

ボリビア共和国公共事業省
道路公団

ボリビア共和国
日本・ボリビア友好橋改修計画
基本設計調査報告書

平成16年11月

独立行政法人 国際協力機構
セントラルコンサルタンツ株式会社

無償
JR
04-195

ボリビア共和国公共事業省
道路公団

ボリビア共和国
日本・ボリビア友好橋改修計画
基本設計調査

報告書

平成 16 年 11 月

独立行政法人 国際協力機構
セントラルコンサルタント株式会社

序 文

日本国政府は、ボリビア共和国政府の要請に基づき、同国の日本・ボリビア友好橋改修計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成16年4月29日から5月22日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ボリビア共和国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ました。帰国後の国内作業の後、平成16年8月29日から9月8日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

最後に、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16年11月

独立行政法人国際協力機構

理事 小島誠二

伝 達 状

今般、ボリビア共和国における日本・ボリビア友好橋改修計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴機構との契約に基づき弊社が、平成16年4月より平成16年10月までの6カ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、ボリビアの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

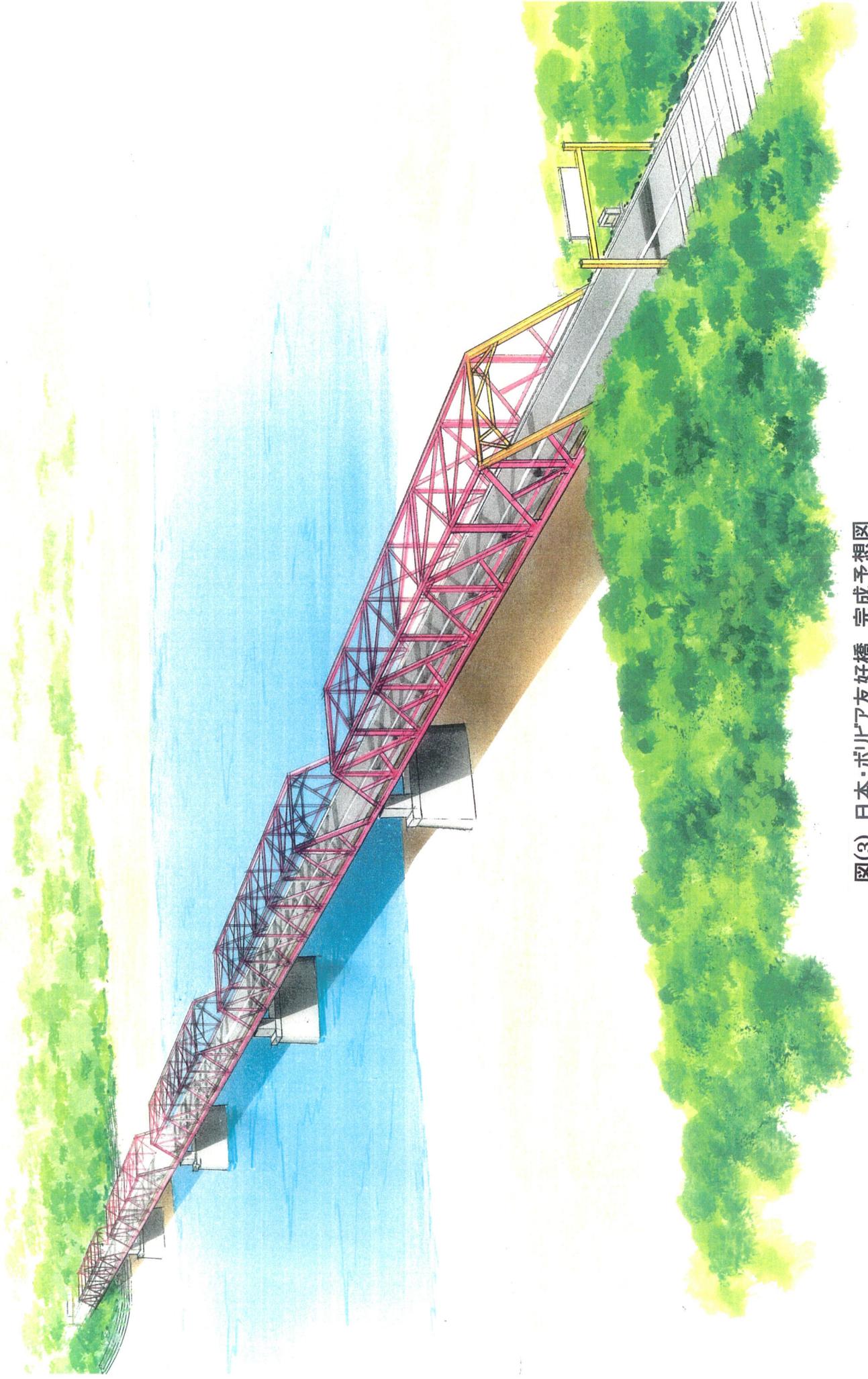
平成16年11月

セントラルコンサルタント株式会社

ボリビア共和国

日本・ボリビア友好橋改修計画基本設計調査団

業務主任 鳴津 晃臣



図(3) 日本・ポリビア友好橋 完成予想図

日本・ボリビア友好橋：現況全景写真



写真(1) 日本・ボリビア友好橋の全景（右岸下流側より撮影）



写真(2) トラスの全景（左岸側より撮影）

トラス部分現況写真



写真(3) 破断した橋門構



写真(4) 変形沈下した部材



写真(5) 変形した部材

床組ボルト結合部現況写真



写真(6) 脱落したボルト

床版部分現況写真



写真(7) 床版の損傷状況



写真(8) 損傷状況の接写

橋面舗装現況写真



写真(9) 橋面舗装の状況

アプローチ道路現況写真



写真(10) サンタクルス側からのアプローチ道路

護岸・河川現況写真



写真(11) 護岸の状況（上流より見て左岸）



写真(12) 河川の状況（右岸上流側より撮影）

略語集

【一般】

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials アメリカ道路・運輸技術者協会
AC	: Asphalt Concrete アスファルトコンクリート
BHN	: Basic Human Needs ベーシック・ヒューマン・ニーズ
BID	: Banco Inter-americano de Desarrollo 米州開発銀行
BM	: Banco Mundial 世界銀行
CAF	: Corporación Andina de Fomento アンデス開発公社
E/N	: Exchange of Notes 交換公文
FONPLATA	: Fondo Financiero para el Desarrollo de la Cuenca del Plata ラプラタ河流域開発基金
GDP	: Gross Domestic Product 国内総生産
GL	: Ground Level 地盤高
GNI	: Gross National Income 国民総所得
HIPC	: Highly Indebted Poor Countries 重債務貧困国
HS-20	: AASHTO により設定された設計活荷重
IDB または BID	: Banco Inter-americano de Desarrollo 米州開発銀行
IIRSA	: Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana 地域統合イニシアチブ南米インフラ統合
INE	: Instituto Nacional de Estadística ボリビア国家統計局
JICA	: Japan International Cooperation Agency 独立行政法人国際協力 機構
KEW	: ドイツ復興金融公庫
M/D	: Minutes of Discussions 協議議事録
MERCOSUR	: Mercado Común del Sur 南米南部共同市場
PC	: Prestressed Concrete プレストレストコンクリート
PL-480	: 見返り資金
PROEX	: ブラジル開発銀行
RC	: Reinforced Concrete 鉄筋コンクリート
SNC	: Servicio Nacional de Caminos 道路公団 (ボリビア国)
SEARPI	: Servicio de Encauzamiento de Aguas y Regularización del Río Rirai プライ川治水公団
TGN	: ボリビア国内資金

【単位】

Bs	: ボリビアーノ (ボリビア共和国の現地通貨)
US\$: 米国ドル
mes	: 月

要 約

要 約

ボリビア共和国(以下、ボリビア国)は南米大陸のほぼ中央に位置し、東にアンデス高地、西にアマゾン低地を含む110万km²(我が国の約3倍)の広大な面積を有しているが、海を持たず、周りをペルー、チリ、アルゼンチン、パラグアイ、ブラジルに囲まれている。同国の経済にとって物流を担う基本インフラである道路網の整備は国内のみならず、太平洋側の港及び大西洋側の港を有する周辺国との交易上も重要である。しかしながら、国土のきびしい地形的条件から道路網の整備が遅れている。全天候道路は主要都市を結ぶ幹線路に限られており、また周辺国との連絡路は機能面で周辺国との格差があり、これが国土の経済発展にとってネックとなっている。

ボリビア国政府は、国家上位計画の中で、経済の活性化を促す道路のインフラ整備を重点施策として取りあげ、主要幹線道路及び輸出回廊の整備を実施している。現状では全国道路網延長約6万kmの内、幹線道路網延長は約1.2万km、幹線道路の舗装率は33%である。特に南米12ヶ国が参加する地域統合イニシアチブ南米インフラ統合(IIRSA)との整合を最優先の整備方針としており、米州開発銀行(BID)やアンデス開発公社(CAF)等の資金協力により4軸の輸出回廊(東西、西南、南北、南部)の整備を急いでいる。中でも、ラパス～コチャバンバ～サンタクルスのルートを含む東西回廊は最重要路線であり、当無償資金協力対象の日本・ボリビア友好橋(旧称:アイゼンハウワー橋、1964年竣工の鋼トラス橋)はこの路線上に位置し基幹物流を担っている。

ボリビア国政府は、当該橋梁について1983年のピライ川大規模洪水の経験から、1988年に上部工の嵩上げ工事を実施し、更に2000年10月の上部工損傷部材の取り替え工事を実施した。しかし、これら工事による橋梁耐力強化はまだ不十分と判断し、ボリビア国政府は2003年2月に同橋の架け替えを日本国政府に要請した。これを受けて実施された予備調査では、構造耐力に不足はなく橋長も安定河道幅に入っており、緊急を要する架け替えの必要はないものの、トラス、舗装、床版、護岸にかかる補修・補強により、近年増加する重積載車両へ対応し、安全な通年交通の確保、流通の安定化を図ることの必要性が確認された。

このような状況を背景にボリビア国政府は、2003年8月、改めて同橋の補修・補強に関する無償資金協力を要請した。

日本政府は、独立行政法人国際協力機構(JICA)に対し、上記案件の妥当性にかかる調査の実施を指示した。JICAは基本設計調査団を、2004年4月28日から同年5月24日までボリビア国へ派遣した。

同調査団は、要請の背景、内容、改修計画の位置付け、実施・運営体制及び維持管理体制について、ボリビア国公共事業省及び実施主体である道路公団(SNC)と協議/確認を行った。また、調

査対象の日本・ボリビア友好橋の現状調査及び地形測量、水文調査からなる自然条件調査を実施した。その他、社会経済指標、交通状況、土地利用状況などに関する資料を収集した。

現地調査において、水理水文調査により、橋梁の洪水時流下能力及び下部工の洗掘について検討した。ピライ川は砂河川であり、当該橋梁地点は当初認識されていた堆積域ではなく、むしろこの15年間では河床低下傾向に転じていることが判明した。当該地点の川幅は前後の平均川幅（約500m）よりも狭くなっているが洪水の流下能力の点では問題はないことが確認された。問題点としては河床低下により助長される下部工に対する洗掘の課題があるが、当該橋梁が40年前の建設であり設計図書が不明で下部工の構造・緒元とも明らかにできず明確な洗掘対策方針が打ち出せない。下部工は現在のところ損傷はなく、これまでも異常は見られていないことから、今後も河床低下や洗掘に対するモニタリングをボリビア国側で実施することで対処することとした。

現橋の損傷状況については、予備調査により指摘されていた箇所（主構部材、床組構のボルトの破損、床版の損傷、舗装の損傷など）を中心に損傷状況の調査を実施するとともに予備調査から1年以上経たことによるその後の変化を調査した。同調査概況は次のとおり。①目立った衝突跡もなくその後の特段の損傷は見あたらない。②トラス部材は一部変形等はあるが概して健全である。③部材同士を連結するリベットやボルトに欠損が散見される④床版はかなり損傷を受けている。⑤下部工や護岸に特段の変状はない。

現地における協議の結果、要請の内容は日本・ボリビア友好橋の改修であり、本無償資金協力は、既に築後40年を経て老朽化が懸念される橋梁の改修を実施することにより近年増加する重積載車両等の安全な通年交通の確保、流通の安定化を図ることを目的とし、以下の項目から構成されることを確認した。

- ・トラスの補修・補強
- ・路面舗装の補修・補強
- ・床版の補修・補強
- ・橋台周りの護岸工の設置

トラスの補修・補強に際しては車両の衝突に対する安全対策が含まれる。なお、改修の実施にあたり、ボリビア国で1999年に発布された載荷法（道路通行車両の許容重量と寸法）に則ることが要望された。

帰国後の国内解析で、調査団は本計画の妥当性を検証するとともに、橋梁改修の水準・範囲・改修方法について検討を加え、改修の基本設計、工事数量の算出、施工計画及び概算事業費の算出を行った。改修内容の決定において、現状復帰改修案、自動車荷重の現状を考慮した載荷法対応（HS-20の25%増）改修案、歩道設置の可能性、護岸の範囲・構造等について、コスト、工期、現況交通処理等を考慮した代替案検討を行い、最終的に載荷法対応レベルでの改修案が最適であるとの結論を得た。なお、下部工については手を加えず前述のモニタリング対応とし、ボリビア国側の維持管理計画に組み入れることとした。

調査団は、現地調査及び国内解析の結果を基本設計概要書にとりまとめ、JICA は基本設計概要調査団を 2004 年 8 月 28 日から 9 月 10 日までボリビア国に派遣し、その内容についてボリビア国関係者から基本的合意を得た。

本橋の改修に当たり、基本的な設計方針を以下に述べる。

- ① 自然条件調査の結果、現橋の諸元・位置における洪水流下能力には問題がないことから、改修は現構造物の現位置での補修・補強とし、諸元・位置の変更は行わない。
- ② 上部工に対する方針：トラス主構、床組、床版、舗装等の補強・補修に当たり、現行通行荷重を反映したボリビア国の載荷法（道路通行車両の許容重量と寸法）を考慮して、現在の設計自動車荷重 HS-20 の 25%増に対応した補強工を実施する。
- ③ 橋台周りの保護として必要最小限の護岸工を実施する。
- ④ 下部工に対する方針：設計図書が不明であるが、現時点で下部工は健全と見なせることから、本プロジェクトでは補強・補修は実施せず、河床低下・洗掘に対するモニタリングを維持管理項目に組み入れることで対応する。
- ⑤ 安全性の向上：トラス主構間の幅員の狭さに起因するトラス部材への車両衝突の安全対策工を実施する。

改修計画については以下のとおりである。

- ① トラス橋の補修・補強 : 設計荷重 : HS-20+25%
- ② 路面舗装の改修 : 表層厚の 5cm 増厚
- ③ 床版の補修・補強 : 鋼板接着工法による。
- ④ 橋台周りの護岸工の設置 : 布団籠の設置による。

内容・規模について、対象橋梁の形式は、鋼5径間単純トラス橋（橋長L=281.0m、有効幅員W=6.820m）である。当橋梁の主たる改修内容は、ボリビア国が新しく定めた載荷法に示された当橋梁の活荷重に適合させるべく主構を補強及び補修、経年的に劣化した舗装の補修、床版の補強及び橋台周辺の護岸工の設置である。次表に概要数量を示す。

主な改修内容

補修内容		数量	備考
主構補強・補修		15.3t	鋼板溶接
床版の補強		412 m ²	鋼板接着工法
舗装		1916 m ²	厚さ t = 5cm
護岸工		130m	布団籠
安全施設	車高制限装置の新設	2 基	
	段差舗装の設置	140 m ²	

