

三元触媒の劣化調査について

舟 島 正 直 飯 田 靖 雄 坂 西 丕 昌
小谷野 眞 司 梅 原 秀 夫

要 旨

大都市を中心とした大気汚染は、自動車から排出される排出ガスの影響が大きい。このため自動車排出ガス規制が順次強化されている。

現在、ガソリン乗用車等は、規制強化に対応するための主な排出ガス低減方法として三元触媒が使用されている。この三元触媒は、走行の初期時に劣化する初期劣化と走行距離が増加するとともに劣化する耐久劣化（時系列劣化）の二種の性能劣化があるとされているが、その劣化状況については、今まで殆ど確認されていない。

このため筆者らは、この触媒性能の初期劣化及び耐久劣化（時系列劣化）について、実車を使用して（初期劣化：ガソリン乗用車2台、耐久劣化：LPG乗用車2台）、調査を行なった。その結果、初期劣化については、認められなかった。また、耐久劣化においてもNO_xの排出に多少の増加は見られたが10万km走行後でも53年規制値以内であり、除去性能は、十分を発揮していた。

今回の調査は、限られた車両での結果であるため、今後更に三元触媒劣化の状況把握を行う必要がある。

キーワード：三元触媒、三元触媒劣化、自動車排出ガス対策

Study of Deterioration of 3 Way Catalyst Converter Systems

Masanao Funeshima, Yasuo Iida, Motomasa Sakanishi,
Shinji Koyano and Hideo Umehara

Summary

Vehicle exhaust gases have been recognized as a significant source of pollutants in urban air. Recently, most gasoline-fueled vehicles have been equipped with three way catalyst for vehicle exhaust emission control. However, deterioration of the catalyst converter is yet to be understood. Therefore, we carried out the endurance test of the catalyst converter using the gasoline and the liquefied petroleum gas-fueled vehicles running on a chassis dynamometer. Consequently, deterioration of the catalyst converter was not identified at early stage. Though the amount of nitrogen dioxide emission increased slightly after 100,000km of running, the level was still under the 1978 regulation value.

Keywords : 3 way catalyst converter systems deterioration of 3 way catalyst systems, motor vehicle exhaust emission control

1 はじめに

昭和48年にガソリン車に対する排出ガス規制が本格的に導入されるとともに自動車メーカーは、排出ガス規制に対応するために点火時期調整・二次空気の導入・排出ガス再循環 (EGR) ・エンジン本体の改良及び排出ガスの後処理技術として触媒 [酸化触媒・三元触媒 (3W)] を用いる方法等で対応し20数年経っている。ここ10年来は、ガソリン乗用車は、排出ガス規制 (特に窒素酸化物対策: NOx) に対応することのみならず自動車から排出される二酸化炭素 (CO₂) による地球温暖化等に対応するための低燃費対策をすすめている。排出ガス対策及び燃費対策に精度良く対応するための技術として自動車メーカーは、三元触媒・O₂センサー等を使用して、燃料コントロールに必要な情報を入手し、搭載したコンピュータで即時に空燃比を精密にコントロールする電子噴射方式の車が主流となった。

この結果、ガソリン乗用車及びガソリン貨物車 (ライトバン) の排出ガス対策技術の信頼性が向上し、排出ガスのレベルも非常に低くなってきており、低燃費対策の技術の向上も効果を挙げている。

一方、平成12年度には、平成2年度レベルに比べて10%程度の燃費の向上をするよう国は指導¹⁾し、自動

車から排出されるCO₂の削減計画をたてているため、リーンバーン (希薄) 燃焼エンジン及び筒内噴射エンジンも開発され実用化され注目されているが、自動車から排出される排出ガスのリーン状態で使用される三元触媒の評価は、今後の課題となる。

しかし、このシステムは総合的なため各部品 (三元触媒・O₂センサー等) に劣化が生じると機能は充分に発揮されない可能性がでてくる。特に三元触媒及びO₂センサーは走行することにより時系列的に劣化が生じる可能性がある部品である。三元触媒の劣化は、自動車に搭載されている三元触媒及びO₂センサーが初期に劣化する初期劣化と、初期劣化がある程度進んだ後に徐々に劣化する耐久劣化の二つが考えられる。

筆者らは、上記した三元触媒を用いた排出ガス処理システムの処理性能の耐久性を把握するため、三元触媒及びO₂センサーの初期劣化及び耐久劣化の調査を実車を用いて行なった。

