

# 長崎県における酸性雨調査 (2014 年度)

林田 彩、元山 芳謹

## Acidity and Ion Concentrations in Rain Water (2014)

Aya HAYASHIDA, Yoshinori MOTOYAMA

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<sup>1)</sup>。

このような酸性雨問題に対処するため、長崎県は1983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<sup>2~11)</sup>。2005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、2008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、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2008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2014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。

#### 県央保健所

1998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。なお、2014年度においては、雨水採取器の故障のため、2015年1月26日から2015年2月25日までは欠測となった。

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)<sup>12)</sup>に準じ

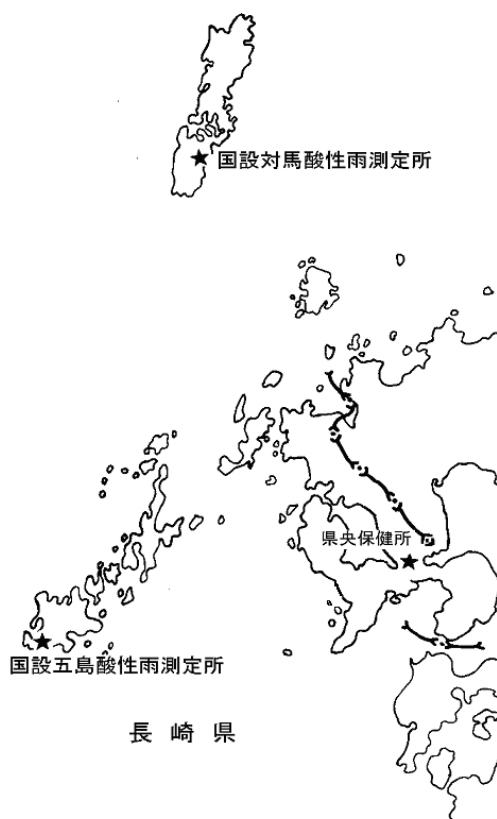


図1 酸性雨測定地点

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。2014年度における降水のpHは4.00～5.46であり、年平均値は4.65であった。すべての降雨が酸性雨であり、また、pHが4.00より小さい強酸性雨の出現はなかった。

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、2013、2014年度における観測日を表2に示す。気象庁HPによれば、2014年度に長崎県で黄砂が観測された日数は9日間であり、5月、2月及び3月に観測された。

### 2 pHの経月変化

2013、2014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。2013年度の7月の降水量は例年に比べ極端に少なかったが、2014年度は平均的であった。また、年間降水量は2013年度と比較すると2014年度はやや多かった。

例年pHの加重平均値は、雨の多い夏季に高く、雨の少ない冬季に低い傾向を示す。2014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、降水量が2013年度よりも多かった8月及び9月のpHが2013年度よりも低くなっていた。また、降水量が2013年度のはほぼ半分程度であった11月のpHが2013年度と同程度であったのが特徴的である。

### 3 イオン成分濃度

2013、2014年度におけるイオン成分濃度年平均値を表3に、イオン成分濃度月平均値を表4に示す。“nss-”は「非海塩性(nss: non sea salt)」を表し、海塩性イオン(Na<sup>+</sup>をすべて海塩由来として海塩組成比から算出)を差し引いた残りであることを示している。

降水中の非海塩性硫酸イオン(nss- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)成分及び非海塩性カルシウムイオン(nss- Ca<sup>2+</sup>)成分の割合を求めると、2014年度の年平均値はそれぞれ90%、79%であり、2013年度の年平均値と比較すると、それぞれ割合は高くなった。

nss- Ca<sup>2+</sup>濃度、nss- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度及びNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の経月変化を図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。2014年度に長崎県で黄砂が観測されたのは5月、2月及び3月であるが、nss- Ca<sup>2+</sup>濃度が黄砂観測

日の前後で特徴的である事例はなかった。nss- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度は、2013年度とほぼ同程度で推移していた。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度をみると、12月に特徴的に高く、人為的な汚染が強く表れたのではないかと推測された。また、8月及び9月は2013年度よりも降水量が多かったにもかかわらず、nss- Ca<sup>2+</sup>濃度、nss- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度及びNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度はやや高かった。

