

No. 1

# ボリヴィア共和国 サンタクルス州橋梁建設計画 事前調査報告書

ボリヴィア共和国サンタクルス州橋梁建設計画事前調査報告書

平成6年4月

平成6年4月

JICA LIBRARY



1124271(6)

国際協力事業団

702  
515  
RS  
RARY

無調二  
94-085



ボリヴィア共和国  
サンタクルス州橋梁建設計画  
事前調査報告書

平成 6 年 4 月

国際協力事業団



1124271 (6)

## 序 文

日本国政府は、ボリヴィア共和国政府の要請に基づき、同国のサンタクルス州橋梁建設計画にかかる事前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いたしました。

当事業団は、平成6年1月31日から2月16日まで日本道路公団東京第二建設局の松富繁氏を団長とする事前調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ボリヴィア政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、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りました。

この報告書が、今後予定されている基本設計調査の実施、その他関係者の参考として活用されれば幸いです。

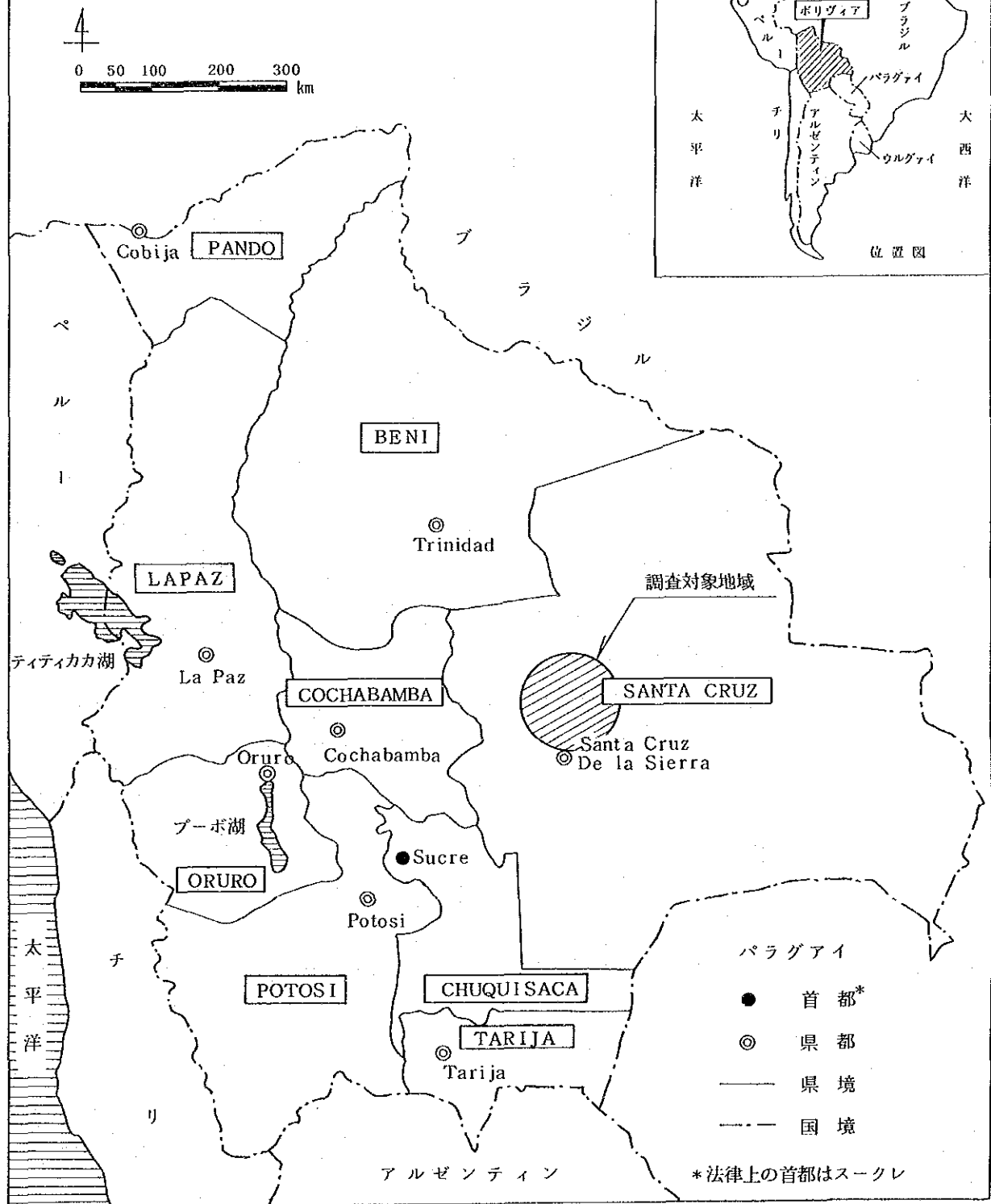
終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成6年4月

国際協力事業団  
理事 青木盛久

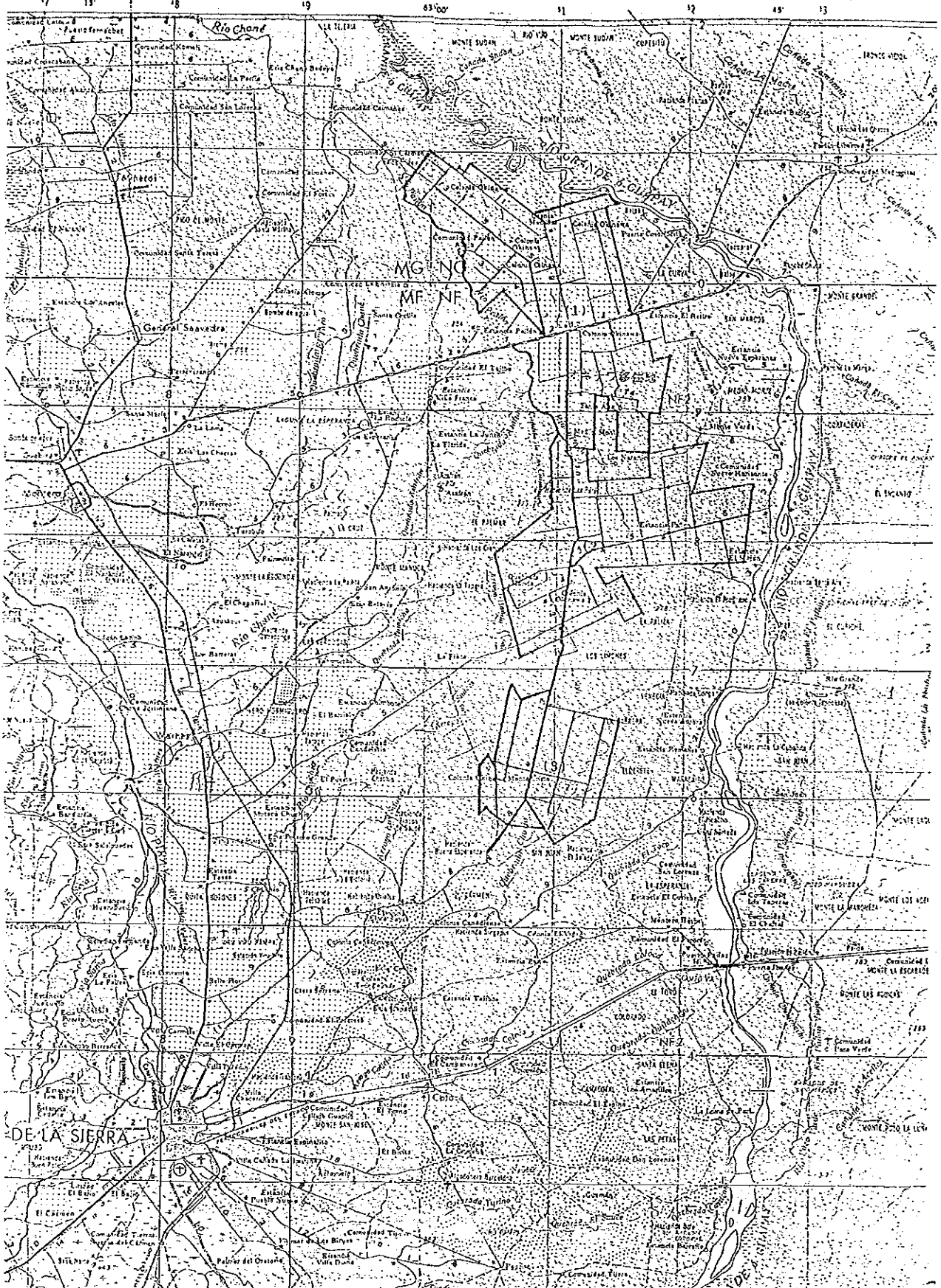


# 調査対象地域位置図



但し、行政、経済、社会的にラパスが事実上の首都となっている。

# オキナワ移住地





# 目 次

序 文  
地 図  
写 真

## 第1章 緒 論

1-1	調査団派遣の経緯と目的	1
1-2	調査団の構成	2
1-3	調査日程	3
1-4	調査内容	3

## 第2章 要請の背景

2-1	ボリヴィア共和国の概況	5
2-2	道路整備の現状	9
2-3	サンタクルス州の概況	21
2-4	計画地の自然条件	29
2-5	橋梁建設技術の概況	32

## 第3章 要請内容の確認と検討

3-1	要請の内容	34
3-2	要請地点の現況	36
3-3	協議内容	53
3-4	要請の妥当性の検討	59

## 第4章 結論と提言

4-1	結 論	70
4-2	基本設計調査の留意点	70

付属資料		75
------	--	----



# 第1章 緒 論

## 1-1 調査団派遣の経緯と目的

サンタクルス州はボリヴィア東部に位置しており、面積約37万km<sup>2</sup>（全国の34%）、人口約137万人（全国の21%）でありながら、作付面積は全国の43%を占める農業地域である。本件が要請されているグアピラ～オキナワ地域では大規模農場を中心として砂糖きび、小麦、大豆、米が生産されており、牧畜業も盛んである。標高は海拔250～300m、地質はリオ・グランデ河の沖積土壌で埴土、埴壤土、壤土、砂壤土からなっており、肥沃な土地である。この地域一帯はアマゾン水系の上流で、主な川はグランデ河の支流であるパイロン川とチャネ川であるが、他にも雨期のみ流水し、乾期は枯渇している中小の河川がある。河川管理はされておらず、堤防がないため、河道は定まっていないことに加え、上流地域での開発のため、土砂が河川に流れ込んで河床を浅くしており、近年の降雨量の増大とあいまって毎年のように洪水が発生している。

国道9号線はトリニダからボリヴィア平野部を南北に縦断し、ロストロンコス（アルゼンティン国境）へ至る、全長約1100kmの主要幹線道路で、グアピラ～オキナワ間の東西幹線道路として農産物の輸送路となっている。道路は一応舗装がされているが亀裂やポットホールが多数あり、幅員9.10mの直線道路でありながら、走行性はあまりよくない。また、平均して50cmの盛り土構造であるが、洪水時には冠水し、交通が遮断されるほか、カルバート等の横断構造物が破損していたり、土砂で埋まっていたりするために、洪水時には道路がダムの働きをしてしまい、排水できない水が東側に流れ、オキナワに集中する。このため、道路北側への排水を確保するために、住民の手で道路の切断が行われるなど、洪水時には道路機能がまったく発揮されないばかりか、不十分な排水能力により、オキナワ地域の浸水の一因ともなっている。

ボリヴィア政府は世銀の借款にて洪水時も交通が確保できるよう、道路の約50cmのかさ上げおよび横断構造物の整備を計画し、1994年4月より改良に着手する予定である。この借款は4年間にわたる全国道路改修計画を支援するものであるが、総額8千万USドルにて1546kmの道路整備を行うため、当該路線の橋梁改良まで含めることは資金的に困難である。このため、ボリヴィア政府は橋梁の整備は単に洪水時の交通確保という面だけでなく、この地域の水害対策にも資するとして水害対策マスタープランの要請とあわせて1993年2月にわが国に本件にかかる無償資金協力を要請してきた。

これを受けて、わが国は平成5年2月にプロジェクト形成調査団を現地に派遣し、本件にかかるわが国の協力の可能性について確認した。その結果、開発調査案件としてサンタクルス県北部地域の水害防除のためのマスタープラン策定と優先プロジェクトのフィージ

ビリティ調査、無償資金協力案件としてグアビラ～オキナワ間に8か所合計315mの橋梁建設が提案された。

その後、1993年8月に総延長315mは変わらないまま、橋梁地点を8か所から7か所に変更した要請が提出された。対象地域は、前述したように河川管理がされていないため、架橋地点や橋長を決定するのは極めて難しい。また、本計画は、グアビラ～オキナワ間の通水断面を増大させてオキナワの浸水を軽減させるという側面も合わせ持つことから、橋梁規模の決定にあたっては、何らかの水文解析による裏付けが必要と考えられる。このような理由から、日本国政府は事前調査の実施を決定し、JICAが1994年1月31日から2月16日まで日本道路公団東京第二建設局建設部構造技術課長の松富繁氏を団長とした事前調査団をボリビアへ派遣した。

本調査の目的は、要請の背景および内容を確認し、計画地点でのサイト調査や資料収集を通じて本計画実施の可能性および妥当性を検討したうえで、基本設計調査の範囲や内容についての提言を行うことである。

## 1-2 調査団の構成

総括・橋梁計画	松富 繁	日本道路公団東京第二建設局建設部構造技術課長
計画管理	岩間 敏之	JICA無償資金協力調査部基本設計調査第二課
排水計画	永代 成日出	JICA国際協力専門員
橋梁設計	榊山 今日兎	(財)日本国際協力システム
通訳	横崎 満	(ラパス在住、現地参加)

1-3 調査日程

		宿泊地	調査内容
1.31	月	機中泊	成田発、シアトル・マイアミ経由
2. 1	火	サンタクルス	サンタクルス着、JICA支所表敬、調査日程等打ち合わせ、泉領事表敬、CORDECruz 総裁表敬
2. 2	水	サンタクルス	グアピラ～オキナワ間現地踏査
2. 3	木	サンタクルス	SNCとの協議
2. 4	金	サンタクルス	SNC、SEARPI、CORDECruz との協議、JICA支所へ報告
2. 5	土	サンタクルス	チャネ川下流地域踏査
2. 6	日	ラパス	サンタクルス⇄ラパス
2. 7	月	ラパス	大使館・JICA表敬、大蔵庁次官表敬、ミニッツ協議
2. 8	火	ラパス	SNCとの協議、ミニッツ署名
2. 9	水	マイアミ ワシントン サンタクルス	官：ラパス⇄マイアミ 計画管理：ラパス⇄ワシントン 橋梁設計・通訳：ラパス⇄サンタクルス、資料収集
2.10	木	機中泊 ワシントン サンタクルス	官：マイアミ発 計画管理：世銀との協議、JICA打合せ 橋梁設計・通訳：資料収集
2.11	金	ワシントン サンタクルス	官：成田着 計画管理：以降別案件に従事 橋梁設計・通訳：資料整理
2.12	土	サンタクルス	橋梁設計・通訳：資料整理
2.13	日	サンタクルス	橋梁設計・通訳：資料整理
2.14	月	マイアミ	橋梁設計：サンタクルス⇄マイアミ
2.15	火	機中泊	橋梁設計：マイアミ発
2.16	水		橋梁設計：成田着

1-4 調査内容

現地調査の内容は以下のとおりである。

(1) 要請の背景および内容の確認

- ・現状の問題点の把握
- ・橋梁地点の選定理由および橋長の根拠の確認
- ・橋梁地点が当初の8か所から7か所へ変更された経緯とその理由の把握
- ・水文計算の根拠の確認
- ・実施機関およびその組織の確認

- (2) わが国の無償資金協力の説明
  - ・ B/D以降の実施・手続きの流れの説明
  - ・ ボリヴィア側の負担事項の説明
- (3) 現地踏査による橋梁計画地点の現状把握
  - ・ 橋梁地点および橋長の妥当性の把握
  - ・ 橋梁建設による水流の変化の可能性の検討
  - ・ 本計画が周辺環境に及ぼす影響の把握
- (4) 道路整備計画（世銀融資）の把握
  - ・ 全体計画（対象路線等）の把握
  - ・ 実施計画の把握
  - ・ 設計変更（50cmのかさ上げ）の理由とその妥当性の把握
- (5) 基本設計調査実施に必要な資料の収集および確認
  - ・ 自然条件調査（地質、地形）に必要な資料の有無の把握
  - ・ 水文解析に必要なデータの有無の把握
  - ・ 当該路線における過去の洪水に関する資料の収集
  - ・ 交通量関連データの有無
- (6) 事業実施に必要な体制の把握
  - ・ 設計基準等の把握
  - ・ 現地の架橋技術の把握
  - ・ 建設関連の現地業者の実態把握
  - ・ 資機材の現地調達の可能性の把握
  - ・ 維持管理体制の把握
- (7) 現地調査結果の取りまとめと先方への申し入れ
  - ・ ボリヴィア側による本計画の地元住民への公表と了解取り付け⇨ミニッツ5(1)
  - ・ 水文調査の範囲が限定され、かつ洪水対策は本計画では行わないこと⇨ミニッツ5(2)
  - ・ ボリヴィア側による維持管理（通水断面の確保）が必要であること⇨ミニッツ5(3)
  - ・ 橋梁が一部ボックスカルバートに変更される可能性があること⇨ミニッツ5(4)
  - ・ 基本設計調査については事前調査の結果を見て日本で決定されること⇨ミニッツ5(5)
- (8) ミニッツの署名

## 第2章 要請の背景

### 2-1 ボリヴィア共和国の一般概況

#### 【国土】

ボリヴィアは南米大陸の中央、南緯9度38分-22度53分、西経57度26分-69度38分に位置し、近隣諸国との紛争によって広大な国土を失い、海を持たない内陸国である。総面積1,098,581km<sup>2</sup>、日本の約3倍の面積を有し、自然および人文的条件から、アルティプラノ(Altiplano, 高原)、バジェス(Valles, アンデス東部中腹地帯)、オリエンテ(Oriente, 東部平原地帯)に大きく3分割される。国土の約2/3は東部平原地帯が占める(図2-1参照)。

アンデス山脈は、北アメリカのロッキー山脈より続く環太平洋火山帯の一部をなすものであるが、ボリヴィアに関する限り、熱帯の低地に突き出た峻険な高原である。このため高低の変化によって多彩な気候と自然環境が展開される。アンデス山脈には海拔平均4,000メートルの高さに、幅平均160キロ、長さ約900キロにも及ぶアルティプラノと呼ばれる平原が広がる。その東端にはレアル山脈がそびえ、その結果アルティプラノとリャノの間には複雑に入り組んだ溪谷地帯が形成される。リャノ北部は気温が高く、雨の多い密林地帯になっているが、南部に向かうにしたがい乾燥化する。ボリヴィア内には多数の河川が縦横に流れているが、航行可能なものは14,000キロメートルに及び、そのほとんどはボリヴィア各地とアマゾン流域を結び付けている。

#### 【気候】

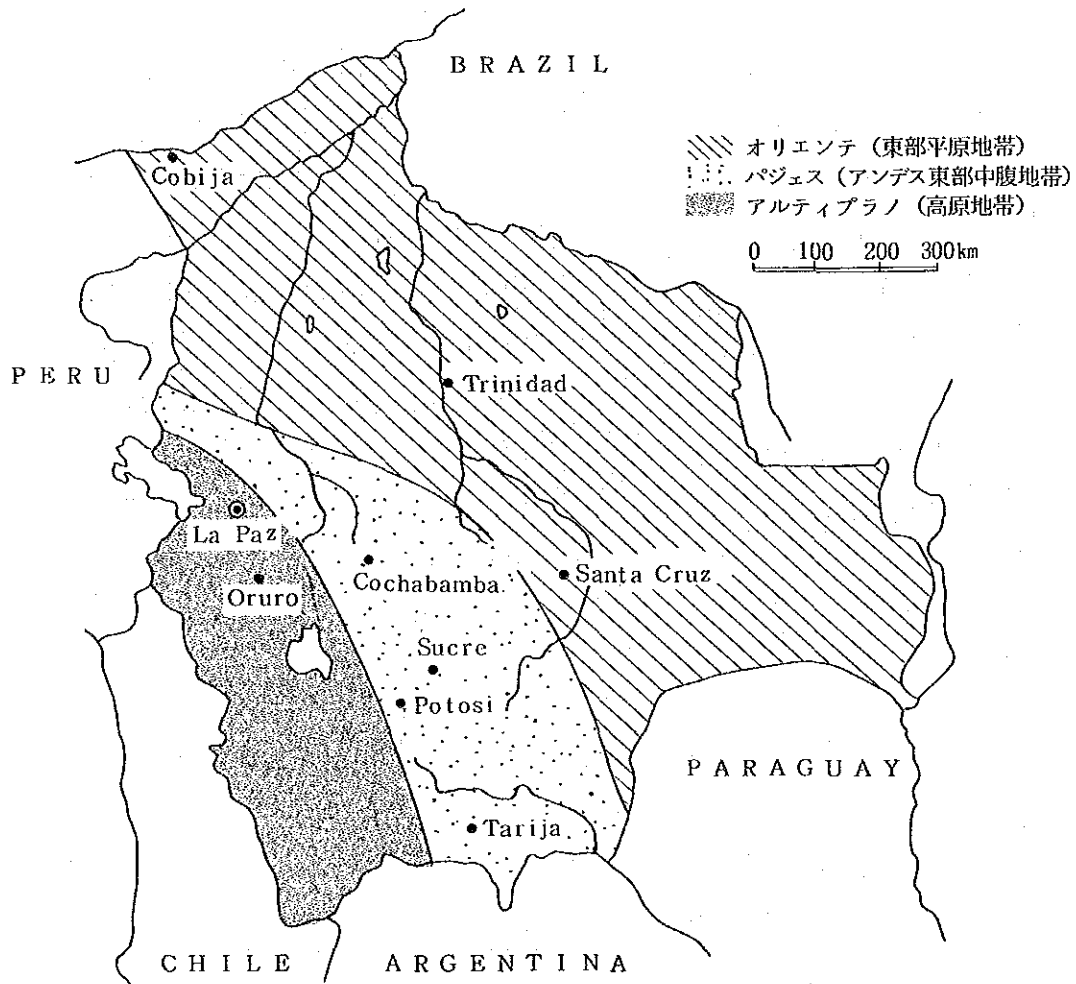
国土全体が熱帯に入るため、気候的にはほぼ乾期(4月~10月)と雨期(11月~3月)を繰り返す。しかし高度差によって偏差が大きく、アルティプラノでは一年を通じて低温少雨、溪谷地帯北部は高温多湿、同南部は温暖少雨である。低地は熱帯性気候であるが、南に行くにつれて乾期・雨期の区別が明確になる。

#### 【人口】

総人口740万人(1990年暫定値)で、国民の多くは高原地域(アルティプラノ)で生活している。地域的分布は次のとおりである(88年推定値)。

ベニ	282,631人	パンド	55,251人
チュキサカ	496,781人	ポトシ	841,156人
コチャバンバ	1,073,539人	サンタ・クルス	1,314,585人
ラ・パス	2,134,008人	タリハ	293,224人
オルロ	437,324人		

全人口の内、55%がインディオであり、混血（インディオと白人）30%、白人14%と続く。主要部族の内、マイマラ族はチチカカ湖周辺に住み、ケチュア族はコチャバンバを中心に住んでいる。ボリヴィアには少なくとも24の語族が存在し、低地には依然狩猟採集を行う民族がいる。



(出所) Eduardo Arze Cuadros, *La Economía de Bolivia*, 1979.

