

ボリビア国  
国道7号線道路防災対策計画準備調査

協力準備調査報告書

平成25年1月  
(2013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  
株式会社 地球システム科学

基盤
JR(先)
13-015

ボリビア国  
国道7号線道路防災対策計画準備調査

協力準備調査報告書

平成25年1月  
(2013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  
株式会社 地球システム科学

## 序 文

独立行政法人国際協力機構は、ボリビア国の国道7号線道路防災対策計画にかかる協力準備調査を実施することを決定し、同調査をセントラルコンサルタント株式会社、株式会社地球システム科学 共同企業体に委託しました。

調査団は、平成23年11月9日から平成24年1月30日及び、平成24年4月3日から5月18日の2度、ボリビア国の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踏査を実施し、帰国後の国内作業の後、平成24年10月20日から10月30日まで実施した準備調査報告書（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25年1月

独立行政法人国際協力機構  
経済基盤開発部  
部長 三浦和紀

## 要 約

## 要 約

### (1) 国の概要

ボリビア多民族国（以下「ボ」国）は、南アメリカ大陸のほぼ中央に位置し、西はペルー、チリ、東及び北はブラジル、南はアルゼンチン、パラグアイと国境を接する内陸国である。総人口は1,043万人（2010年/国家統計局推計）であり、首都のあるラパス県281万人（2010年）、サンタクルス県215万人（2010年）で総人口の約半分を占めている。国土は総面積1,098,580 km<sup>2</sup>（アメリカ大陸で8番目、世界的には27番目の広さ）であり大きく、アンデス高原地域（altiplano）、平原地域（llanoまたは oriente）、溪谷地域（valle）の三地域に分かれている。

アンデス高原地域は、国土面積の約29%を占め、チチカカ湖から国土を南に貫く標高3000m以上の地域で年中寒冷な気候を持つ。国土の北東から東は平原地域と呼ばれ、国土の約62%を占めるアマゾンの熱帯地域である。平原地域はさらに熱帯雨林が広がる北部地域と乾燥しているグランチャコ地域（パラグアイ国境付近）に分かれる。溪谷地域は、国土の約9%を占めアンデス高原地域と平原地域の間位置し温暖で果樹栽培などに適した気候である。本プロジェクトの対象地域は、溪谷地帯に位置している。

「ボ」国は、2011年の一人当たりGNIは2020ドル（世銀）、南米で最も開発の遅れている国の一つに挙げられている。また、産業別内訳は第1次産業がGDPの11.7%、第2次産業が34.1%、第3次産業が54.2%であり、農業（大豆、砂糖等）、鉱業産品（亜鉛、錫、天然ガス等）を中心とする一次産品の依存率が総輸出の約8割を占め、国際価格の影響を受けやすい経済構造となっている。

「ボ」国経済は、1985年から新経済政策を導入し構造調整を推進した結果、比較的安定した経済成長を保っていたが、1999年以降深刻な経済難に直面し、富の偏在、失業問題等が深刻化した。2004年にIMFと合意し、新税導入及び緊縮財政による財政赤字の削減を実現、2005年に採択した天然ガス関係外資企業に対する高率の税を課す新法（新炭化水素法）により、歳入は大幅に増大し財政赤字も対GDP比1.6%まで削減された。2006年以降のモラレス政権下では、資源収入の「ボ」国民へのより多くの還元を強く主張し、天然ガスを中心として資源ナショナリズム色の強い政策を展開した結果、天然資源国際価格の上昇を背景に、安定した経済成長、外貨準備高増大、財政黒字等のマクロ経済面の健全化が達成され、2011年では経済成長率が5.1%に及んでいる。なお、「ボ」国のリチウムは全世界の埋蔵量の約50%を占めるといわれており、電気自動車用電池等の需要の増大に伴い、その開発動向に注目が集まっている。

### (2) プロジェクトの背景、経緯及び概要

内陸国の「ボ」国は、国内の主な輸送手段が道路であり、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ばかりでなく、太平洋側及び大西洋側等周辺諸国との交易において道路は重要な役割を担っている。

本プロジェクトの対象となる国道7号線は、サンタクルス県とコチャバンバ県を繋ぐ「ボ」国物流の根幹であり、中でもアンゴストゥーラ～パリサーダ間は、東は国道5号線を経由してスクレ市

やポトシ市及び、隣国のチリに至り、西は国道 4 号線を経由してブラジルに抜ける重要な国際輸送回廊の一部を成し、現在「ボ」国政府によって実施されているパリサーダ〜プエルテアルセ間とポトシ〜ウユニ間の国道 5 号線及び、パイロン〜サン ホセ デチキトス間の国道 4 号線の改修工事が完了すると国際輸送回廊としても重要な役割を担うと考えられる。

しかしながら、アングストゥーラ〜パリサーダ間の道路は斜面表層部の風化が進み、2006 年〜2007 年の雨季に発生したエルニーニョ現象に起因する集中豪雨では、斜面崩壊、落石／岩盤崩壊、地すべり、土石流等が多発し、頻繁に通行止めが発生した。また、2007 年〜2008 年の雨季にも再び集中豪雨が発生し、斜面崩壊により 4 名の人命が失われるとともに、延べ約 60 日間にわたり交通が遮断されサンタクルスへ物資供給が滞るなど、「ボ」国経済に多大な影響を与えている。

上記から、我が国は「ボ」国政府からの要請を受けて「ボリビア国主要国道道路災害予防調査」の中で 2007 年 5 月〜2007 年 6 月に国道 7 号線の現地調査を実施し、「①災害規模が大規模である、②現時点においても依然斜面の不安定化が著しい、③今後も大規模な災害発生の可能性が高い(長期通行止めの可能性がある)」箇所を緊急災害対策箇所 (A ランク) として 23 箇所選定した。この中で、「災害規模が大きく、「ボ」国では対応困難」な箇所 (AA ランク) として 8 箇所を特定し、「ボ」国の検討による迂回策等の方策が妥当とした 3 箇所を除く、5 箇所について、「ボ」国は我が国に対し国道 7 号線の道路防災対策工事の無償資金協力を要請した。

本調査は、上記調査の結果を踏まえて、国道 7 号線の斜面崩壊の箇所及び範囲の特定 (類似箇所の有無、斜面崩壊の原因・進行速度など) の調査、斜面对策工等の検討、概略設計、事業計画策定、概略事業費積算を目的として実施するものである。

### (3) 調査結果の概要とプロジェクトの内容

上記の背景を踏まえて、JICA は現地調査のため 2011 年 11 月 9 日〜2012 年 1 月 30 日 (第 1 次調査) 及び、2012 年 4 月 3 日〜5 月 18 日 (第 2 次調査) の 2 回協力準備調査団を「ボ」国に派遣した。

第 1 次調査は、雨期前に実施し、サイト状況の調査、モニタリング調査 (雨期前〜雨季中)、ベースライン調査、社会環境配慮調査等の必要な調査を行うとともに、本プロジェクトの背景・経緯の確認、関連案件及び他ドナー・機関の援助動向、事業実施体制等のプロジェクトを取り巻く条件の調査を行なった。また、これら調査に加え、日本側事業の妥当性の確認を行い、本無償資金協力の範囲を確定した。

第 2 次調査では、雨期後におけるサイト状況の変化、雨期中に実施していたモニタリング調査結果の回収を行い、事業計画の検討に必要な基本条件に対する雨期の影響を確認した。また、概算事業費算出のための調達事情調査を行なった。

国内解析では、上記調査結果を踏まえ、本プロジェクトの計画策定、相手国分担事業の確認・提言、維持管理計画の策定、概略事業費の積算、プロジェクト実施に当たっての留意事項の提言、プロジェクトの評価等を行い、準備調査報告書 (案) を作成した。その後、報告書 (案) 説明調査団を 2012 年 10 月 20 日から 10 月 30 日まで「ボ」国に派遣し、概略設計の内容、「ボ」国による負担事項につ

いて協議・確認し、合意を得た。本準備調査報告書はこれらの経緯をまとめたものである。

対策工法の選定では、「ボ」国への技術の普及に配慮し、できる限り多種類の道路防災対策工法を採用した。また、現地の気候条件が植物の成長に適していることから、植栽と編柵工の組み合わせにより樹木の復旧を促進し斜面の浸食や崩壊を防止する対策工や、ノンフレーム工法等の既存の樹木を維持・保全する対策工を積極的に採用した。

使用資機材の選定では、現地で入手できる木材やコンクリート材料をできる限り使用し、維持管理も含めた効率的な道路防災対策工法となるよう配慮した。

施工方法の選定では、可能な限り早期の完工や経済性を追及する一方で、工事中の再崩壊等による2次災害や、道路規制に伴う交通事故が発生しないよう配慮した。

以上の結果、最終的に提案された計画概要は以下のとおりである。

表-1 施設概要

地区名	対 策	工 種	数 量
07-02	斜面防災対策施設	コンクリート吹付工 (t=10cm)	9,688 m <sup>2</sup>
		ロックボルト工 (L=3.0m)	4,600 m <sup>2</sup>
07-03	土石流対策施設	砂防ダム工	1 基
		導水路工	18 m
		カルバート工	13.6 m
07-11	斜面防災対策施設	切り土工	1,100 m <sup>3</sup>
		水路工	199 m
		床固め工	2 箇所
		コンクリート擁壁工 (H=3.0m)	39 m
07-18A		落石防護網+ロックボルト工 (ノンフレーム工法)	1,617 m <sup>2</sup>
		ポケット式落石防護網	450 m <sup>2</sup>
07-18B		緑化工 (編柵工)	5,080 m <sup>2</sup>
07-18C		のり枠工 (300×300mm)	2,900 m <sup>2</sup>
		落石防護柵工 (H=3.0m)	62 m
		ワイヤーロープ掛工 (ケーブルネット工)	1,350 m <sup>2</sup>
07-18D		ポケット式落石防護網工	450 m <sup>2</sup>
07-18E		切土工	3,760 m <sup>3</sup>
		のり枠工 (300×300mm)	2,790 m <sup>2</sup>
		ポケット式落石防護網工	2,970 m <sup>2</sup>
07-18F		布団かご工 (ガビオン H=3m)	90 m
07-19		斜面防災対策施設	切り土工
	のり枠工 (300×300)		9,540 m <sup>2</sup>
	ロックボルト工 (L=3.0m)		2,660 m <sup>2</sup>
	ワイヤーロープ掛工 (ケーブルネット工)		128 m <sup>2</sup>

#### (4) プロジェクトの工期

本プロジェクトを日本の無償資金協力で実施する場合、実施設計 7.5 ヶ月、施設建設 23.0 ヶ月が必要とされる。

#### (5) プロジェクトの評価

##### 1) 妥当性

以下の点から、我が国の無償資金協力により本プロジェクトを実施することは妥当であると判断される。

- ① 本プロジェクトの裨益対象は、主に本プロジェクト区間を通して結ばれる「ボ」国主要都市及び沿道の住民である。また、間接的には経済活性化の結果として貧困層も含む一般国民に対しても裨益をもたらすものと考えられる。
- ② 本プロジェクトの定性的効果としては、「ボ」国の主要都市間道路及び国際幹線道路の交通の円滑化と安定化、これによる社会経済の安定成長、沿道住民の貧困削減等があり、住民の生活改善に機能すると考えられる。
- ③ 「ボ」国にない道路防災対策技術が数多く採用されており、斜面崩壊や土石流等の多い「ボ」国に対して道路防災対策技術の普及が期待される。
- ④ 高度な運営・維持管理が必要となる道路防災対策は採用せず、「ボ」国側が独自の資金と人材・技術で完成後の運営・維持管理が行うことができる。
- ⑤ 本プロジェクトにおいては、環境面の負の影響が懸念される水質汚濁、廃棄物、ジェンダー、子供の権利、HIV/AIDS 等への感染症、事故については、適切なモニタリングの実施等により負の影響が殆ど無い。

##### 2) 有効性

###### i) 定量的効果

本プロジェクトの実施により、見込まれる定量的効果は以下の通りである。

表-2 定量的効果

成果指標	基準値 (2007年)	目標値 (2018年【事業完成3年後】)
道路災害による国道7号線（アンゴストゥーラ～パリサーダ間）の通行止め箇所数（箇所）	21	0
道路災害による国道7号線（アンゴストゥーラ～パリサーダ間）の通行止め日数（日／年）	64	0

※定量的効果の基準年は国道7号線の同区間の斜面崩壊等が多く発生した2007年とした。

###### ii) 定性的効果

- ① 防災対策技術の移転による、道路の建設及び維持管理コストの縮減に寄与する。



# 協力準備調査報告書

## 目 次

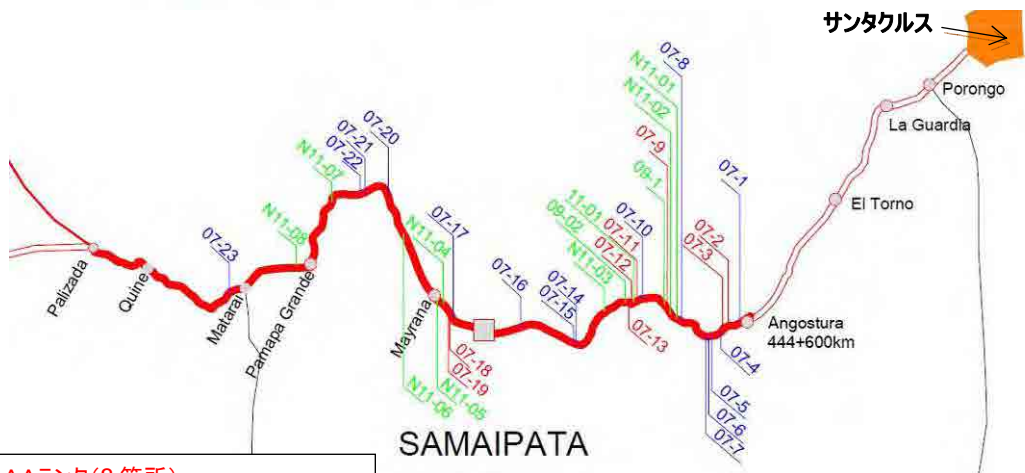
序文	
要約	
目次	
調査対象地域位置図 / 完成予想図 / 写真	
図表リスト	
略 語 集	
<b>第 1 章 プロジェクトの背景・経緯</b>	<b>1</b>
1-1 当該セクターの現状と課題	1
1-1-1 現状と課題	1
1-1-2 開発計画	3
1-1-3 社会経済状況	3
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	4
1-3 我が国の援助動向	5
1-4 他ドナーの援助動向	6
<b>第 2 章 プロジェクトを取り巻く状況</b>	<b>9</b>
2-1 プロジェクトの実施体制	9
2-1-1 組織・人員	9
2-1-2 財政・予算	10
2-1-3 技術水準	11
2-1-4 既存施設	11
2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況	15
2-2-1 関連インフラの整備状況	15
2-2-2 自然条件	32
2-2-3 環境社会配慮	83
<b>第 3 章 プロジェクトの内容</b>	<b>113</b>
3-1 プロジェクトの概要	113
3-1-1 上位目標とプロジェクト目標	113
3-1-2 プロジェクトの概要	113
3-2 協力対象事業の概略設計	113
3-2-1 設計方針	113
3-2-2 基本計画	123
3-2-3 概略設計図	169
3-2-4 施工計画	182
3-3 相手国分担事業の概要	203
3-3-1 我が国の無償資金協力事業における一般事項	203

3-3-2	本プロジェクト固有の事項 .....	203
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画 .....	203
3-4-1	日常的な点検・維持管理 .....	204
3-4-2	数年単位で行う維持管理 .....	204
3-5	プロジェクトの概算事業費 .....	204
3-5-1	協力対象事業の概算事業費 .....	204
3-5-2	運営・維持管理費 .....	207
<b>第 4 章</b>	<b>プロジェクトの評価 .....</b>	<b>209</b>
4-1	事業実施のための前提条件 .....	209
4-2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項 .....	209
4-3	外部条件 .....	209
4-4	プロジェクトの評価 .....	209
4-4-1	妥当性 .....	209
4-4-2	有効性 .....	210

