

# 徳島県における酸性雨調査について

徳島県保健環境センター

中石 明希・海東 千明

Acid Deposition Survey in Tokushima Prefecture

Aki NAKAISHI and Chiaki KAITO

Tokushima Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences

**Key words:** acid deposition (酸性雨)

## I はじめに

酸性雨による環境汚染は大気汚染物質の輸送により発生し、国境を越えて影響を及ぼす恐れがあることから、地球規模での問題として扱われるようになってきた。近年、東アジア地域の著しい経済発展に伴う大気汚染物質の排出量増加の影響も懸念されており、生態系への影響も報告されている。

本県では、全国環境研協議会の酸性雨調査に参加しており<sup>1)</sup>、現在は第5次調査に取り組んでいる。今回、酸性雨調査について平成12年度から21年度の結果について取りまとめたので報告する。

## II 調査方法

### 1 調査期間

平成12年4月～平成22年3月

### 2 調査地点

調査地点を図-1に示す(平成12～17年度は徳島保健所屋上、平成18年度以降は徳島県保健環境センター屋上)。

### 3 試料採取

「湿性沈着モニタリング手引き書」<sup>2)</sup>に従い、降水時開放型捕集装置(株)小笠原計器製作所, AS-300)を用いて、1週間単位で試料を採取した。

### 4 分析項目及び分析方法

pH, 電気伝導率(EC),  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ を表-1に示す方法で分析した。

## III 調査結果及び考察

### 1 降水量

平成12年度から21年度までの年間降水量の経年変化を図-2



図-1 調査地点

表-1 分析項目と分析方法

分析項目	分析方法
pH	ガラス電極法
EC (電気伝導率)	電気伝導計法
$\text{SO}_4^{2-}$ (硫酸イオン)	イオンクロマトグラフ法
$\text{NO}_3^-$ (硝酸イオン)	〃
$\text{Cl}^-$ (塩化物イオン)	〃
$\text{NH}_4^+$ (アンモニウムイオン)	〃
$\text{Ca}^{2+}$ (カルシウムイオン)	〃
$\text{Mg}^{2+}$ (マグネシウムイオン)	〃
$\text{K}^+$ (カリウムイオン)	〃
$\text{Na}^+$ (ナトリウムイオン)	〃

に示す。年間降水量は877.0~2049.4mmの範囲にあり、平均値は1268.7mmであった。降水量は平成16年度が最大となったが、これは台風の接近や前線の影響によるものと考えられる。

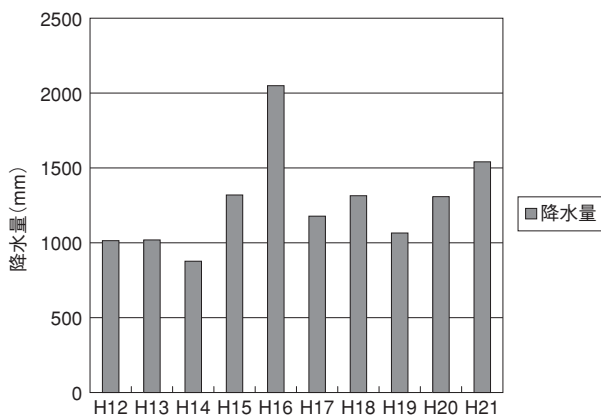


図-2 降水量の経年変化

## 2 pH と電気伝導率

図-3にpHと電気伝導率の年平均値の経年変化を示す。pHの年平均値は、pH4.41~4.81の値の範囲にあり、10年間の全期間平均値はpH4.61であった。pH5.6以下の降水を酸性雨とするが、いずれの降雨もpH5.6以下の酸性雨であった。平成13年度に最低値pH4.41を記録したが、それ以降は若干の上昇傾向を示した。

年平均電気伝導率は13.7~34.1 $\mu$ S/mで平均は24.5 $\mu$ S/mであった。

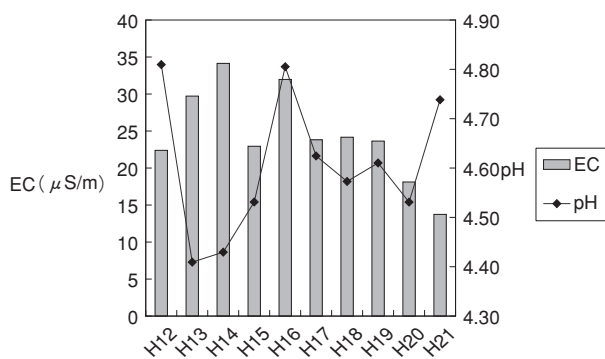


図-3 pHと電気伝導率の経年変化

## 3 イオン成分組成

平成12年度から21年度の10年間のイオン成分組成を平均したグラフを図-4に示す。酸性雨の原因となる酸性成分としては $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ が挙げられ、 $\text{NH}_4^+$ 及び $\text{Ca}^{2+}$ はその中和成分とされる。また、降水中の $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ には、海塩由来と非海塩由来のものがあり、降水の酸性化に寄与する酸・塩基は

