

技術移転手法事例研究

地	中	南	米	分	公共・公益事業
域	メキシコ		3550	野	鉄 道 202040

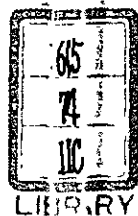
鉄道電化に関する専門家活動報告 (メキシコ)

個別派遣専門家活動報告シリーズ — 3 —

昭和59年3月

国際協力事業団
国際協力総合研修所

総 研
J R
84 - 4



技術移転手法事例研究

地域	中南米	分野	公共・公益事業
	メキシコ	3550	鉄道 202040

鉄道電化に関する専門家活動報告 (メキシコ)

個別派遣専門家活動報告シリーズ ー 3 ー

専門家氏名： 橋本 道哉

担当分野： 鉄道電化計画

派遣期間： 昭和56年8月19日～昭和58年2月25日

派遣国： メキシコ

派遣機関： メキシコ通信運輸省

本邦所属先： 電気技術開発(株)

本シリーズは、国際協力総合研修所の調査研究活動の一環として実施している技術移転手法事例研究のうち個別派遣専門家の現地活動について、要請の背景、業務の範囲と内容、業務の達成と具体的成果及び技術移転手法の実際例をとりまとめたものである。

なお、作成に当っては、専門家本人による執筆原稿を統一的な記入要領に基づき多少加筆修正した。

JICA LIBRARY



1052825[5]

国際協力事業団

受入 月日 '84. 8. 29	615
	74
登録No. 10639	IIC

目 次

序 文	1
1. 要請の内容と協力の背景	6
1 1 メキシコの鉄道概要	6
1 2 メキシコの鉄道の近代化計画	7
1 3 電化計画	14
1 4 協力要請の経緯	16
2. 要請業務と実施業務の範囲	18
3. 業務項目別目標設定と達成及び具体的成果	21
3.1 フランスが作成したスペックのコメント	21
(1) 機関車について	21
(a) 勾配起動条件の規制	21
(b) 補助回路方式について	21
(c) 冷却用補機	21
(d) その他	22
(2) き電方式・変電所	22
(a) き電方式について	22
(b) き電系統の基準絶縁について	22
(c) 変電所の遠制方式	22
(3) 電車線路	23
(4) 信号設備	25
(a) 軌道回路について	25
(b) A T S	25
(c) 電気転てつ器の電源について	26
(5) 通信設備	26
(a) 伝送路	26
(b) ケーブルの構造	27
(c) 駅中間電話の電源	27

(d) 誘導の条件について	27
(6) 車両検修	27
3.2 入札書の評価	27
(1) 全体構成について	28
(2) 技術的評価	28
(3) 経済的評価	28
3.3 電化工事の工程調整	29
3.4 工事現場での直接指導	30
3.5 教科書の作成	30
3.6 通信誘導対策の指導	30
3.7 交流電化のき電回路の電圧降下の計算法	31
3.8 信号高圧配電システムの検討	31
3.9 その他の主な技術指導実績	31
(1) 電気機関車の制御	31
(2) 通信ケーブルの埋設指導	31
(3) 立体交差の架線方式の指導	32
(4) 光ファイバー通信システムの指導	32
(5) 保守体制の指導	32
(6) パーソナルコンピューターの取扱い方の指導	32
(7) 信号設備に関する指導	32
(8) ポリ塩化ビフェニール(PCB)の取り扱いについての指導	32
(9) 新幹線車両技術に関する指導	32
(10) 自動信号に関する指導	33
(11) 電車線設備の指導	33
(12) き電回路インピーダンスの計算方法の指導	33
(13) 送電線、電車線路および弱電線回路の間の誘導電圧の検討	33
(14) その他	33
3.10 電化セミナーの開催	33
3.11 技術協力の評価	34
4. 業務と技術移転の実際例	35
4.1 電化技術の技術移転	35

(1)	変電機器の国産化	35
(2)	電車線路の国産化	36
(3)	信号機器の国産化	37
(4)	通信設備の国産化	40
(5)	車両の国産化	42
(6)	車両検修設備の国産化	45
4.2	システム運営技術の導入	45
(1)	機関車修繕の抜本的改革	45
(2)	列車運行に対する管理体制の強化	46
(3)	近代化設備の保守運営の実施	46
(a)	電車線路、変電所	46
(b)	電力指令	47
(c)	信号・通信	47
(d)	技術融合	47
(e)	保守体制の確立	48
(f)	電化開業に対する組織と活動	48
4.3	電化の計画	49
(1)	経済的効果……輸送コストの低減	49
(a)	動力費	49
(b)	車両保守費	50
(c)	車両の運用効率	53
(d)	高けん引力による生産性	53
(2)	サービスの向上	56
(a)	スピードアップ	56
(b)	フリクエンシー	57
(3)	社会的効果	58
(a)	省エネルギー	58
(b)	地域開発効果	58
(c)	生産誘発効果	60
(4)	経済面からみた電化の範囲	60
4.4	業務及び技術環境と円滑な協力実施のための条件	61

5. 提 言.....	63
5.1 意欲のある人を派遣すること.....	63
5.2 派遣中の実績を評価すること.....	63

序 文

(1) 専門家の略歴

1958年、京都大学工学部電子工学科を卒業後、直ちに日本国有鉄道に入社した。約1年半の学園の研修と現場での実習を行い、電気設備の工事を行なっている機関である東京電気工事局に配属された。丁度、当時、東京・青森間にマイクロ通信回線の工事が行われており、盛岡地区の無線中継所の工事施工のため盛岡電気工事区に配属された。約1年で工事が完成し、東京駅近辺の鉄道通信施設の工事を行っていた丸の内電気工事区に転勤になり専ら有線通信設備の設計と工事を行った。1961年には当時新幹線の研究開発が最盛期で、新幹線の通信システムの開発研究のため鉄道技術研究所通信研究室へ配属になった。約1年で研究が終り、マイクロ通信設備のメンテナンスを実施している現業機関の一つである広島無線区の責任者に任命された。2年間の管理業務とメンテナンスを経験してから鉄道中央学園に配属された。そこで大学卒新入職員の養成を担当した。約1年後、1965年に長野鉄道管理局電気部信号通信課長を拝命した。丁度、長野地区では信号通信設備の近代化工事が実施されており、多忙を極めたが、工事の施工、メンテナンスの体制の確立等の貴重な経験をさせてもらった。約2年間の滅多に得られない経験の後、本社の技師長室へ帰って来た。ここでは国鉄の物品等の標準化と規格化を担当した。日本のJ I S規格に相当する国鉄の規格J R Sの作成を行った。1年少々してから資材購入に際しての検査方法の近代化、合理化の検討が始り、この新しいプロジェクトに参加した。約1年間で新しい検査方式が確立され、実施に移された。丁度実施体制が確立された時、フランス政府給費留学試験に合格することができた。

数ヶ月間の準備期間を終えてから1970年7月にフランス国鉄で主として電気部門で研修することになった。約7ヶ月間フランス国鉄本社で講義を受けてから現場へ行く研修をくり返した。現在フランス国鉄は日本の最大のライバルになっているが、そこで研修を受けたことはその後の筆者の海外技術協力の仕事に又とない貴重な体験となった。当時知り合ったフランス国鉄技術者とは今でも良きライバルであると同時に良き友達として時々連絡をとっている。又たまたま住んだ、外国人研修者の宿舎には中南米人が多く、その時スペイン旅行をするため習ったスペイン語が今度のメ

キンコでの技術協力にこの上もなく役立った。又たまたま二度と訪れる機会が無いと思って旅行したメキシコが、技術協力で何回も訪れることになるとは夢にも思わなかった。帰国してから中部の駐在理事室に配属され、中部4管理局にまたがる電気関係のプロジェクトに従事した。中でも日本で初めての振子式電車を中央線に導入したのは思い出深い。1973年に、鹿児島鉄道管理局電気部長を拝命した。3年間、管理局長のスタッフとして、鹿児島管理局管内の電気関係の責任者として従事した。その間宮崎までの電化工事も行い、即ち完成されていた新しい方式の電化設備のメンテナンスの責任も負っていた。3年後、国鉄本社の外務部に転勤になり、以後、海外技術協力に7年間も従事した。まず第一に、イランで新幹線を作る計画があり、イラン運輸省と日本国鉄の関連社団法人である海外鉄道技術協力協会が新幹線計画を作成するエンジニアリング契約が結ばれたので、出向を命ぜられ、電気関係の計画作成の責任者として1年間従事した。計画作成が終った直後にメキシコ国でメキシコ市近郊鉄道建設の計画があり、日本政府へ協力の依頼があり、JICAベースで調査に参加するチャンスを与えられた。この調査は大成功であったが、メキシコ国の資金の事情で、当面地下鉄を強化し、次期政権以降へ先送りすることになった。1980年にメキシコで初めての交流電化工事を実施することになり、フランスのコンサルタントが作る入札仕様書を国際性という観点から見直すよう日本国へ要請があり、筆者も参加した。しかし実際に落札したのはアメリカ、イタリアが主で日本はほんの一部しか受注できなかった。各国の工事が寄り集って電化工事を実施することになったので、その調整と工程管理の助言のための長期専門家の派遣要請があり1981年8月19日から1983年2月25日までの1年6ヶ月の間、メキシコへ派遣された。

(2) 鉄道電化技術(出発前に学習したこと)

電化技術の中は非常に広く、通常以下の通りに分類される。

(a) 変電

これは電力会社の送電線から電気エネルギーを高圧で受け、電気機関車や電車に必要な電圧や周波数に変換するものである。大きく分けて直流と交流システムがあり、交流では商用周波数の2万ボルトと25,000ボルト、直流では3,000ボルト、1,500ボルト750ボルト方式が主流になっている。

(b) 電車線

鉄道用変電所で変換された電気エネルギーは架線を通して電気車に供給される。架線のシステムや構造は列車のスピード、電圧、電流値等により変わり、風速や温度変化等の気象条件、列車走行による振動を考慮した、電気技術のみならず、機械、土木技術を含めた総合技術ともいえる。

(c) 電灯、電力

鉄道には色々な業務機関があり、その中には、電灯照明は勿論、色々な電力を必要とする機器が多くある。それらの電力負荷へ配電する技術と負荷そのものを扱う技術である。信号機へ供給する配電線もこの分野に属する。

(d) 信号

これは列車の安全を確保するための技術ともいえる。列車乗務員や列車の進行や停止情報だけを提供するシステムのような簡単なものから、乗務員が何もしないで、自動的に発車し、スピードを自動制御し、自動的に定点に停止するような高級なシステムまで存在する。この技術の特徴は人間の誤った機器の扱いや機器が故障や誤動作しても危険側に作動しないようになっている。例えば列車が前方にいて、信号機が赤に表示されるべき場合に青にならないようになっている。設備が正常でない場合は逆に信号機が前方に列車がいなく、青になるべき時にも赤になる。また列車が転てつ機の上を通過している時には転換しないようになっている。この技術をフェール・セーフと呼ばれている。

(e) 鉄道通信

旅客や貨物を安全に、しかも高能率（正確・迅速）に、経済的に（他機関より安く）輸送するためには色々な情報の伝送が必要となる。列車運転に直接必要な通信システムとして、駅間直通電話、指令電話、列車無線、信号電力機器の制御回線等がある。旅客用通信システムとしては座席予約、時計、旅客放送等の旅客への色々な必要情報を提供するシステムがある。貨物用通信システムとしては、配車用指令電話、貨物情報収集用テレプリンター、貨物列車と組成、分解するヤードに於ける通信設備がある。経営管理に必要な通信システムとしては情報網がある。輸送の各部門における専用通信設備もさることながら、これを支える管理業務も複雑多岐にわたっているので、交換電話網、鉄道電報網が必要で

ある。最近利用され始めた光ファイバー通信やコンピューター技術もこの分野に属する。

(f) 車 両

電気車両としては、電気機関車と電車があるが、いずれも容量の差はあるが直流直巻電動機により、けん引力を得ている。従って交流電化区間では車上に整流器を搭載して直流に変換している。

直流直巻電動機が使われる理由は下記の特徴を備えているからである。

- ・ 起動時および、勾配において大きいけん引力を出しうること。
- ・ 速度制御が容易で、広い範囲に高能率で行えること。
- ・ 端子電圧が変化しても電流の変化が少ないこと。
- ・ 制限された場所に取り付けるので重量、容積が大きくとらないこと。
- ・ 雨水かかりが侵入しない構造で修理点検に便利なこと。
- ・ 故障が少なく機械的にも電氣的にも信頼性が大きいこと。

車両の加減速、スピード等の特性は直接地上の電気設備に影響を与える。

(g) 車両の検修

車両を安全に所定の性能を保持して運転ができるよう維持するために検修が必要である。検修の程度、内容、質、周期等により多くの種類がある。仕業検査、交番検査、台車検査、要部検査、全般検査等がある。

以上の如く鉄道の電化技術は(a)から(g)までの分野に分類され、ほとんどの技術者は一分野にとどまり、少数の技術者が管理者になって初めて他の分野を技術者としてではなく管理者として担当することになっている。従って、技術者が外国に行って鉄道電化技術を指導する場合、自分が経験した分野の技術を深めることは勿論、自分の経験していない分野の勉強に大変な時間と労力をさかねばならない。

さらに一口に技術といっても色々な段階がある。まず研究開発の段階、次に完成された技術を実用する場合の標準化、それにベースにした設備実現のための設計、製品の製作、工事、完成された設備のオペレーションとメンテナンス、等色々な段階があり、研究者、設計技術者、機器製造者、工事施工業者、メンテナンス要員等がそれぞれ分担して受持っている。外国に電化技術を指導するためには色々な段階の技術を知っていなければならない。従って筆者も例外ではないが日本国鉄で鉄道通

信という分野で長く仕事をしてきたので当然他の分野まで勉強して技術を広めねばならず、又国鉄というユーザーの立場では経験できないメーカーとかコントラクターの技術まで勉強しなければならなかった。

とうていそのような多岐に亘り、それぞれ深い範囲の勉強は短時間ではできないので、どうしても技術資料や参考書類を現地へ持参しなければならず、全部で重量にして100kg位になった。電化技術で特に専門的に深い問題については現地から直接専門家に問い合わせるなり、計算等を依頼した。更に筆者の能力の及ばない点をカバーしてもらうために在任中でJICAの配慮で電化セミナーを実施していただき、日本国鉄の各分野の専門家が数人派遣されたので、非常に効果があった。

1. 要請の内容と協力の背景

1.1 メキシコの鉄道概要

メキシコの鉄道は、1930年代に外国資本により建設され運営されてきたが、1937年にカルデナス政権により逐次国有化され、現在5つの企業体に分かれ運用され、すべて政府の任命した国鉄総裁が管理している。5つの企業体で約26,000Kmが運営されており、そのうち最大のものがメキシコ国鉄で1978年末の統計によると、営業幹は約14,200Km、職員数は約62,000人の規模である。メキシコ国鉄の営業の主体は貨物輸送で、航空機、自動車による旅客輸送機関が整備されていて旅客輸送の比重は非常に少ない（収入比率で9%以下）。以下主な項目を列記すれば表1のようになる。

表 - 1

(1) 収支（百万ペソ）

営業収入 8,130, 営業支出 13,445

(2) 輸送量

ア 貨物輸送トン数 56,225,082トン

イ 旅客輸送人員 22,218,046人

ウ 貨物トン料 29,639百万トン料

エ 旅客人料 3,295百万人料

(3) 運 転

ア 貨物列車 25,647,003料

イ 混合列車 3,999,244料

ウ 旅客列車 11,795,476料

(4) 車 両

ア ジーゼル機関車 1,100両 2,423,160HP

イ 貨 車 32,122両

ウ 客 車 1,131両



第1図 メキシコ鉄道路線図

1.2 メキシコの鉄道の近代化計画

メキシコは産油国であり、客貨の輸送の大部分は道路輸送に依存している。しかし最近極力石油を節約しエネルギー効率の高い輸送システムを実現しようという国家方針にもとずき、エネルギー効率がよいのみならず、低公害、安全性、大量輸送、経済性等の色々な面で有利な鉄道輸送の近代化にのりだしている。鉄道輸送の近代化の引金となった大きな理由として、一時メキシコ国内の石油関連産業の盛況と、米国、カナダの不況で穀物等が大量にメキシコに鉄道で輸出されたため、メキシコ国鉄のヤード、側線等は身動きできない状態となり、一時は貨車発送が禁止されたため、国の経済がまひ寸前に立至ったことである。この際は新製及び中古の機関車投入によって最悪の事態は回避された。

