

香川県における酸性雨調査（第12報）

—— 大気降下物の地域特性(3) ——

Acid Precipitation Survey in Kagawa Prefecture(XII)

—— Regional Difference of Atmospheric Pollutants (III) ——

片山 正敏

Masatoshi KATAYAMA

高松，満濃等県下10地点で平成元年6月から2年3月まで季別に年4回，ろ過式採取装置での雨水のデータを用いて測定地点別の類似性を明らかにするため主成分分析を行い，測定地点を3グループに分けることができた。また高松など5地点で重回帰分析を行いpHの決定要因を推定した。要因として nssSO_4^{2-} ， NO_3^- ， nssCa^{2+} ， NH_4^+ の寄与が大きいものの nssCl^- ， nssMg^{2+} ， nssK^+ も地域によっては無視することができなかつた。

はじめに

酸性雨は地球の温暖化，成層圏オゾン層の破壊などとともに地球規模の環境問題の一つであり，その影響は森林，土壌や湖沼の生態系のみならず，今や文化財にまで及んでおり，深刻な環境破壊をもたらしている。

本県では，高松市で昭和59年9月から酸性雨の調査を開始し，自動雨水採取装置を用いての初期降雨，一雨調査，また環境庁方式であるろ過式採取装置を用いてモニタリング調査を実施し，その結果を所報等で報告した^{1)～9)}。

ところで，本県の酸性雨調査は高松市及び満濃町で主として実施しているが，酸性雨の地域特性を明らかにするため，昭和62年度から平成元年度にかけ，ろ過式採取装置を用いて丸亀など県下10地点で調査しその結果，pHは4.5～5.0の範囲にあったこと，各イオン成分濃度の平均値は沿岸部，内陸部とも一部地域を除きほぼ同じであったこと，県の中央部では沿岸，内陸部ともイオン当量構成比がよく似ていたが県の西部，東部では異なっていたこと，イオン降下量では2～3の地点を除きほぼ同量であったこと等を報告した⁶⁾。しかしながら，地点間のイオン成分濃度の統計的な解析をした方が地点間のイオン成分濃度の比較より地点間の類似性，地域的な特性をより鮮明にすることができる場合もある。

そこで平成元年6月から2年3月までに県内で調査した雨水データに加えて，高松，満濃では平成5

年度までのデータからこれらの統計的な解析を試み若干の知見を得たので報告する。

調査方法

1. 調査地点

図1に示す10地点で調査地点付近の概要は第5，6報の通りである。

2. 調査期間

表1のとおりで，主成分分析には平成元年～2年3月，重回帰分析には昭和62～平成6年3月までのデータを用いた。

表1 調査期間

調査地点	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5
引田			----	----			
大内			----	----			
高松	—————						
公湊	—————						
内場	—————						
綾南			----	----			
丸亀			—————	—————			
満濃			—————	—————			
財田			----	----			
観音寺			----	----			

