

平成25年度浮遊粒子状物質 合同調査報告書

関東におけるPM2.5のキャラクタリゼーション（第6報）

（平成25年度調査結果）

平成27年3月

関東地方大気環境対策推進連絡会
浮遊粒子状物質調査会議

まえがき

環境省の「平成 24 年度 大気汚染状況報告書」によれば、平成 24 年度における浮遊粒子状物質の環境基準達成率は、一般局 99.7%、自排局 99.7%となり、平成 23 年度と比較して一般局、自排局とも大幅に改善しました。年平均値の推移については、一般局、自排局とも近年ゆるやかな改善傾向が見られています。

一方、微小粒子状物質（PM_{2.5}）の環境基準達成率は、一般局 135 局（43.3%）、自排局 41 局（33.3%）にとどまっています。また有効測定局数は 435 局（一般局 312 局、自排局 123 局）となり、初めての評価であった平成 22 年度の 46 局（一般局 34 局、自排局 12 局）より大幅に増加しています。

こうした中で、最近では中国の経済発展に伴う深刻な大気汚染がメディアでも問題視され、特に西日本を中心として PM_{2.5} の越境汚染が懸念されています。PM_{2.5} については粒子状物質の中でも特に呼吸器疾患や循環器疾患等の健康影響が指摘されていることから、大気汚染物質の中でも喫緊の対策が求められている重要課題のひとつであり、汚染実態の把握や生成機構の解明が強く求められています。

浮遊粒子状物質に対する広域的な取組として、関東地域の自治体を中心に、昭和 56 年度に、一都三県公害防止協議会を母体とした、1 都 3 県 2 市（東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、横浜市、川崎市）による「南関東浮遊粒子状物質合同調査」が開始され、後に山梨県と千葉市が参加、平成 7 年度に栃木県と群馬県が参加し、1 都 6 県 3 市で構成された「関東 SPM 検討会」にて調査を実施しました。翌年には茨城県、平成 12 年度には長野県と静岡県が参加し、「関東地方環境対策推進本部大気環境部会」の中に「浮遊粒子状物質調査会議」が組織され、継続的な調査を実施しました。その後、平成 15 年度にはさいたま市、平成 18 年度には静岡市、平成 20 年度には浜松市、平成 22 年度には相模原市が加わり、現在の 1 都 9 県 7 市の体制となっています。

このような長い歴史を持つ本調査会議は、平成 19 年度までを一つの区切りとし、平成 20 年度からは、PM_{2.5} に着目した調査を始めました。特に夏季の PM_{2.5} 中の二次生成粒子の高濃度化現象に焦点をあて、広域的な濃度レベルの把握に加え、二次生成粒子成分濃度とその前駆物質を同時に観測、比較し、広域汚染のメカニズムについて検討してきました。

今年度は昨年度に引続き、平成 25 年度に実施した夏季調査の解析結果に加え、年間の高濃度日解析と成分分析データの解析結果を記載しています。

本報告書が、PM_{2.5} に関する新たな一資料として、広く活用して頂ければ幸いです。

最後に、共同調査の実施及び報告書の取りまとめにあたって、御協力をいただいた関係各位に、深く感謝いたします。

平成 26 年度 浮遊粒子状物質調査会議幹事 静岡県

平成 25 年度及び 26 年度 調査会議担当者

茨城県生活環境部環境対策課	小室 俊輔	宮下 勇二	
茨城県霞ヶ浦環境科学センター	宇津野 典彦	前田 良彦	
栃木県環境森林部環境保全課	平山 大輔	加藤 道夫	
栃木県保健環境センター	船渡川 茂		
群馬県環境森林部環境保全課	稲村 功	北村 光弘	
群馬県衛生環境研究所	熊谷 貴美代	田子 博	
埼玉県環境部大気環境課	大島 慎也	池上 真人	
埼玉県環境科学国際センター	米持 真一	長谷川 就一	
千葉県環境生活部大気保全課	黒須 浩	山田 恵子	山本 智史
千葉県環境研究センター	内藤 季和	石井 克巳	
東京都環境局環境改善部計画課	塚田 泰久	田中 浩輔	唐木 良子
(公財)東京都環境整備公社環境科学研究所	秋山 薫	齊藤 伸治	
	星 純也	島田 幸治郎	
神奈川県環境農政局環境部大気水質課	佐藤 裕崇	平井 望	
神奈川県環境科学センター	小松 宏昭	武田 麻由子	石割 隼人
山梨県森林環境部大気水質保全課	小澤 孝司		
山梨県衛生環境研究所	辻 敬太郎	大橋 泰浩	
長野県環境部水大気環境課	町田 哲		
長野県環境保全研究所	中込 和徳	花岡 良信	本間 大輔
静岡県くらし・環境局環境部生活環境課	望月 大介	佐野 充夫	柳 尚仁
静岡県環境衛生科学研究所	三宅 健司	篠原 英二郎	
さいたま市環境局環境共生部環境対策課	太田 恵梨子	谷 友樹	
さいたま市健康科学研究センター	城 裕樹		
千葉市環境保全部環境規制課	八代 和徳	福井 隆弘	
千葉市環境保健研究所	小倉 洋	岡本 誓志	
横浜市環境創造局環境保全部環境管理課	竹生田 昭男	白砂 裕一郎	
	小澤 宏樹	植松 義博	
横浜市環境科学研究所	田邊 孝二	志村 徹	
	小森 陽昇	福崎 有希子	
川崎市環境局環境対策部環境対策課	喜内 博子		
川崎市環境総合研究所	鈴木 義浩	平山 学	
相模原市環境経済局環境共生部環境保全課	小川 恵美	佐藤 祐旭	
相模原市衛生試験所	望月 有	小野瀬 絵里	
静岡市環境局環境創造部環境保全課	望月 智博		
静岡市環境保健研究所	渡邊 真奈美	原 弘	
浜松市環境部環境保全課	池谷 実穂	鶴見 達典	
浜松市保健環境研究所	米澤 真梨子		

目 次

I 本 編

1	はじめに	1
2	調査方法	
2.1	調査時期	2
2.2	参加自治体及び調査解析地点	2
2.3	試料の採取方法及び測定方法	4
3	調査期間中の気象概況	6
4	調査結果	
4.1	粒子状物質濃度	10
4.2	水溶性イオン成分濃度	17
4.3	炭素成分濃度	24
4.4	無機元素成分濃度	36
4.5	発生源寄与の推定	44
4.6	フィルターバック法によるガス状成分、エアロゾル成分濃度	51
4.7	年間を通した PM2.5 高濃度の出現状況	57
5	今後の課題	69

II 資料編

1	試料採取方法	70
2	測定方法及び検出下限・定量下限	73
3	調査期間の常時監視データ	86
4	成分分析測定結果	94
5	調査地点の概況	108
6	精度管理結果	128
7	年間高濃度事象解析（本編 4.7 節）の対象地点	132
8	調査結果の発表及び投稿一覧	133

I 本 編

1 はじめに

本浮遊粒子状物質調査会議は、広域的な課題である微小粒子状物質（以下、PM2.5 という）に対する取り組みの一環として、その汚染実態や発生源等を把握し、今後の対策に資することを目的に、関東甲信静 1 都 9 県 7 市の自治体が共同して調査を行うこととしている。

これまでの本調査会議の調査結果によると、平成 15 年からのディーゼル車運行規制以降の PM2.5 に対する自動車排出ガスの寄与は減少傾向にあるが、二次生成粒子の寄与については顕著な変化が見られていない。特に、夏季における二次生成粒子の高濃度化は関東広域に広がる傾向にあり、二次生成粒子の由来等については解析が必要であることが明らかとなった。

一方、平成 22 年度の環境省の事務処理基準改正により、PM2.5 の成分分析は自動測定機による質量濃度測定と同様に常時監視項目に位置づけられた。平成 25 年度から分析が義務化され、全国の各自治体で分析が行われている。

こうした経緯の中で、本調査会議においては、平成 23 年度試料までは調査会で採取し、採取試料について分析項目毎に担当自治体にて全地点の分析を行っていたが、平成 24 年度以降は原則、各自治体の責任において採取、分析を行い、分析結果を集約し、本調査会議において解析を行うというスタイルへと変更した。

調査解析時期等については、平成 25 年度は一般環境における夏季の梅雨明け後とした。また、PM2.5 調査に加え、一部自治体においてはフィルターパック法により捕集される、二次生成粒子の主な前駆物質と考えられている SO_2 、 HNO_3 、 HCl 、 NH_3 （以降、これらをガス状成分と呼ぶ）、及びエアロゾルと呼ばれる気体中に浮遊する微小な液体又は固体の粒子に含まれる成分の内、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} （以降、これらをエアロゾル成分と呼ぶ）についての調査を実施した。

ここでは、広域的な PM2.5 濃度実態等の把握を中心に、二次生成粒子の成分濃度とその前駆物質成分濃度（ガス状成分濃度）も測定し、夏季を中心とした広域的な二次生成粒子汚染のメカニズムの解明に資することを目的とした。また、他の季節においては自動測定機による PM2.5 の質量濃度測定結果と成分分析結果をリンクさせ、季節別による高濃度要因の解析を行った。

2 調査方法

2.1 調査時期

調査時期は表 2-1-1 のとおり環境省が設定した調査時期（試料捕集期間）に従い、夏季の梅雨明け後の平成 25 年 7 月 24 日（水）から 8 月 7 日（水）の間に 24 時間採取を連続して実施した。また、平成 25 年 7 月 29 日（月）から 8 月 5 日（月）までの 1 週間をコア期間として解析を行った。

表 2-1-1 調査時期（試料採取の開始時刻は原則として 10 時とした）

試料捕集期間	平成 25 年 7 月 24 日（水）～ 8 月 7 日（水）
コア期間	平成 25 年 7 月 29 日（月）～ 8 月 5 日（月）

2.2 参加自治体及び調査解析地点

(1) 参加自治体

調査解析には、関東地方と長野県、山梨県及び静岡県、次の 1 都 9 県 7 市が参加した。茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、長野県、山梨県、静岡県の各都県及びさいたま市、千葉市、横浜市、川崎市、相模原市、静岡市、浜松市の各市

(2) 調査解析地点

調査解析地点名、場所及び担当自治体を表 2-2-1 に、調査解析地点については図 2-2-1 に示した。また、各調査解析地点の周辺の状況については「Ⅱ資料編」に示した。

表 2-2-1 調査解析地点名、場所及び担当自治体について

番号	地点名	場所	担当自治体	番号	地点名	場所	担当自治体
1	土浦	土浦保健所	茨城県	11	大和	大和市役所	神奈川県
2	真岡	真岡市役所	栃木県	12	横浜	磯子区総合庁舎	横浜市
3	前橋	群馬県衛生環境研究所	群馬県	13	川崎	田島測定局	川崎市
4	沼田	沼田市立沼田小学校		14	相模原	相模原市役所	相模原市
5	鴻巣	鴻巣市役所	埼玉県	15	甲府	山梨県衛生環境研究所	山梨県
6	市原	千葉県環境研究センター	千葉県	16	大月	富士・東部建設事務所	
7	勝浦	勝浦市立北中学校		17	長野	長野県環境保全研究所	長野県
8	千葉	千葉市立千城台北小学校	千葉市	18	富士	富士市救急医療センター	静岡県
9	綾瀬	東綾瀬公園	東京都	19	静岡	静岡市立服織小学校	静岡市
10	多摩	愛宕測定局		20	浜松	浜松市立葵が丘小学校	浜松市

(※) さいたま市は調査地点が自排局であったため、本年度は解析対象外とした。

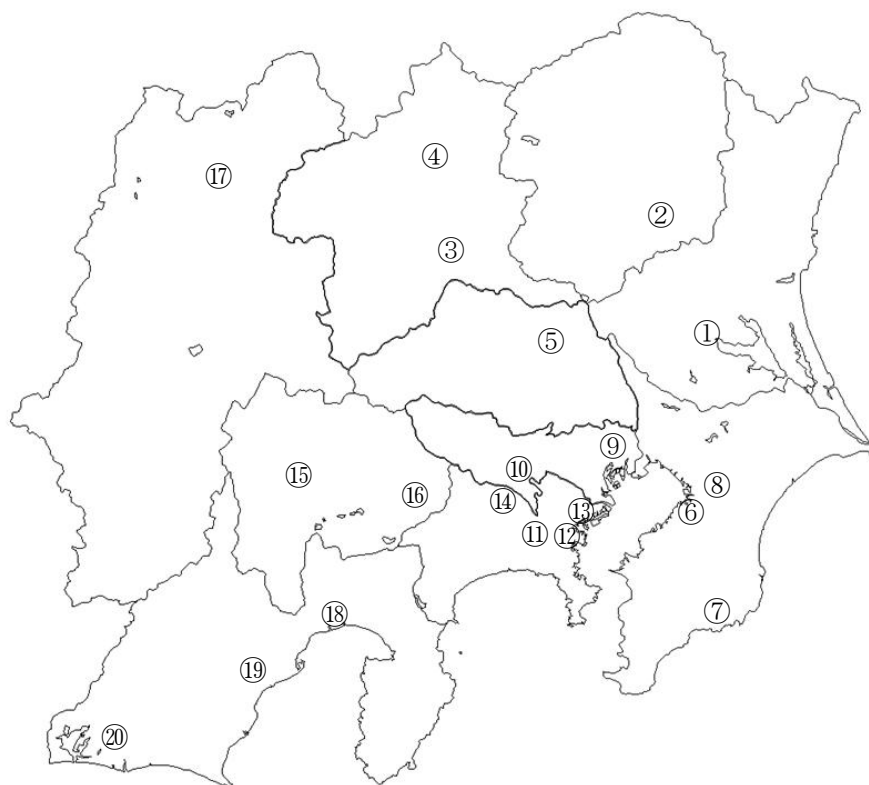


図 2-2-1 調査解析地点

2.3 試料の採取方法及び測定方法

(1) 試料の捕集方法（試料採取方法の詳細は、「Ⅱ資料編」に示した）

- ・ PM2.5 調査：

PTFE ろ紙及び石英繊維ろ紙を装着した PM2.5 サンプラー又はこれと同等なサンプラーを用いて、PM2.5 を捕集した。（使用したサンプラーは、「Ⅱ資料編」に示した）

- ・ フィルターパック法による調査：

ガス状物質についてはフィルターパック法を用いて調査を行った。詳細は資料編「1.2 フィルターパック法による調査」に記した。

(2) 測定項目と測定方法

事務処理基準の改正により、都道府県及び政令市の自治体は平成 25 年度までに PM2.5 の成分分析調査（PM2.5 濃度、水溶性イオン成分、炭素成分[元素状炭素成分、有機炭素成分、一部では水溶性有機炭素成分]及び金属成分を測定する調査）を行うことになっているが、いくつかの自治体では平成 25 年度中には体制が整わなかったため、一部の項目については自治体間の協力により分析を実施した。また、フィルターパック法による調査は、コア期間について実施可能な自治体でガス状成分とエアロゾル成分を測定した。測定項目及び分析実施状況を表 2-3-1 に示した。

また、測定方法は基本的には環境省が平成 24 年 4 月 19 日に策定した「大気中微小粒子状物質(PM2.5)成分測定マニュアル」に準拠しているが、詳細については自治体間で多少違いがある。その後、平成 25 年 6 月 28 日付けでマニュアルの追加と改訂があり、一部については、これを反映した分析が行われている。なお、詳細は、「Ⅱ資料編」に示した。

表 2-3-1 測定項目及び分析実施状況

番号	地点名	質量濃度	イオン	炭素	水溶性 有機炭素 WSOC	無機元素	ガス状物質
1	土浦	○	○	○	○	○	○
2	真岡	○	○	○	○	○	—
3	前橋	※	○	○	○	○	○
4	沼田	※	○	○	○	○	○
5	鴻巣	○	○	○	△	○	○
6	市原	○	○	○	○	○	—
7	勝浦	○	○	○	○	○	—
8	千葉	○	○	○	—	○	—
9	綾瀬	○	○	○	—	○	○
10	多摩	○	○	○	—	○	—
11	大和	○	○	○	○	○	—
12	横浜	○	○	○	△	○	—
13	川崎	○	○	○	○	○	○
14	相模原	○	○	○	—	○	—
15	甲府	※	○	○	△	○	○
16	大月	※	○	○	△	○	—
17	長野	○	○	○	○	○	○
18	富士	○	○	○	△	○	○
19	静岡	○	○	○	△	○	—
20	浜松	○	○	○	—	○	—

注) 「○」: 担当自治体が分析を実施 「△」: さいたま市が分析を担当

「※」: 自動測定機データで代用 「—」: 未測定

3 調査期間中の気象概況

本章では一部を除き、調査期間のうちコア期間について記述する。風速等の観測値について、午前10時を起点に集計した（表3-1）。観測値及び地上天気図¹⁾（午前9時、図3-1）は気象庁ホームページから引用、転載した。観測値は、各気象観測所（つくば、真岡、前橋、熊谷、千葉、東京、横浜、甲府、長野、静岡）の特別値（時間値）を用いた。なお、気象観測所直近の調査地点におけるオキシダント時間最高値は常時監視測定データを引用した（表3-2）。

コア期間中の気象の概要

梅雨入りは、関東甲信地方は6月10日ごろ（平年より2日ほど遅い）、東海地方（静岡県）は5月28日ごろ（平年より11日ほど早い）、梅雨明けは、関東甲信地方は7月6日ごろ（平年より15日ほど早い）、東海地方は7月7日ごろ（平年より14日ほど早い）であった。

コア期間中は雲の広がる日が多く、調査地点の平均気温は平年より低かった地点が多く、日照時間はすべての地点で平年より短かった。また、真岡では8月1日、長野では8月4日、静岡では7月29日及び8月3日にやや強い雨（1時間雨量10mm以上～20mm未満）、前橋では8月4日に激しい雨（1時間雨量30mm以上～50mm未満）が降り、これらの地点のコア期間中の降水量は26.5～80.0mmであった。その他の6地点では2.0～3.5mmであった。

調査期間中に光化学スモッグ注意報の発令はなかった。

参考文献

1) 気象庁ホームページ：<http://www.jma.go.jp/>

表3-1 気象観測所の観測値と調査地点における光化学スモッグ注意報の発令状況

測定日	都県	気象観測所	最多風向	平均風速 (m/s)	平均気温 (℃)	日照時間 (h)	降水量 (mm)	調査地点における 注意報発令の有無	気象観測所直近の 調査地点における オキシダント 時間最高値 (ppb)
7/29 ～ 7/30	茨城県	つくば	北東	1.5	24.5	0.6	3.5	—	45
	栃木県	真岡	北東	1.1	23.9	0.6	5.5	—	36
	群馬県	前橋	北西	1.5	24.2	3.2	3.0	—	41
	埼玉県	熊谷	北東	1.5	24.5	0.9	2.5	—	48
	千葉県	千葉	南西	3.9	26.1	0.0	2.0	—	41
	東京都	東京	南南西	2.2	26.3	0.1	2.5	—	35
	神奈川県	横浜	北	3.1	25.7	1.0	1.0	—	35
	山梨県	甲府	南西	1.3	24.2	0.6	3.0	—	37
	長野県	長野	西	1.9	23.1	0.8	2.0	—	36
	静岡県	静岡	南南西・南西	1.6	25.4	1.4	31.0	—	23

表 3-1 続き

測定日	都県	気 象 観測所	最多風向	平均風速 (m/s)	平均気温 (℃)	日照時間 (h)	降水量 (mm)	調査地点における 注意報発令の有無	気象観測所直近の 調査地点における オキシダント 時間最高値 (ppb)
7/30 ～ 7/31	茨城県	つくば	東	2.3	25.4	4.3	0.0	—	55
	栃木県	真岡	東南東	1.1	25.9	3.2	0.0	—	53
	群馬県	前橋	東南東	2.5	28.0	6.1	0.0	—	90 (7/30 14時)
	埼玉県	熊谷	東	2.4	27.1	4.1	0.0	—	81 (7/30 16時)
	千葉県	千葉	東・東南東	2.8	26.7	1.2	0.0	—	57
	東京都	東京	南南東	2.5	27.9	2.2	0.0	—	116 (7/30 16時)
	神奈川県	横浜	東	2.2	26.7	0.7	0.0	—	92 (7/30 18時)
	山梨県	甲府	南南西	2.3	28.7	7.0	0.0	—	52
	長野県	長野	北	1.9	26.1	7.6	0.0	—	61 (7/30 13,14時)
	静岡県	静岡	南	1.6	28.6	6.6	0.0	—	92 (7/30 18時)
7/31 ～ 8/1	茨城県	つくば	東	2.2	25.1	1.5	0.0	—	48
	栃木県	真岡	東・南南西	1.4	24.7	1.3	14.5	—	60
	群馬県	前橋	東南東	2.8	26.7	3.2	2.0	—	84 (7/31 16,17時)
	埼玉県	熊谷	東北東・東南東	2.6	26.5	1.3	0.5	—	85 (7/31 15時)
	千葉県	千葉	東南東	3.4	26.2	0.2	0.5	—	54
	東京都	東京	南東	2.7	27.5	0.8	0.5	—	109 (7/31 16時)
	神奈川県	横浜	南南東	2.6	26.5	0.6	1.0	—	59
	山梨県	甲府	西北西	2.4	28.9	7.1	0.5	—	65 (7/31 12,13時)
	長野県	長野	西南西	1.7	26.1	3.8	20.5	—	61 (7/31 12時)
	静岡県	静岡	南南東・南西	1.9	28.0	7.3	0.0	—	62 (7/31 15時)
8/1 ～ 8/2	茨城県	つくば	東北東	2.8	23.8	0.9	0.0	—	35
	栃木県	真岡	東北東	1.5	24.0	1.7	5.0	—	60
	群馬県	前橋	東南東	1.9	26.3	1.6	0.5	—	80 (8/1 17時)
	埼玉県	熊谷	東南東・南東	2.3	25.9	2.7	0.0	—	72 (8/1 17,18時)
	千葉県	千葉	北東	3.7	25.8	3.2	0.0	—	67 (8/1 16時)
	東京都	東京	東	2.6	26.5	3.8	0.0	—	96 (8/1 18時)
	神奈川県	横浜	北東	2.4	26.7	5.7	0.0	—	58
	山梨県	甲府	南西	2.4	29.2	11.6	0.0	—	58
	長野県	長野	東北東	2.1	24.5	4.8	5.0	—	48
	静岡県	静岡	東北東	1.9	28.3	5.3	0.5	—	61 (8/1 18時)

表 3-1 続き

測定日	都県	気 象 観測所	最多風向	平均風速 (m/s)	平均気温 (℃)	日照時間 (h)	降水量 (mm)	調査地点における 注意報発令の有無	気象観測所直近の 調査地点における オキシダント 時間最高値 (ppb)
8/2 ～ 8/3	茨城県	つくば	東	2.0	22.7	6.0	0.0	—	35
	栃木県	真岡	東北東	0.9	22.4	3.9	0.0	—	35
	群馬県	前橋	東南東	2.1	25.4	8.3	0.0	—	67 (8/2 16時)
	埼玉県	熊谷	東	2.4	24.8	4.4	0.0	—	51
	千葉県	千葉	東	3.0	24.6	3.2	0.0	—	32
	東京都	東京	南南東	2.2	25.9	4.8	0.0	—	69 (8/2 18時)
	神奈川県	横浜	東	2.3	25.2	4.5	0.0	—	46
	山梨県	甲府	南西	3.1	27.6	7.8	0.0	—	57
	長野県	長野	北東・東北東	2.1	22.4	5.5	2.5	—	36
	静岡県	静岡	東北東	2.0	26.1	3.3	47.0	—	50
8/3 ～ 8/4	茨城県	つくば	南東	1.9	26.2	5.2	0.0	—	69 (8/3 14時)
	栃木県	真岡	東北東	1.4	25.1	4.7	0.5	—	74 (8/3 16時)
	群馬県	前橋	東・北西	2.2	27.2	7.2	0.0	—	71 (8/3 17時)
	埼玉県	熊谷	東北東	2.3	27.3	7.6	0.0	—	82 (8/3 18時)
	千葉県	千葉	南南東	3.4	26.6	7.2	0.0	—	53
	東京都	東京	南	2.7	27.3	6.0	0.0	—	71 (8/3 13,14時)
	神奈川県	横浜	南	2.8	26.2	4.7	0.0	—	66 (8/3 14時)
	山梨県	甲府	南西	2.8	27.5	8.5	0.0	—	44
	長野県	長野	北	1.9	23.0	5.7	0.0	—	42
	静岡県	静岡	南南西	1.5	26.6	5.3	0.0	—	43
8/4 ～ 8/5	茨城県	つくば	南東	2.5	26.9	4.9	0.0	—	56
	栃木県	真岡	北東	1.2	25.9	2.6	1.0	—	73 (8/4 15時)
	群馬県	前橋	北西	1.6	26.5	2.5	46.0	—	61 (8/4 17時)
	埼玉県	熊谷	東北東	1.8	27.4	0.7	0.0	—	69 (8/4 15時)
	千葉県	千葉	南南東	4.5	28.0	9.0	0.0	—	49
	東京都	東京	南	3.7	28.5	3.8	0.0	—	56
	神奈川県	横浜	南南西	4.2	27.9	6.4	0.0	—	39
	山梨県	甲府	南西	3.0	27.9	7.4	0.0	—	46
	長野県	長野	東北東	1.7	25.1	5.1	13.0	—	47
	静岡県	静岡	南	1.8	27.0	3.4	1.5	—	38

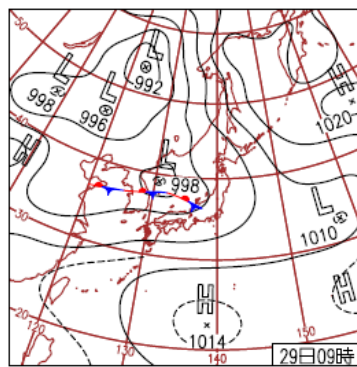
注意報：調査地点を含む地域での光化学オキシダント注意報発令の有無

(○：有り、調査地点名、—：無し)

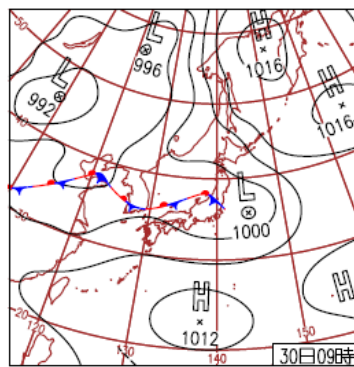
オキシダント時間最高値：60ppb を超えた場合は出現時刻を併記

表 3-2 気象観測所直近の調査地点

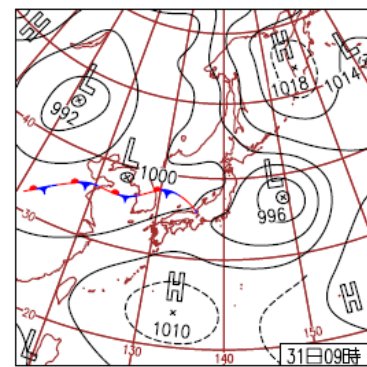
都県	気象観測所直近の調査地点
茨城県	土浦（茨城県土浦保健所）
栃木県	真岡（栃木県真岡市役所）
群馬県	前橋（群馬県衛生環境研究所）
埼玉県	鴻巣（埼玉県鴻巣市役所）
千葉県	千葉（千葉県千葉市立千城台北小学校）
東京都	多摩（愛宕測定局）
神奈川県	磯子（神奈川県横浜市磯子区総合庁舎）
山梨県	甲府（山梨県衛生環境研究所）
長野県	長野（長野県環境保全研究所）
静岡県	羽鳥（静岡県静岡市立服織小学校）



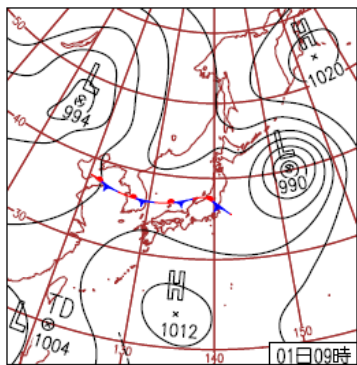
29日(月)北陸で大雨



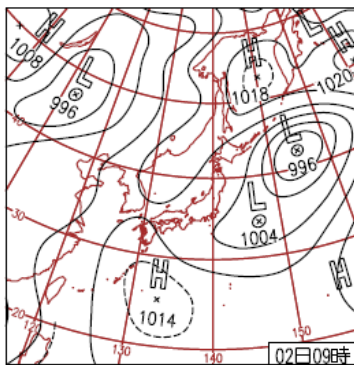
30日(火)本州日本海側 大雨続く



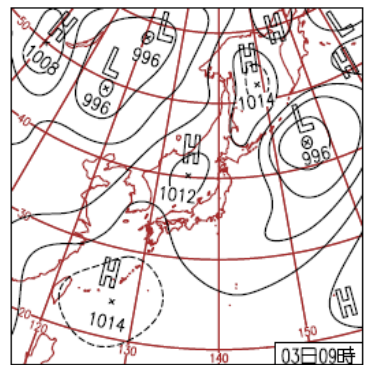
31日(水)台風第9号発生



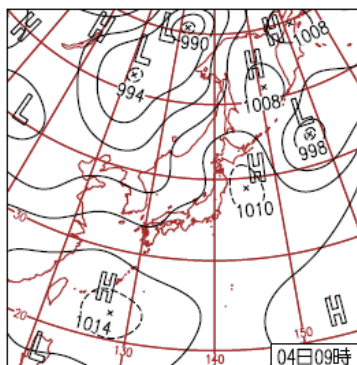
1日(木)山陰・北陸で大雨



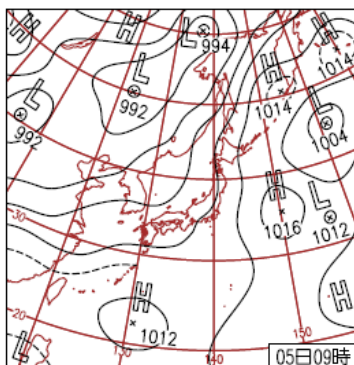
2日(金)東海以西で高温続く



3日(土)北陸、北日本は低温傾向



4日(日)宮城県石巻で震度5強



5日(月)津山で1時間87mmの雨

図 3-1 コア期間中の天気図(平成 25 年 7 月 29 日～8 月 5 日)

4 調査結果

4.1 粒子状物質濃度

本調査では、標準測定（フィルター）法による PM2.5 濃度を平成 25 年 7 月 24 日から 8 月 6 日の 14 日間測定した。また、常時監視測定局の SPM 及び PM2.5 濃度の 1 時間値については標準測定法による PM2.5 濃度と同一時間帯（午前 10 時から翌日午前 10 時迄）の日平均値として集計した。以下に結果を示す。

なお、群馬県の前橋と沼田及び山梨県の甲府と大月、標準測定法による PM2.5 濃度の測定を実施していないため濃度変動解析等には標準測定法のデータの代わりに常時監視の日平均値を使用した。また、川崎は常時監視測定局の PM2.5 濃度が期間中欠測であった。

(1) 標準法による PM2.5 濃度と常時監視による PM2.5 濃度の関係

各調査地点の PM2.5 濃度（標準法：以下、標準という）と PM2.5 濃度（常時監視：以下、常監という）の関係を図 4-1-1 に示す。

PM2.5 濃度（標準）は 4.4～36.0（平均 15.8） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあり、最大値は 7 月 27 日の浜松、最小値は 8 月 2 日の長野であった。

PM2.5 濃度（常監）は 5.6～40.2（平均 18.8） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあり、最大値は 7 月 31 日の大月であり、最小値は 7 月 24 日の沼田であった。

図 4-1-1 から、PM2.5 濃度（常監）は PM2.5 濃度（標準）に対して、傾きが 0.96、切片が 3.74 であった。なお、7 月 26 日の鴻巣では、PM2.5 濃度（常監）は PM2.5 濃度（標準）の 2.4 倍であった。一方、7 月 31 日の真岡では、PM2.5 濃度（常監）は PM2.5 濃度（標準）の 0.47 倍であった。

