

資料

鹿児島県における酸性降下物

— 2003年度から2007年度の調査結果について —

上村 忠司 上大 蘭 智 徳¹ 茶 屋 典 仁
遠 矢 倫 子 平 原 裕 久

1 はじめに

鹿児島県では、県内の酸性雨の実態を把握するため、1990年度から鹿児島県環境保健センター（鹿児島市城南町）に、1988年度から喜入総合運動公園（旧喜入町）に降雨自動測定採取装置を設置し、酸性雨モニタリング調査を実施している。また、国は酸性雨原因物質の長距離輸送の機構解明のため、1994年度から屋久島の国設酸性雨測定所において、酸性雨モニタリング調査を行っている。なお、喜入総合運動公園での測定については、市町村合併に伴い、降雨自動測定採取装置を鹿児島市に移管したため、2004年度末で県によるモニタリング調査を終了した。

本報では、2003年度から2007年度に実施した鹿児島での湿性沈着調査及び乾性沈着調査について、結果とその特徴について検討したので報告する。また、国が実施した2003年度から2007年度の屋久島の湿性沈着調査及び県が2007年度から行っている乾性沈着調査についても併せて報告する。なお、2003年度から2005年度のデータについては、一部既報¹⁾である。

2 調査方法

2. 1 調査地点

調査地点は、鹿児島県環境保健センター（以下「鹿児島」という。）及び国設屋久島酸性雨測定所（以下「屋久島」という。）の2地点である。

2. 2 調査期間

調査期間は、屋久島の乾性沈着調査が2007年度のみである以外は鹿児島、屋久島ともに2003年度から2007年度

である。なお、停電又は機器不調などのため、一部採取できない期間があった。

2. 3 採取方法及び分析方法

2. 3. 1 湿性沈着調査

以下の装置を用いて試料を採取した。

採取装置：

（鹿児島）電気化学計器㈱ DRM-200E型
（2004年12月まで）

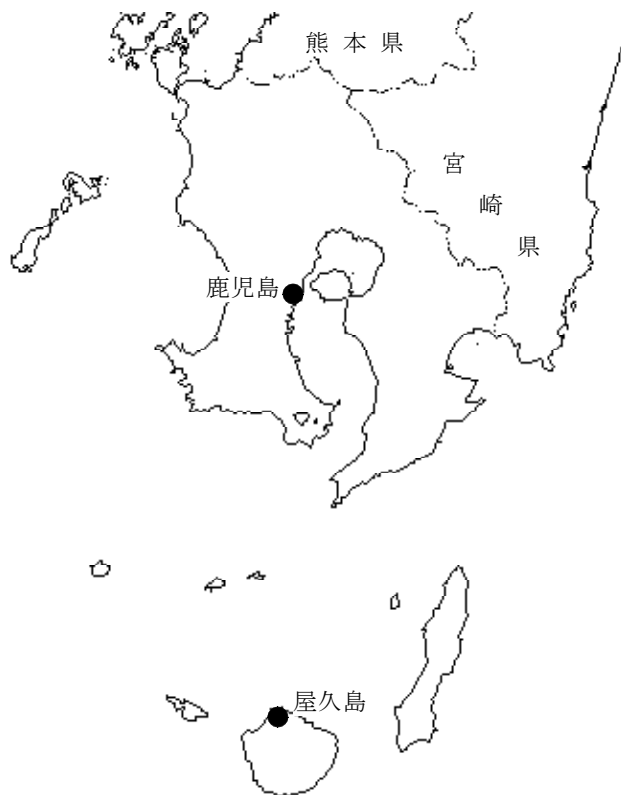


図1 調査地点

1 鹿児島県立大島病院

紀本電子工業(株) AR-108型

(2005年1月から)

(屋久島) 株小笠原計器製作所 US-420型

鹿児島島の装置では0.5mm毎の降雨は2分割され、半量は自動測定に用いられ、他の半量は降水試料タンクに冷蔵保存される。屋久島の装置では、全量降水試料タンクに冷蔵保存される。降水試料タンクは、鹿児島では2004年度までは2週間毎、2005年度からは1週間毎に交換し、屋久島では2007年1月までは毎日、2007年2月からは1週間毎に交換した。

回収した試料は、湿性沈着モニタリング手引き書²⁾に従って、水素イオン指数 (pH)、電気伝導率 (EC)、イオン濃度 (硫酸イオン (SO₄²⁻)、硝酸イオン (NO₃⁻)、塩化物イオン (Cl⁻)、アンモニウムイオン (NH₄⁺)、カルシウムイオン (Ca²⁺)、カリウムイオン (K⁺)、マグネシウムイオン (Mg²⁺) 及びナトリウムイオン (Na⁺) の10項目について測定・分析を実施した。

