

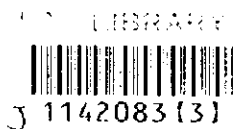
国際協力事業団  
ザンビア国公共事業省  
ジンバブエ国運輸エネルギー省

ザンビア・ジンバブエ国  
ザンベジ川チルンド橋建設計画調査

最終報告書

(要約版)

1998年3月



株式会社 長大

533  
615  
SSF

社調一
CR-(3)
98-028



国際協力事業団  
ザンビア国公共事業省  
ジンバブエ国運輸エネルギー省

ザンビア・ジンバブエ国  
ザンベジ川チルンド橋建設計画調査

最終報告書

(要約版)

1998年3月

株式会社 長大



1142083 (3)

1 US\$ =	1,300 kws
1 US\$ =	12.3 Z\$

## 序 文

日本国政府は、ザンビア共和国及びジンバブエ共和国政府の要請に基づき、両国のザンベジ川チルド橋建設計画に係わるフィージビリティ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。

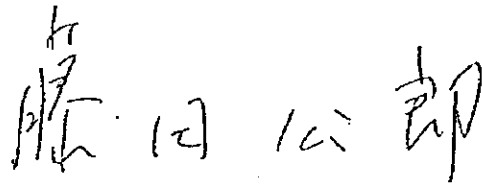
当事業団は、平成9年6月から平成10年1月までの間、3回にわたり、株式会社長大の梶村雄佑氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。また、本州四国連絡橋公団の吉田好孝氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、ザンビア・ジンバブエ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、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りました。

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

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

平成10年3月

Handwritten signature of Kenji Fujita in black ink, consisting of the characters '藤田公郎' written in a cursive style.

国際協力事業団  
総裁 藤田公郎



## 伝 達 文

国際協力事業団  
総裁 藤田公郎 殿

ここに「ザンビア・ジンバブエ国ザンベジ川チルンド橋建設計画調査」の報告書を提出できることを光榮に存じます。本最終報告書は、貴事業団及び日本側関係者からのご意見、ご助言及びザンビア・ジンバブエ両国関係者からのご意見を賜って完成の運びとなりました。

本報告書は既存のオートバイト橋、国境施設、社会・自然環境についての現況分析を行い、新橋建設及び国境施設の改良に係わるフィージビリティ調査を行っております。技術面、環境面、経済面等からの検討・分析の結果、既存橋より上流約100mに位置する3径間連続PC箱桁橋、及び国境施設の改良を提言しております。

調査団を代表して、ザンビア・ジンバブエ国政府及びその他関係機関に対し、我々が調査期間中に受けた好意と惜しみないご協力に心より御礼申し上げます。

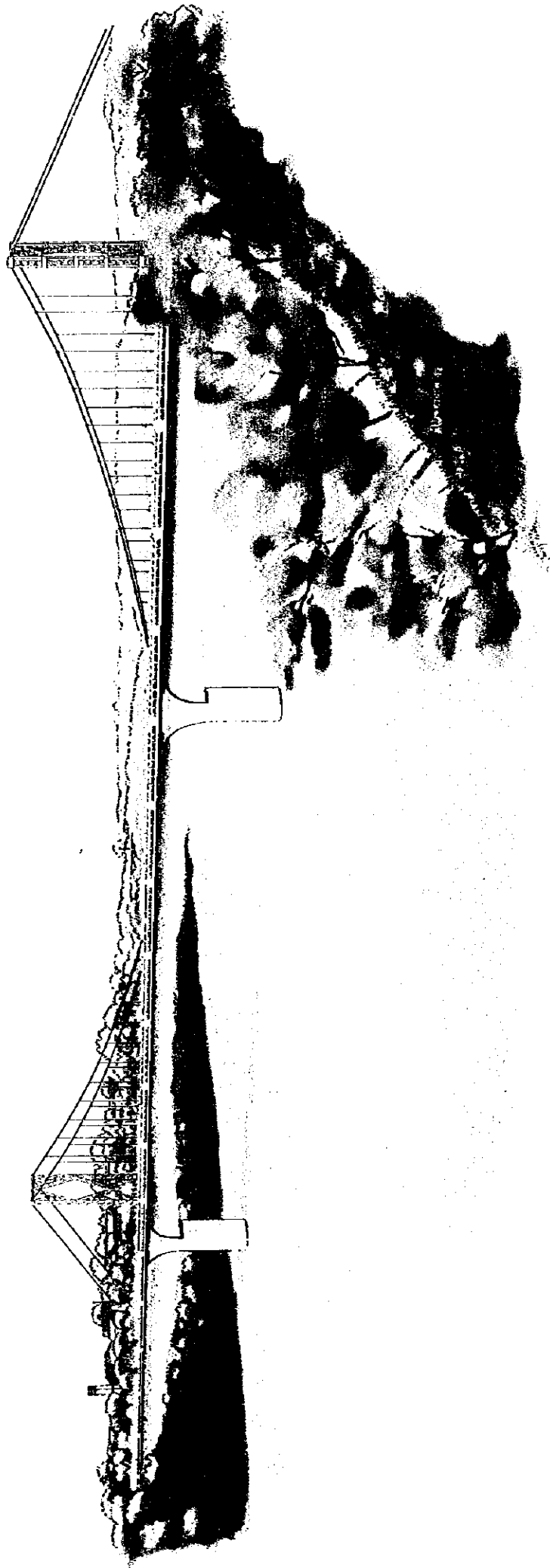
また国際協力事業団、外務省、その他関係諸官庁に対しても現地調査及び報告書作成に当たっての貴重なご助言とご協力を頂いたことに深く感謝申し上げます。

平成10年3月

ザンビア・ジンバブエ国ザンベジ川チルンド橋建設計画調査

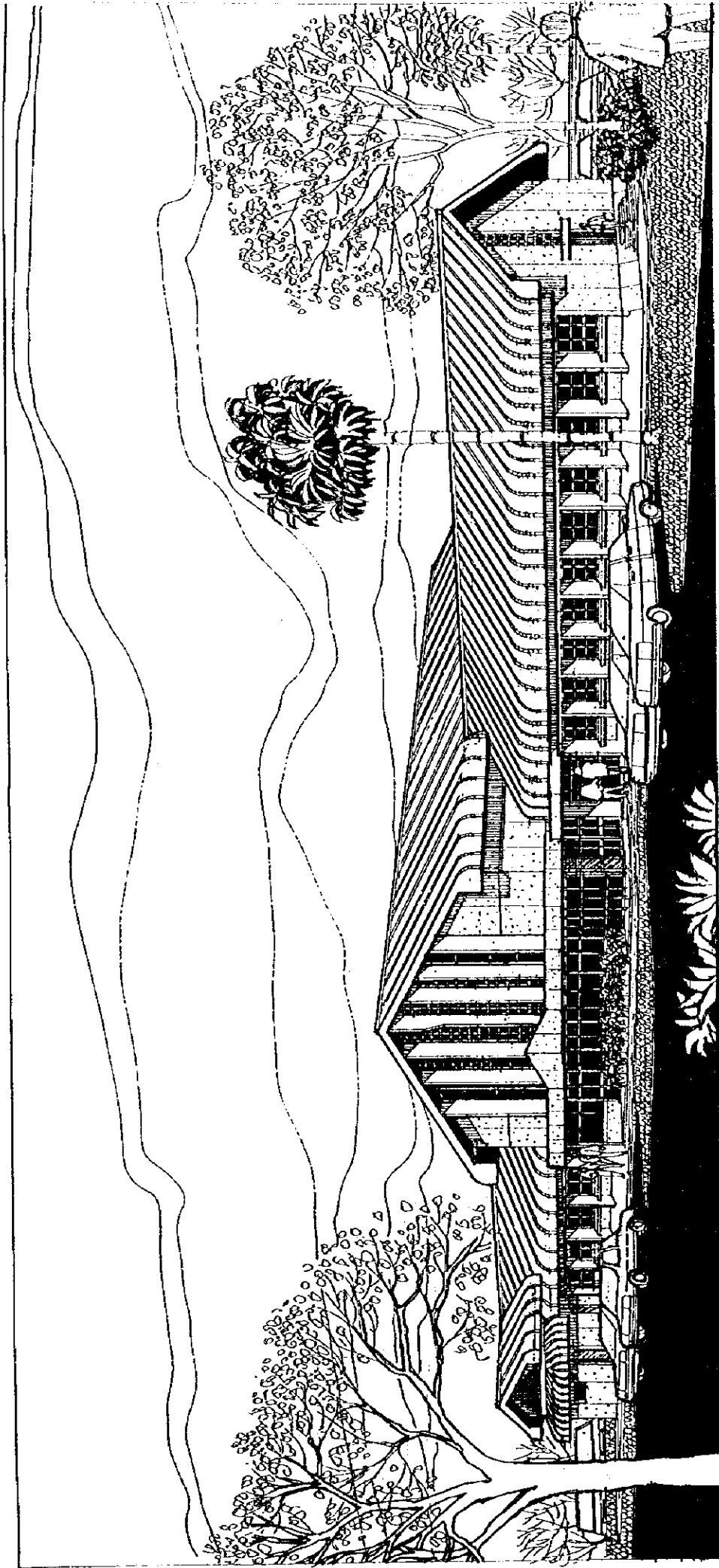
梶村雄佑

団長 梶村 雄佑



計画橋梁の鳥瞰図





A VIEW OF PASSENGER CONTROL BUILDING

# 要 約

## 1 調査概要

チルド地域はモザンビーク、ジンバブエ及びザンビア諸国を通る主要幹線道路であるベイラ回廊上のザンビア国とジンバブエ国との国境に位置している。既存橋梁はオットーバイト橋と呼ばれ、車道幅 5.5 m、管理歩道 0.9 m の幅員を持つ一車線橋梁で 1939 年にオットーバイト財団により建設された。この橋梁では、車両は一台ずつしか通過できず、また 55 トンの重量制限がしかれている。この状況においてザンビア、ジンバブエ両国政府は、日本政府に対しザンベジ川に架ける新チルド橋建設計画、および国境施設の調査の実施を要請した。日本政府は本調査を実施することを決定し、1997 年 6 月に本格調査を開始した。

