

メタノール自動車

伊藤 献一*

メタノールは、それ自身の光化学反応性が低く、大気質への影響が少ない燃焼しやすい燃料である。メタノール自動車はこのため低NO_xでパーティキュレート発生のない排気エミッションを特徴とする。本稿ではメタノール燃料の性質とエンジンへの適合性、エンジンの種類と特徴、各国のエンジン開発状況、メタノール車導入の背景、フリート試験の現状、本格的導入に際してなお残る技術的問題について述べる。

Methanol Fueled Vehicle

Kenichi ITO*

Methanol is an easily combustible fuel, which produces a very low level of photochemical reactants, having little effect on the atmosphere. Methanol fueled vehicle is therefor considered to be a low emission vehicle because of the low NO_x and no particulates emissions. We discuss the composition of methanol fuel and its compatibility with internal combustion engines, engine types and characteristics, the progress in engine development in various countries, the background to introduction of methanol fueled vehicles, the present situation of fleet test and the technical problems remaining before realization of such vehicles.

1. まえがき

アルコール燃料導入の背景は以前のような燃料自給といった国家経済的な問題より環境問題の対応策としての理解が主であり、加えて、価格競争力のある低公害燃料、低公害車としてのアルコール自動車を受け入れられるように変化してきている。アルコール燃料には、メタノールとエタノールがあるが、資源の量と分布の点から今日では一部の地域を除いて天然ガスを原料とするメタノールに焦点が当てられている。

メタノール燃料利用の当面の技術的課題はエンジンにある。本稿では、メタノール車開発の現状と問題点を整理し、さらに今後のメタノール車導入の方向について述べる。

2. メタノール車導入の背景

アルコール自動車開発導入の経緯をみると、社会

環境の大きな変化の影響を受けながらも絶え間なく開発導入の検討努力が各国でなされており、それは時期的に次のように大別される。

(1) 第1期 1970年代

既存のガソリンエンジン車をメタノール用に改造して走らせる試みが各所で行われ、当時大きな問題となっていた排気ガス規制をクリアできる燃料として注目された。第1次石油危機の後を受け石油依存度の最も高い利用分野である交通輸送部門のエネルギー転換が叫ばれ、アルコールの利用が技術的課題が最も少なくなかつ実現可能な代替エネルギーとして考えられた。

一方、メタノールはセタン価が低く本来ディーゼルエンジンへの適用は困難であったが、この時期に着火のために軽油を噴射する2燃料噴射方式やスパークプラグを使用するスパークアシスト方式などが出現した。

(2) 第2期 1980年代

この年代の初期に石油価格高騰に対抗するエネルギーセキュリティ策としてのアルコール燃料の導入が共通の狙いであったが、石油事情の緩和に伴いその意味がやや薄れ、代わって大気環境改善策の一つ

*北海道大学工学部機械工学科教授
Professor, Dep. of Mechanical Engineering,
Hokkaido University
原稿受理 1990年7月27日

として重要性が高まってきた。クリーン燃料、すなわち環境汚染の度合いが少ない燃料としての位置づけで評価されるようになった。

80年代にはディーゼル車からのパティキュレート（黒煙などの粒子状物質）削減、オゾン対策として低NO_x化の要求が新たに加わり、メタノール燃料導入の可能性を高めた。しかし同時に、開発されるメタノール車が既存の車と比較し何ら遜色ない市場性のあるものとして期待され、高い完成度を求められ、そことより厳しい技術的課題が生じた。その一つが、燃料調達の問題である。メタノール専用車では走行地域が制約されるため、既存燃料でも走行可能な車が要求された。これに答えて、米国では、フレキシブル燃料車（FFV）が誕生し、西独では2燃料車の考えが生まれた。ディーゼルタイプでも実用性の高いエンジンが開発され、中でも米国GM社のディーゼル部門であるDDC社による2サイクル自己着火エンジンが着火補助手段を最小限に止めた方式として注目された。

いずれの形式のメタノールエンジンも、この時代、エンジン性能はベースとなったエンジンと同等かあるいはそれを上回るものが開発目標であり、排気性能も大きく向上した。しかし、未燃焼のメタノールやその中間酸化物であるホルムアルデヒドなど、これまでの排気規制に含まれていない、いわゆる未規制物質の排出が新たな問題となり、その解決がメタノール車を真の低公害車として認知するには不可欠な条件と考えられるようになった。

このように、第2期は代替燃料車の低公害車としての新たな可能性を追及した時代であった。

(3) 第3期 1990年～

正確には、1989年6月に行われた米国ブッシュ大統領による大気浄化法（CAA）の改正提案に伴う低公害燃料導入政策が新しい時代の幕開けと言える。CAAの改正案は現在審議中であり、今年まもなく可決の見込みである。

