

## 三重県における降水及び降下塵の溶解性成分について\*

太田 立 男\*\*

## 要 旨

三重県中南勢地域の降水及び降下塵中の溶解性成分について分析を行なった。

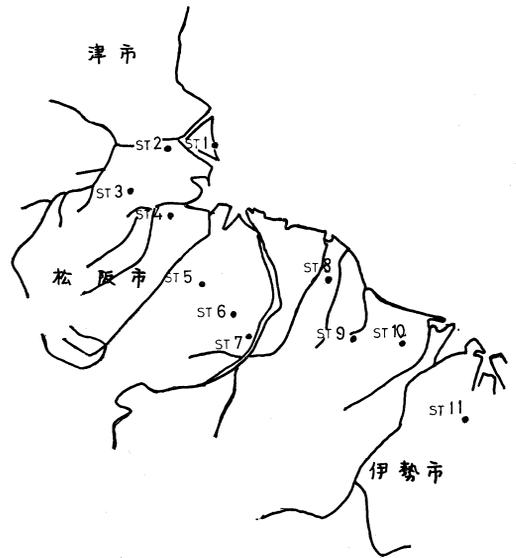
1. アンモニア態窒素は平均  $50\text{mg}/\text{m}^2/\text{月}$  硝酸態窒素は平均  $6\sim 15\text{mg}/\text{m}^2/\text{月}$  で、降水及び降下塵中にはアンモニアが多量に含まれているようである。
2. 金属元素は鉄含有量が最大で平均  $5\text{mg}/\text{m}^2/\text{月}$  である。鉛は、 $1.4\text{mg}/\text{m}^2/\text{月}$  検出され、自動車排ガスによる影響が大きいと考えられた。ニッケル、カドミウムは微量であった。

## 1. はじめに

降水及び降下塵中には、海塩などのごとく、海水に由来する物質の他に、陸地の表面から風によって舞い上がった土壌物質や、人間活動による燃焼産物である微少固体瓦斯等様々な起因の物質が供給されている。中西、浮田 (1971) によると山口県宇部市での降水中のアンモニア態窒素含有量は平均  $1.83\text{ppm}$  亜硝酸一硝酸態窒素含有量は平均  $0.47\text{ppm}$ 、又アンモニア態窒素についてみると、東京では  $0.76\text{ppm}$  大阪市郊外では  $0.40\text{ppm}$  と報告している。菅原 (1964) によると日本の降水中の化学成分の平均は亜鉛  $4.2\mu\text{g}/\text{l}$  銅  $0.8\mu\text{g}/\text{l}$  ヒ素  $1.6\mu\text{g}/\text{l}$  と報告しているし、同じ菅原 (1948) は名古屋での雨中の高濃度の例として鉄  $0.29\text{mg}/\text{l}$  を測定している。又 David (1962) らはバーミューダにおける降水中のアンモニアの測定値として  $0.041\sim 0.290\text{mg}/\text{l}$  (平均  $0.150\text{mg}/\text{l}$ ) を得ている。又 Eriksson (1955) は、北ヨーロッパの各地において降水中の化学成分の分析を行なったところ、アンモニア態窒素  $0\sim 114\text{mg}/\text{m}^2$  pH  $4.3\sim 7.0$  と報告している。服部 (1972) の報告によると降水中の  $\text{NH}_4^+$  と  $\text{NO}_3^-$  の溶存量 ( $\text{mgN}/\text{l}$ ) は表 1 のごとくで、 $\text{NH}_4^+$  含量は函館が最も多くなっている。松平 (1938) の報告による南洋パラオ島の降水の化学成分では pH  $5.9$  アンモニア  $0.05\text{mg}/\text{l}$  前後、亜硝酸痕跡である。筆者は 1971 年 10 月、12 月、1972 年 1 月の 3 回にわたって、三重県中南勢地域の 10 点において降水中の化学成分の分析を行なった。三重県中南勢地域は、松阪市から伊勢市の中間に位置し、どちらかといえば田園地帯に属している。

