

徳島県における酸性雨調査 (第12報)

徳島県保健環境センター

片田 正己・森吉 通博・林 修三
岸本 和之・犬伏 宏行・尾崎 宏美¹⁾
多田 久代²⁾・岩切 晃史

Acid Precipitation Survey in Tokushima Prefecture (XII)

Masami KATATA, Michihiro MORIYOSHI, Syozo HAYASHI, Kazuyuki KISHIMOTO,
Hiroyuki INUBUSHI, Hiromi OZAKI, Hisayo TADA, Terufumi IWAKIRI

Tokushima Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences

Abstract

In Tokushima Prefecture it have been done survey on the acid rain since 1974 and, actually, in Tokushima city we are making it in 4 (four) points.

This abstract is about the survey results on the concentration of PH, ions and its accumulation in the rainfall from 1996 to 2000.

I はじめに

当所の酸性雨に関する調査は、昭和59年度に徳島市において開始し、その後、62年度石井町、平成2年度鷺敷町、4年度阿南市を追加し継続調査を実施している。

平成7年度までの調査結果は、当所年報No14 (1996) までに報告しているが、今回は8年度から12年度まで5年間の調査結果を取りまとめ、その概要を報告する。

II 調査方法

1 調査期間

平成8年4月から13年3月まで1週間単位

2 調査地点 (図-1)

- (1) 徳島市：徳島市新蔵町3丁目80, 徳島保健所5F屋上
- (2) 石井町：名西郡石井町石井字石井2201-1, 農業大学校2F屋上
- (3) 鷺敷町：那賀郡鷺敷町大字和食
鷺敷中学校敷地内, 一般環境大気測定局鷺敷の屋上
- (4) 阿南市：阿南市富岡町佃町1539番地7, 阿南保健所3F屋上

1) 現 徳島保健所 2) 現 穴吹保健所

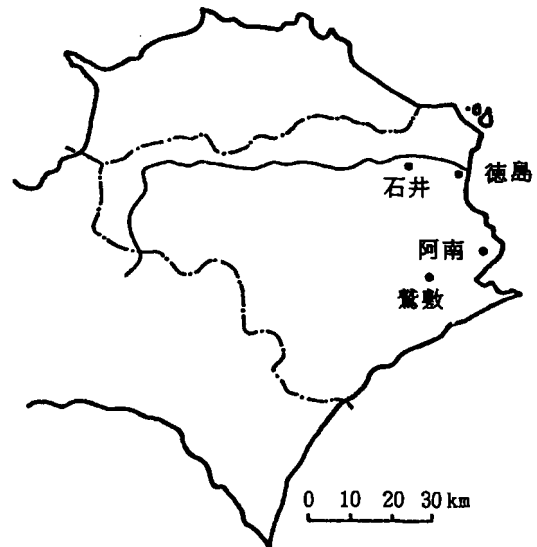


図-1 調査地点

3 採取装置

ろ過式採取装置 (アドバンテック製)

4 調査項目及び測定方法等

- (1) 可溶性 (水溶性) 成分

1週間毎の採取降水と月1回の捕集用ローットの洗浄水中のイオン類を合せて可溶性成分とした。

① PH：ガラス電極法

EC：導電率計による方法

② $\text{Cl}^- \cdot \text{NO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ ：IC法

$\text{Na}^+ \cdot \text{NH}_4^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ ：IC法

(2) 不溶性（非水溶性）成分

1週間毎に交換している捕集用ロート下部の濾紙と洗浄水を濾過した濾紙を合せて酸処理し、含まれる金属類（Na・K・Mg・Ca）をICP法により不溶性成分として求めたが、この取り扱いについては、次のⅢ調査結果で述べる。

(3) データの集計

データは国（環境省）及び全環研調査と同様に月毎にまとめ、これを基本単位として集計した。

Ⅲ 調査結果と考察

表-1・2に年度別地点別の採取降水量及びPH、表-3・4・5・6・7に年度別地点別の可溶性成分濃度等を示す。

この可溶性成分濃度については、採取装置が常時開放型のため、降水以外の降下物中に含まれる可溶性成分の寄与があることに留意する必要がある。

また、降下物量（可溶性成分+不溶性成分、 $\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$ ）も算出を試みたが、強風時の周辺土壌の舞い上り、草木片、鳥の糞尿の混入等があり、現状の採取装置で精度良く降下物量を求めることは困難である。