測定・分析方法は以下のとおりである。

水素イオン指数 (pH) : ガラス電極法

電気伝導率 (EC) : 導電率計法

イオン成分 : イオンクロマトグラフ法

なお、SO₄²⁻及びCa²⁺は海水中にも含まれ、海塩粒子として大気中に放出されるので、乾性沈着調査及び湿性沈着調査において、降水中に含まれるこれらの海塩に由来する成分をNa⁺を基準として海水中のNa⁺に対する比率から算出し、それぞれSO₄²⁻及びCa²⁺の全体から海塩に由来する部分のss-SO₄²⁻及びss-Ca²⁺ (ss : sea salt) を差し引くことによって海塩粒子に由来しない部分であるnss-SO₄²⁻及びnss-Ca²⁺ (nss : non seasalt) を求めた。

2. 3. 2 乾性沈着調査

乾性沈着調査は、表1のフィルターを用いた4段ろ紙フィルターパック法³⁾で行った。

表1 フィルターの種類

捕獲対象	フィルター*	
粒子状物質	1段目 (F0)	テフロン製ろ紙 (ADVANTEC社製 : 孔径0.8µm)
	2段目 (F1)	ポリアミドロ紙 (PALL社製 : 孔径0.45µm)
大気中 ガス成分	3段目 (F2)	炭酸カリウム含浸セルロースろ紙 (ADVANTEC社製)
	4段目 (F3)	リン酸含浸セルロースろ紙 (ADVANTEC社製)

* : ろ紙の直径はすべて47mm

サンプリングはろ紙ホルダーをシェルター内に下向きに設置し、毎分約1Lの吸引速度で連続採取を行った。採気量は乾式積算流量計で計測した。

ろ紙は鹿児島は1週間毎に、屋久島は2週間毎に回収し、F0、F1及びF3は純水で、F2は過酸化水素水溶液で、超音波洗浄機により20分間抽出を行った。これらの抽出液を孔径0.45µmのメンブランフィルターでろ過した後、イオンクロマトグラフ法で大気中ガス成分濃度 (SO₂、HNO₃、HCl、NH₃) 及び粒子状物質 (Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、NH₄⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺) のイオン成分濃度を測定した。

3 結果及び考察

3. 1 湿性沈着調査

3. 1. 1 降水量

湿性沈着調査で採取した降雨の調査結果を表2に示す。

鹿児島の降水量は、採取装置の転倒マス雨量計で計測されたもので、屋久島の降水量は、採取装置で採取した降雨の量から算出したものである。

鹿児島の降水量は1489~2186mmであった。2003~2007年度の5年間の平均降水量は1941mmで、台風の影響により降雨成分の濃度に影響の大きかった2004年度を除いた4年間の平均降水量は1887mmであり、全国環境研協議会第4次酸性雨全国調査 (以下「全環研調査」という。) の4年間の平均降水量1792mmよりわずかに多かった。

屋久島の降水量は2973~5123mmで、5年間の平均降水量は3831mm、2004年度を除いた4年間の平均降水量は3508mmであり、ともに鹿児島の約2倍の降水量で、国設酸性雨測定所国内モニタリング (以下「国設調査」という。) の5年間平均値1839mmの約2倍であった。

3. 1. 2 pH

鹿児島の5年間のpH平均値は4.61 (4.40~4.96)、2004年度を除いた4年間の平均値は4.53で、ともに全環研調査の4年間の平均値4.65より低かった。屋久島の5年間のpH平均値は4.59 (4.42~4.78) で、国設調査の平均値4.69より低く、鹿児島よりわずかに低かった。

鹿児島と屋久島の5年間の平均及び2004年度を除いた4年間の平均によるpHの経月変化を図2に示す。

鹿児島のpHの経月変化は、5年間平均が4年間平均に比べ8~10月が高くなっており、傾向としては夏場に高く、冬に低い傾向があった。

屋久島のpHの経月変化は、5年間平均と4年間平均にあまり差がなく、傾向としては鹿児島と同様に夏場に高く、冬に低い傾向があった。

表2 降雨成分調査結果

(単位：降水量：mm, EC：mS/m, イオン濃度：μmol/L)

