

# 報告

## 使用過程車の排出ガス低減装置作動状態の簡易確認手法の検討 —CO濃度からの三元触媒システムの異常検出の試み—

中澤 誠, 鷺山享志, 鈴木正明  
(大気環境部)

### Note

#### Study on Simple Check Method for Malfunction of Emission Control System of in-use Vehicles. —An Experimental Study for Malfunction Detection of TWC Converter System from CO Concentration.—

Makoto NAKAZAWA, Takashi SAGIYAMA, Masaaki SUZUKI  
(Air Quality Division)

キーワード：使用過程車, 三元触媒システム, 排出ガス, 異常検出

### 1. はじめに

自動車排出ガス規制の強化に伴い各種の排出ガス低減装置が自動車に装着されている。また、使用に伴うそれら装置の劣化や調整不良等による汚染物質の排出の増加を防止するため、低減装置の異常の有無を排出ガスの挙動から判断するための研究が行われている<sup>1),2),3)</sup>。

現在、ガソリン乗用車には、三元触媒による排出ガス低減システムが多く採用されているが、このシステムは、混合気を理論空燃比付近に制御することによって、CO、HC、NO<sub>x</sub>の三成分を触媒により効率よく浄化する機能を有している。しかし、その制御に不具合が生じ、混合気が理論空燃比よりも希薄側(燃料リーン)になるとNO<sub>x</sub>の浄化率が低下し、過濃側(燃料リッチ)になるとCO、HCの浄化率が低下する。従って、システムの異常の有無は、NO<sub>x</sub>とCOの両成分の排出状況から推測することができると考えられる。

著者等は、先に、大都市域におけるNO<sub>2</sub>汚染の改善が課題となっていることから、使用過程車の排出ガス低減装置の異常によるNO<sub>x</sub>の増加を、エンジン無負荷高回転時(以下、「ハイアイドル時」という)のNO<sub>x</sub>濃度から評価する方法を検討し報告した<sup>4),5)</sup>。しかし、この方法は、三元触媒システムの異常をNO<sub>x</sub>によって評価していることから、混合気の空燃比が過濃側にずれた異常状態は検出できない。また、現在、使用過程車に対してはNO<sub>x</sub>の

規制基準が設けられていないため、自動車整備工場にはNO<sub>x</sub>の測定機が設置されておらず、その測定が行いにくいという問題がある。

そこで、ここでは三元触媒システムの異常状態のうち、空燃比制御が過濃側にずれた異常状態を、使用過程車に対して規制基準が設けられているCOの排出状況から判断するための基礎的な検討を行った。

なお、ここでは使用過程車を対象とし、大型施設のシャシダイナモメータを使用しないで、自動車整備工場でも容易に測定できるハイアイドル時のCO濃度について、主に検討を行った。

### 2. 調査方法

#### 2.1 調査車両

調査車両は、三元触媒装置を装着した乗用車及び貨物車(排気量1300~2500cc)計25台で、その主要諸元を表1に示した。

#### 2.2 ハイアイドル時のCO濃度の測定

調査車両をシャシダイナモメータ上で定速40km/hで暖機運転を行った後、アイドル状態にし、エンジン回転数をアイドル時の正規回転数約700rpmから順次1000、1500、2000、2500、3000、3500rpmへと上げ、その時の排気管出口部のCO濃度を連続分析計(堀場製作

表1 調査車両主要諸元

整理番号	型式*	車両重量(kg)	車両総重量(kg)	総排気量(CC)	排出ガス対策**
B 1	E-GX71	1280	1555	1998	A
B 2	E-GX71	1280	1555	1988	A
B 3	E-GX81	1360	1635	1988	A
B 4	E-Y31	1410	1685	1998	A
B 5	E-HC33	1300	1575	1998	A
B 6	E-HC33	1330	1605	1998	A
B 7	E-FB13	960	1235	1497	A
B 8	E-HC33	1300	1575	1998	A
B 9	E-ST170	1080	1355	1830	A
B11	E-EU13	1180	1455	1838	A
B12	E-HR32	1260	1535	1998	A
B13	E-VFY10	980	1490	1497	A
B14	E-AE100	1000	1275	1498	A
B15	E-GX81	1360	1635	1988	A
B16	E-P10	1140	1415	1838	A
B17	T-RZH112V	1500	2665	1998	A
B18	E-SV32	1270	1545	1998	A
B19	R-EE107V	980	1275	1456	A、C
B20	E-F13A	1490	1765	2497	A
B21	E-GS131	1590	1865	1998	A
B22	E-HC34	1400	1675	1998	A
B23	E-HC34	1400	1675	1998	A
C 1	E-YM30G	1200	1640	1812	A、B、C
C 2	E-ST140	1060	1335	1832	A、B
C 3	E-VB11	820	1330	1270	A、B
C 4	E-EG3	960	1235	1343	A、B

