

メタノールトラック(ディーゼル車対応)からの汚染物質排出実態

福 岡 三 郎	舟 島 正 直	横 田 久 司
梅 原 秀 夫	泉 川 碩 雄	古 明 地 哲 人
岩 崎 好 陽	辰 市 祐 久	朝 来 野 国 彦
小 早 川 敏 政	飯 田 靖 雄	風 間 秀 泰
(大気保全部)	(大気保全部)	(大気保全部)
京 田 三 恵		
(大気保全部)		

1 はじめに

メタノール自動車は、その燃焼メカニズムから窒素酸化物(NOx)の排出が少ない、黒煙が排出されない、光化学反応性に富む炭化水素の排出が少ない等の理由で低公害車として十分期待できるものである。特に、軽油を燃料とするディーゼル車のメタノール化は、黒煙(粒子状物質)、とNOxの排出量の削減が期待できるものであり、沿道周辺における自動車公害に悩まされている地方自治体としては、このメタノール自動車の普及には大きな関心を持っている。

東京都でもこのようなメタノール自動車の低公害性に着目して、昭和60年度からメタノール自動車に関する耐久走行並びに排出ガス実態調査を始めている。この調査は、運輸省が進めているメタノールトラック・バス導入政策の中のフリートテスト(市街地における耐久走行テスト)の一環として行われているもので、このフリートテストで実用に供されている車種は、ガソリン車対応メタノール自動車(バン型車)並びにディーゼル車対応メタノール自動車(2トントラック)に大別される。

このうち、バン型タイプのメタノール自動車について、東京都では、昭和60年度に耐久走行並びに排出ガス実態調査を実施し、その低公害性について、すでに報告しているところである。¹⁾²⁾

東京都は、昭和60年度に引続き昭和61年度に、ディーゼル車対応メタノール自動車(以下メタノールトラックと言う)の1万kmまでの耐久走行テスト並びに、同耐久走行過程における排出ガス調査を実施している。³⁾

本報告は、このメタノールトラックの耐久走行試験結果並びに、汚染物質排出実態をとりまとめたものである。

なお、本調査のうち、メタノールトラックの耐久走行テストについては、環境保全局大気保全部が担当し、排

出ガス調査については、東京都環境科学研究所が担当した。

2 調査内容及び方法

(1) 調査の概要

調査車両は、昭和61年12月「道路運送車両の保安基準」第56号第4項の規定により、メタノール自動車として試作認定された車両を、日本メタノール自動車㈱より借り受けたものである。この車両を東京都内及びその近郊を走行させ、1万kmまでの路上耐久走行テストを行い、車両の安全性、運転性等のチェックを行うと共に、この間排出ガス調査3回、騒音測定1回を行った。また使用した燃料は、ニートメタノール(メタノール100%)である。

(2) 調査車両

最大積載量2トンのディーゼルトラック(副室式、57年規制適合、総排気量2977cc)のエンジンに替えて、メタノールエンジンを搭載すると共に、燃料タンク等をメタノール仕様に改造した車両である。表1にベース車両となったトヨタダイナ2トントラックとメタノールトラックの諸元比較表を示す。また、メタノール化に伴い改造した主な内容を図1に示す。ガソリン車対応メタノール自動車と基本的に異なる点は、今回のメタノールトラックでは、エンジンそのものもメタノール用に開発したものを使用しているところにある。また、メタノール化に伴い改造した部分を大別するとつぎの3点となる。

- ① 着火性の悪いのを補うためにスパークアシストシステムを追加した。
- ② 燃料の腐食性に対処するために、燃料タンク、燃料パイプ等を耐食性の強い材質に変更した。
- ③ 排出ガス中のアルデヒドを低減処理するために、酸化触媒装置を装着した。

表1 調査車両の諸元表

諸元		種類	ディーゼル車	メタノールトラック	
		車名・型式	トヨタ・ダイナ トヨタN-BU60	トヨタ・ダイナ トヨタN-BU60(改)	
		車種	フルジャストロー標準デッキ	←	
寸法	全長×全幅×全高	mm	4,690×1,695×1,990	←	
	軸距(ホイールベース)	mm	2,500	←	
	トレッド 前×後	mm	1,410× 1,245	←	
	最低地上高, 床面地上高	mm	155,810	←	
	荷台(内寸)長×幅×高	mm	3,110×1,620×380	←	
重量	車両重量	kg	1,920	2,010	
	乗車定員	名	3	←	
	最大積載量	kg	2,000	←	
	車両総重量	kg	4,085	4,175	
性能	最高速度	km/h	110	105(推定)	
	60km/h定地走行燃費(運輸省値)	km/L	12.3	3.7	
	登坂能力	tanθ	0.41	←	
	最小回転半径	m	4.6	←	
	エンジン型式	-	B	トヨタB 小松 4A95L	
エンジン	配列気筒数	-	4気筒直列縦置	←	
	内径×行程	mm	95×105	95×115	
	総排気量	cc	2,977	3,260	
	圧縮比	-	21.0	16.0	
	最高出力	ps/r.p.m	85/3,600	←	
	最大トルク	kg.m/r.p.m	20.0/2,200	20.0/2,000	
トランスミッション	駆動方式	-	前進5速後退1速ハンドチェンジ式		
	ブレーキ	前	-	油圧真空倍力装置付2リーディング	
		後	-	油圧真空倍力装置付デュオ2リーディング	
	タイヤ	前	-	195R14-8PRLT	←
後		-	195R14-8PRLT	←	
燃料	種類	-	軽油	メタノール	
	燃料タンク材質	-	鋼	ステンレス鋼板厚さ 1.0mm	
	タンク容量	L	75	100	
	噴射ポンプ形式・噴射時期	-	分配形・上死点前0°	列形・上死点前25°	
排出ガス	点火装置形式・点火時期	-	-	フルランジスタ式上死点前20.5°	
	清浄方式	-	-	酸化触媒	
その他	発散防止装置形式	-	-	キャニスタ方式	
	ディーゼル6モード	NOx	ppm	260	164
		CO	ppm	395	15
		HC	ppm	195	25
エンジンオイル	-	ディーゼルSAE30	ディーゼルSAE30(指定)		
点火栓	-	-	DCP9EP		

