

CMB 法による重油燃焼寄与推定に関する考察

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_{2.5}と言う）の発生源対策を進める上で、PM_{2.5}の発生源寄与割合の把握が重要な課題となっている。関東地方環境対策推進本部大気環境部会浮遊粒子状物質調査会議の2008年の夏期の調査によれば、PM_{2.5}に関して発生源寄与割合が大きい発生源は自動車であり、次いで重油燃焼と指摘されている¹⁾。しかし、同調査では、都内の江東区の調査地点で自動車寄与割合よりも重油燃焼寄与割合の方が高くなる例が報告されている。また、都外においても東京湾岸近くの調査地点にあつては同様の事例が幾つか示されている。

そこで、東京都が同年に実施したPM_{2.5}に関わる調査から、重油燃焼の指標元素と言われているバナジウム濃度と、レセプターモデルの一つであるCMB法で推定した重油燃焼寄与濃度について、季節特性や地域の特徴などを検討し、若干の知見を得たので報告する。

2 調査方法

東京都のPM_{2.5}に関わる調査は、都内の17地点で、4季節について実施した²⁾。各季節は、調査期間が14日間であり、この間毎日捕集した。捕集ろ紙の水溶性成分の分析はイオンクロマトグラフ法で、炭素成分の分析はサーマルオプティカル・リフレクタンス法で行った。金属成分の分析については、中性子放射化分析法で行った。

発生源寄与濃度の推定は表1の発生源プロファイル³⁾を用いて、前記の報告書¹⁾と同様に線形計画法(6発生源、7項目及び質量濃度)で行った。

表1 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(EC)	49.4	30	5	0.5	1.28	0.0000028
バナジウム(V)	0.000725	0.638	0.0027	0.0125	0.0108	0.0000058
カリウム(K)	0.0197	0.085	20	1.32	1.27	1.1
マンガン(Mn)	0.00193	0.012	0.033	2.2	0.106	0.0000058
アルミニウム(Al)	0.157	0.21	0.42	0.999	6.11	0.000029
カルシウム(Ca)	0.146	0.085	1.1	4.51	5.52	1.17
ナトリウム(Na)	0.00764	1	12	1.36	1.25	30.4

3 結果

(1) バナジウム濃度と重油燃焼寄与濃度

PM_{2.5}に含まれるバナジウム濃度とCMB法によって推定された重油燃焼寄与濃度との関係を図1に示した。都内17地点（一般環境9地点、道路沿道8地点）での4季節（n=68、1季節は14日間の、毎日の測定値の平均値）の調査例であるが、バナジウム濃度と重油燃焼寄与濃度とは強い相関関係が認められた。バナジウムについては重油燃焼の指標元素と言われているが、ここでの発生源寄与の推定結果からも、そのことが改めて確認された。

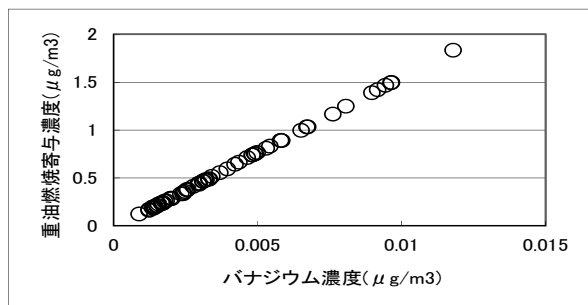


図1 バナジウム濃度と重油燃焼寄与濃度

(2) 重油燃焼寄与濃度の季節特性

湾岸部の中央区晴海における、発生源寄与の推定にあたって用いた元素濃度の季節特性を図2に示した。図2によれば、バナジウム濃度は、夏期が高く、秋期、冬期が低い特徴的な傾向を示した。この傾向は、ナトリウム濃度についてもわずかながら認められた。

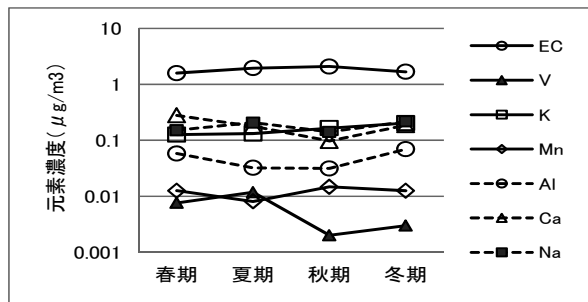


図2 中央区晴海での元素濃度の季節特性

同様に、中央区晴海における発生源寄与濃度の季節特性を図3に示した。図2に示したバナジウム濃度の季節特性から予想されるように、重油燃焼寄与濃度は夏期が高く、秋期、冬期が低くなる傾向であった。この傾向は海塩寄与濃度にも幾分認められた。この両者の季節特性は、他の発生源の寄与濃度の季節的傾向とは明らかに異なっていた。