\* E-の車両は乗用車、その他は貨物車  
 \*\* 排出ガス対策 A：三元触媒装置、B：排ガス再循環(EGR)、C：二次空気導入

所 MEXA-9400DまたはMEXA-324G型分析計)を用い測定した。

なお、MEXA-9400D型分析計の最小読みとり値は1ppmであるが、その測定値が100ppm以下の場合には、そのデータは、MEXA-324G型分析計の最小読みとり値0.01%に合わせて、全て0.01%として整理した。

2.3 10モード走行時のCO排出量の測定

「ガソリン自動車10モード及び11モード排出ガス測定技術基準」、「ガソリン自動車アイドリング、10モード及び11モード排出ガス試験方法」(TRIAS 23-1991)に準じて、調査車両をシャシダイナモメータ上で定速40kmで暖機運転後、10モード走行時の排出ガスをCVS法により採取し、CO濃度を連続分析計(掘場製作所MEXA-9400D)により測定し、10モード排出量(g/km)を求めた。

2.4 三元触媒システム異常時におけるCOの測定

三元触媒システム異常時におけるCOの排出挙動をみるため、調査車両25台のうち11台の車両について、混合気を理論空燃比にフィードバック制御するためのO<sub>2</sub>センサーの出力信号ケーブルを本体から外して(以下、「O<sub>2</sub>センサーカット」という)、強制的に異常を発生させた時のハイアイドル時のCO濃度及び10モード走行時のCO排出量を測定した。

表2 ハイアイドル時の回転数の違いによるCO濃度の変化と10モードCO排出量

車両	CO濃度(%)							10モード排出量(g/km)
	700rpm	1000rpm	1500rpm	2000rpm	2500rpm	3000rpm	3500rpm	
B 1	0.19	2.19	0.01	—	0.01	—	0.02	0.05
B 2	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.38
B 3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	3.09
B 4	0.01	—	0.01	—	0.01	0.01	0.01	0.23
B 5	0.01	—	0.04	0.04	0.02	0.05	0.05	0.86
B 6	0.05	—	—	—	—	—	—	0.66
B 7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2.52
B 8	0.01	—	0.49	0.39	0.01	0.01	0.04	1.69
B 9	0.05	0.02	0.02	0.05	0.20	0.24	0.29	0.54
B11	0.06	0.04	0.10	0.16	0.21	0.27	0.25	1.11
B12	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	2.16
B13	0.01	0.01	0.01	0.03	0.41	0.58	0.76	1.57
B14	0.07	0.04	0.14	0.15	0.16	0.28	0.27	1.12
B15	0.08	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.34
B16	0.01	0.01	0.04	0.08	0.09	0.11	0.07	0.88
B18	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.51
B19	0.01	0.01	0.01	0.02	0.12	0.08	0.08	2.87
B20	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.93
B21	0.01	—	0.01	0.02	0.01	0.08	0.05	1.47
B22	0.01	—	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.64
B23	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.62
C 1	0.05	0.18	0.23	0.72	0.30	0.42	0.28	6.44
C 2	0.01	—	0.01	—	—	0.20	—	5.57
C 3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	4.62
C 4	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.10	0.10	0.64
最高	0.19	2.19	0.49	0.72	0.41	0.58	0.76	6.44
最低	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
平均	0.03	0.11	0.05	0.07	0.07	0.10	0.10	1.66

表3 10モードCO排出量とハイアイドル時CO濃度との相関係数

下段( )は試料数

測定条件	エンジン回転数(rpm)						
	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500
25台 無調整	0.205 (25)	0.197 (18)	0.183 (24)	0.585* (21)	0.321 (23)	0.294 (23)	0.147 (23)
11台 O <sub>2</sub> センサーカット	0.286 (11)	0.131 (8)	0.412 (11)	0.815* (8)	0.789* (10)	0.871* (10)	0.884* (9)
25台 全データ	0.075 (43)	0.092 (32)	0.482* (42)	0.857* (36)	0.824* (40)	0.880* (40)	0.887* (39)

