

フー

三重県における 2007-2009 年度の酸性雨の状況

西山 亨, 佐来栄治, 小山善丸, 寺本佳宏, 吉岡 理, 大熊和行

Acid Deposition Surveillance from 2007 to 2009 Fiscal Year in Mie Prefecture

Tooru NISHIYAMA, Eiji SARAI, Yoshimaru KOYAMA,
Yoshihiro TERAMOTO, Osamu YOSHIOKA, and Kazuyuki OHKUMA

2007年度から2009年度に三重県四日市市桜町で実施した降水の調査結果を報告する。その結果、水素イオン濃度指数は、年平均で4.42-4.51を示し、2007年度の全国61測定地点の平均値と比較すると全国で3番目に低い値に相当した。また、全国のデータと比較すると、海塩粒子の影響が少ないことが分かった。初期酸度指数についても全国平均より酸性側にあるものの水素イオン濃度指数に比べてその差は小さく、中性化成分が少ないと考えられた。また、全無機態窒素沈着量や潜在水素イオン沈着量は全国のデータと比較してもかなり多く、全国環境研協議会が全国酸性雨調査に使用する地域区分でCJ(中央部)よりもむしろJS(日本海側)やWJ(西日本型)に近い傾向を示した。

キーワード：酸性雨，全国環境研協議会，初期酸度，全無機態窒素沈着量，潜在水素イオン沈着量，Zスコア

はじめに

酸性雨調査に限らず環境モニタリングを継続することは、傾向を把握する他、不測の事態(火山噴火、工場等の事故等)の影響等による環境悪化や被害状況の把握の為に必要であり、平常時のモニタリングデータを蓄積しておくことは危機予兆の察知にもつながる。

酸性雨の調査研究を行っている機関の中でも、地方自治体の役割は大きく、地域住民と密接に関わり、住民への情報発信や環境教育等も担っている。

当研究所においては、1970年代に数回断片的に酸性雨調査¹⁻³⁾を行ってきたが、継続的にモニタリング調査をし始めたのは、1985年度にろ過式方法

によって1年間の予備調査⁴⁾を実施した後、1987年度の本調査からである。以後酸性雨調査を継続的に行ってきた⁵⁻²²⁾。1991年度からは、全国地方自治体の環境関係試験研究機関で構成されている全国環境研協議会による酸性雨全国調査(ホームページ上にデータを公開²³⁻²⁵⁾)に参加してきた²⁶⁻³⁷⁾。独自調査としては、生態系・土壌への影響調査^{8,20)}、コンクリートつらら調査¹⁰⁾、酸性霧調査¹¹⁾、採取法比較検討¹¹⁾、大理石板の暴露調査¹³⁾、露水の性状調査¹⁴⁾、県内6地点比較検討¹⁵⁾、分割採水法検討^{9,16)}を実施してきた。

今回は、2006年度の休止を挟んで新たに2007年度から当研究所屋上で行っている酸性雨調査

(湿性沈着調査)について報告する。

調査方法

1. 調査地点

調査は、表1に示す当研究所屋上(以下「四日市桜町」という)で行った。

2. 試料採取方法および測定方法

「酸性雨調査法」³⁸⁾、「湿性沈着モニタリング手引き書」³⁹⁾に従って、降水時開放型雨水採取装置(図1)により雨水を採取し、採取した試料を計量後、測定・分析した。測定項目および測定方法を表2に示す。

3. 調査時期

2007年4月から2010年3月までであり、月曜日から月曜日を基本として、表3に示す期間で調査を実施した。

4. 全国データとの比較

比較項目としては、降水量、pH、ECや各種イオン濃度、沈着量と初期酸度、全無機態窒素、潜在水素イオン等を対象とし、全国環境研協議会の酸性雨全国調査で2007年度から使用されている地域区分³⁶⁾を比較に用いた。なお、四日市桜町はCJ(中央部)に区分される。

表1 酸性雨調査地点

調査地点名	住所 (都道府県名省略)	緯度 (度,分,秒)	経度 (度,分,秒)	標高	海岸からの 距離	サンプラー 設置位置	土地利用 区分
四日市桜町	四日市市桜町3684-11	N34,59,31	E136,29,08	190m	15.1km	3階屋上	原野

