

佐賀県における酸性雨調査（第12報）

石橋 博

キーワード：酸性雨、湿性沈着、イオンクロマトグラフィー

はじめに

佐賀県では、昭和61年度から酸性雨調査を実施しており、全国環境研協議会の第5次酸性雨全国調査にも参加している。

今回、平成20年度、21年度の調査のとりまとめをおこなったので報告する。

調査地点の概要

佐賀県佐賀市：県環境センター

緯度：33° 16′ 09″

経度：130° 16′ 29″

標高：4 m

海岸からの距離：11 km

佐賀市は北部に脊振山系と、南部に有明海を有する佐賀平野の中央部に位置し、人口約24万人の県庁所在地である。雨水の採取を行っている場所（佐賀県環境センター屋上）は、佐賀県の主要幹線であり、県内を東西に走る国道34号線から北側に約100m、また、南へ延びる国道208号線と立体交差している付近に位置している。

周辺は、住宅、田畑で、国道沿いは事業所、飲食店等が並んでいる。

調査方法

雨水採取：降水時開閉型捕集補修装置

（Wet-only サンプラー）

捕集装置：平成21年7月に捕集装置の更新

を行った。

更新前：小笠原計器製作所 US-400

捕集面積：1,000 (cm²)

更新後：小笠原計器製作所 US330-D

捕集面積：314 (cm²)

捕集間隔：原則1週間ごとに採取

採取中の試料冷却等：更新後の捕集器には冷却機能あり

採取装置設置位置：センター屋上

採取した試料は貯水量（雨水採取量）を計量後、あらかじめ超純水で洗浄したメンブランフィルターでろ過し、ろ液を測定試料とした。

調査項目：pH、電気伝導率（EC）、

SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、

NH₄⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、

Na⁺

pH：pH計（ガラス電極法）

電気伝導率：電気伝導度計

イオン成分：イオンクロマトグラフ

（DIONE 製 ICS-1500）

なお、降水量は試料量と捕集面積から算出している。ただし、オーバーフロー等により試料量が把握できなかった場合は、佐賀地方気象台の観測結果を代用している。

また、各調査にあたっては、「酸性雨調査法」、「湿性沈着モニタリング手引き書」を参考に実施した。

測定値の信頼性については、イオンバランス、電気伝導率バランスにより評価している。

結果及び考察

I 年平均値について

(1) 降水量、pH、電気伝導率（EC）ならびにイオン成分

2年間の降水量、pH、電気伝導率（EC）ならびに各イオン成分濃度の年間平均値（加重平均値）を表1に、全国環境研協議会の第4次調査による全国平均値を表2に示す。

（ただし、全国環境研協議会の調査結果は、平成19年度、20年度である。）

表1に示すとおり、佐賀県における降水量、pH、電気伝導率（EC）ならびにイオン成分は、平成20年度と平成21年度では大きな違いはなかった。

表2の全国平均値と比較すると、降水量、電気伝導率、 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} の項目は佐賀県が低く、その他の項目は、ほぼ同程度であった。

なお、 nss-Ca^{2+} （非海塩性 Ca^{2+} ）については、今回の報告期間では平成21年度の1月、3月が高くなっている。これについては、いずれの月も黄砂が飛来しており、特に3月の黄砂は比較的大規模な黄砂であったため、この影響によるものと推測される。

$\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ （非海塩性 SO_4^{2-} ）当量比の年平均値により、降雨の酸性化に対する寄与割合をみると、平成20年度が0.42、平成21年度が0.53であり、佐賀市における酸性化に対する寄与は、硝酸イオンより硫酸イオンによるものが大きいことがわかった。

硫酸イオンは、化石燃料の燃焼等により発生する二酸化硫黄の気体が、大気中で変化したもので、近年は大陸からの移流の影響と言われている。

表1 佐賀県の降水量、pH、電気伝導率（EC）ならびにイオン成分濃度の年間平均値

佐賀県	降水量 mm	pH	導電率 mS/m	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	H^+	nss-SO_4^{2-}	nss-Ca^{2+}	$\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量比
H20年度	1588.3	4.86	1.49	18.9	13.3	16.6	21.4	15.2	1.1	3.3	1.8	21.8	16.0	3.0	0.42
H21年度	1508.7	4.86	1.63	18.6	18.4	23.3	27.7	21.4	1.4	4.8	2.9	21.7	17.3	4.4	0.53
平均	1548.0	4.86	1.56	17.7	15.8	20.0	24.6	18.3	1.2	4.1	2.4	21.7	16.6	3.7	0.47