注: ←は、ディーゼル車と同じであることを示す。

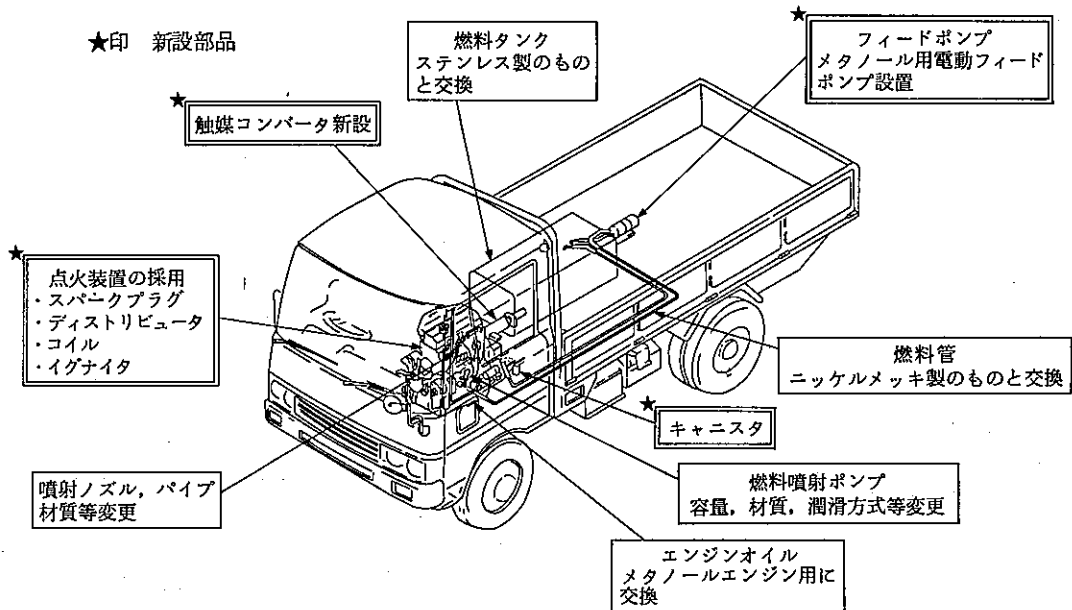


図1 調査車両の主な改造部分図

(3) 耐久走行試験

調査車両は、東京都内及びその近郊を、1万kmまで路上耐久走行を行い、その間下記項目について調査を実施した。

- ① 安全性 (エンジン、排ガス処理装置等の温度測定)
- ② 耐久性 (改造部分、燃料供給系統の腐食性)
- ③ 運転性 (エンジン始動性、加速性能等)
- ④ 経済性 (燃費性能等)

(4) 排出ガス試験

排出ガス試験は、改造前のディーゼル車の状態で1回、メタノールトラック改造直後1回、その後一般道路等における路上耐久走行1万kmの間に2回(5千・1万km)実施した。排出ガス試験内容は以下のとおりである。

ア 測定項目

窒素酸化物 (NO_x)、一酸化炭素 (CO)、二酸化炭素 (CO₂)、総炭化水素 (T・HC)、アルデヒド (HCHO)、臭気、凝縮水成分組成、燃費

イ 走行条件

6モード、M-15モード、コールドM-15、定速条件 (20, 40, 60, 80km/h)、アイドリング、都実走行パターン

ウ 排出ガス試験方法 (自動車排出ガス分析計)

排出ガス試験装置は、当研究所所有のシャーシダイナモメーター (バンザイ製BCD200E型)、自動車排出ガス分析計 (ホリバ製MEX A8120D, 8220D, CVS 57T型) である。

なお、メタノールトラック排出ガス中には、水分量がディーゼル車時の場合の約2倍含まれているため、サンプリング過程での凝縮水の干渉が大きいと思われるので、それを防止するために、メタノールトラック排気マフラーから希釈ポイントまでの排気ダクトは、105°Cにコントロールした加熱ダクトを用いた。

また、T・HC測定は、通常のFID法で、校正ガスはプロパン (C₃H₈) を用い、未燃メタノールの感度補正は行っていない。

エ アルデヒドの測定

ア) サンプリング

サンプリング : 過渡運転はCVS希釈ガス、定速走行は直接採取又はCVS希釈ガス

吸 取 管 : 木下式吸収管2連結

サンプリング量 : 約1ℓ/min 5~30ℓ捕集

吸 取 液 : 2-4ジニトロフェニールヒドラジン (DNPH) 2Nりん酸溶液

イ) 分析

抽出：吸収液捕集HCHOを四塩化炭素抽出

分析：ガスクロFID法

ガスクロ条件：カラム温度200℃ ガラスカラム1.8m
充填剤O-V17 (酸処理)

オ 悪臭の測定

M-15モードはCVSバックから、定速条件は直接排出ガスを採取し、3点比較式臭袋法で臭気測定を行った。

カ 凝縮水の組成分析

凝縮水のサンプリングは、酸化触媒装置入口でガス吸収びん(2連結)を使い冷却捕集にて行った。走行条件は、定速条件のみとした。また、凝縮水の分析は、イオンクロマトグラフ(DIONEXイオンクロマトグラフ Model 4000i)を用い、分析項目は、蟻酸(HCOOH) 酢酸(CH₃COOH)、硝酸イオン(NO₃⁻)、亜硝酸イオン(NO₂⁻)である。

以上の測定施設、分析法を用い、運輸省の定めているディーゼル6モード試験法並びにガソリン車の10モード、11モード試験法に準じて、メタノールトラックの排出ガス測定を行った。