米国では豊作であったがソビエトへの輸出が禁止されるという事態の上にメキシコ北部で旱魃による大減産が重り、その結果穀物が国境へどっと押し寄せた。メキシコのヤードと側線は完全にまひ状態となり、約36,000

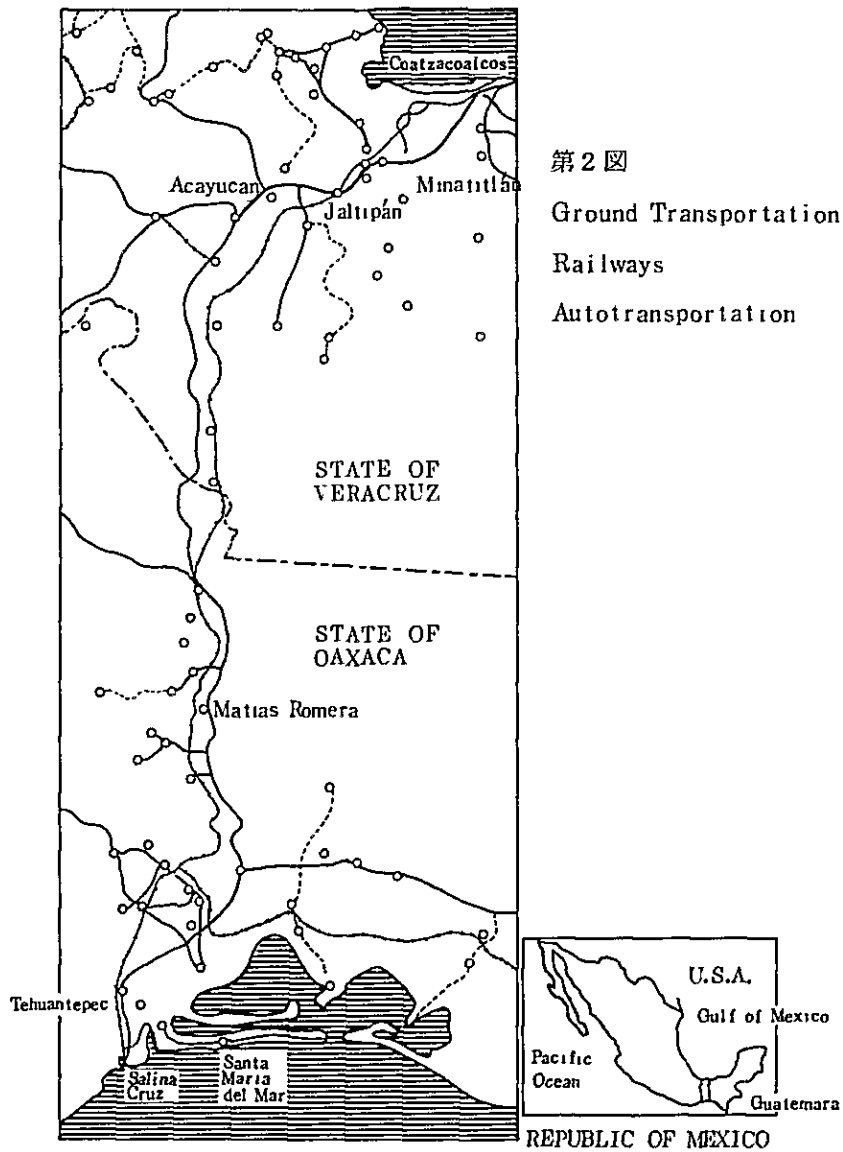
- 両の貨車が取卸し作業と北への空車回送を待つて立往生した。その対策として約3ヶ月余りの間、北からの発送禁止処置を取った。鉄道の輸送力の増強と近代化のため1988年までに総額7,000億円ない19,000億円相当額を投じて新線建設1,547Km、複線化827Km、CTC化1,996Km、電化573Km、機関車360両及び貨車16,000輛の購入と骨子とした大事業に踏み出した。その他コンピューター・インフォメーション・システムの採用、ヤードコントロール・システムの完備、特定路線での旅客列車の速度向上も含まれている。現在計画されている主なプロジェクトを以下に示す。
- (1) ウエウエトカ・ケレタロ・イラブアト間の複線化は現在進行中であわせてメキシコシティからケレタロにまで電化工事が行われている。
 - (2) メキシコ中央部と急激に発展したメキシコ南東部間の輸送を改善するテオティウアカン・オリサバ・コルドバ・ベラクルス線の改良。工費は約170億円に達する見込である。この路線もやがては電化される可能性がある。
 - (3) サルティエーゴ・モンテレイ間。この区間はメキシコシティ・ヌエボレド路線の中でも最も輸送過密な区間である。117.5Kmの複線化が間もなく開始され、工事費は約79億円である。
 - (4) ティエラブランカ・メディアヌアグアス・コオノアコアルコス線。これは南東地方を結ぶ路線改善計画の一部で、工事費は約22億円、コアツアコアルコス港周辺の石油関連産業の急速な発展により着実に増加している輸送量をさばくことが期待される。
 - (5) メキシコシティ・ウルアバン・ラサロカルデナス線。1980年に開始されたアフノ・カルソンチン間48Km区間の建設は間もなく完成の予定で工事費は約45億円と推定されている。
 - (6) グアダラハラ・マンサニーゴ線。現在工事中で間もなく完成の予定。推定工事費は30億円と見込まれている。
 - (7) タンピコ短絡線。すでに259Kmの建設工事が開始されており、最終的にはメキシコシティを現在のタンピコ・サンルイスポトシ・チレタロ・メキシコシティ路線より短く、快適な路線によってタンピコ港と結びつける。建設には最低5年かかると思われる。
 - (8) マゴサル・カルデル線。マゴサル・カルデル間に建設される400Kmの路線でタンピコ港・ベラクルス港間を結ぶ湾岸ルートを提供し、メキシ

コ北部を直接南東部と結びつけることが大きな目的で、工事は早急に開始されることが予定されている。

- (9) グアダラハラ・モンテレイ間の短絡線。第一期工事として着工されるのは、グアダラハラ・エンカルナシオンの214Km間、サリーナス・ラグーナセカの122Km間の2つである。
- (10) コアツアコアルコス・サリナクルス線。目下太平洋側のサリナクルス港・大西洋側のコアツアコアルコス港間の鉄道輸送力改善の目的で、コンテナ施設、操車場が両駅で建設中であり、この絡線の改善が開始される。
- (11) 4新設操車場。クレタロ北部からヌエボラレドまで全線複線化等の大計画があるが、世界どこの複線鉄道も近代的な仕訳操車場がなければあまり役立たず、これが4つの操車場が新設される理由である。一番目は、81億円の工事費でコアノアコアルコスに建設され、間もなく着工される。二番目は122億円でグアダラハラに建設され、これも間もなく着工される。三番目はモンテレイの183億円の建設は、同市を迂回するバイパスの形で工事が開始された。最後の四番目は、メキシコシティーのブエナビスタ駅から47Km北のウエウエトカ附近に建設される。ウエウエトカは最近複線化された路線の南端であると同時に、A、B両幹線がメキシコシティー郊外の北部で、分岐する地点でもある。現在のメキシコシティー操車場はメキシコシティーの北西にあるが、非能率で容量も不足してきている。新しく操車場が開業すれば、現在の操車場は都市部の産業に役立てられるであろう。すでに国内のコンサルタント会社がコヨテベック新操車場の設計を終えており、間もなく建設が開始され、約3年間の工期が見込まれている。全自動式で、1日あたり5,500両の貨車扱能力をもち、北米で最大の施設となり、最終的には取扱量が2倍になる。
- (12) 貨車新製造、コヨテベック操車場が開業するまでにメキシコ国鉄は貨車近代化が達成するであろう。1985年までに2319億円の車両購入予算を組み、1981年だけでも498億円で3,533両の貨車購入予算であった。主として70トン有蓋貨車の購入をしたといわれている。また4つの小鉄道の車両購入のために179億円の予算で、主として70トン有蓋車の購入に使われた。

(13) ランドブリッジ計画

大西洋岸コアアコアルコス港と太平洋岸サリナクルス港とを304 Kmの鉄道でつないだランドブリッジ計画である。年間輸送量計画は一昨年は9,000万トンと極めて大きい数字を発表していたが、今年はSMT (SERVICIO MULTIMODAL TRANSTIMICO)の行政機関が発足し、昨年度の計画では15トン積コンテナ7万個、105万トンの輸送計画で、5年後には15トン積コンテナ50万個で年間750万トンの輸送計画を樹てた。(第2図参照)



パナマ運河の手間輸送量1億3,000万トン进行处理できなく数日の沖待ちをしている実情ではメキシコのランドブリッジ計画も、一昨年度の9,000万トンは多すぎるが手間1,000万トン～3,000万トンのFEASIBILITY STUDYを検討する時期に来ていると思われる。

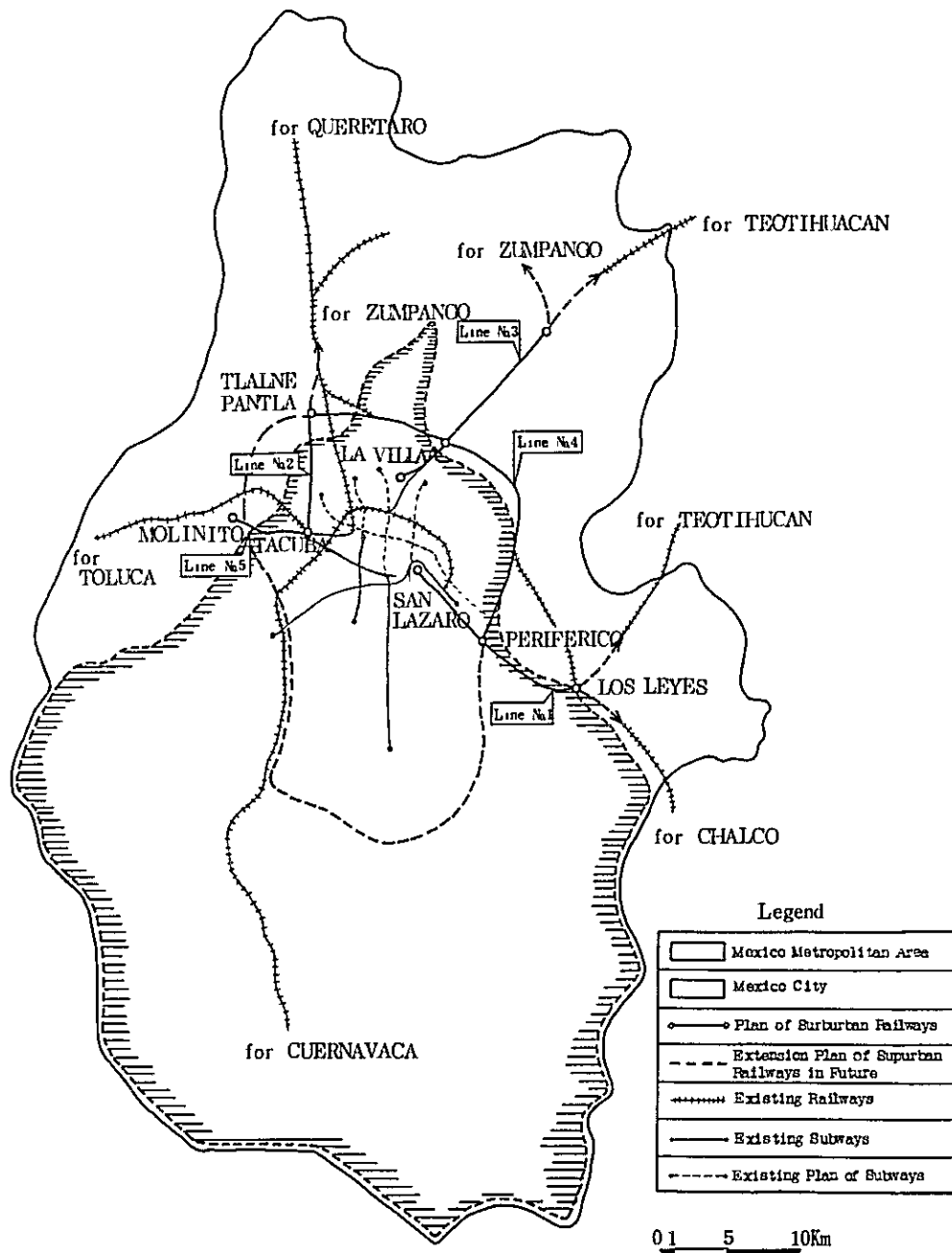
(4) メキシコ市近郊通勤鉄道建設計画

メキシコ首都圏の人口は、現在約1,300万人で世界有数の超大都市であるが、そのうえ人口増加が著しく、今世紀中に2,500万人突破することが確実とみなされている。これは現在世界最大の人口集団である東京交通圏（半径約50Kmの圏内）の現在人口2,500万人弱を上回ることとなる。したがって、この圏内交通、特に通勤輸送を円滑に実施することは極めて重大かつ困難な課題であると考えられる。

メキシコ首都圏の交通は現在殆んど自動車に依存し、大量交通機関としては地下鉄道があるが、これは全都市交通量の10%余りを負担しているにすぎない。道路交通は現在すでにあちこちに渋滞を生じており、特に自動車排気ガスによる大気汚染は都市生活の重大な障害となつてきている。したがって、今後の人口増加に伴う交通量の急激な増加に対して、道路交通の増強のみをもって対処することは殆んど不可能であり、近郊鉄道の整備と地下鉄道の拡充の二者が緊急施策であることは明らかである。

メキシコ政府によって現在検討されている近郊鉄道約320Kmのうち当面検討されている建設対象線区は次の5線、総計約77Kmである。（第3図参照）

第1号線	SANLAZARO-LOS REYES	17.0Km
第2号線	TACUBA-TLALNEPANTLA	8.5Km
第3号線	LAVILLA-ECATEPEC	18.7Km
第4号線	PERIFERICO-TLALNEPANTLA	27.5Km
第5号線	TACUBA-MOLINITO	5.0Km



第3図 メキシコ首都圏近郊鉄道計画

以下メキシコ政府が計画しているメキシコ市近郊鉄道の概要を以下に記す。

メキシコ市近郊鉄道建設計画の概要

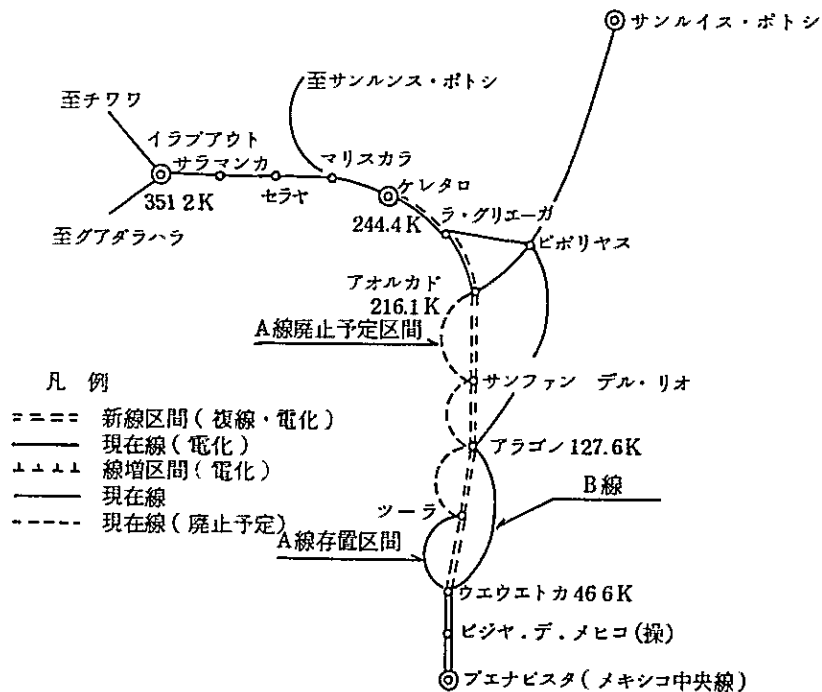
軌 間	1,435mm
軌道種別	複 線
最急勾配	3 ‰
最高曲率	G=3° (R≒382m)
道路交差	立体交差
必要駅数(第1期7.2Km)	
乗 換 駅	3
ターミナル駅	6
中 間 駅	33
架線電圧	60Hz, 単相交流25kV
列車組成	6～9両(将来12両)
	(電動車2両、附随車1両の3両固定編成)
最高速度	110Km/h
表定運転速度	60Km/h
加 速 度	通常 1m/sec ²
減 速 度	通常 1m/sec ² 緊急時 1.3m/sec ²
車両サイズ	連結器間長さ 25m
	巾 3.3m
運転システム	A.T.P.およびA.T.O.システム
	中央制御所にC.T.C.システム
出 改 札	自動切符販売および自動改札
運転最小時隔	90sec
停車時間	中間駅 平均 15sec
	乗換駅 25sec

