

エクアドル国・ペルー国
新マカラ国際橋建設計画
基本設計調査報告書

平成18年1月
(2006年)

独立行政法人 国際協力機構
無償資金協力部

序 文

日本国政府は、エクアドル共和国政府とペルー共和国政府の要請に基づき、両国を跨ぐ新マカラ国際橋建設計画に関する基本設計調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、平成 17 年 5 月 15 日から 6 月 21 日まで基本設計調査団を現地に派遣しました。

調査団は、エクアドル・ペルー政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施しました。帰国後の国内作業の後、平成 17 年 11 月 6 日から 11 月 19 日まで実施された基本設計概要書案の現地説明を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

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

最後に、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 18 年 1 月

独立行政法人 国際協力機構

理 事 小 島 誠 二

伝達状

今般、エクアドル共和国とペルー共和国における新マカラ国際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、貴機構との契約に基づき弊社が、平成17年4月より平成18年1月までの10ヵ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、エクアドル及び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18年1月

日本工営株式会社

エクアドル国・ペルー国

新マカラ国際橋建設計画基本設計調査団

業務主任 中川 哲



エクアドル国・ペルー国
新マカラ国際橋建設計画基本設計調査

調査位置図



エクアドル国・ペルー国 新マカラ国際橋建設計画

完成予想図

写真

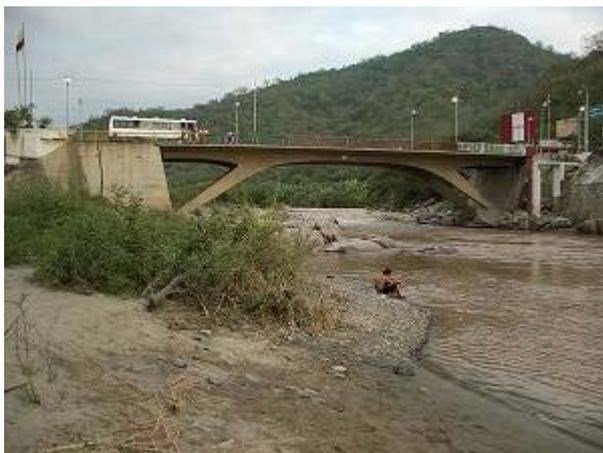


写真-1: 下流側エクアドル側河川敷から見た既設マカラ橋の現況。

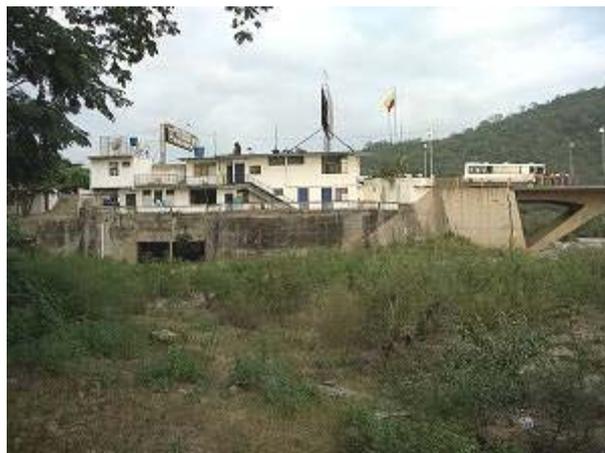


写真-2: 下流側エクアドル側河川敷から見た既設マカラ橋エクアドル側取付盛土道路部及びボックスカルバートの現況。



写真-3: 上流側エクアドル側河川敷から見た既設マカラ橋の現況。



写真-4: 下流側ペルー側河川敷から見た既設マカラ橋の遠景。



写真-5: エクアドル側橋台付近から見た既設マカラ橋の橋面の現況。



写真-6: エクアドル側既設取付道路の現況。写真右側が既設国境施設。



写真-7: ペルー側取付道路からマカラ橋方面を見た急カーブと岩斜面の状況。



写真-8: 既設マカラ橋上から見たマカラ川上流域の状況。



写真-9: 既設マカラ橋上から見たマカラ川下流域の状況。



写真-10: 床版表面が磨耗、損傷を受け鉄筋が露出した既設マカラ橋橋面の状況。



写真-11: 床版裏側の遊離石灰を伴った貫通ひび割れの状況。



写真-12: 床版と主桁の打継目部に発生した遊離石灰(桁に垂れる白い部分)の状況。

図リスト

図 2-1 「エ」国公共事業省の組織図	6
図 2-2 「ペ」国運輸通信省の組織図	7
図 2-3 既設マカラ橋側面図	9
図 2-4 マカラ橋近傍の地形	12
図 2-5 調査対象地域の地震分布	15
図 3-1 月別観測水位	25
図 3-2 想定されるプロジェクトの実施体制(案)	29
図 3-3 洪水時の川幅の変化	32
図 3-4 川幅と流況の変化	33
図 3-5 最低川幅と望ましい橋長の関係図	33
図 3-6 計画水位	34
図 3-7 橋梁部標準幅員	36
図 3-8 取付道路部標準幅員	37
図 3-9 橋長の設定	38
図 3-10 選定された上部工の構造断面図	39
図 3-11 下部工断面図	42
図 3-12 護岸工の断面図	43
図 3-13 護床工構造図(石張りコンクリート構造)	44
図 3-14 護岸工・護床工の設置範囲	44
図 3-15 舗装構成(一般部)	45
図 3-16 舗装構成(岩盤部)	45
図 3-17 計画平面図	47
図 3-18 道路縦断図	48
図 3-19 橋梁一般図	49
図 3-20 A1 橋台構造図(その 1)	50
図 3-21 A1 橋台構造図(その 2)	51
図 3-22 A2 橋台構造図(その 1)	52
図 3-23 A2 橋台構造図(その 2)	53
図 3-24 P1 橋脚構造図	54
図 3-25 上部工構造図	55
図 3-26 道路標準横断図	56
図 3-27 キャンプヤード予定地	68

表リスト

表 1-1	エクアドル国で過去 10 年間に実施された交通セクターの案件概要	4
表 1-2	ペルー国で過去 10 年間に実施された交通セクターの案件概要	4
表 1-3	エクアドル国・ペルー国間国境における他ドナー国・機関による援助プロジェクト	4
表 1-4	エクアドル国 MOP が実施中の他ドナー国・機関による援助プロジェクト	5
表 1-5	ペルー国 MTC 国道局が実施中の他ドナー国・機関による援助プロジェクト	5
表 2-1	「エ」国国家予算と公共事業省の予算	7
表 2-2	「ペ」国国家予算と運輸通信省、国道局の予算	8
表 2-3	プロジェクトサイトのライフラインの現況	10
表 2-4	マカラ測候所における気温、湿度、風速(気温:°C、湿度:%、風速: m/s)	14
表 2-5	マカラ測候所における降雨量	14
表 2-6	スコーピング・マトリクス	16
表 3-1	二国間国境地域道路整備計画の重点対象路線	19
表 3-2	「エ」国・「ペ」国間の国際橋建設計画の現況	20
表 3-3	耐荷力照査結果	21
表 3-4	計画洪水流量(単位: m ³ /sec)	25
表 3-5	「エ」国・「ペ」国の主要建設業者	28
表 3-6	既存施設の欠陥、問題点及び対応策	30
表 3-7	架橋位置の比較検討	31
表 3-8	道路設計条件	35
表 3-9	橋梁設計条件	36
表 3-10	比較代替案	39
表 3-11	新マカラ国際橋梁の代替案比較表	40
表 3-12	下部構造及び基礎形式	42
表 3-13	施設概要	46
表 3-14	我が国及び「エ」国・「ペ」国両国政府それぞれの負担事項	60
表 3-15	品質管理項目一覧表(案)	63
表 3-16	主要建設資材の可能調達先	64
表 3-17	主要建設機械の調達	65
表 3-18	業務実施工程表	66
表 3-19	維持管理における「エ」国・「ペ」国の分担事項	69
表 3-20	概算事業費	70
表 3-21	「エ」国・「ペ」国国側負担経費	70
表 3-22	主な維持管理項目と費用	71
表 3-23	協力対象事業実施に当たっての留意事項	72
表 4-1	計画の問題点と効果	73

略語集

略語	外国語表記	和訳
A/P	Authorization to Pay	支払授權書
AASHTO	American Association of State Highways and Transport Officials	米国州道・運輸協会
ASTM	American Society for Testing and Materials	米国試験・材料協会
B/A	Banking Arrangement	銀行口座開設
BS	British Standard	英国基準
CAF	Corporation Andia de Femento	アンデス開発公社
CEBAF	Binational Border Service Centers	二国間国境施設
CBR	California Bearing Ratio	路床土支持比
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EMP	Environmental Mitigation Plan	環境負荷低減計画
E/N	Exchange of Notes	交換公文
EU	European Union	欧州連合
FTA	Free Trade Agreement	自由貿易協定
GNP	Gross Domestic Product	国内総生産
GNI	Gross National Income	国民総所得
IDB	Inter-American Development Bank	米州開発銀行
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización	エクアドル規格協会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JBIC	Japan Bank For International Cooperation	国際協力銀行
JIS	Japan Industrial Standard	日本工業規格
KFW	Kreditanstalt fuer Wiederauf	ドイツ開発銀行
MD	Minutes of Discussions	協議議事録
MOP	Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones	公共事業省
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones	運輸通信省
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries	石油輸出国機構
RQD	Rock Quality Designation	岩質評価
SNIP	Sistema Nacional de Inversion Publica	国家公共投資制度
WB	Word Bank	世界銀行

