

社会開発調査部報告書

子リ国新ヒオヒオ橋建設設計計画調査 最終報告書

ICA  
704  
61.5  
SSF  
BRARY



国際協力事業団  
チリ共和国  
公共事業省

No. 2

チリ国  
新ビオビオ橋建設計画調査



最終報告書（要約版）

平成6年10月

株式会社 長 大  
日本工営 株式会社

JICA LIBRARY



J 1127432 [1]

社調一

CR (3)

94-096



国際協力事業団  
チリ共和国  
公共事業省

チリ国  
新バイオバイオ橋建設計画調査

最終報告書（要約版）

平成6年10月

株式会社 長 大  
日本工営 株式会社



注記

この報告書では、下記の為替レートを用いている。

US\$ 1.00 = Ch\$ 431 = Yen 105 (1993年12月)

Ch\$1.0 = Yen 0.243

Ch\$ : チリのペソ

## 序 文

日本国政府は、チリ共和国政府の要請に基づき、同国の新ビオビオ橋建設計画にかか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5年10月から平成6年7月までの間、2回にわたり、株式会社長大の安井淳治氏を団長とし、同社及び日本工営株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、チリ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6年10月

国際協力事業団

総裁 藤田 公 郎





## チリ国新ビオビオ橋建設計画調査概要

### (1) 背景

近年チリ国においては、生産地と船積地、もしくは消費センターを結ぶ道路交通網の改良を重点的に推進している。地方経済の発展と輸出の促進は道路輸送に大きく依存しているからである。しかしながら、これらの道路上にある橋梁は、時代の要請に合わなくなって来ている。地震の影響、急流河川のため引き起こされる河床の洗掘、交通量の増大と共に過載交通の増大が橋の老朽化を進めており、橋梁の建設及び補修が急務となっている。

コンセプションはチリにおいて首都圏に次ぐ、重要な商業及び工業地域であり、チリ南部地域の中心都市である。同市はまた、ビオビオ河によって南北に分断されており、南北方向の交通の流れは、1960年代に建設されたファンパブロ橋と1930年代に建設されたビオビオアンティグオ橋に頼っている。

この内ビオビオアンティグオ橋は、1930年代以来供用されており交通量は現在25,000台に達して交通容量はすでに限界に達している。しかも本橋は、構造の老朽化、劣化が激しいため、過去2回の落橋事故を起こし、修理、補修を絶えず行って使用されてきた。こうした構造的な欠陥の為に、橋梁の最大荷重を8tに制限している。1992年度に実施されたJICAの調査「チリ国全国橋梁補修整備計画調査」では、本橋は詳細点検調査の対象であった。この調査からは、架け代えの必要性の高い橋であることが明らかになっている。

### (2) 調査の目的

本調査の目的は、ビオビオ河のコンセプション市域に現在架かっている、上記2橋梁とこれを利用している交通の実態を調査し、既存橋梁の問題点を解明するとともに、架橋ルートを選定を含む新橋の建設の可能性を調査するものである。

### (3) 計画の概要

交通量調査、及び現橋の調査結果から、4車線の幅員を有する新橋の必要性が明らかとなっている。新橋建設の候補として4路線の比較検討を行った結果、新橋建設により発生する便益、同市の将来計画等を勘案して、図に示すロスカレラ通りを延長してサンベドロ側と結ぶ路線が最も最適な路線と判断した。また架橋位置の河川状況、地質、チリ国建設技術の状況から判断した結果、ビオビオ河に架設する橋梁として以下の橋梁形式を提案した。

表-1 ビオビオ河に架設される橋梁形式

橋長	6 x 8 x 35 m + 5 x 35 m = 1,855 m
幅員	歩道 3.5 m x 2 車道 8.2 m x 2 中央分離帯 1.0 m
橋梁上部工形式	連続ポストテンション方式穴明き床版橋
下部工形式	壁式橋脚、逆T式橋台
基礎形式	オープンケーソン基礎
設計活荷重	AASHTO HS20-44 (20%割り増し) 相当
下部工設計震度	Kh = 0.15
支間・径間数	主径間 35 m 最大 8 径間連続

(4) プロジェクトコスト

推計されたプロジェクトコストは以下に示すとおりである。

表-2 プロジェクトコスト

(1,000 ヶ、1,000 ドル)

費目	外貨分 (1,000ドル)	内貨分 (1,000ヶ)	合計 (x 1,000)	
			ドル換算	ヶ換算
1 新橋	8,699.5	8,868,173.5	29,275.3	12,617,650.3
2 コンクリート側アプローチ	872.4	1,488,820.7	4,233.9	1,824,818.2
3 アスファルト側アプローチ	823.8	1,387,953.6	4,044.2	1,743,032.7
4 直接建設費計	10,395.7	11,704,947.8	37,553.4	16,185,501.2
5 一般管理費	2,079.1	2,340,989.6	7,510.7	3,237,100.2
6 建設費計	12,474.9	14,045,937.4	45,064.0	19,422,601.5
7 技術費	998.0	1,123,675.0	3,605.1	1,553,808.1
8 予備費	1,247.5	1,404,593.7	4,506.4	1,942,260.1
9 税	2,679.7	2,983,357.1	9,571.6	4,125,360.6
10 用地費	0.0	1,432,288.0	3,323.2	1,432,288.0
11 プロジェクト外コスト合計	17,370.0	20,989,851.2	66,070.3	28,476,318.3

注：1994年価格、交換レートは1ドル=431ペソを使用

## (5) 評価

### 1. 経済評価

経済評価の前提となる道路網の条件は次の通りである。

- a. ビオビオ旧橋は新橋が開通する1999年以降に閉鎖される。
- b. コスタネラ通りは今世紀中に開通する。
- c. ロスカレラ通りとプラット通りの拡巾改良は1999年以前に完了する。
- d. その他の道路条件は現状のままとする。

これらの条件のもとで、1999年と2010年の交通配分が行われ、これら2時点の便益が推計された。またNPVとB/Cの計算に際して、社会的割引率は現在チリで一般的に採用されている12%を用いた。

経済評価の結果は、プロジェクトの内部収益率（IRR）は20.8%、費用便益比（B/C）は2.04と高く、純現在価値は195.7億ペソと推計され、これらはいずれも新ビオビオ橋建設プロジェクトの高い経済性を保証している。また種々の感度分析に対しても本案件は十分フィジブルであるという結果がでている。

### 2. 環境影響評価

このプロジェクトの実施によって、住民移転、大気汚染、騒音、振動、交通、生活施設、景観及び水質汚濁において若干の影響が予想される。しかしながら、プロジェクト地域における経済発展により河川を横断する交通量は新橋を建設する、しないに関わらず増加し、大気汚染、騒音、振動の原因となる。

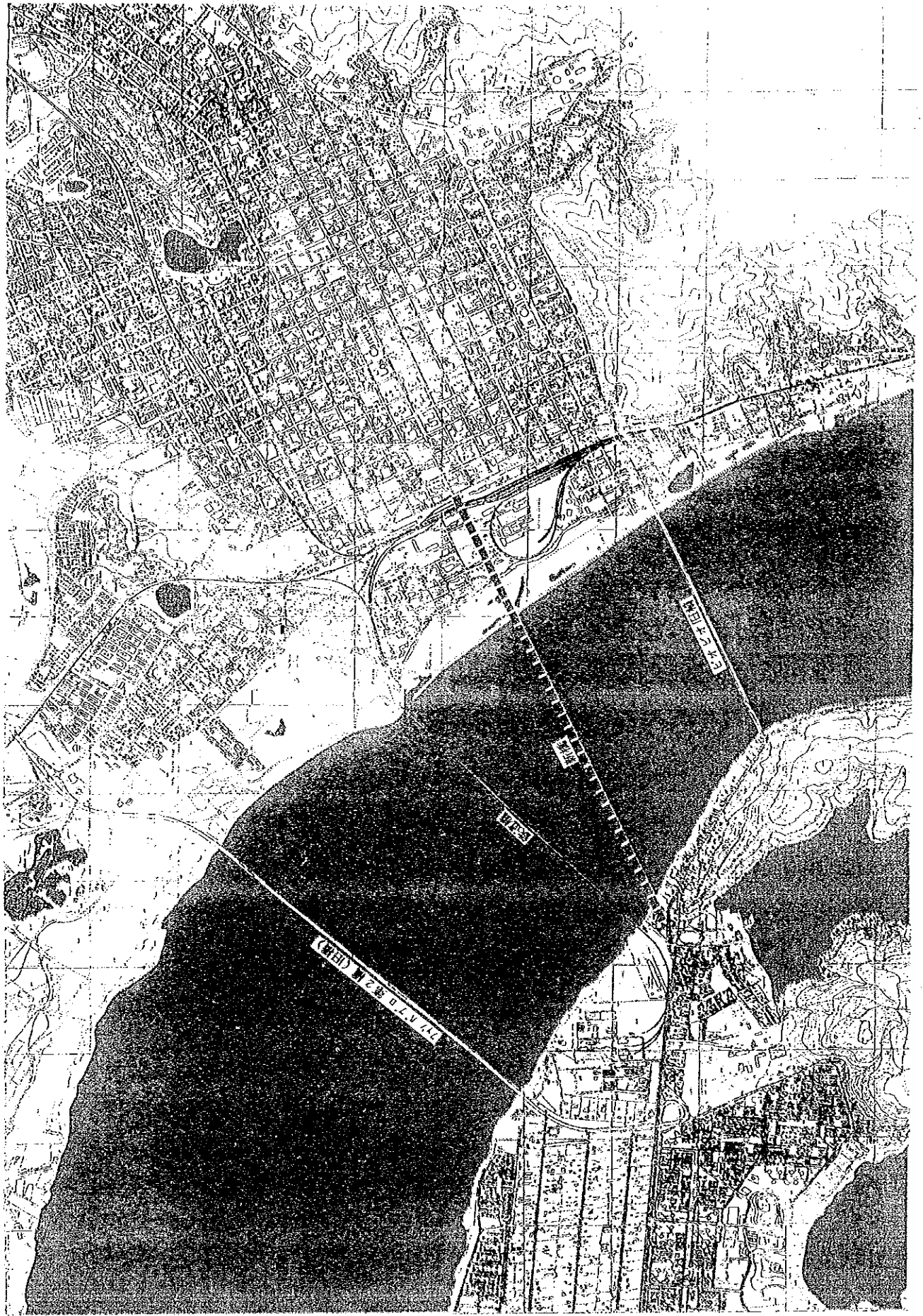
本案件においてはプロジェクトを実施することが原因として環境変化が発生する側面より、むしろプロジェクトを実施しないほうが環境に及ぼす影響が大きいと考えられる。渋滞、迂回交通による大気汚染、騒音等の環境悪化はプロジェクトを実施しない場合の方が、実施した場合より小さいとは考えられないからである。

しかしながら、将来6万台以上の交通が橋を通過して集中的に市内に流れ込み局地的な環境悪化が予想される。これらを緩和するため、北岸開発計画、コスタネラ道路計画を実施し、渋滞、混雑等から発生する環境に対する影響を分散する必要がある。

(6) 提言

コンセプション地域の開発にとって新橋建設がより効果的なものとするために、以下のような施策の実施を提言する。

1. 経済的な最適着工年は1996年であるので、早急な事業実施を提言する。
2. ビオビオアンティグオ橋（旧橋）の供用寿命はすでに終わっていると考えられる。この橋は閉鎖すべきである。閉鎖までの期間、交通は乗用車、緊急自動車のみ制限されるべきである。
3. ビオビオアンティグオ橋の補強格上げは工学的及び経済的観点から適切でない。
4. 本橋に関連する道路網の改良を継続すべきである。特にa) ロスカレラ 通りの改良、b) 新河岸道路の建設及び旧市街と「ビオビオ河北岸地域再開発計画」関連するセンターを結ぶ道路網の開発が必須である。
5. 新ビオビオ橋が建設された場合、同橋を通して大量の交通が市内に流入する。これらを分散するために、コスタネラ道路の建設計画が実施されるよう勧告する。
6. 交通予測の結果によると、2010年には、新橋のピーク時の交通量は設計容量を越えると考えられる。新ビオビオ橋の開通後早い機会に交通量とその傾向を評価し、もう一つの橋の必要性の検討がなされるよう提案する。



