

新幹線電車の検査と修繕のシステム

大庭幸雄*
Yukio OHBA

1. まえがき

新幹線電車は、昭和39年10月に東京～新大阪間で開業して以来13年になるが、この間、昭和47年3月には岡山まで、さらに、昭和50年3月には関門を越えて博多まで延長し文字どおり総延長1069kmにわたる東海道、山陽の太平洋ベルト地帯の大動脈としての機能をはたしつつある。

開業以来の電車の延べ走行距離は46500万kmで地球を約11600周したことになり、輸送人員は12億人に達し、最高速度210km/h、最小運転時隔5分の高速度、高密度運転により安全で高能率な大量輸送をはたしており、新幹線が日本の経済、社会、文化の発展に貢献した功績ははかり知れないものがある。

このような大きな成果が、世界に誇る新幹線として内外の鉄道関係者の称賛の的となっている。

しかしながら、新幹線の評価を高めているのは高速、大量輸送という点だけではなく昭和39年開業以来乗客の死亡0という安全性にあるわけで、最高速度210km/hとしての高速機関である新幹線では、一度事故を起こすと重大な結果を招くおそれのあるため安全性については、在来線とは異なった発想と認識が必要とされている。

このため、新幹線電車は各部門にわたって過去の経験と新しい技術を結集して高信頼度の車両設計がなされているとともに、さらに、この信頼度を維持向上するための車両の保守すなわち車両の検査と修繕のシステムが開発され今日にいたっている。

また、一方新幹線電車の車両数も年々増加し現在約2300両と開業時の約7倍となり、この保守にあたっては、能率的なシステムづくりが要求され、安全の確保とともに能率の向上に多大の考慮が払われている。

* 日本国有鉄道工作局 (〒100 東京都千代田区丸の内1-6-5)。

2. 車両保守の特徴

一般に鉄道による輸送は、大量の旅客、貨物を取扱う関係から社会的責任も大きいため、高い安全性と確実性が要求されている。このため、新幹線については、新幹線鉄道運転規則(運輸省令)で「車両は安全に運転できる状態に保持しなければならない」と義務づけられ、また、企業経営面からは、固定資産として「常に良好な状態に管理し、その用途に応じて最も効果的に運用すること」と規定され、この二つが車両の保守に関する基本的原則となっている。

一般の機器の使用開始から廃棄までの過程は図1に示すとおりであって、使用することによって摩耗や破損したり、また、経年によって腐食や汚損あるいは、全く偶発的に故障するなどさまざまな劣化現象を呈する。

このため、機器の機能を所定の許容範囲に維持し、また、これを逸脱した場合には、その範囲内に復する行為すなわち保全が必要となる。

保全の方法は、対象の機器によってさまざまであるが、

- (1) 機器の機能が使用に耐えなくなったと判断したとき新しい機器と取り替える方法。
 - (2) 使用に耐えなくなって初めて機能回復のための修復をする方法。
 - (3) 使用に耐えなくなる以前にあらかじめ機能回復をする方法。
- に大別される。

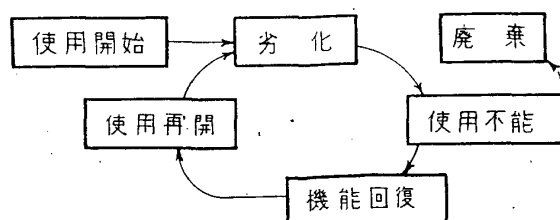


図1 劣化とその回復

これらのいずれの方法をとるかは、機器の投資額、収益性、耐用年数などの経済性と要求される安全度、故障した場合の影響度などを考慮したうえで最も効果的の方策はどれかという判断によることになる。

国鉄における車両の保全については、鉄道車両の特徴を考慮して一般機器の保全とは異なったものになっている。

鉄道車両の特徴をあげると、

(1) 高速、大量輸送と高い安全性 前述のとおり、鉄道輸送の公共性が大きいため、常に高度の安全性、確実性が要請される。

(2) 車両の構造と安全性 鉄道車両は、レール上を車輪が転走するというガイドウェイによる一次元移動であり、メリットも多い反面、いったん足をはずすと脱線、転覆という危険性を有している。従って、車輪とレール、走行部分の安全性の確保がまず第一に必要である。