図2-1 ボリヴィア共和国分割図



## 【政治経済】

ボリヴィアは過去の政府主導による経済成長から、民間部門主導による経済成長への転換を図るため、解放経済政策をとってきた。しかし投資の不足が問題となっている。ボリヴィアは過去8年間再建プログラムを行ってきたが、国内での資金調達では不十分であった。

1992年の実質GDP成長率は推定で3.4%であったが、悪天候による収穫減、鉱工業の低迷、天然ガス価格の低下がその原因として挙げられる。93年1～4月の成長率は4.1%で、部門別では鉱業が14.5%、建設業が7.6%と高い伸びを示したのに対し、農業は2.7%、石油・天然ガス関連業は-1.6%と低迷した。鉱業が飛躍的に伸びた主要因として、中小の鉱業共同組合による効率的な生産システムが軌動に乗りはじめ、金・銀・鉛の生産が好調であったことが挙げられる。

1993年6月の大統領選挙で勝利し、8月6日に大統領に就任したゴンサロ・サンチェス・デ・ロサダ氏は85年企画大臣の時、2.4万%にもおよぶ超インフレを克服した経済安定計画の立役者であったという経歴があり、経済運営に対して期待がもたれる。

## 【主要産業】

産業別の成長率の推移を1965年～80年と80～90年の年平均成長率で比較すると、農業では3.8%から1.95%、工業は3.7%から-1.7%、製造業が5.4%から-0.9%、サービス業が5.6%から-0.4%と大幅に減少し、この間にボリヴィアで起こった経済的混乱による生産の停滞を示している。ボリヴィアの産業構成をGDPで見ると第3次産業の比率が最も高く、その割合は86年から90年の間は減少している(表2-1参照)。公共行政部門がGNPに占める割合が86年の13.7%から90年には9%まで減少しており、国営企業に対する厳しい経営合理化政策や生産性の低下による人員削減の影響が現われている。

それぞれの産業が輸出に占める割合は、鉱産物が最も高く48% (1990年) を占め、次に天然ガスが32% (同)、農林業製品は9.5% (同) となっている。ボリヴィアの産する鉱物は、錫、金、銀、鉛、亜鉛、アンチモニー、タングステン、銅等である。石油・天然ガスがGDPに占める割合は6%程度であり、国庫にとって重要な収入源となっている。農業生産は、GDPのほぼ25%を占めている。主な国内消費用の農作物は、ポテト、米、トウモロコシ、小麦等であるが、需要を満たし切れないため、輸入(特に穀物)が必要となっている。輸出向けとしては、糖きび、綿、コーヒーが主要な農作物である。しかし、ボリヴィアで最も収益の高い農作物はコカであり、ボリヴィア一国で世界の総生産量の30%から40%を占めるといわれる。製造業のGDPシェアは約13% (90年) で、市場は主に国内にあり、食品、飲料、タバコ、繊維等の非耐久消費財が製造業の約6割を占め、残りの

大半を手工芸品、中間財、石油精製が占めている。

表2-1 過去5年間の産業別GDP構成比

(単位：%)

	1986	1987	1988	1989	1990
農 業	24	24	24	32	24
工 業	23	24	27	30	32
(製造業)	(13)	(13)	(17)	(13)	(13)
サービス業等	52	53	49	38	44

出所 World Development Report 1988-1992 The World Bank

#### 【貿易】

1990年の経常収支は商品輸出の順調な伸びに支えられ1億9810万ドルと、過去6年間で最も少なかった。しかし、91年は、金属鉱物の値下がり、輸入品の需要が増加したことで89年レベルである-2億6110万ドルへ戻った。経済の自由化が進み、輸入原料に対する需要が前年度比で百万ドルも増加したことが主要因であった。

ボリビアの主要輸出品は、天然ガスと鉱物であり、1990年の場合、天然ガスが32%、亜鉛が17%、錫が12%である。天然ガスはアルゼンティン向けのものであり、鉱物価格の低迷以来総輸出額の50%を占めていたが、国際価格の下落によって輸出に占める割合が低下している。錫は米国の戦略的在庫放出によって価格が抑えられており、しばらく上向く見込みはない。従来の主要輸出品であった錫に代わって、亜鉛の重要性が増している。

主要輸入品は原料・半製品が最も多く、39% (1989年) を占め、次に工業資材が24% (89年) で続いている。ボリビアの輸入物資の半分はAlac (ラテン・アメリカ統合協会) 加盟国から、3分の1が米国とECから供給されている。主要相手国は供給の23.8%を占める米国と14.8%を占めるブラジルである。対ブラジル貿易は恒常的に輸入超過となっているが、ブラジルへの天然ガス供給計画が進められている。

ボリビアは、加盟国間の貿易を促進するためのAlacに加盟している。Alac加盟国は、アルゼンティン、ボリビア、ブラジル、チリ、コロンビア、エクアドル、メキシコ、パラグアイ、ペルー、ウルグアイ、ヴェネズエラで、加盟国間の貿易量は1980年代に加速されたが、総貿易量の10%である (90年)。1990年の加盟5カ国間 (ボリビア、コロンビ

ア、エクアドル、ペルー、ヴェネズエラ)における貿易量は、同グループによる輸出総量の4%のみでしかなかった。しかし、生産および貿易の拡大が加盟国共通の課題であることと経済政策が近似してきたことで、地域貿易の活性化に対する動きが高まり、1992年～95年の期間に地域自由貿易協定に向けて行動することで合意した。アンデス・グループの目標は一種の経済統合であり、地域自由貿易や対外共通関税のみならず、その他の分野における地域的アプローチの調整をも含んでいる。

#### 【経済インフラおよびエネルギー】

ボリヴィアの鉄道総延長は3,733km、鉄道貨物輸送量は1986年で5億3200万トン、鉄道旅客者総数は240万人であった。道路総延長は1992年現在46,311kmであり、そのうち舗装延長は1,943kmであった。88年に使用されている自動車台数は75,000台と推定されている。地理的に厳しい条件のため、航空路は発達しており、国内の主要都市のほとんどが空路で結ばれている。1991年の輸送旅客数は約172万人、輸送貨物は35,000トンであった。内陸国であるため港湾は無い。ボリヴィアの自動車道路舗装率は4.2%にすぎず、経済活性化の中で道路事情の悪さに由来する運送コストが問題となっている。鉄道事業再編によって2,000人がレイ・オフされると見られ、補償金にあてるための1,000万円が米国より供与されている。

電話業務は市内電話を地域別電話会社または電話利用者組合(16社)が行い、市外・国際電話、国際電報およびテレックスは電気通信公社(ENTEL)が掌握している。1988年の電話普及台数はおよそ19万台、40人に1台の割合になる。通信事業は国際直通回線の導入により、格段に良くなっている。

ボリヴィアのエネルギー消費量は、246石油換算kg(1989年)であり、低所得国の平均値(同188)よりやや高い。90年のエネルギー源の内訳は、59%が石油であり、残りの22%が薪炭材やバガス(砂糖きびの絞りかす)などでまかなわれている。輸出の主力である天然ガスや電力の消費量は僅かではない。90年のエネルギー生産は、石油が123万トン(内0.08トンが輸出)、天然ガス(石油換算)が255万トン(内、200万トンが輸出)、ボリヴィアはエネルギー自給を達成しているため、エネルギーを輸出している。ボリヴィアの製造業者は現在の電力価格を高いと感じている。森林破壊の潜在的可能性のある地域では、薪炭材の代替エネルギーを開発する必要がある。

## 2-2 道路整備の現状

### 【ボリヴィアの道路網】

ボリヴィア国の道路は、幹線道路(Red Fundamental)、補助道路(Red Complementaria)、

地域道路 (Red Vecinal) に分類されている。従来、ボリヴィア国の道路整備は、人口密度が高く、かつ鉱山資源に恵まれた高地を中心に行われてきたが、国土全体の道路網で見ると、急峻な地形のために整備が著しく遅れている。

ボリヴィアの基幹道路は3系統ある。第1系統はパン・アメリカン・ハイウェイの一部となっている国道1号線で、ペルー国境のデサグアデロからラパス、オルロ、ポトシを通過し、アルゼンティン国境のベルメホへ至るものである。第2系統は、オルロからコチャバンパを経由し、サンタクルスへ至る国道4号線である。第3系統は、サンタクルスからアルゼンティン国境へ南下する国道9号線と6号線で、サンタクルス・ヤクイバ道路と呼ばれるものである。道路網を図2-2に示す。

道路延長で見ると、全長約46,000kmであり、幹線道路と補助道路が全長の3割程度を占めている。また、舗装率で見ると、全体の4%しか舗装されておらず、舗装道路の89%が幹線道路である。道路分類別、舗装種別の整備状況を表2-2に示す。

表2-2 道路の整備状況 (1992年12月現在、単位: km)

	舗装道路	砂利道	土道	合計	%
幹線道路	1,724	4,542	1,310	7,576	16.36
補助道路	95	3,157	2,704	5,956	12.86
地域道路	124	7,471	25,184	32,779	70.78
合計	1,943	15,170	29,198	46,311	100.00

出典: Estadística Vial 1992, SNC

各道路の特定区間については、表2-3 のとおり車両の総走行距離が計測されているが、それを見ると、大型車混入率が50%あるいはそれ以上となっている。また、計測区間が限られているので、この数値から全国的な傾向はつかめないが、単位距離あたりの各道路の分担率を見ると、幹線道路69%、補助道路17%、地域道路14%となっている。

以上から、ボリヴィアの道路は、幹線道路を中心に交通量が多く、かつ、大型車の通行が多いことから、幹線道路の整備は交通計画上きわめて重要であることがわかる。

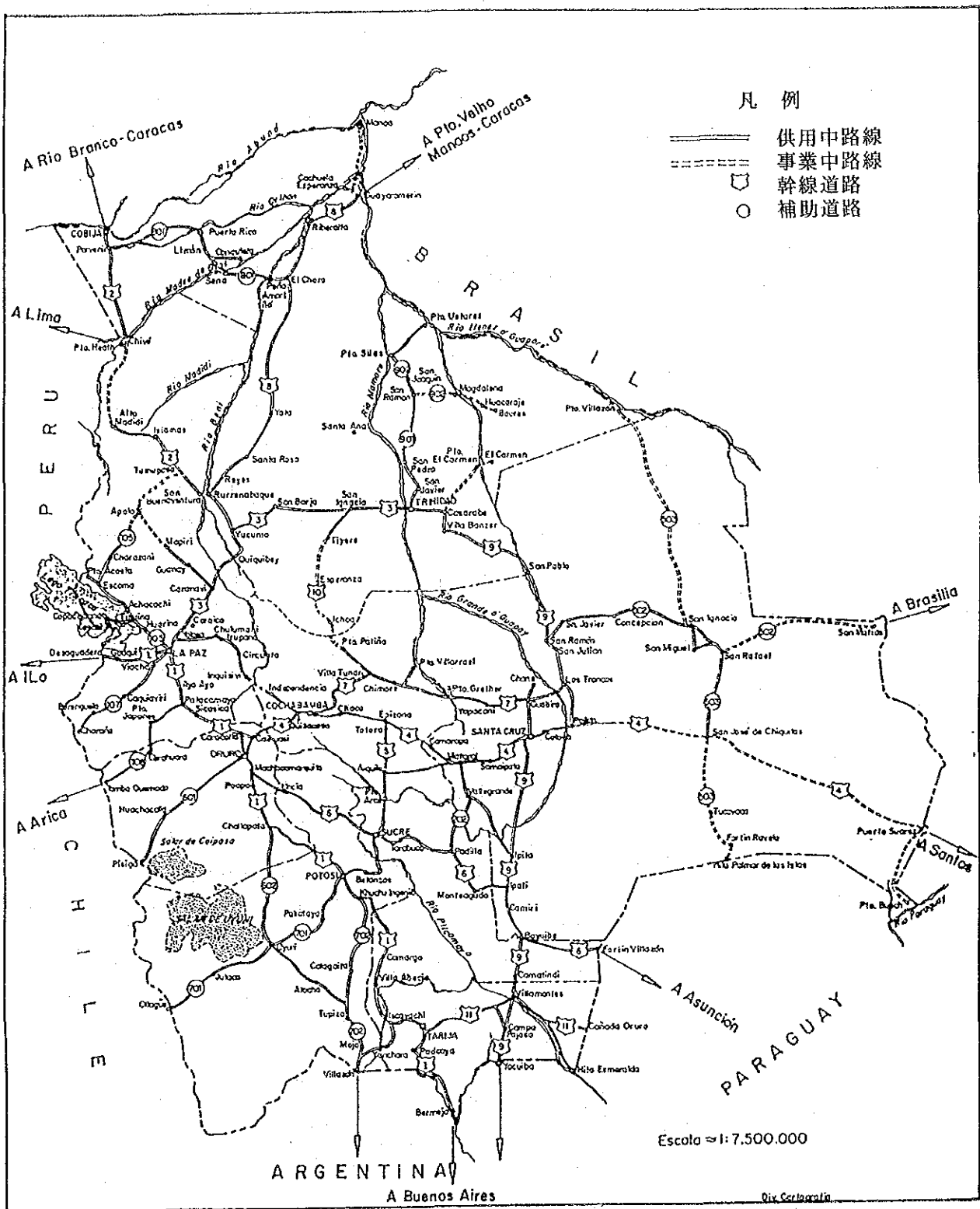


図2-2 道路ネットワーク

表2-3 道路別車種別の総走行距離（1992年、単位：マイル）

	対象区間	小型車	バス	トラック	バイク	合計
幹線道路	6,282km	437,790 (44.2%)	176,151 (17.8%)	345,460 (34.9%)	30,959 (3.1%)	990,360 (100%)
補助道路	3,750km	47,989 (33.3%)	24,976 (17.4%)	65,844 (45.7%)	5,212 (3.6%)	144,021 (100%)
地域道路	3,801km	54,270 (43.6%)	14,461 (11.6%)	47,114 (37.8%)	8,694 (7.0%)	124,539 (100%)

出典：Estadística Vial 1992, SNC

#### 【実施機関】

ボリビアの交通施設の整備は、運輸通信庁 (Secretaria Nacional de Transportes, Comunicaciones y Aeronautica Civil) が総括しており、整備、維持管理の実施機関は道路公団 (Servicio Nacional de Caminos; SNC) である。道路公団の前身である公共事業局 (Direccion General de Obras Publicas) は1939年に設立された。その後、1964年に現在のSNCが誕生し、その組織は図2-3のとおりであるが、1993年8月に発足したロサダ政権はその一部変更の可能性を示唆している。

道路計画および予算の割り当て、外国からの援助の窓口は、すべてラパスの本部が担当している。道路の維持管理は、各州に設置されている管区 (Jefaturas Distritales) が行っている。管区は全部で9あり、第5管区がサンタクルスを所管している。管区には、工事事務所 (Residencia) ならびに工事キャンプ (Campamento) が設置されており、サンタクルスについては、表2-4 のとおりとなっている。職員数は1992年12月現在、道路公団全体で3,990名となっており、本部には295名が勤務している。第5管区では450名で、これは第1管区 (ラパス) の457名に次いで多い (表2-5参照)。

#### 【道路計画・予算】

道路公団は、1993年から1997年の5か年で8,149kmの道路建設・改良を予定している。その内訳は、改良2,492km、建設1,377km、調査588km、地域道路3,692kmである。それに必要な投資額は、6億9389万米ドルと見積もられているが、国内資金は約24%で、残りは海外からの援助に頼っている。主な援助機関は、世界銀行のほか、ドイツ、USAID、米州開発銀行、日本などであるが、国内資金についても開発公団が資金を提供しているものもある。各年度別の投資額を表2-6に示す。橋梁についても、1993年度分が予算化されているが、箇所数等の詳細は明らかになっていない。さらに、同期間に計画されているもの (表2-7) を含めると、合計で5年間に14,226km分もの道路建設・改良が計画されている

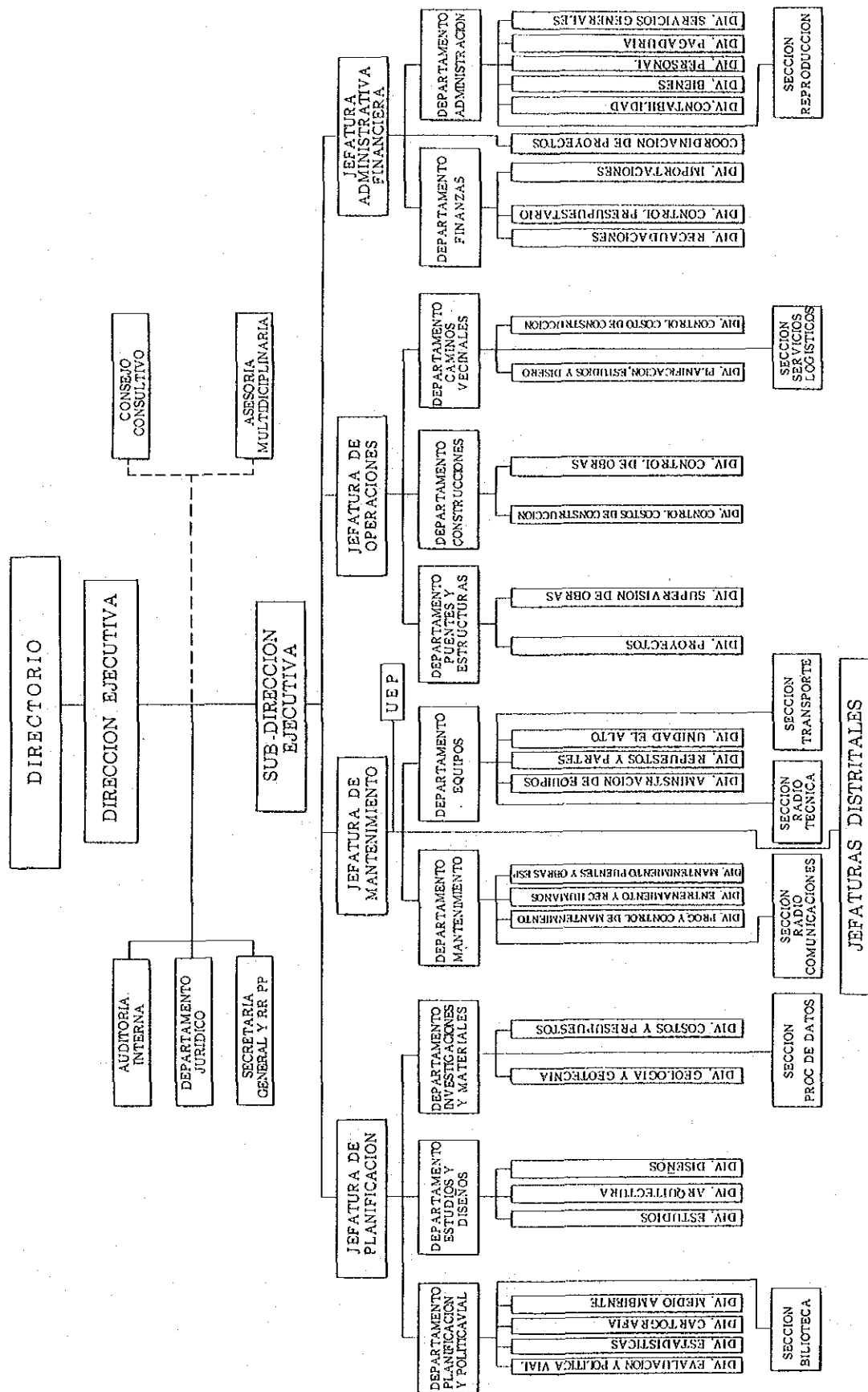


图2-3 道路公园组织图 (1993.12现在)

ことになる。

道路公団の予算の推移は、表2-8のとおりであるが、1992年実績で約6.2億ボリヴィアーノ（約155億円）である。支出の83%が事業費であるが、そのほとんど（収入の71%）を海外からの資金援助に頼っている。

表2-4 第5管区の設置事務所

	工事事務所	工事キャンプ
SANTA CRUZ (D-5)	Samaipata	San José Bermejo Comarapa Angostura Agua Clara Mataral La Palizada El Fuerte
	Guabirá	San Germán Okinawa Campamento Viejo Guabirá Itily
	Cabezas	Pedro Lorenzo Mora Cabezas
	Camiri	Camiri Ipaty Gutierrez Tatarenda
	Valle Grande	Masicuri Valle Grande Piraimiri Loma Larga Misquiloma
	S. Ignacio de Velasco	San José San I. de Velasco San Rafael Roboré Frontera Brasil Santa Ana
	San Julian *	San Ramón Cerro Chico
	Sn J. de Chiquitos	Km. 42
	Puerto Suarez	Puerto Suarez

\* 未設置



表2-5 道路公団の職員数(1992.12現在)

職	本部	中央技術事務所	La Paz 管区	Chquisaca 管区	Tarifa 管区	Cochabamba 管区	Santa Cruz 管区	Oruro 管区	Potosi 管区	Tupiza 管区	Beni 管区	Pando 管区	Riberaita 工事事務所	個別プロジェクト対応	合計
技	61	1	29	20	17	24	28	15	15	9	15	4	3	6	247
術															
建	1														1
築															
経	4														4
濟															
査	20			1		1	1								23
監															
弁	3														4
護															
士															
能	64	53	95	92	72	123	127	79	85	59	102	30	31	96	1108
技															
者															
政	103	36	113	75	67	107	98	70	61	40	60	18	16	54	918
行															
業	39	40	220	165	92	229	195	100	130	60	138	42	39	196	1685
員															
合	295	130	457	353	248	484	450	264	291	168	815	94	89	352	3990

