

報 告

LPG併用システムによるディーゼル黒煙低減効果

福 岡 三 郎 横 田 久 司 竹 永 裕 二
 飯 田 靖 雄 舟 島 正 直 清 宮 隆 治
 梅 原 秀 夫 吉 村 睦 男 (現環境管理部)
 (現東京都畜産試験場)

1 はじめに

複合燃料を混焼するいわゆるフュージョン方式によるディーゼル黒煙の低減方法の一つとして、使用過程
 中のディーゼル車に、LPG併用システムを適用する技
 術が開発され実用化されている。東京都交通局は、この
 LPG併用バスを平成3年路線バスの営業車として、試
 験的に走行させ、平成4年にはメーカーの異なる4台の
 LPG併用バスを試験導入している。

環境科学研究所では、このLPG併用バスと比較対照
 のための同型式のディーゼル車の排出ガス実態調査を行
 い、LPG併用システムの黒煙低減効果、他の汚染物質
 排出状況に与える影響、燃費、エンジン出力に与える影
 響等について検証したので報告する。

2 調査の内容と方法

1) 測定対象車両

測定対象車両は、LPG併用ディーゼルバス（以下併
 用バスという）、同型式の比較対照ディーゼルバス（以
 下対照バスという）各1台で、いずれも東京都交通局で
 路線バスとして営業に供されている車両である。測定対
 象車両の主な車両諸元を表1に示す。

LPG併用システムの開発にあたっての技術目標は、

- ①黒煙：目でみて気にならないレベル（スモーク濃度30
 以下）、
- ②排出ガス、動力性能、燃費もベースエンジン並みとな
 っており、このシステムの開発の最大の目標は、黒煙の
 低減にある。

併用バスは、ベースエンジンとして東京都交通局で、
 154,000Km走行した昭和60年式のエンジンを新車ボデ
 ーにのせかえ、次のようなLPG燃料併用システムのため
 の改造を行っている。

- ① LPGボンベ（内容量100ℓ、ガス質量42kg）の
 搭載。
- ② エバポレギュレーター（LPG気化装置）取付け
- ③ アクセルレバー開度センサーの取付け
- ④ LPG燃料併用システムコントロールCPUの取
 付け
- ⑤ LPG燃料配管
- ⑥ LPGインジェクター（噴射装置）の取付け

これらの改造を行うことにより、併用バスでは、アク
 セルのペダル踏み込み量が定められた値（全負荷時の80
 %）より大きい場合、軽油の噴射量を一定の値に制限し、
 代わりに踏み込み量に応じたLPGが吸気管に噴射する
 こととなり（図1参照）、高負荷時の軽油燃焼を助け、
 黒煙発生を抑制する。また、LPG併用によりNO_x濃度
 が高くなるので、燃料噴射タイミングをベースエンジン
 より2°（13°⇒11°）遅らせている。

表1 調査対象車車両主要諸元

項 目	対照バス	併用バス
規制年次	昭和58年	←
燃焼室型式	直噴式	←
排気量 cc	9880	←
最高出力PS/rpm	230/2500	←
ミッション	5M/T	←
車両重量 kg	9340	9640
乗車定員 人	77	75
初度登録	90年8月	88年7月
走行距離 km	173,384	47,820
燃料	軽油	LPG, 軽油

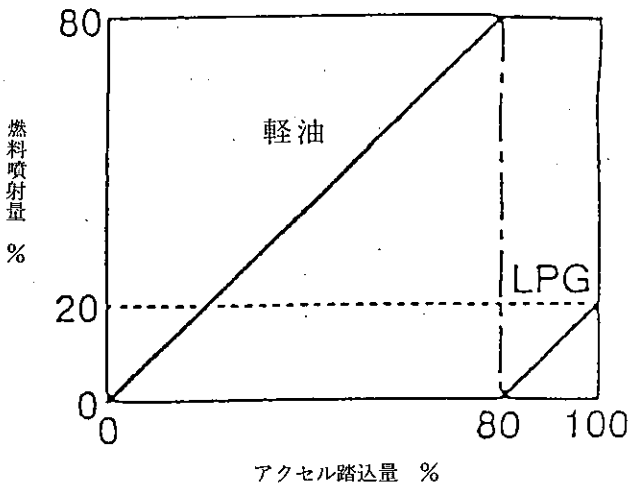


図1 LPG噴射量とエンジン負荷

2) 測定項目

排出ガス測定は、環境科学研究所HDD用自動車排出ガス測定設備を使用した。測定項目は、黒煙（スモークメータによる）、NO_x、CO、HC、CO₂、粒子状物質（PM）である。また、燃料消費量は、LPG使用量の計測を行っていないので、軽油換算の燃費を計算で求めた。

