

## 長野市における酸性沈着調査 (2003 - 2009)

原田 勉<sup>1</sup>・池田友洋<sup>2</sup>・石原祐治<sup>2</sup>

長野市における 2003 年度から 2009 年度 (7 年間) の酸性沈着を解析した。その結果、酸性沈着として重要な硫黄成分、硝酸成分及びアンモニア成分のそれぞれの湿性沈着量及び乾性沈着量の目安となる大気中の濃度は全国平均より低く推移していた。また、これら 3 成分の大気中濃度の経年変動に有意な減少傾向が確認され、最も減少が大きかった硫黄成分 (粒子状及びガス状成分の総計) の濃度は 7 年間で約 35% 減少していた。

キーワード：酸性雨、酸性沈着、乾性沈着、フィルターパック法、長野市

### 1. はじめに

酸性沈着に関する全国的な調査としては、全国環境研協議会 (以下、全環研と略す) が 1991 年度から実施している酸性雨全国調査がある<sup>1)</sup>。この調査には当所も参加しており、2009 年度からは第 5 次酸性雨全国調査を 4 カ年計画で実施している。本報では、第 4 次酸性雨全国調査が開始された 2003 年度～2009 年度 (7 年間) にかけて当所が行った長野市における酸性沈着 (湿性沈着及び乾性沈着) 調査について報告する。

### 2. 調査方法

#### 2.1 湿性沈着

湿性沈着量は降水 (雪) 時に蓋が自動で開放する降水時開放型捕集装置を用いて、環境保全研究所屋上 (長野市安茂里) で 1 週間毎に採取した降水 (雪) を試料とした。また、イオン成分の測定は湿性沈着モニタリング手引書 (第 2 版平成 13 年 3 月)<sup>2)</sup> に準拠し、イオンクロマトグラフ法により行った。なお、使用機器及び調査項目は以下のとおりである。

降水時開放型捕集装置：光進電気工業株式会社 DRS-150W、捕集面積 176.7cm<sup>2</sup>、試料保冷機能なし。

イオンクロマトグラフ：DIONEX DX-120

調査項目：pH、EC (電気伝導率)、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>

#### 2.2 乾性沈着

乾性沈着はフィルターパック法 (以下、FP 法と略す) により、当所大気常時監視局舎屋上で 2 週間毎に捕集し、吸引量はマスフローメータを使用し、毎分 1 L (2 週間で概ね 20m<sup>3</sup>) とした。FP 法は全環研第 4 次酸性雨共同調査実施要領<sup>3)</sup> に準拠し、1 段目のろ紙 (F0) で粒子状物質を、2 段目 (F1)、3 段目 (F2) 及び 4 段目 (F3) のろ紙でガス状物質を捕集する 4 段ろ紙法で行った。分析試料の調製は、F0、F1 及び F3 ろ紙は水 (20ml)、F2 ろ紙は 0.5% 過酸化水素水 (20ml) により、それぞれ 20 分間の振とう後、口径 0.45 μm メンブランフィルターでろ過した。使用したろ紙 (φ 47mm) と測定成分は以下のとおりである。また、イオン成分の測定はイオンクロマトグラフ法により行った。

F0：テフロン (PTFE) ろ紙 (口径 0.8 μm, ADVANTEC 社製 T080A047A)、測定成分 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>

F1：ポリアミドろ紙 (口径 0.45 μm, PALL 社製 ULTIPOR N66)、測定成分 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

F2：K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 含浸セルロースろ紙 (ADVANTEC 社製 No.51A)、測定成分 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>

F3：H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 含浸セルロースろ紙 (ADVANTEC 社製 No.51A)、測定成分 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

なお、乾性沈着は全環研においてインフレーション法により推計を行っているが<sup>4)、5)</sup>、沈着表面の区分 (市街地、森林、農地、水面、雪面等) 及び粒子状物質に関しては粒子口径により、それぞれの

1 長野県環境保全研究所 食品・生活衛生部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978

2 長野県環境保全研究所 循環型社会部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978

沈着量が異なることから、今回は推計を行わずに粒子及びガス状成分の大気中の濃度についてのみ解析した。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 湿性沈着

