

報告

オートタイプメタノール自動車の排出ガス継続調査

中澤 誠
(大気環境部)

Note

Continual tests of exhaust from methanol vehicle with otto-cycle engine

Makoto NAKAZAWA
(Air Pollution Research Section)

1. はじめに

メタノールは、第二次世界大戦中の石油が不足した時に国内で一時的に自動車燃料として利用されていた¹⁾。その後、一般の自動車燃料としてはメタノールは利用されなかったが、昭和48年からの二度の石油危機を契機に、いままで石油系燃料にほぼ100%依存していた自動車燃料を多角化するため、メタノールの利用についての検討が国等により行われてきた。さらに、自動車排出ガスによる大気汚染の改善が課題になるのに伴い、メタノールの排ガス清浄性が着目され、低公害自動車としてメタノール自動車の普及が検討されてきた。

メタノール自動車の実用化に向けての研究開発は、自動車メーカを始めとする種々の機関によって行われてきたが、昭和60年度には、日本メタノール自動車(株)から、M100(メタノール100%)を燃料とするメタノール自動車一般路上の走行が可能な試作認定車として送り出され、その後、(財)石油産業活性化センターによって、M85(メタノールにガソリンを15%混合)を燃料とするメタノール自動車の走行試験が行われた。

著者らは、昭和61年にM100を燃料としたメタノール自動車のうちオートタイプ(ガソリン車タイプ)の車両について、排出ガス性能の調査を行い、窒素酸化物等の排出が改造前のガソリン車より少ないことを報告した^{2),3)}。

現在、M100のオートタイプメタノール自動車は全国で90台程度が走行しているが、その使用実績はまだ充分ではなく、また、その排出ガス性能を長期間にわたり継続的に調査した報告例も少ない。

そこで、神奈川県が昭和63年6月から平成5年3月ま

での約5年間、オートタイプメタノール自動車を低公害車として試験的に導入していた間、その排出ガス性能を継続的に調査したので、その結果について報告する。

2. 試験車両

試験車両は、既存のガソリン貨物車(三菱デリカバン)をメタノール燃料(M100)用に改造した車両であり、燃料のメタノール化に伴う主な改造箇所は、エンジン始動時におけるガソリンの補助供給装置の装着、点火プラグの高熱価タイプへの変更、燃料系統の耐メタノール材への変更等であり、また、排ガス対策として新たに三元触媒装置が装着されている。試験に用いたメタノール自動車の主要諸元を表1に示した。

表1 試験メタノール自動車諸元

種	類	貨物車
通	称	三菱デリカバン
型	式	L-P12V改
車両重量	(kg)	1310
車両総重量	(kg)	2325 [2240]
乗車定員	(人)	3 [6]
最大積載量	(kg)	850 [600]
エ ン ジ ン	エンジン型式	G32B
	総排気量 (cc)	1597
	最高出力 (ps/rpm)	86/5000
	最大トルク (kgm/rpm)	13.5/3000
使用燃料		メタノール(M100)
主要排出ガス対策		三元触媒装置、EGR

[]内は、乗車定員6人の時の値

なお、調査期間中試験車両は、人及び荷物の運搬等通常の業務に利用され、また、その点検整備も通常どおりに行われている。

3. 調査方法

3.1 調査時期及び走行距離

昭和63年から平成5年までの約5年間に7回調査を行い、その調査時期と走行距離を表2に示した。

表2 調査時期及び走行距離

調査回	調査時期	走行距離(km)
1	昭和63年8月	1,900
2	平成元年1月	4,870
3	〃 元年10月	6,700
4	〃 2年3月	11,100
5	〃 3年3月	21,150
6	〃 4年4月	30,490
7	〃 5年3月	34,600

3.2 排出ガス採取方法

排出ガスの採取は、「ガソリン自動車10モード及びアイドリング排出ガス試験方法(TRIAS 23-1980)」等に準じて、試験車両をシャシダイナモメータ上において走行させ、その時の排出ガスをCVS(Constant Volume sampling)法により採取した。

