

ETC 導入による SPM 排出量の改善効果

東京工業大学大学院	学生会員	伊藤 徳子
芝浦工業大学大学院	学生会員	小泉 健一
芝浦工業大学	正会員	岩倉 成志

1. 研究の背景と目的

ディーゼルトラックから排出される SPM は人体に有害な影響をもたらす、その改善が急務となっている。現在は ITS を活用した大気汚染改善の調査研究が盛んである。本研究は ETC がもたらす SPM 改善効果を分析することを目的におこなった。まず、大型車実走行データを基に（速度・加速度別）走行特性と SPM 排出量の関連性を把握し、3 種類のモデルを構築し SPM 排出係数を作成する。上記の排出係数と交通マイクロシミュレーション Paramics を用いて ETC 導入による SPM の削減効果を分析する。

2. 調査内容

調査場所： 東名高速道路 横浜青葉 IC

調査団体： 財団法人 計量計画研究所

調査日時： 平成 14 年 9 月 30 日～10 月 4 日

調査項目

(1) RSD (リモートセンシング) による排ガス計測
計測データ：車両別速度，加速度，車両ナンバー

(2) 車載型計測装置による実走行計測

4 t 車にスモークメータを搭載し、東名高速道路横浜青葉 IC 周辺ルート走行時の各種データを 0.1 秒毎に記録した。

計測データ：速度，加速度，エンジン回転数，SPM 濃度 (g/min)，勾配 (%)

3. SPM 排出係数の推定

3.1 エンジン出力による SPM 排出係数

SPM 排出量はエンジン出力 (エンジン回転数 $N \times$ トルク T) に比例することがわかっている。トルク T は全走行抵抗 R (転がり抵抗 R_r ，空気抵抗 R_a ，勾配抵抗 R_g ，加速抵抗 R_i の総和) によって表される。

$$E_{spm} = \alpha NT = c_0 + c_1 NRr + c_2 NRa + c_3 NRg + c_4 NRi \quad (1)$$

パラメータ： $\alpha, c_0, c_1, c_2, c_3, c_4$

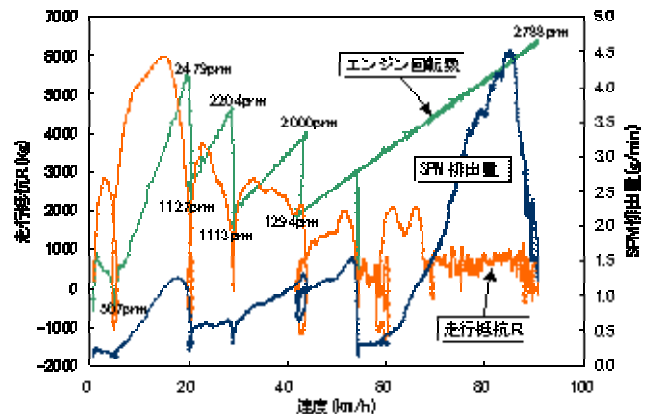


図 1. 加速時のエンジン出力と SPM 排出量

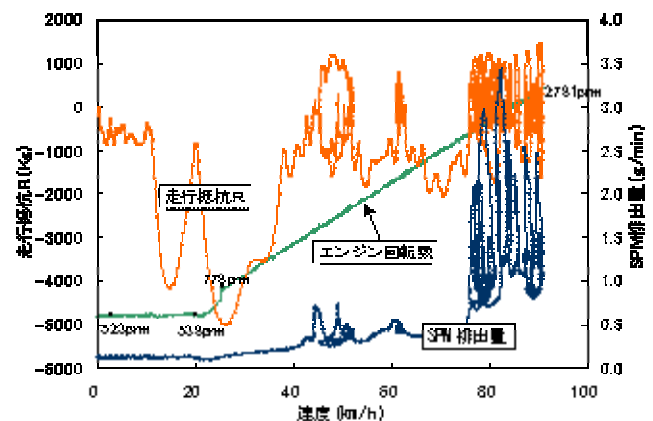


図 2. 減速時のエンジン出力と SPM 排出量

SPM 排出特性とエンジン負荷とが比例関係にあることが知られている。10 月 4 日の横浜青葉 IC 付近～横浜町田 IC 間 (走行距離 16km) 走行における実走行計測データ (積載量 4t) 10,868 サンプルより、エンジン回転数と SPM 排出量をギヤごとに分析した結果、加速時のトップギヤ使用時は相関が十分でないため、本 ETC 効果解析の目的に対応し、4 速以下のデータでモデルを作成した。また加速時と減速時の SPM 排出特性は異なるため、分類してのからパラメータ推定を行った。パラメータ推定結果を表 1 に示す。