##### 3.1.1 pH, EC 及びイオン成分濃度

降水の湿性イオン成分等の年平均濃度（年間の加重平均濃度）を表1に示す。なお、表中の nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 及び nss-Ca<sup>2+</sup> の nss は非海塩性(non sea salt)を表し、降水中の Na<sup>+</sup> が全て海塩由来として、海塩組成に対応する SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 及び Ca<sup>2+</sup> を除いたものである。

pH は年平均値が 4.52 ~ 4.79, 7 年間の平均値は 4.66 であった。

EC は年平均値が 1.17 ~ 1.94 mS/m, 7 年間の平均値は 1.55 mS/m であった。

降水の酸性化の原因となる nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 及び土壌の酸性化に影響すると考えられる NH<sub>4</sub><sup>+</sup> は, 7 年間の平均濃度がそれぞれ 13.7, 17.9 及び 18.8 μmol/L であった。

Na<sup>+</sup> 及び Cl<sup>-</sup> は 7 年間の平均濃度がそれぞれ 7.3, 13.7 μmol/L であった。

##### 3.1.2 イオン成分の沈着量

イオン成分の年間沈着量及び降水量を表2に示す。年間降水量に大きな増減はなく, 7 年間の平均値は 956 mm で, 内陸気候の特徴から降水量は少なかった。

H<sup>+</sup> の年間沈着量は 2004 年度に最大値を示した

表1 湿性イオン成分等の年加重平均濃度 (2003-2009年度)

年度	pH	EC											
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>
(mS/m)			(μmol/L)										
2003	4.63	1.63	14.3	13.5	20.1	23.7	23.2	14.0	1.1	3.5	3.2	2.0	23.4
2004	4.54	1.67	13.2	12.9	15.1	14.5	15.8	5.0	0.7	2.5	2.4	0.8	28.9
2005	4.52	1.94	19.5	19.1	21.9	12.8	24.0	6.6	1.0	5.6	5.5	1.2	29.9
2006	4.79	1.17	11.0	10.7	14.5	9.0	14.7	4.6	0.7	5.2	5.1	0.9	16.0
2007	4.65	1.75	16.9	16.4	22.8	15.1	24.7	9.2	1.5	6.3	6.1	1.7	22.3
2008	4.69	1.50	13.7	13.4	18.0	9.9	17.5	5.8	1.2	5.3	5.2	1.0	20.3
2009	4.78	1.18	10.5	10.2	12.7	10.9	11.7	5.7	0.7	5.3	5.2	1.4	16.6
最小値	4.52	1.17	10.5	10.2	12.7	9.0	11.7	4.6	0.7	2.5	2.4	0.8	16.0
最大値	4.79	1.94	19.5	19.1	22.8	23.7	24.7	14.0	1.5	6.3	6.1	2.0	29.9
平均値	4.66	1.55	14.2	13.7	17.9	13.7	18.8	7.3	1.0	4.8	4.7	1.3	22.5

表2 湿性イオン成分等の年間沈着量 (2003-2009年度)

年度	捕集量	降水量									
			nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>
(ml)		(mm)	(mmol/m <sup>2</sup> /year)								
2003	15210	861	11.6	17.3	20.4	19.9	12.1	0.9	2.8	1.7	20.2
2004	21651	1160	14.9	17.5	16.8	18.3	5.8	0.8	2.8	0.9	33.5
2005	15674	887	17.0	19.4	11.4	21.3	5.8	0.9	4.9	1.1	26.5
2006	18881	1069	11.5	15.5	9.6	15.7	4.9	0.8	5.4	1.0	17.1
2007	15045	851	13.9	19.4	12.8	21.0	7.9	1.3	5.2	1.5	19.0
2008	15465	875	11.7	15.8	8.7	15.3	5.1	1.1	4.5	0.9	17.8
2009	17451	988	10.0	12.5	10.8	11.6	5.7	0.6	5.1	1.3	16.4
最小値	15045	851	10.0	12.5	8.7	11.6	4.9	0.6	2.8	0.9	16.4
最大値	21651	1160	17.0	19.4	20.4	21.3	12.1	1.3	5.4	1.7	33.5
平均値	17054	956	12.9	16.8	12.9	17.6	6.7	0.9	4.4	1.2	21.5

