

## 広島市における浮遊粉じん中の金属成分調査について

鹿渡 正美 細末 次郎 加藤 寛子 宮野 高光  
下田 喜則 坂本 哲夫

### はじめに

大気環境中には、工場や自動車からの排ガス、土壌の巻き上げ等によって多くの粒子状物質が浮遊している。これらの粒子状物質中の金属成分は、粒子の組成に占める割合は少ないものの、種類が多いことや、金属ごとにその発生源をある程度特徴づけることから、調査地域の特徴や発生源からの影響度を知るうえで参考になる。

広島市では、平成元年度から平成 28 年度まで一般環境における浮遊粉じん(10 $\mu$ m カット)中の金属成分の調査を行った。今回、その調査結果を集計し、経年推移や季節変動についてまとめたので報告する。

### 方法

#### 1 調査地点

調査は、平成元年度及び平成 2 年度は広島市内 4 地点(広島市役所、安佐北区役所、佐伯区役所、広島市立矢賀小学校)で、平成 3 年度からは地点を変更し、広島市内 4 地点(広島市役所、安佐北区役所、安佐南区役所、広島市立伴小学校)で、平成 9 年度以降は伴小学校でのみ行った。

#### 2 調査期間

平成元年度から平成 28 年度までの 28 年間について、春季(4 月又は 5 月)、夏季(7 月)、秋季(10 月)、冬季(1 月)の年 4 回調査を行った。

#### 3 試料採取方法

試料はハイボリウムエアサンプラー(10 $\mu$ m カット)を用いて、1000L/min の流速で 72 時間連続採取した。なお、採取には、平成 25 年度までは石英繊維フィルタ(Pa11 製 2500QAT-UP)、平成 26 年度以降は PTFE フィルタ(住友電工ファインポリマー製 WP-500-50)を用いた。

#### 4 分析方法

金属成分分析は、平成元年度から平成 22 年度は ICP-AES で、平成 23 年度以降は ICP-MS を用いて行った。測定を行った金属成分及びその主要発生源<sup>1)-3)</sup>を表 1 に示す。V は平成 3 年度から、Al、Ca、Mg は平成 7 年度から測定を開始した。浮遊粉じん(以下、「粉じん」という。)濃度は重量法を用いて測定した。検出下限値未満の値については、検出下限値

表 1 金属成分及びその主要発生源

| 元素 | 主要発生源   |
|----|---|
| Pb | 自動車 <sup>1)</sup> 、鉄鋼業 <sup>1)</sup> 、廃棄物 <sup>1)</sup> |
| Cd | 廃棄物 <sup>1)</sup> 、鉄鋼業 <sup>1)</sup>                    |
| Zn | 鉄鋼業 <sup>1)</sup> 、廃棄物 <sup>1)</sup>                    |
| Cu | 鉄鋼業 <sup>1)</sup> 、廃棄物 <sup>1)</sup>                    |
| Ni | 石油 <sup>1)</sup>  |
| Fe | 土壌 <sup>1)</sup> 、鉄鋼業 <sup>1)</sup>                     |
| Mn | 鉄鋼業 <sup>1)</sup>                                       |
| V  | 石油 <sup>1)</sup>  |
| Ti | 土壌 <sup>1)</sup>  |
| Al | 土壌 <sup>1)</sup>  |
| Ca | 土壌 <sup>1)</sup>  |
| Mg | 土壌 <sup>2), 3)</sup>                                    |

の 1/2 として計算を行った。平均値は幾何平均値とした。

### 結果と考察

平成元年度から平成 28 年度までの粉じん及び金属成分の濃度の年平均値を表 2 に示す。

#### 1 粉じん及び金属成分の濃度の経年推移

本調査での粉じん濃度及び全国の一般大気環境測定局の浮遊粒子状粉じん濃度<sup>4)</sup>の経年推移を図 1 に示す。広島市の粉じん濃度は、年度ごとの変動はあるものの長期的には減少しており、全国平均と同様の傾向であった。

