

河川の水質特性に関する研究

熊本大学 正会員 中島重祺

正会員 松並裕子

学生員 〇川迎康一 宮丸正和

1. はじめに 熊本市を流れる白川は、阿蘇カルデラを水源とする河川であり、カルデラ内では南郷谷を白川が、阿蘇谷を黒川がそれぞれ多くの支流を集めて流れている。白川と黒川は立野火口瀬で合流し、熊本平野へと流れるが、その水質は高濃度のイオンを含有することが知られている。

本研究は、特に地質に起因すると思われるイオンを指標とし、従来理化学的水質分析値のみで推定されていた汚濁源、希釈源の判定を明確に行なうため、まず主成分分析によって各調査地点の汚濁程度を総合的な指標で数値化し、次に各調査地点の汚濁総合指標を用いたクラスター分析で各調査地点間の類似性によるグループ分けをして、考察を行なった。

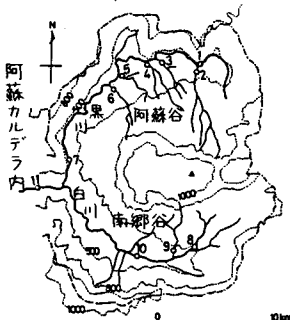


図-1 調査水域

表-1 調査地点の水質

項目	pH	BC	SS	Ca	Mg	SO ₄	Cl	F	Na	K	全Fe	全Mn	流量
単位		mS/cm					(mg/l)						(m ³ /s)
St.1 黒川上流	8.16	0.178	19.3	15.2	5.2	14.0	4.4	0.3	11.0	6.1	0.41	0.05	1.57
St.2 東居川	9.48	0.283	8.0	23.9	9.8	51.9	14.4	1.0	14.4	7.1	0.43	0.08	0.07
St.3 今町川	8.02	0.332	6.1	28.6	10.8	65.0	17.3	0.8	18.5	8.2	0.65	0.10	0.29
St.4 西居川	8.26	0.726	12.8	62.3	27.2	200.9	37.3	0.9	30.2	11.9	1.24	0.20	0.34
St.5 黒戸川	6.23	1.295	60.8	125.1	58.6	573.6	59.5	3.2	70.6	17.8	15.97	7.17	0.49
St.6 乙姫川	6.43	0.636	40.0	60.1	19.9	252.2	19.1	2.9	23.2	8.5	10.20	2.24	0.03
St.7 大正橋	7.29	0.452	14.4	34.8	13.4	128.6	18.9	1.0	22.4	8.6	2.19	0.73	6.81
St.8 白川上流	7.09	0.238	7.6	23.8	4.1	36.1	8.1	0.7	11.0	6.9	0.19	0.08	0.01
St.9 かいせ橋	7.78	0.256	31.8	25.5	5.3	58.6	7.8	0.7	15.9	6.2	0.48	0.07	0.15
St.10 祇園橋	7.58	0.245	8.8	26.3	7.0	56.5	8.6	0.7	14.4	6.1	0.56	0.08	1.52
St.11 内牧橋	7.90	0.348	11.1	27.8	10.9	88.1	13.6	0.7	23.3	7.7	1.65	0.38	11.82

2. 水質特性の検討 調査は、昭和59年12月、昭和60年4月、8月、11月の計4回図-1に示す11地点で行なった。水質の分析結果の平均値を表-1に示す。この表より、St.11は一般自然河川より各項目とも高い値を示している。またSt.7とSt.10の値を見ると、St.7のほうがSt.10よりも各項目とも高く、流量も大きいので、St.11の水質に対して大きい影響を及ぼしているのは、St.7の黒川水系のほうであると思われる。したがって、St.1~St.7のデータを用いて、以後解析を進めSt.7に対する汚濁源の究明を行なう。

(1) 主成分分析 表-1のデータの中から、主に地質に起因すると思われる9項目のイオン(Mg, Ca, SO₄, Cl, F, Na, K, 全Fe, 全Mn)を用い、これらのイオンの総合的指標を求めるために主成分分析を行なった。ここで、各項目の分散が異なるため、データは標準化して用いた。

主成分分析の結果から得られた第一主成分軸の固有ベクトルと寄与率を表-2に示す。この表の固有ベクトルを見ると、各回ともに、各項目がほぼ0.3以上を示している。したがって、第一主成分軸は各回ともに、これら9項目のイオン濃度の全体の大きさを表わすと解釈される。また、寄与率を見ると、ほぼ80%以上と高い値を示し、これらの第一主成分軸は、情報要約の効率がきわめて高いといえる。

(2) 汚濁総合指標の算定 主成分分析により得られた各地点の第一主成分得点は、ほぼSt.5 > St.6 > St.4 >

表-2 第一主成分軸の固有ベクトルと寄与率

	第一主成分軸の固有ベクトル				
	Dec.	Apr.	Aug.	Nov.	Av.
Ca	0.3454	0.3740	0.3418	0.3538	0.3471
Mg	0.3449	0.3451	0.3419	0.3593	0.3444
SO ₄	0.3505	0.3703	0.3231	0.3624	0.3485
Cl	0.3329	0.3257	0.3328	0.3280	0.3269
F	0.2923	0.3420	0.3214	0.2870	0.2982
Na	0.3412	0.1859	0.3402	0.3524	0.3421
K	0.3393	0.3451	0.3286	0.3375	0.3331
Fe	0.3173	0.3285	0.3362	0.2902	0.3214
Mn	0.3322	0.3454	0.3333	0.3196	0.3353
寄与率	89.3	79.1	94.2	83.1	91.1

