

充電受入性能を改良した自動車用 鉛蓄電池搭載車両の 燃費改善効果

Improvement in Fuel Efficiency of Vehicle Equipped with New Automotive Lead-Acid Battery of Higher Charge Acceptance

竹内 泰輔* 沢井 研* 松村 拓児**
今村 智宏** 石本 信二** 大角 重治*

Taisuke Takeuchi Ken Sawai Takuji Matsumura
Tomohiro Imamura Shinji Ishimoto Shigeharu Osumi

Abstract

Fuel efficiency of the vehicle equipped with newly developed battery having a special feature of improvement in charge acceptance has been investigated by two evaluation methods of practical urban road test and 10·15 mode emission one. The charge acceptance was improved by optimizing both amount of carbon additive and active material density for the negative plates. The fuel efficiency of the vehicles turned out to be enhanced by ca. 2% compared with the ones using conventional battery since the higher state of charge of new battery is hold for the discharge in the case of high electrical load, resulting in the decrease of the mechanical load of alternator. This tendency was verified to be remarkable in the vehicle with charge control system, in which the battery is forced to be discharged when accelerated.

Key words: Fuel efficiency; Charge control; Alternator; Road test

1 はじめに

2005年2月に地球温暖化対策の一つとして京都議

* (株)ジーエス・ユアサ パワーサプライ
自動車事業本部 技術開発本部 研究開発部

** (株)ジーエス・ユアサ パワーサプライ
自動車事業本部 生産本部 自動車電池技術部

定書が発効された。これは温室効果ガス（二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、ハイドロフルオロカーボン、パーフルオロカーボン、六ふっ化硫黄）の排出量を2008年から2012年までの第一約束期間において先進国全体で1990年レベルと比べて少なくとも5%削減することを目的としている。さらに、各国ごとに法的拘束力のある数量化された約束が定められ、我が国については6%の削減が定められた¹⁾。これに向けて

自動車業界もさまざまな取り組みをしている²⁾。排出ガス低減への取り組みとしては、ガソリンエンジン関連では、LEV (Low emission vehicle, 低排出ガス車)、ZLEV (Zero level emission vehicle, 極超低排出ガス車)などの有害排出ガスを低減する技術、ディーゼルエンジン関連ではコモンレール式燃料噴射システム、EGR (Exhaust gas recirculation, 排気ガス再循環)等の技術が主である。燃費向上への取り組みとしては、高効率エンジン関連では、直噴エンジン、可変バルブタイミングエンジン、アイドリングストップ等があり、効率的駆動系伝達関連としてはCVT (Continuously variable transmission, 無段変速機)が主である。クリーンエネルギー車においては、ハイブリッド自動車、天然ガス自動車は一定の普及率を見せてはいるものの、電気自動車、ソーラーカー、燃料電池車は、コスト、インフラ等の問題があり、普及には時間がかかることが予想される³⁾。

このような背景の中で、燃費向上を目的としてオルタネータの発電電圧を制御 (= 充電電圧制御) する「充電制御車」^{4,5)}の販売が増加しており、2005年度国

内の軽四輪を含む総保有台数約5700万台⁶⁾の内の約20%に達すると推定される。この充電制御車においては、電池からの放電が多いほど、オルタネータの発電負荷を減らすことができるため、車両の燃費を向上させることができるものと考えられる。したがって、電池の充電状態 (State of Charge, 以下SOCという) をできるだけ高く保ち、また、オルタネータの発電電圧を通常よりも高くして、大電流で充電することが必要である。このような背景から、充電受入性をより一層向上させた自動車用鉛蓄電池の開発が望まれている。

本稿では、負極活物質のカーボン添加量と密度の最適化によって、実使用時における充電受入性を改善した電池を開発し、その充電制御車における燃費向上の効果を調査した結果について述べる。

2 充電制御車の原理

充電制御車には、従来のものより充電受入性能のよい電池が必要となってくるが、その原理の模式図を従来の制御方法の場合と比較してFig. 1に示す⁴⁾。従来の制御方式では、走行中、電池は基本的に定電圧充電状態におかれる。アイドリング状態のようにエンジン回転数の低い場合には、オルタネータからの車両電気負荷への電力が不足するので、電池から電力が供給される。これに対して充電制御車では、走行条件および電池状態に応じてオルタネータの発電状態を制御する。すなわち、エンジンに負担がかかる加速時やエンジン回転数が低くなるアイドリング時で、電池のSOCが高い場合には、電池を放電させてオルタネータの発電電圧を下げることにより、エンジンへの負荷

