

車載型NO_x計による実走行時排出ガス計測と シャシーダイナモメータ測定値との比較

田原茂樹 横田久司 秋山 薫 鹿島 茂* 国領和夫**

(*中央大学 **㈱現代企画社)

要 旨

簡易型及び高精度型の、2種類の車載型NO_x計測装置を装着した車両について、大型自動車排出ガス実験システムで排出ガス計測を実施した。各測定値の比較を行った結果、次のことがわかった。

- (1) エンジン回転数の計測では、高精度型NO_x計は大型自動車排出ガス実験システムと連動したデータが得られた。簡易型では、周期的にデータの低下が見られ、エンジン回転データの採取方法の改良が必要である。
- (2) 高精度型NO_x計の吸入空気量は、カルマン流量計での計測値を使用しているため、EGR作動時の吸入空気の減少を計測できた。しかし、簡易型は、エンジン回転数から吸入空気量を算出するため、EGR作動時に吸入空気量の減少分が計測されない。
- (3) NO_x濃度の計測値については、簡易型及び高精度型とも大型自動車排出ガス実験システムと比べて、計測に支障のするような遅れは見られなかった。
- (4) NO_x濃度のサンプリング周期は0.5秒であり、計測値も大型自動車排出ガス実験システムと良好な相関が得られるため、路上走行時の加減速やオーバーパス通過時のような走行動態の変化によるNO_x濃度の変化の把握や、交差点などにおける局地汚染の原因解明の基礎データ収集に利用できる。
- (5) 簡易型で演算した単位走行距離当たりのNO_x排出量は、CVS法による数値と高い相関が得られた。

キーワード：シャシーダイナモメータ、車載型NO_x計測装置、CVS法

1 はじめに

これまで自動車の路上走行時に排出されるNO_x等の測定は、シャシーダイナモメータあるいはエンジンダイナモメータ上で、路上での走行を再現させ、その排ガスを計測してきた。この場合、あらかじめシャシーダイナモメータあるいはエンジンダイナモメータ、排ガス分析システム等にプログラムされている走行パターンを再現しての排ガス計測になる。

これに対し、計測装置を車載して、路上走行時のNO_x排出量を測定する車載型計測システムについては、当研究所でもこれまでに研究を実施し、測定方法として十分活用できることを確認した。一方で、同システムは据え置型での使用を前提とした計測装置を車載するシステムであり、積載性の向上という課題も残

されていた¹⁾。

しかし、近年、車両への搭載を目的とした、車載型NO_x計測装置が開発された。車載型NO_x計測装置が実用化されれば、実際の自動車使用実態に即した自動車排出ガス量とGPSや自動車の制御系から得られる情報を組み合わせることにより、走行動態と排ガス量の関係を詳細に解明でき、運輸事業者による排ガスの自主管理、運転者への教育・啓発等に資する一連の車載型計測システムとデータ処理技術の実用化を図ることができる²⁾。

本稿では、車載型NO_x計測装置により測定したNO_x値と、大型自動車排出ガス計測システム³⁾(以下「大型CD」という。)での測定値を比較した結果について報告する。

なお、本研究は、環境省平成13年度環境技術開発等推進費（実用化研究課題）「車載型機器による実走行時自動車排ガス計測・管理システムの実証」において実施したものである。

2 調査

調査は当研究所大型CDのシャシーダイナモメータ上に固定された車両に、簡易型及び高精度型の2種類の車載型NOx計測装置を装着し、大型CDとの同時計測を行った。

(1) 大型CDの構成

大型CDは(株)電舎製大型シャシーダイナモメータと(株)堀場製作所製排出ガス計測システムで構成されている。また、排出ガス計測システムは自動車排出ガス分析装置 (MEXA-9400F)、CVS装置 (CVS-9400T)、希釈トンネル (DLT-24120W)、空気清浄機等で構成されている。

