

川崎市における酸性雨調査結果の経年推移（2004～2021 年度）

Trends in Survey Results of Acid Rain in Kawasaki City (2004～2021)

沼田 和也 NUMATA Kazuya 菊地 美加 KIKUCHI Mika 関 昌之 SEKI Masayuki

要旨

酸性雨の発生状況を監視するため、本市では降水を採取し、降水量、pH、EC、イオン成分の分析を行っている。2004 年度以降の pH、EC、イオン成分及び窒素・硫黄化合物の湿性沈着量について、2019 年度分まで公表されている全国平均と比較したところ、2010 年度以降は概ね全国平均と同等もしくはそれよりも良好な値で推移しており、本市における降水の水質が改善されてきたことを確認した。

キーワード：酸性雨、湿性沈着、pH、EC、イオン成分

Key words：Acid rain, Wet deposition, pH, EC, Ionic component

1 はじめに

酸性雨は、森林の立ち枯れや土壌の酸性化といった生態系への影響の他、建造物の劣化や人体への影響が懸念されている。そこで、市内における酸性雨の状況を継続して監視・調査し、その実態を把握することを目的として、降水の採取及び分析を行っている。また、全国環境研協議会で実施している酸性雨全国調査にも継続して参加している。

本稿では、本市における湿性沈着物の汚染状況を把握するため、2004 年度以降の調査結果について経年推移をまとめた。さらに、2019 年度までの全国平均^{1)～3)}との比較を行ったので、その結果についても併せて報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点

調査地点は、殿町（2012 年度までは旧公害研究所、2013 年度以降は環境総合研究所）と麻生（麻生測定局）の2地点とした。ただし、麻生での調査は、2017 年度で終了した。

2.2 試料採取

感雨器により蓋を自動開閉して降水をタンクに採取する自動雨水採水器を用いた。2013 年度以降は月に1回程度、それ以前は月に2回以上の頻度でタンク内の降水を回収し、分析用の試料とした。

2.3 分析方法

採取した試料について、「湿性沈着モニタリング手引書（第2版）」⁴⁾に従い、水素イオン濃度指数（以下、pH）、導電率（以下、EC）及びイオン成分の分析を実施した。

2.3.1 降水量

捕集装置のタンクに貯留した降水の重量から算出した。

2.3.2 pH

ガラス電極法にて分析した。

2.3.3 EC

伝導率計法にて分析した。

2.3.4 イオン成分

イオン成分8項目（ Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} ）の分析はイオンクロマトグラフ法により行った。採取した試料を吸引ろ過し、そのろ液を分析用試料とし、イオンクロマトグラフ分析装置で分析した。

3 分析結果及び考察

3.1 降水量

捕集した試料の重量から算出した降水量の経年推移を図1に示す。降水量は年度によって変動があるが、経年的な増加もしくは減少の傾向は見られなかった。

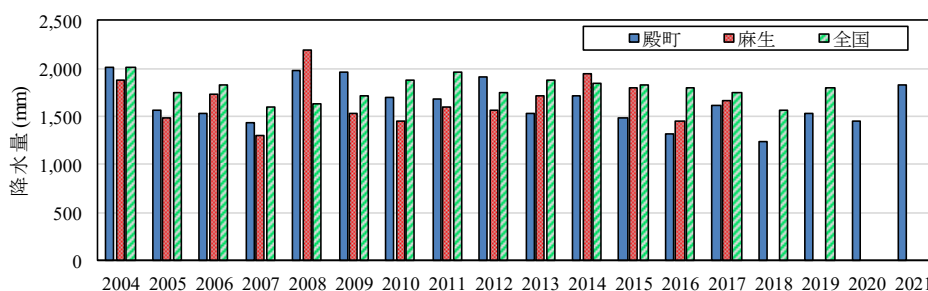


図1 降水量の経年推移

3.2 pH

pH の経年推移を図2に示す。殿町の pH は経年的に上昇しており、全国平均よりも中性 (pH 7) に近い値で推移している。また、殿町の 2020、2021 年度については、新型コロナウイルス感染症拡大による経済活動縮小の影響か否かは不明であるが、大きく中性に近づき改善の傾向がみられた。各年度の月毎の分析結果について、酸性雨の目安である pH5.6 以下の出現割合の経年推移を図3に示す。2018 年度以降については、出現割合 50% 以下で推移しており、改善傾向が見られた。殿町における季節ごとの pH の経年推移については、図4に示すとおりであり、夏季 (7-9 月) に低くなりやすい傾向がみられた。また、どの季節においても上昇傾向であることが確認できた。

