

調査研究

熊本市における微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析結果について （令和3年度(2021年度)）

飯銅和浩 西岡良樹*1 福田善秀*2 濱野晃*3 近藤芳樹

*1 生活衛生課 *2 浄化対策課 *3 水保全課

1 はじめに

微小粒子状物質（PM2.5）の環境基準は平成21年9月に設定され、熊本市においてもその実態を把握するため常時監視を行っている。質量濃度は平成24年に神水本町に自動測定装置を設置して測定を開始し、その後測定装置の移設・増設を経て平成27年3月末からは8箇所での測定を行うようになった。

また、PM2.5の発生源等を解明し対策に役立てるため、その成分についても分析を行っている。まず平成25年に神水本町でフィルタ捕集による試料採取を行い質量濃度の測定とイオン成分・無機元素成分の分析を開始、平成26年度からは炭素成分についても分析を開始するとともに試料捕集地点（以下「地点」という。）を3箇所とした。その後、大気汚染常時監視測定局の配置見直し等を経て現在は基本的に環境総合センター1箇所での試料採取を行っている。本報では令和3年度に実施したPM2.5成分測定結果について概要を報告する。

2 調査の概要

(1) 地点及び試料捕集期間

上記のとおり、現在は基本的に環境総合センター屋上（3階、地上高11.1m）1箇所のみで専用の捕集装置を用いてPM2.5のフィルタ捕集と成分分析を実施しているところであるが、令和3年度は秋にセンター外壁の補修工事が行われたため、工事に伴い発生するコンクリート等の微粉末が試料に混入する可能性を考慮し、この期間（秋季）のみ城南町（大気汚染常時監視測定局設置地点）で捕集を行った。

地点概要を表1、位置を図1に示す。

表1 地点概要

地点名	所在地	地域の状況	区分
環境総合センター	東区画図町大字所島404-1	市東部に位置する平坦な田園地帯	
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

試料の捕集期間は、環境省が定める「微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析ガイドライン」¹⁾（以下「分析ガイドライン」という。）に基づき全国で時期を統一することが有効であるとされており、

例年事務連絡で調査時期が示されている。本市もこの事務連絡に従い、季節ごとに14日間連続で捕集・分析を実施することを基本とした(これに加えて、精度管理のための二重測定を2日間行った)。また、装置の不具合等により捕集できなかった場合は、可能な限り期間を延長して少なくとも14日分の試料を確保するよう努めた。捕集装置は2台設置し、それぞれ四フッ化エチレン樹脂(PTFE)製フィルタと石英繊維製フィルタを用いて試料を捕集した。捕集時間は各日午前10時から翌日同時までの24時間とした。捕集状況は表2のとおりである。

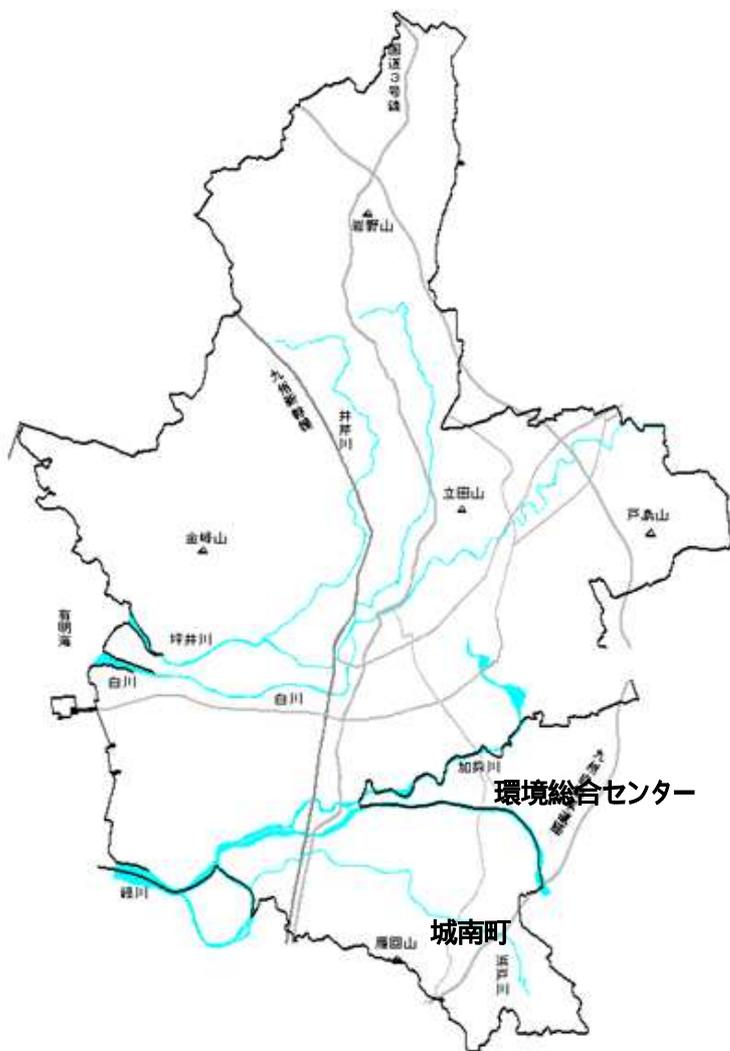


図1 地点の位置

表2 捕集状況

区分	期間(捕集開始日基準)	捕集できなかった期間
春季	令和3年5月13日~5月27日	なし
夏季	令和3年7月22日~8月5日	なし
秋季	令和3年10月21日~11月4日	なし
冬季	令和4年1月20日~2月4日	1月28日及び29日(PTFEフィルタ)

冬季は、PTFEフィルタ側捕集装置で動作不具合が発生したため期間を予定より2日間延長した。石英フィルタ側に不具合は発生しなかったが、同様に期間延長した。

(2) 試料捕集及び分析の方法、測定項目

試料の捕集及び分析方法は、分析ガイドライン及び環境省が定める「大気中微小粒子状物質 (PM2.5) 成分測定マニュアル」²⁾(以下「成分測定マニュアル」という。)に基づき実施した。捕集及び分析方法は表3に、測定項目は表4に示す。

