

フー

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)

西山 亨, 佐来栄治, 塚田 進

Acid Deposition Survey in Yokkaichi Area, Mie Prefecture (Comparison with 2003-2005 Fiscal Year Data on Nationwide Monitoring Network by Environmental Laboratories Association)

Tooru NISHIYAMA, Eiji SARAI, and Susumu TSUKADA

2003年度から2005年度に四日市市内の2地点(新正, 桜町)で実施した降水の調査結果を, 2007年に公表された全国環境研協議会の第4次酸性雨全国調査結果(2003年度~2005年度)と比較した。その結果, 水素イオン濃度は, 2地点とも全国平均より毎年度高く, 3年間の平均では全国で4番目の高濃度であった。初期酸度については全国平均より酸性側にあるものの水素イオン濃度に比べてその差は小さく, 中和成分が少ないと考えられた。また, 全国環境研協議会が新しく設定した地域区分(表3)において, 両地点とも「中央部」の中では最も酸性度の高い付近に位置しており, むしろ日本海側や東部の分布の中に位置する傾向を示した。

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, 潜在水素イオン, Zスコア

はじめに

当研究所では, 1985年度から酸性雨調査を開始し, 継続的に測定してきた¹⁾⁻¹⁸⁾。1991年度からは, 全国地方自治体の試験研究機関の集まりである全国環境研協議会による酸性雨全国調査に参加してきた¹⁹⁾⁻³⁰⁾。この調査は1991年度から3年を1単位として, 1年おいて4回実施されてきた。また, 第1次酸性雨調査から第3次酸性雨調査までは, 全国のデータをホームページ上から入手することができる。

今回, 第4次酸性雨全国調査結果報告書²⁹⁾³⁰⁾(以下, 第4次全国調査)が2007年9月に公表されたことを受けて, 当研究所で調査していた2地点(第4次全国調査での参加地点及び独自地点)についての調査結果¹⁵⁻¹⁷⁾との比較検討を行ったところ, 若

干の知見が得られたので報告する。

方 法

1. 比較データについて

比較を行った対象は, 既報¹⁵⁻¹⁷⁾の調査結果と第4次全国調査で報告された表1に示す期間のデータである。当研究所では2地点(四日市市新正: 準工業地域(参加地点)及び四日市市桜町: 原野(独自地点))での調査¹⁷⁾のうち, 第4次全国調査とサンプリング方法が同じである降水時開放型捕集装置(Wet-Only サンプラー)で採取した試料のデータを比較対象とした。全国データとしては, 第4次全国調査の報告書の中で有効期間

を考慮して採用されているデータを用いた。特に年度平均は、年度毎に有効な地点のデータを用い、分布には全地点を用いた。地域区分や3年平均には、3年間有効なデータを用いている。

なお、分析項目と分析方法は既報¹⁵⁻¹⁷⁾および第4次全国調査と同様に「酸性雨調査法」³¹⁾、「湿性沈着モニタリング手引き書」³²⁾に従い、採取した試料捕集量を計量後、測定・分析を行うと共に、捕集面積から降水量を算出した。

2. 比較項目

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た。

3. 新地域区分

全国環境研協議会は酸性雨全国調査に使用する地域区分を、2006年度に表2のように変更した²⁷⁾。また、2007年度には地域区分を表3のように見直した²⁹⁾。比較にはこの地域区分を用いた。なお、新正・桜町はCJ(中央部)に区分される。(図1参照)

表1 酸性雨調査期間

| 月 | 期間(2003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) | ~ 8月4日(月) | 5週間 |
| 8月 | 8月4日(月) | ~ 9月1日(月) | 4週間 |
| 9月 | 9月1日(月) | ~ 9月29日(月) | 4週間 |
| 10月 | 9月29日(月) | ~ 11月4日(火) | 5週間 |
| 11月 | 11月4日(火) | ~ 12月1日(月) | 4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1日(月) | 4週間 |
| 3月 | 3月1日(月) | ~ 3月29日(月) | 4週間 |

