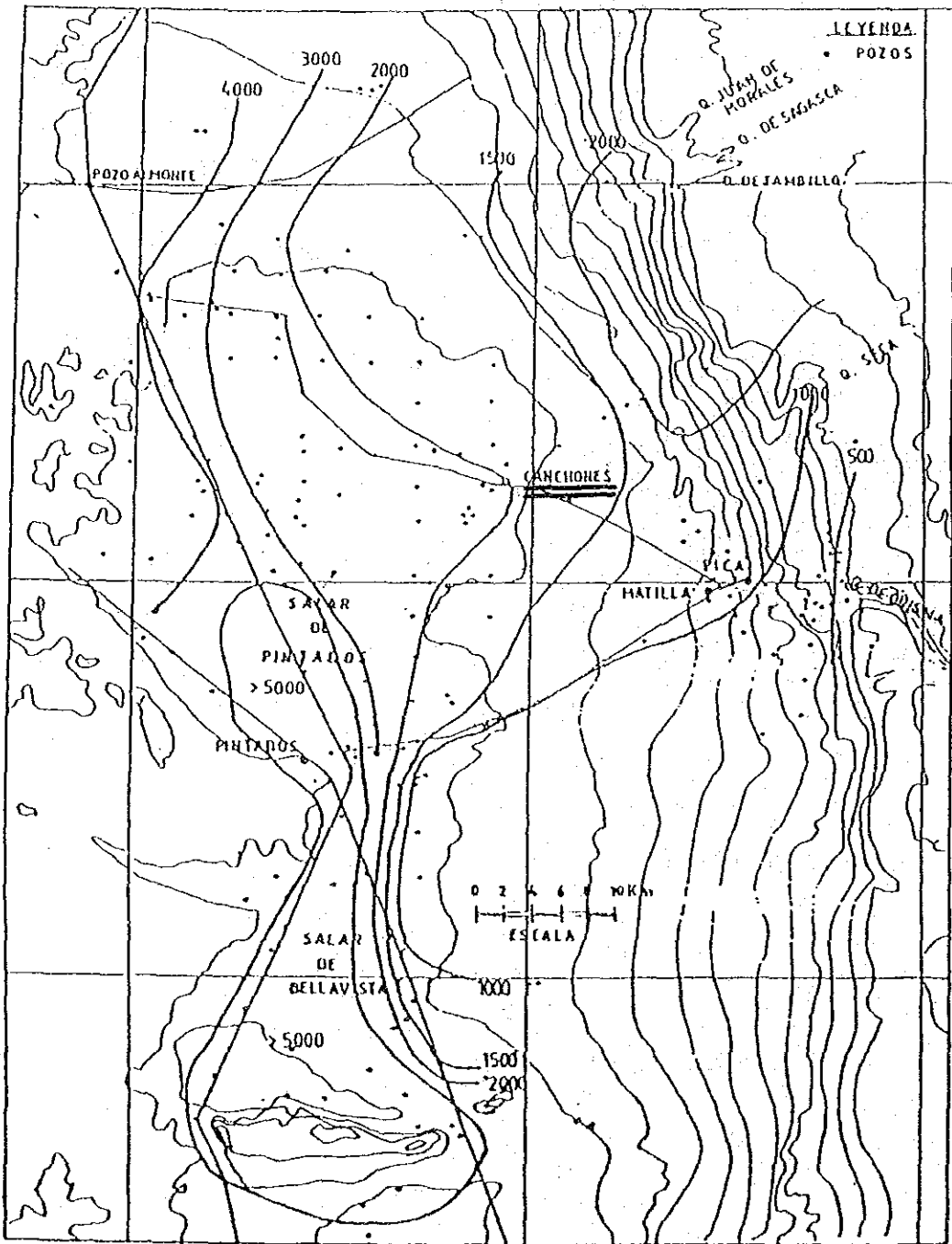


图 5-8 等伝導度線 ($\mu\text{mhos/cm}$)

A $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ (1986年 8月)

