

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

中村 雅和 岩切 淳 祝園 秀樹¹⁾ 眞崎 浩成 森下 敏朗 濱村 研吾²⁾
[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, Hideki IWAIZONO,
Hiroaki MASAKI, Toshiroh MORISHITA and Kengo HAMAMURA

Abstract :

Rapid Asian economic development resulted to increase anthropogenic emissions of atmospheric pollutants such as SO₂ and NO_x. Impact by long-range transport of atmospheric pollutants discharged from Asia continent has been great concern in leeward regions, because atmospheric pollutants can be detrimental to human health, agriculture and forest. Kyushu region and Okinawa Prefecture and Yamaguchi Prefecture is considered to be susceptible to long-range transport in particular in our country. Therefore, We have been investigated acid rain (wet deposition and dry deposition) jointly by Institute in Kyushu region and Okinawa Prefecture and Yamaguchi Prefecture. In this study, we report about impact of long-range transport into Kyushu region and Okinawa Prefecture and Yamaguchi Prefecture in acid rain (wet deposition and dry deposition).

Key words: SO₂, NO_x, atmospheric pollutants, long-range transport, acid rain,

はじめに

アジア大陸では、近年の経済成長に伴って大気汚染物質の排出量が急速に増加しており¹⁾、これらの地域から排出された汚染物質の移流による越境汚染の影響が懸念されている。九州地方は特に越境汚染の影響を受けやすい地域であると考えられていることから²⁾、九州地方知事会において、広域的に取り組む必要のある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。この取組みに関連して、平成19年度から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との共同研究として「九州・沖縄・山口地方酸性雨共同調査研究」を実施し、当所がとりまとめ及び解析を行っている。前報³⁾で平成14～20年度の解析結果（第Ⅱ期調査）を報告したが、今回平成21年度の結果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 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濃度を測定した。

2 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、イオン濃度を測定した。

※湿性沈着及び乾性沈着の調査方法の詳細は、第5次酸性雨全国調査報告書（平成21年度）を参照⁴⁾

3 地域区分

降水量及びnss (non sea salt 非海塩性)-SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, nss-Ca²⁺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」、「九州西部」、「九州中部」、「九州南部」及び「沖縄」の5つの地域に分類した。

環境科学部¹⁾ 現 食品開発センター²⁾ 福岡県保健環境研究所

調査結果及び考察

本地方の湿性沈着において、春季と冬季における nss-SO_4^{2-} 沈着量の合計は、Fig.1 のとおり平成 14～18 年度で増加傾向にあり、平成 19 年度以降は減少傾向に転じた。年間の nss-SO_4^{2-} 沈着量でも平成 14～18 年度で増加し、平成 19 年度以降減少するという傾向が見られ (Fig.1)、春季と冬季における nss-SO_4^{2-} 沈着量の合計と同様の傾向が認められた。また、太宰府の乾性沈着において、全硫酸濃度 (nss-SO_4^{2-} (particle) + SO_2 (gas)) は Fig.2 のとおり春季においては平成 19 年度まで、冬季においては平成 18 年度まで上昇傾向にあり、その後大きく低下した。年間の全硫酸濃度も平成 19 年度まで上昇傾向にあり、平成 20 年度以降大きく低下した。

このように、年間の nss-SO_4^{2-} 沈着量と全硫酸濃度の経年変化は、春季及び冬季と同様の傾向を示しており、本地方では経年変化に春季と冬季の影響が大きく寄与していると思われる。春季と冬季は風向等の気象条件から越境汚染の影響を受けやすい季節であることを考慮すると、これらの経年変化の一因として越境汚染の影響が考えられる。中国における SO_2 排出量は 90 年代後半にやや停滞したが、2000 年 (平成 12 年) ごろから再び増加傾向を示し、2006～2007 年 (平成 18～19 年) あたりをピークとしてその後、オリンピックの開催や発電所において脱硫装置が普及したことなどにより排出量が減少傾向に転じたと考えられている^{5,6)}。本地方の湿性沈着における nss-SO_4^{2-} 沈着量及び乾性沈着における全硫酸濃度は、平成 18～19 年度をピークにその後減少しており、中国における SO_2 排出量の変動とおおむね連動した傾向を示しており、本地方が中国からの越境汚染の影響を受けているものと考えられた。しかし、本地方には最近活動が活発な状態になっている桜島などの火山も存在するため、これらの影響についても考慮する必要がある。

本地方の湿性沈着において、春季と冬季における NO_3^- 沈着量の合計は、Fig.3 のとおり平成 14～18 年度で増加傾向を示し、その後いったんは減少したが、平成 21 年度にはわずかながら

