

## 1B1700-3

## 全環研酸性雨全国調査・湿性沈着からみた越境大気汚染

○友寄喜貴<sup>1)</sup><sup>1)</sup>沖縄県衛生環境研究所 [全国環境研協議会 酸性雨調査研究部会]

【はじめに】全環研 酸性雨調査研究部会（以下、「酸性雨部会」）では、平成3年度の調査開始以来、これまでに第1次～3次の酸性雨全国調査を行い、平成15年度より第4次酸性雨全国調査を実施している。第3次調査までは3年間の調査を一区切りとして、1年間の取りまとめ・見直し期間を挟みながら調査を実施してきた。第4次調査においても平成15～17年度の3年間の調査が終了したところであるが、東アジア地域において急速な経済発展に伴う大気汚染物質の排出量増大が懸念されることなどを勘案し、平成18年度以降も引き続き調査を継続しているところである。今回、平成15～18年度4年間の酸性雨全国調査における湿性沈着の結果を基に、越境大気汚染の影響を中心に検討した。

【方法】解析対象データは以下のとおりである。

調査地点数：全国57～62地点（調査年度により異なる）

試料採取方法：原則Wet-only, 1週間単位採取

集計：酸性雨部会の定めた月区切りに基づく月単位

完全度 年間80%, 月間60%以上を有効として集計



図1 地域区分

## 【結果と考察】

## 地域区分別の特徴把握

平成15～17年度3ヶ年間の降水量、 $nss-SO_4^{2-}$ および $NO_3^-$ 濃度の月間データに、地理的条件等を併せて考慮し、図1のとおり6つの地域区分に分類した（詳細は文献[1]参照）。

この地域区分に基づき、湿性沈着について解析した結果、地域毎に次のような特徴がみられた。

NJ：降水量が通年少ない。 $nss-SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 、 $NH_4^+$ および $nss-Ca^{2+}$ 濃度が春季に高い。沈着量は年間を通して少ない。

JS：降水量は夏少冬多。 $nss-SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 、 $NH_4^+$ および $H^+$ 濃度が冬季に高い。沈着量は夏少冬多。

EJ：降水量は夏多冬少。 $nss-SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 、 $NH_4^+$ および $H^+$ 濃度が夏季に高い。沈着量は夏多冬少。

CJ：降水量は夏多冬少、全国平均値より少ない側に偏る傾向。イオン成分濃度は夏低冬高、沈着量は夏多冬少。

WJ：降水量は夏多冬少、全国平均値より多い側に分布が偏る傾向。イオン成分濃度は夏低冬高、沈着量は夏多冬少。

なお、平成18年度の冬季の濃度はJSに匹敵。

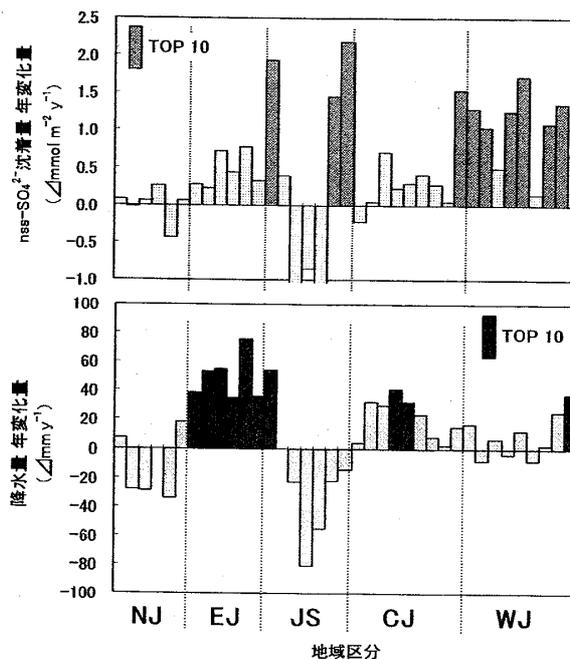
SW：他地域に比較して、降水量は同程度。濃度レベルが通年低く、沈着量は年間を通して少ない。

