

鉄道新技術と環境調和

New Railway Technologies and Environmental Harmony

大西 利之

■ OHNISHI Toshiyuki

地球温暖化の問題を契機として、世界規模で環境への配慮が求められており、企業においては、サステナビリティ (Sustainability) 実現のための動きが展開されてきている。サステナビリティとは、環境、経済、社会の三つの側面を調和させながら生活を持続的に発展させていくことを意味している。

鉄道交通は環境に優しいシステムと言われているが、更に技術革新と環境調和をサステナブルに加速していかなければならない。東芝は、鉄道システム全体の見地からあるべき環境調和型の技術開発を進めていく。

Consideration for the environment is necessary on a worldwide scale due to the global warming issue, and activities based on sustainability have been initiated in many companies. Sustainability means maintaining life in harmony with three aspects; namely, the environment, economy, and society.

Railways are considered to be an environmentally friendly system. They must be further developed along with the progress of technological innovations in order to support global sustainability. Toshiba goes on to develop the environment-friendly railway technologies on the basis of comprehensive railway-centered transportation system.

鉄道に対するニーズの変遷

近年の技術革新は著しく、特に環境調和型のシステムやコンポーネントにおいては、社会全体のニーズの高まりとあいまって、省エネルギー化や高効率化などの面で更なる進歩を遂げている。

われわれ、鉄道交通にかかわっている技術者も、常に先を見通した商品開発やサービスの提供が重要な役割の一つであると考え、社会の様々なニーズに応えるよう務めている。

鉄道の出現は、短時間に大量輸送を可能にすることによって産業界を一変させ、人間の心理的地図を変えさせた。このような大変革をもたらした鉄道交通に対して社会のニーズを顧みると、多様に変化しているものの、歴史の原点は、安全性及び安定性と低廉性に加え、“時間短縮”が大きな目標であったと言える。

東京-大阪間の移動時間短縮の変遷を表1に示す。最近の半世紀の技術革新には、目をみはるものがある。徒歩

表1. 東京-大阪間の移動時間短縮の変遷

Changes in traveling time required from Tokyo to Osaka

時代・年代	移動時間	移動手段
江戸時代	20日間	徒歩
明治時代	1週間	馬車
1890年	19時間	鉄道(東海道線)
1930年	8時間	鉄道(// 特急つばさ)
1958年	6時間	鉄道(// 特急こだま)
1964年	3時間20分	鉄道(東海道新幹線ひかり)
1992年	2時間30分	鉄道(// 新幹線のぞみ)

で20日もかかっていた江戸時代から、19世紀の終わりには東海道線の開通により、19時間で移動できるようになり、その後、特急列車により更なる時間短縮が進んだ。そして、1964年には東海道新幹線の開通によるひかりの登場で3時間20分まで短縮され、現在では、新幹線のぞみが最短2時間30分での移動を実現している。

今後、近い将来においては、超電導磁気浮上式鉄道(リニアモーターカー)など超電導技術による更なる時間短縮が現実のものになると思われる。

更に、技術の進歩とともに、多様な

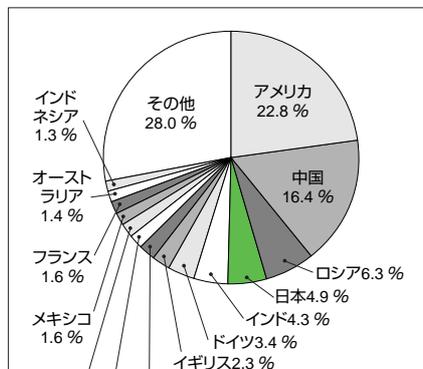
ニーズが発生してきており、時間短縮に加えて、快適性、利便性、信頼性、及び環境性能(省エネルギー、低騒音、低振動など)に対する配慮も必要になってきている。そして、今後は、価値観やライフスタイルの多様化、少子化及び高齢化などの新しい視点から、バリアフリーや防災、サービス拡大など、更に多様なニーズへの対応も考慮する必要がある。

