

自然教育園の酸性雨 (第4報)

過去4年間の酸性雨変化

菅原 十一*

Acid Rain in the Institute for Nature Study (4)
Change of Acid Rain in the Last Four Years

Toichi Sugawara*

はじめに

酸性雨は、世界的な現象として大きな地球環境問題の一つになっている。

欧米の酸性雨の被害例では、長年の間に湖沼、土壌、森林などの生態系のほかに建造物や作物へ影響を及ぼすことが知られている。

我が国では、環境庁が実施した全国酸性雨調査結果によると、大都市を中心に pH4 レベルの酸性雨が観測されているが、これまでに酸性雨による大きな被害はみられていないようである。

自然教育園は、マンモス都市「東京」の都心部に残された自然緑地であり、酸性雨による園内生態系への影響が懸念されている。

本園では、1993年～1995年に種々の方法で酸性雨予備調査を実施した。その結果、園内でも酸性雨が頻繁に観測されることを確認した。

そこで1996年より園内の酸性雨の実態及び、経年変化、生成メカニズム、自然生態系への影響を解明する目的で酸性雨の本調査を実施した。

これまでの酸性雨に関する調査結果は、自然教育園報告に第1報 (菅原, 1995)、第2報 (菅原, 1997)、第3報 (菅原, 1999) として報告されている。

今回は第4報として、酸性雨本調査を開始した1996年から1999年まで4年間の調査結果について報告する。

なお、2000年以降の酸性雨測定結果については、2000年に東京の東近海に位置する三宅島が火山噴火し、この噴出ガスが酸性雨に大きく影響してくると予想されるため、さらに詳細な調査を実施し別の機会に報告する予定である。

本報告にあたり、東京都環境科学研究所の古明地哲人主任研究員には多大なご指導をいただいた。財団法人野外自然博物館後援会の吉井三恵子氏には資料作成のご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

* 国立科学博物館附属自然教育園, Institute for Nature Study, National Science Museum

1. 調査方法

調査期間：1996～1999年

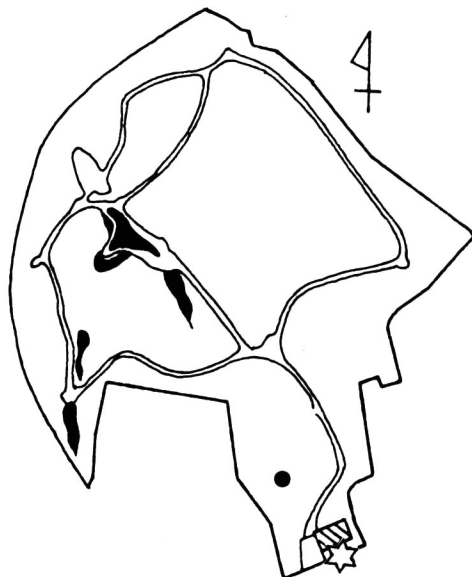
測定地点：教育管理棟前の草地（図1）

測定項目：

- ① 降水量（既設気象観測記録を使用した）
- ② 降水 pH 値
- ③ 降水電気伝導度

測定方法：

- ① 降水採取方法は手動とし、地上高1.2mの架台上に分取器を設置、1mm単位で8mmまで分割採取し、それ以上はビーカーで一括採取した。容器は洗浄し清潔に保持し、降雨直前に設置した。
- ② 降水の pH 値及び電気伝導度測定は、両項目併用測定のパHメーターを使用し、事前に指示補正してから測定した。
- ③ 降水量は、自記録雨量計を使用し記録した。



- ☆ 降水量, 雨水 pH 測定地点
● 気温, 湿度, 風向, 風速観測地点

図1 自然教育園の酸性雨測定地点

2. 調査結果と考察

表1は自然教育園の酸性雨測定結果を平均 pH 値で示したものである。

- ① 調査年は、他の機関の調査資料との比較をするため、4月～翌年の3月までを1年区切りとした。
- ② 季節区分は、暖候期を4～11月、寒候期を12月～翌年3月とした。
- ③ 降水 pH の平均値の算出は、環境庁の酸性雨調査法にしたがった。
- ④ 降り始めの pH は、降り始めから8mmまでの pH の最低値で示した。
- ⑤ 酸性雨は pH が5.6 以下を示す降水とした。