環境政策を前面においた代替燃料という新しいカテゴリーのなかでメタノールの導入を考えることになった。また同時に、メタノール以外の低公害燃料との競争の中でメタノールが評価されることに移行しつつある。すなわち、競合する低公害燃料は天然ガス（圧縮天然ガスCNG）、エタノール、LPG、さらに新規規格ガソリンも含まれる。もちろんメタノールは環境対応として優位性を保持していると見られるが、90年代は低公害燃料選択の時代に入ったと言え

よう。

3. メタノール燃料の特徴

3-1 燃焼過程と低公害性

メタノールはススを発生しない燃料である。これは、分子内に酸素原子を含み、炭素原子は分子内で酸素と結合しており、熱分解過程でもC-Oの結合が切れないことによる。燃焼では主に次のようなススの発生がない経過をたどる。



また水素原子の割合が大きく、これが可燃範囲の広い良好な燃焼性をもたらしている。さらに、断熱燃焼温度が低いことから、NO_xの発生は石油系燃料に比べ本質的に低い。硫黄、窒素分を含まないため、SO₂およびフューエルNOは生じないことも特徴である。

エンジンでは燃料の一部は未燃焼のまま排出される。メタノールは光化学反応性が低く、未燃炭化水素（HC）のようなオゾン発生の原因物質にはならない。このように、ススの発生がなく、NO_xが低く、しかもメタノール自体の反応性が低いため、オゾン生成を避けられることから、最も有力な低公害代替燃料と考えられている。

3-2 ホルムアルデヒド

エンジン排気ガス中には未燃焼成分としてホルムアルデヒドCH₂Oが含まれ、これが有害であり、しかも反応性が高く問題となる。酸化反応の過程でメタノールはホルムアルデヒドを経由するため排気ガス中にもこれが含まれることは避けられない。このため、ホルムアルデヒドの低減除去がメタノールエンジン実用化の大きな鍵となる。

3-3 エンジン適合性

メタノールはオクタン価が高く火花点火エンジンに適している。ガソリンエンジンより圧縮比を高めることができ、希薄燃料に有利であることから、エンジンの高性能化の可能性が大きい。一般にメタノールにすると火花点火エンジンは熱効率、出力が向上する。

ディーゼルエンジンに対してはメタノールのセタン価が極めて低いことが自己着火を困難なものにしている。そのため、ディーゼルエンジンをメタノールで動かす場合には何らかの着火のための補助手段が必要である。軽油ディーゼルエンジンで最も問題となっているパティキュレートは、メタノールを使った場合はほとんど排出されず、しかも低NO_xが期

待できることから低セタン価の欠点を克服してディーゼルエンジンでのメタノール利用が推進されている。

発熱量はガソリンや軽油の約半分であるため車の燃料タンク容量を倍にしなければならないなどの不利な点もある。潤滑性は劣るため、材料の摩耗に問題が生じてくる。また腐食性もあり金属材料の選択に注意がいる。ラバーオイルシールなどのエラストマに対する膨潤性も石油系燃料とは異なる。蒸気圧がガソリンに比べ低く、このため低温での燃料の気化が不十分でエンジン始動が困難である。

3-4 燃料組成・安全性

メタノールがエンジンに使われる場合、純粋すなわちメタノール100%か、ほぼそれに近い濃度ものをニートメタノールあるいはM100と称している。それに対し、メタノールにガソリンやその他の成分を混合して使用することも多く、その場合は、混合燃料中のメタノールの割合（混合時の容積割合）により、M85とかM90などという。混合燃料とする主な理由は、低温始動性の確保と火災視認性のためである。

火災安全性の点では、メタノールは火炎が輝炎とならず透明なため、日中に火災事故となった場合には視認性が低く問題視されている。しかし、引火性がガソリンより低く、炎からの輻射熱が少ないため、延焼の危険性が低いという利点もある。メタノールは吸湿性があり、水によく溶ける。生体系に対する安全性も議論されているが、通常の使用形態では問題がない。

4. メタノールエンジンの種類と開発状況

4-1 オットータイプメタノールエンジン

ガソリンエンジンをメタノール用としたもので、火花点火方式である。メタノール専用エンジンとメタノールとガソリンを混合して、どちらでも使えるFFV用エンジンがある。

a. 専用エンジン

米国、日本、西独、スウェーデンなどの各メーカーが開発経験をもつ。プロトタイプエンジンの開発要素としては、圧縮比をあげ性能向上を図り、材料変更が行われる。排気触媒使用が共通している。

b. FFV

メタノール導入に際し燃料の販売網を一斉に整備することは困難であり、乗用車のように走行範囲が限定されない車両にあってはガソリンでも運転できることが望ましい。FFVは、ガソリンとメタノール

