

# バイオディーゼル燃料 ( B D F ) 使用時における 排出ガス等への影響調査 ( 第 1 報 )

- 各種混合率で B D F を使用した場合の排出ガス特性およびその影響要因について -

環境研究領域 阪本 高志 堀 重雄 佐藤 辰二 河合 英直 野田 明

## 1. はじめに

地球温暖化対策ならびに化石燃料枯渇化に対する燃料資源多様化の観点から軽油の代替燃料としてバイオディーゼル燃料(BDF)が注目されている。しかし、実際の普及に際しては、代替燃料としてBDFを

使用したときに排出ガス等の性能にどのような影響与えるかを前もって十分検討し、有効に使用できるかどうかを検証しておく必要がある。

本調査ではBDFおよび軽油(硫黄分10ppm以下)とその混合物を対象燃料とし、3種類の2トン積み車両を用い、エンジンで生成した規制成分ならびに未規制成分が触媒装置やDPF装置でどのように変化し排出されるかを計測したので、その結果を報告する。

表1 BDF及び軽油の性状、過酸化物価およびグリセライド等の含有率

燃料性状		
試験項目	BDF	軽油
密度 15 (g/cm <sup>3</sup> )	0.882	0.8285
引火点(COC)( )	192	106
動粘度30 (mm <sup>2</sup> /s)	5.381	3.869
動粘度40 (mm <sup>2</sup> /s)	4.302	
酸値(mg/KOH/g)	0.12	0.05
水分(KF)(W%)	0.01	0.01
流動点( )	-12.5	-15
目詰まり点( )	-12	-8
セタン指数		59.5
蒸留		
10V%( )		214.5
50V%( )		287
90V%( )		336.5
10%蒸留C分(W%)		0.01
灰分(W%)	0	0
潤滑性試験(μm)		402
元素分析		
K (Wppm)	100未満	
Na (Wppm)	5未満	
P (Wppm)	10未満	
S (Wppm)	10未満	7
C (W%)	78.3	86.1
H (W%)	12.3	13.8
O (W%)	8.8	
N (W%)	0.001未満	0.001未満

### 燃料油の過酸化物価

過酸化物価 (mg/kg)	BDF		軽油	
	劣化前	劣化後	劣化前	劣化後
	57	32	0	1

### メタノールとグリセライド等の含有率

	BDF
メタノール(ppm)	102.6
遊離グリセリン(ppm)	32.5
モノグリセライド(ppm)	515
ジグリセライド(ppm)	100
トリグリセライド(ppm)	ND

表2 供試車両諸元

諸元	A車	B車	C車
空車質量(kg)	2325	2320	2150
変速機	MT	MT	MT
燃焼方式	直噴	直噴	直噴
総排気量(dm <sup>3</sup> )	4.021	4.777	4.009
燃料供給方式	分配型噴射ポンプ	コモンレール	コモンレール
主な排気対策	EGR w/c (酸化触媒型DPF)	EGR (酸化触媒強、弱、無)	EGR 連続再生式DPF
過給器	無	無	有り
規制年	H10	H15	H15
備考	長期	新短期	新短期

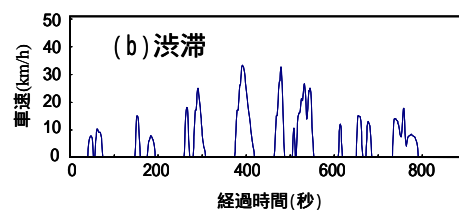
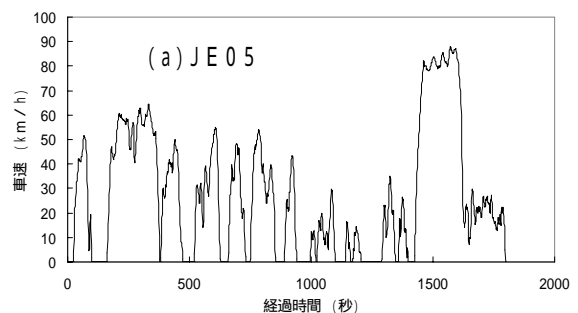


図1 供試運転モード (a) JE05、(b) 渋滞

## 2. 実験方法

### 2.1. 供試燃料および供試車両

本調査では BDF として EU 規格に適合する RME (Rape seed oil methyl ester 『菜種油をメチルエステル化し精製』) と軽油 (S 分 10ppm 以下) を 0、5、20、50、100% (BDF 混合率 (容量)) の割合で混合した 5 種類の燃料を対象とした。軽油と BDF の性状等を表 1 に示す。

