

論文

ベンツ社製TOの再生実験について

中村 健 遠藤 研二 梅原 秀夫
 (大気保全部) (大気保全部)

横田 久司 飯田 靖雄 舟島 正直
 竹永 裕二 福岡 三郎 朝来野 国彦

要 旨

米国カリフォルニア州仕様車のベンツ社製メルセデス・ベンツ300DT (ディーゼル乗用車) を輸入し、採用されている黒煙除去装置及び排出ガス再循環について、都内の渋滞時においても、正常に機能するかを調査した。

その結果、排出ガス再循環は、走行時についてだけ機能しており、排出ガス再循環率は約40%、窒素酸化物低減率は実走行パターンで20~50%であった。

黒煙除去装置は、都内の渋滞時の走行モードである実走行パターンNo 1, 2, 3 (平均車速4.7, 8.4, 11.6 km/H) の繰り返し運転においても、正常に機能しており、除去効率は実走行パターンで90%以上であった。

以上の結果から、ディーゼル乗用車に採用されている黒煙除去装置及び排出ガス再循環は、東京都のように低速運転の多い都市においても十分機能することがわかった。

1 はじめに

窒素酸化物、浮遊粒子状物質による大気汚染問題は、大都市における社会的課題となっている。窒素酸化物、浮遊粒子状物質の東京都における環境基準の達成状況を見ると両物質とも極めて達成率が悪く、改善の兆しが余りみられない。また、両物質の発生源の多くは自動車²⁾あり、自動車の中でも特にディーゼル車が主たる発生源となっている。

ディーゼル車の窒素酸化物規制については、昭和49年に実施されて以来段階的に強化されてきたが、ガソリン車に比べていまだ十分なものとはいえない。

このような中で、平成元年12月22日「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(答申)」が中央公害対策審議会から環境庁に答申された。この答申では、ディーゼル車の短期的、長期的(10年ほど)な窒素酸化物、粒子状物質の許容限度設定目標値が示されている。そして、長期目標値を達成するためには、窒素酸化物対策として排出ガス再循環(以下、「EGR」という。)の採用あるいはEGR増量の必要性、及び粒子状物質対策として黒煙除去装置(以下、「FT」という。)の採用が不可欠としている。

しかしながら、現状のFTは、耐久性及び再生条件等について種々の問題があるとされ、日本の自動車メーカーではいまだ実験段階のものとして、実車には採用されていない。

米国カリフォルニア州は、排出ガス規制が極めて厳しい州として知られている。そこでの乗用車の排出ガス規制は、表1のようになっており、特に粒子状物質の厳しい規制のため、ディーゼル乗用車の走行は困難となっている。そのような中で、西独ベンツ社は、カリフォルニア州排出ガス規制をトラップオキシダイザー(以下、「TO」という。)を採用することによりクリアし、実用車としてディーゼル乗用車を販売していた。

都では、このカリフォルニア州仕様のディーゼル乗用車を輸入し、TO及びEGRの排出ガスに対する影響、特

表1 米国カリフォルニア州排出ガス規制

| | | 単位 g/mile | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------|-----------|-----|-----|-----|------|----|----|----|----|----|----|
| | | 年 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 |
| 10万 マイル 認証 | 窒素酸化物 | | 1.5 | | | 1.0 | | | | | | |
| | ディーゼルバティキュレート | / | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.08 | | | | | | |

にTOについては、都の実走行モードでの再生実験を行ったので、その結果について報告する。

2 実 験

(1) 実験車等の概要

実験に用いた車両及び装着されている黒煙除去装置の概要は次のとおりである。

| | |
|----------|---|
| 車 名 | メルセデス・ベンツ300 DT (ディーゼル乗用車) |
| エンジン種類 | 副室式ディーゼル、過給機付 |
| 変速機 | 自動変速装置 |
| 総排気量 | 2,996 cc |
| 車両重量 | 1,530 kg |
| 排出ガス規制年次 | 57年規制適合車 |
| 排出ガス対策 | 黒煙除去装置 (図1, 図2のとおり) 排出ガス再循環 (EGR) 装置 |

(2) EGR量の把握

粒子状物質の発生が多い大型ディーゼル車のEGRの採用は、エンジンの耐久性等の問題のため困難であるといわれている。また、ディーゼルエンジンは、空気過剰で燃焼させるため、少量のEGR量では、窒素酸化物低減