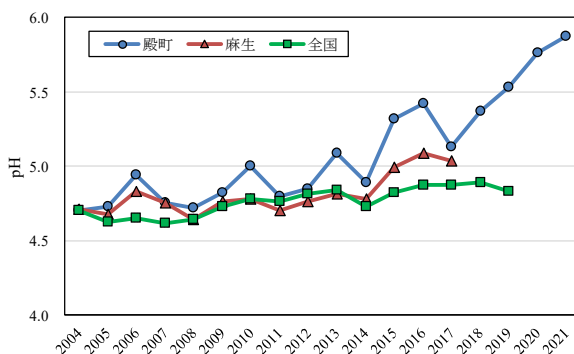


図2 pHの経年推移

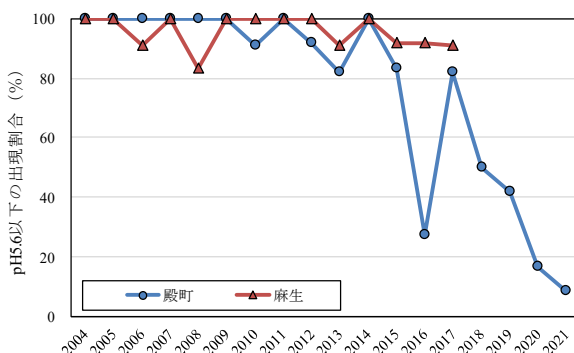


図3 pH5.6 以下の出現割合の経年推移

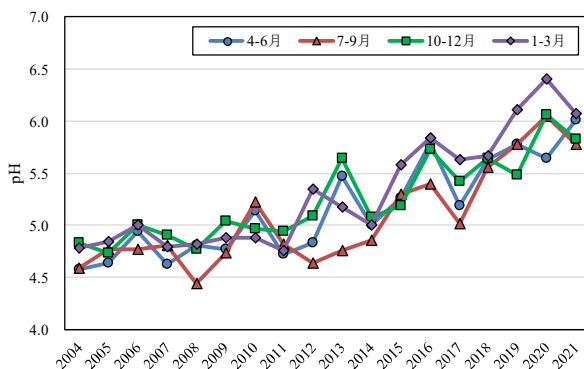


図4 殿町における季節ごとの pH の経年推移

3.3 EC

EC の経年推移を図5に示す。殿町の EC は経年的に低下しており、全国平均よりも概ね低い値で推移している。殿町の 2020、2021 年度については、10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下となり、更なる水質改善の傾向がみられた。殿町における季節ごとの EC の経年推移については、図6に示すとおりであり、夏季 (7-9 月) に高くなりやすい傾向がみられた。また、どの季節においても概ね低下傾向であることが確認できた。