| 月 | 期間(2004年度) | | 週 |
|-----|------------|-------------|-----|
| 4月 | 3月29日(月) | ~ 4月26日(月) | 4週間 |
| 5月 | 4月26日(月) | ~ 5月31日(月) | 5週間 |
| 6月 | 5月31日(月) | ~ 6月28日(月) | 4週間 |
| 7月 | 6月28日(月) | ~ 8月2日(月) | 5週間 |
| 8月 | 8月2日(月) | ~ 8月30日(月) | 4週間 |
| 9月 | 8月30日(月) | ~ 9月27日(月) | 4週間 |
| 10月 | 9月27日(月) | ~ 11月1日(月) | 5週間 |
| 11月 | 11月1日(月) | ~ 11月29日(月) | 4週間 |
| 12月 | 11月29日(月) | ~ 12月27日(月) | 4週間 |
| 1月 | 12月27日(月) | ~ 1月31日(月) | 5週間 |
| 2月 | 1月31日(月) | ~ 2月28日(月) | 4週間 |
| 3月 | 2月28日(月) | ~ 3月28日(月) | 4週間 |

| 月 | 期間(2005年度) | | 週 |
|-----|------------|-------------|-----|
| 4月 | 3月28日(月) | ~ 5月2日(月) | 5週間 |
| 5月 | 5月2日(月) | ~ 5月30日(月) | 4週間 |
| 6月 | 5月30日(月) | ~ 6月27日(月) | 4週間 |
| 7月 | 6月27日(月) | ~ 8月1日(月) | 5週間 |
| 8月 | 8月1日(月) | ~ 8月29日(月) | 4週間 |
| 9月 | 8月29日(月) | ~ 10月3日(月) | 5週間 |
| 10月 | 10月3日(月) | ~ 10月31日(月) | 4週間 |
| 11月 | 10月31日(月) | ~ 11月28日(月) | 4週間 |
| 12月 | 11月28日(月) | ~ 12月26日(月) | 4週間 |
| 1月 | 12月26日(月) | ~ 1月30日(月) | 5週間 |
| 2月 | 1月30日(月) | ~ 2月27日(月) | 4週間 |
| 3月 | 2月27日(月) | ~ 3月27日(月) | 4週間 |

表2 旧地域区分(2006年度変更)

| 略称 | 名称 |
|----|-------------------------------|
| NJ | 北部 (Northern Japan Area) |
| JS | 日本海側 (Japan Sea Area) |
| EP | 東部太平洋側 (Eastern Pacific Area) |
| CJ | 中央部 (Central Japan Area) |
| WJ | 西部 (Western Japan Area) |
| SW | 南西諸島 (Southwest Islands Area) |

表3 新地域区分(2007年度変更)

| 略称 | 名称 |
|----|-------------------------------|
| NJ | 北部 (Northern Japan Area) |
| JS | 日本海側 (Japan Sea Area) |
| EJ | 東部 (Eastern Japan Area) |
| CJ | 中央部 (Central Japan Area) |
| WJ | 西部 (Western Japan Area) |
| SW | 南西諸島 (Southwest Islands Area) |

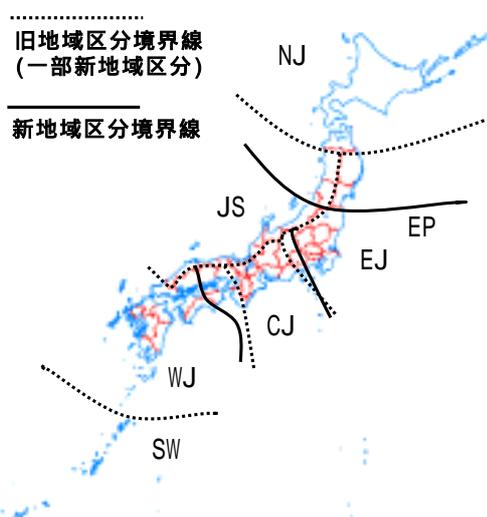


図1 地域区分

結果および考察

1. 全国平均値との比較

1) 主要成分濃度比較

全国加重平均濃度(以下, 全国平均)と当研究所で測定した2地点(以下, 2地点)の主要測定項目(pH, NO_3^- , nss-SO_4^{2-} , NH_4^+ , nss-Ca^{2+})の年度平均の比較を行った(nss -は非海洋起源を表す)。

pHの推移を図2に示した。2地点のpHは全国平均と同様の傾向で推移し, 2004年度に一時上昇したが, 3年間ともに全国平均より低かった。

pAi(初期酸度指数³³⁾³⁴⁾の推移を図3に示した。全国平均との差はpHでの差よりは小さいが, 変動の様子は2地点ともに全国平均と同様の傾向であった。初期酸度に関する NO_3^-

