

公共用水域水質測定結果への統計解析の適用（第1報）

——入間川水系——

Application of Statistical Analysis to Water Quality Monitoring Data (Part I)

——Iruma River——

八巻 さゆり

要 旨

入間川水系（測定15地点）の1979年4月から1984年3月までのデータについて主成分分析を適用し、その結果を用いて水質解析を行った。

まず、各水質項目データについて、正規性の検定、欠測の処理を行った。次に、特性値（水質項目）の選択の違いが主成分分析の結果に与える影響について検討し、選択の仕方によって第1主成分が人為的汚濁の指標、第2主成分が自然的因子を表わす指標となるような結果が再現性よく得られることがわかった。

7項目（WT、pH、DO、BOD、COD、SS、EC）の特性値を用いて主成分分析を行った結果を基に、水質解析を行った。スコア散布図上で、各測定地点の一年間の変動には3種類の特徴的なパターンが表われた。75%非超過確率水質値を年代代表値として用いた解析を行い、測定地点を3つのグループに分類し、経年変化等について検討した。

1 はじめに

埼玉県では、昭和46年度以降、水質汚濁防止法第16条に規定する水質測定計画を作成し、県内公共用水域の水質を定期的に測定している。^{1~3)}

各水域の水質評価には、水質汚濁の代表的な指標であるBOD、あるいはDO、SS、大腸菌群数（E. Coli）、pH等の個別の水質項目の環境基準適合割合や年度平均値が主に使用されてきた。^{1~3)}しかし、個別の指標だけでは水質が適切に評価されない場合もあると考えられ、総合的な評価のために、理化学的あるいは生物学的なアプローチがなされている。⁴⁾このような観点から、近年、水質データに多変量解析法を適用した研究がみられる。^{5~10)}埼玉県の河川については、広崎らが、昭和45年度の調査データについて、主成分分析（Principal Component Analysis, PCA）による水質汚濁の指標化と重回帰分析による汚濁指標の予測を試みた例がある。⁵⁾多変量解析法は、「互いに相関のある多変量（多種類の特性値）のデータのもつ特徴を要約し、かつ所与の目的に応じて総合するための手法である。」¹⁰⁾か

ら、水質の総合評価のための適切な手段と考えられる。しかし、特性値（水質項目）の選択の仕方、サンプル集団の形成の仕方（水系別あるいは全地点）等により、その解析結果は異ってくると考えられ、明確な解釈を引き出すためには、様々な角度からの検討が必要と思われる。

本報では、入間川水系（測定15地点）の1979年4月から1984年3月までの水質データを対象として、データを編集し、主成分分析を行った結果について報告する。

2 使用データおよび解析方法

2・1 使用データ

昭和54年度～昭和58年度（1979.4～1984.3）の埼玉県公共用水域水質測定結果を用いた。

2・2 水質項目別ファイルの作成

公共用水域水質測定結果は各測定地点の各測定毎の単位で磁気テープに収納されている。まず、年度別に

全データをフロッピーディスクへ写す。次に、解析対象とする特性値(水質項目)として、水温(WT)、pH、DO、BOD、COD、SS、E.Coli、NH₄-N、T-N、PO₄-P、T-P、EC、Cl、MBASの14項目を検討することとし、各測定地点毎にこれらのデータを取り出してファイルを作成した。この際、1回/月に編集した。2回以上/月の測定を行っている場合は、①特性値がそろっているもの ②昼間に採水したもの という2点を判断基準として選択した。また、欠測、報告下限値以下のデータについては、コード等の使用により後で適宜処理を可能にした。最終的に14項目についてそれぞれ入間川水系のファイルを作成した。

2・3 主成分分析

2・2で編集した入間川水系のファイルについて主成分分析¹⁰⁾を適用する前に、データの正規性の検定を行い、データの欠測の取り扱いについて検討した。なお、報告下限以下のデータについては、(下限値)×1/2をデータとした。

次に、特性値12項目の範囲内で組み合わせの異なる12ケースを考え、それぞれの相関行列を求め、それについて主成分分析を行い、特性値の組み合わせの違いが結果に与える影響を検討した。

さらに、WT、pH、DO、BOD、COD、SS、ECの6項目の特性値で主成分分析を行った結果を用いて水質解析を試みた。

2・4 計算

本解析に用いたプログラムは、田中らによる基本統計および多変量解析のためのプログラム^{15、16)}を適宜修正したものである。

計算にはパーソナルコンピュータN5200モデル05を使用した。

3 入間川水域の概況

入間川水系および測定地点を図1に示し、測定地点について表1に記す。

入間川は、水道水源の一つである荒川の支川であり、入間郡名栗村に源を發し、飯能市で成木川、狭山市で霞川、川島町で越辺川を合わせ、荒川に合流する全長約67km、流域面積約735km²の河川である。昭和58年度の平均流量はSt.1で0.70m³/s、St.6で13.9m³/sであった。³⁾

支川の一つである越辺川は、入間郡越生町に源を發し、鳩山村、東松山市を流下して、高麗川、都幾川を合わせて入間川に合流する全長約34km、流域面積約464km²の河川である。