(3) 故障の影響度 レール走行において追越しなどを行う場合の制約は大きい。特に新幹線の場合、高密度運転を行っているため、列車が故障などで運転を阻害すると後続列車の運行に多大の影響を与えることになる。

(4) 投資額と耐久性 鉄道車両は初期投資が大きく新幹線電車の場合、1両約1.5億円、寿命も12~13年と長い。

(5) 陳腐化と性能向上 車両の保守により機能回復をはかっても図2に示すように経年とともに諸性能の平均値はしだいに低下し、さらに、車両の陳腐化、旧式化はまぬがれないため、保守に際して積極的に機能の改良をはかり、相対的に向上することが必要である。

(6) 多数管理と保全の能率 他の輸送機関と異なり、一企業で管理する輸送具（この場合、車両）の数が多く、また、その運用は列車ダイヤで指定されているので保守は計画的、かつ能率的に

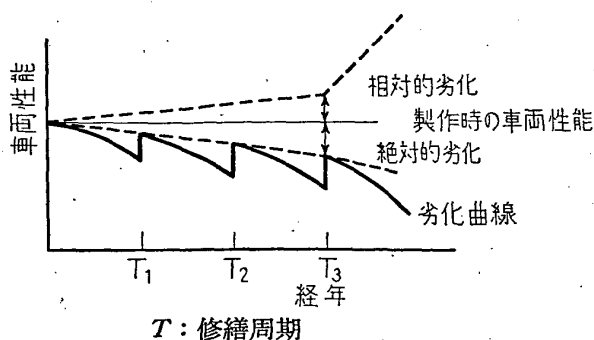


図2 経年と車両性能の劣化

行うことが要請される。

などであり、車両の保守もこれらの諸要素に対応した方式をとっている。

すなわち、車両保守は基本的に予防保全方式に立ち、さらに、改良保全を組合せ、これを最も経済的、かつ的確に行うため、各種定期検査を組み合わせた検査システムを採用するとともに、車両の管理についても独自のシステムをとっている。

その主体は、各分野における車両管理データを有機的に結合し、これを故障物理の立場、信頼性管理などに立脚して解析し、経験と技術の蓄積に照らし合わせて、より有効な施策に結びつけようとする一貫した車両管理にある。すなわち、車両の計画—設計—製作—運用—保守—廃車を一つの企業の中で一貫管理しており、これらの各分野で得られたデータが蓄積され、体系づけられて他にフィードバックされることにより、車両機器の改良がなされ、より品質、信頼度の向上したものを生み出すとともに、検査回帰、解体区分、修繕限度、修繕基準、検査方法について細部にわたって規定し、回帰の延伸、非解体検査の導入など、方法の変更、限度基準の修正改善を進めることによって、車両のより高い安全の確保と保守業務の能率向上をはかっている。

3. 新幹線電車の保守

一般に車両の検査は、機能の維持及び確認を目的とするものであって、車両の製作、検修技術などをベースに車両の使用状況を勘案して保守方式を定め、計画的に検査を施行している。

新幹線電車の検査は、新幹線鉄道運転規則（運輸省令）により予防保全を義務づけられ、その中で日常検査、主要部分の検査及び全般検査の3段階の定期検査を指定し、各検査について検査の時期、検査箇所、検査項目の大綱を規定している。

国鉄は、この運転規則に基づき、先にも述べた国鉄独自の車両管理システムから得られた成果をもとにして、新幹線電車に対応した検査体系、周期、検査対象箇所及び施行上の技術的数値、制限事項などを具体的に規定し合理的な車両の検査を行っている。

