

ボリヴィア国

サンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良計画調査

最終報告書

本編

(第1巻：道路計画)

平成3年3月

国際協力事業団

社調一

CR(3)

91-026(2/3)

ボリヴィア国 サンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良計画調査 最終報告書 本編(第1巻：道路計画)

平成3年3月

国際

72
727
SF

LIBRARY

JICA LIBRARY



1089894161

22261

ボリヴィア国

サンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良計画調査

最終報告書

本編

(第1巻：道路計画)

平成3年3月

国際協力事業団

因式分解

整理

電

海

品

2021



18

品

序 文

日本国政府は、ボリヴィア国政府の要請に基づき、同国のサンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1989年8月から1990年12月までセントラルコンサルタント株式会社の立川孝氏を団長とし、同社及び日本工営株式会社並びに国際航業株式会社から構成される調査団を現地に派遣した。

調査団は、ボリヴィア国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクトサイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、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ある。

終りに、本調査の実施にご協力とご支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1991年3月

国際協力事業団

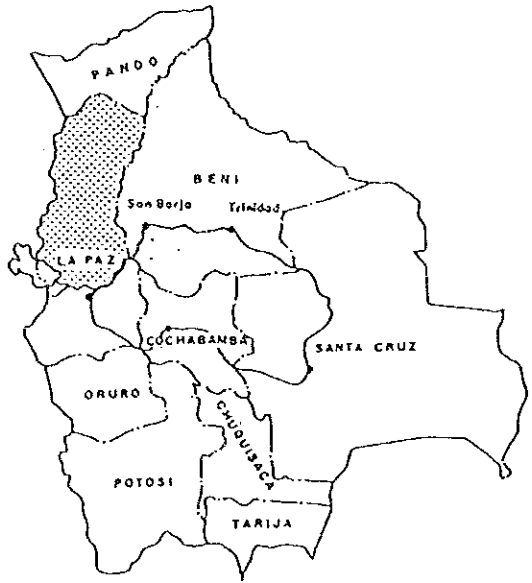
総裁 柳谷謙介



LA PAZ

SUD AMERICA

BOLIVIA



調査位置図



写真1
プロジェクト道路の起点であるサンタバルバラ橋（写真手前）
からチャロ方面に向かう現道。



写真2
ポイントA（起点から2.2km）付近における地滑り被害。この
地滑りは道路に沿っておよそ1km続く。



写真3
起点から10km付近（チャラ近辺）の現道。



写真4
起点から14km付近における現道は幅員が狭く、排水施設も不十分である。



写真5
起点から35kmのプエルト・レオン付近のオーバーハング。本プロジェクト道路における危険区域の1つである。



写真6
プエルト・レオン付近のトラス橋。この橋は古く、部分的にいたんでおり、木製の床板が応急的に使用されている。



写真7
起点から35km付近での蒸掘トンネル。トンネルは約25mで1車線である。



写真8
起点から38km付近での急峻な崖に沿った道路。
この地点はプロジェクト道路区間で最も危険な箇所である。

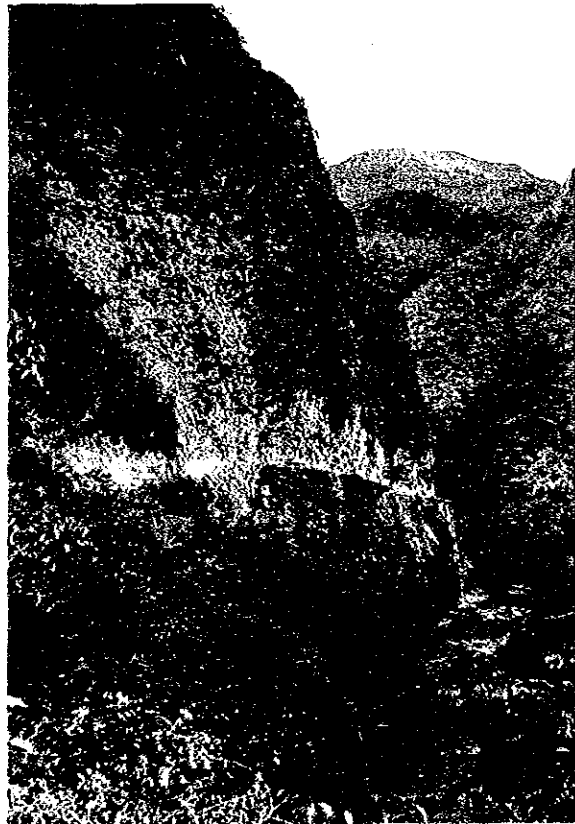


写真9
遠方からみた写真8の地点。

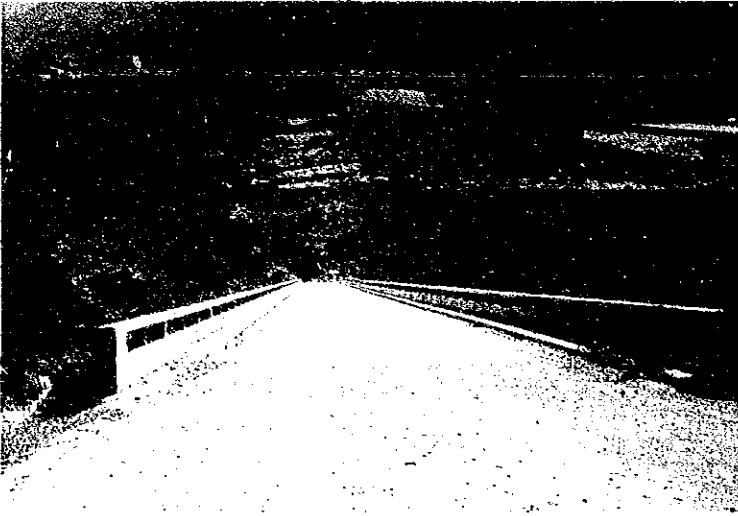


写真10
ヤラ村付近のヤラ橋。この橋はこのまま将来も
使用可能である。



写真11
起点から 116km付近。ここでは地滑りが今でも起
きている。



写真12
終点のベジャピスタにおける道路状況。本地点か
ら先はSNCにより既に改良済みである。

サンタバルバラ・ベジャビスタ道路改良計画調査

第 1 巻 目 次

(道 路 計 画)

第 1 章	概要	1 - 2
1.1	調査の背景	1 - 2
1.2	調査の目的	1 - 5
1.3	プロジェクトの概要	1 - 5
1.4	調査の進め方	1 - 6
1.4.1	主要な調査項目	1 - 6
1.4.2	調査のスケジュール	1 - 7
1.5	調査体制	1 - 7
第 2 章	現況	2 - 1
2.1	地形	2 - 1
2.1.1	ボリヴィアの地形	2 - 2
2.1.2	気候	2 - 2
2.2	ボリヴィアの道路システムの現状	2 - 5
2.3	プロジェクト道路の現況	2 -13
2.3.1	地形、気候、および河川	2 -13
2.3.2	現地踏査結果	2 -22
第 3 章	地質調査	3 - 1
3.1	地質概要	3 - 1
3.2	地表地質調査結果	3 - 5
3.2.1	古生層	3 - 5
3.2.2	中生層	3 - 6
3.2.3	新生代第三紀層	3 - 6
3.2.4	新生代第四紀層	3 - 6
3.3	地形・地質上の問題点	3 -20
3.3.1	斜面崩壊 (a)	3 -21

3.3.2	路肩崩壊 (b)	3 -23
3.3.3	落石 (c)	3 -24
3.3.4	地すべり (d)	3 -26
3.3.5	土石流 (e)	3 -26
3.3.6	断層破碎帯 (f)	3 -28
3.3.7	湧水	3 -28
3.4	ボーリング調査結果	3 -29
3.4.1	ボーリング結果	3 -30
3.4.2	岩石試験結果	3 -31
第4章	道路改良の基礎調査	4 - 1
4.1	現道の基本的問題	4 - 1
4.2	設計規格と基準	4 - 2
4.2.1	道路改良の基本方針	4 - 2
4.2.2	"Norma" と道路分類	4 - 2
4.2.3	プロジェクト道路の区分と設計基準	4 - 3
4.2.4	標準横断	4 - 9
4.3	平面縦断線形の代替案	4 -12
4.3.1	概要	4 -12
4.3.2	サンタバルバラからポイント (F)	4 -14
4.3.3	ポイント (F) からポイント (K)	4 -14
4.3.4	ポイント (K) ～カラナビ区間	4 -20
4.3.5	カラナビ～ポイント (Q) (カラスコ) 区間	4 -23
4.3.6	ポイント (Q) (カラスコ) ～ポイント (S) 区間	4 -26
4.3.7	ポイント (S) ～ポイント (V) 区間	4 -29
4.3.8	ポイント (V) ～ベジャビスタ区間	4 -37
4.4	橋梁	4 -38
4.4.1	橋梁の設置	4 -39
4.4.2	架橋の位置と新設橋梁の規模	4 -41
4.5	防災施設	4 -54
4.5.1	各災害予想地点の現状把握	4 -55
4.5.2	防災の検討	4 -52

4.5.3	適用可能な防災施設の検討	4 - 63
4.5.4	防災施設の各地点への適用	4 - 67
4.5.5	結論	4 - 73
第5章	概略設計	5 - 1
5.1	道路概略設計	5 - 1
5.1.1	平面・縦断設計	5 - 1
5.1.2	横断設計	5 - 5
5.1.3	舗装設計	5 - 8
5.1.4	排水計画	5 - 20
5.2	概略橋梁設計	5 - 29
5.2.1	概要	5 - 29
5.2.2	上部工型式	5 - 29
5.2.3	下部工型式	5 - 40
5.2.4	橋梁の概略設計	5 - 41
5.2.5	架設計画	5 - 46
5.2.6	材料	5 - 46
5.3	構造物設計	5 - 47
5.3.1	トンネル設計	5 - 47
5.3.2	災害対策工	5 - 50
5.3.3	擁壁工	5 - 57
5.3.4	排水構造物	5 - 58
5.4	運土計画	5 - 61
5.4.1	土量状況	5 - 61
5.4.2	土捨場計画	5 - 63
5.4.3	土運搬計画	5 - 63
5.5	維持管理	5 - 66
5.5.1	管理の方法	5 - 66
5.5.2	維持修繕の工種と作業	5 - 66
第6章	事業費の算出	6 - 1
6.1	建設費の構成	6 - 1

6.1.1	建設費の構成	6 - 1
6.1.2	内貨と外貨への分解	6 - 2
6.2	プロジェクトコストと維持費	6 - 2
6.2.1	プロジェクトコスト	6 - 2
6.2.2	維持費	6 -13
6.2.3	数量	6 -15
6.2.4	単価	6 -15
第7章	プロジェクトの総合評価と実施計画	7 - 1
7.1	プロジェクトの総合評価	7 - 1
7.2	プロジェクトの概要	7 - 3
7.3	実施計画	7 - 6
7.4	今後の調査	7 - 6

付 録

付録1-1	実施された道路プロジェクトの一覧(1984 - 1991)-----	付- 1
付録4-1	曲線部の拡幅量-----	付- 2
付録4-2	代替案の工事費(ルート比較)-----	付- 4
付録4-3	代替案の工事費(橋梁)-----	付- 9
付録4-4	最適な災害対策工-----	付- 20
付録5-1	舗装設計-----	付- 35
付録5-1(1)	E S A Lの算出-----	付- 35
付録5-1(2)	舗装厚指数の推定-----	付- 37
付録5-1(3)	舗装厚の決定-----	付- 48
付録6-1	土工および橋梁の数量総括表-----	付- 49
付録6-2	主要資機材の価格-----	付- 80
付録6-3	工事費単価表-----	付- 93
付録6-4	橋工事費集計表-----	付- 96
付録6-5	維持費-----	付-115
付録6-6	補償費-----	付-118

第 2 卷 目 次

(経済・交通・経済分析)

第 A 章 社会経済分析

- A.1 ポリヴィアにおける社会経済の現状
- A.2 調査対象地域の現状
- A.3 将来の社会・経済
- A.4 農産物と牧畜

第 B 章 交通

- B.1 交通の現況
- B.2 交通調査
- B.3 交通調査の結果
- B.4 現在 O D 表の作成
- B.5 将来交通量の予測

第 C 章 経済分析と経済評価

- C.1 代替案の設定
- C.2 経済便益
- C.3 経済コスト
- C.4 経済分析と評価

表 目 次

表2.2-1	舗装、砂利、泥道別通行可能道路距離-----	2 -10
表2.2-2	ボリヴィアの現在の道路延長 (1986) -----	2 -11
表2.2-3	世界の道路現況 (1987) -----	2 -12
表2.3-1	平均地盤勾配 -----	2 -16
表2.3-2	降雨データ (月別) -----	2 -17
表2.3-3	気温と湿度-----	2 -18
表2.3-4	降雨データ-----	2 -19
表2.3-5	調査地域の主な河川-----	2 -21
表2.3-6	現道の平面線形-----	2 -23
表2.3-7	問題箇所の縦断勾配-----	2 -23
表2.3-8	道路幅員の構成-----	2 -24
表2.3-9	橋梁の調査結果 (1)-----	2 -27
表2.3-10	橋梁の調査結果 (2)-----	2 -29
表2.3-11	橋梁の観察結果-----	2 -30
表2.3-12	タイプ別災害予想地点数-----	2 -34
表2.3-13	改良後の概略法高-----	2 -35
表2.3-14	区間別現況法面勾配および改良後の概略法高-----	2 -36
表3.3-1 (1)	道路建設上の危険地帯 -----	3 - 8
表3.3-1 (2)	道路建設上の危険地帯 -----	3 - 9
表3.3-1 (3)	道路建設上の危険地帯 -----	3 -10
表3.3-1 (4)	道路建設上の危険地帯 -----	3 -11
表3.3-1 (5)	道路建設上の危険地帯 -----	3 -12
表3.3-1 (6)	道路建設上の危険地帯 -----	3 -13
表3.3-1 (7)	道路建設上の危険地帯 -----	3 -14
表3.3-1 (8)	道路建設上の危険地帯 -----	3 -15
表3.3-1 (9)	道路建設上の危険地帯 -----	3 -16
表3.3-1 (10)	道路建設上の危険地帯 -----	3 -17
表3.3-2 (1)	地下水湧出地点-----	3 -18
表3.3-2 (2)	地下水湧出地点-----	3 -19

表3.3-3	崩壊タイプ別斜面安定度-----	3 -21
表3.4-1	ボーリングおよび岩石試験数量表-----	3 -29
表3.4-2	岩石試験結果-----	3 -32
表3.4-3	岩盤等級による物性値-----	3 -33
表4.2-1	“Norma ” で規定された道路区分-----	4 - 3
表4.2-2	道路の幾何構造設計基準-----	4 - 4
表4.2-3	調査のための幾何構造-----	4 - 6
表4.2-4	国道3号線の各道路区間の幾何構造の比較-----	4 - 7
表4.2-5	カーブを曲がるために必要な車線拡幅量-----	4 - 8
表4.3-1	道路拡幅の方法の比較検討-----	4 -13
表4.3-2	ポイント(H) +2.5km ~ポイント(I) +0.35km区間の 代替案の比較-----	4 -18
表4.3-3	ポイント(L) (サンタアナ) での代替案の比較-----	4 -22
表4.3-4	ポイント(O) +1.8km 付近での代替案の比較-----	4 -25
表4.3-5	ポイント(Q) +5km の代替案の比較-----	4 -28
表4.3-6	ポイント3~ポイント5 区間土工量-----	4 -31
表4.3-7	ポイント2~ポイント4 区間の建設費の比較-----	4 -32
表4.3-8	ポイント5~ポイント7 区間のケース5とケース6の比較-----	4 -33
表4.3-9	代替案の比較(ポイント6~ポイント8 区間)-----	4 -34
表4.3-10	ポイント(S) ~ポイント(V) 区間での代替案の比較-----	4 -36
表4.4-1	既存橋の評価-----	4 -40
表4.4-2(1)	ポイント(A)-----	4 -44
表4.4-2(2)	バウニ橋-----	4 -45
表4.4-2(3)	チャリャ橋-----	4 -46
表4.4-2(4)	アルトチョロ橋-----	4 -47
表4.4-2(5)	ブエルトレオン橋-----	4 -48
表4.4-2(6)	サンシルベリオ橋-----	4 -49
表4.4-2(7)	サンロレンソ橋-----	4 -50
表4.4-2(8)	エスピリッツ橋-----	4 -51
表4.4-2(9)	カラスコ橋-----	4 -52
表4.4-3	必要な新設橋のまとめ表-----	4 -53

表4.5-1(1)	災害予想地点の現状-----	4 -58
表4.5-1(2)	”-----	4 -59
表4.5-1(3)	”-----	4 -60
表4.5-2(1)	タイプ(a) に対して適用可能な防災施設-----	4 -64
表4.5-2(2)	タイプ(c) に対して適用可能な防災施設-----	4 -65
表4.5-2(3)	タイプ(d) またはタイプ(e) に対して適用可能な防災施設-----	4 -66
表4.5-3(1)	防災施設の比較検討-----	4 -69
表4.5-3(2)	防災施設の比較検討-----	4 -70
表4.5-3(3)	防災施設の比較検討-----	4 -71
表4.5-3(4)	防災施設の比較検討-----	4 -72
表4.5-4	最適防災施設-----	4 -73
表5.1-1	標準法勾配-----	5 - 5
表5.1-2	盛土擁壁の型式と壁高範囲-----	5 - 6
表5.1-3	車種別累積交通量(2001年 -2010年)-----	5 - 8
表5.1-4	車種別軸重分布-----	5 -11
表5.1-5	設計18 Kip等値単軸重(ESAL)の算定-----	5 -11
表5.1-6	Reliability Level(推奨値)-----	5 -15
表5.1-7	舗装厚指数-----	5 -16
表5.1-8	ドレイニジ コエフィシエント-----	5 -17
表5.1-9	舗装構成-----	5 -18
表5.1-10	河川の流域面積;断面積および勾配-----	5 -20
表5.1-11	推計設計降雨強度-----	5 -20
表5.1-12	推定時間降雨強度-----	5 -21
表5.2-1	選択した橋梁名とその橋長-----	5 -29
表5.2-2	支間長の決定-----	5 -32
表5.2-3	橋長と支間長-----	5 -33
表5.2-4	橋梁の標準支間長-----	5 -34
表5.2-5	グループ別橋梁の比較-----	5 -36
表5.2-6	グループ別橋梁構造型式-----	5 -36
表5.2-7(1)	橋梁型式の構成-----	5 -37
表5.2-7(2)	グループIV 橋梁型式の比較(ポイントA)-----	5 -38

表5.2-7(3)	グループIII 橋梁型式の比較 (曲線橋、 $\phi=25-30m$) -----	5 - 39
表5.2-8	橋台の型式-----	5 - 40
表5.2-9	橋脚の型式-----	5 - 40
表6.2-1	全工区のプロジェクトコスト-----	6 - 3
表6.2-2(1)	工区別のプロジェクトコスト (工区1, No.0 + 000 - No.25 + 300 L=25.30km)-----	6 - 4
表6.2-2(2)	工区別のプロジェクトコスト (工区2, No.25 + 300 -No.46 + 760 L=21.46km)-----	6 - 5
表6.2-2(3)	工区別のプロジェクトコスト (工区3, No.46 + 760 -No.60 + 000 L=20.24km)-----	6 - 6
表6.2-2(4)	工区別のプロジェクトコスト (工区4, No.60 + 000 -No.79 + 550 L=19.55km) -----	6 - 7
表6.2-2(5)	工区別のプロジェクトコスト (工区5, No.79 + 550 -No.101 + 300 L=21.75km) -----	6 - 8
表6.2-2(6)	工区別のプロジェクトコスト (工区6, No.101 + 300 - No.108 + 630 L=17.33km) -----	6 - 9
表6.2-3(1)	橋梁の建設費-----	6 - 10
表6.2-3(2)	橋梁の建設費-----	6 - 11
表6.2-4	維持費-----	6 - 13
表6.2-5	工種単価種に含まれる主な材料と作業-----	6 - 14
表7.2-1	積算されたコスト -----	7 - 5
表7.2-2	道路区間別のコスト-----	7 - 5