資料

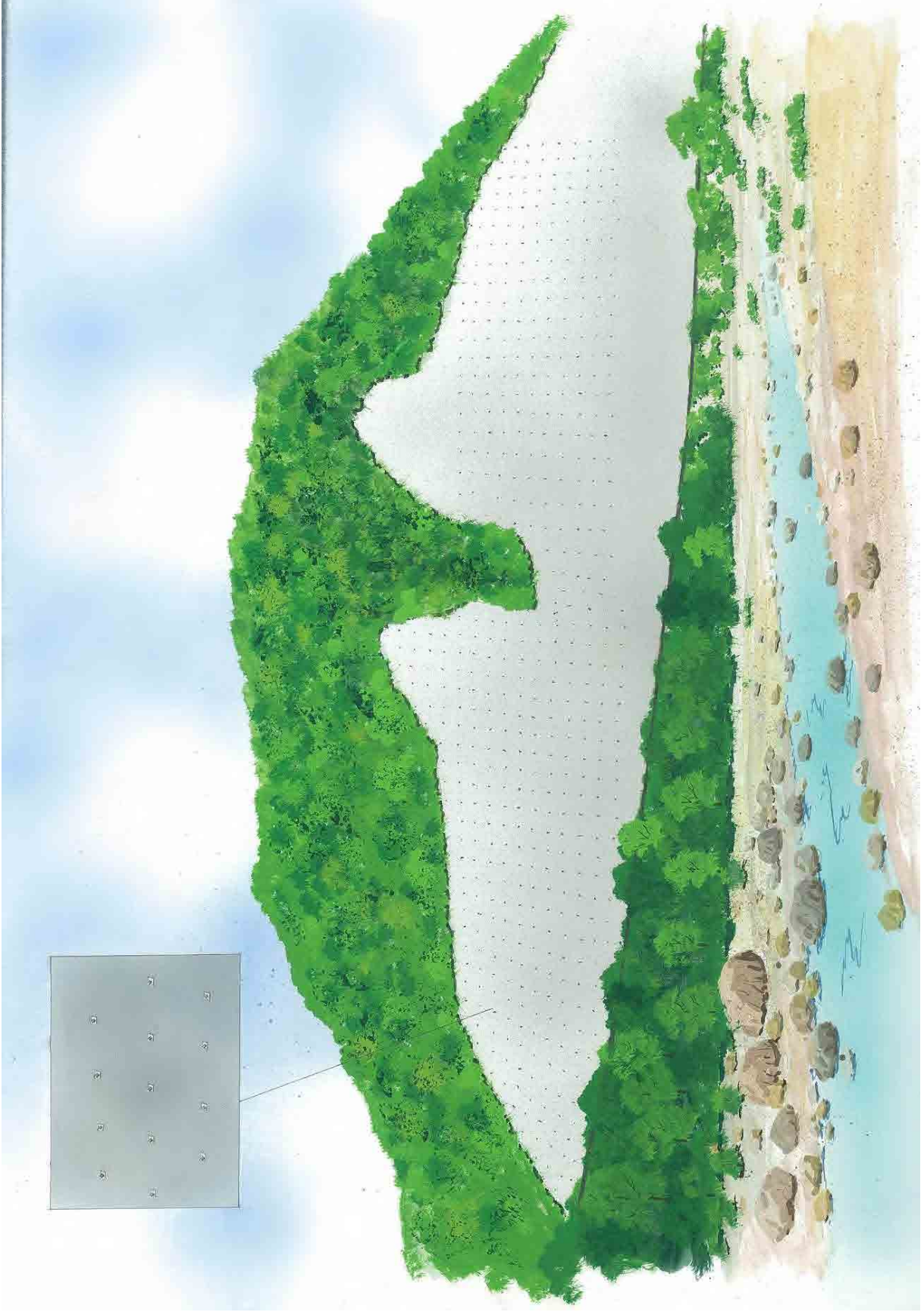
- 資料-1 調査団員氏名・所属
- 資料-2 調査工程
- 資料-3 関係者（面会者）リスト
- 資料-4 協議議事録（M/D）
- 資料-5 協議議事録（M/D）
- 資料-6 物理探査調査の原理
- 資料-7 現地植生の写真票
- 資料-8 モニタリングフォーム

# BOLIVIA

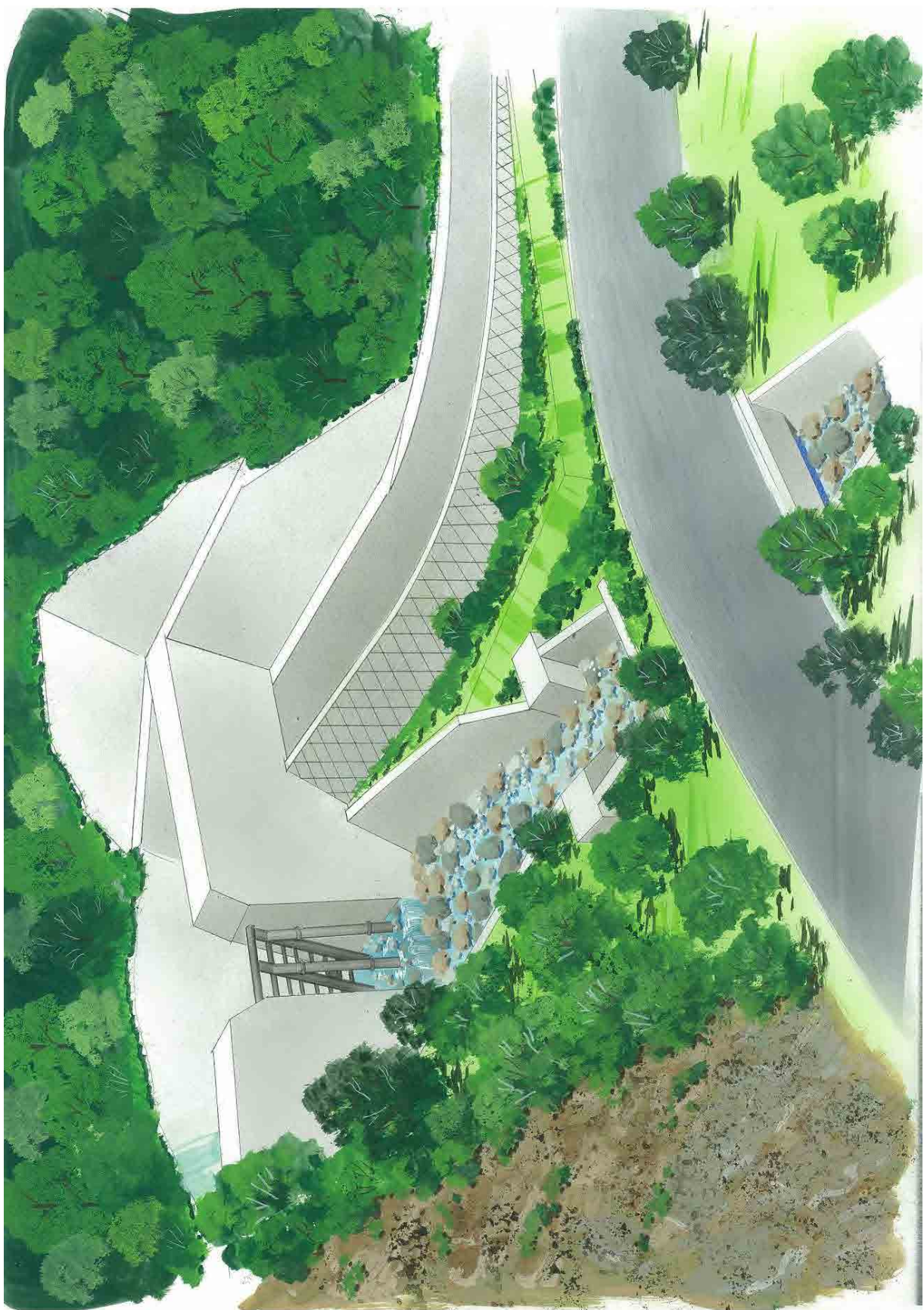


- 赤字: AAランク(8箇所)
- 青字: Aランク(15箇所)
- 緑字: 今回調査で発見した箇所(11箇所)

