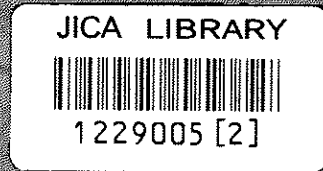


ボリビア多民族国
ボリビア道路管理局

ボリビア多民族国
河川護岸対策準備調査

概略設計調査報告書



平成22年3月
(2010年)

独立行政法人国際協力機構
(JICA)

セントラルコンサルタント株式会社

環境

JR

10-066



ボリビア多民族国
ボリビア道路管理局

ボリビア多民族国
河川護岸対策準備調査

概略設計調査報告書

平成 22 年 5 月
(2010 年)

独立行政法人国際協力機構
(JICA)

セントラルコンサルタント株式会社

序 文

独立行政法人国際協力機構は、ボリビア多民族国の河川護岸対策にかかる協力準備調査を実施し、平成21年9月29日から11月19日まで調査団を現地に派遣しました。

調査団は、ボリビ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ました。帰国後の国内作業の後、平成22年2月4日から2月10日まで実施された概略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。

終わりに、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22年5月

独立行政法人 国際協力機構

地球環境部長 中川 関夫



1229005 [2]

伝 達 状

今般、ボリビア多民族国における河川護岸対策準備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 21 年 9 月から平成 22 年 5 月までの 8.5 ヶ月にわたり実施してまいりました。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し、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 22 年 5 月

セントラルコンサルタント株式会社

ボリビア多民族国

河川護岸対策準備調査団

業務主任 橋本 宏

要 約

要 約

ボリビア多民族国(以下、「ボ」国)は、人口 1,023 万人(2009 年/国家統計局推計)、国土面積 110 万 km² で、周囲をペルー、チリ、アルゼンチン、パラグアイ、ブラジルの 5 ヶ国と国境を接する内陸国である。「ボ」国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、太平洋側及び大西洋側の諸国との交易上も重要である。また、その主たる輸送手段は陸送であり人、農産物、生活必需品等の移動・搬送の 70~80%を道路輸送に頼っている。しかしながら、その道路網整備は国土の厳しい地理的条件から遅れており、道路総延長は 67,076km に達するものの、その舗装率は、ボリビア道路管理局(ABC:以下、ABC)が管理する国道で 28%(4,394km)、地方道路では 1%に満たず、メンテナンスも十分でないことから、道路状況は劣悪な状況にある。

「ボ」国の地形は大きくアンデス高原地帯(Altiplano)、東麓の溪谷地帯(Valles)、東部に広がる平原地帯(Llanos)という三つの地域に分けられる。雨期である 11 月から 3 月までは、溪谷では大規模な土砂崩れ、落石、侵食、地すべり等が随所で頻繁に発生し、いたるところで交通止めが生じている。また、平原では洪水による被害が生じ、平野部のサンタクルス県ではアンデス山脈からアマゾン川に注ぐ多くの河川が氾濫し、リオグランデ川、ピライ川、ヤパカニ川、イチロ川等では河岸の洗掘が進んでおり、川沿いの道路や農地の損壊等が問題となっている。特に、ピライ川では、国道 4 号線の日本ボリビア友好橋(以下、日ボ友好橋)の橋梁取付け道路護岸が 2008 年 2 月から 3 月の洪水により約 200m にわたって侵食被害を受け、道路舗装部分が崩壊の危機にさらされた。このため ABC は応急対策を講じ、2009 年 2 月末に工事は完了している。しかし、技術的、経済的に限界があり、再度洪水が発生したときの対応が困難な状況にある。このため、「ボ」国政府は 2008 年のピライ川、ヤパカニ川、イチロ川の洪水により発生した河岸対策について、無償資金協力「河川洗掘による護岸対策」をわが国に要請した。

これに対しわが国は、独立行政法人国際協力機構(JICA)をとおして長期的な河川管理の視点から、プログラム形成調査を実施して、現状の確認、河川護岸対策の実施に必要な制度・事業の検討、提言を通じて、支援策を提示することとなった。これにより JICA は準備調査団を 2009 年 9 月 29 日から 11 月 19 日まで「ボ」国に派遣した。

本プロジェクトの目標は、ピライ川の洪水による侵食に対する国道 4 号線の日ボ友好橋取付け道路の保全に必要な対策(案)を示すことにある。すなわち、洪水により被災した国道 4 号線に位置する日ボ友好橋取付け道路の護岸対策を対象とし、「ボ」国側で実施した応急対策工の技術的評価を行い、中期的な観点から必要な護岸対策案を策定し、対策工の概略設計及び概算事業費の積算を行い、河川管理実施機関等の能力強化支援策の技術協力案を策定することを目的としている。

同調査団は、調査の背景、目的、内容について、「ボ」国公共事業省及び実施主体である ABC と協議、確認を行った。また、調査対象である日ボ友好橋付近の地形及び地質調査を実施するとともに、「ボ」国側で実施した応急対策の現状を調査した。このほか、「ボ」国の協力を得て、自然条件、施設計画、施工計画、環境配慮等に関する資料を収集した。なお、概略設計の成果を基に、「ボ」国側が詳細

設計、業者選定、施設工事、施工管理等を実施することを確認した。これを受けて「ボ」国側の意見を反映させるために、施設の計画、設計に関連し合計 8 回の協議を行った。

現地調査において取付け道路盛土の被災状況及び原因を現地地形及び衛星画像により検討した。洪水によりプライ川とその支川であるグェンダ川の合流点が上流に 4km 以上移動したために河道の蛇行状況が変化したことが原因と考えられる。このため、日ボ友好橋の上流左岸に大きな湾曲が発生し、河岸が幅 100m にわたり侵食され、道路盛土の前面が延長 200m の区間で洗掘され、高さ 8m の盛土が崩壊した。これにより国道 4 号線は片側通行となり、交通に多大な支障を生じた。また、湾曲部にはコンクリート杭の水制が設置されていたが、延長 800m にわたりほとんどが流出した。応急対策工として基礎を砂質土で置き換え、ふとん籠を設置し、砂質土で盛土し、前面をソイルセメント注入の土囊で被覆している。また、洗掘対策として前面にジオチューブとマットを設置している。湾曲部では旧河道の河岸線に沿って木杭の水制が設置されている。応急対策工には大きな変形は見られなかったが、ジオチューブはいたずらによるものか穴が開き、砂が漏れている箇所が見られた。また、間接的な被災原因として、プライ川が自然河川であり河道の変動が大きいこと、日ボ友好橋の計画規模が 1/20 と小さく、橋長が短く、河道変動の影響を受けやすいこともある。