図 目 次

図1.1-1	調査地域の道路-----	1 - 1
図1.4-1(1)	フローチャート-----	1 - 8
図1.4-1(2)	フローチャート-----	1 - 9
図1.4-2	調査項目別のスケジュール-----	1 -10
図1.5-1	調査の組織-----	1 -11
図2.1-1	ボリヴィアの地形-----	2 - 3
図2.1-2	ボリヴィアの河川-----	2 - 4
図2.1-3	ボリヴィアの年平均気温-----	2 - 6
図2.1-4	ボリヴィアの年平均降雨量-----	2 - 7
図2.2-1	ボリヴィアの道路ネットワークシステム-----	2 - 9
図2.3-1	調査地域の現在の道路状況-----	2 -14
図2.3-2	ポイント(L) 付近の縦断-----	2 -25
図2.3-3	ポイント(O)+1.8km の縦断-----	2 -25
図2.3-4	ポイント(S) とポイント(V) 間の縦断-----	2 -25
図2.3-5	災害種別-----	2 -33
図3.1-1	ボリヴィア国地質区分図-----	3 - 1
図3.1-2	北部ボリヴィア地質図-----	3 - 2
図3.3-1	斜面崩壊のタイプ-----	3 - 7
図4.2-1	標準横断図-----	4 -10
図4.2-2	クリアランス図-----	4 -11
図4.2-3	標準橋梁横断図-----	4 -11
図4.3-1	ポイント(H)+ 2.5km～ポイント(I)+0.35km区間の 代替案の比較平面図-----	4 -16
図4.3-2	ポイント(H)+2.5km ～ポイント(I)+0.35km区間の 代替案の比較縦断図-----	4 -17
図4.3-3	ポイント(H)+2.5km ～ポイント(I)+0.35km区間の代替案 -----	4 -21
図4.3-4	ポイント(K)+2.5km ～ポイント(L)+2.1km 区間の比較縦断図-----	4 -21

図4.3-5	ポイント(0)+1.8km 付近の代替案比較平面図-----	4 -24
図4.3-6	ポイント(0)+1.8km 付近の代替案比較横断図-----	4 -24
図4.3-7	ポイント(Q)+5km の比較平面図-----	4 -27
図4.3-8	ポイント(Q)+5km の比較縦断図-----	4 -27
図4.3-9	ポイント(S) ~ポイント(V) 間の代替ルートと比較-----	4 -30
図4.3-10	新設ルートの概略図-----	4 -31
図4.3-11	ポイント(S) ~ポイント(V) 区間の代替案の比較縦断図-----	4 -35
図4.4-1	橋梁の調査の手順-----	4 -38
図4.4-2	カスカダ橋の位置図-----	4 -43
図4.4-3	チョホニャ橋の位置図-----	4 -43
図4.4-4	アバロア橋の位置-----	4 -43
図4.5-1	防災施設の選定手法-----	4 -54
図4.5-2(1)	災害予想地点位置図-----	4 -56
図4.5-2(2)	災害予想地点位置図-----	4 -57
図4.5-3	防災施設の適用-----	4 -68
図5.1-1	地形と現道縦断状況-----	5 - 4
図5.1-2	舗装設計手法-----	5 - 9
図5.1-3	設計CBR の設定-----	5 -12
図5.1-4	舗装構成 (推奨案)-----	5 -19
図5.1-5	流達時間による補正係数-----	5 -22
図5.1-6	流下量と工事費の比較検討-----	5 -23
図5.1-7	流域面積と流下量の関係-----	5 -25
図5.1-8	排水の種類-----	5 -27
図5.2-1	橋梁位置図-----	5 -31
図5.2-2	グループI, II橋の上部構の諸元-----	5 -43
図5.2-3	グループIII橋の上部構の諸元-----	5 -44
図5.2-4	ポイントA橋の諸元-----	5 -45
図5.2-5	橋式支保工架設の概略図-----	5 -46
図5.3-1	トンネルの内空断面 -----	5 -48
図5.3-2	トンネル内部の構造-----	5 -49
図5.3-3	トンネル抗口部の構造 -----	5 -49

図5.3-4	井桁擁壁の形状-----	5 -53
図5.3-5(1)	コンクリート吹付(タイプ1)-----	5 -54
図5.3-5(2)	石積み擁壁(タイプ2)-----	5 -54
図5.3-5(3)	コンクリート法枠工およびアンカー(タイプ3)-----	5 -54
図5.3-5(4)	コンクリート張工およびアンカー(タイプ5)-----	5 -54
図5.3-5(5)	井桁擁壁(タイプ6)-----	5 -55
図5.3-5(6)	防護ネットおよびじゃかごタイプ9/10)-----	5 -55
図5.3-5(7)	防護ネットおよび防護フェンス(タイプ9/10)-----	5 -55
図5.3-5(8)	盲排水(タイプ14)-----	5 -56
図5.3-5(9)	じゃかご(タイプ15)-----	5 -56
図5.3-5(10)	ロックシェッド(タイプ17)-----	5 -56
図5.3-6	擁壁構造図-----	5 -56
図5.3-7	切土路側側溝-----	5 -60
図5.3-8	法先排水溝-----	5 -60
図5.3-9	小段排水溝-----	5 -60
図5.4-1	区間別の土量およびKmあたりの土量-----	5 -62
図5.4-2	土運搬計画-----	5 -65
図5.5-1	維持管理システム-----	5 -66
図6.1-1	事業費の構成-----	6 - 1
図7.3-1	実施計画-----	7 - 6

第1章 はじめに

第1章 概要

1.1 調査の背景

ボリヴィア共和国は南アメリカ大陸の中央部に位置し、およそ 110万 km² の面積を有している。その国土は次の全く異なる二つの地域に分けられる。

- 1) 高原地帯とアンデス山脈の東端の峡谷地帯
- 2) アマゾン川およびラプラタ川流域の低地帯

後者の低地はボリヴィア全土の 2/3を占めており、かつ、農業・牧畜業に大きな開発可能性を秘めた地域でもある。この点に着目した政府はここ10年間にわたり、鉱業を基幹とした産業から農業・牧畜業へと転換をはかるべく基本方針を実施してきた。その中でもそのプライオリティは、この地域の特に北部の開発推進に置かれている。しかしながら、この潜在生産力を秘めた地域における都市、即ち、ラパス、トリニダ、コビハ、リベラルタ等とラパス間は、通年通行可能な道路はなく、雨季には飛行機に頼らざるを得ないのが現状である。従って、本プロジェクト道路区間を含めた上記諸都市とラパス間の道路整備は国にとって最も重要で、かつ緊急になされなければならない任務であることは疑いないところである。

上記の道路は具体的には下記に示すとおりである。

- 1) 国道3号 ラパス～トリニダ間
- 2) 国道2号 ユクモ～コビハ間
- 3) 国道8号 ルレナバケ～グァヤラメリン間

(図1.1-1 参照)

1983年5月の大統領布告No.547は、上記の3本の道路の完成に最も高いプライオリティを与えているが、その理由は次のとおりである。

- a) この地域における生産物を他地域の消費者へ迅速に、安価に供給する
- b) その地域の一層の発展のために人口の流入を促進する
- c) その地域に対する政府の政策を反映しやすくする

ESCALA APROXIMADA. 1:4,000,000

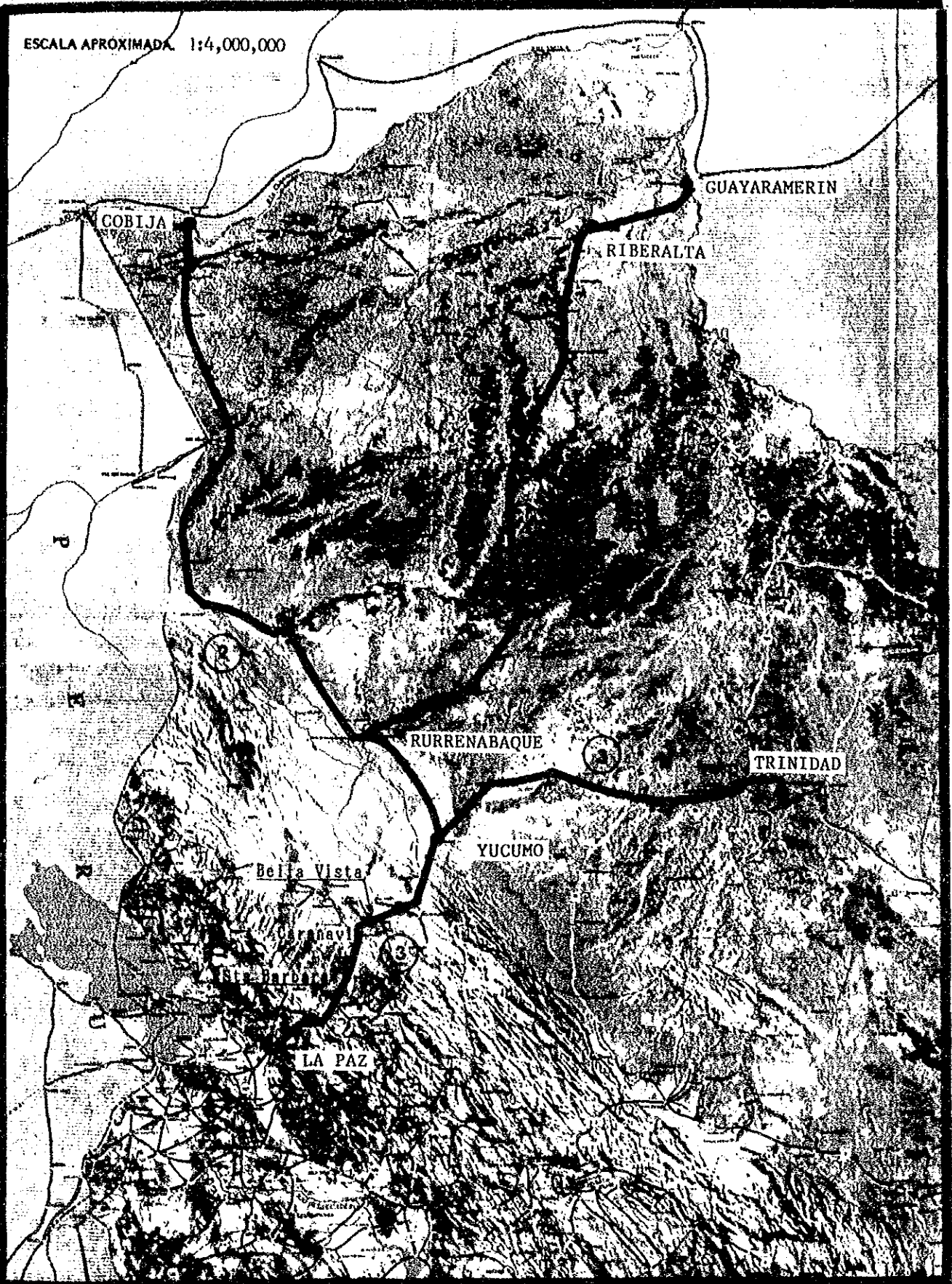


図1.1-1 調査地域の道路

ESCALA APROXIMADA. 1:4,000,000

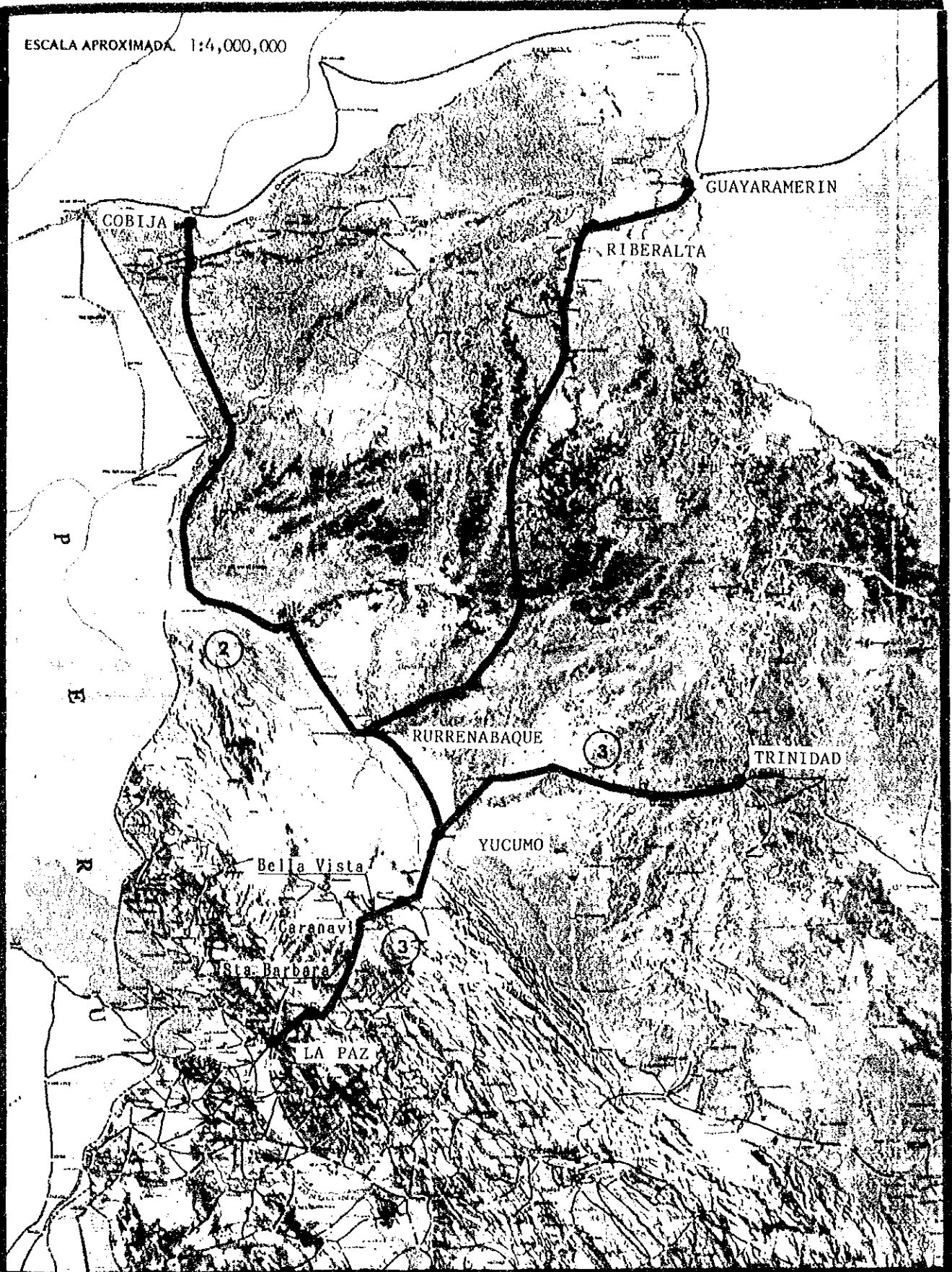


図1.1-1 調査地域の道路

この目的を果たすためになされた第1の有意義な努力は、1975年のラバス〜ルレナバケ間の道路改良に関するフィービリティ調査と詳細設計であった。この後のすべての政府のアクションは、この調査と設計の結果に基づいている。近年行なわれてきたプロジェクトには次のようなものがある。

- (1) ラバス〜クタバタ (48km) 国道3号
 - a) アスファルト舗装の2車線道路のほとんどが、1975年の設計に従って1982年に完成された。
 - b) 現在、未舗装の10km区間の舗装工事とすでに舗装済区間の改修工事が、米州開発銀行の資金により行なわれている。

- (2) クタバタ〜サンタバルバラ (44km) 国道3号
 - a) 現道は1車線の砂利道である。山岳地帯を通るこの区間は、通行が非常に危険で、かつ困難であることで名高い。
 - b) 1989年にイタリアとオランダのコンサルタントにより、1975年の設計の見直し作業が行なわれた。この結果、ルートを変更し、新規に2車線の舗装道路を建設することの必要性が明らかにされた。
 - c) ボリヴィア政府は米州開発銀行から資金の貸付けを受けており、2〜3年のうちに道路建設工事が始まるものと思われる。

- (3) サンタバルバラ〜ベジャビスタ (118km) 国道3号
 - a) この区間は地形が悪くないため、前者のクタバタ〜サンタバルバラ区間よりも道路条件は良い。しかし、幅員は狭く、多くの急なカーブがあるため通行が困難で危険であることには、クタバタ〜サンタバルバラ区間と大差ない。
 - b) 1975年以降は、この区間では大規模な改修工事はなされていないが、小規模工事は行なわれてきている。

- (4) ベジャビスタ〜キキベ (67km) 国道3号
 - a) 1975年の設計に基づいて新しく砂利道がすでに完成されている。

- (5) キキベ～ユクモ (42km) 国道 3 号
- a) 1975年の設計はブラジルのコンサルタントにより見直され、現在工事が行なわれている。1992年にこの工事は完成し、道路は2車線の砂利道となる。この工事米州開発銀行の資金で行なわれている。
- (6) ユクモ～サンボルハ (48km) 国道 3 号
ユクモ～ルレナバケ (102km) 国道 2 号
- a) 1989年にこれらの道路は2車線の砂利道として完成された。建設はSNC自身により日本のローンで行なわれた。
- (7) サンボルハ～トリニダ (228km) 国道 3 号
- a) 1973年以前に建設された泥道がこの区間の唯一の道路であるが、その道路状態は非常に悪く、毎年雨季になると4～5ヶ月間通行不能となる。
- b) 道路改良のためのフィージビリティ調査と詳細設計が1988年日本の技術援助のもとで行なわれた。このプロジェクトの実施はIDBの資金のもとでなされることになっている。
- (8) ルレナバケ～リベラルタ (600km以上) 国道 8 号
- a) 泥道の建設は1988年にほとんど完了したが、道路状態は良いと言えず、ある区間は雨季にはしばしば通行止めとなる。
- (9) ルレナバケ～イキシマ (100km) 国道 2 号
- a) 2車線の砂利道が現在建設中である。

国道3号線のうち山岳地帯を通る区間(ラバス～ユクモ間)を考えると、少なくとも2車線レベルまでの道路改良事業実施が、サンタルバラ～ベジャビスタ区間を除き要求されている。換言すれば、ベジャビスタ～ユクモ間のみならずコタバタ～サンタルバラ間の改良工事が近い将来実施されるならば、サンタルバラ～ベジャビスタ間の幅員が一車線の唯一の区間となる故に、将来交通のボトルネックとなってくることが考えられる。

現在ポリヴィアにおいて実施されている道路プロジェクトは付録1-1に示されている。これらのプロジェクトを検討してみると、ポリヴィア政府が戦略的に重要な地域における補助道路のみならず、北部の幹線道路の開発・改良にも力を注いでいることが容易に理解できる。また、本調査の対象区間の改良が非常に重要であり、できるだけ早急に事業実施がなされることが要求されている。（ポリヴィアにおける道路の現況については「2.2 ポリヴィアの道路システムの現状」参照）。

以上の状況を考え、ポリヴィア政府はこの道路区間の改良を意図し、日本政府に対し、このために必要な調査を行なうよう要請してきた。これに答え、日本政府はサンタバルバラ～ベジャビスタ間の道路改良に関するフィージビリティ調査を行なうことを決定した。

1.2 調査の目的

本調査の目的は、地域の地理的・地形的特色を踏まえ、サンタバルバラ～ベジャビスタ間の道路改良に係わる技術的検討を行なうとともに、影響圏に対する社会・経済的インパクトを評価することにある。道路改良とは、現在の道路を少なくとも全天候型の道路へ格上げすることを意味している。技術的な分析は、調査対象道路付近の地形、地理、水利および建設資材の調査を含み、これらの調査に基づき最適な道路設計が提案される。また、プロジェクトの社会・経済的なインパクトが検討され評価される。

本調査を通じてのポリヴィア側スタッフへの技術移転もまた、本調査の重要な目的である。

1.3 プロジェクトの概要

国道3号線の一部を構成しているサンタバルバラ～ベジャビスタ間 118kmの道路区間は、およそ30年前に建設されたが、それ以来何らの大規模な改修、改善工事はなされていない。このため、道路状態は非常に貧弱となり、国の主要幹線道路として満足に機能しているとは言いがたい状況にある。換言すれば、この道路区間には多くの急カーブやきつい勾配、狭い幅員、路面のでこぼこ、落石等があるため通行は非常に困難である。1982年から1985年までの経済停滞期には道路維持が十分に行なわれなかった。このことが道路状態

を一層悪化させてきていることは疑いない。

他方、国道3号線の本プロジェクトの前後の区間、即ち、サンタバルバラからラパスよりの区間、あるいはベジャピスタから以降の区間をみると、改良事業、すなわち全天候型の2車線道路へとレベルアップする事業が行なわれてきている。

