

## 輸送分野の燃費基準の動向と省エネへの取組み

前橋 心一\*      芳賀 一郎\*

村上 浩一\*      中村 英男\*

### The Trend of Fuel Consumption Standard in Vehicular Traffic Field and an Effort Forward the Energy Saving

Shinichi MAEHASHI      Ichiro HAGA

Koichi MURAKAMI      Hideo NAKAMURA

It has been the amendment energy saving law newly to introduce the energy-saving measures for transport fields. This amended law obligates to prepare the energy-saving plan and to report to the government the usage of energy for transportation enterprises. For the energy saving effort, it is essential to comprehend accurately the energy consumption with running railroad vehicles. In this paper, we describe the fuel consumption standards of automobile for the basic knowledge of diesel rail-car fuel consumption grasp and we introduce our research and development about the energy saving support tools for diesel rail-car.

キーワード：省エネルギー，ディーゼル車両，省エネ法，燃費基準，CO<sub>2</sub>排出量削減

#### 1. はじめに

地球温暖化の問題などを背景とした環境保全を推進するため、2006年に「エネルギーの使用の合理化に関する法律（以下、省エネ法）」が改正され、輸送分野（鉄道、自動車、船舶、航空）における省エネルギー（以下、省エネ）対策が新たに導入された。

この改正により、一定規模以上の輸送能力を有する輸送事業者には、省エネ計画の策定やエネルギー使用量及び省エネ措置の実施状況の国土交通大臣への報告などが義務付けられた。

このような省エネ措置の実施や報告など、省エネの取組みには、車両走行に伴うエネルギー使用量を正しく把握することが重要である。

本稿では、省エネ法で策定された自動車の燃費基準の推移、走行モード、燃費の測定方法について解説する。また、鉄道総研が、ディーゼル車両を対象として取り組んでいる省エネ支援ツールの研究開発などについて紹介する。

#### 2. 自動車の燃費基準

自動車では、1970年代から省エネ法による燃費基準が策定され、現在までに数度にわたり基準値の見直しや、走行モードなどの計測方法の改定が行われてきた。鉄道車

両には、燃費基準は適用されていないが、走行に伴うエネルギー使用量の把握や評価は重要である。その際、自動車の燃費基準の考え方や計測方法は、参考になる面が多い。

本章では、この省エネ法に基づいた自動車の燃費基準とその動向や特徴などについて述べる。

##### 2.1 省エネ推進の背景

1970年代の2度のオイルショックを契機とし、工場・建築物・機械器具などのエネルギーの使用の合理化を求める省エネ法が、1979年に制定された。省エネ法は「エネルギー性能の向上と使用の合理化に関する事業者の努力」や「大量のエネルギーを使用する機械器具（「特定機器」という）の性能向上の義務」などを定めている。

特定機器の指定対象は、自動車・エアコン・冷蔵庫など21品目である<sup>1)</sup>。指定された特定機器には、エネルギー使用効率の基準（自動車では燃費基準）が、年度目標として具体的な数値で示される。

一方、1997年の京都議定書の採択を受け、より一層の省エネ施策を推進するため、1998年と2006年の大幅な省エネ法の改正により、省エネ法の適用範囲の拡大や強化が実施されている。

図1に示すように、1970年代から1990年代の省エネ推進の背景には、中東情勢と石油資源確保が大きく影響していた。これに加えて、1990年代後半から現在にかけては、地球環境問題への取組みや持続可能な社会発展へ向けた側面が大きくなっている<sup>2)</sup>。

\* 車両制御技術研究部（動力システム）

特集：車両技術

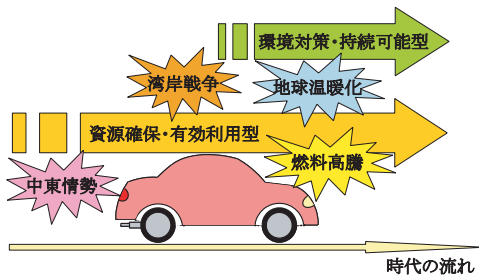


図1 省エネ推進の背景の変化

2.2 燃費基準の法体系

自動車の燃費基準の法体系<sup>1) 3)</sup>を図2に示す。

燃費基準は、燃料1ℓ当たりの走行距離(km/ℓ)と、燃費測定に係る走行モードで定められる。

この燃費基準は、車両重量・構造・変速機などの条件で細かく区分されている。また、省エネ法では、燃費性能の公表、低燃費車の普及促進や、自動車の使用時に基準の適合性の有無を確認できるステッカーの貼付けなどの措置を定めている。

