

【調査研究】

岡山県における微小粒子状物質の成分分析結果について（平成28～30年度）
Component Analysis Result of PM2.5 in Okayama Prefecture (FY2016～2018)

赤木正章, 間野遼太, 山田克明, 西村佳恵, 野村 茂, 小川 登 (大気科)
AKAKI Masaaki, MANO Ryouta, YAMADA Katsuaki, NISHIMURA Yoshie,
NOMURA Shigeru, OGAWA Noboru (Atmosphere Section)

要 旨

平成28～30年度に実施した県内4地点における微小粒子状物質（以下「PM2.5」という。）のイオン成分、炭素成分及び無機元素成分の分析結果をとりまとめた。主要成分の年平均濃度及び構成割合は、全ての調査地点で高い順に、イオン成分 (5.0～8.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 34～62%), 炭素成分 (3.4～5.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 25～37%), 無機元素成分 (0.14～0.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1.4～3.9%) であった。PM2.5質量濃度が4地点とも春季・夏季に高いのは、秋季・冬季に比べ、 SO_4^{2-} 及び NH_4^+ のイオン成分濃度が春季・夏季に高いことが要因であった。幹線道路沿いの長津測定局では、元素炭素濃度が最も高く、自動車排ガスの影響が考えられた。また、水島工業地帯に近接する塩生測定局では、Fe, Zn, Mn及びV濃度が他の3地点に比べて高かった。新見測定局では、 Ca^{2+} イオン濃度が季節にかかわらず、他の3地点より高かった。いずれも、地域的な影響を反映していると考えられた。

[キーワード：微小粒子状物質, PM2.5, 質量濃度, 成分分析]

[Key words: Fine Particulate Matter, PM2.5, Mass Concentration, Component Analysis]

1 はじめに

微小粒子状物質（以下「PM2.5」という。）は粒径が約2.5 μm 以下の非常に小さな粒子で、肺の奥深くまで入り込みやすいため、人の健康への影響が懸念されており¹⁾、平成21年9月9日付け、環境省告示第33号により大気汚染に係る環境基準が設定された。これを受けて本県では、PM2.5の実態把握に取り組み、観測結果を報告してきた²⁾～¹⁵⁾。

本報では、平成28～30年度に実施したPM2.5の主要成分の分析結果をとりまとめたので報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点及び調査期間

調査地点を図1に示す。調査は、新見市に位置する新見測定局（以下「新見局」という。）、総社市に位置する総社測定局（以下「総社局」という。）、早島町に位置する長津測定局（以下「長津局」という。）、倉敷市に位置する塩生測定局（以下「塩生局」という。）の4局とした。新見局及び総社局は大規模な事業場等の少ない市街地にある一般環境大気測定局、長津局は幹線道路沿線に位置する自動車排出ガス測定局、塩生局は瀬戸内海沿岸の水

島工業地帯の東側に位置する一般環境大気測定局である。

調査期間を表1に示す。調査は1年を4季節（春・夏・秋・冬）に分け、各季節1～2週間程度連続した期間で行った。

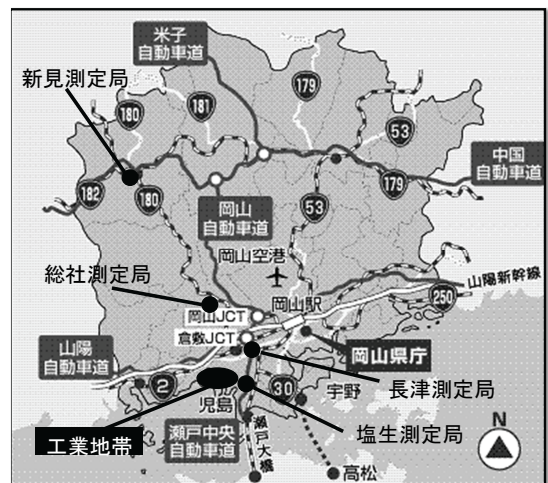


図1 調査地点

表1 調査期間

	平成28年度	平成29年度	平成30年度
春季	H28/5/9～5/22	H29/5/10～5/23	H30/5/9～5/22
夏季	H28/7/25～7/31	H29/7/24～7/30	H30/7/23～7/29
秋季	H28/10/19～11/1	H29/10/19～11/1	H30/10/18～10/31
冬季	H29/1/23～1/29	H30/1/22～1/28	H31/1/21～1/27

2.2 試料採取方法

試料採取は「大気中微小粒子状物質 (PM2.5) 成分測定マニュアル」(以下「成分測定マニュアル」という。)¹⁶⁾の捕集法に準じて、各測定局の屋上(地上2 m程度)に設置したサンプラー(Thermo製 FRM-2000, FRM-2025, FRM-2025i)を使用し、流量16.7 L/minで1日分として23時間採取した。フィルタは石英繊維フィルタ(PallFlex製 2500QAT-UP)及び四ふっ化エチレン樹脂製(以下「PTFE」という。)フィルタ(PallFlex製 Teflo)を使用した。

2.3 分析方法

石英繊維フィルタを分割し、成分測定マニュアルに示されたイオン成分(Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$)及び炭素成分((有機炭素(以下「OC」という。), 元素状炭素(以下「EC」という。))の分析を行った。また、PTFEフィルタを用いて無機元素(Mn, Cr, Ni, Be, As, Al, Fe, Zn, Cu, V, Pb, Se, Cd)の分析を行った。

