

## 関東及びその周辺地域における酸性雨

千葉県公害研究所 押尾敏夫

わが国における酸性雨問題は、雨の降り始めしかも霧雨状の時、目等の痛みを主訴とする影響が出たということで測定が開始されたところが多いのでありますが、そのため調査は主に初期降雨に目を向けたものだったと思われます。

一方、欧米におきましては湖沼水の酸性化等受け手側全体を変化せざるものに注目したため、調査は量的な把握を目的とするものを主体としたと考えられます。

関東及びその周辺地域における梅雨期の初期降雨水の酸性化は、主として雨水中の硝酸イオン、硫酸イオンの増加が問題で、それは大略東京湾岸の北西 50 から 100 km の地域で発生しやすいことが判っております。またわが国においても最近いわゆる杉枯れ問題が提起されて欧米のように量的状況、すなわち、大気降下物を把握する必要があるように思われますが、この詳細なデータは梅雨期のみを取られていると思います。

そこで関東及びその周辺地域で大気降下物の汚染要素としての浮遊粉じん（以下 SP と略す）、二酸化窒素濃度と大気降下物の精密実態調査を 1 年間実施いたしました。

これらのうちの大気降下物と SP 中の主として硫酸イオン、硝酸イオン、アンモニウムイオン、カルシウムイオンの実態に関して述べ今日の討論のための話題を提供しようと思います。

まず、調査方法であります。期間は昭和 59 年 9 月より翌 60 年 8 月までの 1 年間でありまして、調査対象地域は、関東及びその周辺地域としその地域区分と測定点は図 1 のとおりであります。なおこの調査はこの地域にある 1 都 8 県 1 市の公害試験研究機関が実施いたしまして、環境庁にワーキンググループを組織して解析したものでございます。

次に、大気降下物の試料採取装置にはろ過式採取装置を用い、原則として半月毎に 1 年間採取を行いました。SP は、粒径 2.1 μm を分級点とし、同一ロットの

石英ろ紙パールフレックス QAST 2500 を捕集材とし ALV を用い各季節毎に約 100 時間単位で 2 回ずつ採取いたしました。

さてこれら調査の結果につきご紹介し若干の考察を次に加えてみたいと思います。

まず、大気降下物中の水溶性成分の降下量と降水量の関係についてご紹介いたします。梅雨期の大気降下物はその多くが降水によるものであります。表 1 に月間値としての成分毎の降下量と降水量との相関の程度を示しましたが、このように陰イオンにつきましては多くの測定点で相関が高く、とくに硫酸イオンについては清澄、新潟を除いて相関は 1% 有意でありました。

一方、陽イオンにつきましては水素イオンはかなりの地点で得られた計算結果で相関が高いと判断されますが、カルシウム、マグネシウム、ナトリウムにつきましては多くの測定点で相関が低く、成分によりその成因に差があるように推定されます。

このように大気降下物中の水溶性成分は、気象要素特に降水量に左右されることが判りました。ここで得られました大気降下物の月間値あるいは年間値がどの程度年をこえて評価できるか検討するため調査期間の降水特性を見ました。試料採取地点での年間降水量とその近くにあるアメダスの測定点での降水量を比較いたしましたところ、ほとんどの地点でその差が 10% 以内でありましたので、調査地点の降水特性がアメダスの測定値である程度代表できるものと考えまして南北・東西ラインに沿った地点の降水特性を作り図 2 に例示いたしました。

これらの測定値を平年値と比較いたしますと調査期間の前半は 12 月、2 月を除いて平年値より低く、後半は高い傾向にありましたが、年間を通すとほぼ平年並でありました。