2.3 燃費基準の動向

国内における自動車の燃費基準の推移<sup>3)~8)</sup>を表1に示す。

ガソリン乗用車から始まった自動車の燃費基準は、年々強化され、適用車種が拡大している。現在は、LPガス乗用車やディーゼル重量車(トラック・バス)にも、燃費基準が策定された<sup>9) 10)</sup>。重量車への燃費基準の導入は、世界で初めてである。

燃費基準の大きな特徴は、1998年に導入された、トップランナー方式という考え方である<sup>11)~14)</sup>。現在商品化している製品で、最もエネルギー使用効率が高い製品以上の基準を設定し、将来のある時点で全ての製品に、そ

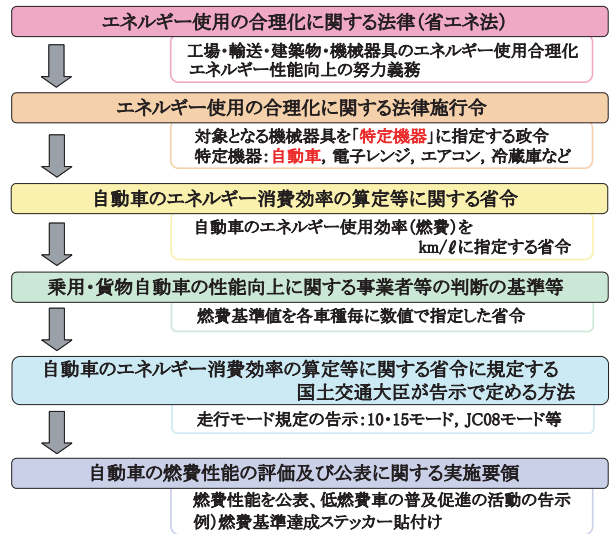


図2 燃費基準の法体系

の基準へ適合させる方式である。この方式は、我が国が世界に先駆けて採用し、当初の見込み以上の燃費改善が図られている。

現在の燃費基準は、ガソリン乗用車には2000年度目標、貨物車には2003年度目標、ディーゼル乗用・貨物車には2005年度目標が適用されている。さらに、目前に2010年度目標の適用が迫っており、トップランナー方式による省エネ政策、自動車メーカーの積極的取組み、燃料高騰や消費者の環境意識の高まりなどで、2010年度目標や重量車燃費基準を前倒して達成した新型車が発売されている。

また、2010年度目標適用目前の、ガソリン乗用車などには、早くも2007年に、2015年度目標値が策定された<sup>14)</sup>。同時に、燃費測定に用いる走行モードが、従来の10・15モードからJC08モードに変更となる。

表1 燃費基準の推移

		1979年	1985年	1991年	1993年	1996年	1999年	2003年	2006年	2007年
ガソリン車	乗用車	燃費基準策定 1985年度目標 10モード燃費	1978年度比 最高13%、 平均12%向上	10・15モード 燃費導入	2000年度目標 1990年度比 8.5%向上 (平均12.3km/ℓ)	—	2010年度目標 1995年度比 22.8%向上 (平均15.1km/ℓ)	—	—	2015年度目標 2004年度比 23.5%向上 (平均16.8km/ℓ)
	貨物車					2003年度目標 1993年度比 6.3%向上	2010年度目標 1995年度比 13.2%向上	—	—	2015年度目標 2004年度比 12.6%向上 (平均15.2km/ℓ)
ディーゼル車	乗用車						2005年度目標 1995年度比 14.9%向上	—	—	ガソリン車と 同等扱い
	貨物車						2005年度目標 1995年度比 6.5%向上	—	—	2015年度目標
	重量車								2015年度目標 2002年度比 12%向上	—
LPG乗用車								2010年度目標 2001年度比 11.4%向上	—	—
国内外動向		オイルショック		1990年湾岸戦争勃発		1997年 京都議定書採択 トヨタプリウス発売				10・15モード→ JC08モードに 移行開始