3 測定結果と考察

(1) 汚染物質排出量のディーゼル車時との比較

ア NOx, CO, T・HCの6モード測定値のディーゼル車時(改造前)との比較

このメタノールトラックの持ちこみ時のNOx 6モード測定値は、260ppmでディーゼル車時の測定値を上回り、また、過渡運転のM-15モードでもNOx排出量がディーゼル車時を上回っていた。この車両の試作認定時におけるNOx 6モード値は、表1の車両諸元表に示したように、164ppmでディーゼル車時に比べ96ppm、約1/3程度NOxが低減されることとなっており、エンジンの設計・製作時のNOx排出濃度レベルが、実車段階で維持されていないことがわかった。エンジン製作時のNOx排出濃度レベルが実車段階で維持されなかった理由としては、エンジン調整不良、測定法上のちがい(エンジンダイナモメーターとシャーシダイナモメーター)等が考えられるが、何れにしても、メタノールトラックの設計・製作段階のNOx排出濃度レベルが、実車段階でも維持されることが必要であり、そのために、

- ① 吸入空気負圧の調整
- ② 燃料温度の調整(燃料流路の変更)
- ③ 燃料噴射時期の遅延

等の対策を行った。結果的には、③の燃料噴射時期の遅延対策が効果を表わし、エンジンの設計・製作時のNOx排出濃度レベルが得られた。このようなNOx低減対策を行っても、実走行モードにおける燃費の悪化はなかった。

以上のようなNOx濃度低減のためのエンジン調整を行ったのちに6モード試験を行った。表2は、ディーゼ

表2 メタノール自動車6モード測定値

区分	項目	NOx	CO	T・HC
ディーゼル		242	167	70
改造直後		167	49	49
1万 km		172	35	20

ル車時とメタノールトラック改造直後、耐久走行1万km時点(耐久走行5km時点の測定値は、後述する運転トラブルに起因する触媒の劣化があったため、検討対象から除外した)におけるNOx, CO, T・HCのディーゼル6モード測定値を示す。表2にみるとおり、メタノールトラックは、ディーゼル車時に比較しNOx, T・HCは1/3, COは2/3低減されており、この排出濃度で見ると、ディーゼル車より汚染物質排出量の少ない車両と言える。とくに、NOxは、副室式ディーゼル車が今後、64年規制実施で見込める濃度(57年規制を10%低減したもの)217ppmをも33%下回る濃度であり、NOx排出量の少ない低公害車として評価して良いだろう。

本来、メタノール燃料は、気化潜熱が大きく、燃焼室内における燃料蒸発による温度低下が大きいことが、NOx排出量を少なくしている要因であるが、この要因は、同時に不完全燃焼生成物であるCOとT・HCの排出量を多くする。メタノールトラックは、HCHOの排出量が多いことから、それを低減処理するために、触媒装置が必ず装着されるので、その付随効果として、CO T・HCも低減処理され排出濃度は低い。しかし、触媒が装着されていない場合には、CO, T・HCの6モード測定値はそれぞれ1277ppm, 4880ppmとなり、触媒装着時より2桁排出濃度が高くなっている。とくにT・

H₂C濃度は、重量ガソリン車の排出許容濃度（6モードで520ppm）をはるかに上回る濃度であるが、メタノールトラックから排出される炭化水素の大部分は、未燃メタノールで、光化学反応性が低く、その意味では、ガソリン車等から排出されるT・HC濃度と同様な評価はできない。

このように触媒がない場合のメタノールトラックのCO、T・HC排出濃度が高いと言うことは、触媒の暖機不十分なコールドスタート時もこれら汚染物質排出量が多いと言うことであり、排出規制の方法も含めて、今後検討すべき課題である。

イ 過渡運転における汚染物質排出量の比較

ア) 規制物質 (NO_x, CO, T・HC)

図2～4にディーゼル車時とメタノールトラック改造直後、1万km耐久走行時点のM-15、コールドM-15、都実走行パターンNo. 2, 5, 8の各モードにおけるNO_x, CO, T・HC排出量レベルの比較図を示した。

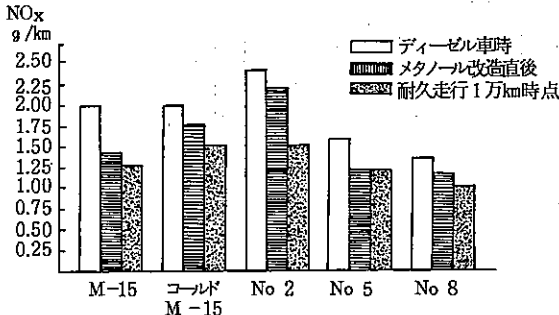


図2 NO_x排出量のディーゼル車時との比較

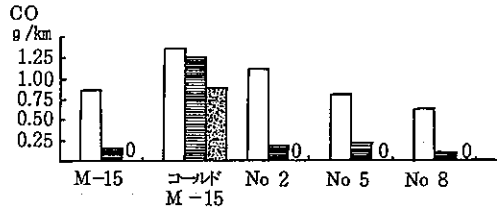


図3 CO排出量のディーゼル車時との比較

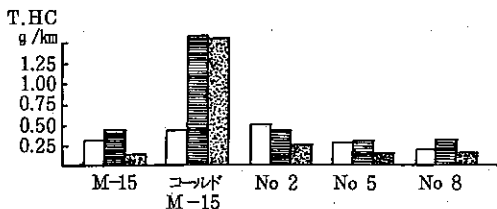


図4 T・HC排出量のディーゼル車時との比較

図2に見るとおり、NO_x排出量は、M-15モードではディーゼル車時に比べ1/3程度低減され、6モードにおけるNO_x低減率がそのまま表われているが、コールドスタートのM-15モードでは、NO_x低減率が若干悪い。実走行パターンNo. 2, 5, 8でも一般的にディーゼル車時の1/3～1/4程度NO_xが低減されている。

COについては、コールドスタートのM-15モードをのぞいて、何れもメタノールトラック排出量は、ディーゼル車時に比べて少なく、とくに1万km時点のCO排出量は0に近い。コールドスタートのM-15モードのCO排出量は、ディーゼル車時に比べてやや少ない程度である。