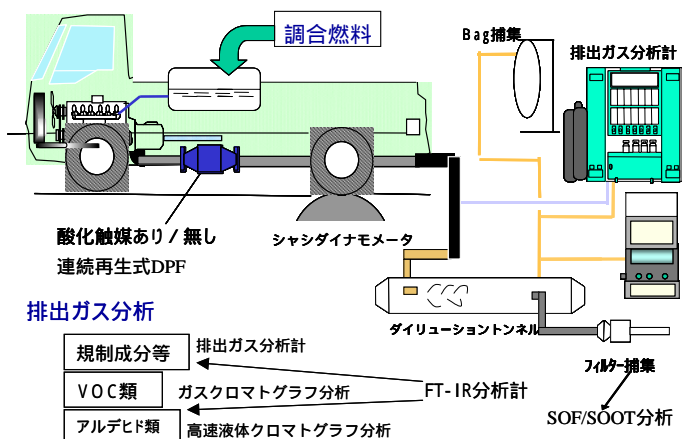


図2 実験装置の概要ならびに計測項目及び方法

供試車両は 2 トン積みトラックで、諸元を表 2 に示す。A 車は H10 年式の長期排出ガス規制適合車で EGR 装置を備えている。市販の後付け用 DPF 装置 (酸化触媒方式) を装着した実験も行った。B 車は H15 年式の新短期規制適合車でコモンレール式の噴射系を持ち EGR 装置および S 分 500ppm 軽油に適応した酸化触媒 (弱酸化触媒) を装着している。貴金属を担持していないダミー触媒ならびに酸化力を強めた触媒 (強酸化触媒) を装着しての比較実験も行った。C 車は H15 年式の新短期規制適合車でコモンレール式の噴射系を持ち、ターボ過給、EGR 装置、さらに酸化触媒機能を持つ連続再生式の DPF を備えている。

試験に用いた過渡運転モードは図 1 に示す (a) JE05 モードと (b) 渋滞モードである。負荷は半積載の条件である。また、定常運転での計測も行った。

### 2.2. 計測項目ならびに計測方法

図 2 に実験装置の概要ならびに計測項目および計測方法を示す。CO、THC、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、粒子状物質 (PM) ならびに、アルデヒド類および主要な揮発性有