大型CDではCVS法によってNOx排出量を算出し、NOx濃度は化学発光式窒素酸化物計測計 (CLD)、吸入空気量はラミナー流量計を使用して計測を実施した。

(2) 車載型NOx計測装置の構成

車載型NOx計測装置の構成を図1に示す。

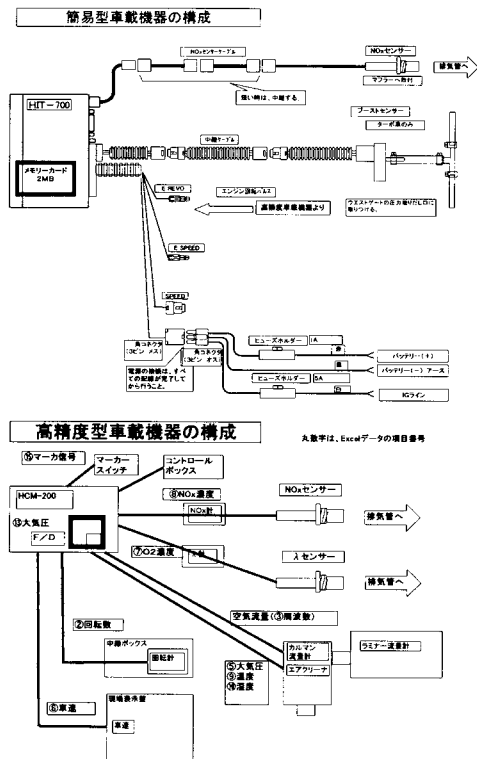


図1 車載型計測機器の構成

ア 簡易型NOx計 (株)堀場製作所製：HIT-700

(ア) 装置の構成

簡易型NOx計 (以下「簡易型」という。)は、車載装置、NOxセンサー、ブーストセンサーで構成されている。各構成装置の役割及び取り付け場所は次の通りである。

① 車載装置

車速及びエンジン回転数、NOx濃度、加給圧を計測し、メモリーカードにデータを記録する。データのサンプリング周期は0.5秒となっている。本来は車内に取り付けるが、今回は操作の都合上車外に設置した。なお、今回の調査では、エンジン回転数は高精度型NOx計 (以下「高精度型」という。)を経由して大型CDからの信号を取り込んだ。また、車速については車載装置に取り込まなかった

② NOxセンサー⁴⁾

車両の排気管に直接取り付けNOx濃度を計測した。

NOxセンサーは、ジルコニア (ZrO₂) とロジウム (Rh) 電極で構成されている。測定原理は、ロジウムによって排ガス中のNOxをN₂とO₂に分解し、このO₂をジルコニアによるイオンポンプで汲出し、その際に発生する電流値からNOx濃度を求めている。

③ ブーストセンサー

ターボ車の過給圧を測定するためのセンサーで、ウエストゲートの圧力取り出し口に取り付けた。

(イ) NOx排出量等の演算式

① 吸入空気量

$$QIN = VH \times Rev \times 0.5 \times PB / 760 \times k / 1000$$

QIN : 吸入空気量 (m³ / min)

VH : 総排気量 (L)

Rev : エンジン回転数 (rpm)

PB : ブースト圧 (mmHg)

k : 体積効率 (0.85)

② NOx排出量

$$NOx_{km} = \{ (\sum NOx_{sec}) / 2 \} / D$$

$$NOx_{sec} = \{ (46 / 22.4) \times 1000 \times (273 / 293) \times QIN \times NOx_{conc} \times 10^{(-6)} \} / 60$$

NOx_{km} : NOx排出量 (g / km)

NOx_{sec} : NOx排出量 (g / sec)

NOx_{conc} : NOx濃度 (ppm)

D : 走行距離 (km)

イ 高精度型NOx計 (株堀場製作所: HCM-200)

(ア) 装置の構成

高精度型は、車載装置、NOxセンサー、λセンサー、カルマン流量計で構成されている。

NOxセンサーについては、簡易型と同仕様の物を使用している。その他の構成機器の役割については、次の通りである。

① 車載装置

車速及びエンジン回転数、NOx濃度、O2濃度、吸入空気量を計測し、フロッピーディスクに記録する。データのサンプリング周期は0.5秒となっており、本装置も簡易型と同様に車外に設置した。