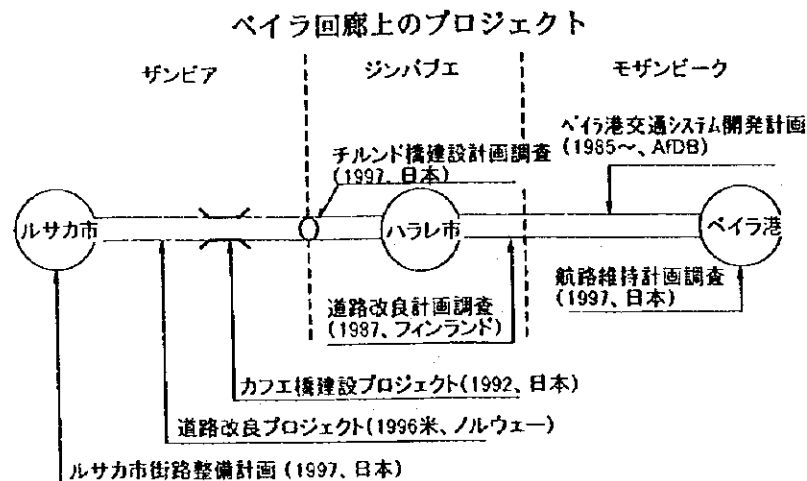
現状の問題点としては以下の通りである。

### (1) オットーバイト橋

- 現橋では、車両は一方向一台のみの通行しか許されておらず、時間当たりの交通量は両方向で 30 台程度が限度である。
- 橋梁の耐荷力不足により、55 トンの重量制限がしかれており、重量超過車両はカリバダム国境（南方約 60km）に迂回している。
- 現橋の目視調査によれば、構造体に問題となる欠陥は見られない。
- 現橋は比較的に良好に維持されており、現在の運営条件の下では十分に供用できる。
- ベイラ回廊は重要な国際道路であり、多くのプロジェクトが実施されている。チルドはその重要な中継点であるが、現状のままでは交通の阻害要因に成り得る。

### (2) 国境施設

- 税関等の処理能力は時間当り両方で 25 台程度であり、これは現橋の容量を下回る能力である。したがって、現況では国境施設のほうが渋滞を引き起こしている。
- 国境施設は午前 6 時から午後 6 時までの 12 時間営業であり、現状では一日当り 250 台が処理能力である。
- 施設・職員ともに慢性的に不足しており、十分な検査ができていない。麻薬取締り、貨物検査が杜撰になっている。



## 2 将来交通需要予測

車種別交通量の予測結果を以下に示す。

### 車種別将来交通量

ザンビアからジンバブエ

(単位：台/日)

車種	1997			2002			2010		
	積載車	空車	合計	積載車	空車	合計	積載車	空車	合計
3	1	0	1	1	0	1	1	0	1
4	33	0	33	44	0	44	66	0	66
5	2	0	2	3	0	3	4	0	4
6	6	0	6	8	0	8	12	0	12
7	1	18	19	2	22	24	4	33	37
8	0	2	2	14	4	18	25	6	31
9	1	3	4	3	3	6	4	4	8
10	8	36	44	13	48	61	24	74	98
合計	52	59	111	88	76	161	137	116	252

ジンバブエからザンビア

車種	1997			2002			2010		
	積載車	空車	合計	積載車	空車	合計	積載車	空車	合計
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	23	0	23	47	0	47	70	0	70
5	2	0	2	2	0	2	3	0	3
6	9	0	9	8	0	8	11	0	11
7	13	2	15	22	2	23	33	4	36
8	2	2	4	4	14	17	6	25	31
9	3	1	4	3	3	5	4	4	8
10	49	4	53	48	13	61	74	24	98
合計	101	9	110	131	30	161	192	56	254

出所： 調査団調査による

車種

3：バイク

4：乗用車

5：ミニバス

6：バス

7：2軸および軽トラック

8：2/3軸トラック

9：4/5軸トラック

10：6軸以上のトラック

## 3 架橋位置および橋梁形式の選定

架橋位置は、技術面、経済面および環境面を考慮して比較検討した。検討の結果、既存のオットーバイト橋より、上流約 100 メートルに位置する路線が選定された。

橋梁形式の比較検討の結果、3 径間連続 PC 箱桁橋が、その経済性、地元産業への貢献度の優位性を基に選定された。下記に示す横断構成要素を設定した。

- 橋梁の車線数は 2 車線とする。
- 1 車線当たりの幅員は 3.5 メートルを採用した。
- 路肩は各車道端に設け、その路肩幅はそれぞれ 1.0 メートルを採用した。
- 維持管理歩道は橋梁の両側に設け、幅員は 0.75 メートルを採用した。

#### 4 国境施設改良計画

国境諸施設、職員の教育、及びシステム等の改良計画は将来の交通需要に応じ逐次実施することとする。しかし、諸施設の改良、職員の良好な生活環境保全のため、早期に予算措置を実行することが必要である。そのため、以下の様なスケジュールで予算を確保することを提案する。

- a) 1999年から2001年の3年間に計画事業費の約40%の予算を確保。
- b) 残り60%の事業費は2010年までに各年毎に予算を措置。

国境施設のさまざまな問題を改善するため、下表のような規模の各施設が必要である。国境施設は、費用が膨大なため、段階施工で実施することが望ましい。

施設	ザンビア	ジンバブエ
貨物検査場	63,215 m <sup>2</sup>	61,681 m <sup>2</sup>
旅客用施設	13,956 m <sup>2</sup>	16,224 m <sup>2</sup>
歩行者用施設	1,025 m <sup>2</sup>	240 m <sup>2</sup>
麻薬取締り関連施設	928 m <sup>2</sup>	769 m <sup>2</sup>
警察署		820 m <sup>2</sup>
車両検査場、重量計	81 m <sup>2</sup>	116 m <sup>2</sup>
売店	375 m <sup>2</sup>	375 m <sup>2</sup>
フェンス、監視所	1,785 m <sup>2</sup>	2,181 m <sup>2</sup>
総計	81,368 m <sup>2</sup>	82,406 m <sup>2</sup>

#### 5 環境影響評価

環境影響評価は選定された路線（現橋より100m上流側）について実施した。新橋梁建設及び国境施設の改良計画それ自体の内容に対しては殆ど環境的問題は無いが、建設期間中に講じるべき環境保全対策を提案した。

環境分野	マイナスの影響	改良方法	実施時期
土質の問題	崖、法面等の崩壊の恐れ有り。	1. 法面に植生の必要有り。 2. 法面の安定勾配を確保する。	D/D段階 施工段階
植物の問題	ザンベジ川の植生崩壊の危険あり	ザンベジ川の崖は極力掘削しない。	準備段階
住民移転の問題	ジンバブエ側の警察官舎の移転	代替地、建物等を用意する。	移転前
道路の安全	交通事故の増大	警察による監視の強化する。	建設中、後
騒音	騒音、振動の増大	昼間時に施工の実施する。	建設中
大気汚染	粉塵の増加	散水等の処理をする。	建設中
水資源	ザンビア側の給水施設の移転	新たな給水施設を建設する。	準備段階
水資源	ジンバブエ側の吸水管の移転	新たな吸水管を敷設する。	準備段階
水資源	ザンベジ川の水質汚濁	建設業者による検査機構を強化する。	建設中

## 6 事業費と事業実施計画

プロジェクトの総費用と、事業実施計画を以下に示す。橋梁は、施工開始より3年間で完成し、国境施設については段階施工で実施する。

### 総事業費

千US\$

	外貨分 (US\$)	内貨分 (US\$)	合計 (US\$)
<b>1. 直接費</b>			
<b>橋梁部分</b>			
上部工	3,431	2,236	5,667
下部工	3,751	1,746	5,497
小計	7,182	3,982	11,164
<b>取付道路</b>	328	391	719
<b>国境施設</b>			
家屋	8,616	6,769	15,385
建物	6,356	4,993	11,349
駐車場	4,228	5,043	9,271
小計	19,200	16,805	36,005
<b>直接費計</b>	26,710	21,178	47,888
<b>2. 予備費(15%)</b>	4007	3177	7,184
<b>1～2 の合計</b>	30,717	24,355	55,072
<b>3. 間接費(25%)</b>	7,049	6,719	13,768
<b>4. 技術経費 (10%)</b>	3,099	2,408	5,507
<b>5. 土地取得費用</b>	0	0	0
<b>6. 補償</b>	0	300	300
<b>プロジェクト費用 合計</b>	40,865	33,782	74,647

