

## 福岡市における乾性沈着成分と黄砂・煙霧との関係 (Ⅲ)

宇野映介・大平良一・木下誠

福岡市保健環境研究所環境科学課

Relation of Dry Deposition with Yellow Sand and Haze  
in Fukuoka City (Ⅲ)

Eisuke UNO, Ryoichi OHIRA and Makoto KINOSHITA

Environmental Science Section, Fukuoka City Institute of Health and Environment

## 要約

福岡市の乾性沈着成分の経年変化を解析した結果, 各粒子状成分濃度および EC は増加傾向,  $\text{HNO}_3(\text{g})$  および  $\text{HCl}(\text{g})$  はやや増加傾向, ガス状成分総濃度,  $\text{SO}_2(\text{g})$  および  $\text{NH}_3(\text{g})$  はやや減少傾向であった.

黄砂・煙霧観測日数と乾性沈着成分の相関を解析した結果, 煙霧観測日数とガス状成分総濃度,  $\text{SO}_2(\text{g})$ ,  $\text{NH}_3(\text{g})$  に正の相関があり, 黄砂かつ煙霧の観測日数とガス状成分総濃度,  $\text{NH}_3(\text{g})$  に正の相関があった.

黄砂・煙霧による乾性沈着成分の変動を解析した結果, 黄砂時および煙霧時に, EC, 粒子状成分総濃度,  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ , ガス状成分総濃度,  $\text{SO}_2(\text{g})$ , 全硫黄, 全硝酸, 全アンモニア, が有意に増加した. 加えて, 黄砂時には  $\text{HCl}(\text{g})$ ,  $\text{NH}_3(\text{g})$ , 煙霧時には  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{nss-K}^+$ ,  $\text{nss-Ca}^{2+}$ ,  $\text{nss-Mg}^{2+}$ ,  $\text{HNO}_3(\text{g})$  も有意に増加した.

**Key Words:** 酸性雨 acid rain, 乾性沈着成分 dry deposition, 黄砂 yellow sand, 煙霧 haze

## 1 はじめに

大気中の汚染物質が地表に達する大気沈着の主な過程には, 雨・雪などの降水に伴い地表に沈着する「湿性沈着」と, 非降水時に, ガス状物質(ガス)および粒子状物質(エアロゾル)の状態直接地表に沈着する「乾性沈着」がある. 湿性沈着と乾性沈着はともに土壌, 湖沼などを酸性化する原因となり, このふたつの過程で地表に達した汚染物質をまとめて酸性沈着とよんでいる.

福岡市では酸性雨調査の一環として, 大気中の乾性沈着成分を継続的に調査している. 前報<sup>1,2)</sup>では, 乾性沈着の高濃度現象と黄砂・煙霧との間に関連があることを報告した. そこで, 本報告では 1999~2014 年度の乾性沈着調査データを用いて黄砂・煙霧との関連についてさらなる解析を行ったので, その結果について述べる.

調査地点である福岡市早良区曲渕は, 福岡市の中心部から南西に約 13km, 室見川上流の谷間標高約 170m 地点に位置している(図 1). 南側約 300m に国道 263 号が通っているが, 林に遮られて排気ガスなどの直接の影響は見られない.



図 1 調査地点

## 2 研究方法

## 2.1 調査地点

## 2.2 分析方法

分析方法は、全国環境研協議会で定められている乾性沈着成分の調査方法により、4 段ろ紙法による粒子状およびガス状成分の調査法（フィルターパック法）で行った。原則 1 週間単位で連続採取し、F0 段のろ紙で捕集したイオン濃度の合計を粒子状成分とし、F1～F3 段のろ紙で捕集したイオン濃度の合計をガス状成分とした。解析には、1999～2014 年度までの分析データを使用した。黄砂・煙霧については、1980～2014 年度の気象データを福岡県気象月報<sup>4)</sup>（地点名：福岡）から抽出した。

### 2.3 非海塩成分の算出

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>の非海塩（nss : non sea salt）由来成分濃度の算出については、第 5 次酸性雨全国調査<sup>3)</sup>に従った。すなわち、試料中の Na<sup>+</sup>濃度と海水中のモル濃度比とを用いて、以下の式により算出した。

$$\begin{aligned} nss\text{-SO}_4^{2-} &= \text{SO}_4^{2-} - 0.0607 \times \text{Na}^+ \\ nss\text{-K}^+ &= \text{K}^+ - 0.0218 \times \text{Na}^+ \\ nss\text{-Mg}^{2+} &= \text{Mg}^{2+} - 0.113 \times \text{Na}^+ \\ nss\text{-Ca}^{2+} &= \text{Ca}^{2+} - 0.0224 \times \text{Na}^+ \end{aligned}$$