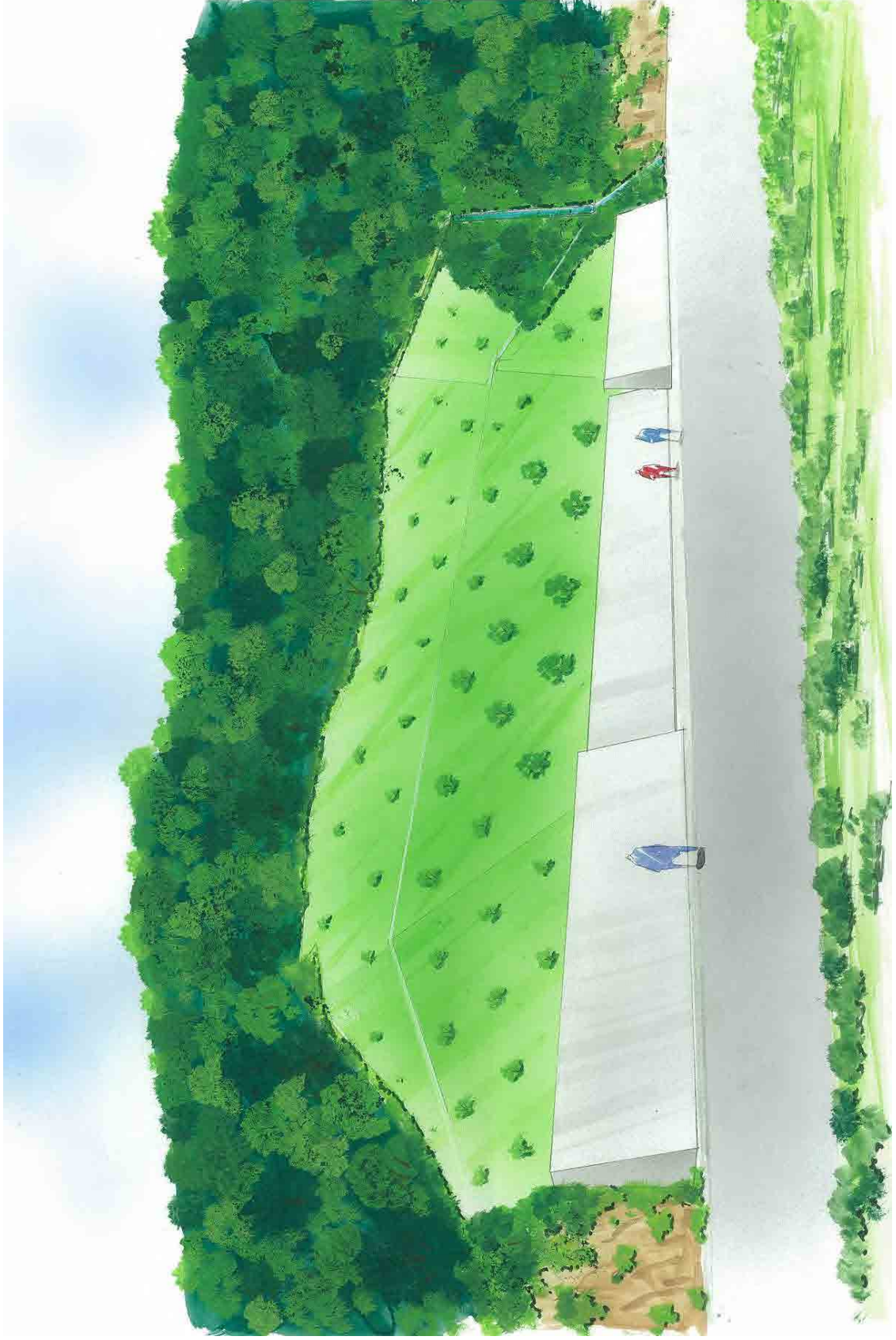
調査対象地域位置図



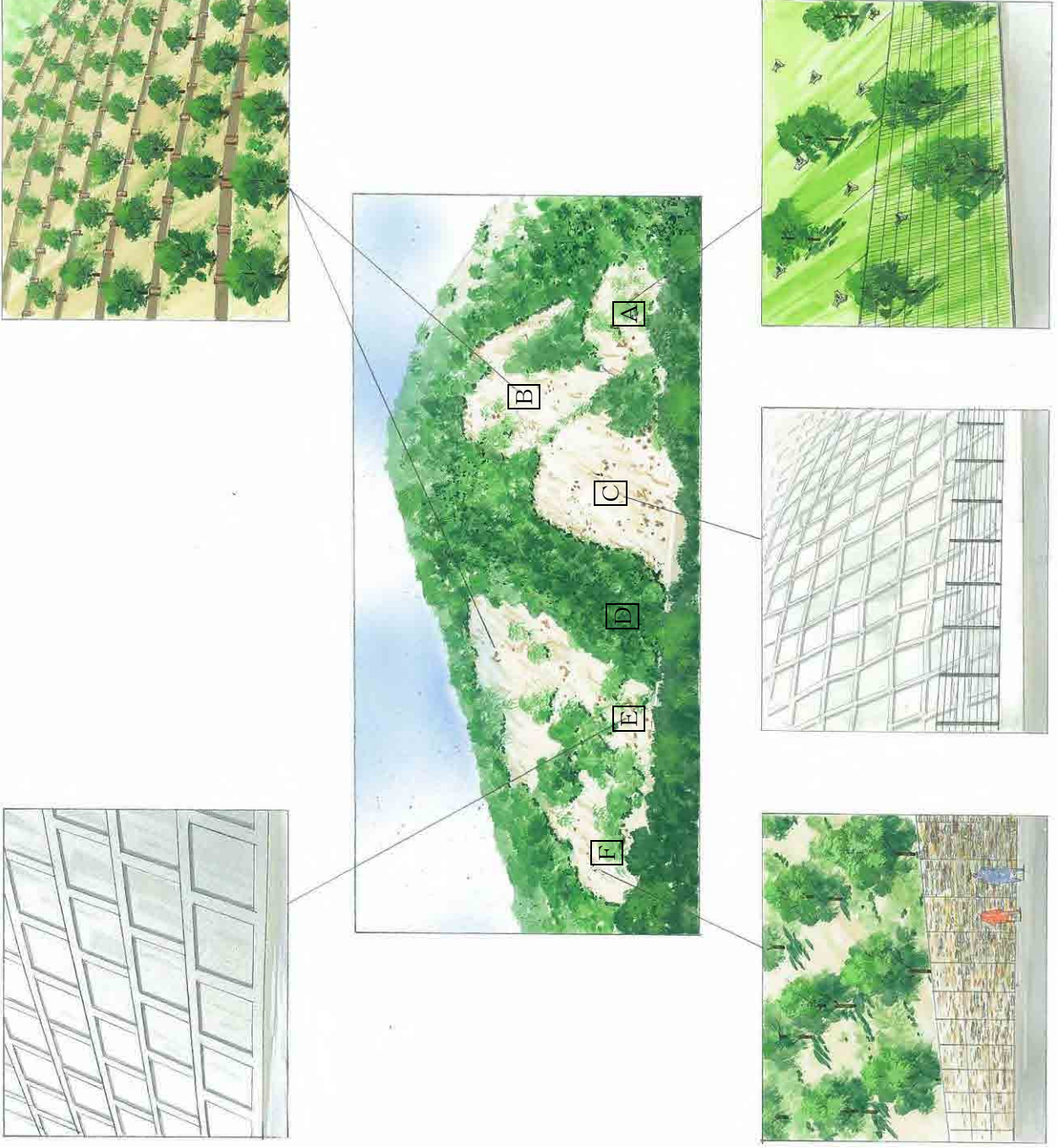
07-02 地区 完成予想図



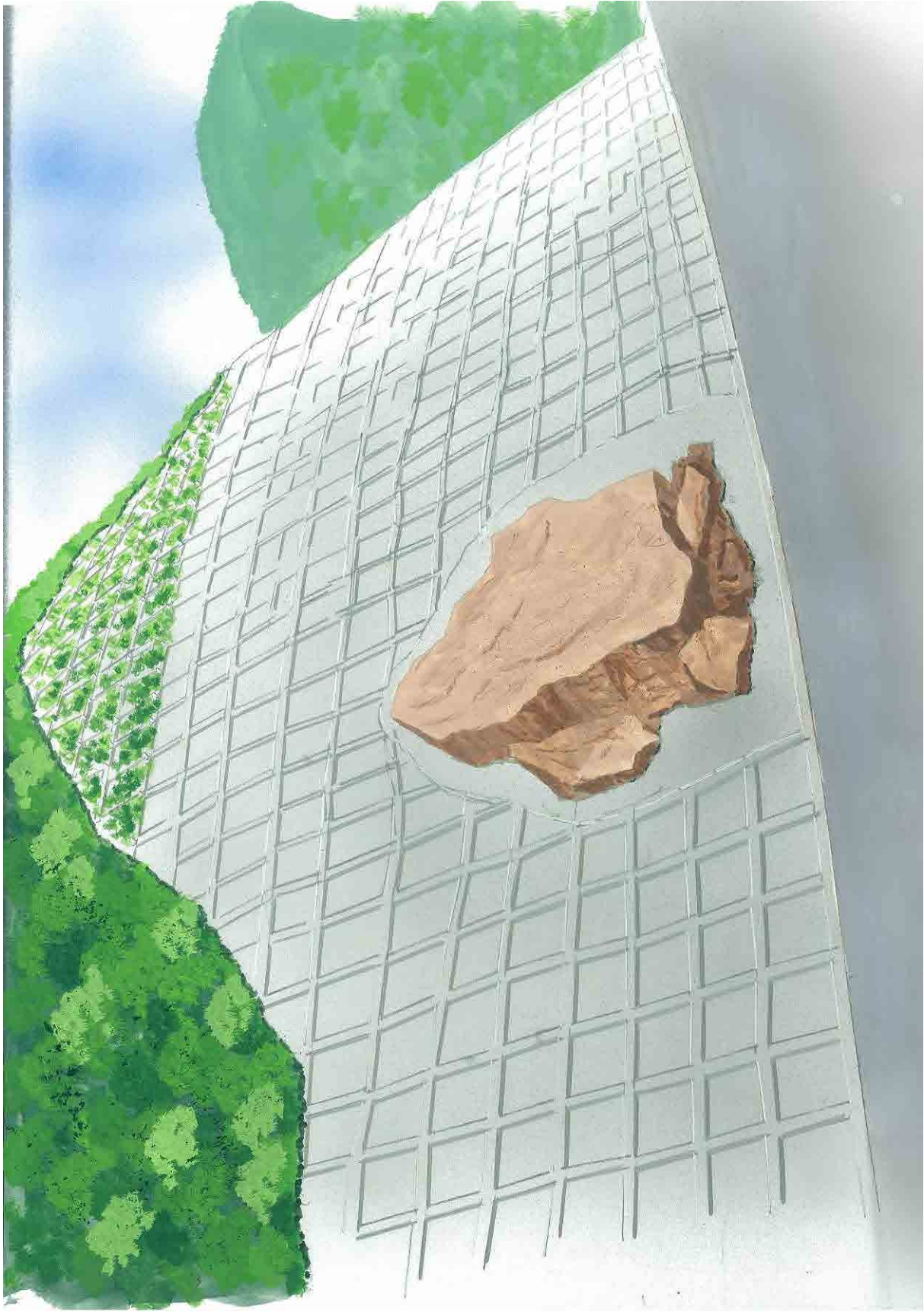
07-03 地区 完成予想図



07-11 地区 完成予想図



07-18 地区 完成予想図



07-19 地区 完成予想図





写真-1 07-02地区



写真-2 07-02地区



写真-3 07-03地区



写真-4 07-03地区



写真-5 07-03地区



写真-6 07-11地区



写真-7 07-11地区



写真-8 07-18地区



写真-9 07-18地区



写真-10 07-18地区



写真-11 07-19地区



写真-12 07-19地区

# 目 次

図 1-1 ルートの全体配置.....	3
図 1-2 実質経済成長率と GDP.....	4
図 2-1 「ボ」国公共事業・サービス・住宅省の組織図.....	9
図 2-2 「ボ」国 ABC の組織図.....	10
図 2-3 橋梁によるう回対策.....	16
図 2-4 ガビオンによる対策工.....	17
図 2-5 線形改良による対策工（07-07 地区）.....	17
図 2-6 切り土による対策工.....	18
図 2-7 植生マット工による対策.....	18
図 2-8 本プロジェクトに関連する道路建設計画位置図.....	32
図 2-9 標高 1550M 付近の気温（07-18 地区、07-19 地区）.....	33
図 2-10 標高 950M 付近の気温（07-11 地区）.....	33
図 2-11 標高 650M 付近の気温（07-02 地区、07-03 地区）.....	34
図 2-12 標高 1550M 付近の湿度（07-18 地区、07-19 地区）.....	34
図 2-13 標高 950M 付近の湿度（07-11 地区）.....	34
図 2-14 標高 650M 付近の湿度（07-02 地区、07-03 地区）.....	35
図 2-15 日雨量観測局配置図.....	36
図 2-16 KP.445KM～KP.400KM 付近の地形.....	37
図 2-17 KP.420KM～KP.370KM 付近の地形.....	38
図 2-18 KP.375KM～KP.345KM 付近の地形.....	39
図 2-19 07-23 地区の浸食した岩.....	39
図 2-20 KP.350KM～KP.310KM 付近の地形.....	40
図 2-21 07-03 地区測線設定（弾性波探査のみ）.....	41
図 2-22 07-11 地区測線設定（電気探査・弾性波探査）.....	42
図 2-23 07-18 地区測線設定（電気探査・弾性波探査）.....	42
図 2-24 簡易ポケットコンパスによる測線設定状況.....	42
図 2-25 07-03 地区 A 測線 弾性波探査速度断面・走時曲線図.....	43
図 2-26 07-11 地区 A 測線 弾性波探査速度断面・走時曲線図.....	44
図 2-27 07-18 地区① A 測線 表面波探査速度断面.....	45
図 2-28 07-18 地区② A 測線 表面波探査速度断面.....	46
図 2-29 07-11 地区弾性波・電気探査位置.....	49
図 2-30 07-11 地区電気探査結果.....	50
図 2-31 07-18 地区弾性波・電気探査位置.....	50
図 2-32 07-18 地区電気探査結果.....	52
図 2-33 粒径調査状況.....	53
図 2-34 粒度分布図.....	54
図 2-35 流木調査状況.....	54
図 2-36 光ファイバーケーブル埋設状況.....	55

図 2-37	航空レーザー測定の原理.....	56
図 2-38	調査地周辺の地質図.....	58
図 2-39	07-02 地区ボーリング位置図.....	59
図 2-40	07-02-1 (L=5.0M) 下向き 17°75′ コア写真.....	60
図 2-41	07-02-2 (L=5.0M) 下向き 17°75′ コア写真.....	60
図 2-42	07-03 地区ボーリング位置図.....	61
図 2-43	07-03-1 (L=3.0M) コア写真.....	61
図 2-44	07-03-2 (L=2.5M) コア写真.....	62
図 2-45	07-03-3 (L=3.5M) コア写真.....	62
図 2-46	07-03-4 (L=5.5M) コア写真.....	63
図 2-47	07-11 地区ボーリング位置図.....	64
図 2-48	07-11-1 (L=10.0M) コア写真.....	65
図 2-49	07-11-2 (L=8.0M) コア写真.....	66
図 2-50	07-11-3 (L=9.0M) コア写真.....	67
図 2-51	07-18 地区ボーリング位置図.....	68
図 2-52	07-18-1 (L=6.5M) コア写真.....	69
図 2-53	07-18-2 (L=2.5M) コア写真.....	69
図 2-54	07-18-3 (L=8.0M) コア写真.....	70
図 2-55	07-18-4 (L=15.0M) 下向き 17°75′ コア写真.....	72
図 2-56	07-19 地区ボーリング位置図.....	72
図 2-57	07-19-1 (L=5.0M) 下向き 17°75′ コア写真.....	73
図 2-58	07-19-2 (L=4.5M) 下向き 17°75′ コア写真.....	73
図 2-59	測定機器の概要.....	74
図 2-60	ひずみ累積変動図の概要.....	75
図 2-61	07-11-2 孔の観測グラフ.....	76
図 2-62	07-11-3 孔の観測グラフ.....	76
図 2-63	降雨量観測グラフ.....	77
図 2-64	07-11 地区崩落部周辺自然植生状況.....	81
図 2-65	07-18 地区崩壊部 (A 面) 下部法面の自然植生状況.....	81
図 2-66	ポリビアの年降水量平年値の分布.....	84
図 2-67	環境ライセンス承認の流れ.....	86
図 2-68	アンボロ国立公園の中央部.....	101
図 2-69	アンボロ国立公園とサマイパタ遺跡の位置と工事実施予定箇所.....	102
図 2-70	07-03 溪流の状況.....	103
図 2-71	サマイパタの山頂に立地するサマイパタ遺跡.....	103
図 2-72	ベルメホ土捨て場.....	106
図 2-73	クンブレ土捨て場.....	106
図 2-74	作業ヤード周辺の交通切り回し図 (案).....	108
図 3-1	07-11 箇所の植生変化.....	114
図 3-2	業務実施のフローチャート.....	115

図 3-3	落石対策工の選定フローチャート .....	119
図 3-4	土砂移動の形態の渓床勾配による目安 .....	121
図 3-5	土石流・流木対策施設の種類 .....	121
図 3-6	土石流対策施設の代表例 .....	122
図 3-7	流木対策施設の種類 .....	122
図 3-8	07-02 地区現地写真 .....	124
図 3-9	07-02 地区の現地状況 .....	125
図 3-10	07-02 地区の雨期後の斜面状況 .....	126
図 3-11	07-02 の落石対策工 選定フロー図 .....	127
図 3-12	07-03 地区の溪流模式縦断図 .....	129
図 3-13	07-03 地区既設砂防ダム .....	129
図 3-14	07-03 地区 80M～250M 区間の現場状況 .....	130
図 3-15	07-03 地区 250M～400M 区間の現場状況 .....	131
図 3-16	07-03 地区下流コンクリート 3 面張り水路状況 .....	131
図 3-17	07-03 地区の雨期前後の変化 .....	131
図 3-18	土砂移動の形態の渓床勾配による目安 .....	132
図 3-19	土石流・流木対策施設の種類 .....	133
図 3-20	不透過型と透過型堰堤 .....	134
図 3-21	透過型堰堤の例 .....	134
図 3-22	07-11 地区現場状況 .....	136
図 3-23	07-11 地区の現地状況 .....	136
図 3-24	07-11 地区想定移動土塊下面線 .....	137
図 3-25	07-11 地区の雨期前後の変化 .....	137
図 3-26	07-18 地区全景 .....	140
図 3-27	07-18 地区 C 区間の雨期前後の変化 .....	141
図 3-28	07-18 地区物理探査結果 .....	141
図 3-29	07-18 地区 A 区間の落石対策工 選定フロー図 .....	143
図 3-30	編柵工の構造 .....	146
図 3-31	07-18 地区 B 区間の落石対策工 選定フロー図 .....	147
図 3-32	07-18 地区 C 区間の落石対策工 選定フロー図 .....	151
図 3-33	07-18 地区物理探査結果 .....	155
図 3-34	07-18 地区 E 区間の落石対策工 選定フロー図 .....	156
図 3-35	07-18 地区 F 区間の落石対策工 選定フロー図 .....	161
図 3-36	07-19 地区現場状況 .....	164
図 3-37	07-19 地区の雨期前後の変化 .....	165
図 3-38	高所法面掘削機（ロッククライミングマシン） .....	166
図 3-39	崩壊の深さ（昭和 47 年から平成 19 年）（降雨によるもの） .....	166
図 3-40	07-19 地区の落石対策工 選定フロー図 .....	167
図 3-41	07-02 地区全体一般図（1） .....	170
図 3-42	07-02 地区全体一般図（2） .....	171

図 3-43	07-03 地区全体一般図 .....	172
図 3-44	07-11 地区全体一般図 (1) .....	173
図 3-45	07-11 地区全体一般図 (2) .....	174
図 3-46	07-18 地区全体一般図 (1) .....	175
図 3-47	07-18 地区全体一般図 (2) .....	176
図 3-48	07-18 地区全体一般図 (3) .....	177
図 3-49	07-18 地区全体一般図 (4) .....	178
図 3-50	07-18 地区全体一般図 (5) .....	179
図 3-51	07-19 地区全体一般図 (1) .....	180
図 3-52	07-19 地区全体一般図 (2) .....	181
図 3-53	「ボ」国で実施されている斜面对策工の例 .....	191
図 3-54	日本等で通常実施される斜面对策工の例 .....	191
図 3-55	主な定期的維持管理項目と費用 .....	207
図 3-56	30～50 年に 1 度必要となる補修工の費用 .....	207

# 表 目 次

表 1-1	ボリビア国道路整備状況（2010年）	2
表 1-2	我が国の技術協力・有償資金協力の実績	5
表 1-3	我が国無償資金協力実績（運輸交通分野）	6
表 1-4	他のドナー国・機関による援助動向（運輸交通分野）	7
表 2-1	ABCの職種別職員数（2011年）	10
表 2-2	「ボ」国ABCの予算推移	11
表 2-3	要請対象斜面または溪流の状況	13
表 2-4	「ボ」国における道路防災対策技術一覧	15
表 2-5	アングストゥーラ～パリサーダ間の「ボ」国側道路防災対策状況	20
表 2-6	アングストゥーラ～パリサーダ間の災害危険箇所の状況（1）	21
表 2-7	アングストゥーラ～パリサーダ間の災害危険箇所の状況（2）	22
表 2-8	アングストゥーラ～パリサーダ間の災害危険箇所の状況（3）	25
表 2-9	アングストゥーラ～パリサーダ間の災害危険箇所の状況（4）	27
表 2-10	アングストゥーラ～パリサーダ間の災害危険箇所の状況（5）	29
表 2-11	本プロジェクトに関連する道路建設計画一覧	31
表 2-12	無償対象箇所の標高	33
表 2-13	アングストゥーラ {1948～2001（54年間）} 降雨データ	36
表 2-14	物理探査実施の目的	40
表 2-15	物理探査実施数量	41
表 2-16	速度層区分	47
表 2-17	掘削の難易による岩および土の分類	48
表 2-18	地形縦・横断・平面測量実施数量	57
表 2-19	地質調査実施数量	58
表 2-20	各孔の地質概況一覧	74
表 2-21	ひずみ変動種別一覧（藤原、1976）	75
表 2-22	パイプひずみみ計による計測結果の一覧	75
表 2-23	地下水位測定結果一覧	77
表 2-24	コドラート調査結果一覧	80
表 2-25	「ボ」国の地形区分	83
表 2-26	PPM及びPASAの主な記載項目	86
表 2-27	代替案比較検討表（07-02地区）	88
表 2-28	代替案比較検討表（07-03地区）	89
表 2-29	代替案比較検討表（07-11地区）	90
表 2-30	代替案比較検討表（07-18A地区）	91
表 2-31	代替案比較検討表（07-18B地区）	92
表 2-32	代替案比較検討表（07-18C地区）	93
表 2-33	代替案比較検討表（07-18D地区）	94

表 2-34	代替案比較検討表 (07-18E 地区)	94
表 2-35	代替案比較検討表 (07-18F 地区)	95
表 2-36	代替案比較検討表 (07-19 地区)	96
表 2-37	スコーピング案	98
表 2-38	07-02 地区における残土及び廃棄物量	100
表 2-39	07-03 地区における残土量	100
表 2-40	07-11 地区における残土及び廃棄物量	100
表 2-41	07-18 地区における残土及び廃棄物量	101
表 2-42	07-19 における残土量	101
表 2-43	用地使用予定地点一覧表	102
表 2-44	スコーピング案および調査結果に基づく影響評価	105
表 2-45	緩和策実施の内容 (ジェンダー)	107
表 2-46	緩和策実施の内容 (子どもの権利)	107
表 2-47	緩和策実施の内容 (HIV/AIDS 等への感染症)	107
表 2-48	環境管理計画 (工事前)	108
表 2-49	環境管理計画 (工事中)	109
表 2-50	モニタリング計画表	110
表 2-51	工事及び環境モニタリング計画工程表	111
表 3-1	斜面崩壊防止工の選定表	120
表 3-2	07-02 の落石予防工対策工選定表	128
表 3-3	07-11 斜面崩壊防止工の選定	138
表 3-4	07-18 地区 A 区間の落石予防工選定表	144
表 3-5	07-18 地区 A 区間の落石防護工選定表	145
表 3-6	07-18 地区 B 区間の落石予防工選定表	148
表 3-7	07-18 地区 B 区間の落石防護工選定表	149
表 3-8	07-18 地区 C 区間の落石対策工選定表	152
表 3-9	07-18 地区 C 区間の落石防護工選定表	153
表 3-10	07-18 地区 E 区間 (斜面下部) の落石予防工選定表	157
表 3-11	07-18 地区 E 区間 (斜面下部) の落石防護工選定表	158
表 3-12	07-18 地区 E 区間 (斜面上部) の落石予防工選定表	159
表 3-13	07-18 地区 F 区間の落石防護工選定表	162
表 3-14	07-19 地区の落石予防工選定表	168
表 3-15	日本および「ボ」国実施機関それぞれの負担事項	183
表 3-16	コンサルタント 実施設計体制	184
表 3-17	コンサルタント 入札関連 1 体制	184
表 3-18	コンサルタント 入札関連 2 体制	185
表 3-19	コンサルタント 施工監理体制	185
表 3-20	施工業者の施工管理体制	186
表 3-21	品質管理項目一覧表	186
表 3-22	主要建設資材の可能調達先	188



表 3-23	主要建設機材の調達先 .....	189
表 3-24	成果達成度の確認方法 .....	192
表 3-25	現地見学会（説明会）と講習会による成果達成度の確認方法.....	193
表 3-26	ソフトコンポーネント実施工程.....	196
表 3-27	講習会日程（案）（「工事計画、施工監理技術」）第1次派遣期間 .....	197
表 3-28	講習会日程（案）（「工事計画、施工監理技術」）第2次派遣期間 .....	198
表 3-29	講習会日程（案）（「維持管理技術」）第3次派遣期間 .....	199
表 3-30	概略事業費 .....	201
表 3-31	業務実施工程表 .....	202
表 3-32	概算総事業費 .....	204
表 3-33	「ボ」国側負担経費.....	205
表 3-34	ボリビア側の負担で対策を実施する箇所 .....	206
表 4-1	定性的評価 .....	210

# 略語集

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
BNDES	:	Brasilian Development Bank / ブラジル国立社会経済開発銀行
CAF	:	Latin American Development Bank / 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
F/S	:	Feasibility Study / フィージビリティ調査
GDP	:	Gross Domestic Product / 国内総生産
GNI	:	Gross Nacional 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
IMF	:	Internacional Monetary Fand / 国際通貨基金
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
M/P	:	Master Plan / マスタープラン
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 Pirá / 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