表3 捕集及び分析方法

項目	方法
粒子捕集	PM2.5 ロウポリウムエアサンプラ(Thermo Fisher Scientific FRM2025i)を用い、PTFE 製フィルタ(Pall Teflo)及び石英繊維製フィルタ(PALLFLEX PRODUCTS 2500QAT-UP)に捕集
質量濃度測定	捕集後の PTFE 製フィルタを、環境制御チャンバ(electro-tech systems Model 5532)を用い 21.5±1.5℃、相対湿度 35±5% で 24 時間コンディショニングした後に精密天秤(METTLER TOLEDO XP2UV)で秤量
イオン成分測定	捕集後の PTFE 製フィルタを超純水に浸漬し、超音波照射で成分を抽出した溶液をディスクフィルタ(東洋濾紙 13HP020CN)でろ過し、イオンクロマトグラフ装置(サーモフィッシャーサイエンティフィック社製「Integrion システム」)で陰イオン AS17-C カラム・陽イオン CS16 カラムにより測定
無機元素成分測定	捕集後の PTFE 製フィルタを硝酸・フッ化水素酸・過酸化水素(いずれも関東化学 Ultrapur)の混合液に浸漬し、マイクロ波加熱装置(Anton Paar Multiwave PRO)を用いて加熱分解・濃縮した溶液を誘導結合プラズマ-質量分析装置(Agilent Technologies 7800)で測定
炭素成分測定	捕集後の石英繊維製フィルタをサーマルオプティカル・リフレクタンス法分析装置(Sunset Laboratory OC/EC Lab Instrument Model 5)で IMPROVE プロトコルにより測定

表4 測定項目

項目	内容
イオン成分	硫酸イオン SO_4^{2-} 、硝酸イオン NO_3^- 、塩化物イオン Cl^- 、ナトリウムイオン Na^+ 、カリウムイオン K^+ 、カルシウムイオン Ca^{2+} 、マグネシウムイオン Mg^{2+} 、アンモニウムイオン NH_4^+
無機元素成分	ナトリウム Na、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、鉄 Fe、ニッケル Ni、亜鉛 Zn、砒素 As、アンチモン Sb、鉛 Pb、マンガン Mn、コバルト Co、銅 Cu、セレン Se、モリブデン Mo、カドミウム Cd、バリウム Ba、トリウム Th、ベリリウム Be、チタン Ti、ルビジウム Rb、セシウム Cs、ランタン La、セリウム Ce、サマリウム Sm、ハフニウム Hf、タンタル Ta、タングステン W
炭素成分	有機炭素(OC1、OC2、OC3、OC4)、元素状炭素(EC1、EC2、EC3)、炭化補正值(OCpyro)

3 調査結果

(1) 質量濃度

各期間の質量濃度について、測定結果概要を表5に示す。

表5 質量濃度測定結果概要

区分	平均値(最小～最大)	高濃度日	特徴的な気象内容
春季	8.8 (2.7～20.1)	なし	特になし
夏季	7.7 (1.6～17.1)	なし	煙霧(7月21～22日)
秋季	14.3 (6.3～22.6)	なし	特になし
冬季	13.8 (3.6～31.8)	なし	煙霧(1月27～28日、2月1～3日)
年間	11.1 (1.6～31.8)	なし	

(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

高濃度日：1日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日

平均質量濃度は、年間で $11.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。季節ごとでは秋季・冬季の濃度が高く、夏季に濃度が低い傾向であった。1日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日はなく、 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満の日は40日(全捕集期間の71.4%)であった。また、捕集期間中に黄砂の観測日はなく、煙霧の観測日は夏季に2日、冬季に5日であった。

各期間の濃度変化を折れ線グラフで比較したものを図2に示す。質量濃度の変動は冬季に大きく、その他の季節は同程度で推移した。

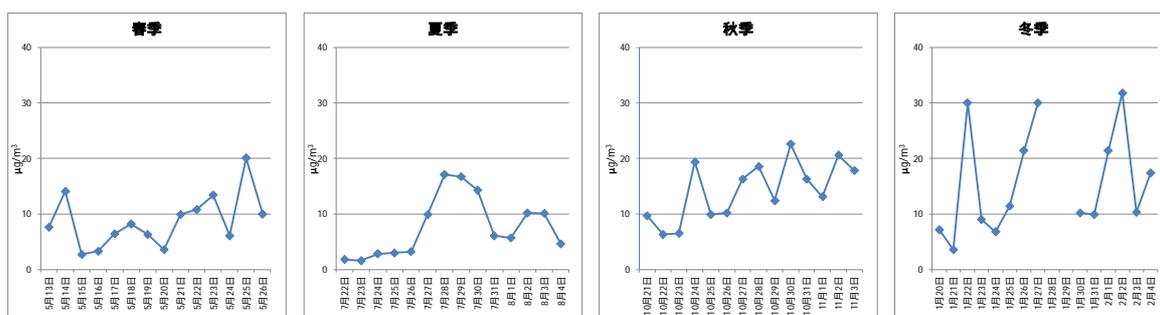


図2 質量濃度変化

各期間の平均質量濃度と成分構成の概要を図3に示す。なお、ナトリウム・カリウム・マグネシウム・カルシウムについてはイオン成分及び無機元素成分の両方で分析・測定しており、この図ではいずれもイオン成分として扱った。