がいかなる割合で混合されていてもエンジン側での混合割合を検出し、常に最適混合気を供給できるようにしたエンジンである。検出センサーと燃料制御技術が開発課題である。米国フォード社が先鞭をつけ、GM社とも大規模フリート試験の準備段階にある。日本、西独ほかでも開発中である。

c. 2燃料エンジン

西独では、メタノールに対してエンジンを最適化設計し、ガソリンでも走れるように燃料供給系の設定を切り替える方式を試みている。この場合、当然ガソリン走行時には性能は落ちる。

M100を使用するメタノール車の中には、メタノールの始動性確保のため、ガソリン用の始動燃料供給系を別に備えたものもある。

d. 改質メタノールエンジン

メタノールを触媒により改質し、水素と一酸化炭素にし、改質ガス混合気を供給する改質法は、排気からの熱回収を図るため熱効率が高いが、車載改質装置に限界があり実用化には時間がかかる。

4-2 ディーゼルタイプメタノールエンジン

ベースエンジンのままでは自己着火が困難なため様々な手法が試みられている。そのためエンジン形式の数が多い。メタノールは通常ニートで使用される。着火手段別に次のような方式がある。

a. スパークアシスト法

スパークプラグを用いて強制着火させる。MAN社、小松、MFV社などがある。燃料は軽油ディーゼルと同様噴射ノズルによりシリンダ内に噴射される。軽負荷における着火性が一般に悪い。そのため未燃焼成分の排出が多く、その除去に酸化触媒が使用される。プラグの配置、燃料噴霧とのマッチング、プラグの寿命が問題である。

b. グローアシスト法

グロープラグを常時通電しておくもの、部分使用など様々である。やはりプラグの耐久性が問題となっている。キャタピラ社、ナビスタ社、KHD社などがある。触媒を使用する。

c. 2燃料噴射法

着火のため軽油を補助噴射するもので、2ポンプ2噴射ノズル法、2ポンプ1噴射ノズル法がある。低回転、低負荷では軽油噴射の割合が多い。燃料系、噴射系が複雑化するが、ベースエンジンに比べエンジン性能の低下が少ない。

d. 着火促進剤添加法

エンジンは軽油ディーゼルをそのまま使い、燃料

にセタン価向上剤を加えるものである。

e. 自己着火方式

メタノールを圧縮着火させることは、条件を選べば不可能ではない。圧縮比を高くし、吸入空気の色度を920K以上に保つことにより、自己着火が生じる¹⁾。ことに残留ガスとの混合により、吸気の色度上

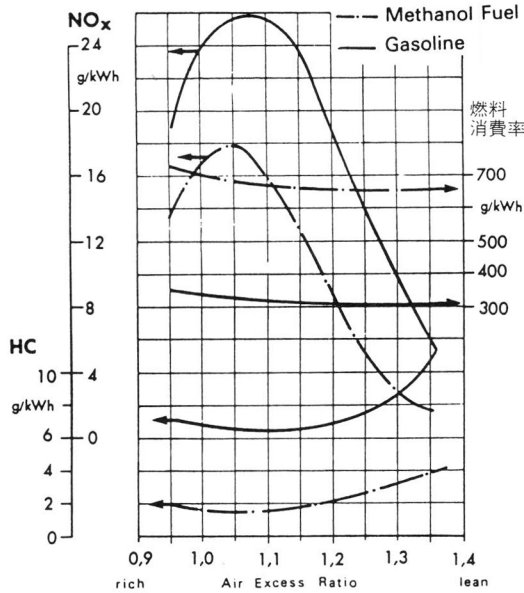


Fig. 1 NOxおよびHCエミッション特性、燃料噴射エンジン、触媒前

昇と残留ガス成分による反応促進効果があると言われている。DDC社は2サイクルエンジンをこの方式で動かし成功している。最近では圧縮比を上げ、電子制御を採用し、触媒を使用せずに未燃成分の低減が可能になったと言われている。日野自動車も排気ガス再循環と高圧縮比の採用、および断熱ピストンにより自己着火運転に成功している¹⁾。

