

ペルー共和国 日本・ペルー友好橋建設計画 基本設計調査報告書

ペルー共和国

日本・ペルー友好橋建設計画

基本設計調査報告書

平成11年12月

平成11年12月

JICA LIBRARY



J 1155087 (8)

株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル

国際協力事業団
株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナル
セントラルコンサルタント株式会社

LIBRARY

調 査 二
C R (1)
99-182

ペルー共和国

日本・ペルー友好橋建設計画

基本設計調査報告書

平成11年12月

国 際 協 力 事 業 団
株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナル
セントラルコンサルタント株式会社



1155087 (8)

序 文

日本国政府は、ペルー共和国政府の要請に基づき、同国の日本・ペルー友好橋建設計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成 11 年 4 月 18 日から 5 月 27 日および同年 7 月 11 日から 7 月 29 日の 2 回にわたり、基本設計調査団を現地に派遣いたしました。

調査団は、ペルー国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施いたしました。帰国後の国内作業の後、平成 11 年 11 月 2 日から 11 月 11 日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

最後に、調査にご協力を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 11 年 12 月

国際協力事業団
総裁 藤田 公 郎

伝 達 状

今般、ペルー共和国における日本・ペルー友好橋建設計画基本設計調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

本調査は、貴事業団との契約に基づき、株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナル、セントラルコンサルタント株式会社共同企業体が、平成11年3月29日より平成11年12月22日までの約9ヶ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、ペルーの現状を十分に踏まえ、本計画の妥当性を検証するとともに、日本の無償資金協力の枠組みに最も適した計画の策定に努めてまいりました。

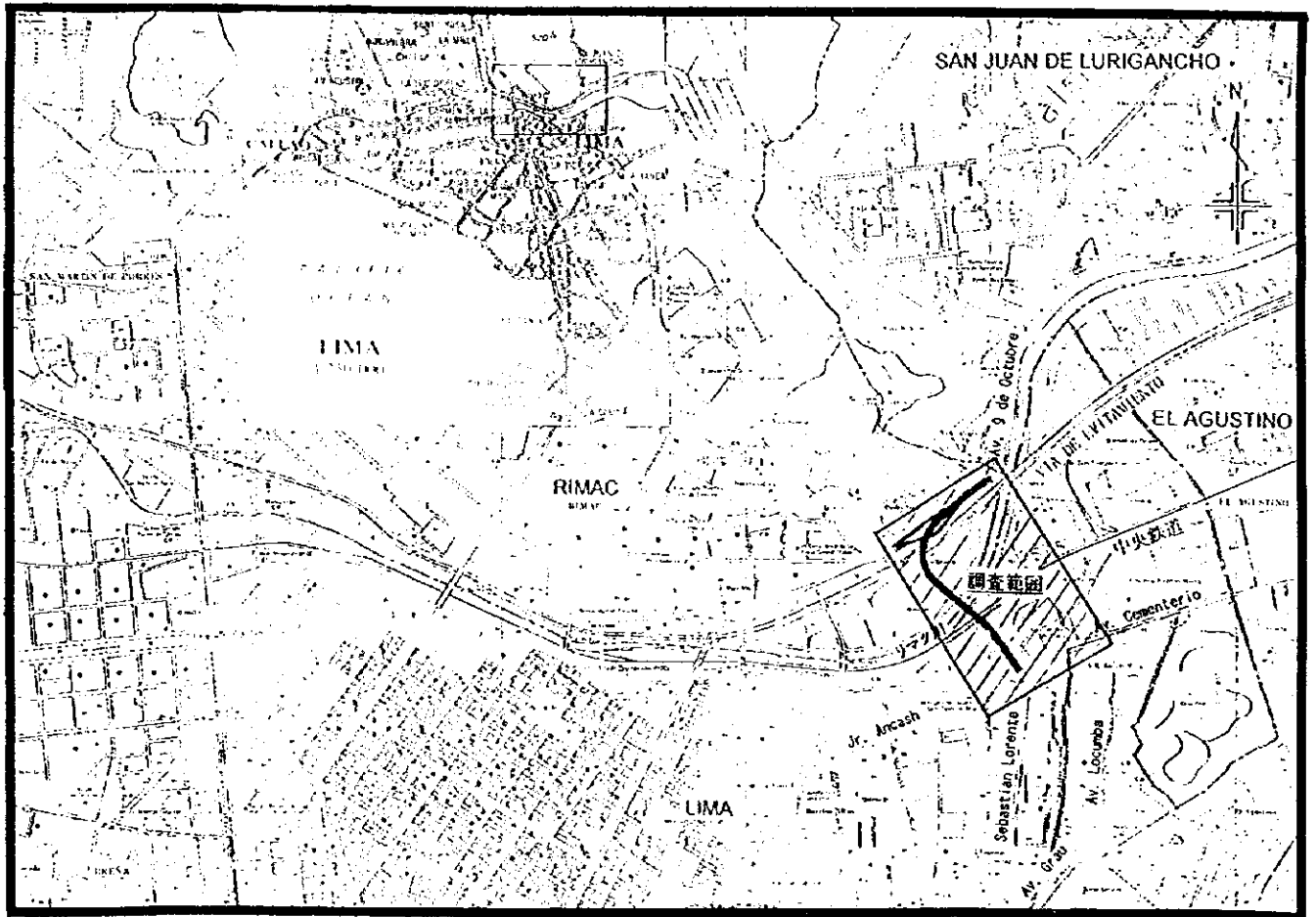
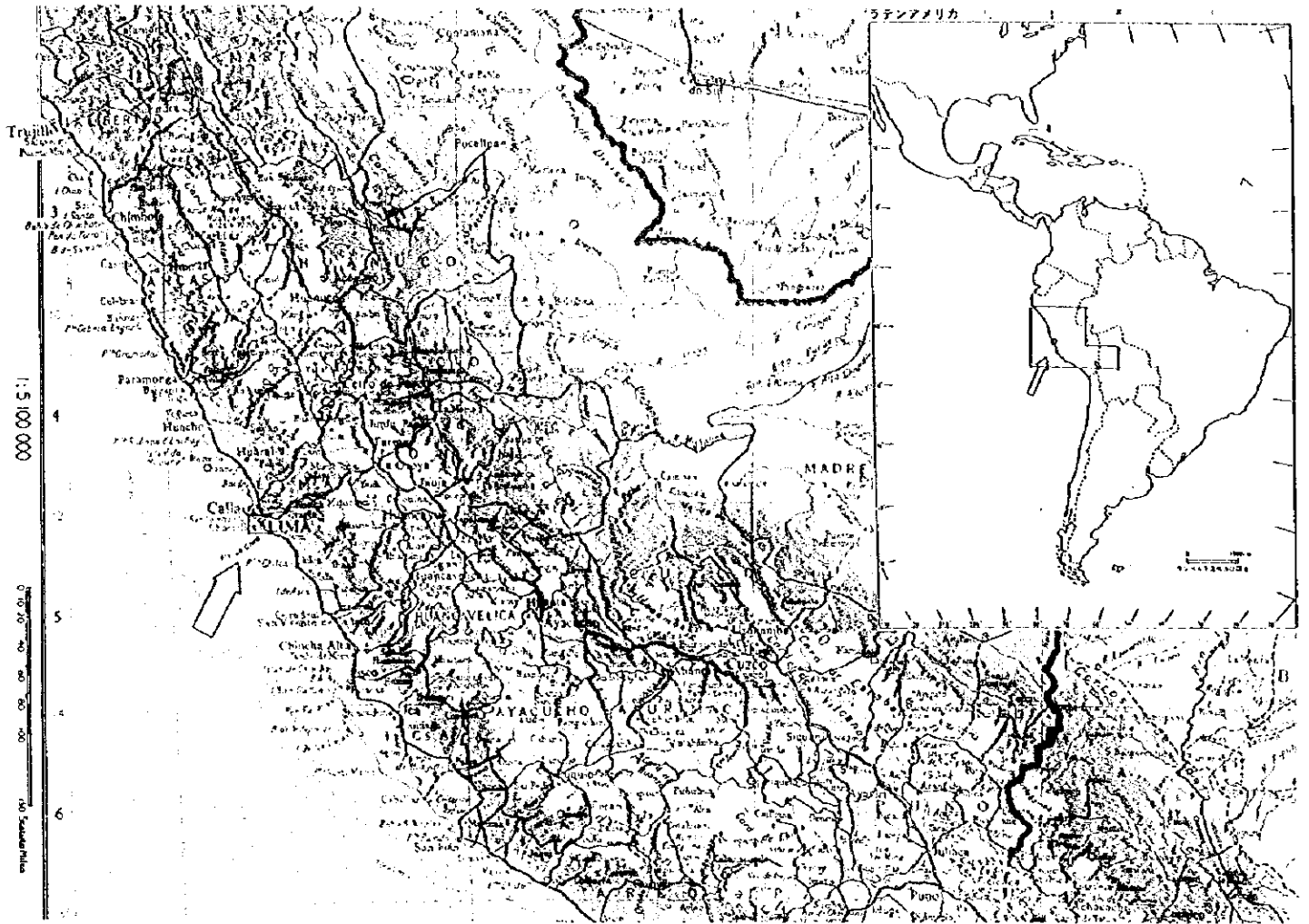
つきましては、本計画の推進に向けて、本報告書が活用されることを切望いたします。

平成11年12月

株式会社パシフィックコンサルタンツ
インターナショナル
セントラルコンサルタント株式会社
共同企業体

日本・ペルー友好橋建設計画基本設計調査団

業務主任 兼 田 公 揮



位置図



日本・パールー友好橋透視図

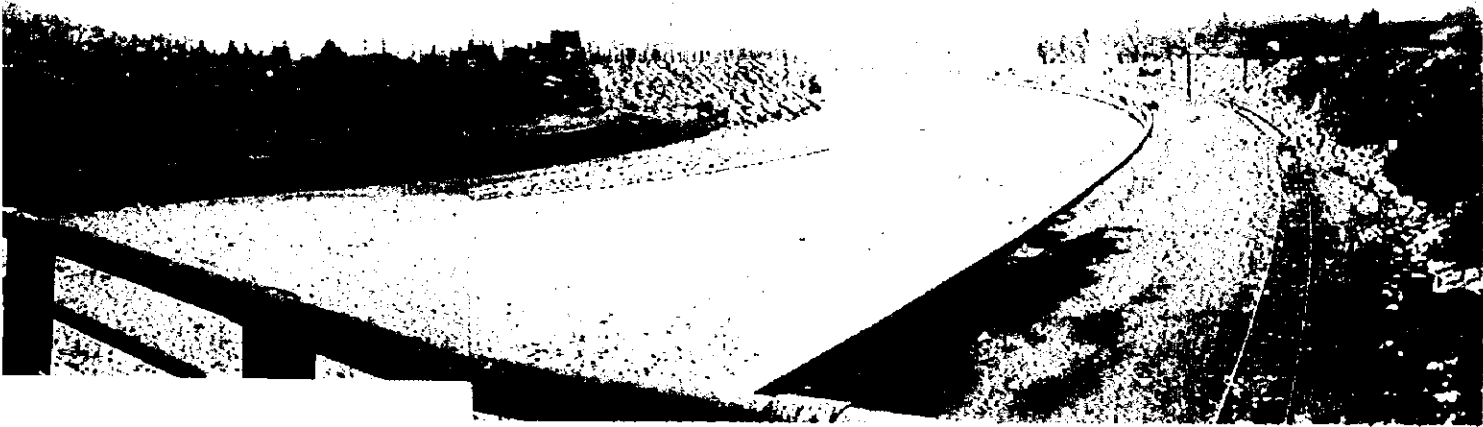
現況写真



現地全体写真（北側 St. Cristval 頂上から）



起点側（Av. Amazonas）から路線北行き方向



Rio. Rimac の流れ



Av. Evitamiento (パンナム有料高速道路)



終点側(Av. 9 de Oct)から西方向

略 語 表

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Office	アメリカ高速道路運輸局
asl	above sea level	海拔
Av./ Avenida	Street	通り
C/P	Counterparts	相手方対応部署・人
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EL	elevation	標高
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
IMP	Instituto de Metropolitano de Planificacion	首都圏計画局
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil	国家防災委員会
JGS	Japanese Geometric Standard	道路構造令
JICA88Study	Study of Protection of Disaster by Rio Riamc, JICA, 1988	1988年3月のJICA リマック川防災対策計画調査
MTC	Ministry of Transportation and Communication	運輸通信住宅省
Pt. / Puente	Bridge	橋
pcu	Passenger car unit	乗用車換算台数
Rio	River	川
S J L	San Juan de Lurigancho	サンファン・ルリガンチョ区 計画地の北東地域
SETAME (セタメ)		高水敷き内に設置されている リマ市の公共運輸管理事務所

地名表

Av 9 de Oct (10月9日通り)	Avenida 9 de October	本計画の北側の接続道路
Av Amazonas (アマゾンネス通り)	Avenida Amazonas	リマック川南岸に既設の 西行き一方通行道路
Av Avancai (アバンカイ通り)		リカルドバルマ橋から南への大通り
Av Evitamiento (エビタミエント高速道路)	Avenida Evitamiento	本計画と直行する有料高速道路でパ ンナム高速の一部をなす
Av S Lorente (ロレンテ通り)	Avenida Sevastian Lorente	本計画の南側接続道路
Cantagallo (カンタガジョ)		計画地域の Rimac 川高水敷
Centro		市の中心部で世界遺産指定地域
Lima		リマ市 あるいは リマ区
Malabias Sq (マラビアス広場)	Malabias Square	本計画の北側の接続交差点
Malecon Rimac (マレコンリマック)		リマック川南岸に計画中の 東西方向の幹線道路
Pt Ejercito (エルシート橋)		空港近くの橋梁
Pt Huanuco (ウアヌコ橋)		本計画直ぐ西側の橋梁
Pt Huascal (ウアスカル橋)		本計画直ぐ東側の高速道路の橋梁
Pt L Palma (リカルドバルマ橋)	Puente Licardo Palma	本計画から西へ3つ目の橋梁
Pt Nuevo	Puente Nuevo	本計画から東2つ目の橋梁 (新橋)
Rimac		リマック区：計画地の北西地域
Rio Rimac	Rimac River	全長 130km のリマック川

目 次

序 文

伝達状

位置図／透視図／写真

略語表／地名表

要 約

	ページ
第1章 調査の背景	1
第2章 プロジェクトの周辺状況	3
2.1 当該セクターの開発計画	3
2.1.1 ベルギー国の運輸インフラ整備計画	3
2.1.2 リマ市での道路インフラ整備現況	4
2.1.3 上位計画	4
2.1.4 財政事情	5
2.2 他の援助国、国際機関の計画	6
2.2.1 関連計画	6
2.2.2 外国援助機関によるベルギー国への一般的援助動向について	8
2.3 我が国の援助実施状況	9
2.4 プロジェクトサイトの状況	10
2.4.1 自然条件	10
2.4.2 社会基盤整備状況	21
2.5 環境への影響	24
第3章 プロジェクトの内容	26
3.1 プロジェクトの目的	26
3.2 プロジェクトの基本構想	27
3.2.1 当初要請計画と上位計画の検討結果に基づく変更	27
3.2.2 橋梁の基本構想	29
3.2.3 適用設計基準	33
3.3 プロジェクトの最適案に係わる基本設計	37
3.3.1 設計方針	37
3.3.2 基本計画	45
3.4 プロジェクトの実施体制	62
3.3.1 組 織	62

3.4.2	道路セクターの予算	64
3.4.3	要員・技術レベル	64
第4章	事業計画	65
4.1	施工計画	65
4.1.1	施工方針	65
4.1.2	施工上の留意事項	65
4.1.3	施工区分	67
4.1.4	施工監理計画	68
4.1.5	資機材調達計画	73
4.1.6	実施工程	77
4.1.7	日本側、相手国側事業負担区分	79
4.2	概算事業費	83
4.2.1	概算事業費	83
4.2.2	維持・管理費	85
第5章	プロジェクトの評価と提言	86
5.1	妥当性にかかる実証・検証及び裨益効果	86
5.1.1	直接効果	86
5.1.2	間接効果	87
5.2	技術協力・他のドナーとの関係	87
5.3	課題	87
資 料		
(1)	調査団員氏名、所属	
(2)	調査日程	
(3)	相手国関係者リスト	
(4)	当該国の社会・経済事情	
(5)	相手国負担事項見積り	
(6)	水文データ	
(7)	収集資料リスト	

表 目 次

要約表 1	変更状況比較総括表	2
要約表 2	プロジェクトの概要	3
要約表 3	本計画完成による日往復交通量の変化	4
表 2.1	長期計画における前半の投資計画	3
表 2.2	運輸網再整備 10 ヶ年計画 (95-05)	3
表 2.3	リマ市の道路の伸び	4
表 2.4	GNP の推移	6
表 2.5	リマ市の交通インフラ整備計画	6
表 2.6	リマ市に影響を与えた地震の記録	12
表 2.7	Rimac 川流域説明	13
表 2.8	Rimac 川流域地形・地質	14
表 2.9	農業省 管理業務	17
表 2.10	河川断面、河床勾配および粗度	17
表 2.11	架橋位置で確率洪水流量に対応する水深および流速	18
表 2.12	河川状況確認表	20
表 2.13	道路線形設定上のコントロールポイント	21
表 2.14	送電線・水道管・下水管の状況	23
表 2.15	収用手続きとスケジュール	23
表 2.16	プロジェクトの立地環境	24
表 2.17	環境影響に関するスクリーニング表	25
表 3.1	Locumba 通りと Procedes Independence 通りを結ぶ路線の問題点	27
表 3.2	変更状況比較総括表	28
表 3.3	橋梁区間	29
表 3.4	Rimac 川上部工比較まとめ	30
表 3.5	Cantagallo および Evitamiento 高速道路橋上部工比較まとめ	30
表 3.6	Rio Rimac 橋梁形式比較	31
表 3.7	Cantagallo および Evitamiento 通り橋梁形式比較	32
表 3.8	関連周辺道路規格	33
表 3.9	都市道路幾何構造基準 (IMP)	34
表 3.10	幾何構造基準	35
表 3.11	荷重の種類	36
表 3.12	材料の単位堆積重量 (kg/m ³)	36
表 3.13	材料設計基準強度	36
表 3.14	橋台位置	37

