

資料

鹿児島県における酸性降下物について

—2017年度から2021年度の調査結果—

The Acid Deposition in Kagoshima

—Research results from 2017 to 2021—

梅津由季 井料良輔 桐原仁志

1 はじめに

酸性降下物とは、ガス状又は粒子状の大気汚染物質が雨等に溶け込み地上に沈着する「湿性降下物」と、大気汚染物質が雨などに溶け込むことなく直接地上に沈着する「乾性降下物」の総称であり、河川や土壌の酸性化による生態系への悪影響等が懸念されている。

本県では、県内の酸性雨の実態を把握するため、1990年度から当センター（鹿児島市城南町）において酸性降下物のモニタリング調査を実施している。また国においては、越境大気汚染や酸性沈着の影響の早期把握や将来の影響を予測するため、1994年から屋久島の国設屋久島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。

本報では、2017～2021年度に実施した当センターにおける湿性沈着調査及び国の委託事業で実施した国設屋久島酸性雨測定所の湿性沈着調査について報告する。

については、速報値を使用した。屋久島における2017～2021年度の結果については環境省のホームページの公表データ⁵⁾を使用した。なお、台風による影響等で一部欠測となっている期間が含まれている。



©Craft MAP

図1 調査地点

2 調査方法

2.1 調査地点

調査地点は、当センター（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（図1）。

2.2 調査期間

調査期間は鹿児島及び屋久島ともに2017年4月～2022年3月の5年間である。

鹿児島における2017～2020年度の調査結果については全国環境研協議会の公表データ^{1)～4)}を、2021年度の結果

2. 3 採取方法

降水試料の採取には、自動降雨捕集装置（鹿児島：紀本電子工業（株）AR-108型，屋久島：（株）小笠原計器製作所US-420型）を用いて試料を採取した。鹿児島の装置では降水量0.5mm毎に2分割され、半量は自動測定に用いられ、残りの半量は降水試料容器に保存される。屋久島の装置では、全量降水試料容器に保存される。

2. 4 調査試料

降水試料容器は2地点ともに1週間毎に交換した。

2. 5 調査項目

回収した試料は湿性モニタリング手引き書⁶⁾に従い、水素イオン指数（pH）、電気伝導率（EC）、イオン成分（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⁺）、ナトリウムイオン（Na⁺）、カリウムイオン（K⁺）、カルシウムイオン（Ca²⁺）及びマグネシウムイオン（Mg²⁺）の濃度の計10項目について測定を実施した。測定方法及び使用機器を表1に示す。

表1 測定方法及び使用機器

pH：ガラス電極法（（株）堀場製作所製 F-52）
EC：導電率計法（（株）堀場製作所製 DS-52）
イオン成分：イオンクロマトグラフ法 （日本ダイオネクス（株）製 ICS-1600）

3 結果及び考察

鹿児島と屋久島における降雨成分等調査結果を表2に示す。なお、“nss-”は「非海塩性（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。

3. 1 測定項目の経年変化

降水量及びpHの年平均値を図2に、イオン成分濃度の年平均値を図3に示す。

鹿児島の5年間の平均降水量は1879mm（1645mm～2106mm）で、全国環境協議会第6次酸性雨全国調査（以下「全環研調査」という。）の全国平均値1715mm（1575mm～1795mm）と比較すると、2017年度以外は多かった。

屋久島の5年間の平均降水量は4074mm（3647mm～4863mm）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。）の全国平均値2010mm（1937mm～2080mm）より、5年間全てにおいて多かった。

