

〔報告〕

エンジンダイナモによるPM_{2.5}測定方法の検討

上野 広行 秋山 薫 三好 猛雄 横田 久司 石井 康一郎

小谷野 眞司 伊藤 雄一* 樋口 幸弘*

(*東京都環境局環境改善部)

1 はじめに

PM_{2.5}の削減対策の検討を行うためには、発生源から排出されるPM_{2.5}のデータが必須である。しかし、国内では公定法も定められておらず、データはほとんどないのが現状である。

東京都では平成20年度～21年度に発生源調査を行っており、その測定方法の概要については前報¹⁾で述べた。ここでは、当研究所の自動車排出ガス測定施設のひとつであるエンジンダイナモを用いて測定方法の検討を行った結果を報告する。主な目的は、エンジン排出ガスを空気希釈法により冷却する際に凝縮性ダストが生成するかどうかを確認すること、また、希釈倍数と希釈後の滞留時間の差異が粒径分布及びPM_{2.5}質量濃度に及ぼす影響を検討することである。

2 調査方法

エンジンダイナモに搭載されているディーゼルエンジンは、元年規制（PMについては未規制）のものである。自動車排出ガス試験では、通常排出ガスを希釈トンネルで希釈してから測定するが、ここでは固定発生源の煙突を想定し、エンジン直後の排出ガス（未希釈ガス）を直接測定した。粒子排出量が一定になるようにエンジンは一定の負荷で運転した。排出ガスの温度は概ね300～390℃であった。

表1に測定項目及び方法を示した。東京都のPM_{2.5}発生

源調査で測定している項目は、ばいじん、SPM相当分、PM_{2.5}相当分、PM_{2.5}+凝縮性ダストである。凝縮性ダストの測定条件は、文献²⁾をもとに20倍希釈・滞留時間10秒を目安にしているが、ここでは、希釈倍数及び滞留時間を変えて測定した。なお、表1のFRMにおいて滞留時間（10）20秒とあるのは、当初10秒で試験を試みたが、装置の制約により問題が生じたため20秒で行ったことを示す。

3 結果

図1にばいじん、SPM相当分、PM_{2.5}相当分、PM_{2.5}+凝縮性ダストの質量濃度測定結果を示した。測定は2種類のフィルタ（PF:ポリフロン及び石英）で本測定（成分分析用）と予備の2回ずつ行った。この結果からは、ばいじんは濃度が高い傾向にあったが、PM_{2.5}+凝縮性ダストはPM_{2.5}相当分と明確な差は見られず、凝縮性ダストの生成は確認できなかった。

図2には、炭素成分分析結果を示した。PM_{2.5}+凝縮性ダストの炭素成分の組成は、ばいじん等に比べ、最も揮発性の高いOC1が多く、高温ではガス化している有機物が冷却されて凝縮していると考えられた。したがって、図1において凝縮性ダストの質量濃度が増加していなかったのは、図2において主成分であるEC2をはじめその他の炭素成分濃度が低いことから、何らかの理由によ

表1 測定項目及び方法

測定項目	測定方法	測定条件
ばいじん	JIS Z 8808	未希釈ガス
SPM相当分	アンダーセンスタックサンプラ	未希釈ガス
PM _{2.5} 相当分	アンダーセンスタックサンプラ	未希釈ガス
PM _{2.5} +凝縮性ダスト	PM _{2.5} サイクロン+空気希釈法	20倍希釈・滞留時間10秒
粒径分布	アンダーセンスタックサンプラ	未希釈ガス
粒径分布	アンダーセンサンプラ	20倍希釈・希釈直後/滞留時間10秒
PM _{2.5}	FRM(環境大気中PM _{2.5} 基準測定法)	20倍/80倍希釈・希釈直後/滞留時間(10)20秒
個数濃度	ELPI(電子式低圧インパクト)	80倍希釈・希釈直後/滞留時間10/20/30秒

り濃度全体を低めに測定している可能性があると考えられた。理由としては希釈倍数設定の誤差、サンプリングノズルの位置の違いによる濃度の違い、希釈器における粒子沈着、エンジンからの粒子発生の変化等が考えられるが、現時点では明らかではない。なお、炭素成分以外の金属成分等の質量濃度は、全体の数%以下でありほとんど無視できる。

