

直噴ガソリン車から排出されるPMおよびPAH排出挙動に関する研究

-PM・PAH 排出特性および排出量に与える ETBE 混合の影響-

環境研究領域 堀 重雄、阪本高志、佐藤辰二

1. はじめに

ディーゼル車から排出される粒子状物質 (PM) の規制強化の進展により排出量が下がり、直噴ガソリン車から排出されるPM排出量も無視できなくなったことからポスト新長期規制でPM排出規制が導入されることとなり注目されている^{1), 2)}。また、直噴ガソリン車から排出される未規制物質であり発ガン性などの人体影響が懸念される多環芳香族炭化水素(PAH)については、その排出実態はほとんど報告例がない。

本報告では、地域環境保全の観点から、各種走行モードにおける、NOx吸蔵還元システムを採用した直噴ガソリン車から排出されるPMおよび4環から6環のPAH排出実態を示す。また、近年地球温暖化および燃料多様化の観点からバイオ燃料導入の一環として検討されているエチルターシャリブチルエーテル(ETBE)をガソリン燃料に混合した時のPMおよびPAH排出量に与える影響について実験、検討した。

2. 実験方法

表1に供試リーンバーン直噴ガソリン車の諸元を示す。本車両は、プレミアムガソリン(PLE)仕様の平成12年規制適合(一つ星)の車両で走行距離は約13000kmである。実験はシャーシダイナモ上で、JC08モード(Cold, Hot), 11モードおよび10・15モードの各種走行モード実験を行い、排ガスを希釈トンネルに導入しその一部を47 ± 5 に温度制御したボックス内で42mm のテフロンコーティングフィルタに捕集して行った。コールド試験は1回、ホット試験は暖機条件を一定とし、2回実施した。捕集したPMは重量測定を行うとともに、高速溶媒抽出法によりSOF(Soluble Organic Fraction)を抽出し、抽出前後の重量差からSOF量を求め、PMとの差分をISOFとした。また、PAHの

表1 実験車両の諸元

シリンダー数および配置	直列6気筒 縦置き
弁機構	DOHC4弁
吸排気方式	クロスフロー
内径×行程(mm)	86.0×86.0
総排気量(cc)	2997
圧縮比	11.3
燃料供給方式	直接噴射式
最高出力(kw/rpm)	162/5600
最大トルク(Nm/rpm)	294/3600
主な排気対策	EGR, 三元触媒 Nox 吸蔵触媒
空車質量(kg)	1580
規制年度	平成12年度、一つ星
走行距離(km)	12716

表2 使用燃料の性状

	Regular	Premium	JIS2
密度 25 g/cm3	0.721	0.7402	0.8285
蒸留性状			
T10	50	48	214.5
T50	90	94	287
T90	159.5	122	336.5
蒸気圧 (J-T法 37.8 kPa)	67	80	
オクタン価 (RON)	90.1	99.7	
硫黄分 ppm	27	3	7
PAH ppm			
Phe	19.3	18	5
Py	1.4	5.11	4.3
BkF	0.09	0.072	
BaP	0.75	0.89	0.03
BghiP	0.69	1.08	0.01

測定は、抽出したSOFを対象として蛍光検出器付の高速液体クロマトグラフにより行った。

表2に供試燃料性状を示す。各燃料およびレギュラーガソリンにETBEを7%(エタノール3%混合相当)、22%(エタノール10%混合相当)および50%混合し、ETBE混合率がPMおよびPAH排出量に及ぼす影響について検討した。

3. 実験結果および考察

3.1. 各種走行時のPMおよびPAH排出特性

図1にPLE使用時のPMおよび各PAH排出量に与える走行条件の影響について検討した結果を示す。Cold, Hotいづれの走行実験においても、ガソリン車としては、PM排出量が多い。これは、ガソリン直噴によりSOOTが生成し、生成されたSOOTは、触媒ではほとんど浄化されずに排出されるからである。PM排出量は規制が適用されるポスト新長期の値より大幅に多いので、今後の直噴ガソリン車はなんらかのSOOT低減対策が必要とされると考えられる。

一方、PAH排出については、JE05モードCold

および1モードColdでは、BaP, BghiPの排出量が大幅に多い。また、それぞれのモードのHotでは、触媒により浄化されBaP, BghiP排出量は大幅に低減する。このことは、Cold時のBaP, BghiP排出は、生成したPAHが触媒が活性化しない間に浄化されずに排出されたことを示している。また、Py排出量はColdとHotであまり差がない。これらの理由については生成・排出のメカニズムを含めてさらに検討が必要である。

3.2. PMおよびPAH排出量に与えるETBE混合率の影響

図2にレギュラーガソリンにETBEを混合したときのPMおよびPAH排出量に与える影響について検討した結果を示す。

プレミアムガソリン(PLE)と比較してレギュラーガソリン(REG)使用時にPMおよびPAH排出量はいずれも低減する。これは、プレミアムガソリンがトルエン等のアロマ成分をより多く含むためと考えられる³⁾。