イオン成分は、石英繊維フィルタを超純水に浸して超音波抽出を行い、イオンクロマトグラフ装置(Thermo Fisher Scientific製 ICS-1600)で分析した。炭素成分は、カーボンエアロゾル分析装置(Sunset Laboratory製 CAA-202M-D)で分析した。無機元素は、PTFEフィルタを、マイクロウェーブ加熱濃縮装置(平成29年度まではMilestone製 ETHOS 900, 平成30年度はMilestone製 ETHOS UP)で酸分解し、誘導結合プラズマ質量分析計(平成28年度は島津製 ICPM8500, 平成29年度以降はAgilent製 7800)で分析した。

2.4 解析方法

質量濃度は、試料採取した23時間に対応する自動測定

機による常時監視データの1時間値から算出した。成分濃度の解析には、検出下限値未満の測定値は検出下限値の1/2の値を使用し、検出下限値以上の測定値はそのままの値を使用した。季節の平均値は日ごとの値から算出した。年平均値は、季節の平均値から算出した。

3 結果及び考察

3.1 質量濃度及び構成成分

自動測定機による常時監視データから、平成28～30年度のPM2.5質量濃度の年平均値及び日平均値の年間98%値の経年変化を図2に示す。

年平均値は、長津局>塩生局>総社局>新見局であった。長津局の値は、新見局の2倍程度であった。日平均値の年間98%値も、年度によって異なるが、概ね長津局>塩生局>総社局>新見局であった。

年平均値は、やや低下傾向であった。一方、日平均値の年間98%値は、塩生局以外は、上昇傾向であった。長期基準(年平均値が $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)及び短期基準(日平均値の年間98%値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)の環境基準を達成したのは、新見局の3年間、総社局の平成28年度及び塩生局の平成30年度であった。

次に、平成28～30年度の調査期間におけるPM2.5構成割合を表2及び図3に示す。PM2.5質量濃度の年平均値は、長津局が $16.8 \sim 17.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と最も高く、塩生局が長津局よりやや低い $15.4 \sim 16.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、次いで総社局が $12.5 \sim 15.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、新見局が $9.3 \sim 10.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で最も低かった。長津局と新見局の差は $7.4 \sim 7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、同じ局の年度間の差については、最も差の大きい総社局が $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、その他の局は $0.7 \sim 1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり年度間の差は小さかった。

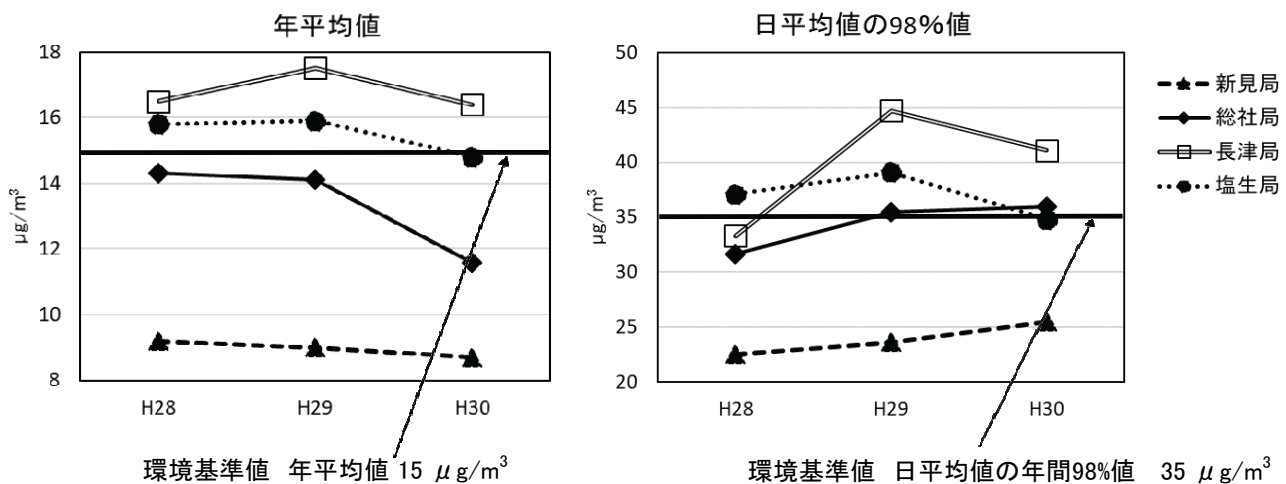


図2 平成28～30年度のPM2.5質量濃度の年平均値及び日平均値の年間98%値の経年変化

表2 平成28～30年度のPM2.5質量濃度及び構成成分濃度

		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
		PM2.5質量濃度	イオン成分	炭素成分	無機元素成分	その他
H28	新見局	10.0	5.2	3.6	0.14	1.1
	総社局	14.9	5.0	3.8	0.33	5.7
	長津局	17.4	6.2	4.9	0.25	6.0
	塩生局	15.7	6.7	4.3	0.44	4.3
H29	新見局	9.8	5.5	3.6	0.20	0.5
	総社局	15.1	6.5	3.8	0.33	4.4
	長津局	17.6	7.0	5.0	0.49	5.1
	塩生局	16.4	8.2	4.5	0.57	3.1
H30	新見局	9.3	5.8	3.4	0.19	0.0
	総社局	12.5	6.6	3.8	0.33	1.9
	長津局	16.8	6.6	4.9	0.48	4.8
	塩生局	15.4	7.7	4.5	0.60	2.7

