

長崎県における酸性雨調査(2017年度)

前田卓磨

Acid rain Survey in Nagasaki Prefecture (2017)

Takuma MAEDA

キーワード：酸性雨、pH、非海塩性硫酸イオン
Key words: acid rain, pH, non sea salt sulfate

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2017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次に示すとおりである。

県央保健所においては、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。-

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2017年度における酸性雨出現率は97.3%であり、2016年度と比較してほとんど変化は無かった。降水のpHは4.02-6.80であり、年平均値は4.77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、2016、2017年度における観測日を表2に示す。気象庁HPによれば、2017年度に長崎県で黄砂が観測された日数は2016年度と同じく3日間であった。

2 pHの経月変化

2016、2017年度の降水量の経月変化を図2に、2009-2017年度pHの月別平均値の経月変化を図3に示す。2017年度の月別降水量は、7月、8月、10月の降水量が多く、例年に比べ6月の降水量が少なかった。また、年間降水量は過去9年間で6番目に多い量だった。

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。2017年度の結果においてもおおむねそのような傾向を示した。また、図4には2009-2017年度のpH加重平均値の推移を示しているが、4.61-4.80の範囲で大きな変動はなく推移していた。

3 イオン成分濃度

2009-2017年度におけるイオン成分濃度年平均値を表3に、2016、2017年度の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、2017年度の年平均値はそれぞれ86%、83%であり、2016年度の年平均値と比較すると、それぞれ割合が高くなった。また、降水の質的变化の解析として用いられている¹³N₂O₃/nss-SO₄²⁻等量比は2009年以降減少したが、2017年は再び同じ水準へ上昇していた。一般的にSO₂は火山活動や越境汚染の影響を受けやすく、NO_xは国内発生源の影響を受けやすいといわれてきたが、鶴野¹⁴)によれば寒候季には域外に水平輸送されることが示されていることから、越境汚染の影響

を受けている可能性がある。また、2000年代の変わりには中国のSO₂の排出量は頭打ちされたと言われており、NO₃⁻/nss-SO₄²⁻等量比の変化もその影響を受けていると思われる。

2009-2017年度におけるnss-Ca²⁺濃度、nss-SO₄²⁻濃度及びNO₃⁻濃度の経月変化を図5、6、7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。2017年度に長崎県で黄砂が観測されたのは5月であるが、nss-Ca²⁺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-SO₄²⁻濃度及びNO₃⁻濃度は冬季に高く、おおむね例年の傾向を示していた。

表1 pHの出現頻度及び酸性雨出現率

pH 階級	県央保健所	
	2016 年 度	2017 年 度
2.61～2.99	0	0
3.00～3.59	0	0
3.60～3.99	1	0
4.00～4.59	24	30
4.60～4.99	31	27
5.00～5.60	13	15
5.61～5.99	0	0
6.00～6.59	0	0
6.60～6.99	0	2
7.00～	0	0
サンプル数	69	74
酸性雨出現率 (%)	100.0	97.3
pH<4.00 (%)	1.4	0.0
最低 pH	3.89	4.02
最高 pH	5.45	6.80
加重平均 pH	4.73	4.77

表2 黄砂観測日

	2016 年度	2017 年度
黄砂観測日	4月14日 5月7日	5月6日 5月7日 5月8日
合計	3日間	3日間

※気象庁 HP より

4 イオン成分沈着量

表5に2009-2017年度におけるイオン成分年沈着量

を、表6に2016、2017年度イオン成分月別沈着量を示した。2017年度の年沈着量はCl⁻が最も多く、次いでSO₄²⁻、NO₃⁻という結果であり、2016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。2017年度においてもほぼそのような傾向を示していたが、各成分濃度が冬季に高い傾向があるため、沈着量も冬季に高い結果となった。また、SO₄²⁻は過去9年間の経年変化で減少傾向がみられた。

