

熊本市における酸性雨調査について（平成 21 年度）

坂口美鈴 福田照美 東瀬謙二* 丸山龍也 津留靖尚

*平成 22 年 3 月退職

1 はじめに

酸性雨は、1960 年代にヨーロッパや北米における森林破壊で注目されるようになり、国内でも 1970 年代に関東地方で目や皮膚の痛みを伴う酸性度の強い雨が見られている。酸性雨の発生は、工場や自動車等から排出された硫黄酸化物や窒素酸化物に起因するものであり、国内では排ガス対策が進められたことにより、健康被害や環境破壊をもたらすような酸性雨は見られなくなっている。しかし、依然として pH の全国平均は 4.5 前後と酸性雨の目安となる 5.6 を下回っており、また近年の東アジアの工業化の進展による影響も懸念されている。

このような背景のもとに、地方自治体の環境研究所の集まりである全国環境研協議会では、全国的な酸性雨の実態を把握するため、平成 3 年に第 1 次酸性雨全国調査（～平成 5 年）を開始し、現在の第 5 次調査（平成 21 年～）へと断続的に共同調査を行っている。また、九州地区の環境研究所では、全国調査の空白年を補うため、平成 6 年から九州・沖縄地方酸性雨共同調査として、測定データを毎年蓄積してきた。

今回、当所が実施した平成 21 年度の測定データを取りまとめたので報告する。

2 調査の概要

(1) 調査地点

調査は、熊本市東部保健福祉センター屋上（熊本市錦が丘 1 丁目 1）で実施した。調査地点は、住宅地域の県道沿いに位置しており、道路沿いには商店や事務所等の建物が見られるが周囲に大規模な工場等は立地していない。

(2) 試料採取方法及び分析方法

試料の採取方法は、湿性沈着モニタリング手引書¹⁾に準じ、原則として月曜日の 9 時から 2 週間後の月曜日の 9 時まで 2 週間単位で採取した。自動採取装置は、紀本電子工業(株)製 AR-107（試料保存のための冷蔵庫付）を使用した。

測定項目は、pH、電気伝導度、硫酸イオン (SO_4^{2-})、硝酸イオン (NO_3^-)、塩化物イオン (Cl^-)、アンモニウムイオン (NH_4^+)、カルシウムイオン (Ca^{2+})、マグネシウムイオン (Mg^{2+})、カリウムイオン (K^+)、ナトリウムイオン (Na^+)、貯水量（降水量へ換算）とした。

pH は pH 計（ガラス電極法）、電気伝導度は電気伝導度計、イオン成分はイオンクロマトグラフ（DIONEX 製 DX-AQ）により測定した。

なお、データの解析にあたっては、2 週間単位で測定を行っていることから月平均値は 2 回分のデータを加重平均して求めており、6 月と 12 月は 3 回分のデータを加重平均した。

3 調査結果

(1) 降水量

採水装置の貯水量から算出した年間降水量は 1578mm で、熊本地方気象台（調査地点から北西方向約 5km）の 1645mm とほぼ等しかった。また、同気象台の平年値（1971 年から 2000 年の平均値）1993mm と比べると約 8 割と少なかった。図 1 に示したように月別には、梅雨期の 6 月と 7 月の降水量が多く 300mm を超えており、9 月が 19mm と最も少なかった。また、平年値と比べると、4 月から 9 月までの降水量は少なく、10 月から 3 月までは多かった。特に 8 月と 9 月の降水量が平年値より少なく、2 月が多いことが特徴的であった。

