

埼玉県における梅雨期の降水成分 の性状

高野 利一 竹井 利勝 町田 茂 松本 利恵 水上 和子*

要 旨

1985年から1990年にかけての毎年6月中旬から下旬までの梅雨期12日間に行われた酸性雨共同調査結果に関して、埼玉県における降水成分の特徴等を検討した。

初期降水1mm目のpHの平均値は、浦和では3.84、熊谷では3.97であり、浦和と熊谷ともにpH 3.5～4.0の範囲の出現頻度が全体の38%を占めていた。初期降水1mm目では、 SO_4^{2-} 濃度は熊谷よりも浦和の方が高いのに対し、 NO_3^- 濃度は熊谷の方がやや高かった。また、一降水全量では、 H^+ 及び SO_4^{2-} 濃度は浦和と熊谷で同レベルであったが、 NO_3^- 濃度は熊谷の方が高い傾向を示した。

初期降水1mm目の陰イオンの当量濃度比($\text{SO}_4^{2-}:\text{NO}_3^-:\text{Cl}^-$)は浦和では42:32:26、熊谷では40:40:20で SO_4^{2-} は NO_3^- より多いか同等であったが、低pH降水では SO_4^{2-} よりも NO_3^- の比率が高くなる傾向がみられた。

大気降下物の降下量については、 SO_4^{2-} は山間部の堂平よりも、都市部の浦和や熊谷の方が多かったのに対し、 NO_3^- は都市部と山間部で同レベルであった。

SO_4^{2-} 及び NO_3^- 降下量は降水量とはほぼ比例関係にあり、降水量の増加にともないその降下量も増大する傾向を示したが、 Ca^{2+} 降下量は降水量とはほとんど無関係であり、乾性降下物の寄与が大きいものと考えられた。

1 はじめに

1974年及び1975年の夏、関東地方の広い範囲で霧雨時に“いわゆる酸性雨(湿性大気汚染)”によると思われる健康被害(雨による目や皮膚への刺激)が発生し、埼玉県においても県北部を中心に多数の被害届があった^{1, 2)}。

しかし、明らかに酸性雨によると思われる健康被害は1977年以降、ほとんど発生していないが、依然としてpH 4以下の降水が梅雨期を中心に数多く出現している³⁾。また、最近では酸性雨と杉の立ち枯れ現象との関係が指摘されており、酸性雨の生態系への影響が懸念されている。

酸性雨の原因究明のため、関東の各都県では、1975

年から5年間あたり、環境庁の委託による湿性大気汚染調査として、梅雨期に降水成分の合同調査を行った。1980年以降も、この調査は関東地方公害対策推進本部のもとで引き続き行われており、現在では、1都11県1市の参加を得ている。また、1986年からは梅雨期の短期精密調査に加え、長期影響調査として1ヵ月単位で捕集した降下量調査も年間を通じて行われている。このうち梅雨期の短期精密調査結果については単年度毎に報告書が作成されている。

ここでは、これまでに湿性大気汚染調査の一環として埼玉県において実施された測定結果のうち、1985年から1990年までの6年間分について、降水状況をまとめ、埼玉県内における梅雨期の降水成分の特徴や地域差及び降水のpH低下の要因等について検討を試みた。

* 現環境部水質保全課

2 調査方法

2・1 調査地点



図1 調査地点

調査地点を図1に示す。

都市部の代表地点として浦和（公害センター）及び熊谷（市役所）を、山間部としては堂平（東秩父村堂平山）を選んだ。

浦和は県南部に位置し、都心から北西方向に約25km離れており、調査地点周辺には住宅地や学校等がある。

熊谷は県北部に位置し、都心からの距離は約65km、調査地点周辺は商業地となっている。

堂平は外秩父山地の堂平山山頂付近（標高840m）にあり、県の大気汚染常時監視のバックグラウンド測定局である。

2・2 調査期間

調査は、毎年6月中旬から下旬にかけての月曜日から翌週金曜日まで、12日間実施した。

2・3 採取方法及び分析方法

調査対象として、浦和と熊谷においては初期降水、

一降水全量及び大気降下物を、堂平においては大気降下物のみを採取した。ここで初期降水とは降り始めから3mm目までの1mm毎の降水を、一降水とは降り始めから終了までの降水をいうこととした。なお、雨が降りやんでから3時間以上経過して、再び降り始めた降水は別の試料とした。

初期降水と一降水の採取には、浦和では自動式採取装置を用いた。熊谷では1989年までは手動式採取装置を用いたが、1990年からは、自動式採取装置に切り換えた。

表1 分析項目及び分析方法

項目	分析方法
pH	ガラス電極法
EC	導電率計による方法
SO_4^{2-}	イオンクロマトグラフ法
NO_3^-	
Cl^-	
NH_4^+	インドフェノール法
Ca^{2+}	原子吸光光度法
Mg^{2+}	
K^+	
Na^+	