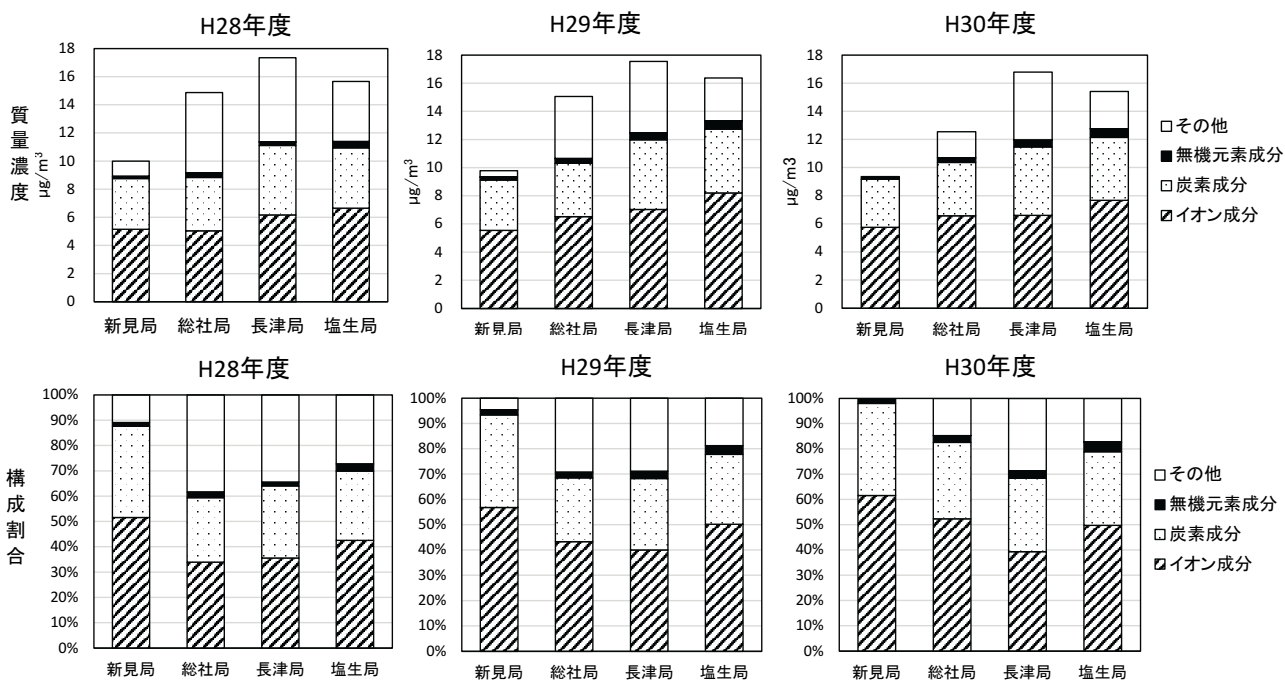


図3 平成28～30年度のPM2.5質量濃度の年平均値及び構成割合

構成成分については、全ての年度で4局とも、濃度の高い順にイオン成分、炭素成分、無機元素成分の順であった。濃度範囲については、イオン成分濃度が $5.0 \sim 8.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、炭素成分 $3.4 \sim 5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、無機元素成分 $0.14 \sim 0.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。各成分の濃度範囲は、4局とも年度間の違いは小さいと考えられた。また、局間で比較すると、長津局では3年間ともに炭素成分濃度が高かった。塩生局では、3年間ともにイオン成分濃度及び無機成分濃度が高かった。

季節ごとのPM2.5質量濃度の推移を図4に示す。4局とも春季や夏季で高く、秋季や冬季で低くなる傾向があった。同じ季節で局間の差で最も大きかったのは、平成30年度夏季の長津局と新見局の差で $12.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。最も小さかったのは、平成28年度夏季の長津局と新見局

の差で $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、同じ季節では長津局が最も質量濃度が高い傾向があったが、平成29年度及び30年度の冬季については、塩生局が最も質量濃度が高かった。これは、秋季から冬季にかけての質量濃度は、塩生局以外の局では、平成28年度の長津局及び総社局を除くと低下しているが、塩生局では3年とも上昇する傾向が見られたためであった。なお、平成28年度の秋季から冬季にかけての質量濃度の上昇幅は、長津局及び総社局では、それぞれ、 $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であったが、塩生局は、 $3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とその幅が大きかった。また、塩生局では、平成29年度及び30年度にも、それぞれ $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と大きく上昇した。図5に示すように塩生局では、3年とも冬季には他の季節に比べて西～西北西の風が卓越しており、塩生局の西に位置する工業地帯の影響により、秋

