

長崎県における酸性雨調査 (2015 年度)

元山 芳謹、林田 彩

Acid Rain Survey in Nagasaki Prefecture (2015)

Yoshinori MOTOYAMA, Aya HAYASHIDA

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¹⁾。

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^{2~11)}。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2015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。

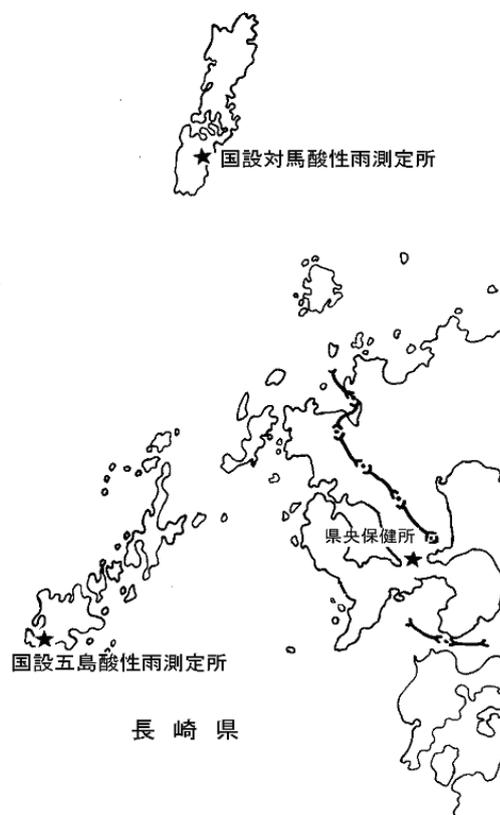


図1 酸性雨測定地点

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。なお、2015 年度においては、雨水採取器の故障のため、2016 年 3 月 1 日から 2016 年 3 月 31 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)¹²⁾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 2015 年度における酸性雨出現率は 98.8 % であり、2014 年度と比較してほとんど変化は無かった。降水の pH は 3.62 ~ 6.54 であり、年平均値は 4.69 であった。

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、2014、2015 年度における観測日を表 2 に示す。気象庁 HP によれば、2015 年度に長崎県で黄砂が観測された日数は 3 日間であり、2014 年度に比べ少なかった。

2 pH の経月変化

2014、2015 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。2015 年度の月別降水量は、4 月、6 月の降水量が例年に比べて多く、6 月は年間でも最も多い月となった。また、年間降水量は 2014 年度と比較すると 2015 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。2015 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、2015 年度は、5 月の加重平均値が低く、2 月は高くなっていた。2 月に加重平均値が高くなっていたのは、2 月の降水量が多かったことが影響していたと推測されるが、5 月は降水量を考慮しても低く、pH3.62 の雨が観測されていた。

3 イオン成分濃度

2014、2015 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⁺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- SO₄²⁻)成分及び非海塩性カルシウムイオン(nss- Ca²⁺)成分の割合を求めると、2015 年度の年平均値はそれぞれ 90%、82%であり、2014 年度の年平均値と比較すると、nss- Ca²⁺の割合が高くなった。

nss- Ca²⁺濃度、nss- SO₄²⁻濃度及び NO₃⁻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。2015 年度は、nss- Ca²⁺濃度、NO₃⁻濃度は降水

量の多い 4 月に高くなっている。2015 年度に長崎県で黄砂が観測されたのは 5 月及び 6 月であり、6 月の黄砂観測日の雨は、nss- Ca²⁺濃度が顕著に高く、pH も 6.54 と高かったことから、黄砂が混じっていたと推測された。2015 年度 6 月の降水量は 2014 年度に比べて多いが、nss- Ca²⁺濃度は 2015 年度が高かったのは黄砂の影響と推測される。nss- SO₄²⁻濃度は、雨量が少ない 10 月及び冬季に高く、おおむね例年の傾向を示していたが、5 月の濃度は高くなっていた。

表 1 pH の出現頻度及び酸性雨出現率

pH 階級	県央保健所	
	2014 年度	2015 年度
2.61~2.99	0	0
3.00~3.59	0	0
3.60~3.99	0	3
4.00~4.59	40	36
4.60~4.99	25	31
5.00~5.60	10	10
5.61~5.99	0	0
6.00~6.59	0	1
6.60~6.99	0	0
7.00~	0	0
サンプル数	75	81
酸性雨出現率 (%)	100.0	98.8
pH<4.00 (%)	0.0	3.7
最低 pH	4.00	3.62
最高 pH	5.46	6.54
加重平均 pH	4.65	4.69