3.1 検査体系 車両の定期検査は、車両の使用（運用）と密接に関連させ、運用単位ごとにそれに対応した検査が組み込まれている。

新幹線電車の検査体系と現在実施している検査周期は、図3のとおりである。

新幹線電車は、高速運転に対応するため、ほとんどの主要装置については、在来車両とは異なった新しい技術の開発、採用がなされ著しく高性能、高信頼度となっており、また、検査、保守に対しても極力メンテナンスフリー化がはかられている。また、検査周期も全般検査90万km、台車検査30万km、交番検査3万kmを目標に機器類は設計されている。しかし、実際運用にあたっては、当初量産車両による長期的な走行の実績がなかったため、実績信頼度を十分確認するまでは、検査周期を安全側すなわち、全般検査72万km、台車検査24万km、交番検査2万kmとして検査を行ってきた。その後、開業以来約5年間の運転中の故障発生状況、全般検査時の加修内容、加修割合などを信頼性理論を応用して解析し、検査周期を制約する要因について調査検討し、検査周期を目標周期に延伸することについて種々討議した結果、検査周期の延伸に必要な車両の体質改善工事を実施することになり、工事の完了した昭和46年10月から現在の周期に移行した(表1)。

一方、電車の定期検査は、内容的に次の三つに

表1 検査体系の改善による検査周期の移行

方式	検査体系	記事
旧方式		
現行方式		46年10月から実施

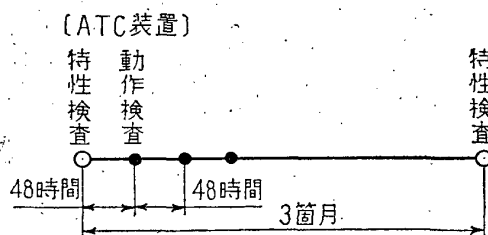
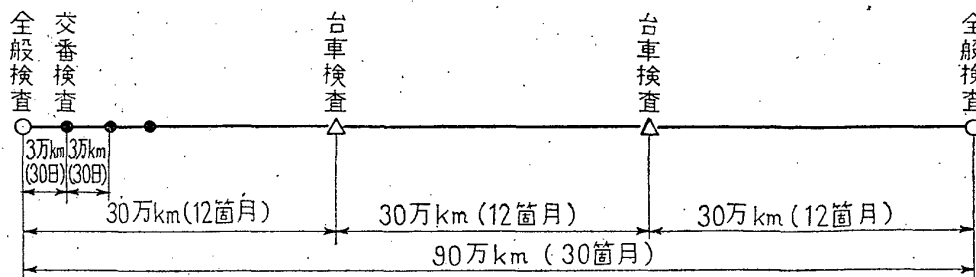


図3 検査体系と周期

大別される。

(1) 状態と作用の検査 日常的な短い期間ごとに車両の各部分を在姿のままで劣化状態を調査し、消耗品の取替え、調整、給油、掃除などを行う検査で「仕業検査」及び「交番検査」がこれに該当する。

(2) 主要部分の検査 比較的長時間使用した後の中間段階で、機能維持のため動力、走行、ブレーキ関係などの主要部分を取りはずし解体したうえで細部まで検査するもので「台車検査」がこれに該当する。

(3) 全般的な検査 約2年程度使用した後、各部の装備を取りはずしの上解体検査を行うほか車体各部の修繕、塗装など全般的に検査するもので規模も大きく、最も高度な検査で「全般検査」がこれに該当する。

3.2 検査の組合せと検査周期 このような検査の組合せ方は、周期の短い検査に逐次周期の長い細部にわたる検査を積み上げて施行する形をとっており、具体的には日常的な検査(仕業検査)を繰返し行って一定運転キロ(または期間)に達したときに次の上位の検査(交番検査)を行い、さらに、それを繰返した後上位の検査(台車検査)をという方法で逐次高度な検査を行って、最終的に全般検査を行う方式をとっている。

また、各検査を行うべき周期(運転キロまたは期間)は、各部の使用状況に応じた衰耗度や傾向などを統計的にはあくしたうえで重要度、経済性を加味して定めている。

3.3 必要により行う検査 車両は、各段階に

おける定期検査を行っているが、その中間で故障が発生することは全然ないとはいえないため、次の検査を定めている。

(1) 運転検査 運転の途中において故障箇所の簡単な処置を行う検査のほか、走行安定性と乗りごこちの向上をはかるため、運転中の走行性能を調査する。

(2) 臨時検査 車両破損や車両に故障が発生したとき、あるいは故障のおそれが認められたときに車両の一部または全般の検査修繕を行う。

3・4 検査の種別と施行箇所 定期検査の検査内容及び検査を施行している箇所は、次のとおりである。

(1) 仕業検査 車両の運用に直接付帯し、その使用に先立っていちばん短い周期で行う検査で主として潤滑油の補給、制輪子及びパンタグラフのすり板など消耗品、摩耗品の補充取替えならびにパンタグラフ、走り装置、ブレーキ装置、電気機器、戸じめ装置、室内装置など直接運転に関係する機器などの状態、作用及び機能の確認などを行う。また、これと併行して自動列車制御装置(ATC)の動作検査及び清掃整備作業を行う。