また、大気降下物の採取には、あらかじめ水を張った湿式ダストジャーを用いた。

分析項目と分析方法は表1のとおりである。

なお、pH及び導電率の測定は試料採取後直ちに行い、他の成分については冷暗所に保存後、一括して行った。

3 結果及び考察

3・1 降雨状況と降水の採取状況

調査期間中の降雨状況を図2に、降水の採取回数及び採取量を表2に示す。

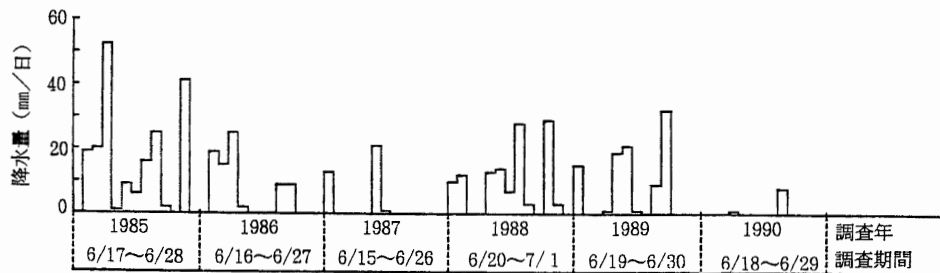


図2 調査期間中の降雨状況（熊谷）（熊谷気象台データに基づく日降水量）

表2 調査期間中の降水の採取回数及び採取量

調査年	降水採取回数		降水採取量 (mm)	
	浦和	熊谷	浦和	熊谷
1985	6	6	195	189
1986	6	6	36	73
1987	3	2	43	42
1988	4	4	108	121
1989	3	3	139	115
1990	2	2	4	10
計	24	23	—	—
平均	—	—	87	92

関東地方における梅雨入りは例年6月9日前後であり、調査期間は梅雨期であったものの、降水状況には年によりかなりの差がみられた。すなわち、表2に示すように雨の多い年では調査期間中に6回の降雨がもたらされている。しかし、1987年には前線が本州南岸から遠ざかってしまい、また、1990年には前線が日本海に北上したため、関東地方では晴天が続き、降水回数とともに2-3回と少なかった。

調査期間中の平均降水量は、前線に近い関東地方南部と雷雨の影響を受けた宇都宮で多く、日本海側では少ないという傾向がみられたが、浦和(87mm/12日)と熊谷(92mm/12日)ではほとんど差がなかった。浦和における降水量をみると、最も多かった1985年は195mmであり、少なかった1990年には4mmと、かなり年変動が大きかった。

降水試料は、浦和では24回、熊谷では23回採取された。浦和と熊谷で採取された降水のうち20試料はほぼ同時期に同一の気象状況によりもたらされたものである。

3・2 初期降水のpH値と成分濃度

浦和及び熊谷における初期降水1mm目のpHのランク別出現頻度を図3に示す。

pHの出現域は浦和では3.0-5.5(最低値3.15)、熊谷では3.5-6.5(最低値3.52)と、浦和の方がやや酸性側に分布している。しかし、pHの平均値(H⁺換算による)は、浦和では3.84、熊谷では3.97とほぼ同レベルであり、浦和と熊谷ともにpH3.5-4.0の範囲の出現頻度が全体の約38%と最も高い。また、1mmから3mmまでを通じてpH4以下を観測した降水の全試料に対する割合は、浦和では21%、熊谷では17%であった。

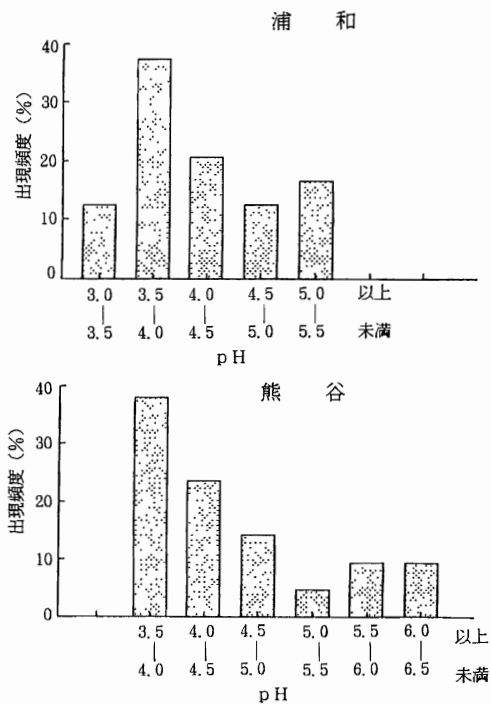


図3 初期降水1mm目のpHのランク別出現頻度 (1985-1990年、梅雨期調査)

pH値4以下の初期降水は、調査年により出現状況がかなり異なり、1990年のように全く観測されない年もあった。それにもかかわらず、6年間におよぶ梅雨期調査全体では、初期1mm目降水に占めるpH4以下の降水の出現率は浦和では50%、熊谷では40%であった。これは、浦和における年間を通じたpH4以下の降水の出現率が30%程度であるのに対し、かなり高い値といえる。