が、7年間の平均値は 21.5 mmol/m<sup>2</sup>/year であった。

nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 及び NH<sub>4</sub><sup>+</sup> の年間沈着量は 7年間の平均値で 12.9 mmol/m<sup>2</sup>/year, 16.8 mmol/m<sup>2</sup>/year 及び 17.6 mmol/m<sup>2</sup>/year であった。

なお、全環研調査<sup>6)~12)</sup>において長野市はイオン成分の年間沈着量及び年間降水量が少なく、また、内陸部に位置することから海塩の影響による Na<sup>+</sup> 及び Cl<sup>-</sup> の沈着量が少ない地点となっている。

(1) 季節変動

イオン成分の月間沈着量及び月間降水量の季節変動を図1に示す。

降水量は平均値が 49 ~ 130 mm/month で、7月 ~ 10月が多く、12月 ~ 4月は少なかった。

H<sup>+</sup> は平均値が 0.9 ~ 3.2 mmol/m<sup>2</sup>/month で、季節変動は降水量と類似しており、6月 ~ 10月に多く、11月 ~ 4月は少なかった。

nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 及び NH<sub>4</sub><sup>+</sup> は平均値が、それぞれ 0.6 ~ 1.8 mmol/m<sup>2</sup>/month, 0.9 ~ 2.1 mmol/m<sup>2</sup>/month 及び 0.8 ~ 2.7 mmol/m<sup>2</sup>/month で、何れも 4月 ~ 8月が多かった。また、9月と10月は降水量が多い月であるが、これらの成分の沈着量は少なかった。

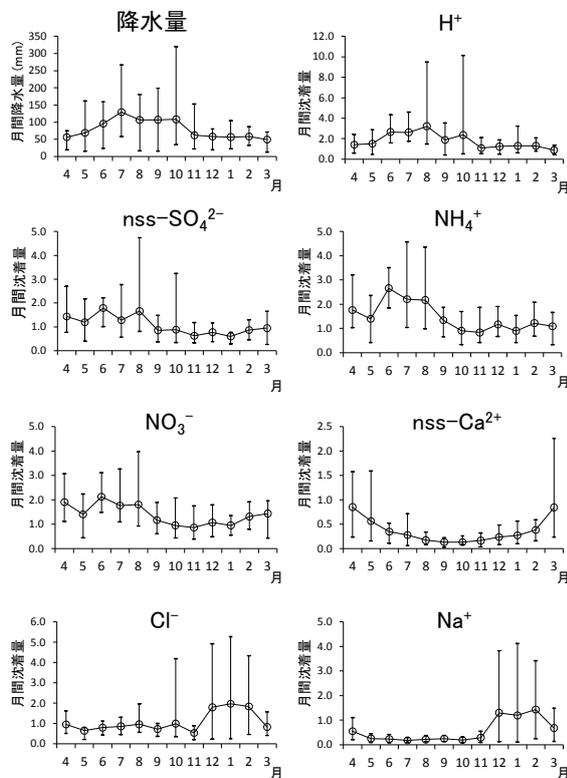


図1 降水量及びイオン成分沈着量の季節変動  
 ・2003年度から2009年度における月間量の最大値、最小値、平均値(○)を示す。  
 ・月間沈着量の単位は mmol/m<sup>2</sup>/month.