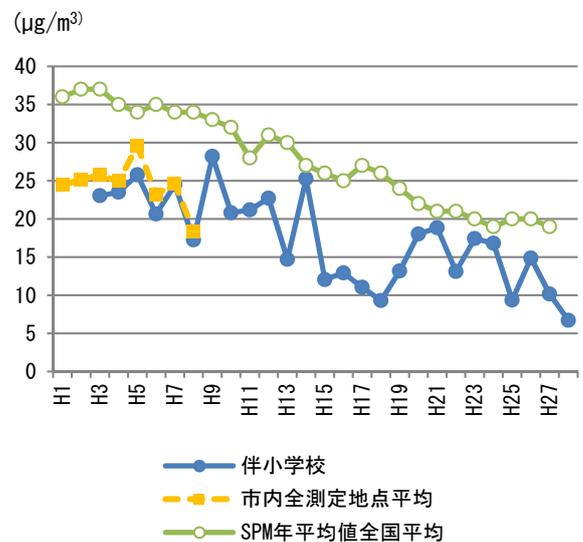


図 1 粉じん濃度の経年推移

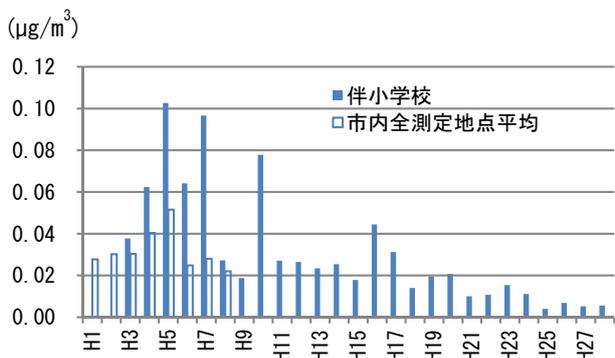


図2 鉛濃度の経年推移

金属成分濃度については、Pbの減少が明瞭であり(図2)、1990年代にアジア諸国で有鉛ガソリンが禁止された影響が現れていると考えられる。

2 季節変動

調査期間における粉じん及び金属成分の濃度の平均的な季節変動を把握するため、伴小学校で採取した粉じんの分析結果(平成3年度から平成28年度(Al, Ca, Mgは平成7年度から))について、季節ごとの粉じん及び金属成分の濃度の平均値を算出した。結果を表3及び図3に示す。

粉じん濃度は春季に高くなっていた。金属成分の中では、全ての季節でFe, Al, Zn, Caが多くの割合を占めていた。

測定を行った金属元素の多くは、春季に四季の中で最大の濃度を示し、それ以外の元素についても最大濃度に次ぐレベルの濃度であった。Ti, Al, Ca,

Mgは春季に他の季節と比べ2倍程度となるなど増加の度合いが大きくなっていた。これらの元素は、土壌由来の粒子に多く含まれる元素であり、春に大陸から飛来する黄砂の影響が大きいと考えられる。Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Fe, Mn, Vは人為活動(廃棄物焼却や鉄鋼業)の影響が大きいとされる元素であるが、土壌由来の元素と同様に春季に濃度が高くなっていた。黄砂の飛来時には土壌由来金属だけでなく人為活動由来金属の濃度も上昇するという報告<sup>5)</sup>があり、広島市でもこれらの人為活動由来金属元素を含む粒子が、黄砂と同じ経路で大陸から流入してきていたか若しくは黄砂自体に吸着して流入してきていたと考えられる。

Pb, Cd, Zn, Cu, Fe, Mnは冬季に比較的濃度が高くなっていた。冬季の粉じん濃度及び土壌由来金属元素濃度は春季ほど高くないため、春季とは別の要因により濃度が上昇していることが示唆された。冬季は大気が安定化し、調査地点周辺の廃棄物焼却由来粒子などの拡散が抑制されるため、これらの元素の濃度が上昇したものと考えられる。

Ni及びVは、夏季に濃度が高くなる点で、他の元素とは異なる傾向を示した。これらの元素は、化石燃料の燃焼が主要な発生源とされている。都市地域及び工業地域で7月にNi及びVの濃度が高くなった報告<sup>6)</sup>があり、広島市でも同様の変動を示したものと考えられる。

表3 粉じん及び金属成分の濃度の季節別平均値

単位(µg/m³)

|    | 粉じん  | Pb    | Cd    | Zn    | Cu    | Ni    | Fe    | Mn    | V     | Ti    | Al    | Ca    | Mg    |
|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 春季 | 22.9 | 0.032 | 0.001 | 0.070 | 0.026 | 0.002 | 0.119 | 0.012 | 0.003 | 0.002 | 0.061 | 0.055 | 0.024 |
| 夏季 | 15.6 | 0.015 | 0.001 | 0.042 | 0.025 | 0.002 | 0.061 | 0.007 | 0.003 | 0.001 | 0.016 | 0.022 | 0.012 |
| 秋季 | 14.3 | 0.019 | 0.001 | 0.056 | 0.023 | 0.001 | 0.068 | 0.007 | 0.001 | 0.001 | 0.026 | 0.032 | 0.014 |
| 冬季 | 13.8 | 0.024 | 0.001 | 0.051 | 0.029 | 0.001 | 0.099 | 0.014 | 0.001 | 0.002 | 0.023 | 0.024 | 0.011 |