表 3.15	Chosica での洪水流量	38
表 3.16	疎通能力検討結果	38
表 3.17	土砂堆積が有る状況での洪水氾濫	39
表 3.18	橋脚の高さ	41
表 3.19	プロジェクトの概要	45
表 3.20	径間割	54
表 3.21	P C 3 径間連続箱桁橋 (A1~P3) 応力表	56
表 3.22	P C 3 径間連結合成 I 桁橋 (P3~P6)	56
表 3.23	橋台形式	57
表 3.24	橋脚形式まとめ表	58
表 3.25	基礎工まとめ表	59
表 3.26	基礎工反力表	59
表 3.27	関係機関の年次予算	64
表 3.28	リマ市の管轄下の道路・橋梁 (IMP からの聞き取り)	64
表 4.1	環境アセスメントの内容	66
表 4.2	我が国と相手国の施工負担区分	67
表 4.3	入札書類	69
表 4.4	入札手続	69
表 4.5	第 3 国調達の可能性ある資材	73
表 4.6	第 3 国調達の可能性ある機材	74
表 4.7	鉄筋の規格径	76
表 4.8	我が国と相手国の負担事項	79
表 4.9	建設計画に関するスコーピングチェックリスト	80
表 4.10	収容対象となる土地	81
表 4.11	全体事業費	83
表 4.12	相手国側負担経費	84
表 4.13	本要請計画で必要と推定される道路橋梁の全体維持管理費	85
表 5.1	本計画に直接関係する地区の人口	86
表 5.2	本要請計画完成による日往復交通量の変化	86
表 6.1	Rio Rimac の流域の気象水文状況	資-11
表 6.2	Compo de Marte 気象観測所における月降水量データ	資-12
表 7.1	交通量調査箇所	資-14
表 7.2	交通流路と交通量 (乗用車換算: 台/日)	資-14

目 次

図 1.1	当初要請書添付図	2
図 2.1	首都圏輸送網計画 5 本の交通回廊	7
図 2.2	プロジェクト周辺図	10
図 2.3	土層断面図	11
図 2.4	ペルー国地震帯区分図	13
図 2.5	Rimac 川流域の災害多発地区位置図	15
図 2.6	87 年 3 月の災害地区	16
図 2.7	87 年 3 月の災害地区	16
図 2.8	河川断面	17
図 2.9	架橋地点および上下流の河川縦断	18
図 2.10	架橋予定地点における河床変動深	19
図 2.11	Chosica における年最大の日・中間流量の経年比較	21
図 2.12	コントロールポイント	22
図 3.1	100 年確率洪水による氾濫（土砂堆積を考慮しない場合）	40
図 3.2	100 年確率洪水による氾濫（土砂堆積 0.8m 考慮）	40
図 3.3	高さ と 橋脚形式 の 関係	42
図 3.4	No.20+71.0 付近建築限界	43
図 3.5	No.6+50.0 付近建築限界	44
図 3.6	現状の交通量で、友好橋建設がなされた場合の予測交通量分布	48
図 3.7	実験から求めた 2 車線の場合の車道幅員	49
図 3.8	中央帯	49
図 3.9	路肩説明図	50
図 3.10	路肩（橋梁部）	50
図 3.11	路肩（南盛土部）	51
図 3.12	路肩（盛土部）	51
図 3.13	橋梁標準断面（一般区間）	51
図 3.14	道路標準断面（一般区間起点側）	52
図 3.15	道路標準断面（一般区間終点側）	52
図 3.16	道路標準断面（10 月 9 日通り合流部）	52
図 3.17	橋梁・道路標準断面（非常待避所部分）	53
図 3.18	径間割	54
図 3.19	橋脚位置	55
図 3.20	橋台形式と高さの関係図	57
図 3.21	道路一般図	60

図 3.22	橋梁一般図	60
図 3.23	MTCの組織図	62
図 3.24	リマ市の組織図	63
図 4.1	施工管理体制	72
図 4.2	盛土材採取候補地 地質調査位置	75
図 4.3	実施工程表案	78
図 6.1	気象・水文の観測点位置	資-13
図 7.1	調査地区全体の交通量	資-15
図 7.2	北方向行き交通量	資-16
図 7.3	南方向行き交通量	資-16

要 約



要 約

ペルー国の首都、リマ市 (Municipality of Metropolitan Lima) の位置はペルー国のほぼ中央、位置的には南緯 12 度にあり、太平洋に面している。ペルー近海を流れるフンボルト海流 (Humboldt Current) の影響で、冬 8 月の気温 15℃、夏 2 月で 23℃と冷涼で、湿度は高いが、雨は年間 30mm 程度しか降らない乾燥地域あるいは半乾燥地域に属する。

リマ市の人口は 1998 年現在、ペルーの総人口 2600 万人の約 4 分の 1 (約 720 万人) といわれる。人口増加率は約 1.7%とされているが、過去 36 年間で 3.8 倍と急速に増加している。

地方から職を求めて首都に流入してくる人々は近年急増してきており、住宅、学校、水道施設、公共輸送設備、道路網等全てのインフラに不足を生じ、その居住環境は優れず、社会問題化している。現在約 300 万人がリマク川北側に居住しているが、リマク川北側地区はこうしたいわば貧困層が多く居住している。

中でも、本計画の対象となっている、San Juan de Lurigancho 地区 (以下 SJL 地区という) は、リマ市の中で、最大人口約 60 万人を有する地区となっており、今後も毎年 3% 近くの人口増が見込まれている。

SJL 地区は、リマ市の中でもインフラ整備の立ち遅れが特に目立ち、街の出口は、現在、10 月 9 日通り、Nuevo 橋 (1992 年建設) の 2 箇所のみであり、その交通路の整備・拡充が緊急の課題とされてきた。リマ市は、「首都圏開発計画」の中の「幹線道路網計画」で SJL 地区の道路整備を計画しているが、ペルー国の予算が逼迫した状況下では、その整備は遅々として進まない現状にある。

このような状況を背景としてペルー政府は、リマ市中心街の北西約 1km にあるサンクリストバルの丘 (標高 394m) の南裾を流れるリマク川の河床氾濫原 (標高 175m の河川敷) に SJL 地区から市の中心部へのバイパス機能を橋梁を建設することを計画し、その橋梁建設の無償資金協力による実施を日本政府に要請した。

これを受けて日本国政府は、基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団 (以下 JICA という) は要請内容の確認とともに、無償資金協力対象として適切かつ妥当な協力内容を検討するための基本設計調査団を 1999 年 4 月 18 日～5 月 27 日および同年 7 月 11 日～7 月 29 日の 2 回にわたり派遣した。

当初要請では、計画の目的を SJL 地区から市内中心部への路線での渋滞緩和のため、“セバスチアンロレンテ通り”から“10 月 9 日通り”までの約 1km 区間に、新規に橋梁を整備することとし、具体的には、セバスチアンロレンテ通りを起点とし、Cantagallo 河川敷内を通過し、Oct de 9 通りに立体ロータリーで接続する案が提示され、構想の段階にある「水の公園計画」の一部を構成するものとなっていたが、これにはリマ市の都市計画との調整が十分に反映されていなかった。

現地での調査の結果、以下の理由から上記要請の内容を変更し、協力内容を策定した。

- 1) リマ市の将来計画にできるだけ貢献できるように配慮する。
- 2) 本計画地北端に予定されている日本の無償資金協力による保健所建設用地との競合をさける。
- 3) 北の工区境は、非常事態宣言地域となっているため、ここに立ち入らない計画とする。
- 4) 河川敷内に現在あるリマ市の公共交通管理組織建物を避ける。

下表に変更状況のまとめを示す。

表1 変更状況比較総括表

	当初要請	リマ市の都市計画	最終協力内容
目的	SJL地区との交通路の確保 水の公園計画との関連道路	SJL地区との交通路の確保	当初要請に同じ 但し、SJL地区との交通流処理が主体
位置	S.Lorente 通りから Cantagallo 河川敷内を通過し、 Oct de 9 通りに立体ロータリーで接続する	GrauLocumba 通りから Unanuco 橋下を通過し Procedes Independensia 通りにつながるもの	S.Lorente 通りから Cantagallo 河川敷内を通過し、 Oct de 9 通りに Y 型インターとして接続
全長	1,140m	約 1,800m	1,020m
橋梁長	889m	約 200+150m	590m
車線数	4 車線	4 車線	4 車線
総幅員	20m	22.2m	17.6m
車道幅	3.6m×2 方向	3.6m×2 方向	3.3m×2
歩道幅	片側	1.2m×両側	1.20m×両側
側帯幅	なし	2.4m	0.50m
非常待避所	なし	なし	6 箇所

なお、本基本設計で適用した設計基準は下記のものである。

- 道路幾何構造令 : (日本道路協会)
- AASHTO 設計基準 1996 : (アメリカ)
- コンクリート橋道路橋示方書 : (日本道路協会)
- 下部構造道路橋示方書 : (日本道路協会)

調査団は、国内作業で基本設計概要書をまとめ、1999年11月2日から11日の間、現地に赴きドラフト説明を行った。

決定した計画内容を下表に示す。

表2 プロジェクトの概要

項 目	内 容
プロジェクト名	日本・ペルー友好橋建設計画
背 景	リマ市北部の新興地域であるサンファン・デ・ルリガンチョ地区から、リマ市中心地区のあるリマック川南部地域を結ぶ道路は、橋梁数およびルートが少なく、朝夕の交通渋滞が著しいため、この解決が望まれている。
目 的	サンファン・デ・ルリガンチョ地区から、リマ市中心地区のあるリマック川南部地域を結ぶ道路の交通渋滞を緩和するために、これら両地区を結ぶ橋梁を新たに建設すること。
位 置	リマ市リマ区およびリマク区でサンファン・デ・ルリガンチョ地区との境界付近
実施機関	運輸通信住宅建設省 (Ministerio de Transportes Comunicaciones, Vivienda y Construcción: MTC)
裨益人口	直接受益者：約 90 万人 (リマ区、サンファン・デ・ルリガンチョ地区、リマク区住民) 間接受益者：約 720 万人 (リマ市市民)
計画諸元	
計画の種類	新設
計画橋梁・道路の性格	一般、都市部、平地部
計画年次/交通量	2003 年/往復約 4 万台/日
延長/幅員/車線数	橋 長：470m=208m (60m+88m+60m) +262m (平均 26m×10 スパン) 取り付け：550m=230m+320m (内盛土区間 201m) 現道改良：550m+300m 有効幅員：17.6m 車線数：4 車線 (車線幅 3.3m)
橋梁・道路構造	リマック川橋梁：PC3 径間連続箱桁橋 取り付け高架道路部：PC 連結合成 I 桁橋 橋梁部分：舗装厚 3+5cm 取付道路部分：舗装厚 20cm+路盤 30cm 現道改良部：同 上
付属施設	非常待避所 6 箇所、街路灯 68 基
その他特記すべき事項	特になし

本計画を我が国の無償資金協力により実施する場合、全体工期は実施設計を含め 32 ヶ月程度が必要とされる。本計画の総事業費は、計 48.25 億円 (日本側負担分 41.35 億円、ペルー側 6.90 億円) と見込まれる。

本計画の実施機関は、ペルー国運輸通信住宅建設省 (以下 MTC という) およびリマ市であり、その組織、スタッフ、予算、実績からみて本計画実施後の運営および維持管理については問題ないと判断される。

本件ルートが完成することによる直接効果としては、下記のようにサンファンデルリガンチヨ地区およびリマク地区からの出口である橋梁の交通量が減少し、地区住民（約 67 万人）の通勤・通学時等の交通渋滞が緩和されることがあげられる。

表 3 本計画完成による日往復交通量の変化

	計画前（現状）	完成後
リカルドバルマ橋	47,000 pcu	34,000 pcu
ウアヌコ橋	41,000 pcu	34,000 pcu
木友好橋	-	34,000 pcu
新 橋	51,000 pcu	44,000 pcu
計	139,000 pcu	146,000 pcu

単位 pcu：乗用車換算台数

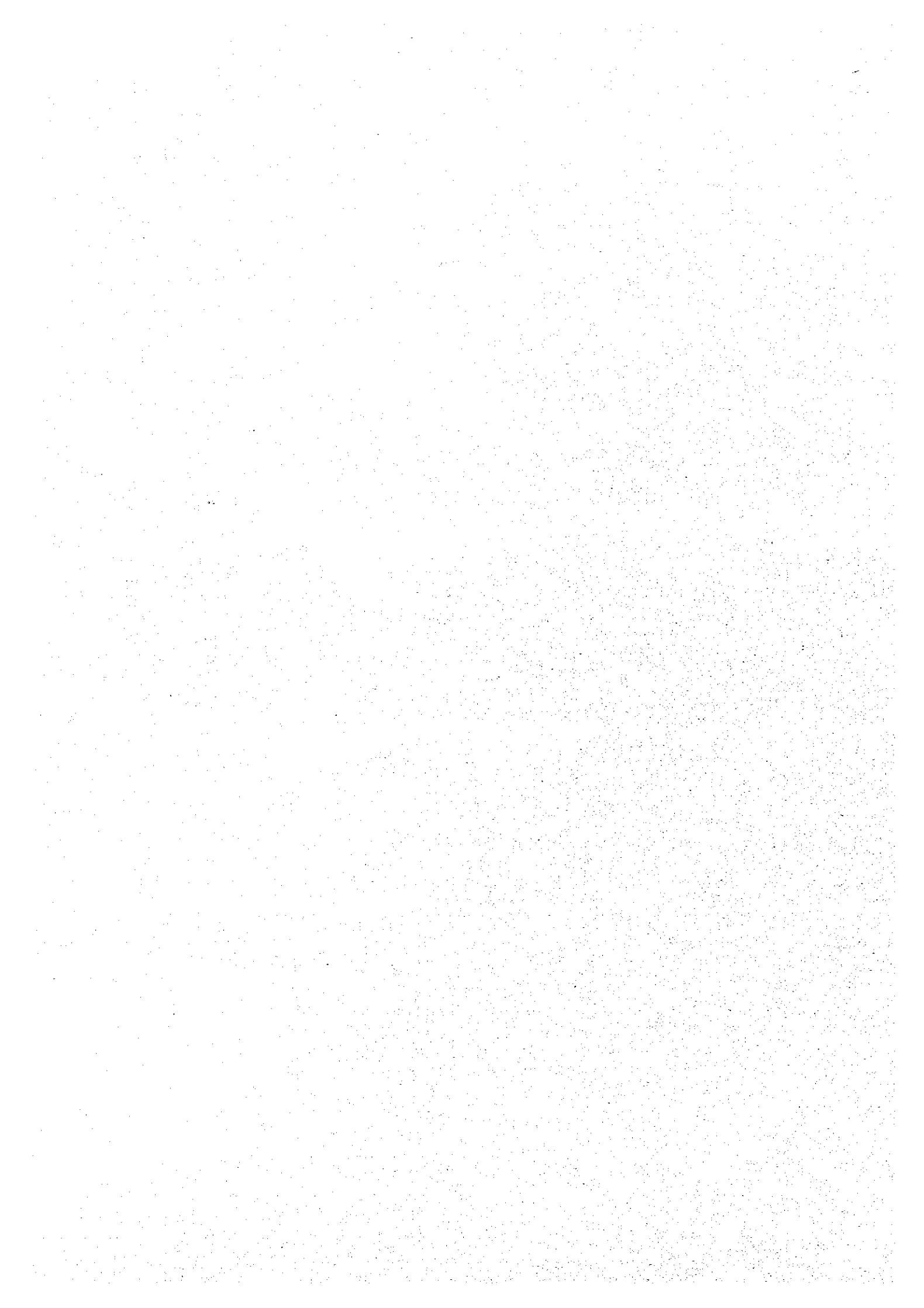
さらに、本件が日系移民 100 周年記念事業としての象徴となる。

期待できる間接効果としては、同地区内生産団地の開発支援につながり労働機会創出に役立ち、当初はリマ市（人口約 720 万人）、将来的にはリマ市への影響圏交通基盤改善と社会開発の促進に役立つことがあげられる。

また、パンナムハイウェイのリマ市中心部へのインターは、一般道路からの交通の流入で慢性的に交通が渋滞しているが、ここの渋滞が緩和されると、パンナムハイウェイの幹線交通本来の価値を高めうることになる。

ベルー側への提言としては、本件ルート完成後、問題となる可能性が高い両側アクセス部の整備がある。既にベルー側が実施を決定している南側の狭く拡幅が困難なセバスチャンロレンテ通りを市行き一方通行とし、別途北行き道路としてロクンバ通りの延伸と拡幅が必要である。北側アクセスでは、10 月 9 日通りの北行きを現状の 2 車線から最小 3 車線に拡幅することが交通安全上必要である。

第1章 調査の背景



第1章 調査の背景

リマ市 (Municipality of Metropolitan Lima) の人口は、現在ペルーの総人口 2,600 万人の約 4 分の 1 (約 720 万人) といわれる。(リマ市聞き取り：統計により大分差がある)

人口増加率は約 1.7%とされているが、過去 36 年間では 3.8 倍と急速に増加している。地方から職を求めて首都に流入してくる多数の人々の居住環境は優れず、社会問題化している。都市の貧困層はそのほとんどが郊外の低所得層定住地に住み、都市の中心部に通勤しているが、道路交通が主体の都市の交通は、非効率的で信頼性にかける。現在、リマ市の人口の 40%である約 300 万人の貧困層が Rimac 川北側に居住している。

なканずく、San Juan de Lurigancho 地区 (以後 *SJL* 地区という) は、現在では、リマ市の約人口 720 万人の内、最大の約 60 万人を有する地区となっている。*SJL* 地区は地形的に見ると、南側を Rimac 川に、他の 3 方向を山でかこまれた、いわば閉鎖された谷間に、地方からの貧困層が次第に住み付いて形成されてきた街であり、今後も毎年 3% 近くの人口増が見込まれている。(出典：National Statistic 1998)

その歴史的経緯からみて、地域間のインフラ整備の立ち遅れが特に目立ち、街の出口は、現在、10 月 9 日通り、Nuevo 橋 (1992 年建設) の 2 箇所のみとなっている。このため *SJL* 地区とリマ市市内との交通路は、近年の目覚ましい交通量の伸びとともにその渋滞が激しくなっており、この渋滞の緩和のために新しいバイパス建設が緊急課題とされてきた。

リマ市は、「首都圏開発計画」の中の「幹線道路網計画」で *SJL* 地区の道路整備を計画しているが、ペルー国の予算が逼迫した状況下では、その整備は遅々として進まないため、ペルー国運輸通信住宅建設省 (以後 *MTC* という) は、平成 9 年 6 月、日本政府に対し *SJL* 地区、Rimac 地区、Lima 地区周辺の公共輸送および物流輸送を円滑化し、リマ市周辺の交通環境を改善するため、セバスチャンロレンテ通りから 10 月 9 日通りまでの約 1km 区間に、新規コンクリート橋を含む道路整備：盛土部 255m、コンクリート橋部 (本線 476m、取付け 413m) に係る無償資金協力を要請してきた。(要請金額 18 億円：以下本要請計画という)

これを受けて日本国政府は、本要請計画の基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団 (以下 *JICA* という) は要請内容の確認とともに、無償資金協力対象として適切かつ妥当な協力内容を検討するための基本設計調査団を 1999 年 4 月および同年 7 月の 2 回にわたり派遣し、現地調査を実施した。(以下国内解析を含め「本調査」という。)