### 3. 走行モードと測定方法

本章では、燃費測定時の運転方法を指定する走行モードと燃料消費量の測定方法について述べる。

#### 3.1 走行モード

走行モード<sup>1) 3)</sup>は、「時間-速度」で示された一定の走行パターンである。このモードは、告示により定められる。

##### (1) 10・15モード

10・15モード<sup>1) 3) 9)</sup>は、乗用車などに適用されている走行モードである。この10・15モードは、市街地走行を模擬した10モードと高速道路走行を模擬した15モードで構成される<sup>15)</sup>。勾配は考慮されていない。

10・15モードを用いた燃費計測では、エンジン暖機状態で図3に示すような走行をシャーシダイナモで再現し、後述する測定方法を用いて実測する。

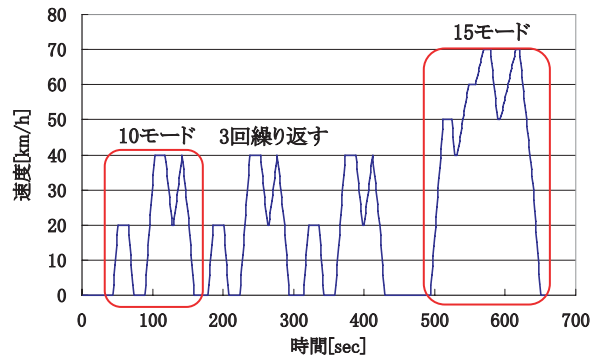


図3 10・15モード

##### (2) JC08モード

JC08モード<sup>14) 16)</sup>は、10・15モードに代わって2015年度目標から乗用車などに導入される走行モードである。このJC08モードは、燃費性能を適切に評価するため、より詳細に走行実態を反映したものである。勾配は考慮されていない。

JC08モードを用いた燃費計測では、エンジン暖機と冷機状態を組み合わせ、図4に示すような走行をシャーシダイナモで再現して実測する。JC08モードは、10・15モードよりも激しい加減速となるため、このモードによる燃費は悪くなる。

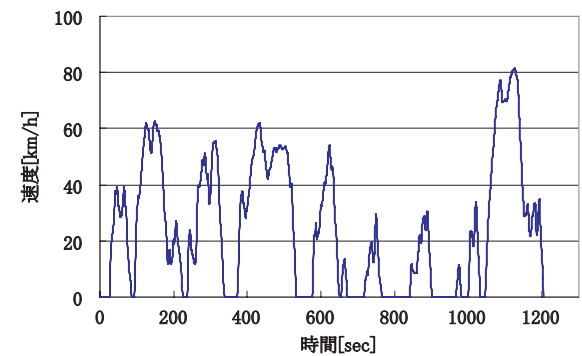


図4 JC08モード

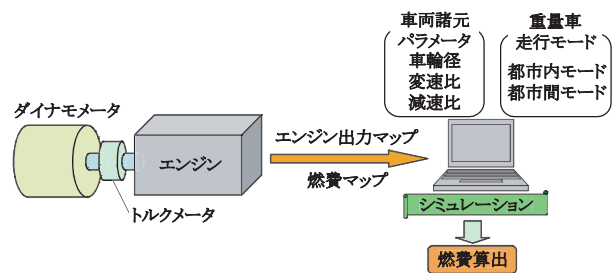


図5 重量車の燃費測定イメージ

##### (3) 重量車モード

重量車モード<sup>3) 10) 16)</sup>は、シャーシダイナモで測定が困難な重量車に適用される走行モードであり、2つの走行モードで構成される。

このモードを用いた燃費計測では、初めに、エンジン単体を台上で、負荷や回転数を変化させて出力や燃料消費量を測定し、出力マップや燃費マップを作成する。次に、このマップと走行モードを用いて、シミュレーション上で車両の走行状態を計算し、燃費を求める。シミュレーションで使用する走行モードは、都市内走行モード (JE05) と高速道路走行の都市間移動モード (縦断勾配付 80km/h 定速モード) の2つである。