## 3 研究結果および考察

### 3.1 黄砂、煙霧観測日数の経年変化

1980～2014 年度の黄砂・煙霧の観測日数の経年変化を図 2 に示す。この期間の平均日数は、黄砂が 10 日/年、煙霧が 32 日/年であった。黄砂の観測日数は、ほぼ横ばいであり、最も多かったのは 2000 年度の 29 日であった。一方、煙霧の観測日数は 1980 年度から増加傾向であったが、2001 年度の 60 日をピークに減少傾向に転じている。

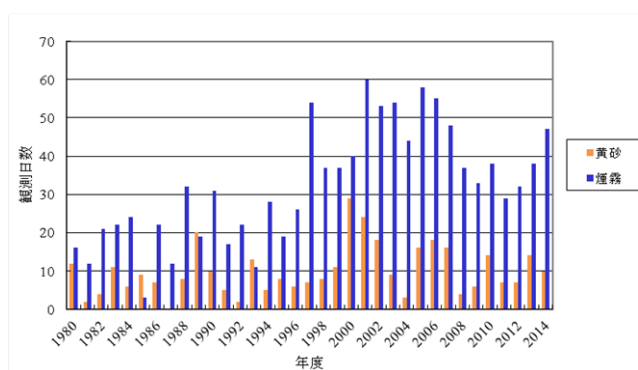


図 2 黄砂・煙霧の観測日数の経年変化

### 3.2 乾性沈着成分の経年変化

乾性沈着成分について、各年度ごとに平均値を算出し、経年変化を解析した。

#### 3.2.1 pH, EC

pH, EC の経年変化を図 3 に示す。pH は、F0, F1 と

も横ばいあるいはやや減少傾向であった。pH の経年平均値は 5.26 (F0) および 4.67 (F1) であり、粒子状成分に比べてガス状成分の酸性度のほうが大きかった。EC は、F0, F1 とともに 2004 年度以降増加傾向であった。

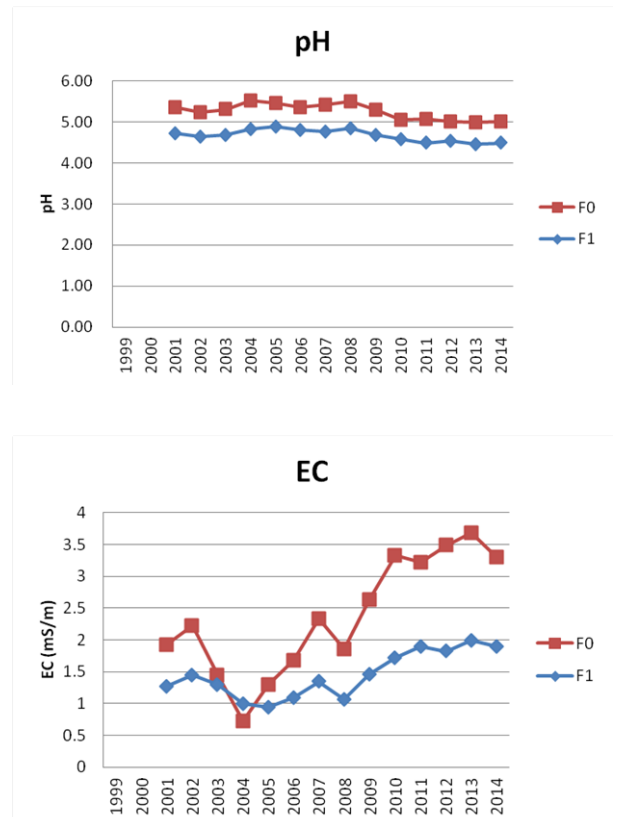


図 3 pH, EC の経年変化

#### 3.2.2 粒子状成分

粒子状成分濃度の経年変化を図 4 に示す。総濃度は、2002 年度にピークがあり、2004 年度から増加傾向であった。各粒子状成分とも同様の傾向であるが、総濃度、nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>のグループと、nss-K<sup>+</sup>, nss-Ca<sup>2+</sup>, nss-Mg<sup>2+</sup>のグループで傾向にやや違いが見られた。また、総濃度、nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> および NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は、EC と強い正の相関 (r > 0.80, p < 0.01) があつた。