第 1 表 降水中の  $\text{NH}_4^+$  と  $\text{NO}_3^-$  の存在量 ( $\text{mgN}/\text{l}$ )

	ヨーロッパ	アメリカ合衆国	バーミューダ島	ハワイ諸島	北太平洋	函館
$\text{NH}_4^+$	0.15	0.087	0.014	0.03	0.03	0.99
$\text{NO}_3^-$	0.11	0.13	0.032	0.02	0.06	—



第 1 図 採取地点図 (採取地点名は第 2 表参照)

## 2. 観測地点及び分析方法

試料採取は、第 1 図に示す位置に、円筒型ダストジャー (内径  $11.2\text{cm}$  深さ  $20.3\text{cm}$ ) を設置し、1 ヶ月間の降水及び降下物を採取し、実験室にもちかえり分析した。ダストジャーは外部からの汚染を防ぐために、学校、役

\* A Dissolved Composition on Rain Waters and Deposits in Mie Prefecture

\*\* R. Ota: 日本気象協会東海本部  
—1972年10月30日受理—

第2表 降水および

St	項目 観測点	10 月								12					
		NH <sub>4</sub> -N		NO <sub>2</sub> -N		NO <sub>3</sub> -N		SS	PH	NO <sub>3</sub> -N			PO <sub>4</sub> -P		SS
		mg/m <sup>2</sup>	mg/l	mg/m <sup>2</sup>	mg/l	mg/m <sup>2</sup>	mg/l			mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/l	mg/m <sup>2</sup>	mg/l	
1	東 黒 部	21	0.024	0.25	0.003	1	0.014	1.45	5.9	0	11	0.182	0.66	0.011	0.78
2	東 小 野 江	63	0.700	0.49	0.006	13	0.140	0.25	4.0	0	22	0.360	0	0	0.34
3	嬉野町役場	44	0.490	0.13	0.001	10	0.108	0.85	4.2	—	—	—	—	—	—
4	市 場 庄	76	0.840	1.39	0.015	23	0.259	0.49	3.9	0	20	0.330	0.43	0.007	0.69
5	久 保 中	6	0.084	0.13	0.001	15	0.161	0.68	4.1	0	10	0.167	0	0	0.43
6	松 阪 高	95	1.050	0	0	11	0.120	0.32	4.0	0	8	0.137	0	0	0.46
7	山 添	—	—	0.88	0.010	1	0.015	0.90	6.2	0	8	0.126	—	—	0.94
8	下 尾	11	0.126	0	0	23	0.259	0.37	4.2	0	7	0.118	0.13	0.002	0.76
9	明 星	—	—	—	—	—	—	1.21	4.2	0	9	0.155	0.43	0.007	0.42
10	植 山 町	44	0.490	0	0	23	0.252	0.69	3.8	0	4	0.063	—	—	0.66
11	倉 田 山 中	86	0.952	0	0	26	0.287	0.72	3.9	0	27	0.440	0	0	0.71

SS=suspended solids の略

場などの屋上に2mのポールをたてて設置した。ダスト中には雨と塵が混入しており、降下塵から雨水へ溶出したものも同時に分析した。分析は、溶解性成分について行ない、pH、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、リン酸態リン、金属元素である。分析方法は、アンモニア態窒素は、インドフェノール青の吸光度を測定することによって定量した。亜硝酸態窒素は、アゾ化合物のピンク色の吸光度を測定して定量した。硝酸態窒素は、pH 9.6位のアルカリ性で銅イオンを触媒としてヒドラジンを用いて還元を行ない、アゾ化合物のピンク色の吸光度を測定して定量した。リン酸態リンは、モリブデンによる青色の吸光度を測定して定量した。

### 3. 調査結果

分析結果は第2表に示してある。表示方法は Ångström 及び Högborg の式を用いて地面1m<sup>2</sup>当りに降下した降水及び降下塵中の化学成分の量及び試水1l中のmgで表示した。調査時の降水量は、津地方気象台の資料により、10月は、90.5mm、12月61.5mm、1月20mmである。尚1971年の総降水量は約2,000mmである。

