

横浜の酸性雨の状況

- ここ 10 年間の状況 -

加藤善徳（横浜市環境科学研究所）

1. はじめに

環境省の報告¹⁾にもあるように、現在、我が国は森林・湖沼等の被害がみられる欧米と同レベルの酸性雨が降り続けている状況にあり、さらに急速に工業化を進める東アジア近隣諸国からの影響も懸念されている。この東アジアの問題については、2001年1月に『東アジア酸性雨モニタリングネットワーク』が正式稼働し、酸性雨対策に向けての国際的な取り組みが開始されたところである。一方、2000年8月末からは三宅島火山から酸性雨の主要な原因物質であるSO₂ガスが大量に放出され始め²⁾大きな問題となっている。

横浜市環境科学研究所では、1984年から酸性雨に関する調査研究を実施している。ここでは、ここ10年の横浜の酸性雨の状況を中心に報告するとともに、併せて実施した酸性雨による金属材料への影響調査（リーチング調査）の結果についても報告する。

2. 調査内容

2.1 酸性雨の観測方法

1984年5月～2003年8月の間、横浜市磯子（図1、三宅島北約150km）で自動雨水採取装置（小笠原計器製作所US-400型）により、降り始め初期1mm及び一降水全量（降り始めから降り終わりまでの雨）を一降水毎に採取した。酸性雨等調査マニュアルによりpH、EC、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、NH₄⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺を分析した。

2.2 リーチング調査の方法

1998年1月～2003年8月（ブロンズ板は1999年3月開始）の間、磯子と山梨県道志（図1、三宅島北北西約170km、山間部）で、簡易雨水採取器に試験板（ブロンズ、銅、炭素鋼、道志はブロンズのみ）を取り付けて雨水による金属溶出量を測定³⁾した。採取単位は1ヶ月。金属試験板から溶出したCu、Zn、Pb、FeはICP発光分析法により分析、雨水成分は前記した方法で分析した。

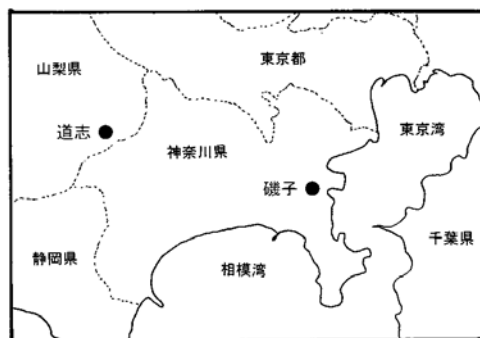


図1 測定地点

3. 結果

3.1 酸性雨の観測結果

3.1.1 pH

図-2 に示すように、pH は 2000 年 8 月までは年平均値で初期 1mm が 4.3 前後、一降水全量が 4.7 前後で推移していたが、三宅島から SO₂ ガスが大量に放出され始めた 2000 年 9 月頃から急激に低下し、放出後 3 年経過した 2003 年現在もやや回復傾向はみられるが依然低下した状態が続いている。また、降水毎では、火山ガス放出後、酸性度の強い pH4 未満の降水が頻繁に出現する傾向を示しており、特に、2000 年 6 月 5 日、2003 年 7 月 10 日には初期 1mm 降水の pH がそれぞれ 2.98、3.04 と極めて酸性度の強い降水を観測している。

3.1.2 降水成分

降水に含まれる主なイオン成分は H⁺、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、NH₄⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺ であり、このうち、酸性雨の原因となる成分は nssSO₄²⁻、NO₃⁻、nssCl⁻ である。ここで、nss (non sea salt) とは海塩を除いた成分を示し、海塩の指標としては Na⁺ を用いている。表 1 に磯子における降水成分の測定結果を示す。また、図 3 に主なイオン成分の湿性沈着量の経年変化を示す。ここで、湿性沈着量とは、降水に伴って降下してくる成分量を示す。

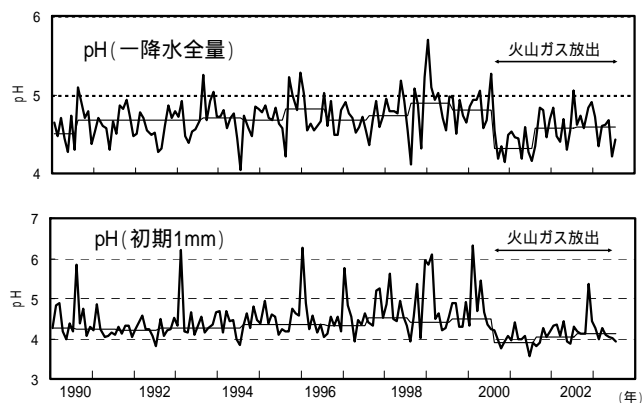


図 2 pH の経月変化 (磯子)

