

5) 熊本県の酸性雨長期モニタリング調査結果 (2019年度)

-県内2地点における降水試料調査結果-

上野一憲 小原大翼

はじめに

熊本県では、1988年10月から県内における酸性雨の状況を把握するため、長期モニタリング調査¹⁾を行っている。2004年4月から採取装置をろ過式採取装置から湿性沈着と乾性沈着を分けて採取する降水時開放型採取装置に変更し²⁾、2008年からは、湿性沈着のみ調査を行っている。なお、乾性沈着(非降水時における降下物)の結果については、既報³⁾を参照されたい。

本報では新たに阿蘇一の宮が追加された2019年度の調査結果について報告する。

調査方法及び分析方法

1 調査地点及び降水採取方法

過去に実施した地点を含む酸性雨調査地点を図1に示した。

2019年度は宇土(熊本県保健環境科学研究所)に加え、阿蘇一の宮(阿蘇地域振興局)で新たに調査を開始し、計2地点で実施した。降水採取は小笠原計器製降水採取器US-300型を用い、1週間ごとに降水の回収を行った。

調査月の区切りと降水試料の回収日は、酸性雨全国調査実施要領⁴⁾の別表月割り表に従った。

2 分析方法

採取した降水試料についてpH、EC及びイオン成分を分析した。

pH測定は東亜ディーケーケー製HM-42Xを用い、複合電極はGST-5841Cを使用した。電気伝導度(以下「EC」

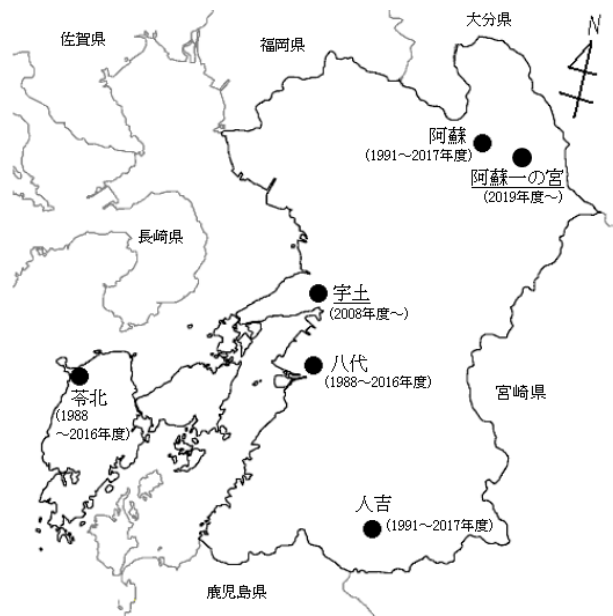


図1 調査地点

という。)測定には東亜ディーケーケー製CM-42Xを用い、電導度セルはCT-58101Bを使用した。なお、pH及びECは恒温水槽を使用して25°Cで測定した。

イオン成分分析はダイオネクス製ICS-1600を用い、イオンクロマトグラフ法で行った。分析条件として、カチオンについてはカラムとしてDionex IonPacTM CS16、溶離液として30mMメタンсульфон酸溶液を用い、流速は1.0mL/minに設定した。また、アニオンについてはカラムとしてDionex IonPacTM AS23、溶離液として4.5mM Na₂CO₃、0.5mM NaHCO₃混合溶液を用い、流速1.0mL/min

