

# 熊本市における微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析（平成27年度）

緒方美治 飯銅和浩\* 吉田芙美香 福田照美 坂口美鈴 渡邊隆 清藤順子 津留靖尚  
濱野晃 藤井幸三

\*東部環境工場

## 1 はじめに

微小粒子状物質（PM2.5）については、平成21年に質量濃度の環境基準が設定され、熊本市は大気汚染常時監視測定局（8箇所）にて自動質量濃度測定を実施している。一方、PM2.5の成分分析は、質量濃度だけでなくイオン・炭素・無機元素といった各成分を調べることから発生源ごとの影響などの起源解析に有用である。本市は、平成25年から採取・成分分析を開始し、平成27年度も全国の自治体と時期を合わせて季節ごとの年4回実施しており、その結果を取りまとめたので報告する。

## 2 調査の概要

### (1) 調査地点、調査期間及び採取時間

調査地点は、大気測定局でPM2.5自動質量濃度測定機も設置されている神水本町・水道町・城南町の3箇所である。なお、城南町は天明から地点を変更し、平成27年度から調査を開始した。調査地点の位置を図1に、調査地点の概要を表1に示した。調査期間は、環境省から全国一斉に実施するよう示された期間に従い、季節ごとに14日間連続して行うことを基本としている。1検体の採取時間は、午前10時から翌日同時までの24時間とした。詳細は表2のとおりである。

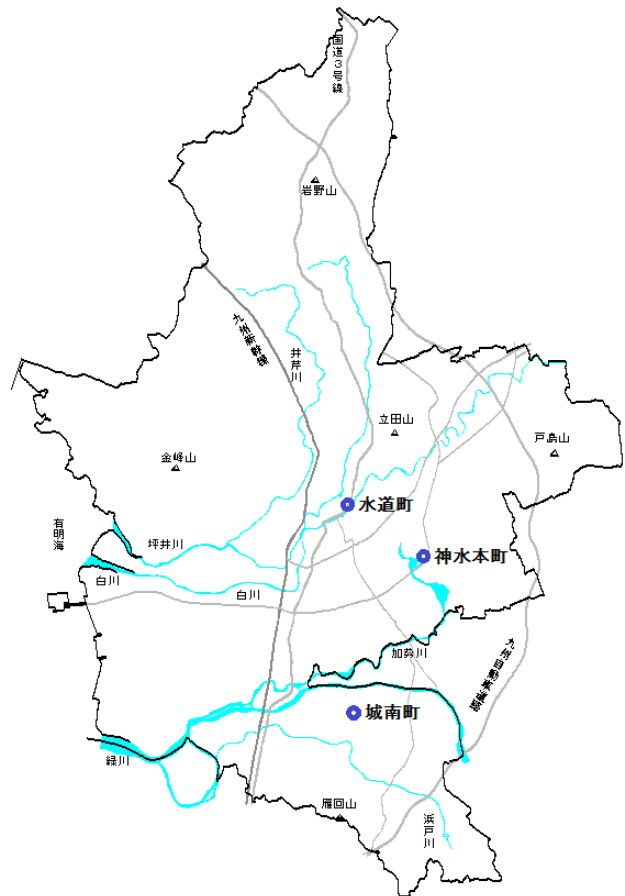


図1 調査地点の位置（熊本市域）

表1 調査地点の概要

地点	所在地	概要	区分
神水本町	中央区神水本町967-1	主要幹線道路沿いで、比較的低層建築物に囲まれている。	自動車排出ガス測定局
水道町	中央区水道町13-2	市中心市街地の主要幹線道路交差点付近で、中高層建築物に囲まれている。	
城南町	南区城南町高482	市南部に位置する平坦な田園地帯。	一般環境大気測定局

表2 調査期間

季節	調査期間（採取開始日で記載）	欠測日等
春季	平成27年5月7日～平成27年5月20日 (14日間)	神水本町：5月14日（炭素のみ欠測） 城南町：5月11日（炭素のみ欠測）
夏季	平成27年7月22日～平成27年8月4日 (14日間)	全3地点：7月25日、26日（欠測（荒天 予報で装置保護のため全採取機器停止））
秋季	平成27年10月21日～平成27年11月3日 (14日間)	欠測日なし
冬季	平成28年1月20日～平成28年2月2日 (14日間)	城南町：1月21日、24日（欠測）

## (2) 調査方法、測定項目及び分析方法

試料採取及び成分分析は、環境省が策定した「微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析ガイドライン」及び「大気中微小粒子状物質（PM2.5）成分測定マニュアル」に従って実施した。試料採取は、PM2.5エアサンプラー（ThermoFisher社、FRM2025i）を2台同時に用いて行った（サポートリング付きPTFEフィルター（PALL社）及び石英フィルター（同社）を使用。）。測定項目は、質量、イオン・炭素・無機元素成分とした。詳細な項目は、表3のとおりである。

質量濃度は、フィルター捕集－質量法（標準測定法）により、フィルターを24時間以上恒温恒湿（温度：21.5±1.5℃、相対湿度：35±5%）に静置後、精密天秤（METTLER TOLEDO社、XP2UV）で秤量した。イオン成分は、イオンクロマトグラフ（IC）法により、IC（ThermoFisher社、ICS-2100及びICS-1600）で測定した。炭素成分は、サーマルオプティカル・リフレクタンス法により、炭素分析装置（Sunset社、Lab Model）で測定した。無機元素成分は、前処理として酸分解（マイクロウェーブ機（AntonPaar社、MultiwavePRO））させた後、誘導結合プラズマ質量分析（ICP-MS）法により、ICP-MS（AgilentTechnologies社、7500cx又は7800）で測定した。

表3 測定項目

成分	フィルター	項目
イオン 8項目	PTFE	硫酸イオン $\text{SO}_4^{2-}$ 、硝酸イオン $\text{NO}_3^-$ 、塩化物イオン $\text{Cl}^-$ 、ナトリウムイオン $\text{Na}^+$ 、カリウムイオン $\text{K}^+$ 、カルシウムイオン $\text{Ca}^{2+}$ 、マグネシウムイオン $\text{Mg}^{2+}$ 、アンモニウムイオン $\text{NH}_4^+$
炭素 2項目	石英	有機炭素（OC1、OC2、OC3、OC4）、元素状炭素（EC1、EC2、EC3）（炭化補正值（OCpyro））
無機 元素 26項目	PTFE	ベリリウム Be、ナトリウム Na、マグネシウム Mg、アルミニウム Al、カリウム K、カルシウム Ca、スカンジウム Sc、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、砒素 As、セレン Se、モリブデン Mo、銀 Ag、カドミウム Cd、アンチモン Sb、バリウム Ba、タリウム Tl、鉛 Pb、トリウム Th、ウラン U
その他	PTFE	質量濃度

