

長崎県における酸性雨調査 (2000 年度)

釜谷 剛・竹野 大志・田中 秀二

Acidity and Ion Concentrations in Rain Water (2000)

Takeshi KAMAYA, Taiji TAKENO and Shuuji TANAKA

Key word: acid rain, pH, sulfate

キーワード: 酸性雨, pH, 硫酸塩

はじめに

化石燃料の燃焼により大気中に排出された硫黄酸化物や窒素酸化物は直接大気汚染の原因となるばかりでなく、それらの一部は大気中で硫酸及び硝酸等の二次生成物質に酸化される。これらの二次生成物質(ガス, エアロゾル)は雨滴生成途中で核として補足されるレインアウトや雲底下で降水に補足されるウォッシュアウト等により降水に取り込まれ、酸性雨の原因となっている。

このような酸性雨問題に対処するため、長崎県においては昭和58年度から長崎市式見及び旧大村保健所で酸性雨調査を開始した^{1)~5)}。平成9年度からは旧大村保健所の測定点は、諫早市に設置されている県央保健所に移動して調査を継続している。

また、環境省の委託を受けて離島の国設対馬酸性雨測定所及び国設五島酸性雨測定所においても酸性雨調査を実施している。

本報告では、長崎県が実施した長崎市式見及び県央保健所における平成12年度の調査結果について報告する。

調査地点の概要

県内の酸性雨調査地点を図1に示す。各調査地点の概要は以下に示すとおりである。

(1) 長崎市式見

長崎市の中心部から北西の郊外に位置し、周囲は山林及び田園地帯であり、測定地点の北東約3km及び南東約4kmには住宅地が存在する。Na⁺やCl⁻等の海塩粒子濃度の大きな要素となる海岸までの距離は西方約1kmである。

(2) 県央保健所

平成10年1月から測定を開始した。諫早市中心部の北方に位置し、調査地点の西側は住宅地が広

がっている。東側は12時間交通量が約13,000台である国道34号線を経て田園地帯となっている。

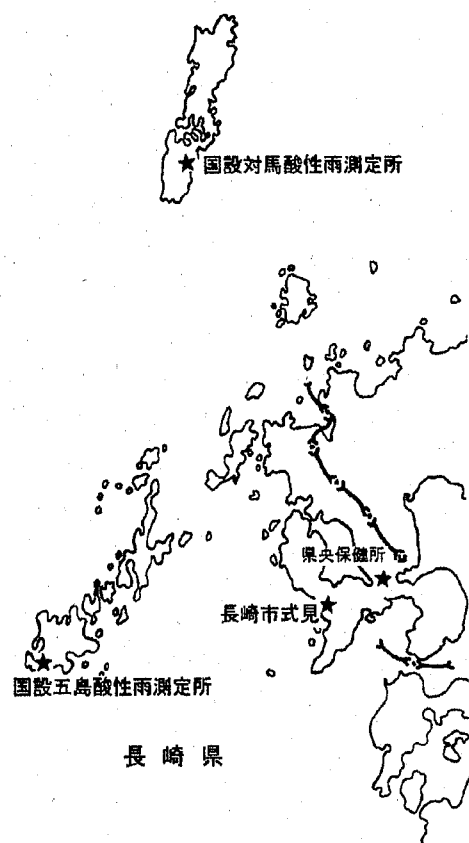


図1 酸性雨測定地点

調査方法

雨水の採取は小笠原計器(株)製US-400をベースとして、10検体の一降雨試料が連続して採取できるように改造した採取器により実施した。測定項目は貯水量、pH、電気伝導率、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、NH₄⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺の11項目であり、測定方法及び検出下限値等は表1に示すとおりである。なお、降水量は貯水量から計算した。

調査結果

pH及び各イオン濃度の平均値は、貯水量により重み付けを行って計算した。

(1) pH 出現頻度

pH の出現頻度及び酸性雨出現率を表 2 に示す。式見における平成 2 年度から 11 年度までの酸性雨出現率は 93.8% であるが、平成 12 年度は式見及び県央保健所とも 80% を下回っていた。これは、例年になく黄砂が多く飛来したため、降水が中和され酸性雨出現頻度が低くなったものと考えられる。例年、黄砂観測日は年間 10 日程度以内であるのに対し、12 年度は 19 日間も観測されている。

pH の年平均値は式見 4.86、県央保健所 4.96 であり、式見における平成 2 年度から 11 年度までの平均値(以下、「10 年間平均値」と呼ぶ。)4.75 に比較し高めの値であった。