このことはほとんどの地点で共通でしたので年間値ならば大気降下物の実態を反映しているものと考えられます。

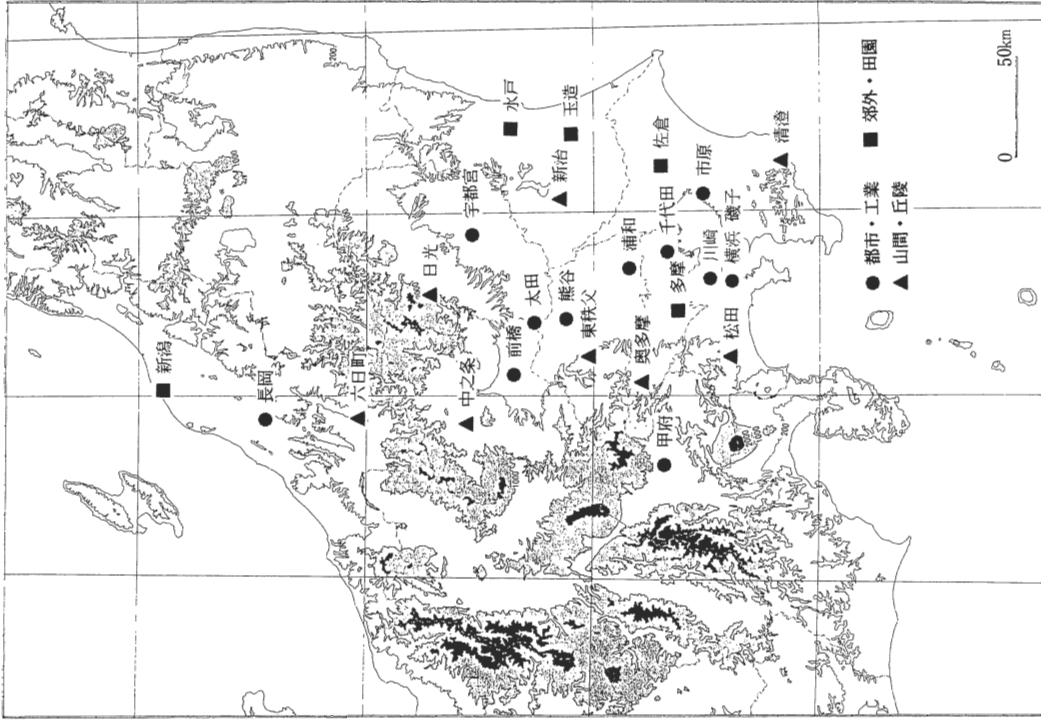


図1 調査地点の地域区分・位置

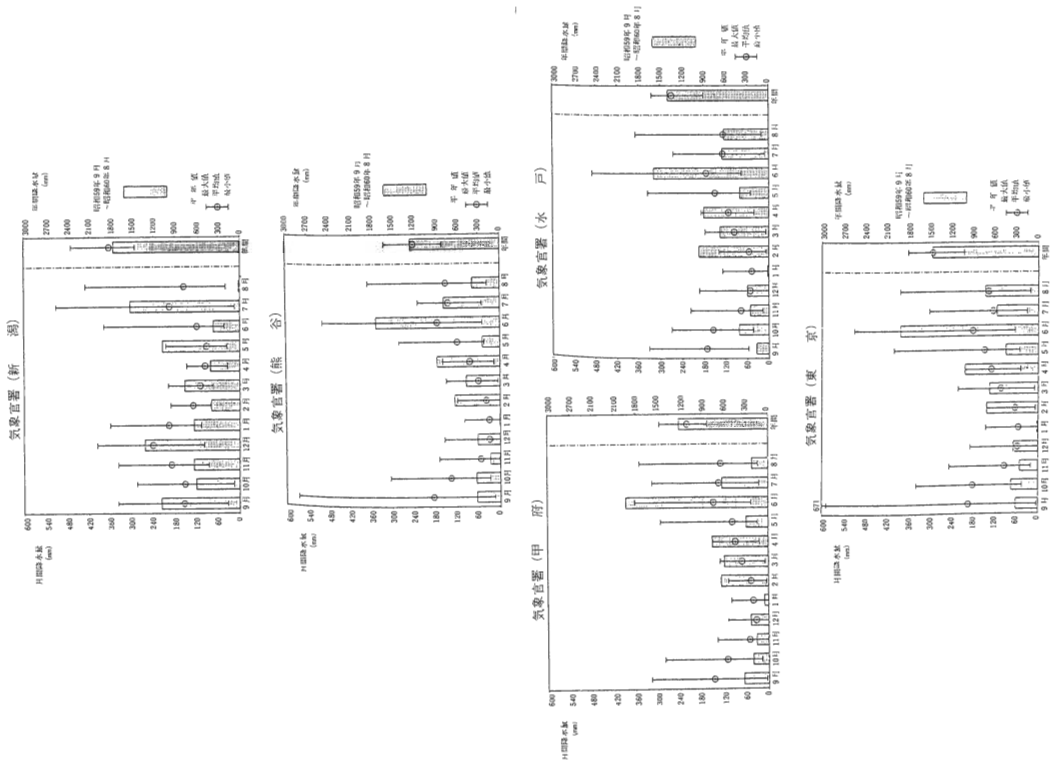


図2 月別降水量の年平均値との比較 (mm)