相手国側負担事項は次のとおりである。

- ・ 必要な人員の確保
- ・ 施工期間中の交通規制、交通整理の実施
- ・ 施工時の事務所及び資機材のヤードに必要な用地の提供

(用地提供については、現場近傍の公用地の転用を考えており、特に相手国の予算措置の必要はない。)

本計画の実施に必要な工期は、実施設計 3 ヶ月、工事期間 17 ヶ月と見積もられる。

本計画を無償資金協力にて実施する場合に必要な概算事業費の全体額は 372.0 百万円(日本側負担分)と見込まれる。

本プロジェクトはボリビア国の東西回廊を構成する幹線道路である国道 4 号線上の既存橋梁の改修事業であり、本橋梁の老朽化の放置は物流の停止あるいは長距離迂回によりボリビア国の広範囲に及ぶ社会経済活動に大きな負の影響を与えることになるだけでなく、本プロジェクトの実施により以下のような効果が期待できる。

(1) 直接効果

① 橋梁機能の維持：従前どおりの交通量を維持できる(成果指標：交通量)

橋梁の健全度評価が「良好な状態」に維持される(成果指標：健全度)

現状と問題点：構築後 40 年を経過し重交通の影響もありトラス部材の損傷、床組ボルトの欠落、床版の老朽化が進み、健全度判定からは「注意」領域にあり、「危険」領域に入らないよう改修が必要である。

本計画での対策：上部工(トラス及び床版)の補修及び護岸工の設置による橋梁の延命

② 安全性の向上：寸法違反車両の適正な規制(成果指標：接触事故統計)

橋梁維持管理費用の節減(成果指標：維持管理費用)

現状と問題点：トラス橋門構の高さや橋梁幅員を無視した通行車両によりトラス部材への接触・衝突による損傷が見られる。

本計画での対策：トラスへの車両衝突防止装置の設置(車高制限装置、段差舗装)、反射塗料の塗布

③ 走行車両車種制限の緩和：通行車両の許容重量及び許容寸法の明確化

現状と問題点：40 年前の基準で設計された橋梁であり、現代の通行車両の大型化、重量化に対応できていない。

本計画での対策：通行車両許容重量の増大及び制限高さの緩和(トラス部材補強による自動車荷重 HS-20 の 25%増対応、橋門構の高さ位置変更)

(2) 間接効果

① サンタクルス県北部地域内の物流の安定化

対象橋梁は、国道4号沿線のサンタクルス県北部地域の農産物等のサンタクルス方面及びコチャバンバ方面への物流に大きく寄与しており、本橋の改修による運搬路の維持確保は、関係地域の物流の安定化ひいては生産投資意欲を促進させる。本プロジェクトにより直接裨益される地域の人口はサンタクルス県の5つの郡が想定され裨益人口は約143万人(ボリビア国全人口827万人の約17%)と推定される。

② 東西輸出回廊の機能安定維持

現在、東西輸出回廊の形成に向けて、4号線のブラジル国境側および10号線のブラジル国境までの整備が進められており、本橋の改修はこれらの事業と併せて東西輸出回廊を構成するもので、ボリビア国の貿易振興に寄与することが期待される。

③ 橋梁補修に関する技術移転

ボリビア国では橋梁を含む道路の維持管理体制はあるが、内容は清掃や舗装の小修繕あるいはオーバーレイ等である。構造物のライフサイクルを考慮したコンクリート床版の補修や塗装サイクル等の補修の段階にはまだ入っていない。本改修プロジェクト実施に際し、ボリビア国側のプロジェクト参加により補修技術の移転が期待される。

なお、本計画を効率的に実施するためには、ボリビア国側で実施される日常あるいは定期的な道路・橋梁の維持管理の他に、当該橋梁特有の維持管理項目の実施が定期的な維持管理システムに組み込まれる必要があるが、ボリビア国政府が通常技術で実施可能な計画となっており、人員・予算面も含め、相手側の運営・維持管理体制に問題はないと考えられる。

このように、道路網上の重要性、裨益対象の広さ、緊急性、維持管理性等から無償資金協力対象案件として妥当性は高い。本プロジェクトの実現は、また、ボリビア国の基幹的輸送手段である道路網の改善を促進するものであり、その意味で広く住民のBHNの向上に寄与するだけにとどまらず、日本・ボリビア両国の友好関係の増進に寄与するものと考えられることから、本プロジェクトを我が国の無償資金協力で実施することの妥当性が確認される。

目 次

序 文

伝達状

位置図

完成予想図

写真

略語集

要 約

第1章 プロジェクトの背景・経緯	1
1-1 当該セクターの現状と課題.....	1
1-1-1 現状と課題.....	1
1-1-2 開発計画.....	2
1-1-3 社会経済状況.....	4
1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要.....	4
1-3 我が国の援助動向.....	5
1-4 他ドナー国・機関の援助動向.....	8
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	13
2-1 プロジェクトの実施体制.....	13
2-1-1 組織・人員.....	13
2-1-2 財政・予算.....	15
2-1-3 技術水準.....	16
2-2 プロジェクト・サイト及び周辺の状況.....	18
2-2-1 関連インフラの整備状況.....	18
2-2-2 自然条件.....	22
(1) 気象	
(2) 地形・地質	
(3) 水文・水理	
2-2-3 その他.....	26
2-3 既存施設の現状.....	27
2-4 環境への影響.....	32
第3章 プロジェクトの内容	33
3-1 プロジェクトの概要.....	33

3-2	協力対象事業の基本設計	33
3-2-1	設計方針	33
3-2-2	基本計画	35
3-2-3	基本設計図	43
3-2-4	施工計画	59
3-2-4-1	施工方針	59
3-2-4-2	施工上の留意事項	59
3-2-4-3	施工区分	60
3-2-4-4	施工監理計画	61
3-2-4-5	品質管理計画	63
3-2-4-6	資機材等調達計画	64
3-2-4-7	実施工程	65
3-3	相手国側分担事業の概要	67
3-4	プロジェクトの維持管理計画	68
3-5	プロジェクトの概算事業費	68
3-5-1	協力対象事業の概算事業費	69
3-5-2	運営・維持管理費	69
第4章	プロジェクトの妥当性の検証	70
4-1	プロジェクトの効果	70
4-2	課題・提言	72
4-3	プロジェクトの妥当性	72
4-4	結論	73

資料

1.	調査団員氏名、所属	A-1
2.	調査行程	A-1
3.	関係者（面会者）リスト	A-2
4.	当該国の社会・経済状況	A-5
5.	討議議事録（M/D）	A-7
6.	事業事前計画表（基本設計時）	A-21
7.	ボリビア国の道路通行車両の許容重量と寸法（翻訳）	A-23
8.	道路維持管理の実施内容（道路公団(SNC)）	A-38
9.	収集資料リスト	A-41

表 目 次

表 1-1	ボリビア国道路状況（2003年12月現在）	1
表 1-2	ボリビア国に対する我が国の2国間ODA実績	5
表 1-3	無償資金協力実績（JICA実施促進分）	5
表 1-4	開発調査実績	6
表 1-5	道路・橋梁分野の開発調査実績	7
表 1-6	道路・橋梁分野の無償資金協力実績	7
表 1-7	他ドナー国・機関の援助（道路セクター）	8
表 2-1	道路公団の人員構成（2003年現在）	14
表 2-2	ボリビア国政府支出予算及び道路公団への配分予算	15
表 2-3	道路公団の道路整備配分額内容内訳（2002年度）	16
表 2-4	道路公団の道路整備配分額資金別内訳（2002年度）	16
表 2-5	サンタクルス県の農産統計（1997/1998）	21
表 2-6	Saavedraにおける気温、湿度、風速	22
表 2-7	日本・ボリビア友好橋地点における降雨量	22
表 2-8	交通量調査結果	27
表 3-1	荷重増加に伴う各部材の応力度	36
表 3-2	補強後の部材応力度	37
表 3-3	床組工の欠損ボルト本数	39
表 3-4	主構補強の一次検討	44
表 3-5	主構補強の二次検討	45
表 3-6	橋門構の検討	46
表 3-7	床版補強の検討	47
表 3-8	舗装タイプの検討	48
表 3-9	基本設計結果の概要表	58
表 3-10	品質管理項目一覧表	63
表 3-11	主要建設材料の可能調達先	64
表 3-12	主要建設機械の可能調達先	65
表 3-13	事業実施工程表	66
表 3-14	維持管理項目及び頻度等	68
表 4-1	本プロジェクトの直接効果及び成果指標	70
表 4-2	本プロジェクトの間接効果	70
表 4-3	日本・ボリビア友好橋の直接影響圏の人口	71
表 4-4	日本・ボリビア友好橋維持管理計画表	72

目 次

図(1)	位置図	冒頭
図(2)	プロジェクト位置図	冒頭
図(3)	日本・ボリビア友好橋改修後予想図	冒頭
図 1-1	IIRSA による南米の国際回廊計画	2
図 1-2	IIRSA の国際回廊計画と道路整備目標	3
図 1-3	東西回廊の調査実施中路線	10
図 1-4	東西回廊の建設入札済み路線	11
図 1-5	東西回廊の建設中路線	12
図 2-1	道路公団 (SNC) の組織図	14
図 2-2	東西幹線道路の交通量	18
図 2-3	国道 4 号線の交通量推移	19
図 2-4	サンタクルス県の郡区分と幹線道路	20
図 2-5	橋梁地点河道横断形状	23
図 2-6	平均及び最深河床高の経年変化	24
図 2-7	流水流下時の川幅の縦断変化	25
図 2-8	低水路幅と平均年最大流量、河床勾配の関係	26
図 3-1	主構トラスの部材構成	35
図 3-2	鋼板溶接の補強方法	37
図 3-3	現場溶接する添接材位置図	37
図 3-4	建設当初及び現在の橋門構	38
図 3-5	橋門構の形式図 (改修案)	39
図 3-6	床版配筋断面図	40
図 3-7	鋼板接着工法による床版補強方法	41
図 3-8	車高制限装置及び段差舗装のイメージ	42
図 3-9	橋梁一般図	49
図 3-10	上下弦構補強図	50
図 3-11	添接材現場溶接位置図	51
図 3-12	斜材取替え位置図	52
図 3-13	橋門構基本図	53
図 3-14	床版補強図	54
図 3-15	仮設支保工構造図	55
図 3-16	護岸計画図	56
図 3-17	車高制限装置構造図	57

写 真 目 次

写真(1)	日本・ボリビア友好橋の全景（右岸下流側より撮影）	冒頭
写真(2)	トラスの全景（左岸側より撮影）	冒頭
写真(3)	破断した橋門構.....	冒頭
写真(4)	変形沈下した部材	冒頭
写真(5)	変形した部材	冒頭
写真(6)	脱落したボルト.....	冒頭
写真(7)	床版の損傷状況.....	冒頭
写真(8)	損傷状況の接写.....	冒頭
写真(9)	橋面舗装の状況.....	冒頭
写真(10)	サンタクルス側からのアプローチ道路	冒頭
写真(11)	護岸の状況（上流より見て左岸）	冒頭
写真(12)	河川の状況（右岸上流より撮影）	冒頭
写真 2-1	タルマ橋橋脚の露出状況.....	30
写真 2-2	ヤパカニ橋橋脚の洗掘対策とかさ上げ状況	30
写真 2-3	左岸橋台護岸の状況.....	31
写真 2-4	右岸橋台周辺の状況及び床版調査状況	31

第1章 プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

(1) 道路整備の変遷と現状

ボリビア国における道路整備は、その地形的制約すなわち、110万 km²の広大な面積が、5000mに及ぶ高原地帯 (Altiplano)、1000m~2000m程度の中間渓谷 (Valles)、アマゾンを含む低地平原 (Llanos)と変化に富み、起伏の激しい国土であることから、頻発する地すべりや洪水に加え、技術的困難さや建設コストの高さも影響し南米でも最も整備の遅れた状況となっている。

このように道路整備を進める上で不利な条件の中にあつて、ボリビア国政府は経済開発を進めるため、特に1990年から1994年までは、国道3号線、9号線、4号線、1号線の整備による大きな環状線の国内回廊の整備を、米州開発銀行 (BID)、アンデス開発公社 (CAF)、ラプラタ河流域開発基金 (FONPLATA) 等の国際機関の資金を中心に推し進め、ラパス、ユクモ、トリニダ、サンタクルス、コチャバンバ、オルロ、ラパスをつなぐ幹線上の物流の効率化を図ってきた。しかし1995年以降、政府全体の地方分権化が進められ、道路整備の中心を担っていた道路公団 (SNC: Servicio Nacional de Caminos) も地方へ大幅な権限委譲を行ったことで、道路整備は国全体としての統合性を欠き、整備水準も伸び悩んだ。1999年にこれらの状況を改善すべく道路公団に全国道路ネットワークの管理権限が復活し、ボリビア国の経済回復を輸出の振興により図ろうとする国家政策が重視され始め、さらには南米における経済のグローバル化がメルコスール (MERCOSUR) や南米インフラ統合 (IIRSA) によって活発化する影響を受け、ボリビア国の道路整備も、輸出回廊の整備へとシフトしてきている。

道路公団が管理する幹線道路網は冒頭のプロジェクト位置図に示すとおりである。表 1-1 には幹線道路以外の地方道を含めたボリビア国全体の道路整備状況 (2003年12月現在) を示す。

表 1-1 ボリビア国道路状況 (2003年12月現在) (出典: SNC 道路統計年鑑)

(Km)

地域	国道			県道			市町村道		
	舗装	砂利	土道	舗装	砂利	土道	舗装	砂利	土道
La Paz	668	520	681	38	1,501	336	11	1,558	4,271
Chuquisaca	214	456	151	0	466	555	4	591	3,417
Tarija	383	433	0	47	418	0	19	498	967
Cochabamba	613	442	85	61	1,124	1,522	2	1,986	1,827
Santa Cruz	1,147	565	1,681	35	1,732	2,250	12	536	4,344
Oruro	560	211	0	5	724	317	6	431	3,319
Potosi	247	983	334	0	788	595	2	863	7,758
Beni	167	838	323	9	175	1,030	0	359	910
Pando	33	290	230	0	0	496	0	34	547
計	4,023	4,738	3,485	195	6,928	7,101	56	6,856	27,360
合計	12,255 Km			14,224 Km			34,272 Km		

総合計: 60,751 Km (舗装道: 4,283 Km、砂利道: 18,522 Km、土道: 37,946 Km)

全 60,751Km の中、道路公団が管理する幹線道路は 12,255Km (約 20%) である。また、幹線道路の舗装率は僅か 33% (4,023Km) に過ぎず、輸出回廊の道路整備を最優先にすると共に、他の地方道を含めて全天候道路を整備することによる産業振興が喫緊の課題であることが示されている。

橋梁は道路ネットワークにおいて重要な位置を占めているが、大部分がコンクリート橋であり経年による維持管理の必要が生じている。また、日本・ボリビア友好橋のような鋼橋は施設数が少なく、維持管理のノウハウが蓄積されていない。

1-1-2 開発計画

度重なる政権交代の中で、2002年8月に誕生したサンチェス政権が策定した「プラン・ボリビア」という上位計画が国家の方向性を決めていたが、2003年10月の政権交代(カルロス・メサ・ヒスベルト)によりこれも不明確になっている。プラン・ボリビアは生産性・国際競争力の強化を最優先課題としており、中でも道路建設等の公共投資による雇用創出、貧困対策を重点に掲げていた。

