

## ⑧ 車載計測システムによる環境負荷量の計測とその増大要因の解析

—排出ガス増大要因となる空燃比エンリッチ制御の発現頻度に関する解析—

環境研究領域 ※ 山本敏朗 小川恭弘 佐藤 進 福田樹如 常山順子 橘三保子

Table 1 Specifications of test vehicles

Vehicle Code	Vehicle Class		Engine type	Catalytic Converter	Weight of vehicle (kg)	Vehicle total weight (kg)	Vehicle weight at road test (kg)	☆ Emission gas qualification level
A	2.5L	Passenger car	Straight four DOHC	TWC	1,890	2,055	2,085	New short-term ☆☆☆
B	2.0L	Middle-truck	Straight four DOHC	TWC	1,770	2,880	2,417	New short-term ☆☆☆
C	0.66L	Light car	Straight four DOHC	TWC	970	1,025	1,070	New long-term ☆☆☆
D	0.66L	Light-truck	Straight three DOHC	TWC	910	1,370	1,274	New long-term ☆☆☆
E	0.66L	Light-truck	Straight three SOHC	TWC	940	1,400	1,238	New long-term ☆☆☆

### 1. まえがき

認証試験モードは現実には起こり得る様々な走行実態のうち、頻度の高い平均的な走行状態を表すべく構成されたものであり、頻度の低い高速・高加速度や急勾配の登坂での運行等の条件は含まれていない。最新の排出ガス規制レベル（新長期規制値）は極めて低い値であるが、認証試験モード以外の走行条件（オフサイクル条件）での排出ガス量が相当程度大きくなれば、その起こり得る頻度が低くても、規制の効果は減じられてしまう。また、電子制御の発達によりエンジン制御システムが精緻化され、様々な制御が行われているが、それら制御の中には、路上走行時のオフサイクル条件で実行され結果的にCO、HC、NO<sub>x</sub>等の排出ガスの増大を引き起こす場合もあり得る。排出ガス増大を誘発させるような制御は、高負荷運転時の排ガス温度上昇による触媒装置の熱劣化防止や排気系及びエンジンの保護等のためなど必要と認められる条件以外には極力抑制する必要がある。

このような地域環境の保全に関する課題は当研究所の重要課題の1つであることから、本報では、オフサイクル条件でのエンジン制御に着目して試験調査を行った。その結果、シャシダイナモメータ台上試験及び路上走行試験によって、エンジンの高負荷運転域等において、フィードバック制御が停止して、エンジンの空燃比（以下、A/Fと記す）がリッチ側に移行するA/Fエンリッチ制御が路上走行中に存在することを確認した。<sup>(1)</sup> このA/Fエンリッチ制御がどのような道路環境条件において発現し、A/Fリッチ状態でのCO、HC等の排出量の増大を引き起こすか検証するために、車載計測システムを試験車両に搭載して路上走行試験を実施し、走行時の道路勾配や速度変化などの道路環境条件等

とA/Fエンリッチ制御との関連性を解析した。さらに、路上走行時の排出ガス有害成分の増大要因となるA/Fエンリッチ制御の発現状態を、シャシダイナモメータ台上試験により評価する手法について検討した。

### 2. 試験方法

車載式排出ガス分析装置は株式会社堀場製作所製OBS-2100であり、一連の試験に用いた。この車載装置は、ガス分析方法として、COとCO<sub>2</sub>に関してはNDIR方式を、またHCに関してはFID方式を、さらにNO<sub>x</sub>に関してはCLD方式を採用して、最新排ガス対策車に適応できるように低濃度域での分析に対応している。<sup>(2)</sup> 供試車両は、軽貨物車が2台（D車、E車）、中量貨物車（B車）、普通乗用車（A車）及び軽乗用車（C車）が各1台の計5台である。表1に、各車両の主要諸元を示す。シャシダイナモメータ台上試験時の走行抵抗値は、貨物車は「車両重量+半積載状態の貨物重量（車載装置一式の重量約170kgを含む）+乗員重量」の値を、乗用車は「車両重量+車載装置一式の重量+乗員重量」の値を用いることとし、公定試験法に則り、それぞれ惰行試験を実施して算出した。