また、三元触媒装置の浄化性能の試験においては、三元触媒装置の入口部とテールパイプ部で直接法により排出ガスを採取した。

3.3 試験走行モード

排出ガス試験は、以下の試験モードで行った。

(1) 10モード

このモードは、新車の排出ガス試験に用いられているモードで、エンジン暖機時における試験モードである。

(2) 10・15モード

平成3年11月から10モードに代わり新車の排出ガス試験に用いられる試験モードで、10モードと同様に、エンジン暖機時の試験モードである。第6回調査時から追加して試験を行った。

(3) 11モード

新車の排出ガス試験に用いられているモードで、エンジン冷機時における試験モードである。

(4) 定速走行

アイドリング、40km/h、80km/hについて試験を行った。

3.4 測定項目及び方法

測定した項目及び方法は次のとおりである。

- (1) 窒素酸化物(NO_x) : 化学発光法
- (2) 炭化水素(HC) : 水素炎イオン化検出法
- (3) 一酸化炭素(CO) : 非分散赤外線吸収法
- (4) 二酸化炭素(CO₂) : 非分散赤外線吸収法
- (5) ホルムアルデヒド(HCHO) : AHTM法
- (6) 燃料消費率 : カーボンバランス法を用い、排ガス中のCO、HC、CO₂排出量から、次式により求めた。

なお、メタノールの比重には0.794(20℃)を用いた。

$$F = 297.8 / (0.429 \times \text{COmass} + 0.866 \times \text{HCmass} + 0.273 \times \text{CO}_2 \text{ mass})$$

ここで

F : 燃料消費率(km/ℓ)

COmass : COの排出量(g/km)

HCmass : HCの排出量(g/km)

CO₂mass : CO₂の排出量(g/km)

3.5 使用試験装置

(1) シャシダイナモメータ

バンザイ(株)渦電流方式*

明電舎(株)直流方式**

(2) CVS装置

堀場製作所(株)CVS-31*

堀場製作所(株)CVS-9300T**

(3) 排出ガス分析計

堀場製作所(株)MEXA-2100*

堀場製作所(株)MEXA-9400D**

*印 第1回～第5回調査時に使用

**印 第6回、第7回調査時に使用

4. 結果及び考察

4.1 10モード及び10・15モード走行時における排出量

10モード試験結果を表3に、10・15モード試験結果を表4に示した。また、試験結果と比較するために、試験対象としたメタノール自動車該当するガソリン貨物中量車の昭和56年排出ガス規制値(以下、排出ガス規制値という。)と平成4年6月に環境庁が策定した「メタノール自動車の排出ガスに係る技術指針値」(以下、技術指針値という。)を表5に示した。

(1) NO_x

第1回～第7回の調査における10モード走行時のNO_x排出量は、0.20～0.47g/kmの範囲にあり、いずれも排出ガス規制値(NO_x; 0.90g/km)以下であった。また、平均値は0.32g/kmであり、排出ガス規制値の約1/3の値であった。これまでに本試験車両と同型のメタノール自

表3 10モード走行時における汚染物質排出量

調査回 走行距離(km)	1	2	3	4	5	6	7	最大	最小	平均
NOx (g/km)	0.35	0.25	0.47	0.32	0.20	0.43	0.22	0.47	0.20	0.32
HC (g/km)	0.07	0.16	0.01	0.03	0.03	0.07	0.21	0.21	0.01	0.08
CO (g/km)	5.23	7.66	0.26	2.05	1.86	3.30	3.88	7.66	0.26	3.46
HCHO (g/km)	-	-	-	-	-	-	0.044	-	-	0.044
CO ₂ (g/km)	236	243	249	213	209	273	249	273	209	239
燃料消費率 (km/ℓ)	4.45	4.26	4.37	5.05	5.11	3.92	4.27	5.11	3.92	4.49

-印は、未測定

表4 10・15モード走行時における汚染物質排出量

調査回 走行距離(km)	第6回	第7回	平均
NOx (g/km)	0.48	0.31	0.40
HC (g/km)	0.11	0.17	0.14
CO (g/km)	3.15	2.51	2.83
CO ₂ (g/km)	239	213	226
燃料消費率 (km/ℓ)	4.47	5.02	4.75

それぞれの排出ガス規制値の約1/26と約1/4であった。

10・15モード走行時におけるHCとCO排出量は、第6回、第7回調査時とも技術指針値を下回っていた。また、その平均値はHCが0.14g/km、COが2.83g/kmであり、それぞれの技術指針値の約1/15と約1/5であった。