### 事業実施計画

項目	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	備考
予算措置の検討	<input type="checkbox"/>													
EIAの承認	<input type="checkbox"/>													
詳細設計	<input type="checkbox"/>													
入札図書の作成	<input type="checkbox"/>													
入札/契約	<input type="checkbox"/>													
<b>建設</b>														
橋梁														
国境施設														
入国管理施設														
税関施設														
麻薬取締り施設														
車両検査、重量計施設														
官舎														

国境施設は段階施工

## 7 経済評価

経済的便益の算定に当たっては、以下の4項目を便益項目とした。

- a) 税関手続きの簡素化等による、待ち時間の減少より生ずる時間便益。
- b) 55トン以上のトラックが、新橋梁完成後はカリバダム国境へ迂回する必要性がないことにより発生する交通便益。
- c) 既存施設の容量を超えた交通が、新橋梁完成後はカリバダム国境へ迂回する必要性がないことにより発生する交通便益。
- d) プロジェクトを実施しない場合に生ずる費用は、便益項目として計上される。

経済分析の結果、経済内部収益率は約6.99%となった。この数値は一般的な類似交通プロジェクトに比べて低い内部収益率であるが、そのほかに計量化されていない便益としては下記のような社会便益が期待できる。

- a) プロジェクトの建設期間中に於いて就業の機会が増大する。
- b) チルンド地域及びザンビア、ジンバブエ両国の経済活性化に貢献する。
- c) 密輸を減少させることが出来る。
- d) チルンド地域の住宅、観光、工業開発等の促進に牽引的な役割を果たす。

## 8 提言

- (1) 新橋梁建設プロジェクトと税関諸施設及びシステム等の改良プロジェクトは、これらのプロジェクトの便益を効果的に引き出すために同時に実施することが望ましい。
- (2) 新橋梁の架橋位置は経済面、技術面、環境面からの検討結果より、現在のオットーバイト橋の約100メートル上流側が望ましい。
- (3) 新橋梁の橋梁形式は主に経済的観点から3径間連続PC桁橋が望ましい。
- (4) 国境施設及びシステム等の改良プロジェクトの事業費はかなり大規模であるため、必要に応じた段階的な建設が望ましい。

## 目 次

1 概 要.....	1
2 調査対象地域の概要.....	3
3 将来交通需要予測.....	5
4 架橋位置代替案の評価・選定.....	7
5 橋梁形式の比較.....	9
6 橋梁の概略設計.....	11
7 国境施設改良計画.....	13
8 環境影響評価.....	15
9 事業費と事業実施計画.....	15
10 経済評価.....	17
11 結論及び提言.....	19

## 表 目 次

表 1 チルンド通過交通量.....	3
表 2 車種別将来交通量.....	5
表 3 比較路線の評価.....	7
表 4 比較路線の概要.....	8
表 5 橋梁形式の比較総括表.....	9
表 6 各橋梁形式の特徴.....	10
表 7 環境影響評価の総括表.....	15
表 8 総事業費.....	16
表 9 建設計画.....	17
表 10 経済分析の計算結果.....	19

## 図 目 次

図 1 調査対象地域及びチルト <sup>1</sup> 周辺の概況.....	2
図 2 幹線道路網図.....	4
図 3 チルンド国境に於ける将来交通量.....	6
図 4 交通量と既存橋梁の交通容量.....	6
図 5 交通量と通関処理との関係.....	6
図 6 各比較路線の位置図.....	8
図 7 径間連続PC桁橋の一般図.....	12
図 8 国境諸施設改良計画一般図.....	14

## 写 真 目 次

写真 1 既存オートバイ橋.....	4
写真 2 ザンビア側国境施設.....	4
写真 3 ジンバブエ側国境施設.....	4

# 1 概要

## 1.1. 調査の背景

チルンド地域はモザンビーク、ジンバブエ及びザンビア諸国を通る主要幹線道路であるベイラ街道上のザンビア国とジンバブエ国との国境に位置している。チルンド国境施設は人の移動、物資の流通等に於いて非常に重要な役割を担っている。既存国境施設はザンベジ川を渡河する橋梁、税関施設、自動車検査場、警察等の諸施設が存在している。既存橋梁はオットーバイト橋と呼ばれ、車道幅 5.5 m、管理歩道 0.9 m の幅員を持つ一車線橋梁で 1939 年にオットーバイト財団により建設された。この橋梁は建設されて既に 60 年近く供用され、既に老朽化しているため現在は 55t の車両通行制限が実施されている。ザンビア、ジンバブエ両政府はこの地域及び税関諸施設の重要性を認識し、日本政府に対しザンベジ川に架ける新チルンド橋建設計画調査（以降本調査と呼称）の実施を要請した。

## 1.2. 調査の展開

日本政府はザンビア、ジンバブエ両政府の要請に応え、本調査を実施することを決定し、国際協力事業団(以降 JICA と呼称)は日本の技術協力に係わる法に基き、両国と緊密な関係を保ち本調査を実施するものである。JICA は 1997 年 2 月、本州四国連絡橋公団の阿部和智氏を団長とする事前調査団を現地に派遣し本調査の S/W を締結し、1997 年 6 月に本格調査を開始した。

## 1.3. 調査の目的

本調査の目的は以下のとおりである。

- (1) ザンベジ川を渡河する新橋梁建設計画及び国境施設計画のフィージビリティ調査を実施すること。
- (2) 本調査を通し、両国のカウンターパートに技術移転をすること。

## 1.4. 調査対象地域

調査対象地域は既存オットーバイト橋の周辺地域であるが、将来交通需要等を検討する場合、SADC 地域を含むこととする。

## 1.5. 調査の組織

本調査を実施するため、JICA は株式会社長大の梶村雄佑氏を団長とする調査団を編成すると共に、本州四国連絡橋公団の吉田好孝氏を委員長とする作業監理委員会を設立した。また、ザンビア及びジンバブエ両国はカウンターパートチームを結成すると共に、ステアリングコミッティーを設立した。これらの組織即ち、日本政府、ザンビア政府、及びジンバブエ政府の 3 カ国が密接な関係を持った組織で本調査が実施された。