3) 走行条件

法定モードとして、ディーゼル6モード、平成6年規制から適用が予定される同13モード、並びに黒煙3モードについて測定を行った。また、汚染物質の実走行パターンにおける排出状況を把握するため、東京都実走行パターンNo.2、5、8、10について測定を行った。

3 調査結果と考察

(1) 法定モードにおける測定結果

ア 黒煙3モード

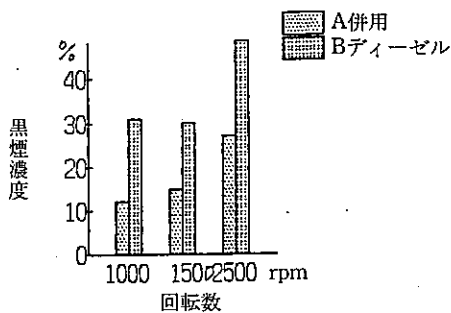


図2 黒煙3モード測定結果比較

黒煙3モード測定は、シャシダイナモメーター上で実験車エンジンを全負荷にし、回転数1000、1500、2500rpmの時の黒煙濃度を測定するものである（許容限度値はいずれの回転数においても50%）。図2に3モードにおける併用、対照両バスの黒煙濃度比較を示す。

黒煙3モードは、各回転数共に全負荷で測定が行われるので、LPG併用システムによる黒煙低減効果は、どの回転数でも顕著に現れている。併用、対照両バスの測定結果を比較して得られる低減率も40~50%に達しており、黒煙濃度を全ての回転数で30%以下にするという当初の開発技術目標は十分に達成している。

表2 ディーゼル6モード測定結果 PPM

項目	NO _x	CO	HC
許容限度値	520	980	670
併用バスA	368	311	257
対照バスB	431	258	176
増減A-B	-62	+53	+81
低減率	-0.14	+0.21	+0.46

イ ディーゼル6モード

表2にディーゼル6モードにおける併用、対照両バスのNO_x、CO、HCの測定結果を示す。表2に見るとおり併用バスでは、対照バスに比較してNO_xは15%低減しているのに対し、CO20%、HCは45%濃度の増加となっている。NO_xの低減は、LPG併用システム化に伴い燃料噴射タイミングを遅延した効果と思われる。CO、HCの増加はLPG燃料の不完全燃焼に起因するものであろう。CO、HCは併用化に伴いかなり濃度が増加するが、排出許容限度値を超えることはない。6モード各汚染物質排出傾向をより詳細に検討するために、6モードの各モード別のCO、HC、NO_x測定濃度の比較を行った。比較図を図3~5に示す。