表1 イオン成分総括表^{注1)}

調査地点		pH	EC mS/m	SO ₄ ²⁻ μmol/L	NO ₃ ⁻ μmol/L	Cl μmol/L	NH ₄ ⁺ μmol/L	Na ⁺ μmol/L	K ⁺ μmol/L	Ca ²⁺ μmol/L	Mg ²⁺ μmol/L	H ⁺ μmol/L	年間降水量 mm
阿蘇一の宮 n=49	平均	4.10	4.48	24.8	9.1	89.2	15.9	10.7	1.7	11.7	4.54	79.3	2236
	最高	4.61	13.31	55.8	25.5	375.9	36.8	56.5	5.8	31.1	20.6	234.8	-
	最低	3.63	1.92	14.9	4.6	36.9	8.5	1.8	0.4	1.6	0.6	24.6	-
宇土 n=48	平均	4.68	1.31	10.3	9.0	17.1	10.4	12.4	0.8	1.7	1.7	20.8	2148
	最高	4.69	1.35	12.4	10.0	14.8	10.8	10.9	0.7	2.2	1.6	20.4	1997
	最低	5.03	3.05	25.0	23.3	40.8	28.9	31.2	1.5	5.3	4.2	52.3	1997
	最低	4.28	0.62	4.3	4.9	6.7	4.8	5.3	0.5	0.7	0.8	9.3	

注1) n: 検体数。平均は分析に供した雨水の降水量を基に加重平均により算出。表中の最高値及び最低値は、月平均(加重平均)値から抽出。
イタリック体: 2018年度の成分加重平均濃度及び降水量。

表2 月平均（加重平均）pH及びECと月別イオン成分沈着量

調査地点	月	試料数	降水量 ¹⁾ mm	pH	導電率 mS/m	SO ₄ ²⁻ meq/m ²	nss-SO ₄ ²⁻ meq/m ²	NO ₃ ⁻ meq/m ²	Cl ⁻ meq/m ²	nss-Cl ⁻ meq/m ²	NH ₄ ⁺ meq/m ²	Na ⁺ meq/m ²	K ⁺ meq/m ²	Ca ²⁺ meq/m ²	nss-Ca ²⁺ meq/m ²	Mg ²⁺ meq/m ²	H ⁺ meq/m ²	月間沈着量 meq/m ²
阿蘇一の宮	4	3	76.5	4.15	4.33	4.3	4.2	1.9	5.1	4.2	2.8	0.8	0.1	1.3	1.2	0.5	5.4	22.3
	5	4	100.3	4.16	4.56	6.1	6.0	0.8	7.8	6.9	2.0	0.8	0.1	1.3	1.2	1.1	6.9	26.9
	6	4	139.3	4.15	4.69	8.0	7.9	1.6	10.9	9.6	2.9	1.2	0.2	1.8	1.7	1.6	9.9	38.0
	7	6	690.2	4.22	2.87	20.6	20.5	3.2	26.6	25.1	5.9	1.3	0.3	2.2	2.2	0.8	41.7	102.5
	8	4	403.0	4.61	1.92	15.1	14.7	3.9	14.9	10.8	5.6	3.4	0.6	9.2	9.0	2.7	9.9	65.3
	9	4	169.9	4.48	2.32	8.7	8.5	0.8	7.0	5.3	1.5	1.5	0.3	5.2	5.1	1.3	5.6	31.8
	10	4	76.5	4.19	3.82	3.4	3.3	0.8	5.6	4.4	2.0	1.0	0.1	1.3	1.2	0.9	4.9	20.0
	11	4	40.3	3.98	5.82	3.2	3.1	0.8	3.8	2.5	1.0	1.0	0.1	1.3	1.3	0.4	4.2	15.9
	12	4	129.9	4.03	5.89	14.5	14.3	1.9	15.3	12.9	2.8	2.1	0.5	8.0	7.9	1.5	12.0	58.7
	1	4	117.0	3.63	13.31	7.9	7.1	1.6	44.0	36.2	2.0	6.6	0.7	7.3	7.0	4.8	27.5	102.5
	2	4	179.6	3.71	10.05	10.3	9.9	1.5	43.5	40.2	4.0	2.8	0.6	9.4	9.3	3.4	34.8	110.3
	3	4	113.5	3.89	6.79	8.5	8.3	1.5	15.1	13.4	3.0	1.5	0.3	3.9	3.8	1.2	14.6	49.5
	合計 ²⁾	49	2236.1	4.10	4.48	110.7	107.8	20.4	199.6	171.5	35.5	23.9	3.9	52.1	51.0	20.3	177.4	643.7
宇土	4	3	68.5	4.61	1.64	2.4	2.3	1.6	0.7	0.2	2.0	0.4	0.1	0.7	0.7	0.2	1.7	9.8
	5	4	135.0	4.71	1.69	3.7	3.3	1.7	4.6	0.4	1.8	3.6	0.1	0.7	0.5	0.9	2.6	19.8
	6	4	135.0	4.71	1.69	3.7	3.3	1.7	4.6	0.4	1.8	3.6	0.1	0.7	0.5	0.9	2.6	19.8
	7	6	794.1	5.03	0.62	6.8	6.3	3.9	5.3	0.4	4.7	4.2	0.4	1.1	0.9	1.3	7.4	35.1
	8	4	400.1	4.89	0.89	4.9	4.4	3.0	4.8	0.6	3.1	3.6	0.2	0.9	0.8	1.0	5.2	26.6
	9	4	135.9	4.78	1.17	2.7	2.5	0.8	2.5	0.3	1.5	1.8	0.1	0.5	0.4	0.5	2.3	12.7
	10	3	114.0	4.38	2.08	2.9	2.8	0.6	2.7	1.5	0.5	1.0	0.1	0.3	0.2	0.3	4.7	13.2
	11	4	46.7	4.29	3.05	2.3	2.2	1.0	1.9	0.2	0.8	1.5	0.1	0.4	0.3	0.4	2.4	10.8
	12	4	124.5	4.37	2.40	4.5	4.2	1.9	4.0	0.7	1.5	2.9	0.1	0.6	0.5	0.7	5.3	21.6
	1	4	87.5	4.39	2.33	3.7	3.4	1.0	2.7	0.3	1.1	2.0	0.1	0.6	0.5	0.5	3.6	15.2
	2	4	153.8	4.52	1.78	4.5	4.2	1.7	3.2	0.3	2.4	2.4	0.2	0.5	0.4	0.6	4.6	20.3
	3	4	101.5	4.28	2.81	5.0	4.8	1.9	2.4	0.6	2.5	1.5	0.2	0.7	0.6	0.5	5.3	19.9
	合計 ²⁾	48	2296.5	4.68	1.31	47.1	43.7	20.7	39.3	5.8	23.8	28.5	1.8	7.8	6.5	7.9	47.7	224.8