を図4に, nss-SO_4^{2-} を図5に示した。 NO_3^- は桜町, 新正, 全国平均の順に濃度が高く, 一方 nss-SO_4^{2-} は新正, 桜町, 全国平均の順に濃度が高く, その順序は, 3年間変化が無かった。

陽イオンの主要成分である, NH_4^+ を図6に, nss-Ca^{2+} を図7に示した。 NH_4^+ は2地点とも3年間ともに全国平均より濃度が高かったが, nss-Ca^{2+} に関しては2003年度及び2004年度に2地点ともに全国平均より濃度が低く, 2005年度は2地点とも濃度が高かった。

これらのことから, 3年間継続して, 2地点とも全国平均より酸性度が強く, 主要イオン成分も概ね濃度が高いことが分かった。

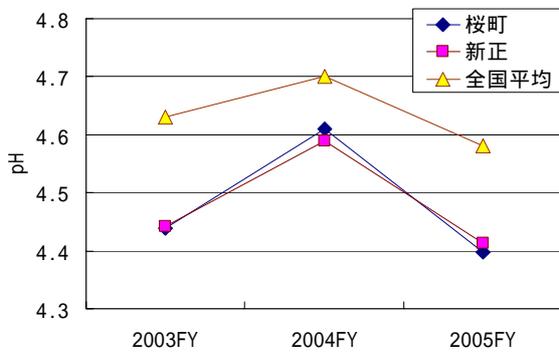


図2 pHの年度平均比較

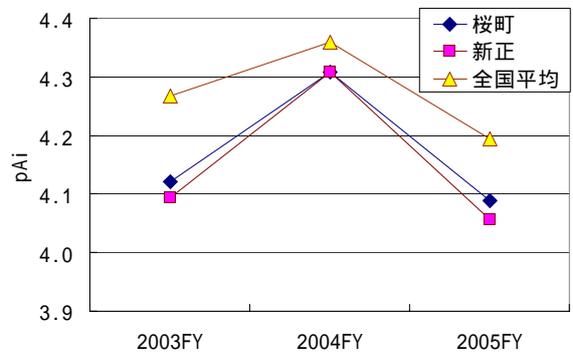


図3 pAiの年度平均比較

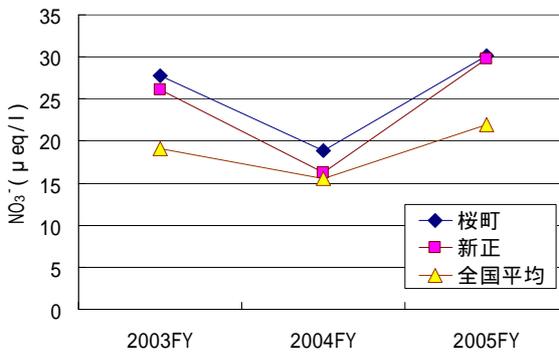


図4 NO_3^- 濃度の年度平均比較

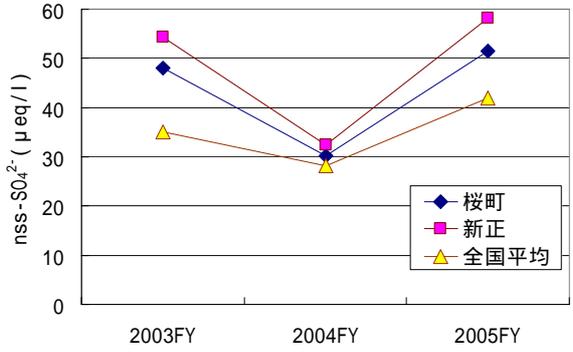


図5 nss-SO_4^{2-} 濃度の年度平均比較

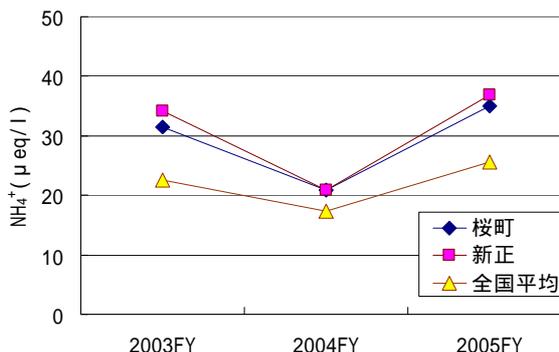


図6 NH_4^+ 濃度の年度平均比較

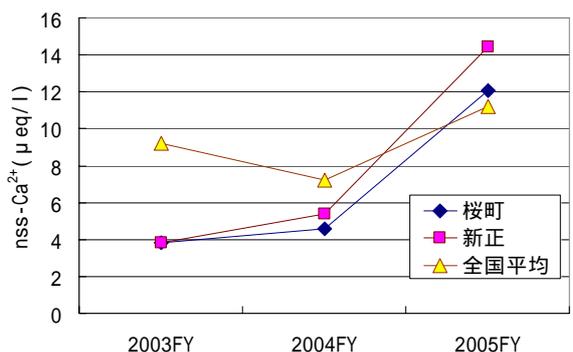


図7 nss-Ca^{2+} 濃度の年度平均比較

2) 沈着量比較

次に、2 地点の年間沈着量と全国平均を比較した。水素イオン沈着量(H^+ 沈着量)を図 8 に、初期酸度沈着量(Ai 沈着量)を図 9 に、全無機態窒素沈着量(N 沈着量)を図 10 に、潜在水素イオン沈着量($Heff$ 沈着量)を図 11 にそれぞれ示し

