

国際協力事業団
インド国首都圏計画委員会

インド国
首都圏高速道路整備計画調査

最終報告書

要約編

JICA LIBRARY

平成12年3月



J 1157473(8)

JICA
107
61.4
SSF
LIBRARY

株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル

社調一

JR

00-089

国際協力事業団
インド国首都圏計画委員会

インド国
首都圏高速道路整備計画調査

最終報告書

要約編

平成12年3月

株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル



1157473(8)

本調査では下記の外貨交換率を使用した:

US\$ 1.00 = 42.50 インドルピー (1999年8月現在)

序文

日本国政府は、インド国の要請に基づき、同国の首都圏高速道路整備計画にかかる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11月から平成12年3月までの間、4回に亘り株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルの郡司 勇 氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

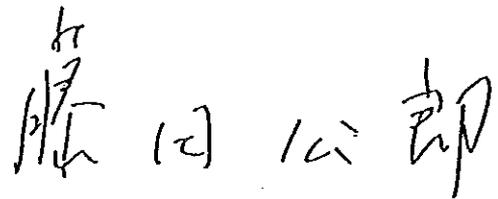
調査団は、インド国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

また、首都高速道路公団 東京建設局建設第1部長 梶浦 雄介 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。

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12年3月

A handwritten signature in black ink, reading '藤田 公郎' (Fujita Kenji). The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath.

国際協力事業団
総裁 藤田公郎

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 藤田 公郎 殿

ここに、インド国首都圏高速道路整備計画調査の最終報告書を提出いたします。本報告書は、平成10年11月25日（第1年次）、平成11年5月17日（第2年次）に締結された貴事業団との契約に基づき作成いたしました。

本報告書は、デリー首都圏におけるガジアバード～メラット、及びクンドリ～ガジアバード間の高速道路計画に係る開発調査についてまとめたもので、要約、本編、図面集から構成されています。要約（和文および英文）には調査結果全体の概要をまとめました。本編（英文）に開発調査の結果を論じ、図面集（英文）には道路と構造物の概略設計に基づく平面・縦断図、横断図、詳細図を取りまとめました。

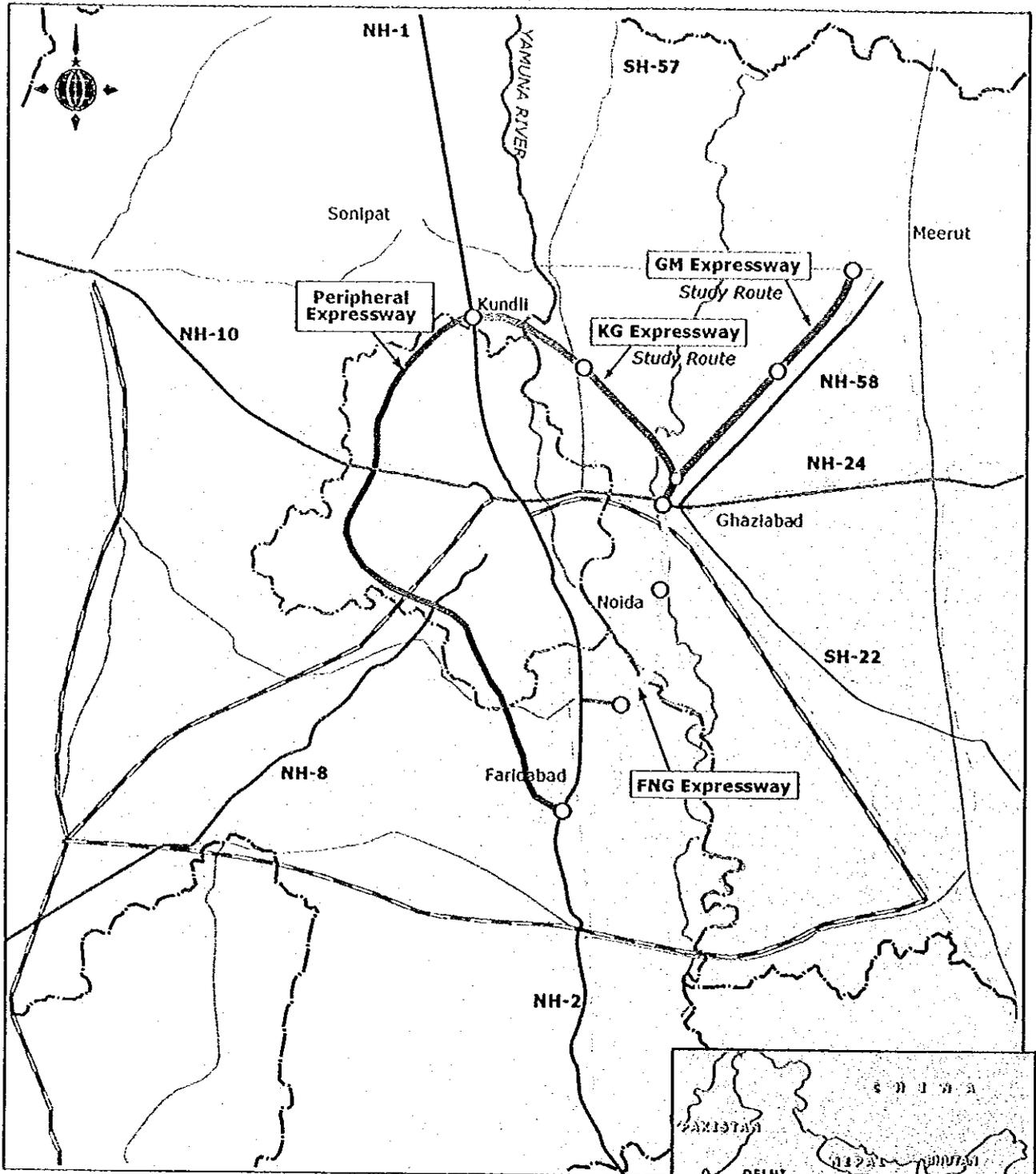
本報告書の提出にあたり、諸般のご協力およびご助言を賜った貴事業団、作業監理委員、外務省、建設省、在インド日本大使館およびインド国政府関係諸機関の方々に心からの謝意を表するとともに、この報告書がインド国の社会・経済の発展に寄与することを念願致します。

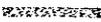
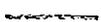
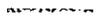
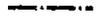
平成12年3月

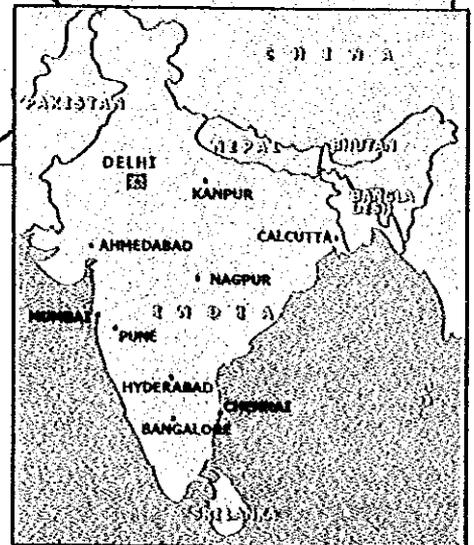
インド国首都圏高速道路整備計画調査

団 長 郡 司 勇

調査対象位置図



- 凡 例
-  調査対象路線
 -  FNG Expressway
 -  Peripheral Expressway
 -  国道
 -  州道
 -  鉄道
 -  州界
 -  首都圏 (NCR) 境界



計 画 の 概 要

1. 国 名	インド国
2. 調査名称	首都圏高速道路整備計画調査
3. 受入機関	首都圏計画委員会
4. 調査目的	K-G 及び G-M Expressway に係るフィージビリティ調査の実施

1. 調査対象地域	ハルヤナ州及びU.P.州のうち、首都圏内のデリー市北部及び北東部
-----------	----------------------------------

2. 将来交通量						
工 区		クンドリ - ケクラ	ケクラ - ジャンクション	メラット - モディナガール	モディナガール - ジャンクション	ジャンクション - ガジアバッド
工区延長		14.2 km	26.6 km	16.35 km	15.0 km	8.6 km
予想交通量 (PCU/day)	2006 年	41,200	30,900	24,300	27,700	43,100
	2016 年	67,000	52,900	40,400	50,700	74,400
	2026 年	112,800	98,100	75,200	101,300	132,300

3. 設計速度、設計車線数						
工区		クンドリ - ケクラ	ケクラ - ジャンクション	メラット - モディナガール	モディナガール - ジャンクション	ジャンクション - ガジアバッド
車線数	2006 年	2+2	2+2	2+2	2+2	3+3
	2022 年	3+3	3+3	3+3	3+3	4+4

4. 概算事業費						
項 目		K-G Expressway (クンドリ - ガジアバッド)		G-M Expressway (ジャンクション - メラット)		合計
		内貨	外貨	内貨	外貨	
- 単位: 100 万ルピー	当初建設費	7,023	484	3,605	237	11,349
- 1999 年 8 月価格	拡幅工事費	1,476	147	732	57	2,412
- US\$1.0 = 42.50 ルピー	舗装工費 (当初車線数)	422	46	294	32	794
	舗装工費 (最終車線数)	590	65	381	42	1,080

5. 事業実施スケジュール								
内 容	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
フィージビリティ調査	■							
詳細設計		■	■					
用地取得・住民移転			■	■	■			
建設工事				■	■	■	■	■
供用開始								▼

6. 経済・財務分析結果			
対 象	経済内部収益率	対 象	財務内部収益率 *
K-G and G-M	26.37 %	K-G and G-M	10.4 %
K-G Only	27.05 %	K-G Only	9.6 %
G-M Only	25.30 %	G-M Only	8.9 %

* 料金水準 1.5 ルピー/pcu-km による

7. 提 言
- 1) 本調査の結果、本事業は技術的に問題なく、経済的観点からも妥当であると判断される。
 - 2) インド国の金融市場の現状を考慮すると、財務的な指標は満足できる値には達していない。
 - 3) これらの状況を考慮すると、官民協力事業体(PPP)による事業実施が望ましい。
 - 4) インド国政府・NCRPB は、Recourse Loan の導入もしくは民間投資家への積極的な利益保証を図るべきである。
 - 5) 民間投資家への適切な投資利益率を可能にするため、公共投資者は自身への高い投資利益率を期待すべきでない。
 - 6) インド国政府・NCRPB は、資金調達コストを下げるため、政府間援助資金の導入を図るべきである。
 - 7) 料金水準は 1.5 ルピー/pcu-km が望ましいが、定期的に妥当な範囲の料金値上げを図るべきである。

調 査 の 概 要

インド国首都圏高速道路整備計画調査

- ・調査期間： 1998年12月～2000年3月
- ・受入機関： 都市開発省 首都圏計画委員会（NCRPB）

1. 背 景

インド国政府の要請に基づき、日本国政府は「インド国首都圏高速道路整備計画調査」（以下「本調査」と呼ぶ）を行うこととした。

これに従い、日本国の援助案件の公的实施機関である国際協力事業団は、調査を実施するため、パシフィックコンサルタンツインターナショナルを本調査のコンサルタントとして選定し、JICA 調査団を組織して調査を実施することとなった。

2. 目 的

本調査の目的は、首都圏のガジアバッド～メラット高速道路及びクンドリ～ガジアバッド高速道路の全長 80 km の区間についてのフィージビリティ調査を行うことを目的とする。また、調査の実施を通じて、インド国側カウンターパートへの技術移転を行う。

3. 調査対象地域

本調査対象地域は、デリー市北部及び北東部の調査対象路線が直接影響を与える地域を含む首都圏（NCR）全域とする。NCR は、U.P.、ハルヤナ、ラジャスタン、デリーの4州の構成部分から成る。

4. 調査対象地域の現況

4.1 社会経済状況

(1) 人 口

NCR の人口は 1981 年の 1,900 万人から 1991 年の 2,600 万人へと平均年率で 3.3 %の伸びを示しており、1999 年には 3,400 万人に達すると見込まれている。1999 年の NCR における地域別の人口は、デリー：1,330 万人、ハルヤナ：830 万人、U.P.：1,080 万人、ラジャスタン：180 万人となっている。

NCR の都市部人口は、1991 年で 52 %で、2001 年には 58 %に達すると予想されている。1999 年の人口密度は、1 ヘクタール当たり 11.3 人で、デリー市だけを見ると 1 ヘクタール当たり 89.3 人である。

(2) 土地利用

NCR の全面積は 30,211 平方キロで、デリー市は 1,483 平方キロ、ハルヤナ州分は 13,413 平方キロ、U.P.州分が 10,823 平方キロ、ラジャスタン州分が 4,492 平方キロとなっている。

1986～87 年の統計で見る NCR の土地利用形態は、デリーでは、農耕地が 64 %、非農地が 24 %で、同じくハルヤナ州分では 81 %と 10 %、U.P.州分では 82 %と 11 %、ラジャスタン州分では 74 %と 4 %となっている。

(3) 経済活動

NCR は、面積で全インドの 1.0 %、人口で全インドの 3.1 % (1991 年) であるが、インド国全体の GDP のうち 4.6 % (1996 年) を占めている。

世界開発報告 (1998/1999) によれば、1997 年のインド国の一人当たり GDP は 390 ドルで、1996 年から 1997 年にかけて 3.2 %で伸びている。調査対象地域における収入については、一人当たりの Net National Product (NNP)で見ると、1995～1996 年のデリー市では 1980～1981 年価格で 3,670 ルピー、ハルヤナ州では 1,666 ルピー、U.P.州では 2,573 ルピーであり、全国平均では 2,573 ルピー、時価で 12,097 ルピーである。

4.2 輸送形態と交通

デリーでは現状で大量公共輸送システムは現在建設中のメトロ以外には存在していない。デリーは他のインド国の都市に比べても都市人口の比率が高く、国内で一人当たり収入が最も高く、結果として自動車保有台数が最も多くなっている。

過去 10 年をさかのぼると、デリーはインド国内で自転車の保有台数が最も高かったが、現在ではこの個人モードの交通が自転車から乗用車、二輪車等の個人交通手段に取って代わるようになった。1980 年から 1995 年までに、デリーの自動車保有台数は年率 10 %で伸びている。1995 年現在、デリー市の二輪車は 170 万台で、三輪車は 7 万 8 千台、乗用車は 76 万 3 千台である。

デリーでは自転車を始めとする原動機のない交通モードは重要な役割を担っており、主に近距離の交通手段として 1 百万台の自転車と数多くのリクシャが使われている。

現在のデリー～ガジヤバッド間の交通量はデリー圏で最大である。交通量観測結果によれば、国道 24 号線と同バイパスで 1 日当たり 85,000 台の断面交通量がある。国道 58 号線のガジヤバッド～メラット間では 21,000 台/日となっている。

5. 計画の概要

5.1 将来社会経済フレームの設定と交通需要予測

(1) 将来社会経済フレームの設定

社会経済フレームの解析によれば、NCRの人口は2011年と2021年でそれぞれ1999年に対して1.43倍、1.71倍となり、2011年と2021年の経済成長は、それぞれ1999年に対して1.79倍、2.87倍となると予想される。これらを表-5.1に示す。

表-5.1: NCRにおける将来社会経済フレームの予測

年	1999	2006	2016	2026
人口(x1000)	34,220	42,681	53,756	66,308
NSDP* (in Bill. Rs.)	636	926	1,482	2,371
雇用 (x1000)	7,577	10,741	14,741	18,527

注：*Net State Domestic Product

(2) 将来交通需要の予測

設定された将来社会経済フレームに基づき、将来交通需要を5年周期でそれぞれ2006年、2011年、2016年、2021年、及び2026年において推計した。

その推計結果を表-5.2に示す。

表-5.2: 将来交通需要予測のまとめ

	2006 ¹⁾	2016 ²⁾	2021 ²⁾	2026 ²⁾
<i>K-G Expressway</i> (pcu/day)				
Kundli IC	41,200	67,000	87,400	112,800
Khekra IC	30,900	52,900	76,100	98,100
JUNCTION				
<i>G-M Expressway</i> (pcu/day)				
Meerut IC	24,300	40,400	56,700	75,200
Modinagar IC	27,700	50,700	75,500	101,300
JUNCTION	43,100	74,400	102,600	132,300
Ghaziabad IC				