チリ大学の行ったカンチョネス水源地の水位降下シミュレーション結果を次の図に示す。

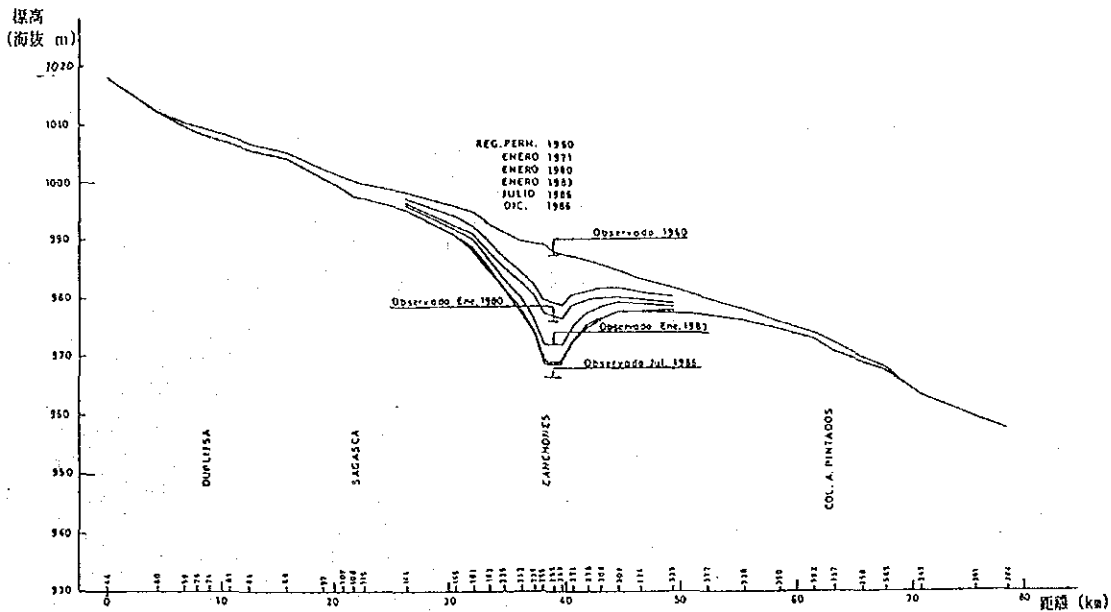


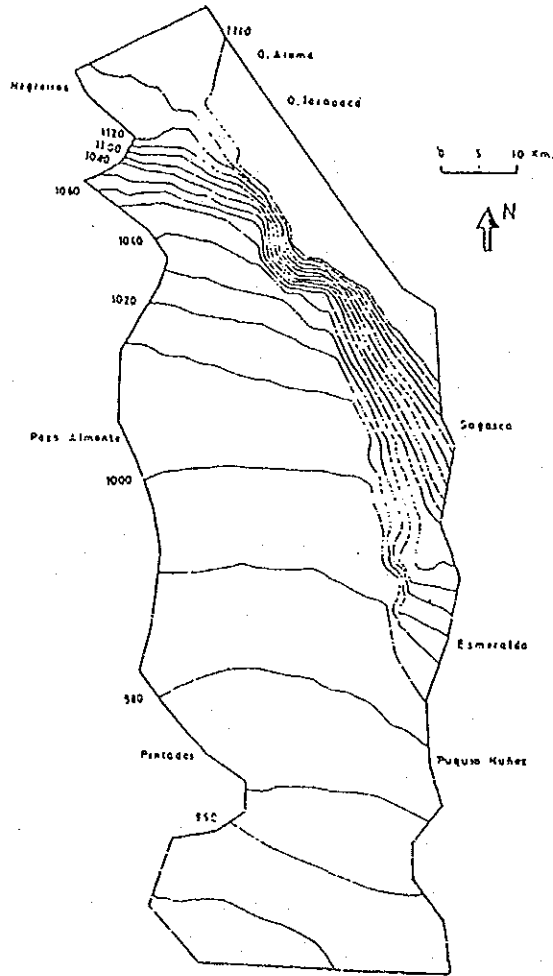
図5-9 カンチョネス水源地の水位降下シミュレーション結果

この図に示される様に、カンチョネス水源地では1960年から1986年の26年間で約20m水位が降下し、2000年までには30m以上水位が降下するとのシミュレーション結果が出ている。