調査試験の手順としては、まず、シャシダイナモメータ台上試験によりA/Fのエンリッチ制御を引

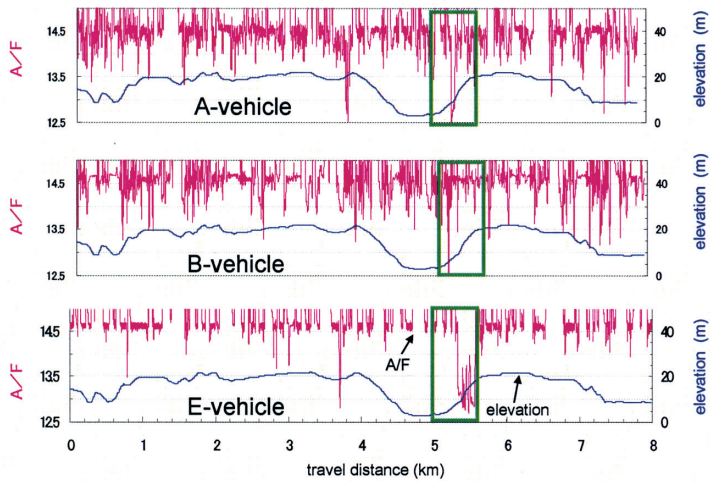


Fig. 1 A/F control in results of a road test at Route 1

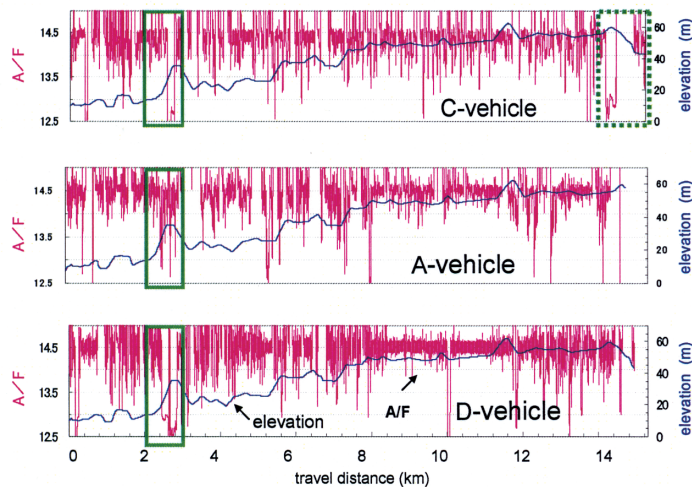


Fig. 2 A/F control in results of a road test at Metropolitan Expressway

き起こすエンジンの高負荷・高回転条件を確認し、その条件が実走行時に発生するかどうかを路上走行試験によって確認するという方法を採用した。路上走行時における走行抵抗の算出に必須となる道路勾配データの取得には、国土地理院発行の50mメッシュの標高データベースとGPS等から取得した道路の緯度経度データを用いて算出する方法およびジャイロスコープ等の車載装置から算出する手法の両者を併用した。排出ガスの質量換算に必須となる

瞬時排出ガス流量は、交通安全環境研究所で開発した「マップ法」<sup>(3)</sup>による算出値とテールパイプに取り付けたピトー管による流量計測値を併用して取得した。

車両の走行条件は交通流(車の流れ)や道路勾配等の道路環境条件の影響を大きく受けることから、リアルワールドでの排出ガス実態を効率的に調査するためには、代表的な道路環境条件を有するルートや特異な道路環境条件を有するルートを選択して走行試験を実施することが必要である。本研究では、霞ヶ関を中心に半径20km圏内の主要幹線道路を対象にして、道路勾配データを選択条件とし統計的手法により走行ルートを抽出した。

### 3. 試験結果と考察

#### 3.1. 空燃比エンリッチ制御発現の条件

走行抵抗は、式-1に示すように各種抵抗の総和として算出できる。

$$\begin{aligned} \text{走行抵抗}(N) &= \text{転がり抵抗}(N) + \text{空気抵抗}(N) \\ &\quad + (\text{平坦路})\text{加速抵抗}(N) + \text{勾配抵抗}(N) = \text{必要駆動力}(N) \\ \text{走行抵抗}(kw) &= \text{走行抵抗}(N) \times \text{車速}(km/h) \quad \dots\dots\dots \text{式-1} \end{aligned}$$