Note: 1) with FNG Expressway

2) with FNG, Peripheral and G-M Expressway Meerut Extension

5.2 技術的側面

(1) 最適路線の選定

K-G、G-M 両路線の路線代替案として9種類の組み合わせを設定し、技術的・経済的側面から検討した。比較検討の結果、K-G、G-M Expressway それぞれについて技術的、環境的、地域開発的、経済的な観点から最適ルートを選定した。

K-G Expressway (クンドリ IC～ガジアバッド IC間) の延長は 49.00 km、G-M Expressway (ガジアバッド北 JCT～メラット IC間) の延長は 39.55 km である。

(2) 設計結果の要点

- 1) 設計速度は全線で 120 km/hr とした。
- 2) 交通需要予測結果から、クンドリ～ジャンクション間及びジャンクション～メラット間は暫定 4 車線・完成 6 車線の段階施工方式を適用し、共通区間であるジャンクション～ガジアバッド間は暫定 6 車線・完成 8 車線の段階施工方式を適用することとした。
- 3) 料金徴収方式は対距離制が好ましい。クンドリ、ケクラ、メラット、モディナガール、ガジアバッドの 5 インターチェンジは、いずれもダブル・トランペットもしくはシングル・トランペット型の設計を適用した。
- 4) ガジアバッド IC が、FNG Expressway の案であるクローバー型の設計を採用した場合、ガジアバッド IC の北側に本線料金所を設けるものとする。ガジアバッド IC が本調査の提言に従ってトランペット型で設置された場合、この本線料金所は必要ない。
- 5) 両高速道路全体の構造物延長及び構造物比率はそれぞれ 1.54 km、1.9 %となる。橋梁の上部工型式としては、経済性と現地での汎用性からプレキャスト PC 構造の I 桁橋が望ましい。
- 6) 土工区間のほとんどは盛土構造である。客土による盛土量は全体で 1 千 2 百万立方メートル程度になると推定される。
- 7) 舗装のライフサイクルコストの分析結果により、初期投資額を押さえるという観点から、舗装構造はアスファルト舗装とすることが望ましい。

5.3 概算事業費の積算

本計画の概算事業費は 1999 年価格で約 113 億 4 千 9 百万ルピーである。その内訳を表-5.3 に示す。

表-5.3 当初事業費の概要

(単位：百万ルピー)

建設費	7,323
用地及び補償費	1,649
設計・施工管理費	897
事務費	449
予備費	1,031
合計	11,349

5.4 事業実施計画

建設スケジュールを含む最短の事業実施スケジュールを図-5.1の通り設定した。

図-5.1 事業実施計画

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
計画調査	■							
詳細設計		■						
用地買収			■	■	■			
建設工事				■	■	■	■	
供用開始							▼	

6. 計画の評価

6.1 経済分析結果

キャッシュフローの現在価値を比較することにより、経済内部収益率(EIRR)を算定した。数量化した経済便益は、車両走行コスト、時間コストおよび事故コストである。経済分析の結果、調査対象路線は経済的にフィージブルであると判断できる。

	延長	EIRR
K-G and G-M	80.75 km	26.37 %
K-G Only	49.00 km	27.05 %
G-M Only	39.75 km	25.30 %

また、感度分析の結果、便益が20%減、コストが20%増の最も厳しいケースにおいても内部収益率は21.20%となる。

6.2 財務分析結果と実施計画

財務分析は、事業化の際に可能となる財務構成を想定してケース・スタディを行うことで実施した。それによれば、K-G 及び G-M Expressway の税引き前財務内部収益率 (Pre-tax FIRR) は 10.4 % となり、純商業ベースで事業化できるレベルに達していない。また、分析結果は、100%民間資本によるコンセッション方式では、資金のすべてを国内に比べて大幅に低利の海外市場で調達できたとしても、開通当初5年間の長期債務を事業収入でカバーできない。

従って、可能となる事業方式は、民間と公共でリスクを分担する、民間もしくは公共主導型の官民協力事業体 (PPP) であり、その場合においても、公共側が用地取得を自前で実施し償還対象から除外する、あるいは政府補償によって低利なODA資金を導入する等の公共側の積極的なリスク分担が必要である。

7. 環境的側面

最適路線の選定に当たっては、環境に対する影響、特に住民移転等の社会環境に対する影響を最小にすることを主眼に作業を行った。

予想される環境への好ましくない影響を防ぐために、環境影響評価を実施し、対策を提案した。評価の結果、きめ細かな設計を行い、適切な建設方法を取ることでほとんどの好ましくない影響は回避することができるとの結論を得た。最も大きいと予想される影響は、建設前段階での住民移転の問題と、営業段階での騒音・振動・大気汚染である。移転が必要となる住民に対しては、十分な補償と適切な地域への移転が必要である。また用地として取得する農地・工場へは、十分な補償がなされるべきである。騒音・振動・大気汚染等の問題は、多くの要素が複合して発生するが、そのほとんどは路側でのきめ細かい設計と、適切な建設方法で回避できる。

8. 結論と提言

8.1 計画の実施

本調査の結果より、本事業は技術的に問題はなく、経済的にも妥当であると判断される。本事業によってもたらされる直接便益と地域開発効果など多大な間接便益を考慮すると、事業の早期実施が望まれる。

しかしながら、財務的な指標をインド国の金融市場の現状と比較し、海外からの資金調達の可能性と条件を考慮した場合、本事業の実施は財務的には厳しい状況にある。この事業化を実施に向け、下記の対策と戦略を提言する。

(1) Recourse/Non-recourse Loan による資金調達

Recourse Loan による資金調達は、民間出資者のリスクを大幅に軽減するが、これが不可能であれば、政府・NCRPB は民間出資者に対して積極的な利益保証を図る必要がある。

(2) 資本構成

当面の事業形態として公共主導型 PPP を目指す場合、主たる出資者となる州・中央政府、NCRPB 等は、民間出資者に適切な利益を保証するために、自身には高い資本利益率(ROE)を期待しない出資が必要となる。民間主導型 PPP を目指す場合でも、民間出資者に対する資本利益率を一定以上確保するための何らかの方策が必要となる。

(3) 負債構成

インド国の金融市場で調達可能な資金は、10~12年もので年率16%程度であり、インフレを考慮した実質金利でも8%程度である。従ってインド政府・NCRPB は、政府間援助資金の導入を検討すべきである。これは資金に対する政府保証と為替リスクの負担を意味するが、これにより民間出資者の信頼確保と事業のキャッシュフローの大幅な改善が見込まれる。

(4) 料金水準

推奨される料金水準1.5ルピー/pcu-kmは、利用者便益の範囲内であるが、政府・NCRPBは、一人当たり収入の上昇に応じた料金の値上げを柔軟に認めるべきである。これにより、負担能力に対する「実質料金」を同レベルに保持でき、料金収入の増大を図ることができる。

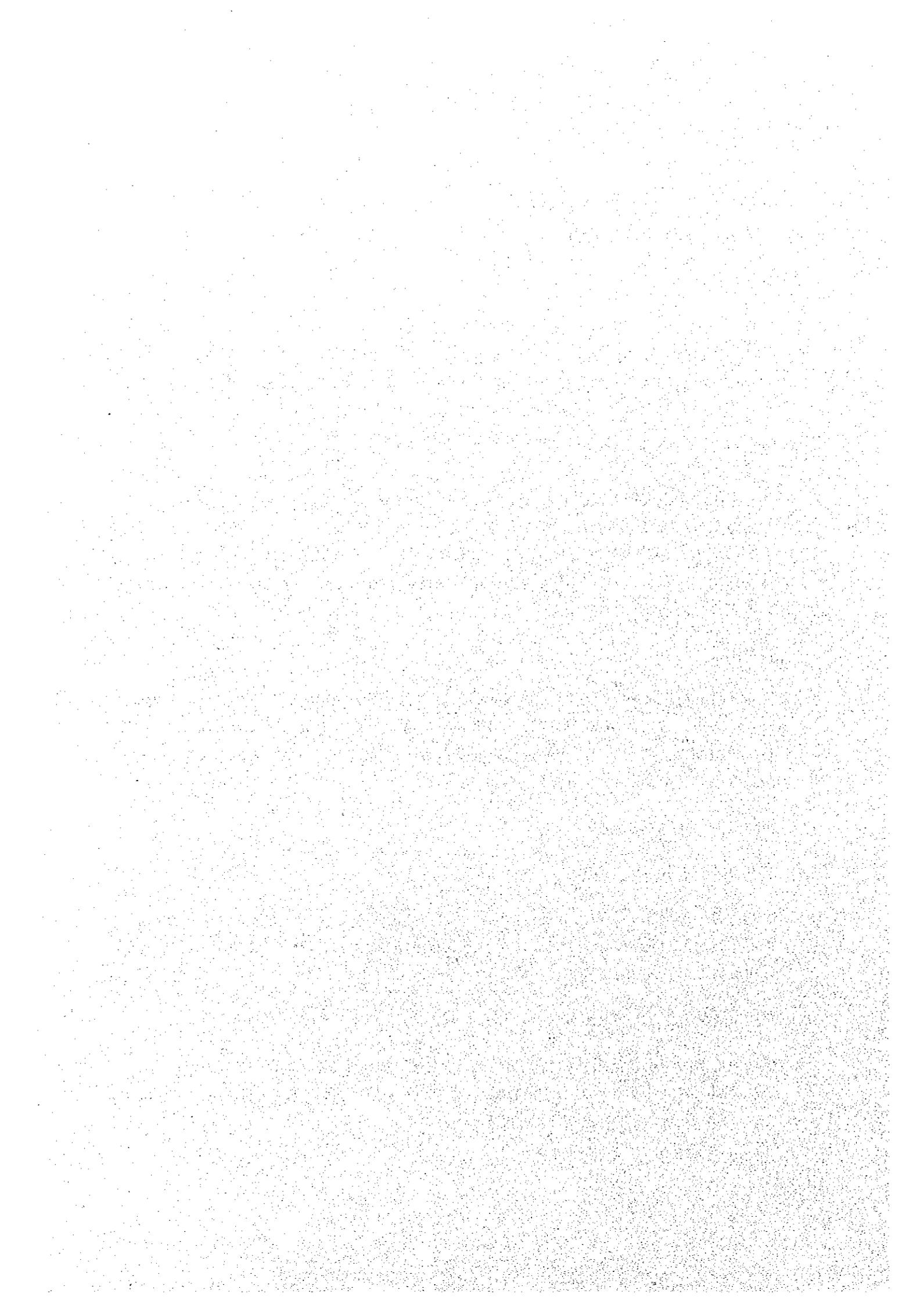
13.9 本調査後へ向けての課題

(1) サクセス・ストーリーの実現

民間主導の開発事業を進めるためには、その初期の段階で「サクセス・ストーリー」を実現することが非常に重要である。インド政府・NCRPBは、事業の成功を図るためにあらゆる努力を払うべきである。

(2) 交通マスタープランの必要性

デリー首都圏では、信頼性の高い交通データに基づいて、適切なモード分担とネットワーク計画を確立するための総合交通マスタープランを実施する必要がある。この種の調査を早期に実施することを強く提言する。



インド国首都圏高速道路整備計画調査

最終報告書

要 約 編

目 次

序 文
伝 達 状
調査対象位置図
計画の概要
調査の概要

	Page
第1章 序 章	
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査対象地域	1
1.4 調査方法と作業フロー	2
第2章 調査地域の社会・経済条件	4
2.1 自然状況	4
2.2 社会経済現況	4
2.3 交通の現況	6
第3章 将来社会経済フレーム	10
第4章 交通需要予測	11
第5章 最適路線案の選定	
5.1 路線選定の基本方針	14
5.2 路線選定上の主要条件	14
5.3 路線代替案の選定	15
第6章 概略設計	
6.1 交通需要予測結果と車線数の決定	18
6.2 関連施設（連絡等施設、本線料金所、休憩施設）の設計	19
6.3 土工設計	19
6.4 構造物設計	19
6.5 舗装設計	20

第7章	施工計画	
	7.1 段階施工の方法	21
	7.2 実施スケジュール	21
第8章	維持管理計画	22
第9章	事業費の積算	24
第10章	経済分析	
	10.1 利用者便益と料金水準	25
	10.2 経済評価	26
第11章	制度・財務・実施に関する分析	
	11.1 序 論	27
	11.2 事業を取り巻く制度的な環境	27
	11.3 財務分析	31
	11.4 実施計画	35
第12章	環境影響評価	
	12.1 概 論	39
	12.2 用地取得と住民移転	42
第13章	結論と提言	
	13.1 事業の実施に向けて	43
	13.2 本調査後へ向けての課題	44

表 目 次

	Page
表-2.1 交通量観測結果 (24 時間)	9
表-3.1 将来社会経済フレームのまとめ	10
表-4.1 交通需要予測結果一覧表	11
表-4.2 主要高規格道路のネットワーク条件	12
表-4.3 料金水準 Rs.1.5/pcu-km における ネットワーク条件の交通量への影響(2016)	13
表-5.1(1) 路線代替案の比較：K-G Expressway	17
表-5.1(2) 路線代替案の比較：G-M Expressway	17
表-6.1 交通需要予測結果と車線数の決定	18
表-6.2 主要な構造物数量	20
表-6.3 舗装工種比較	20
表-9.1 事業費総括表	24
表-10.1 開通初年度 (2006) の利用者便益	25
表-10.2 経済内部収益率 (EIRR)	26
表-10.3 経済内部収益率に関する感度分析結果	26
表-11.1 ケーススタディ 1~4 の事業費構成	32
表-12.1 高速道路事業によって影響を受ける環境影響項目	39
表-12.2 調査対象事業により予想される環境への影響項目	40
表-12.3 K-G & G-M Expressway 環境管理計画	41

目 次

		Page
図-1.1	調査の基本的流れ	2
図-2.1	デリー市外での主要幹線道路	7
図-2.2	デリー市内の交通調査地点	8
図-2.3	デリー市街の交通調査地点	8
図-4.1	料金水準に対する交通量の増減	13
図-4.2	料金水準に対する料金収入の増減	13
図-4.3	各基準年の料金水準に対する料金収入の増減	13
図-4.4	各料金水準における料金収入の経年変化	13
図-5.1	路線代替案：Kundli-Ghaziabad Expressway 及び Ghaziabad-Meerut Expressway	16
図-7.1	事業実施計画	21
図-8.1	中央管制による交通管理システムの概念図	23
図-8.2	料金徴収のコンピュータ化の概念図	23
図-11.1	包括的な法体系に対するコメントと提言	28
図-11.2	コンセッション契約に対するコメントと提言	29
図-11.3	制度的な機構に対するコメントと提言	30
図-11.4	インド政府・NCRPB の交渉方針についての提言（その1）	36
図-11.4	インド政府・NCRPB の交渉方針についての提言（その1）	37
図-11.5	K-G 及び G-M Expressway の事業実施スケジュール	38
図-12.1	環境影響評価の手順	40

第1章 序 章

1.1 調査の背景

デリー市は高い人口の伸びと経済成長から急速な都市部の成長を達成したが、同時に一極集中の結果多くの都市問題を抱えており、交通インフラ開発の必要性はますます重要性を増している。このような都市問題に対処するため、インド政府は1985年、首都圏(NCR)の開発計画を継続的に管理するため、首都圏計画委員会(NCRPB)を設立した。現在の地域計画では、交通セクターの開発を最重要視しており、首都圏の都市発展区域を結ぶ高速道路網整備を目指している。

この高速道路網整備の一環として、インド国政府は日本国政府に優先度の高い高速道路計画についてのフィージビリティ調査の実施を要請してきた。インド国政府の要請に基づき、日本政府は、デリー市における道路交通の混雑を緩和するとともに、同市への人口及び産業の一極集中の是正を支援するため、首都圏(National Capital Region: NCR)における主要衛星都市としての発展が見込まれるガジアバード～メラット(G-M)、及びクンドリ～ガジアバード(K-G)間に高速道路を整備することを目的として、そのフィージビリティ調査(F/S)を実施することとした。

