

# 香川県における降下ばいじん(第2報)

— 主成分分析法等による評価 —

## Dustfalls in Kagawa Prefecture (II)

— Evaluation by Principal Component Analysis etc. —

藤岡 博文 瀬戸 義久 中野 智  
Hirofumi FUJIOKA Yoshihisa SETO Satoru NAKANO

昭和51年度から56年度の降下ばいじんのデータについて、主成分分析・クラスター分析を用いて測定項目間の関係・地域特性を検討した。測定項目間では、降下ばいじん総量と不溶解性物質が正の関係、 $SO_4^{2-}$  は不溶解性物質に負、溶解性物質に正の関係があることが判明した。また、測定項目の地域特性では降下ばいじん総量・不溶解性物質・ $SO_4^{2-}$  が局地汚染の影響を受けやすく、溶解性物質は広域汚染による影響を受けやすいことがわかった。一方、地点分類は降下ばいじん総量・不溶解性物質・溶解性物質・pHについて、それぞれ6～8グループに分類できた。更に、気象との関係では、溶解性物質が降水量または風速の影響を受ける2グループに分類されることがわかった。

### はじめに

香川県下の昭和51年度から56年度の降下ばいじんの推移については、第1報で報告したとおりである。本報では、これらのデータをもとに多変量解析の一手法である主成分分析<sup>1)</sup>により測定項目間の関係を検討すると共に、主成分分析・クラスター分析<sup>2)</sup>により測定地点のグループ化等を検討したので報告する<sup>3)</sup>。

### 解析方法

#### 1. 測定項目間の関係(丸亀地域を除く)

昭和51年度から56年度の9地点(表1参照)の降下ばいじんのデータ(降下ばいじん総量・不溶解性物質・溶解性物質・pH・ $SO_4^{2-}$ )と気象因子(高松地方気象台の降水量・風速<sup>4)</sup>)を用いて、測定項目間の相関行列を作成し、主成分分析を行った。

#### 2. 測定地点のグループ化

##### 1) 主成分分析によるグループ化

昭和51年度から56年度の14地点の降下ばいじんのデータを用いて、測定項目別に地点間の相関行列を作成し、主成分分析を行った。ただ、丸亀地域は $SO_4^{2-}$ のデータがないので $SO_4^{2-}$ と $SO_4^{2-}$ /降下ばいじん総量は除いている。

##### 2) クラスター分析によるグループ化

同測定値を用いて、測定項目別にユークリッド距離<sup>2)</sup>

表1 測定地点のコード化

地点番号	地点名	地点番号	地点名
A	高松市三条町	H	丸亀市北平山町
B	高松市福岡町	I	丸亀市富士見町
C	坂出市瀬居町	J	観音寺市役所
D	坂出市築港町	K	観音寺市七間橋町
E	丸亀市昭和町	L	観音寺市港町
F	丸亀市新浜町	M	直島町積浦
G	丸亀市役所	N	直島町宮の浦

を算出し、群平均法<sup>2)</sup>によりクラスター分析を行った。

##### 3) 地点のグループ化

1)と2)の結果に、第1報のグラフ等を考慮して、各項目別に地点をグループ化した。

#### 3. 気象因子の各測定地点への影響

気象因子(降水量・風速)の測定地点への影響を検討するために、気象因子と同測定値を用いて、測定項目別に地点間の相関行列を作成し、主成分分析を行った。

### 結果及び考察

#### 1. 測定項目間の関係

丸亀地域を除く降下ばいじんの測定項目間の相関行列を表2に示す。表より、危険率5%で有意な相関を示したのは、次のとおりである。降下ばいじん総量は不溶解

表 2 測定項目間の相関行列

( n = 161 )

	降下ばいじん総量	不溶解性物質	溶解性物質	pH	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	降水量	風速
降下ばいじん総量							
不溶解性物質	** 0.901						
溶解性物質	** 0.665	** 0.275					
pH	0.063	* 0.208	** -0.218				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	** 0.384	0.145	** 0.602	** -0.383			
降水量	0.031	-0.112	** 0.261	-0.026	-0.020		
風速	** 0.276	** 0.217	** 0.239	** -0.287	** 0.408	** -0.328	

(備考) 1. \*\*は有意水準1%, \*は有意水準5%

表 3 測定項目の主成分分析による因子負荷量 ( n = 161 )

	第1主成分	第2主成分	第3主成分
降下ばいじん総量	0.893	0.426	0.048
不溶解性物質	0.688	0.626	-0.182
溶解性物質	0.793	-0.129	0.418
pH	-0.225	0.801	-0.049
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.705	-0.474	0.069
降水量	-0.016	0.027	0.910
風速	0.542	-0.359	-0.541
固有値	2.74	1.58	1.34
累積寄与率	39%	62%	81%

性物質・溶解性物質・SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>・風速と正の相関があり、不溶解性物質は溶解性物質・pH・風速と正の相関があり、溶解性物質はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>・降水量・風速と正の相関となりpHとは負の相関である。pHはSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>・風速と負の相関があり、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は風速と正の相関がある。

この表を用いて主成分分析を行った結果を表3に示す。表3は、累積寄与率が第3主成分までで70%を越えるので、この因子負荷量を地点別に示したものである。表より、第1主成分(固有値2.74, 寄与率39%)は降下ばいじん総量・溶解性物質・SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>・不溶解性物質・風速の順に大きく、降水量・pHは小さい。ここでSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は化石燃料の燃焼による人為起因の汚染質であり、不溶解性物質は人為起因である化石燃料の燃焼等に伴って発生するばいじん及び土壌等の自然界起因の汚染質であることから、第1主成分は発生源起因の情報を表わしていると考えられる<sup>5)6)</sup>。第2主成分(固有値1.58, 寄与率23%)はpH・不溶解性物質の順に大きく、降水量・溶解性物質は小さい。ここでpHは第1報で述べているように地域性があることから、第2主成分は地域汚染特性の情報を表わしていると考えられる。第3主成分(固有値1.34, 寄与率19%)は降水量・風速・溶解性物質の順に大きく、風速

は負で大きく降下ばいじん総量・pH・SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>・不溶解性物質は小さい。また、溶解性物質は第1報で述べているように地域較差が小さいことから、第3主成分は気象などの広域性の情報を表わしていると考えられる。

この第1主成分と第2主成分の因子負荷量をプロットしたのが図1であり、第1主成分と第3主成分の因子負荷量をプロットしたのが図1-1である。

ここでは、第3主成分が第2主成分と比較して固有値・寄与率ともに差が小さいことから、第3主成分も考察の対象とした。

以上、第1主成分から第3主成分まで、もとの情報の81%が説明でき、これらから次のことが言える。

- ・降下ばいじん総量は図1, 図1-1より局地汚染の影響を受けやすく、不溶解性物質とも関係がみられる。
- ・不溶解性物質は図1, 図1-1より局地汚染の影響を受けやすく、図1-1より局地的よりも広域的な面で風速と関係がみられる。
- ・溶解性物質は図1, 図1-1より広域汚染による影響を受けやすく、図1-1よりは降水量と広域性の面で関係がみられた。また、風速とは図1, 図1-1から局地性よりも広域性の面で関係がみられる。
- ・SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は図1-1より広域汚染による影響は小さい傾向がみられる。図1, 図1-1より溶解性物質とは正の関係、不溶解性物質とは負の関係がみられる。図1, 図1-1より局地性の面で風速と関係がみられた。
- ・pHは他と関係がみられない。

