

1 調査の概要

pH5.6以下の雨は、酸性雨と呼ばれており、北ヨーロッパやアメリカ北東部においては、強酸性の雨のため、林内雨により森林樹木が枯死や衰退した地域があり、また湖沼や河川の酸性化により生態系へ影響を与え、サケやマスなどの魚類が湖や河川から姿を消した地域があります。また、日本においても昭和48年より50年にかけて関東一円で霧または霧雨によって、目が痛い・皮膚がひりひりするとの訴えが多く寄せられ問題化しました。

本市においても、酸性雨の重大性を考え、平成2年9月17日より酸性雨の実態調査を開始し、さいたま市役所測定局では平成5年、大宮区役所屋上では平成7年、岩槻測定局では平成17年に酸性雨自動測定装置を設置し、測定を開始しました。

昭和46年度から平成18年度までは、降下ばいじん量（地上に落下してくるばいじんや雨水に含まれる物質の量）のモニタリングを行っていましたが、平成19年度からはさいたま市役所にて、降雨中のイオン分析等を行う湿性沈着モニタリングを実施しています。

なお、平成22年8月をもって、さいたま市役所における酸性雨のモニタリングを終了し、平成27年3月に、測定機の老朽化による更新時期にあわせて、岩槻測定局での測定を廃止し、現在は大宮区役所の1地点となりました。その後大宮区役所の移転に合わせて移設を行い、令和元年5月22日からさいたま市役所にて測定を行っています。

2 調査方法

(1) 調査地点



図1 酸性雨および湿性沈着測定位置図

(2) 測定項目

酸性雨モニタリング : 降雨中の pH、導電率

湿性沈着モニタリング : 降雨中の pH、導電率、陽イオン 5 項目、陰イオン 3 項目

(3) 測定方法

酸性雨モニタリング : 酸性雨自動測定装置

湿性沈着モニタリング : 酸性雨自動雨水採水器により、雨水を採水し、1 ヶ月ごとにタンクを回収し分析する。(測定は環境科学課で実施)

(4) 測定頻度

常時 (降雨時)

3 測定結果

(1) 降雨測定回数と pH 値

令和 2 年度は、大宮区役所及びさいたま市役所で 86 回 (雨量 1360.5 mm) の降雨が観測され、pH 及び導電率の測定を行いました。

全降雨測定回数のうち 59 回 (68.6%) で pH5.6 以下の酸性雨が観測されました。また、pH4.0 以下の酸性雨は全降雨測定回数のうち 3 回 (3.5%) ありました。pH3.5 以下の降雨は観測されませんでした。

表 1. 降雨測定回数と pH 値

		さいたま市
	年間降水量	1360.5 mm
	降雨測定回数	86
	5.6 以下の回数	59
	4.0 以下の回数	3
	3.5 以下の回数	0
pH	最大値	9.5
	最小値	3.4
	平均値	5.21

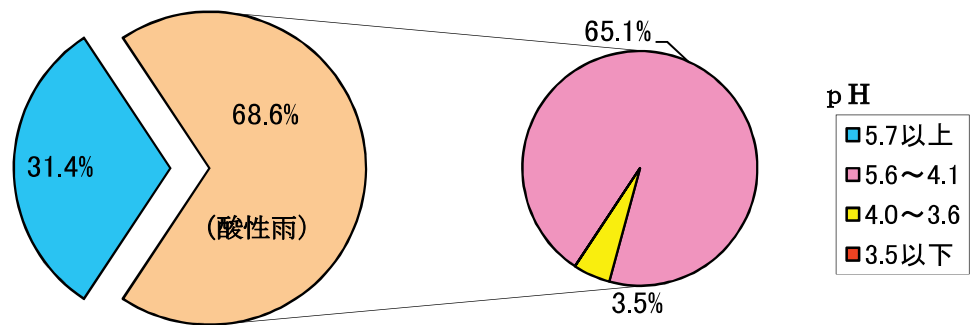


図 1-1 全降雨に占める酸性雨の割合

図 1-2 酸性雨中の酸性度分布

(2) 降雨回数経月変化

降雨回数経月変化（表 2、図 2）をみると、梅雨時期の 6～7 月に降雨回数が多く、また 6 月と 9 月に pH4.0 以下の酸性度の高い酸性雨を観測しました。

表 2 月別降雨回数

月	さいたま市			
	全降雨	pH5.6 以下	pH4.0 以下	pH3.5 以下
4	6	5	0	0
5	8	5	0	0
6	14	13	1	0
7	20	11	0	0
8	6	5	0	0
9	14	11	2	0
10	5	4	0	0
11	2	2	0	0
12	1	0	0	0
1	2	1	0	0
2	2	0	0	0
3	6	2	0	0
合計	86	59	3	0

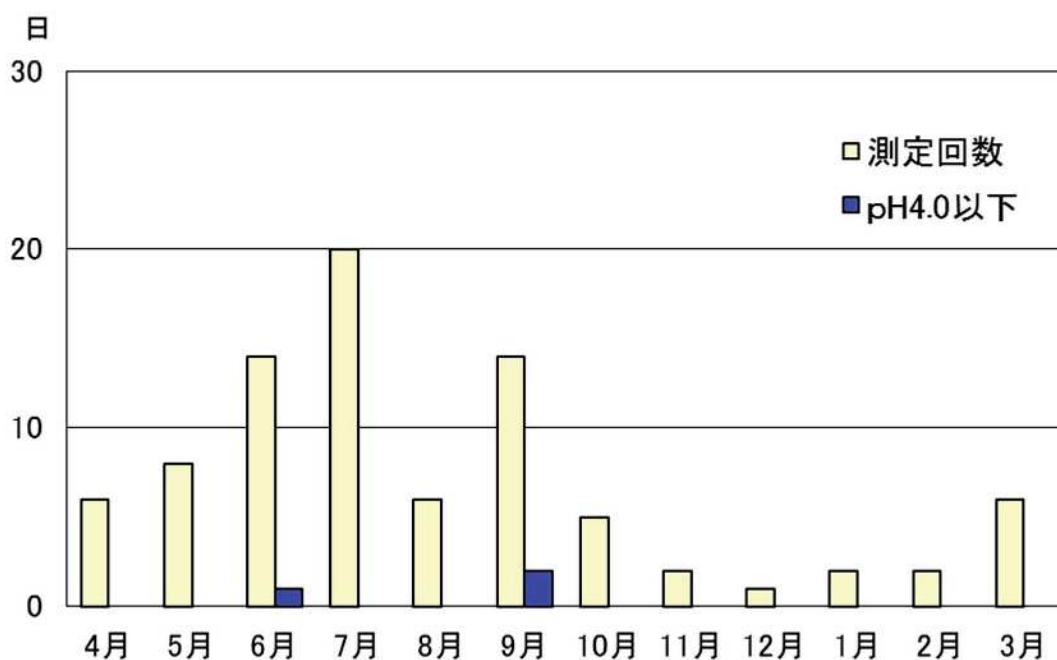


図2 pH4.0以下の降雨測定回数経月変化

(3) 降雨回数経年変化

降雨回数の経年変化(図3-1)を見ると、令和2年度の降雨回数は昨年度より多くなりました。

全降雨測定回数に占める酸性雨(pH4.0以下)の割合の経年変化(図3-2)をみると、酸性雨(pH4.0以下)の割合は、昨年度より増加しました。

また、年平均値(pH)は昨年度と比べ増加しています。本市の令和2年度の年平均値はpH5.2ですが、現在、環境省ホームページで公開されている最新のデータである令和元年度酸性雨調査結果によると、酸性雨の全国における年間平均はpH4.86であり、本市のほぼ同程度の結果となっています。