表 2 黄砂観測日

	2014 年度	2015 年度
黄砂発生日	5 月 26 日	5 月 5 日
	5 月 27 日	6 月 12 日
	5 月 28 日	6 月 13 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	9 日間

※気象庁 HP より

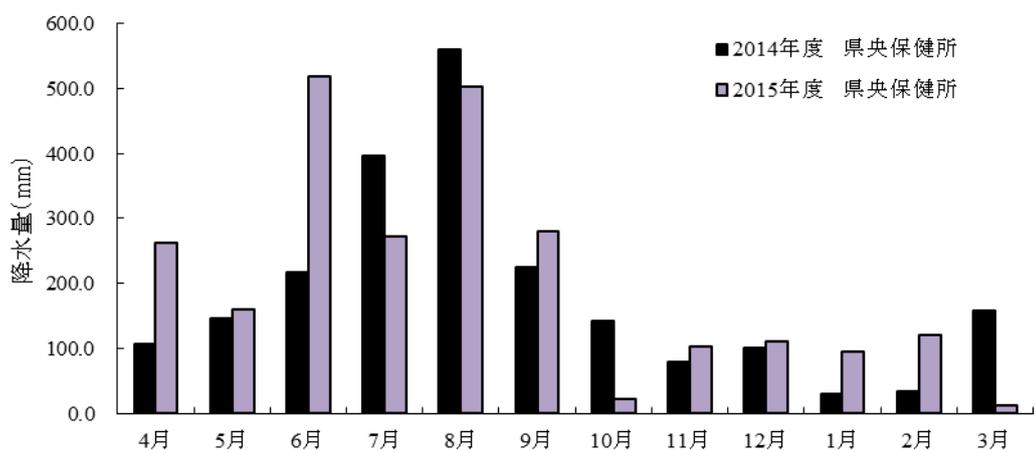


図2 降水量の経月変化

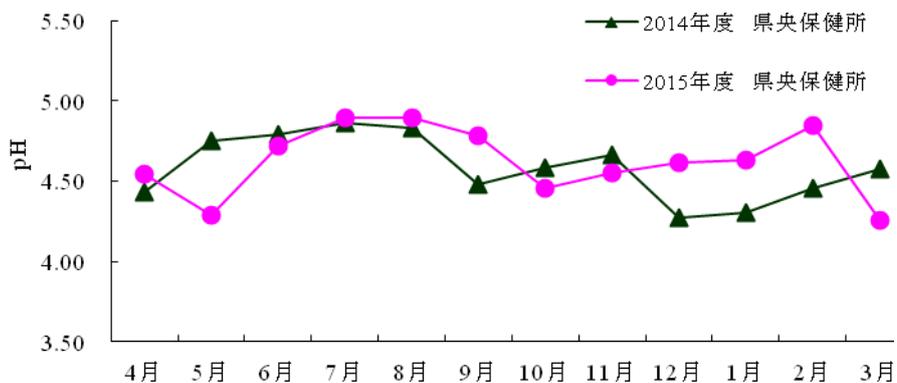


図3 pHの経月変化

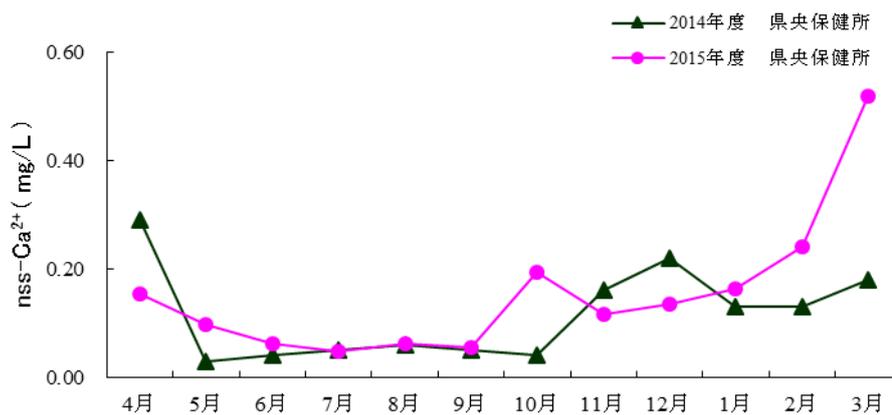


図4 nss-Ca²⁺濃度の経月変化

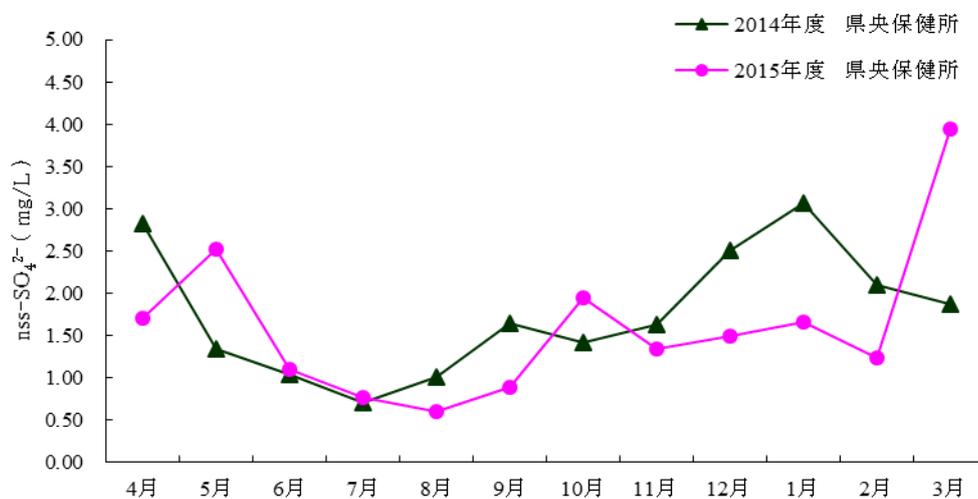


図5 nss-SO₄²⁻濃度の経月変化

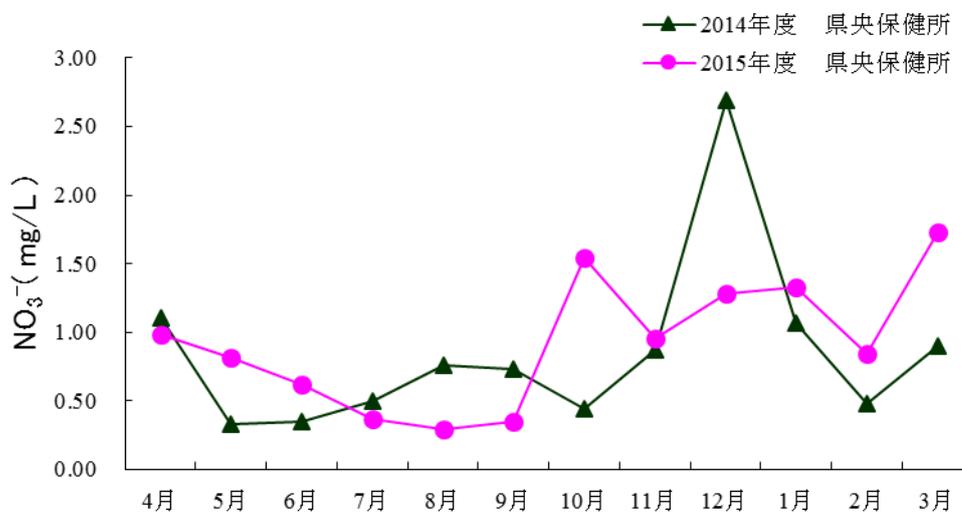


図6 NO₃⁻濃度の経月変化

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。2015 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、2014 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。2015 年度においてもほぼそのような傾向を示していたが、降水量を考慮しても、5 月の nss- SO_4^{2-} の沈着量は多かった。

まとめ

県央保健所における 2015 年度の酸性雨の出現率は 2014 年度と大きな差はなく例年並みであった。2015 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、2014 年度より高かった。この出現は 5 月、12 月に見られた。また pH6 以上であった降雨は 6 月に見られた。2015 年度における pH の加重平均値は 4.69 であり、2014 年度とほとんど変わらなかった。2014 年度の全国の pH の地点別年平均値は 4.40 ~ 5.19、全地点の年平均値は 4.78 であるので¹³⁾、県央保健所における 2015 年度の降水の pH は、全国の降水の pH の範囲内であったと言える。2015 年度 5 月の pH は年間を通して低かった。2015 年度のイオン沈着量は、降水量の多い時期に高い傾向を示した。しかし降水量を考慮しても 5 月の nss- SO_4^{2-} は沈着量が多かった。

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 26 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 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	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
	2015	1.31	1.17	90	0.64	0.99	0.24	0.11	0.09	82	0.54	0.08	0.03	0.021

