

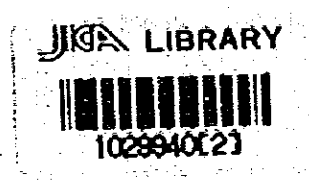
メキシコ合衆国
幹線鉄道電化計画調査
報告書

昭和56年3月

国際協力事業団



UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY



メキシコ合衆国
幹線鉄道電化計画調査

報告書

昭和56年3月

国際協力事業団

國際協會

國際協會理事會

理事會

理事會

國際協切事業團			
受入 月日	受入 月日	8.22	61511
登錄 No	13490	0	64.62
			OPBD

理事會

報告書の構成

- JICA 総裁の序文
- プロジェクトの位置図、概念図
- 要 約
- 本 文
 - I 序 論
 - II 各 論
- 付 録

Mathematics

Section 1: Algebra

1.1. Linear Equations and Functions

1.2. Quadratic Equations

1.3. Systems of Equations

1.4.

1.5. Inequalities

1.6. Probability

序 文

メキシコ国幹線鉄道電化計画調査報告書をここに発刊する運びとなった。

本報告書はメキシコ合衆国政府の要請により国際協力事業団が昭和55年4月から56年2月まで実施した同国国鉄メキシコシティ・イラプアト間の電化に関する調査の結果をとりまとめたものである。

日本国有鉄道外務部参事 平松和雄氏を団長とする調査団は、メキシコ側関係者と緊密な討論を繰返し行い、又広範囲の現地調査および分析作業を実施した。

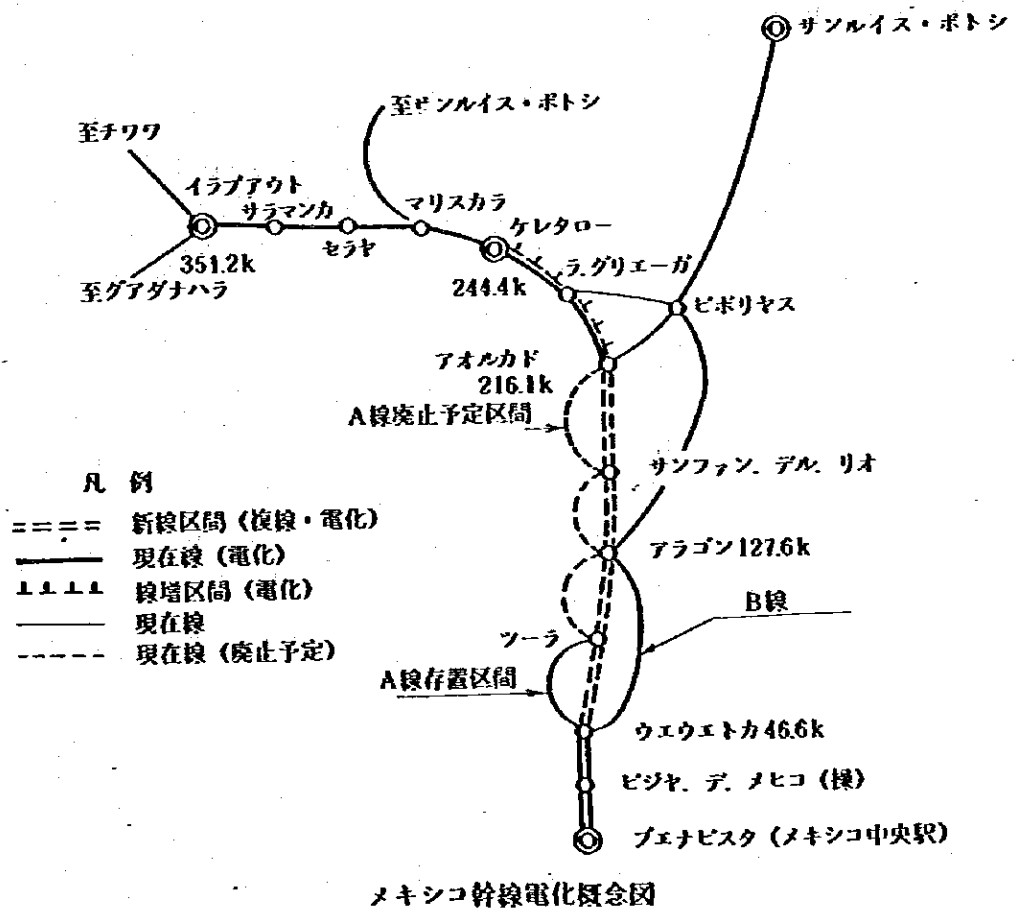
本報告書が、このプロジェクトの実現につき貢献することを心から念願する。

最後に本調査に多大な御協力をいただいたメキシコ合衆国政府関係者および日本側関係者に厚く御礼申し上げるものである。

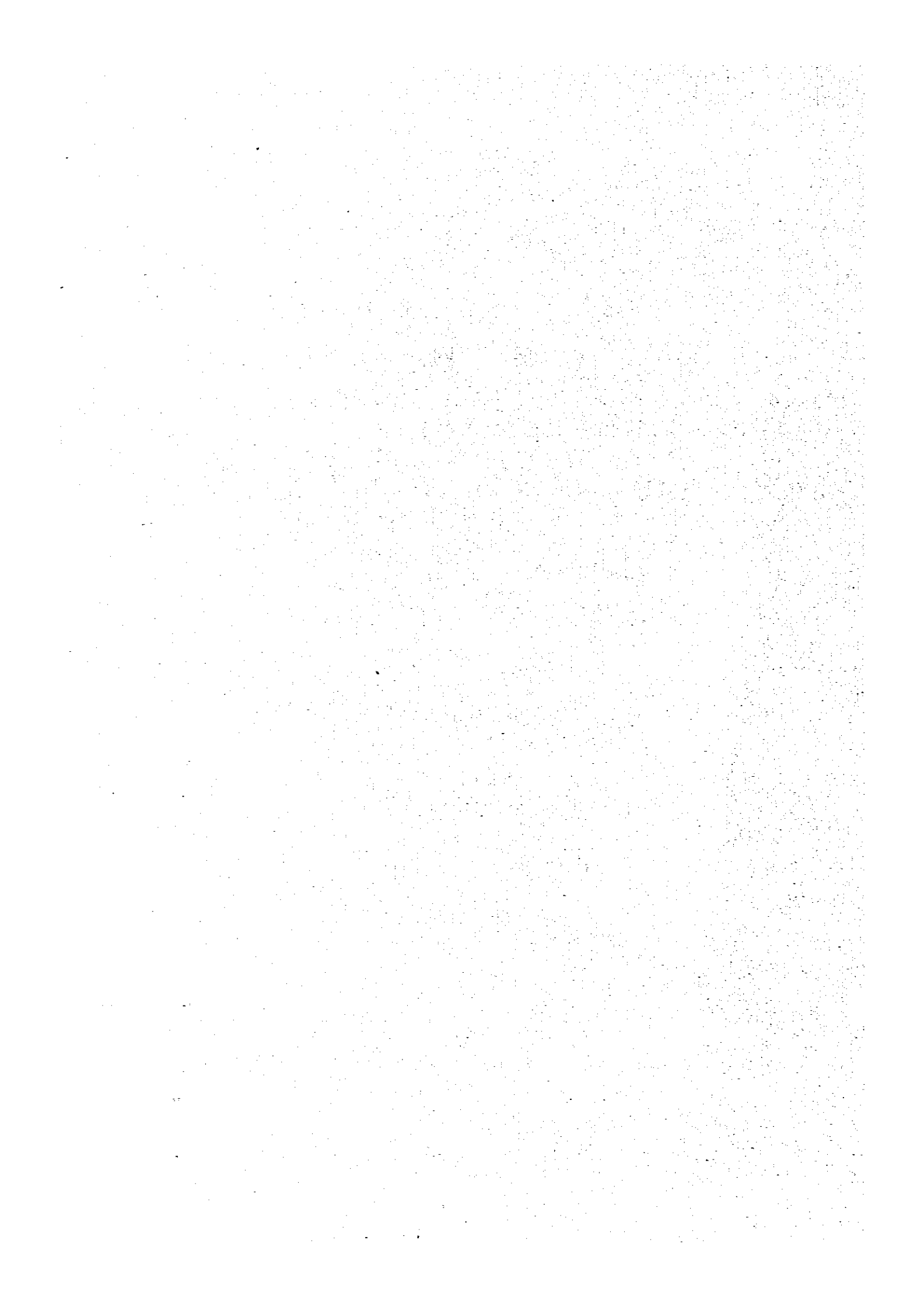
昭和56年2月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔



要 約



要 約

今回の電化プロジェクトに対する調査団の活動は、次に示す三つの段階に分けることが出来る。

1) 入札書類が出来上がるまでの期間

この期間に、調査団がメキシコ政府に対して行った仕事の重点は次の三つである。

一つは、Ing. Ramírez Caraza 局長からの要請にもとづく電化開業区間の比較であり、他は電化システムの比較である。すなわち、

- 1) 電化を構成する各分野には、各種システムが世界に広く使われていること。
- 2) これら各種システムは各々長所、短所を有すること。
- 3) 電化は、関連各分野の単なる集合体でなく、これら各システムの総合的に関連しあつた一つのシステムであること。

具体的にいえば、México~Ahoacádo, México~Querétaro, México~Irapuato の各区間電化開業の場合の設備（車両を含む）、経済効果及び運営上の問題点の比較であり、これについてはIrapuato迄の開業を推奨した。(附録1、「電化区間比較」参照)

システム比較については、き電方式としてATき電方式と直接き電方式、電車線路方式として、重架線と変Y架線をとりあげ、これら各方式についてのき電特性、集電特性等の電気的特性比較および各系統間の問題としてき電方式と信号設備の関連、誘導支障を通じてのき電方式と通信設備の関連を明確にし、メキシコ政府にこれら多くのシステムのうち、メキシコに適したシステムの選択が最も重要であることを提案した。

結果は下記に示す。

1. ATき電方式と直接き電方式の比較

	A T 方式	直 接 方 式
1. 変電所の数 (México~Irapuato)	4	8
2. 主変圧器容量/1変電所	20,000 KVA × 2	10,000 KVA × 2
3. 電流容量	2	1
4. 異相セクションの数	6~7	15
5. レール電位、電圧不平衡	問題なし	問題なし

2. 重架線方式と変Y架線方式

	重 架 線	変 Y 架 線
1. 160 km/h における集電	問題なし	問題なし
2. 120~160 km/h における押上量	3	7
3. 最大径間	70	63

3. コスト比較

(AT方式—重架線と 直接方式—変Y架線の比較)

今回の電化区間には、400 KVと230 KVの送電線各一回線が鉄道線路に沿って比較的近傍を走っており、230 KVの送電線が鉄道電化のための専用線の如き形態で使用出来るため、コスト的には一般的な場合より直接き電に有利になっている一方送電線の電圧が230 KVと高いことはATき電方式に有利になっているが、鉄道電化用変電所への送電線の建設費を含めて、ATき電方式が約2割弱安価と算定される。(具体的には表II-3-5を参照)

4. き電方式と通信誘導

	A T 方式	直 接 方 式
1. 架空線設置の可能性	あり	なし
2. アルミシースケーブル以外のケーブル採用の可能性	あり	なし
3. 誘導線音電圧比	1	3~5
4. 中絶線輪間隔比	2	1

2) 入札書類(原案)に記載の仕様書(原案)に対する意見

入札書類の内容について調査団が指摘したことは、

一つは、「代案の受入れ」である。すなわち、性能については同等のものを受入れられること、材料については各国で規定されたものを受入れるようにすべきことである。

他は、各系鉄道の工程調整を明確にするよう提案した。

技術仕様書に対する意見として

一つは、システムとして取りあげるべき問題と、各条項に記載してある内容の一部修正である。

ここにシステムとして取りあげるべき問題点を列挙する。

1) 機関車

- 出力の選定について 4200 kw程度推奨
- 給配置について B—B—B推奨
- 主電動機について 熱容量を十分持つこと
- 保守を考慮した設計にすること。
- 使用条件を十分配慮すること。
- 誘導支障については地上設備との総合調整が必要
- 感電事故防止対策について考慮すること。

2) 変 電

- き電方式についてAT方式の受入れ。
- き電系統の基準絶縁について低減法も考慮すること。
- 遠材方式：CTCとCSCの分離も受入れのこと。

3) 電車線路

- a. 設計温度中、最高50℃を40℃にすること。
- b. 支持物：コンクリート柱の採用も可能にすること。
- c. 吊架線：鋼より線の採用。
- d. 変Y線：Y線なしの架線系の採用。
- e. き電線：アルミより線の採用。
- f. セクション：合成樹脂系のセクションの採用。

4) 信号

- a. 軌道回路方式：MG軌道回路、直流単軌条軌道回路、ARコード軌道回路、パルス軌道回路、分倍周軌道回路、同左を基礎とした長大軌道回路についてその長所、短所を提示、メキシコに適した方式の選択を提案した。
- b. ATS：メキシコにとって全国拡張性の重要を提案した。
- c. 電気転てつ器の電源として交流の採用。

5) 通信

- a. 遮へい係数についてその測定法を規制すべきこと。
- b. ケーブルの絶縁についてプラスチック絶縁の採用。
- c. ケーブルの遮へい材料について、アルミのほかに銅+鋼帯+ラミネートテープ方式の採用。
- d. 誘導対策の性能（制限値等）を規定すべきこと。および起誘導条件（車両から発生する等価妨害電流を含む）を明確にすべきこと。