### 3 調査結果及び考察

#### (1) 質量濃度、主要成分（イオン・炭素）の濃度及び成分組成の概要

##### ① 質量濃度

調査期間中の質量濃度の平均値等を表4に示した。平成27年度に調査したこの期間では、質量濃度は秋・冬季に高く、春・夏季に低かった。環境基準値  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （日平均）を超えた日は冬季に最も多かった地点で3日間、秋季に2日間であり、これらの季節は最大値と最小値の差が大きかった。

表4 質量濃度の平均値等

季節	地点	平均値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (最小～最大)	$35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日	特徴的な気象内容
春季	神水本町	16.4 (9.3～28.0)	なし	煙霧：5月16、17、20日
	水道町	17.1 (9.7～29.3)	なし	
	城南町	15.2 (8.2～24.0)	なし	
夏季	神水本町	15.1 (6.7～24.3)	なし	特になし
	水道町	14.7 (7.5～22.4)	なし	
	城南町	13.5 (5.1～21.5)	なし	
秋季	神水本町	23.5 (10.3～49.5)	10月21日	煙霧：10月21～24日 降灰：10月21、22日
	水道町	23.4 (9.2～44.2)	10月21日	
	城南町	23.8 (10.5～47.1)	10月21日、23日	
冬季	神水本町	23.4 (9.9～39.8)	1月28日、31日	煙霧：1月31日、2月1日
	水道町	25.3 (10.7～47.3)	1月28日、31日、 2月1日	
	城南町	19.5 (6.3～34.0)	なし	

※1 煙霧等の気象事象は、気象庁データより引用した。日付は、検体の1日に合わせた。

※2 濃度平均値の算定など数値データの取り扱いは、測定項目ごとに全3地点で採取できた日で行うこととした。

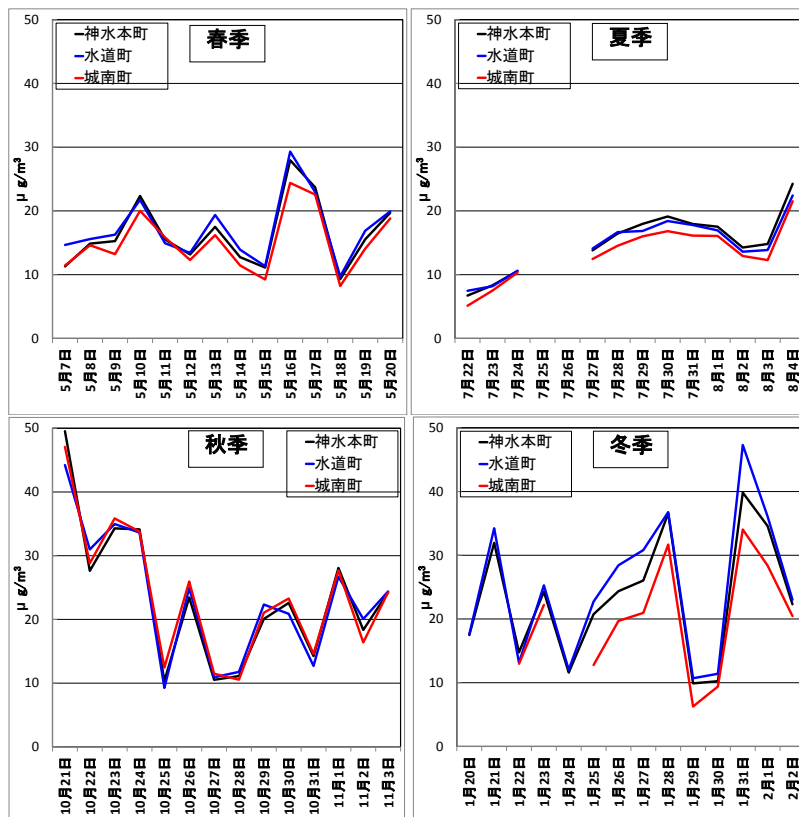


図2 質量濃度の時系列変化

質量濃度の時系列変化を図2に示した。質量濃度は3地点ともに挙動が類似しており、主に市域全体にわたる広域的な要因の影響を受けていると考えられるが、冬季の1月25日～27日及び1月31日などに地点差の大きい日もみられ、局地的な要因の影響が高まる時もあった。冬季の地点差の大きい日は、概ね高い方から水道町、神水本町、城南町の順であり、1月31日には最大で $13.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ の差がみられた。また、夏季を除いて、質量濃度の日間での変動が大きかった。このあと、各成分について報告する。

## ② イオン成分濃度

各イオン成分濃度の平均値等を表5に示した。季節ごとのイオン成分濃度の平均値の合計(8成分)は、質量濃度の傾向と似て、この調査期間では秋・冬季に高く、春・夏季に低かった。イオン8成分が質量濃度に占める割合(各季節の地点ごとの平均値)は39～53%であった。いずれの季節でも硫酸イオン及びアンモニウムイオンの濃度が高く、この2つのイオンが質量濃度に占める割合は31～51%であり、PM2.5の主成分は硫酸アンモニウムであった。

冬季は硝酸イオン濃度も高く、その割合は13～17%(冬季の地点ごとの平均値)であり硝酸塩(硝酸アンモニウム等)も多く含まれていた。また、冬季は塩化物イオン濃度も比較的高く、その割合は1.5～1.9%であった。

夏季は質量濃度が最も低かったが、ナトリウムイオン濃度が最も高く、その割合は0.77～0.81%(夏季の地点ごとの平均値)であった。また、夏季はマグネシウムイオン濃度も高く、 $\text{Mg}^{2+}/\text{Na}^+$ 比は0.12～0.14で海水の組成比(0.12)とほぼ同じであり、それぞれのイオンは主に海塩由来と考えられた。

冬季の硝酸イオン濃度は地点差も大きく、水道町及び神水本町が城南町より高く、局地的な要因の影響(沿道環境)もを受けていると考えられた。

表5 質量濃度及び各イオン成分濃度の平均値 単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (割合のみ%)

