

## 長崎県における酸性雨調査(2009 年度)

古賀 康裕

## Acidity and Ion Concentrations in Rain Water (2009)

Yasuhiro KOGA

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、長崎県においては昭和 58 年から長崎市式見及び旧大村保健所(現県央保健所)で酸性雨調査を開始した<sup>1)~10)</sup>。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、県央保健所における平成 21 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を図 1 に示す。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。



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)、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  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)<sup>11)</sup>に準じた。なお、降水量については、貯水量から計算した。

## 調査結果

### 1 pH及び酸性雨出現頻度

pHの出現頻度及び便宜上、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21年度の酸性雨出現率は96.1%であり、20年度と比較してわずかに増加した。

平成21年度のpHの年平均値は4.70であり、平成20年度と比較して大きな違いはなかった。

降水を中和する要因となる黄砂について、平成20、21年度における黄砂観測日を表2に示す。平成21年度は5日間観測され、20年度に比べ黄砂が観測された日数は少なかった。特に例年に比べ4-6月に大規模な黄砂は観測されず、10月及び12月に黄砂が観測されたのは特徴的であった。

### 2 pHの経月変化

平成21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21年度の降水量は平成20年度に比べ大きな変化はなかったが、7月の降水量が最も多かったが、8-9月にかけては例年よりも降水量が少なかった。これは平成21年度に台風による長崎県への直接的な影響がなかったためと考えられる。

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21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るのがわかる。しかし特に9月は例年よりも降水量が少なく、pHの加重平均値も低くなっている。また平成21年度は秋に小規模だが黄砂が観測されたこと、例年に比べ降水量が多かったことから、平成20年度に比べ10-11月のpH加重平均値が多少上昇していると考えられる。

### 3 イオン成分濃度

平成20、21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<sup>+</sup>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- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>及び nss- Ca<sup>2+</sup>を計算して SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>及び Ca<sup>2+</sup>に占める非海塩性成分の割合を求めると、平成21年度の年平均値はそれぞれ90%、85%であり、平成20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- Ca<sup>2+</sup>、nss- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>及び NO<sub>3</sub><sup>-</sup>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21年度の9月や12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いこと、黄砂観測と関係があると考えられる。

表1 pHの出現頻度及び酸性雨出現率

pH階級	県央保健所	
	H20	H21
2.61~2.99	0	0
3.00~3.59	1	0
3.60~3.99	2	4
4.00~4.59	33	32
4.60~4.99	28	29
5.00~5.60	14	8
5.61~5.99	3	2
6.00~6.59	1	1
6.60~6.99	0	0
7.00~	0	0
サンプル数	82	76
酸性雨出現率 (%)	95.1	96.1
pH<4.00 (%)	3.7	5.3
最低pH	3.40	3.8
最高pH	6.02	6.55
加重平均pH	4.72	4.70

表2 平成20、21年度の黄砂観測日

	H20年度	H21年度
黄砂発生日	4月26日	10月19日
	5月31日	12月26日
	6月1日	3月16日
	2月20日	3月20日
	2月21日	3月21日
	3月17日	
合計	6日間	5日間

