

宮城県における酸性雨の状況について

Acid Rain Situation in Miyagi Prefecture

椎名 美月*¹ 飯塚 溪介 太田 栞*² 三沢 松子

Mizuki SHIINA, Keisuke IIZUKA, Shiori OHTA, Matsuko MISAWA

平成 24 年度から令和 3 年度までの 10 年間における国設簗岳環境大気測定所での湿性沈着の状況について報告する。年平均値の推移をみると、pH は改善傾向にあり、それは降水の酸性化に寄与する NO_3^- 、 nss-SO_4^{2-} 沈着量の減少に由来していると考えられる。また、月平均値について、 NO_3^- 、 nss-SO_4^{2-} 、 NH_4^+ は春季から夏季にかけて高くなる傾向があった。一方 nss-Ca^{2+} の推移を見ると、3 月から 5 月ごろに高い値を示す傾向がみられ、大陸方向から越境してくる黄砂の影響が考えられた。

キーワード：酸性雨；経年変化；季節変動

Key words : Acid Rain ; Long-term Trend ; Seasonal Variation

1 はじめに

国は、酸性雨の実態及びその影響を明らかにするため、昭和 58 年度から第 1 次酸性雨対策調査を開始した。本県は、国委託の酸性雨調査について、第 1 次酸性雨対策調査から参加しており、国設簗岳環境大気測定所においては昭和 63 年度の第 2 次調査から令和 5 年度まで継続して調査を行っていた。

本報では、平成 24 年度から令和 3 年度までの 10 年間における国設簗岳大気環境測定所の酸性雨調査結果について報告する。

2 方法

2.1 調査地点及び捕集方法

降水の捕集装置は、涌谷町の簗岳山中腹にある国設簗岳大気環境測定所の屋上に設置している。捕集方法は環境省の湿性沈着モニタリング手引書第 2 版¹⁾に基づき降水試料自動捕集装置（株）小笠原計器製作所 US-421 型）を用いて行った。1 週間分の降水をまとめて 1 試料とし、冷蔵保管を行った。

2.2 調査期間及び調査項目

調査期間は平成 24 年度から令和 3 年度までの 10 年間とした。経年変化を示すために年平均値、経月変化を示すために月平均値を算出した。

調査項目は、降水量、pH、 NO_3^- 、 nss-SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、 nss-Ca^{2+} （ nss は非海塩成分 non sea salt の略称）とした。 SO_4^{2-} と Ca^{2+} は海塩由来のものと非海塩由来のものが存在するが、本報告では降水の酸性化に寄与する非海塩由来のもののみ着目した。計算方法は下記のとおり。

$$\text{nss-}[\text{SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] - 0.06028 \times [\text{Na}^+]$$

$$\text{nss-}[\text{Ca}^{2+}] = [\text{Ca}^{2+}] - 0.02161 \times [\text{Na}^+]$$

降水量のデータについては、降水試料自動捕集装置付近に設置された雨量計の記録を用いた。pH はガラス電極法、イオン成分はイオンクロマトグラフ法により測定を行った。

3 結果

3.1 経年変化

降水量の経年変化（図 1）について、最も多かったのは平成 29 年度の 1441.8mm、少なかったのは平成 30 年度の 940.2mm となった。平成 25 年度、平成 29 年度、令和元年度は比較的降水量が多くなっており、梅雨前線や台風の影響と考えられる。ただし全国平均と比較すると半分程度の降水量であり、おおむね横ばいで推移している。

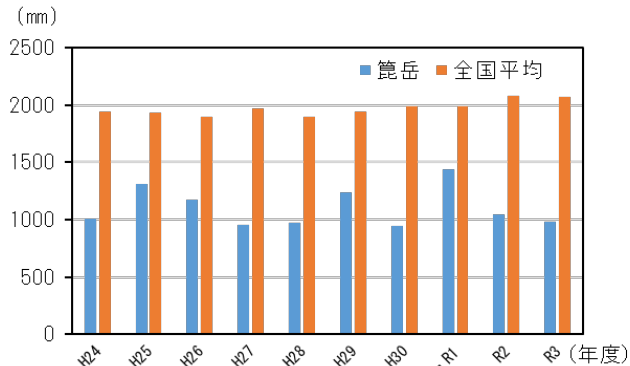


図 1 降水量の経年変化

pH（図 2）は 4.90～5.17 の範囲にあり、おおむね上昇傾向を示し、酸性化は改善してきていると考えられ、全国平均と比較しても、すべての年度で上回っていた。

