

インドネシア共和国

ジャワ島幹線鉄道電化計画

フイージビリティ調査報告書

要約

昭和61年2月

国際協力事業団

108
74
SDF

開
86-009(1/3)

JICA LIBRARY



1031027[4]

インドネシア共和国

ジャワ島幹線鉄道電化計画

フイージビリティ調査報告書

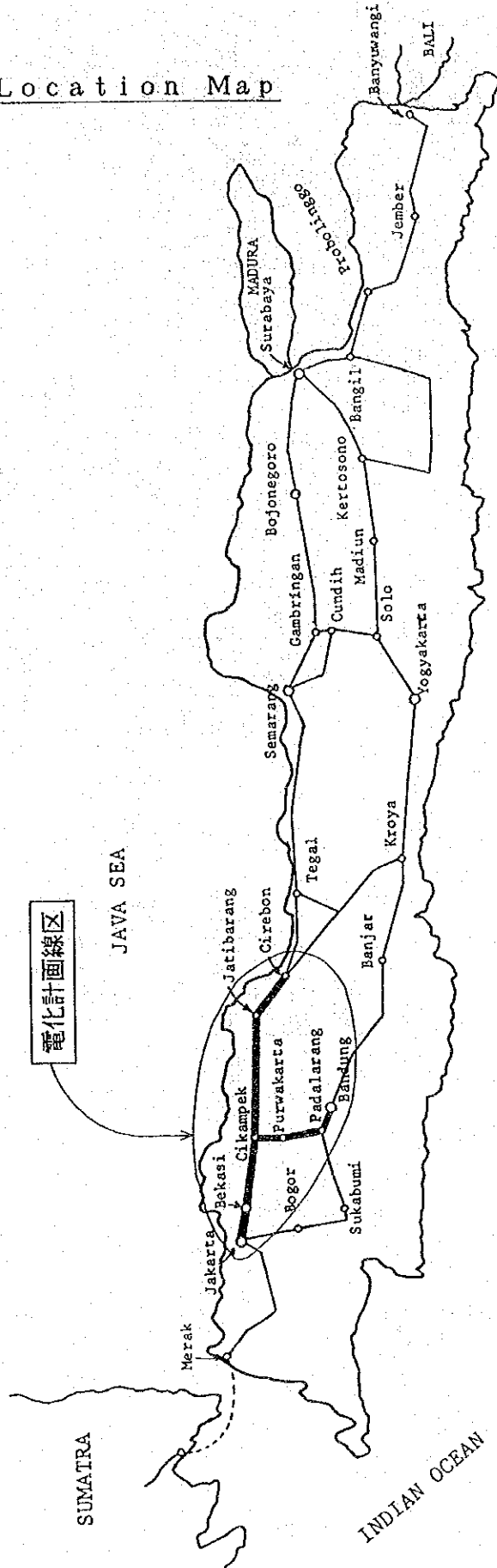
要 約

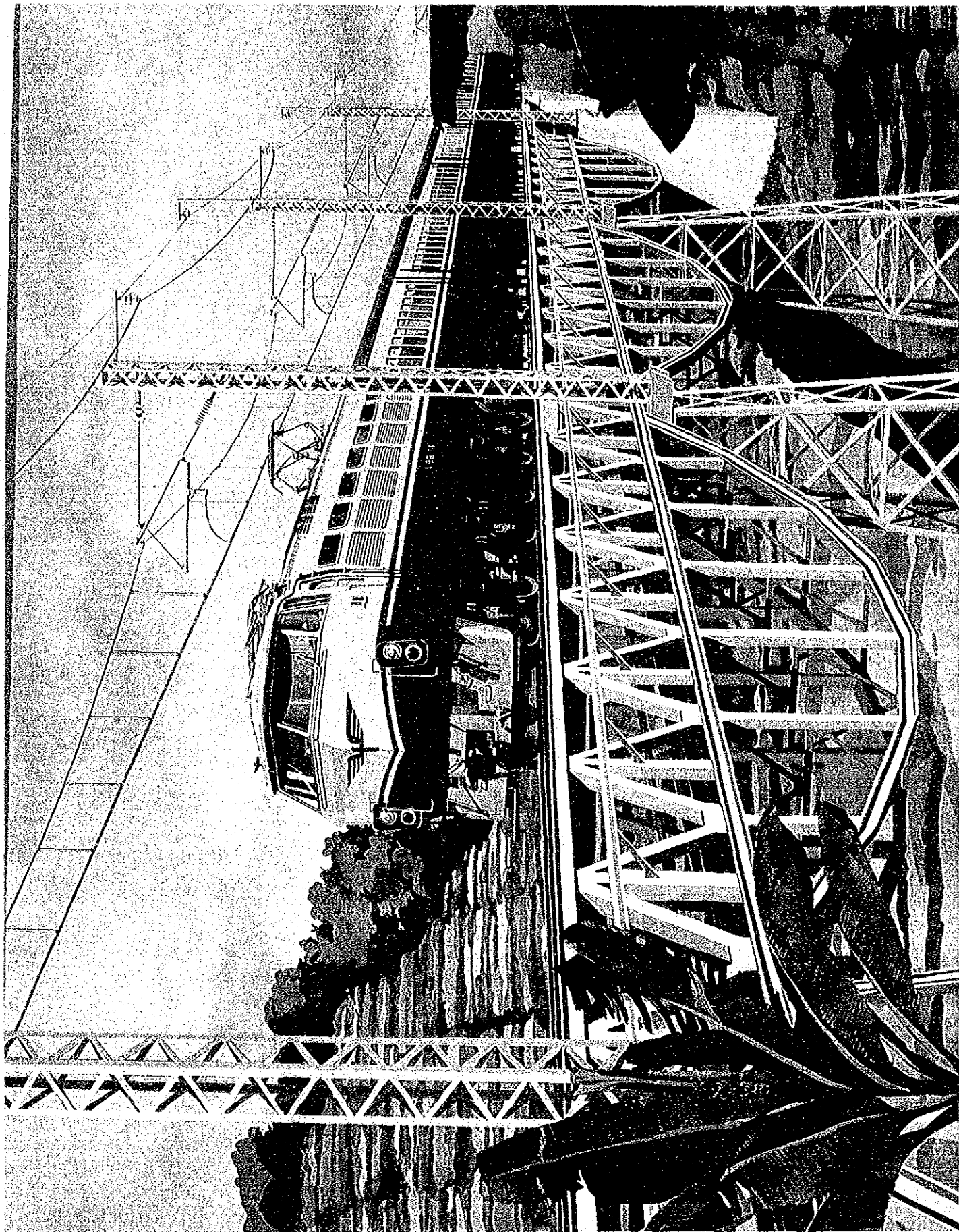
昭和61年2月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 5. 27	108
登録No. 12693	74
	SDF