## 越境大気汚染に関する検討

大陸側からの越境大気汚染の影響を検討するために、北西の季節風が強まる冬季に注目し、解析を行った。

平成15～18年度の冬季（12～2月）において、継続して有効データが得られた地点（ $n=37$ ）における降水量および $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量の地域別経年変化を調べたところ、JSおよびWJにおいて、降水量は増加していないにもかかわらず、 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量が増加傾向にあった（図省略）。 $NO_3^-$ についても、JSおよびWJにおいて同様な増加傾向がみられたが、 $nss-SO_4^{2-}$ ほど明確ではなかった。なお、SWでは継続して有効データとなった地点がなかったため、本解析からは除外している<sup>2)</sup>。

地域・地点別に冬季の $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量および降水量の年変化量（年度[横軸]vs沈着量[縦軸]のプロットにおける近似直線の傾き）を図2に示す。 $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量の年変化量は、上

図2 冬季における $nss-SO_4^{2-}$ 沈着量および降水量の地域・地点別年変化量

位10地点のうち9地点がJSおよびWJに集中していた。残り1地点もWJに近い地点であった。これら10地点中、降水量の年変化量が上位10位以内であったのは1地点のみであった。JSおよびWJでは、降水量は増加していないのにも関わらず、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 沈着量が増加傾向にあった。なお、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 沈着量の年変化量における下位3地点もJSに属していた。これらの地点では、降水量の年変化量が減少傾向にあったことが一因であると考えられる。JSで降水量の年変化量がマイナスとなっている地点が多いのは、平成18年度が記録的な暖冬・少雪傾向にあったためである。一方、EJでは降水量の増加が大きいが、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 沈着量の増加はそれほどでもなかった。

沈着量は濃度と降水量に影響されるため、地点区分別に冬季の $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度および降水量の関係が、平成15年度と18年度において、どのように変化したかを調べた(図3)。JSとWJにおいては、それぞれの地域内で同程度の降水量で比較すると、平成18年度のほうが15年度に比べ、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度が高い側へ偏っている傾向がみられた。よって、平成15年度と18年度で同程度の降水量があったと想定した場合でも、平成18年度の沈着量が増加したことになり、汚染レベルが増加していることが示唆された。その他の地域では、この傾向はみられなかった。

以上の結果から、冬季の風向および大陸に近いJSおよびWJの地理的要因を考慮すると、越境大気汚染の影響が増大している可能性が示唆された。

冬季のJSおよびWJにおいて、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ と相関の高いカチオンを調べたところ、 $\text{NH}_4^+ > \text{H}^+ > \text{nss-Ca}^{2+}$ の順に相関が高かった。特に、 $\text{NH}_4^+$ はすべての地点で有意であり( $p < 0.01$ )、主に $\text{NH}_4^+$ が対イオンとして、越境大気汚染している可能性が示唆された。大気中のアンモニアが降水に取り込まれると酸を中和し、降水の酸性化を緩和することになるが、いったん地表に降り注ぐと、 $\text{NH}_4^+$ は土壌の酸性化や湖沼の富栄養化を進行させる方向に作用する。潜在水素イオン( $\text{H}_{\text{eff}} = \{\text{H}^+\} + 2\{\text{NH}_4^+\}$ )は土壌の酸性化の、全無機態窒素( $\Sigma\text{N} = \{\text{NO}_3^-\} + \{\text{NH}_4^+\}$ )は湖沼の富栄養化の指標として用いられている<sup>2)</sup>。ここで、 $\{\}$ はその中に書かれたイオン種の当量沈着量を示す。冬季のJSおよびWJにおける $\text{H}_{\text{eff}}$ 、 $\Sigma\text{N}$ および $\text{NH}_4^+$ 沈着量の経年変動を図4に示す。両地域とも、 $\text{H}_{\text{eff}}$ および $\Sigma\text{N}$ が増加傾向を示しており、酸性物質のみならず、アンモニアの挙動も考慮に入れた越境大気汚染の影響についても、今後注視していく必要性が示唆された。