取付け道路護岸対策の検討に際して、橋梁及び取付け道路に関する課題を取りまとめ、計画条件を設定した。護岸対策の計画規模については、川幅に比較して橋長が短いことから護岸対策及び上流河道の整正、橋梁延伸、橋梁架け替えのそれぞれの案に対する特性を比較した。その結果、以下の結論が得られた。

- 護岸対策及び上流河道の整正に関しては、十分に課題が解消されないため、経済性の確保される範囲で対策を講じることが適切である。
- 橋梁の延伸に関しては一部課題が解消されるが、仮設道路の建設で事業費がかさむという問題があり、また根本的な解決とはならない。
- 橋梁の架け替えに関しては、交通需要の拡大があれば経済性が確保され、また、幅が狭いなどの課題も解消されるため、この案が最適である。

対策としては、短期的には取付け道路の安全を確保することとし、護岸の補強及び上流河道整正を行い、計画規模は現橋梁の計画規模 (1/20) を採用するが、計画規模を超える洪水への対応についても検討する。中期的には安全性を確保した橋梁とすることが将来別途検討されることを想定した。

検討に使用する基準または指針としては、「ボ」国の設計指針、AASHTO の関連規定、日本の河川砂防技術基準及び河川管理施設等構造令、米国の HEC18、HEC20、HEC23 とした。設計条件としては、地形は現地形とし、地質としてはボーリング資料から、河床から 7m～8m 下は粒径 0.2mm の細砂、その下にシルト層があるとする。水理条件として、計画流量は現計画の 3,720m³/s(確率 1/20)、河道変化の支配流量は年最大流量の平均値 1,100m³/s(確率約 1/2)とした。

応急対策工である護岸の安定性について評価すると、前面が洗掘により低下した場合、根固工であるジオチューブが沈下し、法面の崩壊に至る状況にある。また、ジオチューブについては、いたずらによる削孔や継ぎ目からの充填材(砂)の漏れ、資材の耐久性については紫外線に対する耐久性に問題があることが明らかになった。また、水制についても 2008 年洪水で流出したことから、導流および堆砂機能が不十分で、杭の安定性についても問題がある。

対策工は、被害の直接の原因が河道の蛇行、取付け道路前面の洗掘、盛土の崩壊であることから、短期的に取付け道路の安全確保を目的として、護岸の補強、上流河道の整正に対応する施設とすることとした。直接の原因の一つが河道の蛇行であることから、対策として右岸橋上流 1.5km および左岸橋直上流 400m の湾曲部の河道整正を目的として、導流堤、水制工、ベーン工あるいはそれらの複合案について比較検討した。取付け道路前面の洗掘対策として、現護岸の補強工として根固め工について検討した。

この結果、右岸橋上流 1.5km の湾曲部の上流端に、蛇行した流れを元の安定した直線的な流れに誘導するための水制工の設置し、その下流湾曲部の局所洗掘を防止するために河道の変化に対応でき、経済的であるベーン工を設置する。左岸橋上流 400m 地点では、洪水流の流れを変えるとともに、現在洗掘を受けた箇所を流速を低下させ土砂を堆積させる対策が必要である。導流堤、水制工、ベーン工について比較検討した結果、経済性、土砂の堆積効果、既存施設の活用などの点から既設水制工を補強することとした。取付け道路前面の洗掘対策としては、水理諸元から推定した洗掘量および土質調査の結果から洗掘深を推定し必要な根固め工の設置し、ジオチューブを盛土及びふとん籠で保護する。各工法の使用材料については、安定性、耐久性、現地での実績、材料の調達状況などを総合的に検討し、水制工は、ふとん籠と蛇籠、ベーン工は木杭、根固め工はふとん籠を採用した。なお、計画規模を超える洪水や異常な河床の変動に対しては、応急対策として資材の備蓄や水防、交通規制等に対応することとした。

帰国後の国内解析で、調査団は計画の妥当性を確認し、地形測量及びボーリング成果を基に施設の概略設計を行い、工事数量の算定、施工計画及び概算事業費の算出を行った。これらの結果は次のようになる。

施設の概要及び設置目的は次のようになる。

- 右岸日ボ友好橋より 1.5km 上流の延長 250m のじゃ籠による水制工及び延長 810m にわたる 60 基の杭式ベーン工の設置：水制により流れが橋梁に向かうようにするとともに、ベーン工により蛇行の発生を防止することを目的とする。
- 左岸日ボ友好橋より 400m 上流の延長 345m にわたる 3 基の既設水制工の補強：水制による導流及び堆砂機能を補強し、蛇行による侵食を防止することを目的とする。
- 取付け道路護岸の延長 250m にわたるふとん籠による根固め工補強：根固め工により前面洗掘に対する安全性を確保し、ジオチューブの耐久性をふとん籠で補強することを目的とする。

施設の構造形式、数量及び諸元は次のとおりである。

施設の構造形式、数量及び諸元

項目	構造物	数量、諸元、構造
右岸橋 1.5km 上流対策工	水制工	2 基、延長 150m+100m=250m、じゃ籠
	ベーン工	2 列*30=60 基、延長 4.8m、間隔 27m、設置区間延長 783m、木杭
左岸橋 400m 上流対策工	水制工補強	3 基、延長 45m+100m+200m=345m、木杭
	護岸補強工	延長 250m、ふとん籠

工事工程は基本的には乾季に工事を実施することとして計画したが、「ボ」国での予算措置等の状況を考慮して、表に示す単年度施工と複数年度施工の2案を計画した。

河川護岸対策工事単年度工程表

工種	種別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
準備工	測量	■											
	資材調達	■	■	■									
	仮設ヤード整形	■	■	■									
	工事用進入路	■	■	■	■								
右岸対策工	べー工設置				■	■	■	■	■	■	■		
	水制工設置				■	■	■	■	■	■	■		
左岸対策工	水制工補強										■	■	■
	根固め工設置				■	■	■	■	■	■	■		

河川護岸対策工事複数年工程表

工種	種別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
準備工	測量	■			■							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	資材調達	■	■	■	■	■						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	仮設ヤード整形	■	■	■	■							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	工事用進入路	■	■	■	■	■						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
右岸対策工	べー工設置											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	水制工設置					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
左岸対策工	水制工補強																					■	■	■	■
	根固め工設置					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