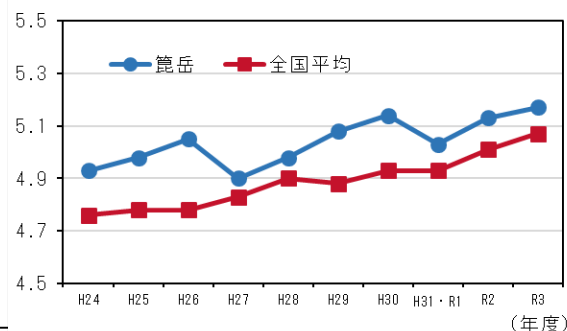


図 2 pH の経年変化

*1 現 北部保健福祉事務所

*2 現 仙南保健福祉事務所

次に各イオン成分沈着量の年平均値について示す。降水の酸性化に寄与する nss-SO_4^{2-} と NO_3^- については減少傾向がみられた（図 3）。そのため、pH の上昇については、これら酸性化に寄与するイオン成分の減少によってもたらされていると推測される。一方降水の中性化に関与する NH_4^+ と nss-Ca^{2+} について、 NH_4^+ はおおむね減少傾向がみられたものの、 nss-Ca^{2+} は元々の沈着量が少ないこともあり、横ばいで推移していた。（図 4）

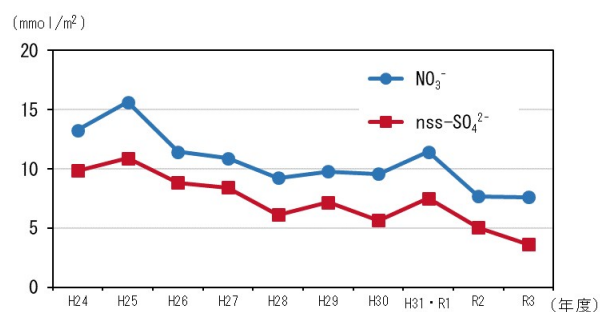


図 3 降水の酸性化に寄与するイオン成分の経年変化

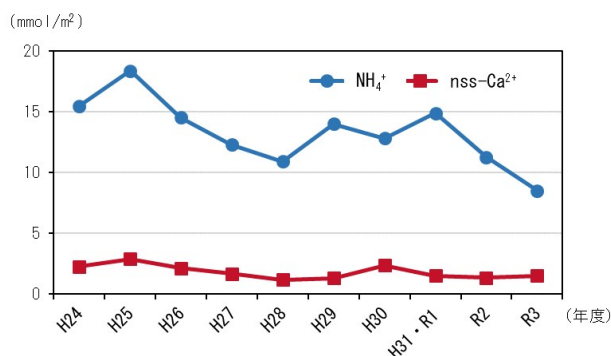


図 4 降水の中性化に寄与するイオン成分の経年変化

3.2 経月変化

降水量は夏季、春季の順に多く、冬季は少ない傾向がみられた。pH は 4 月と 10 月に若干高くなったが、季節変化や特徴は見られなかった。

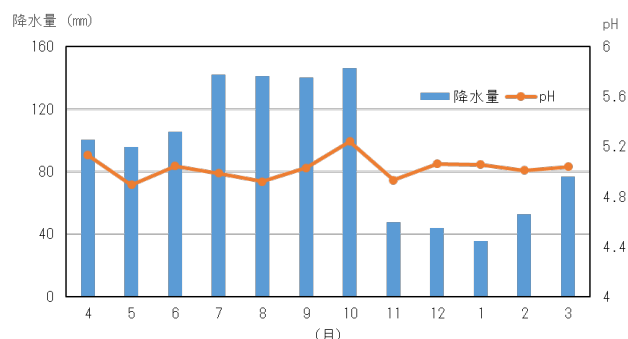


図 5 降水量と pH の経年変化

イオン沈着量の経月変化について、 nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ は春季から夏季にかけて高く、冬季は低い傾向がみられた。 nss-Ca^{2+} は他のイオン沈着量とは異なり 3～

5 月に高くなる傾向がみられた。この時期は黄砂の飛来がある時期で、 nss-Ca^{2+} は黄砂の成分の 1 つでもある。そのため、大陸から越境してきた黄砂の影響を受けた可能性があると考えられた。

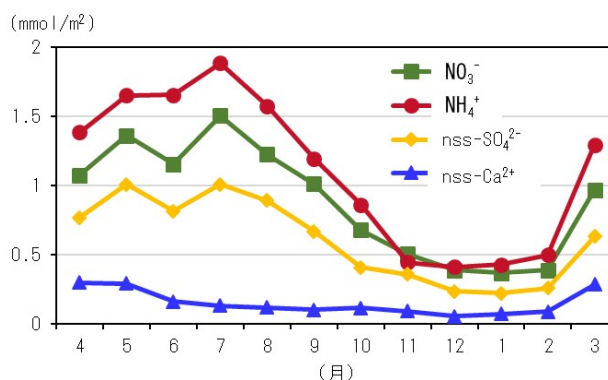


図 6 イオン沈着量の経月変化

3.3 大陸からの影響

3.2 で述べたとおり春季に中国大陸からの黄砂の影響を受けていると考えられたため、アメリカ海洋大気庁 (NOAA) 大気資源研究所のハイスプリットモデルを用い、気流を確認した。一例として、起点を「国設筥岳大気環境測定所」起点日時を「令和 2 年 3 月 29 日午前 2 時」としたものを図 7 に示す。なお、起点日時は比較的 nss-Ca^{2+} 濃度が高い令和 2 年 3 月 23 日から 3 月 30 日までの試料のうち、降水のあったタイミングである 3 月 29 日午前 2 時を選定した。3 日前までさかのぼって気流がどこから来ているのかを調べた結果、大陸から気流が伸びていることが確認できた。同様の傾向が他の日時でも確認できたことから、この時期は大陸からの黄砂の影響で nss-Ca^{2+} の沈着量が上昇している可能性がある。

