

簡易ろ過式酸性降下物調査法の開発とその結果

小山 功 古明地 哲人

1 はじめに

昨年の大気汚染学会において、わが国でも酸性降下物の影響によりスギが枯れているのではないかという見解が発表され、再び大気汚染による樹木への影響が注目されるようになってきた。

人工酸性雨のアサガオの花弁等への添着実験によれば、pH3程度以下ならば酸の種類に関係なく短時間で脱色現象が見られた。²⁾³⁾北欧や北米では、酸性降下物により土壌の地力が衰え、植物に栄養源を補給できなくなり、植物への直接影響との複合効果により被害を大きくしているのではないかとされている。また近年、これらの国の植物の衰退は酸性降下物と酸性ガスによる複合汚染説が有力になってきた。⁴⁾

一般に酸性降下物の植物等への長期影響は、酸性降水による葉からのMg²⁺やK⁺などの栄養塩の溶脱、土壌中で不溶態として安定していたAlが土壌の酸性化により溶出し、栄養塩の根からの吸収能を低下させる等の多因子が絡むため原因究明が困難なことが多い。わが国では、降水量が多く、気温も高めであり、土壌の地力が大きいいため、酸性降下物の影響を定量的に判定するだけの結果はまだ得られていない。

大気降下物質の植物、土壌等への長期的影響解明や山間部などの遠隔地の負荷量の把握を目的とした調査の一手法として、簡易ろ過式降下物調査法を開発した。厳密な大気降下量調査では、降下物と接触する部分は全てガラスやテフロンなどで作り、場合によっては自動開閉装置を付設したり、昆虫の侵入防止のため種々の工夫や、調査地点の設定や管理にも十分な考慮が必要となるであろう。しかし、植物等への長期的影響の解明にあたり、予想される影響因子の長期測定が必要となる。大気汚染降下物質の捕集装置は、操作が簡単で誰にでも取り扱うことが可能で、かつ経済的にも安価なことが要求される。

この目的をみたすような装置を開発し、1983年度から使用テストを行ってきたので、その結果について報告する。⁵⁾

2 簡易ろ過式降下物調査法の開発

大気汚染降下物捕集装置の開発にあたっては、操作性、捕集成分の安定性、経済性等を考慮した。さらに、動力を不用とする方式により、遠隔地等でも設置出来るようにした。また、降水量の把握や降下ばいじんのろ過をその場で行うことにより、降水の蒸発を防止ができ、降水量の把握も出来るようにした。

調査方法の概略は、ろ過式降下物捕集装置を目的のフィールドに設置し、半月ないし1カ月後に別の装置と交換した。交換した採集部を捕集液で洗浄ろ過し、期間中の捕集液と合わせて検体とした。検体はイオンクロマ

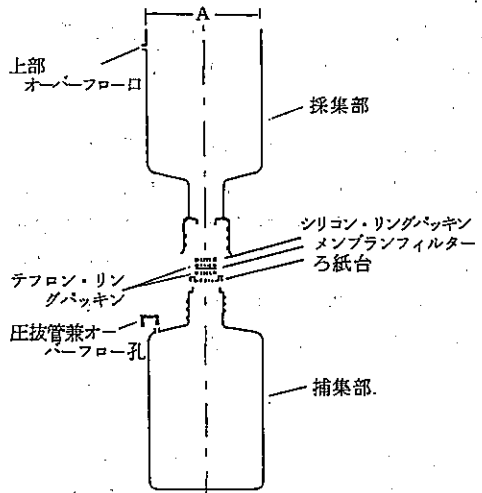


図1 簡易ろ過式大気降下物捕集装置

トグラフ装置、原子吸光分析装置や比色計等を用いて分析を行った。

(1) 簡易ろ過式降下物捕集装置の構造等

簡易ろ過式降下物捕集装置の製作略図を図1に示した。本装置は上部の採集部と下部の捕集部、2枚のテフロン・リングパッキン及び1枚のシリコン・リングパッキン、リング台、メンブランフィルターろ紙(ポアサイズ0.8 μm)、圧接管等からなる。3ℓ程度のポリビン(2ℓ-10ℓまで口径は同じため、降水量・降下成分濃度の多寡により大きさを変える)2個を用意する。採集部は、3ℓ程度のポリビンの蓋に穴を開け、逆向きにしてポリビンの上部の口に溶接し、ポリビンの底を円形に切り取る。捕集部は、もう1個のポリビンを用いるが、ポリビンの上部に1mmφ以下圧抜用の穴を開けておく。