Project Location Map





目 次

1 調査の目的と方法	S-1
2 社会・経済フレームワーク	S-4
3 輸送の現状	S-6
4 輸送需要予測	S-7
5 列車けん引方式	S-12
6 輸送計画	S-13
7 電化方式	S-16
8 車両計画	S-17
9 地上設備	S-18
10 組織と要員及び教育訓練	S-20
11 投資計画	S-21
12 経済・財務分析及び環境評価	S-22
13 結論と勧告	S-27

1 調査の目的と方法

(1) 目的

この調査の目的は、Jakarta ～ Cirebon及び Cikampek ～ Bandung間の電化計画のフェージビリティを検証することにある。

調査の区間は、図 S.1に示す。

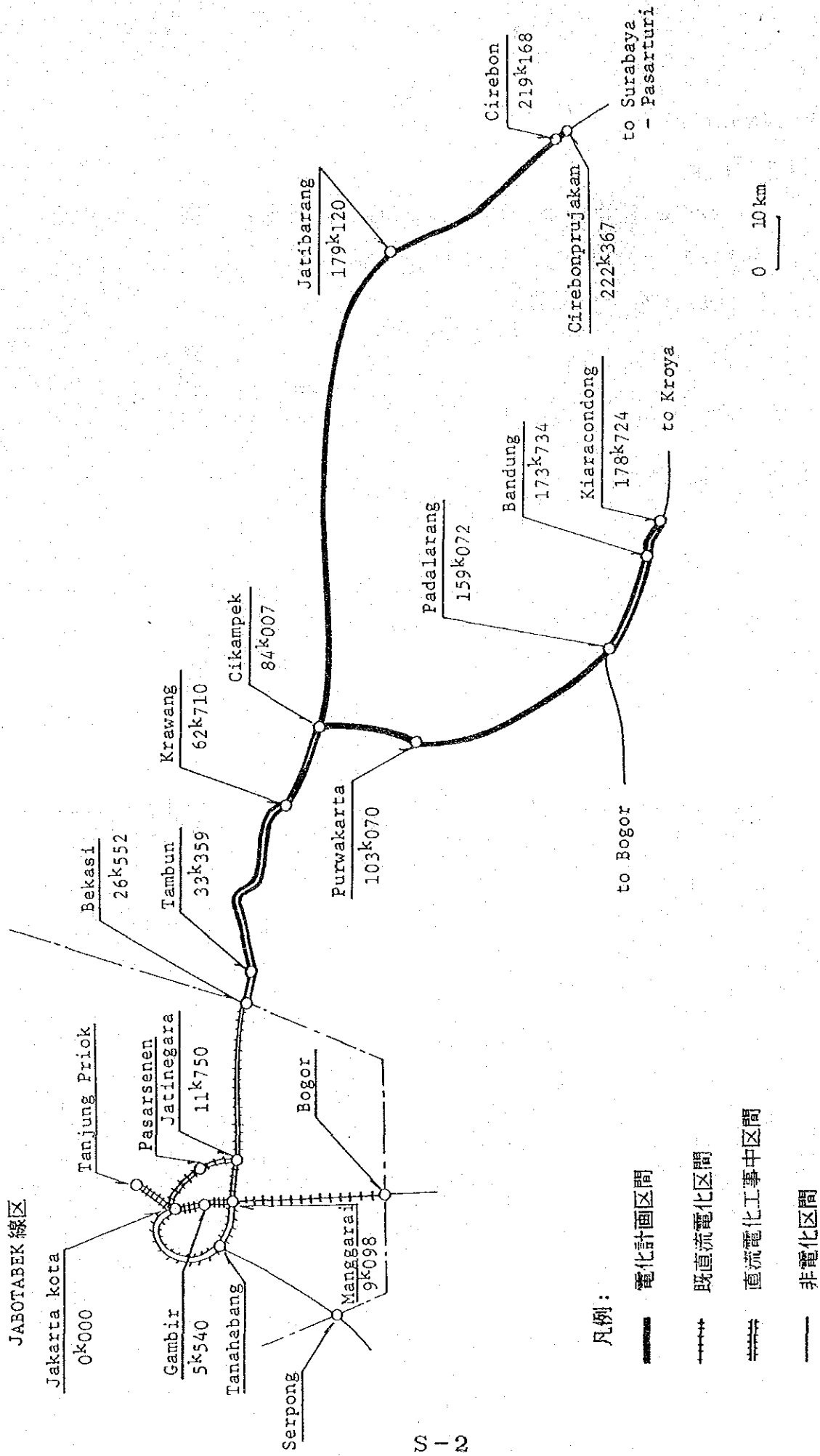


図 S.1 電化計画区間の線路図

(2) 方法

この調査は、図 S.2に示す手順により実施した。

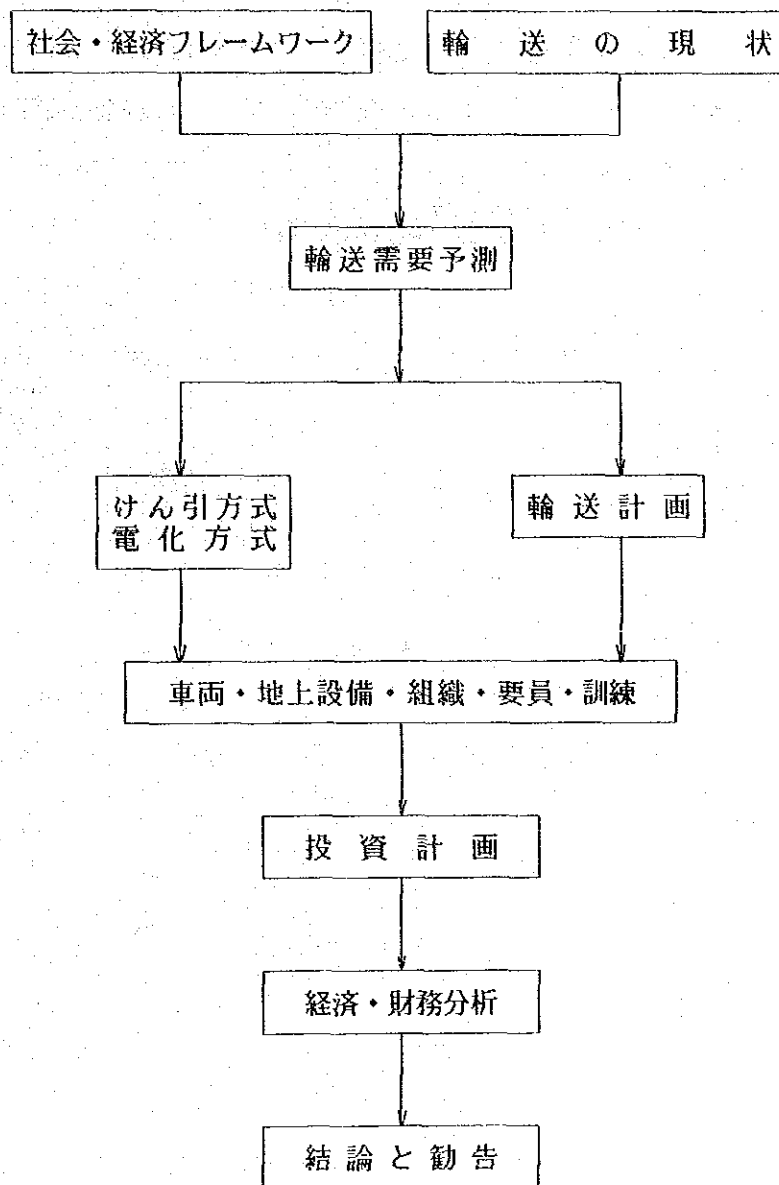


図 S.2 調査手順

2 社会・経済フレームワーク

(1) 概要

インドネシア国は、過去 10 年間豊富な石油資源を背景として、年平均 6.3 %の GDP 成長率を達成している。(表 S.1 参照) 部門別に見た場合、製造・建設・輸送部門のシェアの拡大が著しい。(表 S.2 参照)

インドネシアの経済は、世界の石油市況に大きく依存し、その動向に左右される特徴を持っている。インドネシア政府は、工業化の推進と過度の石油依存からの脱皮を重点施策としている。

表 S.1 GDP 成長率 (実質)

年度	1969-1973 (REPELITA I)	1974-1978 (REPELITA II)	1979	1980	1981	1982	1983	1979-1983 (REPELITA III)	1974-1983
年平均成長率	% 7.7	6.9	6.3	9.9	7.9	2.25	* 2.15	5.7	6.3

注： *印は、1979～1983年間の年平均成長率 5.7%と1979～1982年間の実績より計算した。

出所： インドネシア統計年報 (1983年)

表 S.2 部門別 GDP 構成 (実質)

(単位：百万 RP.)

