

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 イオン成分および炭素成分について—

石井尚志, 野村 茂, 中桐未知代, 山辺真一 (大気科)

【調査研究】

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 イオン成分および炭素成分について—

Ionic and Carbonic Components in PM2.5

石井尚志, 野村 茂, 中桐未知代, 山辺真一 (大気科)
Hisashi Ishii, Shigeru Nomura, Michiyo Nakagiri, Shinichi Yamabe

要 旨

岡山県南部における微小粒子状物質(PM2.5)の特性を明らかにする目的で, 平成20年度に引き続き調査を行った。

その結果, 冬季にPM2.5等の粒子状物質の質量濃度の上昇が認められ, 質量濃度に占めるイオン成分の割合は約4割であったが, 稲わら焼きの時期には約3割に減少した。イオン組成は, NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} が大半を占めたが, NO_3^- は夏季に少なく秋季から増加する傾向が, K^+ は春期に高く, 麦のわら焼の影響が推定された。わら焼きにより生成する粒子の多くはPM2.5で, 炭素成分が多く有機炭素(OC)の割合が高かった。道路沿道と田園地域のPM2-10の炭素成分の質量濃度に差はなかったが, 道路沿道ではPM2-10の質量濃度に対する炭素成分の割合が高かった。

[キーワード: 浮遊粒子状物質, PM2.5, イオン成分, 炭素成分]

[Key words : SPM, PM2.5, Ionic Components, Carbonic Components]

1. はじめに

著者らは平成20年度, 岡山県南部の田園地域に位置する県環境保健センター(以下センターという。)屋上で, 微小粒子状物質(以下PM2.5という。), 浮遊粒子状物質(以下SPMという。)を捕集し, オキシダント高濃度, わら焼き及び黄砂飛来時の事象を捉え, PM2.5, SPM, PM2.5/SPMについて粒子重量に関する検討結果およびイオン成分に関する検討結果, 粗大粒子中のイオン成分¹⁾について報告した。

地域の特性を把握するために, 平成21年度も前年度同様センター屋上で粒子を捕集し, データの蓄積を行った。また, 新たに前年度捕集した特徴的な事象時の試料について炭素成分分析を行った。

2. 調査方法

2.1 調査地点

調査地点であるセンター(岡山市南区内尾)の位置を図1に示した。センターは岡山県南部の干拓地中央に位置し, 周囲を水田に囲まれた田園地域である。同地点の南西約15kmには水島工業地域が立地し, 北東11kmに岡山

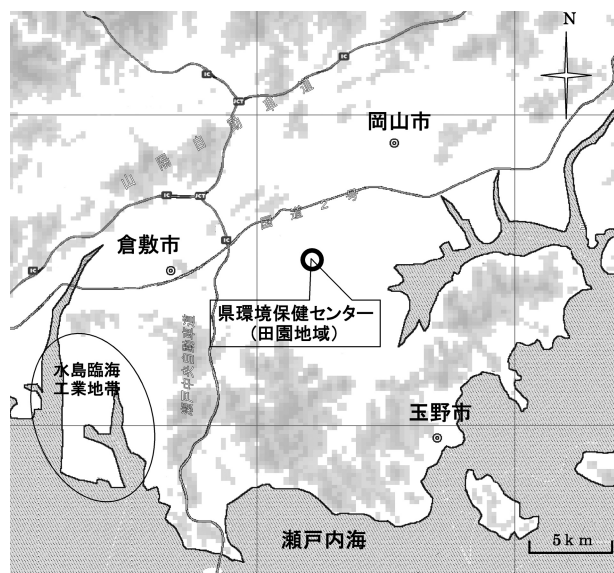


図1 調査地点

市街地がある。

2.2 調査期間

平成21年5月, 6月, 8月, 9月, 10月, 11月, 12月, 平成22年1月にわたり延べ40日間捕集を行った。なおSPMは10月から捕集を行った。(表1)

