

# 降水中化学成分濃度の長期的推移とその特性

## (III) — 奥 多 摩 —

古明地 哲人 小山 功 林 朋 春\*  
門 井 守 夫\* (\* 日本大学理工学部)

### 1 はじめに

酸性雨を含む酸性降下物の樹木、河川、湖沼の魚類等への影響はヨーロッパ、北アメリカで1970年代から認められ<sup>1)2)</sup>、その後、さらに影響は拡大し、深刻化している<sup>3)4)</sup>。これまで、我国では酸性降下物によると考えられる森林、樹木への影響はないと考えられてきたが、最近関口らは関東地方中北部の杉枯れの原因として酸性降下物等大気汚染が関係している可能性があると報告した<sup>5)</sup>。

これまでの当所における降水調査結果からも、都内の降水による $SO_4^{2-}$ の降下量はヨーロッパ、北米等の酸性雨被害に対し最も敏感な地域の、森林への影響の発現する可能性のある降下量( $SO_4^{2-}$ :  $1.8 g/m^2 \cdot 年$ )と比較し、多くの地点で超えていることが明らかにされてきた<sup>6)7)8)</sup>。しかし、 $SO_4^{2-}$ 降下量等酸性降下物による森林等への被害発現の限界量は、土壌の性状、気候、植生等の要因により一律には決まらないため、それぞれの地域で、適切な限界値を算定する必要がある。本報告では、東京の最西部であり、貴重な自然、水源でもある奥多摩の降水調査結果から、降水の酸性度、化学成分濃度、降下量等の特性について報告する。

### 2 調査方法

#### (1) 調査期間

1977年6月から1983年12月まで

#### (2) 調査地点

東京都西多摩郡奥多摩町留箱 1390 1977年6月～1982年3月

東京都西多摩郡奥多摩町川野 1982年4月～1983年12月

#### (3) 雨水採取方法

雨水採取器<sup>9)</sup> 雨水自動採取機<sup>10)</sup> により採取した。

#### (4) 測定項目・方法

pH: ガラス電極法, 導電率(EC): 導電率計, 硫酸イオン( $SO_4^{2-}$ ): 塩化バリウム-セラチン比濁法, 硝酸イオン( $NO_3^-$ ): サリチル酸ナトリウム法, 塩素イオン( $Cl^-$ ): チオシアン酸第二水銀法, アンモニウムイオン( $NH_4^+$ ): インドフェノール法により分析した。

### 3 調査結果・考察

#### (1) 降水成分の月・年別変化

##### ア pH

表1に初期降水(0-5mm降水)の月別pH平均値

表1 0～5mm降水の月別pH平均値

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
1977						4.6	4.2	4.7	5.4	4.0	4.5	4.2	4.4
1978	4.3	4.1	4.8	4.2	4.4	4.4	4.1	4.0	4.1	4.7	5.9	4.2	4.3
1979	4.5	4.6	5.9	5.3	4.4	4.8	4.4	4.3	4.4	4.6	4.7	4.4	4.5
1980	5.4	4.3	4.7	4.5	4.7	4.3	4.4	4.3	4.6	4.6	4.9	4.8	4.5
1981	—	4.4	5.2	5.0	4.2	4.3	4.0	4.0	4.3	5.5	4.7	5.7	4.3
1982	—	4.3	4.8	3.9	4.4	4.5	4.1	4.4	4.6	4.8	4.8	6.2	4.4
1983	—	—	4.5	4.5	4.5	4.3	4.5	4.9	4.5	4.5	4.6	5.2	4.5

注) 算術平均値,  $H^+$  濃度より算出

(算術加重平均値)を示す。表1から初期降水のpHは2,5,6,7,8月にはすべての年で5以下であるが他の月はいずれかの年に5以上のpHが出現し、傾向として<sup>7)</sup>は梅雨期-夏期に低いことが認められた。これを千代田、

図1に降水量別のpH年平均値の推移を示す。77年より平均値の得られている(0-5mm)降水平均値と一降水平均値との年別の推移をみるとこれらの年別推移は非常によく類似したパターンを示すことが認められた。ま