表2 測定項目および測定手法

項目	測定方法	単位
降水量		mm
pH	ガラス電極法	
EC	電気伝導率計	mS/m
SO ₄ ²⁻	イオンクロマトグラフィー(IC)	μmol/L
NO ₃ ⁻	"	μmol/L
Cl ⁻	"	μmol/L
NH ₄ ⁺	"	μmol/L
Na ⁺	"	μmol/L
K ⁺	"	μmol/L
Ca ²⁺	"	μmol/L
Mg ²⁺	"	μmol/L

表3 酸性雨調査実施期間

月	期間(2007年度)	週
4月	4月2日(月) ~ 5月1日(火)	4週間
5月	5月1日(火) ~ 5月28日(月)	4週間
6月	5月28日(月) ~ 7月2日(月)	5週間
7月	7月2日(月) ~ 7月30日(月)	4週間
8月	7月30日(月) ~ 9月3日(月)	5週間
9月	9月3日(月) ~ 10月1日(月)	4週間
10月	10月1日(月) ~ 10月29日(月)	4週間
11月	10月29日(月) ~ 12月3日(月)	5週間
12月	12月3日(月) ~ 1月7日(月)	5週間
1月	1月7日(月) ~ 2月4日(月)	4週間
2月	2月4日(月) ~ 3月3日(月)	4週間
3月	3月3日(月) ~ 3月31日(月)	4週間

月	期間(2008年度)	週
4月	3月31日(月) ~ 4月28日(月)	4週間
5月	4月28日(月) ~ 6月2日(月)	5週間
6月	6月2日(月) ~ 6月30日(月)	4週間
7月	6月30日(月) ~ 7月28日(月)	4週間
8月	7月28日(月) ~ 9月1日(月)	5週間
9月	9月1日(月) ~ 9月29日(月)	4週間
10月	9月29日(月) ~ 10月27日(月)	4週間
11月	10月27日(月) ~ 12月1日(月)	5週間
12月	12月1日(月) ~ 1月5日(月)	5週間
1月	1月5日(月) ~ 2月2日(月)	4週間
2月	2月2日(月) ~ 3月2日(月)	4週間
3月	3月2日(月) ~ 3月30日(月)	4週間

月	期間(2009年度)	週
4月	3月30日(月) ~ 4月27日(月)	4週間
5月	4月27日(月) ~ 5月25日(月)	4週間
6月	5月25日(月) ~ 7月6日(月)	6週間
7月	7月6日(月) ~ 8月3日(月)	4週間
8月	8月3日(月) ~ 8月31日(月)	4週間
9月	8月31日(月) ~ 9月28日(月)	4週間
10月	9月28日(月) ~ 10月26日(月)	4週間
11月	10月26日(月) ~ 11月24日(火)	4週間
12月	11月24日(火) ~ 1月4日(月)	6週間
1月	1月4日(月) ~ 2月1日(月)	4週間
2月	2月1日(月) ~ 3月1日(月)	4週間
3月	3月1日(月) ~ 3月29日(月)	4週間



図1 降水時開放型雨水採取装置

結果および考察

1. 主要成分濃度結果

1) 年間平均値

表4に3年間の年間降水量および主要測定項目の年加重平均濃度を示した。また、合わせて2007年度の全国加重平均値⁴⁰⁾(以下「全国平均」という)も示した。水素イオン濃度指数は4.4から4.5付近の低い値で横ばいであり、全国平均に比べても低い。硝酸イオン、非海塩性硫酸イオン(nss-SO_4^{2-})およびアンモニウムイオンは、3年間の間は一部低下傾向に示したが、全国平均と比較すると同時期の2007年度は高濃度であった。電気伝導率も3年間低下傾向を示したが、全国平均と比べると同程度であった。ナトリウムイオンと塩化物イオンは3年間ほぼ横ば

いであったが、全国平均と比較するとかなり低く、調査地点が海塩粒子の影響を受けにくいことを示している。

これらのことから、四日市桜町の降水の水素イオン濃度指数が全国平均より低いのは、酸性化イオン濃度が高く、海塩粒子等中性化イオン濃度が低いことが原因と考えられた。

2) 月別の測定値

表5から表7に主要項目の月別測定結果を示した。水素イオン濃度指数は3.82-4.79の範囲で推移した。また、アンモニウムイオンやナトリウムイオンが2月に高濃度を示すことがあった。