非海塩由来の濃度で評価する必要がある。nss (non-sea salt) とは、 $\text{Na}^+$ が全て海塩由来であると仮定して補正したもので、非海塩由来であることを示し、ss (sea-salt) とは海塩由来であることを示す<sup>(注)</sup>。 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 等海塩由来のイオンは、全陽イオンの51%、陰イオンの64%を占め、全国平均<sup>3)</sup>と同程度であった。

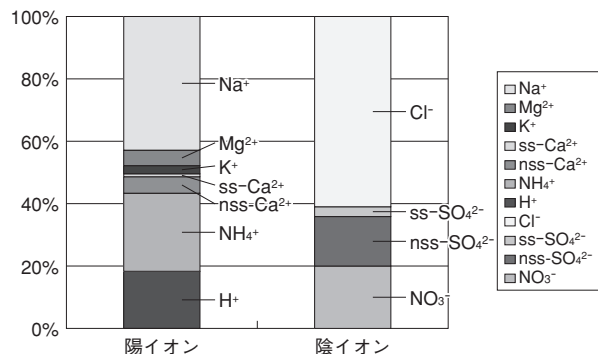


図-4 イオン成分組成

## 4 イオン成分の沈着

10年間のイオン成分の年間沈着量を表-2に示す。

$\text{Na}^+$ 沈着量は、27.2~217.0 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ の範囲であり、平均は78.3 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ であった。 $\text{Cl}^-$ 沈着量は、32.7~298.4 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ の範囲であり、平均は94.9 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ であった。全国平均と比較するといずれも同程度であった。

酸性成分については次のとおりであった。nss- $\text{SO}_4^{2-}$ 沈着量は、15.9~29.5 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ の範囲であり、平均は22.2 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ であった。 $\text{NO}_3^-$ 沈着量は、19.2~41.1 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ の範囲であり、平均は27.7 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ であった。いずれのイオンも全国平均と同程度であった。

酸性を中和する塩基成分については以下の結果になった。 $\text{NH}_4^+$ 沈着量は、20.1~73.6 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ の範囲であり、平均は40.7 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ であった。nss- $\text{Ca}^{2+}$ 沈着量は、2.2~20.2 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ の範囲であり、平均は8.4 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ であった。 $\text{Mg}^{2+}$ 沈着量は、2.9~22.9 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ の範囲であり、平均は8.9 $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{year}$ であった。 $\text{K}^+$ 沈着量

(注) ss- $\text{SO}_4^{2-}$ は、観測された降水中の $\text{Na}^+$ がすべて海塩由来であると仮定し、その量に平均的な海水における組成比0.251を乗じて算出する。nss- $\text{SO}_4^{2-}$ は $\text{SO}_4^{2-}$ からss- $\text{SO}_4^{2-}$ を差し引いて求める。nss- $\text{Ca}^{2+}$ についても、同様の考え方で算出する。計算式は以下の通りである。

$$\begin{aligned} \text{海塩由来} & \quad [\text{ss-SO}_4^{2-}] = 0.251x [\text{Na}^+] \\ \text{非海塩由来} & \quad [\text{nss-SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] - [\text{ss-SO}_4^{2-}] \\ \text{海塩由来} & \quad [\text{ss-Ca}^{2+}] = 0.038x [\text{Na}^+] \\ \text{非海塩由来} & \quad [\text{nss-Ca}^{2+}] = [\text{Ca}^{2+}] - [\text{ss-Ca}^{2+}] \end{aligned}$$