再び増加した。年間の NO_3^- 沈着量でも平成 14～18 年度で増加傾向を示し、その後いったん減少して、平成 21 年度に再びわずかに増加しており (Fig.3)、春季と冬季の NO_3^- 沈着量の合計と同様の傾向が認められた。また、太宰府の乾性沈着において、全硝酸 (NO_3^- (particle) + HNO_3 (gas)) 濃度は、Fig.4 のとおり春季においては平成 19 年度まで、冬季においては平成 18 年度まで上昇傾向にあり、その後いったん低下したが、平成 21 年度に再び上昇した。この傾向は年間の全硝酸濃度でも認められた。

NO_3^- は $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$ への変換速度が大きいことや HNO_3 の水への溶解性が大きいことなどから nss-SO_4^{2-} と比べて地域からのローカルな影響を受けやすいと考えられている。しかし、国内の NO_x 濃度は全国的に低下傾向にあるのに対して中国における NO_x 排出量は急速に増加している^{7,8)} と考えられており、本地方が中国と近い位置にあることなどを考慮すると、本地方における NO_3^- 沈着量及び全硝酸濃度の上昇傾向は、大陸からの移流による越境汚染の影響である可能性が考えられた。

本地方の湿性沈着における NO_3^- と nss-SO_4^{2-} の当量濃度比 ($\text{NO}_3^- / \text{nss-SO}_4^{2-}$) は Fig.5 のとおり 0.40～0.49 の範囲にあり、 NO_3^- と比較して nss-SO_4^{2-} の寄与が大きいのが、この濃度比が近年わずかに上昇し、 NO_3^- の寄与が増加している。

また、乾性沈着における太宰府の全硝酸と全硫酸の当量濃度比 (全硝酸/全硫酸) も 0.24～0.33 の範囲にあり、全硫酸の寄与が大きいのが、近年濃度比がわずかに上昇傾向にあり、 NO_3^- の寄与が大きくなっている (Fig.6)。中国における SO_2 排出量は減少傾向に転じているが、 NO_x 排出量は依然として増加傾向にあると考えられるため、今後この濃度比は上昇して NO_3^- の寄与が大きくなっていく可能性が考えられる。

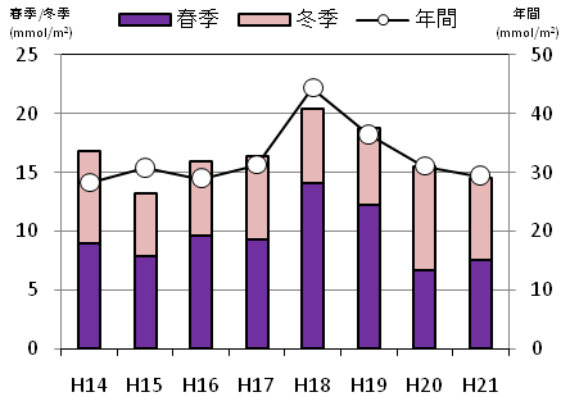


Fig.1 Temporal and annual change of nss-SO₄²⁻ in wet deposition

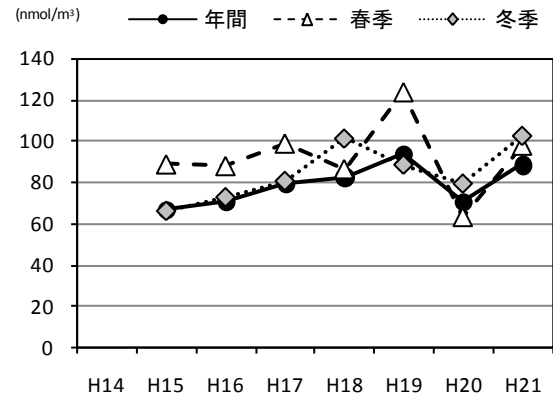


Fig.4 Temporal and annual change of concentration of NO₃⁻ (p) + HNO₃ (g) in dry deposition of Dazaifu

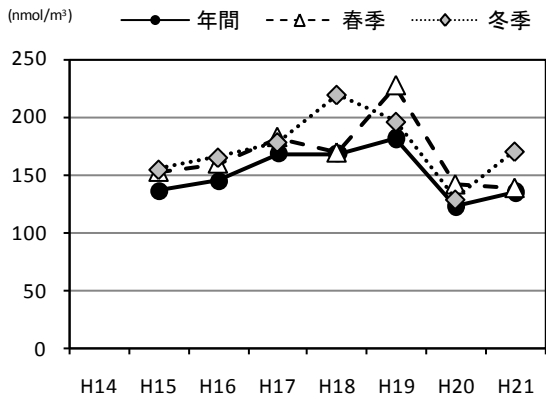


Fig.2 Temporal and annual change of concentration of nss-SO₄²⁻ (p) + SO₂ (g) in dry deposition of Dazaifu