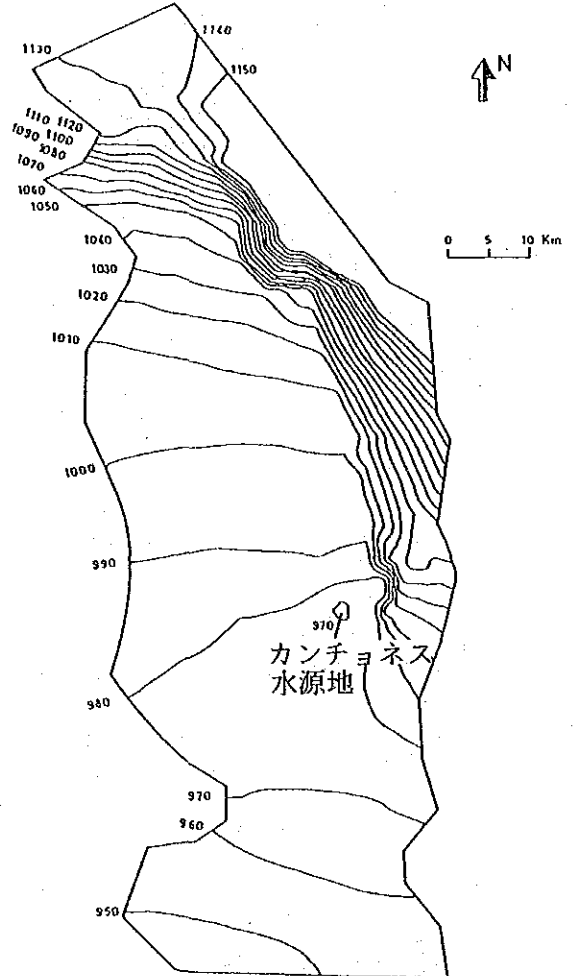
図5-10に現況再現シミュレーションによるタマルガル盆地の地下水開発前（1960）と、地下水開発後（1987）の地下水コンター図を示す。この図に示される様に、地下水開発による地下水位降下はカンチョネス水源地付近にのみ局所的に現われており、他の地域での水位変化はほとんど認められない。この様に、カンチョネス水源地で集中的に地下水を開発している現状は、地下水盆全体の有効な地下水開発の見地から、決して効率的であるとは言い難い。

なお、チリ大学の実施した水収支シミュレーションはかなり簡素化した手法（有限要素法による平面2次元浸透流解析）を用いているとともに、入力データも推定によっているところが多く、水収支シミュレーションを含め今後見直しが必要であろう。特に表5-1に示したタマルガル盆地の水収支については、現在塩湖が涸上っており、そこからの蒸発量を再検討する必要があるとともに、植物からの蒸発散量や地下水の涵養機構や量についても見直していく必要がある。

以上の様な見直しや再検討を通じ、タマルガル盆地の水資源開発ポテンシャルを検討し、これに基づき効率的な地下水開発計画を策定していく必要がある。



地下水開発前 (1960年)



地下水開発後 (1987年)

図 5-10 タマルガル盆地の地下水開発前と地下水開発後の地下水コンターの比較

(3) サラール・デ・ウァスコ盆地

a. 地形・地質

サラール・デ・ウァスコ盆地（ウァスコ盆地と呼ぶ）はタマルガル盆地の更に東方80 kmに位置している。ウァスコ盆地は東西約25km、南北約50kmの南北に延びた面積1,300 km²の盆地である。その標高は3,800mから4,200mと高山地域に位置する。

ウァスコ盆地は、タマルガル盆地と同様に完全に閉鎖された盆地であり、南に向い標高が低くなり南端にウァスコ塩湖と呼ばれる塩湖が分布する。

ウァスコ盆地の地質は、第三紀の火山岩類を基盤岩とし、これを第四紀の砂礫層、粘土層が埋積している。

b. 水資源開発状況

ウァスコ盆地では、水資源開発は全くなされておらず、他の開発も行われていない。

c. 水文地質

ウァスコ盆地は、タマルガル盆地と同様に、陥没した基盤岩を第四紀の砂礫層や粘土層が埋積しており、第四紀の砂礫層が主要な帯水層となっている。ウァスコ盆地では2本の調査ボーリングが掘削されており、これによると基盤までの深度は約200m程度である。なお、帯水層の水理定数等は不明である。

地下水面の形状もあまり明らかになってはいないが、地形に沿って全体にゆるやかに南側へ傾斜しているものと思われ、南側ではウァスコ塩湖の水面と地下水面とが一致している。

d. 水質

水質についても資料は乏しいが、ウァスコ塩湖の湖水を除けば特に問題は無く、おおむね飲料水基準を満足しているとのことであった。

e. 開発ポテンシャル

ウァスコ盆地流域の降水量は、年間200～250mm程度である。ウァスコ盆地には幾つかの小河川や泉より表流水が流入しており、これらは盆地内部で伏流し地下水となる。地下水は盆地内部で南に流れ、ウァスコ塩湖で蒸発する。ウァスコ盆地内の水のサイクルとしては、一部基盤岩を通じ漏水するものもあろうが、基本的には盆地内に流入した水がウァスコ塩湖で蒸発する、定常サイクルが形成されているものと考えられる。

ウァスコ盆地に流入する最も大きな河川はコジャカグア川であり、その流量は約0.3トン/秒である。

この様に、ウァスコ盆地では水資源の開発余地は、ある程度残されていると言えるが、地下水、表流水にかかわらず、ウァスコ盆地で水資源を開発した場合、ウァスコ塩湖は縮小あるいは消滅する恐れが大きいと判断される。

f. 環 境

ウァスコ盆地は現在のところ保護地域等には指定されていないが、自然環境がほぼ完全な姿で残存している地域と言える。今回の現地調査ではウァスコ塩湖でピンクフラミンゴのコロニーが認められたほか、コンドルが飛翔する姿も認められた。

