

表1に粒径サイズ別の粒子成分組成と発生源由来を示した。粒径サイズ別の粒子の成分組成からみて、PM₁₀以上粒子は土壌由来が大半と、PM_{2.5}–PM₁₀粒子は土壌由来に海塩粒子が加わっていると考えられた。PM_{1.0}–PM_{2.5}粒子とPM_{1.0}以下粒子は、燃焼由来にSO_xやNO_xなどのガス状物質が大気中で凝集や凝縮により粒子化する二次生成粒子が加わっていると考えられた。特に、PM_{1.0}以下粒子では二次生成由来が顕著であると推定される。

表1 粒径サイズ別の粒子成分組成と発生源由来

	>PM ₁₀	PM _{2.5} –PM ₁₀	PM _{1.0} –PM _{2.5}	<PM _{1.0}
主要元素	Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Zn	Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Zn	Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Fe, Zn	Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Fe, Zn
イオン成分	Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺	Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺	NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺	NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ NH ₄ ⁺
PMの発生源	土壌由来が大半と考えられる	土壌由来に海塩粒子が加わっていると考えられる	燃焼由来に二次生成粒子が加わっていると考えられる	燃焼由来に二次生成粒子が加わっていると考えられる

4 まとめ

- 1) 黄砂の影響を明らかに受けているとみられる粒子はPM_{2.5}以上であった。また、海塩粒子の影響を受けているのもPM_{2.5}以上であった。したがって、黄砂影響と自然的要因の影響はPM_{2.5}以上の粗大粒子に限定されると考えられた。
- 2) 元素組成に関しては、主要元素はNa、Mg、Al、Si、S、Cl、K、Ca、FeおよびZnの10元素であった。粒子サイズが小さくなるにしたがって、Na、Mg、Al、Si、Cl、K、Caの値は低下し、これに対してSとZnの値は高くなる傾向がみられた。
- 3) イオン種成分に関しては、PM_{2.5}–PM₁₀ではNO₃⁻、PM_{2.5}以下ではSO₄²⁻が主体であった。NH₄⁺の挙動はSO₄²⁻と同じであるが、NO₃⁻は異なっていた。このように粒径サイズによって粒子成分が異なることは、粒径サイズにより形成している粒子の発生源或いは生成過程が異なることを示唆していると考えられた。NO₃⁻がPM_{2.5}以上の粗大粒子側に多い要因としては、海塩中のNaClとHNO₃が反応して、NaNO₃が生成した可能性も考えられる。

謝辞

本研究は環境省・環境研究総合推進費（課題番号：C-1005）の支援を受けて実施した。

参考文献

- 1) U.S. EPA.(2009) Integrated Science Assessment for Particulate Matter (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-08/139F.
- 2) Babin SM, Burkom HS, Holtry RS, Taberner NR, Stokes LD, Davies-Cole JO, DeHaan K, Lee DH. (2007) Pediatric patient asthma-related emergency department visits and admissions in Washington, DC, from 2001-2004, and associations with air quality, socio-economic status and age group. *Environ Health*, **6**, 9.
- 3) Halonen JI, Lanki T, Yli-Tuomi T, Kulmala M, Tiittanen P, Pekkanen J. (2008) Urban air pollution, and asthma and COPD hospital emergency room visits. *Thorax*, **63**, 635-641.

- 4) Sera K, Yanagisawa T, Tsunoda H, Hutatukawa S, Saitoh Y, Suzuki S, Orihara H. (1992) Bio-PIXE at the Takizawa facility (Bio-PIXE with a baby cyclotron), *Int J PIXE*, **2**, 325-330.
- 5) Sera K, Futatsugawa S, Saitoh K. (1997) Method of quantitative analysis making use of bromine in a Nuclepore filter, *Int J PIXE*, **7**, 71-85.
- 6) Saitoh K, Sera K, Shimomura K.(2003) PIXE analysis of NIST urban particulate collected on a polycarbonate membrane filter, *Int J PIXE*, **13**, 141-147.
- 7) Saitoh K, Sera K. (2005) Examination of quantitative accuracy of PIXE analysis for atmospheric aerosol particle samples: PIXE analysis of NIST air particulate on filter media, *Int J PIXE*, **15**, 59-63.
- 8) Saitoh K, Imaseki H, Yukawa M.(2004) Attempt at in-air PIXE analysis of spot sample on a filter-tape mounted in an automated beta-ray absorption mass monitor, *Int J PIXE*, **14**, 43-48.
- 9) Saitoh K, Sera K, Imaseki H, Shinohara M, Fujiwara M. (2006) PIXE analysis of spot samples on new type of PTFE ultra-membrane filter-tape mounted in an automated beta-ray absorption mass monitor, *Int J PIXE*, **16**, 95-101.

Composition characteristics and sources of size-resolved airborne particles in Himeji City

K. Saitoh^{1,2}, M. Shima², Y. Yoda², R. Nakatsubo³,
D. Tsunetomo³, T. Hiraki³ and K. Sera⁴

¹Eco Analysis Corporation
84 Takeda-kitamitsugui-cho, Fushimi-ku, Kyoto 612-8429, Japan

²Hyogo College of Medicine
1-1 Mukogawa-cho, Nishinomiya, Hyogo 663-8501, Japan

³Hyogo Prefectural Institute of Environmental Sciences
3-1-27 Yukihiro-cho, Suma-ku, Kobe, Hyogo 654-0037, Japan

⁴Cyclotron Research Center, Iwate Medical University
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

Abstract

As a part that, an epidemiological study on the effects of chemical composition of airborne particulate matter (PM) and ozone on asthma attacks, we carried out size-resolved sampling of PM in Himeji City, and elemental and ionic composition analyses of the PM sample. Size-resolved PM was collected using a 3-stage NLAS impactor (Tokyo Dylec Co., Ltd.; particle cut size at sampling stages was 10, 2.5 and 1.0 μm for a flow rate of 3 L/min) with a 1 week sampling interval, and the PM sampling was began in November, 2009. Concentrations of several elemental and ionic species in the PM sample were determined by PIXE and ion chromatography analysis. Our results suggest that:

- Affect the PM size range of soil and sea salt particles and Aeolian dust (Kosa aerosol) were coarse particles (PM larger than $\text{PM}_{2.5}$).
- Sulfate and ammonium ions, which showed high values in the fine particles (PM smaller than $\text{PM}_{2.5}$), nitrate ion showed a higher value in the coarse particles.
- Sulfate and nitrate ions are considered to occur in different forms.

The present research has been supported by the Environmental Research and Technology Development Fund (Grant No. C-1005) from the Ministry of the Environment, Japan.