要 約

エクアドル共和国（以下「エ」国）の道路延長は 43,197km で、その内訳は国道 8,637km、州道 11,954km、地方道 22,606km である。これら道路は、公共事業省（以下 MOP）がその計画、設計、施工、維持管理を所管するが、低い舗装率、既存橋梁の老朽化が喫緊な道路分野の課題となっている。一方、ペルー共和国（以下「ペ」国）の総道路延長は 78,017km であり、その内訳は国道 16,857km、州道 14,250km、地方道路 46,910km であり、運輸通信省（以下 MTC）が所管する。道路分野の課題は、「エ」国と同様に低い舗装率と不十分な維持管理である。

「エ」国と「ペ」国の国境地域には石油を中心とした鉱物資源が埋蔵していると見込まれ、19 世紀より国境確定に起因して両国による武力衝突が頻発した。しかし、米国と近隣諸国の仲介により 1998 年 10 月和平合意に至った。これを受けて二国間国境開発委員会が設立され、国境地域開発協定が締結された。その後両国は、開発から取り残された国境地域の社会基盤の改善、高い貧困問題の解消に着手した。二国間国境開発委員会は、国境地域の統合と開発の促進を目的とした 10 年間にわたる開発計画を策定し、その中で 4 つの主要施策を掲げた。その 1 つが “国境の通行・交易の活性化のため国境施設等を含む円滑なサービスの提供” である。具体的には国境を跨ぐ 5 路線の整備とこれら 5 路線のうち 4 路線に位置する国際橋（アグアス・ベルデス橋、エルアラモール橋、マカラ橋、バルサ橋）の建設と現在両国各々にある国境施設を一元化する新たな国境施設の建設である。本調査対象橋梁であるマカラ橋は、「エ」国ロハ州の州都ロハと「ペ」国ピウラ州の主要都市であるスジャナとを結ぶパンアメリカン・ハイウェイ上に位置し、両国の国境をまたぐ国際橋である。

現マカラ橋は建設後 40 年が経過し、鉄筋の露出や亀裂に遊離石灰が発生するなどの重大な損傷が散見され老朽化が進行している。さらに、現行荷重に対して耐荷力が不足していることから 20 トンの車両重量制限が実施されている。これらの構造的な欠陥に加え、現マカラ橋位置の河川幅は約 120m であるのにも拘らず、支間 40m の橋梁と河川敷に構築された盛土道路により渡河しているため、洪水流量に対して通水断面が絶対的に不足している。これにより、洪水時には既設橋の上流部で堰上げが発生し、耕地が流失する等の被害も発生しており、また、橋梁の倒壊の危険性もある。さらに同橋が国際橋であることから、両端部には両国の税関・出入国管理事務所が設置されており、両国各々で出入国管理を実施しているうえ、路上では露天や客待ちのタクシー等が不法占拠しているため常に車両の渋滞が観察される。

両国の和平合意を踏まえ、1999 年国際協力事業団（現独立行政法人国際協力機構、以下 JICA）は「エクアドル・ペルー：プロジェクト形成調査（国境地域開発）」を実施した。その調査の中で「エ」国・「ペ」国の国境をまたぐマカラ橋を含めた 4 橋の建設計画を支援可能な案件の 1 つとして位置づけた。この調査結果を踏まえて「エ」国及び「ペ」国の両国は 1999 年 8 月我が国へ「新マカラ国際橋建設計画」に対する無償資金協力の要請をおこなった。

我が国は上記要請が2国間にまたがる国際橋であることから、国境線の取り決めと実施体制の確定等を見守っていたが、これらに関し「エ」国・「ペ」国両国間で合意形成がなされたのを受けて2004年10月「エ」国・「ペ」国「マカラ新国際橋建設計画」の予備調査をJICAが実施した。その結果、本計画の無償資金協力としての妥当性及び必要性は概ね確認されたが、JICA環境社会配慮ガイドラインに基づいた要件である①EIA調査の実施と環境ライセンスの取得、②ステークホルダー・ミーティングの開催、③住民移転計画書の作成の実施、を両国に要請した。両国がこれら要件を実施済みであるとの通知を踏まえて、我が国は本計画の基本設計調査の実施を決定し、JICAは2005年5月15日から6月21日にかけて基本設計調査団を派遣した。現地調査では、要請内容の確認、新橋完成後の現マカラ橋の撤去の必要性の説明を実施し、相手国の負担項目に関して「エ」国及び「ペ」国と合意し両国各々と議事録の署名を行った。その後、国内で実施した基本設計の結果をもって、2005年11月6日から11月19日まで基本設計概要書の現地説明を実施し、基本設計内容の説明と共に相手国負担事項に関する最終確認・合意を経て「エ」国及び「ペ」国各々と議事録の署名を行った。

協力対象事業は、現マカラ橋の耐荷力不足及び桁下空間不足等を勘察し、最小限度の取付道路と護岸工・護床工と共に現マカラ橋を新橋で架け替えるものとした。基本設計に際しては、適用基準や地震・洪水等の自然条件からの要求事項を最低限の水準で満足するよう施設計画に反映し、かつ架橋位置の決定や施工方法の選定に際しては住民・既存家屋の移転や環境負荷の低減を重視することを基本方針とした。

新マカラ橋の規模決定に際しては、現マカラ橋の不具合・欠陥を把握し、それらを新マカラ橋の基本設計に反映することとした。下表に現マカラ橋の不具合と新マカラ橋に反映した対応策を示す。

不具合・欠陥	問題点	対応策
✓ 耐荷力不足（現行設計荷重の下で一部の部材が許容応力を超過する）	✓ 20トンの車両重量制限を行っているが、現実的には総重量40トンの通行が黙認されている。しかし、40トン車両の通行は現橋損壊の危険性がある。	✓ 現行活荷重である HS25（概ね40トン）を適用した新橋に架け替える。
✓ 交通容量不足（現橋の車道幅員8.0mは橋上駐車車両のため円滑な通行に支障をきたし、歩道幅員1.5m両側もピーク時には十分ではない）	✓ 渡河待ちによる渋滞、歩行者の車道通行が見受けられ、歩行者の安全が脅かされている。	✓ AASHTO 幾何構造基準に準拠した幅員構成を適用した新橋に架け替える。
✓ 桁下空間の不足（現橋によって人工的な狭窄部が構築され、桁下空間が不足している）	✓ 現橋流失の可能性や狭窄部に起因した上流部の堰上げ現象のため湛水域が拡大。	✓ 計画洪水量に見合った新橋の桁下空間を確保し、現橋を撤去する。
✓ 現マカラ橋の「ペ」国側取付道路は、急カーブのため視距不足であり減速を余儀なくされている。	✓ 減速、渋滞、交通事故の発生が報告されている。	✓ 適切な平面線形を適用し現況を改善する。

上記対応策を考慮し、中南米諸国で幅広く適用されている AASHTO の幾何構造基準及び橋梁設計基準に準拠して新マカラ橋とその取付道路の基本設計を実施した。ただし、架橋位

置の自然条件から決まる地震荷重に関しては、「エ」国の耐震設計基準に沿って算定した水平震度 0.19 を、また設計洪水流量は 50 年確率の洪水量 1,250m³/sec を採用した。基本設計の結果に基づいた施設概要を下表に示す。

施設概要

施設要素		形式・諸元
架橋位置		現マカラ橋の 50m 下流
橋梁型式		2 径間連続 PC 箱桁
橋長		110m
支間割り		62.6m + 45.6m
ベ側橋台	形式	逆 T 橋台
	構造高	12.8m
	基礎工	直接基礎
エ側橋台	形式	逆 T 橋台
	構造高	12.3m
	基礎工	杭基礎（場所打ち杭径 1.2m）
橋脚	形式	壁式
	構造高	12.02m
	基礎工	直接基礎
橋梁幅員		車道：3.65m×2、路肩：1.20m×2、歩道：2.00m×2
取付道路	「エ」国道路延長	164.0m
	「ベ」国道路延長	290.0m
	幅員構成	車道：3.65m×2、路肩：2.40m×2、保護路肩：1.00m×2
護岸工	「エ」国側	石張りコンクリート護岸、延長 47.0m
	「ベ」国側	石張りコンクリート護岸、延長 47.5m
護床工	「エ」国護岸工前	石張りコンクリート根固め工、延長 61m
	「ベ」国護岸工前	石張りコンクリート根固め工、延長 55m
	橋脚	石張りコンクリート護床工（29m×25m）

本計画の工事工程におけるクリティカルパスは橋梁工であり、その橋梁工は準備工→橋台工（左右同時施工）→橋脚工→上部工（張出し架設）→橋面工の手順で工事が行われ、その期間は概ね 23 ヶ月程度と見込まれる。本計画は、協力対象事業全てが実施されて初めて効果を発揮するものであり工事の期分けが不可であるのに加え、完成までの工期が 1 年以上にわたる。従って、無償資金協力の枠組みを勘案し本協力対象事業は多年度にまたがり実行可能な国債案件で実施するのが適切であると考えます。

