

コロンビア国 ボゴタ市高速道路・バスレーン網建設計画調査

最終報告書（要約版）



JICA LIBRARY



平成11年6月

株式会社 長大
八千代エンジニアリング株式会社

JICA
705
61.4
SSF
BRARY

社調一
JR
99-108

国際協力事業団
コロンビア共和国
ボゴタ市

コロンビア国
ボゴタ市高速道路・バスレーン網
建設計画調査

最終報告書
(要約版)

平成 11 年 6 月

株式会社 長 大
八千代エンジニアリング株式会社



1152336(2)

工事費積算基準年月：1998年11月

通過単位：Peso（ペソ）

US\$ 1.00 = Peso\$ 1,580

US\$ 1.00 = ¥116

序 文

日本国政府は、コロンビア共和国政府の要請に基づき、同国のボゴタ市高速道路・バスレーン網建設計画調査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10年4月から平成11年3月までの間、3回にわたり株式会社 長大の都筑弘一氏を団長とし、同社及び八千代エンジニアリング株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

また、平成10年4月から平成11年3月の間茨城大学教授山形耕一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、コロンビア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11年6月

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

ここにコロンビア国ボゴタ市高速道路・バスレーン網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。

株式会社 長大及び八千代エンジニアリング株式会社で構成された私を団長とする調査団は、国際協力事業団との業務実施契約に基づき、1998年4月から1999年3月にかけてコロンビア国において現地調査、データの分析等を行い、高速道路建設プロジェクトと幹線バスシステム導入プロジェクトのフィジビリティ調査の作業を実施いたしました。

現地調査の結果は、コロンビア国ボゴタ市及びその他関連機関との十分な議論、検討がなされ、それに基づいて運輸・交通実態調査、交通特性及び交通関連施設等の現況分析、将来の需要予測、及び経済・財務分析等の業務を行い、本報告書として取りまとめました。

調査団を代表して、コロンビア国政府及びその他関連機関に対し、我々がコロンビア国滞在中に受けたご好意と惜しみないご協力に心からお礼申し上げます。

また、国際協力事業団、外務省、建設省、運輸省、在コロンビア日本大使館及び関係諸官庁に対しても現地調査及び報告書作成にあ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 11 年 6 月

コロンビア国

ボゴタ市高速道路・バスレーン網建設計画調査団

都筑 弘一

団長 都筑 弘一

調査の概要

1. 調査の背景

現在ボゴタ市は急激に増加する人口及び自動車保有台数の影響に伴い、市内の交通状況は悪化の一途を辿っている。この交通状況の悪化はボゴタ市の健全な都市活動を阻害していると共に、良好な都市環境の保全を困難にしている。また、ボゴタ市の公共交通機関は主にバス交通機関に依存しているが、このバス交通はバス系統路線網の中心地域への集中化による交通混雑、バス運営組織の脆弱性による無秩序な運行、バス車両内での治安の問題等改善すべき多くの課題を抱えている。

このような交通状況を改善する事がボゴタ市の重要な課題と認識し、ボゴタ市は日本政府に都市交通マスタープランの策定の技術協力を要請し、日本政府はこの要請に応え、国際協力事業団が1995年から2年間にわたりこの調査を実施した。また、ボゴタ市はマスタープランで提案されたプロジェクトの早期実現を強く望み、日本政府に対してボゴタ市高速道路・バスレーン網建設計画のフィジビリティ調査の技術協力を要請した。日本政府はコロンビア側の要請に応え、国際協力事業団は1998年4月から本調査を実施した。

2. 調査の目的

- 1) 内環状高速道路のフィジビリティ調査を実施すること。
- 2) 幹線バス道路のフィジビリティ調査を実施すること。
- 3) 調査期間を通してコロンビア側へ技術移転を行うこと。

3. 調査対象地域

調査対象地域はボゴタ市全域である。但し、内環状高速道路の計画地域は市街化中心地域であり、また幹線バス道路計画対象路線は既存道路6路線である。

4. 調査実施期間

1998年4月から現地調査が開始され1999年3月完了した。その後国内作業を行い1999年6月に最終報告書が完成した。

5. 調査の内容

調査の主な内容は以下のとおりである。

- 1) 資料の収集及びその分析
- 2) 環境、測量、地質調査等の各種自然条件調査の実施
- 3) 計画の基本方針・戦略及び設計条件の設定
- 4) 将来の交通需要予測
- 5) 内環状高速道路の概略設計
- 6) 幹線バス道路6路線の概略設計
- 7) 環境影響評価

- 8) 事業実施計画の策定
- 9) 経済・財務分析
- 10) プロジェクトの評価

6. 提案された計画内容

6.1. 内環状高速道路建設プロジェクト

提言された内環状高速道路建設プロジェクトの提案概要を表-1に示す。技術的、環境的、経済的観点から評価した結果、プロジェクトは実施可能である。

表 -1 内環状高速道路の提案概要

計画提案項目	提案内容	適用
道路の規格	自動車専用道路（有料道路）	
設計速度	60～80km/h	
計画交通量（2015年）	35,000～45,000pcu/d	
車線数	往復4車線	
道路構造	全線高架形式	
橋梁形式	PCコンクリート橋梁（標準スパン＝30m）	
道路総延長	16.6km	
事業費	638,587千ドル	
経済的內部収益率	14.7%	
財務的內部収益率	5.6%	

6.2. 幹線バス道路建設プロジェクト

幹線バスシステムは急行バス、幹線バス、及びバス優先レーン導入システムのバス道路施設構造の異なる3種類のバスシステムの導入を提案した。また、幹線バスシステムは既存道路を利用して導入され、その導入される既存道路は8路線である。これらのプロジェクトは技術的、環境的、経済的観点から評価した結果、実施可能なプロジェクトである。表-2に幹線バスシステムが導入される既存道路名、2005年時点の将来バス乗客需要、提案される運行システム、及び事業費等を示す。

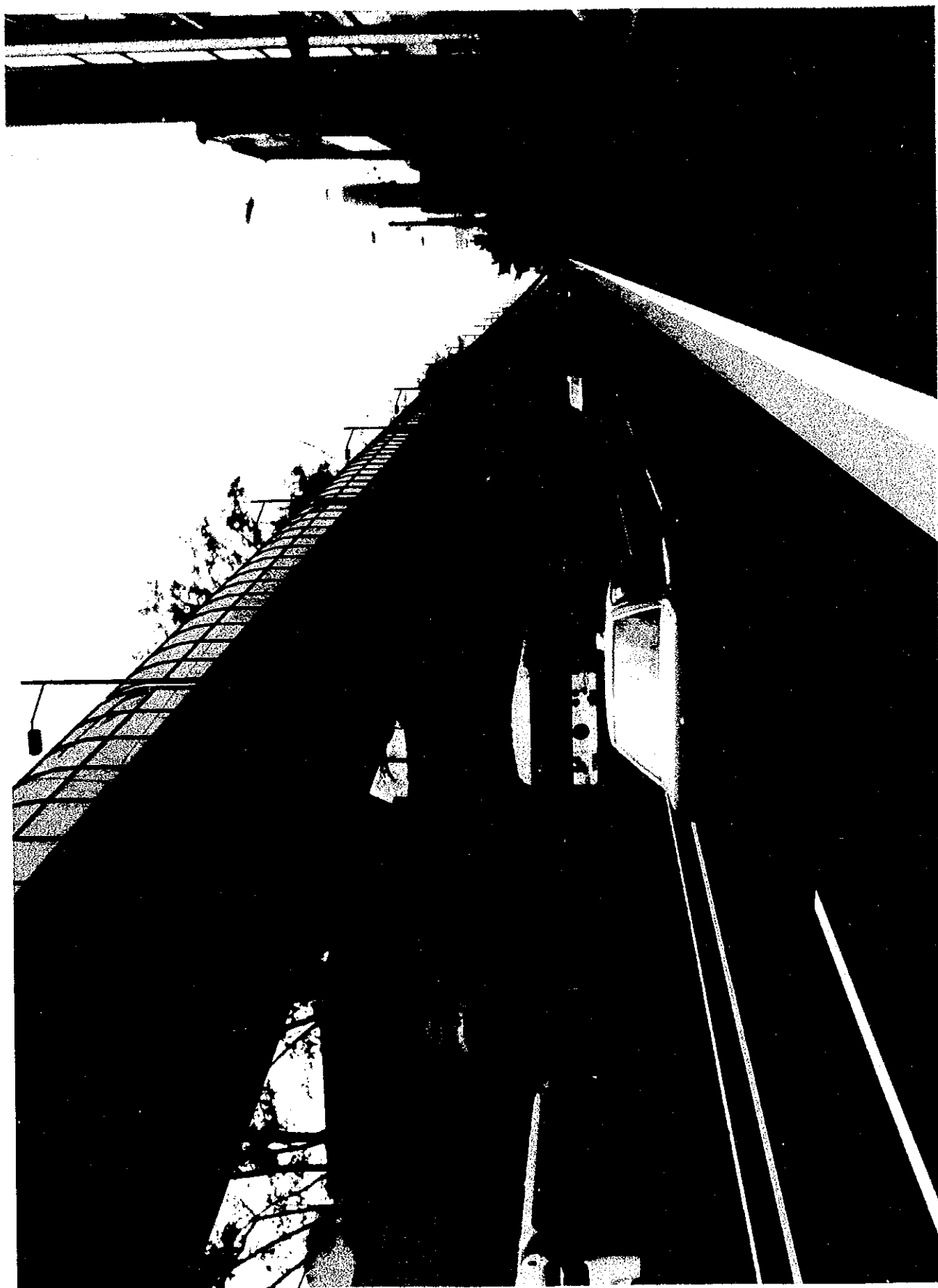
表 -2 バス路線毎の提案された幹線バスシステム

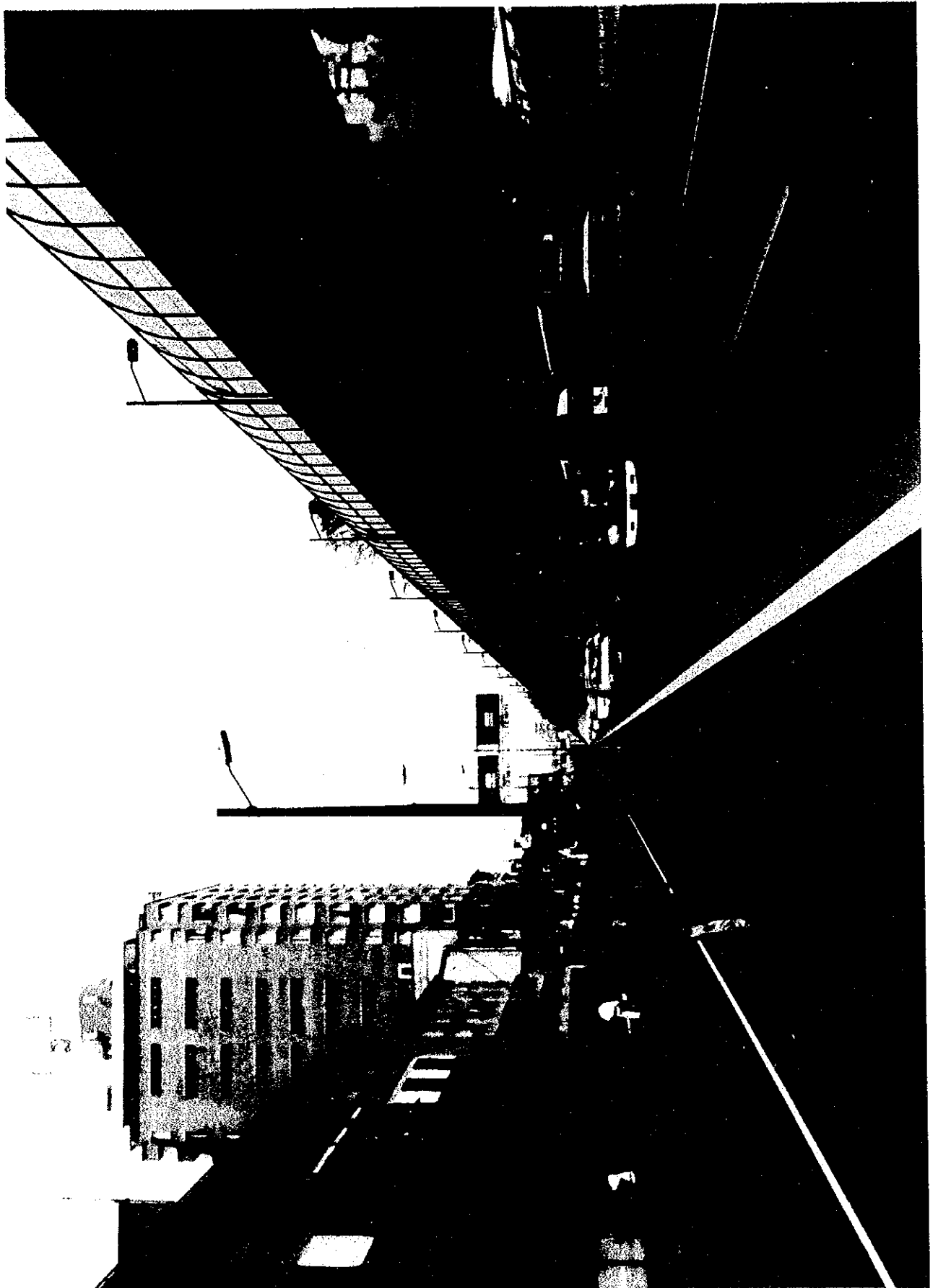
導入道路名 /提案項目	セプティ マ街路	キトー 街路	スール 道路	カラカス 街路	ノルテ 道路	スバ 街路	68番 街路	170番 街路
既存道路幅	40m	60m	60m	40m	100m	30m	40m	40m
バス利用者 の需要/時	21千人	23千人	29千人	34千人	23千人	20千人	17千人	12千人
バス運行シ ステム	バス優先 レーン	幹線バス	急行バス 幹線バス	急行バス 幹線バス	急行バス 幹線バス	バス優先 レーン	幹線バス	幹線バス
導入するバ ス車両	100人 乗り	100人	200人 100人	200人 100人	200人 100人	100人	100人	100人
バス道路の 車線数	往復 2車線	往復 2車線	急2車線 幹2車線	急2車線 幹2車線	急2車線 幹2車線	往復 2車線	往復 2車線	往復 2車線
バス道路の 形状	平面道路	平面道路	平面道路	高架道路 平面道路	平面道路	平面道路	平面道路	平面道路
主要交差点 の形状	平面交差	平面交差	立体交差 平面交差	立体交差 平面交差	平面交差	平面交差	平面交差	平面交差
道路延長	25km	16km	11km	17km	17km	15km	17km	5km
事業費(百万 ドル)	19	28	144	337	54	9	8	3

6.3. 環境に対する評価

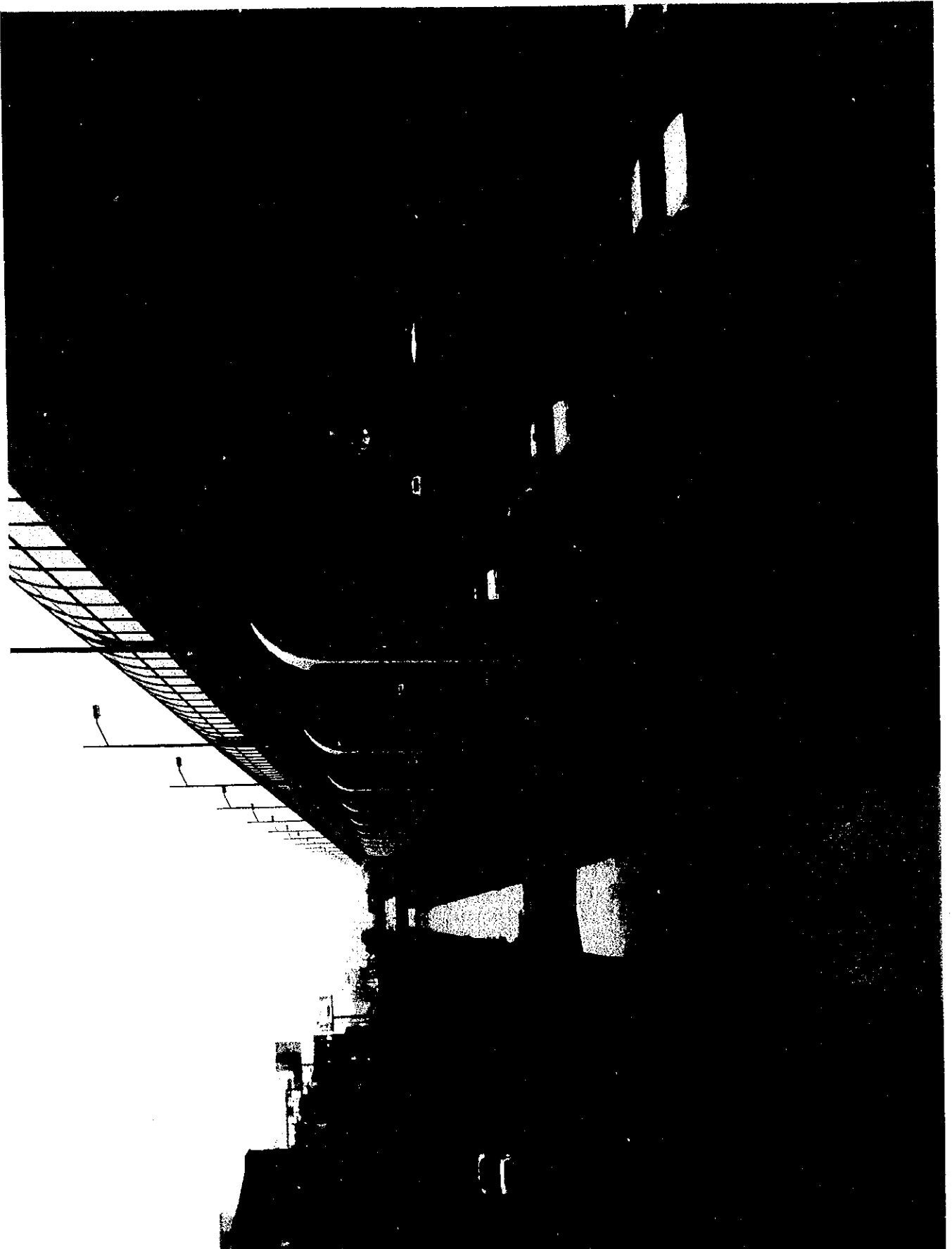
提案されたプロジェクトは既存道路の用地を利用して建設されるため、環境に与える影響は殆ど発生しない。しかし、騒音公害に対して多少影響が発生するため、高架橋梁に遮音壁を設置した。また、大気汚染に対しては現時点より緩和されるため、本プロジェクトは環境改善に貢献するものである。











目 次

1. 調査の概要	1
2. 調査対象地域の運輸交通現況	4
3. 幹線バスシステム導入計画	7
4. 内環状高速道路の計画	27
5. 事業費の算出	34
6. プロジェクトの実施計画と必要投資額	35
7. 環境影響評価（E I A）	39
8. 経済・財務評価	40
9. 提 言	46
調査実施関連者名簿	49

付表一覧表

表 2-1	カラカス街路及びノルテ道路の時間帯別交通量	4
表 3-1	2000年における幹線バス運行システム一覧表	13
表 3-2	2000年における幹線バスの運行頻度	13
表 3-3	2005年のバス乗客需要と運行システム一覧表	14
表 3-4	2005年の幹線バス運行スケジュールと頻度	15
表 3-5	郊外バスターミナルのバス台数、ブース数、及び必要面積	25
表 4-1	路線選定の各比較代替案の概要	29
表 5-1	各プロジェクトの事業費	34
表 8-1	幹線バス路線プロジェクトの経済費用（単位：百万米ドル）	40
表 8-2	幹線バス運営費	42
表 8-3	幹線バスシステムの乗客数と年間収入	42
表 8-4	バスターミナルに必要な投資額	43
表 8-5	バス利用台数とその収入	43
表 8-6	使用料別バスターミナルの内部収益率	44
表 9-1	提言された幹線バスシステムとバス車両	46
表 9-2	提言されたプロジェクトと幹線バス運行システム	47
表 9-3	提言した内環状高速道路の内容	48

