

令和3(2021)年度酸性降下物量調査結果

大気環境部

平野 真弘 齋藤 康司¹

(¹ 現県西環境森林事務所)

1 はじめに

石油や石炭の燃焼等に伴って大気中に放出された二酸化硫黄や窒素酸化物などの汚染物質は、光化学反応などにより硫酸や硝酸などの酸性物質に変化する。これらの酸性物質は雲や雨に取り込まれ、酸性雨が生成する。

一般に、酸性雨による影響は長い期間を経て現れると考えられているため、将来、その影響が顕在化する可能性があり、広域的かつ長期的な酸性雨モニタリングが重要である。

本県では、酸性雨モニタリング調査として昭和60年度から、ろ過式酸性雨採取装置による酸性降下物量調査を行ってきた。また、平成15年度からは、自動雨水採水器による湿性沈着調査を並行して開始しており、現在は主に湿性沈着調査に移行している。しかし、酸性降下物量調査については、データの継続性を維持し比較検討をすることを目的として、平成19年度に調査地点を4地点(日光市、宇都宮市(旧河内町)、小山市及び佐野市)から1地点(宇都宮市)とした。なお、酸性降下物調査はpHが改善傾向にあることから令和3年度末で終了したため、本報告は最終年度の調査結果である。

2 調査方法

2.1 調査期間

令和3年3月29日～令和4年3月28日

2.2 調査地点

宇都宮市(栃木県保健環境センター)

2.3 採取方法

環境庁の「酸性雨等調査マニュアル(平成2年3月)」¹⁾により、おおむね1ヶ月単位で大気環境からの降下物の採取を図1の装置により行った。

2.4 分析項目及び分析方法

降水量：試料採取容器の貯水量から算出する。オーバーフローした場合は、宇都宮気象台の降水量を参照する。

pH：ガラス電極法

EC：導電率計による方法

イオン成分(SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、NH₄⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺)：

イオンクロマトグラフ法



図1 ろ過式酸性雨採取装置

3 調査結果

令和3年度に実施した酸性降下物量等の測定結果を表1に、月間降水量及びpHの経月変化を図2に、月間総降水量及びECの経月変化を図3に示す。

pHの加重平均値は、月間降水量で重み付けした平均値として下式により求めた。

$$\text{pH 加重平均値} = -\log \frac{\sum (10^{-\text{pH}_i} \times Q_i)}{\sum Q_i}$$

pH_i：pH値、Q_i：月間降水量

また、ECの加重平均値は、以下の式により算出した。

$$\text{EC 加重平均値} = \frac{\sum (\text{各月のEC値} \times Q_i)}{\sum Q_i}$$

3.1 降水量

年間降水量は1060mmであり、前年度の年間降水量の905mm²⁾より155mm多かった。また、経月変化をみると、月間降水量は5月に168.1mmと最大値となり、次いで9月の降水量が多かった。12月から3月の冬期に降水量は減少し、

特に1月は6.2 mmの最小値となった。

3.2 pH及びEC

pHの加重平均値は6.10であり、前年度の5.21²⁾に比べ上昇した。また、経月変化をみると4月から8月にかけて増加傾向を示し、その後は、同程度で推移した。

ECの加重平均値は13.58 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であり、前年度のEC加重平均値18.07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と比較すると減少した。また、ECの経月変化では、4月に最大値を示し、8月及び12月は低い値となった。総降水量とECとの間に相関性はみられなかった。