T・HCについては、メタノールトラック排出量は、ディーゼル車時とはほぼ同程度か、やや少ない程度であるが、触媒が暖機不十分であるコールドスタートのM-15モードでのT・HC排出量は著しく多い。

各汚染物質共に、コールドスタートのM-15モードでは、その排出量がホットスタートの他の走行モードに比べて著しく多くなる。この増加要因は、CO、T・HCについては触媒の暖機不十分によるものと考えられるが、NO_xについては、その原因が異なるものと思われる。図5にディーゼル車時とメタノールトラックの各汚染物質のホットスタートとコールドスタートのM-15モードの各サイクル別の平均濃度変化を示したものである。図5に見るとおり、COとT・HCの排出濃度変化は、ホットスタートでは触媒が暖機されているために、各サイクルで変化がないのが、コールド・スタートでのCO、T・HC濃度は第1サイクルで高く触媒が暖まった第2サイクル以降急速に排出濃度が低下するパターンが示されている。

それに対して、NO_xは、触媒が酸化触媒であるので濃度低減に関係がなく、また、本来、完全燃焼生成物であるので、エンジンが冷えている燃焼初期（第1サイクル）は、排出濃度が低く、第2サイクル以降逐次排出濃度が増加するのが通常であるが、メタノールトラックでは傾向が逆で、走行初期時点が最も濃度が高い。このような傾向が見られる原因としては、燃料温度の違いが考えられる。すなわち、走行初期の燃料系統が暖まっていない時点では、エンジンに送りこまれる燃料の温度は相対的に低く、燃料の比重も小さく、燃料密度も濃い。したがって燃料1m³当りの発熱量も燃料温度が高い時よ

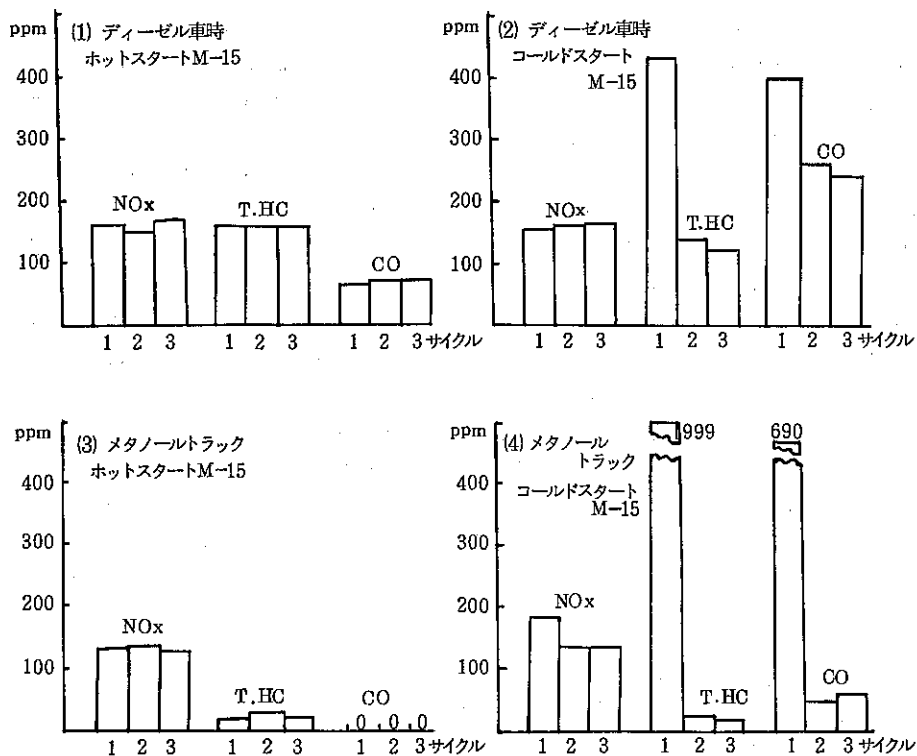


図5 M-15モードのサイクル別汚染物質濃度

りは多く、その分エンジンがパワーアップされてNOx濃度が増加するものと考えられる。

イ) アルデヒド (HCHO)

メタノールトラックからは、その燃焼特性からアルデヒドの排出がどうしても多くなる。アルデヒドの中でも、ホルムアルデヒド (HCHO) がそのうちの99%を占めることが、ガソリン車対応メタノール自動車排出ガス調査結果等で報告されている²⁾。メタノールトラックの場合は若干傾向が異なっていて、定速条件ではガソリン車対応メタノール自動車同様99%がHCHOであるが、加減速条件を含むM-15モードでは、アセトアルデヒド (CH₃OH) が13%あり、また、都実走行パターンでも2~10%の範囲でCH₃OHの存在が認められている。

次に、そのHCHOの排出レベルであるが、図6にディーゼル車時とメタノールトラックのM-15モード、

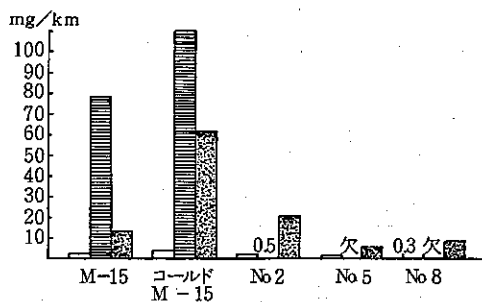


図6 HCHO排出量のディーゼル車時との比較

コールドM-15モード、実走行パターンNo. 2, 5, 8におけるHCHO排出レベル比較図を示す。改造前のディーゼル車時のHCHO排出量は、過去に測定した他のディーゼル車に比べやや少なく、何れの走行モードに

