

704
83.3
AFT

JICA LIBRARY



1071455[8]

18522

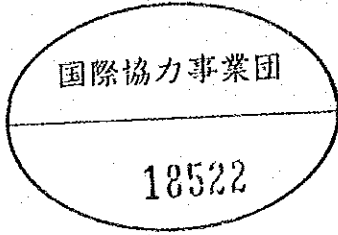
チリ共和国
アタカマ州政府

トロロ・パンパ
地下水農業開発計画実施調査

主 報 告 書

1988年11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、トロロパンパ地下水農業開発計画にかかるフィージビリティ調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、昭和62年2月から昭和63年3月にわたって、日本工営株式会社 武田健策氏を団長とする調査団を現地に派遣した。

調査団は、チリ共和国政府（アカタマ州政府）関係者と協議を行い、その協力を得て計画地域の現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

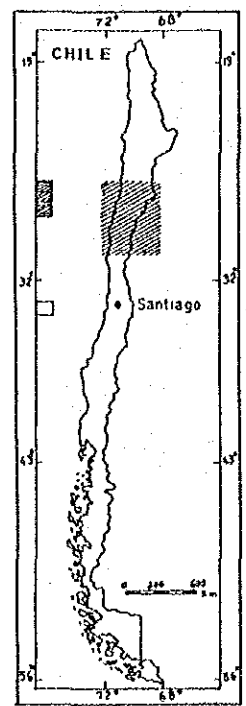
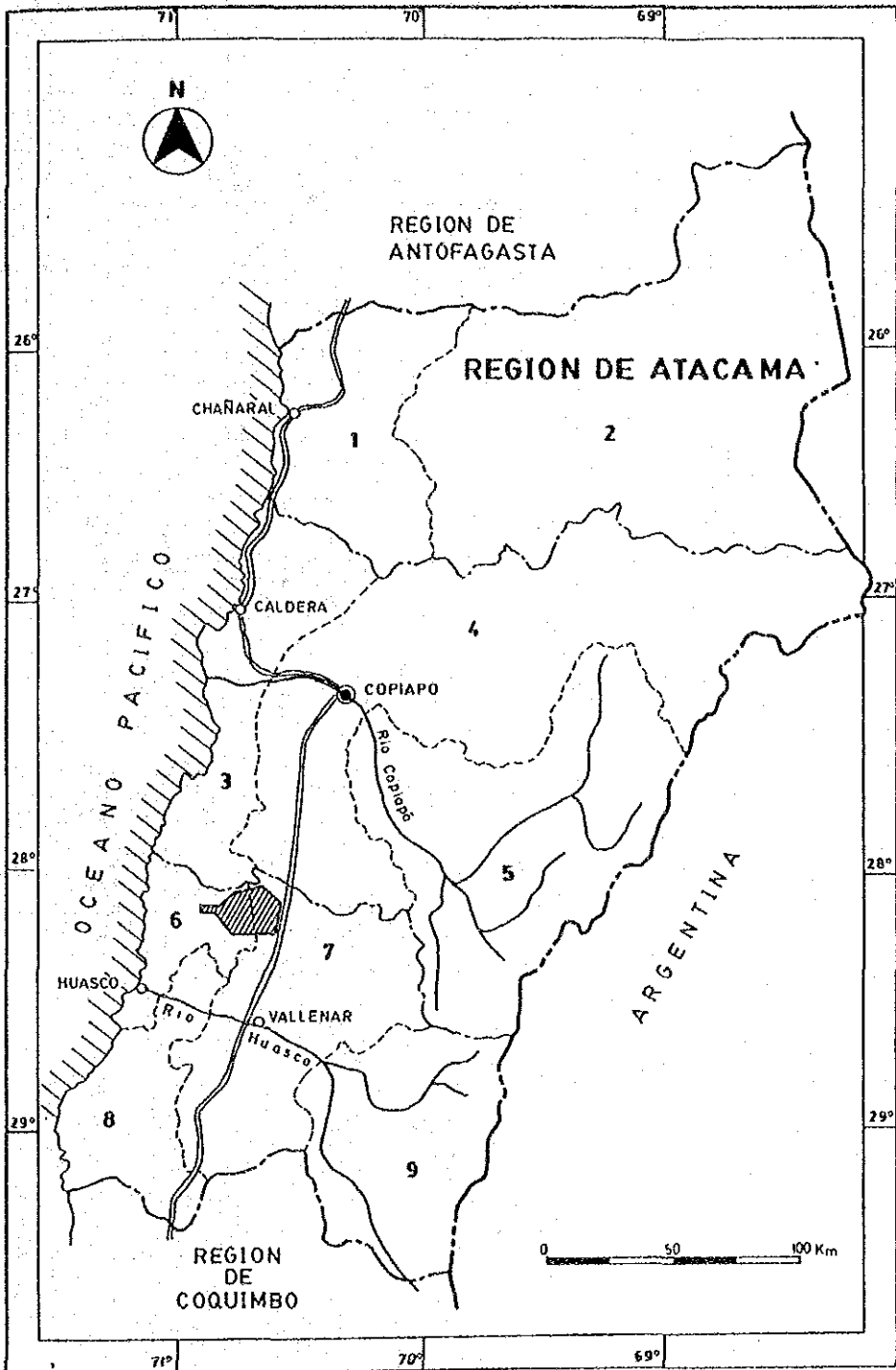
本報告書がチリ共和国の国家経済の発展に寄与するとともに、ひいては両国間の一層の友好と親善に役立つことを願うものである。

終わりに、本件調査にご協力ご支援いただいた関係者各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

昭和63年11月

国際協力事業団

総裁 柳 谷 謙 介



SIMBOLOGIA

- LIMITE INTERNACIONAL
- - - LIMITE REGIONAL
- LIMITE PROVINCIAL
- - - LIMITE COMUNAL
- ==== CARRETERA PANAMERICANA
- ~ RIO
- ⊙ CAPITAL DE REGION
- CIUDADES
- ▨ AREA DE ESTUDIO

PROVINCIA	COMUNA
CHAÑARAL	1-CHANARAL
	2-DIEGO DE ALMAGRO
	3-CALDERA
COPIAPO	4-COPIAPO
	5-TIERRA AMARILLA
	6-HUASCO
HUASCO	7-VALLENAR
	8-FREIRINA
	9-ALTO DEL CARMEN

NOTA: Los numeros identifican a las comunas

調查対象地域位置图

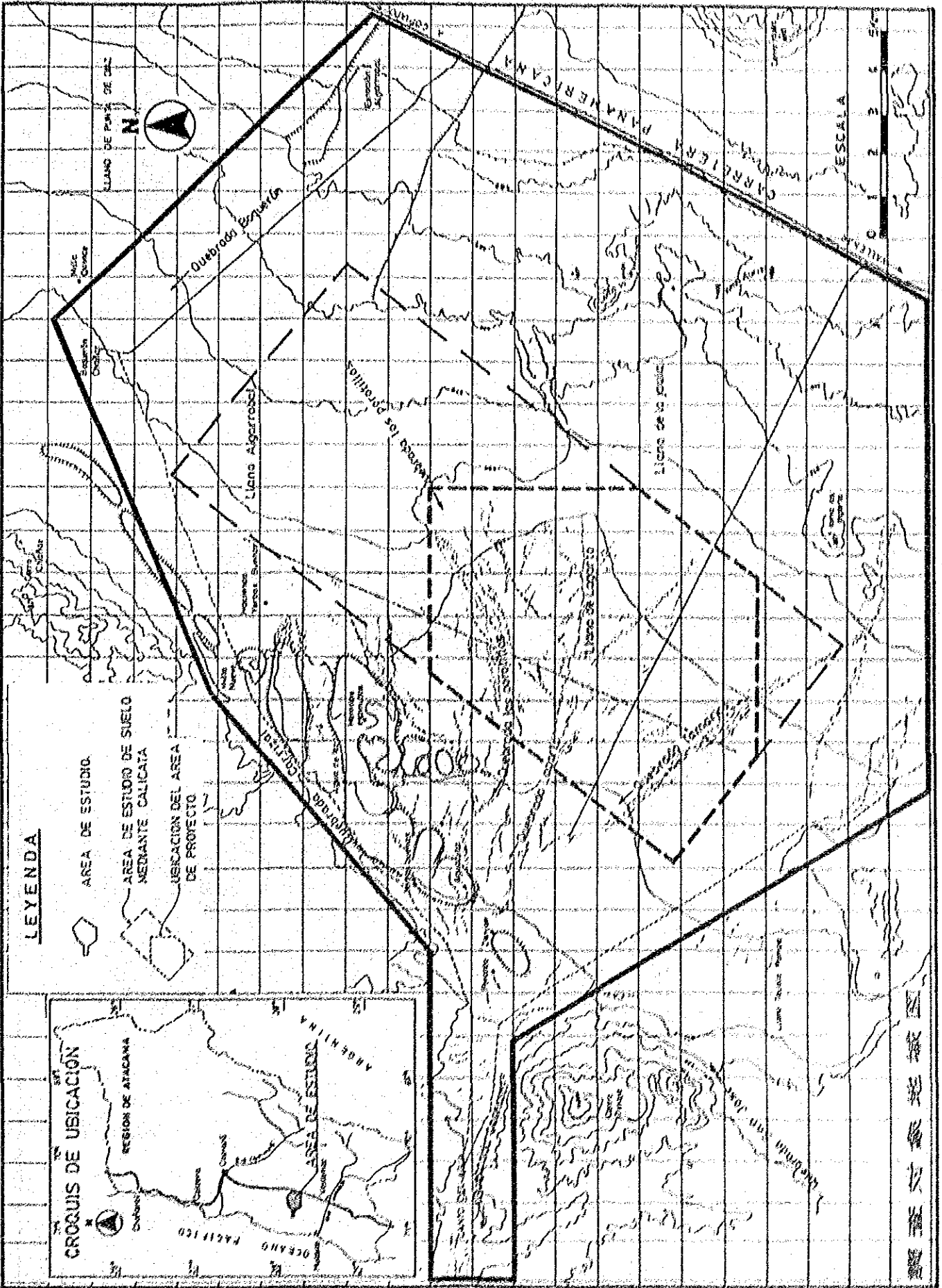
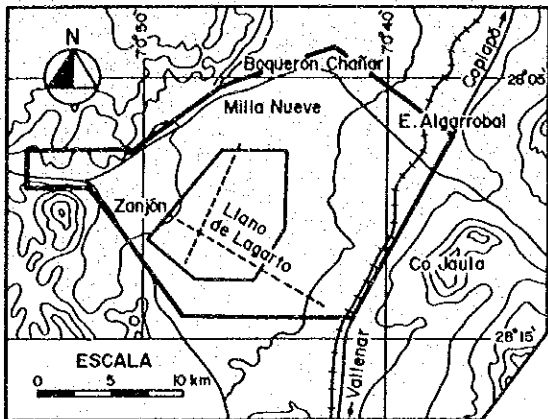

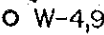








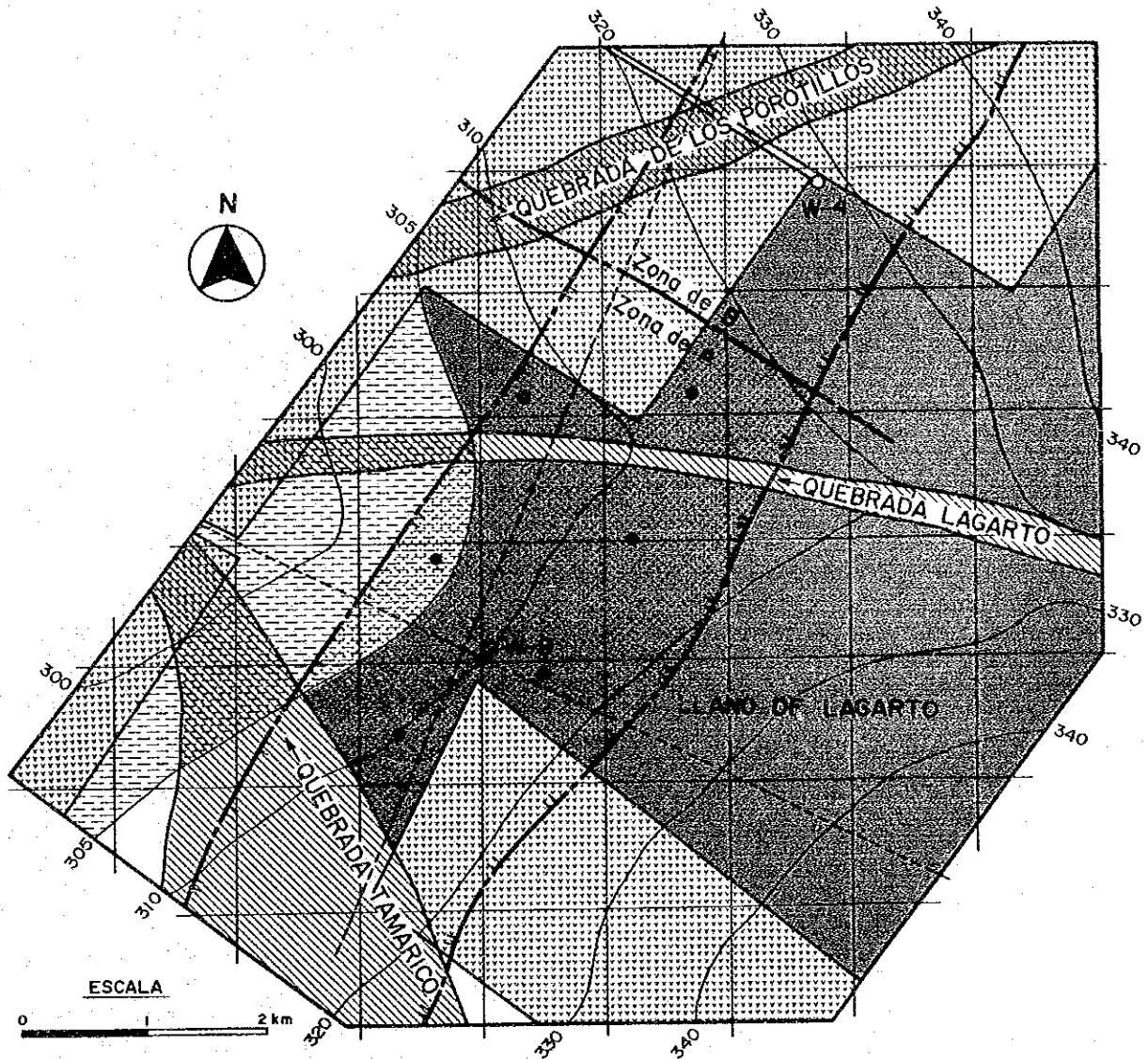
圖 繪 於 後 以 補 覽

CROQUIS DE UBICACION



LEYENDA

-  — Area del Proyecto
-  — Pozo de prueba
-  — Pozo propuesto
-  — Camino
-  — Terreno privado
-  — Quebrada
-  — Parte donde Drenaje es Imperfecto
-  — Area de Explotación de Agua Subterránea



要 約

報告書の内容について

1. 本報告書は、チリ共和国アタカマ州、トロロ・パンパ地域を対象とする、地下水を利用した農業開発計画実施調査(以下、本調査と略す)に係わる最終報告書である。
2. 本調査は二期に分かれており、(1)第一期調査における主な目的は、農業開発にあたっての地下水資源量及び土地資源を把握することであり、(2)第二期調査での目的は、第一期調査の結果を基にした、地下水を利用した農業開発計画を策定すること、及びその計画の実施可能性(いわゆるフィージビリティ)を検討することである。
3. 第一期調査は1987年2月から同年12月まで実施され、引続き第二期調査が1988年8月まで行われた。現地調査は、チリ国のカウンター・パートと協力して進められた。

地域の概要

4. アタカマ州はチリ国の北部に位置し、その面積は75,570km²である。州の人口は、1986年で194,500人、その内労働人口は63,700人で、失業率は5.3%である。アタカマ州の総生産額(GRDP)は、1984年において67億1000万ペソで、チリ国全体の生産額(GDP)の1.9%を占める。州の主な産業は鉱業であり、州の総生産額の50%が、鉱業によってもたらされている。

5. 農業の活動の中心は、コピアボ溪谷とウアスコ溪谷である。州全体の栽培面積は、1987年で16,420haであり、主要な農産物はブドウ(生食用)である。ブドウの栽培面積は1986年において全耕地の22%、約3,640haを占め、その生産量は22,000トンであり、主としてアメリカ合衆国やヨーロッパに輸出された。好調な輸出に支えられ、アタカマ州のブドウの栽培面積は、1981/82年には1,024haだったものが1987年には4,300haと、急速に拡大している。輸出用ブドウの流通は、すべて民間業者の手で行われている。ブドウについて重要なものは、小麦とオリーブである。

6. モノカルチャー的経済活動の是正と、より高度な経済活動を目指し、アタカマ州政府は産業活動の多面的な展開を推進しつつある。その一環として、農業の新たな展開が求められている。しかし、すでにコピアボ溪谷での農業の拡大は土地利用の点からいっても難しく、他の地域での農業開発を考えなければならない時期にきており、州政府もその線に沿って行動しつつある。

調査対象地域の現況

7. 調査対象地域は、コピアボ市とヴァージェナール市の間であって、南北約15km、東西約20kmの広がりを持ち、面積は約33,000haである。西側を海岸山脈に、東側をパン・アメリカン・ハイウェイに、北側をプンタ・デ・ディアス平原に、南側をトロロ・パンパ平原にはさまれている。コピアボから、調査対象地域の北東部にある、アルガロバル駅まで、パン・アメリカン・ハイウェイで約90km、ヴァージェナールからは約60kmである。

8. 調査対象地域は、東から西にかけて傾斜しており、平均勾配は約1/125である。標高は500mから230mで、いくつかの残丘があるが、概して平坦である。地表水が年間を通して流れる河川はない。

9. 気象は半乾燥の気候区分に属しており、年平均降雨量は20-30mmで、冬(6月-8月)に降雨が集中する。気温は、月平均の最高気温が20-30℃、最低気温が4.5-14℃であり、日較差が20℃に達することもある。日平均蒸発量は2-7mmで、最小蒸発量は冬、最高蒸発量は夏に観測される。相対湿度は日中の変化が大きく、朝方90%が、午後には50%前後に低下する。風速は年平均2.5m/sであるが、12月から1月にかけて5m/s位の強い風が長時間吹く。

10. 調査対象地域の地質は、中央低地の岩盤の上に厚く堆積する新生代の堆積物よりなる。白亜紀から第三紀にかけての貫入岩と白亜紀の堆積岩が、周囲の山に露出している。

11. 調査対象地域内、主に南西部には、掘井戸や湧水が見られるが、地下水位は数mから30mであり、生産量は約200m³/日である。また、ボケロン・チャニャールにある二本の管井戸では、掘さくの深さが70mで、揚水量は1-3 l/sである。地下水は東から西に向かって流れ、勾配は3-5/1,000である。年間の地下水位の変動は極めて少ない。これらの地下水の電気伝導度は一般に1,000-2,000 μS/cmである。調査期間中に掘さくした試験井戸及び観測井戸のうち、三本の井戸の揚水量は5~20 l/sで、その時の静水位は4.5~25.5 mで、比湧出量は1~5 l/s/mであった。

12. 調査対象地域内の土壌は、大きく以下の5つに分類される。(1)南部と西部の砂丘土、(2)東部アタカマ礫層上の表土の薄い土、(3)北部から中央部にかけての礫まじりの土、(4)西側一帯に分布する土性の細かい土、(5)その他の土

13. 調査対象地域への接近路は、パン・アメリカン・ハイウェイである。調査対象地域内の道路は、未舗装で軽トラック級までが通れるのみである。電気は、高圧線(110KV)が調査対象地域の東端を通っている。電話網や水道施設などはない。

14. 調査対象地域の内、72%が国有地で、残り28%が私有地である。地域内の人口は希薄である。農業活動は、アシエンダ・ジェルバス・プエナス企業農園及び数世帯の小規模農家があるが、採算に合う生産を上げているところはない。

地下水資源と土地資源の評価について

15. 電気探査及び試験井の掘さくを行い、地下水のポテンシャルを調査した。その結果、調査対象地域は7つの地下水区(A-G地区)に分けられ、それらの内でも地下水の有望なところは、調査対象地域のほぼ中央部に分布するA地下水区であり、帯水層の容積に比産出率を掛けて求めた採水可能量は、 $148 \times 10^6 \text{ m}^3$ であると推定される。その他の地区の採水可能量は、A地区の北に隣接するB地区で $38.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、アグア・デ・ラソ付近のC地区で $7.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、アルガロバル駅付近のG地区で $4.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ と見積られ、これら以外の地区では地下水は期待できないと判断される。しかし、年代測定の結果、A地下水区の地下水の年齢は約4,500年であり、この地域の地下水は、非更新性の地下水といえる。

16. 算定された採水可能量に対し、一定の揚水量を確保し、西側からの高い濃度の塩水の侵入を防ぐために限界水位を設定した。そして、限界水位における採水可能量の60%を開発可能量とした。その結果、各地下水区の開発可能量は、A地区で $36 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、B地区で $9 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、C地区で $3.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、G地区で $0.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定された。地下水開発の最も有望な地区はA地区、次いでB地区であり、C地区及びG地区は有望ではない。開発の有望なA及びB地区の水質は、pHは8.1-8.5、電気伝導度は約 $1,000 \mu \text{ S/cm}$ であり、灌漑用水として利用できる。

17. 土壌調査と地形調査を行った結果、耕作が可能な土壌は調査対象地域の中央部に分布しており、その面積は総計8,400haであると判断された。土地利用上の制限要因は、有効土層の薄さ、土性の不適さ、礫の多さ、塩類の集積、排水の不完全さ、あるいは侵食の危険性等である。

18. コピアポ溪谷において、ドリップ灌漑下でブドウ栽培を行っているところの土壌を調査した結果、土層の厚さ、土性、傾斜、礫の多さでは、地下水開発地区付近の土壌に劣っており、一方排水条件は良好であることが明らかとなった。この事実から、ドリップ灌漑を前提とすれば、地下水開発地区付近の土壌は、一部排水の不完全なところを除き、農業実施上問題がないと考えられる。

開発の基本構想について

19. 計画地域の選定にあたっては、(1) 地下水の開発可能地区及びその近隣に位置する、(2) 農業開発に好ましくない土壌条件の地域を含まない、(3) 州政府の方針に従って、私有地は含まない、(4) 洪水の被害を避ける、ことを考慮する。

20. 州政府は民間資本の導入による農業開発を促進している。この方針にしたがい、本計画は、民間の企業、あるいは企業的農家による投資で行われるものとする。また、経営形態は単一作物だけでなく、複合経営についても検討する。

21. 導入作物の選定にあたっては、(1) 計画地域の自然条件に適合すること、(2) 収益性及び市場性が高いこと、(3) 雇用機会の創出に貢献すること、(4) 水資源が乏しいので節水型であること、を考慮する。

22. 地下水の開発・利用計画は、その非更新性という特徴を考慮し、(1) 有限な地下水をある期間で消費しつくす、(2) 地下水位の低下を均一にし、かつ単位時間当りの揚水量を一定にする、(3) 開発期間の決定に際しては、施設の耐用年数を考慮する、という方針で策定する。

23. 灌漑計画では、水の有効利用に重点を置き、チリ国内で用いられている灌漑方式の中から計画に最適な方法を選ぶ。また、排水計画では、計画地域内の涸れ川を排水河川として利用することを考慮する。

24. 圃場施設等の整備にあたっては、(1) 灌漑施設は、井戸1本あたりの揚水可能量を最大限利用できるようにする、(2) 排水路は、既存の涸れ川に放出するようにし、設計流量を基に標準断面を設けて設計する、(3) 防風施設はコストの安いものを選択する、(4) 調査対象地域内の既存の道路網を十分利用する、(5) 圃場運営に必要なエネルギー源はコストの低いものを選ぶ、こととする。