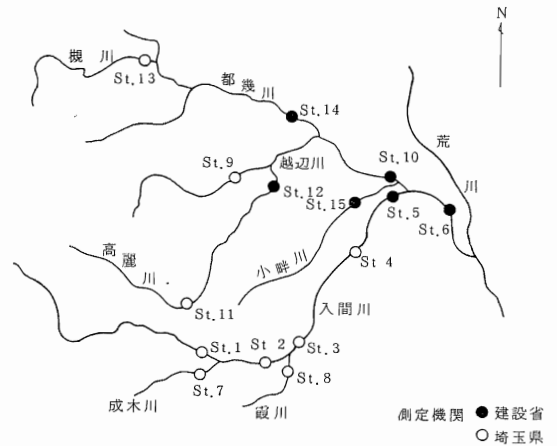


図1 入間川水系

表1 測定地点

地点番号	河川名	測定地点	所在地	類型
1	入間川	給食センター前	飯能市	A
2		豊水橋	狭山市	B
3		富士見橋	狭山市	B
4		初雁橋	川越市	B
5		落合橋	川島町	B
6		入間大橋	川越市	B
7	成木川	成木大橋	飯能市	B
8	霞川	大和橋	入間市	
9	越辺川	今川橋	鳩山村	A
10		落合橋	川島町	B
11	高麗川	天神橋	日高町	A
12		高麗川大橋	坂戸市	A
13	槻川	兜川合流点前	小川町	B
14	都幾川	東松山橋	東松山市	A
15	小畔川	菰橋	川越市	C

測定地点は入間川本川6地点、支川9地点の合計15地点である。St.8、St.9、St.11については昭和49年度から、それ以外の地点は昭和46年度から測定地点となっている。

4 結果および考察

4.1 水質データ

1979年4月から1984年3月までの5年間における各水質項目の基礎統計量を表2に示した。

データ数についてみると、WT、pH、DO、BODについては欠測がなく全データ900がそろっている。COD、SS、E Coli、ECも90%以上のデータがある。逆にT-N、T-Pについては60%以下であり、この2項目は解析対象から今回は除いた。その他、MBAS、PO₄-P、NH₄-N、Clはこの順に600~800の範囲にあった。

各項目をみると、pHの平均値が7.6と高い。入間川におけるpHの上昇については過去に調査されており、藻類の炭酸同化作用が活発なためと考えられている。BOD、CODの最大値はSt 8で昭和58年度に記録されている。

4.1.1 正規性の検定

主成分分析に適用する際、データに適切な変換をした方がよいと考えられる場合がある。^{9), 10)} 一般に、統計的処理を容易にするためにもあって、正規分布に近づくように変換が行われる。各水質項目について、平方根変換、自然対数変換を行い、確率プロット法による図示、歪度、尖度の値から正規性を検定した。図2-1と図2-2に、BODの原データと自然対数変換データ

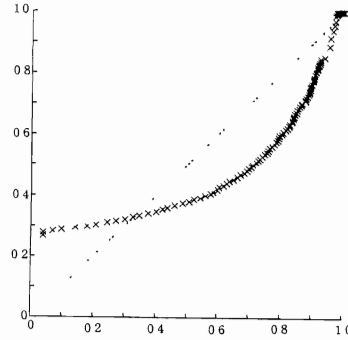


図2-1 BODの原データに対するP-Pプロット

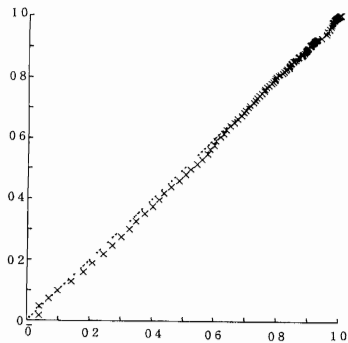


図2-2 BODの自然対数変換データに対するP-Pプロット

表2 入間川水系水質データ（1979年4月～1984年3月）の基礎統計量

水質項目	データ数	平均値	最大	最小	標準偏差	変動係数	歪度	尖度	平方根変換		自然対数変換	
									歪度	尖度	歪度	尖度
WT	900	16.1	30	0.6	6.99	0.434	-0.130	-1.11	-0.519	-0.643	-1.21	1.91
pH	900	7.60	9.6	6.7	0.402	0.053	0.880	1.26	0.786	0.996	0.696	0.768
DO	900	10.0	18	3.1	1.95	0.194	0.552	0.942	0.151	0.914	-0.336	1.84
BOD	900	3.88	64	0.25*	5.88	1.52	5.19	36.1	2.16	7.52	0.200	0.039
COD	828	4.28	29	0.25*	3.89	0.910	2.51	9.38	1.06	1.56	-0.115	-0.070
SS	899	10.8	180	0.5*	18.7	1.73	4.47	25.4	2.00	5.59	0.039	-0.411
E.Coli	876	2.35×10 ⁶	1.8×10 ⁸	5	1.65×10 ⁷	7.01	9.32	90.0	6.68	50.3	0.228	0.509
NH ₄ -N	750	1.08	10	0.05*	1.65	1.53	2.55	7.11	1.36	1.31	0.248	-0.994
T-N	510	3.82	16	0.2	2.56	0.671	1.34	1.76	0.641	-0.044	-0.211	0.161
PO ₄ -P	635	0.190	2	0.003*	0.258	1.36	2.48	8.31	0.974	0.605	-0.481	-0.723
T-P	324	0.296	2.1	0.025*	0.366	1.24	2.19	5.26	1.15	0.756	0.133	-0.835
EC	888	254	620	120	77.7	0.306	1.11	1.48	0.695	0.381	0.305	-0.140
Cl	762	17.6	81	1.7	11.8	0.668	1.33	2.33	0.536	-0.110	-0.189	-0.543
MBAS	600	0.151	3.6	0.005*	0.333	2.21	5.70	40.0	2.72	10.1	0.290	0.075