概算事業費は表に示すように合計 140 万 US ドルと見込まれる。なお、事業費は物価上昇等が想定されることから不確定要素を有している。

概算事業費

項目	費用 (千\$US)
右岸橋梁上流 1.5km 対策:水制工とべー工	600
左岸橋梁上流 400m の対策:護岸補強と水制工補強	600
物価上昇と施工管理	200
合計	1,400

環境社会配慮に関して本プロジェクトは、「ボ」国の環境区分制度によりカテゴリー3または4に分類される可能性が高い。本プロジェクトがカテゴリー3を得た場合、プロジェクト実施前に環境ライセンス取得のため予防・緩和計画 (PPM)、環境適用・モニタリング計画 (PASA) を作成する必要がある。本プロジェクトの環境影響項目はほとんど施工中に発生するものである。環境影響緩和計画を作成し実施された場合、全項目において影響が最小であることが確認及び評価される。従って、プロジェクト実施において大きな環境要因は無いと言える。

技術支援に関しては ABC とピライ川治水公団(以下、SEARPI)を対象とした。ABC に対しては、「ボ」国の特性を考慮した技術を確立することが必要であり、専門家の派遣等により施設の計画や設計のための水文資料の取りまとめや、「ボ」国での被害の実態の対応した橋梁や道路の河川災害対策技術マニュアルの策定が考えられる。

SEARPI に対しては、サンタクルス県では河川に関連した洪水による浸水被害、河道の変動による道路や農地の侵食、骨材資源の採取による影響などの問題を抱えているにもかかわらず、河川管理としての組織は弱体である。また、適用技術についても先進国で適用されている技術に加えて、現地の特性を生かすものが求められている。このため、技術協力プロジェクトによりこれまでに実施した対策を評価するとともに、現地に適合した新しい技術の導入が考えられる。

調査団は、現地調査及び国内解析の結果を概略設計概要書にとりまとめ、JICA は概略設計調査団を 2010 年 2 月 4 日から 10 日まで「ボ」国に派遣し、その内容について「ボ」国関係者に説明した。

本プロジェクトの成果である概略設計に基づいて「ボ」国側が工事を実施した場合には、取付け道路護岸の被災が防止され、国道 4 号線の交通が確保される。また、その裨益人口としては直接的にはサンタクルス県内日ボ友好橋周辺の 4 郡、人口約 150 万人、間接的には「ボ」国の人口 1,000 万人に達する。対策工は、災害の原因に対応した対策であり、妥当なものと考えられる。材料、工法も現地で入手できる材料を使用し、在来の工法および一部はそれを発展させた工法を採用しており、現地の適用性については問題が無い。河道を整正を目的とした施設は、もし将来橋梁の延伸や架け替えが行われても、一部を除き無駄になる施設では無いと考えられる。「ボ」国での工事の実施に関しては、資金の確保の可能性があり、実施機関である ABC は類似工事である応急対策やイチロ川の河岸侵食対策工事を施工しており、実施能力があると考えられる。また、ピライ川を管理している SEARPI は、類似工事を多数実施しており、その経験を生かすことが出来ると考えられる。施設の維持管理に関しては、水制及びベーン工は河道の変動に対応しその配置や構造を変える必要があるため、定期的にモニタリングを行い、効果を確認し、施設を維持管理することが不可欠である。一般に実質的な維持管理は、「ボ」国では行われていない。しかし、河川構造物は劣化よりも洪水により損傷を受ける例が多く、被災した場合に復旧する計画とするのが妥当と考えられる。したがって、他の施設も含めて一定の災害復旧費を確保することが求められる。

本プロジェクトに基づき、「ボ」国政府が対策工事を実施することにより、取付け道路災害による国道 4 号線の物流への影響が避けられ、サンタクルス県及び「ボ」国の経済発展に寄与すると考えられることから、本プロジェクトの妥当なものと考えられる。