浦和と熊谷の梅雨期における初期降水1mm目の成分濃度を表3に示す。6年間の平均値について、浦和と熊谷の成分濃度を比較すると、ECをはじめSO₄²⁻、Cl⁻及びNa⁺の濃度は浦和の方が高く、NO₃⁻とCa²⁺の濃度は熊谷の方が高い傾向を示した。また、これを浦和における平成2年度の降水成分濃度の年平均値(表4)と比較してみると、梅雨期の降水成分はH⁺とNO₃⁻濃度が高く、Ca²⁺とNa⁺濃度がかなり低い傾向を示した。

表3 初期降水1mm目の降水成分濃度(1985-1990年, 梅雨期調査各年平均値)

浦和											
年	EC	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	pH
1985	157.8	269.9	3.32	0.25	0.75	0.79	0.18	10.67	12.98	4.92	3.57
1986	100.6	129.4	3.28	0.25	1.05	1.82	0.29	10.47	8.78	4.82	3.89
1987	52.2	30.4	2.03	0.28	1.70	1.52	0.29	5.45	4.95	4.24	4.52
1988	120.9	186.8	3.31	0.30	1.11	1.44	0.25	11.35	9.82	4.29	3.73
1989	63.4	68.8	3.13	0.23	0.48	1.39	0.16	7.09	6.13	1.94	4.16
1990	55.1	5.7	4.08	0.30	0.34	2.41	0.20	6.44	6.98	3.69	5.25
平均	103.8	143.8	3.06	0.26	0.93	1.46	0.23	9.28	9.04	4.23	3.84

熊谷											
年	EC	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	pH
1985	81.6	102.4	3.77	0.31	0.52	1.82	0.21	8.33	10.98	2.47	3.99
1986	88.7	142.8	2.95	0.34	0.60	2.76	0.23	8.63	10.50	3.28	3.85
1987	66.0	72.7	2.10	0.37	1.43	1.96	0.26	5.60	8.03	3.33	4.14
1988	101.8	131.3	4.44	0.37	1.00	2.24	0.27	9.47	14.76	4.47	3.88
1989	80.0	118.8	1.93	0.19	0.48	1.15	0.12	6.62	7.15	2.14	3.93
1990	55.1	5.7	4.08	0.30	0.34	2.41	0.20	6.44	6.98	3.69	5.09
平均	80.4	106.2	3.16	0.30	0.68	1.94	0.21	7.75	10.08	2.91	3.97

単位: ECは $\mu S/cm$, H⁺は $\mu eq/l$, 各成分は mg/l
(但し, 降水量1mm未満の試料を除く)

表4 浦和における平成2年度降水成分濃度年平均値

	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	pH
初期1mm目	46.6	2.24	0.38	1.76	3.67	0.43	7.76	8.07	4.98	4.33
一降水全量	27.5	0.67	0.05	0.50	0.58	0.10	2.34	1.99	1.36	4.56

単位: H⁺は $\mu eq/l$, 各成分は mg/l

3・3 一降水の成分濃度

浦和及び熊谷の梅雨期における一降水の成分濃度を表5に示す。浦和と熊谷の降水成分濃度を6年間の平均値について比較すると, 降水量, 導電率及びSO₄²⁻

濃度はほぼ同レベルであったが, 浦和ではNa⁺, Cl⁻といった, 主に海洋由来とされる成分の濃度が高いのに対し, 熊谷ではNO₃⁻濃度が高く, H⁺濃度もやや高い状況にあった。

湿性大気汚染調査における, 関東地方の降水状況を見ると⁴⁾, SO₄²⁻濃度は東京湾岸から群馬県南部にかけての地域で高いのに対し, NO₃⁻濃度は, 大工業地域である東京湾周辺地域よりも埼玉県北部の熊谷から群馬県南部で高い傾向がみられる。

また, 浦和における平成2年度の降水成分濃度の年

表5 一降水の降水成分濃度(1985-1990年, 梅雨期調査各年平均値)