に余り効果がない⁴⁾といわれている。

本実験では、供試車のEGR量を次式により、EGR率ということによって把握し、窒素酸化物低減量を調査した。

$$\text{EGR率 (\%)} = \frac{\text{EGR} \cdot \text{OFFの吸入空気量} - \text{EGR} \cdot \text{ONの吸入空気量}}{\text{EGR} \cdot \text{OFFの吸入空気量}} \times 100$$

(3) TO再生実験

FTで捕集された粒子状物質は、FT担体の温度上昇により燃焼する。この燃焼方法には自己着火型と強制着火型の2通り有り、ベンツ社製TOは触媒コーティングした自己着火型である。このため、自己着火しない排出ガス温度の低い状態で長時間運転した場合には、TOが目詰まりを起し、排圧が上昇するとともに、エンジンの出力低下を伴い、最終的にはエンジンの停止に至ることが考えられる。

このため、ベンツ社は排圧の上昇に伴い、エンジン出力が低下した場合のTOの再生方法について図3のようにマニュアルを定めている。なお本実験では、TOの目詰まりをなるべく少なくし、かつそろえるために、実験に先立ちシフトレバーをD2にし、フルスロットルでTOに付着した粒子状物質を燃焼させている。

ここでは、シャーシダイナモ上で東京都の実走行パターン⁵⁾を繰返し運転することによるTOの再生状況について

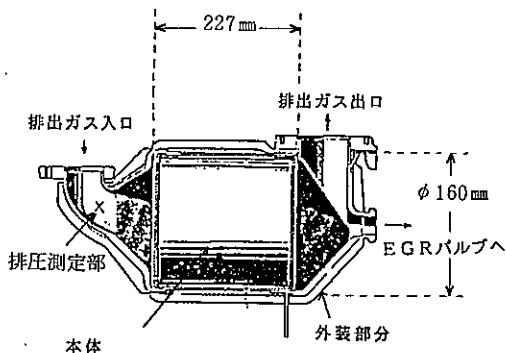


図1

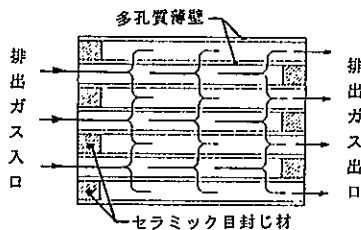


図2 セラミック材質の本体の詳細モデル

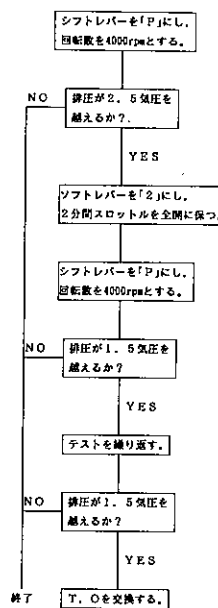


図3 BENZ車 TO再生テスト

検討した。高速走行パターンの繰返し運転（以下実験1）、低速走行パターンの繰返し運転（以下実験2）及び高速走行パターン・低速走行パターン交互の繰返し運転（以下実験3）の3通りである。なお各実走行パターンの平均車速及び1走行当りに要する時間は、表2のとおりである。

3 結 果

(1) EGR率及び作動状況

EGRの作動状況について、アイドリング時及び定速走行時（20, 40, 60, 80km/H）を調査した結果は、表3のとおりである。

アイドリング時にはEGRは作動せず、走行状態で作動しており、各定速ともEGR率は約40%であった。ちなみに、実走行パターンでの窒素酸化物低減量は、表4のとおりでおよそ20%~50%であった。

(2) TOの窒素酸化物排出量への影響

TOを装着することで、（粒子状物質により目詰まりを起こしていない状態でも、）排圧の上昇が起き窒素酸化物排出量が増大することが予想される。

表5にTOの有無による窒素酸化物排出量の相違について示す。実走行パターンでおよそ10%~40%、TO装着により窒素酸化物排出量が増大している。

ちなみにTOを装着することにより低減する粒子状物質排出量は、表6のとおりで、90%以上の低減効果がある。

表2 東京都実走行パターン

| | 走行時間 (秒) | 平均車速 (km/H) |
|-------|-------------|----------------|
| No.1 | 1044 | 4.7 |
| No.2 | 873 | 8.4 |
| No.3 | 1198 | 11.6 |
| No.4 | 1495 | 14.6 |
| No.5 | 1173 | 18.2 |
| No.6 | 1179 | 20.5 |
| No.7 | 1295 | 23.5 |
| No.8 | 1175 | 27.8 |
| No.9 | 1089 | 35.4 |
| No.10 | 1171 | 44.4 |