表1 自然教育園の酸性雨測定結果（1996～1999年）

調査年度	測定期間 (月)	降水量	降 始 の 最 低 pH	降 終 始 り か の 平 均 pH	ランク別出現度数							酸性 雨 率 %
					pH 4.1 以 下	pH 4.2 ～ 4.6	pH 4.7 ～ 5.1	pH 5.2 ～ 5.6	pH 5.7 ～ 6.1	pH 6.2 以 上	合 計	
1996	4-11	1133.5	3.5	4.8	2	9	21	10	13	2	57	73
	12翌3	205.5	4.3	5.5	0	1	4	3	2	3	14	57
	平均	1339.0	3.5	5.2	2	10	25	13	15	5	71	70
1997	4-11	1089.5	3.8	5.0	2	9	12	13	11	2	49	73
	12翌3	413.0	4.3	5.7	0	0	0	9	13	3	25	36
	平均	1502.5	3.8	5.3	2	9	12	21	24	5	74	59
1998	4-11	1201.5	3.5	5.4	0	4	9	32	14	4	63	71
	12翌3	280.5	4.8	5.6	0	0	1	8	9	1	19	47
	平均	1482.0	3.5	5.4	0	4	10	40	23	5	82	65
1999	4-11	1173.5	3.9	5.4	2	0	5	27	13	3	50	68
	12翌3	187.0	5.4	5.6	0	0	0	6	9	1	16	37
	平均	1360.5	3.9	5.4	2	0	5	33	22	4	66	60

※出現度数：1降雨当たりpH平均値の出現数

酸性雨率：pH5.6以下出現数／全出現数×100

(1) 降水概況

年降水量の最多は1997年の1502.5mm、最少は1996年の1339.0mm、暖候期の最多は1998年1201.5mm、最少は1997年1089.5mm、寒候期の最多は1997年413.0mm、最少は1999年187.0mmであった。特に、1997年は他の年と比較し年降水量が多かったが、暖候期は少なく、寒候期に多い季節差の大きい年であった。その他の年は降水量に大差がみられなかった。

各年の降水回数（ただし、0.5mm未満の降水量は測定資料として少な過ぎるため含めていない）は、最多が1998年の82回、最少が1999年の66回であった。季節別合計では暖候期の最多は1998年の63回、最少は1997年の49回、寒候期の最多は1997年の25回、最少は1996年の14回であった。

(2) 降り始めの酸性雨

一般に、一降雨期間の pH は、降り始めのところに最低値を示し、降水量の増加に伴い上昇する傾向を示している。園内では降り始めの pH の最低値は、各年とも暖候期は3.5 ~3.9、寒候期は4.3 ~5.4 を示した。すなわち、降り始めには全般的に強酸性雨が出現し、特に、暖候期は4.0未満に低下する傾向を示した。

なお、降り始めの酸性雨については、前述の自然教育園報告に第1報(菅原, 1995)として報告されている。

表2 自然教育園及び東京の酸性雨経年変化

(3) 酸性雨の経年変化

園内の降水 pH の年平均値は5.2 ~5.4と狭い範囲内にあり、全般的に弱酸性雨を示した。また、平均値が5.6以下を示す酸性雨の回数は、年間降水回数の59~70%を占め出現が多かった。

今回は短期間の測定結果であるが、東京の酸性雨の全般的傾向と比較し検討した。

表2及び図2に、園内の経年変化と東京の区部地域(江東測定局)及び郊外地域

年度	p H 年平均値		
	自然教育園	東京・江東 (区部地域)	東京・多摩 (郊外地域)
1994	—	4.77	4.58
1995	—	4.80	4.50
1996	5.2	4.90	4.60
1997	5.3	4.70	4.60
1998	5.4	5.20	4.60
1999	5.4	4.96	4.84