* 報告下限値× $\frac{1}{2}$

表3 水質項目間の相関係数

	WT	pH	DO	BOD	COD	SS	E.Coli	NH ₄ -N	PO ₄ -P	EC	Cl	MBAS
WT	1.000	0.064	-0.614	-0.301	-0.100	0.162	0.136	-0.302	-0.131	-0.156	-0.117	-0.265
pH	0.064	1.000	0.402	-0.040	-0.055	-0.264	-0.095	-0.226	-0.098	-0.051	-0.207	0.036
DO	-0.614	0.402	1.000	0.133	-0.023	-0.316	-0.289	0.023	0.021	0.052	0.016	0.163
BOD	-0.301	-0.040	0.133	1.000	0.863	0.428	0.452	0.745	0.644	0.682	0.689	0.718
COD	-0.097	-0.053	-0.022	0.818	1.000	0.573	0.521	0.716	0.669	0.665	0.679	0.644
SS	0.162	-0.264	-0.316	0.428	0.546	1.000	0.299	0.467	0.311	0.214	0.378	0.162
E.Coli	0.135	-0.094	-0.284	0.447	0.499	0.292	1.000	0.193	0.347	0.227	0.130	0.451
NH ₄ -N	-0.281	-0.203	0.021	0.670	0.601	0.421	0.169	1.000	0.664	0.714	0.754	0.538
PO ₄ -P	-0.112	-0.081	0.018	0.562	0.498	0.261	0.283	0.599	1.000	0.666	0.697	0.631
EC	-0.155	-0.051	0.052	0.678	0.632	0.212	0.218	0.648	0.574	1.000	0.872	0.570
Cl	-0.109	-0.187	0.015	0.628	0.570	0.345	0.117	0.751	0.647	0.796	1.000	0.519
MBAS	-0.219	0.029	0.132	0.601	0.458	0.134	0.357	0.462	0.611	0.463	0.461	1.000

下三角：欠測処理後

について確率プロット法を適用した場合のP-Pプロットの例を示す。この場合、プロットされた点が傾き45°の直線上にあれば、データは正規分布を持つ母集団から任意に抽出されたものとみなせる。検定の結果、WT、pH、DOについては原データを用い、その他の項目は自然対数変換して以下の検討を行うこととした。

表3の上三角に各水質項目間の相関係数を示した。DOはWTとかなり高い負の相関を持つ。DOは、その他には、pHと正の相関を持ち、それ以外の項目とは相関が低い。pHはDO以外はほとんど相関がない。ECとCl、BODとCODはそれぞれ非常に強い相関があり、そして、EC、Cl、BOD、COD、NH₄-N、PO₄-P、MBASも互いに相関がある。E.ColiとSSはそれぞれCODとかなり相関が高い。

4.1.2 欠測の取り扱い

主成分分析を行う場合、欠測データを削除してしまうと、データ数が減少し結果の解釈が複雑になる。そこで今回は、それぞれの水質項目で全データの平均値を欠測に入れて処理を行った。欠測処理後の各水質項目ファイルの基礎統計量を表4に、また、各水質項目間の相関係数を表3の下三角に示した。主成分分析の場合、特性値の相関行列の固有値問題を解くことになるので、欠測の処理による相関行列の変化が結果に影響してくると考えられる。表3に示されるように、欠測データが全データの10%未満の項目同士の相関係数の変化は0.05未満である。欠測データが16%~33%のCl、NH₄-N、PO₄-P、MBASでは0.05~0.1の変化が

表4 変換、欠測値補完後の水質データ(データ数9)

水質項目	平均値	最大	最小	標準偏差	変換様式
WT	16.1	30.0	0.600	7.00	なし
pH	7.60	9.60	6.70	0.402	〃
DO	10.0	18.0	3.10	1.95	〃
BOD	0.793	4.16	-1.39	1.02	対数変換
COD	1.12	3.37	-1.39	0.803	〃
SS	1.56	5.19	-0.693	1.30	〃
E.Coli	10.2	19.0	1.61	2.80	〃
NH ₄ -N	-0.912	2.30	-3.00	1.32	〃
PO ₄ -P	-2.72	0.693	-5.81	1.46	〃
EC	5.49	6.43	4.79	0.287	〃
Cl	2.65	4.39	0.531	0.630	〃
MBAS	-2.84	1.28	-5.30	1.07	〃