付図一覧表

図 1-1	調査対象路線及び計画対象路線の位置図	2
図 1-2	調査全体業務のフローチャート	2
図 1-3	調査の組織図	3
図 2-1	カラカス街路及びノルテ道路の交通量の時間変動パターン	4
図 2-2	バス乗客の所得構成比	5
図 2-3	バス乗客のバス停留所での乗降実態結果	5
図 2-4	バス乗客の乗車時間状況	6
図 2-5	バス乗客のトリップ特性	6
図 3-1	幹線バスシステムの導入計画路線の位置図	8
図 3-2	2005年におけるバス乗客数配分結果	10
図 3-3	100人乗りバスと200人乗りバス車両の形状	12
図 3-4	幹線バス路線位置及びその諸施設の配置図	17
図 3-5	幹線バス路線と既存道路との関連図	18
図 3-6	ノルテ道路及びスール道路の幹線バス道路の標準横断構成	19
図 3-7	カラカス街路の幹線バス道路の横断構造図	20
図 3-8	カラカス街路の幹線バス道路のイメージ図	21
図 3-9	代表的なバスストップの構造	22
図 3-10	都市バスターミナルの平面計画図	23
図 3-11	都市バスターミナルのイメージ図	24

図 3-12	代表的な郊外バスターミナルの平面図	25
図 3-13	代表的な郊外バスターミナルのイメージ図	26
図 4-1	内環状高速道路の路線選定地域図	27
図 4-2	路線選定代替案の位置図	29
図 4-3	2015年の内環状高速道路と一般街路の交通量配分結果	30
図 4-4	内環状速道路の全体平面及び縦断図	31
図 4-5	内環状高速道路の標準横断面図	32
図 4-6	内環状高速道路の橋梁全体図	33
図 6-1	各プロジェクトの実施計画	35
図 7-1	カラカス街路に導入される高架橋梁の仰角図	39
図 8-1	各年次の経済便益	40
図 8-2	料金と内部収益率の関係	41
図 8-3	幹線バス路線の料金別収入の変化	43
図 8-4	財務内部収益率と料金の関係	45

1. 調査の概要

1.1. 調査の背景

1997年におけるコロンビア国の人口は約35百万人であり、その内ボゴタ市に居住する人口は約5.5百万人と推定されている。ボゴタ市の人口は市内での自然人口増加、及び全国各地やボゴタ市の周辺市町村等から流入する人口により急激な増加傾向を示している。この人口の影響及び自動車保有台数の急激な増加に伴い、ボゴタ市の交通状況は悪化の一途を辿り、健全な都市活動が阻害されている。この事は良好な都市環境の保全を困難としており、この交通問題が大きな社会問題を引き起こしている。

このような交通状況を改善する事がボゴタ市の重要な課題であると認識し、ボゴタ市はボゴタ市都市交通計画調査（都市交通マスタープラン）の実施を日本政府に要請した。日本政府はボゴタ市の要請に応え、国際協力事業団が1995年から1996年の2年間にわたりこの調査を実施した。また、ボゴタ市は都市交通マスタープランで提案されたプロジェクトの早期実現を強く望み、日本政府に対して都市交通マスタープランにおいて緊急度の高いプロジェクトとして提言された“高速道路及びバスレーン網建設計画”のF/S調査の実施を要請した。日本政府はコロンビア側の要請に応え1998年4月から1999年3月にかけて本調査を実施した。

1.2. 調査の目的

本調査の目的は以下に示す3項目である。

- 1) 内環状高速道路のF/S調査を実施すること。
- 2) 幹線バス道路のF/S調査を実施すること。
- 3) 調査期間を通し、コロンビア側に技術移転を行うこと。

1.3. 計画目標年次

本調査の計画目標年次は西暦2005年とする。

1.4. 計画対象路線

本調査の計画対象路線は6本の幹線バス路線と1本の内環状高速道路である。幹線バスシステムを導入する計画路線は以下に示す6路線の既存街路を対象とする。また内環状高速道路の計画対象地域はキトー街路の内側に発展している既存中心市街化地域を対象とする。これらの計画対象路線及び地域の位置を図1-1に示す。

- (1) 内環状高速道路1路線
- (2) 幹線バスシステム導入6路線
 - 1) セプティマ街路及び10番街路(21.4km)
 - 2) キトー街路及びスール道路(28.8km)
 - 3) 100番街路及び68番街路(15.9km)
 - 4) 170番街路(4.9km)
 - 5) スバ街路(5.4km)
 - 6) カラカス街路及びノルテ道路(37.5km)

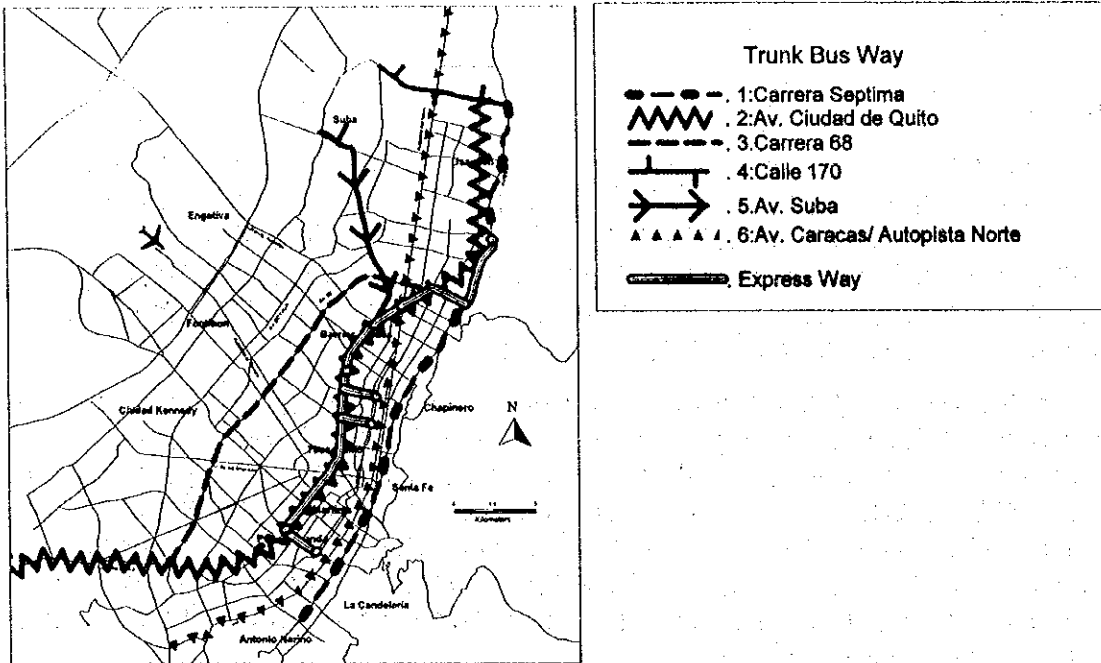


図 1-1 調査対象路線及び計画対象路線の位置図

1.5. 調査の内容

業務内容は調査特性から主に四つの調査項目に分類する事ができる。各調査項目及びその作業工程を図 1-2に示す。

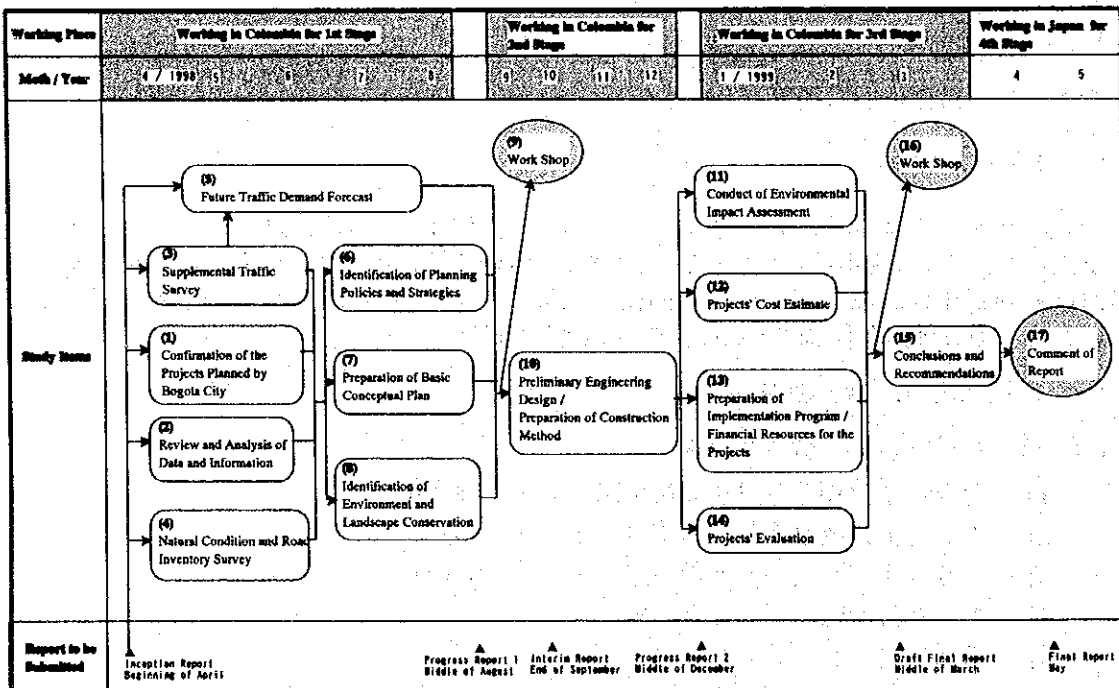


図 1-2 調査全体業務のフローチャート

1.6. 調査の組織

本調査の実施にあたり、国際協力事業団は都筑弘一氏を総括責任者とする調査団を編成すると共に、茨城大学教授山形耕一博士を委員長とする作業監理委員会を設立した。一方、コロンビア側はボゴタ市建設局の交通計画部長のグスタボ・カルデロン氏を長とするカウンターパートチームを編成すると共に、ボゴタ市の市長であるエンリケ・ペニャロッサ氏を議長とする運営委員会を設立した。運営委員会の構成員はボゴタ市の建設局、交通局、都市計画局、環境局、及び経済企画庁から構成されている。図 1-3に調査組織図を示す。

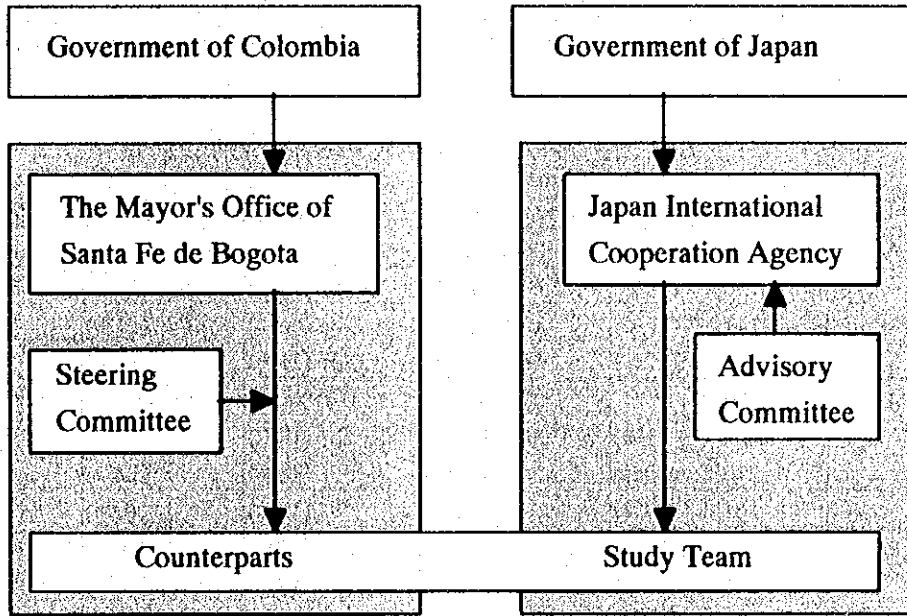


図 1-3 調査の組織図

2. 調査対象地域の運輸交通現況

2.1. カラカス街路及びノルテ道路の交通量とその時間変動

本調査において1998年に交通量観測調査を実施した。交通量観測は時間別、方向別、及び車種別に測定した。この内、カラカス街路及びノルテ道路の断面交通量を表 2-1に、交通量の時間変動パターンを図 2-1にそれぞれ示す。調査の結果、乗用車交通量の最大値は4,500台/時、及びバス交通量の最大値は700台/時から800台/時の交通量が観測された。大型車混入率は低く5%から6%であった。また、バス交通の朝ピーク時間帯は観測場所により多少異なるものの8時から9時の時間帯に発生しており、そのピーク率は約12%程度であった。

表 2-1 カラカス街路及びノルテ道路の時間帯別交通量

Direction	Location	Location 3	Loc. 4 (out)	Loc. 4 (center)	Loc. 9 (out)	Loc. 9 (center)
N -> S	Peak AM	7:00-8:00	6:00-7:00	6:00-7:00	9:00-10:00	11:00-12:00
	Car	2,159 (15%)	4,444 (13%)	1,046 (9%)	1,563 (11%)	0 (0%)
	Truck	147 (6%)	129 (4%)	48 (5%)	67 (13%)	0 (0%)
	Bus	219 (12%)	560 (8%)	145 (21%)	0 (0%)	755 (12%)
S -> N	Peak AM	8:00-9:00	11:00-12:00	9:00-10:00	10:00-11:00	8:00-9:00
	Car	1025 (7%)	3,367 (10%)	1,668 (10%)	1,271 (10%)	0 (0%)
	Truck	210 (10%)	356 (11%)	39 (8%)	50 (12%)	0 (0%)
	Bus	161 (9%)	834 (12%)	49 (12%)	0 (0%)	547 (10%)
N -> S	Peak PM	12:00-13:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	12:00-13:00
	Car	1046 (7%)	2,796 (8%)	1,024 (9%)	1,418 (10%)	0 (0%)
	Truck	275 (10%)	255 (9%)	77 (8%)	40 (8%)	0 (0%)
	Bus	149 (8%)	395 (6%)	51 (7%)	0 (0%)	608 (10%)
S -> N	Peak PM	15:00-16:00	17:00-18:00	15:00-16:00	17:00-18:00	17:00-18:00
	Car	1396 (10%)	4,793 (14%)	1,806 (11%)	1,244 (9%)	0 (0%)
	Truck	202 (10%)	277 (8%)	107 (23%)	25 (6%)	0 (0%)
	Bus	108 (6%)	260 (4%)	32 (8%)	0 (0%)	502 (10%)

注：カッコ内の数値は12時間交通量に対するピーク率を示す。

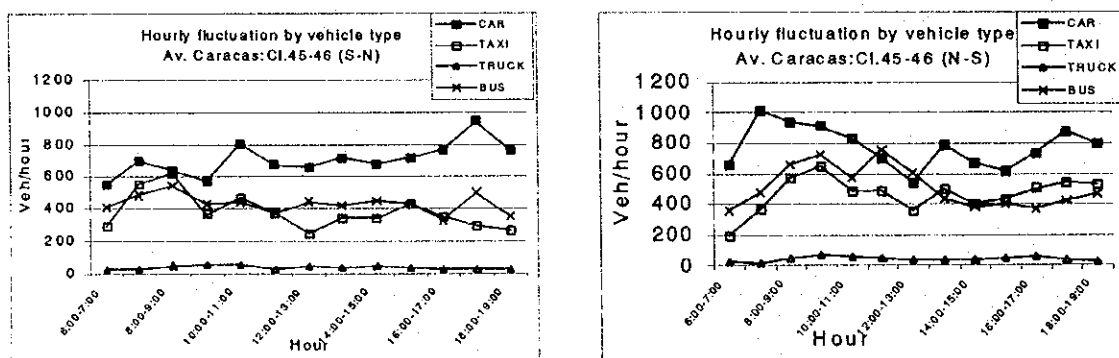


図 2-1 カラカス街路及びノルテ道路の交通量の時間変動パターン

2.2. バス乗客の所得特性

本調査で実施したバス利用乗客実態調査をもとに、バスを利用する乗客の所得構成を分析し、その結果を図 2-2に示す。バス利用者の殆どが低所得者層で占められており、バス利用者の約90%に当たる乗客の所得は623,999 ペソ/月（395ドル/月）以下であった。彼らの所得はボゴタ市民の最低所得層から2番目に低い所得層に属していた。なお、ボゴタ市の最低保障賃金は210,000 ペソ/月（約133ドル/月）である。

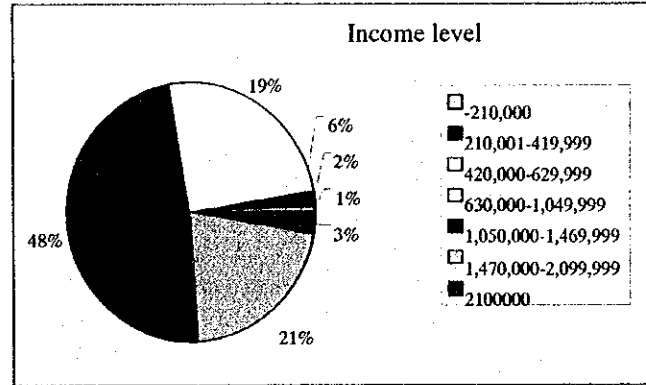


図 2-2 バス乗客の所得構成比

2.3. バス乗客の乗降実態

カラカス街路及びノルテ道路に設置されている各バス停留所での乗降客数を調べた結果を図 2-3に示す。横軸は交差する道路 (Calle) を示す。朝のピーク時には、南から北に向かうバスは始発のターミナルで約60名の乗客が乗り込み、セントロに近づくにつれ、乗客が降り始める。このバスの定員が約40-45席であることを考えると、15-20人程度の乗客が立っていることになる。バス停留所での平均乗降者数は約4名程度であり、Calle70-85 辺りで降り客が多くなっている。

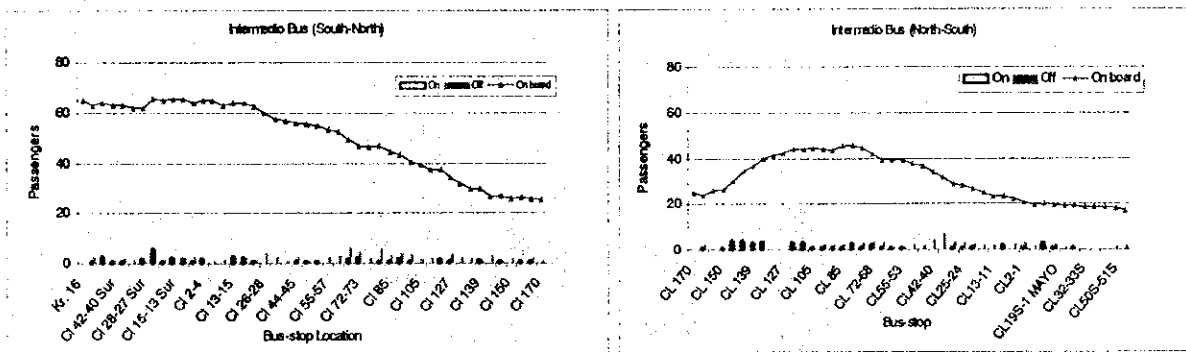


図 2-3 バス乗客のバス停留所での乗降実態結果

2.4. バス乗客の乗車時間

図 2-4はバス乗客の乗車時間の分布を示したものである。バス利用者の約30%の乗客は40分から60分乗車しており、この数値が最も高いパーセントを示している。次に高いパーセントを示す乗客の乗車時間は60分から90分で全体の27%であり、比較的長時間バスに乗車している事が分かる。また、40分以下及び90分以上の乗車時間である乗客の比率はそれぞれ23%及び11%である。また全体の乗客の平均バス乗車時間は約50分程度である。

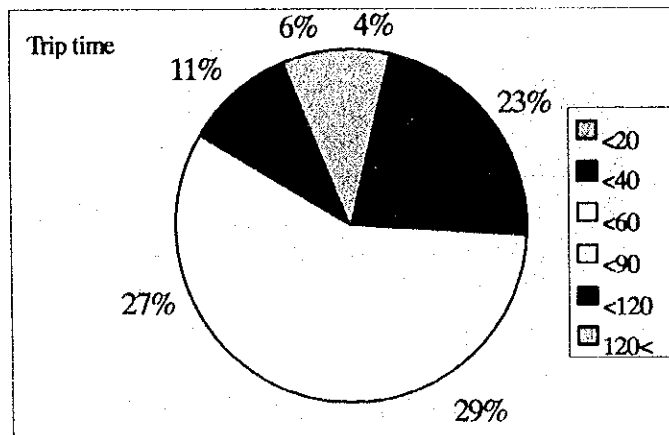


図 2-4 バス乗客の乗車時間状況

2.5. バス乗客のトリップ特性

バス乗客ヒアリング調査の結果を図 2-5に示す。この調査によれば、朝のピーク時間帯のバス利用者の目的は50%以上が通勤トリップであり、夕方のピーク時間帯のバス利用の目的は朝と同様50%以上が帰宅トリップである。これらの状況から、公共交通機関、即ちバス交通機関は主に低所得者層の通勤目的に利用されている。

