

越境大気が松江市の降水に与える影響

Transboundary air pollution effect on the precipitation in Matsue, Japan

田林 雄^{1*}, 三木健太郎², 山室 真澄², 吉岡勝廣³, 神谷宏⁴, 石飛裕⁴, 楊 宗興⁵, 木庭 啓介⁵

Yu Tabayashi^{1*}, Kentaro Miki², Masumi Yamamuro², Katsuhiko Yoshioka³, Hiroshi Kamiya⁴,
Yu Ishitobi⁴, Muneoki Yoh⁵, Keisuke Koba⁵

¹独立行政法人 産業技術総合研究所, ²東京大学大学院新領域創成科学研究科, ³ラドン環境変動研究室,
⁴島根県保健環境科学研究所, ⁵東京農工大学

¹AIST, ²The University of Tokyo, ³MeteoroRadon Study Room, ⁴Shimane Prefecture, IPHE, ⁵TUAT

背景・目的

人為起源の窒素酸化物の放出量が増加し、その影響は国内に留まらず遠く海外にも大気を通じて運搬される。島根県の東部に位置する斐伊川流域では近年、T-N濃度が増加傾向にある。特に冬季の値が高いことから、流域内で発生する負荷ではなく中国大陸からの越境汚染が主たる原因と考えられる。このような、遠く離れた発生源からの大気汚染物質が河川水質に与える影響を評価するためには、降水にどの程度越境汚染の影響があるか明らかにする必要がある。

本研究では、松江市において、1年間の毎降雨を採取し、気塊の輸送経路を推定できる後方流跡線(BTJ)解析とNO₃-の動態や起源を推定できるNO₃-の窒素・酸素安定同位体比、栄養塩濃度、主要無機イオンの関係を調査・検討することで、松江にもたらされた降雨への越境汚染の影響を検討することを研究の目的とする。NO₃-の窒素・酸素安定同位体比に関して窒素安定同位体比はNO_xに代表される窒素化合物の起源情報を有し、酸素安定同位体比は大気中でのO₃との反応を反映すると考えられる。これら2つの安定同位体比から、降雨中の硝酸イオンがどこからもたらされ、また、どのような反応過程を経てきたのかが詳細にわかると考える。

調査地・実験方法

降水は島根県保健環境科学研究所屋上(地上高:24m)に雨水採取装置を設置して、2007.8.7~2008.8.27までの毎降雨61サンプル採取した。採取した降雨のうち、窒素については全窒素・硝酸態窒素・アンモニア態窒素濃度を測定した。主要無機イオン濃度は、イオンクロマトグラフを用いて定量分析を行った。NO₃-の窒素・酸素の安定同位体比は脱窒菌法(Sigman et al. 2001; Casciotti et al., 2002)を用い、同位体比質量分析計で測定した。BTJ解析はNOAAのHYSPLIT4を用いて行い、その結果と地上天気図を参考に、松江に到達した気塊を7タイプに分けた。

結果・考察

各態窒素濃度、主要無機イオン濃度と風系を主成分分析にかけた結果、NO₃-N、NH₄-N、SO₄-濃度は、冬季に上昇する傾向があり、中国大陸由来の気塊がこれらの濃度の増加に寄与していることが明らかになった。BTJ解析より、夏季は太平洋側から、冬季は大陸からの気塊が到達する機会が多いことが明らかになり、冬季は大陸での化石燃料の大量使用によって排出されたNO_xやSO_xを含んだ気塊が季節風によって輸送されることが確認された。

$\delta^{15}\text{N-NO}_3$ -は-5.4~5.9‰であり、夏季と冬季で比較すると、夏季は平均で-1.7‰、冬季は0.6‰と冬季の方が高い値を示した(p<0.01)。冬季に中国大陸から到来する気塊は自然由来より高い $\delta^{15}\text{N}$ を有する人為起源(燃焼由来)のNO_x濃度が高い。NO_x粒子は松江までの輸送中に降水雲が形成される過程で降水粒子に取り込まれ、雨粒とともに降下した影響が $\delta^{15}\text{N-NO}_3$ -の値に反映されていた。冬季は雷や土壌からの発生(自然由来)よりも高い $\delta^{15}\text{N}$ を有する石炭等の化石

燃料の燃焼（人為起源）に由来するNO_xが中国大陸から輸送され降水中に溶け込み降下した影響が $\delta^{15}\text{N-NO}_3$ -の値に反映されていた。

$\delta^{18}\text{O-NO}_3$ -は58.1~91.7‰の幅を示し、夏季では平均で64.5‰であるのに対し、冬季は79.5‰と $\delta^{15}\text{N-NO}_3$ -と同様に冬季の方が高い値を示した。冬季の方が高い理由として、冬季はNO_xが大気循環の中で高い $\delta^{18}\text{O}$ 値を有するO₃との反応が活発であることが考えられた。また、BTJ解析から、大陸から輸送される降水をもたらす気塊は、太平洋からの気塊に比べて高度が高く、よりO₃と活発に反応したため $\delta^{18}\text{O}$ が高くなった可能性も考えられた。BTJ解析のみでは起源に関する情報は得られるが、 $\delta^{18}\text{O-NO}_3$ -も分析することで大気中のNO_xとO₃の反応過程についての有用な情報も与えてくれるといえる。

キーワード:硝酸イオン,硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体比,降水水質

Keywords: Nitrate, Oxygen and nitrogen stable isotope of nitrate, Rain water quality