

# 九州・沖縄・山口地方酸性雨共同調査研究（第Ⅲ期）について

中村 雅和 岩切 淳 福地 哲郎 眞崎 浩成 濱村 研吾<sup>1)</sup> 森下 敏朗<sup>2)</sup>  
[九州衛生環境技術協議会大気分科会, 山口県環境保健センター]

## Study of acid rain in Kyushu region and Okinawa prefecture and Yamaguchi prefecture

Masakazu NAKAMURA, Jun IWAKIRI, Tetsuroh FUKUCHI,  
Hiroaki MASAKI, Kengo HAMAMURA and Toshiroh MORISHITA

### 要 旨

九州・沖縄・山口地方で実施された湿性沈着調査（平成 14～23 年度）及び乾性沈着調査（平成 15～23 年度）のデータを用いて解析を行った。湿性沈着の  $nss-SO_4^{2-}$  において九州北部、九州西部及び九州中部で年平均変化率の差（沈着量－降水量）は平成 14～18 年度に増加し、平成 19～23 年度に減少しており、中国における  $SO_2$  排出量の変動の影響を受けていることが考えられた。九州南部では平成 19～23 年度に年平均変化率の差が増加しており、最近活動がやや活発な状態になっている桜島の影響を受けていると考えられた。また、湿性沈着の  $NO_3^-$  沈着量は九州北部で増加傾向にあり、特に冬季の増加が大きいことから、九州北部では  $NO_3^-$  においても大陸からの越境汚染の影響を受けている可能性が考えられた。

キーワード：酸性雨，湿性沈着，乾性沈着，越境汚染，

### はじめに

東アジア地域では近年の経済成長に伴って大気汚染物質の排出量が増加しており<sup>1)</sup>、我が国への越境汚染の影響が懸念されている。特に九州・沖縄・山口地方（以下「本地方」という。）は越境汚染の影響を受けやすい地域であると考えられることから<sup>2)</sup>、九州地方知事会の政策連合項目として「酸性雨観測体制の整備の連携」が選定された。この取組みの一環として、九州衛生環境技術協議会大気分科会と山口県環境保健センターで酸性雨の共同研究を行い、当所がそのとりまとめを行っている。前報<sup>3)</sup>で平成 14～21 年度の解析結果について報告したが、今回平成 22～23 年度のデータを追加して解析を行ったのでその結果について報告する。

### 調査方法

#### 1 地域区分

湿性沈着の降水量、 $nss$  (non sea salt)- $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 、 $NH_4^+$ 及び  $nss-Ca^{2+}$ 濃度についてクラスター分析を行い、本地方の測定地点を、「九州北部」（山口、曲淵、太宰府、佐賀）、「九州西部」（長崎、諫早、熊本、宇土）、「九州中部」（阿蘇、大分久住）、「九州南部」（人吉、宮崎、鹿児島）及び「沖縄」（大里）の 5 つの地域に分類した。

#### 2 湿性沈着

降水時開放型捕集装置を用いて原則 1 週間単位で採取した試料について、降水量、pH、電気伝導度及びイオン成分濃度を測定した。

#### 3 乾性沈着

フィルターパック（4 段ろ紙）法により原則 1 週間単位で採取した試料について、イオン成分濃度を測定した。

### 調査結果及び考察

#### 1 湿性沈着

本地方の pH は 4.62～4.77 の範囲にあり、平

環境科学部 <sup>1)</sup> 福岡県保健環境研究所 <sup>2)</sup> 現 食品開発センター

成 17 年度までは全国平均値<sup>4)</sup>より高かったが、平成 18 年度以降は全国平均値と同程度若しくはやや低い値で推移した(図 1)。季節変化は冬季に pH が低くなる傾向があった(図 2)。

本地方の  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  は冬季に濃度が上昇する傾向があり、本地方の北西部に位置するほどその傾向が大きかった(図 3)。また、九州北部では冬季の降水量が最も少ないにも関わらず、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$  沈着量は最も多い傾向があった(図 3)。これらの傾向は  $\text{NO}_3^-$  などの他の成分でも確認されており(図 4)、冬季における気流の特徴等を考慮すると本地方が大陸からの越境汚染の影響を受けているためであると考えられた。