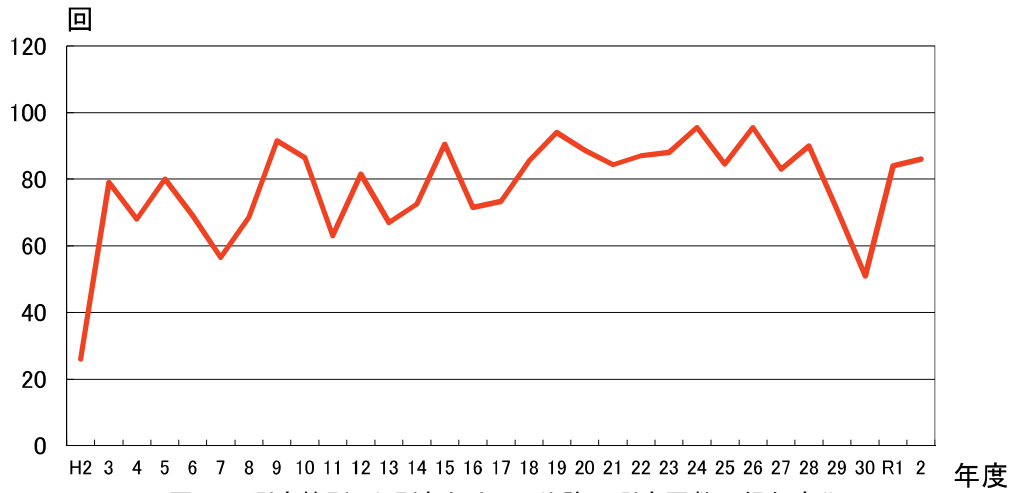


図3-1 測定箇所1か所あたりの平均降雨測定回数の経年変化

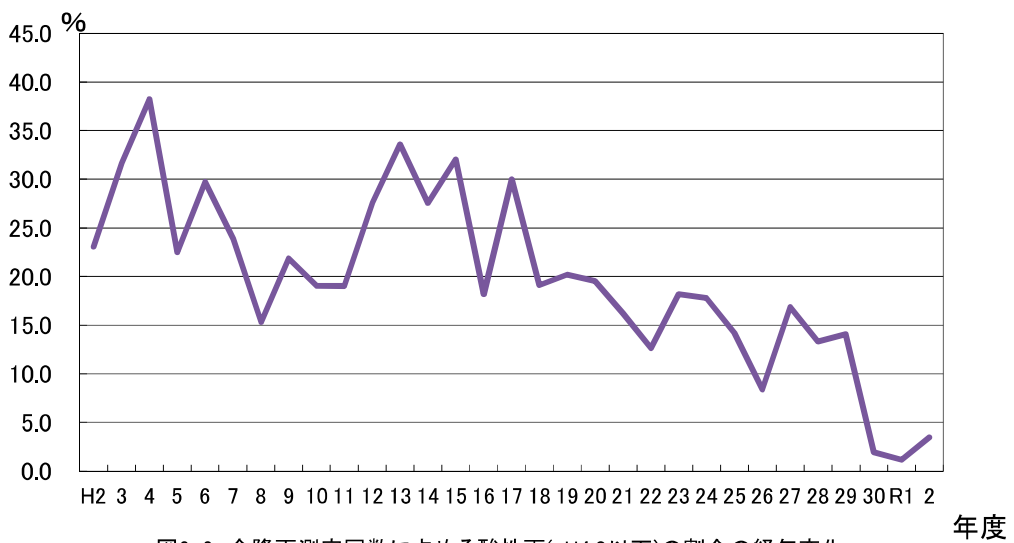


図3-2 全降雨測定回数に占める酸性雨(pH4.0以下)の割合の経年変化

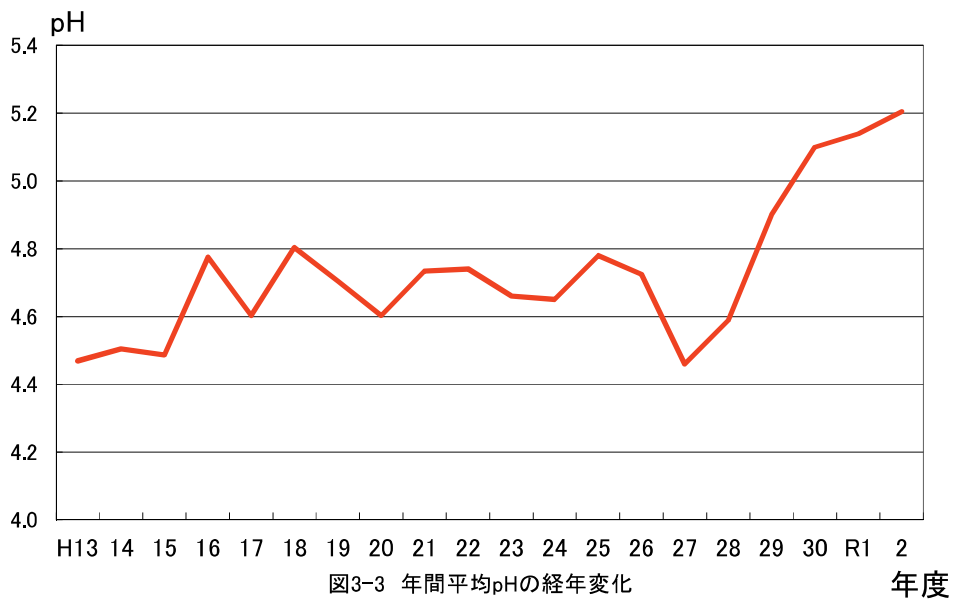


図3-3 年間平均pHの経年変化

(4) 初期降雨の pH 及び導電率経年変化

令和 2 年度は、大宮区役所における初期降雨 5.0mm 目までの pH の経年変化をみると（図 4-1）、例年よりやや高く pH4.8 前後を示しました。

