

10 鳥取県における降水成分調査について (第2報)

【大気騒音科】

洞 崎 和 徳 ・ 林 田 博 通* ・ 尾 田 喜 夫**
佐 藤 白

1 はじめに

当所においては降水の成分調査を昭和62年度から県下4地点で実施しており、平成3年度も引き続き環境庁仕様の酸性雨ろ過式採取装置を用いて調査を実施した。

今回、平成3年度の結果の概要と平成元年度～3年度のデータについて統計的手法を用いて解析した結果について報告する。

2 調査地点及び調査方法

調査地点を図1に示す。

衛生研究所 鳥取市松並町2-470 (東 部)

郡家保健所 八頭郡郡家町郡家40 (山間部)

倉吉保健所 倉吉市東巖城町2 (中 部)

米子保健所 米子市西福原444 (西 部)

調査方法は酸性雨等調査マニュアル(環境庁)に準拠して行った。なお、試料採取は環境庁仕様酸性雨ろ過式採取装置を用いて行い、水溶性成分については鳥取、郡家が1週間、倉吉、米子が1カ月間、不溶性成分については4地点とも1カ月間で試料採取した。調査項目及び測定方法を表1に示す。



図1 調査地点

*現在 鳥取県倉吉保健所 **現在 鳥取県消防防災課

表1 調査項目及び測定方法

| 区分 | 測定項目 | 測定方法 |
|---|-------------------------------|-----------|
| ろ 水 溶 過 性 成 分 採 取 | pH | ガラス電極法 |
| | EC | 導電率法 |
| | SO ₄ ²⁻ | イオンクロマト法 |
| | NO ₃ ⁻ | 〃 |
| | Cl ⁻ | 〃 |
| | NH ₄ ⁺ | インドフェノール法 |
| | Ca ²⁺ | 原子吸光法 |
| | Mg ²⁺ | 〃 |
| | K ⁺ | 炎光光度法 |
| | Na ⁺ | 〃 |
| 取 器 不 溶 性 成 分 | 降下物量 | 重量法 |
| | Ca ²⁺ | 原子吸光法 |
| | Mg ²⁺ | 〃 |
| | K ⁺ | 炎光光度法 |
| | Na ⁺ | 〃 |