(2) 簡易ろ過式降下物捕集装置の使用方法

本装置を使用するにあたり、上部の採集部と下部の捕集部、リングパッキンは、純水等でよく洗浄しておく。図1のように、ろ紙を狭んで水が漏れない程度にねじ込む。未使用時や降下物捕集後はほこり、ガスの混入や水の蒸発等を防止するため蓋をしておく。上部の採集部に3ℓのポリビンを用いた場合は、1回の降水量が150mm以上であると、ろ過速度との関係でオーバーフローするため、必要に応じて採集部上部にオーバーフロー管をセットし、別の保存用タンクに導入する。また、3ℓの下部の捕集部の貯水量は降水量として200mmが限度であるため、捕集部の圧抜き用の穴を利用し、捕集液をさらに別のタンクに落とし込むか、大きめのタンクを用いるなどの工夫が必要である。

装置回収後、採集部に付着している降下ばいじんを少量の捕集液で洗い、ろ液を捕集液に加える。得られた捕集液を秤量し、降水量に換算する。その一部を取り分析検体とする。イオンクロマトグラフ装置と原子吸光装置を用いて成分分析をする場合は、検体量として100mlで十分であろう。ろ紙は不溶性成分分析に乾燥し保存しておく。

(3) 成分分析法

各成分の分析はつぎの方法(装置)による。

- pH(H⁺).....ガラス電極pH計
- EC.....導電率計
- SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻.....イオンクロマトグラフィ

- NH₄⁺.....イオンクロマトグラフィ
-または比色計
- K⁺, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺.....イオンクロマトグラフィ
-または原子吸光分析計

(4) 調査地点について

本調査のように長期間継続して行う調査地点では、至近距離からの影響を含め地域代表性の検討をしてから決めねばならない。現状がいくら目的にあった地点であっても、近い将来に周辺環境が大幅に変わる予定のある場合は、避けた方がよい。

3 調査例

(1) 調査地点 表1に示す。

表1 調査地点

地点名	所在地等	気象庁の降水量観測地点	調査地点からの方向距離
千代田	都庁第二本庁舎屋上	大手町	北北西 1.5 km
多摩	多摩市豊ヶ丘 (公団住宅屋上)	府中	北東 8.6 km
奥多摩	奥多摩町川野一 奥多摩湖畔	小河内	東北東 3.6 km
松原	松原村(松原大気汚染 総合測定室)	-	
一之瀬	塩山市一之瀬 - 秩父 連山笠取山多摩川源流 側の支尾根近く	-	

設置地点は研究のため代表性の検討は行っていない。

(2) 調査期間

- 一之瀬 1983.3.10 - '85.9.2
- 千代田, 多摩, 奥多摩 ... 1984.9.4 - '85.9.2
- 松原 1984.9.17 - '85.9.2

(3) 測定結果

ア 本装置による降水捕捉量

本装置と気象庁のAMeCAS等による降水捕捉量の比較を図2に示した。測定地点とAMeDAS等の降水量比較では、千代田が東京管区気象台の期間降水量(1年間)1467mmと比較すると8%弱多く、多摩がAMeDASの1442mmと比較し14%多く、奥多摩はAMeDASの1701mmに比べ13%弱少なかった。観測値とAMeDASとの月降水量では比較的よい相関が見られた。

