

長崎県における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分分析調査 (2020年度)

横田 哲朗, 前田 卓磨

Chemical composition of PM_{2.5} in Nagasaki Prefecture (2020)

Tetsurou YOKOTA, Takuma MAEDA

キーワード: PM_{2.5}, 成分

Key words: particulate matter 2.5, component

はじめに

微小粒子状物質 (以下、「PM_{2.5}」という。) は、粒径2.5 μmの非常に小さな粒子であるため人体へ取り込まれやすく、呼吸器系や循環器系などへ健康被害を及ぼす可能性が指摘されている。このことから、2009年に環境省においてPM_{2.5}環境基準が設定され¹⁾²⁾、全国的にPM_{2.5}質量濃度の常時監視局の整備が進められてきた。長崎県においても2012年度からPM_{2.5}常時監視を開始し、2014年度以降は県内18局での監視体制としている。

そして、このPM_{2.5}質量濃度の常時監視に加え、環境省が策定した「微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析ガイドライン³⁾」 (以下、「ガイドライン」という。) に基づき、PM_{2.5}の発生源の解明及び地域独自の対策の検討を目的として、2018年度よりPM_{2.5}の成分分析を開始している。今回は、2020年度の測定結果について報告する。

材料及び方法

1 調査地点

常時監視測定局及び調査地点を図1に示す。本調査においては、県の中央部に位置する川棚局に

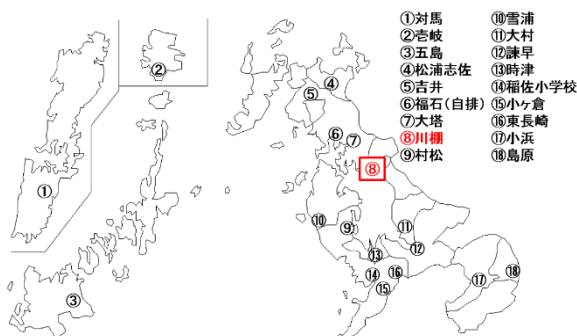


図1 県内の常時監視測定局及び調査地点

サンプラーを設置して試料を採取した。

2 調査期間

調査期間を表1に示す。調査期間は環境省が定めている統一期間に基づき、季節ごとに14日間の捕集を行った。なお、夏季においては、サンプラーの不具合発生によりイオン成分、炭素成分、水溶性有機炭素について、一部欠測となった。

表1 調査期間

| 季節 | 試料捕集期間 |
|----|--------------------|
| 春季 | 令和2年5月13日 ~ 5月27日 |
| 夏季 | 令和2年7月22日 ~ 8月5日 |
| 秋季 | 令和2年10月22日 ~ 11月5日 |
| 冬季 | 令和3年1月21日 ~ 2月4日 |

3 試料採取

試料採取方法及び使用機器を表2に示す。試料採取は、原則、ガイドライン及び「大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアル⁴⁾」 (以下、「マニュアル」という。) に準拠し、使用フィルタはイオン成分及び炭素成分の分析に石英製を、無機成分の分析にPTFE製を用いた。

表2 試料採取方法及び使用機器

| 採取方法 | 使用機器 |
|-----------------------|-----------------|
| 正午開始, 16.7L/min, 24hr | FRM2025i series |

4 質量濃度及び成分分析

測定項目と使用機器を表3に示す。成分分析は、原則、ガイドライン及びマニュアルに準拠し、測定を行った。なお、質量濃度は秤量法ではなく、調査地点である常時監視測定局(川棚局)の自動測定機の日平均値 (μg/m³) を参照した。

表3 測定項目及び使用機器

| 測定項目 | 使用機器 |
|------------------------------------|------------------------|
| 質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 自動測定機(機種:FPM-377-1(s)) |
| イオン成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | イオンクロマトグラフ |
| 無機成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 誘導結合プラズマ質量分析計 |
| 炭素成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 熱分離・光学補正式炭素計 |
| 水溶性有機炭素 | 全有機炭素計 |

| 測定項目(詳細) | |
|----------|---|
| 炭素成分 | 有機性炭素(OC), 元素状炭素(EC) |
| 3項目 | 水溶性有機炭素(WSOC) |
| 無機成分 | Na, Al, K, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, |
| 28項目 | Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb |
| イオン成分 | |
| 8項目 | Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} |