においても、メタノールトラック排出量の方がきわだって多い傾向が示されている。ただ、このディーゼル車は、HCHOの排出が著しく少ない特異的な車で、一般的には、ディーゼル車からのHCHO排出量は30~50mg/kmと言われている⁴⁾⁵⁾、メタノールトラックからの排出量は、通常の走行条件では、何れの走行領域でもこれらの数値を下回っている。また、CO、HC対策を十分にしていなかった昭和50年以前のガソリン乗用車のHCHO排出量は、10モードで平均120mg/km程度で、貨物車ではさらに排出量が増加するものと考えられる。これらがガソリン車のHCHO排出レベルと比較した場合、メタノールトラックでは、触媒が暖機不十分の時（コールドM-15モード）のHCHO排出量がほぼこれに相当し、密閉された車庫や駐車場で汚染を考える場合はともかくとして、一般的には問題のない排出レベルである。

ウ) 臭気

表3にディーゼル車時とメタノールトラックの定速条件、M-15モード、コールドスタートM-15モードにお

表3 悪臭の評価

走行条件	区分	改造前	改造後
I D		41	28
20 km/h		43	25
40 km/h		38	28
60 km/h		36	26
80 km/h		40	34
M - 15		31	29
冷M-15		-	25

単位：臭気指数

ける臭気測定結果を示す。表3に見るように、何れの走行条件でもメタノールトラック臭気指数は、ディーゼル車のそれを上回ることなく、ガソリン車対応メタノール自動車同様、メタノールトラック排出ガス臭気がそれ程強いものでないことがわかった。

(2) メタノールトラックの汚染物質排出特性

ア NOx排出特性

図7にディーゼル車時、メタノールトラック改造直後、耐久走行1万km走行時点におけるNOx排出特性を示す。図7に見るとおり、全ての走行領域でメタノール

トラックは、ディーゼル車時の排出量を下回っている。とくに、低速走行領域で両車種に大きな差がみられているが、これは、ディーゼル車時に比べメタノールトラックが、アイドリング時のNOx排出量が少ないことに起因しているためと考えられる。

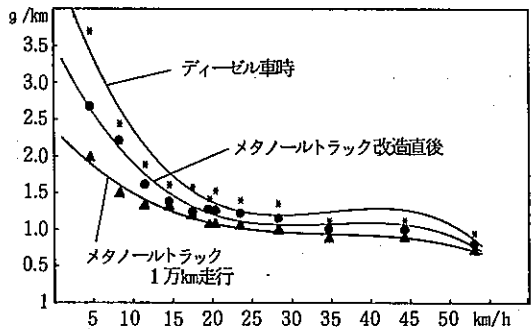


図7 NOx排出特性図

イ CO排出特性

図8にNOx同様ディーゼル車時とメタノールトラックのCO排出特性を示す。メタノールトラックでは、酸化触媒による低減効果が全ての走行領域で見られており、CO排出量は低く抑えられている。

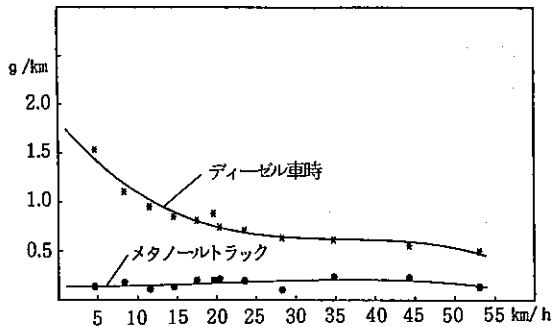


図8 CO排出特性図

ウ T・HC排出特性

図9にディーゼル車時とメタノールトラックのT・HC排出特性を示す。両車種のT・HC排出量にそれ程の差がないと思われるが、メタノールトラック改造直後の時点では、全ての走行領域でディーゼル車時のT・HC

排出量がメタノールトラックのそれを下回り、1万km走行時点では逆に全ての走行領域でメタノールトラックの方が排出量が少なくなっている。両車種共に、低速走行領域でのT・HC排出量が多く、平均車速20km/hを超える走行領域では、排出量にそれ程の変化は見られなくなる。

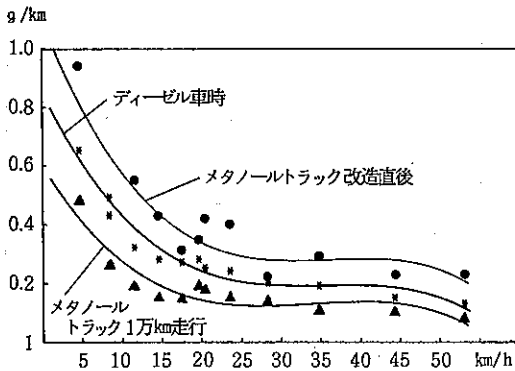


図9 T・HC排出特性図

エ HCHO排出特性

図10にディーゼル車時とメタノールトラックのHCHO排出特性を示す。ディーゼル車からのHCHO排出量は、平均車速の遅い領域でやや高いものの、一般的には低レベルの排出量であるのに対し、メタノールトラックでは平均車速の遅い領域で排出量が著しく多く、またCO、T・HCの排出特性とは若干異なって、平均車速50km/h以上の高速領域でも排出量が多くなっている。