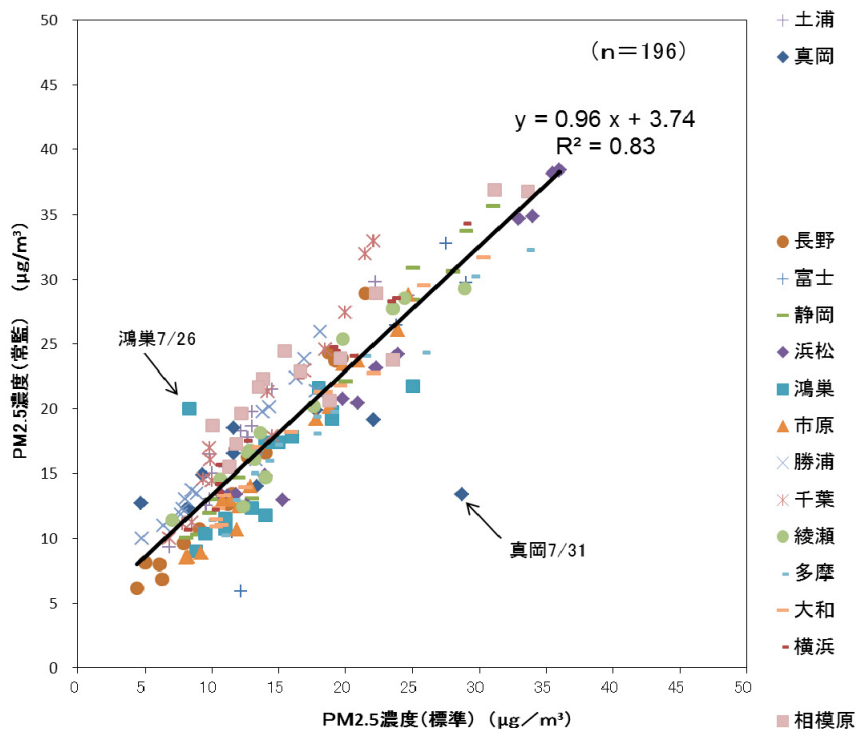


図 4-1-1 PM2.5 濃度(標準)と PM2.5 濃度(常監)の関係

(2) SPM 濃度と PM2.5 濃度（常監）の関係

各調査地点の SPM 濃度と PM2.5 濃度（常監）の関係を図 4-1-2 に示す。

SPM 濃度は 10.7～79.4（平均 32.1） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあり、最大値は、7 月 31 日の市原、最小値は、8 月 3 日の沼田であった。

図 4-1-2 から、PM2.5 濃度（常監）は SPM 濃度に対して、全地点の平均は概ね 0.5 程度となっていたが、地点によっては、PM2.5 濃度（常監）／SPM 濃度が 1.0 を超えるデータとその逆に 0.3 以下となっているデータが混在していた。

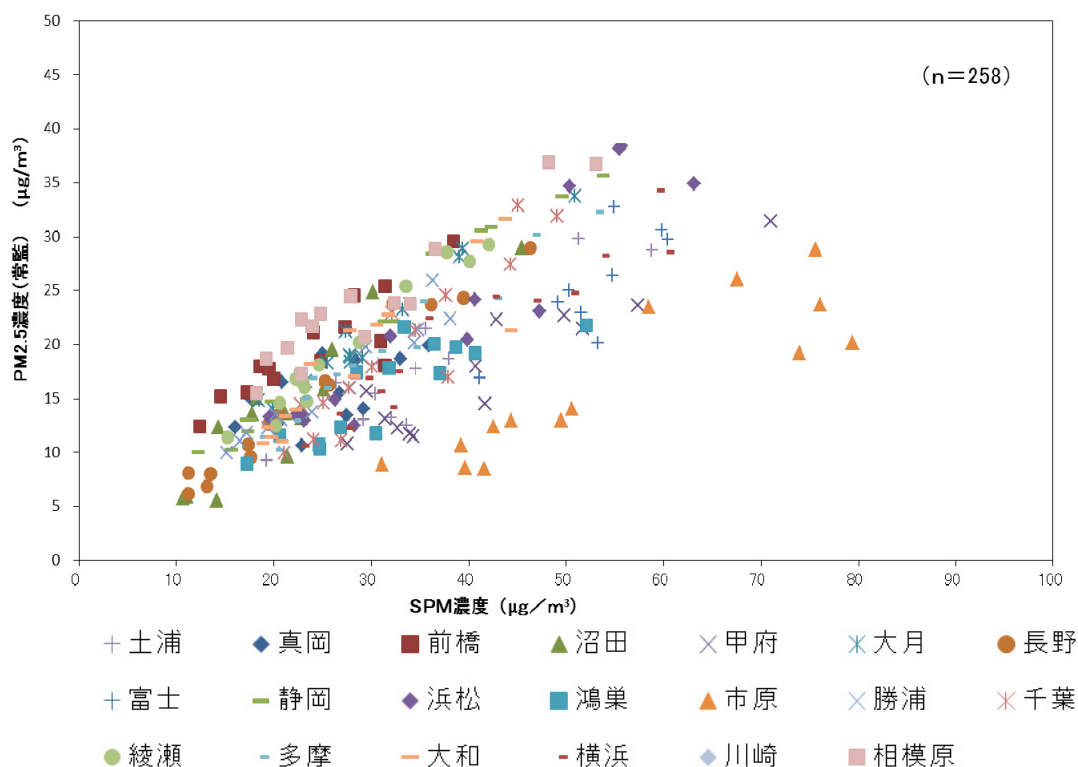


図 4-1-2 SPM 濃度と PM2.5 濃度(常監)の関係

(3) PM2.5 濃度（標準）の調査地点別の期間推移

各調査地点別の PM2.5 濃度（標準）推移を図 4-1-3 に示す。

調査期間中、7 月 27 日、28 日の浜松及び 30 日、31 日の大月、浜松、相模原の濃度が他地点と比較して高かった。一方、30 日、31 日の土浦、勝浦は他地点と比較して濃度が低下した。

7 月 31 日から 8 月 2 日にかけては多くの地点で濃度が低下した。

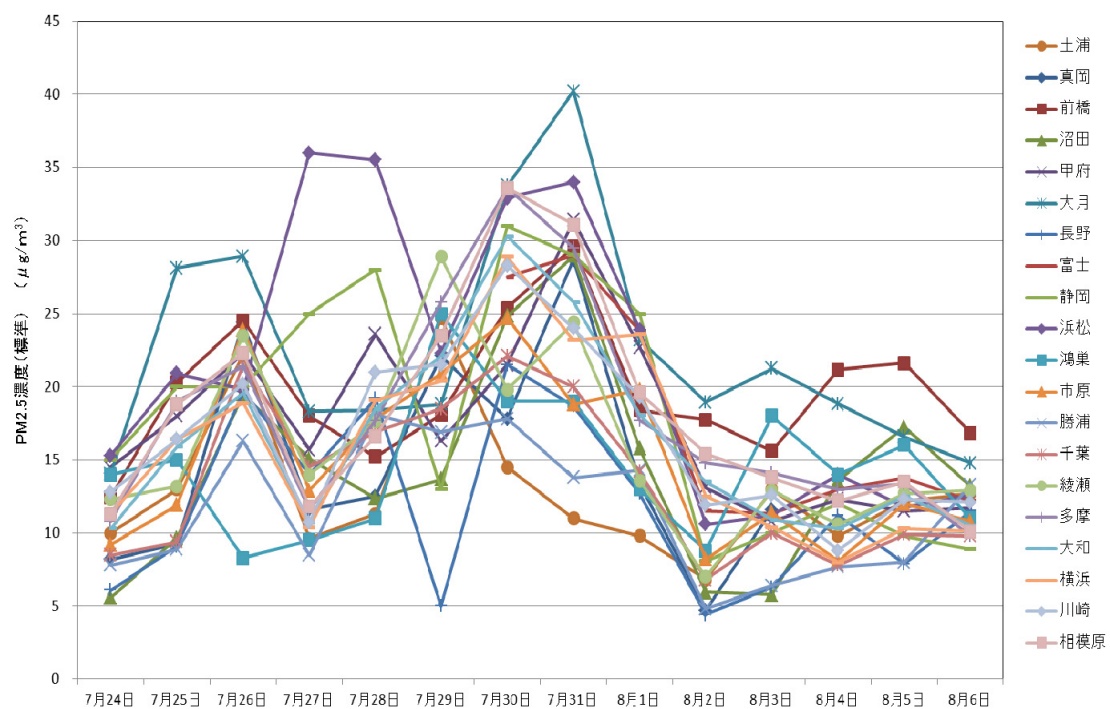


図 4-1-3 PM2.5 濃度(標準)の推移

(4) PM2.5 濃度(標準)の調査期間平均値の地域分布

PM2.5 濃度(標準)の調査期間中 14 日間の平均値は、東京都、神奈川県、静岡県、山梨県が高く、取分け大月と浜松が他地点と比較して高かった。最も濃度が低かったのは長野、勝浦であった。

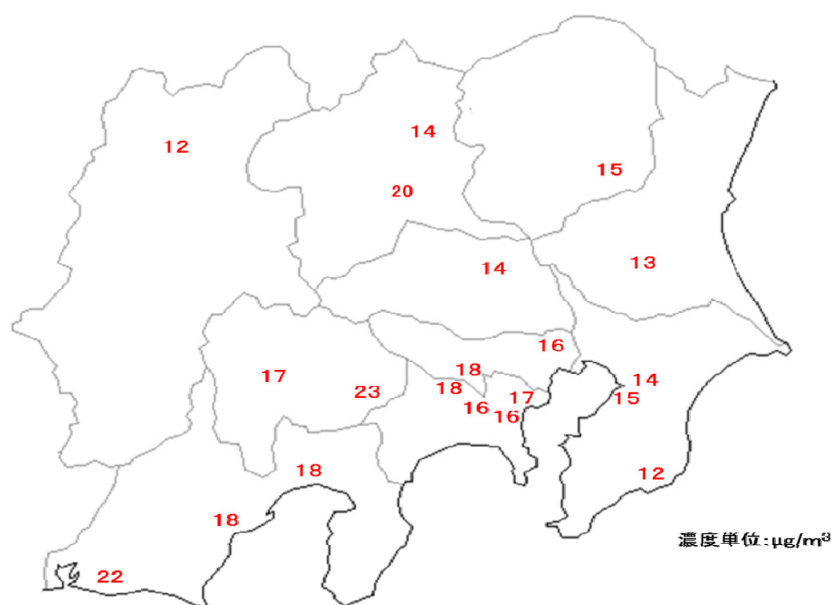


図 4-1-4 PM2.5 濃度(標準)の調査期間平均値の地域分布

(5) SPM 濃度、PM2.5 濃度（常監）及び PM2.5 濃度（標準）の期間推移

SPM 濃度、PM2.5 濃度（常監）及び PM2.5 濃度（標準）に関して、各地点の日平均値の全地点平均値について期間推移を図 4-1-5 に示す。

なお、前橋、沼田、甲府、大月の PM2.5 濃度（標準）及び川崎の PM2.5 濃度（常監）は測定を実施していないため各々のグラフから除外した。

SPM 濃度及び PM2.5 濃度（常監）が高濃度であったのは 7 月 30、31 日であり、PM2.5 濃度（標準）が高濃度であったのは 7 月 30 日、いずれの濃度も低濃度であったのは 7 月 24 日と 8 月 2 日であった。

なお、各濃度ともに日変化パターンは良く一致していた。

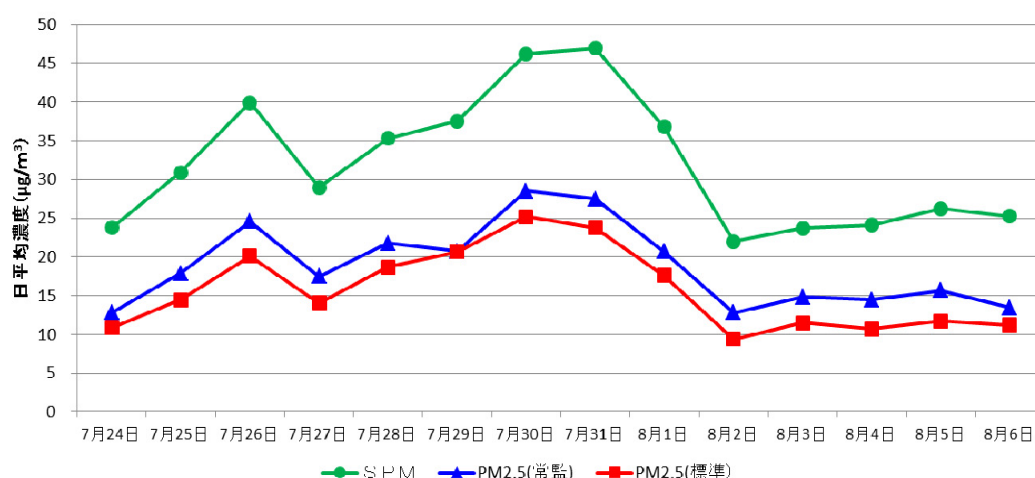


図 4-1-5 SPM、PM2.5 濃度（常監）、PM2.5 濃度（標準）の推移

(6) 質量濃度の妥当性の検証

マスクロージャーモデル（Chemical mass closure model）の手法を用いて、各成分分析値と PM2.5 濃度（標準）の妥当性を検証した。

① イオンバランスの確認

全調査期間中自排局を含めた全調査地点のデータからイオンバランスによる確認を行った結果を図 4-1-6-1 に示す。

なお、検出下限値未満のデータに関しては、検出下限値の 1/2 とした。

陽イオン（ Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ）及び陰イオン（ Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} ）について、陽イオンと陰イオンの各当量濃度合計値の散布図は、傾きが 1.01 であり、 R^2 値は 0.98 と全体的なバランスは良好であった。なお、7 月 26 日の勝浦では、陰イオン当量濃度合計が陽イオンの 1.3 倍であった。

また、陰イオン当量濃度合計／陽イオン当量濃度合計の適用許容範囲である 0.8～1.2（「フィルタによる微小粒子状物質質量濃度測定方法暫定マニュアル（改訂版）」から引用）を超えたデータに関してはマスクロージャーモデルの適用は行わなかった。

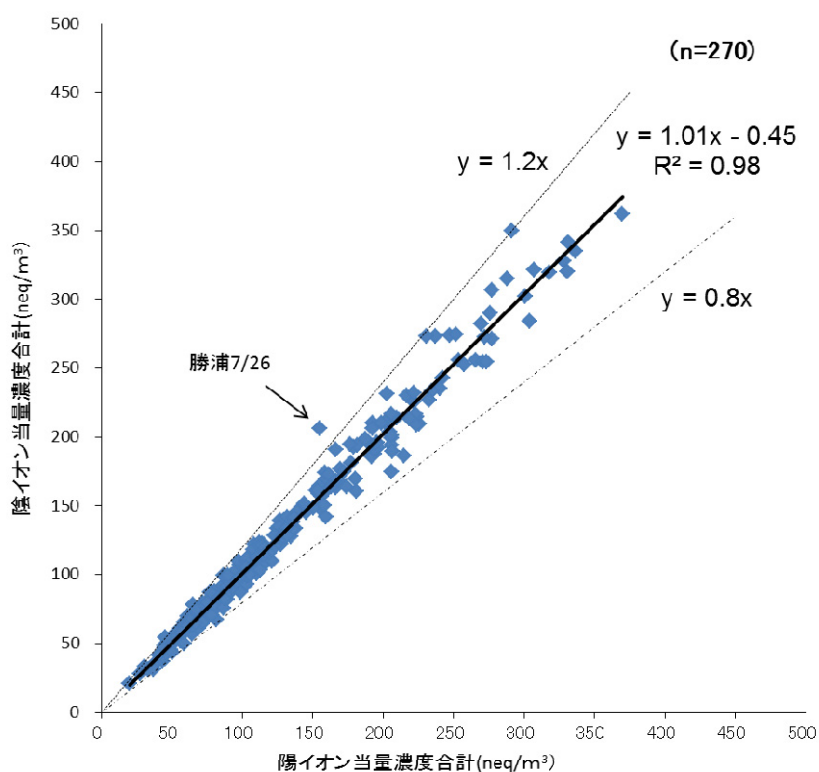


図 4-1-6-1 PM2.5 中のイオンバランス(当量濃度)

② マスクロージャーモデルによる PM2.5 濃度（標準）と推定質量濃度の比較

許容範囲内のイオンバランスを持つ測定結果について、質量濃度推定式 ($M=1.375 [SO_4^{2-}] + 1.29 [NO_3^-] + 2.5 [Na^+] + 1.6 [OC] + [EC] + 9.19 [Al] + 1.40 [Ca] + 1.38 [Fe] + 1.67 [Ti]$) を用いて質量濃度を推定した。なお、イオンバランスの確認同様、検出下限値未満のデータに関しては、検出下限値の 1/2 とした。また、各成分濃度について、欠測若しくは未測定の場合は、その成分濃度をゼロとして計算した。

PM2.5 濃度（標準）と推定質量濃度の散布図を図 4-1-6-2 に示す。

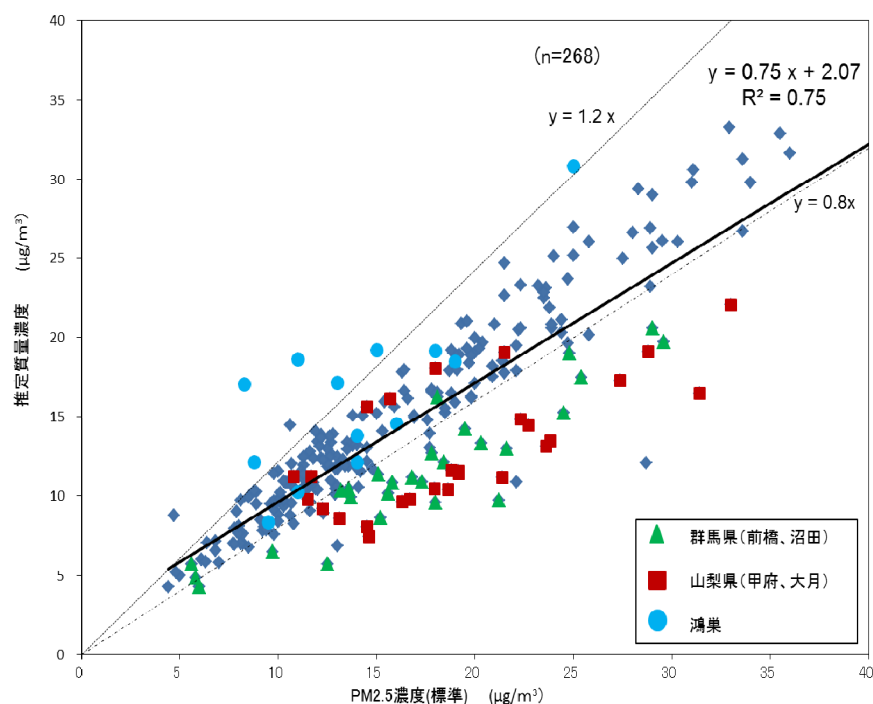


図 4-1-6-2 マスクロージャーモデル(全地点)

図 4-1-6-2 を見ると、地点間のばらつきが大きく、推定質量濃度／PM2.5 濃度（標準）が 0.8 を下回るケースが前橋、沼田、甲府、大月で多く、また、鴻巣では 1.2 を上回るケースが多く見られた。そこで、PM2.5 濃度（標準）の代替として PM2.5 濃度（常監）を採用した 4 地点及び駐車場改修工事の影響があった鴻巣を除外した散布図を図 4-1-6-3 に示す。

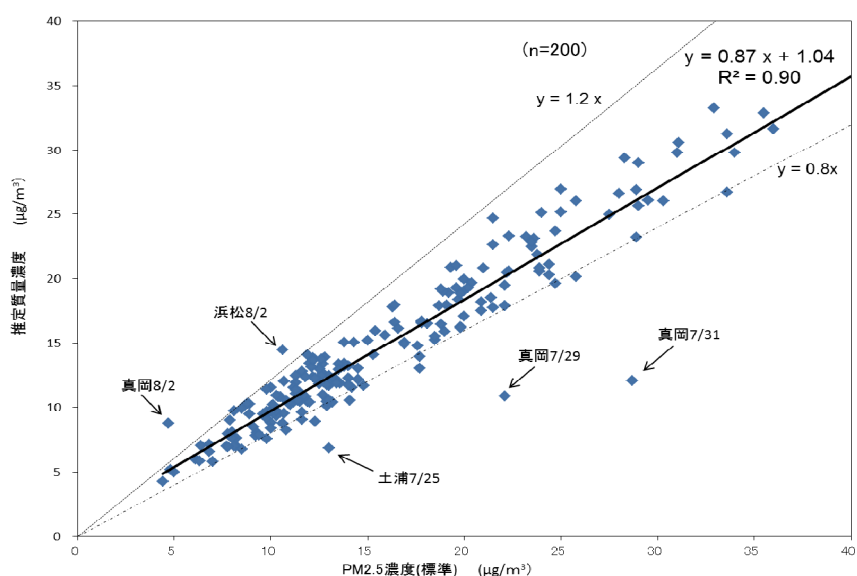


図 4-1-6-3 マスクロージャーモデル(群馬、山梨県、鴻巣を除外)

図4-1-6-3中、8月2日の真岡の Na^+ 濃度は調査期間中最高濃度の $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、また、浜松のAl濃度は調査期間中2番目に高い $0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。一方、真岡では7月29日のAl、Ti濃度が検出下限値未満であり、7月31日のAl、Ca、Fe、Ti濃度が検出下限値未満と低かった。また、7月25日の土浦の SO_4^{2-} と Na^+ 濃度は調査期間中の最小値であった。

なお、90% (180/200) のデータは推定質量濃度/PM2.5濃度 (標準) が0.8~1.2の範囲内にあり、傾きが0.87、切片が1.04、 R^2 値が0.90となった。

(7) まとめ

本調査結果から調査期間中に高濃度であったのは7月30、31日であり、低濃度であったのは7月24日と8月2日であった。図4-1-1からPM2.5濃度 (常監) はPM2.5濃度 (標準) に対して傾きが0.96、切片が3.74であることが分かった。また、図4-1-2からPM2.5濃度 (常監) /SPM濃度は概ね0.5程度となっていたが、地点によってはこの値が0.3~1.0となるデータが混在していた。

なお、SPM濃度、PM2.5濃度 (常監)、PM2.5濃度 (標準) とともに日変化パターンは良く一致していた。

PM2.5中のイオンバランスは傾きが1.01、切片が-0.45、 R^2 値が0.98と良好であったが、マスクロージャーモデルは、地点間のばらつきが大きく、推定質量濃度/PM2.5濃度 (標準) について、0.8を下回るケースの多い4地点と1.2を上回るケースの多い1地点があった。

そこで、PM2.5濃度 (標準) を測定していない4地点及び駐車場改修工事の影響があった1地点を除外した結果、傾きが0.87、切片が1.04、 R^2 値が0.90となった。

4.2 水溶性イオン成分濃度

(1) PM2.5 中の水溶性イオン成分濃度の期間平均

本章ではコア期間における PM2.5 中の水溶性イオン成分について報告する。本調査では塩化物イオン(Cl^-)、硫酸イオン(SO_4^{2-})、硝酸イオン(NO_3^-)、アンモニウムイオン(NH_4^+)、ナトリウムイオン(Na^+)、カリウムイオン(K^+)、マグネシウムイオン(Mg^{2+})、カルシウムイオン(Ca^{2+})の8種類のイオンを対象に調査を実施した。

各調査地点における水溶性イオン成分の期間平均濃度を図 4-2-1 に示す。水溶性イオン成分の期間平均濃度は $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (沼田) から $13.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (相模原) までの範囲であり、全地点の期間平均濃度は $9.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。過去5年間の全地点の期間平均濃度は、平成20年度から順に $9.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、平成25年度は平成20年度と並んで最も高い値となった。

水溶性イオン成分の期間平均濃度の上位3地点は高い順に相模原、多摩、川崎であり、下位3地点は低い順に沼田、甲府、勝浦であった。各地点における水溶性イオン成分の期間平均濃度分布を図 4-2-2 に示す。関東甲信静地域の水溶性イオン成分濃度の分布をみると、沿岸地域の東京都、神奈川県、静岡県にある測定地点がそれ以外の地域の測定地点と比べて高めであった。しかし、同様に沿岸地域である千葉県の測定地点ではそれほど高くなかった。また埼玉県は南関東と北関東との中間の濃度であった。

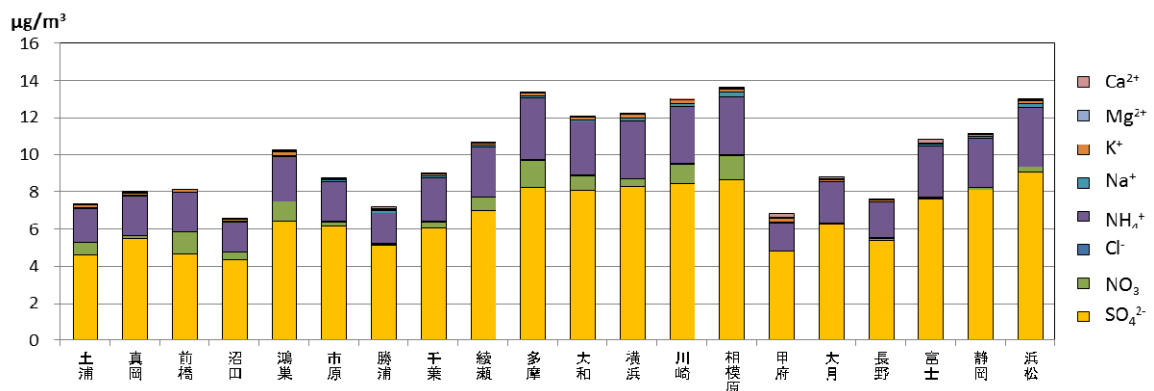


図 4-2-1 PM2.5 中の水溶性イオン成分の期間平均濃度

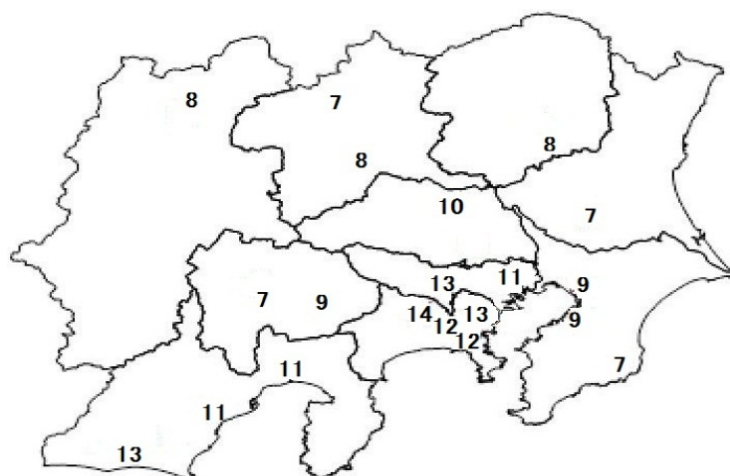


図 4-2-2 水溶性イオン成分の期間平均濃度分布($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(2) PM_{2.5} 中の無機二次粒子

無機二次粒子である Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ の構成割合を図 4-2-3 に示す。

Cl^- の割合は 0.032% (浜松) から 0.54% (千葉) までの範囲にあり、全地点で非常に低い割合を示した。 NO_3^- の割合は 0.42% (甲府) から 15% (前橋) までの範囲にあり、調査地点ごとの差が非常に大きく、内陸にある測定地点では比較的高めであったが、甲府や大月の測定地点では非常に低い割合であった。 SO_4^{2-} は 59% (前橋) から 75% (甲府) までにあり、概ね NO_3^- の割合が高い地点ほど低い傾向にあった。 NH_4^+ はすべての地点で 25% 前後であった。

(3) SO_4^{2-} 、 NO_3^- と前駆物質の期間平均濃度

SO_4^{2-} 及び NO_3^- の期間平均濃度とそれらの前駆物質である二酸化硫黄 (SO_2) 及び窒素酸化物 (NO_x) の期間平均濃度の分布を検討した。また、5 時～20 時までの光化学オキシダント (Ox) の期間平均濃度分布についても検討した。

① SO_4^{2-} と SO_2 の期間平均濃度分布

SO_2 の期間平均濃度分布を図 4-2-4 に示す。 SO_2 の期間平均濃度は東京湾岸地域や静岡県東部及び長野県で高かった。続いて、 SO_4^{2-} 期間平均濃度分布を図 4-2-5 に示す。水溶性イオン成分の期間平均濃度が高かった静岡県及び神奈川県、東京都の各測定地点では、 SO_4^{2-} の期間平均濃度も他の測定地点と比べて高かった。 SO_2 濃度が高い地域は SO_4^{2-} 濃度も概ね高めであったが、東京湾岸地域でも千葉、市原及び長野の各測定地点では SO_2 濃度が比較的高かったにも関わらず、 SO_4^{2-} 濃度が低かった。後述する Ox 濃度分布をみると、千葉は Ox 濃度が比較的低く（市原は 8/3 以降欠測）、これらの地域では光化学反応があまり進

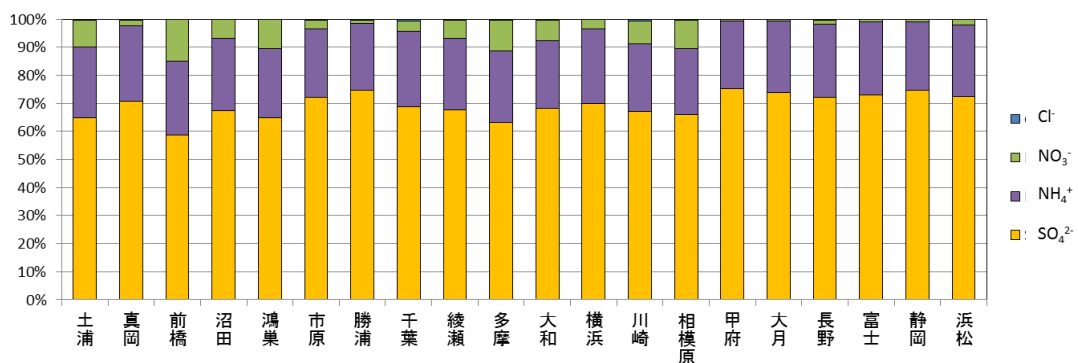


図 4-2-3 二次無機粒子の構成割合の期間平均



図 4-2-4 SO_2 の期間平均濃度分布(ppb)

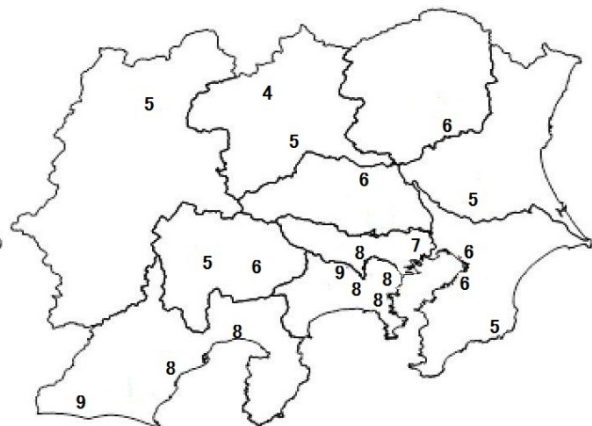


図 4-2-5 SO_4^{2-} の期間平均濃度分布($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

