

9) 熊本県における降水時開放型雨水採取装置による乾性沈着量の季節変動

松本 依子 緒方 和博 上野 一憲

はじめに

熊本県では、県下における酸性雨の状況を把握することを目的として、苓北、八代、阿蘇及び人吉の4地域において長期モニタリングを行っており、湿性沈着に関しては所報¹⁾で毎年報告している。一方、非降水時の乾性沈着についても酸性沈着量を総合的に評価する上で重要なことから、乾性沈着物中の水溶性成分と不溶性成分について、pH、電導率（以下「EC」という。）及びイオン成分等の実態把握を行っている。採取した試料は、重力沈降するエアロゾル（降下ばいじん）、乾性衝突及び拡散で入ってくる一部のエアロゾルと拡散で入ってくる一部のガスである²⁾。

今回、苓北と八代について1994年度から2005年度までの12年間、また阿蘇と人吉について2000年度から2005年度までの6年間の調査結果（阿蘇と人吉は1999年9月に湿性沈着物と乾性沈着物を一括して採取するろ過式採取器から現在の湿性沈着物と乾性沈着物を分別採取する捕集装置に変更）を基に地域特性や黄砂の影響について検討した。

調査方法

1 調査地点及び採取方法

調査地点と試料採取については、苓北（苓北町志岐小学校）、八代（八代市役所）、阿蘇（阿蘇保健所）、人吉（人吉保健所）の4地点で、降水時と非降水時を分けて採取する降水採取装置を設置し、1ヶ月毎に乾性沈着物を採取した。図1に調査地点を示す。

2 分析方法

回収した試料容器（内径20cm）内を500mの超純水で洗い、1時間放置して水溶性成分を溶出後メンブランフィルター（MILLIPORE製、孔径0.8 μ m）でろ過した。ろ紙上の残留物は秤量後、濃硝酸40ml及び過酸化水素水20mlを用いて200℃で加熱分解し不溶性成分を溶出した。



図1 調査地点配置図

水溶性成分溶出液はpH及びECを測定後、イオン成分分析を行った。不溶性成分溶出液は超純水で30倍に希釈し陽イオン成分（Ca²⁺、Mg²⁺）分析を行った。

pH測定及びEC測定は既報³⁾のとおりである。

イオン成分分析はイオンクロマトグラフ法で行った。この分析条件は既報⁴⁾のとおりである。

調査結果及び考察

1 水溶性成分溶出液のpH

表1に水溶性成分の年度毎平均pHを示した。また、図2に水溶性成分のpHについて年間推移を示すとともに3区間移動平均を示した。

八代が最もpHが低く、次いで阿蘇、人吉、苓北の順であった。pHは4地点とも低下傾向にあり、特に八代においてこの傾向が大きかった。

地点別にみると、苓北は調査期間を通して9月前後でpHの上昇が見られた。通常、海水のpHは約8.2で

表1 水溶性成分の年度毎平均pH

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
苓北	6.73	6.43	6.39	5.96	6.18	6.36	6.41	6.47	6.17	6.17	6.23	6.00
八代	5.90	5.76	5.58	5.19	5.15	5.55	5.62	5.42	5.22	5.16	5.13	4.93
阿蘇	-	-	-	-	-	-	6.12	5.97	5.89	5.77	5.83	5.71
人吉	-	-	-	-	-	-	6.25	6.08	6.06	5.96	5.97	5.92