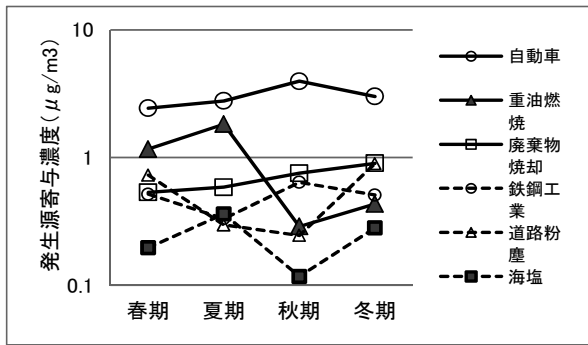


図3 中央区晴海での発生源寄与濃度の季節特性

(3) 重油燃焼寄与濃度の地域的特徴

海からの風が入り込む夏期における重油燃焼寄与濃度の地域的特徴を把握するために、一般環境大気汚染測定局の調査地点のうち、湾岸部の中央区晴海から概ね西の内陸部の方向に約5 km離れた港区白金、同様に約25 km離れた小金井本町、約50 km離れた青梅市東青梅を対象にして、濃度変化について比較検討した。図4には元素濃度の地域的特徴を示した。バナジウム濃度は、湾岸部から遠ざかるにつれて減少する傾向にある。この傾向は、ナトリウム濃度にも認められた。

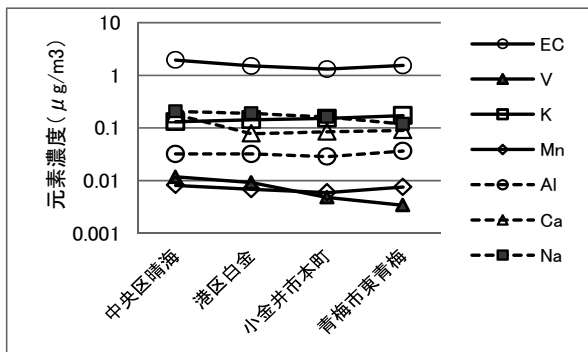


図4 夏の元素濃度の地域的特徴

次に、夏期における、同地点での発生源寄与濃度の地域的特徴を図5に示した。バナジウム濃度と同様に、重油燃焼寄与濃度は湾岸部から遠ざかるにつれて減少する傾向にあった。この傾向は海塩寄与濃度にも認められた。

この両者以外の発生源寄与濃度については地域変化が少なかった。

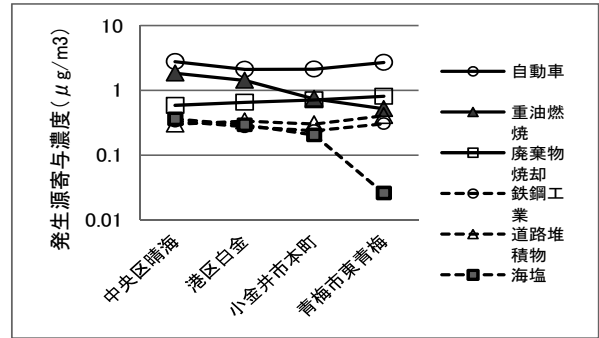


図5 夏の発生源寄与濃度の地域的特徴

(4) 夏の重油燃焼寄与濃度と調査期間の平均気温

夏期の場合について、中央区晴海での1日の調査日ごとの重油燃焼寄与濃度(14日間、n=14)とその調査日の調査期間(概ね当日の9時半から翌日の9時)の平均気温(気象庁大手町)との関係を図6に示した。調査期間の平均気温が高いと重油燃焼寄与濃度は高くなる傾向が推測され、両者の間には相関関係が認められた(P<0.01)。