表1 pHの出現頻度及び酸性雨出現率

pH階級	県央保健所	
	2013年度	2014年度
2.61～2.99	0	0
3.00～3.59	0	0
3.60～3.99	6	0
4.00～4.59	27	40
4.60～4.99	23	25
5.00～5.60	17	10
5.61～5.99	1	0
6.00～6.59	0	0
6.60～6.99	1	0
7.00～	0	0
サンプル数	75	75
酸性雨出現率(%)	97	100
pH < 4.00 (%)	8	0
最低pH	3.70	4.00
最高pH	6.78	5.46
加重平均pH	4.76	4.65

表2 黄砂観測日

	2013年度	2014年度
黄砂 観測日	10月11日	5月26日
	1月1日	5月27日
		5月28日
		5月29日
		5月30日
		5月31日
		2月23日
		2月24日
		3月22日
合計	2日間	9日間

※気象庁HPより

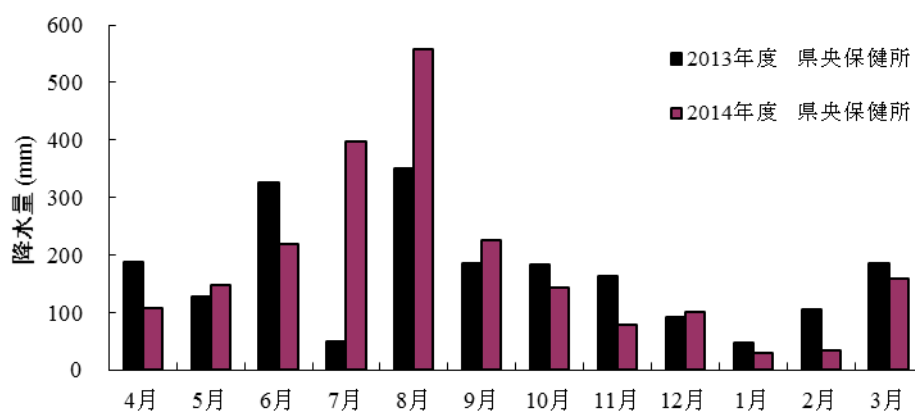


図2 降水量の経月変化

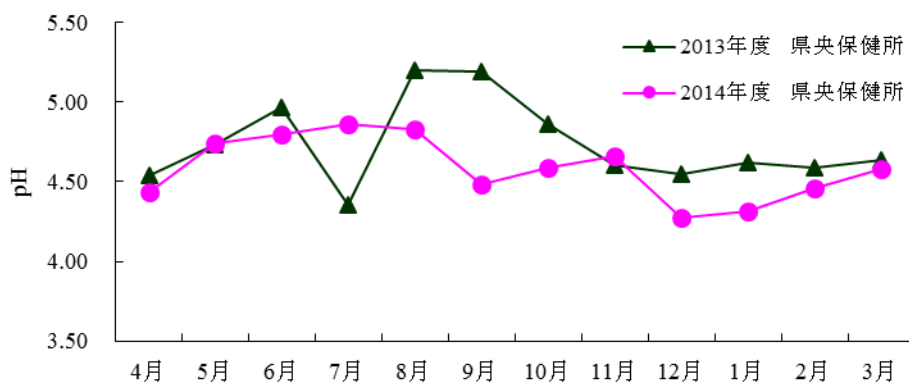


図3 pHの経月変化

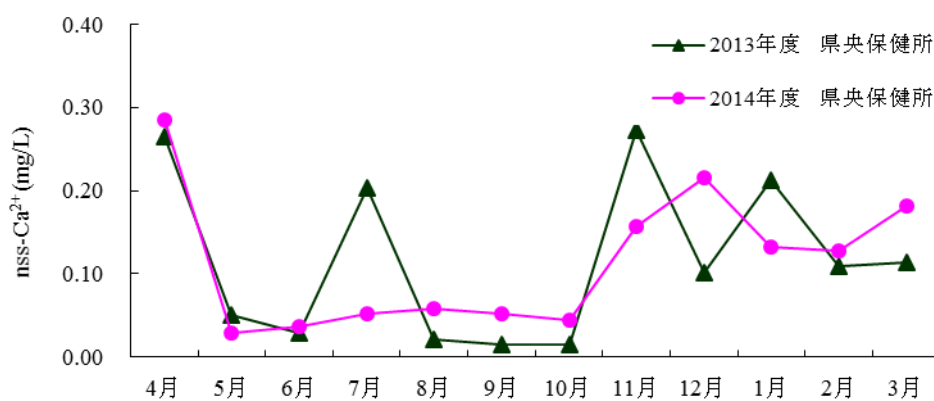


図4 nss- Ca<sup>2+</sup>濃度の経月変化

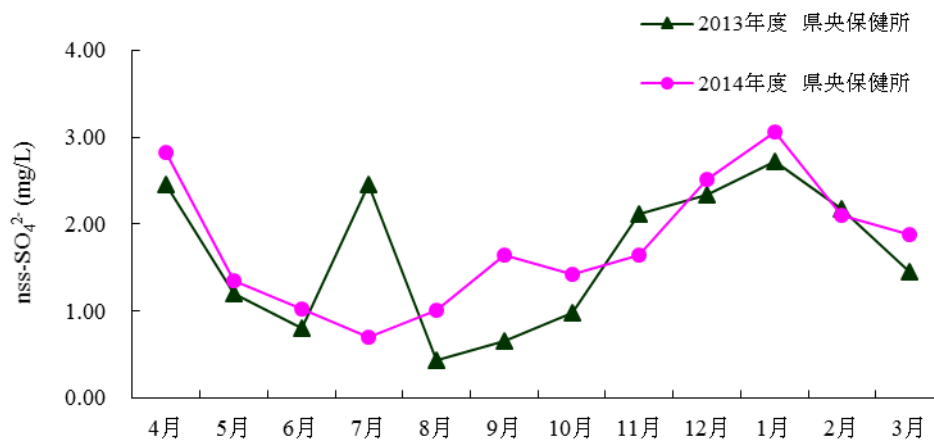


図5 nss- SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度の経月変化

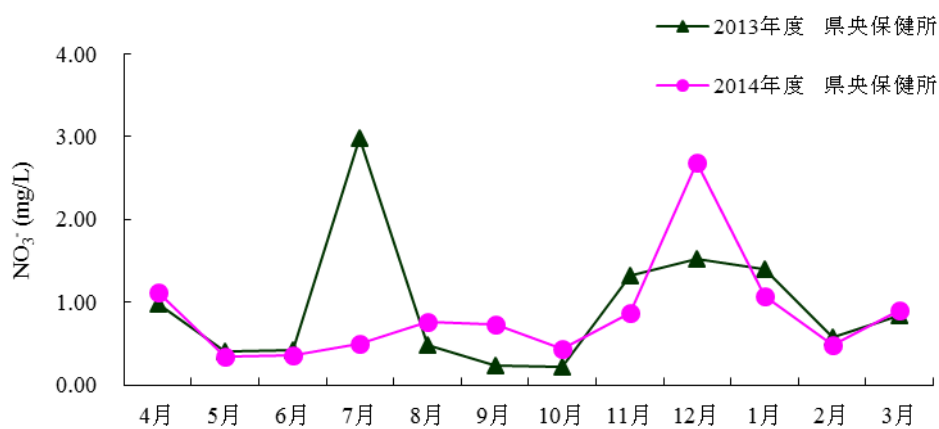