表2 降雨成分等調査結果

（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	2017	1645	4.47	3.11	23.4	18.7	11.7	102.3	13.7	78.3	2.5	5.8	4.0	8.5	33.9
	2018	1862	4.41	3.41	27.1	23.4	9.8	98.8	12.2	60.8	2.1	10.5	9.2	7.5	39.4
	2019	2106	4.40	3.18	23.8	20.7	9.1	84.8	13.5	51.7	1.8	9.4	8.3	6.0	39.4
	2020	2080	4.61	2.89	16.4	10.6	8.6	122.6	11.9	94.9	2.5	4.7	2.6	10.9	24.6
	2021	1703	4.55	2.08	13.4	11.1	8.9	56.2	11.3	38.0	1.2	3.4	2.6	4.2	27.9
	平均*1	1879	4.49	2.93	20.8	16.9	9.6	92.9	12.5	64.7	2.0	6.8	5.3	7.4	33.0
全国平均*2	1715	4.89	2.08	13.9	9.4	13.1	86.6	14.9	72.8	2.3	5.0	3.4	8.6	12.9	
屋久島	2017	4863	4.91	2.36	11.8	5.3	5.0	123.1	2.4	108.3	2.7	2.7	0.5	11.7	12.3
	2018	4096	4.63	3.12	19.2	12.4	10.5	131.8	9.1	113.2	2.9	3.5	1.1	12.6	23.3
	2019	3788	4.65	2.71	20.0	14.8	7.8	97.7	6.8	86.3	2.5	5.9	4.1	9.3	22.3
	2020	3976	4.68	3.43	13.8	8.6	9.1	100.8	6.7	86.8	2.1	2.6	0.8	9.7	20.9
	2021	3647	4.74	1.68	10.9	7.7	7.6	58.5	6.5	49.1	1.2	1.9	0.8	5.4	18.3
	平均*1	4074	4.72	2.46	15.1	9.8	8.0	102.4	6.3	88.7	2.3	3.3	1.5	9.7	19.4
全国平均*3	2010	4.96	2.10	12.7	7.5	10.6	99.5	11.1	85.8	2.5	4.0	2.2	10.0	11.6	

（注）網掛けの数値は参考値（有効判定基準で棄却されたもの）

*1 2017年度から2021年度までの5年間の算術平均

*2 全環研酸性雨調査の2017年度から2020年度までの4年間の加重平均濃度の算術平均

*3 国設酸性雨調査の2017年度から2021年度までの5年間の算術平均

鹿児島の5年間の平均pHは4.49 (4.40~4.61) で、全国平均値4.89 (4.83~4.98) と比較すると、2017年度~2020年度の4年間全てにおいて低い値だった。

屋久島の5年間の平均pHは4.72 (4.63~4.74) で、国設調査の全国平均値4.96 (4.88~5.07) と比較すると、有効判定基準で棄却された2017年度以外全てにおいて低い値だった。

イオン成分濃度について、2地点とも非海塩性のイオン (nss-SO₄²⁻等) が高かった年はpHが低く、逆に低い年はpHが高かった。

3. 2 測定項目の経月変化

3. 2. 1 降水量及びpH

鹿児島及び屋久島における降水量及びpHの月ごとの平均値を図4に示す。降水量については、2地点とも、6月から8月(夏季)に多く、12月から2月(冬季)に少なかった。これは全環研調査の西日本区分と同様の傾向であった¹⁾。

pHについては、鹿児島は全環研調査と同様に、冬季に低くなる傾向であった¹⁾が屋久島の月ごとの平均値は年度でばらつきがあった。また、2地点ともに降水量が少ない月は、pHが低下する傾向がみられた。

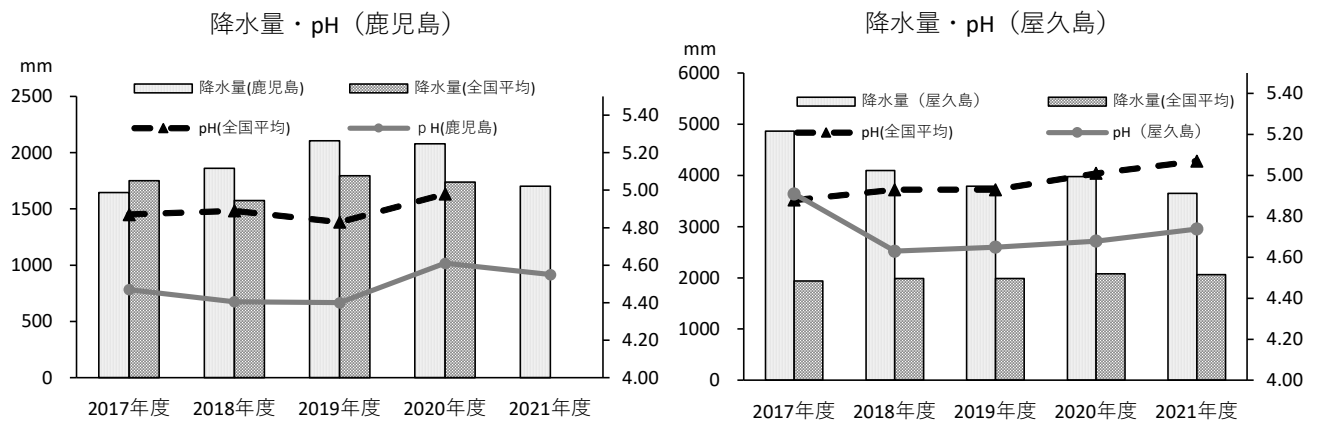


図2 全国平均との比較 (降水量・pH)