表2 一降水の月別 pH 平均値

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均	雨量
1977														
1978													4.5	
1979													4.8	
1980													4.7	1,123
1981	-	4.7	5.3	4.8	5.1	4.6	4.3	4.3	4.7	5.4	4.7	-	4.6	1,512
1982	-	5.0	5.0	4.6	4.5	4.8	4.4	4.9	5.8	5.7	5.6	6.3	4.9	2,751
1983	-	-	4.2	5.0	5.2	4.7	4.9	5.1	4.8	5.2	4.8	5.1	5.0	1,899

注) 算術加重平均値, 雨量(mm)

<sup>6)</sup>青梅と比較すると、千代田、青梅では冬期12,1月は比較的規則的にpHは他の月より高い傾向を示したが奥多摩は'77,'78,'79年に比較的他の月より低い値を示した。

表2に一降水の月別pH平均値を示す。一降水平均値では初期降水の場合よりも夏期の6,7,8月に他の季節よりも規則的にpHは低下する傾向であった。このように奥多摩の降水は初期降水では夏期以外でも比較的低pHとなる例が多く、一降水全量では千代田、青梅と類似した傾向を示した。一降水の奥多摩の年平均pHはほぼ、千代田、青梅と同程度であった。

た、一降水全量の年別推移をみると、'82,'83年は上昇しているが、降水量の多い年であったのでこの点を考慮してみる必要がある。これらの一降水及び、(0-5mm)降水と類似した推移を示す平均値は(0-1mm)、(1-2mm)降水であり、(2-3mm)、(4-5mm)降水は上記とは異ったパターンを示した。降水量別に比較すると、一降水のうち、最低pHを示すフラクションは(0-1mm)降水であり、次に(1-2mm)、(3-4mm)、(2-3mm)、(4-5mm)、全量の順位であった。これを千代田、青梅と比較すると、千代田では(0-1mm)のpHが最高、(3-4mm)、(4-5mm)が最低であり、この関係が各年とも明確であった。青梅は全量のpHが最高であり、これは奥多摩と同様であったが、他のフラクションは各年により順位がランダムであり奥多摩より規則性が認められなかった。

イ EC

表3に(0-5mm)降水のEC月別平均値を示す。表1から月平均値が常に年平均値以上である月は7月だけであり、7月の降水ECは年間のうち最も高い傾向であると言える。逆に、ECの小さい月は1,3,9,11月であった。このように初期降水のECは夏期に高く、冬期に比較的低い傾向であった。

表4に一降水のEC月別平均値を示す。年数は少ないが6,7月は比較的高く、3,10月は比較的低い傾向であった。このように、初期降水、一降水とも夏期7月にECは高いことが認められ、夏期のpH低下と関係が深

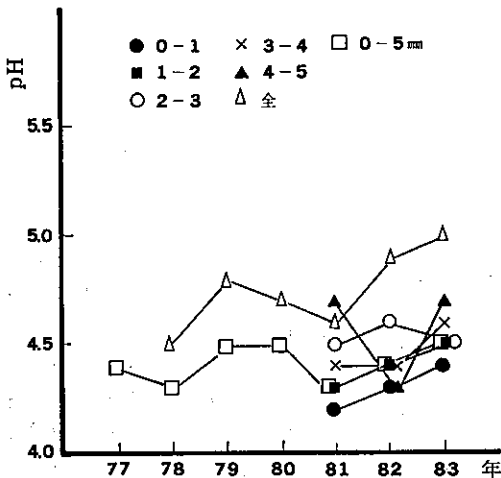


図1 降水量別 pH 平均値の推移

表3 0-5mm降水のEC月別平均値(μS/cm)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
1977						26	34	16	14	48	27	19	25
1978	9.3	36	18	17	19	17	28	33	22	18	9.9	32	22
1979	18	16	7.1	27	31	14	25	32	22	23	22	24	23
1980	3.4	39	16	20	15	32	28	30	23	20	15	29	23
1981	-	46	13	16	35	29	31	32	23	21	19	12	26
1982	-	38	19	51	21	18	40	22	13	15	19	18	24
1983	-	-	24	26	27	29	22	12	19	28	21	12	22

注) 算術荷重平均値

表4 一降水のEC月別平均値(μS/cm)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
1977													
1978													13
1979													12
1980													15
1981	-	19	5	11	9	14	21	17	9	3	8	-	11
1982	-	10	13	11	12	11	19	7	6	3	3	17	8
1983	-	-	4	21	7	11	8	6	8	6	11	7	8

