

【資料】

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）
Component analysis result of PM2.5 in Okayama Prefecture (FY2017)

間野遼太, 山田克明, 中野温朗, 野村 茂, 信森達也, 鷹野 洋 (大気科)
Ryouta Mano, Katsuaki Yamada, Atsurou Nakano, Shigeru Nomura,
Tatsuya Nobumori, Hiroshi Takano (Atmosphere Section)

要 旨

平成29年度における県内4地点のPM2.5成分分析結果をとりまとめた。PM2.5質量濃度は4地点とも春季や夏季に高かった。NH₄⁺とSO₄²⁻濃度は季節ごとの推移が類似しており、これらのイオンは硫酸アンモニウムとして存在している可能性が考えられた。NH₄⁺とSO₄²⁻はPM2.5に占める割合も高く、これらのイオン成分濃度が春季や夏季に高かったことが、春季や夏季の方が秋季や冬季に比べてPM2.5質量濃度が高かった要因であると考えられた。水島工業地帯の東側に位置する塩生測定局では冬季においてECやFeなど濃度が高くなる成分や、OCやAlなど他地点との濃度差が大きくなる成分がみられ、西～西北西の風により、工業地帯からの影響を受けてPM2.5質量濃度が他地点よりも高かった可能性が考えられた。

[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。このため、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。このことに伴い、環境大気中のPM2.5の質量濃度及び構成成分に係る常時監視体制が整備されることとなり、本県においてもPM2.5の実態把握に取り組み、その観測結果を報告してきた^{2~14)}。

本報では平成29年度に実施したPM2.5の成分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。調査地点は、県中南部の総社市に位置する総社測定局（以下「総社局」という。）、県南部の早島町に位置する長津測定局（以下「長津局」とい

う。）、県北西部の新見市に位置する新見測定局（以下「新見局」という。）、県南部の倉敷市に位置する塩生測定局（以下「塩生局」という。）とした。総社・新見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であり、長津局は幹線道路沿線に位置する自動車排出ガス

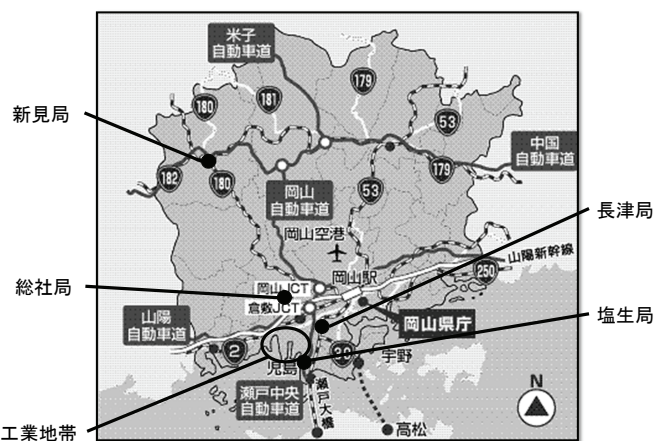


図1 調査地点

表1 調査期間

期間	解析対象数			
	総社局	長津局	新見局	塩生局
春季 H29/5/10(水) ~ H29/5/23(火)	13*	14	12*	14
夏季 H29/7/24(月) ~ H29/7/30(日)	7	7	7	6*
秋季 H29/10/19(木) ~ H29/11/1(水)	13*	14	14	14
冬季 H30/1/22(月) ~ H30/1/28(日)	7	7	7	7

* 総社局のH29/5/23と11/1, 新見局のH29/5/11と5/12, 塩生局のH29/7/25は欠測

測定局である。塩生局は石油精製や石油化学、鉄鋼、自動車等の業種が集積している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（春・夏・秋・冬季）に分け、各季1～2週間程度連続した期間で行った。

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。）¹⁵⁾の捕集法に準じて、サンプラー（Thermo社製FRM-2000, FRM-2025, FRM-2025i）を使用し、流量16.7L/minで1日23時間実施した。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

石英繊維フィルタとPTFEフィルタの秤量はウルトラマイクロ天秤（Sartorius製 MSA2.7S-000-DF）を使用し、温度20℃、湿度35%の条件で実施した。フィルタを秤量後、成分測定マニュアルに示されたイオン成分（Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, C₂O₄²⁻）、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。））及び無機元素（Mn, Cr, Ni, Be, As, Al, Fe, Zn, Cu, V, Pb, Se, Cd）の成分分析を行った。イオン成分及び炭素成分の分析には石英繊維フィルタを、無機元素の分析にはPTFEフィルタを使用した。

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フィルタを圧

力容器に入れて酸分解した後、誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）（Agilent製 7800）で分析した。

2.4 解析方法

質量濃度は、PTFEフィルタの秤量から求めた値を採用した。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測定値を使用した。年平均値及び季節ごとの平均値は日ごとの測定値から算出した。