	年度	降水量	pH	EC	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
鹿児島	2003	1691	4.52	2.87	17.0	14.3	12.7	74.9	19.0	44.0	1.8	7.7	6.7	7.5	30.2
	2004	2161	4.96	9.86	51.0	16.1	9.5	735	22.0	579	13.3	29.6	17.1	65.7	11.0
	2005	1489	4.60	2.04	19.1	17.3	12.7	41.8	15.1	29.9	0.7	6.8	6.2	4.2	25.0
	2006	2186	4.40	3.20	22.5	18.7	13.0	88.8	21.5	62.4	2.2	4.7	3.3	7.7	39.7
	2007	2181	4.58	2.53	20.3	16.6	11.2	79.9	16.4	60.3	1.5	5.2	3.8	7.5	26.1
	平均1 ^{*1}	1941	4.61	4.10	26.0	16.6	11.8	204	18.8	155	3.9	10.8	7.4	18.5	26.4
	平均2 ^{*2}	1887	4.53	2.66	19.7	16.8	12.4	71.4	18.0	49.2	1.5	6.1	5.0	6.7	30.3
全国平均1 ^{*3}	1792	4.65	2.53	21.2	17.1	18.6	78.0	22.1	67.6	2.9	6.1	4.6	8.1	22.5	
屋久島	2003 ⁴⁾	3646	4.67	3.23	22.0	14.6	10.8	154	12.5	122	3.7	4.7	2.2	13.8	21.3
	2004 ⁵⁾	5123	4.78	3.89	21.1	9.7	9.9	229	9.2	190	4.6	5.6	1.6	22.1	16.7
	2005 ⁶⁾	3561	4.54	3.14	21.0	14.7	12.5	120	12.4	104	2.2	4.2	2.0	12.2	28.6
	2006 ⁷⁾	3850	4.53	2.89	21.3	16.3	13.9	96.2	13.1	82.8	2.3	4.0	2.3	9.8	29.8
	2007 ⁸⁾	2973	4.42	3.82	26.7	19.7	18.0	141	14.6	115	2.5	4.9	2.5	13.6	38.3
	平均1 ^{*1}	3831	4.59	3.39	22.4	15.0	13.0	148	12.3	123	3.1	4.7	2.1	14.3	27.0
	平均2 ^{*2}	3508	4.50	3.30	22.8	16.3	13.8	128	13.2	106	2.7	4.5	2.3	12.4	29.5
全国平均2 ^{*4}	1839	4.69	2.79	20.6	14.6	15.5	111	16.4	96.7	3.1	5.7	3.6	11.2	21.6	

(注)：鹿児島及び屋久島の年平均値は、降水量で重み付けをして算出したもの

網掛けの数値は参考値(値が有効判定基準で棄却されたもの)を表す

*1：2003年度から2007年度の5年間の算術平均

*2：2004年度を除いた4年間の算術平均で、参考値も含めて算出した

*3：全環研酸性雨調査の2003年度、2004年度、2006年度及び2007年度の年加重平均濃度の算術平均(2005年度の年加重平均濃度は、イオン成分の濃度が一部公表されていない)^{9)~13)}

*4：国設酸性雨調査の2003年度から2007年度の各年度の算術平均濃度を算術平均したもの

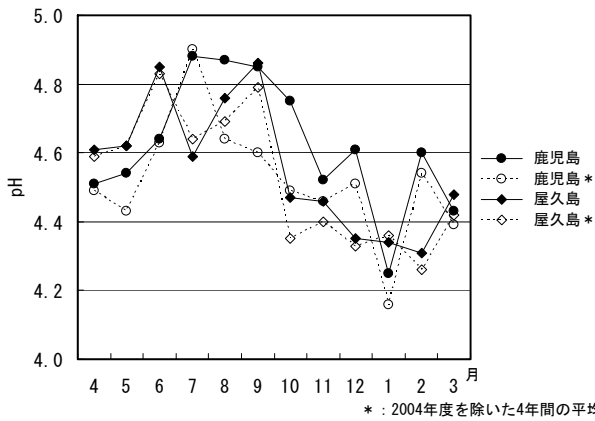


図2 pHの経月変化

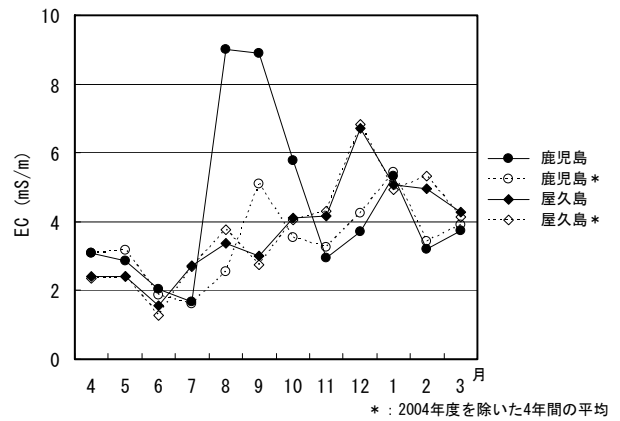


図3 電気伝導率の経月変化

3. 1. 3 電気伝導率 (EC)

鹿児島島の5年間の電気伝導率平均値は4.10mS/m (2.04~9.86), 2004年度を除いた4年間の平均値は2.66mS/mで、全環研調査の4年間平均値2.53mS/mよりいずれも高かった。屋久島の5年間の電気伝導率平均値は3.39mS/m (2.89~3.89), 2004年度を除いた4年間の平均値は3.30mS/mで、いずれも国設調査の5年間平均値2.79mS/m及び鹿児島島の4年間平均値よりも高かった。

鹿児島島と屋久島の5年間の平均及び2004年度を除いた4年間の平均による電気伝導率の経月変化を図3に示す。

鹿児島島の電気伝導率の経月変化は、pHの経月変化と同様に、5年間平均が4年間平均に比べ8~10月が高くなっているが、pHよりも電気伝導率の方が台風の影響が大きかった。4年間平均の経月変化の傾向としては梅雨時期の6、7月が低く、冬場に高い傾向があった。