浦和											
年	EC	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	pH
1985	20.6	36.3	0.39	0.03	0.09	0.09	0.03	1.78	1.41	0.47	4.44
1986	57.1	82.8	1.60	0.14	0.78	0.85	0.17	5.39	4.37	2.79	4.08
1987	20.2	25.2	0.49	0.06	0.29	0.30	0.06	1.61	1.00	1.21	4.60
1988	26.4	41.6	0.78	0.06	0.18	0.22	0.04	2.38	1.68	1.04	4.38
1989	24.7	41.0	0.48	0.04	0.07	0.18	0.02	2.21	1.48	0.60	4.39
1990	42.2	8.9	3.01	0.14	0.34	1.79	0.16	4.78	5.95	2.85	5.05
平均	25.5	40.6	0.61	0.05	0.17	0.23	0.04	2.28	1.69	0.86	4.39

熊谷											
年	EC	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	pH
1985	17.1	29.6	0.39	0.04	0.06	0.19	0.03	1.45	1.46	0.28	4.53
1986	31.0	70.0	1.07	0.09	0.23	0.28	0.04	2.92	2.90	0.86	4.15
1987	19.0	30.9	0.77	0.06	0.12	0.23	0.04	2.15	1.53	0.54	4.51
1988	32.6	54.8	1.03	0.08	0.15	0.23	0.03	3.01	2.79	0.66	4.26
1989	32.3	57.3	0.72	0.04	0.09	0.15	0.02	2.33	2.00	1.25	4.24
1990	35.1	41.0	1.47	0.09	0.10	0.45	0.08	3.07	3.13	1.18	4.39
平均	26.0	46.6	0.74	0.06	0.12	0.21	0.03	2.26	2.09	0.68	4.33

単位: ECは $\mu S/cm$, H⁺は $\mu eq/l$, 各成分は mg/l (数値は降水量で重みづけした平均値)

平均値（表4）と比較すると、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 及び NH_4^+ 等、人為的発生及び大気化学反応による二次生成の汚染質とされる成分の濃度は、梅雨期と年平均値ではほぼ同レベルであった。これに対し Ca^{2+} 及び Na^+ といった土壌、海塩等、自然的発生による汚染質の梅雨期の濃度は年平均値に比べ1/2～1/3の低い値であった。梅雨期では降雨間隔が短く土壌があまり乾燥しないため土壌の舞い上がりによる Ca^{2+} の供給が抑えられること及び降水量が多いため汚染質がかなり希釈されるためと思われる。

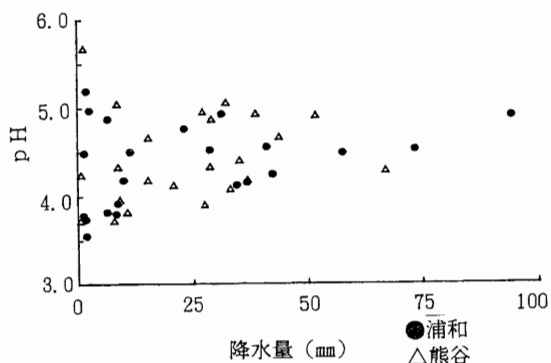


図4 一降水の降水量とpHとの関係

一降水の降水量とpHの関係を図4に示す。

降水量の少ない雨の場合、pH値は3～6の広い範囲に出現するのに対し、降水量が増加するにつれpHの変動幅が狭まり、降水量50mm以上ではpH値は4.3～5.0の範囲に収まる傾向がみられた。

pH4以下の降水中、最も降水量が多いのは27.5mmであった（pH3.90、熊谷）。このときは、大気が不安定であることにより対流性の積乱雲が発達し、下層の汚染された大気が効率よく上層へ運ばれ、雲粒に取り込まれたため、非常に濃度の高い降水が関東内陸部を中心に現れたものと推測された⁵⁾。

3・4 降水のpH値の低下要因

3・4・1 低pH値出現時の気象状況

浦和及び熊谷で観測されたpHの低い降水について、その代表例を表6に示す。

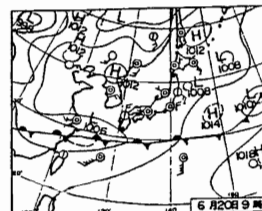
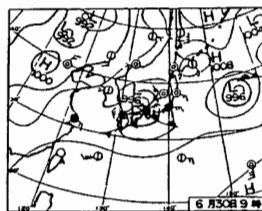
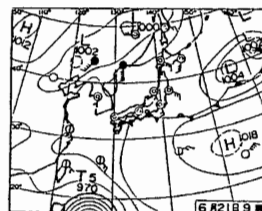
湿性大気汚染共同調査では降水の汚染状況を気象的側面から解析しているが^{6, 7)}、この解析事例に基づき、これらのpHの低い降水が出現した時の気象状況について、代表的な例を示すと次のようになる。