そこで、大気降下物中の水溶性成分の年間降水量につきご紹介いたします。まず、硫酸イオンであります。測定されましたナトリウムイオンがすべて海水によるものと仮定し、海水中の硫酸イオンとナトリウムイオンの比を0.251といたしまして、海水起源以外の硫酸イオン、すなわち、Excessの硫酸イオンの降水量を見積りますと多くの地点で80%以上の結果が得られております。全硫酸イオンとExcess硫酸イオンの降水量を図3-1に示しました。この図から関東地方ではExcess硫酸イオン降水量は東京湾岸において最も多く、関東平野中央部の都市域、田園地帯、山間部の順に少なくなることが分かります。また、降水量が多かった六日町、長岡、清澄では東京湾岸地帯と同様でありました。このように大気汚染物質発生源周辺地域で硫酸イオン降水量が多い事実と大きい発生源がなくても降水量の多い地域でそれが大きい事実は、前者に関しては大気を浄化する経路、後者については雨滴生成の経路がその汚染の主体を成していることを物語っているように思われます。

次に、硝酸イオンの降水量であります。この測定結果を図3-2に示しました。

このように硝酸イオン降水量は、関東地方中央部の都市域の方が東京湾岸地域よりもやや多く、Excess

硫酸イオンの場合と異なっておりました。また関東平野部の田園地帯や山間部等では東京湾岸地帯におけるより少なかったのでありますが、その地域差は大きいものではありませんでした。次いでアンモニウムイオンの降水量を図3-3に示しました。

この図に示されておりますようにアンモニウムイオン降水量は、東京湾岸地帯、関東平野中央部の都市域において田園地帯、山間部より多い傾向にあることが判かります。

さて、この発生源は動植物の変質過程が考えられて田園地帯、山間部で多いと予想されますが、結果はこれに反して大工業・都市域で多かったことからディーゼル排ガス中にアンモニアが3%程度含まれているとのわれわれ千葉県公害研究所が昭和61年に「浮遊粒子状物質発生源寄与率調査（中間報告その2）」という報告を出しましたが、今後これに注目すべきと考えております。

また、カルシウムイオンであります。硫酸イオンの場合と同様に海水中のカルシウム対ナトリウムの比を0.38といたしましてExcessのカルシウムイオンを見積りますと多くの地点で90%上でありました。全カルシウムイオン降水量とExcessカルシウムイオン降水量を図3-4に示しました。このように東京湾岸

表1 各成分降水量と降水量の関係

地域区分	地点	全量	SO <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>
都 市	川 崎	1	1	1	1	1		5	1	1	
都 市	磯 子	1	1	1	1	1		1	1	1	
工 業 市	原	5	1	5							1
都 市	千代田	1	1	5	1	1	5		1	1	1
都 市	浦 和	1	1	5	5				5	1	
都 市	熊 谷	5	1	5	5	5			1	5	
都 市	太 田	1	1	1	1	5	1				1
都 市	前 橋	1	1	5		5		5			1
都 市	宇都宮	1	1	5		1			1	5	5
郊外丘陵	多 摩	1	1	5	1	1			1	5	1
郊 外	水 戸	1	1	1							1
田 園	佐 倉	1	1	5							5
田 園	玉 造	1	1	5	1	1		5			
山 間	新 治	1	1	1	5				5	1	
山 間	日 光	1	1	1	1	5	5		5	1	5
山 間	中之条	1	1	1		5	5	1	1	1	
山 間	東秩父	1	1	5	5				1	1	
山 間	奥多摩	5	1		1				1		
山 間	松 田	1	1	1	1	1	5				1
山 間	清 澄	1			1		5	1	1	1	5
周辺都市	甲 府	1	1	1	1	1		5			1
周辺田園	新 潟										
周辺都市	長 岡	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
周辺山間	六日町	5	1		1				1		