計画の立案と概要

計画地域の選定

25. 計画地域は、調査対象地域のほぼ中央部、ラガルト平原あたりで、面積は約2,365 haである。

栽培計画

26. 導入作物は、総計47種の候補作物の中から、キウイ、ブドウ(生食用)、モモ、トゥナが選定された。深井戸が6本で、利用可能な揚水量が合計90 l/sとすると、キウイでは栽培面積は76.8haで、生産量は1,470t、ブドウでは85.8haで、1,540t、モモでは76.8haで1,230t、トゥナでは1,026haで12,800t、が見込まれる。

27. 上記4作物の中で現状での導入作物としては、ブドウ(生食用)が最適である。その理由は、(1)北半球の諸国に対して端境期に出荷でき、輸入国の自国産ブドウとの競合が少ない、(2)計画地域でのブドウは輸出価格が比較的高い1月に出荷でき、有利であることによる。キウイ及びモモは経済性は高いが、風に対する抵抗性がブドウに比べて弱いと考えられる。トゥナは、計画地域のような半乾燥地には好適な節水型の作物であるが、市場性の面で問題がある。

28. 経営形態は、市場性及び収益性の点から判断し、キウイ、ブドウ、モモの単一経営、及びキウイとトゥナ、ブドウとトゥナの複合経営が推奨される。本計画では、経営の安全性の点からブドウの単一栽培を推薦する。

井戸建設計画

29. 井戸の建設計画は、地下水資源評価の結果からA地区及びB地区を対象とし、(1)帯水層の厚さが40m以上ある地区に建設する、(2)地下水位を適正に保つ、(3)

井戸相互の干渉をできるだけ防ぐ、(4)地形条件が良いところに建設する、の4点を基本方針として策定した。その結果、A地区では開発可能量 $36 \times 10^6 \text{ m}^3$ として、口径300 mm、深さ70 m、スクリーン延長30 mの井戸を井戸間隔1,300 mで6ヶ所に計画された。各井戸の揚水量は15 l/sである。一方B地区では、5 l/sの揚水量の井戸が1本計画できるが、水位降下が大きく、限界水位に達するまでの期間が短いことから、開発に不適であると判断した。

30. 地下水の開発年数は、開発可能量を作付対象作物の年間の消費水量で除して求められ、ブドウの単一栽培では45年、キウイでは50年、モモでは47年、ブドウとトゥナの複合経営では40年、キウイとトゥナでは37年と推定された。

灌漑・排水計画

3.1. 作物消費水量の決定は経験式を用い、プレーニー・クレドルの式を採用した。対象作物と、それを保護する役割のために植え付けられるユーカリの日最大消費水量は、1月に発生し、それらはブドウ及びキウイで4.3mm/日、モモで5.5mm/日、トゥナで0.6mm/日、ユーカリで2.9mm/日である。

3.2. 灌漑方式は、チリで用いられている5つの方式の中から技術的に検討し、(1)作付対象作物目に適合している、(2)灌漑効率が最も高い、(3)灌漑水の塩分濃度に対する許容度が最も高い、及び(4)灌漑実施に際しての風の影響を考慮しなくてよい、という5点の理由により、ドリップ灌漑方式を採用することにした。

3.3. 排水量は合理式を用いて算定し、計画地域内の平均的な集水域を基に、計画排水量を560 l/sとした。

農場運営計画

3.4. 生産物の収穫後の貯蔵・加工、流通の作業は、ブドウについては、それらの作業施設を有するコピアポの流通業者に委託することとし、その他の作物につ

いては、サンチャゴまで輸送し、その流通システムを利用することとした。

35. 農場運営に必要な日雇い人夫の数は、キウイの単一経営の場合の8,290人から、ブドウとトゥナの複合経営の場合の27,520人の範囲にある。また、職員は、農場長、栽培部門、灌漑部門及び事務部門に配置し、その合計人数はキウイ及びモモの単一経営の場合の22人から、ブドウとトゥナの複合経営の場合の38人の範囲にある。

36. 農場運営に必要な施設として、事務所、倉庫、職員用宿舎並びに人夫の簡易宿舎及び食堂を計画した。また、農業機械・車両としてトラクター、スプレイヤ、動力噴霧器、トレーラー等を整備する。建屋には水道及び電気設備を整え、外部との通信は電話を設置する。

農場整備計画及び施設設計

37. 農場整備計画及び施設設計は灌漑・排水施設設計、道路の建設・改修、送電線の敷設、防風林の植樹等からなる。

38. 対象作物別の井戸1本(揚水可能量15 l/s)あたりの灌漑面積は、トゥナで171ha、キウイで12.8ha、ブドウで14.3ha、モモで12.8haである。また、排水路の長さは、トゥナ5,820m、他の作物では1,920-2,010mである。

39. 圃場外の連絡用道路は砂利舗装とし、舗装厚は改修道路については30cm、新設道路については15cmとし、有効幅員は共に7mとして設計した。圃場内の道路についてはその目的によって、有効幅員を5mから7mとした。

40. エネルギー源としては、送電線の延長による給電を採用した。送電線はボケロン・チャニヤールから計画地域内に14.5km延長し、給電点まで23,000Vで送電し、使用する場所で380Vに落とす。防風施設としては防風林を採用し、ユーカリを1m間隔で3段の千鳥植えとした。

施工計画及び事業費

4.1. 施工計画は井戸の建設が先行し、圃場の測量、詳細設計が続く。その後、圃場の整地作業、灌漑施設の敷設、試運転を行い、本格稼働にはいる。工事開始からすべての圃場が完成するまでの期間は、13カ月と見積った。事務所、倉庫、防風林等の付帯施設の建設は、圃場が建設されている期間に合わせておこなう。

4.2. 事業費は、1987年11月の単価を用い、交換レートは1米ドル=233.83ペソとし、税金(IVA)を含めないで算出した。対象作物別の総事業費は、キウイの単一経営(76.8ha)では1,275,500米ドル(294×10^6 ペソ)、ブドウ(85.8ha)では1,475,800米ドル(345×10^6 ペソ)、モモ(76.8ha)では1,260,600米ドル(295×10^6 ペソ)であり、キウイ(64ha)とトゥナ(171ha)の複合経営では1,940,700米ドル(454×10^6 ペソ)、ブドウ(71.5ha)とトゥナ(171ha)では2,184,400米ドル(511×10^6 ペソ)となる。

事業評価

4.3. 本計画の事業評価を、経済評価、財務評価、社会・経済的効果の検討から行った。内部経済収益率(EIRR)は、キウイ単一経営の32.0%からモモの17.6%の間にあり、本計画で推奨した経営形態がすべて経済的に妥当であることを示している。また、内部財務収益率(FIRR)も、キウイ単一経営の26.8%からモモの14.0%の範囲にあり、費用の20%増加及び便益の20%低下によっても、現在の市中貸出金利を上回っており、いずれの計画も実施可能であると判断される。社会・経済的効果としては、雇用機会の増大が期待でき、計画地域の近隣から雇用する予定の労働者数は、キウイ単一経営の8,300人からブドウとトゥナの複合経営の27,500人の間であり、これら労働者に支払われる賃金は、年間約750万ペソから2,500万ペソの間となる。

結論及び勧告

結 論

4 4. 調査対象地域内の地下水は、非更新性で、その開発可能量は $36 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定される。土地資源については、農業に利用可能な土地が、調査対象地域のほぼ中央部に、約8,400ha存在する。

4 5. これらの資源を有効に利用でき、かつ技術的に可能な農業開発計画として、ドリップ灌漑による5つの経営形態を策定した。その中で、本報告書では、経営の安定性から、生食用ブドウの栽培を推薦する。

4 6. 経済分析の結果、内部経済収益率(EIRR)は、各経営形態とも17.6-32.0%の間にあり、内部財務収益率(FIRR)は14.6-27.0%の間にあった。これは、本調査で推薦したすべての経営形態が経済的に妥当であることを示している。

勧 告

4 7. 本計画実施にあたり、以下の事項を勧告する。

(1) 地下水の適正な開発を行うために、生産井の揚水量、水質、地下水位を測定・記録するとともに、本調査で掘さくした試験井、観測井を長期水位観測井として活用すること。

(2) 生産井の掘さく地点は、本調査によって推薦された位置を参考にして、電気探査等の補足調査によって確定すること。

(3) 導入作物の適正な栽培管理の基礎資料に資するため、計画地域内の気象観測を継続すること。

(4) キウイ及びモモについて風害抵抗性に関する栽培試験を行うこと。

計画の概要

項目	代替案				
	I ブドウ単作	II キイチ単作	III モモ単作	IV キイチ+トナリ複合	V ブドウ+トナリ複合
開発地下水資源量(m ³)	36 x 10 ⁶	36 x 10 ⁶	36 x 10 ⁶	36 x 10 ⁶	36 x 10 ⁶
開発井戸本数	6本	6本	6本	5本+1本	5本+1本
一本の井戸の能力(l/sec)	15	15	15	15	15
圃場面積(ha)	85.8	76.8	76.8	235.0 (64.0 + 171.0)	242.5 (71.5 + 171.0)
地下水開発年数(年)	45	50	47	40	37
栽植密度(m x m)	3.5 x 3.5	5 x 5	5 x 5	5x5, 4x4	3.5x3.5, 4x4
収量(最大生産時 t/ha)	18.0	19.2	16.0	19.2, 12.5	18.0, 12.5
生産量(最大生産時 ton/年)	1,540	1,470	1,230	1,230, 2,140	1,290, 2,140
農場職員数(人)	27	22	22	28	38
所要労働力(人・日/年)	17,850	8,290	9,830	19,560	27,520
農場運営施設(m ²)					
- 事務所	50	50	50	50	50
- 倉庫	200	120	160	280	320
- 職員宿舎	440	320	380	450	570
- 人夫簡易宿舎・食堂	640	420	480	730	1,370
農業機械及び車両(台数)					
- トラクター(60Hp 級)	7	4	3	7	11
- スプレーヤー(2,000 l)	3	2	3	2	3
- 動力散粉器(200kg)	3	-	-	-	2
- 動力噴霧器(背負い式 20 l)	5	5	4	4	4
- トレーラー(2ton)	9	5	4	8	13
- ピックアップ(4WD)	3	3	3	3	3
灌漑施設(点滴灌漑)					
- ポンプ全揚程(1圃場あたり m)					
水中ポンプ	78	76	76	76, 72	78, 72
プーラーポンプ	-	-	-	- 50	- 50
- 導水管路の径(mm)	140	140	140	140	140
- 末端管路(ミッターはすべて線形で、16mm径)					
ミッターの吐出量(l/h)	2	4	4	4	2, 4
ミッターの間隔(m)	0.8	1	1	1	0.8, 1
滴下管の間隔	3.5	5	5	5, 4	3.5, 4
排水施設					
- 排水路の長さ(m)	2,010	1,920	1,920	1,920, 5,820	2,010, 5,820
圃場外道路(有効幅員7m)					
- 改修道路延長(km)	11	11	11	11	
- 新設道路延長(km)	4.5	4.5	4.5	3.75, 1	3.75, 1
圃場内道路(全幅7-10m)					
- 農作業用道路延長(km)	22.68	20.4	20.4	17, 32.9	18.9, 32.9
- 連絡道路延長(km)	22.74	21.3	21.3	17.75, -	18.95, -
送電線延長(km)	18.1	18.1	18.1	17.5, 1.7	17.5, 1.7
事業費(10 ⁶ 円)	345	294	295	454	511
純収益(最大生産時 10 ⁶ 円)	141	345	84.4	342	168
内部経済収益率(%)	22.1	32.0	17.6	26.8	19.8
内部財務収益率(%)	17.2	26.8	14.0	22.0	14.6

チリ共和国
トロロ・パンパ
地下水農業開発計画実施調査
主報告書

目 次

	頁
調査対象地域位置図	
調査対象地域図	
計画地域図	
要 約	S-1
 第 1 章 緒 論	 1
1.1 はじめに	1
1.2 調査の背景	1
1.3 調査の目的及びスコープ・オブ・ワークの概要	2
1.3.1 調査の目的	2
1.3.2 スコープ・オブ・ワークの概要	2
1.4 調査の概要	2
1.4.1 第一期調査	2
1.4.2 第二期調査	3
 第 2 章 計画の背景	 5
2.1 国家社会・経済	5
2.1.1 人口及び労働力	5
2.1.2 国家経済	5
2.1.3 農 業	5
2.2 地域開発計画	6
2.3 アタカマ州の社会・経済及び農業の現状	7
2.3.1 位置及び人口	7
2.3.2 地域経済	7
2.3.3 農業の現状	7
 第 3 章 調査対象地域の現況	 13
3.1 調査対象地域の位置	13
3.2 地形と河川	13
3.3 気 候	13
3.4 地 質	14
3.5 水文地質	15
3.5.1 地下水の利用状況	15
3.5.2 水文地質構造	16
3.5.3 水理定数	17
3.5.4 地下水位	18
3.5.5 地下水の涵養と流出	18
3.5.6 地下水の滞留時間と循環速度	19
3.5.7 水 質	19
3.6 土 壌	20

3.7	インフラストラクチャー	21
3.8	農業及び農業経済	22
第4章	地下水資源及び土地資源の評価	24
4.1	地下水資源の評価	24
4.1.1	地下水区	24
4.1.2	開発可能量と開発地区	25
4.1.3	USDAおよびFAOの規準による水質の評価	28
4.2	土地資源の評価	29
4.2.1	概要	29
4.2.2	土壌の分類	29
4.2.3	SOIL TAXONOMYの分類による土壌ファミリーの分類	30
4.2.4	土地分級	31
4.2.5	土壌の理化学性	36
4.2.6	コピアボ溪谷における比較土壌調査	37
第5章	農業開発計画	39
5.1	開発基本構想	39
5.1.1	概要	39
5.1.2	開発基本構想	40
5.2	計画地域の選定	41
5.3	栽培計画	42
5.3.1	導入作物の選定	42
5.3.2	経営形態	49
5.3.3	耕種概要	51
5.3.4	収量及び生産量	53
5.4	地下水開発利用計画	54
5.4.1	生産井の標準化と井戸間隔の決定	54
5.4.2	井戸の適正配置計画と開発地区	55
5.4.3	開発計画と期間	55
5.4.4	地下水管理計画	56
5.5	灌漑計画	57
5.5.1	概要	57
5.5.2	作物消費水量の算定	57
5.5.3	灌漑方式の決定	59
5.5.4	灌漑用水量の算定	61
5.6	排水計画	61
5.6.1	概要	61
5.6.2	排水流量の算定	63
第6章	農場運営計画	64
6.1	概要	64
6.2	生産物の貯蔵・加工及び流通	64
6.3	所要生産資材及び労働力	65
6.4	運営組織及び運営計画	65
6.5	運営施設及び設備	66
6.6	事業実施及び運営に係わる農業支援組織・制度	67

第7章	圃場施設及び付帯施設の設計	68
7.1	設計の基本方針	68
7.2	灌漑施設	68
7.3	排水施設	72
7.4	道路・その他の施設	72
第8章	施工計画及び事業費の積算	74
8.1	施工計画	74
8.2	事業費の積算	75
8.3	更新費	76
第9章	事業評価	77
9.1	概要	77
9.2	経済評価	77
9.2.1	経済費用	77
9.2.2	経済便益	78
9.2.3	EIRR、B/C、B-C及び感度分析	79
9.3	財務評価	80
9.3.1	財務費用	80
9.3.2	財務便益	80
9.3.3	内部財務収益率	80
9.3.4	財務分析	81
9.4	社会・経済的便益	83
第10章	結論及び提言	84
10.1	結論	84
10.2	提言	84

付 表
付 図
スコープ・オブ・ワーク

付 属 書

付属書	I	「気象、水文地質及び地下水資源の評価」
付属書	II	「土壌及び土地資源の評価」
付属書	III	「社会・経済及び農業の現状」
付属書	IV	「栽培及び農場運営計画」
付属書	V	「灌漑・排水計画及び施設設計」
付属書	VI	「施工計画及び事業費の積算」
付属書	VII	「事業評価」

付 表

		頁
第1表	刊側カウンター・パート、JICA作業監理委員及び調査団のリスト	86
第2表	調査期間中に参照した資料リスト(1/3-3/3)	87
第3表	社会・経済指標 -チリ全国及びアタカマ州レベル-	90
第4表	チリにおける主要農産物の生産量	91
第5表	産業別輸出額	92
第6表	農業生産物輸出の変遷	93
第7表	仕向地別の果実及び野菜の輸出量の割合(1986年9月-1987年8月)	94
第8表	1986年における仕向地別の野菜種子の輸出量	95
第9表	1986年における野菜種子の種類別輸出量及び価格	95
第10表	1986年におけるアタカマ州の主要作物の栽培面積、収量及び生産量	96
第11表	農業生産資材及び農業生産物の価格 (1987年11月現在、付加価値税を含まない)(1/3-3/3)	97
第12表	1987/88年におけるチリ産ブドウの輸出価格(1/2-2/2)	100
第13表	アタカマ州におけるブドウの農産加工会社	102
第14表	揚水試験結果	103
第15表	揚水試験の分析結果	104
第16表	水質分析結果(1/3-3/3)	105
第17表	導入可能作物の選定	108
第18表	作物収支分析	109
第19表	主要作物の必要労働力	110
第20表	複合経営の分析	111
第21表	各経営形態別の必要生産資材及び労働力(1/2-2/2)	112
第22表	建設費用(1/3-3/3)	114
第23表	資材及び関連施設の税抜き初期投資額(1/2-2/2)	117
第24表	土地取得費用	119
第25表	標準変換係数	119
第26表	経済費用及び財務費用	120
第27表	更新費	121
第28表	年次別経済便益(1/5-5/5)	122
第29表	内部経済収益率	127
第30表	年次別財務便益(1/5-5/5)	128
第31表	資金繰り表 -政府による補助がある場合-(1/5-5/5)	133
第32表	損益計算書 -政府による補助がある場合-(1/5-5/5)	138

付 図

	頁
第1図	アタカマ州におけるブドウの流通経路 143
第2図	1985/86年におけるチリ産ブドウの輸出価格の推移 144
第3図	1985/86年及び1987/88年におけるチリ産ブドウの品種別輸出価格 145
第4図	チリにおける輸出農産物の検疫システム 146
第5図	水文地質図 147
第6図	帯水層等厚線図 148
第7図	ノイマンの片対数法による比産出率の解析 149
第8図	測水用井戸の水位変化及びカト・デル・アグアの降雨量記録 (1987年3月-1988年7月) 150
第9図	試験井戸及び観測井戸の水位変化(1987年10月-1988年7月) 151
第10図	気象観測所位置、等降雨量線及び集水域図 152
第11図	水試料採取地点位置とヘキサダイアグラム 153
第12図	トリニアダイアグラムによる水質分類 154
第13図	灌漑用水水質分類図 155
第14図	調査対象地域内の表層土壌の状態 156
第15図	調査対象地域内の土地所有状況 157
第16図	地下水区図 158
第17図	帯水層の容積と採水可能量 159
第18図	土 壌 図 160
第19図	農業土地利用分級図 161
第20図	灌漑分級図 162
第21図	排水分類図 163
第22図	果樹適性分類図 164
第23図	地下水区A付近の代表土壌地点位置図 165
第24図	UNIAGRI及び計画地域の集積温度及び農作業時期の比較 166
第25図	地下水区A及びBにおける生産井戸の配置例 167
第26図	時間-水位降下推定図 168
第27図	標準生産井戸構造図 169
第28図	ポテンシャル蒸発散量 170
第29図	ブドウ圃場におけるドリップ灌漑配線図 171
第30図	ブドウ圃場における管路網 172
第31図	ブドウ圃場におけるユーカリに対する管路網 173
第32図	キウイ・モモまたはブドウ圃場における配置例 174
第33図	建設工程図 175

略 語 集

- SERPLAC : Secretaria Regional de Planificación y Coordinación
(Regional Planning and Coordination Office)
- ODEPLAN : Oficina de Planificación Nacional de la Presidencia
de la República
(National Planning Office)
- ODEPA : Oficina de Planificación Agrícola, Ministerio de Agricultura
(Agriculture Planning Office, Ministry of Agriculture)
- CONAF : Corporación Nacional Forestal
(National Forestry Corporation)
- SAG : Servicio Agrícola y Ganadero
(Agricultural and Livestock Service)
- INIA : Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
(National Institute of Agricultural and Livestock
Investigation)
- INDAP : Instituto de Desarrollo Agropecuario
(Institute of Agriculture and Livestock Development)
- SENDOS : Servicio Nacional de Obras Sanitarias
(National Water Supply and Sewerage Service)
- CIMM : Centro de Investigación Minero y Metalúrgico
(Mining and Metallurgical Investigation Center)
- CORFO : Corporación de Fomento de la Producción
(Development Corporation)
- CIREN-CORFO : Centro de Información de Recursos Naturales
(Information Center of Natural Resources)
- INE : Instituto Nacional de Estadísticas
(National Institute of statistics)
- PROCHILE : Dirección de Promoción de Exportaciones, Ministerio de
Relaciones Exteriores
(Chilean Trade Promotion Bureau, Ministry of Foreign Affairs)
- CICA : Comunidad de Ingenieros Consultores Asociados
- SAACOL : Saavedra y Cobo Sociedad Constructora Limitada
- CMP : Compañía Minera del Pacífico S.A.
- JICA : Agencia de Cooperación Internacional del Japón
(Japan International Cooperation Agency)

单位表

Longitud

mm = milímetro
cm = centímetro
m = metro
km = kilómetro

Superficie

cm² = centímetro cuadrado
m² = metro cuadrado
km² = kilómetro cuadrado
há (hás) = hectárea

Volumen

m³ = metro cúbico
l = litro

Peso

mg = milígramo
g = gramo
kg = kilógramo

Tiempo

s = segundo
h = horas

Eléctrico

V = volt
Ω = ohm
μS = microsiemens
mS = milisiemens

Otros medidas

% = por ciento
°C = grado centígrado
10³ = mil
10⁶ = millón

Medidas derivadas

m³/día = metro cúbico por día
m³/año = metro cúbico por año
l/s = litro por segundo
cm/s = centímetro por segundo
l/s/m = litro por segundo por metro
mg/l = milígramo por litro
μS/cm = microsiemens por centímetro
Ωm = ohmmetro
mm/día = milímetro por día
m³/s = metro cúbico por segundo
m/s = metro por segundo
l/hora = litro por hora
m²/día = metro cuadrado por día

Dinero

\$ = peso chileno
US\$ = dolar de los Estados Unidos

第 1 章 緒 論

1.1 はじめに

この報告書は、1987年2月24日に、チリ共和国アタカマ州コピアポ市において、アタカマ州政府と日本国国際協力事業団(JICA)が派遣した調査団との間で合意された、「アタカマ州トロロ・パンパ地下水農業開発計画実施調査」(以下、本調査と略す)に係わるプラン・オブ・オペレーションに基づいて作成されたものである。

この報告書は、JICA調査団によって行なわれた、1987年2月から1988年8月にかけての2期にわたる現地調査及び国内解析・検討の結果をとりまとめたものである。現地調査は、アタカマ州政府によって任命されたカウンター・パートの協力を得て実施された。JICA調査団及びカウンター・パートのリストを第1表に示す。

この報告書には、現地調査の結果、調査対象地域の現況、地下水資源及び土地資源の評価、開発構想、開発計画及びその代替計画、及びそれらの経済的、財務的評価が述べられている。調査中参照した資料のリストは第2表に示す。

なお、主報告書では、基本的な内容について記述し、詳細は付属書に示している。

1.2 調査の背景

チリ国政府は、アタカマ州のトロロ・パンパ地域において地下水利用による農業開発を意図し、当地域の地下水利用農業開発計画に係わる実施調査の技術協力を日本国政府に要請した。