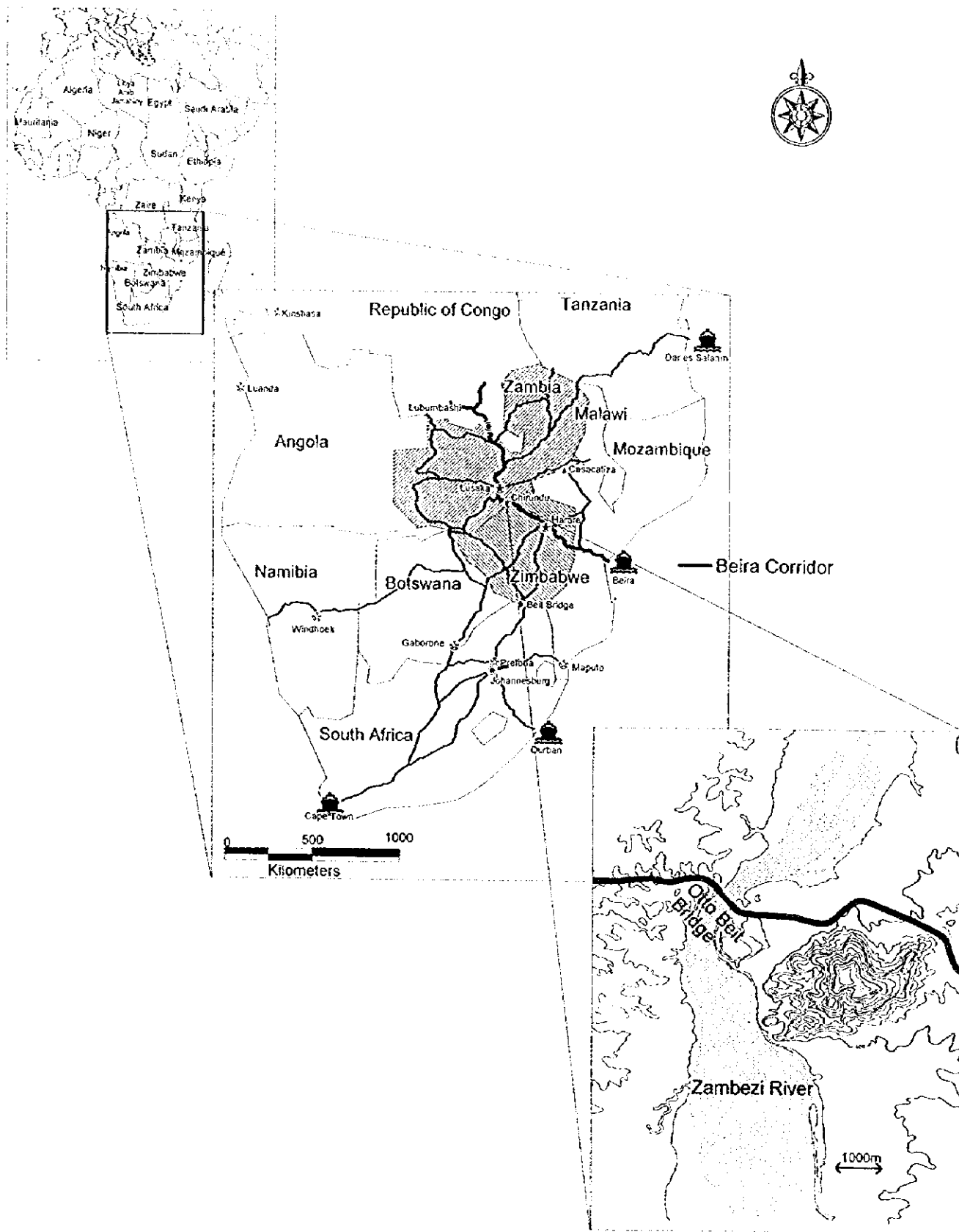


図 1 調査対象地域及びBeira Corridor周辺の概況

## 2 調査対象地域の概要

### 2.1. 社会・経済状況

最近のザンビア国の社会・経済状況を見ると、一人当たり国内総生産額（GDP）は約 350 米ドル程度である。各セクターの中でも製造業セクターの生産額が国内総生産の上位を占めている。最近鉱業生産及び価格が低迷しているものの、依然として鉱業生産セクターが外貨獲得の主要な産業である。しかし、国内の主な生活必需品である製造加工物や化学製品等は輸入に頼らざるを得ない状況である。一方、ジンバブエ国の一人当たりの国内総生産はザンビア国より高く約 500 米ドル程度であり、製造業が国内総生産に占める割合が最も高い。また、農業、鉱業生産も外貨獲得に大きく貢献している。

### 2.2. 交通状況

調査対象地域の過去に於ける交通量観測結果を以下の表に示す。

表 1 チルンド通過交通量

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Out	36	37	55	82	66	65	111	104	86	90	NA	82	137
In	34	49	56	63	69	61	103	118	93	102	NA	81	119
Total	70	86	111	145	135	126	214	222	179	192	NA	163	256

単位：台/日

Out: ザンビアからジンバブエ

1996 は SATCC 調査より

In: ジンバブエからザンビア

1997 は調査団調査

NA: 1995 年はデータ欠如

### 2.3. 地形状況

オットーバイト橋はチルンド国境のザンベジ川の最も川幅の狭い地点に架設されている。既存橋梁上流側のザンビア側の河川状態は急峻な崖になっており、多くの樹木及び植物が生息している、比較的自然環境が良好な地形・地勢を呈している。また、ジンバブエ側の崖も同様な状況であるが、その崖はかなり低くなっている。既存橋梁の下流側のザンビア側の河川周辺状態は階段状の堤防になっており、堤防近くから内陸にかけて住宅地域として開発されている。一方、ジンバブエ側の河川周辺状態は草原地域を形成しておりザンベジ川の堤防沿いに警備用の棧橋や民間のボートクラブが存在する。

### 2.4. 道路網状況

チルンド近郊を通過する道路はベイラ回廊、及びカリバダムを通る道路の 2 路線のみである。広域的に見ると首都と周辺諸国の港とが幹線道路で結ばれている。ルサカから周辺諸国の港へは図 2 の様に何れも 900 km 以上の距離で接続されている

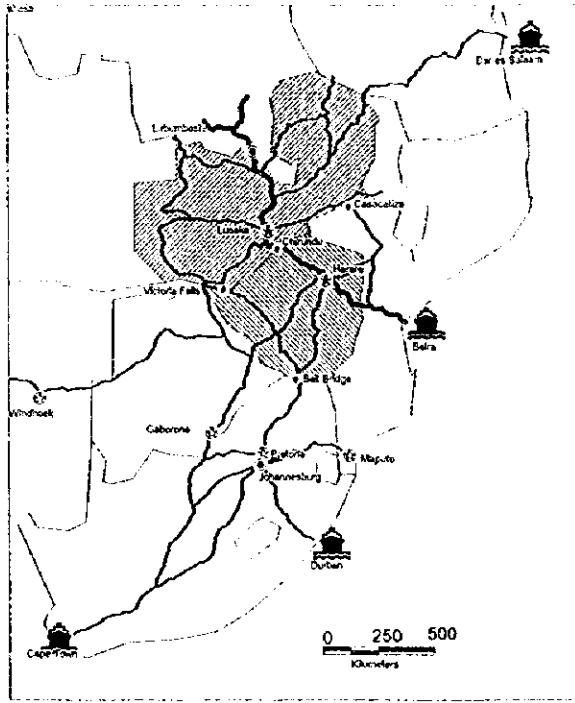


図 2 幹線道路網図

ルサカから主要地	距離 (km)
ルサカ〜クワエスラーム港	1,890
ルサカ〜ハラレ〜バ <sup>レ</sup> イ港	990
ルサカ〜カカティージャ〜バ <sup>レ</sup> イ港	1,240
ルサカ〜ハラレ〜バ <sup>レ</sup> イ橋	1,070
ルサカ〜ビ <sup>レ</sup> クトリアホルム〜バ <sup>レ</sup> イ橋	1,120
ルサカ〜ハラレ〜バ <sup>レ</sup> イ橋〜マブ <sup>レ</sup> ト港	2,070

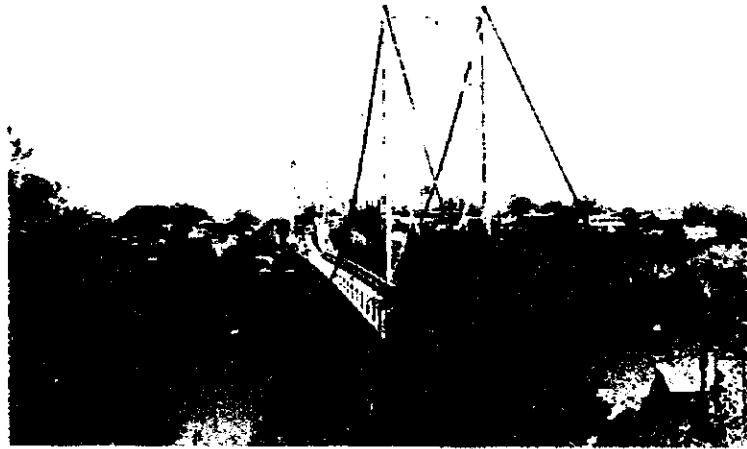


写真 1 既存オットーパイト橋



写真 2 ザンビア側国境施設



写真 3 ジンバブエ側国境施設

### 3 将来交通需要予測

調査対象地域の将来の社会・経済フレームを設定し、これをベースに西暦 2010 年の将来交通量を推計した。この将来交通量は新橋梁建設計画立案に欠かせない施工時期、車線数、車線幅等を決定するための基礎資料となると共に、国境施設改善計画の施設規模、駐車場の需要量等を検討するための基礎資料となる。

#### 3.1. 交通需要予測推計の基本的考え方

交通需要予測は調査対象地域の運輸・交通特性を考え、チルンド国境を通過する将来貨物需要量を推計し、この需要量を自動車ベースに換算する方法を採用した。将来貨物需要量を推計する場合、検討要素として下記に示す 4 項目を検討し、中間年次（2002 年）を含めた将来交通量を推計した。

- a) ザンビア国の将来の経済動向。
- b) ザンビア国の将来の鉄道輸送変動。
- c) SADC 諸国 (Southern Africa Development Community) の将来発展状況。
- d) 将来ペイラ港の発展に伴うペイラ回廊の優位性。

#### 3.2. 将来需要

2002 年及び 2010 年に於ける車種別将来交通量を表 2 に示すと共に、図 3 に将来交通需要をグラフ化した。また、この図のなかで 1994 年までのグラフは過去の実績データである。

表 2 車種別将来交通量

ザンビアからジンバブエ				(単位:台/日)							
車種	1997			2002			2010				
	積載車	空車	合計	積載車	空車	合計	積載車	空車	合計		
3	1	0	1	1	0	1	1	0	1		
4	33	0	33	44	0	44	66	0	66		
5	2	0	2	3	0	3	4	0	4		
6	6	0	6	8	0	8	12	0	12		
7	1	18	19	2	22	24	4	33	37		
8	0	2	2	14	4	18	25	6	31		
9	1	3	4	3	3	6	4	4	8		
10	8	36	44	13	48	61	24	74	98		
合計	52	59	111	88	76	161	137	116	252		