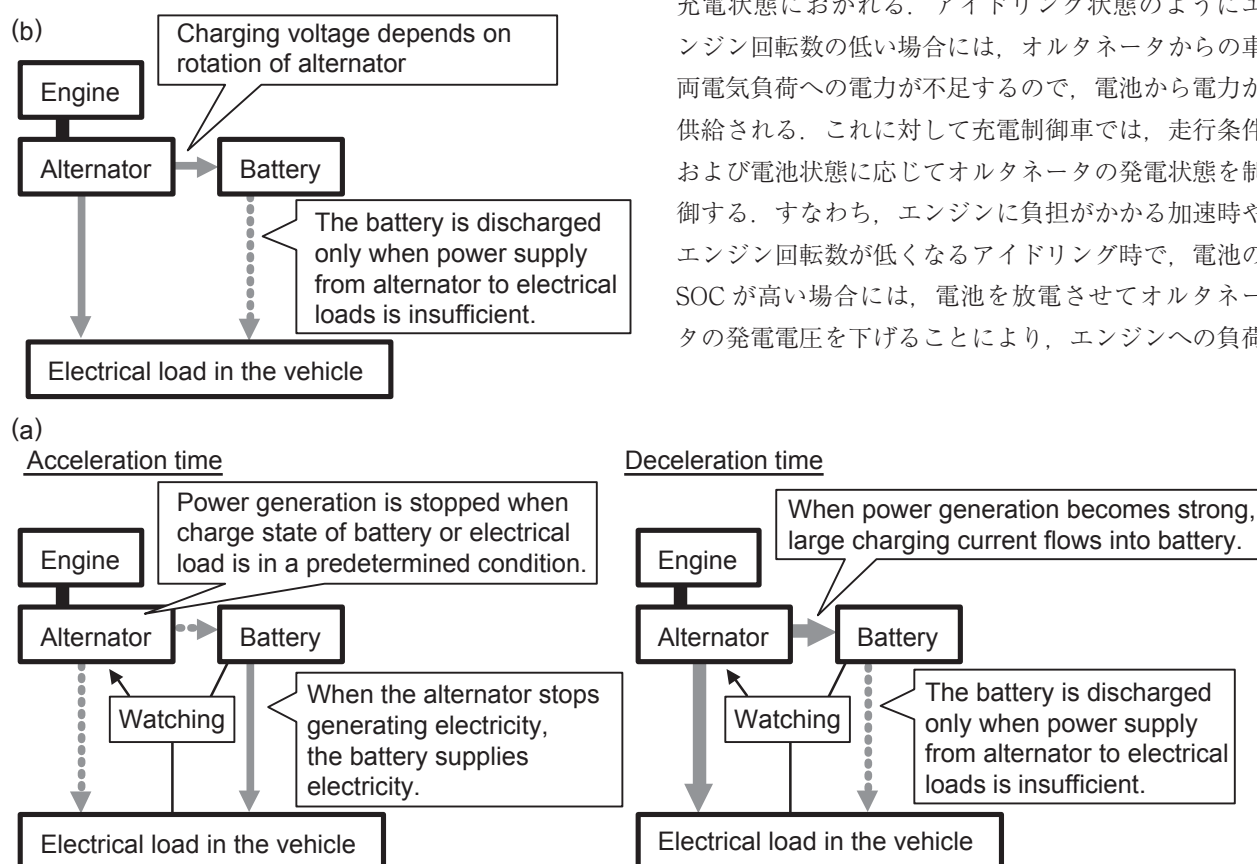


Fig. 1 Schematic diagram of electricity management for charge control system (a) and conventional alternator system (b).