St.3>St.2>St.1 というイオン濃度による総合的な位置関係を示したが、この値と流量を用いて以下の操作を行ない、汚濁総合指標を算定した。

i) 汚濁源と希釈源の判定基準をSt.7とし、St.7との得点の差で、質的な大きさ Z_{ii} を表現する。

$$Z_{ii} = Z_i - Z_7 \quad (i = 1 \sim 6)$$

ii) 同じくSt.7を基準とし、St.7に占める各地点の流量比で、量的な大きさ Q_i を表現する。

$$Q_i = Q_i / Q_7 \times 100 \quad (i = 1 \sim 6)$$

iii) この Z_{ii} と Q_i の積を汚濁総合指標 $P(i)$ とすると、この $P(i)$ は負荷量的意味あいを持ち、 $|P(i)|$ でその状態の程度が表わされる。

$$P(i) = Z_{ii} \times Q_i \quad (i = 1 \sim 6)$$

$P(i) > 0$ の時 汚濁グループ

$P(i) < 0$ の時 希釈グループ

図-2のように縦軸に Q_i 横軸に Z_{ii} をとると、各地点の $P(i)$ はそれぞれの軸におろした垂線を二辺とする長方形の面積で表わされる。求めた $P(i)$ の結果を表-3に示す。これにより、汚濁グループとしてSt.4, St.5, St.6、希釈グループとしてSt.1, St.2, St.3と区別された。

(3) クラスター分析 次に、St.1～St.6までの $Av. P(i)$ を指標として、クラスター分析(平均連結法)を行ない、各地点の類似性からSt.7に対する影響力の評価を試みた。デンドログラムを図-3に示す。 $Av. P(i)$ だけでなく、他の調査時期でも同様の結果が得られる。 $P(i)$ では、St.4, St.6は汚濁グループ、St.2, St.3は希釈グループに属していたが、この結果より4地点間の類似性は非常に高く、影響力が比較的小さい別のグループを形成していることが示された。

3. 考察 主成分分析とクラスター分析の適用により、阿蘇黒川水系St.1～St.6の支流河川は汚濁グループと希釈グループに群別され、特に汚濁グループの中ではSt.5が、希釈グループの中ではSt.1が明確な特徴を示すものとして区別できた。ここで、St.5, St.1がそれぞれの属するグループ全体に及ぼす影響の度合いを下記の $I(i)$ で明確に数値化する。

$$I(i) = P(i) / \sum (\text{汚濁または希釈グループの } P(i)) \times 100 [\%]$$

これによると、汚濁については、平均値でSt.5が $I(5) = 87.8\%$ 、希釈については、平均値でSt.1が $I(1) = 91.5\%$ と高い値を示し、それぞれの影響が大きいことがわかる。したがって、黒川水系の汚濁源はSt.5、希釈源はSt.1であることが明らかになった。このように阿蘇黒川水系の汚濁源・希釈源の判定には、主成分分析とクラスター分析の適用が有効であり、阿蘇黒川水系の水質浄化問題に関しては、汚濁源St.5と希釈源St.1の調査検討から着手すればよいことが証明された。

4. おわりに 今後はこの手法が他の河川に対し有効であるか、またどのような条件のもとで有効性を持ち得るかの検討を行ない、さらに簡便で正確な汚濁評価手法を求めたいと考えている。

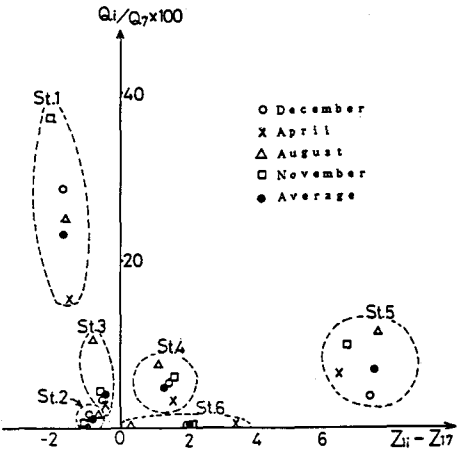


図-2 第一主成分軸と流量の関係

表-3 調査地点の $P(i)$

	Dec.	Apr.	Aug.	Nov.	Av.
St.1	-48.94	-23.55	-41.22	-80.17	-39.12
St.2	-1.77	-0.74	-1.22	-0.78	-1.06
St.3	-2.15	-1.14	-9.26	-2.16	-2.59
St.4	7.79	5.88	8.00	9.39	6.68
St.5	29.26	42.54	44.74	69.05	53.90
St.6	0.83	1.43	0.18	0.20	0.81

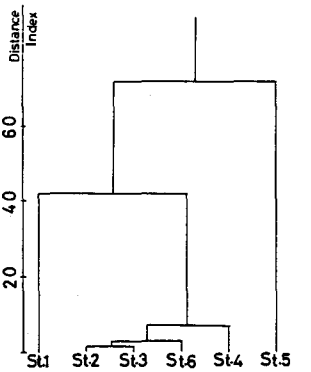


図-3 $P(i)$ によるデンドログラム