これに従い、日本国の援助案件の公的实施機関である国際協力事業団は、調査を実施するため、パシフィックコンサルタンツインターナショナルを本調査のコンサルタントとして選定し、JICA調査団を組織して調査を実施することとなった。

1.2 調査の目的

本調査の目的は、ガジアバード～メラット(G-M)、及びクンドリ～ガジアバード(K-G)間の高速道路(全延長約80km)のフィージビリティ調査を実施することである。また、調査の実施を通じてインド国側カウンターパートへの技術移転を行う。

1.3 調査対象地域

本調査は、K-G および G-M Expressway の計画地域に加え、首都圏(NCR)及びその周辺地域を対象とする。

1.4 調査方法と作業フロー

本調査は、1998年7月にJICA事前調査団と首都圏計画委員会(NCRPB)間で合意されたS/Wの内容に沿って実施した。調査実施上の主要点は以下の6点である。

- (1) 将来社会経済フレームの設定
- (2) 設計基準と路線代替案の設定
- (3) 最適ルートを選定
- (4) 概略設計
- (5) 料金水準と徴収システムの検討
- (6) 事業実施計画の検討・評価、提言

調査団は1998年12月現地入りし、1999年3月まで現地にて第1次現地調査を実施、その後1999年5月より同年8月まで第2次現地調査、同年9月より同年12月まで第3次現地調査を実施した。

主な作業項目とスケジュールの概要を図-1.1に示す。

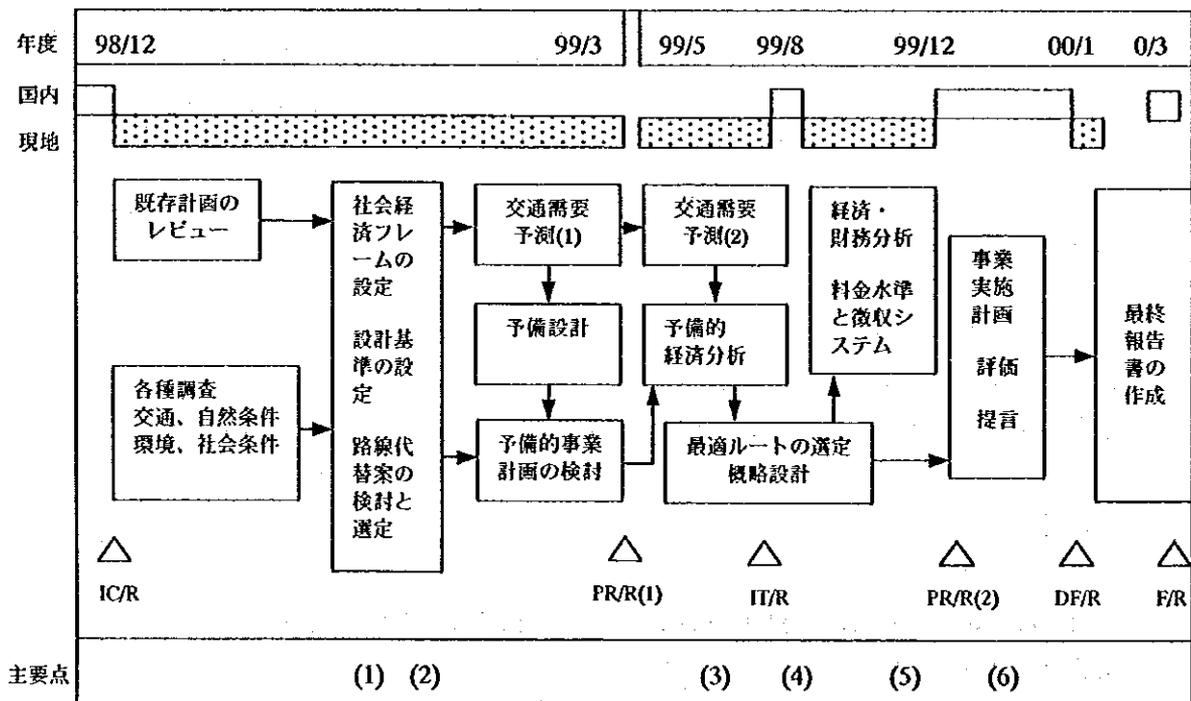


図-1.1 調査の基本的流れ

ドラフトファイナル・レポートは2000年2月にカウンターパートに提出し、同時期に「K-G、G-M Expresswayに焦点を当てたNCRにおける高速道路整備」に関するセミナーをデリーにて2000年2月3日に開催した。セミナーには、都市開発省閣内大臣ジャグモハン氏、同閣外大臣ダッタトラヤ氏、U.P.州都市開発大臣タンダン氏、日本大使館より平林大使を招き、その他約130名の民間・公共セクターの関心を集め、成功裏に行われた。

最終報告書は、本調査のすべてを包含するものとして、2000年3月に提出された。

第2章 調査地域の社会・経済条件

2.1 自然状況

調査対象地域は首都圏の北部及び北東部に位置している。首都圏(NCR)は、30,242 平方キロの面積をカバーし、デリー市に加え、ハルヤナ州、ウッタル・プラデッシュ(U.P.)州及びラジャスタン州の一部から成っている。

地形的には NCR は大きく2種類に分類できる。これらは主として沖積平野からなるデリー、ハルヤナ、U.P.の NCR 地形と、ハルヤナとラジャスタンで見られる砂丘地形である。NCR の地質は主としてガンガ河流域の沖積層であり、デリー周辺で一般的に見られる各種の砂及び粘土層が入り交じった構造をなしている。

NCR の気候は大きく2種類に分けられる。1つは、比較的温暖な冬季と暑さの厳しい夏季に代表される亜熱帯モンスーン気候域で、メラット、ガジアバッド、ブランドシャー、パニパット地域がこれに当たる。もう1つは乾燥性の暑さの厳しい夏季に代表される熱帯ステップ気候域で、ソニパット、デリー、ロータック、グルガオン、ファリダバッド、レワリ、アルワル地域がこれに当たる。

ガンガ河とヤムナ河の上流域は豊潤な雨量によって NCR 及びその周辺に多大な洪水をもたらす。NCR での年間降雨量は 61 cm である。このうち 79 %はモンスーン性の降雨であり、残りはその他の季節の降雨である。

NCR とその周辺域は、5月と6月が酷暑期であり1月が最も寒い時期である。8月は一般的に湿度が高く、5月は低い。5月と6月は強い表層風が吹き、冬季は風は弱い。1年のうちの一定時期、極度の乾燥と寒い冬季を過ごすことになる。7月から9月にかけては気温が下がり比較的過ごしやすい気候となる。

2.2 社会経済現況

(1) 人口

NCR はデリー市及び、ハルヤナ、ウッタル・プラデッシュ、ラジャスタン各州の一部地域から構成されている。

NCR の人口は、1981年の19.0百万人から1991年には26.4百万人に増加し、その成長率は年平均3.3%に達し、1999年では人口が34.2百万人になると推計されている。NCR の

各地域構成別に見ると、1999年人口はデリー市で13.3百万人、ハルヤナが8.3百万人、ウタール・プラデッシュが10.8百万人、ラジャスタンが1.8百万人である。

デリー市の人口増加は、過去30年間で年平均4%の伸びを示しており、これは首都への人口の流入に一部起因するところである。実際1981年から1991年の間に1.6百万人或いは、年間16万人人口が流入した事になり、それはデリー市人口の増加の50%に相当するものである。流入人口は周辺の州から発生しており、ウタール・プラデッシュがその50%を占め、続いてハルヤナ州が12%を占めている。

NCRの都市化率は1991年で52%であるが、更に2001年には58%に達すると推定されている。また、NCRの人口密度は同年で11.3人/haであるのに対し、デリー市では、89.3人/haとなっている。

(2) 土地利用

NCRの総面積は30,211平方キロメートルで、其の内デリー市の部分は1,483平方キロメートル、ハルヤナが13,413平方キロメートル、ウタール・プラデッシュが10,823平方キロメートル、及びラジャスタンが4,492平方キロメートルである。

1986-87年のNCR土地利用は、農業用地が大半である。耕作地の面積は、NCRの総面積の約80%を占めている。また、非耕作地、つまり、都市や農村の居住地区、交通網、河川や水路用地が10.0%を占めている。岩が多いとか塩分を含む土地、また未利用地のような不毛な土地は4.7%を占め、森林地域はNCRの総面積に対し2.1%にしか達していない。

デリー市の耕作地と非耕作地の面積は、市全体の面積に対し、夫々64%と24%であるのに対し、ハルヤナでは夫々81%と10%、ウタール・プラデッシュでは82%と11%、ラジャスタンでは74%と4%の割合になっている。

(3) 経済活動

NCRは、1996年のインド国全体の国内総生産(GDP)の内4.6%を生産しているが、全国土にしめる面積は1.0%であり、全人口に占める割合(1991年)は3.1%である。

NCRにおける主要な経済活動は農業セクターであり、特にウタール・プラデッシュとハルヤナでは州の地域総生産(GSDP)(注:ラジャスタンの経済統計は不整備)の40%以上を占めており、これはインド全体で見た場合の30%よりも高い値を示している。

また、1995-96年における第2次産業は、デリー市、ウタール・プラデッシュ州とハルヤナ州の各地域総生産の30%、19%及び25%をしめているが、一方第3次産業は夫々70%、38%、そして34%となっている。ウタール・プラデッシュ州とハルヤナ州では、第2次または第3次産業の構造的変化が顕著であるのに対し、デリー市はその第3次産業の構成比が1980年依頼、ほとんど70%であり、殆ど変化していない。

World Development Report 1998/1999によると、1997年の一人当たり国民総生産（GNP）はUS\$390であり、前年の1996-1997間に、約3.2%上昇した。所得に関する統計で、調査対象地域で有効なデータは一人当たり純国民生産（NNP）である。1995-96年におけるデリー市の一人当たり純国民生産額は、1980-81年価格でRs.6,049、ハルヤナがRs.3,670、ウタール・プラデッシュがRs.1,666である。また、この時、インド全体の平均一人当たり純国民生産は1980-81年価格でRs.2,573又は時価でRs.12,097であった。

2.3 交通の現況

(1) 首都圏域における交通セクターの現状

デリーでは現状で大量公共輸送システムは現在建設中のメトロ以外には存在していない。デリーは他のインド国の都市に比べても都市人口の比率が高く、国内で一人当たり収入が最も高く、結果として自動車保有台数が最も多くなっている。

過去10年をさかのぼると、デリーはインド国内で自転車の保有台数が最も高かったが、現在ではこの個人モードの交通が自転車から乗用車、二輪車等の個人交通手段に取って代わるようになった。1980年から1995年までに、デリーの自動車保有台数は年率10%で伸びている。1995年現在、デリー市の二輪車は170万台で、三輪車は7万8千台、乗用車は76万3千台である。

デリーでは自転車を始めとする原動機のない交通モードは重要な役割を担っており、主に近距離の交通手段として1百万台の自転車と数多くのリクシャが使われている。

(2) 首都圏域における道路網の現状

首都圏の道路ネットワークは9つの放射幹線を中心として成り立っている。これらの放射幹線は、国道1号、24号、2号、8号、10号および58号と、U.P.州の州道22号と57号、ハルヤナ州の州道13号から成っている。幹線道路の管理主体は、大まかには中央政府と州政府に分かれており、州政府の公共事業局（PWD）が州道の管理を、中央政府の陸上交通省（MOST）と道路公社（NHAI）が国道の管理を行っている。

(3) 交通調査とその結果

本調査に係る交通調査として、断面交通量調査、路側OD調査、走行速度調査及び軸重調査を実施した。主な調査地点を図-2.2 及び図-2.3 に示す。

表-2.1 に示すように、現在のデリー～ガジアバッド間の交通量はデリー圏で最大である。交通量観測結果によれば、国道 24 号線と同バイパスで1日当たり 85,000 台の断面交通量がある。国道 58 号線のガジアバッド～メラット間では 21,000 台/日となっている。

車種構成では、全ての測定地点で 40 %以上が乗用車及び二輪車であった。交通量調査の結果からは、現在施行されているデリー市内への昼間の貨物車進入禁止措置の影響が強いかえ、特に国道 1 号及び 2 号で顕著である。