この要請に応え、日本国政府はこの調査を行うことを決定し、1986年3月、JICAを通じて事前調査団をチリ国に派遣し、要請内容の確認、及びチリ側関係機関と調査に関する協議を行った。そして、1986年5月12日付で、調査に係わるスコープ・オブ・ワークについて、アタカマ州政府と事前調査団との間に署名が取り交わされた。

このスコープ・オブ・ワークに基づき、JICAは1987年2月に調査団をチリに派遣した。第一期第一次現地調査の開始に先立ち、調査団、はチリ側に対してプラン・オブ・オペレーションを提示し、調査作業に係わる討議を行った。そして、二期よりなる調査が開始された。

1.3 調査の目的及びスコープ・オブ・ワークの概要

1.3.1 調査の目的

本調査の目的を以下に記す。

- トロロ・パンパ地域、及び、その近傍地区における、農業開発のための地下水資源、並びに土地資源を調査し、その評価を行うこと、
- 地下水資源開発による農業開発計画を策定すること、及び
- 農業開発計画の技術的可能性と経済的妥当性を評価することである。

1.3.2 スコープ・オブ・ワークの概要

本調査は、調査実施に係わるスコープ・オブ・ワークに基づき、下記の二期に分けて実施された。

- 第一期：農業開発基本構想策定のための地下水及び土地資源開発の可能性調査
- 第二期：第一期調査に基づく、地下水利用農業開発計画に係わる実施計画調査（フィージビリティ・スタディ）

スコープ・オブ・ワークの詳細を巻末に付属資料として添付した。

1.4 調査の概要

1.4.1 第一期調査

(1) 第一次現地調査(1987年2月17日-4月17日)

- 調査対象地域内外35点における探査深度約200mの電気探査
- 地表地質調査
- 既設井戸（手掘井戸、管井戸、ピット及び湧水）位置の確認
- 地下水位長期観測用井戸5本の選定
- 第二次現地調査で実施する試験井戸及び観測井戸掘削位置の選定
- 調査対象地域内167地点における土壌試穿調査（表土厚、土性）、概略植生調査、土壌反応(pH)及びEC測定(91点)
- 第二次現地調査で実施するsemi-detailed levelの土壌調査地域の選定
- 農業現況調査（調査対象地域、ウァスコ川流域及びコピアポ川流域）
- 主な調査地点の座標決定のための基線の設定

第一次現地調査の結果はフィールド・レポート(1)としてまとめられ、1987年4月9日、コピアポにおいてアタカマ州政府に提出された。

(2) 第二次現地調査(1987年6月21日-10月18日)

- 調査対象地域内気象調査(ボケロン・チャニャール及びカント・デル・アグアの気象観測所資料による)
- 6本の試験井戸及び1本の観測井戸の掘さく(合計掘さく深度690m)
- 水試料採取(20点)及び化学分析(サンチアゴ CIMM)
- 日本において実施する年代測定(同位体分析)のための地下水試料採取(5点)
- 2台の自記水位計の設置
- 5箇所の既設井戸における測水調査
- 既設井戸の現場水質観測(pH、EC及び水温)
- 井戸建設費用に関する資料収集
- 第一次現地調査に於て選定した約 10,000ha を対象とした Semi-detailed level の土壌調査(調査密度1/56.25ha、合計182点の土壌試坑)
- 土壌試料採取(12地点52試料)及び分析(サンチャゴ INIA)
- 調査対象地域内外の農業調査(冬作物を中心とする)
- 第一次現地調査に於て設置した基線を基にした主な調査地点の座標測量

第二次調査の結果は、フィールド・レポート(2)としてまとめられ、1987年10月8日、コピアポにおいてアタカマ州政府に提出された。

(3) 日本における解析作業(1987年10月19日-12月17日)

調査対象地域の地下水資源、及び、土地資源のポテンシャルを確認するために、上述の二度にわたる現地調査結果をふまえ以下の作業を行った。

- 水文地質の解析(地下水の年代測定を含む)
- 土地資源の評価
- 導入可能作物の選定
- 調査対象地域における地下水利用農業開発計画の基本構想の立案

この日本における解析作業の結果、はプログレス・レポートとしてまとめられ、1987年12月23日、コピアポにおいてアタカマ州政府に提出された。

1.4.2 第二期調査

(1) 第三次現地調査(1987年12月18日-1988年3月24日)

- 開発基本構想の検討と策定
- 地下水資源の検討

- 農業計画の検討
- 農業経済についての検討
- 施設計画の検討
- 灌がい・排水計画の検討

作業の結果はインテリム・レポートとしてまとめられ、1988年3月15日、コピアポにおいてアタカマ州政府に提出された。

(2) 日本における解析作業(1988年5月23日-1988年8月5日)

- これまでの調査の総括
- 開発計画地域の確定
- 栽培計画の策定
- 灌漑・排水計画の策定
- 農場運営計画の策定
- 圃場施設及び付帯施設の設計
- 施工計画及び事業費の積算
- 事業評価
- 地下水管理計画の策定

作業の結果はドラフト・ファイナル・レポートとしてまとめられ、1988年8月25日、コピアポにおいてアタカマ州政府に提出された。

第 2 章 計画の背景

2.1 国家社会・経済

2.1.1 人口及び労働力

チリ国の社会・経済指標を第3表に示す。同国の総人口は1987年において約1,230万人と見積られ、1981年から1986年までの人口増加率は年1.6%であった。総労働力人口は、1986年において約430万人である。同国の雇傭状態は毎年改善されており、失業率を見ても1982年には19.6%であったものが1986年には8.8%と、着実に向上している。1986年における産業別就業人口の構成は、サービス業31.7%、農業20.6%、商業16.7%及び工業13.6%である。

2.1.2 国家経済

1986年におけるチリ国のGDPは、約3兆9百億ペソ(実勢価格)であり、これは約160億ドルに相当する(第3表参照)。1人当りのGDPは、同年において約25万1千ペソ(約1,300ドル)と見積られる。GDPの実質成長率は、1982年から1986年にかけて3.4%であった。1986年におけるGDPの20.8%は、工業部門が占めており、次いで商業部門が16.7%を占めている。農業部門は全体の9.9%を占めるにすぎない。

チリ国の貿易収支は、1982年において6,300万ドルの黒字を計上している。これは、同年における総輸出額が、前年度に比べて1億3,000万ドル(3.4%)下回ったのみであるのに対し、総輸入額が、資本及び中間生産物輸入の減少により、大幅に低下したためである。しかし、これにもかかわらず、1982年の国際収支は、債務返済などの増加により、11億6,500万ドルの赤字を記録している。この国際収支は、1984年において黒字に転換したが、1986年には再び赤字となり、爾来赤字状態が続いている。

2.1.3 農 業

チリ国の農業部門は、総GDPのわずか9.9%(1986年)を占めるにすぎないが、就業人口の占める割合は約21%と、同国の社会経済の中で重要な役割を担っている。農業部門の輸出構成比は、作物が全体の86%を占めており、次いで畜産6%、林産5%、そして漁業が3%となっている。

チリ国の主要農作物は、小麦、トウモロコシ、ジャガイモ及びシュガービートである(第4表参照)。これら作物の年間生産量は、1984年から1986年の平均で、小麦126万トン、トウ

モロコシ73.8万トン、ジャガイモ91.2万トン及びシュガービート231.9万トンと見積られる。これらの作物に次いで生産量の多い作物は、リンゴ及び生食用ブドウであり、1984年から1986年の年平均生産量は、各々49.7万トン及び31.7万トンとなっている。これらの生産量は、輸出の好調と共に大幅に伸びており、1986年には、1981年に比べて、リンゴは60%、生食用ブドウは130%も増加している。

農産物輸出は、1986年における総輸出額の約13.2%を占め、鉱産物を除いた場合には、輸出額の約31.8%を占めている(第5表参照)。生食用ブドウ、リンゴ、ナシなどの果物は、チリ国の主要輸出作物となっており、主に米国及びヨーロッパ諸国に輸出されている。

1986年における果物の輸出額は、約4億7,700万ドルであり(第6表参照)、このうち約50%が、米国市場への輸出によって得られている(第7表参照)。生食用ブドウは、この果物輸出の中でも大きな割合を占め、同国経済の中において重要な位置を占めている。ブドウの輸出額は1986年において2億4,900万ドルと見積られ、これは果物輸出の52%、あるいは総農産物輸出額の45%を占める(第6表参照)。このブドウ輸出は、1981年には輸出額7,600万ドル(FOB)にすぎなかったものが、1986年には、2億4,900万ドル(FOB)と、近年大幅に増加している。

作物以外の農産物輸出として、種子の輸出が挙げられる。種子の輸出量は、1984年から1986年の3年平均で、約780トン/年である。金額で表わすと1986年には8,800万ドル(FOB)に達している。主な輸出先は米国、フランス及びブラジルであり、この3国に対する輸出量だけで1986年の総輸出量の90%を占めている(第8表参照)。輸出種子は主に野菜の種子であり、特に、トマト、メロン及びレタスの比重は高く、1986年の種子総輸出額の72%を占めている(第9表参照)。

2.2 地域開発計画

チリ政府は1986年に地域開発計画(Plan Nacional de Desarrollo Rural)を策定している。この計画の主要目標は、i) 地方部の生活水準の向上、ii) 都市部と地方部の地域格差の是正及びiii) 大都市への人口集中の是正である。これらの主要目標のもとに、各州政府は地域開発計画を進めている。アタカマ州においても、これらの目標を達成するための各種の開発計画を進めており、特に、道路、通信、教育、電力、上下水道、住宅、医療、などの社会基盤の整備に重点を置いている。さらに、同州政府は産業の発展を促進するために、カルデラ港の改良、養殖漁業の開発、観光開発及び新技術の導入による鉱物資源の利用といった多面的な開発をを計画している。

2.3 アタカマ州の社会・経済及び農業の現状

2.3.1 位置及び人口

アタカマ州は、チリ国の北部に位置し、75,750km²の面積を有する。同州、は行政的に、チャニヤール、コピアポ及びウァスコの3県から構成されている。1986年における総人口は、約194,500人と見積られ、1983年から1986年の人口成長率は年平均1%である。人口密度は2.6人/km²である。州の総労働人口は、1986年において63,700人であり、このうち農業労働人口は11,600人である。同年の失業率は5.3%と、全国平均の7.7%を下回っている。

2.3.2 地域経済

アタカマ州のGDPは、1984年において約67億1,000万ペソと見積られ、これは国全体のGDPの約1.9%に当たる(第3表参照)。1984年における同州のGDPの産業別構成は、鉱業部門が最も大きな割合を占め48.6%であり、次いで商業部門の比重が大きく、18.6%である。同州の1982年から1984年の実質経済成長率は平均4%である。1人当りのGDPは、1982年から1984年の平均で、32,100ペソ(1977年度固定価格)であり、全国平均の28,700ペソをやや上回っている。

2.3.3 農業の現状

アタカマ州の気候は半乾燥気候である。そして、同州の農業生産活動は、コピアポ及びウァスコ渓谷に集中している。農業の現状を、以下簡単にまとめた。

(1) 土地利用現況

1987年における、アタカマ州の総栽培面積は約16,420haであり、これは同州の総面積(約75,570km²)の0.2%にあたる。栽培面積の詳細を下表に示す。

(単位：ha)

	コピアポ渓谷	ウァスコ渓谷	アタカマ州
生食用ブドウ	4,040	260	4,300
既存面積	(3,640)	(240)	(3,880)
新期植え付け面積	(400)	(20)	(420)
加工用(ピスコ用)ブドウ	184	570	754
果物及びオリーブ	400	1,750	2,150
野菜	880	1,340	2,220
穀類	350	2,000	2,350
牧草	1,550	3,000	4,550
植林面積	20	80	100
合 計	7,424	9,000	16,424

出典：Algunas Cifras Preliminares del Sector Silvoagropecuario en la Region Atacama, Secretaria Regional Ministerial de Aguricultura, 1987.

(2) 土地所有形態及び規模

アタカマ州の総農家戸数は約3,070戸(1987年)であり、このうち、所有面積2ha以下の小規模農家が約80%、12ha以上の中・大規模農家が6%を占めている。一般に、小規模農家はウアスコ溪谷に、大規模農家はコピアボ溪谷に多い。

(3) 農業生産

アタカマ州で栽培されている作物の栽培面積、単位収量及び生産量を第10表に示す。同州の主要作物はブドウであり、栽培面積は3,640ha、生産量は22,000トン(1986年)と見積られる。ブドウに次いで多く栽培されている作物は、小麦であり、栽培面積は22,00ha、生産量は5,960トン(1986年)である。この他に、オリーブもウアスコ川下流の地域で広く栽培されている。種子生産については、アタカマ州では行われていない。

近年、ブドウの栽培面積は輸出の増加に伴い、急速に広がっており、1981/82年に1,024haにすぎなかったものが、1987年には4,300haと大幅に増加している。アタカマ州におけるこれまでのブドウの栽培面積及び輸出出荷量の推移を下表に示す。

年	栽培面積 (ha)	輸出出荷量 (トン)
1981/82	1,024	624
1982/83	1,203	2,173
1983/84	1,387	4,670
1984/85	1,900	7,075
1985/86	2,878	11,808
1986/87	3,958	16,400
1987/88	4,300	-

出典： Vision de Atacama N°14, SERPLAC, Marzo 1987.
(注) 1987/88年の栽培面積は州農業省の資料による。

生食用ブドウの多くは、企業及び企業的農家によって大規模に生産されている。生食用ブドウの1986/87年の平均収量は、樹齢が若いため、6t/haとなっている。主要栽培品種は、トンプソン・シードレス(スルタニナ)、フレイム・シードレス、リビエール及びブラック・シードレスである。州内では、種無しブドウを生産するためのジベレリン処理が広く行われている。INIAによれば、チリ国のブドウはフィロキセラに感染していないとのことである。したがって、接木栽培は一般に行われていない。病虫害の被害は少なく、またSAGによれば地中海ミバエの被害はないと報告されている。灌漑方法は、コピアボ溪谷ではドリップ灌漑、ウアスコ溪谷では表流水灌漑が一般的である。

畜産は作物生産と同様に、コピアボ及びウアスコ溪谷に集中している。1987年における

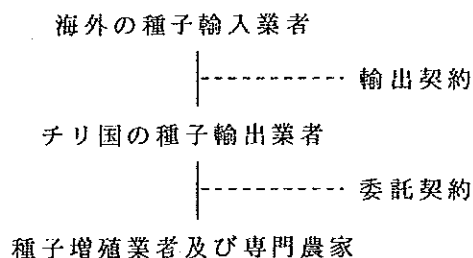
アタカマ州の家畜飼養頭数は、牛7,200頭、豚4,400頭、ヤギ23,700頭、羊8,100頭及び馬3,600頭である。この他に、鶏、ウサギなども飼育されている。牛、豚、ヤギ及び羊は、一般的に大規模経営である。牧草地の総面積は4,550haと見積られ、ほとんどの牧草地は灌漑されている。牧草はアルアルファが広く栽培されている。

(4) 農産物の流通

アタカマ州で生産される農産物の中で、生食用ブドウを除いた農産物、すなわち、畜産物、穀類、野菜及び果物は国内で消費されている。州内で生産された農産物は、州内での消費のみならず、農業生産が行われていない第I州、第II州に供給されており、アタカマ州は、これら2州の食料供給基地の役割を担っている。

アタカマ州で生産されるブドウの流通経路を第1図に示す。ブドウの流通は、加工用(ピスコ用)ブドウの流通と、生食用ブドウの流通がある。州内で生産された生食用ブドウの大部分は輸出されているが、ピスコ用ブドウのほとんどは国内で消費されている。生食用ブドウの輸出は、David del Curto SA、UTC、Standard Trading Company、UNIFRUTTIなどの民間流通業者が行っている。アタカマ州のブドウの主要輸出港は、第IV州のコキンボ港である。

チリ国における輸出用種子の流通構造は以下のとおりである。



チリ国の種子輸出業者は、海外の種子輸入業者と作物品種別の輸出量について契約を結ぶ。そして、輸出業者はこの種子生産について、国内の種子増殖業者あるいは専門農家に委託する。種子輸出業者は全国に約30業者あり、このうちの多くは第V州から第VII州に集中している。アタカマ州には種子輸出の流通システムはない。

(5) 農業生産物及び生産資材の価格

1987年11月現在の農業生産物及び生産資材の価格を第11表に掲げる。小麦の価格は政府によってコントロールされているが、他の作物の価格はコントロールされていない。

果物の輸出価格は、出荷期間に応じて大きく変動する。ブドウの場合、1985/86年において、変動幅が22ドル(FOB)/箱(8.2kg)にも達した(第2図参照)。アタカマ州のブドウは、輸出価格の高い12月及び1月に輸出されているが、南部地域の第IV、V、VI及びVII州で生産されるブドウは、輸出価格が下がる2月から3月に輸出されている。最近のブドウの輸出価格の変動例として、1988年1月及び2月の価格を第12表に示し、推移を第3図に表わした。

(6) 農産物加工・貯蔵施設

生食用ブドウの流通は、民間業者によって取り扱われているが、これらの民間業者による輸出は、次の工程を経て行われる。すなわち、腐敗防止処理、選別、計量、箱詰め、予冷、くん蒸、クーリング・チャンバーでの一時貯蔵、そして輸出港までの輸送である。くん蒸にはメチル・プロマイドが使用されている。これらの工程は業者の所有施設で行われる。アタカマ州における流通業者の処理施設をまとめたものが第13表である。予冷処理能力は57,400箱/日、くん蒸能力は23,800箱/日である。流通業者は、アタカマ産のブドウの主要輸出港であるコキンボ港にも、同様の施設を所有している。最近のブドウ生産の増加に対し、2、3の業者は施設拡充計画を持っている。

ビスコ用ブドウについては、アタカマ州内に6ビスコ工場があり、6工場の合計処理能力は年間約13,000トンである。

(7) 農業支援組織及び制度

主な農業支援制度は、農業研究、技術普及、農業金融、政府補助及び植物検疫である。以下項目別に簡単にまとめてみた。

i) 農業研究

チリ国の代表的な農業研究機関としては、農業省のINIAが挙げられる。INIAはLa Platina(Santiago)、Quilamapu(第VIII州)、Carillanca(第IX州)、Remehue(第IX州)及びKampenaike(第X州)の5カ所に試験場を持っている。アタカマ州には、バジェナールのベンタナス農場(Hacienda Ventanas)に果樹作物の試験圃場がある。ここでは、キウイ、カキ、リンゴ、ミカン、イチジク、グアバ、ルクモ及びチリモヤなどの作物の試験栽培を行っている。

ii) 技術普及

政府の技術普及には、12ha(HRB:基本灌漑単位)以下の経営規模の小農に対する技術普及と、12ha(HRB)以上の中規模農家に対する技術普及の2つのタイプがあり、小農にはINDAPによって、そして中規模農家にはINIAによって技術普及が行われている。

アタカマ州には、コピアボとバジェナールにINDAPの普及事務所がある。職員数は普及員3人、及び事務員7人、合計10人である。このINDAPの技術普及は、総合技術普及(Transferencia Tecnologica Integral)と直接技術普及(Programa de Informacion Tecnica Directa)の2種類からなる。前者は、政府の補助を受け、民間の専門企業が行っており、INDAPが管理・運営している。この技術普及は、普及員による現場での講演(11回/年)と、近隣の農家に対する圃場指導(3回/年)からなっている。普及員は1人当たり48戸の農家を受け持ち、技術普及を6年間にわたって行う。後者の直接技術普及は、INDAPの普及員により、直接農家に対して行われるものである。

INIAの技術普及は、12ha(HRB)以上の中規模農家に対して行われている。農家は、技術普及グループ(Grupos de Transferencia Tecnologia: GTT)として組織化され、このGTTに対して技術普及が行われる。大規模農家については、政府からの直接の技術援助はない。農家自身が独自に民間のコンサルタントを雇い、経営の改善や技術的問題に対処している。

iii) 農業金融サービス

農業金融サービスとしては、農業生産活動に対し、民間の金融機関及び政府機関(CORFO及びINDAP)による約120種類にもおよぶローンが準備されている。そして、これらのローンは、単に農民に対してだけでなく、農産物流通業者に対しても適用されている。ローンは、初期投資に対するものと、毎年の運営に対するものとに分けられる。貸付条件はローンの種類によって異なるが、利子については、おしなべて似ており年間8%から9%である。また、ローンは全て担保を必要としている。

iv) 政府補助制度

政府は、灌漑施設の普及を促進するため、企業及び農民が建設する灌漑施設に対して、最高75%までの補助金を与えている。この補助金、はサンチャゴの灌漑委員会が、州の灌漑局を通じて賦与している。アタカマ州において1986年-1987年で受理された灌漑施設の建設案件に対し、申請額の約50%が補助されている。

v) 植物検疫

SAGは植物検疫業務を行っており、そしてこの検疫、単に輸入農産物だけでなく、輸出農産物に対しても行っている。輸出農産物の検疫システムの概要を第4図に示す。チリの果物及び野菜については、以下の輸入国の検疫基準に従って検査され、合格したものののみ輸出されている。

a) 米国市場

下記の果物及び野菜は原産地域内での検疫検査が必要である。

- | | | | |
|----------|--------|--------|----------|
| - リンゴ | - ナシ | - メロン | - サクランボ |
| - ラスベリー | - キウイ | - ベリー | - トウモロコシ |
| - アスパラガス | - アボガド | - ニンニク | - タマネギ |

また、生食用ブドウ、モモ、ネクタリン、プラム、アプリコット及びレモンについては、くん蒸処理が義務付けられている。なお、米国農務省は、チリ国に対し、同国は第1州を除いて地中海ミバエの非汚染国であることを認めている。

b) EC市場

リンゴ及びナシのEC市場に対する輸出は、同市場の検疫基準に従って、サンホーゼカイガラムシ(Quadraspidiotus perniciosus)の検疫を受ける。

c) その他の市場

アラビア諸国、ラテン・アメリカ諸国及び極東諸国に対する輸出については、FAOの国際植物検疫協定に準じて、SAGの検疫官による検疫証が発行されている。

上記のチリ国における植物検疫業務は、輸入国と共同で行っている。米国市場の場合、SAGは輸出業者のくん蒸施設に対し、1施設当り2名の検疫官を派遣している。さらに、検疫業務を確実に実施するために、5か所のくん蒸施設に対し当地域検疫官を1名配置している。植物検疫はSAGの派遣検疫官によって行われ、さらに米国農務省より派遣された検疫官によってチェックされる。EC市場の場合は、同市場の代表として、ドイツの検疫官が輸出期間中チリ国に派遣されている。

第 3 章 調査対象地域の現況

3.1 調査対象地域の位置

調査対象地域は、アタカマ州の州都コピアポから、南に約90km下ったところに広がっている。地域の面積は33,000haで、東から西に向かって、緩やかに傾斜し、標高は東部では500m、西部では230mである。地域の西側を標高800m位の海岸山脈が走り、東側の境界をパン・アメリカン・ハイウェイが通っている。このパン・アメリカン・ハイウェイは、アンデス山脈の前山の裾に接して建設されている。調査対象地域の範囲を緯度、経度であらわすと、南緯28°03'から28°15'、西経70°56'から70°37'の間にある。

3.2 地形と河川

調査対象地域は、ウァスコ川とコピアポ川の間にある。地形は、概して平坦で、平均地形勾配は約1%である。

地表水が年間を通して認められる河川はない。

3.3 気候

調査対象地域の気候は、半乾燥性の気候に属する。気象特性を把握するために、調査対象地域内外の9カ所の観測所から気象データ(降水量、気温、風向等)を収集した。調査対象地域は、年平均降水量30mm未満である。前アンデスではやや多くなり、60mm以上である。