まず SO_4^{2-} への粒子化が起こらなかった可能性が考えられた。また、長野は SO_2 を湿式測定法で測定しているため、その影響も考えられた。

一方、浜松では SO_2 濃度が低いにもかかわらず SO_4^{2-} 濃度が高く、ここでは硫酸塩を含んだ粒子が流入してきた可能性が示唆された。

② NO_3^- と NO_x の期間平均濃度分布

NO_x の期間平均濃度分布を図 4-2-6、 NO_3^- の期間平均濃度分布を図 4-2-7 に示す。なお、図 4-2-7 の 0 は、濃度 $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満の数値である。 NO_x は東京湾岸地域の各測定地点で高くなっていったほか、富士や大月の測定地点でも高い濃度が観測された。 NO_3^- の期間平均濃度は多摩 ($1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、相模原 ($1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、前橋 ($1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) などの測定地点で高めの濃度を示した。

③ O_3 の期間平均濃度分布

O_3 (5 時～20 時) の期間平均濃度分布を図 4-2-8 に示す。 O_3 期間平均濃度は前橋、多摩、甲府、鴻巣など内陸部の測定地点で高い傾向が見られたが、臨海部の富士測定地点でも比較的高めの濃度であった。

(4) 関東甲信静地域の広範囲にわたる高濃度化事例の水溶性イオン成分

本調査期間中の 7/30 から 8/1 に広範囲で高濃度（複数の調査地点で $\text{PM}_{2.5}$ 濃度が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上）の発生が確認された。これらの測定日における水溶性イオン成分について検討を行った。なお、試料採取を午前 10 時から翌日午前 10 時までの 24 時間実施したため、解析についてもその時間に合わせることにする。

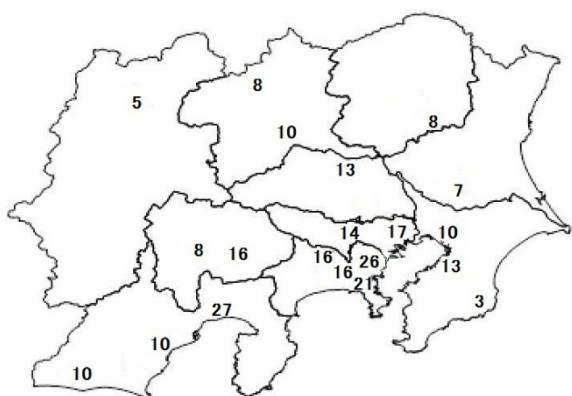


図 4-2-6 NO_x の期間平均濃度分布(ppb)

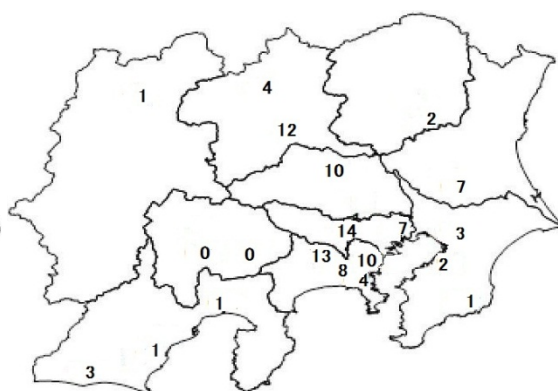


図 4-2-7 NO_3^- 期間平均濃度分布($\times 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

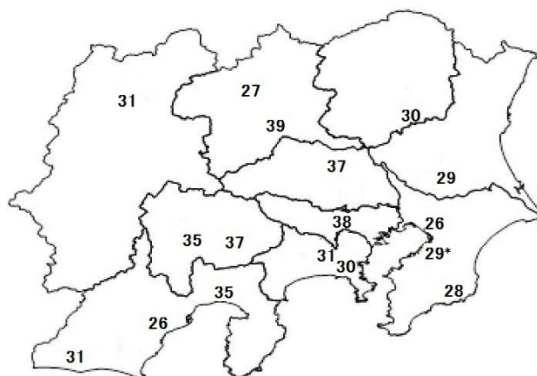


図 4-2-8 光化学オキシダントの期間平均濃度分布(ppb)

* 市原局は 7/29-8/2

① PM2.5 濃度の概況(質量濃度の常時監視データ(日平均値))

7/30-31は常時監視局のPM2.5濃度が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた地点は相模原($36.8\mu\text{g}/\text{m}^3$)及び静岡($35.7\mu\text{g}/\text{m}^3$)であり、次いで浜松($34.7\mu\text{g}/\text{m}^3$)や横浜($34.3\mu\text{g}/\text{m}^3$)でも濃度が高かった。全地点でのPM2.5濃度平均値は $28.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ となったが、北関東や長野では $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるような測定地点はみられなかった。

7/31-8/1は常時監視局のPM2.5濃度が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた地点は大月($40.2\mu\text{g}/\text{m}^3$)及び相模原($36.9\mu\text{g}/\text{m}^3$)であり、次いで浜松($34.9\mu\text{g}/\text{m}^3$)でも濃度が高かった。全地点でのPM2.5濃度平均値は $27.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、南関東西部から静岡県で濃度上昇したが、南関東東部や北関東、長野などでは $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるような測定局はみられなかった。

② 水溶性イオン成分濃度

高濃度日(7/30-31、7/31-8/1)の水溶性イオン成分濃度を図4-2-9及び図4-2-10に示す。また、比較としてPM2.5中の水溶性イオン成分の期間平均濃度(図4-2-1)を使用した。

7/30-31の水溶性イオン成分濃度の全地点平均値は $15.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、調査期間全体の平均値($9.9\mu\text{g}/\text{m}^3$)と比較して高めであった。特にPM2.5質量濃度が高かった地点では水溶性イオン成分濃度も高く、相模原($21.8\mu\text{g}/\text{m}^3$)や静岡($17.4\mu\text{g}/\text{m}^3$)、浜松($22.3\mu\text{g}/\text{m}^3$)、横浜($19.4\mu\text{g}/\text{m}^3$)ではいずれも平均以上の値であった。個別のイオン成分をみると SO_4^{2-} 、 NO_3^- 及び NH_4^+ 濃度が高めであり、それ以外のイオン成分は期間平均値と同程度であった。

7/31-8/1の水溶性イオン成分濃度の全地点平均値は $15.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、前日と同程度であった。PM2.5が高濃度となった大月($17.9\mu\text{g}/\text{m}^3$)、相模原($22.3\mu\text{g}/\text{m}^3$)、浜松($21.6\mu\text{g}/\text{m}^3$)では水溶性イオン成分濃度がいずれも平均以上であった。個別のイオン成分をみ

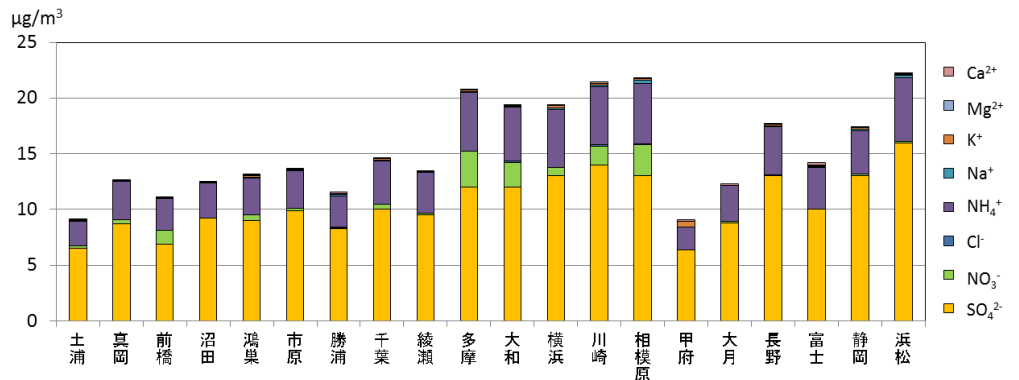


図 4-2-9 水溶性イオン成分濃度(7/30-31)

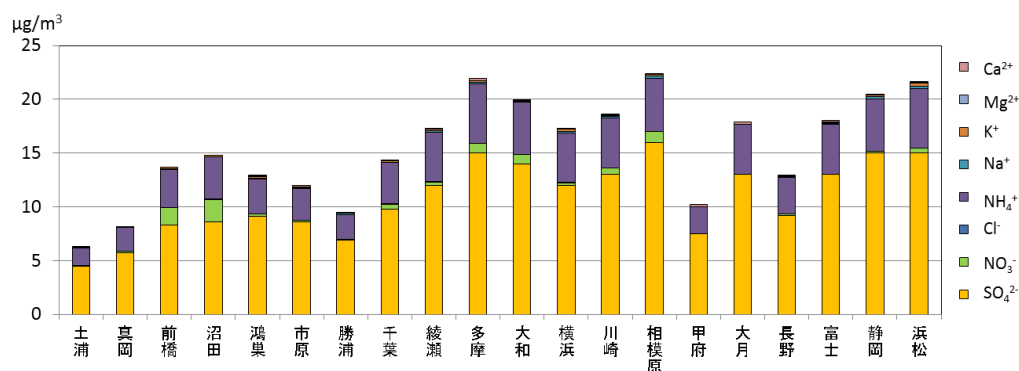


図 4-2-10 水溶性イオン成分濃度(7/31-8/1)

ると SO_4^{2-} 、 NH_4^+ の全地点平均値が期間平均値と比較して高めであったが、それ以外の水溶性イオン成分は同程度もしくは低い値であった。

③ PM_{2.5} 中の水溶性イオン成分含有量

PM_{2.5} の主成分である水溶性イオン成分及び炭素成分、その他の成分濃度についての積み上げグラフを図 4-2-11 に示す。その他の成分については、PM_{2.5} 質量濃度から水溶性イオン成分及び炭素成分の濃度を差し引いて算出している。なお、今回使用した PM_{2.5} 質量濃度は常時監視データでなく標準測定法のため、成分の合算値が①PM_{2.5} の概況での値と異なる。

期間平均値でみた PM_{2.5} 中の水溶性イオン成分が占める割合は多くの地点で 50% 以上であり、それは高濃度日においても同様であった。しかし、大月など水溶性イオン成分以外の炭素成分やその他の成分が多くを占めている地点も存在していた。

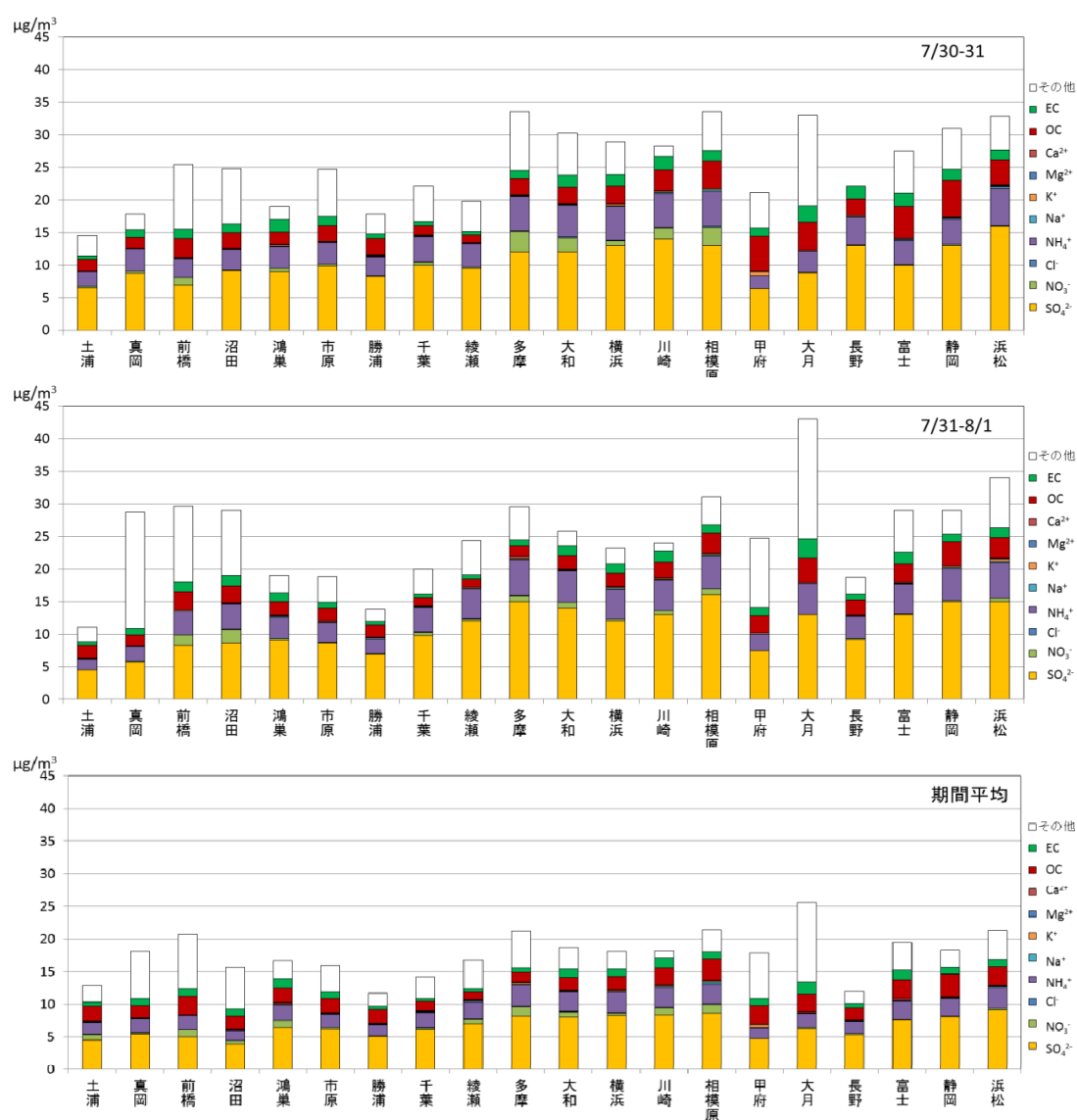


図 4-2-11 PM_{2.5} 中の成分濃度

④ 後方流跡線解析

PM2.5 が高濃度であった 7/30 及び 7/31、その前後の 7/29 及び 8/1 について後方流跡線解析を行ったので結果を図 4-2-12 に示す。解析条件は以下に示す通りである。起点は 7/30-31 及び 7/31-8/1 の両日で PM2.5 濃度が高めであった相模原を選定した。なお、相模原以外にも、7/30-31 に高濃度であった静岡及び 7/31-8/1 に高濃度であった大月においてもそれぞれ解析を実施したが、同様の結果であったので、相模原の結果を示す。

後方流跡線の解析条件

使用解析プログラム	METEX (http://db.cger.nies.go.jp/metex/trajectory.jp.html)
起 点	相模原市役所(相模原) 上空 2,000m
解析日	7/29、7/30、7/31、8/1
到達時刻	正午
流跡線期間	72 時間
プロット間隔	24 時間

後方流跡線は関東地域よりも西から移動しており、濃度が高かった日とその前後で明確な違いは確認されなかった。また、流跡線が近くを通っていると考えられる福井県では 7/30-31 の PM2.5 濃度が 35.9(三国)~43.1(敦賀) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高めであったことから、7/30-31 に南関東及び静岡県を中心とした広い範囲で見られた高濃度事象との関連が示唆された。一方、7/31-8/1 における福井県の PM2.5 濃度は 22.3(小浜)~32.9(三国) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、そこまで高濃度化はしていなかった。

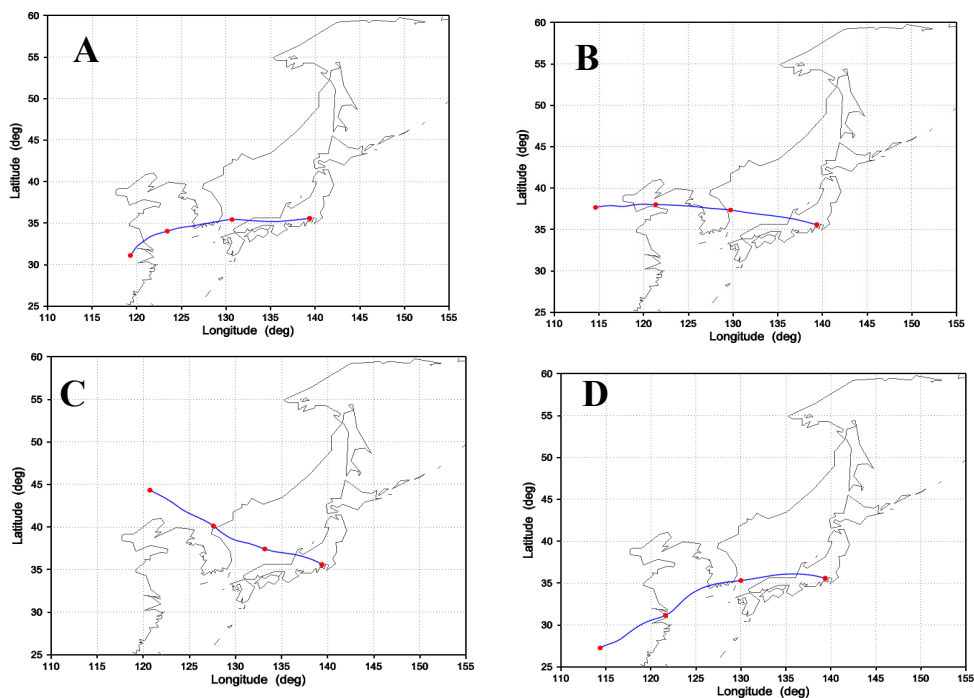


図 4-2-12 後方流跡線
(A: 7/29 B: 7/30 C: 7/31 D: 8/1)

(5) まとめ

水溶性イオン成分の全地点の期間平均濃度は $9.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、過去 5 年間の結果と比較すると平成 20 年度と並んで高い値であった。地点ごとでは東京都、神奈川県、静岡県にある測定地点がそれ以外の地域の測定地点と比べて高めであった。水溶性イオン成分では全ての地点で SO_4^{2-} と NH_4^+ が合計して 7 割以上を占めており、次いで NO_3^- が多く存在していた。ただし、 NO_3^- は地点間での差が大きかった。前駆物質の濃度と SO_4^{2-} 及び NO_3^- の関係では、概ね前駆物質の濃度が高い地点でそれらのイオン成分濃度が高かったが、例外もあり、必ずしも二次生成がその場で起こっていなかったことが示唆された。今回の調査期間では、複数の調査地点で PM2.5 濃度が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上を観測する事例が 7/30-31 と 7/31-8/1 の 2 日間確認された。PM2.5 濃度が上昇した地点では水溶性イオン成分の占める割合が高かったため、PM2.5 濃度の上昇は主に水溶性イオン成分の増加によるものと推察された。また、7/30-31 では流跡線が通過したと思われる福井県でも同様に PM2.5 濃度が高濃度化しており、南関東・静岡県での高濃度化事象との関連が示唆された。しかし、大月では水溶性イオン成分以外の成分の割合が大きく、水溶性イオン成分以外の影響もあると考えられた。

4.3 炭素成分濃度

4.3.1 PM2.5 中の炭素成分の濃度

(1) 有機炭素

PM2.5 の主要な成分でもある有機炭素について調査期間別の調査地点ごとの濃度を図 4-3-1 に示した。なお、炭素成分の解析にあたっては多くの調査地点で 7 月 24 日の概ね 10 時から 8 月 7 日の概ね 10 時までの 2 週間、14 日間の炭素成分の測定データが得られているところから、ここではこの 2 週間分のデータを用いて検討した。この図 4-3-1 によれば、有機炭素濃度は静岡の 7 月 30 日から 7 月 31 日の調査期間が最も高く 5.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。この地点は全調査期間の平均濃度 (3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) も最も高かった。相模原や甲府、浜松も高い値となった。これらの地点は調査期間を通じて概ね高い値で推移している。なお、富士でも高い値が見られた。最も低かったのは長野の 8 月 2 日から 8 月 3 日の期間で 0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。全期間平均濃度では綾瀬が最も低く 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、多摩、千葉も低い値であった。全地点の平均値は 2.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

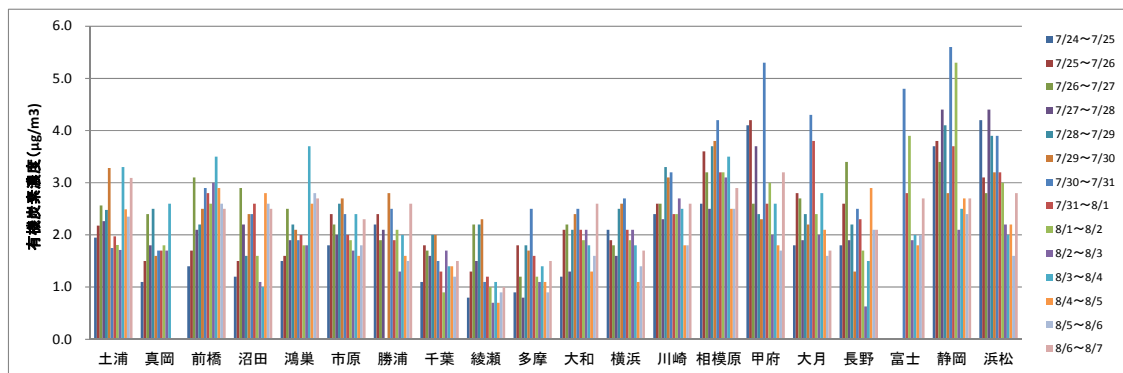


図 4-3-1 PM2.5 中の有機炭素濃度

図 4-3-2 には各調査地点の調査期間の濃度推移を示した。この夏期の調査期間では、調査期間の半ば頃に高い値となる調査地点も幾つか見られた。調査期間の後半はやや低い傾向であった。

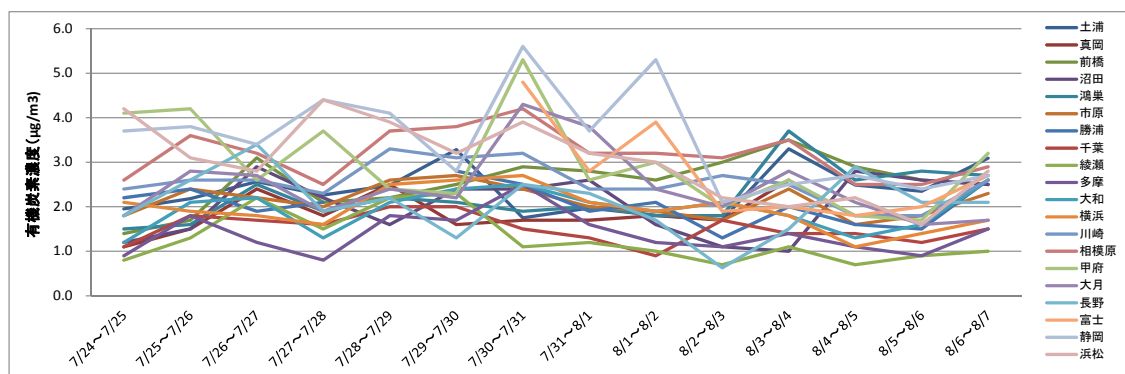


図 4-3-2 PM2.5 中の有機炭素濃度の推移

(2) 元素炭素

元素炭素の濃度についても有機炭素濃度の場合と同様に図 4-3-3 に示した。元素状

炭素濃度は大月の7月31日から8月1日の調査期間が最も高く2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。全期間平均濃度(1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)もこの地点が最も高かった。群馬県、埼玉県、千葉県、神奈川県、静岡県の調査地点でもやや高い例が見られた。最も低かったのは千葉の7月24日から7月25日及び8月5日から8月6日の調査期間と多摩の7月27日から7月28日の期間であり、その値は0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。全期間の平均濃度としては千葉が0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で最も低かった。勝浦、綾瀬、多摩、土浦も低かった。全地点の平均値は1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

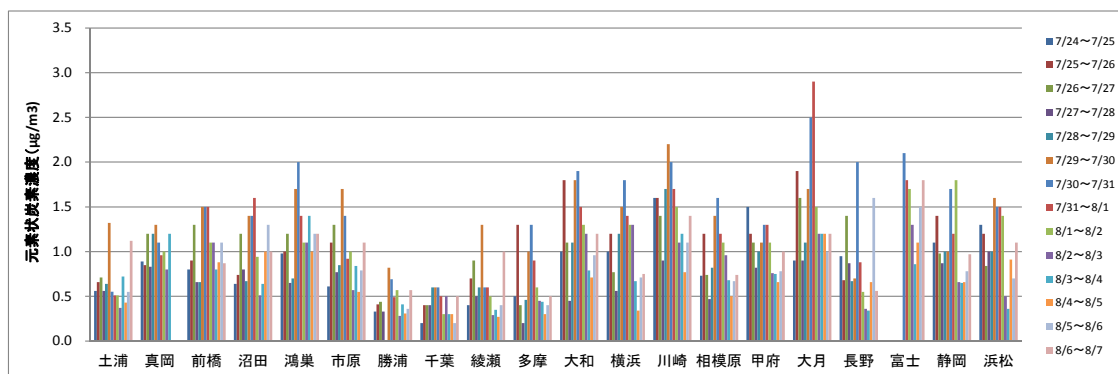


図 4-3-3 PM2.5 中の元素状炭素濃度

元素状炭素の濃度推移は図 4-3-4 に示した。元素状炭素の調査期間中の濃度推移としては、調査期間の前半と半ば頃が高い傾向であり、後半は低い値で推移していた。

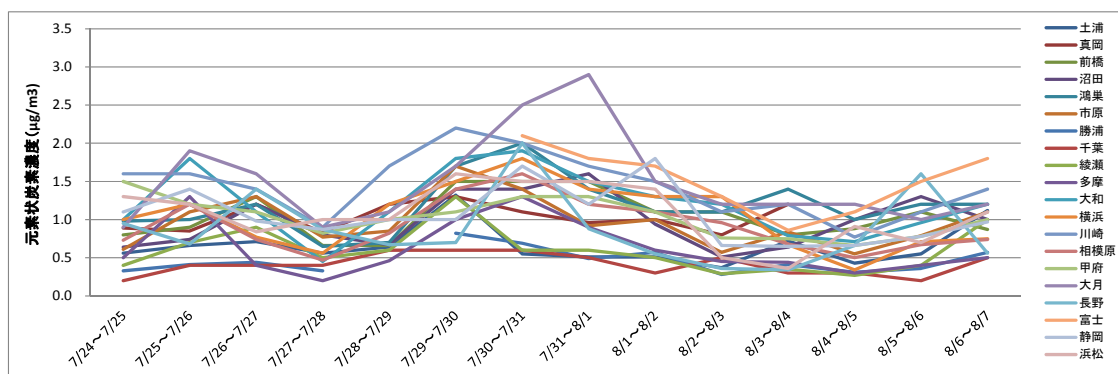


図 4-3-4 PM2.5 中の元素状炭素濃度の推移

(3) 水溶性有機炭素

水溶性有機炭素濃度は図 4-3-5 に示した。静岡の8月1日から8月2日の調査期間が最も高く4.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。全期間平均もこの地点が最も高く2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。富士、大月、長野も高い値を示した。最も低かったのは土浦の7月25日から7月26日の期間で0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。鴻巣や沼田でも低い値が見られた。調査期間の平均濃度としても土浦が最も低くて0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。真岡、沼田、鴻巣も平均濃度は低かった。水溶性有機炭素の調査を行った地点の平均値は1.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

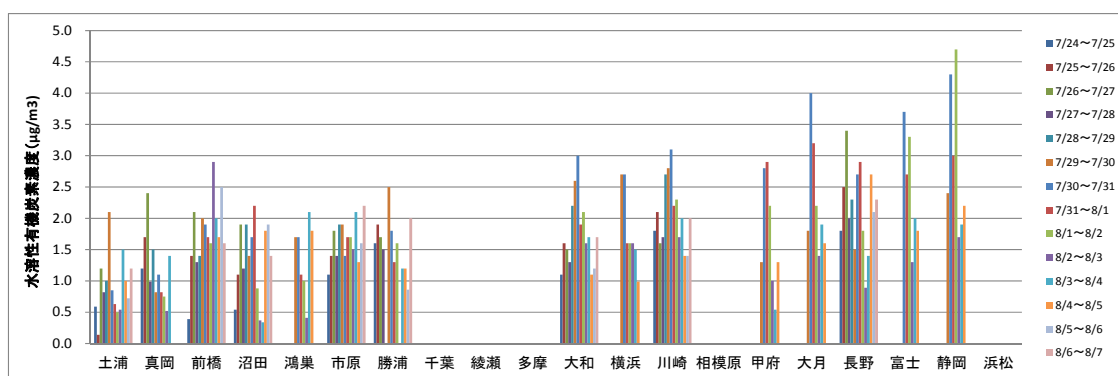


図 4-3-5 PM2.5 中の水溶性有機炭素濃度

水溶性有機炭素の濃度推移は図 4-3-6 に示した。調査期間の半ば頃に高くなる例も幾つかの地点で見られた。調査期間の後半は有機炭素や元素状炭素と同様にやや低い傾向であった。

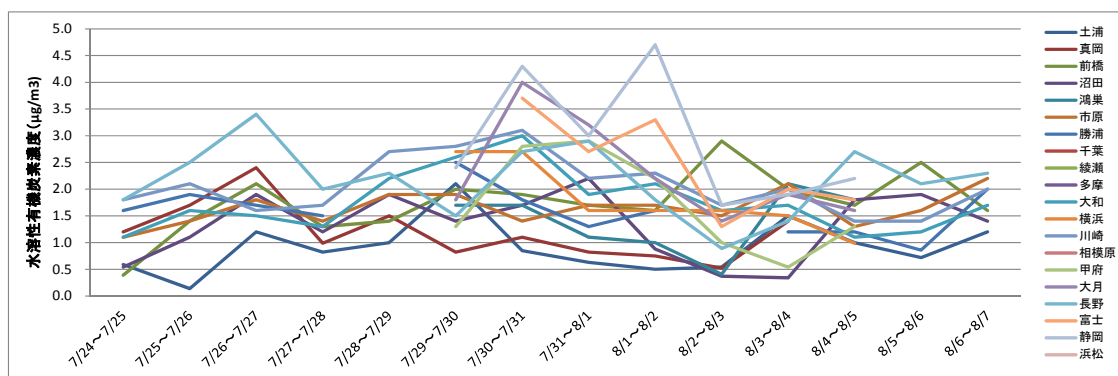


図 4-3-6 PM2.5 中の水溶性有機炭素濃度の推移

(4) PM2.5 の地域変化と炭素成分

PM2.5 濃度の平均値の高かった 2 日間と低かった 2 日間の地域変化と炭素成分濃度の変化を図 4-3-7 に示した。図によれば、PM2.5 濃度の高かった日と低かった日の地域変化に比べて、有機炭素成分については概ね関東域では高かった日と低かった日の濃度差は小さく、甲信静地域では大きくなる傾向が認められた。この傾向は水溶性有機炭素や元素状炭素にも現れていた。このことから、甲信静地域にあっては、この濃度の高かった期間は炭素成分もまた PM2.5 濃度を押し上げている要因の一つとなっていると窺われるが、前者に比較して関東地域にあっては必ずしもそうではない地点が多いことも、またこの結果から明らかとなった。

