

〔報告〕

PM_{2.5}に含まれる有機炭素フラクションへの自動車等寄与の推定

秋山 薫 上野 広行 横田 久司 石井 康一郎

内田 悠太 齊藤 伸治 鈴木 智絵*

(*非常勤研究員)

1 はじめに

大気中の微小粒子状物質（以下、PM_{2.5}と言う）の主要な成分である有機炭素成分の特徴については前々報¹⁾に、有機炭素成分の発生源寄与割合については前報に²⁾それぞれ報告した。前報では有機炭素成分の2割強が自動車等（自動車と道路粉塵）の発生源に由来することを明らかにしたが、フラクション別の発生源寄与割合については、有機炭素成分のフラクションごとの発生源プロフィールが現在のところ未確定なことから推定することが出来なかった。しかし、有機炭素成分はPM_{2.5}の主要な成分であることからフラクション別の発生源寄与を把握することは、今後の対策等の検討を進めて行くうえで重要と考えられる。

ここでは東京都が実施した、PM_{2.5}に係わる大気環境調査³⁾における都内環境の実測値から自動車等に関する各炭素成分フラクションの濃度を推計することにより、一般環境におけるPM_{2.5}に含まれる有機炭素成分についてフラクション別の自動車等寄与割合についての推定を試みた。

この推定結果に基づいて、一般環境における有機炭素成分のフラクションごとの自動車等の寄与割合の特徴について検討し、幾つかの知見を得たので報告する。

2 調査

(1) 調査方法

東京都の大気環境調査は既に報告したとおり^{1)、2)、3)}、

表1 調査地点

	一般環境	道路沿道
区部	① 中央区晴海	⑩ 永代通り新川
	② 港区白金	⑪ 京葉道路亀戸
	③ 練馬区練馬	⑫ 中原口交差点
	④ 足立区綾瀬	⑬ 甲州街道大原
	⑤ 江戸川区鹿骨	⑭ 北本通り王子
多摩部	⑥ 青梅市東青梅	⑮ 連雀通り下連雀
	⑦ 町田市中町	⑯ 甲州街道国立
	⑧ 小金井市本町	⑰ 青梅街道柳沢
	⑨ 多摩市愛宕	

都内の17地点での、季節ごとの実施例である。調査地点は表1に示した。一般環境測定地点が9地点であり、道路沿道測定地点が8地点である。

炭素成分の分析は、「大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 測定方法暫定マニュアル (改訂版)」⁴⁾に準拠し、熱分離光学補正法 (サーマルオプティカル・リフレクタンス法) で行った。分析条件は表2に示した。詳細は、前々報¹⁾に報告したとおりである。

表2 炭素成分の分析条件

炭素フラクション	設定温度	分析雰囲気
OC1	120℃	He
OC2	250℃	He
OC3	450℃	He
OC4	550℃	He
EC1	550℃	98%He+2%O ₂
EC2	700℃	98%He+2%O ₂
EC3	800℃	98%He+2%O ₂

注：この他に、元素炭素のフラクションに含まれるが、レーザ光により補正される有機炭素成分、Pyroフラクションがある。

(2) 有機炭素成分フラクション別の自動車等寄与割合の推定方法

① 自動車排出ガス等中の有機炭素成分フラクション濃度の推定

自動車排出ガス等中の有機炭素成分フラクション濃度の推定にあたり、道路沿道における有機炭素成分フラクションの濃度は、一般環境での有機炭素成分フラクション濃度と、自動車排出ガスと道路粉塵とが含まれる自動車排出ガス等中の有機炭素成分フラクション濃度との和として構成されると考えた。即ち、一般環境の体積を1m³として、それに混入する自動車排出ガス等の体積を自動車排出ガス等混入体積とすれば、有機炭素成分の各フラクション濃度については、

$$\text{道路沿道濃度}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = \{ \text{一般環境濃度}(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 1(\text{m}^3) + \text{自動車排出ガス等濃度}(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{自動車排出ガス等混入体積}(\text{m}^3) \} / \{ 1(\text{m}^3) + \text{自動車排出ガス等混入体積}(\text{m}^3) \}$$

と言う関係式が成り立つ。なお、一般環境濃度については表1に示した9地点の平均値を用いたが、道路沿道の平均濃度の算出にあたっては、表1に示す道路沿道測定地点のうち、一般環境測定地点に近い特徴を示す連雀通り下連雀については計算から除外して7地点で行った。この地点は、道路沿道測定地点の中では自動車の交通量が少なく、ディーゼル車の混入率も低い調査地点にあたる。

