

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

環境・エネルギー分野の動向とグリーンイノベーション

持続可能な社会の形成のために、地球環境負荷の低減が求められており、二酸化炭素排出量削減に向けた技術開発や環境関連技術を活用した産業戦略（グリーンイノベーション）が注目されています。本稿では、エネルギー関係を中心に鉄道事業者が取り組んでいる環境施策の動向や鉄道利用者の環境意識の調査結果を紹介するとともに、今後取り組むべき施策や、技術開発について紹介します。

鉄道事業者の環境施策

鉄道は他輸送機関に比べ、単位輸送量あたりの二酸化炭素排出量が少なく（図1）、地球にやさしい輸送機関です。それでも各鉄道事業者はさらなる環境負荷低減のための施策に取り組んでおり、それらは毎年発行される環境報告書に記載されます。全ての施策が記載されるわけではありませんが、環境報告書に記載される施策は各事業者がステークホルダーに対し積極的にアピールしたい施策であると考えられます。鉄道事業者の環境施策については、地球温暖化防止のための省エネルギーに関する施策と、沿線に人が住んでいることから振動・騒音低減に関する施策が多く報告されています。JR旅客6社と大手私鉄16社の環境報告書（2014年版、一部2013年版）から省エネルギーに関する施策の報告事業者数を表1に示します。

(1) 列車運転用エネルギー関係

列車運転用エネルギーは、鉄道事業全体で使用されるエネルギーのうちおよそ8割を占めています（図2）。その列車運転用エネルギー削減に関する施策については、車両に関係する事柄を報告している事業者が多くなっています。全ての事業者で報告されている省エネルギー車両には、インバーター制御でモーターを駆動する電車（VVVF車両）やブレーキ時にモーターで発電し、それを架線に返す電力回生電車が含まれ、非電化区間向けでは、ディーゼルハイブリッド車両（図3）および蓄電池電車（図4）が含まれています。車



飯田 浩平
Kohei Iida
前 企画室 戦略調査 主査
(現 鉄道力学研究部 車両力学研究室)
[専門分野]地震時走行安全性, 台車諸元向定技術



古谷 勇真
Takemasa Furuya
企画室 戦略調査 副主査
[専門分野]ハイブリッド車両のインバーター制御, 車両駆動システム



小川 知行
Tomoyuki Ogawa
車両制御技術研究部 動力システム研究室 副主任研究員
[専門分野]鉄道車両のエネルギー消費計算, ハイブリッド車両

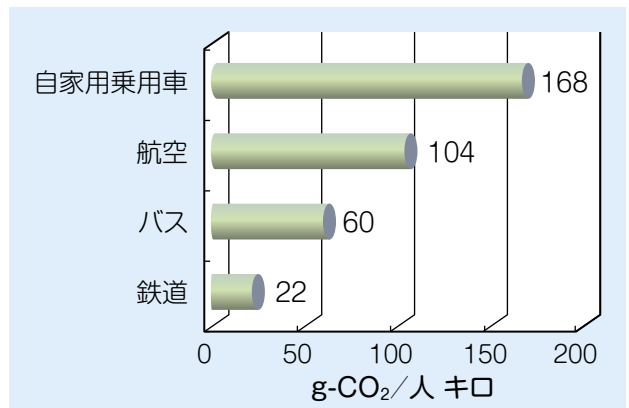


図1 輸送量あたりの二酸化炭素排出量(旅客, 2012年度)
出典: 国土交通省ホームページ

表1 鉄道事業者が取り組んでいる主な環境施策
(調査対象：JR旅客6社，大手私鉄16社の計22事業者)

報告されている主な環境施策項目			報告事業者数
列車運転用 エネルギー関係	車両	省エネルギー車両	22
		車両軽量化	13
		車内照明用LED	14
	電力設備	変電設備の高効率化	9
		上下線一括き電	8
		回生電力の回収	6
	運転	省エネ運転	3
		車両運用見直し	3
	駅舎・駅ビルなど 電力関係	照明関係	駅舎照明用LED
駅構内照度の調節			10
自然光活用			7
LED内照式案内板			7
空調関係		高効率空調機器	7
		蓄熱システム	3
		地中熱の活用	3
		自然風の活用	4
再生可能エネルギー		太陽光発電システム	20
		風力発電システム	3
鉄道利用促進関係	パーク&ライド	11	
	レール&レンタカー	2	
	利用促進PR	10	