新橋建設路線



# 目 次

## 第1章 調査の背景と目的

1.1 背景	1
1.2 調査の目的	2

## 第2章 調査対象地域の社会・経済情勢

2.1 コンセプションの都市構造と社会・経済状況	5
2.2 コンセプション地域における開発の動向	10

## 第3章 道路網と交通需要の特性

3.1 交通網	13
3.2 ビオビオ河の渡河交通	13

## 第4章 調査対象地域における将来社会経済構造

4.1 チリと第8州の経済発展動向	19
4.2 将来のチリのGDP及び第8州のGRDP	20
4.3 将来人口	20
4.4 将来の自動車保有	21

## 第5章 公共事業省の道路整備計画

5.1 2010年迄の投資計画	23
5.2 コンセプション都市圏の道路整備プロジェクト	23

## 第6章 将来交通量予測

6.1 現況河川渡河交通量	25
6.2 将来交通量の予測	25

## 第7章 調査地点の自然条件

7.1 調査概要	27
7.2 河川現況	27
7.3 架橋地域における地質現況	27

## 第8章 ビオビオアンティグオ橋（旧橋）

8.1	旧橋の状態	29
8.2	旧橋の維持管理	29
8.3	改良工事	29
8.4	旧橋に対する勧告	30

## 第9章 新橋架橋路線の検討

9.1	計画条件の設定	31
9.2	代替路線の検討	31
9.3	代替案の評価と選択	32
9.4	評価結果	34
9.5	コスタネラ通りの建設と旧ビオビオ橋閉鎖の影響	35
9.6	代替路線の選択	36

## 第10章 最適橋梁形式の選定

10.1	概説	37
10.2	基礎工に関する洗堀の影響	37
10.3	上部工の支間	37
10.4	比較設計の対象となる橋梁形式	38
10.5	最適橋梁形式の選定	38

## 第11章 最適案の予備設計

11.1	橋梁形式	41
11.2	暫定的建設スケジュール	41

## 第12章 プロジェクトコストの積算

## 第13章 経済評価

13.1	評価の前提と方法	47
13.2	評価結果	48
13.3	感度分析	49
13.4	最適投資年	49

## 第14章 架橋関連プロジェクトの提案

14.1	ゾーン3（コスタネラ）の再開発計画案	51
14.2	ゾーン3（コスタネラ）内部及び周辺の道路網改良計画案	52



## 第15章 環境影響評価

15.1	環境インパクトとその評価	63
15.2	まとめ	63

## 第16章 結論と勧告

16.1	結論	65
16.2	勧告	66



## 第1章 調査の背景と目的

### 1.1 背景

近年チリ国においては、生産地と船積地、もしくは消費センターを結ぶ道路交通網の改良を推進している。地方経済の発展と輸出の促進は道路輸送に大きく依存している。しかしながら、これらの道路上にある橋梁は、時代の要請に合わなくなって来ている。地震の影響、急流河川のため引き起こされる河床の洗掘、交通量の増大と共に過載交通の増大が橋の老朽化を進めており、橋梁の建設及び補修が急務となっている。

コンセプションはチリにおいて重要な商業及び工業地域の一つであり、首都サンチアゴと直接につながっている。コンセプションはまた、ビオビオ河によって南北に分断されており、南北方向の交通の流れは、1960年代に建設されたファンパブロ橋と1930年代に建設されたビオビオアンティグオ橋に頼っている。

この内、ビオビオアンティグオ橋は、1930年代以来供用されており、交通量は現在25,000台に達して交通容量は既に限界に達している。しかも本橋は、構造の老朽化、劣化が激しいため、修理、補修を絶えず行って使用されてきた。こうした構造的な欠陥の為に、橋梁の最大荷重を8tに制限している。1992年に実施されたJICAの調査「チリ国全国橋梁補修整備計画調査」では、本橋は詳細点検調査の対象であった。この調査の結果からは、架け代えの必要性の高い橋であることが明らかになっている。

以上のような背景から、チリ国政府は新ビオビオ橋建設計画に係わる調査の協力を我が国に要請し、これを受けて日本国政府は、1978年7月2日付のチリ国政府と日本国政府間の技術協力協定に基づき、チリ国政府の要請に応じて、ビオビオアンティグオ橋の補修・架け代えを含む、新ビオビオ橋のフェージビリティ調査を実施することを決定した。

日本国政府の技術協力の実施機関である国際協力事業団（JICA）は、チリ国各関係機関の緊密な協力のもとで、調査を実施することとした。

## 1. 2 調査の目的

本調査の目的は、ピオピオ河のコンセプション市域に現在架かっている、橋梁とこれを利用して交通の実態を調査し、既存橋梁の問題点を解明するとともに、架橋路線の選定を含む新橋の建設の可能性を調査するものである。

第8州がピオピオ河により大きく南北に分断されており、また同河川に架設されている橋梁の数が少なく、本橋建設の影響はこの地域全域に及ぶと予想されたため、調査対象地域は図1-1に示す第8州全域とした。またチリ国公共事業省の公共事業投資計画に合わせて本橋の目標計画年次を2010年とした。調査は次の内容について実施した。

- 調査対象地域の社会・経済フレームの調査
- 交通の近年の状況及び交通需要予測の調査
- 現橋の詳細点検
- 自然条件調査
- 環境影響調査
- 最適架橋地点の選定と道路改良計画
- 最適代替案の概略設計、建設費の積算、経済評価及び実施計画

調査の実施を通して、チリ国公共事業省のカウンターパートに対し、橋梁の設計と計画に関する技術移転を行った。



图 1-1 调查对象地域



CAUQUINES

VALDIVIA

CONCEPCION

CHILLAN

REGION DEL RIOBLO

LOS ANGELES

CORDILLERA DE HUELBUTO

REGION DE LA ARAUCANIA

TEMUCO

REGION DE LOS RIOS

VALDIVIA

PUERTO DOMINGUEZ

LEONOR SCHMIDT

BARROS ARANA

PIQUEN

MEQUEN

OSORN

PREIRO

LOS HORTENCIAS

ALLIPEN

PIQUEN

RODEL

LOS LAUTEFES

...



## 第2章 調査対象地域の社会・経済情勢

### 2.1 コンセプションの都市構造と社会・経済状況

#### (1) 行政区画とコンセプション地域

チリの行政区画は、上位から州 (Region)、県 (Province)、市町村 (Comuna) の順になっている。調査対象地域 (コンセプション県) は第8州に属し、9つの市町村から成っている。すなわち、コンセプション、タルカウアノ、ペンコ、トメ、フロリダ、ウアルキ、サンタ・ファナ、ロタ及びコロネルである。このうち、コンセプション都市圏は、統計局 (Instituto Nacional de Estadísticas (INE)) の統計に用いられているように、フロリダとサンタ・ファナを除く7つの都市化された沿岸市町村で形成されている (図2-1参照)。

#### (2) ゾーン区分

交通需要予測のためには、調査対象地域をいくつかの小さなゾーンに分割する必要がある。調査対象プロジェクトがコンセプション市の管轄区域内にあるピオピオ河を横断する新橋であることから、コンセプション市は、渡河交通の流れを考慮し、適切な大きさのゾーンに分割しなければならない。一方他の市町村は、その位置によっては集約して一つのゾーンとしてもよい。

コンセプション県は21ゾーンに分割したが、その中15ゾーンはコンセプション市に属している。ペンコとトメ、ロタとコロネルはそれぞれ一つのゾーンに集約した。ゾーン番号及びそれに対応する行政単位を図2-2, 図2-3に示す。

#### (3) 調査対象地域の人口

調査対象地域の人口は870.1千人であり、うちコンセプション市の人口は342.7千人である。コンセプション県のゾーン別人口密度を表2-1に示す。

#### (4) 世帯所得

コンセプション都市圏市街部の1993年現在の平均世帯月収を推計すると52,800ペソ (1989年価格) である。表2-2にそのゾーン別結果を示す。

#### (5) 自動車保有

コンセプション県には、1993年に、乗用車40,200台、ピックアップ18,200台、トラック5,400台、あわせて63,800台の自動車があると推定される。これは州全体の57%に当たる。コンセプション市は、1993年に37,467台の車に対して使用許可書を出した。これは県の総車両数の59%である。

1992年の人口一人当たり自動車台数をチリ全国と比較すると、全国で0.086台であるのに対し、第8州で0.061台、コンセプション県で0.071台、コンセプション市で0.103台となっている。1993年のコンセプション都市圏市街部における世帯当たり自家用車保有台数は0.239台、コンセプション市では0.335台と推定され、かなり高くなっている。



表2-1 コンセプション地方のゾーン別 面積・人口・人口密度 (1993年)

ゾーン番号と名称	面積 (ha)	人口	人口密度 (人/ha)
1. Centro Sur	183.9	20,000	108.8
2. Centro Norte	240.3	29,500	122.8
3. Costanera	230.4	12,500	54.3
4. Pedro de Valdivia	547.2	7,800	42.0
5. Chillancito	230.4	21,100	91.6
6. Loenzo Arenas	547.2	30,200	55.2
7. Barrio Norte	851.2	41,400	48.6
8. Puchacay	130.7	1,600	12.2
9. Observ./A. Potable	5,080.0	25,000	4.9
10. Chiguayante	3,720.0	58,000	15.6
11. Larenas	1,710.0	14,000	8.2
12. Palomares	2,870.0	4,700	1.6
13. R. Gde/Chai./Ulloas	12,810.0	3,200	0.2
18. San Pedro	7,250.0	71,400	9.8
19. Pinares	4,030.0	2,300	0.6
コンセプション市	40,070.0	342,700	8.6
14. Talcahuano	14,820.0	258,000	17.4
15. Penco/Tome	59,870.0	92,300	1.5
16. Florida	61,320.0	10,400	0.2
17. Hualqui	53,460.0	16,600	0.3
20. Lota/Colonel	41,470.0	137,800	3.3
21. Santa Juana	73,440.0	12,300	0.2
コンセプション県	344,450.0	870,100	2.5

表2-2 首都コンセプションの市街地域のゾーン別 月平均家計収入 (1993年)

ゾーン番号と名称	月平均家計収入 (1989年価格)	格差
1. Centro Sur	158,800	3.01
2. Centro Norte	76,600	1.45
3. Costanera	41,800	0.79
4. Pedro de Valdivia	37,700	0.71
5. Chillancito	47,700	0.89
6. Loenzo Arenas	56,400	1.07
7. Barrio Norte	46,900	0.89
8. Puchacay	109,600	2.08
9. Observ./A. Potable	90,000	1.70
10. Chiguayante	47,900	0.91
11. Larenas	31,100	0.59
18. San Pedro	56,200	1.06
19. Pinares	173,200	3.28
コンセプション市	64,800	1.23
14. Talcahuano	52,400	0.99
15. Penco/Tome	37,400	0.71
17. Hualqui	37,800	0.72
20. Lota/Colonel	33,700	0.64
コンセプション都市圏	52,800	1.00