季節	地点	質量濃度	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{NH}_4^+$	イオン合計	割合
春季	神水本町	16.4	4.7	0.44	<0.019	0.043	0.068	0.019	0.0076	2.0	7.3	44
	水道町	17.1	4.8	0.49	<0.019	0.053	0.073	0.026	0.0090	2.1	7.5	44
	城南町	15.2	4.4	0.34	<0.019	0.044	0.065	0.017	0.0069	1.8	6.7	44
夏季	神水本町	15.1	5.1	0.042	<0.019	0.12	0.078	0.015	0.016	1.8	7.2	48
	水道町	14.7	5.2	0.037	<0.019	0.12	0.065	<0.015	0.014	1.9	7.3	50
	城南町	13.5	5.1	0.024	<0.019	0.11	0.065	<0.015	0.013	1.8	7.1	53
秋季	神水本町	23.5	6.1	1.1	0.056	0.081	0.19	0.024	0.012	2.6	10	43
	水道町	23.4	6.1	1.2	0.056	0.084	0.18	0.034	0.011	2.7	10	44
	城南町	23.8	5.5	0.91	0.072	0.068	0.20	0.023	0.010	2.4	9.2	39
冬季	神水本町	23.4	4.1	3.7	0.36	0.053	0.16	0.020	0.0067	2.9	11	48
	水道町	25.3	4.3	4.2	0.48	0.072	0.17	0.018	0.0060	3.1	12	49
	城南町	19.5	3.8	2.5	0.29	0.054	0.15	<0.015	0.0064	2.4	9.3	48

## ③ 炭素成分濃度

フラクション別の炭素成分濃度の平均値等を表6に示した。季節ごとの炭素成分濃度の平均値の合計は、質量濃度の傾向と似て、この調査期間では、秋・冬季に高く、春・夏季に低かった。炭素成分が質量濃度に占める割合(各季節の地点ごとの平均値)は25～38%であった。

炭素成分濃度(合計)は地点差がみられ、ほとんどの季節で水道町及び神水本町が城南町よ

り高く、特に元素状炭素（主として EC2）濃度はこの傾向が強く、局地的な要因である自動車排出ガスが多い沿道環境の影響を受けていると考えられた。

表 6 質量濃度及び炭素成分濃度の平均値

単位：μg/m<sup>3</sup>（割合のみ%）

季節	地点	質量濃度	OC1	OC2	OC3	OC4	OCpyro	OC計	EC1	EC2	EC3	EC計	炭素合計	割合
春季	神水本町	16.4	0.072	1.3	0.60	0.29	0.93	3.2	0.96	1.2	0.15	1.4	4.6	28
	水道町	17.1	0.073	1.3	0.60	0.28	0.97	3.2	1.2	1.6	0.15	2.0	5.2	30
	城南町	15.2	0.051	1.1	0.56	0.25	1.0	3.0	0.77	0.97	0.11	0.80	3.8	25
夏季	神水本町	15.1	0.024	2.2	0.75	0.28	0.79	4.1	0.79	1.1	0.15	1.2	5.3	35
	水道町	14.7	0.013	2.0	0.70	0.27	0.63	3.6	0.88	1.5	0.18	1.9	5.6	38
	城南町	13.5	0.011	1.8	0.67	0.26	0.82	3.5	0.64	0.81	0.11	0.74	4.3	32
秋季	神水本町	23.5	0.12	2.0	1.3	0.69	2.2	6.3	3.2	1.7	0.097	2.4	8.7	37
	水道町	23.4	0.12	1.8	1.2	0.60	1.9	5.6	3.0	1.3	0.088	2.5	8.2	35
	城南町	23.8	0.10	1.8	1.4	0.76	2.5	6.4	3.3	1.0	0.090	1.9	8.4	35
冬季	神水本町	23.4	0.22	1.6	1.1	0.47	1.5	4.9	2.8	1.3	0.082	2.6	7.5	32
	水道町	25.3	0.57	2.0	1.2	0.51	1.4	5.7	2.9	1.3	0.085	2.9	8.6	34
	城南町	19.5	0.14	1.2	0.82	0.44	1.4	4.0	2.2	0.82	0.054	1.6	5.6	29

※1 濃度平均値の算定など数値データの取り扱いは、分析項目ごとに3地点全てで揃っていた日で行うこととした。春季は炭素成分のみの欠測日があり、質量濃度と炭素成分の検体数が異なるため、割合は直接的な比較とはなっていない。

※2 OC計=OC1+OC2+OC3+OC4+OCpyro、EC計=EC1+EC2+EC3-OCpyro

#### ④ 主要成分（イオン・炭素）の濃度の時系列変化

質量濃度及び主要成分（イオン・炭素）の濃度の時系列変化を図3-1、3-2に示した（成分濃度は欠測が最も少ない水道町の結果で示した。）。時系列変化でも、年間を通して、硫酸イオン、有機炭素及びアンモニウムイオンの濃度が高かった。水道町の結果で質量濃度との相関（年間）をみると、アンモニウムイオン、カリウムイオン及び有機炭素の濃度が高い正の相関（ $r=0.85$ 以上）を示した。なお、硫酸イオン濃度は冬季を除くと質量濃度との相関が高かった（ $r=0.89$ ）。