特徴は、路線バスやトラックなどで、2つの走行モードの重みを変える点と、都市間移動モードは、勾配を考慮している点である。図5に重量車燃費測定イメージを、図6に都市内走行 (JE05) モードを示す。

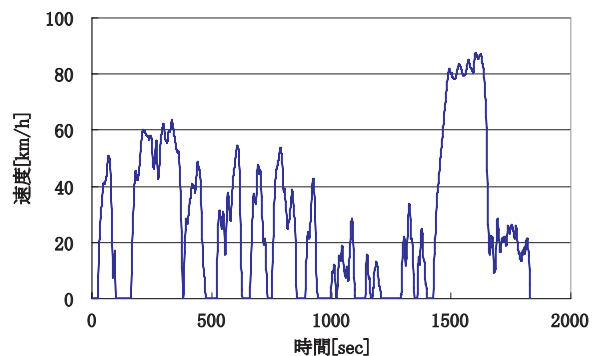


図6 都市内走行 (JE05) モード

#### 3.2 燃料消費量の測定

JIS規格<sup>17)</sup>などに規定される燃料消費量の測定方法には、以下に示すようなカーボンバランス法と流量測定法がある。

特集：車両技術

(1) カーボンバランス法

カーボンバランス法は、車両の排気管に排出ガス採取装置を取付け、モード運転分の排出ガスを全量または希釈して排出ガス採取装置の定容量バッグに取込み、排出ガスのCO<sub>2</sub>濃度の測定値などから、燃料消費量を算出する方法である。排出ガス測定と同時に行える利点があるが、実走行の計測には適さない。図7に、カーボンバランス法による燃費測定イメージを示す。

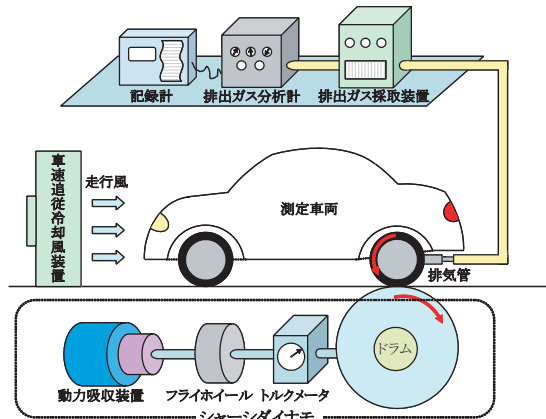


図7 カーボンバランス法での燃費測定イメージ

(2) 流量測定法

流量測定法は、燃料配管に流量計を取り付け、直接燃料流量を測定する方法である。この測定法は、流量計の取付け取外し作業、燃料回路のエア抜きや燃料漏れの確認が必要となるが、実走行においても比較的詳細な計測が可能である。

しかし、燃料噴射時の余分な燃料を、温度上昇防止などのため燃料タンクに戻す「燃料戻り回路」を持つ車両の場合、戻り燃料の冷却や、気泡除去などに対する処置が必要となる。

なお、これらの具体的な処置例を5章で紹介する。

4. 省エネ法改正と燃費把握の必要性

省エネ法の改正により、鉄道分野にも省エネ対策が導入された。以下に、省エネ法の改正に伴うディーゼル車両の燃費把握の必要性について述べる。

4.1 輸送分野への省エネ対策の導入

京都議定書の発効を踏まえ、2006年に改正された省エネ法では、各分野における省エネを一層進めるため、鉄道、自動車（バス、タクシー、トラック）、船舶、及び航空の輸送分野における対策が、新たに導入された。

省エネ法の改正により、一定規模以上の輸送能力を有する輸送事業者（鉄道では300両以上の車両を有する輸送事業者）は、特定輸送事業者として指定される。

この特定輸送事業者には、表2と表3に示すような省

表2 輸送事業者の省エネ目標・措置の概要

		輸送機関		
		バス トラック	船舶	航空
目標	中長期的にエネルギー使用原単位1%以上の低減			
措置	低燃費車両導入	低燃費船舶導入	省エネルギー機体導入	
	エコドライブの推進	省エネ運航	地上運用の省エネ化	
	輸送量に応じた大型化	輸送量に応じた大型化	適切な機材選択	
	共同輸配送、帰り荷の確保	共同輸配送での積載率向上	回送運航減の機材繰り	