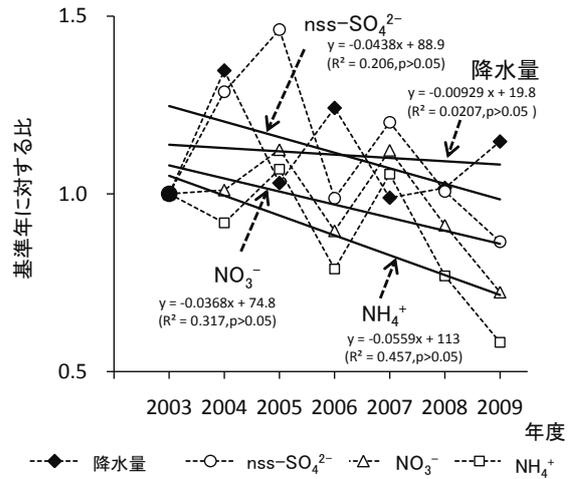


図2 降水量及びイオン成分沈着量の経年変動  
 ・2003年度を1(基準年)として算出。

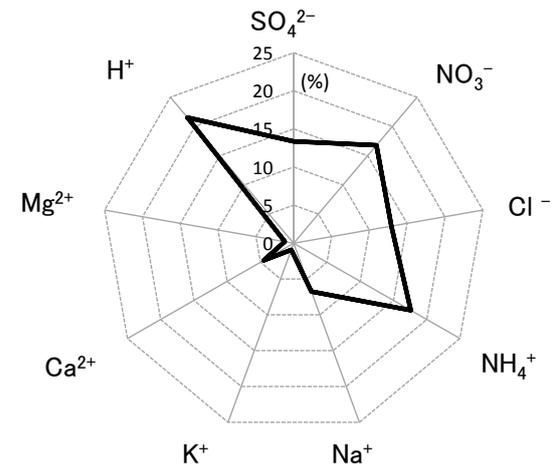


図3 湿性沈着におけるイオン成分割合  
 ・2003年度から2009年度(7年間)の年平均沈着量(mol/m<sup>2</sup>/year)から算出。

Cl<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>、nss-Ca<sup>2+</sup> 及び Mg<sup>2+</sup> は降水量が少ない冬期に増加した。また、Mg<sup>2+</sup> 及び K<sup>+</sup> は季節を通じて少なく、最大値でも 0.5 mmol/m<sup>2</sup>/month に満たなかった。

(2) 経年変動

nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 及び降水量について、2003年度を基準年として、それぞれの年間沈着量及び年間降水量の経年変動を比較した(図2)。

nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 及び NH<sub>4</sub><sup>+</sup> は 2004年度を除き年間降水量の増減に反して推移した。また、経年変動を近似式の傾きで比較すると、全てマイナス(減少)傾向であり、降水量の傾きに対して nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 及び NH<sub>4</sub><sup>+</sup> の傾きが大きかったが、有意な減少傾向は認められなかった (p>0.05)。

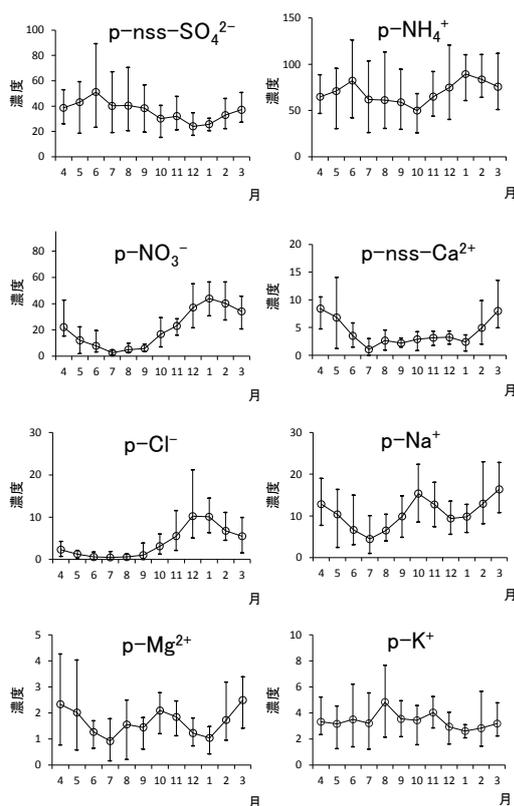


図4 粒子状成分の季節変動

- 2003年度から2009年度における月平均濃度の最大値, 最小値, 平均値 (○) を示す.
- 濃度の単位は  $\text{nmol}/\text{m}^3$ .