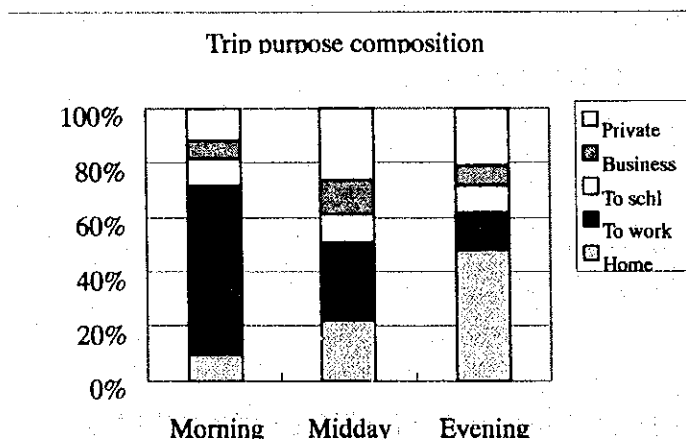


図 2-5 バス乗客のトリップ特性

3. 幹線バスシステム導入計画

3.1. 計画方針とその戦略

(1) バスシステム計画策定の基本方針

バス輸送機関は中量輸送機関として非常に効率的で効果的な交通手段である。既存道路の交通量が少ない場合、バス交通機関は一般道路を私的交通機関と共有して効率的に運行することができる。しかし、ポゴタ市の場合、一般道路の交通状況は激しい交通混雑を呈し、バスの健全なる運行の確保が困難な状態にある。現在の交通状況、道路施設、バス施設等の問題点、及びバス運行システムの改善すべき課題等を考慮し、以下に示す三項目をバスシステム計画策定の基本方針とした。

- 1) ある程度の速度と定時制走行を確保すること。
- 2) 経済的な運行システムを確立すること。
- 3) 実現性の高い公共輸送システムを構築すること。

(2) 計画策定の戦略

幹線バス導入計画の戦略は、既存のポゴタ市におけるバス交通機関の抱える問題点、及び改善すべき課題等を調査、検討した結果、以下の様に設定した。

- 1) 公共交通機関に対して優先的な政策を与えること。
- 2) 現在のバス料金レベルを維持すること。
- 3) 既存のバス運行会社に対し不利益を与えないこと。
- 4) 公共交通機関に投資するコストを最小にすること。

(3) 計画立案の条件

ポゴタ市は既に市議会で承認されたプロジェクト、或いは計画中のプロジェクト等多くの大規模プロジェクトを抱えている。それらの具体的なプロジェクトは鉄道建設プロジェクト、公共交通整備プロジェクト、及び幹線道路整備プロジェクト等である。本調査の計画はこれらの大規模プロジェクトとの計画内容、実施時期等との整合が非常に重要なこととなる。ポゴタ市側と協議を重ねた結果、ポゴタ市が進めている大規模プロジェクトの実施状況を以下のように設定し、この大規模プロジェクト実施予定を本調査の計画条件とした。

- | | | |
|-------------------|-----------|-----------|
| 1) 鉄道建設計画 | (フェーズ・1): | 2005年開通 |
| | (フェーズ・2): | 2010年開通 |
| 2) 高速道路: | | 2005年建設完了 |
| 3) 市外郭環状道路(有料道路): | | 2000年建設完了 |
| 4) ポヤカ街路延伸道路: | | 2000年建設完了 |

(4) 計画実施の方針

現在のバス路線はポゴタ市交通局の管轄下において約860バス路線が運行されている。バスの運行はバス会社、バス組合、及び個人企業等非常に複雑な組織で行なわれている。これらの複雑な現行バスの組織状況を考慮すると、短期間に大幅な現行バス運行システムを改善する事は非常に困難であると考えられる。本調査で提案する幹線バスシステムの導入を容易に実行可能にする為、計画の基本方針は現行のバス運行システムを段階的に改善することとした。

3.2. 幹線バスシステムを導入する既存道路

本調査では、図 3-1に示す様に 11 既存道路を利用して幹線バスシステムを導入する計画を策定するものである。但し、幹線バス道路の概略設計はS/Wに従い前述した 6 路線について行った。

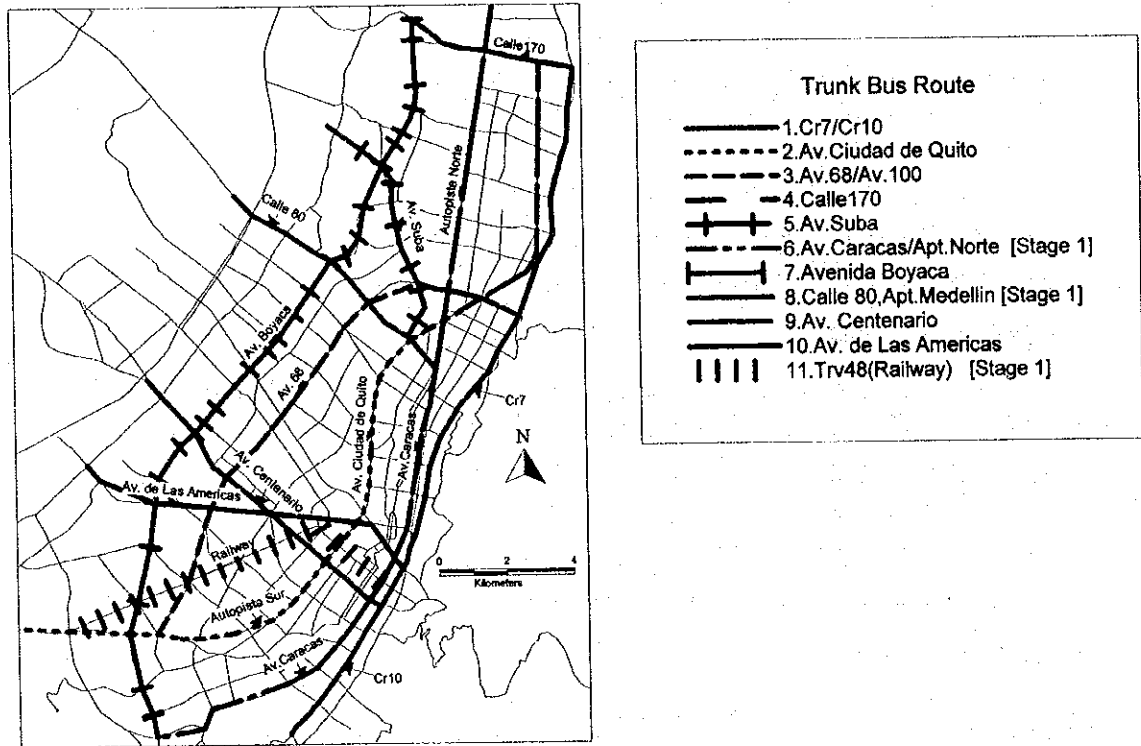


図 3-1 幹線バスシステムの導入計画路線の位置図

3.3. 幹線バスシステム導入の定義

幹線バスシステムはバス道路施設構造の異なる三つのシステム、即ち“急行バスシステム”、“幹線バスシステム”、及び“バス優先レーンの導入”を提案する。これらのシステム導入のコンセプトを以下に述べる。

(1) 急行バスシステム導入のコンセプト

- 1) 急行バスの運行速度は少なくとも 30 km/h 以上を確保する。
- 2) 急行バスはバス需要が非常に多い既存道路（概ね 20,000 以上人/時間/方向）に導入する。
- 3) 急行バスは私的交通機関の通行帯と完全分離され、原則的に既存道路の中央部に建設する。
- 4) 急行バス路線は私的交通機関の通行帯と区別する為、カラー舗装を施す。
- 5) 急行バス路線上の主要交差点は全て立体交差点とする。
- 6) 急行バスのバス停留所間隔は 1 km 或いは 1.5 km 間隔とする。

7) 急行バスシステムを運行する車両は2両連結の200人乗りとする。

(2) 幹線バスシステム導入のコンセプト

- 1) 幹線バスの運行速度は20 km/hから25 km/hを確保する。
- 2) 幹線バスは比較的需要が多い既存道路に導入する。
- 3) 幹線バス路線は基本的に既存道路の中央車線を利用し建設し、私的交通機関の通行帯と分離する。
- 4) 幹線バス路線は私的交通機関の通行帯と区別する為、カラー舗装する。
- 5) 幹線バス路線上の主要交差点は平面交差点とする。
- 6) バス停留所間隔は500mから600mとする。
- 7) 幹線バスシステムを運行する車両は100人乗りとする。

(3) バス優先レーンの導入のコンセプト

- 1) 優先レーンの運行速度は20 km/hから25 km/hを確保する。
- 2) 優先レーンはバス需要が比較的少ない既存道路、或いは需要が多くても既存道路施設に幹線バスシステムを導入する道路空間に余裕がない既存道路に導入する。
- 3) 優先レーンは既存の道路の右端車線を利用して導入する。
- 4) バス停留所は基本的に既存のバス停留所が利用される。
- 5) 優先レーンは一般道路と区別するため、カラー舗装を施す。
- 6) 基本的には既存道路の施設構造の大幅な改良は行わない。

3.4. 将来のバス利用者需要予測

1995年から1996年にかけて国際事業団が実施した都市交通マスタープラン調査で行った需要予測結果をもとに、2000年及び2005年時点での将来バス利用者の需要を推定した。幹線バス系統路線計画は基本案として2案の代替案を作成した。代替案1は隣り合うバスターミナル間のみを運行するバス系統路線案（15バス系統で構成されるバス路線計画）であり、第2案は複数のバスターミナル間を運行するバス系統路線案（32バス系統で構成されるバス路線計画）である。これらの基本案をもとに数種類のバス路線網を設定し、種々の比較検討を行い、最適バス系統路線を設定した。

将来のバス利用需要量はそれぞれの代替案毎のバス系統路線上にバストランジット配分法で需要量の予測を行い、各区間でのバス利用者数、バス乗り換え回数、及び平均バス乗車時間等を検討した。その結果、第2案のバス系統路線が最適案として選択された。図3-2に選定された代替案の幹線バス系統路線網上に将来需要量を配分した結果を示す。配分結果の数値は一方方向、ピーク1時間当たりのバス利用者数である。また、これらの結果から以下のことが明らかになった。

- 1) 主要幹線道路であるカラカス街路、80番街路、センテナリオ街路、10番街路、ボヤカ街路、及びスール道路でのバス乗客需要量はそれぞれ20,000人/時/方向を超えている。
- 2) 特に、カラカス街路での需要は非常に多く30,000人から35,000人と推定され、また、80番街路はカラカス街路より多く40,000人から45,000人と予測される。
- 3) 朝の1時間当たりのバス需要量は、上り方向と下り方向においてどの路線においても著しい相違があり、上り方向の需要が圧倒的に多くなっている。

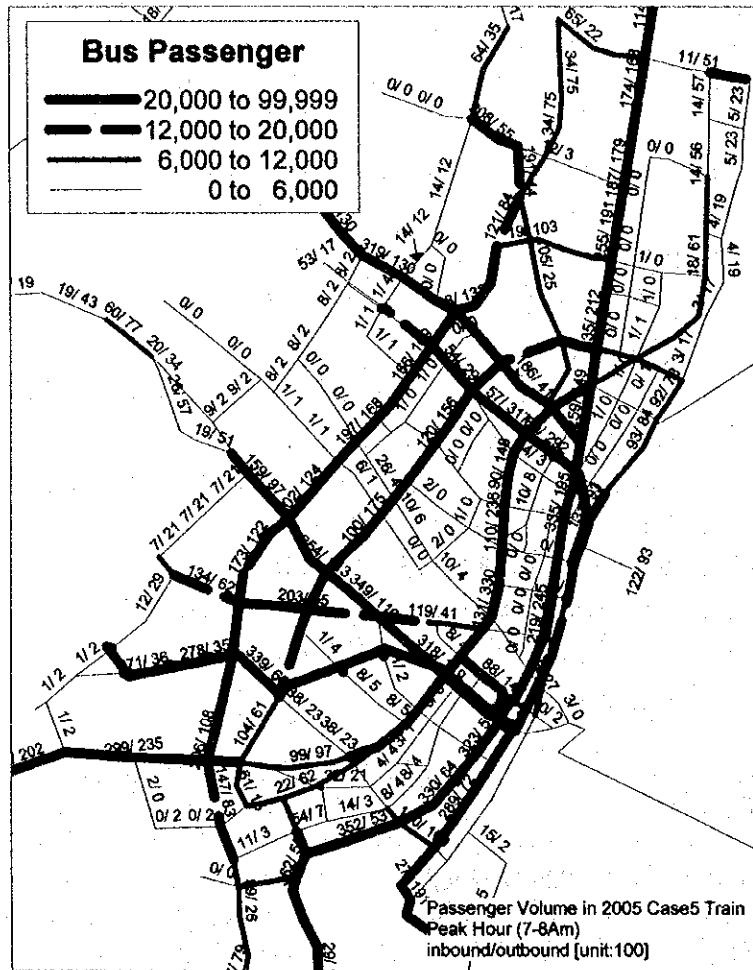


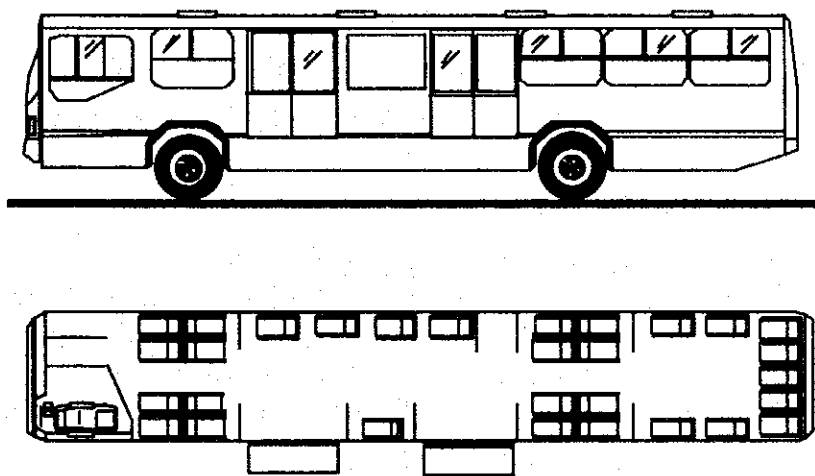
図 3-2 2005年におけるバス乗客数配分結果

3.5. 幹線バスのバス車両

ポゴタ市の公共交通機関は現在バス交通がその大半を担っており、バス交通機関の利用率は非常に高く、バス交通で幹線道路の交通混雑が発生しており、特に朝・夕のピーク時間帯の交通混雑は激しい。そのため本調査ではポゴタ市に新しい幹線バスシステムを導入する場合、大型バスの導入を提案した。大型バスを導入した場合の利点を以下に述べる。

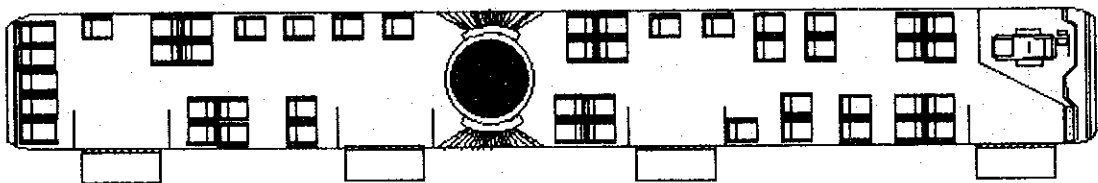
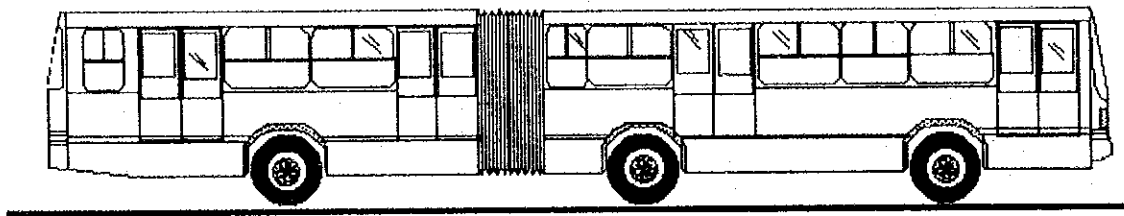
- 1) 一台当たりの運行経費を削減することができる。
- 2) 乗客輸送人数を増加出来る。また、一般道路の交通渋滞の改善につながると共に、バスサービスの向上に貢献できる。
- 3) バス運行台数が減少できるため、配車計画が簡素化される。
- 4) バスの乗り心地の改善に繋がる。
- 5) 交通混雑を緩和し、円滑な交通流を確保する事に貢献する。

本調査では100人乗りのバス車両を幹線バスシステムに、また、200人乗り（2両連結バス）のバス車両を急行バスシステムに導入する事とした。これらのバス車両の形状を図3-3に示す。



幹線バスシステム用（100人乗り）

図 3-3(1) 100人乗りバスと200人乗りバス車両の形状



急行バスシステム用（200人乗り、二両連結のバス車両）

図 3-3(2) 100人乗りバスと200人乗りバス車両の形状

3.6. 幹線バスシステムの運行速度

ボゴタ市の既存バスの日平均運行速度は約17 km/hと観測されているが、中心市街地では極端に運行速度が減少し7 km/hから15 km/h程度である。本調査での幹線バスシステムの運行速度は計画の基本方針、現況のバス運行速度、及び諸外国（日本を含む）の実例・実績等を参考にし、急行バスシステムの運行速度は30 km/h、及び幹線バスシステムの運行速度は時速20 km/hから25 km/hを確保するように計画した。

3.7. 幹線バスシステムに導入するバス料金徴集方法

現在運行されているバスの料金徴収方法はバス車両の入り口に回転式通過口が有り、乗客がそこを通過する時に均一バス料金（バスの車種によりバス料金は多少異なる）を払う方法である。また、バス乗降実態調査の結果では2～3名の乗客が乗り降りするに要する時間は5～10秒であった。幹線バスシステムの乗客輸送容量を増加させるためにはバス停留所での乗客乗り降り時間を短縮する事が最も重要なポイントになる。すなわち、バスの停車時間の長短によりバス輸送容量が決定されるものである。

本調査の料金システムの方式は下記の事項を考慮し、距離帯別料金徴収方法ではなく均一料金徴収方法を採用した。

- 1) 各計画対象バス路線上の将来バス乗客需要が多いため、バス停留所での停車時間を最小にすることが要求される。距離別料金徴集方法は均一料金徴集方法に比べてより多くの時間が必要であるため均一料金徴収方法を提案した。
- 2) 幹線バス系統路線が短い事、及びバス乗客のトリップ長が短い事等を考慮し均一料金徴集方法を採用した。提案した幹線バスのバス路線長はバス運行の効率性、バス乗客のOD特性等を考えて15 kmから20 km以内と設定している。（因みに現在のバス乗客の平均トリップ長は調査結果よりほぼ10 km程度であった。）

3.8. 西暦2000年時点での幹線バス運行システム

(1) 2000年における幹線バス運行システム

表 3-1に幹線バス路線毎のバス乗客需要と提案した幹線バス運行システムを示す。2000年のカラカス街路上でのピーク時間・一方向当たりのバス乗客需要は20,000人から30,000人と推定され、80番街路のバス乗客需要は24,000人と推定された。また、ノルテ道路及びスール道路等のバス乗客需要も大きな値を示している。提案した幹線バス運行システムは各路線のバス乗客需要を円滑に運行できるシステムとして提案した。

表 3-1 2000年における幹線バス運行システム一覧表

Busways	Bus Passengers/hour			Type and No. of Lanes/dir.	Remarks
	Total (Trunk+Ordinary)	Trunk Buses	Ratio of Trunk		
Autopista Notre	20,000	11,000	55.0%	1-lane trunk busway/dir and 1-lane express busway/dir	Existing right of way: 100m
Caracas in south	29,000	20,000	69.0%		ROW: 40 m
Caracas in central	35,000	30,000	85.7%		ROW: 40 m
Calle 80	28,000	24,000	85.7%	1-lane trunk busway, and 1-lane express bus	Under construction of trunk busways with 2-lane /dir.
Ferreo de Sur	19,000	19,000	100.0%	2-lane trunk buway	

(2) バス運行スケジュールと運行頻度

2000年における各幹線バス路線別の一方向・時間当たりのバス運行頻度とバス運行間隔は表 3-2に示すとおりである。カラカス街路上のバス交通量は極めて多く、需要とバス車両の容量との比較の結果から、急行バス路線にピーク時間・一方向当たりで290台のバス(200人乗り)を運行させ、幹線バス路線に140台のバス(100人乗り)を運行させるシステムを提案した。その結果、カラカス街路を運行するバス運行合計台数は約430台となる。80番街路のバス運行頻度はカラカス街路より多く推定され、約190台である。このときのバス運行間隔は約20秒間隔である。