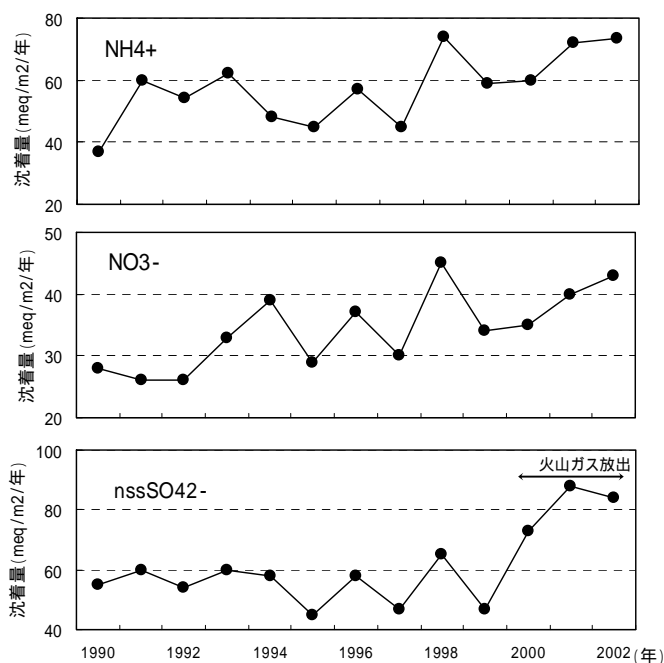


図 3 湿性沈着量の経年変化 (磯子)

表 1 火山ガス放出前後の降水成分 (2000 年 9 月基準) 地点: 磯子

期間	pH		湿性沈着量 (meq/m ² /年)						
	初期 1mm	一降水	H ⁺	nssSO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	nssCl ⁻	NH ₄ ⁺	nssCa ²⁺	海塩成分
放出前 10 年平均 (a)	4.31	4.70	33.7	54.9	32.7	19.8	54.1	22.0	125
放出後 1 年 (b)	3.91	4.32	71.7	88.1	35.0	36.1	57.2	14.7	174
放出後 2 年 (c)	4.04	4.57	49.7	92.8	41.2	9.5	77.8	24.3	237
放出後 3 年 (d)	4.12	4.59	48.6	88.2	44.0	11.4	81.9	17.9	159

注 1) (a) は 1990 年 9 月 ~ 2000 年 8 月、(b) は 2000 年 9 月 ~ 2001 年 8 月、(c) は 2001 年 9 月 ~ 2002 年 8 月、(d) は 2002 年 9 月 ~ 2003 年 8 月

注 2) nss は非海塩成分 (non sea salt) を示す

注 3) 海塩成分は Na⁺、Mg²⁺ 等の成分の合計量を示す

図3、表1にみられるように、 $\text{nsS}\text{SO}_4^{2-}$ 沈着量は火山ガス放出後、急激に増大し、3年後の2003年現在も依然増加した状態が続いている。このことは、2000年9月以降、酸性雨が強まった（pHが急激に低下した）原因が主に三宅島火山ガスの影響であることを裏付けている。一方、もう一つの主要な酸性雨の原因成分である NO_3^- 沈着量はここ20年、漸増してきており、本市が酸性雨観測を開始した1984年当事に比べ、現在は約2倍の増加となっている。また、 NH_4^+ 沈着量も同様な傾向を示し、これも1984年当事に比べ現在は約2倍の増加となっている。これら窒素化合物は湖沼等の富栄養化や土壌の酸性化の原因物質となっており、世界的にもこれらの発生量は増大していることから、その動向を注視していくことは非常に重要である。

3.2 リーチング調査結果

図4に磯子における酸性雨原因成分の沈着量及びブロンズ試験板からの金属溶出量の経月変化を示す。

火山ガス放出後、 $\text{nsS}\text{SO}_4^{2-}$ 沈着量が急増したが、これに対応するように試験板からの金属溶出量も増大し、3年後の現在も増大した状態は続いている。両者の関係を道志のデータを含め図5に示すが、これらは非常に良い直線関係を示した($Y = 0.21X + 0.31$, $r = 0.91$)。

以前から、横浜市内の屋外器物は酸性雨による溶出・劣化が確認されているが、上記の現象は三宅島火山ガス放出後、屋外器物の溶出・劣化が加速していることを示すものと考えられる。

表2に磯子と道志における各種試験板からの金属溶出量の測定結果を示す。道志は磯子に比べ試験板からの金属溶出量が1/2程度と少なく、酸性雨による影響は磯子に比べ小さいが、火山ガス放出後の挙動は磯子と同様であり、火山ガスの影響は遠く山間部にも及んでいることがわかる。