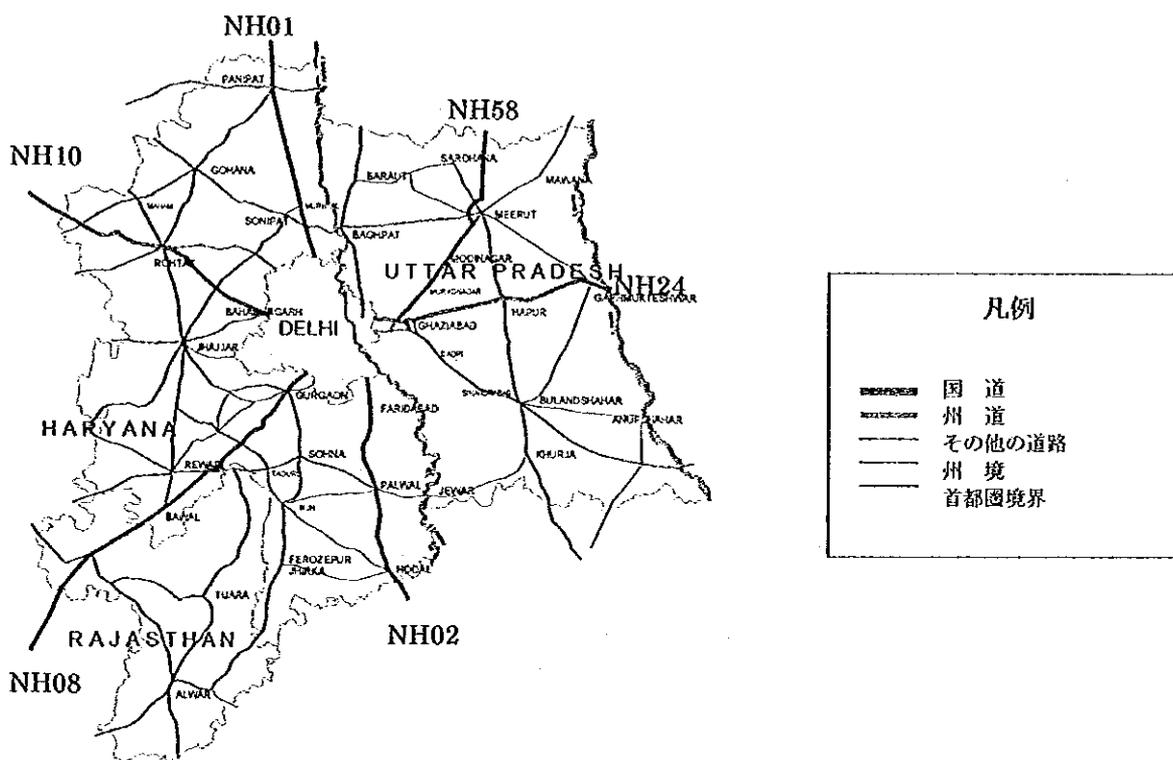


図-2.1 デリー市外での主要幹線道路

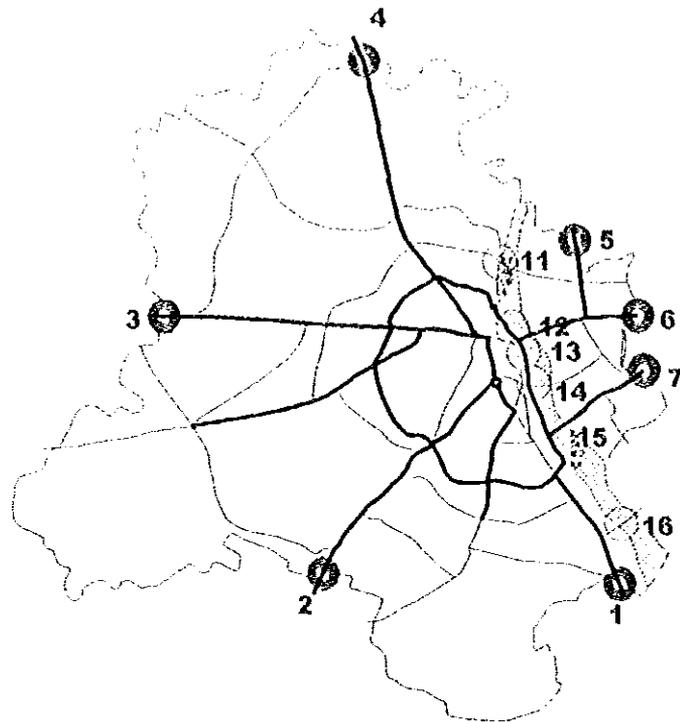


図-2.2 デリー市内の交通調査地点

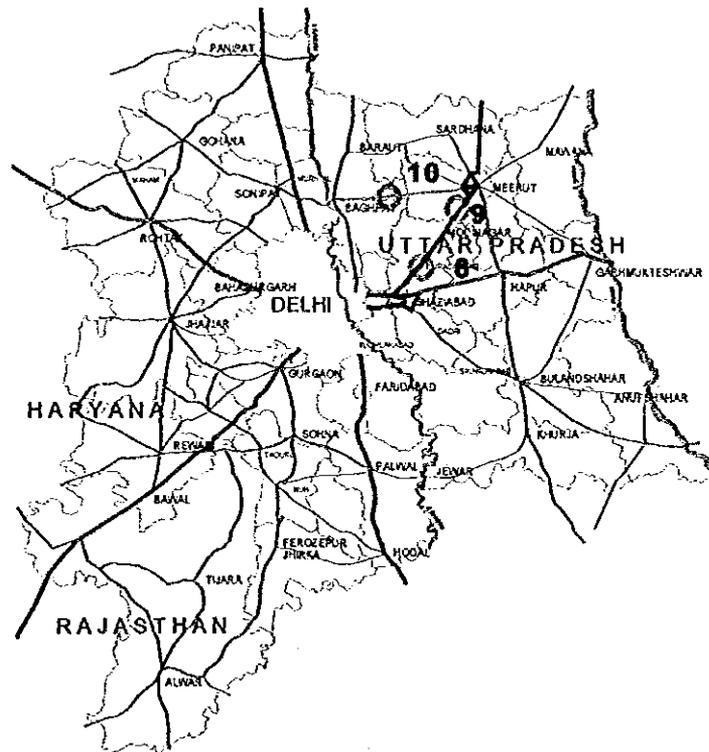


図-2.3 デリー市外の交通量調査地点

表-2.1 交通量観測結果 (24 時間)

No	Description	Non-Motorized	Motor-	Auto-	Passenger	Bus	Trucks	Sub-Total	Motorized
		Vehicles	cycles	rikshaw	Car			(4-6)	Vehicles
		1	2	3	4	5	6	(4-6)	(2-6)
1	Boundary of Delhi -- NH 2	5,636	10,504	392	20,077	1,408	8,211	29,696	40,592
2	Boundary of Delhi -- NH 8	1,733	8,901	175	24,650	2,533	9,441	36,624	45,700
3	Boundary of Delhi -- NH 10	2,965	4,541	746	6,667	863	5,084	12,614	17,901
4	Boundary of Delhi -- NH 1	1,938	3,863	312	12,714	2,305	11,338	26,357	30,532
5	Boundary of Delhi -- SH 57	2,277	1,752	112	1,833	526	3,857	6,216	8,080
6	Bridge over Hindan -- NH24	8,085	15,122	8,317	22,578	7,924	15,514	46,016	69,455
7	Bridge over Hindan -- NH24 Bypass	6,670	5,003	1,732	5,807	1,221	2,803	9,831	16,566
8	Ghaziabad - Modinagar--NH 58	2,711	4,966	457	8,225	1,920	5,591	15,736	21,159
9	Modinagar - Meerut --NH 58	2,135	3,073	578	6,560	2,150	5,057	13,767	17,418
10	Meerut - Baghpat	866	514	14	492	193	1,029	1,714	2,242
11	Yamuna River -- Wazirabad Bridge	14,657	14,014	2,941	8,274	4,619	9,332	22,225	39,180
12	Yamuna River -- ISBT Bridge	14,989	19,637	13,460	21,342	6,853	13,957	42,152	75,249
13	Yamuna River -- Yamuna Bridge	30,465	19,054	12,275	8,290	335	1,279	9,904	41,233
14	Yamuna River -- ITO Bridge	16,097	58,837	16,795	48,361	9,340	2,831	60,532	136,164
15	Yamuna River -- Nizamuddin Bridg	7,477	34,889	6,411	53,011	4,397	7,675	65,083	106,383
16	Yamuna River -- Okhla Bridge	4,059	7,448	1,419	11,402	845	5,909	18,156	27,023

Source : JICA Study Team

第3章 将来社会経済フレーム

調査対象道路の将来交通需要を予測するための将来社会経済フレームの設定にあたっては、人口、州内総生産及び就業人口等の計画指標に基づき、現在策定されている計画、過去の調査などを利用して行った。

人口分布については、すでに NCRPB にて策定されたものを使用した。将来の経済成長については、インド国の経済成長率が過去約 20 年間にわたり 5 % であり、NCR の成長率はインド国全体の成長率よりも高いことを勘案して 6 % とした。

予測した将来社会経済フレームをまとめたものを表-3.1 に示す。これらのフレームは、センサスデータ、土地利用計画、その他の地域計画・都市計画に基づき、交通需要予測のために各ゾーンに分割した。

表-3.1 将来社会経済フレームのまとめ

	1999	2001	2006	2011	2016	2021	2026
Population (in thousands)							
INDIA	990,293	1,012,386	1,095,637	1,178,889	1,259,944	1,341,000	1,415,000
NCR	34,220	36,367	42,681	48,994	53,756	58,518	66,308
Rest of NCR	215,917	223,874	245,357	266,839	289,261	311,682	327,773
North India	39,307	39,842	42,749	45,655	48,476	51,298	53,946
West India	142,392	145,445	157,242	169,039	180,801	192,563	202,504
Central India	78,822	80,661	88,096	95,530	103,191	110,852	116,575
South India	224,535	226,788	239,871	252,953	264,692	276,430	290,701
East India	255,100	259,409	279,644	299,878	319,768	339,658	357,193
Net State Domestic Product (in Rs. Billion)							
India	11,884	13,073	16,341	19,609	24,512	29,414	36,767
NCR	636	713	926	1,140	1,482	1,824	2,371
Rest of NCR	1,869	1,949	2,164	2,378	2,612	2,845	3,547
North India	668	724	873	1,022	1,218	1,415	1,764
West India	3,189	3,689	5,091	6,492	8,848	11,204	13,968
Central India	666	704	806	907	1,026	1,146	1,428
South India	2,775	3,084	3,924	4,765	5,989	7,214	8,993
East India	2,080	2,210	2,557	2,905	3,336	3,767	4,696
Employment (in thousands)							
INDIA	136,775	144,350	169,355	194,360	221,001	247,642	261,308
NCR	7,577	8,350	10,741	13,132	14,741	16,351	18,527
Rest of NCR	19,188	20,094	22,668	25,242	28,122	31,001	32,150
North India	5,290	5,429	6,018	6,608	7,232	7,856	8,262
West India	23,892	24,840	28,128	31,417	35,039	38,660	40,656
Central India	7,827	8,139	9,271	10,403	11,680	12,958	13,627
South India	47,007	50,733	62,733	74,734	88,118	101,502	106,743
East India	25,994	26,766	29,795	32,825	36,069	39,314	41,344

Source: JICA Study Team

第4章 交通需要予測

設定した将来社会経済フレームに基づき、2006年から、2011、2016、2021、2026年までの5年毎に将来交通需要を予測した結果、年平均伸び率が5.2%から6.7%と推計された。

表4.1に交通需要予測結果の一覧を示す。

表-4.1 交通需要予測結果一覧表

	2006 ¹⁾	2016 ²⁾	2021 ²⁾	2026 ²⁾
<i>K-G Expressway</i> (pcu/day)				
Kundli IC	41,200	67,000	87,400	112,800
Khekra IC	30,900	52,900	76,100	98,100
JUNCTION				
<i>G-M Expressway</i> (pcu/day)				
Meerut IC	24,300	40,400	56,700	75,200
Modinagar IC	27,700	50,700	75,500	101,300
JUNCTION	43,100	74,400	102,600	132,300
Ghaziabad IC				

注： 1) with FNG Expressway

2) with FNG, Peripheral and G-M Expressway Meerut Extension

今回の調査における交通需要予測の要点は、調査対象路線以外の高規格道路計画のネットワークにおける仮定条件（開通時期）とその影響を明確にすること、および料金水準の変化に対する交通量と収入の変化を分析し、最適料金水準決定に資することであった。調査対象路線以外の高規格道路計画のうち、いくつかは2000年から2006年の間に計画されており、特に、FNG Expressway および NOIDA 有料道路は2006年までに開通することを前提とした。

本調査に係る高規格道路計画とそのネットワーク上の開通仮定条件は表-4.2の通りである。

表-4.2 主要高規格道路のネットワーク条件

プロジェクト名	年 次		
	2006	2016	2026
NOIDA 有料橋	○	○	○
FNG Expressway	○	○	○
Peripheral Expressway	×	○	○
Delhi-Sonipat-Panipat (DSP) Expressway	×	○	○
NCR 幹線道路拡幅・改良	○	○	○
Delhi-NOIDA-Khurja-Aligarh (DNK) Expressway	×	×	○

これらの開通仮定条件をネットワークに適用し、それらの K-G および G-M Expressway に対する影響を分析した。料金水準 Rs.1.5/pcu-km における主な影響は表-4.3 の通りである。

表-4.3 料金水準 Rs.1.5/pcu-km におけるネットワーク条件の交通量への影響 (2016 年)

ネットワーク条件	KG&GM の1日当たり総走行台キロ
Base Case: KG&GM + FNG + Peripheral	2,001,000 pcu-km/day
No FNG	- 2 %
No KG (GM Only)	- 41 %
No GM (KG Only)	- 37 %

また、Rs.0.5、Rs.1.0、Rs.1.5、Rs.2.0/pcu-km の4種類の料金水準における交通需要を予測し、その交通量と1日当たり料金収入の変化を分析した結果を図-4.1~4.4 に示す。この結果によると、開通初年度(2006)においては Rs.1.5/pcu-km が料金収入を最大にする料金水準であり、後年になると道路網全体の飽和度が高くなるため高速道路のメリットが相対的に増大し、料金が高いほど料金収入は高くなる傾向を示している。

有料道路事業が健全な財務状況を保つためには開通当初から 5~10 年の料金収入が最も重要であり、遠い将来の需要推計は様々な不確定要素があることから、開通時の料金水準は 1.5 ルピー/pcu-km が適当であると考えられる。

図-4.1 料金水準に対する交通量の増減

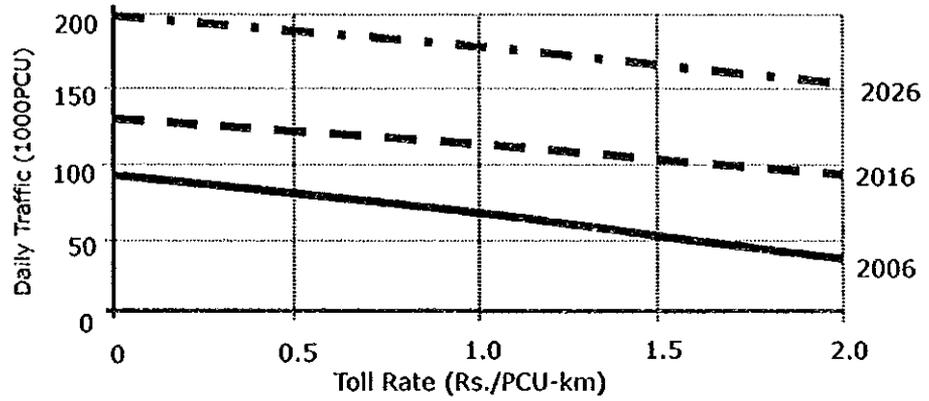


図-4.2 料金水準に対する料金収入の増減 (2006年)

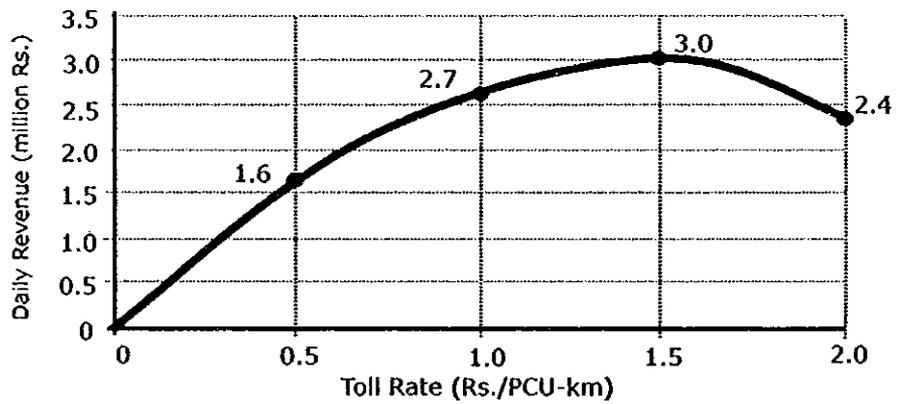


図-4.3 各基準年の料金水準に対する料金収入の増減

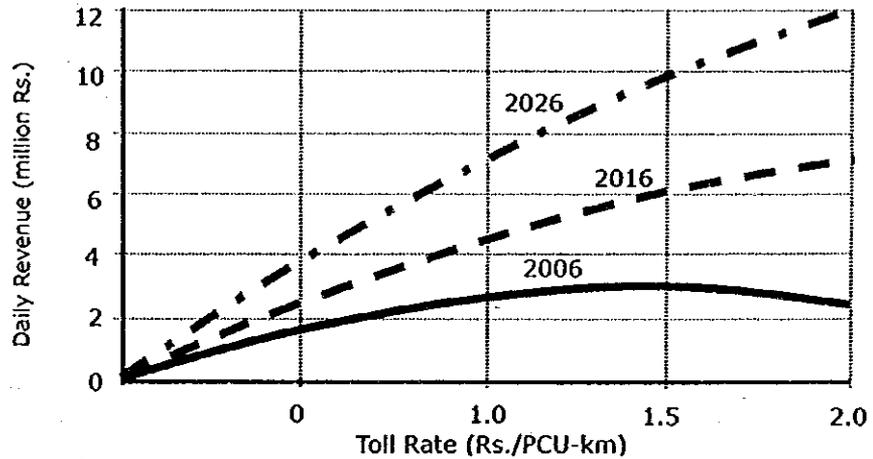
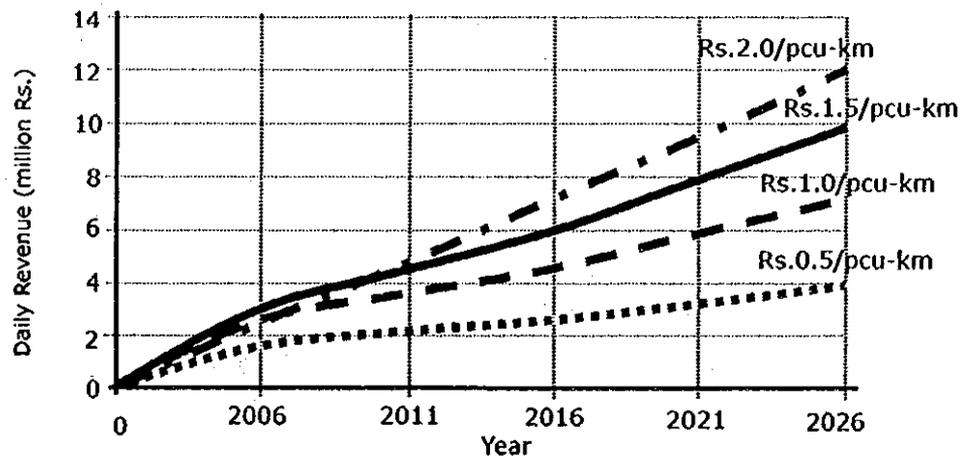