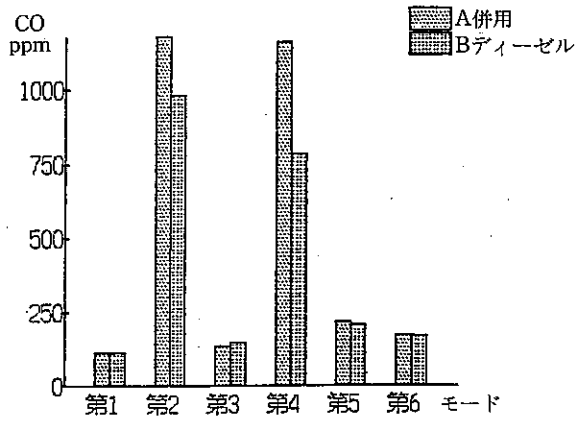


図3 各モード別CO測定値比較

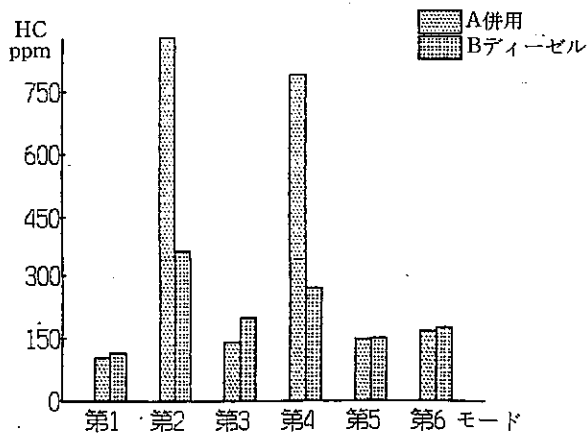


図4 各モード別HC測定値比較

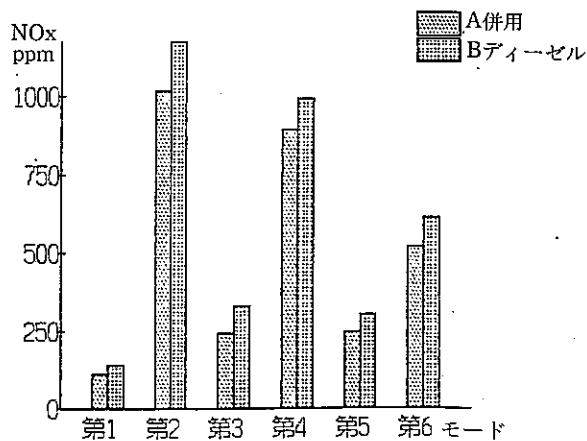


図5 各モード別NOx測定値比較

図4に見るとおり、併用バスでは、負荷が80%を超える第2と第4のモードでHC濃度が激増しており、LPG併用に起因するHC濃度の増加であることが分かる。それに対して併用バスのNO_x濃度は、各モードにおいて対照バスのそれを下回っている。

表3 ディーゼル13モード測定結果

項目	NO _x	CO	HC	PM	出力 (ps)
許容限度値	7.8	9.2	3.8	0.96	
併用バス (A)	6.69	2.81	1.34	0.51	22.97
対照バス (B)	7.20	2.17	1.15	0.87	25.55
増減 (A-B)	-0.51	+0.64	+0.19	-0.36	-2.58
低減率	-0.07	+0.29	+0.17	-0.42	-0.11

(注) 測定値は、シャーシゲイナモータ負荷をエンジン単体に換算した値を用いた。

ウ ディーゼル13モード

表3に併用、対照両バスのディーゼル13モードにおけるNO_x、CO、HC測定結果を示す。ディーゼル13モードにおいても、併用バスのNO_x排出量は、対照バスより低減しているが、CO、HC濃度は逆に19%、27%増加している。ただ、併用バスにおけるCO、HC排出量の増加率が6モードのそれと比較してやや小さいが、これは、13モードにおいては負荷80%を超えるモードが第11のモード(回転数60%、負荷率95%)のみで、LPG併用条件の割合が6モードより少ないためである。

次にPM排出量について見てみると、PM排出量も40%併用バスでは削減されており、黒煙3モードの削減レベルとほぼ同じである。又、併用バスのNO_x、PM測定値は、共に平成6年規制値を下回っているものの、長期目標値をクリアするにいたっていない。

エ 実走行パターンにおけるPM削減効果

ディーゼルバスにLPGを併用することにより、黒煙は40~50%、ディーゼル13モードのPMも40%低減されたことから、実走行パターンでのPM削減効果について検討を行った。図6に併用、対照両バスの東京都実走行パターンNo.2、5、8、10におけるPM排出量比較を示す。併用バスでは、対照バスに比べて27~50%PM排出量が少なくなっており、特にNo.10のような高速走行領域での低減割合が大きい。実走行パターンにおけるPM排出量削減割合は、黒煙3モードの削減割合とほぼ同じであり、LPG併用による黒煙の低減がそのままPMの低減

に結びついていることが分かる。

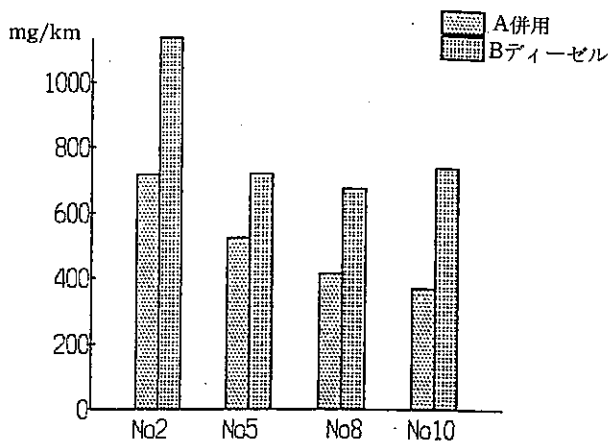


図6 実走行パターンPM排出量比較

オ LPG併用システムの各汚染物質排出状況や燃費に与える影響

LPG併用システムが各汚染物質排出状況や燃費にどのような影響を与えているかを知るために、併用バスと対照バスの各汚染物質排出量比、燃費比を算出し、東京都実走行パターンの平均車速領域の変化状況を図7のように作成した。