本計画の施設完成までの全体工期は、約 31 ヶ月と見込まれ、この内訳は実施設計・入札等に 8 ヶ月と工事に 23 ヶ月を想定している。

本計画の概算事業費は、11.49 億円（無償資金協力 10.50 億円、「エ」国・「ベ」国側負担事業 0.99 億円）である。

本計画実施による効果は、①現マカラ橋は耐荷力不足、狭幅員のため交通流の隘路となっている。よって、現行基準に沿った設計荷重及び幅員構成を適用した新橋に架け替える。この架け替えに因って、隘路が解消され輸送時間の短縮、走行時間の節約が可能となり、現橋の余命約 10 年が 50 年間に更新され、さらに現橋の維持管理費に比べ今後の維持管理費の縮減が期待される。②「ペ」国側の現取付道路は基準値以下の急カーブのため減速を強いられ円滑な交通流を阻害している。よって、適切な平面線形を適用することにより、円滑な交通流の確保と交通事故の低減が期待される。③現マカラ橋は河川の人工的狭窄部と成っていることから通水断面の不足のため現橋流失の可能性がある。よって、計画洪水流量に見合った桁下空間を有する新橋に架け替え、その後、現橋が「エ」国・「ペ」国により撤去される事によって、橋梁流失確率の低減並びに湛水域の減少による耕作地拡大等の地域環境の改善に寄与する。

なお、裨益を受ける対象範囲及びその規模は、マカラ橋に隣接する「エ」国のロハ州及び「ペ」国のピウラ州であり、その裨益人口はロハ州 404 千人及びピウラ州 1,636 千人の計 2,040 千人（「エ」国・「ペ」国の全人口の 5.0%）である。

現マカラ橋の損傷状況並びに不十分な耐荷力及びパンアメリカン幹線上の位置づけを勘案すると、本計画の重要性、緊急性共に高く、かつ国境地域の開発を促進するものである。しかし、本プロジェクトを担当する「エ」国の緊縮財政及び橋梁架け替え計画に必要な技術力を勘案するとその実現は困難が予見されるので、我が国の無償資金協力の枠組みで資金及び技術を「エ」国・「ペ」国の両国へ支援することは意義のある事業であると考ええる。

本施設完成後の維持管理は、マカラ橋本体及び「エ」国領内の取付道路に関しては MOP のロハ事務所、「ペ」国領内の取付道路は MTC 国道局傘下のトンプス維持管理事務所が所管する。維持管理に必要な毎年の費用は「エ」国側負担 13,820 米ドル、「ペ」国側負担 7,990 米ドルと見積もられ、これらの額は「エ」国 MOP の通年の維持管理予算である 28.8 百万米ドルの 0.04%、「ペ」国 MTC 国道局の維持管理予算である 59.0 百万米ドルの 0.013%にあたる。また、「エ」国及び「ペ」国の保有する維持管理技術水準は比較的高いので、本施設の維持管理は財政的、技術的に問題なく実施されるものと考ええる。

なお、本計画を円滑かつ効率的に推進するために、「エ」国・「ペ」国の両国によって工事着工前までに工事に支障となる住民・家屋の移転、水道管・電柱・配電線の移設、必要な追加用地の確保、仮設ヤードの整地と土捨て場の確定が望まれる。さらに、工事中は工事関係者及び工事車両の国境の自由な出入国のため ID 及びステッカーの発給、交通警官の配置、及び工事完了後の速やかな現橋撤去、必要な護岸工の敷設、適切な維持管理の実施が望まれる。

目次

序文
伝達文
位置図/完成予想図/写真
図表リスト/略語集
要約
目次

第1章	プロジェクトの背景・経緯	1
1-1	当該セクターの現状と課題	1
1-1-1	現状と課題	1
1-1-2	開発計画	2
1-1-3	社会経済状況	3
1-2	無償資金協力要請の背景・経緯及び概要	3
1-3	我が国の援助動向	4
1-4	他ドナーの援助動向	4
第2章	プロジェクトを取り巻く状況	6
2-1	プロジェクトの実施体制	6
2-1-1	組織・人員	6
2-1-2	財政・予算	7
2-1-3	技術水準	8
2-1-4	既存の施設	8
2-2	プロジェクト・サイト及び周辺の状況	10
2-2-1	関連インフラの整備状況	10
2-2-2	自然条件	11
2-2-3	環境社会配慮	15
第3章	プロジェクトの内容	19
3-1	プロジェクトの概要	19
3-1-1	上位目標とプロジェクト目標	19
3-1-2	プロジェクトの概要	19
3-1-3	現マカラ橋の検証	20
3-2	協力対象事業の基本方針	23
3-2-1	設計方針	23
3-2-2	基本計画	35
3-2-3	基本設計図	46
3-2-4	施工計画	57
3-3	相手国分担事業の概要	67
3-3-1	我が国の無償資金協力事業における一般事項	67
3-3-2	本計画固有の事項	67
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	69
3-5	プロジェクトの概算事業費	70
3-5-1	協力対象事業の概算事業費	70

3-5-2	運営・維持管理費.....	71
3-6	協力対象事業実施に当たっての留意事項.....	72
第4章	プロジェクトの妥当性の検証.....	73
4-1	プロジェクトの効果.....	73
4-2	課題・提言.....	74
4-3	プロジェクトの妥当性.....	75
4-4	結論.....	75

[資料]

- 1 調査団員・氏名
- 2 調査行程
- 3 関係者(面会者)リスト
- 4 討議議事録(M/D)
 - 4-1 現地調査
 - (1) エクアドル国側(2005年5月30日)
 - (2) ペルー国側(2005年6月2日)
 - 4-2 概要説明
 - (1) エクアドル国側(2005年11月10日)
 - (2) ペルー国側(2005年11月17日)
- 5 事業事前計画表(基本設計時)
- 6 参考資料／入手資料リスト
- 7 その他の資料・情報
 - 7-1 現橋撤去の必要性に関する技術的検討書
 - 7-2 エ国・ペ国側負担費用内訳

第1章

プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

(1) エクアドル国道路セクターの現状と課題

エクアドル国(以下「エ」国と称す)の道路延長は 43,197 km で、その内訳は国道 8,637 km、州道 11,954 km、地方道 22,606 km である。国道はさらに道路延長の約 66%を占める 12 路線の幹線道路と、維持管理費の原資にするため通行料を徴収している 39 路線の有料道路(道路延長の約 34%)に分けられる。公共事業省(以下 MOP と称す)は、これら道路を対象として民間への委託を含む計画、設計、施工、維持管理を所管する。

国道現況調査 2002 年に基づけば、「エ」国の道路セクターの現状と課題として下記事項が指摘されている。

- 国道の舗装率は 74%で、残り 26%は砂利舗装である。アスファルト等で舗装された道路のうち 68%のみが良好な状態で、残り 32%は改修を必要とする。よって、2008 年までに舗装率を 74%から 92%へ向上し、その舗装改良によって現況の道路状況の健全度が 68%から 87%へ改善する計画である。
- 国道の 72%は十分なガードレール等の安全施設が欠損しており、その 81%は安全標識が敷設されていないのが、高い事故率の原因となっている。
- 橋梁に関しては国道上の 928 橋梁(延長 35.50 km)のうち 118 橋梁(延長 5.69 km)は老朽化しており、緊急に架け替えが必要とされている。
- 都市部近傍の一部国道の 2 車線部では、日交通量が 8,000 台以上あり、事故率が高い。従って、拡幅による 4 車線化が必要である。
- 環境保全の視点からの課題は、横断道路の建設の際、森林伐採と生態系の崩壊による影響が深刻になるため、生態系保全地区の確保等環境負荷低減策を講じる必要がある。
- 「エ」国の道路網整備計画において、公共事業省の国家的な指導力の強化は必須である。

(2) ペルー国道路セクターの現状と課題

2003 年の戦略的道路セクター計画によると、ペルー国(以下「ペ」国と称す)の総道路延長は 78,017 km で、その内訳は国道 16,857 km、州道 14,250 km、地方道路 46,910 km である。

国道 16,857 km のうちアスファルト舗装率は 52.1%(8,785 km)、砂利舗装道は 5,532 km (32.8%)、未舗装国道は 2,540 km(15.0%)である。この現況を勘案し運輸通信省(以下 MTC と称す)は、一部道路区間の既存線形の改善、走行性の改善や舗装率の向上、維持管理の強化や危険箇所の改善の必要性を認識している。しかしながら、予算不足のため、通行料の徴収と抱き合わせて維持管理等の業務を民間へ委託することを模索している。

一方、州道の延長は 14,250 km で、道路総延長の 18%である。同道路の位置づけは 2 次幹線としての機能であり、州都と群都等の主要都市を連結する都市間道路である。しかし、そのアスファルト舗装率はわずか 8%であり、42%が砂利道、残りは土道で州道のサービス水準は極め

て低く、改良の必要性は高い現状である。他方、地方道路は、総延長 46,910 km のうち 17,000 km が最低限の維持管理で保全されており、残り 29,910 km は維持管理が一切なされていないため円滑な通行に度々支障をきたしている。

全般的に予算不足のため総道路延長 78,017 km に対して、維持管理がなされているのは僅か 12.5%のみである。29%の道路に対して何らかの維持管理はなされているが、未だ不十分であり、残りの 58.5%の道路に対しては維持管理が一切なされていない現状である。よって、道路セクターの最大の課題は、維持管理強化に関する諸施策の実施である。なお、一部の舗装された国道では通行料を徴収し、それを原資として維持管理が行われているが未だ維持管理状況は不十分である。具体的には、国道 5 号線 (Ancon-Pativilca) 及び国道 6 号線 (Pucusana-Guadalupe) の維持管理を民間委託したことによって、道路局の維持管理費が 30% 縮減した結果を踏まえ、今後とも維持管理の民間委託を推進する方針である。