注) 数字は有意水準を表し、全量は分析を行った成分の合計を表す。

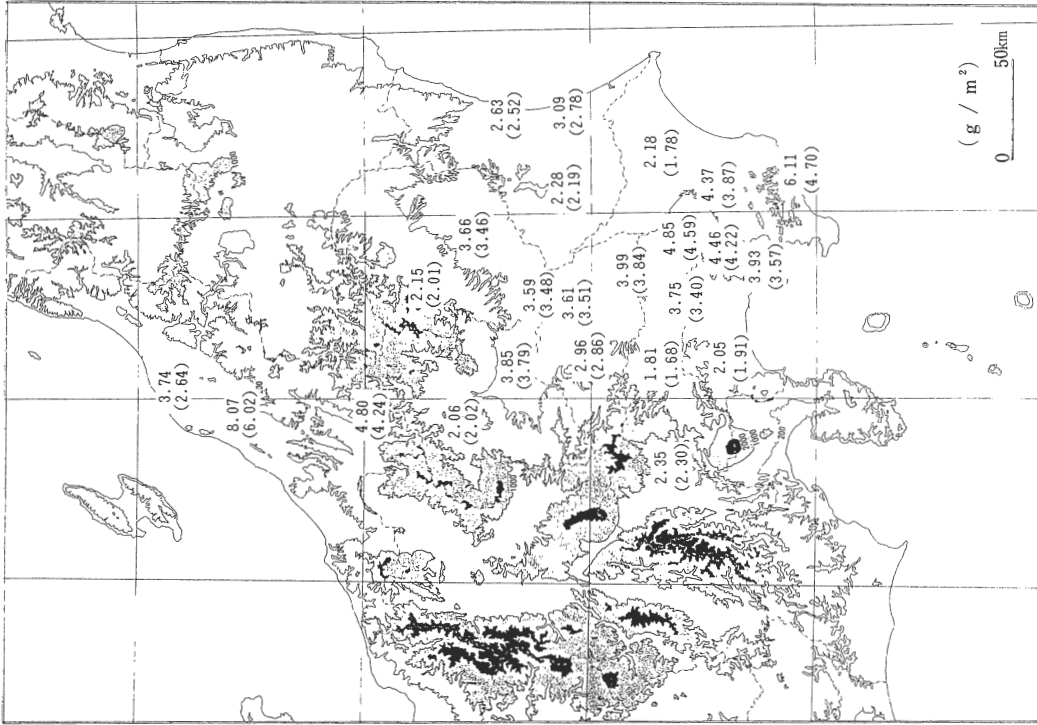


図3-1 水溶性  $\text{SO}_2$  (Excess- $\text{SO}_2$ ) の年間降水量

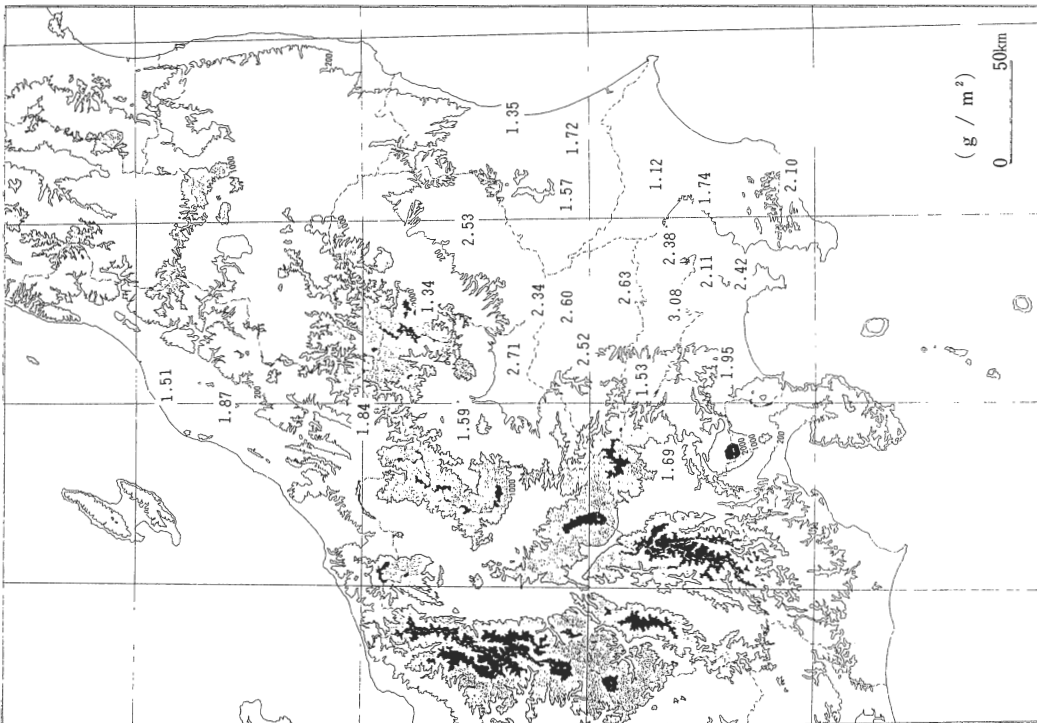


図3-2 水溶性  $\text{NO}_2$  の年間降水量