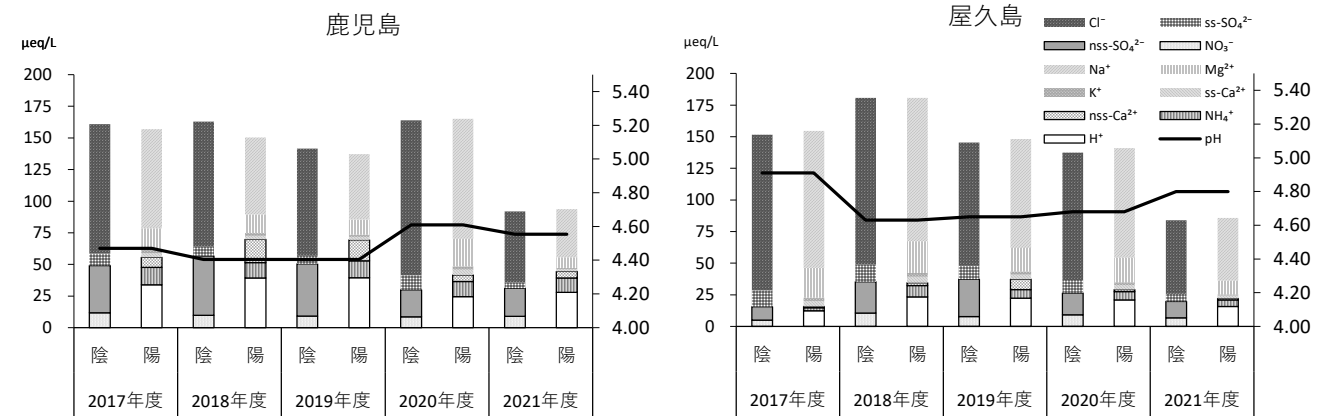


図3 イオン成分濃度の年平均値 (陰：陰イオン, 陽：陽イオン)