前述したなかでも、環境性能が重要な項目であることは誰もが認識しており、ここでは、それらを鉄道技術と関連づけて少し掘り下げていきたいと考える。

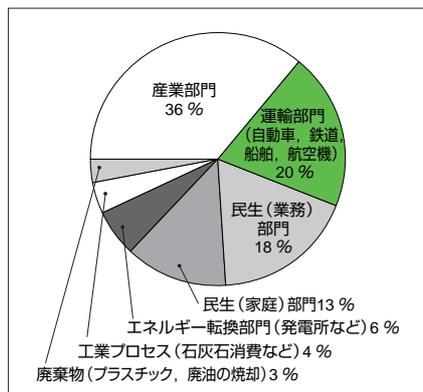
環境調和の重要性と 環境調和型技術の開発

「環境白書 2005 年」における二酸化炭素 (CO₂) の国別排出量を図 1 に、部門別排出量を図 2 に示す。日本は世界で 4 番目の CO₂ 排出国となっており、部門別では、産業部門からの排出量が 36 % 超ともっとも多く、次いで運輸部門が 20 % を占めている。運輸部門の CO₂ 排出量の 80 % 強は、自動車に起因している。

日本の鉄道交通は世界的に優れた環境性能を維持している。これは、鉄道



出典：平成18年度版 環境白書 (環境省)⁽¹⁾
 図 1. CO₂ の国別排出量 — 日本は世界で 4 番目の CO₂ 排出国となっている。
 Carbon dioxide emissions by country



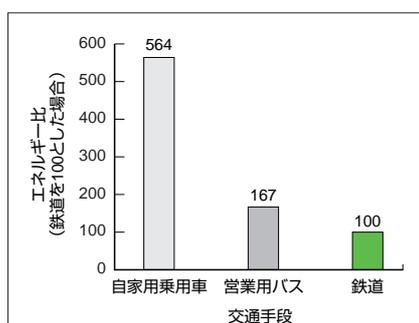
出典：平成18年度版 環境白書 (環境省)⁽¹⁾
 図 2. CO₂ の部門別排出量 — 運輸部門の CO₂ 排出量は 20 % で、産業部門に次いで 2 番目となっている。
 Carbon dioxide emissions by sector

事業者の環境に対する意識の高さが背景にあり、今後も環境性能に優れた鉄道交通のけん引役としてその役割を担っていくことになる。

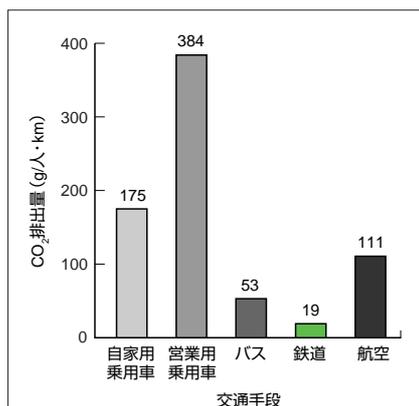
各交通手段のエネルギー消費と CO₂ 排出量それぞれの比較を図 3、図 4 に示す。

鉄道交通は、環境性能に優れた輸送手段と言われているが、自動車に比較し、エネルギー消費量は約 6 分の 1、CO₂ 排出量は約 9 分の 1 である。

省エネルギーは環境対策としてもつ



出典：交通関係エネルギー要覧 平成18年度版 (国土交通省 総合政策局 情報管理部)⁽²⁾
 図 3. 単位輸送量当たりのエネルギー消費量 — 一人ひとりを 1 km 輸送する際のエネルギー消費量で、鉄道は自動車の約 6 分の 1 である。
 Energy consumed to carry one person one kilometer



出典：運輸部門の地球温暖化対策について (国土交通省)⁽³⁾
 図 4. 単位輸送量当たりの CO₂ 排出量 — 一人ひとりを 1 km 輸送する際の CO₂ 排出量で、鉄道は自動車の約 9 分の 1 である。
 Carbon dioxide emitted to carry one person one kilometer