この計画の狙いは、長さ25m、巾3.3mのアルミ製大型車両を用い最終的には長大編成で90秒間隔のフリクエント・サービスを確保するという世界に類例のない大量輸送を行おうとするものである。そのため、平均駅間距離を比較的長くとり、高加減速車両により高速運転を行うもので、25KVの交流電化、自動列車計画装置および自動列車選

転システム、出改札の自動化等の最新技術を導入しようというものである。

1.3 電化計画

今回のメキシコ鉄道電化計画は、メキシコ中央駅であるブエナビスタから北方350Kmの地点、イラブアウトまでの電化工事で、貨物輸送が主体となっている。これはアメリカの鉄道とメキシコの2番目、3番目の大都市であるグアダラハラとモンテレイを結び首都メキシコシティに直結し、アメリカからの諸物資、メキシコ北部の農産物および上記都市からの工業用品を首都に輸送するための主要路線である。現在、A線（メキシコシティ～イラブアウト）、B線（メキシコシティ～エパルメエスコベド）は単線として単独運営されている。またウエウエトカ～アオルカド間約160Kmは山岳地帯で勾配・曲線が多く、これ等の改良を含めた複線の新線建設が



第4図 メキシコ幹線鉄道電化概念図

現在行なわれている。しかしながらアオルカド～ケレタロ～イラブアト間は比較的平坦地のため、今回電化予定区間のアオルカド～ケレタロ間は在来線に沿って腹付線路増設の複線化工事を行なっている。メキシコ政府としてはこれ等の完成と同時に複線電化するよう計画している。第一期工事として、メキシコシティー（ブエナビスタ）～ケレタロ間約250Kmの電化工事を計画し、現在工事が実施されている。なおケレタロ～イラブアト間約100Kmは将来複線化工事の計画があるため、今回は電化されないことになっている。以下簡単に電化工事の概要を述べることにする。

○ 輸送計画

最大断面輸送量	開業時	49,336トン/日
	1990年	77,500トン/日
旅客列車		7列車/日

○ 運転計画

貨物列車の最大けん引		6,000トン(重連)
列車速度	貨物	100Km/h(平坦地)
	旅客	160Km/h(将来)
運転時隔	8分	

○ 電化方式 単相交流 60 Hz 25KV

○ 信号方式 色灯化自動信号、継電連動装置、自動列車停止装置等の近代化信号設備の新設の他に既設のCTCの改良を含む。特異なものとして熱をもった車両の軸箱の検出装置が含まれている。

○ 通信設備 既設通信設備の改良、必要な指令電話の新設、ケーブル化、将来のデータ伝送のための光ファイバーの布設等。

○ 必要機関車両数 39両 (C-C タイプ 4,200KW)

なお電化工事とは直接関係ないが軌道関係の諸元は次のようである。

- 軌 間 1,435mm
- 道 床 バラスト道床
- 枕 木 コンクリート枕木
- レール 160 LBS (68kg/m)
- 軸 重 30トン

。最大勾配 南行 0.75%、北行 1.5%

1.4 協力要請の経緯

この電化計画の協力は二つに分けられて要請があった。一つは計画の段階から入札の評価まで。

他の一つは、電化工事の施工管理および施工に対する問題の解決である。

1979年、日本政府はメキシコ政府の要請を受け、JICAを通じて日本国有鉄道の戸石団長とする調査団を送り、3ヶ月に亘り現地調査を行ない、調査報告書が作成された。これと同時にフランスのソフレライユ、イギリスのGECも独自に調査を行い、それぞれ今回の電化の大略の計画、合理性について調査報告書が作成された。メキシコ政府は、これらの調査結果を参考にし、電化施工を決定し、テンドースベックの作成を1979年12月にフランスのソフレライユと契約した。メキシコ政府は、フランスのみにテンドースベックの作成をまかせるのは、不安であるということから、日本政府にフランス作成のテンドースベックの評価を依頼することとなった。1980年3月、日本政府とメキシコ政府は業務内容の打合せを行い、4月から電力、車両、信号、通信の各分野の技術者をメキシコへ派遣することとなった。筆者も通信を担当して派遣された。従来の技術協力パターンは、日本が調査団を送り、その国の実態を調査し、相手国に提出するといったパターンが多い。その作成内容が他国のコンサルタントからチェックされることはあったが、今回のように、他国が作成した内容を日本がチェックするのはあまり例のないことであった。特に今回は、フランスの技術を主体にテンドースベックが作成され、日本の技術とは色合を異にしている。また、今回のプロジェクトは輸送計画、輸送管理のあり方から設備のあり方、設備の維持管理のあり方、各設備を構成している部品、装置、部品の特性、材料の選定まで極めて巾の広い、奥行きが深い内容を包含しているため、日本国有鉄道内に多数の有識者の参加したワーキング、グループが結成され、長期派遣者の支援を行なう体制が確立された。また現地でも、輸送管理の現状調査、大地導電率の測定等の業務が、これら支援グループによって行われた。我々の業務も、当初はスベックの評価という話であったが、各国の応札内容の評価方法、技術移転の評価、と順次仕事は拡大され最後は応札書の内容の審査まで参加を要請され、期間も2度に

わたって延長され、1981年末に完了した。我々の活動はメキシコ政府から高い評価を受け、異例の感謝状がメキシコ駐在大使へ寄せられた。

入札の結果は、変電関係はイタリアのアンサルド社、電車線関係はやはりイタリアのサーエ社、信号関係はアメリカのワブコ社、通信関係の中で機器に関する部分は、日本の日本電気、ケーブルに関するものは日本の住友電工、機関車はアメリカのジェネラルエレクトリック社に落札した。車両検修設備については電化開業時に直に必要ないということで決定は当分見送られた。かくの如く3ヶ国で教社がそれぞれの分野を担当することになり、各社間の調整、インターフェースの調整等が大きな問題としてクローズアップされてきた。メキシコ政府としては電化工事は初めてであり、技術者も質量共に少ないので、イギリス系のメキシコのコンサルタント会社サブサ社に電化工事の工程管理を契約してやらせることになり、イギリスのGEC社からも3人の技術者が派遣されて来た。1981年4月にメキシコ政府から日本政府に電化調整局長のスタッフとして、電化工事全体の管理を担当する専門家1名と、電化そのものの専門家1名の派遣の依頼があった。電化工事全体の管理をする専門家として、筆者が1981年7月から1983年2月までメキシコへ派遣された。政権交代のある1982年12月1日までに工事を終え前大統領がテープカットをすることになっていたが、新線区間の工事が大巾に遅れたことと、経済危機のため、筆者の在任中には、電化柱建植のための穴掘りが一部終わった程度で、新しい政権のもとで新しい体制を作り、工事が継続されることになった。

2. 要請業務と実施業務の範囲内容についての対比

まずフランスのソフレライユが作る tender・スペックの評価ということ
で、1980年4月から半年の予定で、電力、信号・通信、車両担当の計3人
が現地へ派遣された。序論で述べた如く電化の技術は、変電、電車線、電灯・
電力、信号、通信、車両、車両検収等巾広く分かれており、しかも日本と可
なり異にするフランスの技術をベースに作成される tender・スペックの評価
には非常に深い技術を必要とする。従って常時は3人駐在していたが、適宜
仕事の進捗によって派遣メンバーの交代が行われた。更に日本国有鉄道内
に支援チームを作り、仕事のポイントに応じて、JICAベースで短期派遣を
行い、長期派遣メンバーの3人のバックアップを行った。当初予定され
たフランスの作る tender・スペックの評価の他に、各国の応札内容の評価の
方法、技術移転の評価、と順次業務は拡大され、最後は応札書の内容の審査
まで参加を要請され、2度にわたって延長され、1981年の1月に業務は完
了した。

工程管理については下記のような協力項目を現地に到着して決定したが、
新線区間の軌道の工事が大巾に遅れたことと、経済危機のため電化柱建植の
ための穴掘りの一部が終った程度であった。従って、当初予定した電化工事
の工程管理の業務は少く、工事に際して色々考えられる問題点の解決と電化
技術の教育が我々の主たる業務になった。

技術協力業務の大項目

- (1) 工程管理を実施する各国の会社の監督および指導
- (2) 電化工事に関する各種技術的問題点の解決
- (3) 高度な技術の決定事項案の作成

さらに具体的な業務の細目は次のとおりである。

(項目) (細目)

- 準備作業 (1) 対外機関との折衝の助言
- (a) 電力会社への受電申込
 - (b) 電話会社等の誘導対策工事
 - (c) 第三者構造物等の支障改修
 - (d) 用地買収
- 工程管理 (1) 基本工程の作成に関する助言
- (2) 詳細工程の作成に関する助言

- (3) 施行工程の作成に関する助言
 - (4) 主要図面の承認に関する助言
 - (5) 工事記録写真撮影等に関する助言
 - (6) 第三者の建造物の改修の確認に関する助言
 - (7) 特に定められた事項の計画、設計、調整に関する助言
- 資材管理
- (1) 技術仕様書の承認（変更分に限る）に関する助言
 - (2) 主要機器、物品の型式試験の承認に関する助言
 - (3) 主要機器、物品の工場試験立会、承認に関する助言
- 試験・検査
- (1) 個別検査に関する助言
 - (a) 信号機位置の確認に関する助言
 - (b) 隔離距離の確認に関する助言
 - (c) 安全諸設備の確認に関する助言
 - (d) 各種標識の設置位置に関する助言
 - (2) システム試験の立案と結果の判定に関する助言
 - (a) 変電所等の電気連動試験に関する助言
 - (b) 遠方制御の組合わせ試験に関する助言
 - (c) 電車線路等の耐電圧試験に関する助言
 - (d) 継電連動装置の試験に関する助言
 - (e) 信号機等の現示試験に関する助言
 - (f) 自動交換機接続通話試験に関する助言
 - (g) 幹線ケーブル特性試験に関する助言
 - (3) 総合試験の立案と指導および結果の判定に関する助言
 - (a) 入線試験に関する助言
 - (b) 実加圧試験に関する助言
 - (c) 人工故障試験に関する助言
 - (d) 集電性能試験に関する助言
 - (e) 電車走行試験に関する助言
 - (f) 信号電圧調整試験に関する助言
 - (g) 通信線路への誘導試験に関する助言
 - (h) 電車性能試験に関する助言
- 保守に関すること
- (1) 保守体制の作成に関する助言
 - (2) 保守マニュアルの作成に関する助言

- (3) 事故時復旧対策の策定に関する助言
 - (4) 保守に関する規程の作成に関する助言
- 養成に関するもの
- (1) 基本計画の作成に関する助言
 - (2) 教材等の作成に関する助言
- 安全教育
- (1) 事故防止のPRに関する助言

3. 業務項目別目標設定と達成及び具体的成果

3.1 フランスが作成したスペックのコメント

フランスのノフレライユ社が作成したテナダースペックの内容はあまりにも細かく、フランスの技術に片寄りすぎていた。我々としては世界の各国から公平に応札できるよう国際性のあるテナダースペックに修正するよう助言した。以下各分野における主要な事項について簡単に説明する。

(1) 機関車について

今回の電化計画では、上り勾配 0.75% を機関車重連で 6,000 トンを牽引すること、およびその軸重 1 軸あたり 28 トンが許容されていることから、その出力は、4,400 kW、軸数 6 軸、軸配置 C-C のサイリスター制御の電気機関と決定されていた。

(a) 勾配起動条件の規制

このスペックに規制されているものは、けん引定数、勾配の大きさ、連続定格のみであった。我々が指摘したことは、短時間定格として、勾配途中における一旦停止後の再起動条件を挿入する必要性であった。この問題は最後まで尾を引いた。すなわち、メキシコ側から与えられた各国の応札の主電動機の過負荷特性曲線を分析すると、明らかに過負荷特性の不十分な電動機が見出された。機関車契約後もこの問題が議論され、我々帰国後もその問題の解明のため種々の協力を行った。

(b) 補助回路方式について

スペックには、単相交流を整流して、直流に変換し、補助電源とする方式が提言された。この場合、補助回転機が直流のため、重量、保守、価格の面で不利な点が生ずる。日本国有鉄道では、相変換機を塔載し、補助回転機はすべて 3 相インダクションモーターで標準化している。

(c) 冷却用補機

スペックには、冷却用補機は主回路比例制御が提言されている。主電動機は、その時定数から考えて、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。特に、メキシコのような山国の勾配が多い線区では、上記の配慮が必要である。

(d) その他

交流車両の主しや断器として、ACBを採用している。変電所、き電区分所の直前のセクションは、すべて2つのエアーセクションによって構成された無加圧架線であり、ノッチインのまま乗り入れが考えられている。

(2) き電方式・変電所

(a) き電方式について

スペックは、直接き電方式を前提としており、直接き電方式は、日本で広く採用されているATき電方式より約24%低廉であるとしている。今回のプロジェクトでは電力会社の送電線(400KV、230KV各々1回線)が電化予定線とほぼ平行に走っていること。230KVの送電線が鉄道用に専用線の如き形態で使用できる点から、電源系統としては、直接き電方式に有利であるが、その電圧に関しては、230KVという超高压の受電がAT方式に有利に働いており、我々の試算では、鉄道用変電所への引込送電線を含めると、AT方式の方が安価であることを指摘した。なおAT方式には、変電所の位置の選定の自由度、セクション個所の少ないこと。とくに、連続0.75%の連続勾配区間に並列き電方式を採用すれば、この区間にセクションが不要となることを提案した。

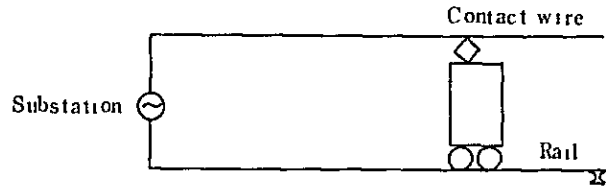
(b) き電系統の基準絶縁について

スペックでは、き電側にアレスターを設置せず、各機器のブッシングに放電ギャップを設け、機器の絶縁インパルスでは190~250KV、商用周波では81~95KVと40~50KV 2相系相当にしている。日本国有鉄道では、単相き電系は、片方が直接レールに接続されるので、低減効果を考え、インパルスで200KV、商用周波で70KVとし、系統基準値をアレスターでとっている。

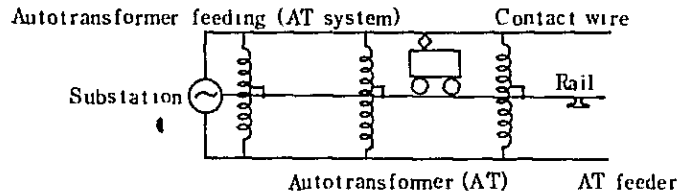
(c) 変電所の遠制方式

スペックでは、CTCと集中変電所制御を1本化して提案されていた。これは日本のシステムと大きく違う点であった。

Direct feeding



第5図 直接起電原理図



第6図 AT起電原理図

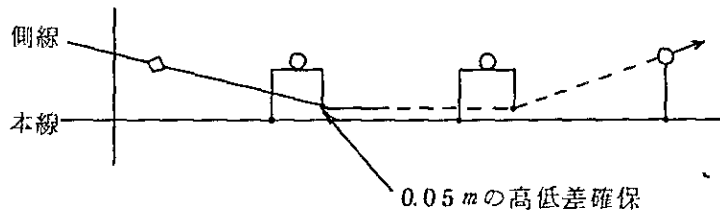
(3) 電車線路

電車線路について、下記の項目についての差異があることはよく知られている。

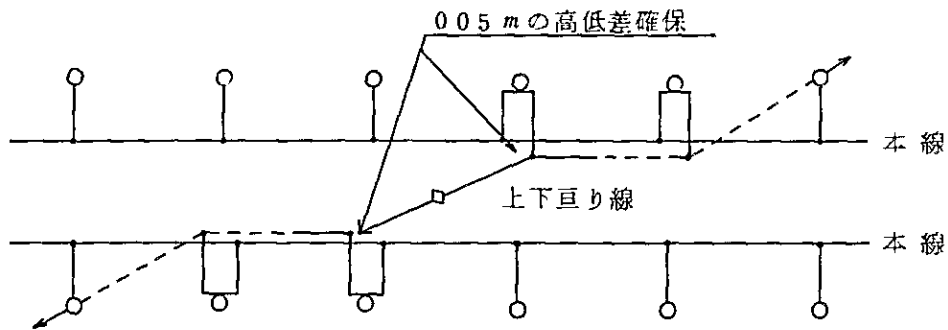
- ・架線がすべて銅系で構成されている。
- ・高速架線系として変Y架線が採用されている。
- ・支持物は鉄柱で構成されている。
- ・スパン線ビームが多用されている。
- ・低速区間用架線として直吊架線が採用されている。
- ・これら各方式の差異のため、金具や保護構成が日本と異なっている。