図-4.4 各料金水準における料金収入の経年変化



第5章 最適路線案の選定

5.1 路線選定の基本方針

本調査対象路線の K-G 及び G-M Expressway は、単なる 1 本の高速道路ではなく、首都圏における高速道路網計画の一部をなす路線である。従って、前後の境界条件は調査当初から固定されており、路線選定上の自由度は限られている。加えて、調査対象地域の地形は平坦で大きな変化はなく、延長や建設費といった観点からみた路線代替案は、それらの性格が大きく異なるものではない。

従って、路線代替案の設定に当たっては、より社会的・環境的側面を考慮すべきであるとした。特に、路線付近の主要なコントロールポイントをどう避けていくかという点を重要事項として作業を行った。さらに、他の国々と同様に、インド国でも用地取得がプロジェクトの実行スケジュールにおいて重要な要件になる傾向が強いことから、用地取得の難易度を予想しながら路線を設定した。

5.2 路線選定上の主要条件

路線選定の作業は、5 万分の 1 の縮尺の地形図をベースに行った。この縮尺の地形図は作成時期がかなり古いものも多いため、必要となる最新情報は調査団員による現地踏査を詳細に行い、州の公共事業局 (PWD) への聞き取り調査と社会調査 (現地再委託) の結果からも反映させた。

インターチェンジとジャンクションの位置は高速道路の路線選定上、重要な要件である。本調査では、K-G 及び G-M Expressway が首都圏の高速道路網計画の 1 部をなすことから、(1) K-G Expressway と G-M Expressway を結ぶジャンクションをガジアバッドの北部に位置し、本線の起終点のインターチェンジとして、(2) クンドリ(NH01)、(3) ガジアバッド(NH24)、(4) メラット(SH14)、の設置を当初からの前提条件とした。中間インターとしては、K-G Expressway の SH57 に対して(5) ケクラ(1996 年人口 4 万 1 千人)、G-M Expressway の NH58 に対して(6) モディナガール (1996 年人口 1 4 万 3 千人) にそれぞれインターチェンジを設置することとした。

主要なコントロールポイントは、

- ・ 地形・地質及び河川流況、
- ・ 村落・宗教施設・公共施設の位置、
- ・ 変電所及び高圧線の位置、
- ・ 主な産業開発拠点及び大規模農業地区、等である。

5.3 路線代替案の選定

本調査対象路線の2路線 K-G、G-M Expressway について、それぞれ3本の路線代替案を設定し、比較した。これらを図-5.1に示す。

K-G Expressway の3路線案のうち、第1ルートは、U.P.州の公共事業局で検討されてきた事前ルートをベースにしたものである。この案は、ケクラとラタウルの市街地を北側で通過し、線形的にも最小平面曲線を最も大きく取ることができる。第2ルートは、逆にケクラとラタウルの市街地を南側で通過しようとするものである。この案は、トロニカ工業団地に対してインター位置を近づけることができる利点があるが、同時にヤムナ川の西側で都市計画から将来の都市化が予想されている地域を通過することになり、さらに主要な農業用水路である第8用水路を渡河する地点で長大橋が必要になる。第3ルートは第2ルートの線形から、ケクラとラタウルの間で第1ルートにシフトし、第2ルートと第1ルートそれぞれの利点を生かそうとしたものである。

G-M Expressway の3路線案では、第1ルートは国道58号線からある程度の距離を取ることにより、この国道沿いに発達しつつある沿道開発地域に対する影響を最小にしようとしたものである。それに対し第2ルートは、モディナガール IC が国道58号線からの新規の取付道路が必要になることから、この取付道路の延長を最小にするため、なるべくこの付近で国道58号線に近づけようとした案である。結果的に第2ルートの線形は国道58号線の沿線開発地域を通過するためやや厳しい平面線形を採用する必要があったが、これらは線形設計の最小条件からは問題ない。第3ルートは、第2ルートのモディナガール IC の取付道路延長を短くできる利点を残しながら、モディナガール IC～メラット IC 間の線形を緩やかにするため第1ルートにすりつけようとしたものである。

G-M Expressway では、本線の路線代替案に加え、メラット IC の位置を2案設定したことから、本線の終点部についてもこの影響から2案を設定した。本線の路線代替案を第1、第2、第3とし、これらに対してそれぞれ第1-1案、第1-2案等の番号で示した。これにより、G-M Expressway の路線代替案は6案とし、定性的に評価した結果、メラット IC 案については第1案を最適案とした。

K-G 及び G-M Expressway のそれぞれ3案について技術的評価を行い、これらの組み合わせによる合計9通りの路線案に対して、経済的評価を行った。表-5.1は技術的評価をまとめたものである。また、9通りの路線案に対する経済評価として経済内部収益率(EIRR)、費用便益費(B/C)、現在価値(NPV)を計算した結果、K-G、G-M Expressway 双方とも第1案がそれぞれ最適ルートであるという評価結果となった。

これらの選定された最適ルートに対して、概略設計を行うこととした。

图-5.1: 路線代替案：Kundli-Ghaziabad Expressway 及 Ghaziabad-Meerut Expressway

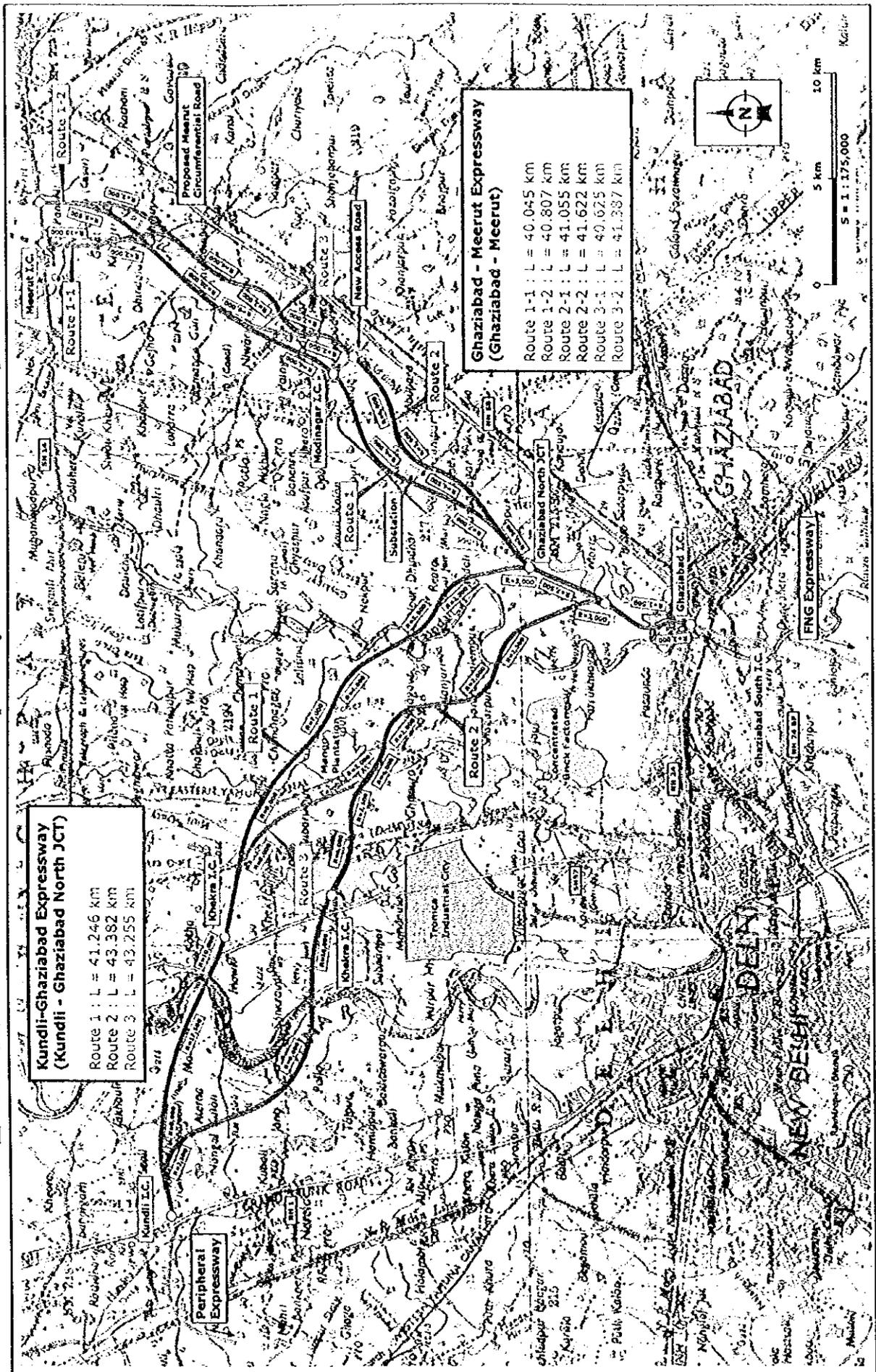


表-5.1(1): 路線代替案の比較: K-G Expressway

内 容	単位	Route 1	Route 2	Route 3
A. 線形要素				
1. 総延長	km	41.2	43.4	43.3
2. 平面曲線の数	箇所	9	10	9
3. 最小曲線半径	m	2,500	2,000	2,000
B. 構造的特徴				
1. 交差する施設の数				
国道・州道	箇所	2	2	2
地方道	箇所	1	1	1
鉄道	箇所	1	1	1
主な河川と運河	箇所	2	3	2
他の水路と用水路	箇所	6	6	6
2. 建設工事関連				
土工延長	km	40.1	42.3	42.3
橋梁延長	km	1.1	1.1	1.0
長大橋	m	800	900	800
その他の橋梁	m	258	248	238
ボックス・カルバート	個	9	11	15
3. 建設工事費の指標				
		100	112	107
C. 環境への影響				
1. 交差する村落				
	箇所	---	---	---
2. 通過する煉瓦工場地域				
	km	---	1.2	---
D. 社会・経済的側面				
1. トロニカ工業団地へのアクセス				
		Fair	Good	Fair
2. 将来の開発への影響				
		Fair	Good	Good
比較(ランク付け)				
線形要素		1	3	2
構造的特徴		1	3	2
優先順位		1	3	2

表-5.1(2): 路線代替案の比較: G-M Expressway

内 容	単位	Route 1-1	Route 2-1	Route 3-1
A. 線形要素				
1. 総延長	km	40.0	41.1	40.6
2. 平面曲線の数	箇所	10	13	12
3. 最小曲線半径	m	1,500	1,500	1,500
B. 構造的特徴				
1. 交差する施設の数				
国道・州道	箇所	2	2	2
地方道	箇所	3	3	3
鉄道	箇所	---	---	---
主な河川と運河	箇所	1	1	1
他の水路と用水路	箇所	8	10	8
2. 建設工事関連				
土工延長	km	39.7	40.8	40.3
橋梁延長	km	0.3	0.3	0.3
長大橋	m	100	100	100
その他の橋梁	m	190	230	200
ボックス・カルバート	個	8	14	12
3. 建設工事費の指標				
		100	102	101
C. 環境への影響				
1. 交差する村落				
	km	0.9	1.4	1.4
2. 通過する煉瓦工場地域				
	km	0.5	0.5	0.5
D. 社会・経済的側面				
1. モディナガールへのアクセス				
		Fair	Good	Good
2. 将来の開発への影響				
		Good	Poor	Fair
比較(ランク付け)				
線形要素		1	3	2
構造的特徴		1	3	2
優先順位		1	3	2
メラットICの位置		Route 1-1, 2-1, 3-1		Route 1-2, 2-2, 3-2
マスタープランとの合意性		○		×
市内へのアクセス		△		○
投資の有効性		○		△
メラットIC位置に対する優先順位		○		△

第6章 概略設計

6.1 交通需要予測結果と車線数の決定

交通需要予測結果に基づき、車線数を決定した。その概要を表-5.1 に示す。

表-6.1 交通需要予測値と設定車線数

K-G Expressway		2006	車線数	2016	車線数	2021	車線数	2026	車線数
1	Kundli IC		(当初)						(最終)
		41,200	2+2	67,000	2+2	87,400	2+2	112,800	3+3
2	Khekra IC	30,900	2+2	52,900	2+2	76,100	2+2	98,100	3+3
3	Junction								
G-M Expressway									
1'	Meerut IC	24,300	2+2	40,400	2+2	56,700	2+2	75,200	(3+3)
2'	Modinagar IC	27,700	2+2	50,700	2+2	75,500	2+2	101,300	3+3
3'	Junction								
4	Ghaziabad IC	43,100	(3+3)	74,400	(3+3)	102,600	3+3	132,300	4+4

a) 設計基準交通量 (DDTV)

K-G	2+2	88,000	pcu/day	G-M	2+2	85,000	pcu/day
	3+3	133,000	pcu/day		3+3	128,000	pcu/day
	4+4	177,000	pcu/day		4+4	171,000	pcu/day

$$DDTV \text{ (pcu/day)} = BC \times N / K \times (0.5 / D) \times SLF$$

where, BC: 基本交通容量; 2,200 pcu/hr

N: 車線数; 4, 6 or 8

K: K 値 (peak Hour Volume/AADT); 7.5 %

D: 重方向率; 53 % for K-G, 55 % for G-M

SLF: 設計水準係数, v/c value for LOS=C; 0.8

b) () 内の車線数は、最低必要車線数以上であるが、採用すべきと提案されるもの

c) 交通量はすべて距離制料金による

d) 太字は当初建設時(2006)と最終拡幅時(2021~2026 頃)の車線数

予測された交通需要は、開通初期ではまずまずの量で、将来的に大きな伸びが予測され、段階施工が効果的であると考えられる。現地の交通状況を勘案して算定した4車線、6車線、8車線の設計基準交通量(交通容量)に対し予測された交通需要を比較し、必要車線数を算定した。当初車線数については、Ghaziabad IC~Ghaziabad North JCT間が6車線、それ以外の区間がすべて4車線とし、両高速道路が合流する Ghaziabad IC~Ghaziabad North JCT 間は、混雑時の交通管理面等を考慮し、暫定時は6車線とすることとした。設

計目標年次を開通 20 年後とした必要車線数は、Ghaziabad IC~Ghaziabad North JCT 間が 8 車線、それ以外の区間がすべて 6 車線となる。暫定形から完成形への拡幅工事時期は、全線で 2021 年~2026 年頃となるため、暫定運用期間は約 20 年と予測される。

6.2 関連施設（連絡等施設、本線料金所、休憩施設）の設計

・ インターチェンジ

第 1 次現地調査で提言したように、有料道路を前提にしたインターチェンジ型式としてトランペット型を基本とし、概略設計を行った。KG Expressway、GM Expressway のインターチェンジは Kundli IC、Khekra IC、Meerut IC、Modinagar IC の 4 箇所であるが、上記の提言に伴い、FNG Expressway に属する Ghaziabad IC についても、現在のクローバー型の設計に対し、ダブル・トランペット型でオプションとして設計を行い、提案することとした。

・ 本線料金所

FNG Expressway が当初の計画通り Ghaziabad IC をクローバー型で設計した場合、KG Expressway、GM Expressway との入り口で本線料金所が必要となるため、必要車線数を算定し、概略設計を行った。本料金所は、FNG Expressway が本調査の提案に従ってダブル・トランペット型とした場合は必要ない。

・ 休憩施設

MOST で作成中の設計基準による休憩施設としては、約 1 万 m² の広さをもつレストエリアと約 6 ~ 10 万 m² の広さをもつサービスエリアの 2 種類があるが、本調査では、KG Expressway、GM Expressway それぞれ 1 箇所づつレストエリアを設置することとした。候補地としては、KG Expressway では Khekra IC~Junction 間の Rataul 付近 (STA29+000 付近)、GM Expressway では Modinagar IC~Junction 間の Muradnagar 付近 (STA17+500 付近) を提案した。