表1 試料採取期間

採取場所：環境保健センター屋上	
期間	日数
2009.5.31-6.5	6
2009.8.5-8.7	3
2009.8.19-8.21	3
2009.9.16-9.18	3
2009.10.19-10.25	7
2009.10.30-11.6	5
2009.12.15-12.18	4
2010.1.4-1.8	5
2010.1.12-1.15	4
延べ	40日

2.3 装置及び使用条件

試料採取及び測定は、表2に示す方法により行った。PM2.5, SPM, PM2 (バーチャルインパクターで採取される粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の粒子状物質), PM2-10(バーチャルインパクターで採取される粒径 $2\sim 10\mu\text{m}$ の粒子状物質)について、同一径(47mm ϕ)の石英繊維ろ紙を装着し、1日毎23時間(午前10時～翌日午前9時)同時捕集を行った。なお、吸引流量はそれぞれ16.7L/分, 20L/分, 20L/分(PM2 18L/分, PM2-10 2L/分)とした。採取した試料は、24-72時間, 20℃, 湿度50%で乾燥後、ウルトラマイクロ天秤で秤量した。さらに「大気中微小粒子状物質(PM2.5)測定方法暫定マニュアル改訂版」²⁾に従い、ろ紙から水溶性イオンを水で超音波抽出(20分間)し、イオンクロマトグラフによりイオン成分8種類(Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻)を測定した。炭素成分の分析は、民間分析機関(東京ダイレック株)に委託して行った。

3. 結果と考察

3.1 質量濃度について

図2に期間毎の捕集方法別平均質量濃度の推移とそのグラフを示す。

各粒子状物質とともに5月から9月まではほぼ横ばいで、10月～11月に当センター周辺で活発に行われる稲わら焼き時に最も高い値を示すという傾向は、平成20年度とよく類似していた。

わら焼き時には、通常は捕集粒径がほぼ一致しているため近い値を示すと考えられているSPMの質量濃度と、PM2とPM2-10の質量濃度の和(PMtotal)が大きく異なっていた。また、PM2.5がSPMの質量濃度を大きく上回

表2 試料の捕集条件および測定条件

	PM2.5	SPM	0-2 $\mu\text{m}\phi$ (PM2) 2-10 $\mu\text{m}\phi$ (PM2-10)
捕集装置	PM2.5捕集用 ローボリウム エアサンプラー Rupprecht&Patashinic製 PARTISOL-FRM Model 2000-H	SPM捕集用 ローボリウム エアサンプラー 新宅機械製、サイクロン式 10 $\mu\text{m}\phi$ 分級装置付	バーチャルインパクター 2 $\mu\text{m}\phi$ 分級ローボリウム エアサンプラー 東京ダイレック(株)製、VS-20型
ろ紙	47mm ϕ 石英繊維ろ紙 PALFLEX製TISSUQUARTZ 2500QAT 8"×10"から打ち抜き	同左	同左
流量	16.7L/分	20L/分	20L/分
捕集時間	1日(23時間) 午前11時から翌日午前10時 までの23時間	同左	同左
秤量	ウルトラマイクロ天秤 Sartorius製 SE-2F 読み取り精度0.1 μg 静電気対策241Am装備 フィルタ専用風防付 定量下限値 1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^{*)}	同左	同左
イオン成分測定	イオンクロマトグラフ装置 ダイオネクス社製 LC25、IC25 陰イオン分離カラム IonPac CS12A 陰イオン分離カラム IonPac AS12A	同左	同左

*) 本装置は周囲の温度変化に鋭敏であるため、フィルタ秤量の前後に空秤量を行い、これを繰り返して秤量精度を確保した。この方法により得られた代表的な標準偏差の10倍を質量濃度に換算し、定量下限値とした。

