

長崎県における酸性雨調査(2012 年度)

田村 圭、土肥 正敬

Acidity and Ion Concentrations in Rain Water (2012)

Kei TAMURA, Masataka DOI

Key words: acid rain, pH, non sea salt sulfate

キーワード: 酸性雨、pH、非海塩性硫酸イオン

はじめに

酸性雨は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の一部が大気中で硫酸および硝酸等の二次生成物質に酸化され、これらの二次生成物質が雨滴生成過程で核として捕捉され降水に取り込まれることによって起こる。また、酸性雨の原因となる物質は、国内からの発生に加え大陸からの移流も指摘されている。

このような酸性雨問題に対処するため、長崎県は昭和58年から長崎市式見及び旧大村保健所(大村市西三城町12番地)で酸性雨調査を開始した^{1)~10)}。平成17年度からは長崎市式見及び県央保健所での機器保守管理、酸性雨分析は民間委託されており、平成20年度からは長崎市式見における調査を終了し、県央保健所1箇所を調査を継続している。また、長崎県内には2箇所の国設酸性雨局があり、環境省の委託を受けて国設対馬酸性雨測定所では酸性雨調査を継続している。国設五島酸性雨測定所においては平成20年度をもって酸性雨調査を終了し、現在は大気関係の測定を継続している。

本報告では、県央保健所における平成24年度の酸性雨調査結果について報告する。

調査地点の概要

県内の酸性雨測定地点及び国設局(五島酸性雨測定所を含む)を図1に示す。本調査結果に関わる測定地点の概要は以下に示すとおりである。

1 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。東側は交通量が多い旧国道34号線を経て田園地帯となっている。

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雨水採取器により実施した。

雨水の採取、分析は民間委託されており、測定項目は貯水量、pH、電気伝導率(EC)、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、Cl⁻、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ の11項目である。測定方法は湿性沈着モニタリング手引き書(第2版)¹¹⁾に準じた。なお、降水量については、貯水量から計算した。

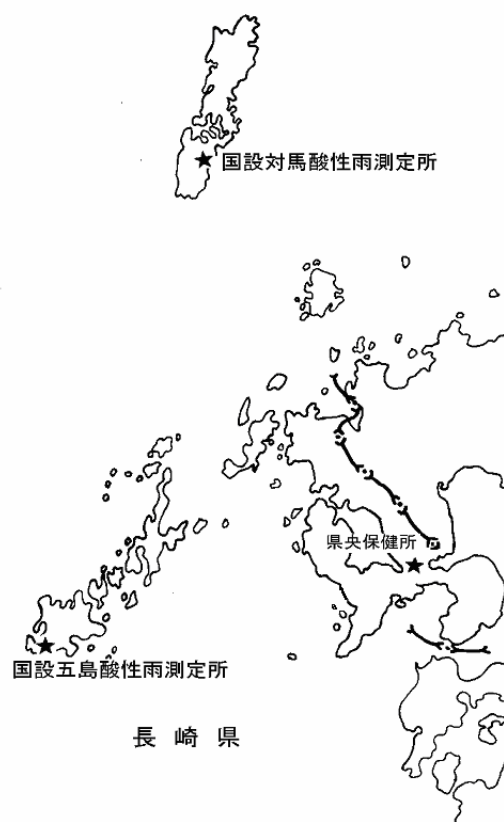


図1 酸性雨測定地点

調査結果

1 pH及び酸性雨出現頻度

pHの出現頻度及び酸性雨の定義をpH5.6 以下とした場合の酸性雨出現率を表 1 に示す。県央保健所における平成 24 年度の酸性雨出現率は 95.2%であり、平成 23 年度と比較してほとんど変化は無かった。

平成 24 年度のpHの年平均値は 4.61 であり、平成 23 年度と比較して酸性側へ傾いていた。

降水を中和する要因やイオン濃度などに影響を与える黄砂について、平成 23、24 年度における黄砂観測日を表 2 に示す。長崎海洋气象台によれば、平成 24 年度に黄砂が観測された日数は 5 日間であり全て 3 月に観測されているのが特徴的であった。平成 23 年度や例年のように、九州地方では 4～5 月にかけて黄砂が観測されている地点もあるが、本県では観測されていない。