ジンバブエからザンビア				(単位:台/日)							
車種	1997			2002			2010				
	積載車	空車	合計	積載車	空車	合計	積載車	空車	合計		
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	23	0	23	47	0	47	70	0	70		
5	2	0	2	2	0	2	3	0	3		
6	9	0	9	8	0	8	11	0	11		
7	13	2	15	22	2	23	33	4	36		
8	2	2	4	4	14	17	6	25	31		
9	3	1	4	3	3	5	4	4	8		
10	49	4	53	48	13	61	14	24	38		
合計	101	9	110	131	30	161	199	56	254		

出所: 調査団調査による

車種

3:バイク  
4:乗用車  
5:ミニバス  
6:バス

7:2軸および軽トラック  
8:2/3軸トラック  
9:4/5軸トラック  
10:6軸以上のトラック

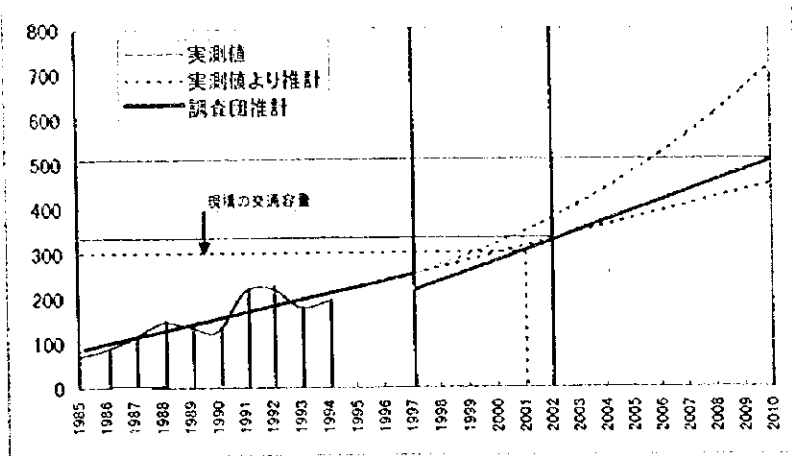


図 3 チルンド国境に於ける将来交通量

### 3.3. 交通需要と既存施設の関係

#### (1) 新橋梁建設の必要性 (図 4参照)

既存橋梁 (オットーバート橋) の 12 時間の交通容量は 300 台/日である。将来交通量は 2001 年頃には 12 時間の交通容量、また、2003 年頃には 14 時間の橋梁上の交通容量を超えることになる。既存橋梁では容量以上の交通は処理ができず、他ルート (例えばカリバダムルート、或いはリビングストーンルート) へ迂回する事になる。

#### (2) 税関施設等の改善の必要性 (図 5参照)

既存税関施設等の 12 時間当たりの処理能力は 250 台程度であり、運営時間を 14 時間にしても、処理能力は 300 台程度となる。将来交通量は 1999 年頃に 12 時間運営及び 2001 年頃には 14 時間運用した場合の処理能力を超える。昼間の混雑時に到着した車両は午後の閑散期に処理できるが、交通量が増えると処理不能に陥る。

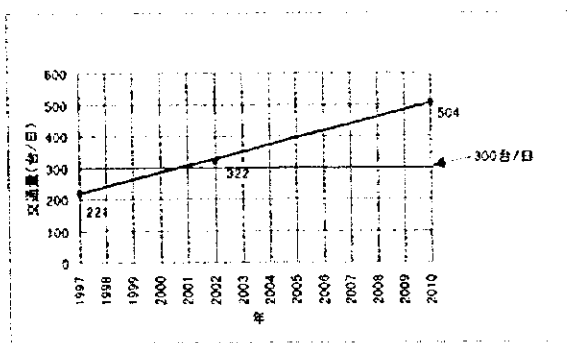


図 4 交通量と既存橋梁の交通容量

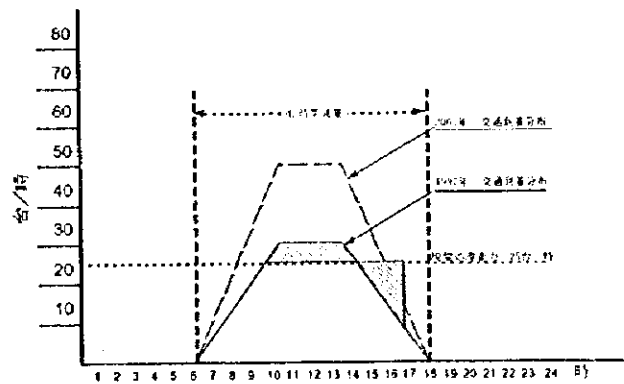


図5 交通量と通関処理との関係

## 4 架橋位置代替案の評価・選定

架橋位置代替案の比較検討の目的は、新橋梁建設計画及びチルド国境施設改善計画のそれぞれの計画内容特性を考へて、ザンベジ川を渡河する上で最も効果的・効率的な架橋位置を選定することである。

### 4.1. 路線選定の基本的な考え方

調査対象地域の十分な現地調査・踏査、環境調査、情報の収集、諸関連機関との協議、及び収集された資料・情報の分析等の結果を基に、下記に示すような路線選定の基本的な考え方を設定した。

- a) 経済的合理的な橋梁形式が選定できること。
- b) 技術的に困難でないこと。
- c) 社会・自然環境を出来る限り保全すること。
- d) 現在及び将来に於ける地域社会（コミュニティー）の分断を極力さけること。
- e) 既存の国境施設を極力活用すること。
- f) 現在の土地利用及び将来計画と十分整合させること。

### 4.2. 比較路線案の設定

路線選定の基本方針に基き、十分な現地調査・踏査等を実施した結果、3 路線の比較路線案、比較路線-A、比較路線-B、及び比較路線-Cを設定した。各比較路線案を図 6 に示す。

### 4.3. 比較路線の評価

比較路線の選定において技術的観点、経済的観点、及び環境的観点の3分野を中心に検討した。詳細な比較検討結果から比較路線-Aが最適案として選定された。選定した主な理由を以下表3にまとめる。

表3 比較路線の評価

	比較路線-A	比較路線-B	比較路線-C
a) 経済面(費用)	A,B でほぼ同じ	A,B でほぼ同じ	A,B に比べて高い
b) 技術面	特になし	国境施設に摺り付けるため、平面線形がきつい	既存国境施設の利用が困難
c) 社会・環境面	特になし	民家の移転あり	影響が大きい
d) 地域分断	特になし	特になし	ザンビア側で問題あり
e) 既存国境施設	利用できる	利用できる	困難
f) 土地利用計画	警察の官舎の移転が必要	計画中の民家にも影響がある	将来計画に影響する
g) その他	交通処理が容易	平面線形がきつい	

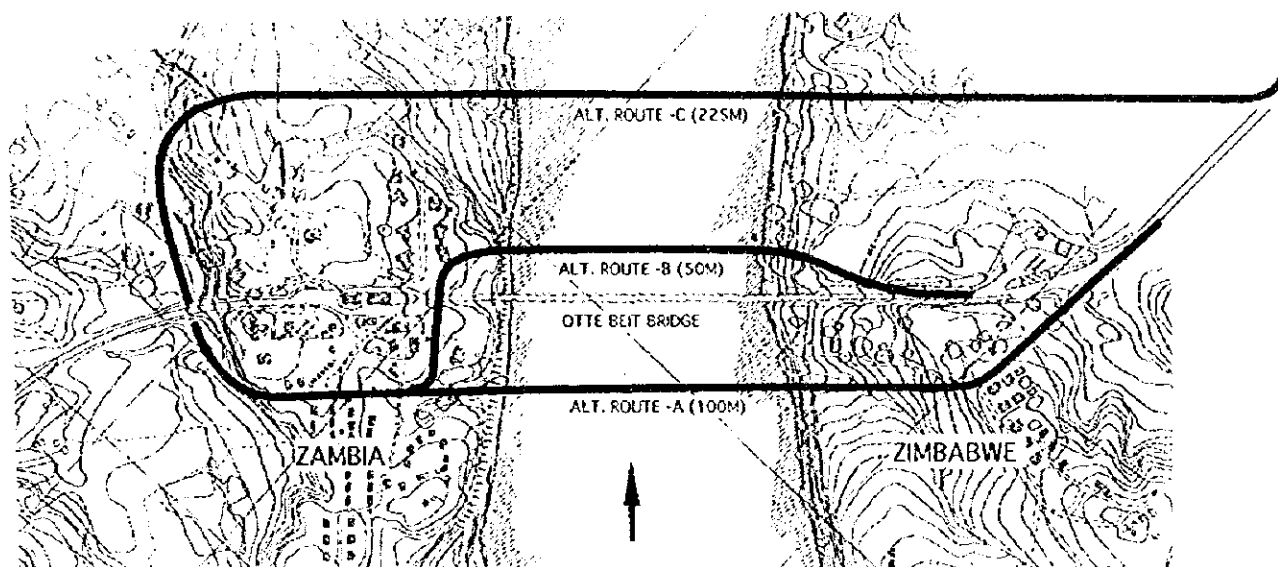


図 6 各比較路線の位置図

表 4 比較路線の概要

項目	Aルート	Bルート	Cルート
渡河位置 (現橋より)	上流側 約 100 m	下流側 約 50 m	下流側 約 225 m
川幅 (m)	330	300	310
橋長 (m)	400	380+100	380
道路延長(m)	Zim=400 Zam=425	Zim=150 Zam=560	Zim=625 Zam=570
全長 (橋+道路) (m)	1,225	1,190	1,570
最大縦断勾配 (%)	3.0	3.0	5.0
最小半径 (m)	55	35	75
家屋撤去	25	10	6
最大切り土高 (m)	15.0	4.0	7.0
最大盛り土高 (m)	4.0	4.0	6.0
現国境施設	利用	利用	利用は困難
切り土量(m <sup>3</sup> )	67,000	10,000	23,000
盛り土量 (m <sup>3</sup> )	7,000	7,000	42,000
舗装 (m <sup>3</sup> )	8,200	7,100	12,000