表2-6 道路投資計画（実施が予定されているもの）（単位：千米ドル）

	延長	資金源	1993	1994	1995	1996	1997	合計
調査路線	588km	国内資金	412	350	311	0	0	1,073
		外国資金	990	1,800	1,017	0	0	3,807
		小計	1,402	2,150	1,328	0	0	4,880
建設路線	1,377km	国内資金	19,549	29,471	26,945	9,149	6,700	91,814
		外国資金	22,847	98,957	101,986	80,619	52,900	357,309
		小計	42,396	128,428	128,931	89,768	59,600	449,123
改良路線	2,492km	国内資金	10,883	11,533	10,530	3,355	670	36,971
		外国資金	5,664	62,528	56,200	17,585	2,969	144,946
		小計	16,547	74,061	66,730	20,940	3,639	181,917
地域道路	3,692km	国内資金	5,923	9,516	7,200	6,900	5,494	35,033
		外国資金	20,163	1,774	1,000	0	0	22,937
		小計	26,086	11,290	8,200	6,900	5,494	57,970
橋梁建設		国内資金	3,074	0	0	0	0	3,074
		外国資金	1,145	0	0	0	0	1,145
		小計	4,228	0	0	0	0	4,228
合計	8,149km ⑨	国内資金	39,841	50,870	44,986	19,404	12,864	167,965
		外国資金	50,809	165,059	160,203	98,204	55,869	530,144
		小計	90,659	215,929	205,189	117,608	68,733	689,118

⑨道路公団資料では、7,107kmとなっている。

出所：道路公団

表2-7 道路投資計画（計画分）（単位：千米ドル）

	延長	資金源	1993	1994	1995	1996	1997	合計
調査路線	4,632km	国内資金	681	660	1,565	283	380	3,569
		外国資金	1,624	2,660	5,421	1,234	1,870	12,809
		小計	2,305	3,320	6,986	1,517	2,250	16,378
建設路線	3,410km	国内資金	20,449	31,821	42,059	43,160	53,946	191,435
		外国資金	22,847	119,157	168,530	222,330	247,453	780,317
		小計	42,296	150,978	210,589	265,490	301,399	971,752
改良路線	2,492km	国内資金	10,883	11,533	10,530	3,355	670	36,971
		外国資金	5,664	62,528	56,200	17,585	2,969	144,946
		小計	16,547	74,061	66,730	20,940	3,639	181,917
地域道路	3,692km	国内資金	5,923	9,516	7,200	6,900	5,494	35,033
		外国資金	20,163	1,774	1,000			22,937
		小計	26,086	11,290	8,200	6,900	5,494	57,970
橋梁建設		国内資金	3,074	1,000	1,000	1,000	1,000	7,070
		外国資金	1,154	1,000	1,000	1,000	1,000	5,154
		小計	4,228	2,000	2,000	2,000	2,000	12,228
合計	14,226km ②	国内資金	41,010	54,530	62,354	54,698	61,490	274,082
		外国資金	51,452	187,119	232,151	242,149	253,292	966,163
		小計	92,462	241,649	294,505	296,847	314,782	1240,245

「実施」分が含まれている。

②道路公団資料では、11,784kmとなっている。

出所：道路公団

表2-8 道路公団の予算及び実績

(単位：千ポリアーノ)

I T E M	1988		1989		1990		1991		1992	
	予 算	実 績	予 算	実 績	予 算	実 績	予 算	実 績	予 算	実 績
1. 収 入	188,159	201,354	256,525	240,582	321,931	303,350	446,013	409,779	396,918	618,766
1.1 一般会計からの繰入れ	31,730	34,436	68,893	37,453	88,385	59,094	137,542	66,461	164,219	95,753
1.2 事業収入	11,354	19,631	16,137	26,084	27,335	26,834	34,783	31,369	43,031	42,454
1.3 その他収入(譲渡、資産売却、 工事代金等)	6,664	30,210	13,533	16,915	2,907	1,157	952	30,982	298	7,271
1.4 起 債	-	-	-	-	-	-	-	377	-	-
1.5 ローカル負担金信託基金(FFAL) からの割当て	-	-	37,986	9,980	70,208	9,527	68,058	49,242	72,407	33,487
1.6 海外資金	138,411	117,077	119,976	150,150	133,096	206,738	204,678	231,348	116,913	439,801
2. 支 出	188,159	201,354	256,526	240,582	321,933	303,350	446,013	409,779	396,918	618,766
2.1 人件費	13,087	20,586	19,891	27,001	33,959	34,831	44,477	45,059	49,882	50,944
2.2 事務費	11,023	6,173	17,897	17,498	27,015	10,169	5,375	13,462	16,593	14,677
2.3 資材・燃料	15,621	8,144	18,528	10,005	25,197	24,181	30,139	35,086	41,681	33,219
2.4 事業費	146,146	156,559	198,718	171,201	234,415	219,671	364,856	311,019	287,070	514,365
2.5 内部留保	2,282	2,154	1,492	5,092	1,347	1,211	1,159	1,299	1,692	2,382
2.6 譲 渡	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-
2.7 銀行残高	-	7,738	-	9,785	-	13,287	-	3,854	-	3,179

【第2次道路整備計画】

第2次道路整備計画は、IDAおよび道路公団の資金にて、1992年から1995年の4年間で図2-4にあるように舗装道路計781.4kmの修繕と、未舗装道路計765.4kmの修繕を行うものである。対象路線は主要な幹線道路であり、橋梁については、修復は含まれているが、新設は入っていない。その理由について、世銀本部の担当者に質問したところ、IRRを10%以上にするためということであり、橋梁の整備が不要という訳ではないとのことであった。

資金源別の事業費内訳は、表2-9のとおりで、事業費の75%にIDAの資金があてられている。そのほかに、道路公団は、4年間の運営費として1億4800万USドルの予算を確保するとしている。このことから第2次道路整備計画の実施に伴う道路公団の経費は、年間4千万USドル程度と推定され、これは先に示した1992年予算における事業費（5億1436万5千ボリヴィアーノ＝1億1700万USドル）の約4分の1となり、実行可能な額と思われる。

表2-9 第2次道路整備計画の経費内訳(単位：百万USドル)

	IDA	道路公団	合計
舗装道路の補修	34.2	8.4	42.6
未舗装道路の補修	13.9	3.6	17.5
工事費小計	48.1	12.0	60.1
スバルパーツ購入費			10.0
設計費等			10.0
事業費総額			80.1

本件の橋梁が要請されている国道9号線のグアピラ～オキナワの道路整備は、1993年実施分として同計画に計上されており、総事業費は48,000USドルで、IDAの援助額は39,000USドルである。

道路公団では、コンサルタントが実施した設計調査をもとに競争入札を実施し、1994年2月4日に施工業者の入札を締め切った。担当者によると、かなりの反響があったとのことである。今後、道路公団が入札結果を評価し、世銀本部へ認証手続きのために結果を送付するため、業者契約は7月頃になる見込みである。

道路改修の設計図は、1992年の洪水前のものであり、プロジェクト形成調査団の報告では、その後、設計が見直されるとのことであったが、修正はされていない。道路改修の内容としては、既存道路の不陸整正とDBST舗装、横断構造物の改修および新設である。その結果、路面が約50cm嵩上げされる。現時点の設計図面には、本計画の橋梁地点が記されて

いないため、道路公団としては、7橋の位置が決定次第、その部分の道路設計の変更を行うことにしている。

IBRD 23114R

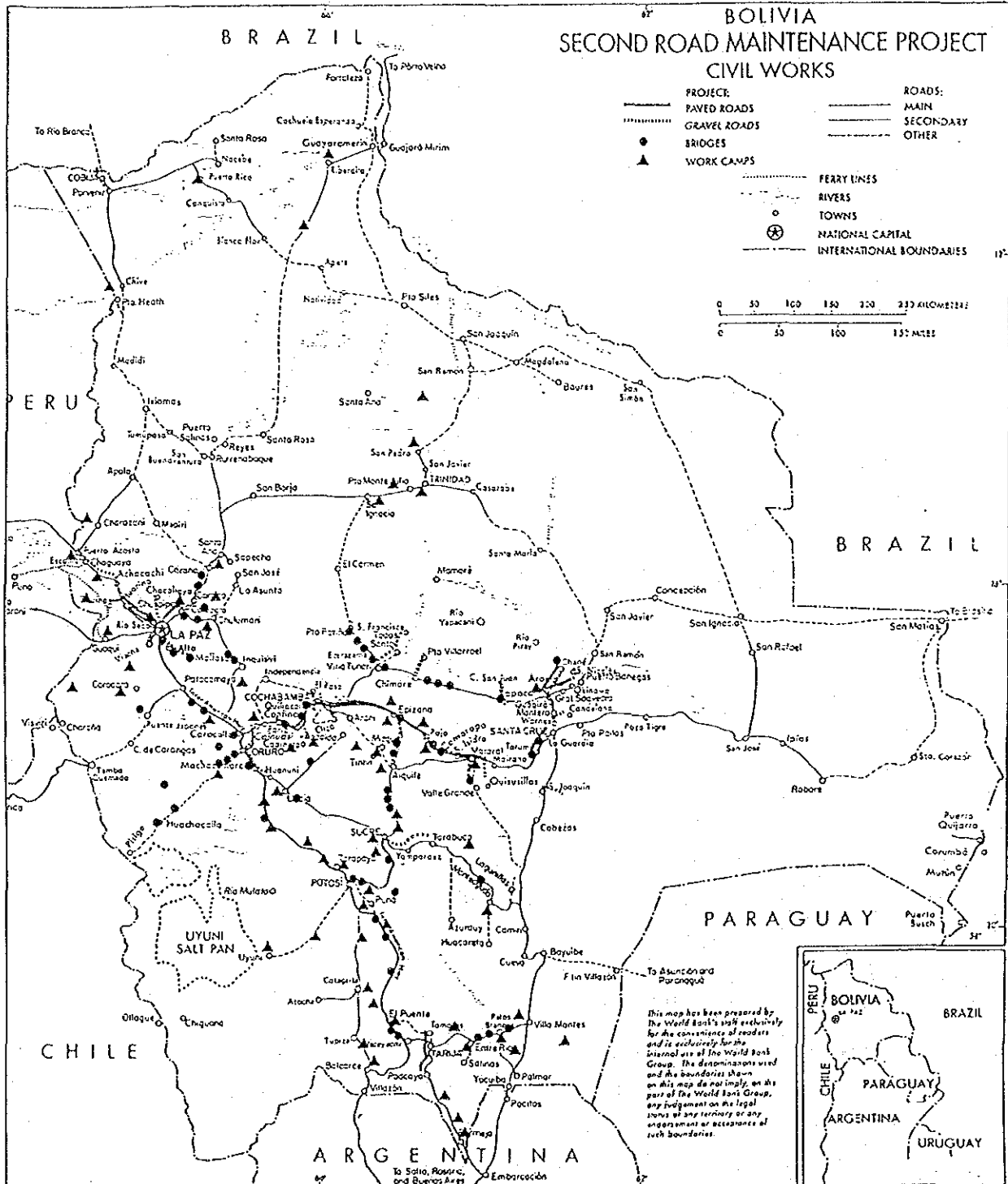


図2-4 第2次道路整備計画の対象路線

## 2-3 サンタクルス州の概況

### 【地勢および自然】

サンタクルス州は、ボリヴィアの南東部に位置しており、ブラジルおよびパラグアイに接している。面積は、370,621km<sup>2</sup> で、ボリヴィア全土の34%を占め、日本の国土面積とほぼ同じである。人口は1992年現在で122万5千人、人口密度は2.96人/km<sup>2</sup> である。行政区分は、15郡120町村からなり、最大の都市は州都のサンタクルス・デ・ラ・シエラ市で、人口69万2千人である。

地勢地図によるとサンタクルス州は、沖積土平原地帯、緩波状台地および沖積砂土平原地帯に属する（図2-5参照）。沖積堆積物に覆われ、地形、土壌および気候条件にも恵まれた広大な農牧業に適した土地を有しており、全国農牧業生産高の約36%を占める農牧業の生産基地として重要な役割を果たしている。耕地面積は全国の1/4（34万ha）を占めているが、草原等可耕地が856万ha（県全土の72%）と未利用農耕・牧畜可能地が多く、そのうえ商品生産型大規模経営を中心とした先進的営農地域でもあることから、当州の開発のポテンシャルは非常に大きいといえる。

州の地勢は大きく下記の3つに分けられる。

- ・東部：ほとんど小起伏で海拔500～600m程度の山並みがあり、世界有数の錫含有量を誇るムトゥン山をはじめ、錫、金、燐石、宝石、ベリリウム等の鉱山が存在する。また、鹿ジャガー、バク等の野生動物の宝庫でもある。
- ・中央部：ほとんど平坦で、少し起伏がある程度である。大農牧業地帯であり、林業と共に経済産業の中心となっている。
- ・西部：アンデスの支脈のため、海拔2,000m級の山並みがあり、地形の変化が激しい。産業は、温帯果樹や蔬菜栽培が主体である。

本案件である国道9号線が通るサンタクルス州北部地域は、ワルネス、オビスポ・サンティステバン、サーラ、イチロおよびアンドレイスパネスの5郡のまたがっており、その面積は7,000～8,000km<sup>2</sup> である。当該地域はサンタクルス州のなかでも立地条件がよく、既存のコロニアを核として最も農牧業の発展が目ざましい地域である。また、同時に将来の開発ポテンシャルが非常に高い地域として重要視されている。当該地域は米の生産基地であり、かつ、大豆、サトウキビ、鶏卵、牛肉、牛乳等の生産基地として位置づけられている。

気候は、全体として熱帯に属しているため、年間を通じて高温多湿である。年間平均気温は24℃で、最低気温約10℃、最高気温約40℃である。季節は、乾期（4月～10月）と雨期（11月～3月）にわかれているが、雨量は地域および年度によって差があり、中央部では2,000mm～2,500mmであるのに対し、西部では350mm～750mmである。

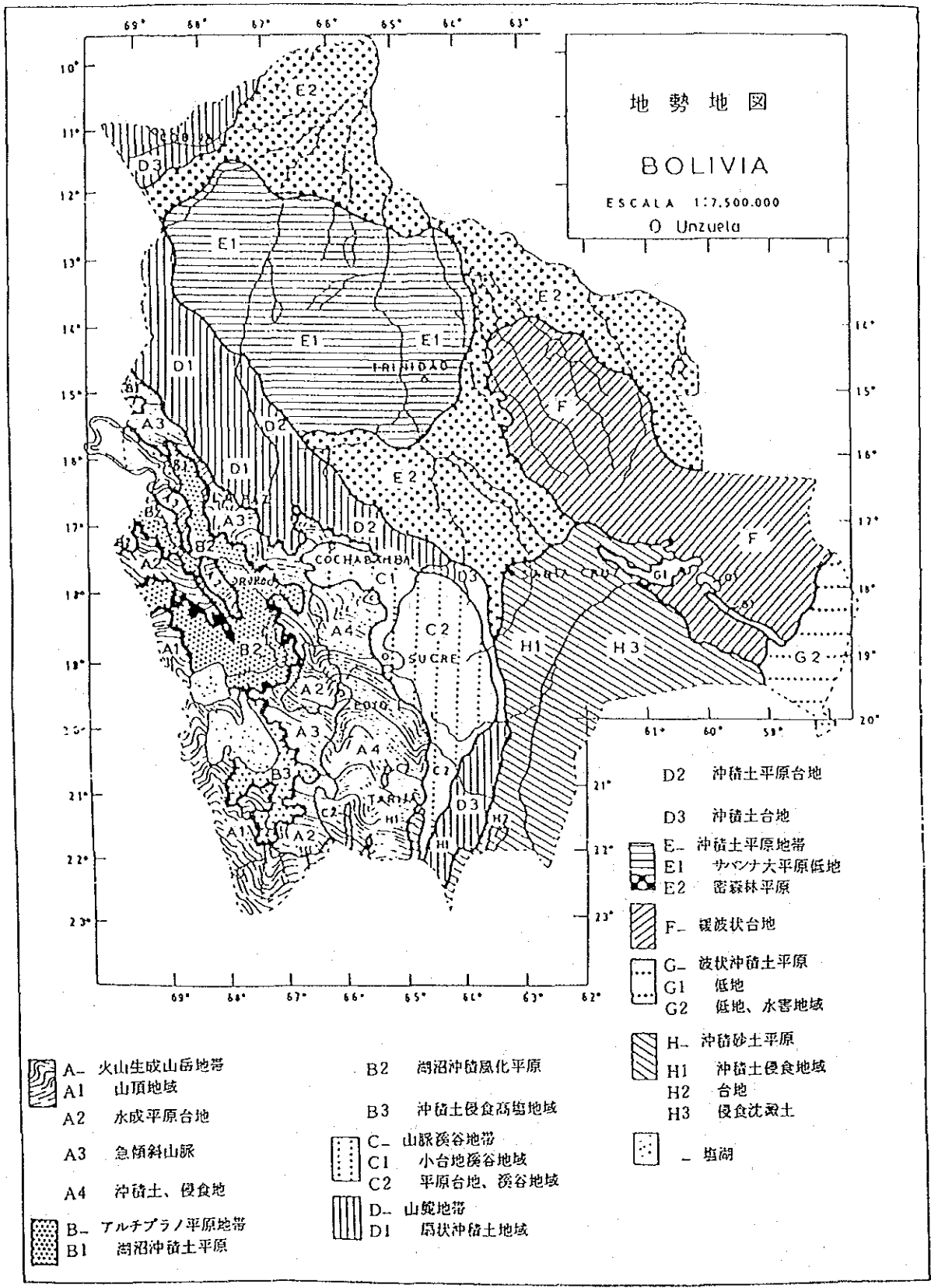


図2-5 地勢地図



【行政】

サンタクルス州には、中央政府の出先機関として、農牧、厚生、労働、内務省の出先や、電信電話局、郵便局、税務署、税関、会計検査院等の出張所、石油公団、道路公団、開発公団がある。開発公団(Corporacion Regional de Desarrollo de Santa Cruz; CORDECRUZ)は州の開発を目的とし、サンタクルス州の石油産出量(全国の55%)の内の石油代金の11%および外国からの借款等を資金として自治運営している。このため、サンタクルス州政府はあくまで行政的な役割に徹しており、開発計画は開発公団によって立案・策定され、企画調整省の指導下で実施されている。開発公団の組織は図2-6のとおりである。

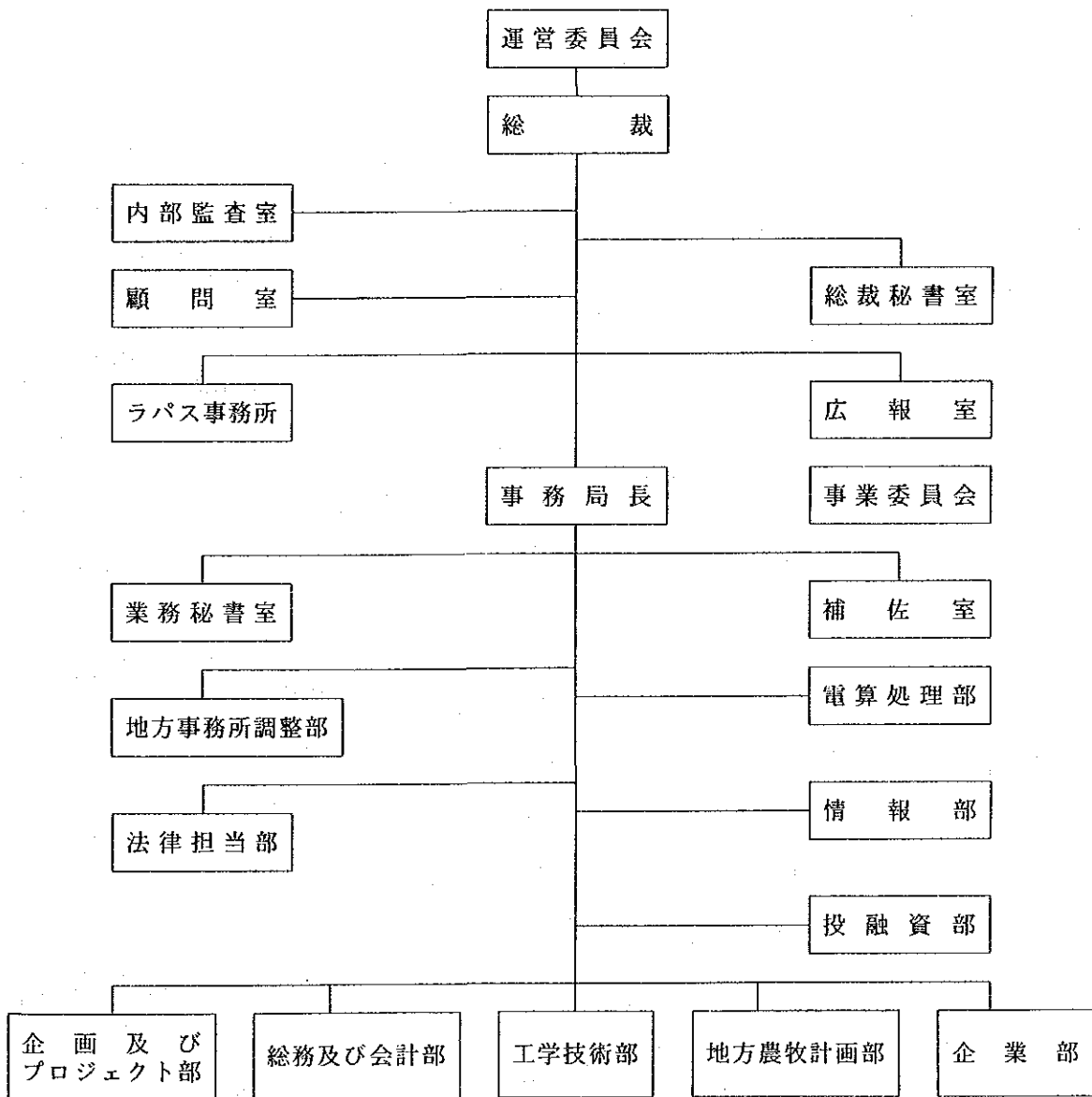


図2-6 サンタクルス開発公団組織図

## 【経済および産業】

### (1) 経 済

サンタクルスは長い間外部との交流を持たず、その生産性を永く眠らせていた。しかしながらブラジルへの鉄道（1954年）、アルゼンティンへの鉄道（1965年）の開通と州内開発による道路造成などが契機となり、1950年代より急速な発展を見せている。