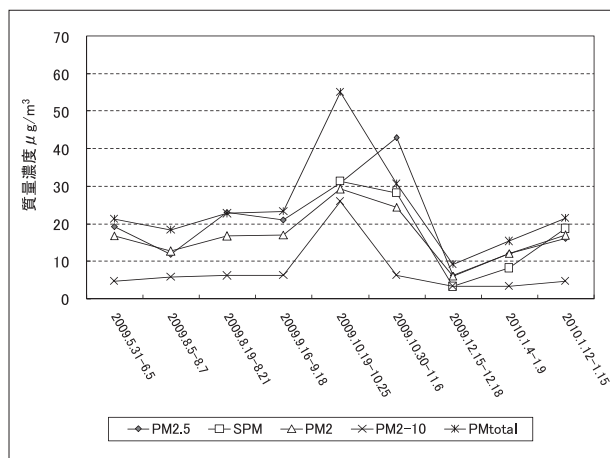


図2 期間ごとの捕集方法別平均質量濃度の推移(H21年度)
注 PMtotal = PM2 + PM2-10

る現象が生じたが、その原因の特定はできなかった。

PM2.5の質量濃度は12月に最も低い値を示し、徐々に増加傾向を示しており、冬季の大気安定による大気汚染物質の蓄積が原因と考えられた。

3.2 浮遊粒子状物質中に含まれるイオン成分の割合

表3に粒子状物質に含まれるイオン成分の割合を、各粒子の捕集方法別に示した。

PM2.5中の質量濃度に対するイオン成分の割合をみると、1年間の平均は39%(28-45%)で、稲わら焼きの時期(10月～11月)には28%まで減少しており、平成20年度のデータ46%(29-64%)と比較すると平均的に低い値であった。また、平成20年度は夏季に64%を示し、その原因は光化学オキシダントによる二次粒子の増加によ

表3 各捕集方法により捕集した粒子状物質中に占めるイオン成分の割合(%)

期間	PM2.5	SPM	PM2	PM2-10
2009.05.31-06.01	43.0	-	27.3	35.3
2009.08.05-08.07	40.6	-	30.8	29.4
2009.08.19-08.21	44.2	-	57.9	50.5
2009.09.16-09.18	36.5	-	49.1	19.4
2009.10.19-10.25	28.3	21.0	27.9	14.1
2009.10.30-11.06	31.6	30.3	29.7	19.4
2009.12.15-12.18	40.9	72.7	41.8	37.0
2010.01.04-01.09	44.7	34.8	42.4	29.2
2010.01.12-01.15	38.7	39.7	47.5	27.1
平均	38.7	-	39.4	29.1

るものと考えられたが、平成21年度の夏季の最大値は44%で特に高い値は示さなかった。

PM2中のイオン成分の割合は、期間の後半はPM2.5の場合とよく一致していたが、期間の前半については相関が認められなかった。これについては原因が特定できなかった。

PM2-10中のイオン成分の割合は平均29%(14-51%)でPM2.5よりも低く、炭素成分などのイオン以外の割合が多いと考えられる。また、平成20年度のPM2-10中のイオン成分の平均34%(13-90%)と比較すると低値であ

った。

3.3 イオン成分組成について

図3にイオン組成の当量比を示す。

平成20年度と同様に、PM2.5, PM2についてはNH₄⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻が大半を占め、NO₃⁻は、夏季に少なく秋季から増加する傾向が見られた。SPMのイオン組成はPM2.5等と大差なかったが、PM2-10は他の粒子とは大きく異なり、Cl⁻, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺の割合が多く、NO₃⁻が1年を通じて存在していた。これはPM2-10では、Ca²⁺, Mg²⁺の存在により揮発しやすいNO₃⁻が気温の高い夏季でも安定して存在できたものと考えられた。