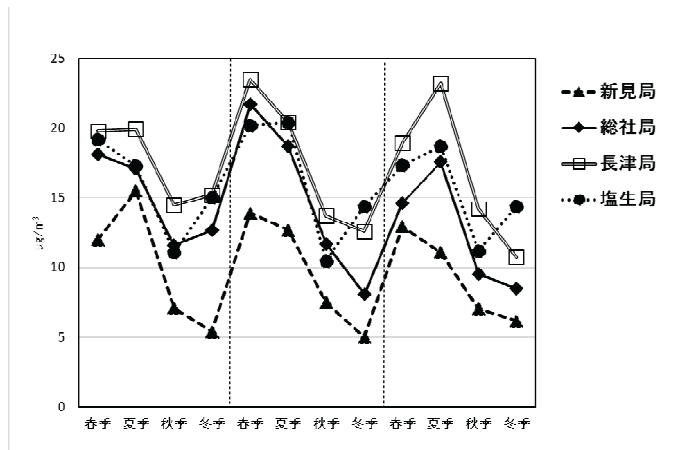


図4 平成28～30年度の季節ごとのPM2.5質量濃度の推移

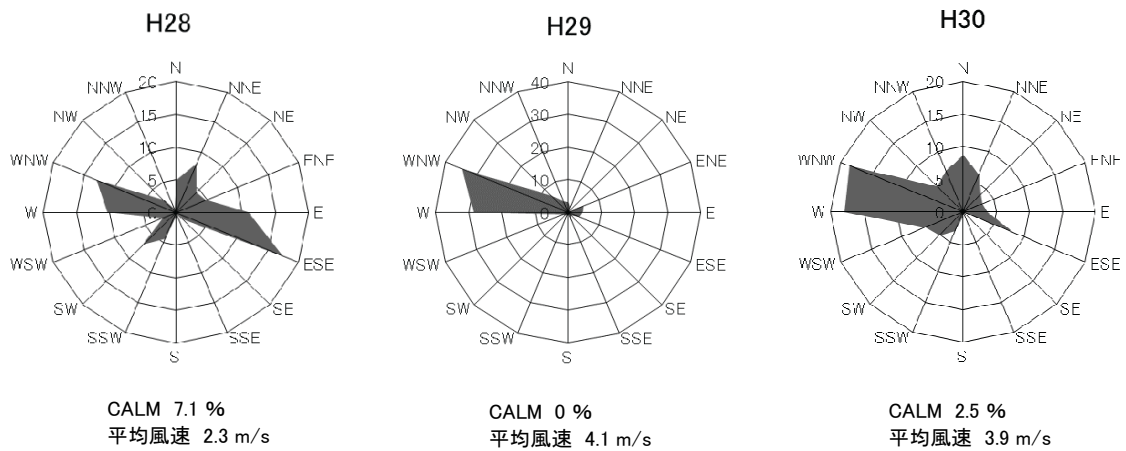


図5 平成28～30年度の塩生局の冬季風配図

季から冬季にかけて質量濃度が上昇していると考えられた。

3.2 イオン成分

イオン成分の平成28～30年度の年平均濃度を図6に示す。イオン成分では、4局とも SO_4^{2-} と NH_4^+ が主要な成分であり、 SO_4^{2-} がイオン成分の全体の57～65%、 NH_4^+ が18～22%と、この2種で79～87%を占めていた。局間で比較すると、 SO_4^{2-} 濃度は毎年度塩生局が最も高かった。

主要なイオン成分の季節ごとの濃度の推移を図7に示す。 SO_4^{2-} 及び NH_4^+ 濃度について、濃度は異なるものの、春季及び夏季に高濃度となり、秋季及び冬季に低濃度となるというよく似た推移をしていた。新見局における SO_4^{2-} 及び NH_4^+ 濃度は、ほとんどの季節で他局に比べて低濃度を示しており、新見局周辺に、 SO_4^{2-} 及び NH_4^+ の主要な発生源はないことから、各局と新見局との差が地域的な影響を反映している可能性も考えられた。質量濃度に