3 調査結果及び考察

(1) 平成3年度の降水成分

平成3年度の降水成分の調査結果を表2-1及び表2-2に示す。水溶性成分の調査結果のうち、年平均値については各調査地点とも1カ月のデータの加重平均値である。

表2-1 水溶性成分分析結果

| 採取場所 | 採取年月 | 降水量 mm | pH | EC μs/cm | SO ₄ μg/ml | NO ₃ μg/ml | Cl μg/ml | NH ₄ μg/ml | Ca μg/ml | Mg μg/ml | K μg/ml | Na μg/ml | nssSO ₄ μg/ml | nssCa μg/ml |
|------|-------|-----------|-------|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-----------------------------|----------------|
| 鳥取市 | 91-4 | 123.2 | 4.70 | 24.7 | 2.48 | 1.03 | 2.24 | 0.34 | 0.49 | 0.18 | 0.09 | 1.28 | 2.16 | 0.44 |
| | 91-5 | 126.6 | 4.93 | 20.6 | 2.15 | 1.31 | 2.26 | 0.39 | 0.66 | 0.19 | 0.09 | 1.21 | 1.85 | 0.61 |
| | 91-6 | 134.7 | 4.74 | 16.2 | 2.23 | 1.01 | 0.30 | 0.44 | 0.38 | 0.03 | 0.03 | 0.17 | 2.19 | 0.37 |
| | 91-7 | 172.6 | 5.88 | 13.2 | 1.79 | 0.78 | 0.64 | 0.35 | 1.14 | 0.05 | 0.17 | 0.31 | 1.71 | 1.13 |
| | 91-8 | 65.9 | 4.79 | 33.4 | 4.46 | 2.39 | 2.70 | 0.64 | 1.21 | 0.20 | 0.10 | 1.51 | 4.08 | 1.15 |
| | 91-9 | 52.7 | 4.06 | 116.3 | 8.11 | 1.63 | 17.07 | 0.55 | 0.98 | 1.07 | 0.45 | 9.10 | 5.83 | 0.63 |
| | 91-10 | 134.2 | 4.41 | 51.0 | 3.16 | 1.10 | 8.32 | 0.40 | 0.37 | 0.64 | 0.26 | 4.72 | 1.98 | 0.19 |
| | 91-11 | 69.7 | 4.36 | 74.6 | 5.45 | 2.35 | 10.99 | 0.68 | 0.74 | 0.83 | 0.37 | 6.32 | 3.86 | 0.50 |
| | 91-12 | 183.1 | 4.56 | 55.0 | 3.32 | 0.85 | 10.11 | 0.32 | 0.36 | 0.74 | 0.25 | 5.45 | 1.96 | 0.15 |
| | 92-1 | 180.5 | 4.41 | 74.9 | 4.48 | 1.25 | 13.18 | 0.54 | 0.53 | 0.91 | 0.36 | 7.01 | 2.72 | 0.26 |
| | 92-2 | 165.8 | 4.50 | 67.9 | 4.32 | 1.38 | 11.40 | 0.59 | 0.56 | 0.82 | 0.32 | 6.37 | 2.72 | 0.32 |
| | 92-3 | 140.3 | 4.54 | 43.7 | 3.70 | 1.77 | 5.40 | 0.63 | 0.53 | 0.39 | 0.17 | 2.84 | 2.99 | 0.42 |
| | | 最高値 | 183.1 | 5.88 | 116.3 | 8.11 | 2.39 | 17.07 | 0.68 | 1.21 | 1.07 | 0.45 | 9.10 | 5.83 |
| | 最低値 | 52.7 | 4.06 | 13.2 | 1.79 | 0.78 | 0.30 | 0.32 | 0.36 | 0.03 | 0.03 | 0.17 | 1.71 | 0.15 |
| | 平均値 | 129.1 | 4.57 | 46.1 | 3.46 | 1.28 | 6.81 | 0.47 | 0.62 | 0.49 | 0.22 | 3.72 | 2.53 | 0.47 |
| 郡家町 | 91-4 | 108.4 | 4.73 | 16.9 | 1.85 | 0.83 | 0.81 | 0.33 | 0.37 | 0.07 | 0.05 | 0.41 | 1.75 | 0.35 |
| | 91-5 | 116.1 | 4.95 | 17.9 | 1.89 | 1.26 | 1.80 | 0.38 | 0.60 | 0.15 | 0.10 | 0.96 | 1.65 | 0.56 |