部門別	1972年		1977年		1982年	
	金額	%	金額	%	金額	%
(1978年価格)						
農業	2,479.0	40.8	2,981.3	33.6	3,669.8	29.8
鉱業	674.0	11.1	1,070.0	12.0	939.8	7.6
製造業	564.0	9.3	1,057.0	11.9	1,900.7	15.4
電気・ガス・水道	26.2	0.4	49.0	0.6	105.5	0.9
建設	222.0	3.7	463.8	5.2	757.8	6.1
運輸	229.0	3.8	438.7	4.9	716.6	5.8
通信・商業・金融 ・サービス	1,873.0	30.9	2,821.5	31.8	4,235.2	34.4
GDP	6,067.2	100.0	8,882.0	100.0	12,325.4	100.0

出所： NOTA KEUANGAN 1984/85

(2) エネルギー情勢

国内エネルギー消費の 95 %を石油・天然ガスに依存している。従って、新エネルギー資源の開発、エネルギー資源の多様化に精力的に取り組んでいる。

(3) 将来予測

REPELITA IVをベースとして将来の社会・経済フレームワークを予測した。

a. 経済成長率

1985～1988 5.0 %

1989～1992 4.5 %

1993～2007 3.5 %

b. 人口増加率 (ジャワ島)

表 S.3に示すとおりとする。

表 S.3 ジャワ島における人口増加率の予測

年度	地域 ジャワ	JABOTABEK		その他
		DKI Jakarta	BOTABEK	
1983 - 1988 (REPELITA IV)	1.8%	1983-1985 3.8%	3.0%	1983-1992 1.4%
1988 - 2002	1.7	1985-1990 3.1	3.5	1992-1997 1.6
		1990-1995 2.3	2.6	1997-2002 1.6
		1995-2000 2.0	2.3	
2002 - 2007	1.7*	2000-2005 1.8	2.0	2002-2007 1.7*
		2005-2007 1.7*	2.0*	

注： *印は調査団想定値

出所： インドネシア統計年報 (1983)