(3) ホルムアルデヒド(HCHO)

HCHOは第6回調査までは未測定であり、第7回調査時における10モード走行時の排出量は0.044g/kmであっ

表5 ガソリン自動車排出ガス規制値及びメタノール自動車技術指針値

車種	走行モード(単位)	NOx	HC	CO	HCHO
ガソリン自動車(中量貨物)の56年規制値	10モード (g/km)	0.90	2.10	13.0	-
	11モード (g/テスト)	7.5	13.0	100	-
メタノール自動車(中量貨物)の技術指針値	10・15モード (g/km)	0.40	2.10	13.0	0.018

(注)NOx、HC、COの規制値及び技術指針値は平均値規制値、HCHOの技術指針値は許容限度値である

動車(三菱デリカバン型)について排出ガス試験が行われており、その10モード走行時のNOx排出量は、0.25～0.30g/km、0.58g/km、0.20g/km等であると報告されている^{2),4),5)}。今回、調査期間中に測定されたNOx排出量は、これら今までに測定された値とほぼ同程度であり、調査期間中のNOx排出レベルには大きな上昇等がなかったことを示している。

10・15モード走行時のNOx排出量は、第6回調査時0.48g/km、第7回調査時0.31g/kmであり、技術指針値(0.40g/km)と比較すると、第6回調査では技術指針値を上回っていたが、第7回調査時では下回り、また、2回の平均値では技術指針値と同程度の値であった。

(2) HC及びCO

調査期間中の10モード走行時のHC排出量は、0.01～0.21g/kmの範囲にあり、平均値は0.08g/kmであった。CO排出量は、0.26～7.66g/kmの範囲にあり、平均値は3.46g/kmであった。これらHCとCO排出量は、いずれも排出ガス規制値を下回り、HCとCO排出量の各平均値は、

た。この値は、試験走行モードは異なっているがHCHOの技術指針値(10・15モード走行時0.018g/km以下)と比較すると、技術指針値を上回っていた。

本試験車両と同型のメタノール自動車(三菱デリカバン型)の10モード走行時における排出量については、0.0094g/km、0.0052g/kmとの報告^{3),6)}があるが、今回測定された値は、これらの値よりやや高い値であった。この原因は4.4(1)で後述するように、触媒装置のHCHO浄化性能が低下したことに起因していると推測された。

(4) 二酸化炭素(CO₂)

調査期間における10モード走行時のCO₂排出量は、209～273g/kmの範囲にあり、平均値は239g/kmであった。

(5) 燃料消費率

10モード走行時における燃料消費率は、3.92～5.11km/ℓの範囲にあり、平均値は4.49km/ℓであった。この値は、今までに報告されている値²⁾5.0～5.2km/ℓに比べるとやや低い値であったが、走行距離の増加に伴

う燃料消費率の増加傾向はみられなかった。

4.2 11モード走行時の排出量

11モード試験結果を表6に示した。NO_x、HC及びCO排出量は、いずれも排出ガス規制値(表5)を下回っていたが、本試験車両はエンジン始動直後の加速性が悪く、11モードの走行パターンの正確な追従運転はかなり困難であった。

表6 11モード走行時における汚染物質排出量

項目	NO _x (g/テスト)	HC (g/テスト)	CO (g/テスト)	CO ₂ (g/テスト)	燃料消費量 (ℓ/テスト)
試験結果	1.3	4.8	22	952	0.92

注：試験は、第7回調査時に実施、触媒は新触媒(約400km走行)を装着している。

4.3 走行距離と10モード走行時の排出量との関係

走行距離と10モード走行時のNO_x、HC及びCO排出量との関係を図1に示した。NO_x排出量は、調査時によりバラツキがあり、走行距離の増加に伴う排出量の増加傾向は認められなかった。

COとHC排出量の変化は類似した傾向を示し、第1回と第2回調査時の排出量が高いが、第3回調査時には最も低くなり、それ以降は、走行距離の増加と共に排出量も若干上昇していた。

なお、第3回調査時のHCとCO排出量が、第1回及び第2回調査時に比べ低下していたのは、第2回調査後にエンジン調整(アイドリング時のCO調整)を行ったことに起因していると考えられる。