表 3-2 2000年における幹線バスの運行頻度

Busways	Frequency/hour			Headway (sec)		
	Express Buses	Trunk Buses	Total	Express Buses	Trunk Buses	Total
Caracas	143	286	429	25	13	8
Norte	29	58	87	124	62	41
Calle 80	63	126	189	57	29	19
Ferreo de Sur	-	187	187	-	19	19

3.9. 西暦2005年における幹線バス運行システム

(1) バス乗客需要と運行システム

2005年に導入する幹線バス路線のバス乗客需要と提案した運行システムを表3-3に示す。一方向のバス乗客需要が20,000人/時を超える路線については急行バスシステムを導入する事を基本方針とした。この結果、急行バスシステムを導入する既存道路はカラカス街路、ノルテ道路、80番街路、及びスール道路である。しかし、スバ街路はバス乗客需要が20,000人/時であるが、スバ街路の道路用地幅が狭く、また、道路両側は多くの住宅及び事務所ビルが建設され、新たな幹線バス路線を建設するための道路拡幅は極めて困難である。このような既存道路施設の物理的条件と沿道状況を考慮して、スバ街路にはバス優先レーンの導入を提案した。

表 3-3 2005年のバス乗客需要と運行システム一覧表

Busways	Bus Passengers/hour			Type and No. of Lanes/dir.	Remarks
	Total (Trunk+Ordinary)	Trunk Buses	Ratio of Trunk Buses		
Cra 7a	21,000	21,000	100.0%	1-lane trunk busway/dir.	ROW: 30 m (difficulty of widening)
Car.10	29,000	19,000	65.5%	2-lane trunk busway/dir.	Difficulty of widening
Caracas in south	34,000	34,000	100.0%	Trunk and express busways (1-lane/dir. each)	ROW: 40 m
Caracas in central	34,000	33,000	97.1%	Trunk and express busways (1-lane/dir. each)	ROW: 40 m
Autopista Norte	23,000	21,000	91.3%	Trunk and express busways (1-lane/dir. each)	ROW: 100 m
Av. Quito	23,000	20,000	87.0%	1-lane trunk busway/dir.	ROW: 60 m
Autopista Sur	29,000	27,000	93.1%	Trunk and express busways (1-lane/dir. each)	Possibility of widening
Calle 80	47,000	46,000	97.9%	Trunk and express busways (1-lane/dir. each)	Propose completing SITM's railway project until 2005
Cra.68	17,000	17,000	100.0%	1-lane trunk busway/dir.	ROW: 40 m
Av. Suba	20,000	13,000	65.0%	1-lane trunk busways/dir and 1-lane trunk busway on other busway route	Difficulty of widening
Calle 170	12,000	12,000	100.0%	1-lane trunk busway	Possibility of widening

(2) 2005年の運行スケジュールと運行頻度

2005年に導入する幹線バス路線の運行スケジュールとバス頻度を表3-4に示す。2005年ではいずれの幹線バス路線においてもバス乗客需要が増大する。特にカラカス街路の需要増加は激しく、この需要を円滑に処理するために、急行バスの運行頻度が140台/時、及び幹線バスの運行頻度が410台/時必要になる。80番街路のバス乗客需要はカラカス街路と同様に多く、急行バス及び幹線バスを合わせたバス運行台数は410台/時となる。急行バス及び幹線バスの路線別における運行頻度を表3-4に示す。カラカス街路の幹線バス運行間隔は9秒間隔で運行しなければならない状態となる。

表 3-4 2005年の幹線バス運行スケジュールと頻度

Busways	Frequency/hour			Headway (sec)		
	Express Bus	Trunk Bus	Total	Express Bus	Trunk Bus	Total
Cr7a	-	239	239	-	15	15
Cr10a	-	167	167	-	22	22
Quito	-	373	373	-	10	10
Auto. Sur	47	158	205	77	23	
Cra. 68	-	188	188	-	19	19
Calle 170	-	141	141	-	26	26
Av. Suba	-	63	63	-	57	57
Av. Caracas	142	410	552	25	9	
Boyaca	-	200	200	-	18	18
Calle 80	80	331	411	45	11	
Centenario	7	343	350	514	10	10
Americas	12	162	174	300	22	21
Auto. Norte	49	102	151	73	35	24

3.10. 幹線バスシステムの施設計画

(1) バス・ストップ計画

幹線バス路線のバス停間隔はバス路線沿線の土地利用状況、既存のバス停間隔、バス乗客のODトリップ特性等を考慮して設定した。幹線バスシステムの内、急行バス路線のバス停間隔はバスの運行速度を高めることと、定時運行を維持することに最重点において1.5 kmから2.0 km程度と設定した。また、幹線バス路線のバス停間隔はバス利用者の利便性に重点を置き、既存のバス停間隔に準じ約600m程度と設定した。バス停の設置位置はバス車両が右側ドアであるため、ドア位置を変更せずに使用できるようにバス道路の右側に計画した。また、カラカス街路に導入した急行バス路線の道路構造が高架構造を提案しているため、バス停も同様に高架道路上に建設することを提案した。

(2) 中央バス・ターミナル計画

中央バス・ターミナルの計画位置は現在の中央鉄道駅付近のカラカス街路とヒメネス街路に区画された地域を選定した。選定に際してはコロンビア側のカウンターパートと十分協議を行い、土地利用状況、移転すべき建物調査、保存すべき建物調査等の結果を踏まえ、最も実現可能性の高い場所として選定した。選定した中央バス・ターミナルの計画位置はボゴタ市の開発局が都市再開発計画を進めている地域でもある。

中央バス・ターミナルの機能・特性を以下に述べる。

- 1) 公共交通機関相互の結節点であること。
- 2) 公共交通機関及び私的交通機関との結節点であること。
- 3) バス、乗用車、自転車等の駐車施設を完備すること。
- 4) バス関連施設を整備すること。
- 5) 買い物等の諸施設を完備すること。
- 6) 自然空間を確保すること。

(3) 郊外バス・ターミナル計画

郊外バス・ターミナルはその機能から考えて幹線バス路線の起終点に建設される。2005年には11路線の幹線バス道路が提案されるため、郊外バス・ターミナルも11箇所建設することを提案した。各幹線バス道路の郊外バス・ターミナル位置は土地利用状況、土地の地目、及び土地購入の可能性等を調査し最も実現可能性の高い場所を選定した。計画場所選定にあたり、コロンビア側のカウンターパートと十分な協議を行うと共に、必要な現地調査を実施して決定した。郊外バス・ターミナルの主な機能・特性を以下に述べる。

- 1) 幹線バスシステム始め公共交通機関との結節点であること。
- 2) 公共交通機関及び私的交通機関の結節点であること。
- 3) 乗用車、自転車等の駐車場を完備すること。
- 4) バスに関連する諸施設を整備すること。
- 5) 買い物等の諸施設を完備すること。
- 6) 自然空間を確保すること。

3.11. 幹線バス道路の概略設計

(1) 概略設計対象施設

幹線バスシステムの運営計画、バス乗客需要、バス運行スケジュール、及びバス運行頻度等、バス運営に対するソフト面の検討は前述した11路線のバス道路を対象に実施した。しかし、本調査で実施すべき概略設計対象バス道路は、日本政府とコロンビア政府との間で締結された合意文書(S/W)に基づき、11路線の内下記に示す6路線を対象に実施した。

- 1) カラカス街路とノルテ道路
- 2) キトー街路とスール道路
- 3) 7番街路と10番街路
- 4) スバ街路
- 5) 68番街路と100番街路
- 6) 170番街路

バス関連諸施設の概略設計は以下の施設について行った。バス関連諸施設の位置を図3-4に示す。

- 1) バス道路本体及び橋梁の構造物
- 2) 都市バス・ターミナル施設
- 3) 郊外バス・ターミナル施設
- 4) バス・ストップ施設

(2) 平面及び縦断設計

幹線バスシステムは三つの道路構造の異なるバスシステムを提案している。即ち“急行バスシステム”、“幹線バスシステム”、及び“バス優先レーンの導入システム”である。

急行バス道路の構造は私的交通の走行路線と完全分離したバス専用道路を建設するものであり、このバス専用道路は原則的に既存街路の中央車線（往復4車線）を利用して既存道路と同一平面上に建設される。但し、カラカス街路に導入する急行バス道路の構造は高架形式を採用した。急行バス道路の平面線形は既存道路の平面線形と同一な線形であり、また縦断線形も既存道路と同一計画高とした。カラカス街路の急行バス道路計画高は既存道路平面高から11メートルを確保した。

幹線バス道路の構造は原則的に私的交通機関の走行路線と完全分離し、既存道路の中央車線を利用して同一平面上に建設する。しかし、既存道路の施設構造上、このような幹線バス路線施設を建設出来ない場合、私的交通機関の走行路線と分離せず既存道路の外側車線を利用する。そのため、幹線バス道路の平面及び縦断勾配は既存道路と同一の平面及び縦断勾配である。

バス優先レーンの構造は既存の道路の外側車線を利用して同一平面上を運行させる。そのため、バス優先レーンの平面及び縦断勾配は既存道路と同一断面である。

上述した三つの異なる幹線バス道路の路線位置と既存道路断面との位置関係を図 3-5に示す。

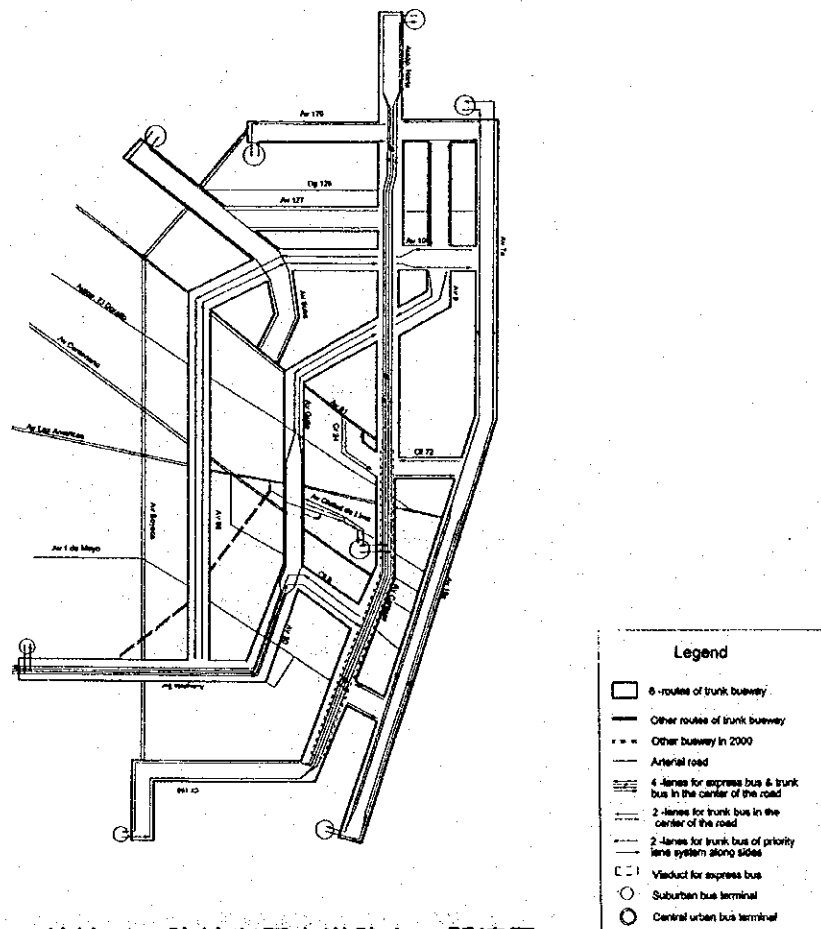
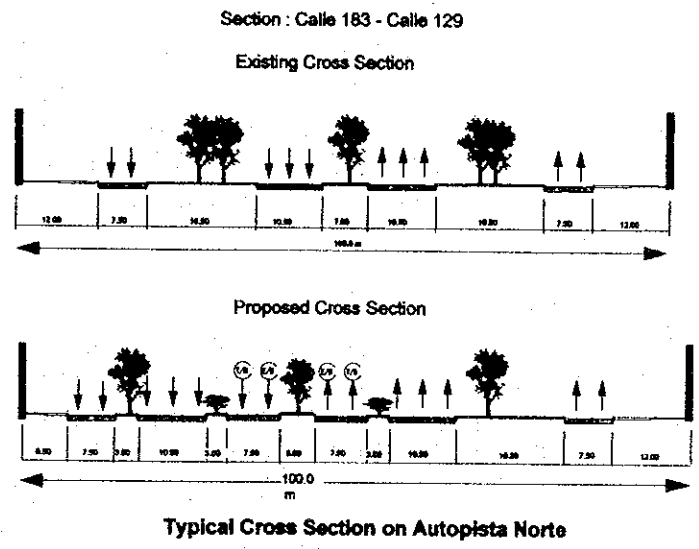


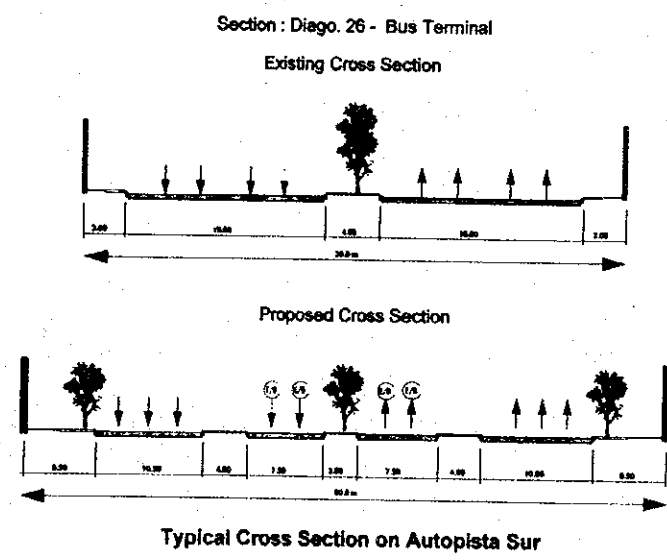
図 3-5 幹線バス路線と既存道路との関連図

(3) 標準横断面設計

各幹線バス道路の標準横断構成は既存道路の用地を利用して建設する事を原則とした。バス道路は既存道路の幅員構成に応じて、道路中央部および歩道側とに計画された。バスと一般車両の分離の程度はバス道路の効果に影響する。この分離は道路縁石やフェンスで仕切った。ノルテ道路とスール道路のバスの走行車線と一般車の位置を図 3-6に示す。バス路線の車線幅は3.5 m及び側帯幅は車道の両側に0.5メートルを採用した。



ノルテ道路の標準横断面図



スール道路の標準横断面図

図 3-6 ノルテ道路及びスール道路の幹線バス道路の標準横断構成

(4) カラカス街路に導入する幹線バス道路の設計

カラカス街路における2005年時点でのバス利用者の需要は30,000人から35,000人（一方向・ピーク1時間）と予測される。将来のバス利用者数、既存のカラカス街路沿道の建物状況、土地利用状況、及び既存街路の拡幅の困難さ等を考慮してカラカス街路に導入する幹線バスシステムは急行バスと幹線バスシステムの併用案を提案した。急行バスの運行は急行バス専用的高架道路を提案し、幹線バスの運行は高架道路下の平面道路空間を利用する事を提案した。図3-7にカラカス街路の幹線バス道路の横断構造、及び図3-8にそのイメージ図を示す。また、高架構造を提案した主な理由を以下に述べる。

1) 既存街路の空間利用

現在カラカス街路を利用するバス乗客数は既存のバス専用道路である往復4車線の平面道路の乗客交通容量を既に超えている。現在のバス乗客数を平面道路施設で円滑に、しかも交通安全を確保しながら運営する場合、少なくとも6車線の道路施設が必要になるであろう。しかし、実際、既存のカラカス街路を拡幅する事は沿道の建物状況等を考慮した場合極めて困難である。そのため、既存道路の拡幅を必要としない既存道路の上空空間利用、即ち高架構造が必要となる。

2) 将来需要に対応した計画の必要性

本調査で提案したシステム、すなわち、急行バスは高架道路を利用し、幹線バスは高架下道路を利用するバスシステムは近い将来これらの交通処理能力に対し、バス乗客需要がこの乗客容量を超える事が容易に想像が付く。将来増加する需要を考えた場合、より輸送能力が高い軌道系交通機関（マストラ）の導入が必要となろう。現在提案している高架道路は近い将来需要が増えた時点において、軌道系交通機関の導入が図り易くなる。

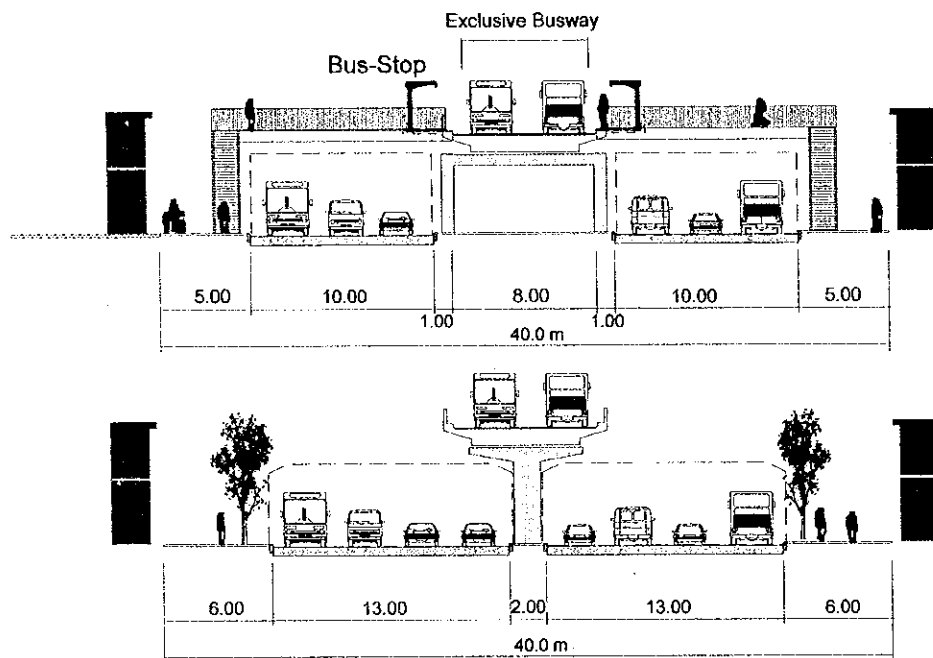


図 3-7 カラカス街路の幹線バス道路の横断構造図



図 3-8 カラカス街路の幹線バス道路のイメージ図

(6) 中央バスターミナル施設の設計

中央バスターミナルの機能・特性及び交通需要等を満足する諸施設の総面積は概略設計から約2.5ヘクタール必要となる。施設の構造・寸法等提案する計画コンセプトを以下に述べる。図3-10に都市バスターミナルの平面計画及び図3-11にイメージプランを示す。

- 1) バスターミナルは2階建構造物として、1階部分は幹線バス用、2階は急行バスターミナルとして使用する。
- 2) 2階の急行バスターミナルは高架道路の急行バス道路から直接に出入できる構造とした。
- 3) 幹線バスの利用度が高いため、出入口はカラカス街路方面からと、キトー街路方面からの2箇所設け交通の分散を図った。
- 4) 1階と2階のバスターミナルの接続はエスカレーターを設けた。
- 5) 私的交通流とバス交通流の分離を図るため、私的交通機関の駐車場はターミナルの入り口に設定した。
- 6) バスターミナルの周辺は自然環境を保全するため、緑地帯を設けた。
- 7) 計画されたバスブース（停留所）数

