

長崎県における酸性雨調査(2011 年度)

田村 圭、小橋川 千晶

Acidity and Ion Concentrations in Rain Water (2011)

Kei TAMURA, Chiaki KOBASHIGAWA

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箇所での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23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。

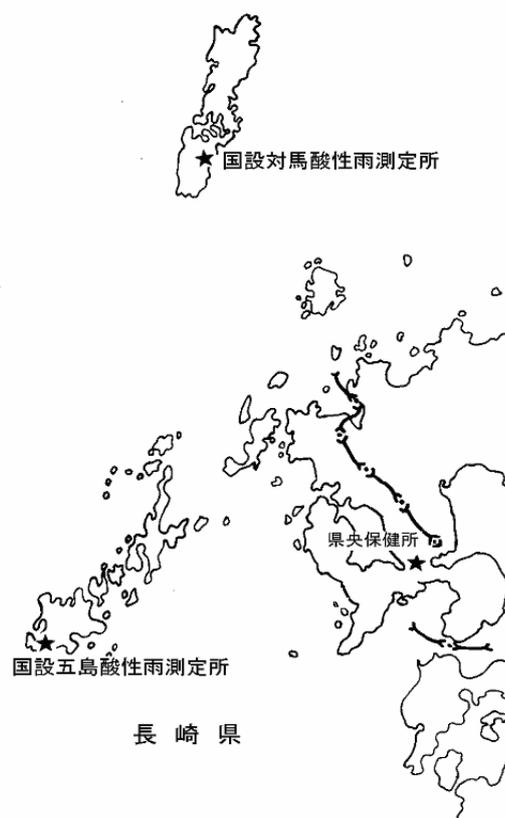


図1 酸性雨測定地点

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 23 年度の酸性雨出現率は 94.9%であり、平成 22 年度と比較してほとんど変化が無かった。

平成 23 年度のpHの年平均値は 4.80 であり、平成 22 年度と比較してわずかに上昇したが、出現率と同様大きな変化はなかった。

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 22、23 年度における黄砂観測日を表 2 に示す。平成 23 年度に黄砂が観測された日数は 6 日間であり全て 5 月に観測されているのが特徴的であった。平成 22 年度のような秋の黄砂が観測されることはなかった。

2 pHの経月変化

平成 22、23 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 23 年度の月別降水量は、4 月はかなり少なかったが、6 月の降水量は平成 22 年度の約 2 倍であること、8 月の降水量も例年に比べ多いことが特徴的であった。これらから年間降水量は平成 22 年度に比べ平成 23 年度の方が多かった。

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 23 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おり、降水量の変化とよく似ていた。平成 23 年度 4 月は平成 22 年度に比べ低いが、これは降水量が原因のひとつと考えられる。

3 イオン成分濃度

平成 22、23 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 23 年度の年平均値はそれぞれ 92%、81%であり、平成 22 年度の年平均値と比較すると、非海塩成分の割合に大きな変化はなかった。

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。平成 23 年度は黄砂が5月にしか観測されておらず、またその期間に降水がなかったため測定値に大きな影響を与えていなかった。平成 23 年度の 4 月、1 月は特にイオン成分の濃度が高くなっているが、これは降水量が少なかったことと関係があると考えられる。しかし 3 月の nss- Ca²⁺は他の nss- SO₄²⁻や NO₃⁻に比べ上昇していた。

表 1 pH の出現頻度及び酸性雨出現率

pH階級	県央保健所	
	H22	H23
2.61～2.99	0	0
3.00～3.59	0	0
3.60～3.99	6	3
4.00～4.59	29	27
4.60～4.99	27	30
5.00～5.60	18	14
5.61～5.99	3	4
6.00～6.59	0	0
6.60～6.99	0	0
7.00～	1	0
サンプル数	84	78
酸性雨出現率 (%)	95.2	94.9
pH<4.00 (%)	7.1	3.8
最低pH	3.74	3.72
最高pH	7.13	5.75
加重平均pH	4.78	4.80

