

報 告

酸性雨の陸水への影響について (その1)

— 多摩川水系上流域の河川水質の現状 —

安藤 晴夫 山崎 正夫 曾田 京三

1 はじめに

当研究所大気部の調査によれば、東京都周辺で観測された雨水の水素イオン濃度指数 (以下、pHという) は、4.5～5.5程度の値で推移している (図1)¹⁾。一方、公共用水域の水質測定結果や水道水源河川の水質調査結果で見ると、河川水のpHや酸に対する緩衝能 (アルカリ度) が低下しているという兆候は、これまでのところ認められていない (図2, 図3)。

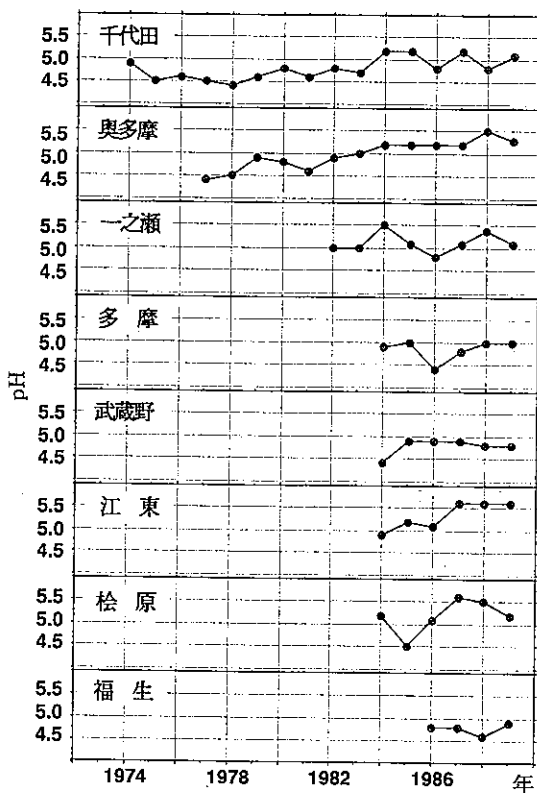


図1 東京都周辺で測定された雨水のpHの経年変化 (年平均値)

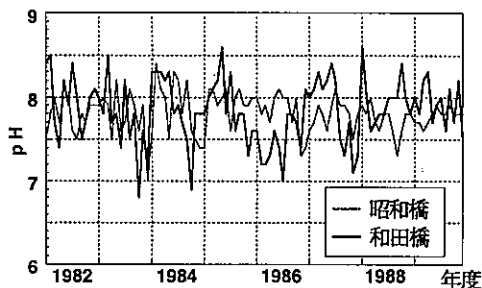


図2 多摩川昭和橋, 和田橋におけるpHの経月変化

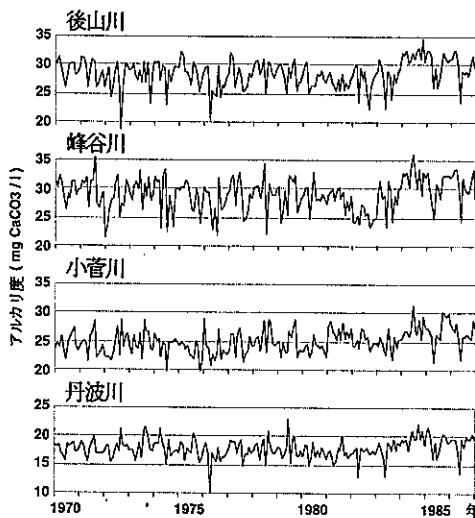


図3 多摩川の水道水源河川におけるアルカリ度の経月変化

東京都環境科学研究所では、平成2年度から酸性雨に関する総合研究に取り組み、その一環として、陸水環境に対する酸性雨の影響についても調査研究を開始した。初年度は、東京都民の水道水源として重要であること

もに人為的汚染レベルが低く、比較的酸性雨の影響を受け易いと考えられる多摩川水系上流域の河川や沢で水質の全般的な状況を把握するとともに、今後の研究対象に適した地点を選定するための予備的調査を実施した。

