

メンテナンス技術に関わる 研究開発の取組み

東日本旅客鉄道株式会社 JR東日本研究開発センター テクニカルセンター 所長
尾高 達男



鉄道事業において人命に関わる安全の確保は最優先課題ですが、健全経営を行う上で重要な課題の「コストダウン」およびお客さまが鉄道に求めている列車遅延を最小限にするニーズの「信頼性の向上」も重要な課題です。また地球規模でクローズアップされている地球環境問題として、鉄道事業においても地球環境に配慮した「環境との調和」に関する取組みも重要な課題です。

本稿では、メンテナンス技術に関わる「コストダウン」「信頼性の向上」「環境との調和」についての研究開発の取組みを紹介します。

1. はじめに

当社は、新幹線と在来線合わせて約7,500kmの営業線上で毎日約12,600本もの列車を運行しています。この鉄道輸送のインフラを支えているのが、車両および各種地上設備のメンテナンス部門であり、お客さまに良質なサービスを提供すべく、それらの適正な維持管理に日々努めています。

このメンテナンス部門が抱える車両および設備の数量は非常に多く（図1）、当然のことながら、それらのメンテナンスに要する経費をいかに小さく抑えるかが、経営上重要な課題となっています。

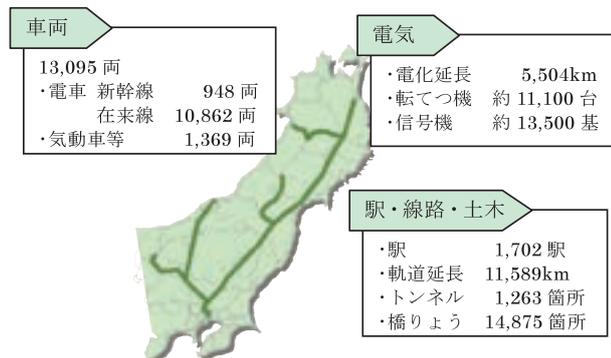


図1 車両及び主な地上設備の現状（2007年3月31日現在）

またここ数年、公共交通機関の事故・トラブルに対する関心がますます高くなってきていますが、特に安定的な輸送サービスに対する要求レベルが高まってきていることが最近の特徴と考えています。人命に関わる安全の確保は、鉄道事業において最優先課題ですが、安定輸送の確保も当社の重要な課題のひとつです。

安全・安定輸送の確保のためには、手のかからない

車両や設備に順次置き換えていくことが重要ですが、これらの車両や設備は多くのお客さまにご利用いただきながら機能を維持しなければならないので、検査や修繕といったメンテナンスを行うことによって故障を未然に防止することが求められています。そういった意味では、メンテナンス技術そのものが信頼性の向上と密接に関連していると考えています。

そして最近、重要な課題として挙がっていますが、世界的にも大きな課題となっています地球環境問題に関する取組みです。現在、地球環境問題への取組みが大きくクローズアップされ、エネルギーおよび資源の大量消費の時代から、地球環境に配慮した経済活動の時代にシフトしています。これは、鉄道メンテナンス部門においても例外ではなく、地球環境負荷を少なくしたシステムづくりが求められています。

そこで、本稿ではメンテナンスにおける「コストダウン」「信頼性の向上」「環境との調和」に関する研究開発の取組みについて紹介します。

2. 「コストダウン」に関する取組み

2.1 メンテナンス経費の分析

図2は、当社の全営業費に占めるメンテナンスの割合とその内訳です。メンテナンスに関わる経費は、従事する社員の人件費を含めて、全営業費の約25%にもなります。

このメンテナンスの関連経費のうち約54%を占める修繕費に着目して、その中でどのような修繕にどのくらい経費を使っているかを分析すると「保安費」「レール」「トロリ線」が上位に占めることが分かっており、

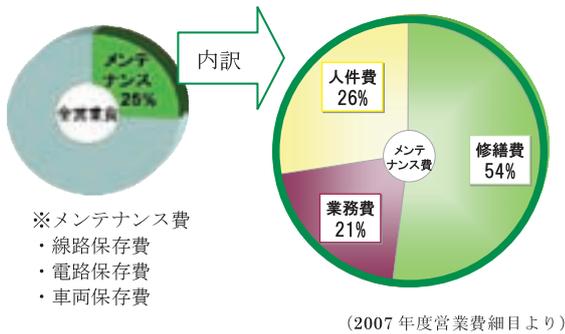


図2 全営業費に占めるメンテナンス費の割合とその内訳

これらのコストダウンに関する研究開発を優先的に進めています。

2.2 境界領域の研究開発の重要性

レールやトロリ線に関するコストダウンを検討する場合、「車輪とレール」「トロリ線とパンタグラフ」などの接触部に関する境界領域技術の研究開発を進め、システム全体として最適化を図りトータルでコストダウンを図ることが重要です。