※長崎海洋气象台調べ

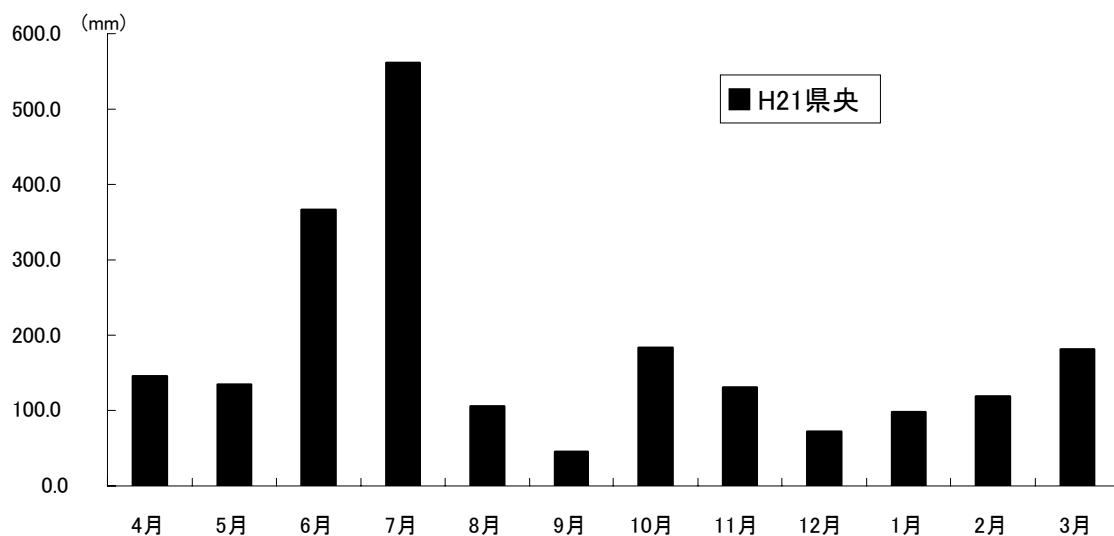


図2 平成21年度における降水量の経月変化

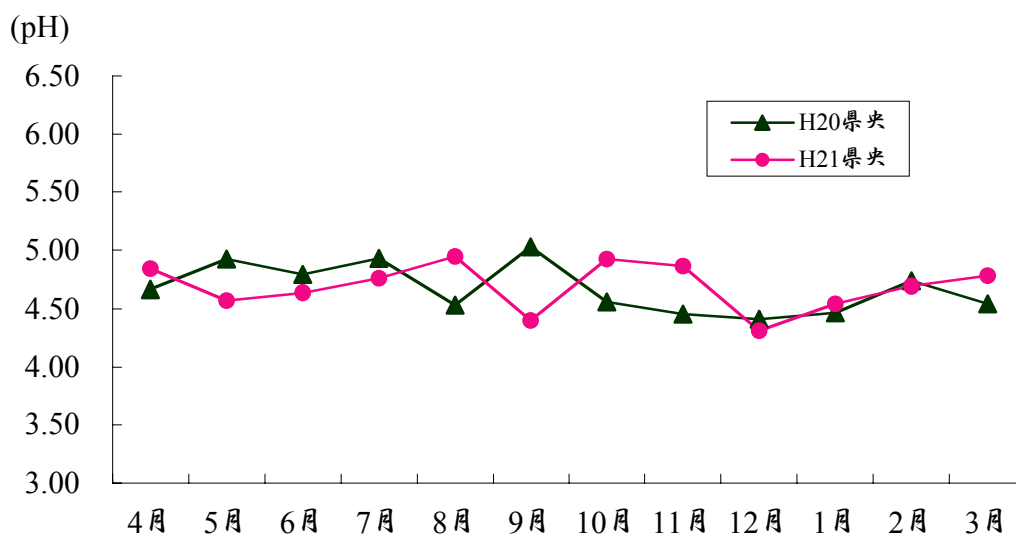


図3 平成20,21年度におけるpHの経月変化

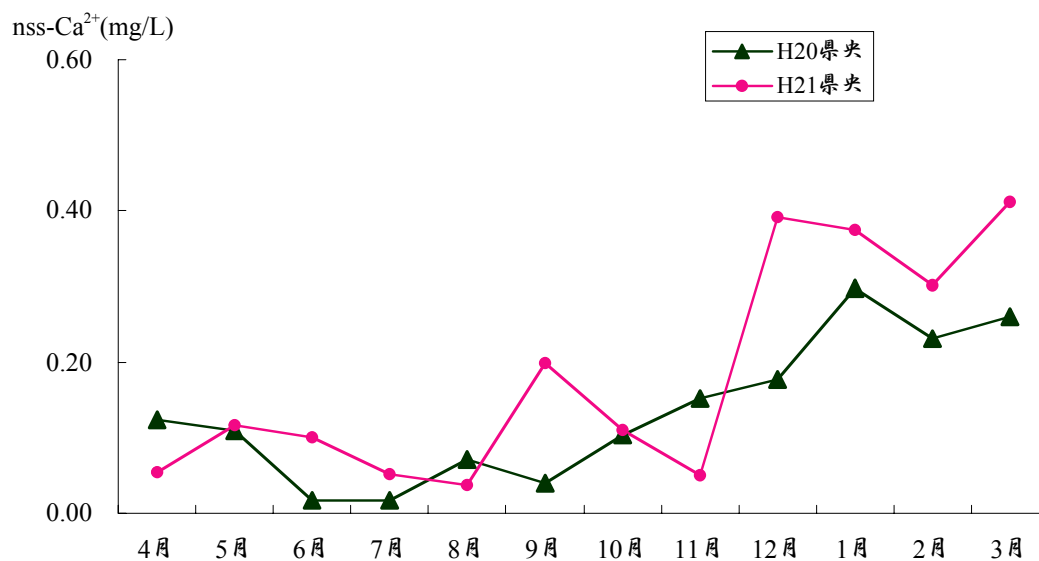


図4 平成20,21年度におけるnss-Ca<sup>2+</sup>の経月変化

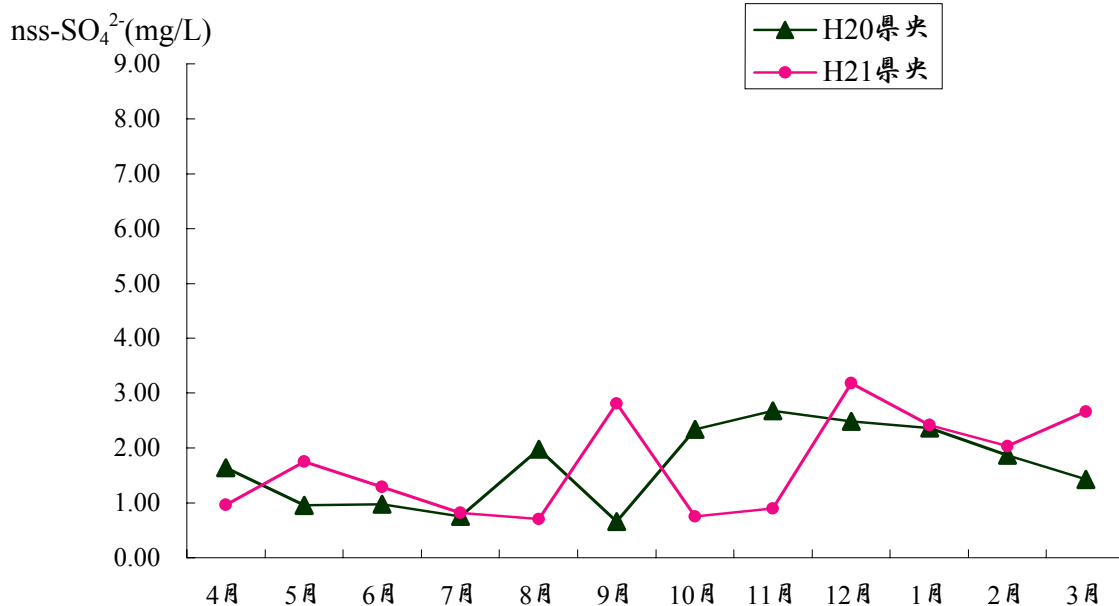


図5 平成20,21年度における nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度の経月変化

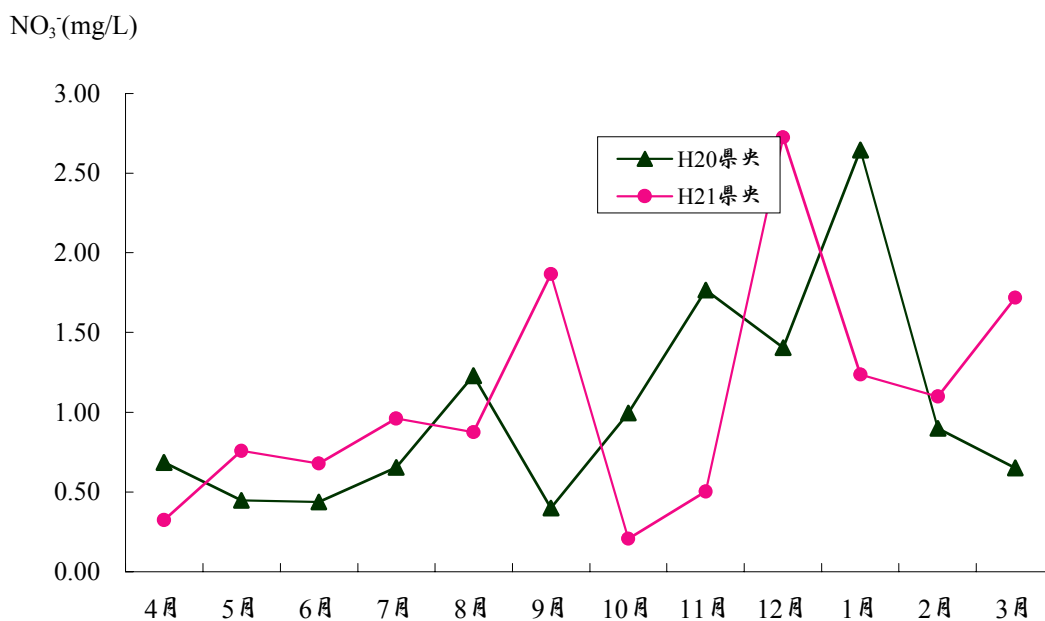


図6 平成19,20年度における NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の経月変化

#### 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21年度の年沈着量は $\text{SO}_4^{2-}$ が最も多く、次いで $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ という結果であり、平成21年に比べれば大きな変動はないが、長期的にみると緩やかな増加にあると思われる。