ここでは、その結果について報告する。

2 水質調査方法

(1) 調査地点

一之瀬川、多摩川本流系河川（日原川、峰谷川、後山川）、秋川、北浅川を調査対象河川とし、上流部に人為的汚染源がないと考えられる場所を調査地点に選定した（図4、表1）。

(2) 調査時期

平成2年5～10月にかけて各地点1回ずつ調査を行った。

(3) 水質測定方法

pH、電気伝導度は現場で測定した。その他の項目は、採取した河川水を現場で直ちにアセチルセルロース製フィルター（孔径0.45 μm。）でろ過し、冷暗所に保存した試料について分析した。Na⁺、K⁺は原子吸光光度計SAS760（セイコー社製）、Mg²⁺、Ca²⁺はプラズマ発光分光装置SPS1200A（セイコー電子社製）、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻はイオンクロマトグラフModel-4000（DIONEX製）を用いてUV吸収検出器875-UV（日本分光製）で定量した。

3 結果と考察

(1) 各水質項目の特徴

水質測定結果を表1に示す。なお、炭酸水素イオン（HCO₃⁻）濃度は、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺イオンの当量濃度の和からCl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻イオンの当量濃度の和を差し引いて算出した。図5には、各地点のイオン組成を、表2には、水質項目間の相関行列を示した。

水質測定結果の特徴は以下のとおりであった。

① pHは、7.11～8.41（7.50以上の地点が85%）と全体的に弱アルカリ性で、特に日原川で値が高かった。なおpHは、HCO₃⁻（r=0.61）との相関が最も高かった。

② 電気伝導度は、32～130 μs/cm（100 μs/cm以下の地点が71%）で、この地域の水質が非常に汚濁の少ないことを示している。一之瀬川では32～53 μs/cm と値が特に低かった。

③ 陽イオン相互の関係についてみると、Na⁺とMg²⁺の間の相関が高く（r=0.89）、Ca²⁺、K⁺については他の陽イオンとの高い相関は認められなかった。

④ Ca²⁺は、全地点で陽イオン総当量中に占める割合が最も高い陽イオンで、その割合は日原川が約85%で最も高かった。また、濃度も日原川が約1000 μeq/l前後で最も高かった。一方、K⁺については、一之瀬川での濃度が最も高く、他の河川の約2倍であった。なお、多摩川上流地域地質図によれば、日原川流域は石灰岩地域、一之瀬川流域は花崗閃緑岩地域に分類されている。こう