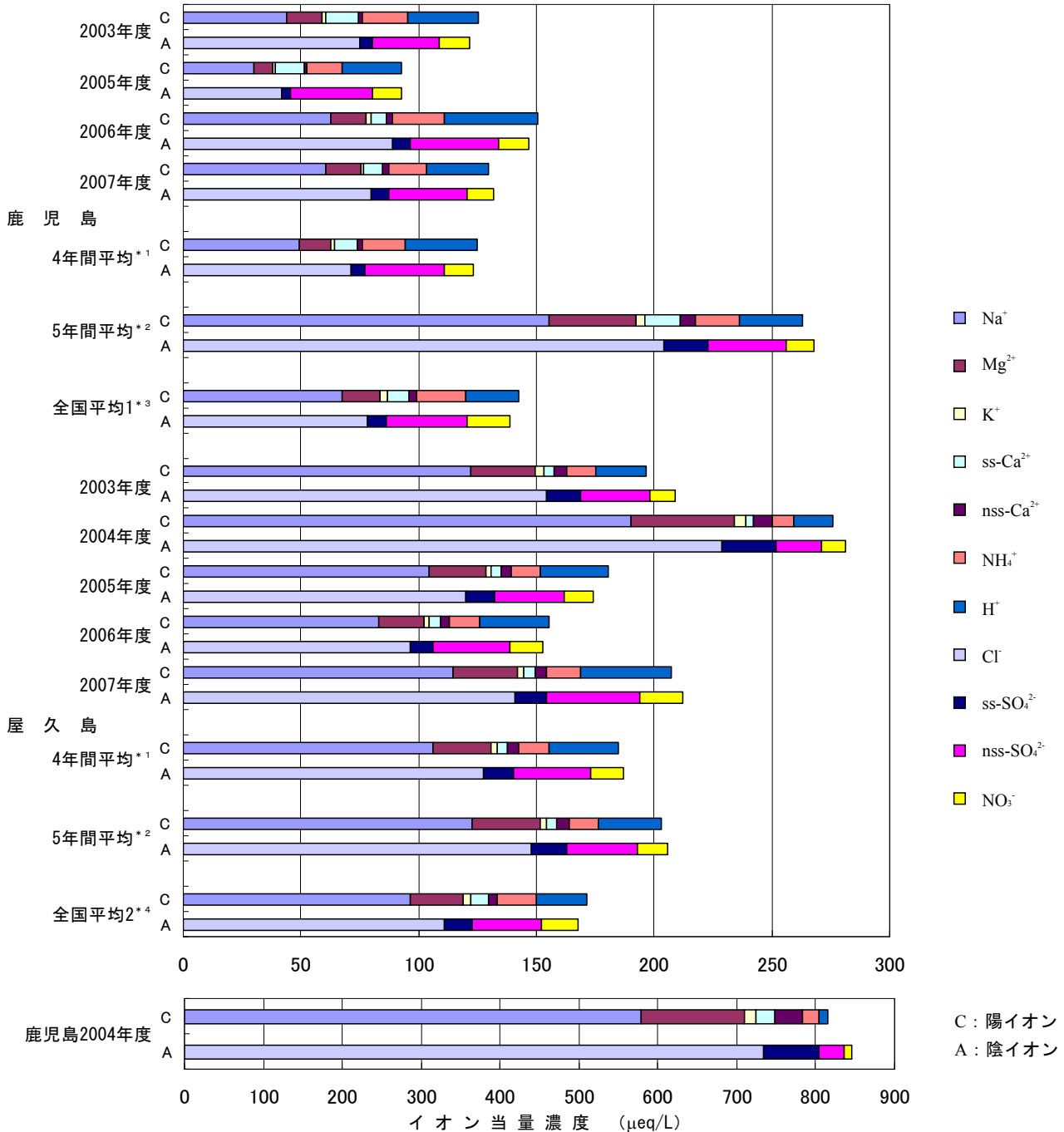
屋久島の電気伝導率の経月変化もpHの経月変化と同様に、5年間平均と4年間平均にあまり差がなかった。傾向としては鹿児島島と同様に梅雨時期の6月が低く、冬場に高い傾向があった。

3. 1. 4 イオン成分濃度

表2に示した各イオン成分濃度から、各地点の陽イオン成分 (Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , ss-Ca^{2+} , nss-Ca^{2+} , NH_4^+ , H^+) の当量濃度の合計と陰イオン成分 (Cl^- , ss-SO_4^{2-} , nss-SO_4^{2-} ,

NO_3^-) の当量濃度の合計を算出し図4に示す。

2地点とも毎年度のイオンバランスはよく取れていた。各イオン成分の濃度を合計したイオン当量濃度は、鹿児島、屋久島とも2004年度は他の年度より高く、特に鹿



*1: 2003年度, 2005年度, 2006年度及び2007年度の4年間の年加重平均濃度の算術平均
 *2: 2003年度から2007年度の5年間の年加重平均濃度の算術平均
 *3: 全環研調査の2003年度, 2004年度, 2006年度及び2007年度の4年間の年加重平均濃度の算術平均 (2005年度の年加重平均濃度は、一部のイオン成分の濃度が公表されていない)
 *4: 国設調査の2003年度から2007年度の5年間の算術平均濃度の算術平均