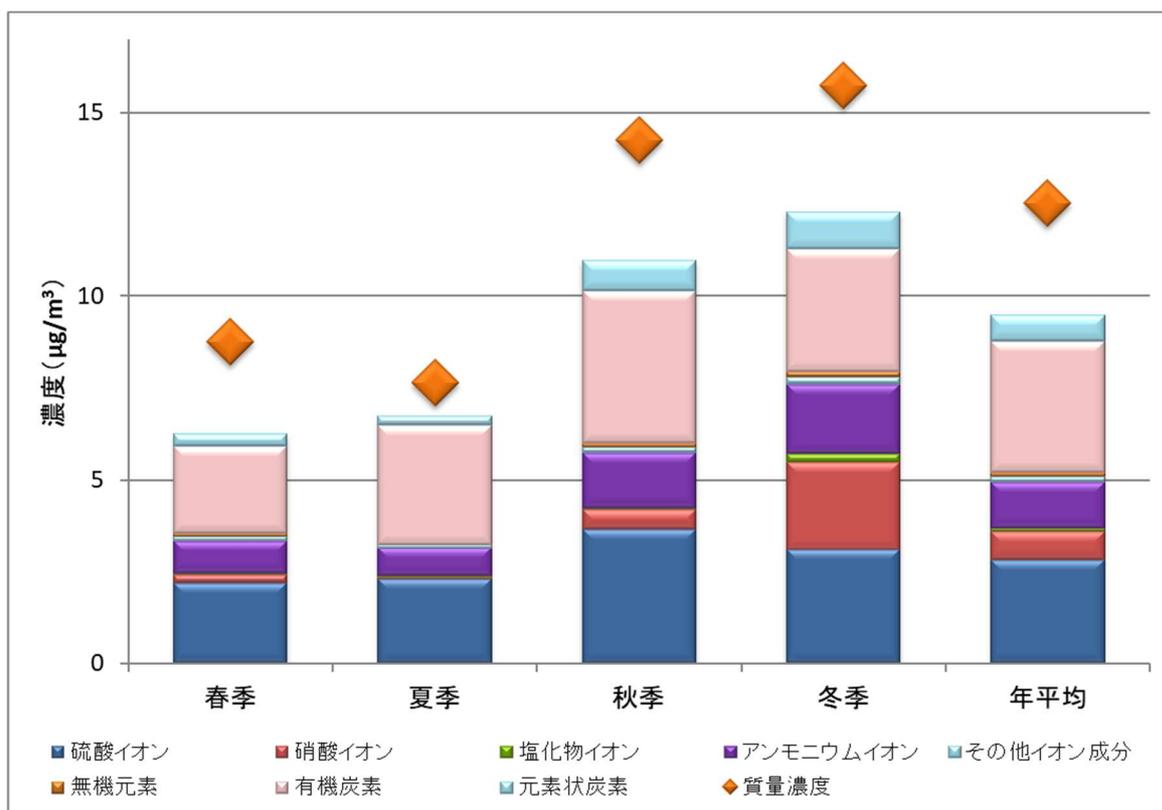


図3 各期間の平均質量濃度と成分構成

微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の主要成分はイオン成分 (粒子中では結合して塩類として存在しており、主な成分は硫酸アンモニウムや硝酸アンモニウムである) と炭素成分である。

(2) イオン成分

各期間のイオン成分濃度平均値及び質量濃度に対する割合を表6と図4に、イオン成分の構成比を表7と図5に、各期間中の質量濃度とイオン成分間の相関係数を表8に、各期間中のイオン成分濃度変化を図6に示す。なお、平均値等の算出にあたり、検出下限値未満となった成分については濃度を「0」として扱った。

表6 質量濃度・イオン成分濃度平均値及び質量濃度に対する割合

区分	春季(n=14)	夏季 (n=14)	秋季 (n=14)	冬季 (n=14)	年間 (n=56)
質量濃度	8.8	7.7	14.3	15.7	12.6
SO ₄ ²⁻	2.19	2.28	3.65	3.08	2.80
NO ₃ ⁻	0.222	0.043	0.545	2.40	0.802
Cl ⁻	0.0351	0.0388	0.0498	0.241	0.0911
NH ₄ ⁺	0.889	0.775	1.49	1.88	1.26
Na ⁺	0.062	0.067	0.038	0.053	0.055
K ⁺	0.0407	0.0231	0.0937	0.121	0.0695
Ca ²⁺	0.014	<0.004	0.013	0.006	0.011
Mg ²⁺	0.0061	0.0054	0.0048	0.0061	0.0056
合計	3.46	3.23	5.88	7.79	5.09
割合	39.5%	42.3%	41.3%	49.5%	40.6%

(単位：μg/m³)

表7 イオン成分の構成比

区分	春季	夏季	秋季	冬季	年間
SO ₄ ²⁻	63	71	62	40	55
NO ₃ ⁻	6.4	1.3	9.3	31	16
Cl ⁻	1.0	1.2	0.85	3.1	1.8
NH ₄ ⁺	26	24	25	24	25
Na ⁺	1.8	2.1	0.65	0.68	1.1
K ⁺	1.2	0.72	1.6	1.5	1.4
Ca ²⁺	0.39	-	0.22	0.080	0.21
Mg ²⁺	0.18	0.17	0.081	0.078	0.11

(単位：%)

表8 質量濃度とイオン成分濃度変動の相関係数

区分	春季	夏季	秋季	冬季
SO ₄ ²⁻	0.94	0.91	0.87	0.92
NO ₃ ⁻	0.75	-	0.78	0.97
Cl ⁻	-0.16	-0.65	0.64	0.55
NH ₄ ⁺	0.95	0.91	0.91	0.98
Na ⁺	-0.13	-0.19	0.10	0.30
K ⁺	0.86	0.87	0.90	0.95
Ca ²⁺	0.74	-	0.67	-
Mg ²⁺	-0.06	0.57	0.19	0.61