（※）降水量は単純平均値

表2 全国の降水量、pH、電気伝導率（EC）ならびにイオン成分濃度の年間平均値

全国平均	降水量 mm	pH	導電率 mS/m	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	H^+	nss-SO_4^{2-}	nss-Ca^{2+}	$\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量比
H19年度	1602.0	4.82	2.88	23.7	21.4	78.1	24.3	68.7	2.9	7.1	8.2	24.2	19.6	5.6	0.55
H20年度	1642.0	4.84	2.53	20.0	18.4	80.6	20.3	69.9	2.4	5.6	8.2	22.8	16.3	4.0	0.56
平均	1622.0	4.83	2.61	21.9	19.9	79.4	22.3	69.3	2.7	6.4	8.2	23.5	18.0	4.8	0.56

（※）降水量は単純平均値

II 季節変化について

(1) 降水量、pH、EC ならびにイオン成分濃度の季節変動

① 降水量経月変化を図 1 に示す。

降水量はおおむね夏季に多く、冬季に少ない傾向があった。

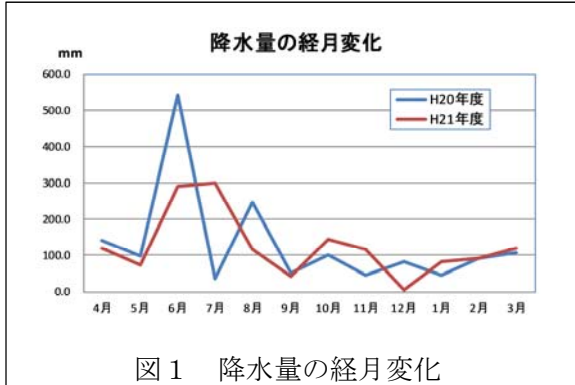


図 1 降水量の経月変化

② pH の経月変化を図 2 に示す。

pH は、年間を通じて 4.2~4.9 と pH 5 以下である。11 月~2 月の雨の少ない冬季に比較的低い傾向があった。

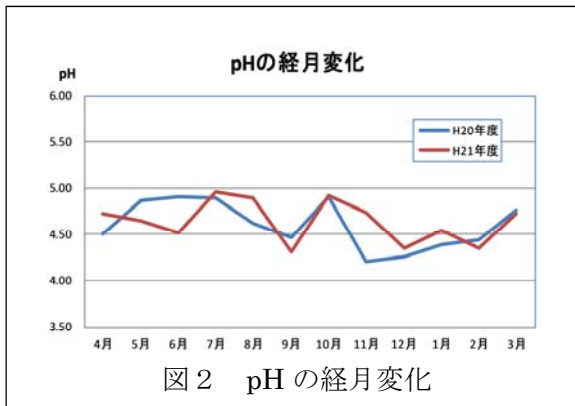


図 2 pH の経月変化

③ 電気伝導率の経月変化を図 3 に示す。

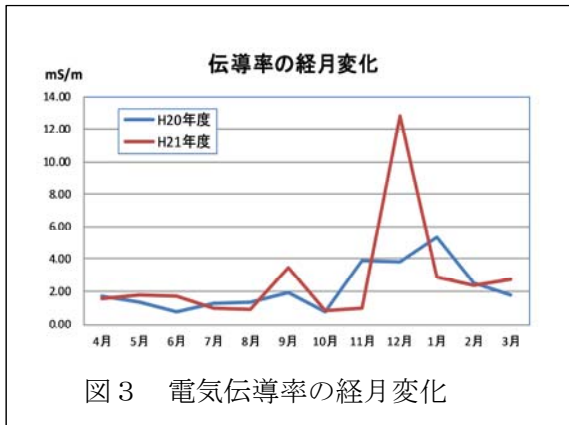


図 3 電気伝導率の経月変化

電気伝導率は、雨量の少ない冬季に高く、雨量の多い夏季に低い傾向があった。

特に平成 21 年度の 12 月は、図に示したように特異的に高い結果になっている。

これは、当月の降水量が極端に少なかったためと考えられる。

④ Na^+ 、 Cl^- の成分濃度の相関を図 4 に示す。

ほとんどが海塩由来と考えられている Na^+ について、 Cl^- との相関を見ると、両者には有意な相関が認められ、佐賀市においても Cl^- は、海塩由来のものであると推測できる。