これらシステムの違いは、それぞれ長所、短所を持っており、日本とヨーロッパの輸送方式の違い（電車運転と機関車運転、列車密度、列車単位出力の違い）から、また技術の発展の方向の違いからも生じたものである。従ってメキシコに適したものを採用すべきであろう。例えば、スパンビームは、労務費が安く、鉄の高価な国では架線変動の大きい個

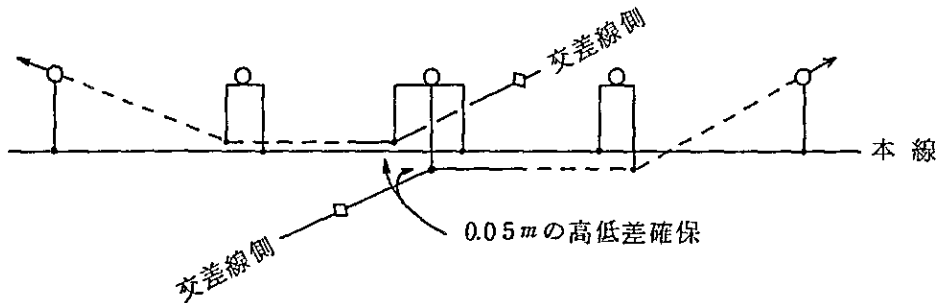
所を除いて多用が可能である。今回スペノクに見られた分岐個所、亘り個所、および交差個所の考え方を、それぞれ第7図、第8図および第9図に紹介する。これは、フランスでは昔から採用されている考え方で、パリ近郊の電車線路の設備は、すべてこの考え方で架設されている。低速個所（70Km/h以下）は、架線が単純に交差する設備となっている。いずれも本線通過のパンタグラフは、その端部で架線と接触することがないように、必ず架線平行個所でパンタグラフの中央部にて架線と接触するように考えられている。日本国有鉄道の東北新幹線でも、これと同じ思想で交差個所の架線が設備されている。



第7図 分岐か所の架線構成



第8図 上下線亘りか所の架線構成

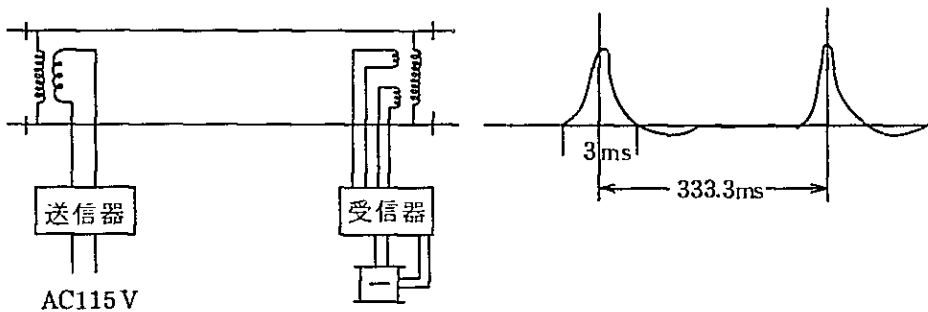


第9図 交差か所の架線構成

(4) 信号設備

(a) 軌道回路について

スペックに提言されている軌道回路は、パルス軌道回路である。これは相当古くからフランスが中南米で提言ないしは実施している方式で1重系の電子化された装置が、現場の線路沿いに、簡単な器具箱の中に日中放置されている。第10図に軌道回路概念図およびパルス波形図を示す。



第10図 軌道回路概念およびパルス波形図

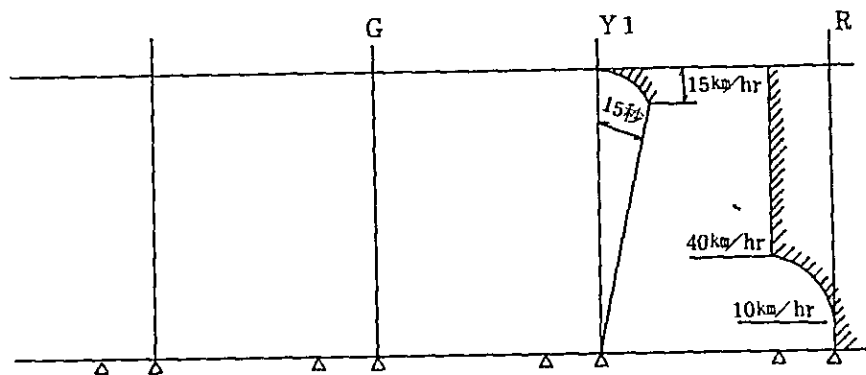
従来日本で使用されて来た交流電化用軌道回路は、分信周軌道回路が一般的であるが、非常にすぐれた保守性を有すると同時に安定した強力な電源が必要となり、経済的な面から有利といえない。現在その改良型として開発された長大軌道回路は制御長が4Kmとなり、架線から直接電源をとれば経済的にも有利な設備となっている。その他、AF軌道回路、コード式軌道回路、無絶縁化可能な軌道回路等種々の方式があり、各国では、その短所を補うためおよびコスト低減のため種々の工夫がなされている。

(b) A T S

スペックに提言されたA T Sは第11図に示すような構成となっている。

斜線の箇所が速度制限の壁である。すなわち、列車ブレーキ時と停車時の2点でチェックされている。メキシコでは、現在信号設備が不備なため列車衝突が相当多数発生しており、工場には、衝突により大破した機関が、1工場あたり数10両も修理待ちで放置されている。

この数を減らすことは、メキシコ国鉄に大きな改善をもたらすものと思われる。このような観点からATSを全国的に早急に整備することが必要であり、このためには点制御を主体とした経済的なATSで十分であると思われる。ただメキシコの現状の設備を見ると、停止信号の直後が危険区域となっている場合が多く、停止信号の前方一定区間において速度チェックを行い、危険速度で進入する列車を危険区域の前に停止させることが必要で、メキシコに適したATSとしては、かかる機能を持たせることが要求される。



第11図 ATSの構成

(c) 電気転てつ器の電源について

スペックでは、電気転てつ器の電源は直流を使っており、モーターも直流モーターが提言されている。日本国有鉄道では交流モーターを使っており、メンテナンス・フリーな設備であると同時にバッテリーや直流化のための余分な設備が不要である。

(5) 通信設備

(a) 伝送路

スペックでは、ケーブル心線はすべて装荷線輪を挿入した実回線で構成するよう提言されている。

日本では、10数Km未満の回線系は実線使用とし、10数Km～数10Kmの回線系としてはケーブル搬送装置を利用、数10Km以上はマイクロ回線も考慮する方式が一般的であり、前記のスペック記載の方式に

比較して、心線の使用効率がよくなり、経済的であると同時に通信の品質も向上する。

(b) ケーブルの構造

スペックでは、心線の絶縁に紙ケーブルを使用し、ケーゲルのシースは、アルミニウムまたは銅プラス鉛プラス鋼帯であった。

(c) 駅中間電話の電源

駅中間の電話機の電源は局部給電方式が提言されている。日本国有鉄道ではケーブル心線に商用周波電力を重ねる遠隔給電方式である。

(d) 誘導の条件について

起誘導の条件の中で明確になっていないのは、大地導電率と電気車電流の高調波含有率である。

メキシコの電源は、400KVと230KVが平行して走っており、その短絡容量も極めて大きい。従って、電源については、誘導問題は大きな問題になることはない想定される。しかしながら、通信線は未だに裸電線が各地に見られ、市内の電話は極めて雑音が大きく、この状態で交流電化が導入されれば、通信に支障を来す回線も生ずるものと想定される。また、今回の電化は、メキシコシティー、ケレタロ、セラヤ、サラマンカ、イラブアト各市の人家密集地帯を通っており、誘導問題はスペック上明確に規制すべきものと思われる。

(6) 車両検修

工場のスペックは、電気車専用工場として部分的には詳細な内容が提言された。メキシコでは、現在、ディーゼル・エレクトリック機関車の修理工場の検修能力に問題があること、および工場の詳細な設備は車両が決ってから決めるべき要素も大きいことから、今回の電気機関車の修繕のための新設工場は、車両が決ってから、その内容を加味して計画する必要があることを提案した。我々の提案が認められ、工場の建設計画は再検討することとなった。

3.2 入札書の評価

我々が作成した入札書の評価の項目は非常に技術上専門的になるので、ここでは考え方と大項目のみの説明をする。更に他の分野も考え方は同じなのでここでは機関車のみにとどめる。

(1) 全体構成について

入札書の評価を行な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われる。一般には技術的な面を優先する考え方が多いが、今回は厳選された応札者が対象であるため、技術的な面と経済的な面に同等のウェイトをかけた。

(2) 技術的評価

機関車を技術的な面から評価することは換言すれば品質評価といっても過言でない。すなわち事故の起りにくい機関車、メンテナンスフリーで保守の容易な機関車を選定することである。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もある。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、その判断のウェイトを高くとった。これらの部品の区分けとして下記を採用した。

車体、主回路（パンタグラフ、しゃ断器、トランス、整流器、主電動機）、制御および補助回路、空気装置およびブレーキ。

上記の5つの部品のウェイトづけを先に述べた観点から行った結果は下記の通りである。

	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

第12図 機関車の評価配点表

(3) 経済的評価

価格と融資は具体的な数字で評価できるので、評価しやすいと同時に最も高く評価すべき項目である。そして他の項目として、保守関連項目

は、予備品の供給、互換性、品質関連項目として、経歴、保証、当面の運用の万全を期すものとして、技術支援引渡し期間、その他メキシコ経済発展関連として、雇用、国産化、技術移転、国際収支がある。

以上の項目の評価の配点案は下記の通りである。

項 目	配 点 案	
	提 案	メキシコ案
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	140	89
技 術 移 転		60
雇 用		
国 際 収 支		

第13図 経済性を加味した評価の配点案

3.3 電化工事の工程調整

前大統領任期の1982年12月までに複線化・電化工事を完成させるべく進められてきたが、メキシコ国財政悪化および土木工事からむ汚職問題等により、鉄道路盤および軌道の工事が遅延し、これに伴って電化工事も大巾に遅れた。1982年2月になってやっとアラゴン附近からケレタロ方面に向って電化柱の基礎工事が現地で開始され始めた。更に5月頃からサンファンデルリオ地区にある資材集積地に電化柱を始め、電線類が契約先の国から到着し始めた。しかし8月に国の財政が極度に悪化し、現地通貨の切り下げを始め、銀行の国有化、輸入制限の強化等が国の施策として開始されるに至った。当然、国策として行われている各大形プロジェクトに直接波及し、本鉄道複線化、電化工事も大巾に工事の進捗をスロ

ーダウンせざるをえなくなった。一方、工事契約している各国（米、伊、日）から電化工事用機材がメキシコ国内にどんどん入荷され、変電の主要機器である大形トランスはサンフアンデルリオ資材集積地へ。電車線の主要機材である電化柱、装柱金具および電線類も同集積地へ。通信器についてはメキシコの日本電気の工場へ入荷保管。ケーブルも工場と集積地に入荷。電気機関車は1982年末に3台完成、残り、36台も1983年内に完成し、メキシコ市北部に位置する仮設車庫まで入荷することになった。何はともあれ、派遣期間中、工事工程の大巾なスローダウンで、具体的な、しかも詳細な工程調整業務まで至らなかったが、日本での経験を活かした現地カウンターパートへの指導、今後の工事の進め方等総合的な工程管理の手法の指導等を行った。

3.4 工事現場での直接指導

我々カウンターパートと共に直接工事現場へ出向き、工事中のものを始め、工事予定の地理的条件、気象条件等を考慮して、現場での直接指導を行った。国家財政悪化に伴なり工事進捗の大巾遅延後は、その期間を大いに利用して、難工事が予想される個所を事前に調査測量を行い、問題点の把握、それに対する対策を検討、確立し、効率の最もよい施工、最もよい設備を建設するよう指導を行なった。

3.5 教科書の作成

一般に鉄道の電化方式には直流電化方式と交流電化方式に大別されるが、メキシコでは後者の電化方式が実施される。日本では両方式とも採用実績があるが、メキシコでは市内の地下鉄が直流電化方式を採用しているが、交流電化方式は全く初めての試みである。我々は、日本での実績を十分活用して、極めて初歩的な交流電化方式の教材を、日本から持参した資料を参考にして作成し、カウンターパートを初めとする現地人技術者の技術のレベルアップおよび将来電化完成後のメキシコ国鉄技術者への指導書として活用した。

3.6 通信誘導対策の指導

鉄道の交流電化に伴なって沿線の通信線に人体、機器に危険を及ぼすよ

りな高電圧や雑音電圧が誘起される。この対策には色々あるが技術的、経済的に最適な方法を選ばなければならない。現地のカウンターパートに理論的な指導を行うため日本から持参した文献を要約し、英語に翻訳して説明指導を行なった。更に、現在日本国鉄で使用されている施工標準に規定されている誘導対策のための調査手順を西訳して関係者に配布して、指導を行った。

3.7 交流電化のき電回路の電圧降下の計算法

電化区間を電気が走る上に極めて重要な事柄の一つに、走行時の電圧降下を事前に知る必要がある。今回メキシコ～ケレタロ間の電化区間を例に実際に計算を行い、更に一般的な計算方法の指導書を作成した。

3.8 信号高圧配電システムの検討

信号高圧配電システムを検討するに当たっては、交流電化方式では架線電圧が特別高圧（メキシコの場合25KV）のため沿線に沿って配電線を設備する場合、架線の特別高圧による誘導電圧が問題となる。今回、信号用の高圧配電線を沿線に沿って設備するに当り、各種システムを検討してきたが、結局2つの方式にしぼられた。一つは地中ケーブル方式、もう一つは電化柱共架方式である。我々としては技術的に更に検討し、経済的に有利な電化柱共架方式を勧めた。

3.9 その他の主な技術指導実績

(1) 電気機関車の制御

サイリスターチョッパー制御方式の説明を行い、実際に機器を製造している工場へカウンターパートを連れて行き、製作工程と試験の見学指導を行った。

(2) 通信ケーブルの埋設指導

現在、メキシコ国鉄の通信線は全部架空式なので、通信ケーブルの埋設の方法および注意事項の説明を行い、更に、実際にケーブル埋設工事を行っている現場へカウンターパートを案内し、現場で直接指導を行った。

(3) 立体交差の架線方式の指導

バジェデメヒコ構内に低い立体交差があり、架線を張るために路盤を下げる必要があるか否かの検討を行い、考えられる3案のシステムについて各々技術的検討の結果、路盤を下げないで、最も簡単でしかも経済的なシステムを提案した。

(4) 光ファイバー通信システムの指導

本プロジェクトで初めて導入する光ファイバー通信システムの基本的な事項について説明、指導を行い、当時電話会社で工事施工中の現場にカウンターパートを連れて行き、見学指導を行った。

更に日本電気KKが実施したシンポジウムにも参加させた。

(5) 保守体制の指導

メキシコ国鉄では工事が完成すると、その設備の運営と保守を行うことになっているので、保守要員の教育と保守体制の整備が最大の課題になっている。これらの問題について、科学的、合理的な保守体制の考え方、能率的な保守体制について説明した。

(6) パーソナルコンピューターの取扱い方の指導

購送機材であるパーソナルコンピューターが届いたので、据付、配線を始め、長時間に渡って取扱い説明を行った。電化工事に必要な技術的な計算を如何にしてコンピューターで実施するか等の方法も指導した。コンピューターの利用技術のみならず、理論の指導、技術計算の方法の指導等に非常に役立った。

(7) 信号設備に関する指導

信号機の間隔と列車速度、ブレーキ距離について理論的な技術指導を行なった。更に貨車番号自動読み取り装置についての質問があり、現在日本で開発している手法について原理の説明を行った。

(8) ポリ塩化ビフェニール(PCB)の取り扱いについての指導

現在、メキシコ国内には人体に悪影響を及ぼすPCBが廃棄処理されないまま、大量に放置されている。この処理方法について、日本で処理した事例をあげて説明を行い、安全かつ最も経済的な処理方法の方向づけをした。