また、春季のデータについては、K⁺が多く観察され、K⁺は一般的に植物由来と考えられていることから、麦の刈り取り後のわら焼の影響と推察された。

3.4 炭素成分について

平成20年度に採取した試料のうち、わら焼き時、粒子状物質高濃度事象時(12月11日センター屋上で観測)、冬

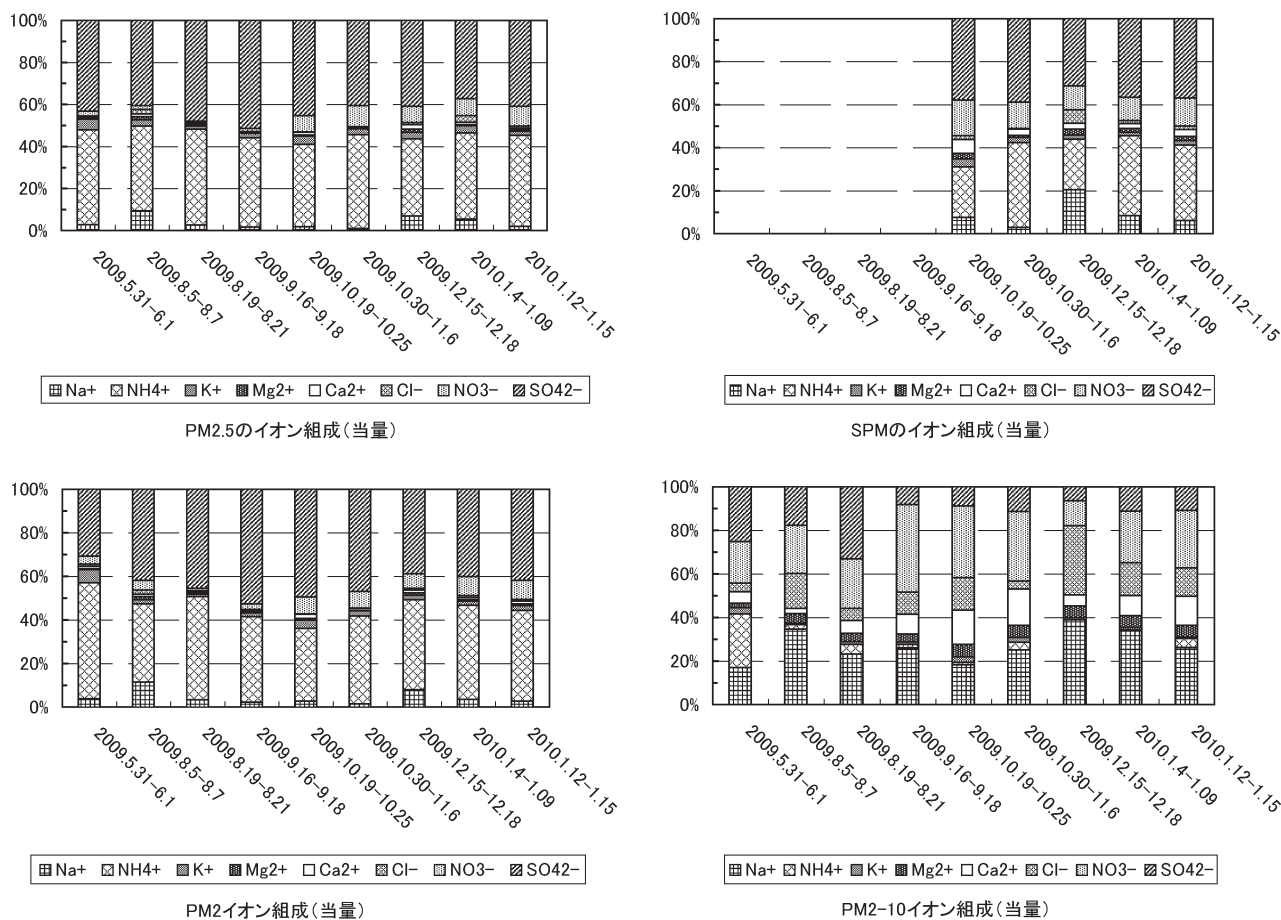


図3 各粒子中のイオン組成(当量比)