6) 車両検修

- a. 検査周期：キロベースもタイムベースも採用のこと。
- b. 車両の検査：保守方式、車両の具体的内容を考慮の上決定すべきこと、および現在の設備、要員の充分な活用を考慮すべきこと。

3) 応札書に対する評価方法

評価方法として経済評価と技術評価がある。今回調査団の仕事は主に技術評価である。ただし、車両については評価期間も長かったため経済評価についても言及した。機関車の経済評価については価格、融資と技術支援のウェイトを高めること、互換性、予備品の供給のウェイトを過大評価するのは慎むべきことを指摘した。

技術評価方法として調査団がメキシコに提示したものは三つある。

一つは、全般的な評価項目であり、

第二は、各系統の主要構成要素毎の評価のウェイトの配分表である。評価のウェイトは、保守性、信頼度（事故の起きる頻度と事故時の波及度を考慮した）および各設備の特性を考慮して配分案を作成した。

結果は各論の表Ⅱ-2-1~3、Ⅱ-3-6~7、Ⅱ-4-3~4、Ⅱ-5-1~2、Ⅱ-6-

7～8, II-7-4に収容した。

第三に、各系統のシステムとしての重要事項を列挙し説明を加えた。以下にその項目を列挙する。

1. 機関車

- a. 軸重移動による粘着力の低下。
- b. 台車の構造および重量。
- c. 主回路、特に主電動機、整流装置の安定度。
- d. 制動回路および補助回路。
- e. 誘導支障。
- f. 機関車の総重量。

2. 地上設備については、単なる単独設備、装置のみの評価に終ることのないよう、システムとしての評価に重点を置くことを提案した。

2-1 変電

- a. き電システムとしての保護特性、き電特性に重点をおく。
- b. 特にAT方式の特長を参考に附した。

2-2 電車線路

- a. システムとしての振動特性、機械的強度、集電特性、電流容量に重点をおくこと。
- b. 特に保守上問題となる主要金具について評価の重点を評述した。

2-3 信号

- a. 軌道回路における高調波対策。
- b. 絶縁強調。
- c. 軌道回路と転てつ器の保守性。
- d. 通信設備との協調。
- e. ATSの拡張性。

2-4 通信

- a. 誘導支障。
- b. 通信回路の予備。
- c. 通信回路の安定度。
- d. 通信ケーブルの絶縁耐力について。
- e. 搬送中継器の保守性について。

2-5 車両検修

- a. 工場建設については、各検修機器の性能よりも全体のレイアウト、作業性に重点をおくこと。
- b. 特にメキシコのDBLの検修工場の現状からみて今回のBLの工場新設について、現在のDBLの検修工場、新設の現場のデポのあり方を含めて抜本的な見直しが必要なことを提案

した。

3. 国産化、技術移転

この問題については、時間をかけて検討した。この仕事はメキシコの現在の技術水準の調査、仕様書に規定されている各物品の材質、特性ならびに製作上の困難性に言及している。これらの諸点ならびに日本における経験から、各部品、装置毎に下記の分類を行った。

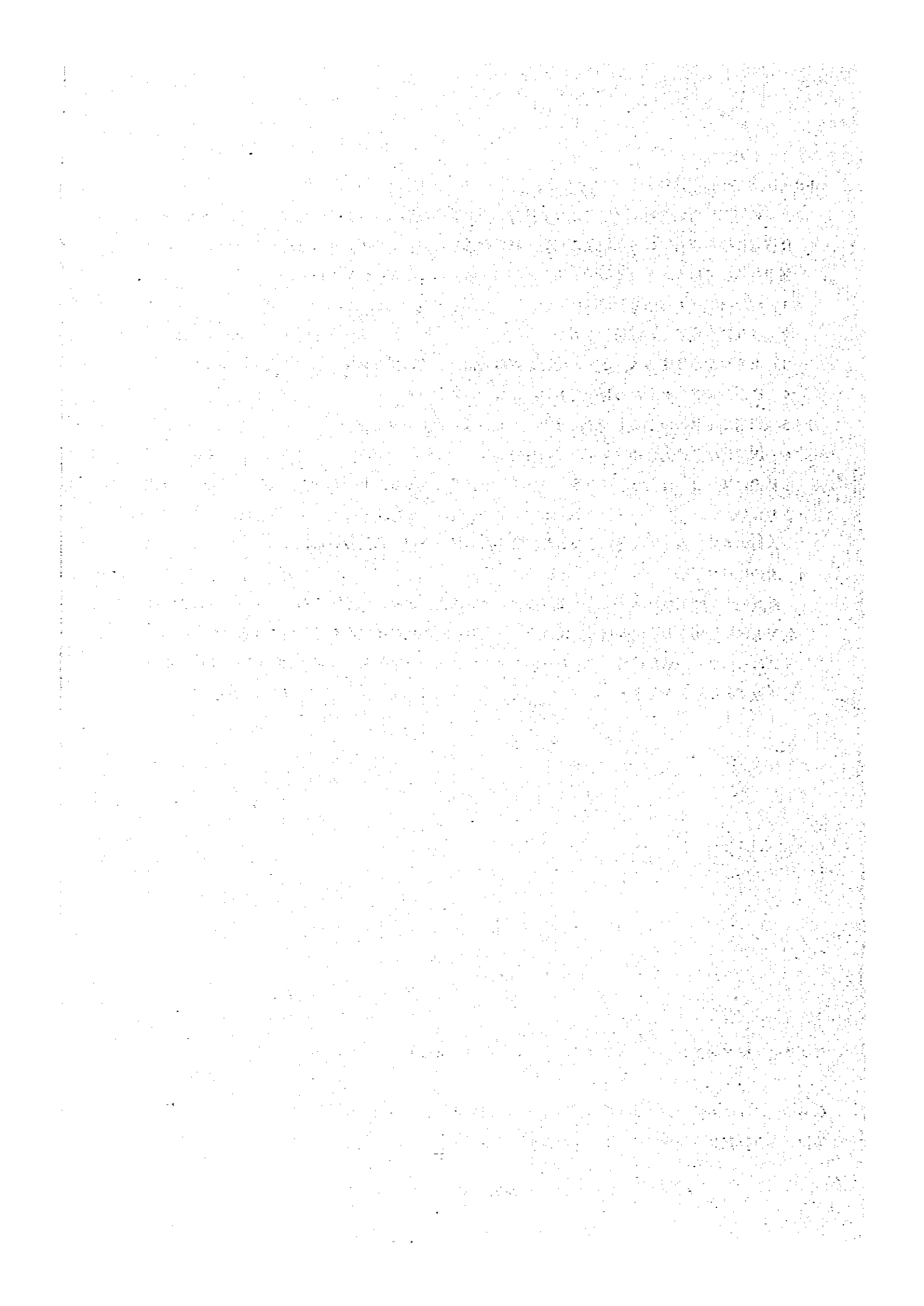
- 1 現段階で直ちに国産化可能なもの。
- 2 仕様書を変更すれば可能なもの。
- 3 ある程度の技術導入、さ少の投資を伴えば、今回のプロジェクト内でも可能なもの。
- 4 次期プロジェクトから可能なもの。
- 5 相当の年月のかかるもの。
- 6 国産化は経済的合理性をもたないもの。

結果はⅡ-2-4, Ⅱ-3-8, Ⅱ-4-6, Ⅱ-5-3, Ⅱ-6-12, Ⅱ-7-4,を参照されたい。

人材の養成、電化開業等に言及した。この内容は、附録2に記載した。

4. その他特殊事項

最終段階で問題になったことは電気機関車の主電動機の過負荷特性である。メキシコのような勾配線区に使用する主電動機は、特にその過負荷特性が問題になることから、ABCDEの各タイプのモーターの過負荷特性のうち特にAタイプはメキシコのような連続勾配区間に使用するの是不適であることを指摘した。



目 次

I 序 論

1. 調査の目的	3
2. 調査の範囲	3
3. 経 緯	3
4. 調査団の構成	4
5. 直営調査団員の担当分野と調査日程	5

II 各 論

1. 詳細設計の助言の前提条件	11
1-1 輸送量想定	11
1-2 運転計画	11
1-3 機関車	12
1-4 線路規格	12
1-5 電化方式	12
1-6 信 号	12
1-7 通 信	12
1-8 車両検修	12
2. 車 両	
2-1 機関車システムの検討	15
2-1-1 列車方式	15
2-1-2 機関車出力の選定	15
2-1-3 台車方式	16
2-1-4 主回路制動方式	16
2-1-5 主電動機および駆動装置	17
2-1-6 保守に対する配慮	17
2-1-7 使用条件に応じた考慮	17
2-1-8 電化に伴う要注意項目	18
2-2 仕様書原案に対する意見	18
2-2-1 全体に対する意見	18
2-2-2 各項目に対する意見	19
2-3 応札書の評価の考え方	21
2-3-1 機関車性能の算定方法	21

2-3-2	評価項目	23
2-3-3	評価のチェックポイント	29
2-3-4	国産化の検討	35
2-3-5	主電動機過負荷特性の検討	37
3. き電方式と変電		
3-1	き電方式と変電設備の検討	47
3-1-1	電力供給システムの機能	47
3-1-2	き電方式	47
3-1-3	変電所間隔	49
3-1-4	き電回路の電力特性	49
3-1-5	並列き電方式	60
3-1-6	電源設備	60
3-1-7	変電設備	60
3-1-8	工事費の比較	66
3-2	仕様書原案に対する意見	67
3-2-1	検討の考え方	67
3-2-2	全体に対する意見	67
3-2-3	各項目に対する意見	68
3-3	応札書の技術的評価の基準	69
3-3-1	システムの分類	69
3-3-2	設備機能の技術的評価の考え方	69
3-3-3	評価のチェック・ポイント	70
3-3-4	国産化について	72
4. 電車線路		
4-1	電車線路の検討	77
4-1-1	検討の前提条件	77
4-1-2	集電特性	77
4-1-3	コンピューター・シミュレーション	79
4-1-4	架線材料からみた考察	81
4-1-5	工事費の比較	83
4-2	仕様書原案に対する意見	85
4-2-1	全体に対する意見	85
4-2-2	代案の受入れについて	87

4-2-3	各項目に対する意見	87
4-3	応札書の評価の考え方	87
4-3-1	評価項目	87
4-3-2	評価のチェック・ポイント	89
4-3-3	電車線金具の評価	92
4-3-4	国産化の検討	93
5	信 号	
5-1	信号設備の検討	97
5-1-1	信号設備の基本的な考え方	97
5-1-2	システムの考え方	97
5-1-3	交流電化区間の信号設備と保護	97
5-1-4	システムの拡張性	98
5-1-5	経 済 性	98
5-1-6	保 守	98
5-1-7	信号設備の故障による運転事故の防止	98
5-1-8	工 事	98
5-2	仕様書原案に対する意見	99
5-2-1	軌道回路について	99
5-2-2	代案について	102
5-2-3	仕様書原案各項目に対する意見	102
5-3	応札書の評価の考え方	102
5-3-1	評価項目	102
5-3-2	評価のチェック・ポイント	106
5-3-3	信号システムの評価	107
5-3-4	信号装置の国産化	110
6	通 信	
6-1	通信の基本的システムの考え方	115
6-2	通信ケーブル	116
6-2-1	推奨するケーブルの概要	116
6-2-2	仕様書原案に対する意見	118
6-3	通信機器	119
6-3-1	推奨する通信機器の概要	119
6-3-2	仕様書原案に対する意見	121

6-4	誘導予測	122
6-4-1	誘導障害とき電方式 その1	122
6-4-2	誘導障害とき電方式 その2	126
6-4-3	大地導電率の測定結果	128
6-5	応札書の評価の考え方	130
6-5-1	評価項目	130
6-5-2	システム評価の考え方	133
6-5-3	国産化の検討	147