12か所、0.1~0.2の変化が7か所あった。

4.2 特性値の選択

主成分分析を行う場合、特性値のとり方によっては第1主成分の固有値が大きくなり、情報が1軸に集まって目的とする分類ができなくなってしまったり、固有ベクトルが全ての特性値で同程度になり軸の解釈が難しくなってしまう場合がある。そこで、4.1で編集した12の水質項目データの組み合わせを変えて、それぞれについて主成分分析を行い、その結果について検討した。また、今後、他の河川系にも主成分分析を適用していく場合、今回の対象項目が測定されていない場合もあると考えられる(たとえば、E.Coliは測

定地点が限定されている)。同じレベルで比較するために、2、3の特性値が変化しても軸の解釈自体は変わらない得性値の組み合わせが得られるかどうか検討した。表3の相関係数を参考に、5～10項目の組み合わせの12ケースを考えた。この際、代表的な水質項目であるDO、BOD、SSは必ず選択し、欠測の少ないWT、pH、COD、E Coli、ECも優先的に選択した。第2主成分までの因子負荷量、固有値および寄与率を表5に示す。ケースNo.5については、第3主成分までの結果を表6に示す。

累積寄与率をみると、すべてのケースで第2主成分までで60%を越えた。第3主成分までで80%を越えたものは7ケースであった。固有値は、第3主成分も1以上であるものが6ケースであった。したがって、どのケースでも第2主成分あるいは第3主成分までを取り上げて解釈すれば水質の変動が充分把握できる。

No.1、No.3以外のケースでは第1主成分はBOD、CODが0.8以上の大きな因子負荷量を示している。SS、E Coli、NH₄-N、PO₄-P、EC、Cl、MBASも同じように正のかなり大きな値を示す。WT、pH、DOは負の小さな値である。この場合、第1主成分は、人為的汚濁を表わす指標と考えられる。第2主成分では、No.1、No.3以外のケースではDOが一番大きな因子負荷量を示し、WTは反対符号で2番めに大きな値を示す。WTと同符号でSSやE.Coli、DOと同符号でpHがかなり大きい因子負荷量を持つケースが多い。CODの寄与は小さく、ゼロを示すこともあった（No.10）。この軸は、気温や雨量の自然的因子を表わしていると思われる。第3主成分は、pHが特性値として選択されている場合は、その因子負荷量が非常に大きく、次いでWTの寄与がある。この軸については総合的な解釈は難しかった。No.5のケースにおいてpHの寄与率を計算す

表5 特性値の組み合わせを変えた各ケースにおける主成分分析の結果
—因子負荷量、固有値、寄与率—

特性値	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
第 一 主 成 分	WT	-0.709			-0.123	-0.234	-0.125			-0.110	-0.147	-0.192		
	pH	0.511	-0.299	-0.519	-0.276	-0.168			-0.351	-0.200	-0.200	-0.136	-0.197	
	DO	0.912	-0.219	-0.569	-0.142	0.016	-0.075	-0.072	-0.323	-0.123	-0.066	-0.020	-0.055	
	BOD	0.086	0.834	0.583	0.866	0.924	0.909	0.895	0.810	0.896	0.897	0.924	0.872	
	COD		0.897		0.910	0.917	0.928	0.902		0.921	0.897	0.902	0.853	
	SS	-0.553	0.788	0.767	0.761	0.605	0.615	0.593	0.697	0.637	0.591	0.551	0.559	
	E.Coli			0.693				0.606	0.522	0.664	0.613	0.512	0.594	0.449
	NH ₄ -N													0.833
	PO ₄ -P													0.743
	EC					0.786	0.738	0.809	0.669	0.728	0.809	0.747	0.816	0.816
	Cl							0.788			0.794		0.840	0.840
	MBAS											0.682		0.682
	固有値		1.91	2.26	2.00	2.27	2.76	3.00	3.52	2.26	3.03	3.57	3.40	4.66
寄与率(%)		38.1	45.3	40.0	37.8	39.4	42.9	50.3	37.7	37.9	39.6	37.8	46.6	
第 二 主 成 分	WT	-0.485			-0.788	-0.739	-0.855			0.777	0.758	0.743		
	pH	-0.349	0.721	0.570	0.433	0.486			0.632	-0.419	-0.418	-0.450	0.644	
	DO	0.130	0.823	0.654	0.909	0.915	0.885	0.823	0.798	-0.907	-0.907	-0.906	0.848	
	BOD	0.860	0.405	0.697	0.338	0.164	0.248	0.149	0.476	-0.293	-0.214	-0.175	0.140	
	COD		0.280		0.135	-0.047	0.022	-0.050		-0.085	0.000	0.048	-0.033	
	SS	0.646	-0.245	0.080	-0.348	-0.510	-0.394	-0.473	-0.247	0.384	0.438	0.485	-0.487	
	E.Coli			0.291			-0.346	-0.526	-0.075	0.286	0.364	0.345	-0.399	
	NH ₄ -N												0.094	
	PO ₄ -P												0.142	
	EC					0.120	0.225	0.348	0.475	-0.258	-0.221	-0.159	0.253	
	CL							0.310			-0.133		0.167	
	MBAS											-0.251		
	固有値		1.53	1.50	1.33	1.89	1.92	1.90	1.42	1.55	1.99	2.01	2.05	1.67
寄与率(%)		30.6	30.1	26.6	31.5	27.4	27.1	20.2	25.9	24.9	22.3	22.8	16.7	
累積寄与率(%)		68.7	75.4	66.6	69.3	66.8	70.0	70.5	63.6	62.8	61.9	60.6	63.3	