図6 NO<sub>3</sub>濃度の経月変化

#### 4 イオン成分沈着量

表 5 にイオン成分年沈着量を、表 6 にイオン成分月別沈着量を示した。2014 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、2013 年度と比べ大きな変化はなかった。

一般的に降水量が多ければ沈着量も増加する。2014 年度においてもほぼそのような傾向を示していたが、4 月、12 月及び 3 月は降水量を考慮しても  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  及び  $\text{NO}_3^-$  の沈着量が多かった。

#### まとめ

県央保健所における 2014 年度の降水の pH は、4.00 ~ 5.46 と例年に比べ変動が小さく、加重平均値は 4.65 であった。全国における 2013 年度の pH の地点別年平均値は 4.59 ~ 5.22、全地点の年平均値は 4.78 であるので<sup>13)</sup>、県央保健所における 2014 年度の降水の pH は、前年度よりもやや酸性側に傾いたが、全国の降水の pH の範囲内であったと言える。イオン成分濃度については、 $\text{NO}_3^-$  濃度が 12 月に特徴的に高く、人為的な汚染が強く表れたのではないかと推測された。イオン沈着量は、降水量の多い時期に高い傾向を示したが、4 月、12 月及び 3 月は降水量を考慮しても  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  及び  $\text{NO}_3^-$  の沈着量が多かった。

