

報告 (Note)

神奈川県における PM2.5 の季節変動と高濃度時の特徴について (2)
 -CMB 解析結果-

武田麻由子, 小松宏昭
 (調査研究部)

Seasonal variations and characteristics of high concentration events of PM2.5
 in Kanagawa prefecture (2) -results of CMB method-

Mayuko TAKEDA and Hiroaki KOMATSU
 (Research Division)

キーワード : PM2.5, CMB 法, 発生源寄与

1 はじめに

平成 21 年 9 月に微小粒子状物質 (以下「PM2.5」という。) の環境基準が設定されたことを受け, 平成 22 年 3 月 31 日に改正された「大気汚染防止法第 22 条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について (平成 13 年 5 月 21 日環管大第 177 号, 環管自第 75 号)」では, PM2.5 の原因物質の排出状況の把握及び排出インベントリの作成, 大気中の挙動や二次生成機構の解明等, 科学的知見の集積を踏まえたより効果的な対策の検討を行うため, 地方自治体は質量濃度の測定に加え, 国が別途定めるガイドライン¹⁾に基づき, 成分分析を行うこととしている。

これを受け, 神奈川県では, 平成 23 年度から自動濃度測定機による PM2.5 の質量濃度の測定と成分分析を開始し, PM2.5 の汚染実態についての現状把握及び解析を行っているところである。PM2.5 の効果的な削減対策を推進するためには, 発生源に関する情報が必須であるため, 併せて発生源寄与の推定についても検討してきた。

観測された成分組成や濃度変動を基に, その濃度に影響を及ぼしたであろう各種発生源の寄与濃度を統計的に推定するレセプターモデルを用いた発生源寄与の推定法²⁾のうち, 発生源プロファイルと観測データセットの質量収支から寄与率を求める CMB (Chemical Mass Balance) 法を用いた。平成 23~25 年度

の 3 か年のデータについて CMB 法による発生源寄与の推定を行い, 季節変動や高濃度時の特徴について検討したので, その結果を報告する。

2 解析方法

解析ソフトはアメリカ合衆国環境保護庁 (EPA) の CMB8.2³⁾を用いた。CMB 法を用いた発生源寄与の推定には観測データセットと発生源プロファイルが必要である。

2.1 観測データセット

観測地点は一般環境大気測定局の大和市役所 (以下「大和」という。), 自動車排ガス測定局の茅ヶ崎駅前交差点 (以下「茅ヶ崎」という。) 及び研究局の西丹沢犬越路測定局 (以下「犬越路」という。) の 3 地点とした。この 3 地点において, 平成 23~25 年度の四季成分分析期間及び平成 25 年度に発生した夏季高濃度日に PM2.5 を採取した。調査日及び調査地点を表 1 及び図 1 に示す。

採取した PM2.5 について, 質量濃度及びイオン成分, 無機元素成分, 炭素成分をそれぞれ測定した (分析方法の詳細は前報⁴⁾参照)。測定した成分のうち, イオン成分と無機元素成分の両方で測定値があるものは, イオン分析の値を採用した。

2.2 発生源プロファイル

発生源プロファイルは東京都微小粒子状物質検討会報告書⁵⁾で使用されたものを基礎と

表 1 調査日の詳細

調査日	調査地点	欠測日
成分分析 期間	平成 23 年 5 月 16 日～29 日	大和（市街地） 茅ヶ崎：5 月 28～29 日
	7 月 25 日～8 月 7 日	茅ヶ崎（市街地）
	11 月 7 日～20 日	
	平成 24 年 1 月 30 日～2 月 12 日	
高濃度	平成 24 年 5 月 9 日～22 日	大和（市街地）
	7 月 25 日～8 月 7 日	茅ヶ崎（市街地）
	10 月 23 日～11 月 5 日	犬越路（山間地）
	平成 25 年 1 月 22 日～2 月 4 日	
高濃度	平成 25 年 5 月 8 日～21 日	大和（市街地） 大和：11 月 3～4 日
	7 月 24 日～8 月 6 日	茅ヶ崎（市街地） 犬越路：10 月 25 日， 27 日， 28 日， 30 日，
	10 月 23 日～11 月 5 日	犬越路（山間地） 11 月 2～5 日，
	平成 26 年 1 月 22 日～2 月 4 日	1 月 22～23 日
高濃度	平成 25 年 8 月 7 日～19 日	大和（市街地） 茅ヶ崎（市街地）