#### 3.2.3 ガス状成分

ガス状成分濃度の経年変化を図 5 に示す。総濃度、SO<sub>2</sub>(g)および NH<sub>3</sub>(g)はやや減少傾向、HNO<sub>3</sub>(g)および HCl(g)はやや増加傾向であった。

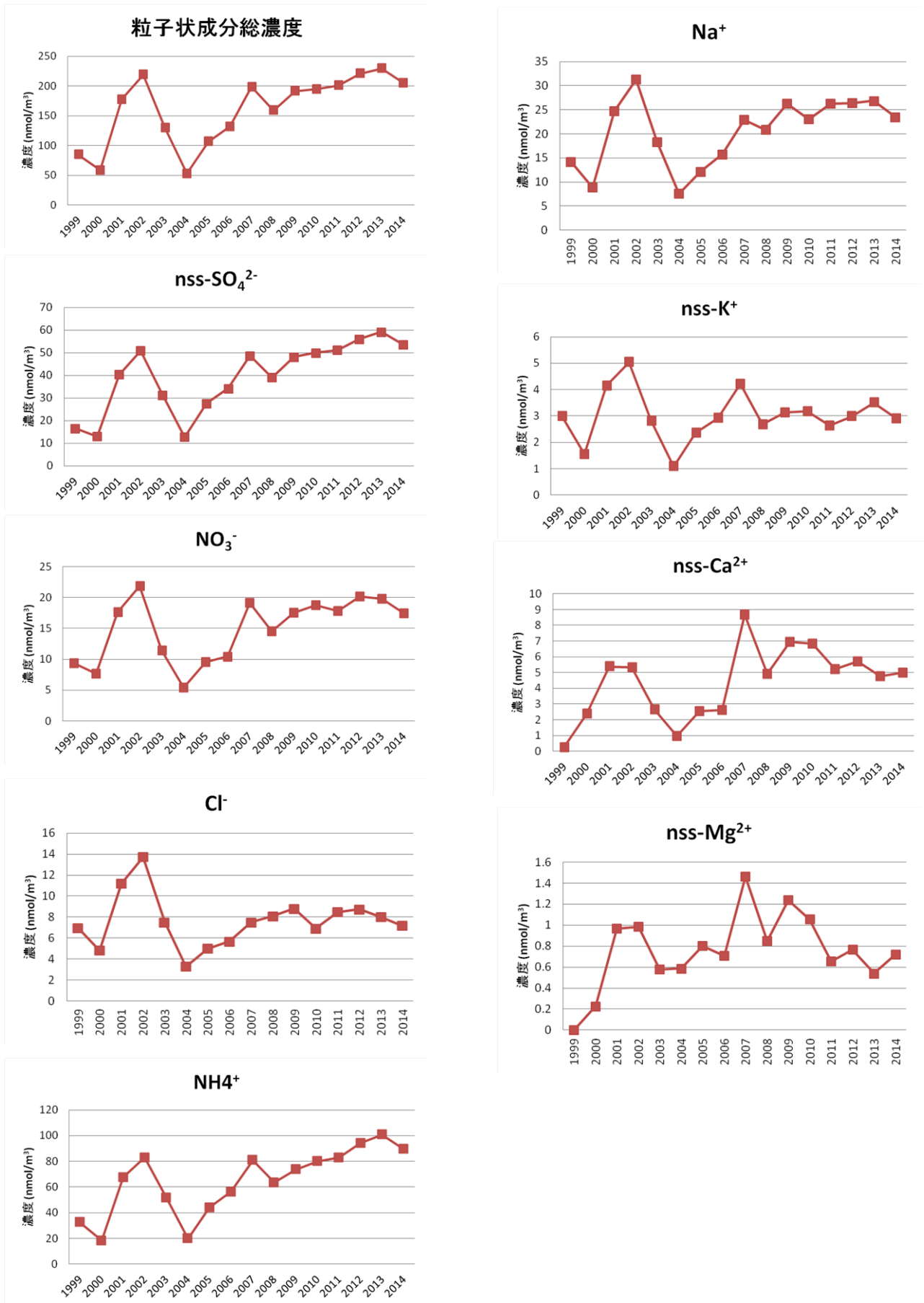


図4 粒子状成分濃度の経年変化

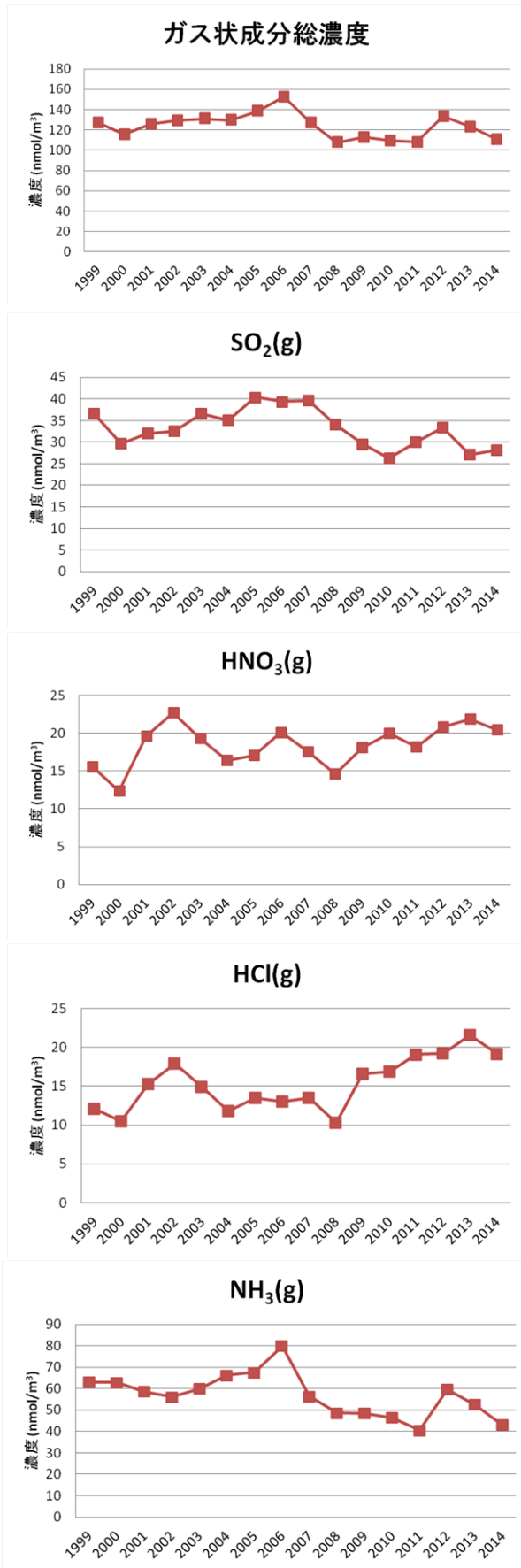


図5 ガス状成分濃度の経年変化

### 3.3 黄砂・煙霧観測日数と乾性沈着成分の相関

黄砂・煙霧の各観測日数およびそれらの和と乾性沈着成分の相関を解析した(図6)。有意水準は、 $p < 0.05$  ( $n = 16$ ) とした。その結果、ガス状成分総濃度が煙霧、煙霧+黄砂と正の相関 ( $r = 0.60, 0.51$ ) があり、NH<sub>3</sub>(g)も煙霧、煙霧+黄砂と正の相関 ( $r = 0.53, 0.52$ ) があることがわかった。また、SO<sub>2</sub>(g)は煙霧と正の相関 ( $r = 0.51$ ) があった。