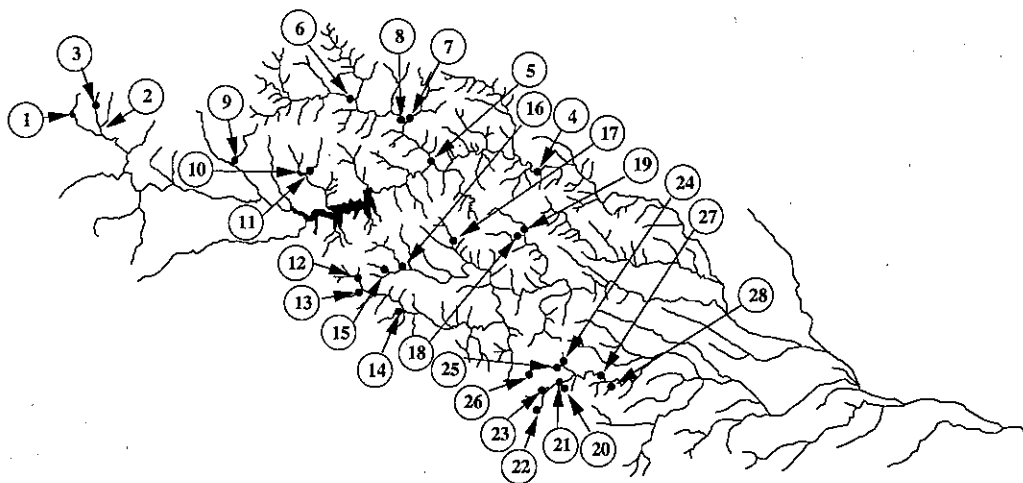


図4 調査地点分布

表 1 水 質 測 定 結 果

| 測定地点 | | pH | EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Na ⁺ ($\mu\text{eq}/\ell$) | K ⁺ ($\mu\text{eq}/\ell$) | Mg ²⁺ ($\mu\text{eq}/\ell$) | Ca ²⁺ ($\mu\text{eq}/\ell$) | Cl ⁻ ($\mu\text{eq}/\ell$) | NO ₃ ⁻ ($\mu\text{eq}/\ell$) | SO ₄ ²⁻ ($\mu\text{eq}/\ell$) | HCO ₃ ⁻ ($\mu\text{eq}/\ell$) | T-Cation ($\mu\text{eq}/\ell$) | 水系 |
|------|----------------|------|-----------------------------------|--|---|---|---|--|---|--|--|-------------------------------------|------------|
| 番号 | 名称 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 一之瀬川 (作場平橋) | 7.63 | 53 | 53.9 | 20.6 | 32.8 | 159 | 19.5 | 1.29 | 19.6 | 226 | 266 | 一之瀬川系 |
| 2 | 一之瀬川 (楠商店裏) | 7.62 | 43 | 53.1 | 23.4 | 40.4 | 185 | 23.1 | 7.26 | 27.5 | 244 | 302 | |
| 3 | 一之瀬川 (中島川橋) | 7.49 | 32 | 51.8 | 25.3 | 36.1 | 166 | 23.7 | 8.55 | 28.3 | 218 | 279 | |
| 4 | 多摩川 (和田橋) | 8.41 | 94 | 102 | 14.9 | 94.4 | 647 | 60.4 | 37.1 | 138 | 624 | 859 | 多摩川 本流系 |
| 5 | 日原川 (日原橋) | 8.33 | 130 | 83.1 | 9.90 | 90.1 | 1110 | 31.0 | 29.5 | 152 | 1080 | 1300 | |
| 6 | 日原川 (鱒釣場) | 8.24 | 101 | 72.6 | 7.39 | 68.4 | 842 | 28.8 | 22.4 | 108 | 832 | 991 | |
| 7 | 日原川 (川乗谷) | 7.87 | 93 | 82.2 | 9.05 | 83.5 | 1050 | 32.2 | 30.3 | 184 | 977 | 1220 | |
| 8 | 日原川 (川乗谷合流前) | 8.40 | 125 | 104 | 10.8 | 107 | 609 | 30.2 | 25.6 | 146 | 629 | 831 | |
| 9 | 後山川 (片倉谷) | 7.87 | 85 | 74.0 | 10.2 | 77.5 | 640 | 23.7 | 28.2 | 126 | 624 | 802 | |
| 10 | 峰谷川 (三沢) | 7.63 | 68 | 86.6 | 8.98 | 67.3 | 449 | 23.1 | 21.8 | 138 | 428 | 611 | |