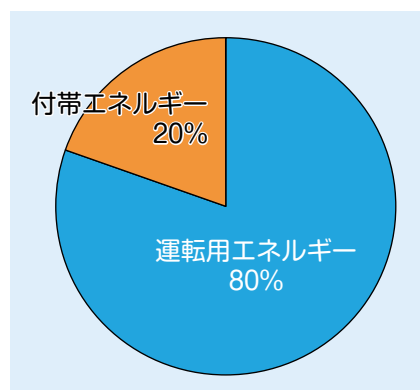


図2 鉄道用エネルギー使用内訳
(主な事業者の平均，地下鉄含まず)



図3 ディーゼルハイブリッド車両
(JR東日本 HB-E300系)

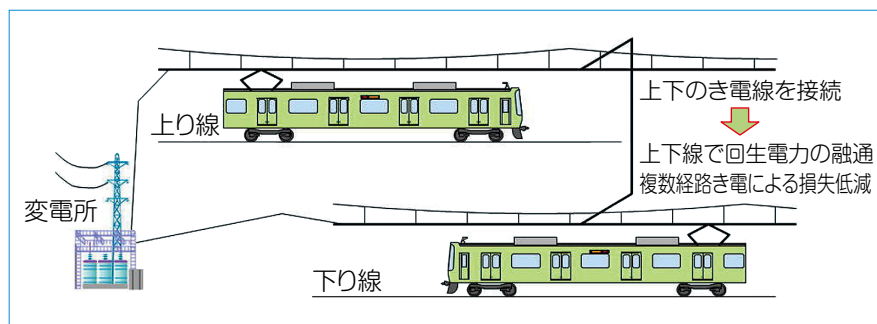


図5 上下線一括き電のイメージ図



図4 蓄電池電車
(JR東日本 EV-E301系)

内照明のLED化については，近年急速に導入が進んでいます。

電力設備に関しては，力率改善コンデンサー(☞参照)や高効率変圧器(☞参照)の導入といった変電設備の効率化に関する報告を行っている事業者が約4割ありました。回生電力の回収には，ブレーキ時の回生電力を蓄えて加速時に電力供給する電力貯蔵装置や，回生電力を駅設備などに供給する電力変換装置を含んでおり，上下線一括き

電(図5)と合わせて回生電力の利用効率を高める施策です。

表1の省エネ運転とは，惰行や回生を有効に活用する運転法を運転士に習得させる取り組みを指しています。なお，表1の調査対象に含まれない事業者において，ATO(自動列車運転)装置による省エネ運転についての報告例があります。車両運用の見直しには，需要に応じた編成長とすることや，省エネルギー車両の運用比率を高めるこ

とが含まれますが，報告事業者は多くありません。

☞ 力率改善コンデンサー

変電所において，発電所から受電する際に，電圧と電流の波形のずれを低減し，機器の効率を高めるために設置されるコンデンサー。

☞ 高効率変圧器

鉄心素材やコイルの改良により，従来よりも損失を低減した変圧器。

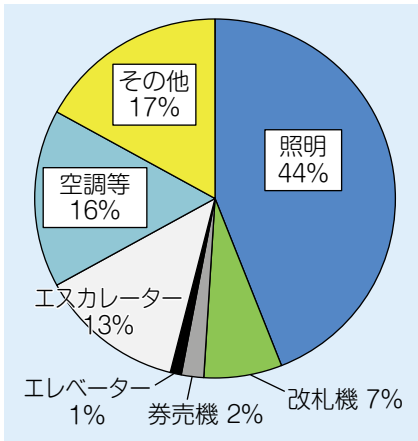


図6 JR駅消費電力量の内訳 (文献¹⁾より作成)

(2) 駅舎・駅ビルなどの電力関係

中規模の高架駅であるJR灘駅の例を図6に示すように、駅舎で消費される電力のおよそ半分が照明用電力であるため、照明に係わる報告が多くなっており、中でも駅舎照明用LEDの導入についての報告が多くなっています。

空調関係における蓄熱システムは夜間電力を用いて氷槽または水槽に蓄熱するシステムで、地中熱の活用は一年を通じてほぼ一定な地中熱をヒートポンプで空調に活用するシステムです。

再生可能エネルギー関係では、駅舎屋上に設置する小規模のものから、遊休地を活用した大規模なものまで、太陽光発電システムに関する報告が多い一方、風力発電システムについては駅舎などに設置する小規模なものを報告している事業者が3社と少ない結果となりました。

(3) 鉄道利用促進関係

図1で示したように、鉄道は他輸送機関に比べ単位輸送量当たりの二酸化炭素排出量が少ない輸送機関であるため、自家用自動車で移動している人を鉄道利用へ誘致するだけで輸送全体の二酸化炭素排出量を削減することができます。この取り組みについて、パーク&ライド(☞参照)、ルール&レンタカー(☞参照)および利用促進PR(☞参照)に分けて集計したところ、パーク&ライドと利用促進PRは約半数の