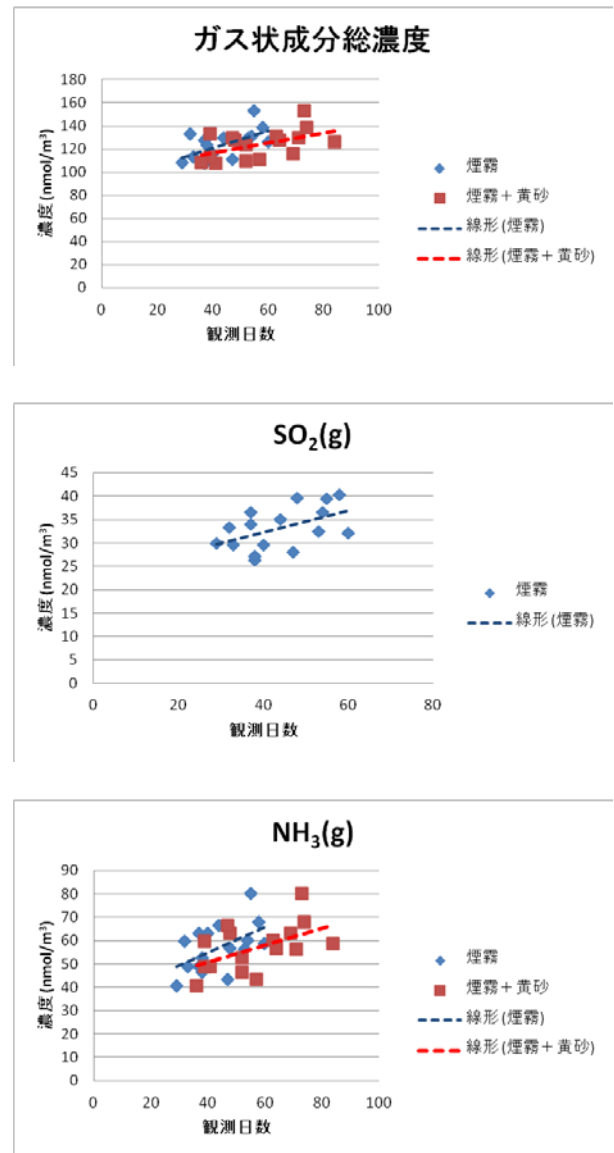


図6 黄砂・煙霧観測日数と乾性沈着成分の相関

### 3.4 黄砂・煙霧による乾性沈着成分の変動

2011~2014年度のデータを用いて、黄砂・煙霧の有無による乾性沈着成分の変動を解析した(図7~10)。約1週間ごとの採取期間中、黄砂または煙霧が1日以上観測されたデータを「黄砂」または「煙霧」、黄砂および煙霧が同一期間にそれぞれ1日以上観測されたデータを「煙霧+黄砂」、黄砂および煙霧がどちらも観測されな

かったデータを「なし」に分類し、各分類ごとに平均値を算出した。「なし」とそれ以外の分類の平均値をそれぞれ比較し、有意な差があるかをt検定 ( $p < 0.01$ ) によって検定した。図中の数字は平均値 (nmol/m<sup>3</sup>)、誤差範囲は95%信頼区間である。

各分類の平均値を見てみると、「なし」に比べ、それ以外の分類はどの乾性沈着成分もほぼ値が増加しており、黄砂や煙霧が乾性沈着成分の増加に寄与しているのではないと思われる。しかし、今回の調査ではサンプル数が十分ではなく、有意な差があると断定できた乾性沈着成分は限定された。

### 3.4.1 pH, EC

黄砂・煙霧によるpH, ECの変動を図7に示す。ECは、F0, F1とも黄砂時および煙霧時に有意に増加した。pHについては、有意な差は見られなかった。

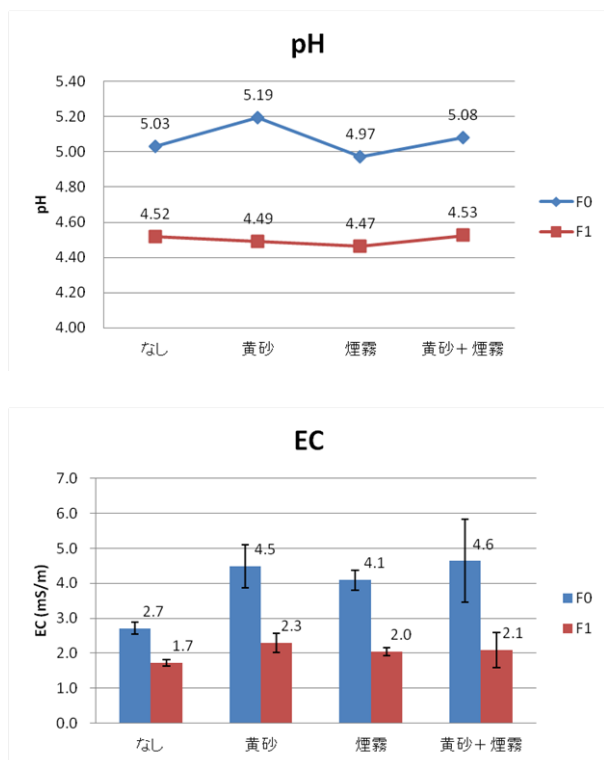


図7 黄砂・煙霧によるpH, ECの変動

### 3.4.2 粒子状成分

黄砂・煙霧による粒子状成分濃度の変動を図8に示す。総濃度は、黄砂時および煙霧時に有意に増加し、nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>はすべての分類で有意に増加した。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, nss-K<sup>+</sup>, nss-Ca<sup>2+</sup>, nss-Mg<sup>2+</sup>は、煙霧時に有意に増加した。Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>については、有意な差は見られなかった。