2 pHの経月変化

平成 23、24 年度の降水量の経月変化を図 2 に、pHの月別平均値の経月変化を図 3 に示す。平成 24 年度の月別降水量は、5 月はかなり少なかったが、6 月の降水量は例年に比べて多く、年間で最も多い月となった。また 12 月の降水量が例年に比べ多いことが特徴的であった。年間降水量は平成 23 年度に比べると平成 24 年度が少なかったが、その差はほとんどなかった。

例年 pH の加重平均値は、雨の多い夏季に高く、雨の少ない冬季には低い傾向を示す。平成 24 年度の結果においても、おおむねそのような傾向を示していたが、平成 24 年度は、5 月の加重平均値が低くなっていた。5 月の降水量が記録的に少なかったことが影響していると推測されるが、pH3.60～3.99 の雨が観測されていたことが特徴的であった。また平成 23 年度に比べ平成 24 年度は、全体的にpH月平均値が低い値で推移していた。

3 イオン成分濃度

平成 23、24 年度におけるイオン成分年平均値を表 4 に、イオン成分月平均値を表 5 に示す。

Na⁺のすべてが海塩由来であると仮定し、海水中の濃度比を用いて nss- SO₄²⁻及び nss- Ca²⁺を計算し、降水中の SO₄²⁻及び Ca²⁺に占める非海塩性成分の割合を求めると、平成 24 年度の年平均値はそれぞれ 91%、85%であり、平成 23 年度の年平均値と比較すると、

nss- Ca²⁺の割合が高くなった。

人為的汚染の指標となる nss- Ca²⁺、nss- SO₄²⁻及び NO₃の経月変化を図 4、5、6 に示す。一般的にイオン成分濃度は雨の多い夏季に低く、雨の少ない冬季に高い傾向を示す。nss- Ca²⁺は平成 23 年度に比べ特に 5 月、11 月、12 月、3 月で高かった。平成 24 年度に黄砂が観測されたのは 3 月のみであるが、3 月の最も降水量の多かったイベントは、黄砂観測前日の雨であり、そのpHは 5.25 であったことから、黄砂の影響を受けていたのではないかと推測された。5 月は nss- Ca²⁺だけでなく nss- SO₄²⁻及び NO₃も濃度が高かった。平成 23 年度に比べると12月の nss- Ca²⁺が高く、秋季から冬季にかけては NO₃と nss- Ca²⁺が同様に推移しているようにみられた。

表 1 pH の出現頻度及び酸性雨出現率

pH階級	県央保健所	
	H23	H24
2.61～2.99	0	0
3.00～3.59	0	0
3.60～3.99	3	8
4.00～4.59	27	31
4.60～4.99	30	31
5.00～5.60	14	10
5.61～5.99	4	3
6.00～6.59	0	1
6.60～6.99	0	0
7.00～	0	0
サンプル数	78	84
酸性雨出現率 (%)	94.9	95.2
pH<4.00 (%)	3.8	9.5
最低pH	3.72	3.65
最高pH	5.75	6.27
加重平均pH	4.80	4.61

表 2 平成 23、24 年度の黄砂観測日

	H23年度	H24年度
黄砂発生日	5月1日	3月8日
	5月2日	3月9日
	5月3日	3月10日
	5月4日	3月19日
	5月5日	3月20日
	5月13日	
合計	6日間	5日間
※長崎海洋气象台調べ		