※捕集期間中に5日以上検出下限値未満となったイオン成分は「-」表示とした。

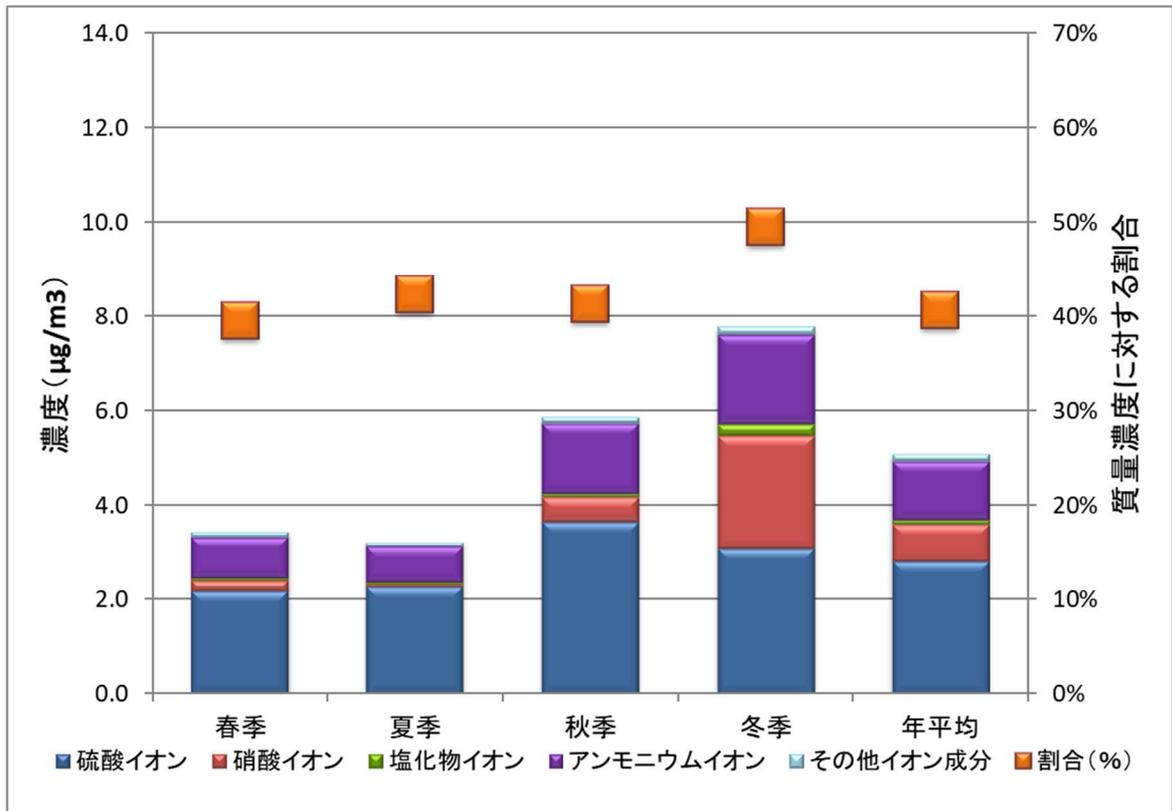


図4 イオン成分濃度平均値及び質量濃度に対する割合

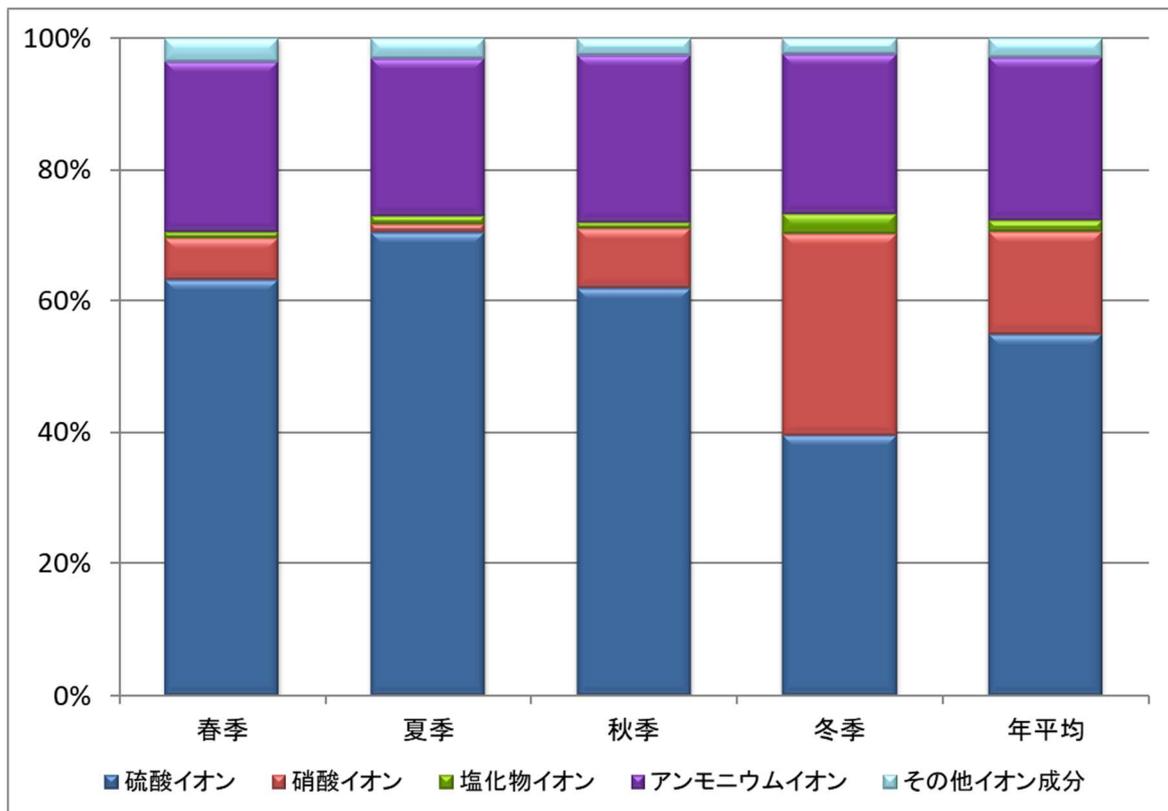


図5 イオン成分の構成比

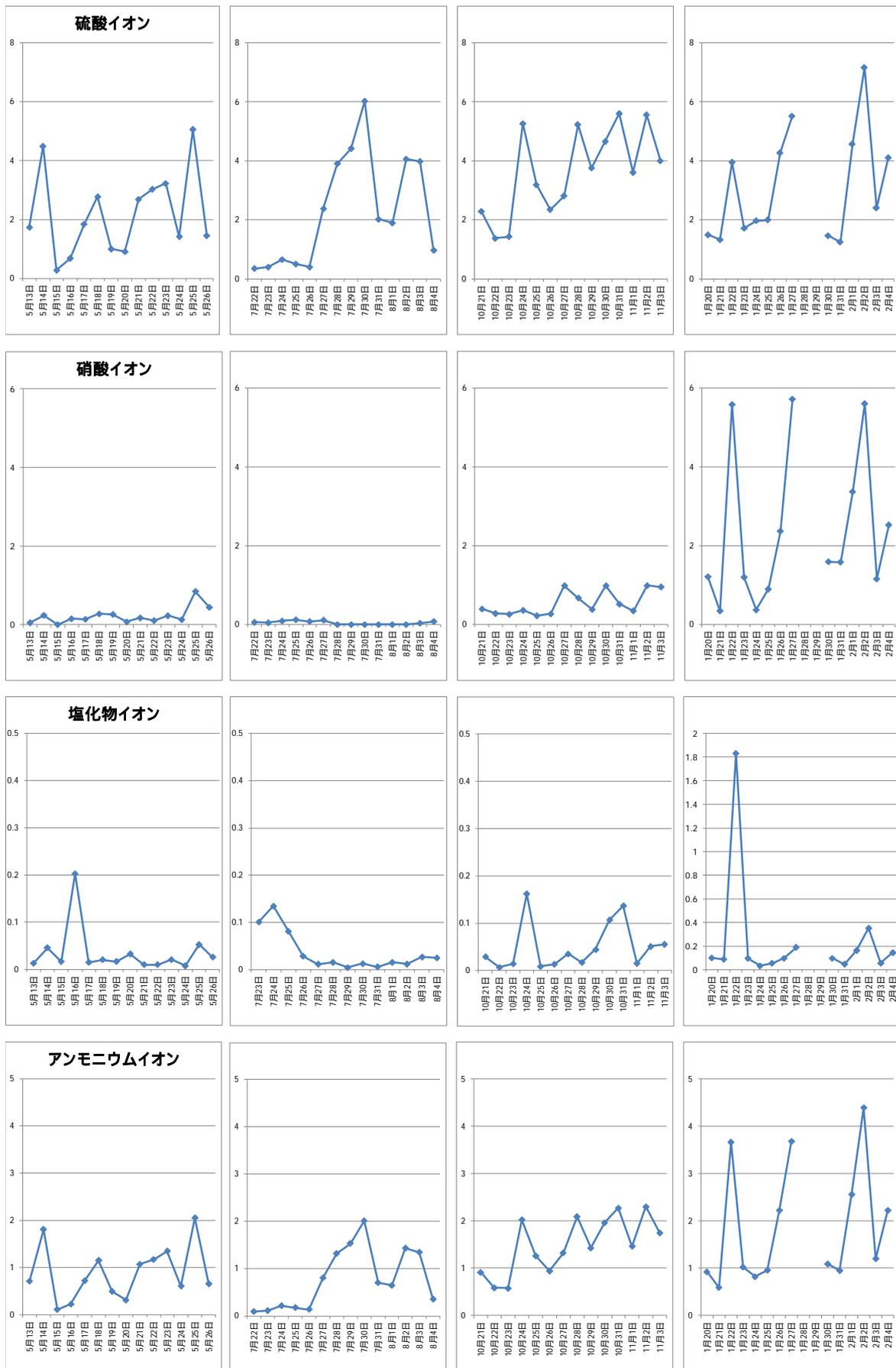


図 6-1 各期間中のイオン成分濃度変化(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