3. 輸送の現状

(1) 概要

ジャワ島における輸送は、バス・トラックが大宗を占めている。併し、最近自動車の増加が著しく、主要幹線、都市内において交通渋滞、交通事故、大気汚染などの問題が広がりつつある。鉄道は都市間旅客輸送、通勤輸送、少量の貨物の輸送を担っているが、そのシェアは小さい。航空機・海運については、旅客・貨物共輸送量は少ない。

(2) 電化計画区間の状況

当該区間のバス・鉄道のサービス水準及び輸送シェアは、表 S.4に示すとおりである。

鉄道の地上設備・車両共に老朽化・陳腐化が著しく且つ車両不足と相俟って、保安度の低下、列車の遅延・運休が多発している。主要旅客列車の平均遅延時間は 60 分を越えている。

表 S.4 電化対象区間の鉄道及びバス輸送

項目 区間	鉄 道			バ ス			シェア (%)	
	時 間 (時：分)	運 賃 (Rp.)	回数 (片道)	時 間 (時：分)	運 賃 (Rp.)	回数 (片道)	鉄道	バス
Jakarta ↓ Cirebon	3:20 4:37	1 等 7,800 2 等 4,500 3 等 2,900	18	7:35	2,000 2,400	432	9.4	90.6
Jakarta ↓ Bandung	3:15 4:16	1 等 6,000 2 等 4,500 3 等 1,800	5	6:15	1,500 1,750	428	8.7	91.3

4 輸送需要予測

(1) 方法

旅客及び荷主は、最小の輸送対価となる輸送機関を選択する。

もし、この電化計画が実施されなければ（「Without the Project」）全輸送量に占める鉄道の割合は、他の輸送機関の条件が変わらない限り、将来共不変である。一方、もし、当該計画が実施されれば（「With the Project」）列車速度の向上により到達時分が短縮され、バスにより輸送されている旅客、トラック・船により輸送されている貨物の一部が鉄道へ移転する。