2.3 車輪とレールに関するコストダウン

車輪とレールのメンテナンス費（年間交換経費）は、両方を合わせると約154億円／年（レール：2006年度と2007年度の在来線レール交換費平均。車輪：2007年度の在来線車輪交換費。）もの経費がかかっており、このメンテナンス費を削減するための研究開発を進めています。

車輪とレールの境界領域においては、曲線区間の内軌側レールに「波状摩耗」、外軌側レールに「レール側摩耗」、車輪に「車輪フランジ摩耗」が発生しています。これらの対策として車上固形潤滑剤（図3）が有効であることが判明し、特に、フランジ塗油器やレール塗油器の搭載が困難な急勾配線区での使用に適していることが分かりました。

車上固形潤滑剤は、2007年より小海線ハイブリッド気動車3両に導入し、その効果として車輪フランジ摩耗が約80%低減されることが分かりました。



図3 車上固形潤滑剤

今後、損傷が発生しにくいレールや最適なレール削正方法の開発に加え、粉末式摩擦緩和材の導入に向けて、(財)鉄道総合技術研究所とともにこの摩擦緩和材採用時のブレーキ性能への影響を検証し、車輪とレールのメンテナンス費の削減をめざします。

2.4 トロリ線とパンタグラフに関するコストダウン

トロリ線とパンタグラフのすり板のメンテナンス費（年間交換経費）は、両方を合わせると約26億円／年（2007年度）で、このメンテナンス費を削減するための研究開発を進めています。

この境界領域に関して、メンテナンス費用の割合が大きいトロリ線の張替原因を分析した結果（図4）、トロリ線の局部摩耗が79%（2001年度～2003年度の在来線トロリ線交換原因）を占めることから、この対策が必要です。

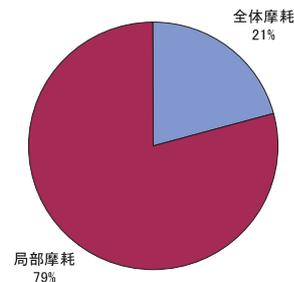


図4 トロリ線張替原因の割合

トロリ線摩耗の主要因として、離線によるアーク発生に伴う電氣的摩耗があります。これを低減するために、パンタグラフの運動特性を向上させた高追随パンタグラフを開発しています。開発要素として、「舟体の軽量化」「ばね定数の見直し」「舟体ストロークの見直し」などが有効であることがわかり、舟体の軽量化のためにすり板材料にカーボン繊維複合材料（C/Cコンポジット）の適用を検討しています。現車試験を実施した結果、離線発生が大きく抑制されており、トロリ線交換のコストダウンが期待されます。

また局部摩耗の発生要因の1つであるダブルイヤー*を解消する常温圧接システムの本格導入についても検証を行っています。

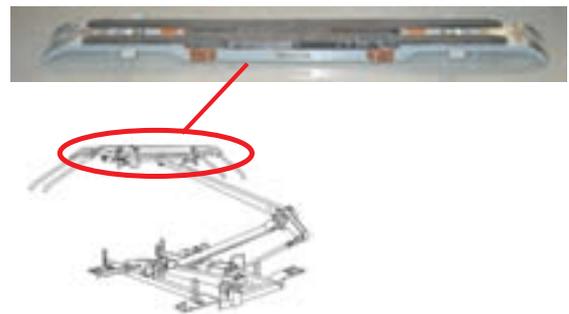


図5 高追随パンタグラフ

*ダブルイヤーとは、トロリ線とトロリ線を接続する金具のことをいいます。

3. 「信頼性の向上」に関する取組み

3.1 車両・設備故障によるお客さまへのご迷惑度の分析

図6は、東京100km圏における2002年4月から2008年5月末までの部門別輸送影響度の推移を示したものです。輸送影響度はテクニカルセンターで定義した指標で、災害や部外要因を除いた車両・設備故障並びにメンテナンスに関わる輸送障害（約1,900件）による総遅延時分（対象となるトラブル1件で生じた列車の遅れ時分の総計）を、365日移動平均した値です。