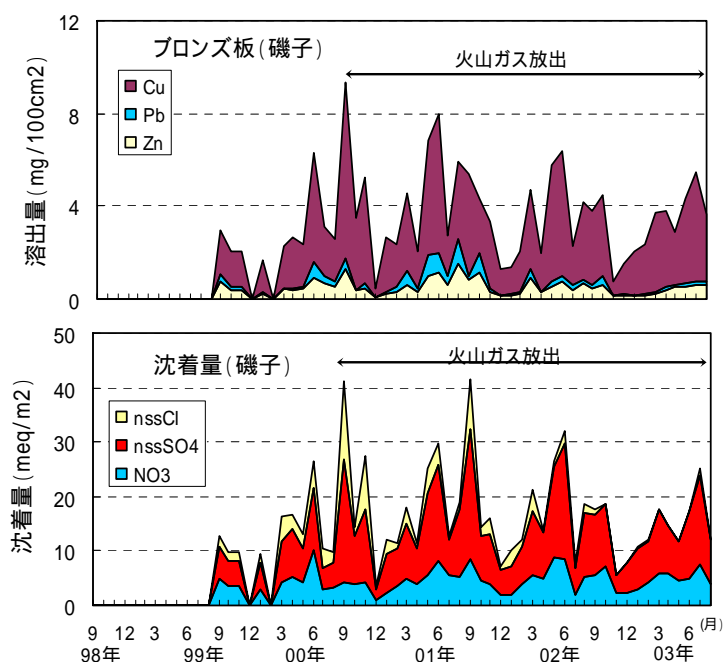


図4 沈着量及び金属溶出量の経月変化

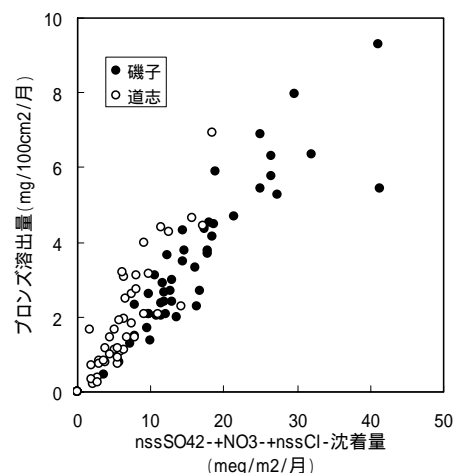


図5 沈着量と金属溶出量の関係

表2 金属溶出量測定結果(2000年9月基準)

単位：mg/100cm²/年

期間	礫子			道志
	ブロンズ板	銅板	炭素鋼板	ブロンズ板
	Cu+Zn+pb	Cu	Fe	Cu+Zn+pb
放出前2年	-	15.6	5.3	-
放出前1年	28.2	16.4	8.9	14.5
放出後1年	53.5	32.8	15.7	31.6
放出後2年	43.1	26.2	13.3	-
放出後3年	38.8	25.4	10.4	22.7

注) - は未測定を示す。

この他、表2に見られるように、銅板、炭素鋼板についても、ブロンズ板と同様、酸性雨の影響を受けており、三宅島火山ガス放出後、その影響が加速していることが窺われる。

4. おわりに

酸性雨の観測、リ・チング調査を行った結果、三宅島火山ガス放出後、横浜の降水のpHは急激に低下、それに伴い金属試験板からの溶出量が増大し、その影響は山間部にも及んでいることがわかった。

気象庁によれば、2004年4月8日現在、三宅島火山からのSO₂ガス放出量は6000～14000ton/日であり、最盛期の1/5程度とかなり減少してきているものの、まだ膨大な量(日本の人為的SO₂ガス総排出量の約3倍⁴⁾)が放出されており、今後も火山活動に伴う強い酸性雨が降り続くようであれば、屋外器物の腐食・劣化が加速し、被害が顕在化、深刻化していく恐れもある。今後は、三宅島火山活動の動向および酸性雨の動向を引き続き注意深く監視していくとともに、文化財、屋外建造物等への影響についても調査する必要がある。

また、降水成分のうち、NO₃⁻、NH₄⁺沈着量がここ20年、漸増してきており、これらは湖沼等の富栄養化や土壌の酸性化の原因物質となっていることから、その動向については今後も注意深く監視していくとともに、その原因についても調査していく必要がある。

[引用文献]

- 1) 環境省酸性雨対策検討会：第4次酸性雨対策調査取りまとめ(平成14年9月)。
- 2) 気象庁：三宅島の火山活動に関する火山噴火予知連絡会統一見解(平成14年5月23日)。
- 3) 環境庁大気保全局大気規制課：大気汚染による金属材料の腐食モニタリング指針(昭和63年3月)。
- 4) 環境庁地球環境部：酸性雨原因物質の排出量および降下量の状況と予測、29-38、地球環境の行方 - 酸性雨(1997)。