表 2 平成 22, 23 年度の黄砂観測日

	H22年度	H23年度
	4月27日	5月1日
	4月30日	5月2日
	5月4日	5月3日
	11月12日	5月4日
黄砂発生日	11月13日	5月5日
	11月14日	5月13日
	12月3日	
	12月11日	
	3月22日	
合計	9日間	6日間

※長崎海洋気象台調べ

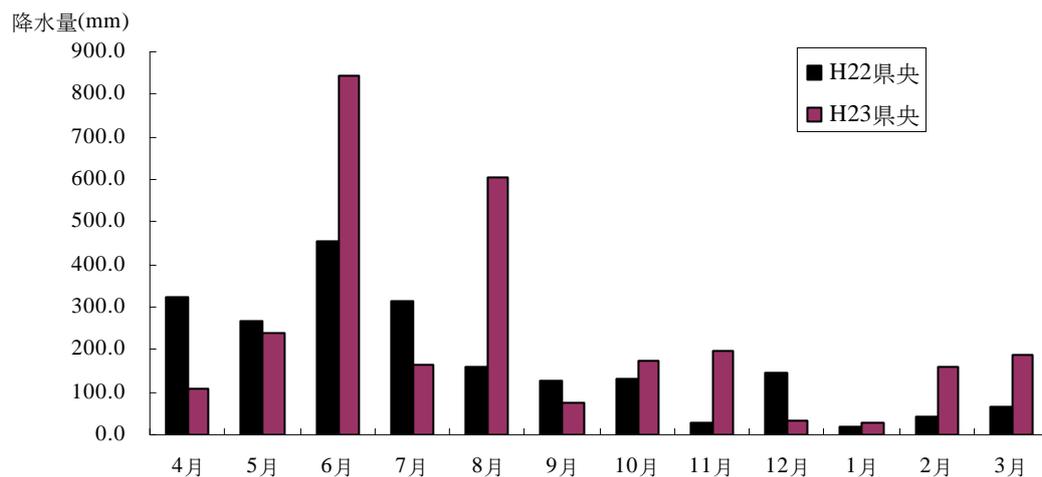


図2 平成 22,23 年度における降水量の経月変化

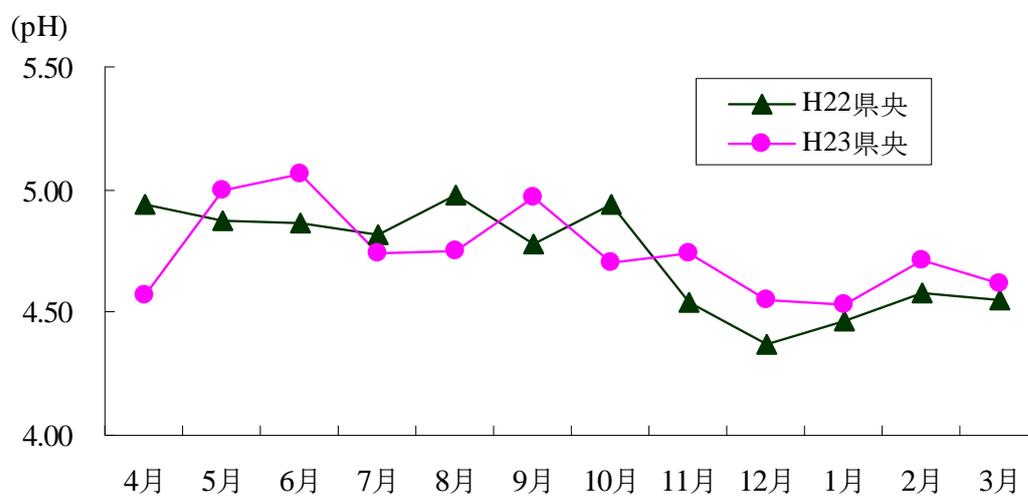


図3 平成 22,23 年度における pH の経月変化

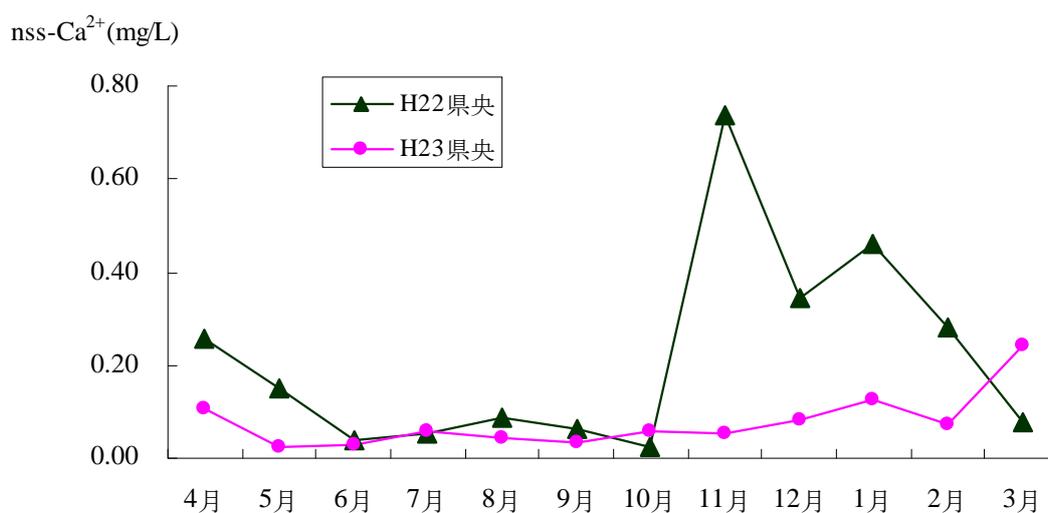


図4 平成 22,23 年度における nss-Ca²⁺ の経月変化

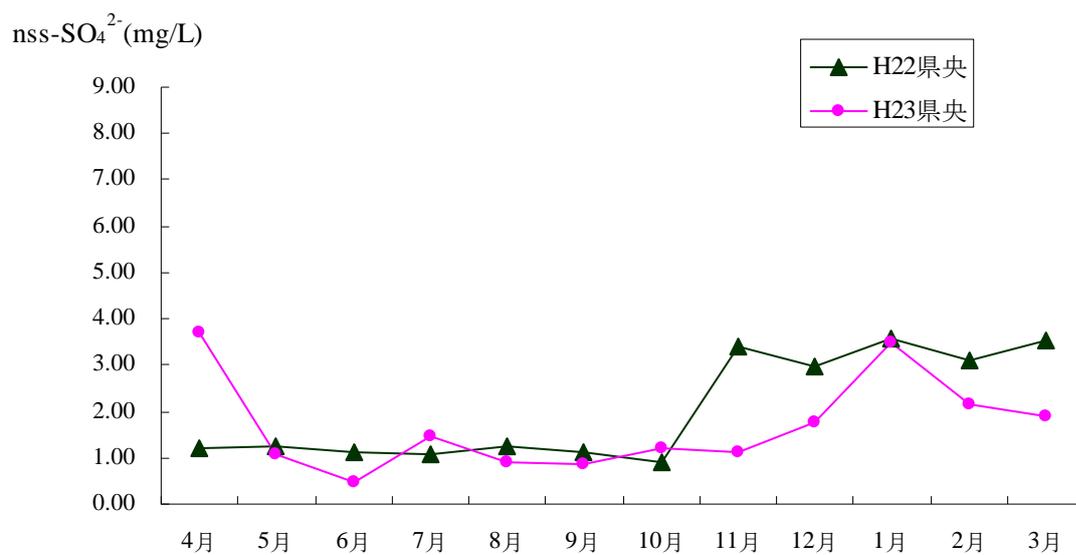


図5 平成 22,23 年度における nss-SO₄²⁻の経月変化

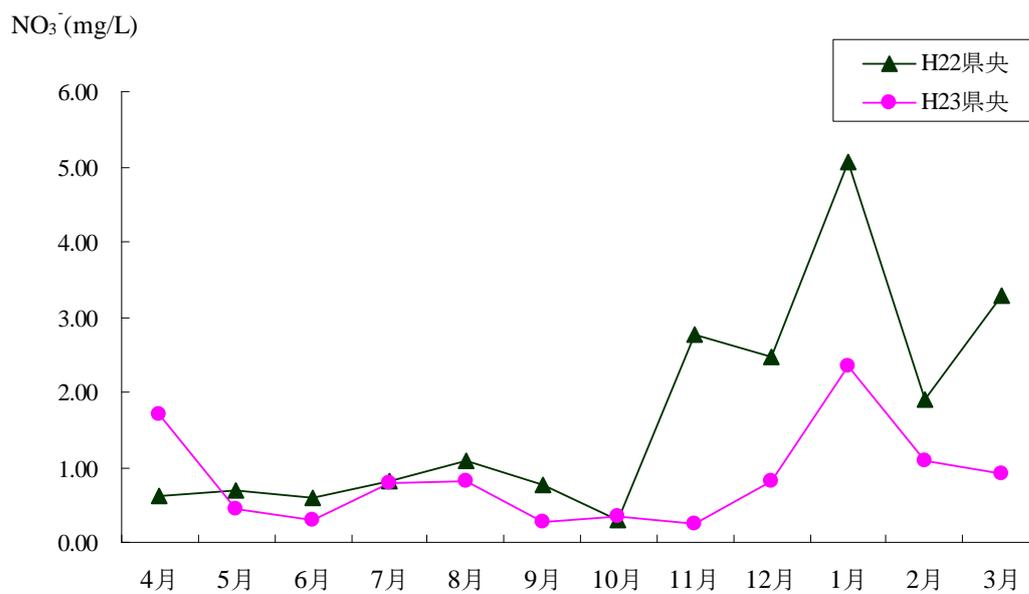