注：鉄道以外を示す

表3 鉄道事業者の省エネ目標・措置

目標	中長期的にエネルギー使用原単位1%以上の低減
措置	省エネ取組み方針と目標値の設定
	定期的な取組みの監視・測定と省エネ状況の把握
	高効率内燃機関を使用した省エネ車両の導入
	だ行運転の活用、アイドリングストップなどの省エネ運転
	回送運行距離の最小限化

注：省エネ措置はディーゼル車両の場合を示す

エネ目標と措置に基づく省エネ計画の提出やエネルギー使用量及び省エネ措置の定期的な報告が義務付けられている。

4.2 燃費把握の必要性

省エネ法の改正により、鉄道分野の特定輸送事業者は、表3に示す省エネ措置の実施と報告の義務がある。

例えば、エネルギー使用量の報告など実態把握の面では、ディーゼル車両の走行に伴う燃費を正確に捉えることが望ましい。

また、省エネ措置などの具体的な対策面では、車両性能、車両諸元、運転操作などの違いによる燃費削減の効果などを定量的に分析することが望ましい。

そのため、鉄道総研では次章に述べる省エネ支援ツールの研究開発などに取組んでいる。

5. 鉄道総研の取組み

前述したような背景から、鉄道分野においても省エネへの取組みが推進されており、鉄道車両の燃費計測や支援ツールの開発などの要求が高まりつつある。このような要求に関する鉄道総研の取組みを紹介する。

5.1 鉄道車両の燃費計測

鉄道車両の燃費性能を正しく把握することは、省エネの検討や効果検証などを行う面で非常に重要であり、今後、燃費計測の重要性がより高まると推定される。

前述のように、燃料消費量の測定には、「カーボンバランス法」と「流量測定法」が規定されている。一例として、北海道旅客鉄道(株)が開発中のDMV車両で、流量測

定法による燃費計測を実施した。DMV 車両の概観及び測定の様子を図8に示す。

流量測定法では、検出範囲や精度などの面で適切な流量計の選定が必要で、さらに燃料戻り回路を有するコモンレール式ディーゼルエンジンの場合には、戻り燃料の冷却や気泡除去に対する処置が重要となる。これらを配慮した燃費計測の配管例を図9に示す。



図8 DMV 車両概観と燃費測定の様子

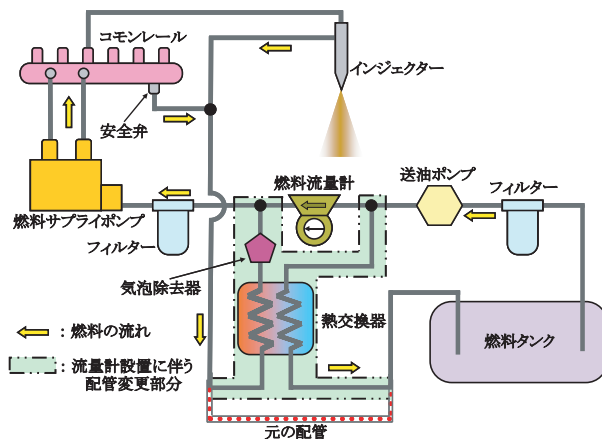


図9 燃費計測の配管例

### 5.2 エネルギー計算システムの開発

省エネへの取組みを支援するツールとして、実路線の走行シミュレーションにより、走行に必要な燃料消費量やCO<sub>2</sub>排出量などを推定する「エネルギー計算システム」<sup>18)</sup>を開発中である。