### 3.4.3 ガス状成分

黄砂・煙霧によるガス状成分濃度の変動を図9に示す。総濃度およびSO<sub>2</sub>(g)は、黄砂時および煙霧時に有意に増加した。HCl(g), NH<sub>3</sub>(g)は黄砂時に、HNO<sub>3</sub>(g)は煙霧時に

有意に増加した。

### 3.4.4 各粒子状およびガス状成分濃度の総計

黄砂・煙霧による各粒子状およびガス状成分濃度の総計の変動を図10に示す。非海塩由来の全硫黄(SO<sub>2</sub>(g) + nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)は、すべての分類で有意に増加し、全硝酸(HNO<sub>3</sub>(g) + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)および全アンモニア(NH<sub>3</sub>(g) + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)は、黄砂時および煙霧時に有意に増加した。全塩化物(HCl(g) + Cl<sup>-</sup>)については、有意な差は見られなかった。

## 4 まとめ

福岡市の乾性沈着成分の経年変化を解析した結果、各粒子状成分濃度およびECは増加傾向、HNO<sub>3</sub>(g)およびHCl(g)はやや増加傾向、ガス状成分総濃度、SO<sub>2</sub>(g)およびNH<sub>3</sub>(g)はやや減少傾向であった。

黄砂・煙霧観測日数と乾性沈着成分の相関を解析した結果、煙霧観測日数とガス状成分総濃度、SO<sub>2</sub>(g), NH<sub>3</sub>(g)に正の相関があり、黄砂かつ煙霧の観測日数とガス状成分総濃度、NH<sub>3</sub>(g)に正の相関があった。

黄砂・煙霧による乾性沈着成分の変動を解析した結果、黄砂時および煙霧時に、EC, 粒子状成分総濃度, nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, ガス状成分総濃度, SO<sub>2</sub>(g), 全硫黄, 全硝酸, 全アンモニアが有意に増加した。加えて、黄砂時にはHCl(g), NH<sub>3</sub>(g), 煙霧時にはNO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, nss-K<sup>+</sup>, nss-Ca<sup>2+</sup>, nss-Mg<sup>2+</sup>, HNO<sub>3</sub>(g)も有意に増加した。

## 文献

- 1) 志水友梨, 山崎誠, 中島亜矢子: 福岡市における乾性沈着成分と黄砂, 煙霧との関係, 福岡市保健環境研究所報, 32, pp.51-54, 2006
- 2) 宮地夏海, 木下誠: 福岡市における乾性沈着成分と黄砂, 煙霧との関係(II), 福岡市保健環境研究所報, 36, pp.78-82, 2010
- 3) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会: 第5次酸性雨全国調査報告書(平成24年度), 全国環境研会誌, 39, pp.2-48, 2014
- 4) 福岡管区气象台: 福岡県気象月報, [http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/cgi-bin/chosa/geppou\\_past/fukuoka.cgi](http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/cgi-bin/chosa/geppou_past/fukuoka.cgi)