3 結果及び考察

3.1 質量濃度及び構成成分

まず、自動測定機による常時監視データから、平成25～29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。また、地点によって測定開始時期が異なり、新見局は平成28年度以降のデータとなっている。

年平均値及び日平均値の年間98%値は、長津局と塩生局で高く、次いで総社局であった。平成28年度以降のデータだが、新見局は年平均値、日平均値の年間98%値ともに総社局よりも低く、4地点の中で最も低かった。

この5ヵ年度をみると、年平均値と日平均値の年間98%値はともに低下傾向を示していたが平成29年度はやや増加している。平成29年度の環境基準の達成状況は、塩生局と長津局は長期基準（年平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下）、短期基準（日平均値の年間98%値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下）ともに達成できておらず、総社局は長期基準のみ達成、新見局は長期基準、短期基準ともに達成していた。平成28年度は春季に大陸からの影響を受けにくい風向だったことや夏季に雨が多かったことなどにより低濃度であったと考えられている。

次に、平成29年度の成分分析調査期間におけるPM2.5

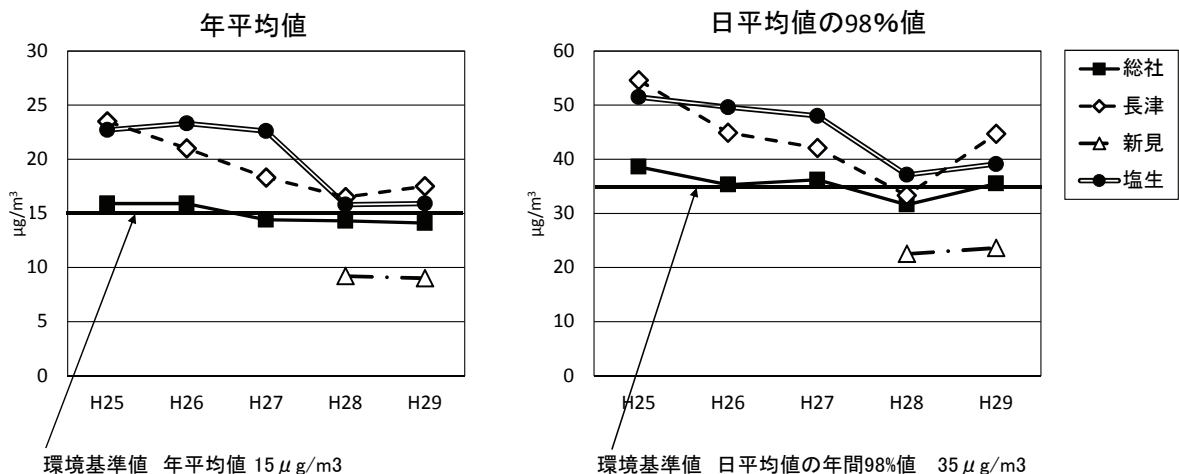


図2 平成25～29年度のPM2.5質量濃度の年平均値及び日平均値の年間98%値の経年変化

表2 平成29年度のPM2.5質量濃度及び構成成分濃度の年平均値

	濃度(μg/m ³)								
	PM2.5質量濃度	OC	EC	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺ ,K ⁺ ,Mg ²⁺ ,Ca ²⁺	other
総社局	13.7	3.1	0.86	0.0087	0.24	4.1	1.3	0.36	3.7
長津局	16.7	3.3	1.9	0.015	0.26	4.4	1.5	0.44	4.9
新見局	12.4	3.0	0.71	0.0090	0.16	3.3	1.1	0.53	3.6
塩生局	16.4	3.1	1.4	0.023	0.28	5.0	1.6	0.52	4.5