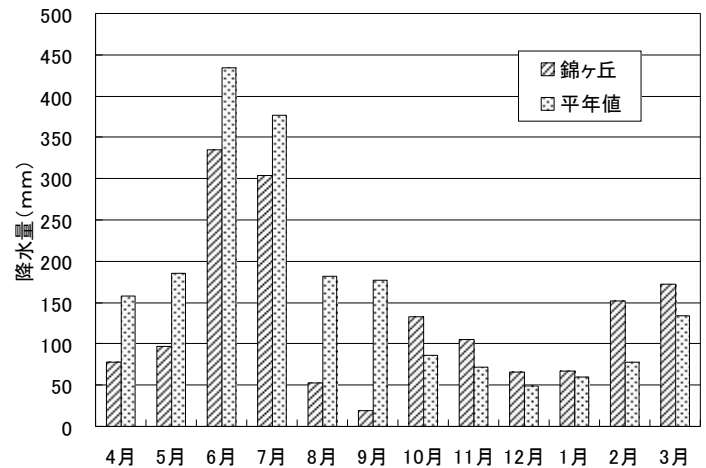


図 1 降水量の季節変動

(2) pH

降水の酸性度を示す指標として pH（水素イオン指数）が用いられており、その値が 5.6 を下回れば酸性雨と呼ばれている。調査地点の pH の月平均値は、図 2 に示したように 12 月の 4.48 が最も低くなっており、5.00（4 月）までの範囲で変動していた。一般的に、雨水の pH は降水量が少ない時期に低くなる傾向があるといわれており、降水量の少なかった 8 月と 9 月も、それぞれ 4.61 と 4.52 で低くなっていた。

また、平成 21 年度の年加重平均値は 4.72 で、表 1 に示したように現在地点で調査を開始した平成 15 年度以降ほぼ横ばいで推移しており、全国酸性雨調査^{2~8)}による全国平均値とほぼ同程度であった。

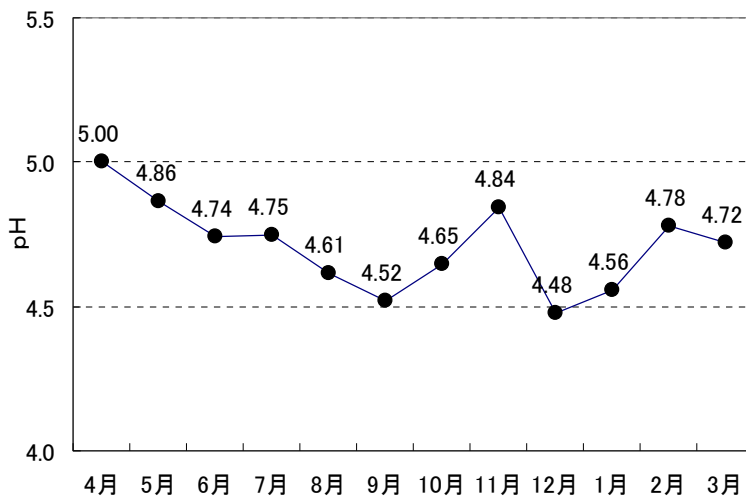


図 2 pH の季節変動

表 1 pH（年加重平均値）の推移

年度	熊本市	全国平均
H15	4.73	4.63
H16	4.76	4.70
H17	4.48	4.58
H18	— ¹⁾	4.63
H19	4.69	4.62
H20	4.94	4.64
H21	4.72	— ²⁾

* 1) 欠測

* 2) 集計中

(3) イオン成分濃度

降水中の各イオン成分の月平均値を表 2 に、その季節変動を図 3 に示した。

陰イオンの硫酸イオンと硝酸イオンは、同様な季節変動をしており、降水量が 19mm と少なかった 9 月の濃度が高く、12 月から 1 月の冬場も高くなっており、4 月と 10 月から 11 月は低くなっていた。塩化物イオンも硫酸イオン等と同様な挙動を示していたが、8 月の濃度が高くなっていた。

一方、陽イオンは、陰イオンと同様に 4 月と 10 月から 11 月が低くなっていたが、他の時期はほぼ横ばいで推移していた。なお、海塩粒子由来とされるナトリウムイオンの 8 月の濃度が高く、塩化物イオンも高かったことから、海水の影響が考えられる。

本市の各イオン濃度の加重平均は、共同調査に参加している全国の自治体の平均値と比べると全て低かった (表 2)。

ところで、2 月と 3 月の降水量は、それぞれ 152mm と 172mm で同程度であるが、3 月の各イオンの濃度が、2 月に比べて急激に高くなっていた。本市では、平成 21 年度は 4 月、5 月、12 月に各 1 回、3 月に 3 回の黄砂が観測されており、黄砂の影響が考えられた。酸性雨の採取は 2 週間単位で行っており、3 月に行った 2 回の調査の結果を表 3 と図 4 に示した。