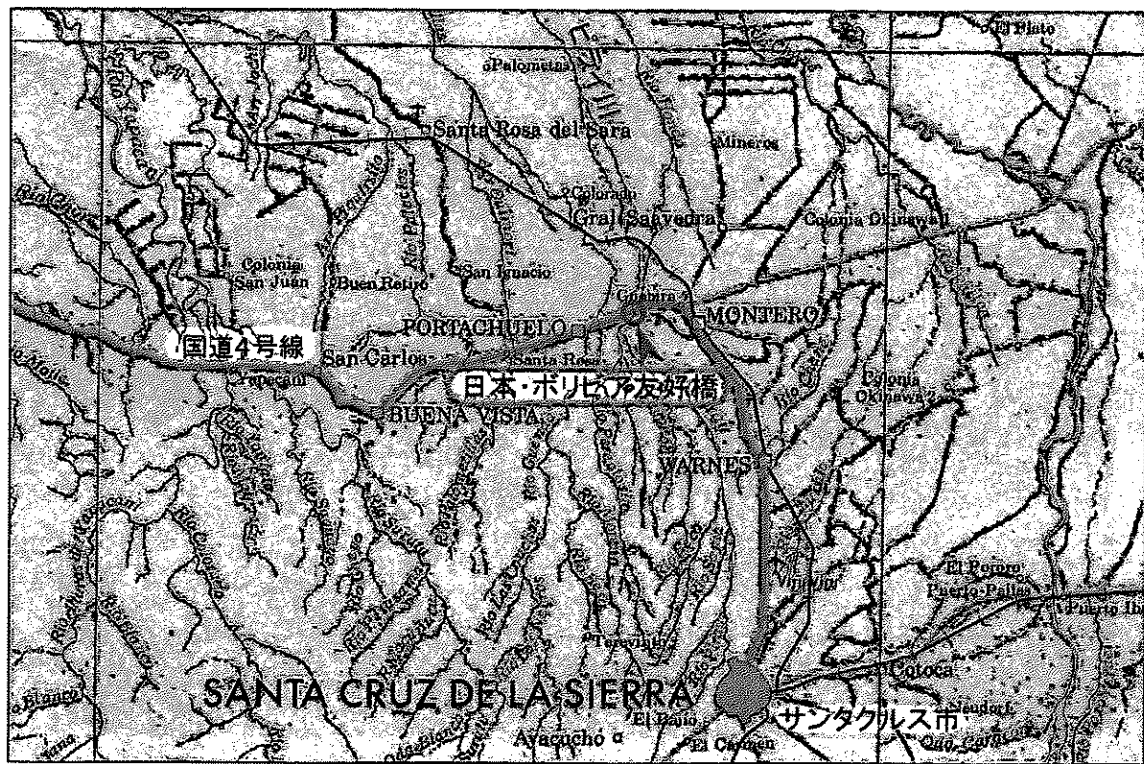
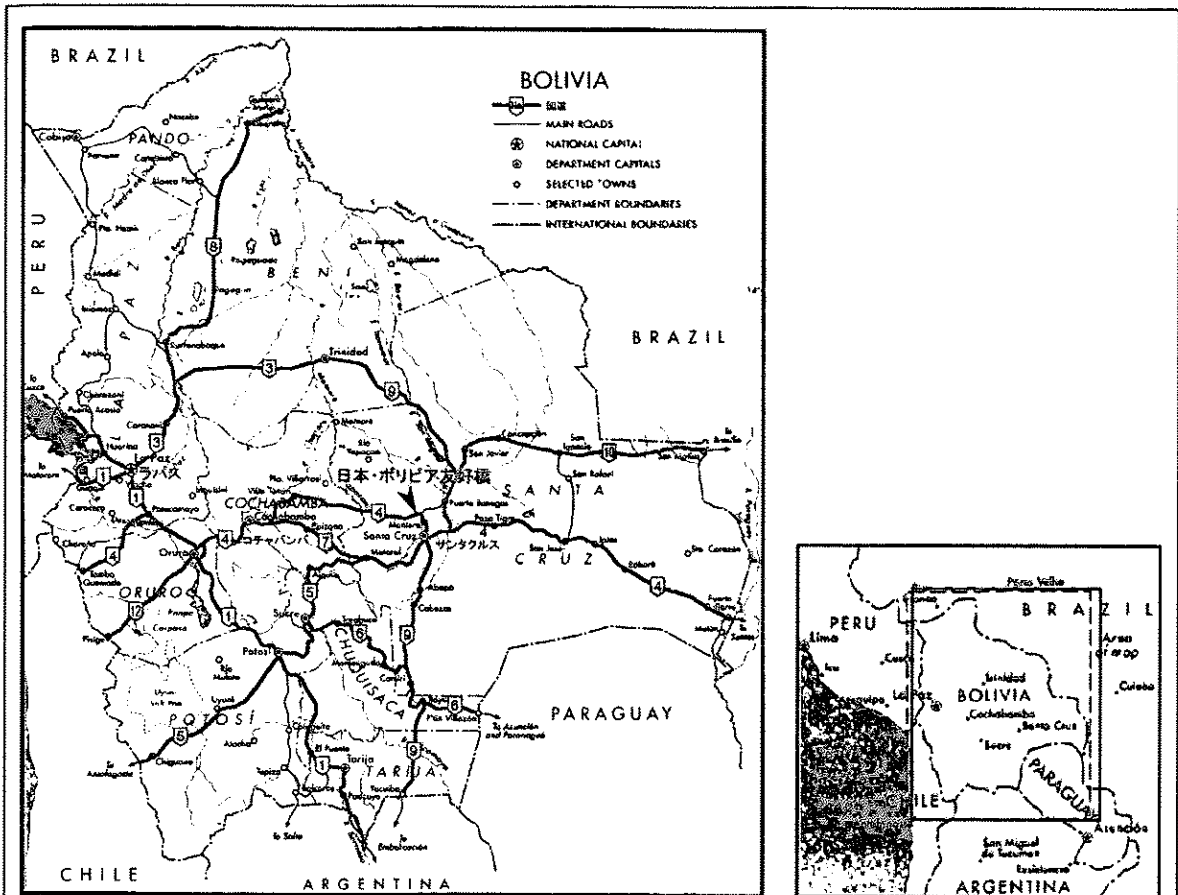
工事の実施に際しては、河道地形が変化する可能性があることから、変化の状況に応じた変更が一部必要になる可能性がある。また、概略設計であることから、現地の地形及び施設の現況に合わせて細部を変更する必要がある。工事の実施に関しては一般競争入札となると考えられ、施工管理及び工事施工は類似業務について経験のあるコンサルタント、工事業者が入札の参加者となるようにする必要がある。また、資機材の調達に関しては、調達先が限定されることから工期に余裕を持たせ、経済性を確保することが求められる。

目 次

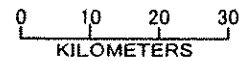
序 文	
伝達状	
要 約	
目 次	
位置図／完成予想図／写真	
図表リスト／略語集	

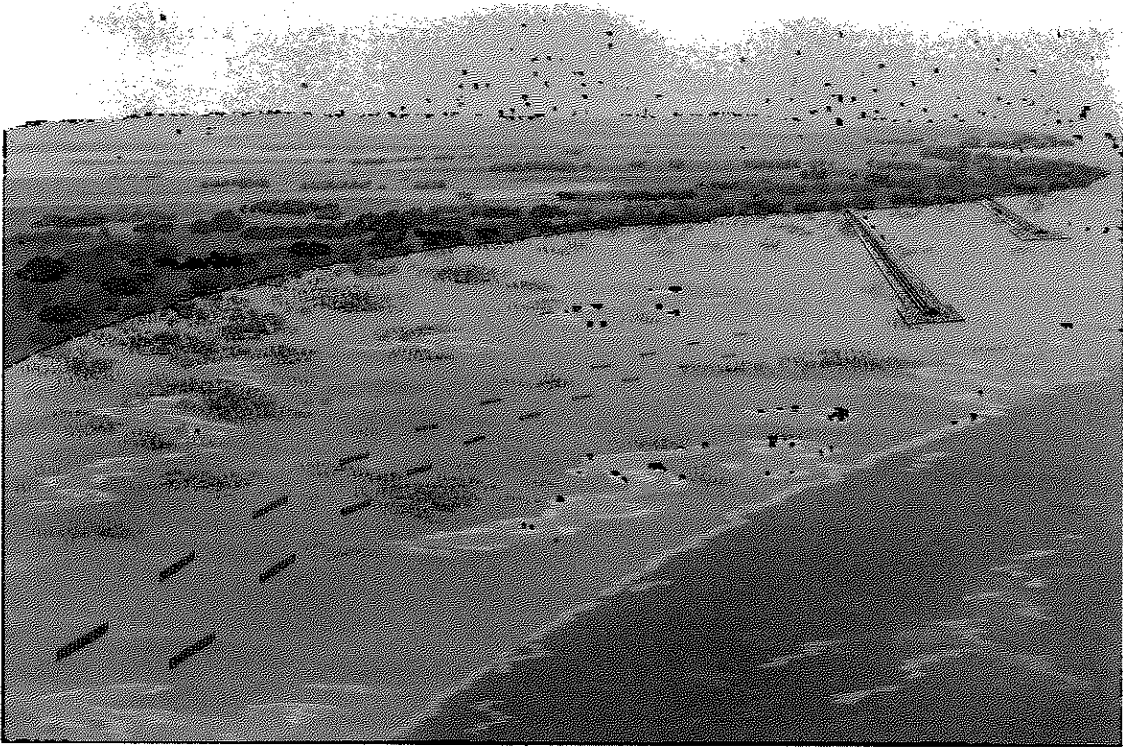
第 1 章 プロジェクトの背景・経緯	1
1-1 当該セクターの現状と課題	1
1-1-1 現状と課題	1
1-1-2 開発計画	4
1-1-3 社会経済状況	4
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	5
1-3 我が国の援助動向	6
1-4 他ドナーの援助動向	7
第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況	9
2-1 プロジェクトの実施体制	9
2-1-1 組織・人員	9
2-1-2 財政・予算	11
2-1-3 技術水準	15
2-1-4 公共調達制度	16
2-1-5 調達事情	16
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況	17
2-2-1 関連インフラの整備状況	17
2-2-2 自然条件	20
2-2-2-1 気 象	20
2-2-2-2 水理・水文	22
2-2-2-3 地 形	23
2-2-2-4 地 質	31
2-2-2-5 河道特性	37
2-2-3 河道変遷	40
2-2-4 環境社会配慮	47
2-2-4-1 概 要	47
2-2-4-2 環境関連法規	47
2-2-4-3 環境ライセンスの取得手続き	49
2-2-4-4 環境社会配慮調査	50
2-3 既存施設の現状	56
2-3-1 既存施設	56
2-3-2 応急対策工	58