公共事業省運輸次官室によると、ボリビア国では米州開発銀行、アンデス開発公社等の資金を大きな財源とし道路改良及びリハビリテーションなどの道路網整備が進められており、現在は南米12ヶ国が参加する地域統合イニシアチブ南米インフラ統合(IIRSA: Iniciativa para la Integracion de la Infraestructura Regional Sud-Americana)との整合を図ることを最優先の整備方針としている。

IIRSAにおいて策定した南米の主要12国際回廊を図1-1に示す。この中、ボリビア国に関する回廊は②ロスアンデス軸、③インターオーション軸及び⑪ボリビア～パラグアイ～ブラジル軸がある。図1-2にIIRSAに基づいたボリビア国における最新の国道整備計画を示す。中でもブラジルからチリ方面に内陸を横断するインターオーション軸が最も重要な位置付けにある。この軸は4つの大きな輸出回廊(東西、西南、南北、南部)から構成されている。この中で日本・ボリビア友好橋は本輸出回廊(東西輸出回廊)上の国道4号上の重要な橋梁と位置付けられている。



図 1-1 IIRSA による南米の国際回廊計画

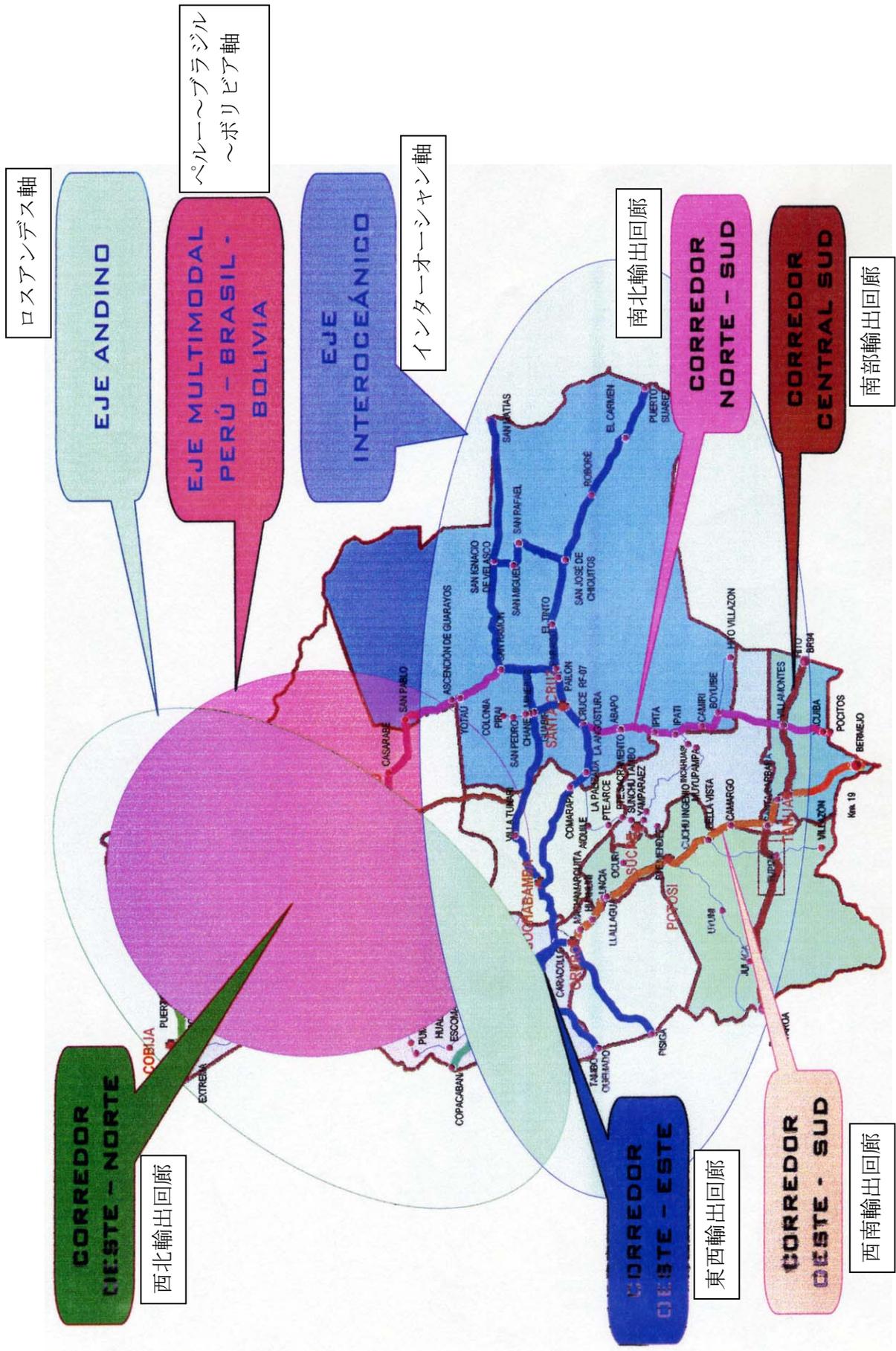


図 1-2 IIRSA の国際回廊計画と道路整備目標

1-1-3 社会経済状況

ボリビア国の社会・経済の一般状況は資料-4に示すとおりである。

ボリビア国は一人当たり GNI が 900 US ドル程度であり、南米で最も開発の進んでいない国の一つに挙げられている。総人口は 2001 年現在 827 万人である。内政状況について見ると、1982 年に軍政から民政に移行し、市場経済化に向け改革が進められている。4 年毎の総選挙で政権が交代してきたが、近年は政権交代がめまぐるしく、隣国チリとの関係、天然ガス輸出政策、税制問題など不安定要素を抱えている。前政権（サンチェス・デ・ロサダ大統領）時代に総合的な国家開発を目指して「プラン・ボリビア」が策定され、公共事業投資による雇用創出、貧困削減を重点に置いているが、政権交代もあり十分に機能していない。ボリビア国の経済状況は、農業、鉱業産品を中心とする一次産品への依存が総輸出の 8 割を占めており、世界及び周辺国経済の停滞の影響を受け深刻な不況の状態にある。

我が国との関係においてはサンタクルス県を中心とした移住者が多く活躍しており良好な友好協力関係にある。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

ボリビア国にとって道路は重要な交通手段であり、ボリビア国政府は、国家上位計画の中で、経済の活性化を促す道路のインフラ整備を重点施策として取りあげ、主要幹線道路及び輸出回廊の整備を実施している。中でも、サンタクルス～コチャバンバ～ラパスのルートを含む東西回廊は最重要路線であり、日本・ボリビア友好橋（旧称アイゼンハウワー橋：1964 年竣工の鋼トラス橋）はこの路線上に位置している。

ボリビア国政府は、当該橋梁について 1983 年のピライ川大規模洪水の経験から、1988 年に上部工の嵩上げ工事を実施し、更に 2000 年 10 月の上部工損傷部材の取り替え工事を実施した。しかし、これら工事による橋梁耐力強化を不十分と判断したボリビア国政府は、2003 年 2 月に同橋の架け替えを日本国政府に要請した。これを受けて実施された予備調査では、構造耐力に不足はなく橋長も安定河道幅に入っており、緊急を要する架け替えの必要はないものの、トラス、舗装、床版、護岸にかかる補修・補強により、近年増加する重積載車両へ対応し、安全な通年交通の確保、流通の安定化を図ることの必要性が確認された。

このような状況を背景にボリビア国政府は、2003 年 8 月、改めて同橋の補修・補強に関する無償資金協力を日本国政府に要請した。

これを受けて派遣された基本設計調査団は現地における調査及び協議の結果、要請の内容は日本・ボリビア友好橋の改修であり、本無償資金協力は、既に築後 40 年を経て老朽化が懸念される橋梁の改修を実施することにより近年増加する重積載車両等の安全な通年交通の確保、流通の安定化を図ることを目的とし、以下の項目から構成されることを確認した。

- ・トラスの補修・補強
- ・路面舗装の補修・補強
- ・床版の補修・補強
- ・橋台周りの護岸工の設置

トラスの補修・補強に際しては車両の衝突に対する安全対策が含まれる。なお、改修の実施にあたり、ボリビア国で1999年に発布された載荷法(道路通行車両の許容重量と寸法)に則ることが要望された。

1-3 我が国の援助動向

我が国は、1914年にボリビア国と外交関係を樹立して以来、日系人・日本人(2003年推定で16,000人)移住地が存在すること、国際機関の支援による構造調整のもと経済開発に努力していること等から、積極的な支援を行ってきている。2001年には、我が国とボリビア国との間で政策対話を行い、基礎的生活分野及び貧困対策、道路橋梁等のインフラ整備、環境保全を重点分野と定めて援助方針を確立している。しかしながら、国際的な援助の潮流として、ODA資金の効果的執行や、ドナー国間の援助強調が求められる現在、これらの分野を我が国の対ボリビア重点分野として援助を進めるためのより具体的なプログラムの構築が求められている。

2002年度までの円借款実績は470.26億円であるが、現在はHIPCイニシアティブの適用国となっていることから円借款案件は実施されていない。一方、無償資金協力については、E/Nベースで20億円/年程度の供与が行われており、2001年度までの累積で677.82億円となっている。また技術協力については累計で491.04億円の実績となっている。

注) 円借款については契約額ベース、無償資金についてはE/Nベース、技術協力はJICA経費実績ベース

表1-2 ボリビア国に対する我が国の2国間ODA実績 (単位: 億円)

	1996	1997	1998	1999	2000	累計
無償資金協力 (シェア)	59.19 (60)	44.17 (68)	25.18 (61)	23.73 (57)	29.64 (68)	506.22 (43)
技術協力 (シェア)	22.00 (22)	20.76 (32)	18.99 (45)	24.43 (59)	19.96 (46)	345.56 (29)
贈与小計 (シェア)	81.19 (83)	64.93 (100)	44.17 (107)	48.16 (116)	49.60 (113)	851.79 (72)
政府貸し付け (シェア)	16.85 (17)	0.07 (0)	-2.80 (-7)	-6.67 (-16)	-5.87 (-13)	334.25 (28)
合計	98.03 (100)	64.99 (100)	41.38 (100)	41.49 (100)	43.37 (100)	1,186.01 (100)
我が国の中南米に対するODAのうち、ボリビア国が占める割合	9.9%	9.1%	7.5%	5.1%	5.5%	9.8%

注: (シェア)は、ODA合計に占める各形態の割合 (%)

出典: 外務省経済協力局 (2002)

表1-3 無償資金協力実績 (JICA 実施促進分)

分野	年度	案件名	金額: 億円
インフラ	86	道路網整備計画	5.10
	88	道路網整備計画	10.00
	88	コチャバンバ州村道整備計画	12.54
	89	道路公団修理工場整備計画 (ポトシ、サンタ・クルス、エル・アルト)	8.52
	89	ポトシ農道整備計画	7.58
	90	ラ・パス農道整備計画	7.67
	91	チュキサカ・タリハ農道整備計画	15.65
	92	オルロ農道整備計画	7.96
	93	エル・アルト国際空港近代化計画	1.30
	93	ラ・パス市道路補修及び災害対策用機材整備計画	10.78
	94	エル・アルト国際空港近代化計画	8.93
	94	地方都市道路補修用機材整備計画 (エル・アルト、コチャバンバ)	9.27
	94	サンタ・クルス県北部橋梁整備計画	0.55
	95	エル・アルト国際空港近代化計画	23.74

	95	サンタ・クルス県北部橋梁整備計画	6.54
	96	エル・アルト国際空港近代化計画	2.78
	96	サンタ・クルス県北部橋梁整備計画	13.69
	97	サンタ・クルス県北部橋梁整備計画	1.52
	99	サンタ・クルス北西部地方道路計画	0.42
	00～02	サンタ・クルス北西部地方道路整備計画	30.91
		小 計	185.45
保健医療	77	ラ・パス消化器疾患研究センター建設計画	7.00
	78	スクレ消化器疾患研究センター建設計画	8.00
	78	地方医療施設整備計画（小型棒鋼、セメント）	6.50
	79	コチャバンバ消化器疾患研究センター建設計画	11.00
	79	地方医療施設整備計画（小型棒鋼）	3.00
	80	国立公衆衛生専門学校建設計画（コチャバンバ）	14.00
	80	地方医療施設整備計画（小型棒鋼）	5.00
	81	トリニダ母子病院建設計画	8.00
	81	地方医療施設整備計画（小型棒鋼）	5.00
	82	トリニダ母子病院建設計画	7.00
	83～85	サンタ・クルス総合病院建設計画	42.00
	86	医療機材整備計画	7.10
	98	ラ・パス母子病院医療機材整備計画	0.37
	98	予防接種拡大計画（子供の健康無償）	4.01
	99～01	ラ・パス母子病院医療機材整備計画	9.72
	01	コチャバンバ母子医療システム強化計画	1.16
	02～03	コチャバンバ母子医療システム強化計画	18.36
		小計	157.22
基礎衛生	88	エル・アルト市地下水開発計画	16.93
	89	エル・アルト市地下水開発計画	6.91
	89	ラ・パス市清掃機材整備計画	5.95
	91	コチャバンバ上水道整備計画	13.56
	92	都市清掃機材計画（エル・アルト、サンタ・クルス）	11.34
	93	都市清掃機材計画（オルロ、ポトシ、タリハ、トリニダ）	6.02
	97	地方地下水開発計画（サンタ・クルス、チュキサカ）	31.02
	98～99	第2次地方地下水開発計画（オルロ、タリハ）	18.73
		小 計	110.46

* 上記リスト以外に、農業・農村（食料援助を含む）、教育、ノン・プロジェクト、債務救済、草の根等の無償資金協力案件がある。

表1—4 開発調査実績

分野	案 件 名	実施年度
基礎衛生	ラ・パス市エル・アルト地区地下水開発計画	86 - 87
	地方地下水開発計画	94 - 96
保健医療	ベニ県保健医療セクター	00 - 02
農業・農村	柑橘栽培地造成計画	62
	チャバレ農業開発計画	79
	サンタアナ地区農業・農村開発計画	88 - 90
	サンタ・クルス県農産物流通システム改善計画	93 - 95
	ラ・パス県アチャカチ地区農村農業開発計画	96 - 97
サンタ・クルス県農産物流通改善計画	98 - 99	
インフラ	電気通信計画	62
	道路網拡張計画	74
	チャバレ地区地図製作事業	74 - 79
	ビルビル国際空港建設計画	76 - 77
	国鉄復旧計画	79 - 82
	電気通信網整備拡張計画	81 - 82
	サンボルハ・トリニダ道路改良計画（フェーズ1）	85 - 87
	エル・アルト空港近代化計画	86 - 87
	サンボルハ・トリニダ道路改良計画（フェーズ2）	87 - 88
	サンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良調査	88 - 90
	鉄道網整備計画	89 - 91

	オルロ・コチャバンバ間鉄道改善調査	93 - 95
	ラ・パス・ベニ県地形図作成調査	93 - 96
	サンボルハ・トリニダ道路環境影響調査	94 - 95
	サンタ・クルス県北部地域洪水対策計画	98 - 99
環境	森林資源管理計画	89 - 91
	ラ・パス市水質汚濁対策計画調査	91 - 93
	ポトシ県鉱山セクター環境汚染評価	97 - 99