このため降下物量に関しては、本報への数値的な記載は控えた。

1 採取降水量（表-1）

調査期間中の年間採取量は3,564mm（鷺敷）～725mm（石井町）の範囲内にあり、4地点の年間平均採取量は1,399mmであった。

地点別にみると県南部（鷺敷町・阿南市）が多く、県北部（徳島市・石井町）が少ない傾向であり、特に鷺敷町は内陸山間地域のため期間を通じて多くなっている。

ちなみに月別の最高は853mm（鷺敷町12年9月）、最低は2mm（徳島市11年2月・石井町11年12月・阿南市10年11月）であった。

表-1 採取降水量（mm）

年度 地点	H 8	H 9	H10	H11	H12
徳島市	1,120	1,474	2,052	1,471	1,014
石井町	1,423	1,132	1,389	1,284	725
鷺敷町	1,705	2,052	3,564	3,335	2,663
阿南市	1,698	1,634	2,009	2,099	1,138

2 PH（表-2）

変動域は徳島市5.2～4.6、石井町5.2～4.7、鷺敷町5.2～4.8、阿南市4.9～4.7であり、調査開始当初からみても顕著な変動傾向はなく、概ね横ばいで推移しており、地点間においても若干差はみられるが、周辺条件が異なるためと考えられる。

表-2 PH（月平均の集計）

年度 地点	H 8	H 9	H10	H11	H12
徳島市	4.9	4.8	4.8	5.2	4.6
石井町	5.0	5.2	5.1	4.9	4.7
鷺敷町	4.8	4.9	5.1	5.1	5.2
阿南市	4.7	4.8	4.9	4.8	4.8

3 成分濃度等（表-3）

5年間の4地点における測定（算出）項目の月別範囲と全平均値は表-3に示すとおりであった。

最高値に関しては、測定（算出）して項目中阿南市が9項目、石井町が2項目、徳島市が12項目であり、この該当月は阿南市・石井町共に10年の11月で、この月の採取降水量をみると徳島市9mm、石井町5mm、鷺敷町4mm、阿南市2mmとなっており、5年間を通じて最も採取降水量の少な

表-3 4地点の月別濃度範囲等

調査期間（平成8年度～12年度）		
項目	濃度範囲等 最高(地点)～最低(地点)	全平均値
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	294.3 ～ 5.7 (阿南市) (鷺敷町)	30.3
Cl^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	46.64 ～ 0.42 (阿南市) (石井町)	3.10
NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	33.78 ～ 0.00 (阿南市) (石井町)	2.46
SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	45.80 ～ 0.61 (阿南市) (鷺敷町)	3.48
Na^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	26.37 ～ 0.04 (阿南市) (鷺敷町)	1.77
NH_4^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	8.01 ～ 0.01 (石井町) (鷺敷町)	1.09
K^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	5.10 ～ 0.01 (石井町) (阿南市)	0.32
Mg^{2+} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	5.41 ～ 0.02 (阿南市) (徳島市)	0.27
Ca^{2+} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	15.35 ～ 0.00 (阿南市) (阿南市)	0.89
$\text{NSS}-\text{SO}_4^{2-}$ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	39.44 ～ 0.33 (阿南市) (鷺敷町)	2.78
$\text{NSS}-\text{Ca}^{2+}$ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	14.38 ～ 0.02 (阿南市) (阿南市)	0.82
S/N 比	11.00 ～ 0.16 (徳島市) (鷺敷町)	1.26

い月のため、最高値の集中はこれに起因するものと考えられる。

酸性雨の生成に SO_4^{2-} と NO_3^- のいずれが寄与しているのかを定量的に推定するために $\text{NSS}-\text{SO}_4^{2-}$ と NO_3^- との濃度比 (S/N 比) を求めた。ここで $\text{NSS}-\text{SO}_4^{2-}$ は Non Sea Salt の略で、海塩に由来しない SO_4^{2-} 濃度を表している。