初期降雨の導電率経年変化（図 4-2）をみると、降り始めから 1.0mm 目が最も高い導電率を示しており、降雨量の上昇とともに導電率が低下しています。

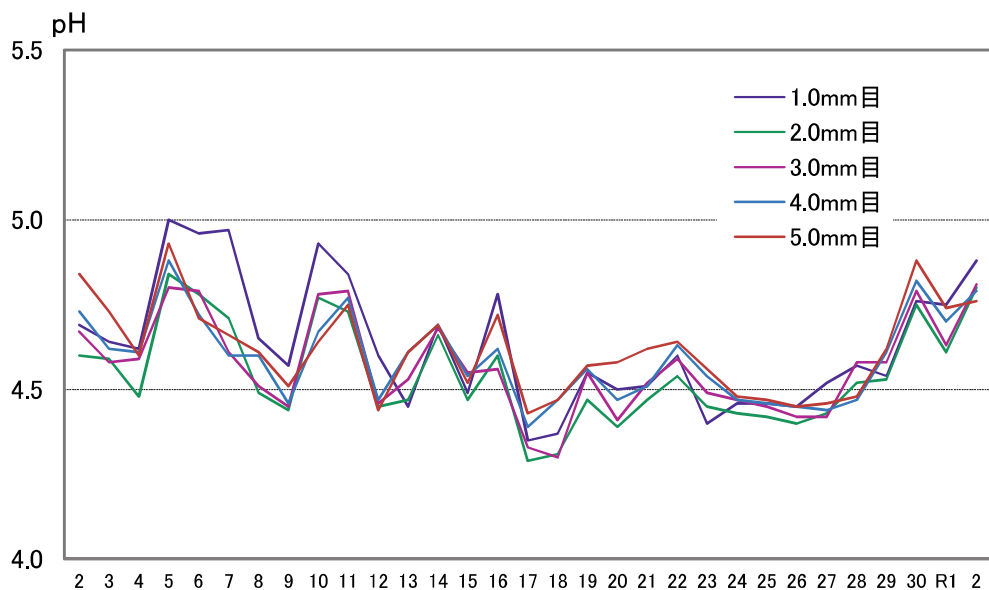


図4-1 初期降雨のpH経年変化

年度

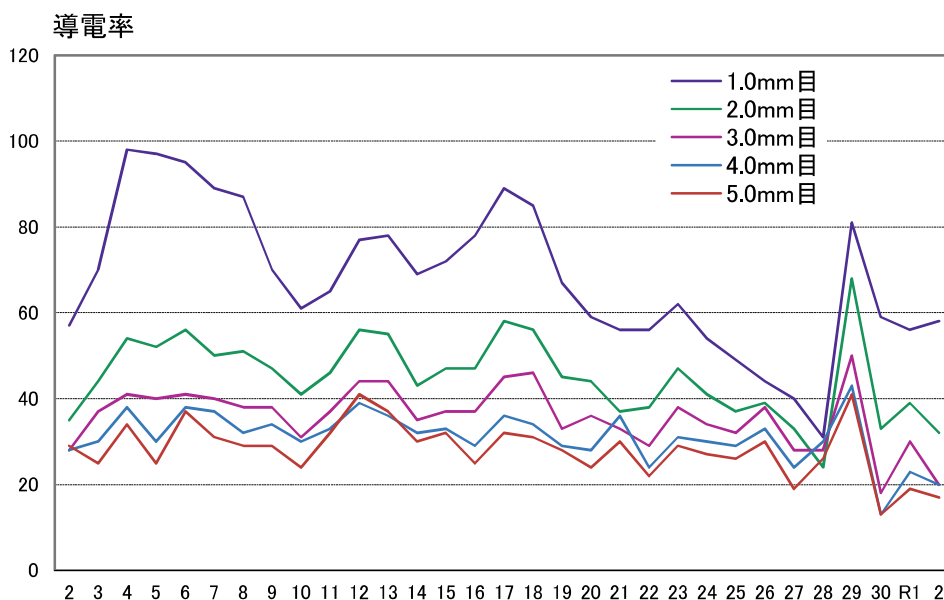


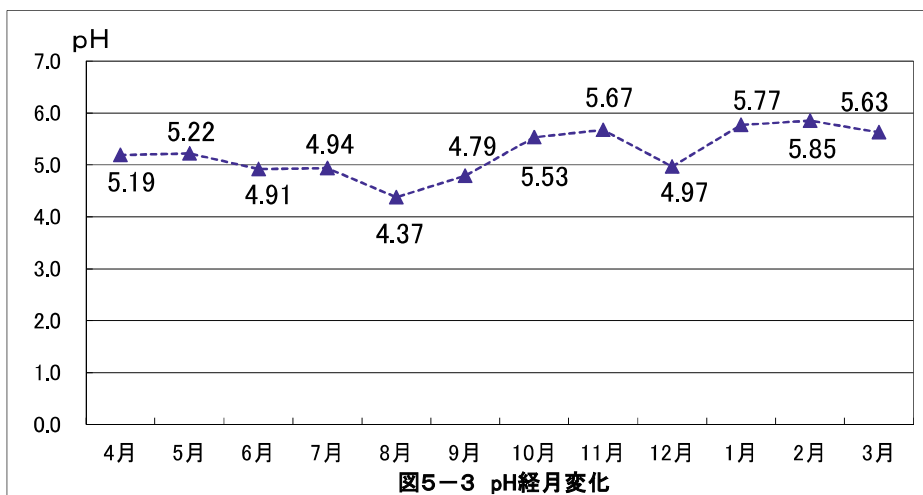
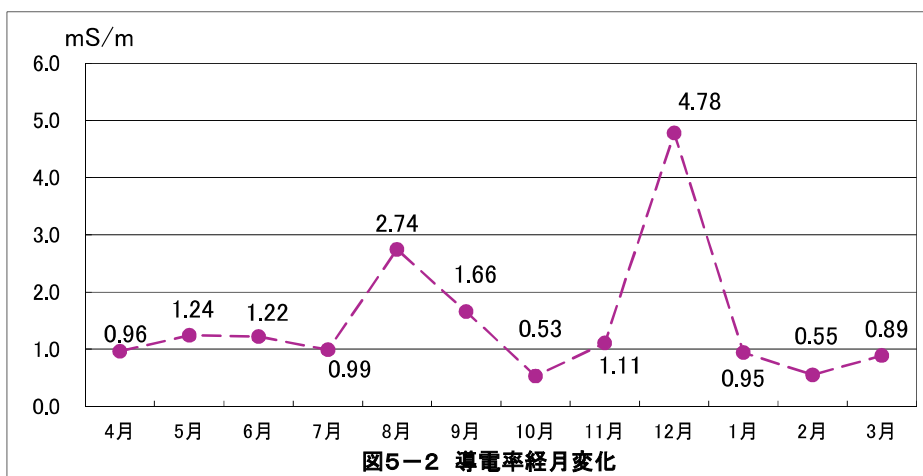
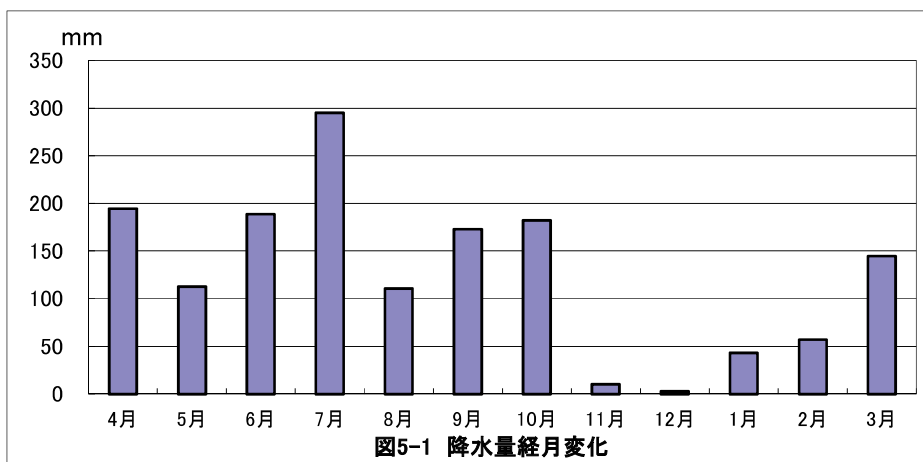
図4-2 初期降雨の導電率経年変化