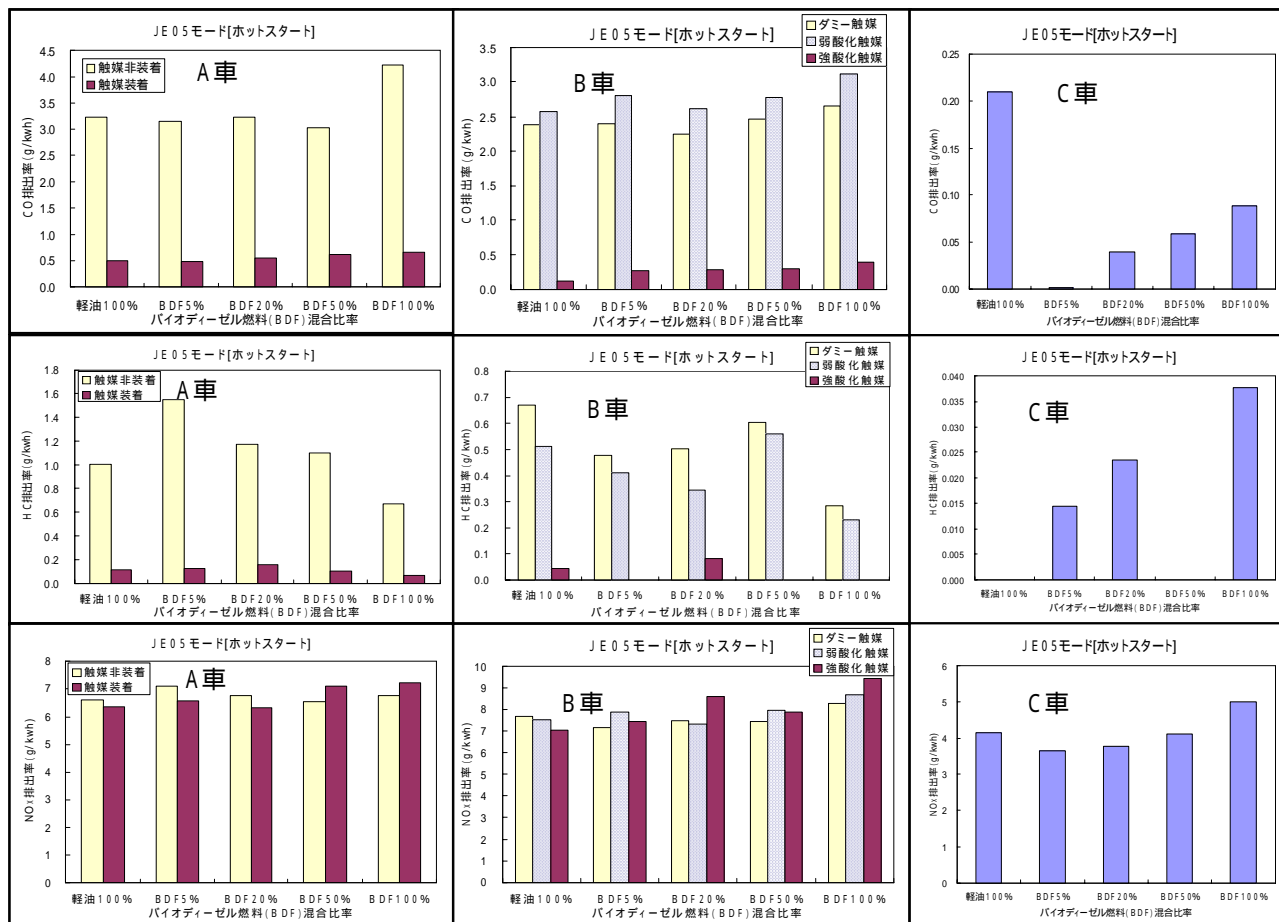


図3 JE05ホットスタート運転時のCO、THC、NO<sub>x</sub>の排出状況

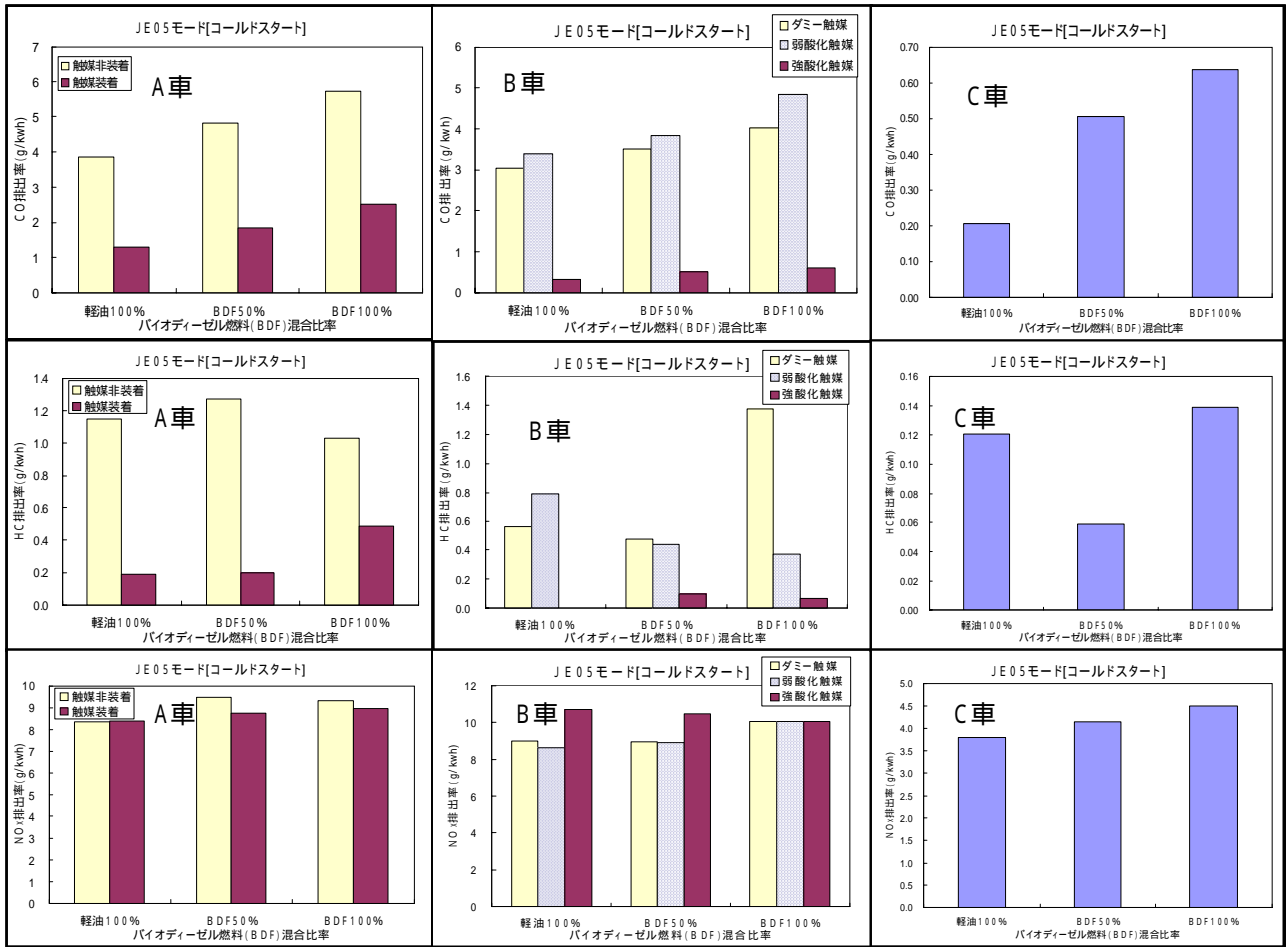


図4 JE05コールドスタート運転時のCO、THC、NOxの排出状況

機化合物(VOC)の排出量を計測した。図2に示すように試験車から排出されたガスは全量をダイリューショントンネルに導入し、均一希釈された排出ガスの一部を定流量で採取し分析を行った。PM量は捕集前後のフィルター質量の差から計測し、捕集後のフィルターを高速溶媒抽出し、抽出前後のフィルター質量の差から有機溶媒可溶成分(SOF)量を計測した。また、PM量とSOF量の差をISOF量とした。使用燃料のS含有率が低いいためISOFはほとんど煤(SOOT)である。アルデヒド類は2,4-DNPH含浸カートリッジにヒドラゾンとして捕捉し、溶媒抽出後、高速液体クロマトグラフィーにより分離定量を行った。VOCはバッグ捕集後直ちに自動ガスクロマトグラフに導入し、FIDもしくはMSにより検出・定量を行った。特定の成分に関してはMSの方が妨害成分の影響を受けず定量性に優れていた。

### 3. 結果及び考察

#### 3.1. CO、THC、NOxの排出特性

各車のCO、THC、NOxの排出状況について、JE05ホットスタート運転時を図3に、JE05コールドスタート運転時を図4に、渋滞モード運転時を図5に示す。また、定常運転時の軽油とBDFを燃料としたNOx排気管濃度を図6に示す。A車、B車ではBDF率が増加すると排気管のCO濃度が増加する。特にコールドスタートや渋滞モード運転時に顕著であるが、酸化力の強い触媒装置を装着すると大幅に低減される。しかし、触媒の酸化力が弱いとHCやSOF分の酸化分解の途中で触媒表面上の利用できる酸素が足りなくなり、CO生成までしか反応が進まず、CO排出量が増大したと考える。THCの排出挙動を考察するときにはBDFの物性を考慮する必要がある。BDFは軽油よりも平均分子量が大きく極性を持つエステル結合を有するため、排気にBDFの未燃成分が多いとそれらは気相には存在できずSOF成分となり、また触媒に吸着しやすく、触媒上では1分子の要求酸素量が多く、局所的にリッチ状態を作り出し、COを生成するなど触媒機能が低下したように見える可能性