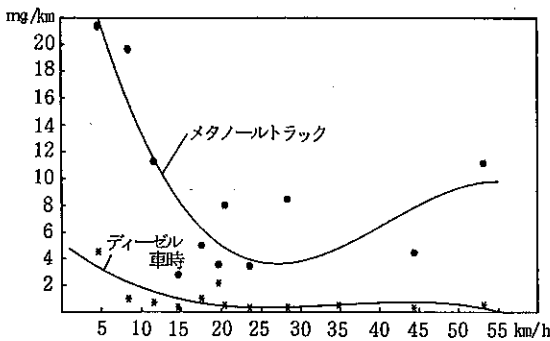


図10 HCHO排出特性図

(3) 燃費特性

図11にディーゼル車時とメタノールトラックの燃費特性を示す。図11に見るとおり、両車種は低速走行領域で比較的差がなく、平均車速15km/hを超える走行領域

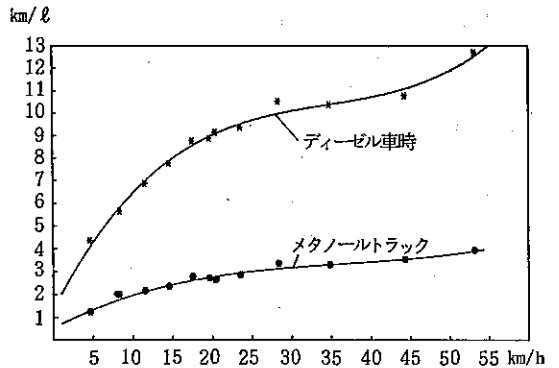


図11 燃費特性図

からメタノールトラックの燃費はディーゼル車時の1/3程度となる。また、一般的にメタノールトラックの方が走行領域間の変動幅が小さい。

両車種の実走行パターン全体の平均燃費は、ディーゼル車時8.69km/ℓ、メタノールトラック2.72km/ℓとなっており、メタノールトラックはディーゼル車時の1/3程度の燃費となっているが、これは車両諸元表で示されている60km/hの平地走行燃費の両車種間の比率とはほぼ同じである。

ガソリン車対応メタノール自動車の場合、発熱量換算の燃費がベース車両とはほぼ同じであるのに対し、メタノールトラックでは、発熱量換算でも30%程度燃費がディーゼル車時に比べ悪い。この原因としては種々のことが考えられるが、エンジンメーカー側の説明⁷⁾によると、軽負荷領域における熱効率の悪さによるものとしている。軽負荷領域で熱効率が悪くなるのは、① 軽負荷領域では、スパーク点火を起点としたガソリンエンジンのような伝播による比較的ゆっくりとした燃焼が支配的であること、② また、比較的低温、低圧、及び燃料密度の低い条件の下で燃焼が行われるので、着火安定性が悪いこと等の理由によるもので、結局、点火源を持ったメタノール燃焼方式においては、軽負荷領域では、燃焼速度の遅さに起因する効率のロスを生ずるもので、現状

のメタノールトラックの改良すべき最大の課題であるとしている。

(4) メタノール自動車における触媒除去効率

調査車両には、燃料のメタノール化と共に排出量の増大が予想されるHCHOを低減処理するために、酸化触媒が装着されている。この触媒装置のNO_x、CO、T・HCの定速条件(40, 80km/h)と実走行パターン(№2, 10)における除去効率を表4に示す。6モードの汚染物質排出濃度比較の項で述べたように、メタノールエンジンからは、本来かなり多量のCO、T・HCが排出されるが、表4に見るとおり、COもT・HCも触媒により99%除去されている。このメタノールトラックに触媒を装着しなかった場合のCO排出量は、№2で12.7g/km、№10で6.5g/kmであり、これは、重量ガソリン車の排出量と同レベルである。また、T・HC排出量は、低速領域で著しく多くなり、重量ガソリン車の排出量をはるかに上回る。これらの測定結果から見ると、HCHOの低減処理のみならず、T・HCの低減処理のためにも酸化触媒装着は必要のようである。

本触媒は、酸化触媒で本来NO_x低減には関係ないが、NO_x濃度は触媒後の方が若干低い。これは触媒の還元促進によるものではなく、排気過程における未燃メタノールとNO_xとの反応により他の窒素酸化物(例えば硝酸メチル)等が生成(硝酸メチルは200°C以下で反応が進む)されることによるためと考えられる。

次にHCHOの触媒除去効率を表5に示す。表5に見るとおり、HCHO触媒除去効率は、定速条件では車速が早くなるにしたがって悪くなり、また、過渡運転では中速領域での除去効率が良く、低速、高速走行領域では効率が悪い。一般的に、HCHOはメタノールやCOより触媒による酸化反応性が良く、低減処理しやすい物質である。それにもかかわらず、触媒除去効率がCO、

T・HCより悪いのは、後述する化学反応式にも示したように、触媒層におけるHCHOの生成と破壊の balan

表5 HCHOの触媒除去効率

走行条件		区分		
		触媒前	触媒後	効率%
定速条件	I D	119	2	98
	20km/h	199	15	92
	40km/h	177	35	80
	60km/h	182	39	79
	80km/h	144	34	76
実走行	№. 2	49.9	19.6	60
	№. 5	57.4	5.0	91
	№. 10	18.1	4.4	76

単位：定速条件 ppm
実走行 mg/km

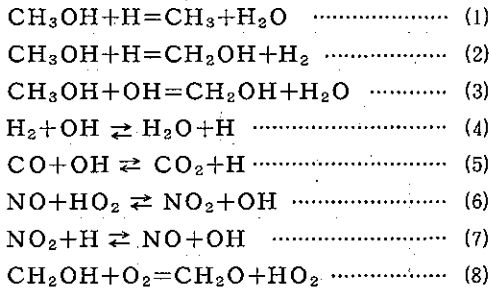
スの問題と思われる。触媒層の中では、HCHOの酸化低減反応のほか未燃メタノールの不完全酸化によるHCHOの生成、NOのHCHOの酸化阻害と言った反応が行われており、走行条件によって、NO_x濃度、T・HC(未燃メタノール)濃度、O₂濃度、HCHO濃度、排出ガス温度等の要因が種々変化するために、あたかも触媒除去効率が悪くなったような現象も見られるものと思われる。ただ、このメタノールトラックの酸化処理する以前のHCHO排出量は、それ程多くないので、触媒除去効率の悪い走行モードがあっても、問題となるようなHCHO排出量レベルは出現していない。

(5) メタノールトラック排出ガス中のNO₂/NO_x比
メタノールエンジン排出ガス中のNO₂/NO_x比を考える場合、メタノールの酸化反応機構が重要な関係を持っている。伊藤らによるとメタノールの酸化反応機構