S/N 比の最高値は徳島市であり、該当月は10年の12月で、この月の $\text{NSS}-\text{SO}_4^{2-}$ 濃度は $2.42\mu\text{g}/\text{ml}$ 、 NO_3^- 濃度が $0.22\mu\text{g}/\text{ml}$ を示し、 NO_3^- 濃度が極端に低下していたことにより、計算上において S/N 比が大きくなっている。

全体的には、 $\text{NSS}-\text{SO}_4^{2-}$ 濃度の寄与が高い傾向にある。

また、5年間で4季別にみると S/N 比は春季1.18 (3～5月)、夏季1.19 (6月～8月)、秋季0.97 (9月～11月)、冬季1.59 (12～2月) であり、冬季に $\text{NSS}-\text{SO}_4^{2-}$ 濃度の寄与が高くなっており、春・夏・秋季は同程度となっている。

4 降下物量 (参考扱い)

5年間の降下物量 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$) を求めた結果、地点比較で

8年度 石井町>鷺敷町>徳島市>阿南市

9年度 石井町>徳島市>鷺敷町>阿南市

10年度 石井町>鷺敷町>徳島市>阿南市

11年度 石井町>鷺敷町>徳島市>阿南市

12年度 阿南市>徳島市>鷺敷町>石井町

の順になっており全体の平均は

石井町>鷺敷町>徳島市>阿南市で、総じて石井町、鷺敷町の量が多い傾向にある。この原因としては、両地点が学校の敷地内にあるため、グラウンドの土壌の舞い上がりの影響が考えられる。

また、量的には $10\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$ 前後であろうと推定される。

IV まとめ

- PHの値は、月単位でおよそ4～6の範囲で変動しており、地点間には大きな差はなく、経年的にもほぼ横ばいで推移している。
- 降下物量に関しては、正確な量を把握するためには、別の採取方法を考慮する必要がある。
- その他

今後の計画として、平成14年度より池田町での調査を実施することとしており、県最西部の山間地域における酸性雨の状況が把握できるものと考えている。

(文献省略)

表-4 徳島市の年度別可溶性成分濃度等

年度 濃度等 項目	H 8	H 9	H10	H11	H12
	平均値 (月別最高～最低)				
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	35.5 (76.1～18.5)	31.3 (53.0～19.2)	35.1 (81.1～12.5)	28.7 (65.9～9.2)	34.4 (64.4～10.5)
Cl^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	2.58 (6.90～1.33)	2.93 (9.33～1.02)	3.65 (10.17～0.66)	3.05 (6.96～0.52)	5.60 (20.76～0.46)
NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	2.63 (4.67～1.26)	2.37 (5.79～0.96)	3.31 (8.93～0.22)	2.41 (7.98～0.80)	3.15 (6.76～1.00)
SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	3.85 (6.24～2.32)	2.78 (5.76～1.44)	4.60 (11.85～1.15)	3.15 (8.08～0.88)	4.81 (8.61～0.81)
Na^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1.29 (4.07～0.56)	1.59 (4.70～0.56)	2.06 (5.73～0.43)	1.78 (4.16～0.19)	3.49 (16.74～0.10)
NH_4^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1.54 (2.68～0.65)	1.07 (2.01～0.52)	1.02 (1.94～0.29)	1.00 (3.39～0.21)	1.69 (3.77～0.27)
K^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.15 (0.26～0.05)	0.15 (0.29～0.04)	0.27 (0.76～0.05)	0.23 (0.87～0.06)	0.54 (1.61～0.17)
Mg^{2+} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.20 (0.53～0.09)	0.16 (0.37～0.02)	0.36 (1.08～0.03)	0.26 (0.59～0.06)	0.43 (1.40～0.10)
Ca^{2+} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1.54 (5.70～0.30)	0.74 (3.25～0.29)	1.79 (6.27～0.25)	0.79 (2.97～0.23)	1.17 (3.12～0.06)
$\text{NSS}-\text{SO}_4^{2-}$ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	3.53 (5.83～2.03)	2.38 (5.47～1.27)	4.08 (10.56～0.76)	2.71 (7.29～0.83)	3.93 (7.62～0.55)
$\text{NSS}-\text{Ca}^{2+}$ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1.50 (5.66～0.27)	0.68 (3.21～0.26)	1.72 (6.05～0.24)	0.73 (2.85～0.20)	1.03 (3.04～0.06)
S/N 比	1.37 (1.67～0.96)	1.19 (1.93～0.81)	1.94 (11.00～0.58)	1.19 (1.71～0.85)	1.24 (1.82～0.25)