\* 危険率5%で有意

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 ハイアイドル時のCO濃度

調査車両25台のエンジン回転数700rpmから3500rpmにおけるCO濃度を表2に示した。

使用過程車のCOに対する排出ガス規制は、昭和45年から行われ、アイドリング状態において5.5%以下、昭和47年には4.5%以下に改正され、現在に至っている。

昭和44年に使用過程のガソリン自動車3506台について測定したアイドリング時のCO濃度は、最低値が0%、最高値が12%、平均値が5.3%であり、またCO濃度を低下させるために、エンジンのスロー調整を行ったところ、その平均値は2.2%になったことが報告されている<sup>6)</sup>。

今回調査した三元触媒車25台のアイドリング時(700rpm)におけるCO濃度は、0.01~0.19%の範囲にあり平均値は0.03%であった。これらの値は、前述した昭和44年時の濃度から著しく低下しており、またいずれの車両も規制値(4.5%)よりも大幅に低い状況にあった。

次に、表2に示したエンジン回転数1000rpmから3500rpmにおけるCO濃度をみると、B3車のようにアイドリング700rpm時の濃度と殆ど変わらない車両やB13車のように高回転時ほど濃度が高い傾向の車両、あるいはB8のようにCO濃度に一定の傾向が認められない車両が存在した。1000rpmから3500rpmにおける調査車両25台の平均濃度は0.05~0.11%の範囲であり、いずれの回転数における平均濃度もアイドリング700rpmよりもやや高い値であった。

#### 3.2 10モードCO排出量とハイアイドル時CO濃度との関係

調査車両25台の10モードCO排出量は、表2に示したように0.05~6.44g/kmの範囲であり、仮に新車時の排出ガス規制値(許容限度値)と比較すると、3台の車両がこれを維持していなかった。また、25台平均値は1.63g/kmであった。

25台の車両における10モードCO排出量と前述したアイドリング700rpm時のCO濃度との関係をみると、表3

に示したように、両者には相関が認められなかった( $r=0.205$ ,  $n=25$ )。

一般に燃料供給方式が気化器式の場合、加速時や低速走行時のCO濃度はアイドリング時のCO濃度に比例する傾向があり<sup>7)</sup>、アイドリング時のCO濃度を下げることによって10モード等のモード走行時の排出量も低下する傾向があった。しかし、前述したように、今回両者には相関が認められなかったが、これは、①三元触媒システムにおいては、燃料供給は主に電子制御式燃料噴射方式が用いられており、これは燃料供給を走行状態毎に独立して制御ができることから、アイドリング時の空燃比が他の走行状態の空燃比に影響しなくなった、②三元触媒装着車ではアイドリング時のCO濃度が低く、アイドリング時の排出量が10モードの全排出量に占める割合が少ないため、アイドリング時の若干の濃度の高低は全排出量にほとんど影響しない、こと等が理由として考えられた。

次に、10モードCO排出量とハイアイドル1000rpmから3500rpmまでのCO濃度との関係を表3についてみると、2000rpmにおいて両者に相関( $r=0.585$ ,  $n=21$ )が認められたが、それ以外の回転数においては相関は認められなかった。

#### 3.4 O<sub>2</sub>センサーカット時におけるCOの排出挙動

11台の車両について、空燃比フィードバック制御を停止させるためにO<sub>2</sub>センサーをカットした時及びこれをカットしない時(以下、「無調整時」という)とのCO濃度を表4に示した。

O<sub>2</sub>センサーカット時のCO濃度は、アイドリング700rpmではその値が無調整時の値より大きく上昇した車両はみられず、11台平均値は0.05%で無調整時の0.03%と大きな相違はなかった。同様に、1000rpmにおけるCO濃度も無調整時よりも大きく上昇した車両は見られなかった。しかし1500rpmにおいては2台の車両のCO濃度がやや大きく上昇(B9車は0.02%から0.75%、C4車は0.01から0.75%に上昇)し、さらに2000rpm以

表4 O<sub>2</sub>センサーカット時におけるハイアイドル時のCO濃度と10モードCO排出量

調査車両：11台

測定条件		CO濃度(%)							10モード排出量(g/km)
		700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	
無調整時	最高	0.19	2.19	0.49	0.72	0.30	0.42	0.29	6.44
	最低	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05
	平均	0.03	0.31	0.08	0.13	0.07	0.10	0.10	1.63
O <sub>2</sub> センサーカット時	最高	0.30	0.10	0.75	5.00	5.60	5.30	6.00	28.78
	最低	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.14
	平均	0.05	0.04	0.16	1.08	1.20	1.25	1.32	8.26