f. ガス化予混合方式

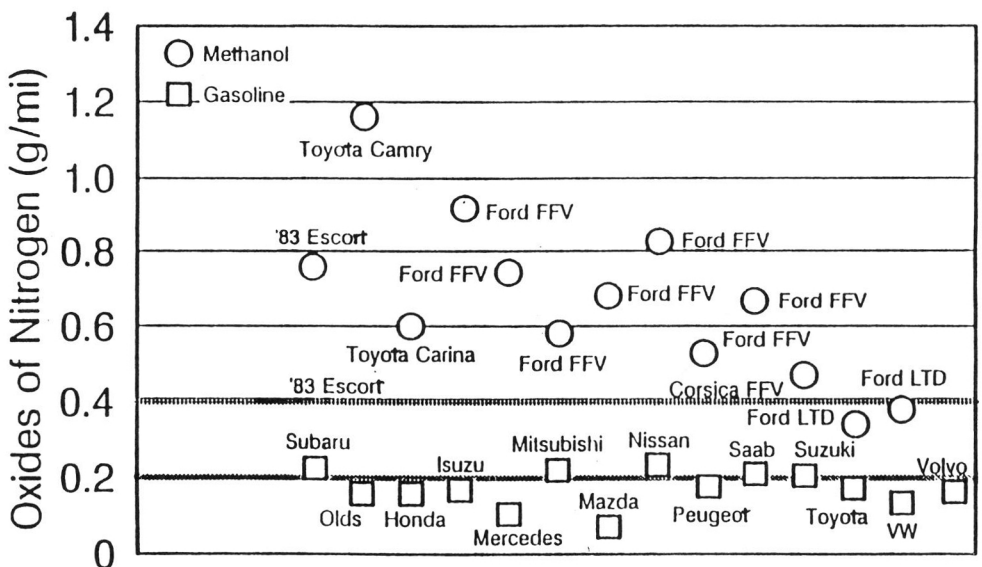
メタノールを加熱気化させ、メタノールガスエンジンとする方法である。火花着火させるものでダイムラー・ベンツ社がバス用エンジンとして開発したが、走行燃費が他のメタノールディーゼルより悪く、しかも、ガス化のため始動に時間を要し、しかも過渡応答にも問題がある。

5. 排気エミッション

問題とする排気エミッションの成分は規制成分であるHC(未燃炭化水素)、CO、NOxに加え、未規制物質でありメタノールエンジン特有のエミッションである未燃メタノールおよびホルムアルデヒドが対象となる。ただし、未燃メタノールは炭化水素計で測定されることから、一般の排気規制上ではこれをHCに含めて評価している。

5-1 オットーエンジンのエミッション

エンジン単体の排気特性の一例²⁾をFig. 1に示す。空気比に対するエミッション量を示したもので、



注) メタノール車：4,000マイル、ガソリン車：50,000マイル。

Fig. 2 FFVメタノール車のNOx

Table 1 944S FFV車のFTP(連邦政府試験方法)テスト結果

	無鉛ハイオク	M90	米国規制値
CO g/m	1.45	1.21	3.4
HC g/m	0.30	0.15	0.41
NOx g/m	0.49	0.32	1.0
燃費 ℓ/100km	11.4	10.4	(ガソリン等価)

NOx、HCともにガソリンに比べメタノールでは大きく減少している。このように、メタノールではNOxが30~60%低くなる。酸化触媒装着車のECEテストでもNOxは50%低減している³⁾。3元触媒付きFFV車としてのエミッションテスト結果³⁾をTable 1に示す。いずれのエミッションもガソリンより向上し、しかも燃料消費量も少ない。

しかし、かならずしもメタノール車すべてが既存のガソリン車よりNOxが低いとは限らず^{4,5)}、メタノール専用車はもとより、Fig. 2に見られるようにFFVの排気改善も今後続ける必要がある⁶⁾。FFVにした場合、燃料制御システムでO₂センサーの特性がガソリン排気とメタノール排気とで異なる点が問題⁷⁾となっている。

ホルムアルデヒドはエンジン単体排気中では、ガソリンの2倍程度排出される⁷⁾。エンジンシリンダ内で発生するばかりでなく、排気がエンジンから排出され排気管を通過中に、未燃メタノールが酸化しホルムアルデヒドを生成する割合も多い⁸⁾。また、メタノールの触媒酸化は比較的容易であることから排気処理触媒が使用されるが、エンジン始動時には触媒の温度が低く、このため触媒活性が不足し、メタノールの酸化に伴いホルムアルデヒドが触媒で生成することになる。微分分光法⁹⁾による連続分析により始動時のホルムアルデヒド排出状況を測定した最近の例¹⁰⁾をFig. 3に示す。したがって、走行モード