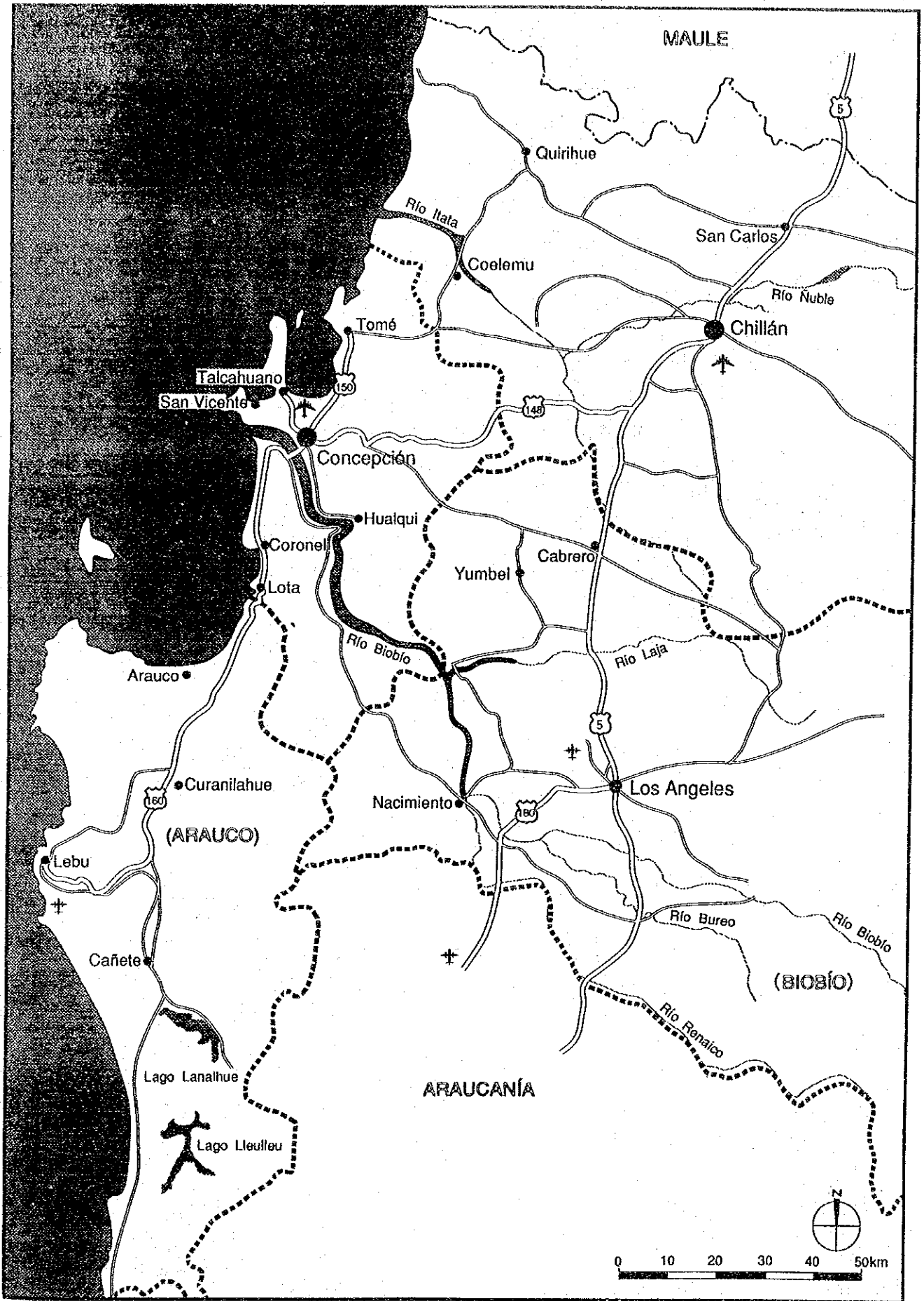


図 2 - 1 調査地域の位置と構成

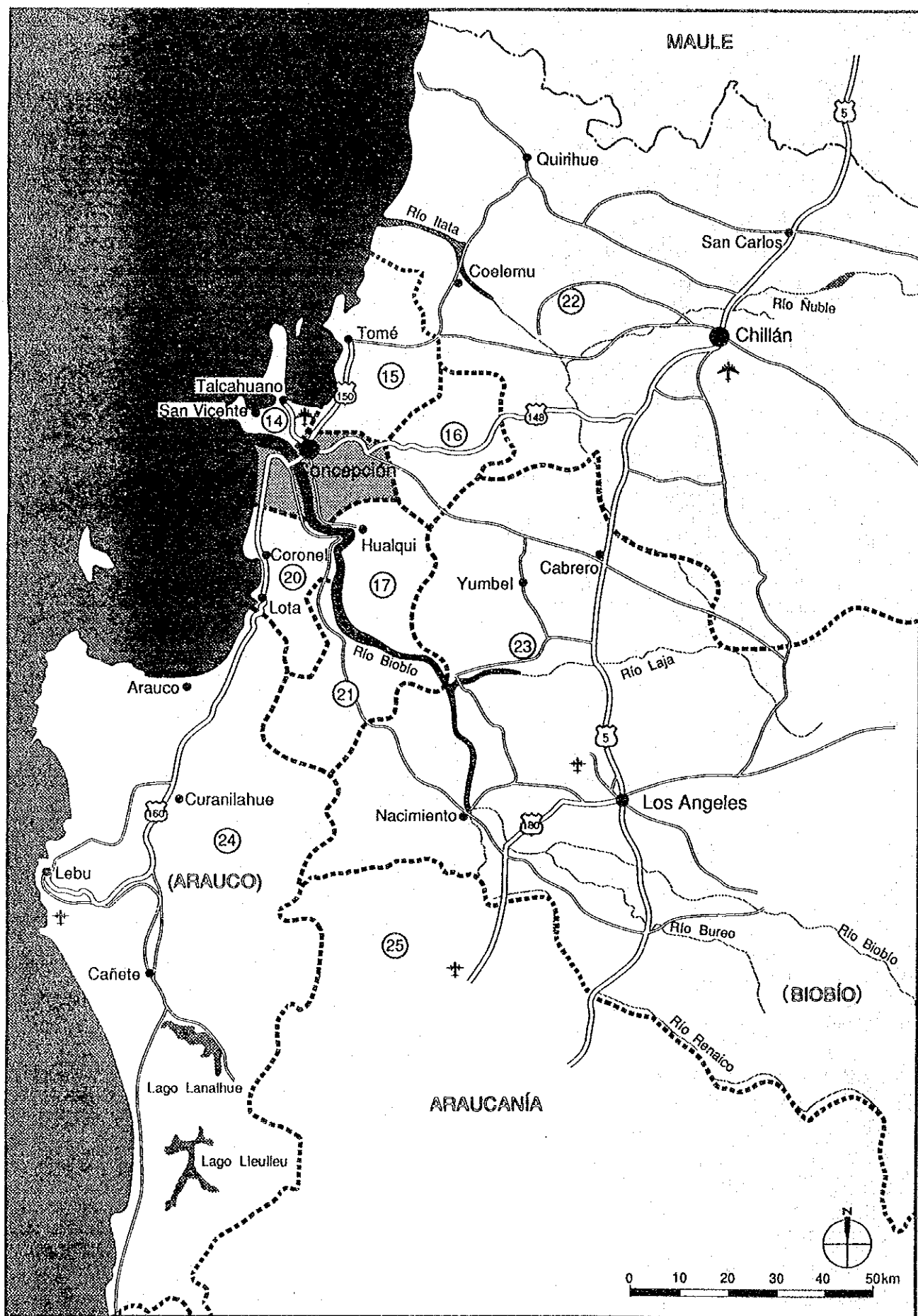


図 2 - 2      ゾーン分割 (1)

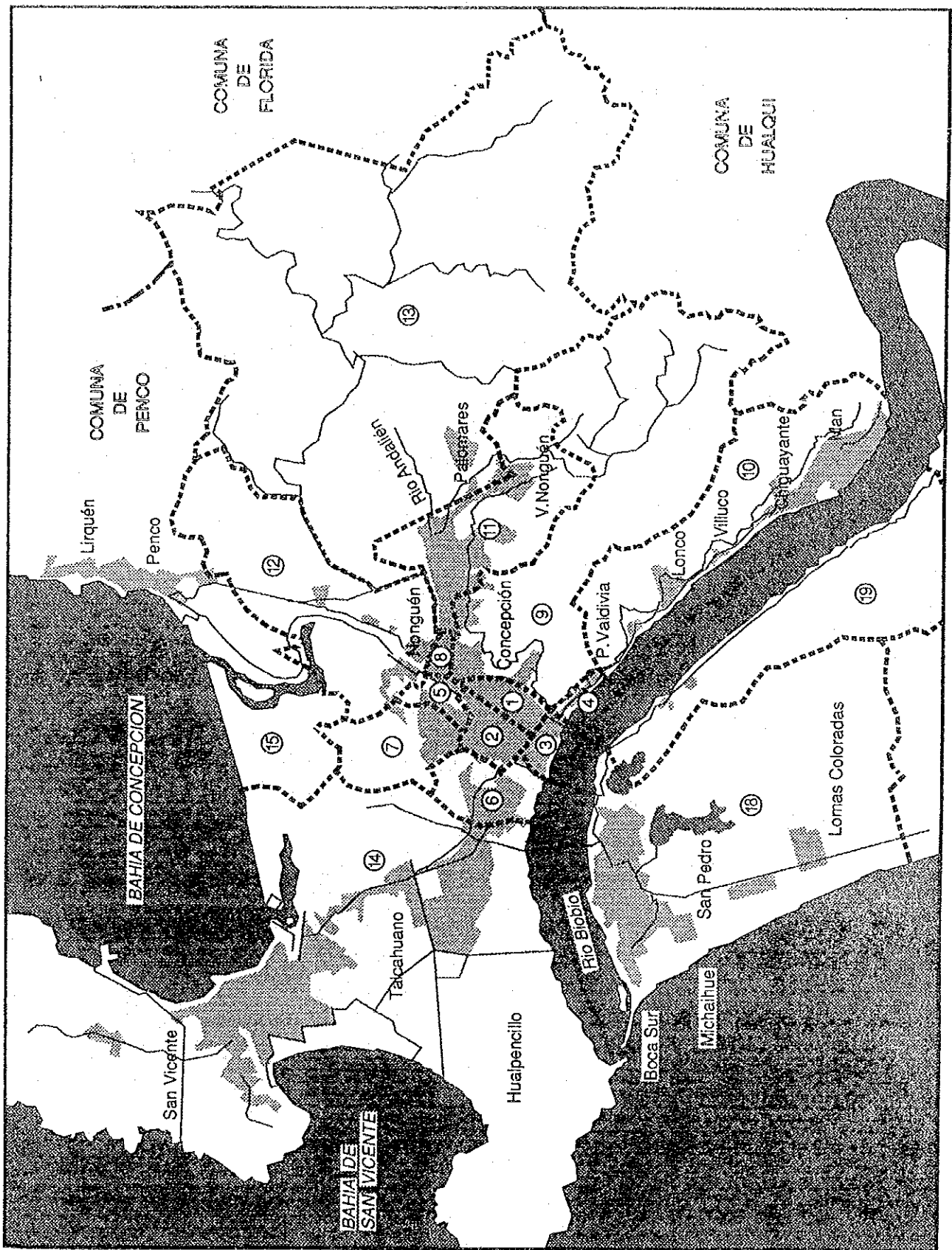


図 2-3 ゾーン分割 (2)

## 2. 2 コンセプション地域における開発の動向

### (1) 人口増加

コンセプション県の人口は、ここ10年間、年率 1.62%で増加している。首都であるコンセプション市はそれより若干高い増加率 1.96%で成長しているが、中心部では人口減少が起きている。

### (2) 開発計画及びプロジェクト

コンセプションの土地利用を規制する計画として、「コンセプション都市圏規制計画」と「コンセプション市規制計画」の二つがある。前者はコンセプション、タルカウアノ、ペンコ及びウアルキの4市に広がる連担市街地を対象とするもので、後者はコンセプション市の市街部を対象とする、より詳細な規制計画である。これらはいずれも80年代前半に作成されたもので、現在でも効力を持っているが、新しい計画が1994年中に公表されるといわれている。

コンセプション市の都市構造に大きく影響する開発プロジェクトはそんなに多くはない。交通関連プロジェクトを除き、次のようなものが考慮されるべきであろう。

1. ビオビオ河北岸ベルトゾーンの再開発
2. 中央公設市場の再建
3. 空港道路インターチェンジ際の商業モール建設
4. サンペドロの湖畔住宅地開発
5. カブレロ道路沿道工業地帯開発

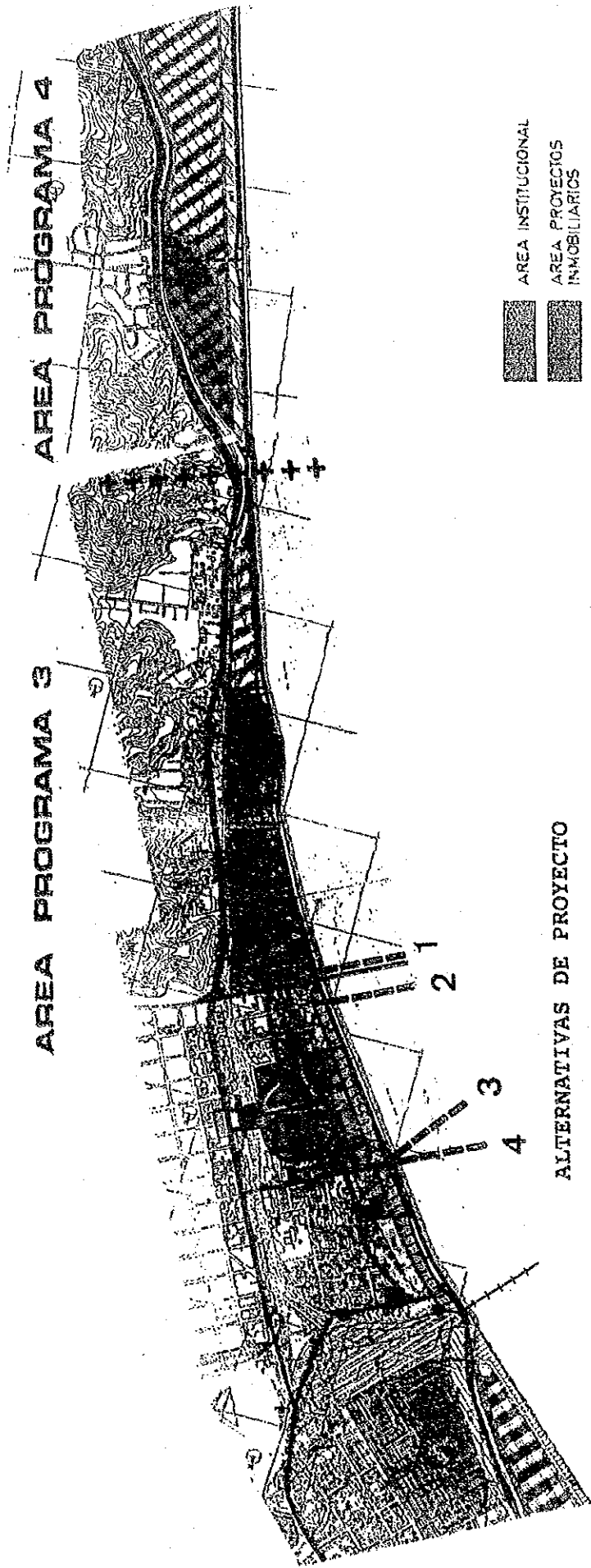
ビオビオ河北岸再開発は徐々に現実化しつつあり、関連省庁の州出先機関、州政府及びコンセプション市で構成される委員会は、セクション3と4に焦点を当て、実施計画の策定のための作業を開始している。計画にはインフラ整備に伴う住宅地の改良、新官庁街と商業センターの形成などが含まれている(図2-4参照)。