将来の鉄道需要は、現在のOD、輸送機関別パターン、将来の社会・経済フレームワークを基に、当該計画が「実施された場合」と「実施されない場合」について予測した。

この調査では、ジャワ島の35の地域相互間の輸送需要を、輸送機関別に予測した。予測手順のフローチャートを図S.3に示す。

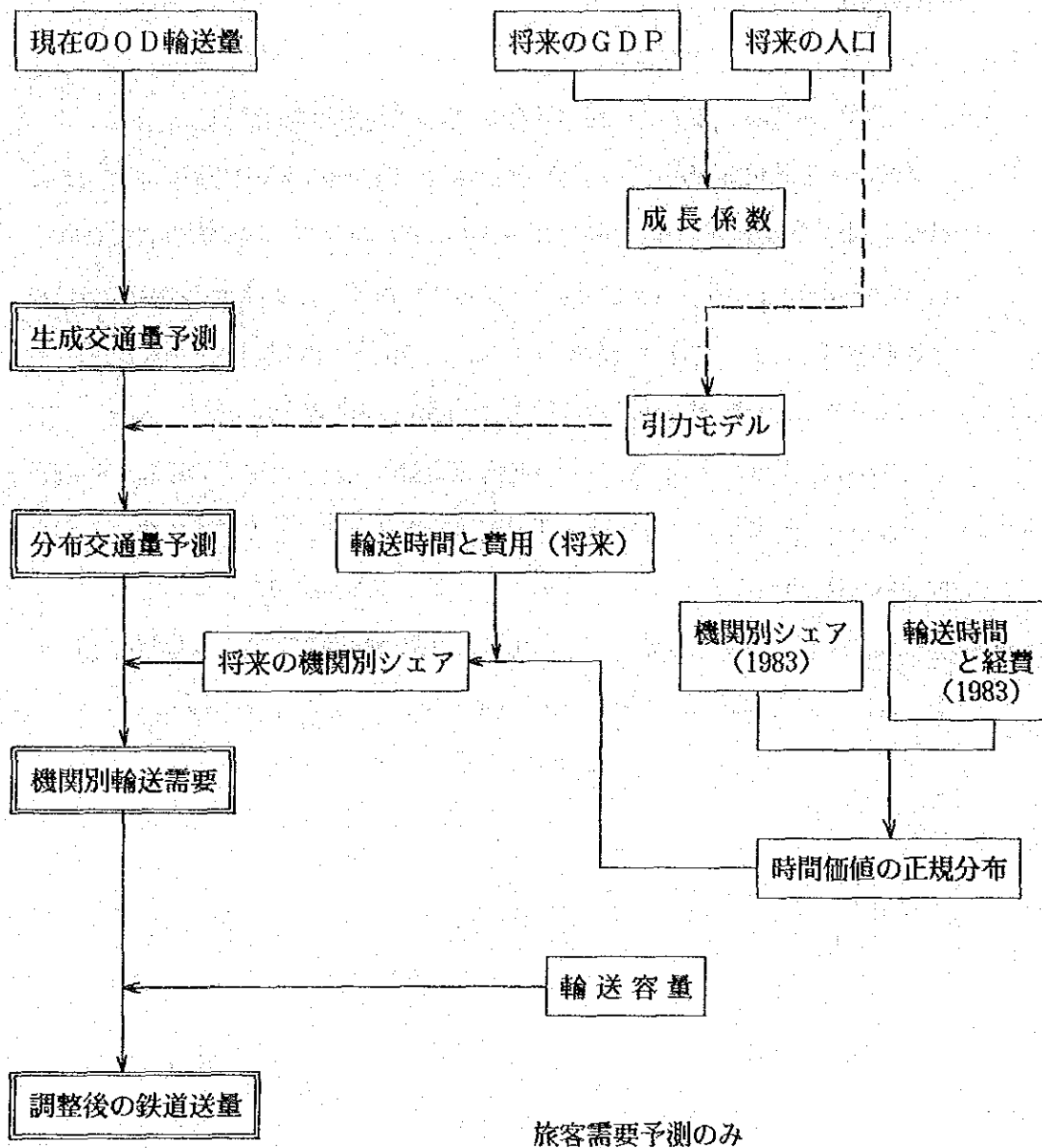


図 S.3 輸送需要予測フローチャート

(2) 前提

a. 競合輸送機関

旅客：鉄道、道路（バス）

貨物：鉄道、道路（トラック）、沿岸航路

b. 競争条件

(a) 鉄道

計画が実施されない場合 — 現在の列車の到達時分と運賃・料金及び
端末輸送時間・費用

計画が実施された場合 — 電化後の列車の到達時分と現在の運賃及
び現在の端末輸送時間・費用

(b) 道路

現在の運賃と運行時分及び端末輸送時間・費用、但し、電化開業時点（
1992年）までに高速道路が完成する区間については料金、到達時分の短縮
を考慮した。

(c) 航路

現在の運賃、運行時分及び端末輸送時間・費用

(3) 結果

a. ジャワ島の全鉄道輸送需要

(a) 旅客

電化開業時（1992年）には、1983年の約 2.1倍の輸送需要となる。一方、
電化を行わない場合には、約 1.6倍となる。鉄道輸送のシェアは、1983年
の 7.8%から1992年の10.6%に拡大する。

(b) 貨物

電化開業時（1992年）には、1983年の約 1.7倍の輸送需要となる。一方、
電化を行わない場合には、約 1.3倍である。鉄道輸送のシェアは、1983年
の 4.4%から1992年には 5.5%に拡大する。

b. 鉄道断面輸送需要

(a) Jakarta ~ Cirebon間

(i) 旅客

計画を実施した場合、輸送需要は1992年において約 2.7倍に増加する。実施しない場合には、約 1.6倍である。換言すれば当該計画を実施することにより、鉄道のシェアは1983年の14%から24%に拡大する。

(ii) 貨物

計画実施により鉄道のシェアは、1983年の 5.8%から、1992年には16.4%に拡大する。

(b) Jakarta ~ Bandung間

(i) 旅客

計画を実施した場合、輸送需要は1992年には約 4.5倍に増加する。実施しない場合には約 2.4倍である。換言すれば、計画実施により鉄道のシェアは、1983年の10.7%から、1992年には19.4%に拡大する。

(ii) 貨物

計画実施により、鉄道のシェアは、1983年の 2.6%から、1992年の 4.6%に拡大する。

c. 鉄道断面輸送量

各区間の輸送能力を考慮して輸送量を計算した。1992年、2007年における各区間の断面輸送需要と輸送量を表 S.5に示す。

表 S.5 区間別断面交通量

(両方向：年間)

年 度	区 間	旅客 (百万人)		貨物 (百万トン)	
		輸送需要	輸 送 量	輸送需要	輸 送 量
1983	Bekasi ~ Cikampek	--	8,408	--	284
	Cikampek ~ Cirebon	--	6,710	--	305
	Cikampek ~ Bandung	--	1,619	--	122
1992	Bekasi ~ Cikampek	25,111	25,111	1,190	1,106
	Cikampek ~ Cirebon	17,827	17,827	1,476	1,373
	Cikampek ~ Bandung	7,211	7,211	361	354
2007	Bekasi ~ Cikampek	48,247	33,868	2,138	1,478
	Cikampek ~ Cirebon	33,863	19,503	2,594	1,669
	Cikampek ~ Bandung	14,185	12,725	529	432

5 列車けん引方式

直流・交流電化区間にまたがる長距離列車の運転方法として、8つの代替案の比較の結果、交直両用電気機関車によるけん引方式を採用することとした。なお、代替案には、JABOTABEK 地区の既直流電化区間を交流化する案も含めた。

6 輸送計画

(1) 前提条件

輸送計画は、需要予測結果を基に下記的前提条件により作成した。

- a. 旅客・貨物共用の交直両用電気機関車けん引とする。
- b. 旅客列車は、10両又は6両編成とする。
- c. 最高速度は旅客列車100 km/h、貨物列車85 km/hとする。
- d. 最大けん引トン数は、旅客列車400トン、貨物列車1,000トン（Jakarta～Cirebon間）、600トン（Cikampek～Bandung間）とする。
- e. 旅客列車の終着・始発は、午前5時から午後10時の間とする。

(2) 列車運転

a. 運転時分

特急/急行旅客列車の運転時分は、Jatinegara～Cirebon間で22%、Jatinegara～Bandung間で10%短縮される。（図S.4参照）

b. 列車本数

電化後（1992年）、列車本数はCikampek～Cirebon間100本、Cikampek～Bandung間38本となる。この本数は、現在に比べ夫々52本、20本の増加となる。（図S.5参照）