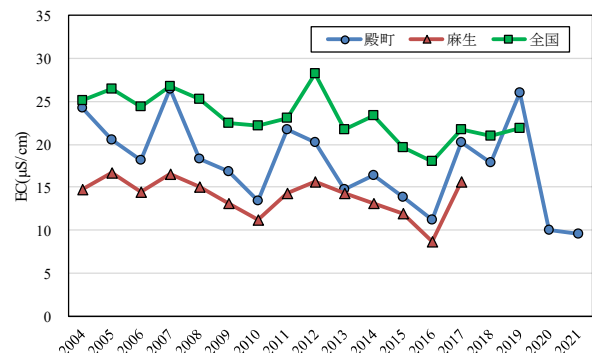


図5 ECの経年推移

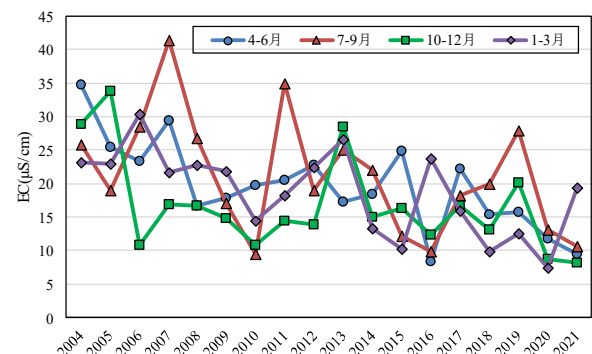


図6 殿町における季節ごとの EC の経年推移

3.4 イオン成分

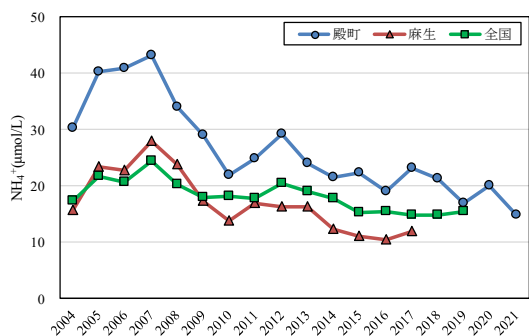
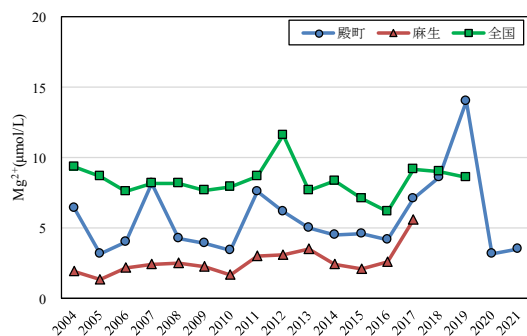
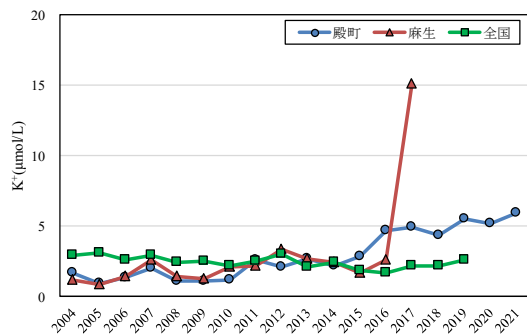
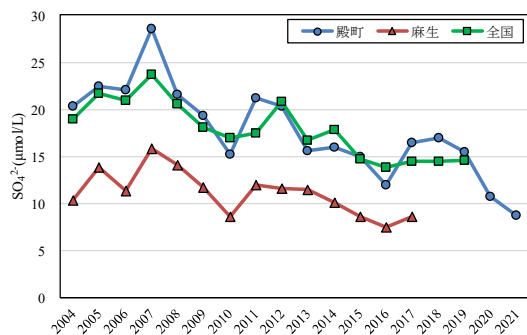
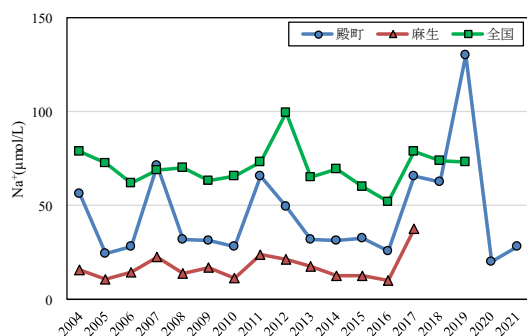
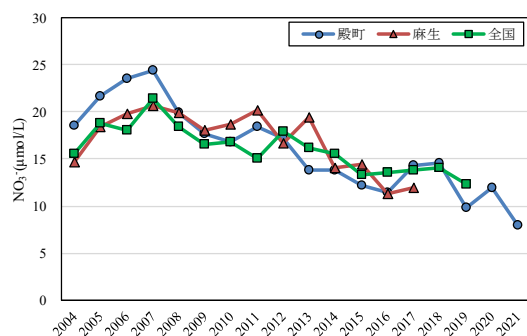
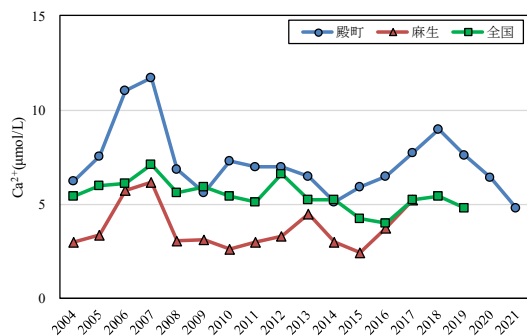
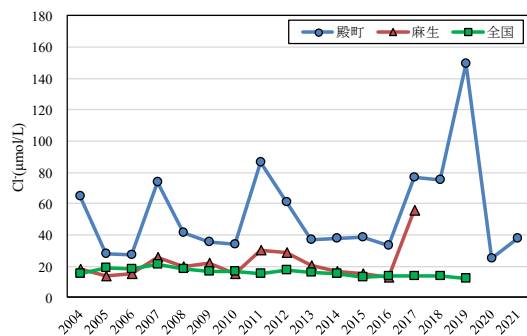
3.4.1 濃度推移