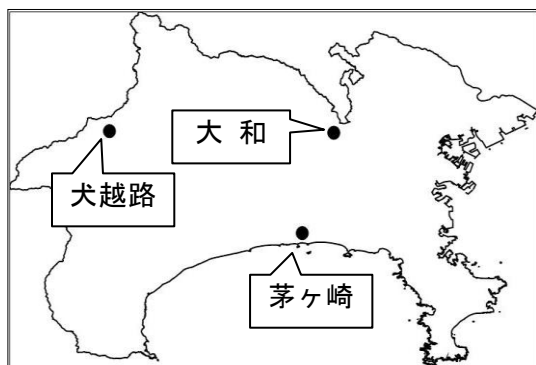


図 1 調査地点

- 大和：大和市役所（一般局・市街地）
- 茅ヶ崎：茅ヶ崎駅前交差点
（自排局・市街地）
- 犬越路：西丹沢犬越路測定局
（研究局・山間地）

して用いた。このプロファイルにおけるフィッティング成分は、EC, OC, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, NH₄⁺, Al, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Zn, As, Se, Br, Sb, La の 21 成分である。ただし、ほぼ不検出であった Sc 及び測定を行っていない Br についてはフィッティング成分から除いた。また、平成 23 年度については、La も未測定のため除いた。CMB 法は通常、発生源と観測点において組成が一定であることが前提となっており、OC,

SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺は二次生成粒子由来のものが多く含まれると推定されるため、フィッティングの対象としないのが慣例であるが、前報⁶⁾同様二次生成粒子もフィッティング成分に入れて計算した。すなわち、フィッティング成分は Sc, Br を除く 19 成分（平成 23 年度は La も除き 18 成分）とした。

また、このプロファイルにおける発生源は、環境省の調査などで使用されている 7 発生源（自動車排出ガス、重油燃焼、廃棄物焼却、海塩粒子、土壌・道路粉じん、鉄鋼工業、ブレーキ粉じん）に、東京都が行った平成 20～21 年度の発生源調査結果から求めた植物質燃焼等を加えた 8 発生源である。今回は、前述のとおり OC, SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺をフィッティング成分に入れて計算することを試みたため、さらに、硫酸アンモニウム ((NH₄)₂SO₄) 及び硝酸アンモニウム (NH₄NO₃)、有機炭素 (OC) を発生源として採用し、計 11 発生源で寄与率の推定を行った。