それ故に、本調査の目的は現道を改良するために必要なすべての作業を含むものであり、本道路を国道3号線の他の道路区間と同じレベルで通年利用可能とすることにある。コタバタ～サンタバルバラ間は2車線の簡易舗装されることになっており、また、ベジャピスタ～ユクモ間は砂利道として完成されることになっている。この両区間の詳細な情報は本レポートの第6章6.1に示されている。本道路の重要性や特異な地形を考えると、プロジェクトの内容を明確に見定めるためには、以下の観点から注意深く調査されることが不可欠である。

- a) 本プロジェクトの前後の道路区間と同じレベルの道路とすること
- b) ボリヴィアの社会経済状況を柔軟に取り入れ、プロジェクトの効果を最適にすること
- c) 建設期間中の道路交通をできるだけ遮断することのないよう考慮すること
- d) 交通安全のために十分な施設を備えること

1.4 調査の進め方

1.4.1 主要な調査項目

前記の目的を達成するために、調査期間中に以下の作業を行なう。

- 1) 現存のデータの収集および分析
 - a) 交通
 - －交通の現況の分析と将来交通量の予測
 - b) 社会経済活動
 - －社会経済の過去の動向と将来のフレームの設定
 - c) 技術分野

- 地形、地理、水利、気象、建設資材、建設能力の調査
- 道路、橋梁の既存計画、建設の経緯、設計基準の調査
- 建設費用、利用可能な資機材の調査

- 2) 現場調査としては以下のものが含まれる。
 - a) 測量に必要な地形調査
 - b) 航空写真撮影
 - c) ボーリングおよび土質の試験分析
 - d) 交通調査
- 3) 設計基準を確立する。
- 4) 道路改良のための代替案を評価した後に概略設計を行なう。
- 5) 建設費および維持費の積算を行なう。
- 6) 社会・経済インパクトを計測し評価する。
- 7) 段階施工の可能性を考慮しながら、無理のない実際的な施工スケジュールをたてる。

1.4.2 調査のスケジュール

調査は図1.4-1 に示したフローチャートに従い行なわれた。調査項目ごとのスケジュールは図1.4-2 に示されている。

1.5 調査体制

調査は、JICAにより組織された監理委員会のもとで、調査団によって行なわれた。監理委員長は馬場直俊氏である。

調査団は立川孝を団長とし、15名の団員がSNCのカウンターパートの協力を得て調査を行なった。

調査体制は図1.5-1 に示されている。

8

9

10

11

12

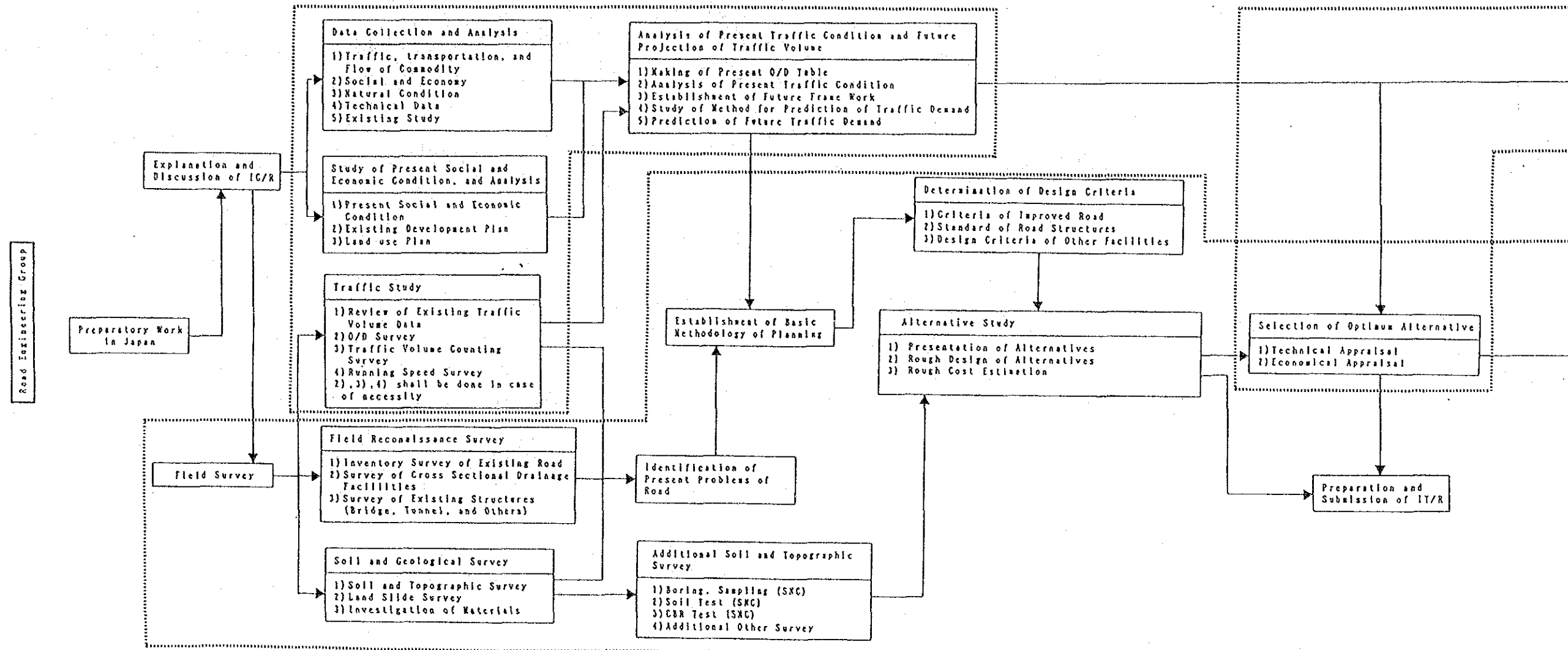
1

2

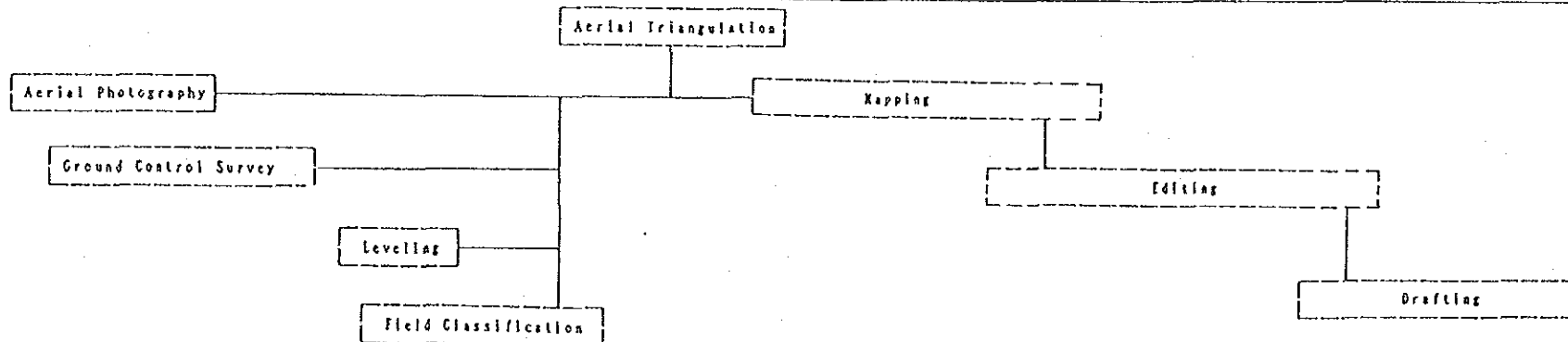
3

4

Traffic Study



Topographic Survey Group



* The schedule from June, 1990 is tentative.

図 1.4-1(1) フローチャート

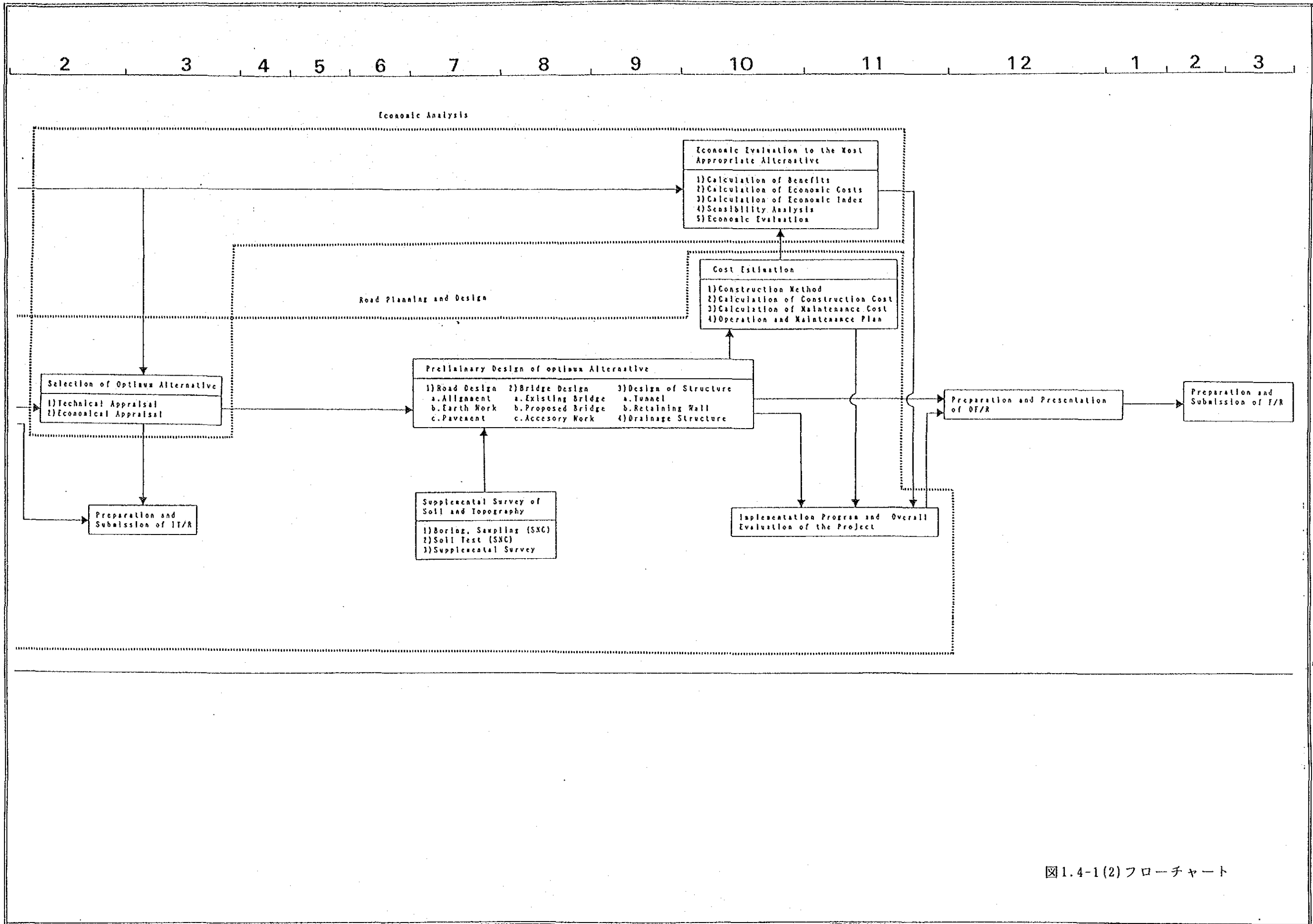


図1.4-1(2)フローチャート

Study Item	Year																				
	1989							1990													
Study Period	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
Preparatory Work in Japan (Proposal of IC/R, Specification, Data Analysis)																					
Explanation, Discussion & Presentation of IC/R							△△														
Data Collection, Analysis							■	■	■	■	■	■									
Field Survey							■	■	■	■	■	■									
Field Reconnaissance Survey							■	■	■	■	■	■									
Soil and Geographical Survey							■	■	■	■	■	■									
Boring, Soil Test							■	■	■	■	■	■									
Study of Present Social and Economic Condition and Analysis							■	■	■	■	■	■									
Traffic Study							■	■	■	■	■	■									
Analysis of Present Traffic Condition and Future Projection of Traffic Volume							■	■	■	■	■	■									
Identification of Present Problems of Road, Establishment of Methodology of Improvement Plan							■	■	■	■	■	■									
Determination of Design Criteria							■	■	■	■	■	■									
Alternative Study							■	■	■	■	■	■									
Selection of Optimum Alternative							■	■	■	■	■	■									
Explanation, Discussion & Presentation of IT/R																					
Preliminary Design of Optimum Alternative																					
Cost Estimation																					
Economic Evaluation																					
Implementation Program & Overall Evaluation																					
Preparation and Presentation of DE/R																					
Preparation and Submission of F/R																					

* The schedule from June, 1990 is tentative.

Legend:
 — Period for Preparation
 ■ Work in Bolivia
 ▨ Work in Japan
 △—△ Explanation of Reports

図 1.4-2 調査項目別のスケジュール

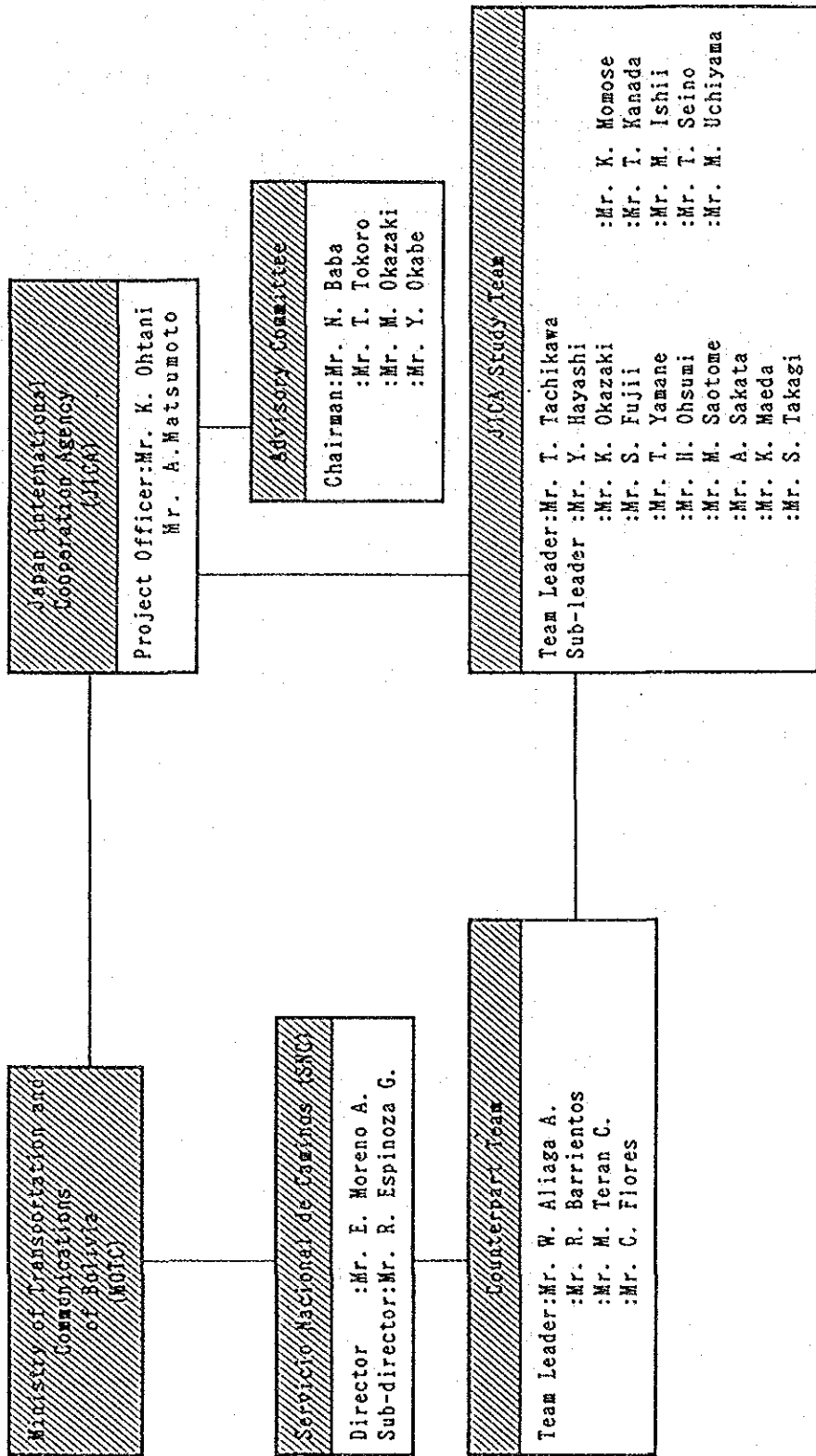


図 1.5-1 調査の組織

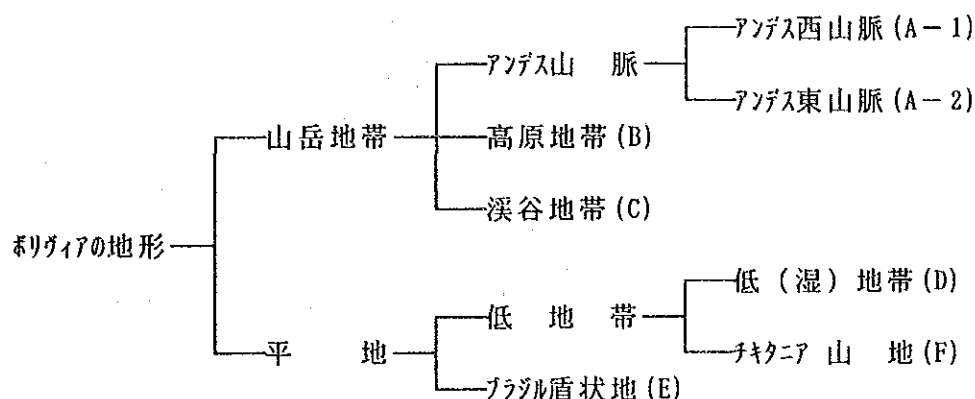
第 2 章 現 況

第2章 現況

2.1 地形

2.1.1 ボリヴィアの地形

南米大陸のほぼ中央（西経 56° ～ 68° 、南緯 10° ～ 22° ）に位置するボリヴィア共和国は、 $1,098,581\text{km}^2$ の国土を有し、四方をペルー、ブラジル、パラグアイ、アルゼンチン、チリに囲まれた内陸国である。その国土は、2つの地域に大別することができる。一つは、ボリヴィア西側にあるアンデス山岳地域であり、他は、緑に覆われた平坦な低地帯である。これらの地域を更に地理的に細分化すると、以下に示すような7つの地域に分けられる。



山岳地帯は造山運動によって形成され、全国のおよそ1/3を占めている。上記の分類のA-1とA-2の地域は、氷河期以降現在までも続く侵食作用によって形成された深い峡谷のある複雑で険しい地形となっている。これらの地域の大部分は万年雪や氷河期の氷によって覆われている標高5,000mの準不毛地帯である。

A-1およびA-2に囲まれるように広がる高原地帯(B)は、標高4,000mの高さにありながら、巾180km、長さ500kmの広さを有する平坦な地域である。

溪谷地帯(C)は東部山脈の東側に沿ってベルト状に広がっている。多くの川はこの東部山脈を源流とし、この地帯を横断し、深さ1,000mの溪谷を形成している。標高は東部で300m、西部で3,000mと大きな開きがあり、その

ため気候も所により非常に異なっている。また、この地域はボリヴィアの食料倉庫と呼ばれるほど、多種多様の農産物が産出されるところでもある。

地形的な観点からこの溪谷地帯は標高 1,500m から 3,000m の東部山脈の傾斜地と標高 1,500m 以下の Sub-Andes と呼ばれる地帯の二つに分けられる。前者は地形的分類から言えば東部山系そのものであり、後者は前者と低地帯との間の境界地帯である。

ボリヴィアの東部では、東部山脈 (A-2) と溪谷地帯 (C) の幅はそれぞれ前者で 40km、後者で 200km である。溪谷地帯の 200km のうち 70km は Sub-Andes のベルト地帯である。

平地は国土の 2/3 を占めている。低湿地帯 (D) は幅 200~500km、長さ 1,500km であり、アマゾン河流域とラプラタ河流域の地域で構成されている。この地域はアマゾン河の河口から 3,500~4,000km にありながら、その大部分の標高はわずか 150~250 m であり、しばしば浸水にみまわれている。この地域に居住する人口が山岳地帯の人口に比べ非常に少ないのも、この地域特有の地形、気候のためと思われる。