| | 91-6 | 185.5 | 4.61 | 15.0 | 1.54 | 0.81 | 0.19 | 0.29 | 0.13 | 0.02 | 0.02 | 0.08 | 1.52 | 0.13 |
| | 91-7 | 184.8 | 4.74 | 12.8 | 1.30 | 0.67 | 0.41 | 0.42 | 0.07 | 0.02 | 0.22 | 0.20 | 1.25 | 0.06 |
| | 91-8 | 100.8 | 4.59 | 19.7 | 2.07 | 1.25 | 1.06 | 0.41 | 0.18 | 0.06 | 0.04 | 0.54 | 1.93 | 0.16 |
| | 91-9 | 123.1 | 4.47 | 84.0 | 4.18 | 0.43 | 17.36 | 0.29 | 0.44 | 1.12 | 0.46 | 8.51 | 2.04 | 0.12 |
| | 91-10 | 189.9 | 4.77 | 36.0 | 2.16 | 0.79 | 6.27 | 0.30 | 0.24 | 0.39 | 0.15 | 3.27 | 1.34 | 0.12 |
| | 91-11 | 53.5 | 4.64 | 58.0 | 4.55 | 1.77 | 8.01 | 0.68 | 0.88 | 0.67 | 0.30 | 4.66 | 3.38 | 0.70 |
| | 91-12 | 180.1 | 4.64 | 30.4 | 2.26 | 0.93 | 3.88 | 0.32 | 0.29 | 0.28 | 0.10 | 1.93 | 1.78 | 0.22 |
| | 92-1 | 228.8 | 4.57 | 49.4 | 3.08 | 0.64 | 8.32 | 0.44 | 0.38 | 0.58 | 0.23 | 4.17 | 2.03 | 0.22 |
| | 92-2 | 185.4 | 4.61 | 45.1 | 3.58 | 1.21 | 6.49 | 0.60 | 0.39 | 0.48 | 0.21 | 3.58 | 2.68 | 0.25 |
| | 92-3 | 188.9 | 4.67 | 35.1 | 3.14 | 1.23 | 4.39 | 0.60 | 0.42 | 0.32 | 0.14 | 2.32 | 2.56 | 0.33 |
| | | 最高値 | 228.8 | 4.95 | 84.0 | 4.55 | 1.77 | 17.36 | 0.68 | 0.88 | 1.12 | 0.46 | 8.51 | 3.38 |
| | 最低値 | 53.5 | 4.47 | 12.8 | 1.30 | 0.43 | 0.19 | 0.29 | 0.07 | 0.02 | 0.02 | 0.08 | 1.25 | 0.06 |
| | 平均値 | 153.8 | 4.65 | 34.2 | 2.54 | 0.92 | 4.83 | 0.41 | 0.33 | 0.34 | 0.16 | 2.48 | 1.92 | 0.23 |
| 倉吉市 | 91-4 | 142.5 | 4.43 | 28.1 | 2.77 | 1.10 | 2.87 | 0.27 | 0.66 | 0.22 | 0.07 | 1.42 | 2.41 | 0.61 |
| | 91-5 | 64.1 | 4.95 | 30.8 | 3.04 | 1.60 | 3.63 | 0.58 | 0.90 | 0.35 | 0.18 | 2.10 | 2.51 | 0.82 |
| | 91-6 | 186.9 | 4.70 | 14.4 | 1.58 | 0.87 | 0.35 | 0.31 | 0.15 | 0.03 | 0.01 | 0.23 | 1.52 | 0.14 |
| | 91-7 | 210.3 | 4.67 | 13.7 | 1.31 | 0.59 | 0.39 | 0.17 | 0.22 | 0.03 | 0.03 | 0.16 | 1.27 | 0.21 |
| | 91-8 | 欠測 | | | | | | | | | | | | |
| | 91-9 | 146.2 | 4.45 | 143.1 | 7.27 | 1.31 | 31.51 | 0.40 | 1.07 | 2.21 | 0.88 | 16.00 | 3.25 | 0.46 |
| | 91-10 | 81.7 | 4.71 | 134.9 | 7.54 | 2.16 | 29.99 | 0.82 | 1.24 | 2.10 | 0.88 | 15.40 | 3.67 | 0.65 |
| | 91-11 | 13.3 | 4.70 | 135.5 | 10.86 | 5.67 | 19.23 | 2.28 | 2.40 | 1.78 | 0.92 | 11.90 | 7.87 | 1.95 |