各地点の主要なイオン及び炭素の濃度の時系列変化を図4-1、4-2に示した。有機炭素及び硫

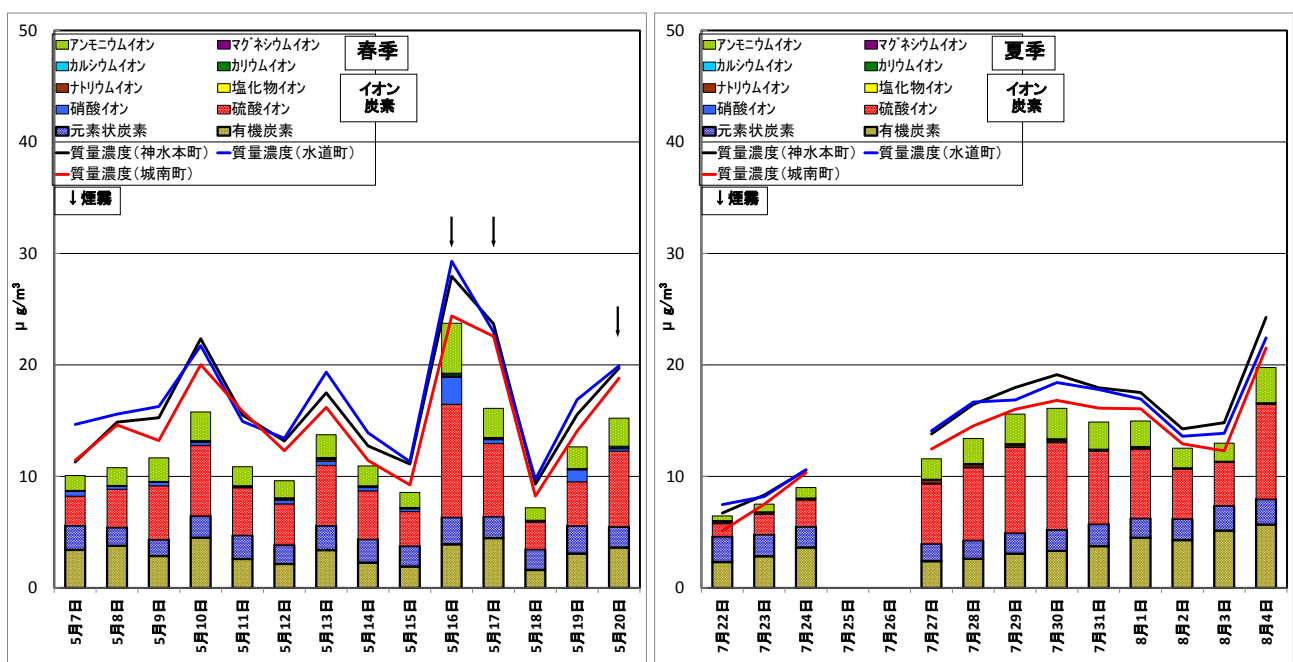


図 3-1 質量濃度及び主要成分（イオン・炭素（水道町））の濃度の時系列変化（春・夏季）

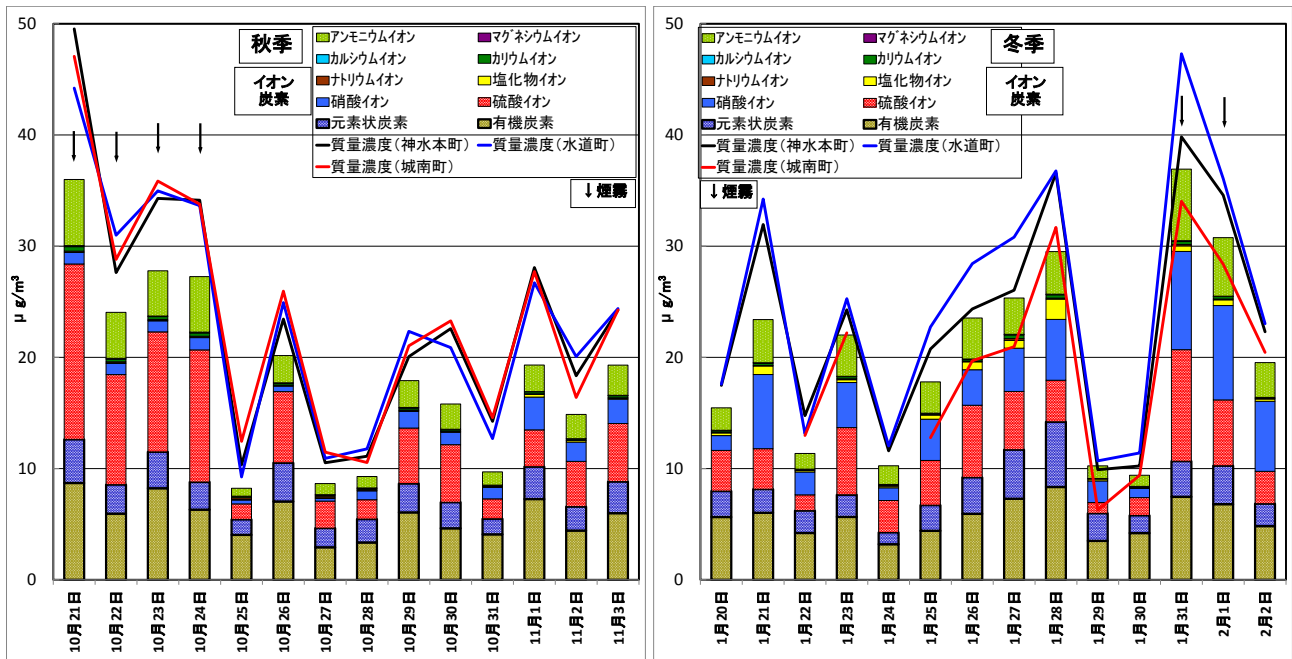


図 3-2 質量濃度及び主要成分（イオン・炭素（水道町））の濃度の時系列変化（秋・冬季）

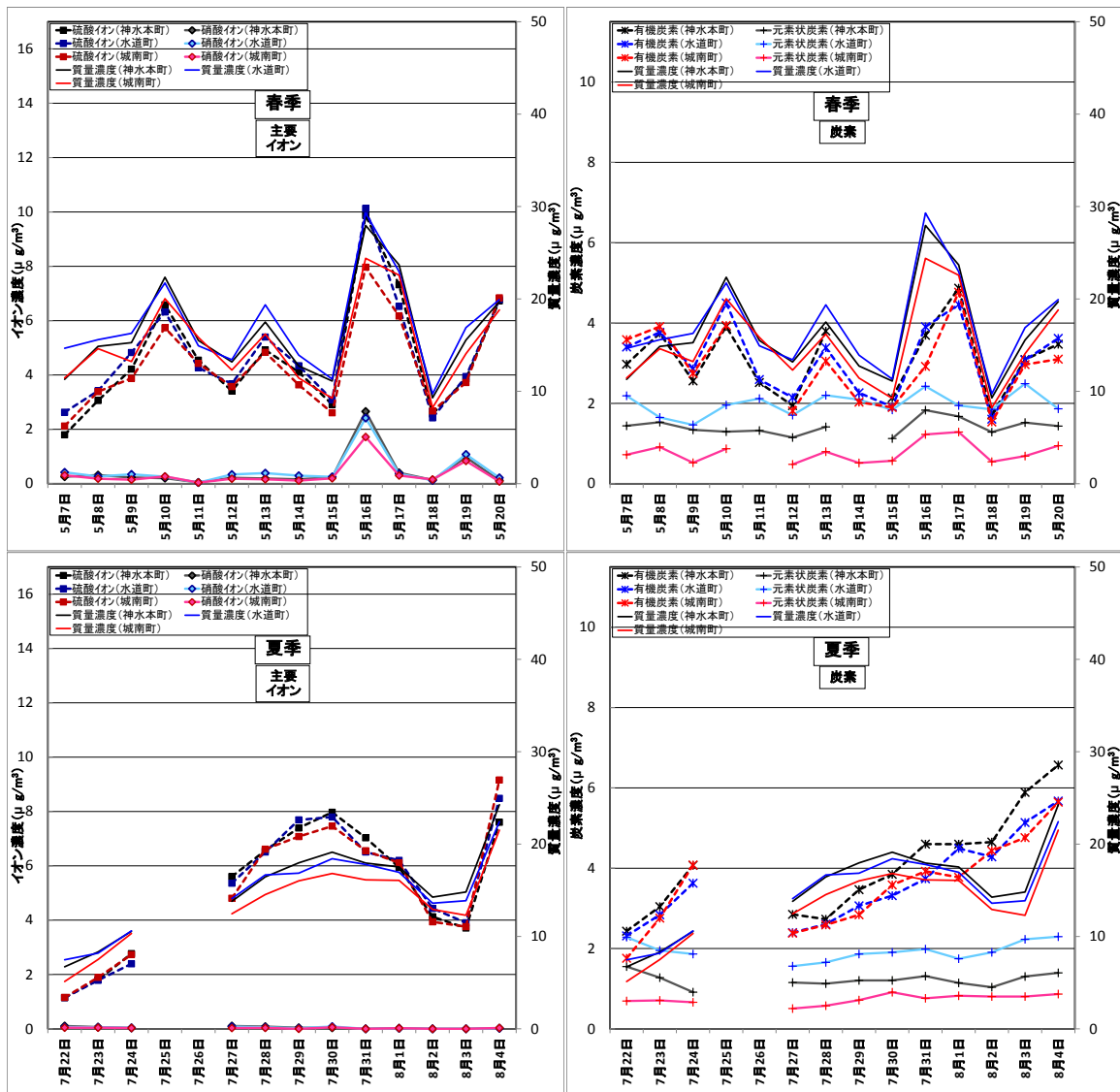


図 4-1 主要なイオン及び炭素の濃度の時系列変化（春・夏季）

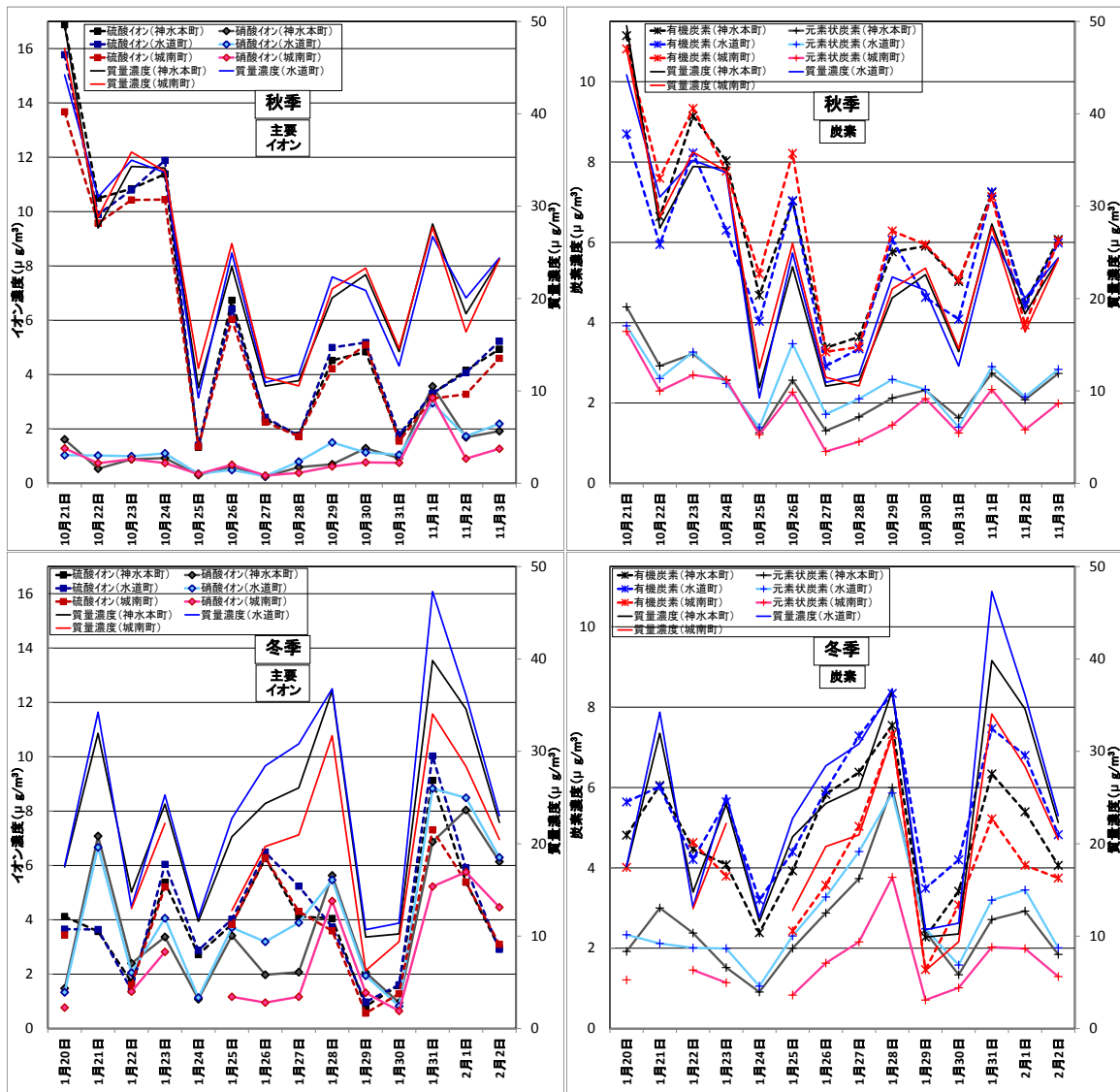


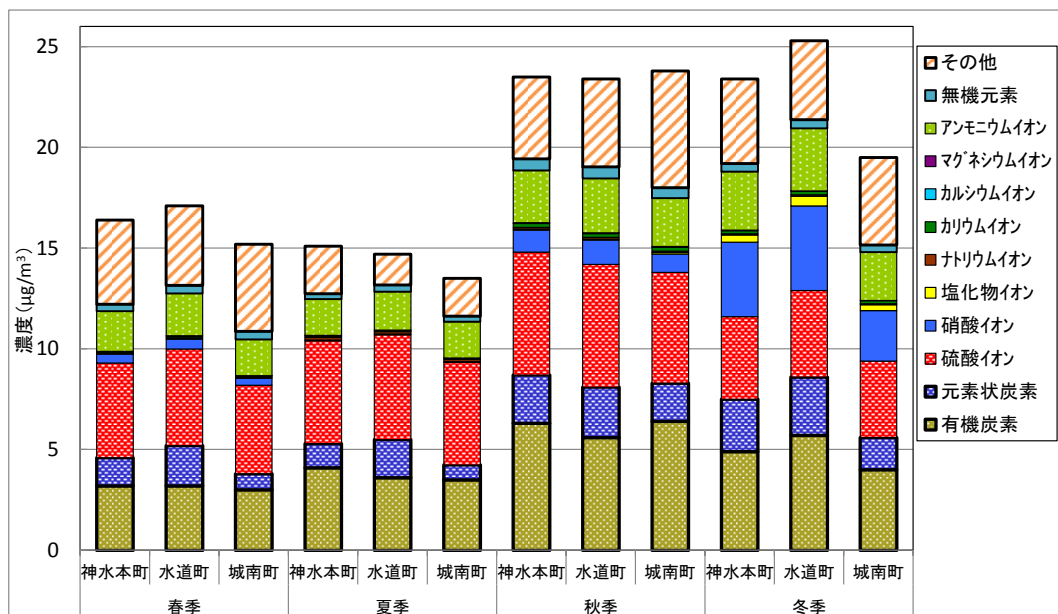
図 4-2 主要なイオン及び炭素の濃度の時系列変化（秋・冬季）

酸イオンの濃度はいずれの地点でも多くの日で質量濃度と連動して推移していた。一方、元素炭素濃度は地点差がみられ、多くの日で高い方から水道町、神水本町、城南町の順になっていた。質量濃度の地点差が大きかった冬季の1月25日～27日及び1月31日は、元素炭素に加えて硝酸イオン及び有機炭素の濃度でも違いが大きかった。

### ⑤ 季節ごとの成分組成の概要

季節ごとの成分組成（各成分濃度の平均値の合計）を図5に示した。大まかな組成は、イオン成分が半分程度、炭素成分が3分の1程度、無機元素成分は微量であった。全体的にみて成分組成の地点差は小さく、これまでに述べたとおり主に市域全体にわたる広域的な要因の影響を受けていると考えられた。一方、冬季は成分組成の地点差が大きかったが、局地的な要因が高まった日（1月25日～27日及び1月31日等）があったことなどが影響していると考えられた。このあと、無機元素成分について報告する。





※ ナトリウム、マグネシウム、カリウム及びカルシウムは無機元素でも測定し、イオンと重複して合計している。

図5 季節ごとの成分組成

(2) 無機元素成分濃度及び高濃度時の要因の考察

① 無機元素成分濃度