特に道路・橋梁分野についての実績を挙げると次表のとおりである。

表 1-5 道路・橋梁分野の開発調査実績

分野	案 件 名	実施年度
道路・橋梁	道路網拡張計画	1974
	サンボルハ・トリニダ道路改良計画（フェーズ1）	1985-87
	サンボルハ・トリニダ道路改良計画（フェーズ2）	1987-88
	サンタルバラ・ベジャピスタ道路改良調査	1988-90
	サンボルハ・トリニダ道路環境影響調査	1994-95

表 1-6 道路・橋梁分野の無償資金協力実績

分野	年度	案 件 名	金額 (億円)	概 要
道路・橋梁	1986	道路網整備計画	5.10	北部州の農牧業、林業、水産業の主要製品の流通を確保するための道路網整備に必要な資機材等の供与
	1988	道路網整備計画	10.00	86年度に実施した道路網整備案件に付随した排水溝整備と付帯設備に必要な資機材等の供与
	1988	コチャバンバ州村道整備計画	12.54	対象地域の農牧業振興のため、農村道路の整備に必要な道路建設資機材等の供与
	1989	道路公団修理工場整備計画 (ポトシ、サンタ・クルス、エル・アルト)	8.52	道路公団保有の道路建設・補修機材の稼働率を高めるための修理用機材等の供与
	1989	ポトシ農道整備計画	7.58	南部5州の農道整備計画に基づく、道路整備を行うための建設資機材等の供与
	1990	ラ・パス農道整備計画	7.67	ラパス農道整備計画に基づく、道路整備を行うための建設資機材等の供与
	1991	チュキサカ・タリハ農道整備計画	15.65	チュキサカ及びタリハ県の道路網整備のための建設資機材等の供与
	1992	オルロ農道整備計画	7.96	オルロ州内の道路整備のための必要な道路建設機材等を供与
	1993	ラ・パス市道路補修及び災害対策用機材整備計画	10.78	ラパス市の劣悪な道路状況を改善するために必要な道路整備機材等の供与

	1994	地方都市道路補修用機材整備計画（エル・アルト、コチャバンバ）	9.27	ル・アルト市及びコチャバンバ市の都市基盤（道路、河川等）の充実のために必要な道路補修整備機材等の供与
	1994 ～ 1997	サンタ・クルス県北部橋梁整備計画	22.3	日系オキナワ移住地に至る国道9号線上の7橋梁の建設（総延長：350.1m）
	1999 ～ 2002	サンタ・クルス北西部地方道路整備計画	31.33	日系サンファン移住地内道路（50.5km）及び3橋梁と56カ所のカルバート構造物の建設
		小 計	148.70	

1-4 他ドナー国・機関の援助動向

第2章に後述するように道路公団の道路整備計画（2002年度）は、その実施のための所要資金の92%を国外からの援助によっている。

日本・ボリビア友好橋の改修計画自体は既改良の国道4号線上の改修計画である。4号線に関しては2003年12月に落橋したチャパレ川に架かるAlfonso Gumucio Reyes橋の緊急援助（アンデス開発公社による534百万USドル融資）以外には外国援助による道路改良・改修に関する計画はない。

国道4号線は輸出東西回廊の基幹路線であり、本回廊全体への外国援助計画を次に示す。図1-3は調査実施中路線、図1-4は工事入札済み路線、図1-5は建設中路線である。

本基本設計調査対象案件は、輸出東西回廊の一部を構成し、他の援助国・国際機関の活動と一体となってボリビア国の産業進展に寄与、協力するもので、ボリビア国側にとって重要なプロジェクトと位置づけられる。

特に当プロジェクトと関連の深い東西輸出回廊に関する援助を次の表に示す。

表 1-7 他のドナー国・機関の援助（道路セクター）

状況	プロジェクト名		金額 (百万USドル)	機関等
	区間	延長		
計画 調査中	コンセプション～サン・イグナシオ	164km	4.5	アンデス開発公社
	エル・シリヤール地域	28km	2.5	米州開発銀行
入札 行為中	エル・ティント～サンホセ	81km	42.8	ヨーロッパ連合
	ロボレ～エル・カルメン	144km	90.0	社会経済開発銀行 ／コンセプション
	エル・カルメン～スアレズ港	88km	54.0	〃
	モタクチート～ムツン～ブッシュ港	131.5km	131.5	コンセプション
	パライソ～エル・ティント	124km	124	米州開発銀行
	トレド～アンカラビ	28km	2.5	イタリア国
	ウアチャカーリャ～ピシガ	28km	2.5	〃
実施中	サン・ハビエル～コンセプション	59km	9.0	アンデス開発公社 (進捗率：51%)
	サンホセ～タペラス～ロボレ	138km	70.0	アンデス開発公社 (進捗率：8%)

	アンカラビ〜ウアチャカーリヤ	70km	23.0	アンデス開発公社 (進捗率：6%)
	オルロ〜トレド	37km	14.4	アンデス開発公社 (進捗率：91%)

(2004年3月現在)

[参考]：アルフォンソ・グムシオ橋の落橋

2003年12月23日の豪雨/出水で崩壊し、約50人の死者をだしたチャパレ川のAlfonso橋は、全長約310m（橋脚間（径間）38m、橋脚8本）の内200mが崩壊、崩壊しなかった部分も構造の70%に損傷が見られる。この橋は、コチャバンバ〜プエルト・ブジャロエル路線建設の一環として1967年から1974年に渡って建設された。Alfonso橋落橋により、ボリビア国の大動脈は大混乱に陥り、サンタクルス〜コチャバンバ間の道路交通は、チャパレ川の舟渡しによる4号線の利用と、旧街道と称する国道7号線による大型車両の交通復旧により利用に分けられた。しかしながら、国道4号線の交通量をこの二つの手段では賄いきれず、混乱が続いた。新街道の舟渡しは、川に到着してから約5時間も待たされ、午後6時までに渡河できなかった場合は、翌日の8時まで待機しなければならなかった。川舟の数は5〜6艘で大きな交通量を賄いきれず、両岸には400〜500台の車が2〜3キロの列を作って待機した。

この混乱を軽減するために、国道7号線を応急修理して、特に大型車の交通に廻したが、長年に渡って放置状態にあった道路は大型車の交通に耐え切れず、路面に深い轍ができたり、雨による崖崩のため長時間の立ち往生を強いられたり、又は重量に耐え切れずに路盤沈下を起こすなど大混乱を起こした。特にコチャバンバから約130kmのコマラパ付近が難所となった。これらの問題に対応するために、パリサダからアイキレを経由してコチャバンバに至る県道を緊急補修して迂回緊急用道路としたが、この路線を使うとコチャバンバ〜サンタ・クルス間の所要時間は約20時間かかり、旧街道も混乱状態にあった。

2003年12月23日の落橋以降、アンデス開発公社（CAF）の緊急援助（534百万USドル）によりブラジルの建設業者（Queiroz Galvao）が、2004年4月1日に迂回路を開通し、2004年11月1日に本橋完工引き渡しの工程で落札した。4月1日に開通した迂回路は増水のために再度仮設橋が流され一時混乱したが、4月下旬には再復旧し、その後は国道4号線の交通は平常に保たれている。工事の進捗は現在の所、予定行程とおりに進捗しており道路公団の公式見解では2004年11月に予定どおり引き渡しが行われることとなっている。なお本橋は、旧橋と同規模の橋長310m（8径間）の2車線PC橋であり、従来より3m桁高を増すこととなっている。

CORREDOR OESTE - ESTE

ESTUDIOS EN EJECUCIÓN

CONCEPCIÓN - SAN IGNACIO
 Longitud: 164 Km
 Costo del Estudio hasta San Matías: \$us 4.5 MM
 Financiamiento: CAF

EL SILLAR
 Longitud: 28 Km
 Costo del Estudio: \$us 2.5 MM
 Financiamiento: BID

SAN IGNACIO - SAN JOSE
 Longitud: 200 Km
 Costo del Estudio: \$us 3 MM
 Financiamiento: Sin financiamiento.
 Costo de Construcción: \$us 30 MM
 Financiamiento: Sin financiamiento.

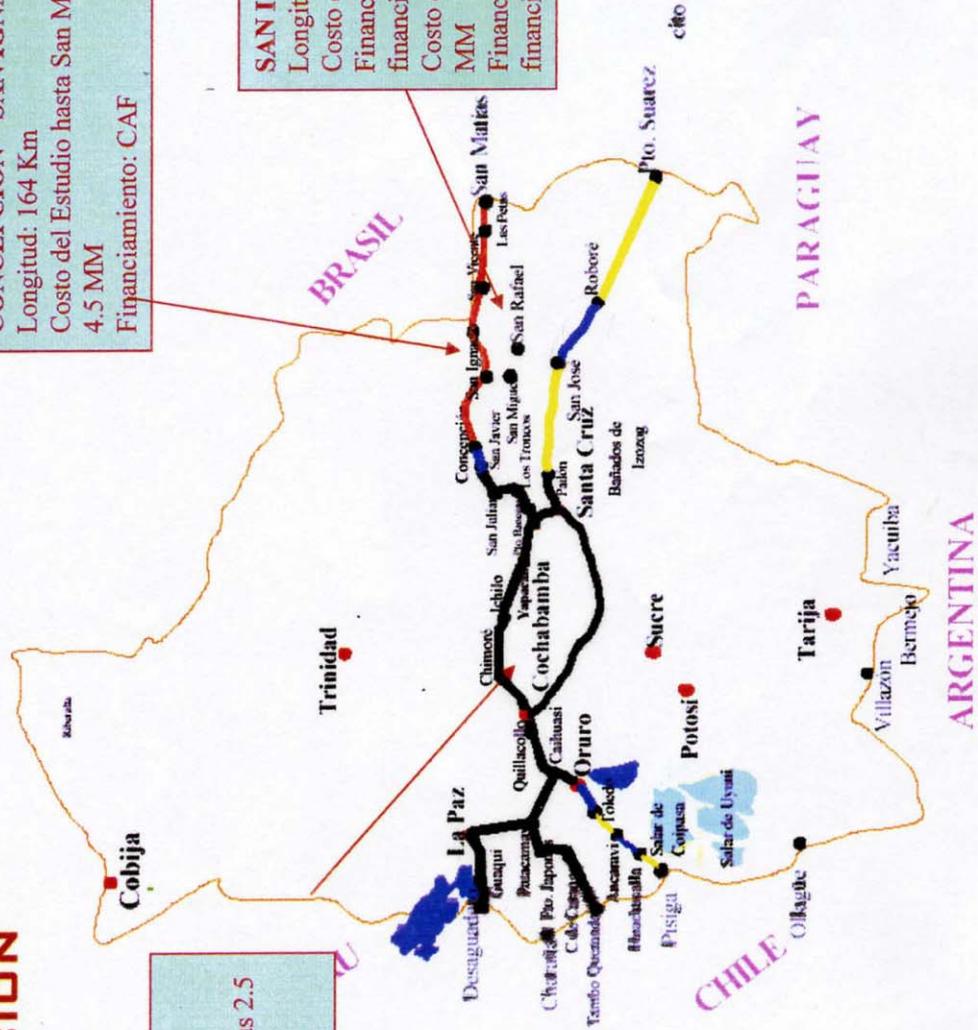


図 1-3 東西回廊の調査実施中路線

CORREDOR OESTE - ESTE

CONSTRUCCIONES EN LICITACIÓN

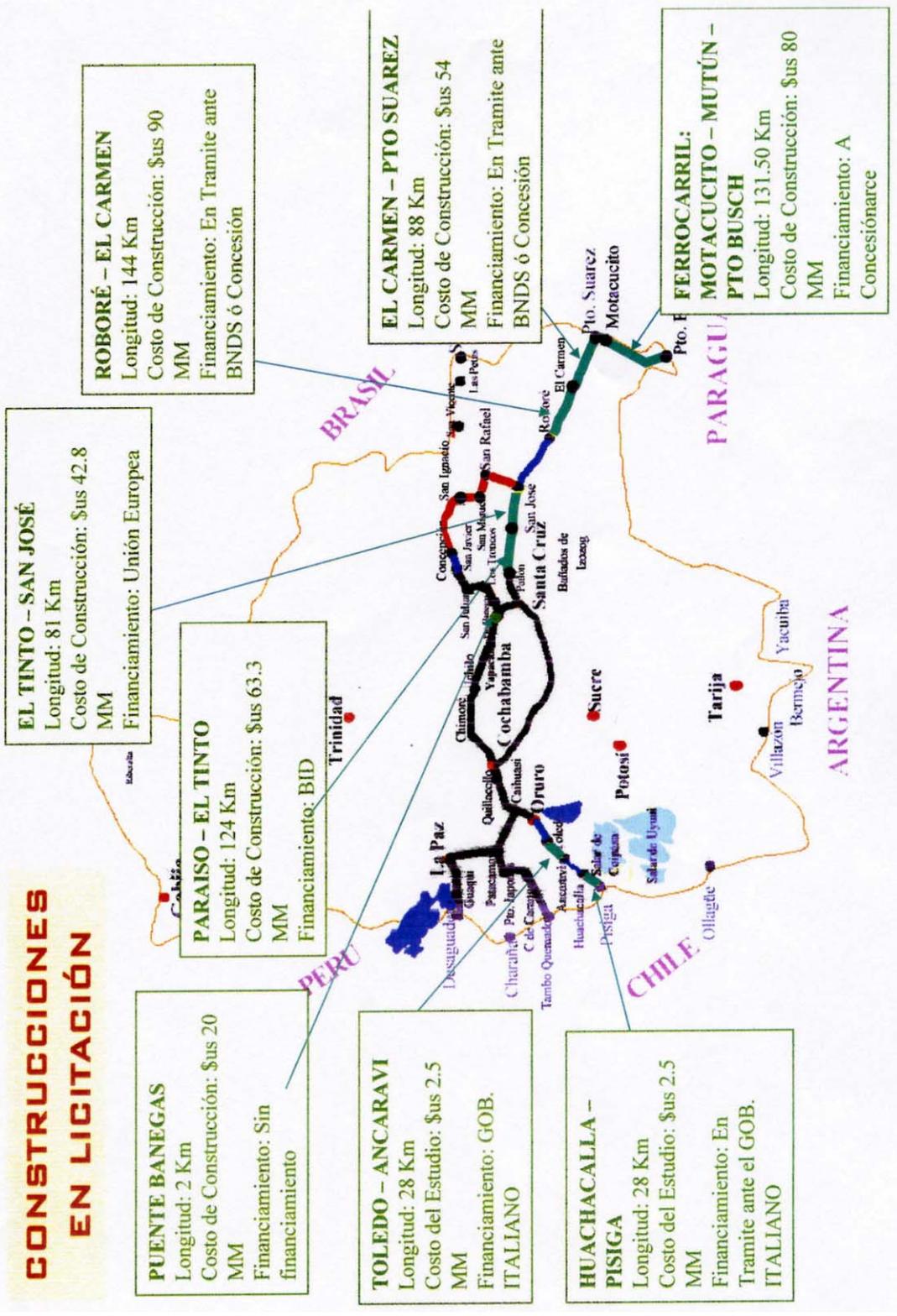


图 1-4 東西回廊の建設入札済み路線

CORREDOR OESTE - ESTE

CONSTRUCCIONES EN ACTUAL EJECUCIÓN

SAN JAVIER - CONCEPCIÓN
 Longitud: 59 Km
 Costo de Construcción: \$us 9 MM
 Financiamiento: CAF
 Avance Físico: 51%

SAN JOSE - TAPERAS - ROBORÉ
 Longitud: 138 Km
 Costo de Construcción: \$us 70 MM
 Financiamiento: CAF
 Avance Físico: 8%