6.3 土工設計

本線は盛土構造が大半となり、橋梁と切土区間が若干生じる。盛土高は、低いところで約 2m、高いところ（立体交差の橋台部）で 11m と、かなりの高さになるため、盛土材の試験結果から推定できる範囲で盛土の安定について検討を行った。結果的には、盛土材・地盤ともにシルト中心の土質で、円弧滑りについては問題ないと思われる。

6.4 構造物設計

路線設計の結果により、必要となる構造物の数量は表-6.2 の通りである。

表-6.2 主要な構造物数量

分 類	KG Expressway	GM Expressway
長大河川橋	2	---
運河・河川渡河橋	6	9
主要道路跨道橋	2	1
鉄道跨線橋	1	---
村道跨道橋	11	10
水路横断構造物	3	2
牛車・人道横断構造物	36	30

橋梁形式は基本的に径間長 40m 前後のものはP C単純合成桁橋、径間長 10m 程度のものはR Cスラブ橋とした。

6.5 舗装設計

AASHTO 舗装設計ガイドラインにより、コンセッション期間を 30 年と想定し、この期間の舗装のライフサイクル設計を行った。舗装工種の選定に関しては、インドでは伝統的にアスファルト舗装が主流であるが、近年ハルヤナ州の国道2号線でコンクリート舗装の採用もみられ、本調査でも白黒論争が予想されるため、アスファルト、コンクリートそれぞれについてライフサイクル設計を行い、実施された工事の単価を利用して経済比較を行うと下記のようになり、アスファルト舗装が有利となる。

アスファルト舗装：当初設計 10 年、オーバーレイ 11 年目以降 5 回

コンクリート舗装：当初設計 20 年、オーバーレイ 21 年目に 1 回

表-6.3 舗装工種比較

単位：Rs./m²

	アスファルト(A)	コンクリート(B)	(B)/(A)
当初建設費(2006)	Rs.825	Rs.1,653	200.0%
オーバーレイ単価	Rs.455	Rs.303	66.6%
割引率(12%)を考慮した現在価値	Rs.1,110	Rs.1,681	151.4% (Rs.571)

注：それぞれの工種の単価の出典は、ハルヤナ州ファリダバッド地区の国道2号線改良プロジェクトである。

第7章 施工計画

7.1 段階施工の方法

段階施工の施工方法は大きく分けて下記の2通りが考えられる。

- (A) 内側拡幅案：土工を完成形で概成し、その完成形の外側部分を当初の車線部とし、拡幅時には内側に舗装を行うもの。
- (B) 外側拡幅案：土工を暫定形で建設し、拡幅時には外側に盛土工事を含めて行うもの。

交通需要予測と車線数の決定結果から、暫定運用期間はかなり長期（約 20 年）になるため、初期投資額を低減できる(B)案の方がよりメリットが大きいと考えられる。橋梁部の施工方法は、下部工は完成形ですべて建設し、上部工を暫定車線数のみ建設し、拡幅時に上部工を完成形に拡幅する施工方法が望ましいと考えられる。

7.2 実施スケジュール

用地買収、建設期間等を考慮し、事業実施計画を図-7.1 の通りに設定した。このスケジュールは、用地買収期間と建設期間のオーバーラップを認めているが、これは、建設スケジュールのクリティカル・パスであるヤムナ川橋の建設工事を、用地取得と並行して進めることができるという条件を前提としている。

図-7.1 事業実施計画

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
計画調査	■							
詳細設計		■						
用地買収			■					
建設工事				■				
供用開始								▼

第8章 維持管理計画

高速道路の施設維持管理計画は、大きく1) 高速道路の維持管理作業、2) 交通管理、3) 料金徴収システムの3点から成る。高速道路の維持管理の目的は、施設内での交通安全を保ち、円滑な交通流と利用者の快適な利用を図ることである。このうち、維持管理作業の内容は、その頻度と性格から、日常点検、定期点検、臨時点検の3種類に分類できる。

高速道路が完全出入制限を行うことにより、一般道路網から孤立した空間であるため、一般道路よりも高度な維持管理システムを必要とする。一旦事故が発生した場合は、緊急自動車の現場への到達に時間がかかるおそれがあり、システム化された交通管理を行わなければ事故情報の伝達そのものも有効に行うことができない。なおかつ、高速道路の利用者は、料金を支払っていることから、質の高い施設のみならず、質の高い交通管理サービスを当然期待する。従って、高速道路の営業は、中央管制による交通管理・事故処理のシステムにより行う必要がある。図-8.1に中央管制による交通管理システムの概念図を示す。

料金徴収システムについては、均一料金か対距離料金かという選択は、利用者の利用パターンと料金収入を考慮した。均一料金は、都市内意高速道路のような、平均利用距離が短く、利用者当たりの利用頻度も高い性格の道路に向いており、対距離料金は、逆に都市間高速道路のように、平均利用距離が長く、利用者当たりの利用頻度が比較的低い場合により公平性を保つことができる。調査対象路線の予想平均利用距離やインター間距離など調査対象路線の性格から、均一料金制よりも対距離料金制の方が好ましいと考えられる。

また調査対象路線は単なる線としての高速道路ではなく、面的なネットワークを構成する路線であることから、料金徴収のコンピュータ化を強く提案した。有料道路が単独路線である場合は、入り口で発券し、出口でそのチケットにより料金を徴収する単純な方法で良いが、将来のネットワークを考慮すれば、信頼性の高い現金管理、徴収された料金と記録された料金の完全一致を十分な精度で達成するため、すべての利用車両を認識できるシステムが必要となる。さらに、交通量と徴収された料金額、起終点に関するデータや日、週、月、季節ごとの交通量変動を把握することは、高度な交通管理サービスのために欠くことのできないものである。料金徴収のコンピュータ化の概念図(図-6.2)を次ページに示す。

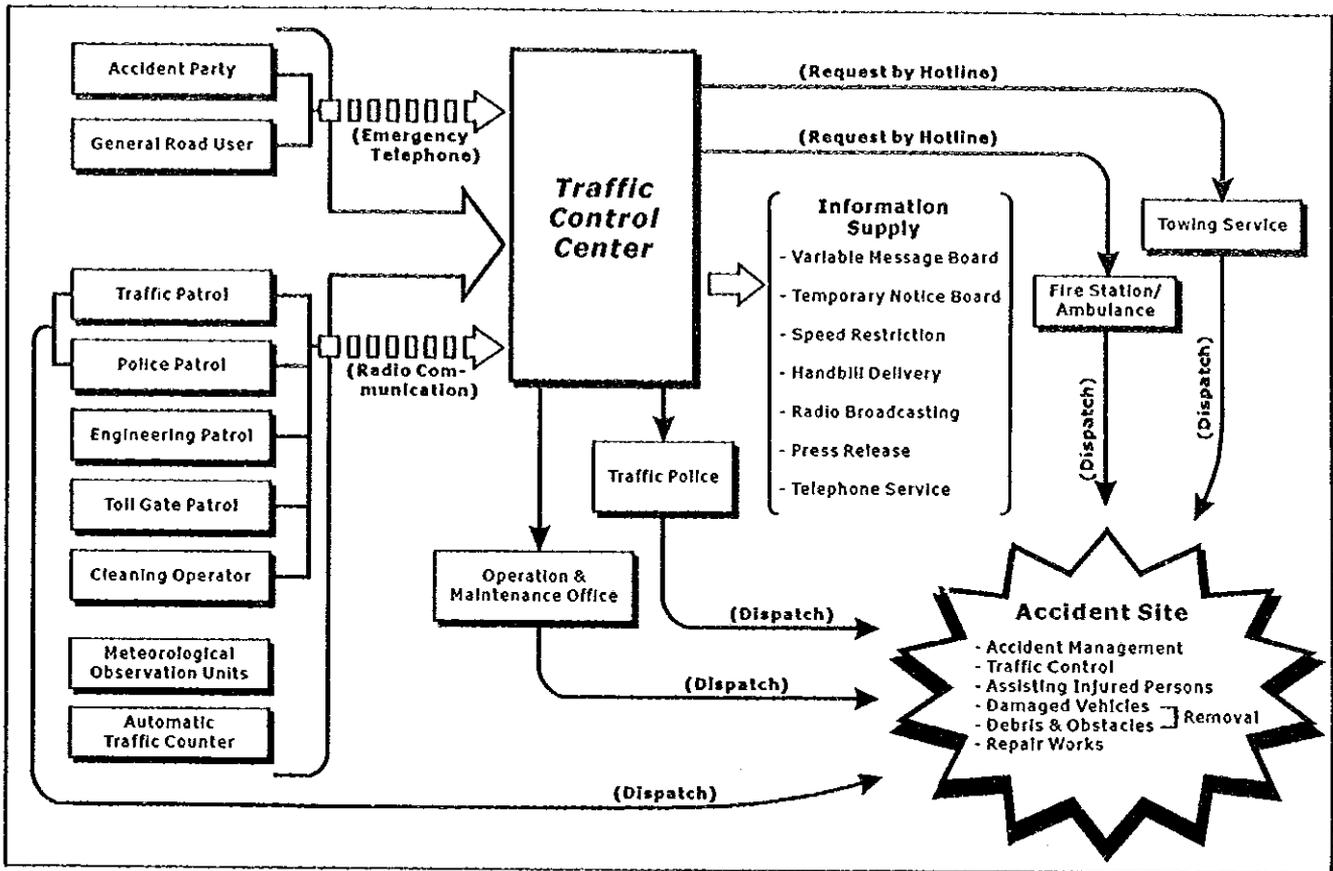


図-8.1 中央管制による交通管理システムの概念図

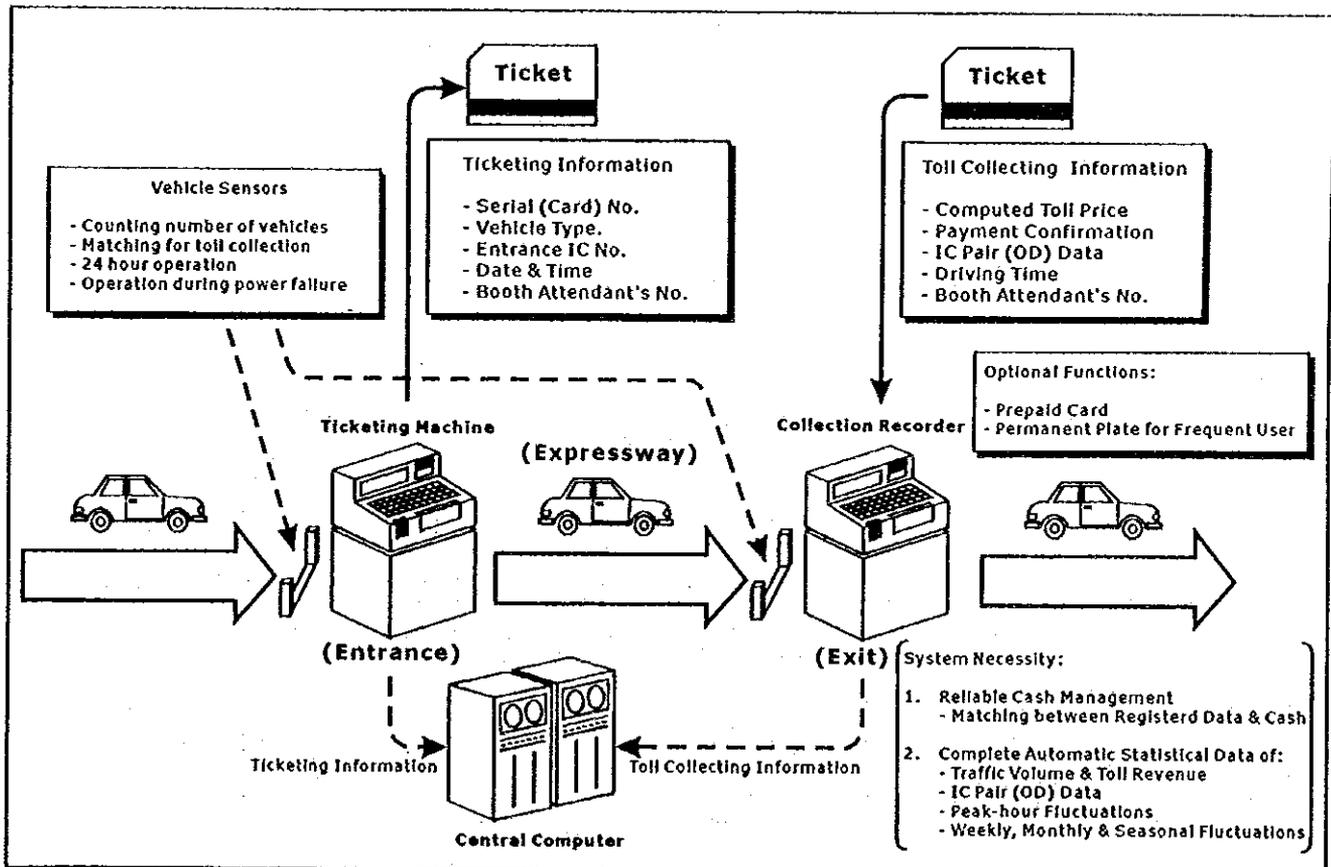


図-8.2 料金徴収のコンピュータ化の概念図

第9章 事業費の積算

KG Expressway、GM Expresswayの工事数量を積算し、建設資機材の単価及び調達先、技術者・熟練労働者の供給実態、工期等を勘案し、当初建設費、拡幅建設費、舗装のオーバーレイコストを表-9.4の通り算定した。境界条件としては、調査対象路線の終点部となるクンドリ IC メラット IC 及び中間インターのケクラ、モディナガール両インターのコストを含むが、FNG Expresswayの終点インターとなるガジアバッド IC のコストは含んでいない。いずれの事業形態がとられたとしても、事業者により入札で選ばれる建設会社が建設請負契約に基づいて施工を行うことを前提とした。

積算した建設工事単価は、全て1999年8月時点の調査対象地域の経済状況に基づいて決定したものである。

表-9.4 事業費総括表

(単位：ルピー)

項 目	K-G Expressway (Segment 1, 2, 3)		G-M Expressway (Segment 4, 5)		合 計
	内 貨	外 貨	内 貨	外 貨	
1. 当初建設費	4,413,090,000	321,390,000	2,432,769,000	155,282,000	7,322,531,000
2. 用地及び補償費	1,199,911,000	0	449,502,000	0	1,649,413,000
3. 設計・施工管理費 ((1.+2.) x 10%)	474,749,000	118,686,000	243,003,000	60,750,000	897,188,000
4. 事務費 ((1.+2.) x 5%)	296,718,000	0	151,877,000	0	448,595,000
5. 予備費 ((1.+2.+3.+4.) x 10%)	638,532,000	43,924,000	327,849,000	20,968,000	1,031,273,000
当初事業費合計	7,023,000,000	484,000,000	3,605,000,000	237,000,000	11,349,000,000
5. 拡幅建設費	1,234,501,000	107,348,000	613,418,000	39,155,000	1,994,422,000
6. 設計・施工管理費 (5. x 10%)	107,347,000	26,838,000	52,205,000	13,052,000	199,442,000
7. 予備費 ((5.+6.) x 10%)	134,152,000	12,814,000	66,377,000	4,793,000	218,136,000
拡幅事業費	1,476,000,000	147,000,000	732,000,000	57,000,000	2,412,000,000
8. 舗装オーバーレイ費 (暫定断面)	383,256,000	42,584,000	267,239,000	29,694,000	722,773,000
9. 予備費 (10%)	38,744,000	3,416,000	26,761,000	2,306,000	71,227,000
舗装オーバーレイ事業費 (暫定断面)	422,000,000	46,000,000	294,000,000	32,000,000	794,000,000
10. 舗装オーバーレイ費 (完成断面)	536,577,000	59,620,000	347,251,000	38,584,000	982,032,000
11. 予備費 (10%)	53,423,000	5,380,000	34,749,000	4,416,000	97,968,000
舗装オーバーレイ事業費 (完成断面)	590,000,000	65,000,000	381,000,000	42,000,000	1,080,000,000

第10章 経済分析

10.1 利用者便益と料金水準

交通需要予測とその分析結果により、1.5 ルピー/pcu-km が、営業初期の料金収入を最大化する料金水準であることが明らかになった。料金水準を、利用者便益の範囲内に押さえるという考え方は、広く用いられている理論であることから、ここではその観点から料金水準の検証を行った。