3 解析結果及び考察

3. 1 経年変化

CMB 法を用い、表 1 に示す成分分析期間の各日（欠測日を除く）について、日ごとの発生源別の寄与を算出した。続いて、地点別の

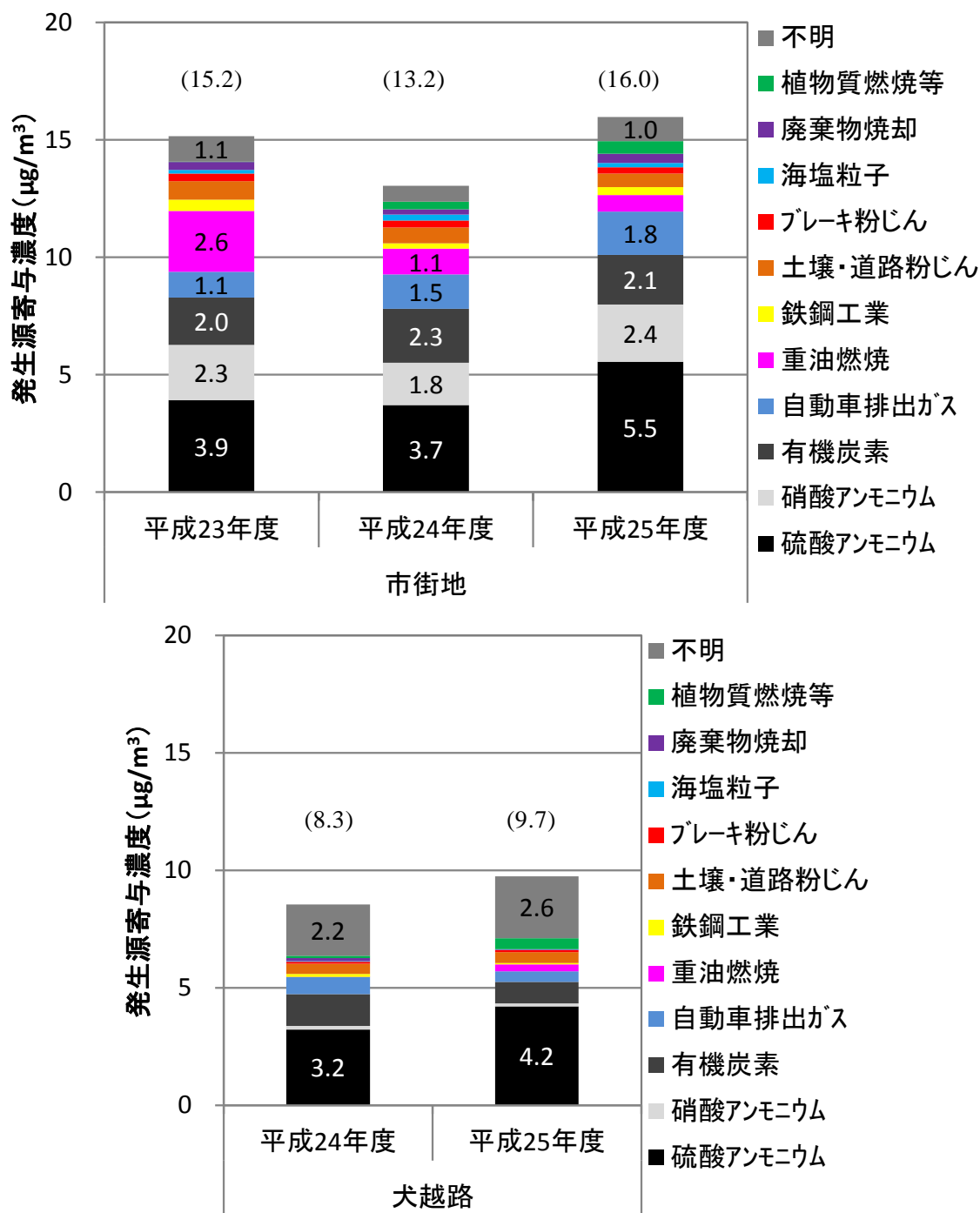


図2 市街地及び犬越路のPM2.5に及ぼす発生源寄与濃度の年平均値

() 内の数値はPM2.5の年平均値を示す。

棒グラフ中の数値は1 μg/m³以上の寄与をもつ発生源の寄与濃度を示す。

年度平均値（成分分析期間56日間の平均値）を算出した。また、大和と茅ヶ崎は概ね同様の解析結果であったため、平均して市街地とした。以下の解析においても同様とする。

図2に市街地及び犬越路におけるPM2.5質量濃度の年度平均値及びPM2.5に及ぼす発生

源寄与濃度の年度平均値を示す。神奈川県在市街地では、PM2.5質量濃度の年度平均値は平成23～25年度でそれぞれ15.2 μg/m³、13.2 μg/m³、16.0 μg/m³であった。前述のとおり、ここでいう年度平均値は成分分析期間56日間の平均値であるが、参考のため環境基準と

比較すると、長期基準の年平均値 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を下回っていたのは平成 24 年度のみであった。

PM2.5 に及ぼす各発生源の寄与を見ると、硫酸アンモニウム、硝酸アンモニウム及び有機炭素を合わせた二次生成粒子の PM2.5 全体に占める割合は、平成 23～25 年度でそれぞれ 56%、58%、63% であり、年度によらず 50% を上回っていた。硫酸アンモニウムが最も寄与が大きく、平成 23～25 年度でそれぞれ $3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (26%)、 $3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (28%)、 $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (35%) であった。硝酸アンモニウム及び有機炭素は年度による寄与の変化が比較的小さかった。

自動車排出ガス、重油燃焼、鉄鋼工業、自動車粉じん、土壌・道路粉じん、ブレーキ粉じん、海塩粒子、廃棄物焼却、植物質燃焼を合わせた一次粒子の PM2.5 全体に占める割合は、平成 23～25 年度でそれぞれ 37%、37%、30% であり、重油燃焼、自動車排出ガス、土壌・道路粉じんの寄与が大きかった。重油燃焼は年度によって寄与が大きく異なり、平成 23～25 年度でそれぞれ $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (17%)、 $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8%)、 $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4%) であり、平成 23 年度が突出して大きかった。一方、自動車

排出ガス及び土壌・道路粉じんは年度による寄与の変化が比較的小さかった。

以上のことから、神奈川県の市街地において、PM2.5 の質量濃度の年度による変動に大きく寄与しているのは硫酸アンモニウムと重油燃焼であることが示唆された。

一方、犬越路では、PM2.5 質量濃度の年度平均値は平成 24～25 年度でそれぞれ $8.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $9.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、長期基準の年平均値 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく下回っていた。PM2.5 に及ぼす各発生源の寄与を見ると、二次生成粒子の PM2.5 全体に占める割合は、平成 24～25 年度でそれぞれ 56%、53% であり、市街地同様、年度によらず 50% を上回っていた。硫酸アンモニウムの寄与が最も大きく、単独で 40% 前後の寄与があった。一方、硝酸アンモニウムの寄与はほとんど見られなかった。一次粒子の PM2.5 全体に占める割合は、平成 24～25 年度でそれぞれ 18%、20% であり、市街地に比べて寄与は小さくなっていた。平成 24 年度は自動車排出ガスが $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (9%)、土壌・道路粉じんが $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (5%)、平成 25 年度は自動車排出ガス、土壌・道路粉じん、植物質燃焼等がいずれも $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (5%) と

表 2 市街地及び犬越路の発生源寄与の比較 (平成 24～25 年度平均値, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

上表：二次生成粒子 下表：一次粒子

	硫酸 アンモニウム	硝酸 アンモニウム	有機炭素						
市街地	4.6	2.1	2.2						
犬越路	3.6	0.1	1.1						
犬越路/ 市街地	0.8	0.1	0.5						
	自動車 排出ガス	重油 燃焼	鉄鋼 工業	土壌・ 道路 粉じん	ブレーキ 粉じん	海塩 粒子	廃棄物 焼却	植物質 燃焼等	不明
市街地	1.7	0.9	0.3	0.6	0.3	0.2	0.3	0.4	0.9
犬越路	0.6	0.1	0.1	0.4	0.1	0.0	0.1	0.3	2.4
犬越路/ 市街地	0.4	0.1	0.3	0.7	0.3	0.1	0.2	0.6	2.8