中央公設市場の再建は、現在市と出店者の間での交渉段階にある。

建設中の商業モールは、150,000m<sup>2</sup>の敷地に総床面積 40,000m<sup>2</sup>の2階建ての商業ビルを建てる大規模なもので、デパート 2店、高級専門店 120店、高級レストラン 16店、スーパーマーケット 1店が入居することになっている。1995年4月に開業の予定である。

サンペドロの住宅地開発は、ラグーナ・グランデとラグーナ・チカの周辺に進行中の中・高所得層を対象としたもので、一部はすでに入居しているが、大部分は1995年以降に着手され、全体の計画戸数は 6,820戸である。

また工業地帯は、現在部分的に埋まっているが、その立地条件が良く、他に工業配置が可能な場所が少ないことからやがては一杯になることが期待されている。



ALTERNATIVAS DE PROYECTO

# PROGRAMA GESTION URBANA 1993

COMISION COORDINADORA DEL PROYECTO DE RECUPERACION DE LA RIBERA NORTE DEL RIO BIO BIO CONCEPCION

	PROYECTO DE SANEAMIENTO URBANO CON COOPERACION EXTERNA		AREA OCUPADA BENEFICADA POR PROGRAMA DE MACROINFRAESTRUCTURA		AREA DE INTERES PARA EJECUTAR RELLENOS		VIALIDAD ESTRUCTURANTE
	AREA FUTURO PARQUE COSTANERA		AREA DESOCUPADA BENEFICADA POR PROGRAMA DE MACROINFRAESTRUCTURA		AREA FUTURO PARQUE EN SECTOR RECUPERADO AL RIO		COLECTORES
	AREAS DE EQUIPAMIENTO		AREA RECUPERADA AL RIO DE PROPIEDAD FISCAL		LIMITE AREA PROGRAMA		PLANTA ELEVADORA
							ALTERNATIVAS FUTURO PUENTE

図 2-1 ヒオビオ北岸の開発計画



### 第3章 道路網と交通需要の特性

#### 3.1 交通網

##### (1) 都市間道路網

コンセプション市とその周囲の各都市を結ぶ主要道路は、東からの出入口である148号線、北部のペンコ、トメと連絡する150号線、西側のタルカウアノの港湾地域に通じる154号線、南部方面のコロネル、ロタと結ぶ海岸線に沿って走る160号線から成っている。

図3-1は、コンセプション市と接続する主要道路の位置と1990年における1日当たりの交通量を示している。これらの道路の内、154号線は港湾地域とコンセプション市を結ぶ幹線道路として機能するので1990年で1日当たり25,000台の交通がある。

##### (2) コンセプション市の道路網

コンセプション市の道路網は、グリッド状であり主要街路の車線数は図3-2に示す通りである。東西に走るロスカレラ通りとチャカブコ通りは6車線である。プラット通りパイカビ通りは各々4車線を持ち、市の南北軸として重要な役割を担っている。

#### 3.2 ビオビオ河の渡河交通

調査団が行った1993年12月の交通調査の結果によれば、各現橋上の24時間交通量は以下の通りである。

表3-1 各現橋上の交通量

(台/日)

車両のタイプ	ビオビオ橋	ファンパブロ橋
乗用車、ワゴン	14,729	8,746
タクシー、バス	3,199	2,346
ピックアップ	5,016	4,512
バス	—	307
トラック(2軸)	—	1,718
トラック(3軸)	—	504
トレーラー	—	1,329
計(2方向)	22,944	19,462





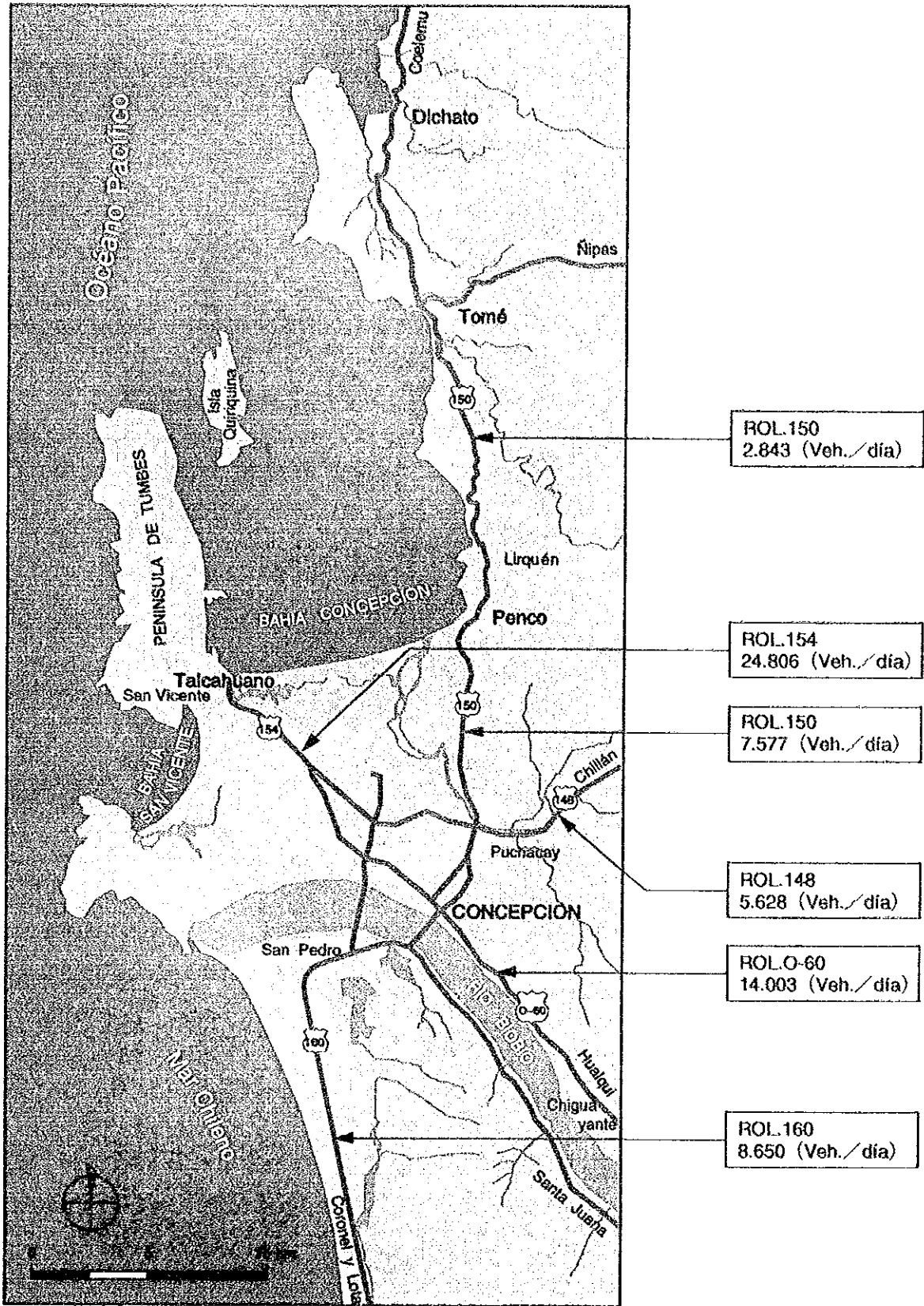


图 3 - 1 都市間道路網







#### 第4章 調査対象地域における将来社会経済構造

##### 4.1 チリと第8州の経済発展動向

###### (1) 国民経済

チリの経済は1982年 -14.1%、続いて1983年 -0.7%という大きなマイナスを経験した。しかしながら、1984年以降は表4-1に示すように継続的に成長している。

表4-1 チリの経済発展動向

年	国内総生産 (GDP) (百万ペソ、1977年価格)	年成長率 (%)
1980	363,446	-
1981	383,551	5.5
1982	329,523	-14.1
1983	327,180	-0.7
1984	347,926	6.3
1985	356,447	2.4
1986	376,627	5.7
1987	398,230	5.7
1988	427,530	7.4
1989	470,243	10.0
1990	480,323	2.1
1991	509,153	6.0
1992	562,254	10.4

###### (2) 第8州の経済状況

州別の地域総生産 (GRDP) はチリ中央銀行で推計され公表されている。現在1986年までの数値が入手可能である。1986年の第8州のGRDPを表4-2に示す。

表4-2 第8州の部門別地域総生産 (GRDP)、1986年 (1977年価格)

産業分類	生産額 (GRDP) (百万ペソ)	地域内割合 (%)	国に対する割合 (%)
農林業・漁業	5,911	16.3	15.9
鉱業	836	2.3	2.7
製造業	11,936	32.8	15.2
建設業	1,585	4.4	7.6
電気・ガス・水道	1,865	5.1	19.2
運輸・通信	2,127	5.8	9.9
商業	4,392	12.1	7.0
その他	7,740	21.2	6.8
一次産業	5,911	16.3	15.9
二次産業	14,357	39.5	11.0
三次産業	16,126	44.2	7.7
計	36,394	100.0	9.7

#### 4.2 将来のチリのGDP及び第8州のGRDP

##### (1) 将来GDP

チリ経済は1982年～1992年の10年間、年平均5.5%の経済成長を達成した。1993年については、統計局(INE)が成長率を5.7%と推計している。しかしながら、今後このペースは若干落ちるだろうと予想される。ある経済専門機関では1994年の経済成長率は3～4%に落ちると予測している。政府は1994年の成長率の目標を4～5%においている。

本調査では、チリのマクロ経済構造と国際経済の回復傾向を考慮し、年平均経済成長率を、1992年～2010年の期間4.5%、2010年～2020年の期間4.0%と想定する。

##### (2) 第8州の将来GRDP

第8州の将来GRDPを推計するにあたっては、まず公表されている雇用データを使って1992年の第8州のGRDPを推定して1986～1992年の全国と第8州との経済成長の関係(弾性値)を求め、これが将来まで続くものと仮定した。第8州の一人当たりGRDPは1992年の819.1千ペソ(US\$ 2,260)から2010年には1,548.6千ペソ(US\$ 4,270)に増加する。

#### 4.3 将来人口

第8州の1993年における人口は1,788,800人と推定される。今後の第8州の人口は統計局による予測に沿って増加すると考えられ、2010年には2,133,800人になる。

県別の将来人口は、各県の過去の増加傾向に従って、州レベルの推計人口を各県に配分した。表4-3に結果を示す。

表4-3 第8州の県別将来人口

県	人口 (千人)				年平均増加率 (%)		
	1993	2000	2010	2020	93/00	00/10	10/20
コンセプション	870.1	960.1	1,076.9	1,187.2	1.4	1.2	1.0
ニュブレ	430.6	454.3	482.9	507.4	0.8	0.6	0.5
ビオビオ	333.4	356.5	385.5	411.9	1.0	0.8	0.7
アラウコ	154.6	169.4	188.5	206.5	1.3	1.1	0.9
第8州計	1,788.8	1,940.3	2,133.8	2,313.0	1.2	1.0	0.8