注) 算術荷重平均値

いと考えられる。

図2に降水量別のEC年平均値の推移を示す。'77年より平均値の得られている(0-5mm)降水の年別推移を

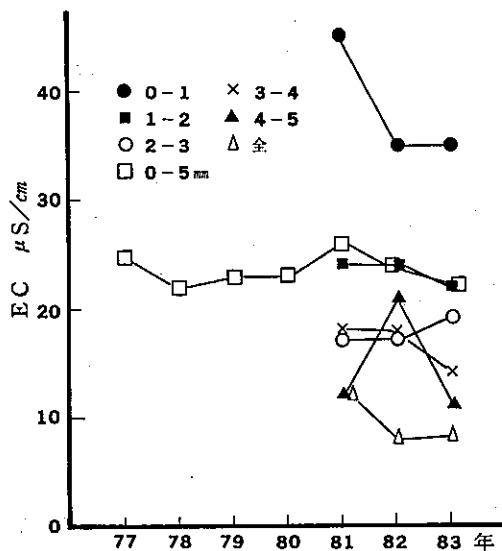


図2 降水量別EC平均値の推移

みると、'77、'81年に高い値を示したが傾向としては横ばいで推移したと言える。各フラクション間の差をみると、(0-1mm)降水のECが最高であり、(1-2mm)、(2-3mm)降水までは減衰が非常に明確であるが(2-3mm)、(3-4mm)、(4-5mm)降水のECの減衰は降水採取順序のように減衰しないで逆転している場合も認められた。しかし、一降水全量のEC年平均値は最低であり、降水量が5mm以上の部分ではECは初期(0-5mm)降水の1/2以下に低下することが認められた。これらのことを、千代田<sup>7)</sup>、青梅<sup>6)</sup>と比較すると千代田、青梅の場合は降水採取順序の順位とECの順位とはよく一致していたが奥多摩の場合は上述のように(2-3mm)~(4-5mm)の間では不明確な年もあり、奥多摩の場合は発生源より比較的遠隔地であり、大気汚染物質の輸送変質、降水中へのとり込み機構が千代田、青梅とは大きく異っていることも考えられる。

ウ 低pH降水の月別回数

ア、イで触れたように降水のpHは夏期に低下し、ECは高くなる傾向であった。これを検討するためにpH4以下の低pH降水の出現回数を月別に示したのが表5で

表5 低 pH 降水の出現回数 pH ≤ 4.0

全試料

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1977	—	—	—	—	—	4(3.8)	4(3.6)	2(3.5)	0	2(3.4)	1(3.3)	4(3.4)	17
1978	0	2(3.5)	0	6(3.8)	3(3.8)	11(3.6)	30(3.6)	15(3.5)	20(3.5)	4(3.9)	0	3(3.6)	94
1979	1(4.0)	0	0	0	6(3.8)	4(3.9)	6(3.5)	15(3.5)	6(3.7)	2(4.0)	0	1(4.0)	41
1980	0	2(3.9)	0	4(3.8)	1(4.0)	9(3.6)	5(3.3)	9(3.7)	4(3.7)	1(3.6)	0	0	35
1981	0	0	0	0	10(3.5)	15(3.6)	6(3.4)	7(2.9)	6(3.5)	0	11(3.8)	0	55
1982	0	2(3.6)	1(4.0)	9(3.4)	3(3.8)	6(3.6)	22(3.5)	17(3.5)	1(3.2)	2(3.9)	11(3.6)	0	74
1983	—	—	1(3.8)	4(3.6)	3(3.7)	9(3.7)	5(3.5)	1(3.8)	9(3.9)	3(3.8)	0	0	35
計	1	6	2	23	26	58	78	66	46	14	23	8	

—降水単位回数

1977	—	—	—	—	—	2	4	1	0	2	1	1	11
1978	0	1	0	3	1	3	8	4	8	1	0	2	31
1979	1	0	0	0	3	2	3	5	4	2	0	1	21
1980	0	1	0	3	1	3	3	3	3	1	0	0	18
1981	0	0	0	0	5	8	4	5	3	0	2	0	27
1982	0	2	1	4	2	3	8	7	1	1	2	0	32
1983	—	—	1	1	1	3	3	1	4	3	0	0	17
計	1	4	2	11	13	24	33	26	23	10	5	5	