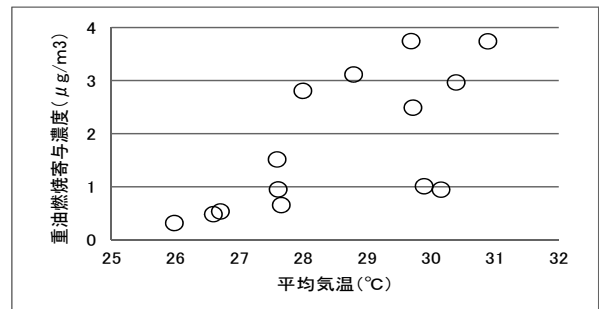


図6 中央区晴海での重油燃焼寄与濃度と平均気温

このように、海を発生源とする海塩粒子は季節的には南風の吹く夏期が高く、地域的には湾岸部で高い。重油燃焼粒子も海塩粒子と同様に、南風が吹く夏期が高い季節特性があり、湾岸部が高い地域的特徴がある。しかし、海塩粒子の寄与濃度は、最も高濃度となる夏期と最も低い秋期とを比較して、3倍程度の濃度差があるに過ぎなかった。一方、重油燃焼寄与濃度の場合には、濃度の高い夏期と濃度の低い秋期とでは6倍強の濃度差が認められた。これは、海塩粒子のように夏期の高濃度が南風の影響によるばかりではなく、重油燃焼粒子の発生量そのものが夏期には秋期に比べて増大している可能性を示していると考えられる。加えて、湾岸部の地点では、

夏期には気温が上昇すると重油燃焼寄与濃度が増加する傾向が認められる。このような重油燃焼粒子の特性は、都内周辺では湾岸部に重油燃焼発生源が多いこと、夏期には冷房等で電力使用量が增大することと合致しているように考えられる。

しかし、夏期の場合、中央区晴海や港区白金では重油燃焼寄与濃度が自動車寄与濃度の7割近くに達することが推定され、これが実態を反映しているのかどうか、今後検討が必要である。

なお、自動車寄与濃度と重油燃焼寄与濃度との関係を図7に示した。図から、先に述べた浮遊粒子状物質調査会議の報告例¹⁾ほどではないが、夏期以外の季節にも重油燃焼寄与濃度が高い場合には自動車寄与濃度が低く推定される例も認められる。この一因としては、もしPM_{2.5}中でも低濃度のバナジウム分析値が実際の重油燃焼分よりも高めに得られた場合には、図1から明らかなようにバナジウムの分析値に見合う重油燃焼寄与濃度が算定されること、また発生源寄与の推定結果によれば、PM_{2.5}中の元素状炭素はほぼ全量が各発生源に振り分けられているので、あたかも算定された重油燃焼寄与濃度に相当する元素状炭素の残りから自動車寄与濃度が推定されるかのように算定されていることに因ると考えられる。自動車と重油燃焼は発生源プロフィール(表1)の元素状炭素の含有割合が特に高いので、このような場合には、結果として、重油燃焼寄与濃度は実際よりも高めに、自動車寄与濃度は実際よりも低めに推定されていることになると考えられる。

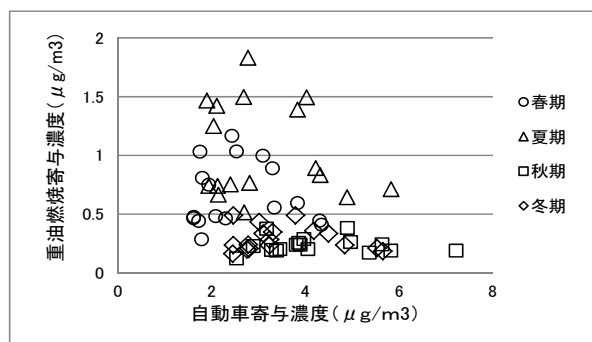


図7 自動車寄与濃度と重油燃焼寄与濃度との関係

人為起源の自動車と重油燃焼は、PM_{2.5}の主要な発生源であり、CMB法により妥当な発生源寄与の推定値が得られているかどうか、更に検討を加える必要がある。今後は、環境中のPM_{2.5}に含まれるバナジウム濃度などの指標元素

の分析値の正確さが要求されると共に、発生源プロフィールについても東京の発生源の実態を反映しているものに更新して行くことが求められている。

4 まとめ

- (1) 重油燃焼寄与濃度とバナジウム濃度とは強い相関関係が認められた。
- (2) 重油燃焼寄与濃度は夏期が高く、秋期、冬期が低くなる季節特性があり、地域的には湾岸部が高く、湾岸部から遠ざかるにつれて低くなる傾向であった。
- (3) これらのことは、湾岸部に重油燃焼発生源が多いこと、夏期には冷房等で電力使用量が增大することと合致しているように考えられる。
- (4) しかし、この発生源寄与で推定された重油燃焼寄与濃度は自動車寄与濃度の7割近くに達する場合もあり、実態を反映しているのかどうかについて、今後更に検討が必要である。

参考文献

- 1) 関東地方環境対策推進本部大気環境部会浮遊粒子状物質調査会議、平成20年度浮遊粒子状物質合同調査報告書 (CD版)
- 2) 三好猛雄ら、PM_{2.5}大気環境調査、東京都環境科学研究所年報2009、pp. 110-113
- 3) 三好猛雄ら、CMB法によるPM_{2.5}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