調査対象路線の「with」と「without」の比較により、対象高速道路の整備による利用者の財務便益を算定した。これらの利用者便益はその目的から、本調査対象の高速道路事業から利用者が得られる直接便益のみを対象としている。2006年における利用者便益をまとめたものを表-10.1に示す。

表-10.1 開通初年度(2006)の利用者便益

項目		単位	乗用車	バス	貨物車	計
利用距離		1000pcu-km	1,260	126	658	2,044
走行便益	with (全車)	1000Rs.	33,548	1,519	17,010	52,077
	without (全車)	1000Rs.	31,207	1,451	16,006	48,663
	直接走行便益計	1000Rs.	2,341	68	1,004	3,414
時間便益	with (全車)	1000Hr.	282	9	71	362
	without (全車)	1000Hr.	185	7	57	249
	利用者の時間価値	1000Hr.	97.0	2.0	14.0	113.0
		Rs.	61.2	126.0	---	---
直接時間便益計	1000Hr.	5,936	252	---	6,188	
直接便益の合計(走行+時間)		1000Rs.	8,277	320	1,004	9,602
PCU-km 当り 利用者便益	走行便益+時間便益	Rs/km				4.7
	走行便益のみ	Rs/km				1.7

表-10.1の結果から、開通初年度において料金収入を最大化する料金水準 Rs.1.5/pcu-km は1PCU-km 当り総利用者便益(Rs.4.7/pcu-km)の範囲内にあり、走行便益のみ(Rs.1.7/pcu-km)をとってもその範囲内にあり、利用者便益から見た料金水準として適切であると考えられる。

10.2 経済評価

上記の結果を用いて算定した経済内部収益率(Economic Internal Rate of Return)を表-10.2に示す。

システムとしての代替案を考慮した場合、K-G Expressway のみを建設した場合の内部収益率が最も高く、ついで K-G & G-M の両方を建設した場合、G-M Expressway のみを建設した場合の順となった。

表-10.2 経済内部収益率(EIRR)

対象路線	延長	EIRR
K-G 及び G-M	80.75 km	26.37 %
K-G のみ	49.00 km	27.05 %
G-M のみ	39.75 km	25.30 %

また、この経済内部収益率についての感度分析の結果を表-7.3に示す。

表-10.3 経済内部収益率に関する感度分析結果

		投資コストの増			
		±0 %	+10 %	+15 %	+20 %
利用者便益の減	±0 %	26.37 %	25.07 %	24.49 %	23.93 %
	-10 %	24.93 %	23.68 %	23.14 %	22.62 %
	-20 %	24.25 %	22.97 %	22.42 %	21.91 %
	-30 %	23.38 %	22.21 %	21.69 %	21.20 %

この結果によれば、投資コスト 20%増、便益 20%減の場合においても、20%以上の内部収益率が見込まれ、経済内部収益率が推定された投資の機会コストである 12 %を十分に越えていることから、多くの将来の不確実性を考慮しても経済的には施行すべきであると判断される。

第11章 財務分析と実施計画

11.1 序 論

本調査における財務分析と実施計画の主たる目的は、首都圏における K-G 及び G-M Expressway を 2006 年に開通するために必要な、「現実的な設計図」の概要を提言することである。これらの調査対象高速道路の必要性は、財務分析結果に関わらず、すでに述べられているところである。

11.2 事業を取り巻く制度的な環境

法的な機構・体制

大規模な道路・高速道路事業への民間資本の参加を実現するためには、インド国のこれらの事業を取り巻く環境の改善と調整が必要である。本事業環境に対する法的な機構・体制に関する最も緊急の課題と、その改善へ向けての短・中期的な提言をまとめたものを図-11.1 に示す。

モデルコンセッション契約

NCRPB によって作成されたモデルコンセッション契約の条項は、K-G、G-M Expressway のみならず首都圏の他の高速道路計画においても、民間資本を呼び込む契約条項として完全に不適切である。これらの問題点と、「国際標準」を意識した方針と対策のために必要な提言を図-11.2 に示す。

NCRPB とその組織的な体制

本調査対象道路事業の実施に向けて、NCRPB がより積極的な役割を果たすためには、特にその組織的な受容性と能力の点で多くの課題がある。これらの課題と短期的に取り組むべき適切な方向に向けた改善事項に対する提言を図-11.3 に示す。

項目	結論とコメント	必要な方針と行動	方針の目標	必要時期
必要となる基準・定義等	高速道路、スーパーハイウェイ等の法的な定義がなされていない	中央政府により必要	技術的基準の確立が必要	なるべく早期に(短期)
	州道の国道に対する位置づけの明確で政治的でない判断基準の設定が必要	中央政府・州政府により必要	技術的・法的基準と責任範囲の設定	なるべく早期に(短期)
組織的構築	道路交通セクターの計画プロセスの順序立てが必要	中央政府・州政府により必要	よりかみ合った、拡張を可能とする機能的なシステムを構築する必要がある	短期～中期
	NCRPBの義務と権限の強化が必要。他の計画機関との関係の明確化が求められる	中央政府・州政府により必要	現在の義務・機能と責任の最適化と調整、変更が必要	なるべく早期に(短期)
	NCRPBとNHAIの組織力の強化が必要	中央政府・州政府により必要	それぞれの義務を効率的に果たせる組織作りが必要	なるべく早期に(短期)
政府の許認可	政府の許認可に必要な手続きが煩雑である	中央政府・州政府により必要	適切な省庁による受付窓口の一本化が必要	なるべく早期に(短期)
土地所有権	現在のところ、外国企業の土地所有が法的に認められていない	中央政府・州政府により必要	法的な位置づけの明確かと変更が必要	短期～中期
料金水準決定の方針	料金水準の決定は現在のところPMOレベルで決定されるが、全国的な公平さを保持するため独立した決定機関が必要	中央政府・州政府により必要	決定・監視機関の設立を積極的な考慮が必要	短期～中期
促進措置	海外直接投資と商業ベースの海外からの融資に関する法整備と条件の明確化が必要	中央政府・州政府により必要	これらの分野の法律変更と明確化が必要	短期～中期
コンセッション契約	別項参照	別項参照	別項参照	別項参照

図-11.1: 包括的な法体系に対するコメントと提言

モデル契約の項目	観察と所見	行動の必要性
交通需要予測	事業者は一般に交通需要予測値の正確性を保証する必要はないが、NCRPBは過去の関連交通データを公開し、自らの事業を支援すべきである	必要 BY NCRPB
入札保証金とその没収	2百10万ドルの入札保証はかなりの高額である。またその保証金の返還までの期間は異常に長く、短期化する必要がある。また国際的な慣行からも、入札保証者に対して、この期間の利息をどう扱うのか明確にする必要がある。	必要 BY NCRPB
スケジュール 財務的決定と ゼロ点の定義	現在までの経緯は、設定されたスケジュールが現実的でないことを示唆している。コンセッション契約の後に財務的な決定が生じるのはゼロ点の定義を無意味にする。本項はより柔軟に再考されるべきである。	必要 BY NCRPB
実行保証金	6百30万ドルという実行保証金は非常に高額である。またこの保証金を30年のコンセッション契約期間中保有するというのは現実的ではない。期間中の利息についても明確にする必要がある。	事業者と出資者の間で交渉が必要
用地の取得	本件は根本的に再考されるべきである。用地取得は州政府が行い、コンセッション保持者に低利でリースするのが望ましい。ローンの項はすべて削除されるべきである。	必要 州政府及び NCRPB
土地開発権の付与	事業の採算性を向上させるため無条件で付与されるべきである。具体的にはケース・バイ・ケースで交渉すべきである。	必要 州政府及び NCRPB
入札評価基準	入札評価は当初から公開し、明確で透明性を確保すべきである。	必要 州政府及び NCRPB
リスク評価と リスク配分	モデルコンセッション契約では、数多くのリスクの配分は全く不適切である。すべての文章の徹底的かつ包括的な再考が必要である。公平なリスク分担は民間資本の導入を成功させるためのカギである。	必要 州政府及び NCRPB 項目ごとの交渉が必要

図-11.2: コンセッション契約に対するコメントと提言

NCRPB 協議事項	観察と所見
一般的な法的義務	NCRPBの一般的な所掌範囲は首都圏内の機能的な地域計画の立案、施行と実施であり、道路整備は明確に除外されていてこの点が曖昧になっている。NCRPBはまた包括的な優先事業の認可権を与えられている。道路整備についても明確にNCRPBの管轄とすることが望ましい。
計画の実施	計画の実施は州政府の管轄であり、政府はこの状況を見直しを考慮すべきではないか。計画の実施が組織の管轄外であるならば、それに対してNCRPBがどう責任を持つのが不明瞭である。
用地取得	用地取得と所有権の移転は州政府の管轄である。NCRPBが高速道路事業の実行権をもち、用地と土地開発権の民間コンセッション所有者に移転するのであればこの状況は再考されるべきである。
資金調達	NCRPBは首都圏の優先事業に対して資金調達の援助を行うべきであり、この機能を強化するため政府は対策を講じる必要がある。特に高速道路事業の場合、膨大な資金が必要となり、NCRPBが財産所有を行う必要がある。資金調達の援助を行うことはNCRPB自身が保証行為を行うことである。
組織的能力と 実行力	上記の必要性に対して組織としての能力と実行力を検証する必要がある。NCRPBが実際は州政府の範囲内にあるものの計画を管理するという関係は再編される必要がある。NCRPBが高速道路の事業実施に向けてより強い役割を担うのであれば、それに応じた組織力の再編が必要である。
省庁間の調整	この側面は強化する方向で検討されるべきである。特に、DDA、MOST、NHAI等の他の計画機関との関係には配慮が必要である。首都圏の高速道路事業のためにはより強い結びつきを念頭に置いた措置も考慮されるべきである。

図-11.3: 制度的な機構に対するコメントと提言

11.3 財務分析

(1) アプローチと基本的な財務分析結果

K-G、G-M Expressway の事業実施を財務的に最もフィージブルにする財務構成を確立するため、4つのケースを立案し、ケーススタディを実施した。これらのケースは下記の通りである。

- ・ケース1：100%民間資本によるコンセッション方式の事業化を想定。財務構成上の条件は現在のモデルコンセッション契約をベースに策定。
- ・ケース2：同じく100%民間資本によるコンセッション方式の事業化を想定したが、国内調達した場合の厳しい長期負債条件を避けるために負債構成を変更したもの。
- ・ケース3：民間主導型の官民協力事業体（Private-Public Partnership: PPP）を想定。
- ・ケース4：公共主導型の PPP を想定。

これら4ケースで立案した財務構成を表-11.1に示す。

(2) 基本的な財務分析結果

当初から感度分析を意識して設定した3種類の料金水準（1.0 ルピー/pcu-km、1.5 ルピー/pcu-km、2.0 ルピー/pcu-km）に対して基本的な税引き前収入に対する財務内部収益率（FIRR）を算定した。1.0 ルピー/pcu-km の料金水準に対する税引き前 FIRR は、下記の通りである。

財務内部収益率（FIRR）=10.4パーセント

4つのケースで設定した財務構成（表-11.1）に対して負債の償還とキャッシュフローを分析した結果、ケース1と2は、営業当初5年間の収入で長期負債を償還できないという基本的な問題を抱えていることが判明した。

ケース3 営業開始当初2年間でキャッシュフローが若干マイナスとなるが、これらは財務構成を修正することで改善することができる。ケース4は営業当初5年間のキャッシュフローをプラスにすることができる。

表-II.1.1: ケーススタディ1~4の事業費構成

指 標	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
資本・負債構成	30% to 70%	30% to 70%	40% to 60%	30% to 70%
資本構成	1.) 民間コンセッション保持者: 19.51% 2.) 他の国内出資者: 10.49%	1.) 民間コンセッション保持者: 19.51% 2.) 他の国内出資者: 10.49%	1.) 民間コンセッション保持者: 20.53% 2.) NCRPB 14.73% 3.) 他の国内出資者: 4.74%	1.) 政府機関: 22.50% 2.) 他の国内出資者: 7.50%
負債構成	1.) 用地および補償費 国内長期ローン(金利1.3%) 期間:10年 2.) 50% 国内長期ローン(金利16%) 期間:10年 3.) 50%(残額) ドルベースの海外長期ローン (金利8.75%) 期間30年	1.) 用地および補償費 国内長期ローン(金利1.3%) 期間:10年 除 外 2.) 他の負債は全てドルベースの海外長期ローンで調達 (金利8.75%) 期間30年	1.) 用地及び補償費はローンの償還対象から除外し、NCRPBの出資として扱う 除 外 2.) 他の負債は全てドルベースの海外長期ローンで調達 (金利8.75%) 期間30年	1.) 用地及び補償費はローンの償還対象から除外し、NCRPBの出資として扱う 除 外 2.) 他の負債は全てドルベースの海外長期ローンで調達 (金利3.40%) 期間30年

従って結論として、

- ・ケース1及び2で示された、100%民間資本によるコンセッション方式での事業実施は現在の投資環境下では不可能である。
- ・ケース3及び4で示された、民間もしくは公共主導型 PPP による事業実施は基本的要件を満たしており、実施可能である。従って、これらケース3及び4をベースとして、その事業化に向けた課題を議論してゆくものとする。

(3) 財務内部収益率 (FIRR) の改善に向けた取り組み

FIRR の 10.4% という数値は、約 13% 程度と思われるインド国の現在の金融市場の利子率以下であり、民間資本を呼び込むために十分な魅力ある数値とはいえない。後で述べる FIRR を改善するためのいくつかの方策とは別に、用地取得費及び補償費をキャッシュフロー分析の中から除外した場合に FIRR がどのくらい改善するかを感度分析として実施したところ、FIRR は約 12% に改善した。

しかしながら、同時に分析したコンセッション期間の変動による影響は、FIRR の改善には寄与しなかった。これは、交通需要の伸び率が大きく、従って料金収入の増大も後年に行くほど大きくなるため、コンセッション期間を短くすると、その分 FIRR は目に見えて悪化するからである。その結果としては、コンセッション期間を 25 年とした場合は FIRR が 8.5%、20 年とした場合が 6.6%、15 年とした場合が 1.3% となる。

(4) 資本投資家から見た論点

営業開始後 10 年間の最も重要な期間における資本収益率 (ROE) について分析を行った。その結果によると、営業当初 10 年間の税引後の累積キャッシュフローは、ケース 3 が 34 億ルピー、ケース 4 が 65 億ルピーとなった。

ケース 3 とケース 4 に対する全ての資本投資家への平均の 1 年当たり資本収益率はケース 3 で 7.6%、ケース 4 で 19.1% となる。ケース 4 の収益率がケース 3 に比べて際だって高いのは、ケース 3 が基本的に長期金融市場 (海外を含む) での資金調達を前提にしているのに比べ、ケース 4 では公共主導型であることからこれよりかなり好条件での資金調達が可能であるという前提による。民間投資家のみを対象にして収益を分配することを考えた場合 (この場合公共投資家への収益分配をないものとする)、営業開始後 10 年間の平均 1 年当たり資本収益率はケース 3 で 14.8%、ケース 4 で 76.3% となる。

(5) 財務分析結果に対する結論と提言

K-G、G-M Expressway の事業実施に対する考察結果として、下記の2点を結論として述べる。

- ・最低金利の長期負債の借入条件（償還期間）は、対象となる K-G、G-M Expressway の長期資産としてのライフサイクルに見合った条件である必要がある。
- ・財務構成の調整つまり資本・負債比率、資本構成、長期負債構成からなるこれら3つの要素はトレード・オフの関係にあり、現在の財務的な課題をクリアする為の「唯一の解答」というものは存在しない。

また、純粋な FIRR に対する考察に加え、ケース3とケース4で示された基本的な要件に対する評価を行うための機能的な評価基準も示した。

本事業の合理性と正当性は、下記の要件の評価によって成立する。

- ・FIRR と長期負債償還能力によって評価された K-G、G-M Expressway の基本的なフィージビリティ、
- ・目標とする財務構成（資本・負債比率、資本構成、長期負債構成）の現実性、
- ・K-G、G-M Expressway の事業実施が、計画されている全体の整備計画の実施促進に貢献する程度。