表 6 各橋梁形式の特徴

一 般 図	特 徴	工 費	備 考
<p>①吊橋案</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 桁をPC箱桁とした単径間吊橋。</li> <li>• 河川内に基礎を設けたいため、河川に影響を与えない。</li> <li>• 基礎はすべて気中施工である。</li> <li>• アンカレッジと道床が交差するため、アンカレッジは左右分離型となる。</li> <li>• 桁がPC構造であるため、鋼桁に比べ死荷重が大きい。その結果ケーブリング断面積およびアンカレッジが大きくなる。</li> <li>• オットーハイブリッド橋と同一形式であるため、シンボルとしての目新しさが無い。</li> </ul>	<p>上部工 14.2</p> <p>下部工 6.3</p> <p>合 計 20.5</p>	<p>直接費 百万米<sup>2</sup></p>
<p>②斜張橋 (対称) 案</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 主桁はPC箱桁。</li> <li>• 主塔はRC充実断面とした。</li> <li>• ケーブルは2面吊りのマルチ・ファン形式。</li> <li>• 主塔部の主桁は、ブーミング方式とし鉛直垂は設けない。</li> <li>• 架設は主塔より順次、張出し架設とする。</li> <li>• 主塔高さは、オットーハイブリッド橋の2.5倍であるため、塔が非常に目立つ形式である。</li> <li>• 非常にシンボル性があると同時に、オットーハイブリッド橋と比べて近代的で、技術の進歩が感じられる。</li> </ul>	<p>上部工 8.5</p> <p>下部工 4.4</p> <p>合 計 12.9</p>	<p>直接費 百万米<sup>2</sup></p>
<p>③斜張橋 (非対称) 案</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ②案よりも、主塔位置をザンビア側に寄せ、主径間長を短くした。また、主桁の剛性を上げるためにジンバブウェ側には中間橋脚を設けた。</li> <li>• 塔、ケーブル形式は②案と同じ。</li> <li>• 中間橋脚設置の費用と効果を明白にすることが重要であるため、詳細な検討が必要となる。</li> <li>• 全体工期は②案より短縮できる。</li> <li>• シンボル性は十分にある。</li> </ul>	<p>上部工 7.7</p> <p>下部工 5.5</p> <p>合 計 13.0</p>	<p>直接費 百万米<sup>2</sup></p>
<p>④P C 3 径間連続箱桁案</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3径間連続箱桁断面であり、施工実績は多い。</li> <li>• 架設は中間橋脚より、4台のワーゲンを使用して張出し架設を行う。</li> <li>• シンボル性に欠ける。</li> <li>• ザンビア側基礎が流心に近く、洗掘される可能性があるため、支持部内に深く基礎を根入れした。この結果、締め切りおよび施工数が増加する。</li> <li>• 大量の水コンクリート打設と面結した支持層の掘削を行う必要がある。</li> </ul>	<p>上部工 5.7</p> <p>下部工 5.5</p> <p>合 計 11.2</p>	<p>直接費 百万米<sup>2</sup></p>

## 6 橋梁の概略設計

橋梁の概略設計は前章で選定された3径間連続PC桁橋について行った。概略設計の結果得られた橋梁の全体一般図を図7に示す。

### 6.1. 横断構成の設計

下記に示す横断構成要素を設定した。

- a) 橋梁の車線数は2車線とする。
- b) 1車線当たりの幅員は3.5メートルを採用した。
- c) 路肩は各車道端に設け、その路肩幅はそれぞれ1.0メートルを採用した。
- d) 維持管理歩道は橋梁の両側に設け、幅員は0.75メートルを採用した。

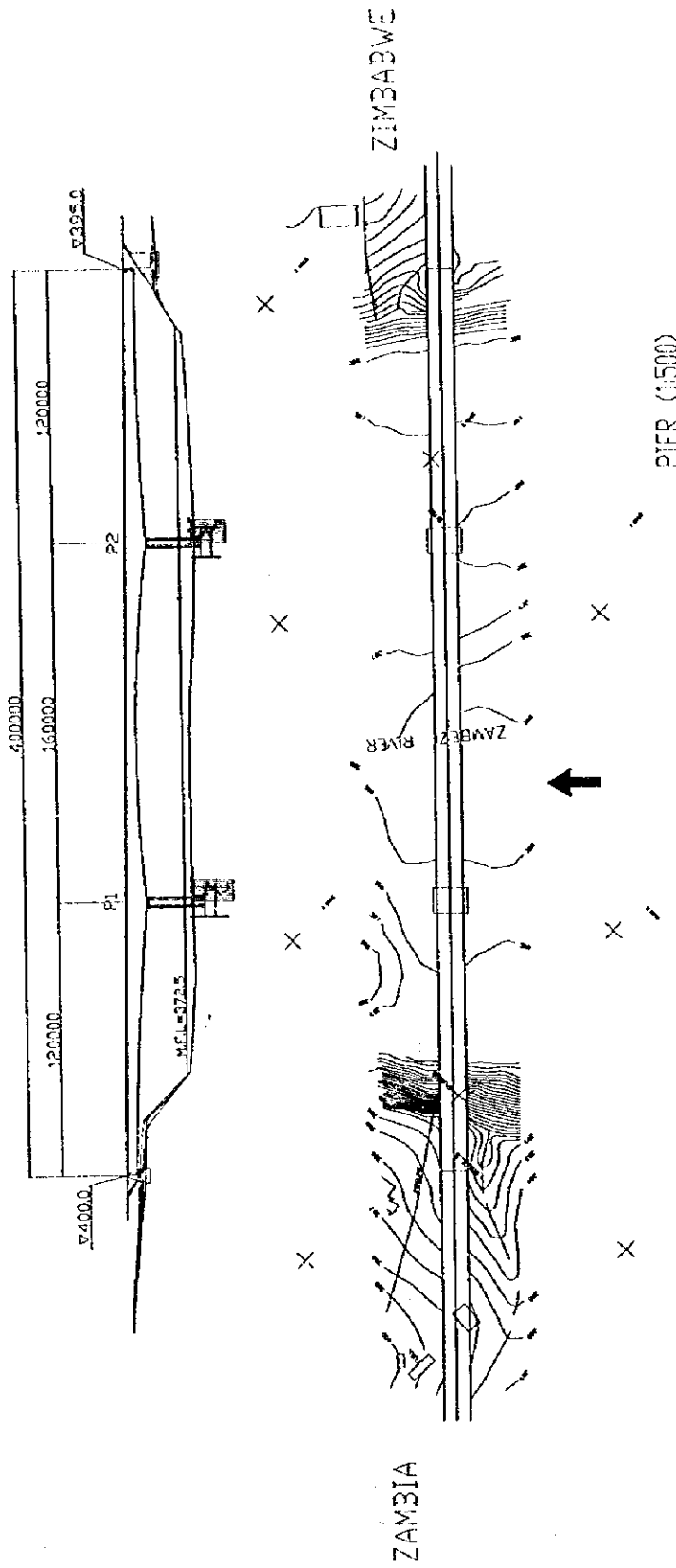
### 6.2. 設計規格

- (1) 設計車両重量；日本の設計車両重量規定を採用した。橋梁の主要部材に対しては主要荷重 $1.0 \text{ トン}/\text{m}^2$ 及び補助荷重 $0.35 \text{ トン}/\text{m}^2$ を車道幅5.5メートルに載荷させ、残りの部分に上記の $1/2$ の荷重を載荷させた。
- (2) 温度変化  
コンクリート部材に対して：全部材、 $15^\circ\text{C}$ から $35^\circ\text{C}$   
：部材間、 $5^\circ\text{C}$
- (3) 地震係数；収集した資料の分析結果から本調査で採用する水平方向の地震係数は0.1と設定した。