表-5 石井町の年度別可溶性成分濃度等

年度 濃度等 項目	H 8	H 9	H10	H11	H12
	平均値 (月別最高～最低)				
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	31.5 (62.4～14.3)	25.3 (50.3～13.7)	36.2 (133.4～8.2)	26.8 (57.3～13.9)	37.8 (69.2～15.3)
Cl^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	2.47 (7.44～0.70)	1.59 (2.44～0.53)	2.35 (6.73～0.42)	2.71 (5.16～1.39)	2.62 (6.82～0.88)
NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	2.66 (6.07～0.76)	2.11 (6.27～0.34)	3.53 (8.42～0.96)	2.69 (8.09～0.62)	2.80 (5.31～0.00)
SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	3.36 (6.87～1.25)	2.59 (6.57～1.36)	4.17 (13.44～0.95)	2.52 (6.44～0.94)	4.30 (15.91～0.65)
Na^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1.24 (4.61～0.17)	0.93 (1.98～0.26)	1.33 (3.66～0.49)	1.55 (3.37～0.56)	1.83 (10.55～0.11)
NH_4^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1.80 (3.54～0.63)	1.25 (3.41～0.32)	2.00 (8.01～0.51)	1.30 (3.01～0.07)	1.84 (5.57～0.44)
K^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.60 (3.65～0.08)	0.25 (1.09～0.05)	0.81 (5.10～0.13)	0.32 (1.22～0.06)	0.74 (3.87～0.18)
Mg^{2+} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.23 (0.61～0.06)	0.16 (0.48～0.06)	0.33 (1.51～0.07)	0.22 (0.51～0.11)	0.37 (1.95～0.08)
Ca^{2+} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.64 (2.41～0.18)	0.57 (1.34～0.23)	1.15 (3.82～0.23)	0.68 (1.39～0.29)	1.47 (8.96～0.09)
$\text{NSS}-\text{SO}_4^{2-}$ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	3.05 (6.12～1.18)	2.16 (6.08～1.29)	3.84 (12.52～0.82)	2.12 (5.67～0.65)	3.78 (13.26～0.63)
$\text{NSS}-\text{Ca}^{2+}$ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.60 (2.35～0.21)	0.54 (1.28～0.21)	1.10 (3.68～0.20)	0.62 (1.27～0.24)	1.39 (8.56～0.09)
S/N 比	1.18 (2.05～0.80)	1.34 (3.79～0.81)	1.04 (1.54～0.27)	0.88 (1.46～0.55)	0.95 (1.16～0.60)