4.4 触媒装置による汚染物質の浄化率

(1) 浄化率の変化

第7回調査時(走行距離34600km)において、試験車両

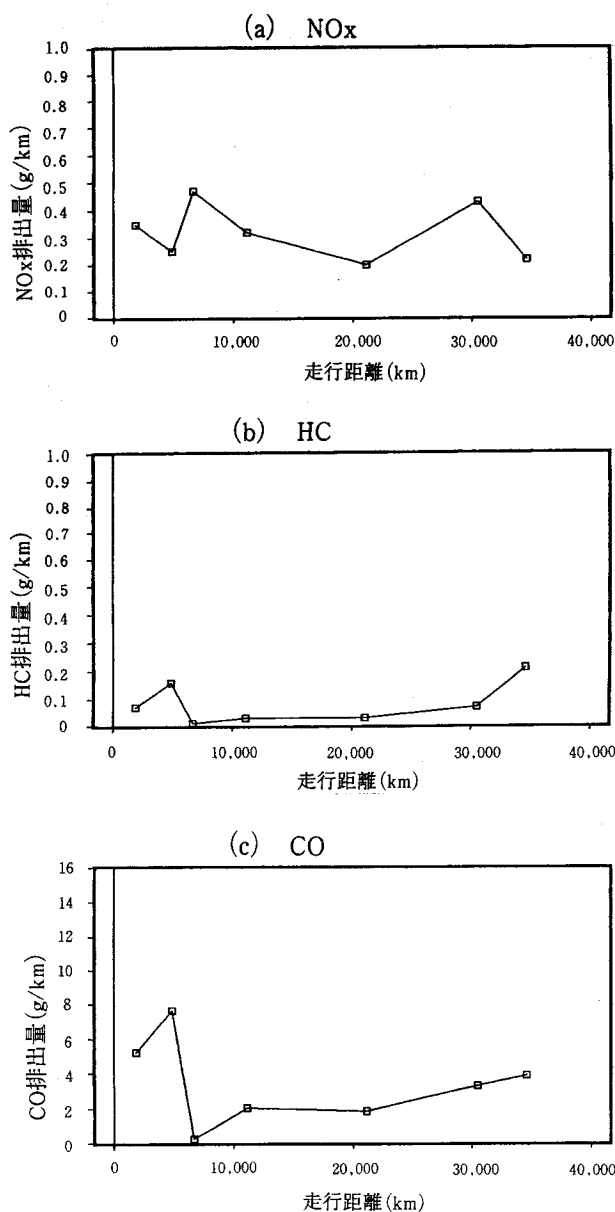


図1 走行距離と10モード走行時のNO_x、HC、CO排出量との関係

表7 定速走行時における汚染物質濃度と触媒装置の汚染物質浄化率(第7回調査時)

触媒	走行状態	NO _x			HC			CO			HCHO		
		触媒前 (ppm)	触媒後 (ppm)	浄化率 (%)	触媒前 (ppmC)	触媒後 (ppmC)	浄化率 (%)	触媒前 (ppm)	触媒後 (ppm)	浄化率 (%)	触媒前 (ppm)	触媒後 (ppm)	浄化率 (%)
新触媒	アイドリング	12	12	0.0	530	10	98.1	3750	1	100.0	65.6	0.9	98.6
	40km/h	23	25	-8.7	725	6	99.2	925	1	99.9	66.0	1.0	98.5
	80km/h	158	162	-2.5	520	10	98.1	745	2	99.7	149.7	2.9	98.1
使用過程触媒	アイドリング	10	9.5	5.0	750	28	96.3	2400	1	100.0	65.2	6.1	90.6
	40km/h	22	21	4.5	580	56	90.3	875	42	95.2	79.8	52.0	34.8
	80km/h	133	139	-4.5	390	78	80.0	668	72	89.2	176.8	44.8	74.7
使用過程触媒	cold アイドリング(10分間)										101.0	50.4	50.1

走行距離 新触媒：400km、使用過程触媒：34600km

表8 10モード走行時における触媒装置の汚染物質浄化率(第7回調査時)