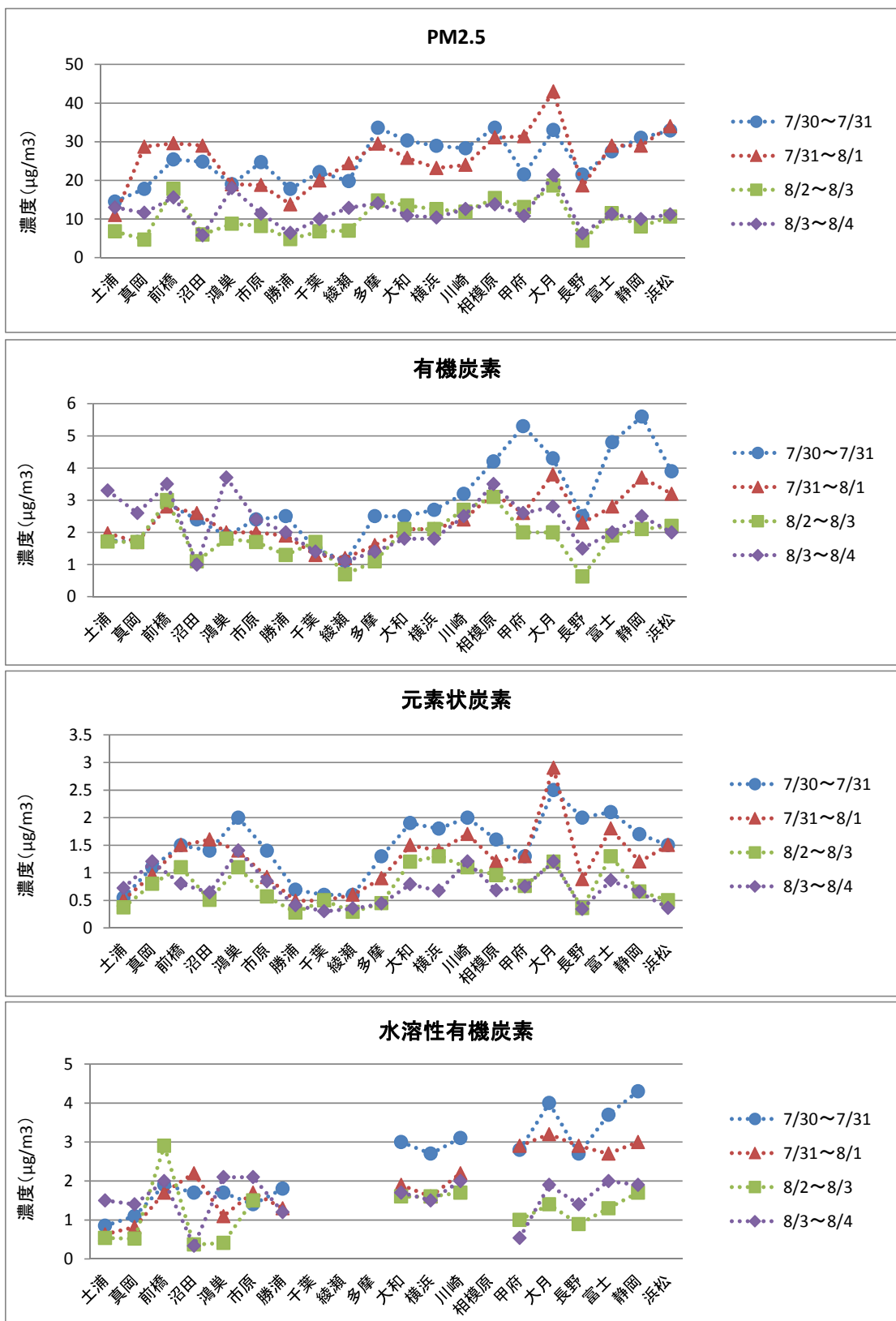


図 4-3-7 PM2.5 濃度の高かった日及び低かった日の地域変化と炭素成分

4.3.2 PM2.5 中の炭素成分の割合

(1) 有機炭素

PM2.5 中の有機炭素の割合を図 4-3-8 に示した。真岡の 8 月 2 日から 8 月 3 日の期間が最も高く、有機炭素の割合は 36%に達した。全期間平均割合では静岡が 21%と最も高かった。勝浦、土浦、長野、相模原も高い割合であった。最も低いのは綾瀬の 7 月 31 日から 8 月 1 日の期間で 4.9%であった。全期間平均の割合 (8.2%) も多摩と並んで最も低かった。全地点の平均値は 15%であった。

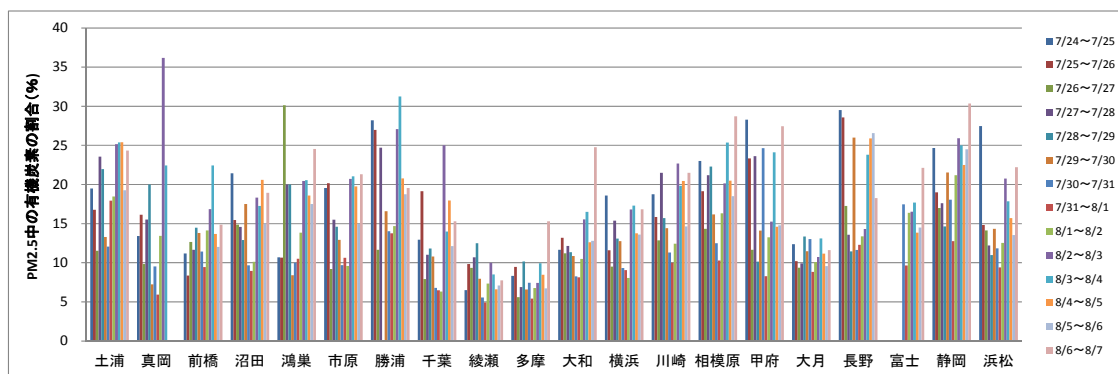


図 4-3-8 PM2.5 中の有機炭素の割合

(2) 元素状炭素

PM2.5 中の元素状炭素の割合を図 4-3-9 に示した。長野の 8 月 5 日から 8 月 6 日の期間が最も高く、元素状炭素の割合は 20%となった。全期間平均割合としては富士が 9.2%と最も高かった。川崎、鴻巣、真岡も高い割合であった。最も低いのは多摩の 7 月 27 日から 7 月 28 日の期間で 1.7%であった。全期間平均割合では千葉が 3.3%と最も低かった。多摩、綾瀬も低い値であった。全地点の平均値は 6.3%であった。

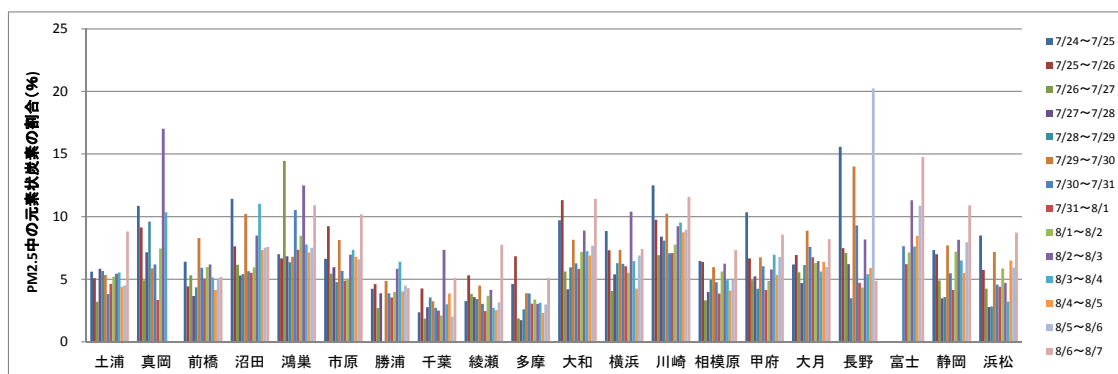


図 4-3-9 PM2.5 中の元素状炭素の割合

(3) 水溶性有機炭素

PM2.5 中の水溶性有機炭素の割合を図 4-3-10 に示した。水溶性有機炭素の割合は長野の 7 月 29 日から 7 月 30 日の調査期間が最も高く、その割合は 30%となった。期間平均の割合もこの地点が最も高く 20%であった。最も低かったのは土浦の 7 月 25 日から 7 月 26 日の 1.1%であった。期間平均濃度としてもこの地点が最も低くて 7.1%であった。

全地点の平均は12%であった。

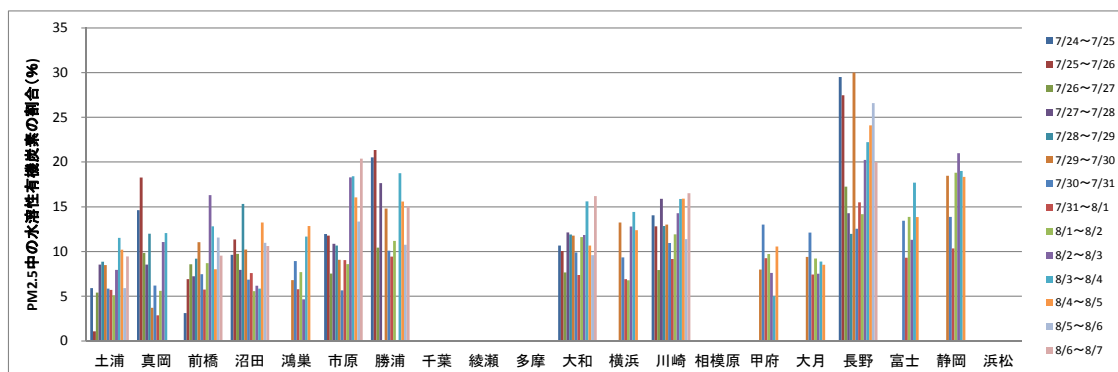


図 4-3-10 PM2.5 中の水溶性有機炭素の割合

4.3.3 全炭素中の炭素成分の割合

(1) 有機炭素

全炭素中の有機炭素の割合を図 4-3-11 に示した。有機炭素の割合が最も高いのは勝浦の 7 月 24 日から 7 月 25 日の期間で全炭素中の 87% に達した。全期間の平均割合も勝浦が最も高く 82% であった。千葉、土浦、相模原、静岡も高い割合であった。最も低かったのは鴻巣の 7 月 30 日から 7 月 31 日の期間で 49% であった。全期間平均割合が最も低かったのは大和で 62% であった。大月、富士、真岡も低い値であった。全地点の平均値は 71% であった。

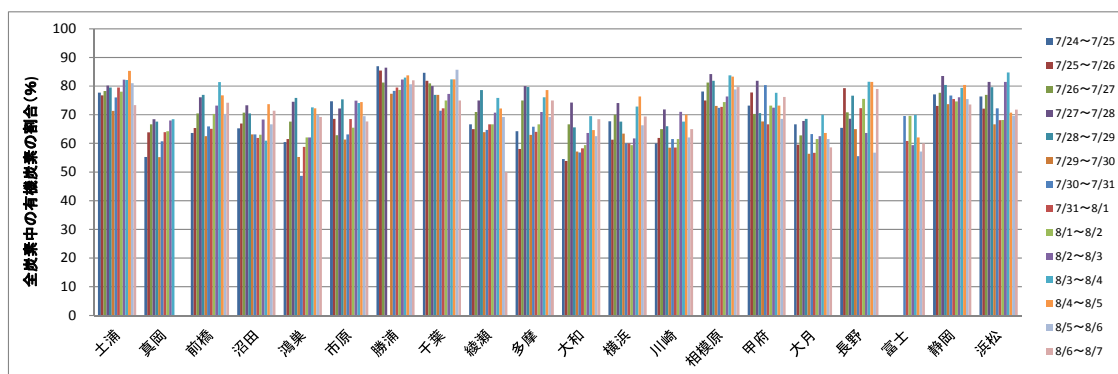


図 4-3-11 全炭素中の有機炭素の割合

(2) 元素状炭素

全炭素中の元素状炭素の割合を図 4-3-12 に示した。最も高かったのは鴻巣（この地点は調査期間中に地点前の駐車場の改修工事があった）の 7 月 30 日から 7 月 31 日の期間であり、その元素状炭素の割合は 51% であった。全期間平均の割合では大和が最も高く 38% であり、大月、富士、真岡、川崎も高い割合であった。最も低かったのは勝浦の 7 月 24 日から 7 月 25 日の期間で 13% であった。この地点は全期間の平均割合も 18% と最も低かった。千葉、土浦、相模原も低い割合であった。全地点の平均値は 29% であった。

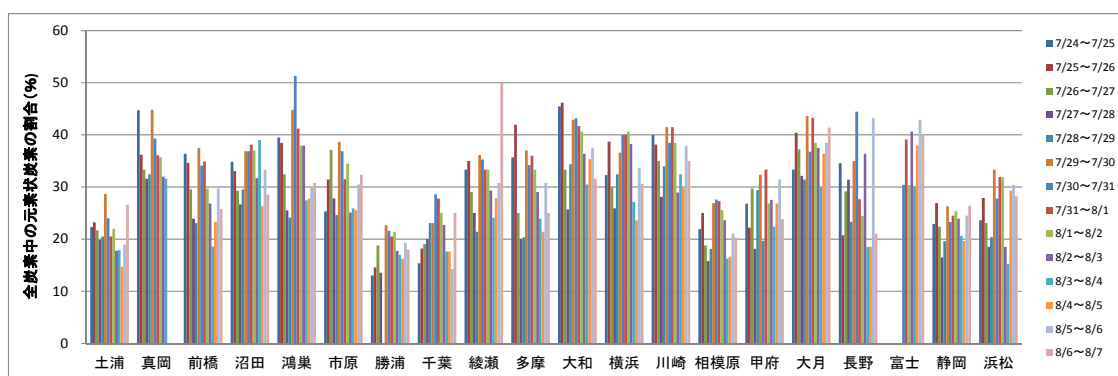


図 4-3-12 全炭素中の元素状炭素の割合

(3) 水溶性有機炭素

全炭素中の水溶性有機炭素の割合を図 4-3-13 に示した。全炭素中の水溶性有機炭素の割合は長野の 7 月 31 日から 8 月 1 日が最も高く 91%であった。期間平均の濃度もこの地点が最も高く 75%であった。静岡と勝浦も 60%を超えた。最も低かったのは土浦の 7 月 25 日から 7 月 26 日に 5%であった。期間平均の割合もこの地点が最も低く 29%であった。全地点の平均値は 51%であった。

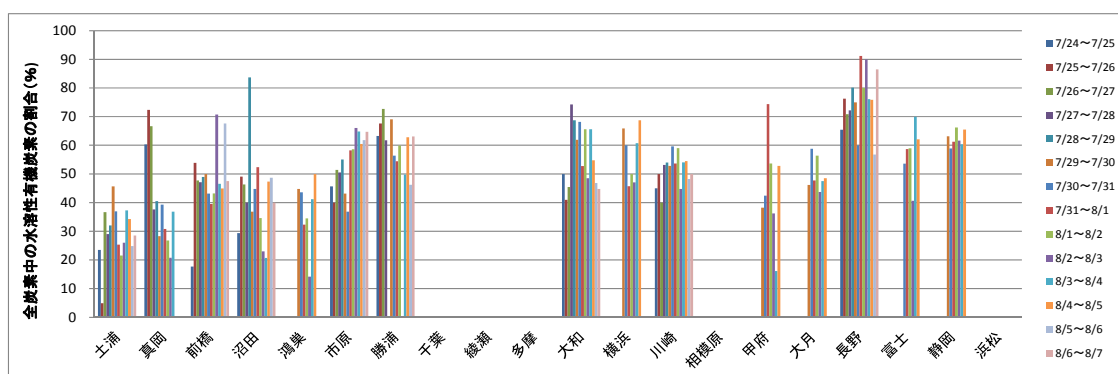


図 4-3-13 全炭素中の水溶性有機炭素の割合

4.3.4 有機炭素中の水溶性有機炭素の割合

有機炭素中の水溶性有機炭素の割合を図 4-3-14 に示した。この場合、有機炭素濃度の測定結果よりも水溶性有機炭素濃度の方が高い値となる事例があり、その結果水溶性有機炭素の割合が 100%を超えてしまう例も幾つか見られた。その中でも長野の 8 月 2 日から 8 月 3 日が最も高い割合の数値を示した。大和、沼田、真岡、甲府、横浜や富士でも 100%を超える例が見られた。100%を超える場合には 100%として計算した場合の期間平均濃度の最も高かったのは長野で、その値は 99%であった。富士や大和も 90%近い値を示した。最も低かったのは土浦の 7 月 25 日から 7 月 26 日の 6.4%であった。期間平均の割合もこの地点が特に低く 4 割に満たなかった。全地点の平均値は 73%であった。

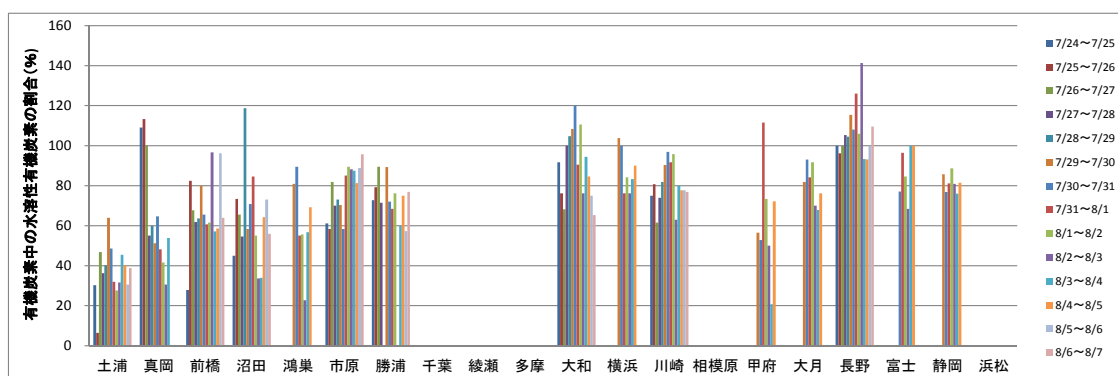


図 4-3-14 有機炭素中の水溶性有機炭素の割合

4.3.5 有機炭素及び水溶性有機炭素濃度とオキシダント濃度などとの関係

測定値の得られている有機炭素（OC）濃度と昼間（5時から20時の間）のオキシダント（Ox）濃度との相関係数を求めた。この計算でも7月24日の概ね10時から8月7日の概ね10時までの2週間、14日間のデータを用いた。その結果、危険率が $P < 0.01$ で相関関係が認められた地点は真岡、前橋、大月の3地点、また $P < 0.05$ で相関関係が認められたのは沼田、長野、富士の3地点であった。この6地点については散布図を図4-3-15に示した。

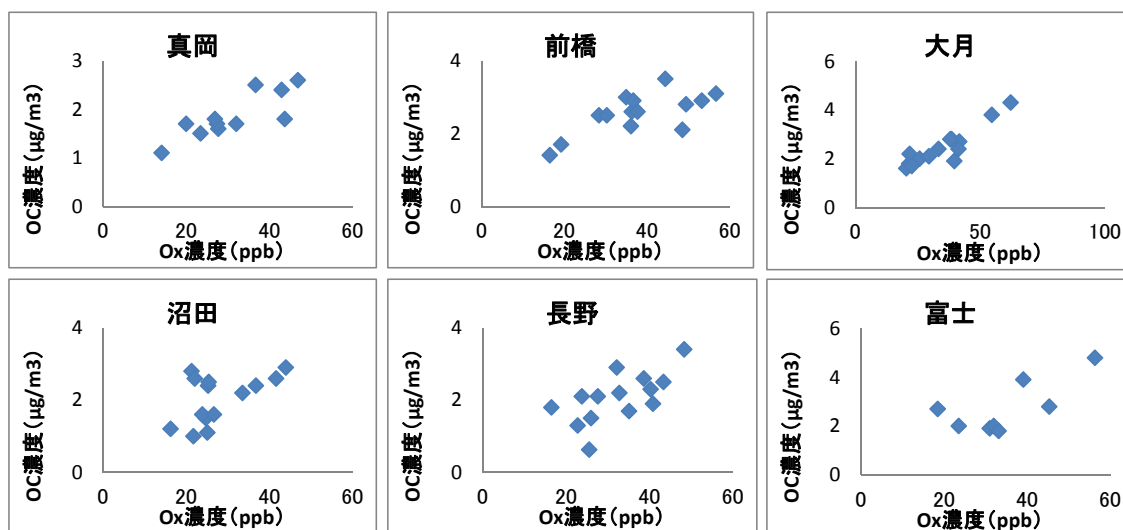


図 4-3-15 有機炭素濃度とオキシダント濃度との関係

同様に、測定値の得られている水溶性有機炭素（WSOC）濃度と昼間のオキシダント濃度との最大で14日間での相関係数を求めると、 $P < 0.01$ で相関関係が認められた地点は大月と長野の2地点、 $P < 0.05$ で相関関係が認められたのは大和と富士の2地点であった。この4地点については散布図を図4-3-16に示した。有機炭素濃度の場合を含めて、今回の調査結果からは内陸部でオキシダント濃度との相関関係が認められる傾向がやや多かった。

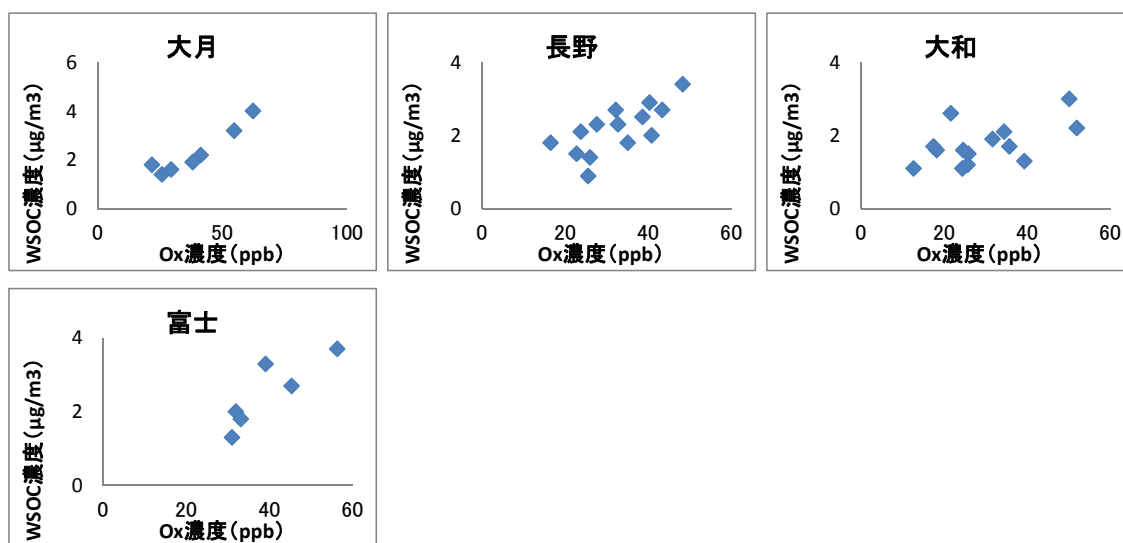


図 4-3-16 水溶性有機炭素濃度とオキシダント濃度との関係

また、これら有機炭素濃度と非メタン炭化水素（NMHC）濃度との関係も求め、相関関係の得られた地点の散布図を図 4-3-17 に示した。このうち、多摩、川崎、大月、長野は $P < 0.01$ で相関関係が、大和では $P < 0.05$ で相関関係が認められた。

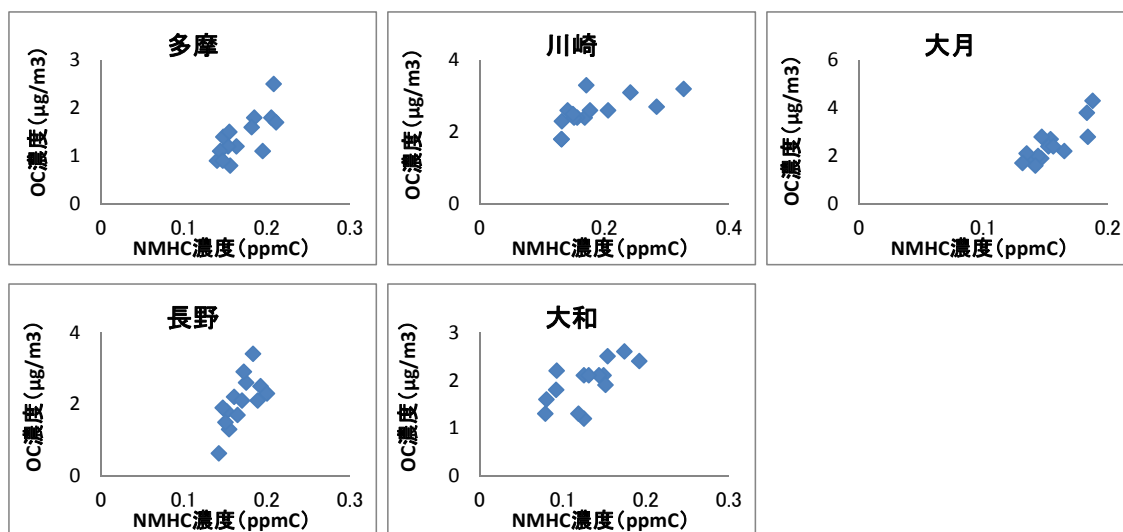


図 4-3-17 有機炭素と非メタン炭化水素との関係

同様に、水溶性有機炭素濃度と非メタン炭化水素濃度との関係も求め、相関関係の得られた地点の散布図を図 4-3-18 に示した。このうち、大月と長野は $P < 0.01$ で相関関係が、大和、川崎、富士では $P < 0.05$ で相関関係が認められた。有機炭素の場合を含めて、今回の結果からは非メタン炭化水素と相関関係が認められる事例が内陸部でやや多かった。

このように、有機炭素濃度や水溶性有機炭素濃度と昼間のオキシダント濃度や非メタン炭化水素濃度との相関関係を見ると、総体として相関関係の認められる事例が内陸部でやや多かった。

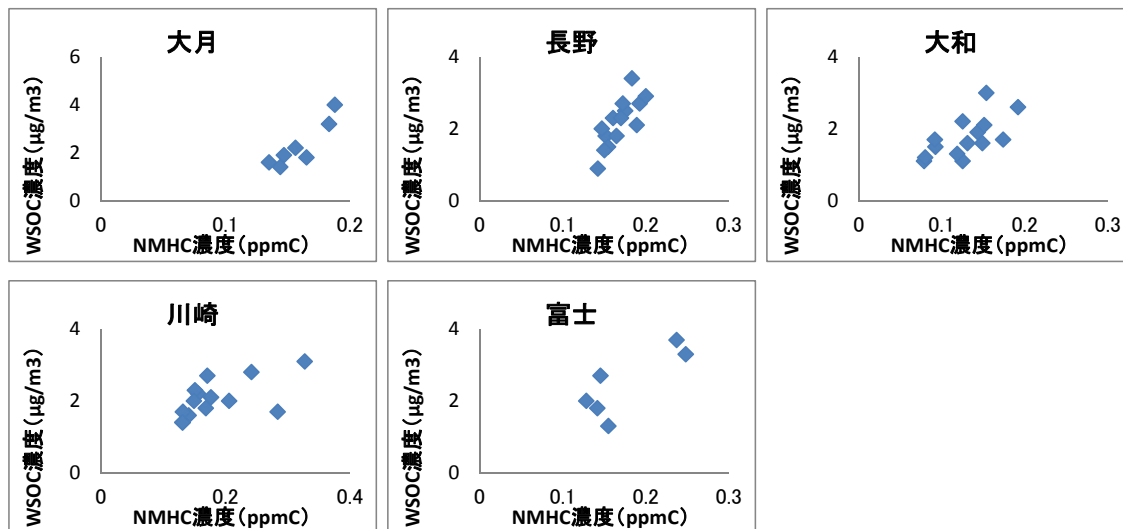


図 4-3-18 水溶性有機炭素と非メタン炭化水素との関係

4.3.6 PM2.5 濃度の高かった日の有機炭素及び水溶性有機炭素濃度とオキシダント、非メタン炭化水素濃度との関係

PM2.5 濃度の平均値の高かった 7 月 30 日から 7 月 31 日及び 7 月 31 日から 8 月 1 日の期間の有機炭素及び水溶性有機炭素、オキシダント (Ox)、非メタン炭化水素の濃度分布を図 4-3-19 に示した。両日ともに、オキシダント、非メタン炭化水素の濃度が高い地点は水溶性有機炭素が高くなる傾向が見られた。

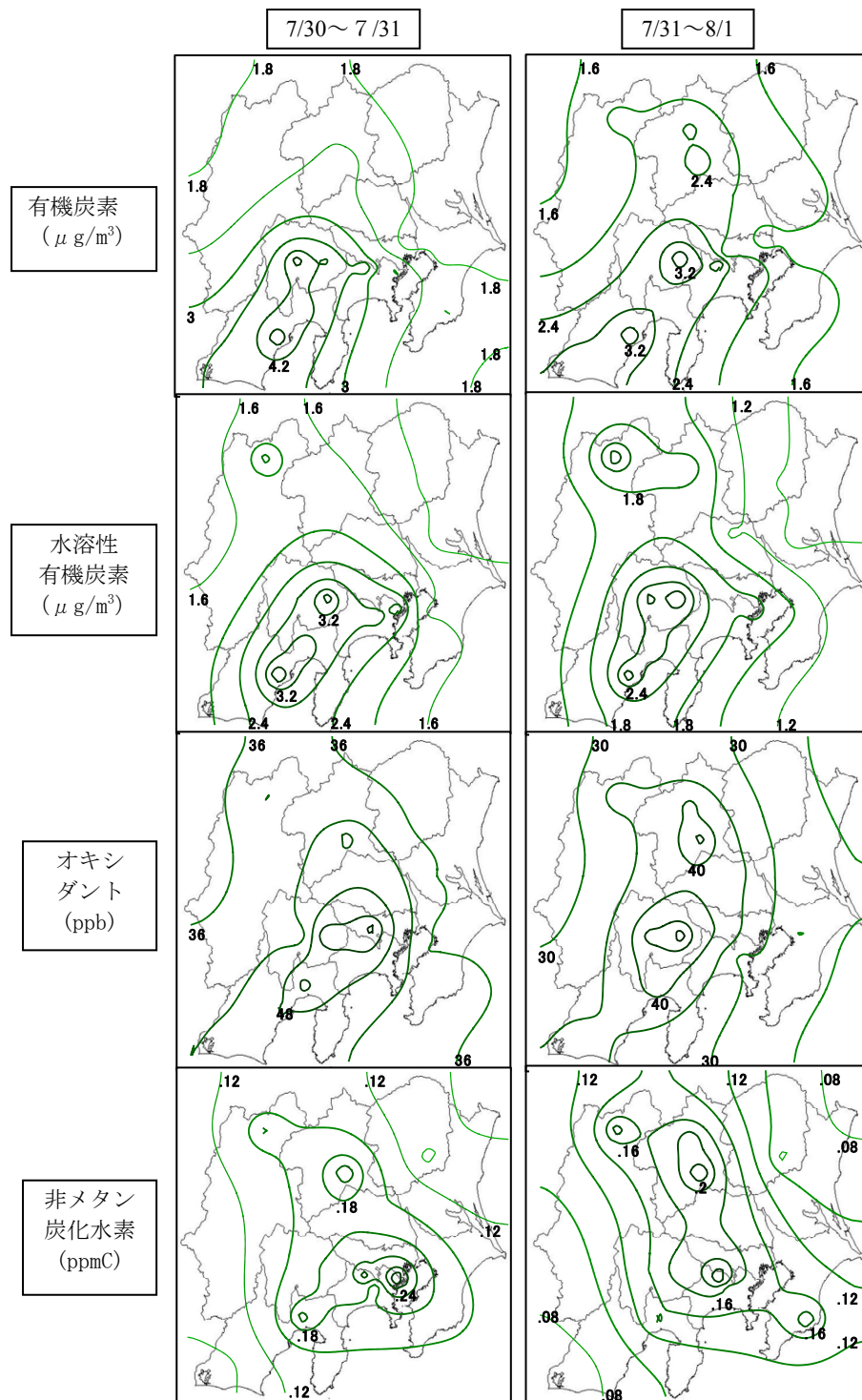


図 4-3-19 有機炭素及び水溶性有機炭素、オキシダント、非メタン炭化水素の濃度分布

4.3.7 まとめ

この調査結果から炭素成分について調査地点の平均濃度を見ると、有機炭素が $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($1.3 \sim 3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、であり、元素状炭素が $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.4 \sim 1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) となり、水溶性有機炭素は $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.9 \sim 2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。

PM2.5 中の炭素成分の平均含有割合では、有機炭素が 15% (8.2~21%) であり、元素状

炭素が 6.3% (3.3~9.2%) となり、水溶性有機炭素は 12% (7.1~20%) であった。

また、炭素成分濃度の地域的傾向としては、有機炭素は概ね相模原、甲府、静岡、浜松が高い傾向であり、元素状炭素については大月、田島がやや高い傾向と認められ、水溶性有機炭素は大月、富士、静岡で特に高い値が見られた。なお、PM2.5 濃度の高かった 2 日間と低かった 2 日間を調査地点ごとに比べると、炭素成分の濃度差は関東地域では小さく、甲信静地域で大きい傾向が今回の調査で見られた。