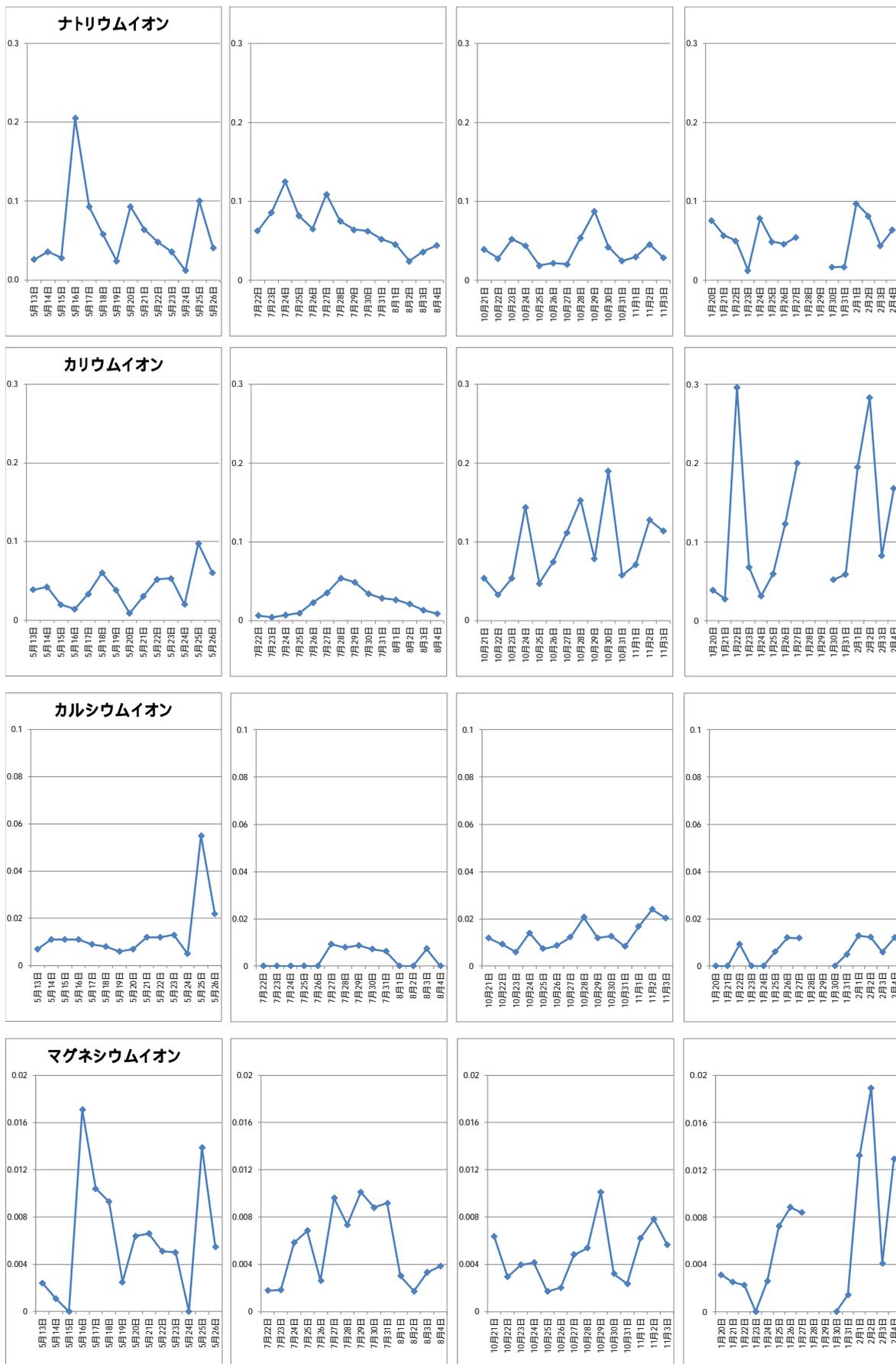


図 6-2 各期間中のイオン成分濃度変化(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

イオン成分が質量濃度に占める割合は、年間平均で 40.6% であり、冬季に高く、その他の季節はほぼ同程度であった。含有量は秋季・冬季に高く、春季・夏季で低かった。主要成分は、夏～秋季が硫酸イオン及びアンモニウムイオン、冬季が硫酸イオン、硝酸イオン及びアンモニウムイオンであって、粒子中ではこれら成分が結合し硫酸アンモニウムや硝酸アンモニウムとなっていると推察された。