近年、サンタクルス州の経済は石油、天然ガス、農牧林産等の成長が目覚ましく国内総生産への貢献度は大きいものがある。国内総生産で見ると、1978年には、20.7%だったものが、85年には24.1%、91年には29.1%と伸び、ラパス県に次いで第2位である。

なかでも石油産出量は53.5%、天然ガス産出量は46.5%を占め、大豆生産量にいたっては97.4%にも達する。

### (2) 産 業

(a) 農牧業：農牧業は規模、生産量ともに全国一で当地産業の重要な位置を占める。

主な産物は大豆、米、砂糖キビ、トウモロコシ、コーヒー、ソルゴ、小麦、ユカ等である。

牧畜は発展を続け、国内需要はもちろんのこと、1990年には肉牛は近隣国へ輸出するまでに至っている。

(b) 林 業：木材は豊富で主に輸出にあてられ、総輸出の 5.8%を占め、主要輸出国は北米、ヨーロッパ、隣接国等である。

(c) 工 業：工業は農工業が主体で、1950年から始まったこの部門は当初、直接農業と林業に関連した工場ばかりであった。（製糖工場、精米所、製材所等）70年代に入り州が発展するにつれ、変革がおこり、いろいろな分野の工場が設立されたが、依然として農工業分野が主体となっている。（製油工場、繰綿工場、牛乳加工々場、繊維工場、飼料工場等）。

(d) 石 油：全国の石油総生産量の53.5%を占め、天然ガス（46.5%）とともにサンタクルス経済の中心である。

天然ガスは現在アルゼンティンへ輸出されているが、ブラジルへの輸出交渉も進められている。

(e) 輸出産業：ボリヴィアの総輸出額（1991年度）は約7億6030万ドルであるが、その内天然ガスが1位で2億3260万ドル（27.4%）、大豆が4位で6930万ドル（9.1%）である。それぞれの品目のサンタクルスが占める生産シェアは天然ガス46.5%、大豆97.4%となっている。

## 【道路交通】

サンタクルス州の道路網は、州西部を中心に構成されており、南北方向の幹線道路としては国道9号線、東西方向に国道7号線と4号線が骨格を形成している。幹線道路以外にも、地域道路がサンタクルス・デ・ラ・シエラや、モンテローロを中心に発達しており、農産物等の輸送路となっている。

各州別での道路整備状況は、表2-12のとおりとなっているが、サンタクルス州で見ると、道路延長は全国の約15%であり、面積が全国の3分の1であることを考えると、道路密度は比較的低いが、舗装率は9%となっており全国平均より高い。これは、幹線道路と補助道路の構成比が計46%と、全国平均を大きく上回っていることによるものと思われる。しかし、道路網が発達しているのは州都周辺だけであり、特に、グランデ河より東側の広大な地域は、未開発のため、道路網もほとんど形成されていない。図2-7に州北部地域の道路網を示す。

1991年時点でのサンタクルス州の登録車両台数は、表2-10のとおりであるが、総数で全国の約23%となっている。道路延長が全国の15%であることを考えると、台数は比較的多いことがわかる。また、経年変化で見ると、全国では1978年から1992年の14年間で表2-11のように2.4倍になったのに対し、サンタクルス州での伸び率は3.9倍となっており、この地域の経済発展に伴ってモータリゼーションが進展していることが伺われる。車種別構成比では、全国値に比べて、乗用車、ジープ等の小型車の割合が多い。

表2-10 1991年の登録車両台数

	乗用車・ ジープ	トラック ・貨物車	バス	バイク	公用車	合計
全 国	110,493 (43.4%)	114,673 (45.1%)	10,898 (4.3%)	15,347 (6.0%)	2,915 (1.2%)	254,326 (100.0%)
サンタクルス	37,187 (56.0%)	25,274 (38.0%)	982 (1.5%)	3,000 (4.5%)	— —	66,443 (100.0%)

出典：Estadística Vial 1992. SNC

表2-11 登録車両の経年変化

	1978	1983	1988	1992
全 国	118,222	186,209	275,470	284,478
サンタクルス	22,402	45,318	80,430	86,451

出典：Estadística Vial 1992. SNC

表2-12 州別の道路整備状況（1992年12月現在）

単位：km

	幹線道路		補助道路		地域道路		合計		総計							
	PAV. : RIPIO : TIE : TOTAL	PAV. : RIPIO : TIE : TOTAL	PAV. : RIPIO : TIE : TOTAL	PAV. : RIPIO : TIE : TOTAL	PAV. : RIPIO : TIE : TOTAL	PAV. : RIPIO : TIE : TOTAL	PAV. : RIPIO : TIE	PAV. : RIPIO : TIE								
LA PAZ	179	448	69	696	78	451	430	959	41	2,009	2,943	4,993	298	2,908	3,442	6,648
CHUQUISACA	60	744	0	804	0	72	187	259	1	798	3,694	4,493	61	1,614	3,881	5,556
TARIJA	66	842	71	979	0	102	0	102	8	463	1,351	1,822	74	1,407	1,422	2,903
COCHABAMBA	622	93	0	715	7	123	101	231	6	1,388	1,390	2,734	635	1,554	1,491	3,680
SANTA CRUZ	578	665	587	1,830	0	675	693	1,368	56	844	2,876	3,776	634	2,184	4,156	6,974
ORURO	156	393	0	549	8	577	409	994	10	682	4,491	5,183	174	1,652	4,900	6,726
POTOSI	27	471	0	498	0	323	309	632	1	343	4,662	5,006	28	1,137	4,971	6,136
TUPIZA	0	0	0	0	1	474	0	475	0	504	2,761	3,265	1	978	2,761	3,740
BENI	34	853	433	1,320	1	232	444	677	2	433	476	911	37	1,518	1,353	2,908
PANDO	2	33	150	185	0	128	131	259	0	57	539	596	2	218	820	1,040
合計	1,724	4,542	1,310	7,576	95	3,175	2,704	5,956	125	7,471	25,183	32,779	1,944	15,170	29,197	46,331
総計				7,576				5,956				32,779				46,311

PAV. : 舗装道、RIPIO : 砂利道、TIE : 土道

出典 : Estadística Vial 1992. SNC



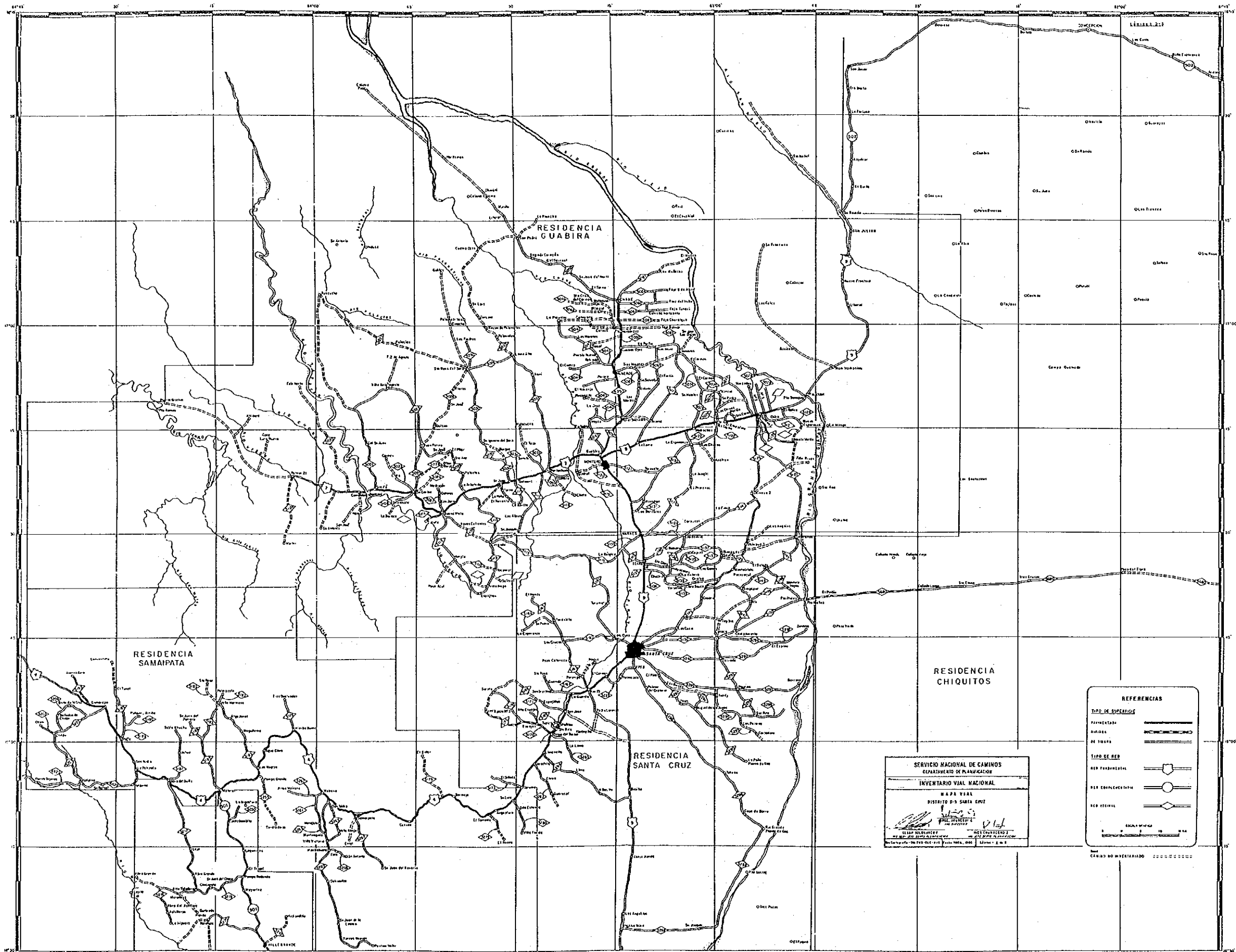


図2-7 サンタクルス州北部の道路網







## 2-4 計画地の自然条件

### 【地形・植生】

国道9号線の南部地域（上流）は、地形勾配が約200分の1から約1200分の1であり、全体的に南西部から北東部に向けて勾配がついている。

本国道の北部地域（下流）は、南部（上流）地域よりも全体的に緩勾配である。

1969年編集の1/50,000地形図によるとサンタクルス州北部地域は森林面積も多く、未開発地が相当残されていたと推察されるが、本案件に係わるプロジェクト形成調査団が収集した作付け資料および同団のセスナ機による空からの調査によれば、サンタクルス市北側、国道9号線周辺、ピライ河流域のサンペドロ付近までの地域およびサンフアン移住地周辺地域における森林面積が全体の約2割までに開発が進んでいることが確認できたとしている。このように近年急速に開発が進んでいるが、現在その開発がどれほど進んでいるかを数値的に把握する資料はない。

### 【地質】

計画地一帯はリオ・グランデ河の沖積地帯で、埴土、埴壤土、壤土、砂壤土から成る。事前調査に先立ち、ボリビア側が17か所でボーリング調査を行っており、その位置および結果は資料5にまとめた。

### 【気象】

サンタクルス州は、乾期雨期を持つ亜熱帯気候地域に位置する。乾期は4月から10月まで、雨期は11月から3月までである。

1945年から1992年までの期間の平均月別の主要気象データ（観測所：サンタクルス市、飛行場、Aeropuerto Trompillo、南緯17度47分、西経63度10分）は表2-13のとおりである。

表2-13からわかるように、年平均気温は24.3℃であり、7月に最低平均気温を示し、11月に最高平均気温を示している。

年間降雨量は、711mm～2,243mmと動の幅が大きいことがわかる。年間平均降雨量は約1,310mmであり、11月から3月にかけての雨期に集中する。乾期における平均降雨量は、約40mmから約110mmであるが、最低降雨量の欄に示したように無雨量の月もある。

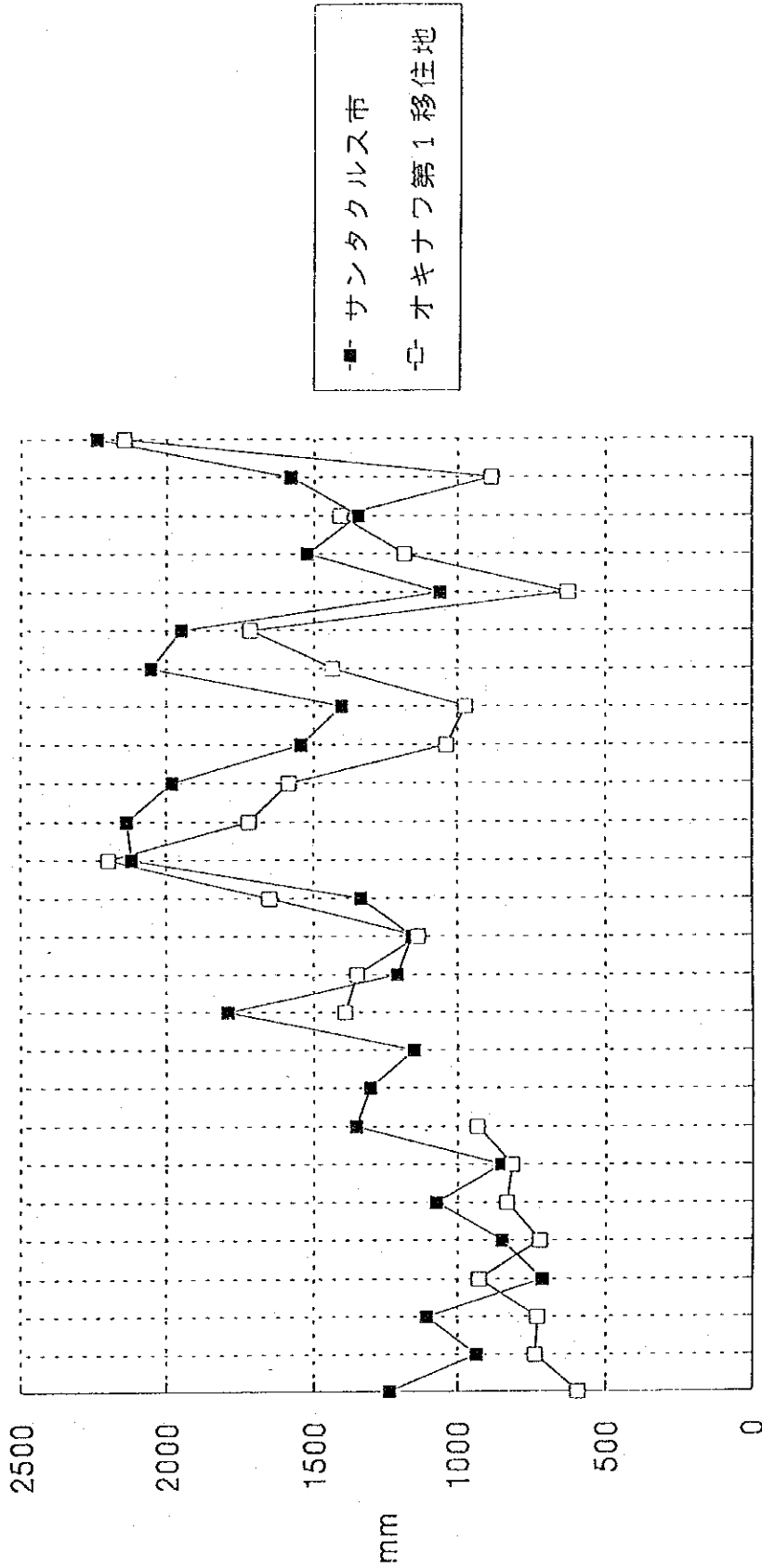
表2-13 気象関係データ

事 項	平均降雨量	最高降雨量	最低降雨量	平均温度	平均湿度
月 別					
1月	189.7	609.0	41.1	26.4	75
2月	139.9	450.4	23.1	26.3	75
3月	126.0	301.5	7.9	25.8	75
4月	108.2	412.5	4.0	24.2	74
5月	91.8	362.5	5.0	22.0	76
6月	76.9	233.3	0.0	20.3	76
7月	59.4	205.8	0.2	20.2	69
8月	43.0	215.4	0.0	22.6	61
9月	69.9	245.4	0.0	24.5	60
10月	100.3	329.6	11.0	26.0	64
11月	129.7	291.6	24.0	26.8	67
12月	177.2	390.0	50.1	26.7	71
年平均/合計	1,312.0	2,243.8(*)	711(*)	24.3	70

備考) -単位: 降雨量 (mm)、気温 (°C)、湿度 (%)

-(\*)最高、最低降雨量の合計値は、表に示す各月の単純合計値ではなく過去におけるそれぞれの最高(1992年)、最低(1970年)降雨量が発生した年の値である。

図2-8に1967年から1992年までのサンタクルス市(飛行場、Aeropuerto Trompillo)とオキナワ第1移住地域で観測された年間降雨量の推移を示す。その表に示されるように年間降雨量の変化は大きいことがわかる。



6768697071727374757677787980818283848586878889909192  
 年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年年

図2-8 年間降雨量の推移

## 2-5 ボリヴィア国橋梁建設技術の概況

現地での確認によれば、ボリヴィア国の橋梁設計基準はアメリカのAASHTO STANDARD SPECIFICATIONSとA. S. T. M.（アメリカ材料試験協会規格）に準拠しており、同国独自の基準等はない。

また、同国橋梁技術者の技術能力は、ある程度のレベルに達している者もあるようだが、設計や施工監理はブラジルなどの外国コンサルタントに外注しているというのが実状である。

鋼橋の分野では自国内に製鉄所も、鋼橋専門業者もないので、ブラジルその他の技術に依存しているというのが実状で、鋼橋の数は少ないようである。

その点、PC橋については、PC橋専門業者はないようだが、以下にあげる、シーマ、アルファ、インダサ、バルトス、インヘルメコなどといった建設会社が外国のコンサルタントと協力して対応しているという状況である。現地には、プレキャストのPCポステン桁型式の施工例が多く見られる。これは乾期の間に限られた施工機械で、施工を行わなければならないという面で、現場打ち型式に比べ有利であるという理由からのようである。

国全体の道路の維持管理については、道路公団の内部に維持管理部門はあるが、予算不足や人員の不足に加えて、日常的に保守を行うという慣習もないので、橋梁や道路を組織的に管理、点検したり、定期的に塗装の塗替えなどによって鋼橋を維持補修する作業は殆んど行われていない。これも、鋼橋があまり採用されていない理由の一つである。総体的に品質管理・維持管理といった概念が低いようである。

表2-14 建設会社リスト

	会社名	専門分野	技術職員	保有機器
大手ゼネコン	ALFA	橋梁、舗装 一般土木	技術士 現場監督 重機運転手	トラクター モーターグレーダー ショベルカー ダンプカー
	CIMA	橋梁、舗装 一般土木	技術士 土質専門家 測量士 現場監督	トラクター モーターグレーダー ダンプカー 実験設備
	INDASA	土地造成 一般土木	技術士 測量士 重機運転手	トラクター モーターグレーダー ショベルカー ダンプカー
	INGELMECO	土地造成 舗装 一般土木	技術士 測量士 研究職 重機運転手	トラクター モーターグレーダー ショベルカー ダンプカー
	VELKO	骨材製造 土地造成	技術士 測量士 研究職 重機運転手	クラッシャー トラクター ショベルカー ダンプカー
	BARTOS	橋梁、舗装 一般土木	技術士 測量士 研究職 重機運転手	トラクター モーターグレーダー ショベルカー ダンプカー 特殊機械
中堅企業	NUPRA	基礎杭施工 現場打ち杭	技術士 測量士 重機運転手	掘削機 杭打ち機
	ACAI	一般土木 土地造成	技術士 測量士 重機運転手	トラクター ショベルカー ダンプカー
	COSUMA	一般土木 土地造成	技術士 測量士 重機運転手	トラクター ダンプカー ショベルカー
	M. C. I.	一般土木 中規模工事 小規模橋梁	技術士 測量士 特殊技能者	中規模工事機器
※資本金、従業員数、受注金額等から道路公団が総合的に大手ゼネコン、中堅企業と判定している。				

### 第3章 要請内容の確認と検討

#### 3-1 要請の内容

1993年2月に派遣されたプロジェクト形成調査団が確認した要請では、表3-1のとおり8か所の橋梁建設であった。しかし、前述したとおり、対象地域では河川管理がされていないのと、雨期のみ流水する中小河川がいくつも存在していること、さらに近年の気候変動により降雨量の変化が著しいことから、道路公団が再度現地オキナワ移住地の関係者の立ち会いのもと橋梁地点の現地調査を行った。その結果、橋梁の総延長315mは変えずに、橋梁地点が表3-2のとおり7地点に変更され、橋台保護のための計570mの水制工の設置と、排水のための計41,000m<sup>3</sup>の掘削を含む要請書が1993年8月に提出された。各橋梁地点の距離は、要請書ではサンタクルスからの距離で示されていたが、現地ではグアビラからの距離が用いられていたため、表3-2ではその指標も併せて表示する。

変更内容は大別すると、表3-3のとおり削除、位置の変更、橋長の変更に分かれ、Las Chacrasや El Empalme II は1km程度位置が移動し、グアビラ寄りのLas MarasやEl Toroでは橋長が延長され、逆にオキナワ寄りのPailonの橋長が削られた。また、Chaneについては現橋の状態が比較的良好のため、要請から削除された。全体的に見ると、2月時点の要請では、Pailonでかなりの通水断面を確保していたものが、8月の要請で7橋梁に分散されたことが伺える。

各橋梁計画の詳細および建設予定地点の概要については3-2で詳しく述べている。

表3-1 1992年2月時点の要請内容

名 称	位 置	現 況	要請橋長
Las Chacras	67+550	暗渠	25m
Las Maras	69+200	暗渠	30m
El Toro	73+400	28m橋梁	30m
Chane	76+194	28m橋梁	30m
Rancho Chico	87+250	なし	25m
km 88+5280	88+5280	なし	25m
km 89+550	89+550	なし	50m
Pailon	90+020	30m橋梁	100m