多摩等での観測によれば、微量降水に対しては転倒弊

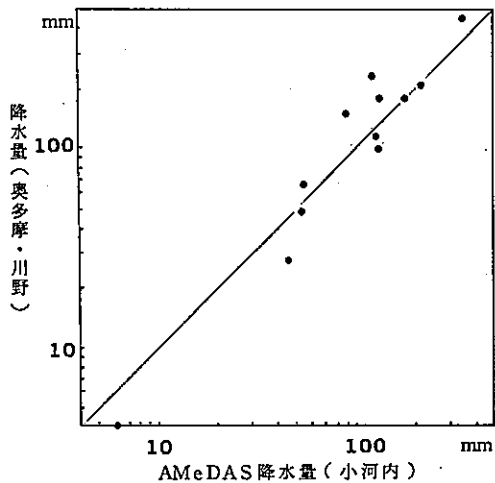
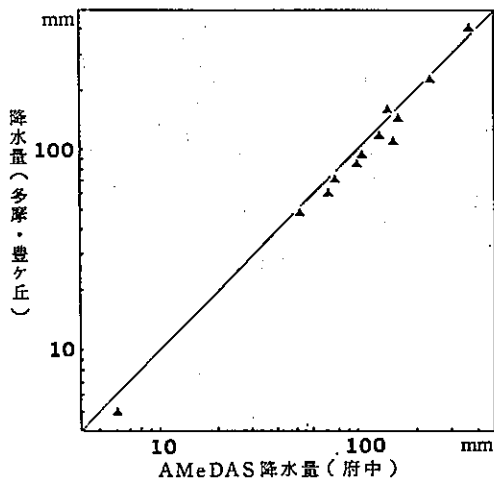
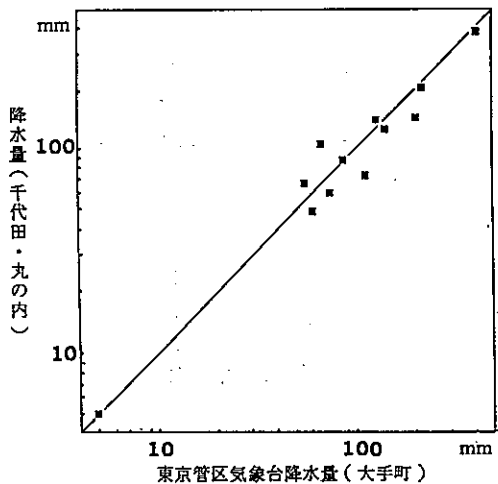


図2 降水量比較

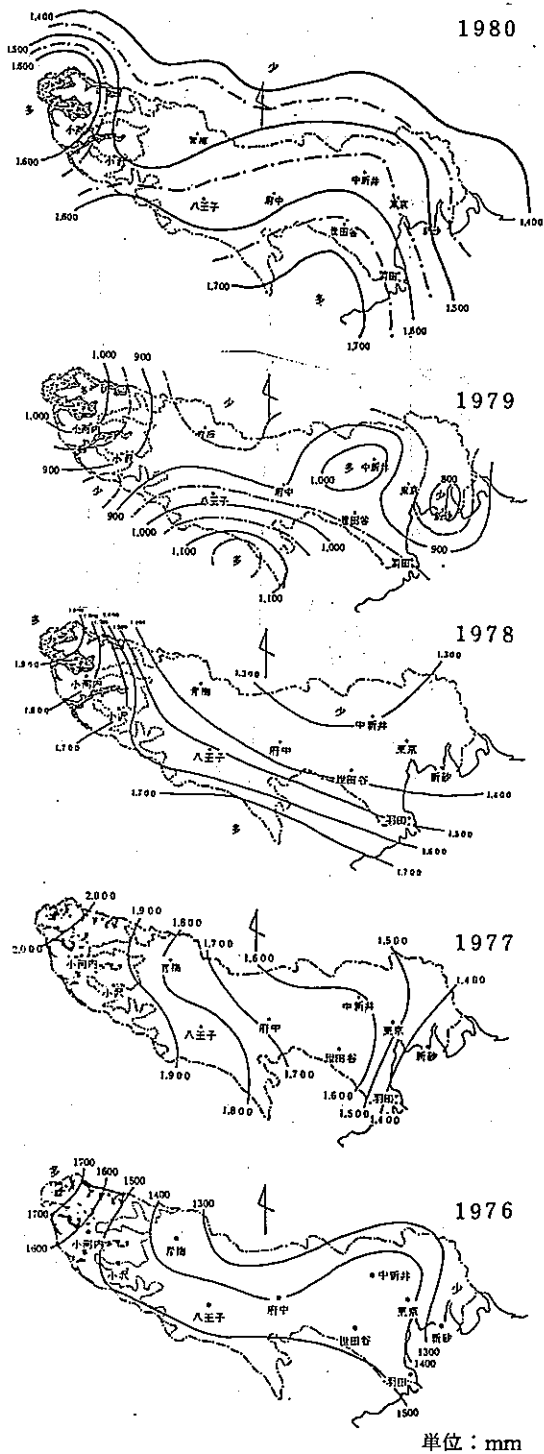


図3 降水量の地域分布図
(過去5年間の年降水量)