表6 ケースNo.5における主成分分析の結果

特性値	固有ベクトル			因子負荷量			寄与率	
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	ψ ₂	ψ ₃
WT	-0.141	-0.533	0.546	-0.234	-0.739	0.551	0.600	0.904
pH	-0.101	0.351	0.816	-0.168	0.486	0.824	0.265	0.944
DO	0.010	0.660	-0.005	0.016	0.915	-0.005	0.837	0.837
BOD	0.556	0.118	0.042	0.924	0.164	0.043	0.880	0.882
COD	0.552	-0.034	0.158	0.917	-0.047	0.160	0.843	0.869
SS	0.364	-0.368	0.001	0.605	-0.510	0.001	0.626	0.626
EC	0.473	0.087	0.102	0.786	0.120	0.103	0.632	0.643
固有値	2.76	1.92	1.02					
寄与率(%)	39.4	27.4	14.6					
累積寄与率(%)	39.4	66.8	81.4					

ると、第2主成分までは26.5%しかなく、第3主成分で94.4%となる。もしも、第1主成分のみを用いて水質汚濁を評価しようとするような場合は、寄与率から考えてpHは選択する必要がないと思われる。

次に、特性値の組み合わせを変えることが因子負荷量へ与える影響を考察する。まず、汚濁の代表的指標であるBODとCODの内、CODを除いた場合(No.1, 3, 8)、No.1では第1主成分でWTとDOの因子負荷量が大きくなり、他のケースと第1主成分の解釈が異なってしまう。No.3, 8では第2主成分でBODが大きな値を示し、解釈が難しくなる。汚濁の指標としてBOD、CODの2項目は特性値に必ず選択した方がよいと考えられる。また、No.4のケースに特性値としてECを加えたり(No.5)、E.Coliを加えた(No.9)場合、第2主成分のBODやCODの因子負荷量がさらに減少し、自然的因子ということで安定した解釈が得られるようになる。さらに、No.9のケースにClやMBASを加えた場合は、相関の強いECが入っているためかあまり変化がなかった。No.2, 3, 6, 7, 8, 12はpHやWTを除去したケースである。pHを除いた場合には、それが第3主成分への寄与の大きい項目であるために、第1、第2主成分にはあまり影響がなかった。WTを除いた場合は、第2主成分でECやClの因子負荷量が増え、軸の意味が変化してしまうおそれがあった(No.7)。

結局、自然的因子WT、DOの2項目および人為的汚濁指標BOD、CODの2項目とEC、Cl、NH₄-N、PO₄-P、MBASの中から適宜、それとSS、あるいはE.Coliを組み合わせて特性値を形成し、主成分分析を適用すれば、第1主成分人為的汚濁、第2主成分自然

的因子で解釈できる結果が得られる。pHを加えた場合には、第3主成分にその寄与が大きく表れる。

4・3 主成分分析の結果を用いた水質解析

4・2の結果を基に、また、なるべく欠測の少ない水質項目を選択することを考慮して、No.5のケースの主成分分析を選び、因子得点を計算して水質評価を試みた。

No.5の主成分分析の結果は、4・2でも述べたように第1主成分Z₁は人為的汚濁を表わす指標であり、Z₁がプラスで大きい測定地点はBOD、COD、次いで、EC、SSが高く、人為的汚濁が進んでいると考えられる。また、第2主成分Z₂は、気温、雨量等の自然的因子を表わす指標である。DOが高く、水温が低い時にZ₂スコアは大きくなるので、一般に夏はZ₂スコアはマイナス方向へ、冬はプラス方向へ向かうと思われる。したがって、第2主成分が季節周期性をもつ変動していれば、水質は人為的汚濁の影響の少ない環境にあるといえる。第2主成分までで水質の変動の66.8%まで説明できる。第3主成分Z₃も固有値λ₃は1であり、これも加えると全変動の81.4%まで説明できることがわかる。第3主成分はpHとの相関が高くWTの因子負荷量も大きい。が、指標としての解釈明確でなく、今回は主に第1主成分、第2主成分を用いて水質の解析を行った。

4・3・1 水質の季節変動のパターン

図3-1、図3-2は、昭和58年度データの第1成分と第2主成分のスコアの散布図を、St.1~St.12(入間川本川付近)について示したものである。各点の4月から3月までを結んでその季節変動を表し

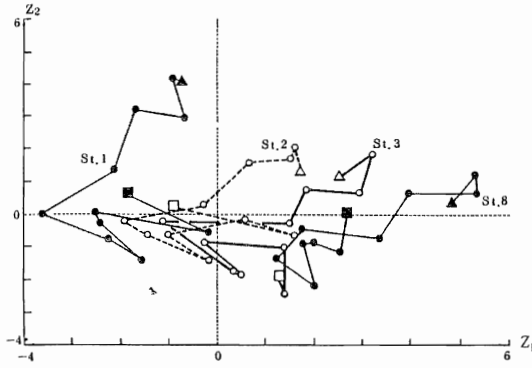


図 3 - 1 入間川本川系(1)