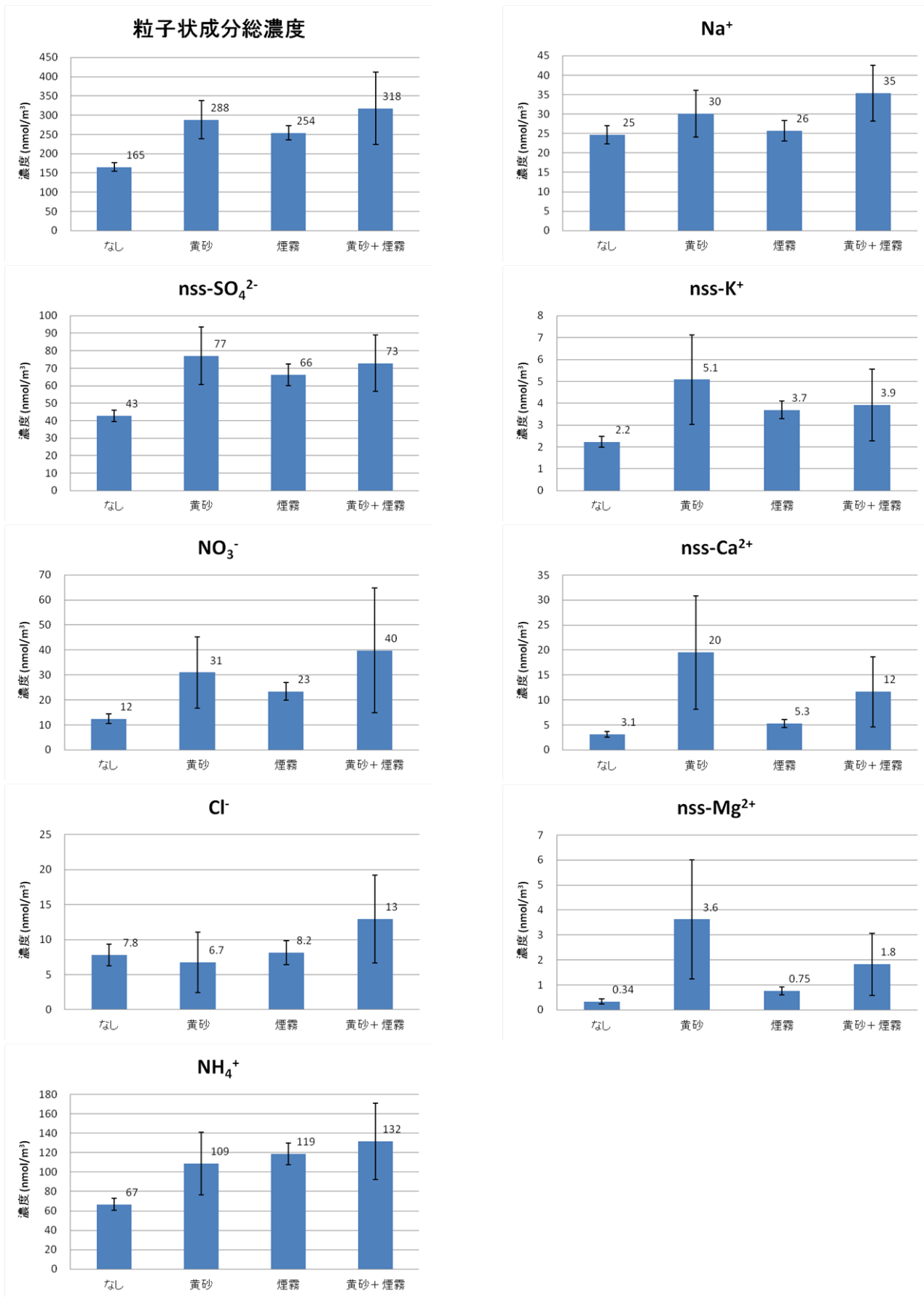


図8 黄砂・煙霧による粒子状成分濃度の変動

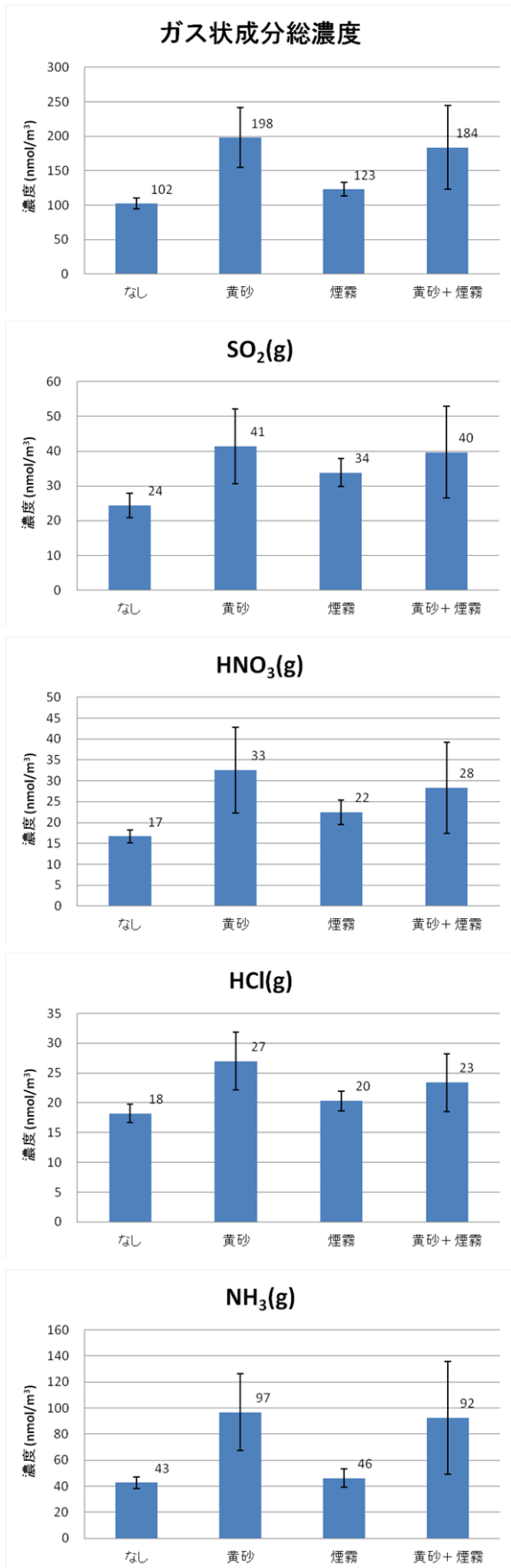