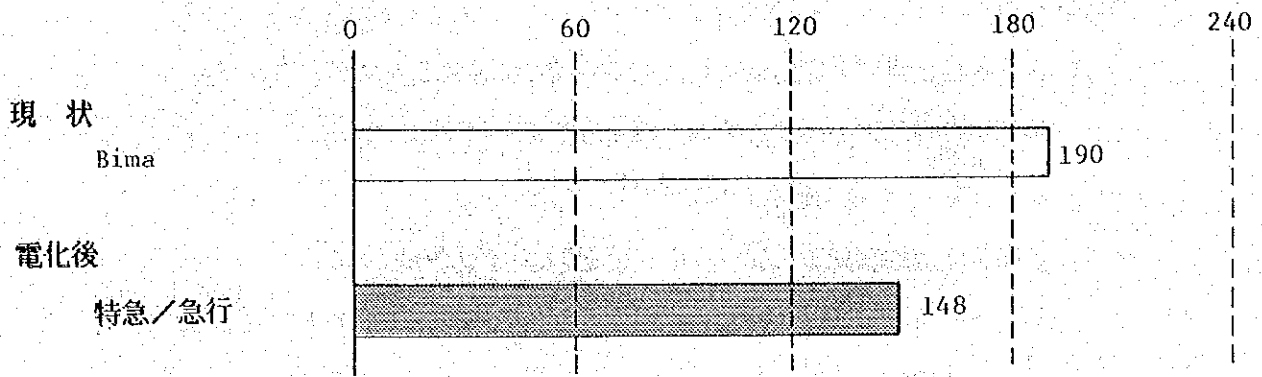
(3) 電気機関車の所要数

電気機関車の所要数は、表S.6のとおりである。

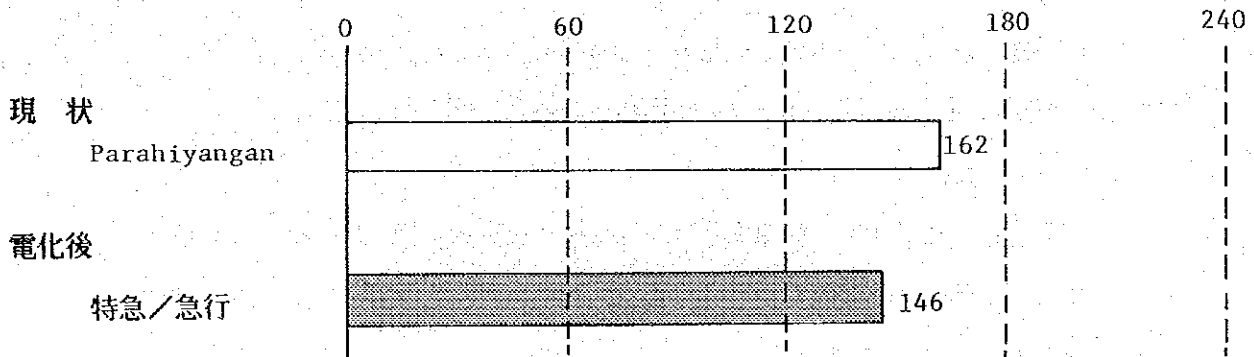
表 S.6 電気機関車の所要数

1992年	1997年	2002年	2007年
58	63	68	71

(1) Jatinegara - Cirebon



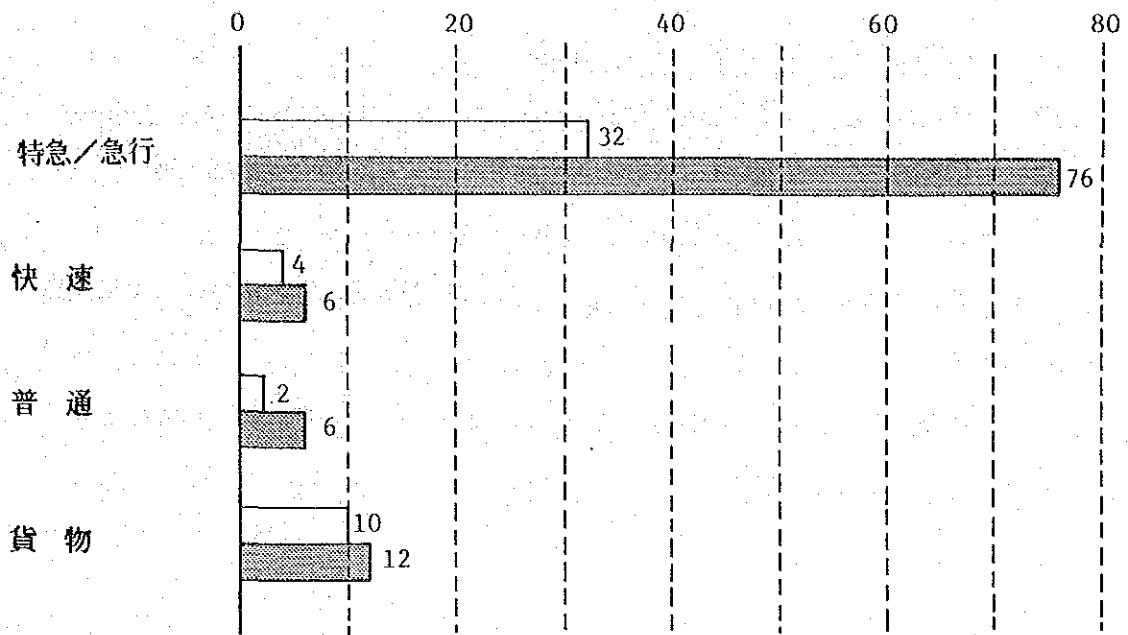
(2) Jatinegara - Bandung



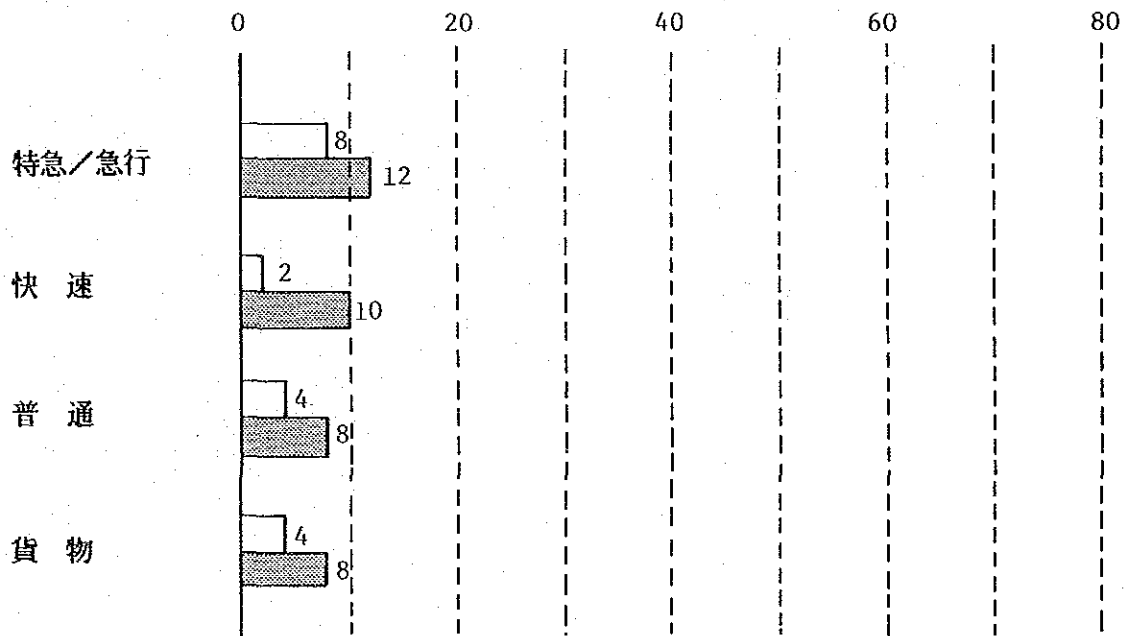
(単位：分)