雨量計よりも正確に計れることが、また、多摩で行った1降水ごとの積算量と月単位捕集の降水量との比較でもよい相関が見られていた。従って、本装置とAMeDAS降水量の差は地点間の距離の差、地形や建物の影響によ

るものと思われた。

降水量の地域分布図を図3に、東京管区気象台の降水量の月間変動を図4に示した。降水量は年・月により、地域により変動が大きかった。桧原は期間が13日間短

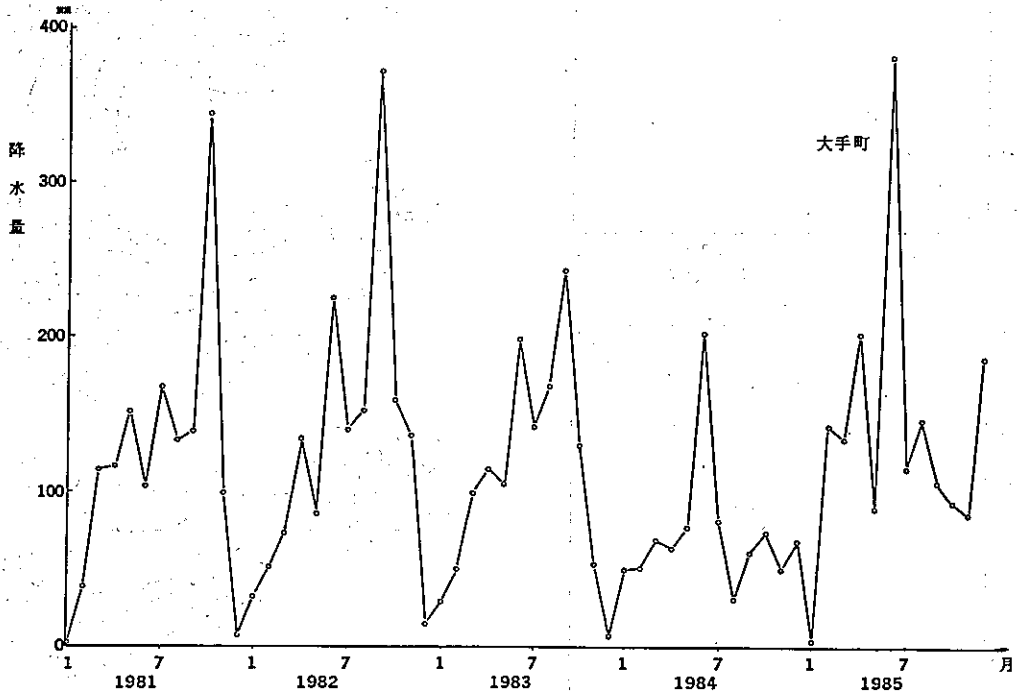


図4 降水量月間変動(東京管区気象台の気象月報より作成)

表2 地点別降下物濃度

		降水量	EC	pH	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
		mm	μS/cm		μg/ml	μg/ml	μg/ml	μg/ml	μg/ml	μg/ml	μg/ml	μg/ml
千代田	年間	1595	25.0	4.90	3.12	1.56	1.72	0.66	0.64	0.39	0.12	0.18
	最高	344	117.	6.47	13.0	10.2	16.5	5.77	4.18	2.84	0.82	0.68
	最低	2.0	16.2	4.51	1.93	0.35	0.70	0.22	0.28	0.10	0.02	0.07
多摩	年間	1656	21.1	4.80	2.26	1.85	1.30	0.47	0.85	0.18	0.08	0.21
	最高	303	84.5	7.70	6.74	7.22	6.23	2.90	3.26	2.52	0.50	0.59
	最低	8.0	8.04	4.03	0.84	0.09	0.44	0.03	0.18	0.00	0.00	0.04
奥多摩	年間	1483	10.9	5.09	1.19	0.95	0.50	0.28	0.35	0.12	0.04	0.35
	最高	228	54.5	6.83	5.25	6.43	3.21	2.03	1.45	2.03	0.40	0.84
	最低	7.0	2.74	4.13	0.32	0.00	0.08	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02
桧原	年間	1722	15.0	4.72	1.45	1.44	0.76		0.19			0.12
	最高	235	90.0	6.70	8.19	9.13	11.1		3.09			0.98
	最低	3.8	4.66	4.18	0.42	0.00	0.26		0.05			0.00
一之瀬	年間	1495	7.18	5.07	1.00	0.499	0.29		0.15			0.18
	最高	254	14.7	5.88	1.83	1.15	0.53		0.73			0.83
	最低	17.6	2.06	4.82	0.43	0.00	0.10		0.00			0.04