まとめ

県央保健所における2017年度の酸性雨の出現率は2016年度と大きな差はなく例年並みであった。2017年度における降水のpHは4.02～6.80、加重平均値は4.77であり、2016年度とほとんど変わらなかった。2016年度の全国のpHの地点別年平均値は4.69～5.21、全地点の年平均値は4.90であるので¹⁵⁾、県央保健所における2017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。イオン成分濃度については、nss-SO₄²⁻濃度及びNO₃⁻濃度は、冬季に高く、おおむね例年の傾向を示していた。イオン沈着量については、降水量の多い時期に高い傾向を示した。また、本文では示していないがnss-SO₄²⁻及びH⁺の年平均濃度については全国の最大値よりも大きく、年間沈着量は全国の範囲内だった。

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、冬季にnss-SO₄²⁻及びNO₃⁻濃度が高くなることや、nss-SO₄²⁻については全国と比較しても高濃度であることから今後も継続的に経過を解析する必要がある。また、本県は大陸と近く越境汚染の影響を受けやすいことから、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) 藤田 慎一：日本列島における降水のNO₃⁻/nss-SO₄²⁻濃度比の経年変化, 大気環境学会誌, **48**, 12-19(2013).
- 14) 鶴野 伊津志：東アジア域のNO_x排出量と窒素化合物の挙動のモデル解析, 大気環境学会誌, **48**, 223-233(2013).
- 15) 環境省：平成28年度酸性雨調査結果(湿性沈着モニタリング結果)