(3) 「エ」国・「ペ」国の国境地域の現状と課題

「エ」国・「ペ」国の国境地域、とくにコンドル山脈近傍は、石油及び鉱物資源が豊富に埋蔵されているとされ、19 世紀より二国間で国境確定に関連し武力衝突が頻発した。1942 年のリオ平和合意 (米国、ブラジル、チリ、アルゼンチンの主導) により紛争は一時沈静化した。しかし、不明確な国境の策定に関して不法占拠が再発し、1995 年 1 月再び大規模な軍事衝突が発生した。しかし、上記関係国の仲介により同年 8 月に非武装地帯設置に係る合意が成立した。その後、97 年 4 月よりブラジリアで国境確定協議が開始されたが難航の様相を呈した。「エ」国マワ大統領は、98 年 8 月に就任したフジモリ・「ペ」国大統領との直接交渉に乗り出し、リオ議定書保証国 (米国、ブラジル、チリ、アルゼンチン) の四大統領の提案により、同年 10 月によりやく最終合意に至り、1999 年 5 月には国境の最終画定を終えた。しかし、長期間に渡る紛争のため「エ」国・「ペ」国の国境地域は、開発から取り残されており、道路を含む社会基盤整備が立ち遅れ、高い貧困率が課題となっている。

1-1-2 開発計画

1998 年 10 月の二国間和平合意に基づき、「エ」国・「ペ」国は 1999 年 2 月に開発の遅れた国境地域の開発促進のため二国間国境開発委員会の設置、委員会の規約及び組織、旅客・車両の国境通過合意及び国境地域の開発計画に関して合意した。二国間委員会の目的は同地域の生活水準の向上と統合であり、その目的達成のため開発 10 ヶ年計画を策定した。その骨子は計画 A: 二国間で共有する資源開発に資する社会基盤整備を二国間で実施する、計画 B: 国境の通行・交易の活性化のための国境施設等を含む基盤整備とサービスの提供を各々の国で実施、計画 C: 保健衛生、教育、地域開発等を含む生活環境改善計画を各々の国で実施、計画 D: 民間資金活用事業の推進と投資機会の創設の 4 計画から構成されている。

この開発計画に沿って世界銀行、米州開発銀行、アンデス基金等は、同地域における持続的な開発、二国間交易の増加、貧困対策支援として今後 10 年間に 30 億ドルの支援を両国に約束した。

1-1-3 社会経済状況

(1) エクアドル国

エクアドル国は石油輸出国(92年 OPECより脱退)であり、国家経済は石油に大きく依存するとともに、バナナ、コーヒー、カカオを中心とする農業や水産業が主要な産業となっている。貿易面でも、石油が輸出額の3割以上を占め、水産加工品(主にエビ)、コーヒー等の一次産品が残りの輸出のほとんどを占めている。一人当たりの GNI は 2,180 米ドル(2004 年、世銀、アトラス法)である。

2003 年からのグティエレス政権は、IMF との合意を基に、徹底した緊縮政策を実施に移行した。その結果、2004 年については GDP 6.6%増、インフレ率 1.9%、財政黒字 GDP 比 1.7%といずれも目標を達成した。しかしながら、依然石油輸出と移民からの送金に依存する体質からは脱却出来ておらず、輸出競争力の強化、及び米国との FTA 交渉等が主要な課題となっている。

(2) ペルー国

ペルーは農業、水産業に加えて鉱業が比較的堅調であるが、これらは全て一次産業であるため国際価格の変動を受けやすい脆弱な産業構造である。主要産業が GDP に占める割合は、製造業、サービス、農業の順に大きい。労働人口の 34%は農業部門に従事しているが、農地がアンデス山脈を中心とした山岳地帯に多いため、小規模で生産性も低い。一方、豊富な鉱物資源を生かした金、銅、亜鉛、鉄鉱石をはじめ各種の鉱産物、及び恵まれた水産資源を活用した魚粉は主要輸出産品となっている。工業は輸入代替型の製造業が多く、繊維製品を除いて総じて輸出競争力に乏しい。

80 年代後半にとられた保護主義的経済政策から、一時はインフレ率が最大で年間約 7,000%にまで上昇した。しかし、90 年に成立したフジモリ政権はネオリベリズムに沿った経済政策を推進し、2001 年 7 月に発足した現トレド政権においても同経済政策は基本的に踏襲され、ここ数年のマクロ経済指標は安定している。トレド政権は、大統領選挙期間中から貧困撲滅及び雇用創出を最大の政策と掲げたが、貧富の差は拡大する方向にあり、政府に対する国民の不満は高まっている。今後も国民の要求と厳しい財政事情との間での難しい経済運営が予想される。ちなみに一人当たりの GNI は 2,360 米ドル(2004 年、世銀、アトラス法)である。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

1998 年 10 月の二国間の平和合意を踏まえ、我が国は 1999 年に JICA によって「エクアドル・ペルー・プロジェクト形成調査(国境地域開発)」を実施した。その調査の中で「エ」国・「ペ」国の国境を跨ぐ 4 橋(アグアス・ベルデス橋、マカラ橋、エルアラモール橋、バルサ橋)の建設計画が、その他道路資機材供与等の案件と共に支援の可能性のある案件の1つとして特定された。

上記調査を受け「エ」国及び「ペ」国各々は 1999 年 8 月我が国へ「新マカラ国際橋建設計画」に対しての無償資金協力要請をおこなった。その要請内容は現マカラ橋の著しい損傷や耐荷力不足を勘案し、下流約 50m の位置に新マカラ橋とその取付道路を建設するものであった。

その後、我が国は上記マカラ橋が二国間に跨る国際橋であることから、国境の取り決めと実施体制等見定めていたが、これらに関して「エ」国・「ペ」国両国間で合意形成がなされたのを受け、2004 年に「エ」国・「ペ」国「マカラ新国際橋建設計画」の予備調査が実施された。その結果、本計

画の無償資金協力としての妥当性及び必要性は概ね確認されたが、JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づき、(a) EIA 調査の実施と環境ライセンスの取得、(b) ステークホルダー・ミーティングの開催、(c) 住民移転計画書の作成を両国に要請した。両国がこれら環境関連調査の実施及び環境ライセンスを取得したことを踏まえ、我が国は本計画の基本設計調査の実施を決定した。

1-3 我が国の援助動向

我が国から「エ」国及び「ペ」国において過去 10 年間に実施された交通セクターの案件概要を表 1-1 及び 1-2 に示す。

表 1-1 エクアドル国で過去 10 年間に実施された交通セクターの案件概要

実施年度	案件名	供与額 (億円)	計画概要
1995	東部地域道路整備用機材強化計画	9.72	道路整備用機材の供与
1997	アスアイ州地方道路整備機材強化計画	7.57	道路整備用機材の供与
1999	グアヤス州地方道路整備機材強化計画	11.97	道路整備用機材の供与
2000	エル・オロ州地方道路整備用機材強化計画	7.50	道路整備用機材の供与
2001	南部国境地方道路整備用機材強化計画	9.58	道路整備用機材の供与

表 1-2 ペルー国で過去 10 年間に実施された交通セクターの案件概要

実施年度	案件名	供与額 (億円)	計画概要
1995	道路建設機材整備工場設備改善計画	7.38	全国を対象とした道路建設機材整備工場設備の改善
1999	日本・ペルー友好橋建設計画(詳細設計)	0.92	リマ市内に計画された全長 4.6 km の橋梁の詳細設計

1-4 他ドナーの援助動向

「エ」国・「ペ」国間の国境地域における、他のドナー国・機関による援助プロジェクトを表 1-3 に示す。2 件の橋梁建設が実施済み、もしくは実施中である。

表 1-3 エクアドル国・ペルー国間国境における他ドナー国・機関による援助プロジェクト

(単位:千 US\$)

実施年度	機関名	案件名	金額	援助形態	概要
2004 年～	欧州連合	アグアス・バルデス橋建設計画	不明	無償	「エ」国・ペ間国境のエル・アラモール川に建設予定の国際橋。現在、詳細設計実施中で 2006 年着工予定。
2002 年～ 2003 年	ブラジル国 (一部)	バルサ橋建設計画	636	無償	「エ」国・ペ間国境のカンチス川にて建設された国際橋

表 1-4 及び表 1-5 に「エ」国 MOP 及び「ペ」国 MTC の国道局が実施中の援助プロジェクトの概要を示す。

表 1-4 エクアドル国 MOP が実施中の他ドナー国・機関による援助プロジェクト

プロジェクト名	事業内容	実施期間	借款額 (百万ドル)	援助機関
パンアメリカン国道の改修	30.9 km の線形改良	2000/01～2005/06	38.2	CAF CFA-1011
Baeza-Tena 間改修・舗装	134.12 km の改修	2001/01～2005/12	24.0	CAF CFA-2001
Puyo-Macas 間再建設	117.68 km の大幅改修	2003/01～2005/08	17.8	CAF CFA-2295
南部幹線道路再建計画	512.8 km の再建	2002/12～2005/12	56.5	CAF CFA-2349
メンドーザ橋拡幅及び改良		2002/11～2005/04	55.9	CAF CFA-2350
運輸セクタープログラム	534.86 km の改修(大半の工区は現在入札中)	未定	74.6	CAF CFA-3032

注: アンデス開発公社(Corporation Andia de Fomento:CAF)

表 1-5 ペルー国 MTC 国道局が実施中の他ドナー国・機関による援助プロジェクト

プロジェクト名	事業内容	実施期間	事業費 (百万ドル)	援助機関
幹線道路改修(BID-1150)	延長 282km の改修と 4 橋の架け替え(2 橋、2 工区完了済み)	2003/04～2006/09	105.925	IDB
幹線道路改修(JBIC-P18)	延長 177.82km の改修	2001/09～2005/12	109.728	JBIC
幹線道路改修(JBIC-P22)	延長 357.90km の改修と 2 橋の架け替え	2003/03～2006/02	125.590	JBIC
地方道路改良(3717-PE)	延長 368.78km の改修と 1 橋の架け替え	1996/09～2000/01	133.718	WB
幹線道路改修(CAF-1009)	延長 139km の改修	2000/05～2003/07	84.517	CAF
幹線道路改修(KFW-9766056)	79.0km の改修	2001/08～2002/07	17.166	KFW