降水量が多い6月や7月はイオン沈着量に関しても多く、また1月～3月が他に比べ沈着量が多い傾向であることがわかる。

#### まとめ

1 平成21年度における酸性雨の出現率は平成20年度よりも多少増加したが例年並みであるといえる。平成21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20年度より高くなっていた。この出現は6月、11月、12月、1月に見られた。

2 平成21年度におけるpHの加重平均値は4.70であり、平成20年度とほとんど変わらなかった。また平成15年～19年度の全国のpHの地点別年平均値は4.40～5.04であり、全地点の平均は4.68である。<sup>12)</sup>平成21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21年度は光化学オキシダント注意報が5月8日と9日に発令されたが、注意報の発令された平成19年度ほどイオン濃度やpHの月平均値が大きな影響を受けることはなかった。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ているように思われた。

4 平成21年度はイオン沈着量に関しては降水量も関係するが、冬期も高い傾向を示した。

#### 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) 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:酸性雨長期モニタリング報告書(平成15年～19年度),15～22(平成21年3月)

表 4 平成 20, 21 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 <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (a)	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (b)	b/a*100 (%)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> (c)	nss-Ca <sup>2+</sup> (d)	d/c*100 (%)	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>
県央保健所	H20	1.55	1.40	90	0.80	1.03	0.25	0.13	0.11	82	0.61	0.08	0.05	0.020
	H21	1.54	1.38	90	0.92	1.08	0.30	0.17	0.14	85	0.64	0.09	0.04	0.020