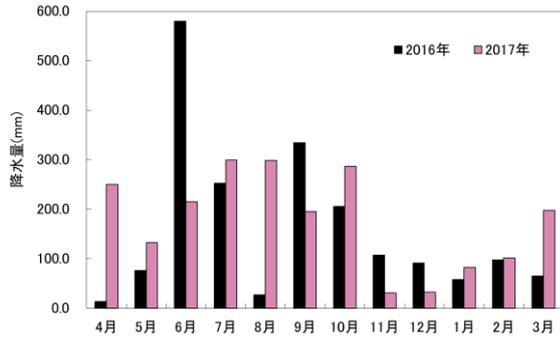


図2 降水量の経月変化

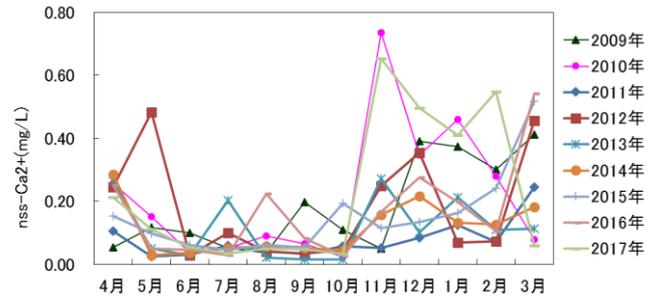


図5 nss- Ca²⁺濃度の経月変化

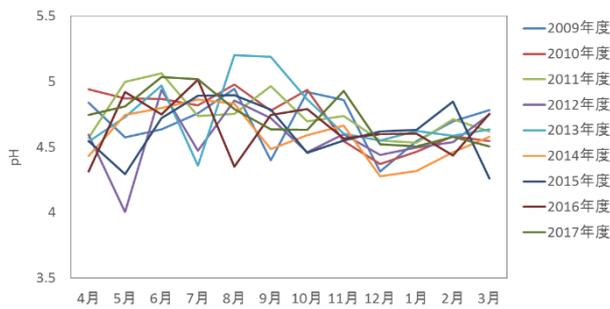


図3 pH月別平均値

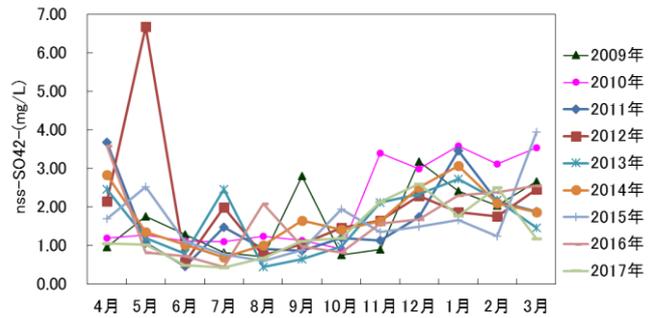


図6 nss- SO₄²⁻濃度の経月変化

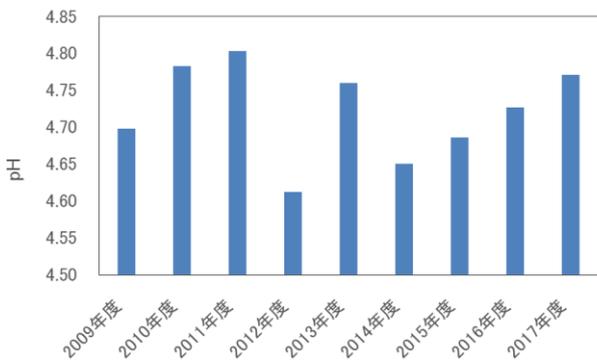


図4 pH加重平均値の推移

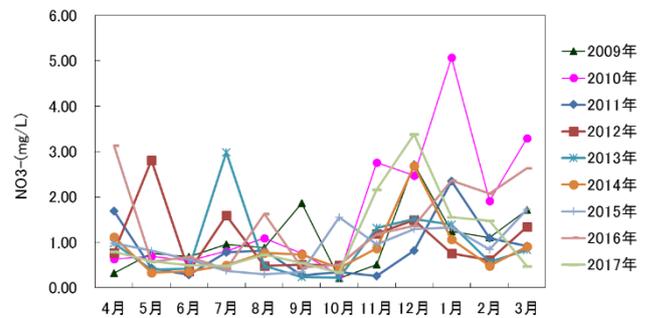


図7 NO₃濃度の経月変化

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⁻ (a)	nss-SO ₄ ²⁻ (b)	b/a*100 (%)	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺ (c)	nss-Ca ²⁺ (d)	d/c*100 (%)	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H ⁺
県央保健所	2009	1.57	1.43	91	0.92	0.95	0.31	0.16	0.14	87	0.55	0.08	0.04	0.02
	2010	1.82	1.58	87	1.14	1.70	0.33	0.17	0.13	78	0.96	0.14	0.06	0.02
	2011	1.22	1.12	92	0.53	0.71	0.17	0.07	0.05	78	0.40	0.09	0.03	0.02
	2012	1.66	1.50	90	0.83	1.14	0.30	0.13	0.11	82	0.64	0.10	0.03	0.03
	2013	1.54	1.33	87	0.86	1.47	0.21	0.11	0.08	72	0.82	0.10	0.05	0.02
	2014	1.55	1.41	91	0.65	1.04	0.19	0.09	0.07	77	0.56	0.08	0.05	0.02
	2015	1.48	1.32	89	0.77	1.16	0.28	0.13	0.11	82	0.63	0.10	0.03	0.02
	2016	1.26	1.07	85	0.86	1.36	0.28	0.12	0.09	77	0.75	0.12	0.04	0.02
	2017	1.23	1.05	86	0.81	1.22	0.24	0.17	0.14	84	0.70	0.12	0.04	0.02