ORURO - TOLEDO
 Longitud: 37 Km
 Costo Construcción: \$us 14.4 MM
 Financiamiento: CAF
 Avance Físico: 91%

ANCARAVI - HUACHACALLA
 Longitud: 70 Km
 Costo de Construcción: \$us 23 MM
 Financiamiento: CAF
 Avance Físico: 6%

PUENTE DE LA AMISTAD
 Longitud: 380 m.
 Costo de Construcción: \$us 4.5 MM
 Financiamiento: En tramite ante CAF

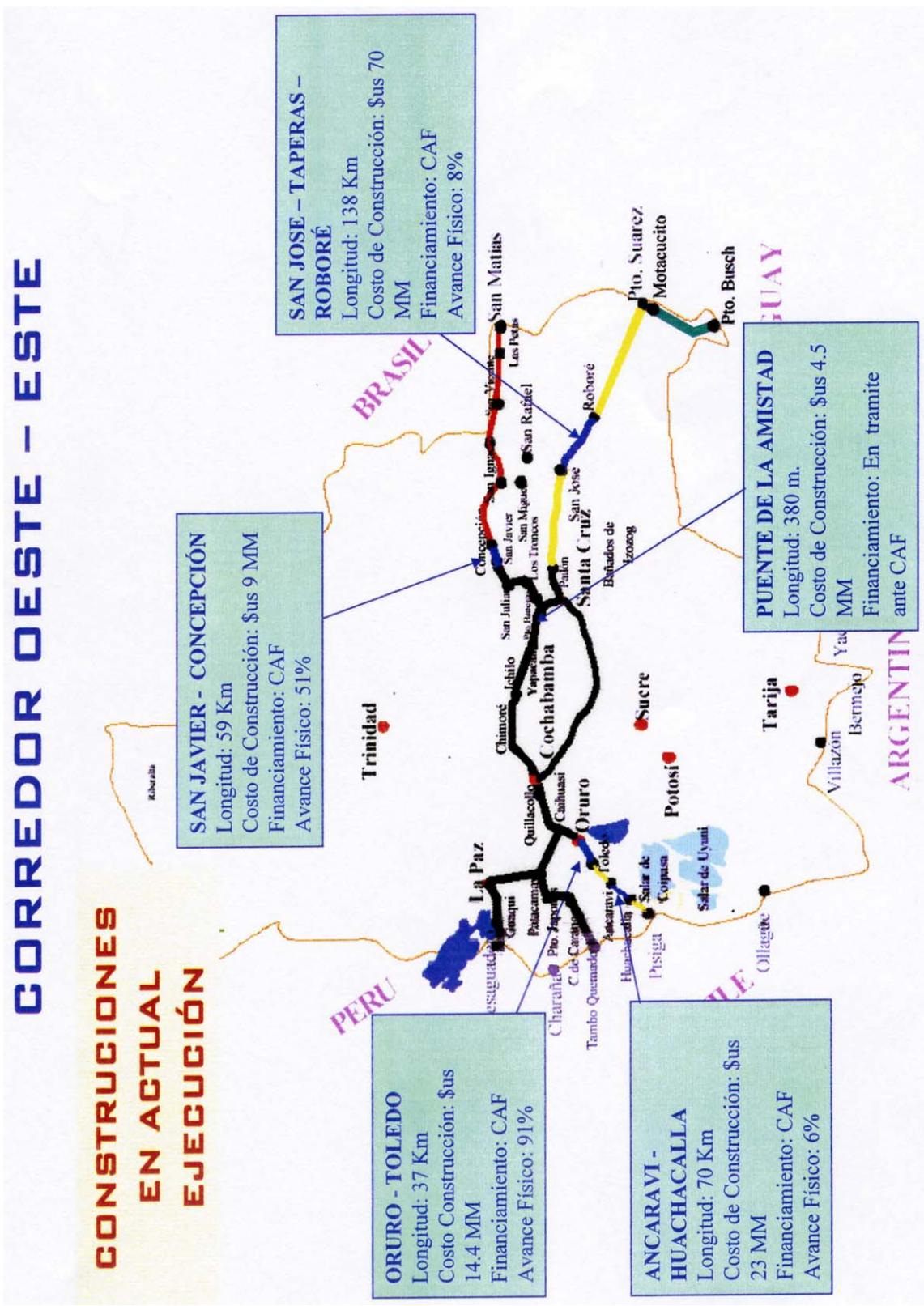


図 1-5 東西回廊の建設中路線

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

2001年8月バンセル大統領退陣後、キロガ、サンチェス、そして2003年10月に誕生したカルロス・メサ政権と度重なる政権交代の中で、政府組織も再編が行われ、インフラ整備は公共事業省 (Ministerio de Servicio y Obras Publicas) が担当となっている。公共事業省は図2-1で示すように4庁から構成されており、運輸庁 (Viceministerio de Transportes) が道路交通行政を担当している。同庁の最高責任者は運輸次官である。

主要幹線道路におけるプロジェクトの実施及び維持管理は、公共事業省運輸庁の独立行政機関である道路公団 (SNC) が担当し、その延長は12,255km (ボリビア国の県・市町村道を含めた全道路延長は60,751km) に及んでいる。ただし道路公団は昔日のように自ら技師と建設機械を有し直営にて管理するのではなく、民間への発注管理が主体の組織となっている。特に所管する道路の維持管理は、世界銀行の維持管理システムを導入し、主要幹線道路を35区間に分割して民間企業に3年契約で委託している。

なお道路公団の職員数は表2-1に示すとおり2003年現在、281名 (内本部は180名) である。実質的な幹部である技師 (Ingeniero) は102名 (内本部は56名) である。10ある地方支部は主として管轄区間の日常管理や発注業務を担当し、計画や改良、規模の大きい定期補修等は本部が担当している。

[参考] 道路公団 (SNC) の歩み：

1955年に道路開発のために米国により設立された⁶ ホ米道路公社 (SCBAC : Servicio Cooperativo Boliviano Americano de Caminos) を引き継ぎ、1964年に発足した道路公団は、直営工事を基本とし、コチャバンバ～サンタ・クルス間道路をボリビア国における初めての舗装道路として建設した。その後、直営を基本としながらも1990年以降、BID、CAF、FONPLATAなどの国際機関の資金による国内回廊の整備を推し進め、1995年時点では道路公団の職員は全体で3,000人を超え、そのうち2,200人程度が技術部門、現場作業員となっていた。1995年に始まったボリビア国の様々な分野における地方分権化により、道路公団も中央の人員削減、機能・建設機材を各県に委譲し、その結果全国道路ネットワークの管理は実施されず、道路整備レベルが急速に下降した。2000年の経済復興法以降、脆弱化した道路公団の組織の機能復活を目指し、世界銀行等が改革を実施している。2000年の道路公団再編のための戦略会議ではStrategic Planが作成され、i) 道路整備の基本方針の欠如、ii) 組織の不適合、iii) 資金・資材の不適切な投入、iv) 全国道路ネットワークの崩壊が指摘された。この改革の中でStrategic Action Planを策定し、人材能力開発、300人規模の新組織の再編、維持管理業務の強化、効果的な外部委託等が目標として掲げられた。

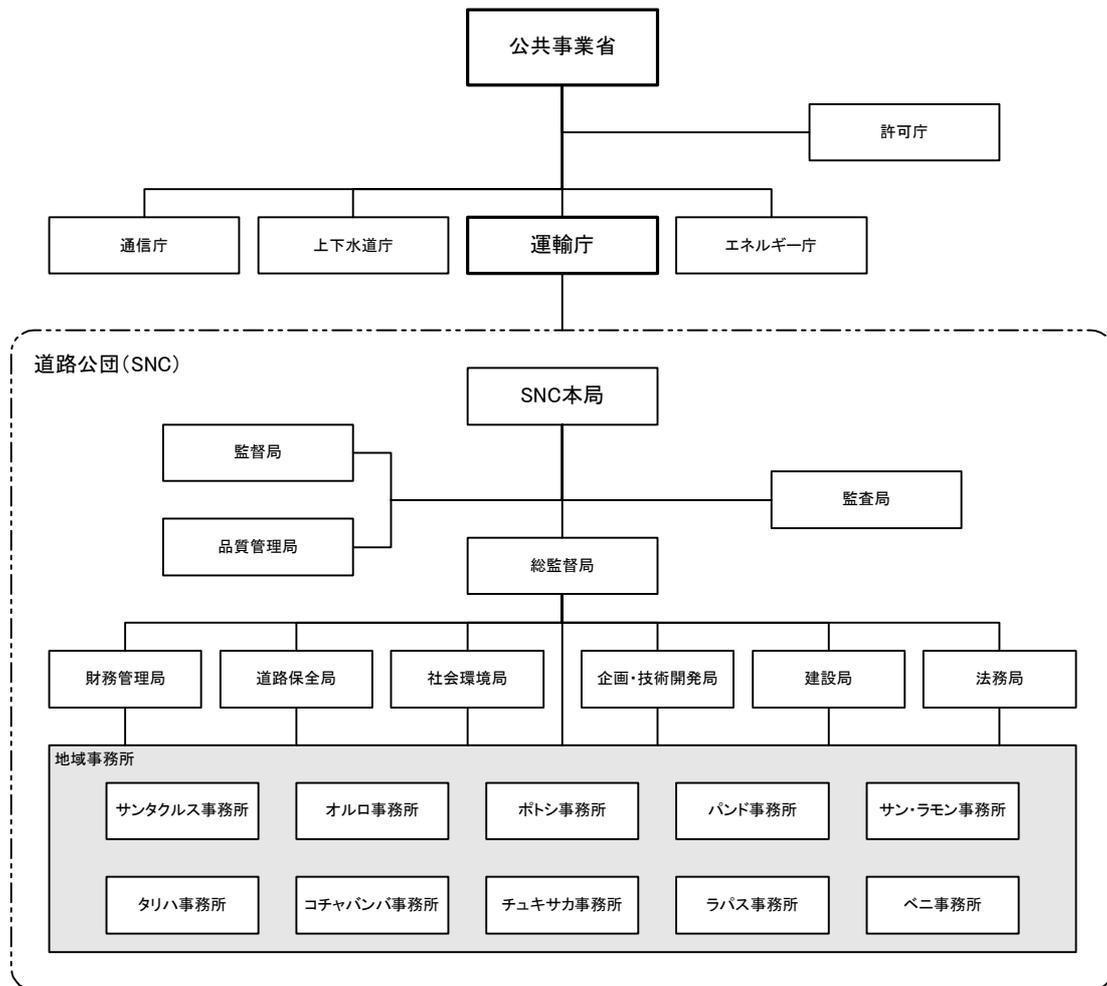


図 2-1 道路公団 (SNC) の組織図

表 2-1 道路公団の人員構成 (2003 年現在) (単位: 人)

職種	ラパス	地方支部										計
	本部	ラパス	チュキサ	タリハ	コチャハ	サンタク	オルロ	ポトシ	ベニ	パント	サンラモ	
技師	56	4	5	5	5	5	4	4	5	5	4	102
事務官	4			1	1	1				1		8
エコノミスト	11											11
監査官	21	1				1	2		1	1	1	28
企画官	4											4
法務官	10											10
会計士	15	1	1	1	1			1	1			21
技能工	19	1					1	2			1	24
他専門職	7											7
秘書	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
運転手	19	3	3	3	3	2	2	2	3	1	1	42
計	180	11	10	11	11	10	10	10	11	9	8	281

2-1-2 財政・予算

道路整備に関する予算の推移について述べる。表 2-2 はボリビア国政府の支出予算、その各分野別内訳、及び事業実施委任団体としての道路公団への配分予算を示す（会計年度は1月～12月）。

表 2-2 ボリビア国政府支出予算及び道路公団への配分予算 (百万 USドル)

分野	2002 年度		2003 年度		2004 年度	
	予算額	%	予算額	%	予算額	%
生産分野	81.530	12.5%	77.087	12.0%	60.085	12.0%
石油類	0	0	0	0	0	0
鉱物資源	6.086	0.9	6.192	1.0	3.816	0.8
工業及び観光	6.894	1.1	9.912	1.5	8.649	1.7
農業関係	68.550	10.5	60.984	9.5	47.621	9.5
インフラ分野	235.158	36.1%	248.701	38.8%	211.789	42.3%
運輸	207.317	31.8	220.623	34.4	183.966	36.7
エネルギー	16.535	2.5	12.567	2.0	17.268	3.4
通信	0	0	0.048	0.0	0.021	0.0
水資源	11.306	1.7	15.463	2.4	10.534	2.1
社会生活分野	281.314	43.2%	260.106	40.6%	188.394	37.6%
健康福祉	68.809	10.5	58.563	9.1	53.325	10.6
教育文化	90.261	13.9	86.334	13.5	48.336	9.7
衛生	62.451	9.6	52.114	8.1	37.409	7.5
住宅都市	59.793	9.2	63.095	9.8	49.323	9.8
その他	52.966	8.1%	54.875	8.6%	40.615	8.1%
合計	650.968	100 %	640.769	100 %	500.884	100 %
道路公団への配分額	135.853	20.9%	148.357	23.2%	114.384	22.8%

(出典：ボリビア国財務省ホームページ <http://www.vipfe.gov.bo/>)

2004年度のボリビア国支出予算は約501百万USドル（約4,027百万Bs）である。この中、外国援助の占める割合は約58%と計上されている。国家予算のセクター別に見ると運輸部門へ36.7%が向けられ、内道路公団へは国家予算の22.8%に当たる114百万USドルが割り当てられている。道路整備が最優先課題であることが裏付けられる。なお、上記の全体実行額は2002年度においては予算の88.9%であった。

2002年度に道路公団に配分された額（実行額）は113百万USドルであり、道路の整備内容内訳を表2-3に、資金別内訳を表2-4に示す。道路整備は9割が外国からの資金援助によっていることが伺える。またこれらの資金は新設・改良に配分されている。維持管理には後述するように年間20百万USドルが道路保全会計（国内資金）から計上されているが、実行額としてはこの水準までは至っていない模様である。

表 2-3 道路公団の道路整備配分額内容内訳 (2002 年度)

用途別内訳	配分額 (百万 US ドル)	%
建設	75.1	66
改良	3.4	3
補修・改修	10.2	9
その他	15.5	14
緊急復旧	8.8	8
計	113.0	100

表 2-4 道路公団の道路整備配分額資金別内訳 (2002 年度)

資金源	配分額 (百万 US ドル)
アンデス開発公社 (CAF)	36.8
米州開発銀行 (BID)	12.6
世界銀行	15.4
ドイツ復興金融公庫 (KEW)	3.2
ブラジル開発銀行 (PROEX)	22.7
見返り資金 (PL-480)	13.0
国内資金 (TGN)	9.3
計	113.0

(出典：SNC：Memoria de Gestion 2002～2003)

2-1-3 技術水準

道路公団は前述のようにボリビア国の幹線道路に係る建設、改良、改修、維持保守等の全般管理の任にあるが、設計施工の実務は民間企業への委託し自体は専ら計画や発注管理を行っている。世界銀行や外国からの援助が実行予算の大部を占めており、設計施工も外国企業の活躍する場が多い。その中でボリビア国のコントラクターや建設コンサルタントも育成されてきている。現地企業の現状と道路公団が実施している維持管理体制（現地企業へ委託）について以下に述べる。