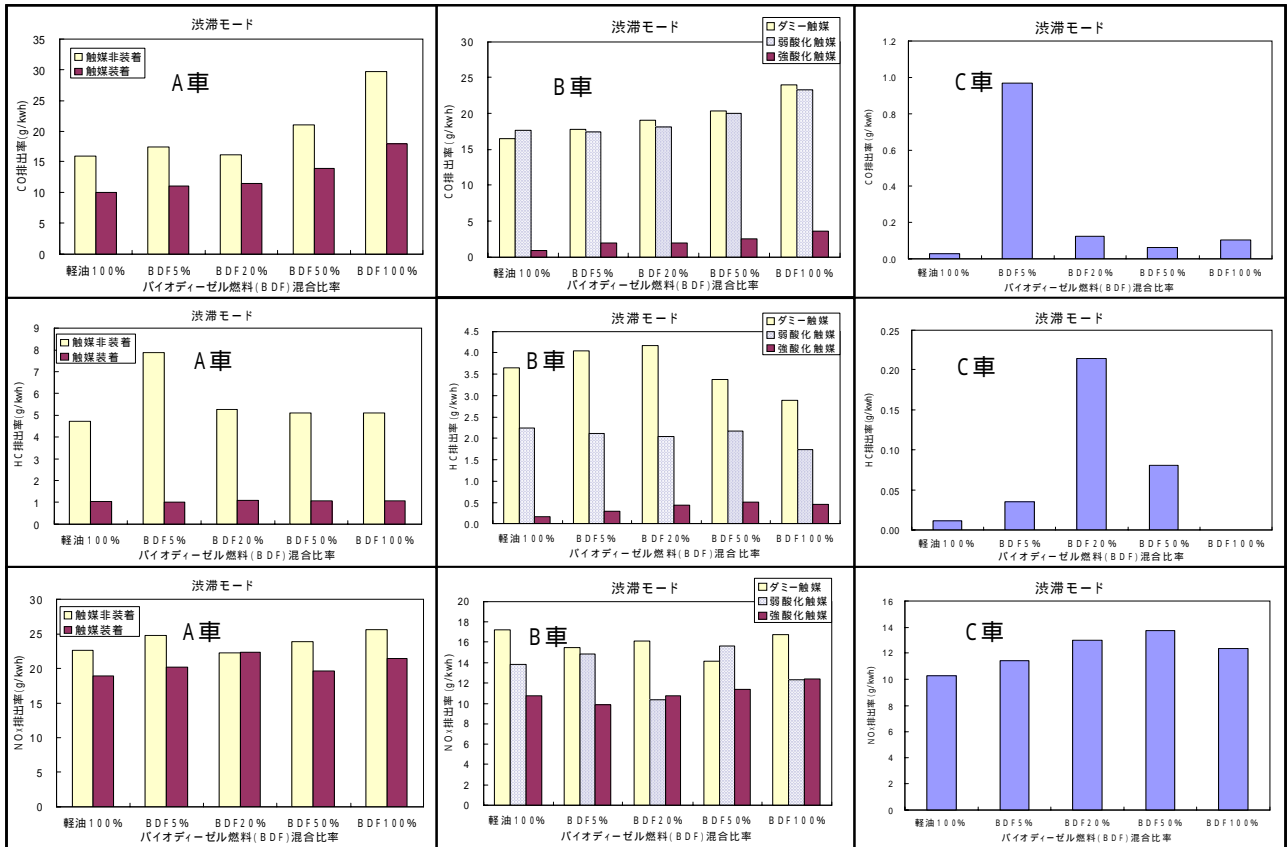


図5 渋滞モード運転時のCO、THC、NOxの排出状況

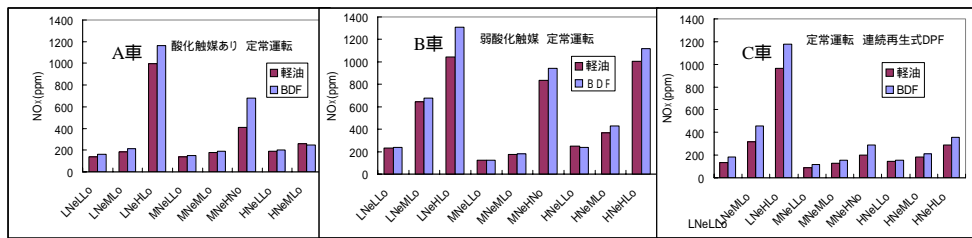


図6 軽油とBDFを燃料とした定常運転時NOx排気管濃度

がある。これらの関係は、排気温度・流量、触媒温度・容積・担持金属量等影響するため複雑である。ただし、これらの成分も十分な酸化能力を持つ触媒で十分低減可能である。NOxについては各車種とも図6の定常運転結果に示すように低負荷では燃料の違いはあまり大きくないが、高負荷ではBDFを使用したときにNOx濃度が高くなる。しかしながら、実走行モード運転時のDBF混合率とNOx排出量の間には明確な関係は見いだせなかった。モード運転ではそれほど高負荷運転が続かず、しかもEGR等の効きぐあいも定常運転時とは異なる可能性があるが、この現象究明は今後の課題である。

### 3.2.PMの排出特性

各車のPM排出状況について、JE05ホットスタート運転時を図7に、JE05コールドスタート運転時を図8に、渋滞モード運転時を図9に示す。これらの結果からBDF混合率を増大するとSOF分が増大し、結果としてPM量が増大する。これは未燃のBDFが軽油よりも大幅にSOF成分に成りやすいからである。一方、BDF混合率を増加するとISOFが減少している。このことはBDFがSOOTの前駆物質となる芳香族成分を含まない上に、分子内に酸素原子を含むため、多環芳香族形成反応時に多環芳香族内に酸素原子を取り込みSOOT形成の阻害因子と成るためと考える。SOF分は酸化触媒装置の装着により大幅に低減できる。