本地方の  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  沈着量の経年変化は平成 18 年度にピークを示し、その後減少した地域が多くみられた(図 5)。しかしながら、 $\text{沈着量} = \text{降水量} \times \text{濃度}$  で算出されるので沈着量の変動に

は降水量の変動も考慮する必要がある。そこで、 $\text{年平均変化率}(\%/年) = \text{期間中の回帰直線の傾き} \div \text{平均値} \times 100$  を求め、降水量の変動の影響を除くためにその差 =  $(\text{沈着量の年平均変化率} - \text{降水量の年平均変化率})$  で経年変化を検討した<sup>5)</sup>。本地方では九州北部、九州西部及び九州中部において平成 14~18 年度に年平均変化率の差が増加し、平成 19~23 年度で減少した(表 1)。中国における  $\text{SO}_2$  排出量は 2000 (平成 12) 年以降増加傾向にあったが、2006 (平成 18) 年あたりをピークにその後減少傾向になった<sup>6,7)</sup> と報告されており、中国における  $\text{SO}_2$  排出量の変動が本地方の  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  の挙動に影響を与えていると考えられた。また、九州南部では年平均変化率の差が近年も増加しており(表 1)、活動が活発な状態になっている<sup>8)</sup> と考えられる桜島からの火山の影響によるものと考えられた。

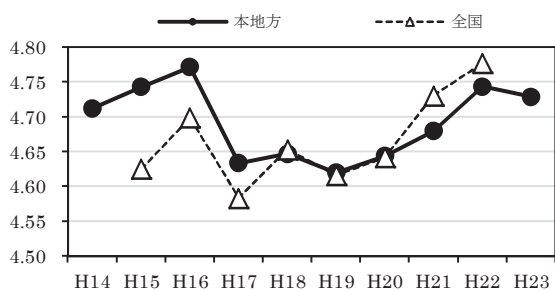


図 1 pH の経年変化

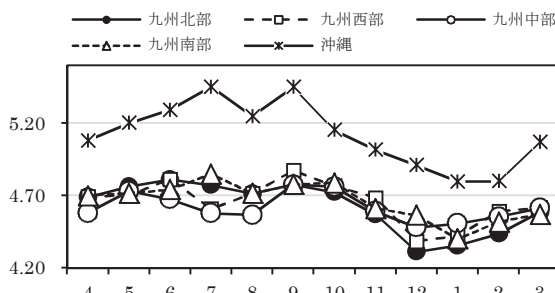


図 2 pH の経月変化

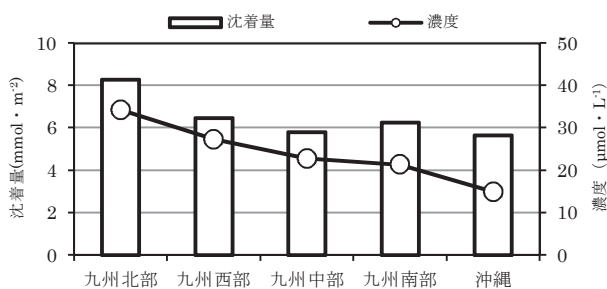


図 3 冬季における  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  濃度及び沈着量

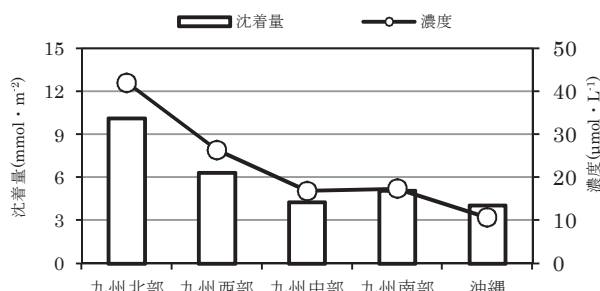


図 4 冬季における  $\text{NO}_3^-$  濃度及び沈着量

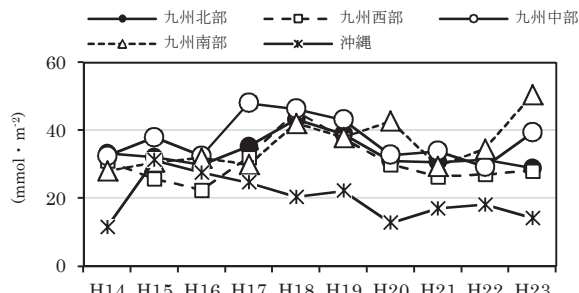


図 5  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  沈着量の経年変化

表 1 年平均変化率の差 ( $\text{nss-SO}_4^{2-}$  沈着量 - 降水量)