なっていた。また、市街地と異なり、不明成分の寄与が年度によらず 25%を超えていた。

表 2 に市街地及び犬越路の双方のデータがある平成 24～25 年度について、PM2.5 に及ぼす発生源寄与の比較を示した。硫酸アンモニウムは、市街地における寄与に対する犬越路における寄与の比が 0.8 であり、近傍に人為起源のない犬越路においても相当の寄与が見られることから、広域汚染によるものと考えられた。同様に、土壌・道路粉じん（寄与比 0.7）や有機炭素（同 0.5）についても広域汚染の要素が強いことが示唆された。一方、植物質燃焼及び自動車排ガスは、寄与比がそれぞれ 0.6 及び 0.4 であり、犬越路においても都市部の約半分の寄与が見られたが、これらについては広域汚染というよりは、発生源が神奈川県内の広範囲に存在するため、犬越路へも輸送されやすかったと考えられる。一方、重油燃焼（寄与比 0.1）、鉄鋼工業（同 0.3）、廃棄物焼却（同 0.2）は犬越路における寄与が小さく、発生源が犬越路から離れた都市域に限定されている可能性が示唆された。硝酸アンモニウムについては、市街地における寄与に対する犬越路における寄与が 0.1 と極めて小さく、その前駆物質である窒素酸化物は自動車排ガスと同様に神奈川県内の広範囲に

発生源が存在すると考えられるが、犬越路へは輸送されないことが示された。

3. 2 季節変動

CMB 法を用いて算出した表 1 に示す各日の発生源別の寄与から、季節ごとに大和及び茅ヶ崎については 3 年分の、犬越路については 2 年分の平均値を算出した。図 3 及び図 4 に市街地及び犬越路における PM2.5 の季節別平均質量濃度及び PM2.5 に及ぼす季節別平均発生源寄与濃度を示す。

神奈川県の市街地では、PM2.5 の平均質量濃度は春季、夏季、秋季、冬季でそれぞれ 15.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、14.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、13.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、15.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、秋季に若干小さいものの、概ね 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後であった。市街地における二次生成粒子の PM2.5 全体に占める割合は、それぞれ 57%、54%、60%、64%であり、年間を通して 50%を上回っていた。その内訳は季節によって異なり、春季及び夏季は硫酸アンモニウムの寄与割合が最も大きく、春季及び夏季でそれぞれ 5.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (34%)、5.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (38%) であった。次いで有機炭素であり、それぞれ 2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (13%)、1.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (12%) であった。秋季は硫酸アンモニウム (3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (26%))、有機炭素 (2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (18%))、

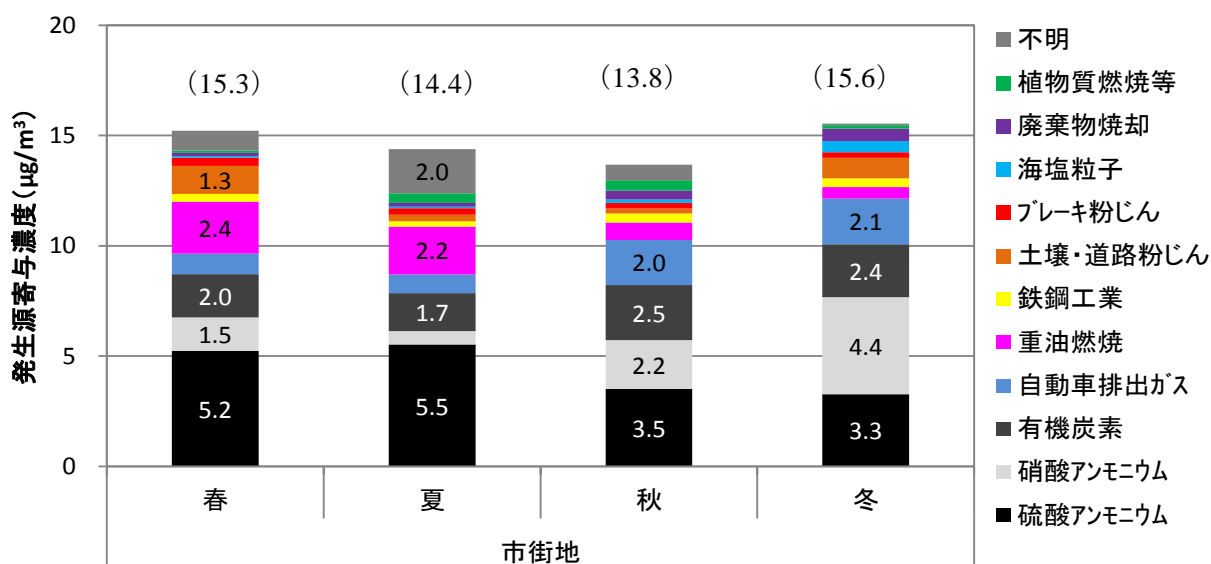


図 3 市街地における PM2.5 に及ぼす発生源寄与濃度の季節変動 (平成 23～25 年度の平均値)