各無機元素成分濃度の平均値等を表7-1(代表的な元素)、7-3、7-4に、無機元素成分の質量濃度に占める割合を表7-2に示した。季節ごとの無機元素成分濃度の平均値の合計(26成分)は、平成27年度の調査期間では270~570 ng/m<sup>3</sup>で秋季が少し高かったが、無機元素26成分が質量濃度に占める割合(各季節の地点ごとの平均値)では1.7~2.7%で季節差は小さかった。黄砂の飛来などの気象的影響があったときには無機元素26成分の割合が高まることもあるが、平成27年度の調査期間では黄砂は観測されなかった。

カリウム、ナトリウム、鉄及びアルミニウム等の濃度が高く、土壌や海塩など主に自然由来の元素がいずれの季節でも検出されていた。一方、さまざまな元素が微量で検出されていて、主に石炭燃焼に由来する鉛及び砒素等の濃度は、春・秋・冬季に高く、夏季に低い傾向であっ

表7-1 各無機元素成分濃度の平均値(代表的な元素) 単位: ng/m<sup>3</sup>(割合のみ%)

季節	地点	Al	Fe	V	Mn	Pb	Zn	As	Se	Cd	Tl	26元素の合計	26元素の割合
春季	神水本町	50	61	2.2	4.3	6.1	20	1.0	0.82	0.16	0.045	340	2.1
	水道町	65	66	2.3	4.7	7.0	22	1.1	0.89	0.21	0.065	400	2.3
	城南町	67	63	2.4	4.9	6.8	21	1.1	0.89	0.23	0.058	400	2.7
夏季	神水本町	17	19	4.6	1.6	2.0	12	0.61	0.55	0.088	0.028	270	1.8
	水道町	23	28	4.5	2.1	2.7	14	0.60	0.62	0.11	0.022	340	2.3
	城南町	15	19	4.3	2.0	2.5	12	0.56	0.50	0.10	0.025	270	2.0
秋季	神水本町	54	81	2.1	6.3	9.4	33	1.5	1.7	0.32	0.11	570	2.4
	水道町	54	84	2.1	6.9	9.8	29	1.5	1.5	0.32	0.12	570	2.4
	城南町	46	76	1.9	7.3	9.8	26	1.4	1.3	0.32	0.10	520	2.2
冬季	神水本町	28	62	1.6	5.8	8.6	37	1.4	1.1	0.28	0.080	400	1.7
	水道町	34	51	1.7	5.0	7.9	36	1.4	0.99	0.33	0.078	430	1.7