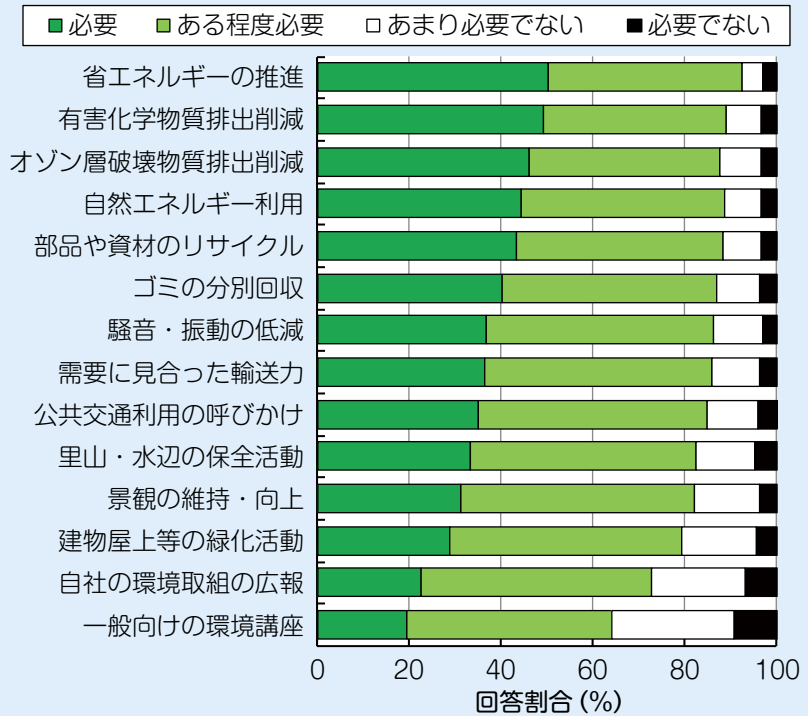


図7 鉄道事業者に求める環境施策アンケート結果 (調査対象：鉄道利用者、調査時期：平成26年1月)

事業者で報告されている一方、長距離輸送も担うJRが主体的であるルール&レンタカーについては報告している事業者が少ない傾向となりました。

鉄道利用者の環境意識

鉄道利用者約3200人を対象に、鉄道事業者に求める環境施策について、インターネットによるアンケート調査を平成26年1月に実施しました。環境施策の項目は鉄道事業者の環境報告書を参考に設定しました。結果を図7に示します。この図から、鉄道事業者により報告されている項目は、いずれも6割以上の人がある程度以上の必要性を認めていることがわかります。中でも省エネルギーの推進に対する要求が最も高くなっており、これは鉄道事業者が力を入れている項目と合致しているといえます。

鉄道事業者の取り得る施策

前述のように、鉄道事業者は第一に省エネルギーの推進を求められていま

すが、グリーンイノベーションには環境関連技術を活用した産業戦略も含まれています。平成26年4月に公表されたIPCC(気候変動に関する政府間パネル)第5次評価報告書第3作業部会報告書では、輸送部門における二酸化炭素排出量を削減するためには、陸上輸送を自動車・トラックから鉄道へモーダルシフトすることが重要であると述べられています。そこで、報告事業者の少ないルール&レンタカーにつ