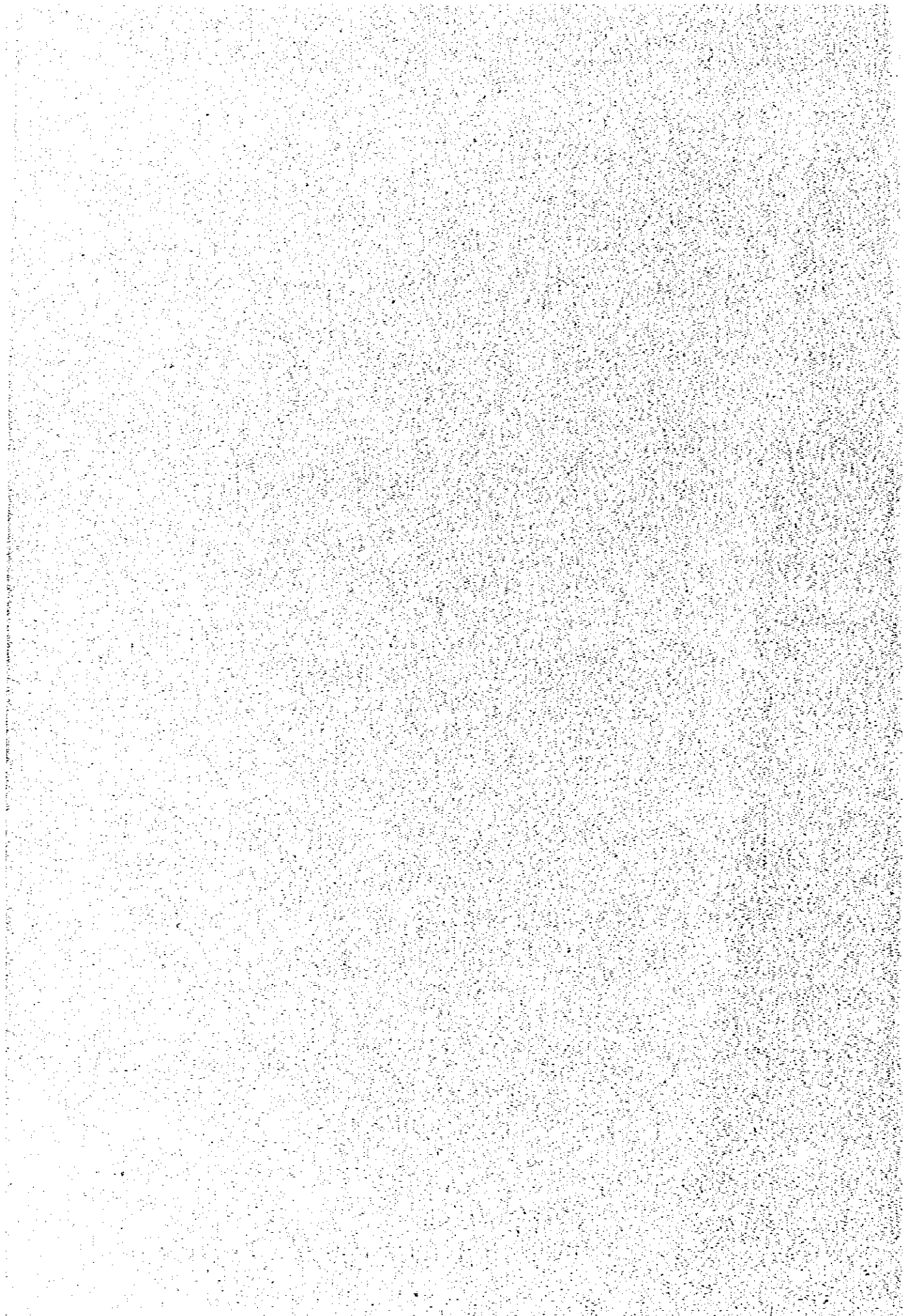
7. 車両検修

7-1	車両検修システムの検討	153
7-1-1	車両検査修繕の基本的な考え方	153
7-1-2	車両検査修繕設備の基本的な考え方	156
7-2	車両検修仕様書原案に対する意見	158
7-2-1	全体に対する意見	158
7-3	車両検修応札書の評価について	160
7-3-1	車両検修設備の評価について	160
7-3-2	交流電気機関車修繕工場新設計案の評価方法について	161
7-3-3	評価のチェック・ポイント	165
7-3-4	国産化の検討	168

付 録

1.	電化区間の検討	173
2.	技術移転	178
3.	提出書類一覧表	182
4.	協力者名簿(メキシコ側対応者)	184
5.	メキシコ政府からの感謝状	185

I 序 論



1 序 論

1. 調査の目的

メキシコ合衆国通信運輸省がメキシコ幹線電化計画の一部として実施中のMéxico～Querétaro～Irapuato 間（352 km）に関する詳細設計の技術基準、仕様書及び応札書の内容について技術的助言、指導を行い電化計画の推進に協力することを目的とする。

2. 調査の範囲

2-1 調査対象区間

México～Querétaro～Irapuato間（352 km）およびSan Luis Potosí 車両工場

2-2 調査業務の範囲

調査の目的のために実施した主な業務は次のとおりである。

(1) 事前準備

調査に必要な資料、データ等を集約整理するとともに電化システムの比較を行った。

(2) 現地調査

現地において電化計画に関係するメキシコ国鉄の現状、関連産業の技術水準および通信誘導対策の検討に必要な大地導電率の調査を行った。

(3) 助言、指導

現地調査および通信運輸省より与えられた資料に基づき、通信運輸省の担当者に必要な助言、指導を行った。

一方事前準備および現地調査で得た資料、情報等を基にして解析作業を行い、必要により検討報告を作成した。

3. 経 緯

3-1 従来の経緯

México～Querétaro～Irapuato間はMéxicoから北部工業地帯、穀倉地帯を経てアメリカ合衆国および太平洋岸に通ずる主要区間で、México～La Griega間は現在A線、B線の2本の単線がそれぞれ独立した運転形態で営業運転されている。この区間中México～Huehuetoca間は比較的平坦地でありA、B線がほぼ並行して建設されそれぞれ相互に連絡し、橋梁的役割をもって複線に近い運転を行っているがHuehuetoca以北は山越のため、線路は離れ、か

つ急勾配、曲線を改良した新線を建設中で1983年には完成が予定されている。

しかしメキシコの経済発展に伴い該当区間の貨物輸送は今後益々増大することが予想されるため、新線完成時に電気運転を行うための検討が行なわれ、日本政府もこれに協力のため1979年に調査団を派遣し、必要な助言を行った。

3-2 今回の調査経緯

(1) 1980年メキシコ政府は同計画に対して調査費を計上し、フランスの「SOPRERAIL」と入札書の作成等についてコンサルタント契約を結んだ。

(2) 1980年4月、本計画の詳細計画の助言、指導のための業務を開始した。

業務内容は別項に部門別に報告するが、業務の進行順序を大別すると次のようになる。

(a) 事前準備

(b) 現地調査(必要の都度追加)

(c) システムに関することの検討、助言

(d) 仕様書原案に対する検討、助言

(e) 応札書の評価に対する助言

(f) メキシコ側よりの諮問事項に対する検討、助言(その都度)

(3) 1981年2月、現地におけるすべての業務を終了した。

4. 調査団の編成

4-1 直営調査団

団 長	平松 和雄	国鉄外務部参事
団 員	田島 幸一	国鉄外務部補佐
	佐々木拓二	国鉄車両設計事務所主任技師
	澤野 周一	海外鉄道技術協力協会参与
	橋本 道哉	国鉄外務部参事
	古田 大	国鉄外務部補佐

4-2 支援調査団

氏 名	担 当
武 藤 博 之	団長 / 信号
国 松 賢 四 郎	電 化 計 画
吉 田 力	・
浜 寄 正 一 郎	・
府 川 有 治	交 電 計 画
鎌 原 今 朝 雄	・
田 之 上 希 翁	・
今 野 文 之	電 車 線 計 画
江 頭 和 明	・
里 吉 和 雄	・
鬼 木 昭 汎	電 力 計 画
畑 中 孝 雄	信 号 計 画
山 本 達 雄	・
長 田 喜 久	・
関 田 昌 孝	通 信 計 画
竹 井 庄 治	・
佐 野 定 治 郎	・
相 沢 昌 幸	・
澤 野 周 一	車 両 計 画
北 川 直 弘	・
沼 野 稔 夫	・
久 保 鳥 康 昌	・
橋 忠 夫	運 転 計 画

5. 直営調査団の担当部門と調査日程

氏 名	担当部門	日 程											
		8/4	5	6	7	8	9	10	11	12	8/12	1	2
平 松 和 雄	団 長 / 電 力	-----											
田 島 幸 一	信 通	-----											
佐々木 拓 二	車 両 ・ 車 検	-----											
澤 野 周 一	・	-----											
橋 本 道 哉	信 通	-----											
古 田 大	車 両 ・ 車 検	-----											

上記専門家の外に、この業務をバック・アップするため、日本国内において各部門毎に Working Group を編成し、詳細な技術的諸問題の検討を行った。この検討結果を持って各系統の専門家をメキシコに派遣した。

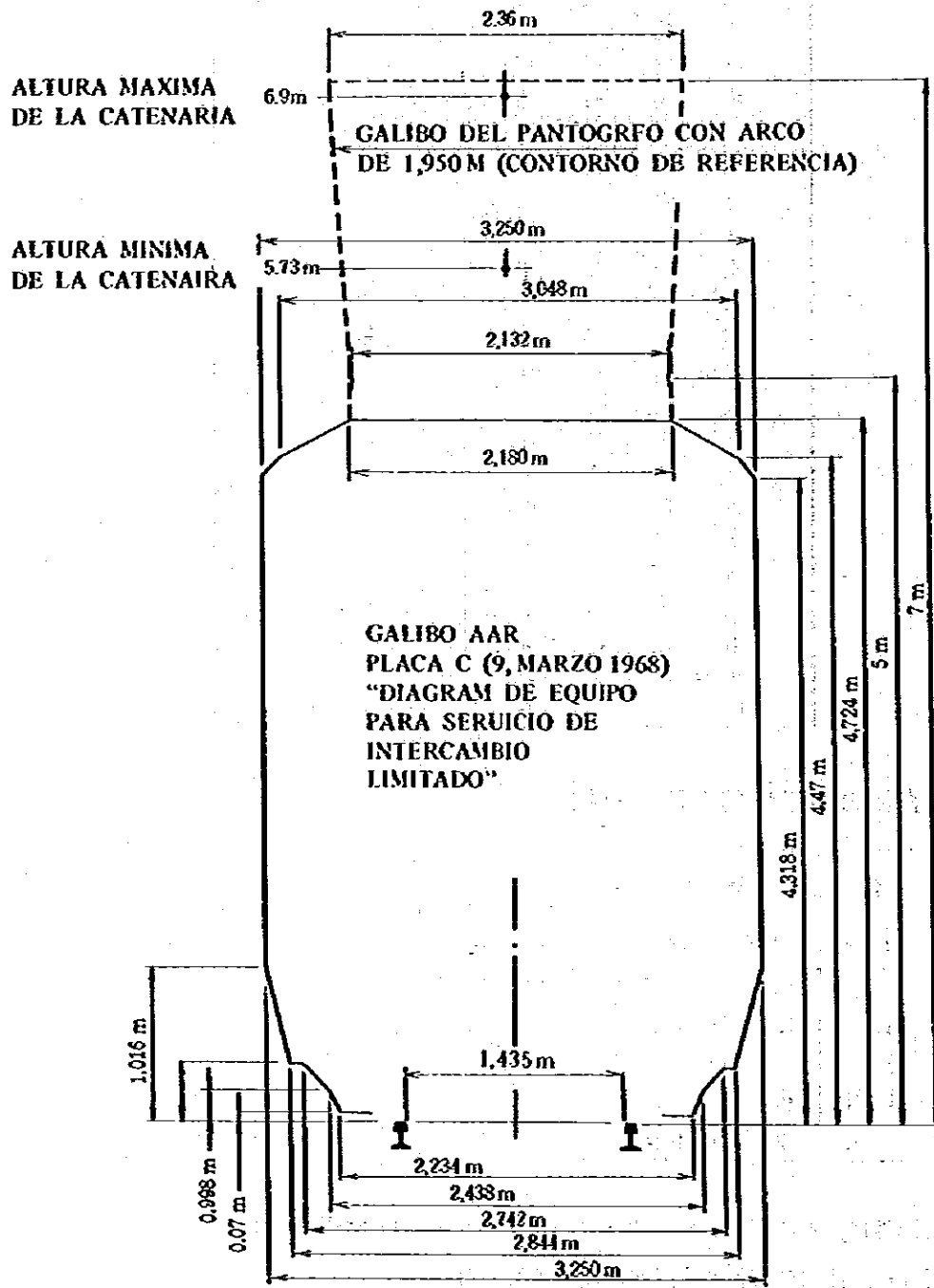
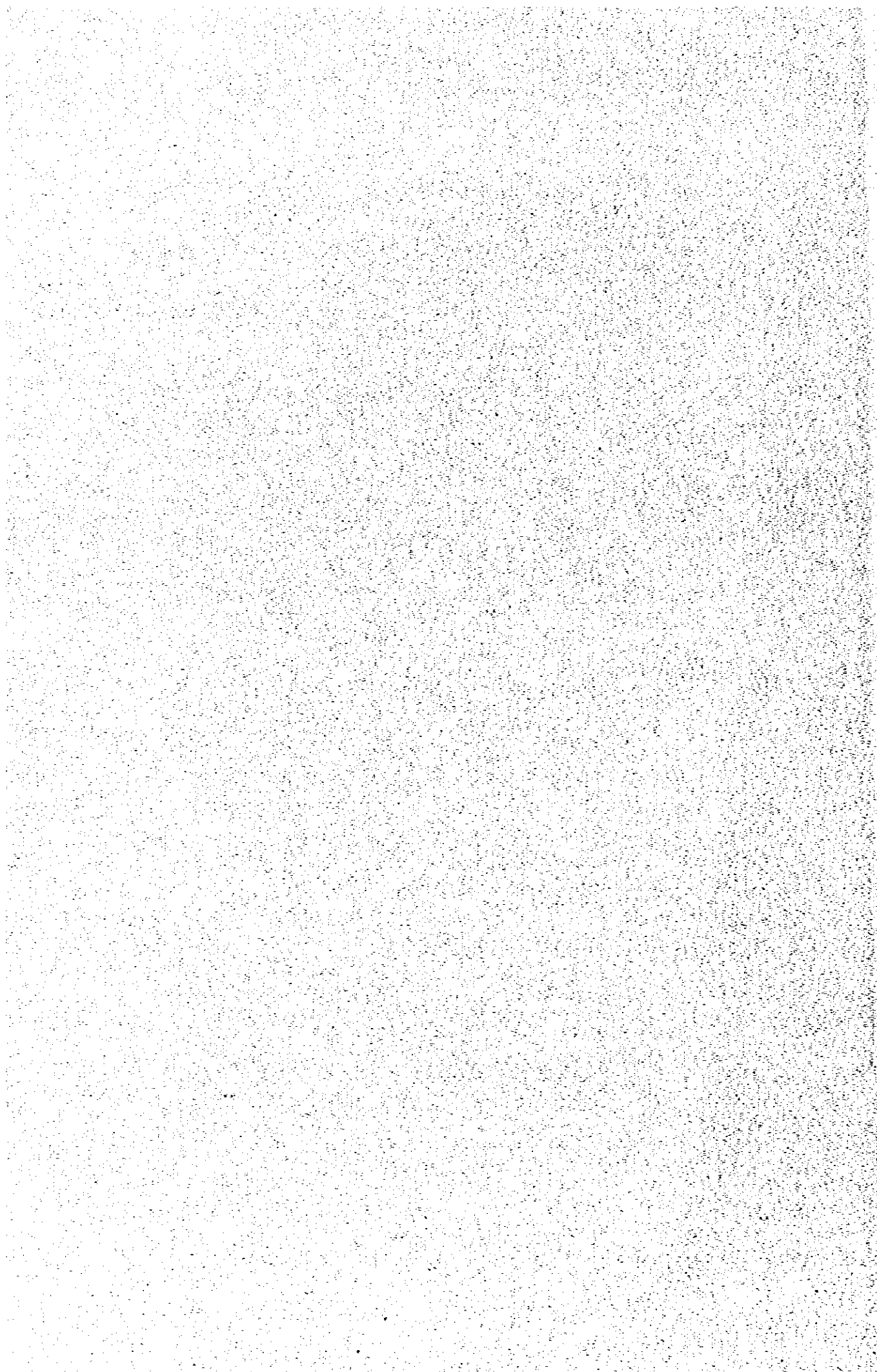