表4 年間降水量および主要測定項目の年加重平均濃度

項目	2007年度	2008年度	2009年度	全国加重平均値 (2007年度)
降水量(mm)	1791	2489	2136	1602
pH	4.42	4.43	4.51	4.62
EC(mS/m)	2.86	2.35	1.97	2.68
NO_3^- ($\mu\text{mol/L}$)	26.7	21.1	21.5	21.4
nss-SO_4^{2-} ($\mu\text{mol/L}$)	22.1	20.1	17.0	19.6
$\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ (当量比)	0.60	0.52	0.63	0.55
Cl^- ($\mu\text{mol/L}$)	25.4	25.3	20.9	78.1
NH_4^+ ($\mu\text{mol/L}$)	39.7	34.6	28.5	24.3
Na^+ ($\mu\text{mol/L}$)	26.5	19.9	17.6	68.7
nss-Ca^{2+} ($\mu\text{mol/L}$)	3.55	3.16	3.00	5.50

表5 主要項目月別測定結果(2007年度)

月	pH	EC (mS/m)	Cl^- ($\mu\text{eq/L}$)	NO_3^- ($\mu\text{eq/L}$)	SO_4^{2-} ($\mu\text{eq/L}$)	NH_4^+ ($\mu\text{eq/L}$)	Na^+ ($\mu\text{eq/L}$)	K^+ ($\mu\text{eq/L}$)	Ca^{2+} ($\mu\text{eq/L}$)	Mg^{2+} ($\mu\text{eq/L}$)
4月	4.51	2.88	21.1	45.3	70.3	43.9	20.2	2.29	28.8	8.99
5月	4.59	2.01	17.6	22.1	52.9	35.9	16.0	1.22	13.9	5.16
6月	4.51	2.03	6.26	16.2	34.3	19.5	4.16	0.76	1.82	1.07
7月	4.47	2.64	17.4	23.9	48.4	36.2	14.5	0.72	2.14	3.00
8月	4.08	6.70	78.8	68.1	92.2	53.4	70.5	2.29	7.69	16.0
9月	4.31	3.58	23.5	19.2	25.9	20.4	21.4	0.60	2.47	4.51
10月	4.23	3.77	38.8	47.3	47.0	26.0	35.3	2.34	6.68	7.86
11月	4.24	3.77	53.5	35.9	65.9	27.5	41.7	1.79	7.63	9.87
12月	4.46	2.42	17.9	23.8	44.5	27.2	20.8	1.47	12.8	5.40
1月	4.47	2.16	10.0	24.0	39.2	24.1	16.9	1.41	13.3	5.08
2月	4.28	5.21	102	61.2	79.0	256	161	6.47	24.5	38.2
3月	4.46	2.65	37.4	21.7	49.3	41.3	43.7	2.28	14.1	11.2

表6 主要項目月別測定結果(2008年度)

月	pH	EC (mS/m)	Cl ⁻ (μeq/L)	NO ₃ ⁻ (μeq/L)	SO ₄ ²⁻ (μeq/L)	NH ₄ ⁺ (μeq/L)	Na ⁺ (μeq/L)	K ⁺ (μeq/L)	Ca ²⁺ (μeq/L)	Mg ²⁺ (μeq/L)
4月	4.55	2.31	26.1	21.3	48.6	43.8	22.3	1.33	8.67	5.97
5月	4.61	0.97	15.7	8.29	18.8	13.5	12.1	0.51	3.56	3.07
6月	4.42	2.19	14.7	17.4	39.7	23.7	10.3	0.68	3.47	2.59
7月	4.36	3.18	28.1	39.0	65.5	60.1	23.2	0.95	7.61	5.86
8月	4.26	3.53	42.5	24.7	61.2	28.9	31.2	1.02	6.96	7.40
9月	4.32	2.83	18.0	23.1	51.4	28.9	13.3	0.92	4.21	3.30
10月	4.39	2.64	34.8	22.7	48.4	30.3	27.8	1.02	5.52	6.68
11月	4.31	1.85	10.0	23.0	29.1	20.5	7.78	0.77	4.23	2.28
12月	4.43	2.90	56.7	30.2	44.2	28.9	46.8	2.05	10.8	11.4
1月	4.40	2.30	8.92	26.8	36.1	25.9	7.14	1.35	7.81	2.28
2月	4.44	3.34	45.8	38.7	50.0	175	37.7	2.54	25.3	11.2
3月	4.62	2.25	46.3	23.0	43.1	28.2	38.6	1.95	18.7	10.8

表7 主要項目月別測定結果(2009年度)