☞ パーク&ライド

ここでは自宅から鉄道駅まで自家用車で移動する人を対象とした、駅周辺駐車場サービスを指します。

☞ レール&レンタカー

ここでは鉄道利用者を対象にした駅周辺レンタカー優待サービスを指します。

☞ 利用促進PR

ここではお得な切符の販売だけでなく、「鉄道でエコ」のようなキャッチコピーを用いて鉄道利用を呼びかける取り組みを指します。

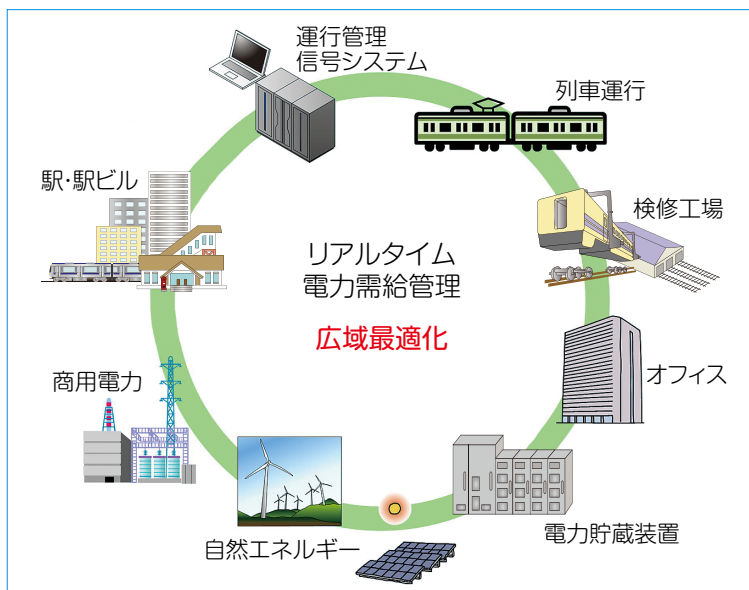


図8 鉄道事業全体でのエネルギー管理システムのイメージ

いては、パーク&ライドにおいて時間貸駐車場会社との提携が進んでいるのと同様に、既存会社との提携により導入コストを下げつつ、貸し出し場所を駅改札至近にするなど利便性を向上させ、さらには車種を昨今注目されている電気自動車やプラグインハイブリッド車にして、利用促進を図るといった施策が期待されます。

鉄道利用促進に関連して、鉄道による周遊を目的とした観光列車を多くの事業者で導入しています。その地球温暖化防止への効果を数値で計ることは難しいですが、観光列車が鉄道のイメージアップにつながり、多くのお客様が鉄道を利用するようになることが期待されます。

今後の技術開発

二酸化炭素排出量削減に向けた今後の技術開発について以下に紹介します。

(1) 車両

省エネルギー車両の導入については全ての鉄道事業者で報告されていますが、VVVF車両と電力回生車両については30年以上前からある技術で、事業者によってはこれらの車両の導入率が100%に達しています。今後さらに省エネルギーを推進するには半導体素子や構成部品の高効率化が求められ、SiC（炭化ケイ素：Silicon carbide）素子を使ったインバーター装置や回転子に永久磁石を使った同期電動機が採用されはじめています。

一方で、他輸送機関に目を向けると自動車、航空機で軽量化が盛んです。自動車では低コストでの軽量化に力点が置かれ、高張力鋼板の高強度・薄肉化に取り組むとともに、樹脂系材料の活用にも取り組んでいます。航空機では、強度が重視され炭素繊維強化プラスチック（CFRP）が積極的に活用され、

低コストでCFRP構造を成型する技術開発も盛んです。鉄道においてはこれまでアルミ合金やステンレスを用いた車体軽量化が主でしたが、マグネシウム合金を用いた車体軽量化が検討されています²⁾。また、CFRP素材による台車軽量化の研究開発も行われています³⁾。また、近年では車両の衝突安全性向上に関する研究開発も行われており、強度部材、非強度部材のメリハリを付けた設計が期待されます。

(2) 電力の有効利用

近年HEMS、BEMSといったエネルギー管理システム（☞参照）が普及しつつあり、駅ビルへの導入事例もいくつかあります。今後のICT技術発展により、将来的には駅ビルやその周辺施設のみで展開するだけでなく、列車運行まで含めた鉄道事業全体での電力利用最適化や省エネルギー推進が図れるシステム構築が期待されます（図8）。

おわりに

本稿では、地球温暖化防止に向けた鉄道事業者の環境施策動向と鉄道利用者の求める環境施策、グリーンイノベーションに向けた取り組みについて紹介しました。鉄道総研も地球環境保護に向けて鉄道事業の果たす役割を向上させる技術開発に引き続き取り組んでいきますので、関係の皆様のご協力をよろしくお願い致します。RRR

文献

- 1) 麻生隆司ほか：瀬駅使用電力量の計測からエコステーション設計に向けて、鉄道建築ニュース、No.737, pp.46-47, 2011
- 2) 森久史ほか：車両構体への難燃性マグネシウム合金の適用、鉄道総研報告、Vol.28, No.2, pp.41-46, 2014
- 3) 西村武宏：新型次世代台車「efWING」の開発、鉄道車両工業、No.470, pp.21-24, 2014

☞ エネルギー管理システム

照明・空調などの需要側、商用電力・太陽光発電などの供給側、さらに蓄電装置を含めて、電力使用状況をリアルタイムで管理し、電力消費の最適化を図るシステムで、一般家庭向けのHEMS（Home Energy Management System）、ビル向けのBEMS（Building Energy Management System）など規模により呼び名が異なります。