走行抵抗値が増大してエンジンが一定以上の高負荷運転域に入ると、A/Fストイキ制御からA/Fエンリッチ制御に移行することがわかっている。<sup>(1)</sup>そこで、路上走行時にどのような道路環境条件及び走行条件において、A/Fエンリッチ制御に移行するかを調査した。調査は2つの走行ルートを用いて実施した。ルート1(国道1号線:白金高輪駅付近~馬込中前付近)は都市内一般道走行の代表として、またルート2(首都高4号線:外苑IC~高井戸IC)は高速走行の代表として選定した。これら2つのルートを、車載計測システムを搭載した供試車両で走行し、排気系に取り付けたA/Fセンサからの信号を収録してエンジンのA/F制御状態を調査した。なお本研究では、A/Fが13.5よりもリッチ側へ変動し、その状態が1秒以上連続的に続

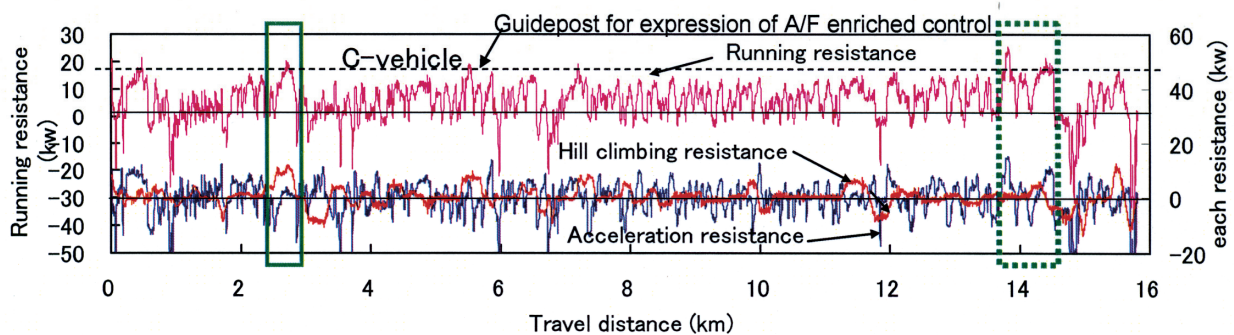


Fig. 3 Change of running resistance at Metropolitan Expressway

くとき、A/Fエンリッチ制御に移行したと判断している。計5台の供試車両に対する試験結果を、図1と図2に示す。各図中の実線の四角で囲まれた箇所は、走行ルート上の同一地点を示しており、供試車両毎に走行試験時の交通流が異なっているにもかかわらず、いずれの車両においてもA/Fエンリッチ制御が発現している。これら2つの地点に共通する道路環境条件は、図中の走行距離に対する標高データの変化から、比較的急勾配の登り坂であることがわかる。図3に、図2中のC車における走行中の勾配抵抗と加速抵抗および走行抵抗の推移を示す。同図より、実線の四角で囲まれた急勾配の登り坂において、勾配抵抗が急増し、これに加速抵抗が加わって走行抵抗値が増大していることがわかる。この場合、勾配抵抗の急増が走行抵抗値増大の主因である。従って、このような急勾配の登り坂では交通流にかかわらず走行抵抗値が増大するため、多くの車両がA/Fエンリッチ制御に移行するものと考ええる。即ち、急勾配の登り坂は、CO、HC等の排出量が増大するホットスポットになる可能性が高い。一方、図2中の波線の四角で囲まれた箇所も走行抵抗値が増大してA/Fエンリッチ制御となっている。しかしながら、ここでの走行抵抗値増大の主因は加速抵抗であり、交通流に依存するため特定地点での排出ガス増大には繋がり難くホットスポットになる可能性は比較的低いものと考ええる。

### 3.2. 首都圏幹線道路の勾配分布

霞ヶ関より半径20km圏内の主要幹線道路の道路勾配データを用いて、首都圏幹線道路の勾配分布を調査した。道路勾配データは、国土地理院発行の50mメッシュの標高データベースとGPS等から

取得した道路の緯度経度データを基に算出した。ここで道路勾配〇%とは、平面距離で100m移動したときに標高変化が〇mであることを意味し、登りと下りを区別していない。

図4に、調査を実施した幹線道路全体での道路勾配分布を示す。勾配0.8~5.6%の間を0.2%間隔で区分したときの勾配部分距離比率を棒グラフで、また累積勾配部分距離比率を折れ線グラフでそれぞれ表している。ここで、勾配部分距離比率とは、調査実施道路全体での距離に占める勾配部分の距離の割合(勾配部分距離比率=ある範囲の勾配が存在する部分の距離合計/調査実施道路全体の距離×100)を示している。同図より、累積勾配部分距離比率の変化から、勾配が2%を超える区間は、対象とする幹線道路全体の約10%を占めることがわかる。