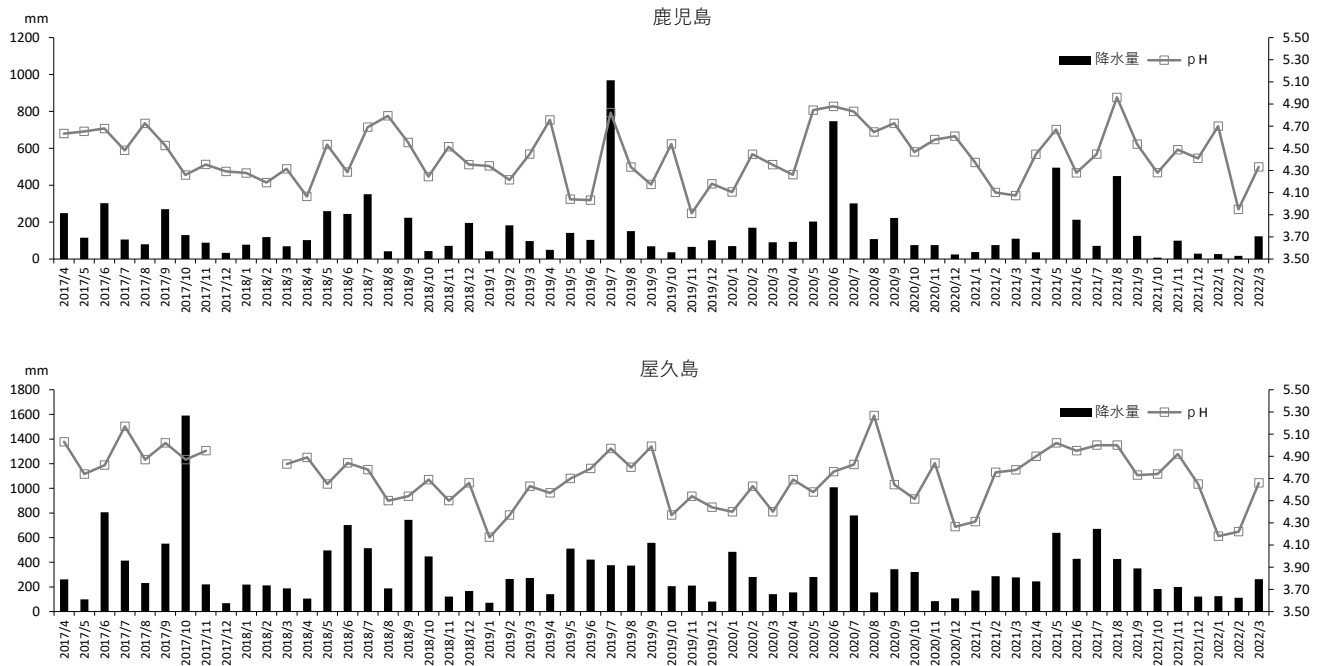


図4 降水量とpHの月平均値（鹿児島，屋久島）

3. 2. 2 イオン成分

鹿児島及び屋久島における湿性沈着状況の把握に主要となるイオン成分（ $nss-SO_4^{2-}$ 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 及び $nss-Ca^{2+}$ ）について、月ごとの平均値を図5に示す。

鹿児島は、 $nss-SO_4^{2-}$ 、 NO_3^- 及び NH_4^+ が夏季より冬季の方が若干高い傾向が見られた。また、2019年10月から2020年1月にかけて $nss-SO_4^{2-}$ と Ca^{2+} が高い値を示していた。

屋久島は、 $nss-Ca^{2+}$ 以外のイオン成分が、冬季に高い傾向が見られた。

冬季に $nss-SO_4^{2-}$ 濃度、 NO_3^- 濃度及び NH_4^+ 濃度が高い傾向を示す場合、大陸からの汚染物質の移流が示唆されており¹⁾、鹿児島及び屋久島においても同様の挙動を示していることから、大陸からの移流の影響を受けている可能性があることが推測された。