② λセンサー

O2濃度を計測するためのセンサーで、車両の排気管に取り付けた。

③ カルマン流量計

吸入空気量を計測するための流量計で、エアクリナーボックス内に取り付けた。

(イ) NOx排出量等の演算式

① 吸入空気量

$$Q_{IND} = K \times F \times 293 \times (PAFS - PW) / \{ (273 + T) \times 760 \times 1000 \}$$

QIND : 吸入空気量 (乾燥空気) (m³ / min)

K : 流量係数 (L / min・Hz)

F : カルマン周波数 (Hz)

PAFS : 流量計後流の圧力 (mmHg)

PW : 吸気中の水の蒸気圧 (mmHg)

T : 吸気温度 (°C)

② NOx排出量

$$NOx_{km} = \{ (\sum NOx_{sec}) / 2 \} / D$$

$$NOx_{sec} = \{ (46 / 22.4) \times 1000 \times (273 / 293) \times QEX \times NOx_{conc} \times 10^{(-6)} \} / 60$$

$$QEX = K \times F \times 293 \times PAFS / \{ (273 + T) \times 1000 \} + 0.749 \times QF_{min}$$

$$QF_{min} = QIND \times \rho_o / (\lambda \times AF)$$

NOx_{km} : NOx排出量 (g / km)

NOx_{sec} : NOx排出量 (g / sec)

NOx_{conc} : NOx濃度 (ppm)

QEX : 排気流量 (m³ / min)

QF_{min} : 燃料消費量 (kg / min)

ρ_o : 空気密度 (1.205)

λ : 空気過剰率

AF : 理論空燃費 (14.7)

(3) 車両

調査には長期規制適合の貨物車を使用した。車両諸元は、以下のとおりである。

ア 車両型式 : KL-CD48VZH

イ エンジン型式 : GE13

ウ 総排気量 : 13,074cc

エ 最高出力 : 370Ps

オ 最大積載量 : 14,500kg

カ 車両総重量 : 24,930kg

キ 過給装置等 : ターボチャージャー及びEGR装着

(4) 走行パターン

以下の走行を実施した。

ア ディーゼル13モード (D13)

イ 東京都実走行パターン (No.2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11)

ウ 定速80km/h

(5) 大型CDとの比較項目

以下の項目について大型CDによる測定値との比較を行った。

ア エンジン回転数

イ 吸入空気量

ウ NOx濃度

エ NOx排出量

3 結果

(1) エンジン回転数

図2に東京都実走行パターンNo.2において、各装置で計測したエンジン回転数の変化を示す。

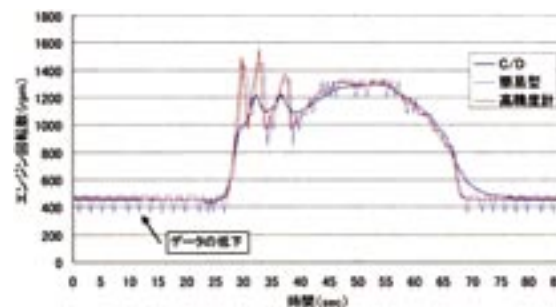


図2 エンジン回転数の変化 (実走行パターンNo.2)

大型CDは時定数が掛かっておりエンジン回転の変化が滑らかになっている。今回の測定では、大型CDの現場表示盤からの信号を高精度型NO_x計に入力し、そこから簡易型に信号を繋いでいる。