ここで、上記の関係式を計算するにあたって、炭素成分フラクションのうち、Pyro成分は自動車等からは排出されないと仮定した。その理由として、一つには自動車排出ガス中のPyro成分は、ディーゼル車の場合、シャシダイナモを用いた実測例で長期規制車(1台)では有機炭素成分の約7%を占めるが、新長期規制車(3台)では検出されず、また元年規制(1台)のエンジンダイナモによる実測例でも検出されなかった。二つめに、道路粉塵(1例)ではPyro成分が有機炭素成分の約24%を占めるが、前報²⁾に示してある通り、有機炭素成分の発生源寄与割合の推定を、表3に示した発生源プロフィール⁵⁾を用い

表3 発生源プロフィール (%)

	自動車	重油燃焼	廃棄物焼却	鉄鋼工業	道路粉塵	海塩
元素炭素	49.4	30	5	0.5	1.28	0.0000028
バナジウム	0.000725	0.638	0.0027	0.0125	0.0108	0.0000058
カリウム	0.0197	0.085	20	1.32	1.27	1.1
マンガン	0.00193	0.012	0.033	2.2	0.106	0.0000058
アルミニウム	0.157	0.21	0.42	0.999	6.11	0.000029
カルシウム	0.146	0.085	1.1	4.51	5.52	1.17
ナトリウム	0.00764	1	12	1.36	1.25	30.4
有機炭素	24.7	0	0	0	6.9	0

て、CMB法の一つの線形計画法(6発生源、7項目及び([質量濃度]-[無機二次生成粒子濃度]))で推定し、その推定値とこちらも表3に示してある有機炭素の発生源プロフィールの値とから求めると、道路沿道での有機炭素濃度への道路粉塵の寄与割合は自動車の寄与割合が約27%に対して約1%と著しく低いことから影響は少ないと推察された。なお、調査数が少ないことから必ずしも妥当な結果が得られているとは限らない面もあると考えられる

が、ここでは、先に示した仮定により推定を試みた。

この場合、先の関係式にそれぞれのPyro成分濃度を代入することにより、自動車排出ガス等混入体積が求められる。この混入体積が求められれば、残りの有機炭素成分フラクションについて、自動車排出ガス等中のフラクション濃度が一義的に算出される。この算出は季節ごとに行った。

② 有機炭素成分フラクション別の自動車等寄与割合の推定

既に報告¹⁾したように、元素炭素成分フラクションの一つ、(EC1-Pyro)は道路沿道における主要な成分であり、自動車排出ガス等の主要な成分でもある。この自動車排出ガス等中の(EC1-Pyro)フラクションは道路沿道から一般環境に広がって行くと考えられる。自動車排出ガス等中の有機炭素成分フラクションについても同様の割合で道路沿道から一般環境に広がっているものと推定される。そこで、自動車排出ガス等の(EC-Pyro)と同じく自動車排出ガス等の各有機炭素成分フラクションとの比は一般環境に広がって行っても変わらないと仮定して、一般環境における自動車排出ガス等寄与割合を算出した。

3 結果

(1) 有機炭素成分への自動車等の寄与割合の比較

本報告で推定した、有機炭素成分への自動車排出ガス等(以下、自動車等と言う)の寄与割合は、有機炭素成分フラクションの和として、20.7%となった。一方、先に示したCMB法で、一般環境における有機炭素成分への発生源寄与割合を求めると、自動車の寄与割合が17.3%であり、道路粉塵の寄与割合が1.2%であった。両者の合計値は18.5%となった。ここで、一般環境9地点の季節ごとについて見ると、この報告で求めた有機炭素成分フラクション濃度の推定値の和は、CMB法による推定値に比較して平均で1.1倍(最大値が1.4倍、最小値が0.90倍)であり、その変動係数は13%(n=36)であった。

両者を比較すると、都内の大気環境の実測値から算定した、本報告の推定値の方が若干高い値となっているが、両者は比較的良く一致しており、Pyro成分は自動車等からは排出されないと仮定した本報告での推定値は、一般環境における有機炭素成分フラクション濃度の特徴を

検討するうえで概ね妥当な結果が得られているものと考
えられた。

(2) 有機炭素成分フラクシオンへの自動車等寄与濃度

本報告で推定した有機炭素成分フラクシオンの、一般
環境における自動車等寄与濃度を図1に示した。自動車

下する傾向にある。こちらは秋期が高く、春期が低い傾
向であった。OC3フラクシオン濃度は地域的には前二者
と同様の傾向であり、季節的にも秋期が高いが、春期及
び夏期が低い傾向であった。OC4フラクシオン濃度は地
域的には郊外が低い傾向にあり、秋期が高く、夏期が低