年度

(5) 月別湿性沈着量

さいたま市役所では、降雨中のイオン分析等を行う湿性沈着モニタリングを実施しています。

図 5-4 に酸性雨に大きく寄与する 4 イオンの濃度グラフを示しました。12 月にアンモニウムイオン及び硝酸イオンの濃度が高くなっています。また、沈着量はアンモニウムイオン及び硝酸イオンについては上半期に多く、9 月にナトリウムイオン、塩化物イオンが高くなっています。ナトリウムイオン、塩化物イオンは海水の主要成分であり、台風の影響によるものと考えられます。



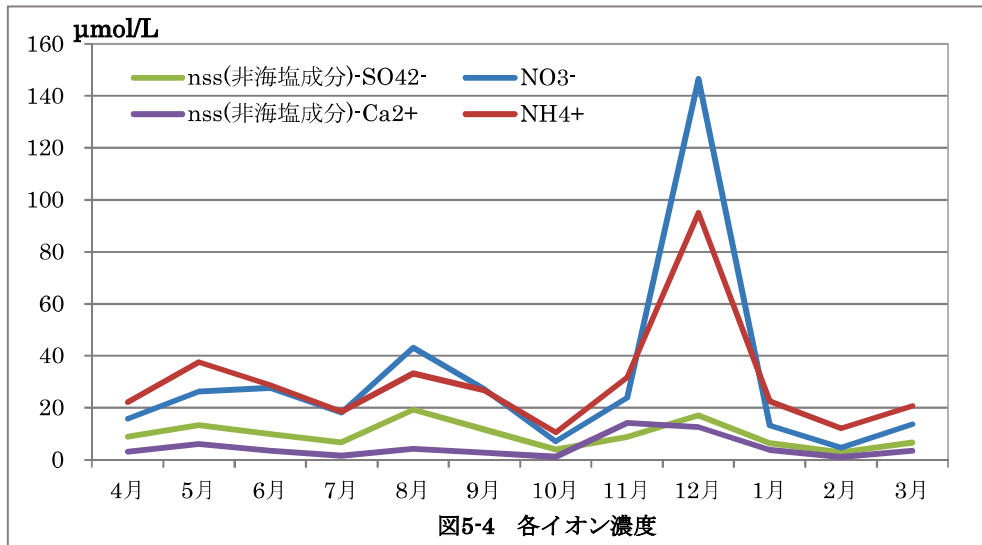


図5-4 各イオン濃度

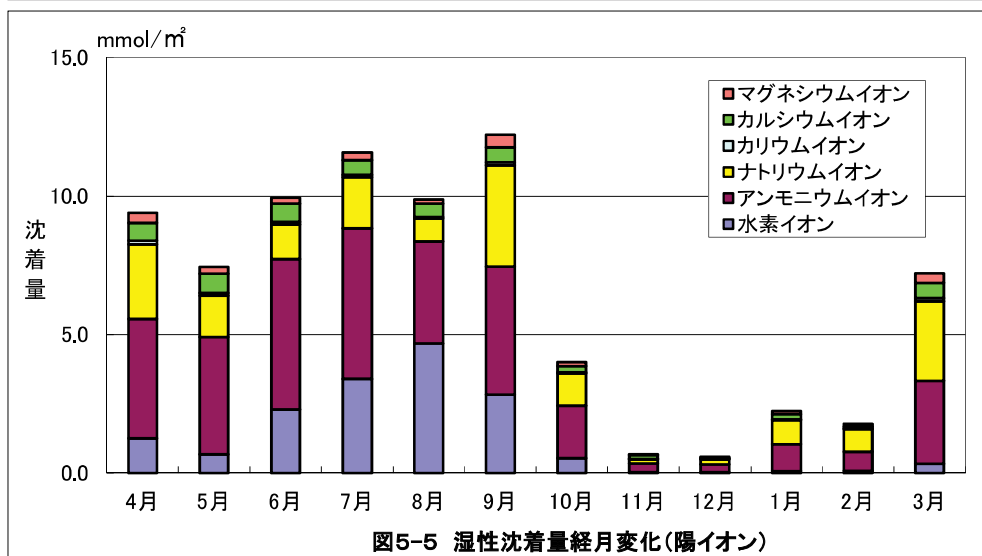


図5-5 湿性沈着量経月変化(陽イオン)

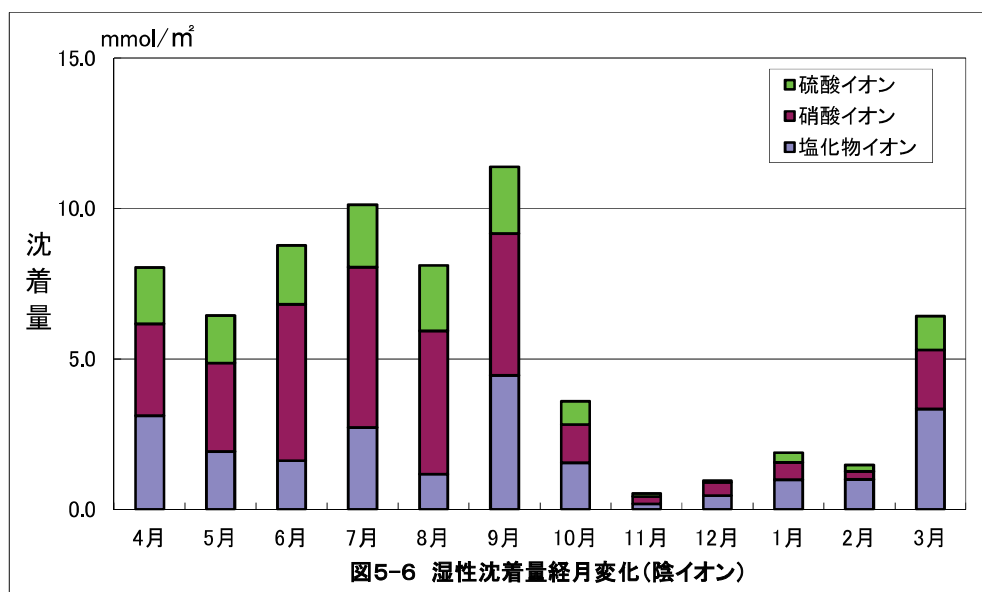


図5-6 湿性沈着量経月変化(陰イオン)

資料 (用語関係)

1 酸性雨

正常な状態での雨は、大気中の二酸化炭素が溶け込むことにより pH5.6 前後を示すことから、pH 5.6 以下の雨を酸性雨とっている。工場や自動車などから排出された二酸化硫黄や窒素酸化物が大気中で酸化され、雲に直接取り込まれたり雨水の落下過程で雨滴に取り込まれたりすることにより酸性雨が発生する。

2 乾性沈着と湿性沈着

化石燃料の燃焼により、二酸化硫黄や窒素酸化物のガスが大気中に放出され、輸送される間に酸化され、硫酸や硝酸に変換される。これらの酸が乱流拡散により、風に乗ったまま地上に沈着する乾性沈着と雨や雪に溶け込んだ形で沈着する湿性沈着がある。乾性沈着と湿性沈着は同程度の沈着量があるとされている。しかし、実際には酸性雨を考える場合に湿性沈着しか考えられていない。

3 pH

水素イオン濃度指数。中性の水で pH7 であり、酸性になると 7 よりも小さく、アルカリ性溶液では 7 よりも大きくなる。

4 導電率

電気伝導率ともいう。水中での電気の伝わり易さを示し、一般にイオン濃度が高くなると導電率が高くなる。単位は $\mu\text{S/cm}$ 。

5 塩化物イオン (Cl^-)