注: 米州開発銀行(IDB)、西語 BID、国際協力銀行(JBIC)、世界銀行(WB)、アンデス開発公社(Corporation Andia de Fomento: CAF)、ドイツ開発銀行(Kreditanstalt fuer Wiederauf: KFW)

第2章

プロジェクトを取り巻く状況

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

本計画の実施に対して「エ」国と「ペ」国の間で交換公文(E/N)が締結されており、本計画は「エ」国主導でプロジェクトの計画・実施・運営が実施されることに対して基本合意がなされている。しかし、本計画の実施に際して、「ペ」国内の環境社会配慮調査、住民移転等の「ペ」国負担事項や竣工後は「ペ」国側の取付道路において「ペ」国による維持管理が必要となる。よって、下記に「エ」国及び「ペ」国の実施機関の組織・人員を示す。

(1) 「エ」国の実施機関

「エ」国側の実施機関となる公共事業省の総職員数は1,100人で、その内訳は弁護士、建築家、技師等の専門職173人、事務・技能員353人、作業員574人である。実施部署は道路局であり、専門職107人、事務職51人を擁する。図2-1に同省の組織図を示す。

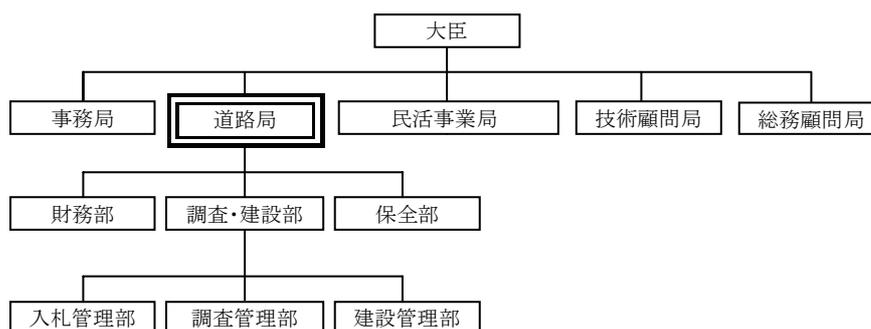


図2-1 「エ」国公共事業省の組織図

(2) 「ペ」国の実施機関

「ペ」国側の実施機関となる運輸通信省は、運輸部門と通信部門に大別され、運輸部門に属する国道局が実施部署となる。国道局の職員数は1,887人で、その内訳は技術職405人、技能職265人、事務職1,217人である。図2-2に同省の組織図を示す。

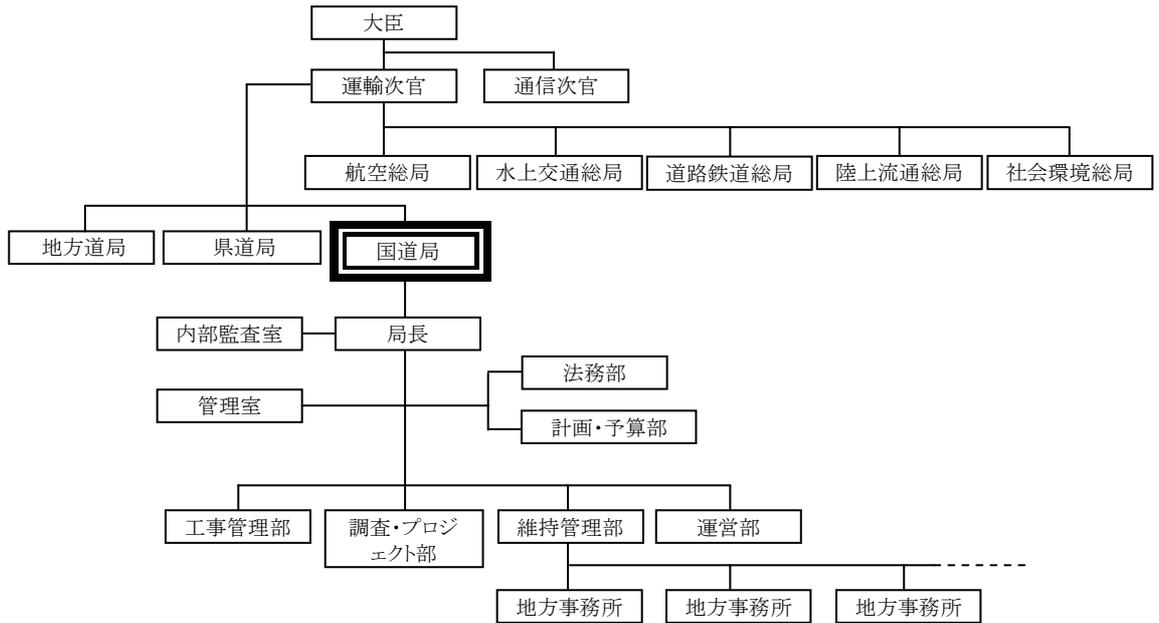


図 2-2 「ペ」国運輸通信省の組織図

2-1-2 財政・予算

過去5年間の「エ」国国家予算と公共事業省の予算及び「ペ」国国家予算と運輸通信省、国道局の予算を表 2-1 及び 2-2 に示す。

表 2-1 「エ」国国家予算と公共事業省の予算

(単位:百万ドル)

項目		2000	2001	2002	2003	2004
国家財政	歳入	3,110.8	3,822.8	4,495.6	4,761.8	4,907.7
	歳出	4,034.7	5,488.5	5,505.7	6,187.7	6,835.2
MOP 予算	一般管理費	2.1	4.9	5.6	5.8	3.2
	部門間調整費	0.9	11.9	3.7	8.2	3.2
	調査・設計	6.2	2.7	5.5	2.9	9.6
	コンセッション費	-	17.8	0.0	-	-
	建設・改良	109.3	84.6	79.3	58.1	136.2
	改修	-	10.2	10.0	2.5	-
	維持管理	7.6	29.5	51.1	16.3	28.8
	外部・内部借入	80.2	180.6	74.4	112.3	128.9
補助金	-	-	70.9	30.0	17.5	
MOP 合計		206.3	342.2	300.5	236.1	327.4

(出典: Informacion Estadistica mensual, No.1,839, May 31 2005)

「エ」国の GDP 成長率は 2004 年に於いて 6.6%を達成しており、「エ」国はここ数年堅調な経済成長を維持している。2005 年 4 月に発足したパラシオ政権は、主に対外債務返済に充てられていた石油収入を社会部門にあてる政策を掲げており、MOP の予算は堅調に推移すると推察する。表 2-1 に示す MOP の予算の仕訳を踏まえると、相手国負担項目となる現橋撤去等の

費用は“建設・改良”から、一方本計画完成後の維持管理費は“維持管理”から充当される。

表 2-2 「ペ」国国家予算と運輸通信省、国道局の予算

(単位:百万ドル)

項目		2000	2001	2002	2003	2004
国家財政	歳入	9,501	9,183	9,828	10,709	11,959
	歳出	9,847	9,500	9,936	10,524	11,423
MTC の支出		371	328	314	386	392
国道局の 支出	事務管理費	7	7	5	10	9
	建設費	13	14	6	1	1
	改修費	154	138	217	144	170
	調査費	7	6	10	3	4
	維持管理費	30	37	27	43	59
合 計		211	202	265	201	243

(出典:MTC)

「ペ」国経済は内需の高揚による堅調な経済成長を維持しており、今後の MTC 予算も順調に推移するものと想定される。しかし、維持管理費の絶対的な不足を解消するため、通行料の徴収と抱き合わせて維持管理業務等の民間委託も実施している。表 2-2 に示す国道局の予算の仕訳を踏まえると、相手国負担項目となる現橋撤去等の費用は“改修費”から、一方本計画完成後の維持管理費は“維持管理”から充当される。

2-1-3 技術水準

「エ」国の実施機関である公共事業省は大統領の交代に伴って省内の高官も交代し、施策実施の一貫性の欠如及び不十分な予算措置等外部環境の不備もあるが、公共事業省の技術水準は概ね中南米の標準的な位置づけであると言える。技術職員は一般的に外国留学経験のある高学歴技術者が多いが、実務経験が不足していると思われられる。一方、道路の維持管理は一部の作業を既に民営化しており、標準以上の水準の維持管理が実施されている。その組織、要員、保有資機材等は実務的で十分機能している。よって、本計画の実施機関として支障ないと言える。

「ペ」国の実施機関である運輸通信省の国道局は、非常に大きな組織で、その弊害や予算不足等の不備も見受けられるが、技術者は概ね高学歴でかつ実務経験も豊富であり、技術水準は中南米の国々のそれに比べ比較的高い。即ち、プロジェクトの形成、計画、設計、実施管理等の一連の作業に関しては充実したマニュアル等が整備されており、かつ明確な責任体制が敷かれているのでプロジェクトは比較的円滑に進む。しかし、維持管理に関しては、予算不足及び巨大化した組織の弊害もあってその水準は低いと言わざるをえない。

2-1-4 既存の施設

協力対象事業であるマカラ橋は「ペ」国・「エ」国に跨り、それに隣接する「エ」国の州はロハ州(面積 11,046 km²、人口 404,835 人、2001 年)で、同州は農業(コーン、サトウキビ、ビーン、米、バナナ)及び鉱業(石炭、銅、大理石)が盛んである。一方「ペ」国側はピウラ州(35,891 km² 人口 1,636,047 人、2002 年)で、農業(コットン、米、マンゴ、バナナ、コーヒー)と漁業が同州