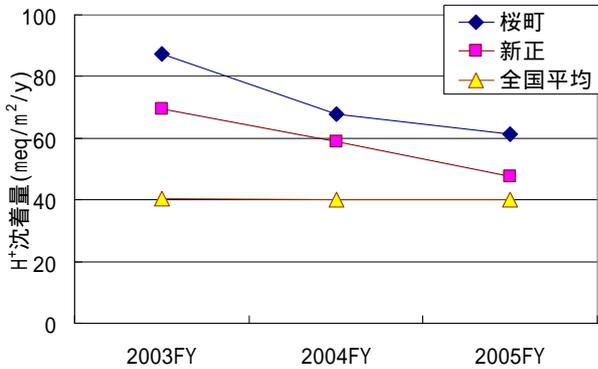


図 8 H^+ 沈着量の推移

た。 N 沈着量は湖沼の富栄養化に、 $Heff$ 沈着量は土壌の酸性化に大きく関係する指標である。

図からどの沈着量も、3 年間常に、桜町、新正、全国平均の順であった。また、全国平均はほぼ横ばいであるのに、2 地点の沈着量は下降傾向にあった。

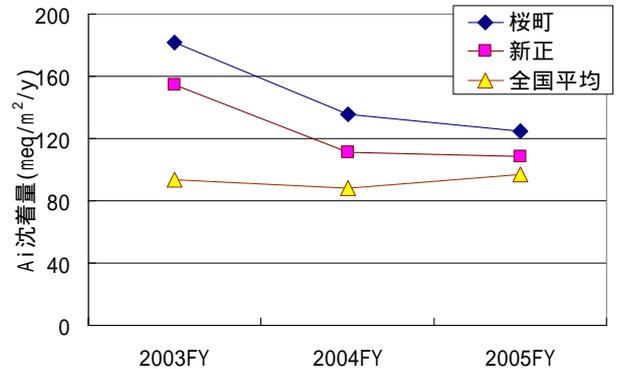


図 9 Ai 沈着量の推移

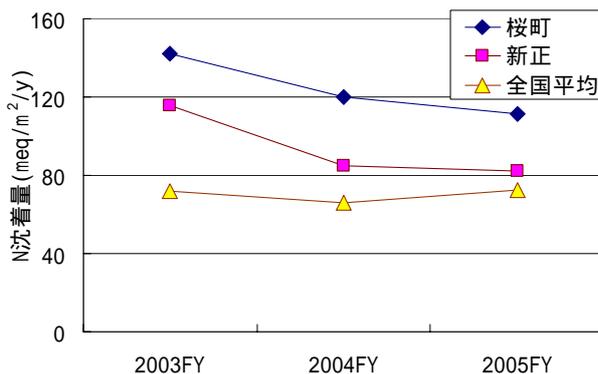


図 10 N 沈着量の推移

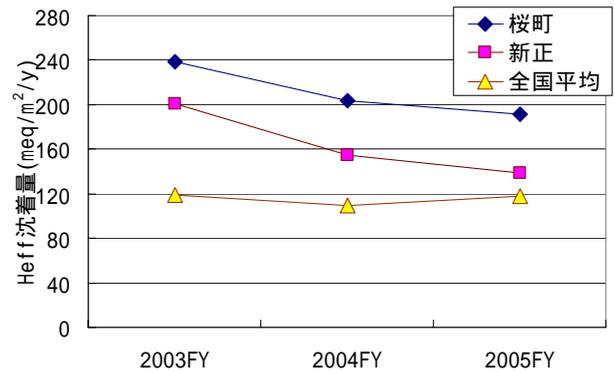


図 11 $Heff$ 沈着量の推移

2. 全国各地点との比較

1) Z スコアおよび水素イオン濃度の比較

図 12 に Z スコア、図 13 に pH の全国 3 年間加重平均値のヒストグラムを示した。第 4 次調査における pH の 3 年間の全国平均値は、4.63 であり、2 地点の 3 年間の平均値はともに 4.49 である。全国 68 地点(新正も含む)中では、低い方から 4 位であった。また、水素イオン濃度の Z スコアは、新正が 1.57、桜町が 1.58 であった。

2) pH と pAi について

図 14 に第 4 次全国調査の各地点の平均と 2 地点の pH と pAi との関係を示した。平成 16 年度には一時全国的に酸性度は弱まり、特に 2 地点においては比較的大きく弱まっていたが¹⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾、2005 年度には 2003 年度なみに酸性度が強まった。3 年間の平均では、pH が全国 4 位で

あり、 pAi が全国 12 位であった。

また、グラフ中で 2 地点は pH も pAi も低い JS、EJ の分布エリアに位置しており、CJ の中では最も pH が低く、 pAi でも 2 番目に低い所であった。

3) $nss-SO_4^{2-}$ 濃度と NO_3^- 濃度について

図 15 に第 4 次全国調査の平均と 2 地点の $nss-SO_4^{2-}$ と NO_3^- との関係を示した。2003 年度には 2 地点ともに $nss-SO_4^{2-}$ が高濃度であったが、3 年間の平均ではその特徴は現れなかった。 $(nss-SO_4^{2-}/NO_3^-)=1$ の直線を引くと、新正はほぼ直線上に、桜町は NO_3^- が高い側に位置した。

また、新地域区分に着目すると、EJ を除いて、 $(nss-SO_4^{2-}/NO_3^-)=1$ 付近に分布した。EJ の中には NO_3^- が高い側に分布する地点が多く見られた。

EJ 以外では、JS が両成分とも高い濃度に分布し、残りの地域が両成分とも低い濃度に分布した。その低い濃度の中でも、NO₃⁻が高い側から CJ, NJ, WJ(SW)の順に分布した。2 地点は CJ の中では高濃度付近に位置し、むしろ EJ や JS の分布付近に位置した。

4) ΣN 濃度と Heff 濃度について

図 16 に第 4 次全国調査と 2 地点の ΣN 濃度と Heff 濃度の関係を示した。以前¹⁶⁾⁻¹⁸⁾と同様に

ΣN 濃度と Heff 濃度間には、2 地点を含んで全地点を通じて、強い正の相関がある。2003 年度、2004 年度と同様に 2 地点の全国的な位置付けは殆ど同じである。2 地点より、両指標ともに高濃度の地域は、殆どが新地域区分の EJ で、その次が JS であり、その他の地域は両指標とも低濃度付近に分布した。2 地点は、EJ の低濃度、JS、CJ の高濃度付近に位置した。