2 調査方法

(1) 初期劣化調査

ア 実験車

触媒の初期劣化を調査するにあたっては、ある程度走

表1 実験車主要諸元

車名	A車 (初期)		B車 (初期)		C車 (耐久)		D車 (耐久)	
型式	E-PY32		E-JZS145		E-QK30		E-YS130	
エンジン型式	VG30		2JZ		NA20		3Y	
排気量	2960cc		2997cc		1960cc		1998cc	
最高出力	160ps/5200rpm		230ps/6000rpm		82ps/4600rpm		82ps/4600rpm	
最大トルク	25.3kgm/3200rpm		29.0kgm/4800rpm		16.2kgm/2400rpm		16kgm/2400rpm	
排出ガス対策	3W		3W・EM		3W・EM		3W・EGR	
走行距離	24,016 km		36,360 km		28 km		65 km	
車両重量	1560 kg		1680 kg		1210 kg		1410 kg	
ミッション	AT		AT		AT		AT	
10モード 審査値 (g/km)	CO	0.11	CO	0.95	CO	0.95	CO	0.64
	THC	0.15	THC	0.14	THC	0.12	THC	0.13
	NOx	0.22	NOx	0.15	NOx	0.17	NOx	0.17

(初期) : 初期劣化調査に使用
 (耐久) : 耐久劣化調査に使用
 3W : 三元触媒 EM : エンジンモディフィケーション
 EGR : 排出ガス再循環
 AT : オートマチック

行距離のある (30,00km 程度走行) 車両を選定した。

この理由は、エンジンの状態と各制御システムがなじんだものがよいと判断した。3,000cc クラスのガソリン乗用車 2 台 (A車・B車) について調査を実施した。

実験車のA車及びB車の主要諸元を表 1 に示す。

イ 調査方法

実験車の入車時の排出ガス測定を実施した後に純正部品の三元触媒・O₂センサーを交換後排出ガス測定を実施し路上走行 (約500km程度) 後排出ガス測定をした。この実験を 3 回繰り返して実施した (図 1)。

触媒初期劣化試験のフロー

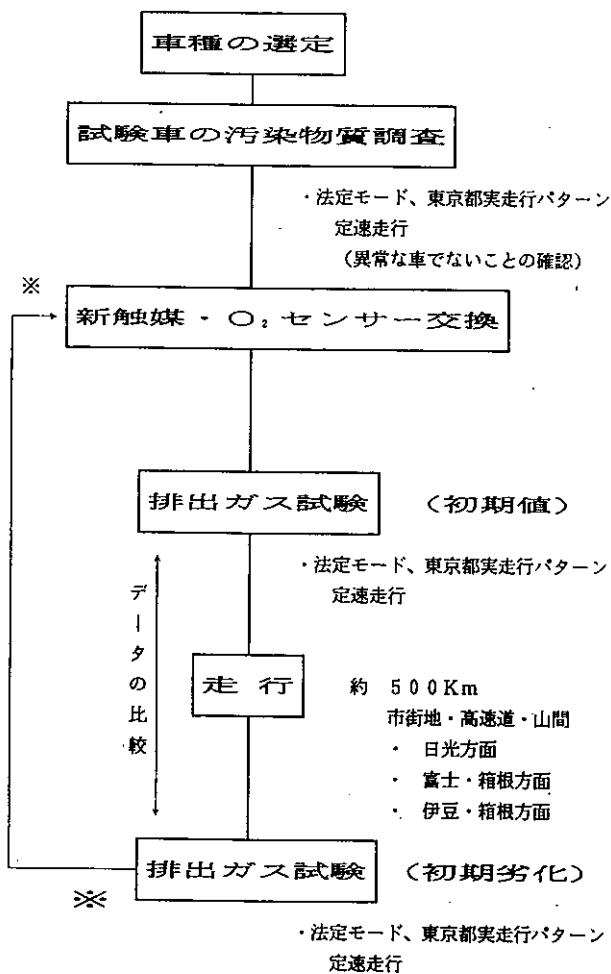


図 1 触媒初期劣化試験のフロー

(2) 耐久劣化調査

ア 実験車

耐久劣化を把握するには、通常のガソリン乗用車では計画走行距離を確保するのが難しいため三元触媒・O₂センサーを搭載したLPG車 (タクシー) を使用して調査を実施した。調査に使用したLPG車2,000ccクラスの