この検査は、昼間に営業電車として使用した編成が車両基地に入庫してから行うため、夜間の作業で各車両基地で施行している。

(2) 交番検査 交番検査は、所定の周期で台車走り装置、ブレーキ装置、電気装置、戸じめ装置、室内装置など全体について在姿状態で点検加修を行うほか、電気機器の接点の手入れ、パンタグラフの圧力調整、付属部品の調整、カーボンブラシなど消耗品の取替え及び主回路をはじめ各回路の絶縁抵抗試験も行う。

この検査は、車両運用の効率化をはかるため、交番検査のため休車することなく運用間合で行っており、東京、大阪、博多の各基地で施行している。

(3) 台車検査 新幹線電車ではじめて適用された検査種別で、在来車の中間検査に相当する検査である。

日車キロの高い高速車両において検査すべき箇所は、経年よりも走行キロに比例して摩耗劣化する部分が主となり、特にフェイルアウトの部分である、輪軸を中心とする台車走り装置が対象となる。そこで、全般検査より短い周期で台車を車体より分離し、台車、輪軸、ブレーキ装置、主電動機、ばね装置などの主要部分を解体して細部にわ

たって検査を行う。

この検査は、大阪、博多の各基地で施行しており、いずれの場合も予備の台車との振替え方式によって休車時間を短縮するようにしている。すなわち、朝、検査のため入庫した電車は、予備台車と台車交換を行い、営業線試運転を終了した後、営業に充当するよう計画している。

一方、振り替えられた台車、輪軸、主電動機は解体、検査、修繕、組立を行い、次の台車検査施行車に使用する振替え用台車に充当する。

(4) 全般検査 全般検査は、所定の周期で車両の各部を解体して細部について全般にわたって行う検査で浜松工場と博多総合車両部で施行している。

検査の内容は、台車、輪軸、パンタグラフ、電気機器、回転機、ブレーキ部品、連結装置、冷暖房装置、ATC装置、食堂機器などの大部分の機器を取りはずし解体検査を行うほか、車体の気密試験、車体外板の塗装、腰掛の取りはずし洗浄などを行う。