表1 酸性降下物量調査結果

| 月 | 採取期間 | | 降水量 mm | pH | EC $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 降下量 (mg/m^2) | | | | | | | | 総降下量 | |
|-----|-------|---------|-----------|------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|------------------|------------------|------|--------------|
| | 開始日 | 終了日 | | | | SO_4^{2-} | NO_3^- | Cl^- | NH_4^+ | Na^+ | K^+ | Ca^{2+} | Mg^{2+} | | H^+ |
| 4 | 3/29 | ~ 4/26 | 32.6 | 5.47 | 36.30 | 84.32 | 127.42 | 122.53 | 54.60 | 61.28 | 9.49 | 37.72 | 9.76 | 0.11 | 507.22 |
| 5 | 4/26 | ~ 6/7 | 168.1 | 5.90 | 16.80 | 232.19 | 359.49 | 144.50 | 189.02 | 71.15 | 13.55 | 82.87 | 16.11 | 0.21 | 1109.11 |
| 6 | 6/7 | ~ 7/5 | 147.1 | 5.99 | 12.80 | 162.41 | 220.52 | 66.14 | 171.09 | 38.95 | 25.73 | 24.11 | 5.10 | 0.15 | 714.20 |
| 7 | 7/5 | ~ 8/2 | 124.1 | 6.10 | 11.59 | 143.99 | 196.23 | 34.21 | 131.28 | 15.59 | 20.14 | 19.41 | 4.95 | 0.10 | 565.91 |
| 8 | 8/2 | ~ 8/30 | 125.4 | 6.37 | 5.36 | 61.15 | 88.87 | 26.07 | 24.41 | 14.97 | 2.60 | 12.13 | 2.63 | 0.05 | 232.88 |
| 9 | 8/30 | ~ 9/27 | 152.4 | 6.18 | 14.18 | 185.28 | 220.99 | 141.49 | 61.89 | 77.29 | 5.29 | 22.46 | 10.23 | 0.10 | 725.03 |
| 10 | 9/27 | ~ 10/25 | 87.2 | 6.33 | 11.08 | 92.50 | 129.93 | 53.48 | 37.64 | 31.91 | 3.00 | 23.92 | 5.77 | 0.04 | 378.19 |
| 11 | 10/25 | ~ 12/6 | 102.7 | 6.44 | 15.27 | 71.51 | 80.80 | 105.41 | 31.97 | 59.48 | 5.46 | 139.11 | 8.75 | 0.04 | 502.52 |
| 12 | 12/6 | ~ 1/4 | 45.9 | 6.66 | 5.02 | 16.83 | 20.07 | 11.79 | 9.71 | 6.99 | 2.39 | 8.28 | 1.11 | 0.01 | 77.17 |
| 1 | 1/4 | ~ 1/31 | 6.2 | 6.36 | 19.21 | 9.48 | 10.72 | 7.01 | 4.01 | 3.89 | 1.07 | 8.31 | 0.70 | 0.00 | 45.21 |
| 2 | 1/31 | ~ 2/28 | 35.7 | 6.31 | 15.20 | 46.24 | 68.97 | 19.91 | 33.25 | 12.21 | 5.60 | 23.41 | 2.25 | 0.02 | 211.85 |
| 3 | 2/28 | ~ 3/28 | 32.5 | 6.38 | 24.90 | 70.87 | 89.72 | 42.31 | 22.16 | 28.91 | 5.69 | 61.17 | 7.60 | 0.01 | 328.44 |
| 年計 | | | 1059.9 | | | 1176.77 | 1613.73 | 774.84 | 771.02 | 422.63 | 100.00 | 462.91 | 74.97 | 0.85 | 5397.73 |
| 平均値 | | | 88.3 | 6.10 | 13.58 | 98.06 | 134.48 | 64.57 | 64.25 | 35.22 | 8.33 | 38.58 | 6.25 | 0.07 | 449.81 |