1) オーバーフローした週の降水量は雨量計の降水量を用いて月間降水量を算出
2) pH及びECは加重平均値

に設定した。

調査結果及び考察

1 2018年度⁵⁾との比較

表1に2019年度の調査地点におけるイオン成分総括表を示した。年間降水量は回収時の捕集量から算出した。年間の平均pH、平均EC及び平均イオン成分濃度は月毎の降水量との加重平均により算出した。

年間降水量について、宇土においては2018年度と比べ300.0mm増加した。7、8月の大雨が年間降水量の増加に寄与した。

pHの年平均値について、宇土においては2018年度と比べ0.01低かった。一方、阿蘇一の宮におけるpHの年平均値は4.10で、本県が行った調査において最も低い値であった。

ECの年平均値について、宇土においては2018年度と比べ0.04mS/m低かった。一方、阿蘇一の宮におけるECの年平均値は4.48mS/mで、宇土の約3倍の値であった。

イオン成分について、主に海塩由来成分であるCl⁻、Na⁺及びMg²⁺と、K⁺並びにH⁺の宇土における年平均濃度は、2018年度と比べ、それぞれ2.3μmol/L、1.5μmol/L、0.1μmol/L、0.1μmol/L、0.4μmol/L高かった。また、SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、Ca²⁺の年平均濃度は2018年度と比べ、それ