また、台車、回転機、電気機器、ブレーキ部品、ATC装置、各種ダンパなどを加修して組み立ててから試験機を用いて性能試験を行うとともに

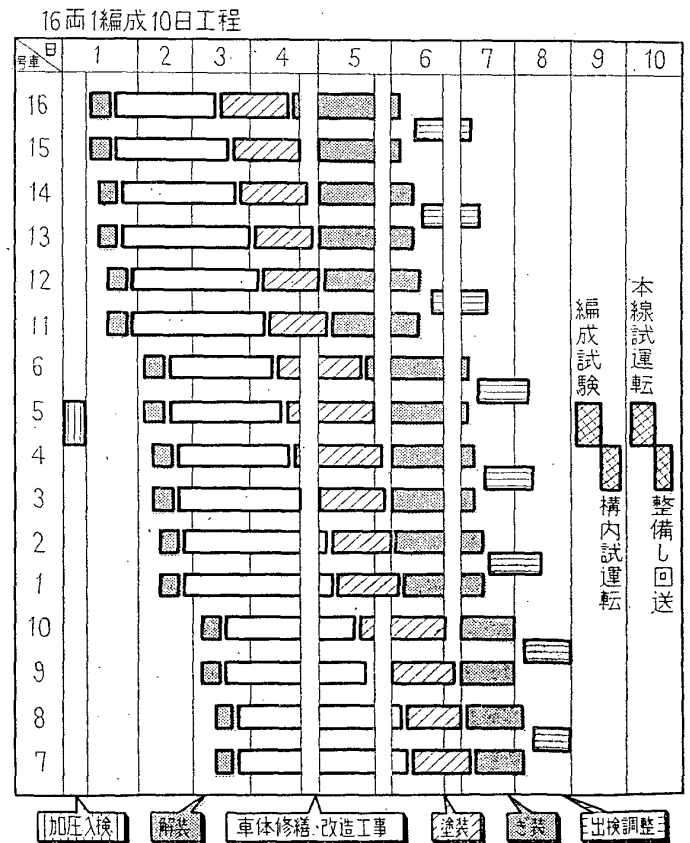


図4 新幹線電車全般検査標準工程(浜松工場)

に、制御装置、ブレーキ装置のシステムとしての性能確認などを行い、車両の性能、機能を元に復するとともに、次回の全般検査までの間、車両性能が十分保障できるように重点的にかつ完全に修復を行う。また、通常全般検査では点検できない車体骨組などの腐食の有無、電線の劣化状態などについては、特定の車両を指定して全般検査時に特に精密な調査を実施し、その結果を車両の経年に対する予防保全施策に反映している。

その他、事故防止対策や保守の合理化、サービス向上などをはかるためのいろいろの改良工事も全般検査にあわせて施行している。

また、昭和50年3月の博多開業に伴い、新たに発足した博多総合車両部は、最新の検修設備で車体及び部品をタクトシステムの導入などにより、合理的、能率的な検修を実施している。

全般検査は、編成単位で実施しており、一編成の全般検査検修工程（標準）は浜松工場においては、当初12両編成を11日で実施していたが、昭

和45年4月から現在の16両編成を10日に短縮した（図4）。なお、博多総合車両部は12日で実施している。全般検査の検修ブロックダイヤグラム（浜松工場）は、図5のとおりである。

また、全般検査施行による情報管理システムは図6のとおりであり、検査実績から寿命予測、信頼性解析、設計仕様の改訂、限度基準、検査回帰キロの検討など車両の設計及び検修方式へのフィードバックを行うとともに、生産管理システムへの応用すなわち工事量、工事内容の予測と要員管理計画、材料予測と在庫管理などを行っている。

3.5 保安度の向上 新幹線電車は、高速運転で高い保安度が要求されるため、在来車両に比べて次のような点を重点に保守を行っている。

(1) 台車走り装置関係 車軸をはじめ台車わく、軸受、駆動装置などの綿密な検査は、安全の確保のために特に重要である。従って、交番検査において車軸の超音波探傷検査を実施し、台車検査では、台車をはじめ輪軸、駆動装置及び主電動機などの主要部品を取りはずして細部にわたって検査を行い、特に車軸は超音波探傷検査に加えて磁粉探傷検査を実施して微細なヘアクラックも検出し得る体制をとっている。

全般検査においては、車軸の精密検査はもとより、台車組立後は台車走行試験装置にかけて、営業電車とほぼ同程度の走行状態として、各部の状況すなわち軸受の温度上昇、ブレーキ機構の動作、台車各部の振動、主電動機の整流、速度発電機の発生電圧などを測定し、営業線での高速運転における走行安定性を確認している。また、臨時検査のところで述べたように、7万km走行ごとに営業電車を主体として、新大阪～京都間で車両の振動測定を行い、乗りごこちを定量的に求め、管理限界を越えたものについては、ダンパ類の取替えや車輪研削盤で車輪踏面の研削などの処置を迅速に行って乗りごこちの向上に努めている。

(2) ATC装置 ATC装置については、機器が正常に動作することを毎日の仕業検査で確認し、さらに、3箇月ごと（走行約9万km）に交番検査に併施して、各ブロックの特性値を総合試験装置を使