——— 季別年4回

—— 例示を示す

3. 採取方法

ろ過式採取装置を用いての1週間，または2週間ごとに採水した。

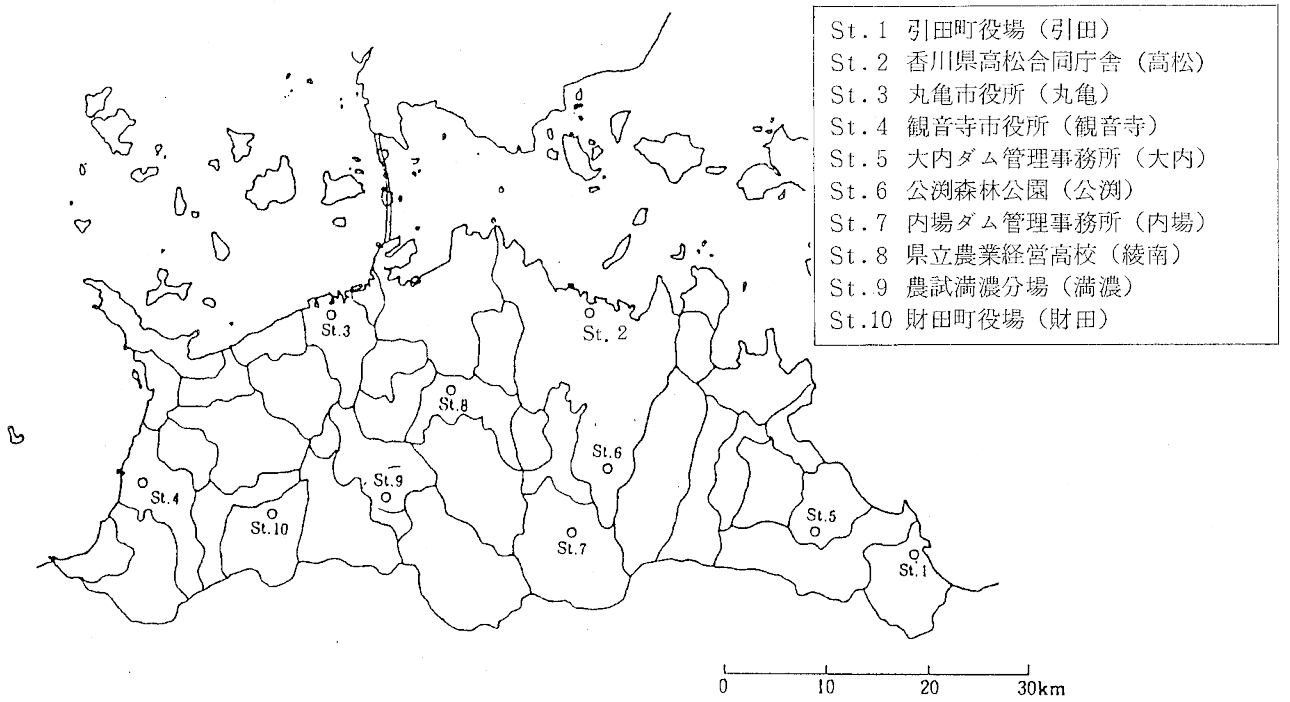


図1 調査地点図

4. 測定項目及び測定法

- pH : ガラス電極法
- EC : 導電率計による方法
- SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- : イオンクロマトグラフ法
- NH_4^+ : インドフェノール法
- Ca^{2+} , Mg^{2+} : 原子吸光法
- K^+ Na^+ : 原子吸光法または炎光光度法

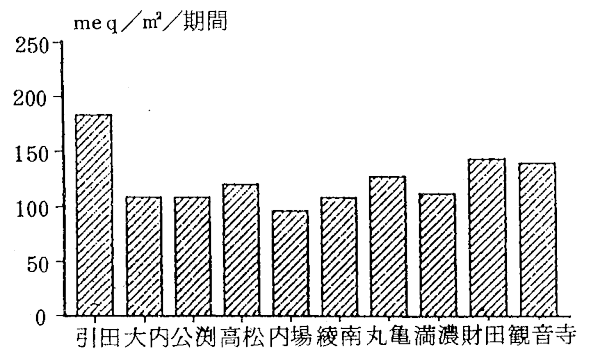


図2 イオン降水量 (総量)

調査結果及び考察

1. 地点間の類似性

各地点の pH, EC 及びイオン成分濃度等の詳細については三木らが報告⁶⁾したので,ここでは地点間の類似性を明らかにするため平成元年6, 9, 12月及び2年2月2月の県下10カ所で測定したイオン降水量(表2及び図2)を用いて主成分分析を行った。表3に固有値が1以上の主成分の固有ベクトル, 因子負荷量及び地点別の主成分得点を示した。

表3から明らかなように2つの主成分で88%の情報量を説明できた。第1主成分は固有ベクトルが全て正であり, 因子負荷量が多いことから降水量の大きさに係わる因子と考えられる。また, 第2主成分は Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ の固有ベクトルが負であること, これらの因子負荷量が多いことから発生源の違い(海塩由来及び非海塩由来)に係わる成分の降水量

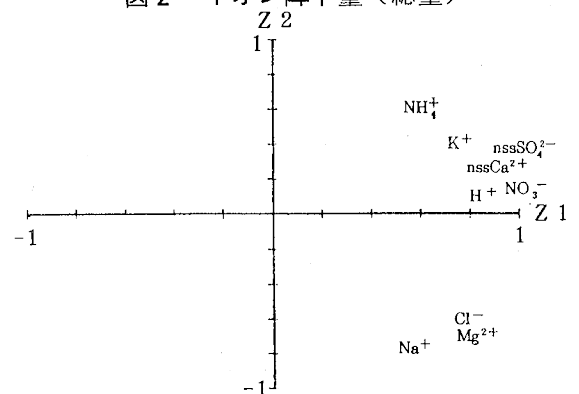


図3 因子負荷量の散点図

であると考えられる。図3に横軸にZ1を, 縦軸にZ2に取った因子負荷量を示した。 Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ の海塩由来成分とそれ以外の非海塩由来成分とに区分された。