| | 91-12 | 216.1 | 4.63 | 56.1 | 3.73 | 0.86 | 10.44 | 0.50 | 0.44 | 0.68 | 0.26 | 5.40 | 2.37 | 0.23 |
| | 92-1 | 126.2 | 4.74 | 105.3 | 7.02 | 1.38 | 21.52 | 0.97 | 1.03 | 1.47 | 0.55 | 11.90 | 4.03 | 0.58 |
| | 92-2 | 53.9 | 4.81 | 82.8 | 6.48 | 2.32 | 15.21 | 1.05 | 1.25 | 1.03 | 0.42 | 8.00 | 4.47 | 0.95 |
| | 92-3 | 欠測 | | | | | | | | | | | | |
| | | 最高値 | 216.1 | 4.95 | 143.1 | 10.86 | 5.67 | 31.51 | 2.28 | 2.40 | 2.21 | 0.92 | 16.00 | 7.87 |
| | 最低値 | 13.3 | 4.43 | 13.7 | 1.31 | 0.59 | 0.35 | 0.17 | 0.15 | 0.03 | 0.01 | 0.16 | 1.27 | 0.14 |
| | 平均値 | 124.1 | 4.62 | 60.6 | 4.05 | 1.19 | 11.19 | 0.49 | 0.65 | 0.78 | 0.31 | 5.86 | 2.58 | 0.43 |
| 米子市 | 91-4 | 112.5 | 4.51 | 25.7 | 2.78 | 1.04 | 2.41 | 0.45 | 0.50 | 0.20 | 0.08 | 1.16 | 2.49 | 0.46 |
| | 91-5 | 157.4 | 5.16 | 17.8 | 2.13 | 1.07 | 1.70 | 0.50 | 0.58 | 0.15 | 0.07 | 0.86 | 1.91 | 0.55 |
| | 91-6 | 212.9 | 4.63 | 15.7 | 1.76 | 0.76 | 0.26 | 0.29 | 0.13 | 0.03 | 0.02 | 0.17 | 1.72 | 0.12 |
| | 91-7 | 289.6 | 4.79 | 10.8 | 0.99 | 0.42 | 0.21 | 0.22 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.10 | 0.96 | 0.01 |
| | 91-8 | 143.6 | 4.70 | 21.4 | 2.16 | 1.28 | 1.73 | 0.47 | 0.32 | 0.11 | 0.07 | 0.78 | 1.96 | 0.29 |
| | 91-9 | 137.5 | 4.50 | 84.5 | 4.72 | 1.09 | 17.37 | 0.28 | 0.70 | 1.16 | 0.44 | 8.25 | 2.65 | 0.39 |
| | 91-10 | 44.6 | 4.56 | 87.5 | 5.61 | 2.04 | 16.97 | 0.67 | 0.96 | 1.18 | 0.46 | 7.86 | 3.64 | 0.66 |
| | 91-11 | 106.1 | 4.66 | 53.5 | 4.82 | 2.00 | 7.88 | 0.69 | 1.06 | 0.64 | 0.31 | 3.80 | 3.87 | 0.92 |
| | 91-12 | 183.1 | 4.51 | 70.7 | 4.49 | 1.18 | 12.72 | 0.59 | 0.52 | 0.86 | 0.31 | 5.90 | 3.01 | 0.30 |
| | 92-1 | 120.1 | 4.49 | 93.1 | 6.06 | 2.05 | 16.51 | 0.90 | 0.86 | 1.15 | 0.48 | 8.60 | 3.90 | 0.53 |
| | 92-2 | 140.5 | 5.10 | 49.2 | 5.24 | 2.20 | 7.27 | 0.81 | 1.53 | 0.51 | 0.25 | 3.90 | 4.26 | 1.38 |
| | 92-3 | 欠測 | | | | | | | | | | | | |
| | | 最高値 | 289.6 | 5.16 | 93.1 | 6.06 | 2.20 | 17.37 | 0.90 | 1.53 | 1.18 | 0.48 | 8.60 | 4.26 |
| | 最低値 | 44.6 | 4.49 | 10.8 | 0.99 | 0.42 | 0.21 | 0.22 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.10 | 0.96 | 0.01 |
| | 平均値 | 149.8 | 4.66 | 40.9 | 3.23 | 1.20 | 6.20 | 0.48 | 0.54 | 0.44 | 0.18 | 3.03 | 2.47 | 0.42 |