表4 メタノール自動車触媒除去効率

条件	40km/h ppm			80km/h ppm			実走行 №.2 g/km			実走行 №.10 g/km		
	CO	HC	NO _x	CO	HC	NO _x	CO	HC	NO _x	CO	HC	NO _x
触前	2550	7300	140	1710	2250	213	12.7	69.4	1.78	6.5	9.3	0.86
触後	42	36	120	60	48	205	0	0.26	1.49	0	0.1	0.88
%	98.4	99.5	14.3	96.5	97.9	3.8	100	99.6	16.3	100	98.9	-2.3

は、既存のC-H-O系の反応系にNO₂、NOの関与するN系の反応を加えることにより説明できるとしている⁹⁾。それによると、メタノール(CH₃OH)の酸化消滅反応の主な反応式は、



(注) HO₂はメタノールが酸化される過程で生ずる活性化学種

となる。この化学反応系にみるように、NO ⇌ NO₂の転換には、HO₂とHが必要であるが、Hは(1)~(3)式のCH₃OHの酸化で消費され、排ガス中に酸素(O₂)が存在する場合は(8)式によりHO₂が生成、さらには(6)式によってNO→NO₂への転換が主となる。したがって、メタノールエンジン排ガス中のNO₂比率は他のガソリンエンジンやディーゼルエンジンより高くなる。ディーゼル車対応のメタノールトラックの場合、ガソリン車対応メタノール自動車より排ガス中O₂濃度が高い(定速条件の排ガス中O₂濃度、ディーゼル車対応: 12~14%、ガソリン車対応: 2~3%)ので、排ガス中NO₂/NO_x比は、さらに高くなると思われる。

表6にメタノールトラックの定速条件(20, 40, 60, 80km/h)、アイドリング、M-15モードにおけるNO₂/NO_x比を触媒前・後別に示す。表6に見るとおり触媒前では、どの走行条件でもNO₂/NO_x比率が高

くメタノールトラックのエンジンから排出された時点では、70%以上がNO₂であることが示されている。この状態は、負荷の比較的軽い走行条件のみならず、加速条件を含むM-15モードでも見られ、同モードのNO₂比率は75%を超えている。

触媒前ではこのようにNO₂比率が高いが、触媒後では、これらのNO₂は殆どNOに還元されている。酸化触媒であるにもかかわらず排ガス中のNO₂がNOに還元される原因について、伊藤は、触媒層の中ではNO₂は酸化剤として働いているためであるとしている⁹⁾。O₂過剰雰囲気触媒層の中で、NO₂はCH₃OH、CH₂OH等をO₂と共に酸化し、自らは還元されてNOに転換される訳である。

(6) 凝縮水中の成分組成

メタノールトラック排ガス中にNO₂が触媒前度高い比率で存在することは、エンジン冷却時の凝縮水のpHを下げ、エンジンを腐食させる原因の一つとなるもので注目される。

そこで、メタノールトラック排ガス中凝縮水のpHを測定したところ、定速条件で、触媒前では2.0~3.0、触媒後では5.0~6.0と言った数値が得られ、触媒前での凝縮水はかなり酸性が強いことがわかった。触媒前凝縮水pHを下げている要因は、硝酸、亜硝酸、蟻酸、酢酸等である。これらの物質は何れもNO₂やHCHOが酸化されて生成されるものであり、高濃度で存在する触媒前の方が、低減処理され低濃度となる触媒後よりpHが低くなるのは当然のことと思われる。

次に、メタノールトラック排ガス凝縮水の成分組成の分析結果を表7に示す。測定上の制約から触媒前の凝縮水の成分組成のみであるが、もっともpHを下げると

表6 メタノール自動車NO₂/NO_x比

(単位: ppm)

項目	条件	I D	20 km/h	40 km/h	60 km/h	80 km/h	M-15
触媒前	NO _x	75	170	140	70	213	130
	NO ₂	65	120	110	58	148	98
	率 %	86.7	71.0	78.6	82.9	69.5	75.4
触媒後	NO _x	70	140	120	70	205	134
	NO ₂	20	30	0	0	0	12
	率 %	28.6	21.4	0	0	0	8.9

表7 捕集水分中の組成分析

項目 走行条件	NO ₂ ⁻ μg/ℓ	NO ₃ ⁻ μg/ℓ	ギ酸 μg/ℓ	酢酸 μg/ℓ	pH
I D	0.12	5.04	2.84	0.12	3.0
20 km/h	1.51	10.15	13.60	0.28	3.0
40 km/h	0.50	11.80	29.43	0	2.0
60 km/h	0.96	11.59	39.58	0.55	2.0
80 km/h	0.29	42.32	33.54	1.37	2.5

思われるNO₃⁻、HCOOHは、高速側でやや濃度が高い傾向となっている。

(7) 路上耐久走行試験結果

ア 路上耐久走行の走行ルート

都内等における一般的な走行ルートとして、運輸省通達による「長距離走行実施要領等について（昭和58年7

月30日自車第691号・自公第280号・交審第276号）」に準じ、昼・夜間、平・休日、高速走行、登坂性能を考慮して走行ルートを選定した。1万km走行の道路種別の走行距離と走行割合を表8に示す。

イ 安全性

触媒装置等の発熱による安全性については、1万km走行後において、運輸省の定める「自動車熱害試験方法（TRIAS30-1983）」に準じた測定条件及び測定箇所について温度測定を行った。その温度測定結果を表9に示す。表9に見るとおり、各箇所とも、温度上昇による異常は認められなかった。また、1万km走行過程において、触媒装置の温度上昇による警報装置の作動もなかった。

表8 道路種別の走行距離と走行割合

道路種別	走行距離 (km)	走行割合 (%)
通常走行 一般道路	7,300	73.0
高速走行	高速道路	2,400
	首都高速道路	300
合計	10,000	100.0

注：走行割合は総走行距離に対する比

表9 安全性の調査結果

(単位: °C)