() 内の数値は PM2.5 の年平均値を示す。

棒グラフ中の数値は 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の寄与をもつ発生源の寄与濃度を示す。

硝酸アンモニウム (2.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (16%)) がほぼ同程度の寄与を示していた。一方冬季は、硝酸アンモニウムの寄与が最も大きく 4.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (28%) であり、次いで硫酸アンモニウム 3.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (21%), 有機炭素 2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15%) の順であった。

市街地における一次粒子のPM2.5全体に占める割合は、春季、夏季、秋季、冬季でそれぞれ37%, 32%, 35%, 35%であった。その内訳は季節によって異なり、春季は重油燃焼寄与が最も大きく 2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (16%) であり、次いで土壌・道路粉じんが 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8%) であった。夏季は重油燃焼が最も大きく 2.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15%) であった。三好ら⁷⁾はCMB法で行った発生源解析において、東京都区部において、南寄りの風が吹く夏季に重油燃焼が大きくなったとしている。また、中坪ら⁸⁾が兵庫県姫路市の調査データを用い、PMF法で行った発生源解析結果においても春季(9%)及び夏季(17%)に重油燃焼の寄与が大きかったとしている。その原因として、重油を燃料とする船舶の影響を大きく受けたと推測されたとしている。いずれも南側に大きな港湾がある都市部であり、神奈川県においても同様に船舶の影響を受けている可能性が示唆された。

秋季及び冬季は自動車排出ガスが最も大き

く、それぞれ 2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15%), 2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (13%) であった。また、夏季には不明成分の寄与も大きく、2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (14%) を占めていた。

一方、犬越路では、PM2.5の平均質量濃度は季節によって大きく異なっていた。犬越路では夏季にPM2.5の質量濃度が大きく 12.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、続いて春季で 10.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 秋季、冬季は小さく、それぞれ 6.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 5.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。犬越路における二次生成粒子のPM2.5全体に占める割合は、春季、夏季、秋季、冬季でそれぞれ62%, 51%, 49%, 60% であり、春季、冬季に割合が大きく、夏季、秋季に小さい傾向が見られた。その内訳は、季節によらず硫酸アンモニウムの寄与が最も大きく、春季及び冬季はそれぞれ 4.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (46%), 2.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (41%) と40%を超える寄与があった。夏季及び秋季はそれぞれ 4.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (36%), 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (37%) であった。有機炭素は季節によらず11~15%の寄与を示していた。一方、硝酸アンモニウムは、冬季に 0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7%) の寄与がみられるものの、その他の季節ではほとんど寄与はなかった。

犬越路における一次粒子のPM2.5全体に占める割合は、春季、夏季、秋季、冬季でそれぞれ21%, 15%, 22%, 23%であった。その内訳は、春季及び冬季に土壌・道路粉じんの

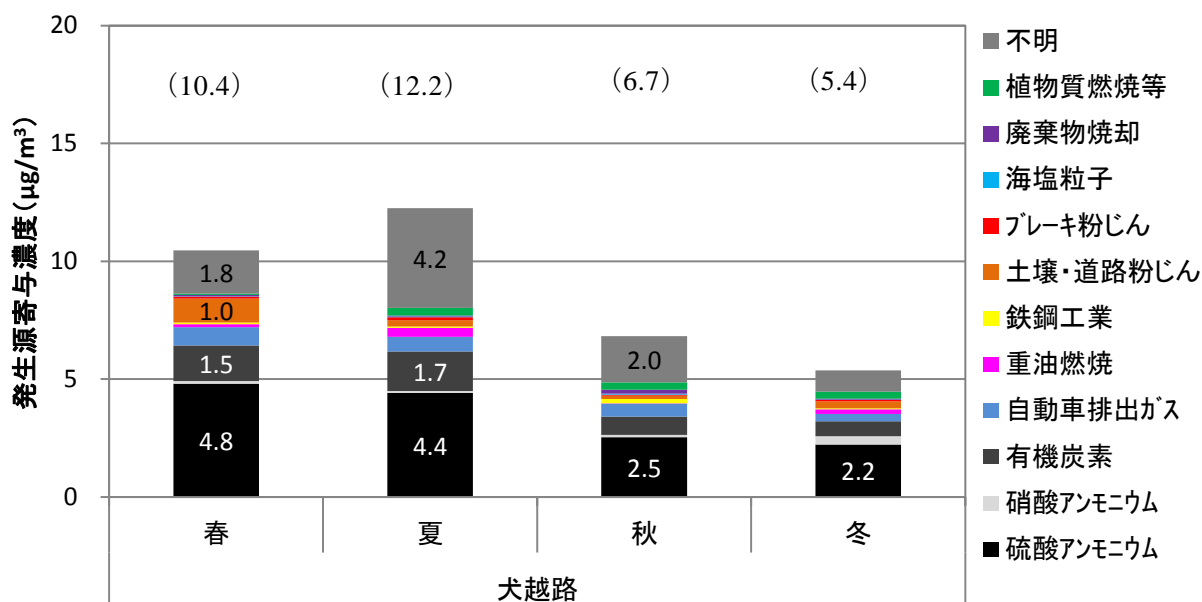


図4 犬越路におけるPM2.5に及ぼす発生源寄与濃度の季節変動 (平成24~25年度の平均値)