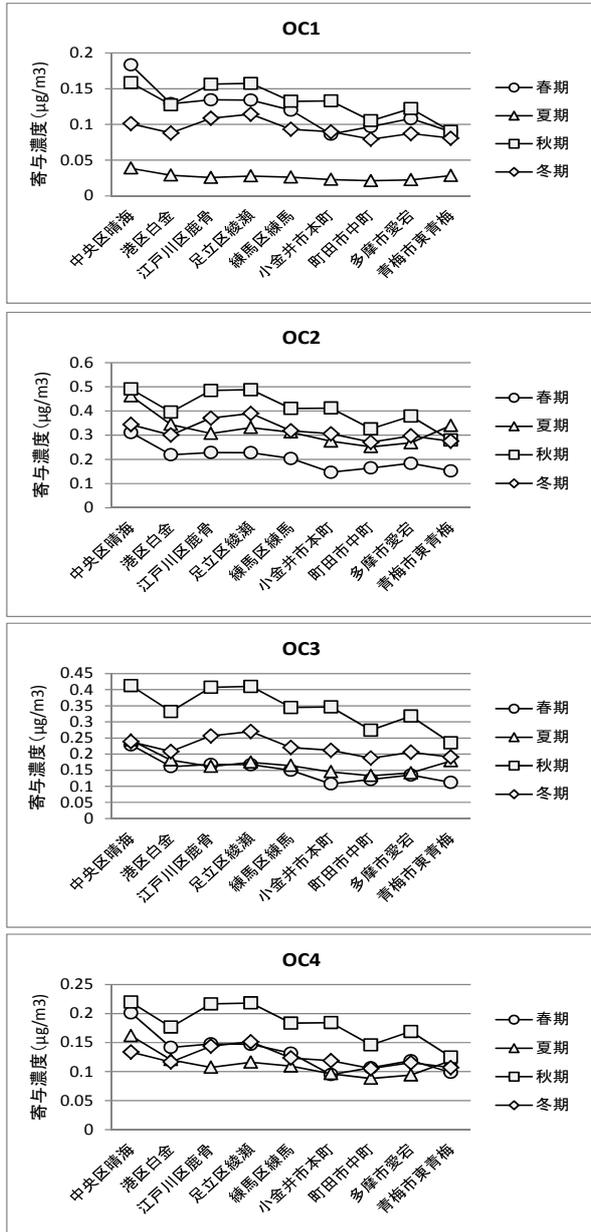


図1 有機炭素成分フラクシオン別の自動車等の寄与濃度

等に起因するOC1フラクシオン濃度は低濃度ではあるが、
都心部から郊外に向かうに従って低下する傾向にある。
季節的には秋期が高く、夏期が低い結果となった。OC2
フラクシオン濃度も都心部から郊外に離れるに従って低