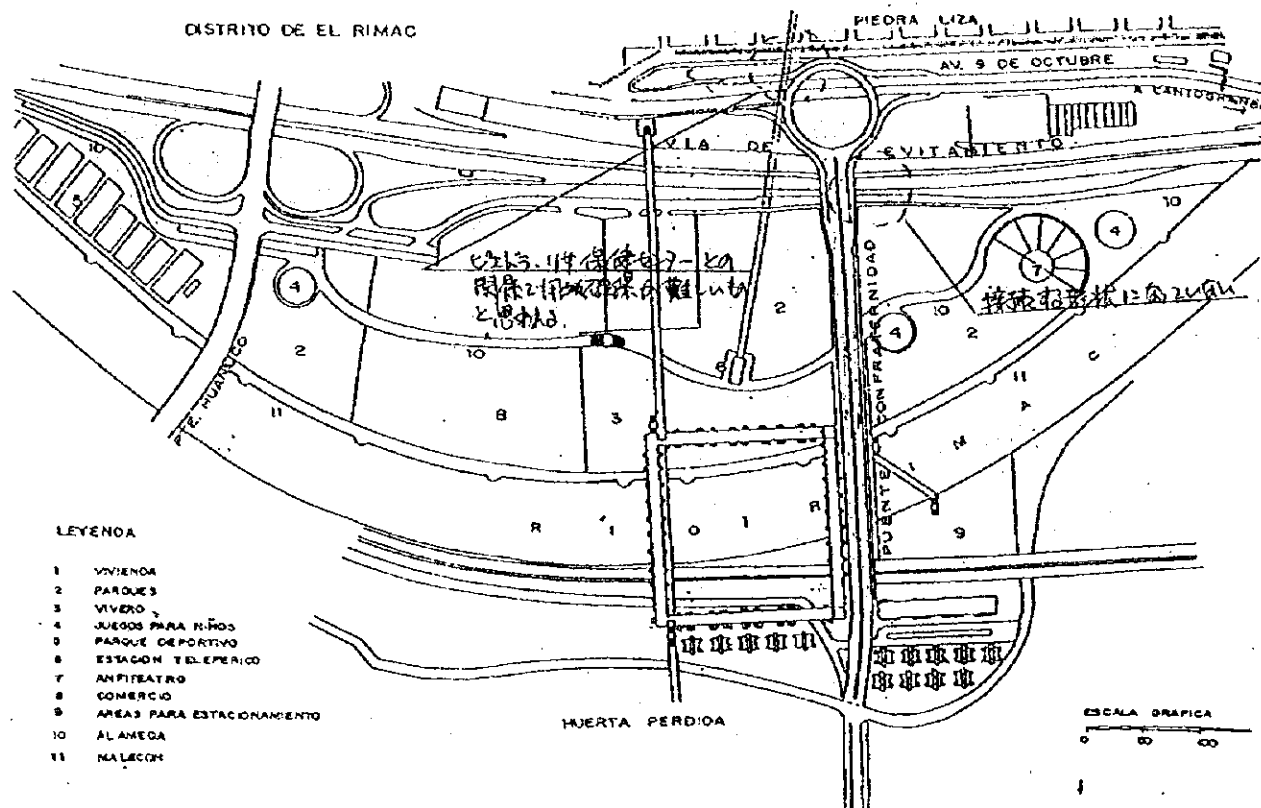
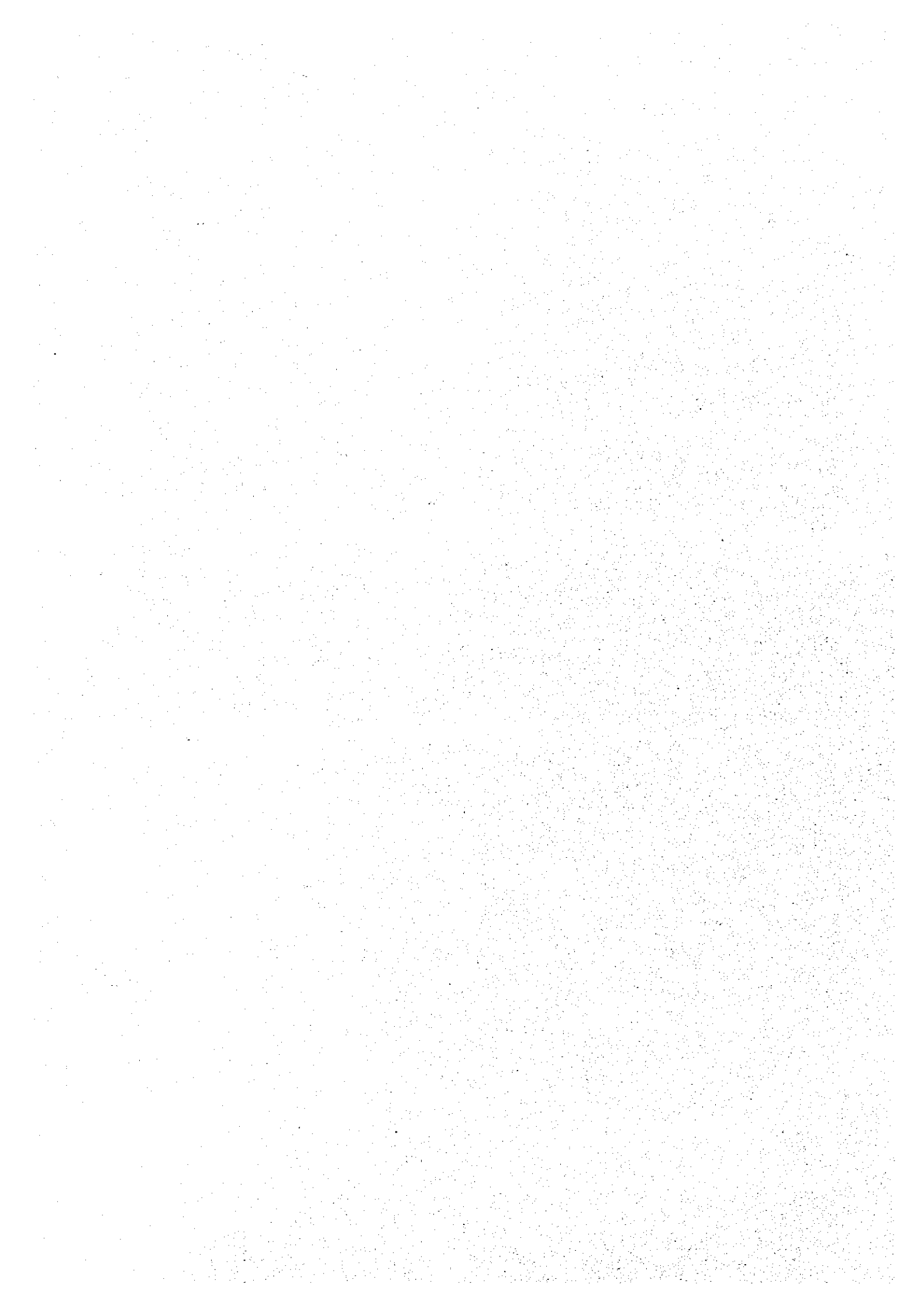


图 1.1 当初要請書添付図

第2章 プロジェクトの周辺状況



第2章 プロジェクトの周辺状況

2.1 当該セクターの開発計画

2.1.1 ベルギー国の運輸インフラ整備計画

ベルギー国の運輸インフラは、経済危機、政情不安等によりその機能が低下し、1990年には危機的な状況にあった。1992年時点での国内貨物輸送の割合は、道路：71%、海運河川：25%、鉄道：4%となっているが、たとえば、道路総延長7万kmのうち良好なものはわずか8%にすぎず、国道の総延長16,438kmに対しても12%のみであった。

1990年フジモリ政権発足時、同年8月から第1期および第2期緊急プログラムが実施され、IDB、WB等国際機関の支援の下に、重要な道路橋梁・空港整備が行われた。主要プロジェクトは海岸地帯を走るパンアメリカン道路のリハビリであった。

第2次フジモリ政権は、社会基盤整備として「地方開発を進めるにあたり、インフラ整備に重点をおき、道路、空港、港湾、電化、上下水道、学校、厚生施設等の公共事業を優先し整備していく」という施政方針を打ち出した。

1996年から2005年までの長期計画における前半の投資計画は次のようになっており、その30%を外国からの融資に期待している。

表 2.1 長期計画における前半の投資計画

1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
7.82億ドル	7.74億ドル	8.69億ドル	7.79億ドル	8.36億ドル

出典：国際開発センター：運輸経済協力調査（ベルギー）1996年

運輸網再整備10ヵ年計画（1995-2005）では下記のような整備目標を立てている

表 2.2 運輸網再整備10ヵ年計画(95-05)

	総延長	整備目標	予算
国道	16,438km	約70%の舗装	8,500万ドル
州道	14,331km	約25%の舗装化	7,500万ドル
地方道	42,615km	全天候化（アスファルトあるいは砂利道）	2,000万ドル
計	73,384km		1億8,000万ドル

出典：運輸経済協力調査（ベルギー）96年3月

2.1.2 リマ市での道路インフラ整備現況

リマ市は、42の地区から成り立つ。その都市内輸送は道路輸送のみである。1988年の総トリップ数は640万で、その81%は公共バスによる。1992年時点で公共バスの稼働数は大型2,000台、ミニバス10,000台とされている。

幹線道路延長は下表に示すようになっている。

表 2.3 リマ市の道路の伸び

年	延長 Km
1972	30.8
1988	50.9
1996	60.95
2010	78.45

市の中心部に近いところでの道路の渋滞は日常的であり、交通事故、環境問題を引き起こしている。事故率は高く、その70%は重大な人身事故である。この原因は交通処理方法のまずさ、違法駐車、露店等による非有効、信号機能の故障、道路標識の設置不足、歩道の設置不良、運転者のマナーのまずさによる。

1990年には、自転車道の整備計画が作成され、試験的に工事が行われたが、結果についての評価は確立されていない。

リマ市およびMTCの職員数は財政削減のため過去数年間にわたり縮小されてきた。予算不足から維持管理が十分できず、良好な国道は17%のみであり、特にリマ市の周辺部では道路状況が悪い。世銀は、輸送網改善計画を実施し、道路およびその関連施設の維持管理能力の向上を計画している。

2.1.3 上位計画

リマ市の首都圏開発局（略称：IMP: Institute of Metropolitan Planing）が計画しているリマ・カジャオ首都圏開発計画（Plan de Desarrollo Metropolitano de Lima Callao）がある。首都圏開発計画は、リマ市の歴史的遺産を考慮し、環境に配慮しながら、市の開発投資を実施するため、98年12月に策定された。都市再開発を通じて、交通問題および低所得者住宅の問題を解決しようとするものである。報告書は下記の6巻からなり、方針が条文化されている。

- Vol.1 リマ市中心部の長期ビジョン
- Vol.2 対象地域の現状
- Vol.3 対象地域の開発方法案

Vol. 4 再開発地区と土地利用

Vol. 5 道路横断基準

Vol. 6 参考資料

本要請計画と関係する箇所を抜粋すると下記のようなになる (Vol.1)。

- (第 13 条) 対象地域は 8 地域に区分する。
- (第 17 条) 首都の交通問題の解決：橋梁・トンネル等の建設を行う。また、鉄道・Rimac 川・Evitamiento 高速道路 (PanAm Highway) で分断されている箇所に横断歩道橋等を設置する。交通信号設備の整備。公共交通の整備。交通・運輸及び駐車場問題への民間投資の誘導。
- (第 18 条) Vol. 3 図 2-V に示している長期交通網案に、市中心部への車輛の制限と同時に、Rimac 川、鉄道、Evitamiento 高速道路を横断する橋梁計画が、リマ市中心部の整備の一環として記載されている。
- (第 20 条) 整備優先順位の高いとしているものの中に、下記のをあげている。
Grau 地区整備
Rimac 川および Evitamiento 高速道路上の横断歩道橋
- (第 35 条) 基幹整備事業リストの中に Grau 通りから Locumba 通りがあげられている。
- (第 48 条) 高優先順位プロジェクトとしてあげられている中に、Arica, Venezuela, Trenemann, Tingo Maria, Grau, Locumba, SJJ, Peru および Francisco Pizarro を結ぶ環状線があげられている。

この“首都圏開発計画”の中に、2010 年完成を目標とする幹線道路としての 5 つの環状線計画が示されている。環状 1 号線の計画路線は、Evitamiento 有料道路の Rimac 川をまたぐ橋の下を通過する様に計画されているが、橋下の道路巾、建築限界ともに不十分で、かつ洪水時には、舗装面が冠水する可能性がある。この中の環状 1 号線が、本要請計画位置付近で、10 月 9 日通りと Locumba 通りを結ぶ計画となっている。

本要請計画位置に橋梁を建設することは、環状 1 号線計画を補完するものとして位置付けられている。

2.1.4 財政事情

1990 年 7 月フジモリ政権発足後、経済は前政権からのインフレ昂進、国際社会での信用失墜、景気後退に対処すべく、支出削減、税収の改善の結果、1993 年頃から国家の経済状況は急速に改善され、結果としてテロによる社会不安、経済不安が克服されてきている。

GDP において主要産業が占める割合は、製造業、サービス、農業の順で大きい

労働人口の34%は農業従事者である。海岸地帯は砂漠であり、農業は雨量の豊かなアンデスの山岳地帯に多いため、小規模で生産性も低い。工業部門は、輸入代替型の製造業が多く、繊維製品を除いて、輸出競争力に乏しい。ペルーは世界でも有数の鉱物資源国であり、銀、銅、鉄鉱石等各種の鉱産物を算出し、総輸出の40%を占める。

しかし、金属価格の下落、アジアの経済危機、El Nino現象のため、98年の、経済成長率は0.7%にとどまり、今後数年間は5%程度と予測されている。

表 2.4 GNP の推移

	90年	95年	96年	97年
経済成長率	-5.4%	+6.9%	+2.8%	7.6%
GNP総額 (百万ドル)	26,149	55,019	58,671	63,672
GNP一人当り (ドル)	1,160	2,310	2,420	2,610
消費者物価上昇率	76.49%	10.4%	11.84%	6.46%

出典：国際協力推進協会；開発途上国国別経済協力シリーズ「ペルー」、ジェトロ・リマ資料98年、および世界経済情報サービスARCレポート「ペルー」96

2.2 他の援助国、国際機関の計画

2.2.1 関連計画

本要請計画に関連するリマ市での交通インフラ整備計画を表 2.5 に示す。

表 2.5 リマ市の交通インフラ整備計画

プロジェクト名	実施機関	財源 or 資金調達	
リマ・カジャオ首都圏開発計画	リマ市	未定	上位計画
リマ・カジャオ首都圏輸送網計画	合同輸送委員会	世銀	関連計画
北環状道路特別計画	MTC	未定	参考計画

上位計画については 2.1.3 章でふれた。以下、関連する 2 計画について述べる。

(1) リマ・カジャオ首都圏輸送網計画

(Estudios de Transporte Urbano para el Area Metropolitana de Lima-Callao)

世銀の援助で 97 年から調査中であり、99 年 2 月ドラフトファイナルレポートが作成された。目的は、公共交通網整備であり、その総事業費は US\$ 500Million で、東西南北十字型の 5 つの幹線輸送網の整備 (US\$ 94Million) の他、これに関連する事業として、維持管理費 (US\$ 54Million)、照明設備 (US\$ 75Million)、

安全施設 (US\$ 14Million)、歩道・自転車道整備 (US\$ 16Million)、排気ガス対策 (US\$ 20Million) と、その内容は多岐にわたる。

現在、リマ市、カジャオ市、MTC、PNP (ペルー国家警察)、ME (経済省) の5つの機関が、Consejo de Transporte (輸送委員会、事務局長: Alejandro Morales) を構成し、検討を行っており、99年6月に基本方針について世銀と署名を行った。

以下に示す計画図5本の交通回廊の内、人口が急増しつつある SJL 地区から Licard Palma、Abankai を経て南の市街地に結ぶ Vitrina 交通回廊を第一優先順位としている (事業費 US\$ 30Million)。この首都圏輸送網計画には地下鉄を含む道路上の大量輸送交通システムの整備が含まれている。本要請計画との関連では、本路線北側アクセス道路である 10月9日通りを改良する計画があげられる。

上記首都圏輸送網計画は、リマ市の首都圏開発計の中、SJL 地区からの輸送網としての、Av.Princip - 10月9日通り - Av.Lokunba - Av.Grau を結ぶルートとは、異なるものである。

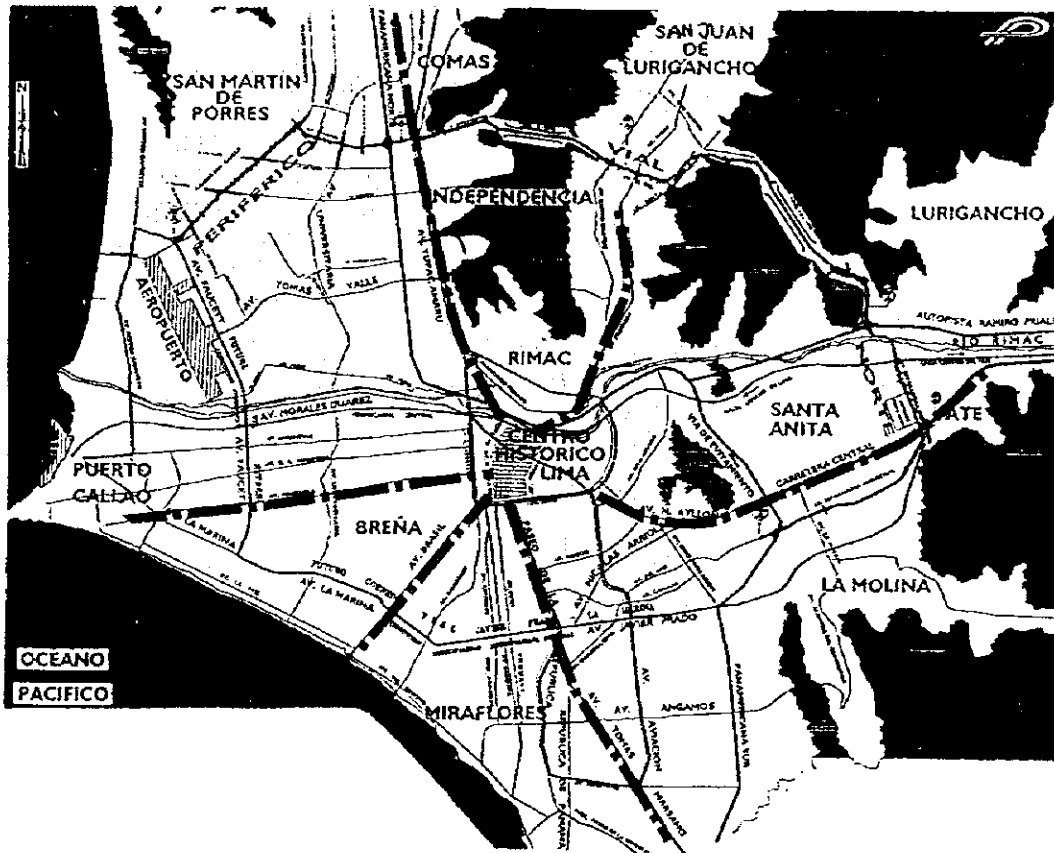


図 2.1 首都圏輸送網計画 5本の交通回廊

(2) 北環状道路特別計画

現在、運輸省で同地区北部を横断する全長約 31km の“リマ市北部横断道路計画”が進められており、これが完成すると、同地区は東西両側をトンネルで隣接地区と結ばれる事になるが、現在 F/S が完了し、D/D に着手したばかりであり、その完成日処は、未だたっていない。総予算 3 億 6 千万ドル、内 35% が総延長 8 KM のトンネル工事費とのことである。