実験車C車及びD車の主要諸元を表 1 に示す。

イ 調査方法

新車 (走行距離 100km未満・タクシーメータ装着後) の排出ガス測定 (0km)・5,000km 走行後・10,000km走行後・30,000km走行後・50,000km走行後・80,000km以上走行後の 6 回の排出ガス測定を実施した。

ウ 実験車の整備

実験車の整備は、通常規定の法定整備をタクシー会社の整備工場にて実施した。

(3) 排出ガス測定モード

以下に測定に使用した走行モードを示す。

ア 法定モード: 10・15モード, 10モード

イ 東京都実走行パターン: No.2 (8.4km/h), No.5 (17.6km/h), No.8 (28.4km/h), No.10 (44.4km/h)

* () 内は区間平均車速

ウ 定速走行: アイドリング (以下IDと言う。), 20km/h, 40km/h, 60km/h, 80km/h

(4) 排出ガス測定項目

NO_x, CO, THC, CO₂, 空燃比

3 結果及び考察

触媒の初期劣化調査及び耐久劣化調査におけるNO_x排出状況結果を表 2、表 3 に示す。

(1) 初期劣化

調査結果は、表 2 の通りで新三元触媒及び新O₂センサーに交換後、1,000km程度の走行では 2 車種とも初期の測定排出量と殆ど同じレベルの排出量であり、触媒の初期劣化は殆ど認められなかった。

路上走行 (約500km) は、高速道・一般道・山道等を組み合わせて行った。路上走行例の一例を以下に示す。

[例: 都内-関越道 (練馬-沼田) -国道120号 (沼田-金精峠-中禅寺湖-日光) -日光宇都宮道路 (日光-宇都宮) -東北道 (宇都宮-三郷) -首都高速 (三郷-木場) -都内]

(2) 耐久劣化

LPG車は、ガソリンエンジンをベースエンジンとして燃料をLPGに変更した車両である。ガソリン乗用車と比較して燃料の供給システムが多少異なっている。しかし、排出ガス対策システムは殆どガソリン乗用車と同じである。耐久走行は営業走行であるため通常ガソリン乗用車の使用条件とは多少異なっているが、整備は法定点検等

表2 触媒初期劣化調査 (NOx排出量)

	車種	触媒 1		触媒 2		触媒 3	
		新触媒	走行後	新触媒	走行後	新触媒	走行後
10・15モード	A車	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02
	B車	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
10モード	A車	0.02	0.04	0.05	0.06	0.03	0.03
	B車	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
NO. 2	A車	0.06	0.12	0.07	0.11	0.07	0.12
	B車	0.07	0.12	0.01	0.12	0.00	0.30
NO. 5	A車	0.03	0.03	0.05	0.05	0.03	0.04
	B車	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01
NO. 8	A車	0.03	0.08	0.05	0.05	0.03	0.03
	B車	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00
NO. 10	A車	0.06	0.11	0.06	0.07	0.04	0.09
	B車	0.02	0.05	0.01	0.01	0.00	0.01

単位：g/km

表3 触媒耐久劣化調査 (NOx排出量)

走行モード	車種	走行距離 (km)					
		0	5,000	10,000	30,000	50,000	100,000
10・15モード	C車	0.03	0.02	0.04	0.06	0.08	0.04
	D車	0.02	0.02	0.02	0.06	0.13	0.34
10モード	C車	0.01	0.02	0.03	0.06	0.10	0.04
	D車	0.02	0.01	0.01	0.04	0.13	0.33
NO. 2	C車	0.06	0.03	0.00	0.22	0.23	0.07
	D車	0.04	0.03	0.04	0.16	0.28	0.54
NO. 5	C車	0.01	0.02	0.02	0.08	0.11	0.02
	D車	0.02	0.01	0.02	0.04	0.13	0.29
NO. 8	C車	0.02	0.01	0.03	0.04	0.06	0.02
	D車	0.04	0.03	0.03	0.07	0.12	0.30
NO. 10	C車	0.13	0.01	0.20	0.19	0.08	0.03
	D車	0.04	0.04	0.05	0.12	0.19	0.32

単位：g/km

が厳しく決められているため、車の管理には問題がないと考え、短期間に触媒の耐久劣化を把握するには、有効の手段と判断して調査を実施した。

C車の耐久劣化調査の排出ガス排出量は、走行毎に多少のバラツキがみられた。この原因について検討を加えてみると、C車の燃料（空燃比）コントロール（制御）の調整は、ID時に空燃比をセットする方式をとっている（図2）。