(1) 現地企業の現状

道路公団企画部へのヒヤリングによると、道路関係で実績のある企業は以下のとおりである。

コントラクター：

APOLO, COPESA, IASA, CONCORDIA, ALFA BOLIVIANA, ICE, ICA, BARTOS, SOCICO, MINERVA 等

各コントラクターとも、外国援助による道路橋梁建設プロジェクトに対し、元請けの実績があり、APOLO 及び COPESA は自ら建設重機を保有する企業である。

建設コンサルタント：

PCA, CONNAL, CONSA, ECOVIANA, CAEM 等

各コンサルタントとも、PC 橋梁の設計や外国援助プロジェクトに対する設計・施工監理の実績を有する。

これらの実績から見ると、通常規模の道路橋梁プロジェクトの実施に対してボリビア国現地企業のトップクラスでは技術水準に問題はないと見なせる。また、道路の維持管理には後述するように地場の建設業者に委託しており、小規模な改修程度の能力には問題ない。

(2) 維持管理体制

主要幹線道路におけるプロジェクトの実施及び維持管理は、公共事業省運輸庁の独立行政機関である道路公団が担当し、その延長は 12,255km (2003 年 12 月現在) である。道路公団が所管する道路の維持管理は、世界銀行の維持管理システムを導入し、主要幹線道路を 35 区間に分割して現地民間企業に委託している。

道路の維持管理は主として次の 4 つのカテゴリーに分けて実施されている。

(a) 日常管理 (Mantenimiento Rutinario)

道路公団の 10 箇所の支所で、管轄路線の日常保守点検管理を行うものである。管轄路線についていくつかの管理区間毎に地方業者を選定 (入札) し 1 年間契約で日常管理を請け負わせるもので、道路公団自体は直営ではなく検査等の管理業務を行っている。日常管理の内容は主として道路清掃、除草、路面のポットホール埋め、排水管の清掃・小修理、のり面修理等であり、これらは機械を持たない地元業者でも対応できる内容となっている。

予算としては道路保全会計 (CNCV) で年間 20 百万 US ドルが当てられる。資金源は全国に配置された料金所からの通行料及び世界銀行主導による炭化水素特別税 (石油税) である。石油税からは 2002 年に 5%、2003 年に 10%、2004 年に 15% 配分されることになっているが現実にはこのような伸び率では実行されておらず、資金難の状態からは抜け出せていない。

本橋に関する維持管理においては清掃及び路面のポットホール埋め程度は日常的 (1 年契約の範囲内) に実行されると考えてよい。なお、2003 年 2 月の予備調査団調査の後、本橋の路面のポットホールは修繕された実績を持つ。

(b) 定期補修 (Mantenimiento Periodico)

主として道路舗装のオーバーレイや排水管の取り替え、橋梁では高欄修理等の比較的規模の大きな補修を内容とするものである。定期補修は支所ではなく道路公団本部技師によるパトロールなどを含む評価を経て道路公団本部によって一括管理される。補修頻度はその評価結果によるが、路線に対して概して 7~8 年に一度程度である。資金源は世界銀行の出資によるもので現在は総合維持管理計画の第二次プログラム実施中で 2004 年から 2006 年の 3 年間で 58 百万 US ドルが供与されることになっている。

(c) 緊急補修 (Operaciones de atencion a emergencias)

落石等の路面上の障害物除去や路面陥没の盛土工等の緊急復旧を内容とする。

(d) 小補修 (Obras menores)

掘削工や側溝補修等の単位箇所の小修繕を内容とする。

上記 (a) 及び (b) は全路線にて計画的に実施されているが、その他に特定重点路線では、(a)~(d) を含んだ総合的補修 (Mantenimiento Integral) が実施されている。

なおこれら維持管理内容の詳細は巻末資料-8 に示すとおりである。

橋梁の維持管理は、橋梁を含む道路区間を単位とする日常管理及び定期補修のシステムに繰り込まれる。維持管理作業内容については、従来実施している労働集約型であるため、技術的に問題なく実

施されるものと推定される。

(3) 本橋の維持管理体制について

本橋の特徴はボリビア国においても数少ない本格的な鋼トラス橋である。大部の橋がコンクリート橋の中にあって、道路公団として直営の鋼橋の補修実績はほとんどない。世界銀行融資により2001年に実施されたメンテナンス工事（部材矯正・交換、リベット交換、塗装、支承部の横桁設置等）は外国企業による請負工事である。したがって、本橋改修後の維持管理体制にはボリビア国側の維持管理システムの中に付加すべき項目を明確にし、その実行性を確認する必要がある。

主要な維持管理項目については、衝突防止のための安全施設の維持、部材損傷・欠落に対する評価と修復、後節で述べる河床低下に対するモニタリング等が挙げられる。

2-2 プロジェクト・サイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

(1) 国道4号線の重要性

日本・ボリビア友好橋のある国道4路線は、ボリビア国における3大都市ラパス、コチャバンバ、サンタクルスを結ぶ線上にあり、同国の物流の要となっている。ボリビア国の道路全般的に言えることであるが、道路整備を進める上で舗装道路の整備は極端に幹線道路に比重が置かれ、県道、市道レベルにおける舗装道路は非常に少ない。従って、物流は幹線道路を頼らざるを得ない状況で、これは、比較的道路事情の良いサンタクルス州においても言えることである。

2004年12月に起きたチャパレ川の洪水によるAlfonso Gumucio Reyes橋の落橋による国道4号線の寸断による混乱から明らかなように、この路線は、コチャバンバ産農産物のサンタクルスへの運搬路でもあり、サンタクルス産農産物、木材、畜産品の輸出路、及びブラジルからチリへの輸送路線であり、国内的にも国際的にもボリビア国における最も重要な路線であるといえる。

道路公団の定期交通量観測結果（図2-2）もこのことを裏付けており、国道4号線の交通量は全国的に見ても多く同国道がボリビア国の経済活動の上での重要路線であることがわかる。

一方、サンタクルス～コチャバンバ間を結ぶもう一つのルートである国道7号線の交通量が極端に少ないことからわかるように、国道7号線は整備の遅れにより国道4号線の代替ルートとしての機能を果たしていない状態にある。本調査対象地域における同路線上の交通量推移を図2-3に示す。なお、観測区間は日本・ボリビア友好橋を含む近郊の都市ポルタチュエロ～グアビラ間（図(2)プロジェクト位置図参照）である。

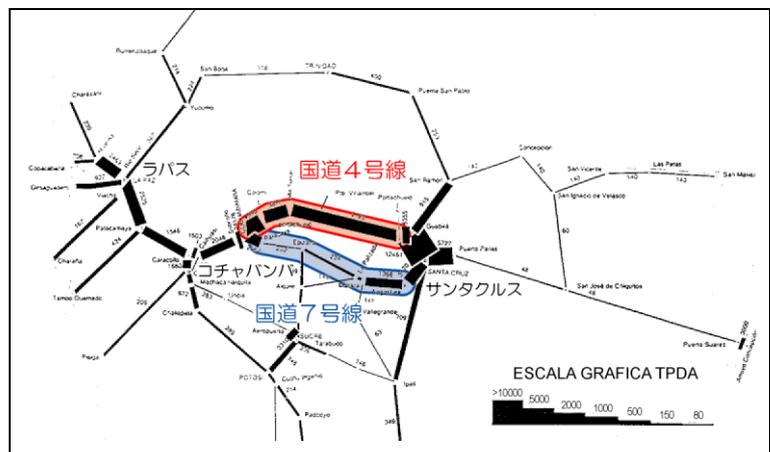


図2-2 東西幹線道路の交通量(2001年)

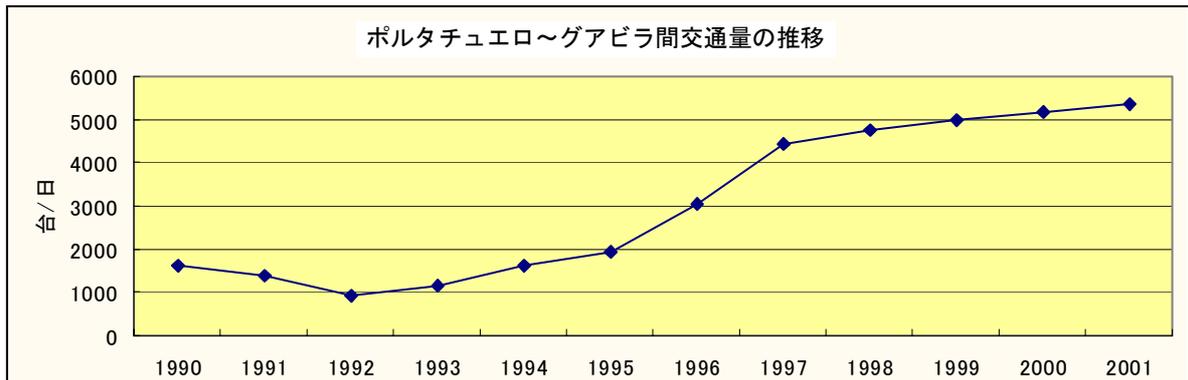


図 2-3 国道 4 号線の交通量推移

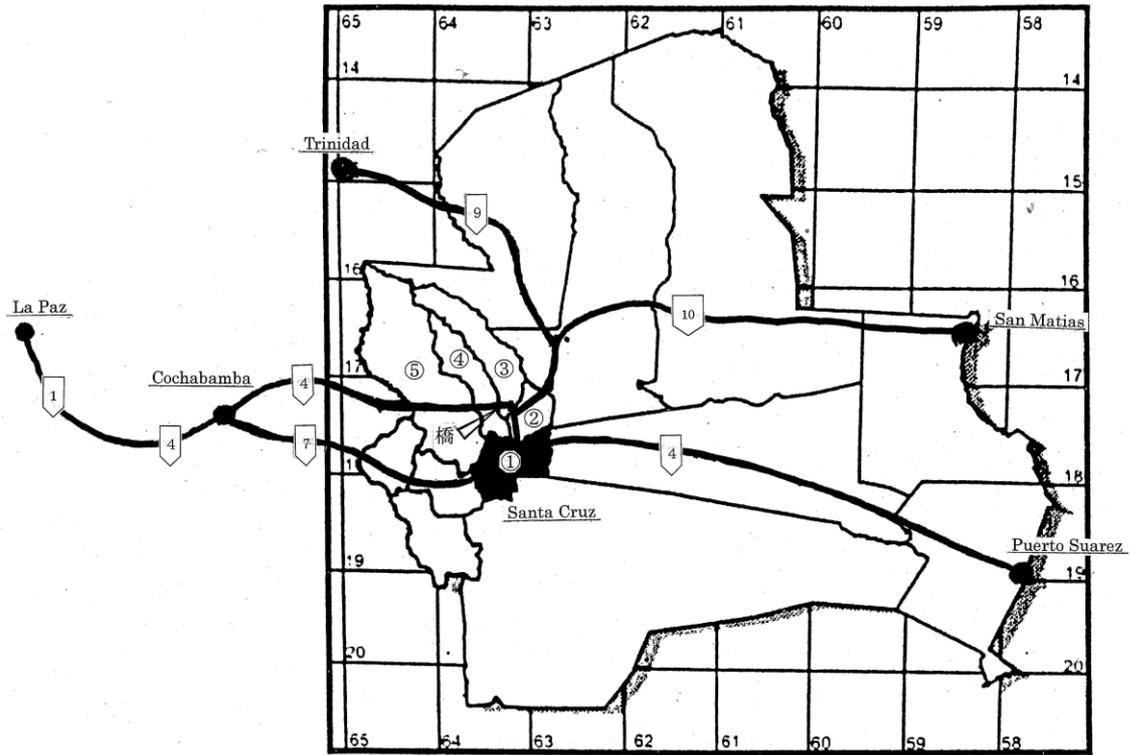
現地調査期間中に調査団が独自に行った交通量調査（24 時間）は 2-2-3（表 2-8）のとおりであり、本路線の交通量レベルを裏付けている（この時点ではチャパレ川の Alfonso Gumucio Reyes 橋の迂回道路復旧の交通を含んでいる）。

さらに本路線は、国道 4 号線に続くグアビラから東に続く国道 10 号線沿いにあるオキナワコロニー No. 1～No. 3 と、日本・ボリビア友好橋から西に約 60km の地点にあるサンファン移住区の 2 つの日本人移住地から産出する農産物、鶏卵、畜産加工品などの大消費地への搬出路としても大きな役割を果たしている。

（2）近郊の農産物の生産状況

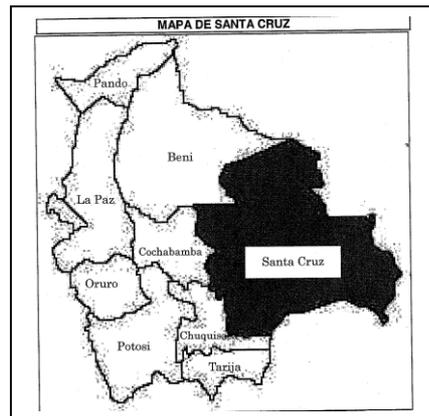
サンタクルス県は広大な平地と温暖な気候に恵まれて、ボリビア国における主力の穀倉地帯となっている。表 2-5 に示すように、農産物生産量はボリビア国全土の実に 7 割を占めている。主要な産物は米、とうもろこし、小麦等の穀物、さとうきび、大豆等の加工用産物、野菜ではトマトがある。中でも加工用のさとうきび・大豆・綿花・ひまわりの生産は独占的である。製油等の加工工場もサンタクルス県に集中しており、最大の出荷量を誇るさとうきびは年間 300 万トンを超えており、出荷時期（4 月～6 月）には大型貨物車による交通量の増大にも繋がっている。

本プロジェクトの直接関与する郡は、図 2-4 に示すサンタクルス県及びその北側の 5 つの郡と想定される。サンタクルス県はボリビア国第二の都市であり、一大消費地であると共に、製油等の加工工場を周辺に置きボリビア国各地への出荷拠点となっている。北側の周辺郡では米、とうもろこし、大豆、さとうきび等の代表的な生産が行われている。



- 郡名と代表都市 □ の中の数字は国道番号
- ① Andres Ibanez (Santa Cruz de la Sierra)
 - ② Warnes (Warnes)
 - ③ Obispo Santiestevan (Montero, Mineros, Gral. Saavedra)
 - ④ Sara (Porta Chuelo, Santa Rosa del Sara)
 - ⑤ Ichilo (Buena Vista, San Carlos, Yapacani, San Juan)

図 2-4 サンタクルス県の郡区分と幹線道路



ボリビア国におけるサンタクルス県の位置

表 2-5 サンタクルス県の農産統計 (1997/1998)

作物の種類	サンタクルス県での 作付面積 (ha)	収益性 (Kg/ha)	サンタクルス県での 収穫量 (ton)	ボリビア全国 の収穫量 (ton)	サンタクルス県 寄与率 (%)
穀物	330,987		677,540	1,036,736	65.3
米	99,977	2,316	231,540	296,253	78.2
大麦	360	708	255	57,105	0.4
とうもろこし	79,900	2,830	226,117	390,605	57.9
キヌア	0	538	0	20,291	0
もろこし	35,500	2,732	97,000	97,056	99.9
小麦	115,250	1,064	122,628	175,426	69.9
嗜好品	485		340	22,532	1.5
コーヒー	485	701	340	22,532	1.5
果物	14,070		136,250	529,099	25.8
バナナ	2,400	8,500	20,400	150,613	13.5
食用バナナ	11,500	10,000	115,000	357,065	32.2
ぶどう	170	5,000	850	21,421	4.0
野菜	5,303		71,285	137,876	51.7
えんどう	268	2,799	750	16,729	4.5
そら豆	35	1,429	50	40,511	0.1
トマト	5,000	14,097	70,485	80,636	87.4
加工用産物	841,311		4,181,806	4,743,807	88.2
綿花	50,000	404	20,180	20,301	99.4
さとうきび	71,861	40,459	2,907,407	3,445,583	84.4
ひまわり	143,350	800	114,680	114,680	100
ピーナッツ	3,100	1,032	3,199	11,617	27.5
大豆	573,000	1,983	1,136,340	1,151,626	98.7
根菜類	20,481		227,740	898,419	25.3
じゃがいも	5,800	10,094	58,545	590,530	9.9
キャツサバ	14,681	11,525	169,195	307,889	55.0
飼料用産物	110		721	131,088	0.6
うまごやし	110	6,555	721	131,088	0.6
合 計	1,212,747 (ha)		5,295,682 (ton)	7,499,557 (ton)	70.6