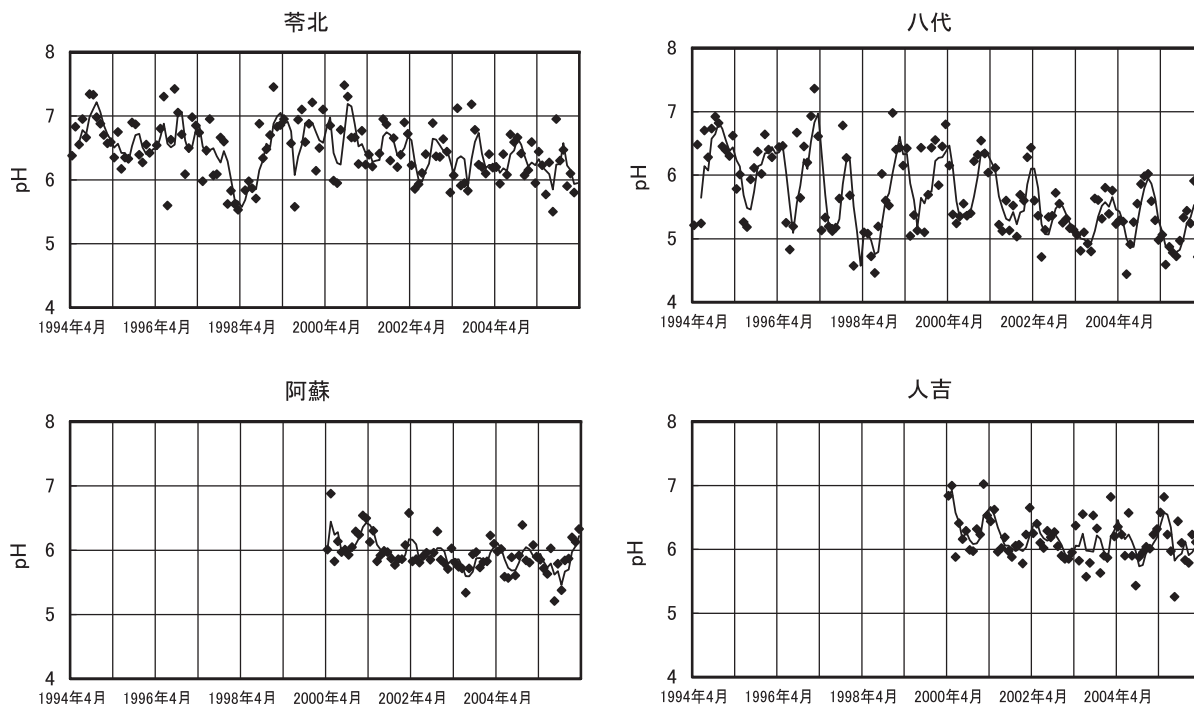


図2 水溶性成分溶出液のpHの推移

ある⁵⁾。苓北に設置している装置が海岸に近接しているため台風等による海塩 (Na^+ , Cl^- 等) の影響を直接受けやすいことが考えられた (図3)。また、八代、阿蘇及び人吉の3地点で春季 (3~5月) にpHが上昇する傾向があった。通常、黄砂飛来時には降水中の Ca^{2+} の増加が確認されていることから⁶⁾、水溶性成分の Ca^{2+} について検討した。

2 水溶性カルシウムイオンの沈着量

図4に水溶性成分の Ca^{2+} について沈着量の推移を示した。これより、pHと同様に八代、阿蘇及び人吉の3地点において春季に増加する傾向があった。また、表2に黄砂飛来月と非黄砂飛来月における水溶性 Ca^{2+} の平均沈着量を示した。黄砂飛来月とは熊本県気象台による気象月報から黄砂が観測された月を指す。その結果、八代、阿蘇及び人吉の3地点では、黄砂飛来月の沈着量が明らかに高く、特に阿蘇と人吉では、沈着量が2倍であった。一方、苓北については、春季よりも9月頃のピークが目立っている。これより、苓北は黄砂よりも海塩の影響を受けると考えられた。黄砂飛来時には降水中の SO_4^{2-} の沈着量も増加することから図5に水溶性成分の SO_4^{2-} について沈着量の推移を示した。阿蘇と人吉については Ca^{2+} と同様に春季にピークが見られた。八代は地域汚染源があるため、前の2地点ほど顕著ではないが、同じ傾向にあった。しかし、苓北は春季よりも9月付近でピークが多く見られ、海