表3-2 1993年8月に要請された橋梁の概要

名 称	位置		橋長	水制工	掘削量 (面積)
	(A)	(B)			
Las Chacras	66+550	12+940	30m	85m	1500m <sup>2</sup> (600m <sup>2</sup> )
Las Maras	68+700	15+090	60m	95m	9000m <sup>2</sup> (3000m <sup>2</sup> )
El Toro	73+410	19+800	50m	90m	7500m <sup>2</sup> (2500m <sup>2</sup> )
El Empalme II	85+700	32+090	40m	90m	4000m <sup>2</sup> (2000m <sup>2</sup> )
km 88+500	88+500	34+890	25m	70m	5000m <sup>2</sup> (2500m <sup>2</sup> )
Rancho Chico II	89+650	36+040	50m	70m	6000m <sup>2</sup> (2500m <sup>2</sup> )
Pailon	90+030	36+420	60m	70m	8000m <sup>2</sup> (4000m <sup>2</sup> )
総 量			315m	570m	41000m <sup>2</sup> (17100m <sup>2</sup> )

(A) はサンタクルスからの距離

(B) はグアビラからの距離

表3-3 要請内容の対比

名 称	1993年2月の要請		1993年8月の要請	
	位置	橋長	位置	橋長
Las Chacras	67+550	25m	66+550	30m
Las Maras	69+200	30m	68+700	60m
El Toro	73+400	30m	73+410	50m
Chane	76+194	30m	削除	削除
El Empalme II	—	—	85+700	40m
Rancho Chico	87+250	25m	—	—
km 88+5280	88+5280	25m	88+500	25m
km 89+500	89+550	50m	89+650	50m
(R. Chico II)				
Pailon	90+020	100m	90+030	60m

### 3-2 要請地点の現況

現地はグアビラとオキナワを結ぶ約45kmの国道9号線上にあり、既設橋梁の架け替えは2橋、既設パイプカルバートから橋梁への変更新設が5橋である。現地の状況は、広大で平坦な地形であって、トロ、パイロンの2河川の横断地点以外の架橋計画地点は、涸れ川で湿地帯といった現況である。

グアビラーオキナワ間の現在の道路は、幅員9.1mであるが、用地幅としては100mが確保されている。1970年代に舗装されたが、その後の維持補修が不十分なために、既設の舗装はほとんど残っていない。通行車両は穴ぼこをよけながら走行している。

またこの道路は、降雨による流量の増加に十分対応できるだけの通水断面を路体に持っていない。現状のコルゲートパイプによる横断水路は、径が小さかったり、落ち葉や草、堆積物によって菅が塞がれたりしており、さらに、この9号線の両側に広がる大規模牧場や農場によって、雨水の自然流下が阻害され、道路の上流側に水が滞りがち、つまり平常的に一種のダムアップ状態が起こりがちである。こうした状況下で、出水時に、人工的な排水路が路面に作られ、これが路体を大きく損傷している。

今回の調査では、後半の雨が降ったものの、雨量はさほど多くなかったため、洪水時の水量については、現地の洪水痕跡や洪水時の写真から推測せざるを得なかった。

各地点の現況については、以下に述べるとおりである。



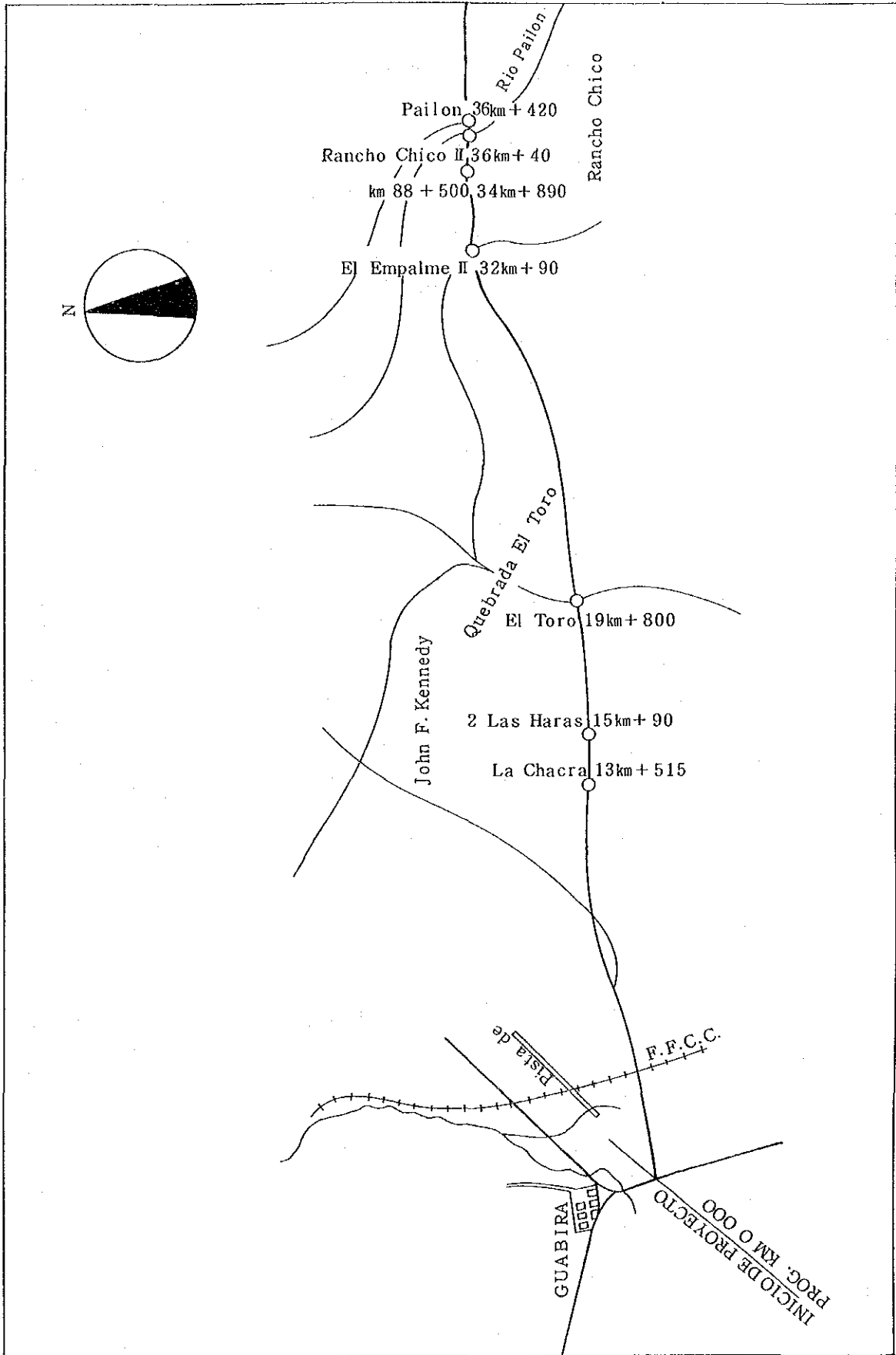


图3-1 桥梁预定地点位置图

1) Las Chacras

要請地点付近は、湿地帯で灌木が散見されるような状態の所で、12km+940m に内径1.2mのコレゲートパイプが入っていたが、呑み口、吐き口に保護工作物が無かったの  
 で1992年の洪水時に損傷し、下流側は深掘れして池になっている。現在、流水は見られ  
 ないものの、要請地点から約500m程オキナワ寄りに滞筋があって、洪水後に、内径1.5  
 mのコレゲートパイプが3本13km+515m地点に設置されている。このことから洪水時  
 の本流はこちらであると判断して、現地でボリヴィア側の立会のもと、架橋地点は上記  
 13km+515m地点が妥当と確認した。

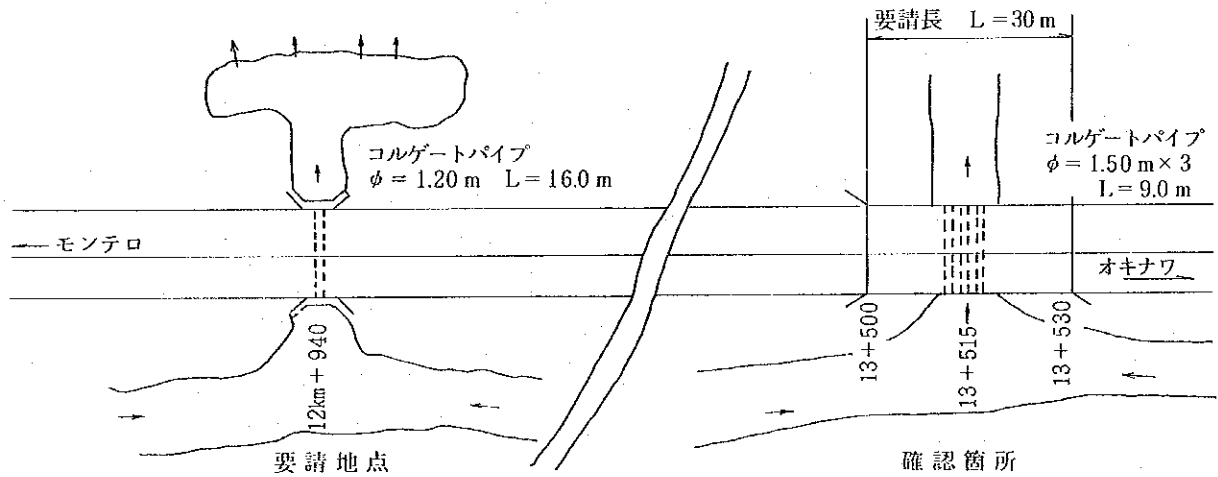


図3-2 (1) 平面図

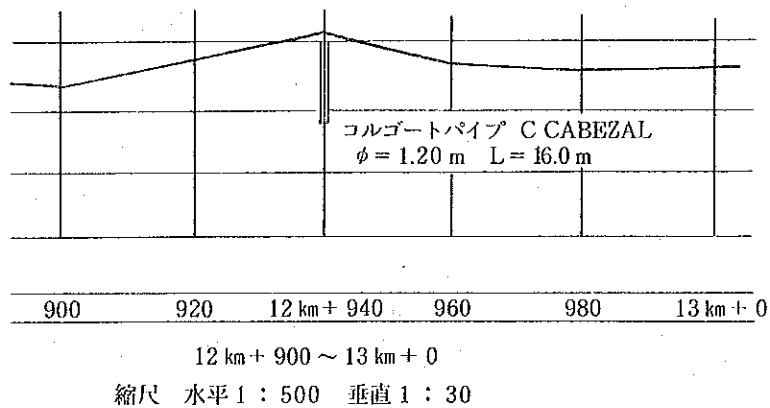


図3-3 (1) 縦断面図

## 2) Las Maras

現状は、湿地帯に3.0m×2.0mのボックスカルバートが2連設置されているが、呑み口、吐き口の保護工作物がなかったため、洪水時に下流時は洗掘されて池になっている。上流側も洪水時の通水能力不十分のため滞水によると思われる水溜まりができています。道路も路体が削られて崩壊し、現在土砂で応急復旧されて交通に供用されている。洪水痕跡が路面から1m程の所に見られた。この箇所は通年流水があるものと見られ、水も澄んでいるので、地元民が洗濯などに利用している。

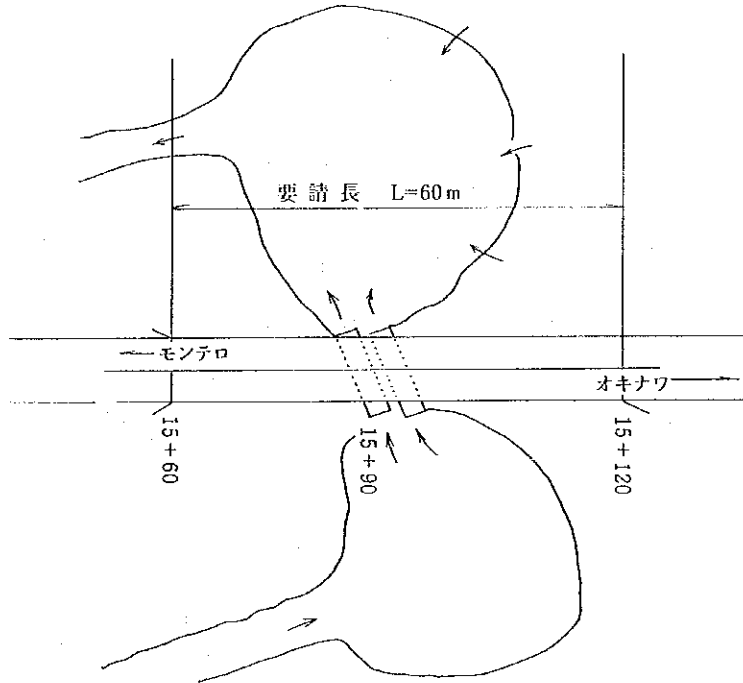
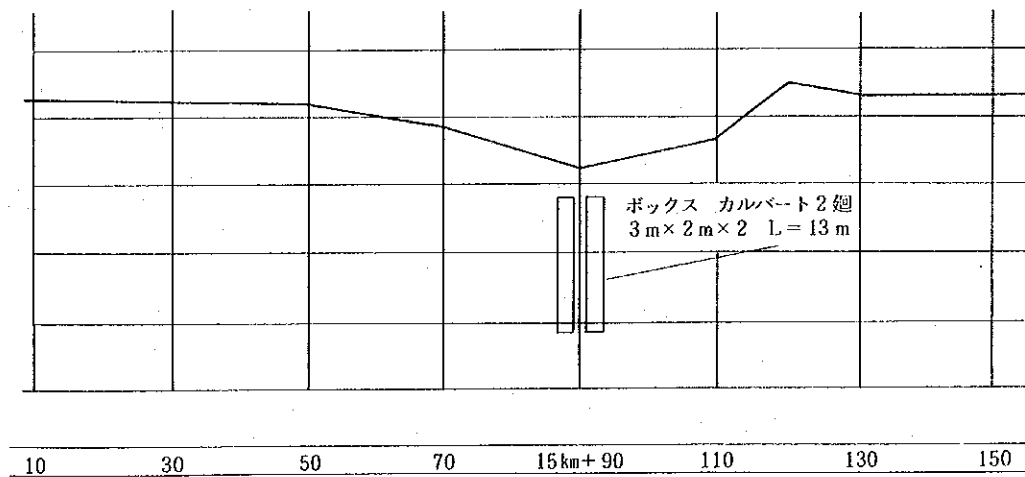


図3-2 (2) 平面図



15 km + 10 ~ 15 km + 170

縮尺 水平 1 : 500 垂直 1 : 50

図3-3 (2) 縦断面図

### 3) El Toro

現状は、川幅5～6mで流水のある所に、幅員7.0m、橋長17.0mのPCポステン桁橋が架かっている。通水断面不足のため、洪水時に橋の上流側で流水が左右に膨らんで滞水した跡が見られる。橋台周囲の保護工作物の欠如のために洪水時に、橋台背後が洗掘されていて、右岸側橋台の踏み掛け板部分は、現在支持梁によって仮り受けという危険な状態にある。橋梁上下流の河川の護岸工作物も欠如している。

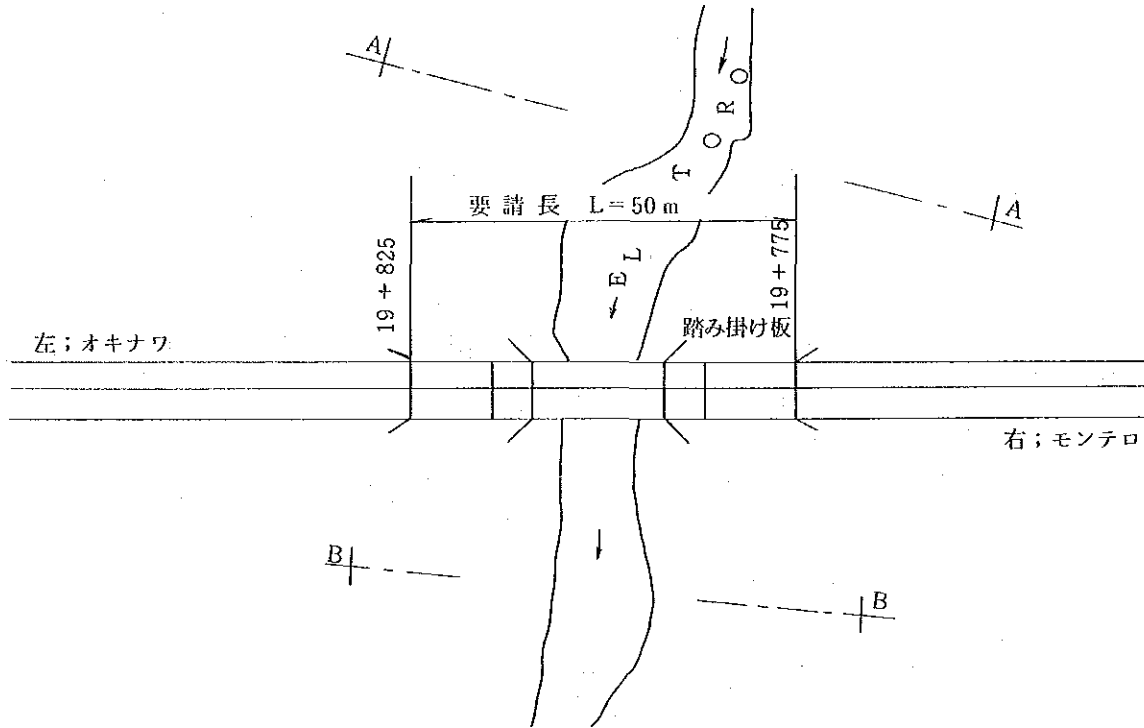
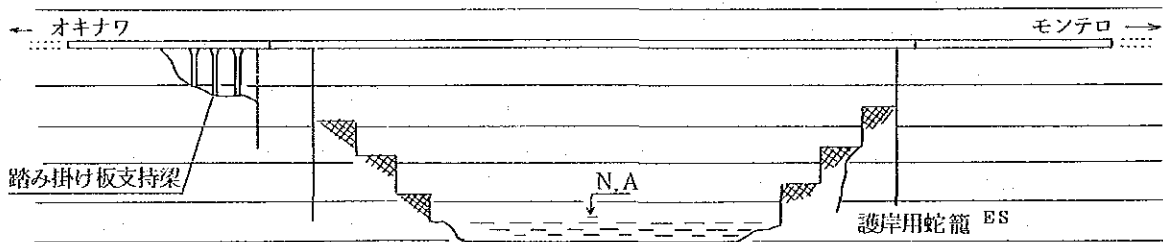


図3-2 (3) 平面図



19 km + 788.5 ~ 19 km + 811.5

縮尺 水平 1 : 500 垂直 1 : 50

図3-3 (3) 縦断図

#### 4) EL Empalme II

現状は、内径1.2mのコルゲートパイプ4本からなるカルバートが湿地帯に設置されているが、呑み口、吐き口共に保護工作物が欠如しているため、洪水時に下流部が洗掘され、また上流部には、通水断面不足のため滞流が発生し、道路も崩壊して、土砂で応急復旧が施されて交通に供されている。現地調査の際、要請地点を示す表示版が現在コルゲートパイプのある地点より30mモンテロよりの地点に立っていたが、現地で検討の結果、橋梁建設地点は現在コルゲートパイプのある地点と確認した。

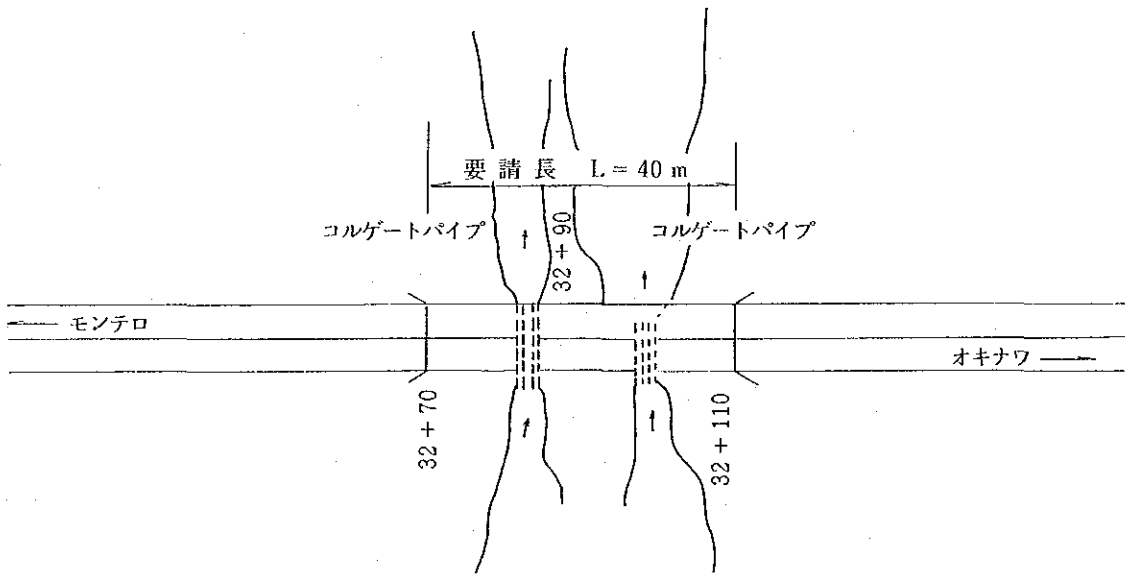
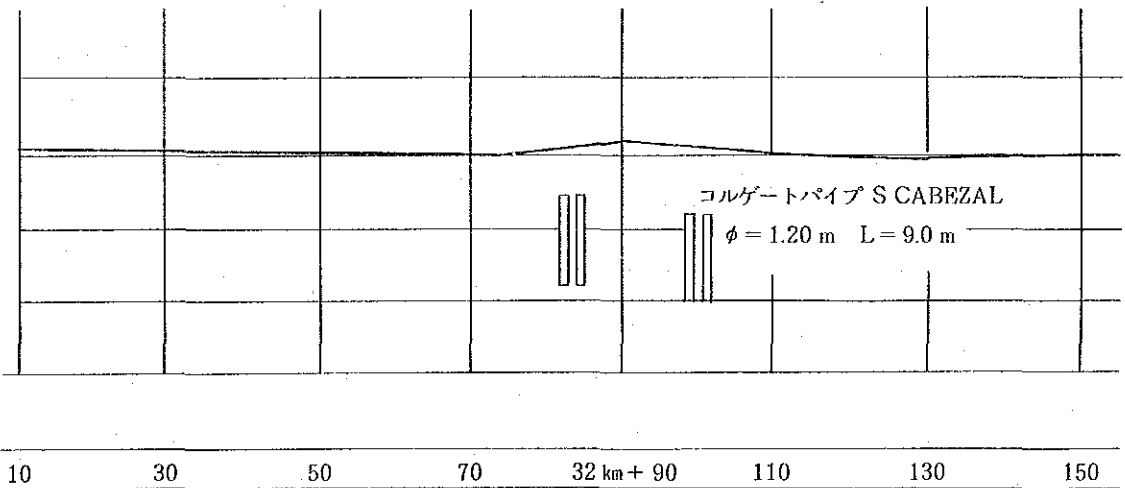