主に海塩由来の成分である。

6 硫酸イオン (SO_4^{2-})

海塩、火山から排出される硫化水素、化石燃料の燃焼によって発生する二酸化硫黄に由来する成分である。海塩由来成分はほぼ中性塩であり、酸性化には寄与しない。そこで硫酸として酸性成分となる非海塩由来成分 (non-sea salt: nss-) として nss- SO_4^{2-} が用いられる。

7 硝酸イオン (NO_3^-)

主に化石燃料の燃焼によって発生する窒素酸化物に由来する成分であり、硝酸として酸性成分となる。

8 アンモニウムイオン (NH_4^+)

肥料や糞尿などから発生するアンモニア(NH_3) が酸性成分と反応すると中和してアンモニウムイオン (NH_4^+) となる。降水中では酸性雨を中和するが、土壌中では微生物などの活動によって硝酸イオ

ン (NO_3^-) になり土壌を酸性化する。

9 ナトリウムイオン (Na^+)

主に海塩由来の成分である。 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} などの海塩由来の割合を算出するのに用いられる。

10 カリウムイオン (K^+)

海塩や化石燃料、鳥の糞や植物の葉に由来する。濃度が高い場合は試料が鳥の糞や植物の葉などにより汚染されていることが疑われる。

11 カルシウムイオン (Ca^{2+})

海塩、土壌、黄砂、道路粉じん等に由来する成分である。海塩由来成分はほぼ中性塩であり、酸性化や中和には寄与しない。そこで酸を中和するアルカリとして降水に含まれる成分を考え、非海塩由来成分 (non-sea salt: nss-) nss- Ca^{2+} が用いられる。

12 マグネシウムイオン (Mg^{2+})

主に海塩由来の成分である。 Na^+ が海塩由来成分であることをチェックするため、 Na^+ と Mg^{2+} の比がチェックされる。

1 調査の概要

pH5.6 以下の雨は、酸性雨と呼ばれており、北ヨーロッパやアメリカ北東部においては、強酸性の雨のため、林内雨により森林樹木が枯死や衰退した地域があり、また湖沼や河川の酸性化により生態系へ影響を与え、サケやマスなどの魚類が湖や河川から姿を消した地域があります。また、日本においても昭和 48 年より 50 年にかけて関東一円で霧または霧雨によって、目が痛い・皮膚がひりひりするとの訴えが多く寄せられ問題化しました。

本市においても、酸性雨の重大性を考え、平成 2 年 9 月 17 日より酸性雨の実態調査を開始し、さいたま市役所測定局では平成 5 年、大宮区役所屋上では平成 7 年、岩槻測定局では平成 17 年に酸性雨自動測定装置を設置し、測定を開始しました。

昭和 46 年度から平成 18 年度までは、降下ばいじん量（地上に落下してくるばいじんや雨水に含まれる物質の量）のモニタリングを行っていましたが、平成 19 年度からはさいたま市役所にて、降雨中のイオン分析等を行う湿性沈着モニタリングを実施しています。

なお、平成 22 年 8 月をもって、さいたま市役所における酸性雨のモニタリングを終了し、平成 27 年 3 月に、測定機の老朽化による更新時期にあわせて、岩槻測定局での測定を廃止し、大宮区役所の 1 地点となりました。その後大宮区役所の移転に合わせて移設を行い、令和元年 5 月 22 日からさいたま市役所にて測定を行っています。

2 調査方法

(1) 調査地点



図 1 酸性雨および湿性沈着測定位置図

(2) 測定項目

酸性雨モニタリング : 降雨中の pH、導電率

湿性沈着モニタリング : 降雨中の pH、導電率、陽イオン 5 項目、陰イオン 3 項目

(3) 測定方法

酸性雨モニタリング : 酸性雨自動測定装置

湿性沈着モニタリング : 酸性雨自動雨水採水器により、雨水を採水し、1 ヶ月ごとにタンクを回収し分析する。(測定は環境科学課で実施)

(4) 測定頻度

常時 (降雨時)

3 測定結果

(1) 降雨測定回数と pH 値

令和 3 年度は、さいたま市役所で 83 回 (雨量 1448 mm) の降雨が観測され、pH 及び導電率の測定を行いました。

全降雨測定回数のうち 71 回 (86%) で pH5.6 以下の酸性雨が観測されました。また、pH4.0 以下の酸性雨は観測されませんでした。

表 1. 降雨測定回数と pH 値

		さいたま市
年間降水量		1448 mm
降雨測定回数		83
5.6 以下の回数		71
4.0 以下の回数		0
3.5 以下の回数		0
pH	最大値	6.39
	最小値	4.18
	平均値	5.17

(2) 降雨回数経月変化

降雨回数経月変化（表2）をみると、梅雨時期を中心とした5～7月に降雨回数が多くなりました。pH5.6以下の酸性雨は年間を通して観測されましたが、pH4.0以下の酸性度の高い酸性雨は観測されませんでした。

表2 月別降雨回数

月	さいたま市			
	全降雨	pH5.6 以下	pH4.0 以下	pH3.5 以下
4	6	3	0	0
5	15	9	0	0
6	10	10	0	0
7	11	10	0	0
8	8	6	0	0
9	7	7	0	0
10	5	5	0	0
11	5	5	0	0
12	4	4	0	0
1	2	2	0	0
2	4	4	0	0
3	6	5	0	0
合計	83	71	0	0

(3) 降雨回数経年変化

降雨回数の経年変化（図2）を見ると、令和3年度の降雨回数は昨年度より少なくなりました。

全降雨測定回数に占める酸性雨（pH4.0以下）の割合の経年変化（図3）をみると、令和3年度は酸性雨（pH4.0以下）は0%となり、昨年度から減少しています。

また、年平均値（pH）は昨年度と比べ低下しています。（図4）本市の令和3年度の年平均値はpH5.17ですが、現在、環境省ホームページで公開されている最新のデータである令和2年度酸性雨調査結果によると、酸性雨の全国における年間平均はpH5.01であり、本市とほぼ同程度の結果となっています。