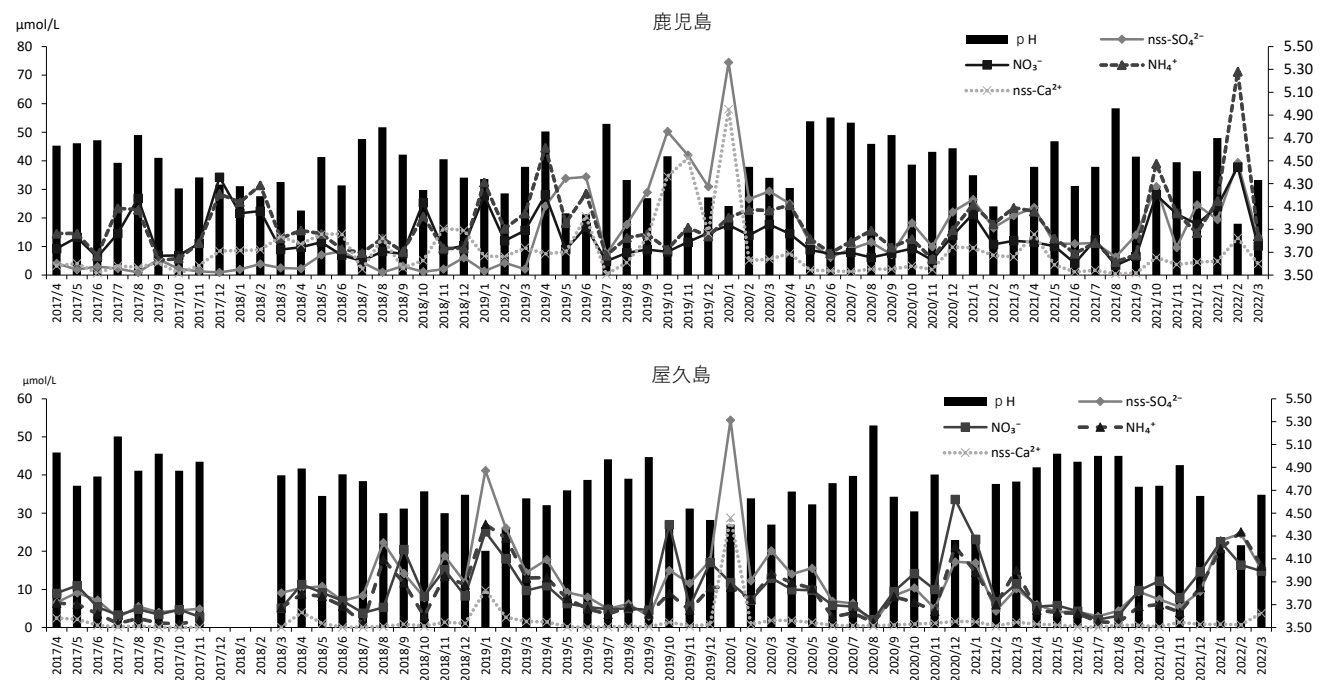


図5 非海塩性イオン成分濃度とpHの月平均値（鹿児島，屋久島）

3. 3 湿性降下物に対する火山の影響

桜島は鹿児島の近傍に位置し、噴火回数は2017年度及び2018年度は467回、2019年度は600回、2020年度は247回、2021年度は82回であった。

また、屋久島の近傍に位置する口永良部島は、2015年6月以降、噴火は観測されていなかったが、2018年10月にごく小規模な噴火が発生し、同程度の噴火が2020年8月まで発生している。

このことから、両地点における湿性降下物に対する火山噴出物の影響について検討する必要があると考えた。

2018及び2019年度における、桜島（南岳）の桜島の噴火回数と鹿児島におけるpH及び非海塩性イオン成分濃度の季節変動を図6に示す。桜島火山灰から溶出する成分の量は、アニオンでは SO_4^{2-} や Cl^- が多く、カチオンでは Ca^{2+} が多いとされており⁷⁾、桜島の噴火時に降った雨が火山ガス（主に二酸化硫黄）や火山灰の成分を多く含んでいる場合、非海塩性イオンへの影響が生じるものと考えられる。

桜島の噴火回数が多かった2019年11月から2020年1月にかけては、鹿児島のpHは低下しており、さらに nss-SO_4^{2-} 、 nss-Ca^{2+} 濃度上昇とpHの低下が一致している。

これらのことから、上記期間における鹿児島のpHの低下は、火山による影響が主要であると考えられる。

2018及び2019年度における口永良部島の噴火回数と屋

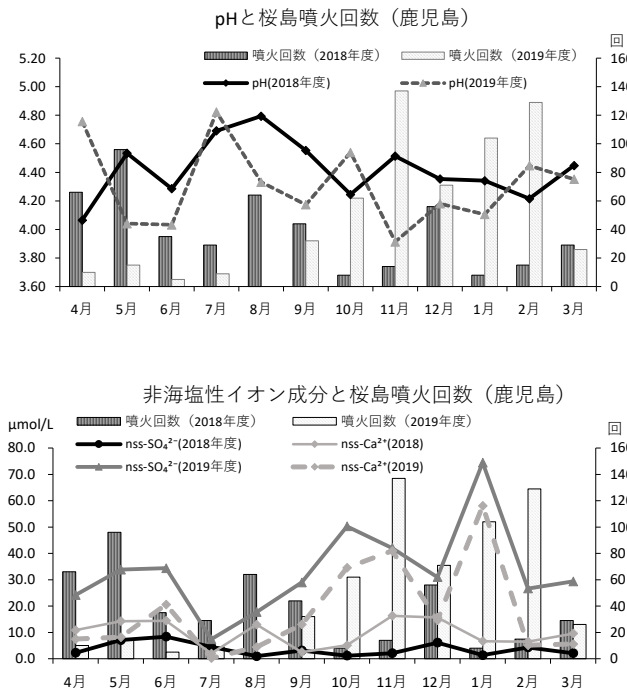
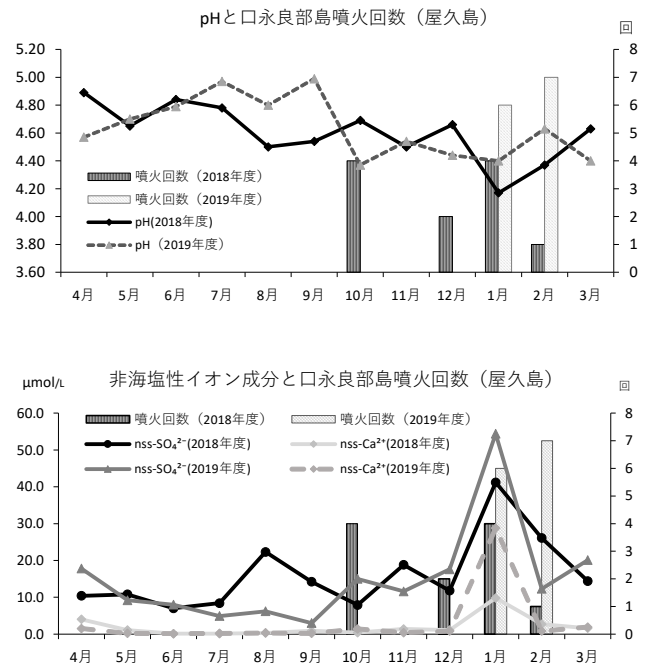