### 3.3.アルデヒド類の排出特性

各車のアルデヒド類排出状況について、JE05ホットスタート運転時を図10に、JE05コールドスタート運転時を図11に、渋滞モード運転時を図12に示す。A車では各モードともBDF混合率を増加すると

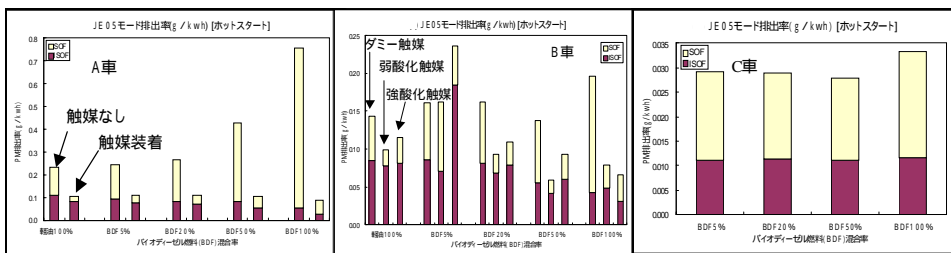


図7 JE05ホットスタート運転時のPMの排出状況

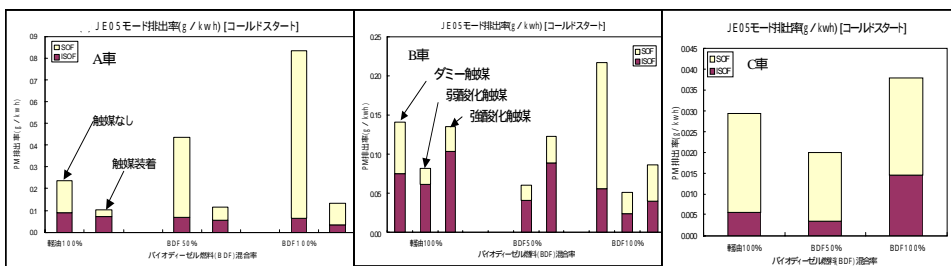


図8 JE05コールドスタート運転時のPMの排出状況

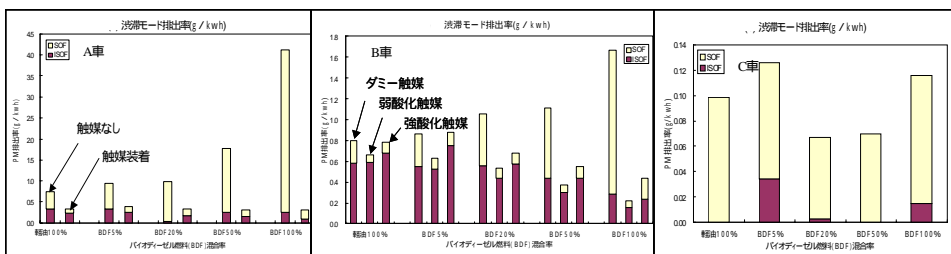


図9 渋滞モード運転時のPMの排出状況

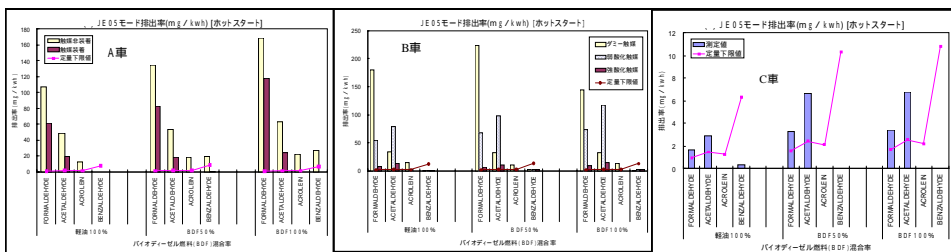


図10 JE05ホットスタート運転時のアルデヒド類の排出状況

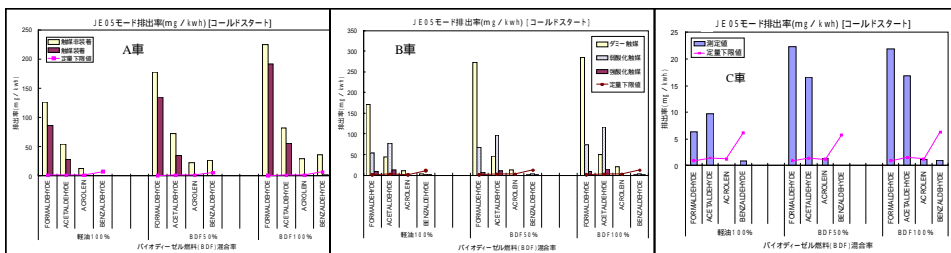


図11 JE05コールドスタート運転時のアルデヒド類の排出状況

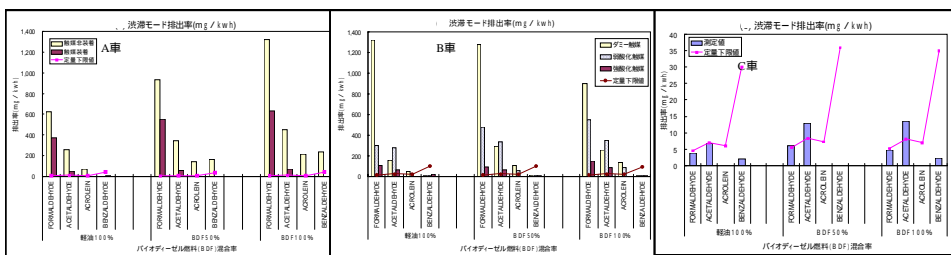


図12 渋滞モード運転時のアルデヒド類の排出状況

アルデヒド類の排出量が増加する。特にアクロレインやベンズアルデヒドの増加が顕著である。酸化触媒型のDPF装着によってホルムアルデヒドやアセトアルデヒドは低減するがそれほど顕著ではない。しかし、アクロレインやベンズアルデヒドは大幅に低減される。B車のダミー触媒でホルムアルデヒドの排出が多いがBDF割合による特性はみられなかった。その他のアルデヒド類ではBDF率の増加により排出量は増大した。また、弱酸化触媒装着によりアセトアルデヒド排出量が大幅に増大した。このことは、弱酸化触媒でのアセトアルデヒドの生成を意味している。すべてのアルデヒド類は強酸化触媒装着により大幅に低減している。C車は総じてアルデヒドの排出は少ないが、BDF 50%および100%でアルデヒド類の排出は増大したが50%と100%で顕著な差はなかった。また、コールドスタートでは排出量は増大した。

### 3.4.VOCの排出特性

各車のVOC排出状況について、JE05ホットスタート運転時を図13に、JE05コールドスタート運転時を図14に、渋滞モード運転時を図15に示す。A車、は酸化触媒DPFなしでは各モードとも1,3-