また、ETBEの体積混合率の増加とともにPMおよびBaP, BghiP成分はいずれもETBEの混合率以上に低減する傾向が明瞭であり、含酸素燃料であるETBE混合によるPM, PAH低減効果は大きいといえる。

3.3. 直噴ディーゼル車との比較

図3に本ガソリンDI車(GDI)とディーゼルDI小型トラック車(DDI)のコールドスタート時のPMおよびPAH排出量を比較した。DDI-1は長期規制適合車, DDI-2は新短期規制適合車で酸化触媒を装着しており、DDI-3はDPF装着車である。DDI車の走行モードはいずれもJE05モードColdであり、燃料は市販の硫黄分10ppmSレベルのJIS2号軽油を使用した。

本GDI車のPM排出量はDDI-2車とほぼ同程度であるが、新長期規制レベルのDDI-3と比較すると大幅に排出量は多い。また、排出PMの大部分はS00Tである。一方、PAH排出量についてもGDI車から排出されるBaP, BghiPの排出量は大幅に高い。このことは、GDI車両におけるコールドスタート時のPAH排出要因の解明と触媒活性の改良等の低減対策の検討が必要であると考えられる。

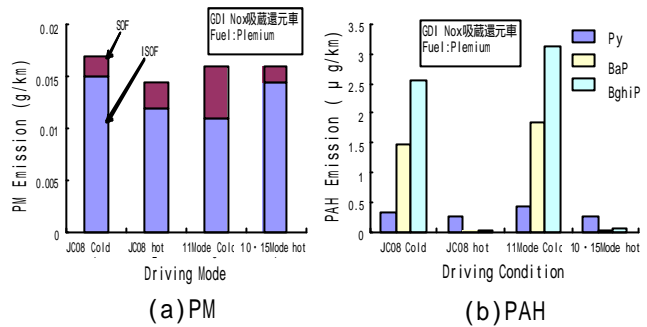


図1 PMおよびPAH排出量に与える走行条件の影響

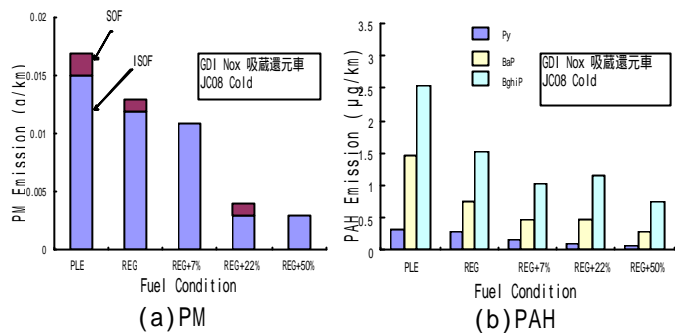


図2 PMおよび各PAH排出量に与えるETBE混合率の影響

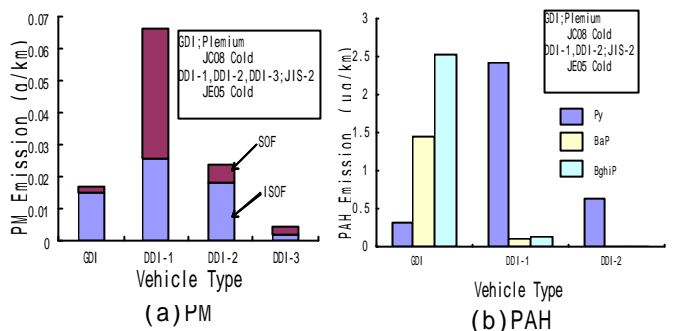


図3 GDI車とDDI車のPMおよびPAH排出量の比較

4. まとめ

- (1) 供試したH12規制GDI車からのPM排出量は新短期規制のDDI車と同程度であり、新長期規制のDDI車と比較して高いレベルにある。
- (2) GDI車はコールドスタート時におけるBaP, BghiPの排出量がDDI車と比較して大幅に高い結果を示した。排出要因、触媒活性の改良等の低減対策の検討が必要である。
- (3) ガソリンへのETBEの混合はPMおよびPAHの排出抑制に効果がみられた。

5. 参考文献

- (1) 後藤他; 直接噴射式ガソリン車から排出される粒子状物質に関する研究, 自動車技術会講演会前刷集NO.93-04(2003)
- (2) 鈴木央一; 最新ガソリンおよびディーゼル乗用車における排出ガス挙動の比較解析, 交通安全環境研究所平成16年度研究発表会講演概要集
- (3) 飯塚他; 燃料性状がガソリン直噴車からのPM排出に与える影響検討, 自動車技術会学術講演会前刷集, NO.119-06(2006)