触媒	NOx		HC		CO		HCHO	
	排出量 (g/km)	浄化率 (%)	排出量 (g/km)	浄化率 (%)	排出量 (g/km)	浄化率 (%)	排出量 (g/km)	浄化率 (%)
無触媒	0.27	—	3.97	—	6.47	—	0.096	—
新触媒	0.17	37.0	0.43	89.2	0.33	94.9	0.014	85.4
使用過程触媒	0.22	18.5	0.21	94.7	3.88	40.0	0.044	54.2

走行距離 新触媒：400km、使用過程触媒：34600km

に装着されている三元触媒装置(以後、使用過程触媒という。)の浄化率の測定と、その触媒装置を取り外し、その触媒装置と同型で使用走行距離約400kmの三元触媒装置(以後、新触媒という。)を試験車両に装着し、その浄化率を測定した。また、触媒装置を取り外した状態(無触媒状態)での汚染物質排出量についても測定をした。

新触媒と使用過程触媒装着時の定速走行時における浄化率の比較を表7に、10モード走行時における浄化率の比較を表8に示した。ここで、定速走行時の浄化率は、主に車速(アイドリング、40km/h、80km/h)の相違による浄化率の変化をみるためであり、10モード走行時の浄化率は、主に通常の路上走行時における浄化率をみるためである。その浄化率は次式により求めた。

定速走行時浄化率(%)

$$= \{(\text{触媒前濃度} - \text{触媒後濃度}) / \text{触媒前濃度}\} \times 100$$

10モード走行時浄化率(%)

$$= \{(\text{無触媒時排出量} - \text{触媒装着時排出量}) / \text{無触媒時排出量}\} \times 100$$

新触媒と使用過程触媒との浄化率を比較すると、NOxの浄化率は、定速走行時においては、新触媒8.7~0.0%、使用過程触媒4.5~5.0%であり、両触媒とも浄化率は低く、また両触媒には明確な相違は認められなかった。なお、定速走行時における浄化率が低かったのは、混合気の空燃比が理論空燃比よりも希薄側になっているためと考えられる。10モード走行時におけるNOxの浄化率は、新触媒が37.0%、使用過程触媒が18.5%で、浄化率は共に高くなく、また、使用過程触媒の浄化率は、新触媒の1/2程度に低下していた。

HCの浄化率は、定速走行時においては新触媒が98.1~99.2%、使用過程触媒が80.0~96.3%で、共に高い浄化率を示していた。使用過程触媒の浄化率は新触媒に比べると若干低下しており、その傾向は低速走行時よりも高速走行時において顕著であった。10モード走行時における浄化率は、新触媒が89.2%、使用過程触媒が94.7%であり、両触媒の浄化率には大きな相違はみられなかった。

COの定速走行時における浄化率は、新触媒が99.7~

100.0%、使用過程触媒が89.2~100.0%であり、共に高い浄化率を示していたが、使用過程触媒の浄化率は新触媒に比べ、40km/hと80km/hにおいて若干低下していた。10モード走行時における浄化率は、新触媒では94.9%と高いが、使用過程触媒では40.0%であり、使用過程触媒の浄化率は、新触媒の約1/2以下に低下していた。

HCHOの定速走行時における浄化率は、新触媒が98.1~98.6%、使用過程触媒が34.8~90.6%であり、使用過程触媒の浄化率の低下は、40km/hと80km/hにおいて顕著であった。10モード走行時における浄化率は、新触媒が85.4%、使用過程触媒が54.2%であり、使用過程触媒の浄化率は、新触媒の2/3程度に低下していた。

4.1(3)で前述したように、第7回調査時における10モード走行時のHCHO排出量(0.044g/km)は技術指針値を上回っていたが、この原因を新触媒、使用過程触媒の浄化率の相違等から考察すると、新触媒装着時のHCHO排出量(0.014g/km)は技術指針値以下であったこと、また、第7回調査時の無触媒時における排出量(概ねエンジンでの生成量)(0.096g/km)は、同型メタノール自動車の無触媒時排出量(0.0981g/km)³⁾とほぼ同程度であったことから、その原因としては、走行距離の増加に伴うエンジンでのHCHO生成量の増加よりも、触媒装置の浄化性能が低下したことによる排出量の増加が大きく影響したものと考えられる。