## 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

#### 1-1-1-1 国の概要

ボリビア多民族国（以下「ボ」国）は、国土面積 110 万 km<sup>2</sup>で、南アメリカ大陸のほぼ中央に位置し、西はペルー、チリ、東及び北はブラジル、南はアルゼンチン、パラグアイと国境を接する内陸国である。総人口は 1,043 万人（2010 年/国家統計局推計）であり、首都のあるラパス県 281 万人（2010 年）、サンタクルス県 215 万人（2010 年）で総人口の約半分を占めている。国土は総面積 1,098,580 km<sup>2</sup>（アメリカ大陸で 8 番目、世界的には 27 番目の広さ）であり大きく、アンデス高原地域（altiplano）、平原地域（llano または oriente）、溪谷地域（valle）の三地域に分かれている。

アンデス高原地域は、国土面積の約 29%を占めチチカカ湖から国土を南に貫く標高 3000m 以上の地域で年中寒冷な気候を持つ。国土の北東から東は平原地域と呼ばれ、国土の約 62%を占めるアマゾンの熱帯地域である。平原地域はさらに、熱帯雨林が広がる北部地域と、乾燥しているグランチャコ地域（パラグアイ国境付近）に分かれる。溪谷地域は、国土の約 9%を占めアンデス高原地域と平原地域の間位置し、温暖で果樹栽培などに適した気候である。本プロジェクトの対象地域は、溪谷地帯に位置している。

#### 1-1-1-2 道路整備の現状と課題

「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 80,487km に達するものの、その舗装率は、ボリビア道路管理局（ABC:Administradora Boliviana de Carreteras）が管理する国道で 31%（5,064km）、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」国の地形は大きく三つの地域に分けられ、高原地帯や溪谷地帯では地すべりや土石流等の災害、アマゾン川の一部をなす平原地帯では洪水が頻発する厳しい自然条件のなかにあり、道路整備は、技術的困難さや建設コストの高さも影響して南米でも最も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って、「ボ」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輸送回廊の整備を中心に推し進め、ラパス、ユクモ、トリニダ、サンタクルス、コチャバンバ、オルロをつなぐ幹線上の都市間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 SNC に全国道路ネットワークの管理権限が復活し、「ボ」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、国際輸送回廊整備へのシフトが進んだ。2006年に発足したモラレス政権においても継続して国際輸送回廊の整備が進んでいる。

道路は行政上国道、県道、市町村道に分けられ、それぞれの延長は、16,515km、21,716km、40,256kmである。現在、国道の管理は ABC が公共事業省運輸次官室管轄のもとに行っている。国道以外の県道、市町村道については各県の道路局(SEPCAM: Servicio Prefectural de Caminos)が担当している。各県の道路整備状況(2010年現在)を表 1-1 に示す。

表 1-1 ポリビア国道路整備状況 (2010年)

(単位: Km)

地域	国道				県道				市町村道			
	舗装	砂利	土道	合計	舗装	砂利	土道	合計	舗装	砂利	土道	合計
La Paz	615	1,471	773	2,859	229	1,449	2,253	3,931	35	1,354	3,750	5,139
Chuquisaca	267	176	665	1,108	0	1,004	406	1,410	0	88	2,422	2,510
Tarija	475	406	350	1,231	77	2,072	0	2,149	8	7,957	1,937	9,902
Cochabamba	607	199	419	1,225	49	2,433	1,626	4,108	2	1,212	1,197	2,411
Santa Cruz	1,870	2,060	463	4,393	96	1,168	5,004	6,268	12	594	4,214	4,820
Oruro	646	323	284	1,253	94	1,185	861	2,140	6	431	3,319	3,756
Potosi	316	909	567	1,792	0	563	788	1,351	2	1,070	8,350	9,422
Beni	188	1,208	665	2,061	16	429	1,305	1,750	0	289	1,318	1,607
Pando	80	513	0	593	0	609	0	609	0	34	655	689
合計	5,064	7,265	4,186	16,515	561	10,912	12,243	23,716	65	13,029	27,162	40,256

総合計：80,487 Km (舗装道：5,690 Km、砂利道：31,206 Km、土道：43,591 Km)

### 1-1-1-3 サイトの現状と課題

アンゴストゥーラ～パリサーダ間で道路防災対策の必要箇所は、図 1-1 に示すように、アンゴストゥーラより 1km 程度パリサーダ側の KP.445km (現地道路距離呈) 付近から、パリサーダ側に向かって KP.310km 付近までの約 135km の間にある。アンデス山脈の端部に位置し、西側にある太平洋プレートにより東西方向に大きな圧力を受けた地形で、断層や褶曲作用を受けた起伏の激しい地形の中をこれに逆らうように東西に走っている。本区間には、調査の結果 34 箇所の道路災害危険箇所が確認されている。

本プロジェクト対象箇所のうち 07-02、07-03、07-11 地区の 3 箇所は、KP.445km 付近の標高約 700m より KP.405km 付近の標高約 1300m の峠に上る道路上にあり、平行して流れる河川は 1/100～1/50 程度と急峻な勾配で、褶曲作用を受け複雑でもろい地質と、急峻な河床勾配による早い河川浸食により斜面災害や支流河川の土石流が多発する地域となっている。

07-18 と 07-19 地区の 2 箇所は、サマイパタを中心とした標高 1700m 程度の台地とマイラナを中心とした標高 1400m 程度の沖積平野（地溝帯による平野の可能性もある。）に下る急勾配な斜面上にあり、激しい褶曲作用を受けた地形と考えられ大規模な斜面崩壊の発生する地域となっている。

「ボ」国政府は、これまで地元施工業者を用いてこれら区間の被災後の復旧工事や道路の維持管理に努めてきたが、対策技術が未成熟なことや予算不足等により、災害を事前に予防する防災対策工事はほとんど行われてこなかった。2007 年～2008 年の雨季の集中豪雨以降、予防保全としての防災対策が急務となり、アンデス開発銀行の資金等を利用して橋梁による迂回対策等の現地技術範囲内の防災対策工事が行われたが、防災対策技術としては未成熟であり、日本の防災対策技術を採用することにより、災害に強い安全な道路の建設が求められている。

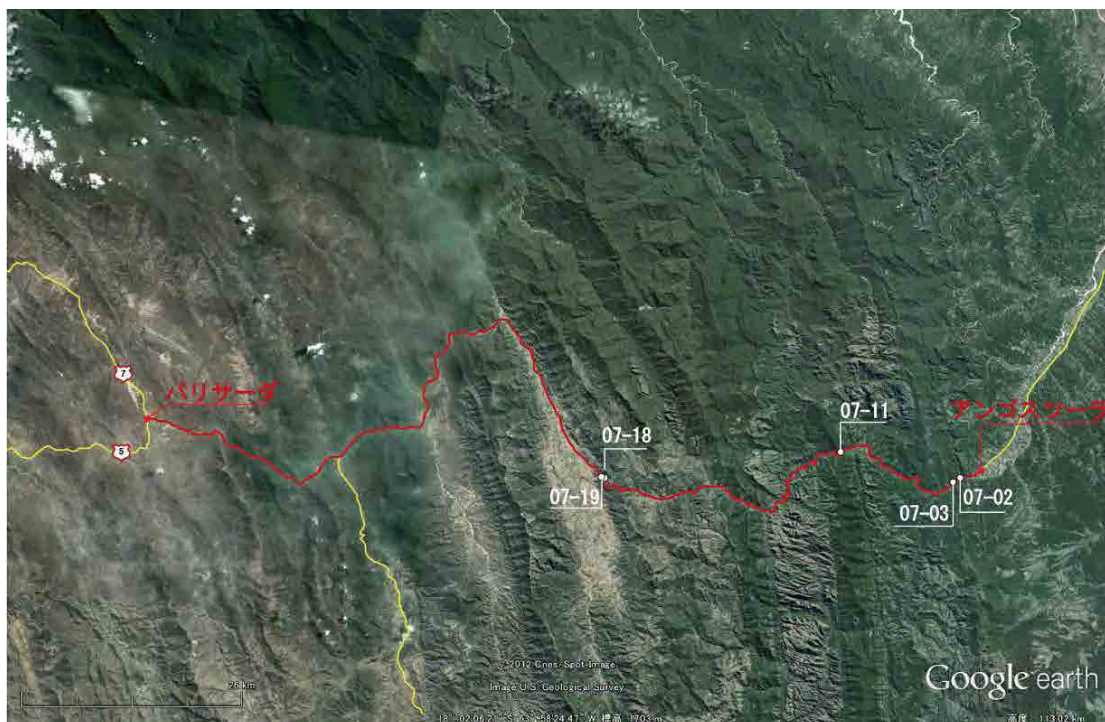


図 1-1 ルートの全体配置

### 1-1-2 開発計画

2009 年にモラレス大統領は「政権プログラム 2010-2015」を発表、その中で道路における課題は骨格構造の確立であると指摘、特に、輸送の 8 割を占めると言われる道路整備に着目し、国際輸送回廊の充実と地方道路の整備推進が喫緊の課題であるとしている。道路整備の遅れは地方発展の遅れを引き起こしていることからその改善を通じて経済構造の活性化を図るとし、「道路大革命」の実施を目指している。

### 1-1-3 社会経済状況

「ボ」国は、2011 年の一人当たり GNI は 2020 ドル（世銀）で南米で最も開発の遅れている国の一つに挙げられている。また、産業別内訳は第 1 次産業が GDP の 11.7%、第 2 次産業が 34.1%、第

3次産業が54.2%であり、農業（大豆、砂糖等）、鉱業産品（亜鉛、錫、天然ガス等）を中心とする一次産品の依存率が総輸出の約8割を占め、国際価格の影響を受けやすい経済構造となっている。なお、「ボ」国のリチウムは全世界の埋蔵量の約50%を占めるといわれており、電気自動車用電池等の需要の増大に伴い、その開発動向に世界の注目が集まっている。

「ボ」国経済は、1985年から新経済政策を導入し構造調整を推進した結果、比較的安定した経済成長を保っていたが、1999年以降深刻な経済難に直面し、富の偏在、失業問題等が深刻化した。2004年にIMFと合意し、新税導入及び緊縮財政による財政赤字の削減を実現、2005年に採択した天然ガス関係外資企業に対する高率の税を課す新法（新炭化水素法）により、歳入は大幅に増大し財政赤字も対GDP比1.6%まで削減された。2006年以降のモラレス政権下では、資源収入の「ボ」国民へのより多くの還元を強く主張し、天然ガスを中心として資源ナショナリズム色の強い政策を展開した結果、天然資源国際価格の上昇を背景に、安定した経済成長、外貨準備高増大、財政黒字等のマクロ経済面の健全化が達成され、2011年では実質成長率が5.1%に及んでいる。



図 1-2 実質経済成長率と GDP

消費者物価指数は、1980年代の中期まで最大10,000%を上回る上昇率を示した後、1987年以降沈静化に向かい1993年付近からは10%以下の安定した状態が続いている。2007年～2008年に10%を上回る上昇を示したが以降は10%以下の水準に回復し安定している。

貿易収支は、1990年以降完全な輸入超過となっていたが、2003年より収支が改善し、2006年には1,302百万ドルの輸出超過となった。政府の対外総債務残高は、1995年に4,459百万ドル（世界銀行）に達し、以降の国家財政は困難な状況となり、1999年以降は麻薬撲滅政策によるインフォーマルセクターへの影響などでさらに深刻な経済難に直面、2001年には「拡大HIPC（重債務貧困国）イニシアティブ」が適用されて2015年までの15年間にわたる約15億ドルの債務削減措置を受けている。このため、2010年には2,806百万ドルまで減少してきている。

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、良好な協力関係にある。

## 1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要

内陸国の「ボ」国は、国内の主な輸送手段が道路であり、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ばかりでなく、太平洋側及び大西洋側等周辺諸国との交易において道路は重要な役割を担っている。しかし、「ボ」国の厳しい地形条件や気候条件により、斜面崩壊、落石等の自然災害や落橋などが毎年のように頻発し、国内の経済活動や輸出が停滞し、都市や農村住

民の生活に著しい負の影響を与えている。

本プロジェクトの対象となる国道 7 号線は、サンタクルス県とコチャバンバ県を繋ぐ「ボ」国物流の根幹であり、中でもアンゴストゥーラ～パリサーダ間は、東は国道 5 号線を経由してスクレ市やポトシ市及び、隣国のチリに至り、西は国道 4 号線を経由してブラジルに抜ける重要な国際輸送回廊の一部を成し、現在「ボ」国政府によって実施されているパリサーダ～プエルテアルセ間とポトシ～ウユニ間の国道 5 号線及び、パイロン～サン ホセ デチキトス間の国道 4 号線の改修工事が完了すると国際輸送回廊としても重要な役割を担うと考えられる。

しかしながら、アンゴストゥーラ～パリサーダ間の道路は斜面表層部の風化が進み、2006 年～2007 年の雨季に発生したエルニーニョ現象に起因する集中豪雨では、斜面崩壊、落石／岩盤崩壊、地すべり、土石流等が多発し、頻繁に通行止めが発生した。また、2007 年～2008 年の雨季にも再び集中豪雨が発生し、斜面崩壊により 4 名の人命が失われるとともに、延べ約 60 日間にわたり交通が遮断されサンタクルスへ物資供給が滞るなど、「ボ」国経済に多大な影響を与えている。

上記から、我が国は「ボ」国政府からの要請を受けて「ボリビア国主要国道道路災害予防調査」の中で 2007 年 5 月～2007 年 6 月に国道 7 号線の現地調査を実施し、「①災害規模が大規模である、②現時点においても依然斜面の不安定化が著しい、③今後も大規模な災害発生の可能性が高い(長期通行止めの可能性がある)」箇所を緊急災害対策箇所 (A ランク) として 23 箇所選定した。この中で、「災害規模が大きく、「ボ」国では対応困難」な箇所 (AA ランク) として 8 箇所を特定し、「ボ」国の検討による迂回策等の方策が妥当とした 3 箇所を除く、5 箇所について、「ボ」国は我が国に対し国道 7 号線の道路防災対策工事の無償資金協力を要請した。

本調査は、上記調査の結果を踏まえて、国道 7 号線の斜面崩壊の箇所及び範囲の特定 (類似箇所の有無、斜面崩壊の原因・進行速度など) の調査、斜面对策工等の検討、概略設計、事業計画策定、概略事業費積算を目的として実施するものである。

### 1-3 我が国の援助動向

運輸交通分野における当該セクターに関する我が国の技術協力・有償資金協力の実績及び無償資金協力の実績の概要を表 1-2 及び表 1-3 に示す。

表 1-2 我が国の技術協力・有償資金協力の実績

協力内容	実施年度	案件名/その他	概要
有償資金協力 (円借款)	1975	道路建設事業	道路の建設事業
	1992～2001	パタカマヤ～タンボケマド間道路改良事業	道路の改良事業
開発調査	1974	道路網拡張計画	道路網拡張に関する M/P
	1985～1987	サンボルハ～トリニダ道路改良計画(フェーズ 1)	サンボルハ・トリニダ間道路状況の調査及び技術的検討
	1987～1989	サンボルハ～トリニダ道路改良計画(フェーズ 2)	サンボルハ・トリニダ間道路及び付帯工の詳細設計及び経済評価
	1988～1990	サンタバルバラ～ベジャビスタ道路改良調査	サンタバルバラ～ベジャビスタ間道路の道路改良にかかる F/S
	1994～1995	サンボルハ～トリニダ道路環境影響調査	サンボルハ・トリニダ間道路建設にかかる EIA



協力内容	実施年度	案件名/その他	概要
	2005～2007	主要国道道路災害予防調査	道路防災対策にかかる M/P の策定
技術協力プロジェクト	2009～2012	ボリビア道路防災及び橋梁維持管理キャンペーンディベロップメントプロジェクト	道路防災及び橋梁維持管理にかかる技術移転
専門家派遣	2003～2006	道路行政	道路行政にかかる技術移転
	2009～2012	道路管理	地方道路行政にかかる技術移転

表 1-3 我が国無償資金協力実績（運輸交通分野）

（単位：億円）

実施年度	案件名	供与限度額	概要
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調達
1987	道路網整備計画	10.00	1986 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調達
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調達
1989	道路公団修理工場整備計画	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調達
1989	ポトシ農道整備計画	7.58	南部 5 県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調達
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調達
1991	チュキサカ及び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調達
1992	オルロ農道整備計画	7.96	オルロ県内の道路整備のための必要な建設資機材等の調達
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建設資機材等の調達
1994～1997	サンタクルス県北部橋梁建設計画	22.30	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	サンタクルス県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 56 カルバートの建設
2004～2006	日本・ボリビア友好橋改修計画	3.74	国道 4 号線上の日本・ボリビア友好橋の改修

#### 1-4 他ドナーの援助動向

表 1-4 に「ボ」国への他ドナーの援助実績を示す。このうち本プロジェクトに関連が深いのは「国道 7 号線グアルディア～コマラパ道路区間復旧工事」であり、国道 7 号線の緊急整備事業（新規橋梁建設による災害箇所への迂回、路盤・路肩破損の修復工事）が実施されている。