有機炭素濃度や水溶性有機炭素濃度と昼間のオキシダント濃度や非メタン炭化水素濃度との相関関係を見ると、相関関係の認められる事例が内陸部でやや多かった。また、PM2.5 濃度が高濃度となる場合には、オキシダント濃度や非メタン炭化水素の濃度が高い地点は水溶性有機炭素濃度が高くなる傾向も見られた。

4.4 無機元素成分濃度

平成 25 年 7 月 29 日から 8 月 5 日までのコア期間中に、各調査地点にて採取された検体の分析結果について検討した。

分析対象とした無機元素成分は 35 元素（ナトリウム (Na)、アルミニウム (Al)、ケイ素 (Si)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、スカンジウム (Sc)、チタン (Ti)、バナジウム (V)、クロム (Cr)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ヒ素 (As)、セレン (Se)、ルビジウム (Rb)、モリブデン (Mo)、アンチモン (Sb)、セシウム (Cs)、バリウム (Ba)、ランタン (La)、セリウム (Ce)、サマリウム (Sm)、ハフニウム (Hf)、タングステン (W)、タンタル (Ta)、トリウム (Th)、鉛 (Pb)、ベリリウム (Be)、カドミウム (Cd)、ストロンチウム (Sr)、イットリウム (Y)、タリウム (Tl)) とした。

主要な無機元素成分については、分析結果の最大値、最小値及び平均値をグラフ化して地域的な濃度の比較をした。平均値の算出で検出下限値未満の値については、その 1/2 の数値とし、コア期間中のデータがすべて検出下限値未満の場合は、図中に「ND」と表記した。

また、各調査地点のコア期間中の日毎のデータをグラフ化して期間中の濃度の推移について検討した。

調査地点が少ない無機元素成分、又は、定量下限値未満が多い無機元素成分についてはコメントのみ記載した。

(1) ナトリウム

ナトリウム濃度を図 4-4-1 に、コア期間中の推移を図 4-4-2 に示す。

鴻巣で最大値 1,600 ng/m³、富士で最大値 800 ng/m³ 及び浜松で最大値 1,500 ng/m³ と高い日があった。

それ以外の地点では平均値が 17~167 ng/m³ の範囲にあり、期間中の変動は小さい。

沼田、前橋及び長野の平均値はそれぞれ 38 ng/m³、17 ng/m³、43 ng/m³ と低かった。

鴻巣では、コア期間中に測定局前の駐車場改修工事が行われていた。

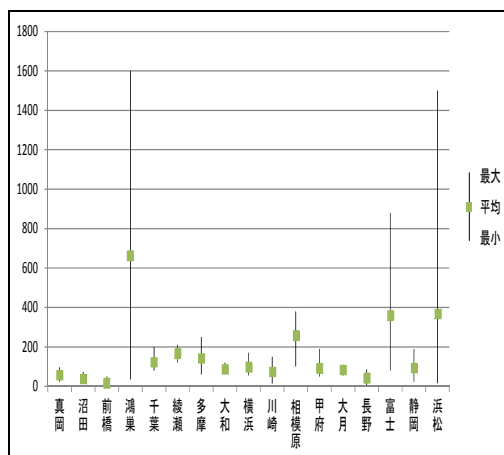


図 4-4-1 ナトリウム濃度 (Na: ng/m³)

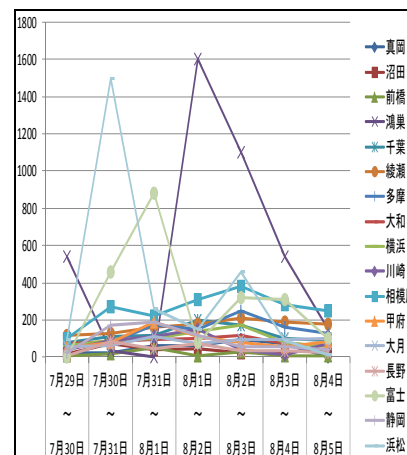


図 4-4-2 コア期間中の推移 (Na: ng/m³)

(2) アルミニウム

アルミニウム濃度を図 4-4-3 に、コア期間中の推移を図 4-4-4 に示す。

鴻巣では、最大値 590 ng/m^3 、平均値 222 ng/m^3 でコア期間中の変動が大きい。

それ以外の地点では、平均が 90 ng/m^3 以下であった。真岡、前橋、長野では低い状況であった。沼田、横浜、浜松はコア期間中の変動があるがそれ以外の地点は変動が小さい。

鴻巣では、コア期間中に測定局前の駐車場改修工事が行われていた。

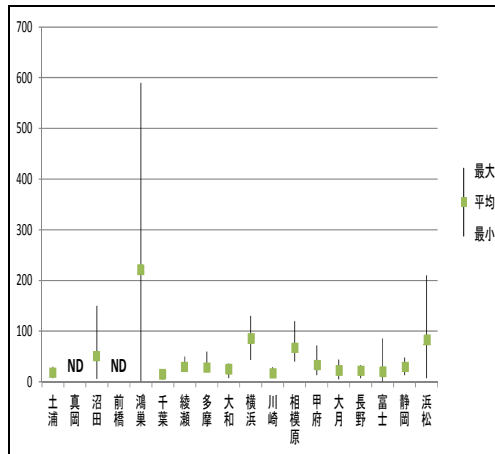


図 4-4-3 アルミニウム濃度 (Al:ng/m³)

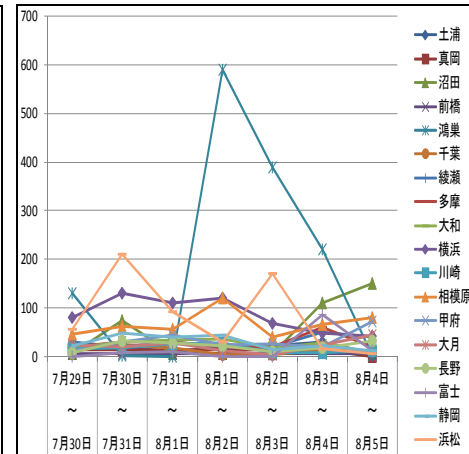


図 4-4-4 コア期間中の推移 (Al:ng/m³)

(3) カリウム

カリウム濃度を図 4-4-5 に、コア期間中の推移を図 4-4-6 に示す。

鴻巣で最大値 670 ng/m^3 、相模原で最大値 450 ng/m^3 であった。

すべての地点の平均値は 193 ng/m^3 以下で、地域による差は小さい。

8月3日～4日の調査日に、複数の地点で高い傾向が認められる。

鴻巣では、コア期間中に測定局前の駐車場改修工事が行われていた。

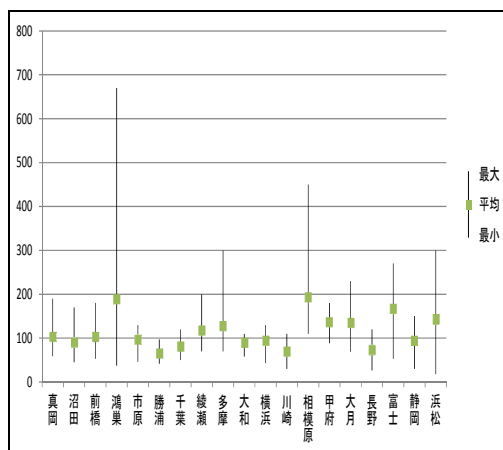


図 4-4-5 カリウム濃度 (K:ng/m³)

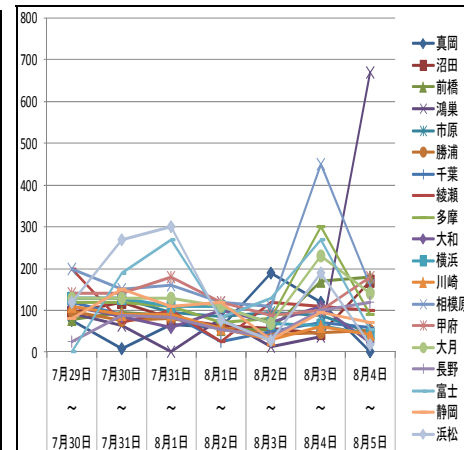


図 4-4-6 コア期間中の推移 (K:ng/m³)

(4) カルシウム

カルシウム濃度を図4-4-7に、コア期間中の推移を図4-4-8に示す。

浜松で最大値1,500 ng/m³、平均値は432 ng/m³、また、富士で最大値690 ng/m³、平均値は538 ng/m³と高かった。それ以外の地点は平均値が64.1 ng/m³以下で、沼田、前橋、鴻巣、大和では検出下限値未満であった。

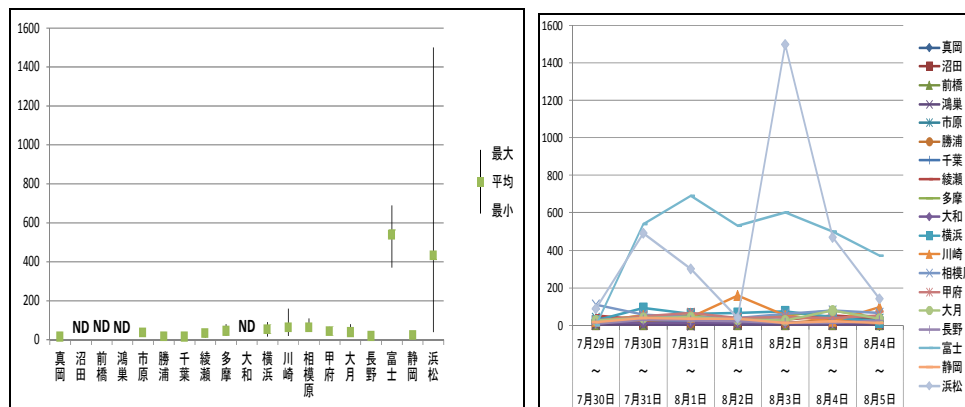


図4-4-7 カルシウム濃度(Ca:ng/m³)

図4-4-8 コア期間中の推移(Ca:ng/m³)

(5) バナジウム

バナジウム濃度を図 4-4-9 に、コア期間中の推移を図 4-4-10 に示す。

横浜で最大値 26 ng/m³ 平均値 14.6 ng/m³、川崎で最大値 21ng/m³ 平均値 12.3 ng/m³、富士で最大値 18 ng/m³ 平均値 12.8 ng/m³ と高い状況だった。

それ以外の地点は、平均値が 7.61 ng/m³ 以下であった。

真岡、沼田、前橋、長野は低い状況であった。

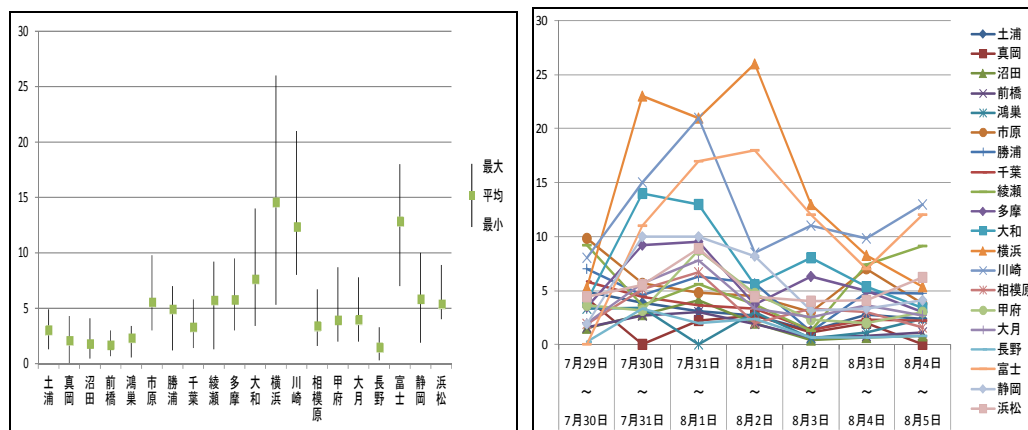


図 4-4-9 バナジウム濃度(V:ng/m³)

図 4-4-10 コア期間中の推移(V:ng/m³)

(6) クロム

クロム濃度を図 4-4-11 に、コア期間中の推移を図 4-4-12 に示す。

鴻巣で最大値 8.1 ng/m³、市原で最大値 6.2 ng/m³、川崎で最大値 5.2 ng/m³、相模原で最大値 5.7 ng/m³ と高かった。

真岡、勝浦、富士では、検出下限値未満と低かった。

鴻巣では、コア期間中に測定局前の駐車場改修工事が行われていた。

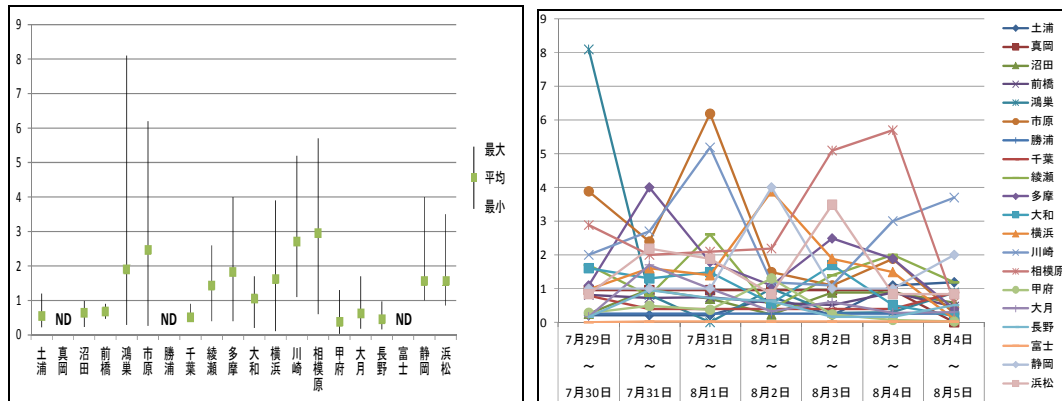


図 4-4-11 クロム濃度(Cr:ng/m³)

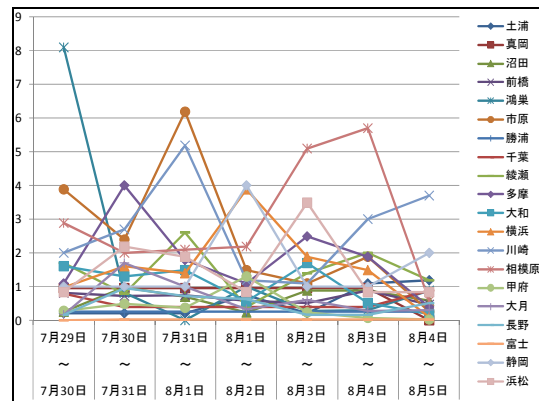


図 4-4-12 コア期間中の推移(Cr:ng/m³)

(7) マンガン

マンガン濃度を図 4-4-13 に、コア期間中の推移を図 4-4-14 に示す。

鴻巣では最大値 52 ng/m³ と高い日があった。市原では最大値 66 ng/m³、平均値が 26.5 ng/m³ と高い状況だった。

それ以外の地点は、平均値が 8.56 ng/m³ 以下で、富士は検出下限値未満であった。

全体としてコア期間中の変動は小さく、複数の地点でコア期間の後半にかけて低くなる傾向が認められる。

鴻巣では、コア期間中に測定局前の駐車場改修工事が行われていた。

また、市原では、同程度の濃度が過去にも頻繁に観測されている。

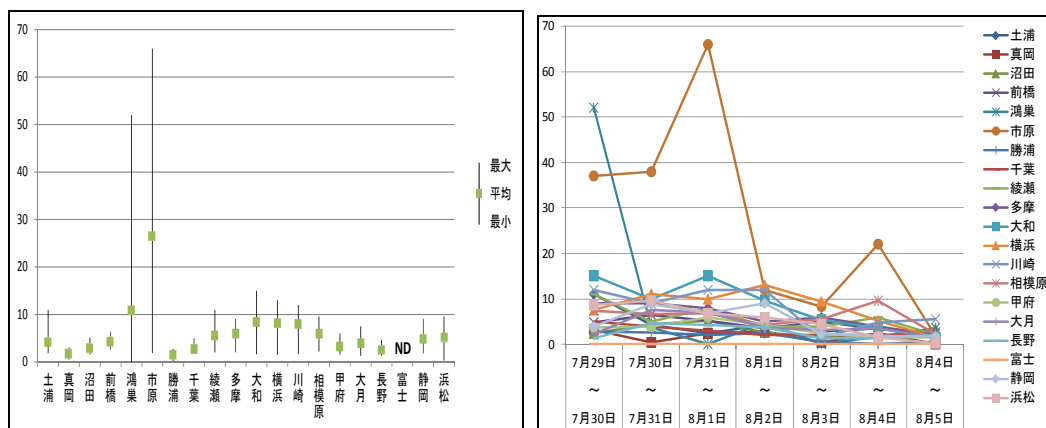


図 4-4-13 マンガン濃度(Mn:ng/m³)

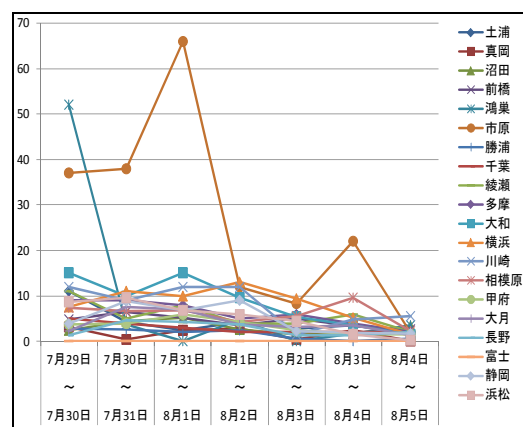


図 4-4-14 コア期間中の推移(Mn:ng/m³)

(8) 鉄

鉄濃度を図 4-4-15 に、コア期間中の推移を図 4-4-16 に示す。

鴻巣では最大値 6,000 ng/m³ と高い日があった。

それ以外の地点では、平均値が 157 ng/m³ 以下で、マンガンと同様に複数の地点でコア期間の後半にかけて低くなる傾向が認められる。

鴻巣では、コア期間中に測定局前の駐車場改修工事が行われていた。

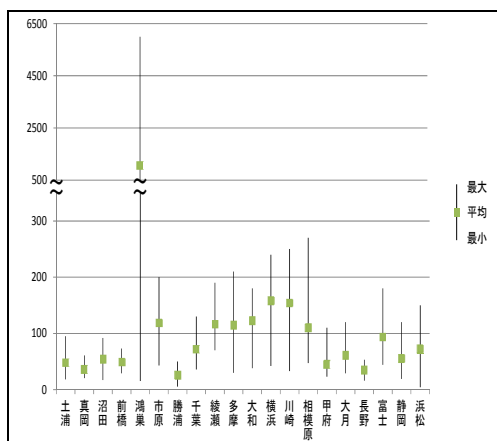


図 4-4-15 鉄濃度(Fe:ng/m³)

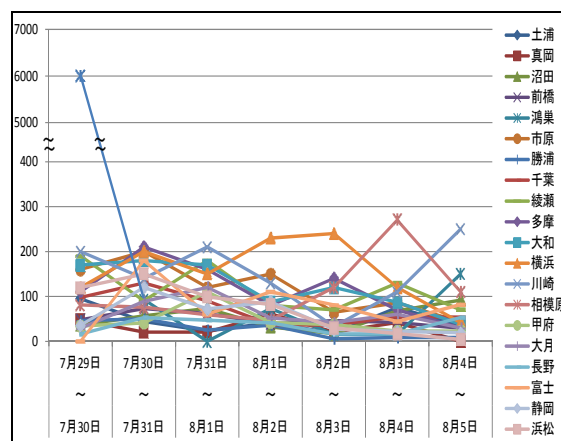


図 4-4-16 コア期間中の推移(Fe:ng/m³)

(9) ニッケル

ニッケル濃度を図 4-4-17 に、コア期間中の推移を図 4-4-18 に示す。

鴻巣で最大値 11 ng/m³ 平均値 3.29 ng/m³、横浜で最大値 8.3 ng/m³ 平均値 4.63 ng/m³、川崎で最大値 8 ng/m³ 平均値 4.3 ng/m³、相模原で最大値 15 ng/m³ 平均値 3.99 ng/m³ と高かった。沼田、前橋、長野は低かった。

マンガン、鉄と同様に、複数の地点でコア期間の後半にかけて低くなる傾向が認められる。

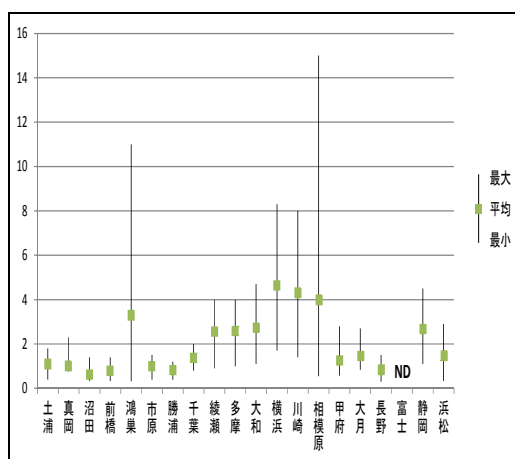


図 4-4-17 ニッケル濃度(Ni:ng/m³)

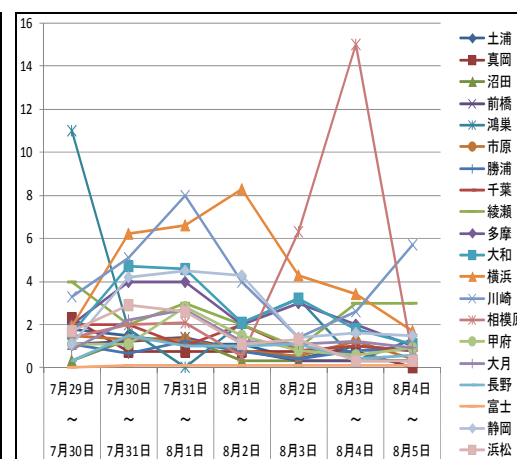


図 4-4-18 コア期間中の推移(Ni:ng/m³)

(10) 銅

銅濃度を図 4-4-19 に、コア期間中の推移を図 4-4-20 に示す。

大和で最大値 61 ng/m³ と高い日があったが、過去にも同程度の濃度が検出されており原因は把握できていない。

それ以外の地点は、平均値が 5.71 ng/m³ 以下で検出下限値未満のデータが多かった。

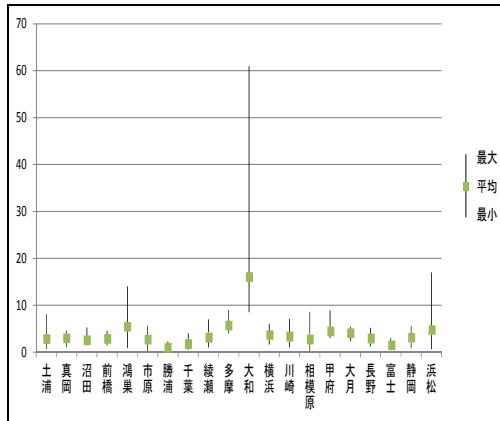


図 4-4-19 銅濃度(Cu:ng/m³)

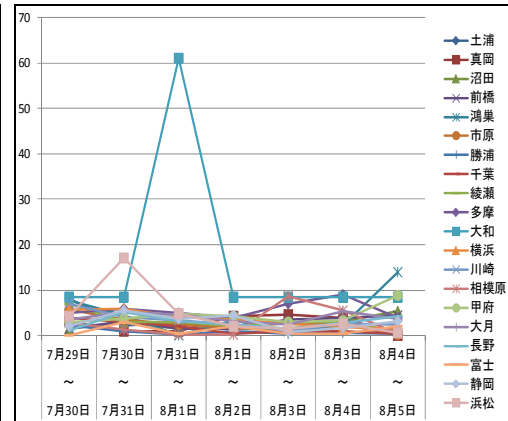


図 4-4-20 コア期間中の推移(Cu:ng/m³)

(11) 亜鉛

亜鉛濃度を図 4-4-21 に、コア期間中の推移を図 4-4-22 に示す。

土浦で最大値 190 ng/m³、市原で最大値 330 ng/m³ と高い日があった。

それ以外の地点では、平均値が 32.1ng/m³ 以下であった。

マンガン、鉄、ニッケルと同様に、複数の地点でコア期間の後半にかけて低くなる傾向が認められる。

市原では、同程度の濃度が過去にも頻繁に観測されており、廃棄物焼却の影響を受けたと思料される。

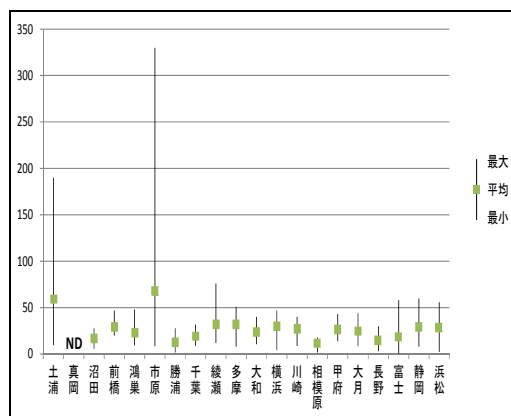


図 4-4-21 亜鉛濃度(Zn:ng/m³)

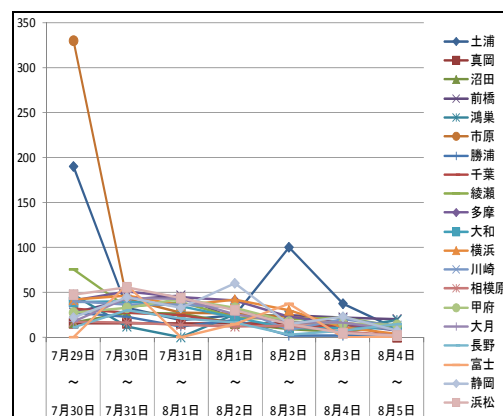


図 4-4-22 コア期間中の推移(Zn:ng/m³)

(12) ヒ素

ヒ素濃度を図 4-4-23 に、コア期間中の推移を図 4-4-24 に示す。

浜松で最大値 12 ng/m³ が検出されたが、浜松市内では土壤汚染対策法のヒ素溶出基準を超過する土壤が複数箇所で見られている。

その他の地点の平均値は、0.553 ng/m³～ 1.08 ng/m³ の範囲にあり、複数の地点でコア期間の後半にかけて低くなる傾向が認められる。

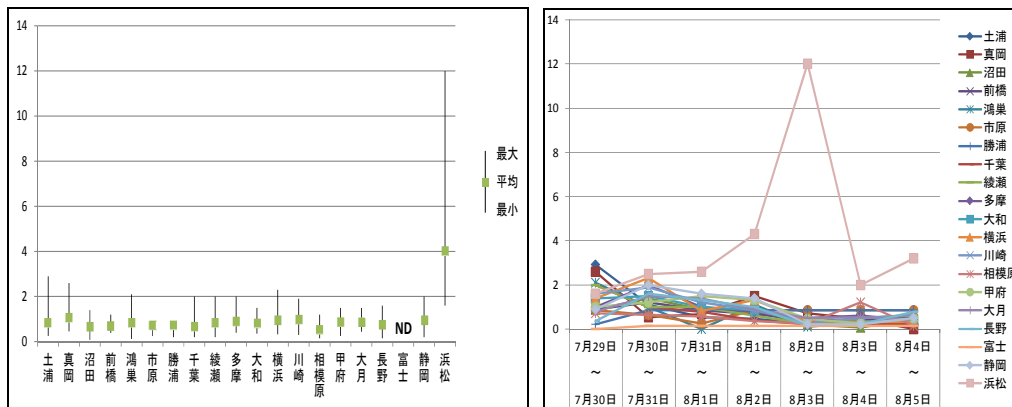


図 4-4-23 ヒ素濃度 (As:ng/m³)

図 4-4-24 コア期間中の推移 (As:ng/m³)

(13) セレン

セレン濃度を図 4-4-25 に、コア期間中の推移を図 4-4-26 に示す。

綾瀬、多摩、横浜で高濃度であった。低い地点は土浦、沼田、長野であった。

すべての地点の平均値は 0.5 ng/m³ ～ 1.5 ng/m³ の範囲にあった。

ほとんどの地点でコア期間中の変動が大きい。

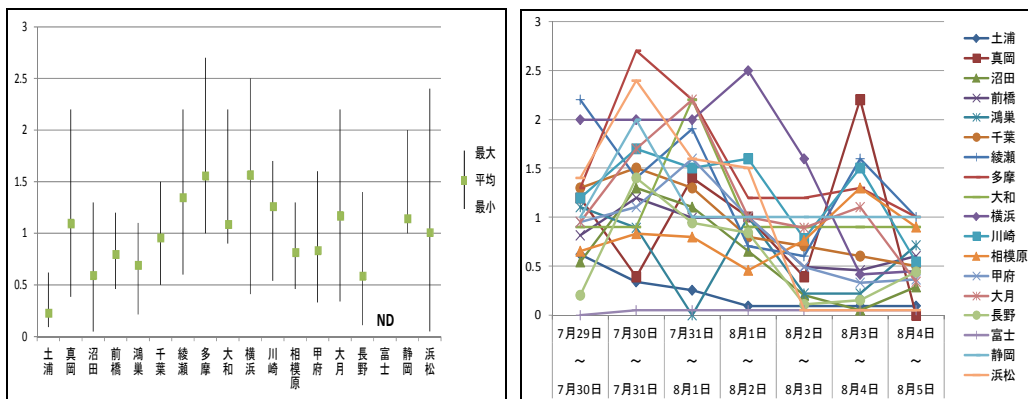


図 4-4-25 セレン濃度 (Se:ng/m³)

図 4-4-26 コア期間中の推移 (Se:ng/m³)

(14) 鉛

鉛濃度を図 4-4-27 に、コア期間中の推移を図 4-4-28 に示す。

各地点の平均値は、3.96 ng/m³～8.63 ng/m³の範囲にあった。

コア期間中の変動は大きい、複数の地点でコア期間の後半にかけて低くなる傾向が認められる。

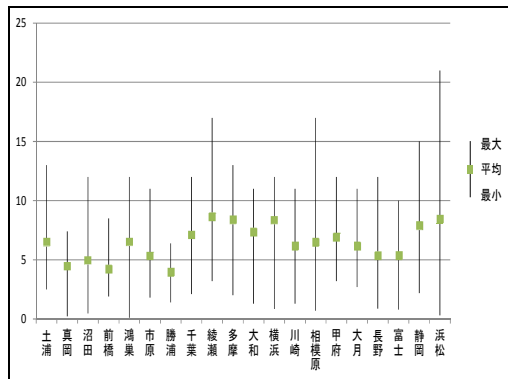


図 4-4-27 鉛濃度(Pb:ng/m³)

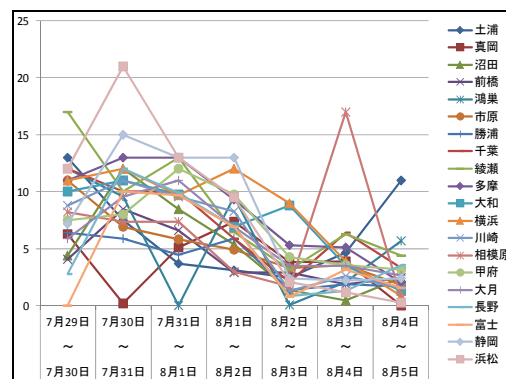


図 4-4-28 コア期間中の推移(Pb:ng/m³)