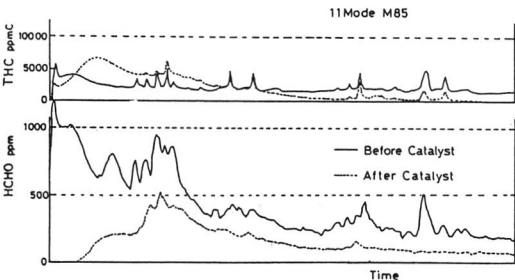


Fig.3 始動時のホルムアルデヒド濃度の時間変化

の中ではFig. 4に示すように始動時にホルムアルデヒド排出がモード全体の80%以上を占める¹¹⁾。コールドサイクル(低温始動を含むモード)におけるホルムアルデヒド排出低減が大きな技術課題である。

5-2 ディーゼルエンジン

エンジンのタイプによらず共通する排気の特徴は、NOxが低いこと、パーティキュレートがほとんどないことである。しかし、その代わり未燃焼成分が多く、そのため排気処理触媒の使用が一般である。また、燃料消費量はベースエンジンに比べてくに低負荷域で劣ることが多い。

スパークアシストエンジンの代表例¹²⁾をFig. 5に示す。これは米国1991年大型車排ガス規制を満たしている。Fig. 6はグローアシストエンジン¹³⁾のエミッションでベースエンジンと比較している。NOxは6モードで約38%低く、EPA(米国環境保護庁)テス

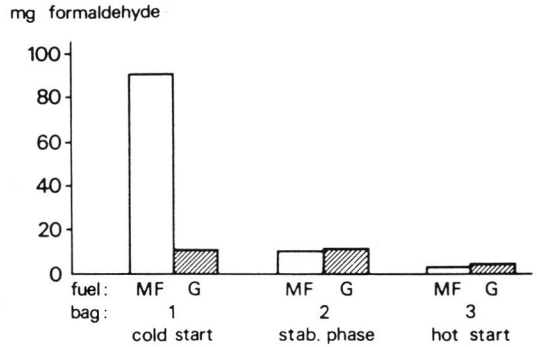


Fig.4 FTP-75テストにおけるホルムアルデヒドエミッション、メタノール (MF)、ガソリン (G)

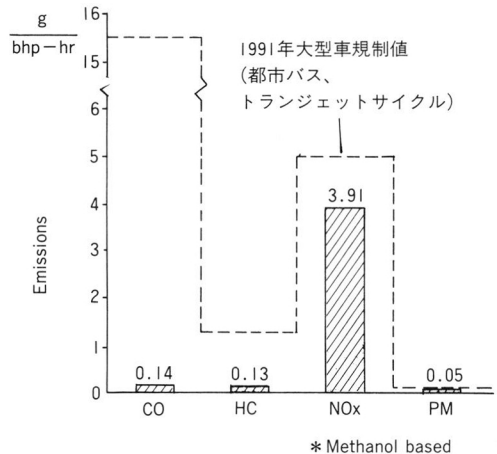


Fig.5 MAN社M2566型スパークアシストエンジンのエミッション、13モードサイクル

トでは54%になっている。北米の都市バスの95%をしめるDDC社は、早くからメタノールを代替燃料として考え、研究開発に取り組んできた。Fig. 7 に見るように、初期のバス「メタノール1」ではNOx低減には成功していたが、他の排気成分は逆に悪化した¹⁴⁾。しかし、その後の改良でHC、CO、パティキュレート、アルデヒドを大幅に改善し、89年モデルでは高圧縮比(23:1)を採用し、触媒なしで91年規制に適合させている。触媒使用車もフリート試験中である。

6. 各国のメタノール車導入状況

最近のメタノール車開発導入の背景は、1988年の米国代替燃料車法の制定と大気浄化法改正の動きで

ある。小型車はFFVを指向し、大型車では当面の91および94年規制達成のエンジン開発と実証フリート試験が中心である。主要国の導入状況¹⁵⁾を述べる。

6-1 米国

連邦政府としてはエネルギー省が中心となり85年から小型車20台によるフリートを重ね、他に国防総省は56台のテストを継続中である。またEPAは常にメタノール導入に積極姿勢を示している。

カリフォルニア州エネルギー委員会(CEC)は最も積極的にメタノール車導入政策を進めており、小型車ではM85用フォード・エスコート500台による大規模フリートを実施し、87年からはFFV車のテストに入っている。89年210台のフォードFFVが入り、93年までにフォードとGM車それぞれ2,000台を導入