表 1-4 他のドナー国・機関による援助動向（運輸交通分野）

（単位：千 US ドル）

機関名	プロジェクト	金額	形態	完了時期
米州開発銀行	道路標準維持管理プログラム	21,000	有償	～2013.5
米州開発銀行	東西回廊道路維持管理計画	25,000	有償	～2013.5
米州開発銀行	南北回廊改修計画：サンタ・バルバラ～ルレナバケ道路区間	120,000	有償	実施中
米州開発銀行	南北回廊計画：ラパス～カラナビ道路区間	33,148	有償	実施中
アンデス開発公社	道路最良化プログラム	75,000	有償	～2014.12
アンデス開発公社	緊急プログラム-I	29,012	有償	～2014.12
アンデス開発公社	緊急プログラム-II	20,900	有償	～2014.12
アンデス開発公社	エピサナ～コマラバ道路区間復旧再建工事最終設計調査	470	有償	～2013.2
アンデス開発公社	ウアリナ～ティキナ定期維持管理	5,036	有償	～2012.11
アンデス開発公社	輸送部門支援プログラム	84,000	有償	2005.12～実施中
アンデス開発公社	ウアチャカリヤ～ピシガ連結道路	25,000	有償	2005.12～実施中
アンデス開発公社	グアヤラメルン～リベラルタ連結道路	42,000	有償	2006.9～2012.8
アンデス開発公社	ポトシー～ウユニ間道路	75,000	有償	2007.3～2011.12
アンデス開発公社	南部回廊 Phase-II	120,000	有償	2007.3～2012.12
アンデス開発公社	国道7号線グアルディア～コマラバ道路区間復旧工事	21,000	有償	2007.9～2012.3
アンデス開発公社	Y 連結道路建設	70,000	有償	2007.9～2012.12
アンデス開発公社	第4次輸送部門支援プログラム PAST-IV	22,440	有償	2008.3～2012.12
アンデス開発公社	ラパス～オルロ片方向2車線道路	250,000	有償	2009.10～2013.10
アンデス開発公社	道路計画資材特別プログラム-PEIVI	37,270	有償	2009.11～2012.11
アンデス開発公社	タラブコスダニエス～パディリヤ/モンテアグド～イパティ間道路建設：国道6号線	75,000	有償	2009.11～2013.11
アンデス開発公社	緊急対策-I	29,500	有償	2010.7～2012.7
アンデス開発公社	道路建設・補完工事	70,000	有償	2010.7～2012.7
アンデス開発公社	緊急対策-II	19,943	有償	2010.7～2012.10
アンデス開発公社	連結道路 フェーズ III：ポトシー～タリハ	20,696	有償	2010.12～実施中
アンデス開発公社	輸送部門プログラム	150,000	有償	2010.12～2014.2
アンデス開発公社	Y 連結道路 フェーズ-II	27,367	有償	2011.2～2014.2
アンデス開発公社	道路最良化プログラム	75,000	有償	2011.4～2012.4
アンデス開発公社	ウユニ～ウアンカラニ～コンド K 分岐点道路建設計画	104,300	有償	2011.4～2015.4
米州開発銀行	パライソ～エル・ティント	124,000	有償	2006～2012
ヨーロッパ連合	エル・ティント～サンホセ間道路	42,800	有償	2006～2012
アンデス開発公社	サンホセ～ロボレ	70,000	有償	2006～2009
ブラジル国立経済社会開発銀行	ロボレ～エル・カルメン間道路	90,000	コンセッション	2006～2009
ブラジル国立経済社会開発銀行	エル・カルメン～プエルト・スアレス	54,000	コンセッション	2006～2009

## 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

「ボ」国の国道は公共事業・サービス・住宅省(Ministerio de Obras Publicas, Servicios y Vivienda)のもとで、本プロジェクトの実施機関である ABC が管理している。ABC は国道の建設、維持管理を行う機関であるが、設計、施工、維持管理の実務は民間企業へ委託している。組織面ではラパス本部の技術総局に建設部と道路保全部があり、本プロジェクトは道路保全部が担当する。また、3 の地方本部と 9 の県事務所があり、この中のサンタクルス県事務所が本プロジェクトの実務面での関係機関となる。ABC の 2011 年時点の総職員数は 402 名で、その内訳は本部が 169 名、地方が 233 名であり、各事務所には技術支援員とした臨時職員が雇われている。

図 2-1、図 2-2 に公共事業・サービス・住宅省及び ABC の組織図を、表 2-1 ABC の職種別職員数 (2011 年) を示す。

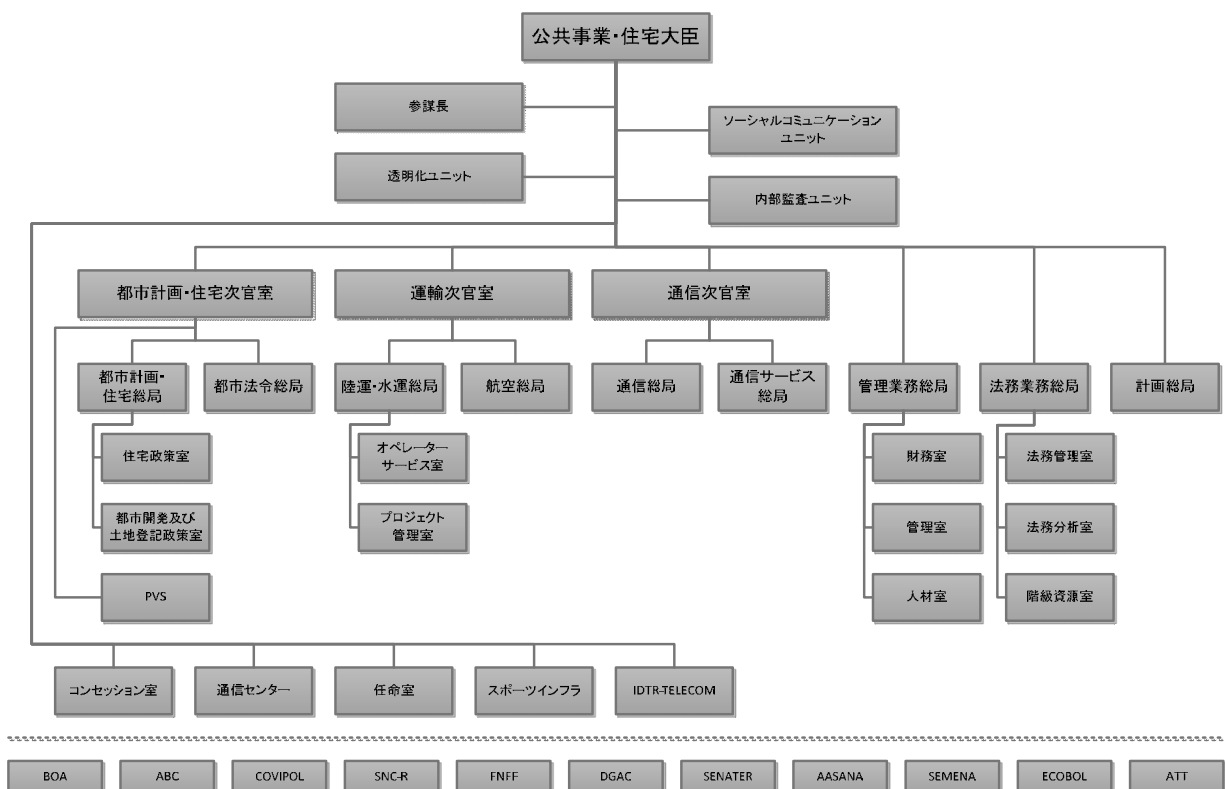


図 2-1 「ボ」国公共事業・サービス・住宅省の組織図

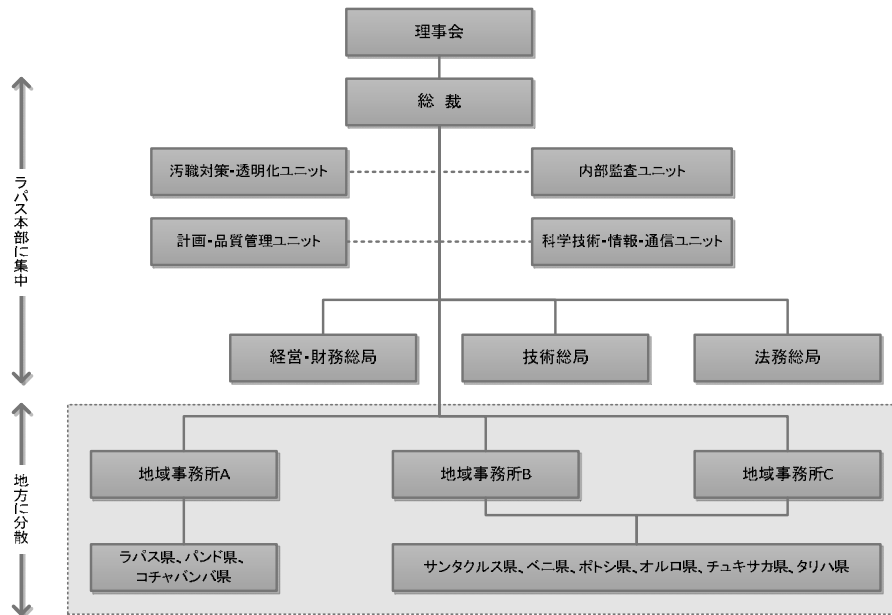


図 2-2 「ボ」国 ABC の組織図

表 2-1 ABC の職種別職員数 (2011 年)

分 類		人数	構成%
本部	総裁室関係	42	10.4
	総務・財務	39	9.7
	法務	11	2.7
	技術本部	31	7.7
	技術支援員 (臨時職員)	46	11.4
	計	169	42.0
地域事務所 A (北部地方)	本部 (ラパス県)	32	8.0
	コチャバンバ県事務所	18	4.5
	パンド県事務所	11	2.7
	技術支援員 (臨時職員)	23	5.7
	計	84	20.9
地域事務所 B (中央東部地方)	本部 (サンタクルス県)	30	7.5
	ベニ県事務所	13	3.2
	技術支援員 (臨時職員)	8	2.0
	計	51	12.7
地域事務所 C (南部地方)	本部 (ポトシ県)	19	4.7
	オルロ県事務所	15	3.7
	チェキサカ県事務所	11	2.7
	タリハ県事務所	15	3.7
	技術支援員 (臨時職員)	38	9.5
	計	98	24.4
合 計		402	100.0

### 2-1-2 財政・予算

実施機関である ABC の 2007 年から 2011 年にかけての 5 年間の予算は表 2-2 に示すとおりである。各年度の ABC の道路関係予算は、概ね「ボ」国の GDP の 2%前後であり、今後とも道路関係予

算は GDP の 2%前後の水準で推移していくものと考えられる。

表 2-2 「ボ」国 ABC の予算推移

(単位：百万ボリビアーノス)

	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
維持管理予算	279.8	374.8	334.1	351.0	374.0
その他予算	1,986.5	2,274.7	2,241.4	2,733.3	2,385.1
合 計	2,266.3	2,649.5	2,575.5	3,084.3	2,759.1
「ボ」国 GDP	103,694	120,694	121,727	137,876	169,891
ABC 予算/GDP(%)	2.1	2.2	2.1	2.2	1.6

### 2-1-3 技術水準

ABC は「ボ」国の国道にかかる建設、改良、改修、維持保守等の任にあるが、設計施工の実務は民間企業に委託し、自体は専ら計画や発注管理を行っている。工事の実行予算は世界銀行やアンデス開発銀行等の外国からの援助が大部を占めているが、これらを基にした設計・施工に関しては、道路建設にかかわる多くの技術分野において、「ボ」国内の建設コンサルタントやコントラクターが請け負っている。

道路防災対策技術は、「2-2-1-1 「ボ」国の道路防災対策技術の現状」に示すように、道路建設の技術を応用した「橋梁による対策工」や簡易な「ガビオンによる対策工」等が国内業者を主体に実施されているが、効率性や対策効果の点で課題の残る技術であり、技術的には未成熟な状況にあった。しかし、2009 年～2012 年にかけて「ボリビア道路防災及び橋梁維持管理キャパシティディベロップメントプロジェクト」が実施され、ABC を対象に道路防災対策技術とその維持管理に関する技術移転が行われており、一定の技術水準にはあると考えられる。

維持管理に関しては、施工業者を長期雇用した「エンプレッサ」や地元住民を長期雇用した「マイクロエンプレッサ」による道路の維持管理が継続的に行われており、維持管理制度的な問題はない。

以上の点から本プロジェクト防災対策工建設後の維持管理は、技術的、維持管理制度的に問題ないと考えられる。

### 2-1-4 既存施設

本無償資金協力対象 5 箇所斜面または溪流は、2007 年～2008 年の雨季以降、一部に応急的対策が施されているもののほとんど放置された状態にある。現時点における再崩壊や再度土石流が発生する危険性は、表 2-3 に示す調査結果より各箇所とも高く、このまま放置した場合には、大規模な崩壊や土石流の発生が予想される。

表 2-3 要請対象斜面または溪流の状況

地区名	写 真	所 見	①災害規模	②不安定化	③通行止め可能性	④「ボ」で実施できる工法の適性 △不十分、不経済；×不適			
						ガビオン・擁壁	切土工	橋梁・トンネル	不可能な理由
07-02		<ul style="list-style-type: none"> <li>・直高 60m 程度の急崖</li> <li>・高角度の受け盤状であり、トップリング崩壊の可能性はある</li> <li>・道路に落下する不安定な岩塊は径 1m 以下と見込まれる</li> <li>・急崖より上位の自然斜面は不安定な浮石は見られず、植生も密である</li> </ul>	L=233m、H=72m、V=5600m <sup>3</sup> 国道に急崖が近接するとともに、谷側にも河川が迫っている。道路幅に余裕がないので崩壊した場合には通行止めのリスクが大きい。	2007 年に比べて現時点では安定化しているように見えるが、縦方向の亀裂の発達が見られ、オーバーハング部周辺は極めて不安定といえる。	国道を埋め尽くす規模の土塊の崩落が発生した場合は、数日間の土塊撤去期間を要する。この場合、崩壊発生源付近の安定化が必要となり長期間の通行止めを生じるリスクがある。また、道路谷側に河川の攻撃斜面が迫っており迂回路確保も困難である。	×	△	×	現地は長大な急崖であり、落石を待ち受けるスペースがない。また、排土工による不安定領域の排除は膨大な土工量、施工期間が見込まれる。橋梁等による回避も河川が攻撃斜面として迫っていることと地形条件的に不適かつ不経済である。
07-03		<ul style="list-style-type: none"> <li>・土石流の発生履歴がある沢地形</li> <li>・沢の出口から約 300m 上流に高さ 20m 程度の崖線がある。この崖線の背後 1.5 km 上流までが流域となっている。崖線直下は崖錐堆積物を主体とした堆積物しか認められず、上部には本流筋を示す谷地形も不明瞭なことから、背後の流域からの土砂供給は少ないと判断される。前述の崖線の東側に幅 60m、長さ 100m 程度の崩壊跡地があり、植生は復旧しているが地形の乱れ方やその下位に堆積する土砂および岩塊から、2007 年にはこの崩壊地を主体として大量の土砂が国道に供給されたと考えられる。</li> </ul>	土石流による大量の土砂流出の危険性がある。国道付近で渓床堆積物の厚さが 3m を越える危険性があり、径 1.8m の横断管渠を流下できず国道に大量の土砂、流木が延長 20m 以上にわたり溢れると予測される。	集中した降雨が発生しない限り大量の土砂流出は生じないとみられる。ただし、流域内に不安定な渓床堆積物が残存しているため、2007 年の通行止め災害当時に比べて土砂流出の危険性が高まっている可能性がある。	土石流が国道の横断管渠を破壊した場合、道路の復旧（仮復旧を含む）には数日間を必要とする。また、仮復旧したとしても恒久的な対策ではないので同様の工事を繰り返すこととなる。	×	×	△	沢地形からの土砂の流出であり、砂防構造物や橋梁による工法が適している。ただし、沢地形の規模からみて橋梁による対策は経済的に不経済といえる。
07-11		<ul style="list-style-type: none"> <li>・泥流状の土砂流出を生じた斜面</li> <li>・現在は植生復旧しているため、国道付近に達する表流水はない</li> <li>・2007 当時の土砂崩壊によって拡散し斜面に堆積した土砂は植生の復旧によって安定した状態となっている。</li> <li>・崩壊した土砂内部に形成された沢筋は最大幅 2m、深さ 2m 程度のものが複数あるが、かなり上部で湧水しすぐ伏流しているため、浸食現象はほとんど進行していない。</li> <li>・2007 当時に崩壊した箇所は、流域東端の一部と見られるが、当時供給された土塊も安定している。</li> </ul>	L=30m、H=100m、V=9000m <sup>3</sup> 地すべりによる大量の土砂流出の可能性があり、風化岩を含むすべり平均層圧を 5m と仮定すると 1000m <sup>3</sup> 規模の大規模な土砂流出が懸念される	2007 年の土砂流出は対象斜面の幅全体に拡散して発生したため移動土塊の層圧は 1~2m 程度と見られる。土砂の大半が不安定なまま斜面中に残存しており、ガリー侵食が発達していると考えられる。したがって、2007 年と同等もしくはそれ以下の降雨によって同様の土砂災害を生じる可能性がある。	国道を埋め尽くす規模の土塊の崩落が生じた場合、数日間の土塊撤去期間を要する。	△	△	×	ガビオンによる対策が実施されているが、今後の予想される土砂流出に対処できる強度、規模ではない。また、地すべりを生じる可能性があり切土工は導入できても浸食現象の発達を抑える水路工の処理など総合的な対策は「ボ」国では経験が無い。
07-18		<ul style="list-style-type: none"> <li>・斜面内は以下のような、いくつかの崩壊パターンに分類される。</li> <li>・表層崩壊区間</li> <li>・落石区間</li> <li>・堆積物の崩壊区間</li> </ul>	L=265m、H=90m、V=8700m <sup>3</sup> 崩壊跡地までの高さが国道から 90m あり大量の土砂流出の可能性はある。	2007 年の移動土塊は植生の復旧によって存在が不明瞭であるが、急斜面に残存しており降雨量によっては急激な不安定化が生じる危険性がある。また、移動土塊周辺の沢地形もガリー状に発達しており、今後の地形変化によっては移動土塊の不安定化をもたらす危険性が高い。	国道を埋め尽くす規模の土塊の崩落が生じた場合、数日間の土塊撤去期間を要する。国道谷側は急斜面となっており、迂回路の設置も困難であり、土塊を完全に撤去しなければならない。	△	×	×	急崖が露出し国道に迫っている区間ではガビオンによる対策が実施されているが既に背後の土砂が溢れるなど機能していない。自然斜面区間では表層崩壊や不安定土塊の再移動、岩塊の落下などが懸念されるので多様な法面対策を導入する必要がある。この区間では既存植生を生かす工法の導入も検討すべきである。
07-19		<ul style="list-style-type: none"> <li>・連続する崖面と突出する岩盤</li> <li>・沢状にえぐれた箇所の高さは約 90m ある</li> <li>・対象斜面の上部は土砂状基盤、下部は岩盤斜面である。</li> </ul>	L=215m、H=90m、V=8700m <sup>3</sup> 崩壊跡地までの高さが国道から 90m あり大量の土砂流出の可能性はある。	2007 年と地形状況は変化していないが、高さ 90m の岩盤斜面が風雨にさらされており、局所的な崩落の進行から大規模な土砂災害に至る危険性がある。特に国道近傍の巨大岩塊やその上位にある節理面の発達した不安定岩塊は今後不安定化する危険性が高い。	国道を埋め尽くす規模の土塊の崩落が生じた場合、数日間の土塊撤去期間を要する。国道谷側は急斜面となっており、迂回路の設置も困難であり、土塊を完全に撤去しなければならない。	×	△	×	長大な岩盤露出区間であり、恒久的な対策工として長期の安定化を考慮した法面保護工法が必要である。切土工では架設工事用道路のアクセスや膨大な残土が発生するなどの問題があり不経済と見込まれる。