ブラジル盾状地 (E) はブラジルとの国境沿いに広がっており、古代の岩塊の侵食によって形成された準平原となっている。

調査地域は溪谷地帯に位置しており、その詳細な地形については本章の「2.3 現在のプロジェクト道路」で述べられている。地理的特徴は第 3 章で述べられている。

2.1.2 気候

ボリヴィアの気候は、地域の緯度および標高により非常に異なっているが、人間の居住している地域はその気候の特徴から、次の 3 つのゾーンに分けられる。ボリヴィアの地形および河川は図 2.1-1 と図 2.1-2 に示されている。

(1) 高原地帯 (高原および溪谷地帯)

高原地帯は、東部山脈と西部山脈の間の西側に位置する寒冷で乾燥した地域であり、年平均気温は 5~20℃ で、1 日の最高気温は 25℃、最低気温は零下 10℃ にも達する。高原地帯へ雨を運ぶ風は、アマゾン河流域から吹き、低湿地帯 (ベニ地域) やアンデス山脈の東部の傾斜地に沿って広がる溪谷地帯へ大雨を降らせた後、高原地帯へ達する。

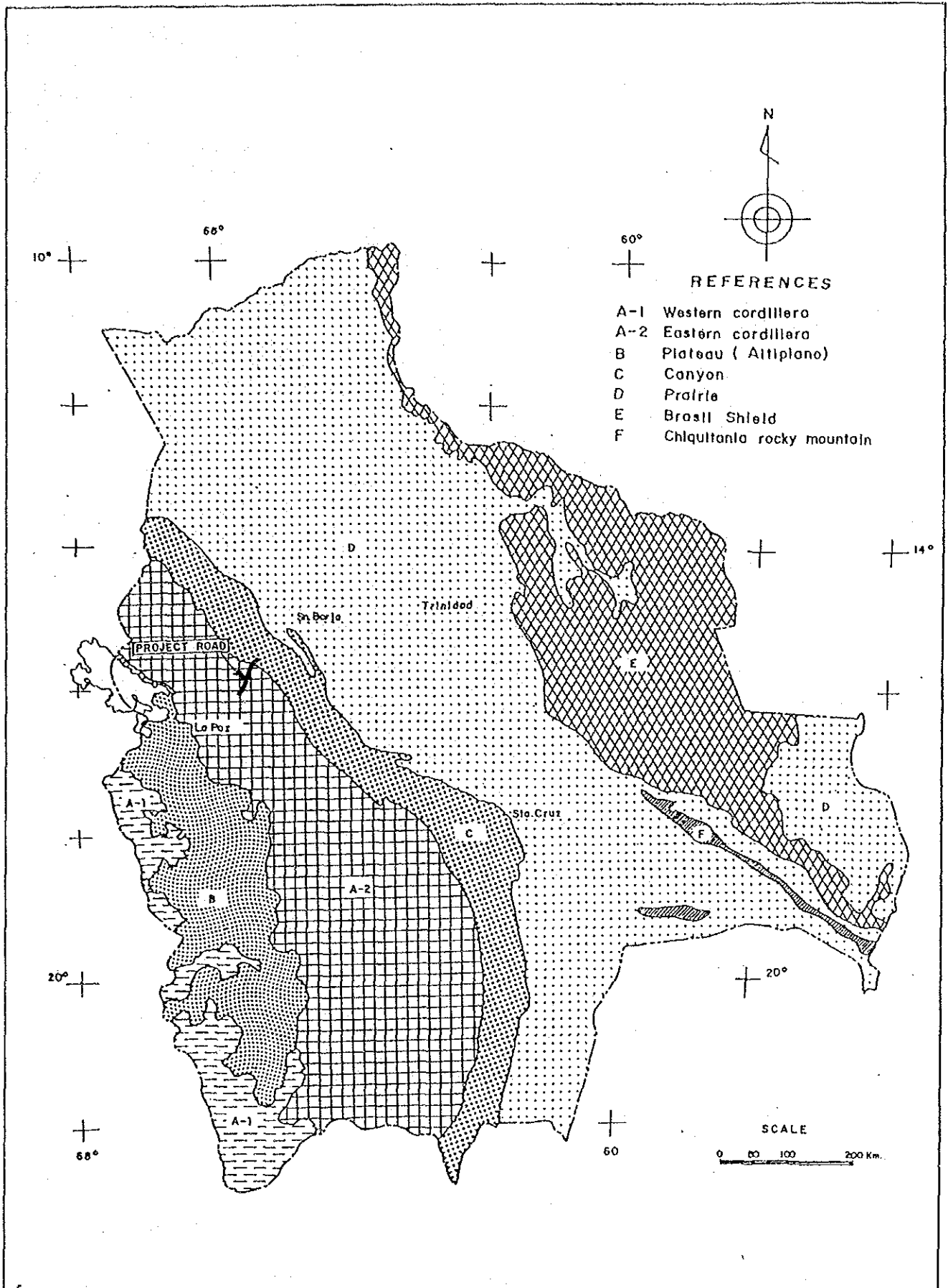


図2.1-1 ボリヴィアの地形

0 100 200 300 400 500 Km

NOTE:

quoted from "ATLAS DE BOLIVIA"
by Instituto Geografico Militar

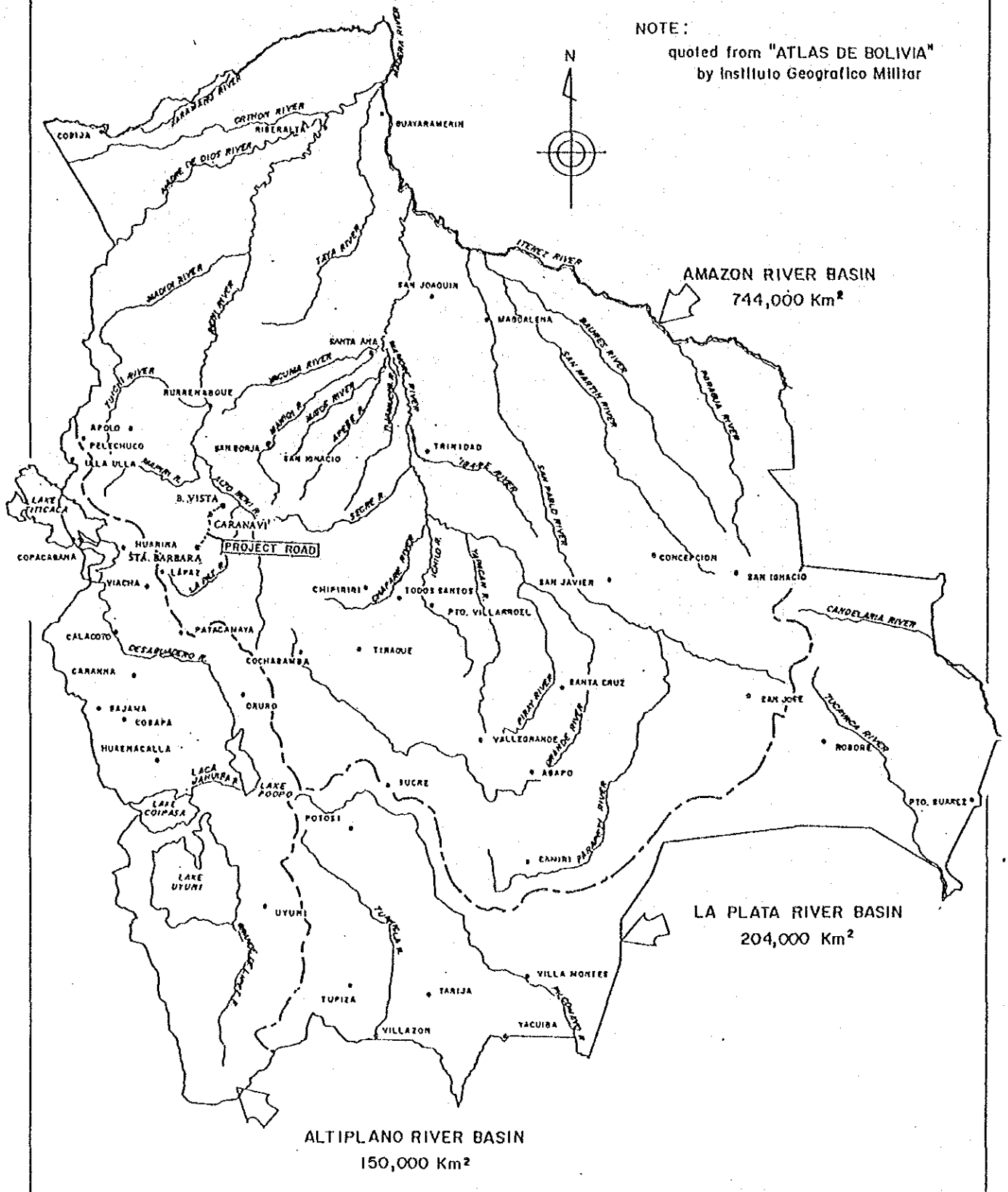


図2.1-2 ボリヴィアの河川

この現象は、高原地帯にわずかしかな雨をもたらさない原因となっており、チチカカ湖のようないくつかの地域を除き、高原地帯の年平均降雨量は通常500mm以下である。チチカカ湖では600～800mmの年平均降雨量がある。南部の高原も、南から吹く冷たい風の影響により1年中寒冷で乾燥した気候となっている。

(2) ベニ地域（アマゾンの低湿地帯）

この地域は一般には“Llanos Benianos”（ベニ地方の平原）と呼ばれている。気候は熱帯多雨で、平均気温は季節によって少しの違いはあるが、だいたい20℃から30℃の間で変化している。年間の降雨量は、通常1,000mmから3,000mmであるが、山脈の麓のチャパレのような所では降雨量は4,000mmにも達することがある。一般的にベニ地域の気候は、夏は雨季、冬は乾季の熱帯型で、雨季は大西洋からの気団がアンデス山脈を越える時に訪れる。

(3) チャコ地域（ラブラタの低地）

この乾燥した地域は、国の南東部に位置している。乾季の冬のある温暖なステップ型気候がこの地域の特色で、平均気温は20℃～35℃、年平均降雨量はおよそ1,000mmである。南極からの寒冷前線がやって来ると気温は急速に低下する。

ボリヴィアの年平均気温および年平均降雨量を図2.1-3 および図2.1-4 に示した。

プロジェクト道路は溪谷地帯に位置し、ベニ地域との境界に非常に近い（図1.1-1、図2.1-1、図2.1-3 参照）。この結果、そこでの気候は高原地帯の気候よりもむしろベニ地域の気候に類似している。プロジェクト地域の気候に関するデータは、本章の「2.3プロジェクト道路の現況」に示されている。

2.2 ボリヴィアの道路システムの現状

(1) 道路管理システムと道路の分類

ボリヴィアのすべての道路は、管理システムの観点から2つにグループ分けすることができる。第1のグループには大都市内の道路、街路が含まれ、第2のグループは残りのすべての道路を含む。道路の建設、維持補修等の必要

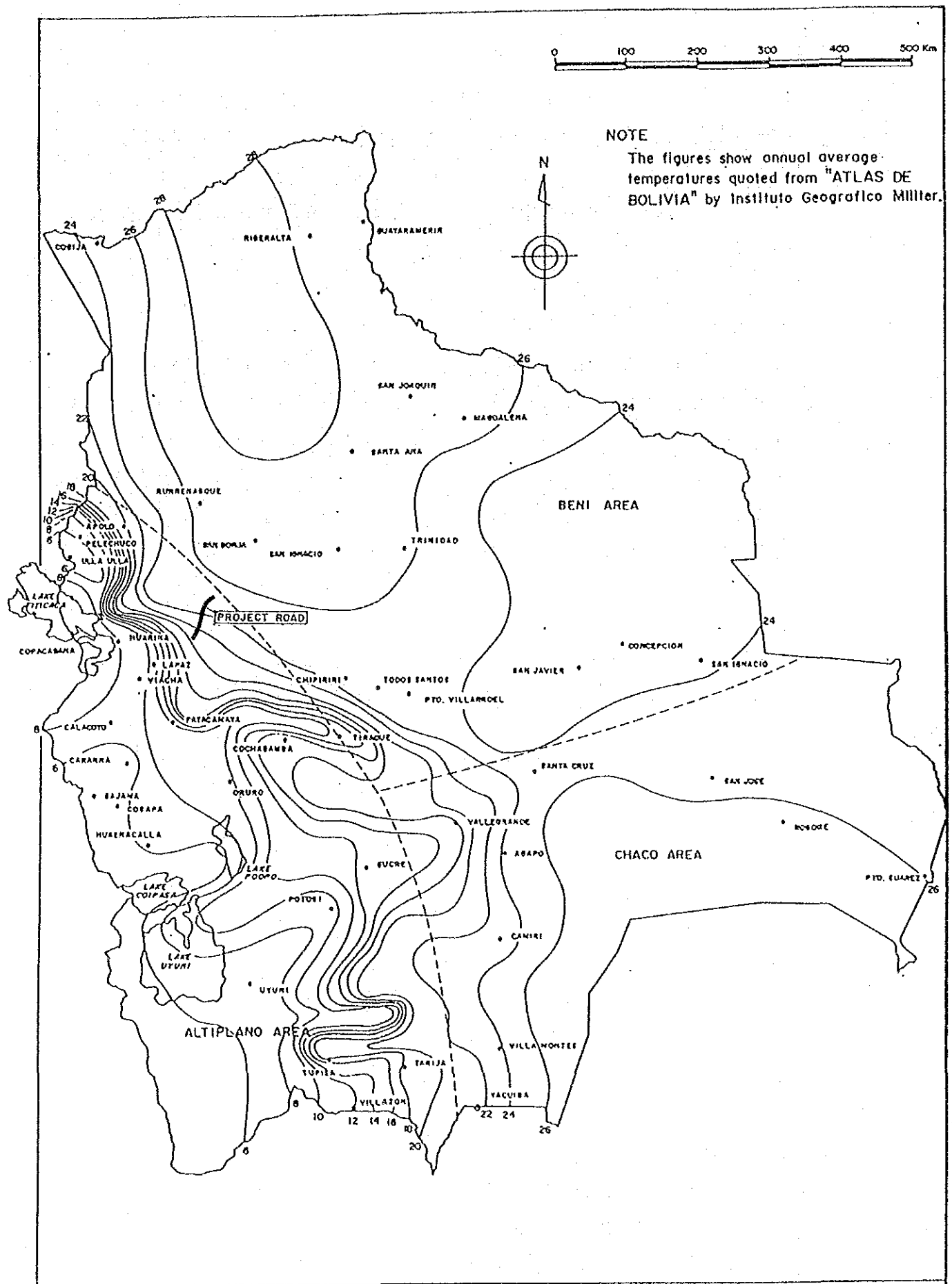


図2.1-3 ボリヴィアの年平均気温

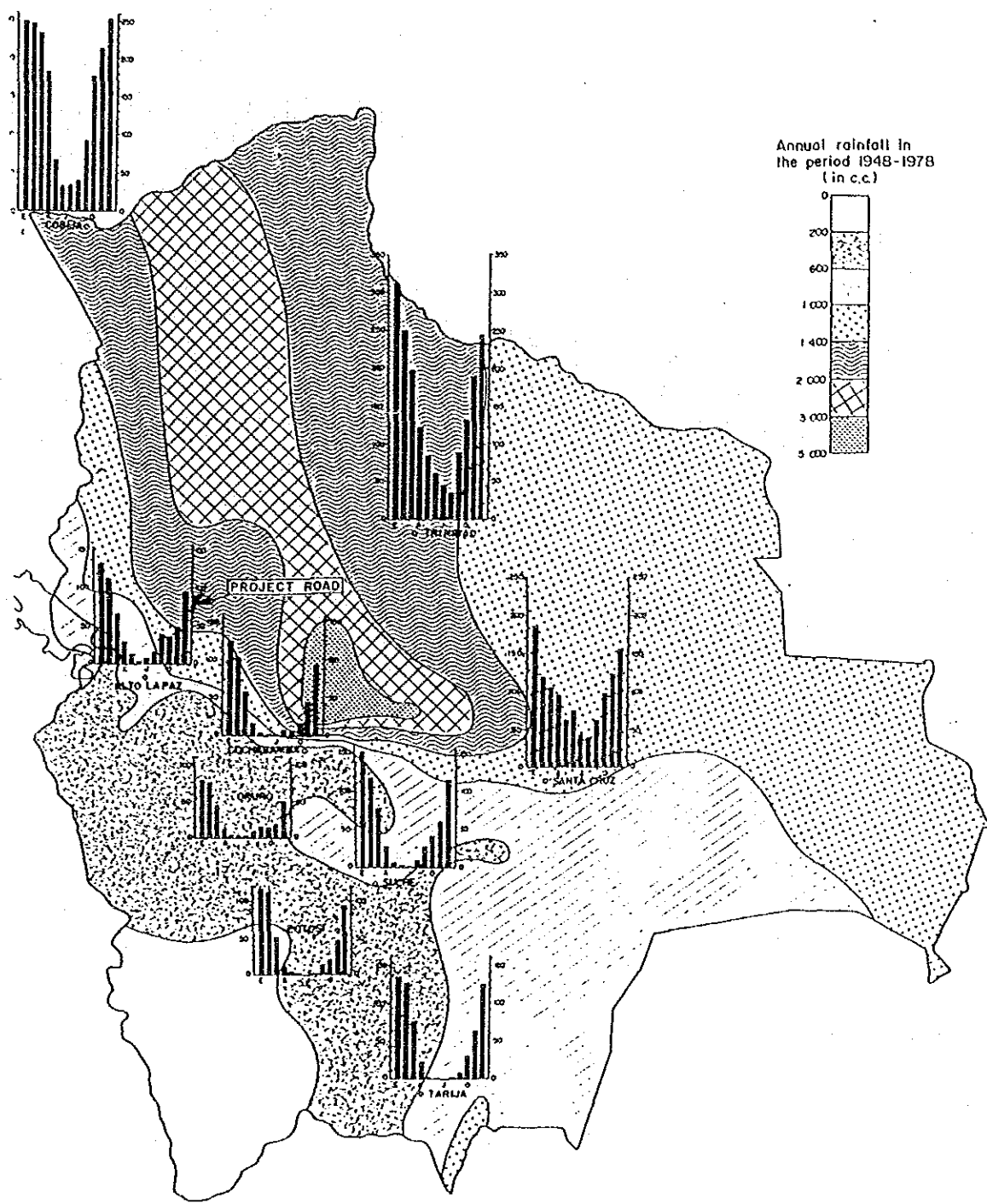


図2.1-4 ボリヴィアの年平均降雨量

な管理は第1のグループの道路については市が、第2のグループの道路は、SNCが担当している。例外的に第2のグループに属する道路のいくつかは、SNCとの合意のもとにCORDEPAZやCORDECRUZのような地域開発公団により建設、補修が行なわれている。

SNCの管轄下にある第2グループに属する道路は、以下の3つのカテゴリーに分類される。

1) 主要幹線道路（1級国道）

幹線道路の機能としては、国内の道路ネットワークの形成、主要な開発地域間の接続、国内のあらゆる地域とのアクセスの確保、経済成長および文化の発達への貢献等があげられる。また、幹線道路は各州の州都を結び、他の輸送手段と結節している。さらに、これら幹線道路は国境を越え隣国へと続いている。

2) 補助幹線道路（2級国道）

補助幹線道路は、重要地域と開発地域を接続するもので、これらの地域から幹線道路へ向かう交通量を引き受ける。また、上記の交通を他の輸送システムにも接続させることにより、地域開発にも貢献している。

3) 市町村道（地方住民により使用）

市町村道は、生産地あるいは生活地と補助幹線や主要幹線道路とを結ぶためのものであり、かつ小都市や村の住民の日常生活に欠かせないものでもある。

(2) 道路ネットワークとその発達

1) 道路ネットワーク

ボリヴィアの道路ネットワークを図2.2-1に示した。その図には現道のみでなく計画道路や現在通行不能の道路も含めた。図中の1ケタあるいは2ケタの○で囲んだ数字は主要幹線道路（1級国道）を示す。

主要幹線（1級国道）は次のとおりである。

1号線	(ペルー) - ラパス - オルロ - ボトシ - タリハ - (アルゼンチン)	1,221km
2号線	ユクモールレナバケ - コピハ	669km
3号線	ラパス - ユクモ - サンイグナシオ - トリニダ	595km
4号線	オルロ - コチャバンバ - サンタクルス - (ブラジル)	1,353km
5号線	ボトシ - スークレー - エビィザナ	401km
6号線	マチャカマルカ - スークレー (パラグアイ)	977km
7号線	コチャバンバ - ビラツナリ - グァビィラ	416km
8号線	ルレナバケ - リベラルター (ブラジル)	595km
9号線	トリニダ - サンタクルス - イパティ	1,029km
10号線	サンイグナシオ - ヴィラツナリ	295km
		<u>7,551km</u>

図2.2-1 の3ケタの数字は補助幹線道路を示している。

2) 道路発達の歴史

1974年以降の舗装、砂利、泥道別の道路延長距離を表2.2-1 に年度別に示した。

表2.2-1 舗装、砂利、泥道別通行可能道路距離 (単位km)

	1974	1975	1977	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Paved	1163	1166 (2.6)	1289 (10.5)	1327 (2.9)	1396 (8.3)	1395 (0.0)	1538 (10.3)	1538 (0.0)	1554 (1.0)	1554 (0.0)	1592 (2.4)
Gravel	6560	6559 (0.0)	6798 (3.6)	6760 (-0.5)	7975 (18.0)	7987 (0.0)	9220 (15.4)	9268 (0.5)	9512 (2.6)	9850 (3.6)	9870 (0.2)
Earth	29590	29831 (0.8)	30741 (3.1)	30741 (0.0)	30278 (-1.5)	30442 (0.5)	30211 (-0.8)	30181 (0.0)	29935 (-0.8)	29627 (-1.0)	29817 (0.0)
Total	37313	37556 (0.6)	38828 (3.4)	38828 (0.0)	39849 (2.1)	39824 (0.4)	40969 (2.9)	40987 (0.0)	41001 (0.0)	41031 (0.0)	41079 (0.1)

† (): increase rate to the previous year in percentage.