図 S.4 旅客列車の運転時分

1. Cikampek - Cirebon



2. Cikampek - Bandung




凡例：

 現状 (1984年)
 電化後 (1992年)

図 S.5 区間別列車本数

7 電化方式

- (1) 商用周波数、単相 25KV 交流電化方式とする。
- (2) き電方式は、A T き電方式とする。
- (3) 架線方式はシングルカテナリー方式を標準とするが、列車速度の低い Purwakarta ~ Padalarang 間は、直吊架線方式を採用する。
- (4) 軌道回路は、駅間は 80Hz 交流コード軌道回路方式、駅構内は直流軌道回路方式とする。
- (5) 線路際に架設された架空通信線は、誘導障害対策のため、地下埋設のしゃへいケーブルに改修する。

8 車両計画

運転計画に基づき、性能、信頼性、保守性、経済性を検討した結果、VVVF制御電気機関車を採用することとした。

その主要諸元は次の通りである。

軸配置	B-2-B
重量	70 トン
形状	17.9m × 2.8m × 3.6m
出力	2,600 Kw
最高速度	120 km/h

9 地上設備

(1) 変電所

Kosambi、Padalarang、Arjawinangunの3ヶ所に鉄道変電所を設置し、電力会社の70kV又は150kVの送電網より2回線受電を行う。変電所は屋外タイプで2重系とする。又、変電所間には、電力運用、事故・保守作業時の停電区間の限定用として、き電区分所、補助き電区分所を設置する。

(2) 電車線路設備

電車線路は、吊架線、トロリ線、き電線、保護線、支持物より成る。120 km/hの高速運転に対処するため、可動ブラケット支持のシングルカテナリ方式と自動張力調整装置を採用する。

(3) 軌道及び構造物

- a. 軌道回路を導入するため、分岐器の鉄枕木を木枕木に取り換える。
- b. 電気運転に支障する Sasaksaatトンネル、橋梁、道路橋、水路橋は改修する。
- c. 必要な有効長・ホームの延伸、待避線の新設を行う。

(4) 車両基地・工場

- a. 仕業検査、月間検査を行うため、Cirebon、Kiaracandongに車両基地を新設する。
- b. 電気機関車の検査・修繕を行うため、Yogyakarta工場を改修する。

(5) 信号設備

- a. 輸送量の多い Bekasi～Cirebon間には、統行運転可能な自動閉そく方式を導入すると共に各駅の連動装置を継電化する。さらに、Cikampek～Cirebon間には、列車運行管理を効率的に行うためCTC（列車集中制御装置）を導入する。
- b. Cikampek～Bandung間は、腕木式信号機を色灯式信号機に取り替えると共に閉そく装置はチェックイン/アウト式のトークンレス方式に改修する。
なお、将来、列車回数が増加した時期には、自動閉そく方式化、継電化を行う。

(6) 通信設備

- a. 線路に併行している架空通信線路は、地下埋設のしゃへいケーブルに取り

替える。

- b. 情報量の増大と質の向上のため、UHF無線装置のチャンネル増設、交換電話、指令電話、テレプリンター等を増設する。

10 組織と要員及び教育訓練

(1) 組織と要員

電気運転と電化設備保守を行うため、関係機関も含め現場、管理部門の組織を強化する。電化保守区は17名編成とし、50Kmごとに設置する。この計画に必要な要員数は表S.7のとおりである。

表 S.7 所 要 員 (1992年)

職 種	要 員 数
機関士/機関助手	404
検修員 (車両基地)	116
〃 (工 場)	70
電 化 設 備	129
信 号 / 通 信	現在員+ 27
そ の 他	現 在 員

(2) 教育訓練

既存の教育制度や設備の改善、電化工事とスケジュールを調整しつつ、対象者を2ランクに分け、学園において組織的に教育訓練を進める。

a. 講 師

講師や技術管理者は、海外派遣や外国講師による教育により養成する。

b. 乗務員及び検修要員

ディーゼル機関車乗務員や検修員は講習や実地訓練により電化教育を行う。

c. 地上設備保守・監視要員

新しい設備や技術に対処するため、保守・監視要員を講習や建設工事に従事させ養成する。

1.1 投資計画

(1) 投資

投資額は、1985年3月現在の価格で積算し、物騰は考慮しなかった。

表 S.8 初期投資額
(単位：百万 Rp.)