## 2. 地点のグループ化

### 1) 降下ばいじん総量

表4に、降下ばいじん総量の地点間の相関行列を示す。これを用いて主成分分析を行った結果を表5に示す。表5は、累積寄与率が第4主成分までで70%を越えるので、この因子負荷量を地点別に示したものである。表5

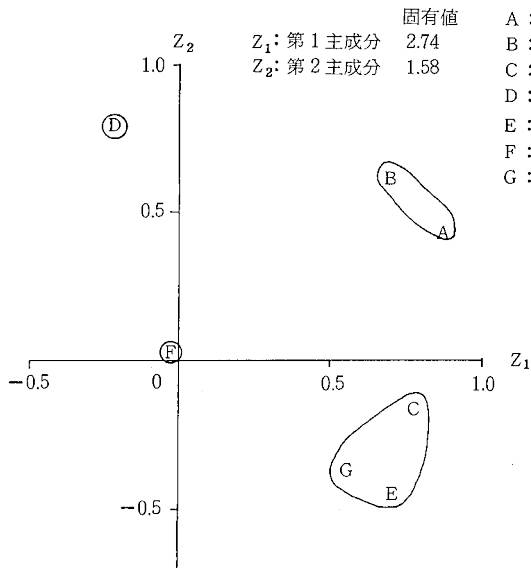


図1 降水ばいじん測定項目の因子負荷量の散布図

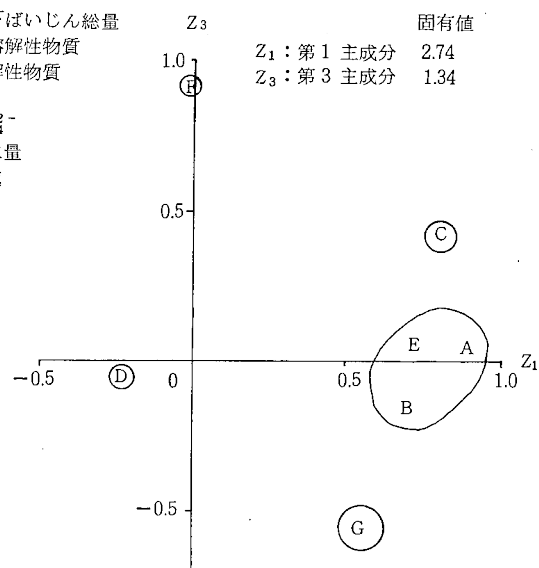


図1-1 降水ばいじん測定項目の因子負荷量の散布図

表4 14地点間の降水ばいじん総量の相関行列

(n=56)

地点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A														
B	*													
C	**	0.209												
D	*	0.068	*											
E	0.163	**	0.234	0.101										
F	**	0.378	*	0.295	0.473									
G	**	0.476	*	**	*	**								
H	*	**	0.189	0.076	0.701	0.597	0.656							
I	**	0.366	**	-0.034	0.682	0.456	0.627	0.776						
J	**	0.401	**	0.030	0.353	0.418	0.255	0.369	0.376					
K	0.224	**	*	-0.048	0.264	0.304	0.202	0.239	0.349	*	**			
L	0.158	**	0.184	-0.114	0.296	0.309	0.097	0.396	0.436	**	**	**	**	
M	0.149	*	0.045	0.064	0.062	-0.062	0.053	0.046	0.147	0.134	0.215	0.282	*	
N	0.096	**	0.178	-0.067	0.347	0.409	0.202	0.439	**	**	*	**	**	*

(備考) 1. \*\*は有意水準1%, \*は有意水準5%

より、第1主成分(固有値5.53, 寄与率40%)が大きいのは(約0.7以上)測定地点Bと丸亀地域であり、小さいのは(約0.3以下)測定地点D, Mであることがわかる。

この第1主成分と第2主成分の因子負荷量をプロットしたのが図2である。この図から、降水ばいじん総量からの情報の54%が説明できる。

表5 降下ばいじん総量の主成分分析による因子負荷量 (n=56)

地点	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
A	0.520	-0.345	0.381	0.093
B	0.725	0.287	0.001	0.172
C	0.521	-0.415	0.429	-0.201
D	0.181	-0.597	0.386	0.290
E	0.699	-0.083	-0.451	0.065
F	0.721	-0.347	-0.012	-0.227
G	0.699	-0.564	-0.082	0.079
H	0.794	-0.120	-0.460	0.074
I	0.804	-0.007	-0.383	0.120
J	0.684	0.260	0.326	-0.342
K	0.571	0.361	0.303	-0.220
L	0.656	0.580	0.167	-0.152
M	0.245	0.355	0.342	0.758
N	0.609	0.407	-0.041	0.100
固有値	5.53	2.02	1.39	1.02
累積寄与率	40%	54%	64%	71%

表6 降下ばいじん総量の地点分類

グループ	地点番号	分類要因
I	C	発生源の影響を受ける地域
II	E	
III	K	中汚染地域
IV	D	
V	I	
	L	
	B	
	H	
	G	
VI	F	
	J	
VII	N	
	A	
	M	

また、クラスター分析による結果を図3に示す。

図2、図3及び第1報のグラフ等から、降下ばいじん総量の測定地点は表6のように7つに分類された。この表より、C、Eは隣接している工業地帯の影響を受けていることがわかる。

2) 不溶性物質

表7に、不溶性物質の地点間の相関行列を示す。

これを用いて主成分分析を行った結果を表8に示す。

表8は、累積寄与率が第4主成分まで70%を越えるので、この因子負荷量を地点別に示したものである。表8より、

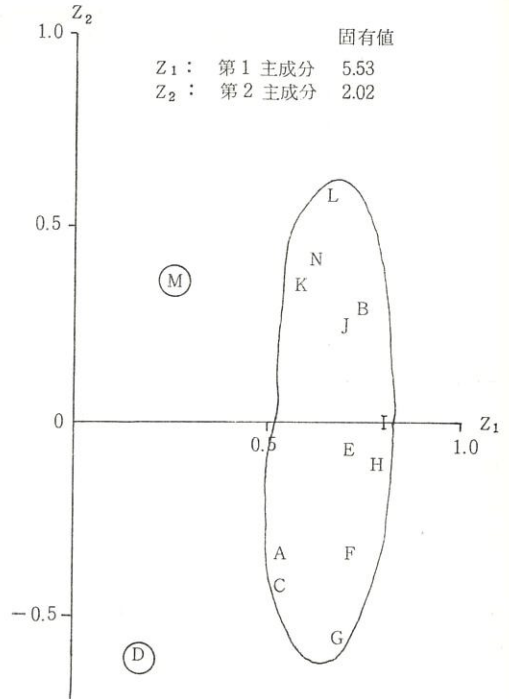


図2 降下ばいじん総量の因子負荷量の散布図

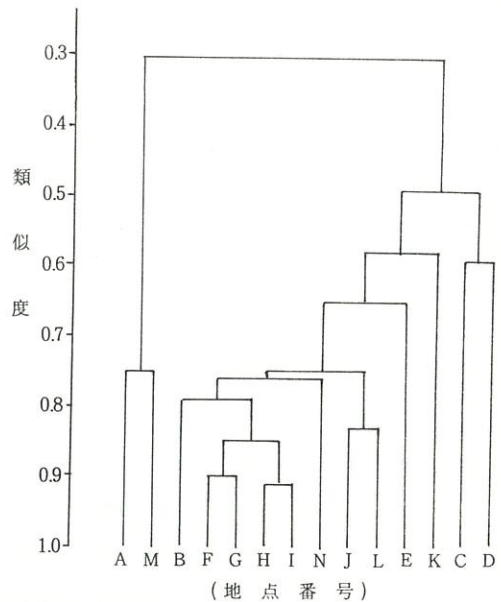


図3 降下ばいじん総量のデンドログラム

第1主成分(固有値5.84, 寄与率42%)が大きいのは丸亀地域と地点L、Nであり、小さい値は地点Dである。

表7 14地点間の不溶解性物質の相関行列

(n=55)