表 2.2-2 ボリヴィアの現在の道路延長 (1986)

Department	area (km ²)	road surface	trunk road length(k) (%)	collector road length(k) (%)	town road length(k) (%)	total length(k) (%)	road density (km/1000km ²)
La Paz	134.0 x1000	paved	232 29.0	21 3.9	41 0.8	294 4.7	2.19
		gravel	456 56.9	173 32.0	1624 33.4	2253 36.3	16.81
		earth	113 14.1	347 64.1	3192 65.7	3652 58.9	27.25
		total	801 100.0	541 100.0	4857 100.0	6199 100.0	46.26
Chuquisaca	51.5	paved	29 3.6	0 0.0	1 0.0	30 0.7	0.58
		gravel	537 66.8	48 18.5	416 11.8	1001 21.8	19.44
		earth	238 29.6	211 81.5	3118 88.2	3567 77.6	69.26
		total	804 100.0	259 100.0	3535 100.0	4598 100.0	89.28
Tarija	37.6	paved	47 7.7	0 0.0	0 0.0	47 1.6	1.25
		gravel	389 64.1	315 66.3	324 17.8	1028 35.4	27.34
		earth	171 28.2	160 33.7	1501 82.2	1832 63.0	48.72
		total	607 100.0	475 100.0	1825 100.0	2907 100.0	77.31
Cochabamba	55.6	paved	526 72.8	7 2.4	6 0.3	539 17.4	9.69
		gravel	197 27.2	115 40.2	901 43.3	1213 39.3	21.82
		earth	0 0.0	164 57.3	1174 56.4	1338 43.3	24.06
		total	723 100.0	286 100.0	2081 100.0	3090 100.0	55.58
Santa Cruz	370.6	paved	420 36.1	0 0.0	52 1.3	472 7.4	1.27
		gravel	530 45.5	318 29.8	450 10.8	1298 20.3	3.50
		earth	215 18.5	750 70.2	3649 87.9	4614 72.3	12.45
		total	1165 100.0	1068 100.0	4151 100.0	6384 100.0	17.23
Oruro	53.6	paved	156 28.6	8 0.8	10 0.2	174 2.6	3.25
		gravel	389 71.4	398 41.9	372 7.3	1157 17.6	21.59
		earth	0 0.0	542 57.3	4698 92.5	5240 79.7	97.76
		total	545 100.0	946 100.0	5080 100.0	6571 100.0	122.59
Potosi	118.2	paved	27 5.4	0 0.0	1 0.0	28 0.5	0.24
		gravel	465 93.2	104 24.4	109 2.2	678 11.4	5.74
		earth	7 1.4	322 75.6	4909 97.8	5238 88.1	44.31
		total	499 100.0	426 100.0	5019 100.0	5944 100.0	50.29
Beni	213.6	paved	2 0.2	1 0.3	2 0.4	5 0.3	0.02
		gravel	275 33.1	0 0.0	433 80.0	708 42.6	3.31
		earth	555 86.7	287 99.7	106 19.6	948 57.1	4.44
		total	832 100.0	288 100.0	541 100.0	1661 100.0	7.78
Pando	63.9	paved	2 0.8	0 0.0	0 0.0	2 0.3	0.03
		gravel	39 17.2	0 0.0	0 0.0	39 6.7	0.61
		earth	186 81.9	163 100.0	188 100.0	537 92.9	8.40
		total	227 100.0	163 100.0	188 100.0	578 100.0	9.05
Total	1098.8 x1000	paved	1441 23.2	38 0.8	113 0.4	1592 3.9	1.45
		gravel	3277 52.8	1660 33.7	4933 16.5	9870 24.0	8.98
		earth	1485 23.9	3222 65.5	24910 83.2	29617 72.1	26.96
		total	6203 100.0	4920 100.0	29956 100.0	41079 100.0	37.39
length (%)			15.1	12.0	72.9	100.0	
road density (km/1000km ²)			5.65	4.48	27.27	37.39	

表 2.2-3 世界の道路現況 (1987)

country	area (1000km ²)	total road length (km)	paved road (%)	road density (km/1000km ²)
Japan	377.7	1,098,900	65.4	2.91
Netherlands	41.1	113,600	88.0	2.76
West Germany	248.7	492,500	99.0	1.98
Switzerland	41.3	71,000	-	1.72
Great Britain	230.0	352,300	100.0	1.53
France	551.0	804,900	-	1.46
Austria	83.9	107,500	100.0	1.28
Italy	301.3	301,600	100.0	1.00
U.S.A.	9,363.4	6,242,200	56.0	0.67
Spain	504.8	318,000	56.0	0.63
Korea (south)	99.2	54,700	57.2	0.55
Sweden	411.1	130,900	70.4	0.32
Malaysia	131.6	39,100	80.0	0.29
Brazil	8,512.0	1,675,000	8.0	0.19
Thailand	514.2	84,800	39.9	0.16
South Africa	1,123.2	183,000	28.7	0.16
Mexico	1,969.3	225,700	45.2	0.11
Indonesia	1,919.4	219,000	62.2	0.11
Kenya	582.6	54,600	12.3	0.09
Egypt	1,000.0	32,200	52.1	0.03
*Bolivia	1,098.6	41,100	3.9	0.04

source: World Statistics (Edition 1988), I.R.F.,

*Bolivia: SNC, 1986

この表から道路の発達は、1977、1980および1982年に進められたことが容易に読みとれるが、1983年以降のポリヴィアの経済停滞期には、通行可能な道路延長はほとんどなされていない。泥道の延長距離が減少しているのは、泥道のある区間が最少の維持費さえまかなえないために、通行不能に陥ったからと理解される。

3) 現道

1986年時点における通行可能な道路延長は、表2.2-2 に州別にまとめられている。表2.2-3 は諸外国の現在の道路状況を示したものである。各国における道路種別の分け方は一致していないことを考慮に入れても、これらの数字の間には強い関係があることが示されている。

しかしながら、表2.2-2 と表2.2-3 を比較すると、ポリヴィアにおける現在の道路整備水準がかなり低いことがわかる。ポリヴィアの道路密度は非常に低く、舗装道路の割合も総延長の4%以下と非常に低い値となっている。

2.3 プロジェクト道路の現況

2.3.1 地形、気候、および河川

(1) 地形 (図2.3-1 参照)

本調査地域は「2.1.1ポリヴィアの地形」において分類した溪谷地帯(c)に属している。現道の周囲をみると、道路は本調査の起点のサンタバルバラからカラナビへ、コロイコ川の右側を走っていることがわかる。この道路区間をカラナビに向かって行くと、道路の右側は上り傾斜、左側は下り傾斜となっている。地形勾配は非常に急峻で(表2.3-1 と図2.3-1 参照)、パトゥニ、チャリヤ、プエルトレオンのような所では道路の両側はほとんど垂直に近い、いわゆる断崖絶壁となっている(写真9参照)。この区間には多くのコロイコ川の支流があるが、これらは後で述べられている(表2.3-5)。これらの支流のほとんどはコロイコ川に直角に流れ込んでおり、従って、支流はV字形の深い谷へと地形を侵食してきている。従って、川の西側の地形はひだ状に複雑な様相を呈している。

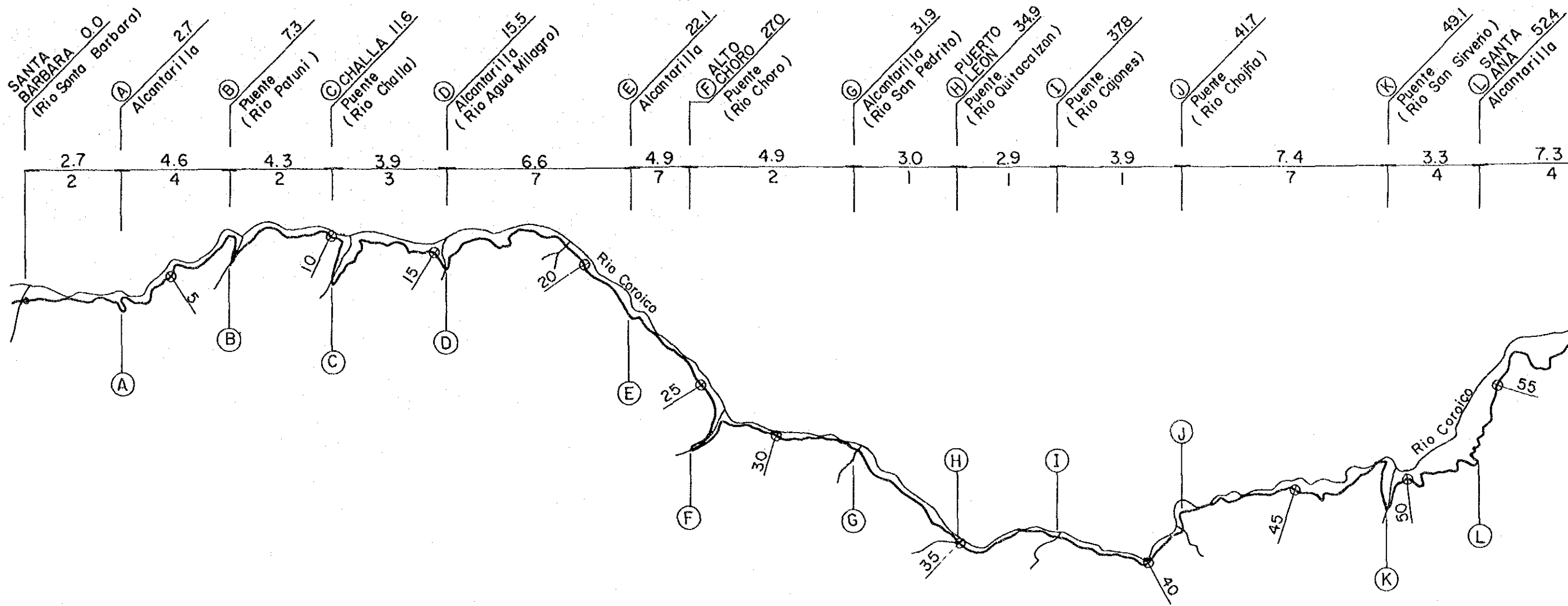
現道の標高は海拔 968mのサンタバルバラから 609mのカラナビへと一様に

Defined Points on the Present Road and Accumulated Distance

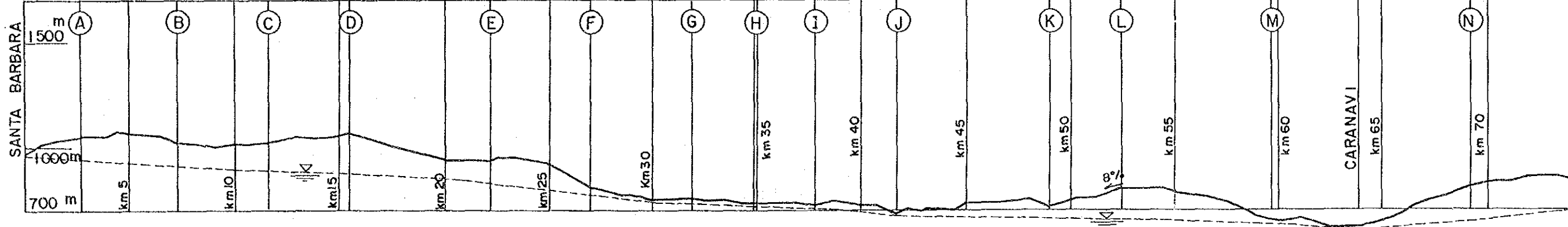
Distance (km)

Critical Points on Horizontal Alignment

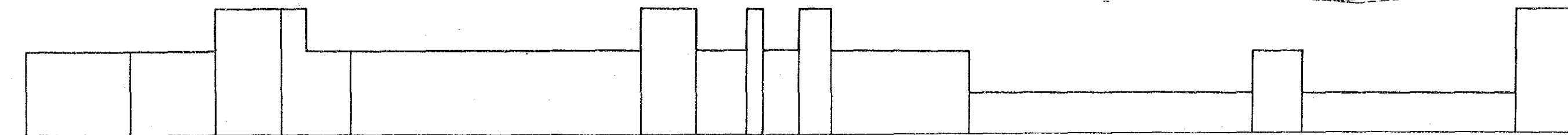
Plan of the Present Road



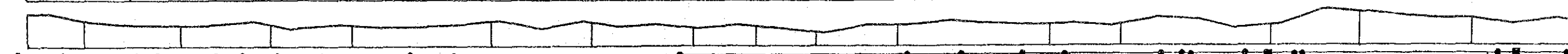
Profile of the Present Road and Critical Points on Vertical Alignment



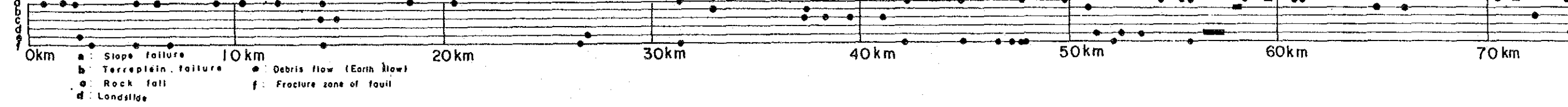
Presupposed Height of Cut Slope after Improvement

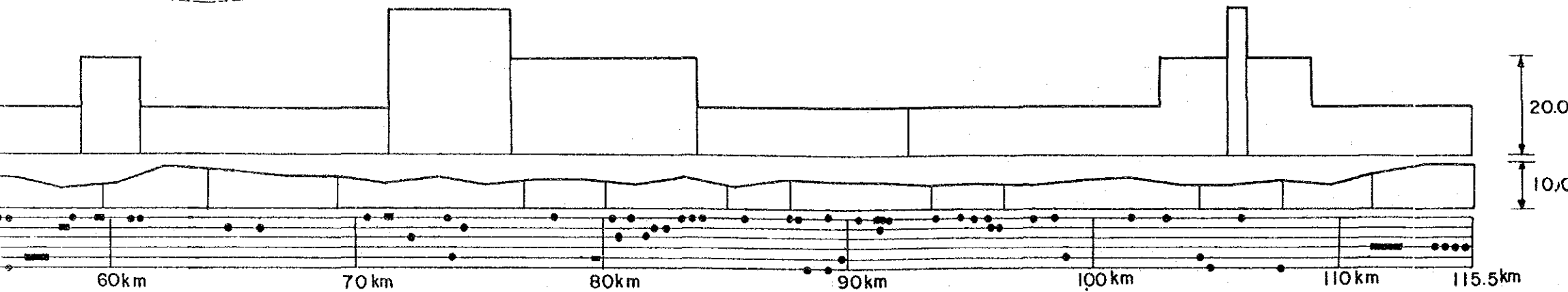
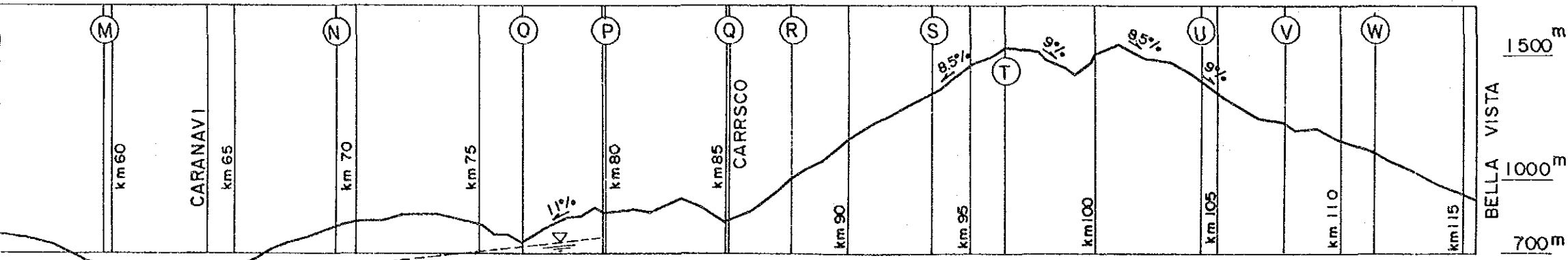
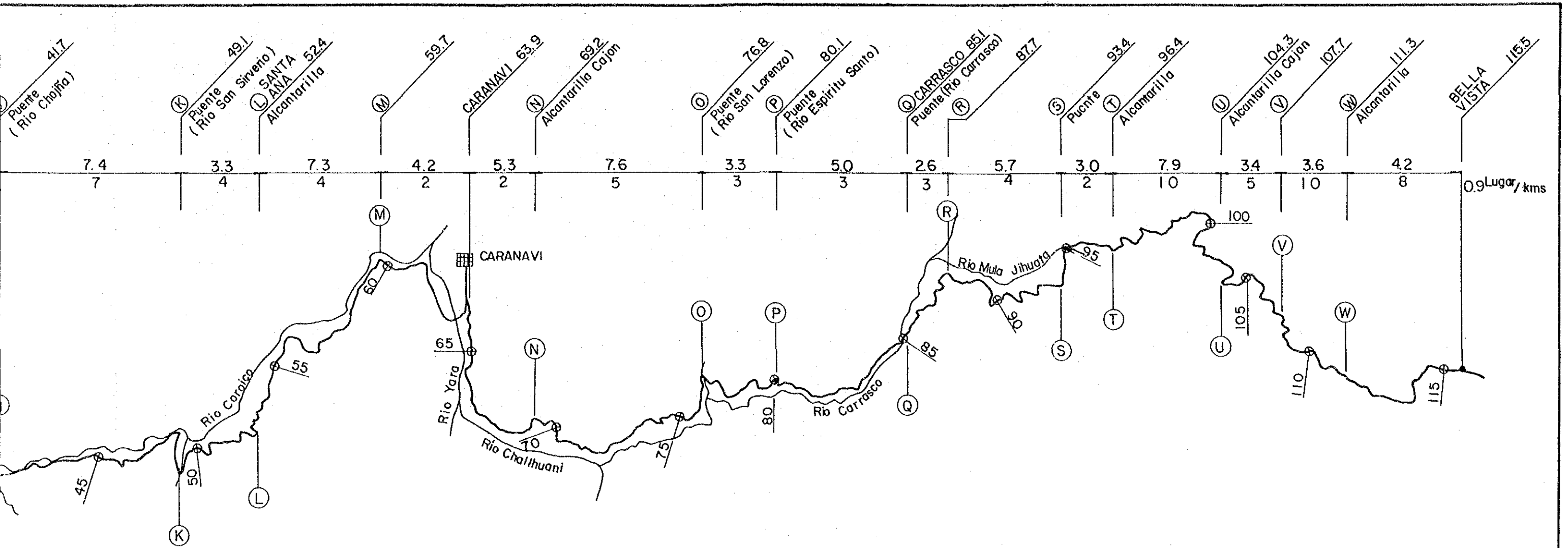


Width of the Present Road



Road Disasters





X: Critical Points; Number of location including radius of curvature for less than 50m in the horizontal alignment.