全体計画から考え、本要請計画での交通解決策に近い将来直接影響するものではないと推定される。但し、その計画の中には、Rimac 川や鉄道をまたぐものが含まれているので、実施に際し相互に情報を交換する必要性がある。

2.2.2 外国援助機関によるペルー国への一般的援助動向について

外国援助機関によるペルー国への一般的援助動向について概説すると下記のようになる。(出展：国際開発センター：経済協力計画策定のための基礎調査：国別経済協力計画：ペルー・南米：95 年 3 月)

(1) 多国間援助

(a) IMF：国際通貨基金

1986 年ガルシア政権下、IMF はペルー国を融資不適国としたが、フジモリ政権下、国際金融界の信用を取り戻すため IDB に対し 1990 年から債務返済を始めた。さらに、1991 年 IMF とペルー政府は当面の経済政策について基本的合意に達し、対 IMF 延滞債務 8.5 億ドルの解消の日処がついた。1993 年にはペルーの国際収支赤字 4.1 億ドルのための支援国会議が開催された。

(b) WB：世界銀行

IMF 同様積極的にペルーの経済支援を行ってきている。1992 年以後総額 10 億ドルのローンが供与され、1993 年バリの CG 会合において経済計画の成功について高い評価を与えた。WB は今後、インフラ開発、社会分野開発、行政制度設立、マクロ経済の安定化に重点をおく。

(c) IDB：米州開発銀行

対 IDB 延滞債務は金額が小さかったため、つなぎ融資により 1991 年関係正常化した。貿易セクターローンに続き、1991 年 11 月道路修復プロジェクト承認され、翌年には金融セクターローンが承認された。1994 年の第 8 次増資加盟国マニフェストで 4 年間の援助計画が提示され貧困の軽減をはじめとする社会的公正の実現がうたわれている。

(d) UNPD：国連開発計画

UNDP 援助は直接的ではなく政策のオプション提言、国際金融機関との調整実施を行っている。

(2) 2 国間援助

(a) USAID：アメリカ国際開発庁

援助の目的は①民主化機関の強化、②持続可能な経済開発、③脆弱なグループの健康改善の3点である。将来的には、これに食糧援助、環境も目標とする。1993 年以降、ペルーは USAID の最大の援助受入国であり、1995 年で約 8500 万ドルである。

(b) GTZ：ドイツ

現在ペルーはドイツに対しても最大の援助受入国であり、ラテンアメリカにおいて最大の最貧国である。ドイツの援助の目的は、技術移転により核を作ること、コカ栽培に代わる農業開発の促進、インフラの整備である。

2.3 我が国の援助実施状況

当該セクターに関連する我が国からの援助実績は特にない。

しかし伝統的友好関係及び約 8 万人の日系人・在留法人の存在、経済安定化の達成、民主化プロセスの終了、今後の経済の持続的成長や民生向上に取り組む必要性による開発需要が大きいことを踏まえ、上下水道整備、教育、保健医療等の社会分野での協力、灌漑施設、農業技術移転等農業分野での協力、社会基盤整備への協力を中心に主に積極的に協力している。

過去の全体の援助実施状況は巻末資料〔4〕にしめす。

2.4 プロジェクトサイトの状況

2.4.1 自然条件

(1) 地 形

リマ市の位置はペルーのほぼ中央にあり、位置的には南緯 12 度にあり、太平洋に面している。ペルー近海を流れるフンボルト海流の影響で、冬 8 月の気温 15℃、夏 2 月で 23℃と冷涼で、湿度は高いが、雨は年間 30mm 程度しか降らない乾燥地域あるいは半乾燥地域に属する。

本友好橋は、リマ市の中心街から北西、サンクリストバルの丘（標高 394m）のほぼ南に位置する Rimac 川の河床氾濫原（標高 175m）に計画されている。（図 2.2 参照）

計画地点の標高は 170m から 180m で、河床氾濫原は南北の幅 250m、東西の長さ 800m の 3 日月型であり、護岸により区切られた川幅は約 70m である。

この北側にパンナムハイウェイにつ

ながる Evitamiento 高速道路が東西に走り、これに平行して 10 月 9 日通りが走る。計画地点の上流約 1.5km 付近で、Rimac 川は、St. Cristobal の丘により、西方向であった流路が南に屈曲を余儀なくされ、計画地付近で再び東方向に戻る。計画地付近の河床は洪水により運搬された砂礫が堆積し、本来の計画河床面より 1.5m 上昇している（農業省の情報）。

(2) 気 象

ペルーの国土 128 万 km² の 10 分の 1 を占める海岸平地はほとんど不毛の砂漠である。

海岸に位置するリマ市は南緯 12 度にありながら、ペルー近海を流れるフンボルト海流の影響で、冬 8 月の気温 15℃、夏 2 月で 23℃と冷涼で、湿度は高いが、雨は年間 30mm 程度しか降らないという、特異な気候を示している。

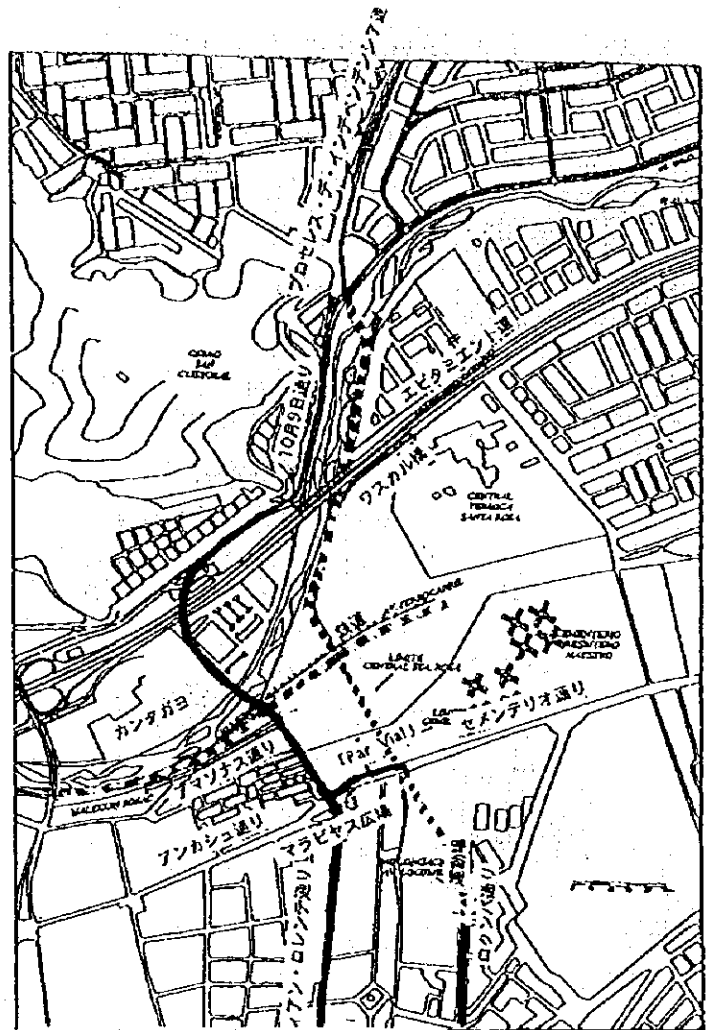


図 2.2 プロジェクト周辺図

計画地点も、降水量は極めて少なく、年間降水量にしても 1980 年までの約 50 年間で最大 60mm/年 にすぎず、乾燥地域あるいは半乾燥地域に属する。

しかし、計画地点を流れる Rimac 川流域の気象は、標高差の大きい流域地形と、フンボルト寒流の影響によって、地域的に大きな違いが存在する。

降水量は、流域の中下流域では年間 5~20mm 程度と少なく、上流域では 200mm~1,000mm 程度と比較的多い。上流域における月別降水量については 1 月~3 月が最も降水量の多い月である。従って、Rimac 本川中下流区間における月平均流量も 7 月~9 月の約 20 m³/s から 1 月~4 月の約 40~70 m³/s と変動する。

月平均気温についての年間変動は、下流域および中流域で 7℃程度、上流域で 1℃程度と小さい。

流域の気象は、地形および寒流に加えて、エルニーニョ (El Niño) 現象による影響を大きく受ける。エルニーニョ現象時には流域内に集中豪雨が発生し、これによる斜面崩壊、土石流、洪水氾濫の頻発あるいは、これらによる大規模な災害を発生させてきた。

(3) 地 質

橋梁の設計施工上必要な地質分布状況および地盤特性を把握するため、ボーリングおよび室内土質試験を実施した。土層がごみ (工事時には掘削除去が必要) および砂礫 (N 値は 50 以上) から構成されるため、標準貫入試験は、実施が困難な場所が大部分であった。

その結果をまとめた橋梁部および付帯道路付近の地盤状況を図 2.3 に示す。

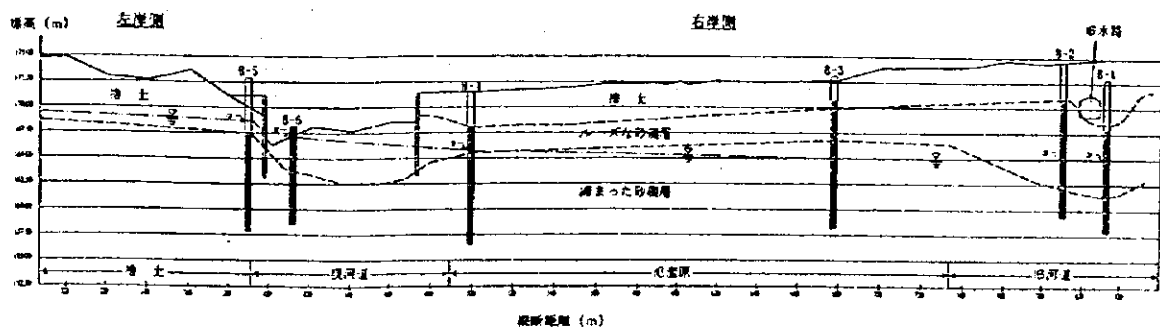


図 2.3 土層断面図

リマ市の主な地層は、150m 以上の厚さを持つ新生代第 4 紀 (Quaternary) の沖積砂礫層からなる。

計画地付近では、Rimac 川の自然河川は、500m以上の谷幅を有し、沖積砂礫層 (alluvial sand/gravel) が分布し、その下層からの貫入岩 (intrusive rock) 体である石英閃緑岩 (quartz diorite) がサン・クリストバルの丘を形成している。

概略地質構成は、表層に捨て土層があり、この下にルーズな新しい河床砂礫が 4~5m 堆積し、その下位にやはり昔の河川によって運搬・堆積した旧河床砂礫層が分布している。この古い河は調査地全域に氾濫原をもち、締まった砂礫から構成され、これは橋台、橋脚の基礎として十分な強度を持つ。

右岸側のボーリングの調査から、現 10 月 9 日通り付近に旧河道中心が存在し、その河床は標高 162m 程度と推定される (現地標高 175m)。またこの付近の標高 170m 付近には古い水路トンネルの存在も明らかになった。

現河道の中心の砂礫は緩んでいる。この新しい自然河道は両側を堤防により狭められた幅約 70m の人口河道となっている。

堤防より外側は生活ごみ、建設残土の埋め立てに利用されている。この捨て土の厚さは場所により異なり 2~5 メートルと推定される。この捨て土層は橋台、橋脚・盛土の基礎地盤として不適格であり、全区間掘削除去し、橋梁部は基礎底面を砂礫に床付し、盛土部は置換する必要がある。

(4) 地 震

本友好橋計画地は、環太平洋地震帯上のアンデス山脈とリマ海溝に挟まれた強震帯に位置している。

ナスカプレートがリマ海溝で南米プレートの下に潜り込んで、そこにエネルギーが蓄積されていき、地震を発生させ、たびたびリマ市に被害を及ぼしてきた。

近年の大きな地震は表 2.6 に示すように、1974 年 10 月 3 日のもので、震源が地表から 13km と浅く、被害を大きくした。

表 2.6 リマ市に影響を与えた地震の記録

年月日	震央 S/E	推定マグニ チュード	震度	震源深度 (m)	推定 津波高(m)
1586,07,09	12.2/77.7	8.0			3
1604,11,24	18.0/71.5	8.4			3
1687,10,20	13.0/77.5	8.2			3
1746,10,28	11.6/77.5	8.4			3
1806,12,01	12.0/78.0	-			2
1868,08,13	18.5/71.2	8.5			3
1940,05,24	10.5/77.6	8.2	VII	42	-
1966,10,17	10.7/78.6	7.5	VII	38	-
1974,10,03	12.3/77.8	7.5	VII*	13	-

*注：当該計画での地震震度は VII、加速度は 460cm/sec² (0.47gal) であった。

このためにペルー国は、構造物の設計に対する耐震設計基準を設定している。図 2.4 に示したように、ペルー国を 3 つの地震帯に区分し、海岸付近が強震帯、アンデス山脈付近が中震帯、この山脈より東側のアマゾン流域を弱震帯と設定し、それぞれに対応した地震係数を設定した。

ただし、現在のところ建築に対するペルー耐震設計基準 (Diseno Sismorresistente, 1997 年 10 月、Peruvian Standards of Seismic Resistance Design (英文)) が設けられているのみで、他の構造物はこの基準の各種係数を変えて利用するか、50 年確率で 250cm/sec^2 、100 年確率で 460cm/sec^2 程度の加速度が用いられている。

(5) 水 文

(a) Rimac 川流域システム

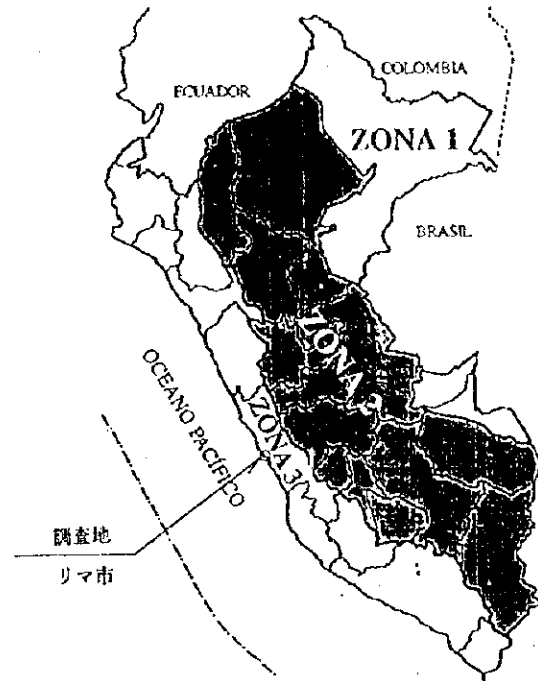
Rimac 本川は、集水面積は $3,230\text{km}^2$ を有し、図 2.5 に示すように、アンデス山脈に源を発し、支流と合流しながら、西流して、リマ首都圏中心部を通過してカジャオ港(Callao)付近で、太平洋に注ぐ。

その延長は約 70km であるが、標高差は 5,650m、平均河床勾配=8%という急勾配河川である。

表 2.7 Rimac 川流域説明

本川/支川	流域面積 (km ²)	河川長 (km)	河床標高 (El.m)	河川勾配	川幅 (m)
1. Rimac 本川	2,210	129	0~4,850	1/104~1/16	-
1) 河口~サンタ・エウラリア川合流点 Rio Santa Euralia	980	56	0~900	1/104~1/38	80~200~10~65~25
2) サンタ・エウラリア川合流点 Rio Santa Euraliaより上流	1,230	73	900~4,850	1/38~1/19	25~10~3
2. サンタ・エウラリア川	1,020	56	900~4,345	1/20~1/16	-
3. Rimac 川流域全体	3,230	-	-	-	-

ZONAS SÍSMICAS



ZONA	FACTOR DE ZONA-Z (Z)
3	0.4
2	0.3
1	0.15

図 2.4 ペルー国地震帯区分図

Rimac 川流域の表流水および地下水は首都圏に対する上水源として利用されている。

また、表流水については上水に加えて農業用水および発電用水として利用されており、水資源の利用という観点から首都圏に対して重要な役割を果たしている。

一方、Rimac 川流域では土石流、斜面崩壊および洪水氾濫といった災害が頻繁に発生し、流域における社会経済活動に対して障害となっている (JICA88Study)。

表 2.8 Rimac 川流域地形・地質

	流域区分	地形区分	地 質
水源～	上流域	山岳地形	下層の安山岩 (andesite) 系の火山岩 (volcanic rocks) と、上層の凝灰角礫岩 (tuff breccia) 等の火山砕屑岩 (crushed volcanic rocks) からなる。
Rio Sta. Eulalia 合流点～	中流域	山岳から扇状地へ移行する中間的地形	花崗岩 (granite magma) 等の貫入岩 (intrusive rock) と安山岩 (andesite) および河川沿いの第 4 紀 (Quaternary) 堆積層が存在する。
Qda. Jicamarca 合流点～ 河口	下流域	扇状地形	第 4 紀 (Quaternary) の堆積層が広く分布している。

(b) 流域の土地利用

Rimac 川流域の土地利用は、町/村 (4.6%)、農耕地 (8.8%)、植生のない山地 (30.0%)、植生のある山地 (34.6%)、その他 (22.0%) となっている。植生のある山地についても、わずかに草、サボテン、低灌木が生えている程度である。

(c) 洪水および土砂流出

Rimac 川流域では毎年のように斜面崩壊、土石流および洪水氾濫による災害が発生している。特に、エルニーニョ現象時には災害の発生が著しい。近年では 1983 年および 1987 年に大規模なものが発生した (図 2.6、図 2.7)。

災害多発地域は、Rimac 本川中流域～上流域およびサンタ・エウラリア川流域における土石流および斜面崩壊による災害地域と、Rimac 本川中流域～下流域における洪水氾濫による災害地域である (図 2.5 参照)。