である。

表5から、降水1mm試料を単位としてpH4以下の降水試料数を月別にみると最高は7月で'77-'83年の7年間に78、つぎに8月66、6月58、9月46回のように夏一秋に多いことが明確に認められた。このことは表5下部からみるように一降水のある部分でpH4以下の降水があった一降水単位の降水回数でも上記のこととよく対応していることから認められる。このpH4以下の強い酸性雨の出現回数が各月のpH平均値を低下させていると考えられる。表5に示した奥多摩の7月(7年間で

78回)の低pH降水出現回数を千代田<sup>7)</sup>と比較すると千代田は'75-'80の6年間で1mm降水試料単位で7月22回、同じく青梅<sup>6)</sup>'75-'82の8年間で7月92回であり、千代田の出現回数は奥多摩の約1/4、青梅と奥多摩とは同程度であった。一降水単位の場合でも、この関係は同様であった。

以上検討したように、低pH降水の出現回数は降水pH月別平均値と比較し、さらに明確に6、7、8、9月に他の月よりも出現回数が多いこと、また、都心部よりも青梅、奥多摩で出現回数が多いこと等が認められ、

表6 0-5mm降水の化学成分濃度月平均値 (μg/ml)

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年	降下量 (g/m <sup>2</sup> ・年)	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1981	—	8.9	4.4	3.3	4.0	4.7	7.6	5.0	3.7	2.7	3.0	5.3	4.2	1.6
	1982	—	4.4	3.0	7.2	3.4	1.5	5.3	5.0	2.4	2.4	—	—	4.1	1.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1981	—	6.3	1.3	1.8	0.1	10.0	3.5	3.4	2.6	1.1	4.5	2.5	2.4	0.93
	1982	—	6.8	3.3	7.1	3.0	0.8	4.3	1.7	1.0	0.8	—	—	2.8	1.0
Cl <sup>-</sup>	1981	—	2.4	0.5	0.5	0.5	1.0	1.5	1.6	1.2	1.4	2.1	1.8	1.1	0.43
	1982	—	3.5	1.5	3.4	0.8	0.5	0.9	0.5	0.5	2.1	—	—	1.1	0.41
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1981	—	1.1	0.0	0.3	0.0	0.6	1.1	0.5	0.6	0.0	0.1	0.0	0.4	0.16
	1982	—	0.5	0.2	1.1	0.7	0.1	0.7	0.4	0.4	0.0	—	—	0.4	0.15

一降水の化学成分濃度月平均値 (μg/ml)

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年	降下量 (g/m <sup>2</sup> ・年)	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1981	—	5.5	2.8	2.1	3.5	1.7	2.6	2.3	2.0	1.1	0.5	—	1.8	2.7
	1982	—	1.3	2.0	2.3	4.0	2.6	4.1	1.2	0.6	0.8	—	—	1.5	4.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1981	—	2.9	0.3	1.3	0.0	1.3	1.0	1.3	0.8	0.2	0.3	—	0.9	1.4
	1982	—	1.0	2.5	1.7	1.3	1.0	1.6	0.3	0.1	0.4	—	—	0.6	1.7
Cl <sup>-</sup>	1981	—	0.8	0.0	0.1	0.0	0.3	0.6	0.6	0.8	0.2	0.6	—	0.5	0.8
	1982	—	0.6	0.8	0.7	0.5	1.1	0.4	0.3	0.1	0.3	—	—	0.3	0.8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1981	—	0.3	0.0	0.3	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	—	0.1	0.2
	1982	—	0.6	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.1	0.2	0.0	—	—	0.2	0.5

注) 算術加重平均値

発生源より 40~70 km 離れた地域での初期降水の pH 低下が特に顕著であることも認められた。

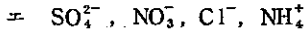


表 6 に初期 (0-5 mm), 一降水の化学成分平均濃度

発生量の多い都心部よりも青梅で高いことが認められたが、このことは  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$  への酸化反応を含む輸送中での変質過程を知るうえで、また大気化学の立場からも検討が必要である。<sup>12)</sup> 表 6 から奥多摩の降水による化