#### 4.4 将来の自動車保有

##### (1) 乗用車とピックアップ

乗用車とピックアップは世帯によって保有されている割合が大きい。コンセプション都市圏市街部の自家用車世帯保有率は、1993年の0.239台/世帯から2010年には0.459台/世帯に上昇すると予想される。その結果、世帯に保有される自動車数は乗用車とピックアップあわせて106,440台となる。これに事業所所有のものを加え、乗用車の割合を75%と想定して、コンセプション都市圏市街部について表4-4のように推計した。

表4-4 コンセプション都市圏市街部の乗用車とピックアップの将来保有台数

車種	保有台数		倍率
	1993	2010	1993/2010
乗用車	37,530	96,770	2.56
ピックアップ	16,630	32,250	1.94
計	54,160	129,020	2.38
自家用車保有率 (台/世帯)	0.239	0.459	1.92

第8州のコンセプション都市圏市街部以外の地域の乗用車とピックアップの台数は、事業所所有のものを含めて、台数と世帯数との比がコンセプション都市圏市街部と同じ倍率で伸びると仮定して推計した。乗用車の割合は、過去の傾向から60%と想定している。

表4-5 その他の地域の自家用車とピックアップの将来保有台数

車種	保有台数		倍率
	1993	2010	1993/2010
乗用車	25,870	60,870	2.35
ピックアップ	19,970	40,580	2.03
計	45,840	101,450	2.21



(2) トラック

トラックの将来保有台数は、過去の州経済成長率に対する保有台数伸び率の弾性値が将来も同じであると仮定して予測した。1982年から1992年までトラック保有台数の伸び率年4.1%、州経済の成長率年6.2%から、弾性値は0.66となる。これを将来の州経済の予測成長率年4.7%に適用するとトラックの保有台数の伸び率は年3.1%となる。

予測結果を表4-6に示す。

表4-6 県別のトラックの将来保有台数

県	保有台数		倍率
	1993	2010	1993/2010
コンセプション	5,400	9,250	1.71
ニューブレ	3,100	5,000	1.61
ピオピオ	3,000	4,990	1.66
アラウコ	1,200	2,100	1.75
第8州計	12,700	21,340	1.68

## 第5章 公共事業省の道路整備計画

### 5.1 2010年迄の投資計画

公共事業省は2010年を目標とした総投資金額 333億6千万USドルの投資計画を準備している。全プログラムの73%に相当する 244億2千7百万USドルは道路部門に配分されており、その内 73億7千万USドルは都市道路部門に配分されている。この都市道路予算のうち第7州、第8州には 12億5千万USドルが配分されている。(表5-1)

表5-1 1994年から2010年までの公共事業省の投資計画

(単位百万USドル)

部門	計画投資額 (百万米ドル)			1人当り投資額 (米ドル/人)		
	A 7州+8州	B 国全体	A/B (%)	C 7州+8州	D 国全体	C/D
人口 (千人、92年)	2,563	13,232	19.4	-	-	-
都市間道路	3,467	17,057	20.3	1,353	1,289	1.05
市街地道路	1,251	7,370	17.0	488	557	0.88
港湾、漁港	166	726	22.9	65	55	1.18
空港	16	213	7.5	6	16	0.39
排水処理	535	1,361	39.3	209	103	2.03
上水道	112	1,042	10.7	44	79	0.55
下水道	172	2,217	7.8	67	168	0.40
雨水処理	30	52	57.7	12	4	2.98
河川	28	107	26.2	11	8	1.35
公共建物	350	1,381	25.3	137	104	1.31
地下鉄	-	1,232	0.0	0	93	0.00
鉄道	-	501	0.0	0	38	0.00
計	6,126	33,260	18.4	2,390	2,514	0.95

注) 7州、8州の合計投資額は公表されているが、その内訳は不明。

### 5.2 コンセプション都市圏の道路整備プロジェクト

公共事業省やコンセプション市では次のような道路整備計画プロジェクトを計画している。それらのうちで、新ビオビオ橋の需要やフィージビリティに影響するものは(1)の2と4、および(3)であると考えられる。

#### (1) コンセプション市街地内道路改良プロジェクト (200万米ドル以上のプロジェクト)

1. ペドロバルデビア通り
2. プラット通り～5月21日通り
3. コジャオ通り～ヘネラル/ボア通り
4. ロスカレラ通り
5. P. アギレセルダ通り
6. ルーズベルト通り～イララサバル通り
7. コンセプション/チグァヤンテ連絡道路

8. コンセプション／バイカビ連絡道路
9. オヒギンス幹線道路

(2) アクセソノルテ道路（北アクセス道路）

コンセプションと国道5号線を連絡する道路は現在国道148号線とO-50号線の2本あるがいずれも線形、路面状況が劣悪である。アクセスノルテ道路プロジェクトは民間資金を活用して、148号線の北側に第3の道路を建設しようとするものである。ルートはペンコから東進してチジャンの南13km地点で5号線に接続する全長65kmの路線でアクセス規制した4車線有料高速道路として計画されている。

(3) コスタネラ道路（ビオビオ河岸道路）

市街化地域の南端ウェルキからビオビオ河河口に至る河岸道路の建設で、全長35kmである。これは「ビオビオ河北岸復興プロジェクト」と呼ばれる土地、都市開発、経済開発、都市アメニティの創出、スラム改善などを含む大規模都市開発プロジェクトの一環として計画されている。

(4) カミノデマデラ道路（材木道路）

サンペドロからサンタファナ、ナシミアントを経てカイウエに至る全長113kmの道路を、民間資金を活用して改良・維持しようとするプロジェクトである。この地域のビオビオ河流域で生産される木材は主としてこのルートを通してタルカワノ、サンピセンテ、リルケン等の輸出港に輸送される。総事業費は143億ペソと推計されている。

## 第6章 将来交通量予測

### 6.1 現況河川渡河交通量

現在の車種別OD表を推計すると、調査地域別の全車種交通量は約170,000トリップ／日であり、車種別には乗用車類が72%、タクシーバスが19%、バス4%、トラック5%の構成になっている。これらの交通量のうち、ピオピオ河を渡るものは約43,000台／日であり全体の25%に相当している。1993年における河川横断交通量を表6-1に示す。

表6-1 現況河川渡河交通量

	乗用車・ワゴン	タクシーバス バス	トラック	計
総渡河交通量 (AADT)	33,646	6,074	3,258	42,978
ピーク時間	12,722	2,302	1,327	16,351
オフピーク時間	20,924	3,772	1,931	26,627

注：上表の交通量が3章の実査結果より1.3%多いのはODゾーン分割に伴う整数化による誤差である。

### 6.2 将来交通量の予測

調査地域内の交通量は2010年には350,000トリップ／日と現在の2.1倍になり、乗用車類の比率は80%に高まる。全渡河交通量は1993年の2.6倍、112,100台に達する。

表6-2 将来渡河交通量予測結果

車両形式	渡河交通量 (車両／日)			年増加率 (%) '93-2010	2010/1993
	1993	1999	2010		
乗用車・ワゴン ピックアップ	33,646	51,000	90,500	6.0	2.69
タクシーバス バス	6,074	7,700	12,900	4.5	2.12
トラック	3,258	5,000	8,700	5.9	2.67
計	42,978	63,700	112,100	5.8	2.61



## 第7章 調査地点の自然条件

### 7.1 調査概要

技術調査として気象調査、水利調査、土質調査を含む地質調査、地震調査及び地形測量を実施した。

### 7.2 河川現況

ピオピオ河の集水地域は南緯  $36^{\circ} 45'$  から  $38^{\circ} 52'$  の間にあり、その面積は 24,420 km<sup>2</sup> になる。川はアンデス山脈中の 標高 1500 m のイカルマ、ガレット湖に源を發し、西の太平洋へと流れ込んでおり、フアルペン半島の南、アラウコ湾の北、南緯  $36^{\circ} 50'$  に位置する河口迄、南西から北西へ 356 km の河川長を有する。

### 7.3 架橋地域における地質現況

#### (1) 地質の一般的特質

ほとんどの地質は密または非常に密な細砂である。所々で非常に硬い密度の砂質シルトの層が存在する。薄い砂利層はほとんど見られない。ピオピオ河の堆積層との一般的な関連から 6 m 以下の地層は良好な支持層となっている。

#### (2) 地層に関する一般的な評価

ボーリング調査結果から確認された地質の概要は次のように考えられる；

1. 表層から 4~6 m では洪水時の定期的な河床変化に伴う最近の堆積層であり、密度が低い。
2. サンベドロ側のチカ湖の前面の弾性波速度の変化は湖と河が昔つながっていたことを示す。
3. ロスカレラ通りのピオピオ河寄りの部分で弾性波速度が減少している。これは高い密度の厚いシルト層の存在を示している。この測定結果は過去の洪水時、アンダリエン川とピオピオ河が自然の堀割りで結ばれていたことを示す。



## 第8章 ビオビオアンティグオ橋（旧橋）

### 8.1 旧橋の状態

耐荷力を検討した結果、旧橋は非常に危険な状態である事を確認した。鋼主桁は死荷重のみの場合でも主桁上縁で 1885 kg/cm<sup>2</sup> の応力が発生しており許容応力度 1320 kg/cm<sup>2</sup> を超過している。さらに 8t の活荷重では、死荷重と活荷重による鋼桁の合成応力は許容応力を超過している。

現在の構造的な安定は床版と鋼桁の合成効果からもたらされていると考えられるが、長期間の供用に伴って特に床版のひび割れによってこれらは劣化するものと考えられる。

すべての橋梁の構造規定は桁高に対する制限規定を持っている。これらの規定はたわみ量を制限するとともに振動を制限するためのものである。AASHTO仕様書では床版と桁を合成した場合、桁高/支間比は 1/25、桁だけの場合で 1/30 となっている。旧橋における桁高/支間比は、それぞれ 1/25.08、1/34.77となっており、規定値を越えている。

AASHTO、1978年の橋梁維持管理点検マニュアルによると、RF（活荷重安全計数）が 1.0 以下の場合、その橋梁では重量または速度制限等の交通制限が必要である。しかしながら活荷重耐荷力が 3t 以下の場合、その橋梁は交通閉鎖しなければならない。この橋梁の耐荷力が 3t 以下であり、公共事業省は安全に対して何らかの対策をする必要がある。

### 8.2 旧橋の維持管理

新橋が完成するまで現在の状態を維持するためには、何らかの維持管理作業を実施しなければならない。特に、ひび割れがこれ以上進行した場合、床版の補修を実施する必要がある。さらに地震による水平移動によって桁が落下するのを防ぐため、既存の橋脚の桁受け部の拡幅を実施する必要がある。

交通に対する安全を確保するために、維持管理活動は定期的に継続して行うべきである。特に床版と基礎の変位については定期的に観察すべきである。現在破損している多くの、伸縮継手は補修すると共に、橋脚の基礎の状態を調査し、必要な箇所は補強すべきである。

### 8.3 改良工事

旧橋の安全性については疑問があり、また多くの理由から旧橋の部材のほとんどは改良工事に使用できない。このため、旧橋を現行の交通に耐えられるように改良することは実用的な解決法ではないとともに経済的でもない。調査団は以上の理由より橋梁の改良工事を推薦しない。しかしながら旧橋は新橋建設のための工事用の足場、支保工、仮設栈橋等の架設施設として使用すれば有効と考えられる。



#### 8.4 旧橋に対する勧告

以上のような検討結果、特に鋼桁に発生する応力超過、床版に配置された鉄筋の応力超過を考慮して調査団は以下のような結論に達した：

1. 構造部材の応力超過を考慮して本橋は交通に対して閉鎖するべきである。
2. 公共事業省は上の勧告を次の2段階で実施するべきである
  - a) 自家用車と緊急車両のみに交通制限する。
  - b) 橋梁の完全閉鎖。
3. 橋梁の機能向上を目的とした改良は推薦できない。
4. 公共事業省は出来る限り早い時期にこの橋の架け代えを実施すべきである。

## 第9章 新橋架橋路線の検討

### 9.1 計画条件の設定

本調査の計画目標年度2010年には、渡河交通量は11万台を越えると予想されている。これは4車線の新橋を建設したとしても既に交通容量がいっぱいになることを示している。このため、旧橋の2車線、8トン（旧橋の制限荷重）の橋と平行に新しい2車線、耐荷力20トンの橋を建設するというような案は考えられない。このような案は公共交通（バス）のルートを編成する上で、次のような重大な制約をもたらすことになるとともに、2010年の交通需要に対応できないからである。

1. 既存の（8トン）2車線橋が新しい（20トン）2車線橋のすぐそばにあり、それぞれの橋が一方通行規制を受けているとした場合、新しい橋はバスとトラックを通せるが帰りの交通はファン・パブロ2世橋への迂回を余儀なくされる。
2. 既存の（8トン）2車線橋が新しい（20トン）2車線橋のすぐそばにあり、ともに両方向交通の場合には、バスとトラックは新しい橋だけしか使えないので、橋詰めにおいて交通管理上の困難が生ずる。