かったにもかかわらず、降水量が一番多かった。降水量の一番少なかったのは奥多摩であった。

イ 各地点の大気汚染物降下量

表2に各地点の降下物濃度の年平均値を示した。ECは千代田が一番高く、続いて多摩、松原、奥多摩の順であった。pHは松原が一番低く、多摩、千代田、奥多摩、一之瀬の順であった。松原が一番低かったことは、予想外であった。SO₄²⁻濃度はECと同様の傾向にあった。NO₃濃度は多摩が一番高く、続いて千代田、松原、奥多摩、一之瀬の順であった。Cl⁻、NH₄⁺、Ca²⁺、Mg²⁺濃度は千代田が一番高く内陸に向かって低くなっていた。

単位面積あたりの年間降下総量で比較したのが図5で、松原のNO₃の濃度は、千代田より10%ほど低いが、降下総量では等しく、多摩の次に多かった。

千代田でのSO₄²⁻、Cl⁻、NH₄⁺、Mg²⁺の降下総量は調査地点中一番多かった。多摩のこれらの降下量は千代田の約50%、奥多摩のそれは多摩の約50%になっていた。

降下物のpHは、降水量により変動が大きかったが、季節ごとにみるとある程度の傾向がみられた。図6に一之瀬での調査結果を示したが、pHは夏季に低くなり、冬季に高くなる傾向がみられた。

大気汚染降下量と降水量の関係をみると図7のようになった。変動はあるが、水溶性(湿性)大気汚染物質の多くは、降水と共に落下してくる可能性が大きいことを示していた。また、季節により各成分降下量及びその比に差があった。

期間別の水溶性降下物濃度の例として表3に多摩の結果を示した。成分濃度は降水量が増すと低くなる傾向にあったが、面積当りの降下量は降水量と共に多くなる傾向にあった。Na⁺濃度は夏季に高くなる傾向にあったが、他の成分は、秋と春に高くなる傾向にあった。

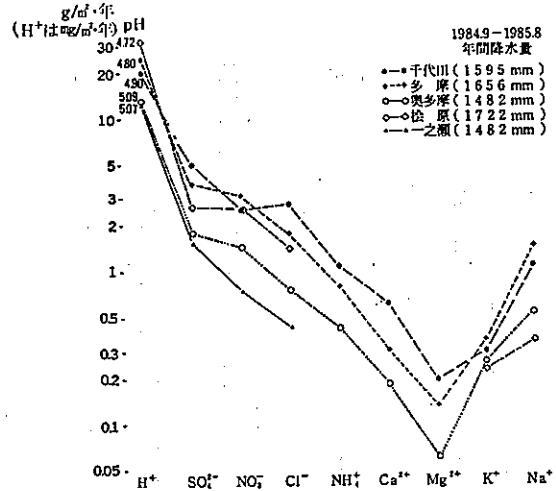


図5 地点別単位面積当り降下量

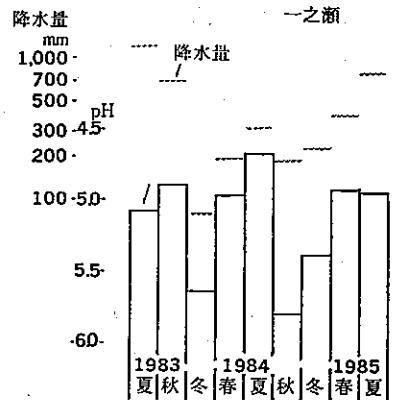


図6 季節別降下量(pH)の推移

調査地点：一之瀬

表3 多摩

期間単位：半月 $\mu\text{g}/\text{ml} = \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$