(9) 新幹線車輛技術に関する指導

最近特にフランスの新幹線と言われているTGVと日本の新幹線との

比較が、カウンターパートの間から度々質問事項としてあがってくる。我々はこれらの質問に対して、両国の新幹線の技術的な相異点を説明し、彼等に納得のゆく指導を行った。しかしながら国によって条件が異なるので、説明上困難な面もあった。

(10) 自動信号に関する指導

メキシコ国鉄では一部自動信号設備の使用箇所があるが、通信運輸省のカウンターパートにはその経験者がいない。従って技術力向上のため、信号設備の技術的な基本理論から指導を始め、長期間をかけて施工面上の技術まで指導をした。

(11) 電車線設備の指導

特に電車線の架線方式について、技術上詳細に指導、又張力調整装置および電車線の負荷電流による温度上昇等電車線の基礎理論を重点的に指導を行った。

(12) き電回路インピーダンスの計算方法の指導

本電化区間の電化方式は、直接き電方式（日本では採用されていないが、ヨーロッパでは広く採用されている）である。カウンターパートに理論に基づいて計算式を説明、更に日本での実験による直接き電方式のき電回路のインピーダンス値を説明した。

(13) 送電線、電車線路および弱電線回路の間の誘導電圧の検討

地理的な条件のため、当初計画より変電所の位置の変更が生じ、一部区間鉄道線路と平行に超高圧送電線を建設せざるを得ない状態となり、上記の件について、離隔の問題、誘導上の問題を検討し、計算の結果、一部弱電回路のルートを変更する程度で特に大きな問題はないという結論を得た。計算の方法、結果をカウンターパートに説明した。

(14) その他

電化計画の樹て方の指導、電気機関車の受け入れに伴う諸問題についての助言、運転関係では列車ダイヤ作成時の技術的な事項に対する助言、電化機器類の稼働までのメンテナンスの指導等を行った。

3.10 電化セミナーの開催

その他特筆すべきこととして、1982年7月に一週間、日本、メキシコ両国の主催で電化セミナーが開催された。日本から5人の電化の権威者が

来墨し、それぞれの分野で講演を行った。筆者も自分の得意な分野の講演をする機会が与えられた。

時あたかもメキシコでは初めての交流電化工事施工中で、工事に伴う問題、営業開始の問題、保守の問題、あるいは電化計画について広い範囲の勉強ができた。我々2人(中津専門家と筆者)でカバーできない点の指導もしてもらい、まことに有意義であった。初めての電化セミナーがメキシコで成功し、翌年はアルゼンチンで開催され、筆者も参加して講演した。このようなセミナーは長期派遣専門家の指導を更に効果あるものにし、技術指導面のみならず、国際親善面で効果が大きいのでこれを機会に続けてもらいたい。

3.11 技術協力の評価

この電化に対しては、日本は計画の段階から協力し、その各々の段階で立派な実績をあげ、良い評価を得てきたので、その次の段階の協力要請へ続き、ついに工事実施の段階まで協力が続いてきた。電化開業までの協力をする予定だったが色々のメキシコ国の突発的な状勢変化で、工事の初期の段階で任期が終った。工事が進まなかったので実務上の指導はあまりできなかったが、そのかわり、理論面での指導が十分でき、技術移転に貢献できたと思う。鉄道電化の教科書、通信誘導対策やき電回路インピーダンスの計算法の指導書の作成やその他の技術上の手引書の作成、更に電化セミナーの開催等が具体的成果の一部といえよう。現在我々の後任が通信運輸省へ、さらにまたメキシコ国鉄学園へ新任専門家が派遣され、我々の後を引き継いで活躍中である。入札評価の時は、元通信運輸次官から在メキシコ日本大使へ感謝状が送られ、工程管理の派遣時にも元通信運輸次官から我々に感謝状を賜った。我々の誠意をこめた指導に対して十分評価してくれたと思っている。

帰国の途中バンクーバーで、筆者の元の同僚、日本国鉄の職員だった技術で現在カナダへ移住してバンクーバーの鉄道で働いている友人に会った。たまたま彼の勤めている鉄道も初めて交流電化を始めたばかりで、色々な技術的な問題をかかえていた。計らずもかなりの問題の解決に協力できた。

4. 業務と技術移転の実際例

4.1 電化技術の技術移転

電化に関する技術移転については下記の場合が考えられる。

- イ. 工業生産
- ロ. システム運営
- ハ. 電化計画
- イ. 工業生産

メキシコ国の産業界を十分調査する時間もなく、またデータも揃えることができなかつたが、主要部品の国産化について、下記のランク区分で分析した。

- A すぐ実現可能な分野
- B 仕様を変えれば適用品がある。
- C₀ 条件付（些少）で可能な分野
- C₁ 技術指導（些少）を受ければ可能な分野
- C₂ 設備投資（些少）をやれば可能な分野
- D₁ 技術指導（ある期間）を要する分野
- D₂ 設備投資（ある程度）を要する分野
- E 技術的には将来可能であるが難しい分野
- F 経済的に不合理であるので国産化しない。特殊少量品である分野

(i) 変電機器の国産化

変電設備の機器は遠隔制御、インピーダンスリレー等特殊機器を除いて、メキシコで製作されている。したがって価格や信頼度を問題にしなければメキシコで生産可能である。しかし電関係の主要機器についてはしゃ断するひん度が多く負荷としても、機関車のような負荷に対する性能について長い時間かけて改良を行ってきたので技術転移が必要と思われる。

第14図 変電関係国産化(技術移転)の要約

名称	構成機器	技術問題点	ランク
1 受電設備	1) 計器用変圧器(コンデンサ形)		A
	2) 避雷器		A
	3) 断路器	機器の機構等について遠制のためや、2極用への改造が必要。	A~C ₁
	4) シャ断器	機器の機構等を2極用に改造が必要	A~C ₁
	5) 計器用変流器		
2 主変圧器	1) 单相自令式	ひん度の多い、き電回路の短絡電流に耐えなければならない。	C ₁
3 き電設備 (单相 27.5kv)	1) 計器用変流器		
	2) 断路器	機器の機構等について遠制のためや、2極用への改造が必要	A~C ₁
	3) シャ断器	閉路方式を採用し、シャ断回数も多いので耐久性のあるものでなければならない。	C ₁
	4) 計器用変圧器		A
	5) 避雷器	普通の形式ではなく重責務が要求される。	C ₀
	6) 総括盤とき電盤	特殊な回路(連動)や機器具を含んでいる。	C ₁
	7) A, T	低インピーダンスで作ることが必要。	C ₁
	8) 負荷断路器	真空設備の投資が必要。	D
	9) バッテリーと制御盤		A

(2) 電車線路の国産化

電車線路の設備は一見分りやすく、各部品は容易に製作できそうな感じを与える。たしかに現時点で国産化できる部品も多い。しかしながら次の点に十分考慮して、国産化に際し、慎重に対処することが望ましい。日本では東京、大阪近郊は戦前から電化されていたため、交流電化が始った昭和30年代当初は、東京から1,000Kmも離れた九州等で、非電化区間の中に突如電化の営業を開始した。この時間問題となったのは簡単な

鋼構物は九州の産業界から調達することであった。固定ビーム、電柱バンド等が地元産業界で調達されたが、大きな張力、大きなモーメントのかかる金具、部品の一部に不良品が出て、厳重な検査をやらざるをえなくなり、一部は再生産を行ったので、工期的に非常に苦しかった経験がある。電車線路は一重系の設備であり、張力のかかっている部品が一つ壊れても、又、大きな電流が通っている部品一つが発熱しても、電車線路の切断につながる。従って、張力のかかっている個所に使われる金具、大電流の通路に使われている金具等については、完全な品質管理のもとに100%機能を満足することが要求される。

今回は、メキシコで初めて架線が使用されることを考慮し、まず最初の年に使用するものは先進国で使用実績のある製品とし、この間に国産化できる製品は、材料の信頼度等を十分吟味するとともに、国産製品についても十分な検査を行ってから使用に踏みきることが望ましい。

(3) 信号機器の国産化

信号装置は、多種少量生産であり、しかも使用部品は広範囲にわたり、高度なシステム技術が要求される。従ってメーカーは、1社又は2社の専門メーカーにしほり、継続的な受注ができるよう当局が配慮する必要がある。そうでなければ技術の蓄積ができず、良い機器を作り出すことはできない。当然、技術提携にもとずいたロックダウンから開始されることが必要である。専門メーカーに要求されることは、主として次の2点である。

- a. 図面通り正確に製作が可能な技術力および設備を確保する。
- b. 品質を確保するため、製造過程で必要な検査と完成時に確実な検査を実施する。

Cにランクされている機器でも若干の部品を輸入することが必要である。

第15図 電車線路設備国産化（技術移転の要約）

名 称	構成材料、構成部品	技術的むつかしさ	ランク
1 支持物			
(1) 電化柱	(1) 遠心力鉄筋コンクリート製 (2) H形鋼製	大きな曲げモーメント、たわみ制限、大きな制限 亜鉛メッキ、X軸、Y軸の二次モーメントに大きな差がある。	A A
(2) 可動ビーム	一般構造用炭素鋼々管の組立構造		C
(3) ビーム			
a) 固定ビーム	構造用鋼材の組立構造		A
b) スパン線ビーム	高張力銅系合金電線等の組合せ		C
2 電 線			
(1) ちょう架線	(1) 亜鉛メッキ鋼より線 (2) 銅系合金より線	高張力で使用するため、製品の成分均一性を要する。	A F(B)
(2) トロリ線		大きなインゴットの製造、107mm ² 用の引延し装置に投資を要する。	E~F
(3) き電線	(1) 硬アルミより線 (2) 硬銅より線		A A
3 金 具			
(1) ハンガイヤー	(1) ステンレス、アルミ青銅鋳物 (2) 銅、銅合金	アルミニウム青銅鋳物の品質、製作精度	D D
(2) 曲線引、振止金具	アルミ青銅鋳物、アルミ合金	同 上	D~F
(3) コネクタ金具			
a) フィードイヤー	軟銅線、銅の鍛造品		D~E
b) 圧縮接続金具	銅、アルミニウム、ステンレス鋼		D
(4) 引留金具	構造用鋼材		A
(5) 張力自動調整装置	鋳物で構成		D
4 絶縁物			
(1) けんすいがいし			A
(2) 長幹がいし		端末の鋳鉄部と磁器部の接合	E~F
(3) セクションインシュレーター	FRP製		D

第16図 信号設備、国産化（技術移転）の要約

名称	構成機器	技術問題点	ランク
1. CTC設備			
(1) 制御盤	架、押釦類、制御ユニット	a. 特殊な板加工が必要である。 b. 電子部品の調達、組立配線、試験及び品質保償等で技術的にもむづかしい。	E
(2) 表示盤	列車番号表示器、制御ユニット	1-(1)-bと同じ	E
(3) CTC装置	電子ユニットとリレーユニット	リレー部品の調達、組立配線、試験及び品質保償等で技術的にもむづかしい。	E
(4) コンピューター	コンピュータ、インターフェース架	ハード、ソフト共に技術的にもむづかしい。	F
(5) 列車ダイヤ自動記録装置	制御器、記録用紙	特殊なもので技術的にもむづかしいものがある。	F
b. その他部品	タイプライター、ディスプレイ、アレスタ、電源機器、配線用ケーブル	部品の中には技術的にもむづかしいものがある。	C
2. 信号設備			
(1) 縦電連動装置	リレー架、配電盤、機器取付架、電源機器	a. 部品の調達、組立配線、試験及び品質保償等で技術的にもむづかしい。 b. 技術的な経験と技術的な熟練が必要である。 c. 特殊なブレーカーについては技術的な経験が必要及び特許も関係があるので購入またはライセンス生産が適当である。	E
(2) 信号機	信号機檣、信号機柱	加工精度にかなり高度のものが要求される。	C
(3) 電氣転てつ機	交流及び直流転てつ機、てご、鎖錠器	2-(2)と同じ	E
(4) A T S	地上子、接統箱	a. 技術的に熟練を要する。 b. リレーは部品の調達、組立配線、試験及び品質保償等で技術的にもむづかしい。	E
(5) 踏切装置	警報機、制御ユニット、器具箱	a. 製品の精度にかなり高度のものが必要。 b. リレー部品の調達、組立配線、試験及び品質保償等で技術的にもむづかしい。	E
(6) 軌道回路	レール絶縁、ボンド類 インピーダンスボンド、送受信機器	a. 材料の品質保償で技術的にもむづかしい。 b. リレー、フィルターは部品の調達、試験及び品質保償等で技術的にもむづかしい。	E
(7) 車軸発熱検知装置	表示器、検知器、伝送装置	米国製品を輸入。	
(8) 信号用電線路			A
(9) 自動閉そく信号装置	器具箱、ユニット装置	リレー部品の調達、組立配線、試験及び品質保償等で技術的にもむづかしい。	E
(10) 保守用工具	配線用工具、測定器	特殊なもので技術的にもむづかしい。	F

(4) 通信設備の国産化

第17図 通信設備国産化(技術移転)の要約

設備	項目	名称	分類	意見
通信ケーブル	通信ケーブル、装荷線輪を含む各種線路付属品類		E	<p>MEXICO における製作提携メーカーとして CONELEC, LATINC-ASA 等が考えられる。この両メーカーに対して調査を行った結果は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・直接き電方式においては A/B シースケーブルが必要となるが、上記両メーカー共 A/B プレスの設備を増設する必要があり、生産開始までに最低 2 年の月日と多くの経費が必要と考えられる。これらの点を考慮に入ると、両種類のケーブル共に生産開始までの期間として 1~2 年が必要と考えられる。 ・調査結果からすると、二製造機があるとされている銅鉄遮線ケーブルについての実際の製造実績はないように見受けられ、日本側が要求する電気的性能を満足するケーブルを製造できるかどうかについて現在のところ何とも言及できない面がある。 ・調査の結果によると現時点においてメキシコ国産のケーブルの値段は日本で製作する場合の 3 倍程度になるものと考えられる。 ・システム完成の時期が 82.8 と定められており、メキシコ国産ケーブルをこれに充当することは日本側が要求する性能の面で困難性があると現時点では考える。 ・もし今回のプロジェクトより後の電化用伝送路としてのケーブルならばメキシコ側の希望があ

設 備	項 目	名 称	分類	意 見
				れば、上記両ケーブルについても技術供与は可能である。
電話機類	二線式電話機各種		C ₂ , D ₂	一部のタイプについては設備の増設が必要でかつ組立て技術指導も必要である。
指令親装置			E	回路技術、組上げ技術等の面で困難性が高い。又信頼性については長年の経験が必要で、そう簡単に一朝一夕で実績ができない。
搬送 電話装置	配線用ケーブル 〃 電 線 電源ケーブル 銅板類 絶縁材料 プリント板 発振用トランス, コイル類 素子類	SWVP(0.5×xc) ケーブル NVWワイヤ 1V8mmスクエア ケーブル SPC冷間巻取り (Cold Rolled) カーボンス チールシート アルミニウムアレイ (Alley)シート ラミナポリエステル フィルム 抵 抗 コンデンサ ダイオード トランジスタ 集積回路	A A A A, Cs A, Co C ₁ , D ₁ C ₁ A, C ₁ D ₁ A, C ₁ A, C ₁ D ₁ , E D, E E, F	成分配合および均一押出し技術に問題がある。 一部の種類については複雑な技術を要する。 正確な周波数を発振するために、製品の品質にムラのないことが必要である。 値の許容範囲が小さいものについて問題がある。 同 上 一部の形式については或る程度の技術指導で十分だが、その他については組成成分の配合技術、組上げ技術、製品品質の均一化に問題がある。 同 上 世界的にも非常に特殊な技術であり、know how的部分も多い。

設 備	項 目	名 称	分 類	意 見
				(備考) 本設備はメキシコに NEC de MEXICO SA de CVと言う日本国 メーカーと提携工場があ り、この技術レベル、 設備を勘案したうえで分 類した。
電 源	電 池 整流装置	300 AH, 48V アルカリ電池 350 AH " "	A A D ₁	回路技術、組立技術にむづかしい 点がある。又信頼度については長 年の経験が必要である。 (備考) 製作提携メーカーとし てMEXICOにIGSA, ESB等が考えられる。

(5) 車輛の国産化

車輛の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さなくなるので以下に記述する2点は重要なことである。

- a. 図面通り正確に製作が可能な技術力、設備を確保する。
- b. 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。

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、艤装組立、総合試験は直営鉄道工場て実施する方法が最良と考えられる。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。

民間車輛メーカーで実施する場合は、車輛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十分注意する必要がある。