旧橋の耐用年数は限界にきており、その耐荷力は3tしかないと見積もられている。調査団は旧橋の閉鎖が望ましいと考えている。しかしながら公共事業省（MOP）は制限付きで、利用する可能性を検討しており、また旧橋は新橋が完成するまでは現在の交通を通す重要な施設である。このため本調査の新橋建設路線選定では、新橋の完成以前に旧橋が閉鎖されているものとした。

以上の理由により新橋路線は以下の前提条件で検討を実施した。

1. 新橋はAASHTOのHS20-44の基準を満足する耐荷力を有する、4車線橋梁とする。
2. 旧橋の取り壊し費用は新橋建設の費用として考慮しない。

上述の基本条件を前提として、代替路線の検討を次節で述べるように行った。

### 9.2 代替路線の検討

本調査の主たる目的は、新市街地サンペドロとコンセプション中心街を結ぶ交通需要増大に対する検討である。この問題に対応する路線候補として、図9-1に示す4路線を検討対象とした。

1. 代替路線1 : 現橋に沿ってやや上流に4車線橋を建設する。
2. 代替路線2 : チャカブコ通りの延長線上に4車線橋を建設する。
3. 代替路線3 : ロス・カレラ通りの終点とサンペドロ側のペドロ・アギレ・セルダ通りを最短距離で結ぶ4車線橋を建設する。

4. 代替路線4 : ロス・カレラ通りの延長線上に4車線橋を建設する。

### 9.3 代替案の評価と選択

交通量配分の結果からえられた便益と推計された建設費用とに基づいて、4つの代替路線を、次のような蓋然性の高い諸条件を前提とした経済的観点から評価した。

1. 新ビオビオ橋は1999年に供用が開始される。また、この年までにコスタネラ通りの建設、ロスカレラ通り、プラット通りの拡巾改良が完了し、旧橋は閉鎖されているものとする。
2. 工期として3年を見込み、1996年には総コストの20%、1997年、1998年それぞれに40%づつ投資される。
3. プロジェクトの社会的費用は市場価格で積算された財務費用の75%とする。チリでは付加価値税（I V A）が18%、輸入関税が一般的に11%であることを考慮すると、この仮定は妥当であろう。また、M I D E P L A Nによると未熟練労働力の潜在賃率は60%である。
4. 旅行時間と自動車走行費用の節減による経済便益は新橋の建設後20年間（1999 - 2019年）を計上する。
5. 建設された橋梁と道路の2020年における残存価値は初期投資の50%とする。
6. この段階では、新橋の維持費は無視する。維持費は初期投資の1%以下と無視出来る程度に小さいと考えられる、また無視しても代替案の優先順位には影響しない。

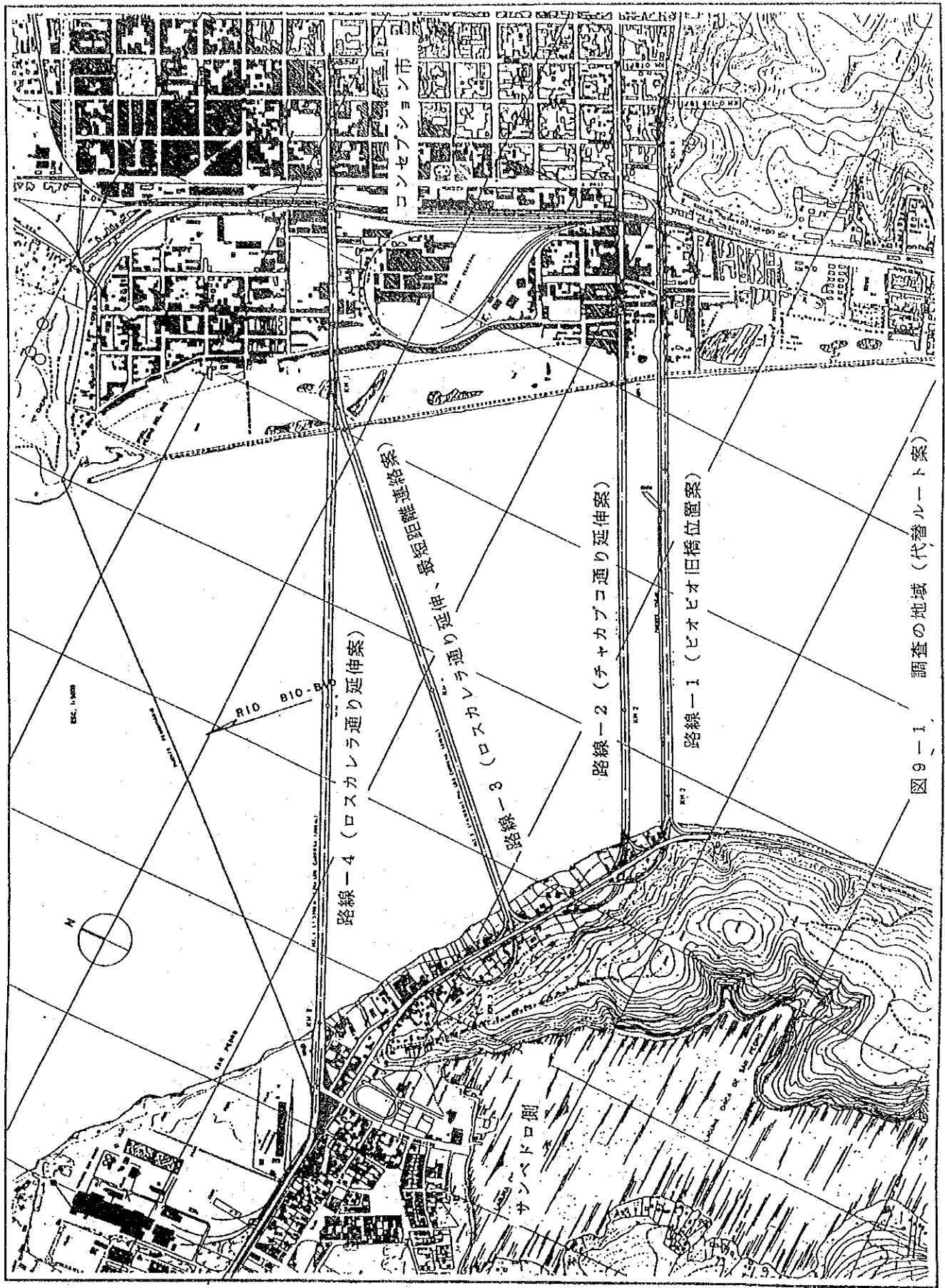


図9-1. 調査の地域 (代替ルート案)

## 9.4 評価結果

### (1) 交通量配分結果

ピオピオ橋が建設されないと、総日交通量は1999年の148万PCU・kmから2010年の267百万PCU・kmへと約1.8倍に増大する。この結果、1999年には41km/時であった平均速度は2010年には25km/時に低下する。

一方、ピオピオ新橋が建設されると、1999年においても交通負荷はかなり軽減され、PCU・kmベースで9～12%、PCU・時で8～12%の減少が期待される。2010年には、この交通負荷の軽減効果は更に顕著になり、PCU・kmで約15%、PCU・時の30%が減少される。この結果、2010年においても平均速度30kmが維持されることになる。表9-1に、プロジェクトを実施しないケースと各代替案についての交通量配分結果を示す。

4つの代替案の交通量削減効果を比較すると、第4案がPCU-Km、PCU-時間のいずれにおいても最も効果が大きく、次いで第3案であり、第2案、第1案は同程度で最も小さい。

表9-1 代替案の走行距離と走行時間の節減効果

(1000 PCU-Km、1000 PCU-時/日)

代替路線案	年度	日交通量		節減分	
		PCU-Km	PCU-時	PCU-Km	PCU-時
プロジェクト 実施せず	1999	1480.53	35.71	—	—
	2010	2672.04	108.00	—	—
1	1999	1303.43	32.91	177.10	2.80
	2010	2298.04	73.45	374.00	34.55
2	1999	1350.70	32.73	129.83	2.98
	2010	2298.69	73.46	373.35	34.54
3	1999	1342.71	32.51	137.82	3.20
	2010	2294.75	73.60	377.29	34.40
4	1999	1312.49	31.37	168.04	4.34
	2010	2255.81	71.09	416.23	36.91

注) PCUは乗用車換算台数。

### (2) 経済評価

走行時間と走行距離の節減分を貨幣単位に換算して便益を推計し、各代替案のコストと比較された。主な結果は次のとおりである(表9-2)。

1. 1999年、2010年のいずれにおいても、旅行時間節減便益が便益全体の約半分を占める。
2. 代替路線のいずれも内部収益率がチリ国の資本機会利子率12%を大中に越えており、経済的にフィージブルであることを示している。

3. 代替路線4の経済性が最も高く、次いで代替路線3、2、1の順になっている。純現在価値でみると代替路線4は代替路線1の1.7倍である。

表9-2 代替路線の経済評価指標

項目	代替案1	代替案2	代替案3	代替案4
1. コスト(百万ペソ)				
財務コスト	26,518	26,262	25,659	29,089
経済コスト	19,889	19,697	19,244	21,817
残存価値	9,944	9,848	9,622	10,908
2. 年間便益(百万ペソ)				
1999年				
時間節減	1,133.68	1,185.29	1,298.57	1,672.92
燃料費節減	146.56	179.07	206.43	296.78
その他の便益	571.60	753.42	861.35	1,289.71
合計	1,851.84	2,117.78	2,366.35	3,259.41
2010年				
時間節減	3,084.07	3,091.74	3,238.47	4,215.38
燃料費節減	623.19	626.39	639.70	828.45
その他の便益	2,729.11	2,719.29	2,757.15	3,640.83
合計	6,436.37	6,437.42	6,635.32	8,684.67
3. 評価指標				
IRR (%)	17.09	17.61	18.62	20.00
NPV(百万ペソ)	9,952	10,818	12,525	16,985
B/C	1.57	1.63	1.74	1.89

注) その他の便益は燃料費以外の自動車走行費(潤滑油費、タイヤ費、修理費、乗務員費、減価償却費、資本機会費など)の節減便益である。

#### 9.5 コスタネラ通りの建設と旧ビオビオ橋閉鎖の影響

9.3で述べた前提条件のうち、最も評価結果に及ぼす影響が大きいのは恐らく、コスタネラ通りの建設と旧ビオビオ橋の閉鎖であろう。従って、それらの条件が満たされない場合に代替案の優先順位がどのようになるかを検討した。

##### (1) コスタネラ通り

もしもビオビオ川のコンセプション側にコスタネラ通り(河岸道路)が建設されないと、新橋の経済効果は、建設された場合に比較して、IRRでは1.6~1.8倍、NPVでは3~4倍と大きくなる。

このケースでは旧橋は閉鎖されている。したがって新橋が建設されない場合にはサンベドロからコンセプションへの交通は全てファンパブロ2世橋を通り、タルカウアノ方面からの交通と合流してコンセプションに入る。したがってコスタネラ通りが建設されないと、5月21日通り、J.アレサンドリ通り、J.M.ガルシア通り、パイカビ通りなどの渋滞は著しくなり、それだけビオビオ新橋の建設によるコンセプション流入路の分散がより大きな効果をもたらすことになる。

しかしながら、この事は必ずしもコスタネラ通り建設プロジェクトの必要性を否定するものではない。同プロジェクトの実施なしには道路交通のサービスを許容水準に維持できないからである。

表9-3 コスタネラ通りが建設されない場合の代替路線案の経済効果

項目	代替案1	代替案2	代替案3	代替案4
IRR (%)	30.50	31.33	32.85	33.57
NPV (百万ペソ)	41,610	43,301	46,171	52,910
B/C	3.39	3.51	3.74	3.77

(2) 旧ビオビオ橋

上のケースとは反対に、旧橋が閉鎖されずに供用され続けた場合には、新橋の経済効果は表9-4に示す通り、大巾に減少する。

表9-4 旧ビオビオ橋の供用が続いた場合の代替路線案の経済効果

項目	代替案1	代替案2	代替案3	代替案4
IRR (%)	5.08	5.73	7.95	14.05
NPV (百万ペソ)	-9,748	-8,583	-5,567	3,699
B/C	0.44	0.50	0.67	1.19

9.6 代替路線の選択

表9-2、表9-3で示したとおり、第4案は建設費が最も高いものの、経済的には最も望ましい結果を得る。第4案には経済的観点の他にも以下の利点があり、調査団は第4案を最適案として選択した。