とも効果の高いものであるが、鉄道交通は走行時の抵抗が小さく、更に、ブレーキ時の運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、加速 (力行) するほかの車両に供給するようになっている。したがって、鉄道車両が他の交通手段と比べて、省エネルギーに大きく寄与していることは自明である。

省エネルギー性能は、システムの効率を上げることと、発生したエネルギーをむだなく使用することによって高めることができる。

システム効率の向上は、不要な熱エネルギー排出を抑制するシステム技術によって得られるため、装置の小型・軽量化をも促進することになる。

一方、鉄道事業者を中心とした駅における廃棄物リサイクルやコージェネシステム、太陽光発電システムなどの最近の動きは、今後、ますます進んでいくことと想定され、多方面からの環境調和の動きが出てくるだろう。

以下に、東芝が開発を進めている環境調和型技術と鉄道システムの今後について述べる。

蓄電装置応用システム

回生ブレーキは架線を介して、ほかの電車と電力のやり取りを行うが、電力を消費するほかの力行電車がいない場合は電力が回生できないことになる (囲み記事参照)。そこで、架線に戻らない回生失効電力を蓄電装置へ蓄積し、次の加速時に使用する車載型の電力貯蔵システムを導入することにより、回生失効を減らし、エネルギーを有効に活用できる。

具体的には、蓄電装置搭載車両のイメージを図 5 に、蓄電装置応用システムのバリエーションを図 6 に示す。このシステムは、鉄道輸送ニーズの様々な形態に応じて最適なシステムの構築が可能であり、将来的には、き電システムや列車制御システム、車両システムなどを統合したトータルシステム

電車の回生エネルギー

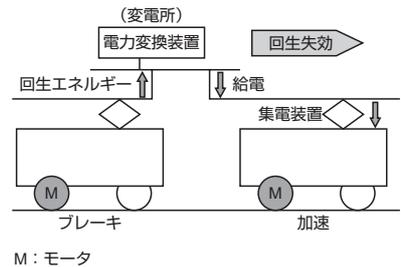
電車は地上に設けられた変電所から架線を経由して電力供給を受け、電力変換装置で所定の電源に変え、主電動機がその電源の供給を受けて、電車を加速させる。

一方、電車がブレーキをかけるときは、主電動機が発電機として機能し、電車が持っている運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、架線を経由して、ほかの電車が加速するための運動エネルギーや駅などに必要な電気エネルギーとして供給される。このエネルギーを回生エネルギーと呼び、このブレーキ方式を回生ブレーキと呼ぶ。

ところが、この回生ブレーキは、ほかに消費してあげることが前提であり、それができない場合には、空気ブレーキに切り替えたり、発電機で発生した電気エネルギーを抵抗器で熱エネルギーとして消費しながら、制動力にする。このような事象を回生失効と呼ぶ。

このようなシステムは1970年ころから電車システムに採用されており、鉄道交通が省エネルギーな交通手段であることの一理由の一つである。

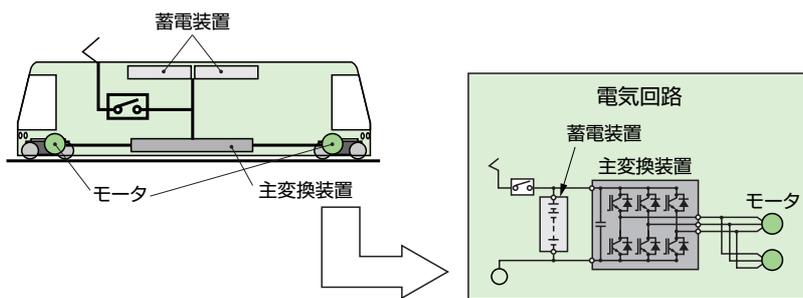
ここで紹介している蓄電装置応用システムとは、回生失効と同様な事象が発生し



M：モータ

回生エネルギーと集電

た場合、蓄電装置に電気エネルギーを蓄積させるシステムであり、ハイブリッド自動車と同じ働きをするものである。



出典：運輸部門の地球温暖化対策について（国土交通省）⁽³⁾

図5. 蓄電装置搭載車両のイメージ— 鉄道車両に蓄電装置を搭載したイメージとその電気回路である。
Image of battery-driven railway vehicle