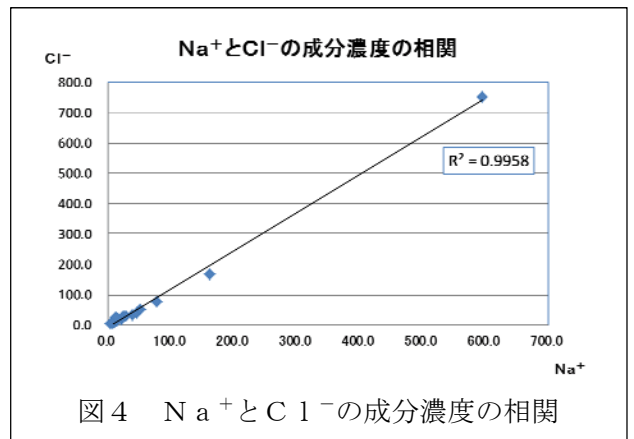


図 4 Na^+ と Cl^- の成分濃度の相関

⑤ イオン成分濃度の経年変化を図 5 に示す。

図 5 に示したイオン成分濃度については、 nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 濃度は秋期以降冬期にかけて高い傾向が認められた。

nss-Ca^{2+} 濃度は、夏期に低く黄砂が観測された場合に高濃度となる傾向が認められた。平成 21 年度は、12 月に黄砂が観測されたため、12 月の濃度が高くなっている。