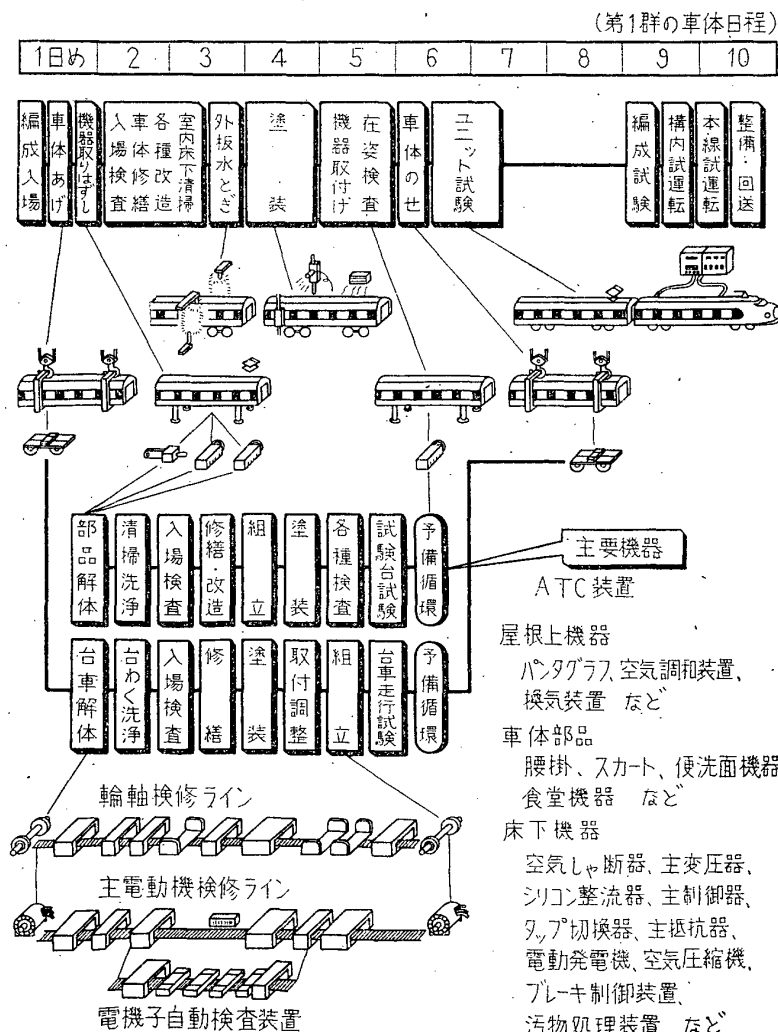


図5 新幹線電車全般検査ブロックダイヤグラム

用して運転時と同等の条件で測定し、全般検査時には、これよりさらに、精密な検査を実施して高い信頼度の維持をはかっている。

(3) 車体関係 新幹線電車が時速 200 km の高速でトンネルを通過すると図 7 にその一例を示すように客室内の気圧に変化が生じる。この気圧変化が 100 mmAq で瞬時的 (1 秒以内) に起こった場合は、乗客の耳に相当に不快感 (耳つん) を感ずることになる。このため、新幹線電車では、車外の気圧変化が客室内に伝ばんしにくい気密構造となっている。

全般検査の場合には、この気密性能を確認するために車体全体の気密試験を行っている。これは、客室内を密封して気圧を 400 mmAq まで上昇させた後、その気圧が 100 mmAq まで自然に降下する時間を測定して気密度の判定を行い快適性を維持することとしている。

(4) 車両の経年劣化のはあく 新幹線電車の全般検査を開始して以来、車両の経年による劣化傾向や機器の特性変化をはあくし、その結果を検修施策に反映させるため、全般検査時に特定の車両について通常の全般検査では検査しない事項について精密検査を実施している。

その主な内容は、

- i) 車内外の気圧変化から生ずる鋼体の問題点の有無。
- ii) 風圧を強く受ける上屋根、スカートなどの取付部の問題点の有無。
- iii) 電線、配管類の経年劣化状態。
- iv) 台車わくのひずみの有無。
- v) 主電動機、補助回転機、主整流装置、ブレーキ部品などの性能劣化特性。
- vi) 重量機器つりわく、つりボルトなどのき裂及び疲労の有無。

などで、これらの精密検査の結果により、予防保全に立脚した計画取替え、経年に対応した施策、設計変更による改良施策を実施している。

(5) 車両の経年対策工事 車両の精密検査の結果、約 8 年で車体をはじめ各部に軽微な劣化傾向が見受けられ、経年によって発生する事故を防止するため、全般検査に併施して経年約 8 年の車両を