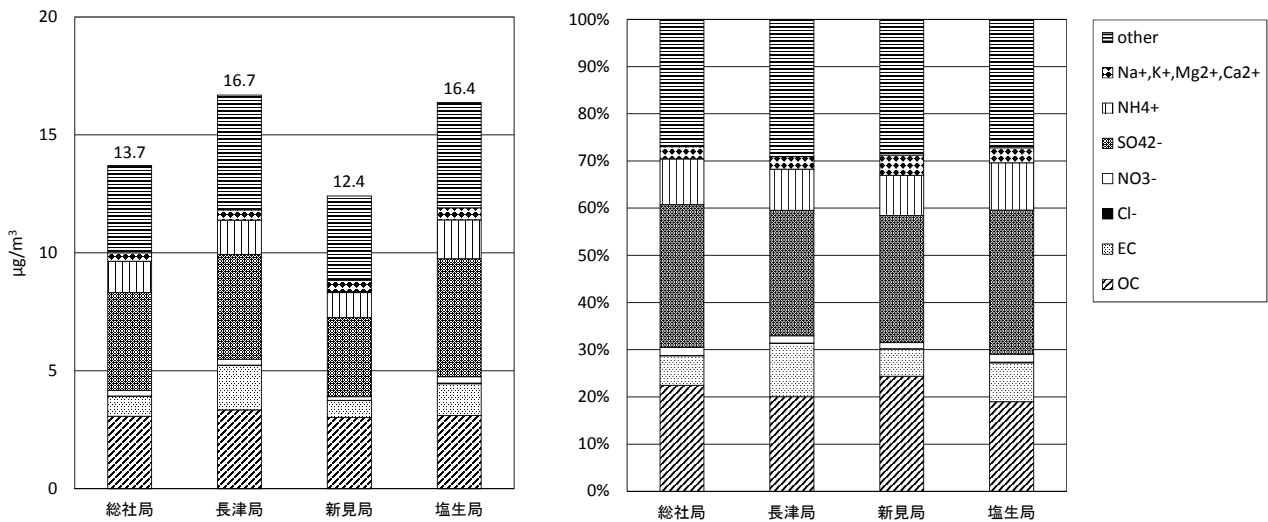


図3 平成29年度のPM2.5質量濃度の年平均値及び構成割合

質量濃度の年平均値及び構成割合を表2と図3に示す。PM2.5質量濃度の年平均値は道路沿道の長津局が16.7μg/m³であり、4地点の中で一番高かった。工業地帯に近接する塩生局も長津局とほぼ同程度の16.4μg/m³、次いで総社局が13.7μg/m³、県北に位置する新見局が12.4μg/m³で一番低かった。長津局と新見局の差は4.3μg/m³であった。この濃度順は常時監視データによる年平均値等とも同様であった。

構成成分については、4地点ともotherを除き、イオン成分のSO₄²⁻の濃度が最も高く、PM2.5中の30%程度の割合を占めていた。SO₄²⁻の次にOCの濃度が高い点も4地点で共通していた。地点間で比較すると、EC濃度が道路沿道の長津局で高かった。ECはボイラーや自動車などでの化石燃料の燃焼やバイオマスの燃焼から発生するとされている^{15~17}。長津局は幹線道路沿線に位置することから、自動車排気の影響でEC濃度が高かったと考えられた。塩生局ではSO₄²⁻濃度がやや高く、道路沿道の長津局を除いた2地点と比べてEC濃度もやや高かった。4地点ともSO₄²⁻の次に濃度が高かったOC濃度には地点間で大きな差はなかった。

季節ごとのPM2.5質量濃度の推移を図4に示す。

塩生局以外の3地点では春季の質量濃度が一番高く、塩

生局では春季と同程度ではあるが、夏季が1番高かった。塩生局以外の3地点は類似の推移を示し、春季から冬季にかけて質量濃度は低下しており、春季や夏季で質量濃度が高かった。一方、塩生局も春季や夏季で質量濃度が高い点は他地点と同様であるが、秋季より冬季の方が質量濃度が高く、冬季に他地点との差が大きかった。

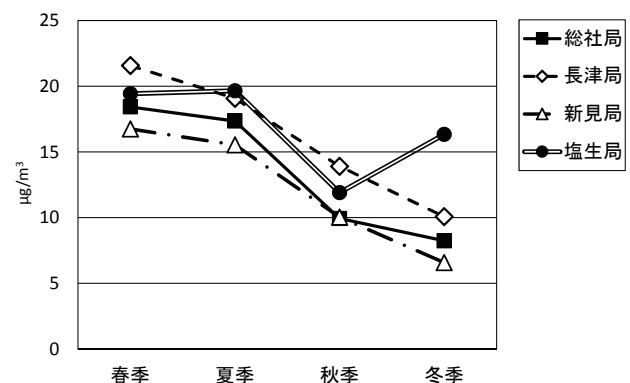


図4 季節ごとのPM2.5質量濃度の推移

3.2 イオン成分

イオン成分の年平均濃度及び構成割合を図5に示す。イオン成分では、4地点ともSO₄²⁻とNH₄⁺が主要な成分であり、SO₄²⁻が約65%、NH₄⁺が約20%と、この2種で約85%

を占めていた。地点間で比較すると、イオン成分濃度は塩生局で1番高く、新見局で1番低かったが、新見局では Ca^{2+} 濃度が他地点よりも高かった。新見局のある新見市には石灰岩の地質があり、石灰生産が主要な産業となっていることから、このことが影響している可能性が考えられた。

一部のイオン成分の季節ごとの濃度の推移を図6に示す。 Ca^{2+} 濃度については、どの季節においても新見局で他地点よりも高かった。また、塩生局では総社局と長津局と比べて、夏季と冬季にやや高かった。

NH_4^+ 、 NO_3^- 及び SO_4^{2-} 濃度は4地点とも類似した推移を

示しており、これらの成分はローカルな影響よりも広域的な影響を強く受けている可能性が考えられた。しかし、 NH_4^+ と SO_4^{2-} については4季とも塩生局で濃度が1番高く、ローカルな影響も少なからず受けている可能性が考えられた。