(15) その他の元素

元素によって調査地点は異なり、1～19 地点で分析を行った。

詳細なデータについては、Ⅱ資料編を参照されたい。

ケイ素は相模原で最大 340 ng/m³、スカンジウムは浜松で最大 36 ng/m³、チタンは多摩で最大 22 ng/m³、アンチモンは土浦で最大 5.7 ng/m³、バリウムは鴻巣で最大 33 ng/m³、セリウムは浜松で最大 4.1 ng/m³、タングステンは横浜で最大 25 ng/m³だった。

コバルト、ルビジウム、モリブデン、セシウム、ランタン、サマリウム、ハフニウム及びトリウムは、14～17 地点で調査したがほとんどのデータが検出下限値未満であった。

ベリリウムは、土浦と真岡の 2 地点で調査したがいずれも検出下限値未満、カドミウムは土浦、真岡、長野及び富士の 4 地点で調査し真岡で最大 0.32 ng/m³だった。

土浦では、ストロンチウム、イットリウム、タリウムも分析し、ストロンチウムは最大 2.2 ng/m³、イットリウムは検出下限値未満、タリウムは最大 0.093 ng/m³だった。

(16) まとめ

- ・ 重金属濃度は、全般的に濃度変動が大きく一部の調査地点で特定の元素が高いという特徴がみられた。
- ・ マンガン、鉄、ニッケル、亜鉛、ヒ素及び鉛では、複数の地点でコア期間の後半にかけて低くなる傾向が認められた。
- ・ カリウムは、8 月 3 日から 4 日に複数の地点で高い傾向があった。
- ・ 真岡、沼田、前橋及び長野では、複数の元素で低い濃度であった。
- ・ 本調査では、無機元素成分濃度を把握して調査地点間の変動を把握する他、発生源解析の根拠として必要であるが、各調査地点の無機元素成分濃度は地域特性に大きく影響される場合があるので、分析精度の確保という意味からも調査時の周辺状況に注意する必要がある。

4.5 発生源寄与の推定

(1) 使用した発生源データ

H20～H21 年度までは発生源データとして大阪府立大学の溝畑氏が提供した平成 17 年度の道路粉じん汚染寄与調査報告書¹⁾で引用されている発生源データを用いてきたが、H21～H22 年度は質量濃度が非常に低いことが原因で、自動車寄与率が 0%になるなど推定結果にいくつか実情を反映しないような結果が見られた。その後、H23 年 7 月に東京都微小粒子状物質検討会の中で新たな発生源データ（溝畑氏提供）が公表されたため、昨年度に検討を行った結果、自動車については、指標元素である元素状炭素について、従来が 55.3%に対し、東京都のデータが 49.4%と若干割合が下がっていた。重油燃焼については、元素状炭素については、全く同じであり、指標元素であるバナジウムについては、従来が 0.64%に対し、東京都のデータが 0.638%とほぼ同じであった。廃棄物焼却、鉄鋼工業、海塩粒子についても、ほぼ同じデータであった。道路粉じんについては、元素状炭素が従来データでは 1.48%、東京都のデータでは 1.28%と若干割合が下がっているが、他は似通った組成になっていた。データに若干の差はあるものの、全体的に非常に似通ったデータであり、解析結果としてもそれほど大きな差は見られなかったため、表 4-5-1 に示したとおり、公表されたデータとして最新のデータである東京都微小粒子状物質検討会のデータを昨年度に続き使用することとした。

表4-5-1 今回の検証で用いた発生源データ（単位：％）

成分	道路粉じん	海塩粒子	鉄鋼工業	重油燃焼	廃棄物焼却	自動車
EC	1.28	0.0000028	0.50	30	5.0	49.4
K	1.27	1.1	1.32	0.085	20	0.0197
Ca	5.52	1.17	4.51	0.085	1.1	0.146
Na	1.25	30.4	1.36	1.0	12	0.00764
V	0.0108	0.0000058	0.0125	0.638	0.0027	0.000725
Mn	0.106	0.0000058	2.2	0.012	0.033	0.00193
Al	6.11	0.000029	0.999	0.21	0.42	0.157

東京都微小粒子状物質検討会報告書(H23年7月:溝畑氏)データ²⁾

※ 昨年度の解析から各自治体の常時監視のデータを解析しているが、今年度も一部自治体で欠側の項目がいくつかあったため、それらの自治体については以下の扱いとした。

・真岡

8 月 4 日～5 日にかけてのデータが全て欠側となっていたため、他の 6 日間のデータを用いて解析を行った。

・鴻巣

7 月 31 日～8 月 1 日にかけての無機元素成分のデータが全て欠側となっていたため、この日の他のデータも全て除いて他の 6 日間のデータを用いて解析を行った。また、調査を実施したコア期間中に調査地点で工事があり、舗装の剥離作業、木材の切断・堆積及び土砂の堆積等があり、ナトリウムなどいくつかの項目の環境データに大きく影響したことが推測されるため、今回の解析結果は全て参考値扱いとした。

・富士

7 月 29 日～30 日にかけてのデータが全て欠側となっていたため、他の 6 日間のデータを

用いて解析を行った。

発生源寄与率については一部データが欠側でも推定が可能であると考えられるが、欠測期間が異なるため、横並びでの比較できないことに注意されたい。

(2) 発生源寄与率の推定方法

従来は、夏季を細かく 5 期間または 6 期間に分けて各期間毎に詳細な解析を行っていたが、推定に使用する質量濃度を含めた各成分の濃度が非常に低いケースが含まれることなどがあり、発生源寄与率の推定が困難な場合があった。このことから、昨年度に引き続き解析は各期間（コア期間）で得られたデータを合計することで 1 期間とし、夏季データとして総合的に解析することとした。

推定方法は、従来と同様に 6 発生源×7 項目の線形計画法で行い、6 発生源の寄与の合計を最大化することを目的とする。しかし、寄与の合計が粒子状物質濃度を超えないように制限するため、式の数は 8 本となり、6 発生源×8 項目とも言える。計算ソフトとして、15 年度報告書から、BASIC プログラム³⁾をエクセルの VBA に翻訳したものを使用している。

ナトリウム (Na)、カリウム (K)、カルシウム (Ca) のデータについてはイオンクロマトグラフィ (IC) と ICP-MS のデータがあるが、自治体によりそれぞれの分析機器で測定している項目と測定していない項目があったため、従来どおり IC と ICP-MS の両方のデータがある項目については濃度の高い方を選択し、いずれかの分析機器で未測定の項目については、測定結果のある分析機器のデータを選択して解析を行った。

二次生成粒子の計算は平成元年度以来、式 (1) のように 4 種の無機水溶性成分の実測値の和（二次無機粒子）として計算してきたが、近年不明分が大きくなり、その原因が従来の方法では有機炭素由来分（二次有機粒子）を考慮していないことが推測されたため、式 (2) のように改め、無機成分由来分と有機炭素由来分の和を二次生成粒子とした。

WSOC は有機粒子の多くを含み、WSOC もそのほとんどが PM_{2.5} に含まれるとされている^{4),5)}ことから、式 (2) では二次有機粒子の指標として WSOC 濃度を採用した。

$$\text{二次生成粒子} = [\text{NH}_4^+] + [\text{Cl}^-] + [\text{NO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}] \cdots \cdots (1)$$

$$\text{二次生成粒子} = [\text{NH}_4^+] + [\text{Cl}^-] + [\text{NO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}] + 1.5[\text{WSOC}] \cdots \cdots (2)$$

$$\text{うち、二次無機粒子} = [\text{NH}_4^+] + [\text{Cl}^-] + [\text{NO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$$

$$\text{二次有機粒子} = 1.5[\text{WSOC}] \quad \text{として取り扱った。}$$

※ 二次有機粒子の係数 1.5 は「フィルタによる微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 質量濃度測定法暫定マニュアル (改訂版)」から引用した。

(3) 計算結果

H25 年度の発生源寄与の推定結果を表 4-5-2、表 4-5-3 及び図 4-5-1、図 4-5-2 に示した。不明部分は粒子状物質濃度から各発生源の寄与量を差し引いた結果とした。WSOC は未測定の自治体があったため、二次生成粒子を二次無機粒子のみで計算した結果を表 4-5-2 及び図 4-5-1 に示した。また、WSOC 測定実施自治体については 二次生成粒子を二次無機粒子と二次有機粒子として計算した結果を表 4-5-3 及び図 4-5-2 に示した。なお、(1)使用した発生源データの中で前述したとおり、鴻巣については参考値となるので注意されたい。

① 二次生成粒子を二次無機粒子とした場合

二次生成粒子と自動車で全体の寄与率に占める割合が 45.6%~79.6%の範囲で、多くの地点が 60%を超える結果となった。

それぞれの発生源について詳細を見てみると、まず二次無機粒子については、例年同様に全ての地点で最も大きな寄与率を示しており、他の発生源の寄与率と比較しても卓越していた。最も寄与率が高かったのが川崎で 69.8%、次いで長野が 66.0%、横浜が 65.3%と高い寄与率を示し、最も寄与率が低かったのが大月で 33.7%、甲府が 36.6%、前橋が 38.1%とそれに続く結果となった。

自動車については、全体を通してみると二次無機粒子に次いで 2 番目に大きな寄与率となった。これは例年の傾向どおりである。最も寄与率が高かったのが参考値である鴻巣を除けば、富士が 14.2%、沼田が 12.7%、長野が 12.4%と高い寄与率を示し、最も寄与率が低かったのが綾瀬で 3.2%、千葉が 3.8%、多摩が 3.9%とそれに続く結果となった。その他の地点では、概ね 10%前後の寄与率を示した。

重油燃焼については、最も寄与率が高かったのが横浜で 12.5%、次いで川崎が 10.6%、勝浦が 6.5%と高い寄与率を示し、最も寄与率が低かったのが前橋で 1.2%、沼田が 1.7%、真岡及び長野が 1.9%とそれに続く結果となった。例年どおり湾岸地域で寄与率が高い傾向が見られた。事業場など固定発生源からのばい煙などの影響、船舶の影響が推測された。その他の地域では概ね 5%未満の地点が多かった。

廃棄物焼却については、最も寄与率が高かったのが川崎で 4.6%、次いで鴻巣であるが、参考値であるため、これを除けば相模原が 4.1%、横浜と甲府が 3.8%と高い寄与率を示し、最も寄与率が低かったのが富士で 0%、前橋が 1.1%、沼田が 1.6%とそれに続く結果となった。その他の地点でも寄与率は概ね 2%前後を示しており、地点毎の大きな寄与率の差は見られなかった。

海塩粒子については、最も寄与率が高かったのが参考値である鴻巣を除けば、富士が 6.0%、浜松が 4.1%、勝浦が 2.9%と高い寄与率を示し、最も寄与率が低かったのが沼田、前橋、甲府、大月、長野でいずれも 0%であった。

道路粉じんについては、最も寄与率が高かったのが浜松で 5.8%、次いで勝浦が 5.2%、横浜が 3.8%と高い寄与率を示し、最も寄与率が低かったのが富士で 0%、川崎が 0.3%、前橋が 0.4%とそれに続いた。その他の地点では寄与率は概ね 3%前後であり、地点毎の大きな寄与率の差は見られなかった。

鉄鋼については、最も寄与率が高かったのが市原で 7.3%を示したが、その他の地点では寄与率は 0%から 2.9%と地点毎の大きな寄与率の差は見られなかった。

② 二次生成粒子を二次無機粒子と二次有機粒子とした場合

WSOC の分析結果のある自治体については有機炭素由来の二次生成粒子について発生源寄与率を推定した。二次有機粒子の全体に占める寄与率は 8.3%~23.2%であった。最も寄与率が高かったのが長野で 23.2%、次いで静岡が 23.1%、富士が 19.1%と高い寄与率を示し、最も寄与率が低かったのが真岡で 8.3%、土浦が 11.9%、沼田が 12.0%とそれに続いた。二次生成粒子を二次無機粒子と二次有機粒子の合算とした場合、二次生成粒子が全体占める寄与率の割合は 47.3%~81.7%と高い割合となり、二次生成粒子以外の発生源寄与率と比較して卓越していた。ほとんどの地点で寄与率が 50%を超えていた。

表4-5-2 H25年度発生源寄与推定結果

単位：μg/m³（下段寄与率を除く）

	粒子濃度	自動車	重油燃焼	廃棄物	海塩粒子	道路粉じん	鉄鋼	二次無機粒子	不明
土浦	12.8	0.94	0.46	0.48	0.02	0.11	0.18	7.11	3.51
真岡	16.4	1.90	0.31	0.44	0.02	0.36	0.07	7.79	5.49
沼田	15.5	1.97	0.27	0.25	0.00	0.29	0.12	6.41	6.22
前橋	20.9	2.24	0.25	0.23	0.00	0.08	0.19	7.96	9.92
(鴻巣)	16.3	2.52	0.33	0.70	1.87	0.38	0.47	9.45	0.59
市原	16.0	1.45	0.83	0.37	0.05	0.39	1.17	8.53	3.19
勝浦	11.7	0.53	0.76	0.26	0.33	0.61	0.04	6.87	2.28
千葉	14.2	0.54	0.51	0.43	0.21	0.19	0.11	8.78	3.44
綾瀬	16.7	0.53	0.88	0.56	0.28	0.29	0.23	10.40	3.58
多摩	21.2	0.82	0.89	0.70	0.14	0.33	0.25	13.07	5.02
大和	18.7	1.89	1.18	0.47	0.07	0.25	0.36	11.82	2.68
横浜	18.1	0.94	2.26	0.69	0.09	0.69	0.32	11.85	1.30
川崎	18.1	1.77	1.92	0.84	0.10	0.05	0.34	12.60	0.44
相模原	21.3	1.74	0.51	0.88	0.45	0.65	0.23	13.13	3.73
甲府	17.5	1.57	0.60	0.66	0.00	0.42	0.12	6.39	7.70
大月	25.4	3.09	0.61	0.62	0.00	0.20	0.16	8.55	12.17
長野	11.4	1.41	0.22	0.35	0.00	0.27	0.10	7.52	1.52
富士	19.4	2.75	0.39	0.00	1.17	0.00	0.00	10.48	4.57
静岡	18.3	1.62	0.90	0.43	0.14	0.29	0.20	10.87	3.85
浜松	21.3	1.66	0.81	0.62	0.88	1.24	0.17	12.56	3.34
	粒子濃度	自動車	重油燃焼	廃棄物	海塩粒子	道路粉じん	鉄鋼	二次無機粒子	不明
土浦	12.8	7.4%	3.6%	3.7%	0.2%	0.8%	1.4%	55.5%	27.4%
真岡	16.4	11.6%	1.9%	2.7%	0.1%	2.2%	0.4%	47.5%	33.5%
沼田	15.5	12.7%	1.7%	1.6%	0.0%	1.9%	0.8%	41.3%	40.0%
前橋	20.9	10.7%	1.2%	1.1%	0.0%	0.4%	0.9%	38.1%	47.5%
(鴻巣)	16.3	15.4%	2.0%	4.3%	11.5%	2.4%	2.9%	58.0%	3.6%
市原	16.0	9.1%	5.2%	2.3%	0.3%	2.4%	7.3%	53.4%	20.0%
勝浦	11.7	4.6%	6.5%	2.2%	2.9%	5.2%	0.3%	58.8%	19.5%
千葉	14.2	3.8%	3.6%	3.0%	1.5%	1.3%	0.8%	61.8%	24.2%
綾瀬	16.7	3.2%	5.3%	3.3%	1.7%	1.7%	1.4%	62.1%	21.4%
多摩	21.2	3.9%	4.2%	3.3%	0.7%	1.5%	1.2%	61.6%	23.7%
大和	18.7	10.1%	6.3%	2.5%	0.4%	1.3%	1.9%	63.1%	14.3%
横浜	18.1	5.2%	12.5%	3.8%	0.5%	3.8%	1.7%	65.3%	7.2%
川崎	18.1	9.8%	10.6%	4.6%	0.6%	0.3%	1.9%	69.8%	2.4%
相模原	21.3	8.1%	2.4%	4.1%	2.1%	3.1%	1.1%	61.6%	17.5%
甲府	17.5	9.0%	3.4%	3.8%	0.0%	2.4%	0.7%	36.6%	44.1%
大月	25.4	12.2%	2.4%	2.4%	0.0%	0.8%	0.6%	33.7%	47.9%
長野	11.4	12.4%	1.9%	3.1%	0.0%	2.4%	0.9%	66.0%	13.4%
富士	19.4	14.2%	2.0%	0.0%	6.0%	0.0%	0.0%	54.1%	23.6%
静岡	18.3	8.8%	4.9%	2.3%	0.8%	1.6%	1.1%	59.4%	21.1%
浜松	21.3	7.8%	3.8%	2.9%	4.1%	5.8%	0.8%	59.1%	15.7%

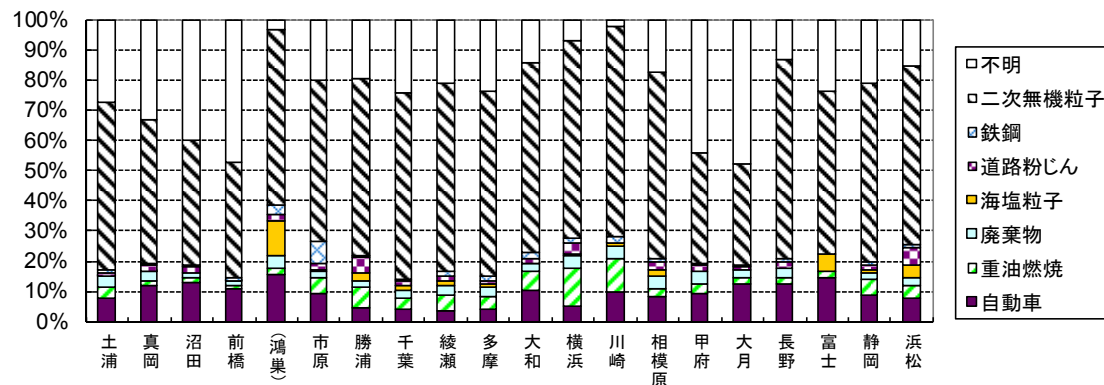
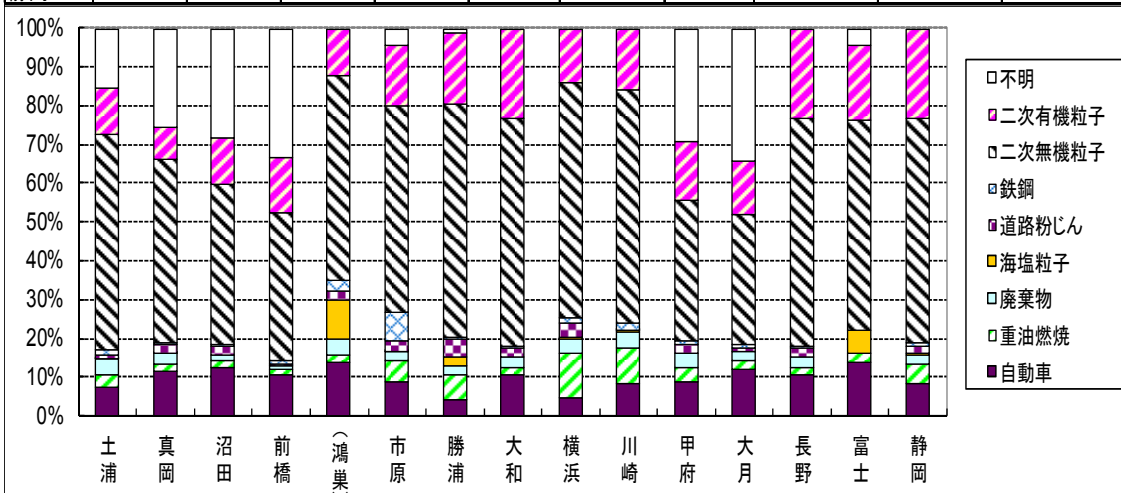
図4-5-1 H25年度発生源寄与の推定結果（二次生成粒子は二次無機粒子のみ）
（鴻巣）…参考値

表4-5-3 H25年度発生源寄与推定結果

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (下段寄与率を除く)

	粒子濃度	自動車	重油燃焼	廃棄物	海塩粒子	道路粉じん	鉄鋼	二次無機粒子	二次有機粒子	不明
土浦	12.8	0.94	0.46	0.48	0.02	0.11	0.18	7.11	1.53	1.98
真岡	16.4	1.90	0.31	0.44	0.02	0.36	0.07	7.79	1.35	4.14
沼田	15.5	1.97	0.27	0.25	0.00	0.29	0.12	6.41	1.86	4.36
前橋	20.9	2.24	0.25	0.23	0.00	0.08	0.19	7.96	2.96	6.96
(鴻巣)	16.3	2.29	0.30	0.63	1.70	0.35	0.42	8.61	1.98	0.00
市原	16.0	1.45	0.83	0.37	0.05	0.39	1.17	8.53	2.49	0.71
勝浦	12.8	0.50	0.78	0.26	0.25	0.55	0.04	7.01	2.19	0.11
大和	18.7	1.25	0.19	0.31	0.00	0.24	0.09	6.67	2.64	0.00
横浜	18.1	0.87	2.10	0.64	0.09	0.64	0.29	10.99	2.52	0.00
川崎	18.1	1.53	1.65	0.72	0.09	0.04	0.30	10.86	2.86	0.00
甲府	17.5	1.57	0.60	0.66	0.00	0.42	0.12	6.39	2.58	5.12
大月	25.4	3.09	0.61	0.62	0.00	0.20	0.16	8.55	3.45	8.72
長野	11.4	1.25	0.19	0.31	0.00	0.24	0.09	6.67	2.64	0.00
富士	19.4	2.75	0.39	0.00	1.17	0.00	0.00	10.48	3.70	0.87
静岡	18.3	1.58	0.88	0.42	0.14	0.28	0.19	10.60	4.22	0.00
	粒子濃度	自動車	重油燃焼	廃棄物	海塩粒子	道路粉じん	鉄鋼	二次無機粒子	二次有機粒子	不明
土浦	12.8	7.4%	3.6%	3.7%	0.2%	0.8%	1.4%	55.5%	11.9%	15.5%
真岡	16.4	11.6%	1.9%	2.7%	0.1%	2.2%	0.4%	47.5%	8.3%	25.3%
沼田	15.5	12.7%	1.7%	1.6%	0.0%	1.9%	0.8%	41.3%	12.0%	28.0%
前橋	20.9	10.7%	1.2%	1.1%	0.0%	0.4%	0.9%	38.1%	14.2%	33.3%
(鴻巣)	16.3	14.1%	1.8%	3.9%	10.5%	2.1%	2.6%	52.8%	12.2%	0.0%
市原	16.0	9.1%	5.2%	2.3%	0.3%	2.4%	7.3%	53.4%	15.5%	4.4%
勝浦	11.7	4.3%	6.6%	2.2%	2.1%	4.7%	0.3%	60.1%	18.7%	0.9%
大和	18.7	9.9%	6.2%	2.5%	0.4%	1.3%	1.9%	62.1%	15.8%	0.0%
横浜	18.1	4.8%	11.6%	3.5%	0.5%	3.5%	1.6%	60.6%	13.9%	0.0%
川崎	18.1	8.5%	9.2%	4.0%	0.5%	0.2%	1.6%	60.2%	15.9%	0.0%
甲府	17.5	9.0%	3.4%	3.8%	0.0%	2.4%	0.7%	36.6%	14.8%	29.3%
大月	25.4	12.2%	2.4%	2.4%	0.0%	0.8%	0.6%	33.7%	13.6%	34.3%
長野	11.4	11.0%	1.7%	2.7%	0.0%	2.1%	0.8%	58.5%	23.2%	0.0%
富士	19.4	14.2%	2.0%	0.0%	6.0%	0.0%	0.0%	54.1%	19.1%	4.5%
静岡	18.3	8.6%	4.8%	2.3%	0.8%	1.5%	1.1%	57.9%	23.1%	0.0%

図4-5-2 H25年度発生源寄与の推定結果(二次生成粒子は二次無機粒子+二次有機粒子)
(鴻巣)…参考値

※図 4-5-1 のデータを元にして二次有機粒子を付け加えた結果

続いて、沿岸部・内陸部別の発生源寄与率推定結果について図 4-5-3 に示した。なお、鴻巣については解析から除外した。

沿岸部：土浦、市原、勝浦、千葉、綾瀬、大和、横浜、川崎、富士、静岡、浜松

内陸部：真岡、沼田、前橋、多摩、相模原、甲府、大月、長野

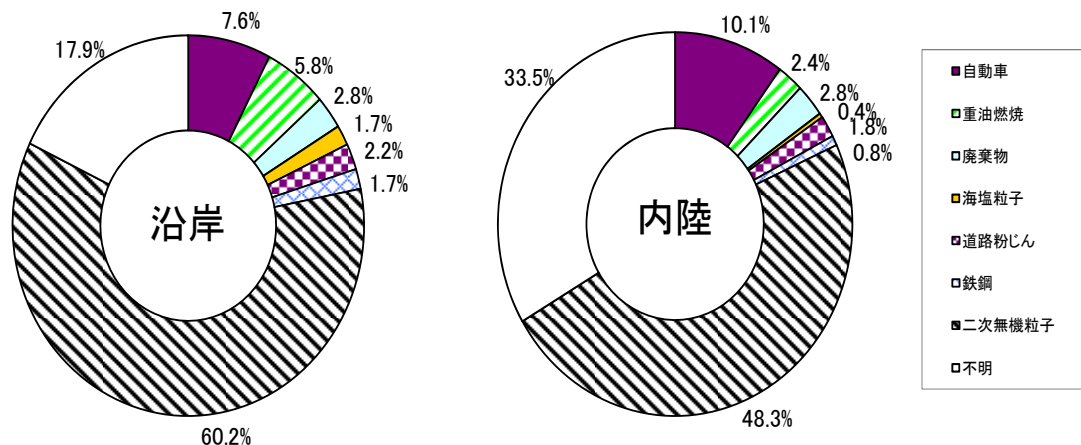


図 4-5-3 発生源寄与率の沿岸部・内陸部での比較(二次生成粒子は二次無機粒子のみ)

沿岸部、内陸部ともに最も寄与率が高いのは二次生成粒子(二次無機粒子)で、次いで自動車、重油燃焼となっていた。

まず自動車については寄与率が内陸部で 10.1%、沿岸部が 7.6%となり、例年どおり内陸部で沿岸部の寄与率を上回る傾向が見られた。

重油燃焼については寄与率が内陸部で 2.4%、沿岸部が 5.8%となり、沿岸部で内陸部の寄与率の 2 倍以上となっていた。沿岸部では事業場などの固定発生源の影響や船舶などの影響が推測された。

廃棄物焼却については寄与率が内陸部で 2.8%、沿岸部で 2.8%となり、差が見られなかった。

海塩粒子については寄与率が内陸部で 0.4%、沿岸部で 1.7%となり、沿岸部で内陸部よりも寄与率が大きく上回っていた。

道路粉じんについては寄与率が内陸部で 1.8%、沿岸部で 2.2%となり、沿岸部で内陸部を若干上回るものの、大きな差は見られなかった。

鉄鋼については寄与率が内陸部で 0.8%、沿岸部で 1.7%となり、例年どおり内陸部に対して沿岸部で寄与率が高い傾向が見られた。沿岸部については鉄鋼業などの固定発生源の影響が推測されるが、全体に占める寄与率は最も低かった。

二次生成粒子(二次無機粒子)については寄与率が内陸部で 48.3%、沿岸部で 60.2%となり、沿岸部が内陸部の寄与率を上回っている傾向が見られた。

続いて、ディーゼル車運行規制地域内・外別の発生源寄与率推定結果について図 4-5-4 に示した。なお、鴻巣については解析から除外した。

規制地域内：市原、千葉、綾瀬、多摩、大和、横浜、川崎、相模原

規制地域外：土浦、真岡、沼田、前橋、勝浦、甲府、大月、長野、富士、静岡、浜松

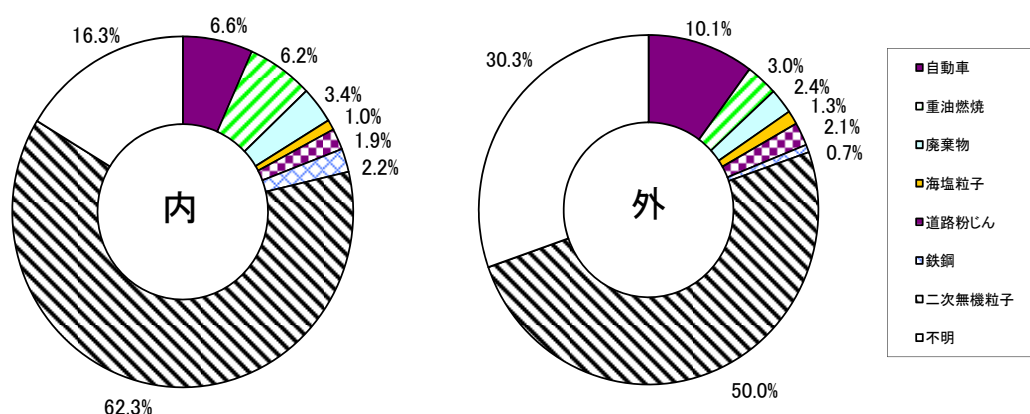


図 4-5-4 発生源寄与率のディーゼル車運行規制地域内・外での比較(二次生成粒子は二次無機粒子のみ)

自動車の寄与率を見てみると、ディーゼル車運行規制地域内で 6.6%、規制地域外で 10.1% となり、例年どおり規制地域外が規制地域内を上回る結果となった。その他の発生源の寄与率は道路粉じんが同程度である以外は規制地域内が規制地域外を上回る傾向が見られた。

(4) まとめと今後の課題

昨年度、初めて各自治体の常時監視として成分分析した環境データを持ちより解析を行ったが、自治体間で分析機器や分析項目に違いがあり、自前による分析と委託による分析の差も見られ、分析の精度に自治体間でばらつきが見られた。今年度は、各自治体の成分分析体制の整備が進むなどして、分析の精度もある程度統一されたため、それが発生源寄与率推定にも反映されたと思われる。今後も分析精度を維持、向上するため従来から行っている精度管理については重要であると考ええる。

参考文献

- 1) 平成 17 年度環境省請負業務調査結果報告書「道路粉じん汚染寄与調査」 (財) 日本環境衛生センター、平成 18 年 3 月
- 2) 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 平成 23 年 7 月
- 3) 玄光男, 井田憲一: (パーソナルコンピュータソフトウェアシリーズ) 線形計画・目標計画プログラム, 電気書院発行, 1985 年
- 4) 上野ら: 東京都における夏期の $PM_{2.5}$ 及び水溶性有機炭素とオキシダント濃度との関係, 大気環境学会誌, 第 46 巻, 第 2 号, 2011 年
- 5) Kumagai et al., Aerosol and Air Quality Research, 10:282-291, 2010

4.6 フィルターパック法によるガス状成分、エアロゾル成分濃度

フィルターパック法（以下「FP 法」）により採取した試料について、二次生成粒子のガス状前駆物質である SO_2 、 HNO_3 、 HCl 、 NH_3 およびエアロゾル成分である SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ の測定を行い、それぞれの地域性や期間変動、および光化学オキシダント（ Ox ）との関係について考察した。調査は1都6県1市の計8自治体が参加した。FP 法の詳細については資料編を参照。

解析にあたっては、海塩の影響を受けやすく、 SO_2 などの発生源も多い沿岸部（土浦、綾瀬、川崎、富士）と、首都圏等からの移流が懸念される内陸部（前橋、沼田、鴻巣、甲府、長野）に分けて比較を行った。

なお、本文中のガス状成分濃度はフィルターパックの F1-F3 に捕集された成分の合計濃度を、エアロゾル成分は F0 に捕集された成分の濃度を用いた。なお、FP 法では分級を行っていないため、F0 には、粗大粒子も含まれる。また、図中の粒子化率は、F0-F3 に捕集された各成分の合計濃度中の F0 成分の割合として求めた。