图 1-1 车辆限界

II 各 論



1. 詳細設計の助言の前提条件



Ⅱ 各 論

1. 詳細設計の助言の前提条件

1-1 輸送量想定

電化計画を策定するためメキシコ通信運輸省 (S. C. T) は当該区間の輸送量想定を検討し、その結果、将来の輸送需要を表1-1のように想定した。

輸送需要想定に対する、検討、助言は今回の業務の範囲外である。

表1-1 年度別輸送量の推移 (ton/日)

年	La Griega~Ouer'elaro				Ahorcado~Pozo Blanco				Tula~San Juandel Rio			
	積載重量		けん引重量		積載重量		けん引重量		積載重量		けん引重量	
	北行	南行	北行	南行	北行	南行	北行	南行	北行	南行	北行	南行
1977	6,305	14,036	13,035	19,426	2,390	9,560	8,266	15,097	8,695	23,596	21,302	34,723
1980	8,288	18,451	17,434	26,250	2,849	11,390	9,852	18,225	11,137	29,841	27,286	44,475
1982	9,047	20,140	18,819	28,154	3,316	13,261	16,470	21,217	12,363	33,401	30,288	49,371
1985	10,321	22,975	21,080	31,187	4,165	16,665	14,412	26,665	14,486	39,640	35,492	57,852
1987	11,489	28,571	23,305	34,338	4,794	19,179	16,588	30,687	16,283	44,750	39,893	65,024
1990	13,486	30,022	27,069	39,618	5,920	23,696	20,478	37,882	19,407	53,698	47,547	77,500
2000	23,316	51,901	50,387	71,302	14,231	56,920	49,228	91,071	40,659	112,500	134,236	169,907

1-2 運転計画

輸送量想定に基づき1983年、1990年、2000年ダイヤが通信運輸省から提示された、このダイヤは電気関係地上設備を計画する側からみると、特定の時間帯に負荷が集中し、そのために設備の建設費が過大になる傾向が見られる。

ただし、この運転計画についてはすでにメキシコ側でも相当の日時をかけて検討したとのことで、今回は時間的制約もあり、助言の範囲を越える事項でもあるのでこの是非の検討は行っていない。

しかし設備が完成し、営業運転が始まるまでには輸送需要、ヤード内作業、ヤード設備を含めた設備の実情を整理検討し列車ダイヤをもう一度見直すことが必要であろう。設備の詳細設計の検討に必要な提示条件を次に示す。

1-2-1 けん引荷重

- (1) 南行、重連運転で6,000ton (最大勾配7.5%)
- (2) 北行、重連運転で3,700ton (最大勾配15%)

1-2-2 最大運転速度

- (1) 旅客列車 160km/h
- (2) 貨物列車 100km/h

1-2-3 最小運転時隔

- (1) 南行 8分
- (2) 北行 9分

1-3 機関車

1-3-1 車両限界

図1-1に示すとおり

1-3-2 電気機関車(貨客用)

- (1) 形式 C-C
- (2) 出力 4400kw (25kv)
- (3) 最大速度 110km/h
- (4) 制御方式 重連総括, サイリスタ位相制御

1-4 線路規格

1-4-1 ゲージ 1435mm

1-4-2 設計軸重 28ton

1-4-3 線路勾配

- (1) 南行 7.5%
- (2) 北行 15%

1-5 電化方式

単相交流 60Hz 25kv

1-6 信号

(1) 複線自動信号化(多灯式)

ただし逆線運転も可能な設備とする。

(2) 全区間CTC

CTCセンター位置はBuenavista および Querétaro の2ヶ所とする。

(3) 全区間はATSを新設する。

1-7 通信

交流電化対応で既設設備と整合性のある設備の新設。

1-8 車両検修

交流電化で使用される機関車を点検および修繕する設備。

2 車 両



2 車 両

2-1 機関車システムの検討

2-1-1 列車方式

電化とディーゼル化の分野は、輸送密度の大きい場合は電化、小さい場合はディーゼル化で対処するのが経済的であるというのが一般の原則である。

メキシコ国鉄での電化計画が、輸送量の大きい México・Irapuato 間から始まることは、この点から妥当といえよう。

電化方式には交流電化と直流電化があるが、列車頻度がさほど多くないため、交流電化が有利である。

一般には、機関車列車か電車列車かを選択もあるが、貨物輸送が主体となるメキシコ国鉄の現状では、機関車列車が主体となる。

旅客列車のみ、電車列車とすることも考えられなくもないが、列車頻度が少く、運用効率が悪くなること、電化距離が短かく、非電化区間との通し運転が不能となること、軸重は機関車で決るため、建設費のコストダウンとならないことなどの理由により、電車列車のメリットが生かされず、現状では電車列車は適さないとの結論となる。

旅客列車も機関車列車とした場合、機関車を貨物用と旅客用とに分けて製作することも考えられるが、現行の旅客列車の頻度および速度を考えると、これは得策ではなく、むしろ同一の機関車で共通に運用した方が、運用および保守の面で有利であり、必要機関車両数も少くすむ。

2-1-2 機関車出力の選定

(1) 機関車の出力は

- (1) 列車の荷重条件(けん引トン数)
- (2) 最急こう配でのバランス速度条件
- (3) 最急こう配での再起動条件
- (4) 粘着条件および軸重条件
- (5) 最高速度条件
- (6) 主電動機の機械的・寸法的な制約
- (7) 地上電気設備の投資額とのバランス

などから総合的に決定される。

列車の荷重条件として現行の最大である6500 tonと仮定し、列車速度は平坦線100km/h前後、7.5%上りこう配で60km/h程度と仮定すると、機関車の出力は、こう配の条件で決り、

列車当り8000 kW程度必要となる。

こう配(7.5%)での起動条件から、軸数および軸重の検討を行なうと、JNRのサイリスタ位相制御機関車の高粘着性能と同様な性能が出せると仮定し、起動時の粘着係数を0.326としても、軸重25tonで12軸が必要となる。

12軸が必要な場合、F形重連とD形3重連が考えられる。

F形機関車の場合、1両当り定格出力4200 kW程度の機関車となり、D形機関車の場合、2800 kW程度となる。いずれも1軸当りの出力は700kW程度である。

旅客列車を考えた場合は、D形(2800 kW)で十分な性能を発揮できるが、機関車の新製価格および保守費の面でD形は不利となるため、機関車はF形で統一する方が有利となる。

2-1-3 台車方式

F形の場合も、台車を3軸台車2組とするC-C方式と、2軸台車3組で構成するB-B-B方式が考えられる。

メキシコ国鉄の線路条件、特に将来電化が予想される線区は曲線が多いため、曲線通過の容易なB-B-B方式が望ましい。

C-C方式を採用する場合には、極力軸間距離をちぢめること、および3軸台車の中間軸の左右動申を大きくするなど、曲線通過を十分考慮した構造にする必要がある。

なお、現行のDLがC-C方式で問題がない場合でも、電化にともなう速度アップにより、問題が生じる場合もあるので、この点について十分な注意が必要である。

2-1-4 主回路制御方式

主回路制御方式は、粘着性能、保守の簡易化などの面で、サイリスタ位相制御方式が望ましい。

サイリスタ制御には、力行のみ制御するサイリスタとダイオードとで組む混合ブリッジ方式と、電力回生ブレーキが可能となる全サイリスタのユニフォームブリッジ方式とがある。

今回の電化対象線区だけで考えると、電力回生ブレーキのメリットがさほど生かされないけれど、将来、Veracruz等への電化延長を考えるなら、電力回生ブレーキが非常に有効となる。よって、電力回生ブレーキ付とするかどうかは、電化の将来計画を含め、十分検討する必要がある。いずれにせよ、電気ブレーキによる抑速ブレーキは必要である。

サイリスタブリッジを何段のカスケード接続とするかは、高調波、力率などの面で重要な項目となる。少くとも2段以上にする必要があり、サイリスタ素子の容量、および主電動機の電圧・電流などを考慮し、総合的に決定する必要がある。

また、主変圧器の2次コイルを2群に分け、それぞれ独立に制御する方策も、高調波低減に効果がある。

サイリスタによる位相制御の外、ダイオードで交流を直流に変換した後、サイリスタチョップ制御で電圧制御する方式も考えられるが、この方式は、使用素子数が多くなることや、変換

効率の面で問題があり、現段階では望ましいものとは言えない。

今回の機関車は客貨両用であるが、貨物列車のこう配でのバランス速度で定格を選んでいるため、定格速度と最高速度との差が大きく、高速域での出力を確保するには、弱め界磁制御が必要となる。弱め界磁制御の方式としては、主電動機を他励電動機とし、界磁を制御する方式、復巻電動機とし、制御用界磁のみを制御する方式、直巻電動機の界磁を弱めて制御する方式などがあるが、それぞれ長所・短所があり、いずれの方式でも、大きな差はないと言える。

2-1-5 主電動機および駆動装置

主電動機は安定した性能を持つ直流電動機が望ましい。方式としては、一台車一モータとする方式と各軸に分散する方式とがあり、前者は粘着性能の面で有利とされているが、最新の制御技術と最適な定数選定を行えば、後者の分散式でも高粘着性能が可能となるため、分散式で十分である。

交流機関車の場合、電圧は変圧器を通して自由に選定できるため、分散とした場合も、主電動機は直接続は行わず、すべて並列に接続するのが原則であり、これが粘着性能の向上に大きく関与する。

台車への主電動機の装荷方法としては、最高速度が100km/h程度なら釣掛式で十分であり、この方式により起動時の再粘着特性を向上させることができる。

なお主電動機および変換装置の熱容量は、こう配での停止、再起動などを考慮し、大きな起動電流に対して十分に耐えられるよう設計する必要があり、冷却方法なども、この点を考慮して選定する必要がある。

2-1-6 保守に対する配慮

新しく製作する機関車は、走行性能だけでなく、保守の面でも十分な考慮が必要である。

自動連結器、ブレーキ関係部品、気笛など、現在使用中のディーゼル機関車と共通な部品は、特別な理由が無い限り、同一のものを使用する方が得策である。

電気機器は、日常の保守が極力不用となるようメンテナンスフリー化したものを採用すべきである。

また、点検や取替がかなりの頻度で必要となる部分については、構造面で点検・取替が行いやすいよう配慮しておく必要がある。

保守の面で誘導電動機は直流機に比較し大巾に有利である。このため、電動送風機や圧縮機用電動機など補助回転機については、すべて誘導電動機を採用することを推奨する。

2-1-7 使用条件に応じた考慮

実績ある優秀な機関車をメキシコに持ち込めばそれですむといった単純な選択にはならない。すなわち、使用条件に見合っているかどうかのチェックが必要となる。

まず、線路条件に関しては、こう配区間と曲線に対する配慮であろう。これまでに述べたように、こう配区間での再起動という条件を基本に電気機器の熱容量、絶縁種別、冷却方法を選

定することが非常に重要な点となる。また、曲線に対しては、台車の選定、構造で配慮する必要があり、フランジ塗油器の取付なども行う必要がある。

気候条件としては、マイナス数十度といった低温や雪などを考慮する必要はなく、その面では楽な設計となるものの、温度上昇には十分注意する必要がある。また防砂・防塵についての配慮が必要である。

また、海拔2000 m以上の地域を走行することになり、海拔の上昇にともなう大気圧の低下を考慮する必要があり、電動送風機の選定などに注意を要する。放電開始距離も大気圧の低下とともに短くなるため、各電気機器の絶縁間隔などにも注意が必要である。

ブレーキ用制輪子は、回転機のブラシやベアリング、など消耗品に対しては、十分な予備品体制が必要である。これら部品については将来的にはメキシコ国内での生産をも考慮して選定した方が得策となる。