(註) 1 nssSO₄ : 非海洋由来硫酸イオン、nssCa : 非海洋由来カルシウムイオン

2 鳥取市、郡家町については、1週間のデータの加重平均値である。

表2-2 不溶性成分分析結果

| 採取場所 | 採取年月 | 採取日数 | dust mg/月 | Ca μg/ml | Mg μg/ml | K μg/ml | Na μg/ml |
|------|-------|------|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| 鳥取市 | 91-4 | 29 | 55.60 | 0.52 | 15.40 | 8.00 | 2.20 |
| | 91-5 | 34 | 60.80 | 3.85 | 12.00 | 7.40 | 1.26 |
| | 91-6 | 28 | 35.20 | 3.80 | 6.10 | 3.40 | 1.70 |
| | 91-7 | 28 | 62.90 | 47.50 | 12.90 | 4.00 | 2.10 |
| | 91-8 | 35 | 38.20 | 10.00 | 4.60 | 2.61 | 1.00 |
| | 91-9 | 28 | 57.50 | 15.50 | 8.60 | 4.00 | 2.70 |
| | 91-10 | 28 | 18.10 | 2.80 | 4.00 | 2.50 | 1.40 |
| | 91-11 | 28 | 28.10 | 1.50 | 8.50 | 5.70 | 1.40 |
| | 91-12 | 29 | 20.10 | 2.50 | 4.60 | 3.40 | 1.60 |
| | 92-1 | 34 | 23.40 | 2.00 | 5.20 | 3.60 | 0.81 |
| | 92-2 | 28 | 36.20 | 2.80 | 10.60 | 7.30 | 1.20 |
| | 92-3 | 35 | 36.40 | 2.80 | 9.10 | 3.30 | 0.66 |
| | | 最高値 | | 62.90 | 47.50 | 15.40 | 8.00 |
| | 最低値 | | 18.10 | 0.52 | 4.00 | 2.50 | 0.66 |
| | 平均値 | | 39.38 | 7.96 | 8.47 | 4.60 | 1.50 |
| 郡家町 | 91-4 | 29 | 27.90 | 0.62 | 16.00 | 8.70 | 2.20 |
| | 91-5 | 34 | 31.10 | 1.40 | 8.80 | 6.00 | 1.26 |
| | 91-6 | 28 | 32.70 | 2.20 | 5.00 | 3.20 | 1.96 |
| | 91-7 | 28 | 15.50 | 1.85 | 2.45 | 1.80 | 1.60 |
| | 91-8 | 35 | 14.90 | 1.28 | 2.02 | 1.58 | 0.44 |
| | 91-9 | 28 | 23.40 | 7.00 | 4.20 | 2.90 | 2.10 |
| | 91-10 | 28 | 19.10 | 2.50 | 4.00 | 3.70 | 1.60 |
| | 91-11 | 28 | 21.60 | 1.50 | 6.00 | 4.30 | 1.40 |
| | 91-12 | 29 | 23.60 | 2.00 | 5.10 | 5.50 | 1.40 |
| | 92-1 | 34 | 15.80 | 2.50 | 3.60 | 2.60 | 0.70 |
| | 92-2 | 28 | 26.20 | 2.90 | 8.40 | 6.50 | 1.20 |
| | 92-3 | 35 | 41.00 | 3.17 | 10.70 | 5.40 | 0.82 |
| | | 最高値 | | 41.00 | 7.00 | 16.00 | 8.70 |
| | 最低値 | | 14.90 | 0.62 | 2.02 | 1.58 | 0.44 |
| | 平均値 | | 24.40 | 2.41 | 6.36 | 4.35 | 1.39 |
| 倉吉市 | 91-4 | 35 | 38.00 | 1.14 | 10.40 | 6.20 | 2.36 |
| | 91-5 | 30 | 24.10 | 1.20 | 5.50 | 3.60 | 1.30 |
| | 91-6 | 33 | 21.00 | 1.95 | 3.30 | 2.20 | 2.10 |
| | 91-7 | 33 | 20.90 | 1.90 | 3.00 | 1.90 | 2.00 |
| | 91-8 | | 欠測 | | | | |
| | 91-9 | 30 | 44.40 | 3.10 | 5.10 | 3.25 | 2.40 |
| | 91-10 | 31 | 26.30 | 2.00 | 4.90 | 4.50 | 1.90 |
| | 91-11 | 31 | 13.80 | 1.20 | 4.60 | 2.90 | 1.10 |
| | 91-12 | | 欠測 | | | | |
| | 92-1 | 28 | 35.50 | 4.70 | 8.30 | 6.20 | 2.80 |
| | 92-2 | 28 | 22.20 | 4.00 | 5.10 | 3.20 | 1.20 |
| | 92-3 | | 欠測 | | | | |
| | | 最高値 | | 44.40 | 4.70 | 10.40 | 6.20 |
| | 最低値 | | 13.80 | 1.14 | 3.00 | 1.90 | 1.10 |
| | 平均値 | | 27.36 | 2.35 | 5.58 | 3.77 | 1.91 |
| 米子市 | 91-4 | 30 | 32.30 | 1.00 | 25.40 | 7.40 | 3.10 |
| | 91-5 | 34 | 41.10 | 1.65 | 11.60 | 6.00 | 1.68 |
| | 91-6 | 27 | 32.20 | 2.40 | 8.00 | 2.90 | 3.36 |
| | 91-7 | 24 | 11.00 | 1.30 | 2.90 | 1.20 | 1.12 |
| | 91-8 | 39 | 25.80 | 2.52 | 3.00 | 1.95 | 1.36 |
| | 91-9 | 29 | 25.40 | 2.70 | 4.40 | 2.00 | 1.60 |
| | 91-10 | 31 | 17.00 | 2.70 | 4.40 | 1.80 | 1.40 |
| | 91-11 | 31 | 41.00 | 2.10 | 14.20 | 8.50 | 1.70 |
| | 91-12 | 35 | 22.90 | 4.30 | 6.00 | 3.30 | 1.90 |
| | 92-1 | 28 | 34.80 | 5.10 | 10.60 | 5.50 | 2.80 |
| | 92-2 | 28 | 63.40 | 20.10 | 13.90 | 4.20 | 1.20 |
| | 92-3 | | 欠測 | | | | |
| | | 最高値 | | 63.40 | 20.10 | 25.40 | 8.50 |
| | 最低値 | | 11.00 | 1.00 | 2.90 | 1.20 | 1.12 |
| | 平均値 | | 31.54 | 4.17 | 9.49 | 4.07 | 1.93 |

ア pH

pHの地点別経月変化を図2に示す。一部を除き、月別の変動は少なく横ばいの状況である。過去3年間の地点別平均値を表3に示す。これによると、全地点ともほぼ横ばいの状況となっている。

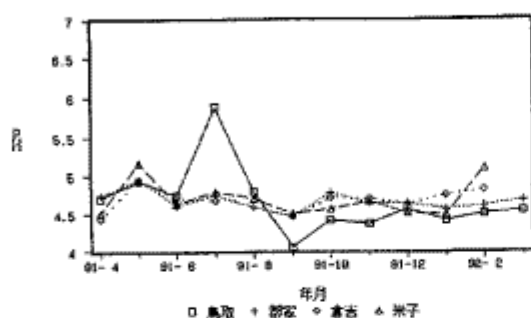


図2 pHの経月変化

表3 pHの年度別、地点別調査結果

| 年度 | 鳥取 | 郡家 | 倉吉 | 米子 |
|------|------|------|------|------|
| H. 元 | 4.62 | 4.68 | 4.70 | 4.60 |
| H. 2 | 4.72 | 4.75 | 4.89 | 4.84 |
| H. 3 | 4.57 | 4.65 | 4.62 | 4.66 |