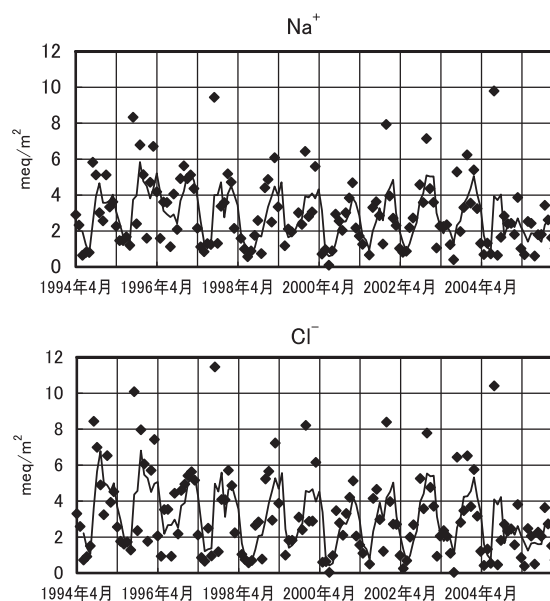


図3 苓北における水溶性成分の Na^+ 及び Cl^- の沈着量推移

表2 黄砂飛来月と非黄砂飛来月の水溶性 Ca^{2+} 平均沈着量 (単位: meq/m²)