上ではCO濃度の上昇が著しい車両が出現していた。図1に、一例として2500rpmにおける無調整時とO<sub>2</sub>センサーカット時のCO濃度を示した。

このように、O<sub>2</sub>センサーをカットし空燃比制御を停止させた場合、アイドリング700rpm時よりも2000rpm以上のCO濃度に影響が現れる車両が多かった。

次に、O<sub>2</sub>センサーカット時の10モードCO排出量の変

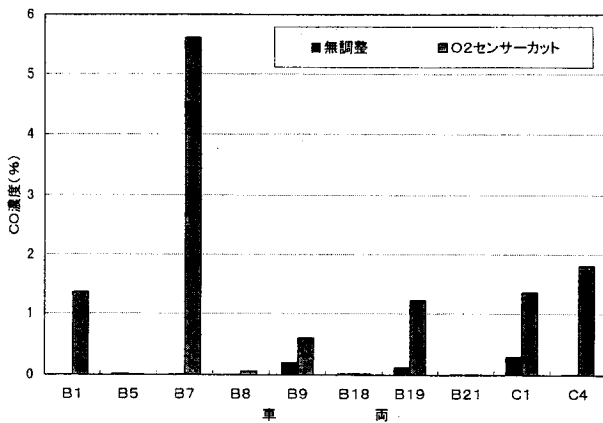


図1 三元触媒装着ガソリン車のCO濃度 (ハイアイドル2500rpm)

化をみると、調査車両11台のうち10台が無調整時の排出量よりも増加し、11台の平均排出量は1.63g/kmから8.26g/kmへ増大していた(表4)。

O<sub>2</sub>センサーカット時における10モードCO排出量とハイアイドル時のCO濃度との関係は、表3に示したように、アイドリング700rpm時では両者に相関が認められなかったが、2000rpm以上において相関が認められた。

図2は、25台の車両について、前述した無調整時、O<sub>2</sub>センサーカット時、及びその他の種々の条件(B9車：O<sub>2</sub>センサーカットと吸入空気の吸い込みの妨害、B21車：プレッシャーレギュレータの異常、C1車、C3車：EGRの異常)で測定した全てのCO濃度と10モードCO排出量との相関を示した散布図である。これからも2000rpm以上において両者の間に相関が有していることが認められる。

### 3.5 三元触媒システムの異常の検出

以上のように、三元触媒システムのO<sub>2</sub>センサーをカットし、空燃比制御に強制的に異常を発生させた場合、10モードのCO排出量の増加とともにハイアイドル