ローカルバス用＝	1ブース
幹線バス用＝	23ブース
急行バス用＝	9ブース

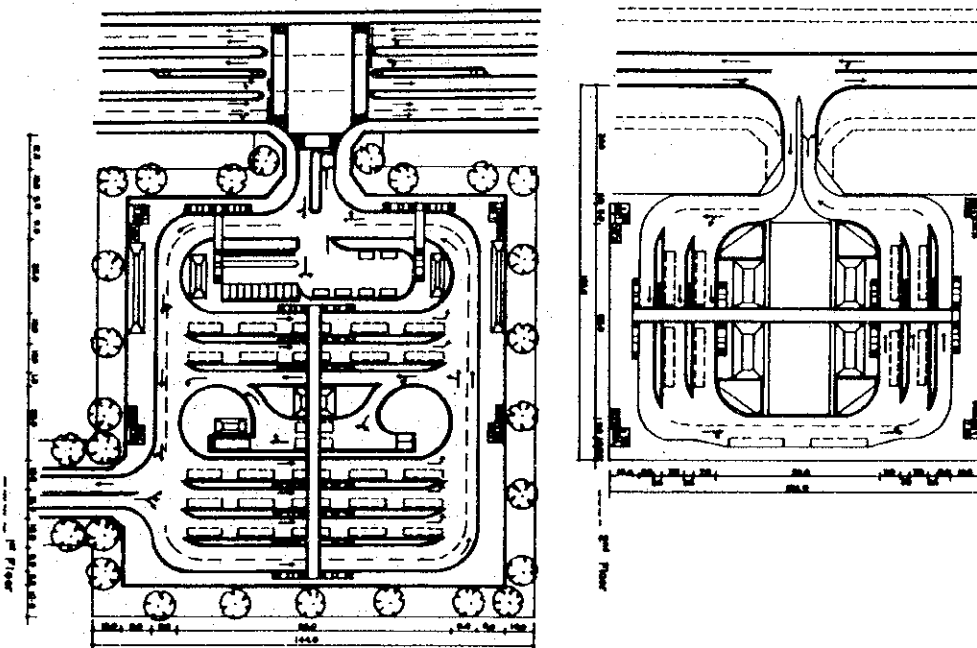


図 3-10 都市バスターミナルの平面計画図

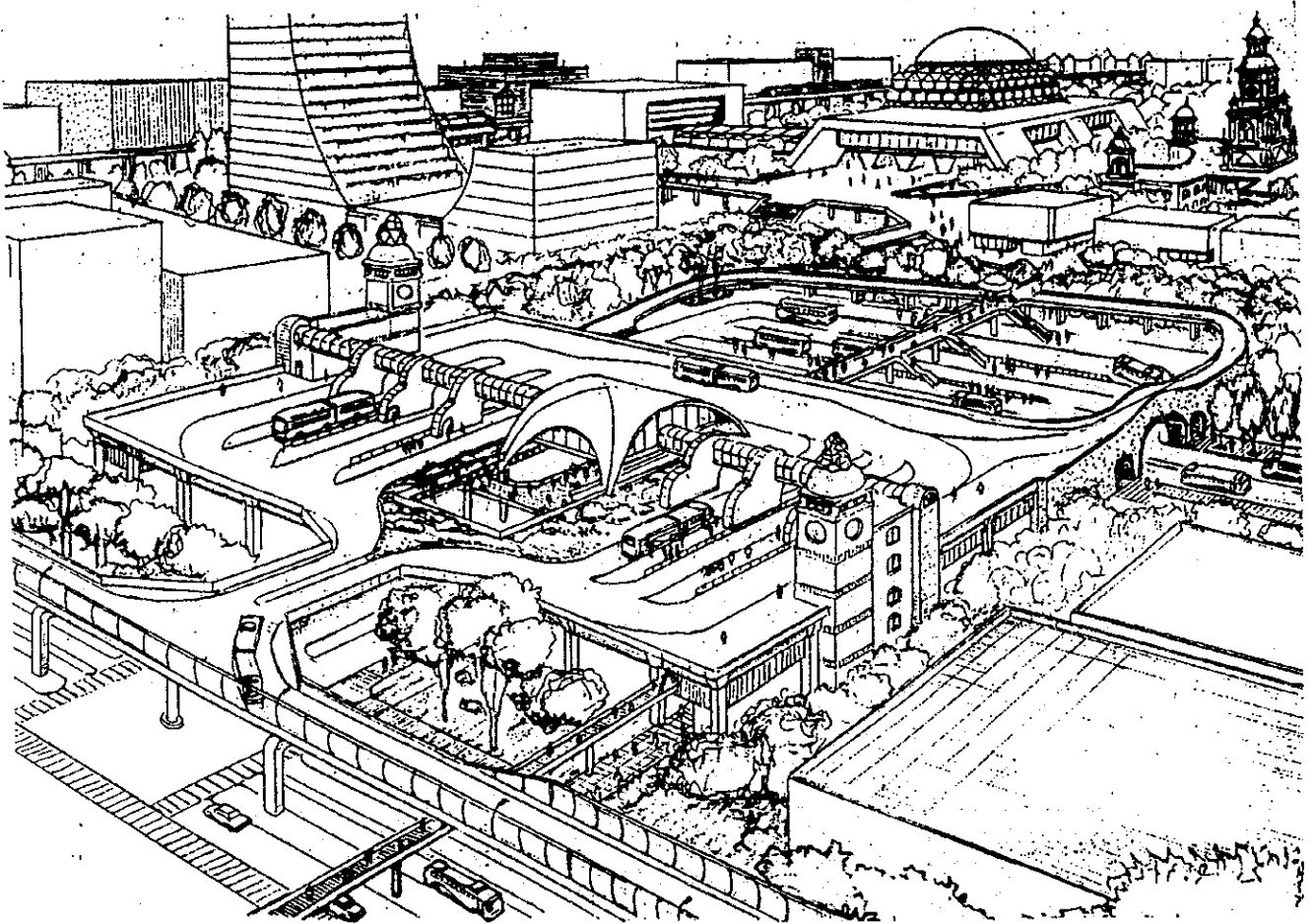


図 3-11 都市バスターミナルのイメージ図

(7) 郊外バスターミナル施設の設計

概略設計対象郊外バスターミナル個所は全体 11 個所の内 5 個所である。将来のバス乗客需要、バスターミナルを利用するバス台数、及び必要な諸施設のスペース等を基に、郊外バスターミナルの概略設計を行った。各郊外バスターミナルのバスブース数及び必要面積を表 3-5に示す。代表的な郊外バスターミナルの平面計画図を図 3-12及びイメージプランを図 3-13にそれぞれ示す。

表 3-5 郊外バスターミナルのバス台数、ブース数、及び必要面積

ターミナル個所	バス利用 台数 (台/時)	バスブース数 (個所)	必要面積 (m ²)	適用
ノルテ道路 (北)	345	7	974	
セプティマ街路 (南)	160	4	508	
170 街路	162	4	512	
スパ街路	376	6	836	
スール道路	392	8	1,586	

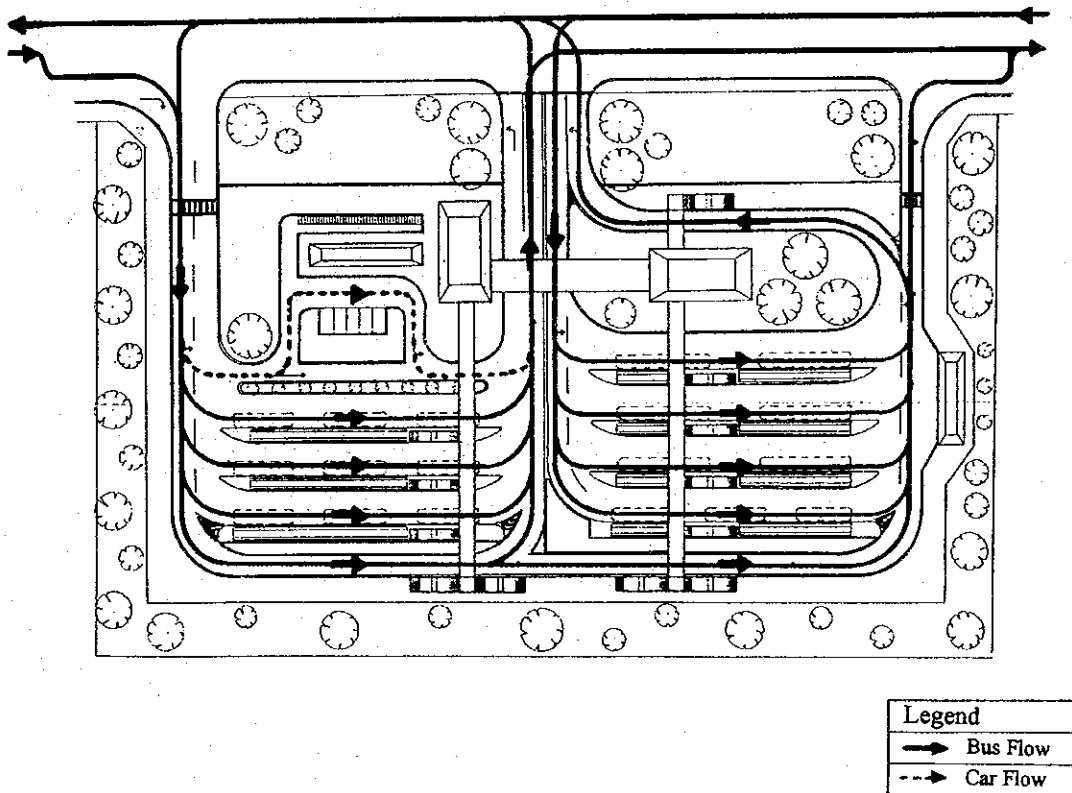


図 3-12 代表的な郊外バスターミナルの平面図

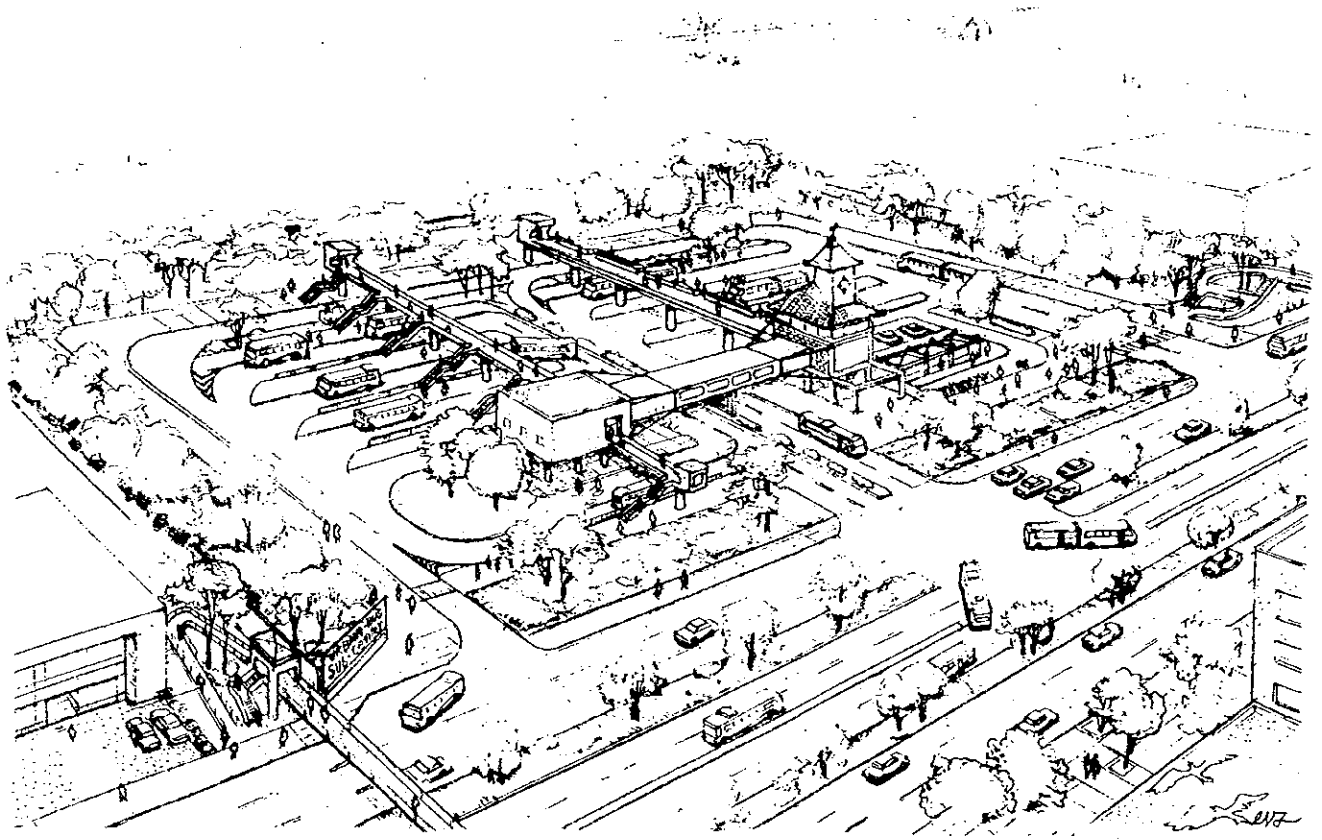


図 3-13 代表的な郊外バスターミナルのイメージ図

4. 内環状高速道路の計画

4.1. 内環状高速道路の建設の意義

ボゴタ市の交通混雑を緩和させる対策として大きく分けて二つの方法がある。一つは交通需要を抑制する方法であり（Transport Demand Management）、第2番目は既存道路空間の有効利用である。前者の交通需要抑制策は発生する交通需要を政策的に減少させ交通渋滞を緩和させる方法であるが、これは恒久的な緩和対策とは言えない。また、後者は新たに道路を建設し、交通施設を増やす事により交通混雑を緩和させるものである。しかし、道路建設は高度に開発された都市内では十分な道路建設用地の確保が極めて困難であるため、既存道路の空間を利用して建設しなければならない。この既存道路の空間を利用して建設する道路建設事業が内環状高速道路建設計画である。内環状高速道路を建設した場合の主な利点・効果を以下に述べる。

- 1) ボゴタ市の中心市街地内の交通混雑を緩和させる事が出来る。
- 2) 交通事故の減少に寄与する事が出来る。
- 3) ボゴタ市の良好な都市活動を維持する事が出来る。
- 4) ボゴタ市の社会・経済活動の促進に貢献する事が出来る。
- 5) 良好な都市環境を創設する事が出来る。

4.2. 内環状高速道路の路線選定地域

1995年から1996年にかけて国際事業団はボゴタ市の交通マスタープランを策定した。このマスタープランではボゴタ市全域に対する高速道路網建設計画を提案し、その中で、本調査の内環状高速道路計画は早期に実施すべき高速道路網として位置づけられている。内環状高速道路の機能・特性、ボゴタ市中心市街地の交通特性、及び既存の幹線道路網構成等を鑑み、内環状高速道路の路線選定を行う範囲は図 4-1に示す地域を設定した。

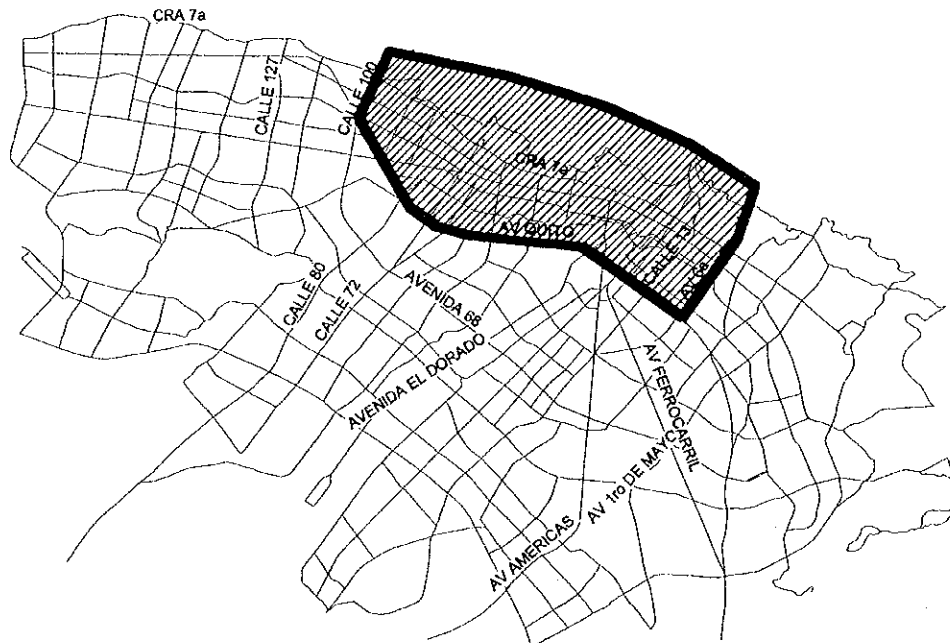


図 4-1 内環状高速道路の路線選定地域図

4.3. 内環状高速道路計画の規格

(1) 完全流出入制限された道路交通システムの採用

内環状高速道路は完全流出入制限のシステムを導入すると共に、交通安全の確保を図り、自転車・小型モーターサイクル等の走行を禁止する。また、バスの一般走行は禁止しないが、内環状高速道路内にバス停留所は設けないものとした。

(2) 有料道路制度の導入

一般に都市内に建設される高速道路は建設用地が十分確保できない関係から高架構造や地下構造にせざるを得ない。都市内高速道路は世界の多くの都市で既に建設されているが、これら道路の多くは有料制を採用している。主な理由は高速道路建設には大規模な投資を必要とし、そのため事業主は予算の確保が困難となる。しかしながら、高速道路は一般道路に比べて利用者に大きな便益を与えるため、受益者負担の原則を導入せざるを得ない社会情勢・状況になっている。本調査の内環状高速道路もこれらの理由から有料道路制度を導入する事とした。

(3) 60 km/h から 80 km/h の設計速度の採用

この計画道路は既存の道路空間を利用して建設され、既存の道路の平面線形が比較的緩やかで 60 km/h ~ 80 km/h の設計速度が確保出来る事等を考慮し、計画道路の設計速度は 60 km/h ~ 80 km/h を採用した。

(4) 4 車線以上の道路幅員

道路の車線数は計画交通量（将来需要）に依って決定されるものであるが、内環状道路は主要幹線道路として計画されるため、交通の安全及び円滑な交通の確保等を考慮して、最低 4 車線道路を確保することとした。

4.4. 路線選定の代替案

(1) 路線選定方針

内環状道路建設の主な目的はポゴタ市中心市街地の交通混雑を緩和する事と、放射道路からの交通を円滑に環状道路へと分散させる事により広域的な交通混雑を緩和させるものである。内環状高速道路の路線選定方針を以下に示す。

- 1) 交通需要に適合した路線を選定する事。
- 2) 既存の道路網構成に適合した路線を選定する事。
- 3) 歴史的建造物或いは保存すべき施設を避ける事。
- 4) 自然的・社会的環境に整合する事。
- 5) 幅員の狭い既存道路上を選定しない事。
- 6) 施工の容易性及び経済的路线を選定する事。

(2) 比較代替案の概要

内環状高速道路の最適路線選定のため、図 4-2 に示す 3 案の比較代替案を設定した。内環状高速道路の比較案道路網パターンは第 1 案がシルクンバラール道路とキトー街路を結ぶ環状道路パターン、第 2 案はセプティマ街路とキトー街路を結ぶ環状道路パターン、第 3 案はキトー街路を利用する半環状道路パターンである。それぞれの代替案の計画概要を表 4-1 に示す。

表 4-1 路線選定の各比較代替案の概要

Alternative	Alt. Route-1	Alt. Route-2	Alt. Route-3
Network Pattern	Full Ring	Full Ring	Partial Ring
Land Use	Mountain , Urban	Urban	Urban
No. of Lanes	4-lane dual	4-lane dual	4-lane dual
Design Speed	60 - 80 km/h	60 - 80 km/h	60 - 80 km/h
Max. Grade	5 %	3 %	3 %
Bridge Length	25.89 km	29.42 km	18.82 km
Tunnel Length	6.84 km	0	0
Earth Length	2.14 km	0	0
Total Road Length	34.87 km	29.42 km	18.82 km

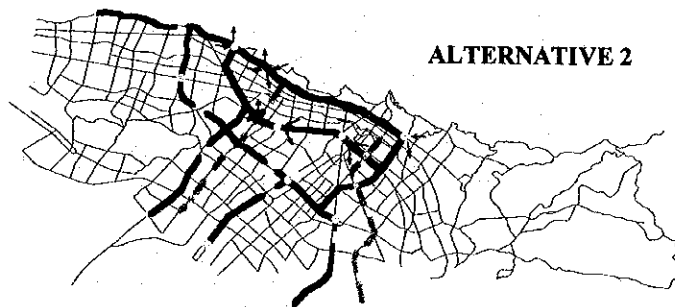
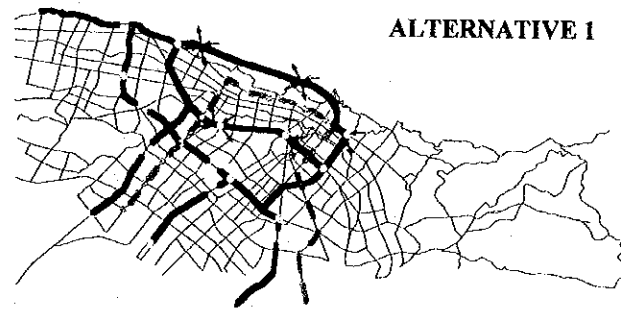