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 やイオン沈着量とその他の気象イベント等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) 環境省:酸性雨長期モニタリング報告書(平成 15 ~19 年度),101~128(2009)
- 2) 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)
- 3) 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)
- 4) 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)
- 5) 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)
- 6) 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)
- 7) 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)
- 8) 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)
- 9) 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)
- 10) 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)
- 11) 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)
- 12) 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)
- 13) 環境省:平成 25 年度酸性雨調査結果(湿性沈着モニタリング結果)

表3 イオン成分濃度年平均値

単位:mg/L

調査地点	年度	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	b/a*100	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	d/c*100	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>
		(a)	(b)	(%)				(c)	(d)	(%)				
県央保健所	2013	1.51	1.32	87	0.70	1.40	0.20	0.12	0.09	76	0.77	0.10	0.05	0.017
	2014	1.50	1.36	90	0.74	1.12	0.22	0.11	0.08	79	0.59	0.09	0.05	0.022

表4 イオン成分濃度月平均値

単位:mg/L

調査地点	年度	項目	イオン成分濃度年平均値及び年降水量														
			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	2013	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.64	1.25	0.88	3.11	0.68	0.68	1.07	2.59	2.98	3.02	2.22	1.60	1.51		
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.45	1.19	0.79	2.46	0.44	0.65	0.98	2.12	2.34	2.72	2.17	1.46	1.32		
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.98	0.40	0.42	2.98	0.48	0.23	0.22	1.32	1.52	1.40	0.58	0.84	0.70		
		Cl <sup>-</sup>	1.32	0.47	0.65	4.39	1.65	0.20	0.73	3.20	4.86	1.94	0.36	1.17	1.40		
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.45	0.11	0.15	0.51	0.11	0.06	0.07	0.33	0.37	0.43	0.27	0.18	0.20		
		Ca <sup>2+</sup>	0.29	0.06	0.04	0.30	0.06	0.02	0.03	0.34	0.20	0.26	0.12	0.13	0.12		
		nss-Ca <sup>2+</sup>	0.26	0.05	0.03	0.20	0.02	0.02	0.02	0.27	0.10	0.21	0.11	0.11	0.09		
		Na <sup>+</sup>	0.72	0.23	0.34	2.60	0.97	0.10	0.35	1.88	2.54	1.18	0.21	0.57	0.77		
		Mg <sup>2+</sup>	0.11	0.03	0.04	0.29	0.11	0.02	0.05	0.24	0.34	0.14	0.04	0.10	0.10		
		K <sup>+</sup>	0.06	0.01	0.03	0.11	0.04	0.01	0.02	0.10	0.12	0.09	0.04	0.07	0.05		
		H <sup>+</sup>	0.029	0.019	0.011	0.044	0.006	0.006	0.014	0.025	0.028	0.024	0.026	0.023	0.017		
		降水量mm	188	129	326	50	349	186	183	164	92	46	105	186	2003		
		県央保健所	2014	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.92	1.38	1.05	0.76	1.13	1.72	1.48	2.35	3.57	3.20	2.14	1.94	1.50
				nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.83	1.34	1.03	0.70	1.01	1.64	1.42	1.63	2.51	3.07	2.10	1.87	1.36
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.11			0.33	0.35	0.50	0.76	0.73	0.44	0.87	2.69	1.07	0.48	0.90	0.74		
Cl <sup>-</sup>	0.75			0.31	0.18	0.50	1.00	0.60	0.47	4.97	7.87	1.28	0.29	0.58	1.12		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.40			0.11	0.12	0.15	0.24	0.23	0.12	0.25	0.45	0.38	0.19	0.37	0.22		
Ca <sup>2+</sup>	0.30			0.03	0.04	0.06	0.08	0.06	0.05	0.27	0.38	0.15	0.13	0.19	0.11		
nss-Ca <sup>2+</sup>	0.29			0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.16	0.22	0.13	0.13	0.18	0.08		
Na <sup>+</sup>	0.37			0.15	0.09	0.26	0.51	0.32	0.27	2.86	4.23	0.53	0.14	0.27	0.59		
Mg <sup>2+</sup>	0.09			0.03	0.02	0.04	0.08	0.05	0.05	0.37	0.56	0.08	0.02	0.06	0.09		
K <sup>+</sup>	0.06			0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.15	0.20	0.06	0.02	0.05	0.05		
H <sup>+</sup>	0.037			0.018	0.016	0.014	0.015	0.033	0.026	0.022	0.053	0.048	0.035	0.026	0.022		
降水量mm	108			147	218	397	559	225	142	79	102	30	34	158	2200		