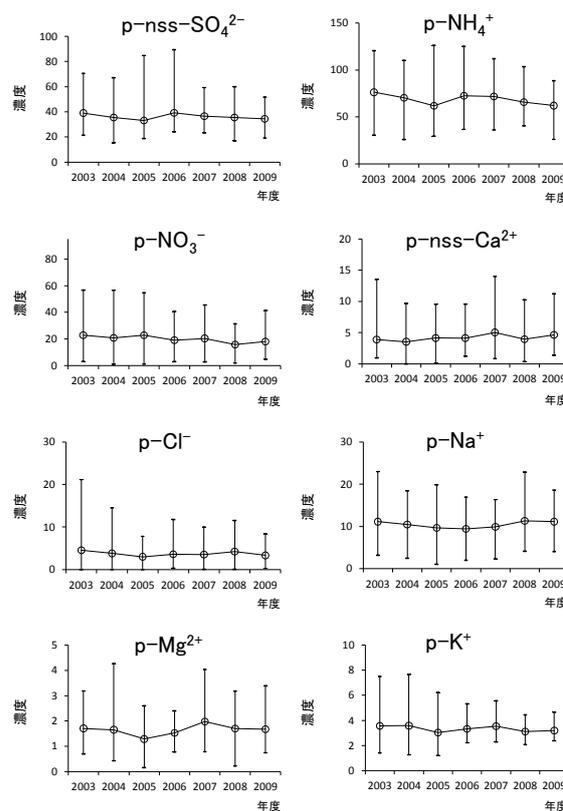


図5 粒子状成分の経年変動 (2003 - 2009年度)

- 各年度における月平均濃度の最大値, 最小値, 平均値 (○) を示す.
- 濃度の単位は  $\text{nmol}/\text{m}^3$

### (3) イオン成分の沈着割合

各イオン成分の沈着割合をモル量 (7年間の年間平均沈着量) で比較すると,  $\text{H}^+$  の割合が最も多く全体の 21.5%, 次いで  $\text{NH}_4^+$  が 17.6%,  $\text{NO}_3^-$  が 16.8%,  $\text{SO}_4^{2-}$  が 13.4%,  $\text{Cl}^-$  が 12.9% で, これらの成分で湿性沈着量の約 86% を占めた.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  の沈着割合は少なかった (図3).

## 3.2 乾性沈着

### 3.2.1 粒子状成分

主な粒子状 (以下, particle : p- と略す) 成分の大気中濃度の季節変動を図4に, また, 経年変動を図5に示す.

季節変動を比較すると, p-nss- $\text{SO}_4^{2-}$  は3月~9月, p- $\text{NO}_3^-$  及び p- $\text{Cl}^-$  は12月~3月に高かった. また, p- $\text{NH}_4^+$  は6月と1月に高かった. p-nss- $\text{Ca}^{2+}$ , p- $\text{Na}^+$  及び p- $\text{Mg}^{2+}$  の季節変動は類似しており, p- $\text{NH}_4^+$  とは逆の季節変動がみられた. なお, p- $\text{K}^+$  は季節変動が小さかった.

経年変動は p- $\text{NH}_4^+$  が最も高濃度で推移したが,

全環研調査における全国平均<sup>13)</sup>より低かった. また, 他の成分も全国平均より低濃度で推移しており, 特に, p- $\text{Na}^+$  及び p- $\text{Cl}^-$  は全国平均のそれぞれ約 1/5 及び約 1/8 の濃度であり, 粒子状成分においても湿性沈着と同様に海塩の影響が少なかった.

### 3.2.2 ガス状成分

主なガス状 (以下, gas : g- と略す) 成分の大気中濃度の季節変動を図6に, また, 経年変動を図7に示す.

季節変動を比較すると, g- $\text{SO}_2$  は12月~3月に高く, g- $\text{HNO}_3$  及び g- $\text{NH}_3$  はそれぞれ p- $\text{NO}_3^-$  及び p- $\text{NH}_4^+$  の季節変動と相反し, g- $\text{HNO}_3$  は4月~9月に, g- $\text{NH}_3$  は7月~9月に高かった.

g-HCl は季節変動が小さかった.

経年変動は g- $\text{SO}_2$  が2006年度に2005年度から約 43% 減少したが, 他の成分は変動が小さかった.

なお, g- $\text{HNO}_3$  は全国平均と概ね同じ濃度であるが, 他の成分は低濃度で推移しており, 特に g-HCl は全国平均の約 1/2 であった.