#### (1) アンモニア態窒素

アンモニア態窒素は、10月のみの調査であるが、平均0.65mg/lで、工業都市宇部の測定値(1.83mg/l)の1/3、又函館において得られた値(0.99mgN/l)より低い値を示しているが、北大平洋及びバミューダなどで得られた値(0.03~0.29mgN/l)に比すとかなり高濃度である。しかしながら Eriksson (1955) による北ヨーロッパ

地方の降水中のアンモニア含有量は、0~114mg/mの範囲にあり、地域性が大きい。今回の測定値の最高値は St 6 (松阪高) の95mg/m<sup>2</sup> (1.05mg/l) 最低値は St 5 (久保中) の6mg/m<sup>2</sup> (0.084mg/l) であった。

#### (2) 亜硝酸態窒素及び硝酸態窒素

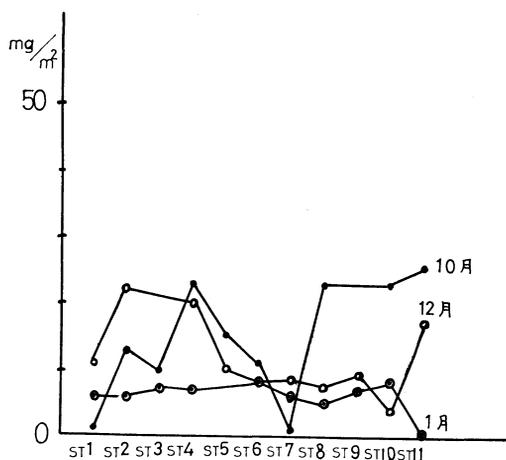
亜硝酸態窒素は微量で、硝酸態窒素の1/10以下である。12月及び1月の調査では、亜硝酸態窒素は検出されなかったが、10月の調査では、6地点で検出(0.13~1.39mg/m<sup>2</sup>)された。又最高値は St 5 (市場庄) の1.39mg/m<sup>2</sup> であった。10月の亜硝酸態窒素の分布の傾向は、どちらかといえば、海岸側において少なく、山側に多くなっている。硝酸態窒素の平均値は、10月が15mg/m<sup>2</sup> (0.163mg/l) 12月は、13mg/m<sup>2</sup> (0.208mg/l) 1月は、6mg/m<sup>2</sup> (0.298mg/l) である。これらの値は中西、浮田(1972)による工業都市宇部の測定値の平均(0.473mg/l)に比べて低く、東京や大阪市郊外(0.15~0.26mg/l)の値に近い。分布状態は、明確ではないが、どちらかといえば海側において含有量は多く、山側に少ない傾向がある。第2回から3回の調査を通じて、含有量は St 7 (山添) St 6 (松阪高) 付近で少なく、松阪市伊勢市などの都市に近い観測点ほど多くなっているようである。

#### (3) リン酸態リン

リン酸態リンは、12月と1月の2回測定を行なった。最高値は1月は St 1 (松阪高) の0.68mg/m<sup>2</sup> 12月は St (東黒部) の0.66mg/m<sup>2</sup> である。宇部市での11ヶ所の平

## 降下塵中の化学組成

月		1 月														
Fe		Pb		Cu		Ni		Cd		NO <sub>2</sub> -N		NO <sub>3</sub> -N		PO <sub>4</sub> -P		SS
mg/m <sup>2</sup>	μg/l	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>	mg/l	mg/m <sup>2</sup>	mg/l	mg/m <sup>2</sup>	mg/m <sup>2</sup>								
6	97	1.5	24	0.4	6	0.24	4.0	0.02	0.4	0	6	0.310	0	0	0.26	
7	122	0.8	13	0.4	6	0.17	2.8	0.04	0.6	0	6	0.290	0.14	0.007	0.23	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	7	0.340	0	0	0.50	
9	143	0.9	15	0.6	9	0	0	0.01	0.2	0	7	0.340	0	0	0.35	
5	84	1.2	20	0.4	6	0.18	3.0	0.03	0.5	—	—	—	—	—	—	
3	51	2.1	34	0.4	6	0	0	0	0	0	8	0.410	0.68	0.034	0.78	
1	22	1.3	22	0.6	9	0	0	0	0	0	6	0.320	0	0	0.22	
3	54	1.7	28	0.4	6	0.29	4.7	0.03	0.5	0	5	0.240	0.40	0.020	0.52	
3	51	1.2	19	0.2	4	0.16	2.6	0.01	0.2	0	7	0.340	0	0	0.33	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	8	0.390	0.12	0.006	0.25	
6	105	1.5	25	0.5	8	0.12	2.0	0.01	0.2	0	6	0.320	0	0	0.34	