図 2.3-1 調査地域の現在の道路状況

低くなっている。

カラナビ～カラスコ間には、ヤラ川とその支流（カラコス川およびチャジュアニ川）が現道の右側に流れている。道路の左側は上り傾斜となっている。現道を横断する支流は、山が小さいため川も小さく、沢もあまり入り組んでいないので、サンタバルバラ～カラナビ間で見られるものと比較すると、谷もあまり深くはない。

カラスコの手前3km地点は要衝で、そこでは現道の左側は深い谷、右側は急斜面となっている。カラスコまでの道路区間は上り区間となっており、最高海拔830mまでの高度となっている。カラスコから調査の終点のベジャピスタまでは峠越えの区間で、峠の標高は1,500m、ベジャピスタの標高は915mである。道路がカラスコでカラスコ川（ヤラ川の支流）を横切ると、道路左側の上り斜面はこの地点から峠に至るまで下り斜面となる。峠の手前までは、谷が深く急峻な地形で複雑に入り組んでいるが、大きな川はない。峠付近では断崖絶壁の箇所が見られる。

他方、峠からベジャピスタ間の地形は、峠までの地形とかなり異なっている。道路の勾配は緩やかで、路面の土壌や植生は他の道路区間と異なっているようである。道路の左側はベジャピスタまで上り斜面となっている。

峠から終点のベジャピスタまでの地域は、地形的にはサブアンデス地帯に属する。

プロジェクト道路区間の地質調査結果は第3章で述べられている。

表2.3-1 平均地盤勾配

Sub-section	Average Gradient (deg.)
Santa Bárbara - (F)	38
(F) - (K)	39
(K) - Caranavi	25
Caranavi - Carrasco (Q)	27
(Q) - Bridge (V)	32
(V) - Bella Vista	26

Note: (F), (K) and (V) are the name of the point established in Fig. 2.3-1.

(2) 気候

「2.1.2ポリヴィアの気候」で述べた気候の分類によると、調査地域の気候はアルティプラノ地帯の気候とほぼ同じである。しかしながら、調査地域はベニ地域に非常に近く、また標高もかなり低いため（だいたい海拔 1,000m以下）、その気候はベニ地域の気候と非常によく似ている。気象観測所はこの地域ではカラナビにあるのみで、過去の降雨量のデータはベジャビスタのCORDEPAZの事務所にある。ここから得られたデータは、表2.3-2 から表2.3-4 にまとめられている。本地域はアンデス山脈の東斜面に位置しているため、大西洋から高温多湿の東風がこの斜面にあたり、かなりの降雨をもたらしている。一般的に、12月から4月までの期間はこの地域では雨季となり、サンタバルバラから峠（カラスコーベジャビスタ間）の年降雨量は1,500mm から2,000mm の間を記録している。峠のベジャビスタ側の地域では2,000mm から2,500mm の雨量となっている（表2.3-2 と表2.3-4 参照）。表2.3-2 と表2.3-4 において最大の日降雨量をみると、カラナビで 220mm / 日、ベジャビスタで138mm/日であり、共に雨季以外に記録されている。スラッソーと呼ばれる南風がしばしば乾季に強く吹き、この地域に豪雨をもたらす。

気温に関し、ベジャビスタのCORDEPAZの事務所は記録をもたないが、調査地域においては、気温は過去においてそれ程大きな変動はなく、調査地域では

表 2.3-2 降雨データ (月別)

Station: CARANAVI
 Province: North YUNGAS
 Department: LA PAZ

Month	Amount of Monthly Rainfall			Maximum Daily rainfall			Number of Days with Rainfall		
	1982	1984	1985	1982	1984	1985	1982	1984	1985
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	day	day	day
Jan.	191.0	389.0	146.9	45.0	51.0	38.0	10	19	18
Feb.	210.0	314.0	152.0	42.0	55.0	30.0	14	15	11
Mar.	129.0	380.0	237.0	45.0	60.0	43.5	8	19	11
Apr.	44.7	158.6	180.0	11.4	51.0	80.0	6	8	6
May	77.0	18.0	17.0	49.0	15.0	16.0	6	2	2
Jun.	59.0	5.0	15.0	17.5	4.5	10.0	9	2	2
Jul.	94.0	14.0	0.0	23.0	4.0	0.0	8	5	0
Aug.	36.0	60.0	100.0	14.0	30.0	60.0	6	4	2
Sep.	85.0	148.0	246.0	38.0	96.0	220.0	10	5	2
Oct.	81.0	146.0	-	30.0	35.0	-	8	7	-
Nov.	107.0	177.0	-	33.0	28.0	-	8	14	-
Dec.	127.0	88.0	-	41.0	41.0	-	12	14	-
Total	1240.7	1897.6	-	-	-	-	105	114	-
Average	103.4	158.1	121.5	-	-	-	9	10	6

Source: " SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA "

表 2.3-3 気温と湿度

Station: CARANAVI
 Province: North YUNGAS
 Department: LA PAZ

Month	Mean Temperature			Maximum Temperature			Minimum Temperature			Relative Humidity		
	1982 Deg. C.	1984 Deg. C.	1985 Deg. C.	1982 Deg. C.	1984 Deg. C.	1985 Deg. C.	1982 Deg. C.	1984 Deg. C.	1985 Deg. C.	1982 %	1984 %	1985 %
Jan.	22.5	24.2	25.1	39.0	34.0	38.0	10.0	11.0	7.5	77	84	80
Feb.	22.2	22.9	22.2	39.0	34.0	35.0	9.5	6.5	7.0	78	80	81
Mar.	20.8	22.8	26.6	37.0	37.0	36.5	5.0	9.0	15.5	82	70	80
Apr.	21.2	22.9	24.4	37.0	38.0	36.0	7.5	9.0	10.0	80	81	76
May	19.0	22.6	24.4	35.0	35.5	37.0	4.0	9.0	9.0	78	82	70
Jun.	21.0	23.4	22.4	32.0	34.5	35.0	6.0	10.5	10.0	81	82	71
Jul.	20.0	21.5	20.8	34.0	37.0	36.0	2.5	6.0	7.0	72	80	72
Aug.	20.4	21.4	19.5	35.5	39.0	35.0	6.0	6.0	9.0	67	82	76
Sep.	21.2	24.3	20.8	36.0	38.0	35.0	6.0	7.0	8.0	73	81	74
Oct.	22.7	23.9	-	39.0	38.0	-	7.0	10.0	-	79	70	-
Nov.	20.7	23.0	-	38.0	36.0	-	4.0	11.0	-	79	80	-
Dec.	24.1	24.4	-	37.0	38.0	-	10.0	9.5	-	83	72	-
Average	21.3	23.1	22.9	-	-	-	-	-	-	77.4	77.8	75.6

Source: " SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA "

表 2.3-4 降雨データ

Station: Bella Vista (Km.53)

Province: North YUNGAS

Department: LA PAZ

	Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
	1978	-	175.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1979	100.0	-	-	112.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maximum	1981	107.0	37.7	85.8	67.9	44.7	32.0	19.0	67.4	57.2	26.6	156.9	80.0	-
Rainfall	1982	-	-	86.5	43.0	13.5	33.8	35.4	49.7	28.3	54.8	48.5	48.9	-
in 24 Hours	1983	-	63.9	60.4	-	75.4	38.1	22.6	13.2	51.5	36.6	138.2	44.1	-
	1984	34.5	48.6	137.3	79.5	33.2	41.1	44.0	138.2	36.6	51.5	13.2	25.3	-
	1985	80.8	39.7	53.9	49.7	18.9	16.7	22.7	17.2	37.0	74.5	50.5	68.8	-
	1986	31.3	62.2	74.2	51.5	10.3	28.2	29.0	28.8	41.7	32.0	84.5	40.8	-
	1987	67.5	17.6	39.5	47.5	42.0	49.0	26.5	79.0	22.0	63.0	53.5	53.0	-
	1978	-	327.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1979	-	-	-	222.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Monthly	1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rainfall	1981	434.2	255.1	372.8	160.3	97.7	79.4	49.6	142.4	161.1	166.0	329.5	328.5	2576.6
	1982	-	-	390.3	164.3	44.4	137.7	50.6	69.2	52.2	180.7	214.4	298.0	-
	1983	-	295.8	306.0	-	319.1	181.4	87.9	48.5	152.2	117.6	362.2	168.7	-
	1984	367.8	405.2	326.9	186.8	155.4	185.2	168.7	362.2	117.6	152.2	48.5	-	-
	1985	297.0	201.5	254.3	258.7	84.5	31.4	52.1	58.2	138.6	171.3	169.7	239.0	1956.3
	1986	187.5	478.2	260.8	224.7	46.8	137.8	135.3	145.2	196.8	131.5	301.7	169.9	2416.2
	1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Source: Data from the Office of CORDEPAZ at Bella Vista

5℃から40℃の間と言われている。毎月の平均気温の最高と最低は表2.3-3に示されているように、39℃および22℃とみられている。従って、この地域の気候は垂熱帯地域に近い多湿であるが、穏やかであると言える。

(3) 河川

すでに述べたように、現道はサンタバルバラからカラナビの区間においてしばしば河川を横断している。プロジェクトのために調査の必要な河川は表2.3-5に掲げてある。各河川の横断、河床の勾配、過去の最高水位につき、道路が横断する付近で調査が実施された。表に記載されている12の河川のうち8つはサンタバルバラとカラナビとの間に位置している。カラスコ川以外の河川の流れはすべてV字形の深い峡谷の底を急流をなして流れている。一般的に言えば各河川の流域はそれ程広くはない。しかし、流達時間が非常に短いので、豪雨の後の川の最大流出量の常時流量に対する比率は非常に大きくなっている。このため土砂は土石流としてこれらの河川に流れ込む。

他の河川は非常に小さいので、表には示されていないし、これらを特に取りあげて詳細に検討する必要はない。また、プロジェクト道路にほぼ並行に流れているコロイコ川とヤラ川は本プロジェクトに非常に大きな影響を及ぼすとは考えられない。

表 2.3-5 調査地域の主な河川

River	River bed		Past**	Cross sec.
	height*	gradient	H.W.L.	area***
Patuni	996.4 m	9.5 %	997.5 m	18.0 m ²
Challa	1030.5	12.5	1033.9	13.0
Calacala	924.5	-	927.8	-
Choro	807.5	3.0	809.4	45.5
Quitacalson	715.7	2.5	718.6	64.0
Cajones	727.0	3.0	728.0	8.0
Chojña	681.8	5.5	682.6	4.0
San Silverio	711.0	6.5	713.0	30.0
San Lorenzo	733.1	5.0	734.0	13.5
Espiritu	850.2	9.0	851.6	12.5
Carrasco	823.6	1.5	824.6	16.5
Avaroa	1335.9	19.0	1336.6	3.0

Note: * Height is that above sea level. All values are those where the existing road crosses the river.

** Past High Water Level (H.W.L.) were estimated by site observation and local knowledge.

*** Cross sectional area given is at the time of H.W.L..

2.3.2 現地踏査結果

(1) ポイントの設置

現地踏査位置を明確にするため、サンタバルバラ～ベジャビスタ間に、ポイント(A)からポイント(W)までの23箇所のポイントを設置した。

(2) 平面線形

現道の平面線形はプロジェクト区間全般にわたりほとんど直線区間がなく、また曲率半径の小さなカーブが多いため、非常に好ましくない状況にある。この結果、視距が悪く交通の障害となっている。平面線形がこのように好ましくないものになっている最も基本的な理由は、この間における地形条件の制約を受けているからである。第2の理由は、橋梁やトンネルなどの建設コストのかさむ構造物を避けた建設となっていることにある。このため道路は、橋がなくてもすむように、沢や谷の奥深くまで入り込むことを余義なくされている。この結果、道路は曲率半径の小さな多くのカーブを利用し、曲がりくねったものとなっている。

図2.3-1は、各区間ごとに平面曲線半径が50m以下のカーブの箇所数を表示したものである。また、次式で計算された現道の曲率を表2.3-6に示してある。

$$C = (\Sigma IA) / D$$

C : 曲率 (度/km)

IA : 各カーブのインターアングル

D : 道路区間の距離 (km)

半径が50m以下のカーブをみると、その2/3がポイントTからベジャビスタ20km区間にある。他方、ポイント(F)からポイント(J)の15km区間にはそのようなカーブは少ない。

表2.3-6 現道の平面線形

Sub-section	Distance (km)	Number of curves			Curves per km			Curvature (deg./km)
		R<50 m	50 m<R	total	R<50 m	50 m<R	total	
S/Barbara - (P)	27.0	25	256	281	0.93	9.48	10.41	571
(P) - (K)	22.1	12	136	148	0.54	6.15	6.70	343
(K) - Caranavi	14.8	10	107	117	0.68	7.23	7.91	473
Caranavi - (Q)	21.2	13	196	209	0.61	9.25	9.86	579
(Q) - (V)	22.6	24	238	262	1.06	10.53	11.59	725
(V) - B/Vista	7.8	18	58	76	2.31	7.44	9.74	692
Total	115.5	102	991	1093	0.88	8.58	9.46	555

(3) 縦断勾配

基本的には現道の縦断勾配は、サンタバルバラからカラナビまでコロイコ川に平行に下っている。しかしながら、危険な崖を避けたり、道路が深く入り込んだ沢を横切るところでは、その勾配は7%以上の急勾配となっている。カラナビ～ベジャビスタ間においては、道路が標高1,500 mの峠を越えなければならないため、その縦断勾配が急になる箇所が多くみられる。問題箇所の勾配と、その勾配の続く区間は表2.3-7 に示されている。

表2.3-7 問題箇所の縦断勾配

Location from : to	Vertical gradient	Continuous length
K + 3.0 : L + 0.2	8.0 %	500 m
O + 1.6 : + 1.9	11.0	250
S + 0.9 : + 1.5	8.5	600
T + 1.6 : + 1.9	9.0	300
T + 4.6 : + 4.9	8.5	250
U + 0.0 : + 0.2	9.0	200

1) ポイント (L) の付近 (サンタアナ)

現道の概略縦断図が図2.3-2 に示されている最大の縦断勾配は8%以上で、その継続区間は500 mとなっている。従って、この区間の自動車の走行速度は25km/h以下となる。道路は頂上に向かって上っているが、周囲の地形を観察すると下方には道路のルートとしてより良いところが見い出される。

2) ポイント (O) +1.8km

この点の縦断勾配はおよそ11%である。縦断は図2.3-3 に示されている。

3) ポイント (S) とポイント (V)

この区間には頂上が2箇所ある。しかし、この両頂上とも峠を越すためではない。従って、道路が急勾配の上りとなる必要はない。より良い縦断線形は別のところに見い出される可能性がある。この区間の縦断は図2.3-4 に示されている。

(4) 幅員

路肩をも含めた現道の幅員が図2.3-1 に示されている。表2.3-8 はその結果をとりまとめたものである。

表2.3-8 道路幅員の構成

W (m)	Length(km)	Proportion(%)
W < 5	43	37
5 < W < 6	39	34
6 < W < 7	20	17
7 < W	14	12

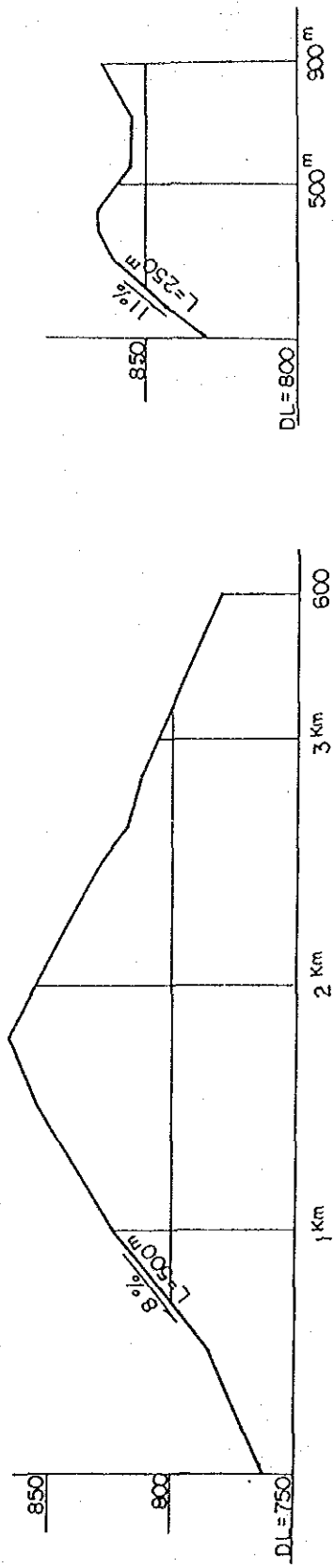


図 2.3-2 ポイント (L) 付近の縦断

図 2.3-3 ポイント (0) +1.8km の縦断

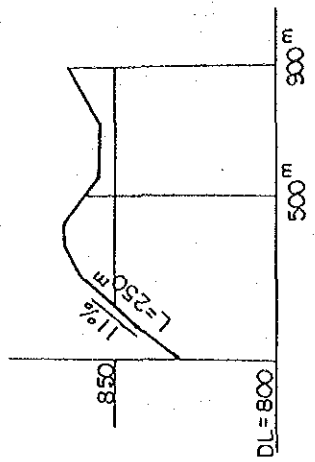
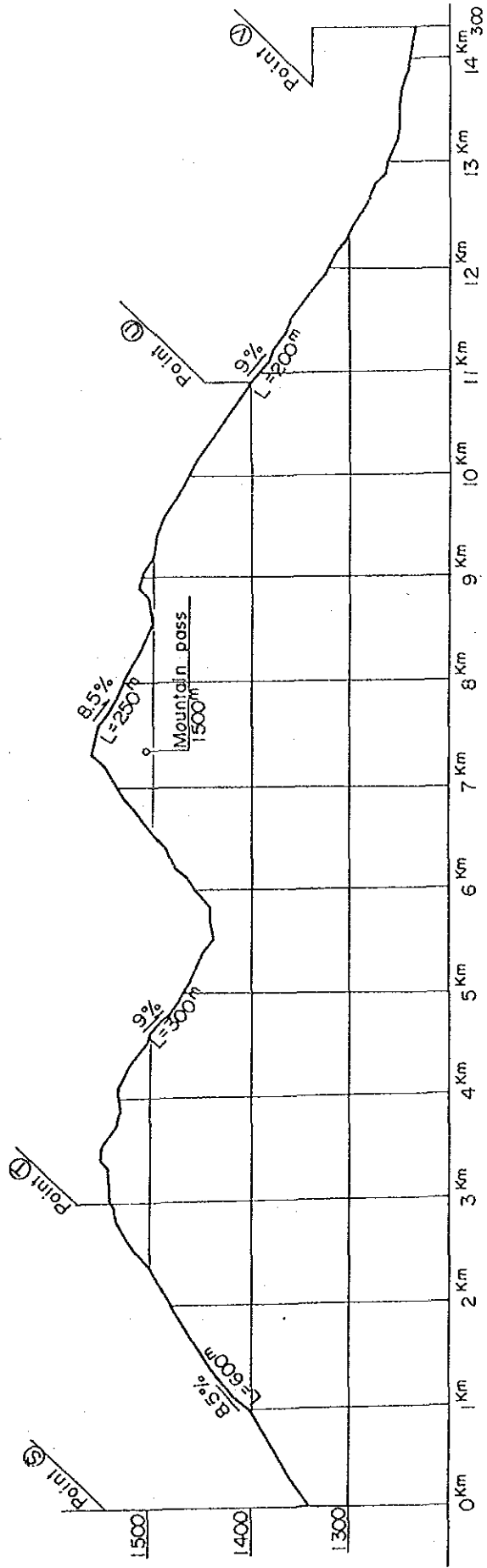


図 2.3-4 ポイント (S) とポイント (V) 間の縦断



平面曲線を考えると幅員が6 m以下の区間では車の擦れ違いは困難である。このような道路区間はプロジェクト区間の全体の70%にも達している。幅員が極端に狭い(4 m以下)の区間は以下のとおりである。

a) ポイント C + 1.0km	W = 3.8m
b) ポイント H + 1.2km	W = 3.8m
c) ポイント H + 2.5km から ポイント I + 0.4km まで	W = 3.1m から 3.7m
d) ポイント P + 1.7km	W = 3.2m