へと展開されていくと思われる。また、個々の蓄電コンポーネントとして、急速充放電電池や電気二重層キャパシタなどの開発及び実用化が進んでおり、今後も、大容量化や低コスト化などの技術革新が期待されることである。

当社は、信頼性の構築を含めて、このシステムをキー技術としてとらえ、多方面での実用化に向けて開発を加速していく予定である。

液体シリコン変圧器

鉄道における電力供給システムの構成機器として変圧器がある。変圧器の環境調和性には、設置場所近辺への適合性という局所的な視点と、地球環境に対する適合性という大局的な視点とが考えられる。局所的な環境調和性では、騒音や振動あるいは周囲の景観への影響などが課題となり、大局的な環境調和性では地球温暖化防止が主な課題となる。

当社の環境調和型技術の一つとして、液体シリコン変圧器が挙げられる。液体シリコン変圧器は、従来の鉱油の代わりに液体シリコン（液状ジメチルポリシロキサン）を使用した変圧

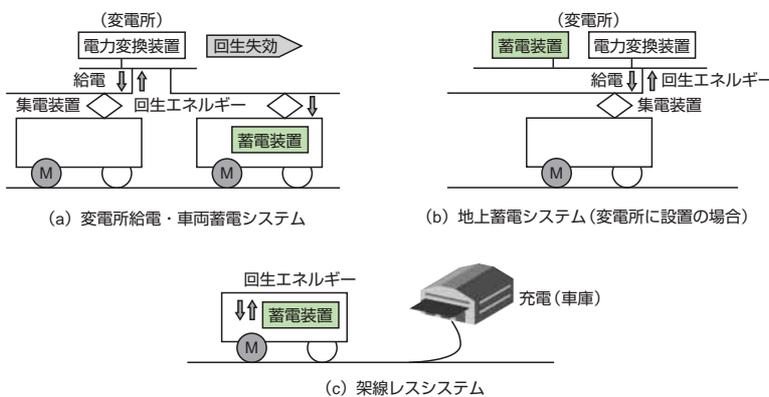


図6. 蓄電装置応用システムのバリエーション— 輸送ニーズに応じて最適な鉄道システムを構築できる。将来は、き電システム、列車制御システム、及び車両システムを統合したトータルシステムに発展すると思われる。

Variations of battery-driven railway systems

器で、新幹線など交流き電電車に搭載する車両用変圧器として、1970年代初頭に日本で実用化された。近年では、液体シリコンとアラミド系の高耐熱紙を組み合わせることで、耐熱クラスH種相当の液冷却変圧器が実現した。これをき電変圧器に適用すると鉱油変圧器よりも小型・軽量となり、変電所全体をコンパクトに構成できるので、六フッ化硫黄(SF₆)ガス絶縁変圧器の代替にもなりえる。SF₆ガスは温室効果ガスとして規制の対象になっており、冷媒をSF₆ガスから人体に無害な液体シリ