第2図 硝酸態窒素含有量

均値0.110mg/lに比較すると、この付近のリン酸態リン含有量は、1月は0.007mg/l 12月は、0.003mg/lでかなり低い。

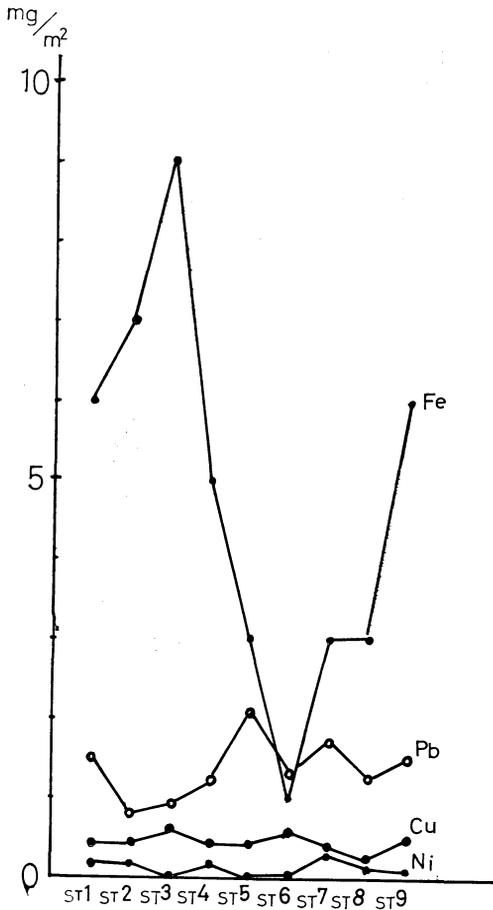
## (4) 浮遊固形物

浮遊固形物の乾重量は、ミリポアフィルター(8μ)を用い水洗口過乾燥して得たものである。10月の平均値は0.79mg/m<sup>2</sup> 12月は0.62mg/m<sup>2</sup> 1月は0.38mg/m<sup>2</sup>で、降水量の少ない1月に最も少なくなっている。最高値は、10月に St 11(東黒部)で測定された1.45mg/m<sup>2</sup>、最低値は、1月に St 7(山添)で測定された0.22mg/m<sup>2</sup>

である。浮遊固形物乾重量の分布状態は、降水溶存物でみられたように、概して海側に多く、山側に少ない傾向がうかがえる。

## (5) 金属元素

金属元素の分析は、2月のみの測定値であるが、Fe(平均80μg/l) > Pb(平均26μg/l) > Cu(平均7μg/l) > Ni(平均2μg/l) > Cd(平均0.3μg/l)の順に含有量が多い。Cuの場合菅原(1964)の日本の降水中の平均値0.8μg/lに比して中南勢地域は、7μg/lで含有量が高い。又名古屋の高濃度の雨のFe含有量290μg/lに比すと、中南勢地域のFe含有量は80μg/lで低い含有量である。降水中の窒素含有量は、その分布状態に、地域性が認められたが、金属元素含有量の場合は、地域による差が窒素に比して小さい。各元素の濃度分布を第3図に示すが、Fe含有量の最高値はSt 4(市場庄)の9mg/m<sup>2</sup> 最低値はSt 7(山添)の1mg/m<sup>2</sup>で、松阪伊勢市以外の観測点で含有量は少ないようである。Pbは1~2mg/m<sup>2</sup>の範囲にあり、場所による差は比較的小さく、自動車排ガスの影響が大きいものと予想された。CuもFeやPbと同じく全部の観測点において検出され、含有量は0.2~0.5mg/m<sup>2</sup>で、Pbと同様に地域による差が小さい。Ni及びCdは、検出される場所と、されない場所とがあり、その分布状態は明確にはつかめなかった。最高値はNiはSt 8(下尾)の0.3mg/m<sup>2</sup> Cdは、St 2(東小野江)の0.04mg/m<sup>2</sup>であるが、いずれも微量である。