単にこれら消耗品だけでなく、機器および部品の国産化、機関車組立作業の国産化、さらには機関車そのものの国産化などを長期的な目標とし、構造、製作方法および部品の選定などで考慮しておくことが望ましい。

2-1-8 電化にともなう要注意項目

電化にともない注意を要する項目として、高調波にともなう軌道回路への影響、通信線に対する誘導障害、高圧に対する乗務員や保守作業員に対する感電防止教育などがある。

高調波の低減策としては、主変圧器の2次巻線の分割数を増やす方策、バーニア制御や位相止め制御など制御面に対処する方策、直流変換後の脈流率を上げるなどの方策があり、いずれも有効であることは間違いないものの、いずれの方策も機関車の新製価格のアップにつながることになる。このため、高調波をどの程度まで許容するかは、地上の変電設備、軌道回路方式の選定、通信線の改良などを含め、総合的に判断する必要がある。

交流電化の場合、架線電圧は25 kV という高圧であるため、これに対する対策および教育が必要である。機関車内の高圧機器に対しては十分な感電防止対策を行うとともに、点検時の誤操作等のないよう、保護回路などのインターロックを考慮しておくことが望ましい。また、保守作業員や乗務員や乗務員に対する感電防止教育も十分行なっておく必要がある。

2-2 仕様書原案に対する意見

2-2-1 全体に対する意見

この仕様は、あまりにも細部にわたり、細かく規制しすぎている。フランス、イギリス、アメリカ、スウェーデンそして日本といった国々はそれぞれ、異なっているが、特徴ある方式（システム）や装置を持っている。

今回の仕様書の目的は、これら特徴ある装置、部品の中から最もメキシコ国鉄の条件に合ったものを選択することにある。

2-2-2 各項目に対する意見

(1) 項目の分類

提示された仕様書については詳細に検討した結果、つぎの13項目に分類した42件のコメントをメキシコ側に提出した。

- 1) 将来メキシコで機関車の国産化を考えた場合、不適当と思われる項目…… 3件
- 2) 設計条件として不十分な項目…… 3件
- 3) 設計条件が不適当と思われる項目…… 3件
- 4) 内容的に重大な問題を含んでいる項目…… 3件
- 5) 内容を簡単にすべき項目…… 1件
- 6) 高性能部品を採用すべき項目…… 2件
- 7) 部品形式の指定の必要のない項目…… 1件
- 8) 使用材料の指定を削除すべき項目…… 4件
- 9) 制限をゆるめるべき項目…… 12件
- 10) 規格を拡大すべき項目…… 1件
- 11) 国際規格に合わすべき項目…… 1件
- 12) 保守面で考慮すべき項目…… 7件
- 13) 試験条件の項目…… 1件

以上42件を装置別に分類すると下記のとおりである。

性能、制御関係	13件
電気機器関係	16件
車体、走り装置関係	8件

内容的には多種多様で専門的なので2～3例のみにとどめ、この報告書では省略する。

(2) 原案2-2-4-1項のこう配起動条件の規定について

けん引定数、こう配の大きさのみで機関車定格を規定するのは大きな危険を伴うものである。機関車はかなり広い条件で使用されるものであり、性能面でそれをカバーしておかなければ、実使用面で問題を起すことになる。

機関車の定格は、連続定格と短時間定格で規定するのが、一般的な考え方であろう。この仕様書に規定されている定格は、連続定格に相当するものであり、それ以外に短時間定格としてこう配途中における一旦停車後再起動可能と言う条件を規定しておく必要がある。

さらに、仕様書には規定しなくてもよいが、運転シミュレーション(車両性能、線路条件、運転条件をインプットし、計算で運転時分、RMS電流、主要機器温度上昇を予測する)を機関車設計の過程で行なっておくことを推奨する。これは開業時の重要な参考資料となる筈である。

(3) 原案4-3-1-1項と4-1-2項の補助回路方式について

交流車両の補助回路電源は、一部に例外はあるが、主変圧器の3次巻線を電源とするものが一般的な方法である。しかし回路方式としては車種用途により、種々考えられるが、代表的なものとして次の3方式が考えられる。

- 1) 単相交流を直接補助電源とする方式
- 2) 単相(二相)交流を相変換機または電動発電機・静止インバータで3相交流に変換し補助電源とする方式
- 3) 単相交流を整流して直流に変換し補助電源とする方式

1) の場合は補助電動機が単相コンデンサモータとなり、重量が大きく、また容量によっては起動回路が必要となるため、補助電動機の台数の多い電気機関車では不利と考えられる。

2) の場合は相変換機等の装置が必要であるが、補助電動機は3相誘導電動機となり、機器軽量化、直入起動等有利な面が多い。

3) の場合は補助回転機が直流となるため、重量、メンテナンス、価格等の面で不利となり、交直流車のような場合以外は採用しない。

JNRでは、交流機関車の補助回路方式は相変換機を搭載し、補助回転機をすべて3相誘導電動機で標準化している。

補助電動機に直流機を採用することは、重量、価格が増大するとともに整流子、炭素ブラシの保守等不利な面が多く、3相誘導電動機が最も得策と考えられる。

(4) 原案4-3-1-2-2項の冷却用補機の主回路電流比例制御について

冷却用補助回転機を常時使用することは、補機の損耗、エネルギーロス、騒音あるいはフィルタの目詰り等の面から好ましくない。そこで何らかの方法で必要最低限の使用にとどめる制御は必要であるが、これによって機器の熱的余力を失うようなことがあってはならない。すなわち通電が終っても、その機器の熱時定数に応じた冷却を継続する必要がある。

主変圧器(送油風冷式の場合)は熱時定数の比較的大きい機器であり、効率の良い油冷却器を使用すれば、それ程多くの冷却風量を必要とせず、常時冷却でもよい。

主整流器は風冷式、送油風冷式、フロン循環式等の冷却方式があり、それぞれ熱時定数に相異はあるが、いずれも素子接合部の温度で定格(絶対最大定格)が決まる。

したがって実負荷想定電流パターンによる温度上昇を推定して冷却制御を決める必要がある。

主電動機は、その熱時定数から考え、通電が終ってからある程度の継続冷却が必要と考えられる。これは再起動を行なう場合、初期温度を下げ熱的余力を確保するためである。

2-3 応札書の評価の考え方

2-3-1 機関車性能の算定方法

機関車の最適性能(定格出力、定格速度、定格引張力など)を決定するには非常に多くの要素がある。

すなわち

(1) 線路の条件

- こう配
- 制限速度(曲線、ポイントなどの速度制限など)
- 停車駅間距離
- その他

(2) けん引される車両の条件

- 列車の重量、長さ
- 走行抵抗
- 車両の制限速度

(3) その他

これらの条件に対し、どのような性能の機関車が最適となるかについては、運転時分や消費電力量がどのようになるかであって、機関車の出力が大きければよいと言うものではない。我々が機関車の性能を決めるには、できるだけ無駄のない合理的な性能となるようにしている。

機関車の性能は、定格出力だけで決まるものではない。定格速度及び定格引張力などの選定が、機関車性能を決める上での重要な要素となり、この定格速度をどの程度にするかによって、必要な機関車出力も変ってくる。すなわち、大出力の機関車の割には、メリットの少ない場合も出て来る。言い方をかえれば、できるだけ小さい出力の機関車で好結果が得られれば一番よいわけで、このことは機関車のコストさらに仕地上設備のコストにも関係してくる場合があり、重要な問題である。

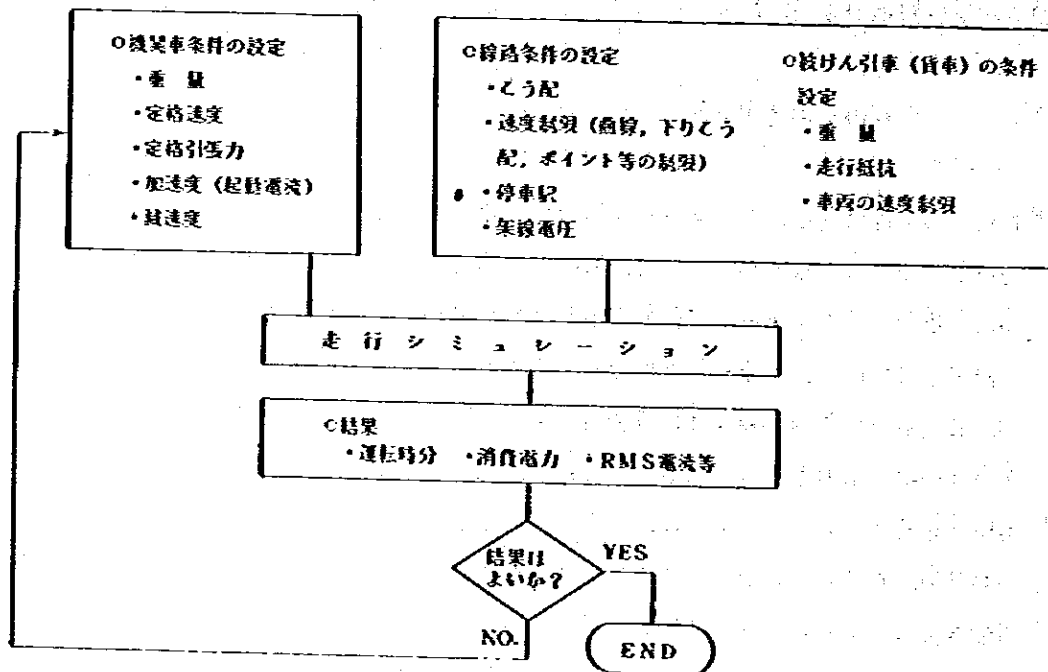
我々が、一般的に行っている方法としては図Ⅱ-2-1のフローのような方法を用いている。

図Ⅱ-2-1でまず、線路条件とけん引の条件を設定する。そこで、これらの条件に適すると思われる機関車の性能を仮定しシミュレーションをする。この場合、手計算では非常に多くの労力を必要とするため、一般には電子計算機により計算し運転時分消費電力量及びRMS電流(機器の温度上昇)などを求める。この結果は必ずしも十分なものではないので、再度、機関車の性能を変えてシミュレーションをする。これらの操作をくり返し行なうことにより最適な性能を決める。図Ⅱ-2-2にこれらの操作過程において、定格速度を変更した場合の結果がどのようになるかの一般的なグラフを示す。図Ⅱ-2-2から分るように定格速度を上げれば、当然機関車出力を大きくしなければならぬが、その割には運転時分の短縮は望めない。したがって、その適当なところを最適とする。

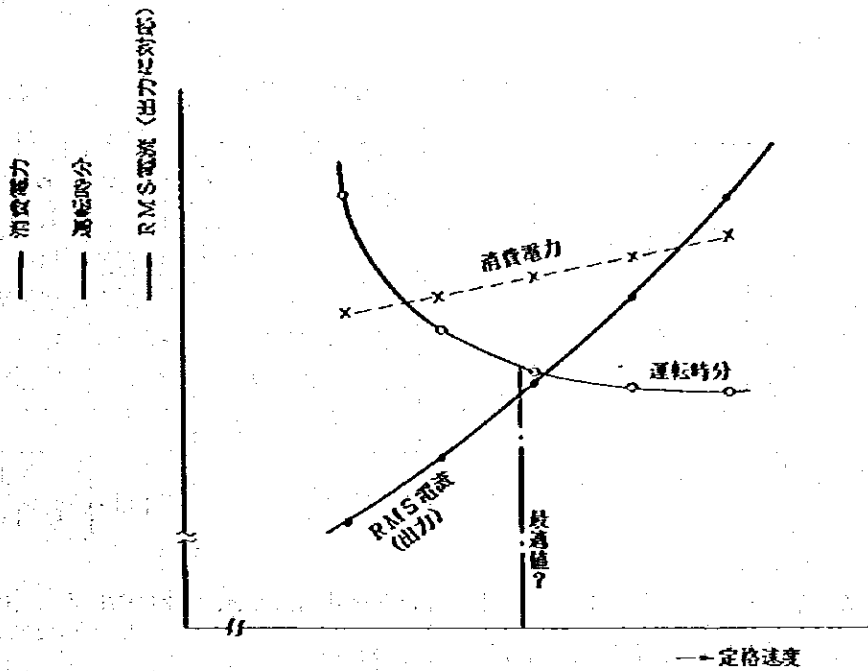
この最適値の一般解はなく、車両のコスト割合、人件費（運転時分が伸びれば運転要員の稼働が増える）、他の旅客列車などとの競合及び列車の運転間隔時分などによっても、多少変わってくる。そこで多少経験的な要素も入るし、またこれらは地域の事情によっても変わる。

以上、ここでは通常の運転状態でどのようなものが最適かを決めたわけであるが、さらに急こう配区間が連続するような場合は、その区間での短時間の機器の温度上昇を検討する必要がある。また、上りこう配での停止後の再起動が可能かどうかなどのチェックをする必要もある。

さらには、将来の電化区間の延伸や一時的な非常運転（モータのカットなど）の条件を加味し、余裕をもたせる場合もある。



図II-2-1 機関車性能決定のためのフローチャート



図Ⅱ-2-2 シミュレーション結果のプロット

2-3-2 評価の項目

(1) 全体構成について

機関車の評価を行う場合大きく分けて技術的な面と経済的な面の両面から行う。一般には技術的な面を優先する考え方が多いが、今回はSCTにより厳選された応募者が対象であるため技術的な面と経済的な面に同等なウェイトをかけてもよいと思われる。