硫酸イオンは、主に硫黄分を含む化石燃料の燃焼に由来し、大陸からの移流が影響していると推察される。年間を通じて主要なイオン成分であり、質量濃度との相関も高かった。構成比で見ると、春季から秋季にかけては約 60～70% を占めている。

硝酸イオンは様々な燃料の燃焼に由来し、大陸からの移流が影響していると推察される成分である。濃度は季節により大きく変動し、もっとも高いのは冬季であった。夏季の濃度が低いのは、気温等の条件により粒子を形成しにくい(あるいは粒子となった後に再び解離・気化している)ことが理由として考えられる。一方、秋季から冬季は気温が低くなるため粒子を形成しやすく、安定的に捕集され濃度が高くなったものと推察される。質量濃度との相関も冬季が高かった。

アンモニウムイオンは主に硫酸イオンや硝酸イオンと結合して粒子形成されることから、これらのイオン濃度とほぼ同様の挙動を示し、年間を通じて質量濃度との相関も高かった。

ナトリウムイオンは海塩などが起源であると考えられ、含有量は低かった。質量濃度との相関も低い。

カリウムイオンは植物バイオマスの燃焼や肥料などを起源とすると考えられている。含有量そのものは低かったが、秋季・冬季に濃度が上がる傾向がみられた。

塩化物イオンは海塩などを起源としていると考えられており、各季節で含有量が低い中、冬季に高濃度となる日があった。

カルシウムイオン及びマグネシウムイオンは、各季節ともに含有量は低かった。

(3) 無機元素成分

各期間の無機元素成分濃度平均値及び質量濃度に対する割合を表 9、構成比を表 10、各期間の質量濃度と無機元素成分濃度変動の相関係数を表 11 に示す。なお、春季においては、5 月 14 日及び 15 日採取の検体を前処理する際に不具合があったためこの 2 日分を欠測とした。また、平均値等の算出にあたり、検出下限値未満となった成分については濃度を「0」として扱った。

表9 無機元素成分濃度平均値及び質量濃度に対する割合

区分	春季(n=12)	夏季(n=14)	秋季(n=14)	冬季(n=14)	年間(n=54)
質量濃度	8.8	7.7	14.3	15.7	11.6
ナトリウム	47.2	48.7	35.3	70.3	50.4
アルミニウム	19.6	<2.7	19.9	36.3	25.3
カリウム	43.2	22.2	94.5	153	78.2
カルシウム	17	<5	26	49	31
スカンジウム	<0.017	<0.017	<0.017	<0.017	<0.017
バナジウム	0.551	0.208	0.361	0.405	0.381
クロム	0.35	<0.15	3.51	0.60	1.49
鉄	26.0	8.4	42.2	39.3	29.0
ニッケル	<1.2	<1.2	2.7	<1.2	2.7
亜鉛	11.0	7.41	21.7	59.2	24.8
ヒ素	0.527	0.296	0.839	1.32	0.745
アンチモン	0.328	0.131	0.675	0.834	0.492
鉛	1.70	0.675	3.13	5.44	2.74
チタン	1.7	<0.7	1.3	2.5	1.8
マンガン	1.98	0.92	3.87	4.07	2.71
コバルト	<0.024	<0.024	0.053	0.026	0.039
銅	0.52	0.12	0.79	1.92	0.84
セレン	0.402	0.210	0.656	0.703	0.493
ルビジウム	0.117	0.047	0.191	0.350	0.176
モリブデン	0.18	0.06	0.74	0.37	0.34
カドミウム	0.053	0.030	0.143	0.183	0.102
セシウム	0.012	<0.004	0.021	0.036	0.023
バリウム	0.470	0.536	0.674	3.13	1.20
ランタン	0.013	<0.004	0.025	0.030	0.023
セリウム	0.027	0.006	0.023	0.039	0.024
サマリウム	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019
ハフニウム	<0.11	<0.11	<0.11	<0.11	<0.11
タンタル	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
タングステン	0.118	0.147	0.217	0.212	0.173
トリウム	0.0017	<0.0015	<0.0015	0.0021	0.0019
ベリリウム	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026
合計	173	90	260	429	255
割合	2.0%	1.2%	1.8%	2.7%	2.0%

(単位：ng/m³、質量濃度のみ µg/m³)

表 10 無機元素成分構成比

区分	春季(n=12)	夏季(n=14)	秋季(n=14)	冬季(n=14)	年間(n=54)
ナトリウム	27	54	14	16	20
アルミニウム	11	-	7.7	8.0	10
カリウム	25	25	36	36	31
カルシウム	10	-	10	11	12
スカンジウム	-	-	-	-	-
バナジウム	0.32	0.23	0.14	0.09	0.15
クロム	0.20	-	1.4	0.14	0.58
鉄	15	9.4	16	9.0	11
ニッケル	-	-	1.0	-	1.1
亜鉛	6.3	8.2	8.4	14	9.7
ヒ素	0.30	0.33	0.32	0.31	0.29
アンチモン	0.19	0.14	0.26	0.19	0.19
鉛	1.0	0.75	1.2	1.3	1.1
チタン	1.0	-	0.51	0.58	0.72
マンガン	1.1	1.0	1.5	0.90	1.1
コバルト	-	-	0.020	0.0060	0.015
銅	0.30	0.14	0.31	0.45	0.33
セレン	0.23	0.23	0.25	0.16	0.19
ルビジウム	0.068	0.052	0.073	0.082	0.069
モリブデン	0.11	0.07	0.28	0.09	0.13
カドミウム	0.031	0.033	0.055	0.043	0.040
セシウム	0.0068	-	0.0082	0.0084	0.0090
バリウム	0.27	0.59	0.26	0.73	0.47
ランタン	0.0075	-	0.0095	0.0071	0.0089
セリウム	0.016	0.007	0.009	0.009	0.009
サマリウム	-	-	-	-	-
ハフニウム	-	-	-	-	-
タンタル	-	-	-	-	-
タングステン	0.068	0.16	0.083	0.049	0.068
トリウム	0.0010	-	-	0.0005	0.0007
ベリリウム	-	-	-	-	-