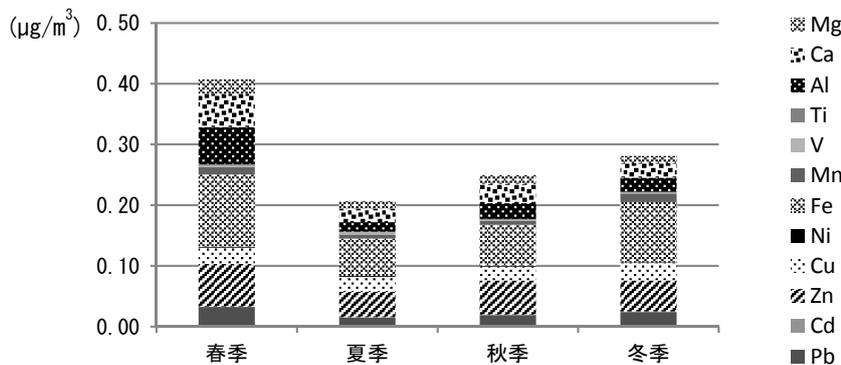


図3 金属成分濃度の季節別平均値

文 献

- 1) 溝畑 朗 他：堺市における大気浮遊粒子状物質中の諸元素の発生源の同定, 大気汚染学会誌, 15(9), 20~28(1980)
- 2) 越智久尚 他：愛媛県で採取した大気降下物の元素の起源, 環境化学, 13(3), 753~764(2003)
- 3) 斎藤育江 他：大気中浮遊粒子の粒径別個数濃度及び金属濃度調査, 東京都健康安全研究センター年報, 63, 255~265(2012)
- 4) 環境省：大気汚染状況(平成 27 年度)
- 5) 溝口進一 他：大気浮遊粉じん中微量元素濃度について, 宮崎県衛生環境研究所年報, 21, 91~94(2009)
- 6) 前田 泉 他：有害大気汚染物質に関する研究-全国の浮遊粒子状物質における金属元素の地域特性-, 岡山県環境保健センター年報, 26, 1~7(2002)