月	pH	EC (mS/m)	Cl ⁻ (μeq/L)	NO ₃ ⁻ (μeq/L)	SO ₄ ²⁻ (μeq/L)	NH ₄ ⁺ (μeq/L)	Na ⁺ (μeq/L)	K ⁺ (μeq/L)	Ca ²⁺ (μeq/L)	Mg ²⁺ (μeq/L)
4月	4.67	2.19	52.5	17.6	44.2	26.9	45.6	1.63	9.74	11.6
5月	4.79	1.21	13.3	11.9	22.0	16.0	11.1	0.81	4.27	3.05
6月	4.61	1.55	5.35	18.3	30.5	29.1	4.40	0.69	2.87	1.52
7月	4.35	2.25	12.4	24.8	43.5	33.3	9.16	0.64	2.42	2.39
8月	4.40	2.60	40.7	21.9	52.6	36.2	31.7	1.91	5.35	7.24
9月	3.82	8.90	86.8	82.5	165	78.2	69.7	2.84	11.2	16.8
10月	4.69	1.10	9.85	13.9	17.6	14.1	8.50	0.62	3.31	2.40
11月	4.79	0.86	7.39	10.6	13.2	10.7	6.21	0.60	2.56	1.68
12月	4.29	2.92	28.6	34.2	41.3	25.3	24.0	1.05	6.50	5.93
1月	4.00	6.38	57.1	83.5	133	62.0	52.5	3.71	39.4	16.7
2月	4.59	1.43	8.45	14.7	19.0	53.7	6.84	0.46	6.17	2.37
3月	4.49	2.66	29.3	36.9	47.9	34.9	26.3	1.51	24.8	8.67

2. 主要成分沈着量結果

表8に3年間の主要イオン成分の年間沈着量を示した。また、合わせて2007年度の全国データ中央値⁴⁰⁾も示した。

水素イオン沈着量は全国データ中央値と比べて多く、2008年度は2007年度の全国データ中央値の約3倍の沈着量であった。

降水の酸性化に重要な役割を果たす硝酸イオ

ン沈着量や非海塩性硫酸イオン沈着量は、水素イオン沈着量ほどではないが、全国データ中央値より多かった。一方、非海塩性カルシウムイオン沈着量は全国データ中央値と比べて少なかったものの、アンモニウムイオン沈着量はかなり多く、降水の酸性度をそれほど高めない役割を果たしているものと考えられた。

表8 主要イオン成分の年間沈着量 (meq/m²/year)

項目	2007年度	2008年度	2009年度	全国データ中央値 (2007年度)
H ⁺	68.5	92.9	65.3	30.3
nss-SO ₄ ²⁻	79.2	100	72.6	61.8
NO ₃ ⁻	47.8	52.4	45.9	33.3
Cl ⁻	45.5	63.0	44.6	-
NH ₄ ⁺	71.1	86.2	61.0	37.5
Na ⁺	47.5	49.5	37.6	-
nss-Ca ²⁺	12.7	15.7	12.8	17.2

3. 全国各地点との比較

1) Zスコア

図2に2007年度の全国調査の平均値と標準偏差から算出したZスコアを示した。

降水量, アンモニウムイオン濃度, 水素イオン濃度は, 2007~2009年度の各年度ともに全国平均より高かった。降水量は2008年度のZスコアが高く, アンモニウムイオン濃度と水素イオン濃度は2009年度のZスコアが低く, 類似した変動を示した。

塩化物イオン濃度, ナトリウムイオン濃度, カリウムイオン濃度, 非海塩性カルシウムイオン濃度, マグネシウムイオン濃度は, 各年度ともに全国平均より低かった。非海塩性カルシウムイオン濃度以外は, 各年度ともにZスコア-0.6~-0.7前後で概ね一定の値を示した。

電気伝導率は, 2007年度は正で, 2008~2009年度は負となった。また, 非海塩性硫酸イオン濃度および硝酸イオン濃度は2008年度は負, 2007, 2009年度は正となり, 類似した変動を示した。

2) pHとpAiについて

降水のpHは酸と塩基のバランスより決まり, 酸としての主要な化学種に硫酸と硝酸がある。pAiは非海塩性硫酸イオン濃度と硝酸イオン濃度の和(初期酸度: Ai)を指数で表したものである。