調査対象地域内には降雨量観測所がないので、最も近いヴァジェナールの観測所のデータで月別降水の推移を見てみると、11-2月までの間は降雨はない。降雨が僅かでもあるのは3月から10月までである。その中でも、6月から8月までの3ヶ月間に、年の70%の降雨(20mm台)が集中する。

気温については、調査対象地域内のポケロン・チャニャールの観測データがあり、それを見ると、年平均気温は16.5℃であり、最高平均気温は29.7℃で、1月にあらわれる。最低平均気温は4.5℃で、7月に記録されている。無霜の月は11月から8ヶ月間である。

相対湿度については、年平均70%である。月別の平均相対湿度の変化は、非常に小さい。しかし、日変化は大きく、朝8時には90%台なのが、夕方5時には50%前後になる。

蒸発量については、1987年以前には、調査対象地域内でも、その周辺でも、観測は行われていない。1987年初頭、カント・デル・アグアに蒸発計を設置し、観測を開始した。途中結果であるが、その記録をみると、7月が蒸発量が一番小さく日平均2mmであり、1月が最大で、日平均7.7mmである。

風速については、年平均2.5m/sで、1月の平均風速が3.2m/sと最大となり、7月に1.5m/sと最小となる。しかしながら、付属書Iで詳述しているように、12月から1月にかけて、風速5m/s位の強い風が長時間(1日あたり12-13時間)吹く。作物によっては、防風対策が必要となる風速である。

3.4 地質

(1) 一般地質

調査対象地域は、海岸山脈とアンデス山脈の間の中央低地に位置し、新生代の厚い堆積物が大部分を占めており、基盤岩の上に乗った状態である。基盤岩は、白亜紀下部の堆積岩、と中生代の閃緑岩質の貫入岩よりなる。これらの岩類は海岸山脈の東側部分、調査対象地域の東の幅10数kmの山地(ハウラ山等)、及び調査対象地域内に点在する貫入岩の丘(インセルベルグ)に露頭している。岩類は風化がすすんでいる。

海岸山脈の西側部分の太平洋側は、古生代の変成岩よりなる。一方ケブラダ・アルガロバル上流のアンデス山地は、第三紀の花崗閃緑岩と鮮新世の火山よりなる。調査対象地域にはいくつかの断層があり、第三紀中期に生じたと見られる。そのうち南北方向に発達した断層は、中央低地の東側のハイウェイに沿って走り、海成の堆積岩を丁度切っているような状態である。また、二つ以上の断層群が海岸山脈の東側に沿ってある。断層の動きによって、調査対象地域は陥没して窪地となり、山地から供給された砂礫、シルト、粘土等によって次第に埋められた。

(2) 層序

調査対象地域における地層の層序を以下に示す。

第5図も合わせて参照して頂きたい。

堆積岩	新生代	第四紀	現河川堆積物 風成堆積物 沖積堆積物
		第三紀 鮮新世	低位アタカマ礫層 高位アタカマ礫層
貫入岩	中生代	白亜紀（上部）	チャニアリージョ層群 バンドリアス層群
		白亜紀下部—三疊紀上部	閃緑岩 花崗閃緑岩 トーナライト、安山岩質溶岩

3.5 水文地質

3.5.1 地下水の利用状況

調査対象地域内の地下水は、生活用水、灌漑用水または鉱業用水として小規模に利用されている。井戸の形態も掘井戸や管井戸であり場所によっては掘削の必要のない漏水の状態のままで用いられている。

掘井戸は、第5図に示したように、調査対象地域の南西部及びエスタシオン・アルガロバル(Estacion Algarrobal)付近に主に分布する。静水位は南西地区において2~5mであるが、他の地区ではかなり深く、観測した中で最も深い静水位は36.85mである。また空井戸も多く、南東部にある空井戸は57mの深さまであり岩盤まで達している。観測した掘井戸の揚水量は、井戸全部で一日当たり約200m³であった。これらの井戸の水深は0.3~4.0mで、大部分は1~2時間の揚水で空になり、水位はすぐには回復しない。

調査対象地域の管井戸の深度は35~90mで、静水位は地表面下22mから33mの間である。2本の生産井がボケロン・チャニャール(Boqueron Chanar)で、灌漑及び生活用水として利用されているに過ぎない。この2本の井戸の生産量は、1 l/sと3 l/sであり、また透水量係数(T)は1.8m²/日と5.5m²/日である。二本の井戸の合計揚水量は簡略な観測をした結果、一日当たり100~200m³であった。

湧水は、第5図に示したようにサンホン(Zanjon)及びカント・デル・アグア(Canto del Agua)周辺に分布し、その数12である。湧水能力は低く、湧水は砂質シルトもしくは湿地よりしみ出す型の湧水である。

3.5.2 水文地質構造

(1) 水文地質層序

調査対象地域の水文地質層序を、電気探査と電気検層、試験井戸の結果、及び既存の水文地質の資料を参考にして、下記のように区分した(第5図参照)。

A層(非帯水透水層): 水で飽和されていない透水性の砂礫層。地下水面の上位に在るため帯水層にはならない。電気探査の比抵抗値は高く、70~25,500 Ω mの範囲にある。また観測井戸H-1の電気検層の比抵抗値も45~120 Ω mを示した。

B層(帯水層): 水で飽和された透水性の砂礫層で、所により粘土を含む層。調査対象地域における最も優良な透水層で、地下水面を上限として基底面はC層の上限に接している。電気探査の比抵抗値は25~50 Ω mの範囲にある。電気検層の比抵抗値は、W-3とW-4では20~30 Ω mを、W-9では30~45 Ω mを示した。分布は調査対象地域中央部に限られ、透水性は南部ほど良好で、その層厚は40~60mに達する。

C層(難透水層): 本層はB層の下面に接していて、2つの層から成り立っている。1つの層は電気探査と電気検層の比抵抗値が10~20 Ω mの範囲にある砂質シルトあるいは砂質粘土からなる層であり、地下水の取水は難しい。もう1つの層は、電気探査と電気検層の比抵抗値が5~10 Ω mの範囲にある粘土やシルトからなる層で、地下水の取水は殆ど出来ない。前者は調査対象地域南部に分布し、後者は、主に中央から北部に分布している。層厚は電気探査の解析から、100~200m以上有るものと推定される。本層の下限は、基盤岩の上限に接していると考えられる。

D層(風化帯): 不透水性の砂質シルト化した基盤岩の風化帯。電気探査の比抵抗値は25~50 Ω mの範囲にあるが、電気検層の比抵抗値は5~10 Ω mを示し、難透水層であることを示している。分布はケブラダ・アルガロバルに限られる。

E層(基盤岩): 不透水性の基盤岩。既存の資料から判断する限り調査地域の周辺に分布しているはずであるが、電気探査の比抵抗値は24~300 Ω mの範囲にあると記されてる。試験井戸の掘削では確認できなかった。

(2) 帯水層

上記の水文地質層序におけるB層の下限を帯水層の基底面として、帯水層基底等高線を作成し、水文地質断面と共に第5図に示した。帯水層の構造は図から明らかなように、W-4とW-9を結ぶ北東-南西方向に長い幅の狭い閉鎖的谷地形をしている。最も深い谷底は、標高で約240mである。もう一つのやや浅い谷が西の海岸山脈沿いにアグア・デ・ラソからサン

ホンにかけてある。アルガロバル駅の東側では基底の勾配がきつくなっている。

調査対象地域の帯水層は、層序と地下水位から、不圧もしくは半被圧性の地下水層と考えられる。そこで、地下水面からB層の下限までを帯水層厚として第6図に帯水層等層厚線図を示した。層厚のもっとも厚いのは60mあり、調査対象地域のほぼ真中に設けた試験井戸W-4から北へ、4Km広がっているこの最

属層の区域をとりかこむように、40kmの層厚線が広がっている。同心上ではなく、やや南西より、W-9の方に偏心した状態に広がっている。。またアルガロバル駅の周辺にも飛び地のよう、狭い範囲ではあるが、40mの層厚線の広がりがみられる。40m層厚線の外側に20m層厚線がある。広がり方は均一ではなく、W-3のあるアグア・デ・ラソ(W-4からみて西側4km)に向かって広く張り出している。層厚20m以下の部分は帯水層が薄すぎて開発の対象外となろう。帯水層の透水量係数のもっとも良いのはW-9で、 $T=450\sim 3,192\text{m}^2/\text{日}$ の間にある。またW-3で $T=119\sim 515\text{m}^2/\text{日}$ 、W-4で $T=82\sim 243\text{m}^2/\text{日}$ であった。

3.5.3 水理定数

6本の試験井戸の揚水試験の結果(第14表)から水理定数(第15表)を求めた。

(1) 透水量係数と透水係数

砂礫層よりなる帯水層の透水量係数は、試験井戸のW-3、W-4、W-9において、中位から非常に大きい値($T=82\sim 3,192\text{m}^2/\text{日}$)の範囲にある。透水係数は $3.25\times 10^{-3}\sim 7.69\times 10^{-3}\text{cm/s}$ の範囲にある。W-9の帯水層が調査対象地域で最高の透水性を示した。一方、シルト質砂層の試験井戸W-1、W-2、W-6の透水量係数は、 $1.1\sim 11.5\text{m}^2/\text{日}$ の範囲にある。また、透水係数は $1.07\times 10^{-4}\sim 1.48\times 10^{-3}\text{cm/s}$ の範囲にある。

(2) 比産出率

調査対象地域の帯水層は、地層及び地下水位とから、不圧性帯水層と考えられる。不圧性帯水層の貯留係数は、比産出率に相当する。試験井戸W-4の比産出率は、観測井H-1の水位降下データより計算された。得られたデータは、ノイマンの片対数法によって解析した(第7図参照)。解析した結果0.032が得られた。試験井戸W-3とW-9の比産出率は、比湧出量、見かけの比抵抗値、及び、粒径より見積った。W-4について0.04、W-9について0.142が得られた。

3.5.4 地下水位

調査対象地域の地下水位は、1988年2月時点で、地表面より1m未満から37mの間にある。テイラーのレポート(1947)¹によれば、当時は、ミジャ・ヌエベ、タバリ、そして、アグア・デ・ラソにおいても湧水が観察されてことが報告されている。このことは、40年前は、現在よりも、水が豊富であったことを物語っている。

一方、現地調査でえられたデータと過去の観測記録を対比したところ、アルガロバル駅の堀井戸N-30の地下水位は過去40年間に4m下り、ボケロン・チャニャールの管井戸の水位は過去18年で10m下がった。これらのことから、全般に細々にはあるが、地下水位が低下しつづけていることが分かる。

なお、既存の堀井戸と湧水の地下水位の記録によると、海岸山脈の近くのサンホン地域の浅い堀井戸では、一般に夏の水位は冬よりも低くなる。

1987年3月から1988年7月までの12本の観測井戸の水位と降水記録を第8図及び第9図に示した。この期間においてはカント・デル・アグアの井戸N-22を除けば目だった年間の水位変動は見られなかった。

3.5.5 地下水の涵養と流出

調査対象地域内の帯水層は、水文地質的構造と地下水位等高線から、ケブラダ・アルガロバルからの横からの涵養が大部分と考えられる。調査対象地域内の降水は平均25mm/年と少なく、また蒸発量も大きい(1,400mm)ので、帯水層への浸透はないと考えられる。ケブラダ・アルガロバルの集水域(面積2,453km²)の降水量は、わずか30~50mm/年であり(第10図参照)、短期間に集中して降る。その結果、年を通じた表流水は観測されない。また、この集水域は、不透水性の基盤岩からなっているので、上流部における浸透は少なく、ほとんどケブラダ・アルガロバルの川筋へ流出し、一時的に地表に滞留した後、蒸発散で消失する。

ケブラダ・アルガロバルのドンケイ(アルガロバル駅から約25km上流にある村)の観測井戸で1987年7月末の大雨の後、地下水位が約1m上昇した。また、その時上流部に降った雪の雪解け水の流れが、9月の末にドンケイに達した。しかしながら、この流れは調査対象地域には到達しなかった。また調査対象地域内の観測井戸、いずれも、地下水位の著しい上昇は見られなかった。これは、ケブラダ・アルガロバル下流にある不透水性の地下壁が横

1;George C Taylor:1947 Ground Water Studies,Province of Atacama,Chile(CORFO)

からの地下水流を制限しているためである。第3.5.6節にて述べるが、調査地域の地下水の年齢は2,000~4,500年に相当し、加えて最近の雨(20~30年前)もまったく含まれていないことから、地域外からの流入は著しく制限されたものと考えられる。

ここで、調査対象地域への地下水の涵養量を、アルガロバルのパン・アメリカン・ハイウェイに断面線を仮定して算定すると、68.4 m³/日 (25,000 m³/年)となる。一方、涵養域の年間の総降水量は第10図から114.1x10⁶m³/年と求められる。したがって、算定された流入量は集水域に降水する総降水量のわずか0.02%に過ぎない。

調査対象地域からの地下水の流出量は、1)カント・デル・アグアからの流出、2)ボケロン・チャニヤールからの流出、3)サンホン近くの湧水や井戸による流出、4)湿地帯からの蒸発数の流出によって規定される。それぞれ求めてみると、1)と2)の合計は120 m³/日、3)は120 m³/日、4)は10,900m³/日である。従って調査対象地域からの地域外への流出量は一日当たり11,320m³となる。

アルガロバルにおける涵養量の見積りと、全流出量を較べると、流出量がかなり大きい。調査対象地域の長期的水位の低下は、この点を裏づけている(第3.5.4節参照)。

3.5.6 地下水の滞留時間と循環速度

地下水の更新性を知るために、放射性環境同位体であるトリチウム(³H)と放射性炭素(¹⁴C)を測定した。対象は試験井戸のW-3とW-4それにW-9の地下水である。その結果、W-3の地下水年齢は約2,000年、W-4とW-9の地下水年齢は約4,500年で、最近の雨はまったく含まれていないことが明らかになった。このことからトロロ・パンパの地下水は滞留性の化石水と思われる。

3.5.7 水質

既存の管井戸、掘井戸及び湧水の1988年2月における電気伝導度(EC)は、930~9,800 μS/cmである。EC値は一般に調査対象地域の東部で低く、南西に向かい徐々に上昇している(第5図参照)。水温は13~24℃で、pHは7.0~8.3である。6本の試験井のECは、990~1,600 μS/cmで、既設井戸に比較して、概ね良好である。水温は、温度検層の結果、22~24℃で、pHの値は7.76~8.50で、弱アルカリを示した。

水の化学分析をサンチャゴの鉱物冶金研究所(CIMM)で行った。試料数は20である。試料採取地点を第11図に、分析結果は第16表に示した。塩素イオン(Cl⁻)の値は既存の井戸からの試料については79~4,610mg/lと、非常にばらつきがある。試験井の試料についてはW-3

が310mg/lとやや高い他は、79~170mg/lと全般に低い。また全溶存物質(TDS)の値は、既存井戸からの試料については全般に高く、最低でも605mg/l(No.N-31)である。試験井の試料については、W-3でやや高く1,007mg/lであるが、既存のNo.2以外の井戸に比べれば低い。

トリリニア・ダイヤグラム(trilinear diagram)に依る水質分類では(第12図)、試料のほとんどが鉱山や火山地帯で一般に見られる非炭酸硬水系(CaSO_4 または CaCl_2)に属する。このタイプは滞留性である。調整ナトリウム吸着比(adjusted SAR)、及びECに基づくアメリカ塩類研究所による水質分類を第13図に示した。この分類によれば、試験井戸W-6の水が、高塩・中ナトリウム域(C-3/S-2)に属するほかは、一般に高塩・低ナトリウム域(C-3/S-1)に属する。但し、サンホン、カント・デル・アグア地区のNo.8(A-7)は、高塩・高ナトリウム域(C-3/S-3)に属し、No.9(N-19)は超高塩・高ナトリウム域(C-4/S-3)に属する。

ヘキサダイアグラム(Hexadiagram)によって、各地点におけるイオン濃度をみると(第11図参照)、調査対象地域の西側ほどイオン濃度、特に塩素イオン(Cl^-)が高くなっている。このことから、調査対象地域内の地下水は西方に向かって流れていることがわかる。

3.6 土壌

調査対象地域の土壌は、主に、ケブラダ・アルガロバル、ケブラダ・ロス・ポロティジョス、ケブラダ・ロス・タマリコス、及び中央を東西に流れる名前のない大きなケブラダ(便宜上これをケブラダ・ラガルトと呼ぶ)によって運ばれてきた、沖積堆積物の上に展開している。東部の土壌は、アタカマ礫層上に広がっている。また、所々に、風成堆積物が堆積している。

調査対象地域の土壌は、主に表層土の特徴から大きく次の5つの範疇に分けられる。即ち、(1)南部及び西部の砂丘土、(2)東部アタカマ礫層上の表土の薄い土壌、(3)北部から中央部にかけての礫を多く含む土壌、(4)西部の土性の細かい土壌、(5)他の土壌、である。土壌分布を第14図に示す。

以下に、それぞれの土壌の特徴を述べる。

(1) 南部及び西部の砂丘土

風成堆積物が非常に深く堆積しており、特徴層位は認められない。排水状態は良好である。これらの土壌は、水や風に起因する侵食を受け易い。実際に、1987年7月下旬にアタカマ州全体に大きな被害を与えた大雨によって、この地区でも多量の表土がケブラダ・タマリコに沿って、西の方に流された。

(2) 東部アタカマ礫層上の表土の薄い土壤

第三紀に形成されたアタカマ礫層(GRAVAS DE ATACAMA)の上にひろがる土壤は、非常に薄い。表層土は多くの角礫を含み、その厚さは通常30cm未満である。下層土は非常に石が多く固結しており、しかも、塩を多く含む。このため排水状態はかなり悪い。

(3) 北部から中央部にかけての礫を多く含む土壤

北部の土壤は、ケブラダ・アルガロバル、及びケブラダ・ボケロンによって運ばれてきた円礫や石を多く含む。中央部も、ケブラダ・アルガロバルの分流であるケブラダ・ロス・ポロティジョスの流れによって円礫が多く堆積している。土性は、北部では非常に粗く、西部及び中央部に向かって細くなる。炭酸カルシウムや他の塩類の集積、及び土壤硬度は西部及び中央部に向かって大きくなる傾向にある。

(4) 西部の土性の細かい土壤

ケブラダ・ロス・ポロティジョス及びケブラダ・ラガルトスの下流部に発達している土壤は、その細かい土性によって特徴付けられる。傾斜勾配は殆どなく、平坦であり、おもにシルト及び粘土分がこの地区からカント・デル・アグアの方に向かって、堆積している。塩分の高い集積が認められる。下層土はしばしば非常に堅密で、更に、地下水位が西に向かって高くなる。このために、排水状態はかなり悪い。

(5) 他の土壤

際だった特徴を示さないその他の土壤は、ケブラダ・ラガルトの南に見られ、表土が適度に深く、礫を余り含まず、過度の塩類を含まない。

3.7 インフラストラクチャー

調査対象地域への接近路は、パン・アメリカン・ハイウェイ(幅員7m)である。コピアポ市から約90km、アスファルト舗装である。ハイウェイに並行に狭軌の鉄道が走っている。この鉄道は、周辺の鉱山から鉱石を集め、コピアポ市から南東9kmのところにあるパイポテの精錬所に運んでいる。駅のうちのひとつアルガロバル駅が調査対象地域の北東端にある。パン・アメリカン・ハイウェイから2本の道路(幅5-7m、未舗装)が分岐している。1本は、ケブラダ・ボケロンに沿って、北西に11km走り、その地点から南西に転じてチャニヤール

山脈の麓、ケブラダ・カリサルに沿って15km走り、カント・デル・アグアに至る。もう1本は、ニチヨ山脈の側面を北西に走り、カント・デル・アグアに至る。パン・アメリカン・ハイウェイからカント・デル・アグアまで、約25kmである。

調査対象地域内には、2本の道路がある。両方とも未舗装である。1本はパン・アメリカン・ハイウェイから分岐し、幅員5mで、北西に一直線に延びている。長さは、ハイウェイから15kmである。もう1本は、この道路に対し、調査対象地域の中心部に広がるラガルト平原の西側で直角に交わっており、幅員5mで、北東に12.5km延びている。

調査対象地域には、もう1本の道路がある。それは、パン・アメリカン・ハイウェイとボケロン・チャニャールを結ぶ舗装道路で、有効幅員7mで、距離はハイウェイから11kmであり、アルガルバル駅付近を通っている。

電気事情については、パン・アメリカン・ハイウェイに並行に、高圧線が2本通っている。どちらも ENDESA (国家電力公社)の所有である。計画地域の東側を走っているのが超高圧の220,000Vで、西側を通っているのが110,000Vの高圧線であり、コピアボとマイテンシージョを結んでいる。

調査対象地域内には、病院、郵便局、学校、電話網、水道網はない。

3.8 農業及び農業経済

調査対象地域は行政的にウアスコ県ヴァジェナール郡に属している。調査対象地域の総面積のうち、約72%が国有地、残り28%が私有地となっている(第15図参照)。

調査対象地域内の人口は少なく、また、数戸の小規模農家及びジェルバス・ブエナス農園(Hacienda Yerbas Buenas)を除いて、農業活動はほとんど見なれない。

ジェルバス・ブエナス農園では、1985年に約50haの唐胡麻(Higuerilla)を植え付けたが、砂まじりの風の害を被り、現在では3ha以下となっている。この風害の原因の一つとして、防風林を設置しなかったことが挙げられる。この農園の水源は地下水で、ドリップ灌漑方式を用いている。小規模農家については、アルガルバル駅(Est. Algarrobal)とカント・デル・アグアを結ぶ道路沿いに、5戸の小作農家を含む8戸の農家があり、モモ、西洋スモモ、ナシ、ブドウ、タマネギ、ジャガイモ、トマト、などの作物を栽培している。灌漑方式は灌漑で、水源は地下水である。

一方、農業開発計画策定の参考にするために、調査対象地域の近隣に位置するトトラル(Totalal)村及びカスティジャ(Hacienda Castilla)農園の農業の現状についても調査

した。トトラル村は調査対象地域から北西約40kmの所にあり、人口は155人(1982年)である。この村では、天然の湧水を利用した表流水灌漑により、モモ、西洋スモモ、ナシ、イチヂク、トウモロコシ、トマト、タマネギ、などの作物を栽培しているが、その栽培は旧態然としている。カスティジャ農園は調査対象地域の北方約30kmの所にあり、1960年代に設立された農園である。この農園は設立当初440haの栽培面積を計画していたが、現在の栽培面積は70ha以下である。主要栽培作物は、レモン、オレンジ、スイカ、トマト及びメロンである。灌漑方法地下水を利用した表流水灌漑を用いている。

第4章 地下水資源及び土地資源の評価

4.1 地下水資源の評価

4.1.1 地下水区

調査対象地域を水文地質的構造、透水性、水質等から7つの地下水区に分け、第16図に示す。以下に各地下水区の特徴を述べる。

(1) ケブラダ・タマリコ地区 (A地区)

この地区は、調査対象地域南部ケブラダ・タマリコの右岸ジャーノ・デ・ラガルト (LLANO DE LAGARTO) に位置する。帯水層の層厚はW-9において約50m、下限は深度70m、静水位は地表面下20m前後で、透水量係数(T)は450~3,000m²/日に相当する。この地区は、十分な層厚を持つAと、薄いA'に分けられ、Aの部分は調査対象地域で最大のポテンシャルがある。揚水試験の結果から比湧出量4~5 l/s/mを得た。したがって、3~5mの水位降下で、1本の井戸から15~20 l/sの揚水が可能である。一方水質については、pHが8.14と弱アルカリ性を示し、水質の指標である電気伝導度(EC)は、1,000 μ S/cmで、コピアポ川に比べ良好である。この地区の地下水は、西側をサンホンの自然地下ダムに遮られた滞留性のもので、年代測定の結果、地下水の年齢は約4,500年と推定された。