- (1) 本州の南海上に停滞していた梅雨前線が、関東南岸に接近して南からの暖湿流が流れ込み、小雨をも

表6 低pH降水の代表例（初期降水1mm目）

梅雨前線が本州南岸に接近					
降水日	地点	pH	SO_4^{2-}	NO_3^-	
1985.6.21	浦和	3.15	19.8	30.5	
	熊谷	3.53	12.6	22.9	
1985.6.24	浦和	3.40	13.6	19.9	
	熊谷	3.67	9.6	9.4	
1985.6.27	浦和	3.72	14.6	17.8	
	熊谷	3.72	14.6	17.8	
日本海側に前線をともなった低気圧が接近					
降水日	地点	pH	SO_4^{2-}	NO_3^-	
1986.6.25	浦和	3.65	23.5	20.5	
	熊谷	3.62	9.0	13.7	
1988.6.30	浦和	3.56	9.6	10.8	
	熊谷	3.52	14.6	29.3	
1989.6.27	浦和	3.87	11.3	13.7	
	熊谷	3.63	10.8	13.1	
大気的不安定による降水					
降水日	地点	pH	SO_4^{2-}	NO_3^-	
1988.6.20	浦和	3.50	17.3	20.0	
	熊谷	3.71	14.3	23.4	

単位：各成分mg/l



(日本気象協会発行の“気象”より)

たらず場合に降水成分濃度が非常に高くなることがあった。このとき気温の逆転層や風の収束域等の出現により、汚染物質が滞留しやすいことが多く、これが降水成分に反映されたものと考えられた⁹⁾。

- (2) 日本海沿岸に前線をともなった低気圧が接近し、小雨となった場合には、南からの風により内陸部にまで輸送された汚染物質が雨に取り込まれ、降水成分濃度が高くなることが示唆される⁹⁾。
- (3) 試料数は少ないが、大気的不安定による雷雨性の雨のときも、地上付近の汚染物質が対流性の雲により上層に運ばれて効果的に雨に取り込まれ、降雨強度は強いにもかかわらず、pHの低下を招くことがあるものと考えられた⁹⁾。

3・4・2 降水成分濃度との関係

梅雨期調査における初期降水の当量濃度比は表7に示すように、浦和においては $\text{SO}_4^{2-} : \text{NO}_3^- : \text{Cl}^-$ 比が

表7 初期降水の当量濃度比
(1mm目、陰イオン成分)

地点	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-
浦和	42	32	26
熊谷	40	40	20

単位：%

(1985-1990年梅雨期調査平均)

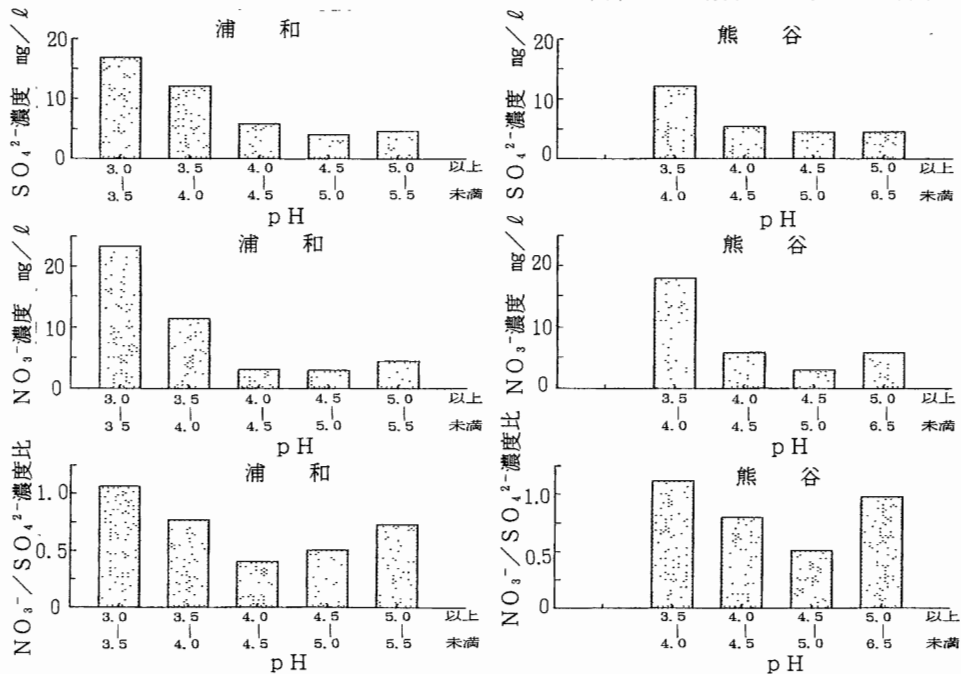


図5 初期降水のpH値と SO_4^{2-} 濃度、 NO_3^- 濃度及び $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 濃度比との関係

42 : 32 : 26、熊谷においては40 : 40 : 20であり、降水の酸性化には主として SO_4^{2-} と NO_3^- が寄与するものと考えられる。これらのうち、いずれが酸性化により強く寄与しているかを検討するために、初期降水のpH値と SO_4^{2-} 、 NO_3^- 濃度及び $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 濃度比(以下N/S比と記す)との関係について図5に示した。