※江東及び多摩の pH 年平均値：東京都環境科学研究所資料

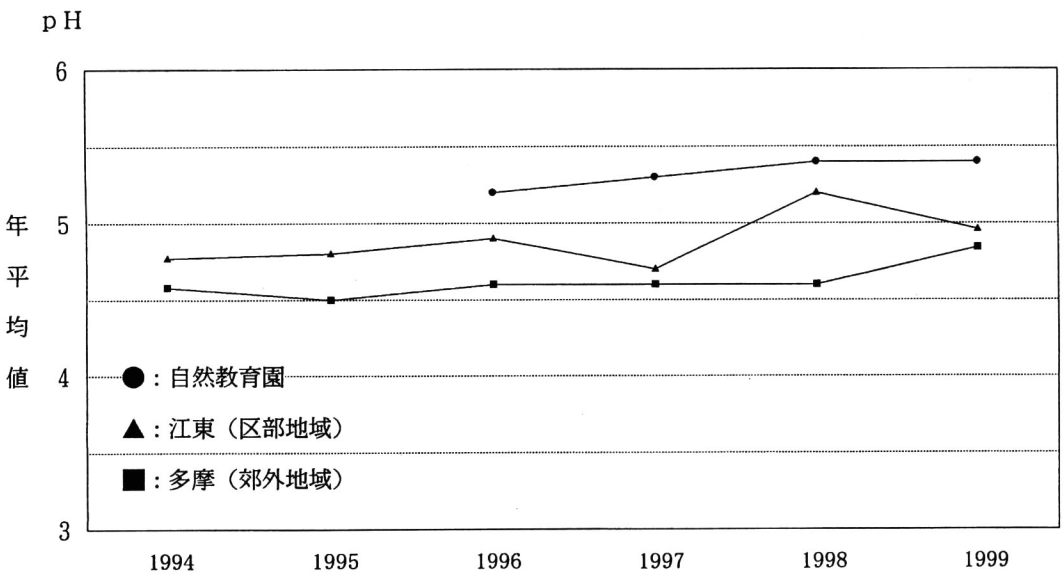


図2 自然教育園及び東京の酸性雨経年変化
(江東, 多摩は東京都環境科学研究所資料による)

（多摩測定局）との比較を示した。

東京の区部地域では pH の年平均値が4.77～5.20、また、郊外地域でも4.50～4.84であり、東京全域で酸性雨がみられた。さらに、pH の平均値は年により多少の変化がみられるものの横ばい状態で推移している。地域別に pH の年平均値をみると、郊外地域がもっとも低く、次いで区部地域、園内の順であった。園内の経年変化は変動が少ないことから、区部地域及び郊外地域と同様に横ばい状態で推移しているものと推測される。東京では、区部地域は郊外地域より pH 値が高めであり、これについては区部地域は大気中のアルカリ性汚染物質質量が郊外地域より多いため、降水が中和されやすくなると考えられている。また、園内の pH は5.2～5.4で区部地域より高い値を示す傾向にある。区部地域にある江東測定局地点は5階ビルの屋上に設置されているが、園内の測定地点は地上1.2mの低位置である。このため、園内地点は周辺より飛来するアルカリ性汚染物質質量が多く、これらが中和剤として寄与し降水の酸性化が弱められると考えられる。

（4）酸性雨の季節変動

表1及び図3に酸性雨の季節変化を示す。

年間の酸性雨の変動は、暖候期は4.8～5.4と寒候期の5.5～5.7と比較して低く、また、暖候期の5.6以下の降水回数は全降水回数の68～73%と寒候期の36～57%と比較して高い出現率を示すなどの季節差がみられた。これについては、暖候期は大気が安定し汚染が進行するため降水の pH が低下しやすく、また、寒候期は冬の強い季節風により大気が浄化され、降水の pH 値が低下しにくくなるからだと推測される。この傾向は、既報の第1報（菅原，1995）でも同様の調査結果が得られている。

（5）酸性雨の質的变化

表1及び図4に降水の pH のランク別分布を示す。

1996年の pH の度数分布は「4.7～5.1」をピークに、「4.2～4.6」から「5.7～6.1」までの広範囲に分散した。同様に、1997年は「5.7～6.1」をピークに、「4.2～4.6」から「5.7～6.1」までの広範囲に分散した。また、1998年は「5.2～5.6」のをピークに、「4.7～5.1」から「5.7～6.1」を含む範囲の分布を示した。1999年は「5.2～5.6」のをピークに「5.7～6.1」を含む比較的狭い範囲の分布を示した。

この分布状況は、年により多少異なるが、概ね二つのタイプに大別される。一つは1996年及び1997年にみられるように広い範囲のランクに出現度数が分散するタイプである。これは、大気中の酸性汚染物質の影響が大きく反映していると考えられる。もう一つは1998年及び1999年にみられるように pH4.6 以下の強酸性雨が減少し5.2～5.6 ランクの弱酸性雨の出現度数が集中するタイプである。これについては、都市で多量に発生しているアルカリ性汚染物質が降水の酸性化を弱める中和剤として作用していると推測される。一般に、pH 値は酸とアルカリのバランスで決まるため、降水中では酸にアルカリが溶けこむと中和効果により pH 値が上昇する。園内の酸性雨は、経年的に横ばい状態に推移していることから、酸性汚染物質質量は減少していないが、アルカリ性汚染物質質量の増加により pH の低下が弱められると考えられる。