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	2016	SO ₄ ²⁻	3.82	0.83	0.76	0.62	2.22	1.04	1.00	1.70	2.22	3.21	3.33	2.87	1.26
		nss-SO ₄ ²⁻	3.58	0.82	0.72	0.45	2.09	0.97	0.82	1.58	1.68	2.30	2.38	2.56	1.07
		NO ₃ ⁻	3.14	0.58	0.68	0.41	1.63	0.45	0.50	1.18	1.36	2.36	2.08	2.63	0.86
		Cl ⁻	1.83	0.11	0.32	1.09	0.93	0.74	1.36	0.83	3.69	6.50	6.09	2.17	1.36
		NH ₄ ⁺	1.55	0.32	0.18	0.11	0.53	0.20	0.19	0.32	0.34	0.61	0.75	0.83	0.28
		Ca ²⁺	0.29	0.05	0.05	0.06	0.24	0.09	0.06	0.19	0.36	0.34	0.25	0.59	0.12
		nss-Ca ²⁺	0.25	0.05	0.05	0.03	0.22	0.08	0.03	0.17	0.28	0.20	0.11	0.54	0.09
		Na ⁺	0.93	0.04	0.14	0.66	0.51	0.26	0.74	0.51	2.14	3.63	3.78	1.25	0.75
		Mg ²⁺	0.16	0.02	0.04	0.09	0.11	0.05	0.10	0.09	0.34	0.48	0.50	0.26	0.12
		K ⁺	0.20	0.02	0.02	0.03	0.05	0.01	0.03	0.02	0.11	0.17	0.21	0.09	0.04
		H ⁺	0.049	0.012	0.018	0.010	0.045	0.018	0.016	0.027	0.025	0.025	0.037	0.018	0.02
		降水量mm	14	76	579	252	27	334	205	107	91	58	98	65	1907
		2017	SO ₄ ²⁻	1.13	1.06	0.51	0.48	0.74	1.17	1.25	2.50	3.28	2.83	3.48	1.42
	nss-SO ₄ ²⁻		1.05	1.03	0.49	0.43	0.68	1.12	1.20	2.13	2.60	1.77	2.50	1.18	1.03
	NO ₃ ⁻		0.79	0.58	0.49	0.49	0.74	0.54	0.33	2.16	3.38	1.55	1.48	0.47	0.70
	Cl ⁻		0.84	0.25	0.20	0.38	0.42	0.37	0.34	2.33	4.50	7.21	6.88	2.11	1.24
	NH ₄ ⁺		0.24	0.16	0.13	0.14	0.20	0.18	0.17	0.55	0.89	0.48	0.50	0.18	0.22
	Ca ²⁺		0.22	0.12	0.06	0.04	0.06	0.06	0.04	0.71	0.60	0.57	0.70	0.10	0.15
	nss-Ca ²⁺		0.21	0.11	0.05	0.03	0.05	0.05	0.03	0.65	0.50	0.41	0.55	0.06	0.12
Na ⁺	0.32		0.12	0.10	0.21	0.24	0.20	0.20	1.46	2.73	4.21	3.89	0.94	0.66	
Mg ²⁺	0.13	0.06	0.03	0.06	0.06	0.04	0.05	0.24	0.41	0.56	0.54	0.14	0.12		
K ⁺	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.09	0.14	0.18	0.18	0.05	0.04		
H ⁺	0.018	0.016	0.009	0.010	0.016	0.023	0.023	0.012	0.030	0.031	0.026	0.031	0.02		
降水量mm	250	133	215	299	299	195	286	31	32	82	102	198	2122		

表5 イオン成分年沈着量

調査地点	年度	年降水量 (mm)	単位:mg/m ² /年										
			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	2009	2142.6	3304.1	2960.6	1977.7	2315.3	633.6	356.4	304.4	1368.2	190.2	87.8	42.7
	2010	2075.3	3364.7	2991.7	2044.4	2642.3	680.2	336.6	280.1	1486.0	231.4	102.3	34.2
	2011	2815.7	3445.0	3182.5	1720.5	1917.0	499.6	205.5	165.8	1045.7	278.2	98.5	43.6
	2012	2489.5	4128.7	3765.2	2125.1	2578.2	781.4	369.1	314.1	1448.2	243.7	72.5	60.7
	2013	2003.3	3025.6	2635.7	1410.3	2804.8	407.3	244.4	185.4	1553.2	202.3	97.3	34.2
	2014	2199.7	3312.1	2985.0	1632.9	2461.8	488.0	235.7	186.1	1303.2	198.4	119.8	48.9
	2015	2462.9	3222.2	2886.3	1584.9	2427.5	600.1	280.1	229.3	1338.1	208.9	70.5	51.1
	2016	1907.3	2408.0	2048.4	1642.6	2587.6	525.6	235.5	181.1	1432.3	224.6	83.9	36.2
	2017	2121.5	2533.2	2179.0	1493.7	2623.2	466.9	315.7	262.1	1411.2	256.4	83.8	40.3