(2) 技術的評価

機関車を技術的な面から評価するという事は換言すれば品質評価といっても過言でない。既に事故の起りにくい機関車、メンテナンススリーで保守の容易な機関車を選定する事である。このため、仕様書に規定している性能を満足している他、機関車の信頼性、保守性を各部品毎にチェックする必要がある。すなわち取替ひん度の高い部品、事故発生時に影響の多い部品、保守に手のかかる部品については、その判断ウェイトを高くとった。

これら部品の区分けとして下記を採用した。

- 1) 車体
- 2) 主回路 (パンタグラフ, しや新器, トランス, 整流器, 主電動機)
- 3) 制御及び補助回路
- 4) 台車
- 5) 空気装置及びブレーキ

特に制御回路は表Ⅱ-2-1からみても分かるように保守面、信頼度の面で技術的には重要なものである。

上記の五つの部品のウェイトづけを先に述べた観点からウェイトづけを行った結果は下記の通り。

表Ⅱ-2-1 機関車の評価配点表

	保守性	信頼度		各部の特性	ウェイト
		平均発生率	事故の影響		
車体				△	10
主回路	○	△	△	△	20
制御、補助回路	○	○	△	△	20
台車	△		○	△	16
空気装置、ブレーキ			○		14
一般特性					20
計					100

電気にもっとウェイトをかけるべきだという意見もあるが、マクロ的にみて電気関係と機械関係の配点が半々となり常識的な配分と思われる。

次に各部品の評価項目を表Ⅱ-2-1の諸特性を考慮しながら別紙表Ⅱ-2-2機関車の各部品を評価するための項目表を作成した。

この評点は一例として、非常によい 4，よい 3，十分 2，合格 1，不合格 0，ないしマイナス点，がある。

特に一般特性について仕様書に規定している特性を満足している事は当然であるので違反した内容は大巾なマイナス点の評点を与えても差支えないと思われる。

表Ⅱ-2-2 機関車の評価項目表

構成	保守性	信頼性		一般特性	記事
		事故発生率	事故影響度		
1. 構体 (車体)	連結器		衝突防止対策	車両限界 パンタグラフ作用高さ 曲線通過時の首振り 運転台 運転座席 25kV回路機器配置 機器配置と配線 重量バランス 騒音レベル	
	ダンパー		静的圧縮		
2. 台車	機器の解体組立のための余裕	同 左	車体持ち上げ時の強度	溶接台車及び鋸割台車 全重量 バネ下重量 心距高さ	
	単純化(組立及び分解)		同 左		
	台車		・		
	車輪		・		
	車軸	・			

構成	保守性	信頼性		一般特性	記事
		事故発生率	事故影響度		
4. 主回路	軸箱支え	同	左	軸間距離	
	軸箱	・	・		
	ギヤ	・	・		
	駆動方式				
4-1 制御回路	主し断器(25kV)	単純化	主し断器	主電動機の接続 主電動機方式	
	主整流器冷却方式	保護協調	アレスター		
	主変圧器冷却方式	主整流器素子構成			
	高圧機器のグスト対策	素子耐圧と入力電圧 主電動機の安定性			
4-2 補助回路	エレクトロニクス化 例: 機械式・電子式			空転再粘着特性 信号の接続表示 ATS方式 列車無線方式 警戒信号方式	
	補助回転機 (直流方式及び交流 方式)	単純化 保護協調			
5. ブレーキ	バッテリー バッテリー充電装置 方式	同	左		
	空気圧縮機	・	・		
	空気タンク	・	・		
	空気ホース	・	・		
	制輪子	・	・		
	ブレーキシリング	・	・		
	手ブレーキ	・	・		
	ゲージ	・	・		
制動空気装置	・	・			
6. 特性				連続定格出力 連続定格トルク 連続定格速度 起動トルク 最高運転速度 電気ブレーキ容量曲線 電気ブレーキ力曲線 運転整備重量 最小曲線半径 力率 効率 架線電圧変動範囲 誘導障害 軸重移動	

(3) 経済的な評価

1) 価格と融資

価格と融資は具体的な数字で評価出来るので、評価しやすいと同時に最も高く評価すべき項目である。

その他項目として

保守関連項目として 2) 予備品の供給 3) 互換性

品質関連項目として 4) 経歴 5) 保証

当面の運用の万全を期すものとして 6) 技術支援 7) 引渡し期間

その他メキシコ経済発展関連として 8) 雇用 9) 国産化 10) 技術移転

11) 国際収支

があるが、2)～11)はあくまでも補助的な指標ないしマクロ的な経済関連指標であり、1)の価格と融資に経済評価の大きな部分を与えてもよいと思われる。

2) 予備品の供給

これは供給の容易さ(修繕部品の在庫と関連)と供給メーカーが特殊かどうか(特定メーカーでは高価となったり、場合によっては修繕工程に支障をきたす場合がある)の二点から評価すべき項目であろう。

これは経済的には機関車価格の約4～5%をしめる予備品の価格と関連している項目である。既に「予備品の供給」の項目によって予備品の在庫量がいくら減るかによって評価されるべき項目である。(注1参照)

3) 互換性

我々の評価がSCTの評価と異なるので、詳細に説明したい。既存のDLと新製のELがその部品の互換性をもつ事は有意義な事であり、特に今回DepoはDLとELが同じ場所で行われる所から日常の点検で交換される部品の互換性をもつ事はDepoにおける在庫量をへらす意味からも意義がある。

従ってしばしば交換されるブレーキシュのようなブレーキ装置部品やメキシコの風土に合って長年使用されて来た空気フィルターの如きものはDLと同じ物を使わせるようELの納入業者にメキシコ国鉄は要請すべきである。

たゞこの項目も2)と同じく経済的には2項と同じ意味をもつ。(注1参照)

しかしこの項目によって新製工場の投資の減が見込まれる事も考える必要があるかもしれないが、既設DLの修繕工場はその能力が不足している事(注2参照)及び次にのべる理由によりこの観点が高く評価するのは危険である。更に互換性を評価するのに次の二つの点を考慮する必要がある。

a) 現在DLに使っている部品は相当前に開発されたもので中には保守に手のかかるものがある。(注2参照)

互換性を重視して、新しい性能のよいものの採用を見合わせる事のないよう注意する必要がある。

b) DLと同じ部品の採用を重視してこのためELの特性の発揮を阻害する場合がある。

例1. 既存DLのモーターをELに採用すれば、ELだけに発生する脈流のために、電圧の大きな変動のために電機子にアークが発生する。

例2. 既存DLの車軸、車輪を採用すればその大きさがEL用のモーターの設計に制約を加え、その制約されたスペースのために効率は余裕のないモーターとなる。

主電動機は電気機関車の心臓とも言える重要なものであり、主電動機に何よりも優先権を与える事が重要である。

注1) 「予備品の供給」「互換性」についての大略の経済評価

・機関車の予備品は機関車価格の5%であり、その金額は20百万円である。

・予備品の円滑な供給と互換性が実現されたとして予備品の10%が節約出来たとすると、年間2百万円の節約となる。これは機関車価格差の5%(40百万円)の年間利子4百万円(年利10%として)の半分にすぎない。

・「互換性」による工場投資の節約は既存DL工場の能力の不足のため考えられない。

注2) 11月初旬San Luis Potosiの工場を見学した時300両のDLが工場に滞泊していた。

DLとELの修繕回期が異なるためDLの方が常時滞泊がELより多いのは理解出来るが、ELの2倍程度を許容したとしてもSan Luis Potosi・Monterrey両工場合せて120両程度でなければならない。

これはDLの車両検修システム、検修設備の改善及び拡張が急務であると同時に現行DLの部品についても根本的に改善すべき点がある事を示している。例えば主電動機の巻線のまきかえ作業が大規模に行われていたが、JNRでは巻線はエポキシ樹脂で固めてあり、20年以上は巻きかえ不要である。

従ってあまり現用DLの使用部品の採用にこだわらず新しいELのよい所を積極的にDLに採用する考え方が望ましい。

なお、現在の工場の滞泊DL両数を150両減じ得たとすればこれだけでいくつかの新製工場が出来上る事となる。

4) 経歴

品質関連項目として経歴がある。応札書の内容を見て品質の判断はある程度可能であるが応札者の経歴も参考になる。今回の応札者はSCTが厳選した応札者であるのでこの評点のウェイトは品質評価の参考として技術評価の品質評価の1/5程度でよいと思われる。SCTの意見は私の意見とはほぼ同じである。

5) 保 証

入札書類で規定した保証は当然業者が保証することになる。数十年使用可能な機関車についての入札書の保証条項は参考として第4項と同じ程度の評価でよいと思われる。

なお、入札書類の規定に違反した事項があれば大巾なマイナス点を附加すべきであろう。

6) 技術支援

今回の電化のように新しいシステムのメキシコへの初めての導入はこの技術支援がなくては十分な機能を発揮しない。この技術支援の内容は応札書の内容だけでは判断しにくいと思われるので応札者の国内での経験や応札業者が外国で行っている例及びメキシコでの電化に類似のプロジェクトで行っている例も調査して評価の参考にすればよいと思われる。少くとも2)-5) より高い評価を与えられるべき項目と思われる。

7) 引渡し期間

Barberena 次官のインビテーションシートにも明記されている期間を満足しない場合は大きなマイナス点の評価をあたえるべきであると思われる。

8) 雇用 9) 国産化 10) 技術移転

メキシコでの雇用機会の増大という観点から国産化については出来るだけ早く且つ国産化率をあげる事が望ましい。しかしながらSCTが指定されたメキシコの論議には当方全く同じ意見である。

当方としては貴方の中長期電化計画が一日も早く策定されるよう望むものである。

技術移転については既に当方の見解を提出してある。この項目も提案書だけでは判断が難しいので6) 項でのべたような考慮が必要であろう。しかしこの項目はある分別では非常に重要であり、その一例を注2に示してある。

‘雇用’は8), 9) 項から発生する問題として8), 9) と同時に評価されるべきであろう。

11) 国際収支

重要な事は品質のよい機関車を安く買う事であり、その意味からあまり高い評価は好ましくないものと思われる。応札者間に甲乙つけ難い時に始めて考慮に入れたらいかがでしょう。

以上を勘案して試算を表II-2-3に示す。

表Ⅱ-2-3 経済性を加味した評価の配点案

項 目	配 点 案	
	提 案	S. C. T
価 格	290	269
融 資	140	104
予 備 品 の 供 給	70	90
互 換 性	70	194
経 歴	60	57
保 証	60	63
技 術 支 援	90	65
引 渡 し 期 間	80	79
国 産 化		89
技 術 移 転	140	60
雇 用 支		
国 際 収 支		

2-3-3 評価のチェックポイント

(1) 軸重移動による粘着力の低下

機関車が勾配において重い荷重を起動する時、連結器の高さがレール面から876mm離れているためモーメント力が発生し一般的前側の車輪が浮上る現象(軸重移動)が発生する。軸重移動が大きいと見かけ上粘着係数が下がったことになり、空転が発生し易くなり機関車の出力が大きくてもその能力が生かされないことになる。単純にいえば機関車の出力が4400kWあっても軸重移動が20%あれば、その機関車は出力が4400kW×0.8=3520kWしかないとも言える。

通常複雑な機構をつけない台車における軸重移動は次の式によって計算出来る。

軸重移動計算式

$$\Delta W_1 = \frac{W \times \mu \times 3 \times h}{2 \ell} - \frac{W \times \mu \times 6 \times (H-h)}{L_2} \left(\frac{1}{3} + \frac{6W}{2\ell} \right)$$

$$\Delta W_2 = \frac{W \times \mu \times 6 \times (H-h)}{3L_2}$$

$$\Delta W_3 = \frac{W \times \mu \times 3 \times h}{2 \ell} - \frac{W \times \mu \times 6 \times (H-h)}{L_2} \left(\frac{1}{3} - \frac{6W}{2\ell} \right)$$

$$\Delta W_4 = -\Delta W_1$$

$$\Delta W_5 = -\Delta W_2$$

$$\Delta W_6 = -\Delta W_3$$

輪受移動の割合は次式で示される。

$$\frac{\Delta W_1}{W} , \frac{\Delta W_2}{W} , \frac{\Delta W_3}{W} , \frac{\Delta W_4}{W} , \frac{\Delta W_5}{W} , \frac{\Delta W_6}{W}$$

計算条件

W 輪重

μ 粘着係数

H 連結器高さ (876 mm)

h 車体と台車間の引張力発生点高さ (mm)

L₁ 台車間の中心距離 (mm)

L₂ 2次サスペンションバネ間距離 (mm)

2f 軸距 (mm)

ΔW_1 輪重移動量 (ton)

ΔW_2 - " -

ΔW_3 - " -

ΔW_4 - " -

ΔW_5 - " -

ΔW_6 - " -

(2) 台車

1) 台車の構造

応札書には次の2つの方式の台車を提案するようにとの指示がある。

a. 溶接台車

b. 鋳鋼台車

今回の仕様の機関車は出力、重量が大きいので台車も寸法が大きく、又強い強度が要求される。従って台車の製作には極めて高度な技術が必要である。2つの方式を品質管理の点から比較すると鋳鋼方式の方がはるかに難しい。つまりスケールの大きなものについては溶接の技術の方が一般的に鋳鋼の技術よりもはるかに進んでいるからである。

台車については近い将来国産化が計画されている。従って国産の初期の段階においては先づ溶接方式の台車を製作して技術を習得した上で、その後で経済性を考慮して鋳鋼方式に変更するかどうか判断するのがよいと考える。