第3図 金属元素含有量

(6) pH

10月の測定値のみであるが、3.8~6.2の間にあり、平均値はで4.4である。工業都市宇部の16地点の平均値が5.3松平<sup>6)</sup>(1938)の南洋パラオ島の値、5.5などに比較すると中南勢の降水は、より酸性側にある。尚 Eriksson<sup>4)</sup>(1955)の北ヨーロッパの値は、4.3~7.3にあり、地域性も大きいように見受けられる。

4. 考察

中南勢地域の降水及び降下塵中の化学成分を集計して、統計的に処理したものが第3表である。各元素の変動係数をみると、NO<sub>2</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P、Niなどは地域により様々の値となっている。降下塵乾重量は、10月及び1月が0.5前後であるに対して、12月は1.01である。又NO<sub>3</sub>-Nは、10月12月は、0.6前後であるが、1月は0.14で地域による差は小さいようである。金属元素

第3表 降水及び降下物中の化学組成 (mg/m<sup>2</sup>)

採取月		NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>3</sub> -P	SS
10月	平均	50	0.33	15		0.79
	偏差	33	0.47	9		0.40
	変動係数	0.66	1.42	0.60		0.51
	95%信頼区間	±23	±0.34	±6.5		±0.29
	σ	25.5	0.17	7.4		
12月	平均		0	13	0.21	0.62
	偏差		0	8	0.25	0.63
	変動係数		0	0.62	1.19	1.01
	95%信頼区間		0	±5	±0.21	±0.45
	σ		0	7.0	0.62	
1月	平均		0	7	0.13	0.38
	偏差		0	1	0.23	0.17
	変動係数		0	0.14	1.77	0.45
	95%信頼区間		0	±1	±0.16	±0.12
	σ		0	4.5	0.16	
12月金属元素	平均	偏差	変動係数	95%信頼区間	α	伊勢湾への供給量 (t/月)
Fe	5	2.5	0.50	±2	2.81	8
Pb	1.4	0.4	0.29	±0.3	0.74	2
Cu	0.37	0.10	0.27	±0.07	0.23	0.6
Ni	0.13	0.11	0.85	±0.08	0.07	0.2
Cd	0.02	0.01	0.50	±0.01	0.01	0.03

はNiをのぞいて概略0.5以下で、地域による差は、窒素、リンに比して小さい。松平(1954)は神戸で行った一年間における降水中の化学成分の分析結果について Ångström 及び Högberg の式で得られるαを求め、気圧配置との関係について論じた。神戸におけるNH<sub>4</sub>-Nの一年間平均αの値は、3.02で今回の中南勢地区10月のα値25.5は、かなり高い値になっている。これは1953年頃に比較して、人為活動による影響が大きくなってきたものと考えられる。第3表に各元素のα値を示したが、それはNH<sub>3</sub>>NO<sub>3</sub>>Fe>Pb>Cu>PO<sub>4</sub>>NO<sub>2</sub>>Ni>Cdの順に小さくなっており、アンモニア、硝酸などの窒素は、降水及び降下塵中に、相当量含まれているようである。金属元素のうち、Feのα値は2.81で他の金属元素の4倍以上の値を示している。

本研究に有益なる助言と御校閲をいただいた広島大学

松平康男元教授、日本気象協会東海本部長奥山態一氏に深謝するとともに、金属元素の資料をこころよく使用させていただいた日本気象協会小木曾正敏氏に対して感謝の意を表する。