また、ウァスコ盆地内には山岳少数民族であるアイマラ族が約2,000名居住しており、リャマ等の遊牧を営み独自の生活文化を守り続けている。

第6章 環境予備調査

6-1 概要

(1) 調査対象地域の自然環境および社会環境

a. アリカ地域

ー サン・ホセ川流域

サン・ホセ川の流域は砂漠地域である。海岸部での雨量はほぼゼロであり、最上流域の山岳部で年間150mm程度の降雨が認められる。植生は河床に分布するのみである。

農地や都市はサン・ホセ川の下流、および河口部に分布している。サン・ホセ川下流はタラパカ溪谷と呼ばれ、オリーブや野菜の栽培が行われている。サン・ホセ川河口部に位置するアリカ市では、水不足のため常時12時間の給水制限を強いられている。サン・ホセ川流域では、原則として地下水は都市用水、表流水は農業用水と定められているが、ここ数年の早魃傾向により地表水の流量が減少し、地下水をかんがい用に揚水するケースが増えてきており、都市用水との地下水の取り合いで法的な争いも生じてきている。

ー ジュタ川流域

ジュタ川流域も砂漠地域であり、上流の標高4,000mを越す高山地域で300~350mm/年程度の降雨が認められる外は、ほとんど降雨の無い地域である。植生は河床に分布するのみである。

ジュタ川の流量はおよそ2.3トン/秒であるが、水質が汚悪なためほとんど開発されていない。ジュタ川下流域では、河床部で表流水を利用して農業が営まれているが、水質が悪いため作付けできる作物もトウモロコシ等の単価の低いものに限られ、かつ生育も悪い。

b. イキケ地域

ー パンパ・デル・タマルガル盆地

タマルガル盆地は面積約7,800km²の南北に延びた閉鎖盆地であり、その平均標高は約1,100mである。タマルガル盆地の降水量はほぼゼロであり、ところどころ豆科の樹木が生育しているが、大半は砂漠から半砂漠の状態となっている。タマルガル盆地の南部にはピンタドス塩湖を始めとする塩湖が幾つか存在していたが、現在は涸上ってしまっているとのことである。なお、200年程以前にはタマルガル盆地には数多くの塩湖が存在し、盆地全体が広大な湿原地となっていたらしいが、入植者による植生の大規模伐採が原因で現在の様な砂漠化が進行したとされている。

タマルガル盆地はその昔硝石の開発で栄えた地域で、現在は硝石の開発は完全に衰退し、硝石工場が2つと、銅鉱山が1つあるのみである。タマルガル盆地の町としては、ピカ、マテージャがあり、これらの町はアンデス山脈山麓のオアシスとなっている。この他には、カンチョーネを始めとする小さな集落が7つ存在するのみであり、タマルガル盆地は全体としてほとんど人の住んでいない地域と言える。農業は水の制約があるため、ピカとマテージャでのみ行なわれており、この他に幾つか農業試験場がある。農業省では現在、タマルガル盆地でタマルゴという豆科の樹木（タマルガル盆地の名前の由来となっている）の再植林計画を検討中とのことである。

一 サラール・デ・ウアスコ盆地

ウアスコ盆地はタマルガル盆地の東方約80kmに位置する、面積約1,320km²の南北に延びた盆地である。ウアスコ盆地はタマルガル盆地と同様に閉鎖した盆地であり、その標高は3,800m～4,200mと高地に位置する。ウアスコ盆地の降水量は年間150mm程度である。ウアスコ盆地には低木や草が繁茂し、その南側には直径約5kmのウアスコ塩湖が広がる。ウアスコ塩湖には、ピンクフラミンゴの数百羽から成るコロニーが形成されている。また、今回の現地調査では、頭上をアンデスコンドルが飛翔する姿も認められた。フラミンゴ科全種はワシントン条約の付属書Ⅱに挙げられている動物であり、アンデスコンドルは付属書Ⅰに挙げられている動物である。付属書Ⅰとは、絶滅の恐れのある動植物をリストアップしたもので、それらの取引は厳重に規制されている。付属書Ⅱとは、現在必ずしも絶滅の恐れのある種ではないが、その取引を制限しなければ絶滅の恐れがある種となる危険性のある動植物をリストアップしたものである。

ウアスコ盆地は未開の地であり、アンデス山脈の自然の姿が保全されている地域である。ウアスコ盆地には山岳少数民族であるアイマラ族が約2,000名ほど居住しており、リヤマ等の放牧を生活の糧として、独自の生活文化を守り続けている。