復旧社員が途中の交通渋滞に巻き込まれてしまった時の現場到着時間や、トラブル発生時の列車の運用を通常ダイヤに戻すための指令員の取扱いなどソフト面での不確定要素が含まれることにはなりますが、お客さまへご迷惑をおかけしたトラブル内容を分析するひとつの指標であると考えています。



$\frac{\Sigma(365 \text{ 日間の全列車の総遅延時分})}{365 \text{ 日} \times 20 \text{ 時間}^*}$

* 一日の運行時間を20時間と仮定

図6 東京100km圏での輸送影響度の推移

2002年度から漸減傾向にあった輸送影響度が、2004年度末に右肩上がりになり、また、2007年3月の京浜東北線田町駅での転てつ装置故障、2007年6月の東北本線さいたま新都心でのエアセクション溶断、2008年4月の国分寺変電所火災については特に輸送影響度の値が大きくなり、お客さまに多大なご迷惑をおかけしたことがわかります。

3.2 分析に基づいた当面の研究開発への取組み

以上の内容を部門ごとに詳細に分析すると、車両や設備の弱点が見えてきます。

- ・ 車両部門：主回路、ブレーキ装置
- ・ 線路部門：絶縁・ボンド類、軌道変位
- ・ 電力部門：エアセクション溶断、変電所火災
- ・ 信号部門：転てつ機、雷害

既に、現場段階でこれらの弱点に気づいて対策を立

てたり、そのための設備投資を行ったものもありますが、テクニカルセンターではこれらの弱点箇所解消のために「エアセクション溶断対策」「変電所火災対策」「新しい電気転てつ機の開発」「車両用電子機器の劣化評価」などの研究開発を優先的に行っています。

図7は、エアセクションでのアークによるトリ線溶断防止対策として研究開発をしているTC型エアセクションの試験敷設状況です。

2008年7月に青梅線立川～西立川間で実車試験を行い、2008年9月には東北本線のさいたま新都心～大宮間のエアセクション区間にTC型エアセクションを敷設しました。現在はトリ線の摩耗進捗状況などの敷設状況の確認を行っています。



図7 TC型エアセクションの敷設状況と断面図

これらの研究開発テーマの成果が得られ、さらには実施部門によるハード的な施策（表1）の現場導入が完了すると輸送影響度が約7割低減するという試算があります。そのためには、表1に示した研究開発テーマを確実に具体化することが当センターの重要な使命と考えています。

表1 信頼性向上のための研究開発と施策

車両	【研究開発】 ○車両用電子機器の劣化評価 ○車両機器モニタリングシステム ・台車や電子機器の熱、応力、振動、音をモニタリング等々	【研究開発】 ○エアセクション溶断対策 ○変電所火災対策
	【研究開発】 ○状態監視による予兆把握 ○軌道折曲対策 ・きしみ音計測管理手法、レール破部・底端部の管理手法 【施策等】 レールポイント鋼材リミット化 絶縁経目のFRP化 機上部分の合成マクラギ化	【研究開発】 ○定常状態監視システムデータからの「半断支援」「早期復旧」 ○新しい電気転てつ機(ES II形電気転てつ機)の開発 ○地上からの設備モニタリング ・信号設備監視ナビゲーションシステム
線路		電力
		信号