() 内の数値はPM2.5の年平均値を示す。

数値は1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の寄与をもつ発生源の寄与濃度を示す。

表3 高濃度日の詳細

	調査日	観測地点	PM2.5 質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		調査日	観測地点	PM2.5 質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	成分分析期間	平成24年 2月6日	大和 茅ヶ崎		39.2 35.2	高濃度	平成25年 8月9日	大和 茅ヶ崎
平成24年 5月9日		茅ヶ崎	36.9	平成25年 8月10日	大和 茅ヶ崎		46.6 43.3	
平成24年 7月26日		茅ヶ崎	36.6	平成25年 8月11日	茅ヶ崎		36.1	
平成25年 11月3日		茅ヶ崎	41.5	平成25年 8月12日	大和 茅ヶ崎		36.4 35.6	
平成26年 2月2日		大和 茅ヶ崎	37.5 36.2					

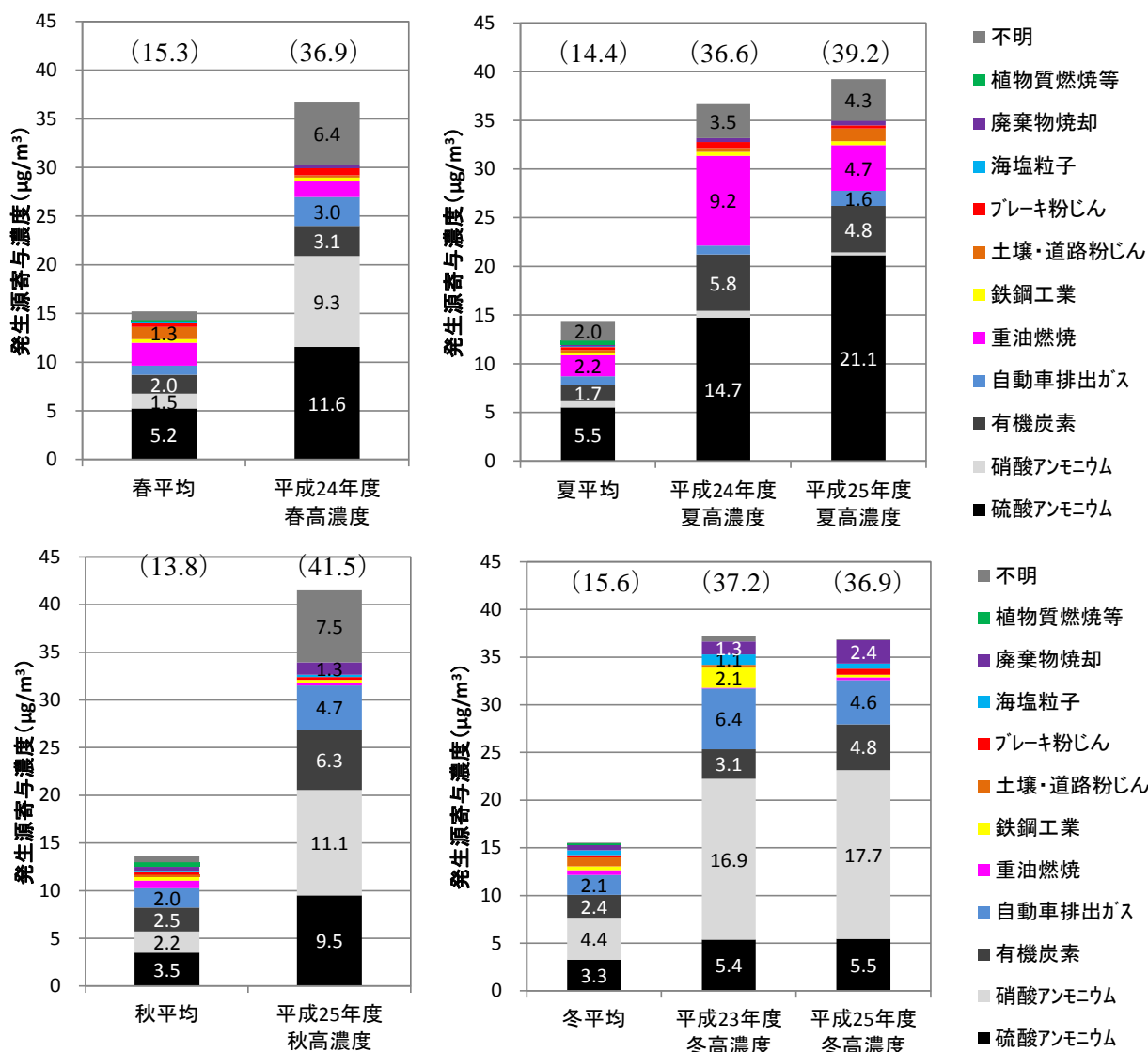


図5 市街地における高濃度日 (>35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) のPM2.5に及ぼす発生源寄与率