(2) チリ国の環境法制度

チリ国における環境審査の制度は、完全な形には未だなっておらず、1991年12月に発布された大統領令をもとに、各省庁がその政策方針策定にあたり環境問題を組み入れるべく、組織や手続きの改編にあたっている段階である。この様に、環境影響評価は各部局毎に実施される仕組みとなっており、現在この様な体制を法令化した“レイ・マルコ法案”が国会で審議されている。

水資源開発については、1991年12月にDGA内に環境審査室が設けられた。DGAの環境審査室では、水資源の開発申請者に環境影響予測評価書を提出させ、これの評価を行い

許認可を与えている。ただし、その内容はきわめて初歩的なものであり、本プロジェクトを通じ環境影響予測評価書の内容や手続きについて検討していきたいとのことであった。

なお、1992年6月25日に発令された法律第34300号では、サラール・デ・ウェアスコの様な湿原での水資源開発は原則として禁止している。しかし、DGAで特別に環境調査を行い、その結果特に環境保全上問題が生じないとDGAにより判断された場合については、この規制の対象外とすることが明記されている。

(3) 保護区・国立公園

チリ国には、全国に83ヶ所の国立公園、国立自然保全地域、天然記念地域、自然サンクチュアリ地域の指定地域がある。これらの管理は農業省に属する国家森林公社(CONAF, Corporacion Nacional Forestal)が行っている。

第1州については、図6-1に示す様に5ヶ所の指定地域がある。

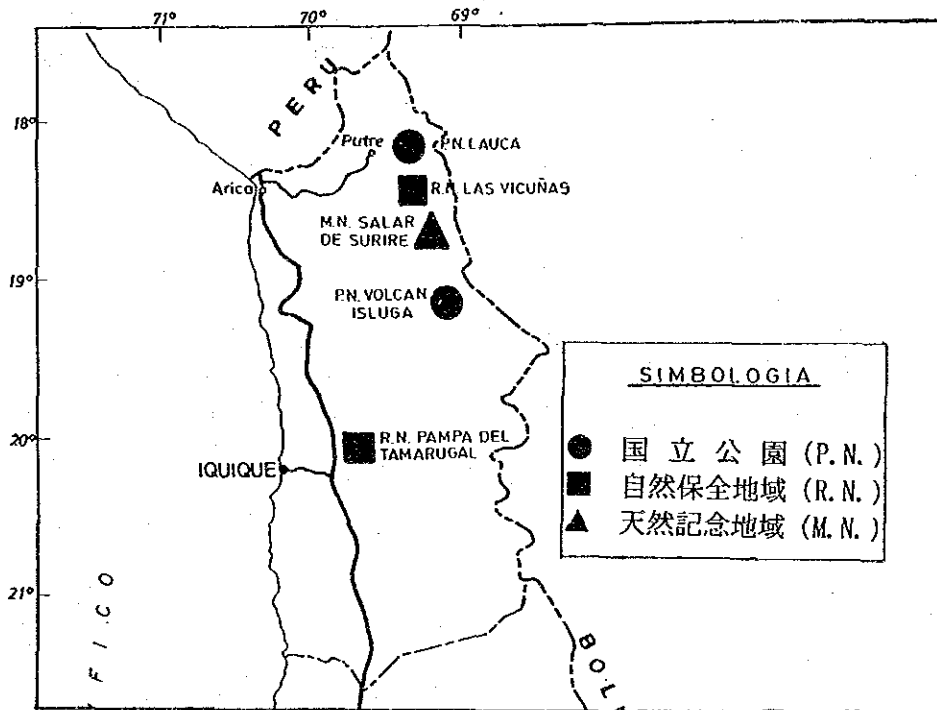


図6-1 第1州の国立公園等指定地域分布図

図6-1に示す様に、調査対象地域であるパンパ・デル・タマルガル盆地の一部の、約10万ヘクタールの区域が自然保全地域に指定されている。ここには、レクリエーションの場として、遊歩道やキャンプ場が設置されている。

他の調査対象地域であるジュタ川流域、サン・ホセ川流域、サラール・デ・ウェアスコ盆地の中には、この様な指定地域は存在しない。

(4) 環境保護に関わる国際条約

チリ国が批准した、環境保護に関わる国際条件は次の通りである。

表6-1 チリ国が批准した主要な環境条約

条 約 名	批准年	備 考
CITES (ワシントン条約) *	1975年	
ラムサール条約	1981年	Sancutuary Carlos Anwandter (49km ²) が登録されている。
世界遺産条約	1980年	次の2地域が候補地としてあげられている。 ・Juan Fernandez 国立公園 ・Torres del Paine国立公園