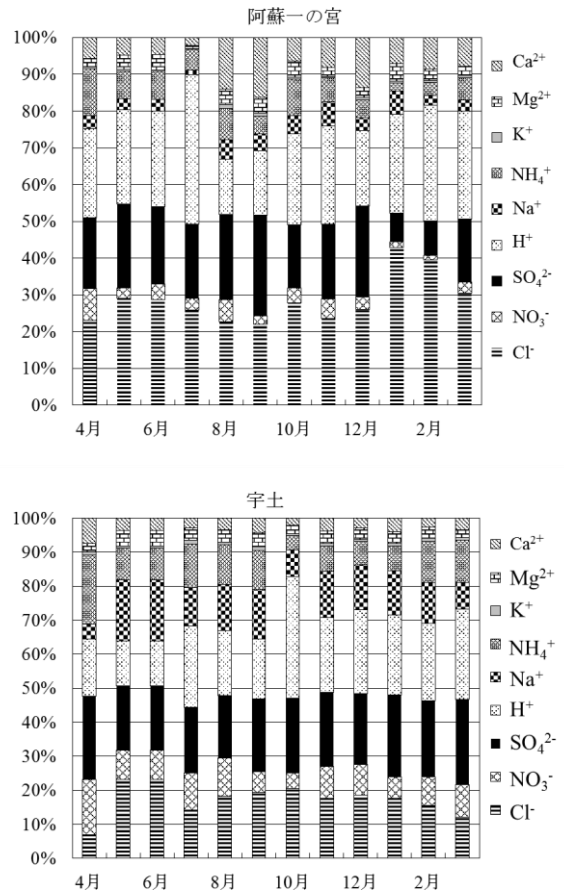


図2 月別沈着量に対する各イオン成分沈着量の割合

表3 イオン成分年間沈着量の推移

調査地点	年度	年間降水量 mm	pH	EC mS/m	SO ₄ ²⁻ meq/m ²	NO ₃ ⁻ meq/m ²	Cl ⁻ meq/m ²	NH ₄ ⁺ meq/m ²	Na ⁺ meq/m ²	K ⁺ meq/m ²	Ca ²⁺ meq/m ²	Mg ²⁺ meq/m ²	H ⁺ meq/m ²	年間沈着量 meq/m ²
阿蘇	2008 ^{注1)}	2424.6	4.50	1.50	74.8	23.5	37.3	37.0	20.8	4.3	13.3	6.6	73.6	291.3
	2009	2655.3	4.52	1.57	90.0	32.6	54.9	47.5	31.6	6.3	19.4	10.2	80.0	372.4
	2010	2190.9	4.61	1.91	80.0	33.4	60.3	49.4	32.9	4.0	21.5	9.5	50.0	341.0
	2011	2580.0	4.80	1.38	80.5	30.4	39.2	42.5	26.1	7.1	23.0	8.8	41.1	298.8
	2012 ^{注2)}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2013	2455.9	4.54	2.26	99.5	44.1	87.9	67.1	48.3	8.9	28.9	15.5	69.9	470.2
	2014 ^{注3)}	2339.9	4.27	3.38	110.5	28.4	123.5	43.3	29.5	4.2	35.8	15.8	124.9	515.8
	2015	2728.4	4.60	1.83	84.4	22.9	62.5	38.8	26.4	4.4	21.1	11.2	69.1	340.7
	2016	3802.1	4.61	1.56	116.0	40.5	59.0	61.2	33.3	3.4	14.8	9.5	94.2	431.9
阿蘇一の宮	2017	2655.3	4.74	1.21	66.6	24.2	33.5	32.9	25.0	2.0	11.6	7.0	48.8	251.7
阿蘇一の宮	2019	2236.1	4.10	4.48	110.7	20.4	199.6	35.5	23.9	3.9	52.1	20.3	177.4	643.7
宇土	2008	2389.6	4.55	1.55	72.5	25.0	38.5	34.8	28.7	2.8	12.8	8.0	64.9	288.1
	2009 ^{注4)}	1446.2	4.44	1.92	51.7	23.5	35.8	28.6	29.4	1.6	10.6	7.7	52.7	241.6
	2010	1744.1	4.69	1.57	50.9	22.1	31.2	32.0	24.7	1.6	11.3	6.6	35.7	215.9
	2011	2180.5	4.69	1.45	58.9	23.4	31.4	30.1	23.7	2.2	9.7	5.8	44.5	229.7
	2012	2106.8	4.71	1.56	59.9	22.6	43.5	33.7	35.8	2.6	10.8	8.7	41.5	259.2
	2013 ^{注5)}	1968.3	4.69	1.49	50.8	21.8	31.3	27.2	25.6	1.7	10.3	6.7	36.5	211.9
	2014	1775.1	4.62	1.71	57.5	21.4	27.9	25.5	22.7	1.9	10.1	6.4	42.2	215.5
	2015	2415.5	4.86	1.18	47.4	18.8	41.3	23.8	36.7	2.2	9.5	9.5	33.7	222.8
	2016	2649.6	4.85	1.11	55.2	27.5	39.8	33.4	31.8	2.3	11.9	8.6	37.8	248.5
	2017	2203.3	4.75	1.22	47.8	20.3	38.7	20.8	30.9	1.9	8.5	7.8	38.8	215.4
	2018	1996.5	4.69	1.35	49.6	20.0	29.5	21.6	21.7	1.5	8.8	6.3	40.7	199.8
2019	2296.5	4.68	1.31	47.1	20.7	39.3	23.8	28.5	1.8	7.8	7.9	47.7	224.8	

