

千葉県における酸性雨について—市原における降水成分濃度—

押尾敏夫 井上智博

1 調査目的

「酸性雨」による人体・植物等の被害に対処し、その原因究明と対策に資するため降水量 1mm 毎に成分を把握することを目的とする。

2 調査方法

市原において 2001 年 4 月～2002 年 3 月まで自動降水採取装置を用い、1mm 毎に試料を採取し、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 及び pH、EC を測定分析した。

3 調査結果

3・1 初期 1mm 降水の性状

初期 1mm 降水の性状を表 1 に示す。 SO_4^{2-} は 1998、1999 年度に比べ 2000 年度 9 月以降依然として三宅島噴火の影響と考えられる高濃度現象が続いている。 NO_3^- は暖候期については 2000 年度に比べやや高い傾向があるが、寒候期については

年度変動が小さかった。 Na^+ と Cl^- はほぼ同様の挙動を示し、季節的な差異は見られなかった。 Ca^{2+} 、 NH_4^+ は 4 月、7 月、1 月、3 月が他の月に比べ高い傾向が伺えた。pH の平均値は 4.15～7.51 (2000 年度 4.33～6.03, 1998&99 年度平均; 4.97～6.19) の範囲にあった。pH 値が高かった 7 月は 2 回しか降雨がなく、 Ca^{2+} が高いことから土埃成分などを多く含んだ形であったと考えられる。

3・2 降水順位毎の性状

降り始めから降水量 1mm 毎に試料を採取し、その成分濃度を降り始めからの降水量毎に整理し表 2 に示す。各成分濃度は降り始めの 1mm 目が最も高く、2mm 目がその約 1/2 であり、それ以降順次低下する傾向は例年と類似していた。1mm 目の濃度は例年に比べ高かった。降り進むと pH 値が低下する傾向は例年通りであったが、その値は小さかった。

表 1 市原における初期 1mm 降水の性状 (降水量 : mm, EC : S/m, イオン : 10^{-6} eq/l)

月	回数	降水量	EC	pH	H ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nssSO ₄ ²⁻	Cl/Na
4	7	0.8	0.011	6.13	18	198	205	10	318	83	315	102	361	338	1.59
5	9	1.0	0.007	5.41	21	84	128	3	160	47	158	79	203	192	1.88
6	12	0.9	0.010	4.23	110	33	111	6	101	28	68	112	293	289	2.07
7	2	0.6	0.010	7.51	0	74	181	13	502	67	137	218	417	408	1.87
8	6	0.8	0.008	5.15	25	181	121	10	205	70	288	80	226	204	1.59
9	9	1.0	0.009	4.15	117	87	102	9	78	36	125	101	218	207	1.43
10	8	1.0	0.007	4.60	44	238	90	9	99	71	278	51	183	155	1.17
11	5	0.9	0.007	5.20	11	246	88	10	150	77	307	76	155	126	1.25
12	4	1.0	0.005	4.94	27	88	137	9	193	51	126	112	269	259	1.44
1	5	0.8	0.011	5.67	3	526	150	17	465	156	686	122	329	265	1.30
2	4	1.0	0.007	5.57	3	93	115	7	222	45	119	143	179	168	1.28
3	7	0.9	0.011	5.82	35	377	220	13	293	98	484	134	324	279	1.28

表2 市原における降水順位別の成分濃度 (降水量: mm, EC: S/m, イオン: 10⁻⁶eq/l)

順位	回数	降水量	EC	pH	H ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nssSO ₄ ²⁻	Cl/Na
1	78	0.9	0.009	5.11	48	175	133	9	197	64	245	102	256	235	1.40
2	64	1.0	0.005	5.00	40	67	79	4	66	27	111	53	124	116	1.65
3	60	1.0	0.005	4.91	42	61	64	5	59	24	115	43	106	98	1.89
4	57	1.0	0.005	4.84	44	51	64	5	63	23	109	43	111	105	2.14
5	50	1.0	0.004	4.82	41	57	45	4	36	20	100	31	87	80	1.74
6	48	18.0	0.003	4.90	30	30	37	4	34	14	53	27	73	69	1.75

3・3 降水pH範囲別の成分濃度

全試料を対象に pH 範囲別の成分濃度を表3に示す。2000 年度に引き続き、pH が低い範囲の出現数が例年に比べ多かった。昨年度に比べ、低 pH 領域における NH₄⁺、NO₃⁻、SO₄²⁻濃度が高く、

NH₄⁺、NO₃⁻濃度については低 pH 領域で高濃度となる例年と同様の結果であった。SO₄²⁻濃度については昨年度に引き続き低 pH 領域で高濃度の状況が継続していた。pH 値の変化に対する成分濃度の変化傾向は例年と類似の傾向を示した。

表3 市原における降水pH範囲別の成分濃度 (降水量: mm, EC: S/m, イオン: 10⁻⁶eq/l)

pH範囲	回数	降水量	EC	pH	H ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nssSO ₄ ²⁻	Cl/Na
~ 3.5	3	0.9	0.020	3.48	335	74	260	12	89	51	197	285	427	418	2.68
~ 4.0	48	1.1	0.010	3.82	161	59	109	6	56	25	116	107	254	247	1.97
~ 4.5	73	2.0	0.005	4.30	53	71	64	4	45	25	115	43	118	110	1.61
~ 5.0	94	5.7	0.003	4.80	17	59	55	5	48	22	95	33	81	74	1.61
~ 5.5	94	3.3	0.004	5.28	6	122	68	6	91	43	183	37	104	89	1.50
~ 6.0	46	2.5	0.005	5.79	2	82	85	5	136	33	140	53	133	123	1.72
~ 6.5	20	2.7	0.004	6.27	1	76	68	4	138	35	121	41	122	112	1.59
~ 7.0	11	1.8	0.003	6.70	0	43	66	5	98	22	76	48	94	89	1.77
7.0 ~	6	0.8	0.009	7.53	0	143	147	10	385	67	212	90	312	295	1.49

3・4 pH4 以下試料の性状

pH4 以下試料について月ごとに整理し表4に示す。pH4 以下の試料は降雨の少なかった7月を除く暖候季と3月に出現した。pH4 以下試料中の SO₄²⁻は依然として非常に高い状況であるが、昨年度も見られたように Cl濃度が Na⁺濃度 (Cl/Na 海水組成比=1.16) に比べ著しく高い傾向を示した。

即ち、HCl が降水の酸性化に大きく寄与する特徴が見られた。今年度にみられる現象は pH が低くとも NO₃⁻>SO₄²⁻の状況にないことから 1973~75 年に発生したいわゆる酸性雨のような人体影響は考えにくい。SO₄²⁻や Cl濃度が高く且つ pH も著しく低い事例が見られることから酸に弱い材料に対する影響が懸念される。

表4 pH4 以下試料の月別平均値

月	回数	降水量	EC	pH	H ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nssSO ₄ ²⁻	Cl/Na
4	1	1.0	0.013	3.96	110	105	228	14	177	69	368	48	418	406	3.51
5	4	0.9	0.007	3.98	105	20	69	0	42	11	62	78	161	159	3.07
6	16	1.3	0.012	3.82	164	18	95	4	66	16	52	114	329	327	2.91
8	4	1.2	0.007	3.85	152	28	64	7	47	16	74	70	180	177	2.60
9	43	1.1	0.011	3.81	170	28	98	6	54	19	80	113	249	246	2.89
10	1	1.0	0.019	3.68	209	418	177	14	115	106	459	143	468	418	1.10
3	4	1.0	0.013	3.76	180	343	328	13	90	98	509	167	390	349	1.48