キーワード：SPM，ETC，シミュレーション

連絡先：〒152-0033 東京都目黒区大岡山 2-12-1，TEL 03-5734-2693，FAX 03-5734-3578

3.2 速度とSPM排出量の関連分析

環境庁（1997）浮遊粒子状物質汚染予測マニュアルをもとに，SPM濃度（g/min）を速度（km/h）で表現するモデルを構築する．3.1と同データを用い，速度とSPM排出係数（g/min）の回帰モデル式を作成した．表2の回帰モデル式の速度とSPMの重決定係数は0.37となり，モデルの精度が低い結果となった．

$$E_{spm} = c_0 + c_1v + c_2v^2 + c_3v^3 \quad (2)$$

パラメータ： c_0, c_1, c_2, c_3

3.3 速度/加速度とSPM排出量の関連分析

Lee&Miller（2000）は速度，加速度を考慮し，ダミー変数（ D_d, D_i ）を付加している．特にアイドリング，停止時のSPM排出量（g/min）を推定するのに有効な排出係数の算定式である．

$$E_{spm} = c_0 + c_1v + c_2a + c_3va + c_4D_d + c_5D_i \quad (3)$$

D_d : $a < 0$ のとき 1, それ以外るとき 0

D_i : $a = 0$ かつ $v = 0$ のとき 1, それ以外るとき 0

パラメータ： $c_0, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5$

4. Paramicsによる交通シミュレーション

横浜青葉ICでの現地調査のデータに基づき10月4日12:00~14:00, 東名高速道路入口横浜青葉ICレーン2~4を対象にシミュレーションを行った．また，Paramicsの入力内容（表4）は，ETC導入前後の交通量は変化させず，発券所前・後の速度とETC導入前の停止時間は2秒，ETC導入後の停止時間は0秒と設定した．

5. シミュレーションによるETC効果

Paramicsから計算された速度，加速度データを用いて，3.で示した3種の排出係数による大型車両のSPM排出量を推定した上で，比較をおこなう．今回用いたLee&Miller式では発券所前の減速区間において，SPM排出量が微少なから負の値を取り得ることがあるので，発券所・発券所後の停止区間と加速区間の42mのみを対象とした．その結果は表6に示すように，いずれの式もETCの導入によるSPMの削減効果がみられるが，その削減率は大きく異なる結果となった．この結果から加速度とエンジン回転数を考慮する必要性が高いこと，削減効果は異なるが，エンジン出力式とLee&Miller式のSPM排出量のオーダーは類似していることがわかる．

6. まとめ

実走行データの詳細データをもとに，SPMの排出係数を推定の削減するとともに，ETC導入によるSPM排出量効果

表1. エンジン出力によるSPM排出決定係数

		パラメータ	標準誤差	t値	R ²
加速時	C0	-0.1220	0.0127	-9.58	0.77
	C1	4.41×10^{-6}	1.64×10^{-7}	26.83	
	C2	1.83×10^{-4}	7.19×10^{-6}	25.58	
	C3	-9.62×10^{-7}	6.76×10^{-8}	-14.23	
	C4	1.90×10^{-6}	5.57×10^{-8}	34.04	
減速時	C0	0.2868	0.0198	14.48	0.76
	C1	-1.40×10^{-6}	2.18×10^{-7}	-6.42	
	C2	7.23×10^{-5}	1.74×10^{-6}	41.47	
	C3	7.85×10^{-7}	1.15×10^{-8}	68.45	
	C4	3.60×10^{-6}	6.84×10^{-8}	52.64	

表2. 速度とSPM排出推定結果

	パラメータ	標準誤差	t値	R ²
C0	0.1042	0.0195	5.34	0.37
C1	4.66×10^{-6}	3.03×10^{-7}	15.38	
C2	-5.61×10^{-4}	4.34×10^{-5}	-12.92	
C3	0.0270	0.0018	15.25	

表3. Lee&MillerによるSPM排出推定結果

	パラメータ	標準誤差	t値	R ²
C0	0.0876	0.0101	8.72	0.55
C1	0.01311	1.31×10^{-4}	99.79	
C2	0.0278	0.0042	6.63	
C3	0.0041	1.38×10^{-4}	29.87	
C4	-0.0281	0.0102	-2.76	
C5	0.0464	0.2559	0.18	

表4. 現状（車線No.3のみETC）

車線	停止時間 (s)	交通量(台)			進入速度 (km/h)
		軽自動車	普通自動車	大型車	
No.2	2	243	476	134	30
No.3	0	0	80	8	40
No.4	2	32	479	158	30

表5. 前車線にETC導入

車線	停止時間 (s)	交通量(台)			進入速度 (km/h)
		軽自動車	普通自動車	大型車	
No.2	0	91	345	100	40
No.3	0	91	345	100	40
No.4	0	91	345	100	40

表6. ETC導入によるSPM削減効果

適用式	一般(g/台)	ETC(g/台)	SPM削減率(%)
エンジン出力式	0.095	0.022	76.8
速度式	0.043	0.020	53.5
Lee&Miller式	0.083	0.036	56.6

効果の検討では，加速度の考慮が必須であることが明らかにしたモデルの精度が比較的高い．また，ETC導入の改善になった．本研究に用いたシミュレータはエンジン回転数を計算できないため，速度と加速度から2次的に計算した回転数をもとに排出量を計算した．シミュレータから直接回転数が計測可能となることが望まれる．