項目	年度	1988～1992年（車両工場 1994-1996）		
		内貨	外貨	計
車 両		13,500	98,800	112,300
電 化 設 備		15,700	18,600	34,300
軌道及び構造物		7,000	3,200	10,200
車両検修設備		2,400	8,700	11,100
信号・通信設備		5,000	16,100	21,100
小 計		43,600	145,400	189,000
技術費及び教育費		3,100	12,000	15,100
予 備 費		2,300	2,200	4,500
合 計		49,000	159,600	208,600

(2) 工事行程

工事行程は、1991年 Bekasi ～ Cirebon間、1992年 Cikampek ～ Kiaracandong間電化完成を前提に作成した。

表 S.9 工事行程

項目	年度	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
技術調査		■	■						
施工管理				■	■	■	■	■	
調達・製作				■	■	■	■	■	
工 事				■	■	■	■	■	
訓練運転							■	■	
営業開始								▽	▽

12 経済・財務分析及び環境評価

(1) 経済分析

a. 分析方法

「計画を実施する場合」と「計画を実施しない場合」の費用と便益の差より経済的内部収益率を計算する。当該計画による他の効果についても検証する。

b. 前提

(a) 便益

計画実施による時間節減

(b) 費用

鉄道、バス、トラックへの投資、保守・運営費用

(c) 分析期間

30年

(d) 為替交換率

日本円 1. = Rp. 4,249

US\$ 1. = Rp. 1,101

(e) 価格

1985年3月現在価格を適用し、物価上昇は考慮しない。

c. 結果

(a) 経済内部収益率

21.0%

(b) 感度分析

20%輸送需要減少の場合 16.8%

20%投資額超過の場合 18.4%

20%輸送需要減少及び20%投資額超過の場合 14.5%

d. 評価

この計画の経済内部収益率は、21%であり、インドネシア国の投資の機会費用（当計画では、12~15%と想定した）を上回り、国民経済的效果は大きい。さらに、感度分析の結果によると、安定性も高い。

又、当該計画の実施により、次のような2次的効果も期待できる。

(a) 石油消費節減

58.3百万 リッター (1992年)

(b) バス・トラック抑制

30年間で 2,202台

(c) 大気汚染、交通渋滞、交通事故の緩和・減少

(d) 関連産業の振興

(e) 技術移転

(2) 財務分析

a. 分析方法

(a) 「計画を実施する場合」と「計画を実施しない場合」の投資、収入、運営費の差分より、財務内部収益率を求める。

(b) 各種の資金調達方法毎にキャッシュ・フローを分析する。

b. 前提

(a) 収入

道路から鉄道へ転換する輸送量による収入

(b) 費用

投資、保守、運営費

(c) 価格

1985年 3月現在の市場価格

その他は経済分析の場合と同じ。

c. 結果

(a) 財務内部収益率

18.5 %

(b) 感度分析

20 %収入減の場合 14.7 %

20 %工事費増の場合 15.5 %

20 %収入減及び 20 %工事費増の場合 12.1 %

(c) キャッシュ・フロー分析

(i) 資金計画

表 S.10 資金計画

項目	外貨部分	内貨部分
計画 1	政府間借款	政府資金
計画 2	同上	(50%) 政府資金 (50%) 国内 Rp. 借入れ
計画 3	国際機関借入れ	政府資金
計画 4	同上	(50%) 政府資金 (50%) 国内 Rp. 借入れ

(ii) 各資金計画の返済期間及び条件

表 S.11 資金計画と期間及び条件

項目	利率 (%)	期間 (年)	据置 (年)	返済
政府資金	-	-	-	返済不要
政府間借款	3.5	30	10	年 2回元本均等返済
国際機関借入れ	9.0	15	4	同上
国内 Rp. 借入れ	16.5	10	4	同上

(iii) キャッシュ・フロー

表 S.12 各資金計画毎のキャッシュ・フロー
(単位：百万 Rp.)

項目 \ 年度	1992	2002	2007
資金計画 1 収 入	32,942	39,613	40,877
運 営 費	7,681	10,391	8,199
(減価償却費)	(2,947)	(5,756)	(3,494)
支 払 金 利	3,862	4,391	3,366
利 益	21,399	24,831	29,312
営業資金収支	24,346	30,587	32,806
資金計画 2 利 益	17,477	24,575	29,236
営業資金収支	20,424	30,331	32,730
資金計画 3 利 益	14,709	24,991	32,057
営業資金収支	17,656	30,747	35,551
資金計画 4 利 益	10,787	24,735	31,981
営業資金収支	13,734	30,941	35,475

注： 営業資金収支=利益+減価償却費

(d) 便益/費用比率

資金計画 1 2.8

資金計画 2 2.4

資金計画 3 2.2

資金計画 4 1.9

割引率： 15%

d. 評 価

財務内部収益率は、基本ケースで 18.5% となり、当計画の収益性が高いことを示している。さらに、感度分析によると、収入 20% 減少・投資 20% 増の場合においても 12% をこえ安全性も良好である。

資金収支の点においても、本プロジェクトはすべての資金計画の下において実行可能であり、PJKAの財政改善に寄与することが予想される。

(3) 環境評価

電化による環境への影響は、次の通りである。

- a. 大気汚染は、大きく減少する。
- b. 騒音・振動は、それほど増えない。
- c. 通信誘導は、対策によって十分に軽減される。
- d. 人畜の感電防止のため、安全対策を採る。
- e. 工事中の騒音・振動には、十分の配慮を行う。

13 結論と勧告

(1) 結論

ジャワ島内における都市間鉄道の輸送需要を「計画を実施した場合」と「実施しない場合」について予測した。

この需要予測を基に既存の設備状況を考慮の上、電化計画策定のため技術的検討を行った。その結果、この計画は少い費用で技術的にも実施可能な内容であることが判明した。

この技術的調査を基に投資額を算出し、経済・財務分析を行ったが、この計画は、インドネシアの経済発展に大きく貢献すると共にP J K Aにとっても財務的に実施可能な事が判明した。

従って、この計画の実施を強く要望する。

(2) 勧告

この計画の円滑なる推進とその後の健全なる運営のため、以下の諸点について勧告する。

- a. より良い保守を実施するため効率的で適正な基準と手法を制定し、近代的な保守方式を導入し、保守要員の能力のレベルアップを図ること。
- b. 関係職員の鉄道学園における継続的教育を図ること。
- c. 円滑で効率的な工事建設と、保守を考慮し車両と地上設備の標準を制定すること。
- d. 輸送需要が線路容量を越えている Cikampek ~ Cirebon間の複線化について、早急に検討を進めること。
- e. 高速運転に伴い鉄道敷地内への侵入を禁止すること。

JICA