図3-2 (4) 平面図



32 km + 10 ~ 32 km + 150  
縮尺 水平 1 : 500 垂直 1 : 50

図3-3 (4) 縦断面図

5) 無名 (88km+500m)

現状は、断面2.5m×2.5m、延長9mのボックスカルバートが34km+920m地点に設置されていて、これは呑み口、吐き口共に翼壁で保護されているが、上下流に沿っての護岸工作物の欠如とカルバートの延長不足のために、洪水時に下流側が深掘され、深さ2m程の水溜まりができています。また、通水断面の不足のせいで、洪水時には上流側の湿地帯に滞流が発生し、地盤と地形のせいで、モンテロへ約30m寄った地点、34km+890m付近で洪水時に溢流があった。

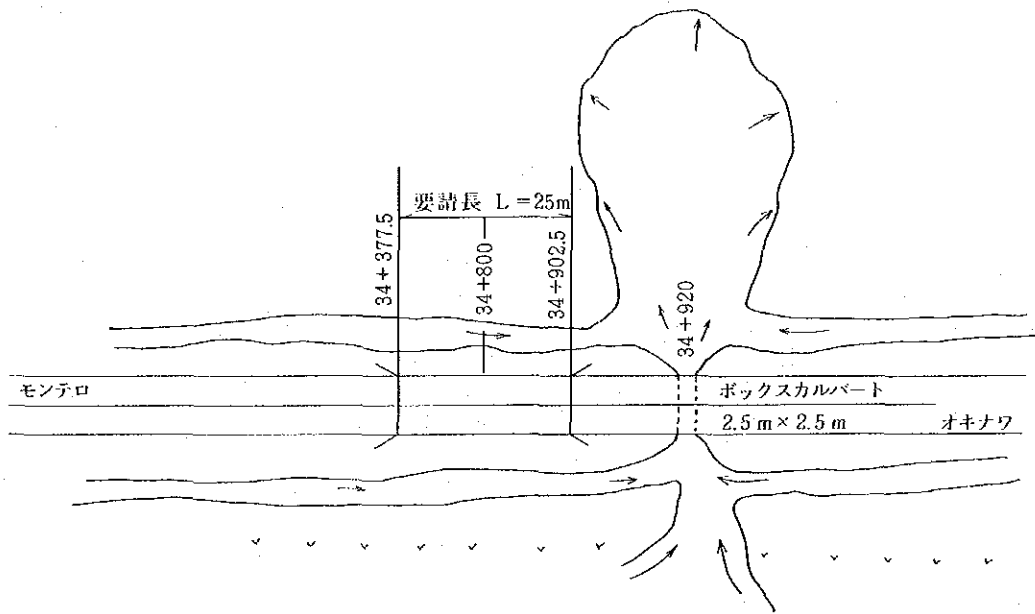


図3-2 (5) 平面図

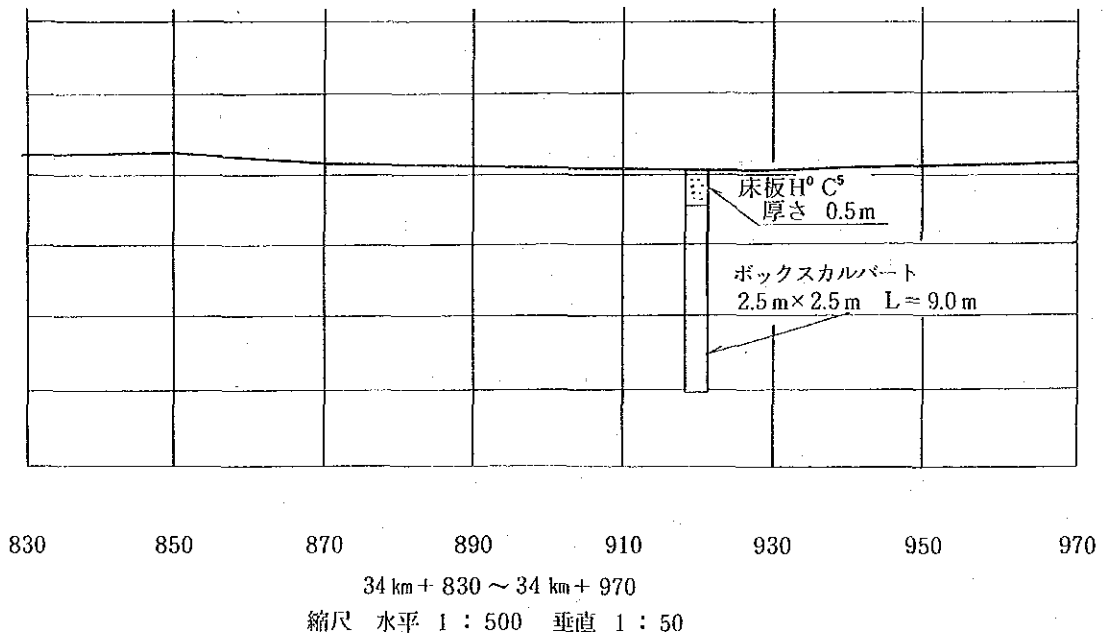


図3-3 (5) 縦断図

6) Rancho Chico II

現状は、内径1.2mのコルゲートパイプ2本からなるカルバートが設置されているが、呑み口、吐き口共に保護工作物が欠如している。洪水時に、地形上上流側に水が集まってこの部分で約1mの溢流があったために道路が損壊され、盛り土で仮復旧されて交通に供用されているのが現状である。下流側にはその時洗掘された池が残っており、上流側にも、水溜まりに跡が見られる。

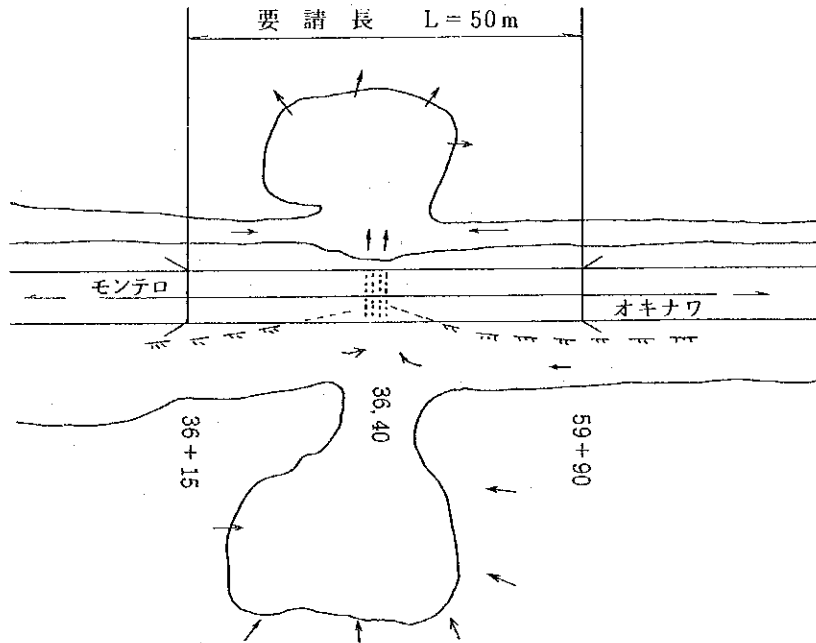
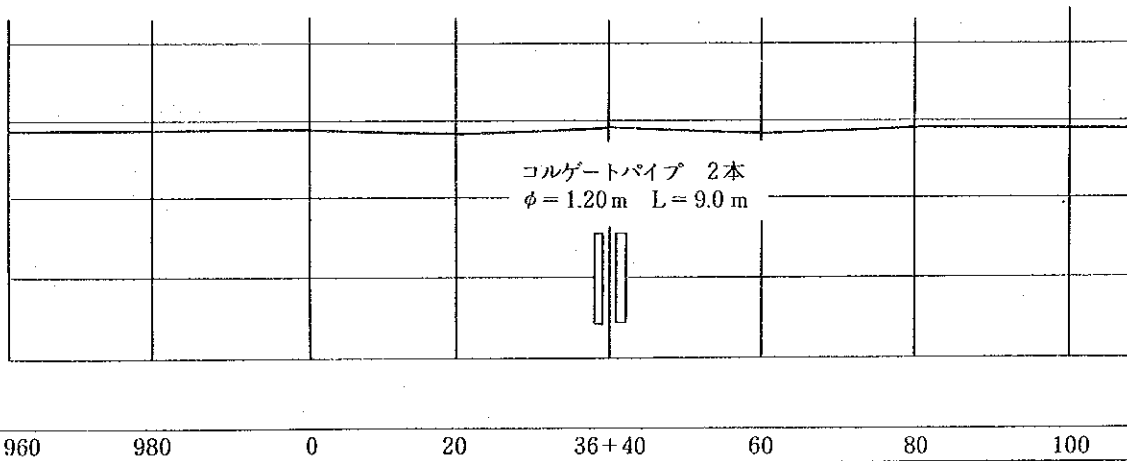


図3-2 (6) 平面図



35 km + 960 ~ 36 km + 120

縮尺 水平 1 : 500 垂直 1 : 50

図3-3 (6) 縦断図

7) Pailon

現状は、幅員7.0m、橋長30.0mのPCポステン桁橋が川幅20m程のはパイロン川に架かっている。橋台周囲の護岸が不十分なため、洪水時に、橋台の背後が洗掘されて、基礎杭が約1.5mの長さに露出し、かつ傾いて、左岸橋台踏み掛け板付近では不等沈下も見られ、上部溝も沈下し、危険な状態にある。現場では、現在上部溝のジャッキアップを応急工事として実施中である。橋梁上下流の河川の護岸も不十分である。パイロン橋の現状は以上の通り通行不能であり、下流側に仮橋と迂回道路を設置して通行を確保している状況である。

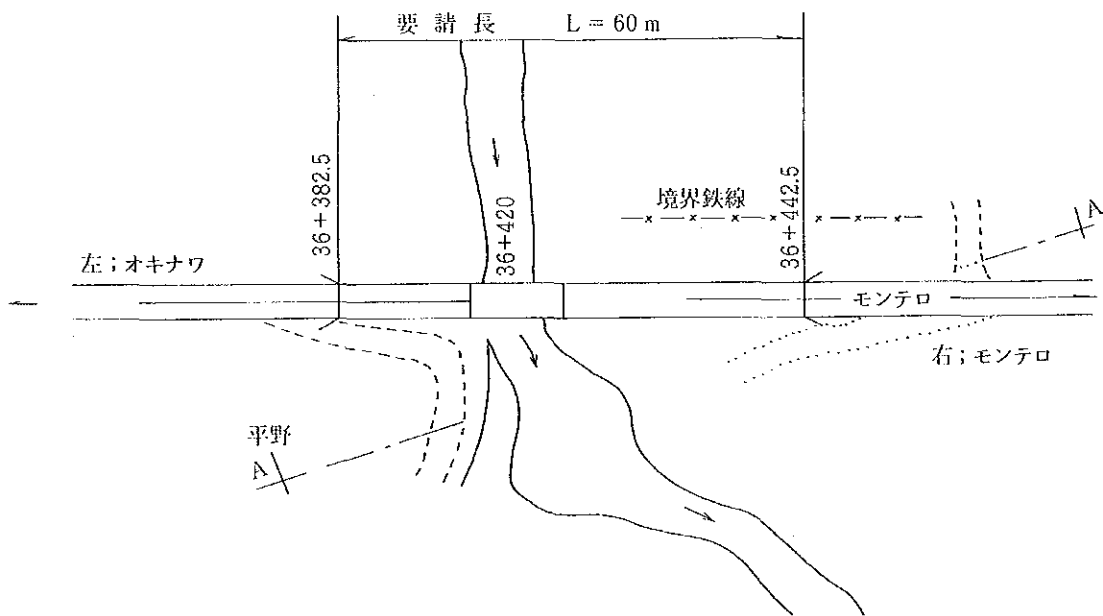
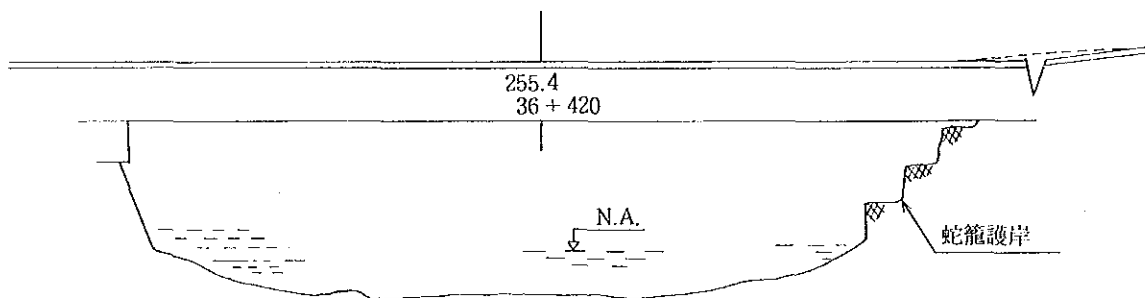


図3-2 (7) 平面図



36 km + 400 ~ 36 km + 440

縮尺 水平 1 : 200 垂直 1 : 100

図3-3 (7) 縦断面図





要請地点の平成5年8月の風景。水は流れていなかった。



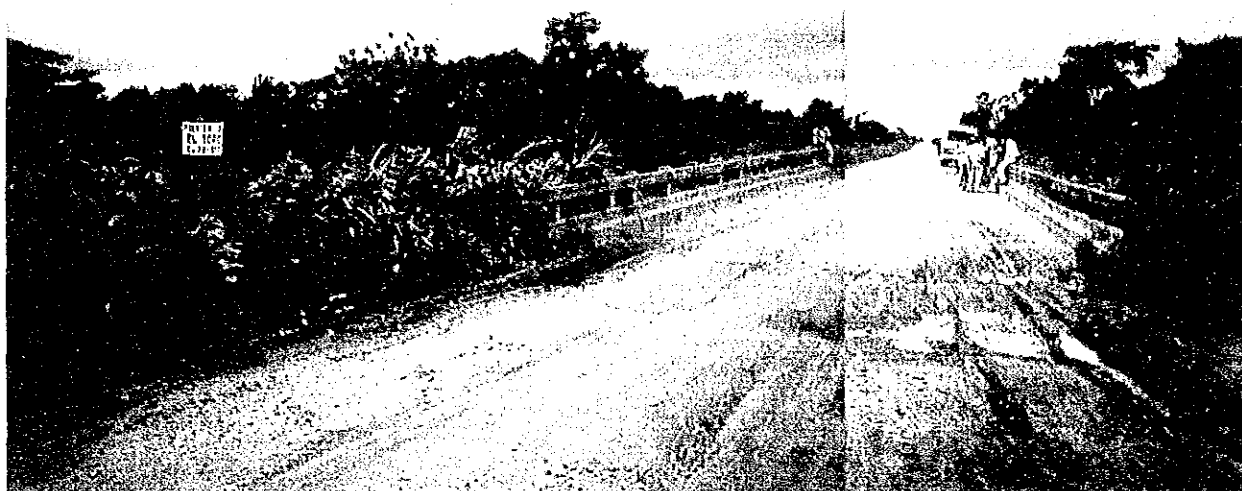
確認地点。このような小川がある。



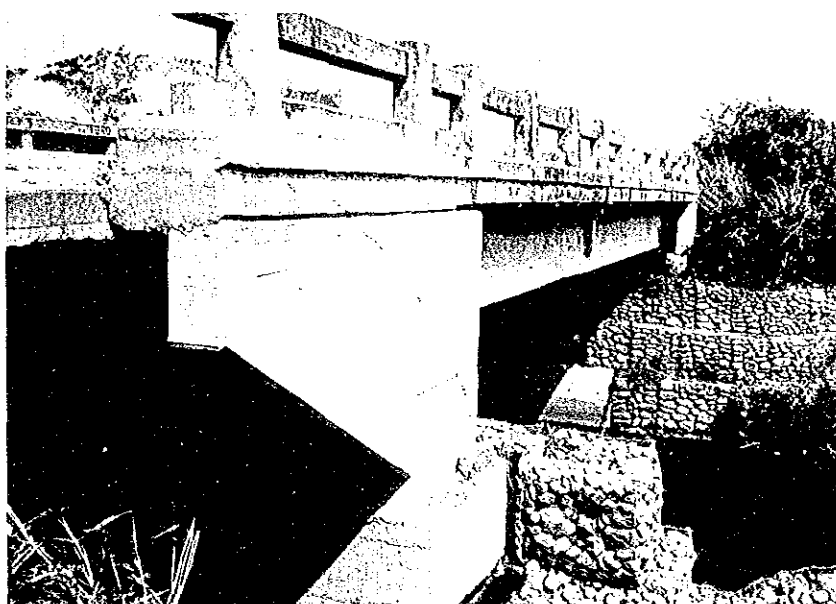


コルゲートパイプがある部分は道幅がせまく、くぼんでいる。





洪水時に橋台の裏側が洗掘された。



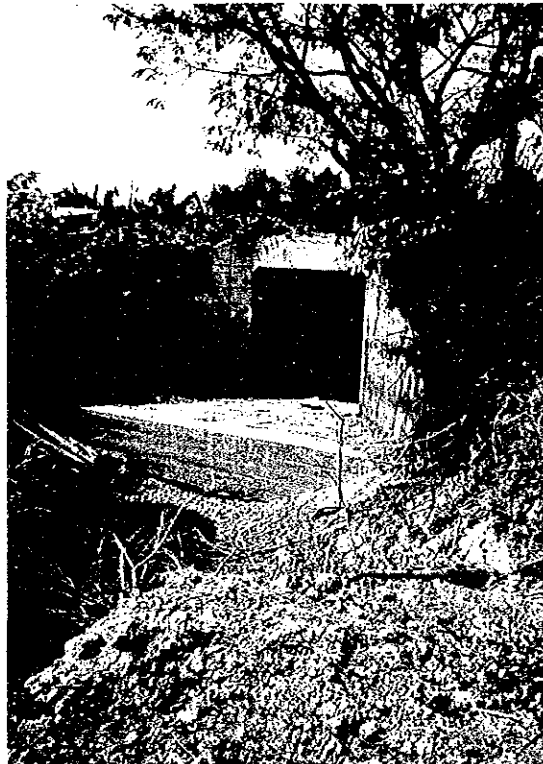


要請地点



確認地点

無名 (88 + 500 km)

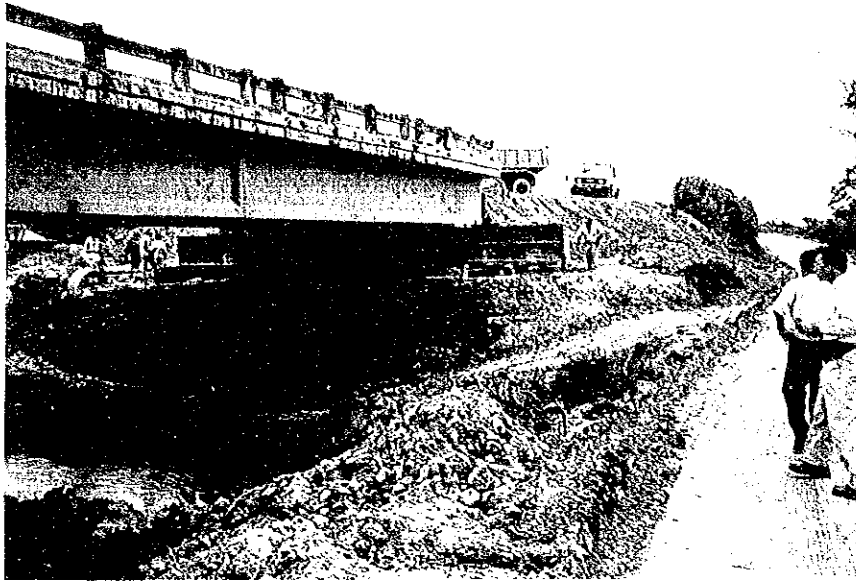


120mほど横のボックスカルバート

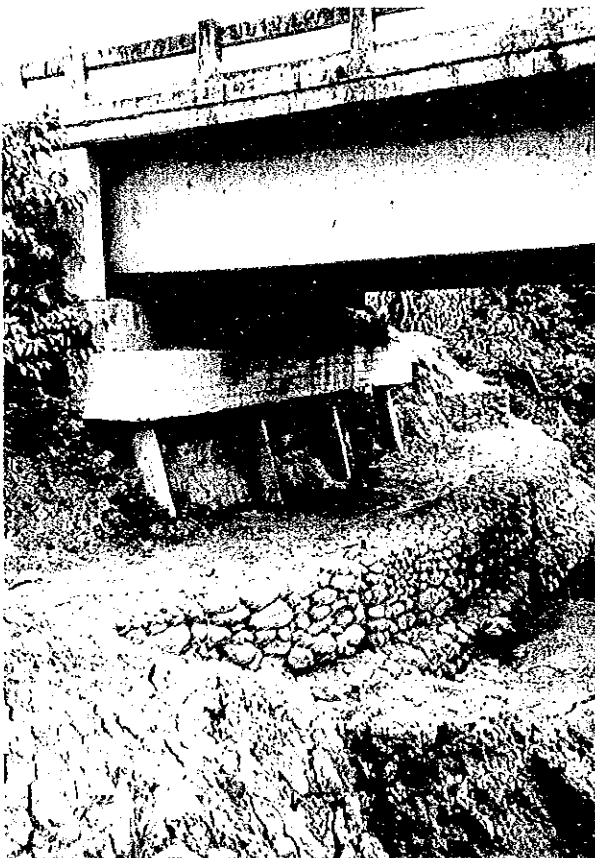
Rancho Chico II



Pailon



右側が現在使われている仮設道路







### 3-3 協議内容

今回の橋梁建設計画対象道路である国道9号線は、サンタクルス州の北東部に位置する。本国道は、農業生産地（オキナワ移住地等）と近郊の都市を結ぶ主要幹線である。排水面から国道9号線周辺地域を促えてみると、本国道南部（上流部）の排水対象地域は、サンタクルス市とグアピラを結ぶ国道とパイロン河流域および本国道に囲まれた所（一部Warnesの西方にチャネ河流域も含む）であると概定できる（ピライ河流域総合開発マスタープラン報告書による、図3-4参照）。