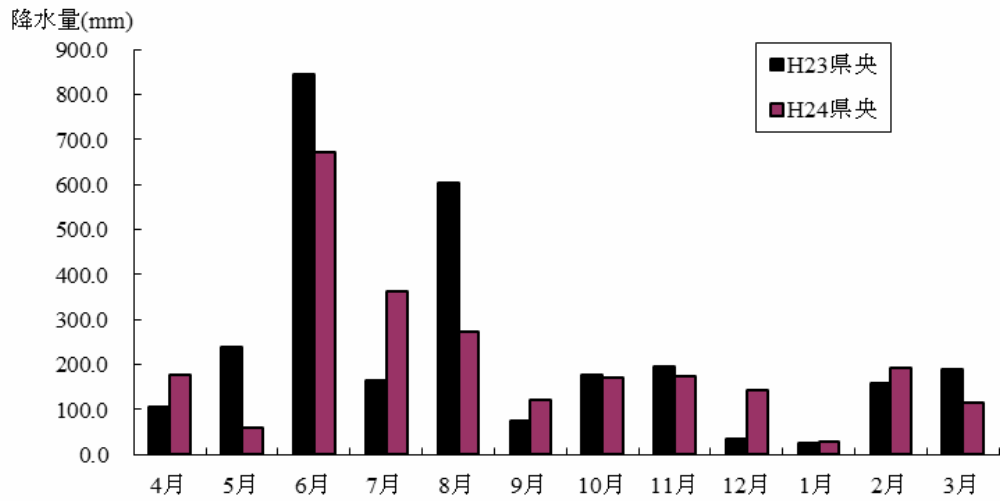


図2 平成 23,24 年度における降水量の経月変化

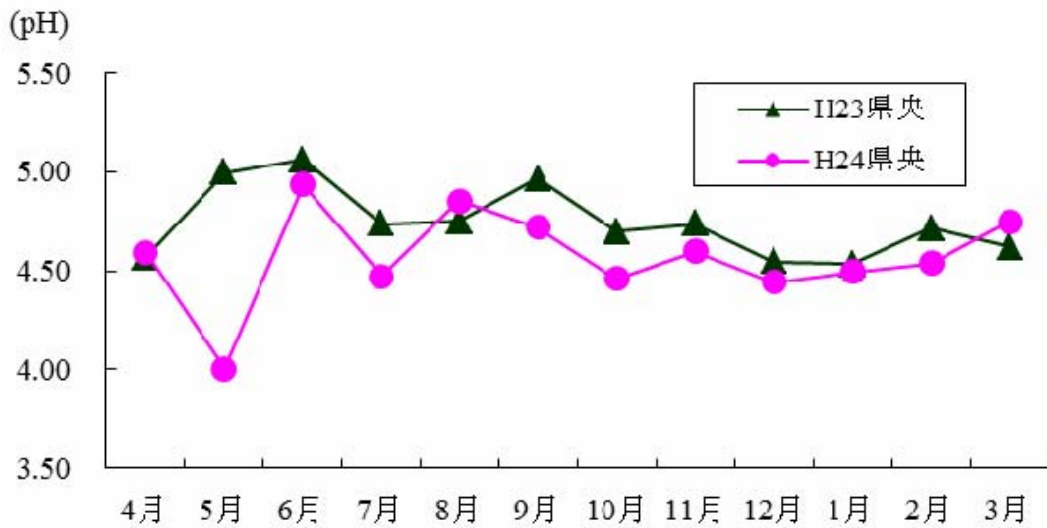


図3 平成 23,24 年度における pH の経月変化

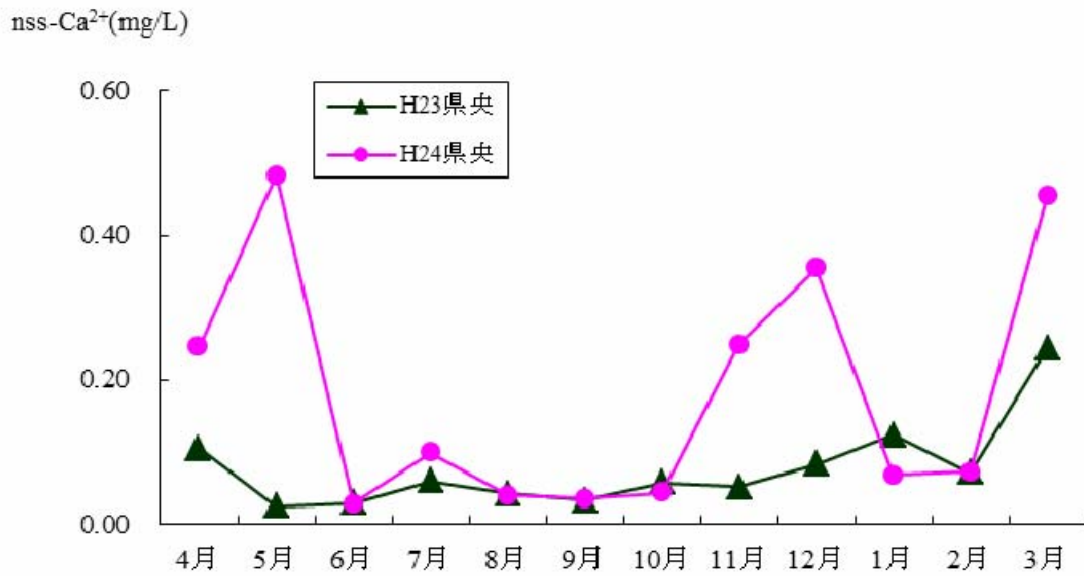


図4 平成 23,24 年度における nss- Ca²⁺ の経月変化

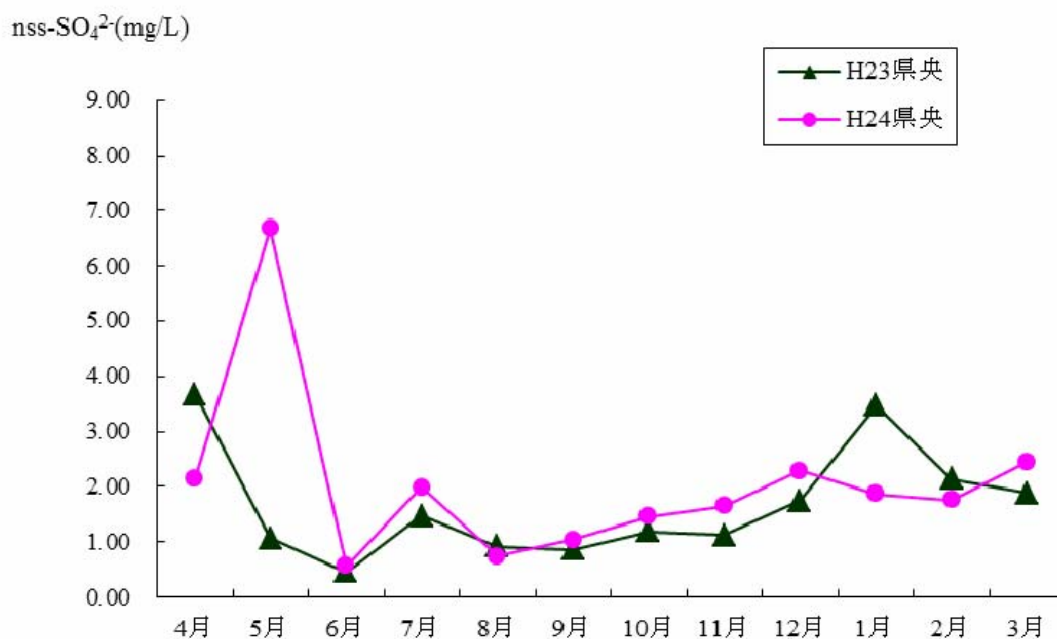


図5 平成 23,24 年度における nss- SO₄²⁻の経月変化

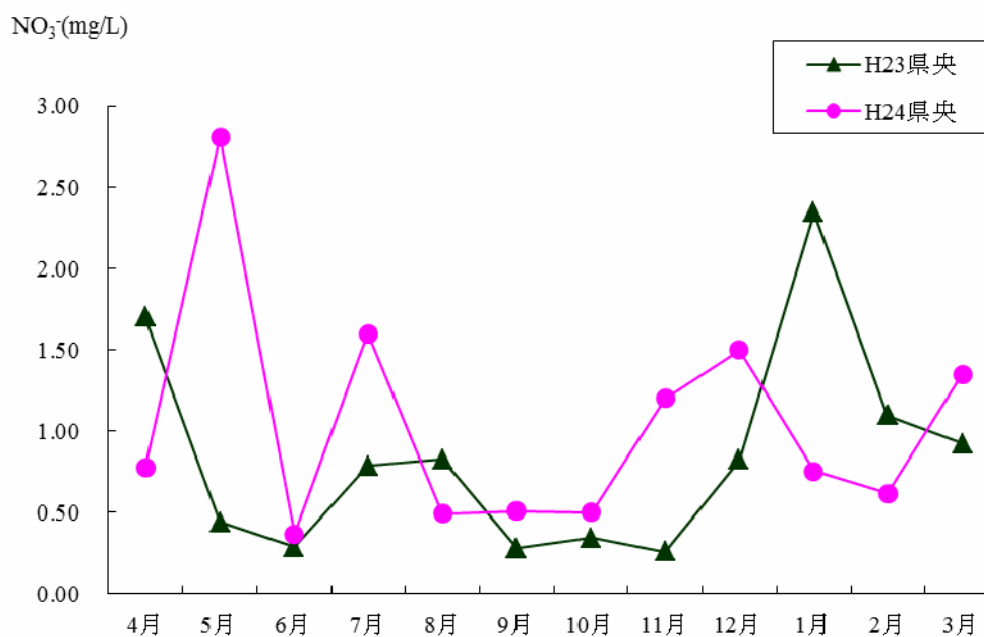


図6 平成 23,24 年度における NO₃⁻の経月変化

4 イオン成分沈着量

表6にイオン成分年沈着量を、表7に月別のイオン成分沈着量を示す。平成24年度の年沈着量はSO₄²⁻が最も多く、次いでCl⁻、NO₃⁻という結果であり、平成23年度と比べて総量は多いものの大きな変化はない。降水量が多い6月と7月はイオン沈着量に関しても多く、特に7月は降水量を考慮しても、nss-SO₄²⁻の沈着が多かった。また例年に比べ雨量の多かった12月は平成23年度に比べ沈着量の多い傾向であった。さらに降水量