この方式はID時にベース空燃比を理論混合比よりリッチ（過濃）にセットしてID時のエンジン状態を安定させる。次に2次空気を導入してHC及びCOの低減対策を行ってトータル空燃比を理論混合比よりリーン（希薄）側になるようにセットするシステムである。

今回の調査で各走行後の排出ガス測定でデータにバラツキが生じたのは、このID時にベース空燃比のコントロールが不充分であったためと考えられる。これは、燃料（LPG）を供給するペーパー・ライザ2次弁の燃料制御変動により燃料流量が増え空燃比がリッチ側にシフトしたためNOxが下がったものと考えられる。

C車・D車の耐久劣化調査のNOx排出状況の回帰式を図3に示す。

車のID時の空燃比のセット

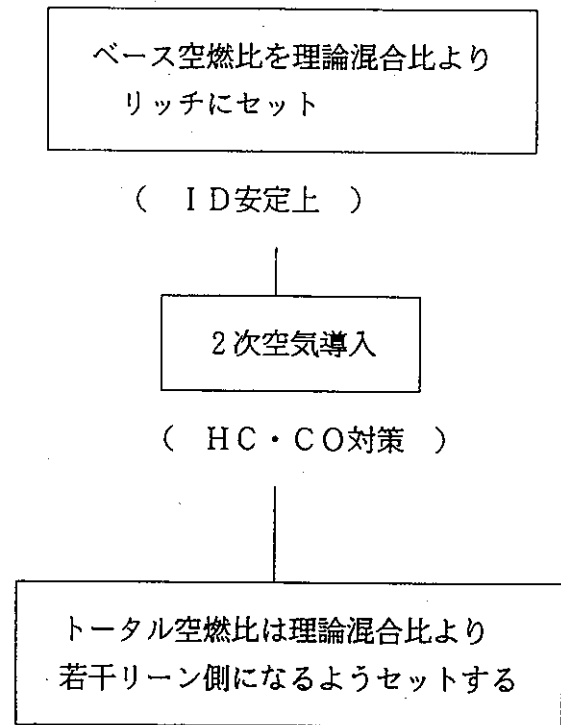


図2 耐久調査C車の燃料コントロールシステムの概要

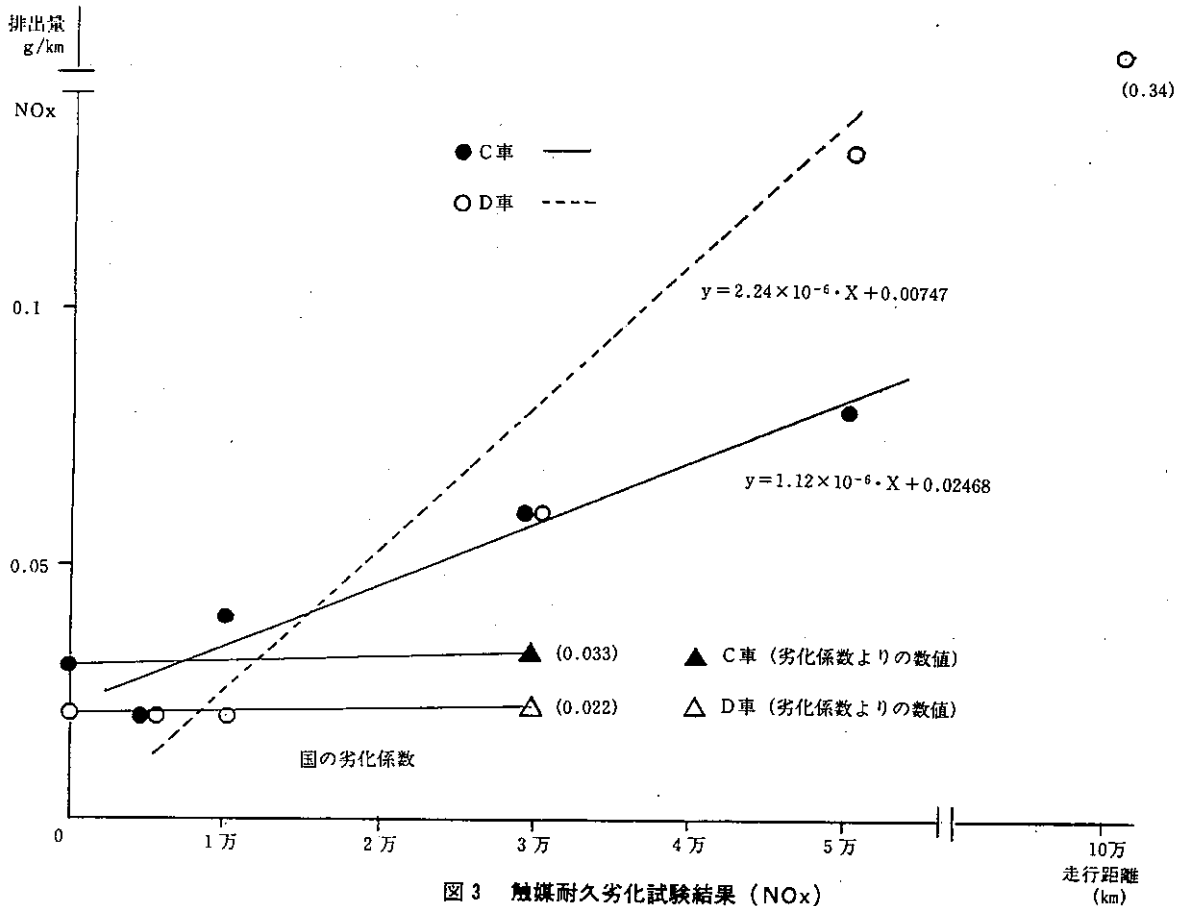


図3 触媒耐久劣化試験結果 (NOx) (10・15モード)

耐久劣化調査結果では、空燃比コントロール等の機能が正常に発揮されれば、100,000km走行までのNOx排出状況はガソリン乗用車の53年規制値(0.48 g/km)内であり、特に触媒劣化による支障は認められなかった。

(3) 国の触媒劣化係数との比較

国は触媒の劣化に関して「長距離走行実施要領等について」の一部改正²⁾(平成7年 11月21日・運輸省自動車交通局技術部)で、ガソリン乗用車等の触媒劣化について今までの基準と異なり(30,000kmまでの走行調査による評価ではなく)触媒の固定劣化係数による評価方法を定めた。この方法は、触媒劣化は初期の排出量にNOxは1.1倍し、HC・COは1.2倍して30,000km走行時の排出量で評価することとしている。また、軽自動車は、同様な係数にて20,000km走行時の排出量で評価することとしている。