(2) pH 月変化

pH の月変化を図 2 に示す。pH の 10 年間平均値は夏季に高く、冬季に低い傾向を示しているが、平成 12 年度は黄砂により、2 月及び 3 月の pH が高くなっていた。

(3) イオン成分濃度

表 3 にイオン成分年平均値を示す。年降水量は式見 1,576mm に対して、県央保健所は 2,050mm と約 500mm の差があるが、これは県央において 6 月及び 8 月に豪雨があったため、降水量に差が生じたものである。

イオン成分濃度をみると、県央保健所に比較し式見は海岸に近いので、Cl⁻及び Na⁺が高い結果となっている。また、SO₄²⁻、NO₃⁻及び NH₄⁺は式見よりも県央保健所が高い値を示した。

式見における H12 年度測定結果と 10 年間平均値とを比較すると、H12 年度は黄砂の影響を受けて Ca²⁺濃度が約 1.7 倍高くなっている。

次に、Na⁺のすべてが海塩由来であると仮定して、海水中の濃度比を用いて nss-SO₄²⁻、及び nss-Ca²⁺を計算し、SO₄²⁻及び Ca²⁺に占める非海塩性成分の割合を求めると各々、式見 82%、88%、県央保健所 89%、94% であり、SO₄²⁻及び Ca²⁺のほとんどが海塩以外に由来していると推定された。

表 4 に月平均イオン成分濃度を示す。表 4 に示した項目のうち、人為汚染の指標とされている nss-SO₄²⁻の月変化を図 3 に示す。nss-SO₄²⁻濃度は夏季に低く、冬季に高い傾向がみられることから、汚染度が低い小笠原気団に覆われる夏季は nss-SO₄²⁻濃度が低く、大陸の影響を受ける冬季は nss-SO₄²⁻濃度が高くなるものと考えられる。

(4) イオン成分沈着量

表 1 分析方法及び検出下限値

項目	分析方法	検出下限値	定量下限値
pH	ガラス電極法	0.01 (測定限界)	
EC	導電率計による方法	0.01 μs/cm	
SO ₄ ²⁻	イオンクロマトグラフ法	0.017 μg/ml	0.055 μg/ml
NO ₃ ⁻	"	0.010 μg/ml	0.034 μg/ml
Cl ⁻	"	0.003 μg/ml	0.008 μg/ml
NH ₄ ⁺	"	0.015 μg/ml	0.05 μg/ml
Na ⁺	"	0.009 μg/ml	0.03 μg/ml
K ⁺	"	0.006 μg/ml	0.02 μg/ml
Ca ²⁺	"	0.023 μg/ml	0.08 μg/ml
Mg ²⁺	"	0.002 μg/ml	0.005 μg/ml

表 2 pH 出現頻度及び酸性雨出現率

pH 階級	式見		県央保健所
	H2~H11	H12	H12
2.99	0	0	0
3.59	3	1	0
3.99	35	0	1
4.59	286	27	15
4.99	199	21	24
5.6	155	24	26
5.99	26	4	4
6.59	14	4	11
6.99	5	6	8
7~	0	5	4
サンプル計	723	92	93
酸性雨出現率(%)	93.8	79.3	71.0
pH < 4.0 (%)	5.3	1.1	1.1
最低 pH	3.48	3.44	3.96
最大 pH	6.97	7.51	7.16
平均 pH	4.75	4.86	4.96

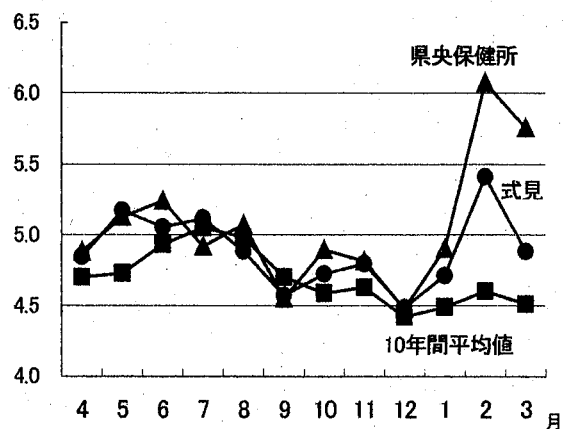


図 2 pH の月変化

表5にイオン成分沈着量を示す。式見の沈着量は海塩粒子の影響を受け Cl^- が最も多く、次いで SO_4^{2-} , Na^+ の順であったが、県央保健所では SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ の順となっていた。

式見及び県央保健所における H^+ 沈着量は 21.6 及び $22.4mg/m^2/年$ あり、全国平均値⁶⁾ である $23.7mg/m^2/年$ と大差なかった。