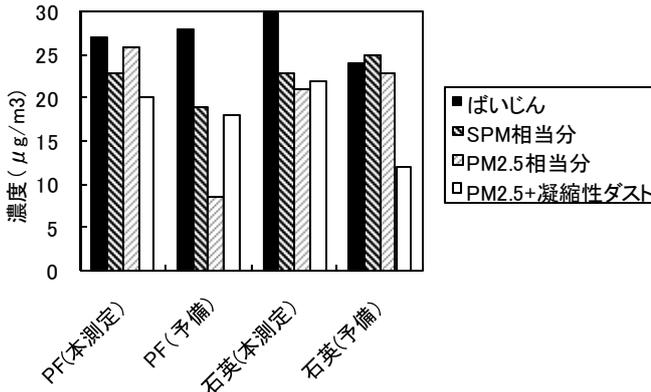


図1 質量濃度測定結果

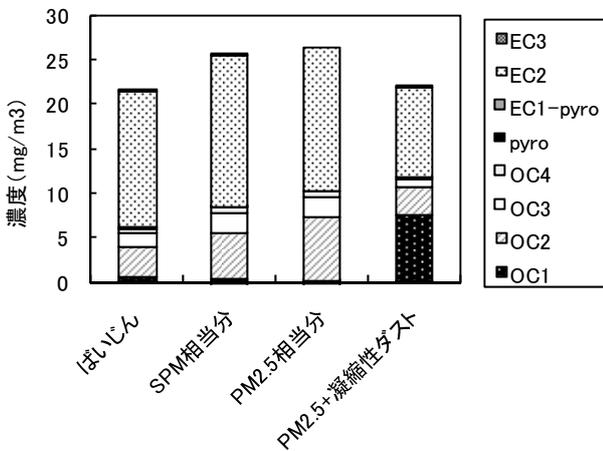


図2 炭素成分分析結果

図3には、アンダーセンスタックサンプラによる未希釈ガスの粒径範囲と粒子濃度との関係、及びアンダーセンサンプラによる希釈ガス（20倍）の粒径範囲と粒子濃度との関係を示した。未希釈ガスの粒子はほとんどが最も小さい粒径範囲に存在するが、希釈ガス(20倍)では、大きい粒径範囲にもある程度存在していた。ただし、希釈直後と滞留時間10秒の差異は明確ではなかった。すなわち、希釈直後に粒子は冷却され粒径が大きくなるが、滞留時間の影響はあまりないと考えられた。

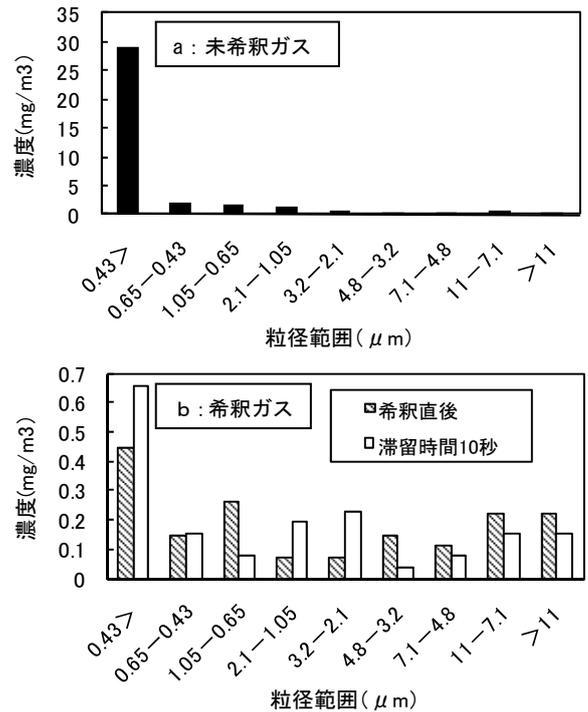


図3 粒径範囲と粒子濃度との関係

図4にはFRMによるPM_{2.5}測定結果を示した。PFろ紙と石英ろ紙では濃度差が見られたが、傾向は同じであった。すなわち、希釈倍数にかかわらず滞留時間の差異は見られなかった。また、希釈倍数20倍と80倍とでは、ばらつきはあるものの平均では約4倍の差になっており、希釈倍数の差がPM_{2.5}質量濃度に与える影響はないと考えられた。これは、Englandら²⁾も、希釈倍数10倍と20倍以上では個数濃度分布に差異はあるが、PM_{2.5}質量濃度に差異がないとしていることと一致する。