現在アメリカ合衆国は80,000km(50,000マイル)の走行調査及び5年後で排出量の評価をしているが、近い将来160,000km(100,000マイル)で10年で評価するように法律で決められ³⁾実行している州もある。

今回の調査結果から、調査データは少ないが国の固定劣化係数と本調査結果をNOxについて比較すると、初期のNOx排出量は、C車は0.03 g/km、D車は0.02 g/kmであるため30,000km走行時の排出量は初期値に1.1倍するとC車は0.033 g/km、D車は0.022 g/kmとなる。今回の実測値は、0.06 g/kmであったため、実測のほうが多かった(図3)。

4 まとめ

- ① 触媒の初期劣化は、ほとんど認められなかった。
- ② LPG車による触媒の耐久劣化は、長期(80,000 km以上)走行においても空燃比コントロールが正常に機能がすれば、法定モード(10・15モード、10モード)によるNOx排出量は、規制値(0.48 g/km)以下に維持ができる。
- ③ 運輸省の「長距離走行実施要領」で固定劣化係数(NOx:1.1倍・HC・CO:1.2倍)を、初期値に掛けて3万km走行時の触媒劣化を評価する方法と本調査による走行調査より実測値との比較では、後者のほうが多少高い値であった。

5 おわりに

今回の三元触媒の耐久劣化調査は、燃料コントロールの難しいLPG車を使用して実施したが、今後はガソリン乗用車及びガソリン貨物車を用いての触媒の耐久劣化調査をしていきたい。

本研究に携わってきた飯田靖雄主任研究員が、志半ばにして逝去されました。

深く哀悼の意を捧げ、ご冥福をお祈り致します。

引用文献

- 1) 環境庁大気保全局：日本の自動車環境対策
平成8年7月 p.79 ~ p.81
- 2) 運輸省自動車交通局技術安全部
運輸省交通安全公害研究所自動車審査部
「長距離走行実施要領等について」の一部改正について
平成7年11月21日
- 3) EPA: Federal Register vol56, No.108
1991.6.5