| 11 | 峰谷川 (三沢合流前) | 7.79 | 74 | 91.8 | 9.92 | 69.2 | 488 | 26.2 | 35.6 | 176 | 421 | 658 | 南秋川系 |
| 12 | 南秋川 (夢の滝) | 7.94 | 75 | 114 | 11.3 | 78.5 | 444 | 42.6 | 35.6 | 171 | 399 | 647 | |
| 13 | 南秋川 (ハチザス沢) | 7.72 | 67 | 95.7 | 9.69 | 91.5 | 421 | 35.0 | 31.5 | 147 | 404 | 618 | |
| 14 | 南秋川 (森沢) | 7.58 | 92 | 127 | 14.5 | 119 | 571 | 60.4 | 79.5 | 142 | 550 | 832 | 北秋川系 |
| 15 | 北秋川 (白岩沢) | 8.12 | 127 | 124 | 15.1 | 154 | 904 | 65.7 | 55.8 | 299 | 777 | 1200 | |
| 16 | 北秋川 (月夜見沢) | 7.92 | 111 | 124 | 15.7 | 146 | 756 | 49.6 | 59.0 | 273 | 660 | 1042 | |
| 17 | 神戸川 (神戸岩) | 7.93 | 99 | 107 | 13.6 | 117 | 668 | 44.6 | 41.5 | 240 | 580 | 906 | |
| 18 | 大岳沢 | 7.93 | 108 | 99.2 | 11.3 | 169 | 681 | 59.0 | 57.4 | 360 | 485 | 961 | |
| 19 | 養沢川 | 7.96 | 105 | 114 | 11.6 | 139 | 719 | 66.0 | 56.1 | 198 | 663 | 983 | 北浅川系 |
| 20 | 北浅川支流 (鞍骨沢橋付近) | 7.55 | 86 | 156 | 11.9 | 142 | 476 | 75.3 | 71.9 | 149 | 490 | 786 | |
| 21 | 北浅川 (鞍骨沢橋) | 7.63 | 93 | 168 | 14.6 | 159 | 789 | 90.0 | 115 | 192 | 434 | 831 | |
| 22 | 北浅川 (最上流) | 7.69 | 86 | 151 | 11.4 | 150 | 477 | 78.1 | 79.8 | 189 | 443 | 789 | |
| 23 | 北浅川 (椽沢橋) | 7.58 | 53 | 166 | 11.6 | 168 | 526 | 80.4 | 96.0 | 201 | 495 | 872 | |
| 24 | 醍醐川支流 | 7.46 | 97 | 144 | 9.95 | 156 | 590 | 78.1 | 79.2 | 250 | 493 | 900 | |
| 25 | 醍醐川 | 7.90 | 92 | 157 | 12.3 | 149 | 519 | 79.5 | 85.8 | 222 | 450 | 837 | |
| 26 | 醍醐川 (上流端) | 7.11 | 93 | 143 | 9.97 | 147 | 552 | 75.9 | 94.0 | 220 | 461 | 852 | |
| 27 | 北浅川 (上恩方) | 7.89 | 101 | 146 | 9.97 | 189 | 414 | 99.6 | 114 | 185 | 361 | 759 | |
| 28 | 北浅川支流 | 7.15 | 90 | 157 | 11.0 | 165 | 416 | 91.4 | 94.2 | 202 | 361 | 749 | |