注1) 欠測月(9月, 10月)を含む。

注2) 2012年7月2日から2013年2月24日まで欠測。

注3) 試料未回収を含む。

注4) 欠測月(2月, 3月)を含む。

注5) 2013年9月2日から2013年12月2日まで降水量のみ測定分, 2014年1月24日から2月10日までの欠測を含む。

ぞれ 2.1μmol/L, 1.0μmol/L, 0.4μmol/L, 0.5μmol/L 高かった。阿蘇一の宮は, SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, H⁺について, 宇土と比べて最高と最低の値に大きな差が認められた。

2 経月変化

表2に2019年度の阿蘇一の宮及び宇土における月平均(加重平均)pH及びECと月別イオン成分沈着量を示した。月平均pH及びECは月別降水量との加重平均により算出し, イオン成分沈着量は各イオン成分濃度に対し, 分析に供した降水量を乗じて算出した。

月平均pHでは, 阿蘇一の宮で11月以降4以下で推移した。特に1月が3.63, 次いで2月の3.71, 3月の3.89, 11月の3.98の順であった。一方, 宇土では11月の4.29が最も低く, 次いで12月の4.37, 10月の4.38, 1月の4.39の順であった。

月平均ECでは, 阿蘇一の宮で月平均pHと同様に11月以降5mS/m以上で推移した。特に1月と2月がそれぞれ13.31mS/m, 10.05mS/mで, 10mS/mを超える値を示した。一方, 宇土は阿蘇一の宮と比べて低く, 0.62mS/m(7月)~3.05mS/m(11月)で推移しており, 秋季から冬季にかけて高くなる傾向にあった。

月別イオン成分沈着量では, 阿蘇一の宮で7~8月及び12月以降SO₄²⁻, Cl⁻, Ca²⁺, Mg²⁺が高くなる傾向にあった。

一方, 宇土は1年を通して大きな変動は見られなかった。

図2に2019年度の月別沈着量に対する各イオン成分沈着量の占める割合を示した。阿蘇一の宮ではアニオン成分のうちCl⁻/SO₄²⁻比で8月と9月を除いて1以上あり, 特に2月が約5.7倍, 3月が約4.2倍と際立ってCl⁻が多く含まれていた。降水の酸性化に対してはCl⁻の寄与が大きいことが考えられる。一方, 宇土ではCl⁻/SO₄²⁻比が0.28~1.2倍で推移しており, 全体ではCl⁻とSO₄²⁻が酸性化に寄与しているものと考えられた。