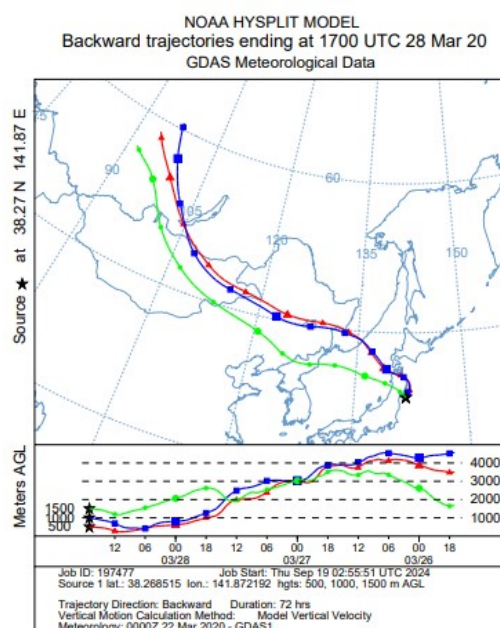


図 7 NOAA による後方流跡線解析

さらに、 nss-SO_4^{2-} と NO_3^- においても大陸からの影響があると考え、 nss-SO_4^{2-} と NO_3^- の当量比を確認した。その結果を図8に示す。 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量比の経年変化を見ると、徐々に上昇している傾向があった。この傾向は全国平均で見ても同様の傾向であった。

次に、中国と日本の SO_2 、 NO_2 濃度の比較検討を行った。平成25年から令和3年までの SO_2 、 NO_2 濃度の経年変化について図9に示す²⁾³⁾。図9のとおり、 SO_2 、 NO_2 は日本より中国の方が高い状態が続いており、日本の SO_2 はすでに下げ止まっている。また、中国の SO_2 、及び両国の NO_2 濃度は減少傾向がみられる。このことから、 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 比の減少は大陸から越境する SO_2 濃度の減少を受けたものだと考えられ、 nss-SO_4^{2-} と NO_3^- においても大陸からの影響を受けていることが示唆された。

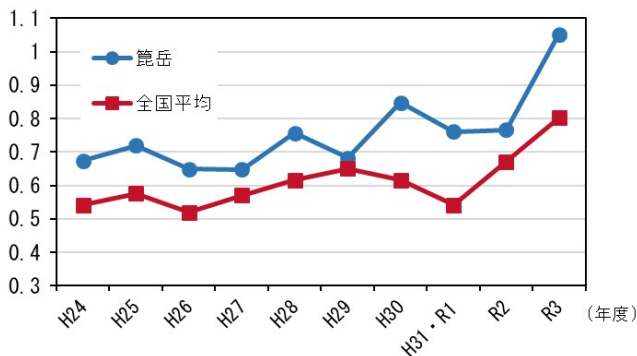


図8 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量比の経年変化

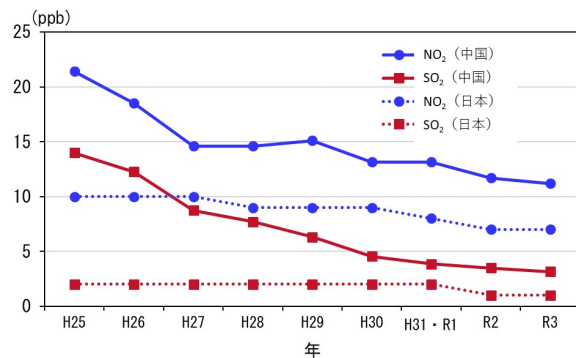


図9 中国及び日本の SO_2 、 NO_2 濃度の経年変化

4 まとめ

国設琵琶湖大気環境測定所の pH は近年上昇傾向にあり、降水の酸性化に寄与するイオン成分沈着量が減少傾向にあることが理由として考えられる。これは、中国の SO_2 及び NO_2 排出量の経年変化と類似した傾向であることから、越境汚染の改善を反映していると考えられる⁴⁾。

経月変化では、pHはさほど大きな変動が見られなかったが、 NO_3^- 、 nss-SO_4^{2-} 及び NH_4^+ の沈着量については3月から9月ごろまでに高い値を示した。このことから、この時期は、降水の酸性化に寄与するイオン沈着量が増

加している一方で、中和に寄与するイオンも増加し、pHが大きく変動しなかったと考えられる。 nss-Ca^{2+} については3月から5月ごろまで高い値を示す傾向が見られ、これは大陸方向から越境してくる黄砂の影響が考えられる。大陸からの影響については、後方流跡線解析及び $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量比の経年変化からも影響があったことが示唆された。

5 参考文献

- 1)環境省：湿性沈着モニタリング手引書 第2版
- 2)中国生態環境情報公報 2013～2021年
- 3)環境省：令和3年度大気汚染物質（有害大気汚染物質等を除く。）に係る常時監視測定結果
- 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6次酸性雨全国調査報告書 2021年度