表 7 東京における降水の化学成分濃度

千 代 田												
降水量 年	$\text{SO}_4^{2-}$			$\text{NO}_3^-$			$\text{Cl}^-$			$\text{NH}_4^+$		
	(0-1mm)	(0-5mm)	全量	(0-1mm)	(0-5mm)	全量	(0-1mm)	(0-5mm)	全量	(0-1mm)	(0-5mm)	全量
1974		9.25 (300)			4.18 (295)			5.26 (280)				
1975	18.7 (71)	10.1 (270)		9.36 (71)	4.09 (270)		12.2 (71)	6.14 (268)		1.68 (71)	1.38 (229)	
1976	18.0 (73)	8.15 (270)		6.73 (73)	3.36 (270)		8.96 (73)	4.62 (272)		2.42 (73)	1.20 (270)	
1977	13.6 (52)	7.81 (207)		6.72 (52)	4.33 (212)		9.30 (52)	4.80 (212)		1.98 (52)	1.34 (210)	
1978		6.75 (282)	3.12 (972)		3.95 (282)	1.79 (972)		3.32 (281)	1.78 (972)		0.87 (281)	0.55 (972)
1979		8.34 (267)	4.01 (1,247.5)		4.84 (266)	2.06 (1,249.1)		6.13 (265)	4.58 (1,247.1)		1.47 (273)	0.54 (1,250.1)
1980		9.18 (316)	6.64 (1,452.7)		4.29 (316)	1.62 (1,452.7)		4.22 (316)	2.04 (1,452.7)		1.39 (316)	0.79 (1,452.7)
平均	17.1 (196)	8.57 (1,912)	4.82 (3,672.2)	7.68 (196)	4.14 (1,911)	1.81 (3,673.9)	10.2 (196)	4.90 (1,894)	2.83 (3,671.9)	2.04 (196)	1.26 (1,579)	0.64 (3,674.9)
青 梅												
1980		6.04 (411)	4.25 (1,026.9)		5.03 (411)	2.96 (1,026.9)		2.06 (411)	1.27 (1,026.9)		1.11 (411)	0.56 (1,026.9)
奥 多 摩												
1980		4.28 (424)	3.82 (1,123.5)		2.27 (424)	1.32 (1,123.5)		0.83 (424)	0.47 (1,123.5)		0.31 (424)	0.21 (1,123.5)

濃度: ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ ), ( ) 降水量

を示す。表 7 に各地点の降水量別化学成分濃度年平均値を示す。表 6 から  $\text{SO}_4^{2-}$  の (0-5 mm) 降水月平均濃度をみると、2, 7, 8 月が高い傾向であり、 $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  もほぼ同様であった。これは、pH で低 pH の月とほぼ対応する。一降水月平均濃度においてもほぼ同様の傾向であり、降水 pH 低下と陰イオン濃度とは密接な関係があると推測される。<sup>11)</sup>

表 7 より、都内各地点の一降水全量の化学成分濃度をみると 1980 年  $\text{SO}_4^{2-}$  では千代田 6.6, 青梅 4.2, 奥多摩 3.8  $\mu\text{g}/\text{ml}$  であり、同様に  $\text{NO}_3^-$  では 1.6, 3.0, 1.3,  $\text{Cl}^-$  では 2.0, 1.3, 0.5,  $\text{NH}_4^+$  では 0.8, 0.6, 0.2  $\mu\text{g}/\text{ml}$  であった。このようにどの地点においても濃度の高いイオンは  $\text{SO}_4^{2-}$  であり、以下  $\text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{NH}_4^+$  であった。各イオンについて地点別に濃度の順位をみると  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  は千代田 > 青梅 > 奥多摩であるが  $\text{NO}_3^-$  は青梅 > 千代田 > 奥多摩であった。このように  $\text{NO}_3^-$  は  $\text{NO}_x$

学成分の降下量をみると一降水全量による年間降下量は  $\text{SO}_4^{2-}$  2.7~4.3 ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ ) であり、この値は千代田の約 1/2, 青梅とはほぼ同程度であり、かつ、ヨーロッパ、北アメリカの降下量の多い地点の降下量と同程度である。<sup>13), 14)</sup>  $\text{SO}_4^{2-}$  の降下量からだけみれば土壌、植生の条件によっては酸性降下物の影響が発現する可能性は十分あると考えられる。 $\text{NO}_3^-$  の降下量は 1.4~1.7 ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ ),  $\text{Cl}^-$  は 0.5~0.8 ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ ),  $\text{NH}_4^+$  は 0.2~0.5 ( $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ ) であった。