を低減させて燃料消費を抑制する。一方、エンジンに負担がかからない減速時やアクセルオフによってガソリン消費が少なくなるときに、オルタネータの発電電圧を上げて電池を大電流で充電する原理となっている。このような充電制御車に適合するように、充電受入性能を高めた電池を新規開発したので、その詳細についてつぎに述べる。なお、自動車メーカーによって、その表現やシステムが多少異なっている。

3 新規開発電池

3.1 カーボン量の最適化

充電制御車の場合、電池は頻繁に放電されることから高い充電受入性能が必要である。そこで、従来に比べ負極活物質中のカーボン量を増やすことによって充電受入性を向上させた⁷⁻⁹⁾。しかしながら、非充電制御車の場合には、SOCが充分高い場合においても電池は定電圧充電され続けるので、カーボン量が多すぎると充電効率が低下して、電解液の減少が起きやすくなることから、充電電流は小さくなるのが好ましい。これらのことを考慮して、負極活物質中のカーボン量の最適化をおこなった。

3.2 活物質密度の最適化

前述したように、充電制御車の場合、非充電制御車に比べ電池の充放電頻度が増加する。また、放電生成物である硫酸鉛は絶縁体で、放電前の鉛よりも体積が大きく、充放電による体積変化の繰り返して活物質間の導電ネットワークが壊れやすくなるものと考えられる。さらに、この用途では、大電流で充電されることなどから活物質の導電性および耐久性の向上が求められる。そこで、負極活物質密度を最適化して、これらの性能向上をはかった。

4 実験方法

新規開発電池および従来電池の充電受入性能の評価と実車搭載時の燃費測定をおこなった。試験電池は、正極・負極共エキスパンド方式の極板を用いた85D26および40B19相当の開放形とした。

4.1 充電制御シミュレーションパターンによる充電受入性能試験

充電制御車で路上走行したときの電池電圧の推移をFig. 2に示す。充電時および放電時の電池電圧はそれぞれ14.5 Vおよび12.5 Vを示し、車両走行状況に合わせてその間隔が変化していることがわかる。Fig. 2

をもとに、Fig. 3に示す充電制御シミュレーションパターンを作成した。充放電制御方法はオルタネータの発電状態に合わせるために12.5 Vの定電圧放電、14.5 Vの定電圧充電とした。充放電間隔は実車走行をイメージし、通常走行モードとして放電50秒、充電10秒の繰り返しを7回おこなった後、渋滞モードとして放電10秒、充電5秒の繰り返しを12回おこなうパターンを1サイクルとした。試験は電池単体でおこない、実車エンジンルームを想定し40℃の環境雰囲気下でおこなった。充放電電流をシャントで測定し、サイクルごとの電気量収支を計算して充電受入性能を調べた。

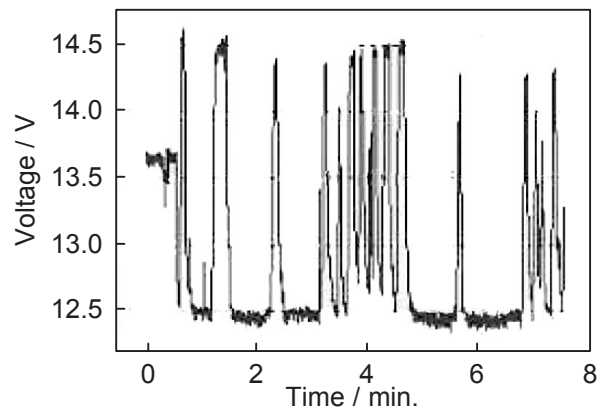


Fig. 2 Representative characteristic of voltage transition for lead-aid battery on the vehicle with charge control system under general driving conditions.

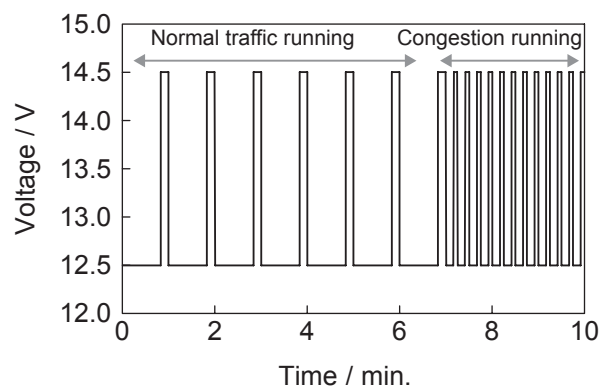


Fig. 3 Schematic voltage transition pattern simulated from the characteristic in Fig. 2 as a general driving condition for charge-discharge test of lead-acid battery on the vehicle with charge control system.