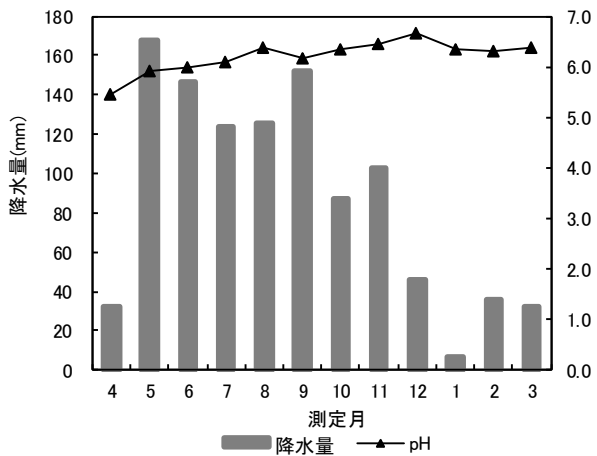


図2 月間降水量及びpHの経月変化

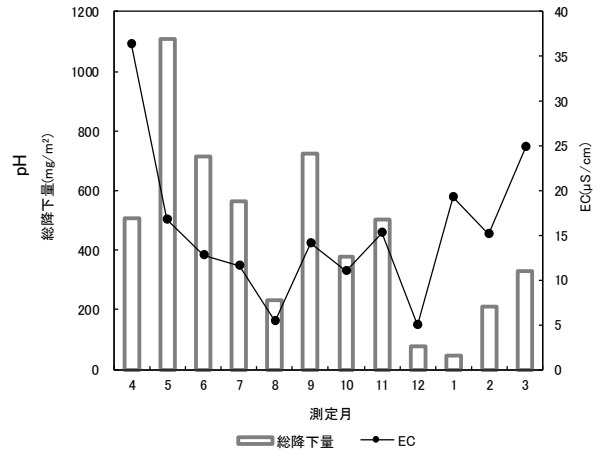


図3 月間総降下量及びECの経月変化

3.3 イオン成分の降下量

pH及び各イオン成分降下量 (mmol/m^2) の経月変化を図4に示す。 SO_4^{2-} と NO_3^- は5月~7月と9月、 NH_4^+ は5~7月に相対的に高い値を示した。また、 Cl^- と Na^+ は5月、9月に、 Ca^{2+} は5月、11月に、 K^+ は6月に、 Mg^{2+} は5月に相対的に高い値を示した。5月は NH_4^+ と NO_3^- が最高値を示した。

3.4 経年変化

平成14年度から令和3年度までの年間降水量及びpHの経年変化を図5に、月間総降下量の年間平均値(以下、「降下量(平均)」という。)及びECの経年変化を図6に示す。

年間降水量は年度により、最高値1,654mm(平成23年度)、最低値865mm(平成28年度)と大きな差がみられた。

pHについては、4.5から6.1の範囲で推移し、平成17年度から令和2年度までは、わずかに上昇する傾向がみられていたが、令和2年度から令和3年度に、急激な上昇がみられた。

降下量(平均)については、おおむね500~1,000 mg/m^2 の範囲で推移し、近年、やや減少傾向がみられた。ECも変動しながら、近年徐々に低下傾向がみられた。