イ EC

ECの経月変化を図3に示す。経月変化では、9月～2月にかけて高くなり、4月～8月にかけて低くなっている。これは、平成2年度とほぼ同様の変動となっている。

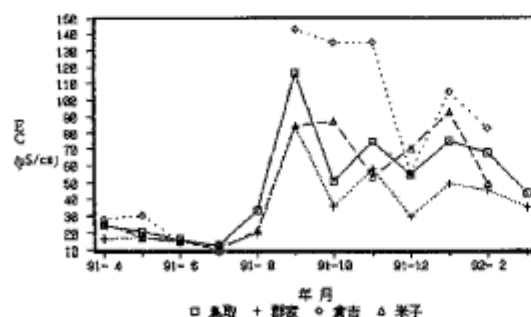


図3 ECの経月変化

(2) 降水成分間の相関

水溶性成分の項目について、平成元年度～3年度の月別のデータを用いて、統計的手法により解析を行った。

ア 項目間濃度相関

個々の降水成分濃度間の相互関係を見るため、各調査地点における項目間濃度相関を表4-1～表4-4に示す。これによると、①H⁺と強い相関のある項目はいずれの地点にも認められず、鳥取でSO₄²⁻、Cl⁻、Mg²⁺と郡家でCl⁻、Mg²⁺、K⁺、Na⁺と弱い相関が認められる ②自然起源成分と考えられるCl⁻、Na⁺、Mg²⁺は相互に強い相関がある ③人為発生起源成分と考えられるNO₃⁻、NH₄⁺は相互に強い相関があると考えられる。

イ 主成分分析

鳥取県における降水の特性を明確にするため、4地点のデータを用いて主成分分析を行った。陰イオン、陽イオン9変数を用いた主成分分析結果を表5、図4に示す。第1主成分(Z1)の因子負荷量はすべての変数において正の値を示しており、降水の総合的な汚染を示す因子と考えられる。第2主成分(Z2)の因子負荷量は正、負が混じっており、正の値のものはH⁺、Cl⁻、Na⁺、Mg²⁺であり、負の値のものはNO₃⁻、NH₄⁺、Ca²⁺であり、主に自然起源成分と考えられるものは正、主に人為発生起源成分と考えられるものは負となっている。Z2は降水中のイオン成分の起源を示す因子と考えられる。^{(1) (2) (3)}

表5 主成分分析結果

| 区分 | 因子負荷量 | |
|-------------------------------|-------|--------|
| | 第1主成分 | 第2主成分 |
| SO ₄ ²⁻ | 0.962 | 0.019 |
| NO ₃ ⁻ | 0.722 | -0.521 |
| Cl ⁻ | 0.905 | 0.352 |
| NH ₄ ⁺ | 0.746 | -0.495 |
| Ca ²⁺ | 0.765 | -0.416 |
| Mg ²⁺ | 0.929 | 0.294 |
| K ⁺ | 0.452 | -0.029 |
| Na ⁺ | 0.903 | 0.330 |
| H ⁺ | 0.278 | 0.607 |
| 固有値 | 5.368 | 1.380 |
| 寄与率(%) | 59.6 | 15.4 |
| 累積寄与率(%) | 59.6 | 75.0 |

表4-1 降水成分の項目間濃度相関 (鳥取)

| | EC | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | NH ₄ ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ | nssSO ₄ ²⁻ |
|----------------------------------|-------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------------------|
| SO ₄ ²⁻ | 0.94* | | | | | | | | | | |
| NO ₃ ⁺ | 0.49* | 0.66* | | | | | | | | | |
| Cl ⁻ | 0.97* | 0.87* | 0.36 | | | | | | | | |
| NH ₄ ⁺ | 0.58* | 0.66* | 0.88* | 0.46* | | | | | | | |
| Ca ²⁺ | 0.60* | 0.71* | 0.65* | 0.55* | 0.59* | | | | | | |
| Mg ²⁺ | 0.97* | 0.87* | 0.40 | 0.99* | 0.51* | 0.56* | | | | | |
| K ⁺ | 0.91* | 0.82* | 0.31 | 0.95* | 0.41 | 0.56* | 0.95* | | | | |
| Na ⁺ | 0.97* | 0.87* | 0.38 | 0.99* | 0.49* | 0.57* | 0.99* | 0.96* | | | |
| H ⁺ | 0.57* | 0.61* | 0.33 | 0.45* | 0.36 | 0.05 | 0.43* | 0.31 | 0.39 | | |
| nssSO ₄ ²⁻ | 0.62* | 0.83* | 0.76* | 0.47* | 0.65* | 0.64* | 0.46* | 0.41 | 0.45* | 0.66* | |
| nssCa ²⁺ | 0.15 | 0.35 | 0.57* | 0.09 | 0.43* | 0.88* | 0.09 | 0.12 | 0.11 | -0.18 | 0.51* |