図6 平成 22,23 年度における NO₃⁻の経月変化

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23年度の年沈着量は SO_4^{2-} が最も多く、次いで Cl^- 、 NO_3^- という結果であり、平成22年度と比べても大きな変動はない。降水量が多い6月と8月はイオン沈着量に関しても多く、また例年に比べ雨量の多かった2、3月は平成22年度に比べ沈着量の多い傾向であった。4月に関しては平成22年度と同様に降水量に関係なく SO_4^{2-} の沈着量が多かった。

まとめ

1 平成23年度における酸性雨の出現率は平成22年度よりも多少減少したが例年並みであるといえる。平成23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22年度より低くなっていた。この出現は4月、5月、2月に見られた。

2 平成23年度におけるpHの加重平均値は4.80であり、平成22年度とほとんど変わらなかった。また平成22年度の全国のpHの地点別年平均値は4.59～5.22であり、全地点の平均は4.82である。¹²⁾平成23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 イオン濃度や沈着量は、黄砂の観測された時期、雨量変化により大きな影響を受けるが、平成23年度は黄砂観測日が5月に集中したことから黄砂の影響が比較的少なかった。

4 平成23年度のイオン沈着量は、降水量も影響しているが、春期及び冬期に高い2山型の傾向が見られる。昨年度と比べると、年ごとの降水量や黄砂などの気象条件の違いが、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22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 22, 23 年度におけるイオン成分年平均値

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	H22	1.62	1.44	89	0.98	1.27	0.33	0.16	0.13	83	0.72	0.11	0.05	0.016
	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