なお、エンジンでのHCHO生成量が0.096g/kmの場合、その排出ガスを技術指針値0.018g/km以下にするために必要な触媒装置の浄化率は81.6%以上と計算され、かなり高い浄化率を維持する必要がある。

(2) 触媒層の目視観察結果

本試験車両に装着されている触媒は、ハニカム状モノリス触媒であるが、第7回調査時に触媒層を目視観察した結果、排ガス入り口部の触媒層が溶損しているのが認められた。触媒層担体のコーゼライトの軟化点は1,360℃⁷⁾程度であるが、著者らが、同型メタノール自動車(三菱デリカバン型)について、全積載状態で路上走行を行いながら触媒温度等を測定した結果²⁾では、東名高速自動車道路(川崎~大井松田間)走行時の最高温度

は、触媒装置入口が615℃、触媒装置内が595℃であり、また箱根登坂路(国道1号線)走行時の最高温度は、触媒装置入口、装置内とも606℃であった。従って、通常の使用状態では、触媒層内の温度は、担体の軟化点温度をかなり下回った状態で使用されていると考えられた。このことから、今回、触媒層が溶損した原因としては、エンジンの何らかのトラブルにより未燃炭化水素(メタノール)が多量に排出されたため、触媒層温度が上昇したものと推測される。なお、表3に示した10モード走行時のCO排出量をみると、第1回と第2回調査時のCO排出量は5.23g/km、7.66g/kmであり、この値は前述したように排出ガス規制値を下回っていたが、この種類のメタノール自動車としてはやや高い値と考えられた。従って、前述の触媒層の溶損との関連は明確ではないが、この期間におけるエンジンの燃料供給系統がやや不調であったことも推測される。

5. まとめ

昭和63年6月から平成5年3月までの間(走行距離1900~34600km)、オートタイプメタノール自動車(三菱デリカバン)の排出ガスを継続的に測定した結果、次のことが分かった。

- (1) 調査期間中におけるNO_x、HC及びCOの排出量は、10モード試験において、それぞれ0.20~0.47g/km、0.01~0.21g/km、0.26~7.66g/kmの範囲にあり、いずれも該当するガソリン貨物中量車の56年排出ガス規制値(平均値)以下の値が維持されていた。また、調査期間中の10モード排出量の平均値は、この排出ガス規制値に比べNO_xは約1/3、HCは約1/26、COは約1/4であった。
- (2) 10・15モードにおけるNO_x排出量は、0.40g/km(2回の平均値)であり、「メタノール自動車の排出ガス技術指針値」と同程度の値であった。

- (3) ホルムアルデヒド排出量は、10モード試験において触媒が新しい状態で0.014g/km、使用過程の状態(走行距離34600km)では0.044g/kmであり、触媒の劣化等によっては技術指針値の許容限度値を上回る可能性が推測された。

- (4) 触媒装置による汚染物質(NO_x、HC、CO、HCHO)の浄化率は、走行距離の増加によって低下が認められ、34,600km走行時の浄化率は、新しい状態の触媒の浄化率に比べると、NO_xとCOは約1/2、HCHOは約2/3に低下していた。

- (5) 燃料消費率は、10モード試験において平均4.49km/lであり、従来の測定結果に比べやや小さい値であった。

参 考 文 献

- 1) 角谷隆兵：産業公害22(5)、9~16(1986)
- 2) 中澤 誠、須山芳明、本多久男、牧野 宏、才木義夫、梶野 忠、佐野貞夫：神奈川県公害センター研究報告10号、22~33(1988)
- 3) 須山芳明、中澤 誠、本多久男、牧野 宏、才木義夫、梶野 忠、佐野貞夫：神奈川県公害センター研究報告10号、34~41(1988)
- 4) 運輸経済研究センター：メタノール自動車導入に関する調査研究報告書(1987)
- 5) 福岡三郎、船島正直、横田久司、飯田靖雄：第27回大気汚染学会講演要旨集、389(1986)
- 6) 船島正直、福岡三郎、横田久司、飯田靖雄、泉川硯雄、岩崎好陽、中浦久雄、谷川 昇：第27回大気汚染学会講演要旨集、390(1986)
- 7) 大原 隆、小野哲嗣：化学総説No.34、触媒設計、日本化学編(1982)