(2) ケブラダ・デ・ロス・ポロティジョス地区 (B地区)

この地区は、第16図でBとB'を示した地区で、ケブラダ・ラガルトの北側に隣接するW-4を中心とする。B地区は、透水量係数及び電気探査の比抵抗値によって、A地区と区別した。W-4でえられた試料を分析すると、T値は82~243m²/日である。B地区は、A地区より帯水層の層厚は厚いが、比産出率が小さいために開発可能量は小さい。本地区は、A地区に次いで開発のポテンシャルがあるが、比湧出量も小さく(1 l/s/m)、井戸一本あたりの揚水可能量は4~5 l/sである。開発深度は80m以内、静水位は25m前後である。水質はpHが8.50で、ECは990 μ S/cmである。

(3) アグア・デ・ラソ地区 (C地区)

この地区はW-3に代表される。帯水層も薄く、地下水位が高い。残丘、段丘に挟まれた狭い部分にC地区は広がっている。透水量係数は119~515m²/日で、W-4より高い。井戸一本当りの揚水可能量も4~8l/s程度、比湧出量は1 l/s/mが見込まれる。しかし、水質は、ECが1,600 μ S/cmを示し、A、B地区に比べ悪く、pHは7.76である。年代測定の結果から、この地区の地下水は、A、B地区より2,000年程若い。これは地下水位等高線の形態から見て、地下

水の流れがA地区よりも良いためと考えられる。

(4) ケブラダ・ボケロン地区 (D地区)

この地区は帯水層が薄く、開発のポテンシャルはほとんどない。この地区の透水量係数Tは、試験井戸W-2における(T)=1.1~1.4m²/日で小さい。ボケロン・チャニヤールにある既設井戸のT値も1~5m²/日程度である。W-2の比湧出量は0.1 l/s/mである。水質は、pHが7.90-8.50、ECが1,200-1,500 μS/cmの範囲にある。

(5) サンホン地区 (E地区)

この地区は地下水位が高く、湿地帯と湧水、浅井戸が多数存在しており、蒸発散が著しく、また水質が悪く、ECは3,000-7,000 μS/cmの範囲にある。pHは約7.7である。そのうえ、電気探査の結果から、難透水層が厚く堆積しており、地下水開発には向いていない。また岩盤も浅く、A地区に対して地下ダムの効果を与えている。

(6) ジャーノ・デ・ラ・ハウラ地区 (F地区)

この地区は基盤岩が浅く、貫入岩が散在する。地下水位も深く、帯水層は存在しない。したがって開発のポテンシャルは全くない。

(7) アルガロバル駅地区 (G地区)

この地区はケブラダ・ボケロンの谷底に位置し、既設の掘井戸が数本ある。水位は20mと比較的浅く、水質も良い(pHが約7.6、ECは990-1,000 μS/cm)。しかし、電気探査の結果から、地下水の分布範囲は非常に限られており、開発のポテンシャルは小さい。

4.1.2 開発可能量と開発地区

(1) 基本的な考え方

地下水が更新性の水資源とすれば、地下水資源を一定に保つためには、揚水量を地下水盆へ供給される水量よりも少なくしなければならない。この場合の揚水量を持続性揚水量という。しかしながら、調査対象地域に持続性揚水量をあてはめるのは難がある。なぜならば、調査対象地域の地下水は、その水文地質的な構造のために十分な涵養や強制的な補給も期待できないからである。このことは水の年代測定によっても裏付けられている。

したがって、調査対象地域に貯えられた地下水は、非更新性の自然資源ととらざるを得ない。したがって、調査対象地域の採水可能量は潤渇性揚水量ということができる。これは鉱山の採掘に類似している。すなわち、汲み上げられる水量は帯水層に貯留されているだけのものである。

(2) 採水可能量

この地域の主な帯水層は不圧性である。不圧帯水層の採水可能量は帯水層の空隙から重力によって排出される水の総量である。重力によって排出される単位面積当りの水量を比産出率と言う。帯水層の容積に比算出率を乗ずると採水可能量が得られる。地下水区別に得られた採水可能量を下表に示す（第17図参照）。

地下水区	帯水層容積 (m^3)	比産出率	採水可能量 (m^3)
A	$1,056 \times 10^6$	0.14	148.0×10^6
B	$1,207 \times 10^6$	0.032	38.6×10^6
C	185×10^6	0.04	7.4×10^6
G	157×10^6	0.03	4.7×10^6

(3) 限界水位

生産井の安定した揚水量と、良い水質を維持するために限界水位を設定した。試験井戸の流量検層と電気検層の結果から、帯水層の透水性はその上部程高い値を示した。このことから揚水時の水位は、井戸に挿入したスクリーンの上部より少し上に維持される必要があると判断される。

調査対象地域の西側の地下水は高い塩分の水を含んでおり ($EC=3,000 \sim 8,000 \mu S/cm$)、もしこの塩水が調査対象地域の他の部分へ移動すれば、その帯水層は塩分濃度を増すであろう。したがって、地下水位はサンホンの近くで観測された標高280m以上を維持する必要がある。その結果、限界水位は次のようになる。

水位	地下水区			
	A	B	C	G
静水位 (m)	19	26	5	23
標高280mの高さに於ける水位 (m)	31	47	25	134
スクリーンの上限 (m)	37	36	20	30
限界水位 (m)	31	36	20	30
限界水位降下* (m)	12	10	15	7

*: 限界水位降下とは静水位と限界水位の差である。

(4) 開発可能量

総採水可能量とは、帯水層の水位を完全に下げることによって供給される水量である。採水可能量は、上記の限界水位によって制限を受ける。採水可能量と限界水位降下の関係を第17図に示した。

この採水可能量は見かけの開発可能量である。なぜならば採水可能量は、帯水層内の地下水水位が影響圏内の全面にわたって、いかなる補給もなく、揚水によって均等に下がるという仮定にたって予測しているからである。揚水井内の水位は帯水層の如何なる場所よりも低く、水位降下は井戸より遠くなるほど小さくなり、円錐状の形状を示す。

安定した揚水をはかるために、開発可能量の算定にあたっては、更に二つの要素を考慮した。第1点は地下水水位の変動で、第2点は蒸発散である。水位観測によれば、1987年9月より1988年2月まで、試験井戸の水位は、W-3が既設の浅い掘井戸によって干渉を受けたのを除けば、殆ど安定している。しかしながら、既設井戸や湧水によっては、水位が18-40年前に比較して低くなっている。第3.5.5節で既述したように、非常に大きな蒸発散がE地区のサンホンで推定された。これら2点を考慮すると、開発可能量は限界水位に対応する採水可能量よりも少なめに制限されてしかるべきであろう。

以上を考慮し、開発可能水量は、限界水位降下によって求められた採水可能量の60%と仮定した。これに基づいて計算した各地区の開発可能水量は下表に示すとおりである。

地下水区	採水可能量 (m^3)	限界水位に於ける 採水可能量(m^3)	開発可能量 (m^3)
A	148×10^6	60×10^6	36×10^6
B	38.6×10^6	15×10^6	9×10^6
C	7.4×10^6	6×10^6	3.6×10^6
G	4.7×10^6	1×10^6	0.6×10^6

(5) 地下水開発計画地区

第16図に示した地下水区別の開発可能性について、判定した結果は以下に示すとおりである。

地下水区	開発可能量 (m^3)	電気伝導度 ($\mu S/cm$)	地下水の有効性
A. ケブラダ・タマリコ地区	36×10^6	1,000~1,100	中位~高位
B. ケブラダ・デ・ロス・ポロティジョス地区	9×10^6	900~980	中位
C. アグア・デ・ラソ地区	3.6×10^6	1,500~2,000	中位
D. ケブラダ・ボケロン地区	—	1,000~2,000	無もしくは低位
E. サンホン地区	—	3,000~7,000	無
F. ジャーノ・デ・ハウラ地区	—	—	無
G. アルガロバル駅地区	0.6×10^6	980~1,000	低位

地下水の有効性は以下の指標に基づいて行った。

- 中位から高位：井戸の揚水量は妥当な水位降下によって15 l/s前後得られる。
- 中位：妥当な水位降下以内で井戸の揚水量は5 l/s未満。
- 低位：妥当な水位降下を越えて得られる井戸の揚水量は1 l/s未満。
- 無：妥当な水位降下を越えて限定された短い揚水時間に限って揚水出来る井戸の水量は0.1 l/s以下。あるいは帯水層が存在しない。

各地区の評価の結果から、地下水開発にもっとも見込みのある地域はA地区（ケブラダ・タマリコ地区）である。B地区（ケブラダ・デ・ロス・ポロティジョス地区）もまた推薦できる。しかし、その他の地区は、採水量の容積が小さいか帯水層に十分な能力がなく推薦できない。実際には、これらの地区は第6図に示した40mの等帯水層層厚線によって二つに区分される。外側部分の厚みは40m以下であり、組織的な地下水開発のための生産井を掘さくするには薄すぎる。したがって、A'とB'の部分は地下水開発可能地域より除かれる。

4.1.3 USDAおよびFAOの規準による水質の評価

USDA（米国農務省）が設定した塩類とナトリウム類に基づく、灌漑用水の適否規準に、試験井戸の水を照らし合わせた。ECの値は990~1,709 $\mu S/cm$ 、TDSは720~1,007 mg/l、 Cl^- は79~310 mg/lにあり、C地区のW-3は完全に高塩類に属する。他の地区の井戸は Cl^- だけが中塩類に属する。したがって、調査対象地域の地下水を使用する場合には排水に十分注意し、常に塩のコントロールに注意して塩に強い作物を選定する必要がある。次にナトリウム類は、調整SAR表示で、6本の井戸とも10未満であり低ナトリウム域の水に属し、灌漑水として使用できる。

F A O の灌漑用水の規準からみると、ナトリウム塩の障害の指標としての調整SARは、W-6(D地区)が9.04であるのを除けば、大きな値はなく、灌漑水として用いることができる。また、W-6の値が9.04なのは、ナトリウム類に鋭敏な作物の栽培には注意しなければならないことを意味している(F A Oでは限界値を9.0に設定している)。ボロン(B)も同様に障害少なく、pHもおおむね通常の範囲にある。

4.2 土地資源の評価

4.2.1 概要

土地資源評価のための土壌調査は、二段階に分けて行った。第1段階は、調査対象地域全体の表層土壌及び地形の概略調査、及び農業開発が有望と考えられる地域の選択である。第2段階は、有望地域を対象とする土壌試坑調査及び土壌試料の理化学分析である。

表層土壌及び地形の概略調査の結果、調査対象地域内の土壌には、起伏が大きい、塩類集積が著しい、侵食の危険性が大きい、洪水の危険性が高い等、農業を行なう上で大きな制限要因を有する部分が相当存在することが明かになった。そのため、土壌試坑調査は、これら明らかに農業に不向きである地域を除いた約10,000haを対象に実施した。したがって、ここで述べる土地資源評価の対象面積は、土壌試坑調査を実施した約10,000haである。

また、主報告書では、土地資源評価の結果は簡単に記述するにとどめ、詳しい記述は、付属書 I I 「土壌及び土地資源評価」で行った。

4.2.2 土壌の分類

第18図に土壌図を示す。U S D Aの土壌分類体系によって、20のファミリーに分類される。また、地区内の土壌は地理学的に以下のように区分できる。

(1) ケブラダ・アルガロバルの扇状地における、最近形成された沖積土壌

調査対象地域の主な部分を占める土壌でケブラダ・アルガロバルによって運ばれてきた土砂が深く堆積している。層位の発達は見られない。土性は北東部で粗く、礫が表層や断面中に多く存在する(Typic Torrifluent)が、ケブラダ・ポロティジョスの下流に行くに従い、土性は細くなり(Typic Torripsamment、Typic Calciorthid)、礫も見られなくなる。この土壌における問題点は、i)上流部においては一般に土性が粗く、礫が多く含まれていることであり、ii)一部炭酸カルシウムの層が認められるところでは土壌硬度が高いこと、iii)下流部の土性の細かい地区では排水が難しく、塩類濃度も高いことである。

(2) グラヴァス・デ・アタカマの上に存在する土壌

地区の東部の土壌はグラヴァス・デ・アタカマの上に展開し、土性は中腑であるが、土層は非常に薄い。また下層は礫、石が大部分を占め、固結しており塩濃度が非常に高い (Typic Calciorthid)。これらの土壌の問題点は、土層が薄いこと、塩濃度が高いこと、及び礫が多いことである。

(3) 南部の風成堆積物の土壌

強い西よりの風によって運ばれてきた砂が深く堆積した土壌で (Typic Torripsamment)、層位の発達は全くみられない。土性は粗いが礫はない。排水は良好である。しかし、風による侵食が認められ、またケブラダ・タマリコのみちすじにあたる地区は数年に一回の割合で表流水が流れ、これによる侵食が問題となる。

4.2.3 SOIL TAXONOMY の分類による土壌ファミリーの分類

ファミリー	サブ・グループ	オーダー
Arenoso esqueretico, mixto, termico. (Ea-mt)	Typic Torrifluent	Entisol
Arenosa esqueretico sobre francoso, mixto, termico. (Eaf-mt)	Typic Torrifluent	Entisol
Arcilloso sobre arenoso esqueretico, mixto, termico. (AEa-mt)	Typic Torrifluent	Entisol
Arcilloso fragmentario, mixto, termico. (AF-mt)	Typic Torrifluent	Entisol
Francoso grueso, mixto (calcareo), termico. (fg(Ca)-mt)	Typic Torrifluent	Entisol
Francoso esqueretico, mixto, termico. (Ef-mt)	Typic Torrifluent	Entisol
Arenosa esqueretico, mixto (calcareo), termico. (Ea(Ca)-mt)	Typic Torrifluent	Entisol
Arenosa sobre francosa esqueretico, mixto, termico. (aEf-mt)	Typic Torrifluent	Entisol

ファミリー	サブ・グループ	オーダー
Francoso fina, mixto, termico. (ff-mt)	Typic Torrifuvent	Entisol
Arenosa fina, mixto, termico. (af-mt)	Typic Torrifuvent	Entisol
Francoso, mixto, termico. (f-mt)	Typic Torrifuvent	Entisol
Arenoso, mixto, termico. (a-mt)	Typic Torrifuvent	Entisol
Francoso, mixto (calcareo), termico. (f(Ca)-mt)	Typic Torrifuvent	Entisol
Arcilloso, mixto, termico. (A-mt)	Typic Torrifuvent	Entisol
Francoso fina sobre fragmentario, mixto, termico. (ffF-mt)	Typic Torrifuvent	Entisol
Mixto, termico. (mt)	Typic Torrripsament	Entisol
Francoso fina, mixto, termico. (ff-mt)	Typic Calciorthid	Aridisol
Arenoso, mixto, termico. (a-mt)	Typic Calciorthid	Aridisol
Arenoso esqueretico, mixto, termico. (Ea-mt)	Typic Calciorthid	Aridisol
Arenosa esqueretico sobre francoso, mixto, termico. (Eaf-mt)	Typic Calciorthid	Aridisol

4.2.4 土地分級

土地資源評価で行った各々の分級を以下に示す。

(1) 土地利用の分級

土地利用上の土壌階級区分は、土壌の作物に対する適応性の大小、更に土地の利用にあ

たって現われるかも知れない危険性、及び土地利用にあたっての難易度によって分類される。この区分は、土地を利用するにあたっての土壤の自然的な制約条件を表わすものであり、土地生産性をはかる上での基本となるものである。

この階級は慣習的にIからVIIIまでの8つに区分けされており、利用上の制限の程度や危険性の大小によって以下のように順位づけられている。

耕作に適する土壤

階級 I : 階級Iの土壤は利用上の制限が殆どない。

階級 II : 階級IIの土壤は作物の選択上やや制限が加わる。また、土壤保全のための作業を少し必要とする。

階級 III : 階級IIIの土壤は作物によってはよく適合するが、一般的には栽培作物は限定される。また利用上いくつかの制限が課せられる。土壤の保全及び管理作業を適度に必要とする。

階級 IV : 階級IVの土壤は、利用が極めて限定され、作物の選択をする上でも限られる。

耕作に適さない土壤

階級 V : 階級Vの土壤は侵食の危険全くないか、あつたとしてもほんの少しであり、他の制限要因により通常の耕作は不可能である。

階級 VI : 階級VIの土壤は耕作には適さない土壤である。土壤は制限要因が重層しているため、それらの要因を除去することはできない。

階級 VII : 階級VIIの土壤は、その厳しい制限要因のために耕作には適さない。

階級 VIII: 階級VIIIの土壤は農業、畜産、森林としての価値がない。

- 土地分級の下位の階級

階級のなかで、制限要因のタイプによる区分けをするもので、以下の記号で表される。

- s - 土壤による
- w - 水分、排水または洪水
- e - 侵食の危険または過去における侵食の事実
- cl - 気候

これらの階級別の土壤分類を第19図に示す。以上を基に階級分けした地区別の面積は以下のとおりである。

階級及び下位の階級	面積 (ha)
I	48
II	1,221
IIsw	711
III _s	3,912
III _{st}	62
III _{sw}	418
IV	2,094
V	666
VI	868
合 計	10,000

階 級	面積 (ha)
I	48
II	1,932
III	4,392
IV	2,094
V	666
VI	868
合 計	10,000

(2) 灌漑のための土壌区分

灌漑のための土壌区分は、灌漑を行うにあたっての難易度別に、土壌を区分けしたものである。

以下に6つの区分の基準を簡潔に述べる。

- 区分 1 : 非常によく適合する。
- 区分 2 : 良く適合する。
- 区分 3 : 適合性は低い。
- 区分 4 : 適合性が非常に低い。
- 区分 5 : 区分1から区分4の範疇に入らないもの。気象条件が良く、特別な土壌管理や保全の手段を講じても、特別な作物栽培にしか適さない。
- 区分 6 : 作物栽培には適さない。

- 区分の下位の基準

各々の区分の中で、区分1より劣る土壌についてはその要因を示す必要がある。それらは土壌、地形及び排水条件であり、それぞれ"s"、"l"及び"w"で示した。

以上を基にした分級図を第20図に示した。区分別の面積を以下に示す。

下位の基準	面積 (ha)
1	1,784
2s	1,477
2sw	711
3s	2,788
3st	62
3sw	418
4s	2,094
5s	666
合計	10,000

区分	面積 (ha)
1	1,784
2	2,188
3	3,268
4	2,094
5	666
合計	10,000

(3) 排水の階級

U S D A の "SOIL SURVEY MANUAL" に定義されているように土壌の内部排水は水の下方向への移動によって決定される特質である。排水に関しては以下の6つの階級に分けられる。

1. 非常に排水の悪い土壌
2. 排水の悪い土壌
3. 排水の不完全な土壌
4. 排水が適度に良好な土壌
5. 排水が良好な土壌
6. 排水が非常に速い土壌

この分級図を第21図に示す。また階級別の面積を以下に示す。

階級	面積 (ha)
1	0
2	0
3	596
4	2,550
5	6,854
6	0
合計	10,000

(4) 土壌侵食の現況

(i) 水による侵食

土壌調査対象地区内には、大きな潤れ谷(ケブラダ)が3つ存在する。それらはケブラダ・ポロティジョス、ケブラダ・タマリコ、及び中央部を東西にながれる名前のないケブラダである。また、これらのケブラダから非常に小さい流れが痕跡として認められる。

ケブラダ・ポロティジョスは、背景にケブラダ・アルガロバルがあり、広い集水域(集水面積2,453km²)を有するが、現在はボケロン・チャニヤールに向かう道路が障害となり、降雨の際の水の流入は非常に少ない。中央部のケブラダは、ハウラ山の降雨を集め、地区内に流れ込む。これらのケブラダによる土壌侵食は小さい。

これに対し、ケブラダ・タマリコは集水面積が613km²と小さいが、殆ど植生の認められない場所であるため、数年に一度の大雨の際に集水域の降雨が一度に流れ込む。1987年7月下旬の降雨時にも、流水がパン・アメリカン・ハイウェイを寸断し、洪水となって地区内に流れ込んだ。このケブラダに沿った土壌は降雨のたびに、かなりの侵食を受ける。このためケブラダ・タマリコに沿った地区は農業には適しない。

(ii) 風による侵食

調査対象地域内は、特に夏期に西よりの風が強く吹き、海岸山脈の風化物を運んでくる。風化物は粒子の細かい砂であり、これが土壌調査地区の南部一体に堆積している。風成堆積物は強い風によって再び空にまい上がるか、または地表を移動する。したがって、農業を行う場合はなんらかの防風、防砂対策が必要である。

(5) 果樹適性の階級

果樹適性に関する土壌の分級は以下の5つに分けられる。

- A. 制限のない土壌
- B. 制限が若干ある土壌
- C. 制限がかなりある土壌
- D. 制限の厳しい土壌
- E. 果樹に適さない土壌

この分級図を第22図に示す。また、階級区分別の面積は下表に示すとおりである。

階 級	面 積 (ha)
A	0
B	239
C	5,613
D	4,418
E	0
合 計	10,000

4.2.5 土壤の理化学性

(1) 土壤の物理性(土性、有効水分)

ケブラダ・ロス・ポロティジョス沿いの土壤(Typic Torrifluent、Typic Torripsamment)は地区北東部(上流部)では砂質であり、南西部に向かうにしたがい、またケブラダの本流を離れるにしたがい土性が細かくなり(壤質砂土から砂質壤土)、下流部では砂質埴壤土から埴壤土である。有効水分量は土性を反映しているが、上流部の砂質土で測定してみると一般に1-3%であり、土性が細かくなるにつれて増加する。地区東部のアタカマ礫層上の土壤は、表土の土性はやや細かく壤質砂土であり、下層土は砂質埴壤土である。有効水分は、表土では1-4%であり、下層土では10%近くある。地区南部の土壤は主に砂質であり、水分の保持力は非常に小さい。有効水分含量は1-2%である。

(2) 有機物

地区内は植生が殆どないところであり、これを反映して、有機物含量はどの土層でも、多くて0.5%未満であり、少ないところでは0.2%前後しかない。

(3) 土壤の化学性

土壤の化学性分析の結果を簡略に記すると、以下のようになる。

- 有機態炭素：全ての試料採取地点において有機態炭素含量は少なく、一般に0.1%未満から約0.2%の間にある。
- 炭酸カルシウム態炭酸：Typic Calciorthidの下層土には、多量の炭酸が存在し、その含有率は33%まで達する。その他の土壤ではこれほどではないが、層位によっては10%以上の炭酸を含むものもある。
- pH：土壤反応はアルカリ性を示し、その範囲は8.0から9.6と中程度のアルカリ性から非常に強いアルカリ性に属する。
- EC：4mS/cmを基準として地区の土壤を分類すると以下のようになる。

- a) 塩類土壤：Typic Calciorthid及び西部Typic Torripsamment, Typic Torrifluentの一部

b) 非塩類土壌: Typic Torrifluvent及びTypic Torripsamment

- 置換性塩基: 全ての土壌試料が若干の炭酸を含んでいたため測定した塩基はカリウム及びナトリウムである。このうちTypic Calciorthidはアルカリ土壌に属する。このような土壌は、ナトリウム過剰症の恐れがある。一般に、地区の土壌は、高いレベルのカルシウム及びマグネシウムを有する一方、カリウムのレベルが低く、欠乏症の恐れがある。
- CEC: 分析に供した全ての土壌は、ある一部の層位を除き、CECが10meq/100g未満である。この値は比較的低い値である。これは砂質土壌が多いことによる。
- 水溶性塩基: 塩類土壌は高いレベルの、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム等の塩を含んでいるが、非塩類土壌は塩含有量は少ない。