コンに替えることにより、環境を汚染しない地球環境に優しいものになる。液体シリコン変圧器の構想図を図7に、各種の冷却媒体を用いた変圧器の比較を表2に示す。

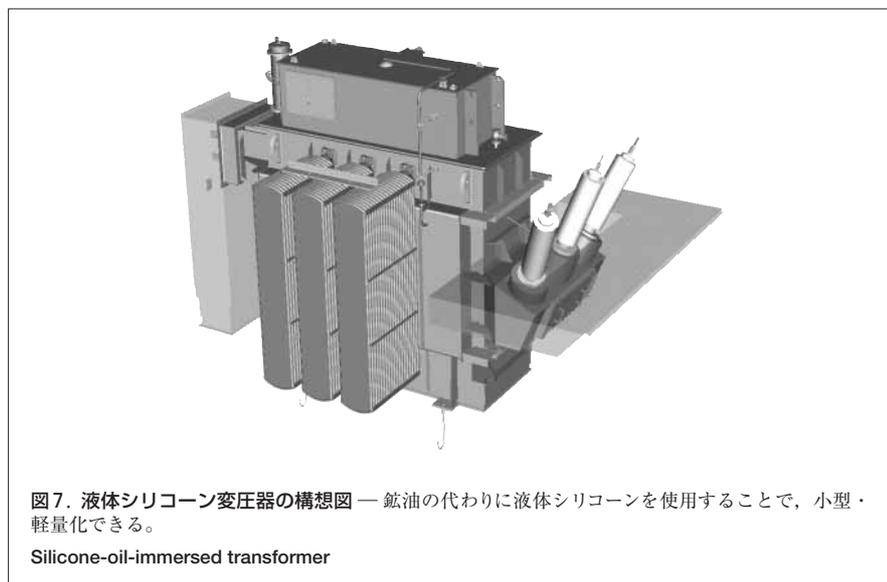
永久磁石同期電動機

鉄道車両に使用される主電動機は、古くから直流電動機が使用されてきた。その後、パワーエレクトロニクスの発展によって可変電圧可変周波数(VVVF)インバータが開発され、主電

動機は誘導電動機になり保守作業が容易になった。

しかし、これらの主電動機は冷却のために、外部から空気を取り込む開放型にする必要があり、効率は92%程度で、騒音値は100 dBA(5,000 rpm時)程度にとどまっていた。

最近、永久磁石の特性が向上したことから、電車用主電動機の一部が永久磁石同期電動機になろうとしている。この電動機は、回転子の内部発熱がないため効率が向上し、密閉化することが可能である。その結果、効率は97%程度と誘導電動機に比べて5%ほど向上するとともに、騒音値は80 dBA(5,000 rpm時)まで下がる。更に、密閉構造のため、清浄な空気を取り込むためのろ過器や内部の清掃が不要になるなど、多くのメリットがある。



鉄道貨物輸送を中心とした統合交通システム

環境調和型交通手段と認知されている鉄道輸送であっても、経済性を無視して拡大していくことは非常に困難である。特に、物流業界における競争の激化をまのあたりにすると、経済性は重要な要素である。

しかし、将来性を勘案したトータルの判断と評価を進めると、経済性と同様に重要な要素として、環境調和と安全性が大きなウエイトを占めてくるのが想定される。

鉄道貨物輸送は、競合する輸送形態であるトラック輸送、航空機輸送、及び船舶輸送に対して環境調和と安全性は非常に高く、特に危険物の輸送など、差異化の要素は多いと考えている。つまり、価格競争に巻き込まれない独自の市場を開拓することが可能になる。