### 3.3. 空燃比エンリッチ制御の発現状態の評価

路上走行時のA/Fエンリッチ制御の発現状態を、シャシダイナモメータ台上試験により評価する手法について検討した。図3で示したように、A/Fエンリッチ制御は、勾配抵抗と加速抵抗が増加し、その結果として走行抵抗値が増大することにより発現する。従って、勾配抵抗と加速抵抗を路上走行時に適合するように設定して試験を行い、そのときのA/Fエンリッチ制御の発現状態を確認すれば路上走行時に発現するエンリッチ制御の評価が可能となる。

図4より、首都圏幹線道路において2%を超える道路勾配の区間が10%程度の割合で存在することがわかった。そして、この勾配区間を2%と最も小さく見積もった上で、この2%勾配条件において加

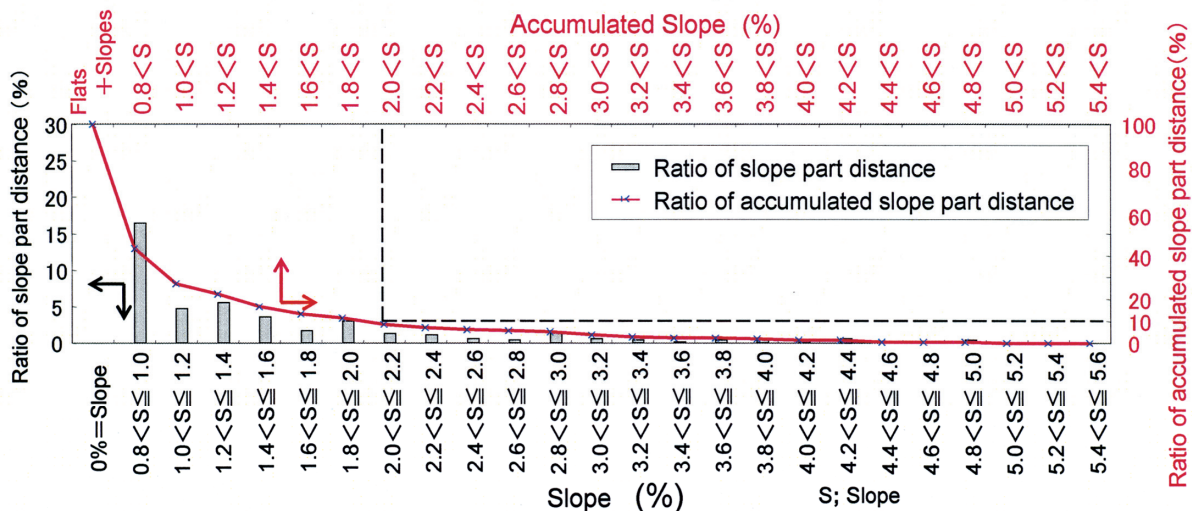


Fig. 4 Slope distribution of ordinary road in urban core

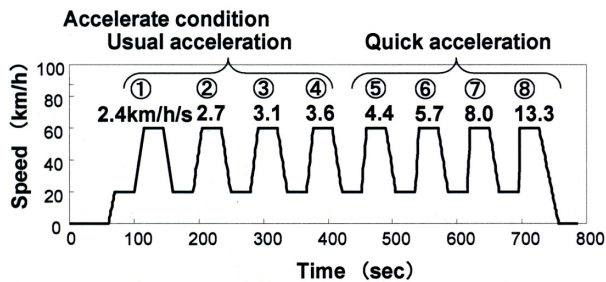


Fig. 5 20-->60 km/h constant acceleration mode test

速運転を行ったときのA/F制御状態を調査した。試験は、シャシダイナモメータ台上に試験車両を順次セットし、勾配抵抗分を転がり抵抗分に加算して、図5に示す定加速モード運転を順次実施して行った。同図に示す加速度は、市場代表性を有する10・15モード、11モード及びJC08モードにおいて出現する加速度を目安に、①~④を通常の加速度、また⑤~⑧を急加速度として設定した。試