3 経年変化

2008年度から2019年度までの平均pH, EC及びイオン成分年間沈着量の推移を表3に示した。なお, 他の調査地点について調査開始(1989年度)からのデータは既報⁶⁾を参照されたい。

阿蘇一の宮については2019年度から開始したため, 比較のため2017年度まで調査していた阿蘇の結果を示した。この3地点の比較では, 阿蘇一の宮でのCl⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺の沈着量が際立って多かった。一方, 宇土については多少の変動はあるもののほぼ同等の範囲内であった。

4 低pH(pH4未満)の降水事例

表4に降水試料のpHが4未満の事例を示した。宇土において, 降水のpHが4以下となるデータは少ない。しか

表4 低 pH (pH4 未満) の降水事例

地点名	採取期間		降水量 mm	pH	EC mS/m	SO ₄ ²⁻ μmol/L	nss-SO ₄ ²⁻ μmol/L	NO ₃ ⁻ μmol/L	Cl ⁻ μmol/L	nss-Cl ⁻ μmol/L	NH ₄ ⁺ μmol/L	Na ⁺ μmol/L	K ⁺ μmol/L	Ca ²⁺ μmol/L	nss-Ca ²⁺ μmol/L	Mg ²⁺ μmol/L	H ⁺ μmol/L	特記 事項		
	月	週																	開始日	終了日
阿蘇一の宮	4	4	4/22	4/26	23.7	3.85	7.94	54.0	53.7	28.3	102.7	96.6	47.2	5.2	2.3	7.5	7.3	3.9	141.3	
	5	4	5/20	5/27	15.3	3.64	15.26	71.8	70.6	5.6	312.7	290.1	11.5	19.2	3.3	16.6	16.1	20.6	229.1	
	6	1	5/27	6/3	16.3	3.41	25.80	138.9	136.5	22.7	505.0	459.6	59.7	38.6	5.4	33.0	32.1	36.6	389.0	
	9	2	9/9	9/17	26.9	3.94	8.40	105.5	104.6	6.3	167.3	149.7	10.0	15.0	5.6	75.4	75.1	15.5	114.8	13日5時41分、阿蘇中岳噴火
	9	4	9/24	9/30	2.2	3.99	5.53	61.2	60.9	12.2	33.4	26.4	32.4	5.9	1.7	7.2	7.0	3.2	102.3	28日9時、阿蘇中岳噴火
	10	3	10/15	10/21	13.8	3.60	13.62	39.7	38.4	13.1	319.2	293.3	23.6	22.1	3.6	36.3	35.8	21.2	251.2	火山灰混入
	11	1	10/28	11/5	8.0	3.57	12.25	35.5	35.2	17.7	202.1	195.6	20.1	5.6	1.3	9.6	9.5	1.9	269.2	
	12	5	12/23	12/31	33.1	3.71	9.98	33.4	32.1	17.1	201.7	176.5	30.1	21.4	3.0	12.0	11.5	9.1	195.0	
	1	2	1/14	1/20	2.7	2.61	152.90	168.8	140.6	63.2	5131.3	4584.4	54.0	465.1	60.6	558.5	548.0	269.9	2454.7	火山灰混入
	1	3	1/20	1/27	69.9	3.57	13.70	30.0	29.2	9.9	338.7	323.1	17.2	13.3	5.2	20.4	20.1	16.2	269.2	
	2	2	2/10	2/17	70.1	3.40	20.10	30.3	29.5	3.8	530.0	514.3	15.6	13.4	5.3	47.0	46.7	19.9	398.1	
	3	4	3/23	3/30	63.6	3.68	10.49	52.1	51.4	14.0	202.0	189.0	26.9	11.0	3.5	21.7	21.4	6.7	208.9	火山灰少量混入
宇土	10	4	10/21	10/28	27.2	3.99	4.70	18.5	18.3	9.6	51.7	50.0	7.2	2.5	0.6	1.5	1.5	0.8	102.3	高濃度Fを検出(25.9μmol/L)
	11	1	10/28	11/5	7.5	3.96	4.90	43.4	43.2	10.8	22.5	20.4	7.1	3.0	0.5	1.9	1.8	0.9	109.6	
	1	2	1/14	1/20	1.2	3.90	8.40	71.6	66.9	116.2	100.7	75.2	98.8	77.0	3.9	23.4	21.6	11.2	125.9	