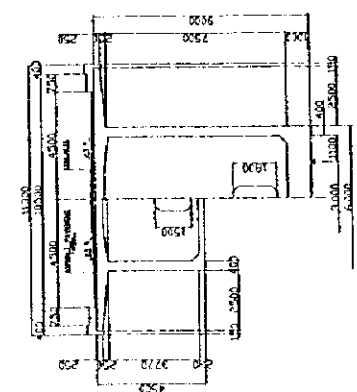
### 6.3. 概略設計

- (1) 基礎工の設計；本調査で実施したボーリング調査結果、現地盤の下層に薄い表層が存在し、その下層は硬い岩盤層が存在することが判明した。これらの結果、技術的に考え橋台は直接基礎とした。
- (2) 下部構造の設計；橋脚は30メートル以上の高さとなる。橋脚の形状はザンベジ川の水深、流速等を考慮して円形断面を採用した。仮設工法は橋脚付け根の断面を最小にすること及び工事の安全を確保するために鋼管矢板を用いた止水工法を採用した。
- (3) 上部構造の設計；上部構造は3径間連続PC構造（ $120 \text{ m} + 160 \text{ m} + 120 \text{ m}$ ）を採用した。120mの側径間を採用した理由は橋台前面に獣道を確保する必要があること、及び支間長の釣り合いを考慮して設定した。
- (4) 設計結果については、BS規準での照査で十分な耐荷安全率が検証された。

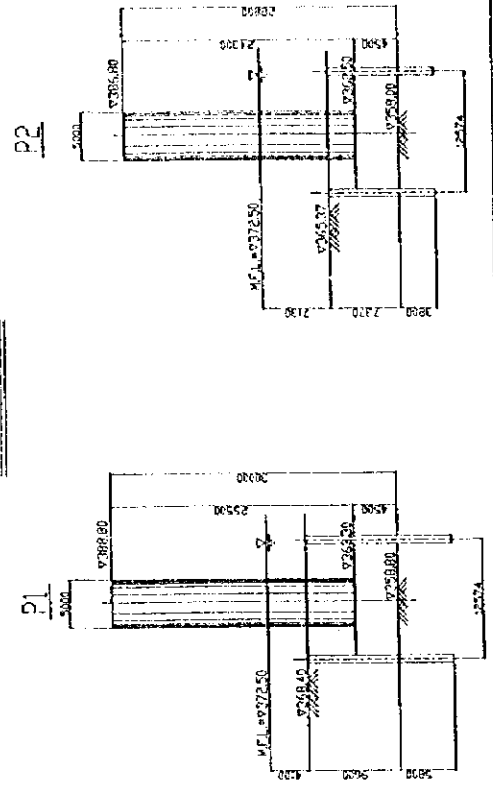
図 7 径間連続 PC 桁橋の一般図 CHIRUNDU BRIDGE GENERAL VIEW (1:2000)



GIRDER CROSS SECTION (1:200)  
CENTER SUPPORT



PIER (1:500)



## 7 国境施設改良計画

### 7.1. 改良計画の目的

本調査団が実施した既存国境施設及びシステム等の実態調査結果、及び収集した情報および資料等の分析結果から多くの問題点、課題等が明確になった。改良計画の目的はこれらの問題点、課題等を改善するための計画を策定するものである。改良計画策定の主な検討事項を以下の様に設定した。

- a) 輸送貨物の書類の検査の強化
- b) 密輸防止対策の強化
- c) 麻薬取り締まりの強化
- d) 貨物通関手続きの簡素化
- e) 乗客通関手続きの簡素化

### 7.2. 改良実施計画

国境諸施設、職員の教育、及びシステム等の改良計画は将来の交通需要に応じ逐次実行することとする。しかし、諸施設の改良、職員の良好な生活環境保全のため、早期に予算措置を実行することが必要である。そのため、以下の様なスケジュールで予算を確保することを提案する。

- a) 1999年から2001年の3年間に計画事業費の約40%の予算を確保。
- b) 残り60%の事業費は2010年までに各年毎に予算を措置すること。

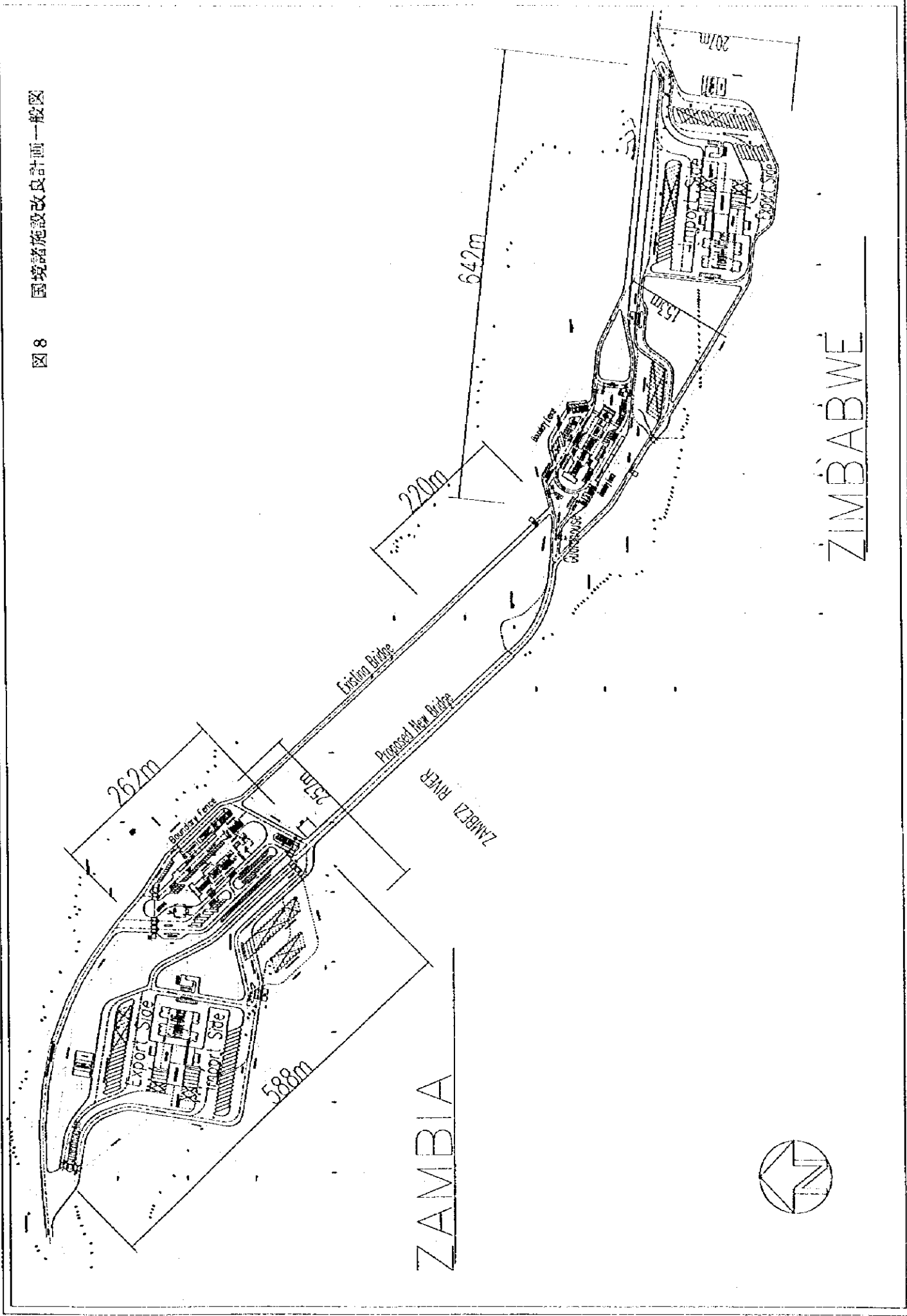
### 7.3. 改良計画の概要

現況の国境施設状況、問題点と課題、及び十分な関係各機関との協議の結果を基に、ザンビア側及びジンバブエ側の詳細な改良計画を策定した。国境施設は現在と同様に両国に配置した。しかし、税関の設置個所数は将来のSADC諸国の社会・経済動向の変化に伴い見直す必要もある。現在の国境施設及びシステムの問題点・課題を解決すべく改良計画の主な内容は下記に示す7項目について将来交通需要に整合した施設改良計画案を策定した。

- a) 貨物取り扱いターミナル施設
- b) 乗客ターミナル施設
- c) 歩行者交通運営ターミナル施設
- d) 麻薬取り締まり委員会の設置
- e) 貨物車積載監視センター
- f) 売店、軽食レストラン施設
- g) 警備に関する施設
- h) 通関手続きの簡素化については、書類様式の統一、電算システムの導入を計画した。

ザンビア側及びジンバブエ側の諸施設の改良計画の全体概要図を図8に示す。

図 8 国境諸施設改良計画一般図



## 8 環境影響評価

環境調査は初期環境調査と環境影響評価の2段階に分けて実施した。初期環境調査では対象地域の現状把握、及び本プロジェクトが環境面に与える項目を抽出した。また、各架橋位置比較路線について、初期環境評価を行った。環境影響評価では選定された比較路線Aについて、本プロジェクトが社会・自然環境へ与える影響を検討し、緩和措置を検討した。