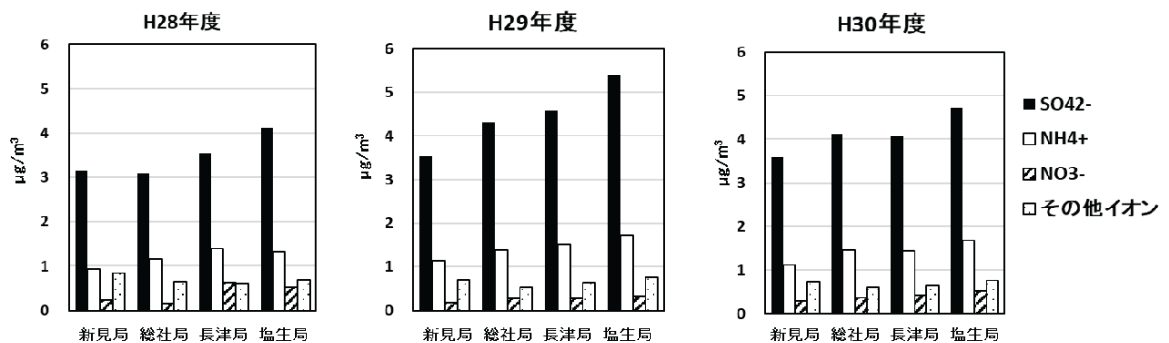


図6 イオン成分の年平均濃度

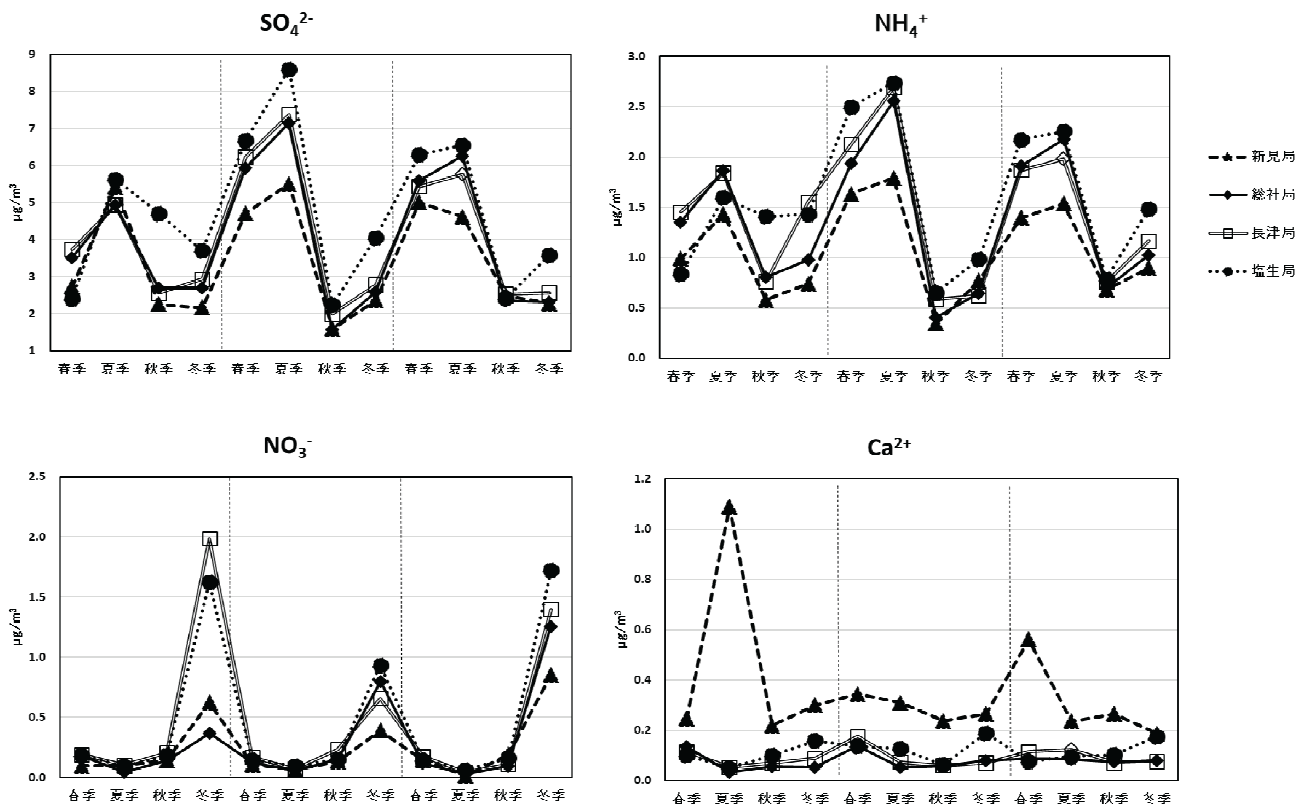


図7 平成28～30年度の季節ごとのイオン成分濃度の推移

占める割合が大きい SO_4^{2-} 及び NH_4^+ 濃度の変動が、PM2.5質量濃度の季節推移に影響を与えていると考えられた。 NO_3^- 濃度は、4局とも冬季に濃度が上昇する傾向が見られた。気温が低い冬季には、 $\text{HNO}_3(\text{g}) + \text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ の平衡が粒子側に偏ることが知られており^{4), 16), 17)}、粒子状の硝酸アンモニウムが高濃度となったことが考えられた。 Ca^{2+} 濃度は、3年間季節にかかわらず新見局が最も高く、ほとんどの季節で他局の2倍以上であった。 Ca^{2+} は土壌由来の指標¹⁸⁾とされており、新見市には石灰岩の地質があり、地場産業としての石灰製品の生産の影響が考えられた。

3.3 炭素成分

炭素成分の平成28～30年度の年平均濃度及び構成割合を図8に示す。炭素成分の年平均濃度については、3年間とも炭素成分濃度の高い順に、長津局、塩生局、総社局、新見局であった。4局ともOC濃度がEC濃度よりも高かった。また、OC濃度及びEC濃度ともに、3年間で大きい濃度変化はなかった。炭素成分中のOC濃度とEC濃度の割合について局間で比較すると、総社局と新見局では炭素成分全体のうちOCが80%程度、ECが20%程度であったのに対して、長津局と塩生局ではOCが65～70%程度、ECが30～35%程度とやや差がみられた。年平均濃度の同一年度の局間の比較では、3年間ともEC濃度の差の

ほうが、OC濃度の差に比べて大きく、OC濃度は平成30年度の長津局と新見局との差の $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ が最大であり、EC濃度は平成29年度の長津局と新見局との差の $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ が最大であった。ECは、自動車排ガス及び石炭燃焼の指標¹⁶⁾とされており、長津局でEC濃度が高いのは、幹線道路沿線に位置しているため、自動車排ガスの影響であると推察された。

OC及びECの季節ごとの濃度の推移を図9に示す。OC濃度は塩生局以外の3局は比較的類似した推移を示しており、平成28年度では秋季に大きく減少し、平成29年度では冬季に大きく減少していた。しかし、平成30年度は、秋季又は冬季に減少したものの、平成28年度及び平成29年度ほどの減少は観られず、総社局では秋季が低濃度であり、新見局と長津局では冬季が低濃度と、3局の推移が異なる結果となった。塩生局については、平成29年度は、冬季の大きな減少は観られず、平成30年度は、冬季に大きく上昇した。また、ECについては、塩生局の平成29年度と平成30年度の冬季を除くと、長津局において高濃度の傾向が認められ、塩生局の2カ年の冬季以外は、4局とも概ね似た推移をしていた。塩生局の冬季にEC濃度が高いのは、自動車排ガスの影響は季節で大きな違いはないと考えられるので、冬季に西～西北西の風が卓越することによる工業地帯の石炭燃焼の影響と推察された。