高精度型では、エンジンの動きと連動した記録が採れている。簡易型は、3～4データ（1.5～2秒）毎に周期的なデータの低下が見られた。

また、簡易型は分解能が120rpmとなっており、大型CDデータと比較すると、前述のデータ低下との相乗効果で離散型のデータになっている。（図3）

簡易型のエンジン回転データ採取方法には改良が必要である。

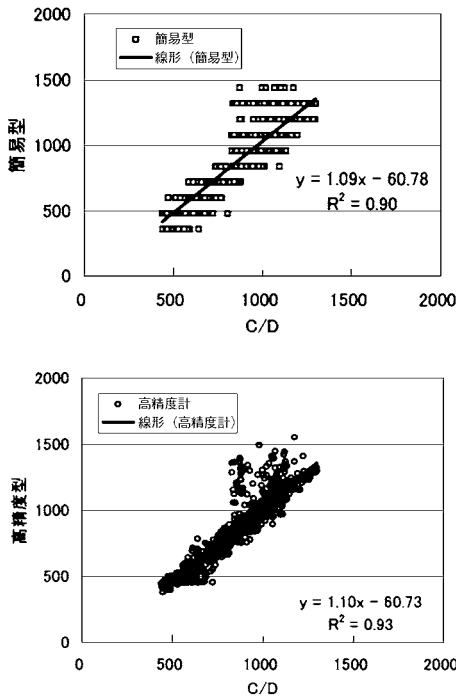


図3 エンジン回転数の比較（実走行パターンNo.2）

(2) 吸入空気量

実走行パターンNO₂及びディーゼル13モード (D13) における各計測器による装置の吸入空気量を図4及び図5に示す。

簡易型の場合には、エンジン回転数を基に計算で吸入空気量を求めているため、エンジン回転数と同様にデータ低下が見られた。（図4）

また、簡易型の場合、本調査に使用した車両がEGR装着車両であったため、D13のモード②、③、⑤、⑥、⑦、⑬のような、低負荷領域でのEGR作動時には吸

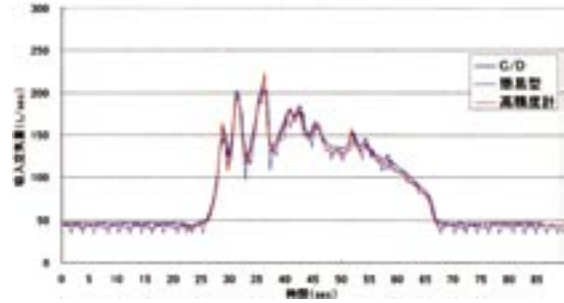


図4 吸入空気量の変化（実走行パターンNo.2）

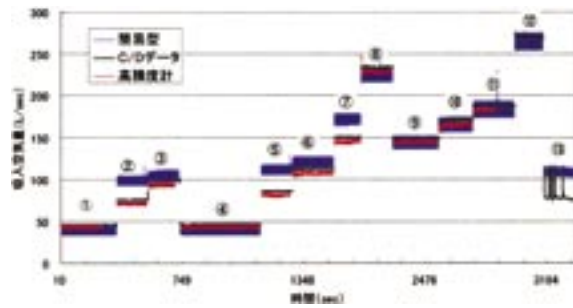


図5 吸入空気量の比較（D13）

入空気量の減少が計測されていない。路上走行においては補正が可能か検討する必要がある。（図5）

高精度型については、カルマン流量計で直接吸入空気量を計測しているため、EGRによる吸入空気量の減少を計測できていた。

(3) NO_x

ア NO_x濃度の比較

実走行パターンNo.2走行時のNO_x濃度を図6に示す。機器の原理上の制約から、通常の実験計でのT90、Tderayの比較は出来なかったが、大型CDデータと比較して測定に支障のあるような遅れ時間はないものと考えられる。