の産業の 40%を占める。その他に鉱業(ガス及び非金属鉱物)、製造業(魚粉)等の産業がある。

マカラ橋はロハ州の州都ロハから南方 178 km、ピウラ州の州都ピウラから北方 161 km に位置し、ロハからマカラ橋までの国道は山岳部を通過しその道路幅員は 7.0 m、路面状況も良好である。一方ピウラからマカラ橋までは平地から丘陵地を通過し、比較的良好な道路線形と車道幅 8.0 m が確保されている。

既存マカラ橋は 1964 年に「ペ」国によって建設された。架橋位置の河川幅は約 120 m である。主流部に支間 40 m、橋長 56 m、車道幅員 11.0 m の RC 構造方杖ラーメン橋を建設し、洪水敷に 2 連ボックスの敷設を伴い、約 60 m 長の盛土による取付道路が建設されている。既設マカラ橋は AASHTO の HS20-44¹ 荷重を採用し設計されたとの報告を受けたが、一部床版の鉄筋が露出し、床版には貫通クラックが数カ所ある。そこには遊離石灰も観察されており、現行設計荷重に対して耐荷力が不足している事が懸念される。現在荷重制限 20 トン規制が施行されている。

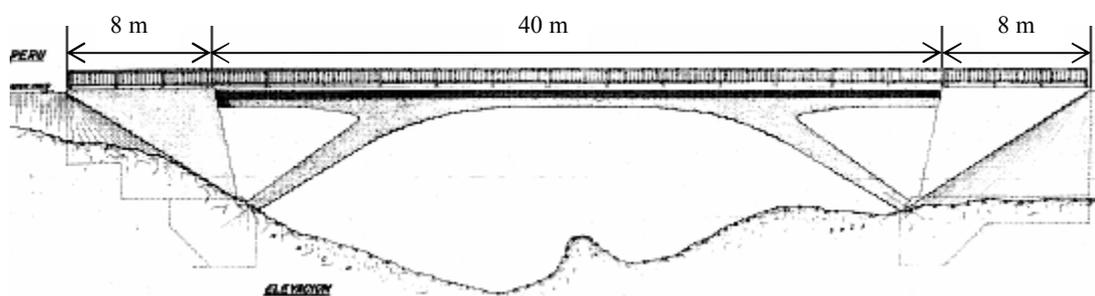


図 2-3 既設マカラ橋側面図

上記のように既設マカラ橋は、河川の狭窄部に人工的にさらに狭窄状態を悪化させる渡河構造物を構築している。よって、明らかに河積が不足しており、洪水時には既設橋の上流部に堰上げが発生する。湛水範囲は拡大し、耕地が流失する悪影響が懸念される。

マカラ橋は国境に位置するため、橋の両端部には両国の関税・出入国管理事務所が設置されている。これら出入りを両国各々で実施しており、かつ道路を不法占拠した露天や客待ちのタクシー等が原因で常時車両の渋滞が観察される。

¹ HS20-44 は AASHTO の Standard Specification for Highway Bridges の中で 1944 年に制定された総重量 33 トンのトレーラー荷重である。

2-2 プロジェクト・サイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

プロジェクトサイトであるマカラ橋近傍の主要既存インフラ及びその概要は下記のとおり。

- プロジェクトサイトのライフラインの現況：
建設現場付近にキャンプヤードを設置することを考慮し、マカラ市及び「エ」国 MOP、「ペ」国 MTC の地方事務所への聞き取りを行い、プロジェクトサイトのライフラインの現況を調査した。調査結果を表 2-3 に示す。「エ」国側は給水システムが無く給水車を利用し、電気、通信は供給されている。「ペ」国側は電気、水道、電話ともに安定供給されている。ただし、電気、水道ともに小規模な集落に対する設備であるため、工事用にはそれぞれ発電機、井戸の設置が必要となる。

表 2-3 プロジェクトサイトのライフラインの現況

		整備状況	
		エクアドル側	ペルー側
水道	水源	給水車(給水システム無)	マカラ川河川敷の井戸
	浄水場	無	無
	供給機関	-	Junta Administradora Servicios Desaniamient
	常時性	-	安定している
電気	電圧	110 V	240 V
	電力源	パウテ水力発電所(アスアイ州)	ポセチョス水力発電(ピウラ州)
	供給機関	Enpresa Electric Regionor Sur	Electro Noroeste Sociedad Anonima
	常時性	安定している	安定している
通信	定置電話	有	有
	供給機関	Pacifictel	Telephonica del Pure
	携帯電話	圏内	圏内

- パンアメリカン道路：
マカラ橋への「エ」国側道路は国道 35 号線(E35)で、ロハ～マカラ間は概ね山岳部道路であり、その延長は 178.6 km である。道路幅員は総じて車道幅 7.0 m、路肩 0.3 m、側溝幅 0.7 m、橋梁幅員は車道 7.3 m、両側歩道幅 0.55 m である。交通量は MOP2003 年(MOP Red Vial Estatal Estimacion de Trafico 2003)の記録に基づくとロハ(Loja)-カタマヨ(Cata mayo)-カタコチャ(catacocha)-マカラ橋(Puente Macara)で 2,652-1,096-890 台と変動する。
一方「ペ」国側は、マカラ橋近傍の主要都市であるピウラまでのマカラ-ピウラ間の道路延長は 161 km で、概ね丘陵地から平地部を通過する幹線道路である。その道路幅員は車道部 6.4 m、路肩 1.9 m、側溝 1.2 m であり、橋梁幅員は車道幅 8.0 m と両側歩道 1.0 m である。
- 空港：
マカラ橋へのアクセス可能な近傍の空港は、マカラ市のマカラ空港、ロハ市の近傍(実

際はカタマヨ市(Cata mayo)にある)のラトマ(LaToma)空港、マカラ市から陸路で約6時間のグアヤキル(Guayaquil)の3空港がある。各空港の概要は下記のとおり。マカラ空港へは1995年から民間機の運航は休止していたが、2005年5月16日から軍が運行するツインオッター機が貧困層を対象に週2便の運行を開始した。

空港名	標高	滑走路長	滑走路幅	表層
グアヤキル	5.8 m	2790 m	46 m	アスファルト
ラトマ	1236.0 m	1860 m	30 m	アスファルト
マカラ	446.8 m	1040.0 m	20 m	アスファルト

- 港湾施設:

本計画で建設資機材の輸入が必要な場合は、我が国からの定期便も入港しているグアヤキル港の活用が想定される。グアヤキル港は、「エ」国の2003年における年間総貨物取扱量である8,772千トンのうち64.2%である5,631千トンを取り扱う「エ」国最大の港湾施設である。同港の概要は下記のとおり。

種別	規模	付帯施設
コンテナバース	延長:185 m、水深:9.75 m	コンテナヤード:290,879 sqm
多目的栈橋	5-栈橋、延長185 m、水深:9.75 m	倉庫:85,234 sqm
ばら荷用栈橋	延長:155 m	3 サイロ等

www.puertodeguayaquil.com

- 発電所:

マカラ市への電力供給源はロハ市北方約240 kmにある「エ」国最大のパウテ水力発電所であり、「ペ」国側の電力供給源はポセチョス水力発電所である。これら概要を下記に示す。これに加えマカラ市へは非常用発電施設としてカタマヨ市(Cata mayo)のディーゼル発電も活用している。

国名	発電所名	竣工年	発電総量	ダム形式	堤長及び提高
「エ」国	パウテ水力発電所(Paute)	1983	5X100MW 5X115MW	アーチダム	170 m
「ペ」国	ポセチョス水力発電(Poechos)	1977	15.4MW (2002年)	ロックフィルダム	9 km 及び55 m

2-2-2 自然条件

(1) 地形

調査対象地域は南米大陸の太平洋側に位置するアンデス山脈(近隣の最高峰チンボラゾ(Chi mborazo)標高6,267 m)の裾野にあたる丘陵性低山地で、その標高は300 m~1,300 mである。地形や気候の特性からアンデス山脈に代表されるシエラ(山岳地帯)と、標高が低く海岸に近いコスタ(海岸地帯)に分割されるが対象地域はちょうどその境界にあたる。広域的には「エ」国側の地形は比較的急峻であるが「ペ」国側はその国境付近を除いては海岸地帯特有の

平坦な地形が広がっている。橋梁架橋位置付近の地形は「エ」国側の標高 440 m の丘と、「ペ」国側の標高 520 m (頂上間の距離 500 m) の小山をはさんでマカラ川 (計画架橋地点付近の河床高 380 m) が西から東に流れている。

橋梁付近の現道の線形は「エ」国側では良好で、平面線形は橋梁直近に半径 $R=350$ m の曲線がある他は直線となっている。縦断線形は 3% 程度の勾配で橋梁に向かって下っている。一方「ペ」国側は縦断勾配が 4% 程度で橋梁から上っているが、平面線形は 2 カ所の $R=60$ の曲線が S 字カーブを形成しており、視距が不足した危険な線形といえる。

「エ」国側は国境付近に国境施設と併せて店舗と民家が現道脇に存在し、付近の緩斜面の背面には水田が点在する。

一方「ペ」国側は急峻な切土の法面が取付道路の南側に沿って連続しており、この取付道路とマカラ河に狭まれる地域にプエンテ・インターナショナル・ラ・ティナと言う 110 世帯ほどの集落が形成されている。現マカラ橋近傍の地形及び既存施設を図 2-4 に示す。