表3 EGRの作動状況

| 走行条件 | 吸込空気量 (L/秒) | | EGR率 (%) |
|-----------|----------------|------|-------------|
| | E G R | | |
| | O N | OFF | |
| アイドリング | 11.2 | 11.2 | 0 |
| 20 km / H | 13.5 | 22.9 | 41 |
| 40 km / H | 13.2 | 21.5 | 39 |
| 60 km / H | 17.8 | 30.2 | 41 |
| 80 km / H | 25.0 | 41.0 | 39 |

表4 EGRによるNOx排出量低減率

| T O 有 走行条件 | E G R | | 低減率 (%) |
|---------------|-------|------|------------|
| | O N | OFF | |
| 10モード | 0.63 | 1.11 | 43 |
| No.2 | 1.44 | 1.84 | 22 |
| No.5 | 0.48 | 1.04 | 54 |
| No.8 | 0.38 | 0.83 | 54 |
| No.10 | 0.39 | 0.72 | 46 |

表5 TO装着によるNOx排出量増加率

| EGR ON 走行条件 | T O | | 増加率 (%) |
|----------------|------|------|------------|
| | 有 | 無 | |
| 10モード | 0.63 | 0.42 | 50 |
| No.2 | 1.44 | 1.29 | 12 |
| No.5 | 0.48 | 0.43 | 12 |
| No.8 | 0.38 | 0.27 | 41 |
| No.10 | 0.39 | 0.30 | 30 |

表6 TO装着による粒子状物質排出量低減率

| EGR ON 走行条件 | T O | | 低減率 (%) |
|----------------|------|--------|------------|
| | 有 | 無 | |
| 10モード | 31.7 | 232.3 | 87 |
| No.2 | 49.8 | 1119.7 | 96 |
| No.5 | 25.0 | 257.8 | 90 |
| No.8 | 9.1 | 183.6 | 95 |
| No.10 | 8.7 | 220.5 | 96 |

(3) TOの再生実験

図4, 5, 6に, 東京都実走行パターンの繰返し運転による排圧の変化を示す。図中のアルファベット文字は, それぞれの実走行パターンの運転者の頭文字である。また, ○印は燃料消費量である。

実験1, 2, 3とも, 排圧があるレベルで一定となり, 特に黒煙が燃焼しにくいと考えられる, 実験2の低速パターンの繰返し運転でも, エンジンの停止に至ることはなかった。これは, 目詰まりが進むにつれて, 排圧は上昇するものの, 一定のエンジン回転数(例 一定の加速度)を得るために, エンジン負荷を増大させることにより対応することで, 排出ガス温度が上昇し, TOの燃焼が起こるためであると考えられる。

したがって, 低速運転でも, 一定速度あるいは一定加速度を得るためにエンジン負荷を増大させれば, TOの目詰まりによるエンジン停止は避けられると考えられる。

しかし, 負荷の増大を伴わないアイドリング状態では, 排気温度が低く, 自己着火が困難なため, 排圧が増大する一方となり, エンジン停止に至ることは十分予想される。

実験1, 実験3の一定となる排圧レベルを見ると, 実験1の方が約100mmHgほど高い。また, 低速パターンの繰返し運転である実験2は, 実験1と同程度である。

低速パターンに比べ高速パターンの方が燃焼しやすいということならば, 単純には実験2, 実験3, 実験1, 2の順で排圧は高くなるはずである。そうならなかった理由について, 幾つかの推定を混えて検討してみる。

実験3で, 前半の排圧が上昇している部分を見ると, 高速パターンのNo9, 10で排圧は上昇し, No1で減少している。これは, No9, 10で粒子状物質がTOにたまり, No1, 2で燃焼したということではなく, 温度上昇による見かけ上の排圧が上昇するためと考えられる。

また, 実験3が実験1, 2よりも排圧が低い理由としては, 高速パターンに比べ低速パターンの方が燃焼しやすい粒子状物質が多く排出されるためと考えられる。

大胆ではあるが, 以上の理由により, 一定となる排圧が実験1 = 実験2 > 実験3の順となったものと推定される。なお, これらについては今後とも確認を含めた実験が必要であろう。