年間	H14-18	H19-23
本地方	6.6	-9.0
九州北部	3.7	-13.0
九州西部	5.7	-16.6
九州中部	6.2	-5.8
九州南部	5.4	2.6
沖縄	-1.2	-3.8

本地方の  $\text{NO}_3^-$  沈着量の経年変化は九州北部でわずかに増加傾向にあった（図 6）。 $\text{NO}_3^-$  沈着量の年平均変化率の差は、沖縄以外の地域で大陸の影響を受けやすいと考えられる春季と冬季に増加した（表 2）。特に九州北部では冬季の増加が大きく年間でもわずかに増加した。また、九州北部では  $\text{NO}_3^- / \text{nss-SO}_4^{2-}$  の濃度比も他の地域より大きく、経年変化も近年上昇傾向にあった（表 3）。 $\text{NO}_3^-$  は  $\text{NO}_2$  からの変換速度や  $\text{HNO}_3$  の水への溶解性等から地域由来のローカルな影響を受けやすいと言われており、国内の  $\text{NO}_x$  排出量は近年横ばいかわずかに減少傾向にある<sup>9)</sup>と考えられている。しかし、九州北部の  $\text{NO}_3^-$  沈着量はわずかに増加傾向にあることから、九州北部が地理的に大陸に近いから、 $\text{NO}_3^-$  においても大陸からの影響をある程度受けている可能性が考えられた。

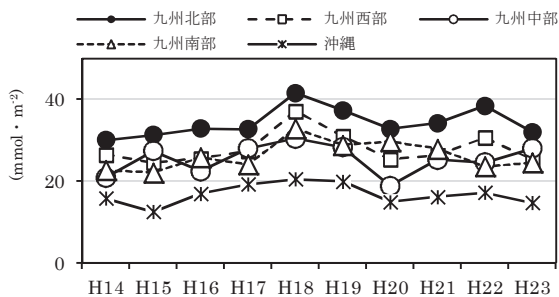


図 6  $\text{NO}_3^-$  沈着量の経年変化

表 2 年平均変化率の差 ( $\text{NO}_3^-$  沈着量 - 降水量)

	本地方	九州北部	九州西部	九州中部	九州南部	沖縄
年間	0.4	0.4	-2.5	0.1	-0.4	-4.5
春季	2.2	2.0	0.4	4.8	1.0	-8.6
夏季	-0.2	-1.8	-3.4	-1.1	0.4	0.8
秋季	-3.4	0.1	-5.9	-3.3	-0.2	-10.6
冬季	1.9	5.1	0.1	0.6	2.0	0.6

表 3  $\text{NO}_3^- / \text{nss-SO}_4^{2-}$  の濃度比の平均及び傾き

	H14-23の平均	H14-23の傾き	H14-18の傾き	H19-23の傾き
本地方	0.87	0.01	0.00	0.01
九州北部	1.03	0.02	0.01	0.05
九州西部	0.93	0.01	-0.02	0.04
九州中部	0.68	0.01	-0.01	0.03
九州南部	0.75	-0.02	0.00	-0.06
沖縄	0.92	0.02	-0.03	0.01

## 2 乾性沈着

太宰府における  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  (p) 及び  $\text{SO}_2$  (g) 濃度の経年変化は平成 19 年度まで上昇傾向を示し、その後低下傾向になっており（図 7）、湿性沈着と同様に中国の  $\text{SO}_2$  排出量変動の影響を受けていると考えられた。鹿児島では平成 16 年度に  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  (p) 及び  $\text{SO}_2$  (g) 濃度が非常に高い値を示した。近年はわずかに濃度が上昇傾向にあり、桜島の火山の影響を受けている可能性が考えられた（図 8）。