NH_4^+ と SO_4^{2-} 濃度は推移が類似していることから、これらのイオンは硫酸アンモニウムとして存在している可能性が考えられた。 NH_4^+ と SO_4^{2-} はPM2.5に占める割合も高く、これらのイオン成分濃度が春季や夏季に高かったことが、春季や夏季の方が秋季や冬季に比べてPM2.5質量濃度が高かった要因であると考えられた。

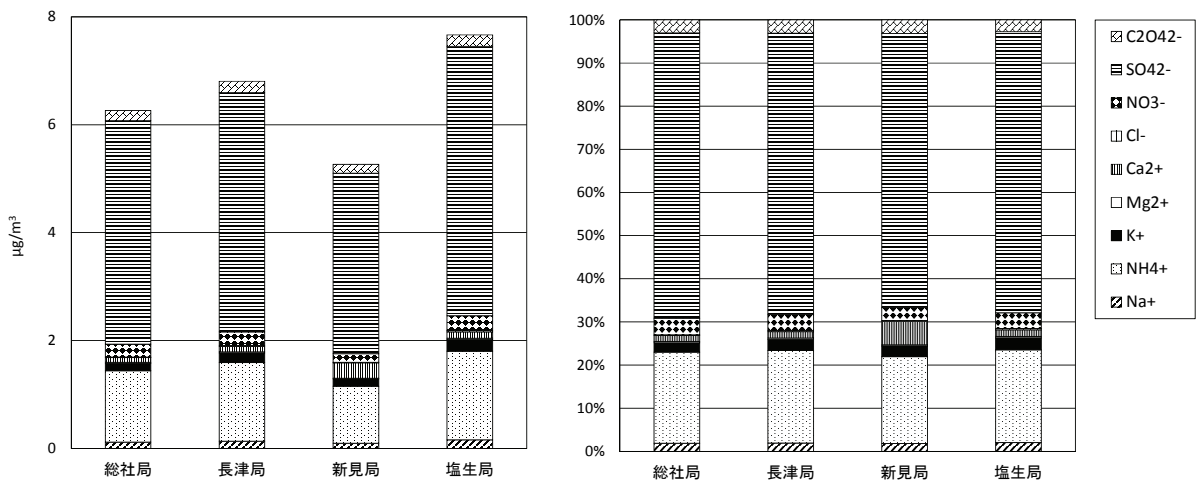


図5 イオン成分の年平均濃度及び構成割合

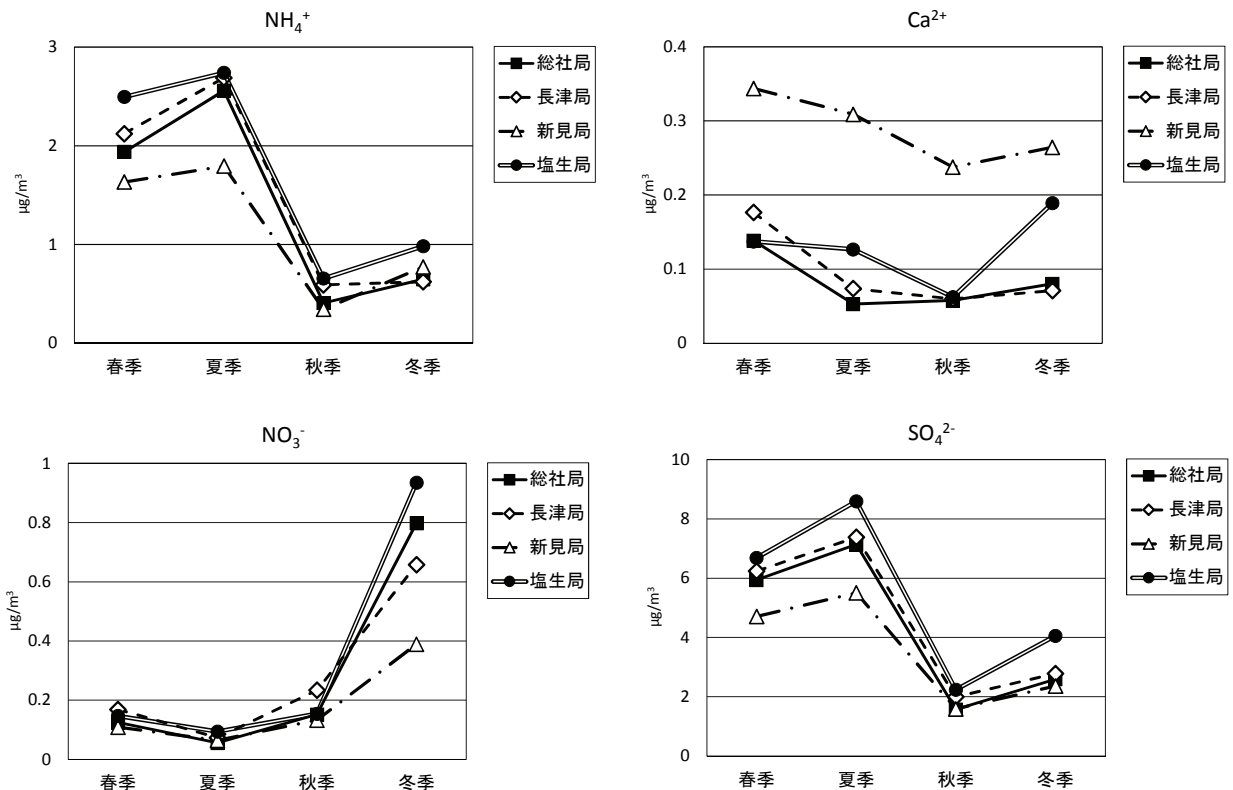


図6 季節ごとのイオン成分濃度の推移

NO₃濃度は夏季に最も低くなり冬季に顕著に高くなっているが、その要因としては、NO₃は主に硝酸アンモニウムとして粒子化し、高温ではガス化に平衡が傾くことが知られており^{4, 18)}、気温が低い冬季に高濃度になったことが考えられた。ただし、NO₃は捕集後に揮散しやすいことも知られており¹⁵⁾、夏季等に揮散の影響があった可能性も要因の1つとして考えられた。また、冬季には他の季節に比べて地点間での差が大きく、広域的な影響に加え、ローカルな影響の可能性も考えられた。

3.3 炭素成分

炭素成分の年平均濃度及び構成割合を図7に示す。炭素成分は4地点ともOCの方がECよりも濃度が高かった。しかし、炭素成分中の割合は総社局と新見局でOCが約80%、ECが約20%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%程度と差がみられた。地点間で比較すると、炭素成分濃度は長津局で1番高く、新見局で1番低かったが、OC濃度には大きな差はなく、EC濃度の差によるものであり、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であることから、自動車等からの影響によりEC濃度が他地点よりも高くなったと考えられた。

OCとECの季節ごとの濃度の推移を図8に示す。OC濃度は塩生局以外の3地点は類似した推移を示しており、春季から秋季は同程度であったが、冬季に低かった。塩生局は他の3地点が秋季から冬季にかけて低下したにも関わらず横ばいであり、冬季に他地点よりも1μg/m³以上高かった。次にEC濃度をみると、冬季以外は長津局で1番高かったが、冬季は4地点の中で唯一秋季から冬季にかけて濃度が増加した塩生局で1番高かった。塩生局の調査期間における季節別の風配図を図9に示すが、冬季は西～西北西の風が卓越していた。ECはボイラーや自動車などでの化石燃料の燃焼によって排出されることが知られており、塩生局はボイラー等で化石燃料を使用する施設が多い工業地帯の東側に位置していることから、その影響が考えられた。