以下にAiとpAiの式を示す。ブラケット[]は当量濃度を表す。初期酸度は中和を受ける前の酸性物質の指標としてよく用いられる^{41,42)}。

$$Ai = [NO_3^-] + [nss-SO_4^{2-}]$$

$$pAi = -\log [Ai]$$

図3に3年間の四日市桜町の月毎のpHとpAiとの関係を示した。また, 図4に2007年度の全国調査の各地点のデータと四日市桜町の3年間の年平均のpHとpAiとの関係を示した。

四日市桜町は, 全国データに比べて, pHとpAiの差が小さく, 中性化イオン濃度があまり高くないことを示している。また, 全国の中でも, pH, pAiともに低い値を示し, pHは低い方から3番目, pAiは低い方から約30%値に相当する値であった。

2003-2005年度の3年間の平均は, pHが全国4位, pAiが全国12位の低値²²⁾であり, 依然としてpH, pAiともに低い値が継続しているといえる。

3) N年間沈着量について

全無機態窒素(N)沈着量は湖沼の富栄養化の指標として, よく用いられる^{41,42)}以下にその式を示す。

$$N = [NO_3^-] + [NH_4^+]$$

図5に2007年度の全国調査の各地域別のデータ分布と四日市桜町の3年間の分布を示した。図中の記号は湿性沈着調査の結果からわが国を6つの地域に分けており, それぞれ, NJ(北部), JS(日本海側), EJ(東部), CJ(中央部), WJ(西部), SW(南西諸島)としている³⁴⁾。

四日市桜町のN年間沈着量は非常に多く, 地域区分ではCJよりもJSに近い状態にある。

4) Heff年間沈着量について

潜在水素イオン(Heff)沈着量は土壌の酸性化の指標としてよく用いられる^{41,42)}以下にその式を示す。

$$Heff = [H^+] + [NH_4^+] \times 2$$

図6に2007年度の全国調査の各地域別のデータ分布と四日市桜町の3年間の分布を示した。図中WJの分布が広いが, 一地点突出して高い値を示す地点があることが影響している。