(単位：%)

※検出下限値未満となった元素成分は「-」表示とした。

表 11 質量濃度と無機元素成分濃度変動の相関係数

	ナトリウム Na	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	鉄 Fe
春 (n=12)	-0.27	0.43	0.78	-	-	0.80	0.86	0.80
夏 (n=14)	-0.20	0.95	0.84	-	-	0.89	-	0.90
秋 (n=14)	0.09	0.34	0.85	-0.21	-	0.60	0.26	0.41
冬 (n=14)	0.46	0.45	0.92	-	-	0.73	0.63	0.93

	ニッケル Ni	亜鉛 Zn	ヒ素 As	アンチモン Sb	鉛 Pb
春 (n=12)	-	0.48	0.65	0.76	0.68
夏 (n=14)	-	0.35	0.84	0.96	0.72
秋 (n=14)	-	0.35	0.60	0.70	0.65
冬 (n=14)	-	0.53	0.78	0.82	0.93

	チタン Ti	マンガン Mn	コバルト Co	銅 Cu	セレン Se	ルビジウム Rb	モリブデン Mo	カドミウム Cd	セシウム Cs
春 (n=12)	0.68	0.79	-	0.76	0.86	0.65	0.71	0.78	0.20
夏 (n=14)	-	0.90	-	0.56	0.94	0.79	-	0.83	-
秋 (n=14)	0.39	0.56	-	0.42	0.75	0.75	0.26	0.64	0.63
冬 (n=14)	0.63	0.84	-	0.86	0.87	0.97	0.40	0.90	0.53

	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	タンタル Ta	タングステン W	トリウム Th	ベリリウム Be
春 (n=12)	0.54	0.45	0.71	-	-	-	0.68	-	-
夏 (n=14)	0.70	-	-	-	-	-	0.83	-	-
秋 (n=14)	0.45	0.45	0.52	-	-	-	0.24	-	-
冬 (n=14)	0.48	0.74	0.82	-	-	-	0.44	-	-

※ 捕集期間中に 5 日以上検出下限値未満となった元素成分は「 - 」表示とした。

無機元素成分が質量濃度に占める割合は年間平均 2.0 % であり、冬季に高く、夏季に低くなる傾向が見られた。含有量についても冬季が最も高かった。主要成分は、ナトリウム(海塩起源)・アルミニウム・カルシウム・鉄(以上、土壌起源)・カリウム(植物バイオマスや肥料起源)などであり、これら主要 5 成分の合計は無機元素成分全体の 80 % 以上を占めていた。その他の無機元素成分はさまざまな起源を持ち、それぞれで濃度変化の挙動が異なっていた。

(4) 炭素成分

各期間・地点の炭素成分濃度平均値及び質量濃度に対する割合を表 12、構成比を表 13、各期間の質量濃度と炭素成分濃度変動の相関係数を表 14、各期間中の炭素成分濃度変化を図 7 に示す。

なお、冬季は PTFE フィルタ側捕集装置で動作不具合が発生し、これにより生じた欠測分を補うために捕集期間を 2 日間延長した。石英フィルタ側で欠測は発生しなかったが、期間は PTFE フィルタ側に合わせて延長したため試料数が 16 となっている。

表 12 炭素成分濃度平均値及び質量濃度に対する割合

区分	春季(n=14)	夏季(n=14)	秋季(n=14)	冬季(n=16)	年間(n=58)
質量濃度	8.8	7.7	14.3	15.7	11.6
OC1	<0.020	<0.020	0.084	0.168	0.126
OC2	0.96	1.47	1.55	1.32	1.32
OC3	0.47	0.65	0.80	0.57	0.62
OC4	0.24	0.32	0.39	0.29	0.31
OCpyro	0.70	0.80	1.33	1.00	0.96
OC 小計	2.38	3.26	4.16	3.35	3.59
EC1	0.50	0.54	1.42	1.31	0.94
EC2	0.482	0.437	0.699	0.616	0.559
EC3	0.051	0.059	0.065	0.090	0.066
EC 小計	0.337	0.240	0.852	1.02	0.703
炭素合計	2.71	3.50	5.01	4.36	4.29
割合	31.0%	45.7%	35.1 %	27.7 %	37.0 %

(単位：μg/m³)

表 12 OC(有機炭素) 小計 = OC1+OC2+OC3+OC4+OCpyro

EC(元素状炭素) 小計 = EC1+EC2+EC3-OCpyro

表 13 炭素成分構成比

区分	春季(n=14)	夏季(n=14)	秋季(n=14)	冬季(n=16)	年間(n=58)
OC1	-	-	1.7	3.9	2.9
OC2	35	42	31	30	31
OC3	17	19	16	13	14
OC4	8.8	9.2	7.8	6.7	7.3
OCpyro	26	23	27	23	22
OC 小計	88	93	83	77	84
EC1	19	15	28	30	22
EC2	18	13	14	14	13
EC3	1.9	1.7	1.3	2.1	1.5
EC 小計	12	7.0	17	23	16

(単位：%)

表 14 質量濃度と炭素成分濃度変動の相関係数

	全炭素 TC	有機炭素 OC	元素状炭素 EC
春 (n=14)	0.82	0.86	0.84
夏 (n=14)	0.89	0.88	0.89
秋 (n=14)	0.86	0.93	0.89
冬 (n=16)	0.92	0.92	0.92