第 3 章 プロジェクトの内容	65
3-1 プロジェクトの概要	65
3-1-1 プロジェクトの背景	65
3-1-2 プロジェクトの目標	65
3-1-3 プロジェクトの概要	65
3-2 取付け道路保全対策	68
3-3 施設の概略設計	69
3-3-1 設計方針	69
3-3-2 基本計画	72
3-3-2-1 設計条件	72
3-3-2-2 全体計画	76
3-3-2-3 対策工	76
3-3-2-4 施設計画	79
3-3-3 概略設計図	85
3-3-4 施工計画	95
3-3-4-1 施工方針	95
3-3-4-2 施工上/調達上の留意事項	95
3-4 プロジェクトの運営・維持管理計画	102
3-4-1 施設の維持管理	102
3-4-2 河道の維持管理	102
3-5 プロジェクトの概略事業費	103
3-5-1 概 要	103
3-5-2 主要材料単価	103
3-5-3 概算事業費	104
3-6 技術支援計画(案)	106
3-6-1 ABC に対する技術支援	106
3-6-2 SEARPI に対する技術支援	107
3-7 事業実施に当たっての留意事項	109
3-7-1 構造物対策	109
3-7-2 河道管理	110
3-7-3 技術向上	110
第 4 章 プロジェクトの妥当性の検証	111
4-1 プロジェクトの効果	111
4-2 課題・提言	111
4-2-1 相手国側の取り組むべき課題・提言	111
4-2-2 技術協力・他ドナーとの連携	112
4-3 プロジェクトの妥当性	112
4-4 結 論	112
[資 料]	
資料-1 調査団員氏名・所属	A-1
資料-2 調査行程	A-2
資料-3 関係者(面会者)リスト	A-4
資料-4 協議議事録(M/D)	A-5
資料-5 資料収集リスト	A-11