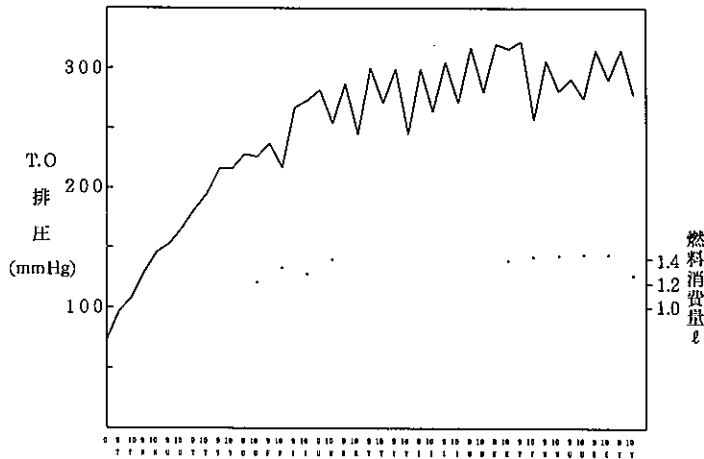


図4 実験1

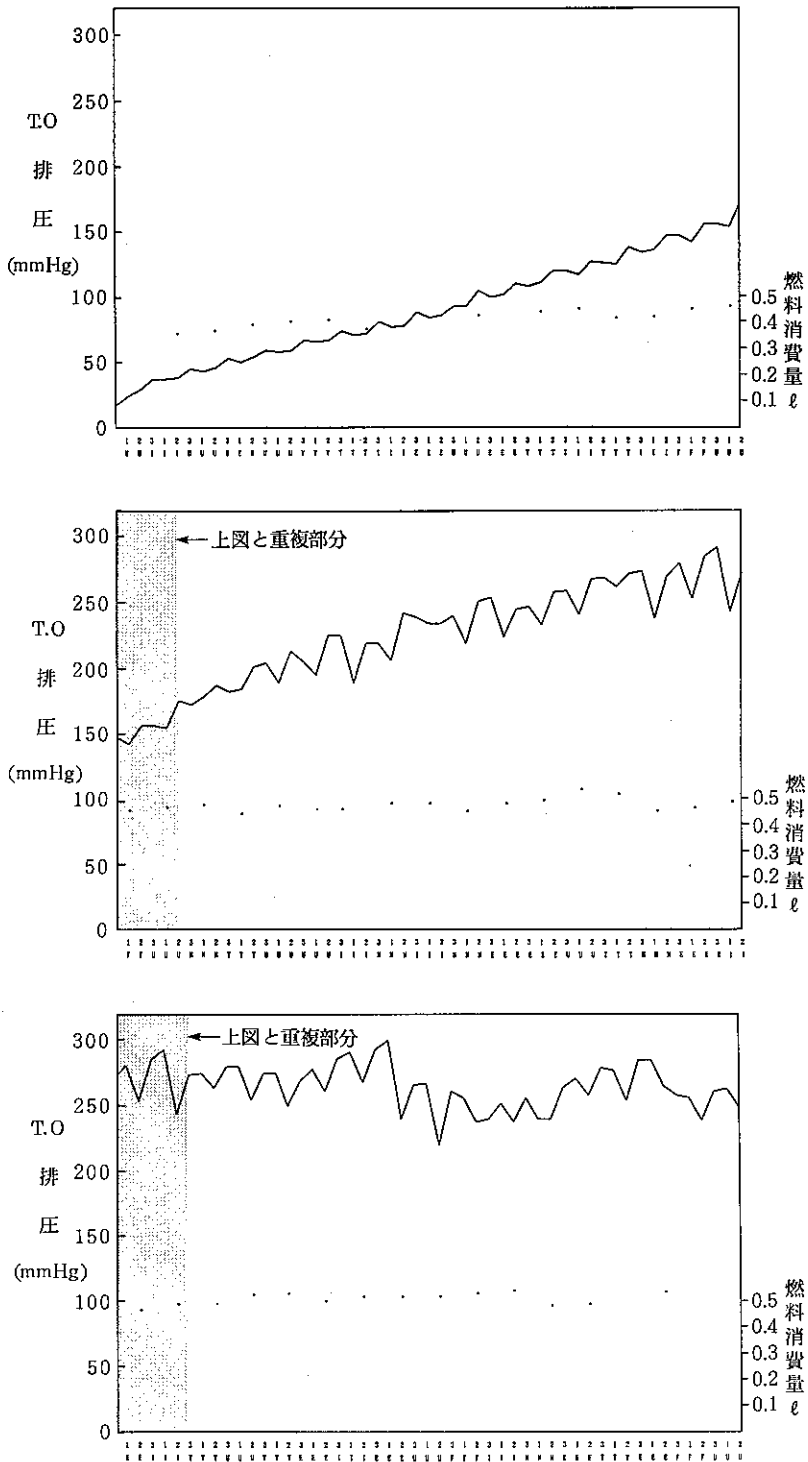


図5 実験 2

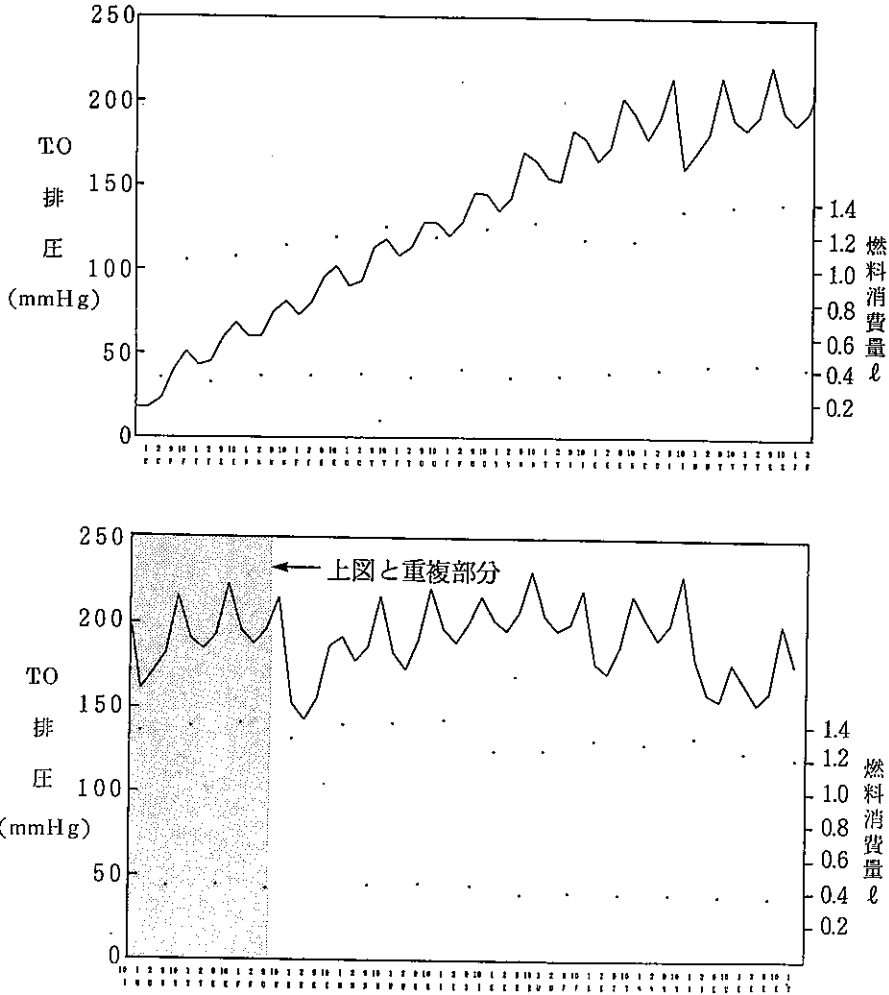


図6 実験 3

4 おわりに

ベンツ社のTO及びEGRについて、幾つかの実験を行い、TOが特に粒子状物質対策として極めて有効な手段であることがわかった。

また、窒素酸化物対策としても、表7のとおり、TO無、EGR・OFFよりもTO有、EGR・ONの方が、窒素酸化物排出量は少ないという結果を得ている。

TOの最も問題となる再生条件についても、東京都実走行パターンのNo1, No2, No3 (平均車速4.7, 8.4, 11.6km/H) のような低速運転時においても、TOは十分機能し、エンジンの停止に至るようなトラブルは発生し

なかった。したがって、東京都内でも十分実用に耐えられると考えられる。

表7 TO及びEGRによるNOx低減率

| 走行条件 | 単位 g/km | | 低減率 (%) |
|-------|---------------|----------------|---------|
| | TO有 EGR ON | TO無 EGR OFF | |
| 10モード | 0.63 | 0.99 | 36 |
| No.2 | 1.44 | 1.74 | 17 |
| No.10 | 0.39 | 0.64 | 39 |

参 考 文 献

- 1) 東京都環境保全局：平成元年度東京都大気汚染状況測定結果，平成2年8月。
- 2) 東京都窒素酸化物削減対策検討会：東京都における窒素酸化物対策の推進について，昭和63年6月。
- 3) 東京都環境保全局：東京都自動車公害防止計画，平成元年5月。
- 4) 七大都市自動車技術評価委員会：七大都市自動車技術評価委員会報告書，平成元年8月。
- 5) 東京都公害研究所：自動車排出ガスに関する調査研究，昭和52年3月。