(2) 降水量と pH, EC との関係

図 3 に降水量と pH の関係を示す。図 3 から奥多摩の降水 pH は平均的には降水初期が最低であり、降水量の増加と共に徐々に上昇し、4, 5 mm 付近で一度低下することがあっても最終的には上昇するパターンを示す。初期 (0-1 mm) 降水 pH は 4.2~4.4 であり、最終的には 4.8~5.4 程度になると推定される。このように奥多摩の降水 pH は年平均値で降水開始 (0-1 mm) から終

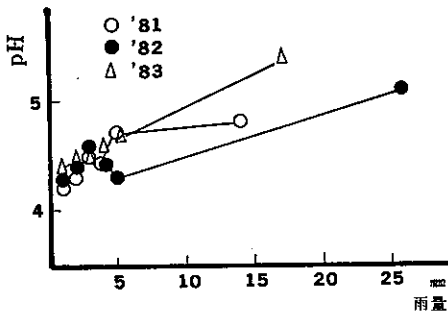


図3 降水量とpHの関係

了(5mm-終了)まで約pH1の幅で変動する。千代田<sup>7)</sup>の場合は開始時期(0-1mm)の降水pHは4.7~5.3であり、最終的には4.3~4.8程度になる。この千代田の変化は奥多摩と逆であり、青梅<sup>6)</sup>はこれらの中間的な変化を示した。すなわち、青梅では(0-5mm)降水の間はpHはほぼ一定であり、終了時にはやや上昇する。開始期は4.3~4.8程度、終了期は4.7~5.0程度でpHの降水量増加に伴う変動幅は最小である。(このような変動パターンの地点間差は主に降水の酸性化の要因物質であるSO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>の発生源からの距離によると考えられる。<sup>12)</sup>

図4に降水量とECの関係を示す。'82年の(3-4mm),

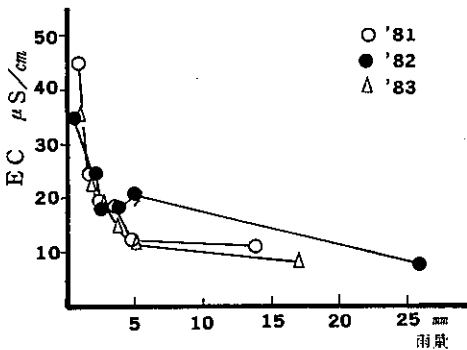


図4 降水量とECの関係

(4-5mm)降水のECを除けばほぼ規則的に降水量の増加に伴いECは減少することを示した。この減少パターンは千代田、青梅と同様であるが初期(0-1mm)降水のECは千代田75~90 μS/cm, 終了期は13~27 μS/cm程度、同様に青梅は55~65, 11~17程度、奥多摩は35~44, 8~11程度とECは都市からの距

離が増加するのに反比例して低下した。

(3) 降水pHとSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度との関係

降水のpHを低下させる要因物質としてはSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>が主に考えられ、また、これまでの調査によっても明らかにされてきた。<sup>15)</sup> これらのことから千代田、青梅の場合と同様にここでもSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>とpHとの関係を図5のように示し検討した。