第18図 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 D~E
連結装置	自動連結器、緩衝器	輸入品(米国製)	—
ブレーキ装置	ブレーキ弁、制御弁類、 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、組立上のむつかしさがある。	D ₁ ~D ₂
	真空しゃ断器、避雷器	設備投資が必要である上、数量的に少い	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つかしい。	E~F
	補助電動機、送風機、ポンプ等 電気連結器、コネクタ類	生産しても経済的に合わない。	C ₁ ~C ₂ 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つかしい。	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	機器機装(小形機器)	機装作業の基本を習得する。	C ₁
	機器機装(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、配線機装	技術的にむつかしく、ピット線等の設備投資が必要。	D ₁ ~D ₂

第19図 車両検修主要設備国産化の難易度

機器・装置	構 成	困 難 性	マーク
荷 役 機 械	天井クレーン	大型天井クレーンは、安全性、操縦性を検討する必要がある。	A~C
	フォークリフト		A
	ジブクレーン	バランス型ジブクレーンは制御機構について技術転移の必要あり	A~C
	ターンテーブル	制御機構	A
工 作 機 械	普通旋盤、形削盤、ボール盤、プレス等		A
	車輪旋盤		F
清掃、洗浄機械	噴射洗浄装置 (Motou用)	特殊機械で技術的難度が多い。また、経済性が少ない	D
機械部品用試験機	超音波洗浄装置、気吹清掃装置	〃	C~D
	バンクグラフ試験装置及びオイルダンパ試験装置	〃	D ₁
	安全弁試験装置、圧力計試験装置		A
	空気ブレーキ試験装置	構成部品の一部 (空気ブレーキ弁等) 購入が必要	B
	磁気探傷機及び超音波探傷機	特殊小量機械で技術的難度大で経済性小さい	D ₁
回転機械用試験機	動つり合い試験機及び主電機試験機	〃	F
	絶縁抵抗試験機		
	絶縁耐力試験機及び絶縁劣化試験機	高精度計測器の入手とシステム構成技術がポイント	B~C ₁
回転機用試験機	電動空気圧縮機試験機		
	相変換機試験機	特殊小量機で技術的難度大、経済小	F
電機機器用試験機	整流器試験機	高精度計測器の入手とシステム構成技術がポイント	D ₁
	A T S 試験機	〃	C ₁
	無接点リレー試験機	特殊小量機で技術的難度大、経済小	F
	電気計器校正装置及び継電器試験機		A
	速度計試験機	高精度計測器の入手とシステム構成技術がポイント	B
そ の 他 機 械	空気圧縮機		A
	トラバーサ		A

(6) 車両検修設備の国産化

電気機関車の検査修繕用の機械、試験機は、特殊機械、一般機械および一般機械を改良組合わせた専用機械の3タイプに分類される。特殊機械の製作には専門技術を必要とし少量生産である。そしてパテントを持つものも含まれている。従って輸入ある方が得策と考えられる。一般機械は国産化すべきであるが、一般機械を改良組合せをした専用機械もできるだけ技術移転をして、国産化をすすめるべきである。

4.2 システムの運営技術の導入

今回の設備投資は単に動力をディーゼルから電力に置き換えることのみでなく、従来から問題になっている次の事項の改善をめざすものでなければならぬ。

- (a) 機関車修繕の抜本的改革
- (b) 列車運行に対する管理体制の強化
- (c) 電化を機会に実現する近代的な設備の保守・運営の効率的実施

(1) 機関車修繕の抜本的改革

電化を機会に機関車は内燃機関から電気機器におきかえられ、本質的にこわれにくい、修繕容易な機器と替るので、この特性を十分発揮できる個々の技術の確立と保守体制の確立が必要である。

(a) 個々の技術の確立とは、修繕に携さわる個人個人の技術向上を意味する。個々の技術向上は機器納入メーカーの各機器取扱い指導だけに期待せず、主要職場の現場の指導者（職場長）を先進国機関車修理工場に派遣して実施に技術を修得させることが望ましい。この中で特に修繕に必要な工具の使い方、試験器の取扱い方、検査・試験のあり方の習得に努めさせ、今回の機関車修繕用工具については、自分達で工夫して作成することが望ましい。今回の機関車は電子部品も多くなっているため、かかる装置の修繕のあり方は、相当の若い意欲のある技術者を選んで十分技術習得の機会を与えることが必要で、この技師が現場の従事員を指導する体制を作ることが望ましい。

(b) 機関車の修繕体系の確立については、機関車と機関車工場機器の入札業者がそれなりの指導を行なうことになる。これもメーカーの指導のみに期待することなく定期検査方式の導入はもとより、現場で発生

した不具合、工場または検修基地で処理した不具合が修繕周期の変更ならびに修繕内容の修正につながるようフィード・バック体制を作ることが肝要と思われる。これは高級技師を鉄道先進諸国に派遣し、先進国のやり方を十分見学し、また先進国から専門家を招聘する等技術向上に努めるべきであろう。

(2) 列車運行に対する管理体制の強化

メキシコの鉄道はアメリカの鉄道と直接つながり、またメキシコ国のなかでも一元化が行なわれていない。したがって列車運行管理の全体を一元管理することは非常に難しい。こういったメキシコの輸送事情を反映した列車運行に対する管理方式を如何に改善するかの問題はメキシコ自らが最も合理的な方法を開発・発展さねばならない。現在実施されている制御所を中心とした運行管理システムは本質的にはすぐれた方式であり、メキシコの事情にマッチしているように思われる。この方式を更に発展させるためには、一つは今回導入される列車追跡装置や無線等の情報連絡設備を十分活用するよう鉄道先進諸国の実態の調査、鉄道先進国からの専門家の指導を受入れることが必要である。また他方、現場を見た感じでは構内における作業のあり方を分析し、列車運行に対する問題点を把握し、その改善の方向づけを行うことも必要と思われる。

(3) 近代的設備の保守、運営の実施

今回の電化を機会に大巾な設備が導入されるが、これらの設備の保守運用に関する技能向上がなされねばならない。

(a) 電車線路・変電所

今回の電車線路は高速性能の点からいってメキシコでは初めての設備であること、および電車線路は一重系の設備で、その事故は列車運転に重大な支障を来すことを考慮すれば、その保守技術の習得は何よりも必要である。そのためには、まず将来電車線路の保守に従事する人を全員工事に従事させ、電柱の穴掘り、建植、架線の延線、架線の調整を身をもって体験させることが、個々の技術を向上させる最も近道で、確実な方法である。これは工事の契約との問題があるので前以って検討しておく必要がある。

変電所の保守技術の向上については、将来の保守従事者を工事で行う試験に参加させ、できれば自らが試験を行える程度まで技術を

習得することが望ましい。もちろん、上に述べた実地作業に従事すると同時に机上での技術習得も必要である。これには将来現場の長となる候補者（若くて意欲があり、将来性のある人が望ましい）を数人鉄道先進国の技術者に教育してもらい、この人が現場の従事員を教育する方法が最もよいやり方であろう。

(b) 電力指令

電力指令は電力設備（変電、電車線路、電灯電力設備）の全体を管理し、運転指令と密接な連携をとり、事故時に対処し、運転の確保、復旧の指示を行い、場合によっては電力会社とも連絡を行う。さらに、電力指令従事員は、保守について、電力設備の高度な技術集団として現場の保守者を指導させる位置づけを与えることも検討に値することと思われる。電力指令の権限と責任、運転指令との連携、信号通信設備の保守機関との連絡等、電化開業までに十分確立をはからねばならない。

(c) 信号・通信

信号・通信について特殊なことは、現在使用している信号・通信設備がごく短時間の使用停止後新しい設備に次々に変わっていくことである。

信号については、レール附帯のボンドから信号ケーブル、現場の連動装置またはCTC設備の取り入れられたコンピューターまで、その設備の巾は広い。信号に関する技術向上には、将来の信号技術者を工事で行なわれる試験に従事させ、試験のなかで重要な役割を分担できるよう試験の実施までに技術を向上させる必要がある。これには早くから教育をほどこし、使用開始に対処することが肝要である。この養成も先に述べたと同じように、将来現場で責任ある地位につく人を鉄道先進国の技術者が養成し、その人が現場の従事者を教育する体制が望ましい。通信は現在NECの無線設備が導入されつつあり、それなりの技術を持った人が現場のなかにも見つけられる。この通信の技術者をいかに活用するかの問題を含めて次に述べる技術融合の問題を検討すべきであろう。

(d) 技術融合

要員の運用からいえば、同じ人が広い範囲を担当することが望まし

いが、メキシコでは変電、電車線は同じ人が保守し、信号、通信も同じ人が保守する体制が望ましい。特に信号、通信は設備が相互に関連し、電子化が行なわれるので、技術的には類似した設備になりつつある。先進国では生い立ちが異なるため上記4つの系統は別々に管理されている所が多いが、メキシコでは最初から電力と信号・通信の2本立てにすることが望ましい。

(e) 保守体制の確立

保守組織については、各国国鉄は各々独自の組織を持っており、いずれも一長一短あるものと思われる。メキシコの現体制をそのまま生かすとするれば、機械局と電気局となり、電気局の下に電力と信号・通信の2つのセクションを設け、現場もその体制にすることが望ましい。また現場に高度な技術が導入されるため、保守者全員に高度な技能が期待できないと思われるので、技術センター的な要素を特定な現場機関に持たせ、現場の人々が遭遇した高度な技術を必要とする問題は、この技術センターを通して解決する等の処置も必要となる。メキシコの現状を十分検討の上、メキシコの事情にマッチした保守のあり方を検討する必要がある。

保守の考え方も鉄道先進国間に多少の差異はあるが、基本的には類似している。しかし事故復旧要員の考え方、現場における技術センターの運用方法など差異も多い。メキシコに合った組織・仕事の進め方が肝要である。いずれにしても現場におきた事柄が本社ヘフィード・バックされ、作業計画や設備の規程の改正が行なわれるシステムの確立が望まれる。

(f) 電化開業に対する組織と活動

電化開業の直前まで非電化での運転が、電化開業の日から直ちに電化運転に変更となる。したがって電化開業の日までにシステムの変更の準備が万全に整っていることが必要である。このシステム変更は、先に述べた先進国技術者に教育されたメキシコの技術者によって行われるのがよい。

4.3 電化の計画

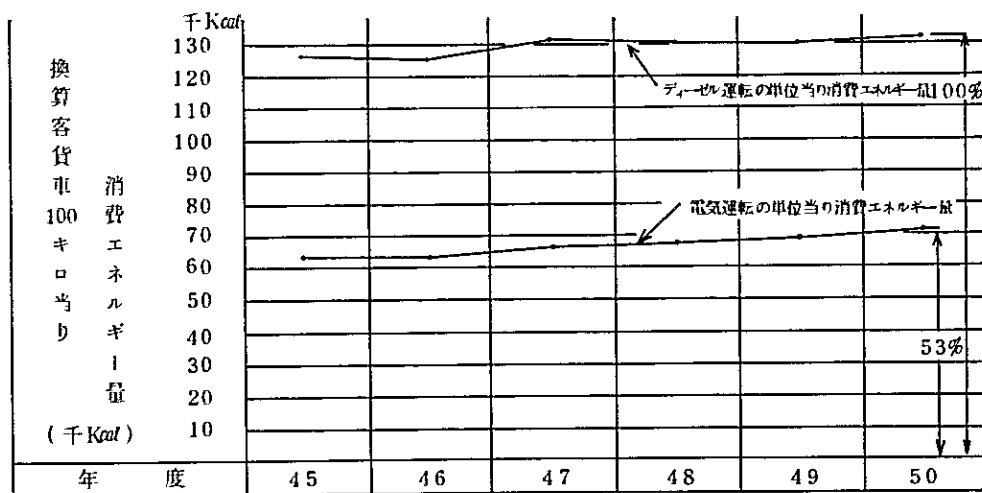
電化には莫大な投資を要すがそのメリットは非常に多い。開発途上国においては一般に電化推進担当者は電化のメリットを十分理解しながら多額の投資が伴うので、大蔵省等の予算担当省庁の担当者に電化の投資を決意させるのに苦勞している状態である。電化が決定されると電化システムの設計等のハードな面は鉄道先進国から技術協力を得られるが、電化を決意させるための理論づけは国情の違いもあってなかなか困難である。電化を進めるに、如何にして電化の理論づけをするかの関心を持っている国は非常に多い。ここではこの問題についてディーゼル化と対比しながら扱うこととする。

(1) 経済的効果……輸送コストの低減

(a) 動力費

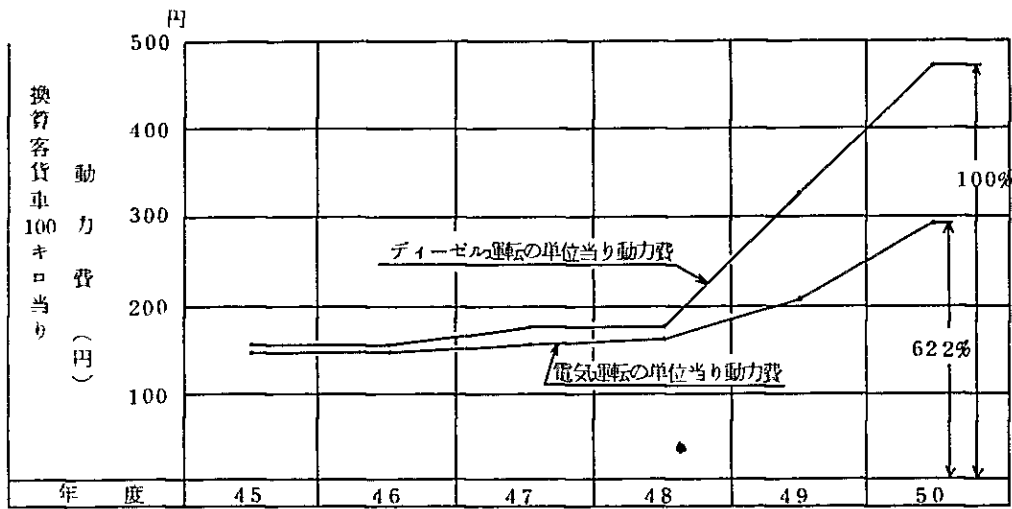
同一重量を、同一距離運ぶエネルギー消費量は、ディーゼルと比較して、約 $\frac{1}{2}$ ですみ、これを動力費で見れば、約40%減となる。

(第20, 21図参照)