出典: INE (Encuesta Nacional Agropecuaria 1998)

2-2-2 自然条件

(1) 気象

① 気温、湿度、風向、風速

日本・ボリビア友好橋に最も近く観測資料の充実している気象観測所として、本橋の北東約15kmに位置するSaavedraを選定し、月ごとの気温、湿度、風向、風速をとりまとめると次のようになる。なお観測期間は41年間である。

表 2-6 Saavedra における気温、湿度、風速 (気温:°C、湿度:%、風速:m/s)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
最高気温平均	30.4	30.5	30.5	29.1	27.1	25.3	26.0	28.5	30.2	31.0	31.2	30.9	29.2
最低気温平均	21.6	21.3	20.7	18.9	17.2	15.5	14.5	15.7	17.9	19.6	20.3	21.2	18.7
平均気温	26.0	25.9	25.5	24.0	22.2	20.4	20.3	21.9	23.9	25.3	25.7	25.9	23.9
平均湿度	75	76	73	72	73	71	63	56	56	61	66	73	68
平均風向	N	N	N	S	S	N	N	N	S	N	N	N	N
平均風速	1.94	1.94	1.94	2.22	2.78	3.06	3.33	3.06	3.06	2.78	2.50	2.22	2.50

資料:climate@agteca.com

月平均気温は1月が最も気温が高く26°C、6月、7月で最も低く20°C程度なるが、その差は大きくない。また、湿度については、年間を通して70%程度であるが、8月、9月に50から60%となる。気象としてプロジェクトの実施に際して特に考慮すべき点は見当たらない。

② 降雨量

降雨量に関しては、日本・ボリビア友好橋地点でピライ川治水公団 (SEARPI) が観測を行っている。

過去1978年から2003年までの26年間の月降雨量の最大値、平均値、最小値と、最近5年間の最大日雨量、10mm以上の降雨日数は次のとおりである。

表 2-7 日本・ボリビア友好橋地点における降雨量 (単位:mm)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
最大値	582	465	244	330	419	258	326	333	296	345	316	480	3058
平均値	250	213	145	113	103	74	55	53	84	110	182	222	1605
最小値	45	75	19	11	12	0.2	1.4	0	16	2.2	44	71	840
最大日雨量	75	79	60	50	18	40	39	33	28	123	103	73	
10mm以上日数(日)	4.4	4.4	4.6	2.0	1.6	0.8	0.6	0.8	2.0	1.2	3.6	5.2	2.6

資料:SEARPI資料

年間の降雨量は1600mmとほぼ日本の年間の平均的な降雨量と同じである。また、6月から9月までは月平均降雨量が100mm以下であり、10mm以上の降雨日数も6月から8月の間は1日以下である。なお、降雨量10mm以上の日数は、施工計画検討のための資料として示した。

(2) 地形・地質

護岸工の設計のための橋台周辺の地形測量及び河川縦横断測量を実施した。結果は(3)水文・水理及び3-2-3基本設計図に既述するとおりである。

当該地点の地質については当該橋3径間延長計画時の右岸側ボーリング柱状図及びピライ川治水公団の資料から推定すると、河床上部の7m程度はシルト質砂層(SM)であり、その下部は8m程度粘性

土層 (ML 及び CL) が続き、再びシルト質砂層となり河床面から 20m 程度深部に構造物基礎に用いることができる砂礫層 (SP-SC) が出現する。

(3) 水文・水理

① 河道特性

ピライ川は砂河川であり、河床材料が礫やシルトの場合に比較して相対的に川幅が広い。

低水位の経年変化を見ると低下の傾向を示していることから、河床高の変化を調べた。橋梁地点の河道断面は図 2-5 に示すように、比較的平坦である。また、経年変化として、1989 年の断面に比較して 2000 年及び今回の測量結果である 2004 年の断面は低下の傾向を示している。なお、1989 年の断面は、Program de Protection Contra las Inundaciones - Santa Cruz, Anexo III Estudio de Hidraulica (ピライ川流域治水基本計画報告書、付属資料 III 水文解析), SEARPI, 1991 の資料、2000 年の断面は Programa de Protection de la Ciudad de Montero Contra las Inundaciones (モンテロ市街地防御ピライ川治水計画), SEARPI, 2000 の予備調査団収集資料を参照した。

地形的には日本・ボリビア友好橋の上流約 50km のラ・ベルヒカ橋から下流は河床勾配の変化区間に対応し、堆積域との認識があり、1990 年作成のサンタクルス洪水防御計画においても、また現地関係者の認識においても河床は上昇しているとしている。しかし、具体的な測量資料によると、現在は低下の傾向を示している。

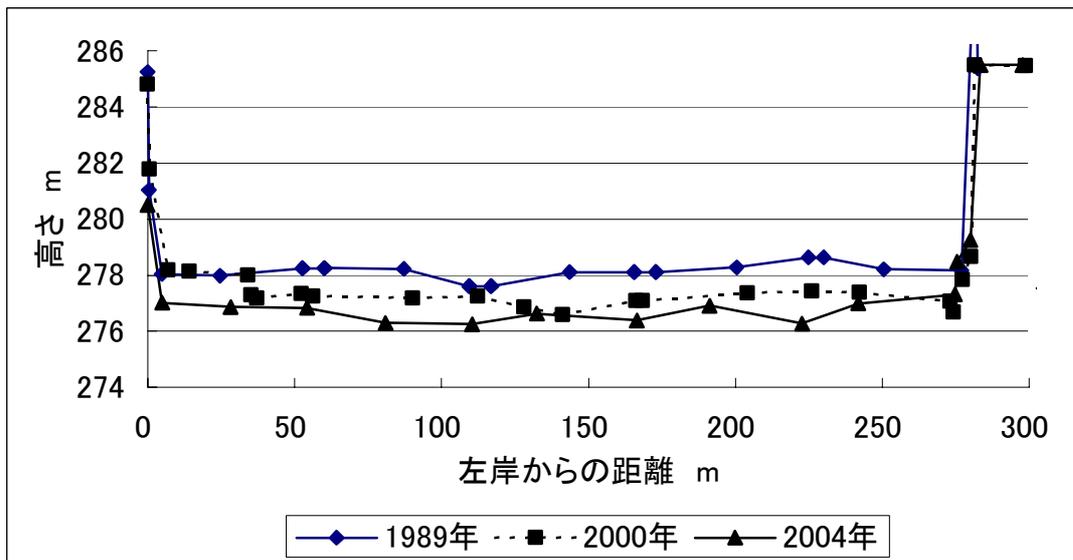


図 2-5 橋梁地点河道横断形状

測量資料を基に、橋梁地点の平均河床高と最深河床高の経年変化及び橋梁より 1km 上流の断面 722 における平均河床高の経年変化を図 2-6 に示すが、平均で年間 0.1m、1989 年から 2004 年までの 15 年間で 1.5m の河床低下が生じている。また、平均河床高と最深河床高の差は 0.6m であり、横断方向の河床高変化は少ないことを示している。

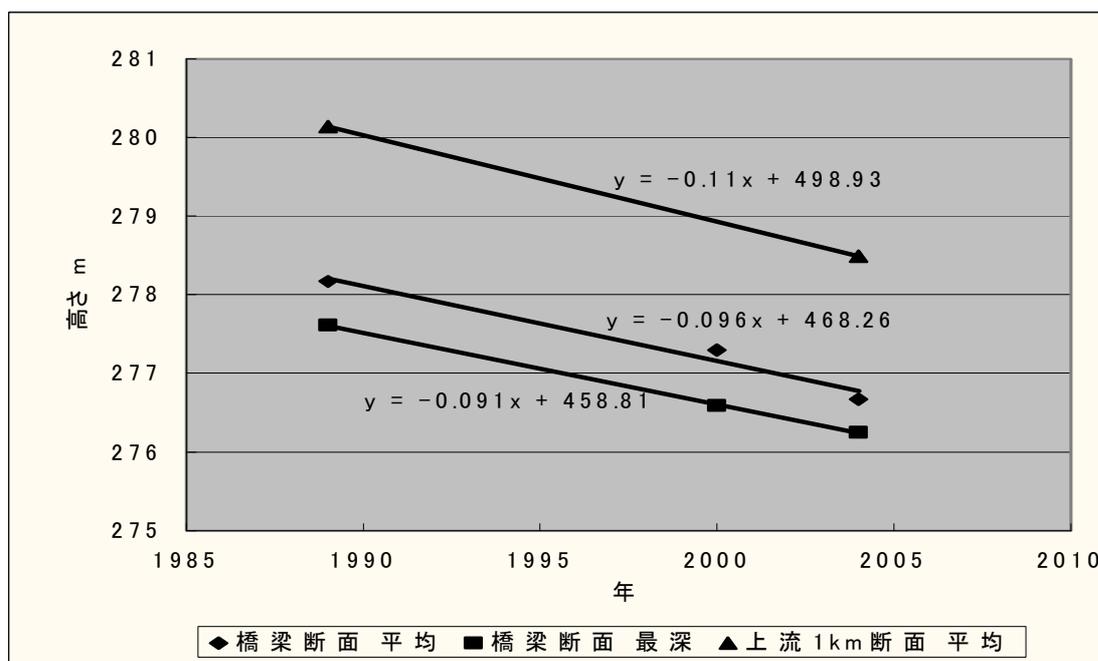


図 2-6 平均及び最深河床高の経年変化

河床低下の原因として推測されるのは、サンタクルス洪水防御計画に従った堤防等の施設の建設、上流での土砂流出対策の実施、河床の砂利採取などがある。

日本では昭和 30 年代以降の経済発展に伴い、公共投資が行われ、河川の砂利が骨材資源として利用され、ほとんどの河川で河床が低下してきた。昭和 17 年から昭和 46 年までの国鉄橋梁の取り替え工事の実績によると、昭和 30 年までは大洪水による変状破壊に起因する取替え橋梁が 9 割近くを占めているが、昭和 30 年代の後半から橋脚の根入れ不足によるものの比率が次第に高くなり、また変状破壊の件数も増加しており、こうした傾向は河床低下を反映しているとしている（研究代表者：石原藤次郎、「土砂の流送・運搬に伴う自然環境変化に関する研究」、文部省科学研究費自然災害特別研究研究成果、昭和 50 年発表）。これらの事例とともに、対象橋梁上流での砂採取や、ピライ川上流サンタクルス南西約 50km の国道 4 号線上にあるタルマ橋周辺の砂利採取の状況を見ると、骨材資源としての砂利採取の影響が大きいと考えられる。また、他の原因としては、資料が不十分で明確ではないが、極端な豪雨により一時的に土砂の流出があり河道の堆積をもたらし、その後徐々に河床が低下するという状況を繰り返している可能性も考えられる。

河床低下は、洪水の流下能力の増大と橋脚、橋台の洗掘の問題をもたらす。現在、日本・ボリビア友好橋地点では、ピライ川治水公団によると流下能力が不足しているとして橋梁の延長が計画されているが、現地調査結果によると河床低下により十分な流下能力を有していると判断される。

一方、洗掘の問題に関しては、その状況として、(1) 河床が全体として低下すること、(2) 河床が変動し湾曲部などで局所的に洗掘が生じること、(3) 橋脚を設置したことによる影響で洗掘が生じることの 3 種類に分けることができる。この中で、河床の変動による影響は砂河川のために比較的小さく、測量結果によると 0.5m 程度である。また、橋脚設置による局所洗掘は橋脚の河道横断方向長さの 1.5 倍程度である。河床の全体的な低下に関しては、自然条件及び社会条件の影響を受け、予測及び対

策は河道計画の一環として考える必要がある。

現在、ピライ川の洪水防御計画 1990 年に策定され、まずサンタクルス、続いてモンテーロの洪水防止対策が進められている。この中で、土砂の流送に関して実証的な検討が不足しており、現在河床変動に関する資料が集積されてきた状況から、橋梁の延長も含めて洪水防御計画を見直す必要があると考えられる。

② 川幅についての検討

ピライ川治水公団が 1989 年の地形測量結果に基づき行ったサンタクルス洪水防御計画の検討結果により、低水路幅及び洪水の流下幅の縦断変化を調べた。

測量資料から設定した低水路幅、また 20 年確率洪水、100 年確率洪水が流下する場合の川幅の縦断変化を図 2-7 に示す。この図で、日本・ボリビア友好橋は 10km 地点に位置している。

橋梁を挟んだ上流 20km、下流 10km の区間の低水路幅は平均 265m、20 年洪水が流下する平均川幅は 550m、100 年洪水が流下する川幅は 580m である。現在の日本・ボリビア友好橋の橋長は 280m であることから、洪水の流下幅としては狭いが、低水路幅を確保している状況にある。

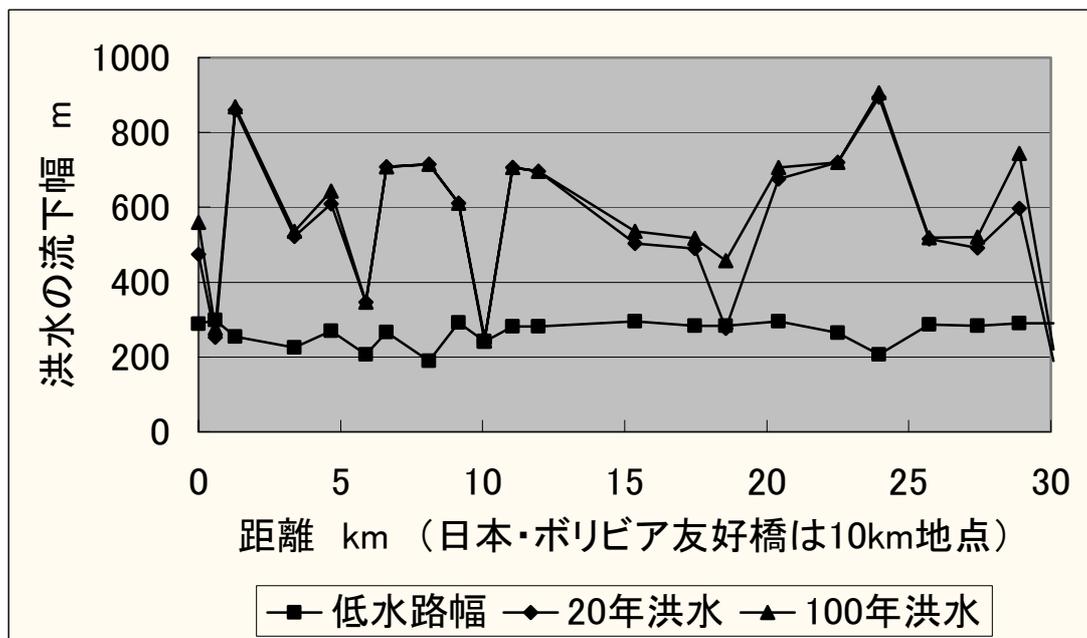


図 2-7 洪水流下時の川幅の縦断変化

年最大洪水流量の平均値と川幅及び河床材料の関係についての研究結果を図 2-8 に示す。ピライ川について年最大洪水流量の平均値を 1993 年から 2002 年まで観測値から求めると $1,100\text{m}^3/\text{s}$ であり、河床勾配を $1/800$ 、底質の粒径を 0.3mm とすると、低水路の幅としては $500\text{m}\sim 600\text{m}$ となる。