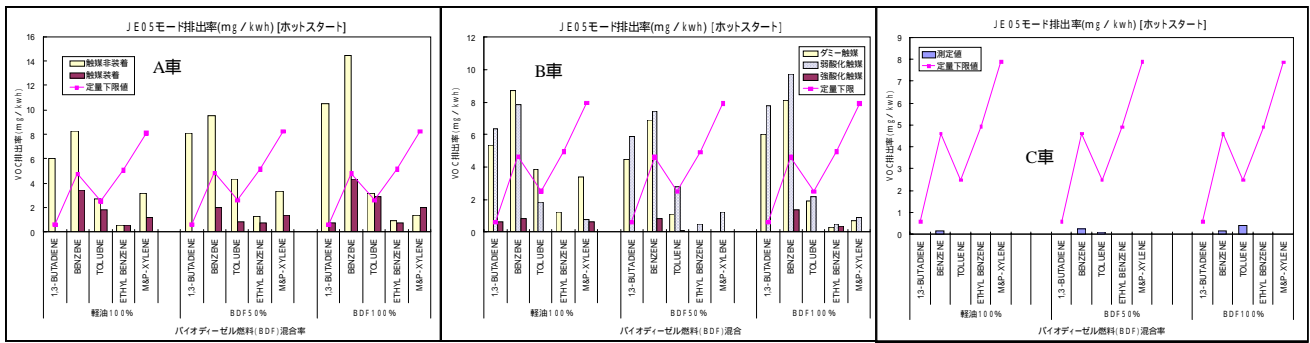


図13 JE05ホットスタート運転時のVOCの排出状況

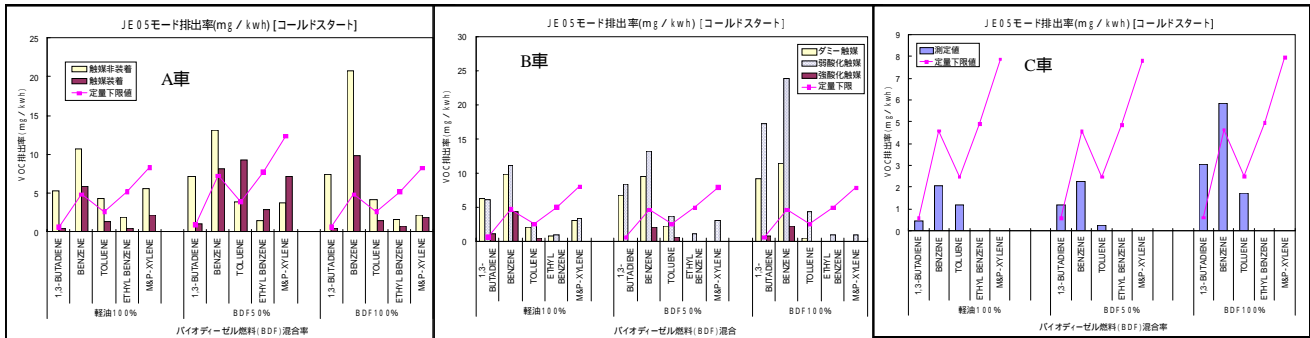


図14 JE05コールドスタート運転時のVOCの排出状況

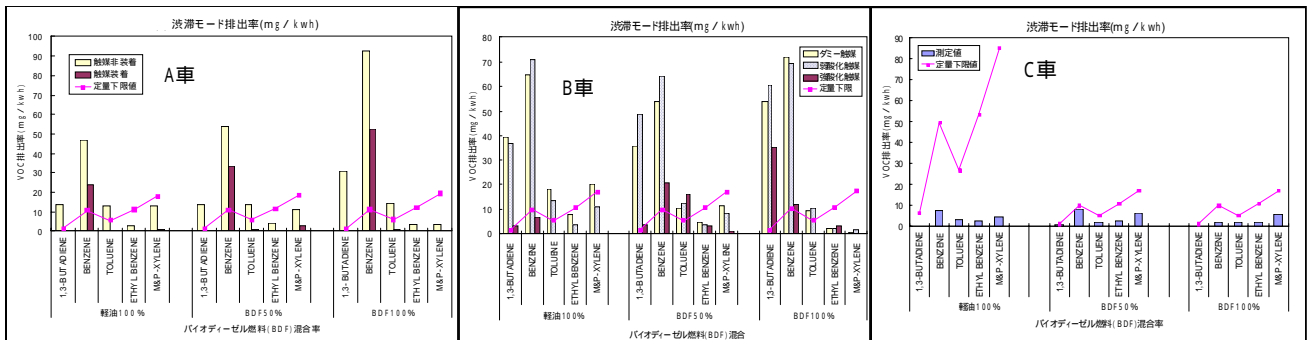


図15 渋滞モード運転時のアルデヒド類の排出状況

#### 4.まとめ

ブタジエンおよびベンゼンがBDF率の増加とともに排出量も増加している。しかし酸化触媒型DPFを装着するとベンゼンの浄化率はそれほど高くなく、しかもBDF率の増加とともに排出量も増加している。しかし、1,3-ブタジエンでは反応性が高いためほとんど排出されない。B車のJE05コールドスタート運転時のダミー触媒と弱酸化触媒装着時には1,3-ブタジエンおよびベンゼンがBDF率の増加とともに排出量も増加し、しかも弱酸化触媒でこれらの物質が生成していることを示している。これらの化合物も強酸化触媒の装着により大幅に低減しており触媒の酸化力がこれらの物質の低減に大幅に効くことが明らかになった。C車ではJE05コールドスタート運転時のみ1,3-ブタジエンおよびベンゼンの排出量がBDF率の増加とともに増大した。

BDF、軽油およびその混合物を3台のディーゼル車に適用し排ガス性能特性試験を行った結果以下のことが明らかになった。

BDFはカーボンゼロサム燃料でありグリーンな燃料であるといえるが、対策を施さないとクリーンな燃料とは一概には言い難い。BDFを燃料として使う際には、排気系に酸化能力の適切な触媒装置を装着する必要がある。

BDFはISOFが少なく、SOFは多いが適切な酸化触媒で浄化できるためPM排出量を軽油より低減できる可能性を有する。

BDFの使用を前提とした車両の開発が進めばグリーンでクリーンな燃料に成る可能性は高い。