4.2 実車試験

4.2.1 10・15モード実車試験

10・15モードは、日本の都市交通の走行実態を反映させたもので、シャーシダイナモメータ上で所定の走行パターンに沿って自動車を走らせて燃費を測定する方法^{10,11)}であり、国土交通省が制定した。その試験中の車速の変化を Fig. 4 に示す。試験車両には複数の国内自動車メーカーの充電制御車3種および非充電制御車1種を用いた。その内容を Table 1 に示す。試験は第三者機関で実施し、カーボンバランス法^{12,13)}によりCO₂排出量とともに燃費を測定した。

4.2.2 市街地走行実車試験

京都市街において、10・15モードとほぼ同等の約4kmのコースを走行して燃費を測定した。試験車両は複数の国内自動車メーカーの充電制御車3種および非充電制御車3種を用いた。試験車両の内容を Table 2 に示す。

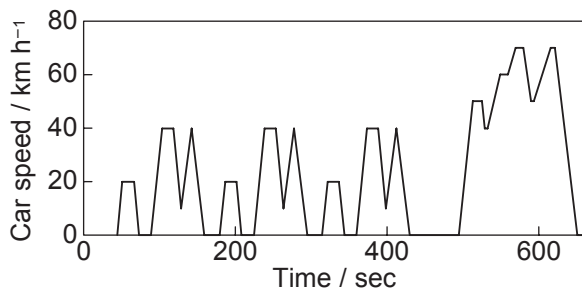


Fig. 4 Representative pattern of car speed change by 10・15 mode emission test cycle.

Table 1 List of vehicles for 10・15 mode test.

Car type *	Displacement / L	Charge control system
A	4.29	With
B	0.99	With
C	1.33	With
D	0.65	Without

* Produced by Japanese automobile company.

Table 2 List of vehicles for urban driving road test.

Car type *	Displacement / L	Charge control system
B	0.99	With
C	1.33	With
E	1.35	With
F	1.24	Without
G	0.65	Without
D	0.65	Without

* Produced by Japanese automobile company.

5 実験結果および考察

5.1 充電制御シミュレーションパターンによる充電受入性能試験

従来形電池と新規開発電池の充放電性能を比較するためにパターンサイクル中の電気量を調べた。その結果を Fig. 5 に示す。図から開発品が充放電電気量ともに10%程度多い状態で推移することがわかる。この理由は、新規開発電池は充電受入特性が向上し、SOCを高く保つことによって、より多く放電できるためであると考えられる。この特性により、充電制御車において、主に減速時におこなわれる充電1回あたりの電気量を増やすことができるといえる。したがって、SOCが下がりすぎることによって、車両の加速時に電池から十分に放電ができない状態になりにくく、またSOCを引き上げるための充電の回数も減らすことができる。このことは、オルタネータの発電負荷によるエンジンの負担を低減させることが期待できることを意味することになり、その特性は充電制御車の燃費向上効果において非常に重要なものとなる。

5.2 実車試験

5.2.1 10・15モード実車試験

10・15モードの実車試験結果を Table 3 に示す。充電制御車であるA～Cにおいては、約2%の燃費向上効果が認められたが、非充電制御車であるDについては、その効果が認められなかった。

充電制御車Bおよび非充電制御車Dの試験時の電流・電圧波形を Fig. 6 に示す。なお、車速は Fig. 4 のパターンを重ねて示している。充電制御車Bでは、減速時のみ電池が充電され、それ以外は放電されていることがわかる。新規開発電池では短時間でより多く

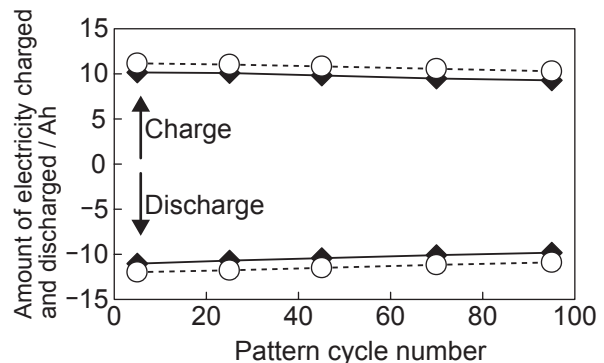


Fig. 5 Transition of amount of electricity charged and discharged for new lead-acid battery (O) and conventional one (◆) during simulated controlled voltage pattern test.