(1) ガス状成分およびエアロゾル成分の地域性について

平成 25 年度の調査における各地点のガス状成分の濃度、エアロゾル成分の濃度、粒子化率の平均値を図 4-6-1 から図 4-6-4 に示す。なお濃度の単位は nmol/m^3 で示した。

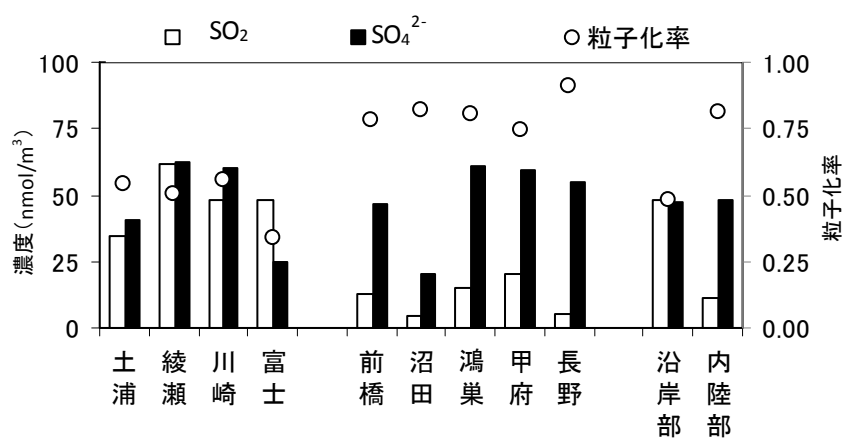


図 4-6-1 SO_2 、 SO_4^{2-} の濃度および粒子化率の平均値

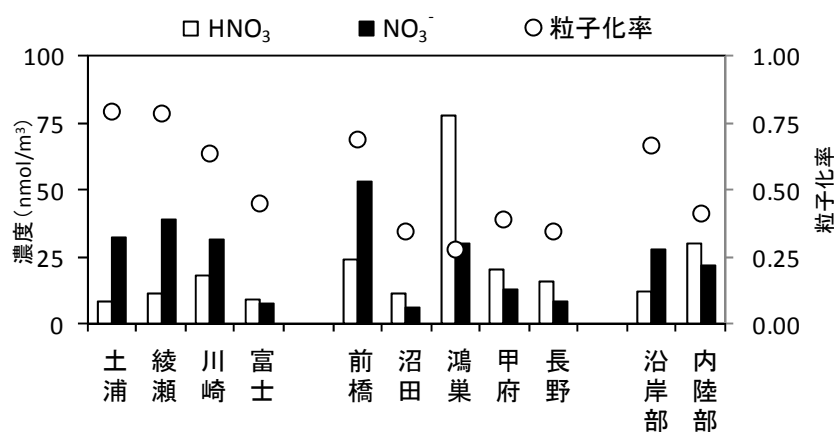


図 4-6-2 HNO_3 、 NO_3^- の濃度および粒子化率の平均値

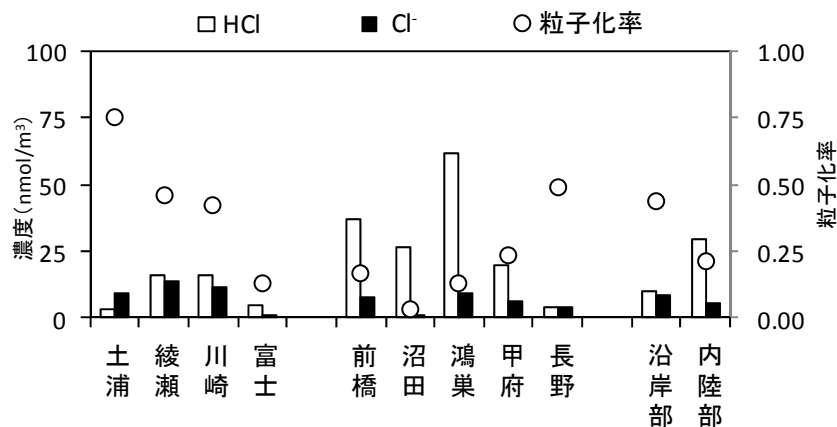


図 4-6-3 HCl、Cl⁻の濃度および粒子化率の平均値

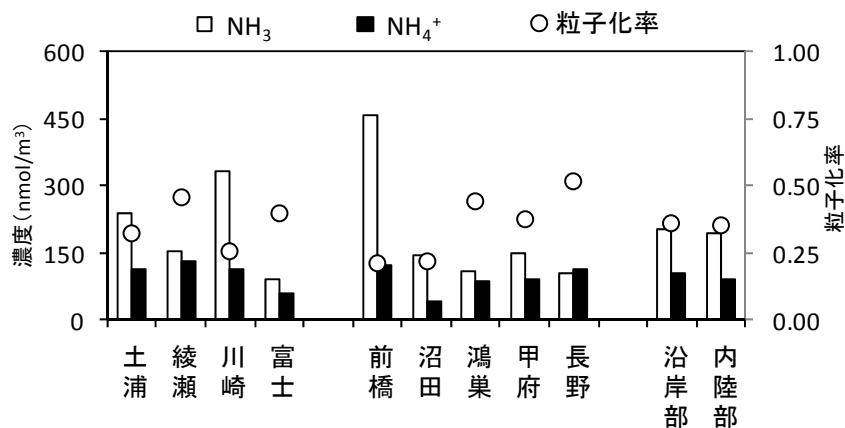


図 4-6-4 NH₃、NH₄⁺の濃度および粒子化率の平均値

SO₂は沿岸部と内陸部で比較すると沿岸部の濃度が高い傾向が見られた。沿岸部に位置するSO₂発生源（工業地帯や船舶等）の影響を受けているものと考えられる。SO₄²⁻は沿岸部と内陸部で比較すると、SO₂ほど大きな濃度差はなかった。粒子化率は、沿岸部で小さく、内陸部で大きくなる傾向にあった。沿岸部で発生したSO₂が内陸部へと移送される過程で、SO₂濃度が減少する一方、SO₄²⁻濃度は変動がなく、結果として粒子化率が内陸部で大きくなるものと考えられる。

HNO₃は内陸部の鴻巣で特に濃度が高く、沿岸部は内陸部より低い傾向であった。NO₃⁻は、内陸部の前橋で高く、沿岸部の富士、および内陸部の沼田、甲府、長野で濃度が低くなった。粒子化率については土浦、綾瀬、川崎、前橋で高く、沿岸部が高い傾向であった。図 4-6-5に各地点の全硝酸（HNO₃+NO₃⁻）濃度と、NO₂濃度（常時監視データ）を示す。全硝酸は沿岸部より内陸部の地点の方が相対的に高かった。常時監視のNO₂濃度が一番高かった川崎で全硝酸が49.0で、沿岸部の平均値39.2と比較して顕著な差は見られず、今回の期間測定に関しては全硝酸（HNO₃+NO₃⁻）と常時監視NO₂濃度との明確な相関はみられなかった。

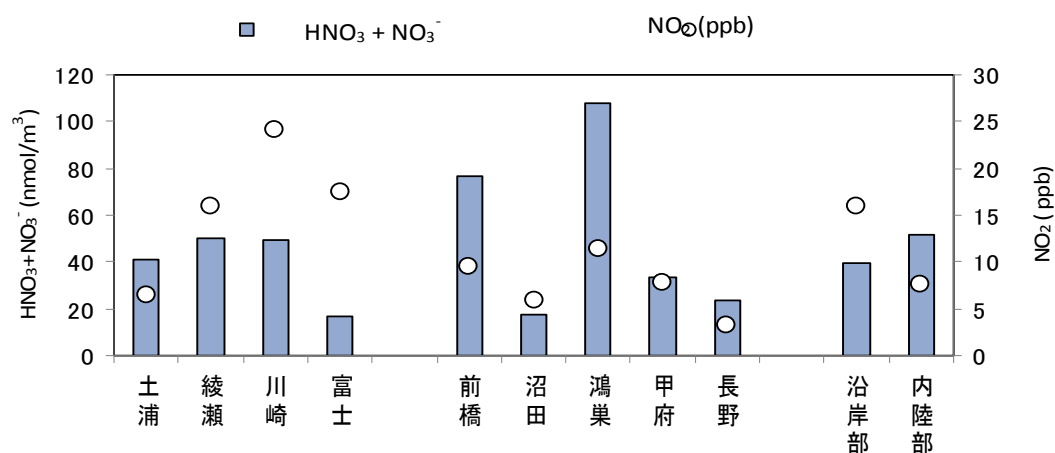


図 4-6-5 全硝酸 ($\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$) 濃度と NO_2 濃度 (常時監視データ)

HCl は内陸部の前橋、沼田、鴻巣で濃度が高くなり、全体的に内陸部の方が濃度が高い傾向にあった。 Cl^- は沿岸部の綾瀬、川崎で濃度が高くなった。 Cl^- は海塩中に多く含まれ、海塩のクロールロスから HCl が発生する他、廃棄物焼却など人為起源の発生源からも HCl や Cl^- が発生する。沿岸部で Cl^- の濃度が高くなった要因の一つとして、海塩の影響が大きいことが考えられる。しかし、 Cl^- 濃度は沿岸部、内陸部での平均値の差が前年度¹⁾、前々年度²⁾と比較して小さかった。このことから、海塩の影響は例年より少なかったと考えられる。粒子化率については沿岸部の土浦、綾瀬、川崎及び内陸部の長野で大きくなった。内陸部では海塩粒子が少ないことに加え、クロールロスがより進行してガス態の HCl が増加するためと考えられる。

NH_3 は沿岸部の土浦、川崎及び内陸部の前橋で濃度が高い傾向にあった。 NH_3 の主な排出源は畜産や肥料、自動車などが考えられるが、明確な傾向は無かった。また粒子化率についても地点間の差に明確な傾向はなかった。

(2) ガス状成分およびエアロゾル成分の期間変動について

平成 25 年度の調査における、沿岸部および内陸部の大気中ガス状成分の濃度、エアロゾル成分濃度、粒子化率、および日中 (5 時～20 時) の O_x 濃度の期間平均値を図 4-6-6 から図 4-6-9 に示す。なお、グラフ中の横軸①～⑦は試料の採取日時 (H25/7/29 10:00 ～H25/8/5 10:00 1 日単位) に対応している。

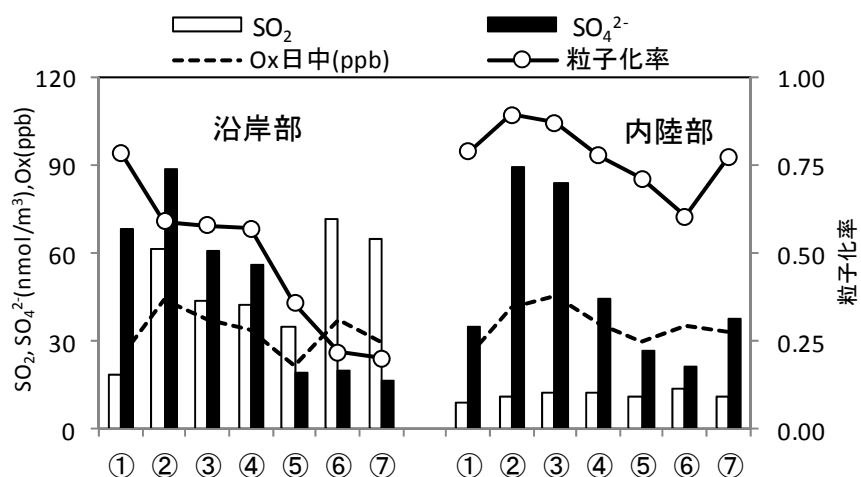


図 4-6-6 SO_2 、 SO_4^{2-} 、粒子化率および日中の Ox 濃度の期間変動

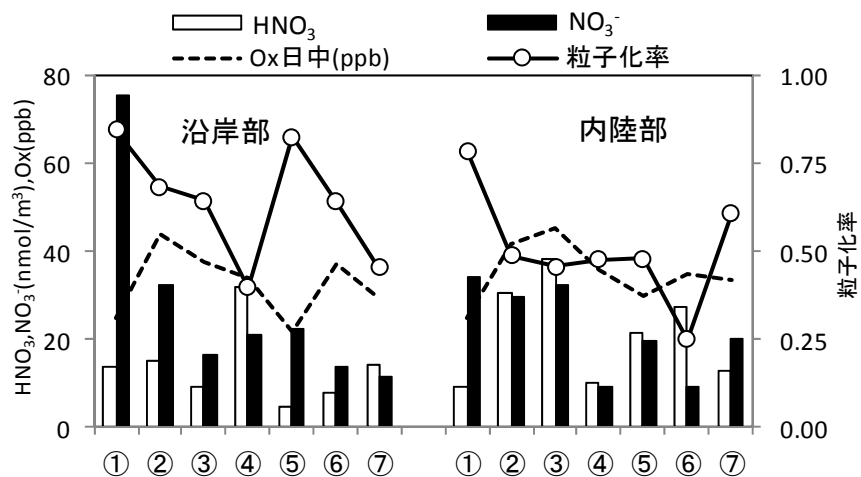


図 4-6-7 HNO_3 、 NO_3^- 、粒子化率および日中の Ox 濃度の期間変動

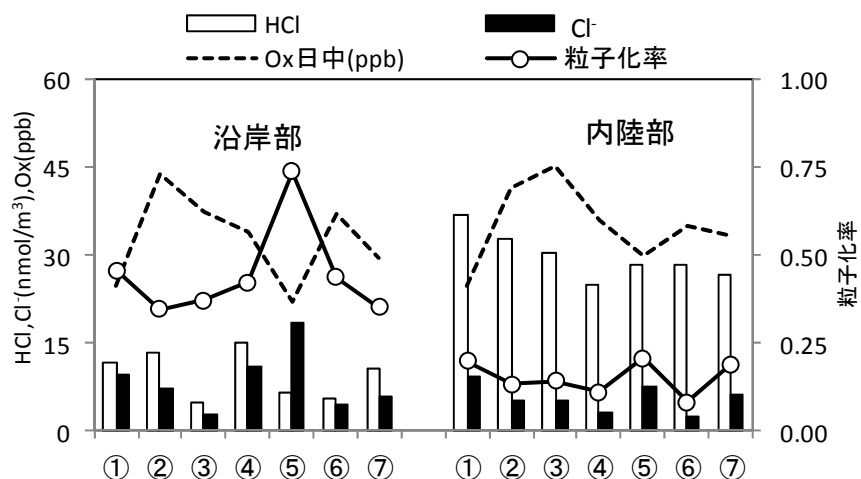


図 4-6-8 HCl 、 Cl^- 、粒子化率および日中の Ox 濃度の期間変動

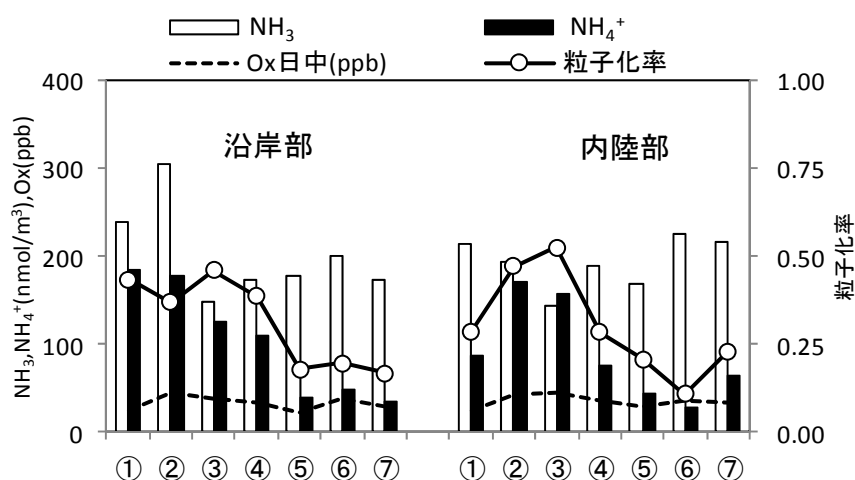


図 4-6-9 NH₃、NH₄⁺、粒子化率および日中の Ox 濃度の期間変動

SO₂は、前述のとおり発生源の影響が大きいと考えられる沿岸部で、内陸部よりも濃度が高い傾向にあった。沿岸部では1日目を除くと4地点平均で50nmol/m³を超える値となった。SO₄²⁻の濃度は、沿岸部と内陸部で比較するとあまり差はなかったが、日間の変動は同様の傾向が見られた。SO₄²⁻の濃度変動は、沿岸部、内陸部ともに平均すると日中のOx濃度の増減とよく一致していた。粒子化率の変動については、1日目を除くと沿岸部ではほぼSO₄²⁻の濃度の増減と一致していた。

HNO₃の濃度変動は内陸部では日中のOx濃度の変動と一致していたが、沿岸部の1日目から3日目では一致が見られなかった。NO₃⁻の濃度変動は、内陸部では日中のOx濃度及び粒子化率の増減と類似していたが、沿岸部の1日目のように日中のOx濃度の増減と一致しない日もあった。1日目のNO₃⁻濃度は土浦で104.0 nmol/m³、綾瀬で127.6 nmol/m³を記録し、これらの地点によって平均値が引き上げられており、局所的な濃度上昇があったと推測される。沿岸部の1日目のNO₃⁻濃度が高くなった原因としては、特に濃度が高かった土浦及び東京の日最高気温がそれぞれ25.4℃、27.3℃であり測定期間中最も低い値であったことから³⁾、ガス状より粒子状の硝酸が高い割合になった可能性があると考えられる。

Cl⁻は沿岸部で濃度変動が大きく、内陸部では濃度変動が小さかった。沿岸部では、特にCl⁻濃度が高く、海塩の影響を強く受けていることが伺える。HClはCl⁻と反対に沿岸部より内陸部で濃度が高かった。また粒子化率の変動は、沿岸部では日中のOx濃度変動と逆の変動をしている傾向があった。一方、内陸部では粒子化率は日中のOx濃度変動と相関が見られなかった。

NH₃は内陸部では濃度変動が小さく、沿岸部では内陸部と比較して濃度変動が大きかった。NH₄⁺の濃度変動は沿岸部、内陸部ともにSO₄²⁻の濃度とほぼ増減が一致していた。粒子化率の変動については、NH₄⁺の増減とほぼ一致し、SO₄²⁻と同様に日中のOx濃度の変動パターンと類似していた。

(3) オキシダントとクロールンロスの関係

既報⁴⁾では、光化学反応が活発になる条件下では、HNO₃の増加およびそれに伴ってクロールンロスが進行し、生成したHClおよびNH₄Clの大部分がガス態として存在するため、Cl⁻

の粒子化率が低下することを報告した。平成25年度の調査期間においても、 O_x 濃度が増加すると Cl^- の粒子化率は減少する傾向にあり、光化学反応とクローリンロスは密接に関係しているものと考えられる。

平成25年度調査期間中のクローリンロスの状況について考察するため、沿岸部と内陸部の Na^+ と Cl^- の関係を図4-6-10および図4-6-11に示す。なお、グラフ中の横軸①～⑦は試料の採取日時（H25/7/29 10:00～H25/8/5 10:00 1日単位）に対応している。 Na^+ を全て海塩由来と仮定すると、沿岸部および内陸部のほとんどのサンプルで Cl^-/Na^+ が海塩組成比（ $Cl^-/Na^+=1.17$ （当量比））を下回っており、クローリンロスが発生していたものと考えられる。沿岸部では2、4、6日目のクローリンロスの進行が大きく、 Cl^-/Na^+ の平均値は0.33であった。内陸部では4、5、6日目のクローリンロスの進行が大きく、 Cl^-/Na^+ の平均値は0.42であった。これらの期間は日中の O_x 濃度が高かった期間と一致しており、 O_x 濃度が増加するとクローリンロスが進行することを指示している。

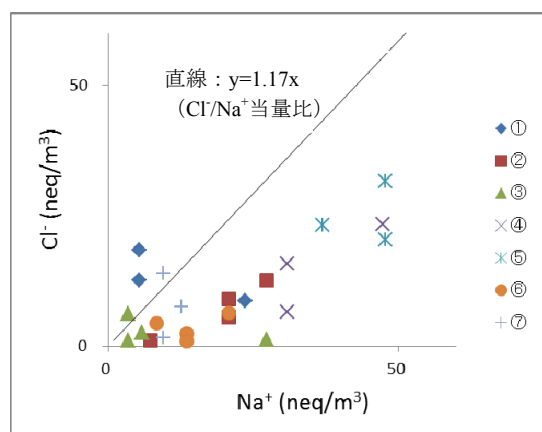


図 4-6-10 沿岸部の Na^+ と Cl^- の関係

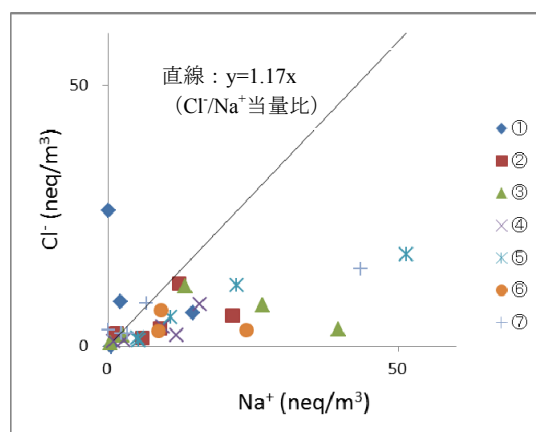


図 4-6-11 内陸部の Na^+ と Cl^- の関係

(4) まとめ

- SO_2 は沿岸部で濃度が高く、 SO_4^{2-} は大きな差がなかった。 SO_2 が内陸部へ移送される過程で濃度が減少した結果、粒子化率が増加したと考えられる。
- HNO_3 は内陸部で濃度が高く、 NO_3^- の濃度は沿岸部でやや高かった。また沿岸部の NO_3^- 濃度は日中の O_x 濃度と変動の挙動が類似していた。
- Cl^- は沿岸部で海塩の影響を受けて濃度が高くなっていたと考えられる。一方内陸部は O_x 濃度が高い影響もあり、全体的にクローリンロスが進行していた。

(参考文献)

- 1) 平成24年度浮遊粒子状物質合同調査報告書、関東地方環境対策推進連絡会 大気環境部会浮遊粒子状物質調査会議
- 2) 平成23年度浮遊粒子状物質合同調査報告書、関東地方環境対策推進連絡会 大気環境部会浮遊粒子状物質調査会議
- 3) 気象庁 ウェブサイト <http://www.jma.go.jp>
- 4) 平成22年度浮遊粒子状物質合同調査報告書、関東地方環境対策推進連絡会 大気環境部会浮遊粒子状物質調査会議

4.7 年間を通じた PM2.5 高濃度の出現状況

環境基準の設定に伴い、各自治体では PM2.5 の常時監視を実施している。平成 25 年 2 月に環境省から注意喚起の暫定指針値が示されたことにより、多くの自治体で注意喚起情報を発信する体制をとることになった。これまで本調査会では夏季を対象に PM2.5 成分分析調査を実施し、関東甲信静地域における広域的な PM2.5 の挙動解明に取り組んできたが、平成 23 年 11 月¹⁾など夏季以外にも広域的な高濃度事例が観測されている。年間を通じた高濃度発生状況を把握することは、環境基準の超過要因の解明や注意喚起業務を行う上で、重要な情報になると考えられる。そこで、PM2.5 常時監視測定データを用いた解析により、関東甲信静地域における PM2.5 の高濃度日出現状況を調査するとともに、常時監視成分分析調査期間中に発生した高濃度事象については、PM2.5 成分組成の特徴についても調査した。

4.7.1 常時監視データによる PM2.5 高濃度日出現状況の把握

4.7.1.1 解析方法

使用データは、平成 25 年 4 月 1 日～26 年 3 月 31 日の PM2.5 自動測定データから得られた日平均値である。解析対象地点は一般局 91 局であり、表 4-7-1 に都県別の測定局数および日平均値データ数、図 4-7-1 に測定局の位置を示す。なお、欠測日数はほとんどの局が 5%以下であった。

高濃度日の定義は、日平均値の環境基準である $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日とし、それぞれの発生頻度を集計した。

表 4-7-1 解析対象局数およびデータ数

都県	測定局数	データ数
茨城県	6	2,050
栃木県	8	2,876
群馬県	3	1,070
埼玉県	15	5,312
千葉県	13	4,671
東京都	7	2,517
神奈川県	15	5,374
山梨県	3	1,092
長野県	6	2,152
静岡県	15	5,382
合計	91	32,496

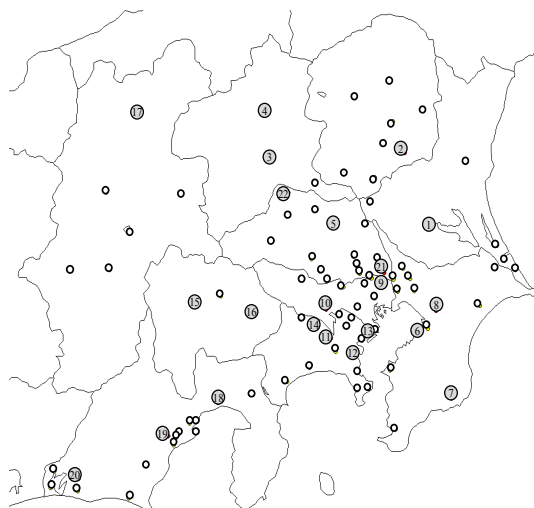


図 4-7-1 解析対象地点 ○:自動測定実施地点、数字付○:成分分析実施地点(①～②①は表 2-2-1 に対応。②①は八潮、②②は本庄)

4.7.1.2 結果

(1) 高濃度日の発生状況

日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した局数を日毎に都県別に集計した結果を表 4-7-2 に示す。

表 4-7-2 PM2.5 高濃度日(>35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)出現状況 (枠内の数値は該当局数)

[illegible]

日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過したのは、1014 データあった。このうち日平均値が $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過したのは 2 データのみで、1 月 25 日（埼玉県 1 局）と 2 月 27 日（埼玉県 1 局）であった。表 4-7-2 について高濃度日の発生状況をみると、1 地点で 1 日だけ高濃度となる事例も数日あったが（11 月や 3 月など）、多くは近隣県で同時に高濃度となっていた。また期間も数日間となっている場合が多かった。複数の県で同時に高濃度となった広域汚染事象の発生状況は表 4-7-3 の通りである。

表 4-7-3 主な PM2.5 高濃度事象^{※1}

Event No.	期間	発生範囲
E1	H25/7/8～15	長野県を除く 9 都県
E2 ^{※2}	7/31～8/1	南関東および静岡県
E3	8/8～16	全地域
E4 ^{※2}	11/3	関東地域
E5	11/6～7	南関東および栃木県
E6	12/1～3	南関東
E7	12/26	関東地域
E8	H26/1/8	南関東
E9 ^{※2}	1/25	関東地域（埼玉県 1 局で $>70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）
E10 ^{※2}	2/2～3	関東地域および静岡県
E11	2/25～28	全地域（埼玉県 1 局で $>70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）
E12	3/12～13	関東地域

※1 2 地点以上で日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日を掲載。

※2 成分分析期間中に発生した高濃度事象。

7 月中旬（表 4-7-3 の E1）および 8 月中旬（E3）の高濃度事象は、広域でかつ 8～9 日間と長期間連続している。全 91 局中、E1 では最大 55 局、E3 では最大 81 局で日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過となった。E1、E3 とも連日 100ppb を超える光化学 O_x が発生しており、典型的な夏の光化学大気汚染により PM2.5 濃度が上昇したと考えられる。ただし E3 については、西日本でも高濃度の PM2.5 が観測されており、 SO_4^{2-} が主成分であったことから越境汚染が影響した可能性が報告されている²⁾。このとき加須（埼玉県）では SO_4^{2-} だけでなく OC も高い濃度になっていたこと²⁾、先述したように O_x 濃度が高かったことを考えると、越境汚染だけでなく地域汚染による二次生成の影響もあったと推測される。

一方、11～3 月の高濃度事象（E4～E12）は関東地域が中心で期間は 1～3 日程度であった。E11 の高濃度事象は、最大 59 局で日平均値 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過となったが、北陸や近畿東海など西日本でも高濃度が観測され、全国規模の広域高濃度事象であった³⁾。北陸や東海地方では、 SO_4^{2-} 濃度が上昇しているが、関東地域の加須や前橋（群馬県）では SO_4^{2-} 濃度の上昇に加え NO_3^- 濃度の上昇が見られており、越境汚染に地域汚染が加わって高濃度になったと考えられる³⁾。

図 4-7-2 に 1 地点以上で $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日数を月別に集計した結果を示す。高濃

度日数が多かったのは、7、8月と11月、3月であった。夏季の日数が多いのは、E1 および E3 の長期間にわたる高濃度事象が発生したためである。11月や3月など秋冬季においても発生日数が比較的多くなっているが、これはE4、E5の広域的な高濃度事象だけでなく、局地的な高濃度日も多かったためである。

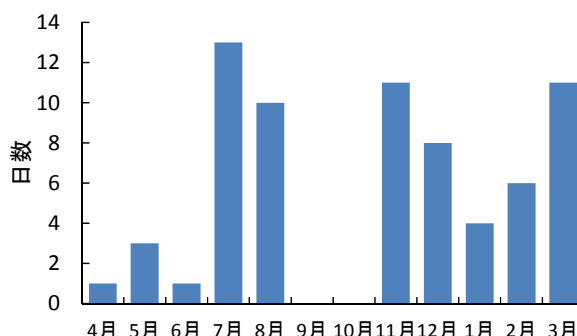


図 4-7-2 月別の高濃度日数(1 地点以上で $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過となった日数)

(2) 高濃度日の発生率

自治体によって測定局数に偏りがあるため、高濃度発生率 ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過データ数/全データ数) で高濃度日の発生状況を比較した。全地域の高濃度発生率を図 4-7-3 に、都県別の発生率を図 4-7-4 に示す。

高濃度発生率は、全体では7、8月と2月に高かった。4～6月、9～10月の発生率は0に近かった。2月は高濃度日数としてはそれほど高くないが(図 4-7-2)、高濃度事象E10、E11により多地点で高濃度となったため発生率としては高い値となった。都県別に見ると、関東地域の7都県は7、8月および2月に高い値となっており、概ね同様の状況であった。その中でも東京都、千葉県、神奈川県は7月の発生率が比較的高いという共通点が見られた。これは高濃度事象E1、E2が南関東を中心に発生したことを反映している。山梨県および静岡県では7、8月だけ高く、長野県は年間を通して低い発生率であった。

今回の解析により、PM2.5 高濃度の発生は夏季と晩秋～冬季に集中していたことが分かった。また関東地域と甲信静地域では、高濃度の発生状況が異なることも示された。平成25年度は夏季に大規模な高濃度事象が発生したため、夏季の発生率が高いという結果になった。その年の大規模な高濃度事象の発生有無によって季節別の発生率は変わるため、今後、複数年に対して同様の解析を行い、高濃度発生状況を把握していく必要がある。

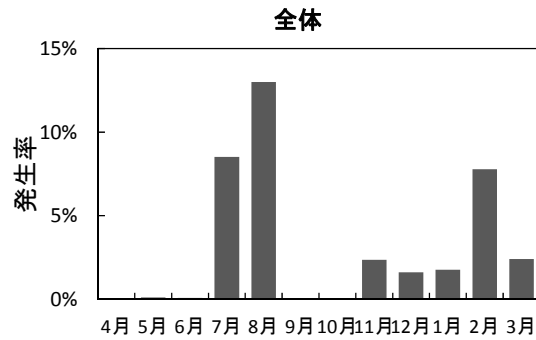


図 4-7-3 PM2.5 日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過となった高濃度発生率(全体)