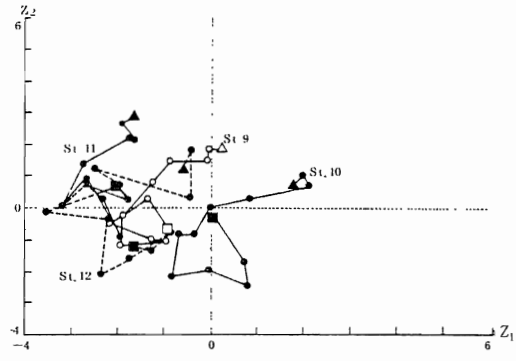


図 3 - 3 越辺川水系(1)

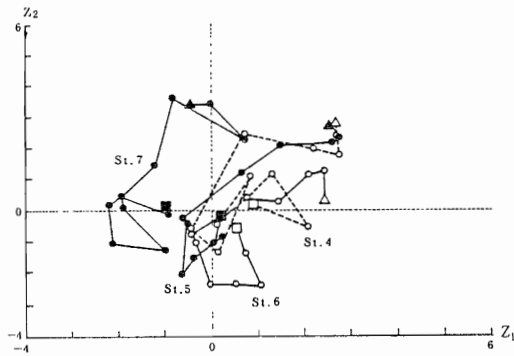


図 3 - 2 入間川本川系(2)

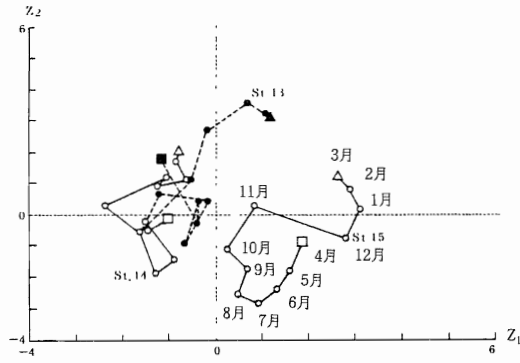


図 3 - 4 越辺川水系(2)

図 3 月データによる Z_1 , Z_2 スコア散布図

(58年4月(□, ■)から59年3月(△, ▲)の間の各測定地点の第1主成分、第2主成分スコアの動きを月データ(○)を実線あるいは点線で結んで示す。)

測定地点間の比較をすると、St. 1からSt. 2、St. 3と下流になるにつれて全体に Z_1 のプラス方向へ動いており、汚濁が進行している様子が明らかである。St. 1→St. 2の間にはSt. 7のある成木川、St. 2→St. 3の間にはSt. 8のある霞川が流れこんでいる。St. 8がきわめて人為的汚濁度の高い地点であることも明らかである。St. 3よりも下流のSt. 4～St. 6は Z_1 スコアでSt. 3と同程度あるいは多少マイナス方向へ移動しているようにも見られる。他の年度も同様の傾向を示した。図3-3および図3-4にSt. 9～St. 15(越辺川水系)のデータの58年度のスコア散布図を示した。St. 9, 11, 12, 14は Z_1 スコアが小さく清浄な環境にあり、St. 13, 10, 15と汚濁が進んでいると考えられた。

各測定地点の4月から3月までの変化様式をみるといくつかの特徴的なパターンが見られる(図4)。一般に Z_1 スコアは8月～10月に最小になり、1月～3月に最大となる。 Z_2 スコアは6月～8月に最小になり、1月から3月に最大となる。従って、散布図上では、右下から右回りの円を描いて右上へ行く動きをする。St. 1に代表されるパターン(1)は、 Z_1 スコアの小さい測定地点に見られるもので、 Z_1 , Z_2 スコアの変化が大きく、鋭い尖りを持つ。St. 7, 11, 14も同様のパターンを示す。これらの測定地点は人為的汚濁が少なく、BOD、CODの値が小さいため、 Z_1 スコアの値にSSやECの変動が大きく寄与すると考えられる。

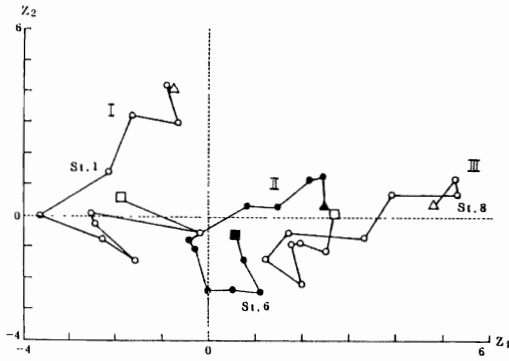


図4 月データによる Z_1 , Z_2 スコア散布図上に表れる季節変動の代表的パターン

従って、 Z_1 の正の方向への鋭い尖りが人為的汚濁のピークを示すと解釈するよりも、降雨等の影響が Z_1 軸へ表れたと考えた方がよいかもしいない。St. 6が示すパターン(II)は、 Z_1 , Z_2 の変化が緩やかで、変