*) C I T E S 管理当局 : Director Nacional, Servicio Agrícola y Ganadero

チリ国は国際自然保護連合 (IUCN) にも加盟しており、その政府メンバーは前述した CONAFである。

6-2 スクリーニング・スコーピングの結果

スクリーニング・スコーピングにあたっては、表6-3のプロジェクト概要および表6-4プロジェクト立地環境を考慮に入れて、表6-5に示した環境影響予測マトリックス表を作成し、これに基づきスクリーニング・スコーピングを行った。なお、チリ国においては、プロジェクト実施にかかわる環境審査の法制化は、前述した様にいまだ検討段階にあり、DGAでは本プロジェクトを通じ、環境影響評価の手続きを本格調査団とともに検討していきたいとのことであった。

(1) スクリーニング

スクリーニングでは、当該地域において重要と考えられる環境項目を抽出し、これらに対し、想定されるプロジェクト代替案がどのような影響を与えるのかを、表6-5のマトリックス表に基づき検討した。この結果を表6-6に示す。この結果、プロジェクトの実施が、地下水を始めとするいくつかの重要な環境項目に影響を与えることが予測され、既存データに基づきIEE (初期環境評価) をフェーズIIの調査段階で実施することで合意した。

なお、IEEに続く、より詳細なEIA (環境影響評価) については、IEEの結果に基づき、これを実施するか否かを決定することとした。

(2) スコーピング

スコーピングでは、表6-5のマトリックス表に基づき、想定されるプロジェクト代替案実施により影響を受けることが予測される環境項目として、MOPと協議し表6-2に示す4項目を選定し、これらをIEEにおける調査対象環境項目とした。表6-7に選定した環境項目についての調査方針、計画設計に際しての留意点等を記す。

表6-2 調査対象環境項目

環境項目	調査の内容
1) 地下水	涵養機構調査、地下水シミュレーション等
2) 水質	水質分布調査、地下水シミュレーション等
3) 湿原	生息動植物種、生態系調査等
4) 少数民族	居住戸数、生活形態、固有文化、住民の意向調査等

表 6-3 プロジェクト概要 (P.D.)

項目	内容
プロジェクト名	チリ国北部地域水資源開発
背景	チリ国北部地域は砂漠地域であり、この地域にあるアrika市では現在水資源が著しく不足し、またイキケ市では水資源の逼迫が懸念されている。
目的	都市水開発
位置	チリ国第1州 (クアラカ州) アrika市およびイキケ市
実施期間	チリ国公共事業省 (MOP)
受益人口	アrika市: 18万人、イキケ市15万人
計画期間	
計画の種類	既存水源の開発ポテンシャルの評価、新規水源の開発
計画の性格	都市用水
水深/水質	水深: 100~200m、 水質: - イキケ市の水質であるパンパ・デル・タマルガムでは地下水の塩水化が発生、またマンガン・ヒソの含有量が高い。 - アrika市の北を流れるジュケ川の水質は火山の影響により強酸性で塩分濃度も高い、またヒソおよびホウソンの含有量が高い。
主要計画/構造物	未定
貯水池	未定
浄水場	未定
付帯設備	特に無し

注) 記述は既存資料により分かる範囲内とした。

表 6-5 BASIC CONCEPT FOR THE ENVIRONMENTAL IMPACT

Environmental Components	During Construction	After Construction			
		Ground water Development	Surface Water Development	Water Conduction	Surface Water Treatment
Earth	Topography	○			○
	Land Slide	○			○
	Erosion				○
	Soil		◎	○	
Water	Bibration	○			
	Surface Water			●	○
	Ground Water			●	
	Water Quality			●	
Atmosphere	Benthonic Clay			○	○
	Air Quality	○			
	Noise	○			
Biology	Odor				
	Flora		◎	◎	
	Fauna		◎	◎	
	Aquatic		◎	◎	
Ecology			◎	◎	
			◎	◎	
Aesthetics	Aesthetics				
Socioeconomy & Cultural Conditions	Disintegration of Community		◎	◎	
	Resettlement		◎	◎	
	Water Right and Use		◎	◎	
	Land Use			○	○
	Public Facil.				
	Commercial				
	Agriculture			○	
	Forest				
	Fishery				
	Nomadism		◎		○
Mining					
Industries	Transportation				○
	Public Health		◎	◎	

◎: Impact of major significance
○: Impact of low significance
Blank: Negligible impact

表 6-4 プロジェクト立地環境 (S.D.)