四日市桜町は全国でも突出してHeff年間沈着量が多く, 全国地域区分でもCJよりもむしろJSかWJに近い状態にある。

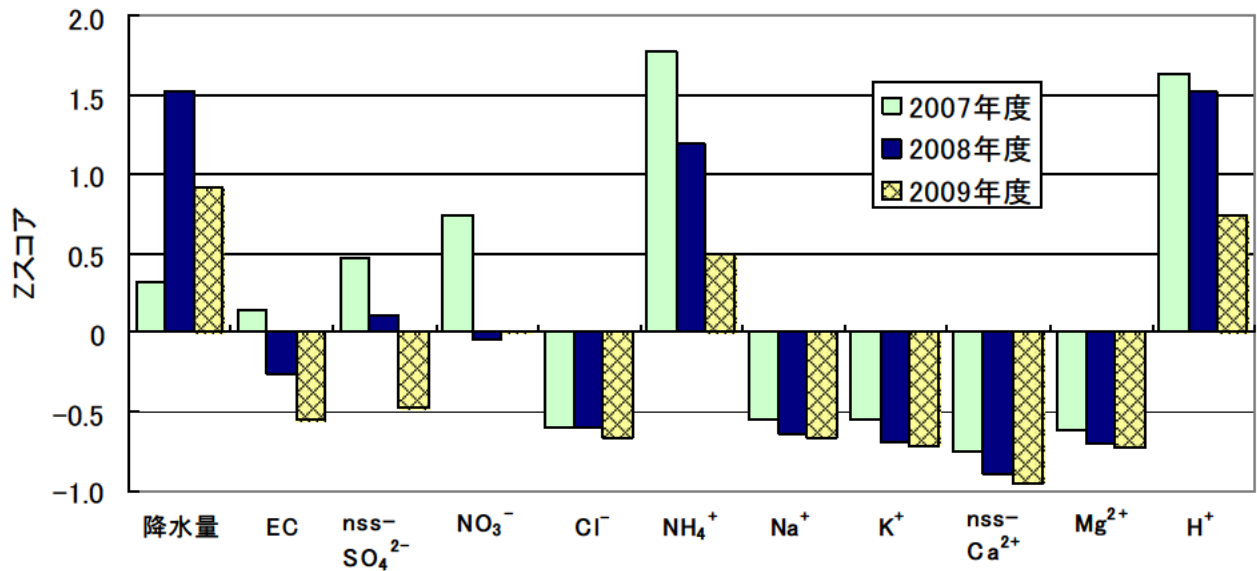


図2 降水量および各成分濃度のZスコア

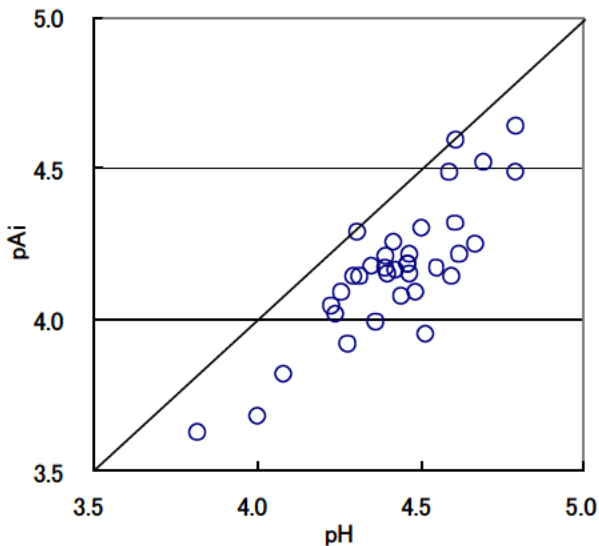


図3 pHとpAiの関係
(2007-2009年度, 月毎測定値)

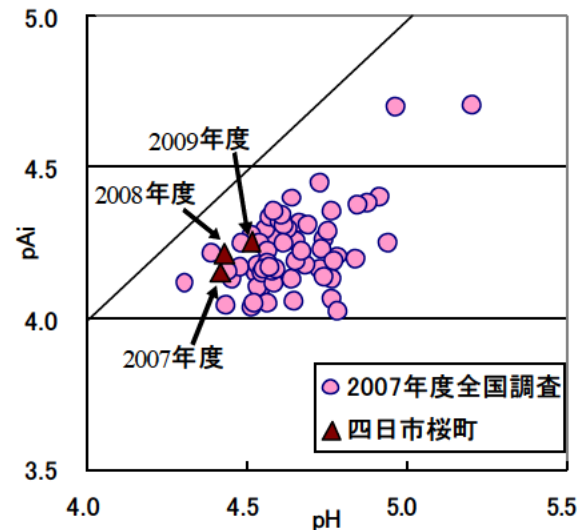


図4 pHとpAiの関係
(年平均, 全国調査および四日市桜町)

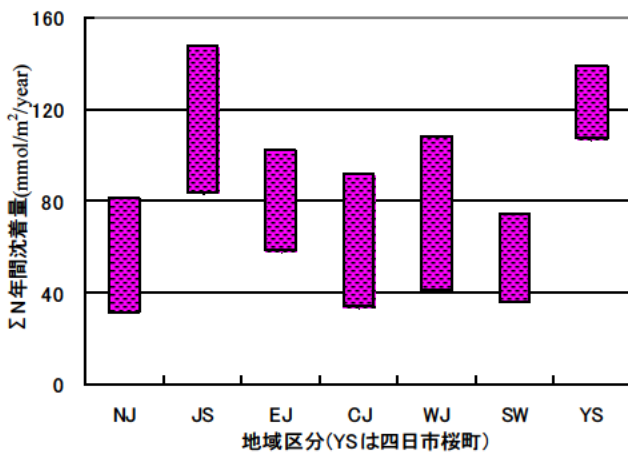


図5 ΣN年間沈着量の分布
(2007年度全国調査および
2007-2009年度四日市桜町)

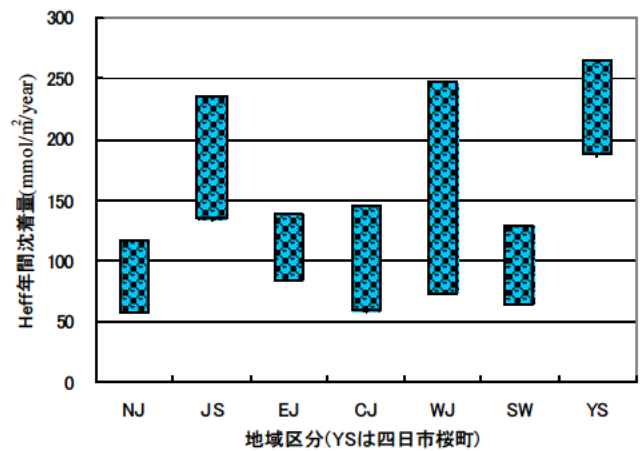


図6 Heff年間沈着量の分布
(2007年度全国調査および
2007-2009年度四日市桜町)