4.2.6 コピアボ溪谷における比較土壌調査

以上の結果から明らかなように、調査対象地域内の土壌は、果樹を含む作物を栽培しようとすると、何等かの制限を受けざるを得ない。

一方、コピアボ溪谷で栽培されている生食用ブドウは、ドリップ灌漑で、今までのところ非常に良好に生育しているが、栽培地域の土壌条件は、大部分の地域で非常に悪いということが、以前の調査で報告されている。このことは、チリで一般的に用いられている土地資源評価基準が、ドリップ灌漑を導入する場合にはやや適合性に欠ける部分を含むことを示唆している。

本計画では、気候が乾燥し、水資源が極めて乏しい点を考慮すると、灌漑方式としてドリップ灌漑の導入が想定される(灌漑方式の選定は第5.5.3で述べる)。したがって、調査対象地域とコピアボ溪谷の土壌の状態の違いを知ることが必要である。

この点から、コピアボ溪谷の4カ所9地点において土壌試坑調査を実施した。その結果を、調査対象地域で地下水開発がもっとも有望であると考えられている、地下水区A(第23図参照)付近の土壌条件と比較した。比較表を以下に示す。

地区	表層土の厚さ	土性	排水	礫含量	傾斜
コピアボ溪谷					
- パベジョン	VI	II-IV	I	I-IV	II
- プエノス・アイレス	VI	II	I	VI	II
- アモラナス	II-III	I	I	II-III	II
地下水区A付近					
- a	IV	I	III	I	I
- b	I	III	I	I	I
- c	I	I-III	I	I	I

ローマ数字は、各々の要因の土地利用分級のクラスを表している。

コピアボ溪谷の土壤は、地下水区A付近の土壤に比べ、表層土の厚さ、礫含量及び傾斜の点で劣っている。一方、地下水区Aの土壤においては、西側で、排水条件が劣っている。

ドリップ灌漑方式は、灌漑水量と施肥を人為的に調整できる特徴を持っている。さらに、ドリップ灌漑はエミッター(吐水口)の種類を代えたり調整弁をつけることによって、灌漑水の水圧を変化させることができるため、ある程度の傾斜地でも適用できる。以上のことから、ドリップ灌漑は、土層の厚さ、土性、礫含量、傾斜の点で、問題のある土壤に対して導入できる。一方、この方式は、通常の灌漑方式と同様に、排水の不十分なところで利用するのは危険である。

これらから判断して、地下水区Aにおいては、ドリップ灌漑を前提として考えれば、西側の一部排水の悪いところを除いて、農業開発が可能である。

第5章 農業開発計画

5.1 開発基本構想

5.1.1 概要

アタカマ州の産業は鉱業部門に特化している。数字で見ると、鉱業部門は州の総生産額 (GRDP) の約50%を占める。州政府は、このモノカルチャー的な産業構造の転換を図り、経済の飛躍的な発展を達成するため、産業の多様化を促進している。この一環として、州政府は農業部門の発展を期待している。

一方、アタカマ州の農業は、灌漑用水が容易に得られるコピアボ及びウアスコ溪谷に集中している。そして、これら両溪谷以外の地域は乾燥地帯であり、農業活動がほとんどみられない。コピアボ溪谷の農業は近年急速に発展している。特に、ブドウ栽培の伸びは顕著であり、1980年において480haであった栽培面積が、1987年には4,200haに達している。一方、ウアスコ溪谷は、現在政府による農業開発計画が進められている。この計画の実施後、ウアスコ溪谷の農業は大きな発展を遂げるであろう。

以上述べた両溪谷の農業活動はアタカマ州経済の発展に寄与するものであるが、バランスのとれた経済発展を達成するためには、農業部門の更に一層の発展が必要である。しかしながら、これら両溪谷の農業発展は溪谷内の土地に限定され、新規開発を行う余地はあまり多く残されていない。このような状況のもと、州政府は乾燥地帯での農業発展に期待を寄せている。

州政府は、この乾燥地帯での農業開発について、いくつかの努力を行っている。その一つは、CONAFによるカマンチャカ (Camanchaca、霧) の利用である。しかし、これはまだ実験段階にあり実用化されていない。一方、乾燥地帯での開発は民間部門によって独自の立場から進められている。この民間部門の開発の一例として、調査対象地域内の唐胡麻 (イゲリージャ) の農場が挙げられる。しかし、この農場は風害により現在経営が行き詰まっている。

アタカマ州における、このような農業の背景のもと、本計画は、乾燥地帯における農業開発のパイロット計画として、重要な役割を果たすことが期待される。

5.1.2 開発基本構想

上述したアタカマ州の農業の背景を考慮し、本開発計画の基本構想を以下のように設定する。

(1) 計画地域の選定

計画地域の選定に当たっては、

- a) 提案された地下水の開発可能地区及びその近隣に位置すること。
- b) 農業開発に好ましくない土壌条件の地域を含まないこと。
- c) 州政府の方針によって私有地を含まないこと。
- d) 洪水の被害を避けるためにケブラダの流路を含まないこと。

を基本事項として考慮した。

(2) 農場運営

州政府は民間資本の導入による農業開発の促進を考えている。この方針にしたがい、本計画への投資は民間部門によるものと想定する。また、本計画の実施には相当の額を準備する必要があり、このため、投資及び農場運営は、資金力のある企業、あるいは企業の農家によって行われるものと想定する。なお、灌漑施設への初期投資の一部は、政府からの補助があるものとする。

(3) 導入作物の選定

計画地域に導入される作物の選定は、その計画が成功するための重要な要因の一つである。この作物の選定に当たっては、自然条件への適応性、収益性、市場性及び社会性(雇用機会の創出)を十分考慮して策定する。さらに、限られた水資源の有効利用を考慮し、消費水量の少ない作物をできるだけ選定する。

(4) 経営形態

経営形態の決定には、一つの最適作物を取り上げた単一経営だけでなく、複合経営についても検討する。また、いくつかの経営形態も提示し、投資者が選択できるようにする。

(5) 地下水開発・利用計画

地下水の開発は、地下水資源が非更新性で有限であることから、以下の基本方針で計画を策定することとする。

- a) 地下水資源をある期間で消費し尽くす。
- b) 生産井の揚水量は、単位時間あたりの揚水量が一定となるように設定する。
- c) 生産井の位置は、1) 揚水時に地下水位の影響を相互に及ぼさない範囲に、2) 揚水が容易であるところに、3) 水位降下が均一となる、ように計画する。

(6) 灌漑計画

- a) 水源の制約上、水の有効利用をはかる。
- b) 灌漑方式は当該国ですでに用いられている方式の中から選択する。
- c) 灌漑を実施する上での障害となる条件(特に気候)について十分考慮し、灌漑計画をたてる。

(7) 排水計画

- a) 類似のプロジェクトを参考にし、その上に、調査対象地域の調査を通じて得られた資料を加味して、排水計画をたてる。
- b) 計画地域内に在る涸れ川を排水河川として利用する。

(8) 圃場施設等の整備

- a) 灌漑施設は、計画する井戸の揚水可能量を最大限利用できるようにする。
- b) 排水路は、既存の涸れ川に放出するようにする。
- c) 防風施設は、コストの安いものを選択する。
- d) 調査対象地域内の既存の道路網を十分利用する。
- e) 圃場の運営に必要なエネルギー源は、利用できるエネルギー源の中から、安定供給でき、且つ最もコストの安いものをえらぶ。

5.2 計画地域の選定

第4.1節「地下水資源の評価」においては、帯水層厚が40mを越える地下水区“A”、及び地下水区“B”が地下水開発可能地区として選定された。1,700haの面積を持つA地区はもっとも高い可能性を持つ地区として評価され、次いでB地区が大きな可能性のある地区として評価された。

一方、第4.2節「土地資源の評価」で述べたように、調査対象地区は農業利用上、その土壌条件、地形条件により、なんらかの制限因子を持っている。特に制限の厳しいところでは、農業を行うには不適當であり、潜在的な農業利用可能地の面積は、約8,400haと見積られた。前節で述べた地下水開発可能地区付近の土壌条件は、西側の低地(標高約305m以下)では排水条件が悪いこと及び多量の塩類が集積していること、東側では表層土壌が薄いこと、土性が粗いこと、及び礫が多いことが主な制限要因となる。しかし、これらの土壌は、現在ドリップ灌漑方式を用いて農業開発を行っているコピアボ溪谷のそれと比較したところ、排水の不完全なところを除いては、農業開発には支障の無いことが判明した。

これらの地区の中で、地下水区Aの55%及び地下水区Bの90%は私有地である(第15図及び第16図参照)。また、計画地域位置図に示すように、地下水区Aはケブラダ・ラガルトが東から西へ、そして、ケブラダ・タマリコが南から西へ横切っている。

以上のことから、計画地域は計画地域位置図に示すように選定された。調査対象地域の中央、ジャーノ・デ・ラガルトに約2,365 haの広さをもつ。このうち、700 haが地下水区Aに属する。計画地域へはヴァジェナルよりパンアメリカン・ハイウェイを50km、そして12kmの未舗装の既設道路によって達することができ、交通の便は良い。

5.3 栽培計画

5.3.1 導入作物の選定

(1) 概要

第5.1.2節で述べた開発基本構想を基に、計画地域に導入する作物を、下記の4段階の検討を経て選定した。

第1段階：自然条件、特に気象要因(気温及び風)、灌漑用水の水質要因、及び土壌要因に対する作物の適性からの予備的選定

第2段階：収益性を基にした作物の選定

第3段階：社会性を基にした作物の選定

第4段階：市場性の点からの作物の選定

検討に先立ち、調査対象地域内外で栽培されている作物、及びINIAが北部地域への導入を目的として行っている試験栽培作物の中から、次の47作物を選抜した。これらの作物は栽培可能と想定されたものであり、導入作物の検討は、これらの作物に対して行う。

<u>穀物</u>			
小麦	トウモロコシ	大麦	
<u>畑作物及び野菜</u>			
ポロト	キュウリ	ジャガイモ	トウガラシ
アーティチョーク	ニンニク	タマネギ	アスパラガス
ソラマメ	インゲンマメ	ペピーノドゥルセ	ピーマン
トマト	カボチャ	メロン	スイカ
ブロッコリー	カリフラワー	アルファルファ	
<u>果物</u>			
チリモヨ	レモン	ルクモ	ミカン
オレンジ	アボガド	スモモ	西洋スモモ
モモ	オリーブ	生食用ブドウ	ビスコ用ブドウ
キウイ	トゥナ	グレープ・フルーツ	
<u>油脂作物</u>			
ホホバ	唐胡麻(イゲリージャ)		

試験栽培されている作物

グアバ	ピワ	アーモンド	カキ
リンゴ			
種子作物			
トマト	レタス	メロン	

上記の種子作物は、計画地域内外では現在栽培されていない作物である。しかし、計画地域は位置的に他の農業生産地帯から隔離された状態にあり、これは病害虫の感染の点から、種子生産に有利である。したがって、この種子作物の導入についても検討する。

(2) 自然条件

第1段階として、選抜した47作物にたいする気象要因(気温、風)、灌漑用水水質要因及び土壌要因の適性について検討した。以下にその詳細を述べる。

a) 気象要因

調査対象地域の気温は、月平均最低気温が7℃以下の月が5ヶ月あり、氷点下を記録する日もある。また、積算温度は年間2,300℃から2,400℃(基準温度10℃)である。これから、調査対象地域において、チリモヨ、グアバ及びルクモの熱帯果樹の栽培は困難である。風については、調査対象地域内の既存の農場で強風による被害が報告されている。このため、果実の大きくなる果樹の栽培は、防風措置を構じないと危険をとまなう。

b) 灌漑用水水質要因

灌漑用水源は試験井W-9近辺が有望である。したがって、水質の検討はW-9の地下水を対象に行った。水質分析の結果は以下のとおりである。

pH	: 8.14
電気伝導度	: 1,000 μ S/cm
Adj. SAR	: 4.39
B	: <0.5mg/l
Cl	: 153mg/l

アメリカ農務省(USDA)の灌漑水質分類によれば、この水質は高塩・低ナトリウム域(C3-S1)に属し、作物によっては塩の高濃度障害の恐れがあることを示している。しかし、次の理由により本計画においては水質は特に問題はないといえる。すなわち、調査対象地域内では、いくつかの農家が地下水を使用して作物を栽培しているが、塩害は認められない。また、灌漑用水として利用されているコピアボ溪谷の地下水は、調査対象地域の水質に比べやや劣るが、今のところ塩害

は大きな問題となっていない。さらに、計画地域の土壌は土性が粗いこと及び導入する灌漑方式がドリップ灌漑である(第5.5.3節参照)。なお、ホウ素(B)及び塩素(C1)については、作物の生育に問題となるレベルではない。

c) 土壌要因

調査対象地域の土壌は、農業上の利用の難易からIからVIの6区分に分類される。このうち、作物の栽培が可能な分級IからIVまでの土壌は約8,400ha存在する。一方、果樹の適性からみた土地分級は、AからEの5区分があてはまるが、このうち、かなりの制限因子(主として土層の薄さ)をもつC及びDが大部分を占めている。これについては、実際に栽培が行われているコピアポ溪谷の土壌と比較検討を行った結果、ドリップ灌漑を前提にすれば排水不良の部分を除き、問題ないと考えられる。

以上の各要因について作物ごとに「0」から「3」及び「不適」にランク付を行い、自然条件の適応性について総合的に検討した。この結果は第17表に示す。選抜された47作物のうち、チリモヨ、グアバ、ルクモ及びリンゴを除く43作物が、気象要因、灌漑水質水質要因及び土壌要因の観点から選定された。

(3) 収益性

第2段階として、第1段階で選定した作物の収益性について分析を行った。この分析結果の要約を下表に示す。詳細は第18表に示すとおりである。

作物	Ha当り年間純収益				灌漑可能面積*	年間純収益合計
	粗収益 (\$1,000)	生産費 (\$1,000)	維持管理費 及び償却費 (\$1,000)	純収益 (\$1,000)		
トウナ	666	153	69	444	1,026.0	455
キウイ	5,439	233	166	5,040	76.8	387
西洋スモモ	2,645	191	126	2,328	108.0	251
生食用ブドウ	2,664	396	169	2,099	85.8	180
アボガド	1,384	179	96	1,109	153.6	170
モモ	1,990	272	166	1,552	76.8	119
カキ	1,640	148	152	1,340	85.2	114
オレンジ	1,100	262	113	725	123.0	89
スモモ	1,608	292	166	1,150	76.8	88
その他の作物(最高)						87
(最低)						-24

* 井戸6本当りの灌漑可能面積(井戸能力: 15 l/s/本)

上記の表に見られるように、トゥナは収益性が最も高く、次いでキウイである。西洋スモモ、アボガド、生食用ブドウ、モモ及びカキも収益性が高い。これらの収益性が高い作物を計画地域に推薦する。野菜及び種子生産は収益性が低い。なお、この分析は1987年11月現在の農産物及び農業生産資材の価格を基に行われており、そして、農産物の流通費用、土地取得費の償却、金利及び税金は分析に含まれていない。

(4) 社会性

社会性からの検討として、雇用機会の創出をとりあげる。第1段階で選定した作物の所要労働力を第19表に示す。また主な作物について以下に示す。

作物	ヘクタール当り 所要労働力 (人・日/ha/年)	灌漑可 能面積 (ha)	所要労働力 合計 (人・日/年)
トゥナ	74	1,026.0	75,920
ホホバ	132	204.0	26,930
生食用ブドウ	208	85.8	17,850
イゲリージャ	56	283.8	15,890
アーモンド	89	161.4	14,360
モモ	128	76.8	9,830
スモモ	126	76.8	9,680
ビワ	97	92.4	8,960
アボガド	56	153.6	8,600
キウイ	108	76.8	8,290
西洋スモモ	69	108.0	7,450
アスパラガス	159	46.8	7,440
カキ	72	85.2	6,130

最も所要労働力の多い作物はトゥナであり、次いでホホバである。生食用ブドウ、イゲリージャ及びアーモンドも多くの労働力を必要としている。これらの作物を導入することは、より多くの雇用機会創出につながり、社会性の観点から有利である。一方、例え社会性の観点から有利な作物であっても、収益性の低い作物は、企業家あるいは企業的農家の投資対象とはならないであろう。したがって、両者の観点から有望な作物として、トゥナ、キウイ、西洋スモモ、アボガド、生食用ブドウ、モモ及びカキの7作物が挙げられる。

(5) 市場性

市場性は、第2及び第3段階の分析を通じて選定した7作物について、次表に示す計画地域での生産量、及び出荷量、並びにチリ国における輸出量、国内生産量、及び最近の輸出動向を基に検討する。

作物	計画地域での予想生産量及び輸出出荷量				チリ国の 輸出量 1986/87*3 (t/年)	国内 生産量 1986/87 (t/年)
	単位収量*1 (t/ha)	面積 (ha)	生産量 (t/年)	輸出出荷量*2 (t/年)		
1) トウナ	12.5	1,026.0	12,830	8,980	21	4,770
2) キウイ	19.2	76.8	1,470	1,030	2,800	4,300
3) 西洋スモモ	15.0	108.0	1,620	1,130	770	11,800
4) アボガド	12.3	153.6	1,890	1,320	3,400	32,000
5) 生食用ブドウ	18.0	85.8	1,540	1,080	269,000	370,000
6) モモ	16.0	76.8	1,230	860	10,300	34,950*4
7) カキ	16.5	85.2	1,410	990	48	375

*1: 農業省資料、及び「Estudio Integral de Riego del Valle de Huasco」
を基に見積った。
*2: 生産量の70% *3: 1986年7月から1987年6月 *4: 生食用モモ

輸出の動向(1,000箱)

作物	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85	1985/86	1986/87
1) トウナ	-	0.3	5	54	18	4
2) キウイ	2	10	55	128	249	877
3) 西洋スモモ	2	2	25	78	228	160
4) アボガド	-	5	1	69	502	25
5) 生食用ブドウ	14,073	20,601	23,624	31,072	30,370	36,466
6) モモ	286	392	590	804	1,064	1,375
7) カキ	4	6	18	8	8	10

出典: ODEPA

第2及び第3段階の分析を通じて選定された7作物の市場性は以下のとおりである。

トウナ

トウナの毎年の輸出量は少なく、また輸出の動向は1984/85年の53,600箱から1986/87年の3,700箱と減少傾向にある。一方、国内市場向けにトウナを導入した場合、計画地域における年間生産量は約12,800トンと見積られ、これは、1986/87年における全国生産量を大幅に超過する。トウナの輸出不振の主な理由は、次のように考えられる。

- a) 輸出市場での嗜好性は、チリ産の品種よりもメキシコ産品種の方が強い。
- b) 果実の刺が、不十分な処理のため、残っている。
- c) チリ産のトウナは市場での知名度が低い。

輸出の拡大のため、輸出市場の嗜好性に応じて、メキシコ産品種の導入が望まれる。サンチャゴ近隣の農場では、メキシコ産品種の栽培を部分的に行っており、これから、この品種の導入が技術的に可能であることを示している。刺の除去については、チリのトゥナの大部分が国内市場で消費され、国内市場において特に大きな問題とならなかったものとする。しかし、輸出用のトゥナについては、刺の除去を十分に行う必要がある。また、輸出市場においては、刺の有無のみならず、果実の外見のきれいさ(特に果托の部分)、熟度、大きさ、なども重要である。大きさについては現在選別が行われているが、さらに、果実の外見、刺の有無、熟度、などについての選別基準を確立し、輸出用トゥナの品質の向上を図る必要がある。知名度の低さについては、輸出がサンチャゴ近隣の農場によって小規模に行われてきたことが原因と考えられる。これについては、チリ政府(PROCHILE)によるチリ産トゥナの知名度の向上が期待される。

一方、CORFO及びINTEC-CHILEが、生産者と共同で1986年よりトゥナの天然ジュース、及び濃縮ジュース製造プロジェクトを行っており、今年からこのジュースの試験販売を始める予定である。今後、ジュースへの加工により、輸出市場、国内市場ともに消費量の増大が期待される。

以上のことから、チリのトゥナは、将来生産量の拡大が期待される作物である。

キウイ

キウイの国内生産量は、1981年以来1,000トン以下の水準を保ってきたが、1986年には4,300トンに急増している(第4表参照)。一方、キウイの輸出は、1981/82年の2,000箱から1986/87年には877,000箱に増加している。キウイのこの様な高い輸出量の伸びは、今後とも期待できないにしても、増加傾向は続くものと想定される。

西洋スモモ、アボガド、カキ

1981/82年から1985/86年の過去4年間を通じて、西洋スモモ及びアボガドの輸出市場は好況であったが、1986/87年には急激に下落している。ちなみに1986/87年の西洋スモモの輸出量は770トン、アボガドでは3,400トンであった。もし、これらの作物を計画地域で栽培したとすると、計画地域からの輸出出荷量は、西洋スモモでは1,130トン、アボガドでは1,320トンと見積られる。これは、1986/87年のチリ国全体の輸出量と照らし合わせてみると、西洋スモモでは150%、アボガドでは40%にも達し、これだけの量をさらに輸出するのは困難である。

カキの過去の輸出量は4,000箱から18,000箱(90トン)であった。もし、カキを計画地域に導入したとすると、予想輸出出荷量は990トンに達し、1986/87年の全国の輸出量を約940ト

ンも超過する。この超過量を国内市場に振り向けることも可能であるが、この場合、収益性は大幅に下落する。

生食用ブドウ

チリのブドウ輸出は、1981年から1986年までの平均増加率が23.7%と急激に増加しており、1987年には約269,000トンに達している。チリの生食用ブドウの輸出は、輸入国である北半球諸国の端境期に出荷できるため、自国産ブドウとの競合が少ない。加えて、1988年から日本に対する輸出が始まっている。この対日輸出は、首都州及び第V州にある15か所の低温処理施設に限定されているが、これらの輸出動向及び新しい市場から、チリのブドウ輸出見通しは今後とも明るいと言えよう。

一方、アタカマ州のブドウは、第IV、V、VI及びVII州のブドウに比べ、価格優位性を持っている。すなわち、アタカマ州のブドウは輸出価格の高い12月及び1月に出荷できるが、南部地域のブドウの出荷時期は、輸出価格が低下する2月及び3月にかかっている(第2図参照)。

モモ

モモの輸出は好調であり、1986/87年においては10,300トンと、実に30%増加している。一方、計画地域での予想出荷量は年間860トンと見積られ、これは、1986/87年のチリの総輸出量の僅か8%である。したがって、計画地域で生産されたモモは、市場の混乱を招くことなく、輸出できるものと考えられる。

以上の市場性の検討を通じて、生食用ブドウ、キウイ、モモ及びトゥナが選定される。

(6) 導入作物の選定

自然条件、収益性、社会性及び市場性の検討の結果、生食用ブドウ、キウイ、モモ及びトゥナの4作物が選定された。

生食用ブドウは安定した市場を持ち、計画地域に導入する作物として最適である。計画地域のブドウの出荷時期は、コピアポ溪谷のブドウに比べ、約半月遅れるが、南部地域の出荷時期と比べれば、まだ輸出価格が高い時期に出荷が可能である。このことは、例えチリのブドウ輸出が不振に陥っても、計画地域の輸出業者は、この価格優位性のために生き残れるであろう。

高い収益性を持つキウイも計画地域に導入することを推薦する。しかし、INIAのウアスコ溪谷(Hacienda Las Ventanas)における試験成績によれば、風害に弱いと報告されて

いる。この場合、被害の程度が問題である。すなわち、被害が比較的軽ければ、キウイは極めて収益性が高いので(ブドウの約3倍)、十分に採算が取れるであろう。導入に先立ち、風害の程度を明らかにするため、計画地域内において小面積での試験栽培を行う必要がある。モモについても高い収益性と良好な市場性を持つが、風に弱いと考えられるので、キウイ同様に試験栽培を行う必要がある。