本国道、南部（上流部）地域における開発に伴い、降雨時の流出率が高まるとともに洪水到達時間が短くなり、結果的には本国道に集まる洪水時のピーク流量が過去に比べると増加している。しかしながら、道路横断排水構造物（橋梁、コルゲートパイプ、ボックスカルバート）の箇所数およびその通水断面積は洪水時のピーク流量を流下させるだけの規模とはなっていない。

よって現地側の説明によると10年に1回程度の頻度の洪水の際には、国道9号線が堰堤化し道路南部（上流）地域が広範囲にわたって湛水するとともに、道路自体も冠水し交通遮断の状態となるとのことである。

そのような状態を改善し通年交通を確保するため、7つの橋梁の新設、改修による通水断面の増大を望む要請がなされた次第である。

このため、ボリヴィア政府から提出された要請書および調査団側から事前に提出しておいた質問状をもとに排水計画を中心として協議が行われた。その協議の要約は下記のとおりである。

#### 質問事項 1

橋梁建設計画地点の選定根拠、特に現在、橋梁が無い箇所の選定理由。

（返答）経験上、水が集まりやすい所、および過去の洪水期において下流部へ水を流すために道路のカットを行った所を橋梁建設地点として選定した。すなわち、理論的な根拠に基づいて計画地点を選定したわけではない。

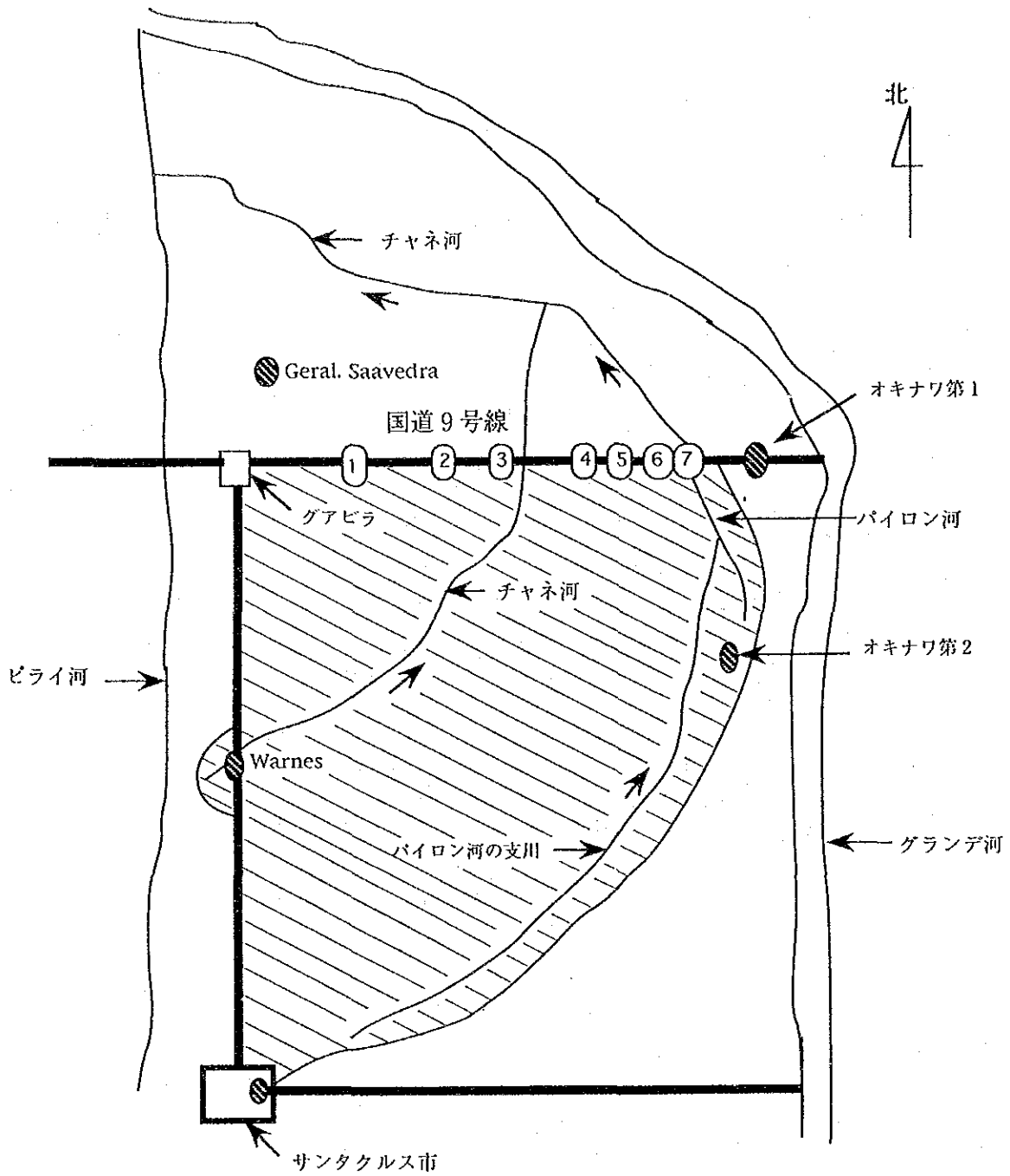
#### 質問事項 2

国道9号線を挟んだ上下流地域のできるだけ詳細な地形図の提出。

橋梁計画地点を地形図上で示すこと。

（返答）できるだけ詳細で最新の地形図の提出を求めたが、入手できた地形図は、1969年編集の5万分の1のものである。

その当時（1969年）と比較すると現在は対象地区内の土地利用等も相当の変化



排水対象面積 (約1370km<sup>2</sup>)



気象観測所



橋梁建設計画地点

図3-4 計画対象地域模式図

が見られると思われるので、基本設計時にはその点を充分考慮のうえ、作業を行う必要がある。

計画橋梁地点の距離がサンタクルス市を始点としたものとグアピラを始点としたものがあり混同していたが、今回、現地踏査を含めてグアピラを始点とした距離での確認ができた。ただし、距離の測定法が非常に雑であり、基本設計時には、再度、表示距離の確認を行う必要がある。

### 質問事項 3

橋梁建設予定地点上下流（特に現況で橋梁、暗渠もない地点）における排水路建設の有無の確認。

（返答）ボリヴィア政府側の説明によると、排水路の建設は考えないとのこと。調査団の方から、排水路無しの橋梁建設に伴って予想される橋梁建設地点近傍地区で生じる被害（農地の侵食等）に対する措置につき、ボリヴィア政府側の考えを問いただした。それに対してボリヴィア側は、橋梁建設前に建設地点近傍住民に対して説明をするとともに承諾を得るようにするとの説明があった。また、橋梁建設後に生じる問題に対しての責任はサンタクルス開発公社と道路局が負うとのことである。（詳細に関しては、ボリヴィア側から提出された文書－資料4－を参照）。

### 質問事項 4

橋梁建設地点ごとの排水（流域）面積および排水量算定のバックデータの提出（要請書、5. DATOS HIDROLOGICOSの箇所）。

要請書に記載されている各橋梁建設計画地点における計画排水量の計算は、橋梁建設計画地点のみの局地（ミクロ）部分を促えたものであり、計画橋梁のスパン、高さの設定根拠にはなり得ない。また、計画排水量の算定に使用されている流速は全て10m/秒となっているが、その根拠が不明。

（返答）要請書に記載されている各橋梁建設計画地点における計画排水量の計算は、橋梁建設計画地点のみの局地（ミクロ）部分を促えたものである。また、流速10m/秒は、推定であるとのことであった。各計画橋梁のスパン、水深も理論的根拠があるわけではなく、推定によるものである。スパンに関しては、経験上、総計315m位が必要であると思われるとの返答であった。

よって、ボリヴィア側からの要請書に記載されている各種の数値を、今後の橋梁の計画、

設計に直接使用することはできないと思われる。

#### 質問事項 5

世銀の融資で行われる道路改修に伴うかさ上げ高（50cm）の根拠（理由）は何か。洪水解析を行ったうえでかさ上げ高を決定したのか。解析が行われたなら、洪水解析時に使用した各種データ（流域面積、降雨量、地目別面積、流出率等）の提出。

（返答）世銀の融資で行われる予定の国道9号線の改修は、現況道路の不陸ならしを行い、その後、簡易舗装を施すものである。その結果、現況道路と比較して50cm高くなるのであり、洪水時を考慮して50cmのかさ上げを行うのではない。したがって洪水解析も行われていない。

#### 質問事項 6

世銀の道路改修計画の詳細（道路ののり面保護工事の有無、側溝工事の有無、ボックスカルバート設置計画<形状、計画流下量等>の詳細）、特に洪水対策の手法の詳細。

（返答）国道9号線の改修工事に伴い、道路横断排水構造物の新設および改修も併せて行われることとなっている。それらの新設、改修分と既存の分を合わせた道路横断排水構造物の箇所数は現地で入手した資料（MEMORIA DESCRIPTIVA, Segunda Proyecto de Mantenimiento, Programa de Mantenimiento Periodico Carreteras Asfaltadas, Guabira-Km24.00, Km24.00-Okinawa）によると表3-4のとおりである。

表3-4 道路横断排水構造物調書

路 線	コルゲートパイプ等			橋梁	計
	新設	改修	既存	既存	
GUABIRA-KM24.0	21	7	39	2	69
KM24.0-OKINAWA	24	--	34	2	60
計	45	7	73	4	合計 129

上表に示すように、道路改修に伴う道路横断排水構造物の新設が45箇所予定されている。その結果、道路横断排水構造物の箇所数は129となる。

グアビラ～オキナワ間の道路延長は約45kmであり、単純計算すれば約350mに一箇所の割合で道路横断排水構造物が設置されることとなる。道路横断排水構造物の形式は、4箇所の橋梁、2箇所のボックスカルバートを除く全てがコル

ゲートパイプであり、その直径は75cmから150cmとまちまちであるが、径120cmのものが55箇所とその主流を占めている。

各道路横断排水構造物形状の決定の基礎となる計画流量は、各集水面積、地目別面積、流出率、計画降雨量等のデータを用い合理式により算定されたと記されている。しかしながら、各データの詳細に関する記載は入手した資料には見当たらない。

道路ののり面保護工事および側溝工事は、特段計画されていないようである。

#### 質問事項 7

水文解析用データの提出（降雨、対象となる流域＜排水＞面積、地目別面積、河川流量、洪水時の湛水面積および湛水深）。

（返答）排水対象地区内にある各観測所の降雨データ（日降雨量）は、サンタクルス市にある気象水文事務所（Servio Nacional de Meteorologia e Hidrologia）で入手した。

流域面積についてのデータは、サンタクルス市にあるSEARPI（Servicio de Encauzamiento de Aguas y Regularizacion del Rio Pirai）にて入手した。地目別面積に関しては、地形図自体が前述したように1969年のものが最新であるが、SEARPIにおいての洪水解析時には1973/74年の地目別面積を使用した。洪水時の湛水面積および湛水深については道路公団側より説明があった。しかしながら、湛水面積は目測による推定であり、湛水深も測定の基準がはっきりしていないので参考にならないと判断した。

過去における最大の道路越流水深は、約40-50cmであったとのことである。

#### 質問事項 8

橋梁建設が予定されている地点近傍の土地を所有している住民からの本計画に関する承諾は得たか。（特に橋梁建設予定地の上下流においては、水流による侵食により自然発生的に橋梁のスパンに応じた水路が形成されることになり、かなりの潰れ地が生じる結果となるので事前に承諾を得る必要があると思われる）。

（返答）質問事項3の返答の所で述べたように、ボリヴィア政府側より橋梁建設前に建設地点近傍住民に対して説明をするとともに承諾を得るようになるとの話があった。また、橋梁建設後に生じる問題に対しての責任はサンタクルス開発公社と道路局が負う。（詳細に関しては、ボリヴィア側から提出された文書－資料4－を参照）。

## 質問事項 9

過去最大の洪水時、どの位の期間、国道9号線が冠水のため不通になったか？

(返答) 1992年の洪水時、国道9号線の南部(上流側)の湛水を北部(下流部)へ流下させるため道路の切断が頻繁に行われたが、その状況は表3-5のとおりである。

表3-5 洪水時の道路切断状況

道路切断場所 (=橋梁建設計画希望地)	切断回数	不通日数 (切断1回当たり)
Las Maras(km15+90)	4回	5-6日間/回
El Empalme II (km32+90)	2回	3-4日間/回
km 34+890	2回	3-4日間/回
Rancho Chico II (km36+40)	3回	2-3日間/回

水を流下させるために道路の切断等の応急処置を行い、交通の確保に努めたが、完全復旧には約半年間を要したとのことであった。

## 質問事項 10

各橋梁の設計について、どう考えているか。

(返答) 幅員8.00m、内車道幅員は7.30m。設計荷重は14t(AASHTO規準)、杭基礎、コンクリート桁とのこと。

## 結論

水文解析(流出解析)に必要なデータの状況は下記のとおりである。

- (1) 降雨データは、日降雨量に関するものは入手可能である。
- (2) 関連する流域内の河川流量のデータはない。
- (3) 地形図は、最新のものはなく1969年編集のものしか入手できない。よって地目別面積に関する最新データは得ることができない。
- (4) 当該流域の流出解析は、ピライ河流域総合開発のマスタープラン作成時に行われたが、SEARPIの担当者によると下記の問題を含んでいる。
  - 流出解析に使用された地目別面積は、1973/74年のもので現況の土地利用とは異なると思われる。
  - シミュレーションモデルによってチャネ河の計画洪水量が算定されたわけであるが、チャネ河の流量観測の記録等がないため、観測河川流量値に基づいたシミュレーション

モデルのキャリブレーションが行われておらず、算定結果の精度については未知である。なお、流出解析に使用した詳細なデータ（土地利用別面積等）は、ボリヴィアの公的機関からSEARPI宛てに文書で要求すれば提出可能とのことである。

- (5) 前項で述べたようにピライ河川総合開発のマスタープランも問題を含んではいるが、前述したように国道9号線にかかる排水対象地域内の排水系統の概定および小流域への分割等も行われており、今後の流出解析の基礎検討資料としての使用は可能であると思われる。

一方、橋梁については、計画地点の詳細な測量図以外は情報を得ることができた。交通量については、当該区間において445台/日であるというが、車種別の内訳や調査時点は明らかでない。

### 3-4 要請の妥当性の検討

#### 1) 対象地域の地形および水系（排水系統）について

2-4 で述べたように、国道9号線の南部地域（上流）は、地形勾配が約200分の1から約1200分の1であり、全体的に南西部から北東部に向けて勾配がついている。すなわち排水対象地域内の南西部から北東部に位置するオキナワ第1移住地への方向に向けて勾配がついており、現地側の「洪水時にはオキナワ第1移住地方向へ水が集まり、その周辺の湛水被害が一番大きい」という説明も地形図から判断して立証できる。

本国道の北部地域（下流）は、南部（上流）地域よりも全体的に緩勾配である。

入手可能な水文データは限られている。唯一、本計画対象地域内の流出解析を行ったのはヨーロッパ共同体（EC）の協力によるピライ河流域総合開発マスタープラン作成時（1989年3月から1990年8月迄）においてである。サンタクルスには前述したようにピライ河流域総合開発に関する調整と計画を目的とする組織としてSEARPIが存在する。

そのマスタープラン報告書によると、前述したように国道9号線南部（上流部）の排水対象地域は、サンタクルス市とグアピラを結ぶ国道とパイロン河流域および本国道に囲まれた所（一部、Warnesの西方のチャネ河流域も含む）であると概定できる。排水対象地域内には大きな河川としてチャネ河とパイロン河、およびそれらの両河川に注ぐいくつかの支川がある。パイロン河は国道9号線の北部（下流）地域でチャネ河に合流している。すなわち、本排水対象地域はチャネ河の流域である（図3-4参照）。チャネ河は、下流でピライ河と合流する。

#### 2) 計画降雨量

ピライ河川総合開発マスタープラン作成時に算定された確率日降雨量の値は表3-6の

とおりである。

表3-6 確率日降雨量

観測所	確 率 年			
	10年	20年	50年	100年
サンタクルス州	175mm/日	204mm/日	241mm/日	268mm/日
Warnes	149mm	166mm	188mm	295mm
オキナワ第1	158mm	178mm	204mm	244mm
オキナワ第2	151mm	169mm	193mm	210mm
Gral. Saavedra	145mm	163mm	187mm	204mm

備考) サンタクルス市：観測所（飛行場、Aeropuerto Trompillo）

確率日降雨量の算定は、Gumbel法による。



次に、1969年から1992年の間に上記の各観測所で記録された各年の日最大降雨量がどの位の確率年値であるかを表3-7に示す。

表3-7 各観測所における年最大日降雨量記録とその確率年

観測地	順位	日降雨量 (mm)	生起年月日	確率年
サンタクルス市	1	355.2	Jan. 03, 1977	50年超
	2	161.0	Nov. 30, 1975	10年未満
	3	156.6	Apr. 24, 1981	同上
	4	147.6	Oct. 02, 1982	同上
	5	144.0	Apr. 03, 1972	同上
Warnes	1	187.8(*)	1989	約50年
	2	160.1	Dec. 09, 1992	約20年
	3	155.7	1986	10-20年
	4	155.5	1987	同上
	5	122.3(*)	1976	10年未満
オキナワ第1	1	208.2	Mar. 20, 1981	約50年
	2	203.5	Jan. 14, 1992	同上
	3	153.3	Aug. 01, 1985	約10年
	4	145.4	Mar. 12, 1983	10年未満
	5	144.9	Aug. 12, 1986	同上
オキナワ第2	1	195.0	Mar. 08, 1981	約50年
	2	194.0	Jan. 15, 1992	同上
	3	162.2	May. 20, 1986	約20年
	4	159.4	Dec. 24, 1976	10-20年
	5	150.2	Jul. 31, 1985	約10年
Gral. Saavedra	1	220.4	Jan. 14, 1992	100年超
	2	195.8	Jan. 11, 1991	50-100年
	3	153.4	Feb. 15, 1979	10-20年
	4	152.5	Jun. 30, 1985	同上
	5	152.4	Jun. 05, 1987	同上

備考) (\*)データ不足年

93年度に派遣されたサンタクルス州北部地域水害対策プロジェクト形成調査団の報告書によると、近年では一番被害が大きかった1992年1月に起きた水害の状況は次のとおりである。

「サンタクルス市東北部を源流とし、オキナワ第3および第2移住地のほぼ中央を貫流し、同第1移住地の西側境界沿いに南から北へ流れているパイロン河は、今回の大量の流出水を排除できず、その氾濫水は、低地部伝いに浸水を始めた。第1移住地中心部を東西に横断する国道9号線が堰堤の役目となり、各河川および道路横断排水構造物の上流で広域な湛水が生じるとともに氾濫水は、道路を越流し始めた。周辺現地住民らは、国道上に排水溝を南北に開削して排水の促進を図った。国道9号線は、以上の状況に加え、既存の橋梁および排水構造物が各所において機能を果たさなくなり、オキナワローンテェ口間の交通が不通となって、各オキナワ移住地が孤立化の状態におかれた。」

上記の状況を生じた92年1月時の日最大降雨量は表3-7によるとオキナワ第1および第2では約50年確率の降雨量であり、国道9号線北部（下流部）のGral. Saavedraの同月の日最大降雨量は、100年超の確率のものであったことがわかる。

92年1月の水害時の各地の降雨状況の詳細は、表3-8のとおりである。

その表からわかるように、92年1月の洪水時には、国道9号線近くのオキナワ第1、第2およびGral. Saavedraで記録的な日最大降雨量が観測されただけでなく、国道9号線への集水地域である南部（上流部）のサンタクルス市およびWarnesにおいても断続的な降雨が記録されている。断続的な降雨は5箇所全てにおいて3-6日間続いており、その相乗作用により大水害をもたらされたものと判断できる。

表3-8 92年1月洪水時の降雨状況

年月日	サンタクルス州	Warnes	オキナワ第1	オキナワ第2	Gral. Saavedra
92年1.09	0.0	0.0	7.0		32.3
1.10	14.2	31.6	55.0		21.2
1.11	21.0	14.8	0.0	} 180.0	78.0
1.12	57.1	45.6	0.0		61.9
1.13	49.4	44.8	55.5		220.4
1.14	26.4	132.7	203.5		39.8
1.15	0.0	44.7	23.9	194.0	0.0
計	168.1mm	314.2mm	344.9mm	374.0mm	453.6mm

### 3) 計画洪水量

ピライ河流域総合開発のマスタープラン報告書によると国道9号線北部（下流地点）チャネ河地点における流域面積は2,006km<sup>2</sup>である（表3-9参照）。同報告書には、チャネ河流域を含むピライ河流域を地形等により分割した小流域図、各小流域面積およびシミュレーションモデルによる計画洪水量算定のために使用した排水系統図が示されている（図3-5、表3-10及び図3-6参照）。それらの資料を基に国道9号線にかかわる排水面積を小流域面積の加算によって求めると約1,370km<sup>2</sup>となる。

また、同報告書にはチャネ河地点（小流域No.79地点、図3-5および図3-6参照）における確率計画洪水量の計算値が記載されているので、流域面積比から国道9号線に集まる計画洪水量を算定すると表3-11のとおりになる。

表3-11 計画洪水量

確率年	計画洪水量	
	チャネ河地点	国道9号線地点
10年確率	1,540m <sup>3</sup> /s	1,051m <sup>3</sup> /s
20年確率	2,090m <sup>3</sup> /s	1,427m <sup>3</sup> /s
50年確率	2,690m <sup>3</sup> /s	1,837m <sup>3</sup> /s
100年確率	3,140m <sup>3</sup> /s	2,144m <sup>3</sup> /s