図 4-2 路線選定代替案の位置図

(3) 路線選定代替案の選出

路線代替案の選定は技術面、経済面、及び環境面等の観点から検討が加えられた。第1案は路線の約50%の区間が山岳地域を通り建設費が高むこと、第2案は約30%の区間が施工困難である事に加え、建設費が高い等の理由から第1案と2案は採用されなかった。技術面、経済面、及び環境面等の観点から殆ど問題の少ない第3案を選択した。但し第1案の路線位置は近い将来ポゴタ市の主要幹線道路網の一貫を担う重要な路線であるため、今後交通量の増大或いは都市開発の拡大等に伴い、幹線道路網計画の一貫として再検討を行う必要がある。

(4) 2015年の交通量配分

図4-3は2015年の代替案-3の将来交通需要量を示す。この配分結果は通行料金を3,000ペソとした場合である。この図から2015年の内環状高速道路上の日平均交通量は33,000pcu/日から49,000pcu/日と予測された。

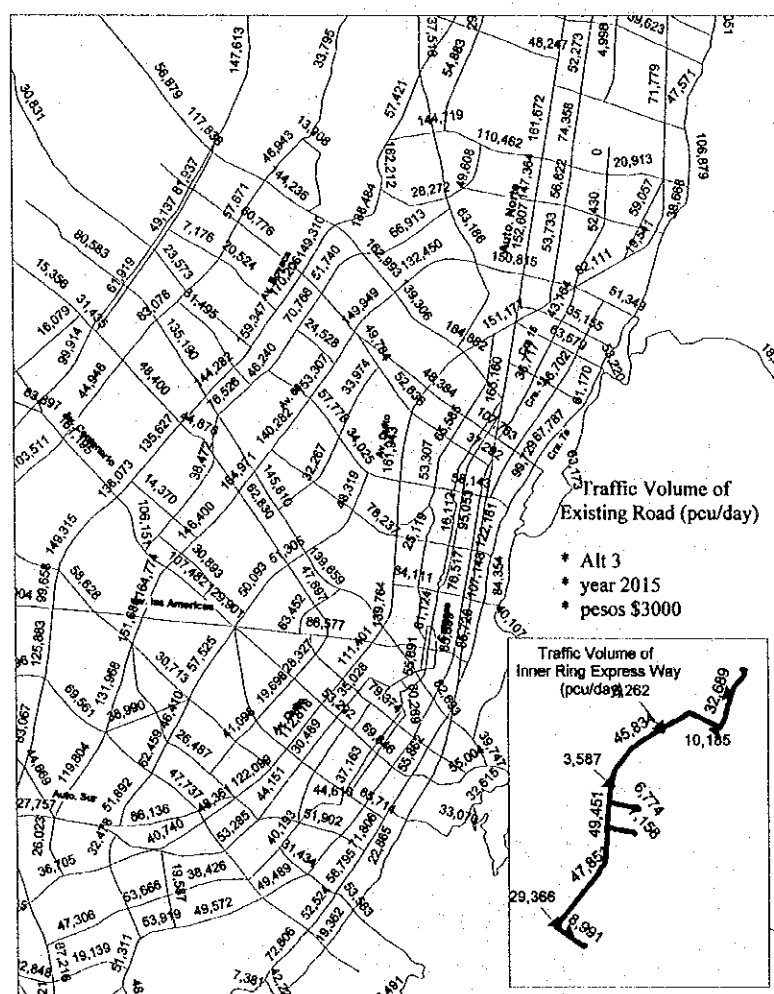


図 4-3 2015年の内環状高速道路と一般街路の交通量配分結果

4.5. 内環状高速道路の概略設計

(1) 平面・縦断設計

選定された内環状高速道路の路線位置は図 4-4に示すようにセプティマ街路、100番街路、キトー街路、及び6番街路に沿わせ、これらの道路空間を利用してする。これらの既存街路は60メートルの用地幅の内に往復6車線、8車線、部分的には10車線を有し、中央分離帯、歩道等の施設帯が附設されているボゴタ市の主要幹線道路である。内環状高速道路の平面位置は環境面、施工面、及び都市空間等の観点から検討した結果、原則的に既存道路の中央車線、或いは中央分離帯等を利用して建設する事が最も望ましいと判断し、既存道路の平面線形位置を踏襲した。

計画道路の縦断線形は既存の構造物を考慮して決定した。キトー街路を横断する主要道路の構造物は10個所の跨道橋梁（スパン15メートル程度）が建設され、跨道橋梁の基礎杭長は40メートルである。杭長が深いため、内環状高速道路の建設位置はキトー街路を半地下構造で建設する事が物理的に困難であるため高架構造を採用した。内環状高速道路の路面計画高はキトー街路の跨道橋梁を超える必要があり、キトー街路の路面位置から1.4メートルのクリアランスを確保した。図 4-4に内環状高速道路の全体平面及び縦断形状の概要を示す。

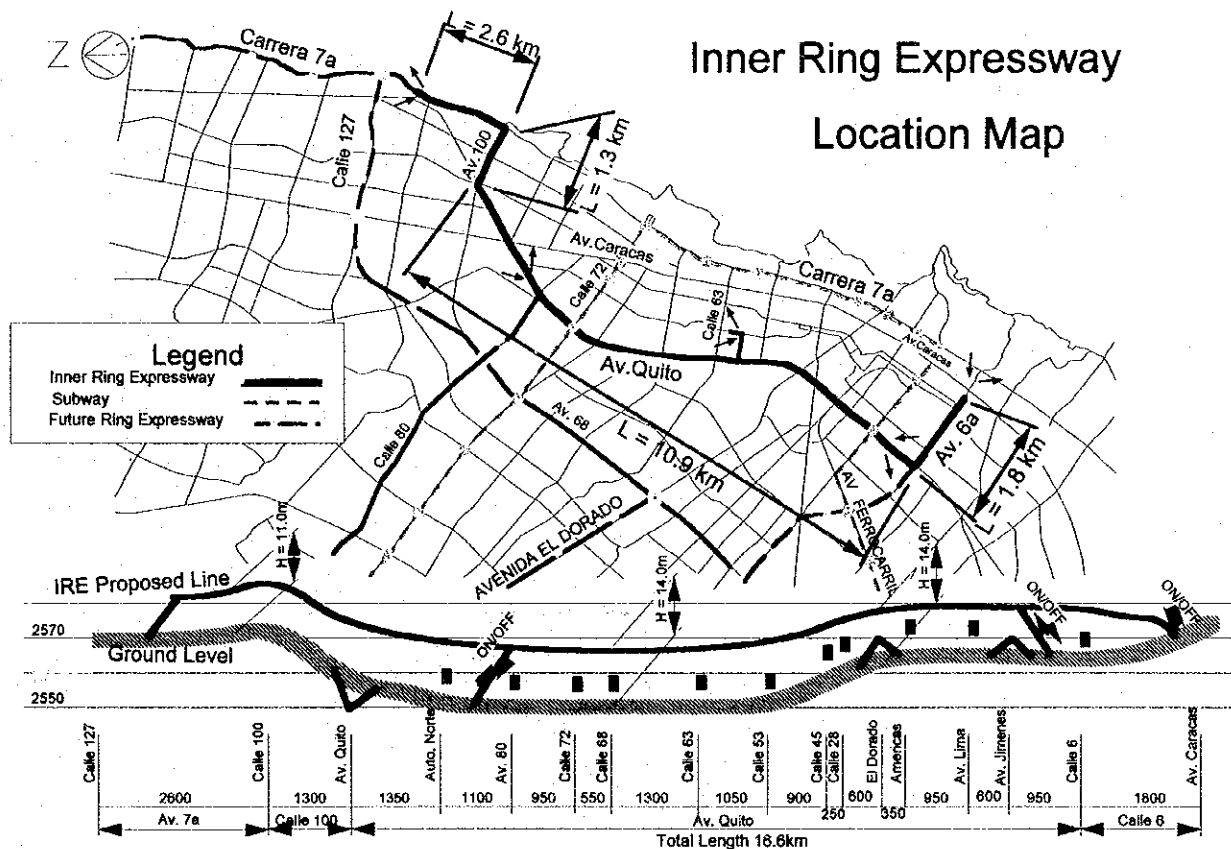


図 4-4 内環状速道路の全体平面及び縦断図

(2) 標準横断面の設計

内環状高速道路は既存のキトー街路の中央部分に高架構造で建設することを提案した。コロンビア国は未だ都市高速道路に関する設計基準、標準横断構成等の規格・基準等が整備されていないため、内環状高速道路の機能・特性、経済性、及び社会・自然環境に与える影響等を考慮して以下に示す横断構成要素を提案した。また、現況道路施設状況に応じた標準断面を検討し、その結果、各道路区間の標準横断面を図 4-5に示す。

- 1) 車線数＝ 4車線
- 2) 車線幅員＝ 3.5メートル
- 3) 中央分離帯幅＝ 1.0メートル
- 4) 右側路肩幅＝ 1.0メートル
- 5) 左側路肩幅＝ 0.5メートル

環境面へのインパクトに関して、内環状高速道路は既存道路内の空間を利用して建設するため、特筆すべき環境インパクトは殆ど発生しない。しかし、騒音公害についてはボゴタ市の基準を上回る区間が存在するため、その緩和対策として高さ3mの遮音壁の設置を提案した。遮音壁設置を提案した区間は1) 特別住宅地域、2) 病院、3) 学校等に面している区間である。

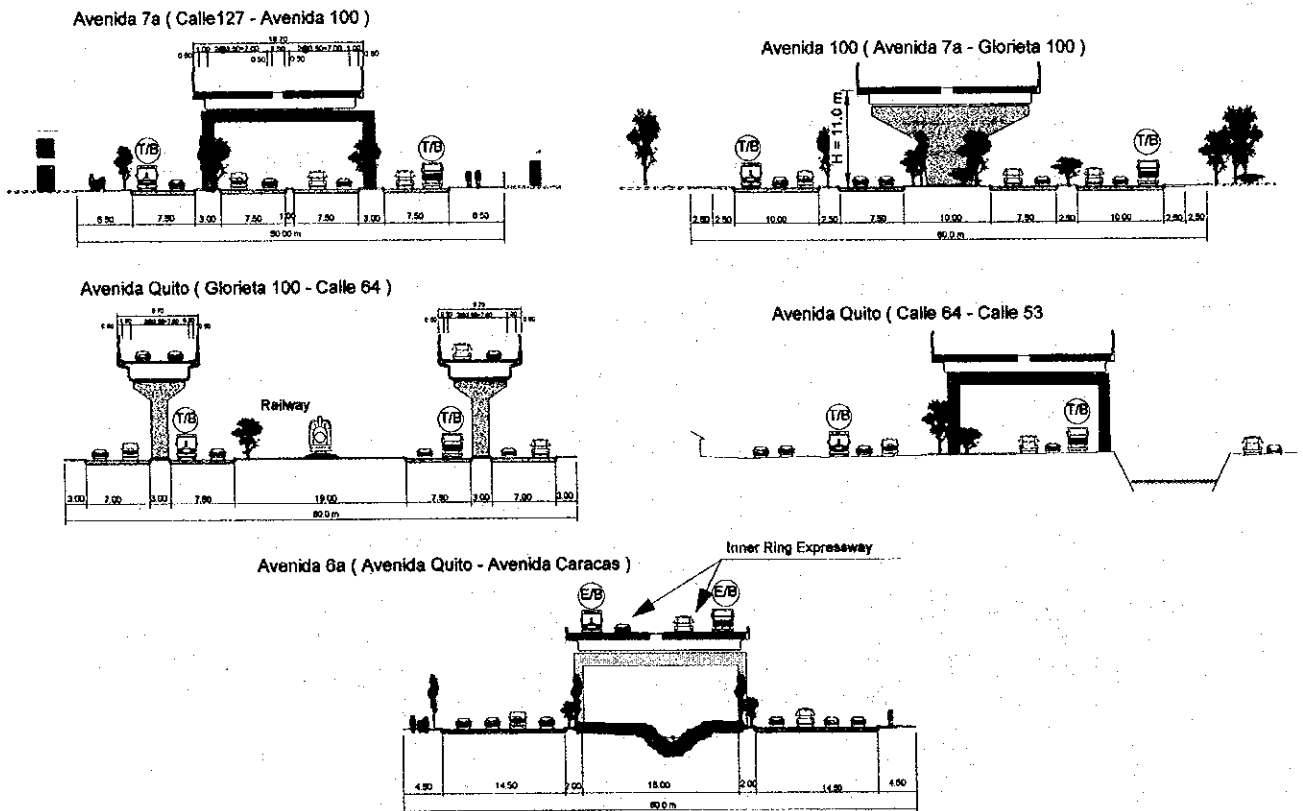


図 4-5 内環状高速道路の標準横断面図

(3) 高架橋梁の設計

ポゴタ市内には既に多くの橋梁が建設されている。これらの橋梁の種類はほとんどコンクリート橋梁であり、鋼製の橋梁は見当たらない。橋梁現況調査の結果、コロンビア国の橋梁の設計・施工技術はかなり高いものと判断できる。なお、コンクリート橋梁の建設資機材もコロンビア国内で調達可能である。これらの状況を考慮し、内環状高速道路の一般部における高架橋梁は最も経済的と判断されるスパン30メートルのコンクリート橋梁を提案した。本調査で実施した地質調査を基に下部構造形式は40メートルの杭長を持つ基礎杭を採用した。一般部の橋梁全体図を図4-6に示す。

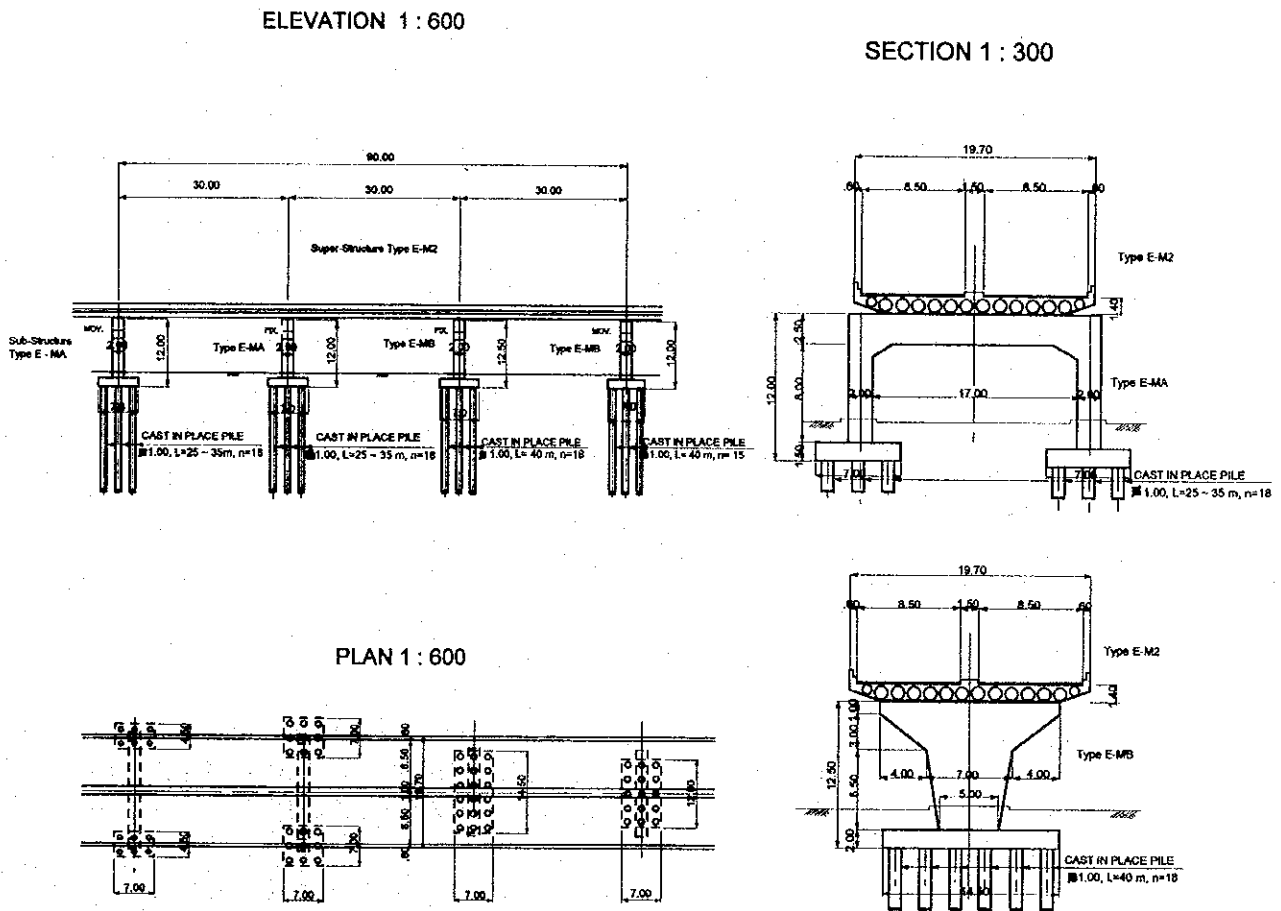


図 4-6 内環状高速道路の橋梁全体図

5. 事業費の算出

事業費の算出は概略設計の結果をベースに行い、その積算価格は米ドルで表示した。事業費は建設費、技術費、管理費、土地取得及び補償費、及び予備費が含まれている。また、事業費は本調査全体を11プロジェクト、即ち幹線バス道路8プロジェクト、ターミナル2プロジェクト、及び内環状高速道路プロジェクトに分けてそれぞれのプロジェクト毎に算出した。それら事業費の算出に使用した為替レートは1998年11月1日をベースとし、その時点の為替レートを以下に示す、また、表5-1に各プロジェクトの事業費を示す。

- 1) 米ドル=1、580コロンビアペソ
- 2) 米ドル=116日本円

表 5-1 各プロジェクトの事業費

Unit: 1,000 US Dollars in 1998

Name of Project	Scale of	Project Cost	Remarks
1. Trunk Busway Project			
1-1 Carrera 7a & Calle 10 Project	L= 25.15 km	19,409	1 de Major
1-2 Avenida Quito Project	L= 16.33 km	28,902	
1-3 Autopista Sur Project	L= 11.10 km	144,838	
1-4 Avenida Caracas Project	L= 17.58 km	371,754	Viaduct L=14.5km
1-5 Autopista Norte Project	L= 17.24 km	54,133	
1-6 Avenida Suba Project	L= 15.29 km	8,846	Calle 127
1-7 Avenida 68 & Calle 100 Project	L= 17.53 km	8,404	
1-8 Calle 170 Project	L= 5.12 km	3,050	
2. Bus Terminal Project			
2-1 Urban Bus Terminal	1 Vol.	59,751	
2-2 Sub-urban Bus Terminal Project	7 Vol.	18,715	
Sub Total (1+2)	125.32 km	717,802	
3. Inner Ring Expressway Project			
3-1 Inner Ring Expressway(IRE)	15.0 km	638,586	
Total Projects Cost		1,356,388	

カラカス街路の事業費は372百万米ドルであり、この内急行バス専用高架道路（延長14.5 km、2方向合計2車線道路）の事業費は338百万米ドルであり、残りは平面部の幹線バス事業費である。高架幹線バス道路の1 kmあたり建設工事費は約17百万米ドルである。

また、内環状高速道路（延長16.6 km、2方向合計4車線道路）の事業費は639百万米ドルであり、その内、建設工事費は504百万米ドルである。内環状高速道路の1 km当たりの建設工事費は約30百万米ドルである。

急行バス路線（延長11.1 km、2方向合計2車線道路）及び幹線バス路線（延長11.1 km、2方向合計2車線道路）を導入するスール道路の事業費は145百万米ドルであり、その内、急行バス路線に供せるフライオーバーの橋梁事業費が110百万米ドルである。そのため、平面道路の幹線バス道路（橋梁建設費を除く）の事業費は35百万米ドルと積算された。

6. プロジェクトの実施計画と必要投資額

6.1. プロジェクトの実施計画

前述した様に本調査のプロジェクトは幹線バス道路建設プロジェクトと内環状高速道路建設プロジェクトである。この内6幹線バス建設プロジェクトはバス系統路線、既存道路施設状況、及び幹線バス路線に付随して建設されるバスターミナル等合計18のプロジェクトに分類した。本調査の計画目標年次は2005年であるため、これらのプロジェクトの実施計画期間は1999年後半から2005年までの約7年間の実施計画を策定した。各プロジェクトの実施計画は以下に示す基本方針に沿って設定した。その結果を図6-1に示す。