図 6 に平成 19 年度~21 年度にかけての黄砂の月別観測割合を示した。図のよ

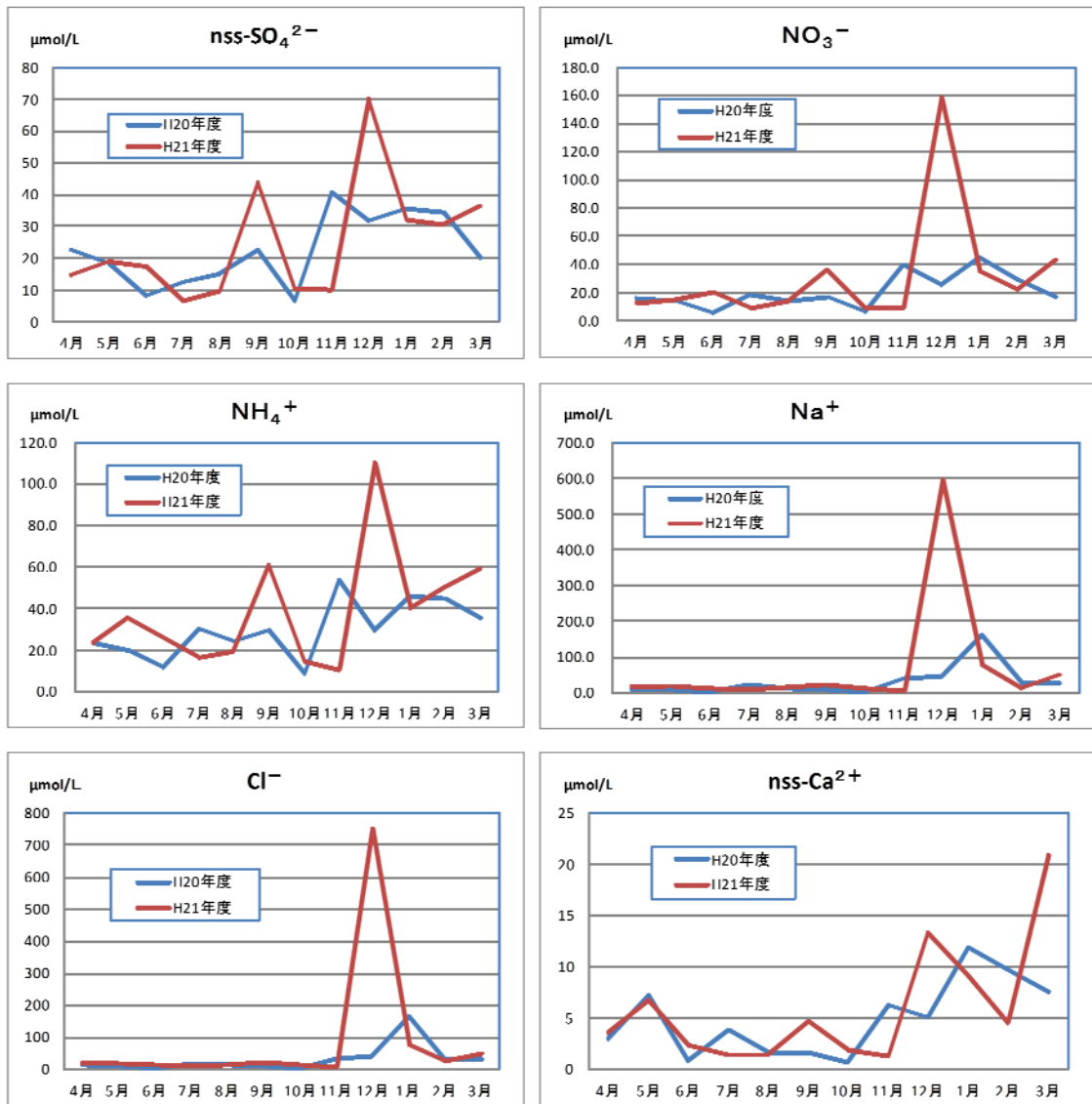


図5 イオン成分濃度の経月年変

うに、2月から5月までの期間で、年間の黄砂の90%以上を観測しており、夏季には黄砂は観測されていない。

この2年間のnss-Ca²⁺濃度に関しては、大きな黄砂が飛来した平成21年12月および平成22年3月の濃度が高かった。

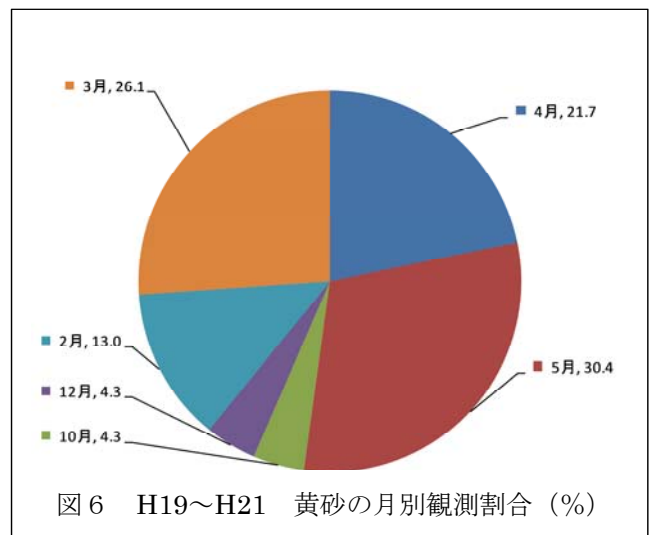


図6 H19~H21 黄砂の月別観測割合 (%)

(2) イオン成分組成

イオン成分組成のグラフを図7に示す。

Cl⁻、ss-SO₄²⁻、Na⁺、ss-Ca²⁺等の海塩由来イオンは、陰イオンでおおむね40%前後、陽イオンでおおむね25%前後の組成であり、佐賀市では陰イオン、陽イオン成分いずれも非海塩性由来のイオン成分の占める割合が多かった。