	城南町	18	46	1.7	5.6	8.1	29	1.4	1.0	0.35	0.079	360	1.8

※ 冬季測定時に機器更新に伴い下限値の変更を行っている。



表 7-2 無機元素成分の質量濃度に占める割合（代表的な元素）

単位：%

季節	地点	Al	Fe	V	Mn	Pb	Zn	As	Se	Cd	Tl
春季	神水本町	0.30	0.37	0.014	0.026	0.037	0.12	0.0061	0.0050	0.00096	0.00028
	水道町	0.38	0.38	0.013	0.028	0.041	0.13	0.0065	0.0052	0.0012	0.00038
	城南町	0.44	0.42	0.016	0.033	0.045	0.14	0.0074	0.0058	0.0015	0.00038
夏季	神水本町	0.11	0.13	0.031	0.011	0.013	0.076	0.0040	0.0036	0.00058	0.00019
	水道町	0.16	0.19	0.030	0.014	0.018	0.097	0.0041	0.0042	0.00073	0.00015
	城南町	0.11	0.14	0.032	0.015	0.018	0.091	0.0042	0.0037	0.00076	0.00019
秋季	神水本町	0.23	0.35	0.0088	0.027	0.040	0.14	0.0065	0.0070	0.0014	0.00048
	水道町	0.23	0.36	0.0088	0.029	0.042	0.13	0.0065	0.0062	0.0013	0.00050
	城南町	0.19	0.32	0.0080	0.031	0.041	0.11	0.0060	0.0057	0.0014	0.00044
冬季	神水本町	0.11	0.26	0.0067	0.024	0.038	0.16	0.0059	0.0045	0.0012	0.00034
	水道町	0.14	0.21	0.0068	0.020	0.030	0.15	0.0056	0.0037	0.0012	0.00030
	城南町	0.092	0.24	0.0086	0.029	0.042	0.15	0.0074	0.0053	0.0018	0.00040