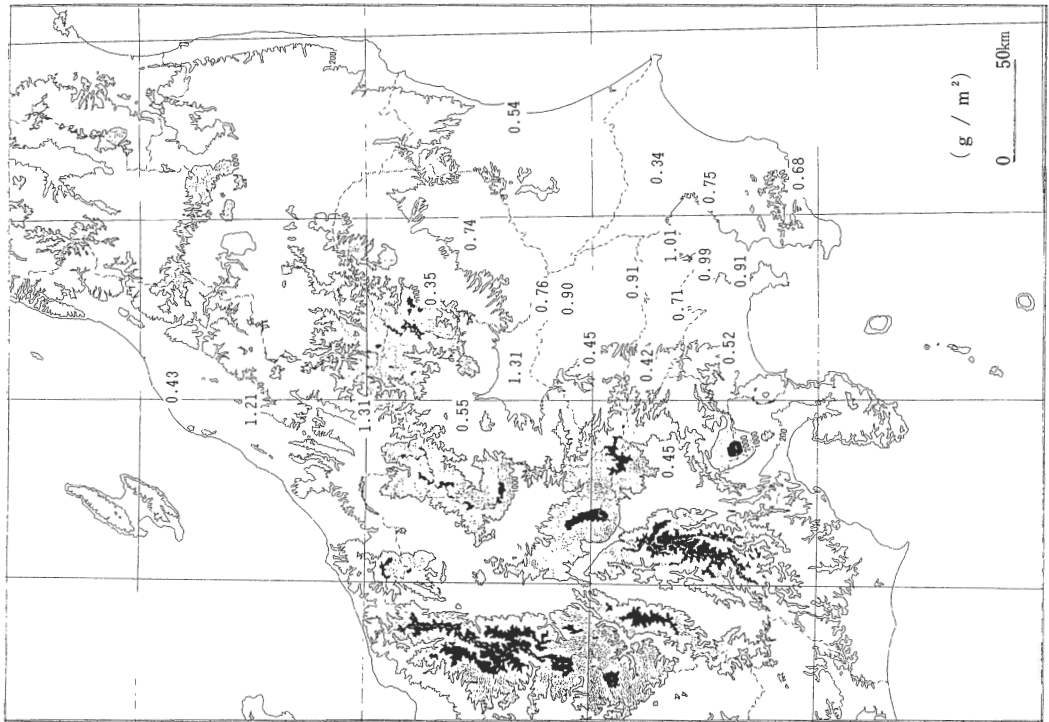


図3-3 水溶性NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の年間降下量

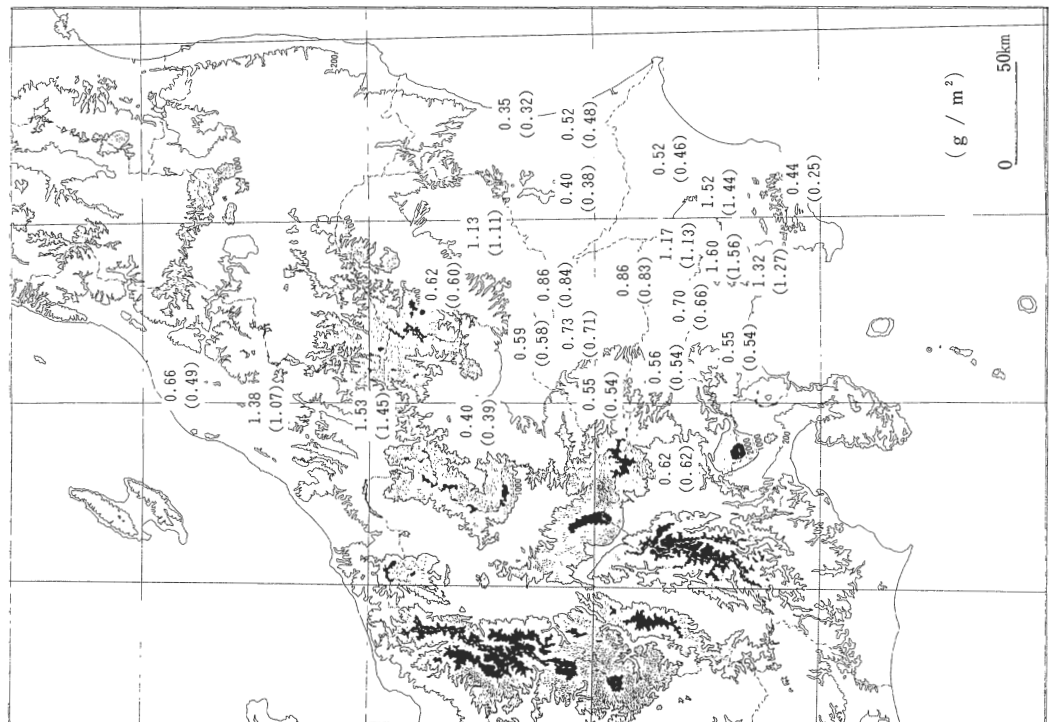


図3-4 水溶性Ca<sup>2+</sup> (Excess-Ca<sup>2+</sup>)の年間降下量

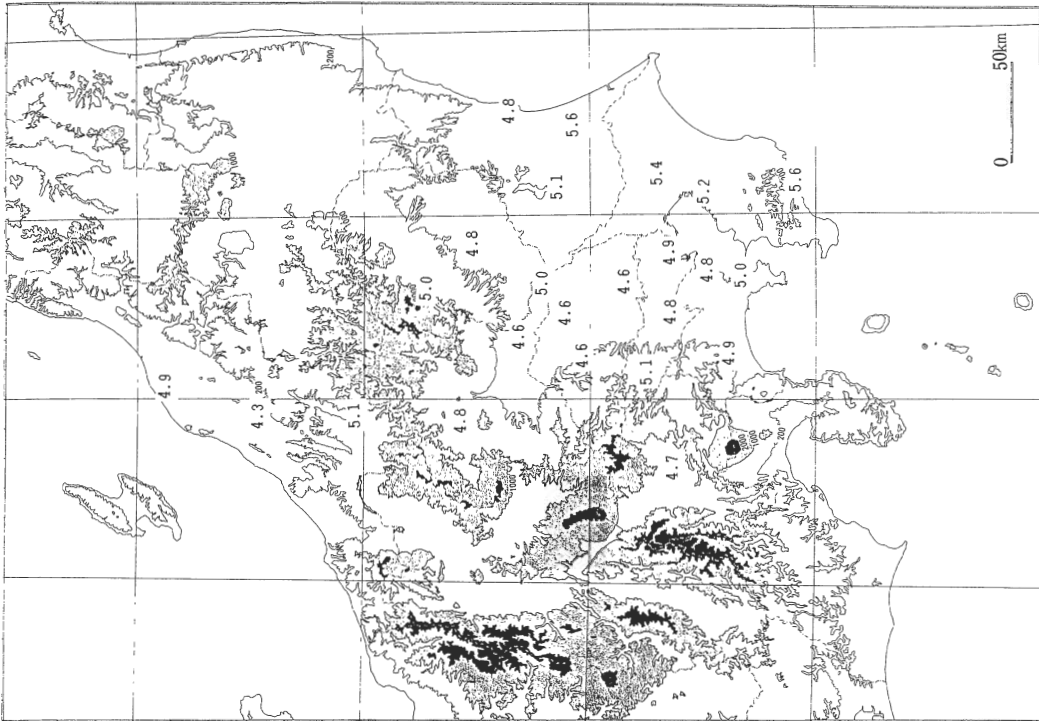


図3-5 水溶性H<sup>+</sup>(pH換算)の年間降水量

地帯で最も多く、次いで関東平野中央部の都市域で多くてExcess硫酸イオンの場合と類似いたしているようでありす。

さて、pHであります、水素イオンに換算して降雨量で重み付けした結果をpHに換算しなおして図3-5に示しました。この結果から関東平野の中央部の都市域で低く、硝酸イオン降水量の場合とよく類似いたしているように思います。