	苓北	八代	阿蘇	人吉
黄砂飛来月	1.62	2.45	0.87	0.92
非黄砂飛来月	2.13	2.06	0.40	0.49

水中には SO_4^{2-} も含まれるため、やはり海塩の影響を受けやすいと考えられる。

3 年間沈着量

表3に各地点における年間降水量と湿性沈着量及び

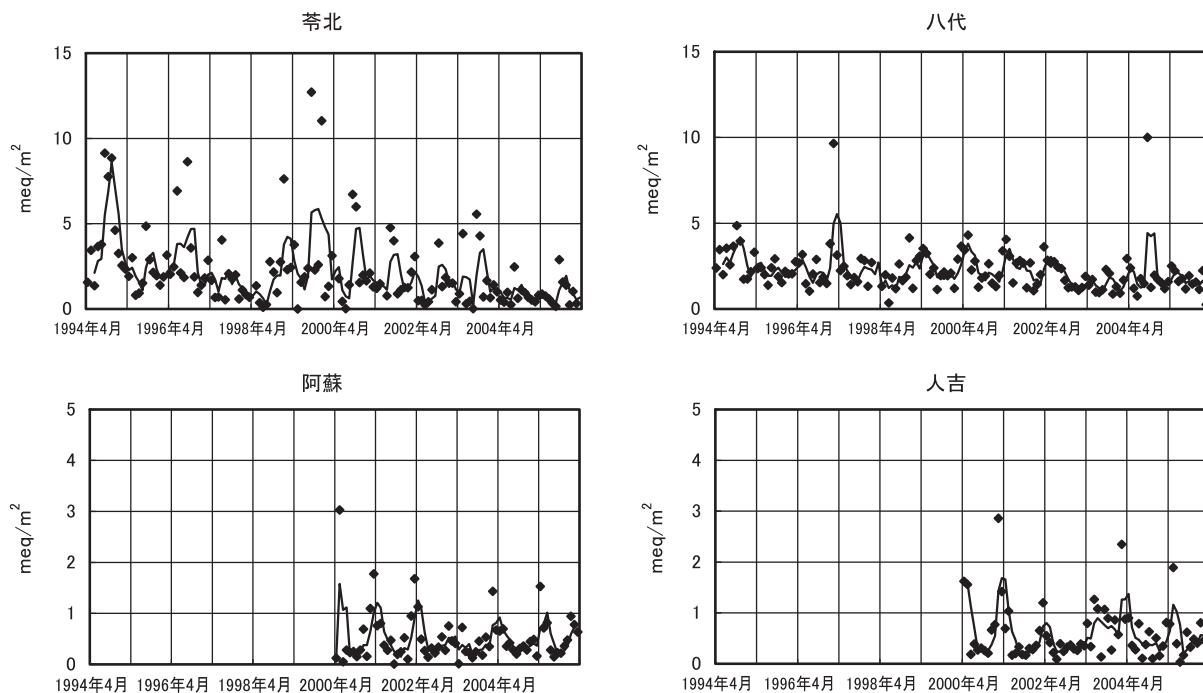


図4 水溶性成分におけるCa²⁺沈着量の推移

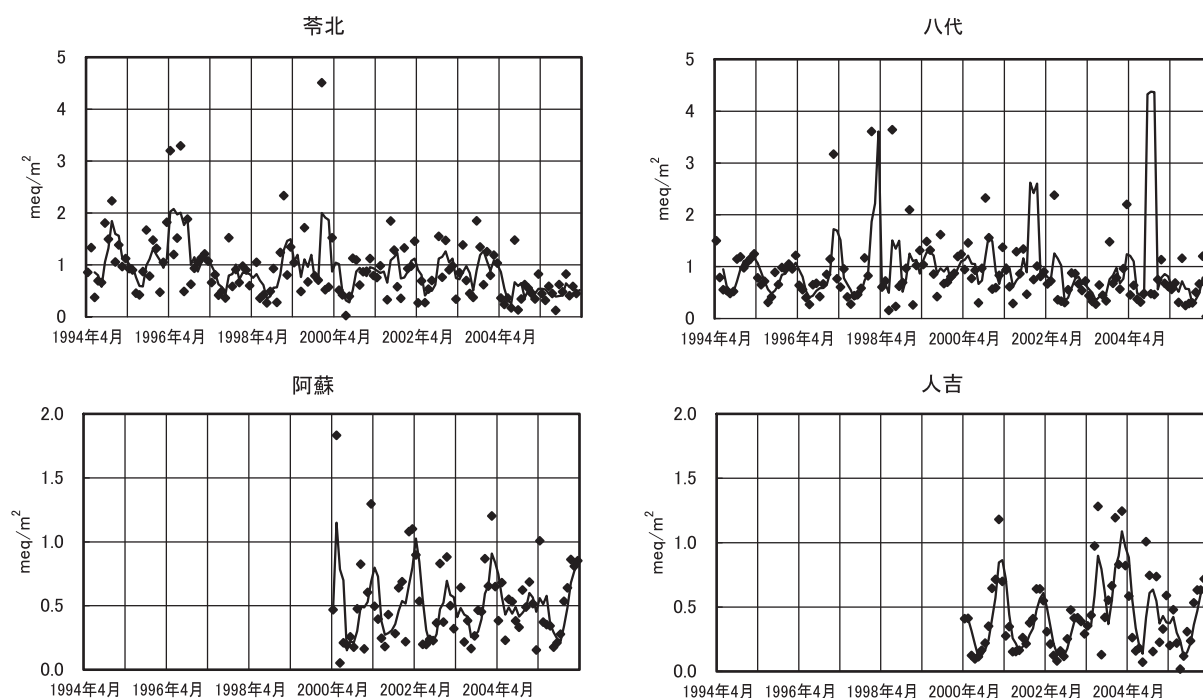


図5 水溶性成分におけるSO₄²⁻沈着量の推移

乾性沈着についてイオン成分年間沈着量の推移を示した。年平均値の乾性沈着量は、苓北 (121meq/m²)、八代 (101meq/m²)、阿蘇 (36meq/m²)、人吉 (31meq/m²) の順であった。イオン成分については、苓北は海塩成分 (Na⁺, Cl⁻) の占める割合が約50～60%と多く、海塩の影響を受けやすいことがわかる。他の

3地点は約30～40%であった。また、苓北、阿蘇及び人吉ではNa⁺とCl⁻の比がほぼ1:1だったのに対し、八代では平均して約2:5とCl⁻がNa⁺の2倍以上の沈着量であり、地域的な汚染源があると考えられる。