今回の提案についてもこの点をよく考えてどちらの構造にするか評価すべきである。

2) 台車の重量

台車の1次のサスペンションバネの下の重量と台車の全体重量が大きいことは軌道を

傷める最大の原因となる。

各国の応札書について上記の重量の比較を行い上記の重量が重いものについてそれぞれ相当の評価点をつけるべきである。

(3) 主回路システムおよび主回路機器

評価するポイントを要約すると次の通りである。

- 1) 主回路システムが単純であること。
- 2) 故障が起きた時確実に回路が保護されるかどうか。
- 3) 故障が起きた時その部分のみを切離して運転し性能は若干低下しても無事車庫まで戻ってこれること。
- 4) 空転が発生しにくいシステムで、又空転が発生してもすぐに再粘着する特性を有していること。
- 5) 機械的な接点、スイッチ類が少くメンテナンスの手がかからない。
- 6) 主要機器の信頼性が高いこと。
- 7) 電気部品はダストと水に弱い、特にダスト対策が完全かどうか。

上記夫々の項目はお互に関連しており、項目によっては相反する性格を有しているものもあるが、これらについては全体的な見方をして評価する必要がある。

夫々の項目についてコメントを述べる。

1) 主回路方式の単純化

この点については詳しく説明をする必要がない位明確である。

2) 回路故障の保護

この点についても詳しく説明を要する必要がない位明確である。

3) 故障箇所の切離し

どんなに信頼性が高くても絶対に故障が起らないとは言えない。ある機器が故障した場合、その部分を切離して運転を継続し、ともかく車庫までたどり着けるような考慮が払われているかどうかの評価のポイントである。

しかし切離しをこまかく行うために回路が複雑になってしまうのはマイナスである。

通常主電動機の回路が個別に切離しが出来るようになっていれば十分である。

4) 空転を起しにくいシステムで、又空転が起ってもすぐに再粘着する特性

機関車の運転では空転を避けることは出来ない。しかしシステムを工夫することによって空転を出来るだけ発生させないようにすること、又空転が発生してもすぐに再粘着するようなシステムにすることが重要である。次の点からシステムの良否を評価出来る。

a. 主電動機の結線

全部の電動機を並列に接続するのが普通で、直列又は直並列に接続する方式はダメ

リットが多い。

b. 主電動機の形式

主電動機の形式には、直巻方式、複巻方式と分巻方式がある。空転が発生した時再粘着し易いかどうかをこの3つの方式について比較すると直巻方式が他の2つの方式にくらべて劣っている。その理由は直巻方式では空転が発生した時の電動機自身のトルクの減り方が他の方式と比較して少ないからである。従って直巻方式では一旦空転が発生すると、他の方式と比較して空転速度が大きくなってしまふ欠点がある。

5) 機械的な接点、スイッチ類が少なく、メンテナンスの手がかからないこと

この点については詳しく説明する必要がない位明確である。接点の接触不良に基く故障は予想以上に多い。主回路の接続図を見て機械的接点、スイッチが多いかどうか見れば判断出来る。

6) 主要機器の信頼性が高いこと

すべての機器の信頼性が高いことが必要であるが、交流の電気機関車の主要機器の中で最も注意しなければならない機器をあげると次のようになる。

(a) 主電動機

主電動機は機関車の心臓部であり、その設計が悪いと“フラッシュオーバー”が発生し易く、オーバーヒートやごみの付着による絶縁不良等が発生し、機関車の信頼性・稼働率を著しく低下させる。

主電動機的设计、製造技術は各応札者共一流レベルであると思われるが、主電動機の大さきに対する出力、トルクの大さきがかなり大さきものは設計に無理がある証拠で信頼性をおとすもとなる。通常次の点をチェックして見ると無理をしているかどうか解る。

a) 最も簡単なチェック方法

$$\frac{\text{トルク}}{(\text{電動機の直径})^2 \times \text{長さ}}$$

b) 少し正確なチェック方法

$$\frac{\text{トルク}}{(\text{電動機の電機子直径})^2 \times \text{電機子の長さ}}$$

c) 極めて正確にチェックする方法

c-1) 整流の安定性をチェックする方法

$$\frac{(\text{1本の電機子巻線に流れる電流} \times \text{全電機子導体数})}{(\pi \times \text{電機子直径})}$$

c-2) 温度上昇の過度をチェックする方法

$$\frac{(\text{1本の電機子巻線に流れる電流} \times \text{全電機子導体数})}{(\pi \times \text{電機子直径})} \times \text{電流密度}$$

d) ゴミ・水による信頼性の低下をチェックする方法

電機子コイル部に冷却を良くするための穴が設けられているかどうかをチェックする。

日本ではこの穴をつけることを禁止している。

尚、電気機関車に使う電動機とディーゼル電気機関車に使う電動機とを比較すると、電気機関車に使う電動機の方がはるかに厳しい条件にさらされている。この理由はディーゼル電気機関車の機関車入力電圧は安定しており急激な変動はないが電気機関車の入力電圧は架線電圧の変動を直接受けるので急激な電圧変動に耐えなければならない。

従って従来のディーゼル電気機関車の実績を調べ、これ以上電圧、出力の条件がはるかに厳しくなることを考えて評価すべきである。

(b) 整流装置

特にサイリスタやダイオードの信頼性を下記の項目によって調べる必要がある。

a) サイリスタの接続

整流器のブリッジのひとつのアームの中のサイリスタが直列に接続されていると電圧のアンバランスが生じ、故障の原因になるので、直列接続は好しくない。

b) サイリスタの耐圧と変圧器2次電圧

サイリスタやダイオードが過電圧でブレイクダウンし易いかどうかを判定する目安として次のことをチェックする。

サイリスタ、ダイオードの耐圧

トランス2次電圧

(c) 25kVの主回路用しゃ断器

主回路用しゃ断器として構造の異なる次の2つのものがある。

a) 空気しゃ断器

回路をしゃ断する時に圧縮空気を電機間に吹き付けてしゃ断する機構である。可動部分が多くアークで接点が荒れ易いので現在ではあまり使われなくなっている。

b) 真空しゃ断器

真空の容器(バルブ)の中で電極を開いて回路をしゃ断する方式でアークが出ないので接点の荒れが少く極めて信頼性が高い、又メンテナンスも少なくて済む。

上記のような差があるので主回路用しゃ断器としてはb)の真空しゃ断器を選択すべきである。

7) 電気機器の防じんの防湿

電気部品はダストと湿気に弱い。これによって信頼性が著しく低下する。

電気部品が直接ダストを含んだ空気に濡されたり、ダストがたまりやすい場所に電気部品を取付けない等の配慮が必要になる。

下記の項目を注意して評価すべきである。

- (a) 電子装置の最も重要な部分である整流装置についてその冷却方式を調べる。サイリスタやダイオードに直接冷却風が当たらないような方式（例えば冷却風を発熱体のみ当たる方式とかサイリスタ、ダイオードを油の中に入れて、油で冷却する方式）が信頼性を高めるのに役に立つ。

日本では油冷却方式やフロン冷却（蒸発冷却）方式を多用している。

- (b) 電気部品のついている部屋や箱に予圧をかけてほこりが中に入らないようにする方法も効果がある。ほこりの多い国の機関車にはこの方式が多用されている。

(4) 制御回路

電気機関車に発生する故障の中で制御装置の故障の占める割合が最も高いことが経験的に得られている。従って制御回路の信頼性について十分に評価する必要がある。又制御部品のメンテナンスを極力減らすような方式についての評価も必要である。

下記の点について評価すべきである。

- (a) 制御回路の単純化
- (b) 制御装置のエレクトロニクス化

例えば日常のメンテナンスの対象になっているタコグラフのエレクトロニクス化等。

日本ではすでに新幹線に多数使われており諸外国でも徐々に使われ始めている。

(5) 補助回路

補助回路についても制御回路と同じように評価の対象となるのは信頼性とメンテナンスである。

次の項目を中心に評価すべきである。

(i) 補助回転機

補助回転機には次の2つのタイプがある。

- (a) 直流電動機
- (b) カゴ型誘導電動機（単相又は3相）

(b)にはブラシも整流子もない上構造が堅ろうなので(a)に比べ信頼性、メンテナンスの面ではるかに優れている。

日本の交流機関車にはすべてこの方式が採用されている。

(ii) バッテリーとバッテリー充電装置

バッテリーの充電々流に交流分が重複するとバッテリーの寿命を著しく低下させる。

仕様書には主変圧器の3次巻線からサイリスタ、整流器を通してバッテリーを充電する装置を記載しているがこの方式では充電々流中に交流分が含まれるので上記理由でバ

バッテリーの寿命を低下させる。

単相又は3相の定電圧交流電源から整流器を通して充電するのが好ましい。

2-3-4 国産化の検討

国産化で最も留意しなければならないのは、1個の部品不良でも車両として機能を果たさなくなるので、(1) 図面通り正確に製作が可能な技術力、設備を確保する。

(2) 品質を確保するため製造過程で必要な検査と完成時の確実な検査を実施する。の2点は重要なことである。

車両全体の国産化の指針としては、車体、台枠および各部品の製作は専門メーカーに依託し、積装組立、総合試験は直営鉄道工場で実施する方法が最良と考える。何故ならば、これらの作業の大部分は一般修繕作業と技術的にも、設備的にも共通しており、それらの有効利用が図れるからである。

民間車両メーカーで実施する場合は、車両需要と設備投資額を勘案しておかないとコスト上昇につながるおそれがあるので充分注意する必要がある。

なお、主要部品の国産化について、下記ランク区分で分析した結果を示す。

- A.....すぐに可能なもの。
- B.....仕様を変えれば適用品がある。
- C.....条件付(些少)で可能なもの。
- C₁.....技術指導(些少)を受ければ可能なもの。
- C₂.....設備投資(些少)をやれば可能なもの。
- D₁.....技術指導(ある期間)を要するもの。
- D₂.....設備投資(ある程度)を要するもの。
- E.....技術的には将来可能であるがむつかしいもの。
- F.....経済的に不合理であるので国産化しない特殊少量品であるもの。

表II-2-4 機関車国産化(技術移転)の要約

名 称	構成機器	技術問題点	ランク
車 体	台枠・鋼体	台枠組立治具、クレーン等の設備投資が必要である。	D ₁ ~D ₂
	運転台、窓戸、等	ある程度の技術的熟練を要する。	D ₁ ~D ₂
走り装置	台車枠	組立治具、焼なまし電気炉が必要である。	C ₁ ~C ₂
	車 軸	圧延、焼入れ等の設備が必要。	F
	車 輪		B
	歯車装置	機械加工設備、高周波焼入設備が必要である。加工精度もかなり高度のものが要求される。	D~E
連結装置	自動連結器、緩衝器	輸入品(米国製)	D~E
ブレーキ装置	ブレーキ弁、制弁弁類、空気圧縮機	技術的な経験を必要および特許も関係するので、購入またはライセンス生産が適当。	E~F
高圧電気機器	パンタグラフ、高速度しゃ断器	車両用として使用条件がきびしい。	C ₁
	主変圧器、主平滑リアクトル	温度条件がきびしいので絶縁材料を吟味する必要あり。	D ₁ ~D ₂
	主制御整流装置	半導体素子等の部品購入、組立調整は技術指導を要する。	D ₁ ~D ₂
	主電動機、主抵抗器	大形であるし、組立上のむづかしさがある。	D ₁ ~D ₂
	真空しゃ断器、避雷器	設備投資が必要である上、数値的に少ない。	F
低圧電気機器	補助抵抗器	一部の部品は購入となる。	C
	蓄電池、充電装置		A
	相変換機	相バランスのとり方がむづかしい。	E~F
	補助電動機、送風機、ポンプ等		C ₁ ~C ₂
	電気連結器、コネクタ類	生産しても経済的に合わない。	F
制御電気機器	ゲート装置、計器等	特殊なもので技術的にもむづかしい。	D ₁ ~D ₂
	主幹制御器	生産しても経済的に合わない。	E~F
	配電盤等	一部の部品は購入となる。	C ₁
機 装 組 立	機器組立(小形機器)	組立作業の基本を習得する。	C ₁
	機器組立(大形機器)	クレーン、ピット線等の設備投資が必要。	D ₂
	配管、配線組立	技術的にむづかしく、ピット線等の設備投資が必要。	D ₁ ~D ₂

2-3-5 主電動機過負荷特性の検討

2-3-5-1 主電動機の比較

SCTより提示された各応札者の主電動機の主要項目および特性は、表Ⅱ-2-5、図Ⅱ-2-3のとおりである。

表Ⅱ-2-5 主電動機の主要項目

	A	B	C	D	E
電機子径 mm	489	467	620	630	600
電機子積厚 mm	394	406	390	390	385
歯車比	1:4.15	1:4.12	1:4.47	1:4.47	1:4.35
動輪径 mm	1016	1016	1067	1067	1118
定格速度 km/h	43	38	43	43	37
定格引張力 RN	360	360	360	367	380
主電動機重量 kg	3595			4800	4750
機関車重量 ton	168	150	150	152	168

2-3-5-2 検討条件の考え方

前記諸特性をもとに主電動機の過負荷特性を検討する。

一般的に主電動機の過負荷特性を検討する場合、つぎの項目を考慮に入れておく必要がある。

- (1) 機関車、貨物の走行抵抗（線区のかう配および曲線抵抗等）
- (2) けん引され貨物の構成（平輪受またはコロ輪受等）
- (3) 機関車のけん引力

さらに厳密に言うと、

- (4) 車輪径のぼらつき（新製時と経年使用時の平均値）
- (5) 各主電動機の特性および電流のぼらつき

等も考慮に入れておく必要がある。

前記項目以外にも、現在メキシコで電化計画中の線区のように、長い連続こう配がある場合は、こう配途中で一旦停止し、再出発する条件（こう配再起動条件と言っている。）についても検討しておく必要がある。