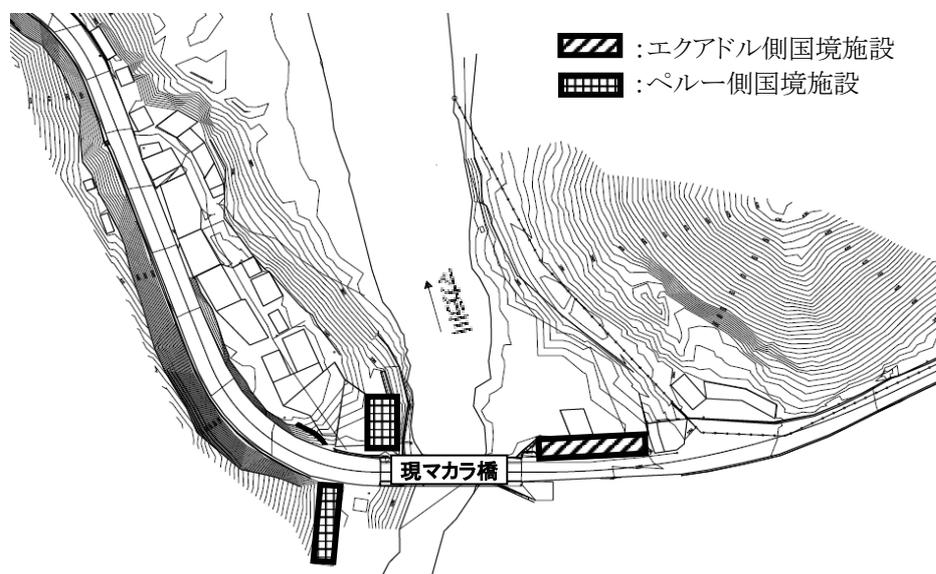


図 2-4 マカラ橋近傍の地形

(2) 地質

調査地域の基岩盤は、700 平方 km に渡るタングラ底盤の一部であるマカラプルトンで構成されている。この底盤は白亜紀後期の火山活動により形成された閃緑岩～花こう閃緑岩からなる。表層の地質は第四紀層で扇状地、段丘、崖すいの堆積層であり、マカラ川とその支流の溪流の流域に沿って各所にその堆積物が分布している。架橋予定位置付近では川の両岸には山の崖錐で形成される崩積層及び河川の営力に起因する沖積層が観察できる。

調査ボーリングは橋梁架橋予定位置付近 3 カ所 (「エ」国側 2 カ所、「ペ」国側 1 カ所) で実施した。

ボーリング名	ボーリング調査位置	掘進長
MCR-P1 (エクアドル側 川縁)	N: 9,514,399.287 E: 614,937.817 ELEV: 382.351	10.0 m
MCR-E1 (エクアドル側)	N: 9,514,416.334 E: 614,978.336 ELEV: 372.867	12.0 m
MCR-E2 (ペルー側)	N: 9,514,380.717 E: 614,848.394 ELEV: 389.600	14.7 m

ボーリングの結果から基岩盤である花こう閃緑岩の上に 10 m 程度の厚さで、「エ」国側では沖積層、「ペ」国側では崩積層が横たわっていることがわかる。

「エ」国側の沖積層(ボーリング MCR-P1/E1)では礫・玉石の割合は 20～30%程度で 2～4 cm の礫が中心。一方ペルー側の崩積層(ボーリング MCR-E2)では表層から 10 cm～35 cm 直径の玉石の混入が多く(50%程度)標準貫入試験用のサンプルを取得することができなかった。この崩積層は現道建設時に掘削した材料が捨てられて形成されたものと推察される。

崩積層・沖積層の下には基岩盤となる花こう閃緑岩がある。今回のボーリング掘進長の範囲ではその大部分で岩の風化が確認され、RQD¹は掘進が進むにつれ数値が大きくなる傾向が確認された。

本調査で現場近くの土採場、採石場候補地及び現道の材料試験も実施した。試験結果の詳細は添付資料に示されたとおりである。

- 採石場の材料試験結果

試料	すり減り率(%)	比重	吸水率 (%)
マカラ川 上流	13.95	2.76	0.50
マカラ川 下流	14.48	2.75	0.52
ペルー ソホ	14.27	2.72	0.87

- エクアドル側現道の材料試験結果

試料	最適含水比(%)	最大乾燥密度(g/cm ³)	CBR
路盤材	6.20	2.28	93
路床材	7.2	2.23	92

(3) 気象

エクアドルは、南北に走るアンデス山脈を境に太平洋に面したコスタ、山岳地方のシエラ、アマゾン地域のオリエンテの 3 つの気候区に分けられる。コスタは太平洋に面した海岸であり、赤道直下の熱帯の低地であるが、冷たいフンボルト海流とパナマ海流の影響で、比較的穏やかな気候と降雨に恵まれており、平均気温は 25～28℃で雨季と乾季がある。5～11 月の乾季の日中平均気温は 25℃前後、12～4 月の平均気温は 31℃にもなる。代表的な都市としてグアヤキルがある。シエラ地方は南北に走る 3 つのアンデス山系が重なる中央山岳地帯とよばれ、赤道直下にありながら標高が高いため年間の平均気温は 14～19℃である。4～9 月が乾季、10～3 月が雨季にあたる。代表的な都市にキトがある。アンデス山脈の東側は、高温多湿の熱帯ジ

¹ 岩質を表わすために考えられた指数で、値が高いほど良い岩盤として評価される。

ヤングルであり、年間を通して降水量は多い。新マカラ国際橋は太平洋に面したコスタ地方とシエラ地方の境界に位置する。

「ペ」国も「エ」国同様、アンデス山脈を境に海岸地域、山岳地方、熱帯ジャングルに区分されるが、ペルーの太平洋側に面した幅 30～50 km、長さ約 3,000 km の海岸砂漠地帯は、チャラと呼ばれる気候区分に入り年間の平均気温は 20℃前後で、1年中ほとんど雨が降らないのが特徴である。首都リマをはじめ、大きな都市はこの海岸に開けている。10～4 月の夏は毎日晴天が続くが、逆に冬はガルúaという霧が立ち込め曇天となる日が多い。

a) 気温・風速

架橋地点に最も近く観測資料の充実している気象観測所としてマカラ測候所を選定し、月別の気温、湿度、風向、風速を表 2-4 に示す。

表 2-4 マカラ測候所における気温、湿度、風速(気温:℃、湿度:%、風速: m/s)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
平均気温*1	26.0	25.9	25.7	25.0	24.2	23.7	23.4	23.9	24.7	25.0	25.4	25.9	24.9
平均湿度*2	67.0	70.0	73.4	74.5	71.9	69.4	66.6	64.6	61.4	62.0	62.3	63.5	67.0
平均風向*3	WNW	N	WNW	WNW	WNW	W	WSW	N	WNW	W	W	WNW	WNW
平均風速*4	2.1	1.7	1.8	1.8	1.8	2.1	2.3	2.2	2.3	2.5	2.4	2.3	2.1

出典 *1: chira cata mayo proyect office (24 年:1971-1994:station macara)

*2: chira cata mayo proyect office (8 年:1975-1982:station macara)

*3: chira cata mayo proyect office (3 年:1992-1995:station macara)

*4: chira cata mayo proyect office (18 年:1964-1981:station macara)

b) 降雨量

降雨量に関しても、マカラ測候所で観測が行われており、1969 年から 1998 年までの 30 年間の月平均降雨量の最大値、平均値、最小値と、1989 年から 1995 年間の最大日雨量、10 mm 以上の平均降雨日数を表 2-5 に取りまとめた。

表 2-5 マカラ測候所における降雨量

(単位: mm)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
最大値	456	399	1,092	570	387	33	3	13	14	38	67	450	2,770
平均値	88	147	362	124	38	6	0	1	1	9	5	23	804
最小値	3	15	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	120
最大日雨量	63	90	113	100	82	16	0	0	0	15	2	25	
10mm 以上 日数	1.0	6.0	8.7	3.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.4	1.7
			雨 期					乾 期					

出典: chira cata mayo proyect office (観測 INA MHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología e Ecuador)

c) 地震

「エ」国・「ペ」国が位置する南米太平洋現岸一体は、ナスカプレートが南アメリカプレートの下に潜り込んでいる地域であり、マグニチュード 8～9 の巨大海溝型地震が頻発する。地震データに関しては、ペルー地質学会からマカラ橋を中心に 300 km 圏内で過去 100 年に発生したマグニチュード 4 以上の地震データを収集し、その結果を図 2-4 に示す。