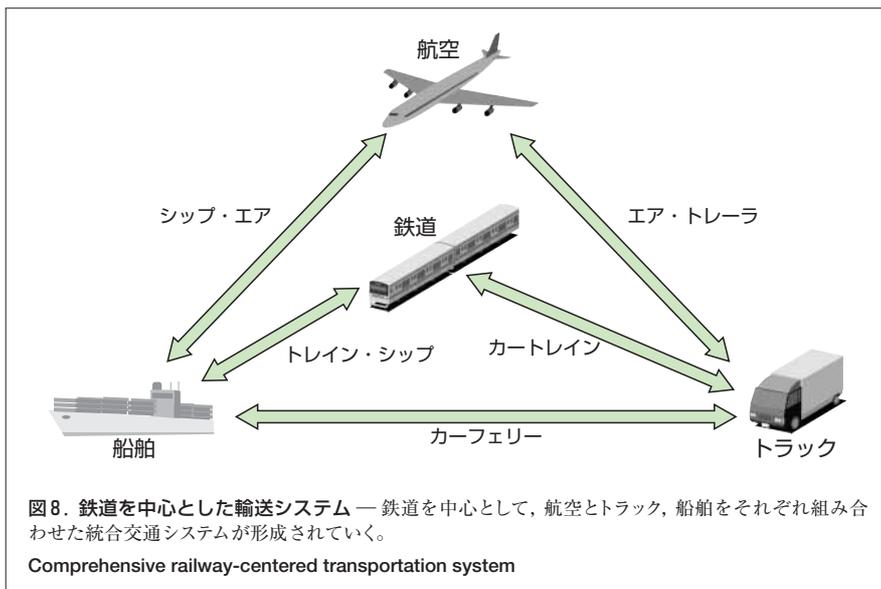
現実的には、図8に示すように、環境に優しい鉄道を中心とした統合交通システムの形成が今後の鉄道輸送の方向であると考えており、これまでの

表2. 各種変圧器の比較

Comparison of various transformers

項目	液体シリコン変圧器	油入変圧器	モールド変圧器	SF ₆ ガス絶縁変圧器
絶縁・冷却媒体	液体シリコン (JIS C2320 6種)	鉱油 (JIS C2320 1種)	エポキシ樹脂 (空気)	SF ₆ ガス
燃焼性	難燃性	可燃性	難燃性	不燃性
耐熱クラス	H種など	A種	B, F, H種	E種
屋内外仕様	屋内・屋外	屋内・屋外	屋内	屋内・屋外
耐塵性	◎	◎	△(盤収納により○)	◎
耐湿性	◎	◎	長期休止時には吸湿対策要	◎
保守点検	温度監視 漏えい点検	温度監視 油漏えい点検	外観目視点検	温度監視 ガス漏えい点検
予防保全	油中ガス分析	油中ガス分析	コロナ測定	ガス分析
過負荷耐量	大きい	大きい	普通	普通
寸法	◎	○	△ (搬入時は分割により◎)	△
騒音	やや小さい	やや小さい	普通	やや小さい

◎:最良 ○:良 △:適用可能



供していくことで、将来の鉄道事業に貢献していきたい。

文 献

- (1) 環境省. “平成18年度版 環境白書”. 環境省ホームページ. < <http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h18/index.html>>, (参照2006-07-31).
- (2) 国土交通省 総合政策局 情報管理部. “交通関係エネルギー要覧 平成18年度版”. 国土交通省ホームページ. < http://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/energy/h18_energy.pdf>, (参照2006-07-10).
- (3) 国土交通省. “運輸部門の地球温暖化対策について”. 国土交通省ホームページ. < <http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kankyou/ondanka1.htm>>, (参照2006-07-10).

時間短縮に代わる鉄道の流れの一つとなると思われる。

例えば、モーダルシフト^(注1)によって、環境調和性の高い交通手段を組み合わせ、トータルで環境負荷を下げることと併せて、経済性においてもコスト削減が可能となる。更には、共同運行などの実施によって、より効率的で環境調和性の高い輸送形態となっていく。

(注1) モーダルシフト

環境調和性の高い鉄道や海運の利用へと貨物輸送を転換すること。

更なる鉄道技術の革新に向けて

当社は、鉄道技術への定常的な要求である、更なる安全性、安定性、高速性、及びサービスの拡充を実現するために、技術開発を進めていく。

併せて、地球環境保全が重視される21世紀をリードしていくことを目指し、環境調和技術を大きな柱として、新規技術の開発や既存技術の改良を加速していくとともに、省エネルギー技術や新エネルギー方式を鉄道システムに提



大西 利之

OHNISHI Toshiyuki

産業システム社 交通技師長。
Industrial Systems Co.