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	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	2014	SO ₄ ²⁻	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 ₄ ²⁻	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 ₃ ⁻	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 ⁻	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 ₄ ⁺	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 ²⁺	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 ²⁺	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 ⁺	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 ²⁺	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 ⁺	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 ⁺	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		
		県央保健所	2015	SO ₄ ²⁻	1.82	2.56	1.12	0.84	0.70	0.94	2.37	1.70	1.95	2.20	1.66	4.01	1.31
				nss-SO ₄ ²⁻	1.70	2.52	1.10	0.77	0.60	0.88	1.94	1.34	1.49	1.66	1.24	3.95	1.17
NO ₃ ⁻	0.99			0.82	0.62	0.37	0.29	0.35	1.55	0.95	1.29	1.33	0.85	1.73	0.64		
Cl ⁻	0.84			0.42	0.16	0.54	0.70	0.42	3.09	2.51	3.34	3.98	2.91	0.90	0.99		
NH ₄ ⁺	0.39			0.33	0.25	0.21	0.10	0.17	0.44	0.29	0.36	0.39	0.27	0.75	0.24		
Ca ²⁺	0.17			0.10	0.06	0.06	0.08	0.06	0.26	0.17	0.20	0.24	0.30	0.53	0.11		
nss-Ca ²⁺	0.15			0.10	0.06	0.05	0.06	0.05	0.19	0.12	0.13	0.16	0.24	0.52	0.09		
Na ⁺	0.47			0.15	0.08	0.30	0.41	0.24	1.71	1.42	1.84	2.14	1.66	0.27	0.54		
Mg ²⁺	0.08			0.03	0.03	0.05	0.06	0.04	0.27	0.20	0.25	0.33	0.23	0.14	0.08		
K ⁺	0.04			0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.10	0.06	0.08	0.09	0.06	0.05	0.03		
H ⁺	0.028			0.051	0.019	0.013	0.013	0.016	0.035	0.028	0.024	0.023	0.014	0.055	0.021		
降水量mm	264			161	519	273	502	280	23	103	112	94	120	13	2463		

表 5 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	2014	2200	3312	2985	1633	2462	488	236	186	1303
	2015	2463	3222	2886	1585	2428	600	280	229	1338	209	71	51.1

表 6 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	2014	SO ₄ ²⁻	316.1	202.8	229.0	303.0	634.2	388.8	211.2	187.1	363.7	
		nss-SO ₄ ²⁻	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 ₃ ⁻	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 ₄ ⁺	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 ²⁺	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 ²⁺	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 ⁺	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 ²⁺	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 ⁺	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 ⁺	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
	2015	SO ₄ ²⁻	478.7	411.1	582.6	230.9	351.2	262.8	54.1	174.3	218.8	207.9	198.8	51.0	3222.2
		nss-SO ₄ ²⁻	447.5	405.2	572.6	210.1	299.6	246.2	44.3	137.7	167.0	157.2	148.9	50.1	2886.3
		NO ₃ ⁻	259.7	131.4	322.2	100.2	146.4	98.7	35.3	97.6	144.0	125.7	101.7	22.0	1584.9
		Cl ⁻	222.3	67.4	82.2	146.4	353.4	117.2	70.4	257.2	374.1	376.0	349.5	11.4	2427.5
		NH ₄ ⁺	103.7	53.8	127.6	56.4	51.0	48.2	10.0	29.9	40.0	37.0	33.0	9.5	600.1
		Ca ²⁺	45.3	16.7	33.3	16.0	38.6	17.8	5.9	17.4	22.9	23.0	36.5	6.7	280.1
		nss-Ca ²⁺	40.6	15.8	31.8	12.9	30.8	15.3	4.4	11.9	15.1	15.3	28.9	6.6	229.3
		Na ⁺	124.3	23.7	40.0	82.8	205.6	66.2	38.9	145.7	206.5	202.1	198.9	3.4	1338.1
		Mg ²⁺	20.1	5.2	13.6	12.7	31.0	11.7	6.2	20.0	28.1	31.0	27.5	1.8	208.9
		K ⁺	9.5	3.0	5.5	5.6	9.6	2.7	2.2	6.5	9.0	8.8	7.5	0.6	70.5
		H ⁺	7.5	8.2	9.9	3.5	6.4	4.6	0.8	2.9	2.7	2.2	1.7	0.7	51.1
		降水量mm	264	161	519	273	502	280	23	103	112	94	120	13	2463