表-2 降雨成分調査結果

年度	降水量 (mm)	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{m}$ )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>
				(mmol/m <sup>2</sup> /year)										
12	1014.4	4.81	22.4	29.3	23.6	35.3	90.9	57.2	15.6	13.6	11.2	9.3	93.4	15.7
13	1019.5	4.41	29.7	33.1	28.7	31.2	76.7	73.6	21.8	20.2	13.2	7.1	72.6	39.7
14	877.0	4.43	34.1	32.7	29.5	41.1	65.5	64.4	14.4	13.2	6.7	3.8	53.5	32.6
15	1319.6	4.53	22.9	24.2	20.2	27.6	78.7	39.9	12.8	11.3	8.4	4.2	67.0	38.8
16	2049.4	4.81	32.0	41.5	27.3	33.5	298.4	45.5	13.1	8.0	22.9	8.6	217.0	32.1
17	1177.8	4.62	23.8	21.6	16.3	19.2	110.5	23.7	4.2	2.2	8.8	2.5	88.3	28.0
18	1314.6	4.57	24.2	26.6	21.9	23.6	93.2	32.4	6.0	4.4	7.2	3.9	78.2	35.1
19	1065.6	4.61	23.6	22.3	19.0	22.5	65.5	24.9	5.4	4.2	4.2	1.8	54.7	26.1
20	1308.5	4.53	18.1	21.2	19.3	23.8	36.5	25.2	4.1	3.5	3.2	1.7	31.0	38.5
21	1540.9	4.74	13.7	17.5	15.9	19.5	32.7	20.1	4.4	3.8	2.9	1.9	27.2	28.1
平均	1268.7	4.61	24.5	27.0	22.2	27.7	94.9	40.7	10.2	8.4	8.9	4.5	78.3	31.5

は、1.7~9.3mmol/m<sup>2</sup>/year の範囲であり、平均は4.5mmol/m<sup>2</sup>/year であった。H<sup>+</sup>沈着量は、15.7~39.7mmol/m<sup>2</sup>/year の範囲であり、平均は31.5mmol/m<sup>2</sup>/year であった。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は全国平均よりも高値を示したが、他のイオンはいずれも全国平均と同程度であった。

降水の酸性化への影響が特に大きいとされる酸性成分 (nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 及び中和成分 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, nss-Ca<sup>2+</sup>) の年間沈着量の推移を図-5に示す。酸性成分 (nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) は平成14年度から概ね減少傾向を示した。また、中和成分 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, nss-Ca<sup>2+</sup>) も平成13年度から概ね減少傾向を示した。

酸性物質 (硫酸及び硝酸) の寄与率の指標である nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/(nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 当量濃度比の経年変化を図-6に

示す。この値は0.40~0.48の範囲でほぼ横ばいで推移しており、全期間0.5より小さかった。このため、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>よりもNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の方が多く存在していることになり、酸性雨の原因として硝酸の寄与が大きいことが示唆された。国内事業所の脱硫システムの発達により硫黄酸化物による硫酸系よりも、自動車から排出される窒素酸化物による硝酸系の寄与割合が高かったと考えられる。

中和物質 (アンモニアガス及びカルシウム) の寄与率の指標である NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>+nss-Ca<sup>2+</sup>) 当量濃度比の経年変化を図-7に示す。この値は0.78~0.91の範囲でほぼ横ばいで推移しており、全期間0.5より大きかった。このため、酸性雨の抑制要因としてはアンモニアガスの影響が大きいことが示唆された。アンモニアガスは主に家畜糞尿に起因する時