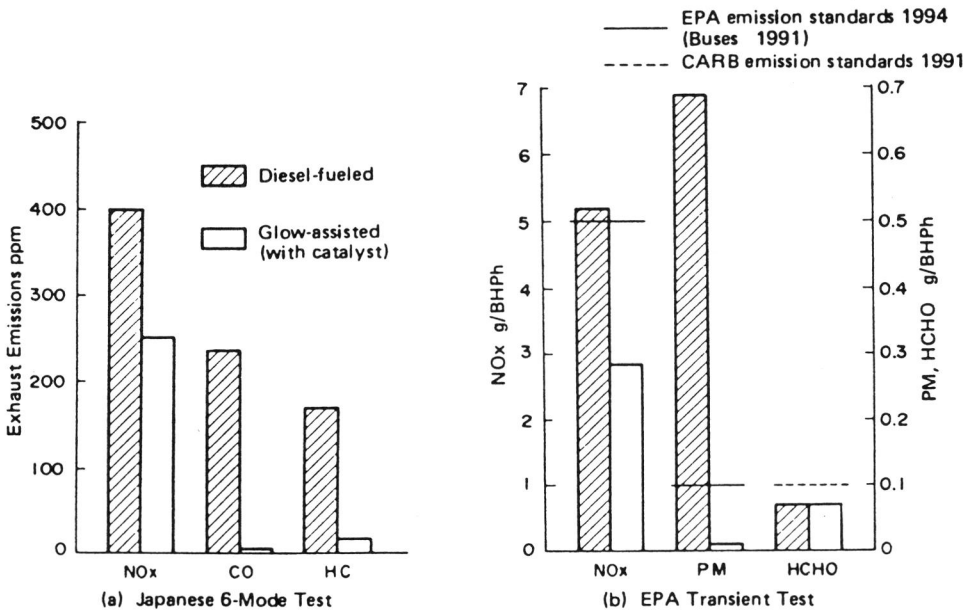


Fig. 6 グローアシストエンジンのエミッション

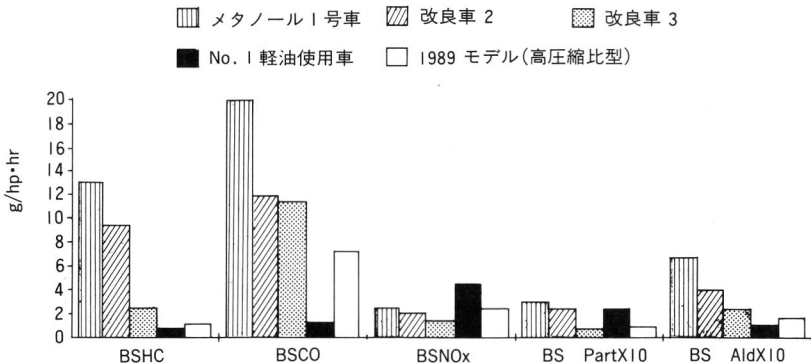


Fig. 7 DDCメタノールエンジンのエミッションレベルの向上

Table 2 50,000マイル走行時のエミッション基準 (g/mile)

	非メタン HC	NO _x	CO	ホルム アルデヒド
TLEV	0.125	0.4	3.4	0.015
LEV	0.075	0.2	3.4	0.015
ULEV	0.040	0.2	1.7	0.008

注) TLEV：準低公害車 LEV：低公害車 ULEV：超低公害車。

する計画が進められている。小型車のフリートには現在M85が使われているが、今後は火炎視認性を向上させる添加剤の開発が進めば、炭化水素添加量を減らし冬季用でM85～M92、夏季用でM92～M98が考えられている¹⁶⁾。

ブッシュ大統領提案は1997～2004年には年間100万台の低公害代替燃料車を導入することを求めているが、現在審議中の法案では、大都市のバスおよびオゾン未達成地域（9地域）について低公害車導入スケジュールが残され、他の車については排出規制が強化される方向である。

大統領提案のように年間100万台のメタノール車供給が続くものとする、メタノール消費量は2010年には2,690万klになり、これは現在の世界の総生産能力2,143万tにほぼ等しい。天然ガスからメタノールを製造するものとし天然ガス世界総生産量の10%をメタノール製造に向けると、2億9,000万klのメタノール生産が可能であり、資源的な障壁は当面ないと見られている¹⁷⁾。

一方、カリフォルニア州の長期プログラムによれば、94年から3段階で超低エミッション車(ULEV)を導入する¹⁸⁾。このプログラムに従うと2004年からの新車はすべてULEVとなる。これによりガソリンの60%はクリーン燃料に置き換えられる。提案されているエミッション規制値¹⁸⁾をTable 2に示す。ホルムアルデヒドは15mg/mileが当面の目標になる。