表6に月別イオン成分降下量を示す。

まとめ

- (1)酸性雨の出現頻度は例年、約 90%以上であるが、平成 12 年度は黄砂の影響により、出現頻度が 80%以下に低下した。
- (2)pH の平均値は長崎市式見 4.86, 県央保健所 4.96 であり、県央保健所が高かった。
- (3)黄砂の影響を受け、2月及び3月に pH が高い降水が見られた。
- (4)トータル SO_4^{2-} 濃度の 80%以上が海塩以外の発生源に起因するものであった。

参考文献

- 1)吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第1報), 長崎県衛生公害研究所報, 25, 91~96 (1983)
- 2)吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第2報), 長崎県衛生公害研究所報, 26, 130~134 (1984)
- 3)吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第3報), 長崎県衛生公害研究所報, 27, 29~36 (1985)
- 4)吉村 賢一郎, 他:酸性雨調査(第4報), 長崎県衛生公害研究所報, 28, 15~24 (1986)
- 5)釜谷 剛, 他:長崎県における酸性雨調査(1999年度), 長崎県衛生公害研究所報, 45, 37~39 (1999)
- 6)環境庁酸性雨対策検討会:第3次酸性雨対策調査とりまとめ, 88, (1999)

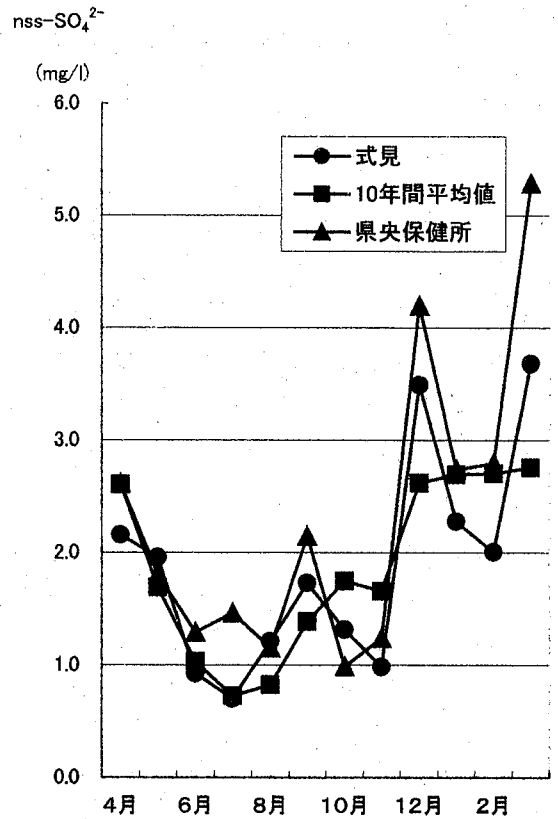


図3 nss-SO₄²⁻濃度の月変化

表3 イオン成分年平均値

調査地点	年度	年降水量 (mm)	pH	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻ (a)	nss-SO ₄ ²⁻ (b)	b/a*100 (%)	H ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺ (c)	nss-Ca ²⁺ (d)	d/c*100 (%)
式見	H12	1576	4.86	2.1	0.76	1.8	1.5	82	0.014	1.3	0.24	0.38	0.33	88
	10年間平均値	1776	4.75	2.3	0.73	1.9	1.5	79	0.018	1.3	0.30	0.22	0.17	77
県央保健所	H12	2050	4.96	1.5	0.94	2.0	1.8	89	0.011	0.9	0.38	0.50	0.46	94