図6 桜島噴火回数とpH及び非海塩性イオン成分濃度 (鹿児島)

久島におけるpH及び非海塩性イオン成分濃度の月ごとの平均値を図7に示す。 nss-SO_4^{2-} 及び nss-Ca^{2+} 濃度上昇とpHの低下が口永良部島の火山活動が活発になっていた時期と重なっており、同時期には、非海塩性イオン濃度が特に上昇していた。

2019年1月及び2020年1月における、鹿児島及び屋久島の風配図を図8に示す。口永良部島から調査地点方向への風向が多い。

これらのことから、2019年1月と2020年1月における屋久島のpHの低下は、口永良部島の火山活動の影響を受けているものと示唆された。



(注) 2018年10月25日から12月13日まで連続噴火 (49日間)

図7 口永良部島噴火回数とpH及び非海塩性イオン成分濃度 (屋久島)

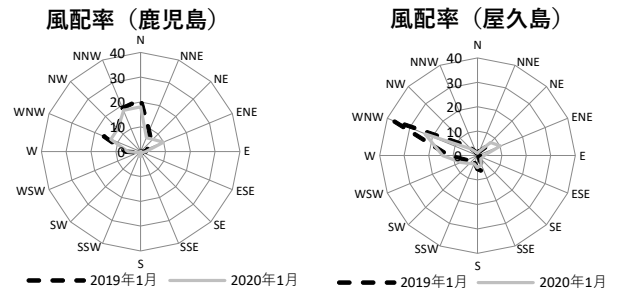


図8 風配図 (鹿児島, 屋久島)

4 まとめ

pHの経年変化の推移を見ると、非海塩性のイオン（ nss-SO_4^{2-} 及び Ca^{2+} ）が高い年はpHが低く、逆に低い年はpHが高くなっていることから、非海塩性の成分が本県の降雨のpHに大きく影響を及ぼしていると考えられる。

鹿児島県の湿性降下物の特徴は、全環境調査の西日本と同様、 nss-SO_4^{2-} や NH_4^+ 等は冬季に高い傾向がみられており、地理的条件と冬季の風向から推察すると、大陸からの影響であるものと考えられる。

湿性降下物について、鹿児島では、2018、2019年度に桜島（南岳）の噴火の活発化に伴い非海塩性イオン成分である nss-SO_4^{2-} 、 nss-Ca^{2+} 濃度が上昇していた。屋久島では、口永良部島の火山活動が活発になっていた時期に nss-Ca^{2+} 濃度が上昇していた。

参考文献

- 1) 全国環境研協議会酸性雨調査研究部会；第6次酸性雨全国調査報告書2017（平成29年度），全国環境研会誌，**44**，74～115（2019）
<https://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/06/>
- 2) 全国環境研協議会酸性雨調査研究部会；第6次酸性雨全国調査報告書2018（平成30年度），全国環境研会誌，**45**，85～120（2020）
<https://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/06/>
- 3) 全国環境研協議会酸性雨調査研究部会；第6次酸性雨全国調査報告書2019（令和元年度），全国環境研会誌，**46**，75～114（2021）
<https://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/06/>
- 4) 全国環境研協議会酸性雨調査研究部会；第6次酸性雨全国調査報告書2020（令和2年度），全国環境研会誌，**47**，97～138（2022）
<https://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/06/>
- 5) 環境省；酸性雨調査結果について（平成29～令和3年度），<https://www.env.go.jp/air/acidrain/index.html>（2023/10/1アクセス）
- 6) 環境省；湿性沈着モニタリング手引き書（第2版），平成12年6月
- 7) 大津睦雄，他；桜島火山灰の元素組成と水溶性イオン，鹿児島県環境センター所報，**4**，59～67（1988）
- 8) 気象庁；火山活動解説資料，<https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/volcano.html>（2023/10/1アクセス）