表 5 イオン成分年沈着量

単位:mg/m<sup>2</sup>/年

調査地点	年度	年降水量 (mm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	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	2013	2003	3026	2636	1410	2805	407	244	185	1553
2014	2200	3312		2985	1633	2462	488	236	186	1303	198	120	49

表 6 イオン成分月別沈着量

単位:mg/m<sup>2</sup>/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	2013	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	495.5	160.6	287.1	155.5	237.3	125.4	195.0	423.9	275.2	139.8	232.6	297.7	3025.6		
		nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	461.4	153.2	259.0	122.9	152.4	120.8	178.9	346.6	216.2	126.1	227.2	270.9	2635.7		
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	184.8	51.6	137.1	149.2	167.2	43.3	40.3	215.9	140.2	64.7	60.3	155.7	1410.3		
		Cl	249.0	60.4	211.1	219.6	575.5	36.8	133.9	524.4	449.2	89.7	37.6	217.6	2804.8		
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	85.5	14.3	49.3	25.7	37.5	10.9	13.7	53.9	34.1	19.8	28.2	34.4	407.3		
		Ca <sup>2+</sup>	54.9	7.6	13.6	15.1	20.4	3.6	5.2	56.4	18.3	11.9	12.3	25.1	244.4		
		nss-Ca <sup>2+</sup>	49.7	6.5	9.3	10.2	7.6	2.9	2.8	44.7	9.4	9.8	11.5	21.0	185.4		
		Na <sup>+</sup>	135.8	29.4	112.0	129.9	338.1	18.3	64.1	307.8	234.9	54.5	21.7	106.7	1553.2		
		Mg <sup>2+</sup>	20.9	3.6	14.5	14.7	39.1	3.0	8.3	38.6	31.6	6.4	3.7	17.9	202.3		
		K <sup>+</sup>	11.3	1.9	9.9	5.7	13.8	2.4	3.8	16.2	11.2	4.3	4.5	12.3	97.3		
		H <sup>+</sup>	5.4	2.4	3.5	2.2	2.2	1.2	2.5	4.1	2.6	1.1	2.7	4.3	34.2		
		降水量mm	188	129	326	50	349	186	183	164	92	46	105	186	2003		
		県央保健所	2014	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	316.1	202.8	229.0	303.0	634.2	388.8	211.2	187.1	363.7	96.9	73.3	306.0	3312.1
				nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	306.0	197.3	224.3	277.0	562.7	370.4	201.6	130.0	255.4	92.9	72.1	295.3	2985.0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	120.6			49.1	77.4	198.8	426.7	163.7	62.1	69.0	274.1	32.3	16.4	142.7	1632.9		
Cl	81.2			46.0	38.7	199.2	556.2	134.8	67.4	395.4	802.1	38.9	10.0	92.0	2461.8		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	43.0			15.9	27.1	58.3	132.5	51.4	16.9	19.7	46.3	11.5	6.5	59.2	488.0		
Ca <sup>2+</sup>	32.4			5.1	8.9	24.5	43.3	14.5	7.8	21.2	38.4	4.6	4.6	30.3	235.7		
nss-Ca <sup>2+</sup>	30.9			4.2	8.1	20.6	32.5	11.7	6.3	12.5	22.0	4.0	4.4	28.7	186.1		
Na <sup>+</sup>	40.1			22.2	19.0	103.3	284.8	73.3	38.2	227.7	431.3	16.1	4.9	42.4	1303.2		
Mg <sup>2+</sup>	9.9			4.7	4.8	16.8	44.4	11.9	6.8	29.4	57.2	2.4	0.8	9.3	198.4		
K <sup>+</sup>	6.5			3.7	6.5	16.2	28.9	8.7	6.3	11.9	20.4	1.8	0.8	8.1	119.8		
H <sup>+</sup>	4.0			2.6	3.5	5.4	8.3	7.4	3.7	1.7	5.4	1.5	1.2	4.2	48.9		
降水量mm	108			147	218	397	559	225	142	79	102	30	34	158	2200		