表-6 鷺敷町の年度別可溶性成分濃度等

年度 濃度等 項目	H 8	H 9	H10	H11	H12
	平均値 (月別最高～最低)				
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	18.2 (35.5～8.6)	20.1 (35.2～13.3)	21.7 (48.3～5.7)	15.8 (23.0～7.8)	25.4 (46.2～9.6)
Cl^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1.77 (8.25～0.59)	2.00 (4.19～0.87)	2.34 (4.98～0.53)	2.09 (3.72～0.64)	2.40 (10.20～0.51)
NO_3^- ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1.18 (1.76～0.13)	1.37 (3.16～0.39)	2.08 (4.83～0.19)	1.02 (2.92～0.16)	1.79 (4.19～0.62)
SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1.40 (1.79～1.04)	1.56 (2.79～0.67)	2.62 (7.40～0.61)	1.44 (2.76～0.68)	2.47 (4.65～0.65)
Na^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.93 (5.11～0.17)	1.30 (3.15～0.23)	1.44 (2.98～0.46)	1.14 (2.14～0.32)	1.35 (5.15～0.04)
NH_4^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.39 (0.87～0.06)	0.26 (0.64～0.04)	0.64 (2.31～0.04)	0.20 (0.37～0.01)	0.45 (0.96～0.02)
K^+ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.11 (0.21～0.05)	0.14 (0.35～0.02)	0.26 (0.73～0.06)	0.09 (0.15～0.02)	0.40 (2.72～0.03)
Mg^{2+} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.12 (0.61～0.04)	0.14 (0.29～0.04)	0.23 (0.58～0.04)	0.18 (0.32～0.08)	0.22 (0.51～0.04)
Ca^{2+} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.42 (0.92～0.16)	0.43 (1.45～0.02)	1.00 (3.44～0.23)	0.65 (1.22～0.21)	0.64 (1.65～0.04)
$\text{NSS}-\text{SO}_4^{2-}$ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	1.17 (1.58～0.42)	1.23 (2.50～0.46)	2.26 (6.70～0.44)	1.15 (2.51～0.33)	2.13 (4.44～0.40)
$\text{NSS}-\text{Ca}^{2+}$ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.39 (0.89～0.06)	0.39 (1.42～0.03)	0.94 (3.34～0.18)	0.61 (1.15～0.18)	0.58 (1.61～0.03)
S/N 比	1.19 (3.23～0.78)	0.94 (1.46～0.71)	1.58 (8.36～0.16)	1.34 (3.92～0.59)	1.21 (1.91～0.54)

表-7 阿南市の年度別可溶性成分濃度等

年度 濃度等	H 8	H 9	H10	H11	H12
項目	平均値 (月別最高～最低)				
EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	35.7 (92.3～19.7)	31.1 (48.0～19.8)	52.1 (294.3～12.2)	30.9 (64.1～14.7)	32.5 (60.1～16.7)
Cl ⁻ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	4.07 (20.28～1.18)	4.10 (9.74～0.76)	7.00 (46.64～1.13)	4.12 (8.22～1.40)	2.52 (4.36～0.76)
NO ₃ ⁻ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	2.19 (3.68～0.43)	1.74 (4.04～0.85)	5.07 (33.78～0.31)	2.39 (7.19～0.67)	2.71 (5.65～0.98)
SO ₄ ²⁻ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	3.40 (6.58～2.07)	2.34 (3.77～1.52)	6.99 (45.80～1.01)	3.11 (8.26～1.21)	3.2 (7.60～0.99)
Na ⁺ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	2.30 (11.62～0.67)	2.20 (4.93～0.44)	4.15 (26.37～0.57)	2.22 (4.65～0.78)	1.34 (2.25～0.14)
NH ₄ ⁺ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.92 (1.91～0.08)	0.62 (1.50～0.32)	1.45 (7.43～0.04)	1.10 (2.60～0.19)	1.30 (2.34～0.21)
K ⁺ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.16 (0.58～0.01)	0.17 (0.26～0.05)	0.44 (3.11～0.04)	0.19 (0.67～0.08)	0.32 (0.64～0.09)
Mg ²⁺ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.30 (1.41～0.09)	0.29 (0.59～0.08)	0.74 (5.41～0.05)	0.29 (0.58～0.12)	0.23 (0.53～0.10)
Ca ²⁺ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.59 (1.13～0.26)	0.44 (1.20～0.00)	1.99 (15.35～0.16)	0.53 (1.71～0.19)	0.54 (1.96～0.05)
NSS-SO ₄ ²⁻ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	2.82 (6.05～1.14)	1.79 (3.46～1.04)	5.97 (39.44～0.80)	2.56 (7.50～0.73)	2.86 (7.11～0.80)
NSS-Ca ²⁺ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	0.51 (1.08～0.10)	0.36 (1.15～0.02)	1.83 (14.38～0.03)	0.44 (1.59～0.12)	0.50 (1.89～0.05)
S/N 比	1.29 (2.47～1.48)	1.41 (2.65～0.86)	1.16 (1.66～0.60)	1.58 (6.81～0.63)	1.19 (2.07～0.65)