この検討は、こう配途中の主電動機は、登坂するため相当高温状態となっており、この状

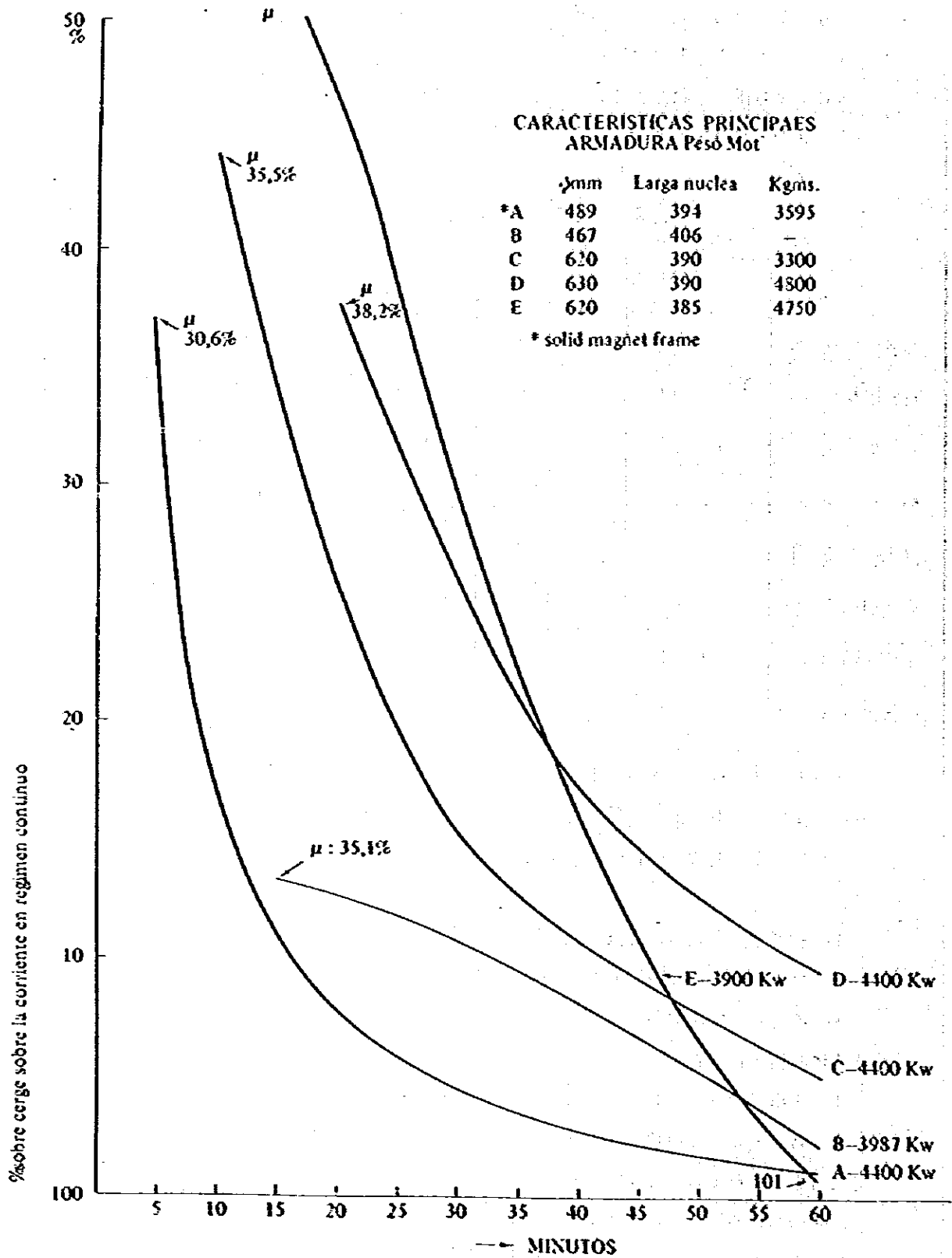


圖 2-3 主電動機の主要特性

態でさらに、再起動時の大きな電流が流れ、主電動機がさらに高温状態になり、絶縁劣化や絶縁寿命に悪影響を与えることを防止するために必要である。

2-3-5-3 主電動機の特許評価

(1) 走行抵抗

走行抵抗をどのように考えるかと言うことは、それぞれ実状により相異なる。5kg/ton という値(注参照)はかなり過大な値とも考えられるが、

- 1) 平軸受を使用した車両が混在する。
- 2) 空車が相当な割合で混在する。
- 3) 線路の曲線抵抗は無視した。

注) 車両の重量80ton/車、4軸とし、168ton 6軸の機関車1両が3000トンを勾配7.5%、曲線800mの線路で牽引する場合曲線抵抗を含めて走行抵抗は4.6kg/tonとなる。

等の条件を考慮すれば、それ程過大な値とは考えられない。また、もしSCTで検討した2kg/tonと言う(平均)値を前提条件とするならば、その条件における計算結果が、相当余裕を持った場合にのみ許容されるものと考えられる。

- (2) 連続こう配を登坂中の機関車の主電動機は、設計条件である基準周囲温度50℃を相当上回っている筈である。この時点で赤信号等による停車後の再起動ということを考慮しておく必要がある。

検討方法の一例として、日本における検討手法を適用したメキシコの場合の電流パターンを、図II-2-4および別紙1「機関車の過負荷」に示す。

SCTにおける検討は、主電動機の温度が50℃を基準とした過負荷特性であるので、上記条件を考慮すると相当余裕を持つ必要があると考えられる。

この点についての詳細検討結果を別紙2に示す。

(3) 各応札者の主電動機の評価

A, B社の主電動機とC, D, E社を比較すると、電機子直径が特に小さいことが目につく。これは電機子の表面電流密度が相当大きく、発熱密度が高いことを意味している。このため、過度の温度上昇を防止するため、大量、高風速の冷却空気を送風していること。あるいは、電機子コイル部に冷却風ダクトを設け、放熱効果を向上させること等の対策がとられているものと推定される。

前者(大量の冷却空気)は、こう配途中における停車、再起動時に急激な過温度上昇および冷却風フィルタの日詰りによる冷却風量減少等の発生が懸念される。

後者(電機子コイルの冷却風ダクト)は主電動機保守面および絶縁寿命面に大きな問題を生ずるおそれがある。

以上述べたことを総合評価すると、A, B社の主電動機は、電気式ディーゼル機関車

のように、発電機からの安定した電圧で使用される場合、あるいは平担線区で使用される過負荷耐量の少ない主電動機と推定される。また、交流電気機関車のように電圧変動巾が大きく、こう配再起動条件等の苛酷な使用には適していないものと考えられる。

別紙1 機関車の過負荷

機関車は常に定格内で使用されているのではなく、こう配起動時等においては、短時間であれば定格の数10%程度までの過負荷で使用することが通例である。またこのような定格出力の考え方は機関車の合理的な設計方法でもある。

JNR では主電動機の過負荷電流として、短時間であれば原則として定格電流の2倍まで許容できるよう仕様書で規定している。但し時間は規定していない。また特殊試験として、参考値としてではあるが、定格電流の125、150、175%および最大許容電流における温度上昇試験を実施し、結果を提出することになっている。

前記の過負荷温度上昇試験にもとづいて、こう配起動時等の過負荷時に、主電動機が耐え得るかどうかの検討を行なっている。また、それに見合ったけん引定数で使用している。

主電動機のこう配起動時の過負荷時の温度上昇の計算方法は、ある線区とけん引定数を想定した負荷パターンにもとづいて算定している。今回Mexico市-Irapuato間の電気機関車の場合については、図のような負荷パターンを想定し、その過負荷に主電動機が耐えられるよう検討しておくことを推奨する。なお図の負荷パターンの根拠としては、機関車2両重連で貨物6000tonをけん引し、7.5%のこう配を上る場合を想定した。

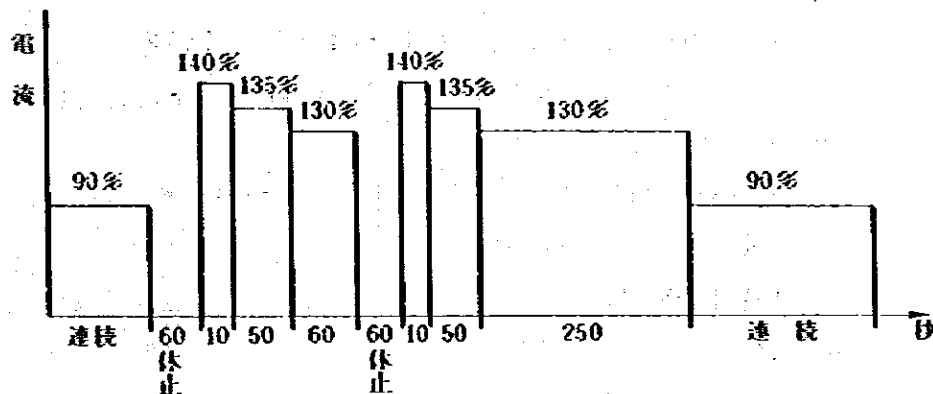


図2-4 こう配起動時の温度上昇を検討する
実負荷想定電流パターン

7.5%のこう配区間の長さを考慮し、初期条件として90%電流(0.75%区間のバランス電流にほぼ等しい)を連続通電し、一旦停止60秒後に起動、再び停止60秒後再起動を行なったことを想定している。

別紙2 こう配起動時の主電動機過負荷特性検討書

1. 検討条件

(1) 走行抵抗

$$\begin{aligned} R_c &= 13 + 29 W + 0.045 V + 0.0005 A V^2/W_n \quad (\text{LBS/T}) \\ &= 13 + 29/20 + 0.045 V + 0.0005 \times 88 \times V^2/80 \quad (\text{LBS/T}) \\ &= 2.75 + 0.045 V + 0.00055 V^2 \quad (\text{LBS/T}) \\ r_c &= 1248 + 0.0204 V + 0.00025 V^2 \quad (\text{kg/ton}) \\ &= 2.672 \text{ kg/ton} \end{aligned}$$

但し W ; 軸重

W_n ; 車両重量 (80ton4軸ボギー貨車)

V ; 速度 (バランス速度45km/h)

(2) 運転条件

貨物列車 3000 ton

こう配 7.5%

速度 45km/h

2. A社の機関車の検討例

(1) 走行抵抗

$$\begin{aligned} r_c &= (3000 + 168) + (7.5/1000 + 2.672) \\ &= 23766 + 8465 = 3223 \text{ ton} \end{aligned}$$

(2) 連続定格に対する多負荷

$$32.23 \text{ ton}/360 \text{ KN} = 32.23/36.70 = 87.82 \%$$

(3) 図II-2-5 特性曲線

1時間定格負荷比 101%

(4) 負荷に対する多温度上昇

$$(87.82)^2 / (101)^2 = 75.60 \%$$

但し、温度上昇は負荷の自乗に比例する。

(5) 余裕多温度上昇

$$100 - 75.60 = 24.40 \%$$

(6) こう配起動時の温度上昇

注、こう配起動時の温度上昇は7.5%の上りこう配を1時間走行した後停車し、再起動するという条件で検討する必要がある。

計算条件

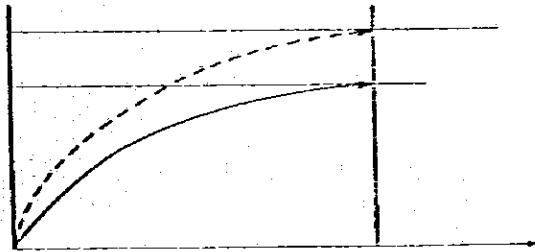
・こう配起動時は130%負荷とする。

・温度変化は負荷の自乗に比例する。

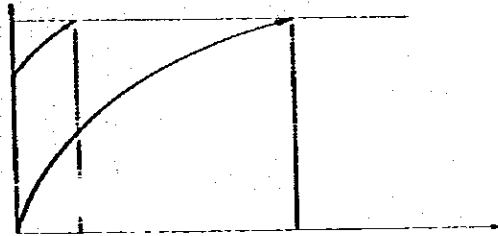
以上のように仮定すれば、こう配再起動時の温度上昇限度到達時分は、

$$5.5 \text{ min} \times 0.244 = 1.34 \text{ min}$$

但し、5.5 min は図Ⅱ-2-6 130%負荷から求めた。



図Ⅱ-2-5 101%、87.8%負荷の比較



図Ⅱ-2-6 再起動時(130%負荷)の比較

同じ方法でC社、D社の値を求め、その値を表Ⅱ-2-6に示す。

表Ⅱ-2-6 各社の検討結果

	A 社	C 社	D 社
(1) 走行抵抗 (ton)	32.23	32.98	32.98
(2) 連続定格に対する%負荷 (%)	87.82	87.82	88.16
(3) 1時間定格負荷比 (%)	101	105	109
(4) 負荷に対する%温度上昇 (%)	75.60	69.95	65.42
(5) 余裕%温度上昇 (%)	24.40	30.05	34.58
(6) こう配再起動時に温度上昇限度に達する時間 (min)	1.34	5.26	8.99