3.4 無機元素

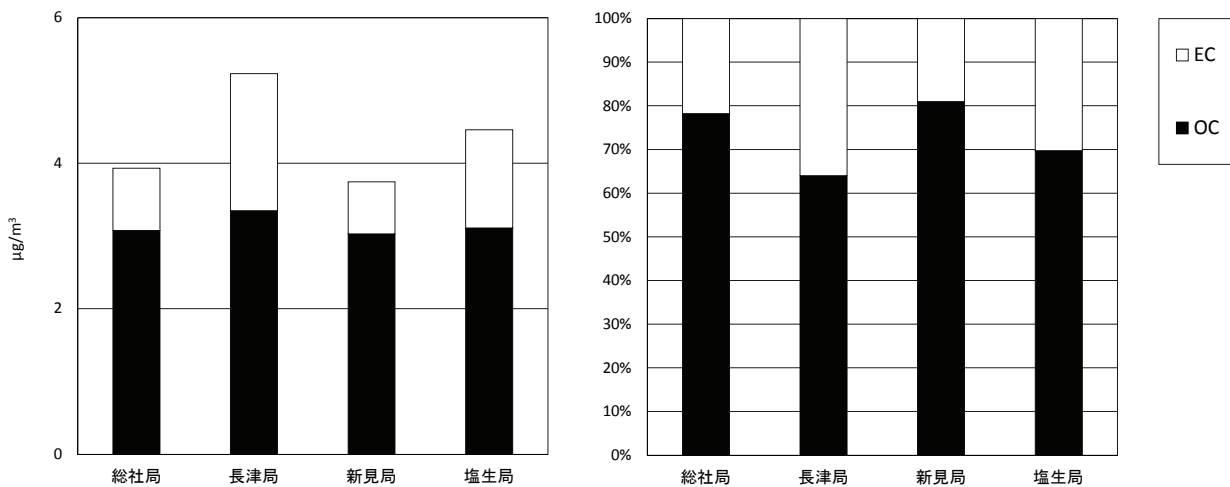


図7 炭素成分の年平均濃度及び構成割合

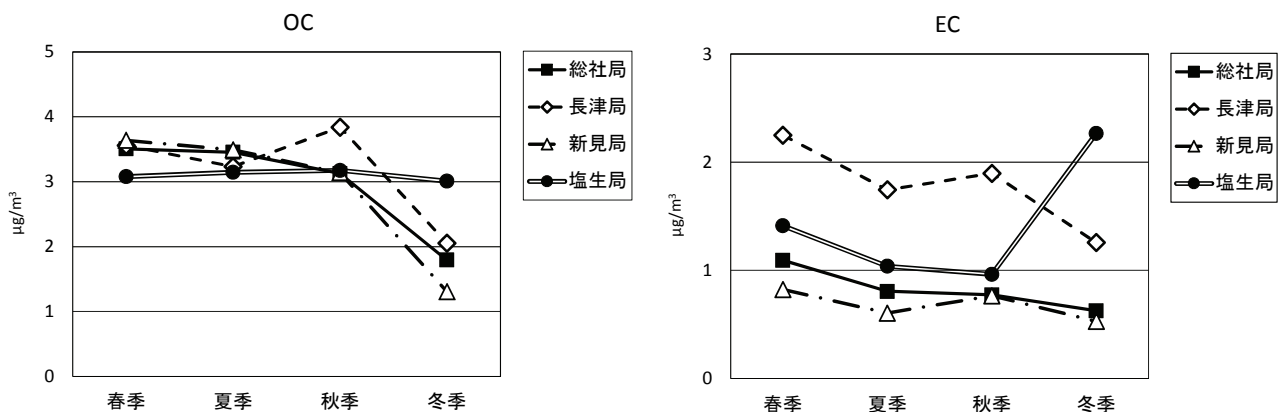
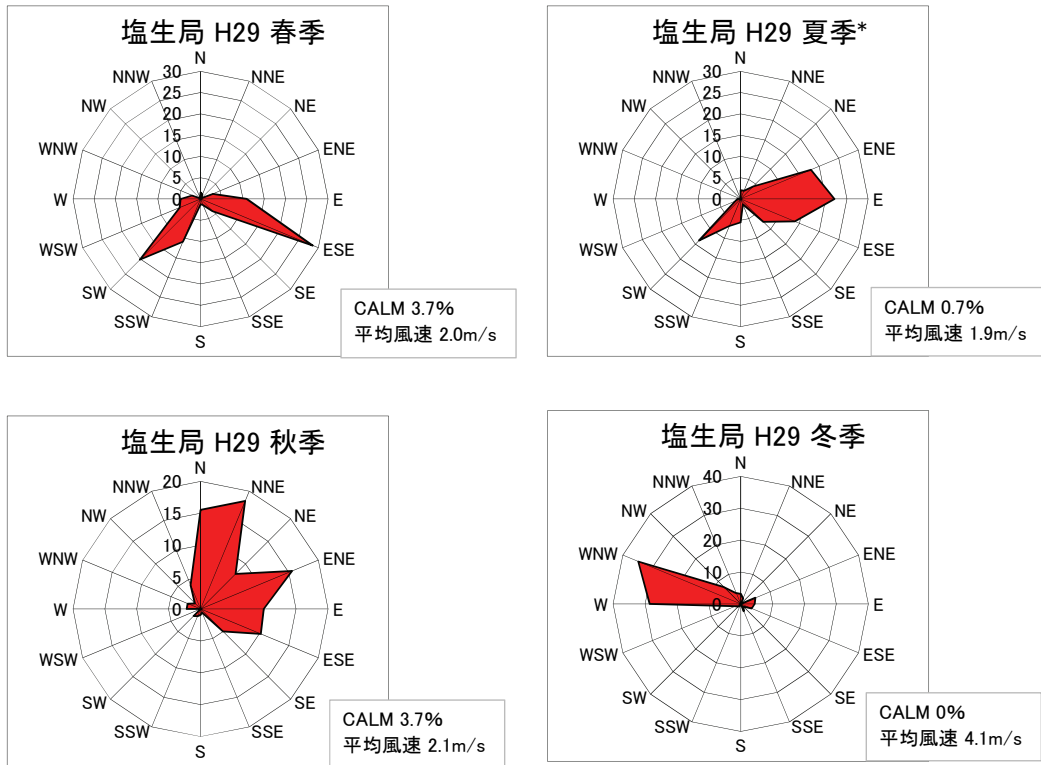