表 5 平成 20, 21 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	H20	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.68	0.99	1.02	0.91	2.15	0.69	2.40	2.87	3.03	3.14	2.11	1.60	1.55		
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.64	0.96	0.98	0.75	1.97	0.67	2.34	2.68	2.48	2.36	1.87	1.43	1.40		
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.69	0.45	0.44	0.66	1.23	0.40	1.00	1.77	1.41	1.41	2.64	0.90	0.65	0.80	
		Cl <sup>-</sup>	0.32	0.24	0.28	1.12	1.20	0.13	0.47	1.51	3.65	4.77	1.57	1.10	1.03		
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.30	0.17	0.14	0.14	0.38	0.13	0.30	0.61	0.23	0.64	0.36	0.31	0.25		
		Ca <sup>2+</sup>	0.13	0.11	0.02	0.04	0.10	0.04	0.11	0.18	0.26	0.41	0.27	0.29	0.13		
		nss-Ca <sup>2+</sup>	0.12	0.11	0.02	0.02	0.07	0.04	0.10	0.15	0.18	0.30	0.23	0.26	0.11		
		Na <sup>+</sup>	0.14	0.12	0.15	0.65	0.70	0.07	0.22	0.74	2.20	3.08	0.95	0.70	0.61		
		Mg <sup>2+</sup>	0.03	0.03	0.02	0.08	0.08	0.01	0.03	0.10	0.27	0.35	0.14	0.11	0.08		
		K <sup>+</sup>	0.02	0.02	0.01	0.03	0.06	0.01	0.03	0.08	0.12	0.24	0.09	0.07	0.05		
		H <sup>+</sup>	0.022	0.012	0.016	0.012	0.029	0.009	0.027	0.035	0.039	0.034	0.018	0.028	0.020		
		降水量mm	131	230	435	141	183	272	28	63	121	92	215	139	2050		
		県央保健所	H21	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.05	1.87	1.35	1.00	0.79	2.96	0.77	0.94	4.11	2.81	2.22	2.93	1.54
				nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.96	1.76	1.30	0.82	0.71	2.81	0.75	0.90	3.18	2.42	2.04	2.66	1.38
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.32			0.76	0.68	0.96	0.88	1.87	0.21	0.50	2.72	1.24	1.10	1.72	0.92		
Cl <sup>-</sup>	0.50			0.90	0.35	1.10	0.54	0.91	0.42	0.19	6.08	2.46	1.27	1.90	1.08		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.18			0.37	0.24	0.20	0.20	0.63	0.07	0.18	0.65	0.39	0.58	0.64	0.30		
Ca <sup>2+</sup>	0.07			0.13	0.11	0.08	0.05	0.22	0.11	0.06	0.53	0.43	0.33	0.45	0.17		
nss-Ca <sup>2+</sup>	0.05			0.12	0.10	0.05	0.04	0.20	0.11	0.05	0.39	0.37	0.30	0.41	0.14		
Na <sup>+</sup>	0.33			0.47	0.21	0.69	0.33	0.59	0.07	0.15	3.70	1.55	0.74	1.07	0.64		
Mg <sup>2+</sup>	0.05			0.06	0.04	0.08	0.04	0.09	0.03	0.03	0.48	0.22	0.10	0.17	0.09		
K <sup>+</sup>	0.02			0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.00	0.01	0.18	0.09	0.09	0.12	0.04		
H <sup>+</sup>	0.014			0.027	0.023	0.017	0.011	0.040	0.012	0.014	0.049	0.029	0.020	0.017	0.020		
降水量mm	145			135	367	561	106	45	184	131	72	98	119	181	2143		

表 6 平成 20, 21 年度におけるイオン成分年沈着量

調査地点	年度	年降水量 (mm)	単位: mg/m <sup>2</sup> /年										
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>
県央保健所	H20	2050	3178	2863	1647	2113	518	270	222	1255	165	101	40.9
	H21	2143	3304	2961	1978	2315	634	356	304	1368	190	88	42.7