図4 イオン成分当量濃度

児島は2004年度を除いた4年間の平均値と比較して約6.7倍と非常に高かった。海塩成分である Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- の割合が、2004年度に特に高かったのは、この年に多くの台風が接近した影響と考えられた。2004年度の台風の影響については、屋久島より鹿児島の方が大きいですが、これは、鹿児島の降雨採取場所は海岸から直線で約100mと近く、標高約3mであるのに対し、屋久島の降雨採取場所は海岸から約2km離れた標高約250mに位置しており、鹿児島の方が屋久島より海からの影響を受けやすいことも一因と考えられた。

全イオン成分の当量濃度の合計について、全環研調査の4年間の平均値と鹿児島の平均値を比べると、鹿児島は5年間の平均値では全国平均値の約1.9倍であったが、台風の影響のあった2004年度を除いた4年間平均値では約0.9倍で全国平均値より低かった。国設調査と屋久島の5年間平均値を比べると、屋久島は全国の約1.2倍であったが、2004年度を除いた4年間では全国の約1.1倍であった。

酸性化に寄与する因子である nss-SO_4^{2-} 濃度については、5年間平均値が鹿児島は16.6 $\mu\text{mol/L}$ (14.3~18.7)で、全環研調査の4年間平均値17.1 $\mu\text{mol/L}$ よりわずかに低かった。屋久島の5年間平均値は15.0 $\mu\text{mol/L}$ (9.7~19.7)で、鹿児島より低く、国設調査の5年間平均値14.6 $\mu\text{mol/L}$ よりわずかに高かった。

NO_3^- 濃度については、5年間平均値が鹿児島は11.8 $\mu\text{mol/L}$ (9.5~13.0)で、全環研調査の18.6 $\mu\text{mol/L}$ より低かった。屋久島13.0 $\mu\text{mol/L}$ (9.9~18.0)で、国設調

査の15.5 $\mu\text{mol/L}$ より低いですが、鹿児島よりは高かった。

一方、酸性化を抑制する因子である NH_4^+ 濃度については、5年間平均値が鹿児島は18.8 $\mu\text{mol/L}$ (15.1~22.0)で、全環研調査の平均値22.1 $\mu\text{mol/L}$ より低く高かった。屋久島は12.3 $\mu\text{mol/L}$ (9.2~14.6)で、国設調査の16.4 $\mu\text{mol/L}$ より低く鹿児島の方が高かった。

nss-Ca^{2+} 濃度については、5年間平均値は鹿児島が7.4 $\mu\text{mol/L}$ (3.3~17.1)で、全環研調査の4.6 $\mu\text{mol/L}$ より高かった。屋久島は2.1 $\mu\text{mol/L}$ (1.6~2.5)で、国設調査の3.6 $\mu\text{mol/L}$ より低く、鹿児島の1/3以下の濃度であった。鹿児島は2004年度が17.1 $\mu\text{mol/L}$ と高かったが、2004年度を除いた4年間平均値は鹿児島が5.0 $\mu\text{mol/L}$ 、屋久島が2.3 $\mu\text{mol/L}$ で、やはり鹿児島の方が高かった。

酸性化に対する寄与を $\text{nss-SO}_4^{2-}/(\text{nss-SO}_4^{2-}+\text{NO}_3^-)$ 当量濃度比でみると、鹿児島の5年間平均値は0.73 (0.69~0.77)で、全環研調査の4年間平均値0.65より高かった。屋久島は0.71 (0.66~0.73)であり、国設調査の平均値0.65よりも高いが、 nss-SO_4^{2-} の寄与は屋久島の方が鹿児島よりもわずかに小さかった。

3. 1. 5 湿性沈着降下量

降水は、各イオン成分を溶かした状態で地表へ導かれ、輸送量は、イオン濃度と降水量の積で求められ、湿性沈着降下量で評価される。湿性沈着降下量を表3に示す。

鹿児島と屋久島の降下量を比較すると、5年間平均値では屋久島が Ca^{2+} 及び nss-Ca^{2+} 以外のすべてのイオン成分について鹿児島よりも高い値であったが、台風の影響の