測定箇所	測定条件	100km/h 走行時の 最高温度 (A)	エンジンを失火 させた時の最高 温度 (B)	エンジン停止後 の最高温度 (C)
1	排気マニホールド 後方パイプ面	250	240	→
2	酸化触媒シールド面	55	70	142
3	酸化触媒出口パイプ面	405	450	→
4	マフラー面	210	280	360
5	後パイプ面	275	360	→
6	テールパイプ面	250	280	→

- 注1：A～C欄は、連続した調査である。B欄は、4気筒のうち1気筒の点火プラグの機能を停止（失火）させた状態をいう。またC欄は、4気筒のうち1気筒を失火させた状態で車両を停止し、点火キーを切った直後の状態をいう。
- 2：AとB欄は、いずれも警報装置の作動が900°Cに設定されており、またC欄はエンジン停止時が、525°C以下と定められている。
- 3：C欄の「→」は、その後、温度が低下したことを示す。

ウ 耐久性

耐久性については、メタノールが金属等を腐食させる性質を有することから、表10に掲げる燃料供給系統等の腐食を目視調査したが、異常は認められなかった。なお、腐食以外の点において次のような運転上のトラブルがあった。

- ① 3,800km走行時点：燃料供給系統のフィルター（燃料中の異物除去用）の目づまりによるエンジン停止。
- ② 5,000km走行時点：点火系統の調整不良によるエンジン停止。
- ③ 7,100km走行時点：動力伝達系統のクラッチオイル用パイプが他の機材と接触、破損したことによる運転不能。

これらのトラブルは、いずれも整備点検上の問題であるが、5,000km時点の排出ガス調査により、触媒の除去効率が低下していることが判明したので、新触媒と交換している。触媒の除去効率が低下したのは、①のトラブル発生時に、大量の未燃燃料が触媒層に流れ、異常燃焼したことにより、触媒が破損したためと思われる。

エ 運転性

運転性については、発進から停止の過程において、表

表10 腐食の目視調査箇所

調査項目	調査箇所
エンジン部	点火栓、排気マニホールド
燃料タンク部	注入口付近及び外部
給油系統	パイプ類
排気系統	触媒及び排気マニホールドからテールパイプまでの排気系統

11に掲げる調査項目ごとに運転者6人から5段階評価法によるアンケート調査を行った。その結果、各走行時点における評価（表11参照）を平均して見ると、評点4～5で、通常のディーゼトラックと全く同等であるとの結論であった。

ただ、シャーンダイナモ上での加速性能テスト（追い越し加速）を行った結果、メタノール自動車は、改造当初ディーゼル車時に比べそれ程劣っていなかったが、その後NOx対策を行ったことにより、加速性能がやや低下していることが判明している。加速性能の低下は、とくに高速領域（40 → 60km/h）においてめだっている。（所要タイム9.1秒 → 11.06秒）

表11 運転性の調査結果

調査項目			アンケート時点				
			2,500km 走行後	4,500km 走行後	7,500km 走行後	10,000km 走行後	平均
ア	始動性	エンジンの始動の容易さ	5	5	5	5	5
イ	アイドリングの安定性	停車時のエンジン回転速度の安定度	5	3	5	5	5
ウ	ストール	発進時及び走行中のいわゆるエンスト	4	5	5	5	5
エ	もたつき	加速始めの応答遅れ	5	2	5	3	4
オ	息つき、 落ち込み	加速途中の力不足	5	3	3	3	4
カ	しゃくり	車両の前後方向の低周波振動	5	5	5	5	5
キ	バックファイヤ	吸気系における爆発	5	5	5	5	5
ク	アフファイア	排気系における爆発	5	5	5	5	5
ケ	減速性	なめらかな減速感	5	3	3	4	4

注：項目ア、イ、エ、オ、ケは、1（不良）、3（普通）、5（良）で判定
項目ウ、カ、キ、ク、コは、1（よく有る）、3（有る）、5（無い）で判定

4 まとめ

(1) ディーゼル車対応のメタノール自動車の NOx 排出量は、ディーゼル車（副室式）に比べ25～30%も少なく、黒煙が排出されないこと、触媒装着の効果でCO、HCの排出量も著しく少ないこととあいまって、低公害車と評価することができる。

(2) 黒煙の排出の少ないことは、燃費を犠牲にすれば、今後、さらに多くのNOx 低減対策（燃料噴射時期遅延，EGR）をとることを可能にしている。

(3) 燃費は、ディーゼル車に比べ約1/3の走行距離で燃料経済性の点では、メタノール燃料の価格をかなり廉価にしない限り不利である。

(4) 本来、メタノール自動車は、燃焼メカニズムから言ってCO、HCが多く排出されるものであり、触媒が十分暖機されていないコールドスタート時等の場合の汚染には注意を要する。

参考文献

- 1) 東京都環境保全局：メタノール自動車（ガソリン車対応）排出ガス特性等の報告書，昭和61年7月
- 2) 福岡三郎他：メタノール自動車（ガソリン車対応）の汚染物質排出特性について，東京都環境科学研究所年報 1987年版，昭和61年12月
- 3) 東京都環境保全局：メタノールトラック（ディーゼル車対応）排出ガス特性等の調査報告書，昭和62年9月
- 4) 福岡三郎他：小型ディーゼル車からの汚染物質排出実態，東京都公害研究所年報 1981年版，昭和56年3月
- 5) 環境庁大気保全局自動車公害課：昭和60年度メタノール自動車の排出ガス等調査報告書，昭和61年3月
- 6) 中央公害対策審議会大気汚染部会自動車公害専門委員会「自動車排出ガス許容限度長期設定方策について」に関する説明資料，昭和52年12月
- 7) 石附喜昭：「小松製作所のメタノールディーゼルエンジン」，メタノール自動車導入に関する国際シンポジウム講演前刷集，昭和62年2月
- 8) 広田寿男他：「メタノールエンジンの暖機運転時におけるアルデヒドエミッションとエンジン摩耗の解析」，自動車技術会学術講演会前刷集，昭和61年5月
- 9) 伊藤猷一「メタノールエンジンの排気エミッション」，自動車技術Vol.40 No.9，昭和61年9月