図5には、ELPIによる個数濃度分布測定結果を示した。個数濃度は中位径0.058 μmの範囲に極大を示した。希釈器直後から滞留時間を30秒まで変化させたところ、滞留時間を10秒以上とれば個数濃度分布は一定になった。これは希釈直後から10秒までの間に粒子の凝集が起こり特に微小な粒子の個数濃度が減少していることを示している。質量濃度では滞留時間の影響は見られなかったが、個数濃度分布からは10秒以上とる必要があるといえる。

4 まとめ

- ① エンジンダイナモにおいて排出ガスを空気希釈した場合、炭素成分の組成から、凝縮性ダストの生成があると考えられた。

- ② 空気希釈により粒子の成長が見られるが、それはほとんどが希釈直後に起こっており、質量濃度分布に対する滞留時間の影響はないと考えられた。ただし、個数濃度については、滞留時間を10秒以上とることにより分布が一定になった。
- ③ 希釈倍率20倍と80倍ではPM_{2.5}質量濃度に差異はなかった。

以上のことから、空気希釈法（希釈倍数20倍、滞留時間10秒）によるエンジン排出ガスの凝縮性ダストの測定には大きな問題はないと考えられる。ただし、重油ボイラ等、燃料や燃焼状態が異なる場合についてはさらに検討が必要である。

謝 辞

本調査を行うにあたり、（独）産業技術総合研究所 小暮信之主任研究員にご助言・ご協力をいただきました。深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 上野広行ら、PM_{2.5}発生源調査方法について、東京都環境科学研究所年報2009、p.114-115(2009)
- 2) England.G.C., et.al., Dilution-Based Emissions Sampling from Stationary Sources:Part1., J. Air & Waste Manage. Assoc. 57, p.65-78(2007)

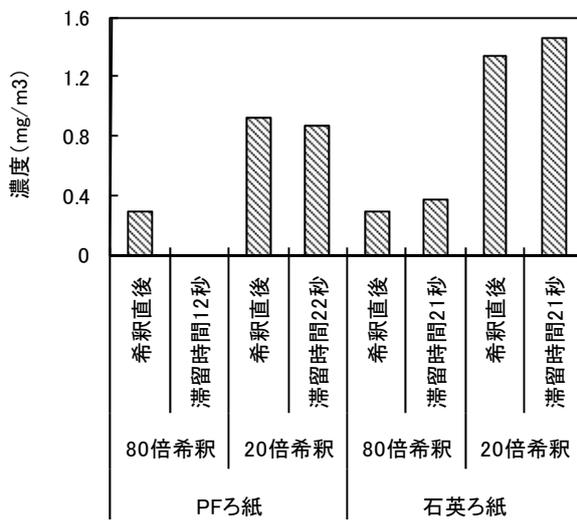


図4 FRMによるPM_{2.5}測定結果

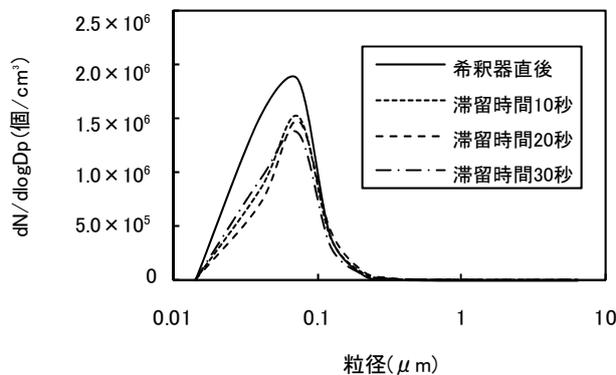


図5 ELPIによる個数濃度分布測定結果