低pH降水では、 SO_4^{2-} と NO_3^- 濃度がともに高くなるが、 NO_3^- の濃度の増加がより顕著であり、N/S比としては1よりも大きくなることから、一般的にはpHの低下には NO_3^- 濃度の寄与が大きいものと考えられる。

個々の降水について検討すると、pH 4以下の降水のN/Sの出現範囲は熊谷では0.9-1.6であったが、浦和では0.4-1.2であり、 NO_3^- よりも SO_4^{2-} の寄与が大きい降水も観測された。また、湿性大気汚染共同調査結果によると、静岡や新潟においては降水のpHが低いときに SO_4^{2-} の割合が高いといった特徴がみられることもあった^{10, 11)}。このように、降水に取り込まれる汚染物質や地域的な差によっても、降水のpHの低下をもたらす要因は異なるものと考えられる。

降水中には、 NO_3^- と SO_4^{2-} の他に Ca^{2+} や NH_4^+ といった酸性化を緩和する成分も取り込まれている。このため、成分濃度の高い降水であったも、pHがほとんど低下しない場合がある。そこで降水のpHにおよ

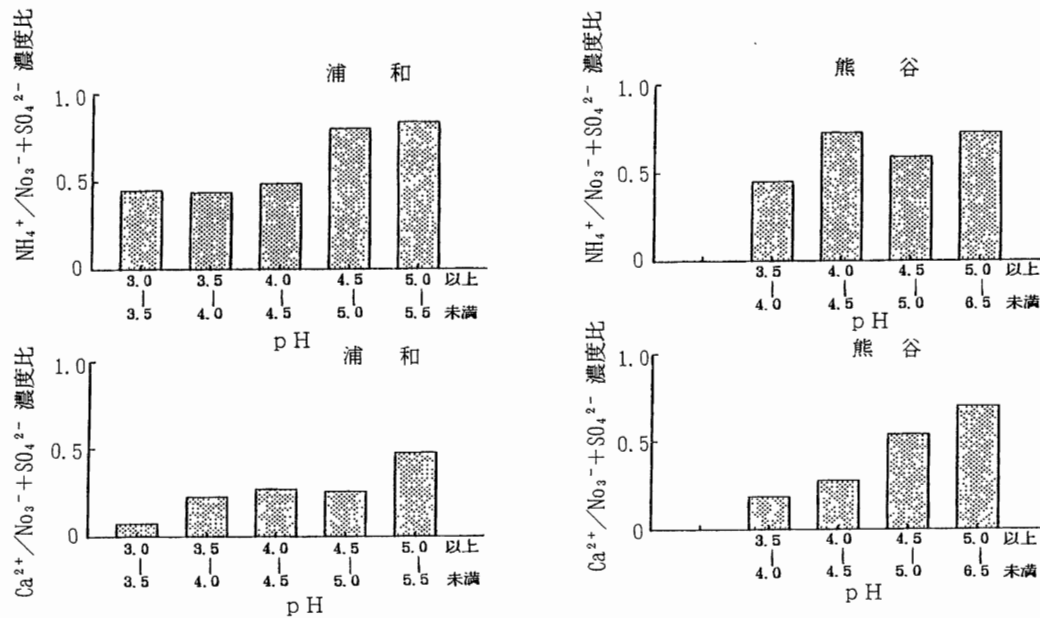


図6 初期降水のpH値とCa²⁺/NO₃⁻+SO₄²⁻及びNH₄⁺/NO₃⁻+SO₄²⁻濃度比との関係

ばずCa²⁺とNH₄⁺濃度の影響について検討するため、NO₃⁻とSO₄²⁻濃度の和に対する、Ca²⁺の比率(Ca²⁺/NS比)及びNH₄⁺の比率(NH₄⁺/NS比)を求め、初期降水のpH値とこれらの濃度比との関係を図6に示した。

pHの高い降水では、Ca²⁺/NS比及びNH₄⁺/NS比とも高くなる傾向を示している。NH₄⁺はSO₄²⁻等との化合物の形で降水に取り込まれるため、低pH側でもNH₄⁺/NS比は比較的高く、Ca²⁺/NS比よりもpHによる比率の変化は小さい。浦和では降水のpHに関係なくCa²⁺/NS比よりもNH₄⁺/NS比が高いことから、酸性化の緩和に対してNH₄⁺の寄与が大きいものと考えられる。一方、熊谷においては、低pH降水の場合は酸性化の緩和に対するNH₄⁺の寄与が大きく、高pH降水では、NH₄⁺とCa²⁺の寄与はほぼ同等であると考えられる。