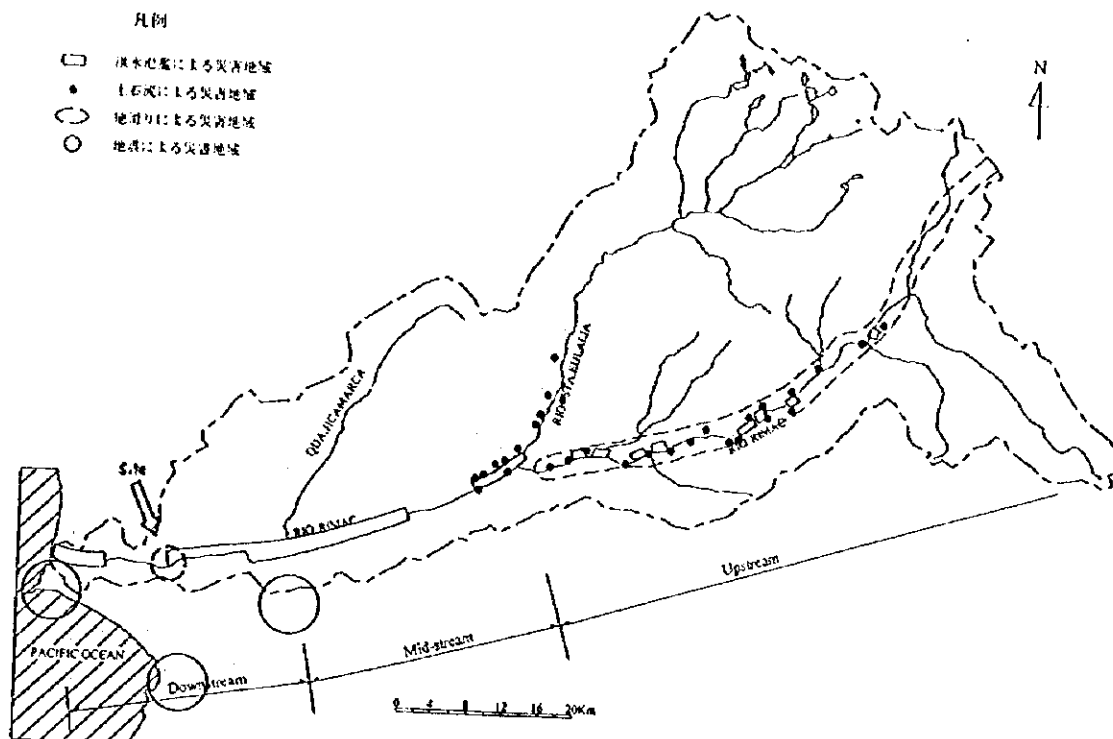


図 2.5 Rimac 川流域の災害多発地区位置図

河道内の土砂流出の供給源は、山腹斜面からの土砂流出および土石流の堆積による不安定土砂等である。1983年～1987年の5年間に、Rimac川下流区間において最大2m程度の土砂堆積を生じたことが推定されている。(JICA88Study)

図 2.6 に示す 1987 年災害の主たる原因は、Rimac 本川中流域における土石流災害と、小支川ヒカマルカ川下流部での氾濫水が本川右岸側の道路沿いに流下したことによる洪水氾濫である。

災害関連の調整を行う機関として、国家防災委員会(INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil) が存在する。INDECI は災害時における関係諸機関の調整、報告書の作成、災害に関する情報および資料の収集、および災害防止のための啓蒙活動を行う機関である。

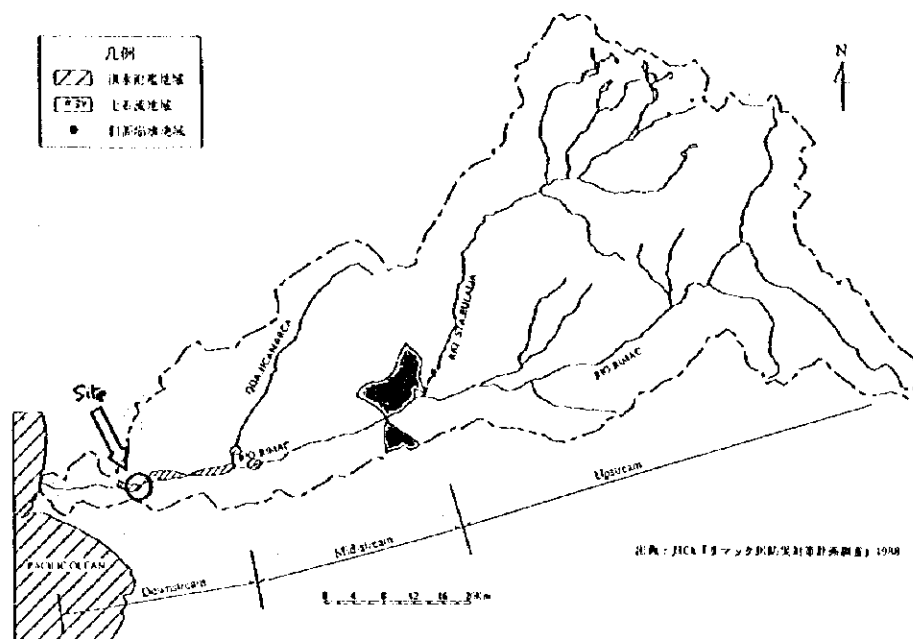


図 2.6 87 年 3 月の災害地区

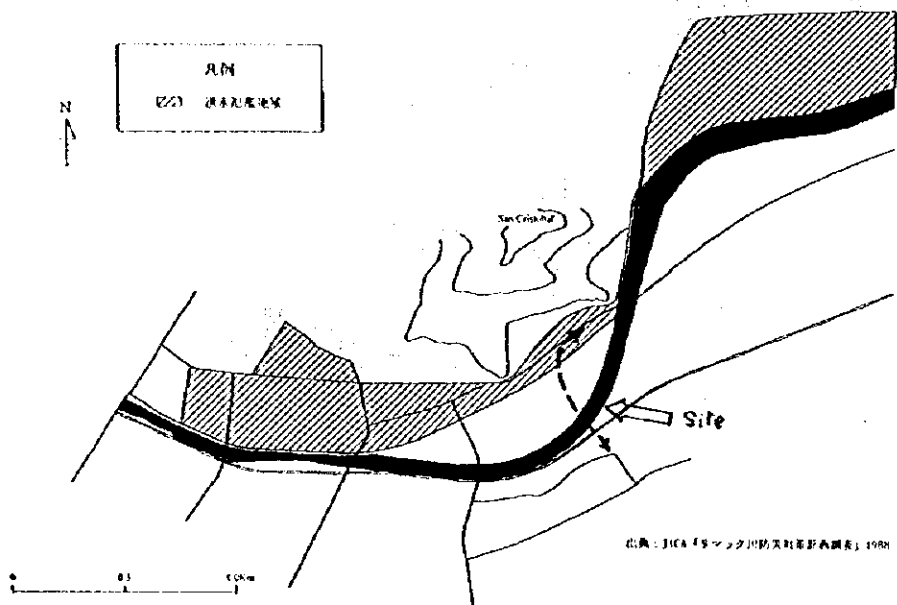


図 2.7 87 年 3 月の災害地区

(d) Rimac 川流域の管理

農業省 (Ministerio de Agricultura) が維持管理を含む全国の河川管理を行う担当省であり、表 2.9 のような管理を実施している。本要請計画橋梁の建設についての許可は問題ないことを確認している。

表 2.9 農業省 管理業務

呼び名	位置	土砂対策	洪水対策	河川改修計画
上流域		植林、山腹工事、砂防ダム		1997 年策定済
中下流区間	Pte. Huascar より上流		河床土砂の掘削や護岸等の対策	未策定
下流区間	Pte. Huascar ~ 空港		1997 年約 80cm 掘削	未策定
最下流区間	リマ空港付近 ~ 下流		河床土砂の掘削や護岸等の対策	策定中

(e) 河川状況

架橋予定地点の河道疎通能力を等流計算により検討したが、図 2.8 に示す高さ 30~40cm のパラベットについては、不連続なものであるため、有効断面と見なしていない。

「本調査」による河川横断測量結果と現地踏査に基づく架橋予定地点でのデータは表 2.10 及び表 2.11 の通りである。

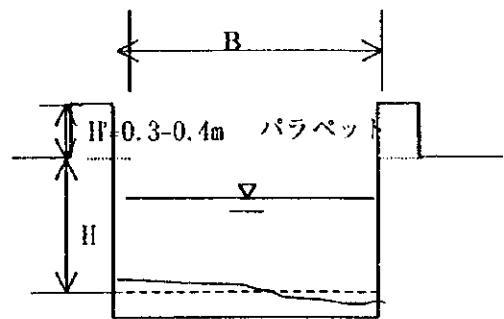


図 2.8 河川断面

表 2.10 河川断面、河床勾配および粗度

区 間	断面形状	河川断面		河床勾配 S	マンニングの 粗度係数 n
		河川幅 B	高さ H		
架橋位置	矩形断面	65m	2.25m	1/100	0.035
上流区間： 架橋位置～ 450m 上流のウアスカル橋間まで	矩形断面	65m～ 70m	2.70m～ 3.65m	1/100	0.035
下流区間： 架橋位置～ 405m 下流まで	矩形断面	65m～ 60m	2.25m～ 1.40m	1/100	0.035

表 2.11 架橋位置で確率洪水流量に対応する水深および流速

確率年	確率洪水流量 Qpmax (m ³ /s)	水深 D (m)	流速 V (m/s)
2年	207	1.17	3.10
5年	333	1.56	3.72
10年	417	1.80	4.08
25年	522	2.06	4.44
50年	600	2.25	4.69
100年	660	2.39	4.87
200年	755	2.55	5.07

河川横断測量成果に基づく架橋予定地点および上下流区間の現況河川縦断を図 2.9 に示す。

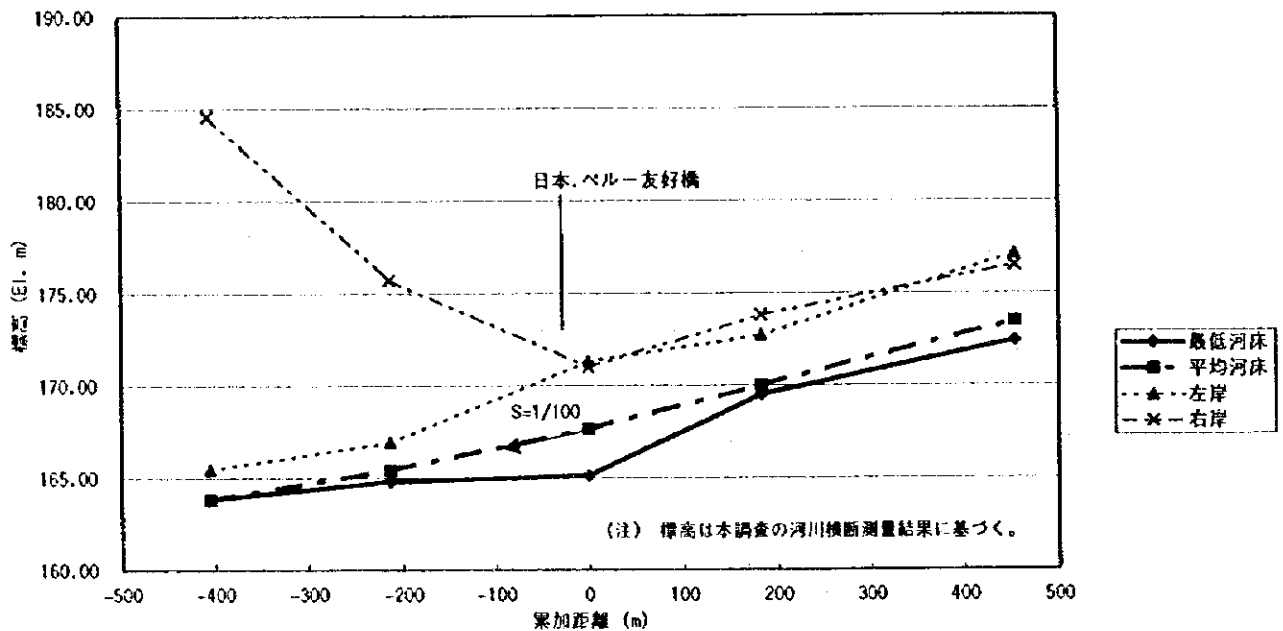


図 2.9 架橋地点および上下流の河川縦断

(f) 河床変動

図 2.10 に「本調査」での地質調査結果から推定した計画地点における河床変動深を示す。

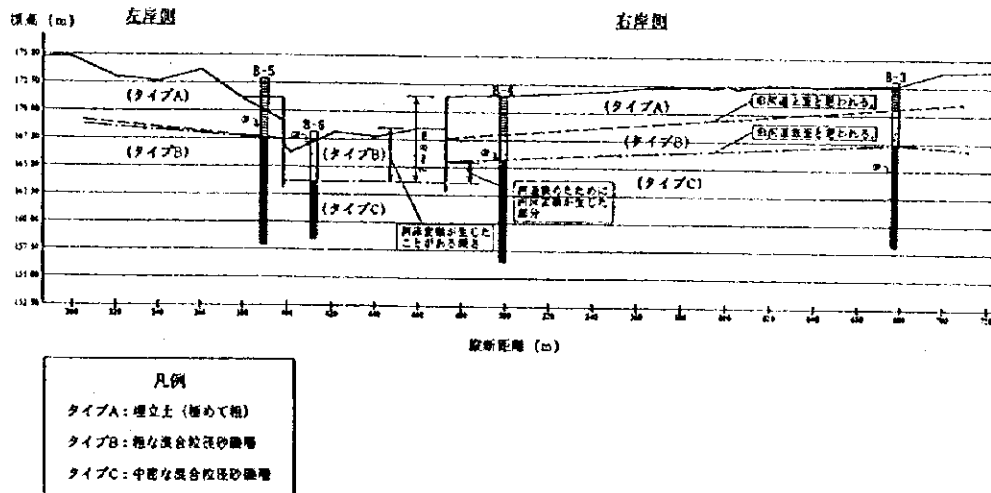


図 2.10 架橋予定地点における河床変動深

計画地点は旧氾濫原に位置しており、混合粒径の厚い砂礫が広く堆積している。同地点における洪水時の流れは比較的流れの緩やかな常流と流れの急な射流の境界的域にある。流砂形態としては、砂礫がある厚さを持って流動する掃流状集合流動（土石流と掃流砂の中間的な激しい土砂流動形態）となっているものと推測できる。

地質調査結果から明らかなように、砂礫堆積層には、旧氾濫原上で土砂が流動、堆積した上層の粗な堆積層とその下に比較的河床変動が少なかった中密な堆積層が存在する。旧氾濫原は自然遊水地として洪水ピーク流量の低減効果を有してだけでなく、自然遊砂地として土砂調節効果を有し、下流河道における洪水氾濫の軽減と河道の安定に寄与していたと考えられる。

このような旧氾濫原をある時点で人工的に埋め立て、Rimac 本川の川幅を現在のようにコンクリート擁壁で狭めた結果、洪水流は低減されることなく下流区間に流れ、さらに、土砂も旧氾濫原内に氾濫することなく狭い河道内の流動に限られることとなった。下流区間では、Ejercito 橋下流の著しい河床低下や、空港より下流の最下流区間における土砂堆積問題など河道の不安定現象による問題が著しく、旧氾濫原の埋め立ておよび河道を狭めたこととの関連が推測できる。

1987 年測量河川断面データによると、Huascal 橋より約 600m 下流地点（日本、ペルー友好橋架橋予定地点から約 100m 下流）において、河道中央付近に兩岸の護岸天端から 9.3m 下りの最深河床が存在した。また、ウアスカル橋より約 300m

下流（架橋予定地点の約 200m 上流）の断面では護岸天端から約 4m 下に最深河床が存在した（JICA88Study）。図 2.8 に見られるように、河道内の中密な砂礫層においても侵食が発生するようになり、今後ともこの傾向は継続すると思われる。

(g) 計画地点付近の流況、土砂流出、護岸等の現地確認

現地踏査によって、架橋予定地点を含む上下流について、河川断面、縦断勾配、水位・流速、土砂流出、護岸等の河川改修状況について以下の通り確認した。

表 2.12 河川状況確認表

河川断面	矩形断面（幅約 65m x 高さ約 3m）
河川勾配	中程度の勾配（約 1/100） （JICA88Study）
流況	目視で水深 50cm 程度、流速 1.5～2.0m/s 程度（1999 年 4 月下旬時点）
護岸、堤防	計画地点上流の Huascar 橋～下流の Huanuco 橋までの区間の両岸にはコンクリート製で部分的にパラベットの垂直擁壁が存在する。同区間の左岸沿いに鉄道線路の盛土が低い堤防状に存在する。
洪水痕跡	緩やかな湾曲部内岸（右岸）沿いの擁壁天端下約 1.5m と湾曲部外岸（左岸）沿いの擁壁天端下約 1.0m に比較的新しい洪水痕跡が見られた。洪水痕跡から湾曲による横断方向の水位差は 50cm 程度であったと推定できる。
土砂流出	計画地点の河床材料は砂分が多いが、砂礫から直径 20～30cm 程度の玉石も存在する。土砂堆積に関しては、計画地点では過去 10 年間で約 1.5m の土砂が堆積したとのことである（MTC からの情報）。現地踏査時に両岸の護岸擁壁下部に現河床上約 50cm 程度の土砂堆積痕跡が認められた。

(h) 年最大流量

架橋予定地点付近には水位・流量観測所はない。一般に、Rimac 本川の中・下流域における河川改修や構造物の計画においてはサンタ・エウラリア川(Rio Sta Eulalia)合流点付近のチョシーカ(Chosica)水位・流量観測所のデータを用いることとした。

年最大流量データに関しては、気象庁（SENAMI）より年最大の日・中間流量が入手可能である。ただし、このデータはあくまでも一日の流量の中間値に関する年最大値であって、洪水ピーク流量（瞬間最大流量としての年最大流量）ではない。JICA88Study では、年最大の日・中間流量を年最大瞬間流量に換算する関係式を検討し変換を試みたが、十分な結果が得られていない。