## 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

#### 2-2-1-1 「ボ」国の道路防災対策技術の現状

(1)～(5)に国道7号線で実施されている「ボ」国の道路防災対策の概要を、表2-4に「ボ」で実施可能な道路防災対策の一覧を示す。「ボ」国における道路防災対策は、基本的に災害規模が小さい場合はガビオンによる待受対策を行い、災害規模が大きい場合は橋梁、トンネル、ロックシェド等による迂回対策が行われている。待受対策は定期的な維持管理が必要なため維持管理コストが高額となり、迂回対策は一般に初期コストが高額となることから、道路防災対策が進まない大きな原因となっている。「ボ」国で材料の入手が容易で技術が普及しているガビオンに代替され重力式コンクリート擁壁は使用例が少なく、また、土工や線形改良による迂回対策は地形により採用できない場合が多い。)

表 2-4 「ボ」国における道路防災対策技術一覧

「ボ」国では技術的に困難	「ボ」国での実施が可能
<ul style="list-style-type: none"><li>・ワイヤーロープ掛工、ロックボルト工等の落石対策</li><li>・現場打ち法枠工、アースアンカー等による斜面崩壊対策</li><li>・谷止工（砂防ダム）等の土石流対策</li><li>・集水井戸、集水ボーリングによる地滑り対策</li><li>・植生技術を用いた斜面安定、浸食防止対策</li><li>・適切な調査に基づく明、暗渠工等の地下水排水工を用いた斜面崩壊対策</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・ガビオンによる待受対策</li><li>・重力式コンクリート擁壁による斜面崩壊対策</li><li>・道路線形改良、道路の嵩上げ等による迂回対策</li><li>・橋梁による迂回対策</li><li>・ロックシェッド・洞門工による回避対策（外国企業による実績あり）</li><li>・トンネル工による迂回対策（外国企業による実績あり）</li></ul>

#### (1) 橋梁による対策

図2-3に示すように、国道7号線対象範囲内の5カ所で橋梁による迂回対策が行われていた。「ボ」国の橋梁建設技術は相当な支間の橋梁でも建設可能であり、災害発生箇所を完全に回避できる有効な工法で対策効果は十分認められるが、一般的に高額であり、すべての箇所の対策工として採用するのは不経済となる。





07-04 地区



07-08 地区



07-12 地区



07-13 地区



07-22 地区

図 2-3 橋梁によるう回対策

## (2) ガビオンによる待受対策

「ボ」国の標準的な斜面对策技術で、「ボ」国側が対策を実施すべき 24 箇所のうち 9 箇所で実施されていた。生コンクリートが運搬できない山間部において低廉な人件費を活用した工法で高度な設置技術もあり広く普及している。対策効果は、表層崩壊や落石等が発生した後に機能する待受工法であるため、想定を超えた大規模崩壊への対応はできないほか、ガビオン背面の土砂撤去やガビオ

ンの補修等の定期的な維持管理が必要となる。



07-07 地区



07-20 地区

図 2-4 ガビオンによる対策工

### (3) 線形改良

線形改良による対策工には各種の工法があるが、「ボ」国で実施されていたのは道路を谷川に寄せ斜面からの距離を確保することにより被災を回避する工法である。対策効果は、斜面からの距離により異なるが、本工法単独で十分な効果を得るのは難しく「ボ」国ではガビオンを併用するケースが多い。



図 2-5 線形改良による対策工（07-07 地区）

### (4) 切り土による対策工

斜面の勾配を緩やかにして安定性を向上させることによって斜面崩壊を防止するものであり、3箇所で開催されていた。対策効果は、適切に施工されればほぼ永久的に機能する工法であるが、山側斜面が低いか、地すべり等による不安定領域が無く斜面面形状が凸型となっている場合のみ採用可能な工法である。また、表層の浸食に対して植生等の対策工が必要となる。



11-01 地区



11-02 地区



11-03 地区

図 2-6 切り土による対策工

**(5) 植生マットによる対策工**

植生マット工による草本類を用いた切り土法面の緑化が試験的に実施されていた。本対策は、草本類が主体となるため斜面の崩壊自体には効果がなく、斜面の浸食防止が主な効果となる。現状では導入箇所によって生育状況に差異が大きく、植物の成長に適さない岩盤斜面に導入されている箇所もみられる等、適切な植生技術として確立されていない。



07-12～13 地区



07-12～13 地区

図 2-7 植生マット工による対策

## 2-2-1-2 アンゴストゥーラ～パリサーダ間災害危険箇所の現状と防災対策状況

アンゴストゥーラ～パリサーダ間は、地形条件や近年の気候変動の影響により斜面崩壊や土石流等の道路災害が多発する区間であり、これまでの調査の結果 34 箇所の災害危険箇所が確認されている。このうち、本無償資金協力対象の 5 箇所を除く 29 箇所については、「ボ」国側が防災対策を実施する計画であり、現在の斜面または溪流の状況を調査し、実施または、実施を予定している対策工の妥当性について確認した。表 2-5～表 2-10 に対象地区の状況を、表 2-5 に「ボ」国側の防災対策状況の一覧を示す。

「ボ」国政府は、2007 年以降、積極的に防災に向けた調査や対策工事を進め、現在、07-05 地区と 07-09 地区を除き防災対策を完了させている。07-05、07-09 地区についても対策工事が 2015 年に完了する予定となっており、本無償資金協力完了時にはすべての区間の対策が完了する予定である。

対策工の妥当性に関しては、現地調査の結果、採用している防災技術が経済的に不合理であることや、頻繁な維持管理を前提とした対策である等の課題はあるものの、道路災害に対する安全性は確実に向上しており、妥当な対策であると考えている。

表 2-5 アンゴストゥーラ～パリサーダ間の「ボ」国側道路防災対策状況

地区名	進捗状況	対策工事概要	工事（想定）金額
07-01	2008年完了	ガビオンによる対策（L=250m）	
07-04	2011年完了	橋梁による迂回（L=152m） 橋梁名：Agua Hedionda 橋	
07-05	2015年完了予定	アスファルト舗装の実施（L=300m）	2,170,000 Bs
07-06	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
07-07	2008年完了	ガビオンによる対策（L=70m）	
07-08	2011年完了	橋梁による迂回（L=218m） 橋梁名：El Playón 橋	
07-09	2015年完了予定	法面上部への排水溝設置によるすべり面への雨水侵入対策	87,000 Bs
07-10	2009年完了	ガビオンによる対策（L=50m）	
07-12	2011年完了	橋梁による迂回（L=109.3m） 橋梁名：La Negra I 橋	
07-13	2011年完了	橋梁による迂回（L=124m） 橋梁名：La Negra II 橋	
07-14	2009年完了	ガビオンによる対策（L=50m）	
07-15	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
07-16	2008年完了	ガビオンによる対策（L=100m）	
07-17	2009年完了	ガビオンによる対策（L=40m）	
07-20	2009年完了	ガビオンによる対策（L=100m）	
07-21	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
07-22	2008年完了	橋梁による迂回（L=25m） 橋梁名：Badén 橋	
07-23	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
09-01	2011年完了	切土工による対策	
09-02	2010年完了	ガビオンによる対策（L=100m）	
11-01	2011年完了	切土工による対策	
N11-01	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
N11-02	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
N11-03	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
N11-04	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
N11-05	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
N11-06	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
N11-07	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	
N11-08	モニタリング中	現在は安定しており、経過観察中	

表 2-6 アンゴストウーラ～パリサーダ間の災害危険箇所の状況 (1)

Point No キロ呈 標高	状況写真	箇所の持つ災害特性		過去の豪雨による被災履歴		「ボ」国で実施が想定される対策工 ( {} 内は現時点の状況)	「ボ」国対策工の有効性の評価 (注: 推定対策費用は現地政府が必要な費用)	本事業対象箇所への追加の必要性の判定
		主な災害タイプ (表層: D=1m、中層: 1~4m、深層: 4m~8m)	推定災害規模 (h=0.8H、W=hx1.5、V=0.75xWxh)	2007年エルニーニョによる被災状況	近年の被災状況			
07-01 KP.442.7km GH=637m		河川性堆積物による中層の崩壊	L=250m, H=15m, V=600m <sup>3</sup> (小規模)	1回/2~3時間	近年は比較的安定している	ガビオンによる待受対策実施: H=2m {実施済み}	想定される災害規模が小さく、ガビオンによる対策で一定の安全性が確保できると考える。(推定対策費用: 7.5百万円)	不 要
07-04 KP.437.8km GH=680m		厚い溪床堆積物による大規模な土石流	W=30m以上にわたり土砂が路面を覆う (大規模)	5~6回/2日	橋梁が完成し橋梁により被災を回避	橋梁による回避 {実施済み}	左記対策で安全性を確保 (推定対策費用: 250百万円)	不 要
07-05 KP.435.9km GH=740m		砂岩・頁岩互層斜面における落石	L=250m, H=130m, V=最大径5mの落石 (中規模)	道路勾配が急なため落石 (最大5m) による路面の破損により大型車の登坂が不能となる。{落石に当たり一人死亡、一人腕負傷}	頻繁に落石有り	適切なアスファルト舗装工事を計画、落石対策に対しては橋梁による回避工事を計画 {資金調達中}	左記対策で大型車登坂上の問題は回避できる。(推定対策費用: 25百万円 {落石対策費用: 473百万円})	不 要
07-06 KP.435.3km GH=769m		風化軟岩斜面における表層の崩壊	L=70m, H=30m, V=1000m <sup>3</sup> (小規模)	雨が降るたびに崩壊発生	2011/9に小規模な落石あり、その他比較的安定。	ガビオンによる待受対策を計画 {モニタリング中}	想定される災害規模が小さく、ガビオンによる対策で一定の安全性が確保できると考える。(推定対策費用: 7.5百万円)	不 要
07-07 KP.434.7km GH=790m		強風化軟岩斜面における表層から中層の崩壊	L=70m, H=40m, V=4600m <sup>3</sup> (中規模)	1回/8時間	近年は比較的安定。	ガビオンによる待受対策実施: H=3m {実施済み}	2007年時にある程度不安定土塊が消失していることや、植生復旧がすすみ安定化に向かっているより左記対策で一定の成果が得られると考える。(推定対策費用: 3.5百万円)	不 要
07-08 KP.428.8km GH=801m		崖錐堆積斜面における中層から深層の崩壊	L=150m, H=60m, V=10400m <sup>3</sup> (大規模)	降雨毎/2日 (重機の関係で遅延、あれば2~3時間)	橋梁により被災を回避	橋梁による迂回実施 {実施済み}	左記対策で安全性を確保 (推定対策費用: 250百万円)	不 要

表 2-7 アンゴストウーラ～パリサーダ間の災害危険箇所の状況 (2)

Point No キロ呈 標高	状況写真	箇所の持つ災害特性		過去の豪雨による被災履歴		「ボ」国で実施が想定される対策工 ( {} 内は現時点の状況)	「ボ」国対策工の有効性の評価 (注: 推定対策費用は現地政府が必要な費用)	本事業対象箇所への追加の必要性の判定
		主な災害タイプ (表層: D=~1m、中層: 1~4m、深層: 4m~8m)	推定災害規模 (h=0.8H、 W=hx1.5、V=0.75xWxh)	2007年エルニーニョによる被災状況	近年の被災状況			
N11-01 (A29) KP.427.6km GH=842m		風化軟岩斜面における表層の崩壊	L=60m,H=20m,V=400m <sup>3</sup> (小規模)	----	土砂を含んだ泥流が暗渠を塞ぎ道路上に溢れる	ガビオンによる待受対策を計画 (ABC報告書より) 砂防堰堤タイプおよび流路工の土砂取り除き {モニタリング中}	災害規模が小さいことや、近年比較的安定していること等より、必要により現地政府のガビオンによる対策工を施すことで一定の安全性が確保できると考えられる。(推定対策費用: 1.8百万円)	不 要
N11-02 (A26) KP.426.5km GH=847m		風化軟岩斜面における表層の崩壊	L=40m,H=20m,V=400m <sup>3</sup> (小規模)	----	土砂を含んだ泥流が暗渠を塞ぎ道路上に溢れる	ガビオンによる待受対策を計画 (ABC報告書より) 砂防堰堤タイプおよび流路工の土砂取り除き {モニタリング中}	災害規模が小さいことや、近年比較的安定していること等より、必要により現地政府のガビオンによる対策工を施すことで一定の安全性が確保できると考えられる。(推定対策費用: 1.8百万円)	不 要
09-01 KP.425.2km GH=848m		崖錐堆積斜面における中層の崩壊	L=60m,H=40m,V=4600m <sup>3</sup> (中規模)	----	・最近は安定している。	緩勾配での切り直しを実施中	左記対策で安全性を確保 (推定対策費用: 6.0百万円)	不 要
07-09 KP.425.6km GH=845m		斜面頂部土砂の強風化岩の地滑りと、これに伴う巨石の落石	L=100m,H=100m,V=11500 [頂部土砂] m <sup>3</sup> (大規模)	落石が頻繁に発生/2日	近年は比較的安定している	法面上部への排水溝設置によるすべり面への雨水侵入対策 {モニタリング中}	近年安定化が進んでおり左記対策で一定の効果が得られると考えられる。(推定対策費用: 1百万円)	不 要
07-10 KP.419.8km GH=910m		スレーキングの激しい風化砂岩の表層崩壊	L=50m,H=30m,V=1000m <sup>3</sup> (小規模)	4回/2時間	崩壊土砂はガビオンにて押さえられている	ガビオンによる待受対策実施: H=2m {実施済み}	近年安定化が進んでおり左記対策で一定の効果が得られると考えられる。(推定対策費用: 1,5百万円)	不 要
11-01 KP417.5km GH=974m		強風下岩による表層の崩壊	L=100m,H=40m,V=1700m <sup>3</sup> (小規模)	----	07-12用の橋梁アプローチ道路建設時に崩壊が発生。	切り土工による抑止対策実施 (ガビオンによる待受対策計画) {実施済み}	切り土工とガビオンによる対策で一定の安全性が確保できると考える。(推定対策費用: 6.0百万円)	不 要

表 2-8 アンゴストウーラ～パリサーダ間の災害危険箇所の状況 (3)