まとめ

2007年度から2009年度に四日市桜町で実施した降水の調査結果について、以下の知見が得られた。

- 1) pHは、3年間を通じて2007年度の全国平均より強い酸性度で推移し、2007年度の値は全国の中で3番目に低いpHであった。
- 2) 四日市桜町は、全国データと比較すると極端に海塩粒子の影響が弱いことがわかった。
- 3) pHとpAi(初期酸度指数)について全国データと比較すると、pHは低い方から10%値以下、pAiは同30%値程度の状態が長年継続している。
- 4) 全無機態窒素年間沈着量は、全国の中でもかなり上位にあり、地域区分ではCJ(中央部)よりもJS(日本海側)に近い状態にあった。
- 5) 潜在的水素イオン年間沈着量は、全国の中でも相当上位にあり、地域区分ではCJ(中央部)よりもJS(日本海側)やWJ(西部)に近い状態にあった。

文献

- 1) 高塚美和:(総説)四日市地域における大気汚染の推移-主として降下ばいじんSO₂(PbO₂法)を中心に、三重県公害センター年報、第3号、1-17(1975)。
- 2) 高芝芳裕,貝川弘毅,藤本久博,村田 穰,中谷博行,森 薫,三木正尚,上村隼右,森本啓之,島 洋久:(報文)雨水調査に関する研究-一雨採取の場合(第1報)-:三重県公害センター年報、第4号、34-37(1976)。
- 3) 高塚美和,山田幸延:(資料)降雨水の酸性化について、三重県環境科学センター研究報告, No.1, 64-66(1977)。
- 4) 塚田 進,内田郁夫,渡辺将隆,中川喜明,山本晃道,松井孝悦,広部 宏,上田俊夫:(資料)県内の酸性降雨の現況について(第1報),三重県環境科学センター研究報告, No.7, 57-61(1987)。
- 5) 塚田 進,山本晃道,渡辺将隆,岩崎誠二,高橋正昭,長井喜久:(研究報告)県内の酸性雨について(第2報),三重県環境科学センター研究報告, No.9, 21-33(1989)。
- 6) 塚田 進,岩崎誠二,吉岡 理,仲邦 熙,長井喜久,山本晃道,地主照博,松井孝悦,高橋正昭:(資料)県内の酸性雨の現況について(第3報),三重県環境科学センター研究報告, No.10, 57-62(1990)。
- 7) 小山善丸,稲垣卓次,松井孝悦,市岡高男,加藤 進,吉岡 理,辻 静夫:(研究報告)県内の酸性雨の現状について,三重県環境科学センター研究報告, No.13, 25-33(1993)。
- 8) 加藤 進,松岡行利,永楽通宝,藤田修造,河口直樹,小山善丸,金丸 豪:(研究報告)環境の酸性化に関する研究-付着珪藻からみた三重県湖沼の現状-,三重県環境科学センター研究報告, No.14, 1-9(1994)。
- 9) 小山善丸,加藤 進,永楽通宝,辻 静夫,稲垣卓次:(ノート)県内の酸性雨の現状について,三重県環境科学センター研究報告, No.14, 33-43(1994)。
- 10) 小山善丸,永楽通宝,吉岡 理,加藤進:(ノート)三重県下におけるコンクリートつららの化学組成および構造について: No.15, 99-105(1995)。
- 11) 小山善丸,前田雅也,藤田修造,永楽通宝,菅瀬宗博,田中久郎:(ノート)三重県における酸性雨の実態について,三重県環境科学センター研究報告, No.16, 63-80(1996)。
- 12) 鳥居成幸,永楽通宝:(研究報告)統計的手法を用いた降水特性の検討,三重県環境科学センター研究報告, No.17, 35-47(1997)。
- 13) 鳥居成幸,永楽通宝,奥田哲也,高橋康三,橋倉清和:(研究報告)大理石板の大気暴露調査結果について(第1報)-暴露による大理石の光沢度,重量変化-,三重県環境科学センター研究報告, No.18, 29-35(1998)。
- 14) 鳥居成幸,奥田哲也,高橋康三,橋倉清和:(ノート)三重県内における露水の性状について(第1報),三重県環境科学センター研究報告, No.18, 45-49(1998)。
- 15) 高桑三明,岩崎誠二,地主昭博,松井孝悦,山下 晃,吉岡 理,宮田 守,伊東友夫:(ノート)県内の酸性雨の現状について,三重県保健環境研究所年報(環境部門), No.1, 71-90(1999)。
- 16) 川上正純,佐来栄治:(ノート)三重県の酸性雨の状況について,三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.4, 129-139(2002)。
- 17) 西山 亨,佐来栄治,塚田 進,川上正純:(ノート)四日市地域における酸性