Chosica: 年最大日中間流量

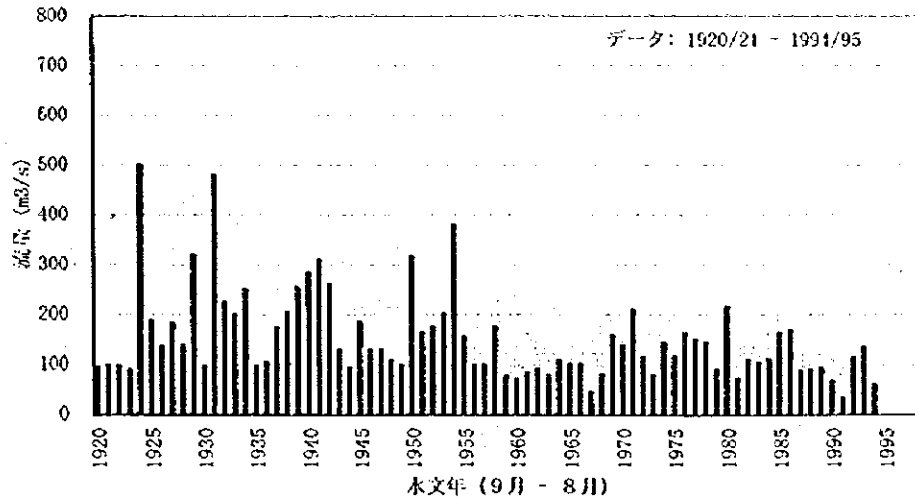


図 2.11 Chosica における年最大の日・中間流量の経年比較

図 2.11 に Chosica における年最大日中間流量の経年比較を示す。1924 年及び 1931 年に 2000 年確率相当（最大 500 m³/s：瞬間最大 730 m³/s 相当）の、また 1950 年及び 1954 年に 100 年確率相当の洪水が生じている。1960 年代～1990 年代にかけての最大流量は 216 m³/s である。1998 年のエルニーニョ現象により発生した洪水による年最大の日・中間流量は 121 m³/s であった。

2.4.2 社会基盤整備状況

(1) 道路平面線形設定上のコントロールポイント

計画策定にあたり考慮すべきコントロールポイントを表 2.13 に示す。また図 2.12 にこれを図示した。

表 2.13 道路線形設定上のコントロールポイント

リマ市公共交通管理事務所	本要請計画路線は、SETAME の借用している土地の西の境界上を通過する。問題箇所はその北端の私設ガソリンスタンドの用地との境界であり、その最小間隔を IMP の要望に合うように 5m に設定した。
公共施設、墓地、公園、住宅密集地	Evitamiento 高速道路を超える横断歩道橋は、住民へのサービスの観点から撤去せず、かつ工事に支障のないように間隔を最小 5m 取るようにした。
10 月 9 日通りに沿ってすぐ北側にある保健所	日本ペルー友好記念病院計画で増築が計画されているので、ここには触らぬようにした。
工場、発電所、堅固なビル、鉄塔	Evitamiento 高速道路と 10 月 9 日通りの間に鉄塔が存在する。これを撤去するかどうかの扱いが未定なので、一応さけて計画する。
その他埋蔵文化財等	特に注意すべきものはないことを文化省から確認している。

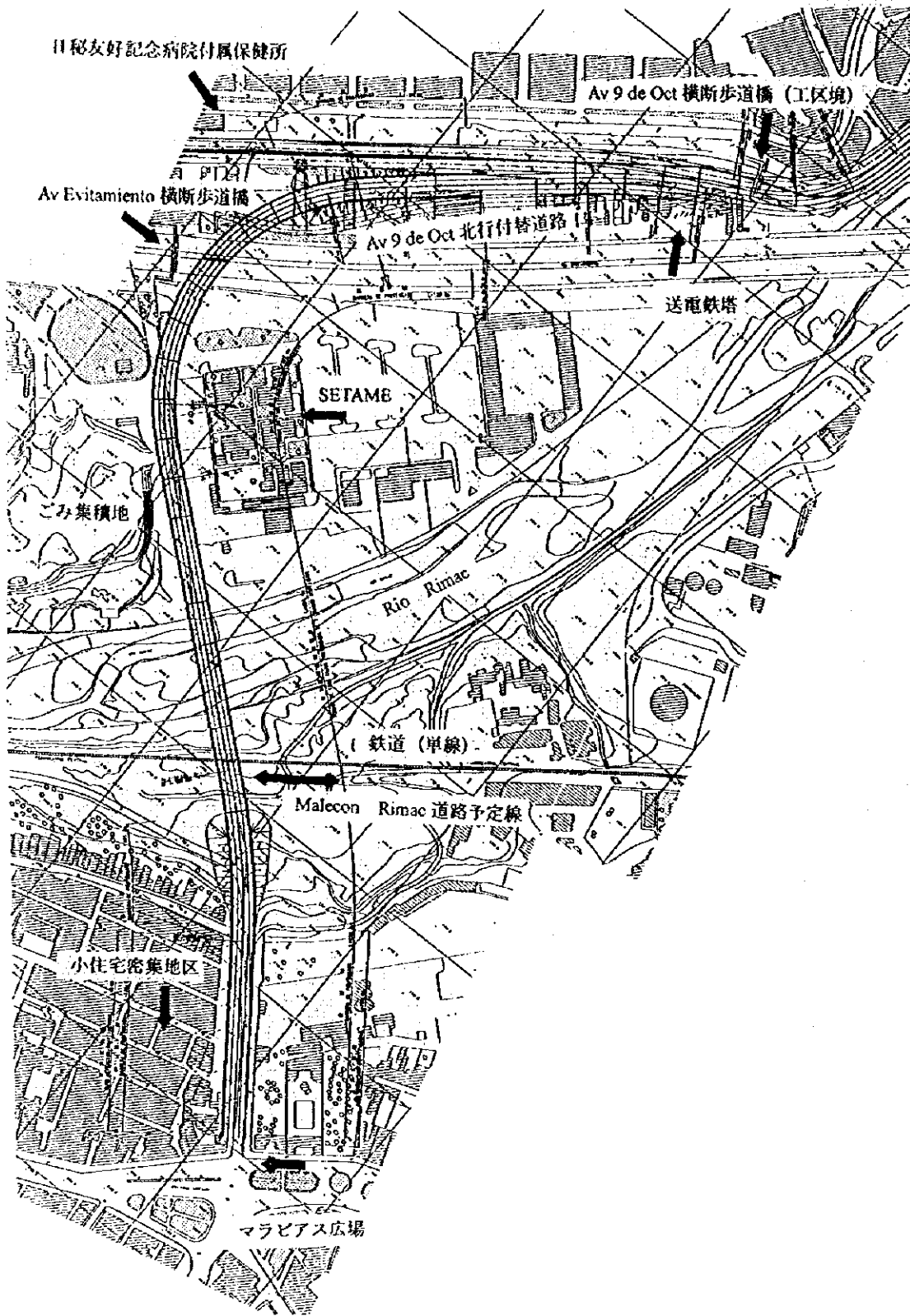


図 2.12 コントロールポイント

(2) サイト周辺の電気・ガス等の敷設状況

現在まで確認されている地下および空中施設は以下の通りである。

表 2.14 送電線・水道管・下水管の状況

位置	施設	根拠	図面
Rimac 川左岸	60kv の送電線	cdelnor 書簡 7/28 付	あり
Piedra Liza 地域	10kv ・ 200v の地下電力線	cdelnor 書簡 5/19 付	あり
10 月 9 日通り脇 Piedra Liza 地域	水道管 D64 D8 D6 下水管	sedapal 書簡 5/18 付	あり
S.セバスチャンロレンテ 通り北のマラビアス広場	水道管、下水管	sedapal 書簡 5/13 付	あり

(3) 土地収用

本要請計画路線上に存在するガソリンスタンド、ガス会社、花市場の土地収用は、地権者との話し合いに難航が懸念されるので、実施設計時点のみならず、施工に入ってからその動きに注意を払い、対応を考慮していくものとする。

収用手続きとスケジュールは表 2.15 の通りである。このスケジュールによれば最大でも 2000 年 4 月中旬には完了する見込みである。

表 2.15 収用手続きとスケジュール

手続き	担当	所要期間	備考
「対象用地の評価額 査定申請書類作成」	MTC	1.5 ヶ月	(※99.11 現在、MTC 内で書類決裁中で CONATA には未提出)
「対象用地の評価額 査定審査」	MTC 国家土地鑑定 委員会 (CONATA)	1.5 ヶ月	
「地権者との交渉」	MTC 及びリマ市		
「強制収容申請、 審議、承認」	国会	2 ヶ月	地権者が評価額を不服とした場合に実施。 MTC 大臣決議を国会に提出。 国会で MTC 及びリマ市が説明。 国会の承認後、強制収用令が施行される。 理論的には、国会で不承認で土地収用が不可 となる可能性もある。

2.5 環境への影響

本要請計画に関する環境影響評価（EIA）の必要性と EIA で検討すべき項目を事前に検討するために、初期環境評価（IEE）を実施した。

プロジェクト立地環境を表 2.16 に示す

表 2.16 プロジェクトの立地環境

項 目		内 容
プロジェクト名		日本ペルー友好橋建設計画
社会環境	地域住民 (居住者/先住民/計画に対する意識等)	都市型住民、対象域外の北側および対象地域内の南側に貧困地帯あり。
	土地利用 (都市/農村/史跡/景勝地/病院等)	住宅地：60 % 市のタクシー事務所およびゴミ堆積場：20 % 河川および空き地：20 % 北側の住宅地付近に日本ペルー友好病院の計画あり。 保全対象とすべき歴史的遺物は存在しない。(注)
	経済/交通 (商業/農漁業/工業団地/バスターミナル等)	SJL 地区から Rimac 川南部のリマ市中心地区への通勤通学および商業交通が主体
自然環境	地形地質 (急傾斜地/軟弱地盤/湿地/断層等)	扇状地上流部に位置。 旧氾濫原上の中心部を人工的に両岸を固定された Rimac 川が流れる。 その他の旧氾濫原は盛土（ゴミ堆積場含む）。 地質は厚い砂礫層が主体。
	貴重な動植物生息域 (自然公園/指定種の生息域等)	貴重な動植物は特に存在しない。
公害	苦情の発生状況 (関心の高い公害等)	不明。
	対応の状況 (制度的な対策/補償等)	不明。
その他特記すべき事項		特になし。

(注)：プロジェクトの計画実施に当たっては、文化庁(Instituto Nacional de Cultura)に対し遺跡および史跡を含む歴史的遺物に関する証明書の発行申請を行う必要があるが、「本調査」においては、文化庁に計画対象橋梁・道路および周辺地域における歴史的遺物について証明書の発行手続きを MTC (運輸省) を通じておこなった結果、保存対象となる歴史的遺物はないことが確認されている。

JICA 開発調査環境配慮ガイドライン表 3-1 に基づいた、環境影響に関するスクリーニング結果を表 2.17 に示す

表 2.17 環境影響に関するスクリーニング表

環境項目	内 容	評 定	備 考 (根拠)	
社会環境	1 住民移転	用地占有に伴う移転 (居住権、土地所有権の転換)	① 無 不明	住宅、市の施設等移転の必要あり。
	2 経済活動	土地等の生産機会の喪失、経済構造の変化	① 無 不明	計画地周辺に居住地あり。
	3 交通・生活施設	渋滞・事故等既存交通や学校・病院等への影響	① 無 不明	病院計画あり。交通量の増大。
	4 地域分断	交通の阻害による地域社会の分断	存 無 (不明)	地域社会の関連性が不明
	5 遺跡・文化財	教会、埋蔵文化財等の損失や価値の減少	存 無 不明	調査不要。
	6 水利権・入会権	漁業権、水利権、山林入会権等の阻害	存 無 不明	河川水の利用なし。
	7 保険衛生	ゴミや衛生害虫の発生等衛生環境の悪化	存 無 不明	ゴミ等の発生はない。
	8 廃棄物	建設廃材・残土、一般廃棄物等の発生	① 無 不明	建設廃材・残土の発生ありうる。
	9 災害 (リスク)	洪水、土砂氾濫、事故等の危険性の増大	① 無 不明	橋脚設置の場合危険性増大する。 工事交通等による住民等の安全性の悪化
自然環境	10 地形・地質	掘削・盛土等による価値ある地形・地質の改変	存 無 不明	大規模な地形改変は無い。
	11 土壌浸食	土地造成・森林伐採後の雨水による表土流出	存 無 不明	掘削、盛土表面の処理に注意。
	12 地下水	掘削に伴う排水等による枯渇	存 無 不明	地下揚水はしない。
	13 湖沼・河川流況	埋め立てや排水の流入による流量、河床の変化	① 無 不明	橋脚設置の場合、流況、河床変動の変化ありうる。
	14 海岸・海域	埋め立てや海況の変化による海岸侵食や堆積	存 無 不明	海岸地域は通過しない。
	15 動植物	生息条件の変化による繁殖阻害、種の絶滅	存 無 不明	貴重な動植物の生息地域はない。
	16 気象	大規模造成や建築物による気温、風況等の変化	① 無 不明	道路、橋梁が河川を横断することで風況が変化する。
17 景観	造成による地形変化、構造物による調和の阻害	① 無 不明	河川景観の阻害の可能性あり。	
公害	18 大気汚染	車両や工場からの排出ガス、有害ガスによる汚染	① 無 不明	工事車両および供用開始後の自動車排気ガスによる大気汚染の可能性あり。
	19 水質汚濁	土砂や工場排水等の流入による汚染	存 無 不明	重大な水質汚濁の行為は無い。
	20 土壌汚染	粉塵、農業、アスファルト乳剤等による汚染	存 無 不明	土壌汚染行為は無い。
	21 騒音・振動	車両等による騒音・振動の発生	① 無 不明	工事中および供用後の車両による騒音・振動あり。
	22 地盤沈下	地盤変状や地下水位低下に伴う地表面の沈下	存 無 不明	地下揚水はしない。
	23 悪臭	排気ガス・悪臭物質の発生	存 無 不明	悪臭の発生要因はない。
総合評価: IEE あるいは EIA の実施が必要となる開発プロジェクトか			要 不要	影響が考えられる項目が複数ある。

第 3 章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3.1 プロジェクトの目的

リマ市の交通は、その大部分を道路交通に依存している。首都中心部は Rimac 川南岸にあり、約 300 万人が居住する Rimac 川以北から中心部への交通は、約 10 カ所の橋梁を経てくるが、いずれの橋梁付近も交通渋滞箇所となっている。

特にリマ市の中で最大人口を有する *SJL*(San Juan de Luriganco)地区からの交通は、主として 3 本の橋梁に集中しており、本要請計画は *SJL* 地区から首都中心部への交通問題の改善を目的とする。

具体的には、10 月 9 日通りからセバスチャンロレンテ通り（以後ロレンテ通りという）までの約 1km 区間に新規道路・橋梁を整備するものである。

同様な構想をもつ上位計画は、リマ市独自計画であるリマ・カジャオ首都圏開発計画の中の Grau - Locumba - 10 月 9 日通りを結ぶ路袂の改良計画、リマ・カジャオ首都圏輸送網計画の中の Vitrina コリドールプラン等が存在する。

本要請計画路線は、後述「3.3.2 基本計画」の章で説明するように、上位計画との整合をはかりながら、将来のリマ市の交通計画網整備に寄与するものである。

本要請計画は、同時に、日本からの最初の移民到着後、今年が 100 年にあたるため、日本ペルー友好 100 年周年の記念事業としての意味合いを有する。

3.2 プロジェクトの基本構想

3.2.1 当初要請計画と上位計画の検討結果に基づく変更

当初要請案では、起点をロレンテ通りとし、Cantagallo 河川敷内を通過し、10月9日通りに立体ロータリーで接続する図が添付され、「水の公園計画」の一部を構成するものとなっていた。(図 1.1 参照)

しかし「水の公園計画」は、未だ構想の段階であり、この計画の3本柱である、“河川敷再開発、クリストバル丘の観光開発、低所得者住宅開発”の中の“河川をまたぐ住宅開発”には、技術的および環境面で、検討すべき問題がある。

一方、上位計画であるリマ市の「首都圏開発計画」の中の「幹線道路網計画」の Locumba 通りと Procedes Independence 通りを結ぶ路線は、本要請案とも多少異なり、本要請計画構想位置近辺で、Evitamiento 高速道路 (PanAm Highway) の Huascal 橋の下を通過し、SJL 地区内の Malecon Checa 通りとの3差路手前で、Rimac 川をかなり斜めに横断する計画であるが、検討した結果、下記のような問題点があることが判明した。(図 2.2 参照)

表 3.1 Locumba 通りと Procedes Independence 通りを結ぶ路線の問題点

問題点	備考
Locumba 通りから Malecon Checa 通りとの3差路までは、上下線分離で、Huascal 橋の下を予定しているが、橋下の道路幅員、建築限界ともに十分でない	Huascal 橋の上を越えるとなると、許容縦断勾配からみて、かなりの大型の橋梁となる。
Rimac 川の横断の北行きは、SJL 地区に入ってから、かなり斜めに横断する。	工費が割高となる。 非常事態宣言地域(注)に計画の一部が入り込む。
高水時には、舗装面が冠水する可能性がある	橋下道路が洪水位に対応できるよう上の Evitamennto 高速道路の縦断を嵩上げする事は、その交通量からみて、非常に困難である。
南側の取り付け道路用 Locumba 通りまでの墓地を含む用地の収用、事業費の目処が具体化していない	97年に書かれた“幹線道路計画”レポートに、Rimac 川の南を通過する“環状1号線計画”及びこれに結ぶ“インターチェンジ計画”の実施スケジュール等の具体的な整備計画が、明記されていない。

そこで、以下の理由から当初要請計画の内容を変更することが妥当と判断した。

- 1) リマ市の将来計画にできるだけ貢献できるように配慮する。
- 2) 本要請計画地北端に予定されている日本の無償資金協力による保健所建設用地との競合をさける。
- 3) 北の工区境は、非常事態宣言地域（注）となっているため、この地域にかからない計画とする。
- 4) Cantagallo 河川敷内に現在あるリマ市の公共交通管理組織建物を避ける。

（注）：非常事態宣言地区について

非常事態宣言地域は、テロリスト取締り対策として、大統領令で設定されたものであり、97年現在全国で約9県（面積にして約50%）、リマ市内で8地区（面積にして約30%）が指定を受けている。この地域内では、国家警察は、既存の法律に従うことなく容疑者を逮捕、拘禁できる。1999年6月、非常事態宣言地域の指定の延長令が発令されなかったが、日本政府は、これをもって危険地帯が消滅したとはみなしていない。

本要請計画の隣接地区である SJL もこの指定地区になっていたため、本要請計画では当該地区内は設計対象からはずした。しかし、実際施工にあたっては、たとえば、盛り土材・路盤材の最も近い土取り場は非常事態宣言地区に指定されている SJL 地区内にある。したがって、設計では、現場から 25km 離れた La Molina 地区の土取り場を想定した。

表 3.2 に変更結果を示す。

表 3.2 変更状況比較総括表

	当初要請	リマ市の都市計画	最終合意内容
目的	SJL 地区との交通路の確保 水の公園計画との関連道路	SJL 地区との交通路の確保	当初要請に同じ 但し、SJL 地区との交通流 処理が主体
位置	ロレンテ通りから Cantagallo 河川敷内を通過 し、10月9日通りに立体 ロータリーで接続する	Grau-Locumba 通りから Unanuco 橋下を通過し Procedes Independencia 通 りにつながるもの	ロレンテ通りから Cantagallo 河川敷内を通過 し、10月9日通りに Y 型イ ンターとして接続
全長	1,140m	約 1,800m	1,020m
橋梁長	889m	約 200 + 150m	590m
車線数	4 車線	4 車線	4 車線
総幅員	20m	22.2m	17.6m
車道幅	3.6m x 2 方向	3.6m x 2 方向	3.3m x 2
歩道幅	片側	1.2m x 両側	1.20m x 両側
側帯幅	なし	2.4m	0.50m
非常待避所	なし	なし	6 箇所