第20図 ディーゼル運転と電気運転の単位当り消費エネルギー量の推移

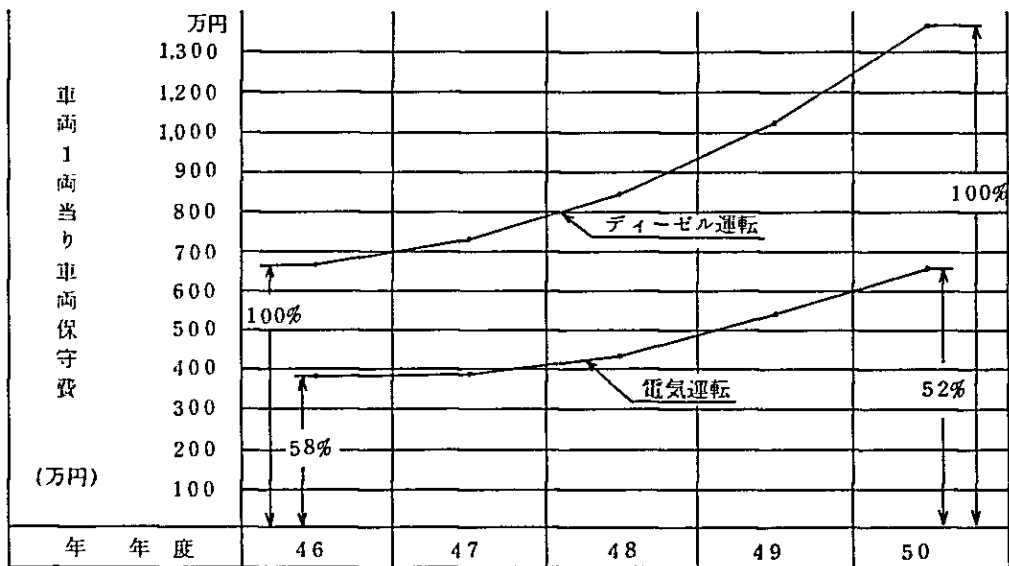
<エネルギーの節減>



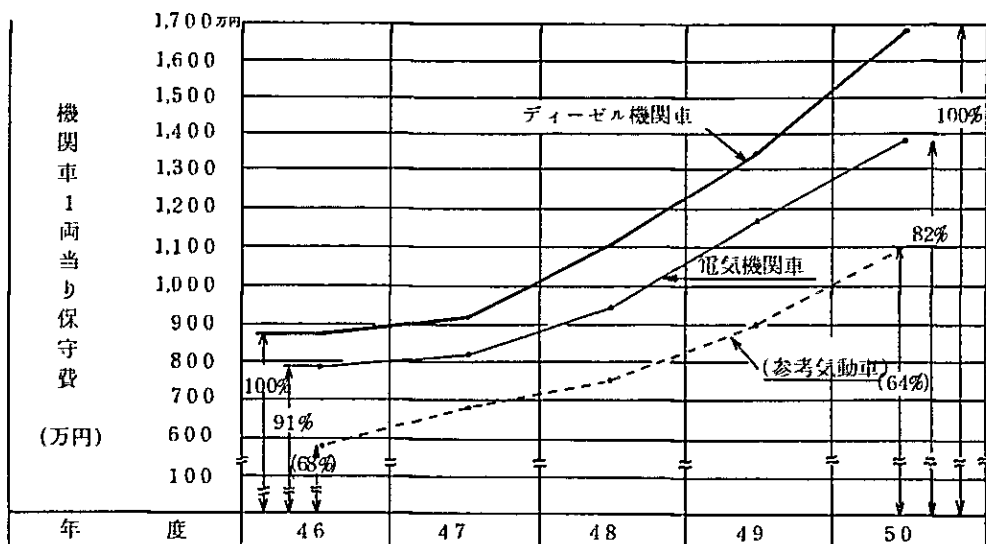
第21図 デーゼル運転と電気運転の単位当り動力費の推移

(b) 車輛保守費

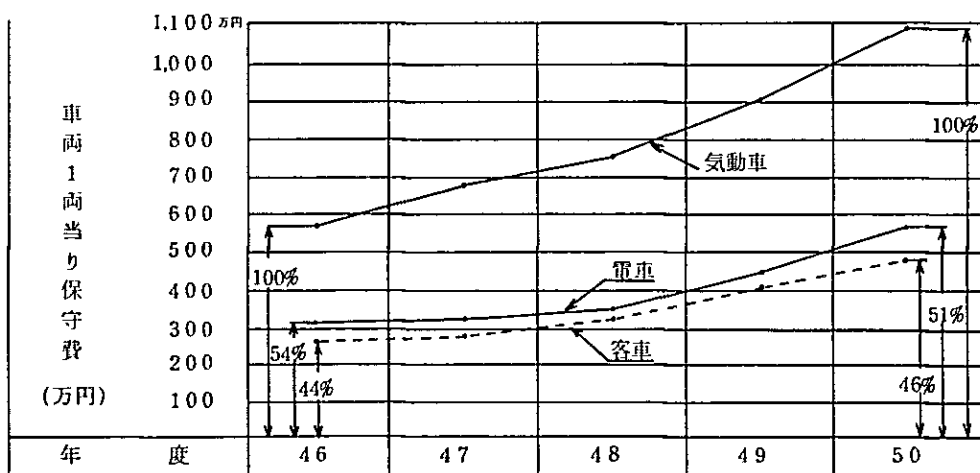
人件費、材料費を含めて、車輛1両当り約50%減となる。また、車輛1Km当りで見ると約60%の減となる。(第22～26図参照)



第22図 デーゼル運転と電気運転の車両1両当り年間保守費の推移(新幹線を除く)
(車両1両当り、工場・区修を含む)



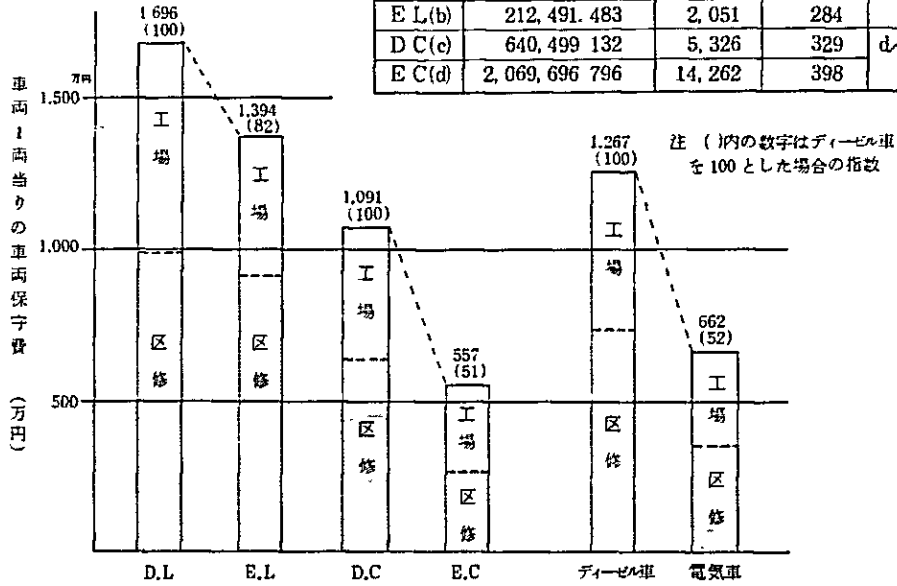
第23図 ディーゼル機関車と電気機関車1両当り年間保守費の推移(新幹線を除く)(工場・区修を含む)



第24図 旅客者両1両当り年間保守費の推移(新幹線を除く)(工場・区修を含む)

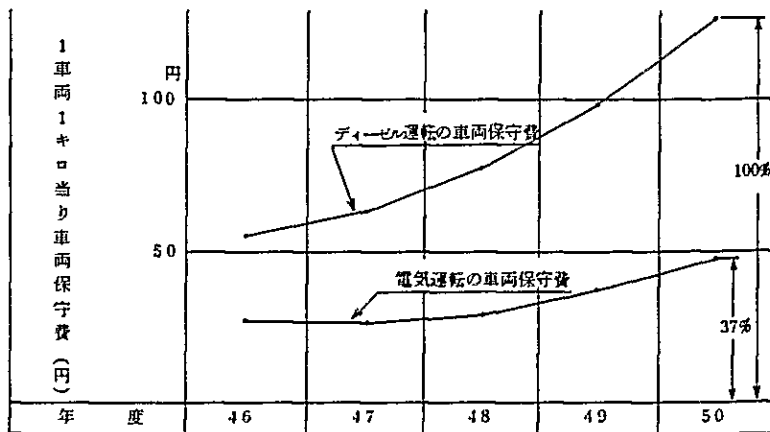
車両運用効率の比較

車種別	車キロ (km)	車両数 (両)	日車キロ (km)	日車キロの割合
D L (a)	107,525,457	2,184	135	b/a 2.1
E L (b)	212,491,483	2,051	284	
D C (c)	640,499,132	5,326	329	d/c 1.2
E C (d)	2,069,696,796	14,262	398	



第25図 車両保守費の比較 (区修+工場)

<車両保守費の節減>



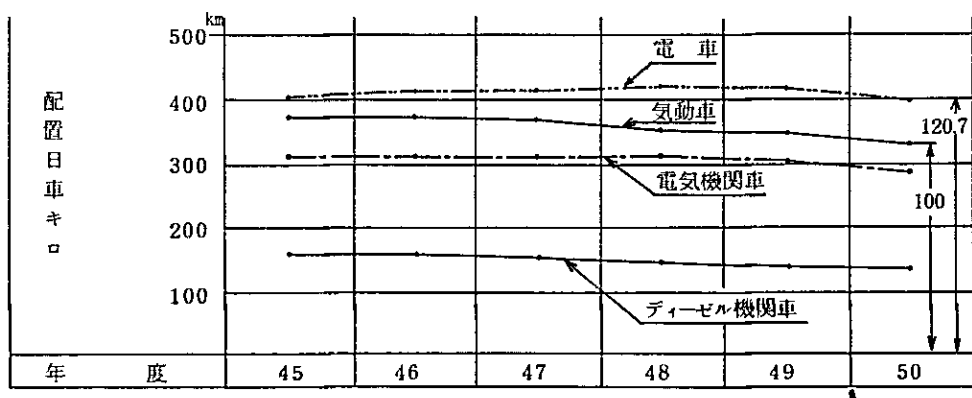
第26図 ディーゼル運転と、電気運転の1車両1キロ当り

車両保守費の推移 (新幹線を除く)

<車両保守費の減>

(c) 車輛の運用効率及び乗務員の生産性

配置日車キロでみると、電車は気動車の約1.2倍と運用効率が高く、同一輸送量をまかなうのに、少ない車輛で済むことになる。(第27図参照)

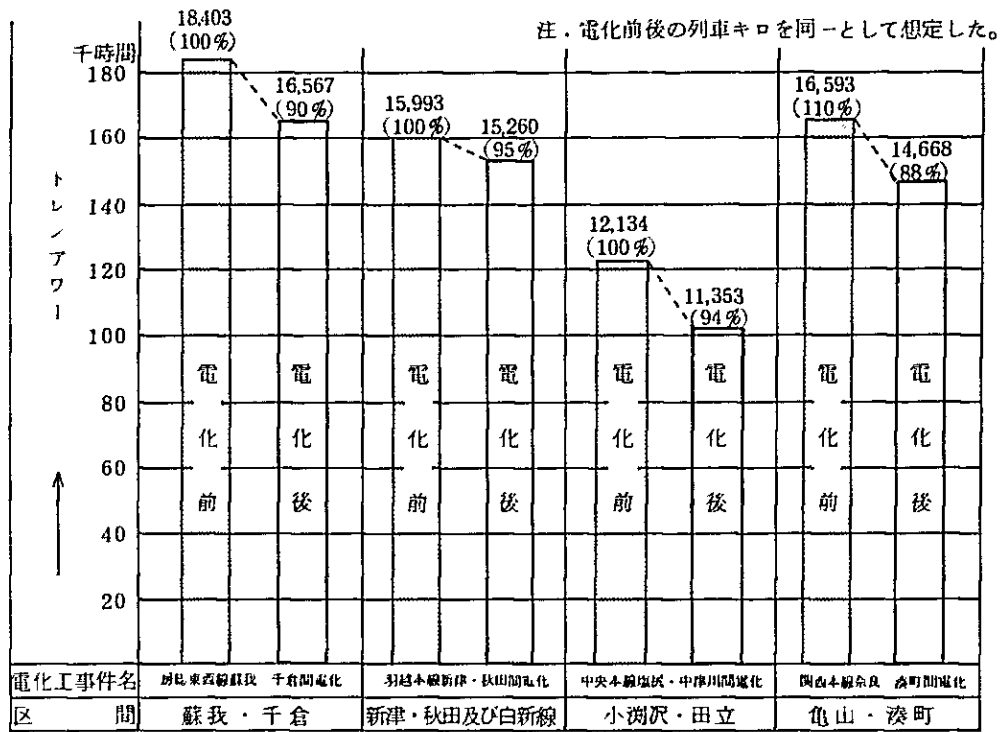


第27図 車種別配置日車キロの推移(新幹線を除く)

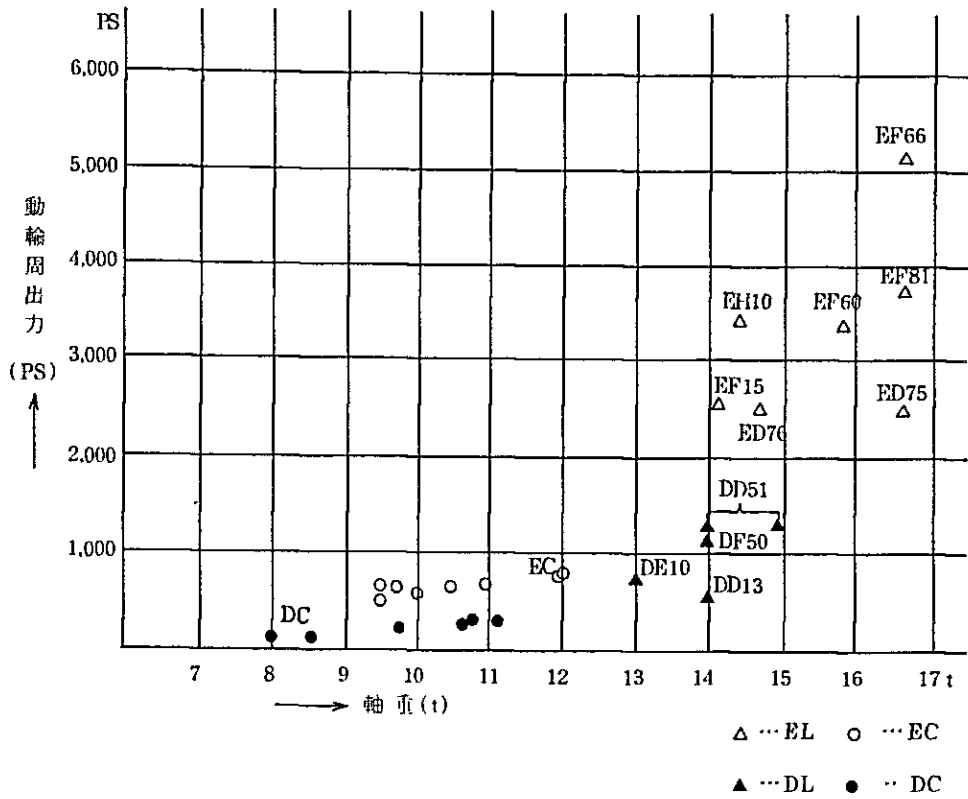
乗務員の生産性はスピードアップにより、トレーンアワーが約10%程度短縮され、同一輸送量をまかなうのに少ない乗務員で済むことになる。(第28図参照)

(d) 高索引力による生産性

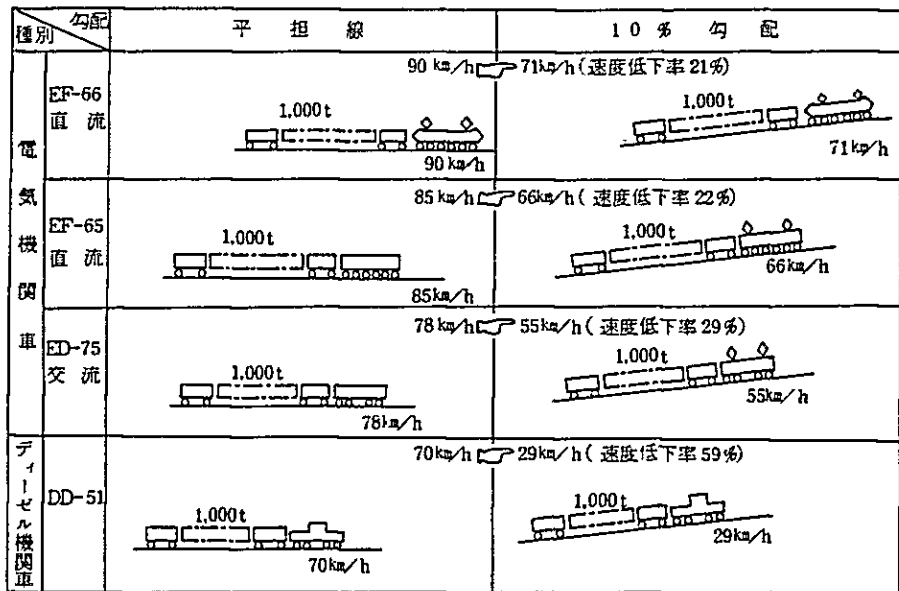
機関車の動輪周上出力を比較すると、約2倍となり、索引定数が向上し、一回で大量輸送ができるため運ぶ回数が少なく、乗務員を含め、経費が安く済むこととなる。(第29～31図参照)