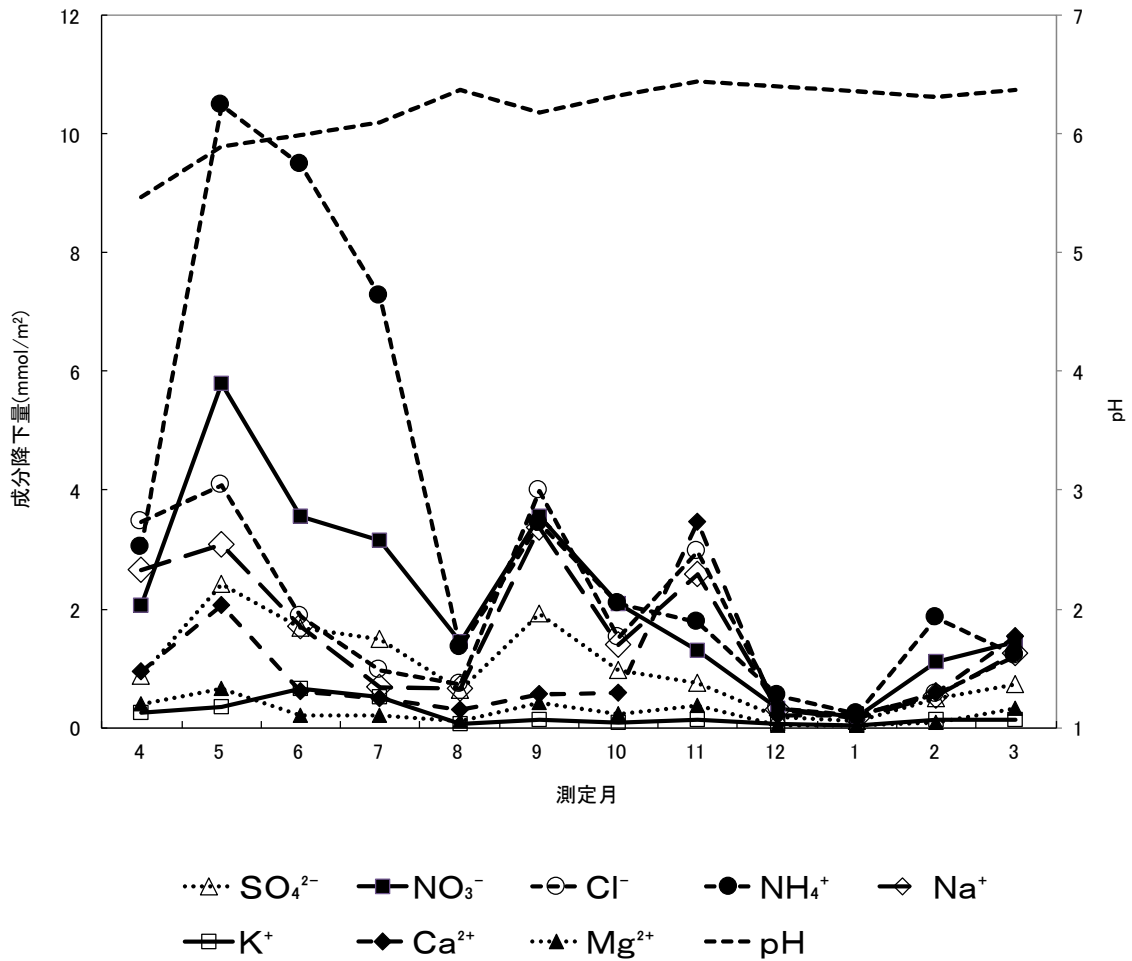


図4 pH及びイオン成分の降下量(モル濃度)の経月変化

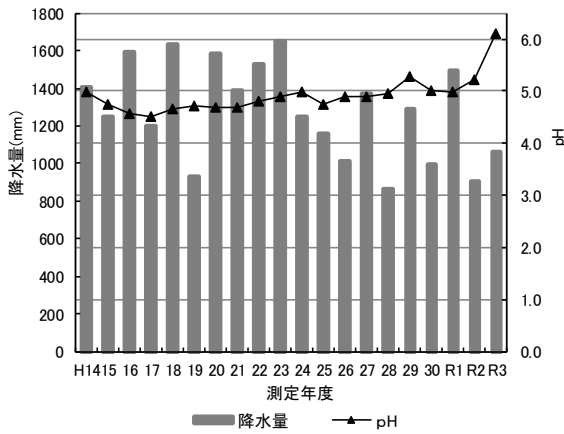


図5 年間降水量及びpH(年間加重平均値)の経年変化

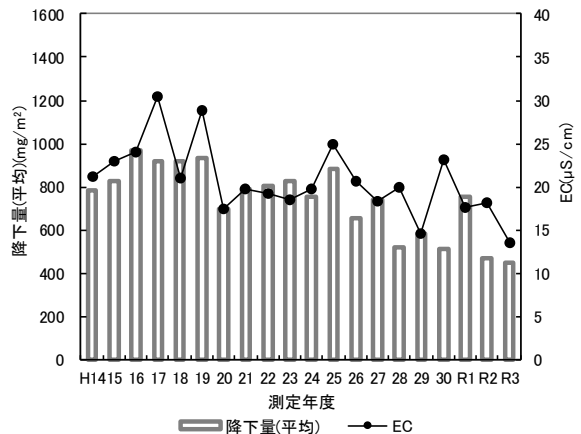


図6 月間総降下量(年平均値)及びEC(年間加重平均値)の経年変化

4 参考文献

- 1) 酸性雨等調査マニュアル、環境庁、1990。
- 2) 栃木県保健環境センター大気環境部、令和2(2020)年度酸性降下物量調査結果、栃木県保健環境センター年報、第26号、107-110、2021