化幅もSt. 1ほど大きくない。偏平な楕円形を傾けた形を示している。St. 4, 5, 9, 10, 13もこのパターンに属する。St. 8に代表されるのは、 Z_2 スコアの変化よりも、 Z_1 スコアの変化が支配的なパターン(III)で、人為的汚濁の影響が大きく、季節的変動が減少している。このパターンはいずれも Z_2 スコアが低い方で変化している。これは、汚濁によりDO不足の状態にあることが多かったり、水温が排水の流入で一般河川よりも上昇しているために Z_2 スコアが低くなっているのではないかと考えられた。St. 8ほど Z_1 スコアは大きくないが、St. 2, 3, 12, 15でもこのパターンが見られた。St. 12は Z_1 スコアは一年を通じてマイナスであり、St. 1と同程度の清浄な環境にあることを示しているが、IIIのパターンをとる。冬期に Z_2 スコアの上昇がみられないことから、汚濁は Z_1 スコアに表われるほど進んではないが、排水の流入等の影響をうけているのではないと思われる。

他の年度でもほぼ同様の傾向が得られたが、St. 10,

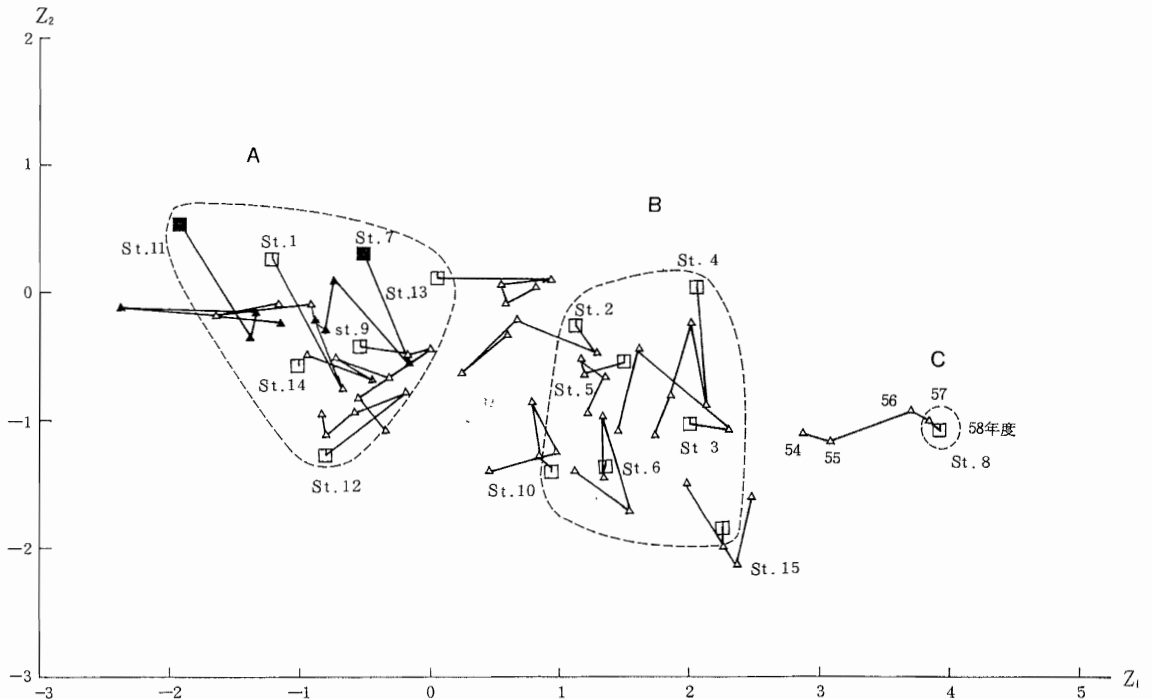


図5 年代表値による Z_1 , Z_2 スコア散布図

(54年度から57年度 (Δ , \blacktriangle) および58年度 (\square , \blacksquare) の間の各測定地点の第1主成分、第2主成分スコアの経年変化を実線で結んで示す。また、58年度のスコア値によりA, B, Cに分類する)

13は測定年度によりパターンⅡあるいはⅢを示す。また、St. 2はパターンⅠを示すことがあった。St. 4は非常に特異なパターンを示すことがあるが、これはpHが高い値（最高9.6）をとるためではないかと思われる。

4・3・2 水質の経年変化

次に、月ごとのデータから年度代表値を求め、スコア散布図を作成して、測定地点の水質およびその経年変化について検討した。年度代表値としては、年12個のデータの75%値（水質のよいものから順に並べて9番めの数値）を使った。散布図を図5に示す。