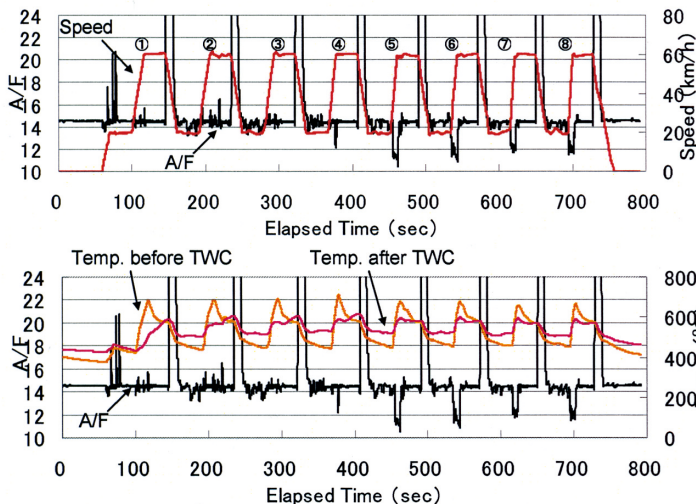


Fig. 6 Results of 20-->60km/h constant acceleration mode test (C-vehicle, Slope:0%)

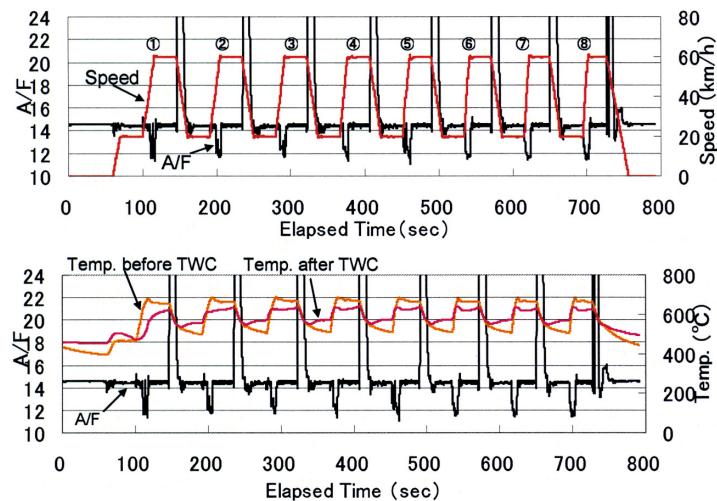


Fig. 7 Results of 20-->60km/h constant acceleration mode test (C-vehicle, Slope:2%)

験結果の一例として、供試車両C車の結果を図6と図7に示す。勾配2%では、0%のときには観測されなかった①~④の緩い加速度でエンリッチ制御が生じている。なお、これらの定加速モード試験におけるエンリッチ制御は、C車において触媒前後のガス温度が700℃以下であることから、触媒の熱劣化防止に起因するものでないことがわかる。以上より、パワーウェイトレシオが大きい軽自動車では、エンジンパワーに余裕がないことが原因となって、道路勾配の影響を大きく受け、エンリッチ制御の発現に繋がっている可能性がある。

#### 4. まとめ

路上走行時のCO、HC及びNO<sub>x</sub>等の連続測定を可能にする車載式排出ガス分析装置を用いて、路上走行時における排出ガスの増大要因となる空燃比エンリッチ制御について調査した。その結果、以下のことがわかった。

(1) 国道1号線ルートや首都高速ルートの急勾配の登り坂では、交通流にかかわらず、勾配抵抗の増加により走行抵抗値が増大するため、多くの供試車両のエンジン制御がA/Fストイキ制御からA/Fエンリッチ制御に移行することを確認した。このことから、急勾配の登り坂は、車種によらずCO、HC等の排出量が増大するホットスポットになる可能性が高いことがわかった。

(2) 霞ヶ関を中心に半径20km圏内の主要幹線道路において、道路勾配が2%を越える区間は道路全体の約10%を占めた。このことから、2%の道路勾配は都心部において比較的多く存在するものと考え、シャシダイナモメータ台上試験により、道路勾配0%及び2%での定加速モード試験を実施して路上走行時のA/Fエンリッチ制御の発現状態を評価する手法を提案した。この手法を軽乗用車に適用した結果、2%勾配の場合、かなり緩い加速条件においてさえもA/Fエンリッチ制御が発現する場合があることを確認した。

今後は、上記の成果等を用いて、各種車両の路上走行時におけるA/Fエンリッチ制御の発現頻度を推測する手法について検討したい。

#### 参考文献

- (1) 山本ほか：自動車技術会春季講演前刷集, No. 66-06, P5-8
- (2) 山本ほか：平成17年度交通研研究発表会講演概要, P31-36
- (3) 佐藤ほか：自動車技術会春季講演前刷集, No. 34-07, P1-5