Point No キロ呈 標高	状況写真	箇所の持つ災害特性		過去の豪雨による被災履歴		「ボ」国で実施が想定される対策工 ( {} 内は現時点の状況)	「ボ」国対策工の有効性の評価 (注: 推定対策費用は現地政府が必要な費用)	本事業対象箇所への追加の必要性の判定
		主な災害タイプ (表層: D=~1m、中層: 1~4m、深層: 4m~8m)	推定災害規模 (h=0.8H、W=hx1.5、V=0.75xWxh)	2007年エルニーニョによる被災状況	近年の被災状況			
07-12 KP.417.2km GH=981m		強風下岩と崖錐による表層から中層の崩壊	L=50m, H=100m, V=12000m <sup>3</sup> (大規模)	1回/2日	橋梁により被災を回避	橋梁による回避 {実施済み}	左記対策で安全性を確保 (推定対策費用: 250百万円)	不 要
07-13 KP.417.0km GH=980m		強風下岩による表層から中層の崩壊	L=100m, H=70m, V=14100m <sup>3</sup> (大規模)	4回/2日	橋梁により被災を回避	橋梁による回避 {実施済み}	左記対策で安全性を確保 (推定対策費用: 250百万円)	不 要
09-02 KP.415.6km GH=1004m		亀裂の多い風化岩による大規模な落石	L=100m, H=40m, V=最大径5mの落石 (中規模)	----	崩壊土砂はガビオンにて押さえられている	ガビオン及び線形改良による待受対策実施: H=3m {実施済み}	左記対策で安全性を確保 (推定対策費用: 5百万円)	不 要
N11-03 KP.407.8km GH=1288m		道路谷川盛り土の崩落	上部斜面は切り土により安定	----	・最近は安定している。	山側は切り土工による抑制対策実施 (谷側はジオテキスタイルによる補強盛り土を計画) {モニタリング中}	左記対策で安全性を確保 (推定対策費用: 20百万円)	不 要
07-14 KP.397.5km GH=1277m		亀裂の多い強風下岩による落石	L=50m, H=20m, V=400m <sup>3</sup> (小規模)	1回/半日 (迂回路あり)	崩壊土砂はガビオンにて押さえられている	ガビオンによる待受対策実施: H=3m {実施済み}	想定される災害規模が小さく、ガビオンによる対策で一定の安全性が確保できると考える。(推定対策費用: 2.5百万円)	不 要
07-15 KP.397.1km GH=1286m		強風化岩による表層崩壊	L=70m, H=30m, V=1000m <sup>3</sup> (小規模)	1回/3日 (機材の関係で遅延)	路肩部に崩壊土砂が堆積する程度	ガビオンによる待受対策計画 {モニタリング中}	・想定される災害規模が小さく、ガビオンによる対策で一定の安全性が確保できると考える。(推定対策費用: 2.1百万円)	不 要



表 2-9 アンゴストウーラ～パリサーダ間の災害危険箇所の状況 (4)

Point No キロ呈 標高	状況写真	箇所の持つ災害特性		過去の豪雨による被災履歴		「ボ」国で実施が想定される対策工 ( {} 内は現時点の状況)	「ボ」国対策工の有効性の評価 (注: 推定対策費用は現地政府が必要な費用)	本事業対象箇所への追加の必要性の判定
		主な災害タイプ (表層: D=~1m、中層: 1~4m、深層: 4m~8m)	推定災害規模 (h=0.8H、W=hx1.5、V=0.75xWxh)	2007年エルニーニョによる被災状況	近年の被災状況			
07-16 KP.386.1km GH=1554m		崖錐による中層の崩壊	L=100m,H=50m,V=7200m <sup>3</sup> (大規模)	1回/3日	・2008年に布団かごによる対策工及び道路拡幅改良完成 ・2008年に通行止めがあった。 ・2009年に布団かご破損し修復した	ガビオン及び線形改良による待受対策: H=3m {実施済み}	・想定される災害規模は大きいですが、線形改良により道路が斜面から遠ざかっており、ガビオンと合わせた対策で一定の安全性が確保できると考える。(推定対策費用: 5.0百万円)	不 要
07-17 KP.373.0km GH=1682m		強風化岩による表層崩壊 (流れ目方向の滑落の可能性あり)	L=40m,H=30m,V=1000m <sup>3</sup> (小規模)	1回/3~4時間単位 であり	崩壊土砂はガビオンにて押さえられている	ガビオンによる待受対策: H=3m {実施済み}	想定される災害規模が小さく、ガビオンによる対策で一定の安全性が確保できると考える。(推定対策費用: 2.0百万円)	不 要
N11-04 (A12) KP.372.6km GH=1679m		風化岩による落石	L=80m,H=30m,V=直径1m程度 の落石 (小規模)	----	既設ガビオン(H=1m)を超える崩壊土砂が堆積	ガビオンによる待受対策を計画(ABC報告書より)既設ガビオンの嵩上げを計画 {モニタリング中}	左記対策で安全性を確保 (推定対策費用: 2.4百万円)	不 要
N11-05 (A11) KP.372.4km GH=1667m		強風化岩による表層崩壊	L=70m,H=20m,V=400m <sup>3</sup> (小規模)	----	表層の風化した土砂が側溝に堆積する程度	ガビオンによる待受対策を計画(ABC報告書より) {モニタリング中}	災害規模が小さいことや、近年比較的安定していること等より、必要により現地政府のガビオンによる対策工を施すことで一定の安全性が確保できると考えられる。(推定対策費用: 2.1百万円)	不 要
N11-06 (A07) KP.370.5km GH=1461m		強風化岩による表層崩壊	L=60m,H=20m,V=400m <sup>3</sup> (小規模)	----	側溝に崩壊土砂が堆積する程度	ガビオンによる待受対策を計画(ABC報告書より) {モニタリング中}	災害規模が小さいことや、近年比較的安定していること等より、必要により現地政府のガビオンによる対策工を施すことで一定の安全性が確保できると考えられる。(推定対策費用: 1.8百万円)	不 要
07-20 KP.348.6km GH=1194m		スレーキングの激しいラテライトの表層崩壊	L=100m,H=60m,V=2700m <sup>3</sup> (中規模)	数回/最大2日、計7日	・スレーキングによる微細な崩壊が継続的に発生	ガビオンによる待受対策: H=3m {実施済み}	想定される災害規模は比較的大きいが、ガビオンによる対策で一定の安全性が確保できると考える。なお、当該箇所は、必要により設計改良が可能である。(推定対策費用: 5.0百万円)	不 要

表 2-10 アンゴストウーラ～パリサーダ間の災害危険箇所の状況 (5)

Point No キロ呈 標高	状況写真	箇所の持つ災害特性		過去の豪雨による被災履歴		「ボ」国で実施が想定 される対策工 ( {} 内は現時点の状 況)	「ボ」国対策工の有効性の評価 (注: 推定 対策費用は現地政府が必要な費用)	本事業対象箇 所への追加の 必要性の判定
		主な災害タイプ (表層: D=1m、中層: 1~4m、深層: 4m~8m)	推定災害規模 (h=0.8H、 W=hx1.5、V=0.75xWxh)	2007年エルニー ニョによる被災 状況	近年の被災状況			
07-21 KP.343.8km GH=1188m		強風下岩と崖錐による表層 の崩壊	L=50m,H=60m,V=2700m <sup>3</sup> (中規模)	3回/2時間	・最近は安定し ている。	ガビオンによる待受対 策計画 {モニタリング中}	想定される災害規模は比較的大きいが、ガ ビオンによる対策で一定の安全性が確保で きると考える。なお、当該箇所は、必要に より設計改良が可能である。(推定対策費 用: 2.5百万円)	不 要
07-22 KP.342.7km GH=1197m		溪床堆積物による土石流 (上流部の斜面崩壊による 土石流の可能性もある)	W=20m以上にわたり土砂が路 面を覆う (中規模)	5~6回/3日	・最近は安定し ている。	橋梁による迂回実施 {実施済み}	左記対策で安全性を確保 (推定対策費用: 80百万円)	不 要
N11-07 (A05) KP.336.8km GH=1242m		表層崩壊	L=50m,H=20m,V=400m <sup>3</sup> (小規模)	----	側溝に崩壊土砂 が堆積する程度	ガビオンによる待受対 策を計画 (ABC報告書 より) {モニタリング 中}	想定される災害規模が小さく、ガビオンに よる対策で一定の安全性が確保できると考 える。(推定対策費用: 1.5百万円)	不 要
N11-08 (A04) KP.323.9km GH=1342m		特殊な風化岩による岩盤崩 壊	L=250m,H=30m,V=1000m <sup>3</sup> (小規模)	----	路肩部に崩壊土 砂が堆積する程 度	ガビオンによる待受対 策を計画 (ABC報告書 より) {モニタリング中}	想定される災害規模が小さく、ガビオンに よる対策で一定の安全性が確保できると考 える。(推定対策費用: 7.5百万円)	不 要
07-23 KP.310.5km GH=1441m		特殊な風化岩による岩盤崩 壊	L=40m,H=30m,V=1000m <sup>3</sup> (小規模)	1回/6時間	・最近は安定し ている。	切り土 (浮き石の除 去) による抑制対策を 計画 {モニタリング 中}	想定される災害規模が小さく、ガビオンに よる対策で一定の安全性が確保できると考 える。(推定対策費用: 1.2百万円)	不 要

### 2-2-1-3 本プロジェクトに関連する道路整備

本プロジェクトに関連する道路建設計画の一覧を表 2-11 に、位置図を図 2-8 に示す。

国道 7 号線は、「ボ」国第 2 の都市であるサンタクルスと、第 1、第 3 の都市であるラパス、コチャバンバ間の都市間道路である国道 4 号線（国道 7 号線と同様に斜面崩壊や土石流等の道路災害が多発する区間を有する。）の代替道路としての役割を担っている。

また、本プロジェクトサイトを含む、ブラジル国境のプエルト・スアレス～サンタクルス～本プロジェクトサイト～スクレ～ポトシ～ウユニ～チリ国境へと至るルートは、現在その整備が進み、サンタクルスと、憲法上の首都であるスクレ及び、鉱物資源を豊富に埋蔵するポトシ、観光地であるウユニを結ぶ都市間道路として機能するとともに、第 2 の東西回廊として機能する重要な役割を担っている。

#### (1) サンタクルスとラパス、コチャバンバ間の道路整備

国道 7 号線上で斜面崩壊や土石流等の道路災害が多発するコマラパ～エピサナ間は、この代替ルートとして南側のパリサーダ～アイキレ～パラカヤ間の道路を「Y 連結道路建設計画」として 2014 年 2 月の完成を目途に整備している。この道路は、サンタクルス、スクレ、コチャバンバの 3 都市を、アイキレを交点として Y 字状に結ぶもので、サンタクルス～スクレ間の道路整備を兼ねている。また、ラパスとコチャバンバの道路の整備として「ラパス～オルロ片方向 2 車線道路計画」が 2013 年 10 月の完成を目途に実施されており、これらにより本プロジェクトサイトを含むサンタクルスとラパス、コチャバンバ間の都市間道路の代替路の整備が完了する。（表 2-11、図 2-8 参照）

#### (2) ブラジル国境～サンタクルス～スクレ～ポトシ～チリ国境間の道路整備

ブラジル国境のプエルト・スアレス～サンタクルス間の道路は、西側の約 370km が 2009 年までに、東側約 170km も 2012 年までに整備されている。サンタクルス～スクレ間道路は、前項で示した「Y 連結道路建設計画」の一部として 2014 年 2 月の完成を目途に整備が進められている。スクレ～ポトシ間は既に整備されており、ポトシ～ウユニ間道路は、「ポトシー～ウユニ間道路計画」として 2012 年までに整備されている。これらにより、本プロジェクトサイトを含むサンタクルスとスクレ、ポトシ、ウユニ間の都市間道路が整備されるとともに、ポトシ、ウユニ付近で産出される鉱物資源を「ボ」国最大の輸出国であるブラジルに輸送する輸送回廊が整備される事になる。（表 2-11、図 2-8 参照）なお、ポトシ～チリ国境間は未だ土道の状態であり今後の整備が望まれる。

表 2-11 本プロジェクトに関連する道路建設計画一覧

(単位：千 US ドル)

機関名	プロジェクト	金額	形態	完了時期
アンデス開発公社	Y 連結道路建設	70,000	有償	2007.9～2012.12
アンデス開発公社	Y 連結道路 フェーズ II	27,367	有償	2011.2～2014.2
アンデス開発公社	ラパス～オルロ片方向 2 車線道路	250,000	有償	2009.10～2013.10
アンデス開発公社	ポトシー～ウユニ間道路	75,000	有償	2007.3～2011.12
アンデス開発公社	国道 7 号線グアルディア～コマラパ道路区間復旧工事	21,000	有償	2007.9～2012.3
米州開発銀行	パライソ～エル・ティント	124,000	有償	2006～2012
ヨーロッパ連合	エル・ティント～サンホセ間道路	42,800	有償	2006～2012

機関名	プロジェクト	金額	形態	完了時期
アンデス開発公社	サンホセ～ロボレ	70,000	有償	2006～2009
ブラジル国立経済 社会開発銀行	ロボレ～エル・カルメン間道路	90,000	コンセッション	2006～2009
ブラジル国立経済 社会開発銀行	エル・カルメン～プエルト・スアレ ス	54,000	コンセッション	2006～2009

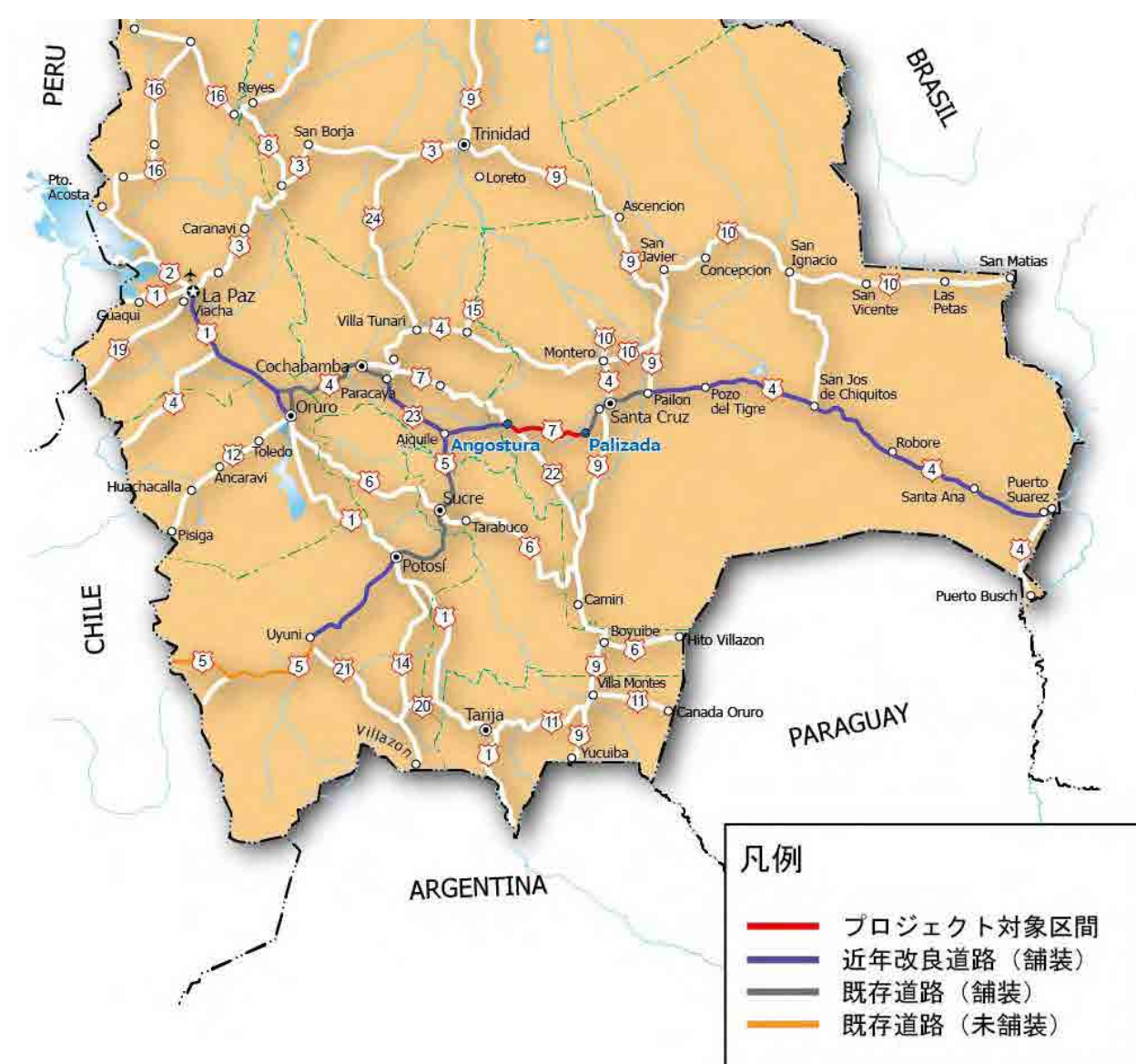


図 2-8 本プロジェクトに関連する道路建設計画位置図

## 2-2-2 自然条件

### 2-2-2-1 気象・水理・水文調査結果

#### (1) 気温

無償資金対象箇所は、表 2-12 無償対象箇所の標高に示すように最大 926m もの標高差がある。このため、付近の観測所で良質のデータが得られしかも標高の異なる 2 箇所の観測点（ビルビル空