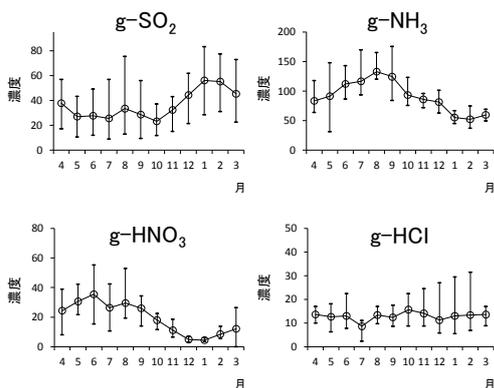


図6 ガス状成分の季節変動

- 2003年度から2009年度における月平均濃度の最大値, 最小値, 平均値 (○) を示す。
- 濃度の単位は  $\text{nmol}/\text{m}^3$ 。

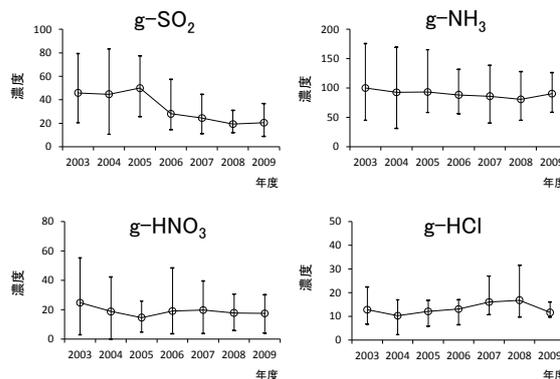


図7 ガス状成分の経年変動 (2003 - 2009年度)

- 各年度における月平均濃度の最大値, 最小値, 平均値 (○) を示す。
- 濃度の単位は  $\text{nmol}/\text{m}^3$ 。

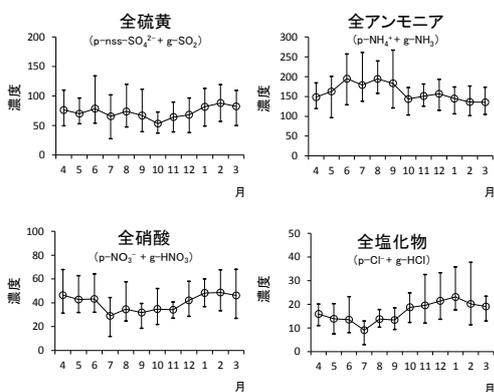


図8 粒子状及びガス状成分総計の季節変動

- 2003年度から2009年度における粒子状及びガス状成分総計の月平均濃度の最大値, 最小値, 平均値 (○) を示す。
- 濃度の単位は  $\text{nmol}/\text{m}^3$ 。

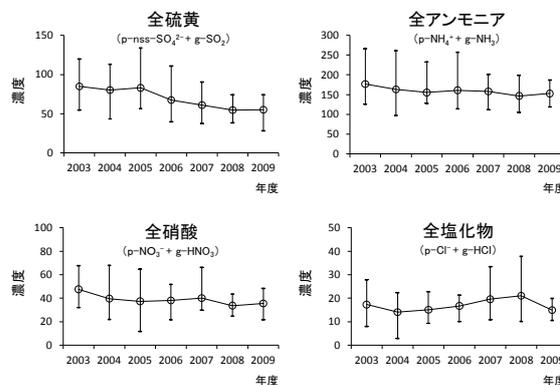


図9 粒子状及びガス状成分総計の経年変動 (2003年度～2009年度)

- 各年度における粒子状及びガス状成分総計の月平均濃度の最大値, 最小値, 平均値 (○) を示す。
- 濃度の単位は  $\text{nmol}/\text{m}^3$ 。

### 3.2.3 粒子状及びガス状成分の総計

乾性沈着で測定したそれぞれの成分は大気中やFP法によるサンプリング中で様々な物理的または化学的反応によりガス状から粒子状へ, またはその逆の粒子状からガス状への反応が生じることが知られている<sup>14)</sup>。そのため, 粒子状成分 ( $\text{p-nss-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{p-NO}_3^-$ ,  $\text{p-NH}_4^+$ ,  $\text{p-Cl}^-$ ) とガス状成分 ( $\text{g-SO}_2$ ,  $\text{g-HNO}_3$ ,  $\text{g-NH}_3$ ,  $\text{g-HCl}$ ) については, それぞれ乾性-全硫黄成分 ( $\text{p-nss-SO}_4^{2-}$  及び  $\text{g-SO}_2$ ), 乾性-全硝酸成分 ( $\text{p-NO}_3^-$  及び  $\text{g-HNO}_3$ ), 乾性-全アンモニア成分 ( $\text{p-NH}_4^+$  及び  $\text{g-NH}_3$ ) 及び乾性-全塩化物成分 ( $\text{p-Cl}^-$  及び  $\text{g-HCl}$ ) として粒子状成分とガス状成分の総計を算出した。