(5) 橋梁

図2.3-1 に示したように、プロジェクト道路には現在14の橋が架けられている。これらの橋の構造、アプローチ道路の線型、損傷の程度等が調査された。

SNCとの調査に対するヒヤリングの結果、ヤラ橋を除くすべての橋は、1965年以前に建設されたものであった。ヤラ橋は1980年に建設され、プロジェクト道路では最も新しい橋である。このヤラ橋以外はすべて深い沢の奥に架けられたものである。

1965年以前に架けられた橋は、構造上次の5つのタイプに分けられる。

a) 鋼板 I 桁橋	(5 橋)
b) 鋼板ワーレントラス	(3 橋)
c) 鉄筋コンクリート床板	(2 橋)
d) 鉄筋コンクリート T 桁橋	(2 橋)
e) 鉄筋コンクリート逆 U 字桁橋	(1 橋)

これらの橋の橋長は6 mから28.3m、支間長は5.6mから28m、有効幅員は3.8mから6.0mである。これらの橋はより細かく分類できる。

他方、ヤラ橋はカラナビの手前のヤラ川にかけられたPC合成I型橋で、橋長180.8 m、支間長30m×6、有効幅員7.3mの橋である。この橋のみが2車線の幅員をもつ橋である。橋の詳細については表2.3-9 に示されている。

表 2.3-9 橋梁の調査結果 (1)

Name of Bridge	Location	Accumulated Distance(Km)	Type of Bridge	Total Bridge Length (m)	Effective Width (m)	Remarks
Patuni Bri.	Point "B"	7.3	Steel I-Section Girder	8.4	4.4	Precast RC Slab
Challa Bri.	Point "C"	11.6	ditto	8.4	4.4	ditto
Cascada Bri.	Point "D" + 5.1 Km	20.6	ditto	6.0	4.4	ditto Skew Angle L-68 degree
Alto Choro(1) Bri.	Point "E" + 4.6 Km	26.7	RC Reversed U-Type Girder	5.6	4.9	
Alto Choro(2) Bri.	Point "F"	27.0	Steel Warren Truss	28.3	3.8	Cast in Place RC Slab
Puerto Leon Bri.	Point "H"	34.9	Wooden Bridge and Steel Warren Truss	26.1	4.6	Reinforced Wooden Bridge with 5 I-Section Beams
Cajones Bri.	Point "I"	37.8	Steel I-Section Girder	7.6	6.0	Wooden Slab
Chojna Bri.	Point "J"	41.7	ditto	12.5	4.2	Cast in place RC Slab Skew Angle L- 66 deg.20 min.
San Silverio Bri.	Point "K"	49.1	Steel Warren Truss	14.5	4.6	ditto
Yara Bri.	Point "M" + 3.2 Km	62.9	PC I-Section Girder(6 - Span)	180.8	7.3	Post Tension Method Cast in Place RC Slab
San Lorenzo Bri.	Point "O"	76.8	3 Continuous Span RC Slab	22.8	5.0	
Espiritu Bri.	Point "P"	80.1	RC T-Section Girder	18.6	4.3	
Carrasco Bri.	Point "Q"	85.1	ditto	18.7	4.3	
Avaroa Bri.	Point "S"	93.4	RC Slab	8.2	5.8	

Note : "Accumulated Distance" is a distance from Santa Bárbara.

1) アクセス道路

カスカダ橋、アルトチョロ橋およびチョフニャ橋にアプローチする道路の線形は、半径200 m以上の比較的長い半径となっている。他の橋は入り込んだ沢の深部に位置しているため、18m以下の非常に短い半径となっている。この詳細については表2.3-10にまとめられている。

2) 損傷の程度

目視による調査の結果、スチール橋はコンクリート橋に比べ損傷の程度が大きいことが見い出された。特に、さびが鋼材のいたるところに見られ、横方向の部材には欠損があり、床板は破損している。また、プレキャスト床板と主桁間の結合は不十分であると思われる。鋼橋の場合、鋼材の全面にさびがあり、部材の歪み、床板下面の鉄筋の露出や腐食が激しい。

コンクリート構造の場合では、主桁のひび割れや床板の穴等が、特に鉄筋コンクリート逆U字桁橋において見られる。

他のコンクリート橋においては、ヘヤークラックが見られるだけである。一方、ヤラ橋は床板、桁とも良好な状態にある。調査された橋すべてに地覆がほどこされているが、高欄は鋼板I桁橋、鉄筋コンクリート床板橋の1橋、鉄筋コンクリート逆U字桁橋には見られない。この橋梁調査では、構造の露出した部分のみが調査できたにすぎない。しかしながら、構造の状態は概して良好な状態にある。

岸盤や砂礫層が地表に露出しているため、基礎は直接基礎として建造されていると考えられた。

3) 橋梁の付属物

橋梁の付属物は表2.3-11に示されている。

表 2.3-10 橋梁の調査結果 (2)

Name of Bridge	Outward and Evaluation		Remarks	
			Results of Compressive Strength Test by Schmidt Hammer	Horizontal Minimum Radius of Access Road
Patuni Bri.	Parts of the present slab are broken away. The connections between the slab and main girder are not sufficient. Almost all members are rusted. Three cross bars are cut off at the centers.	III	218 - 242 Kg/cm ² (Slab)	R min = 14 m
Challa Bri.	The connection between the present slabs and main girders are not sufficient. The outside girder of the upper stream is bent, and horizontal deformation has come to approximately 6 cm.	III	-----	R min = 18 m
Cascada Bri.	Parts of the precast slab are broken away and the round reinforced bars are exposed. A pair of cross bars are lost.	III	197 - 215 Kg/cm ² (Slab)	R min = 300 m
Alto Choro Bri. (1)	Two holes are found in the slab, and one of the holes is 30 cm in diameter. Many cracks are found on the girders, especially on the outside girder on the upper stream side. Parts of the concrete girders are broken away and the round bars are exposed.	IV	188 - 203 Kg/cm ² (Slab and girder)	R min = 200 m
Alto Choro Bri. (2)	Deformed bars are exposed under the surface of the slab. A lower chord member at an end of the bridge is bent.	IV	251 - 285 Kg/cm ² (Slab)	R min = 12 m
Puerto Leon Bri.	Since wooden slab is not connected with cross bars, the whole rigidity of the bridge is not enough. Lateral bracing members nearby the abutment are bent.	III (IV)	233 - 261 Kg/cm ² (Pier)	R min = 15 m
Cajones Bri.	The slab consists of wood and soil, and has a hole of 80 cm in diameter. The main girders consist of several I-Section steel and wood, and do not have cross beam. The steel girders are rusted.	IV	-----	R min = 14 m
Chojna Bri.	The upper surface of the concrete slab is abraded and the reinforced round bars are exposed. End parts and surrounding of the slab's transverse joint of the girders are hardly rusted.	II	196 - 214 Kg/cm ²	R min = 400 m
San Silvirio Bri.	Deformed bars of the slab are exposed everywhere. Steel truss members are rusted especially on the lower chord members and the splice plate are hardly rusted.	III	223 - 249 Kg/cm ²	R min = 16 m
Yara Bri.	Can't find to be noted especially.	I	-----	-----
San Lorenzo Bri.	A lot of hair cracks are found on the upper surface of the slab, but not found on the lower slab.	II	249 - 289 Kg/cm ²	R min = 17 m
Espiritu Bri.	The upper surface of the concrete slab is abraded. An end part of the slab is broken away.	II	214-237 Kg/cm ² (Slab) 233-262 Kg/cm ² (Girder)	R min = 17 m
Carrasco Bri.	ditto.	II	261-298 Kg/cm ² (Slab) 229-259 Kg/cm ² (Girder)	R min = crank
Avaroa Bri.	A lot of hair cracks are found on the lower surface of the slab.	II	240-271 Kg/cm ² (Slab)	R min = 16 m

Note:1 Evaluation Method

I Good

II Need of resurfacing (overlay)

III Necessary to reconstruct concrete slab or part of members.

IV Preferable to change with a new bridge or box culvert.

2 Nothing is to be noted for abutments and piers. (Comparatively good)

表2.3-11 橋梁の観察結果

	Joint Appurtenance	Joint	Drainage Facilities
Steel I-Section Girder	x	x	x
Steel Warren Truss	x	0	0
RC Slab	x	0	0
RC T-Section Girder	x	0	0
RC Reversed U-type Girder	x	x	x
PC I-Section Girder	0	0	0

Note: x = absence, 0 = existence.

(6) 災害地点

本計画道路の現地踏査、地質調査、地元住民及び関係機関への聞き込み調査により、本計画道路沿いの災害調査を行なった。

始めに、何らかの災害が過去に発生した地点及び将来災害が発生する可能性のある地点を選定し、次にそれらの地点を個々にどのような対策をこうずるべきかを考慮しながら詳細に調査を行なった。

上記調査の結果それらは97地点存在することが判明した。これら地点の詳細な現況については本報告書第3章“地質調査”に示した。

各地点の状況及び特性を検討し、今後とも災害の発生する可能性がなく安定していると判断される地点を除外した結果、災害の可能性のある地点は60地点であることが判明した。

この調査は主として次の事項について行なった。

- a) 法勾配及び法高（自然法面及び切土法面について）
- b) 法面の土質区分（硬岩、軟岩、土砂等の区分）
- c) 風化、浸食等の状況
- d) 湧水の有無
- e) 地層
- f) 法面崩壊、地すべり等の状況
- g) 聞き込み調査による過去の災害記録
- h) 航空写真による判定（主として地すべり）

災害の可能性のある地点と判断した60地点は、次のような災害種別により6つに分類された。

- a) 切土法面ないし自然法面崩壊
- b) 盛土法面崩壊
- c) 落石
- d) 地すべり

e) 土石流ないし土砂流

f) 断層破碎帯

各災害タイプの概念図を図2.3-5 に示す。

1) 切土法面ないし自然法面崩壊

通常、表層崩壊と深層崩壊に区分されるが、本計画道路においては深層崩壊は存在せず、全て表層崩壊と判断された。

法面は土砂ないし砂利混りの土砂であり、この災害は主として風化又は浸食に起因すると考えられる。この災害タイプに分類された地点の多くは安定法面勾配が確保されておらず、そのため風化ないし浸食の進行によって崩壊が発生しやすい状況である。

2) 盛土法面崩壊

現道には盛土区間はほとんどないため、この種の崩壊は数地点に限定される。

このタイプの災害は主として段切りをせずに不安定な法勾配の上に盛土を行なったことに起因すると考えられる。第2次的な原因としては転圧が不十分であったことと、急勾配で盛土法面を施工したことがあげられる。

3) 落石

落石は岩質の法面のみならず、玉石混り土砂の法面においても発生しうる。

4) 地すべり

この地すべりは、下層土の脆弱な地質構造によって除々に進行している比較的大規模なものが含まれる。

5) 土石流／土砂流

土石流／土砂流は上流にあるがい堆等の堆積物の崩壊によって発生し、下流に甚大な損害を与える。多くは水の流れを伴なう。

この災害は上流のかけはなれた地点での崩壊に起因するため、その発生の予測は比較的困難である。

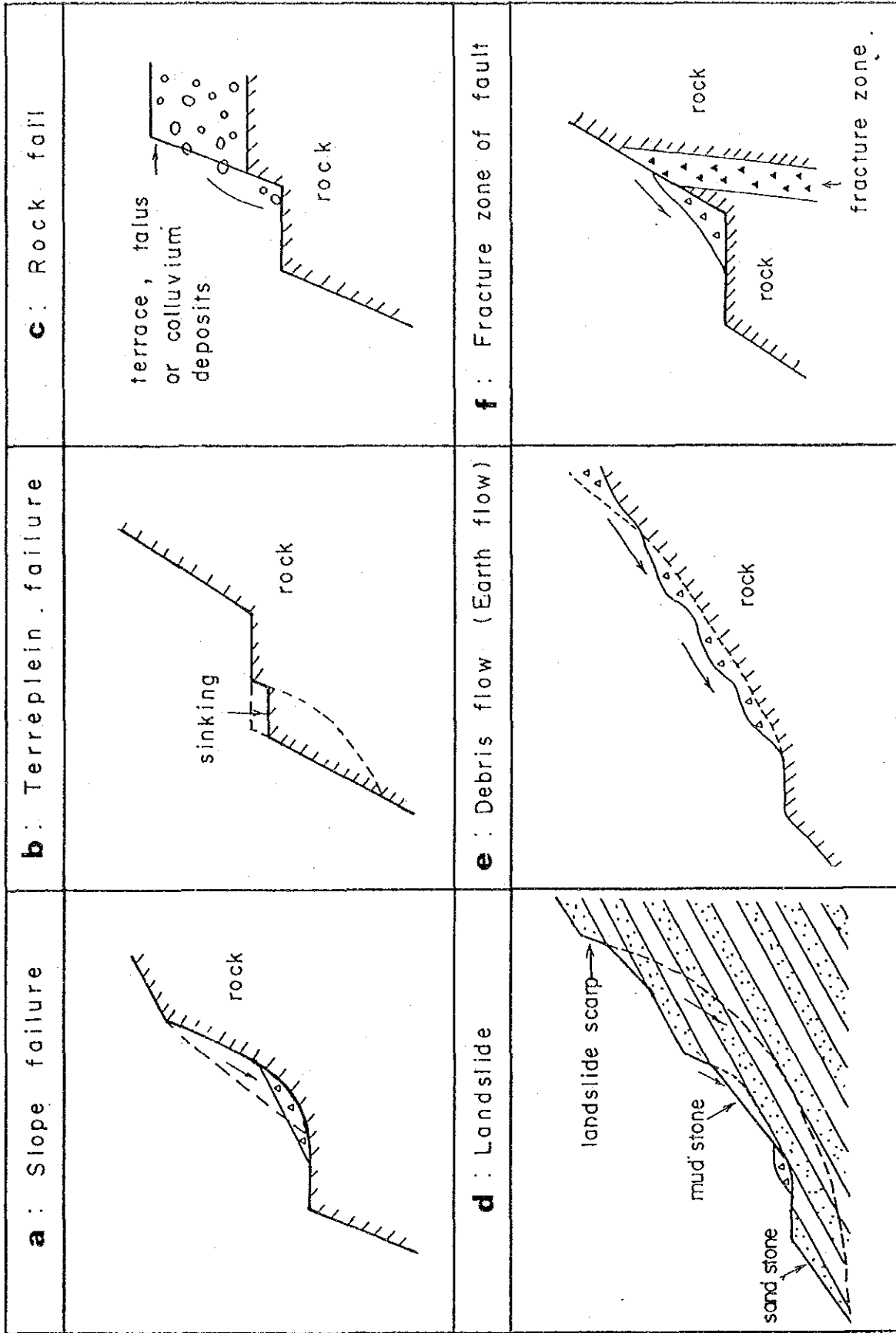


图 2.3-5 災害種別

6) 断層破碎帯

断層破碎帯は、主として断層のずれによって生じる。

60箇所の災害の可能性のある地点の災害種別による分類結果を表2.3-12に示す。各地点の詳細については別途、表4.5-1 示す。

表2.3-12 タイプ別災害予想地点数

Sub-section	Type of Failure						total
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
S/Barbara - (F)	7	0	1	0	1	0	9
(F) - (K)	8	1	1	0	0	0	10
(K) - Caranavi	5	0	0	0	3	0	8
Caranavi - (Q)	11	0	0	0	4	0	15
(Q) - (V)	8	2	1	0	1	0	12
(V) - B/Vista	1	0	0	4	1	0	6
Total	40	3	3	4	10	0	60

Note:1) These 60 places are a part of the 97 places which are described in "3. GEOLOGICAL INVESTIGATIONS", and are those having disaster potential with stability Grade II or III in Table 3.3-1.

2) All places in Type f have been simultaneously categorized in other group of type, and counted as in the other type in the above table. So, the number of Type f places are zero.

タイプ(a) (切土法面崩壊) は現道のほぼ全線にわたってみられるが特に、カラナビからポイント(Q) (カラスコ) の区間に多く存在する。

タイプ(b) (盛土法面崩壊) の存在する区間は限定されており、ポイント(F) (アルト・チョロ) ~ポイント(K) およびポイント(Q) (カラスコ) ~ポイント(V) である。

落石のある区間も同様に限定されており、サンタバルバラ~ポイント(K) およびポイント(Q) (カラスコ) ~ポイント(V) である。

地すべりの可能性のある地点は本計画道路の終点 (ベジャビスタ) 付近に存在する。

(7) 現況法面

現況法面勾配および改良後（拡巾後）の法高の概略測定を現地踏査の中で行なった。結果を表2.3-13および2.3-14に示す。また、図2.3-1に模式的に示した。

表2.3-13 改良後の概略法高

Height of Slope (m)	Length (Km)	Rate of the Whole Section (%)
H<10	49.2	43
10<H<20	51.1	44
H>20	15.2	13
Total	115.5	

(8) 排水施設

現道のほとんどの区間が山の斜面を切土して建設されていることを考えると、以下の3つのタイプの排水施設の設置が、道路を良好に維持するために重要である。これらは、道路横断排水、切土部の路側排水、及び切土法先排水である。

1) 道路横断排水施設

一定の流れのある所では（本章の「(5)橋梁」において述べたすでに橋のある所は除く）、多くのコルゲート・メタル・パイプかコンクリート・パイプが道路横断排水施設として設置されている。これらはすべて、調査団により作成された1:5,000の地形図に示されている。

一般に管の直径は600mmから1,000mmの間のもので、管が最も多く埋蔵されているところでは300mごとに設置されている。

設置されているパイプの許容通水量が山からの流出量に対し不足しているところが多い。また、管の多くは翼壁のような入出口構造が不適切で管が十分に機能していない。

ちょうどSNCはIDB資金で現在の道路横断排水施設を改善する意向をもってしたが、本調査結果をみるために、この計画はストップされてい

表 2.3-14 区間別現況法面勾配及び改良後の概略法高

Sub-section	Gradient (deg)	Estimated height (m)
Santa Barbara-A	60	10<H<20
A-B	45-60	10<H<20
B-Challa(c)	55-80	10<H<20 or 20<H
Challa(c)-D	65-90	10<H<20 or 20<H
D-E	60-70	10<H<20
E-Alto Choro(F)	60	10<H<20
Alto Choro(F)-G	40-90	10<H<20 or 20<H
G-Puerto Leon(H)	90	10<H<20 or 20<H
Puerto Leon(H)-I	60-90	10<H<20 or 20<H
I-J	65-90	10<H<20 or 20<H
J-K	55-90	H<10 or 10<H<20
K-Santa Ana(L)	45-55	H<10
Santa Ana(L)-M	45-70	H<10 or 10<H<20
M-Caranavi	50-70	H<10 or 10<H<20
Caranavi-N	55-60	H<10 or 10<H<20
N-O	45-70	10<H<20 or 20<H
O-P	60-65	10<H<20
P-Carrasco(Q)	40-90	H<10 or 10<H<20
Carrasco(Q)-R	60	H<10
R-S	60-80	H<10
S-T	60	H<10
T-U	60-90	H<10 or 10<H<20
U-V	60-75	10<H<20 or 20<H
V-W	45-70	H<10 or 10<H<20
W-Bella Vista	45	H<10

る。

2) 切土部の路側排水施設

山からの水を集め、それを道路横断排水溝に送る路側排水溝が、いくつかの区間において素堀の路側溝として設置されている。しかしながら、これらは設置された時から容量が小さかったり、損傷を受けたり、必要な維持作業が不十分で土が溜って埋没して十分に機能していない。この結果、しばしば路面に水があふれ、道路に損傷を与えている箇所が随所にみられる。

3) 切土法先排水施設

タテ溝やめくら排水のような排水施設は全く設置されていないので、斜面を流れる水は、しばしば斜面崩壊や落石を引き起こしている。

(9) その他の施設

標識、ガードレール、デリニエーター、道路反射鏡のような安全施設は現道には全く設置されていない。道路改良にあたり、このような施設が本質的に重要であると考えられる箇所がかなりあることが現場踏査により明確となった。

第 3 章 地質調査

第3章 地質調査

3.1 地質概要

地質概要は図3.1-2(1)地形学図および図3.1-2(2)ボリヴィア北部地質図に基
述、ボリヴィア北部は北西～南東方向へ伸びる帯状の地質構造を形成し、6
つの地質区に区分される。これら6つの地質区の配列は南西より北東向へ次
の通りに区分される。