図10に示すように、本システムは、運転曲線作成ソフトとエネルギー計算ソフトで構成される。運転曲線作成

ソフトから得られる標準的な走行パターンである走行データを用い、エンジン負荷データから走行中のエンジン回転数を求める。次に、エンジン性能データから瞬時燃料消費量(単位時間当りの消費量)や瞬時CO<sub>2</sub>排出量(単位時間当りの排出量)を決定し、これらの値と時間から燃料消費量やCO<sub>2</sub>排出量を算出する。本システムは、これらの他、NO<sub>x</sub>など排出ガスの排出量を計算でき、図11に示すように、各値の変化を時系列で描画するグラフ作成機能を持つ。

本システムは、燃費削減につながるノッチ操作など、省エネに有効な方策や期待される効果の検討に活用できる。現在、計算精度の向上や機能拡張などシステムの高度化を進めている。

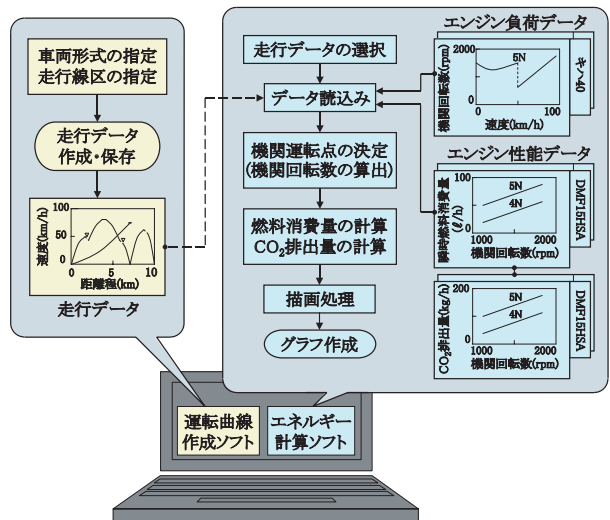


図10 エネルギー計算システムの構成

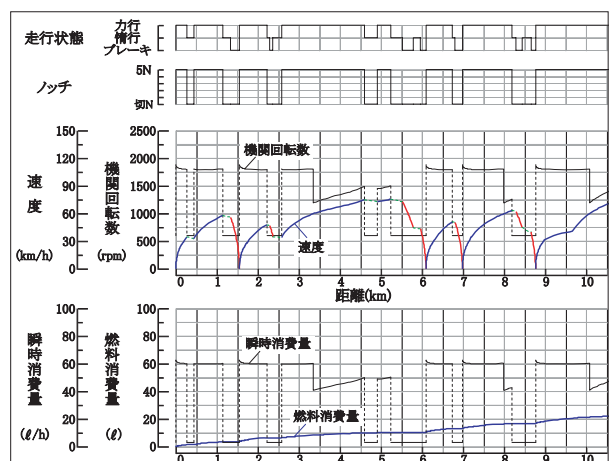


図11 エネルギー計算システムのグラフ描画例

### 5.3 ハイブリッド車両用運転曲線作成システムの開発

省エネや環境負荷低減などを目指し、例えば、東日本旅客鉄道(株)ではシリーズ方式のハイブリッド車両(キハE200形式)<sup>19)</sup>の営業運転が行われている。

特集：車両技術

このような背景から、ハイブリッド車両に対応できる運転曲線作成システムを開発中である。ハイブリッド車両では、バッテリーの充電状態を表わすSOC (State of Charge) によって、エンジンとモータの負担割合が変化し特徴を持つ。

図12に示すように、本システムは、エンジンやモータなどの構成及び動作モードを定義した車両モデル部で走行中のSOCを求め、これを反映した引張力から運転曲線を計算する。計算結果の一例を図13に示す。