表3 湿性沈着降下量

		(単位: $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$)										
	年度	SO_4^{2-}	nss-SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	nss-Ca^{2+}	Mg^{2+}	H^+
鹿児島	2003	28.7	24.2	21.5	127	32.1	74.4	3.0	13.0	11.3	12.7	51.1
	2004	110	34.9	20.6	1590	47.6	1250	28.8	63.9	36.9	142	23.9
	2005	28.4	25.7	18.9	62.2	22.7	44.5	1.0	10.1	9.1	6.2	37.3
	2006	49.1	40.9	28.4	194	47.1	137	4.8	10.1	7.1	16.7	86.9
	2007	44.2	36.3	24.3	174	35.8	132	3.3	11.3	8.5	16.3	56.9
	平均1 ^{*1}	52.1	32.4	22.7	429	37.0	328	8.2	21.7	14.6	38.8	51.2
	平均2 ^{*2}	37.6	31.8	23.3	139	34.4	96.7	3.1	11.2	9.1	13.0	58.0
全国平均1 ^{*3}		28.7	31.2		35.4				7.4		34.4	
屋久島	2003	80.0	53.2	39.5	562	45.7	445	13.3	17.3	7.9	50.5	77.8
	2004	108	49.5	51.0	1170	46.9	975	23.8	28.9	8.1	113	85.3
	2005	74.6	52.3	44.6	427	44.0	371	8.0	15.0	7.0	43.4	102
	2006	81.9	62.7	53.5	370	50.3	319	8.8	15.6	8.7	37.8	115
	2007	79.3	58.7	53.5	418	43.4	341	7.5	14.7	7.4	40.4	114
	平均1 ^{*1}	84.8	55.3	48.4	589	46.1	490	12.3	18.3	7.8	57.0	98.7
	平均2 ^{*2}	79.0	56.7	47.8	444	45.9	369	9.4	15.6	7.7	43.0	102
全国平均2 ^{*4}	35.9	26.3	27.1	184	28.9	160	5.2	9.5	6.1	18.6	39.4	

(注)：網掛けの数値は参考値(値が有効判定基準で棄却されたもの)を表す

*1：2003年度から2007年度の5年間の算術平均

*2：2004年度を除いた4年間の算術平均

*3：2003年度から2007年度において、全環研調査の湿性沈着降下量の全国平均が公表されていない年度があるが、一部のイオン成分については2003年度から2007年度の中央値が公表されているので、各年度の中央値を算術平均した

*4：国設調査の2003年度から2007年度の5年間の算術平均濃度を算術平均したもの

あった2004年度を除いた4年間平均値でも、 $nss-Ca^{2+}$ 以外のすべてのイオン成分について鹿児島よりも高い値であった。また、屋久島の平均値と国設調査の平均値と比べるとすべてのイオン成分が高かった。これらは、屋久島の平均雨量が鹿児島及び国設調査の約2倍であったことが影響していた。

また、湿性降水量について鹿児島と全環研調査の平均値を比べると、 $nss-SO_4^{2-}$ の降水量の5年間平均値（4年間平均値）は約1.2倍（約1.1倍）、 NO_3^- の平均値は約0.7倍（約0.7倍）、 NH_4^+ の平均値は約1.0倍（約1.0倍）、 $nss-Ca^{2+}$ の平均値は約2倍（約1.2倍）、 H^+ の平均値は約1.5倍（約1.7倍）であった。屋久島と国設調査の平均値を比べると、 $nss-SO_4^{2-}$ の降水量の5年間平均値（4年間平均値）は約2.1倍（約2.2倍）、 NO_3^- の平均値は約1.8倍（約1.8倍）、 NH_4^+ の平均値は約1.6倍（約1.6倍）、 $nss-Ca^{2+}$ の平均値は約1.3倍（約1.3倍）、 H^+ の平均値は約2.5倍（約2.6倍）であった。

3. 1. 6 全無機態窒素，潜在水素イオン等の湿性沈着量

全無機態窒素（ $\Sigma N = NO_3^- + NH_4^+$ ）は湖沼の富栄養化の、潜在水素イオン（ $Heff = H^+ + 2NH_4^+$ ）は土壤の酸性化の、初期酸度（ $Ai = nss-SO_4^{2-} + NO_3^-$ ）は中和を受ける前の酸性物質の指標として用いられる¹⁴⁾。

これら3種類の沈着量を算出し、表4に示す。

3種類の沈着量すべてにおいて屋久島が鹿児島と比較して約1.5～1.8倍高い値を示しており、屋久島が高かった理由としては、屋久島の降水量が鹿児島の約2倍であったことが考えられた。

ΣN は、鹿児島の5年間平均値は $59.7 \text{ meq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$ で全環研調査の中央値平均値の約0.9倍で、屋久島の平均値は $94.5 \text{ meq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$ であり、国設平均値の約1.7倍であった。

$Heff$ は、鹿児島の5年間平均値は $125 \text{ meq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$ で全環研調査の中央値の5年間平均値と比べて約1.2倍で、屋久島の5年間平均値は $191 \text{ meq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$ で国設平均値の約2倍であった。

Ai が大きい程、中和前の本来の酸の負荷が高いと考えられるが、鹿児島の5年間平均値は $87.5 \text{ meq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$ で全環研調査の中央値の5年間平均値と比べてわずかに高く、屋久島の5年間平均値は $159 \text{ meq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$ で国設平均値の約2倍であった。