各イオン成分の経年推移を図7～14に示す。殿町において、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 及び Cl^- は全国よりも高く、 Na^+ 及び Mg^{2+} は全国よりも低い傾向で推移している。麻生においては、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及び SO_4^{2-} が全国よりも低い傾向であった。

3.4.2 酸性度ポテンシャル、中和ポテンシャル

雨を酸性にする原因成分である非海塩性 (以下、nss-) SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、nss- Cl^- の総量を酸性度ポテンシャル (以下、AP)、中和する成分である NH_4^+ 、 Ca^{2+} の総量を中和ポテンシャル (以下、NP) といい、降水の酸性度を総合的に評価する際によく用いられる。⁵⁾

殿町、麻生における AP、NP 及びこれらの原因成分の経年推移を図15～22に示す。殿町では、AP、NP ともに低下傾向がみられた。AP の一つである nss- Cl^- は、

図7 NH_4^+ の経年推移図11 Mg^{2+} の経年推移図8 K^+ の経年推移図12 SO_4^{2-} の経年推移図9 Na^+ の経年推移図13 NO_3^- の経年推移図10 Ca^{2+} の経年推移図14 Cl^- の経年推移

年度によってばらつきが大きいため、APの増減に大きく影響していることがわかった。麻生では、APは概ね横ばい、NPは低下傾向がみられた。NPの低下は主に NH_4^+ の低下によるものであった。また、両地点のAPとNPの割合は、概ね5:5～7:3で推移していた。

以上のことから、殿町における降水のpH上昇傾向

は、NPが上昇したためではなく、APが低下したことに起因すると考えられる。したがって、年度によってばらつきはあるものの、殿町の降水の水質は改善されてきたことが確認できた。