これらの検討から、洪水の流下に支障の無い川幅としては 500m 程度が妥当であると考えられ、これより橋長としては 500m となる。しかし、洪水の流下に対する影響が少ない場合や橋梁の安定性に問題を生じない場合には、橋梁地点で川幅を狭くし、橋長を短くすることも行われている。洪水の流下幅より橋長を短くすると、流れに対して抵抗となり、橋梁上流で水位が上昇する。また、橋梁地点では流速及び土砂の輸送能力（掃流力）が増加するために河床が低下することから、橋脚及び橋台の洗掘

対策が必要となる。

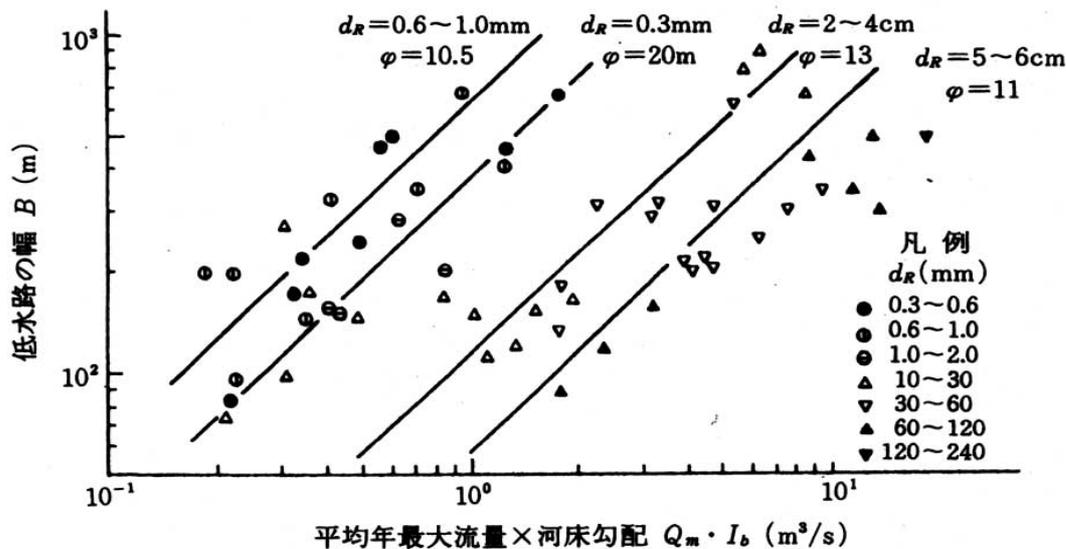


図 2-8 低水路幅と平均年最大流量、河床勾配の関係（山本晃一：「沖積河川学」、山海堂、1994 年）

③ 流量と水位

日本・ボリビア友好橋地点の計画流量とそれに対応する水位は 1991 年にサンタクルス洪水防御計画で次のように検討されている。すなわち、100 年確率流量は $5,620\text{m}^3/\text{s}$ であり、現橋ではそれに対応する水位は 284.4m 、橋長を 90m 延長することで水位は 283.6m となるとしている。また、桁下高は 284.8m であり、現況では余裕が無い状況としている。これらの計算では、橋梁地点で河道が狭くなり下流で拡幅していることによる急縮、急拡の影響と河道に対して橋梁が斜めにあることを考慮している。

河床が当初設定した断面に比較して約 1.5m 低下していることから、橋梁前後の急縮、急拡があること、橋脚が抵抗となることを考慮しても流下能力には余裕がある。現断面で計画流量 $5,620\text{m}^3/\text{s}$ 、粗度係数 0.025 の場合、橋梁地点での水位は 282.8m となり、余裕が 2.0m あり、洪水を流下させる十分な断面を有している。なお、計算は米国連邦道路局の水面形計算プログラム WSPRO、V200112 を使用した。

2-2-3 その他

(1) サイト周辺調査

(a) 作業ヤードの確保

作業ヤードとして比較的平坦な 100m 四方の用地が必要であるが、当該架橋地点の左岸上流側に候補地が確保できる予定である。現状は灌木が散在する比較的平坦な河川敷の一部となっており、公共の用地である。詳細設計時に所有者を確認し、地権者が現れた場合は借地交渉となるが民間所有者が存在する場合も適切な手続きによって行われるとの道路公団当局の見解である。

(b) 既存ユーティリティ調査

架橋地点の下流側に電力線が架かっている。クレーンを使用する場合に存在に留意する程度で特段の障害にはならない見通しである。当該橋梁には懸架ユーティリティはない。

(c) 電気・水道の供給

電力線からトランスによる電力供給は容易であり、電力会社との交渉等問題ないとの道路公団当局の見解である。なお、水道は近くまでの配管がないため地下水の利用となる見込みである。

(2) 交通量調査

現地調査期間中に行った日本・ボリビア友好橋近傍の24時間交通量調査結果を次に示す。

表 2-8 交通量調査結果 (2004 年 5 月) (単位: 台)

実施日	乗用車	小型バス	大型バス	小型トラック	中型トラック	大型トラック	トレーラ (1 軸)	トレーラ (2 軸)	トレーラ (3 軸)	その他	計
5/8(土)~9(日)	2,823	197	94	148	255	298	53	181	168	19	4,236
5/13 (木)~14(金)	2,342	155	141	73	241	513	8	226	253	13	3,965

区間: Sant Cruz~Cochabamba

場所: Puesto Mendez (日本・ボリビア友好橋よりモンテロ方面約 4 Km 地点の料金所)

時刻: 7:00am~翌日 7:00am

2-3 既存施設の現状

(1) 現橋の損傷状況

予備調査の結果を受けて、指摘されていた箇所(主構部材、床組構のボルトの破損、床版の損傷、舗装の損傷等)を中心に損傷状況の調査を実施するとともに予備調査から1年以上を経たことによるその後の変化状況を調査した。概況を述べると、目立った衝突跡もなくその後の特段の損傷は見当たらず、トラス部材は一部変形等はあるものの大きな変化はない。床組構部材同士を連結するリベットやボルトに欠損が散見される。床版はかなりの損傷を受けている。下部工や護岸に特段の変状はない。

(a) 上部工

① 主構

—上弦材、下弦材

いずれも特に問題となる損傷は見当たらない。

—端柱

予備調査で指摘され矯正提案がなされている3径間目¹のYapacani側の下流側端柱に1部変形が見られるが損傷は小さい。

—斜材

3径間と4径間の上流側の斜材は、いずれも大きな損傷を受けて変形しているが、2001年に補修されており、引張部材としての必要断面は確保されている。

② 床組構

横桁と縦桁を連結する高力ボルトが破断し抜け落ちている箇所や添接部材が破断している箇所が確認された。特に2径間目の第6、第7横桁間に位置する縦桁は、4本のボルトと4本のリベ

¹ 径間の番号は、Yapacani側を起点として1径間、2径間としている。

ットで連結されていたが、すべてのボルトが脱落し、もう一方はリベット添接材の山形鋼がせん断破壊している。そのため、支間 1.9m の 1 方向版設計されているコンクリート床版は、各辺 3.8m 及び 6.925m の 2 方向版として自動車荷重を支持している状況にある。この片側ボルト欠落は、欠落ボルトの補充のみならず、破断している添接材のアングルの溶接あるいは取り替えの必要があり、緊急な対応が求められる。

③ 橋門構

橋門構は、建築限界を確保するために建設当初の構造を現在の形式に変更されている。それにより、建設当初の構造に比べ橋門構として剛度が低下している状態である。建築限界の確保をはかったものの、橋門構はすべての箇所ですべての箇所で積み荷の衝突による損傷を受けている。

④ 横構

上横構・下横構ともに損傷及び腐食箇所は見当たらない。

⑤ 支承

補修されており、一部を除き問題となる箇所はない。

⑥ 塗装

一般的に大きな錆の発生は確認されなかった。現橋は 2000 年 10 月の上部工損傷部材の取り替え工事の際に塗装工が施されており、その後の経過年数が短いためと考える。ただし、支承など細かな構造部分では十分に下地調整が行われないうまま塗装されている箇所がある。また全体的に錆止め程度の塗装が 1 層しかなされていなくため不十分な状態にある。

⑦ コンクリート床版

床版は、コンクリート強度約 300kg/cm²、鉄筋は 16mm が 15cm ピッチで配置され、中性化も問題ないことを確認した。しかし、詳細な現地調査の結果、幅員中央パネルではひび割れ幅が 3mm ~6mm と大きく、そのひび割れは下面から上面まで貫通し遊離石灰が出ている。損傷度ランクとしてはⅢ、Ⅳ（首都高速道路公団の「RC 床版の補強設計・施工要領（案）」より）に相当する。損傷箇所が走行頻度の高い幅員中央パネルに集中しており、舗装の補修箇所とほぼ一致していることから、舗装の損傷が、床版損傷の直接の原因と推測される。

⑧ アスファルト舗装

ポットホールなど、破損してコンクリート床版が露出していた箇所はすべて補修されていた。また、舗装表面は頻繁に補修された形跡があり、現状として舗装の破損には至っていないがひび割れが多く発生しており平坦性を欠いている状態にある。これは重車両の通行によるものとアスファルト舗装の厚さが 3cm と極端に薄いことに起因するものと推測される。

⑨ 伸縮継手

橋台には、兩岸橋台とも伸縮継手を設置せず目地部に直接舗装を施したため、舗装にひび割れが発生し、走行車両による橋台付近床版の損傷の原因になっている。

(b) 下部工

① 橋台

両岸橋台とも、地上に出ている躯体及び翼壁部分に損傷は見当たらない。

② 橋脚

橋脚躯体の隔壁部分は、4 橋脚で縦方向に 0.4mm 程度の貫通ひび割れが 1、2 本発生している。
しかし、錆の発生は確認できない。

(c) 護岸及び河川

① 洗掘

橋脚設置による洗掘に関しては、いくつかの基準や予測式がある。

(i) 日本の河川管理施設等構造令では、低水路の場合、河床から 2m 以下の場所に基礎の天端を設けるとしている。河床としては最深河床をとり、侵食が予想される場合には、それを考慮するとしている。

(ii) 洗掘深はいくつかの方法で予測することが出来、水理公式集（平成 11 年版、土木学会、pp228～232）には、実験及び現地観測の結果が示されている。その結果によると最大洗掘深は橋脚径の 1.5 倍程度となっている。

日本・ボリビア友好橋で河床から基礎天端までの高さは現地調査した結果によると、1.7m から 2.0m の範囲にある。また、橋脚の径としては 1.7m であり、洗掘深はこの 1.5 倍の 2.55m に達することになる。したがって、現状では洗掘深は橋脚の基礎天端から 0.8m 程度下方に入り込むと考えられる。本橋の基礎の厚さに関しては、橋台の基礎の厚さが 1.3m 程度、類似橋梁の橋脚基礎の厚さが 1.2m 程度であることから本橋の橋脚基礎の厚さもこの程度と考えられ、洗掘には洪水後の洗掘深や橋脚の沈下等のモニタリングを行うとともに、必要に応じて洗掘対策を講ずる必要が生じる。

② 類似橋梁の安定性

周辺の橋梁を調査すると、基礎の洗掘で問題を生じている橋梁がいくつかあり、橋脚の洗掘対策も検討する必要がある。

ピライ川上流のタルマ橋（写真 2-1）では、過去に洪水によって落橋し下流に残骸が残り、橋長が左岸側に 8m ほど延長され、かさ上げ工が実施されている。現在の橋脚も洗掘され、橋脚の基礎が露出し、洗掘対策が一部実施されている。また、砂利採取のためと考えられる道路が設けられている。河床低下と湾曲部の深掘により落橋した可能性が高い。

ヤパカニ川のヤパカニ橋（写真 2-2）では橋梁の中央部で橋脚が沈下し、3 径間にわたりかさ上げ工がされている。また、右岸側では河岸が崩れ、レストランが倒壊し、現在護岸工事が実施されている。ここでも砂利採取が行われている。

チャパレ川のアルフォンソ・グミシオ橋は、2003 年 12 月に右岸側が落橋し、左岸側も損傷している。落橋部分は湾曲部で、深掘れが生じる地点であり、橋脚の洗掘により落橋したものと考えられる。

橋脚の洗掘に関しては、対象橋梁及び周辺の橋梁の状況から、現状では河床低下が生じており、将来的に対応策の検討を図る必要が生じる可能性がある。



写真 2-1 タルマ橋橋脚の露出状況



写真 2-2 ヤバカニ橋橋脚の洗掘対策とかさ上げ状況

③ 護岸の状況

左岸、ヤバカニ側の橋台の護岸は、予備調査時に比較して構造的には大きな変化は見られず、写真 2-3 に示すように樹木が繁茂している。また、右岸モンテローロ側（写真 2-4）についても大きな変化は

見られない。すでに左岸側橋台については河床低下のために護岸工が設置されているが、今後も河床低下が進むものと考えられ、兩岸の橋台についてその安全を確保するため護岸工を新たに検討する必要がある。



写真 2-3 左岸橋台護岸の状況



写真 2-4 右岸橋台周辺の状況及び床版調査状況

2-4 環境への影響

ボリビア国においては建設工事の開始に当たっては、担当省庁はプロジェクトの環境カード（計画、設計、諸元、タイプ、材料、量、作業内容、工種類毎の工程表等を記載）を作成し、事前に持続開発・環境省（Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente）に提出し、建設許可（Autorización Ambiental）を取得しなければならない。

環境影響評価の категорияは次の4つであり、持続開発・環境省によって定められる。

カテゴリー1： 環境インパクト総合評価調査（EEIAI）

カテゴリー2： 環境インパクト特定評価調査（EEIAE）

カテゴリー3： 予防・緩和プログラム（PPM）及びプログラム適用・フォローアップ計画（PASA）
（例えば施工業者に対するフォローアップ計画（じん埃、水質、廃棄物等）の提出）

カテゴリー4： 対策不要

手続きに要する期間は、担当省庁による環境カード申請後、通常20日以内にカテゴリーが決定される。担当省庁はカテゴリーのランクに応じて環境調査を行い、報告書を持続開発・環境省に提出し建設許可を取得する手続きとなる。報告書はカテゴリー1及び2なら1年以内、カテゴリー3なら6ヶ月以内に提出することになっている。本橋の改修工事に関しては、舗装等の産業廃棄物排出、河川内の仮設工事、公共敷地内の建設ヤード設置等があるが、現橋の改修という工事の性格上、周辺への環境影響は基本的にないことからカテゴリー3に相当するものと推測されるので、予防・緩和プログラム（PPM:Programa de Prevencion y Mitigacion）に基づき予防・緩和報告書を提出することになる。手続き上特段の問題はないものと考えられる。なお、チャパレ川のアルフォンソ・グムシオ橋の建設については迂回路建設もありカテゴリー2が適用された。

また、建設許可は土地掘削・造成や構造物設置等の現状からの改変行為に対して適用されるものであり、改変を伴わない準備工には適用されない。