第28図 電化前後における旅客列車トレンアワーの比較

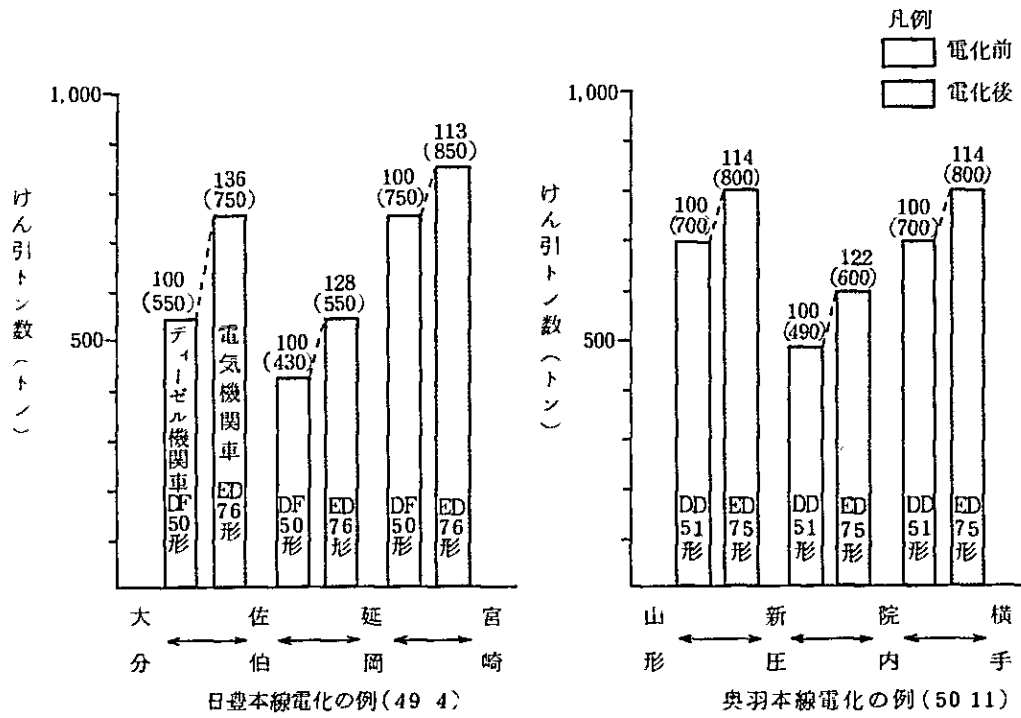


第 29 図 車種別形式別軸重当り動輪周出力



第 30 図 機関車性能の比較 (普通貨物で計算)

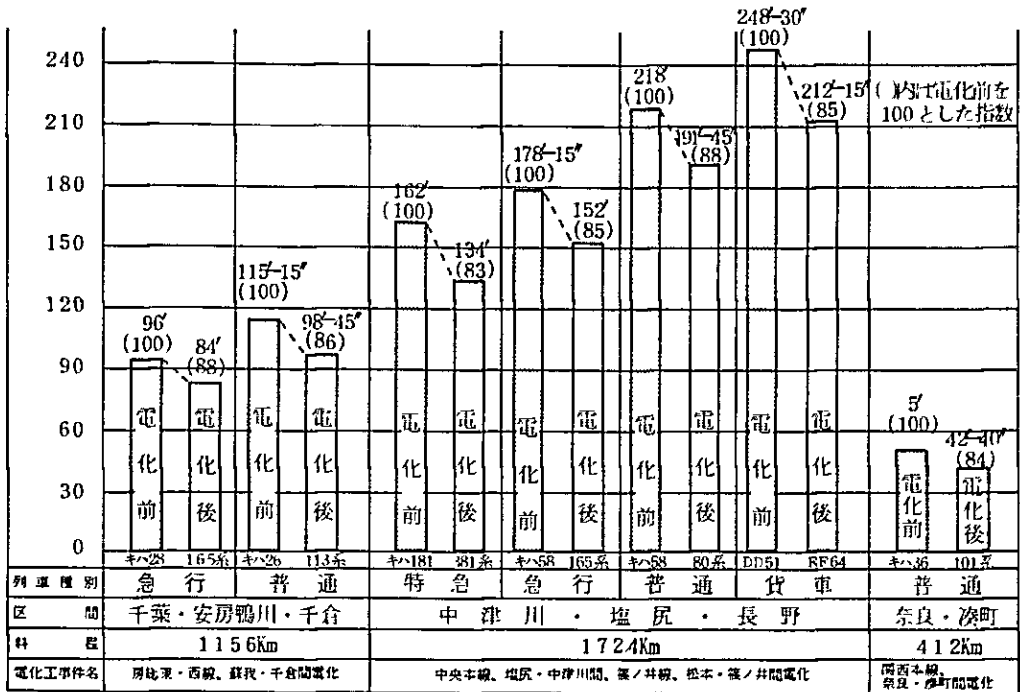
<けん引力向上による均衡速度向上の例>



第31図 電化前後におけるけん引定数の比較
 <けん引力向上の例>

- (2) サービスの向上
 - (a) スピードアップ

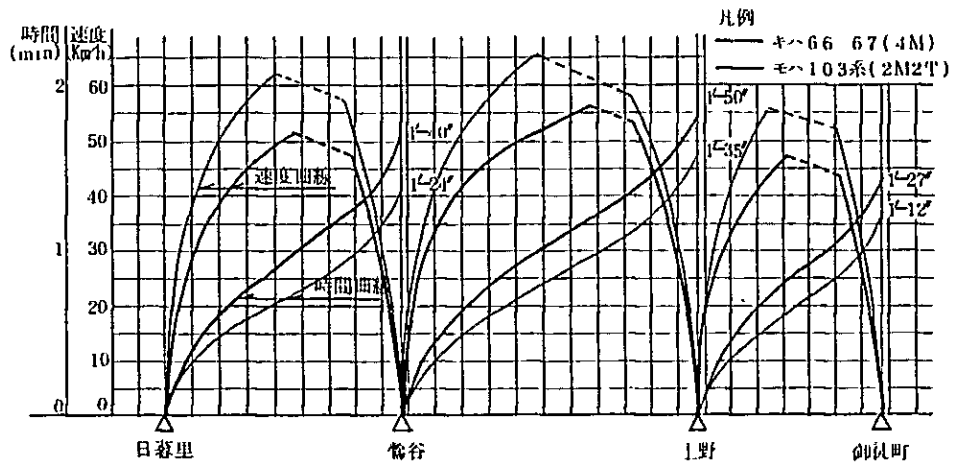
到達時分が5～20%程度短縮される。特に勾配区間において、効果が著しい。(第32図参照)



第32図 電化前後における標準運転時分の比較

(b) フリクエンシー

通勤線区（平均駅間0.9km）のモデルで試算すると、約10%強のヘッド短縮が可能となる。（第33図参照）



※ 大都市交通において、キーポイントとなる運転時隔については、キハ6667形気動車(4M)と、103系電車(2M2T)を比較すると、次表のとおりである。

注1) 山手線、日暮里、鶯谷、上野、御徒町を対象とした。

2) 一時間当り設定可能本数の算出にあたっては、設定余欲を20秒とした。

車 種	理論最少時隔	一時間当り設定可能本数
キハ6667気動車(4M)	2分 20秒	22 本/時
モハ103系電車(2M2T)	2分 4秒	25 本/時

第33図 気動車と電車のヘッド比較

(3) 社会的効果

(a) 省エネルギー効果

電気エネルギーは、水力、石炭、石油、原子力等、その一次エネルギーが多様であり、脱石油施策に対応できる。また、電気運転単位当りのエネルギー消費量は、ディーゼル運転の半と、省エネルギー効果が期待される。

(b) 地域開発効果

沿線が電化され、スピードアップやフリークエントサービスされると住宅団地等が建設され、沿線人口が増加して開発される。それにつれ産業も導入される。

部門	昭和45年度														
	国鉄投資例		逆行列係数の列和 (I-(I-M)A) D	付加価値率 E	雇用係数 F	生産誘発額		付加価値増		雇用増					
	車両投資 A	線増投資 B				電化投資 C	車両投資 A×D	線増投資 B×D	電化投資 C×D	車両投資 A×E	線増投資 B×E	電化投資 C×E	車両投資 A×F	線増投資 B×F	電化投資 C×F
	億円	億円	億円		人/百万円	億円	億円	億円	億円	億円	億円	億円	百人	百人	百人
製材・木製品		4.1	30	1.959	0.271	491,841 2,257,073	80	58	21	16			17	1.3	
石油製品		0.7	0.3	1.225	0.509	30,787 0.01	0.9	0.4	0.5	0.2			0.1	0.1	
窯業土石製品		1.39	22	2.014	0.406	561,737 2,669,889	280	4.4	114	18			5.9	0.9	
鉄鋼一次製品		4.8		2.893	0.240	412,287 7,283,554	13.9		3.3				0.8		
一般機械		3.55	1.65	2.430	0.363	1,235,915 8,323,685	618	40.1	224	146			9.1	5.9	
電気機械		81	411	2.330	0.354	1,348,502 7,632,387	188	95.7	67	339			3.3	1.69	
輸送機械	1000			2.470	0.342	1,266,540 7,623,961	247		845			410			
土木		3.28	3.28	2.092	0.444	1,557,387 5,495,632	686	66.8	30.5	296			19.4	1.89	
電力		0.9	0.9	1.461	0.651	1,582,422 1,856,967	13	0.4	0.8	0.3			0.2	0.1	
その他サービス		9.2	9.2	1.816	0.545	3,100,622 9,252,887	16.7	8.4	9.2	46			5.6	2.8	
計	1000	1000	1000			247	218	222	85	87	87	410	46	47	

車両投資	電化投資	投資合計	生産誘発額	付加価値増	雇用増
100億円	60億円	160億円	380億円	137億円	69千人
(100億円)	(100億円)	(200億円)			

注 ()内は、直接労務費を含む国鉄としての投資額、車両投資電化投資額の比はS42~S50の実績平均

第34図 設備投資波及例

(c) 生産誘発効果

設備投資それ自体が有効需要として、資材購入などを通じて、関連産業の生産を増大させることになる。電化投資200億円に対し、約380億円の生産が誘発されたことになる。また、これにより雇用吸収量は、約7万人、137億円の所得をもたらした。(第34図参照)

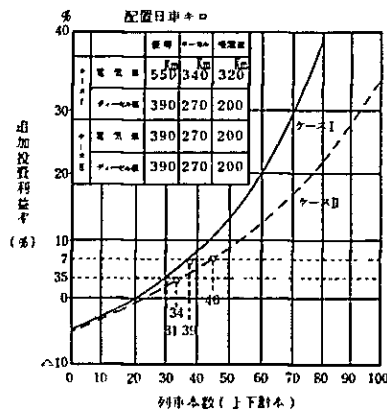
(4) 経済面からみた電化の範囲

電気運転は、ディーゼル運転と異なり、地上設備の投資とその保守費が必要となる。これらの投資および保守費は、輸送量の増大に伴って、幾分大きくなる傾向を有するが、その大半は輸送量に無関係な固定経費と考えるとよい。一方、動力費、車輛保守費等は、輸送量に比例して大きくなる経費である。従って、電気運転とディーゼル運転とを比較して、どちらが有利であるかは、その線区の輸送量に大きく支配され、経済分岐点となる輸送量が存在する。すなわち、電気運転とディーゼル運転とを経済的に比較することは、ある線区の輸送量がこの経済分岐点を越えているか、否かを検討することであるといっても差支えない。昭和50～51年の各種諸元の実績値を使用し、追加投資利益率を7%とした場合には、概ね電気運転の列車本数は40～45本/日(上下計)が損益分岐点となる。(第35図参照)

経済性比較、輸送条件

列車構成			構成	
貨物	特急・急行	ローカル	特急・急行	ローカル
0.28	0.26	0.46	6両	5両

$$\text{追加投資利益率} = \frac{\text{ディーゼル化経費} - \text{電化経費}}{\text{電化投資額} - \text{ディーゼル投資額}}$$



第35図

4.4 業務及び技術環境と円滑な協力実施のための条件

(1) 業務環境条件

メキシコの場合、大統領の任期が6年で再選はされないことになっている。大統領が交替すると大臣は勿論、省庁の局長、部長、幹部もすべて交替する。

大統領交替時には数ヶ月間、官庁事務は停滞する。ほとんどのプロジェクトは大統領が差任してから計画が始り、在任中に完成される。他の国に比較して計画倒れになるプロジェクトは少なく、突貫工事も多い。前政権時に石油収入を当て込んでプロジェクトを多く実施したので、外国からの借金が増え、中止されたプロジェクトが多い。

官庁の上層部は在任中の6年間に多くの案件を実施しようとするが、中級幹部や技術者はいつまでたっても地位が上がらないので意欲が低い。

(2) 技術環境条件

官庁の給料が低いせいか、技術者は非常に少ない。従って何かプロジェクトを実施するためには、国内の民間や外国のコンサルタントに頼らざるを得ない状況である。通信運輸省の技術者はほとんどが大学卒で、しかも出入りの多い鉄道先進国の技術者から指導を受けており、外国へ留学した者も多い。従って彼等は電化の経験こそないが、理論的で技術の中も広く、外国の電化技術もよく知っている。理論よりも経験、狭い専門技術、外国の技術をあまり知らない、しかも外国語が弱い日本の鉄道技術者にとっては非常にきびしい環境といえる。しかも、フランス、イギリス、アメリカのコンサルタントやアメリカ、イタリア、日本の工事業者に対して、我々は通信運輸省の電化局長のアドバイザーとして指導的な役割を果たさなければならなかった。大過なく、たった2人で任が果たしたのは、日頃の勉強と彼等との友情と日本からのバックアップによるものと思っている。かつて経験したことのない厳しい協力であった。

(3) 円滑な技術協力をするために

① 情熱を持つこと

帰国日を指折り数えているようでは相手にはすぐ察知させる。自分の骨をその地で埋めるぐらいの情熱を持ち、その国が好きにならなければ効果ある協力は期待できない。情熱さえあれば、技術力不足や語学の問題も時間の経過とともに自ずと解決してゆく。相手を見下す態

度は論外である。

② 幅広い技術力を持つこと

一旦専門家の技術力が大したことはないという評価を受けるともう信用されなくなり、二度と指導を受けに来なくなる。例えば質問に直ぐ答えられなくても手持ちの資料を調べるなり、日本へ聞くなりして誠意を持って、できたら書面で回答を作ってやる。

技術者に信頼されるためには技術を持っていなければならない。狭い専門分野に閉じ込められ、その中で、お互に頼り合いながらグループ作業を行っており、その作業も既に完成された基準に合うかどうかのチェックが主体になっているような業務に従事している大部分の日本の鉄道技術者にとっては、なかなか海外協力に適する人は少ない。日頃からの協力専門家の養成が重要である。

③ 語学力

海外技術力では常に語学力の必要性が議論になる。こと鉄道案件に関するかぎり、筆者は語学力はあまり重要でないと言っている。それは直ちに技術力が可能な技術力を持っている人が非常に少なく、語学よりも一番重要な技術力を身につけてもらいたいからである。技術力がなければ信頼をされなくなるが、外国語を話せなくても信用を失うことはない。

しかしアウトプットを出すには語学力は不可欠である。日本人グループで作業をして相手に成果を提供する場合には語学力はあまり重要でないが、相手と協同で作業する場合、相手に直接指導する場合には語学力がなければ仕事にならない。要は協力業務の内容によって語学力の重要性が変わってくる。相手のニーズに合う技術力と語学力を持った人を派遣すべきだろう。

④ 専門家の生活環境の整備

専門家に生活の心配のいらない環境を整備して仕事に専念させるべきである。現地での環境は勿論、日本でのバックアップ体制や帰国後の処遇についても不安のないようにしなければならない。

5. 提 言

技術協力を効果あらしめるため、筆者自身の経験、実際に見たり聞いたことをベースにして2, 3意見を述べさせていただきたい。

5.1 意欲のある人と派遣すること

こと鉄道技術に関しては、序文で述べた如く、巾が広く、奥行が深い。さらに国によって異なる鉄道先進諸国の技術も知らなければならない。一方日本国内で仕事をしている鉄道技術者は狭い専門分野に限定され、しかもグループ作業を行っている。それが突然外国に1人で派遣され、他の鉄道先進国の技術者と張り合いながら、自分があまり業務として経験のない広い分野まで、しかも奥深く技術協力をするのは大変なことである。しかも言葉の問題もある。このような問題を克服できるのは意欲のある人以外にはいない。技術協力を機会があれば自分のライフワークとして日頃勉強しているような人ならなお結構だと思う。組織の上司から説得されていやいや行くような人はいくら優秀でも害こそあれ益はないと思う。日本国鉄といえども適する技術者は少いので、他からも巾広く人材を集めていただきたいと思う。そういう意味からも今度ライフワーク専門家の養成のための国際協力総合研修所が設立されたことは、まことに意義が深いと思う。

5.2 派遣中の実績を評価すること

派遣中の専門家の活動状況や実績のチェックや評価が十分でないような気がする。その結果、予算の配分も専門家の業務の実体に合わないこともしばしば起っている。

又専門家の任国での協力の実績や評価が派遣元へ連絡されていない。任国で非常に立派な業績をあげ、感謝され、惜しまれながら帰国した専門家が派遣元に帰ったら、人事上懲罰に相当する処遇を受けた人も多い。また逆に、任国でカウンターパートを軽蔑して、嫌われ、鼻つまみ者になって、ほとんど仕事をしなかった専門家が、帰国してから栄転したという事実もある。専門家に良い仕事をさせるためにも、そういう不公平なことが起らないよう何らかの方策を樹てるべきであろう。

JICA