次に各地点のZ1, Z2に対する主成分得点を求めその結果を図4に示す。主成分得点から引田, 財

表2 イオン成分降下量

		meq/m ²								
		H ⁺	nssSO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	nssCa ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
引田		13.5	25.4	17.4	43.0	16.8	9.4	10.5	1.6	41.0
大内		11.7	23.1	14.0	14.0	21.5	5.6	3.6	1.8	12.0
高松		12.2	28.2	11.8	17.5	18.5	12.4	4.4	1.0	13.1
公湊		9.9	24.3	13.0	15.1	20.8	7.8	3.6	1.9	11.4
内場		8.6	22.7	11.9	11.5	19.0	9.1	2.9	1.5	8.2
綾南		10.8	26.9	12.1	13.1	23.0	7.7	2.9	1.5	9.8
丸亀		18.6	29.6	12.1	18.0	17.1	12.0	4.5	1.2	13.4
満濃		11.2	28.8	14.2	14.9	20.0	9.0	3.7	1.2	8.7
財田		7.3	31.9	15.5	14.9	48.1	7.5	3.5	2.3	11.5
観音寺		8.2	31.6	14.6	19.6	31.4	10.7	4.9	1.5	15.7

表3 主成分分析結果

	固有ベクトル		因子負荷量		地 点	主成分得点	
	Z 1	Z 2	Z 1	Z 2		Z 1	Z 2
H ⁺	0.37	0.08	0.88	0.11	引 田	0.67	-2.77
nssSO ₄ ²⁻	0.38	0.25	0.90	0.37	大 内	-0.59	0.06
NO ₃ ⁻	0.41	0.08	0.98	0.12	高 松	-0.25	0.87
Cl ⁻	0.32	-0.43	0.76	-0.64	公 湊	-0.53	0.13
NH ₄ ⁺	0.25	0.40	0.60	0.60	内 場	-0.79	0.27
nssCa ²⁺	0.36	0.17	0.86	0.25	綾 南	-0.64	0.32
Mg ²⁺	0.32	-0.44	0.76	-0.64	丸 亀	-0.25	-0.21
K ⁺	0.33	0.26	0.78	0.39	満 濃	-0.54	0.15
Na ⁺	0.24	-0.54	0.57	-0.79	財 田	0.02	1.16
固 有 値	5.72	2.19			観 音 寺	-0.09	0.04
寄 与 率	63.6	24.4					
累積寄与率	63.6	88.0					

田とそれ以外の地点に分けることができた。引田については全イオンに占めるCl⁻, Mg²⁺, Na⁺の割合が50%以上であることからZ 2軸に対し負になったものと考えられる。また、財田については全降下量に占めるNH₄⁺の割合が約34%ほど占めていることに加えnssSO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻の降下量が比較的多いことによりZ 2軸に対し正になったものと思われる。引田がZ 1軸に対し正になっているがこれはZ 1軸が降下量に係わる指標と考えられることから海塩粒子の影響が強いことによるものと思われる。このことからモニタリング等長期間の調査における測定地点の選定には引田、財田の持っている地域的な特徴を考慮し、地域的に異なった特徴を持つ地点で調査をする必要があると思われる。また、今回用いたデータは極めて短期間であることから長期間のデータでの解析ではまた異なるグループ分けができることも予想される。従って今後ともデータの蓄積していく必要がある。

2. 地域的な特性

地点ごとのpHの変動を定量的に調べるためH⁺を目的変数として変数増減法による重回帰分析を行

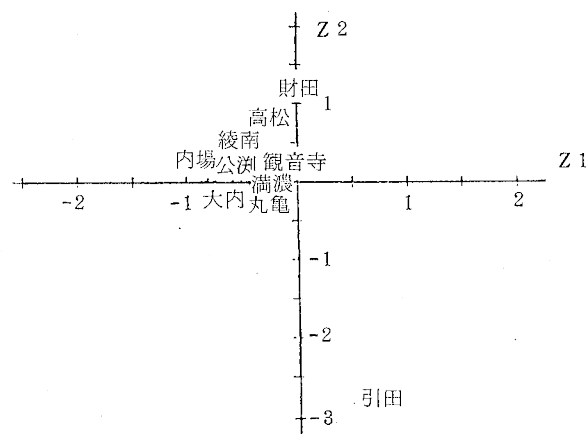


図4 主成分得点の分布図

い、各成分の係数及び定数を表4に、標準回帰係数及び偏相関係数を表5に示した。

重回帰分析の結果、寄与率は0.49~0.90の範囲であり、高松では最も低くなりここで用いた変数だけでは5割程度しか説明できなかつた。pHを決定する主な成分として、nssSO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, nssCa²⁺, が一般的であるが、nssSO₄²⁻は全地点でpHの決定因子として選択されたものの、NO₃⁻は5地点中2