地点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A														
B	** 0.416													
C	** 0.372	* 0.301												
D	** 0.410	0.030	0.146											
E	0.142	** 0.366	** 0.455	-0.105										
F	** 0.364	0.237	** 0.576	0.083	** 0.664									
G	** 0.411	0.130	** 0.535	0.035	** 0.549	** 0.764								
H	* 0.279	** 0.354	* 0.301	-0.132	** 0.759	** 0.672	** 0.697							
I	0.251	** 0.424	** 0.351	-0.211	** 0.676	** 0.511	** 0.660	** 0.763						
J	** 0.465	** 0.587	** 0.492	0.053	** 0.524	** 0.456	* 0.291	** 0.378	** 0.378					
K	** 0.407	** 0.440	** 0.375	0.141	* 0.291	** 0.375	* 0.286	* 0.177	* 0.306	** 0.509				
L	* 0.295	** 0.683	** 0.237	-0.010	* 0.299	* 0.264	0.105	* 0.337	** 0.362	** 0.614	* 0.318			
M	* 0.331	0.198	0.213	0.032	0.152	0.137	0.159	0.113	0.169	* 0.271	** 0.359	* 0.274		
N	0.221	** 0.382	* 0.322	-0.115	** 0.507	** 0.539	** 0.380	** 0.577	** 0.457	** 0.468	** 0.398	** 0.449	0.179	

(備考) 1. \*\*は有意水準1%, \*は有意水準5%

表8 不溶解性物質の主成分分析による因子負荷量

(n=55)

地点	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
A	0.543	0.482	0.387	-0.057
B	0.621	0.412	-0.411	-0.248
C	0.641	0.080	0.344	0.017
D	0.026	0.498	0.632	-0.361
E	0.775	-0.358	-0.070	-0.043
F	0.790	-0.254	0.316	-0.053
G	0.719	-0.376	0.432	0.081
H	0.781	-0.452	-0.048	-0.088
I	0.757	-0.357	-0.137	0.051
J	0.737	0.349	-0.178	-0.111
K	0.578	0.415	0.049	0.250
L	0.585	0.384	-0.504	-0.175
M	0.349	0.378	0.004	0.769
N	0.692	-0.092	-0.232	0.002
固有値	5.84	1.92	1.49	0.91
累積寄与率	42%	55%	66%	73%

この第1主成分と第2主成分の因子負荷量をプロットしたのが図4である。この図から、不溶解性物質の情報の55%を説明できる。

表9 不溶解性物質の地点分類

グループ	地点番号	分類要因
I	C	発生源の影響を受ける地域
II	K	
III	D	中汚染地域
IV	E	
	I	
	H	
	G	
	B	
	J	
V	L	
	F	
VI	N	
V	M	
VI	A	

また、クラスター分析による結果を図5に示す。

図4、図5及び第1報のグラフ等から、不溶解性物質の測定地点は表9のように6つに分類された。表より、A・C地点は工場に隣接しているが質的に異なることがわかる。

表10 14地点間の溶解性物質の相関行列

( n = 55 )

地点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A														
B	0.261													
C	0.397 <sup>**</sup>	0.218												
D	0.215	0.314 <sup>*</sup>	0.577 <sup>**</sup>											
E	0.246	0.384 <sup>**</sup>	0.273 <sup>*</sup>	0.511 <sup>**</sup>										
F	0.151	0.358 <sup>**</sup>	0.315 <sup>*</sup>	0.444 <sup>**</sup>	0.596 <sup>**</sup>									
G	0.345 <sup>*</sup>	0.489 <sup>**</sup>	0.633 <sup>**</sup>	0.584 <sup>**</sup>	0.712 <sup>**</sup>	0.647 <sup>**</sup>								
H	0.327 <sup>*</sup>	0.539 <sup>**</sup>	0.382 <sup>**</sup>	0.474 <sup>**</sup>	0.802 <sup>**</sup>	0.651 <sup>**</sup>	0.802 <sup>**</sup>							
I	0.331 <sup>*</sup>	0.580 <sup>**</sup>	0.342 <sup>*</sup>	0.427 <sup>**</sup>	0.726 <sup>**</sup>	0.606 <sup>**</sup>	0.743 <sup>**</sup>	0.890 <sup>**</sup>						
J	0.224	0.270 <sup>*</sup>	0.021	0.138	0.080	0.246	0.150	0.186	0.228					
K	0.003	0.272 <sup>*</sup>	-0.135	-0.093	0.113	0.134	0.009	0.223	0.269 <sup>*</sup>	0.409 <sup>**</sup>				
L	0.019	0.142	-0.165	-0.115	-0.124	0.008	-0.185	-0.001	0.121	0.545 <sup>**</sup>	0.741 <sup>**</sup>			
M	0.165	0.262	0.161	0.252	0.339 <sup>*</sup>	0.008	0.226	0.259	0.217	0.032	0.019	-0.098		
N	0.074	0.056	0.100	0.169	0.419 <sup>**</sup>	0.167	0.234	0.292 <sup>*</sup>	0.212	0.090	0.112	-0.026	0.742 <sup>**</sup>	

(備考) 1. \*\*は有意水準1%, \*は有意水準5%

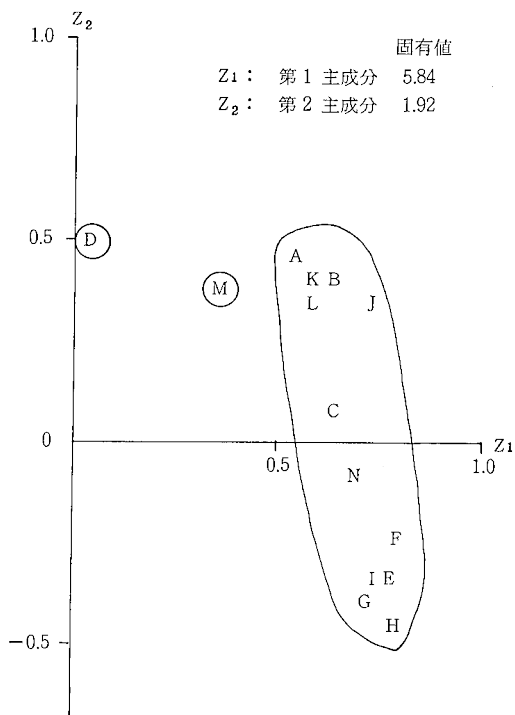


図4 不溶性物質の因子負荷量の散布図

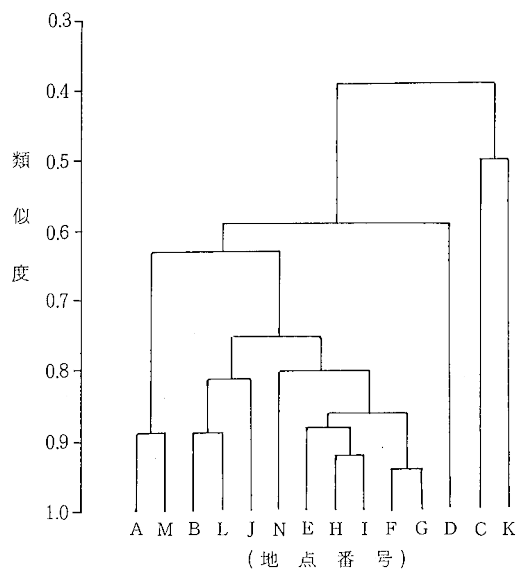


図5 不溶性成分のデンドログラム

表11 溶解性物質の主成分分析による因子負荷量 (n=55)