表6 イオン成分月別沈着量

調査地点	年度	項目	単位:mg/m ² /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	2016	SO ₄ ²⁻	51.9	63.0	440.2	155.7	59.2	346.5	206.3	182.6	202.4	186.6	325.9	187.4	2408.0
		nss-SO ₄ ²⁻	48.8	62.2	419.6	113.6	55.8	324.4	168.1	169.0	153.3	133.7	233.1	167.0	2048.4
		NO ₃ ⁻	42.7	43.9	393.5	104.4	43.4	148.9	103.5	126.1	124.4	137.3	203.1	171.4	1642.6
		Cl ⁻	24.9	8.5	185.3	274.7	24.8	248.3	280.1	89.4	336.7	377.9	595.8	141.3	2587.6
		NH ₄ ⁺	21.1	24.1	106.3	27.1	14.3	65.4	39.0	34.3	31.4	35.4	73.2	53.9	525.6
		Ca ²⁺	3.9	4.0	30.2	13.9	6.5	30.8	11.3	19.9	32.6	19.5	24.3	38.4	235.5
		nss-Ca ²⁺	3.4	3.9	27.1	7.5	6.0	27.5	5.5	17.9	25.2	11.5	10.3	35.3	181.1
		Na ⁺	12.7	3.1	82.3	167.8	13.5	88.0	152.4	54.5	195.8	210.9	369.9	81.4	1432.3
		Mg ²⁺	2.2	1.5	25.1	21.9	2.8	16.1	19.6	10.0	31.4	27.7	49.2	17.0	224.6
		K ⁺	2.8	1.3	11.2	7.0	1.4	4.9	6.6	2.5	10.0	9.7	20.8	5.7	83.9
	H ⁺	0.7	0.9	10.3	2.4	1.2	6.0	3.3	2.9	2.3	1.5	3.6	1.1	36.2	
	降水量mm	14	76	579	252	27	334	205	107	91	58	98	65	1907	
	2017	SO ₄ ²⁻	283.1	140.0	110.1	144.2	220.4	228.1	356.9	77.6	105.3	232.9	354.5	280.1	2533.2
		nss-SO ₄ ²⁻	263.3	136.0	104.8	128.2	202.0	218.2	342.8	66.2	83.3	145.9	254.9	233.3	2179.0
		NO ₃ ⁻	198.6	77.1	105.8	145.1	220.2	105.7	94.6	67.0	108.6	127.3	150.5	93.2	1493.7
		Cl ⁻	211.0	32.6	42.4	113.2	126.8	71.9	98.1	72.3	144.4	592.5	700.9	417.1	2623.2
		NH ₄ ⁺	60.3	21.0	28.5	41.7	60.5	34.2	48.7	17.2	28.6	39.6	50.5	36.1	466.9
		Ca ²⁺	56.2	15.4	12.5	12.9	17.8	11.0	11.8	22.0	19.2	46.9	71.0	19.1	315.7
		nss-Ca ²⁺	53.2	14.8	11.7	10.5	15.0	9.5	9.7	20.3	15.9	33.7	55.9	12.0	262.1
Na ⁺		78.8	16.0	21.1	63.8	73.2	39.5	56.1	45.4	87.7	346.4	396.7	186.5	1411.2	
Mg ²⁺		32.3	8.3	7.1	17.2	19.0	8.7	14.3	7.6	13.1	46.2	55.3	27.3	256.4	
K ⁺		8.3	3.5	2.9	5.7	6.7	1.0	4.9	2.8	4.6	15.0	18.4	10.0	83.8	
H ⁺	4.5	2.1	2.0	2.9	4.9	4.5	6.7	0.4	1.0	2.6	2.7	6.2	40.3		
降水量mm	250	133	215	299	299	195	286	31	32	82	102	198	2122		