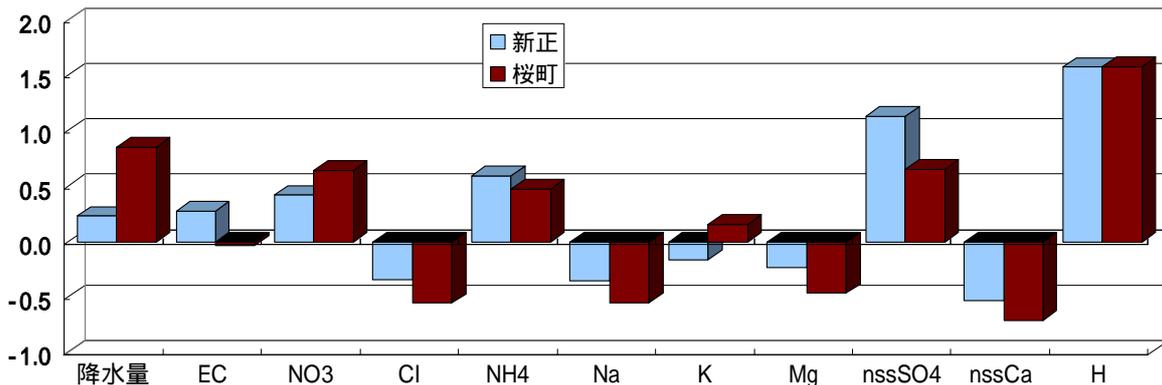


図 1 2 Z スコア(降水量及び各成分濃度)