対象として、便所、出入台、運転室の床鋼板や床仕上材の一部張替え、天井板の更新、側スカートの一部取替え及び回転機などの絶縁更新などの経年対策工事を施行している。

4. 車両の取替え

新幹線開業当時使用していた車両 (360 両) は、約 10 年を経過し、走行キロも 500 万 km 以上に達した時期から、車体をはじめ台車、主要機器の各部に経年による劣化が認められるようになった

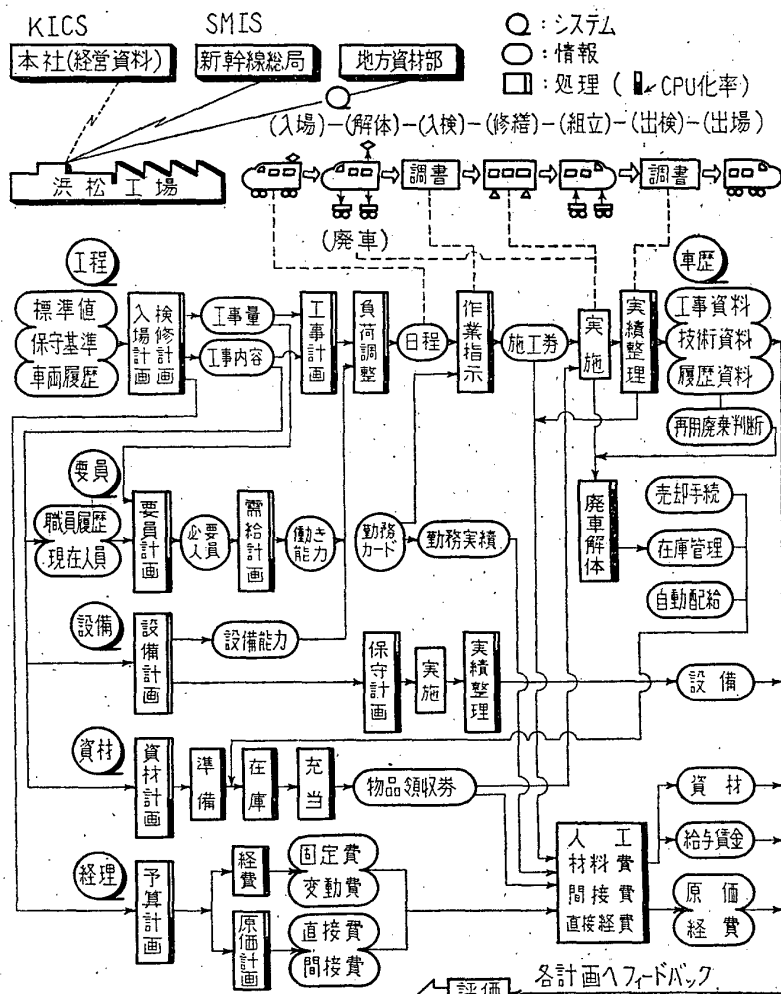


図 6 情報管理システム (浜松工場)

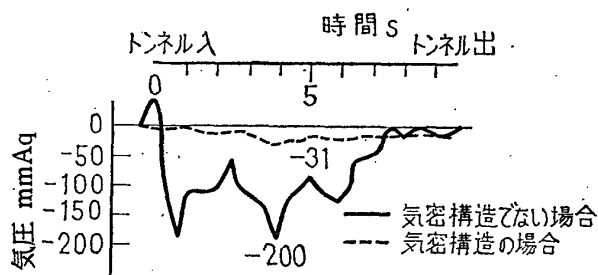


図 7 トンネル通過時の客室内気圧変化

ため、昭和48年以降部外の学識経験者による車両の経年変化の調査委員会を構成し種々検討を行ってきた。

この結果、これらの車両の経年変化の傾向は、今すぐ大事故につながるものではないが、全般検査の都度、車両の性能維持のため、多くの保守費を必要とする一方、車体の気密度の低下、腐食あるいは台車おきの疲労のように根本的な経年変化を生じつつあり、これについては加修による性能回復は困難なため、経済的な廃車取替え時期は、経年約12~13年であることが判明した。