- 1) 各年次毎の必要投資額のバランスを取る事。
- 2) 各プロジェクトの施工工程に支障を来さない事。
- 3) 各プロジェクトの建設中における既存道路交通の迂回路・切り回し計画等との整合を取る事。

Project Name and Cost	Length km	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
		M US\$	M US\$	M US\$	M US\$	M US\$	M US\$	M US\$
Avenida 7a	24.060							
	18.897				0.746	10.319	7.832	
Autopista del Norte	17.240							
	54.133	1.899	26.592	25.642				
Avenida Caracas/Viaduct	17.575							
	371.754	9.696	76.475	126.926	126.926	31.733		
Avenida Primero de Mayo	1.090							
	0.512					0.016	0.496	
Avenida Suba 1	13.150							
	7.588	0.265	4.736	2.557				
Avenida Suba 2(calle 127)	2.140							
	1.288			1.288				
Avenida Ciudad de Quito	16.325							
	28.902			0.401	14.492	14.009		
Autopista del Sur/Flyover	11.095							
	144.838	3.736	31.066	48.906	48.906	12.224		
Avenida 68-Calle 100	17.525							
	8.404						3.627	4.777
Calle 170	5.120							
	3.05						1.316	1.734
Central Bus Terminal								
	59.751		20.041	19.066	16.515	4.129		
Suburban Bus Terminal 1								
	3.282		2.311	0.971				
Suburban Bus Terminal 2								
	1.564			0.306	1.016	0.242		
Suburban Bus Terminal 3								
	2.002	0.179	1.415	0.438				
Suburban Bus Terminal 4								
	3.264			0.726	2.075	0.463		
Suburban Bus Terminal 5								
	2.689				0.009	2.201	0.479	
Suburban Bus Terminal 6								
	1.939				0.013	1.311	0.0615	
Suburban Bus Terminal 7								
	3.945					0.015	3.518	0.411
Inner Ring Expressway	15.000							
	638.586		11.122	26.090	67.965	205.587	205.586	122.236
	1.356.388	140.32	15.775	173.758	253.317	278.663	282.249	129.158

図 6-1 各プロジェクトの実施計画

6.2. 各年次に必要な投資額

図 6-1に示した各プロジェクトの実施計画に基づき、各年次に必要な投資額を推計した。各プロジェクトの事業費全体及び各年次の必要投資額を図 6-1に示した。7年間の投資年次の内、2003年が最大投資規模になり、その年間投資額は282百万米ドルである。また、2000年から2005年の6年間における年平均投資額は223百万米ドルである。各年次の必要投資額を以下に示す。

- 1) 1999年＝ 16百万米ドル
- 2) 2000年＝174百万米ドル
- 3) 2001年＝253百万米ドル
- 4) 2002年＝279百万米ドル
- 5) 2003年＝282百万米ドル
- 6) 2004年＝223百万米ドル
- 7) 2005年＝129百万米ドル

6.3. プロジェクトの実行スケジュールと組織・運営計画

(1) プロジェクトの実行スケジュール

1) 幹線バスシステム

幹線バス道路のインフラ整備は公共の社会基盤整備事業であるため、基本的には政府が建設すべきものである。経済分析の結果、長期的経済効果の観点に立てば、幹線バス及び急行バスシステムの導入は2000年から20年間の合計で約70百万米ドル（現在価値）の利益が生じる。しかし、バス料金が現行と同じレベルならば利益は発生せず、バス事業は成り立たなくなろう。そこで、もし低金利の融資を受ける事が可能ならば、便益を発生させることが可能である。その利益（便益）は将来のバスサービス向上及びバス料金値下げ等の財源に充当する事が望ましい。また同時に、新車のバス車両を購入するための基金を早期に設立する事が重要である。

2) バスターミナル

バスターミナルの建設は幹線バスシステムの運行に欠かせない施設である。財務分析の結果、内部収益率が非常に高いため、バスターミナル建設プロジェクトは私企業単独での運営で十分利益が期待できるプロジェクトである。そのため、BOTやBLT等の民間資金を導入した事業実施システムも考えられるので、これらのシステムの導入を検討する必要がある。このターミナル事業が容易に実施できるための私企業に対する優先政策等を考える必要がある。同時に公共交通機関を運営する組織の充実、或いは新組織を設立する事が重要である。バスターミナルの運営により生じた利益は将来の幹線バス路線の延伸、及び新車購入のための基金等に使用する事ができる。

3) 内環状高速道路

内環状高速道路の財務的内部収益率が4.9%と低い為、私企業(PFI)が独自で建設・運営する事は困難なプロジェクトと考えられる。一般的に経済的内部収益率が16%或いはそれ以上確保できるような幹線バス道路や鉄道建設プロジェクトは経済的に実行可能であり、より良い効果・利益を上げるため、政府は低金利で5年から10年元金返済免除等の良い条件の融資先を探す必要がある。また、政府はプロジェクトの運営上最の苦しい初期10年間について財務的困難を克服出来る有利な融資先を見つける事ができれば、内環状高速道路のプロジェクトは容易に実施可能である。建設当初に必要な融資額は全体事業費の30%以下程度で十分と考えられる。好条件の融資先を確保する

事と、内環状高速道路の建設、維持管理、及び運営を行う組織、例えば仮称“ボゴタ首都圏高速道路公社”等を設立する事を提案する。

(2) 組織・運営の計画

1) 法的制度の整備

コロンビア国は今迄都市交通整備事業実施に対して、私企業がプロジェクトを独自で建設・運営・管理等を実施した経験はほとんどない。今後私企業の参加を積極的に展開するために政府の責任範囲、私企業の責任範囲等を明確にする法整備が必要であると共に、私企業に対する優遇措置等の法的整備を確立する事が重要な課題である。本調査で提案したプロジェクトの建設・運営等は新しい組織で実施する事が望ましい。新しい組織を設立する前に、明確な法整備を確立する必要がある。

2) 財務計画

ボゴタ市や中央政府は本プロジェクトの財務に関する責任を持つ必要がある。バスターミナルプロジェクトは経済的にも財務的にも採算性が良いため、私企業での実施が期待できるが、幹線バスプロジェクト及び内環状高速道路プロジェクトは財務的収益性が低いため、公共機関から投資額を投入する必要がある。そのため、政府は国内及び国際機関等あらゆる資金調達方法を検討する必要がある。

一方、財政的緊急課題として、新車のバス購入問題がある。今後5年以内に現在運行しているバス車両の内、約半数の車両は20年以上経過するため、法的に使用出来なくなる。本調査でも2005年には現在の3分の2のバス車両を入れ替える計画を提案しているが、ほとんどのバス会社は新車購入のための十分な資金を保有していない。そのため、バス車両購入に関する財務的当てを早急に確立する必要がある。

3) バス公社の設立

ボゴタ市役所は幹線バスシステムの導入にあたり、新しいバスシステムを管理するための新しいバス公社を設立しようとしている。この公社は全ての幹線バスシステムの管理を行い、実際のバス運営は民間バス会社が大型バスを購入して運営する計画となっている。バス公社の主な役割は民間バス会社から得られた利益の再配分を行うという重要な財政的機能を保有している。民間バス会社はサービスの向上、バスの乗り継ぎ、及びバス料金の徴集等の実施にあたり、あたかも一社のバス会社の様なシステムで運営される。

上記のバス公社設立の構想は、バス公社が自治体で運営され、世界的に見ても成功した例は極めてすくない。そのため、今後より注意深い検討が必要であると共に、より良い組織を設立するために以下の3つの条件をカバーすることが重要である。1) 情報の収集と伝達システムを確立する事、2) 計画を実行するための強力な組織を確立する事、3) 組織・運営、財務内容等の情報開示をする事である。

4) 都市交通政策の継続性

ボゴタ市は都市交通政策の継続性に問題がある。それはボゴタ市の幹部、或いは政策責任者が変わる度にしばしば交通政策も同時に変更される事が多いことが一つの理由でもあろう。このように既に承認された計画が変更されるような社会状況の場合、交通政策立案も短絡的になりがちになるため、特に長期的視野に立った計画の実行及び交通政策の立案・設定する事が重要である。この様な観点から、マスタープラン及びF/S等で提案された諸計画を早期に承認し、市の政策責任者が変わっても計画を継続的に実行する事が重要である。

(3) 将来に向けての鉄道機関の導入

ボゴタ市は今迄多くの鉄道導入計画が策定されてきた。しかし、どの計画も未だ実現化されていない。コロンビア政府は最近鉄道建設事業を民間投資で実施する予定であったが、鉄道事業は初期投資額が膨大である事と料金の収入があまり期待出来ないとの理由から民間企業はこのプロジェクトから手を引いてしまった経緯がある。

今迄計画された多くの鉄道導入計画の路線位置はカラカス街路に鉄道路線を導入する案が最も多数を占めていた。これはカラカス街路が最も公共交通の需要が多いからである。本調査でもカラカス街路を利用して急行バス及び幹線バス道路を建設する計画を提案した。その事業費は約300百万米ドルである。しかし、カラカス街路の公共交通需要量は増加の一途をたどり、近い将来バス交通機関の最大輸送能力を超える事は明らかであり、本調査での推定では2020年頃にはバス輸送最大能力を超える事は明白である。

この将来需要の増加を考え、本調査でカラカス街路に急行バス道路（高架構造）を提案したが、この高架道路に将来鉄道機関（例えばLRT）を導入する事を強く提案するものである。高架構造の構造断面はバスの設計荷重と鉄道の設計荷重とで多少異なるが、高架道路の詳細設計時点でそれぞれを検討し設計に組み込む事が重要である。当初から鉄道荷重で設計した場合の建設費と、自動車荷重で設計した場合の建設費とは大幅な相違は無いものと考えられる。しかし、将来、公共交通需要が増加し、バス輸送機関では対処できず大量輸送機関である鉄道を導入すべき時期が来た場合、多少の建設費の増額は避けられないものの、急行バス路線の高架構造は比較的簡単に鉄道機関への変更可能である。

高架道路建設の事業費が急行バスシステムの運営事業体から鉄道輸送の事業体へと引き継ぐことができる場合は、このプロジェクトの財政面は大幅に改善される。そのため、ボゴタ市は“現在カラカス街路に高架道路の急行バスシステムを導入し、将来の交通需要が増えた時点で高架道路を鉄道路線に切り替えることの“コンセンサスを早期に確立する事が重要である。

7. 環境影響評価 (E I A)

環境影響評価は幹線バス道路建設プロジェクト及び内環状高速道建設プロジェクトの概略設計をベースに検討を加え、並びにコロンビア国の環境省、ボゴタ市の環境局、及びカウンターパートと十分協議の上、環境影響評価調査を実施した。上記2建設プロジェクトは既存道路敷き内を利用して建設されるため、自然環境及び社会環境に与える影響は極めて低いものと言える。環境影響評価は以下のようにまとめられる。

- 1) 騒音影響評価は、withプロジェクトとwithoutプロジェクトではそれぞれ70 dBAから75 dBAで殆ど変化がなかった。
- 2) しかし、これらの数値は環境基準の65 dBAから70 dBAを超えている。
- 3) 騒音を減少させる為に、カラカス街路に導入した高架道路全域、及び内環状高速道路の特別住宅地域、病院、学校等の地域に面している区間に遮音壁を設置した。
- 4) 内環状高速道路の16.6 km区間で合計約270本程度の街路樹を移植する必要性が生じた。これらの街路樹は計画道路の外側分離帯及び歩道に移植する計画である。
- 5) また、カラカス街路に導入する高架橋梁のバス専用道路建設に当たり、合計約100本程度の街路樹を移植する必要性が生じた。これらの街路樹も同様に外側分離帯及び歩道等に移植する計画とした。
- 6) 大気汚染影響評価についてはプロジェクトが実施される事により、ボゴタ市の交通混雑が緩和されるため、現在よりも大気汚染の程度は減少する。
- 7) 都市空間的見地からの検討ではカラカス街路に高架橋梁を建設しても、構造物により空間が圧迫される範囲が30度程度の範囲内であるため、多少の影響はあるものの、許容範囲内と判断した。図7-1にカラカス街路に建設される高架橋梁が影響する仰角の範囲を示す。

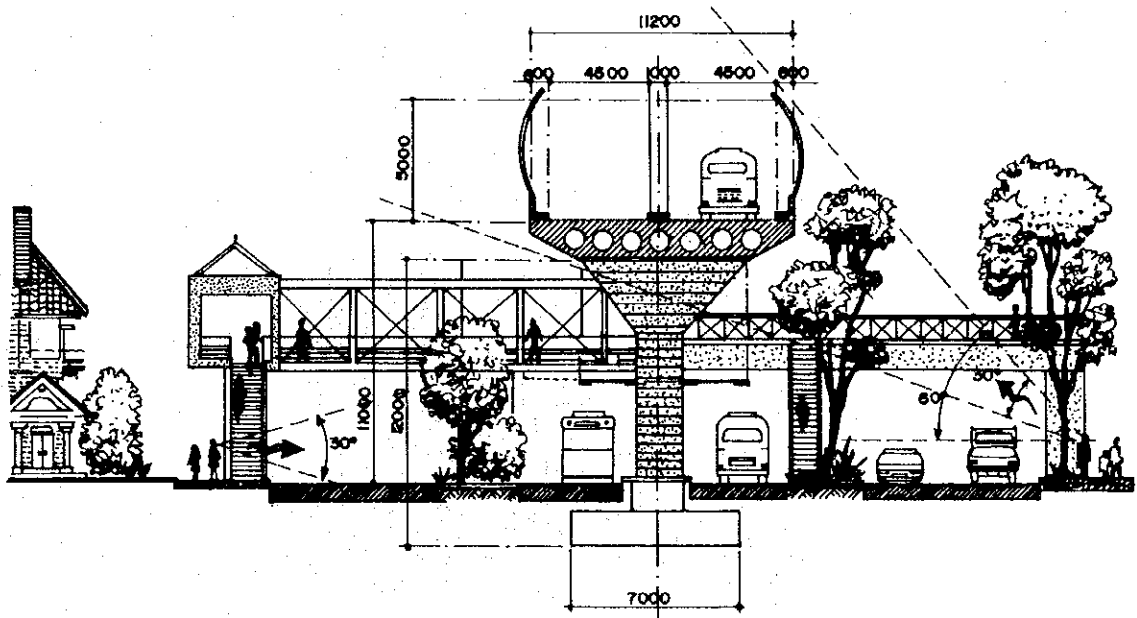


図 7-1 カラカス街路に導入される高架橋梁の仰角図

8. 経済・財務評価

8.1. 経済評価

経済評価分析は本調査で提案したプロジェクトから発生する便益、即ち走行費用の削減、旅行時間の節約等の便益とプロジェクト建設の経済的事業費との比較により行った。プロジェクトライフは1999年から22年後の2020年と設定した。経済分析に使用した割引率は世界銀行、コロンビア国、及びその他の国々で経済分析を行う場合に通常採用されている12%を採用した。

(1) 幹線バス路線の経済分析

1) プロジェクトの費用

表 8-1に示すようにプロジェクト建設の経済費用を算出した。経済費用は財務費用の約75%であり、経済費用から内国消費税等の国境価格を差し引いて算出したものである。1000人乗りの大型バスの市場価格は140,000米ドルであるが、これを経済価格に変換すると120,690米ドルである。同様に200人乗りの2両連結大型バスの市場価格は198,000米ドルであり、経済価格は170,690米ドルである。

表 8-1 幹線バス路線プロジェクトの経済費用 (単位: 百万米ドル)

	Project	(A) Financial Cost	(B) Economic Cost	(B) / (A)
Study Project	Bus ways and Bus Lanes	639.3	559.3	0.88
	Terminals	78.5	73.0	0.93
Non Study Project	Bus ways, bus lanes and terminals	303.5	265.4	0.87

2) 経済便益

幹線バスシステムは大型バスを運行させた急行バス道路、幹線バス道路、及びバス優先レーンの導入システム等から構成されている。これら全体の幹線バスシステムから生じる経済便益は図 8-1に示す様に2005年時点で年間360百万米ドル、2015年時点で年間1,306百万米ドルと推計した。経済便益の内容としては40%の便益が走行費用から、また60%の便益が時間短縮により発生する便益である。

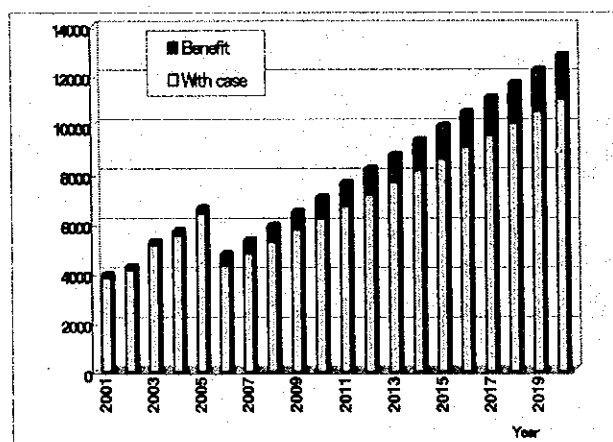


図 8-1 各年次の経済便益

3) 経済分析の結果

経済分析の結果、幹線バスプロジェクト全体の内部収益率は非常に高く44.6%を示し、その現在価値は3,031百万米ドルである。感度分析を行った結果、総便益の僅か20%の便益でも幹線バスプロジェクトは経済的に実行可能である。提案した幾つかのバス運行システムの内、バス系統路線の再編及びバス車両の大型化等の提案項目を採用しない場合、すなわち、単にバス道路を建設してバスを運行した場合の内部収益率は23.7%確保できる。また、バス料金を上げて分析した場合、乗客需要が減少するため内部収益率は当然減少する。仮にバス料金を2,000ペソ徴集した場合の内部収益率は16.6%となる。

(2) 内環状高速道路の経済分析

1) 料金の設定

内環状高速道路の共用開始年次は2006年である。有料道路の通行料金の設定は料金と交通量との分析結果から最も効率的な料金を検討した。その結果、高速道路開通年次の2006年の料金を2,000ペソ、その後徐々に料金を上げ、2015年には3,000ペソとする案が最も効率的と判断した。

2) 経済費用

内環状高速道路の事業費は市場価格（財務価格）で638.5百万米ドルと積算され、これを経済費用に換算すると559.2百万米ドルである。

3) 経済便益

初年度の経済便益は51百万米ドル、2015年は178百万米ドルと計算された。総便益の約55%が時間短縮から発生した便益であり、45%が走行費用から発生した便益である。

4) 経済分析の結果

内環状高速道路の経済的内部収益率は14.7%で現在価値は89百万米ドルである。内部収益率が12%を超えているため、一応は経済的には実施可能と言えるが、内部収益率が比較的低いため建設時期を見極める必要がある。通行料金を上げれば内部収益率は減少する。例えば5,000ペソの通行料金を徴集した場合、図8-2に示すようにその経済内部収益率は12.6%に減少する。

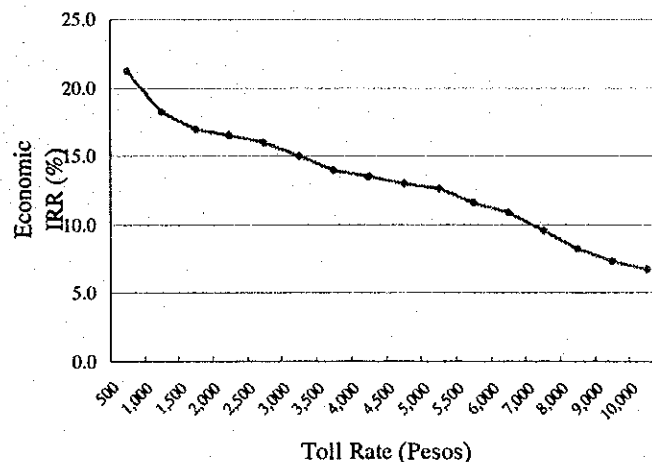


図 8-2 料金と内部収益率の関係

8.2. 財務評価

(1) 幹線バス路線の財務分析

1) 運営費用

2000年、2005年及び2015年における年間のバス運行に必要な費用を表 8-2に示す。これらの費用の中には減価償却費、初期運営費、及び運行に必要な費用が含まれている。

表 8-2 幹線バス運営費

Year	Vehicle-km (1000 v-km/day)			Annual Operating Cost (US\$ million)		
	Trunk Bus	Express Bus	Total	VOC	Public Corp.	Total
2000	151	80	231	250.6	1.2	251.9
2005	712	120	832	970.4	1.4	971.7
2015	1,508	200	2708	1,001.3	1.6	1,002.9