3・5 大気降水物の降下量

各地点における大気降水物の降下量を表8に示す。気象観測結果(1986-1990年梅雨期)によると、最も降水量が多いのは山間部の堂平であり、降水量は浦和の約1.6倍であった。NO₃⁻降下量は熊谷が最も多く、浦和と堂平ではほぼ同レベルであったが、SO₄²⁻降下量は浦和と熊谷に比べて堂平では少なかった。NH₄⁺降下量は熊谷が最も多く、次いで浦和、堂平の順であった。Ca²⁺降下量は都市部の浦和と熊谷で多く、山間部の堂平では少ない傾向がみられた。H⁺降下量は3地点ともほぼ同程度であった。堂平における大気汚染物質濃度(SO₂, NO_x等)は都市部の1/2-1/5とかなり低いレベルにある¹²⁾。しかし、NO₃⁻降下量は都市部と同レベルであることから、二次生成された汚染質が都市域からかなり移流してきたものと推測される。

表8 大気降水物の降下量(1985-1990年、梅雨期調査平均値)

	H ⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	nss-Cl ⁻
浦和	3.0	237	165	78	65	5.4	15.9	36.1	4.7	233	49
熊谷	3.0	263	210	52	86	6.2	11.9	26.0	3.1	260	31
堂平	3.3	172	170	38	44	7.2	9.4	10.5	1.6	170	21

単位:各成分はmg/m²/12d., (nss...非海洋由来)

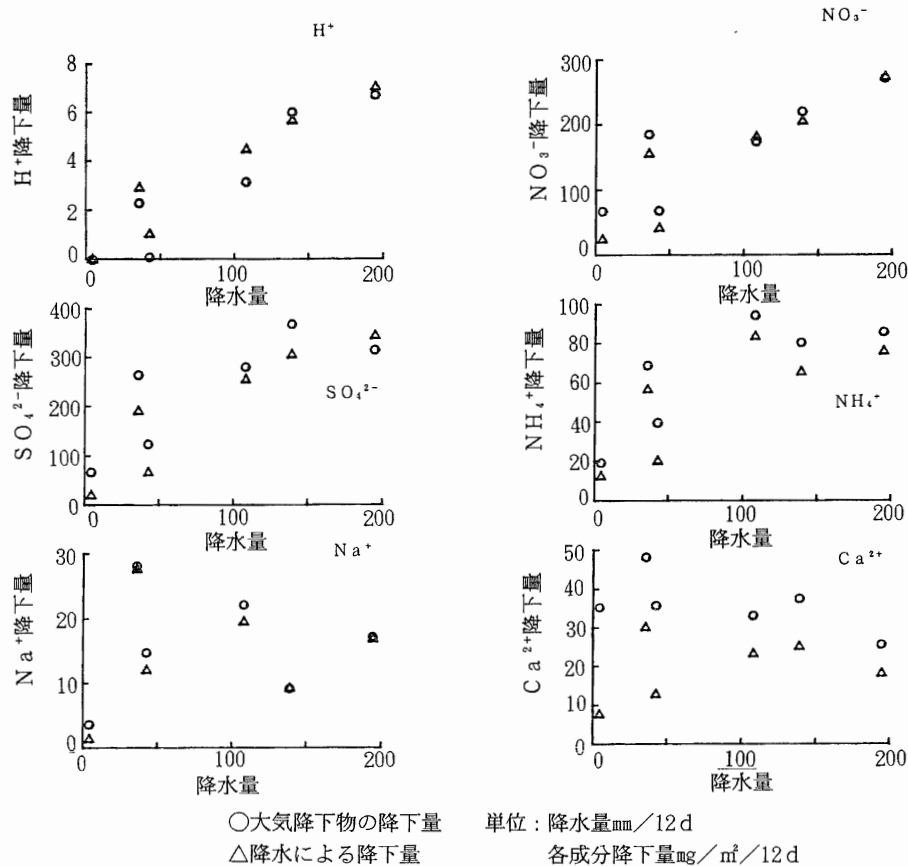


図7 降水量と大気降下物の降下量及び降水による降下量との関係（浦和）

また、Na⁺を基準とする方法で¹³⁾、海洋を由来とするSO₄²⁻、Cl⁻の寄与を求めたところ、SO₄²⁻は浦和、熊谷及び堂平とも、その98-99%が非海洋由来（地上発生源由来）のものであると推定された。Cl⁻降下量のうち、地上発生源由来の割合は、浦和63%、熊谷59%及び堂平56%であり、都市部の浦和の方が山間部の堂平よりも地上発生源由来のCl⁻の寄与が大きいたことがうかがえる。