各測定地点は、主に Z_1 方向について3つのグループに分けられる。 Z_2 方向については、 Z_1 に比較して変化が小さく、また、分類する明確な解釈がみつからなかった。Aのグループは水質の比較的清浄な地点であり、Cのグループは汚濁の進んだ地点である。Bはその中間領域にある。Bのグループに関して経年変化を見ると、St. 2, 3を除いて Z_1 軸方向の変化は小さく、水質の汚濁状態はあまり変化していないと考えられる。St. 2は以前は、AとBのグループの中間領域に位置していたが、汚濁が進行してBのグループに属するようになった。Aのグループは、57年度までは汚濁が進行していたが、58年度に清浄な方向へ向かった地点が多い。St. 13はSt. 2と逆に、境界領域からAグループに属した。CのグループはSt. 8のみが属し、入間川水系の15地点の中では最も人為的汚濁が激しく、しかもそれが進行していることが明確に示された。

入間川についてみると、季節変動のところでも述べたように、St. 1からSt. 2、St. 3と下流に行くに従って汚濁が進行している。これは、生活排水の流入、また、汚濁の進んだ霞川の合流の影響だと思われる。しかし、St. 3とSt. 4ではほとんど Z_1 スコアは変化せず、St. 5, 6と逆に清浄方向へ向かうターニング・ポイントが示された。St. 4以降の水域環境がSt. 3までのものとかかなり異なっていると考えられる。

5 まとめ

1) 過去5年間（1979.4～1984.3）の入間川水系（測定15地点）の公共用水域水質測定データからWT、pH、DO、BOD、COD、SS、E.Coli、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、EC、Cl、MBASの項目について抽出し（1回/月×12月×5年=900）、各水質項目のファイルを作成した。

2) 各水質項目を特性値として主成分分析を適用するために、正規性の検定および欠測の処理を行った。BOD、COD、SS、E.Coli、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、EC、Cl、MBASのデータは自然対数変換を行った。欠測には全データの平均を入れて処理したところ、欠測データが10%未満の場合は、相関係数の変化は0.05未満であった。

3) 水質項目の組み合わせを変えて、それぞれについて主成分分析を行い、再現性について検討した。自然的因子のWT、DOの2項目、汚濁指標のBODとCODの2項目、pH、EC、Cl、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、MBASの中から適宜、それとSS、あるいはE.Coliの組み合わせで特性値を形成することにより、第1主成分は人為的汚濁、第2主成分は自然的因子で解釈できる結果が再現性よく得られることが示された。累積寄与率は、どの場合でも60%以上であった。

4) WT、pH、DO、BOD、COD、SS、ECを特性値として主成分分析を行い、その結果を用いて入間川水系の水質解析を行った。

スコア散布図上で各測定地点の4月から3月までの季節変動を観察したところ汚濁の違いから3種類の特徴的なパターンがみられた。

また、75%非超過確率水質値を年代表値として算出し、スコア散布図上に示し、58年度のデータから測定地点を3つに分類することができた。St. 8が入間川水系においては最も人為的汚濁が強く、また、進行している様子が示された。入間川では、St. 2、St. 3と汚濁が進み、St. 4以降ではそれ以上進行していないことが示された。

参考文献

- 1) 埼玉県県民生活部：埼玉県主要河川水質調査報告書（昭和46年度）
- 2) 埼玉県環境部：埼玉県主要河川水質調査報告書（昭和47年度～昭和56年度）
- 3) 埼玉県環境部：公共用水域水質測定結果（昭和57年度～昭和58年度）
- 4) たとえば
埼玉県公害センター：河川の生物調査報告書（入間川・新河岸川水系における生物相と水質について（Ⅲ））、（昭和55年度）
- 5) 広崎昭太，諏訪隆之：河川・用水の水質汚濁と都市化との関係についての多変量解析，数理科学，[117]，44（1973）

- 6) 南叡祥一ら：水質指標解析，水質変化予測報告書，
p. 1，土木学会（1977）
- 7) 能登勇二：河川水質の総合的評価に関する研究（第
2報），富山県立技術短期大学研究報告，13，79（198-
0）
- 8) 能登勇二：河川水質の総合的評価に関する研究（第
3報），同誌，15,21（1982）
- 9) 吉見洋ら：相模川水系の水質解析について，水質汚
濁研究，5（4），193(1982)
- 10) 加藤進ら：公共用水域水質測定結果への統計解析の
適用，三重県環境科学センター研究報告，[3]，50
（1982）
- 11) 福島博，小市佳延：鶴見川水系の水質変動解析と評
価，横浜市公害研究所報，[9]，137（1984）
- 12) 藤本千鶴・宇野健一：公共用水域水質測定結果の整
理・解析・評価(1)——主成分分析（昭和48年度～
52年度測定結果）——，千葉県水質保全研究所年報，昭
和58年度，119（1985）
- 13) 藤本千鶴・宇野健一：公共用水域水質測定結果の整
理・解析・評価(2)——主成分分析（昭和57年度測定
結果）——，同誌，昭和58年度，129（1985）
- 14) 奥野忠一ら：多変量解析法（改訂版），p. 2，
pp.159-258，日科技連（1981）
- 15) 脇本和昌ら：パソコン統計解析ハンドブック I 基
礎統計編，p.14，p 208，共立出版株式会社(1984)
- 16) 田中豊ら：パソコン統計解析ハンドブック II 多変量
解析編，p.165，共立出版株式会社（1984）
- 17) 河川水質科：入間川におけるpHの上昇について，
埼玉県公害センター年報，[6]，22（1979）