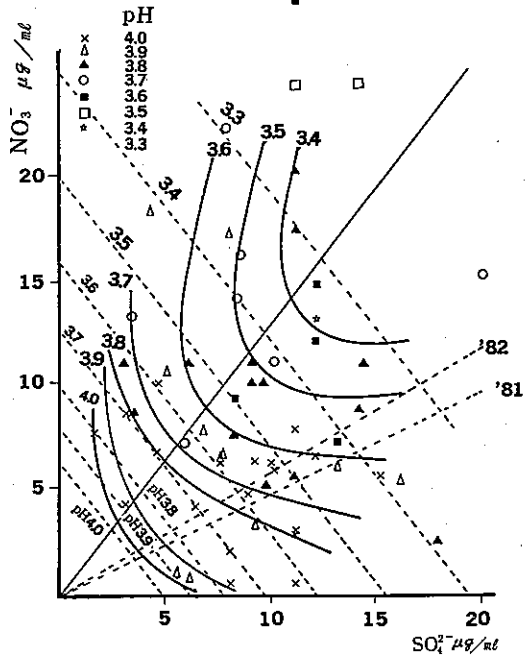


図5 降水pHとSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度との関係

図5中点線'82は'82年のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の平均重量濃度比、'81は同様に'81年のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の値を示している。pH4.0ではNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が'81,'82より小さい点10, 大きい点10, 3.9では同様に6, 8, 3.8では3, 13, 3.7では0, 8のようにpHが低下するのにもない'81,'82の平均NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>よりも大きい値の方にスライドしていくことが認められた。このことは、平均的な奥多摩の降水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の値より大きくなるのにもないpHは低下する傾向を示している。この傾向は千代田、青梅<sup>6)</sup>と同様であり、奥多摩においても降水pHが3.5以下のように低pH化するためにはNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の寄与が相対的に増加する必要があることを示している。図5のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>プロット点の分布は青梅の場合よ

りも広がりをもっており、この広がりがどのような現象の組合せによってもたらされているか、気象条件等からのケーススタディが必要である。

#### 4 ま と め

奥多摩の長期の降水調査データを検討し、次の結論が得られた。

- (1) 降水のpHは1977-1983年の間では'82年、'83年に上昇が認められるが、降水量の多いことに起因すると考えられ、これを考慮するとほぼ横ばいであったと推測される。
- (2) 降水のpHは夏期の6,7,8月に低下する傾向であったが、冬期に低下する場合も認められた。
- (3) 降水の化学成分のうち陰イオン組成は $\text{SO}_4^{2-}$  1.5~1.8,  $\text{NO}_3^-$  0.6~0.9,  $\text{Cl}^-$  0.3~0.5,  $\text{NH}_4^+$  は0.2~0.5  $\mu\text{g}/\text{ml}$  であった。また、千代田と比較すると約 $\text{SO}_4^{2-}$  1/2,  $\text{NO}_3^-$  2/3,  $\text{Cl}^-$  1/2,  $\text{NH}_4^+$  1/3 程度であった。
- (4) pH 4.0以下の低pH降水の酸性化に対する $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ の寄与では全降水の平均 $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ を基準とするとpH 4ではほぼ平均値であるがさらにpHが低下するのにもとない $\text{NO}_3^-$ の寄与が増加する傾向がみとめられた。
- (5)  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ の降水による降下量はヨーロッパ、北アメリカの比較的降下量の多い地点とほぼ同程度であった。

最後に本報告をまとめるにあたりデータ処理等多大な御協力を賜った当研究所大気部の青木一幸氏、降水採取に御協力下さった坂村康国氏、沢本泰臣氏に心から感謝いたします。

#### 参 考 文 献

- 1) National Swedish Environment Protection Board: Acidification Today and Tomorrow. (1982)
- 2) ibid: Ecological Effects of Acid Deposition (1983)
- 3) Ministerium für Ernährung: Woodlands and Forestry in Baden-Württemberg (1982)
- 4) Ministry of the Environment, Onta-

rio: The Case Against the Rain (1980)

- 5) 関口恭一他: 関東地方における酸性降水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)
- 6) 古明地哲人他: 降水中化学成分の長期的推移とその特性, 東京都公害研究所年報, 79-86, (1984)
- 7) 古明地哲人他: 大気降下物量の地点比較, 第25回大気汚染学会講演要旨集, 253, (1984)
- 8) U.S.-Canada Memorandum of intent on transboundary air pollution. (1983b) Report of Working Group 36, January.
- 9) 古明地哲人他: 雨水成分調査について, 東京都公害研究所年報, 6, 104-112, (1975)
- 10) 古明地哲人他: 降水等降下物の地点別汚染特性, 東京都公害研究所年報, 81-88, (1982)
- 11) 古明地哲人他: 雨水の汚染とそのメカニズムに関する研究, 東京都公害研究所年報, 7, 27-37, (1976)
- 12) 古明地哲人他: 大気, 降下物中成分濃度の距離減衰, 第26回大気汚染学会講演要旨集, 332, (1985)
- 13) Commission of the European Communities: Acid Deposition (1982)
- 14) U.S. National Academy: Acid Deposition (1983)
- 15) 関口恭一他: 前橋に降ったpH 2.86の雨について, 大気汚染学会誌, 18 1-7, (1982)