表 2 粉じん及び金属成分の濃度

単位 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

|     | 粉じん  | Pb     | Cd      | Zn    | Cu    | Ni     | Fe    | Mn    | V      | Ti     | Al    | Ca    | Mg     |
|-----|------|--------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| H1  | 24.4 | 0.028  | 0.001   | 0.064 | 0.019 | 0.002  | 0.075 | 0.016 | -      | 0.003  | -     | -     | -      |
| H2  | 25.2 | 0.030  | 0.001   | 0.054 | 0.027 | 0.003  | 0.106 | 0.012 | -      | 0.011  | -     | -     | -      |
| H3  | 25.7 | 0.030  | 0.001   | 0.071 | 0.023 | 0.002  | 0.095 | 0.012 | 0.003  | 0.003  | -     | -     | -      |
| H4  | 24.9 | 0.040  | 0.001   | 0.084 | 0.027 | 0.002  | 0.096 | 0.009 | 0.004  | 0.004  | -     | -     | -      |
| H5  | 29.6 | 0.052  | 0.002   | 0.108 | 0.026 | 0.003  | 0.108 | 0.015 | 0.003  | 0.001  | -     | -     | -      |
| H6  | 23.2 | 0.025  | 0.001   | 0.107 | 0.010 | 0.001  | 0.059 | 0.009 | 0.001  | 0.001  | -     | -     | -      |
| H7  | 24.7 | 0.028  | 0.001   | 0.033 | 0.015 | 0.001  | 0.053 | 0.006 | 0.001  | 0.001  | 0.030 | 0.052 | 0.016  |
| H8  | 18.3 | 0.022  | 0.001   | 0.032 | 0.011 | 0.001  | 0.041 | 0.007 | 0.001  | 0.001  | 0.032 | 0.026 | 0.024  |
| H9  | 28.2 | 0.019  | 0.001   | 0.024 | 0.005 | 0.001  | 0.023 | 0.003 | 0.001  | 0.001  | 0.007 | 0.013 | 0.002  |
| H10 | 20.8 | 0.078  | 0.002   | 0.110 | 0.043 | 0.002  | 0.121 | 0.010 | 0.003  | 0.002  | 0.096 | 0.055 | 0.043  |
| H11 | 21.2 | 0.027  | 0.001   | 0.069 | 0.021 | 0.002  | 0.089 | 0.009 | 0.003  | 0.002  | 0.054 | 0.074 | 0.022  |
| H12 | 22.7 | 0.026  | 0.001   | 0.051 | 0.029 | 0.002  | 0.150 | 0.014 | 0.001  | 0.002  | 0.053 | 0.047 | 0.024  |
| H13 | 14.7 | 0.023  | 0.001   | 0.051 | 0.029 | 0.001  | 0.075 | 0.009 | 0.002  | 0.001  | 0.014 | 0.029 | 0.015  |
| H14 | 25.3 | 0.025  | 0.001   | 0.053 | 0.040 | 0.002  | 0.101 | 0.011 | 0.003  | 0.002  | 0.018 | 0.032 | 0.021  |
| H15 | 12.1 | 0.018  | 0.001   | 0.051 | 0.055 | 0.001  | 0.079 | 0.011 | 0.002  | 0.001  | 0.015 | 0.025 | 0.019  |
| H16 | 12.9 | 0.044  | 0.001   | 0.101 | 0.031 | 0.001  | 0.087 | 0.011 | 0.001  | 0.001  | 0.021 | 0.033 | 0.018  |
| H17 | 11.0 | 0.031  | 0.001   | 0.060 | 0.033 | 0.001  | 0.068 | 0.007 | 0.001  | 0.001  | 0.015 | 0.026 | 0.013  |
| H18 | 9.3  | 0.014  | 0.001   | 0.043 | 0.020 | 0.001  | 0.061 | 0.006 | 0.002  | 0.001  | 0.035 | 0.035 | 0.015  |
| H19 | 13.2 | 0.019  | 0.001   | 0.051 | 0.014 | 0.004  | 0.111 | 0.009 | 0.002  | 0.002  | 0.044 | 0.028 | 0.012  |
| H20 | 18.0 | 0.021  | 0.001   | 0.055 | 0.018 | 0.004  | 0.116 | 0.010 | 0.001  | 0.002  | 0.132 | 0.050 | 0.019  |
| H21 | 18.9 | 0.010  | 0.001   | 0.046 | 0.018 | 0.001  | 0.088 | 0.008 | 0.003  | 0.002  | 0.027 | 0.032 | 0.015  |
| H22 | 13.1 | 0.011  | 0.001   | 0.037 | 0.024 | 0.001  | 0.071 | 0.011 | 0.002  | 0.002  | 0.017 | 0.021 | 0.012  |
| H23 | 17.4 | 0.015  | 0.001   | 0.042 | 0.015 | 0.001  | 0.106 | 0.015 | 0.002  | 0.004  | 0.032 | 0.025 | 0.019  |
| H24 | 16.8 | 0.011  | 0.001   | 0.035 | 0.026 | 0.001  | 0.100 | 0.010 | 0.002  | 0.002  | 0.014 | 0.030 | 0.021  |
| H25 | 9.4  | 0.004  | 0.001   | 0.029 | 0.018 | 0.001  | 0.070 | 0.007 | 0.001  | 0.003  | 0.031 | 0.034 | 0.018  |
| H26 | 14.9 | 0.0075 | 0.00031 | 0.034 | 0.035 | 0.0013 | 0.088 | 0.010 | 0.0027 | 0.0035 | 0.034 | 0.031 | 0.0057 |
| H27 | 10.2 | 0.0052 | 0.00027 | 0.040 | 0.030 | 0.0009 | 0.096 | 0.013 | 0.0020 | 0.0029 | 0.024 | 0.023 | 0.0109 |
| H28 | 6.7  | 0.0056 | 0.00017 | 0.025 | 0.045 | 0.0007 | 0.095 | 0.012 | 0.0021 | 0.0023 | 0.020 | 0.018 | 0.0091 |

※H1 から H8 は市内複数地点の年平均値, H9 以降は広島市立伴小学校の年平均値