4. 「環境との調和」に関する取組み

4.1 LCA(ライフサイクルアセスメント)による環境評価

鉄道は他の輸送機関に比べて環境負荷が小さいとされていますが、鉄道部門で見ると国内CO₂排出量の約1/3は当社で占められています（図8）。

これまで、省エネルギー車両の導入や発電効率の向上などさまざまな取組みを進めてきましたが、一方で

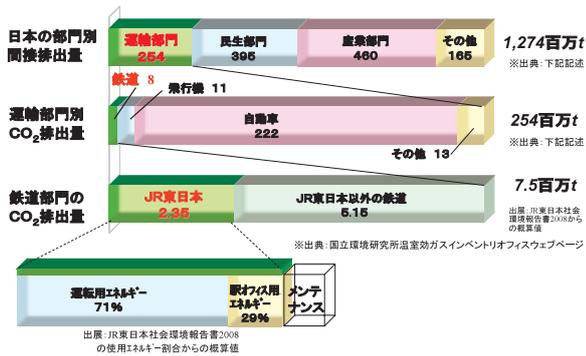


図8 JR東日本のCO₂排出量

メンテナンスに関するCO₂排出量を定量的に把握できていないのが実態です。また「グループ経営ビジョン2020」で目標に掲げました、「鉄道事業のCO₂総排出量を2030年度までに50%削減（1990年度比）」を達成するためにも、環境負荷を定量的に評価する手法であるLCA（Life Cycle Assessment）を導入し、環境評価を行うことが重要です。

LCAは、材料の調達から加工、運用、メンテナンスを経て廃棄に至るまでライフサイクル全体でCO₂や有害物質などをどのくらい排出しているかを算出して評価する方法で、テクニカルセンターではこの手法について検討を進めています。鉄道部門のLCAによる算出例として車両関係と線路関係のCO₂排出量の割合を紹介します。（図9）



図9 車両関係、線路関係のLCA

車両関係では、製造やメンテナンスに比べ運用における排出が非常に大きく、環境負荷を低減するためには、車両の軽量化や再生エネルギーの活用が効果的であることが分かりました。また、線路関係では、レール製造における排出の割合が大きく、レールをいかに長持ちさせるかがポイントとなります。

今後はE231系車両および線路に、電車線路（インテグレート架線）や直流変電所を加えた首都圏の代表線区である山手線をモデルとしたLCAを実施し、環境負荷低減案の提案を行う予定です。

4.2 資源の循環利用

2000年に「循環型社会形成推進基本法」が制定され、廃棄物のReduce（発生抑制）、Reuse（再利用）、

Recycle（再生利用）の「3R」を意識し「大量生産・大量消費・大量廃棄」型の経済社会から脱却し、環境への負荷が少ない「循環型社会」の形成を推進する基本的な枠組みが定められました。

テクニカルセンターでもこの3Rを意識した取り組みとして、レールの疲労寿命延伸のための管理手法の研究、廃棄していた新幹線用プレーキライニングのReuseなどに取組んできました。

今後は、処分廃棄物に関する環境評価を定量的に把握する手法を研究し、最終的には、地球温暖化に影響のあるCO₂などの温室効果ガス・処分廃棄物・有害化学物質などの環境影響を統合化した環境評価手法を提案することを目標として検討を行っています。

5. おわりに

これまで、現段階での課題を解決するための研究開発を紹介してきました。

一方、テクニカルセンターでは将来のメンテナンスを見据え、「手のかからない車両・設備」「予兆管理による信頼性向上」「新技術による修繕」などについて研究開発を進めています。その中の「予兆管理による信頼性向上」の主要テーマとして、営業車からの地上設備モニタリングの開発を進めています。（図10）

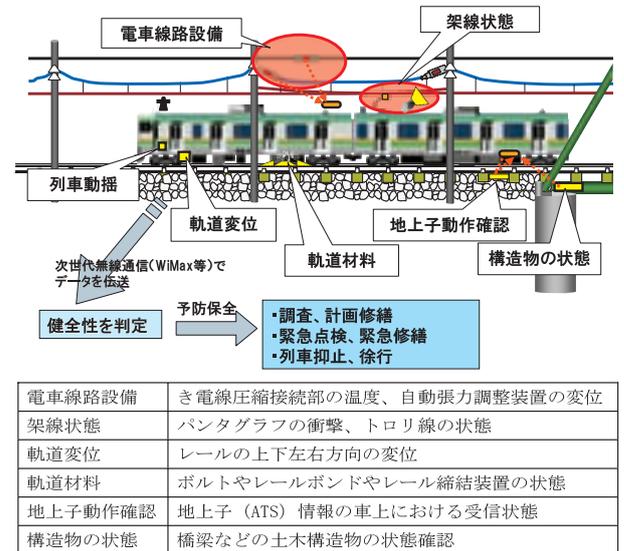


図10 営業車による地上設備モニタリングシステムの例

このシステムは、従来の四半期や1年に1回といった定時的な保全方式（TBM：時間基準保全）から、設備の状態を営業車により継続的に把握して故障の予兆を捉え、未然の故障防止を図る方式（CBM：状態基準保全）の展開を目指しています。