表 7-3 各無機元素成分濃度の平均値（その他の元素 1）

単位：ng/m<sup>3</sup>

季節	地点	Be	Na	Mg	K	Ca	Sc	Cr	Co
春季	神水本町	<0.0067	48	15	96	32	<0.043	0.55	<0.075
	水道町	<0.0067	66	18	96	41	<0.043	0.58	<0.075
	城南町	<0.0067	60	10	160	<26	<0.043	0.60	<0.075
夏季	神水本町	0.027	98	11	77	<26	<0.043	0.30	<0.075
	水道町	<0.0067	130	18	86	<26	<0.043	0.34	<0.075
	城南町	0.017	110	14	69	<26	<0.043	0.22	<0.075
秋季	神水本町	<0.0067	90	22	230	33	<0.043	0.76	0.081
	水道町	<0.0067	94	21	210	44	<0.043	0.86	<0.075
	城南町	<0.0067	76	17	220	31	<0.043	0.66	<0.075
冬季	神水本町	<0.0078	76	11	170	45	<0.0080	1.1	0.028
	水道町	<0.0078	64	10	160	49	<0.0080	0.89	0.073
	城南町	<0.0078	60	10	160	<38	<0.0080	0.60	0.042

※ ナトリウム、マグネシウム、カリウム及びカルシウムはイオンでも測定を行っている。

表 7-4 各無機元素成分濃度の平均値（その他の元素 2）

単位：ng/m<sup>3</sup>

季節	地点	Ni	Cu	Mo	Ag	Sb	Ba	Th	U
春季	神水本町	0.80	2.0	0.17	<0.17	0.70	1.9	<0.0045	0.0027
	水道町	0.91	2.9	0.29	<0.17	0.82	2.1	0.0073	0.0042
	城南町	0.88	2.1	0.49	<0.17	1.2	1.2	<0.0045	0.0071
夏季	神水本町	0.93	1.6	<0.10	<0.17	0.41	1.4	<0.0045	<0.0023
	水道町	1.3	2.0	0.13	<0.17	0.54	2.3	<0.0045	0.0026
	城南町	1.0	1.3	<0.10	<0.17	0.35	1.0	<0.0045	<0.0023
秋季	神水本町	0.88	3.3	0.34	<0.17	1.3	3.0	<0.0045	0.0046
	水道町	1.1	2.8	0.39	<0.17	1.2	2.2	<0.0045	0.0058
	城南町	1.4	2.2	0.27	<0.17	1.2	1.4	<0.0045	0.0050
冬季	神水本町	1.1	3.3	0.50	0.047	1.2	3.0	<0.0050	0.0047
	水道町	0.86	2.9	0.53	0.052	1.3	2.3	<0.0050	0.0060
	城南町	0.88	2.1	0.49	0.043	1.2	1.2	<0.0050	0.0070

た。また、主に石油（重油）燃焼に由来するバナジウムの濃度は、夏季に高く、春・秋・冬季に低い傾向であった。

バリウム及び銅の濃度は地点差がみられ、ほとんどの季節で水道町及び神水本町が城南町より高く、局地的な要因の影響（沿道環境）を受けている可能性があると考えられたが、今後もデータを蓄積し解析を続けていく。

## ② 無機元素濃度等の時系列変化及び高濃度時の要因の考察

各無機元素濃度等の時系列変化を図 6 に示した（図 3 と同様に水道町の結果で示した。）。石炭燃焼由来の代表的な指標で大陸からの大気汚染物質の越境状況を示す鉛の濃度は、過去の調