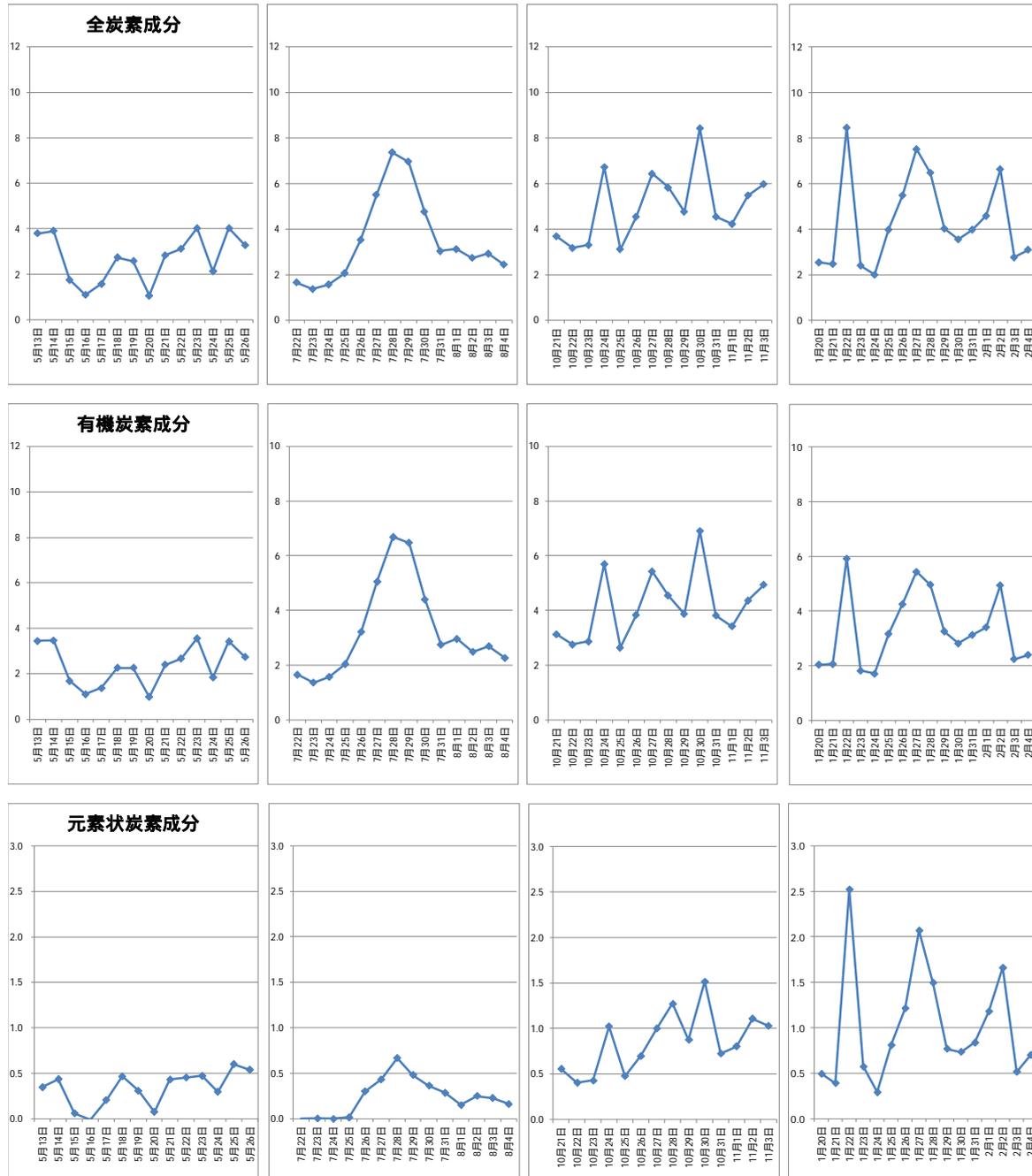


図 7 各期間中の炭素成分濃度変化(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

炭素成分濃度は、年間平均で $4.29\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、春季に低く秋季に高かった。また、質量濃度に占める割合は年間平均 37.0% であり、夏季に高く、冬季に低くなる傾向があった。質量濃度との相関は年間を通して高かった。

成分別では、元素状炭素成分の濃度が秋季・冬季に高い傾向がみられたが、これは元素状炭素成分のうち EC1（正確には炭化補正值（OC_{pyro}）を差し引いたもの）が EC2 及び EC3 に比べて多いことによるものである。EC1 は低温での不完全燃焼時に生成する成分（いわゆる「すす」の状態となった炭素）と考えられており、局所的なバイオマス燃焼の影響が推察された。

(5) まとめ

1. 質量濃度は、秋季・冬季に高く、夏季に低い傾向であった。1 日平均値が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える観測日はなく、 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満の日は 40 日（全捕集期間の 71.4%）であった。
2. イオン成分が質量濃度に占める割合は、年間平均で 40.6% であった。濃度は冬季に高く、夏季に低かった。主要成分は、夏季・秋季に硫酸イオン及びアンモニウムイオンであり、冬季に硫酸イオン、硝酸イオン及びアンモニウムイオンで、その主成分は硫酸アンモニウムと硝酸アンモニウムであると推察された。
3. 無機元素成分が質量濃度に占める割合は、年間平均で 2.0% であった。濃度は冬季に高く、夏季に低くなる傾向がみられた。主要成分は、ナトリウム・アルミニウム・カルシウム・鉄・カリウムなどであった。
4. 炭素成分が質量濃度に占める割合は、年間平均で 37.0% であった。濃度は秋季に高く、春季に低くなる傾向であった。炭素成分別では、元素状炭素成分の濃度が秋季・冬季に高い傾向がみられ、局所的なバイオマス燃焼の影響が推察された。

文献

- 1) 環境省：水・大気環境局，微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析ガイドライン，2011．
- 2) 環境省：水・大気環境局 大気環境課長・自動車環境対策課長，大気中微小粒子状物質（PM2.5）成分測定マニュアル，2014．
- 3) 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．
- 4) 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．
- 5) 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．

- 6) 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）—地点間比較を中心に—，熊本市環境総合センター年報，No.22，62-82，2014．
- 7) 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．
- 8) 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：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），熊本市環境総合センター年報，No.24，44-55，2016．
- 9) 佐々木一夫、緒方美治、吉田芙美香、濱野晃、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 28 年度），熊本市環境総合センター年報，No.25，36-55，2017．
- 10) 佐々木一夫、緒方美治、濱野晃、近藤芳樹：熊本市における微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析（平成 29 年度），熊本市環境総合センター年報，No.26，35-51，2018．
- 11) 西岡良樹、佐々木一夫、緒方美治、濱野晃、近藤芳樹：熊本市における微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析（平成 30 年度、平成 31 年度），熊本市環境総合センター年報，No.27，43-71，2019．
- 12) 西岡良樹、佐々木一夫、福田善秀、濱野晃、近藤芳樹：熊本市における微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析結果について（令和 2 年度(2020 年度)），熊本市環境総合センター年報，No.28，25-41，2020．