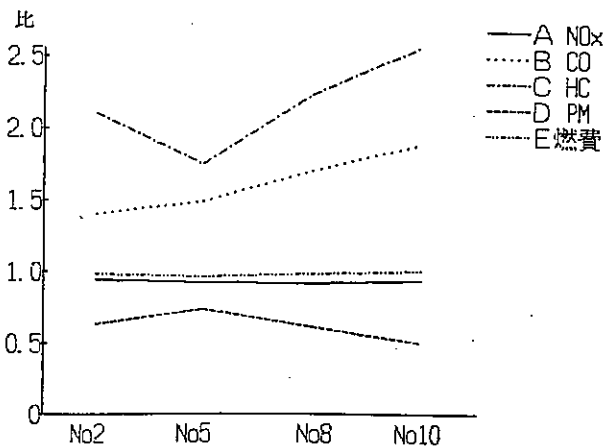


図7 併用システムの汚染物質・燃費への影響

図7に見るように、CO、HC共に高速走行領域で併用バスの排出量比が著しく大きくなり、実走行パターンNo.10では、COで1.8倍、HCで2.6倍と対照バスにくらべ併用バスの排出量が増大している。法定モードにおける併用、対照両バスの濃度比(排出量比)がCO: 1.21 (13モード1.29)、HC: 1.46 (13モード1.17)であったことと比較すると、実走行パターンのこれらの比

率は、著しく大きな数値である。

このような数値の違いは、LPG併用比率が6モード13モード、実走行パターンでは、おのおの異なることに起因しているため、LPG併用による効果や影響の評価を行う場合注意を要する。いずれにせよ、高速走行領域でCO、HCが増加することは、LPG併用システムの当初の開発技術目標を達成しているとは言いがたく何らかの対策が必要と思われる。

次に、NO_xについては、併用バスで6~10%排出量が低減するものの、平均車速と低減割合との関係はみられない。また、法定モードにおけるNO_x低減割合と実走行パターンにおけるそれとはほぼ一致している。

さらに、燃費に対する影響をみると、実走行パターンNo.5における燃費悪化が4%で最も大きく、No.2、No.8では2%の燃費悪化であるが、高速走行領域のNo.10での燃費への影響は全くない。このようにNo.2~8といった走行パターンで燃費が悪化するの、LPGを噴射しない軽・中負荷領域での燃料噴射タイミング遅延による影響と思われる。

実走行パターン低・中速走行領域での燃費悪化は、LPG併用によっても燃費はベースエンジン並みという開発技術目標を達成していないことを示している。

カ 併用システムのエンジン出力に与える影響

図8にエンジン負荷100%時の回転数1000、1500、2000rpmにおけるエンジン出力(kgf)の併用、対照両バスの比較を示す。図8にみるとおり、併用バスは対照

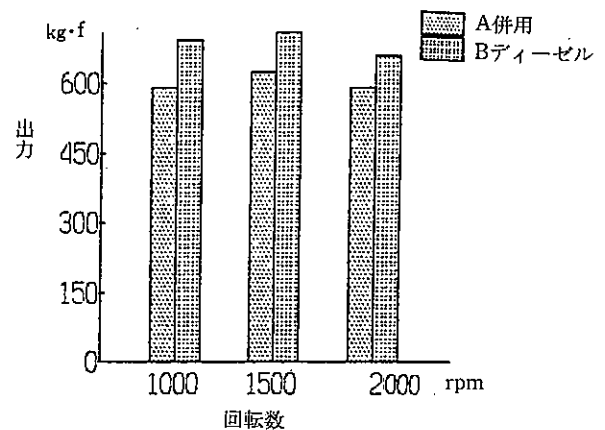


図8 併用システムの出力への影響

バスに比べて11~15%出力の低下がみられている。又表3に示したディーゼル13モードの出力測定においても、

併用バスの出力は、対照バスの出力より11%低い数値になっている。このような出力低下は、燃料噴射タイミングの遅延による影響がでているためと思われ、動力性能部分でもLPG併用システムは、開発技術目標を達成していない。

4 おわりに

以上述べたように、併用バスではディーゼル黒煙は大幅に低減し、PMも30~40%排出が少なくなっている。しかし、その反面、高速走行領域でCO、HCが増加すること、低・中速走行領域で燃費が悪化すること、動力性能への影響が見られることなど、開発当初の技術目標に到達していない部分もあり、今後の対策が望まれる。

また、このシステムにEGRなどのシステムを導入することにより、黒煙のみならずNO_xの大幅な低減も可能と思われ、その面の技術開発が待たれる。

本調査は、東京都交通局自動車部のご協力のもとに行われた。関係職員の方々に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) (財)日本自動車輸送技術協会：使用過程のディーゼル自動車に対するLPG燃料併用システムの利用可能性に関する調査報告書、平成元年3月。
- 2) 同上、平成2年3月。
- 3) 同上、平成3年3月。
- 4) (財)日本自動車輸送技術協会：LPG併用バスの汎用化に関する調査報告書、平成4年3月。