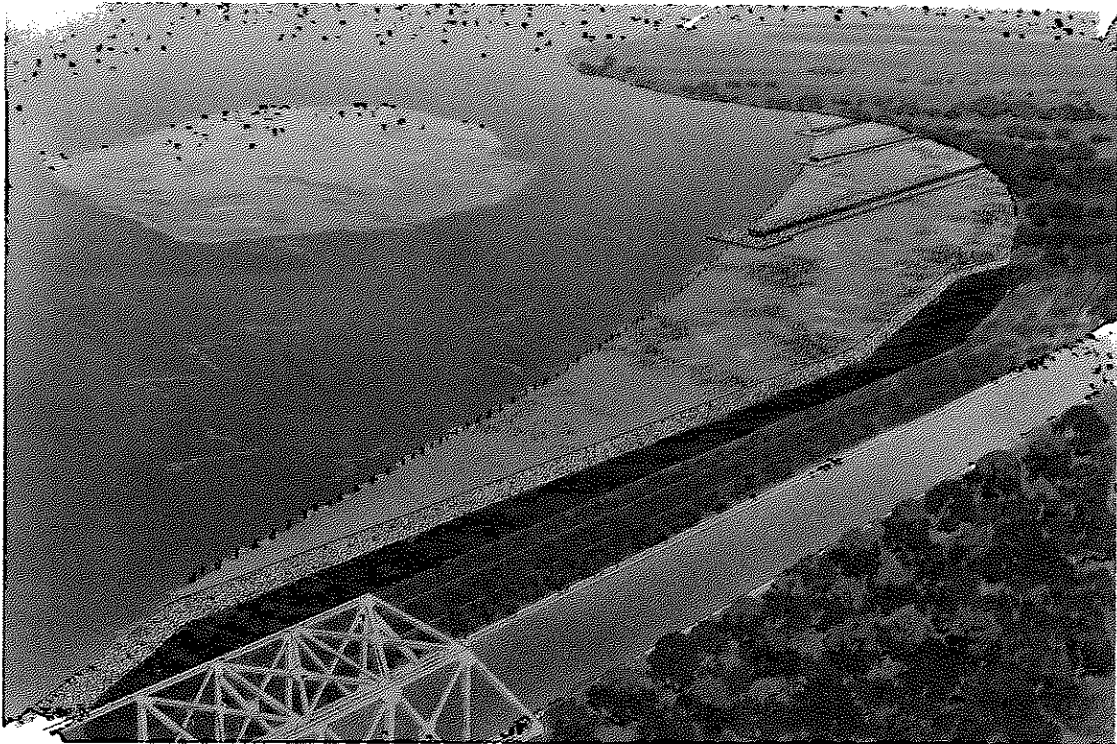


プロジェクト位置図



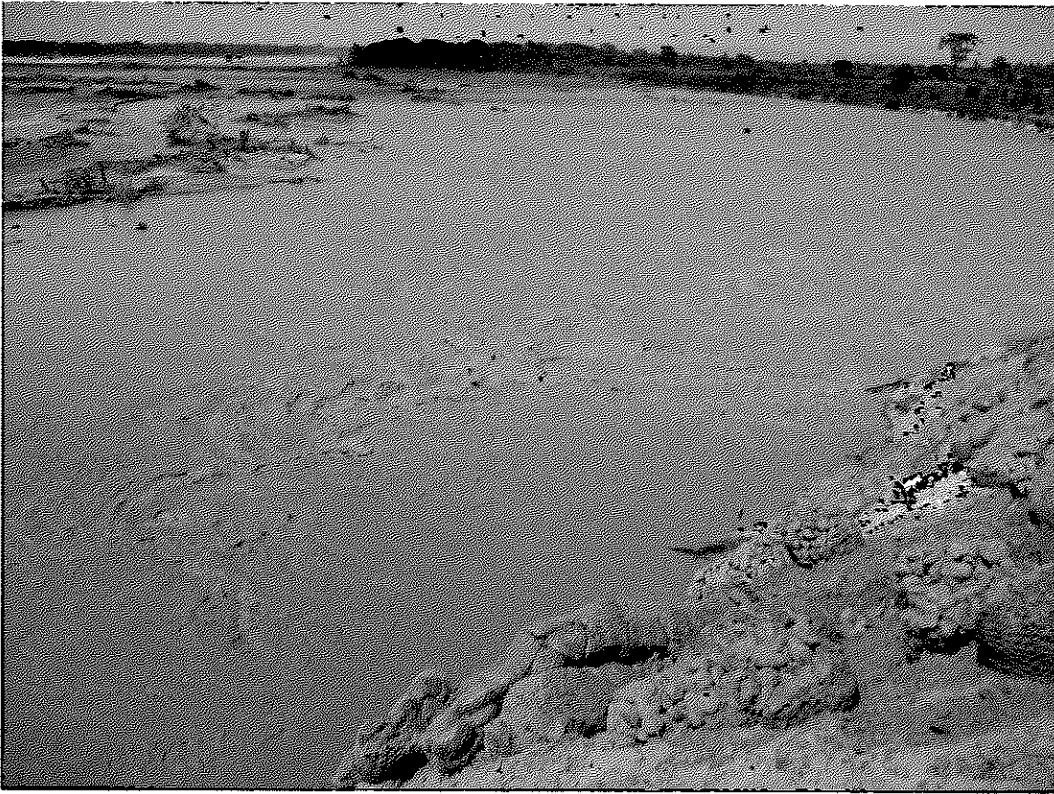


水制工・ベン工(右岸)



護岸補強工・水制補強工(左岸)

完成予想図



写真(1) 日ボ友好橋取付け道路上流側の被災時蛇行状況 (2009年3月)



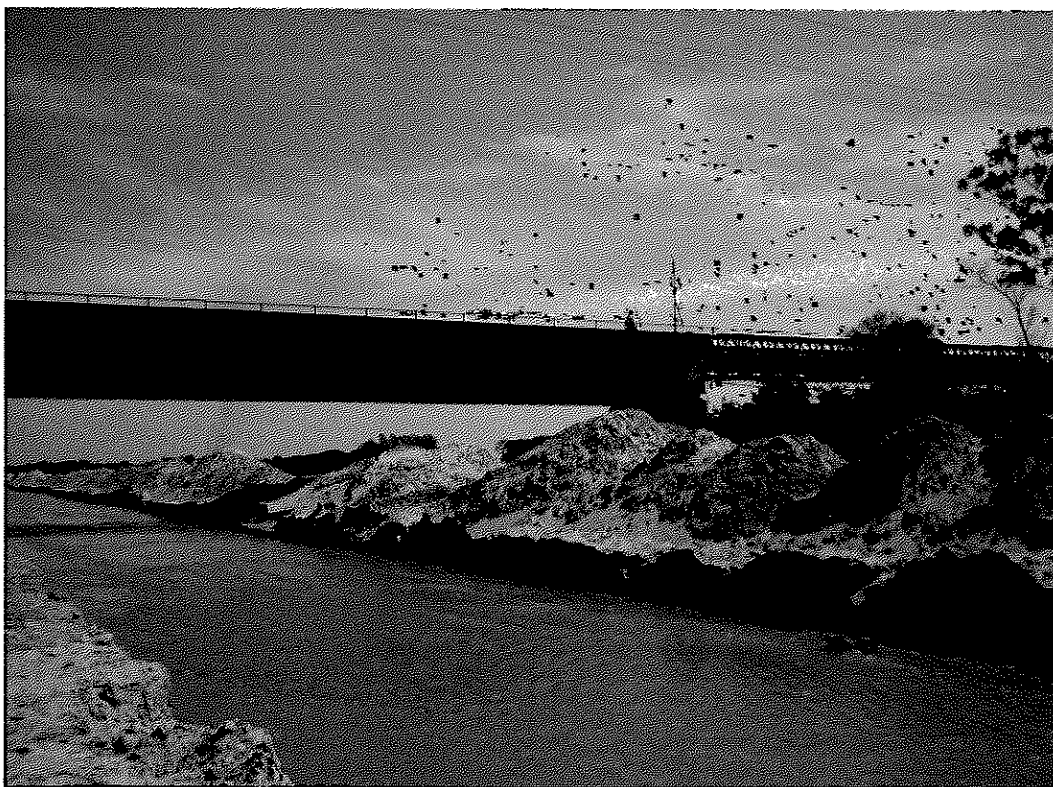
写真(2) 日ボ友好橋取付け道路盛土の崩壊(左岸上流)(2009年3月)