が少ないにも関わらず5月のnss-SO₄²⁻の沈着量は多かった。

まとめ

- 平成24年度における酸性雨の出現率は平成23年度と大きな差はなく例年並みであった。平成24年度における降水のpHが4.00より小さい強酸性雨の出現率は、平成23年度より高くなっていた。この出現は5月、6月、10月、11月、12月に見られた。
- 平成24年度におけるpHの加重平均値は4.61であ

り、平成23年度よりも低くなった。また平成23年度の全国のpHの地点別年平均値は4.56～5.34であり、全地点の平均は4.77である。¹²⁾平成24年度の結果は全国の降水pHの範囲内であったと言える。

3 平成24年度は黄砂観測日が3月に集中したことから黄砂の影響が比較的少ないと考えられたが、nss- Ca²⁺の沈着量は平成23年度よりも増加していた。11月や12月には何らかの影響があったものと推測される。5月のpHは低くnss- SO₄²⁻、NO₃⁻及びnss- Ca²⁺濃度が高かった。この時期は高濃度の光化学オキシダント等も観測されており、人為的汚染があったものと推測される。

4 平成24年度のイオン沈着量は、夏高い傾向を示したが、降水量に影響を受けていた。しかし例年に比べて降水量の少ない5月であっても沈着量が多いのが特徴的であった。降水量が測定値に影響を与えていることは明らかであるが、今後はpHやイオン沈着量、その他のイベントとの関連について長期的に解析をする必要がある。

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) 釜谷 剛, 他:長崎県における酸性雨調査(2000年度), 長崎県衛生公害研究所報, 46, 32～36(2000)
- 7) 山口 顕徳, 他:長崎県における酸性雨調査(2001年度), 長崎県衛生公害研究所報, 47, 41～46(2001)
- 8) 山口 顕徳, 他:長崎県における酸性雨調査(2002年度), 長崎県衛生公害研究所報, 48, 66～70(2002)
- 9) 山口 顕徳, 他:長崎県における酸性雨調査(2003年度), 長崎県衛生公害研究所報, 49, 52～57(2003)
- 10) 横瀬 健, 他:長崎県における酸性雨調査(2004年度), 長崎県衛生公害研究所報, 50, 38～43(2004)
- 11) 環境省地球環境局環境保全対策課酸性雨研究センター:第2章 各論,湿性沈着モニタリング手引き

書(第2版),28～53(2001)

- 12) 環境省:平成23年度酸性雨調査結果(湿性沈着モニタリング結果)