図8 季節ごとの炭素成分濃度の推移



*夏季:7月25日17時~7月26日8時は欠測

図9 塩生局の季節別風配図

無機元素の年平均濃度及び構成割合を図10に示す。無機元素は4地点ともFe, Al, Znの順に濃度が高く、これら3元素で90%程度を占めていた。地点間で比較すると、無機元素濃度は長津局と塩生局で同程度に高く、新見局で1番低かった。長津局及び塩生局と新見局との間では2倍以上の濃度差があり、主にFeの濃度差によるものであった。

無機元素の中で濃度が高いAl, Feと、廃棄物焼却由来などもあるが主に石炭燃焼の指標とされるAs, 重油燃

焼の指標とされるVの季節ごとの濃度の推移を図11に示す^{15, 17, 19}。Al濃度はおおむね4地点で類似した推移をしており、ローカルな影響よりも広域的な影響を受けている可能性が考えられたが、冬季には塩生局と他地点で濃度差がみられ、ローカルな影響を受けていた可能性もあった。Fe濃度は春季には長津局で高く、冬季には塩生局で高かった。特に冬季は塩生局が他地点よりも著しく高濃度であった。AsとV濃度はほとんどの季節で塩生局が1番高く、塩生局と他地点で明らかな濃度差がみられた。