表4 イオン成分月平均値

調査地点	項目	単位: mg/l												年平均値	
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
式見	Cl ⁻	1.14	0.58	0.51	2.90	2.46	3.38	0.59	1.70	1.35	6.99	1.40	8.55	2.09	
	NO ₃ ⁻	1.06	1.11	0.63	0.35	1.06	0.97	0.35	0.42	1.33	0.91	0.89	1.52	0.76	
	SO ₄ ²⁻	2.33	2.06	0.99	1.15	1.59	2.24	1.42	1.24	3.67	3.30	2.22	4.91	1.79	
	nss-SO ₄ ²⁻	2.16	1.96	0.92	0.70	1.21	1.73	1.31	0.98	3.49	2.28	2.00	3.68	1.48	
	H ⁺	0.014	0.007	0.009	0.008	0.013	0.025	0.019	0.016	0.033	0.019	0.004	0.013	0.014	
	Na ⁺	0.68	0.40	0.27	1.77	1.51	2.03	0.42	1.01	0.73	4.09	0.86	4.91	1.26	
	NH ₄ ⁺	0.27	0.38	0.32	0.17	0.34	0.22	0.13	0.07	0.26	0.14	0.22	0.43	0.24	
	Ca ²⁺	0.84	0.90	0.11	0.12	0.14	0.20	0.05	0.15	0.79	1.12	0.99	1.28	0.38	
	nss-Ca ²⁺	0.81	0.88	0.10	0.05	0.08	0.12	0.04	0.12	0.76	0.96	0.96	1.10	0.33	
	月降水量(mm)	91	134	257	195	181	161	207	99	32	100	88	31	1576	
	県央保健所	Cl ⁻	1.17	0.45	0.32	1.92	1.51	2.55	0.53	1.37	2.60	4.15	1.54	4.27	1.46
		NO ₃ ⁻	1.08	1.05	0.66	0.91	0.96	1.00	0.42	0.57	2.04	1.21	1.36	2.53	0.94
		SO ₄ ²⁻	2.75	1.87	1.33	1.78	1.38	2.53	1.07	1.42	4.55	3.36	3.01	5.90	2.02
		nss-SO ₄ ²⁻	2.61	1.81	1.29	1.46	1.15	2.15	0.98	1.24	4.20	2.74	2.80	5.29	1.81
H ⁺		0.013	0.008	0.006	0.012	0.008	0.028	0.013	0.015	0.033	0.013	0.001	0.002	0.011	
Na ⁺		0.55	0.25	0.17	1.28	0.90	1.52	0.33	0.71	1.40	2.49	0.87	2.44	0.85	
NH ₄ ⁺		0.49	0.45	0.34	0.29	0.36	0.36	0.16	0.22	0.78	0.49	0.51	1.08	0.38	
Ca ²⁺		0.72	0.65	0.37	0.30	0.18	0.18	0.09	0.12	0.71	1.05	1.87	1.92	0.50	
nss-Ca ²⁺		0.70	0.64	0.36	0.25	0.14	0.12	0.08	0.09	0.66	0.96	1.84	1.83	0.46	
月降水量(mm)		98	156	396	107	339	165	321	102	37	137	95	98	2050	

表 5 年沈着量 単位:mg/m²/年

調査地点	年度	年降水量 (mm)	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	H ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺
式見	H12	1576	3289	1198	2828	2332	21.6	1979	375	594	520
	10年間平均値	1776	4049	1289	3301	2731	31.3	2266	525	387	305
県央保健所	H12	2050	2989	1928	4146	3708	22.4	1748	789	1018	952

表 6 月沈着量 単位:mg/m²/月

調査地点	項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年沈着量
式見	Cl ⁻	104	78	130	567	445	543	121	168	44	697	123	269	3289
	NO ₃ ⁻	97	150	161	69	192	156	72	42	43	91	78	48	1198
	SO ₄ ²⁻	211	277	255	224	288	359	294	122	119	330	194	155	2828
	nss-SO ₄ ²⁻	196	263	237	137	219	278	273	97	113	227	176	116	2332
	H ⁺	1.30	0.91	2.26	1.49	2.37	4.07	3.91	1.59	1.05	1.94	0.34	0.42	22
	Na ⁺	62	54	70	346	274	326	86	100	24	408	75	154	1979
	NH ₄ ⁺	24	51	81	33	61	35	27	7	9	14	19	13	375
	Ca ²⁺	76	121	29	22	25	31	11	15	25	111	87	40	594
	nss-Ca ²⁺	74	119	26	10	15	19	8	11	25	96	84	34	520
	月降水量(mm)	91	134	257	195	181	170	161	207	99	32	100	88	31
県央保健所	Cl ⁻	115	70	127	206	510	420	170	140	95	569	146	421	2989
	NO ₃ ⁻	106	164	261	98	324	165	134	58	75	166	129	250	1928
	SO ₄ ²⁻	271	292	528	191	467	416	343	144	167	461	286	581	4146
	nss-SO ₄ ²⁻	257	282	511	157	391	354	316	126	154	375	265	521	3708
	H ⁺	1.29	1.17	2.28	1.30	2.88	4.66	4.10	1.56	1.21	1.72	0.08	0.17	22
	Na ⁺	54	39	69	137	304	250	106	73	51	342	83	241	1748
	NH ₄ ⁺	48	70	136	31	122	59	51	22	29	68	49	106	789
	Ca ²⁺	71	101	146	32	60	30	28	12	26	144	177	189	1018
	nss-Ca ²⁺	69	100	144	27	49	20	24	9	24	132	174	180	952
	月降水量(mm)	98	156	396	107	339	321	165	102	37	137	95	98	2050