浦和における降水量と大気降下物の降下量及び降水による降下量との関係を図7に示す。

ここで、降水による降下量とは、年毎の一降水による降下量の積算値のことであり、大気降下物の降下量は同時に採取した一降水の降水量と等しいものとみなした。

大気降下物の降下量をみると、H⁺、NO₃⁻及びSO₄²⁻等では年変動が大きかったのに対し、Ca²⁺で

は年変動が小さい傾向を示した。

降水量に概ね比例して降下量が大きくなるのはH⁺、NO₃⁻、SO₄²⁻及びNH₄⁺であり、大気降下物と降水による降下量との差が小さいことから、そのほとんどが降水経由でもたらされたものと考えられる。これに対して、Ca²⁺の大気降下物降下量は、むしろ降水量の少ない場合に多い傾向があり、乾燥した道路ダスト等の舞い上がりによる影響が大きかったものと思われる。Na⁺降下量についても降水量にあまり依存しないものとみなされるが、大気降下量と降水による降下量との差が小さいことから、そのほとんどが降水経由でもたらされたものと考えられる。

全体としては、浦和における大気降下物降下量は降水による降下量と比較して、SO₄²⁻で1.2倍、NO₃⁻及びNa⁺で1.1倍、NH₄⁺で1.2倍、Ca²⁺では1.8倍であった。

4 まとめ

1985年から1990年までの6月中旬から下旬にかけての12日間、浦和、熊谷及び堂平で行った酸性雨調査により、次のことが明らかとなった。

- (1) 初期降水1mm目のpHの平均値は、浦和では3.84、熊谷では3.97であり、浦和と熊谷ともにpH3.5-4.0の範囲の出現率が全体の38%を占めていた。SO₄²⁻濃度は熊谷よりも浦和の方が高かったのに対し、NO₃⁻濃度は熊谷の方がやや高濃度であった。
- (2) 一降水全量について浦和と熊谷の濃度を比較すると、H⁺、SO₄²⁻は同レベルであったが、熊谷では浦和よりもNO₃⁻が高い傾向がみられた。
- (3) 梅雨期の降水成分は年平均値と比較し、SO₄²⁻、NO₃⁻等の人為発生源による汚染質濃度が同レベルであったのに対し、Ca²⁺、Na⁺等、自然発生源による成分濃度は1/2-1/3の値であった。
- (4) 降水のpH低下の要因について検討を行ったところ、初期降水の陰イオン当量比(SO₄²⁻:NO₃⁻:Cl⁻)は浦和では42:32:26、熊谷では40:40:20であるが、低pH降水ではNO₃⁻の寄与が大きいものと考えられた。
- (5) 大気降下物の降下量はSO₄²⁻は都市部(浦和、熊谷)で多かったのに対し、NO₃⁻降下量は都市部と山間部(堂平)で同レベルであった。SO₄²⁻、NO₃⁻、H⁺等の降下量は降水量に比例しており年変動も大きかったが、Ca²⁺降下量は年変動が小さく、降水量との関係が弱いことから乾性降下物の寄与が大きいものと考えられた。
- (6) 大気降下物のSO₄²⁻降下量はその98-99%が地上発生源由来であり、Cl⁻についても海洋由来の割合は少なく、浦和においてはその2/3が地上発生源由来と推定された。

謝 辞

本調査を行うにあたり、多大な御協力をいただいた、熊谷市環境保全課の方々および湿性大気汚染共同調査とともに調査研究をされた方々に謝意を表します。

文 献

- 1) 環境庁：湿性大気汚染調査総合報告書(気象調査編)，1-9，1980。
- 2) 押尾敏夫：関東地方を中心とした降水汚染による

急性の環境影響と降水の汚染過程，千葉県公害研究所研究報告，21(2)，19-33，1989。

- 3) 埼玉県環境部大気保全課：昭和60年度 大気環境調査事業報告書，23-59，1991。
- 4) 清水源治：関東地方とその周辺部における梅雨期の酸性雨の実態と推移，公害と対策，27，145-149，1991。
- 5) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会，一部三県公害防止協議会：湿性大気汚染調査報告書，48-49，1988。
- 6) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会，一部三県公害防止協議会：湿性大気汚染調査報告書，1985-1989。
- 7) 清水源治ら：関東地方における梅雨期の降水の性状，公害と対策，15，93-97，1990。
- 8) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会，一部三県公害防止協議会：湿性大気汚染調査報告書，114-121，1988。
- 9) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会，一部三県公害防止協議会：湿性大気汚染調査報告書，51-53，1988。
- 10) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会，一部三県公害防止協議会：湿性大気汚染調査報告書，105-111，1985。
- 11) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会，一部三県公害防止協議会：湿性大気汚染調査報告書，105-111，1986。
- 12) 埼玉県環境部：大気汚染常時監視測定結果報告書，平成元年度，1990。
- 13) 酸性雨対策検討会大気分科会編，酸性雨対策調査報告書，31p，1990。