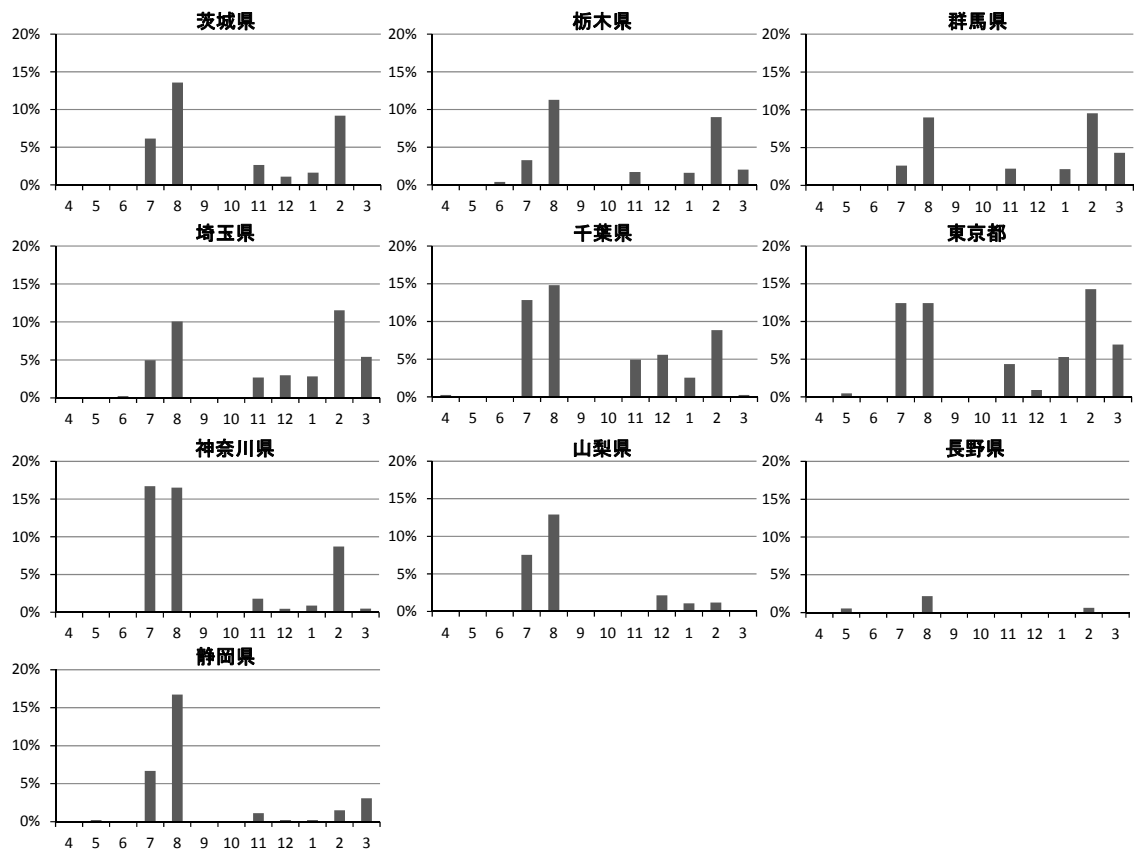


図 4-7-4 PM2.5 日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過となった高濃度発生率(都県別)

4.7.2 PM2.5 高濃度事象における PM2.5 化学組成の特徴

4.7.2.1 解析方法

解析対象にした高濃度事象は、前述の表 4-7-3 に示した高濃度事象のうち成分分析データのある E4 (11 月)、E9 (1 月)、E10 (2 月) の事象である。夏季調査期間に発生した E2 (7-8 月) については、4.1~4.6 節で詳しく考察しているのでそちらを参照されたい。調査地点は図 4-7-1 に示した通りである。使用データ (PM2.5 質量および主要成分濃度) は、各自治体によって実施された常時監視 PM2.5 成分分析測定結果を用いた。なお、環境基準

の評価に用いられる日平均値（常時監視データ）は、0 時を起点に 24 時間の平均値を求めるのに対し、成分分析測定では 10 時を起点に 24 時間の測定をしている地点が多いため、同じ日でも PM2.5 質量濃度は異なる場合がある。

4.7.2.2 結果

(1) 平成 25 年 11 月上旬（E4）の高濃度事象

平成 25 年 11 月 3 日を中心に長野県、山梨県を除く 8 都県で PM2.5 が高濃度となった（表 4-7-2）。図 4-7-5 に最も濃度の高かった日（11 月 3 日）の PM2.5 日平均値（常時監視データ）の分布を示す。東京湾沿岸地点から埼玉県東部や北関東南部にかけて高濃度となっていた。また静岡県西部でも高濃度であった。

図 4-7-6 に各地点における 11 月 2～4 日の主要成分濃度の推移を示す。図 4-7-7 には濃度が高かった地点の成分別濃度変動を示す。関東地域で PM2.5 濃度が高かった地点は、東京湾沿岸の市原、川崎、横浜で $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上、綾瀬、千葉、八潮、土浦などで $40\sim 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。これらの地点では前日も比較的高い濃度となっていた。PM2.5 の成分としては OC、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- の割合が大きく、PM2.5 濃度が高くなかった地点の組成と比較すると、 NO_3^- の増加が特徴的であった。この日の NO_3^- 濃度は川崎（ $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、横浜（ $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、市原（ $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）など東京湾沿岸で高く、内陸ほど低くなる傾向であった（図 4-7-7）。このことからほぼ同様の組成をもつ PM2.5 が比較的広い範囲で分布していたと考えられる。郊外の土浦や鴻巣では OC が大きく増加しており（それぞれ 14 、 $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、併せて EC 濃度も増加していたことから、これらの地点については局地的な燃焼系発生源の影響が示唆される。一方で浜松における PM2.5 では SO_4^{2-} が主たる成分となっており（ $9.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、静岡県西部では高濃度の要因は関東地域とは異なると考えられる。

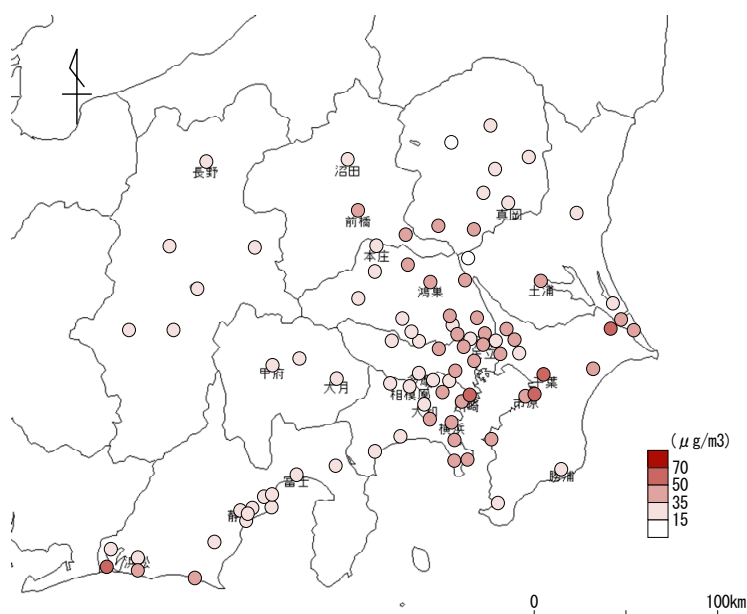


図 4-7-5 高濃度事象 E4 における PM2.5 日平均値の分布(2013/11/3)

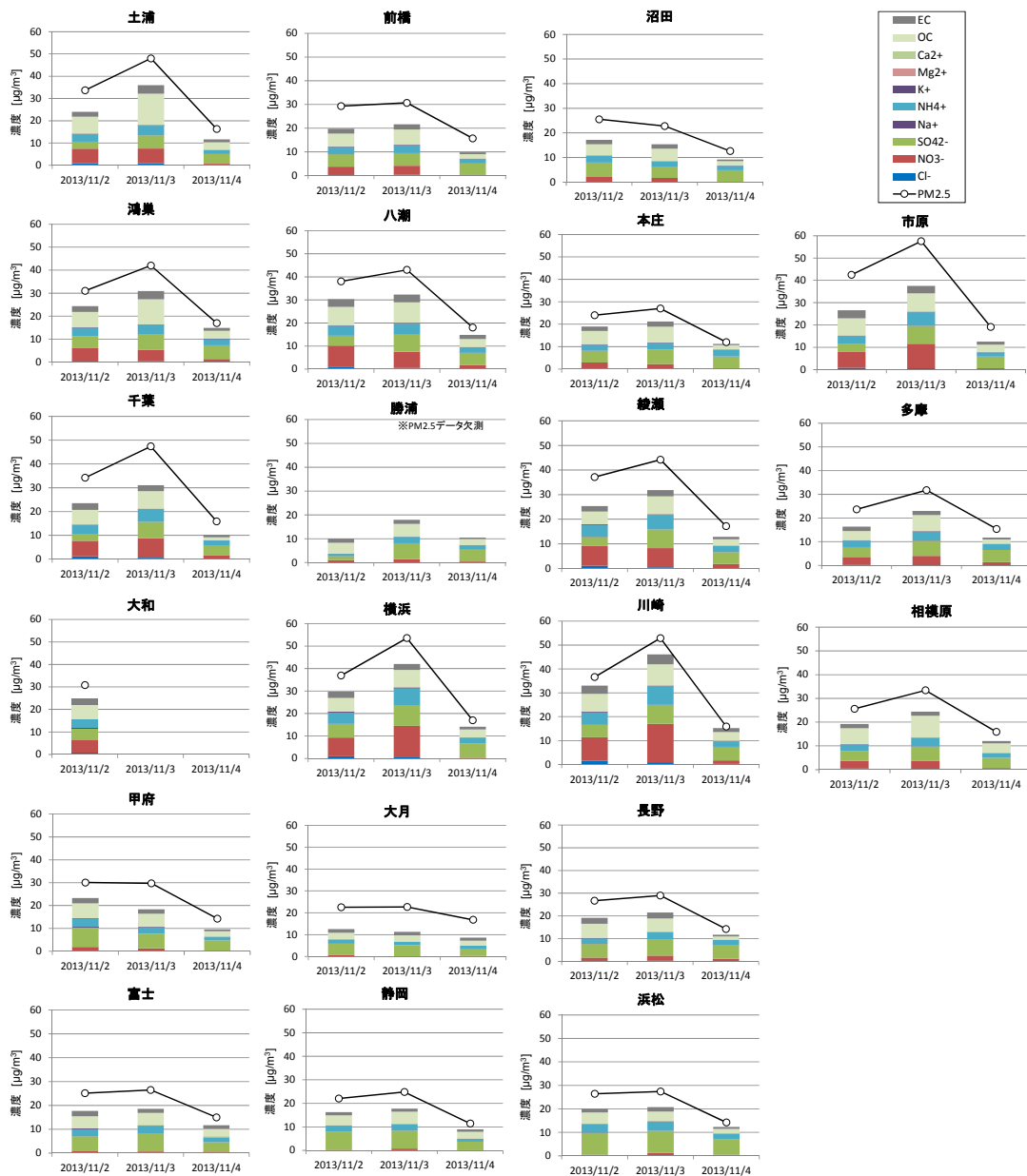


図 4-7-6 平成 25 年 11 月の高濃度事象(E4)における PM2.5 組成

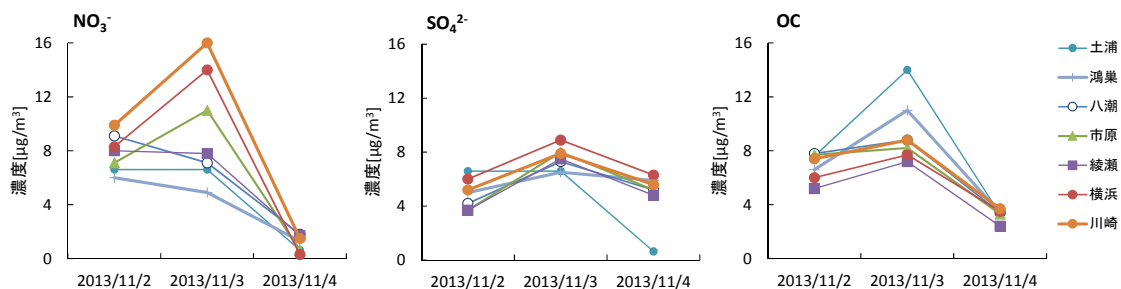


図 4-7-7 平成 25 年 11 月の高濃度事象(E4)における PM2.5 中主要成分の濃度変化(高濃度地点)

(2) 平成 26 年 1 月 (E9) の高濃度事象

平成 26 年 1 月 25 日に山梨、長野、静岡を除く 1 都 6 県で高濃度地点が存在した。このうち埼玉県の一部では日平均値が $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した。日平均値（常時監視データ）の分布図（図 4-7-8）を見ると、関東平野中央部を中心に広範囲にわたって高濃度となっていた。

図 4-7-9 に PM2.5 成分組成グラフを示す。八潮、鴻巣、綾瀬、土浦の 4 地点は PM2.5 濃度が $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上と突出して高かった。これら 4 地点は関東平野の中央部に位置する。次いで高かったのは上記地域の周囲に相当する前橋、多摩、川崎で $36\sim39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。26 日は強い北風に見舞われ PM2.5 は低濃度となった。高濃度時の成分としては、 NO_3^- と OC の増加が顕著であった。八潮、鴻巣、綾瀬、土浦の NO_3^- 濃度はそれぞれ 20、13、18、 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、OC 濃度はそれぞれ 18、21、12、 $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。これらの地点では NO_3^- と塩を形成する NH_4^+ も増加していたほか、EC や Cl^- の増加も見られた。前橋、多摩、川崎においても高濃度時の主たる成分は NO_3^- と OC であった。図 4-7-10 に成分別の濃度変動を示す。 NO_3^- 、OC は前日（24 日）に比べて倍増していたが、 SO_4^{2-} については全体的に濃度が低く増減の変化もあまり見られなかった。 SO_4^{2-} が低い濃度であった点は前述の高濃度事象 E4 と異なっていた。

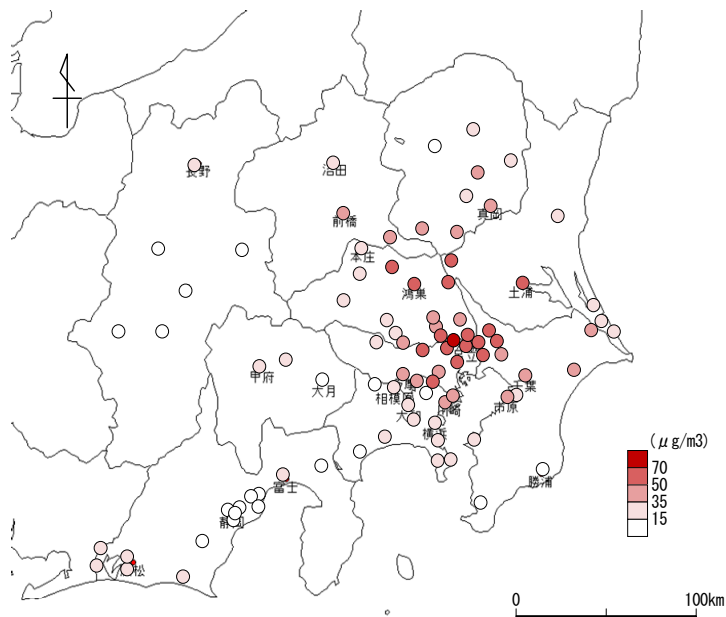


図 4-7-8 高濃度事象 E9 における PM2.5 日平均値の分布 (2014/1/25)

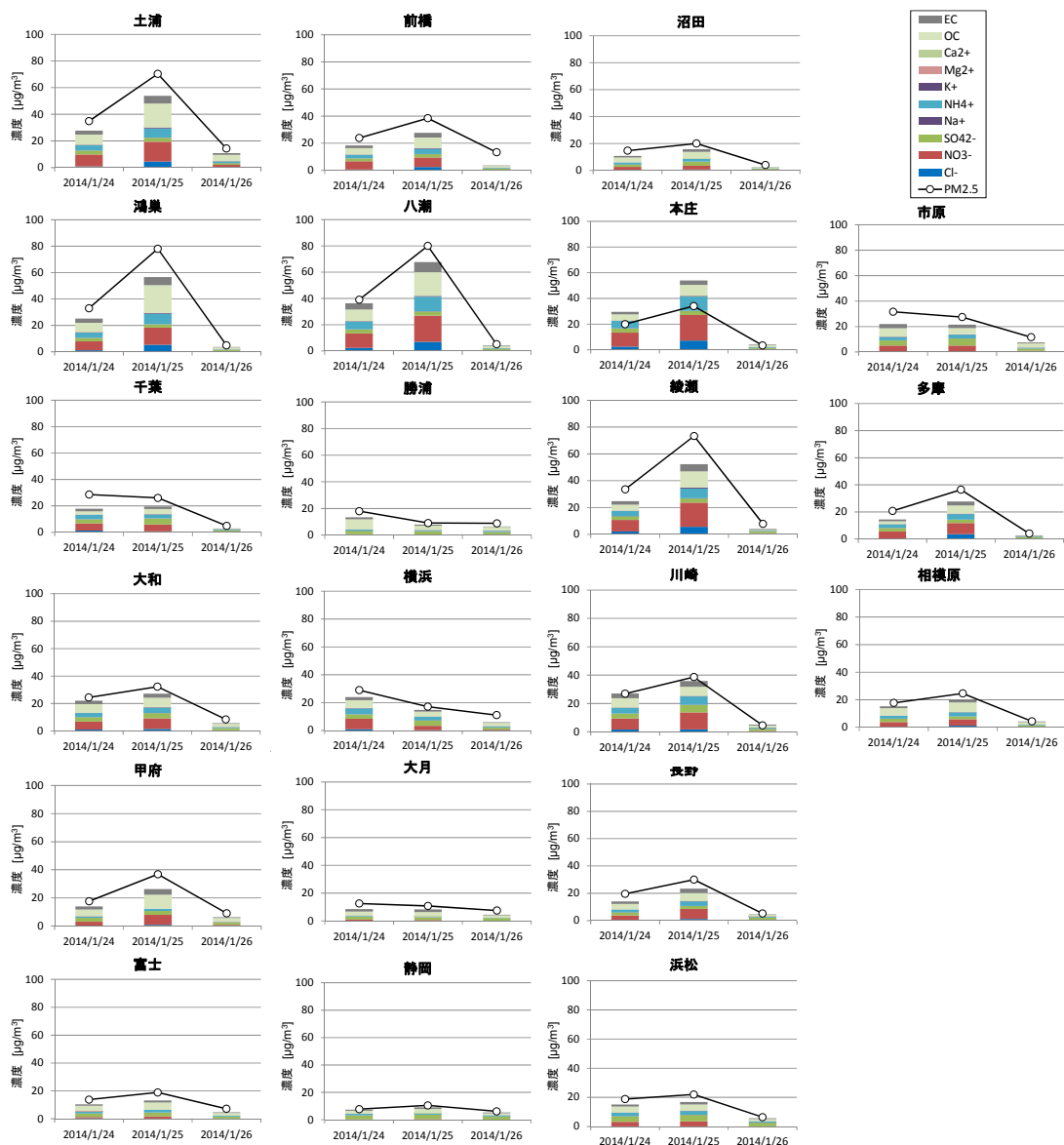


図 4-7-9 平成 26 年 1 月の高濃度事象(E9)における PM2.5 組成

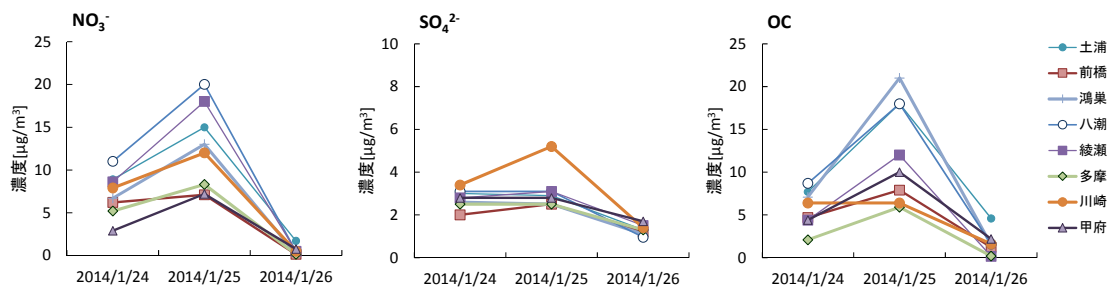


図 4-7-10 平成 26 年 1 月の高濃度事象(E9)における PM2.5 中主要成分の濃度変化(高濃度地点)

(3) 平成 26 年 2 月上旬 (E10) の高濃度事象

山梨、長野を除く 1 都 7 県で 2 月 2～3 日にかけて高濃度となった。日平均値（常時監視データ）の分布を図 4-7-11 に示す。関東平野の中央部を中心に高濃度となっているほか、栃木県北部や静岡県西部など局所的に高濃度地点が存在していた。

PM2.5 成分組成の変動を図 4-7-12 に示す。関東地域では 2 月 2 日に高濃度となった地点がほとんどで、特に真岡、八潮、鴻巣、土浦、綾瀬が $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高い値を示した。これらの地点では翌日（3 日）も $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の高濃度が継続していた。このときの成分としては、 NO_3^- と OC の含有率が高い傾向が見られた。上記 5 地点では、 NO_3^- 濃度は $15 \sim 21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、OC 濃度は $9.6 \sim 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であった。一方で、静岡県内の 3 地点は関東地域とは異なった挙動を示していた。静岡県では関東地域ほどの高い濃度にはならなかったが、2 月 3 日に最大となり、成分としては SO_4^{2-} が増加していた。

成分別に変動を調べたところ（図 4-7-13）、 NO_3^- や OC、EC など多くの成分は 2 日に最大となっているが、 SO_4^{2-} は 3 日に最大となっている地点が多かった。 NO_3^- や OC の増加は SO_4^{2-} に比べて相対的に大きいため、関東地域内の地点ではこれらの成分が PM2.5 濃度を押し上げる要因となったが、 NO_3^- 濃度が低い静岡県では SO_4^{2-} の増加によって PM2.5 濃度が上昇した。したがって、E10 については関東地域と静岡県では高濃度をもたらす要因が異なっていたと推定される。

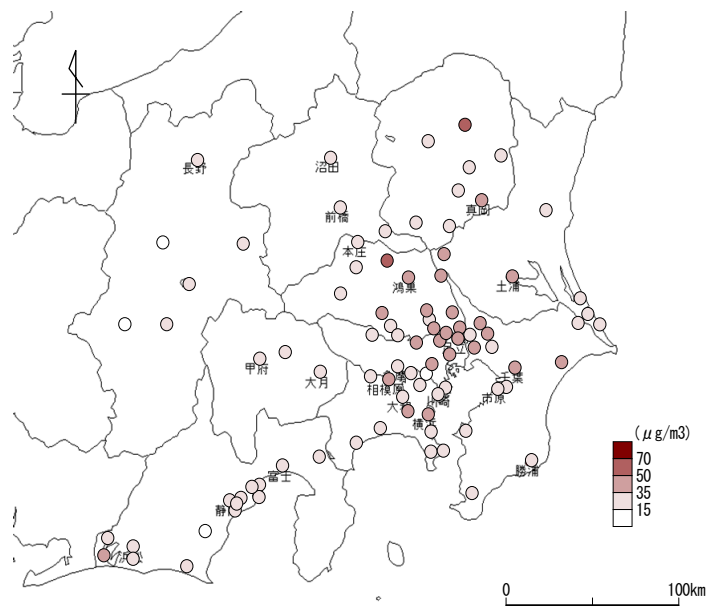


図 4-7-11 高濃度事象 E10 における PM2.5 日平均値の分布
(2014/2/2)

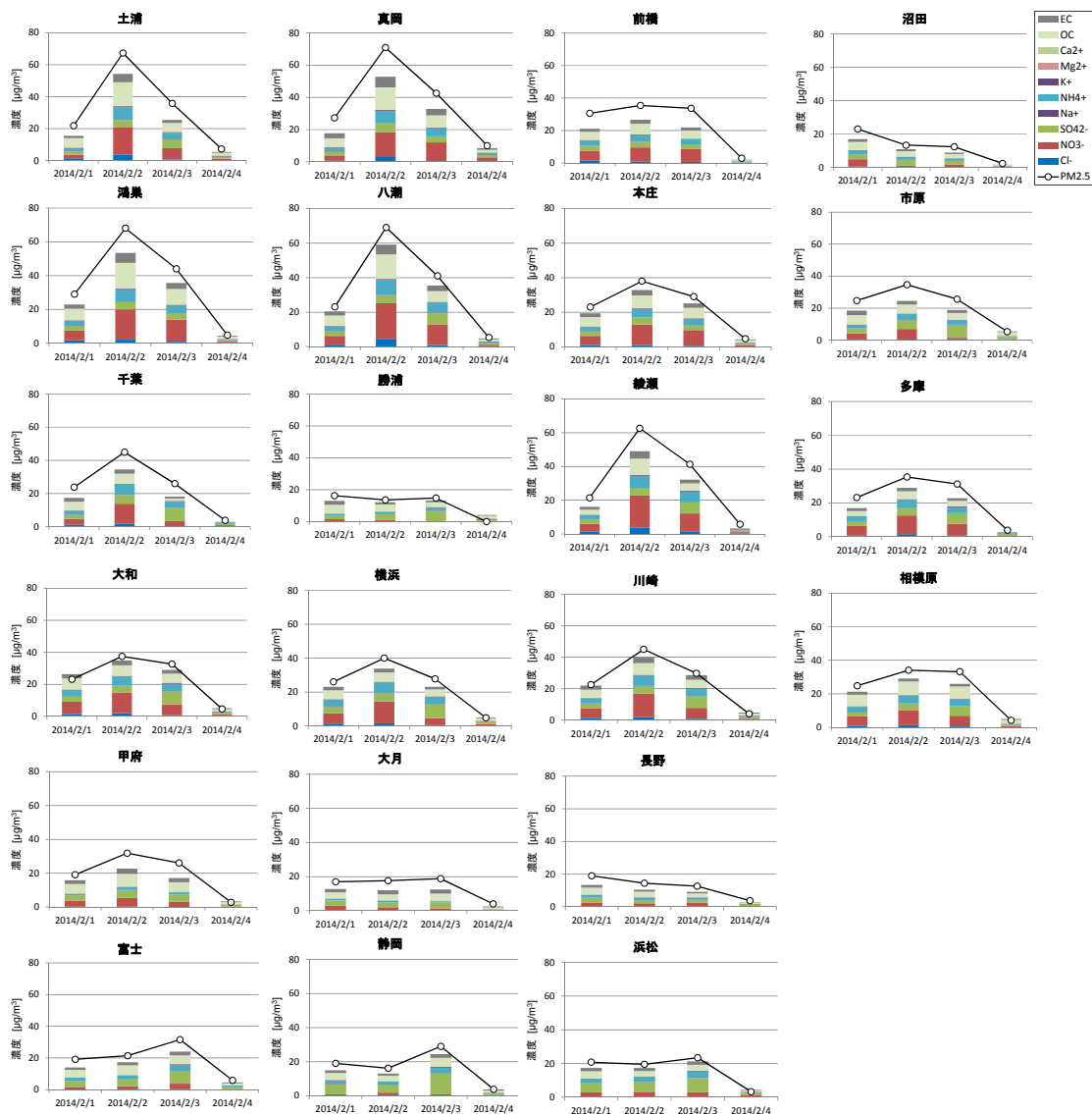


図 4-7-12 平成 26 年 2 月の高濃度事象(E10)における PM2.5 組成

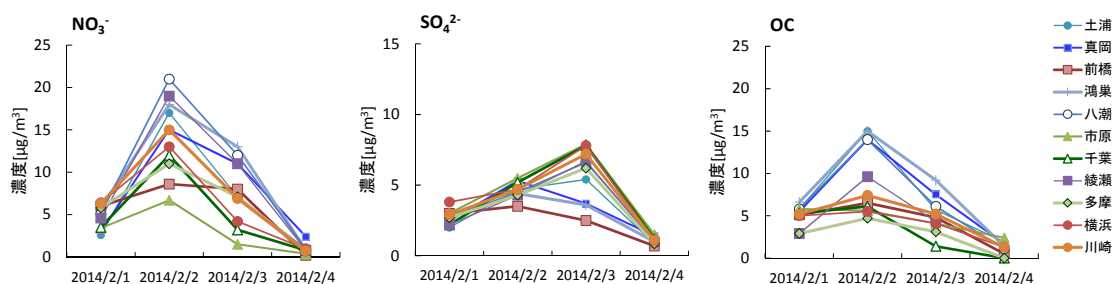


図 4-7-13 平成 26 年 2 月の高濃度事象(E10)における PM2.5 中主要成分の濃度変化(高濃度地点)

4.7.3 まとめ

年間のPM2.5常時監視データより、平成25年度におけるPM2.5高濃度日の発生状況について調査した。その結果、7月、8月には広範囲でかつ数日間にわたる高濃度事象があり、11～3月には1日から3日程度の短い期間での高濃度事象が多くあった。多くの場合、複数の地点で同時に高濃度が発生していることが分かった。高濃度日発生率は、7～8月と2月に多かった。成分分析調査期間に発生した秋および冬の高濃度事象(E4、9、10)について、成分の特徴を調べたところ、3つの事象とも関東地域ではPM2.5高濃度時に NO_3^- 、OCの増加が特徴的であった。一方で、甲信静地域では概して濃度が低く、メインの成分は SO_4^{2-} であり、 NO_3^- 濃度の増加はほとんど見られなかった。以上のことから、関東地域においては、PM2.5日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高濃度となるのは、地域汚染の影響が大きいと考えられた。したがって、日環境基準をクリアするためには地域内の発生源に対する対策が重要であると考えられる。今後は、 NO_3^- 成分およびOC成分の生成機構や発生源を明らかにするため、前駆物質であるガス状物質や発生源指標物質の挙動を調べていく必要がある。

参考文献

- 1) 長谷川就一，米持真一，山田大介，鈴木義浩，石井克巳，齊藤伸治，鴨志田元喜，熊谷貴美代，城裕樹，2011年11月に関東で観測されたPM2.5高濃度の解析，大気環境学会誌，49，242-251，2014
- 2) 橋本貴世，山神真紀子，高士昇吾，松岡靖史，野口邦雅，佐久間隆，長谷川就一，菅田誠治，2013年8，9月におけるPM2.5高濃度事例の解析．第55回大気環境学会年会講演要旨集，p.269，2014.
- 3) 熊谷貴美代，山神真紀子，橋本貴世，高士昇吾，野口邦雅，長谷川就一，菅田誠治，2014年2月におけるPM2.5高濃度事例の解析．第55回大気環境学会年会講演要旨集，p.401，2014.

5 今後の課題

本調査会議は、昭和 56 年から浮遊粒子状物質に係る調査研究を開始し、平成 20 年度以降は PM2.5 に着目した新たな調査を実施してきたところである。一方で平成 21 年には環境基準が告示され、その後、環境省より平成 24 年には成分測定マニュアルが策定されるなど、国の動きを受け、全国の自治体では常時監視としての成分分析の体制整備が進められた。

こうした状況のもとで、本年度は昨年度と同様に常時監視としての成分分析を行った平成 25 年度の夏季試料について、持ち寄ったデータの解析を行うとともに、平成 26 年度の夏季調査を実施した。今後、PM2.5 の成分分析の分析体制がほぼ整備されたことから、基本的には各自治体を実施する調査結果を持ち寄り、解析を中心とした活動に移行すると思われる。こうした中で、分析が各自治体で実施されることによる自治体間での分析手法の統一や精度の確保などの新たな課題も浮上している。

そこで、今後は次に挙げる事項について検討していく必要があると考えられる。

- ・ PM2.5 高濃度事例の解析
- ・ 年間を通じた解析（夏季以外の調査結果解析）の検討
- ・ 自治体間の分析精度の確保（統一精度管理）

これらの事項に対して、本調査会では、高濃度事例については自動測定器による常時監視データと夏季以外の成分分析結果による解析等と統一精度管理試料を用いた自治体間での分析精度の確保に努めており、今後も継続的な検討が必要と思われる。また、本年度は新たにホームページを作成したことから、国民への情報発信にも注力していくことが求められる。