地点	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
A	0.436	-0.007	-0.107	0.645
B	0.623	0.250	-0.073	0.026
C	0.561	-0.340	-0.230	0.489
D	0.661	-0.248	-0.110	0.202
E	0.831	-0.106	0.124	-0.306
F	0.718	0.041	-0.249	-0.295
G	0.888	-0.202	-0.174	-0.018
H	0.909	0.042	-0.055	-0.223
I	0.870	0.152	-0.104	-0.194
J	0.286	0.660	-0.035	0.326
K	0.189	0.847	0.114	-0.098
L	0.002	0.906	0.012	0.137
M	0.394	-0.142	0.820	0.191
N	0.392	-0.060	0.838	-0.002
固有値	5.33	2.32	1.59	1.14
累積寄与率	38%	55%	66%	74%

表12 溶解性物質の地点分類

グループ	地点番号	分類要因
I	L	中汚染地域
	K	
II	B	
	E	
III	D	
	I	
	C	
	H	
	F	
	G	
	IV	
N		
V	M	
	J	軽汚染地域

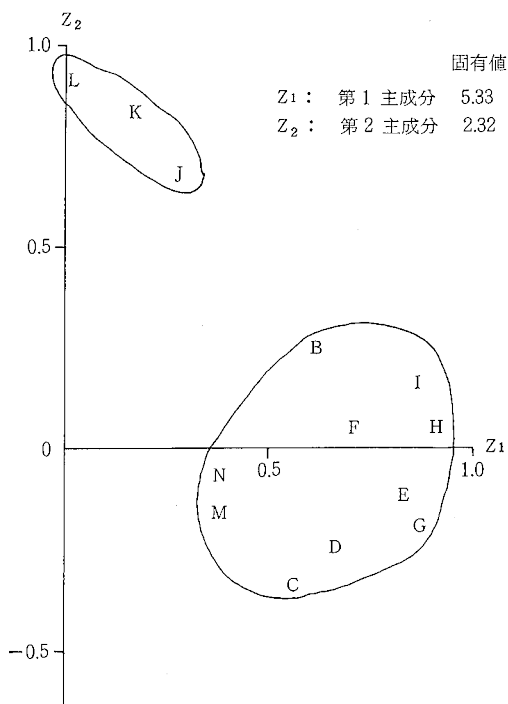


図6 溶解性物質の因子負荷量の散布図

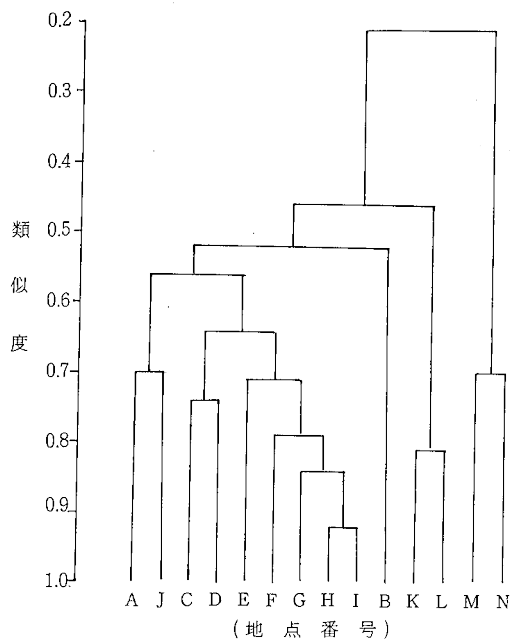


図7 溶解性成分のデンドログラム

表13 14地点間のpHの相関行列

(n=54)

地点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A														
B	** 0.413													
C	** 0.533	** 0.402												
D	0.060	0.201	* 0.314											
E	0.223	-0.076	0.137	0.086										
F	** 0.357	0.222	0.252	0.034	0.263									
G	* 0.301	0.136	** 0.519	0.163	** 0.526	** 0.416								
H	** 0.359	0.073	** 0.377	-0.016	** 0.537	** 0.374	** 0.751							
I	** 0.461	0.032	0.258	-0.046	** 0.625	** 0.402	** 0.628	** 0.836						
J	0.215	** 0.399	0.086	0.201	** -0.363	0.083	-0.221	-0.219	-0.204					
K	** 0.424	* 0.306	* 0.277	* 0.292	-0.033	0.119	0.036	-0.045	0.046	** 0.634				
L	0.198	0.186	* 0.301	* 0.339	-0.140	0.039	0.257	0.183	0.071	** 0.433	0.245			
M	** 0.516	** 0.541	** 0.552	* 0.298	0.050	0.090	0.181	0.169	0.140	0.067	0.181	0.223		
N	** 0.431	** 0.424	** 0.428	0.111	0.004	0.141	0.162	0.134	0.121	0.218	0.263	0.266	** 0.615	

(備考) 1. \*\*は有意水準1%, \*は有意水準5%

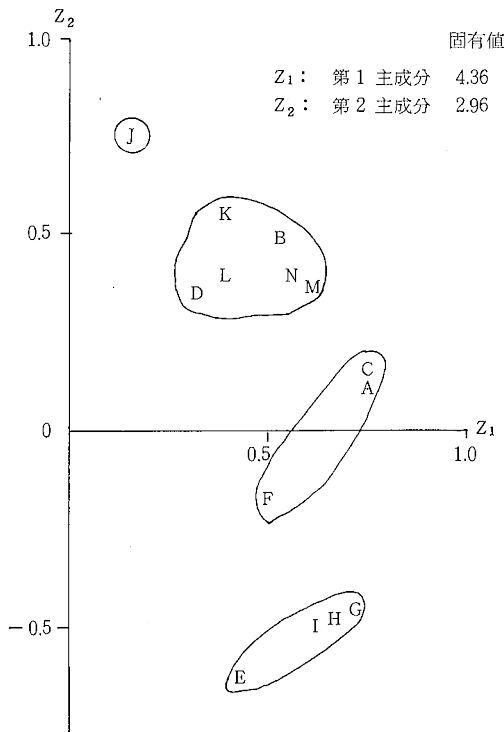


図8 pHの因子負荷量の散布図

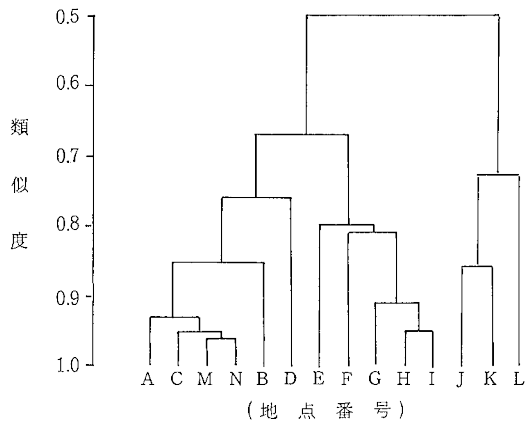


図9 pHのデンドログラム



表14 pHの主成分分析による因子負荷量 (n=54)