調査結果

季節ごとの平均質量濃度及び成分濃度を図2に、成分割合を図3に示しており、各成分は、8項目に分類している。内訳は、低濃度であった塩化物イオン(Cl^-)、ナトリウムイオン(Na^+)、カリウムイオン(K^+)、マグネシウムイオン(Mg^{2+})及びカルシウムイオン(Ca^{2+})をまとめて「その他のイオン成分」として、無機成分28項目をまとめて「無機元素」として示す。また、質量濃度から各成分濃度の合計を差し引いた値を「その他」として示す。

図4は夏季において特徴的であった、硫酸イオン(SO_4^{2-})及び有機炭素(OC1)の各試料の測定値をグラフ化したものである。なお、OC1は有機炭素の炭素フラクション(OC1, OC2, OC4, OC4, OC_{pyro})の一つで、分析時に比較的低温域で揮発分離するフラクションである。OC1は、有機炭素のフラクションの中でも割合は低い成分である。

また、表4には図4に関連して硫酸イオン(SO_4^{2-})及び有機炭素(OC1)の各季節及び通年の平均値(特徴的な8月2日及び3日のデータを除く。)を示したものである。

1 質量濃度

4季の延べ54日の日平均値は、2.4~51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で推移し、1日平均値の環境基準(35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を超過した日が夏季に2日あった。また、年平均値は、10.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、年平均値の環境基準(15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)以下であった。

2 成分分析

(1) イオン成分

各季の平均値では、質量濃度の44~61%を占め、夏季が最も高い割合を示した。

硫酸イオン(SO_4^{2-})については、夏季が最も高い割合を示した。硝酸イオン(NO_3^-)については、冬季が他季(特に春季と夏季)に比べ著しく高い値を示しており、季節的な特徴が見られた。アンモニウムイオン(NH_4^+)については、季節間に大きな差はなく季節の変動は見られなかった。

図4に示すとおり、硫酸イオン(SO_4^{2-})については、夏季の14日間のサンプリング中の2日間において明らかに数値が上昇したものがあつた。日にちは8月2日及び3日で、それぞれ硫酸イオン濃度は27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、表4に示す夏季の硫酸イオン平均値3.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の約6倍を超える値を観測した。

(2) 炭素成分

各季の平均値では、質量濃度の7~31%を占め、秋季が最も高い割合を示した。また、有機性炭素(OC)/元素状炭素(EC)比は0.9~20.0程度であり、春季が最も高かった。

図4に示すとおり、硫酸イオン(SO_4^{2-})が上昇した8月2日及び3日において、有機炭素(OC1)が上昇していることを確認した。なお、表4に示すとおり、夏季の他の試料については検出下限値(0.024 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)以下であった。

(3) 無機成分

各季の平均値では、もっとも高い割合を示した秋季及び冬季でも質量濃度の4%程度と、イオン成分と炭素成分に比べて低い割合を示した。

(4) 水溶性有機炭素(WSOC)

WSOC/OC比は季節平均で51.4~83.2%程度であり、夏季が最も低く、秋季が最も高かった。

まとめ

本年度のPM_{2.5}の成分割合は、各季節とも硫酸イオン(SO_4^{2-})と有機性炭素(OC)が高い割合を示しており、年平均では、これらに次いでアンモニウムイオン(NH_4^+)が高い割合を示し、この3成分が全体の7割弱を占めていた。

2020年度調査の特徴としては、太平洋高気圧の影響で太平洋上の清浄な大気が流入することにより、国内のPM_{2.5}濃度は減少する⁵⁾とされている夏季において、例年と異なり質量濃度が高くなっていることが挙げられる。質量濃度上昇の要因として、夏季の特定の2日間(8月2日及び3日)の高濃度の硫酸イオン(SO_4^{2-}) (当該2日間を除いた12日間の試料の平均値の約3.3倍)が挙げられる。これは、小笠原諸島にある無人の火山島である西ノ島の火山活動によって放出さ

れた二酸化硫黄が太平洋高気圧の南の縁を回って九州に到達したことが原因と考えられる⁶⁾。

また、硫酸イオン濃度が上昇した8月2日及び3日に有機炭素 (OC1) が上昇していることも確認している。本調査において硫酸イオン濃度と有機炭素 (OC1) の上昇についての因果関係は不明だが、上述の火山活動と何らかの関係性があるもの考えられるため、資料としてここに報告する。