本調査では降水 pH の測定値を酸性雨の一つの目安とし、降水の成分分析資料を収集していないが、今後の酸性雨調査では、この中和の過程を考慮した質的調査が必要である。

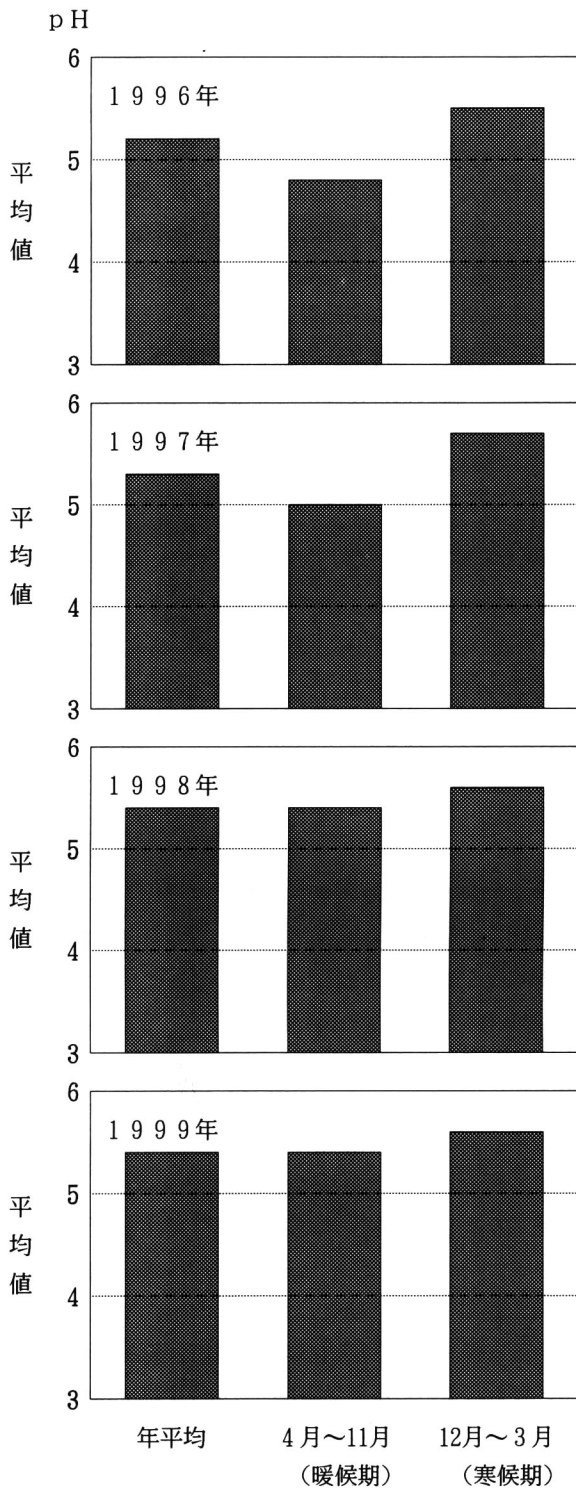


図3 自然教育園の酸性雨季節変化

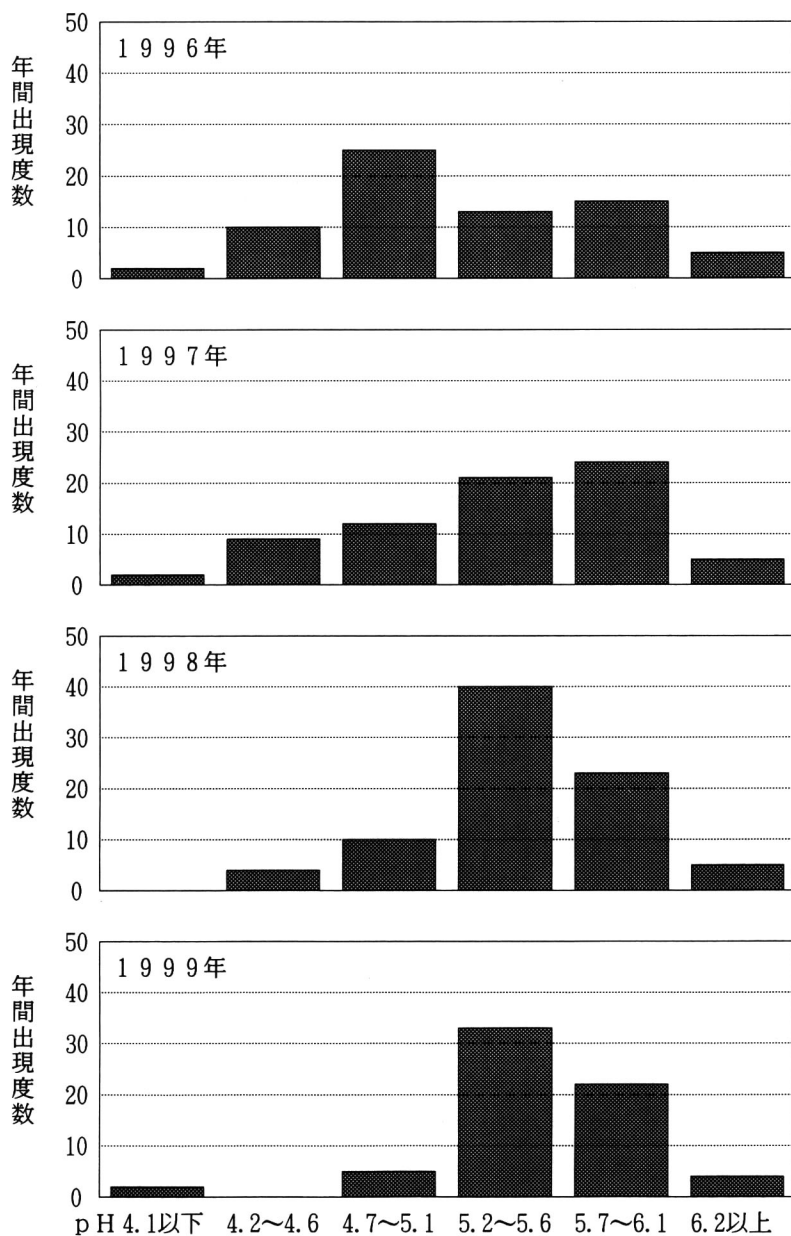


図4 自然教育園の酸性雨ランク別分布

おわりに

欧米では、酸性雨の影響により土壌が酸性化するとアルミニウムが溶出し、植物や魚類等に悪影響を及ぼすことが知られている。また、いったん土壌に影響が現れると元通りに回復するのは困難であると考えられている。

我が国では、酸性雨は降ってはいるが、他の要因の影響もあり、また、土壌のもつ緩衝能力が大きいこともあって、自然環境への大きな影響がみられていない。しかし、我が国でも注意深い監視が必要である。

今後、本園では酸性雨調査を継続し、酸性雨の動向や、生態系への影響を監視する必要があると考えられる。

引用文献

- 原 宏. 1995. 酸性雨とは? : 定義とその生成機構. 天気, 42(5) : 264-271.
- 井川学. 1995. 酸性霧と森林衰退. 天気, 42(5) : 271-275.
- 環境庁. 1993. 酸性雨調査法. ぎょうせい. 401.pp
- 佐竹研一・生田和正・服部浩之・小山里奈・徳地直子・柴田英昭. 2000. 特集・酸性雨の生態系への影響. 生物の科学 遺伝, 34(11) : 10-55.
- 菅原十一. 1995. 自然教育園の酸性雨 (第1報). 酸性雨の特性について. 自然教育園報告, (26) : 37-46.
- 菅原十一. 1997. 自然教育園の酸性雨 (第2報). 森林内外の酸性雨について. 自然教育園報告, (28) : 7-25.
- 菅原十一. 1999. 自然教育園の酸性雨 (第3報). 自然教育園報告, (30) : 1-16.
- 菅原十一. 2001. 自然教育園の微気象 (第8報). 過去30年間の気温, 湿度, 降水量の変化. 自然教育園報告, (33) : 411-423.
- 高橋啓二. 1990. 酸性降下物と森林被害. 「酸性雨-土壌・植生への影響」(環境庁編), 61-71.
- 東京都環境科学研究所. 2000. 地球環境関連データ集 (平成11, 12年度). 東京都環境科学研究所.