新橋梁建設計画及び国境施設の改良計画それ自体の内容に対しては殆ど環境的問題は無いが、建設期間中に講じるべき環境保全対策とそれらを実施すべき時期を表7にまとめた。

表7 環境影響評価の総括表

環境分野	マイナスの影響	緩和措置	実施時期
土質の問題	崖、法面等の崩壊の恐れ有り。	1. 法面に植生の必要有り。 2. 法面の安定勾配を確保する。	D/D段階 施工段階
植物の問題	ザンベジ川の植性崩壊の危険あり	ザンベジ川の崖は極力掘削しない。	準備段階
住民移転の問題	ジンバブエ側の警察官舎の移転	代替地、建物等を用意する。	移転前
道路の安全	交通事故の増大	警察による監視の強化する。	建設中、後
騒音	騒音、振動の増大	昼間時に施工の実施する。	建設中
大気汚染	粉塵の増加	散水等の処理をする。	建設中
水資源	ザンビア側の給水施設の移転	新たな給水施設を建設する。	準備段階
水資源	ジンバブエ側の吸水管の移転	新たな吸水管を敷設する。	準備段階
水資源	ザンベジ川の水質汚濁	建設業者による検査機構を強化する。	建設中

## 9 事業費と事業実施計画

### 9.1. 事業費

新橋梁及び税関諸施設の概略設計を基に事業費を積算した。総事業費は表8に示すように、1997年価格で74,647千米ドルである。

表8 総事業費

千US\$			
	外貨分 (US\$)	内貨分 (US\$)	合計 (US\$)
1. 直接費			
橋梁部分			
上部工	3,431	2,236	5,667
下部工	3,751	1,746	5,497
小計	7,182	3,982	11,164
取付道路	328	391	719
国境施設			
家屋	8,616	6,769	15,385
建物	6,356	4,993	11,349
駐車場	4,228	5,043	9,271
小計	19,200	16,805	36,005
直接費計	26,710	21,178	47,888
2. 予備費(15%)	4,007	3,177	7,184
1~2 の合計	30,717	24,355	55,072
3. 間接費(25%)	7,049	6,719	13,768
4. 技術経費 (10%)	3,099	2,408	5,507
5. 土地取得費用	0	0	0
6. 補償	0	300	300
プロジェクト費用 合計	40,865	33,782	74,647

### 9.2. 事業実施計画

新橋梁の事業計画は橋梁の規模、施工計画、架設方法等を考慮して表9に示すような実施計画を策定した。国境施設については、段階施工を提案しているため、ここでは2001年までの計画を示した。新橋梁の建設期間は1999年から2001年までの3年間とした。建設に必要な用地取得、各種補償等は1999年の工事が始まる以前に完了させておく必要がある。また、税関の諸施設改良工事は橋梁が完成する2001年までに全体事業費の約40%程度の工事を完成させることが必要であり、残り60%の事業は2010年までに完成させることとする。

表9 建設計画

作業項目	第1年次 (1999年)												第2年次 (2000年)												第3年次 (2001年)												備考
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. 移動	4M																																				
2. 仮設工事	3M																																				
現場事務所及びひヤード	5M																																				2M
工事用道路及び借り棧橋																																					
3. 橋梁本体工事																																					
基礎													3M												1M												
橋脚1(P1)													2.5M												1M												
橋脚2(P2)													3M																								
橋台1(A1)													3.5M																								
P1													3.5M																								
P2													5M																								
橋台2(A2)																									3M												2.5M
上部工																																					
A1(支保工、張出し)																									13M												
P1→A1(張出し)																									13M												
P1→P2(張出し)																									13M												1M
P2→P1(張出し)																									13M												
P2→A2(張出し)																									3M												2.5M
A2(支保工、張出し)																																					3M
仕上げ																																					
4. 取付道路																																					
土工	4M																																				3M
舗装																																					4M
5. 国境施設																																					
造成													10M																								15M
建物																																					3M
舗装																																					1M
6. 後片付け																																					



## 10 経済評価

### 10.1. With と Without のケース

経済評価は With ケースと Without ケースとの比較により検討した。With ケースとは新橋梁の建設及び税関諸施設・システム等の改良が完了した場合のケースであり、Without ケースとは新橋梁を建設しないこと、及び税関諸施設は将来交通需要に従って改良するものの、大規模な税関諸施設の改良は実施しないケースである。

### 10.2. 便益が発生する項目

便益が発生する項目はザンビア、ジンバブエ国、調査対象地域及び SADC 地域等の運輸・交通特性、及び本調査の特徴等から以下に示す四つの項目を設定した。

- a) 税関手続きの簡素化等による、待ち時間の減少より生ずる時間便益。
- b) 55トン以上のトラックが、新橋梁完成後はカリバダム国境へ迂回する必要性がないことにより発生する交通便益。
- c) 既存施設の容量を超えた交通が、新橋梁完成後はカリバダム国境へ迂回する必要性がないことにより発生する交通便益。
- d) プロジェクトを実施しない場合に生ずる費用は、便益項目として計上した。

### 10.3. 経済費用

経済費用は経済分析に使用する費用であり、財務費用とは異なるものである。経済費用は財務費用に換算係数を乗じて積算する。本計画の経済費用は 39,013 千米ドルと計算された。

### 10.4. 経済分析の結果

経済分析の結果、表 10 に示すように経済内部収益率は約 6.99%と計算された。この数値は他の類似交通プロジェクトに比べて内部収益率は低い。

### 10.5. その他の社会便益

本プロジェクトは、計量化できる便益として 6.99%の内部収益率が確保できる。また、計量化が困難な便益として下記のような社会便益が期待できる。

- a) プロジェクトの建設期間中に於いて就業の機会が増大する。
- b) チルンド地域及びザンビア、ジンバブエ両国の経済活性化に貢献する。
- c) 密輸を減少させることが出来る。
- d) チルンド地域の住宅、観光、工業開発等の促進に牽引的な役割を果たす。

表 10 経済分析の計算結果

Unit: US\$1,000

Year	With Case				Without case (improvement)								Total Cost	Total Benefit	Balance	
	New Bridge Maintenance	Border facility	OM	Facility improvement	OM	TTC saving for passenger	TTC saving for load cargo	WOC saving for all vehicles	WOC saving for heavy vehicle	TTC saving for heavy vehicle	TTC saving for load cargo	TTC saving for border vehicle				TTC saving for border cargo
1996														635		-635
1997														6,177		-6,177
1998		2,365												6,359		-6,359
1999		3,547		1,000										7,995		-7,995
2000		3,547		1,000										1,375	349	-1,026
2001	10	2,365				139	19	164	25	2				2,375	469	-1,906
2002	10	2,365				189	24	227	27	2				2,375	718	-1,657
2003	10	2,365				295	36	357	28	2				2,375	892	-1,483
2004	10	2,365				368	43	449	30	2				2,375	1,180	-1,180
2005	10	2,365				489	55	602	32	2				-625	1,418	826
2006	10	2,365		3,000	10	588	63	731	34	2				592	1,789	1,197
2007	10	591			10	743	76	932	36	2				592	2,173	1,581
2008	10	591			10	901	88	1,144	38	2				592	3,811	3,219
2009	10	591			10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2010	10	591			10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2011	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2012	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2013	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2014	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2015	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2016	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2017	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2018	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2019	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2020	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2021	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2022	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2023	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2024	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2025	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	3,763
2026	10	591	47		10	1,143	106	1,465	40	3	994	54	6	48	3,811	20,685

IRR = 6.99%

\* Balance of year 2026 includes residual of bridge and border post facilities, i.e. bridge = 10106, facilities = 6750.

\*\* Maintenance of existing bridge is counterbalanced between "with" and "without" case.

\*\*\* Operation/Maintenance (O/M) of border post facilities accounts for 0.2% of project cost for each case.

## 11 結論及び提言

### 11.1. 結論

- (1) 現橋は現在の規制条件下では特に問題はないが、現行の構造規準（道路構造令、BS など）では供用に不適格となる。
- (2) 現在の交通需要は1日約250台であるが、2010年には1日約500台に増加する。
- (3) 現在の施設容量は橋が時間当たり30台、国境施設が25台である。1日当りではそれぞれ300台、250台である。
- (4) 経済面、技術面、環境面より現橋より上流100mの地点を架橋位置として選定した。
- (5) 4種の橋梁形式案より、3径間連続PC箱桁案を、主に経済的観点から選定した。
- (6) 国境施設は両国に設置し、需要に応じて建設を行う段階施工を提案した。
- (7) 比較路線-Aは、建設後の環境への影響は少ないが、建設中には河川、住環境などへの影響があり、慎重な対応を要する。
- (8) 事業費は総額で74.6百万米ドルであり、うち18.5百万米ドルが橋梁、32.0百万米ドルが国境施設である。
- (9) 本プロジェクトでもたらされる経済的内部収益率は6.9%である。
- (10) 本プロジェクトは、麻薬、密輸などの取締りの強化、就業機会の増大などの計量化されていない便益ももたらす。

### 11.2. 提言

- (1) 新橋梁建設プロジェクトと税関諸施設及びシステム等の改良プロジェクトはこれらのプロジェクトの便益を効果的に引き出すために、同時に実施することが望ましい。
- (2) 新橋梁の架橋位置は経済面、技術面、環境面からの検討結果より、現在のオートーバイト橋の約100メートル上流側が望ましい。
- (3) 新橋梁建設の橋種は3径間連続PC箱桁橋が望ましい。
- (4) 国境施設及びシステム等の改良プロジェクトの事業費はかなり大規模であるため、必要に応じた段階的な建設が望ましい。









JICA