Table 3 Fuel efficiency and CO₂ emission for vehicles with charge control system at 10·15 mode test.

Car type*	Charge control	Test battery type	Fuel efficiency / km L ⁻¹		Effect / %	CO ₂ emissions / g km ⁻¹		Effect / %
			New battery	Conventional battery		New battery	Conventional battery	
A	With	85D26	8.4	8.2	+2.4	281.8	288.7	+2.4
B	With	40B19	19.1	18.7	+2.0	124.3	127.0	+2.0
C	Without	40B19	20.7	20.3	+2.0	114.7	117.0	+2.0
D	Without	40B19	19.0	19.1	-0.7	125.4	124.1	-1.0

* Produced by Japanese automobile company.

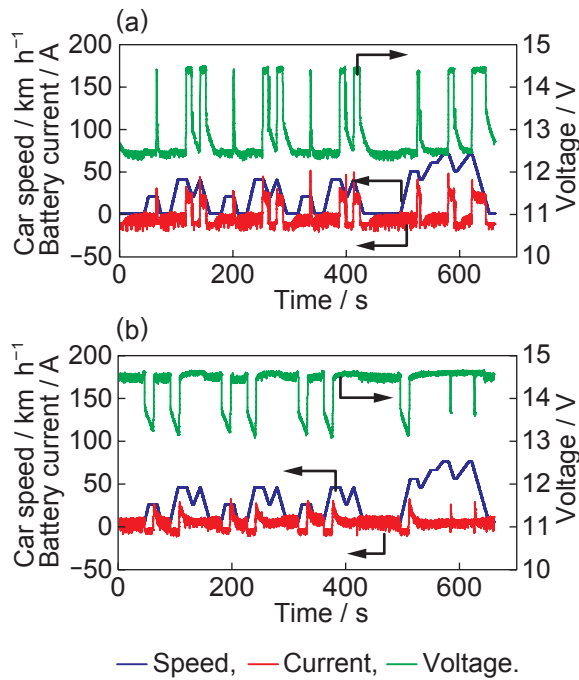


Fig. 6 Transition pattern of car speed (—), battery current (—) and battery voltage (—) during 10·15 mode test for car type B with charge control system (a) and car type D without charge control system (b).

充電されることから、SOCが高く維持され、より多くの放電が可能になってオルタネータの負荷が軽減され、その結果、ねらい通りに燃費が向上したものと推定される。一方、非充電制御車Dでは、発進時に若干充電電圧が下がったが、電池は基本的に14.5V程度の一定電圧で充電された。なお、新規開発電池の燃費向上効果を検証するために、電池の充放電電気を測定して、その関連を調べたが、精度のある関係が得られなかった。

5.2.2 市街地走行実車試験

市街地走行においては、渋滞状況によって1周あたりの走行時間（平均車速）が変化した。これによって燃費が変化することが考えられるので、1周当たりの走行時間と燃費との関係調べた。代表例として車両Bの結果をFig. 7に示す。図中の直線はそれぞれ各点を

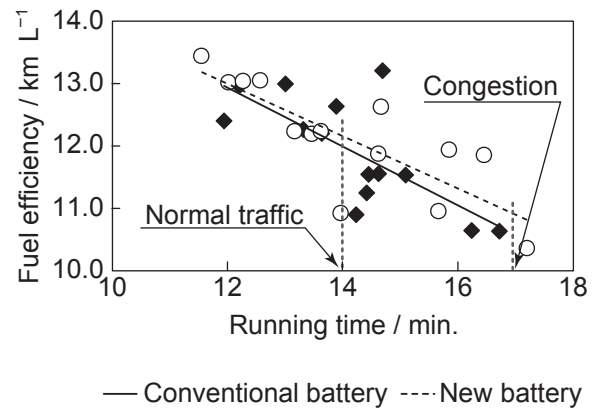


Fig. 7 Effect of running time on fuel efficiency during urban driving road test of car type B.