河川の観測流量を基にシミュレーションモデルのキャリブレーションが行われたピライ河の3地点（Angostura, La Belgica, P. Eisenhower、図3-6参照）とチャネ河地点（小流域No.79地点）の比流量（計画洪水量／流域面積）の比較は表3-12の通りである。

表3-12 比流量の比較

地 点	比流量 (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )			
	10年確率	20年確率	50年確率	100年確率
Angostura	1.54	1.87	2.45	2.79
La Belgica	0.87	1.16	1.50	1.83
P. Eisenhower	0.67	0.86	1.15	1.39
チャネ河 (No.79)	0.77	1.04	1.34	1.57

SEARPIの担当者によると、チャネ河の洪水流量算定の場合、当該河川流量の実測値に基づいたシミュレーションモデルのキャリブレーションが行われておらず、地目別面積

表3-7 ピライ河及びその支川における各確率年下の計画洪水量

河川	地点	小流域No	支配面積 (合計面積)	地域係数	確 率 年			
					10年 ( $m^3/s$ )	20年 ( $m^3/s$ )	50年 ( $m^3/s$ )	100年 ( $m^3/s$ )
PIRAI	ANGOSTURA	20	1417	0.709	2180	2650	3470	3960
PIRAI	TARUMA	22	1586	0.690	2200	2690	3490	4100
PIRAI	ARR. R. ELVIRA	23	1705	0.677	2220	2700	3520	4140
PIRAI	ARR. R. ESPEJOS	25	1957	0.654	2340	2920	3760	4480
PIRAI	SANTA CRUZ	32	2567	0.612	2420	3130	4130	4970
PIRAI	LA BELGICA	36	2813	0.600	2460	3260	4230	5160
PIRAI	ARR. R. GUENDA	38	2892	0.597	2390	3130	4090	4990
PIRAI	P. EISENHOWER	38A	4039	0.572	2700	3480	4660	5620
PIRAI	ARR. R. CHANE	59	4645	0.569	2750	3490	4630	5560
PIRAI	ABJ. ANT. CAUCE	84	7188	0.530	3140	4000	5400	6550
BERNEJO	DESEMBOCADURA	8	523	0.843	1530	1870	2300	2660
PIOJERAS	DESEMBOCADURA	19	873	0.783	1150	1490	1900	2210
ELVIRA	DESEMBOCADURA	24	101	0.930	460	590	760	930
ESPEJOS	DESEMBOCADURA	28	229	0.902	900	1060	1320	1490
GUENDA	DESEMBOCADURA	53	1147	0.743	1330	1640	2110	2330
CHANE	DESEMBOCADURA	79	2006	0.650	1540	2090	2690	3140

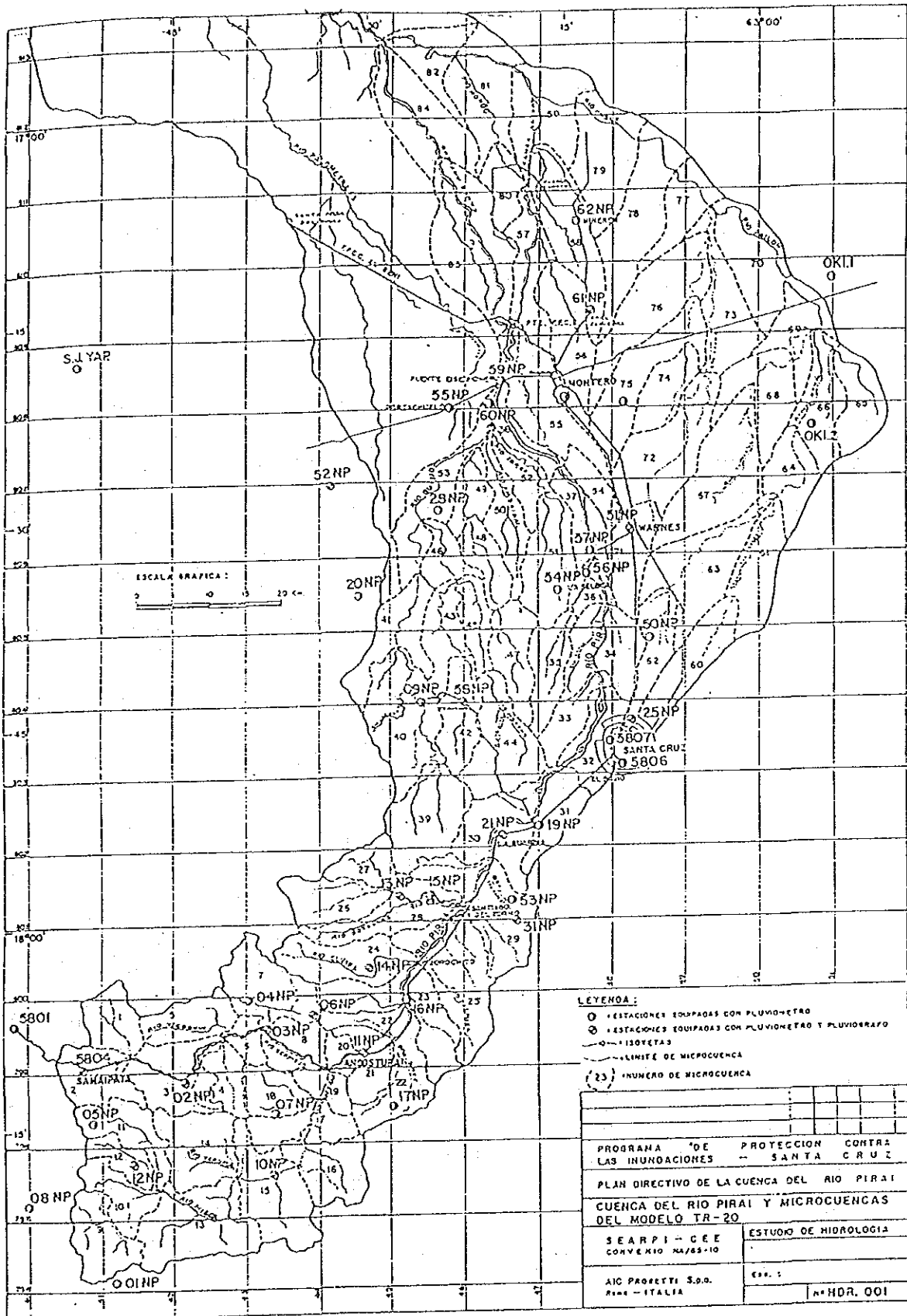


图3-5 小流域图

表3-10 シミュレーションモデルに使用したピライ河流域に関するパラメータ

PUNTO DE CONCENTRACION	MICRO- CUENCA	AREA DE DRENAJE km <sup>2</sup>	AREA ACUMULADA km <sup>2</sup>	CN CALCULADO	CN CALIBRADO	Tc. CALCULADO Hrs.	Tc. CALIBRADO Hrs.
地点	小流域No.	排水面積	合計面積				
	49	43.15		77	68	3.89	3.89
	50	62.77		82	74	5.80	5.80
	51	98.60		82	74	5.82	5.82
	52	42.66		73	69	5.36	5.36
	53	106.86		72	63	7.54	7.54
P. EISENHOWER --	38	25.83	4039.21	69	60	5.75	5.75
	54	39.34		73	64	4.08	4.08
	55	140.99		76	67	8.60	8.60
	56	110.74		74	65	8.03	8.03
	57	80.28		71	62	7.64	7.64
	58	123.18		77	68	3.88	3.88
	59	111.55		76	67	7.47	7.47
	60	99.18		75	66	6.69	6.69
	61	81.51		76	67	6.26	6.26
	62	59.70		73	69	4.93	4.93
	63	136.56		76	67	7.63	7.63
	64	59.28		76	67	6.35	6.35
	65	66.92		76	67	5.98	5.98
	66	84.45		76	67	6.61	6.61
	67	167.38		76	67	7.76	7.76
	68	89.30		76	67	5.17	5.17
	69	71.18		76	67	7.04	7.04
	70	112.83		76	67	9.59	9.59
	71	68.16		75	66	5.43	5.43
	72	149.61		77	68	7.64	7.64
	73	99.00		76	67	7.53	7.53
	74	57.76		76	67	5.13	5.13
	75	122.25		72	63	7.54	7.54
	76	139.04		75	66	7.74	7.74
	77	60.91		76	67	6.04	6.04
	78	150.31		76	67	9.60	9.60
	79	130.25		76	67	3.52	3.52
	80	47.17		76	67	5.21	5.21
	81	119.64		76	67	9.88	9.88
	82	75.30		76	67	11.59	11.59
	83	162.73		76	67	8.51	8.51
TOTAL	84	131.89	7188.08	76	67	9.80	9.80



も1973/74年のものと古いデータを使用しているとのことである。よって、その算定結果の信憑性については不確かな点がある。しかしながら、表3-12からわかるように近隣地域であり、かつ地形等の条件面で類似点があると思われる La Belgica および P. Eisenhower 地点の比流量とそう掛け離れた値ではない。よって、ピライ河流域総合開発のマスタープラン報告書を排水計画の基礎検討資料として基本設計時に使用することは可能であると考えられる。

ボリヴィア政府からの要請書に記載してある計画排水量の総計は、15,516 $\text{m}^3$ /秒にもなり、その比流量は11.49 $\text{m}^3$ /秒という過大なものである。その原因は前述したように、計画排水量の算定に用いた流速が一律10 $\text{m}^3$ /秒（根拠なし）というように過大に取り過ぎたことにあると思える。

#### 4) 要請橋梁スパンの妥当性の検討

安全側を考え、コルゲートパイプ等の道路横断排水構造物および今回の計画に含まれていないチャネ河に架かる橋梁による流下量を考慮せずに、要請が出された計画橋梁のみで計画洪水量を流下されると仮定し、要請橋梁スパンの妥当性の検討を行う。ボリヴィア側から要請の出された橋梁のスパンの総計は、前述のように315mである。表3-11で求めた国道9号線地点における計画洪水量（20年、50年確率時）および要請された橋梁スパン総計を基に、計画平均水深をそれぞれ2mおよび3m（橋梁計画地点の状況から推定）と仮定し、単純計算（ $V = Q / A$ ,  $A = \text{水深} \times \text{スパン}$ ）にて流速を求めると表3-13のとおりとなる。

表3-13 仮定した水深下の流速

確率年	計画洪水量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	橋梁スパン計 (m)	水深 (m)	流速 (m/s)
20年	1,427	315	2	2.27
20年	1,427	315	3	1.51
50年	1,837	315	2	2.92
50年	1,837	315	3	1.94

本橋梁計画地域の地形は平坦であり、かつ国道9号線の北部（下流部）も洪水時（例えば1992年）には堰水現象が生じたということであり、計画橋梁地点の計画流速および計画水深の算定は、厳密には下流からの背水の影響を考慮した水理計算によって求める必要があると思える。また、今回の要請橋梁計画地点の多くは前後に導水路がなく、そのような条件下での排水を考慮した水理計算手法の検討、選択、実施には時間と数多く



のデータが必要とされる。

よって今回はあくまでも推定の域を出ないが、20年および50年確率において平均水深2、3mの時に流速が約1.5-2.9m/秒という結果は、現地が平坦地である点および背水の影響を受ける可能性がある点を考慮すれば、妥当性の範囲に入る数値であると思える。よって、今回の要請された橋梁スパン総計315mは、ある程度は妥当な数値であると言えよう。

また、要請書によるオキナワ第1移住地近傍（パイロン河からグアピラの方向に向かって約4km強の区間、図3-4参照）に4橋（スパン計、175m）を建設したいとしている。その4橋のスパン計が全体長に占める割合は約56%（175m/315m）である。

ピライ河流域総合開発マスタープラン報告書の排水系統図からの判断（図3-6）および小流域面積（表3-10）の加算によると、約900km<sup>2</sup>の流域からの水が前記4橋計画地域に集中すると推察される。国道9号線にかかわる排水面積の合計は約1370km<sup>2</sup>なので、流域面積比（900/1370=0.66）から推定すると、4橋計画地域に計画洪水量の約66%が集中すると言える。

以上の点から推察するに、地元側の説明した「オキナワ移住地近傍に水が集中するので重点的に橋梁を配置したい」ということも、妥当性があると考えられる。

#### 5) 橋梁建設の妥当性の検討

本計画の橋梁建設の理由としては、以下の事項があげられる。

- ・既存の横断水路は、強度的に既に耐久年数を越えており、また、その水路が直径の小さい、ARMCO板のボルゲートパイプを使用している場合は通水断面も減少していること。
- ・ARMCO板のボルゲートパイプには底に穴のあいているものもある。また、流下してきた塵、草、堆積物等によって変形されたり塞がれたりしている。この結果かなりの通水能力が失われている。したがって、頻繁な降雨による雨水が道路の上流側に滞留しがちである。滞水している所では、道路の法面の含水率も大きくなって水で飽和状態となり、これが道路に構造上の弱体化を招来している。

このため、通水断面の確保は必要不可欠である。しかし、それだけに着目すると、ボルゲートパイプを増やすということも考えられ、現に道路改良には横断構造物の新設や改良も含まれている。しかしながら、維持管理が不十分であると再び上流側に滞水が生じるので、橋梁などによる大きな通水断面を作ることが望ましい。

計画箇所も過去の洪水時に水が集中し、堰水しやすい地形の所を選定しているとともに、前述したように国道9号線の中でも一番、水が集中しやすいと推定されるピライ河近くに重点的に橋梁を配置する計画となっている。よって、計画箇所の選定も基本的には妥当性のあるものと思われる。

## 第4章 結論と提言

### 4-1 結論

サンタクルス州北部地域は、原生林乱伐による土地の保水力の減少等により、洪水被害を近年連続して受けるようになってきている。この被害は、洪水そのものによる被害と、輸送路の切断による二次被害とに分けることができ、農業を主要な収入源としているこの地域の経済に洪水が及ぼす影響は非常に大きい。

本計画の目的は、洪水そのものを防止することではないが、輸送路が通年確保されることにより、例えば、洪水時においても援助物質や生活物質の運搬が可能となる。また、通水断面の増大により、国道9号線南側（上流側）の滞水は減るものと期待される。その一方で、北側（下流側）の地域では、ピーク洪水量の増加が生じることが懸念される。ボリビア政府としては、特に下流側の影響が著しい場合は、何らかの救済を講じたいとしている。また、ボリビア側は多数の便益のために、少数が不利益を被るのはやむを得ないと考えており、基本的にはこの問題はボリビア政府が自ら解決するものである。しかしながら、橋梁の計画にあたっては、既存の土地所有者に対する水流変化の影響を可能な限り軽減するとともに、どのような影響が考えられるかについて、早い時点でボリビア側に提言し、対応策についての助言を行うことが望ましい。

本計画はオキナワ移住地に大きな便益をもたらすが、1991年3月末現在で、オキナワ移住地には774名の日本人と、2028名のボリビア人が居住している。また、ボリビア政府はリオグランデ以東の地域の開発と、そこへの国内移住を政策として掲げており、国道9号線の重要性は今後ますます増大するものと思われる。このため、本計画によって多くのボリビア人の生活の向上とサンタクルス州の経済の活性化が図られるものと期待され、加えて日本人移住者にも裨益が及ぶものである。

このことから、本計画を道路改良とタイミングを合わせて実施することは好ましいことであり、早期の基本設計調査の実施が望まれる。

### 4-2 基本設計調査の留意点

(1) 前述したように対象地域内の排水計画に使用できるデータは、限られているとともに古いものが多く、精度の高い排水計画は出来ないと判断されるが、3-3で述べたように、ピライ河流域総合開発のマスタープラン報告書は、流出解析の基礎資料としての使用は可能であると思われるので、それらの資料を基に可能な限り現況を加味しつつ、作業を行っていく必要がある。

(2) 各橋梁計画地点の断面決定のためには、それぞれの計画洪水量、計画洪水位およびそ

の時の流速の算定が必要とされる。計画洪水量はピライ河流域総合開発のマスタープラン報告書等を基礎資料として、比較検討を行いながら作業が行えると思う。しかしながら、それらの算定の中で特に問題となるのは水理計算の部分である。洪水時には、本国道の下流部にも湛水状況が見られるので背水の影響を考慮した水理解析を行う必要があると思える。背水の影響を考慮した水理計算は、下流河川の流況、下流河川からの越流、排水系統および流域内各地の降雨パターン等諸々の緒元を考慮し、かつ、本国道上下流部を含めた広範囲を対象にした水文解析をその基礎とする必要がある。しかし、その水文解析は、それだけで一つの大きな案件となるぐらいの業務量と時間が掛かるものであり、今回の無償案件の基本設計の範疇では無理である。また、今回は橋梁建設に伴う導水路の建設および河川改修は計画されておらず、そのような条件下、どのような手法で水理計算を行なうかが一番問題になる点である。

- (3) 国道9号線北部（下流）地域の住民にとってみれば、本国道が堰堤（防災ダム）の役割をしてきた結果、洪水時のピーク流量が軽減されてきたといえる。橋梁が建設されれば、通水断面が増大し堰堤現象が緩和されるに伴い、下流部への水はけが良くなる結果、下流地域におけるピーク洪水量、洪水位および湛水面積（現在でも洪水時には湛水が見られるとのこと）とも従来よりも増加する。すなわち本国道北部（下流）地域における洪水時の湛水被害は増大することとなる。

また、橋梁建設予定地7箇所のうち、既存橋梁の改修は2箇所のみで、他の5橋は現在、ボックスカルバートあるいはコルゲートパイプが設置されている箇所である。その5箇所の地点の大半には、幅の狭い自然に形成された水道が存在するのみである。それら5箇所の計画橋梁までの排水路および計画橋梁部と自然河川を結ぶ導水路の建設計画はなく、橋梁建設後は水流により自然に、橋梁スパンに応じた水道（数十m）が地形なりに形成されることとなるであろう。

上述した点を考え合わせると、ボリヴィア政府による橋梁建設予定近傍住民に対する説明と承諾の取付け（調査団よりボリヴィア政府に対して申し入れ済み）が本案件実施の上最低条件になると考えられる。よって、基本設計時においても再度ボリヴィア政府側に申し入れを行い、E/N調印までの承諾の取付けを本案件実施の条件とすべきであると考えられる。

- (4) 前述したように、1992年の洪水は50年確率の日降雨量およびその前後数日間にわたる断続的な降雨によってもたらされたことが判明した。ボリヴィア政府側の要望は橋梁建設による国道9号線の通年交通の確保であり、その背景には92年に起きた規模の洪水時にも交通の確保が出来るようにとの考えがあるようだ。したがって、基本設計時には、計画降雨量の取り方についてボリヴィア政府側と十分協議するとともに、費用一

便益の点からも考察を行い適切な計画、設計を行うことが望まれる。

(5) ピライ河流域総合開発マスタープラン報告書によると、前述したように本案件にかかわる排水対象地域はサンタクルス市とグアピラを結ぶ国道とパイロン河流域および国道9号線に阻まれた所（一部、Warnesの西方のチャネ河流域も含む）であるとしている。しかしながら、現地での聞き込み調査によると、洪水期の状況によっては水位差の関係でグランデ河の越流水がパイロン河の方へ押し寄せてくるということである。よって、基本設計時には前述したような地区外からの流入水についても可能な限りの検討を加えることが肝要であろう。

(6) 前述したように、国道9号線の改修に伴い新たな道路横断排水構造物の新設が数多く計画されている。また、本国道の対象区間には、今回の計画に含まれていないチャネ河に架かる橋梁および既存の道路横断排水構造物がある。よって基本設計時に行われる各橋梁建設計画地点の流量算定においては、その点も考慮して作業を行うことが望まれる。また、本橋梁建設計画と世銀の融資で行われる国道改修工事に伴う道路横断排水構造物の新設地点とのすり合わせ等の再検討も出てくると思われるので国道改修の担当機関との調整が必要になる。

(7) 自然条件調査のうちでも、橋台および橋脚の予定地点についてのボーリングデータに関しては、既にSNCから入手済みである。ボーリングの長さは12~15mであって、現在の入手資料によると、土質はシルト質粘土と砂の互層であり、支持構造決定のためにも、深さ25mほどのボーリングの追加が望ましい。

(8) 現在入手済みの測量データは、精度、範囲ともに不十分であるので、平面測量、路線測量、橋梁要請地点の河川の縦断、横断の再測が特に必要である。

また、グアピラ分岐点の起点杭が消滅し、水準点も不明なので、早い時期にボリヴィア側実施機関と協議のうえ、測量の距離杭、水準点ともに、世銀のものと統一する必要がある。

(9) グランデ河等近傍の河川の河床はシルト質粘土の堆積であって、工所用材料の採取は望めない。近傍に採石場が数カ所あるが、骨材としての粒度、強度等の材質試験、採取可能量の調査が必要である。

(10) 世銀援助による道路整備計画の現在の設計では橋梁は全く考慮されておらず、橋梁取付部分の道路の設計変更をボリヴィア側に要請する必要がある。

また、基本設計の段階で、道路の施工区分を明確にする必要がある。

(11) 橋梁上部工をPC系としたときの製作ヤード用用地の調査、およびグアピラ-オキナワ間は一本道であり、工事中の迂回路用地の調査等が必要である。

(12) 橋梁下部工については、基礎杭を立ち上がらせてその頭部を枕梁で繋いでそのまま橋

脚としている水平方向に変位しやすい杭式橋脚（パイルベント）や、水面上まで基礎杭を立ち上がらせてその上に強固な底板を設けて、そこから躯体を立ち上がらせた多柱式橋脚が見られた。

橋台についても、同様な形式のピーア アバットとでもいべき物が見られた。この型式は、現地の河川が未改修河川であるので、流心移動にともなって、河道が大きく変化した場合は橋台接続部が大規模に破壊される。また、剛性にも劣ることから構造物としての剛性耐久性を考慮すると、橋脚では壁式や柱式橋脚等、橋台では逆T式、控え壁式橋台等を採用するとともに、洗掘防止のために橋台上下流に十分な延長の護岸工や橋脚の床固め等必要な工作物を施すべきである。

また、ボックスカルバートの採用に関しては、工事工程、施工性、経済性等について橋梁と比較検討することが必要であり、底板や側壁の洗掘防止のために止水壁、護岸工の設置を考慮することが重要である。