表 4 平成 23, 24 年度におけるイオン成分年平均値

単位:mg/L

調査地点	年度	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	b/a*100	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	d/c*100	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺
		(a)	(b)	(%)	(c)			(d)	(%)					
県央保健所	H23	1.22	1.13	92	0.61	0.68	0.18	0.07	0.06	81	0.37	0.10	0.03	0.015
	H24	1.66	1.51	91	0.85	1.04	0.31	0.15	0.13	85	0.58	0.10	0.03	0.024

表 5 平成 23, 24 年度におけるイオン成分月平均値

単位:mg/L

調査地点	年度	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	イオン成分 年平均値及 び年降水量		
県央保健所	H23	SO ₄ ²⁻	3.93	1.10	0.51	1.61	1.00	0.93	1.36	1.25	1.90	3.78	2.28	1.99	1.22		
		nss-SO ₄ ²⁻	3.68	1.07	0.46	1.47	0.92	0.86	1.20	1.13	1.74	3.47	2.15	1.88	1.13		
		NO ₃ ⁻	1.70	0.43	0.28	0.78	0.82	0.27	0.34	0.26	0.82	2.34	1.09	0.92	0.61		
		Cl ⁻	1.76	0.37	0.34	0.88	0.62	0.47	1.12	0.90	1.13	2.01	1.13	0.83	0.68		
		NH ₄ ⁺	0.63	0.13	0.07	0.38	0.18	0.10	0.10	0.09	0.15	0.59	0.29	0.35	0.18		
		Ca ²⁺	0.14	0.03	0.04	0.08	0.06	0.04	0.08	0.07	0.11	0.17	0.09	0.26	0.07		
		nss-Ca ²⁺	0.11	0.03	0.03	0.06	0.04	0.03	0.06	0.05	0.08	0.12	0.07	0.24	0.06		
		Na ⁺	0.98	0.14	0.20	0.53	0.34	0.26	0.63	0.49	0.61	1.25	0.54	0.43	0.37		
		Mg ²⁺	0.44	0.08	0.05	0.09	0.06	0.05	0.05	0.06	0.15	0.34	0.36	0.12	0.10		
		K ⁺	0.09	0.04	0.01	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.05	0.21	0.08	0.04	0.03		
		H ⁺	0.027	0.010	0.009	0.018	0.018	0.011	0.020	0.018	0.028	0.029	0.019	0.024	0.015		
		降水量mm		107	238	846	166	603	75	176	196	35	26	160	189	2816	
		県央保健所	H24	SO ₄ ²⁻	2.35	6.71	0.60	2.13	0.84	1.40	1.54	1.96	2.79	1.98	1.83	2.77	1.66
				nss-SO ₄ ²⁻	2.15	6.68	0.57	2.00	0.74	1.04	1.47	1.65	2.29	1.87	1.76	2.46	1.51
NO ₃ ⁻	0.77			2.81	0.36	1.60	0.49	0.51	0.49	1.20	1.50	0.75	0.61	1.35	0.85		
Cl ⁻	1.41			0.66	0.26	0.93	0.70	2.50	0.58	2.09	3.41	0.78	0.46	1.91	1.04		
NH ₄ ⁺	0.36			1.48	0.13	0.63	0.19	0.16	0.16	0.27	0.33	0.23	0.27	0.55	0.31		
Ca ²⁺	0.28			0.49	0.03	0.12	0.06	0.09	0.06	0.30	0.43	0.09	0.08	0.50	0.15		
nss-Ca ²⁺	0.25			0.48	0.03	0.10	0.04	0.04	0.04	0.25	0.35	0.07	0.07	0.46	0.13		
Na ⁺	0.79			0.12	0.13	0.52	0.40	1.43	0.30	1.22	1.96	0.43	0.25	1.23	0.58		
Mg ²⁺	0.18			0.07	0.03	0.09	0.08	0.20	0.06	0.19	0.25	0.05	0.04	0.19	0.10		
K ⁺	0.05			0.03	0.00	0.01	0.01	0.05	0.01	0.06	0.10	0.05	0.03	0.12	0.03		
H ⁺	0.025			0.099	0.012	0.034	0.014	0.019	0.035	0.025	0.036	0.032	0.029	0.018	0.024		
降水量mm				177	61	673	361	272	121	172	175	144	28	192	115	2489	