表 5 平成 22, 23 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	H22	SO ₄ ²⁻	1.34	1.31	1.16	1.20	1.41	1.37	0.94	4.06	3.79	5.48	3.62	3.71	1.62		
		nss-SO ₄ ²⁻	1.20	1.27	1.11	1.09	1.23	1.14	0.91	3.40	2.99	3.59	3.12	3.55	1.44		
		NO ₃ ⁻	0.63	0.70	0.59	0.81	1.10	0.76	0.29	2.76	2.47	5.07	1.91	3.29	0.98		
		Cl ⁻	0.98	0.30	0.39	0.71	1.27	1.65	0.27	4.53	5.56	12.68	3.40	1.30	1.27		
		NH ₄ ⁺	0.23	0.29	0.23	0.28	0.59	0.18	0.14	0.62	0.57	0.94	0.67	0.91	0.33		
		Ca ²⁺	0.28	0.16	0.05	0.07	0.12	0.10	0.03	0.84	0.47	0.75	0.36	0.10	0.16		
		nss-Ca ²⁺	0.26	0.15	0.04	0.05	0.09	0.06	0.02	0.74	0.35	0.46	0.28	0.08	0.13		
		Na ⁺	0.56	0.15	0.19	0.41	0.72	0.93	0.13	2.63	3.20	7.54	2.01	0.64	0.72		
		Mg ²⁺	0.08	0.04	0.03	0.05	0.09	0.13	0.02	0.33	0.41	0.94	0.26	0.57	0.11		
		K ⁺	0.05	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.01	0.19	0.19	0.35	0.15	0.09	0.05		
		H ⁺	0.011	0.013	0.014	0.015	0.011	0.017	0.012	0.029	0.043	0.034	0.026	0.028	0.016		
		降水量mm		322	268	455	316	161	125	130	28	148	17	42	63	2075	
		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	

表 6 平成 22, 23 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	H22	2075	3365	2992	2044	2642	680	337	280	1486
	H23	2816	3445	3183	1721	1917	500	205	166	1046	278	98	43.6

表 7 平成 22, 23 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	イオン成分 年沈着量及 び年降水量														
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
県央保健所	H22	SO ₄ ²⁻	431.9	351.0	526.1	378.0	227.2	171.9	121.9	113.6	560.4	95.4	152.5	234.8	3364.7		
		nss-SO ₄ ²⁻	386.9	340.7	504.8	345.7	198.2	142.5	117.8	95.1	441.8	62.5	131.3	224.6	2991.7		
		NO ₃ ⁻	202.4	187.9	269.6	256.1	176.4	94.8	37.5	77.4	365.3	88.3	80.5	208.2	2044.4		
		Cl ⁻	317.5	79.2	178.7	225.2	204.8	206.9	35.0	126.9	821.7	220.8	143.4	82.2	2642.3		
		NH ₄ ⁺	74.0	77.5	103.2	87.8	94.0	22.5	17.8	17.3	83.7	16.4	28.1	57.9	680.2		
		Ca ²⁺	89.9	42.3	21.2	21.1	18.8	12.6	3.6	23.4	69.1	13.0	15.0	6.6	336.6		
		nss-Ca ²⁺	83.1	40.7	18.0	16.2	14.4	8.1	3.0	20.6	51.1	8.0	11.8	5.1	280.1		
		Na ⁺	179.2	41.1	85.0	128.8	115.7	117.2	16.5	73.6	472.5	131.2	84.6	40.6	1486.0		
		Mg ²⁺	27.4	9.6	12.6	17.0	14.6	16.0	2.2	9.2	59.9	16.3	10.8	35.8	231.4		
		K ⁺	15.1	5.2	11.7	6.5	5.9	5.1	1.0	5.2	28.1	6.1	6.4	6.0	102.3		
		H ⁺	3.7	3.6	6.2	4.8	1.7	2.1	1.5	0.8	6.3	0.6	1.1	1.8	34.2		
		降水量mm	322	268	455	316	161	125	130	28	148	17	42	63	2075		
		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		