季節	降水量 mm	EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	H ⁺ $\mu\text{g}/\text{l}$	pH	NO ₄ ²⁻ $\mu\text{g}/\text{ml}$	NO ₃ ⁻ $\mu\text{g}/\text{ml}$	Cl ⁻ $\mu\text{g}/\text{ml}$	NH ₄ ⁺ $\mu\text{g}/\text{ml}$	Na ⁺ $\mu\text{g}/\text{ml}$	Ca ²⁺ $\mu\text{g}/\text{ml}$	Mg ²⁺ $\mu\text{g}/\text{ml}$	K ⁺ $\mu\text{g}/\text{ml}$
59 秋	233	27.1	25.1	4.60	2.93	2.89	1.60	0.55	0.39	0.09	0.13	0.07
冬	227	17.0	8.5	5.07	1.50	0.71	0.73	0.40	0.36	0.13	0.08	0.12
60 春	481	25.4	20.4	4.69	2.68	1.95	1.78	0.44	0.87	0.36	0.12	0.20
夏	715	17.4	12.0	4.92	1.99	1.81	1.07	0.39	1.15	0.10	0.03	0.30
年間	1656	21.1	15.8	4.80	2.26	1.85	1.30	0.47	0.85	0.18	0.08	0.21
最高	303	84.5	0.0	7.70	6.74	7.22	6.23	2.90	3.26	2.52	0.50	0.59
最低	8.0	8.04	93.3	4.03	0.84	0.09	0.44	0.03	0.18	0.00	0.00	0.04