トウナは灌漑水の消費水量が少ないため、計画地域のような乾燥地における栽培に適している。一方、チリのトウナは、現在輸出は不振であり、さらに計画地域からの予想出荷量が1986/87年の全国の生産量を大幅に超過することから、市場性に難点がある。しかし、前節に述べた輸出不振に係わる問題点の解消及びトウナのジュースへの加工により、将来市場の拡大が可能であろう。

5.3.2 経営形態

経営形態には単一経営といくつかの作物を栽培する複合経営がある。計画地域において最適な経営形態を明らかにするため、市場性及び収益性の点からこれらの経営形態について検討した。

単一経営の市場性及び収益性については、第5.3.1節の「導入作物の選定」の検討を通じて、明かにされている。このうち、収益性についての概算結果は以下に示すとおりである。

経営形態	面積 (ha)	生産量 (t/年)	純収益 (\$10 ⁶ /年)
生食用ブドウ	85.8	1,540	180
キウイ	76.8	1,470	387
モモ	76.8	1,230	119
トウナ	1,026.0	12,830	455

前述のように、トウナは最も収益性の高い作物であるが、予想出荷量が現在の全国生産量を大幅に超過し、市場性に問題がある。しかし、この問題は他の作物との複合経営によって解決が可能と考えられる。このため、複合経営の検討は主にトウナについて行った。検討結果は下表に示すとおりである。なお、詳細は第20表に示す。

経営形態	作物	面積 (ha)	生産量 (t/年)	純収益 (\$10 ⁶ /年)
ケース A-1	トウナ	171.0	2,140	76
	キウイ	64.0	1,230	323
	合計	235.0	3,370	399
ケース A-2	トウナ	342.0	4,280	152
	キウイ	51.2	980	258
	合計	393.2	5,260	410
ケース B-1	トウナ	171.0	2,140	76
	生食用ブドウ	71.5	1,290	150
	合計	242.5	3,430	226
ケース B-2	トウナ	342.0	4,280	152
	生食用ブドウ	57.2	1,030	120
	合計	399.2	5,310	272

この検討において、栽培面積の組合せは、井戸単位に行った。これは、1本の井戸で灌漑される圃場内では単一経営が、農場運営及び水管理の点から、有利なためである。なお、トウナとモモの組合せについては、モモの収益性がブドウとほぼ同じであり、ブドウの組合せと同じ結果になるため、除いた。モモとブドウを比較した場合、後述する経営の安定性の面からブドウが有利である。

上記の表に示すように、収益性はケースA-2が最も高い。しかし、トウナ生産量は約4,280トンと見積られ、これは全国生産量の90%にあたる。トウナの将来の流通量を推定することは困難であるが、これは生産過剰になると考えられる。トウナの輸出及び国内市場は他の作物に比べて小さいため、生産量はできるだけ抑えたほうが得策である。したがって、複合経営は他のケースに比べてトウナ生産量の少ないケースA-1あるいはB-1が最適である。

以上の検討の結果、つぎの経営形態を計画地域に導入することを推奨する。

経営形態	面積 (ha)
単一経営	
- 生食用ブドウ	85.8
- キウイ	76.8
- モモ	76.8
複合経営	
- キウイ(64ha)+トウナ(171ha)	235.0
- 生食用ブドウ(71.5ha)+トウナ(171ha)	242.5

これらのうち、どの経営形態をとるかは、最終的に本計画の投資者によって選定されるが、本計画では、生食用ブドウの栽培を推奨する。経営形態の選定に当たっては、市場性、収益性が重要な条件となるが、経営の安全性も重要である。ブドウの輸出市場は好況であり、また、流通施設も既に十分整備されている。さらに、ドリップ灌漑による栽培技術は確立されており、ブドウ経営の安全性は非常に高いといえる。

なお、この分析に用いた純収益には、金利、税金、常用職員の給与、などの費用は考慮していない。各経営形態の詳細な経営分析は第9章の「事業評価」に述べる。

5.3.3 耕種概要

(1) ブドウ

コピアボ溪谷で栽培されているブドウの主要品種はペルレット (Perlette) トンプソン・シードレス (Thompson Seedless)、ブラック・シードレス (Black Seedless)、リビエール (Ribier) 及びフレイム・シードレス (Flame Seedless) である。ブドウの収穫期は主に気温に左右される。計画地域におけるこれらの収穫期は、気温がよく似ている UN I A G R I 農場の収穫時期を基に推定した (第24図参照)。計画地域でのペルレット、トンプソン・シードレス及びブラック・シードレスの収穫時期は、1月上旬から1月下旬であるが、この時期の輸出価格は依然として高い (第2及び3図参照)。フレイム・シードレスは、同様に1月までに収穫できるが、他の品種に比べ輸出価格は低い。また、リビエールは、収穫時期が、2月初旬から中旬にかかり、この時期の輸出価格は下落している。したがって、他の品種に比べて輸出価格の高い時期に収穫できる、ペルレット、トンプソン・シードレス及びブラック・シードレスの3品種を奨励する。

ブドウの栽植密度は、コピアボ溪谷のブドウ栽培を参考にして、3.5m×3.5m (816本/ha) とした。S A Gによれば、チリ国にはブドウの重要な害虫であるフィロキセラはなく、接木栽培は一般に行われていないとのことである。これから、本計画地域においても接木栽培は行わない。肥料は液剤を使用し、ドリップ灌漑システムを利用して施肥する。ヘクタール当り施肥量は成分量で窒素 (N) 166kg及びカリ (K₂O) 104kgと見積る。農薬散布は病虫害の発生状況に応じて行う。散布量は殺虫及び殺ダニ剤3.5 l/ha並びに殺菌剤93kg/haである。ドリップ灌漑栽培の場合は、一般に雑草が少ない。しかし、エミッターの周囲に雑草が繁茂するので、除草剤を0.3 l/ha散布する。

整枝作業は落葉期の5月に行う。ジベレリン処理は、開花前と開花後に各々2回の合計4回行う。ジベレリンの散布はスプレイヤーで行う。収穫は1月上旬から下旬である。収穫後の

選別、計量、予冷、くん蒸などは流通業者に委託する。収穫したブドウは腐敗を防ぐため、直ちに業者の施設に運搬する。

(2) キウイ及びモモ

キウイ及びモモの耕種計画は、実際の圃場で試験栽培を通じて確立するべきである。本調査では、風害がないものと仮定し、第21表に示すように計画した。もし、試験栽培の結果、風害を受けないことが明らかになった場合は、この栽培方法を推薦する。なお、被害が軽い場合の栽培では、風害を受けた後の処置が重要である。処置法を以下に示す。

- 窒素肥料を成分量で40kg/ha追肥し、樹勢の回復に努める。
- 裂けた枝を縛り合わせる。
- 折損枝の切り直しと、切り口へのつぎろうを塗布する。
- 可能な範囲で、収穫を早めて、樹の負担を軽くする。

(3) トウナ

トウナの品種は主に果実の色で区別され、基本的に下記の4つに分けられる。

- 果実が黄色の品種。
- 果実が銀色もしくは白の品種。
- 果実が銀色で果肉が赤い品種。
- 刺がない、もしくは種がない品種。

これらの中で最も一般的で収量性、品質の点で優るものは、果実が黄色もしくは銀色の品種であり、この品種を推薦する。

トウナの繁殖は茎(pala)を利用する無性生殖で行なう。増殖用の茎は、2年生の20-35cmの大きさの卵型の茎が適している。移植時期は12月から1月である。理想的な栽植密度は4m x 4m(625units/ha)であり、一株当り4つの茎を1m四方の各頂点に植える(2,500pala/ha)。移植は茎を、閉じた傷口を下にして、長軸方向の2/3を地面に対して垂直に埋め込む。

トウナの灌漑についてはあまり研究されておらず、十分な資料はない。チリ中央部の栽培農家によれば、12月から1月に、3回から5回灌漑することが勧められている。また、移植したばかりの植物は、速やかな根の活着のために、3回から4回の灌漑が必要であるといわれている。これらの点から、本計画地域でのトウナの栽培は灌漑が必要であると考えられる。灌漑方法は、灌漑水の節約を考慮し、ドリップ灌漑を想定する。

一般的に、トゥナの生産量は、肥料の施与に良く反応する。肥料は液剤を使用し、ドリッパ灌漑システムを利用して施肥する。施肥量は成分量で窒素(N)214kg/ha、リン酸(P₂O₅)86kg/ha及びカリ(K₂O)151kg/haである。チリにおいては、トゥナの病虫害は非常に少ない。わずかに、蝶の幼虫が茎を食い荒す場合と、Margarodes という害虫が根を痛めるだけである。したがって、病虫害防除は行わない。なお、葉肉または茎の表面にかさぶたができる場合があるが、これは、窒素欠乏と水欠乏をともなう生理病である。本計画では、灌漑栽培のもとに十分な施肥を行うため、この問題はないと考えられる。

人力による収穫が可能な高さ(1.6-1.8m)に維持するため、剪定を行う。さらに、植え付け位置の悪いもの、結実のしないもの、脱色したもの及び病虫害の兆候のあるものは全て除去する。収穫は1月から2月である。収穫した果実は、藁床にひろげで箒や枝葉で掃き、刺を除去する。小さい刺は、濡れた袋で摩擦することによって除去できる。

5.3.4 収量及び生産量

生食用ブドウ、キウイ、モモ及びトゥナの収量は、農業省及びC I R E N - C O R F O の資料、ウアスコ川溪谷農業開発計画報告書(Estudio Integral de Riego del Valle de Huasco, 1984)、コピアボ及びウアスコ溪谷の農業生産地帯における実績、及びチリ国での実績を参考にして、以下のように見積った。なお、キウイ及びモモの収量には風害による影響を考慮していない。

作物	収量(t/ha)
生食用ブドウ	18.0
キウイ	19.2
モモ	16.0
トゥナ	12.5

以上の収量は、主に表流水灌漑の収量を参考に行っている。一方、本計画の灌漑方法はドリッパ灌漑であり、この場合、収量は表流水灌漑に比べて一般に増収する傾向にある。しかし、本計画では、安全側のみで、表流水灌漑での収量とした。これらの収量に達するまでの期間は植え付け後、生食用ブドウ5年、キウイ7年、モモ5年、及びトゥナ4年と見積る。

経営形態別の作物の生産量は、作付面積及び収量から、下表のようになった。

経営形態	面積 (ha)	収量 (t/ha)	生産量 (t/年)
単一経営			
- 生食用ブドウ	85.8	18.0	1,540
- キウイ	76.8	19.2	1,470
- モモ	76.8	16.0	1,230
複合経営			
- キウイ+トウナ	235.0		
トウナ	171.0	12.5	2,140
キウイ	64.0	19.2	1,230
- 生食用ブドウ+トウナ	242.5		
トウナ	171.0	12.5	2,140
生食用ブドウ	71.5	18.0	1,290

5.4 地下水開発利用計画

本節では第4.1節「地下水資源の評価」に基づいて、以下の様な手順で地下水開発利用計画を策定した。

- 1) 生産井の標準化
- 2) 井戸間隔の決定
- 3) 井戸位置の選定
- 4) 井戸本数の決定
- 5) 水位の予測
- 6) 地下水開発地区の最終絞り込み
- 7) 地下水開発計画と開発期間
- 8) 地下水管理の提言

5.4.1 生産井の標準化と井戸間隔の決定

生産井の仕様は、試験井戸のW-9とW-4の結果から、次のとおり二つの型に標準化される。

井戸の型	位置	揚水量 (l/s)	口径 (mm)	深度 (m)	スクリーン延長 (m)
A型	A地区	15	300	70	30
B型	B地区	5	200	70	30

スクリーンの種類は開孔率の大きい連続スロット型とした。推薦できる揚水量はA地区のA型井戸で15 l/s、B地区のB型井戸で5 l/sである。試験井戸の水理定数によって求められた標準井戸の影響圏半径から、井戸間隔は1,100-1,400mの範囲とした。

5.4.2 井戸の適正配置計画と開発地区

井戸の位置は、水の有効的な利用を考慮して選定した。井戸位置選定の条件はつぎのとおりである。

- 一 井戸間隔は最低1,300m以上とする、
- 一 帯水層の厚さが40mを越えるところ、
- 一 地下水位が浅い所、即ち標高の低いところ、
- 一 ただし、ケブラダの流路と私有地は、井戸選定の範囲から除かれる。

そして6本のA型生産井戸がA地区に、1本のB型井戸がB地区に、地下水位が均一に降下するように計画された(第25図参照)。したがって、6本のA型井戸(揚水量 15 l/s)は計画地域のA地区から日量7,800m³の地下水を供給することが出来る。A地区での全開発可能量は、第4.1.2節で36x10⁶m³と見積られている。したがって、これら6本のA型井戸は、揚水量(15 l/s)を一定として、1日24時間連続揚水した場合、地下水を約13年供給出来ることになる。

A地区でのA型井戸の水位の予測は、これらの井戸間の相互干渉の進展を考慮すると、第26図によれば、揚水開始後13年目の非平衡式の公式による見積りで、7.9-8.5mの間にある。予想水位は限界水位以内にある。したがって、A地区の開発可能量は6本のA型井戸によって灌漑に使用することができる。

一方、B地区のB型井戸は、揚水量を日量430m³とし、連続で消耗するものとした。また、A地区の他の井戸との間の干渉も考慮した。その結果、第26図によれば、B型井戸の地下水位は揚水開始後5.5年で限界水位に達してしまう。このことから、B地区に於けるB型井戸は灌漑計画には勧められない。

5.4.3 開発計画と期間

上記の結果から地下水開発は、計画地域位置図に示したA地区の6本のA型井戸(第27図参照、揚水量 15 l/s、口径 300mm、深度 70m、スクリーン延長30m)を用いて行われる。A地区の開発可能量は36x10⁶m³であり、地下水の開発期間は、開発可能量を作物の年間消費水量で除して求められる。経営形態別の地下水開発期間を以下に示す。

作物	日最大揚水量	日平均揚水量	井戸一本あたり 年間消費水量	井戸本数	開発年数
ブドウ	880 m ³	362m ³	132,200m ³	x 6本	45.4年
キウイ	796 m ³	328m ³	119,820m ³	x 6本	50.1年
モモ	776 m ³	343m ³	125,320m ³	x 6本	47.9年
トウナ	1,320 m ³	800m ³	292,050m ³	x 6本	20.5年
キウイ + トウナ	- キウイ - トウナ		119,820m ³ 292,050m ³	x 5本 x 1本	40.1年
ブドウ + トウナ	- ブドウ - トウナ		132,200m ³ 292,050m ³	x 5本 x 1本	37.8年

これらの標準的な年間消費水量から、開発期間は単一経営の場合、トウナが最短で、そのときの開発期間は約20年、その他の3つの作物は、45年ないし50年の開発が可能である。また、複合経営の場合は、37-40年の開発が可能である。

5.4.4 地下水管理計画

地下水の利用にあたっては適正な開発計画とその管理計画が必要である。この地域の地下水は涵養が極めて乏しく、滞留性のため、安定した給水と水質を維持するために、過剰揚水にならぬようにする必要がある。このため、計画地域に於ける地下水開発は、先に述べた開発計画に従った井戸の設置と利用が前提となる。したがって、地下水管理は先に求められた開発可能量と限界水位を規準として行う。

計画地域の有限な地下水資源を有効に活用するためには地下水のモニタリング体制を完備する必要がある。地下水を利用する場合には、生産井による水位と水質を測定し、揚水量の集計を行うとともに、JICA調査団が建設した6本の試験井と観測井の水位及び水質(電気伝導度)の測定も必ず行う。この結果と地下水開発計画を比較して地下水利用を監視することが望ましい。

5.5 灌漑計画

5.5.1 概要

第5.4節で述べたように、本計画での最大の制限因子は、地下水が乏しいことである。したがって、灌漑計画の立案にあたっては、この点について最も注意し、有効な水利用を目指した。

灌漑施設の設計に入るまえに、灌漑の必要性について検討した。

I N I Aの実験では、クラスAパンで測定された蒸発値の0.5程度がブドウの栽培に必要な最少の蒸発散量に相応している。この値を本計画での対象作物の一つであるブドウにあてはめてみた。

降雨量と蒸発散量の比較

単位: mm

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
降雨/1	0.0	0.0	1.2	2.2	5.4	4.6	16.3	6.8	0.9	1.0	0.0	0.0	38.4
蒸発散量/2	189	162	146	96	62	48	56	74	114	146	156	186	1435
蒸発散量x50%	95	81	73	48	31	24	28	37	57	73	78	93	718
差	-95.0	-81.0	-71.8	-45.8	-25.6	-19.4	-11.7	-30.2	-56.1	-72.0	-78.0	-93.0	-680

1: ヴァージェナールの月別平均雨量

2: プレーニー・クレドル式による可能蒸発散量(クラスAパンの測定値が得られないため、クラスAパンの測定値に最も近い値を示した経験式を用いた)

この表からも明かなように、降雨のみに依存しては作物を栽培することはできない。

5.5.2 作物消費水量の算定

本節では、本計画での対象作物である、ブドウ、キウイ、モモ、トウナと、防風用として植樹されるユーカリの消費水量の算定を行う。

蒸発散量(あるいは作物消費水量)は、作物の蒸散量と、作物の生育している土壌面からの蒸発量の総計である。実際の蒸発散量は、作物別に実測して決定しなければならないが、調査期間等の制約により、実験はできなかった。したがって、蒸発散量は、いくつかの経験式から、計画地域にもっとも適合したものを選び出し、理論値から推定した。

現在、チリ国で用いられている経験式をあてはめ、ボケロン・チャニャールの気象観測

所で得られたデータを基に、可能蒸発散量を計算した。なお、ボケロン・チャニャールの位置については、第10図を参照されたい。

あてはめた式は4種類である。すなわち、ババダキスの式、プレーニー・クレドル式、ふく射式、ペンマン式である。計算結果を、第28図に示す。この表を見ると、プレーニー・クレドル式は、カント・デル・アグアに設置されたクラスAパンでの実測値とよく合っている。カント・デル・アグアの蒸発計は、設置後1年未満であり、観測期間の欠如と短さにより、その結果をそのまま用いるには不十分であるので、プレーニー・クレドル式の計算値を、計画地域の可能蒸発散量とした。

可能蒸発散量を作物係数を用いて、作物消費水量に変換した。式で表すと

$$ET = Kc \times ETp \quad (\text{mm/日})$$

である。ここで、

ET : 実際の蒸発散量あるいは作物消費水量(mm/日)

Kc : 作物係数

ETp : 可能蒸発散量(mm/日)

である。

この式を用いて、対象作物の消費水量を算定した。その結果を下表に示す。

対象作物別消費水量

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
ブドウ													
日消費水量(mm/日)	4.3	3.5	1.7	-	-	-	-	1.1	2.3	3.3	3.7	4.2	
月消費水量(mm/月)	134	98	52	-	-	-	-	34	69	103	110	130	730mm
キウイ													
日消費水量(mm/日)	4.3	3.5	1.7	-	-	-	-	1.1	2.3	3.3	3.7	4.2	
月消費水量(mm/月)	134	98	52	-	-	-	-	34	69	103	110	130	730mm
モモ													
日消費水量(mm/日)	5.5	5.2	3.8	2.4	1.3	-	-	-	1.9	3.3	4.4	5.4	
月消費水量(mm/月)	170	146	117	72	40	-	-	-	57	102	133	167	1,004mm
トゥナ													
日消費水量(mm/日)	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5	0.6	
月消費水量(mm/月)	19	16	15	10	6	5	6	7	11	15	16	19	145mm
ユーカリ													
日消費水量(mm/日)	2.9	2.7	2.2	1.5	1.0	0.8	0.9	1.2	1.8	2.3	2.5	2.9	
月消費水量(mm/月)	90	76	69	45	31	24	28	38	54	72	75	90	692mm

表から明らかなように、1月に最大消費水量が見られる。この1月の消費水量をもって施設の設計を行う。

5.5.3 灌漑方式の決定

すでに5.4節で述べたが、計画地域への灌漑計画を策定する上で、最も重要な点は、水資源が乏しい上に、深井戸からの揚水量そのものも少ないということに注意しなければならない点である。

したがって、灌漑方式を決定する上で、灌漑の効率が高いものを選ぶことが重要となる。チリ国で用いられている主な灌漑方式を記すと、以下のとおりである。

- a. ボーダー灌漑
- b. 畝間灌漑
- c. テンディード灌漑
- d. スプリンクラー灌漑
- e. ドリップ灌漑

各方式の特徴を要約すると、以下のとおりである。

ボーダー灌漑は、灌漑方式の性質から、水をかぶってもよい作物に、使用は限定される。たとえば、牧草、穀物といったものには適している。しかし、欠点として、水がたくさんいる。この点から本計画地域での採用には無理がある。

畝間灌漑は、畝に側面から水を供給する灌漑方式であり、野菜の他にも、果樹やブドウにも適用できる。

テンディード灌漑というのは、標高の高い方に灌漑水路を設け、水路の所々を切って、自然のままの地形の起伏を利用して、灌漑する方式である。したがって、整地工事は最小である。しかし、水量の制御が難しく、侵食を呼びやすいので、牧草とか、その他の永年性の作物といったものに利用が限られる。

畝間灌漑とテンディード灌漑は、永年性の作物に用いることができるので、本計画の対象作物にも適用できる可能性がある。しかし、両者とも灌漑効率の点から難点があり(実測値で45-64%)、僅少な水資源しかない本計画地域での利用は、得策でない。

スプリンクラー灌漑は、あらゆる作物に適合しており、灌漑効率も高い。

ドリップ灌漑は、水が作物の根圏に直接供給される灌漑方式で、あらゆる作物に対応でき、水資源の乏しい地域でも、十分利用できる方法である。

ドリップ灌漑は、一見スプリンクラー灌漑に似ている。構造上の違いは、先端の吐出孔にあるとあってよい。管路での効率、いわゆる、送水効率は、両者同じと考えてよいであろう。それでは、吐出孔からの効率、いわゆる圃場適用効率は、はたして相違があるものか、という点から検討した。

圃場適用効率というのは、送られてきた水が、根圏にどれだけ到達しているかということを表す指標である。FAOのマニュアルによれば、スプリンクラーでは0.67、チリ国の農業試験場、IPAの実測値によると、ドリップ方式では、0.85-1.0で、平均0.93である。管路での送水効率を0.95とすると、スプリンクラーでは、灌漑するにあたっての総効率は0.64、ドリップでは0.88となる。

チリ国での実験ではあるが、スプリンクラーに比べて、ドリップによる灌漑は、55-60%節水できるという報告がある。この点からも、上述の灌漑効率の差は裏づけられている。

続いて両者の建設費用を検討してみた。これも、チリ国で実際に施工された計画での実際に要した費用を用いて行った。その結果、ドリップ灌漑は、スプリンクラーに比べて、一般的に30-60%費用が高くついているのが明かとなった。

また、ドリップ灌漑とスプリンクラー灌漑方式では、塩分の集積に対する挙動が、異なる点について、述べておかなければならない。すなわち、灌漑する地域、あるいは、灌漑水の塩分濃度が増大するにつれて、スプリンクラー灌漑方式の方が、急激に作物の生産量が低下する。また、土壌中の砂分が増えるにしたがって、スプリンクラーの方が、塩分集積による被害が大きくなりやすい。本計画地域のように、砂分の多いところでは、ドリップ方式の方が、スプリンクラー方式より、万が一の塩分の集積による被害を少なくすることができる。

最後に、風による灌漑効率への影響に言及しておかなければならない。ドリップ方式は、水を直接地表に供給する方式なので、風の影響を全く受けないのは、明かである。

以上、スプリンクラーとドリップ方式を比較検討してきたが、ドリップの利点を本計画の基本方針に照らしてまとめてみると、以下のようになる。

- a. 対象作物に適している。
- b. 灌漑効率が高く、水資源の乏しい本計画地域でも使用できる。
- c. 塩分集積に対して、高い許容度を示す。
- d. 風の影響を考えなくてよい。