表5 阿蘇山の火山活動状況(2019年発表履歴)

噴火警報・予報及び噴火警戒レベルの状況	3月12日	火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを1（活火山であることに留意）から2（火口周辺規制）に引上げ
	3月29日	噴火警戒レベルを2（火口周辺規制）から1（活火山であることに留意）に引下げ
	4月14日	火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを1（活火山であることに留意）から2（火口周辺規制）に引上げ
活動状況	4月16日	中岳第一火口で噴火発生、噴煙が200m
	5月3日	噴煙が最高2000mまで上がる
	7月26日	噴火発生、噴煙が最高1600mまで上がる
	7月28日	噴火発生、噴煙が200～1500mで推移。以降継続
	10月下旬	2019年の噴火活動開始後最も大きな状態となる
火山ガス（二酸化硫黄）の放出量	2月以降	概ね多い状態で経過
	3月中旬	一時的に多い状態
	4月～5月	一時的に多い状態
	7月26日	噴火後、一時的に多い状態
	9月中旬以降	次第に増大
	10月以降	非常に多い状態で経過

し、2019年度は10月以降、pH4未満の試料が3検体あった。一方、阿蘇一の宮においては、pH4未満の降水試料が12検体あった。特に1月第2週（1/14～1/20）の試料はpH2.61で、調査を開始後最も低い値であった。これは表5⁷⁾に示すように、2019年4月に阿蘇山の火山活動が活発化したため、噴火レベルが2に引き上げられ、その後たびたび噴火を繰り返し、火山ガスの放出量が多い状態で経過したことが原因と考えられる。

降水の酸性化に寄与するアニオンは主にSO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻である。表4中ではSO₄²⁻とCl⁻が際立って高濃度であることに着目し、海塩由来成分を除いた非海塩性のnss-SO₄²⁻とnss-Cl⁻についてH⁺との相関性をグラフで示した(図3)。この図からH⁺とnss-Cl⁻の相関性が高いことがわかる。なお、1月第2週（1/14-1/20）のデータが突出して高かった