表4 重回帰式における偏回帰係数及び定数

地点名	自由度調整済			偏回帰係数				定数	
	重相関係数	nssSO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	nssCl ⁻	NH ₄ ⁺	nssCa ²⁺	nssMg ²⁺		nssK ⁺
高松	0.70 (0.49)	0.36	0.28	0.14	-0.24	-0.38		-0.86	0.01
丸亀	0.90 (0.81)	0.39	0.71	0.51		-0.41	-3.36		0.005
公渕	0.95 (0.90)	0.50		0.85		-0.27	-5.77		0.005
内場	0.84 (0.71)	0.45				-0.355			0.0007
満濃	0.84 (0.71)	0.52	0.70	-0.68	-0.59			-1.64	0.01

($\mu\text{eq}/\text{ml}$)

表5 重回帰式における標準偏回帰係数及び偏相関係数

地点名	標準偏回帰係数 (偏相関係数)						
	nssSO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	nssCl ⁻	NH ₄ ⁺	nssCa ²⁺	nssMg ²⁺	nssK ⁺
高松	1.77(0.59)	0.72(0.40)	0.15(0.21)	-0.75(-0.34)	-1.76(-0.72)		-0.21(-0.20)
丸亀	1.47(0.64)	1.54(0.60)	0.33(0.52)		-1.88(-0.83)	-1.71(-0.85)	
公渕	1.58(0.95)		0.60(0.87)		-0.62(-0.82)	-0.70(-0.80)	
内場	1.49(0.85)				-1.01(-0.74)		
満濃	1.50(0.75)	1.21(0.55)	-1.07(-0.70)	-1.19(-0.58)			-0.59(-0.63)

地点で、NH₄⁺ は3地点で、nssCa²⁺ は1地点で選択されなかった。その他のpHの決定因子としてnssCl⁻, nssMg²⁺, nssK⁺が選択された。nssSO₄²⁻は全地点でH⁺の増大に強く寄与しているがNO₃⁻は高松でnssSO₄²⁻ほどは寄与しておらず丸亀ではほぼ同程度であった。nssCl⁻がpHの決定因子として選択されたが、満濃では他の地点とは異なりH⁺を減少させる因子として選択された。また、nssCl⁻はnssSO₄²⁻, NO₃⁻よりは寄与がかなり弱い。一方H⁺を減少させる因子としてnssCa²⁺が高松、丸亀、公渕、内場で、NH₄⁺は高松、満濃で選択されたが高松ではnssCa²⁺の方が寄与が強い。その他nssMg²⁺が丸亀、公渕で、nssK⁺が高松、満濃で中和の因子として働いている。

またnssCl⁻, nssMg²⁺, nssK⁺も選択されたが、NH₄⁺は5地点中3地点では選択されなかった。

文 献

ま と め

- 平成元年度の測定データを用いて行った主成分分析では海塩起源成分と非海塩起源成分とに分けることができた。また、主成分得点から測定地点を引田、財田及びその他の地点の3グループに分けることができた。
- H⁺を目的変数とした重回帰分析の結果、高松での寄与率が0.49と低くこれらの成分だけでは説明しきれなかった。
- 重回帰分析ではpHを決定する主な成分として、nssSO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, nssCa²⁺が選択され、

- 三木正信, 藤岡博文: 香川県公害研究センター所報, **9**, 97 (1984).
- 三木正信 他: 香川県公害研究センター所報, **10**, 101 (1985).
- 三木正信 他: 香川県公害研究センター所報, **11**, 75 (1986).
- 三木正信 他: 香川県公害研究センター所報, **12**, 99 (1987).
- 三木正信 他: 香川県公害研究センター所報, **13**, 47, 57 (1988).
- 三木正信 他: 香川県公害研究センター所報, **14**, 43, 57 (1989).
- 三木正信, 片山正敏 他: 香川県環境研究センター所報, **15**, 25, 33 (1990).
- 片山正敏 他: 香川県環境研究センター所報, **16**, 27, 33 (1991).
- 片山正敏 他: 香川県環境研究センター所報, **17**, 21 (1992).