地点	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
A	0.747	0.142	-0.084	-0.360
B	0.521	0.484	-0.228	-0.174
C	0.747	0.156	-0.175	0.215
D	0.310	0.323	0.214	0.647
E	0.430	-0.637	0.065	0.028
F	0.511	-0.191	0.223	-0.377
G	0.709	-0.460	0.146	0.236
H	0.681	-0.573	0.122	0.034
I	0.654	-0.585	0.153	-0.154
J	0.156	0.751	0.477	-0.235
K	0.387	0.539	0.435	-0.239
L	0.398	0.371	0.381	0.428
M	0.622	0.341	-0.561	0.136
N	0.560	0.374	-0.407	-0.064
固有値	4.36	2.96	1.29	1.17
累積寄与率	31%	52%	61%	69%

表15 pHの地点分類

グループ	地点番号	分類要因	
I	N	発生源の影響を受ける地域	
	M		
	B		
II	C		
III	A		
IV	D		
V	H		中汚染地域
	I		
	G		
E			
VI	F		
VII	L	軽汚染地域	
	K		
VIII	J		

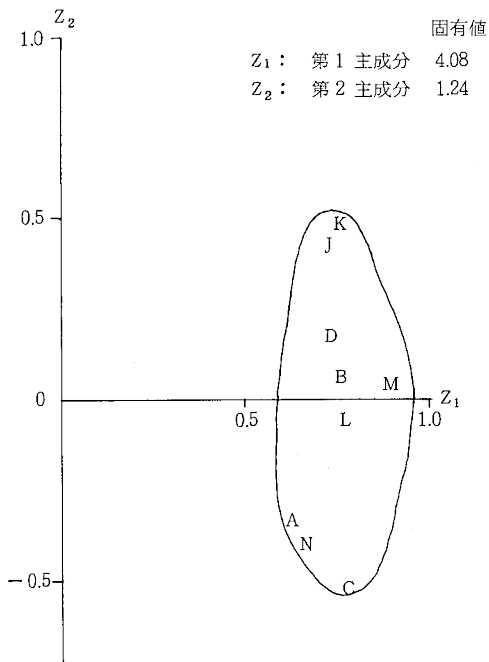


図10  $SO_4^{2-}$  の因子負荷量の散布図

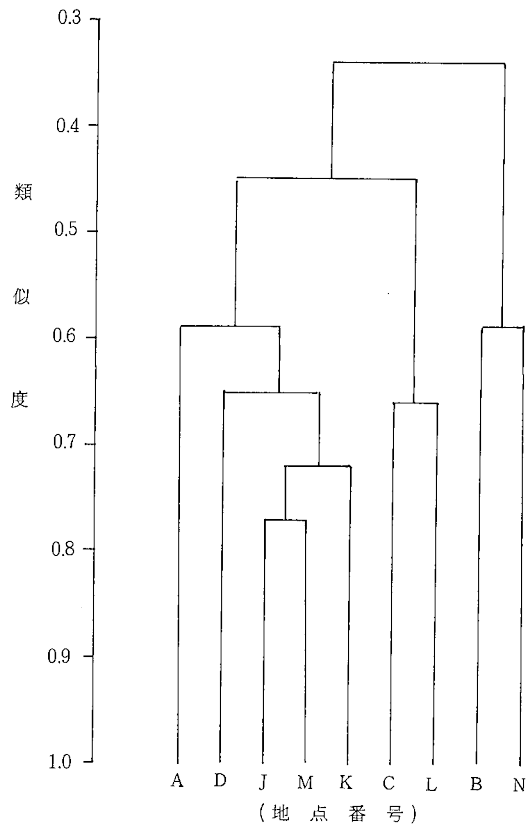


図11  $SO_4^{2-}$  のデンドログラム

表16 9地点間のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の相関行列

(n=25)

地点	A	B	C	D	J	K	L	M	N
A									
B	0.145								
C	0.215	0.205							
D	0.071	0.337	0.428*						
J	0.099	0.241	0.444*	0.336					
K	0.397	0.295	0.367	0.293	0.453*				
L	0.390	0.465*	0.542**	0.310	0.485*	0.555**			
M	0.124	0.340	0.798**	0.382	0.519**	0.587**	0.571**		
N	0.025	0.514*	0.592**	0.321	0.296	0.265	0.259	0.507*	

(備考) 1. \*\*は有意水準1%, \*は有意水準5%

表17 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の主成分分析による因子負荷量

(n=25)

地点	第1主成分	第2主成分	第3主成分
A	0.346	0.762	0.228
B	0.569	-0.160	0.734
C	0.801	-0.179	-0.306
D	0.571	-0.256	0.070
J	0.664	0.007	-0.329
K	0.703	0.404	-0.060
L	0.772	0.324	0.068
M	0.851	-0.119	-0.280
N	0.641	-0.501	0.243
固有値	4.08	1.24	0.94
累積寄与率	45%	59%	70%

3) 溶解性物質

表10に、溶解性物質の地点間の相関行列を示す。

これを用いて主成分分析を行った結果を表11に示す。

表11は、累積寄与率が第4主成分までで70%を超えるので、この因子負荷量を地点別に示したものである。表11より、第1主成分(固有値5.33、寄与率38%)が大きい値は丸亀地域であり、小さい値は観音寺地域となっている。

この第1主成分と第2主成分の因子負荷量をプロットしたのが図6である。この図からは、溶解性物質の情報を55%説明できることになる。

また、クラスター分析による結果を図7に示す。

図6、図7及び第1報のグラフ等から、溶解性物質の測定地点は表12のように6つに分類された。表より、特に発生源の影響を受けている地点がないのがわかる。

表18 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の地点分類

グループ	地点番号	分類要因
I	B	中汚染地域
II	N	
III	L	
IV	C	
V	D	
VI	A	軽汚染地域
	K	
	J	
	M	

4) pH

表13に、pHの地点間の相関行列を示す。

これを用いて主成分分析を行った結果を表14に示す。

表14は、累積寄与率が第4主成分までで約70%であるので、この因子負荷量を地点別に示したものである。表14より、第1主成分(固有値4.36、寄与率31%)が大きい値は地点A、C、Gであり、小さい値は地点Jとなっている。

この第1主成分と第2主成分の因子負荷量をプロットしたのが図8である。この図からは、pHの情報を52%説明できることになる。

また、クラスター分析による結果を図9に示す。

図8、図9及び第1報のグラフ等から、pHの測定地点は表15のように8つに分類される。表より、発生源の影響を受けているのは直島地域・高松地域・坂出地域で、都市部または臨海工業地帯であり、周囲に田園地帯がある観音寺地域はpHが大きくなっている。

表19 14地点間の不溶性物質 / 降下ばいじん総量の相関行列

( n = 55 )

地点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A														
B	** 0.465													
C	** 0.347	0.244												
D	** 0.390	0.222	0.076											
E	0.127	0.162	** 0.549	0.109										
F	0.094	0.134	** 0.444	0.137	** 0.714									
G	0.214	0.138	** 0.548	0.079	** 0.762	** 0.737								
H	0.250	0.229	** 0.544	0.165	** 0.834	** 0.687	** 0.838							
I	0.120	0.232	** 0.536	0.082	** 0.689	** 0.607	** 0.780	** 0.856						
J	* 0.340	0.230	** 0.558	0.227	** 0.414	* 0.344	0.259	0.249	0.240					
K	** 0.301	* 0.341	0.280	** 0.349	* 0.300	* 0.277	0.169	0.160	0.215	** 0.460				
L	0.254	* 0.313	0.161	0.215	0.038	0.009	-0.124	0.040	0.028	* 0.330	0.254			
M	** 0.590	0.127	** 0.474	* 0.268	** 0.445	* 0.323	** 0.368	** 0.348	0.222	** 0.496	* 0.315	0.153		
N	0.255	0.141	0.242	0.179	** 0.616	* 0.279	** 0.435	** 0.512	** 0.357	* 0.282	0.174	0.099	** 0.521	