以上、4点から、本計画地域での灌漑方式は、技術面からみるとドリップ方式が最適であると言える。

5.5.4 灌漑用水量の算定

圃場で実際に必要な灌漑水量は、次式で求めることができる。

$$Hr = \frac{Fr \times Et \times fr}{R}$$

ここで、

- Fr : 灌漑間断日数(日)
- Et : 作物最大消費水量(mm/日)
- R : ドリップの灌漑効率
- fr : 灌漑日数係数
- Hr : 1回の灌漑に必要な用水量(mm/回)

チリ国で一般的に推奨されているドリップ灌漑間断日数は1~3日である。ドリップ灌漑は、間断日数を少なくする程灌漑効果があらわれるので、間断日数を1日とした。

最大の作物消費水量は、第5.5.2節で得られた値、ブドウ= 4.3mm/日、キウイ= 4.3mm/日、モモ= 5.5mm/日、トゥナ= 0.6mm/日、ユーカリ= 2.9mm/日を用いた。

ドリップ方式の灌漑効率は、チリのCIREN CORFOの設計手引書より0.9を用いた。

また、灌漑日数係数、すなわち、1週間のうち、何日灌漑するかという割合は、1週間のうち6日灌漑するとし、7/6とした。計算結果を下表に示す。

1回の灌漑に必要な用水量

作物	用水量(mm)
ブドウ	5.57
キウイ	5.57
モモ	5.35
トゥナ	0.66
ユーカリ	3.76

5.6 排水計画

5.6.1 概要

排水は、その目的に応じて、3種類に分けることができる。

- a) 灌漑地域内での過剰水の排除
- b) 土壌中に集積された、あるいは集積される塩分を洗い出した後の水の排除
- c) 灌漑地域の外側から侵入してくる水の除去

a)について検討してみると、灌漑地域内での過剰水の発生原因としては、降雨あるいは灌漑操作上の誤りが考えられる。灌漑操作上のミスは、主に人為的なものによることが多いが、既に述べたように、ドリップ灌漑方式では、灌漑施設を作物の必要水量にあわせて、適宜自動的に制御することができる。したがって、通常の地表灌漑のような、人為的ミスによる過剰水は、発生することはないと考えられる。

他方、降雨については、降雨の総量そのものが僅少で、かつ1時間当りの平均降雨強度も2mmと、砂質土での浸透能を下回っている。この点から、灌漑地域内での過剰水の排除が必要であるとは認めがたい。

b)については、土壌にすでに塩分が相当含まれており、作付に当たって、洗脱しなければ耕作土として使用できない場合も含まれる。この点については、すでに土壌調査の検討のところで指摘されているが、計画地域内の灌漑対象地域の土壌は、洗脱の必要性がない。

もう一つの側面は、ドリップ灌漑を実施するにつれて、土壌中に塩分が集積され、その塩分を或る時点で洗う必要性が生じた場合の問題である。この問題については、すでにチリ国でも研究者が実状調査を開始し、土壌を洗うことを提言しているが、下に述べるような問題があつて、全く行われていない。

(i) 水そのものが少ないので、もし洗おうとすると灌漑を中止せざるを得ない。

(ii) 水で洗ったとしても、溶け出してきた塩分が地下水に達したり、下流の他の地域に集積するのを防ぐ方法がわからない。

計画地域のエコロジー的な特徴はコピアポ周辺と似ており、上記の二つの理由もまた、あてはまる。したがって、本計画では、将来起こるかも知れない塩分集積に対してのあらい出し(洗脱)の水を除去するための排水施設は設けない。

c)は、豪雨時の、灌漑地域外から侵入しようとする水を集め、排除し、灌漑地域を守ることが必要かどうかということの問題としている。

コピアポ川流域のブドウ農園では、今までのところ、外水から守るための排水路(これを集水渠という名前で表す)は、設計段階では、盛り込まれてはいない。

しかし、現地調査によって、1987年の7月25日から26日にかけての雨による被害が散見された。また、調査対象地域内のケブラダも水の流れた跡があり、一部では、水の通り路での樹木に被害を与えた跡がある。したがって、本計画では、灌漑地域を守るための集水の建設を提示したい。

5.6.2 排水流量の算定

計画地域での降雨一流出量の相関を調べた記録はないので、合理式を用いて流出量を推定した。合理式を適用するにあたっての流出係数は、1987年7月25、26日の流出痕跡を調査することによって、0.1を得た。この流出率と、カント・デル・アグア、の確率24時間雨量とから、調査対象地域内での流出量を求める式を下記のように得ることができた。

$$Q_p = 0.04 \times A$$

ここで、

Q_p : ピーク流出量 (m^3/s)

A : 集水面積 (km^2)

計画地域内で灌漑対象地域は散在しており、また計画地域内のケブラダによって集水域も細かく分かれているので、平均的な集水域 $14km^2$ からの流出量 $560 l/s$ をもって計画排水量とした。

第6章 農場運営計画

6.1 概要

第5.1.2節に述べたように、農場運営は資金力のある企業、あるいは企業的農家によって行われることを想定する。また、本計画の経営規模は、77haから243haであり、これは一人の投資家によって投資可能な規模である。したがって、農場運営計画の策定にあたって、運営は一人の投資家によって行われることを想定した。

6.2 生産物の貯蔵・加工及び流通

(1) ブドウ

ブドウの収穫後の作業として、防腐処理、選別、計量、箱詰め、くん蒸、予冷から、港までの輸送がある。これら作業は、下記の理由により、全て近隣の流通業者に委託することとした。

- a) くん蒸・予冷施設の建設には多くの資金を必要とするが、農場の予想年間生産量は1,540トンと少なく、一つの農場が単独で建設すると過剰投資となる。
- b) 防腐処理、選別、計量及び箱詰めの作業は、設備面からみると、作業台、秤、釘打ち器などの簡単な設備で行うことができ、小規模農場でもこれらの作業を行うことは可能である。しかし、取扱量が少ないため経営上のメリットはない。一方、労力の面からみると、選別作業に熟練労働者を必要とし、人員の確保が問題となる。
- c) 近隣の流通業者はこれらの作業を行う施設を所有しており、現地調査の結果、十分であると認められる。労力の面でも、熟練労働者を抱えており問題ない。

(2) キウイ、モモ及びトゥナ

キウイ、モモ及びトゥナについては、既存の流通システムがアタカマ州にないので、新たに整備する必要がある。この整備には、近隣の既存流通業者による場合と、農場が行う場合がある。前者の場合は、民間流通業者からみて取扱量が少なく、経営上のメリットがないため、困難であると考えられる。後者は、施設への投資のみならず、植物検疫の手続きまで農場側で行う必要があり、これも困難である。したがって、キウイ、モモ及びトゥナはサンチャゴまで輸送することを推薦する。すなわち、サンチャゴ周辺の流通業者の既存システムを利用し、流通させる。

6.3 所要生産資材及び労働力

肥料、農薬などの年間所要生産資材は以下に示すとおりである。

年間所要生産資材	経営形態					
	ブドウ	キウイ	モモ	モモ	キウイ+トゥナ	ブドウ+トゥナ
人夫 (人・日)	17,850	8,290	9,830		19,560	27,520
肥料 (t)	54.3	36.5	61.2		188.6	203.5
農薬 (kg)	7,979	538	1,444		448	6,650
(l)	326	132	37		110	322

* 殺虫剤、殺ダニ剤、殺菌剤、除草剤及びジベレリンを含む。

年間の雇用人数は、ブドウ約17,850人・日、キウイ約8,290人・日、モモ約9,830人・日、キウイ+トゥナ約19,560人・日、及びブドウ+トゥナ約27,520人・日であり、これらの人夫は、主にコピアポ及びバジェナールから雇用する。

6.4 運営組織及び運営計画

農場の運営組織、及び職員の配置計画を下表に示す。

	経営形態					
	ブドウ	キウイ	モモ	モモ	キウイ+トゥナ	ブドウ+トゥナ
農場長	1	1	1		1	1
栽培部門						
- 農業技師	1	1	1		1	1
- 熟練労働者	5	3	4		6	12
- ドライバー	7	4	3		7	11
灌漑部門						
- 灌漑技師	1	1	1		1	1
- 熟練労働者	6	6	6		6	6
- 機械工及び助手	2	2	2		2	2
事務部門						
- 事務員、秘書、その他	4	4	4		4	4
合計	27	22	22		28	38

栽培部門は、施肥、農薬散布、除草、などの栽培に係わる農作業を担当する。農作業は日雇い人夫が行うが、この監督及び技術指導に熟練労働者を配置する。また、農作業全体の監督及び技術指導のため、農業技師 (Agricultural Technician) を1名配置する。

灌漑部門は灌漑及び施設の整備を担当する。灌漑業務は、灌漑技師 (Irrigation Technician) のもとに、熟練労働者6名で行う。そして、2名でチームを編成し、1日3交代で、灌漑時間中ポンプ及び灌漑施設の操作・監視をする。また、灌漑施設の整備及び応急修理のため、機械工を雇用する。なお、ポンプ及び灌漑施設の本格的な修理については外部に委託する。

事務部門の主な業務は、人夫の雇用、スタッフ・人夫の給与、及び生産資機材の購入などに係わる支払い業務などである。貸借対象表の作成、税金の計算などの経理業務については、外部の経理士に委託する。また、流通業者との委託、人夫の雇用などに係わる契約業務については、弁護士に委託する。

農場長は、以上に述べた農場運営の全般を担当する。

6.5 運営施設及び設備

運営に必要となる施設及び設備の概略を下表に示す。

	経営形態					
	ブドウ	キウイ	モ	モ	キウイ +トゥナ	ブドウ +トゥナ
建 屋						
- 事務所 (m ²)	50	50	50		50	50
- 倉庫 (m ²)	200	120	160		280	320
- スタッフ 宿舎 (m ²)	440	320	380		450	570
- 人夫簡易宿舎・食堂 (m ²)	640	420	480		730	1,370
農業機械及び車両						
- トラクター (60HP 級)	7	4	3		7	11
- スプレーヤー (2,000 l)	3	2	3		2	3
- 動力散粉機 (200kg)	3	-	-		-	2
- 動力噴霧機 (背負式、20 l)	5	5	4		4	4
- トレーラー (2 t)	9	5	4		8	13
- ピックアップ (4WD)	3	3	3		3	3
その他機材 (電話、トランシーバー、農具、修理工具、スペアパーツ、等)						

建屋には水道及び電気設備を備える。外部との通信施設として、電話を設置する。なお、既存の電話回線がないので、通信衛星の電話回線を利用する。圃場内の連絡用としては、トランシーバーを装備する。農場内での収穫物、人夫、資機材、などの運搬にはトレーラーを使用をする。生産物の貯蔵・加工施設までの輸送は運送業者に委託する。外部から圃場までの人夫の運搬にはバスを使用する。このバスは常時必要ではないので、運搬はバス

会社に委託する。スタッフの圃場管理用の車両として、4WDタイプの車を3台装備する。農場までの道路及び電気設備については第7.4節に述べる。

6.6 事業実施及び運営に係わる農業支援組織・制度

本事業の実施及び運営に係わる農業支援組織・制度は、政府補助制度、農業金融、技術普及、及び植物検疫である。これらのサービスを受けるに当たって、下記にのべるように、特に問題となる点はないが、政府関係機関の全面的協力が必要であろう。

(1) 政府補助制度

政府は、灌漑施設の普及を促進するため、企業及び農民が建設する施設に対して、最高75%までの補助金を与えている。本計画も、この政府補助制度が適用されるものと想定される。

(2) 農業金融

灌漑施設に対する初期投資額の約75%は政府の補助があるが、残りの資金は投資者の自己資金によるか、あるいは金融機関から調達することになる。また、農産物が本格的生産に入るまでの経営初期の運営費についても、自己資金、あるいは金融機関からの借入が必要となる。この資金調達については、政府及び民間の金融機関に約120種類ものローンがあり、問題はない。

(3) 技術普及

ドリップ灌漑によるトゥナの栽培は新しい試みである。また、キウイ及びモモの導入には試験栽培が必要である。本計画の投資者がこれらの作物を導入する場合は、多くの技術指導が必要となるであろう。このため、本計画ではコンサルタントを雇用することとした。このコンサルタントの採用は、アタカマ州内の農場で普及している方法であり、問題ないと考えられる。

(4) 植物検疫

計画地域で生産した作物は植物検疫を受ける必要がある。生食用ブドウの植物検疫は、計画地域近隣（コピアポ）で検査システムが確立している。また、キウイ、モモ及びトゥナについては、サンチャゴ周辺の流通業者の施設まで運搬するので既存の検査システムを利用することになる。したがって、植物検疫については特に問題はないと考える。

第7章 圃場施設及び付帯施設の設計

7.1 設計の基本方針

圃場の設計にあたっては、以下の点に配慮した。

- a) ドリップ灌漑施設の設計は、主にチリ国の設計手引書に従って行った。
- b) 井戸一本あたりの揚水可能量15 l/sを最大限利用するような灌漑施設とした。
- c) 利用可能な井戸は6本であり、計画地域内に散在しているため、圃場の設計は、1圃場で代表させた。
- d) 設計は、対象作物(ブドウ、キウイ、モモ、トウナ)の4種目について行った。
- e) 地形の勾配は1%の単調な登り勾配とした。
- f) トウナ以外については、防風林で灌漑地区を保護できるようにした。
- g) 灌漑地区の幅や道路幅等については既存の農園を参考にした。
- h) 排水路は各圃場の外周を1巡させ、既存のケブラダに放出するように配置した。
- i) 排水路の設計は、設計流量を基に、標準断面を設けて行った。
- j) 計画地域内の既存の道路を利用し、各圃場を結ぶとともに、パンアメリカン・ハイウェイに連結した。
- k) 電力の供給は、ボケロン・チャニャールのCMP農場の入口から送電線を延長し、使用する場所で電圧を調整して利用するように設計した。

7.2 灌漑施設

ドリップ方式による灌漑施設の設計は、計画地域の地形、土地利用、土壌の性質、水、気象、エネルギー源といった計画地域の特有の因子を考慮して行った。以下、それぞれについて、簡単にまとめた。

(1) 地形条件

計画地域の勾配は平均1%で起伏は少ない。このために線形エミッターを用いた。

(2) 土地利用

現状では、調査対象地域内に、ドリップ灌漑方式を用いた灌漑は行われておらず、コピ

アポ周辺で現在稼働しているドリップ灌漑を調査し、必要なデータを収集した。調査結果の中で、特に注意すべき点は、ブドウ棚の高さと、作付された畝の間隔を、農作業の機械の運行を妨げない高さと、幅にしなければならない点であった。また、圃場内の道路の幅を、ブドウの搬出や輸送を円滑にするように決定しなければならない点も重要であった。

(3) 土壌

計画地域の土壌の土性は砂質である。灌漑強度が、この砂の浸透能をこえていないように設定した。

(4) 水

灌漑用の水として、計画地域の地下水は使用できる。唯一の制限因子は、量が少ないことである(1本あたり揚水量 15 l/s)。

(5) 気候

ボケロン・チャニャールの風速分類記録から、1月に最も強い風(平均5.3m/s)が、最も長時間(約13時間)吹くことが明かとなった。風向は北ないし北西の風が多いことが現地調査で明らかにされた。したがって、防風施設は北西の風に対応するように設定した。防風施設としては、防風帯、防風林等があるが、費用を比較して、安価な防風林を採用した。

(6) エネルギー源

ドリップ灌漑に必要な圧力を発生させるために、水中モーターポンプの設置が必要となった。このモーターポンプを駆動するためのエネルギー源として、風力、ディーゼル発電機、既存の高電圧線の延長の3つの方法を、費用を主な指標として比較検討した結果、送電線の延長による給電の方法が安く、かつ安定して供給することができることが明かとなったので、この方式を用いることにした。ボケロン・チャニャールまで、すでに電線が張られているので、送電線の延長は、その地点から灌漑地域までとして設計した。

設計の前提条件が確定されたので、これを基に灌漑施設の設計を行った。設計は、主に CIREN CORFO の設計手引書に従って行った。

対象作物の栽植間隔と、滴下管(ラテラル管とも言う)の間隔、滴下管上でのエミッターの間隔、エミッターの種類は以下の通りである。

対象作物別の末端管路諸元

作物	ブドウ	キウイ	モモ	トウナ	ユーカリ
栽植間隔	3.5x3.5m	5mx5m	5mx5m	4mx4m	1mx1m
エミッターの種類	線形/1	線形/1	線形/1	線形/1	線形/1
エミッターの吐出量	2 l/hr	4 l/hr	4 l/hr	4 l/hr	2 l/hr
エミッターの間隔	0.8 m	1 m	1 m	1 m	0.6 m
エミッターの径	16 mm	16 mm	16 mm	16 mm	16 mm
滴下管の間隔	3.5 m	5 m	5 m	4 m	1 m
滴下管の径	16 mm	16 mm	16 mm	16 mm	16 mm

/1: 日本では、スパイラルとよばれている。

第5.5.4節で得られた、1回の灌漑に必要な用水量を基に、1回の灌漑に必要な時間を求めた。その結果を以下に示す。

1回の灌漑に必要な時間

作物	時間(hr)	1日の灌漑回数
ブドウ	7.8	2
キウイ	7.0	2
モモ	6.7	2
トウナ	0.66	33
ユーカリ	1.13	2

それぞれ、1日の灌漑許容時間22時間より短いので、灌漑時間として適正である。

灌漑最小単位の幅は、付属書Vに述べてあるが、防風効果距離とユーカリの生長速度から80mが適正であることが得られた。長さについては、既存の農園の調査より、200~300mのものが多いことが明かとなったので、この点を考慮し、ついで井戸の利用可能な水量の限界まで利用ができるように滴下管の本数を決定した。

灌漑最小単位、井戸1本当りの灌漑面積を下表に示す。

作物別の灌漑面積

作物	灌漑最小単位の大きさ	一灌漑単位の構成	一圃場の構成	一井戸(15 l/sec)当りの灌漑面積
ブドウ	80m x 224m	灌漑最小単位x4	灌漑単位x2	14.3 ha
キウイ	80m x 200m	灌漑最小単位x4	灌漑単位x2	12.8 ha
モモ	80m x 200m	灌漑最小単位x4	灌漑単位x2	12.8 ha
トウナ	80m x 216m	灌漑最小単位x3	灌漑単位x33	171.0 ha

圃場の配置例を第29図に示す。

灌漑用管路の設計は、以上の基礎データを基に行った。管路の水理設計は、ヘーゼン・ウィリアム式を用いて行った。

管路の主要諸元(1井戸当り)

作物	ブドウ	キウイ	モモ	トウナ	ユーカリ
ミッター-流出量変動係数	10%以内	10%以内	10%以内	10%以内	10%以内
ミッター-作動圧(水柱 m)	12.5	12.5	12.5	10 ^{/1}	12.5
導水管路流量(l/sec)	14.6	14.76	14.76	14.85	6.8 ^{/2} 7.28 ^{/3}
導水管路の径(mm)	140	140	140	140	-
ポンプの全揚程(m)	水中ポンプ ⁷⁸	水中ポンプ ⁷⁶	水中ポンプ ⁷⁶	水中ポンプ ⁷² プー-スター-ポンプ ⁵⁰	-
所要動力(Hp)	27	25	25	水中ポンプ ²⁵ プー-スター-ポンプ ¹⁷	-

/1: トウナの場合、灌漑面積が他作物に比べて大きく、地形勾配1%では、圃場の低い位置に設置するエミッターは許容作動圧より大きくなるので、設計での作動圧をさげることによって、この問題を回避した。

/2: モモ、キウイ用防風林 /3: ブドウ用防風林

管路系の配置例を第30図及び第31図に示す。

6本の井戸を開発した場合の灌漑総面積は以下のとおりである。また、年間の消費水量を基に、井戸の使用できる年数を推定してみると、下表のようになった。

作物別の灌漑面積(6圃場)

	灌漑総面積 (ha)	年間消費水量 (m ³)	井戸の推定使用 可能年数
ブドウ	85.8	793,000	45
キウイ	76.8	719,000	50
モモ	76.8	752,000	47
トウナ	1,026	1,752,000	20

7.3 排水施設

第5.6.2節で算定した計画流出量を排出するための排水路を設計した。排水路は圃場の四方をめぐらし、既存のケブラダに放出するものとした。計画調査地域の土質から、許容流速を約0.7 m/sとし、断面形状を台形とし、のり面の勾配は1:1.5とした。その結果、標準掘削断面は、水路底の幅40cm,掘削深度約60cmの排水路を設けることが必要となった。

排水路の長さを下表に示す。

作物別排水路の長さ(1圃場当り)

作物	長さ(m)
ブドウ	2,010
キウイ	1,920
モモ	1,920
トウナ	5,820

7.4 道路・その他の施設

圃場への外部からの連絡用道路は、既存の道路をできるだけ利用して設計を行った。第3.7節で述べたように、計画地域内には、2本の道路がある。どちらも未舗装である。そのうちの1本、即ち、パン・アメリカン・ハイウェイから分岐し、北西に一直線に延びている道路を、調査対象地域の中心部に広がるラガルト平原付近まで砂利舗装する。有効幅員を7mとし、計画地域内への外水の侵入を防ぐ意味を加味し、砂利舗装厚を30cmとする。各圃場への連絡用の道路は、表土を剥いだ後、15cm厚で土をまきたて、その上を15cm厚の砂利舗装とする。有効幅員は7mとする。既設道路の改修、新設道路の建設のあらましを下表に示す。

道路の概要

作物	改修道路			新設道路			
	距離(km)	有効幅員(m)	砂利舗装厚(cm)	各圃場への平均距離(km)	有効幅員(m)	盛土厚(cm)	砂利舗装厚(cm)
ブドウ	11	7	30	0.75	7	15	15
キウイ	11	7	30	0.75	7	15	15
モモ	11	7	30	0.75	7	15	15
トウナ	8.5	7	30	1	7	15	15

圃場内での道路は、第29図に示してあるとおりであるが、灌漑最小単位内で、主に農作業用に使われる道路は全幅7m、灌漑最小単位を相互に結ぶ連絡用道路の全幅は10mとする。トウナ栽培用の圃場では、栽培管理作業が少なくすむため、道路幅は7mとする。これらの道路延長を以下に示す。

1圃場当りの道路延長

(単位： m)

作物	連絡用道路 (道路全幅10m)	農作業用道路 (道路全幅7m)
ブドウ	3,790	3,780
キウイ	3,550	3,400
モモ	3,550	3,400
トウナ	—	32,870

防風林は、トウナ以外の作物の各灌漑最小単位の四方を囲むように設け、ユーカリを1m間隔で千鳥状に植え、植樹の列間隔は1mで3段とする。対象作物の灌漑面積に対しての防風林の面積の割合は11%である。

圃場の整地については、作物が永年性であること、ドリップ灌漑方式が土地の微細な起伏にとらわれないこと、また、計画地域の土地の凹凸が少ないことにより、大幅な土の移動を行うような作業はやらないことにし、初期の植樹作付作業を円滑にするような表土剥ぎ程度にとどめることにした。ただし、トウナについては、現地調査によって、その整地作業も必要でないことが明かとなったので、省略した。

送電線は、CMPの入り口部から計画地域内に延長し(14.5km)、ポンプ設置地点まで分岐する。各井戸が分岐しているので、給電点まで23,000Vで送電し、使用する場所でトランスを用いて380Vにおとす。分岐線の長さは、トウナ以外では、1圃場当たり平均0.6kmであり、トウナの圃場では、水中ポンプの設置点まで平均1.1kmであり、ブースターポンプの設置点までは0.6 kmである。計画地域内での各圃場、道路、送電線の配置例を第35図に示す。