1. 第4案は第3案と同じく、ロスカレラ通りに直接接続されるので、河岸地区再開発とロスカレラ通り沿道地区の都市開発に最も寄与する。
2. 第4案は土地取得と既存構造物の撤去の必要が最も小さい。この必要性は第3案、第2案の順に大きくなり第1案が最大である。
3. 第1案、第2案の場合には、サン・ペドロ側から朝のピーク時にコンセプションのピクトルラモス通り、またはチャカブコ通りに流入した交通は中心部に至るのに全て左折しなければならない。これは都心部の交通混雑を助長することになる。

## 第10章 最適橋梁形式の選定

### 10.1 概説

ビオビオ橋はチリ国でも最も長い橋の一つであり建設にかなりの費用を必要とする。このため最適構造形式の検討を行った。

橋梁架設地点の条件に相当と思われる、数種類の上部工、下部工及び基礎形式が検討され、それらの組み合わせについて検討を行った。最適構造形式は以下のような基本ガイドラインに沿って選定された：

1. 比較のための基本的な設計条件の検討
2. 建設現場に最も相当と思われる4形式の比較検討対象橋梁の選出。
3. 比較案4形式の上部工、下部工の概略設計と数量計算。
4. 上記の結果を用いて上部工、下部工の工費積算を実施。
5. 階級分析手法を用いて、最も有利または望ましい橋梁形式の選定。

### 10.2 基礎工に関する洗掘の影響

ビオビオ河の河床調査の一つに河床より4.5 mの洗掘記録がある。このため河床より6 mまで洗掘の可能性があると予測した。このため基礎の底面は河床より9 mの所に設定した。

### 10.3 上部工の支間

日本の河川構造令から計算すると最低支間は75 m位になる。しかしながらチリでは台風、集中豪雨等による急激な増水等が無いなど、自然条件が異なるため、日本の基準をそのまま適用することはできない。このため新橋建設地点より下流に建設されているファンパブロ橋と鉄道橋の支間割を考慮して新橋の最低支間長は35 mとした。また新橋の最大支間は以下の理由により65 mとした。

1. 建設予定地の地盤条件は基礎にとって良好と考えられるため、基礎工事に必要な工費は上部工と比較すると少なくなる。このため橋梁の全工費は上部工の工費に影響される、この場合上部工の支間が短ければ短いほど工費は小さくなる。
2. 橋梁の支間が60 mを越えると橋梁の形式に特殊な検討が必要となってくる。長い支間は高い桁高を要する、そしてこれは建設現場の条件に相当でなく、またより複雑な構造を必要とする。
3. アプローチ部の工費を低く抑えるためには、アプローチ部の長さを短くする必要がある。このためには橋梁の両岸における計画高さは極力低く計画する必要がある。しかしながら上部工の支間が長くなると桁高が高くなり計画高が高くなる。



## 10.4 比較設計の対象となる橋梁形式

### (1) 上部工形式

最適橋梁形式を決定するために以下の4形式の比較対象橋梁を選定した。

1. 単純ポストテンション方式I型桁橋 (図10-1)
2. 連続鋼板桁橋 (図10-2)
3. 連続ポストテンション方式穴明き床板橋 (図10-3)
4. 連続ポストテンション方式箱桁橋 (図10-4)

### (2) 下部工と基礎工形式

#### 1. 基礎工形式

地質調査、水文調査の結果基礎の底面は河床から9mと推定できる。このためケーソン基礎、または直接基礎がこの深さの基礎には適当と考えられる。

#### 2. 下部工形式

本調査では以下の2形式を検討対象とした

1. 逆T式橋脚 (図10-2)
2. 壁式橋脚 (図10-3)

## 10.5 最適橋梁形式の選定

最適橋梁形式は工事費のみによって決定されるものではなく、さまざまな他の要素を考慮に入れて決定される。本調査で最適橋梁形式選定の評価項目として用いたのは、建設費用、建設期間、建設のしやすさ、美観、維持管理の容易さ、耐震性を考慮した。

本調査ではこれらの評価項目を用い、階級分析手法 (Analytic Hierachy Process (AHP)) を利用して最適橋梁形式の選定を行った。AHPは優先順位を数値的なデータを用いて決定できるよう開発された手法である。AHPによる優先度は次のような段階を経て決定される：

- |      |   |
|------|---|
| 第1段階 | 橋梁の優先度を定める為の評価項目を決定する                                     |
| 第2段階 | 評価項目間の相対的な比較評価を行い、評価項目の重要度を決定する。                          |
| 第3段階 | 評価項目の重要度、比較対象物の各評価項目に対する重要度の組み合わせ評価マトリックスを用いて最終優先順位を決定する。 |

以上のような検討の結果、調査団は支間35m、連続ポストテンション方式穴明き床板橋を提案する。

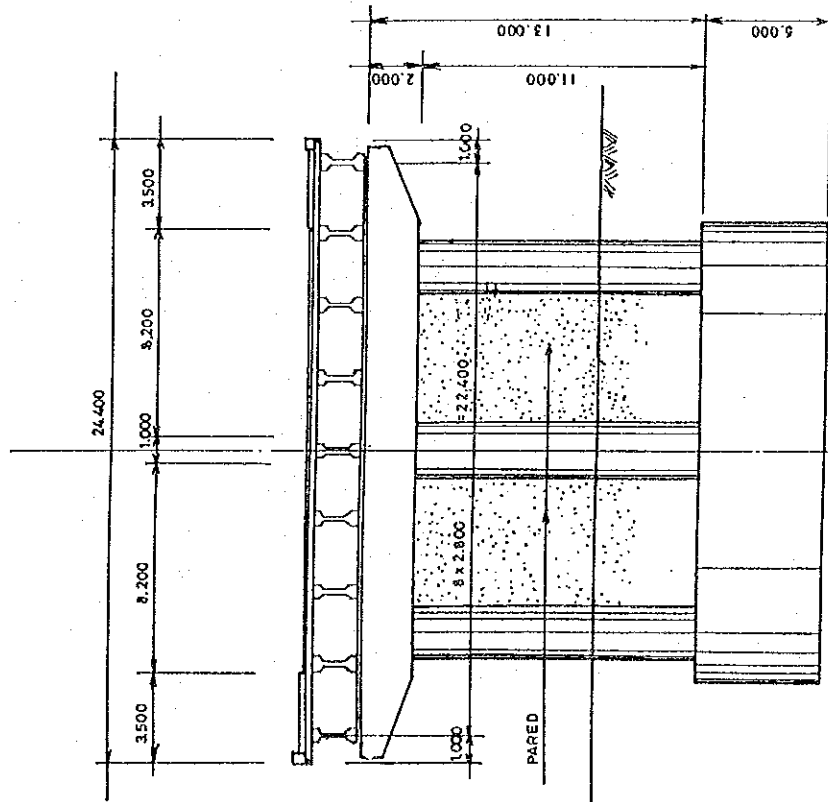


図10-1 単純ポストテンション方式I型桁橋

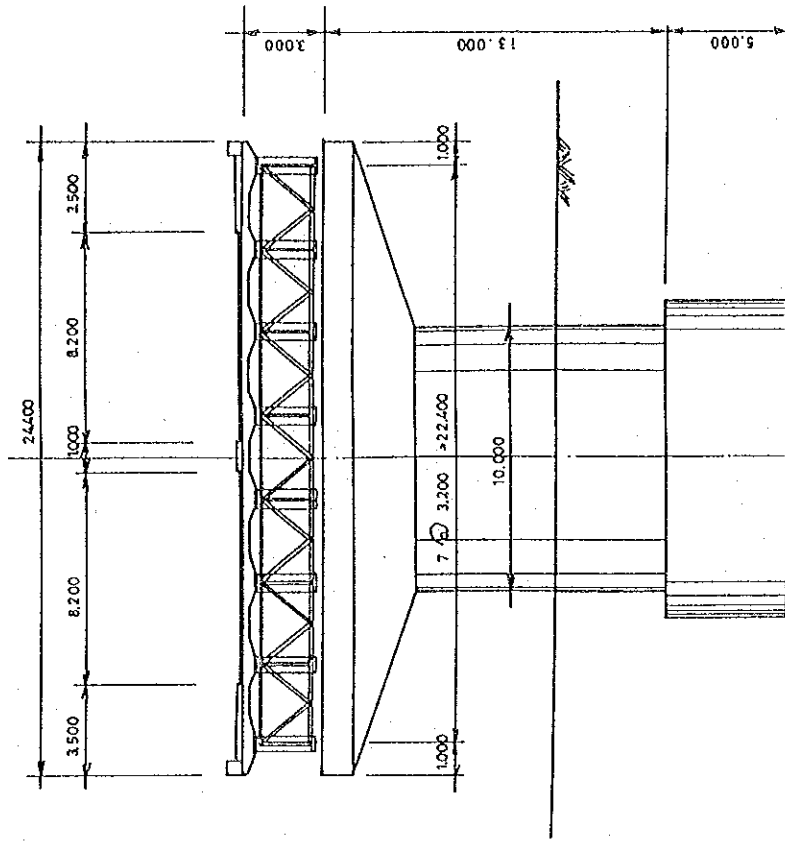


図10-2 連続鋼板桁橋



## 第11章 最適案の予備設計

### 11.1 橋梁形式

比較検討の結果河川上に建設される橋梁に選定された橋梁の諸元を表11-1に示す。

表11-1 河川上の橋梁諸元

橋長	6 x 8 x 35 m + 5 x 35 m = 185,500 m
幅員	歩道 3.5 m x 2 車道 8.2 m x 2 中央分離帯 1.0 m
橋梁上部工形式	連続ポストテンション方式穴明き床版橋
下部工形式	壁式橋脚、逆T式橋台
基礎形式	オープンケーソン基礎
設計活荷重	AASHTO HS20-44 (20%割り増し)相当
下部工設計震度	Kh = 0.15
支間・径間数	主径間 35 m 最大 8 径間連続

注) 構造については 図11-1、11-2及び11-3を参照のこと。

#### (1) 上部構造

調査団は、ピオピオ川架橋部分の構造として連続ポストテンション方式穴明き床版橋を提案した。このタイプの橋は移動支保工を使用することによって経済的に建設可能であるが。しかしながらこの方法はフライオーバーの箇所には短かすぎて適用できない。従って鉄道とペドロ・アギレ・セルダ通りをフライオーバーする区間には簡単なポストテンション方式I型桁橋を使用するのが妥当であると考えられる。

ピオピオ川に架かるポストテンション方式穴明き床版橋の支間の数は、8ないし10としゴム支承によって支持することを提案する。このシステムを使うことによって、地震の場合、上部構造からの反力をゴム支承を通して下部構造に一様に分布させることができる。

#### (2) 下部構造

ピオピオ川を渡る橋の部分の下部構造としては、ケーソンの基礎に支持された壁式橋脚を提案した。細身の柱と小さなケーソンは建設費を節約するとともに、美的視点からも良い効果を持つ。フライオーバーの部分には経済性の観点からラーメン形式の橋脚を提案する。