季の道路沿道(2検体)の4日分についてPM2.5とPM2-10の炭素分析を行った。(図4)

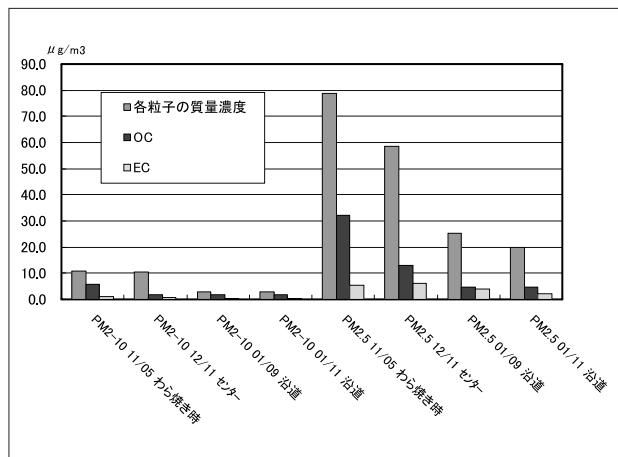


図4 各粒子別の濃度と炭素成分濃度

PM2.5の炭素成分は、粒子状物質高濃度事象時においてはその質量濃度の40%であったが、わら焼き時には50%以上を占めており、元素状炭素(以下ECという。)の質量濃度にほとんど差が見られなかったのに対し、有機炭素(以下OCという。)の質量濃度は稲わら焼き時には高濃度事象時の約2.5倍となっており、わら焼きの特徴を捉えることができた。

一方、PM2-10の炭素成分は、その質量濃度自体が低いこともあり、PM2.5の炭素成分と比較すると、OC及びECともに少量であった。このことから、わら焼きにより生成する粒子の多くはPM2.5であり、炭素成分が多く、特にOCの割合が高いという結果が得られた。

わら焼き以外の事象として、道路沿道のPM2-10では、粒子状物質高濃度事象時のPM2-10と比較すると、炭素成分の質量濃度にはあまり差がなかったが、道路沿道のPM2-10の質量濃度が低いため、相対的にその質量濃度に対する炭素成分の割合が高かった。これは自動車排ガスによる影響というよりも、道路沿道は田園地帯と比較して土壌由来の成分が少ないことが影響していると考え

られた。

4. まとめ

平成20年度に引き続きセンター屋上での1年を通したデータの蓄積及び特徴的事象時等の試料の炭素分析を行い、次の結果が得られた。

- ① 冬季にPM2.5等の粒子状物質の質量濃度の上昇が認められた。
- ② PM2.5中の質量濃度に対するイオン成分の割合は約4割であったが、稲わら焼きの時期には約3割に減少した。
- ③ PM2.5, PM2のイオン組成については NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} が大半を占め、 NO_3^- は夏季に少なく秋季から増加する傾向が確認された。
- ④ PM2.5では春季に K^+ が多く観察され、麦のわら焼の影響と推察された。
- ⑤ PM2-10では Ca^{2+} , Mg^{2+} が多く観察された。
- ⑥ 平成20年度捕集した特徴的な事象時の試料について炭素分析を行ったところ、稲わら焼きにより生成する粒子の多くはPM2.5で、炭素成分が多くOCの割合が高かった。
- ⑦ PM2-10では、道路沿道と田園地域を比較すると、両者の炭素成分の質量濃度にはあまり差はないが、道路沿道のPM2-10の質量濃度が低いため、その質量濃度に対する炭素成分の割合が高かった。

参考文献

- 1) 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), 岡山県環境保健センター年報33, 1-5, 2009
- 2) 環境省: 大気中微小粒子状物質(PM2.5)測定方法暫定マニュアル改訂版(平成19年7月)