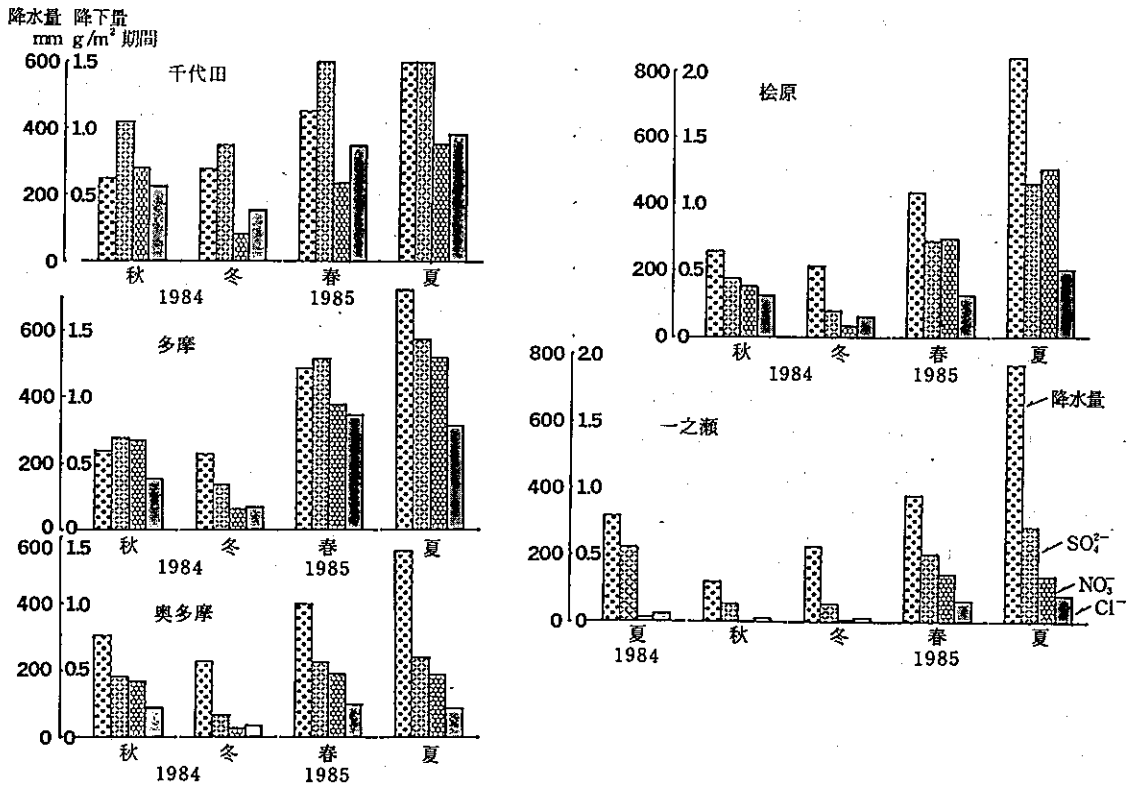


図7 降水量と降下量

4 考 察

簡易ろ過式酸性降下物採集装置を開発し、実用試験を行った。降水・非降水時等の分別捕集はできないものの、設置場所等の条件に制約されず、どこにでも簡単に設置できた。その場で、ろ過を行うため、回収後ろ過を行う手数が省けた等の省力化が計れたことと、昆虫等の混入腐敗等による捕集液の変質をある程度防止できることが分かった。ろ紙のポアサイズ(ろ液通過用の穴)は、小さければ小さいほど微粒子や細菌等までろ過ができるが、ろ過時間がかかり採集部でのオーバーフローや蒸発損失が大きくなってしまう。ろ紙のポアサイズを大きくすると、ろ過は早くなるが捕集液中に微粒子や孢子等が混入し、採集期間中に捕集液の変質をきたしてしまう。ポアサイズ0.8 μ mが妥当であった。同時ろ過方式を採用したため、捕集後のろ過を行わないですみ、後処理は楽に早くでき、降水量もほぼ正確に測定できるようになった。

しかし、ポアサイズ0.8 μ mのろ紙は完全ろ過でないため、再ろ過をしなければならないことがあった。例えば

昆虫によるろ紙の破損時や植物の微小な孢子が多く発生する季節には、再ろ過が必要であった。また、降水期間の長い時期に蠅のような昆虫等が落下し、腐敗するとろ過速度が低下した。夏から秋の時期には、蠅や蜂などの昆虫の落下・腐敗防止のため、3-4mmメッシュの小型の網を採集部内に入れる必要が地点によってはあった。この場合、蒸発は若干大きくなるため、降水量はやや少なめになったがやむをえなかった。また、降雪時は、捕集が過少に見積られる恐れがあった。

調査事例を報告した、SO₂やNO_x等の大気汚染物質は、都心より内陸に向かって下がる傾向にあった。都内では比較的大気のきれいな地域と思われていた椋原でO_xと同様にH⁺, NO₃⁻等の大気汚染物質降下量は、予想外に高くなる傾向にあった。これは、近くに発生源がなくとも、地形的に大気汚染物質が溜まり易いとか、距離の差等に因るものと思われた。

また、ある地点での設置場所の少しの差でも降下量にかなりの差がでることがわかったが、このことは多数設

置できた利点であろう。

しかし、本装置は、ポリエチレン製であったため、1、2年で老化しやすく、新製品と交換が必要であった。

5 まとめ

簡易降下物捕集装置を開発し、実用テストを行った。その結果、次のことが分かった。

- ① 遠隔地でも容易に測定ができた。
 - ② 装置の保守点検が、早く楽に出来るようになった。
 - ③ 安価なため、数多く設置が可能になり、その結果、建物や地形の影響により降下量にかなりの差があることが分かった。
 - ④ どこでも降水量を計ることが出来るようになった。
 - ⑤ 大気汚染物質の年間(期間)降下量を、どこでも計れるようになった。
 - ⑥ 松原の大気降下物質中のpHは、今回の調査地点中一番低かったなど予想外の事実が発見された。多数設置の利点であったが、地点代表性の検討の重要性を再認識させられた。
 - ⑦ 本装置の設置回収が楽になり、捕集成分濃度の安定性が増したため長期継続調査がし易くなった。
- 以上が、主な結果であるが、酸性雨問題は、植物の枯損や土壌の変質だけではなく、大気汚染の除去機構として、重要な課題であるため、今後は次の点に注意しな

がらさらに研究を発展させていく必要がある。

- ア 本装置の欠点の改良により、誤差の減少を計り、さらに長期調査に耐えるようにすること。
 - イ 地域代表性の検討を早急に行うこと。
 - ウ 大気汚染に対する海塩などの自然界の影響を知ること。
- など、大きな問題が山積みであるが、早急に解決をせねばならない問題である。

参考文献

- 1) 関口恭一他：関東地方における酸性降下物とスギ枯れについて、第26回大気汚染学会講演要旨集、349(1985)
- 2) 野内勇他：人工酸性雨水によるオオムラサキ(ツツジ科)の脱色について、東京都公害研究所年報、89-94(1982)
- 3) 野内勇他：酸性雨水によるアサガオ花卉の脱色について、東京都公害研究所年報、72-86(1984)
- 4) ACID RAIN: EPA Journal, Vol. 12, No. 5 June/July 1986
- 5) 小山功他：降下ばいじん計の改良について 第24回大気汚染学会講演要旨集 334(1983)