太宰府における  $\text{NO}_3^-$  (p) 濃度は平成 21 年度まで、 $\text{HNO}_3$  (g) 濃度は平成 19 年度まで上昇傾向が見られたが、それ以降は低下した（図 9）。乾性沈着における硝酸成分の越境汚染の影響については、気象条件等の影響も含めた更なる検討が必要であると考えられた。

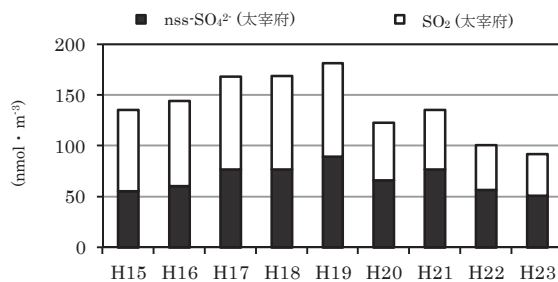


図 7 乾性沈着における硫黄成分の経年変化

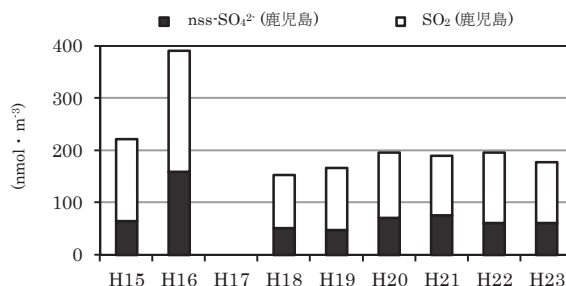


図 8 乾性沈着における硫黄成分の経年変化

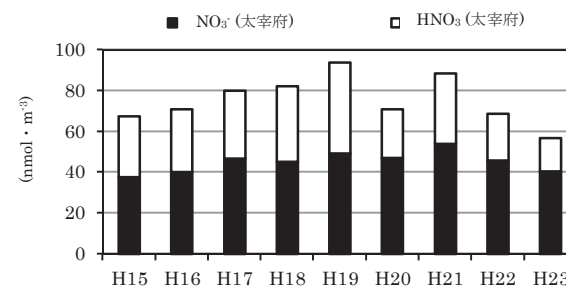


図 9 乾性沈着における硝酸成分の経年変化

## まとめ

以上のことから、本地方が大陸からの越境汚染の影響を受けていると考えられた。また、九州南部では最近活動がやや活発な状況になっていると考えられる桜島からの火山の影響を受けていると考えられた。

本地方における大陸からの越境汚染の影響は今後も当分の間避けられないものと考えられる。これらの影響について検討するためには長期的なモニタリングデータの蓄積が重要であるため、今後もモニタリングを継続してこれらの影響について注視していく必要がある。

## 参考文献

- 1) 大原利真：東アジアにおける広域越境大気汚染モデリングの最新動向,水環境学会誌, 35,6-9, (2012)
- 2) 環境省：酸性雨長期モニタリング報告書(平成 15～19 年度)
- 3) 中村雅和, 岩切淳, 祝園秀樹, 眞崎浩成, 森下敏朗, 濱村研吾：九州・沖縄・山口地方酸性雨共同調査研究(第Ⅲ期)第 1 報について, 宮崎県衛生環境研究所年報,23,97-100, (2011)
- 4) 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 次全国調査結果(平成 22 年度) 全国環境研会誌,37(3),2012
- 5) 全国環境研協議会：酸性雨広域大気汚染調査研究部会 第 4 次全国調査結果(平成 20 年度) 全国環境研会誌,35(3),2010
- 6) Z.Lu *et al.* : Sulfur dioxide emissions in China and sulfur trends in East Asia since 2000,Atmos.Chem.Phys,10-6311-6331, (2010)
- 7) S.Itahashi *et al.* : .Interannual variation in the fine-mode MODIS aerosol optical depth and its relationship to the changes in sulfur dioxide emissions in China between 2000 and 2010, Atmos.Chem.Phys,12-2631-2640,(2012)
- 8) 福岡管区気象台火山監視・情報センター：平成 24 年(2012 年)の桜島の火山活動
- 9) 環境省：平成 23 年度 大気汚染状況について(一般環境大気測定局, 自動車排出ガス測定局の測定結果報告)