3. 2 ガス，エアロゾル成分調査

3. 2. 1 ガス成分濃度

4段フィルターバック法から求めたガス成分濃度を表5に示す。

表5を見ると、いずれのガス成分も鹿児島の5年間平均値が屋久島の2007年度の値より高かった。特に、酸性ガスである SO_2 は、鹿児島の5年間平均値が屋久島の2007年度の値の約1.5倍、全環研調査5年間平均値の約2.2倍の値を示した。県内の SO_2 ガス及び HNO_3 ガスの主な発生源は、それぞれ活火山である桜島及び自動車など人為的発生源によるもので、鹿児島はこれらの影響を反映したものと考えられた。

HCl ガスは、鹿児島の5年間平均値がわずかに屋久島の2007年度の値より高く、全環研調査の5年間平均値と比べ鹿児島が約1.7倍、屋久島が約1.6倍であった。

NH_3 ガスについても鹿児島の5年間平均値が屋久島の

表4 全無機態窒素，潜在水素イオン，初期酸度の経年変化

(単位： $\text{meq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$)

	年度	ΣN	$Heff$	Ai
鹿児島	2003	53.6	115	69.8
	2004	68.1	119	90.1
	2005	41.4	82.2	70.4
	2006	75.5	181	110
	2007	60.1	129	96.9
	平均	59.7	125	87.5
全国平均 ¹⁾		66.6	105	88.6
屋久島	2003	85.1	169	146
	2004	97.9	179	150
	2005	88.6	190	149
	2006	104	215	179
	2007	96.9	201	171
	平均	94.5	191	159
全国平均 ²⁾		56.0	97.2	79.8

(注)：網掛けの数値は参考値（有効判定基準で棄却された濃度を基に算出したもの）を表す

*1：全環研調査では、各年度の全国平均値が公表されていないが、中央値が公表されているため、2003年度から2007年度の中央値を算術平均した

*2：国設調査の2003年度から2007年度の算術平均値を算術平均した

表5 ガス成分濃度

(単位： $\text{nmol} \cdot \text{m}^{-3}$)

	年度	HNO_3	SO_2	HCl	NH_3
鹿児島	2003	12.6	84.6	38.2	121
	2004	20.7	122	44.9	172
	2005	21.4	138	60.1	209
	2006	14.5	102	36.6	190
	2007	13.8	118.0	28.4	162
	平均	16.6	113	41.6	171
全国平均*		20.1	51.5	24.6	133
屋久島	2007	9.6	74.3	39.8	21.6

(注)：網掛けの数値は参考値（値が有効判定基準で棄却されたもの）を表す

*：全環研調査の2003年度から2007年度の各年度の算術平均値を算術平均した

2007年度の値の約8倍の高い値を示し、鹿児島島の5年間平均値は全環研調査の5年間平均値の約1.3倍で、屋久島の2007年度の値は約1/6であった。

3. 2. 2 エアロゾル（粒子状物質）成分濃度

4段フィルターパック法から求めたエアロゾル成分濃度を表6に示す。

粒子状物質（Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺）のイオン成分濃度をみると、海塩成分由来のCl⁻, Na⁺, Mg²⁺の値は、鹿児島島の5年間平均値が屋久島2007年度の値の約0.8～1.1倍でありあまり差がみられず、全環研調査の平均値と比べるとCl⁻は、鹿児島島は約1.0倍、屋久島は約0.9倍と低かったが、Na⁺はともに約1.3倍、Mg²⁺は約1.3倍、約1.6倍が高かった。K⁺の値は、鹿児島島の5年間平均値、屋久島の2007年度の値及び全環研調査の5年間平均値ではあまり差がみられなかった。

nss-Ca²⁺及びNH₄⁺濃度については、鹿児島島の5年間平均値が屋久島の2007年度の値のそれぞれ約1.8倍、約1.3倍と高かったが、全環研調査の5年間平均値のそれぞれ約1.1倍、約0.8倍であった。NO₃⁻濃度については、鹿児島島の5年間平均値が屋久島の2007年度の値の約0.7倍、全環研調査の5年間平均値の約0.9倍であった。

nss-SO₄²⁻濃度については、鹿児島島の5年間平均値はわずかに全環研調査の平均値より高く、屋久島の2007年度の値の約1.5倍と高かった。

4 まとめ

鹿児島県内の鹿児島島及び屋久島において、降雨成分調査とガス、エアロゾル成分調査を行い、成分を比較した。

1) 2004年度は台風接近による海塩成分の影響を大きく受けており、特に鹿児島島は2004年度の全イオン当量濃度が、2004年度を除いた全イオン当量濃度の4年間平均値の約6.7倍であった。