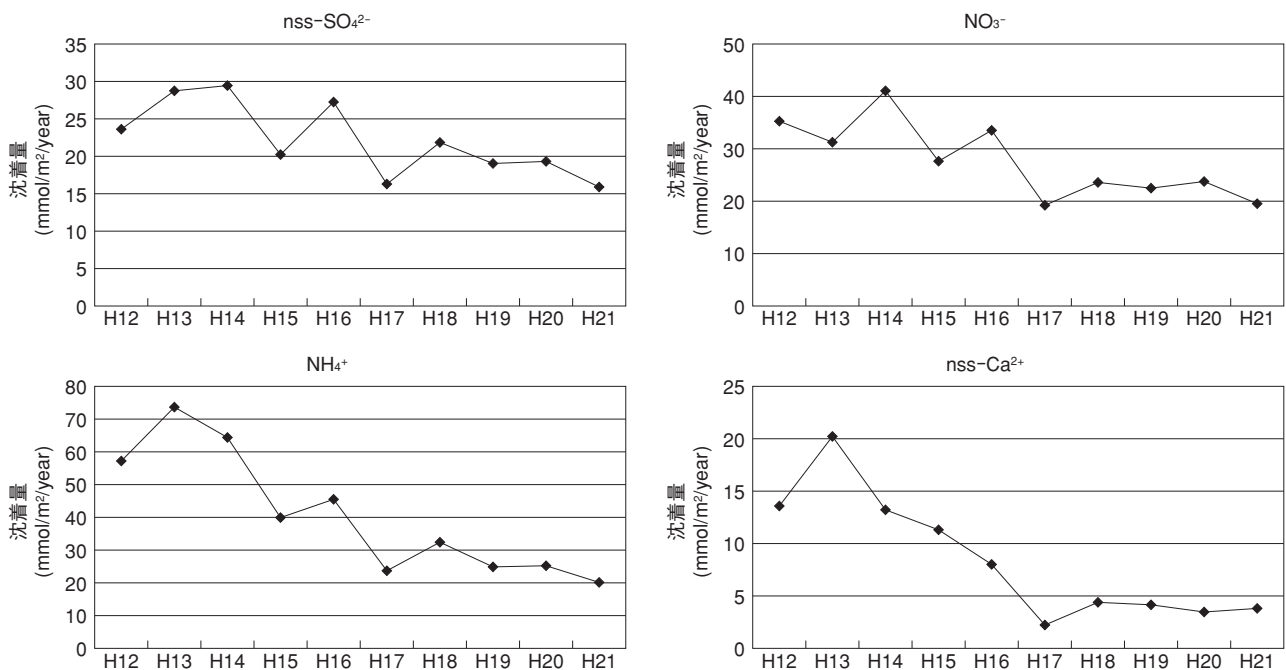


図-5 沈着量の経年変化

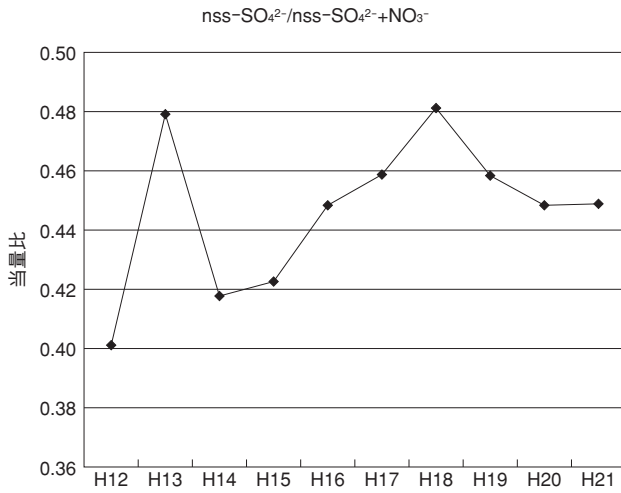


図-6  $nss-SO_4^{2-} / (nss-SO_4^{2-} + NO_3^-)$  の経年変化

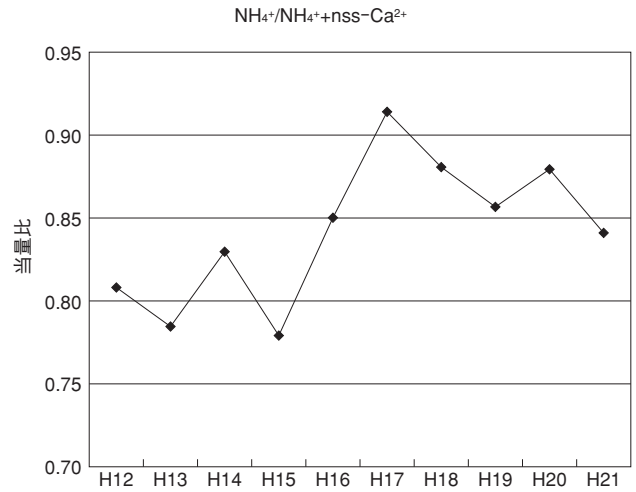


図-7  $NH_4^+ / (NH_4^+ + nss-Ca^{2+})$  の経年変化

れるが、県内においてもその寄与割合が高かったと考えられる。

#### IV まとめ

徳島県における平成12年度から平成21年度までの10年間の酸性雨調査について取りまとめを行った。

- 1 年降水量の平均値は1268.7mmであった。pHは平均で4.61であった。
- 2 酸性成分である  $nss-SO_4^{2-}$  及び  $NO_3^-$  の年平均沈着量は、各々  $22.2\text{mmol/m}^2/\text{year}$ 、 $27.7\text{mmol/m}^2/\text{year}$  であり、全国平均と同程度であった。
- 3 中和成分である  $NH_4^+$  及び  $nss-Ca^{2+}$  の年平均沈着量は、各々  $40.7\text{mmol/m}^2/\text{year}$ 、 $8.4\text{mmol/m}^2/\text{year}$  であった。全国平均と比較すると  $NH_4^+$  は高かったが、 $nss-Ca^{2+}$  は同程

度であった。

- 4  $nss-SO_4^{2-} / (nss-SO_4^{2-} + NO_3^-)$  当量濃度比より、酸性雨の原因として硝酸の寄与が大きいことが示唆された。また、 $NH_4^+ / (NH_4^+ + nss-Ca^{2+})$  当量濃度比より、酸性雨の抑制化にはアンモニアガスの影響が大きいことが考えられた。

#### V 参考文献

- 1) 新居ら：徳島県保健環境センター年報，24，39-41（2006）
- 2) 環境省地球環境局環境保全対策課：湿性沈着モニタリング手引き書（第2版）（2001）
- 3) 環境省：酸性雨対策調査総合とりまとめデータ集