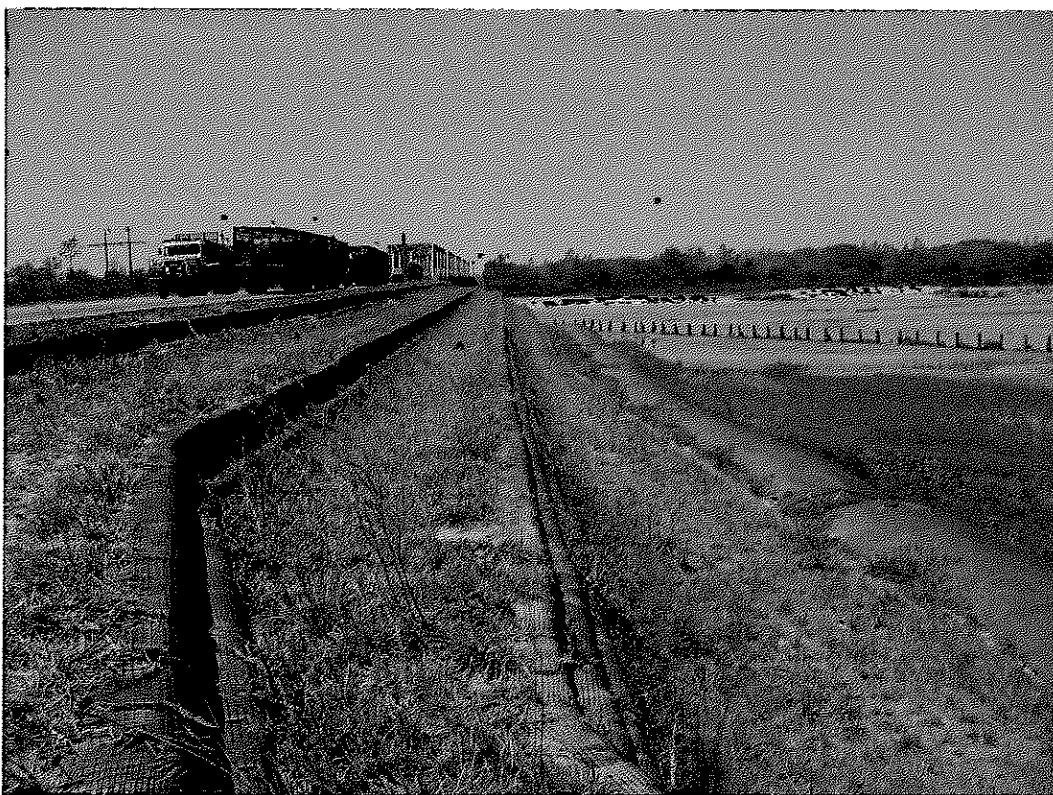
写真(3) SEARPIによる木杭打ち施工事例



写真(4) SEARPIによる水制施工事例 資料：SEARPI



写真(5) SEARPIによる水路工事例



写真(6) 応急対策護岸工の状況 (2009年10月)



写真(7) 応急対策工シオチューブの砂漏れ状況 (2009年10月)



写真(8) 応急対策水制工の状況 (2009年10月)



写真(9) 応急対策水制工の出水時状況 (2009年10月)



写真(10) 応急対策水制工の状況 (2009年11月)

表 目 次

表 1-1-1	ボリビア国道路整備状況 (2007 年)	2
表 1-1-2	年平均日交通量 (2004 年～2007 年)	2
表 1-3-1	我が国の援助実績 (運輸交通分野/洪水対策分野)	6
表 1-4-1	他ドナーの援助動向 (道路及び防災分野)	7
表 2-1-1	ABC の組織、人員(2009 年 10 月現在、単位人)	10
表 2-1-2	「ボ」国政府支出予算及び ABC への配分予算(千 US ドル)	12
表 2-1-3	「ボ」国政府支出執行額及び ABC の執行額(千 US ドル)	13
表 2-1-4	SEARPI の事業予算 (2004 年から 2009 年：単位ボリビアール)	14
表 2-1-5	SEARPI の事業費(2008 年)	14
表 2-1-6	調達事情調査結果	16
表 2-2-1	モンテローロにおける気温、湿度、風速	20
表 2-2-2	日ボ友好橋地点における降雨量 (単位:mm)	21
表 2-2-3	日ボ友好橋地点における最大日雨量 (単位:mm)	21
表 2-2-4	日ボ友好橋地点における日降雨 10mm 以上の日数 (単位:日)	22
表 2-2-5	日ボ友好橋地点における月最高水位 (単位:m)	22
表 2-2-6	日ボ友好橋地点における月最高水位の発生日 (単位:m)	23
表 2-2-7	地形測量項目・位置・数量	23
表 2-2-8	河川測量項目・位置・数量	24
表 2-2-9	ボーリング結果 (洗掘深度)	31
表 2-2-10	土質試験結果 (砂層の平均粒径)	32
表 2-2-11	河床波の特徴と定義 (資料：構造沖積河川学)	38
表 2-2-12	パラメータ計算表	39
表 2-2-13	収集した衛星画像と河道の特徴	40
表 2-2-14	ボリビア国の環境関連法規	48
表 2-2-15	対策工事の計画	51
表 2-2-16	スコーピングチェックリスト	53
表 2-3-1	モンテローロ治水事業による堤防計画	57
表 2-3-2	応急対策工事概要	59
表 2-3-3	ジオチューブ材の仕様	63
表 2-3-4	ジオグリッド材の仕様	63
表 3-1-1	施設の構造形式、数量及び諸元	66
表 3-1-2	概算事業費	67
表 3-3-2	被災原因と対策案	76
表 3-3-1	護岸対策、橋梁延長、橋梁新設の特性比較	70
表 3-3-2	被災原因と対策案	76
表 3-3-3	橋梁 1.5km 上流右岸の対策工の比較	77
表 3-3-4	取付道路直上流左岸の対策工の比較	78

表 3-3-5	対策工一覧.....	79
表 3-3-6	ベーン工の設計.....	80
表 3-3-7	水制工の諸元.....	81
表 3-3-8	水制工補強の諸元.....	82
表 3-3-9	根固め工の諸元.....	83
表 3-3-10	概略設計結果の概要表.....	84
表 3-3-11	労働基準.....	95
表 3-3-9	主要資材.....	99
表 3-5-1	主要材料単価.....	101
表 3-5-2	労務費単価.....	102
表 3-5-3	機械単価.....	102
表 3-5-4	右岸対策工概算事業費.....	102
表 3-5-5	左岸対策工概算事業費.....	103
表 3-5-6	総事業費.....	103
表 4-1-1	プロジェクトの効果.....	111