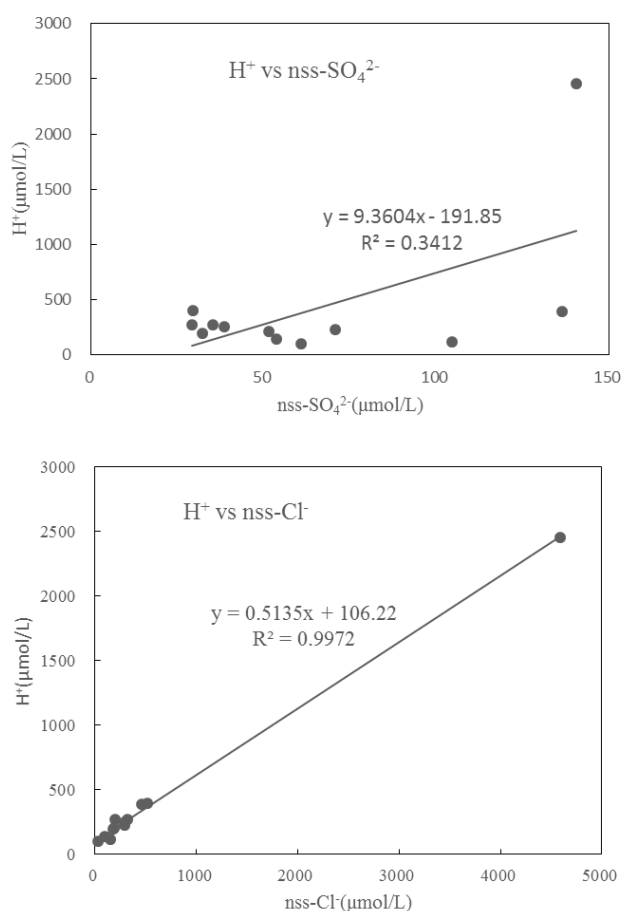


図3 阿蘇一の宮における低pH出現時のH⁺対nss-SO₄²⁻及びnss-Cl⁻

ため、この数値を除いて算出したR²も0.8966(R=0.9468)と高い相関性を示した。これまで阿蘇山の火山ガスによる降水の酸性化は主にSO₂ガスに起因するとしてきた。しかし、今回の阿蘇一の宮では、降水水中のCl⁻濃度が過去に行った阿蘇より際立って高い結果を得た。

阿蘇中岳との距離は、阿蘇一の宮（阿蘇地域振興局）が6.0kmで、阿蘇（旧阿蘇保健所）の10.7kmの約1/2であることから、阿蘇一の宮が火山ガスの影響を受けやすいと考えられる。火山ガス中のHClとSO₂が降水に取り込まれる速度として、排出されたHClは直接取り込まれるのに対し、SO₂は酸化の過程を経てH₂SO₄のガス・エアロゾルに変換される過程⁸⁾が加わるためタイムラグが生じると考えられた。

岩崎ら⁹⁾は国内各地の火山ガスの分析結果から求めた噴気孔温度の違いによる火山ガスの成分特徴を示した。それによると、高い温度（60-100℃）となるとSO₂の割合が増加し、さらに高温（100-800℃）となるとHFやHClも含まれるようになる。また、平林による桜島の火山ガスの報告例¹⁰⁾では、爆発回数の多い時期にCl/Sの値も大きくなると述べている。今年度の調査ではレベル2の活動状況にあり、中岳南側火口壁温度が約500℃であったことから、ClとSO₄²⁻の成分比に影響したものと考えられた。

まとめ

宇土における年平均pHは4.7前後で推移しており、特異なpH低下はなかった。イオン成分の年間沈着量については前年度と同じレベルで推移していた。一方、阿蘇一の宮における年平均pHは4.10と低い値であった。この降水の酸性化は阿蘇山がレベル2の活動期にあったこと及び阿蘇一の宮が阿蘇中岳との距離が近くなったことから、これまでの調査結果でのSO₄²⁻に加えHClとしてのClの濃度が大きく酸性化に寄与したものと考えられた。今後も継続して調査を行うことにより、阿蘇山の火山活動による

SO₄²⁻とCl⁻の関係を検討していきたい。

文献

- 1) 今村 修, 久保 清;熊本県衛生公害研究所報, 19, 53 (1989).
- 2) 緒方和博, 矢野弘道, 上野一憲, 今村 修;熊本県保健環境科学研究所報, 35, 91(2005).
- 3) 松本依子, 上野一憲, 今村 修;全国環境研会誌, 33(4), 219 (2008).
- 4) 全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部会;酸性雨全国調査実施要領(平成31年度), (2019).
- 5) 上野一憲, 小原大翼;熊本県保健環境科学研究所報, 48, 62 (2018).
- 6) 宮本 俊, 古澤尚英;熊本県保健環境科学研究所報, 44, 96 (2014).
- 7) 国土交通省気象庁ホームページ: 月間火山概況・火山活動解説資料/火山活動解説資料 (阿蘇山).
http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact_vol.php?id=503
- 8) 酸性雨問題周知啓発企画検討委員会編;環境保全活動のための酸性雨ハンドブック, p.21(1999) .
- 9) Iwasaki, I., Ozawa, T., Yoshida, M., Katsura, T., Iwasaki, B. and Kamada, M.: Differentiation of magmatic emanation, Bulletin of the Tokyo Insutitute of Tecnology, No.74, 1966, pp.1-57.
- 10) 平林順一;京大防災研究所年報,第24号B-1(昭和56.4), 1-10.