表 6 平成 23, 24 年度におけるイオン成分年沈着量

単位:mg/m²/年

調査地点	年度	年降水量 (mm)	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺
県央保健所	H23	2816	3445	3183	1721	1917	500	205	166	1046	278	98	43.6
	H24	2489	4129	3765	2125	2578	781	369	314	1448	244	73	60.7

表 7 平成 23, 24 年度におけるイオン成分月別沈着量

単位:mg/m²/月

調査地点	年度	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	イオン成分 年沈着量及 び年降水量		
県央保健所	H23	SO ₄ ²⁻	419.3	263.5	431.9	266.9	604.9	69.9	238.1	245.5	66.5	98.4	365.2	375.0	3445.0		
		nss-SO ₄ ²⁻	393.0	255.3	390.0	244.7	553.6	65.0	210.4	221.3	61.1	90.2	343.4	354.6	3182.5		
		NO ₃ ⁻	180.9	103.5	240.5	130.0	497.2	20.6	59.8	50.2	28.7	61.0	174.7	173.5	1720.5		
		Cl ⁻	187.4	88.9	284.7	145.3	373.5	35.7	196.3	176.4	39.5	52.3	180.7	156.4	1917.0		
		NH ₄ ⁺	67.3	31.7	56.2	63.1	106.6	7.4	18.1	17.6	5.1	15.4	45.9	65.4	499.6		
		Ca ²⁺	15.2	7.4	31.8	13.4	33.8	3.3	14.3	13.9	3.8	4.5	14.8	49.3	205.5		
		nss-Ca ²⁺	11.2	6.2	25.5	10.0	26.1	2.6	10.1	10.2	2.9	3.2	11.5	46.2	165.8		
		Na ⁺	104.6	32.6	166.9	88.4	204.5	19.6	110.3	96.6	21.5	32.6	86.9	81.2	1045.7		
		Mg ²⁺	46.5	19.6	45.8	15.3	33.8	3.6	8.3	11.4	5.3	8.7	58.0	21.9	278.2		
		K ⁺	9.4	10.2	12.5	7.6	22.4	1.2	4.3	4.1	1.9	5.4	12.1	7.6	98.5		
		H ⁺	2.9	2.4	7.3	3.0	10.7	0.8	3.5	3.6	1.0	0.8	3.1	4.5	43.6		
		降水量mm	107	238	846	166	603	75	176	196	35	26	160	189	2816		
		県央保健所	H24	SO ₄ ²⁻	415.7	406.4	405.7	769.5	227.9	169.0	265.5	343.6	399.9	55.8	351.4	318.3	4128.7
				nss-SO ₄ ²⁻	380.9	404.6	383.9	722.6	200.9	125.5	252.7	290.1	329.4	52.7	339.2	282.8	3765.2
				NO ₃ ⁻	136.8	169.9	244.4	576.7	132.8	61.1	85.2	209.7	214.8	21.2	117.7	154.8	2125.1
				Cl ⁻	249.0	40.0	174.9	337.1	189.0	302.3	99.8	366.8	489.5	21.9	88.3	219.6	2578.2
				NH ₄ ⁺	63.7	89.6	87.2	227.4	50.5	19.6	28.4	47.6	46.8	6.5	51.4	62.7	781.4
Ca ²⁺	48.7			29.5	22.6	43.2	15.2	10.9	9.5	51.8	61.6	2.4	16.0	57.7	369.1		
nss-Ca ²⁺	43.4			29.2	19.3	36.1	11.1	4.3	7.6	43.7	50.9	1.9	14.2	52.4	314.1		
Na ⁺	138.8			7.3	86.7	186.9	107.7	173.3	51.0	213.3	281.0	12.2	48.6	141.4	1448.2		
Mg ²⁺	31.6			4.3	20.5	31.2	20.7	23.9	10.2	33.4	36.4	1.4	8.0	22.1	243.7		
K ⁺	8.3			1.9	3.3	2.8	3.0	6.1	1.4	10.7	14.2	1.3	6.1	13.4	72.5		
H ⁺	4.5			6.0	7.8	12.2	3.8	2.3	6.0	4.4	5.2	0.9	5.6	2.0	60.7		
降水量mm	177			61	673	361	272	121	172	175	144	28	192	115	2489		