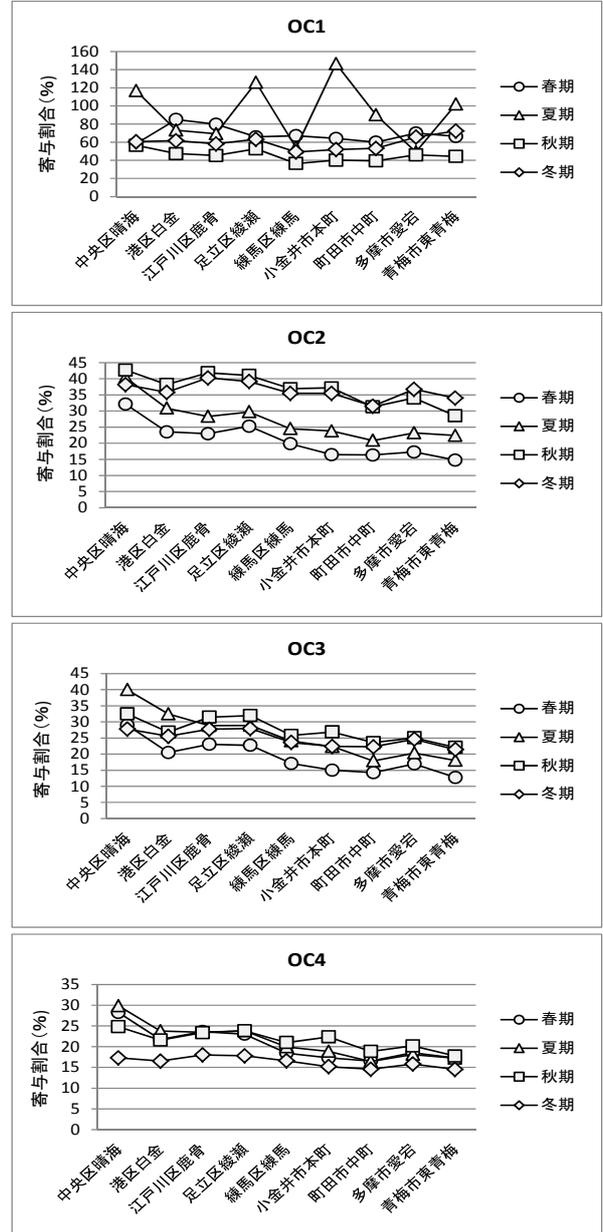


図2 有機炭素成分フラクシオン別の自動車等の寄与割合

い傾向であった。なお、Pyroフラクシオンについては自
動車等からは排出されないと仮定している。

(3) 有機炭素成分フラクシオンへの自動車等寄与割合
有機炭素成分フラクシオン別の自動車等の寄与割合

を図2に示した。また、表4には都内の平均の寄与割合を示した。OC1フラクションについては、自動車等の寄

表4 有機炭素成分フラクション別の自動車等の平均寄与割合 (%)

	OC1	OC2	OC3	OC4
区部	66	33	27	22
多摩部	66	26	20	17
都内	66	30	24	20

与濃度が特に夏期に低濃度であることもあり、この時期は寄与割合の推定値が100%を超えてしまう結果も見られたが、これを除けば、春期が高く、秋期が低い傾向であった。OC2フラクションは自動車等の寄与濃度の高い成分であるが、この寄与割合は区部で高く、都心部から離れるに従って低くなる傾向であった。区部では自動車等の寄与割合が平均で33% (29~38%)、多摩部で平均26% (25~28%) であり、都内平均では30%であった。季節的には秋期から冬期が高く、春期が低い傾向であった。OC3フラクションについても自動車等の寄与濃度の高い成分であり、この寄与割合は都心部で高く、郊外が低いという関係であった。区部では自動車等の寄与割合が平均27% (23~32%)、多摩部で平均20% (19~22%) であり、都内平均で24%であった。季節的には秋期が高く、春期が低い傾向であった。OC4フラクションの自動車等の寄与割合も地域的には前二者と同様の傾向であり、区部ではこの寄与割合が平均22% (同19~25%)、多摩部で平均17% (17~18%) であり、都内平均では20%であった。季節的には秋期がやや高く、冬期が低い傾向であった。

4 まとめ

(1) 東京都が実施した一般環境と道路沿道における環境濃度の実測値から一般環境における有機炭素成分フラクション濃度への自動車等の寄与濃度を推計した。ここで推計した各有機炭素成分フラクションの自動車等の寄与濃度の和は、CMB法による推定値と概ね一致したので、有機炭素成分への自動車等の寄与濃度をフラクション別に検討した。

(2) 有機炭素成分への自動車等寄与濃度は、各有機炭素成分フラクションとも、都心部で高く、郊外に離れるに

従って低くなる傾向であった。季節的には秋期が高い傾向であり、OC1及びOC4フラクションは夏期が低く、OC2フラクションは春期が低かった。OC3フラクションは春期及び夏期が低かった。

(3) 有機炭素成分への自動車等寄与割合は、OC2フラクションでは都内平均で30%、OC3フラクションでは24%であり、またOC4フラクションでは20%であった。OC1フラクション以外は都心部で高く、都心部から離れるに従って低下する傾向であった。季節的には秋期が高い傾向であり、OC2及びOC3フラクションは春期が低く、OC4フラクションでは冬期が低かった。

参考文献

- 1) 秋山薫ら、PM_{2.5}に含まれる炭素成分の特徴—炭素フラクション特性—、東京都環境科学研究所年報2010、pp.137-140
- 2) 秋山薫ら、PM_{2.5}に含まれる炭素成分の発生源について、東京都環境科学研究所年報2011、pp.137-138
- 3) 三好猛雄ら、PM_{2.5}大気環境調査について、東京都環境科学研究所年報2009、pp.110-113
- 4) 環境省、大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 測定方法暫定マニュアル 改訂版 (2007)
- 5) ムラタ計測器サービス株式会社：平成20年度 環境省請負業務結果報告書「平成20年度 微小粒子状物質等実測調査 (データ解析 (発生源寄与濃度の推計) 報告書)」(2009)