(備考) 1. \*\*は有意水準1%, \*は有意水準5%

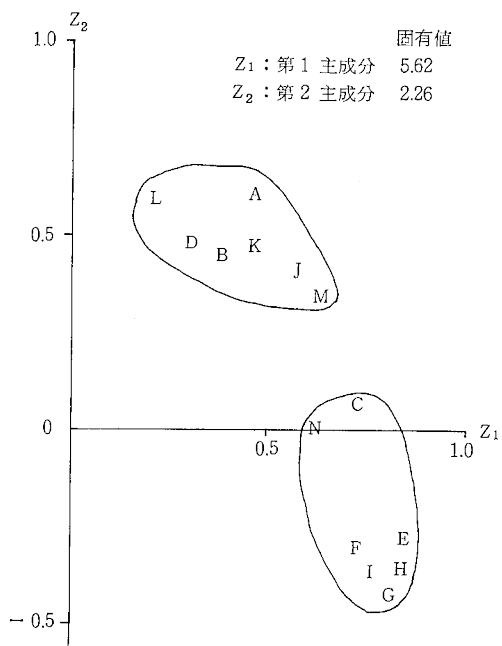


図12 不溶性物質 / 降下ばいじん総量の因子負荷量の散布図

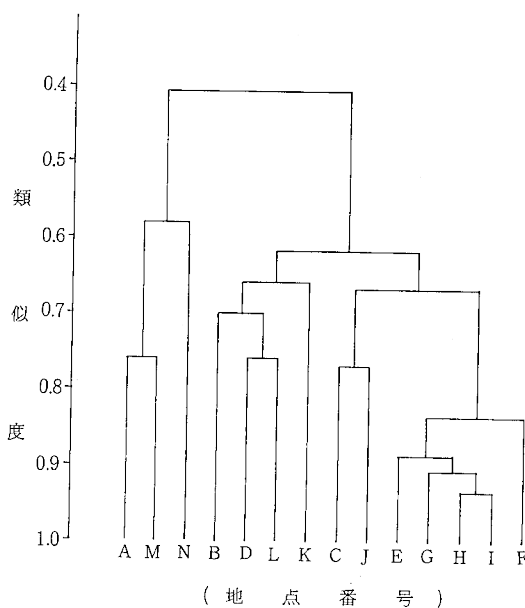


図13 不溶性物質 / 降下ばいじん総量のデンドログラム

表20 不溶性物質 / 降下ばいじん総量  
の主成分分析による因子負荷量 ( n = 55 )

地点	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
A	0.457	0.605	-0.184	-0.297
B	0.368	0.453	0.500	-0.335
C	0.722	0.051	0.064	0.367
D	0.301	0.492	-0.039	-0.438
E	0.864	-0.288	-0.052	0.055
F	0.744	-0.304	0.152	0.083
G	0.823	-0.417	0.017	-0.098
H	0.861	-0.345	0.092	-0.200
I	0.774	-0.371	0.278	-0.099
J	0.583	0.411	-0.049	0.537
K	0.454	0.469	0.222	0.156
L	0.188	0.579	0.311	0.173
M	0.631	0.339	-0.565	0.084
N	0.606	-0.002	-0.471	-0.203
固有値	5.62	2.26	1.09	0.99
累積寄与率	40 %	56 %	64 %	71 %

表21 不溶性物質 / 降下ばいじん総量  
の地点分類

グループ	地点番号	分類要因
I	C	発生源の影響を受ける地域
II	J	
III	K	中汚染地域
IV	G	
	H	
	I	
	F	
V	E	
	D	
VI	B	
	L	
	N	
VII	A	軽汚染地域
	M	

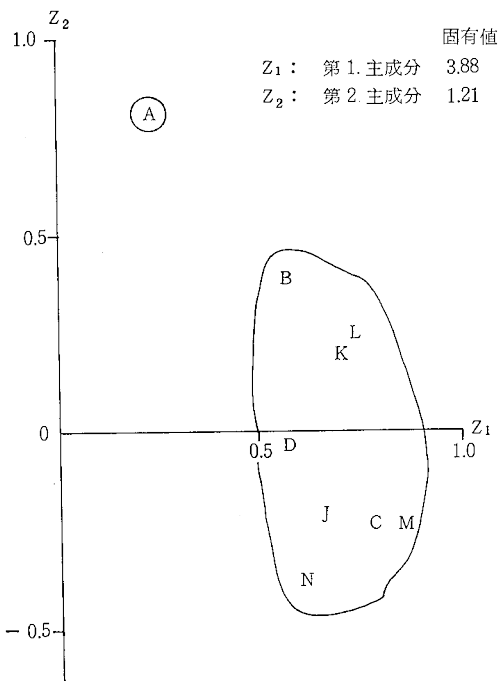


図14  $SO_4^{2-}$  / 降下ばいじん総量  
の因子負荷量散布図

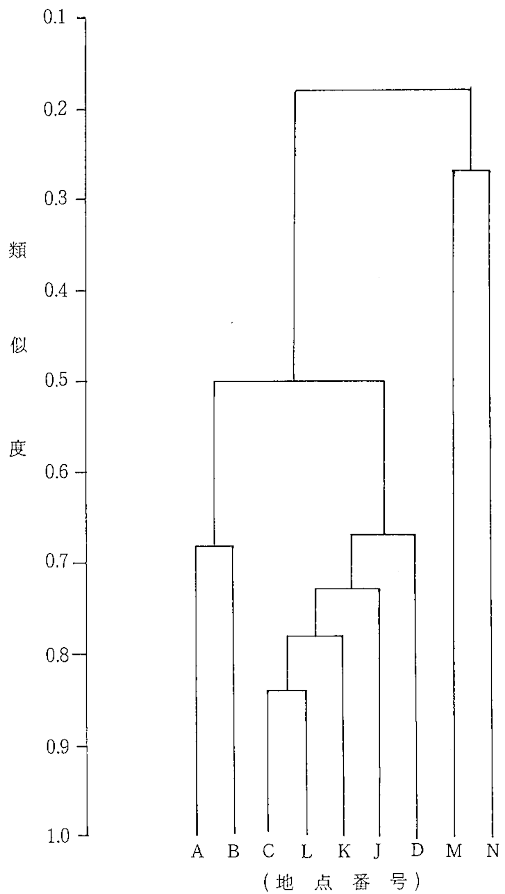


図15  $SO_4^{2-}$  / 降下ばいじんの総量  
デンドログラム

表22 9地点間の SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> / 降下ばいじん総量の相関行列

( n = 161 )

地点 地点	A	B	C	D	J	K	L	M	N
A									
B	0.251								
C	0.212	0.111							
D	0.119	0.243	0.378						
J	-0.032	0.233	0.425*	0.333					
K	0.210	0.373	0.375	0.346	0.419*				
L	0.216	0.490*	0.522*	0.301	0.442*	0.489*			
M	0.058	0.332	0.800**	0.373	0.502*	0.592**	0.561**		
N	-0.074	0.464*	0.545**	0.259	0.260	0.246	0.179	0.469*	

(備考) 1. \*\*は有意水準1%, \*は有意水準5%

表23 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> / 降下ばいじん総量の主成分分析による因子負荷量 ( n = 23 )