した地質的な特徴と Ca²⁺、K⁺濃度の河川別特徴との関連が予想されるが今回の調査結果だけでは明確に結論づけることはできなかった。

⑤ 陰イオンでは、Cl⁻とNO₃⁻の相関が非常に高かった (r=0.95)。

⑥ HCO₃⁻は、陰イオン総当量中の割合が最も高いイオン種であり、その濃度は日原川が1000 $\mu\text{eq}/\ell$ 前後で最も高かった。

⑦ SO₄²⁻は北秋川の濃度が最も高かった。

⑧ 陽、陰イオン間では、Na⁺、Mg²⁺とCl⁻、NO₃⁻及びCa²⁺とHCO₃⁻の相関が非常に高く、Mg²⁺とSO₄²⁻も比較的よい相関を示した。

(2) 水質項目及び調査地点の分類

前述の各水質項目の特徴を整理し、調査地点を分類するために、水質9項目 (計算から求めたHCO₃⁻、陽イオン総当量は除いた) の相関行列に基づいて主成分分析を

表 2 水質項目間の相関行列

| 項目 | pH | EC | Na ⁺ | K ⁺ | Mg ²⁺ | Ca ²⁺ | Cl ⁻ | NO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | T-Cation |
|-------------------------------|-------|-------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|
| pH | 1.00 | | | | | | | | | | |
| EC | 0.53 | 1.00 | | | | | | | | | |
| Na ⁺ | -0.30 | 0.30 | 1.00 | | | | | | | | |
| K ⁺ | -0.16 | -0.52 | -0.36 | 1.00 | | | | | | | |
| Mg ²⁺ | -0.15 | 0.51 | 0.89 | -0.38 | 1.00 | | | | | | |
| Ca ²⁺ | 0.56 | 0.78 | 0.04 | -0.53 | 0.22 | 1.00 | | | | | |
| Cl ⁻ | -0.31 | 0.28 | 0.92 | -0.22 | 0.91 | -0.01 | 1.00 | | | | |
| NO ₃ ⁻ | -0.38 | 0.28 | 0.94 | -0.31 | 0.90 | 0.02 | 0.95 | 1.00 | | | |
| SO ₄ ²⁻ | 0.07 | 0.63 | 0.58 | -0.47 | 0.78 | 0.50 | 0.54 | 0.56 | 1.00 | | |
| HCO ₃ ⁻ | 0.61 | 0.71 | -0.07 | -0.47 | -0.07 | 0.97 | -0.13 | -0.10 | 0.30 | 1.00 | |
| T-Cation | 0.44 | 0.84 | 0.33 | -0.59 | 0.50 | 0.95 | 0.28 | 0.31 | 0.67 | 0.88 | 1.00 |

(注) EC : 電気伝導度、T-Cation : 陽イオン総当量/網かけ : 相関係数の絶対値 < 0.70

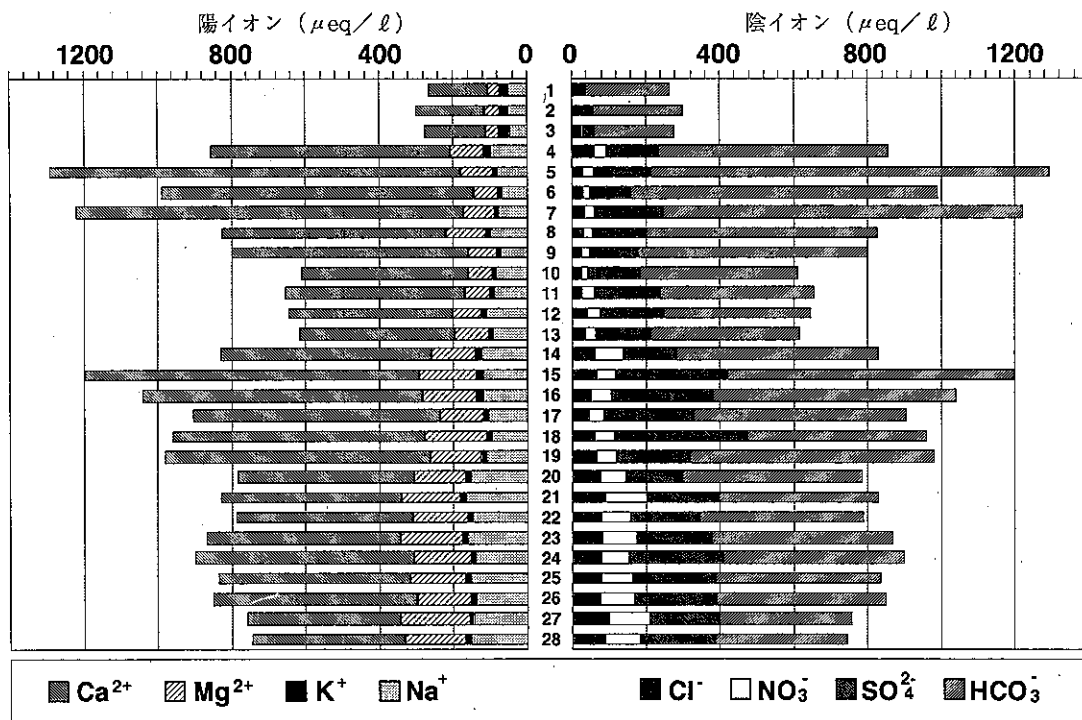


図 5 各調査地点の水質 (イオン組成)

行った。

その結果、累積寄与率は第2主成分までで82%であった。各水質項目を第1, 第2主成分に対する因子負荷量(主成分との相関係数)で図示した(図6)。図6によれば、第1主成分は、Ca²⁺, K⁺との相関 (r=0.37, r=