また、実走行パターンNo.2走行時における、各計測装置間の濃度比較を図7に示した。簡易型及び高精度

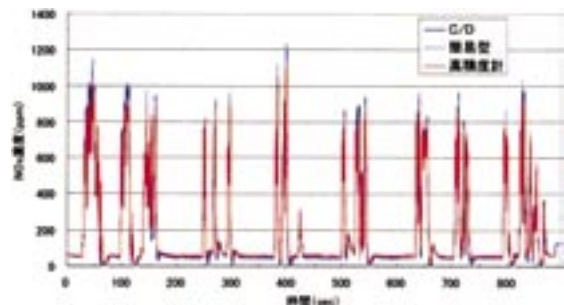


図6 NO_x濃度の変化（実走行パターンNo.2）

型共に大型CDデータとは非常に高い相関と傾きが1に近い回帰式が得られた。データサンプリング周期は0.5秒であるため、一般道の制限速度である60km/hでの路上走行時には、約8m走行毎に大型CDと同等の精度でNOx濃度が把握可能であり、路上走行時の加減速やオーバーパス通過時のような走行動態の変化によるNOx濃度の変化の把握や、交差点などにおける局地汚染の原因解明の基礎データ収集に利用できる。

高精度型と簡易型の比較は、センサーが同一である

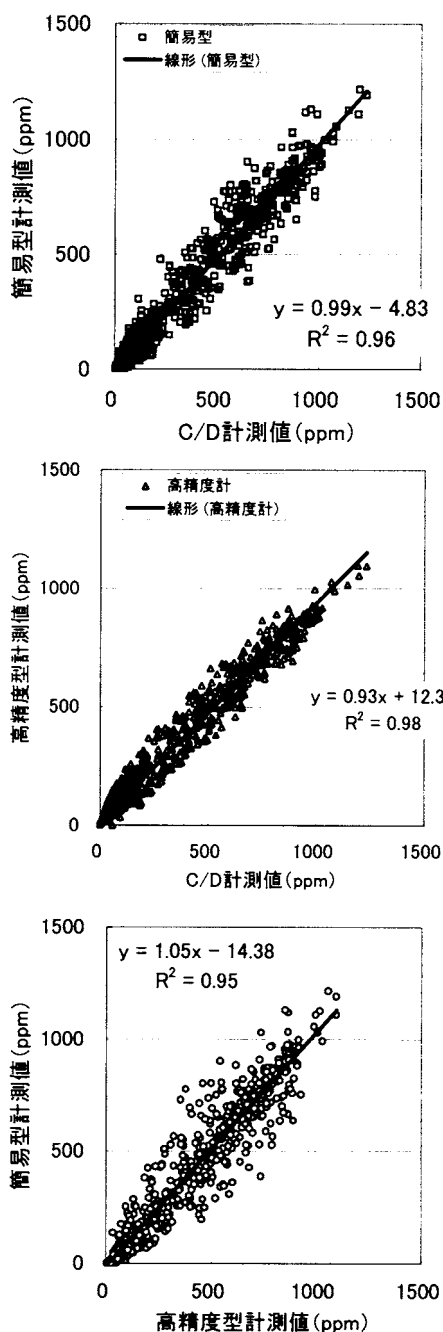


図7 NOx濃度の比較

ためロットの違いによるばらつきの度合いを示すものである。こちらについても、5%程度の違いであり、良好な結果であるといえる。

なお、測定機の校正は、実験の直前に両機器同時に実施している。

イ NOx排出量の比較

大型CDでの計測データから、各走行パターンでの単位走行距離当たりのNOx排出量をCVS法で演算した結果と、簡易型で演算したNOx排出量の比較を図8に示す。簡易型での排出量演算値は湿度補正(KH補正)されないため、CVS法のデータについても湿度補正前の排出量に換算したものを使用している。

CVS法に比べて排出量がやや低くなる傾向が見られたが、両者の相関は高く、実際の路上走行におけるNOx排出量をCVS法と同等の精度で把握できる可能性は十分にあると考えられる。