今後は、走行試験のデータなどから本システムの妥当性を検証する予定である。

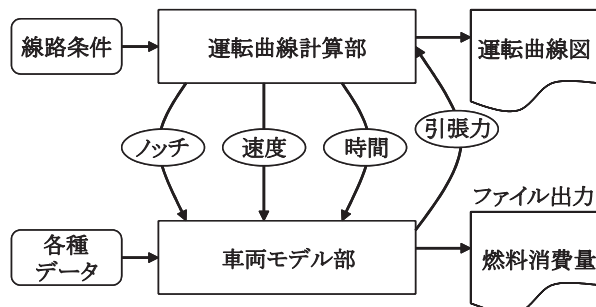


図12 運転曲線作成システム概念図

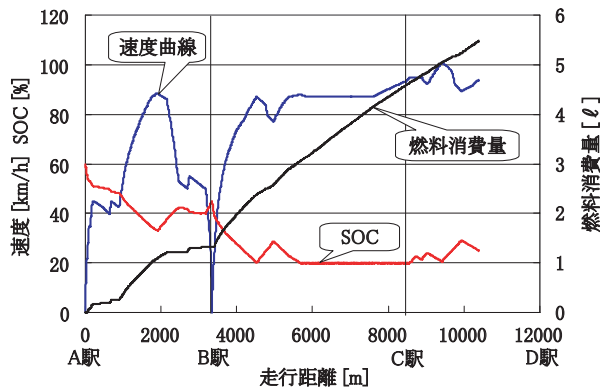


図13 計算結果の一例

6. おわりに

省エネ法の改正などで鉄道分野においても、さらなる省エネの取組みが必要となっている。例えば、ディーゼル車両を対象とした省エネ車両の開発などでは、燃費削減の効果などを定量的に分析することが望まれる。

そのためには、正確な燃費の把握が重要である。その際、本稿に記載した測定方法が参考になる面も多いと考える。

また、このような取組みに際し、鉄道総研が開発中の省エネ支援ツールなどが、少しでも役立つことを期待する。

文献

- 1) 平成18年4月1日改正省エネ法関係情報：(財)省エネルギーセンター, <http://www.eccj.or.jp/law06/index.html>
- 2) 資源エネルギー庁:平成17年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2006), pp.14-47
- 3) 国土交通省自動車交通局:自動車の燃費目標基準について, <http://www.mlit.go.jp/jidosha/sesaku/environment/ondan/ondan.htm>
- 4) 瀬古俊之:自動車を取り巻く排出ガスおよび燃費の規制動向, 自動車研究, Vol.29, No.5, 2007
- 5) 小竹忠:CO<sub>2</sub>削減に向けての自動車業界の取組み, 自動車技術, Vol.58, No.3, 2004
- 6) 湊清之:燃費規制とグリーン税制によるCO<sub>2</sub>排出抑制効果, 自動車技術, Vol.58, No.3, 2004
- 7) 湊清之:自動車技術と燃費・排出ガス規制, 自動車技術, Vol.53, No.9, 1999
- 8) 湊清之:自動車の燃費規制の現状と今後の動向, 自動車技術, Vol.54, No.9, 2000
- 9) 国土交通省, 経済産業省:LPガス乗用自動車の燃費基準(トップランナー基準)に関する最終取りまとめについて, 2003.2
- 10) 国土交通省, 経済産業省:重量車燃費基準検討会最終取りまとめ, 2005.11
- 11) 経済産業省資源エネルギー庁, (財)省エネルギーセンター:トップランナー基準 世界最高の省エネルギー機器の創出に向けて, 2007.12改訂版
- 12) 湊清之:自動車の燃費規制の現状と将来動向, 自動車技術, Vol.56, No.9, 2002
- 13) 宮澤康一:運輸部門の地球温暖化対策-温室効果ガス6%削減に向けて-, 運輸と経済, 2008.1, pp.29-37
- 14) 国土交通省, 経済産業省:乗用車等の新しい燃費基準(トップランナー基準)に関する最終取りまとめについて, 2007.2
- 15) (財)省エネルギーセンター:平成5年度燃料消費効率化改善に関する調査報告書(自動車の省エネルギー走行技術), 1994.3, <http://www.eccj.or.jp/fuel/93/index.html>
- 16) 道路運送車両の保安基準の細目を定める告示 別添42(軽・中量車排出ガスの測定方法), 2006.12
- 17) 日本規格協会:JIS D 1012(自動車-燃料消費率試験方法), 2005.3
- 18) 村上浩一, 芳賀一郎ら:ディーゼル車両の消費エネルギー計算システムの開発, 鉄道総研報告, Vol.21, No.7, 2007
- 19) 東日本旅客鉄道(株)HP: <http://www.jreast.co.jp/>