項目	内容
プロジェクト名	チリ国北部地域水資源開発
地域住民 (居住者/先住民/計画に対する意識等)	イキケ市の新規水源開発地域であるサラール・デ・ウアスコ地域には山岳少数民族であるアイマラ族が約2,000人居住している。
生活関連施設 (井戸・貯水池・水道/電気等)	アrika市およびイキケ市両市とも生活用水は地下水に頼っている。水道の普及率は高い。
保健衛生 (伝染病・疫病/病院/習慣等)	現在のところ特に無いが、イキケ市の水源であるパンパ・デル・タマルガムの地下水のヒソの含有率が高い傾向がある。
地形・地質 (急傾斜地・脆弱地盤/湿地/断層等)	アrika市はサン・ホセ川およびジュケ川の河口の沖積地に位置し、イキケ市は狭大な海岸段丘上に位置する。イキケ市の東方のサラール・デ・ウアスコには湿地が存在する。
地下水・湖沼・河川・気象 (水質・水量・降雨量等)	海岸部の降雨量はほぼゼロ、東部の山岳地の降雨量は100~300mm/年程度で年間変動がある。
貴重動植物・生態系 (自然公園・指定種の生息域等)	サラール・デ・ウアスコの湿地は特に保護地区等には指定されていないがフラミンゴ等の貴重な鳥類が生息する。
害物の発生状況 (関心の高い等)	特に無し
対応の状況 (制度的な対策/補償等)	特に無し
その他特記すべき事項	特に無し

注) 記述は既存資料により分かる範囲内とした。

表 6-6 SCREENING OF THE ENVIRONMENT COMPONENTS TO BE AFFECTED

Important Environmental Components	Consideration on the Impacts
1 Groundwater	- Lowering of groundwater tables due to excessive discharging - Reduction or exhaustion of the discharge in existing wells
2 Water Quality	- Deterioration of groundwater quality due to intrusion of saline water caused by excessive discharging
3 Land Use	- Land subsidence due to compaction of clay layer due to excessive discharging of
4 Soil, Agriculture, Vegetation	- Poor quality groundwater for irrigation cause problems such as withering of vegetation and salinization of soil
5 Aesthetics	Nil
6 Fisheries, Industries	Nil
7 Wet Land	- Natural wet land free from any artificial influences remains in Salar de Huasco and it may reduce its area or disappear by water resources development
8 Wild Life	- In wet land of Salar de Huasco, valuable wild life such as flamingos are detected and water resources development might damage their life manner
9 Archeological Value	Nil
10 Public Health	- Harmful substances to health, such as Boron, Arsenic and Manganese are contained in groundwater.
11 Regional Community or Minority Races and Their Resettlement	- Minority race named Aymara is dwelling in Salar de Huasco basin and water resources development (conveyance of water from their territories) might damage their survival in this area. - Community of Tribe Aymara in Salar de Huasco basin might be disintegrated by water resources development in this area
12 Erosion and Sedimentation	Nil
13 Noise, Air Quality	Nil
14 Desertification	Nil
15 Aquatic Biology	- Aquatic biology in Salar de Huasco will be affected by water resources development
16 Public Pollution	Nil
CONCLUSION	The IEE should be done in the Basic Study Phase because there are some important environment components which might be damaged by the implementation of water resources development. As for the EIA in the Feasibility Study Phase, its execution shall be judged according to the results of the IEE.

表 6-7 SCOPING OF THE ENVIRONMENT COMPONENTS TO BE STUDIED IN THE IEE

Environment Compo. to be studied	Rank	Future Studies & Potential Measures	Remarks
GROUND WATER especially for ground water resources exhaustion	●	- Study on ground water balance - Ground water simulation - Appropriate development scheme - Careful designing - Proper siting - Regulation against excessive development - etc.	Main Purpose of the study
WATER QUALITY especially for ground water quality deterioration	●	- Study on saline water body - Study on groundwater flow - Study on sea water intrusion - Study on saline water movement - Study on infiltration of polluted water into groundwater - Study on harmful substances such as Bo, As and Hg - Appropriate development scheme - Careful designing - Proper siting - Regulation against excessive development - Water treatment plant - etc.	Main Purpose of the study
WET LAND especially for Salar de Huasco	●	- Study on ecology - Study on fauna - Study on flora - Anticipation for change of wet land caused by water resources development - Appropriate planning - Careful designing - Proper siting - etc.	Cooperation with the other research institutes such as university will be needed
MINORITY RACES especially for tribe Aymara in Salar de Huasco basin	●	- Number of minority races - Study on their life manner - Water transfer to them - Compensation - Appropriate planning - Careful designing - Proper siting - etc.	The willingness of the minorities should be taken into consideration

● Impact of major significance

第7章 本格調査の内容

7-1 調査の基本方針および留意事項

(1) 本件プロジェクトの位置付け

アリカ市およびイキケ市を含む第一州においては、過去5年余にわたり極端な旱魃に見舞われており、アリカ市では平均12時間/日の給水制限を余儀なくされ、またイキケ市では現状の水源地下水位が低下する等緊迫した水不足に直面している。