2) バス料金の収入

幹線バスシステム、すなわち急行バス及び幹線バスの料金は均一料金制度を導入し、600ペソと設定した。また、バス料金はバス系統毎に支払うため、乗り継ぎが生じた場合、バス料金は乗り継ぎ毎に支払うシステムを提案した。現行のバス料金は均一料金制が導入され、バスの種類、車両の製造期日、昼間・夜間等により異なり500ペソから700ペソである。表 8-3に急行バス路線及び幹線バス路線の年間の料金収入を示す。

表 8-3 幹線バスシステムの乗客数と年間収入

Year	Passengers (1000pax/day)			Annual Fare Revenue (US\$ million)		
	Trunk Bus	Express Bus	Total	Trunk Bus	Express Bus	Total
2000	1,198	816	2,014	150.1	102.3	252.4
2005	6,038	1,356	7,394	767.7	172.6	940.3
2015	6,980	1,584	8,564	874.7	198.5	1,073.2

3) 年間の純利益

図 8-3にバス料金別（たとえば430、600、800、及び1,000ペソ）の急行バス及び幹線バスの合計年間純利益の推移を示す。この図 8-3から幹線バスの料金を600ペソにした場合、2005年まで殆ど利益はでない。2006年以降、幹線バスの路線が拡大されるに従って収入は増加し、2011年には採算が取れるようになる。その後、利益（収入）は徐々に拡大して2020年には557百万米ドルの黒字となる。また、幹線バスの料金を430ペソと設定した場合、収入は大きく減少し、この赤字を回収することは困難である。これらのバス料金と収入のグラフから600ペソが最も妥当な料金と考えられる。

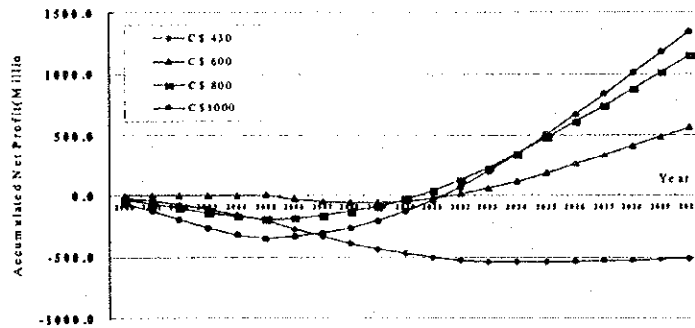


図 8-3 幹線バス路線の料金別収入の変化

(2) バスターミナルの財務分析

バスターミナル施設は中央バスターミナル（1 個所）と郊外バスターミナル（1 1 個所）を計画した。財務分析はそれらを含めた 1 2 個所のバスターミナル全体を一つのバスターミナルプロジェクトとして評価を行った。

1) 投資額と運営費

バスターミナル 1 2 施設の建設に必要な総投資額は 8 2 百万米ドルであり、その内 7 3 % が中央バスターミナル施設建設に必要な投資額である。中央バスターミナルと郊外バスターミナルの年間必要維持管理費を表 8-4 に示す。また、1 5 0 名程度の職員数を抱えた場合の年間の人件費は 1.6 から 1.7 百万米ドルが必要である。

表 8-4 バスターミナルに必要な投資額

	(Million US\$)							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Total
Central Terminal	-	20.0	19.0	16.5	4.1	-	-	59.7
Other Terminals	0.2	3.7	2.4	3.8	4.9	5.6	1.5	22.2
Total	0.2	23.7	21.4	20.3	9.0	5.6	1.5	82.0

2) ターミナルの使用料からの収入

表 8-5 にバスターミナルの日当たり利用台数と収入を示す。基本的には郊外バスターミナルの一回あたりの使用料は 1 0 0 人乗りバスの場合、2,0 0 0 ペソ、及び 2 0 0 人乗りバスの場合 3,0 0 0 ペソと設定した。また、中央バスターミナルの使用料はターミナルの位置が市街化中心地域の土地価格が高い地域に建設されるため、郊外バスターミナル料金のそれぞれの車種の 1. 5 倍と設定した。2 0 0 5 年及び 2 0 1 5 年における一日当たりのバス利用台数は 3 0,0 0 0 台及び 4 0,0 0 0 台と推定され、そこからの収入はそれぞれ 1 5.5 百万米ドル及び 2 0.3 百万米ドルと予測される。

表 8-5 バス利用台数とその収入

Year	Patronage (Daily Entrance)			Annual Revenue (Million US\$)		
	Central	Others	Total	Central	Others	Total
2005	9,000	21,000	30,000	6.1	9.4	15.5
2015	12,000	28,000	40,000	8.2	12.2	20.3

3) 評価結果

財務分析の結果から、表 8-6にバスターミナルのバス一台当たりの使用料別内部収益率を示す。ターミナル使用料を一台・一回当たり2,000ペソ徴集した場合、郊外バスターミナルの内部収益率は非常に高く48.3%を示すが、中央バスターミナルの内部収益率は7.5%と低い率を示している。バスターミナル全体を一つのプロジェクトとした場合の内部収益率は16%であり、その時の現在価値は30.4百万米ドルとなり、比較的高い率を示す。このため、民間での事業実施の可能性の高いプロジェクトと言える。しかし、中央バスターミナルの事業費は大規模になるため、郊外バスターミナルからの収入・利益をこの中央バスターミナルの不採算に充当しなければならない。仮にバスターミナルの使用料を1,500ペソに下げた場合、全体収入が減少し内部収益率は12%と低下するため、民間企業での事業実施は困難となる。しかし、国際機関等から低金利のソフトローンを借りることや、公社等の企業体が経営を行えば事業の実施はより容易となる。

表 8-6 使用料別バスターミナルの内部収益率

Terminal Charge	Central Terminal	Other Terminals	All Terminals
500	-1.6	5.9	0.7
1000	2.0	19.2	6.6
1500	5.0	32.9	11.6
2000	7.5	48.3	16.0
2500	9.8	65.5	20.0
3000	11.9	84.3	23.8

(3) 内環状高速道路の財務分析

内環状高速道路の建設、維持管理、運営等は仮称“ポゴタ首都圏高速道路公社”が行うものと仮定し財務分析を行う。

1) 投資額と運営費

内環状高速道路の共用開始日は西暦2006年1月1日と設定した。1999年後半から建設を開始し、2005年に建設完了する工程計画を提案した。この間に必要な投資額は638.5百万米ドルである。建設後の維持管理・運営費は初年度が1.4百万米ドルであり、徐々に増加し西暦2020年には2.1百万米ドルが必要になると設定した。

2) 自動車利用台数と収入

開通当初の自動車利用台数は乗用車換算で一日当たり33,200台、その後一般道路の交通混雑が増大するにつれて西暦2015年の利用台数は乗用車換算で130,000台と推定される。2006年開通当初の通行料金は2,000ペソ/台、その後、徐々に料金を値上げして西暦2015年は3,000ペソと設定した。2006年及び2015年における年間の通行料金の収入は、それぞれ14.6百万米ドル及び81.3百万米ドルと推計された。

3) 評価結果

経済分析の結果、経済的には実施可能であるが、財務分析の結果の内部収益率が4.9%と低い率を示すため、民間の事業としては成り立ち難い。しかし、長期のソフトローン等を借りる事により事業の実施の可能性は高くなり、さらに建設時期を多少延期する事により、

財務的内部収益率を高める事ができる。図 8-4に財務的内部収益率と通行料金の関係を示す。

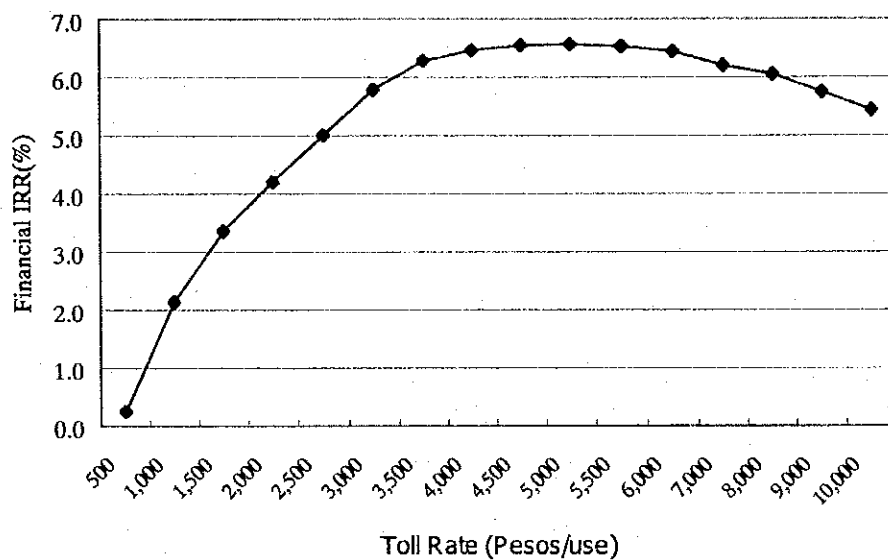


図 8-4 財務内部収益率と料金の関係

9. 提 言

(1) プロジェクト実現化の必要性

ボゴタ市の交通混雑は日増しに悪化の傾向を辿っている。この交通混雑を緩和し健全な都市機能を回復する事が大きな課題となっている。国際協力事業団は1995年ボゴタ市の交通計画マスタープランを実施し、この中で本調査対象プロジェクトは早期に実現化すべきプロジェクトとして提言された。F/S調査の結果、これらのプロジェクトは技術的、環境的、及び経済・財務的に実施可能なプロジェクトであると結論付けられた。さらに、提案プロジェクトは以下に述べる効果及び貢献が大いに期待できるため、早期に本調査で提案したプロジェクトを実現する事が重要である。

- 1) 交通混雑を緩和し交通安全の確保に貢献できる。
- 2) 私的交通機関から公共交通機関への転換を容易にし、近代的な公共交通機関の確立に貢献する事ができる。
- 3) 健全な都市環境を創設し、大気汚染等の環境緩和対策に貢献できる。
- 4) ボゴタ市の社会・経済の活性化に貢献出来る。

(2) 提言した幹線バスシステムと導入するバス車両

幹線バスシステムとして表 9-1に示す3タイプのバス運行システム、即ち1) 急行バス運行システム、2) 幹線バス運行システム、及び3) バス優先レーン導入によるバス運行システムを提言した。各バス運行システムに導入されるバス車両は急行バスシステムに200名乗りの2両連結バスを、また、幹線バス及びバス優先レーン運行システムに100名乗りの大型バスの導入をそれぞれ提言した。

表 9-1 提言された幹線バスシステムとバス車両

Type of System	Relation of Private traffic	Type of Busway	Location of Busway on Existing Road	Capacity of Bus Vehicle	Operation Speed to be Ensured	Bus Stop Spacing
1) Express Busway System	Fully Segregated	Elevated At-grade	Center-lane	200 passengers	30 km/h	1,000 ~ 1,500 m
2) Trunk Busway System	Partially Segregated	At-grade	Center or Side-lane	100 Passengers	20~25 km/h	500 ~ 600 m
3) Bus Priority Lane System	Non Segregated	At-grade	Side-lane	100 Passengers	20~25 km/h	500 ~600 m

(3) 提言された幹線バスプロジェクトと運行システム

本調査は11既存道路に幹線バスを導入する計画調査であり、幹線バス道路の概略設計はS/Wに従い計画対象幹線バス路線は6路線のみ行った。最終的には幹線バスプロジェクトは幹線バスを導入する路線毎のプロジェクトとして設定したため、全体として8プロジェクトから構成されことになった。また、幹線バスを運行するのに必要なバスターミナルプロジェクトは中央バスターミナルと郊外バスターミナルの2つのプロジェクトとしてま

とめた。提言した幹線バスプロジェクトとこれを導入する運行システムを表 9-2に取りまとめた。

表 9-2 提言されたプロジェクトと幹線バス運行システム

Name of Project	Scale of Project	Operation System Introduced	Project Cost (Mill. US \$)	Remarks
Trunk Busway Project				
1) Carrera 7a and Carrera 10 Project	L=25.15 km	Bus priority lane	19,409	1 de major
2) Avenida Quito Project	L=16.33 km	Trunk busway system	28,902	
3) Autopista Sur Project	L=11.10 km	Express busway system	109,987	Bridges
		Trunk busway system	34,851	At-grade
4) Avenida Caracas Project	L=17.58 km (14.5 km)	Express busway system	337,960	Viaduct
		Trunk busway system	33,794	At-grade
5) Autopista Norte Project	L=17.24 km	Express busway system	54,133	
		Trunk busway system		
6) Avenida Suba Project	L=15.29 km	Bus priority lane	8,846	Calle 127
7) Avenida 68 and Calle 100 Project	L=17.53 km	Trunk busway system	8,404	
		Bus priority lane		
8) Calle 170 Project	L=5.12 km	Bus priority lane	3,050	
Bus Terminal Project				
1) Urban Bus Terminal	1 Vol.		59,751	
2) Sub-urban Bus Terminal Project	7 Vol.		18,715	
Total	125.32 km		717,802	

(4) カラカス街路に急行バス専用道路として高架橋梁を提言

カラカス街路の2005年におけるバス利用者需要は非常に多く、ピーク1時間・1方向当たり30,000人から35,000人と推定された。このような膨大な利用者を安全に円滑に処理するためには平面の道路構造では処理困難なため、高架橋梁構造の立体構造形式を提案した。提案した高架橋梁の延長は14.5 kmでその事業費は約338百万米ドルである。

カラカス街路のバス利用者需要は今後も増加の一途を辿ることが予測され、近い将来その需要はバス輸送機関の最大容量を超えることは明らかである。この増加するバス利用者の需要に備え、バス輸送機関より輸送容量の大きい軌道系輸送機関の導入を考える事が重要である。この意味から急行バス専用道路として計画された高架橋梁を、軌道系の交通機関の路線に変換させる事を念頭において高架橋梁を建設する事を提言した。

(5) 提言された内環状高速道路

内環状高速道路は往復4車線の自動車専用の有料道路として建設する事を提言した。この都市内高速道路の形式は原則的に既存道路(R.O.W=60m)の中央分離帯に橋脚を立てた高架構造形式を採用した。また、高速道路の路線位置は既存のセプティマ街路、100番街路、キトー街路、及び6番街路の上空空間を利用して建設するものである。騒音環境対策のために特別住居地域、学校、病院等の土地利用に面する区間の高架道路に遮音壁を

設置した。また、高速道路の建設に伴い移転すべき街路樹は既存の歩道、外側分離帯等の場所に移植することとした。提言した内環状高速道路の諸元を表 9-3に取りまとめた。

表 9-3 提言した内環状高速道路の内容

Items	Contents	Remarks
1) System of Road	Full access control Toll road system	
2) Design Speed	60 ~ 80 km/h	
3) Number of Lane	4-lane dual carriageway	W= 3.5 m
4) Type of Road	Viaduct on the all section	H=11 ~ 14 m
5) Length of Road	15.0 km	
6) Number of Ramp	4 locations	2-lane ramp
7) Utilized Existing Roads	On car.7a from Calle 127, Calle 100, Av. Quito, Car.6 to Caracas.	Center of road is selected for IRE
8) Noise Protection Walls	Special residential areas, Hospitals, schools	H=3 m
9) Project Cost	US \$ 638,587 million	

(6) 資金調達と実施体制

本調査で提案した幹線バス道路建設プロジェクト及び内環状高速道路建設プロジェクトの全体事業費は1,356百万米ドルであり、1999年から2005年の7年間に必要な年間投資額は130から282百万米ドルである。これらの年間必要投資額の規模は過去のボゴタ市のインフラ整備に対する投資額と比較した場合、かなり大規模の投資となり市の通常予算での建設実行は困難な状況である。事業を早期に実施する為に、ボゴタ市は早急に確実な予算を確保する必要がある。

一方、ボゴタ市の組織・行政改革は徐々に実行されているが、大規模プロジェクト実施体制等は未だに脆弱であるため、継続的なプロジェクトの実行が非常に困難な状況を示している。この様な状況を鑑み、ボゴタ市は本プロジェクトの実施あたり、責任と強い権限を持つ新しい組織を早急に設立をする事が重要である。

(7) 今後の調査

本調査で提案されたプロジェクトの実現化に向けて、以下に示すプロジェクトの詳細設計を実施する事を提案する。プロジェクトの実現はボゴタ市の公共交通機関の近代化及び強化に繋がり、健全な都市活動を回復するために大きく貢献するものである。また、プロジェクトの実現は公共交通機関を強化する事により、増加する自動車交通量を抑制させ、大気汚染に悩まされているボゴタ市の環境対策に大きく貢献するものと考えられる。このようにプロジェクト実現の貢献度を考え、早期に次の段階の設計を実施する事が重要である。

- 1) カラカス街路及びノルテ道路の幹線バス路線の詳細設計
- 2) スール道路の幹線バス路線の詳細設計

さらに、ボゴタ市は1995年以前の構造物設計に対し殆ど耐震設計を組み入れていないことから、ボゴタ市を災害に強い街にするために、今後橋梁に対する耐震設計を導入すること、既に建設されている橋梁の安全性についての調査を実施することが重要である。

調査実施関連者名簿

(1) JICA Study Team

Mr. Koichi TSUZUKI	Team Leader
Mr. Kenichi SEKINE	Deputy Team Leader/ Public Transport Planner
Mr. Kimio KANEKO	Traffic Planner
Mr. Masaaki TUDA	Traffic Management/ Public Transport Planner
Mr. Yoshiaki NISIKATSU	Road Planner
Mr. Masahisa TUCHIHASHI	Road Planner
Mr. Masahiko MORI	Structure Designer/ Construction Method
Mr. Masayoshi KOMAGAMINE	Structure Designer/ Cost Estimation
Dr. Takanori HAYASHIDA	Environment Analyst
Mr. Iwao NAKAJIMA	Architecture/ Landscape
Mr. Tetuo WAKUI	Economist
Mr. Hisayuki YAMAGUCHI	Traffic Demand Analyst/ System Engineer
Mr. Yoshihiro MIYAMOTO	Traffic and Transport Surveyor
Mr. Kazue FURUKAWA	Interpreter
Mr. Takatoshi KOSHIBA	Environment Analyst

(2) JICA Advisory Committee

Dr. Koichi YAMAGATA	Professor, University of Ibaraki (Chairman of the JICA Advisory Committee)
Mr. Toshiro KOHNO	Ministry of Construction
Mr. Seishiro TSUZUKI	City of Nagoya
Mr. Takashi UCHINO	The Overseas Economic Cooperation Fund, Japan

(3) JICA Headquarter

Mr. Takao KAIBARA	Director, 1 st Development Study Division
Ms. Eri HONDA	Deputy Director, 1 st Development Study Division
Mr. Tomoyuki KOSAWA*	1 st Development Study Division
Mr. Takahiro KASAI	1 st Development Study Division

(4) Embassy of Japan

Mr. Teruhisa YUTAKA	Secondary Secretary
---------------------	---------------------

(5) JICA Colombia Office

Mr. Bunkichi KURAMOTO*	Resident Representative
Mr. Toshiaki FURUYA	Resident Representative
Mr. Kimio FUKASAWA	Assistant Resident Representative

(6) Colombian Counterparts

Ing. Ana Luisa Flechas Camacho de Areni*	Coordinadora del Estudio, Secretaría de Tránsito y Transporte (Asesora STT)
--	---

Ing. Gustavo Calderón Herrera	Coordinador del Estudio, Instituto de Desarrollo Urbano
Ing. Javier Darío Tello Carrillo	Ex-Director Técnico de Planeación, Instituto de Desarrollo Urbano
Ing. Leyla María Álvarez Piedrahita	Departamento Administrativo de Planeación Distrital
Ing. Luis María Muñoz Álvarez	Secretaría de Tránsito y Transporte
Ing. Héctor Julio Monguí Estupiñan	Secretaría de Tránsito y Transporte
Ing. Norma Cristina Solarte Vanegas	Instituto de Desarrollo Urbano
Ing. Jorge Miguel	Instituto de Desarrollo Urbano

(7) Steering Committee

Dr. Enrique Peñalosa Londono	The Mayor of Santa Fe de Bogota
Dr. Andres Camargo	Director of IDU
Dra. Emilia C. Ruiz*	Director of ACCI
Dr. Jose David Marin	Director of ACCI
Dra. Maria Perez*	Secretary of STT
Dr. Guillermo Salcedo	Secretary of STT
Dra. Claudia Franco	Secretary of SOP
Dra. Nohora Aristizabal	Director of DAPD
Dr. Manuel Olivera	Director of DAMA
Dr. Ignacio De Guzman	Transmilenio Project, PNUD
Dr. Gustavo Calderon	Coordinator on the Study, IDU

Note; * Predecessor