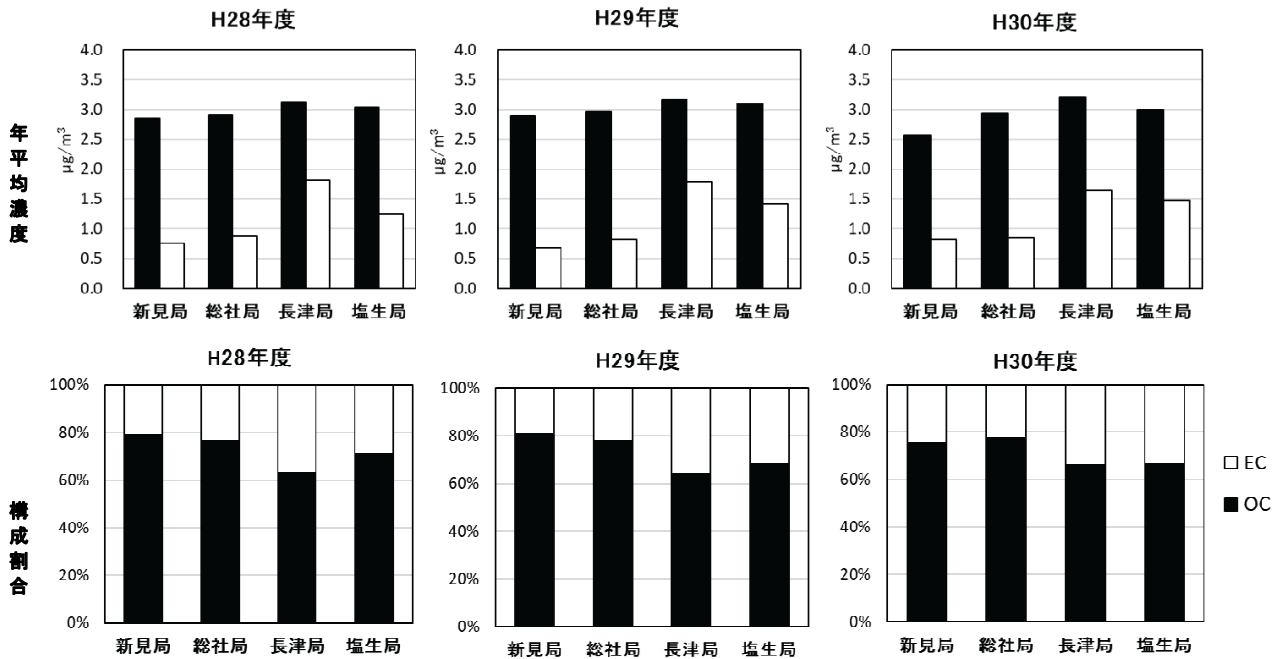


図8 平成28～30年度の炭素成分の年平均濃度及び構成割合

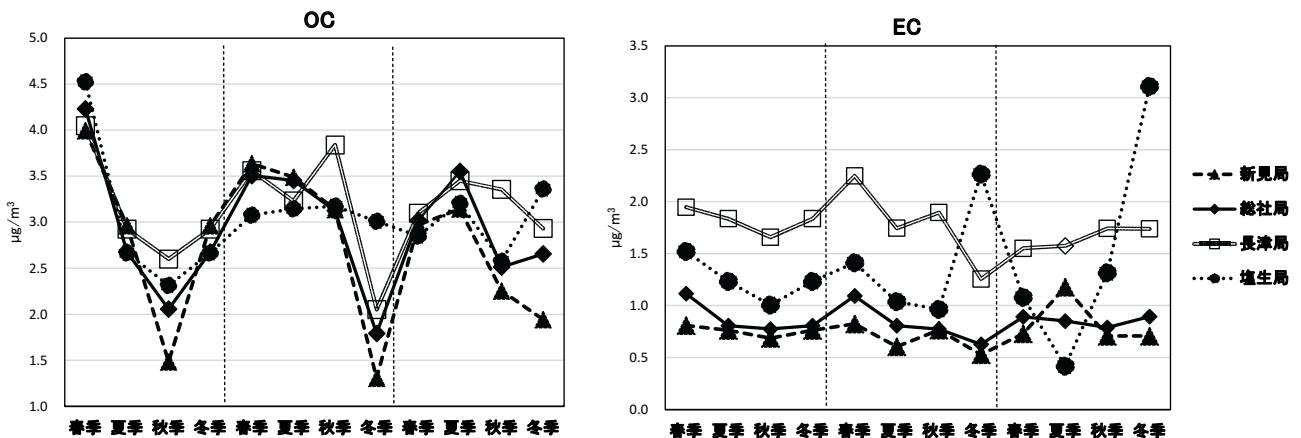


図9 平成28～30年度の季節ごとの炭素成分濃度の推移

3.4 無機元素

無機元素で濃度の高いFe, Al, Znについて平成28～30年度の年平均濃度を図10に示す。4局とも濃度の高い順はFe, Al, Znであった。これら3元素の合計濃度は、測定した無機元素のうちの80～90%程度を占めていた。局別に比較すると、毎年度、塩生局の無機元素濃度が最も高く、最も低い新見局の無機元素濃度の3倍程度であった。年度間の平均濃度を比較すると、Fe濃度の変動が大きく、平成28年度の長津局と塩生局のFe濃度は、平成29～30年度に比べて低く、長津局は1/2程度、塩生局は2/3程度であった。

無機元素の中で濃度が高いFe, Al, Znとともに主要な無機元素であるMn, V, As, Se, Cd濃度の季節ごとの

推移を図11に示す。Fe濃度については、塩生局を除く3局では春季に高くなる傾向があった。他方、塩生局では冬季に高くなる傾向があり、特に平成29～30年度では、約800 ng/m³と、他の3局と比べ著しい高濃度を示した。Feは、道路粉じん、ブレーキ粉じん及び鉄鋼工業の指標¹⁶⁾とされており、塩生局では、冬季に西～西北西の風が卓越することによる風上の工業地帯にある製鉄所の影響を受けたものと推察された。Alは、土壌や道路粉じんの指標¹⁶⁾とされており、4局とも春季に濃度が高くなる等似た傾向が見られ、地域的な影響よりも広域的な影響を受けていると推察された。Zn及びMn濃度は、塩生局が3年間とも冬季に高濃度となる点や、長津局で春季に高濃度となる点など、よく似た推移を示した。Zn及びMnは、