- (1) 西アンデス山脈
- (2) プーナ面（アルティプラノ）
- (3) 東アンデス山脈
- (4) サブアンデス帯
- (5) アマゾン低地（ベニ川低地）
- (6) ブラジル楕状地

西アンデス山脈は古生代の堆積岩類を核として、その北東斜面に第三紀～第
四紀の火山岩類が厚く堆積している。

これらの火山岩類は安山岩、石英安山岩、凝灰岩、イグニンプライト等から
なる。西アンデス山脈の北部、南部への延長には、多数の活火山が存在する
が、本地域には活動的な火山は存在しない。

本山脈は古生代～中生代に隆起し、その後浸食を受けた後、第三紀以降再び
火成活動を伴う隆起運動を受け現在にいたっている。プーナ面は第三紀堆積
岩類によって構成される地溝帯である。その堆積面は隆起した後浸食を受け
現在は各所に浸食残丘として残存している。低位浸食面はその後、第三紀末
～第四紀の湖成層・氷成層・扇状地礫層、火山噴出物で堆積され広大で平坦
なアルティプラノを形成した。

東アンデス山脈は主として古生代オルドビス紀の砂岩、粘板岩、頁岩、泥岩
より構成される。このうち最も、分布の広いものは粘板岩である。

上位には中生代白亜紀の砂岩、石灰岩がわずかに分布し下位層とは断層で接
している。東アンデス山脈の南西端には第三紀中新世の花崗岩類が貫入して
おり、本地域では最も標高が高くレアル山脈と呼ばれている。東アンデス山
脈は主として第三紀に隆起したが、西アンデス山脈に比して著しい構造運動
を受け山地は多数の地塊ブロックに分断され複雑な地形が形成された。

断層および褶曲軸の伸長方向は、地質区の配列方向とほぼ一致している。

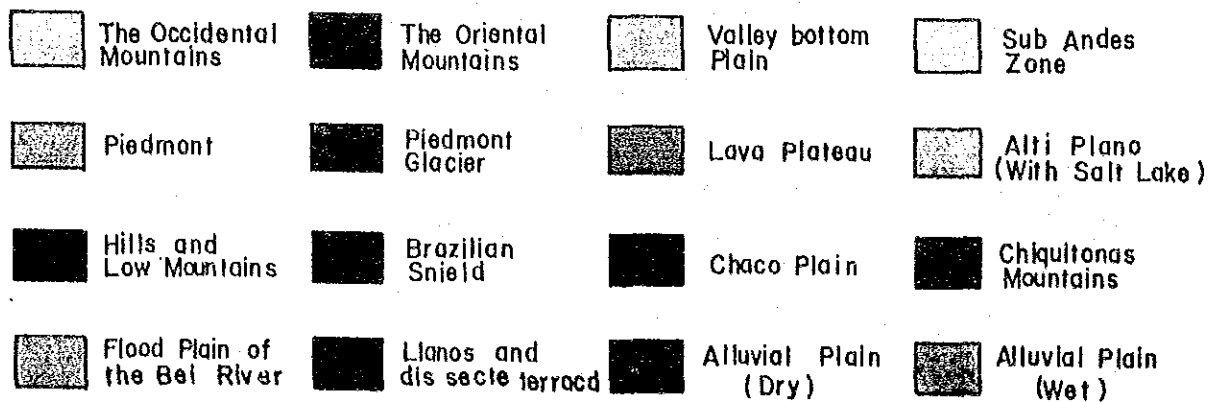
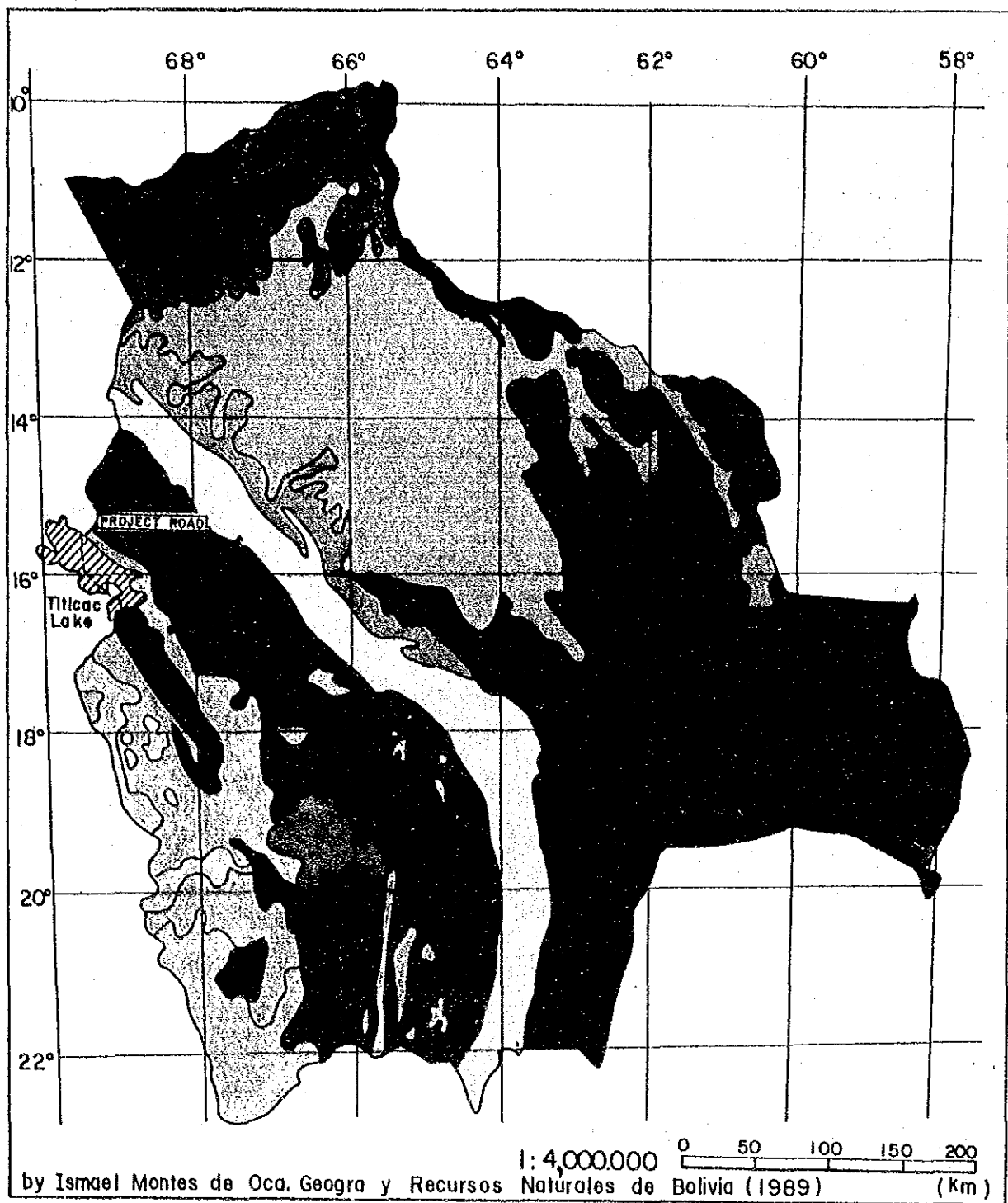
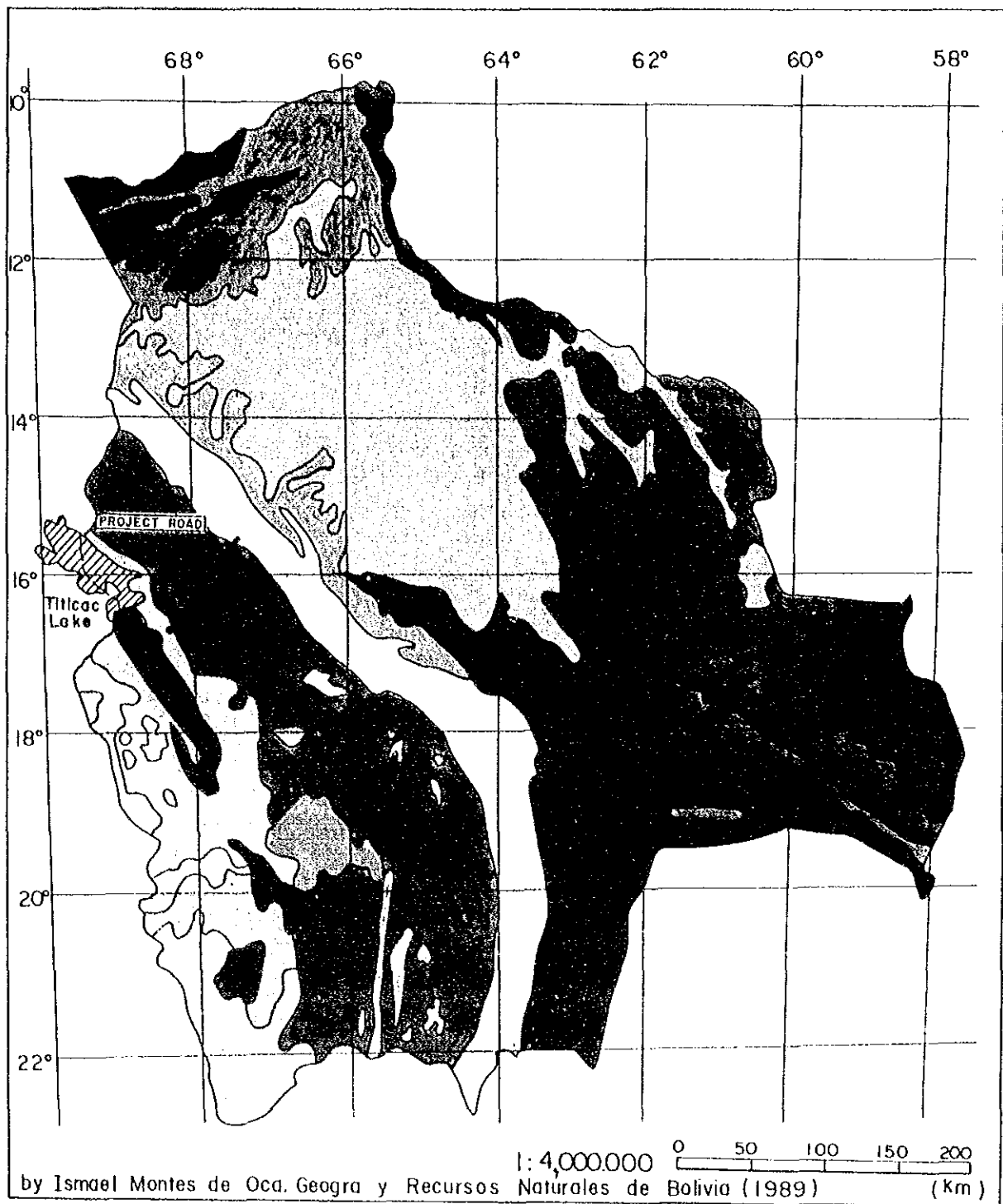


図3.1-1 ボリヴィア国地質区分図



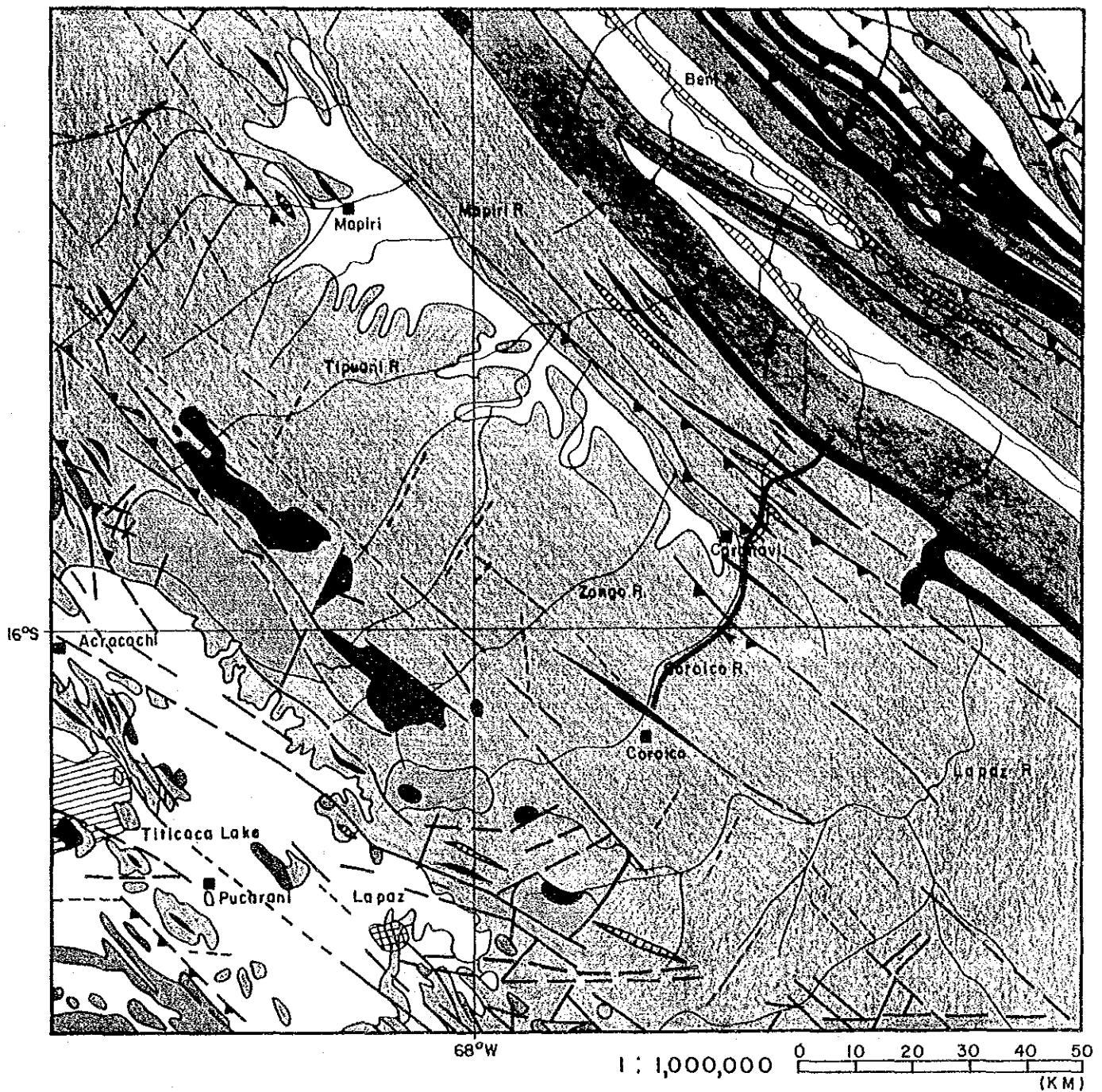
- | | | | |
|------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| The Occidental Mountains | The Oriental Mountains | Valley bottom Plain | Sub Andes Zone |
| Piedmont | Piedmont Glacier | Lava Plateau | Alti Plano (With Salt Lake) |
| Hills and Low Mountains | Brazilian Shield | Chaco Plain | Chiquitonas Mountains |
| Flood Plain of the Bei River | Llanos and dis secte terracd | Alluvial Plain (Dry) | Alluvial Plain (Wet) |

図3.1-1 ボリヴィア国地質区分図



- | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| The Occidental Mountains | The Oriental Mountains | Valley bottom Plain | Sub Andes Zone |
| Piedmont | Piedmont Glacier | Lava Plateau | Alti Plano (With Salt Lake) |
| Hills and Low Mountains | Brazilian Shield | Chaco Plain | Chiquitonas Mountains |
| Flood Plain of the Beni River | Lakes and dissected terraced | Alluvial Plain (Dry) | Alluvial Plain (Wet) |

Map of Bolivia showing topographic features and a project road.



LEGEND

















- | | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Quaternary, Unconsolidated Deposit | Upper Paleozoic | Reverse Fault |
| Tertiary, Upper Pliocene (Ignimbrite) | Lower Paleozoic | Normal Fault |
| Tertiary, Lower Pliocene | IGNEOUS ROCK | |
| Tertiary, Miocene | Pliocene Two Mica Miocene, Granite | Inferred Fault |
| Tertiary, Oligocene | Miocene, Granodiorite | Photo Lineament |
| Eocene — Cretaceous | | Anticlinal Structure |
| | | Sinclinal Structure |

By C. Martinez, P. Tomasi, "Carte Structurale Des Andes Septentrionales De Bolivie," ORSTOM... Servicio Geológico de Bolivia (Paris 1978)

図3.1-2 北部ボリヴィア地質図



LEGEND

	Quaternary, Unconsolidated Deposit		Upper Paleozoic		Reverse Fault
	Tertiary, Upper Pliocene (Ignimbrite)		Lower Paleozoic		Normal Fault
	Tertiary, Lower Pliocene	IGNEOUS ROCK			Inferred Fault
	Tertiary, Miocene		Pliocene Two Mica Miocene, Granite		Photo Lineament
	Tertiary, Oligocene		Miocene, Granodiorite		Anticlinal Structure
	Eocene - Cretaceous				Sinclinal Structure

By C. Martinez, P. Tomasi, "Carte Structurale Des Andes Septentrionales De Bolivie," ORSTOM. Servicio Geológico de Bolivia (Paris 1978)

図3.1-2 北部ボリヴィア地質図



LEGEND

- | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------------|------------------------------------|--|----------------------|
| | Quaternary, Unconsolidated Deposit | | Upper Paleozoic | | Reverse Fault |
| | Tertiary, Upper Pliocene (Ignimbrite) | | Lower Paleozoic | | Normal Fault |
| | Tertiary, Lower Pliocene | IGNEOUS ROCK | | | Inferred Fault |
| | Tertiary, Miocene | | Pliocene Two Mica Miocene, Granite | | Photo Lineament |
| | Tertiary, Oligocene | | Miocene, Granodiorite | | Anticlinal Structure |
| | Eocene - Cretaceous | | | | Sinclinal Structure |

By C. Martinez, P. Tomasi, "Carte Structurale Des Andes Septentrionales De Bolivie," ORSTOM - Servicio Geológico de Bolivia (Paris 1978)

図3.1-2 北部ボリウエア地質図

一部の断層にはこれらの主断層と斜交するのも認められる。

サブアンデス帯は標高2,000m以下の丘陵性山地で、主として第三紀の礫岩、砂岩、泥岩とそれらの互層から構成される。

下位の中生層とは断層で接し、断層面上に基底礫岩をのせる。

サブアンデス帯は東アンデス山脈と同様に著しい構造運動を受け、多数の断層と褶曲軸を有している。

本帯は第三紀の末期に隆起したモラッセ帯である。サブアンデス帯の北東には山岳地帯をはさんで標高400m以下の低地が広がる。本低地にはベニ川の氾濫原堆積物が幅200kmにわたって厚く堆積している。

北東端には、ブラジル楯状地が存在する。本楯状地はアマゾン川北方のギアナ楯状地と共に、南東大陸の最古の地殻を構成する。その絶対年代は約2,000 ~ 3,000 M。と推定され、非変成堆積岩類、火成岩類、変成岩類から構成されている。

1) <アンデス造山運動>

現在のアンデス山脈を形成したのは、中生代から第三紀を通じて発生した造山運動である。

中生代に入るとすでに陸化していた西アンデス山脈の東方地域に、地向斜が形成され、そこに海成層が堆積した。

その後、隆起に転じ激しい断層を伴う褶曲運動と火成活動が発生した。

中生代末にはアンデス地域全体は陸化した。この時西アンデス山脈には大規模な花崗岩の貫入が行われた。

その後、第三紀に入るとさらに激しい構造運動が発生し、西アンデス山脈東部で激しい火山活動が始まり、一方、東アンデス山脈には花崗岩の貫入が行われた。

断層、褶曲運動は東アンデス山脈で特に著しく行われた。西アンデス山脈は隆起を続け現在見られる大山脈が形成された。この両山脈の間に侵入した第三紀の海はプーナ面として陸化し、最後にサブアンデス帯が陸化した。なお、西アンデス山脈の火山活動とアンデス山脈全体の隆起運動は現在も継続している。

現在このアンデス造山運動は、太平洋プレートが南米プレートの下にもぐりこむ事によって発生していると、プレートテクトニクス説によって説明され