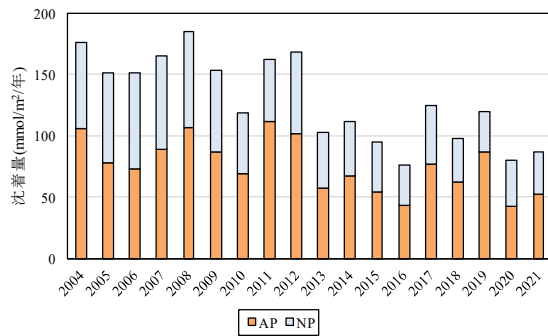


図 15 殿町における AP 及び NP の経年推移

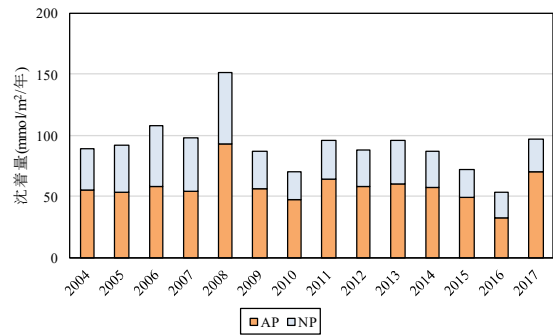


図 19 麻生における AP 及び NP の経年推移

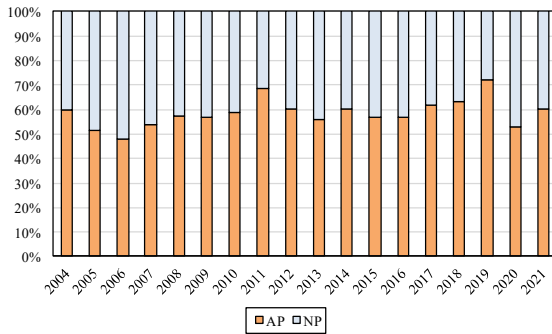


図 16 殿町における AP 及び NP の割合の経年推移

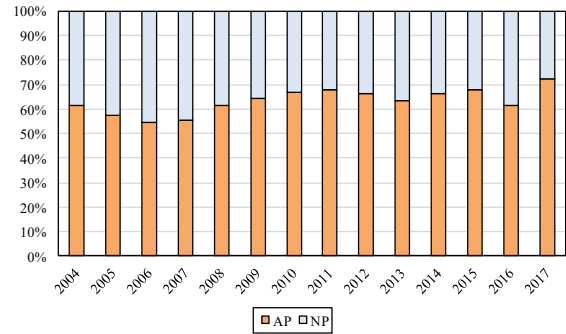


図 20 麻生における AP 及び NP の割合の経年推移

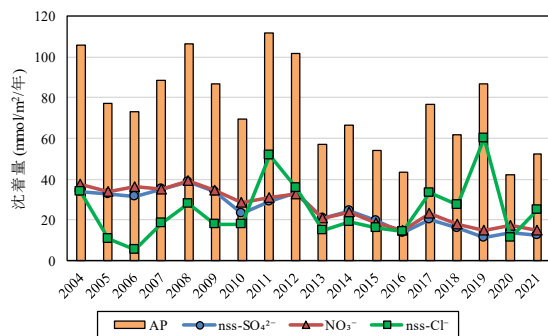


図 17 殿町における AP とその原因成分の経年推移

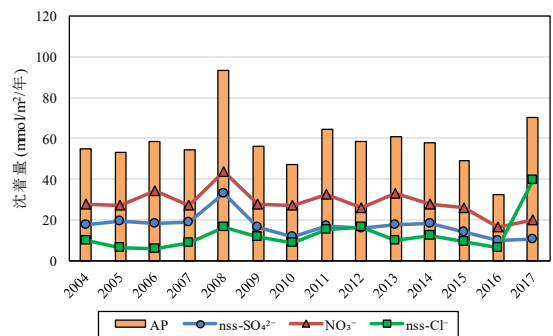


図 21 麻生における AP とその原因成分の経年推移

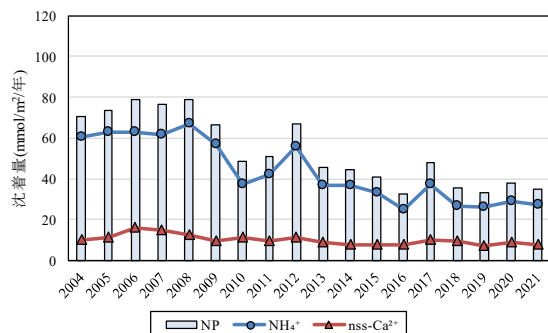


図 18 殿町における NP とその原因成分の経年推移

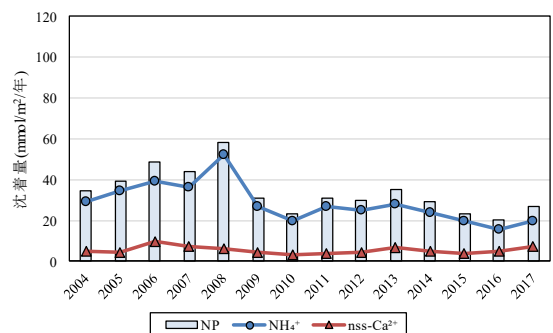
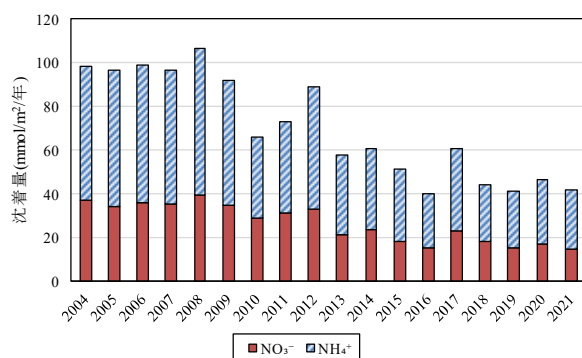
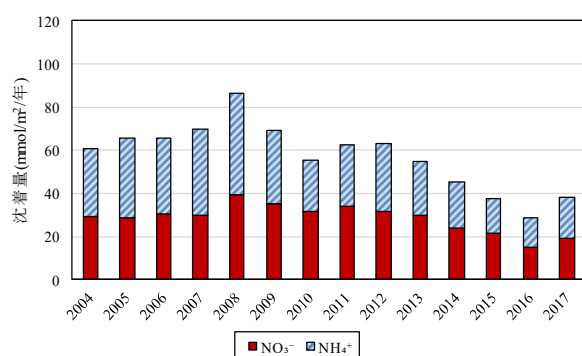
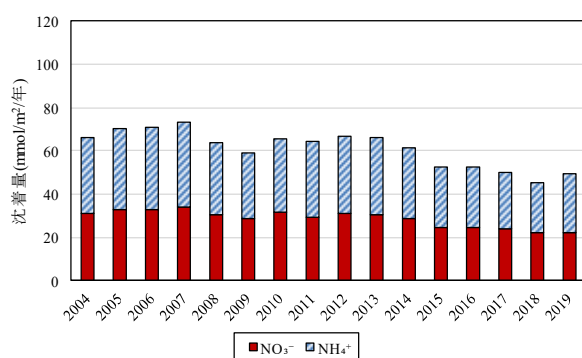