以上のように、全環研酸性雨部会の酸性雨全国調査の結果から、近年、越境大気汚染の影響が増大している可能性が示唆された。同調査は、全国の地環研による広域的・継続的モニタリングの上に成り立っている。国内の酸性雨問題がほぼ収束してきたと考えられていた時期も含めて、多地点・同一手法・長期継続的に調査してきた努力がなければ、平成12年の三宅島雄山の突発的噴火の影響<sup>3)</sup>や今回示した越境大気汚染の影響増大の可能性などは把握できなかったであろうと思われる。このような意味でも、同調査の果たす役割は、今後も引き続き重要であると考えられる。今後、乾性沈着と併せた総合的な解析を進めていくことにより、より詳細な知見が得られることが期待される。

【参考文献】[1]全環研酸性雨調査研究部会(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,32,94-96,[2]酸性雨対策検討会(2004),酸性雨対策調査総合取りまとめ報告書,8-93,[3]全環研酸性雨調査研究部会(2003),第3次酸性雨全国調査報告書(平成11~13年度のまとめ),全国環境研会誌,28,175-180,

<sup>2)</sup> 本年会一般発表「辺戸岬における湿性沈着の経年変動(2000~2006年度)」にて、別途報告。ご参考下さい。

【謝辞】本調査に参加頂いた全環研協議会会員機関、並びに全面的な支援及び協力を頂いた、環境省、(独)国立環境研究所、(財)日本環境衛生センター・酸性雨研究センターの方々に、厚く御礼申し上げます。

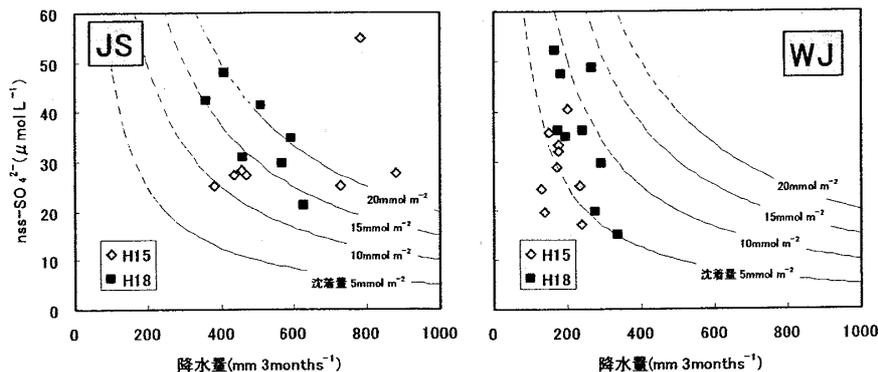


図3 平成15年度および18年度冬季における降水量と $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度の関係

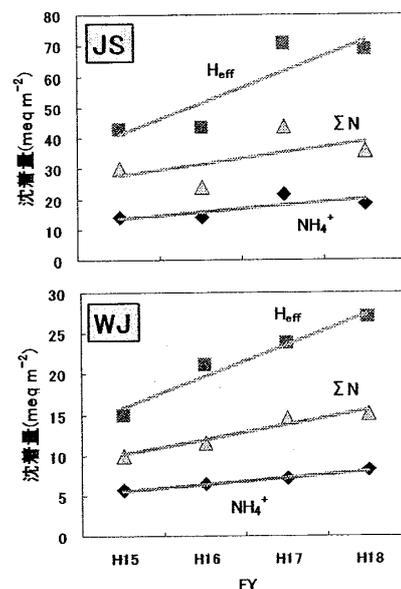


図4 冬季のJSおよびWJにおける $\text{H}_{\text{eff}}$ 、 $\Sigma\text{N}$ および $\text{NH}_4^+$ 沈着量の経年変動