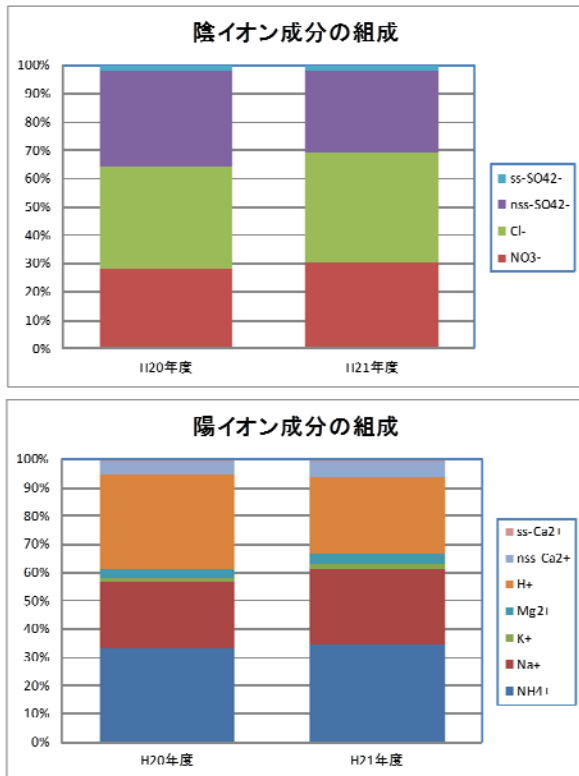


図7 イオン成分の組成

表3 佐賀県における降水量とイオン成分の年間沈着量

佐賀県	降水量 mm	SO ₄ ²⁻	NO ₃	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	nss-SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺
		mmol/m ²										
H20年度	1589.3	30.2	23.8	29.7	38.3	27.1	1.9	5.9	3.2	39.0	28.5	5.3
H21年度	1508.7	28.1	27.8	35.2	41.8	32.3	2.2	7.3	4.4	32.7	26.1	6.6
平均	1549.0	29.1	25.8	32.5	40.1	29.7	2.0	6.6	3.8	35.8	27.3	5.9

表4 全国の降水量とイオン成分の年間沈着量

全国平均	降水量 mm	SO ₄ ²⁻	NO ₃	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	nss-SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺
		mmol/m ²										
H19年度	1602.0	38.0	34.3	125.1	38.9	110.1	4.6	11.4	13.1	38.8	31.3	8.9
H20年度	1642.0	32.8	30.2	132.3	33.3	114.8	3.9	9.2	13.5	37.4	25.9	6.6
平均	1622.0	35.4	32.2	128.7	36.1	112.4	4.3	10.3	13.3	38.1	28.6	7.8

III 沈着量

(1) イオン成分の年間沈着量

佐賀県における平成20年度、21年度の降水量ならびにイオン成分の年間沈着量を表3に、全国環境研協議会の第4次調査による全国平均値を表4に示す。

表3に示すとおり、佐賀県における降水量、とイオン成分沈着量は、平成20年度と平成21年度では大きな違いはなかった。

平成20年度のイオン成分沈着量について、全国平均と比較すると、Cl⁻、Na⁺、Mg²⁺沈着量は全国平均値を下回る結果であった。

佐賀市では、海洋性イオン成分であるCl⁻、Na⁺の沈着量が、全国平均を大きく下回っているが、これは「九州・沖縄地方酸性雨共同調査」の九州中・北部にみられる傾向と一致していた。

まとめ

平成 20 年度、21 年度の酸性雨調査のとりまとめをおこなった。

2 年間という期間ではあるが、

- (1) pH は両年度とも 4.66 で、過去の値とも大きな変動は認められなかった。
- (2) イオン成分濃度は、平成 21 年度 12 月の濃度が特異的に高いことが確認できた。

このことについては、平成 21 年度 12 月に黄砂が観測されており、黄砂の飛来が理由の一つと考えられる。

今回 Cl^- について、海塩由来のイオンと言われている Na^+ との相関分析を行った結果、有意な相関が認められ、佐賀市における Cl^- は海塩由来のものであることが推測できた。

酸性雨を含めて、環境に関する調査は、長い年月をかけてデータを集積し、これを解析する作業が重要であり、今後も調査を継続したい。

参考文献

- 1) 佐賀県環境センター所報 第 18 号
(平成 18 年度)
- 2) 佐賀県環境センター所報 第 19 号
(平成 20 年度)
- 3) 全国環境研究会誌 第 31 巻 第 3 号
(100 号)、第 4 号 (101 号)
- 4) 全国環境研究会誌 第 32 巻 第 3 号
(104 号)、第 4 号 (105 号)
- 5) 全国環境研究会誌 第 33 巻 第 3 号
(108 号)
- 6) 全国環境研究会誌 第 34 巻 第 3 号
(112 号)、第 4 号 (113 号)
- 7) 全国環境研究会誌 第 35 号 第 3 号
(116 号)、第 4 号 (117 号)
- 8) 酸性雨調査法 環境庁大気保全局大気
規制課監修
- 9) 湿性沈着モニタリング手引書(第 2 版)
- 10) 平成 21 年度九州・沖縄地方酸性雨共
同調査データ集