このため、車両の物理的な状態すなわち、車体各部の経年変化による安全やサービス面の確保及び車両保守の経済性の両面から判断して、これらの車両は早急に取り替えるべきであるとの結論に達し、昭和51年10月から開業当初使用していた車両を全般検査時期に廃車解体し、逐次新車に置き替えている。

なお、今後も経年の古い車両から、車両状態の調査などを行ったうえで、ほぼこの廃車基準により廃車して行く予定である。

5. おわりに

車両は、鉄道の使命である迅速、安全な輸送を

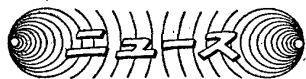
遂行するうえで、輸送具としてその占める位置は極めて高い。特に新幹線電車は最高速度210 km/hという高速運転であるため、その検査、修繕にあたっては、性能の維持及び保安度の確保について十分考慮したものでなければならない。このため、当初在来線の交流電車の保守実績、旧「こだま形」などの高速電車及び新幹線モデル線における試作電車の保守実績と各種試験などを十分考慮しながら、逐次保守経験を積み重ね今日まで13年を経過した。

この間、新幹線電車の検修体制の整備をはかるとともに検査体系の改善による保守の合理化、適正化を行い、さらに、経年に対応した検修体制及び新技術、新材料の導入による車両構造の変更に対応した検修体制の確立をはかってきた。

このように車両保守を通じて新幹線の安全を考えるとき、その基本は、経験工学に基づく一貫した車両管理体制にあると考える。

今後、東北、上越新幹線の開業をひかえ、新しい構造の車両の製作が計画されているが、保守面についても、これまでの保守経験をベースに、さらに、検査、修繕システムの合理化、効率化をはかり新幹線電車の保安度の向上、安定した輸送体制を確立すべくいっそうの努力をしたいと考えている。

(原稿受付 昭和53年1月18日)



スイスの時計産業(その1)

経済協力開発機構(OECD)は「先端技術の動向調査」の一環として、電子ウォッチの出現がスイスの時計産業にいかなるインパクトを与えているのか。それに対する産業政策はどうあるべきか——などを調べていたが、このほどその結果を発表した。

それによると、スイスの時計産業は政府の介入で構造、体制が硬直化し、その結果、斜陽に向かったとし、今後の展望については、むしろその構造は電子化などで改善されつつあり、その結果しだいでは再び伝統的な力をとりもどすことが可能であるとしている。

大要つぎのとおり。

▽スイス時計産業の構造的特徴 スイスの企業数は1200社、規模別分布状況で見ると、集中度はきわめて小さい。しかし、最近はいだいに大きくなる傾向にある。一方、企業形態からみると、総合大手メーカーといえるものはほとんど存在せず、水平分業体制がとられていることが同国時計産業の大きな特色である。これに対し、組立メーカーは数多く存在しており、現在、スイスでは約1万の商標で10万種以上のウォッチの製造が行われている。

▽競争力変化の要因

1. 一般経済情勢 スイス・フランの高騰がスイスの時計産業に与えた影響は大きかった。もちろん、

レートはコストおよび価格の決定要因の一つでしかなく、このほかに相対的な物価上昇、生産性向上といったものについても考慮する必要がある。しかし、こうしたスイス・フランの短期間における高騰がすべての産業に対し調整を要求したのはまちがいない事実であり、スイスの時計産業に世界市場での苦悩をもたらした最大の要因の一つであった。

2. 技術変化 時計産業では電子ウォッチの登場ですべての確立された生産体系および市場戦略が崩されつつある。しかし、現実の世界市場との関連では、電子ウォッチのインパクトはまだ、それほど大きなものではない。1976年のウォッチの世界の全販売量のうち96%は伝統的な機械式のウォッチとなっている。しかし、普及は急速である。今後、ますます大きなインパクトをもたらすことになる。

しかし、現在のところ、この数年のスイスの時計産業の問題が突然の電子ウォッチの登場によるものと決めつけるのは困難であろう。スイス時計産業の生産の低迷は電子ウォッチの導入以前からのことであり、しかも、電子ウォッチのインパクトは現状の時計産業の落ち込みを説明するほど大きくないからである。

(560ページへつづく)

〔股部 敏夫〕