数値は1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の寄与をもつ発生源の寄与濃度を示す。

寄与が大きく、それぞれ $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (10%)、 $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (6%) であった。また、季節によらず自動車排出ガスの寄与も見られた。秋季及び冬季には植物質燃焼の寄与も見られた。これは3. 1で述べたように、発生源が神奈川県内の広範囲に存在するため、犬越路へも輸送されやすかったためと考えられる。土壌・道路粉じんは、犬越路でも寄与が見られ、市街地、犬越路ともに春季及び冬季に寄与が大きくなっていった。この傾向は他の地域においても見られる^{8,9)}ことから、黄砂の影響を含んでいることが示唆された。

犬越路における不明分は夏季に最も大きく、 $4.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (35%) を占めていた。夏季には不明分と有機炭素に弱い相関が見られ ($R^2=0.41$)、有機炭素の寄与濃度が高い時に不明分が大きい傾向が見られた。このことから、不明分には光化学生成による二次有機炭素が影響していることが示唆されるが、詳細は不明であった。

3. 3 高濃度日の特徴

表3に環境基準の短期基準である $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高濃度となった日の詳細を示す。大和及び茅ヶ崎のいずれかで高濃度となった日は、成分分析期間中では平成23年度冬季、平成24年度春季及び夏季、平成25年度秋季及び冬季にそれぞれ1日ずつ見られた。また平成25年度夏季成分分析期間終了後に4日観測された。犬越路では高濃度日は観測されなかった。

図5に市街地におけるPM2.5に及ぼす各季節平均の発生源寄与濃度と、当該季節における高濃度日の発生源寄与濃度(平成25年度夏季高濃度については平均値)を示した。春季に発生した高濃度事例では、特に硝酸アンモニウムの寄与濃度が増加していた。また、硫酸アンモニウムも寄与濃度が増加しており、全国一般局の日平均値の推移を見ると(図6)、5月7日から9日にかけてPM2.5濃度の高濃度域が西から東に移動していた。このことから、広域汚染由来の硫酸アンモニウムに地域発生源由来の硝酸アンモニウムが加算されて高濃度になったと考えられる。

夏季に発生した高濃度事例では、硫酸アンモニウム、有機炭素及び重油燃焼の寄与濃度が増加しており、全国一般局の日平均値の推

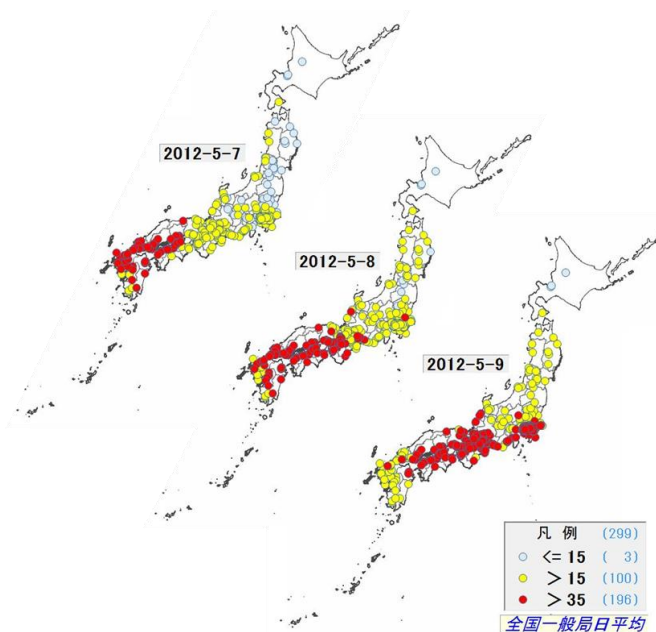


図6 全国一般局の日平均値推移
(平成24年度春季高濃度日)

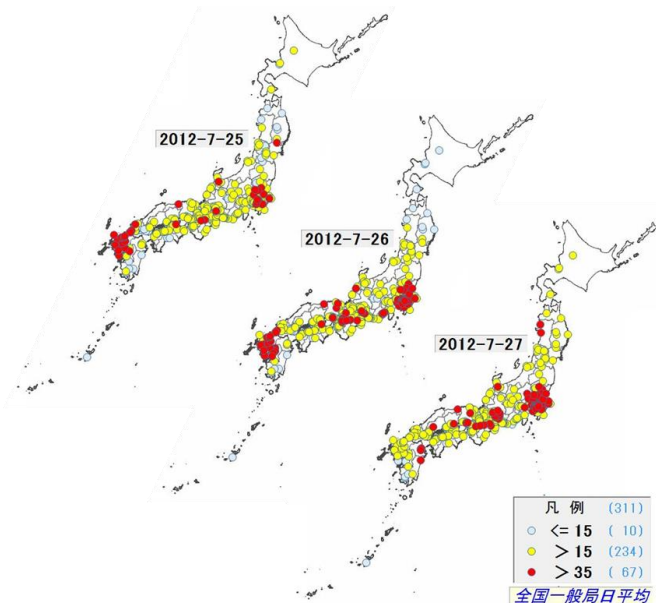


図7 全国一般局の日平均値推移
(平成24年度夏季高濃度日)