表 7 平成 20, 21 年度におけるイオン成分月別沈着量

調査地点	年度	項目	単位: mg/m <sup>2</sup> /月												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	H20	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	220.7	227.6	442.3	129.1	392.4	186.6	68.1	180.9	368.2	288.1	452.1	222.1	3178.2		
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	216.2	220.6	425.5	106.0	360.4	181.9	66.5	169.1	301.0	217.2	401.0	197.9	2863.2		
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	90.1	103.4	190.5	92.7	225.1	108.8	28.3	111.5	170.8	242.8	192.8	90.6	1647.4		
		Cl <sup>-</sup>	42.1	56.3	122.7	158.1	219.1	35.0	13.3	95.5	443.0	437.8	337.5	153.0	2113.4		
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	38.9	38.5	60.6	19.9	69.0	36.2	8.5	38.4	28.4	58.7	78.2	43.1	518.4		
		Ca <sup>2+</sup>	16.9	26.2	9.8	5.9	17.8	11.5	3.2	11.4	31.7	38.1	57.4	39.8	269.8		
		nss-Ca <sup>2+</sup>	16.2	25.1	7.3	2.4	13.0	10.8	2.9	9.6	21.5	27.4	49.7	36.1	222.1		
		Na <sup>+</sup>	18.0	27.8	67.0	92.2	127.6	18.8	6.3	47.0	267.6	282.6	203.6	96.5	1255.0		
		Mg <sup>2+</sup>	4.5	6.4	7.6	11.5	14.5	3.5	1.0	6.6	32.5	32.5	29.3	15.0	164.8		
		K <sup>+</sup>	2.1	4.7	4.5	4.1	10.5	4.0	0.9	5.3	14.0	21.8	18.8	10.2	100.8		
		H <sup>+</sup>	2.9	2.8	7.1	1.7	5.3	2.6	0.8	2.2	4.7	3.1	4.0	4.0	40.9		
		降水量mm	131	230	435	141	183	272	28	63	121	92	215	139	2050		
		県央保健所	H21	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	152.2	252.2	495.1	559.0	83.6	133.9	141.1	122.2	295.2	274.6	264.1	530.9	3304.1
				nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	140.1	236.4	475.8	461.7	74.9	127.1	138.1	117.2	228.4	236.5	242.1	482.2	2960.6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	46.9			102.2	249.0	539.8	92.5	84.4	38.2	65.7	195.7	121.1	130.8	311.4	1977.7		
Cl <sup>-</sup>	72.2			120.8	129.9	620.2	57.0	41.1	77.1	25.1	436.9	240.7	150.4	343.9	2315.3		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	25.5			49.8	89.9	110.9	21.4	28.4	13.5	24.0	47.0	38.1	68.6	116.5	633.6		
Ca <sup>2+</sup>	9.7			18.1	39.8	43.9	5.2	10.0	20.7	7.3	38.2	42.4	39.2	81.9	356.4		
nss-Ca <sup>2+</sup>	7.9			15.7	36.9	29.2	3.9	9.0	20.2	6.5	28.1	36.6	35.9	74.6	304.4		
Na <sup>+</sup>	48.2			63.0	76.8	387.5	34.6	26.9	12.0	19.9	266.0	151.7	87.8	193.8	1368.2		
Mg <sup>2+</sup>	7.0			8.7	14.2	43.9	4.6	4.1	5.2	3.6	34.6	21.5	12.0	30.8	190.2		
K <sup>+</sup>	2.9			4.9	9.2	10.5	3.3	1.9	0.5	0.9	13.0	8.7	10.3	21.7	87.8		
H <sup>+</sup>	2.1			3.6	8.5	9.8	1.2	1.8	2.2	1.8	3.5	2.8	2.4	3.0	42.7		
降水量mm	145			135	367	561	106	45	184	131	72	98	119	181	2143		