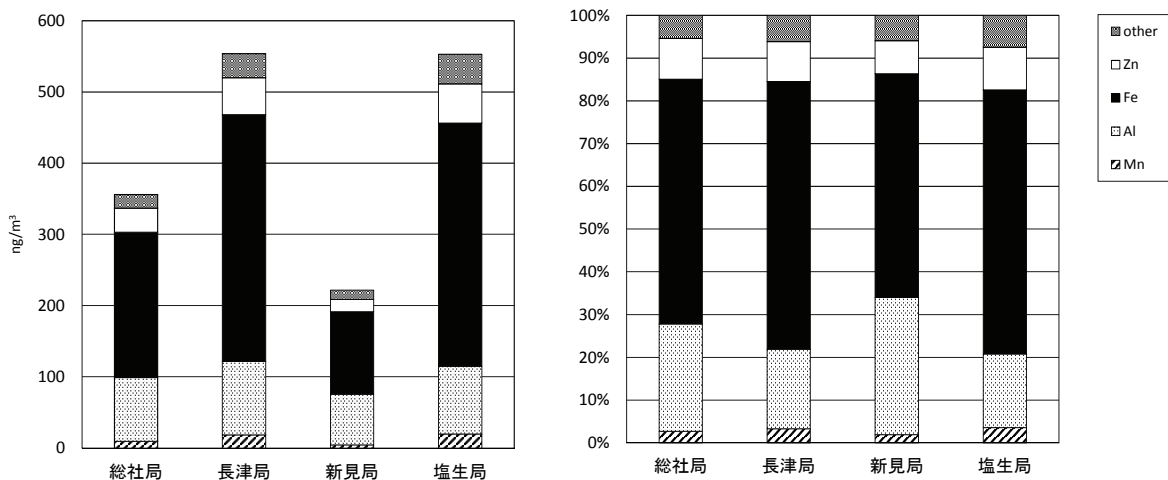


図10 無機元素の年平均濃度及び構成割合

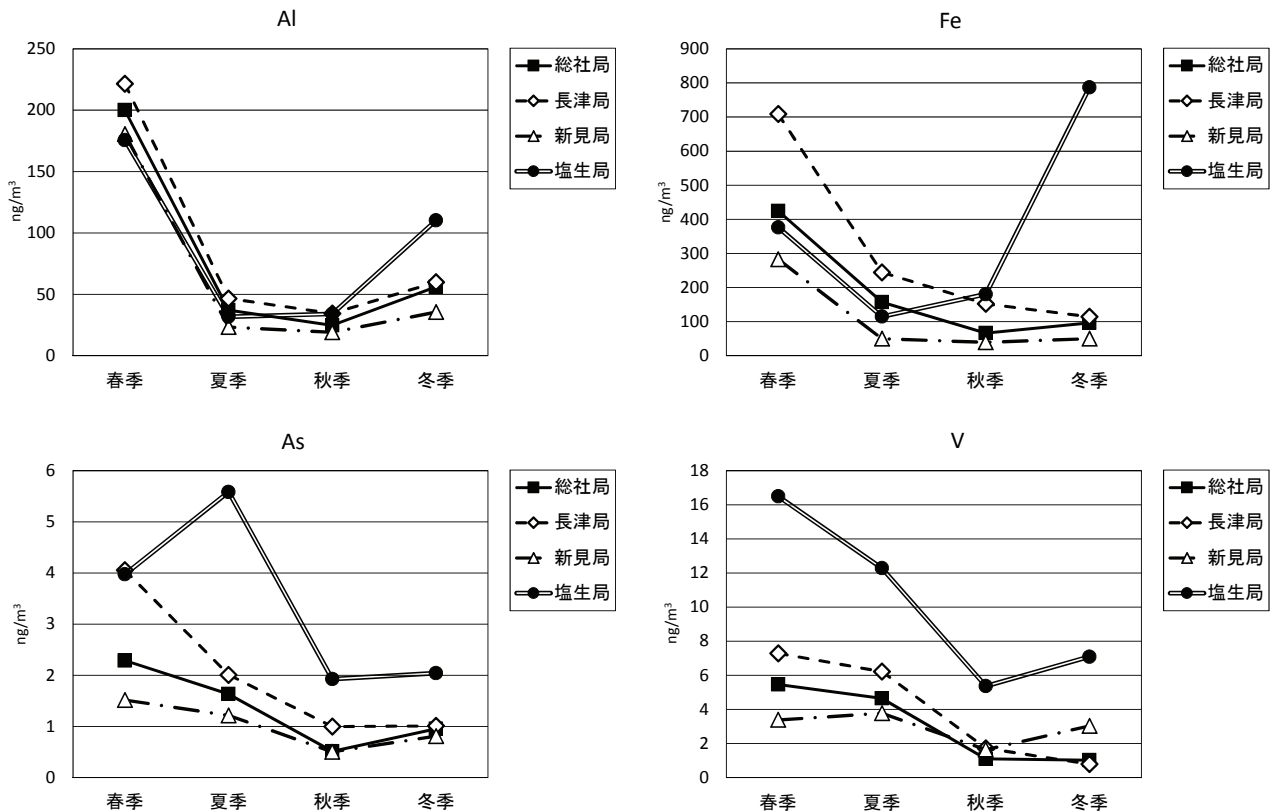


図11 季節ごとの無機元素濃度の推移

3.1に示したが、冬季の塩生局のPM2.5質量濃度は他季に比べて他地点との差が大きかった。3.2～3.4で示したとおり、 Ca^{2+} やOC、EC、Al、Feなど、塩生局で冬季に濃度が高くなる成分や他の季節よりも他地点との濃度差が大きくなる成分がみられた。今回、図示はしていないが、AlとFe以外にもMn、Zn及びPbなどの無機元素で同様の傾向がみられ、塩生局では冬季にローカルな影響を受けてPM2.5質量濃度が他地点よりも高かった可能性が考えられた。塩生局は工業地帯の東側に位置しており、図8のとおり冬季には西～西北西の風が卓越していたことから、工業地帯からの影響が要因の1つとして示唆された。特に、他季よりも顕著に高濃度となっていたECやFeは強く影響を受けた可能性が考えられた。

4 まとめ

平成29年度における県内4地点の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質量濃度の年平均値は道路沿道の長津局で一番高く、工業地帯に近接する塩生局も長津局とほぼ同程度、次いで総社局の順であり、県北に位置する新見局が一番低かった。
- (2)構成成分については、4地点ともイオン成分の SO_4^{2-} の濃度が最も高く、PM2.5中の30%程度の割合を占めてい

た。

- (3)4地点ともPM2.5質量濃度は春季や夏季に高かった。
- (4)新見局では Ca^{2+} 濃度が他地点よりも高く、石灰岩の地質や石灰生産の産業が影響している可能性が考えられた。
- (5) NH_4^+ と SO_4^{2-} 濃度は季節ごとの推移が類似しており、これらのイオンは硫酸アンモニウムとして存在している可能性が考えられた。
- (6) NH_4^+ と SO_4^{2-} の濃度が春季や夏季に高かったことが、春季や夏季の方が秋季や冬季に比べてPM2.5質量濃度が高かった要因であると考えられた。