- 雨の状況について(平成14年度調査), 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.5, 116-125(2003).
- 18) 西山 亨, 佐来栄治, 塚田 進:(資料) 四日市地域における酸性雨の状況について(平成15年度調査), 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.6, 95-107(2004).
 - 19) 西山 亨, 佐来栄治, 塚田 進, 山川雅弘:(ノート) 四日市地域における酸性雨の状況について(平成14-16年度調査), 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.7, 69-79(2005).
 - 20) 西山 亨, 佐来栄治, 塚田 進, 山川雅弘, 川上正純:(ノート) 四日市地域における酸性雨の状況について(平成14-17年度調査結果), 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.8, 74-100(2006).
 - 21) 西山 亨, 佐来栄治, 塚田 進:(ノート) 四日市地域における酸性雨の状況について(平成16年度調査結果全国比較), 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.9, 56-61(2007).
 - 22) 西山 亨, 佐来栄治, 塚田 進:(ノート) 四日市地域における酸性雨の状況について(2003-2005年度調査結果全国比較), 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.10, 55-61(2008).
 - 23) <http://www-cger.nies.go.jp/acid/acid0.html>
 - 24) <http://www-cger.nies.go.jp/acid2/acid2-0.html>
 - 25) <http://www-cger.nies.go.jp/acid3/acid3-index.html>
 - 26) 加藤 進, 松岡行利, 志賀恵司, 藤田修造, 河口直樹, 小山善丸, 辻川照之:<報文> 環境の酸性化に関する研究 - 付着性珪藻からみた三重県湖沼の現状 -, 季刊全国公害研会誌, 18, 149-154(1993).
 - 27) 全国公害研協議会・酸性雨調査研究部会:平成4年度酸性雨全国調査結果報告書, 季刊全国公害研会誌, 19, 58-122(1994).
 - 28) 全国公害研協議会・酸性雨調査研究部会:酸性雨全国調査結果報告書(平成3年度から平成5年度), 季刊全国公害研会誌, 20, 58-130(1995).
 - 29) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局:<特集>第3次酸性雨全国調査報告書(平成11年度), 季刊全国環境研会誌, 26, 66-116(2001).
 - 30) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局:<特集>第3次酸性雨全国調査報告書(平成12年度), 季刊全国環境研会誌, 27, 68-126(2002).
 - 31) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局:<特集>第3次酸性雨全国調査報告書(平成11~13年度のまとめ), 季刊全国環境研会誌, 28, 126-196(2003).
 - 32) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局:<特集>第4次酸性雨全国調査報告書(平成15年度), 季刊全国環境研会誌, 30, 58-135(2005).
 - 33) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局:第4次酸性雨全国調査報告書(平成15年度)付表編, 季刊全国環境研会誌, 30, 177-197(2005).
 - 34) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局:第4次酸性雨全国調査報告書(平成16年度), 季刊全国環境研会誌, 31, 118-186(2006).
 - 35) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局:第4次酸性雨全国調査報告書(平成16年度) - ()付表編 -, 季刊全国環境研会誌, 31, 234-256(2006).
 - 36) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局:第4次酸性雨全国調査報告書(平成17年度), 季刊全国環境研会誌, 32, 78-152(2007).
 - 37) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局:第4次酸性雨全国調査報告書(平成17年度) - ()付表編 -, 季刊全国環境研会誌, 32, 223-245(2007).
 - 38) 酸性雨調査法研究会編:酸性雨調査法, 株式会社ぎょうせい,(1993).
 - 39) 環境省地球環境局環境保全対策課, 酸性雨研究センター:湿性沈着モニタリング手引き書(第2版),(2001).
 - 40) 全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部:第4次酸性雨全国調査報告書(平成19年度)(1), 季刊全国環境研会誌, 34, 193-222(2009).
 - 41) 原 宏:酸性雨とフィールドサイエンス(), フィールドサイエンス, 1, 1-13(2002).
 - 42) 原 宏:酸性雨とフィールドサイエンス(), フィールドサイエンス, 2, 1-12(2002).