図9 黄砂・煙霧によるガス状成分濃度の変動

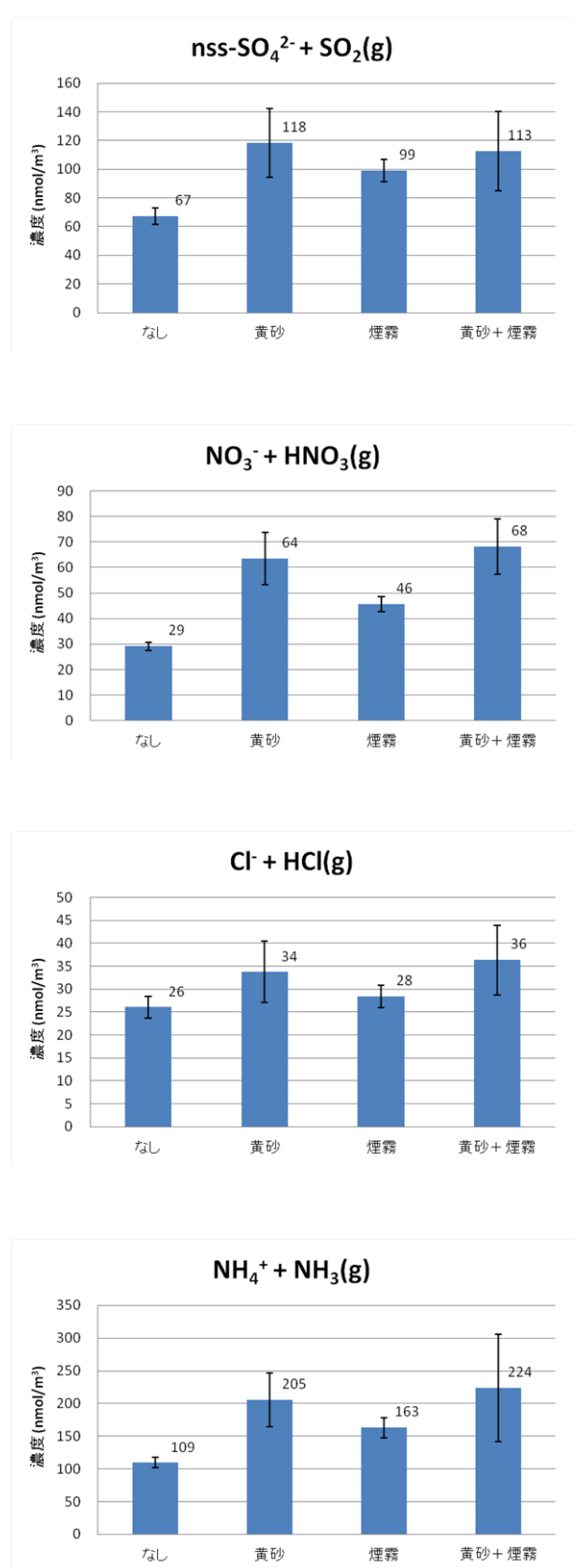


図10 黄砂・煙霧による各粒子状およびガス状成分濃度の総計の変動