n = 36 *有意水準1%で有意

表4-2 降水成分の項目間濃度相関 (郡家)

| | EC | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | NH ₄ ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ | nssSO ₄ ²⁻ |
|----------------------------------|-------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------------------|
| SO ₄ ²⁻ | 0.85* | | | | | | | | | | |
| NO ₃ ⁺ | 0.18 | 0.58* | | | | | | | | | |
| Cl ⁻ | 0.98* | 0.77* | 0.03 | | | | | | | | |
| NH ₄ ⁺ | 0.41 | 0.63* | 0.78* | 0.29 | | | | | | | |
| Ca ²⁺ | 0.42 | 0.75* | 0.77* | 0.33 | 0.60* | | | | | | |
| Mg ²⁺ | 0.99* | 0.81* | 0.11 | 0.99* | 0.35 | 0.39 | | | | | |
| K ⁺ | 0.90* | 0.81* | 0.19 | 0.90* | 0.36 | 0.46* | 0.91* | | | | |
| Na ⁺ | 0.99* | 0.79* | 0.08 | 0.99* | 0.32 | 0.36 | 0.99* | 0.91* | | | |
| H ⁺ | 0.58* | 0.42 | -0.06 | 0.55* | 0.12 | -0.16 | 0.51* | 0.44* | 0.51* | | |
| nssSO ₄ ²⁻ | 0.52* | 0.88* | 0.80* | 0.38 | 0.69* | 0.84* | 0.43* | 0.51* | 0.40 | 0.24 | |
| nssCa ²⁺ | 0.13 | 0.55* | 0.80* | 0.03 | 0.54* | 0.95* | 0.10 | 0.20 | 0.06 | -0.33 | 0.77* |

n = 36 *有意水準1%で有意

表4-3 降水成分の項目間濃度相関 (倉吉)

| | EC | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | NH ₄ ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ | nssSO ₄ ²⁻ |
|----------------------------------|-------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------------------|
| SO ₄ ²⁻ | 0.92* | | | | | | | | | | |
| NO ₃ ⁺ | 0.58* | 0.71* | | | | | | | | | |
| Cl ⁻ | 0.97* | 0.84* | 0.41 | | | | | | | | |
| NH ₄ ⁺ | 0.61* | 0.65* | 0.83* | 0.48* | | | | | | | |
| Ca ²⁺ | 0.66* | 0.85* | 0.69* | 0.55* | 0.54* | | | | | | |
| Mg ²⁺ | 0.99* | 0.89* | 0.52* | 0.99* | 0.53* | 0.63* | | | | | |
| K ⁺ | 0.24 | 0.08 | 0.06 | 0.25 | 0.47* | 0.00 | 0.17 | | | | |
| Na ⁺ | 0.98* | 0.88* | 0.46* | 0.99* | 0.49* | 0.60* | 0.99* | 0.17 | | | |
| H ⁺ | 0.15 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | -0.20 | -0.04 | 0.15 | -0.31 | 0.12 | | |
| nssSO ₄ ²⁻ | 0.70* | 0.92* | 0.79* | 0.56* | 0.66* | 0.90* | 0.65* | -0.01 | 0.62* | 0.14 | |
| nssCa ²⁺ | 0.41 | 0.67* | 0.65* | 0.28 | 0.45* | 0.95* | 0.38 | -0.06 | 0.33 | -0.09 | 0.83* |

n = 34 *有意水準1%で有意

表4-4 降水成分の項目間濃度相関 (米子)