本調査は、本県のPM_{2.5}対策に向けて2018年度より開始されたものであり、経年傾向や発生源の解明に必要とするデータ収集・解析は今後も継続して取り組んでいく。

参考文献・脚注

- 1) 環境省水・大気環境局: 微小粒子状物質に係る環境基準の設定について (2009).
- 2) 環境省: 微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について, 環告 33 (2009).
- 3) 環境省 HP: 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析ガイドライン, https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no_110729001b.pdf
- 4) 環境省 HP: 大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアル, <https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/manual.html>
- 5) 村山 由貴: 夏季の太平洋高気圧条件下における高濃度PM_{2.5}に対する火山の寄与解析, 大気環境学会誌, 第55巻, 169 (2020)
- 6) 竹村 俊彦: 夏には珍しいPM_{2.5}高濃度 西ノ島噴火(2020), <https://news.yahoo.co.jp/byline/takemuratoshihiko/20200807-00192063/> (2021/7/5)

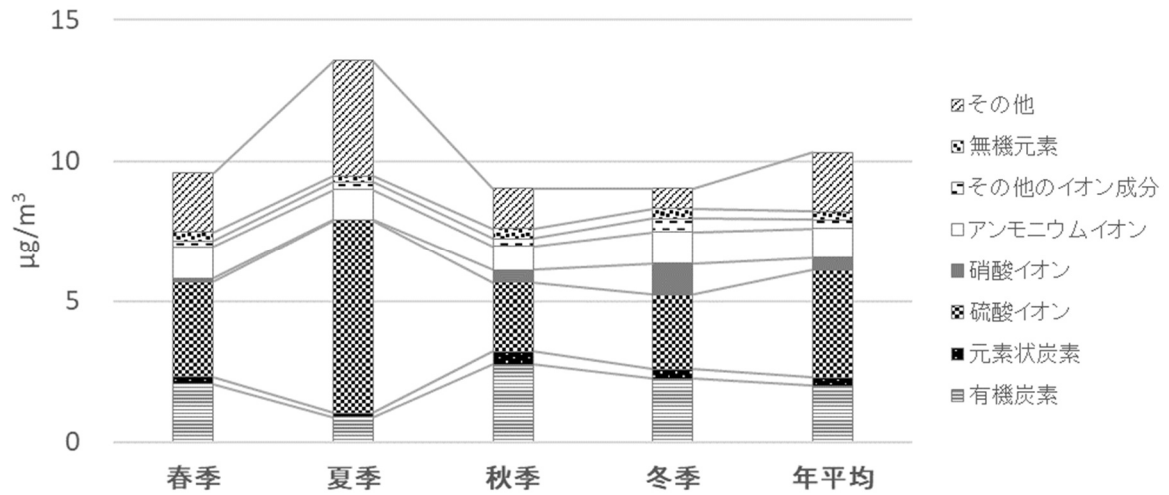


図2 PM_{2.5}平均質量濃度及び成分濃度

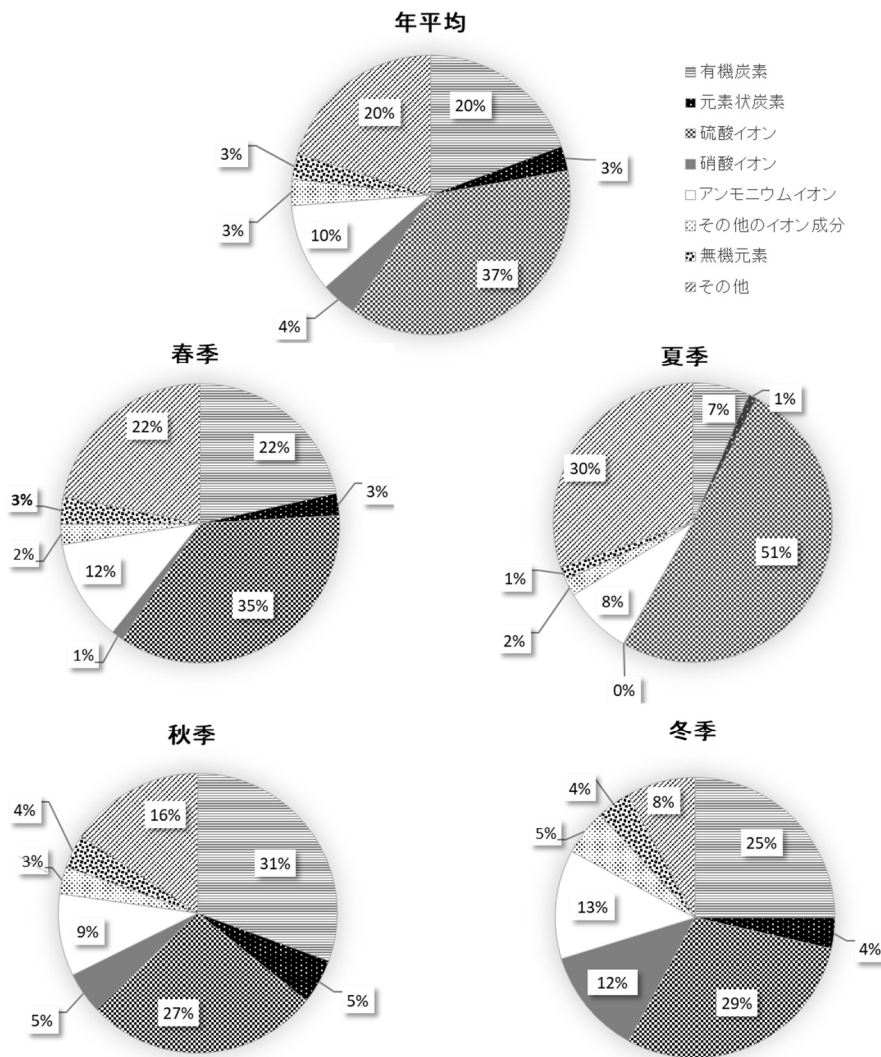


図3 各成分の割合

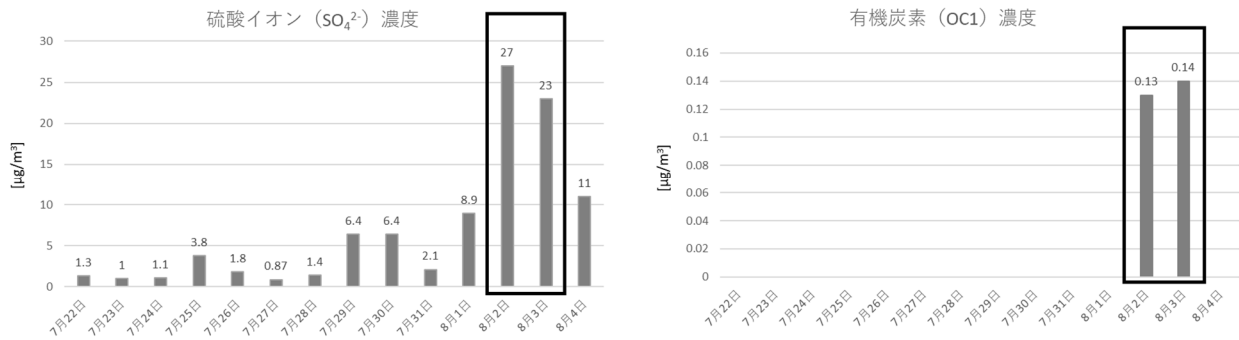


図4 夏季の流砂イオン (SO₄²⁻) 濃度と有機炭素 (OC1) 濃度

表4 各季節の硫酸イオン (SO₄²⁻) 濃度と有機炭素 (OC1) の濃度平均値 (8月2日及び3日の測定データを除く。)

| 季節 | 硫酸イオン (SO ₄ ²⁻) | | 有機炭素 (OC1) | | |
|-----|--|-------------------------------|-------------|-------------|--------|
| | 平均濃度 [μg/m ³] | 平均濃度 [μg/m ³] | データ個数 | | 検出下限値 |
| | | | 検出下限値 以上 | 検出下限値 以下 | |
| 春季 | 3.4 | - | 0 | 14 | 0.036 |
| 夏季 | 3.8 | - | 2 | 12 | 0.024 |
| 秋季 | 2.4 | - | 0 | 14 | 0.031 |
| 冬季 | 2.7 | 0.013 | 6 | 8 | 0.0092 |
| 年平均 | 3.1 | 0.013 | - | - | - |