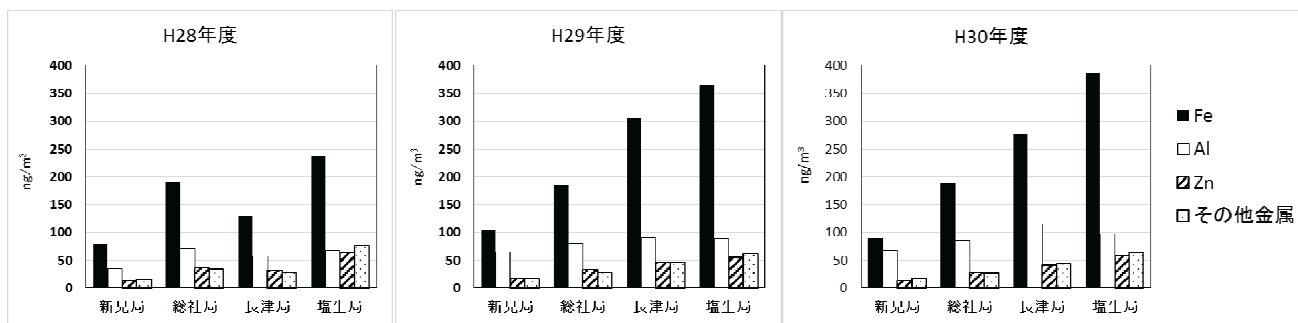


図10 平成28～30年度の無機元素の年平均濃度

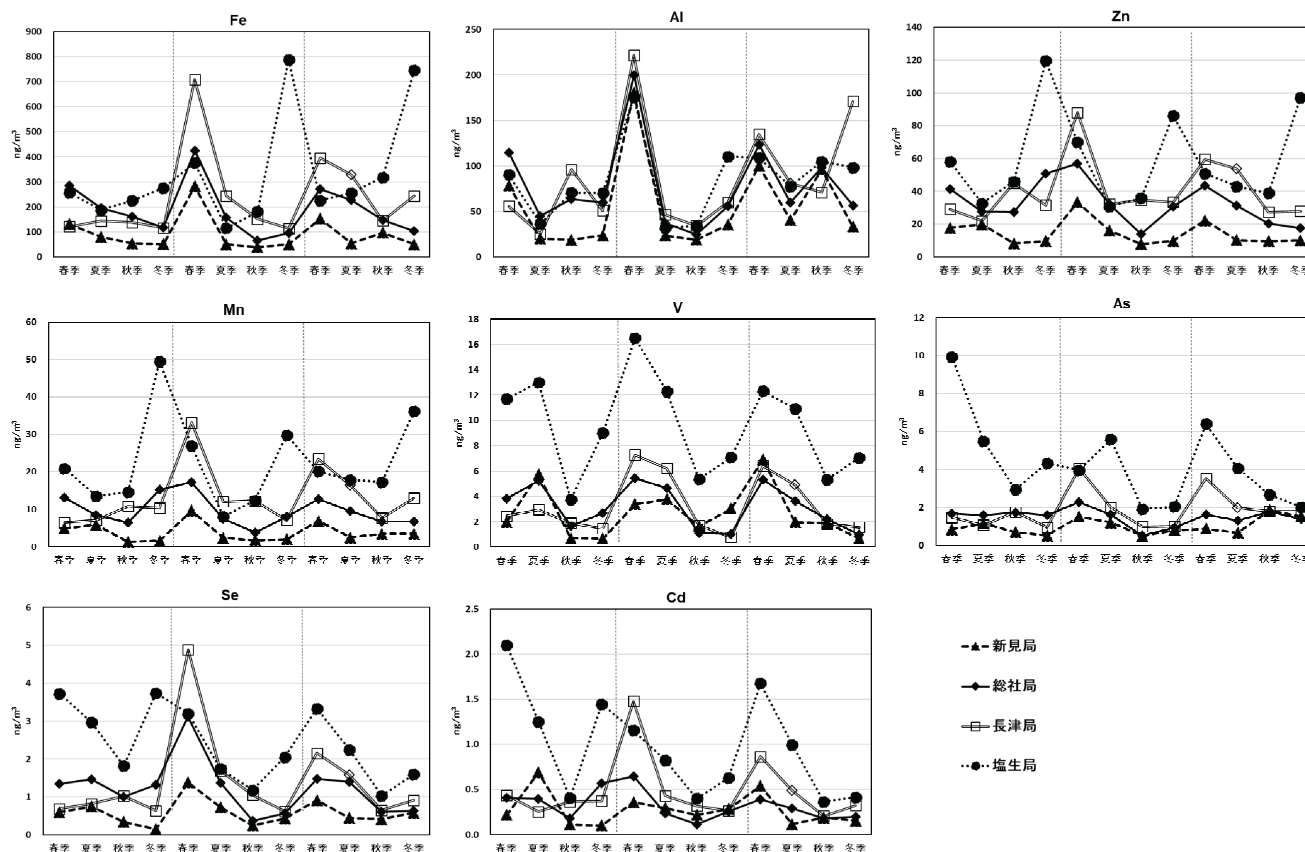


図11 平成28～30年度の季節ごとの無機成分濃度の推移

鉄鋼工業の指標¹⁶⁾とされており、塩生局において、Zn及びMn濃度が高いことは、工業地帯の製鉄所の影響と考えられた。塩生局のV濃度は、他局の2倍以上あり、Vは石油燃焼の指標¹⁶⁾とされることから、工業地帯の影響と推察された。As、Se、Cd¹⁶⁾は、鉄鋼工業や石油燃焼の指標とはされていないものの、ほとんどの季節で塩生局が最も高い濃度であった。しかしながら、Fe、Zn、Mn濃度のように、他局と比較して、冬季に必ずしも大きな上昇を示していないことから、工業地帯の影響の可能性について更なる検討が必要と考えられた。