2) 酸性化に寄与する因子であるnss-SO₄²⁻濃度は、鹿児

島、屋久島の順に高かったが、ともに全国平均値よりは低かった。NO₃⁻濃度は屋久島が鹿児島島より高く、ともに全国平均値よりは低かった。

- 3) 酸性化を抑制する成分であるNH₄⁺濃度は全国平均値より鹿児島島、屋久島ともに低く、鹿児島島が屋久島より高かった。
- 4) nss-SO₄²⁻/ (nss-SO₄²⁻+NO₃⁻) 当量濃度比は鹿児島島、屋久島ともに全国平均値に比べて高く、鹿児島島が屋久島よりもnss-SO₄²⁻の寄与がわずかに高かった。
- 5) 鹿児島島と屋久島の湿性沈着降下量を比較すると、5年間平均値では屋久島がCa²⁺及びnss-Ca²⁺以外のすべてのイオン成分で鹿児島島よりも高い値で、台風の影響のあった2004年度を除いた4年間平均値でも、nss-Ca²⁺以外のすべてのイオン成分で鹿児島島よりも高い値であった。また、屋久島は国設調査と比べてもすべてのイオン成分について平均値が高かった。これらは屋久島の降水量が鹿児島島及び全国平均の約2倍であったことが影響していた。
- 6) 全無機態窒素、潜在水素イオン及び初期酸度の5年間平均値は、いずれも屋久島が鹿児島島より高かった。鹿児島島の5年間平均値は全環研平均値の約0.9～約1.2倍であったが、屋久島の5年間平均値は国設調査平均値のどの指標においても2倍程度高い値を示した。
- 7) 乾性沈着のガス成分濃度は、すべての成分で鹿児島島の5年間平均値が屋久島の2007年度の値より高かった。鹿児島島の酸性ガスSO₂の5年間平均値は全環研平均値の約2倍、HClガスの5年間平均値は約1.7倍、また、NH₃ガスの5年間平均値についても約1.3倍であった。
- 8) 乾性沈着のエアロゾル成分濃度は、海塩由来の成分のうちNa⁺及びMg²⁺については、鹿児島島の5年間平均値及び屋久島の2007年度の値が全環研調査の平均値より高かった。nss-Ca²⁺、NH₄⁺濃度については、鹿児島島の5年間平均値が屋久島の2007年度の値の約1.8倍、約1.3倍と高かった。nss-SO₄²⁻濃度については、鹿児島島の5年

表6 エアロゾル成分濃度

		(単位: nmol・m ⁻³)									
	年度	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺
鹿児島島	2003	33.6	31.5	13.6	11.1	35.5	3.8	6.0	5.2	4.6	30.6
	2004	39.7	37.3	20.2	15.8	39.2	3.8	7.2	6.4	5.3	50.1
	2005	75.1	70.5	24.5	35.0	76.4	7.1	11.5	9.8	10.0	83.9
	2006	52.0	49.0	25.7	23.5	51.1	5.3	8.7	7.6	7.5	72.0
	2007	51.1	48.3	42.1	40.0	46.4	4.2	9.6	8.6	6.8	103
	平均	50.3	47.3	25.2	25.1	49.7	4.8	8.6	7.5	6.8	68.0
全国平均*		47.6	45.4	29.4	25.9	39.2	4.7	7.8	6.9	5.1	82.5
屋久島	2007	35.1	32.0	38.0	23.5	52.2	4.2	5.4	4.2	8.1	50.9

(注) : 網掛けの数値は参考値 (値が有効判定基準で棄却されたもの) を表す

* : 全環研調査の2003年度から2007年度の算術平均値の算術平均

間平均値はわずかに全環研調査の平均値より高く、屋久島の2007年度の値の約1.5倍と高かった。

参考文献

- 1) 上大菌智徳, 藪平一郎, 他; 鹿児島県における酸性降下物 (2003~2005年度), 本誌, 7, 97~101 (2006)
- 2) 環境省; 湿性沈着モニタリング手引き書 (第2版), 平成13年6月
- 3) 全国環境研協議会 酸性雨調査研究部会; 第3次酸性雨共同調査実施要領 (1999)
- 4) (財)日本環境センター酸性雨研究センター; 平成15年度酸性雨国内モニタリングデータ取りまとめ結果, 平成17年3月
- 5) 同; 平成16年度酸性雨国内モニタリングデータ取りまとめ結果, 平成18年3月
- 6) 同; 平成17年度酸性雨国内モニタリングデータ取りまとめ結果, 平成19年2月
- 7) 同; 平成18年度酸性雨国内モニタリングデータ取りまとめ結果, 平成20年3月
- 8) 同; 平成19年度酸性雨国内モニタリングデータ取りまとめ結果, 平成21年3月
- 9) 全国環境研協議会 酸性雨調査研究部会; 第4次酸性雨全国調査報告書 (平成15年度), 全国環境研会誌, 30, 58~135, 177~197 (2005)
- 10) 同; 第4次酸性雨全国調査報告書 (平成16年度), 全国環境研会誌, 31, 118~186, 234~197 (2006)
- 11) 同; 第4次酸性雨全国調査報告書 (平成17年度), 全国環境研会誌, 32, 78~152, 223~245 (2007)
- 12) 同; 第4次酸性雨全国調査報告書 (平成18年度), 全国環境研会誌, 33, 126~196 (2008)
- 13) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会; 第4次酸性雨全国調査報告書 (平成15年度), 全国環境研会誌, 34, 193~223 (2009)
- 14) 環境省; 酸性雨対策調査総合とりまとめ報告書, 平成16年6月