調査 B の期間に黄砂が 3 回観測されており、図 4 に示したように調査 B のイオン成分の濃度が調査 A に比べてすべて高くなっていた。なお、黄砂には土壌由来の炭酸カルシウムが含まれており、炭酸カルシウムはアルカリ性であることから酸性物質を中和するため、調査 B の pH は 4.87 と調査 A の 4.63 よりも高くなっていた。

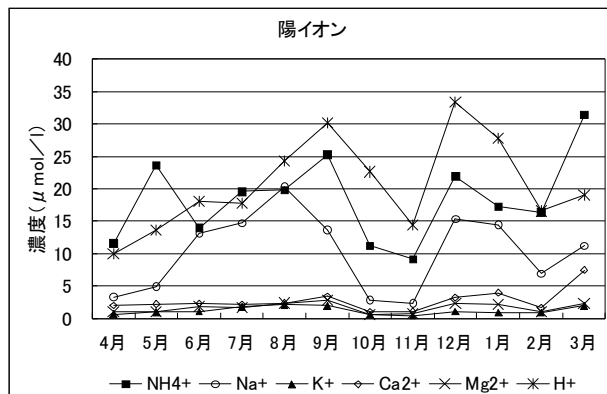
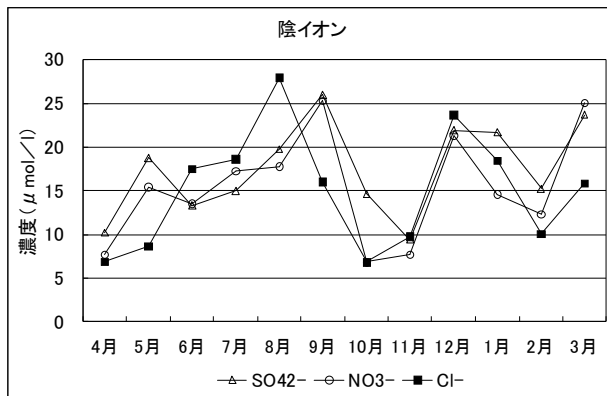


図 3 イオン成分濃度の季節変動

表 3 平成 22 年 3 月の調査結果

調査	A	B
調査時期	3月1日 ～15日	3月15日 ～29日
降水量	97 mm	75 mm
pH	4.63	4.87
黄砂 観測日		16日 20日 21日

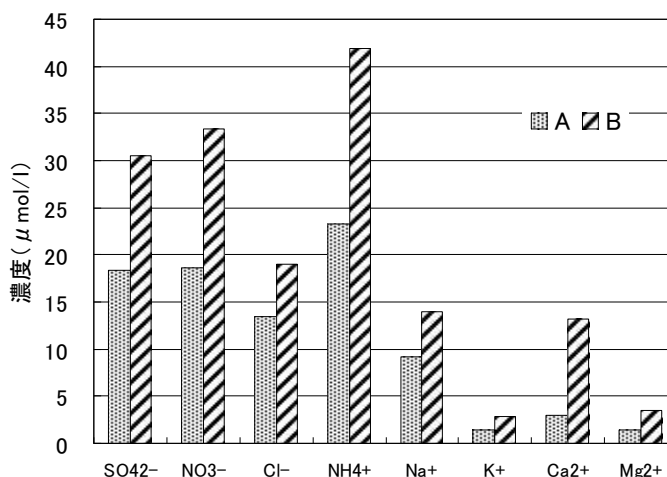


図 4 各イオン成分濃度比較 (平成 22 年 3 月)