4 まとめ

平成28～30年度における県内4局のPM2.5成分分析結果をとりまとめたところ、次に示す特徴がみられた。

(1) PM2.5質量濃度の長期基準（年平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下）及び短期基準（日平均値の年間98 %値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下）の環境基準を達成したのは、新見局の3年間、総社局の平成28年度及び塩生局の平成30年度であった。年平均値は、幹線道路沿線に位置する長津局が最も高かった。次に、塩生局、総社局の順であり、県北に位置する新見局が最も低かった。

(2) 主要な構成成分は、4局とも、濃度の高い順にイオン成分、炭素成分、無機元素成分の順であった。

(3) 4局ともPM2.5質量濃度は春季や夏季に高く、秋季や冬季に低かった。これは、 SO_4^{2-} 及び NH_4^+ 濃度の季節推移が要因と考えられた。

(4) 塩生局は、秋季と比べて冬季にPM2.5質量濃度が上昇する傾向が見られた。

(5) 新見局は Ca^{2+} 濃度が他局より高く、石灰岩の地質や石灰製品生産の影響が考えられた。

(6) 長津局は、EC濃度が高く自動車排ガスの影響と考えられた。また、塩生局の冬季にEC濃度が高いのは、西～西北西の風が卓越することによる工業地帯の石炭燃焼の影響と考えられた。

(7) Fe, Zn, Mnは塩生局では、冬季に著しい濃度上昇があり、風上に位置する工業地帯の製鉄所の影響と考えられた。

(8) 塩生局では、石油燃焼の指標とされるVの濃度が常に他局と比べて2倍以上の濃度であり、工業地帯の影響と考えられた。

謝 辞

本調査の実施に際して、調査場所の提供などに御協力いただきました倉敷市の環境政策課、環境監視センターに感謝いたします。

文 献

- 1) 環境省：微小粒子状物質曝露影響調査報告書，2007
- 2) 杉山広和，信森達也，野村 茂，前田 泉：環境中の大気汚染物質に関する研究（微小粒子PM2.5による大気汚染）-第2報-，岡山県環境保健センター年報，32，7-10，2008
- 3) 杉山広和，信森達也，前田 泉：環境中の大気汚染物質に関する研究（微小粒子PM2.5による大気汚染）-第3報-，岡山県環境保健センター年報，32，11-16，2008
- 4) 杉山広和，石井尚志，野村 茂，門田 実，前田 泉：環境中の大気汚染物質に関する研究（微小粒子状物質PM2.5による大気汚染）-第4報-，岡山県環境保健センター年報，33，1-5，2009
- 5) 石井尚志，野村 茂，中桐未知代，山辺真一：環境中の大気汚染物質に関する研究（微小粒子PM2.5による大気汚染）-第5報-，岡山県環境保健センター年報，34，7-10，2010
- 6) 林 隆義，中桐未知代，野村 茂，小川 登，片岡敏夫ら：環境中の大気汚染物質に関する研究（微小粒子PM2.5による大気汚染）-第6報-，岡山県環境保健セ

ンター年報，35，1-7，2011

- 7) 中桐未知代，吉岡敏行，林 隆義，野村 茂，中桐基晴：環境中の大気汚染物質に関する研究（微小粒子PM2.5による大気汚染）-第7報-，岡山県環境保健センター年報，35，9-18，2011
- 8) 林 隆義，中桐未知代，野村 茂，小川 登，深見武史ら：環境中の大気汚染物質に関する研究（微小粒子状物質PM2.5による大気汚染）-第8報-，岡山県環境保健センター年報，36，1-8，2012
- 9) 中桐未知代，林 隆義，野村 茂，小川 登，深見武史ら：環境中の大気汚染物質に関する研究（微小粒子状物質PM2.5による大気汚染）-第9報-，岡山県環境保健センター年報，36，9-16，2012
- 10) 中野温朗，深見武史，喜多真帆，野村 茂，信森達也ら：岡山県におけるPM2.5に係る平成23年度の観測結果について，岡山県環境保健センター年報，37，1-8，2013
- 11) 喜多真帆，中野温朗，野村 茂，信森達也，鷹野 洋：自動測定機を用いたPM2.5 とSPM及びその他の物質の相関について，岡山県環境保健センター年報，38，1-5，2014
- 12) 中野温朗，間野遼太，喜多真帆，野村 茂，信森達也ら：岡山県下における微小粒子状物質の成分の実態について，岡山県環境保健センター年報，39，1-9，2015
- 13) 中野温朗，間野遼太，喜多真帆，野村 茂，信森達也ら：岡山県下における微小粒子状物質の成分の実態について（第2報），岡山県環境保健センター年報，39，11-19，2015
- 14) 中野温朗，間野遼太，喜多真帆，野村 茂，信森達也ら：岡山県下における微小粒子状物質の成分の実態について（第3報），岡山県環境保健センター年報，40，1-12，2016
- 15) 間野遼太，山田克明，中野温朗，野村 茂，信森達也ら：岡山県における微小粒子状物質の成分分析結果（平成29年度），岡山県環境保健センター年報，42，1-8，2018
- 16) 環境省：大気中微小粒子状物質（PM2.5）成分測定マニュアル，<https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/manual.html>（2019.11.22アクセス）
- 17) 兼保直樹，吉門 洋，近藤裕昭：広域・高時間分解能観測による初冬季高濃度SPMの主要化学組成および水分影響の解析，大気環境学会誌，37，108～121，2002
- 18) 米持真一，梅沢夏実，松本利恵：埼玉県北部のPM2.5

濃度と化学組成の5年間の観測結果, 大気環境学会誌,
42, 129-142, 2007