-0.55) が低いのに対して、それ以外のイオンとは、0.8以上の高い相関を示している。すなわち、第1主成分の値は、Mg²⁺, Na⁺, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻の濃度が高いほど高く、これらのイオンの総量と関係する軸と考えられる。これらのイオンは、水質、大気的人為的汚染や海塩

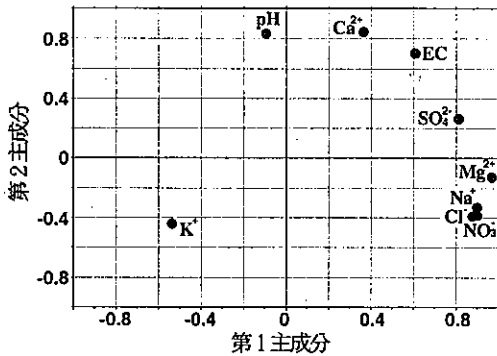


図6 因子負荷量による水質項目の分類結果

粒子に関係する成分であるが、今回の調査結果からは、その由来を明確にすることはできなかった。第2主成分はpHやCa²⁺との相関が高いことから、酸に対する緩衝性の強さに関係する軸と考えられる。またこの図から、K⁺のみが他の項目と全く異なった挙動をしていることも分かった。

各調査地点を第1, 第2主成分得点でプロットすると各河川毎にグループ化された(図7)。前述の各主成分の意味付けを適用すると、一之瀬川は、イオン含有量が少なく、酸に対する緩衝性が弱い水質であり、北浅川はイオン含有量が多いが、酸に対する緩衝性は比較的弱い水質である。多摩川本流水系のうち日原川は、酸に対する緩衝性が特に強い水質である。これらの水質的特徴のうち、イオン含有量の大小は、海岸や都心部からの距離に、酸に対する緩衝性は、主として地質的な要因に関係していると考えられる。

4 おわりに

本調査の結果から以下のことが明らかになった。

- ① 今回の調査では、pHは全調査地点で7.0以上あり、7.5以上の値の地点が大半であった。
- ② 多摩川上流域の水質項目の挙動は、Ca²⁺、K⁺以外のイオンの総量の多少に関係する因子と、酸に対する緩衝性の強弱に関係する因子(pH、Ca²⁺等)で分類できた。

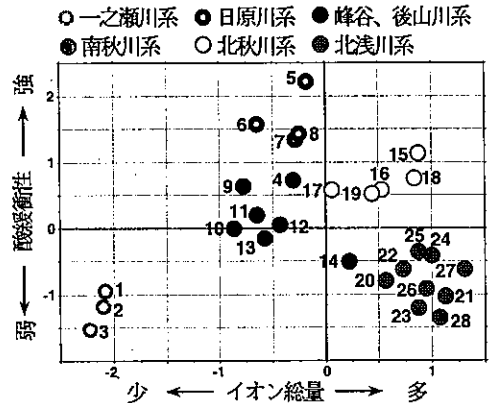


図7 主成分得点による調査地点の分類結果

③ 酸性雨の陸水環境への影響を調査するために適した河川の条件としては、

- ・その地域の降雨が酸性化していること。
- ・酸に対する緩衝性が弱くpHが変化しやすいこと。
- ・溶存イオン量が少なく、イオン組成の変化が捕えやすいこと。

などが挙げられる。

こうした観点から、主成分分析により分類した調査地点を比較すると、一之瀬川は、酸に対する緩衝性が弱く、イオンの総量も少ないこと、この周辺の降雨のpHは約5.0と酸性化していること(図1)から、酸性雨による影響を調査するのに適していると考えられる。

この調査結果を踏まえ、今後は対象河川を絞り、降雨時の水質の時系列的変化や地質と水質の関連等について調査研究を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 東京都環境科学研究所大気部：未発表資料。
- 2) 環境保全局：昭和57～平成2年度 公共用水域の水質測定結果(資料編)。
- 3) 東京都水道局：昭和45～昭和61年度 小河内貯水池管理年報。
- 4) 小出博ら：多摩川上流地域地質図, (1953)。