近似したものであるが、新規開発電池搭載時の燃費が向上していることがわかる。この傾向は3車種の充電制御車すべてにおいて見られたが、非充電制御車においては、渋滞状況によって異なる傾向が見られた。そこで、非渋滞モードとして1周14分、および渋滞モードとして1周17分で走行した場合の燃費をそれぞれ近似直線から計算した。それぞれの場合における新規開発電池の従来電池に対する燃費向上率をTable 4に示す。表から、充電制御車においては、渋滞状況によらず新規開発電池の燃費向上効果が確認できる。このことは、10·15モードの再現ができたものといえる。このように、市街地走行においても電池の充電受入向上効果によってSOCが高く維持され、加速やアイドリング時などに放電電気が多くでき、オルタネータの負荷が軽減されるため、燃費が向上することがわかった。

非充電制御車においては、非渋滞モードにおいて燃費向上効果は見られなかったが、渋滞モードにおいては燃費が向上した。その明確なメカニズムは現在のところ不明であるが、渋滞モードの場合、非充電制御車といえどもオルタネータの発電電圧が低下するアイドリングやのろのろ運転の頻度が高くなり、電池から放電される機会が多くなるので、新規開発電池はSOC

Table 4 Fuel efficiency improvement rate for the vehicle with charge control system at urban driving road test.

Car type*	Charge control	Fuel efficiency improvement rate / %	
		Normal traffic	Congestion
B	With	+1.4	+3.1
C	With	+4.1	+2.3
E	With	+15.7	+16.9
F	Without	+4.4	+4.4
G	Without	-4.9	+2.9
D	Without	+1.4	+6.4

* Produced by Japanese automobile company.

を高く維持しやすいことから燃費が向上するものと考えられる。非充電制御車 D はこの試験では燃費が向上したが、10・15 モードでは燃費向上効果は見られなかった。これは、10・15 モードは走行距離が約 4 km で 10 分程度の走行時間であり、市街地走行の非渋滞モード（4 km を 14 分）よりもさらに高速運転するモードであり、電池から放電される機会がさらに少ないことが原因と考えられる。

6 まとめ

負極活物質処方を最適化した新規開発電池で、充電制御車の路上走行をシミュレートしたパターンで充電受入性を評価すると同時に、10・15 モードおよび市街地走行試験を実施した。新規開発電池は、実車シミュレーションパターンにて約 10% 充電受入性能が向上した。さらに、国土交通省指定の 10・15 モード試験においては、約 2% の燃費向上効果および CO₂ 削減効果が確認できた。この燃費向上は実車市街地走行においても確認することができた。一方、非充電制御車では、10・15 モードにおいては新規開発電池の燃費向上効果は認められなかったが、電池から放電する機会が増えと考えられる市街地走行での渋滞モードでは燃費が向上する傾向が認められた。

なお、今回の走行パターン以外にも、短時間走行を

繰り返した場合や車両放置期間が長い場合など様々な条件で車両の燃費向上効果は変化することが推定されるので、今後も継続的に効果の検証を進める予定である。

文献

- 1) 環境省報道発表資料，京都議定書目標達成計画，環境省 (2006) .
- 2) より環境保全を図るために，(社)日本自動車工業会，http://www.jama.or.jp/eco/environment/environment_01_1.html.
- 3) 2005 年度低公害車等の出荷台数実績の公表について，(社)日本自動車工業会，2006，http://www.release.jama.or.jp/sys/news/detail.pl?item_id=1095.
- 4) 自動車工学，**52** (5)，79 (2003).
- 5) 自動車工学，**53** (12)，65 (2004).
- 6) せいび広報社編，経営戦略データ 2006，せいび広報社，p.39 (2006).
- 7) 北條英次，山下譲二，岸本健二郎，中島博人，笠井勝夫，*Yuasa Jiho*, (72), 23 (1992) .
- 8) 船戸貴之，高橋克仁，坪田正温，田淵淳，岩田政司，田川弥八郎，*GS News Technical Report*, **52** (2)，21 (1993).
- 9) 足立昌司，岡田祐一，塩見正昭，坪田正温，*GS News Technical Report*, **57** (1)，10 (1998).
- 10) 国土交通省発表資料 自動車燃費一覧（平成 19 年 3 月），国土交通省，p.8 (2007)，<http://www.mlit.go.jp/jidosha/nenpi/nenpulist/nenpulist0703.pdf>.
- 11) 自動車工学，**55** (9)，114 (2006).
- 12) JIS D 1030 : 1998 自動車—排気ガス中の一酸化炭素，二酸化炭素，全炭化水素および窒素酸化物の測定方法.
- 13) JIS D 1012 : 2005 自動車—燃料消費率試験方法.