地図データ©国土地理院
作図：国立環境研究所
「見え見えくん」

移(平成24年度夏季の例)を見ると(図7)、それぞれ大都市圏で高濃度となっていることから、地域発生源由来の汚染物質から、盛んな光化学反応によってPM2.5が生成され、累積的に高濃度になったと考えられた。

秋季及び冬季に発生した高濃度事例では、

特に硝酸アンモニウムの寄与濃度が増加していた。自動車排出ガスの寄与濃度も増加していた。いずれの事例においても、夜間に接地逆転層の形成が確認されており、大気汚染物質が滞留しやすい状況であった。また降雨による相対湿度の上昇のため、硝酸イオンの生成が促進され、PM2.5が高濃度となったと考えられた。

4 おわりに

東京都微小粒子状物質検討会報告書⁵⁾で使用されたものを改変した発生源プロファイルと、平成23～25年度に一般局の大和、自排局の茅ヶ崎及び山間地の犬越路において測定したPM2.5成分分析結果を用い、CMB法によりPM2.5に及ぼす発生源寄与に関する検討を行った。その結果、大和及び茅ヶ崎の市街地と山間地の犬越路におけるPM2.5について、次のことがわかった。

1) PM2.5質量濃度の年度平均値は、市街地では概ね15 µg/m³で推移しており、質量濃度の年度による変動に大きく寄与しているのは硫酸アンモニウムと重油燃焼であることが示唆された。一方、犬越路では、PM2.5質量濃度の年度平均値は9 µg/m³で前後であり、硫酸アンモニウムの寄与が最も大きかった。

2) PM2.5の各季節平均質量濃度は、市街地ではいずれの季節も概ね15 µg/m³前後であった。その内訳は季節によって異なっていた。一方、犬越路では、春夏に平均質量濃度が高く、秋冬は低い傾向が見られ、季節によらず硫酸アンモニウムの寄与が大きかった。

3) 市街地における高濃度日について、春季は広域汚染由来の硫酸アンモニウムに地域発生源由来の硝酸アンモニウムが加算されて高濃度となったことが示唆された。夏季は地域発生源由来の汚染物質から、光化学反応によってPM2.5が生成され、累積的に高濃度になったと考えられた。秋冬では、硝酸アンモニウムと自動車排出ガスの寄与濃度が増加していた。

今後は、各データ等の精度を向上し、より発生源に近い地点のデータ等を追加して検討する必要がある。また、PMF法など、異なる手法による発生源寄与推定結果と比較検討する必要がある。

参考文献

- 1) 環境省：微小粒子状物質 (PM2.5) の成分分析ガイドライン
http://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no_110729001b.pdf (参照：2015.8)
- 2) 微小粒子状物質健康影響評価検討会第5回配布資料
http://www.env.go.jp/air/info/mpmhea_kentou/05/mat01_2-3.pdf (参照：2015.8)
- 3) アメリカ合衆国環境保護庁：CMB8.2
http://www.epa.gov/ttn/scram/receptor_cmb.htm (参照：2015.8)
- 4) 小松宏昭, 武田麻由子, 岡敬一, 辻祥代, 石割隼人：神奈川県における微小粒子状物質 (PM2.5) の特徴について(1) (平成24年度) ～全体傾向について～, 神奈川県環境科学センター研究報告, (36), 11-17 (2013)
- 5) 東京都微小粒子状物質検討会：レセプターワーキング報告書
<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/air/attachment/9%20Receptor%20working%20report.pdf> (参照：2015.8)
- 6) 武田麻由子, 小松宏昭：神奈川県における微小粒子状物質 (PM2.5) の特徴について(1) (平成24年度) (2)CMB法を用いた発生源寄与の推定, 神奈川県環境科学センター研究報告, (36), 18-26 (2013)
- 7) 三好猛雄, 秋山薫, 上野広行, 横田久司, 石井康一郎, 内田悠太, 樋口幸弘, 伊藤雄一：CMB法によるPM2.5発生源寄与割合の推定, 東京都環境科学研究所年報2011, 16-22 (2011)
- 8) 中坪良平, 常友大資, 平木隆年, 島正之, 余田佳子, 斎藤勝美：兵庫県姫路市における大気中粒子状物質及びガス状物質の並行測定(2) -PM2.5の発生源解析-, 兵庫県環境研究センター紀要, (3), 21-25 (2011)
- 9) 辻敬太郎, 大橋泰浩, 吉澤一家, 江頭恭子：山梨県内の微小粒子状物質 (PM2.5) 汚染状況について, 山梨県衛生環境研究所年報, (55), 91-92 (2011)