### 11.2 暫定的建設スケジュール

移動支保工を用いた暫定的な建設スケジュールを図11-4に示す。

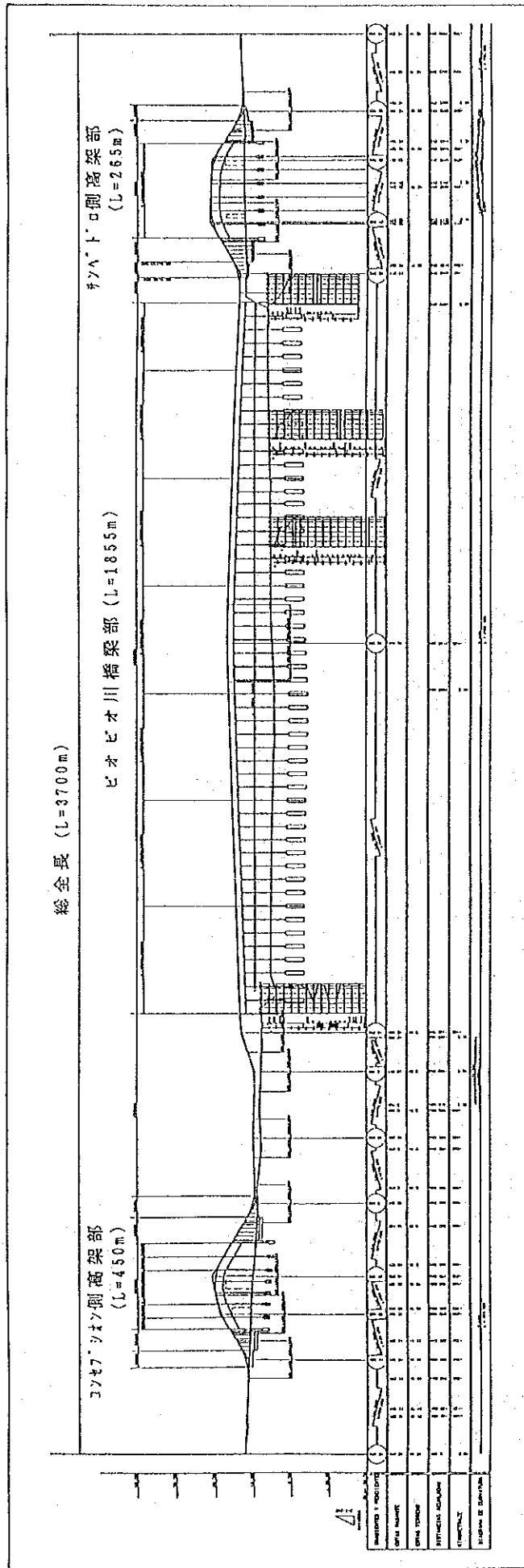


図11-1-1 新ビオビオ橋縦断面図



年 月	1年次			2年次			3年次			留意点
	1	6	12	1	6	12	1	6	12	
1. ビオビオ橋										
準備/清掃	■									
河道変更	■				■					
仮設道路	■				■					2チーム
下部工	■				■					築設機2台
上部工					■					
付属物					■					
護岸工事					■					
2. コンセプション側										
下部工					■					
P.C桁製造					■					
桁張り出し					■					エレクションガ-ダ-
床板工					■					
擁壁工					■					
アクセスロード					■					
3. サンパドロ側										
下部工	■									
P.C桁製造	■									
桁張り出し	■									エレクションガ-ダ-
床板工	■									
擁壁工	■									
アクセスロード	■									

図 1 1 - 4 建設工程

## 12章 プロジェクトコストの積算

プロジェクトコストは表12-1に示すとおりである。総額 284億 7,600ペソ（1993年12月末の為替レート1ドル=431.04ペソを用いて換算すると6,607万米ドル）となる。このうち、内貨分、外貨分の内訳は次のとおりである。

内貨分 209億8,900万ペソ  
外貨分 1,737万米ドル

表12-1 ビオビオ新橋の建設費

(1,000ペソ、1,000ドル)

費目	外貨分 (1,000ドル)	内貨分 (1,000ペソ)	合計 (x 1,000)	
			ドル換算	ペソ換算
1 新ビオビオ橋 水路変更 仮設道路 下部構造 上部構造 付帯施設 築堤	956.5 1.2 1,694.5 5,599.4 437.6 10.3	142,448.0 4,917.2 3,073,628.4 4,782,817.0 848,669.9 15,693.0	1,287.0 12.6 8,825.8 16,696.4 2,406.7 46.8	554,690.9 5,433.1 3,803,940.7 7,196,163.9 1,037,272.2 20,149.5
小計	8,699.5	8,868,173.5	29,275.3	12,617,650.3
2 ジョイント側アプローチ 下部構造 P.C.桁 P.C.桁据付け 床版 擁壁 取付道路(925m)	71.1 190.0 5.7 82.7 51.3 471.6	181,408.6 291,723.5 74,912.6 212,937.7 126,505.1 561,333.2	492.0 856.8 179.5 576.7 344.8 1,774.0	212,043.7 373,609.3 77,375.5 248,576.3 148,612.3 764,601.1
小計	872.4	1,488,820.7	4,233.9	1,824,818.2
3 サイド側アプローチ 下部構造 P.C.桁 P.C.桁据付け 床版 擁壁 取付道路(925m)	71.1 220.8 6.1 86.7 47.3 391.8	181,408.6 310,032.2 79,358.9 234,041.6 116,773.9 466,338.4	492.0 940.1 190.2 629.8 318.3 1,473.8	212,043.7 405,194.5 81,979.8 271,427.1 137,180.6 635,207.1
小計	823.8	1,387,953.6	4,044.2	1,743,032.7
4 直接建設費計	10,359.7	11,704,947.8	37,553.4	16,185,501.2
5 一般管理費	2,079.1	2,340,989.6	7,510.7	3,237,100.2
6 建設費計	12,474.9	14,045,937.4	45,064.0	19,422,601.5
7 技術費	998.0	1,123,675.0	3,605.1	1,553,808.1
8 予備費	1,247.5	1,404,593.7	4,506.4	1,942,260.1
9 税	2,679.7	2,983,357.1	9,571.6	4,125,360.6
10 用地費	0.0	1,432,288.0	3,323.2	1,432,288.0
11 プロジェクトコスト合計	17,370.0	20,989,851.2	66,070.3	28,476,318.3

注：1994年価格、交換レートは1ドル=431ペソを使用





## 13章 経済評価

### 13.1 評価の前提と方法

#### (1) 評価の前提条件

##### 1. 予測の期間

交通量の予測は新橋の供用開始年度と想定されている1999年と予測可能の限界と目される2010年の2時点に対して行われた。従って、プロジェクトの便益もまたこれらの2時点に対して推計されその結果に基づいて、2000～2009年は補間し、2010年以降は2019年まで外挿された。

##### 2. 分析対象とした交通

交通量配分で用いたOD表は調査地域内で運行されている全車両の車種別OD表である。従って推計された便益には渡河交通が受ける便益だけでなく、ピオピオ川を渡らない交通の、渡河交通によって影響される走行費用の影響分も含まれている。

##### 3. 道路網

交通配分で用いた道路網は現況道路網に次の修正を加えたものである。(a)ピオピオ旧橋の閉鎖、(b)コスタネラ道路の開通、(c)ロスカレラ通りとプラット通りの拡巾改良。その他の道路プロジェクトは小規模であるかまたは渡河交通に影響しないと考えられるので無視した。

#### (2) 評価の手順

道路や橋梁の経済評価はいわゆる「費用便益分析」を通じて行われる。プロジェクトの実施によって発生する費用と便益は経済価格で計量される。

コストから全ての移転費用(税や補助金)は除外される。また財務費用を経済費用(社会的費用)に変換するために、労務費に対して潜在賃率が、外貨分に対して潜在為替レートが適用される。便益は旅行時間と自動車走行費の節減である。

プロジェクトの経済的便益としては、最も直接的な便益である旅行時間の節減便益と自動車走行費用の節減便益のみをとりあげ、沿道開発便益等の間接便益は対象外とした。

1996年から2020年に至る各年の費用と便益が推計されるとそれらを用いてプロジェクトの内部収益率(IRR)、純現在価値(NPV)、費用便益費(B/C)などの評価費用が計算される。

### 13.2 評価結果

基本ケースにおける道路網の条件は次の通りである。

1. 災害を防止するためにピオピオ旧橋は新橋が開通する1999年に閉鎖される。
2. コスタネラ通りは1999年までに開通する。
3. ロスカレラ通りとプラット通りの拡市改良は1999年以前に完了する。
4. その他の道路条件は現在のままとする。

これらの条件のもとで、車種別、ピーク・オフピーク時、プロジェクトの有無の全ての組み合わせに対して、1999年と2010年の交通配分が行われ、これら2時点の便益が推計された。NPVとB/Cの計算に際して、社会的割引率は現在チリで一般的に採用されている12%を用いた。

表13-1 ピオピオ新橋プロジェクトの費用と便益

(百万ペソ)

年次	キャッシュフロー (百万ペソ)			割引 キャッシュフロー (12%)
	費用	便益	便益-費用	
1 1996	5,733.5		-5,733.5	-5,733.5
2 1997	8,614.7		-8,614.7	-7,691.7
3 1998	6,654.6		-6,654.6	-5,305.0
4 1999	71.7	3,259.4	3,187.7	2,268.9
5 2000	71.7	3,752.6	3,680.9	2,339.3
6 2001	71.7	4,245.8	4,174.1	2,368.5
7 2002	71.7	4,739.0	4,667.3	2,364.6
8 2003	71.7	5,232.2	5,160.5	2,334.3
9 2004	71.7	5,725.4	5,653.7	2,283.4
10 2005	71.7	6,218.6	6,146.9	2,216.6
11 2006	71.7	6,711.9	6,640.1	2,137.9
12 2007	71.7	7,205.1	7,133.3	2,050.7
13 2008	71.7	7,698.3	7,626.5	1,957.5
14 2009	71.7	8,191.5	8,119.7	1,860.8
15 2010	71.7	8,684.7	8,612.9	1,762.4
16 2011	71.7	9,177.9	9,106.1	1,663.7
17 2012	71.7	9,671.1	9,599.4	1,565.9
18 2013	71.7	10,164.3	10,092.6	1,469.9
19 2014	71.7	10,657.5	10,585.8	1,376.6
20 2015	71.7	11,150.7	11,079.0	1,286.3
21 2016	71.7	11,643.9	11,572.2	1,199.7
22 2017	71.7	12,137.1	12,065.4	1,116.8
23 2018	71.7	12,630.3	12,558.6	1,037.9
24 2019	71.7	13,123.5	13,051.8	963.1
25 2020	-10,294.9		10,294.9	678.2
合計	12,214.5	172,020.9	159,806.5	19,572.8

プロジェクトの内部収益率は20.8%、費用便益比は2.04と高く、純現在価値は195.7億ペソと推計され、これらはいずれも新ピオピオ橋建設プロジェクトの高い経済性を保証している。

### 13.3 感度分析

道路網の条件、交通需要、費用と便益などの、不確かであるが評価結果に及ぼす影響の大きい要因に関して、感度分析を行った結果を表13-2に示す。

表13-2 感度分析

ケース		IRR (%)	NVP (百万円)	B/C
1	基本ケース	20.8	19,572.8	2.04
2	コスト通りが建設されない場合	33.7	55,414.5	3.96
3	旧橋が閉鎖されない場合	14.0	3,608.2	1.19
4	需要			
	20% 減	13.1	1,877.1	1.12
	10% 減	16.2	9,674.5	1.43
	10% 増	23.1	24,083.2	2.34
5	便益			
	20% 減	17.7	11,961.3	1.64
	50% 減	12.3	544.2	1.03
	時間評価値			
6	20% 減	18.6	16,034.2	1.72
	50% 減	15.2	6,503.9	1.21
7	費用			
	20% 増	18.3	15,740.3	1.70
	100% 増	12.1	410.1	1.01

### 13.4 最適投資年

工期3年間の各年投資額を金利12%の複利計算で供用開始年における総投資額を求めると26,314百万円となり、その12%は3,158百万円である。プロジェクトの実施によって期待できる年間便益が最初にこの額を越えるのは1999年(3,259百万円)であるので1999年が供用初年度となるように建設するのが経済的見地から最適である。すなわち最適着工年は1996年である。



## 14章 架橋関連プロジェクトの提案

新ビオビオ橋の建設は都市の交通流に変化をもたらすだけでなく、都市開発の側面にも大きな影響を及ぼすであろう。この影響はコスタネラ地区（ゾーン3）において最も顕著であると考えられる。従って、同地区の望ましい都市開発の姿と、新橋の建設効果を高めるための交通分散道路整備の方針を提言する。

### 14.1 ゾーン3（コスタネラ）の再開発計画案

#### （1）対象地区の現況

ゾーン3の土地利用現況は図14-1に示す通りである。現況のコスタネラ通り沿道の低密度住宅地と工住混合地は公有地を不法占拠して形成されたものであり、上水道、下水道、衛生設備などは整備されていない。この地区（不法占拠部分）に居住する世帯数は約1,000世帯である。

#### （2）開発目標と基本方針

ゾーン3の開発目標は、次のように要約される。すなわち「快適な都市空間と良好な自然環境を備えた、州全体を対象とする地域中心の創造」である。新しい地域中心の創造という目標に対して、開発基本方針の中核として、次のような4つの戦略を打ち出す。

1. インフラストラクチャの整備
2. 合理的な土地利用の実現
3. 機能的かつ安全な交通システムの導入
4. 都市中心としてふさわしい空間環境の創出

#### （3）開発フレーム

2010年におけるゾーン3の居住人口は15,000人、従業員人口は11,000人と想定する。

#### （4）土地利用の基本方針

州全体の地域中心として、当ゾーンの機能は、最も効率的かつ有効であるように、機能の特性によって次の3つの方法で組織化する。

1. 現在立地している場所を動かさずに改善するもの
2. ゾーン3の内部で再配置して改善するもの
3. 新たな機能としてゾーン3に新規導入するもの