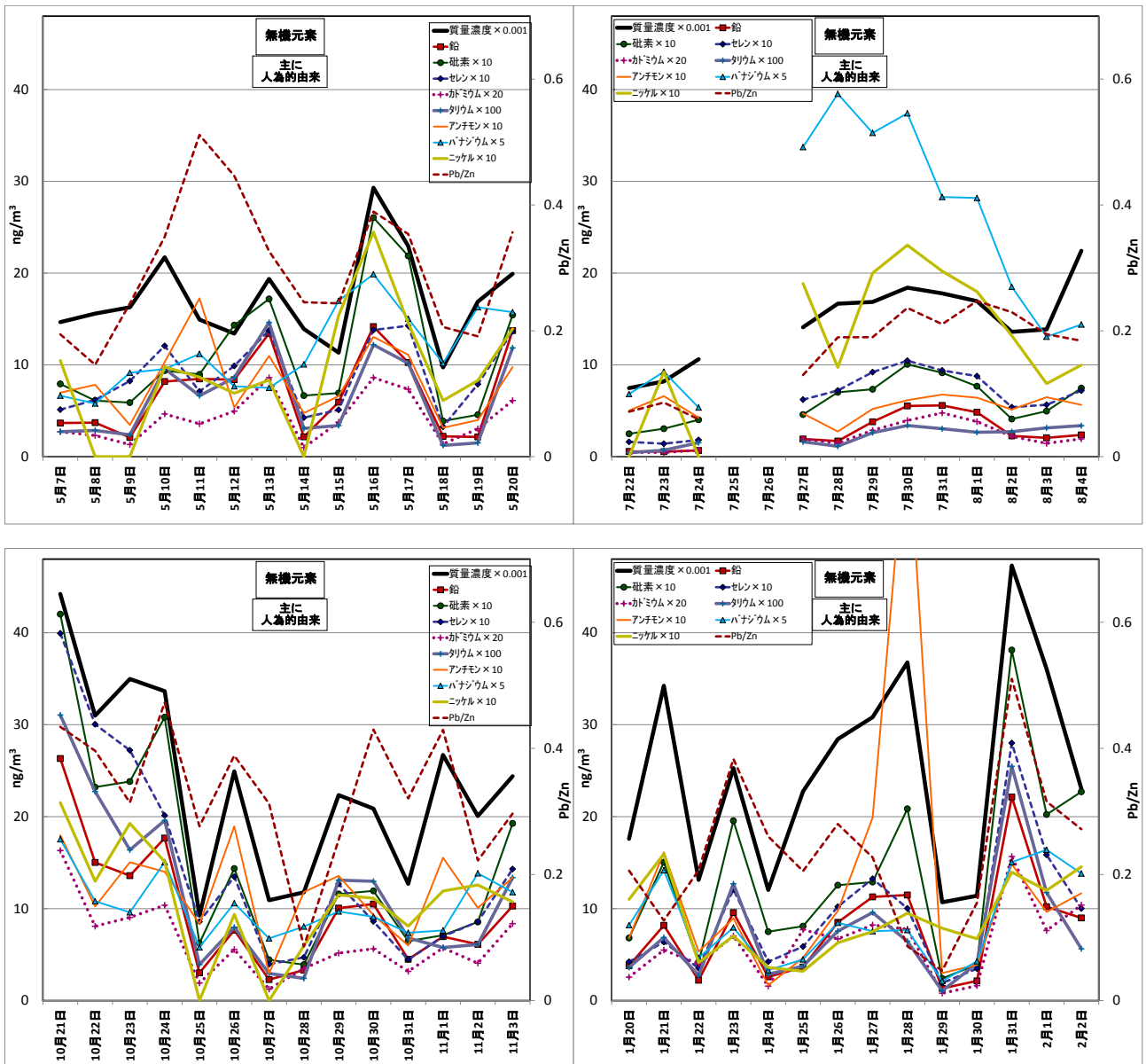


図6 質量濃度及び各無機元素濃度等の時系列変化（水道町）

査結果と比較して高い日はなかったが、 $20 \text{ ng/m}^3$ を越えたのは水道町では秋季の10月21日及び冬季の1月31日の2日間であり、それぞれがその季節の質量濃度の最高値(秋季 $44.2 \mu\text{g/m}^3$ 、冬季 $47.3 \mu\text{g/m}^3$ )の日で煙霧も発生していて越境汚染の影響を受けたと考えられた。10月21日は、秋季調査の初日でこれより前の結果はなく、この高濃度期間の始まり（上昇時）の状況を考察しにくいですが、同じく石炭燃焼由来の無機元素（砒素・セレン・カドミウム・タリウム）や硫酸イオンの濃度も高く、同由来の影響を強く受けたと考えられた。一方、1月31日は、先の(1)④のとおり地点差も大きく、局地的な汚染（硝酸イオン・有機炭素・元素状炭素等）も上乘せられて質量濃度が上昇した複合汚染と考えられた。

石油（重油）燃焼由来の代表的な指標であるバナジウムの濃度は、夏季の7月27日～8月1日の連続6日間に高濃度で推移していた。このときに、硫酸イオン濃度も夏季としては高濃度で推移していて、同由来の影響を強く受けたと考えられた。一方、石炭燃焼由来の無機元素（鉛・砒素・セレン・カドミウム等）の濃度も中盤の7月29日からわずかに上昇していて、同由来の

影響も受けた複合汚染と推察された。夏の発生源について、今後もデータを蓄積し解析を続けていく。

冬季の1月28日は、水道町で質量濃度が $36.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇したが、硫酸イオン濃度( $3.7\mu\text{g}/\text{m}^3$  (質量濃度の10%))は低く、有機炭素( $8.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、元素状炭素( $5.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ )、硝酸イオン( $5.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ )及び塩化物イオン( $1.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ )の濃度が高く、さらに無機元素の亜鉛及びアンチモン等の濃度も前日より急に上昇していた。直前の1月25日～27日には、質量濃度の上昇とともに元素状炭素及び有機炭素の濃度が上昇していた。また、石炭燃焼由来の無機元素(鉛・砒素・セレン・カドミウム・タリウム)の濃度も1月26日から緩やかに上昇していて、越境汚染の影響も受けていた。その後、1月28日は気温が低くほとんど無風で湿度も上昇したことなどから、国内外で発生した汚染物質の滞留と合わせて二次生成も進み、質量及び各成分の濃度上昇の要因になったと推察された。

#### 4 まとめ

平成27年度の調査では、次のような結果であった。

- 1) 今回の調査期間では、質量濃度は秋・冬季に高く、春・夏季に低かった。3地点の質量濃度の変動は、地点差の小さい日が多く、主に市域全体にわたる広域的な要因の影響を受けていると考えられた。
- 2) 成分組成の概要は、いずれの季節でもイオン成分が質量濃度の半分程度、炭素成分が3分の1程度、無機元素成分は微量であり、PM2.5の主成分は硫酸アンモニウムであった。冬季は、硝酸イオン濃度も高く、硝酸塩(硝酸アンモニウム等)も多く含まれていた。炭素成分濃度は地点差がみられ、ほとんどの季節で水道町及び神水本町が城南町より高く、特に元素状炭素(主としてEC2)濃度はこの傾向が強く、局地的な要因(沿道環境)の影響も受けていると考えられた。
- 3) 秋季及び冬季の最高質量濃度日には、鉛濃度が高く越境汚染の影響を受けたと考えられたが、冬季のこの日は局地的な要因(特に水道町)も上乘せされて質量濃度が上昇した複合汚染と考えられた。
- 4) 夏季にバナジウム濃度が連続して高い期間があり石油(重油)燃焼由来の影響を強く受けたと考えられたが、一方で石炭燃焼由来の無機元素(鉛・砒素・セレン・カドミウム等)の濃度もわずかに上昇していて、この影響も受けた複合汚染と推察された。

平成27年度の調査結果から、本市のPM2.5成分組成の概要が明らかになってきた。また、さまざまな成分の季節的特徴などの結果が得られ少しずつ起源解析が進んできたものの、PM2.5はさまざまな場所・要因から発生しており、今後も調査・研究を継続的に行い実態の解明に努めていく。

#### 参考文献

- 1) 緒方美治、武原弘和、近藤芳樹、藤井幸三：熊本市における微小粒子状物質(PM2.5)の実態調査(平成25年2月～3月)、熊本市環境総合センター年報, No. 20, 49-58, 2012.

- 2) 緒方美治、飯銅和浩、坂口美鈴、吉田芙美香、福田照美、近藤芳樹、藤井幸三：熊本市における微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析（平成25年度），熊本市環境総合センター年報，No. 21，51-65，2013.
- 3) 緒方美治、飯銅和浩、渡邊隆、坂口美鈴、清藤順子、吉田芙美香、福田照美、近藤芳樹、藤井幸三：熊本市におけるPM2.5の高濃度予測時の6時間分解能観測による無機元素成分を中心とした発生源解析—平成26年3月～6月の4期間の事例—，熊本市環境総合センター年報，No. 22，47-61，2014.
- 4) 飯銅和浩、坂口美鈴、緒方美治、渡邊隆、清藤順子、吉田芙美香、福田照美、近藤芳樹、藤井幸三：熊本市における微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析（平成26年度）—地点間比較を中心—，熊本市環境総合センター年報，No. 22，62-82，2014.
- 5) 緒方美治、飯銅和浩、吉田芙美香、福田照美、坂口美鈴、渡邊隆、清藤順子、津留靖尚、濱野晃、近藤芳樹、藤井幸三：熊本市におけるPM2.5の高濃度予測時の6時間分解能観測による無機元素成分を中心とした発生源解析（その2）—平成26年12月、27年1月、27年2月の3つの事例—，熊本市環境総合センター年報，No. 23，2015.