次に、SPですが、SPは成分によっては吸湿性が高いことから雨滴の核となると考えられます。

さらに植物等に沈着して降雨の初期に溶出すると考えられておりますので、結果的に高濃度の降水汚染と対等の立場にあります。とくに硫酸イオン、硝酸イオン、アンモニウムイオンは濃度が高く、塩となっておりますと吸湿性であることから重要です。

微小粒子中の成分濃度レベルを表2-1から表2-3に示しました。

硫酸イオン、硝酸イオン、アンモニウムイオンとも粗大粒子中の濃度レベルは地域差が小さくほとんどの地点で1のレベルで微小粒子より低く、特にその傾向はアンモニウムイオンで著しいと思われす。

以上まとめますと、

1. 大気降下物中の水溶性成分のうち、陰イオン、水素イオンにつきましては、その降下量が降水量と

相関が高く、降水量に左右されることが判りました。

2. 年間の降水特性をみますと、調査の前半は平年値より低い傾向にあり、後半は高い傾向にありましたが、年間値では平年並の降水量でありまして、年間値でみれば大気降下物の実態を反映しているものと考えられました。
3. 大気降下物中の水溶性成分のうち、硫酸イオンは大気汚染物質の発生源周辺地域と、降水量の多い地域で多く、硝酸イオンは、関東地方中央部の都市域で多く、アンモニウムイオンは、大工業・都市域で多く、カルシウムイオンは、硫酸イオンと類似しておりました。pHは、硝酸イオンの多い地域で低い傾向にありまして。
4. SPでは、粗大粒子中の硫酸イオン、硝酸イオン、アンモニウムイオンは、その濃度レベルが低く、地域差も小さかったが、微小粒子中のこれらは、浦和、前橋、多摩、横浜で高い傾向にありまして。これから浦和、前橋、多摩、横浜で高いレベルであることが判かります。

なお以上は、環境庁に設けられました酸性雨対策検討会大気分科会による「酸性雨対策調査中間報告書」を参考にして述べたものであります。

表2-1 微小粒子中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の地域別濃度レベル

地域 月 地点	関東平野							丘陵	日本海
	水戸	宇都宮	前橋	浦和	多摩	横浜	市原	松田	新潟
10	2*	3	4	4	4	4	3	3	2
1	1*	3	2	3	2	2	2	2	2
4	3	3	4	4	2	4	3	3	3
7	3	4	4	4	2	2	3	3	3
計	9*	13	14	15	10	12	11	11	10
平均	2.3	3.3	3.5	3.8	2.5	3.0	2.8	2.8	2.5

注1) 2.0μg/m<sup>3</sup>毎に1レベル

注2) \*印は採取期間が異なる

表2-2 微小粒子中のNO<sub>3</sub>の地域別濃度レベル

地域 月 地点	関東平野							丘陵	日本海
	水戸	宇都宮	前橋	浦和	多摩	横浜	市原	松田	新潟
10	1*	1	2	3	2	3	1	1	1
1	1*	2	1	2	2	2	1	1	1
4	1	2	4	3	1	2	1	1	1
7	1	1	2	1	2	1	1	1	1
計	4*	6	9	9	7	8	4	4	4
平均	1	1.5	2.3	2.3	1.8	2	1	1	1

注1) 2.0μg/m<sup>3</sup>毎に1レベル

注2) \*印は採取期間が異なる

表2-3 微小粒子中のNH<sub>4</sub>の地域別濃度レベル

地域 月 地点	関東平野							丘陵	日本海
	水戸	宇都宮	前橋	浦和	多摩	横浜	市原	松田	新潟
10	3*	6	8	12	9	5	4	5	4
1	1*	7	4	13	8	11	5	6	3
4	5	8	12	10	5	5	5	5	6
7	5	7	8	6	6	3	4	4	2
計	14*	28	32	41	28	24	18	20	15
平均	3.5	7	8	10.3	7	6.0	4.5	5	3.8

注1) 0.4μg/m<sup>3</sup>毎に1レベル

注2) \*印は採取期間が異なる