一方、「チ」国としては第一州を国家開発計画上の最重点地域の一つとして位置付け、将来は同地域をアジア、北米、中南米諸国で構成する環太平洋経済圏の「チ」国における拠点として開発すべく計画している。

このため、本件プロジェクトにおいては、アリカ市およびイキケ市が直面している緊急の水問題の解決とともに、両市周辺流域の水資源の開発可能性を把握することにより、将来の地域開発計画策定上の指針を示すことが求められている。

(2) 既存調査・研究の評価

同地域の水資源開発に係る調査、研究、水文観測等については必ずしも系統的に実施されてはいないものの、調査乃至研究については250件余、また気象、水文等の観測については概ね15年にわたり行われている。従って本件調査は、対象地域が可成り広大であることにも鑑み、これら既存調査やデータ類のレビューを中心とする現地調査から開始されることになる。これにより、全体調査地域の中から優先調査対象地域の特定や調査項目の絞り込みを行うこととする。

なお、約4ヶ月間の第一次現地調査（基礎調査）の結果、本件プロジェクトの具体的なイメージが構築されることになるので、この段階において「チ」側と十分に意見交換および協議を行い先方の理解を得つつ作業を進めることが肝要である。

(3) 詳細調査における重点対象項目

ア. アリカ市

サンホセ川流域を一つの地下水盆として捉え、その水収支を評価することにより、新規開発可能量を特定する。併わせて水質汚染が顕著なジュタ川流域水源について水質改善・飲料水利用の可能性を検討することとなろう。ジュタ川流域における水資源はサンホセ川流域に較べ格段に豊富であると思われるが、水質改善が困難である場合、アリカ市近郊の下流域で取水（地下水）することができず、限定された一部の上流域から取水し遠隔送水することが必要になる。

サンホセ川流域水資源については、その流域面積が比較的狭隘であることから開発可能量がそれほど期待できないであろうとの見通しもあるので、ジュタ川流域水資源の灌

溉利用、サンホセ川流域における既存灌漑用水の上・工水転用等の可能性を含め幅広く検討すべきであろう。

イ. イキケ市

パンパ・デル・タマルガルが極めて広大な地域であり、その潜在的開発可能性は大きなものがあると判断されること、また、サラール・デ・ウアスコにおける水資源開発については塩湖の消滅や少数民族の生活基盤破壊等の環境問題を惹起する可能性があることを勘案すれば、イキケ市に対する水供給の水源としては、当面パンパ・デル・タマルガルに重点を置くべきである。

従って、同地域においてはパンパ・デル・タマルガルの水管理・開発計画の策定を中心に実施することとし、サラール・デ・ウアスコについては主に既存調査や各種データに基づいて将来の開発可能性を評価するに留めるのが得策であると思われる。

(4) 予想されるF/S対象事業

イキケ市においては水供給量と水需要とがほぼ均衡した状態にあるのに対し、アリカ市においては平均12時間/日（地域によっては最高22時間/日）の給水制限を行っており、緊急の水問題としてはアリカ市の方が圧倒的にプライオリティが高い。しかしながら、「チ」国の国家開発上の第一州の位置付けを考慮すれば、アリカ市およびイキケ市の各々に対し、短期優先計画を選定しF/Sを実施する必要がある。

イキケ市に対するパンパ・デル・タマルガルの地下水開発（あるいは現状の開発方法の見直しを含む）に関しては事業選定が比較的容易であろうと判断されるが、アリカ市については、サンホセ川流域での新規地下水開発可能量がどの程度確保し得るかによって、同市の水源をジュタ川流域に求めざるを得ないとの可能性もあり、第2段階詳細調査の結果を待たなければF/Sの対象事業が特定し得ないとの状況も予想される。

(5) 他件プロジェクトとの関係

サンホセ川流域では、本プロジェクトとは独立して、米州開発銀行（BID）のローンを得て総合開発計画調査が実施される予定となっている。このプロジェクトでは、水資源開発も重要な項目となっており、本プロジェクト実施にあたっては、着手報告書（IC/R）作成時に、「チ」側と十分協議し、BIDプロジェクトと重複しない調査内容にする必要がある。

(6) 現地調査実施体制の構築

本件プロジェクトの「チ」側カウンター・パート機関は公共事業省水総局があたることとなっているが、水資源開発計画に関しては計画策定までを公共事業省が担当し、計画の実施（事業化）は各地域の衛生サービス公社（第一州はESSAT: EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE TARAPACA S. A.）が担当するのが一般的であるとのこ