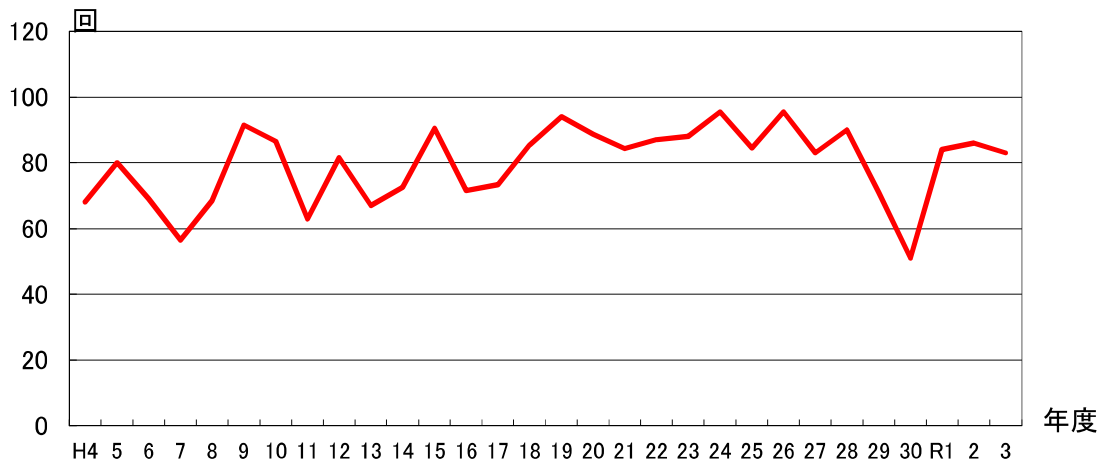


図2 測定箇所1か所あたりの平均降雨測定回数の経年変化

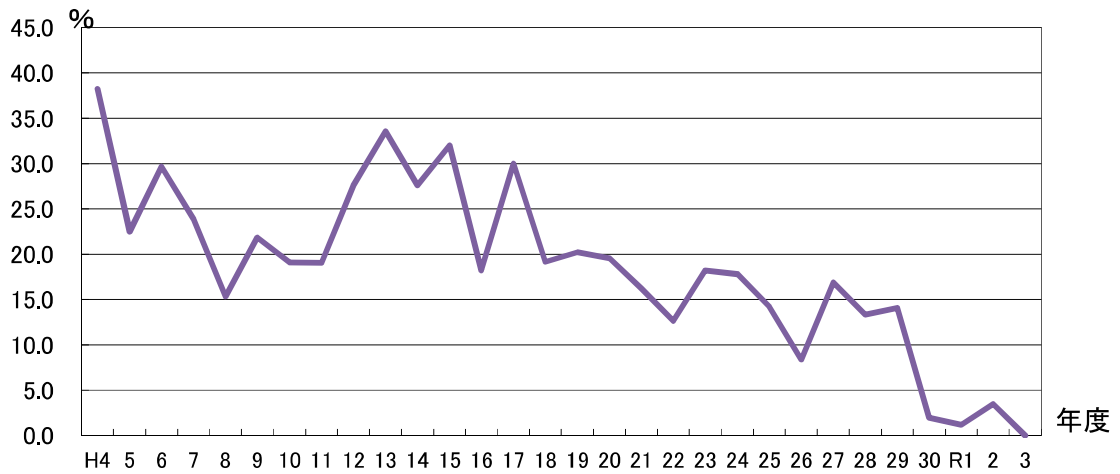


図3 全降雨測定回数に占める酸性雨(pH4.0以下)の割合の経年変化

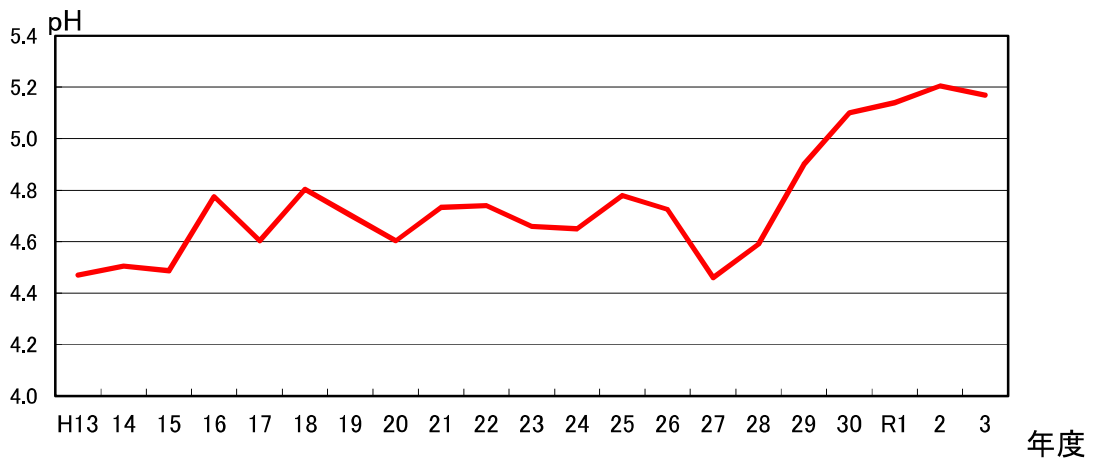


図4 年間平均pHの経年変化

(4) 初期降雨の pH 及び導電率経年変化

令和3年度は、初期降雨 5.0mm 目までの pH の経年変化をみると (図5)、例年より高く pH 5.2 前後を示しました。