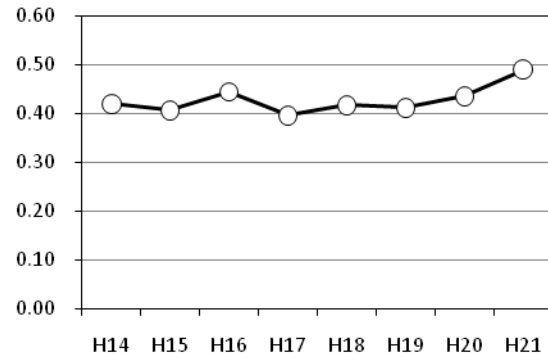


Fig.5 Annual change of NO₃⁻ and nss-SO₄²⁻ ratio in wet deposition

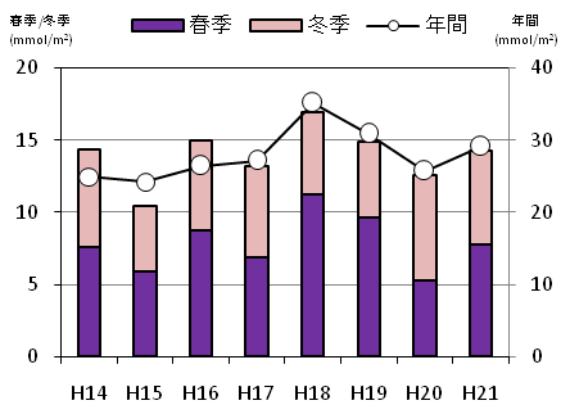


Fig.3 Temporal and annual change of NO₃⁻ in wet deposition

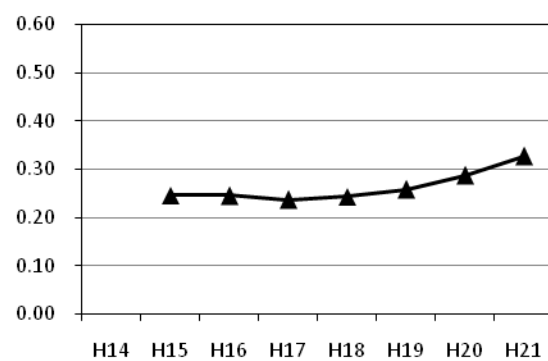


Fig.6 Annual change of nitrate and sulfate ratio in dry deposition of Dazaifu

まとめ

本地方における湿性沈着及び乾性沈着データを解析した結果、 $\text{nss}\cdot\text{SO}_4^{2-}$ 沈着量及び全硫酸濃度の経年変化が中国における SO_2 排出量の変動とおおむね連動した傾向を示しており、 $\text{nss}\cdot\text{SO}_4^{2-}$ において本地方が大陸からの移流による越境汚染の影響を受けていると考えられた。また、国内の NO_x 濃度が低下傾向にあるにも関わらず NO_3^- 沈着量及び全硝酸濃度はおおむね増加傾向にあり、近年 $\text{nss}\cdot\text{SO}_4^{2-}$ に対して NO_3^- の寄与が大きくなっていることなどから、 NO_3^- においても本地方が大陸からの移流による越境汚染の影響を受けている可能性が考えられた。中国をはじめとするアジア地域では、今後も NO_x 排出量が増加していくと予想されている。そのため、本地方への越境汚染の影響に注視しながらモニタリングを継続していくことが重要である。

参考文献

- 1) 大原利眞：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, 森下敏朗, 溝口進一, 友寄喜貴, 濱村研吾：九州・沖縄・山口地方酸性雨共同調査研究(第Ⅱ期)について, 宮崎県衛生環境研究所年報, 22,104-107,(2010)
- 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21年度) 全国環境研会誌,36(3),2011
- 5) Z.Lu *et al.* : Sulfur dioxide emissions in China and sulfur trends in East Asia since 2000,Atmos.Chem.Phys,10-6311-6331, (2010)
- 6) 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)
- 7) 黒川純一, 大原利眞, 鶴野伊津志：アジア域大気汚染物質排出量の最近のトレンド,第52回大気環境学会年会講演要旨集,469, (2011)
- 8) T.Ohara *et al.* : An Asian emission inventory of anthropogenic emission sources for the period 1980-2020, Atmos.Chem.Phys,7-4419-4444,(2007)