図 22 麻生における NP とその原因成分の経年推移

3.4.3 窒素沈着量

殿町、麻生及び全国の窒素沈着量 (NO_3^- と NH_4^+ の合計沈着量) の経年推移を図 23～25 に示す。両成分ともに減少傾向にあり、湿性沈着による土壌・森林等への窒素負荷が低減されていることが確認できた。殿町について、酸性雨全国調査 (最新データは 2019 年度まで)

の結果と比べると、2017 年度を除いて 2013 年度以降は全国平均を下回っており、固定発生源及び移動発生源からの窒素分の排出削減効果が表れる結果となったと考えられる。麻生については、2008、2009 年度を除いて全国平均を下回っていた。

図 23 殿町における NO₃⁻と NH₄⁺の沈着量の経年推移図 24 麻生における NO₃⁻と NH₄⁺の沈着量の経年推移図 25 全国における NO₃⁻と NH₄⁺の沈着量の経年推移

3.4.4 硫黄酸化物沈着量

殿町、麻生及び全国の硫黄酸化物沈着量 (nss-SO₄²⁻の沈着量) の経年推移を図 26 に示す。nss-SO₄²⁻は減少傾向にあることから、湿性沈着による土壌・森林等への硫黄負荷が低減されていることが確認できた。酸性雨全国調査 (最新データは 2019 年度まで) の結果と比べると、殿町は 2010 年度、2013～2016 年度及び 2019 年度は全国平均を下回っており、固定発生源及び移動発生源からの硫黄分の排出削減効果が表れる結果となったと考えられる。麻生については、2008 年度を除いて全国平均を下回っていた。

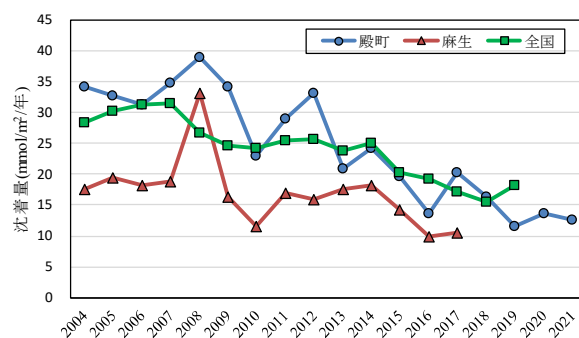


図 26 硫黄酸化物沈着量の経年推移

4 まとめ

- (1) 2004 年度以降の酸性雨調査結果をとりまとめ、以下の(2)～(5)のとおり、本市における降水の水質が改善されてきたことを確認した。
- (2) 殿町の pH は経年的に上昇しており、全国平均よりも中性に近い値で推移している。特に、2020、2021 年度については、大きく中性に近づいた。
- (3) 殿町の EC は経年的に低下しており、全国平均よりも概ね低い値で推移している。特に、2020 及び 2021 年度については、より顕著に EC が低下しており、10 μ S/cm 以下となった。
- (4) 殿町の AP と NP はともに低下傾向がみられた。麻生の AP は概ね横ばい、NP は低下傾向がみられた。
- (5) 殿町、麻生、全国の窒素及び硫黄酸化物沈着量は減少傾向にあり、湿性沈着による土壌・森林等への負荷が低減されていることが確認できた。

文献

- 1) 全国環境研協議会酸性雨調査研究部会：第 4 次酸性雨全国調査報告書
<https://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/04/>
- 2) 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 次酸性雨全国調査報告書
<https://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/05/>
- 3) 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
<https://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/06/>
- 4) 環境省：湿性沈着モニタリング手引き書(第 2 版)、(2001)
https://www.env.go.jp/air/acidrain/man/wet_deposi/index.html
- 5) 鶴田治雄：酸性雨はどのようにして生じるか、日本土壌肥科学雑誌、65(1)、81～89 (1994)