初期降雨の導電率経年変化 (図6) をみると、降り始めが高い導電率を示しており、降雨量の上昇とともに導電率が低下しています。

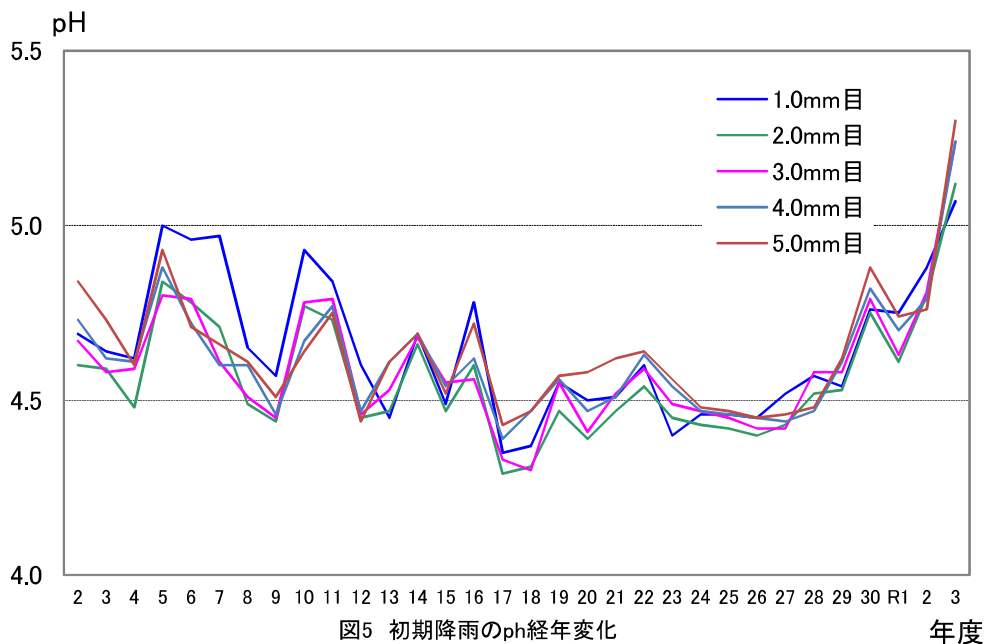


図5 初期降雨のpH経年変化

年度

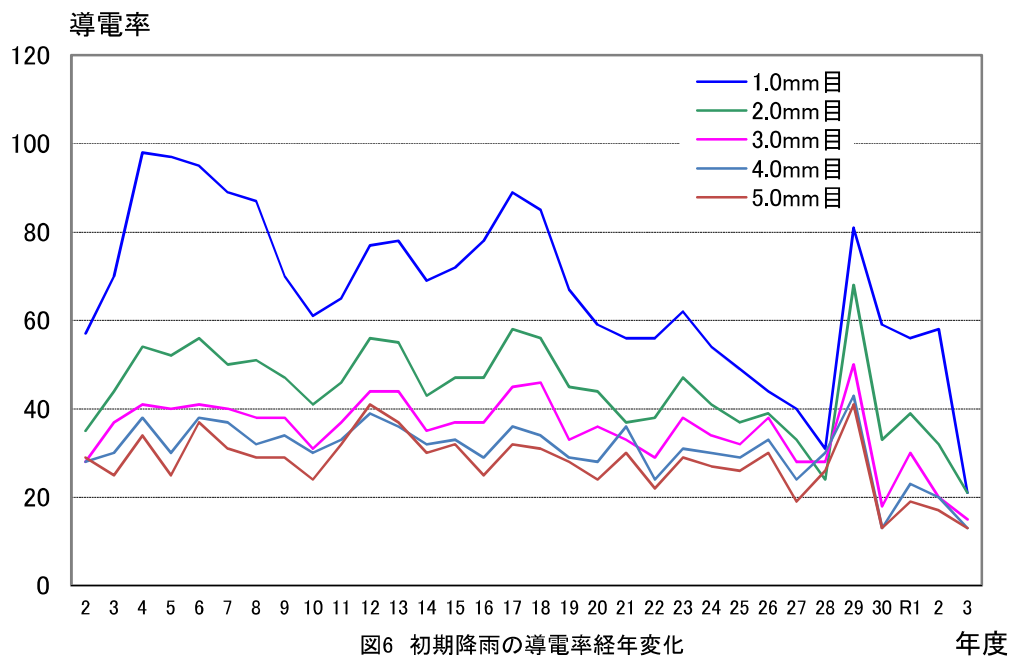


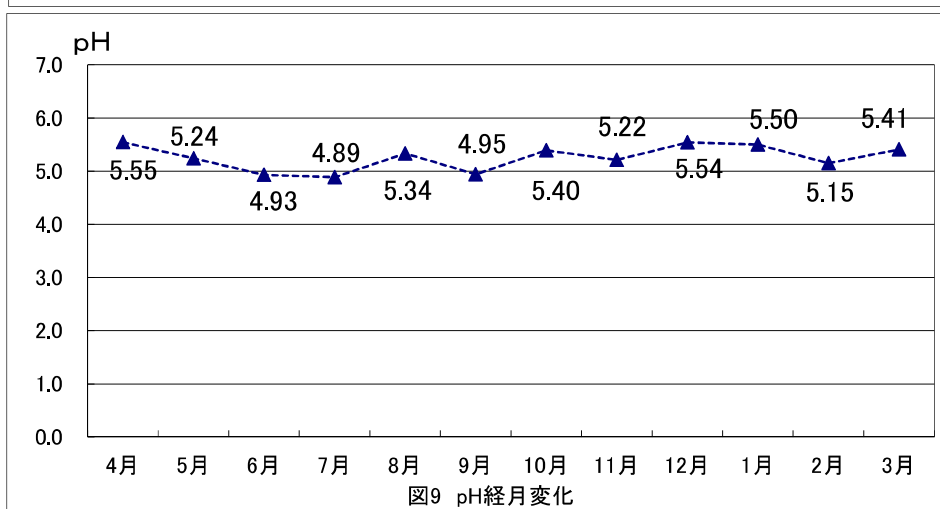
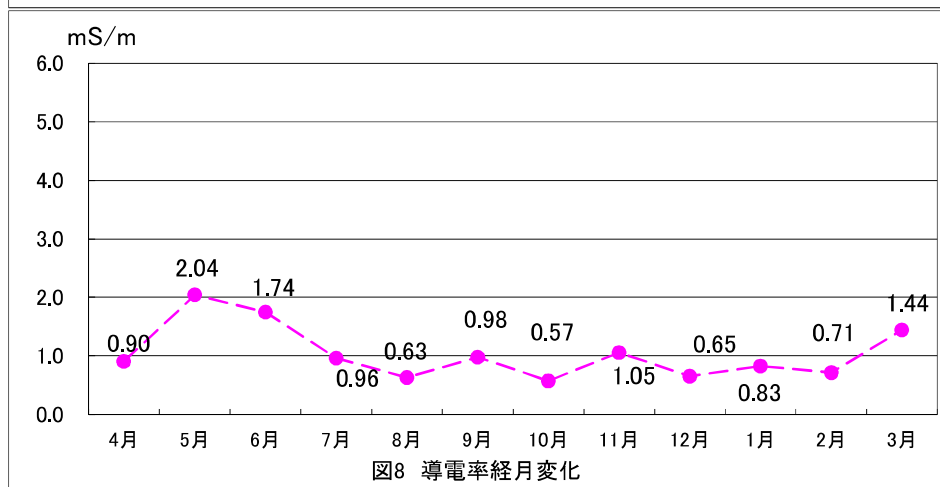
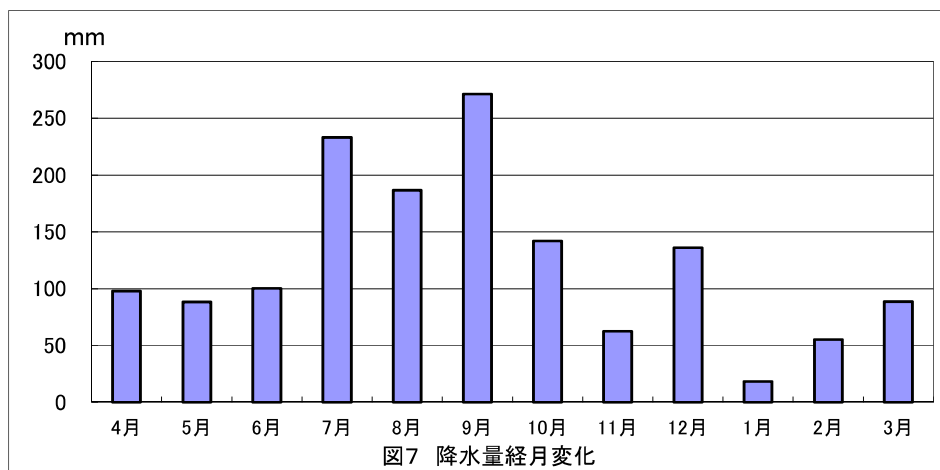
図6 初期降雨の導電率経年変化