#### (1) 季節変動

粒子状及びガス状成分総計の大気中濃度の季節変動を図8に示す。

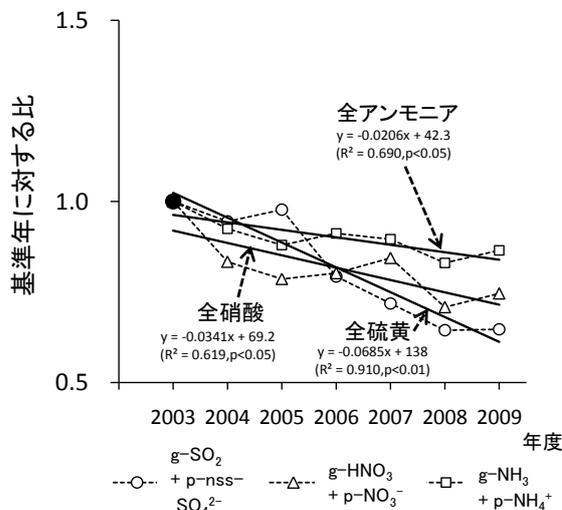


図10 粒子状及びガス状成分総計の大気中濃度の経年変動 (2003 - 2009年度)

- 2003年度を1 (基準年) として算出。

乾性 - 全硫黄成分は  $p\text{-nss-SO}_4^{2-}$  が増加する 6 月と  $g\text{-SO}_2$  が増加する 2 月に高く、乾性 - 全硝酸成分は  $p\text{-HNO}_3$  が増加する 1 月～2 月に高かった。乾性 - 全アンモニア成分は  $g\text{-NH}_3$  が増加する 6 月～9 月に高く、乾性 - 全塩化物成分は  $p\text{-Cl}$  が増加する 12 月～3 月に高かった。

#### (2) 経年変動

粒子状及びガス状成分総計の大気中濃度の経年変動を図 9 に、また、乾性 - 全硝酸成分、乾性 - 全硫黄成分及び乾性 - 全アンモニア成分については 2003 年度を基準年として、それぞれの大気中の濃度の経年変動を図 10 に示す。

乾性 - 全硝酸成分、乾性 - 全硫黄成分及び乾性 - 全アンモニア成分は何れも有意な減少傾向を示し（乾性 - 全硝酸成分及び乾性 - 全アンモニア成分  $p<0.05$ 、乾性 - 全硫黄成分  $p<0.01$ ）、最も減少が大きかった乾性全硫黄成分の濃度は 2003 年度から 2009 年度で約 35% 低下していた。

#### (3) 主要成分の大気中における濃度比

乾性 - 全硫黄成分、乾性 - 全硝酸成分、乾性 - 全アンモニア成分及び乾性 - 塩化物成分の 7 年間の平均濃度は、それぞれ 69.5、38.9、159.0 及び 17.0  $\text{nmol}/\text{m}^3$  で、乾性 - 全硫黄成分の濃度を 1 とした場合の比率は、1 : 0.6 : 2.3 : 0.2 であり、乾性 - 全アンモニア成分が最も大きなウェイトを占めた。また、全環研調査における全国平均濃度<sup>9)</sup>から同様にして求めた比率（1 : 0.5 : 2.3 : 0.6）とも乾性 - 塩化物成分を除き概ね一致した。

## 4. まとめ

長野市における 2003 年度～2009 年度（7 年間）の酸性沈着調査で得られた結果は以下のとおりである。

### 4.1 湿性沈着（降水及び雪）

- ・ pH は年度平均が 4.52 ～ 4.79 で、7 年間の平均値は 4.66 であった。
- ・  $\text{Na}^+$  及び  $\text{Cl}^-$  の濃度は低く、長野市は内陸部に位置することから海塩の影響が少なかった。
- ・ イオン成分の沈着割合はモル量で比較すると  $\text{H}^+$  が最も多く全体の 21.5%、次いで  $\text{NH}_4^+$  が 17.6%、 $\text{NO}_3^-$  が 16.8%、 $\text{SO}_4^{2-}$  が 13.4%、 $\text{Cl}^-$  が 12.9% であり、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  の沈着割合は少なかった。
- ・  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  及び  $\text{NH}_4^+$  の年間沈着量は 7 年間の平均値で 12.9、16.8 及び 17.6  $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$  で