地点	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
A	0.233	0.810	-0.118	-0.445
B	0.564	0.390	0.646	0.265
C	0.789	-0.236	-0.202	-0.480
D	0.563	-0.006	-0.128	0.010
J	0.646	-0.218	-0.263	0.405
K	0.708	0.198	-0.145	0.246
L	0.740	0.260	-0.127	0.213
M	0.865	-0.216	-0.113	-0.120
N	0.597	-0.375	0.602	-0.272
固有値	3.88	1.21	0.97	0.86
累積寄与率	43%	57%	67%	77%

5) SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (丸亀地域を除く)

表16に、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の地点間の相関行列を示す。

これを用いて主成分分析を行った結果を表17に示す。

表17は、累積寄与率が第3主成分までで70%であるので、この因子負荷量を地点別に示したものである。表18より、第1主成分(固有値4.08, 寄与率45%)が大きい値は地点C, K, L, Mで、小さい値の地点は特にならぬ。

この第1主成分と第2主成分の因子負荷量をプロットしたのが図10である。この図からは、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の情報を59%説明できることになる。

また、クラスター分析による結果を図11に示す。

図10, 図11及び第1報のグラフ等から、pHの測定地点は表18のように7つに分類される。表より、特に発生源の影響を受けている地点がないのがわかる。

6) 不溶性物質 / 降下ばいじん総量

表19に、不溶性物質 / 降下ばいじん総量の地点間の

表24 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> / 降下ばいじん総量の地点分類

グループ	地点番号	分類要因
I	M	中汚染地区
II	N	
III	A	
IV	B	
V	L	軽汚染地区
	K	
	J	
	C	
VI	D	

相関行列を示す。

これを用いて主成分分析を行った結果を表20に示す。表20は、累積寄与率が第4主成分までで70%を超えるので、この因子負荷量を地点別に示したものである。表20より、第1主成分(固有値5.62, 寄与率40%)の大きい値は地点Cと丸亀地域であり、小さい値は地点D, Lになっている。

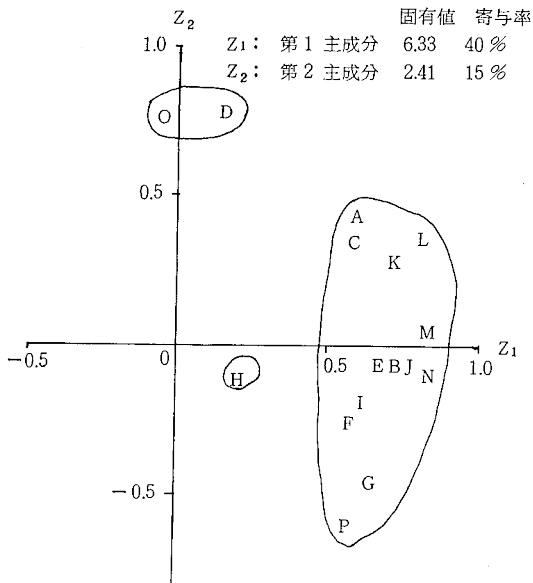
この第1主成分と第2主成分の因子負荷量をプロットしたのが図12である。この図からは、不溶性物質 / 降下ばいじん総量の情報を56%説明できることになる。

また、クラスター分析による結果を図13に示す。

図12, 図13及び第1報のグラフ等から、不溶性物質 / 降下ばいじん総量の測定地点は表21のように7つに分類される。表6, 表9, 表12, 表21より地点Cの不溶性物質は、量的にも質的にも他地点より大きく発生源の影響を強く受けているものと考えられる。

7) SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> / 降下ばいじん総量 (丸亀地域を除く)

表22に、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> / 降下ばいじん総量の地点間の相関行



- A: 高松市三条町
- B: 高松市福岡町
- C: 坂出市瀬居町
- D: 坂出市築港町
- E: 丸亀市昭和町
- F: 丸亀市新浜町
- G: 丸亀市役所
- H: 丸亀市北平山町
- I: 丸亀市富士見町
- J: 観音寺市役所
- K: 観音寺市七間橋町
- L: 観音寺市港町
- M: 直島町積浦
- N: 直島町宮の浦
- O: 降水量
- P: 風速

図16 気象因子を含めた降下ばいじん総量の因子負荷量の散布図

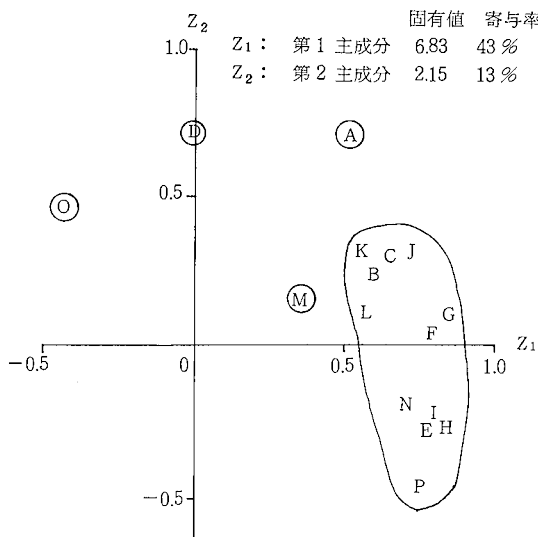


図17 気象因子を含めた不溶解性物質の因子負荷量の散布図

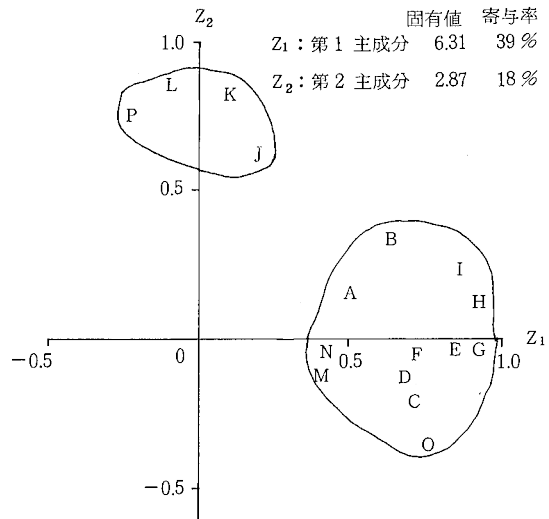


図18 気象因子を含めた溶解性物質の因子負荷量の散布図

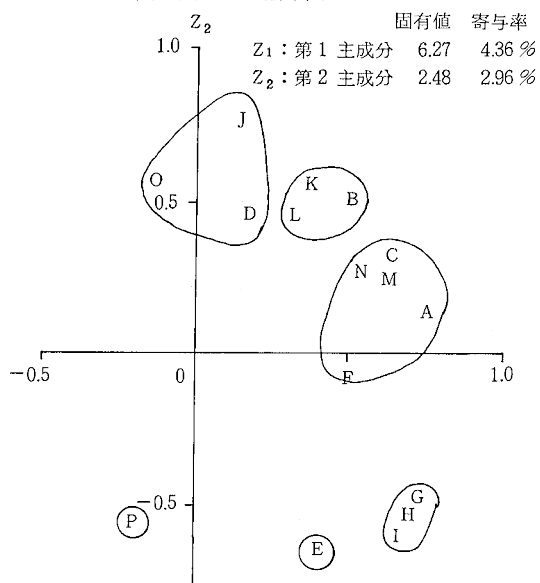


図19 気象因子を含めたpHの因子負荷量の散布図

列を示す。

これを用いて主成分分析を行った結果を表23に示す。表23は、累積寄与率が第4主成分までで70%を超えるので、この因子負荷量を地点別に示したものである。表23より、第1主成分(固有値3.88, 寄与率43%)の大きい値は地点C, K, L, Mで、小さい値は地点Aとなっている。