3.2.2 橋梁の基本構想

(1) 本要請計画で橋梁とする区間

現地調査の結果、表 3.3 に示す 6ヶ所は、橋梁とする必要があると判断した。

表 3.3 橋梁区間

箇 所	幅	必要な理由	建築限界	備 考
Malecon Rimac 計画の道路のフライオーバー	24m	Rimac 川橋梁・鉄道跨線橋との取付けの関係上、および将来の交通安全上立体交差が望ましい	5.5m	将来計画の詳細は未定
鉄道跨線橋	9.5m	Rimac 川橋梁との取付けの関係上、および将来の交通安全上立体交差が望ましい	5.8m	同上 法律で建築限界が規定されている
Rimac 川橋	約 70m	本要請計画の主目的	—	河川内の橋脚は避ける
Cantagallo 高水敷上の高架橋	—	洪水時冠水の可能性ある高水敷であり盛土は河川防災上好ましくない	—	
Evitamiento 高速道路フライオーバー	約 30m	有料高速道路であり、立体交差は不可欠	5.5m	往復 6 車線の高速有料道路
10 月 9 日通り北行付替道路横断橋	約 10m	平面交差点処理は交通安全上好ましくない	5.0m	現道の付け替え

(2) 上部工構造の代替案比較

(a) Rimac 川を越える橋梁

Rimac 川は川幅が約 70m ありその兩岸はコンクリートのほぼ垂直な護岸からなる。護岸の基礎形式は、農業省にもデータがなく詳細不明であるが、施工に携わった関係者からの聞き取りによると全高約 10m、直接基礎となっている。川の中に橋脚は設置しない前提で考えると、この護岸位置に橋脚を置くか、その外側に置くかでスパンは 70m から 90m 程度まで変化する。橋梁形式としては、連続箱桁、連続ラーメン、中央ヒンジラーメン、ゲルバー形式等が考えられる。比較的橋脚高さが低い本橋の場合、連続ラーメンでは、桁の温度変化、クリープの影響が大きくなる。中央ヒンジラーメンやゲルバー形式は伸縮目地の個所数が増えるため、耐震性、維持管理上不利である。以上の理由から次ページ橋梁形式比較表 3.6 に示した 3 種類の案を検討した結果、表 3.4 にまとめたように第 1 案を採用した。

表 3.4 Rimac 川上部工比較まとめ

橋梁形式 案	想定スパン	長 所	短 所	結論
1 案. PC3 径間連続箱桁橋	88m	経済性 景観美	良 良	採用
2 案. PC2 径間連続Tラーメン箱桁橋	70m	景観美	良 経済性	劣
3 案. PC3 径間連続箱桁橋	71m	景観美	良 経済性	劣

(b) Cantagallo および Evitamiento 高速道路をまたぐ橋梁

Evitamiento 高速道路以外特に支間について特に制限を受けない区間である。Evitamiento 高速道路の場合も中央帯に橋脚が設置可能であるため、支間は経済的な 30m 前後と想定した。適用可能な桁形式は、PC 連続中空床版桁、PC 連結合成 I 桁、PC 連結合成 T 桁等が考えられる。PC 連結合成 T 桁の場合、線形が R150 の曲線を持つため桁長が少しずつ異なること、横断勾配が 5% 程度まであり、横締め孔の施工が困難となることから橋梁形式比較表 3.7 に示す 2 種類の案を検討した結果、表 3.5 に示すように PC 連結合成 I 桁橋とした。

表 3.5 Cantagallo および Evitamiento 高速道路橋上部工比較まとめ

橋梁形式 案	長 所	短 所	結論
1 PC 連続中空床版桁	景観美良	全支保工となるので高速道路の交通処理に難	
2. PC 連結合成 I 桁橋	経済性に優るクレーン架設で架設が容易		採用

表 3.6 Rio Rimac 橋梁形式比較

比較案	第1案 PC3径間地盤箱桁橋	第2案 PC2径間7ラーメン箱桁橋	第3案 PC3径間連続箱桁橋
形状図			
経済性	○	△	△
施工性	○	△	△
耐用性	○	○	△
構造性	○	△	○
維持管理性	○	○	△
採 取	○	△	○
総合評価	○	△	△
備 考	上記3案を相対的に比較した場合 ○：優れている △：劣劣する		

表 3.7 Cantagallo および Av Evitamiento 橋梁形式比較

比較案	第1案 P C 連続中空床版桁橋	第2案 P C 単純合成 I 桁橋
形状図		
経済性	工事費比率 = 1.13	工事費比率 = 1.00
施工性	△	△
走行性	○	△
構造性	主桁高 = 1.4m	主桁高 = 1.85m
維持管理	△	△
景観	○	△
総合評価	△	○
備考	上記3案を相対的に比較した場合 ○：良い △：やや劣る	

3.2.3 適用設計基準

本基本設計で適用する設計基準は下記のものである。

- IMP 都市道路設計基準 : (リマ市)
- 道路幾何構造令 : (日本道路協会)
- AASHTO 設計基準 1996 : (アメリカ)
- コンクリート橋道路橋示方書 : (日本道路協会)
- 下部構造道路橋示方書 : (日本道路協会)

(1) 道路設計基準

(a) 道路の種類とリマ市の幾何構造基準

本要請計画に関連する周辺道路の区分とその設計速度は IMP からの聞き取りによると表 3.8 のようになる。

表 3.8 関連周辺道路規格

道路名	分類	設計速度
10月9日通り (East)	都市内幹線道路	60 km/h
同上 (West)	補助幹線道路	50 km/h
ロレンテ通り	補助幹線道路	50 km/h
Cementerio	補助幹線道路	50 km/h
Locumba	都市内幹線道路	60 km/h
Grau	都市内幹線道路	60 km/h
Amazonas	街路	40 km/h
Evitamiento	高速道路	80 km/h

リマ市の道路区分とその幾何構造基準を、表 3.9 に示す。

本要請計画道路は上記のうち都市内補助幹線道路 (Via Corectoras) に区分される。

表 3.9 都市道路幾何構造基準 (IMP)

		都市間 高速道路 Vías Expresas	都市内 幹線道路 Vías Arteriales	都市内補助 幹線道路 Vías Corectoras	街路 Vías Locales
1. 最高速度	km/h	80	60	50	40
2. 道路敷幅	m	82	54	32.5	15.2
3. 1レーンの交通量	no/h	1,500	1,400	700	600
4. 制動距離	m	60	35	25	15
5. 最小交差点間隔	m	300	300	200	100
6. 制御停止視距	m	90	65	50	30
7. 追越視距	m	560	420	350	270
8. 最小直接距離	m	60	40	25	15
9. 最小半径	m	200	100	50	10
10. 拡幅量	m	0.80	1.00	1.50	1.40
11. 最小歩道幅	m	no	3.50	2.50	1.50
12. 最大縦断勾配	%	3	4	8	12
13. 縦断曲線半径 (凸部)	m	3,000	1,500	400	135
14. 縦断曲線半径 (凹部)	m	6,000	1,500	640	135
15. 縦断曲線長 (凸部)	m				
16. 縦断曲線長 (凹部)	m				
17. レーン幅	m	3.50	3.30	3.00	2.70
18. 横断勾配	%	8	6	6	6
19. 路肩幅	m	3	3	2.6	2.6
20. 中央高幅	m	12	2	1	No
21. 建築限界		4.50	4.50	3.20	3.20

(b) 本要請計画での設計基準

当調査区間は新設の道路であり、また起終点を除いて立体交差が連続するために沿道からのアクセス機能は限られる。そのためにたとえ制限速度を低く抑さえたとしても、走行速度はそれを上回る可能性は高いので、走行上の安全性を十分勘案して線形計画を行う必要があり、本要請計画における設計基準を表 3.10 のとおりとする。

道路の区分 市道－都市内補助幹線道路
 設計速度 40・50 km/hr
 道路横断構成 4車線＋両側歩道付き

表 3.10 幾何構造基準

項 目	設計速度	単位	当調査設計基準(案) 50km/hr			当調査区間採用値	
			望ましい値	標準値	最小値		
横断構成	車道	外側	m	3.30	3.00	3.00	3.30
		内側	〃	3.30	3.00	3.00	3.30
	路肩	外側	〃	2.40	1.00	-	0.50
		内側	〃		(0.25)	-	0.25
	中央帯	〃	-	1.00	-	1.00	
	歩道	〃	-	-	-	1.20	
最小曲線半径		〃	-	100	50	100	
最小曲線長		〃	-	80*	-	82.8	
曲線部の最大片勾配		%	-	4.0	6.0	6.0	
緩和曲線		m	$1/3R \leq A \leq R$	-	-	A=65	
最小緩和区間長		〃		40*		42.3	
緩和曲線省略可能な曲線半径		〃		200		-	
片勾配打ち切り最小曲線半径		〃		850*		-	
制動停止視距		〃		60		52	
最急縦断勾配		%		8.0		5.0	
最小縦断曲線半径	凸型	m		640		1,140	
	凹型	〃		400		920	
直線部の標準横断勾配		%		2.0		2.0	
合成勾配		%		10.5*		7.8	
建築限界	道路	m	5.50	5.00		5.50	
	鉄道	〃	5.80			5.80	
ノーズ減速車線長		〃		$50 \times 1.2 + 51^*$		150	
ノーズ加速車線長		〃		$90 \times 1.2 + 51^*$		150	

* 道路構造例に準じた基準値

(2) 構造物設計条件

本要請計画では、現地材料の活用、建設費、維持管理費の節減という見地から、橋梁の形式についてはコンクリート橋のみを対象として検討する。

表 3.11 に示す設計荷重の内、活荷重としては、自動車荷重、群衆荷重とし、自動車荷重は HS-25 相当とする。死荷重算出には表 3.12 に示す単位重量を用いる。設計基準強度としては表 3.13 に示すものを用いる。

表 3.11 荷重の種類

主荷重：	a) 死荷重、b) 活荷重、c) 衝撃荷重、d) コンクリートのクリープの影響、e) コンクリートの乾燥収縮、c) 土圧、d) 水圧、e) 浮力
従荷重：	a) 風荷重、b) 温度変化の影響、c) 地震の影響
特殊荷重：	a) 支点移動の影響、b) 施工時の荷重、c) 衝突荷重、d) その他

表 3.12 材料の単位堆積重量 (kg/m³)

材 料	単位重量	材 料	単位重量
鋼、铸鋼、鍛鋼	7,850	無筋コンクリート	2,350
铸铁	7,250	セメントモルタル	2,150
アルミニウム	2,800	舗装用アスファルト	2,300
鉄筋コンクリート	2,500	舗装用コンクリート	2,350
プレストレストコンクリート	2,500	木材	800

表 3.13 材料設計基準強度

材料の種類	適用部材	応力度
コンクリート	PC 主桁	$\sigma_{ck} = 350 \text{ kgf/cm}^2$
	床版、横桁	$\sigma_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$
	下部工	$\sigma_{ck} = 210 \text{ kgf/cm}^2$
	RC 杭	$\sigma_{ck} = 300 \text{ kgf/cm}^2$
鉄筋 丸鋼 異形	降伏点強度	$\sigma_{pu} = 24 \text{ kg/mm}^2$
	降伏点強度	$\sigma_{pu} = 30 \text{ kg/mm}^2$
PC 鋼材 SWPR1,SWPD2.7mm	降伏荷重	135 (kg/mm ²)
	引張荷重	155 (kg/mm ²)
SWPR7A T12.4mm	降伏荷重	150 (kg/mm ²)
	引張荷重	175 (kg/mm ²)

3.3 プロジェクトの最適案に係わる基本設計

3.3.1 設計方針

(1) 工事境界

(a) 南側起点部

起点は、本要請計画と併行しロレンテ通り及び Locumba 通りをそれぞれ北行き、南行きの各一方通行にして 1 対の道路をペルー側が建設することになるので、マラピアス広場の改良はペルー側の計画に含めるようにし、交差点端から 10m 北とする。

(b) 北側終点部

終点は、10月9日通りの Rimac 地区と SJJ 地区の境界にある横断歩道橋手前とする。ここから先の北側は非常事態宣言地域である。横断歩道橋の撤去もしくは移設はペルー側負担とする。

(2) 道路平面線形設定上の方針

本要請計画地（将来の公園計画をもつ河川敷）は、現状ではリマ市公共交通管理事務所用地及びごみ処理場であることから、アクセス道路は特に考慮しない。

また、非常退避所を 300m 毎に両側に計 6 箇所設置する。

橋台位置は 3.2.2 章の検討結果を踏まえ、表 3.14 に示す方針で決定した。

表 3.14 橋台位置

	記号	設置点
起点側	A1	MareconRimac 道路位置より南側
終点側	A2	10月9日通り付替え道路を超えた位置 10月9日通りのカーブした付け替え道路上で制動停止視距 50m を確保できる位置

(3) 水文上の条件に対する方針

(a) 設計洪水流量

Rimac 川防災対策計画調査によって求められたチョシカ(Chosica)水位・流量観測地点での確率洪水流量、確率日中間洪水流量を示す。

表 3.15 Chosica での洪水流量

確率年	確率洪水流量 ^{*)} Qpmax(m ³ /s)	確率日中間洪水流量 ^{**)} Qpmean(m ³ /s)	Qpmax/Qpmean
2年	150	138	1.09
5年	290	222	1.31
10年	380	278	1.37
25年	490	348	1.41
50年	580	400	1.45
100年	660	452	1.46
200年	740	503	1.47

*) JICA88study

**) 調査団

JICA88Study では Rimac 本川中下流区間に対する河川改修計画をチヨシーカ水位・流量観測所地点における 100 年確率洪水流に対して実施した。MTC による Rimac 川での架橋計画(Nuevo 橋)においても、同様に 100 年確率洪水を計画洪水としている。したがって、「本調査」においても橋梁予定地点の設計洪水流量を下記の 100 年確率洪水流量とする。

設計洪水流量：660 m³/s (100 年確率洪水流量)

(b) 疎通能力

「本調査」における現地測量の行われた 1999 年 4 月～6 月時点での土砂堆積状況に基づく疎通能力を評価する。ここに現断面の有効高を 2.25m とした。

表 3.16 疎通能力検討結果

	架橋位置より上流側のウ アスカル橋までの区間	計画位置	架橋位置より約 400m 下流側の区間
2年～5年確率洪水			疎通能力あり
10年確率洪水		約 0.5m の余裕高で 安全な疎通が可能	左右岸に氾濫が発生 する
50年確率洪水		余裕高なしで疎通が 可能	
100年確率洪水時	余裕高 0.30m 程度あり	0.14m の氾濫が左右 岸に発生	左岸側の氾濫水深 最大 1.00m
既往最大洪水 (200 年確率相当)	余裕高 0.15m 程度あり	0.30m 程度の氾濫が 左右岸に生じる	左岸側の氾濫水深 最大 1.15m

リマック川流域においては中上流域での豪雨によって、斜面崩壊および土石流が発生し易く、土砂の流下が生じる。計画地点を含む区間は地形的に旧氾濫原と考えられ、土砂堆積が生じ易い区間である。堆積深 0.8m を想定する場合、洪水氾濫状況は表 3.17 および図 3.2 のようになる。

表 3.17 土砂堆積が有る状況での洪水氾濫

	上流区間： 架橋位置～450m上流 (ウアスカル橋)	計画地点	下流区間： 架橋位置～405m下流
2年～5年確率洪水		疎通	疎通
10年確率洪水	疎通		
50年確率洪水			
100年確率洪水時	氾濫水深 $\leq 0.50\text{m}$	氾濫水深 0.95m	氾濫水深 $\leq 1.80\text{m}$
既往最大洪水 (200年確率相当)	氾濫水深 $\leq 0.65\text{m}$	氾濫水深 1.10m	氾濫水深 $\leq 1.95\text{m}$

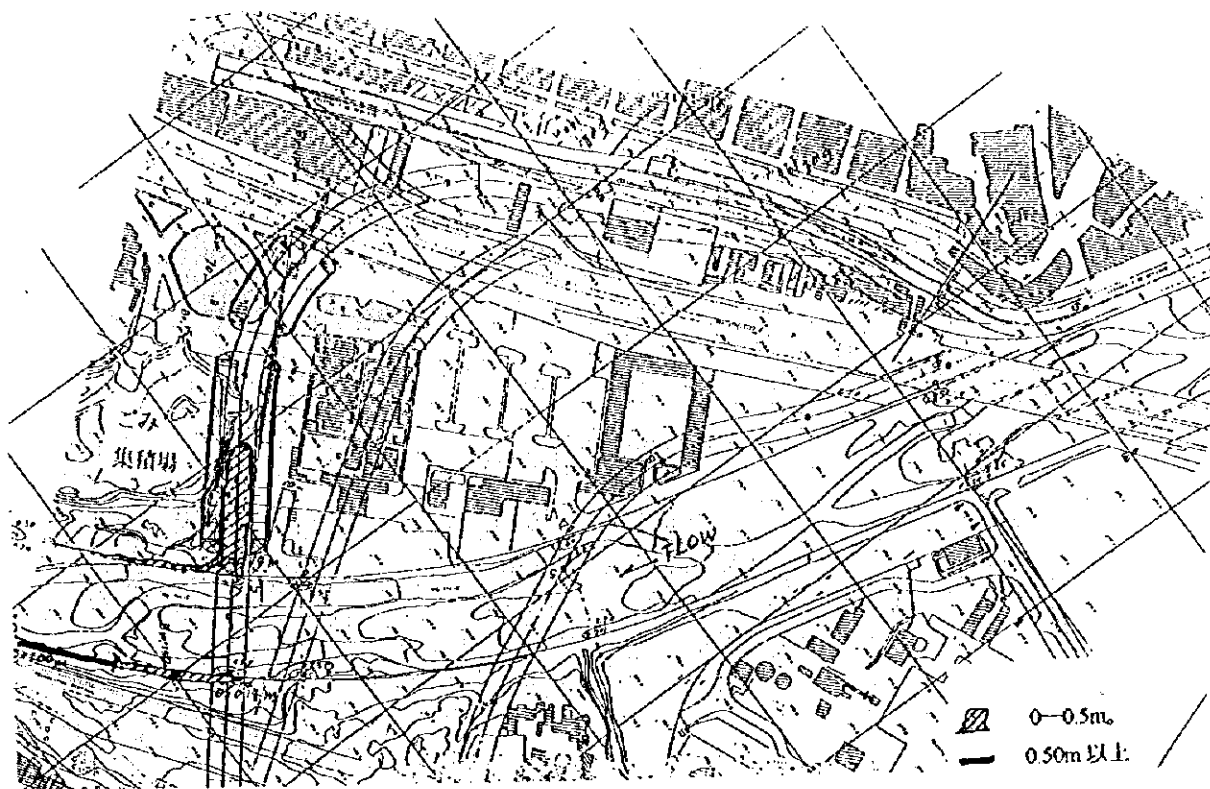


図 3.1 100 年確率洪水による氾濫(土砂堆積を考慮しない場合)