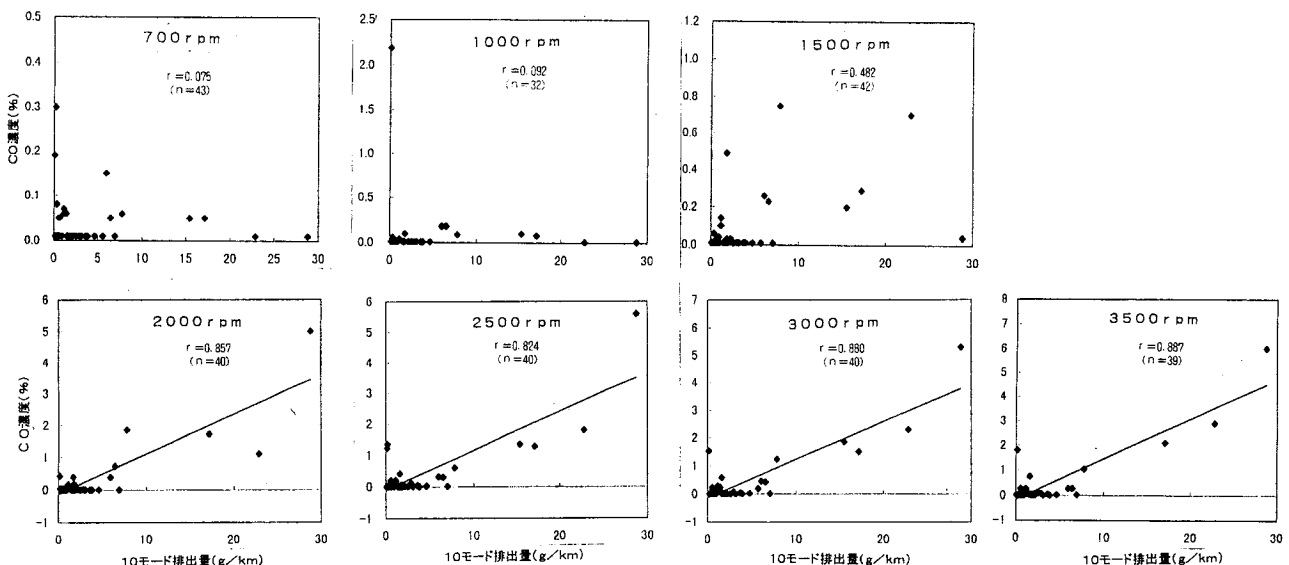


図2 10モードCO排出量とハイアイドル時CO濃度との関係

2000rpmから3500rpmにおけるCO濃度が上昇する車両が比較的多くみられた。このことは、三元触媒システムの発生する異常状態のうち、空燃比が過濃側にずれCO排出量が増加するような異常を検出するための方法として、ハイアイドル2000rpm以上におけるCO濃度の評価が有効であることを示唆している。

現在、使用過程車に対しては、COのアイドリング規制が行われ、定期点検時にはCO濃度のチェックが行われているが、三元触媒システムの異常をチェックする観点からは、ハイアイドル時におけるCO濃度の測定も同時に行うことが有効と考えられる。

なお、今回の実験では、三元触媒システムの異常状態としてはO<sub>2</sub>センサーカットのみであり、実際の使用状態においては多くの種類の異常状態が予想されるが、それらの異常に対するこの方法の有効性については、今後、検討する必要がある。

また、三元触媒方法の異常を検出するには、本来COとNO<sub>x</sub>の測定が必要であり、今後その方法についても検討したい。

#### 4. まとめ

使用過程車の三元触媒装置の異常の有無をCOの排出状況から判断する方法を検討するため、三元触媒装着車25台についてハイアイドル時等のCOの排出状況を調査した。その結果、次のことが分かった。

- (1) 調査車両25台のアイドリング時のCO濃度は、0.01～0.19%の範囲であり、平均値は0.03%であった。これらの値は使用過程車の排出ガス規制値よりも大幅に低い値であった。
- (2) O<sub>2</sub>センサーをカットし三元触媒システムに異常を発生させた場合、アイドリング時よりもハイアイドル2000rpm以上においてCO濃度が高くなる車両が多かった。

- (3) O<sub>2</sub>センサーをカットした場合、10モードCO排出量が増加し、10モード排出量とハイアイドル2000rpm以上のCO濃度との間に相関が認められた。従って、三元触媒システムの異常のうち空燃比が過濃側(燃料リッチ)にずれ異常状態を検出するためには、ハイアイドル2000rpm以上の回転数におけるCO濃度の測定が有効なことが示唆された。

#### 参 考 文 献

- 1) 葭原和典, 野田 明, 山本敏郎, 阿部次雄, 堀 重雄: 実用条件下における三元触媒システムの機能変化と排出物質の評価手法に関する研究, 昭和60年度環境保全研究成果集(Ⅱ)環境庁企画調整局研究調整課編.
- 2) 舟島正直, 福岡三郎, 飯田靖雄, 横田久司, 中村 健, 梅原秀夫, 朝来野国彦: 使用過程車の窒素酸化物削減対策簡易チェックシステムの検討, 東京都環境科学研究所年報1990.
- 3) 野田 明, 阪本高志, 佐藤由夫, 山本敏郎: 排気対策システムの機能判定を目的とした簡易型台上排出ガス試験手法, 自動車技術会学術講演会前刷集911(1991).
- 4) 中澤 誠, 日高照泰, 鷺山享志, 鈴木正明, 金子幹宏, 人見 孝, 深澤秀司, 飯田和義: 簡易測定法による使用過程車のNO<sub>x</sub>自主管理基準値設定のための検討(2)第35回大気汚染学会講演要旨集(1994).
- 5) 中澤 誠, 鷺山享志, 鈴木正明: 使用過程車に対する窒素酸化物の簡易測定法の開発, 神奈川県環境科学センター第4回研究発表会講演要旨集(1995).
- 6) 神奈川県公害センター: 自動車排気ガスのスロー調整の普及状況, 神奈川県大気汚染調査研究報告第12報(1969).
- 7) 吉田隆: 自動車の気化器, ナツメ社(1971).