目 次

図 1-1-1	実質経済成長率と GDP	4
図 2-1-1	ボリビア道路管理局の組織図	9
図 2-1-2	ボリビア道路管理局の計画組織図	10
図 2-1-3	SEARPI の組織図	11
図 2-2-1	国道 4 号線・7 号線の交通量	17
図 2-2-2	日ボ友好橋周辺の河道形状と施設の配置状況	19
図 2-2-3	モンテローロにおける気温および湿度	20
図 2-2-4	日ボ友好橋地点における降雨量	21
図 2-2-5	日ボ友好橋地点における最大日雨量 (単位:mm)	22
図 2-2-6	日ボ友好橋地点における月最高水位 (単位:m)	23
図 2-2-7	地形測量位置図	24
図 2-2-8	地形測量結果(1)	25
図 2-2-9	地形測量結果(2)	27
図 2-2-10	地形測量結果(3)	29
図 2-2-11	地盤高及び砂層の下層高の縦断分布	32
図 2-2-12	土質調査位置	33
図 2-2-13	土質柱状図 (No.1)	34
図 2-2-14	土質柱状図 (No.2)	35
図 2-2-15	土質柱状図 (No.3)	36
図 2-2-16	ピライ川流域図 (資料: SEARPI)	37
図 2-2-17	ピライ川縦断図 (資料: アイゼンハウアー橋予備調査報告書)	38
図 2-2-18	ϕ と τ^* の関係	39
図 2-2-19	航空写真(1967 年 8 月 25 日)	42
図 2-2-20	衛星画像(1978 年 8 月 21 日)	42
図 2-2-21	衛星画像(1982 年 3 月 28 日)	43
図 2-2-22	衛星画像(1986 年 7 月 25 日)	43
図 2-2-23	衛星画像(1996 年 11 月 25 日)	44
図 2-2-24	衛星画像(2001 年 8 月 11 日)	44
図 2-2-25	衛星画像(2008 年 2 月 5 日)	45
図 2-2-26	衛星画像(2008 年 3 月 15 日)	45
図 2-2-27	衛星画像(2008 年 5 月 2 日)	46
図 2-2-28	衛星画像(2009 年 6 月 6 日)	46
図 2-2-29	環境ライセンス取得手続きフロー	49
図 2-2-30	プロジェクトサイト周辺の土地利用図	51
図 2-2-31	対策工事の平面図	52
図 2-3-1	日ボ友好橋と取付道路の状況 (2001 年 2 月撮影)	56
図 2-3-2	モンテローロ治水事業による日ボ友好橋付近の堤防整備状況(SEARPI 河川計画図)	57

図 2-3-3	2008年2月～3月の降雨量と観測水位（観測地点：EISENHOWER）	58
図 2-3-4	取付道路上流側の崩壊	59
図 2-3-5	河岸侵食と水制の倒壊	59
図 2-3-6	対策工断面図	60
図 2-3-7	対策工断面と将来洗掘深	61
図 2-3-8	応急対策工の安定性(現況河床)	62
図 2-3-9	応急対策工の安定性(洗掘河床)	62
図 3-1-1	河川護岸対策工事単年度工程表	66
図 3-1-2	河川護岸対策工事複数年度工程表	66
図 3-3-1	2008年洪水による河岸侵食状況と堤防計画(SERAPI)	73
図 3-3-2	水位の縦断変化	74
図 3-3-3	川幅の縦断変化	74
図 3-3-4	流速の縦断変化	74
図 3-3-5	日ボ友好橋地点の最深河床高の変化（SEARPI計測）	75
図 3-3-6	法覆い工の事例(美しい山河を守る災害復旧基本方針 平成14年6月)	78
図 3-3-7	根固め工の敷設幅	83
図 3-3-8	施設配置図	86
図 3-3-9	左岸水制補強工・補強根固め工	87
図 3-3-10	右岸水制工・ベーン工	88
図 3-3-11	右岸水制工	89
図 3-3-12	右岸ベーン工	90
図 3-3-13	左岸水制補強工	91
図 3-3-14	左岸補強根固め工	92
図 3-3-15	水制工横断図	93
図 3-3-16	ベーン工横断図	94
図 3-3-17	くい打ち機	94
図 3-3-18	水制工補強横断図	94
図 3-3-19	護岸工補強横断図	95
図 3-3-20	仮設ヤード配置図	96
図 3-3-21	調達資材位置図	98
図 3-5-1	サンタクルスにおける建設資材の物価変化	101

略 語 集

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials / アメリカ道路・運輸技術者協会
ABC	: Administradora Boliviana de Carreteras / ボリビア道路管理局
ASTM	: American Society for Testing Materials / 米国材料試験協会
BID	: Banco Interamericano de Desarrollo / 米州開発銀行(Inter-American Development Bank)
BM	: Banco Mundial / 世界銀行
CAF	: Corporacion Andina de Fomento / アンデス開発公社
CD	: Capacity Development / 課題処理能力の開発
COED	: Comité de Emergencia Departamental / 緊急対策室
E/N	: Exchange of Note / 交換公文
EEC	: European Economic Community / ヨーロッパ経済共同体
EIA	: Environmental Impact Assessment / 環境影響評価
FA	: Ficha Ambiental / 環境カード
GDP	: Gross Domestic Product / 国内総生産
GNI	: Gross National Income / 国内総所得
IIRSA	: Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana / 地域総合イニシアチブ南米インフラ総合
INE	: Instituto Nacional de Estadística / ボリビア国家統計局
ITF	: Impuesto a Transacción Financiera / 金融取引税
IVA	: Impuesto al Valor Agregado / 付加価値税
JICA	: Japan Internacional Cooperation Agency / 独立法人行政法人国際協力機構 (Agencia de Cooperación Internacional del Japón)
M/D	: Minutes of Discussions / 協議議事録
MOPSV	: Ministerio de Obras Públicas, Servicio y Vivienda / 公共事業・サービス・住宅省
ODA	: Official Development assistance / 政府開発援助 (Asistencia Oficial para el Desarrollo)
PASA	: Plan of Execution and Mitigation / 環境対策実施及び監視計画
POA	: Programación Operativa Anual / 年度業務計画
PPM	: Program for Prevention and Mitigation / 環境保全及び緩和計画
SEARPI	: Servicio de Encausamiento de Aguas y Regularización del Río Pirai / ピライ川治水公団
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología / 国家気象庁
SEPCAM	: Servicio Prefectural de Caminos / 県道路公社
SNC	: Servicio Nacional de Caminos / 道路公団 (ABC の前身)
TGN	: Tesoro General Nacional / ボリビア国内資金
UPD	: Unidad de Prevención de Desastre / 道路防災ユニット
VIPFE	: Viceministerio de Inversión y Financiamiento Externo / 公共投資海外金融次官室
VT	: Viceministerio de Transporte / 運輸次官室