乾性沈着量に湿性沈着量加えた量 (以下「総沈着量」という) に対して乾性沈着量の占める割合の経年

表3 苓北町・八代市・阿蘇市・人吉市における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	湿性沈着量	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	H ⁺	meq/m ² ・year					Ca ²⁺	乾性沈着量
								Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺			
苓北町	1994	928.8	230	48	11	14	0.036	36	1.2	1.7	10	52	174	
	1995	1557.6	340	50	8.5	12	0.065	44	1.3	1.6	11	26	155	
	1996	1520.0	540	43	8.6	18	0.079	45	1.0	1.8	10	37	164	
	1997	2276.3	510	41	6.9	8.9	0.21	36	1.6	2.8	8.6	17	123	
	1998	2108.6	400	30	7.0	10	0.12	27	2.1	1.2	6.9	23	107	
	1999	1848.3	340	34	7.7	13	0.075	32	0.89	1.5	8.2	31	128	
	2000	1899.8	280	25	6.8	7.8	0.068	24	0.65	1.1	6.4	25	97	
	2001	1532.8	260	34	8.9	11	0.060	32	0.73	1.5	8.0	22	118	
	2002	1394.9	430	33	9.3	8.5	0.12	32	0.88	1.5	7.6	13	106	
	2003	1814.0	648	39	11	11	0.10	37	1.4	1.8	9.0	21	132	
	*2004	1938.0	2171	29	6.7	5.9	0.11	29	0.90	1.8	6.6	8.4	89	
*2005	1591.7	900	19	6.8	5.3	0.17	20	0.56	1.0	4.6	5.6	63		
八代市	1994	1136.1	310	31	6.0	11	0.24	11	10	1.4	5.4	35	112	
	1995	2594.6	590	32	4.7	10	0.31	14	7.7	1.2	5.9	26	101	
	1996	2148.6	540	32	5.2	10	0.50	12	8.9	1.3	5.4	35	110	
	1997	2907.3	420	26	5.0	9.3	1.0	8.6	10	0.94	5.1	21	87	
	1998	2411.5	440	26	5.4	12	1.3	10	8.2	1.0	5.5	24	95	
	*1999	2360.4	610	38	6.3	12	0.54	16	10	1.4	8.3	28	121	
	2000	2438.5	470	38	7.3	12	0.42	13	13	1.2	7.8	27	120	
	2001	2302.4	430	51	8.9	15	0.67	16	22	1.9	12	29	158	
	2002	1863.3	390	32	6.3	9.0	1.1	12	8.9	1.1	6.2	23	99	
	2003	2788.9	410	34	5.1	9.2	1.3	16	6.9	1.3	6.0	18	98	
	2004	2356.4	540	24	3.8	5.9	1.3	11	4.5	0.85	4.2	5.0	60	
2005	2305.2	530	28	4.4	6.0	2.0	10	3.5	1.1	5.0	6.0	65		
阿蘇市	2000	2114.3	410	8.4	3.7	6.4	0.37	8.5	2.1	2.7	3.3	6.0	41	
	2001	2483.4	300	6.3	2.7	5.6	0.28	6.5	3.8	2.8	2.5	4.7	35	
	2002	2268.1	330	7.5	2.7	6.0	0.32	7.4	2.3	1.4	2.4	5.2	35	
	2003	3007.4	411	6.5	3.0	5.6	0.25	6.2	2.9	3.0	2.6	5.4	35	
	2004	2829.9	453	6.4	2.5	5.8	0.21	6.3	2.2	2.5	2.5	6.4	35	
2005	2590.9	500	5.8	2.4	6.6	0.15	6.0	1.5	1.5	2.2	8.1	34		
人吉市	2000	1925.0	300	6.8	2.5	4.6	0.23	7.3	1.0	0.7	1.9	2.6	28	
	2001	1888.9	240	6.4	2.5	5.0	0.21	7.0	1.4	0.8	1.9	5.4	31	
	2002	2171.8	260	10	3.2	2.5	0.21	10	1.8	0.9	2.7	11	41	
	2003	2435.8	350	6.2	2.4	4.5	0.17	5.2	0.9	0.7	1.4	3.9	25	
	2004	2815.7	310	6.0	1.9	4.2	0.16	6.4	1.1	0.8	1.8	5.6	28	
2005	2232.4	300	5.7	2.0	5.1	0.11	5.8	0.9	0.6	1.9	11	33		