表2 酸性雨の測定結果

月	開始日	終了日	降水量 mm	pH	導電率 mS/m	SO ₄ ²⁻ μ mol/l	nss ⁻ SO ₄ ²⁻ μ mol/l	NO ₃ ⁻ μ mol/l	Cl ⁻ μ mol/l	NH ₄ ⁺ μ mol/l	Na ⁺ μ mol/l	K ⁺ μ mol/l	Ca ²⁺ μ mol/l	nss ⁻ Ca ²⁺ μ mol/l	Mg ²⁺ μ mol/l	H ⁺ μ mol/l
4月	H21. 3. 30	H21. 4. 27	77	5.00	0.79	10.2	10.0	7.7	6.9	11.6	3.4	0.7	2.1	2.0	1.0	10.0
5月	H21. 4. 27	H21. 5. 25	97	4.86	1.41	18.8	18.5	15.5	8.7	23.6	4.9	1.0	2.2	2.1	1.1	13.7
6月	H21. 5. 25	H21. 7. 6	335	4.74	1.32	13.3	12.5	13.6	17.5	14.0	13.1	1.1	2.3	2.1	1.9	18.1
7月	H21. 7. 6	H21. 8. 4	304	4.75	1.38	15.0	14.1	17.3	18.7	19.6	14.7	1.8	2.2	1.8	1.8	17.8
8月	H21. 8. 4	H21. 8. 31	53	4.61	1.96	19.8	18.5	17.8	28.0	19.8	20.4	2.1	2.4	2.0	2.4	24.3
9月	H21. 8. 31	H21. 9. 14	19	4.52	2.24	26.0	25.2	25.3	16.0	25.3	13.7	2.0	3.5	3.2	2.8	30.2
10月	H21. 9. 28	H21. 10. 26	133	4.65	1.22	14.7	14.5	6.8	6.9	11.2	2.9	0.6	1.1	1.0	0.6	22.6
11月	H21. 10. 26	H21. 11. 24	105	4.84	0.86	9.4	9.3	7.7	9.8	9.2	2.4	0.4	1.1	1.1	0.7	14.4
12月	H21. 11. 24	H22. 1. 4	65	4.48	2.14	21.9	21.0	21.3	23.7	21.9	15.3	1.1	3.2	2.9	2.4	33.4
1月	H22. 1. 4	H22. 2. 1	67	4.56	1.81	21.7	20.8	14.6	18.5	17.3	14.5	0.9	4.0	3.7	2.2	27.7
2月	H22. 2. 1	H22. 3. 1	152	4.78	1.31	15.2	14.8	12.3	10.1	16.4	6.9	0.9	1.7	1.5	1.1	16.6
3月	H22. 3. 1	H22. 3. 29	172	4.72	1.74	23.7	23.0	25.1	15.9	31.4	11.3	2.0	7.5	7.2	2.3	19.1
熊本市加重平均			1,578	4.74	1.40	16.1	15.4	14.9	15.0	17.9	10.5	1.2	2.7	2.5	1.6	18.9
全国加重平均 (平成20年度)			1,642	4.64	2.53	20.6	16.3	18.4	80.6	20.3	69.9	2.4	5.6	4.0	8.2	22.8

(3) 非海塩性イオン成分

降水に含まれるイオン成分には、ナトリウムイオンのように海塩粒子に由来するものや、硝酸イオンのように工場や自動車の排気ガスなど海塩以外の発生源に由来するものがあり、また硫酸イオンやカルシウムイオンのようにその両者に由来するものもある。

そこで、ナトリウムイオンを全て海塩由来であると仮定することにより、海水中に含まれる濃度比より、硫酸イオンを海塩性と非海塩性に区分することができる(図5)。計算で求めた調査地点の非海塩性硫酸イオン(nss-SO_4^{2-})