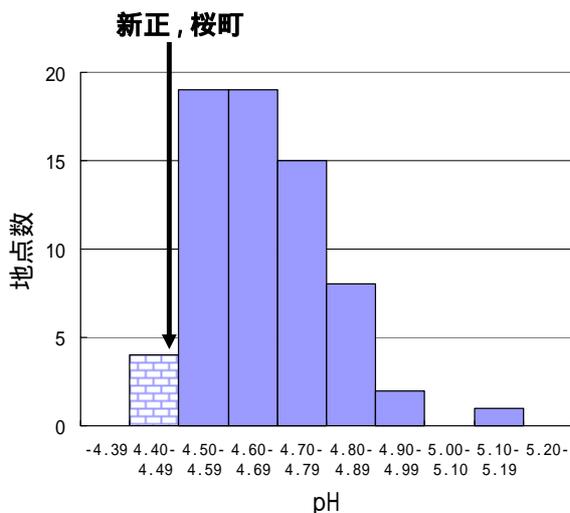


図 1 3 全国 pH の分布

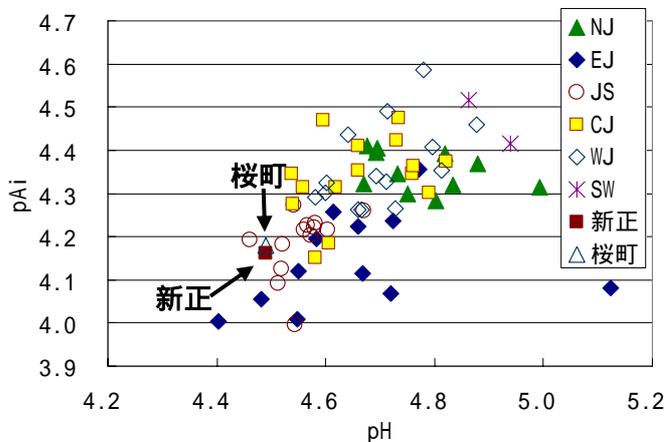


図 1 4 pH と pAi の関係

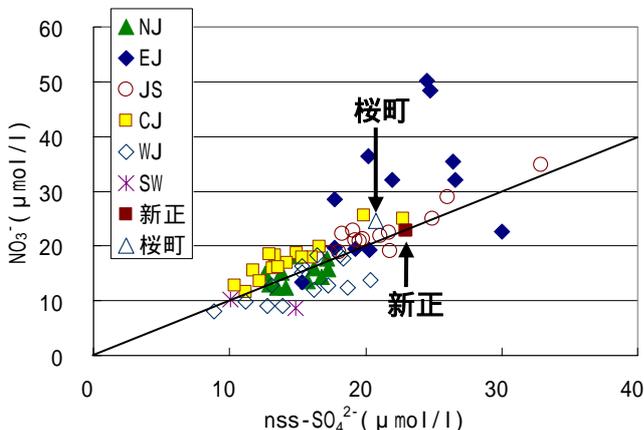


図 1 5 nss-SO₄²⁻濃度と NO₃⁻濃度の関係

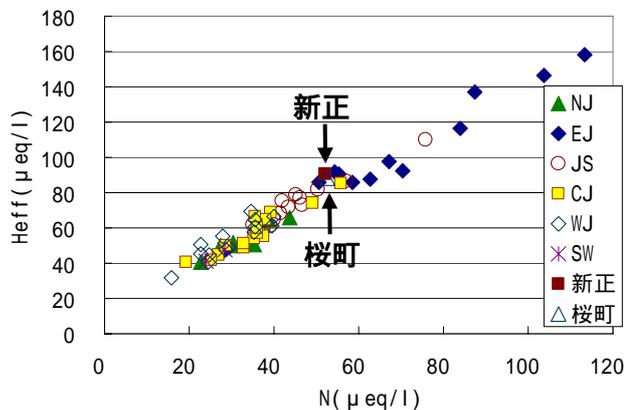


図 1 6 ΣN 濃度と Heff 濃度の関係

まとめ

2003年度から2005年度に四日市市内2地点で実施した降水の調査結果と全国環境研協議会の第4次度酸性雨全国調査結果とを比較したところ、以下の知見が得られた。

- 1) pHは、3年間を通じて全国平均より高い酸性度で推移し、3年間の平均では全国の中で4番目に低いpHであった。
- 2) pHとpAi(初期酸度指数)については、pAiに比べてpHが比較的低かった。
- 3) 主要イオン成分濃度は、nss-Ca²⁺を除いては、全国平均よりも高濃度で推移した。
- 4) 2003年度のnss-SO₄²⁻が比較的高濃度であった傾向は、3年間の平均では見られなくなった。
- 5) 主要指標の分布を新地域区分で比較すると、CJの中で最も酸性度が高い付近に分布し、また、EJやJSの分布の中にあると考えることもできた。

文 献

- 1) 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)。
- 2) 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)。
- 3) 塚田 進, 岩崎誠二, 吉岡 理, 仲邦 熙, 長井喜久, 山本晃道, 地主昭博, 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)。
- 4) 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)県内の酸性雨の現況について, 三重県環境科学センター研究報告, No.13, 25-33(1993)。
- 5) 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況-, 三重県環境科学センター研究報告, No.14, 1-9(1994)。
- 6) 小山善丸, 加藤 進, 永楽通宝, 辻 静夫, 稲垣卓次:(ノート)県内の酸性雨の現況について, 三重県環境科学センター研究報告, No.14, 33-43(1994)。
- 7) 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)。
- 8) 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)。
- 9) 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)。
- 10) 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)。
- 11) 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)。
- 12) 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)県内の酸性雨の現況について, 三重県保健環境研究所年報(環境部門), No.1, 71-90(1999)。
- 13) 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)。
- 14) 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)。
- 15) 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)。
- 16) 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)。
- 17) 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).

- 18) 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).
- 19) 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-,季刊全国公害研究会誌, 18, 149-154(1993).
- 20) 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,季刊全国公害研究会誌, 19, 58-122(1994).
- 21) 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),季刊全国公害研究会誌, 20, 58-130(1995).
- 22) 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),季刊全国環境研究会誌, 26, 66-116(2001).
- 23) 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),季刊全国環境研究会誌, 27, 68-126(2002).
- 24) 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),季刊全国環境研究会誌, 28, 126-196(2003).
- 25) 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),季刊全国環境研究会誌, 30, 58-135(2005).
- 26) 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,季刊全国環境研究会誌, 30, 177-197(2005).
- 27) 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),季刊全国環境研究会誌, 31, 118-186(2006).
- 28) 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-,季刊全国環境研究会誌, 31, 234-256(2006).
- 29) 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),季刊全国環境研究会誌, 32, 78-152(2007).
- 30) 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-,季刊全国環境研究会誌, 32, 223-245s(2007).
- 31) 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).
- 32) 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)
- 33) 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).
- 34) 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).