大型車については1984年からバスフリートが始められ、カリフォルニア州SCRTD(南カリフォルニア高速交通管区)を中心に、ニューヨークほかをあわせて79台が走っており、そのほとんどが営業運転に供されている。このうちの多くは、DDCエンジンバス(Fig. 8)が使われている。燃料はM100である。Fig. 9はメタノールバスの乗客に車内の掲示によりメタノール車の特徴や低公害性を訴えているひとコマである。ほかにカミンズ(セタン価向上剤添加)、MAN(スパークアシスト)がある。バス以外



Fig.8 DDCメタノールバス、ニューヨーク州トリボロコーチ、触媒使用

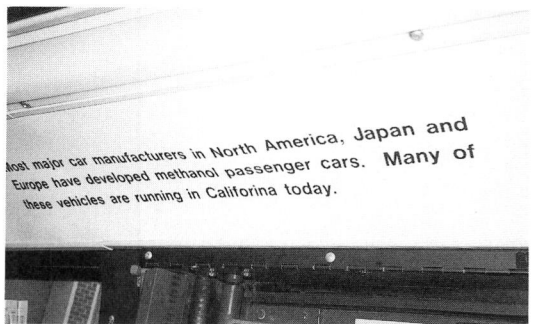


Fig.9 メタノールバス車内の説明、DDCバス、ニューヨーク州トリボロコーチ

にも大型トレーラー、ごみ収集車などのプログラムが進行している。

6-2 カナダ

自国の天然ガス利用政策の一環としてメタノール導入を検討している。排気規制に関しては米国に連動しているため、バスおよびトラック等大型車についてエネルギー・鉱山資源省による大型メタノール車プロジェクト(MILE)が86年から開始され、国内6地区で展開している。DDCおよびMANバス、キャピラー(グローアシスト)、カミンズ(セタン価向上剤添加)が使われている。オートタイプに関しては、フォードFFVが寒冷地実証試験中である。

6-3 西独

自動車燃料の多様化と公害の低減の観点からメタノール導入を検討している。乗用車に関しては70年代初期からアルコール車の開発を始めたVW社が主流となり、連邦政府研究技術省のメタノール車フリートを79年より全国で展開し、現在200台以上が走行中と言われている。このため、国内主要都市にメタノールスタンド(M90)が設置されている。大型車に関しては、現在ベルリン市でバス14台(ダイムラー・ベンツ、MAN)が営業運転中であり、ケルン

市、ニュールンベルグ市にも導入された。西独では大型車にもM90を使っている。

6-4 スウェーデン

1983年の石油代替エネルギー導入計画の下に、国家技術開発庁はボルボ、サーブほか米国、西独、日本製のメタノール小型車のM100によるフリート試験を行ってきた。最近ではボルボがFFVを開発中である。大型車については、ボルボ、スカニア社製エンジンがエタノール燃料導入試験に供されている。スウェーデンはエタノール利用にも力をいれており、小型車、大型バス・トラックのエタノールフリートが実施されている。

6-5 日本

運輸部門のエネルギー多元化と大都市大気環境改善を背景に、我が国では運輸省と通産省の主導の元にそれぞれメタノール車のフリート試験が行われている。とくに、東京、横浜、大阪の3地域の窒素酸化物および浮遊粒子状物質の環境基準達成率が極めて深刻な状況にあることから、それらの低減策としてメタノール車導入が考えられている。平成2年3月末で109台のメタノール車が路上走行中で、このうち運輸省関係が97台、通産省が12台である。

運輸省フリートは昭和60年より開始された。現在、既存のガソリン車を改造したオットーエンジン車が52台、小松製作所製スパークアシスト・ディーゼルエンジン搭載車(2tトラック)が45台で、それらのうち約6割は運送業者により使用され、他は主に地方公共団体が使用している。燃料はM100である。なお、オットーエンジン車では始動時にガソリンを供給できるよう2燃料系となっている。

通産省のフリートではカーメーカー8社の開発によるオットータイプメタノール車計12台を使用している。フリートは石油産業活性化センターからの委託により日本自動車研究所において実施されている。使用燃料はガソリン15%を混合したM85である。車両台数は今年度中に追加される予定である。また、大型ディーゼル車の実証試験を行う動きもある。