港：373m、バジェグランデ：1990m) を選定し、各地区の値を直線補完して標高の影響を考慮した気温を設定した。使用した気温データは、2007～2011年の5年間の平均とした。

表 2-12 無償対象箇所の標高

地区名	標高 (m)
07-02	652
07-03	660
07-11	949
07-18	1578
07-19	1549

以下に各対策対象箇所の標高に補正した気温を示す。

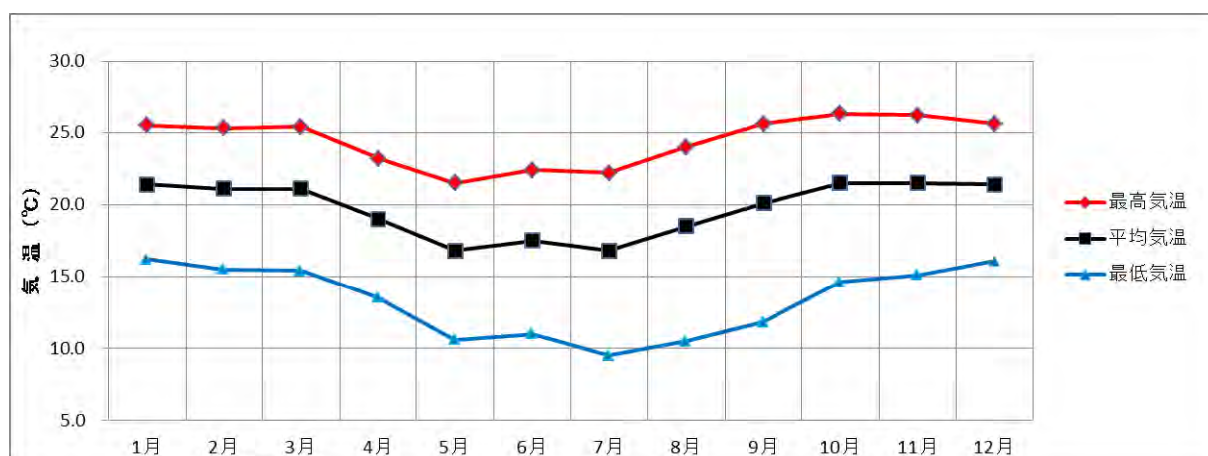


図 2-9 標高 1550m 付近の気温 (07-18 地区、07-19 地区)

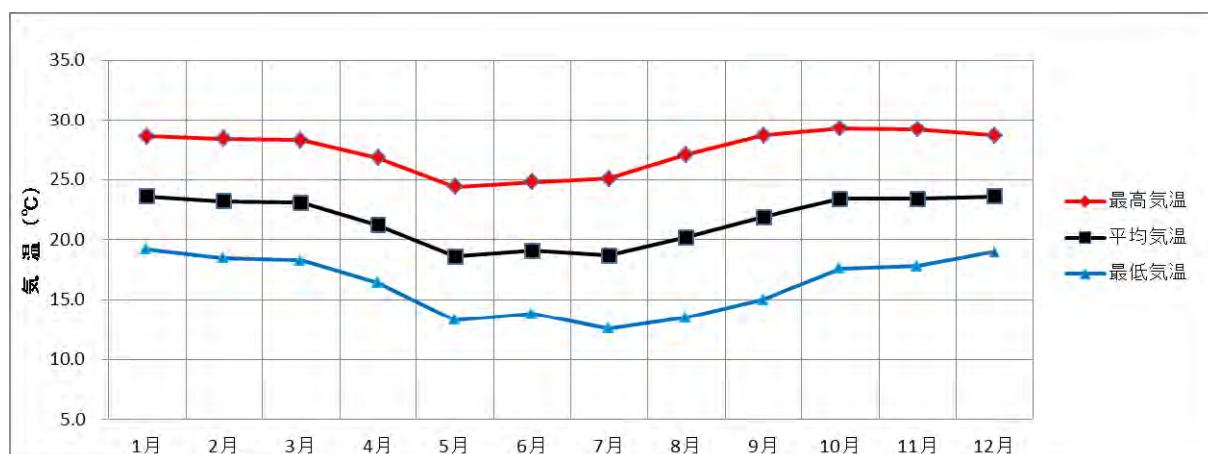


図 2-10 標高 950m 付近の気温 (07-11 地区)

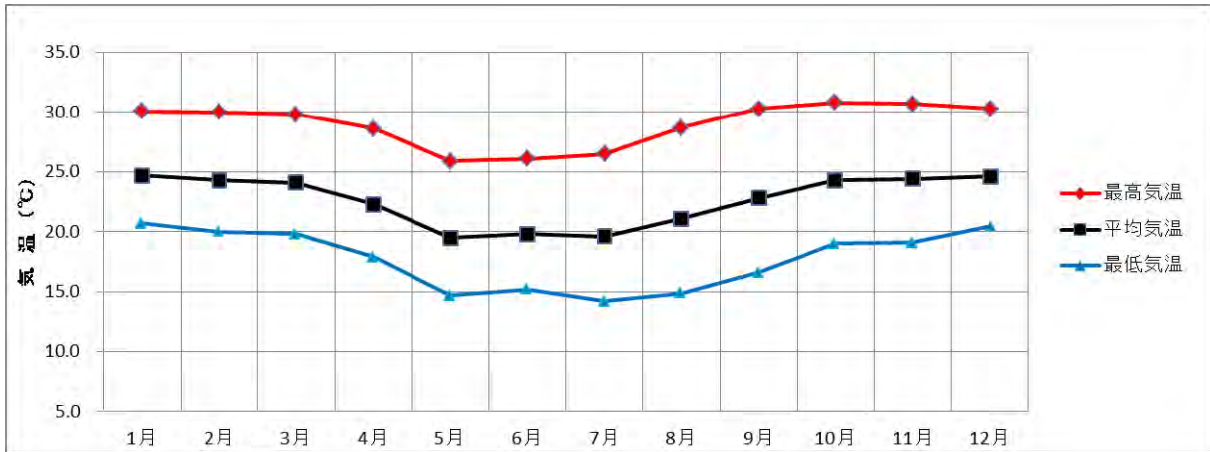


図 2-11 標高 650m 付近の気温 (07-02 地区、07-03 地区)

## (2) 湿度

対策対象箇所の湿度について、気温同様にな手法により、標高に応じた値を設定した。

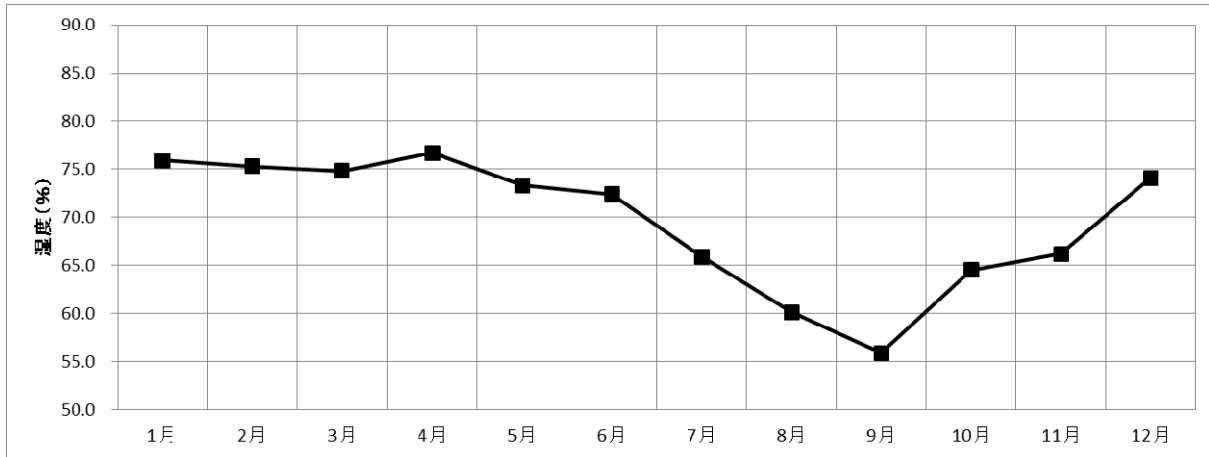


図 2-12 標高 1550m 付近の湿度 (07-18 地区、07-19 地区)

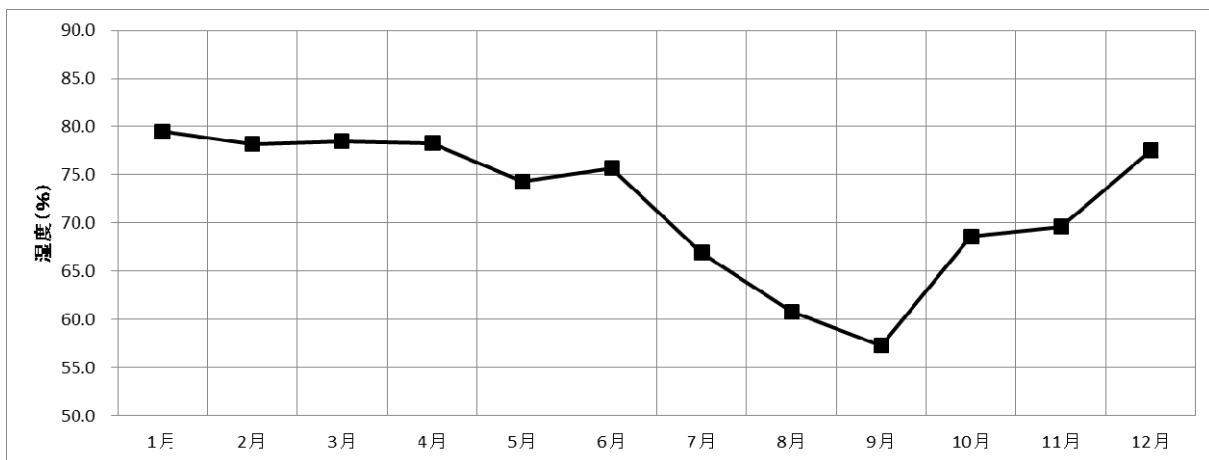


図 2-13 標高 950m 付近の湿度 (07-11 地区)

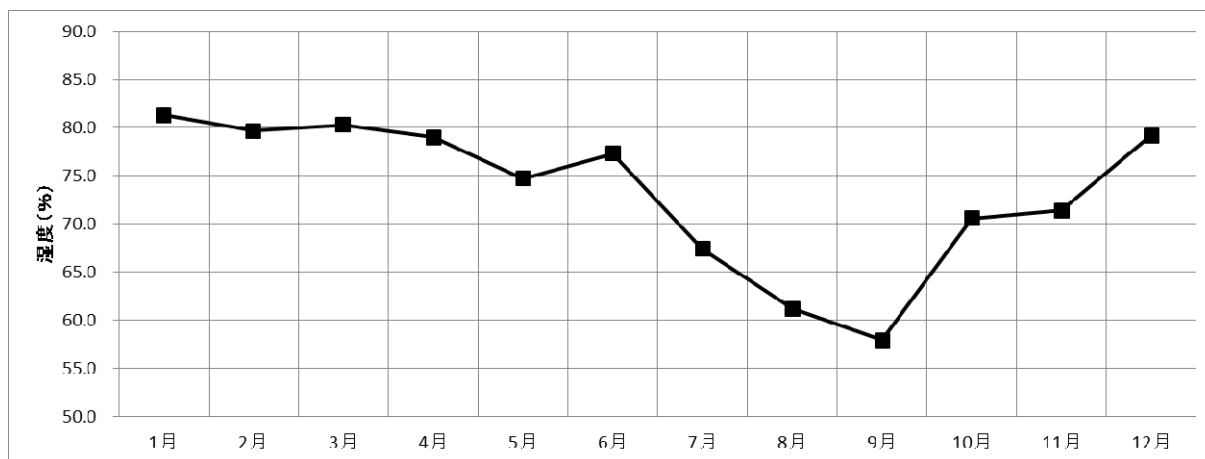


図 2-14 標高 650m 付近の湿度 (07-02 地区、07-03 地区)

### (3) 降雨量

日雨量に関するデータは、調査の結果以下の 3 組織が所有していた。

- a) ボリビア気象水文局 (Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia、以下 SENAMHI)
- b) ABC 防災ユニット (UPD)
- c) ピライ川流域管理局 (Servicio de Encauzamiento de Las Aguas del Rio Piray、以下 SEARPI)

雨量データが計画上必要となる以下の 2 箇所と、各機関の観測所との位置関係を図 2-15 に示す。プロジェクトに採用するデータは、各観測地点と必要箇所が近接し、しかも、長期の観測データを持つ、SEARPI 所有の Angostura {1948~2001 (54 年間)} (表 2-13 参照) の雨量データとした。なお、同様に近接する Bermejo の雨量データは、観測期間が短く不採用とした。

<日雨量データが必要となる箇所>

07-02 地区：砂防ダムの設計対象流量を検討するため

07-11 地区：水路工の設計対象流量を検討するため

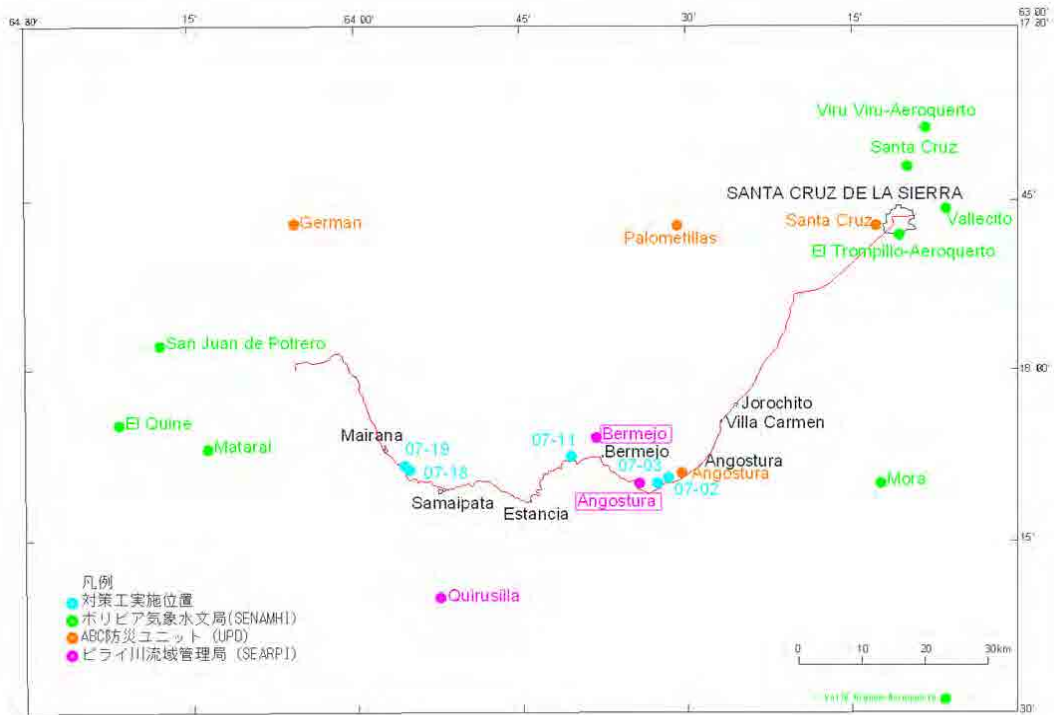


図 2-15 日雨量観測局配置図

表 2-13 アンゴストゥーラ [1948~2001 (54 年間)] 降雨データ

順位	発生年月日	年最大日雨量	順位	発生年月日	年最大日雨量
1	20/01/1962	260.0	25	09/03/1998	86.8
2	12/10/1961	240.0	26	04/01/1986	86.7
3	24/11/1951	160.0	27	29/09/1994	83.8
4	05/04/1974	150.9	28	01/04/1949	83.0
5	29/10/1948	145.0	29	15/12/1976	83.0
6	30/01/1983	119.6	30	05/02/1980	82.5
7	19/11/1952	114.0	31	17/02/1993	82.1
8	29/01/1997	114.0	32	04/12/1987	81.9
9	12/03/2000	113.2	33	03/01/1954	80.0
10	08/10/1950	110.0	34	11/02/1957	80.0
11	01/12/1965	109.0	35	07/11/1979	79.5
12	31/10/1988	108.1	36	06/10/1981	78.5
13	19/11/1990	104.6	37	20/01/1975	78.0
14	25/11/1985	103.6	38	20/08/1964	75.0
15	13/03/1991	103.2	39	09/01/2001	74.1
16	18/01/1953	100.0	40	28/02/1995	73.8
17	31/01/1963	100.0	41	13/01/1960	73.0
18	03/02/1966	100.0	42	12/01/1999	69.0
19	24/12/1978	99.0	43	28/02/1982	67.3
20	20/12/1977	98.6	44	18/12/1973	64.0
21	21/10/1996	98.6	45	29/03/1984	62.3
22	10/02/1992	96.6	46	13/01/1989	58.6
23	14/02/1972	95.0	47	15/10/1959	50.0
24	21/01/1956	90.0			