- (7)主に石炭燃焼の指標とされるAsと重油燃焼の由来とされるVはほとんどの季節で塩生局の濃度が一番高く、塩生局と他地点で明らかな濃度差がみられた。
- (8)水島工業地帯の東側に位置する塩生局では冬季においてECやFeなど濃度が高くなる成分や、OCやAlなど他地点との濃度差が大きくなる成分がみられ、西～西北西の風により、工業地帯から影響を受けてPM2.5質量濃度が他地点よりも高かった可能性が考えられた。

謝 辞

本調査の実施に際して、調査場所の提供などにご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，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，中桐基晴：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，中桐基晴：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，鷹野 洋：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，鷹野 洋：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，鷹野 洋：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，鷹野 洋：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) 環境省：大気中微小粒子状物質（PM2.5）成分測定マニュアル
- 16) 長谷川就一：PM2.5-第2講PM2.5の測定・分析と実態-，大気環境学会誌45,A61-A68,2010
- 17) 環境省：微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析ガイドライン（平成23年7月）
- 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
- 19) 日置正，紀本岳志，長谷川就一，向井人史，大原利真，若松伸司：松山，大阪，つくばで観測した浮遊粉じん中金属元素濃度比による長距離輸送と地域汚染特性の解析，大気環境学会誌，44，91-101，2009