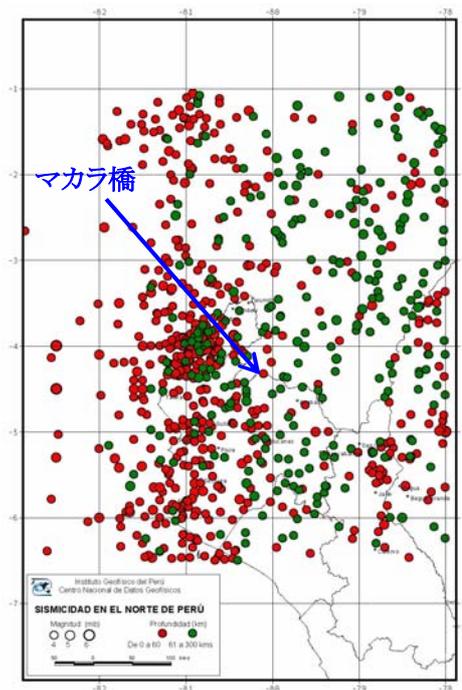


図 2-5 調査対象地域の地震分布

2-2-3 環境社会配慮

(1) EIA 調査結果概要

予備調査で JICA 環境社会配慮ガイドラインに準拠し、a) EIA 調査の実施と環境ライセンスの取得、b) ステークホルダー・ミーティングの開催、c) 住民移転計画書の作成(移転同意書を含む)を両国に要請した。その結果、「エ」国では MOP の環境ユニットによって上記要件を含めた調査が実施され、結果を EIA 報告書として取りまとめた。その後同報告書は環境省へ審査・承認のため提出された。その結果、2005 年 5 月 13 日に環境省から本案件に係わる環境許可が発給された。一方、「ペ」国では MTC が雇用したコンサルタントによって実施・作成された EIA 報告書が MTC 下の社会・環境局によって承認、それを踏まえ環境許可書が 2005 年 3 月 31 日に発給された。両国によって作成された EIA 報告書は、自然・社会環境の現況調査、影響負荷が想定される環境項目の特定と評価、住民移転計画、公聴会の開催、環境影響低減策の立案と監視計画等で構成され、その内容は概ね受け入れられる内容であることが確認された。

(2) スコーピング

予備調査時の IEE、「ペ」国及び「エ」国の EIA 報告書及び本調査結果を踏まえて、スコーピングを実施し、その結果を表 2-6 に示す。本プロジェクトの実施に伴って著しく環境負荷を及ぼす環境項目はないが、中位に影響負荷を及ぼす環境項目としては、非自発的住民移転、土壌浸食、建設廃材処理、騒音・振動である。これら懸念される環境負荷は、非常に制限された範囲であり、また短期間であるので、適切な負荷低減策を講ずれば許容できると考えられる。

表2-6 スコーピング・マトリクス

環境項目		評価結果				評価内容
		総評	準備段階	施工段階	竣工後	
社会環境	1 非自発的住民移転	-/B	-/B	-/C	D	工事の影響を受ける所帯の移転と家屋・商店の適切な地域に移設が必要。
	2 雇用や生計手段等の地域経済	+/C	D	+/C	+/C	一時的ではあるが雇用の創出と地域経済の活性化が施工中に期待される。竣工後は交通量の増加によって地域開発や地域統合が促進される。
	3 土地利用や地域資源利用	+/C	D	+/B	+/C	ステークホルダー会議で主席者から本計画の実施に関して反対は無かった。また、施工中は現地で利用可能な砂利が最大限活用され、竣工後は本計画で取付道路の拡幅が実施され平坦地が増加する。
	4 社会関係資本や地域の意志決定機関等の社会組織	D	D	D	D	ステークホルダー会議で主席者から本計画の実施に関して反対は無かった。
	5 既存社会インフラや社会サービス	+/C	D	-/C	+/B	工事中は工事車両の通行によって社会サービスが僅かに影響を受けるが、竣工後は公共施設への接近性が大幅に改善される。
	6 貧困層・先住民・少数民族	+/C	D	D	+/C	越境交通の増加に拠って地域開発及び経済圏の統合が加速され貧困削減に寄与する。
	7 便益と被害の偏在	D	D	D	D	ステークホルダー間の便益の偏在は無い。
	8 文化遺産	D	D	D	D	調査対象地域には文化遺産はない。
	9 地域内の利害対立	-/C	-/C	-/C	D	準備段階にて不平等な移転補償や施工中の不平等な雇用が在れば利害の対立が懸念される。
	10 水利権・入会権	+/B	D	D	+/B	竣工後の現橋撤去に伴って湛水面積が縮減し、水利権が保全される。
	11 保険衛生	-/C	D	-/C	D	仮設キャンプでの汚水に対して適切な処理施設が必要となる。
	12 災害・HIV/AIDS等の感染症	-/C	D	-/C	D	仮設キャンプでデング熱やマラリア等の感染症の発生が懸念される。
	13 ジェンダー	D	D	D	D	本計画に特別な関連はない。
	14 子供の権利	D	D	D	D	本計画に特別な関連はない。
自然環境	15 地形・地質	-/C	D	-/C	D	架橋位置の選定や取付道路の線形の決定に際しては、地域の地形・地質への影響を最低限に止める配慮がなされ決定されている。
	16 土壌浸食	-/B	D	-/B	-/B	ベ国側及びエ国側の取付道路建設に伴う山側の掘削は切り土斜面を生じこの斜面が雨水によって表層浸食を受ける懸念がある。また竣工後護岸工・護床工を施さなければ河岸浸食・河床浸食が懸念される。
	17 地下水	D	D	D	D	本計画に特別な関連はない。
	18 湖沼・河川流況	+/C	D	-/C	+/B	河川内に位置する橋脚施工時に盛土で構築する仮設止水工が必要となり河川幅を極端に狭め流況に影響を及ぼす。しかし、竣工後の現橋撤去によって冠水地域の縮減や河川内の肥沃な土壌の流出等が改善される。
	19 海岸・海域	D	D	D	D	本計画に特別な関連はない。
	20 生物・生態系	D	D	D	D	野生動物や希少植物への影響は無い。

環境項目		評価結果				評価内容
		総評	準備段階	施工段階	竣工後	
毎 年	21 気象	D	D	D	D	本計画の実施により気象への影響は無い。
	22 景観	D	D	D	+/C	本計画の実施により景観への影響は無いものの、むしろ景観の改善が見込まれる。
	23 地球温暖化	D	D	D	D	本計画に特別な関連はない。
	24 大気汚染	D	D	D	D	工事車両や建設機械からの排気ガスが見込まれるが短期間であり、量的に非常に軽微である。
	25 水質汚濁	-/C	D	-/C	D	基礎工施工時やコンクリート車の洗浄の際に適切な処理を施さなければ汚水の発生が見込まれる。
	26 土壌汚染	D	D	D	D	汚水排水や瀝青材、オイル、燃料洩れによって土壌汚染のリスクはあるが、軽微であると考ええる。
	27 廃棄物	-/B	D	-/B	-/B	建設工事及び現橋撤去によって塵、建設廃材、余剰土、廃油等の廃棄物が生じるが、指定場所への投棄及び適切な処理を施せば環境負荷は最小に抑えることが可能となる。
	28 騒音・振動	-/C	D	-/B	-/C	適切な処理を施さなければ硬岩掘削時や現橋撤去時に著しい騒音・振動が生じる。
	29 地盤沈下	D	D	D	D	本計画では地下水汲み上げは実施されないので本計画に特別な関連はない。
	30 悪臭	D	D	D	D	瀝青材混合物の生産過程で悪臭の発生が見込まれるが、期間は短期間であり、地元民への健康障害とは生らない。
31 河床堆積物	D	D	D	D	現橋撤去後、流心が変わり、堆砂が見込まれるが影響は非常に軽微である。	
32 事故	-/C	D	-/C	D	事前に必要な安全対策を実施しなければ、工事中の交通事故リスクは向上する。	
評価基準：		A：著しい				
＋：環境改善		B：中位				
－：環境負荷		C：軽微				
		D：皆無				

(3) 住民移転計画

本計画と平行して、二国間委員会は現行の 2-Stop 方式の国境施設の弊害を解消し、国境通過の円滑化を目的として 1-Stop 方式を採用した新たな国境施設(CEBAF)の建設を計画している。この新施設建設計画は「エ」国主導で実施されており、エ国所管は「エ」国国家運輸・陸上交通局で、新施設は現マカラ橋の「エ」国内手前約 300 m 山側に建設が計画されている。よって、「エ」国の土地収用及び住民移転計画は、本計画と国境施設建設計画を併せて国家運輸・陸上交通局が主管している。これら計画により移転を求められている住民は、7 名の地主・家主と 7 世帯の借家人である。(このうち本計画により影響を受ける住民は 3 名の地主・家主と 4 世帯の借家人である)。前者に対しては土地及び家屋に対して国家運輸・陸上交通局から補償費が支払われるが、後者に対してはマカラ市が代替地(現時点の候補地は現橋手前約 600 m の道路の分岐点の角地)に現在と同等の家屋を建設し、これら借家人に現在の借家料と同額の金額で貸与する計画である。

一方、「ペ」国側の本計画に関連する土地収用及び住民移転計画は MTC の社会・環境局が担当する。EIA 実施時点では新橋が現橋から 50 m 下流に建設した場合を想定し、その場合影響を受ける家屋は、4 箇所(公共施設)と 17 世帯(約 78 人)と見積もっている。17 世帯のうち、6 世帯は土地・家屋所有権書を保有しているが、9 世帯はこれら書類を保有していない。また 2 世帯は借家人である。移転の意向確認調査では、17 世帯全てが基本的には移転に合意しており、このうち 6 世帯は補償金の受け取り、残り 11 世帯は政府が用意した代替地を無償で受け取り政府から家屋建設資機材の提供を受け独自で家屋を建設する事に合意している。

(4) 環境負荷低減策とモニタリング計画

適切な処置を施さなければ著しい環境負荷の発生が懸念される環境項目に関しては、その各々の範囲及び程度を勘案し、環境負荷低減策を実施設計時に作成する。工事仕様書に盛り込み、かつ工事着工前に建設業者より具体的な低減策の提出を求める。これら規定及び提案に沿って工事中のモニタリングを実施し、環境負荷低減策の徹底に努める。さらに、本工事竣工後のモニタリングに対しては、竣工後作成が予定されている維持管理計画に竣工後の環境モニタリングを盛り込み、MOP 及び MTC にモニタリングの実施を要請する。