我が国のメタノール車は今年度中に200台を越える見込みであり、今後100台規模で導入が進められよう。

7. 大気質改善の効果

メタノール車は現在各国とも本格的な大量導入の段階にはいたっておらず、試験的導入の範囲である。したがって、導入に伴う大気影響の実測値はまだ存

在しない。

これまでの開発車のエミッションデータからおおよその排出係数を算出し、ある地域における将来の車両台数の推移とメタノール車の導入割合を予測し、大気中の汚染物質濃度を推測することはある程度可能である。このような導入モデルによる大気質予測はこれまで米国で幾つか行われ、最近のものでは、カーネギーメロン大のロサンゼルス地区を対象とした研究¹⁹⁾がある。100%のメタノール車導入により、オゾンのピークレベル低減効果は17%程度であるが、高濃度のオゾン発生頻度は80%減少する。あきらかにPAN(パーオキシ・アセチルナイトレート：主要な光化学反応生成物)は低下し、ホルムアルデヒドのピーク値は10%ほど増加するが、平均値はむしろ低下するという結果を得ている。このようなシミュレーションには多くの仮定を含むため、結果の解釈と信頼性の点で議論も多い。光化学反応を含むシミュレーションの場合、対象地域ごとの条件の違いがあり、今後も詳細な研究の継続が必要である。

8. あとがき

メタノール自動車の導入を踏まえた様々なアプローチが各国でこれまで積み重ねられてきた。導入の背景は環境問題にあることは共通しているものの、さらに具体的な導入目的は国、地域により同一ではない。エンジン開発も燃料供給との対応で決まる要素が多く、この面でも、どのような車をメタノール車に置き換えることがその地域に適した導入方法であるかなど導入スケジュールが具体的に検討される段階にあると考えられる。明年4月に第9回アルコール燃料国際シンポジウム(ISAF)がイタリアで開催される。ヨーロッパを含め国際的に最近の2年間のクリーン燃料としてのメタノール燃料のポテンシャルの変化を反映する研究成果と議論が待たれる。

メタノールに関しては本格導入のカウントダウンが今世紀中に始まるであろう。古くて新しいこのメタノール燃料に多くを期待したい。

参考文献

- 1) 引野、鈴木「自己着化方式メタノールディーゼルエンジン」シンポジウム「メタノールエンジンの開発」自動車技術会'89、No.09、P.50、1990年
- 2) H. Menrad, W. Bernhardt, G. Decher: Methanol Vehicles of Volkswagen, SAE paper

- 881196
- 3) G. Höchsmann, D. Gruden: Porsche Experiences with Dual-Fuel and Flexible Fuel Vehicles, 8th Internat. Symp. on Alcohol Fuels (ISAF) Tokyo, Proc., P. 759, 1988
 - 4) D. Moses, C. Sarcks: A Review of Methanol Vehicles and Air Quality Impacts, SAE paper 872053
 - 5) R : McGill, S. Hillis, R. Larsen: Results from the First Year of Operation of the Federal Methanol Fleet at Argonne National Laboratory, ORNL/TM-10816, 1988
 - 6) B. Beyaert: The Potential for Methanol As a Motor Vehicle Fuel, Conf. on Oxygenated Fuels in Europe, Amsterdam, 1989
 - 7) 広田「自動車用燃料としてのメタノールの可能性と問題点」文献1)のP.20
 - 8) 伊藤「メタノールエンジンの排気エミッション」日本機械学会誌、88巻800号、P.740、1985年
 - 9) 伊藤、矢野、速水「二次微分吸光分光分析法によるホルムアルデヒドの測定」日本機械学会論文集、49巻442号、P.1253、1983年
 - 10) 伊藤「二次微分吸光分光分析法によるホルムアルデヒドの動的測定」26回燃焼シンポジウム、P.31、1988年
 - 11) H. Menrad, G. Daker, W. Bernhardt: The Development of Methanol Fuel Technology at Volkswagen, 8th ISAF Tokyo, Proc., P. 779, 1988
 - 12) A. Neitz : MAN Methanol Engines for Use in Buses, メタノール自動車に関する国際シンポジウムProc., P. 9、運輸経済研究センター、1987年
 - 13) 中島、椎野、柴田、及川「グローアシストメタノールディーゼルエンジン」文献1)のP.34
 - 14) B. James, R. Robinson: Oxides of Nitrogen Volatile Organic Compounds and Methanol, メタノール自動車に関する国際シンポジウムProc., P. 83, 運輸経済研究センター、1990年
 - 15) 「メタノール自動車普及促進懇談会報告書」環境庁大気保全局、資12、1990年
 - 16) R.Larsen : Prospects for Methanol Vehicles in The United States, 文献14)のP.119
 - 17) 「メタノール自動車導入に関する調査研究報告書-その5-」運輸経済研究センター、P.19、1990年
 - 18) CARB (Calif. Air Resources Board) progress report, Dec., 1989
 - 19) J. Harris, A. Russell, J. Milford: Air Quality Implications of Methanol Fuel Utilization, SAE881198