高速道路の民営化がインド国における優先的政策目標である限り、高速道路の開発、管理、運営及び維持を民間または公共主導の PPP で実施するという代替案は基本的な問題ではない。

KG-GM Expressways は、それぞれの財務的可能性のいかに係わらず、民間または公共主導の PPP によって建設する必要がある。その為、インド政府あるいは NCRPB は基本的なリスクを負う覚悟が必要である。唯一残された問題は、インド政府あるいは NCRPB がタイムリーに戦略的に十分な民間パートナーを見つけられるかである。

この目標が適時に実行できなかった場合には、インド政府あるいは NCRPB が貴重な時間を無駄にしないよう公共主導の PPP を選択する事が望まれるが、これは出来るだけ早急に民間主導の PPP に移行されよう。

提案される民間または公共主導の PPP が果たすべき最低の役割として以下の項目が挙げられる：

- KG-GM Expressways プロジェクトの実施と管理、
- 完成後の高速道路の管理、運営及び維持

11.4 実施計画

(1) プロジェクトの契約交渉に係わる政府方針

インド政府あるいは NCRPB が潜在的民間セクターと実際の交渉を行う際の基本的戦略として以下の項目があげられる：

- 民間セクター主導の PPP を設立するために、支援部隊として機能する。これが短期的には不可能な場合には、公共主導から民間主導の PPP へ移行する明確な工程を設定する必要がある。
- 上記の目的に必要な公的資金の利用は“Seed Money”として考え、政府の民営化目標を促進する。
- これらとの関連から、インド政府あるいは NCRPB は、可能な場所や時期において事業の総投資コストを最少化する努力の他に、各々の事業の単純な税引き前 FIRR を最適化するよう勤める必要がある。

また、インド政府あるいは NCRPB は、交渉において積極的に図 11.4 に示す内容を考慮する事が望まれよう。

“リスクの適性化”（とるべきリスクは、それを負担する能力に応じて課されるべきである）という原則に即したリスクの合理的分散がうまく遂行されるなら、この事は、最も重要な指針となる。

(2) 実施計画の提言

KG-GM Expressways を 2006 年の 1 月までに供用開始させるには、実施計画とその時間割は大変タイトなものになる。その計画の、主要な標識をまとめると図 11.5 に示す通りである。

対象項目	観察・コメント及び交渉方針についての提言
<p>Recourse/ non-recourse ファイナンス</p>	<p>Recourse Loanによる資金調達、インド政府の保証を意味するが、投資機関のリスクを軽減し民間出資者の資金調達を容易にする。</p> <p>しかしながらRecourse Loanが不可能であれば事業者は民間出資者に対して一定の利益保証もしくは資金の又貸し、投資会社への損失補償等の保証が必要となる可能性が高い。</p> <p>この後者の措置は、事業のキャッシュフローを大幅に改善することになる。</p>
<p>資本・負債比率</p>	<p>適切な資本・負債比率はきわめて重要である。インド政府・NCRPBは、資本：負債=30:70か、できれば40:60を目指すべきである。</p>
<p>資本構成</p>	<p>公共主導型PPPでまず事業を行う場合、すべての出資者、つまり中央政府・州政府・NCRPBは高い投資利益率を期待しない出資が必要である。これは民間サイドの出資者に一定の投資利益率を保証することになる。民間主導型PPPで事業化を行う場合も、インド政府・NCRPBは民間出資者の投資利益を確実にする対策が必要になる。</p>
<p>負債構成</p>	<p>インド国の金融市場で調達可能な資金は10～12年もので年率16%であり、これはインフレを差し引いた実質金利でも8%程度であるため高い資金コストとなる。インド政府・NCRPBは政府間援助資金の導入を積極的に検討すべきである。これは資金に対する政府保証と為替リスクの負担を意味するが、これにより民間出資者の信頼確保と事業のキャッシュフローの大幅な改善が見込まれる。</p>

図-11.4 インド政府・NCRPBの交渉方針についての提言(その1)

対象項目	観察・コメント及び交渉方針についての提言
FIRRに対する考察	<p>基本となるケースのFIRR 10.4 %は十分ではない。インド政府・NCRPBは下記の対策を通じてFIRRの改善を図るべきである。</p> <p>対策1: 用地の取得を公共予算で行い、その他の土地所有権の付与も行う。これにより用地補償費を負債の償還対象から除外できる。</p> <p>対策2: 土地開発権を付与する。これによりFIRRを20 %から25 %程度へ改善することを目指す。</p> <p>対策3: コンセッション契約の条項に関して柔軟に対応する(詳細は前述)</p>
料金水準	<p>推奨された料金水準1.5ルピー/pcu-kmは、利用者便益の範囲内であるが、政府・NCRPBは下記について積極的に検討すべきである。</p> <p>a.) 料金水準を卸売物価指数ではなく、より正確な消費者物価指数と連動させる。</p> <p>b.) 料金収入はキャッシュフローに決定的な影響を与える。料金の毎年の値上げを認める。</p> <p>c.) Per Capita Incomeの上昇に沿った料金の値上げを認める。これは、「支払ってもよい最高料金」レベルを実質価格で保持することを意味する。</p>
その他の重要事項	<p>1.) 交通データ: インド政府・NCRPBは事業の早期に過去の交通データを出資者に公開すべきである。</p> <p>2.) 交通システムの統合: 今後の交通整備を補完的・体系的に行うため、デリー都市圏の総合交通マスタープランを早期に策定すべきである。</p> <p>3.) 心理的側面: 民間主導の開発計画においては、その初期の事業の「成功例」を作ることが重要であり、そのためにインド政府・NCRPBは、あらゆる方策を講じるべきである。</p>

図-11.4 インド政府・NCRPBの交渉方針についての提言(その2)

図-11.5: KG及びGM Expresswayの事業実施スケジュール

主な行動項目	第1		第2		第3		第4		2002～2005	2006
	四半期	2000年	四半期	2000年	四半期	2001年	四半期	2001年		
1.) 基本戦略の決定										
2.) システム構成の決定										
3.) 用地取得の開始										
4.) 入札書類の準備										
5.) 入札										
6.) 入札審査										
7.) コンセプション契約の交渉										
8.) コンセプション契約の締結										
9.) 財務構成の決定										
10.) 詳細設計の実施										
11.) 高速道路の建設										
12.) 営業開始										

12.1 概 論

現地再委託により、大気・気象状況の測定、水質、騒音レベル、地質状況、生態系及び土地利用状況の調査を行った。評価の手順は、図-12.1 のとおりである。

また、予想される環境影響項目を表-12.1 に示す。直接的影響の項目は主として建設工事から直接影響を受けるものであり、間接的影響の項目は事業の結果、間接的に環境に変化を及ぼすと予想されるものである。

表-12.1 高速道路事業によって影響を受ける環境影響項目

直接的影響項目
大気汚染
騒音公害
地表水とその品質
動植物の生態系
植生の破壊
土壌汚染
土地の浸食
河川・溜池等の浸食と沈殿
景観・眺望
有害物質の流出
固形廃棄物の衛生
粉塵と路側での廃棄物投棄
美的配慮
住民移転
間接的影響項目
誘発される土地利用と開発
交通量の増大
不法・無計画な森林伐採
不法・無計画な伐開

これらの調査結果から、調査対象道路の建設によって生じる環境への影響を予測したものを表-12.2 に示す。またそれらに対する環境管理計画の概要は表-12.3 のとおりである。

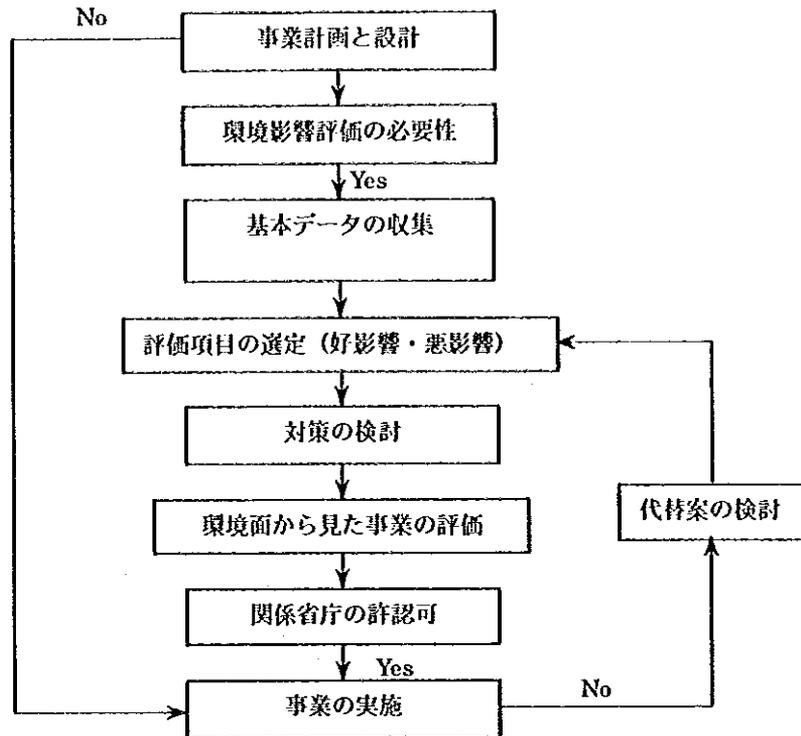


図-12.1 環境影響評価の手順

表-12.2 調査対象事業により予想される環境への影響項目

環境影響のパラメーター	建設段階	営業段階
大気質	<ul style="list-style-type: none"> 現場における障害物の除去 建設工事の作業 建設資材の運搬 客土・骨材の切出作業 	<ul style="list-style-type: none"> 車両の通行
騒音	<ul style="list-style-type: none"> 現場における障害物の除去 建設工事の作業 建設資材の運搬 客土・骨材の切出作業 	<ul style="list-style-type: none"> 車両の通行
振動	<ul style="list-style-type: none"> 現場における障害物の除去 建設工事の作業 建設資材の運搬 客土・骨材の切出作業 	<ul style="list-style-type: none"> 車両の通行
水質	<ul style="list-style-type: none"> 現場における障害物の除去 建設工事の作業 客土・骨材の切出作業 	
生態	<ul style="list-style-type: none"> 現場における障害物の除去 建設工事の作業 客土・骨材の切出作業 	
社会・経済	<ul style="list-style-type: none"> 現場における障害物の除去 	

表-12.3 K-G & G-M Expressway 環境管理計画

No.	予想される環境問題	とるべき対策
建設時（2002～2006年）		
1	土工工事による粉塵公害	住居・商業地域近傍の現場内及び工事用道路は1日2回散水を行う。
2	大気汚染	住居地域近傍においては週2回程度24時間大気観測を行う。
3	騒音公害	重機オペレーターへ耳栓を配布、住居近傍で発電機を使用する際は3m程度の仮設防音壁を設ける。
4	建設廃棄物による汚染	現場・工事用道路での点検、廃棄物の処理の徹底
5	工事資材の運搬による公害	盛土材の運搬時はカバーをかけ、夜間の運搬作業を最小限にする。適切な運搬車両の点検と維持管理を行う。
6	現場内施設における下水・廃棄物の影響	水源の供給と十分な下水管理を行う。現場内施設での発生ゴミの適切な処理を行う。
7	樹木・景観の破壊	工事による景観破壊の適切な修復計画を立て、工事終了後数ヶ月以内に実施する。
8	住民移転による影響	適切な移転先を見つけるため、移転対象者への十分な時間的余裕を持った事前通知を行う。移転先での生活基盤確立のための現実的な補償を行う。
維持管理時（2006年以降）		
1	大気汚染	施設の風下における大気観測を実施する。道路沿線に緑地帯を設置する。
2	騒音公害	特に夜間の警笛使用を最小限にするため、適切な注意標識を設置する。

12.2 用地取得と住民移転

大規模な用地買収は、その土地に長年暮らしてきた多くの住民の移転を伴う。この過程で周辺の社会環境に大きく影響を及ぼすことになり、時には地域的に大きな問題を引き起こすこともある。これらの影響は、土地・家屋等の財産の損失、生活権と収入機会の損失、そして社会的グループで共同所有されている財産・資源の損失等である。

インド国で過去に経験されてきた問題の一つに、損失補償の対象が個人的な土地所有者のみを対象としてきた政策がある。しかしながら土地の損失は、その影響を受ける人々が属している経済層や民族によって受ける影響は大きく異なる。住民移転の場合、ある社会層の人々は、移転した場合の代替となる生活権の構築の難度が高いためにより損失を被ることになる。土地の直接所有者は法的な損失補償を受けることができる。しかしながら土地所有権がなく、その土地に生活基盤を築いている者、借地人や小作人等はこれらの損失補償を受ける権利がなく、社会的に無視されてきた。現在の法体系では、これらの社会的弱者の土地・資源の利用権と知識を含む長年の生活権を十分に認識されていない。土着の人々、少数民族やその他社会的に脆弱な人々の、土地に対する長年の非公式な権利や事業によって奪われる資源に対して、十分な形の損失補償がなされなければならない。土地に対する法的な所有権を持たないことが損失補償や復旧を否定される根拠となってはならない。

女性は特に住民移転の場合、新しい環境で生活を再構築する際に困難を生じることが多い。現在の復旧・移転に関する政策は女性を特別な対象として考慮していないが、用地取得に関する政策的措置はジェンダーについての問題を特別に重視し、移転の発生を生活向上の機会ととらえ、社会的関係や移転先でのあつれきを最小限にすることを明確にすべきである。

第13章 結論と提言

13.1 事業の実施へ向けて

本調査の結果より、本事業は技術的に問題はなく、経済的にも妥当であると判断される。本事業によってもたらされる直接便益と地域開発効果など多大な間接便益を考慮すると、事業の早期実施が望まれる。

しかしながら、財務的な指標をインド国の金融市場の現状と比較し、海外からの資金調達の可能性と条件を考慮した場合、本事業の実施は財務的には厳しい状況にある。この事業化を実施に向け、下記の対策と戦略を提言する。

(1) Recourse/Non-recourse Loan による資金調達

Recourse Loan による資金調達は、民間出資者のリスクを大幅に軽減するが、これが不可能であれば、政府・NCRPB は民間出資者に対して積極的な利益保証を図る必要がある。

(2) 資本構成

当面の事業形態として公共主導型 PPP を目指す場合、主たる出資者となる州・中央政府、NCRPB 等は、民間出資者に適切な利益を保証するために、自身には高い資本利益率(ROE)を期待しない出資が必要となる。民間主導型 PPP を目指す場合でも、民間出資者に対する資本利益率を一定以上確保するための何らかの方策が必要となる。

(3) 負債構成

インド国の金融市場で調達可能な資金は、10~12年もので年率16%程度であり、インフレを差し引いた実質金利でも8%程度であるため、高い資金コストとなる。従ってインド政府・NCRPB は、政府間援助資金の導入を検討すべきである。これは資金に対する政府保証と為替リスクの負担を意味するが、これにより民間出資者の信頼確保と事業のキャッシュフローの大幅な改善が見込まれる。

(4) 料金水準

推奨される料金水準 1.5 ルピー/pcu-km は、利用者便益の範囲内であるが、政府・NCRPB は、Per Capita Income の上昇に応じた料金の値上げを柔軟に認めるべきである。これにより、負担能力に対する「実質料金」を同レベルに保持でき、料金収入の増大を図ること

ができる。

13.2 本調査後へ向けての課題

(1) サクセス・ストーリーの実現

民間主導の開発事業を進めるためには、その初期の段階で「サクセス・ストーリー」を実現することが非常に重要である。インド政府・NCRPB は、事業の成功を図るためにあらゆる努力を払うべきである。

(2) 交通マスタープランの必要性

デリー首都圏では、信頼性の高い交通データに基づいて、適切なモード分担とネットワーク計画を確立するための総合交通マスタープランを実施する必要がある。この種の調査を早期に実施することを強く提言する。

JICA