なお、高精度型NOx計測装置については、今回の計測ではデータ数が少なく、単位走行距離当たりの排出量比較が実施できなかった。

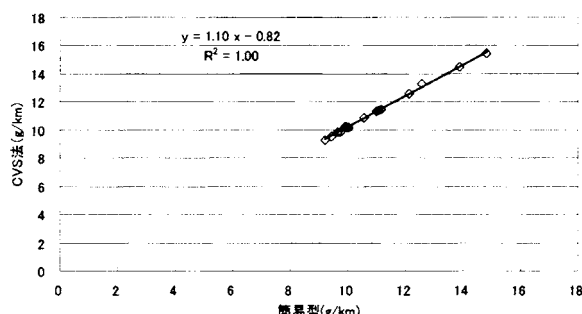


図8 NOx排出量の比較

4 まとめ

簡易型及び高精度型NOx計と大型CDによる計測結果の比較から、次のことが分かった。

- (1) エンジン回転数の計測では、高精度型NOx計は大型CDと連動したデータが得られた。簡易型では、周期的にデータの低下が見られ、エンジン回転データの採取方法の改良が必要である。
- (2) 高精度型NOx計の吸入空気量は、カルマン流量計での計測値を使用しているため、EGR作動時の吸入空気の減少を計測できた。しかし、簡易型は、エンジン回転数から吸入空気量を算出するため、EGR作動時に吸入空気量の減少分が計測されない。
- (3) NOx濃度の計測値については、簡易型及び高精

度型とも大型CDと比べて、計測に支障の
ような遅れは見られなかった。

- (4) NO_x濃度のサンプリング周期は0.5秒であり、計測値も大型CDと良好な相関が得られるため、路上走行時の加減速やオーバーパス通過時のような走行動態の変化によるNO_x濃度の変化の把握や、交差点などにおける局地汚染の原因解明の基礎データ収集に利用できる。
- (5) 簡易型で演算した単位走行距離当たりのNO_x排出量は、CVS法による数値と高い相関が得られた。実際の路上走行におけるNO_x排出量をCVS法と同等の精度で把握できる可能性は十分にあると考えられる。

参考文献

- 1) 横田久司ら：車載計測システムによるディーゼル・トラックからのNO_x排出特性の把握（幹線道路走行時）、大気汚染学会誌Vol.24 1989（1989年）
- 2) 近藤美則ら：車載型計測装置を用いた車両の走行動態と排ガス排出実態の関係の解析、第21回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集（2002年6月）
- 3) 横田久司ら：大型自動車排出ガス実験システムについて、東京都環境科学研究所年報1991-2（1991年）
- 4) 井内 穰ら：厚膜ジルコニアNO_xセンサを使用した直挿型NO_x計 MEXA-120 NO_x、Readout HORIBA Technical Reports 1997 No.15

Comparison With Measurement Results On The On Board Type NOx Measurement System And Chassis Dynamometer

Shigeki Tahara, Hisashi Yokota, Kaoru Akiyama
Shigeru Kashima* and Kazuo Kokuryo**
*Chuo University **Gendaikikakusya Co., LTD.

Summary

The authors used our heavy duty vehicle emission test system and measured the emission from a diesel vehicle, which is equipped with simple type and high performance type On Board Type NOx Measurement System.

In comparison with the measurements on each system, we obtained the following results:

- (1) Measurement of engine r.p.m on the high performance type synchronized the measurement on the heavy duty vehicle emission test system. Measurement on the simple type, there were cyclic drops of the data. The simple type is necessary to an improvement of the sampling method for engine r.p.m data.
- (2) On the high performance type, measured amount of inhalation air to the engine on a Karman vortices air flow meter. Then it could measure the decrease of amount of the inhalation air, when EGR operated. But the simple type could not measure the decrease, because it was calculated from engine r.p.m.
- (3) On the measurement results of NOx concentration, compare with the measurement time of the heavy duty vehicle emission test system, the On Board Type NOx Measurement System's was not delay.
- (4) A sampling cycle of the NOx concentration data is 0.5 second, and the NOx concentration had a good correlation between the measurement result on the On Board Type NOx Measurement System and heavy duty vehicle emission test system. Then we can use On Board Type NOx Measurement System for evaluate the relation between the characteristic of trip activity and NOx concentration of exhaust gas, and collect basic data for make clear the cause of a local pollution as like as crossing.
- (5) The calculated emission mass of NOx had good correlation between the measurement result on the On Board Type NOx Measurement System and CVS method.

Keywords: Chassis Dynamometer, On The On Board Type NOx Measurement System, CVS method