*台風が影響したと考えられる降水試料を含めて計算した結果

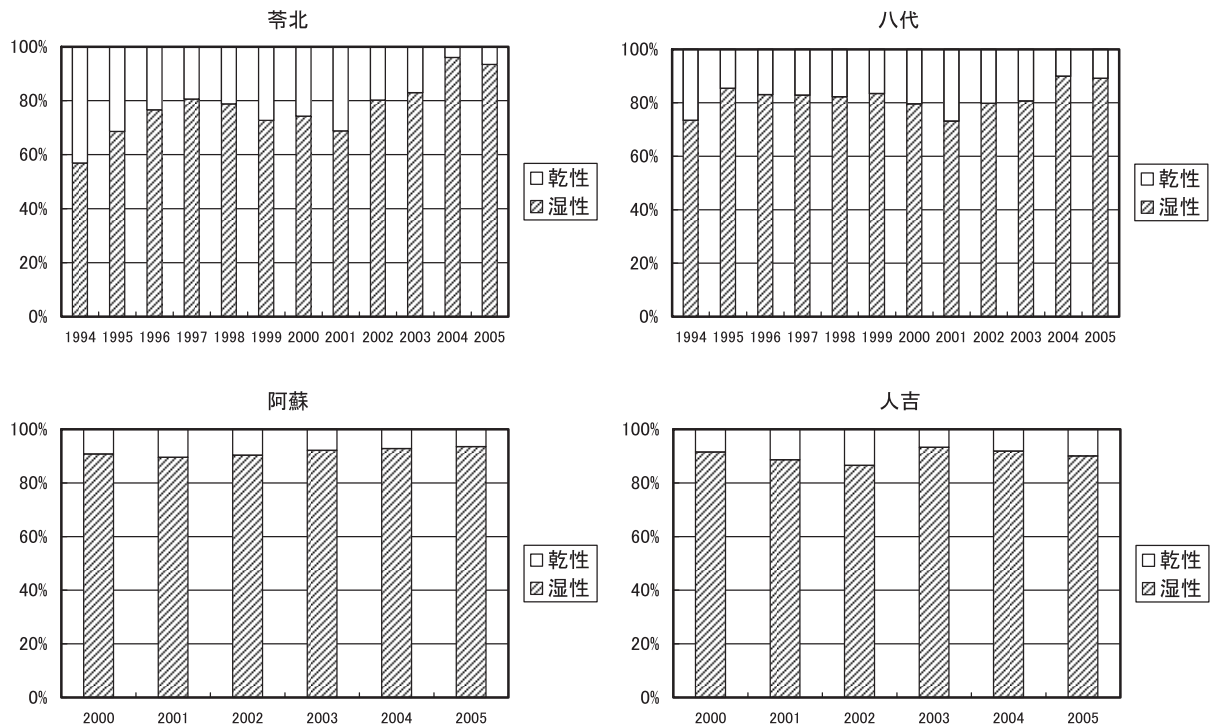


図6 総沈着量に対する乾性沈着量の占める割合の経年変化

変化を図6に示した。平均して苓北が22%、八代が18%、阿蘇が8%、人吉が10%と苓北が最も高く、阿蘇が最も低かった。阿蘇及び人吉は年度毎の変動は6～13%と少なかったが、苓北は4～43%と変動が大きかった。

4 まとめ

水溶性成分溶出液のpHは、4地点とも湿性沈着と逆の低下傾向にあった。また、八代、阿蘇及び人吉の3地点について春季においてpHが上昇する傾向が見られた。同地点において、水溶性Ca²⁺の沈着量も同様に増加していることから黄砂の影響が考えられた。一方、苓北についてはこの傾向が顕著にみられなかったことから、黄砂よりも海塩の影響を受けやすいと推測された。

また、乾性沈着量が総沈着量に対して占める割合は阿蘇が最も低く、苓北が最も高かった。イオン成分別に見ると、苓北が海塩成分の総沈着量に占める割合が

最も多く、海塩の影響を受けやすいことが示唆された。八代においては、他3地点と異なり、Na⁺に比べてCl⁻が多いことから地域的な汚染源があると考えられた。

参 考 文 献

- 1) 緒方和博, 矢野弘道, 上野一憲: 熊本県保健環境科学研究所報, **34**, 71 (2004).
- 2) 正賀充, 玉置元則, 平木隆年: 兵庫県公害研究報告, **23**, 14 (1991).
- 3) 今村 修, 植木 肇: 熊本県衛生公害研究所報, **23**, 43 (1993).
- 4) 矢野弘道, 上野一憲, 木庭亮一, 植木 肇: 熊本県保健環境科学研究所報, **31**, 78 (2001).
- 5) 酸性雨研究センター: 環境保全活動のための酸性雨ハンドブック, 11 (1992)
- 6) 矢野弘道, 木山雅文, 上野一憲: 熊本県保健環境科学研究所報, **32**, 37 (2002)