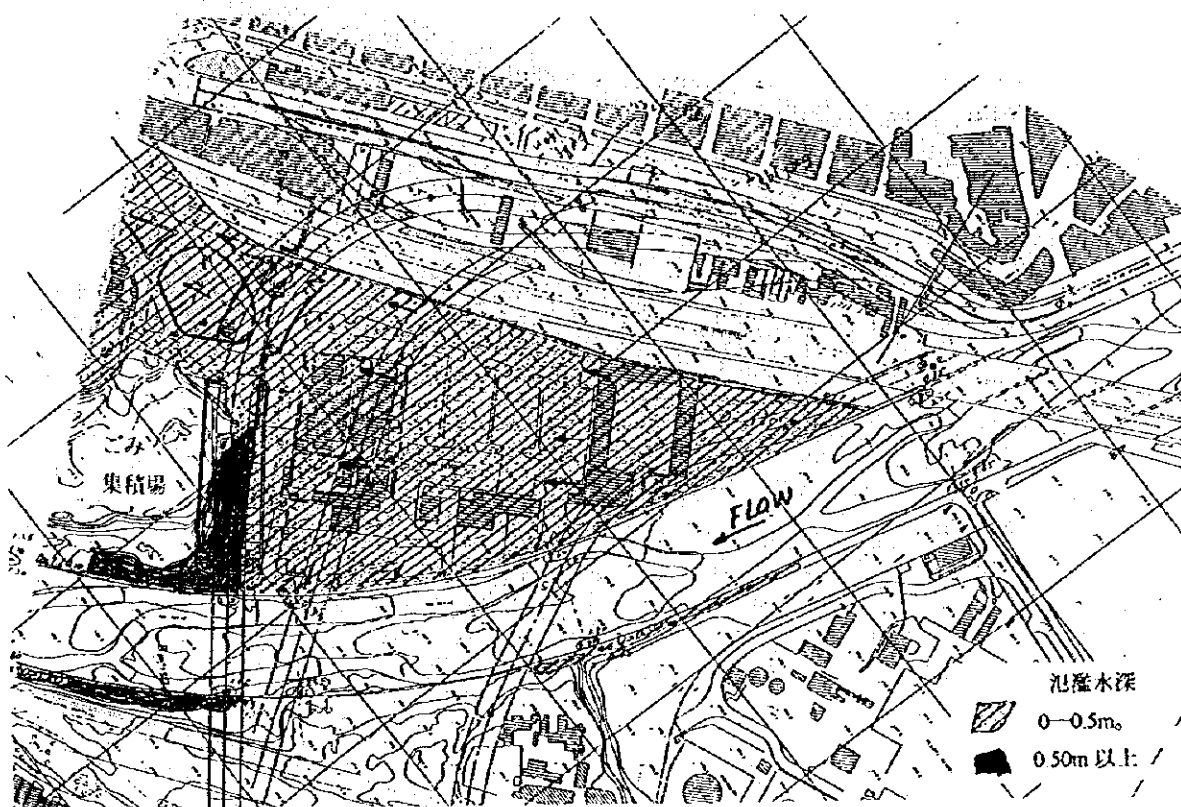


図 3.2 100 年確率洪水による氾濫(土砂堆積 0.8m 考慮)

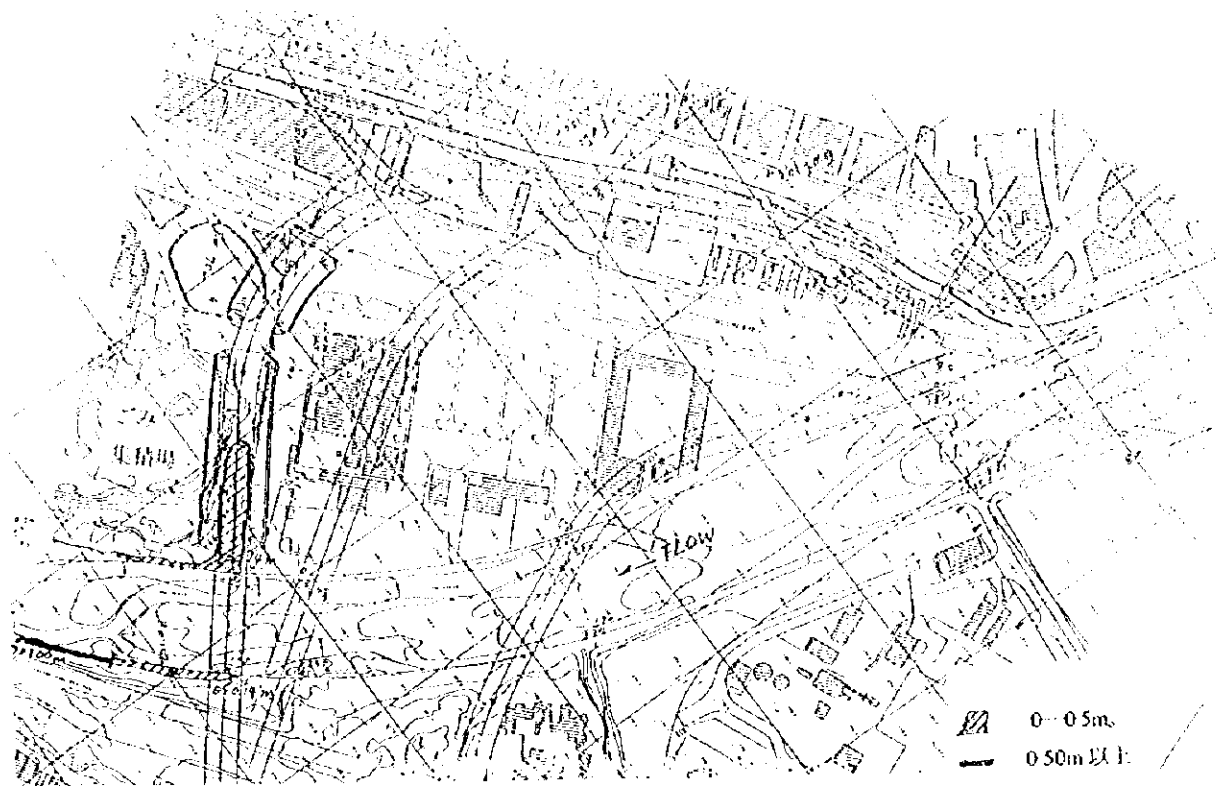


図 3.1 100 年確率洪水による氾濫(土砂堆積を考慮しない場合)

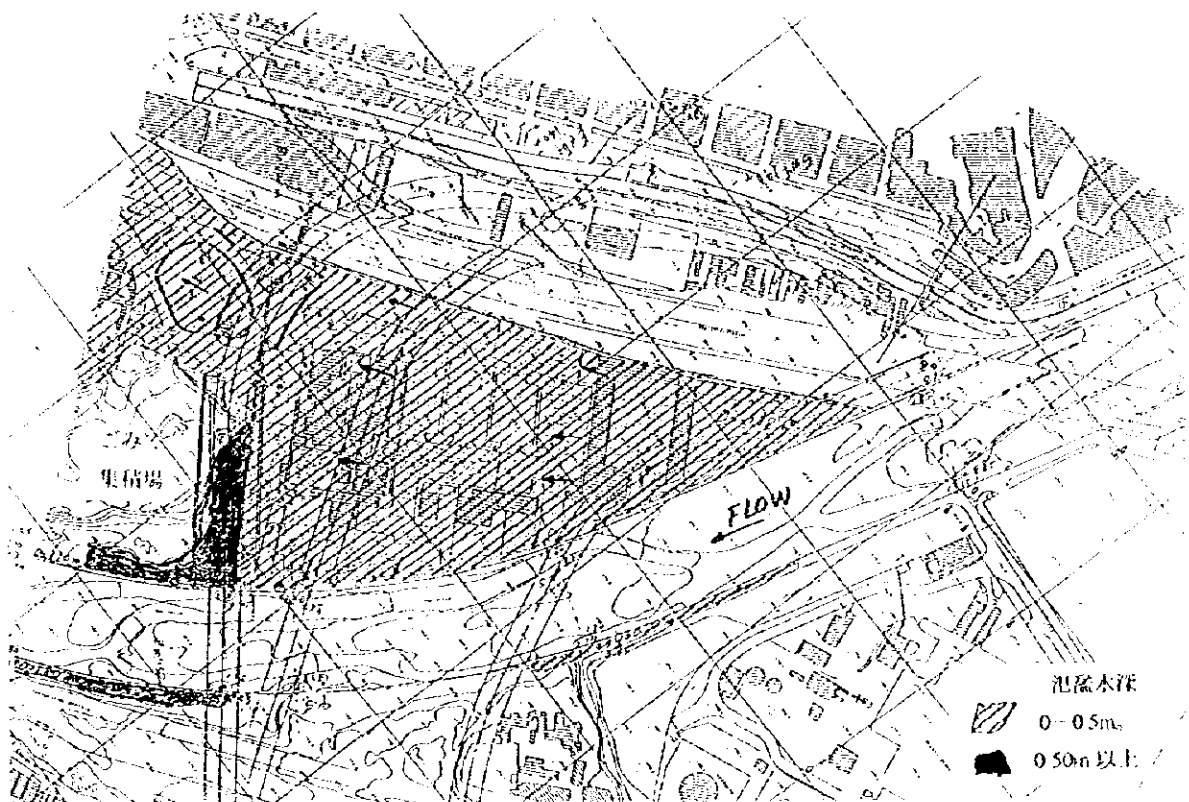


図 3.2 100 年確率洪水による氾濫(土砂堆積 0.8m 考慮)

(4) 水文条件からの構造物の設計方針

(a) 桁下高

洪水時の水面変動、土砂流動、土砂堆積、上流から大量のゴミ、流木等の浮遊物に対する安全性を考慮し、通常通り、桁下余裕高 1.0mを考慮する。

(b) 河道内に橋脚を設置する場合の橋脚高と巾

河道内に橋脚を設ける場合、橋脚については、土砂の堆積、侵食という大規模な河床変動によって橋脚の安全性が低下する可能性が懸念される。現在の侵食可能深は護岸天端から7～8mもの深さとなっている。したがって、計画地点付近では数m～10m規模の河床変動が発生すると考える必要がある。

したがって、河道中央付近に橋脚を設ける場合、橋脚高（フーチング天端～桁下）は表 3.18 に示すように 13m 程度となる。

表 3.18 橋脚の高さ

桁下～高水位	1.00m
高水位～護岸天端	0.15m (高水位：現河床から 2.4m)
護岸天端～現河床	2.25m
現河床～洗掘可能最深河床	5.75m 注：これ以上の洗掘が発生する可能性も十分あり得る
洗掘可能最深河床～フーチング天端	4.20m=(局所洗掘 2.3m+土砂流動 0.5m)x1.5
橋脚高（桁下～フーチング天端）	13.35m 以上

河積阻害率を3%以内に押さえようとするため橋脚幅は2m以内となるが、計画地点が河川湾曲部にあり、流れが一定していないと推定されることから、橋脚の方向にも問題がでる。

結論としては、上記の河床変動特性を考慮し、本橋梁においても河道内に橋脚を設けるべきではないと判断する。

(c) 高水敷上の橋梁アプローチ構造

高水敷上の橋梁アプローチ道路は旧氾濫原を河川に対して直角に横切る形となる。

Rimac川の特性からみて図 3.2 に示すように河床に土砂が堆積した場合、高水敷（旧氾濫原）上の洪水氾濫の危険性が増大することを考慮すべきである。

しかしながら、上流側の河川堤防の改良による洪水防止には、どこまで堤防を整備するかが問題となり、「本調査」の検討範囲を超えるものとなり、MTCの堤防整備の予算に限度があることから、検討の対象外とした。

よって、高水敷き内アプローチ部分の道路構造は盛土を避け、高架道路橋とすることが、河川防災上必要と判断した。

(d) 橋脚・橋台の基礎の深さ

Rimac 川の両側の橋脚の基礎の深さは“河道内に橋脚を設ける場合の橋脚高と巾”での検討結果を準用し、現河床面からフーチング天端まで約 10m とする。

Rimac 川河岸から 20m を越える部分に設ける橋脚は、河川管理施設等構造令にあるように高水敷き表面から 1m の深さ以下にフーチング上面を設置するものとするが、土層断面図に示しているように表面が捨て土やごみの場合、これを無視して、その下のルーズな砂礫層を高水敷き上面あるいは設計上の地表面とする。

Evitamiento 高速道路以北では、砂礫層の推定 N 値が 30 以上と考えられるので、この砂礫層の表面が水平となる面を整形・転圧し、ここをフーチングの基礎面とする。

(e) 橋脚形式

橋脚形式は一般的に図 3.3 に示す関係がある。

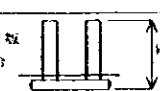

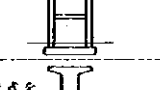

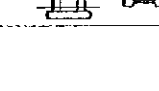
橋脚形式	高さ H (m)			備 考
	10	20	30	
二柱式	[黒い横線]			R/C床版の場合 
一層ラーメン	[黒い横線]			
二層ラーメン	[黒い横線]			
壁・柱式	[黒い横線]			中空壁式を含む 
I 柱式	[黒い横線]			

図 3.3 高さ と 橋脚形式 の 関係

橋脚形式は、高さのほか、上部工形式、上部工反力、支承条件、上部工との取合、橋軸直角方向の寸法（巾）、施工性、経済性、景観等の総合的判断から決定されるものである。

(5) 道路縦断線形設計上の留意点

重要なポイントは、鉄道の建築限界と10月9日通りの付替え道路であり、Rimac川の洪水位に対する余裕高はコントロールポイントとはならない。

本要請計画ルートのリマック川南側地点で、1ヶ所非電化単線の鉄道と交差する区間がある。この設計にあたっての建築限界を考慮するため、鉄道の電化・複線化に関する将来計画をMTC経由で確認した結果、鉄道法により、国営、民営を問わず、鉄道については一定の建築限界が適用されることが規定されていることが確認されたため、同法に基づく設計を行うこととした。なお、鉄道は、99年7月から30年間の期間で民間会社に譲渡されている。

No.2+71.0 付近建築限界照査

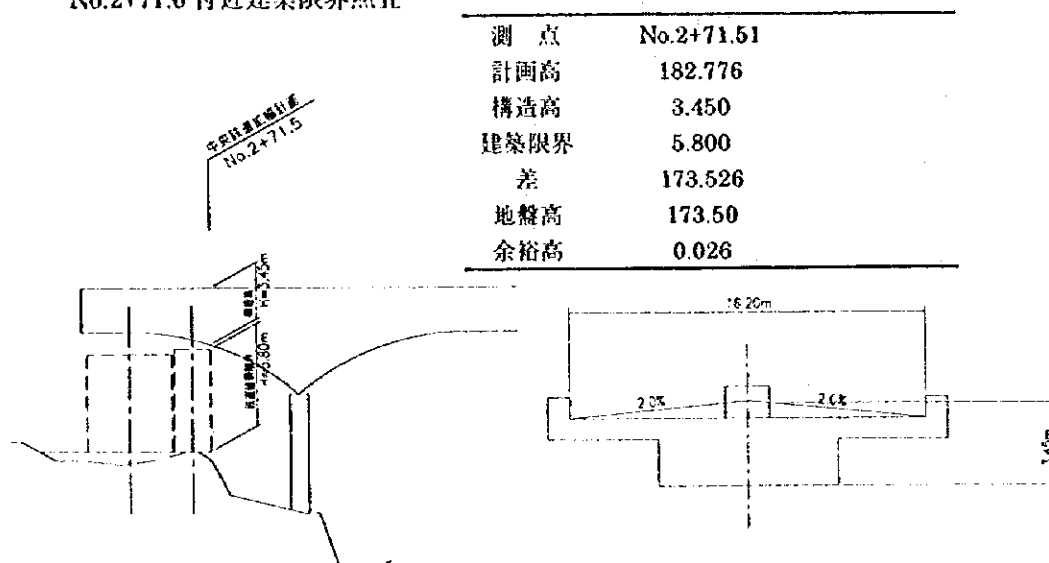


図 3.4 No.20+71.0 付近建築限界

No.6+50.0 付近建築限界照査：

VIA DE EVITAMIENTO (高速道路)の両端部 (A, B) 及びランプ (C) の建築限界を照査した。
 平面曲線半径 R=150m に伴う片勾配 6% また、橋梁舗装圧 8cm を考慮した。

	A	B	C
測点	No.6+13.5	No.6+46.6	No.6+85.0
計画高	180.515	180.514	180.530
構造高	2.210	2.210	2.210
建築限界	5.500	5.500	5.500
差	172.805	172.804	172.820
地盤高	171.29	171.39	172.00
余裕高	1.515	1.414	0.820

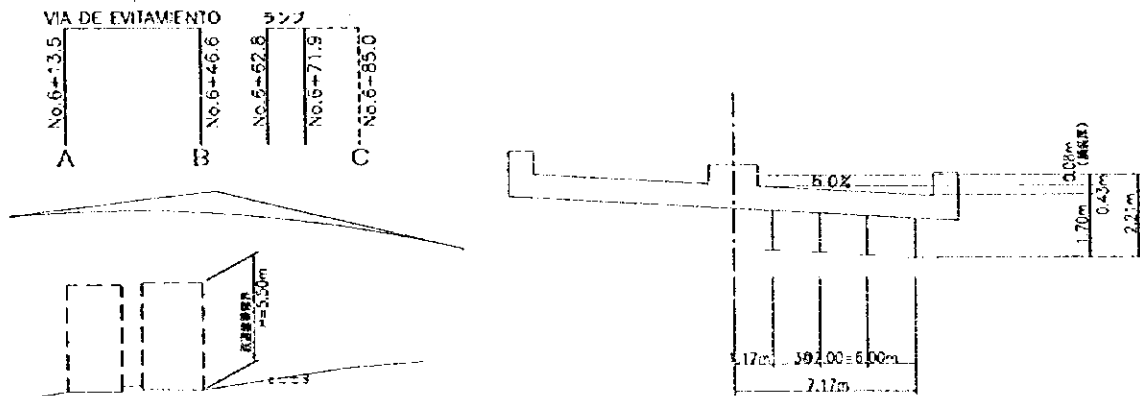


図 3.5 No.6+50.0 付近建築限界

(6) 維持管理の方針

リマ市の道路インフラの場合、特別自治体であるリマ市がその管理を行っており、MTC は全国の国道を管轄しており、通常は地域的に区分が異なる。

本要請計画橋梁の場合、MTC は橋梁本体の維持管理を担当し、リマ市は橋面・照明および道路部分の維持管理を行う。