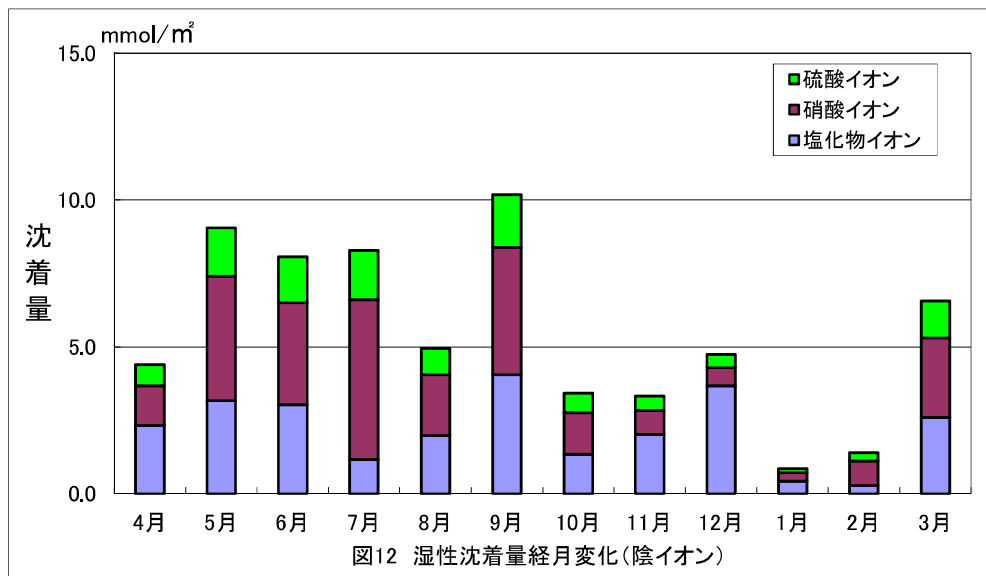
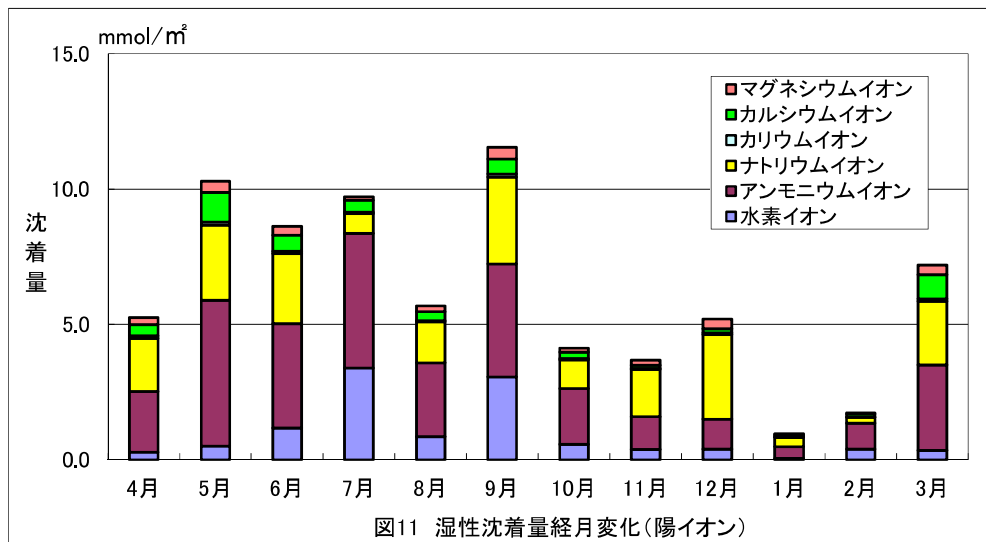
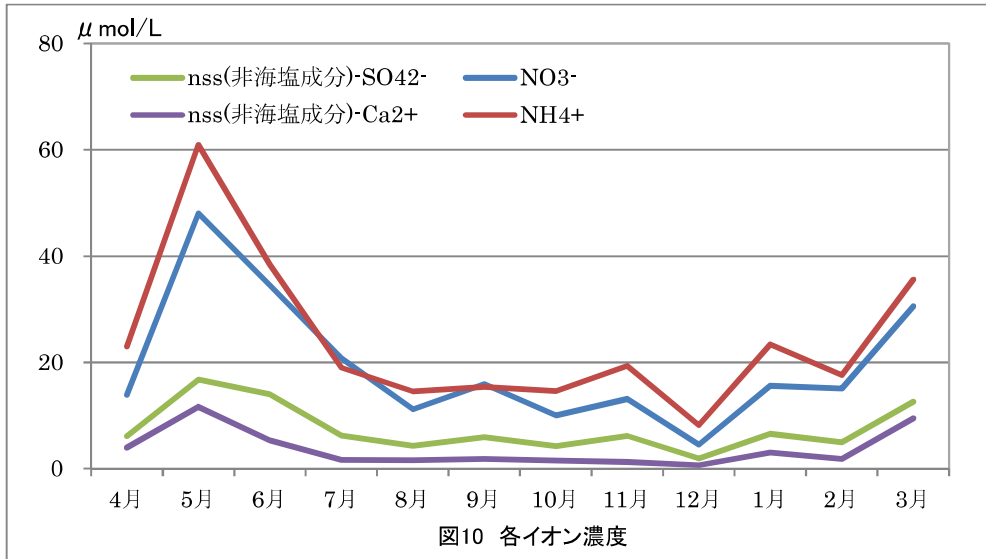
年度

(5) 月別湿性沈着量

さいたま市役所では、降雨中のイオン分析等を行う湿性沈着モニタリングを実施しています。

図10に酸性雨に大きく寄与する4イオンの濃度グラフを示しました。5月にアンモニウムイオン及び硝酸イオンの濃度が高くなっています。また、沈着量はアンモニウムイオン及び硝酸イオンについては上半期に多くなっています。





資料 (用語関係)

1 酸性雨

正常な状態での雨は、大気中の二酸化炭素が溶け込むことにより pH5.6 前後を示すことから、pH 5.6 以下の雨を酸性雨とっている。工場や自動車などから排出された二酸化硫黄や窒素酸化物が大気中で酸化され、雲に直接取り込まれたり雨水の落下過程で雨滴に取り込まれたりすることにより酸性雨が発生する。

2 乾性沈着と湿性沈着

化石燃料の燃焼により、二酸化硫黄や窒素酸化物のガスが大気中に放出され、輸送される間に酸化され、硫酸や硝酸に変換される。これらの酸が乱流拡散により、風に乗ったまま地上に沈着する乾性沈着と雨や雪に溶け込んだ形で沈着する湿性沈着がある。乾性沈着と湿性沈着は同程度の沈着量があるとされている。しかし、実際には酸性雨を考える場合に湿性沈着しか考えられていない。

3 pH

水素イオン濃度指数。中性の水で pH7 であり、酸性になると 7 よりも小さく、アルカリ性溶液では 7 よりも大きくなる。

4 導電率

電気伝導率ともいう。水中での電気の伝わり易さを示し、一般にイオン濃度が高くなると導電率が高くなる。単位は $\mu\text{S/cm}$ 。

5 塩化物イオン (Cl^-)

主に海塩由来の成分である。

6 硫酸イオン (SO_4^{2-})

海塩、火山から排出される硫化水素、化石燃料の燃焼によって発生する二酸化硫黄に由来する成分である。海塩由来成分はほぼ中性塩であり、酸性化には寄与しない。そこで硫酸として酸性成分となる非海塩由来成分 (non-sea salt: nss-) として nss- SO_4^{2-} が用いられる。

7 硝酸イオン (NO_3^-)

主に化石燃料の燃焼によって発生する窒素酸化物に由来する成分であり、硝酸として酸性成分となる。

8 アンモニウムイオン (NH_4^+)

肥料や糞尿などから発生するアンモニア(NH_3) が酸性成分と反応すると中和してアンモニウムイオン (NH_4^+) となる。降水中では酸性雨を中和するが、土壌中では微生物などの活動によって硝酸イオ

ン (NO_3^-) になり土壌を酸性化する。

9 ナトリウムイオン (Na^+)

主に海塩由来の成分である。 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} などの海塩由来の割合を算出するのに用いられる。

10 カリウムイオン (K^+)

海塩や化石燃料、鳥の糞や植物の葉に由来する。濃度が高い場合は試料が鳥の糞や植物の葉などにより汚染されていることが疑われる。

11 カルシウムイオン (Ca^{2+})

海塩、土壌、黄砂、道路粉じん等に由来する成分である。海塩由来成分はほぼ中性塩であり、酸性化や中和には寄与しない。そこで酸を中和するアルカリとして降水に含まれる成分を考え、非海塩由来成分 (non-sea salt: nss-) nss- Ca^{2+} が用いられる。

12 マグネシウムイオン (Mg^{2+})

主に海塩由来の成分である。 Na^+ が海塩由来成分であることをチェックするため、 Na^+ と Mg^{2+} の比がチェックされる。