の割合は、硫酸イオン全体の96%で、非海塩性カルシウムイオン(nss-Ca^{2+})の割合は92%で、図5に示したように海水の影響は少なかった。

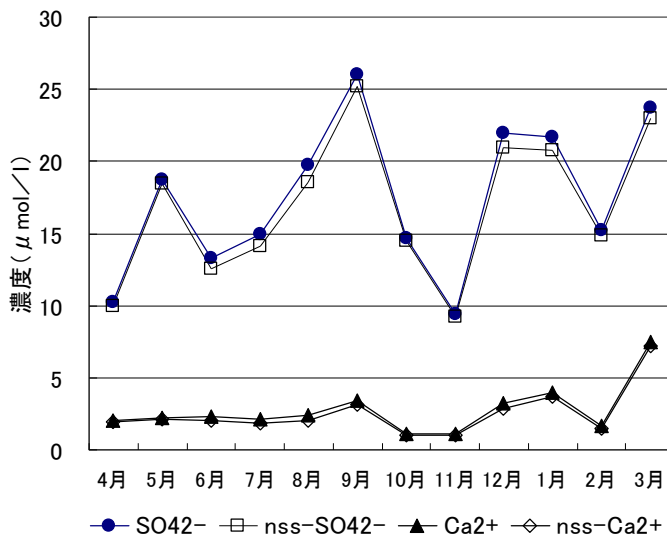


図5 非海塩イオンの季節変化

(4) イオン成分の湿性沈着量

各イオン成分の濃度と降水量から降水に含まれて地上に降下したイオン成分の量(湿性沈着量)を求めることができる。図6に示したように平成21年度は、降水量の多かった6月と7月の湿性沈着量が多くなっており、黄砂の影響でイオン濃度が高かった3月が次に多かった。イオン濃度が高かった9月は降水量が少なかったことから、湿性沈着量は少なかった。

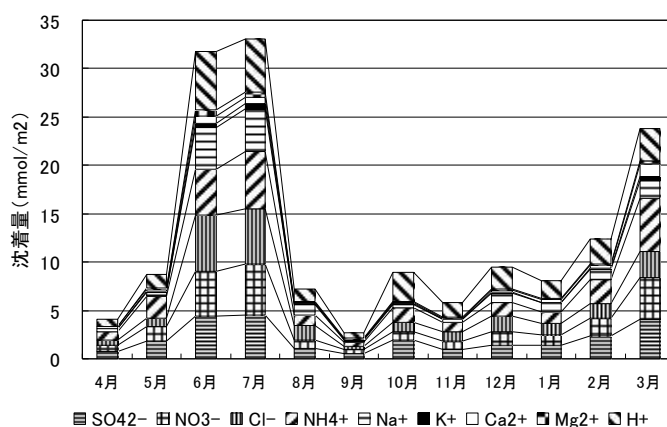


図6 湿性沈着量の経月変化

4 まとめ

近年大陸からの越境汚染がクローズアップされており、酸性雨にも大陸からの影響が懸念されている。本市のpHはほぼ横ばいに推移しており、越境汚染の指標とされている硫酸イオン濃度も、全国の平均値と比べて低くなっていた。しかし、黄砂の影響と考えられる降水中のイオン成分の増加や、近年の光化学オキシダント濃度の上昇など、広域的な大気汚染の影響を受けているものと推定される。

今後も酸性雨モニタリング調査を継続し、本市の大気環境の現況を把握するとともに、全国調査や九州地区の共同調査を通じて広域的な汚染の状況を把握し、本市の大気環境の保全に活用していきたい。

参考文献

- 1) 環境省；湿性沈着モニタリング手引書（第2版）、平成13年6月
- 2) 全国環境研協議会 酸性雨研究部会；第4次全国調査結果報告書（平成15年度）、全国環境研会誌、30（2）、58-135、2005
- 3) 全国環境研協議会 酸性雨研究部会；第4次全国調査結果報告書（平成16年度）、全国環境研会誌、31（3）、118-186 2006
- 4) 全国環境研協議会 酸性雨研究部会；第4次全国調査結果報告書（平成17年度）、全国環境研会誌、32（3）、78-152 2007
- 5) 全国環境研協議会 酸性雨研究部会；第4次全国調査結果報告書（平成18年度）、全国環境研会誌、33（3）、126-196 2008
- 6) 全国環境研協議会 酸性雨研究部会；第4次全国調査結果報告書（平成19年度）、全国環境研会誌、34（3）、193-223 2009
- 7) 全国環境研協議会 酸性雨研究部会；第4次全国調査結果報告書（平成19年度）、全国環境研会誌、34（4）、262-291 2009
- 8) 全国環境研協議会 酸性雨研究部会；第4次全国調査結果報告書（平成20年度）、全国環境研会誌、15（3）、88-137 2010