| | EC | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | NH ₄ ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ | nssSO ₄ ²⁻ |
|----------------------------------|-------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------------------|
| SO ₄ ²⁻ | 0.90* | | | | | | | | | | |
| NO ₃ ⁺ | 0.65 | 0.83* | | | | | | | | | |
| Cl ⁻ | 0.99* | 0.84* | 0.56* | | | | | | | | |
| NH ₄ ⁺ | 0.71* | 0.81* | 0.88* | 0.65* | | | | | | | |
| Ca ²⁺ | 0.61* | 0.82* | 0.82* | 0.57* | 0.73* | | | | | | |
| Mg ²⁺ | 0.99* | 0.86* | 0.60* | 0.99* | 0.67* | 0.61* | | | | | |
| K ⁺ | 0.94* | 0.89* | 0.63* | 0.93* | 0.60* | 0.64* | 0.93* | | | | |
| Na ⁺ | 0.93* | 0.81* | 0.53* | 0.96* | 0.58* | 0.61* | 0.95* | 0.91* | | | |
| H ⁺ | 0.27 | 0.23 | 0.11 | 0.17 | -0.01 | -0.22 | 0.17 | 0.25 | 0.10 | | |
| nssSO ₄ ²⁻ | 0.65* | 0.90* | 0.86* | 0.55* | 0.80* | 0.78* | 0.59* | 0.66* | 0.48* | 0.27 | |
| nssCa ²⁺ | 0.41 | 0.69 | 0.78* | 0.36 | 0.66* | 0.97* | 0.40 | 0.45* | 0.39 | -0.28 | 0.75* |

n = 35 *有意水準1%で有意

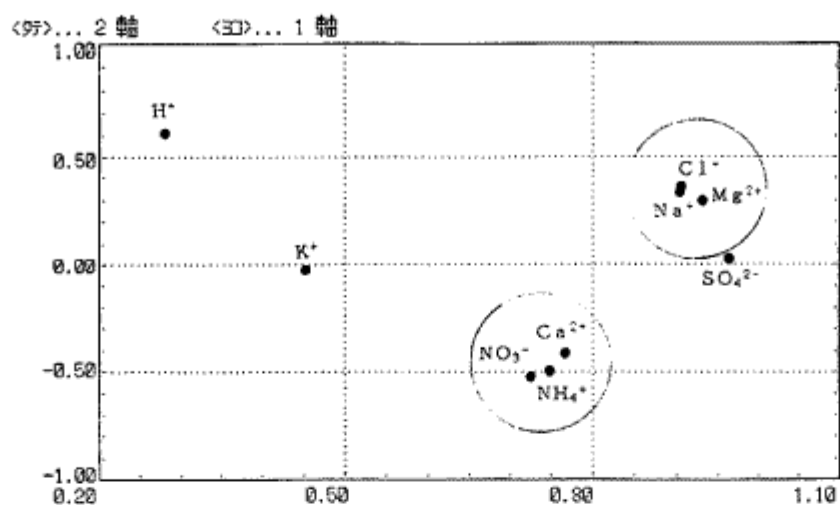


図4 因子負荷量

ウ 重回帰分析

降水中の H^+ と各イオン成分との関係から、県内の降水のpHを低下させる成分を推定するため、4地点のデータを用いて、重回帰分析を行った。 H^+ を目的変数、その他の8イオン成分(SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+)を説明変数として変数増減法により重回帰分析を行った結果を表6に示す。これによると、 H^+ を増加させる成分としては、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- があるが、 SO_4^{2-} の寄与が高く、また H^+ を減少させる成分としては、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ があるが、その中で Ca^{2+} の寄与が高い。

表6 重回帰分析

| | 偏回帰係数 | 標準偏回帰係数 |
|-------------|---------|---------|
| SO_4^{2-} | 11.709 | 1.879 |
| Ca^{2+} | -33.164 | -1.279 |
| Mg^{2+} | -11.931 | -0.503 |
| NH_4^+ | -27.354 | -0.625 |
| NO_3^- | 9.176 | 0.502 |
| 定数 | 8.323 | |
| 重回帰係数 | 0.821 | |
| 決定係数 | 0.675 | |

4 まとめ

(1) 平成3年度の県下4地点の年平均pHは4.57~4.66であり、4地点とも経年的にみてほぼ横ばいの状況であった。

(2) 項目間の単相関の結果、自然起源成分相互間及び人為発生起源成分相互間にそれぞれ強い相関があったが、 H^+ との間に強い相関のある成分はなかった。

(3) 主成分分析の結果、第1主成分は降水の総合的な汚染を示す因子、第2主成分は降水中のイオン成分の起源を示す因子と考えられる。

(4) 重回帰分析の結果、 H^+ に影響を与えるイオン成分としては、 SO_4^{2-} と Ca^{2+} の寄与が高いと考えられる。

文 献

- (1) 松本光弘、板野龍光：大気汚染学会誌、20、12-22 (1985)
- (2) 北村守次、織田敏郎、桐元俊武：石川衛公研年報、22、98-113 (1985)
- (3) 都築崇之、原浩子、溝口清教：愛知県公害センター所報、16、83-88 (1988)