## 文 献

- 1) David W. Menzel and Jane P. Sapaeth, 1962: Occurrence of Ammonia in SARGASSO SEA waters and in rain water at Bermuda. *Limnology and Oceanography*, 7, 159-162.
- 2) E. Eriksson, 1955: Composition of Atmospheric Precipitation *Tellus*, 7, 134-139.
- 3) 服部明彦, 1972: 窒素の循環. *科学*, 42(1), 20-28.
- 4) 三重県津地方気象台, 1971: 気象月報.
- 5) 松平康男, 1938: 南洋パラオ島の陸水並びに降水の化学成分について. *海と空*, 18(10), 358-365.
- 6) 松平, 川本, 1953: 気圧配置と降水の化学的性状について. *海と空*, 30(5, 6), 62-66.
- 7) 小木曾正敏, 1972: 三重県中南勢地区における降水及び降下塵の金属成分について. 公害と対策. 投稿中.
- 8) 菅原 健, 1948: 降水の化学. *科学*, 18(11), 485-492.
- 9) 菅原 健, 1964: 陸水の新しい化学的考察について. *用水と廃水*, 6, 227-230, 317-321, 359-364.
- 10) 浮田, 中西, 1971: 富栄養海域への窒素及びリンの流出量. *用水と廃水*, 13(11), 1355-1361.

(以下6ページの続き)

国の設備投資が盛んにやれば、民間の設備投資はおさえられてくるのですね。そうすれば、成長がおくれるわけですね。そこで、公害が減りましょう。それより、わたくしは、3年もたてば、超完全雇用になって物の生産ののびは止まりますよといっているんです。

だから、ローマクラブで、そのうちに酸素が地球からなくなってしまうなんて心配をしているという話がありますが、そんなことは人間への侮蔑だということです。

人間というものは、自分がいきるためにはあらゆる工夫をするものです。だから、人類がほろびるまで、ジェット機飛ばすはずはないのではないかとこの間いったのですよ。

それほど、人間はバカではないと思います。

神山：人間というものは、公害にそのまま手をこまねいていて、やられてしまうようなことはなく、必ず何か手を打つものだ——という点では、どうやら意見は一致するようですので(笑声)、この辺で話題を応用気象の本論に戻して話を結んで戴きましょう。

高橋：応用気象の内容は、昔から較べるとずいぶん変わってきています。もともと気象事業は、船に対する暴風雨の警報にありました。明治・大正にかけては、農業気象に重点がおかれ、最近では建築、工業立地に対する要請が多くなってきました。こうなると、気象庁としては、基本的な材料の整理と気象だけの知識ではなく、総合的な知識が必要になり、それに対しては、別途なことを考えていかなければなりませんね。

神山：千葉の銚子市外にあるウェザリング・テストセンターを訪れたのですが、放射計をはじめとする気象測器を見学したのです。それらは、気象台に備えつけられているものと較べると、ずっと近代化されていて、われわれ、気象人からみると、これはやられたわいと思いました。応用気象をやっているわれわれとしては、もっと境界領域にも気象事業として手をひろげてもらいたいと思います。

稲山：まあ、次元は違いますが、さきほどの、本州、四国の橋の作業も、風速が10mとなると作業をやめなければならぬので、もっと、目の細かい観測が必要になってきます。

また、雨の降り方一つとりましても、最近集中豪雨で、工場が水びたしになることがあります。また、湯水になってくると、工場にどうして水をやるかということに頭を痛めます。

大きな貯水池を持っていればいかも知れませんが、それもありません。

そんなとき、50年とか10年とかの長いデータがあれば、対策をある程度、先にたてられますが、なにしろ、こんなときになると、気象庁だけが頼りになりますね。

神山：気象サイドに対して、この新年初頭にあたり産業サイドから、おおいに応用気象に、期待が表明され激励されたというところで、この放談を閉じたいと思います。

本当に、お忙しい時間をさいていただいたことを厚く御礼申し上げます。