あった。経年変動は年間降水量の増減に反して推移し、有意な増減傾向は認められなかった。

### 4.2 乾性沈着（大気中の濃度）

- ・  $p\text{-Na}^+$  及び  $p\text{-Cl}$  は低濃度であり、湿性沈着と同様に海塩の影響が少なかった。
- ・ 乾性 - 全硫黄成分、乾性 - 全硝酸成分、乾性 - 全アンモニア成分及び乾性 - 塩化物成分の大気中の濃度は 7 年間の平均値で 69.5、38.9、159.0 及び 17.0  $\text{nmol}/\text{m}^3$  であり、乾性 - 全アンモニア成分が大きなウェイトを占めた。また、何れも全環研調査における全国平均値より低濃度であった。
- ・ 乾性 - 全硫黄成分、乾性 - 全硝酸成分及び乾性 - 全アンモニア成分は経年変動において何れも有意な減少傾向を示し、最も減少が大きかった乾性 - 全硫黄成分の濃度は 2003 年度から 2009 年度で約 35% 減少していた。

## 文 献

- 1) 全国環境研協議会（1994）平成 4 年度酸性雨全国調査結果報告書、全国公害研会誌、19、2 : 58-122、他
- 2) 環境省水・大気環境局（2001）湿性沈着モニタリング手引き書（第 2 版）
- 3) 全国環境研協議会（2005）第 4 次酸性雨全国調査報告書（平成 15 年度）、全国環境研会誌、30 : 2-79
- 4) 全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会（2009）乾性沈着量推計ファイル Ver.3-5
- 5) 野口泉・松田和秀（2006）乾性沈着量推計ファイルの開発と沈着速度の分布図作成、第 21 回全国環境研交流シンポジウム要旨集 : 82-87
- 6) 全国環境研協議会（2005）第 4 次酸性雨全国調査報告書（平成 15 年度）、全国環境研会誌、30 : 58-93
- 7) 全国環境研協議会（2006）第 4 次酸性雨全国調査報告書（平成 16 年度）、全国環境研会誌、31 : 118-149
- 8) 全国環境研協議会（2007）第 4 次酸性雨全国調査報告書（平成 17 年度）、全国環境研会誌、32 : 78-107
- 9) 全国環境研協議会（2008）第 4 次酸性雨全国調査報告書（平成 18 年度）、全国環境研会誌、33 : 126-144
- 10) 全国環境研協議会（2009）第 4 次酸性雨全国

- 調査報告書 (平成 19 年度), 全国環境研会誌, 36 : 106-126  
34 : 193-210
- 11) 全国環境研協議会 (2010) 第 4 次酸性雨全国  
調査報告書 (平成 20 年度), 全国環境研会誌,  
35 : 88-105
- 12) 全国環境研協議会 (2011) 第 4 次酸性雨全国  
調査報告書 (平成 21 年度), 全国環境研会誌,  
36 : 106-126
- 13) 全国環境研協議会 (2012) 第 5 次酸性雨全国  
調査報告書 (平成 22 年度), 全国環境研会誌,  
37 : 141
- 14) 全国環境研協議会 (2008) 第 4 次酸性雨全国  
調査報告書 (平成 18 年度), 全国環境研会誌,  
33 : 146

### Acid deposition survey at Nagano City (2003-2009)

Tsutomu HARADA<sup>1</sup>, Tomohiro IKEDA<sup>2</sup> and Yuji ISHIHARA<sup>2</sup>

1 Nagano Environmental Conservation Research Institute,  
Food and Pharmaceutical Sciences Division,  
1978 Komemura Amori, Nagano 380-0944, Japan

2 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Recycling Society Division,  
1978 Komemura Amori, Nagano 380-0944, Japan