

〔報告〕

# PM<sub>2.5</sub>に含まれる炭素成分の発生源について

秋山 薫 上野 広行 横田 久司 石井 康一郎 三好 猛雄\*

内田 悠太 樋口 幸弘 鈴木 智絵\*\* 伊藤 雄一\*\*\*

(\*現・国立環境研究所 \*\*非常勤研究員 \*\*\*東京都環境局都市地球環境部)

## 1 はじめに

大気中の微小粒子状物質（以下、PM<sub>2.5</sub>と言う）の主要な成分である、炭素成分のフラクションの特徴については前報<sup>1)</sup>に報告した。ここでは、それら炭素成分フラクションの発生源について検討し、幾つかの知見を得たので報告する。

## 2 調査方法

調査は都内の17地点で、季節ごとに実施した。炭素成分の分析は、「大気中微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）測定方法暫定マニュアル（改訂版）」<sup>2)</sup>に準拠し、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1に示した。詳細は、前報に報告したとおりである。

表1 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°C	He
OC2	250°C	He
OC3	450°C	He
OC4	550°C	He
EC1	550°C	98%He+2%O <sub>2</sub>
EC2	700°C	98%He+2%O <sub>2</sub>
EC3	800°C	98%He+2%O <sub>2</sub>

PM<sub>2.5</sub>の発生源寄与濃度の推定は、表2に示した発生源プロファイル<sup>3)</sup>を用いて、CMB法の一つ、線形計画法（6発生源、7項目及び質量濃度）で行った。なお、表2には有機炭素の発生源プロファイルも示してある。

表2 発生源プロファイル (%)

	自動車	重油燃焼	廃棄物焼却	鉄鋼工業	道路粉塵	海塩
元素状炭素	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

## 3 結果

### (1) 元素状炭素の発生源

線形計画法を用いて推定した、PM<sub>2.5</sub>についての発生源寄与濃度と発生源寄与濃度の推定に用いた元素状炭素の発生源プロファイル（表2）、及び環境における、PM<sub>2.5</sub>中の元素状炭素濃度から、元素状炭素の自動車に由来する割合を次式のように求めた。

元素状炭素についての 自動車の寄与割合(%)		
= 自動車の寄与濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	× 元素状炭素についての 自動車の発生源 プロファイル(%)	÷ 環境における 元素状炭素濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

計算で求めた年平均寄与割合 (n=68、17地点の4季節)を表3に示した。表3には、自動車の寄与割合の算出と同様に求めた、各発生源の寄与割合も示してある。この計算結果から、元素状炭素の9割弱は自動車に由来していると推定される。

表3 炭素成分の発生源寄与割合の年平均値 (%)

	自動車	重油燃焼	廃棄物焼却	鉄鋼工業	道路粉塵	海塩
元素状炭素	87.4	10.0	2.0	0.1	0.5	0.0
有機炭素	21.8	0	0	0	1.1	0

次に、発生源寄与濃度と炭素成分フラクション濃度との相関係数を表4に示した。(EC1-Pyro)は元素状炭素の主要なフラクションであり、元素状炭素の3/4近くを占める<sup>1)</sup>が、自動車寄与濃度と強い相関関係が認められた。この両者の関係を図1に示した。これらの結果から(EC1-Pyro)フラクションの主要な発生源は自動車であることが確認された。

なお、EC2濃度についても自動車寄与濃度と相関関係が認められ (P<0.01)、この成分も自動車にも由来するものと思われる。

表4 発生源寄与と濃度と炭素成分濃度との単相関表

	OC1	OC2	OC3	OC4	Pyro	EC1-Pyro	EC2	EC3
自動車	0.49	0.53	0.59	0.52	-0.05	0.97	0.48	-0.30
重油燃焼	-0.56	0.16	-0.70	-0.71	-0.75	-0.25	0.29	0.48
廃棄物焼却	0.10	0.02	0.37	0.50	0.34	0.44	-0.19	-0.40
鉄鋼工業	0.59	0.16	0.60	0.67	0.13	0.56	-0.28	-0.37
道路粉塵	0.01	-0.66	-0.16	0.16	0.31	-0.22	-0.24	-0.12
海塩	-0.55	-0.20	-0.70	-0.56	-0.63	-0.29	0.14	0.32

注:   は相関あり(P<0.01)  
 Pyroは元素状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

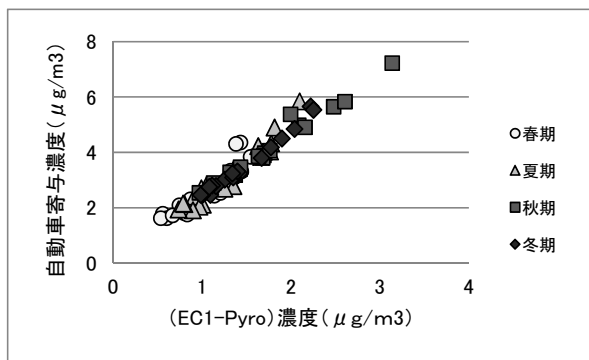


図1 自動車寄与濃度と(EC1-Pyro)濃度との関係

重油燃焼由来は元素状炭素の1割を占めるが、成分濃度の高い (EC1-Pyro) やEC2フラクションとは相関関係が認められなかった(P<0.01)。

(2) 有機炭素の発生源

有機炭素の発生源寄与割合については、元素状炭素の場合と同様に算定し、表3に示してある。算定結果によれば、有機炭素の2割強が自動車に由来し、1%が道路粉塵に由来する。残りの8割弱は二次生成か、未知の発生源に由来していると推定される。

自動車寄与濃度はOC1からOC4の各フラクション濃度と正の相関関係が認められる(p<0.01)。相関係数の最も高いOC3濃度と自動車寄与濃度の関係を図2に示した。Pyroフラクションを除く有機炭素の各フラクションは、全体でも有機炭素の2割程度に過ぎないが、この部分は自動車にも由来しているものと考えられる。

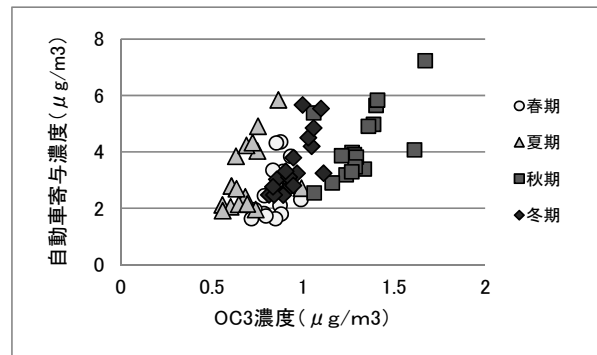


図2 自動車寄与濃度とOC3濃度との関係

4 まとめ

- (1) 元素状炭素の発生源寄与割合の推定結果によれば、元素状炭素の9割弱は自動車に由来する。元素状炭素の3/4近くを占める (EC1-Pyro) フラクションは、自動車寄与濃度との強い相関関係が認められ、自動車に由来することが確認された。
- (2) 同様に、有機炭素の発生源は8割弱が二次生成あるいは未知の発生源に由来し、2割強が自動車に由来する。OC1からOC4の有機炭素フラクションは自動車寄与濃度と相関関係が認められ (P<0.01)、自動車にも由来しているものと考えられる。

参考文献

- 1) 秋山薫ら、PM<sub>2.5</sub>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) 環境省、大気中微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 測定方法暫定マニュアル 改訂版 (2007)
- 3) 三好猛雄ら、CMB法によるPM<sub>2.5</sub>発生源寄与割合の推定、東京都環境科学研究所年報2011、pp. 16-22