この第1主成分と第2主成分の因子負荷量をプロットしたのが図14である。この図からは、 $SO_4^{2-}$  / 降下ばいじん総量の情報を57%説明できる。

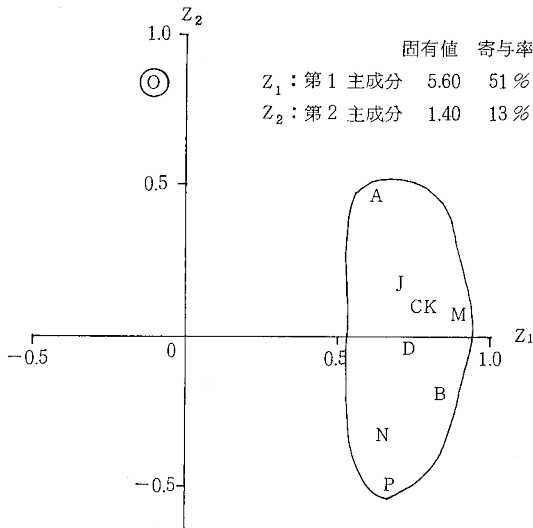


図20 気象因子を含めた SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の因子負荷量の散布図

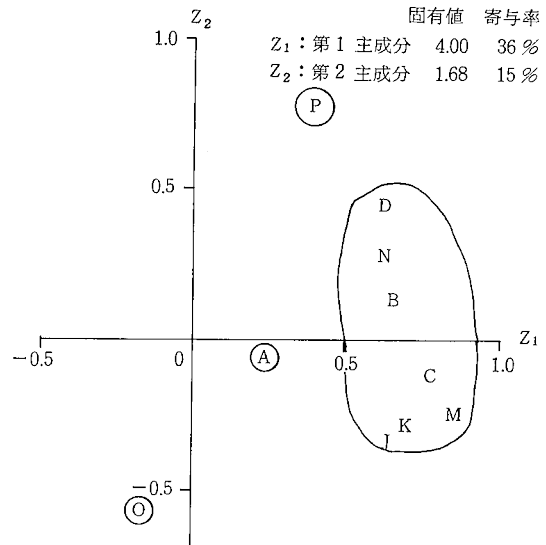


図22 気象因子を含めた SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> / 降水ばいじん総量の因子負荷量の散布図

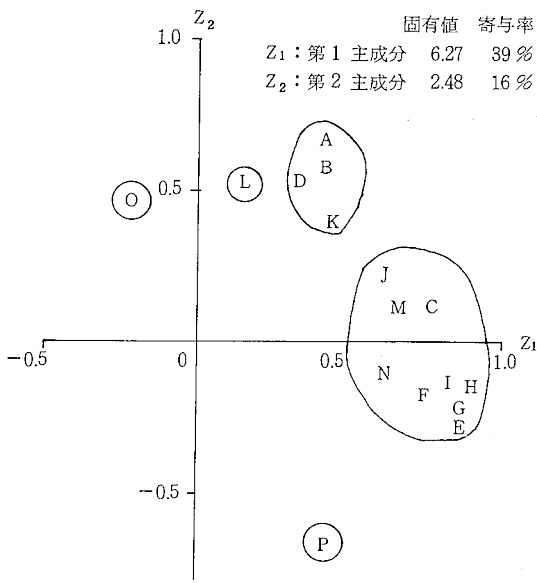


図21 気象因子を含めた不溶性物質 / 降水ばいじん総量の因子負荷量の散布図

また、クラスター分析による結果図15に示す。

図14, 図15及び第1報のグラフ等から、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> / 降水ばいじん総量の測定地点は表24のように6つに分類される。表より、直島地域のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup> / 降水ばいじん総量が他地域より大きいのは、同地域の精錬工場の影響を推測させる。

### 3. 降水ばいじんと気象因子

気象因子を含めて測定項目別に主成分分析をし、その

第1主成分と第2主成分の因子負荷量をプロットしたのを図16～図22に示す。

図16より、降水ばいじん総量は地点D, H以外の地点は風速の影響を受けていると考えられる。

また、地点Dは降水量の影響を受けていると推測される。

図17より、不溶性物質は地点A, D, M以外の地点では風速の影響を強く受けており、地点Dは少し降水量を受けていると推測される。

図18より、溶解性物質は気象因子によるグループ化が明確である。観音寺地域は風速の影響を受けているが他の地域は降水量の影響を受けていると推測される。

図19より、pHは地点Dと観音寺地域が降水量の影響を受けていると推測される。

図20より、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は高松・坂出・観音寺・直島地域ともに風速の影響を受けていると推測される。

図21より、不溶性物質 / 降水ばいじん総量は、地点Lが少し降水量の影響が考えられるが、他の地域はあまり気象因子の影響を受けていないものと推測される。

図22より、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> / 降水ばいじん総量は、高松、坂出、観音寺、直島地域ともに気象因子の影響を受けていないものと推測される。

## ま と め

降水ばいじんの6年間のデータを主成分分析、クラスター分析により処理した結果、次の知見が得られた。

1. 測定項目間の相関については次のとおりである。
  - 降下ばいじん総量は不溶解性物質・溶解性物質とよい相関関係がみられた。
  - pHは  $\text{SO}_4^{2-}$  と負で相関関係にある。
  - 気象因子との関係では、降水量は溶解性物質と、風速は  $\text{SO}_4^{2-}$  と相関がよい。
2. 測定項目を主成分分析した結果、測定値からの情報の81%について、次の知見を得た。
  - 降下ばいじん総量は局地汚染の影響を受けやすく、不溶解性物質と関係がみられる。
  - 不溶解性物質は局地汚染の影響を受けやすい。
  - 溶解性物質は、広域汚染による影響を受けやすい。
  - $\text{SO}_4^{2-}$  は広域汚染による影響は小さく、不溶解性物質とは逆の関係、溶解性物質とは正の関係がみられる。
  - pHは他と関係がみられない。
3. 地点のグループ化を主成分分析・クラスター分析等により行った結果、降下ばいじん総量・不溶解性物質・溶解性物質・pHはそれぞれ6～8に分類された。ただ、D地点は各測定項目で独自のグループを形成しており、特異な地点となっている。
 

汚染分類については、発生源の影響を受けているのは降下ばいじん総量・不溶解性物質・pHであり、

それぞれC・E地点、N・M・B・C・A・D地点となっている。また、汚染が少ない地点は、降下ばいじん総量・不溶解性物質についてはA・M地点、溶解性物質についてはJ地点、pHについてはL・K・J地点である。

4. 気象因子を含めて主成分分析した結果、溶解性物質の地域特性は、降水量と風速によりグループ化できた。

## 文 献

- 1) 河口至商：多変量解析入門Ⅰ，35（1973）
- 2) 河口至商：多変量解析入門Ⅱ，26（1978）
- 3) 中尾正三，三神泰介，関口博志：大気汚染調査における測定地点の選定手法について（その1），第22回大気汚染学会講演要旨集，247（1981）
- 4) 高松地方気象台：香川県気象月報
- 5) 鈴木正雄：横浜市内における大気中の浮遊粒子状物質および重金属濃度の調査結果とその主成分分析による解析，横浜市公害研究所報，4，25（1979）。
- 6) 北村洋子，小泉俊一，加藤愛子，安部睦夫，森泰明，藤田豊二郎，加賀谷秀樹：環境における大気汚染物質の分布量に関する調査研究——宮城県における雨水の性状について——，宮城県公害技術センター報告，8，40（1979）