

II-381 主成分分析による河川魚種相と水質に関する調査研究

熊本大学工学部 正会員 中島 重旗
熊本県庁 正会員 ○吉ヶ島雅純

1. はじめに 河川環境の変化をより総合的に評価するため、水質の理化学的、生物学的観点から各種のアプローチが試みられているが、そこに生息する魚種相による評価の報告例は少ない。しかし、魚は大形で目につきやすく日頃から親しんでいるので、河川環境変化の指標生物としての価値は非常に大きいと考えられる。本研究は魚種相と水質との関係を明確にし指標生物として体系化させ、それにより河川環境を評価するものである。調査は図-1に示す4ポイントで昭和59、60年それぞれ夏に行なった。

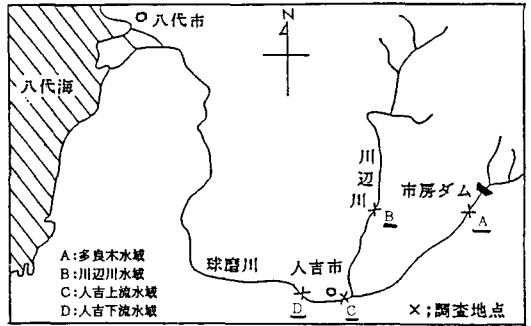


図-1 調査水域

2. 調査項目および結果

(1) 調査項目

河川魚種相の分布は地域特性、河道形態、魚種間の相互作用や水質等の要因により影響を受けていることが指摘されている。今回、調査として魚種の分布に特に影響力が強いと考えられる河道形態の調査を加えて実施した。全調査項目を表-1に示す。

表-1 調査項目

水質調査	(理化学的水質調査) 多項目分析--pH, DO, BOD, COD, SS, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N PO ₄ 、濁度、色度、透視度、総硬度、Ca Mg, Na, K, 全Fe, 全Mn, Pb, 硬度、Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ F, 導電率、水温、気温
	BOD、SSの日変動 (生物学的的水質調査) 底生動物相・付着藻類(有機物量)
魚種の調査	(河) ----- 張あみ、張なわ (湖) ----- 投網、びんづけ
河道形態調査	流速測定(潮と潮) 面積測定(潮と潮)

(2) 調査結果

(i) 多良木水域が最も汚濁されており、川辺川水域が最も清冽で人吉上流・下流水域はこれらを複合したような水域状態である。

(ii) 魚種間の相互作用(アユとオイカワの住みわけ・アユとカワムツの共存)は、明確に現れていない。

(iii) 魚種の分布は河道形態に強く影響を受けていない。

こうしたことから、魚種の分布と水質との間に関係のあることが予想される。

3. 水質汚濁指標の評価と相関および考察 魚種相と水質との関係を考察する前に、調査水域の水質汚濁現象を総合的にかつ端的に把握するために、人為的汚濁に関与すると思われる7項目[pH・導電率(EC)・無機性窒素(N)・リン酸イオン(PO₄³⁻)・塩化物イオン(Cl⁻)・BOD・SS]を用い、主成分分析(相関行列を用いた)をおこなった。

(1) 新しい総合水質汚濁指標の試み

7項目によって主成分分析をおこなった結果、BODと他の6項目との関係が一般の水質汚濁現象と異なることが判明した。つまり、調査水域全般にBODの値が小さい(表-4で平均1.9mg/l)ことから、BODでは不適切な汚濁評価をする恐れがある。そこで、固有ベクトルの大きさ等から判断して3項目[N・Cl・SS]を選び、さらにこの3項目で主成分分析をおこないBODに代る新しい総合水質汚濁指標Zs.(3)を導いた。

$$Zs.(3) = 0.59 N^* + 0.69 Cl^* + 0.42 SS^* \quad (*印は標準化された変量を表す)$$

また、Zs.(3)で計算される汚濁度は無次元量であり、指標としての意味合いを深めるために単位(mg/l)のある次の2式を考えた。

$$SI = N + Cl + SS \text{ (mg/l)} \quad ; \quad SI' = Cl + SS \text{ (mg/l)}$$

SI, SI' とZs.(3)との相関係数は0.90, 0.86で、ほぼ同じ汚濁評価ができる。

(2) 魚種相と水質との相関

本調査で採取された魚種は10種類でこれらと水質汚濁と関連のある項目との関係を単回帰による相関係数で吟味した。解析に用いる魚種相と水質それぞれの変量として表-2を用い、相関係数の有意性 ($r > 0.71$, 危険率 5%) を踏まえてまとめたのが表-3である。表-3で、DI(N), DI(W), BI, Ig-Lossは汚濁が進むと値が小さくなり、これらと負の相関を示す魚種は汚濁に耐えられ、正の相関を示す魚種は汚濁に耐えられず、又他の水質項目は汚濁が進むと値が大きくなりその逆の関係で魚種を判別できる。こうしたことから、汚濁耐忍種として [オイカワ, カマツカ, フナ, コイ, ナマズ], 非汚濁耐忍種として [アユ, カワムツ, ドンコ] を得た。これは魚種の生態生活史及び他の研究報告からみても適確であり、調査水域における魚種の生息分布は水質にかなり影響を受けていると考えることができる。

(3) 魚種相による水質判定

魚種の分類に基づいて各水域の汚濁状況を表したのが図-2である。これを見ると、多良木水域が最も汚濁されていて川辺川水域が最も清冽であり、人吉上流・下流水域はそれらの中間を示している。このことから魚種相の調査により、汚濁耐忍種・非汚濁耐忍種を指標生物として水質の変化又は魚種の変動を知ることができる。

5. おわりに 生物はある期間それぞれに適した空間で生活していて、水環境を総合的に表しているものと考えられる。その点、良好な河川環境を保全する上で、今後、更に研究を進め魚種を指標生物として河川環境の評価に活用していきたいものである。

表-2 解析に用いる変量

魚種相	採取数 (N), 生息割合 (L.P.), 総遊動量 (T.W.), 平均遊動量 (A.W.), 総体長 (T.L.) 平均体長 (A.L.), 最大遊動量 (M.W.), 最大体長 (M.L.) 以上 8 項目
水質	水温 (T.), 無機性窒素 (N), リン酸イオン (PO ₄), C.I., BOD, SS, Zn (3), SI SI', DI (N), DI (W), PI (N), BI, 有機物量 (Ig-Loss) 以上 15 項目

表-3 魚種相と水質との相関

代表種	魚種	アユ	ウグイ	カワムツ	オイカワ	カマツカ	ドンコ	フナ	コイ	ナマズ	ウナギ
T.							-0.84 (L.P.)	0.85 (A.L.)		0.82 (T.L.)	
N							-0.77 (M.)	0.74 (A.L.)	0.83 (A.L.)	0.89 (A.L.)	
PO ₄		-0.83 (M.)						0.95 (L.P.)			
C.I.								0.73 (A.L.)			
BOD		-0.71 (A.M.)		-0.81 (M.M.)	0.82 (L.P.)						0.78 (M.M.)
SS								0.77 (M.M.)			0.79 (L.P.)
Zn (3)							-0.76 (M.)	0.92 (A.L.)	0.84 (A.L.)		0.88 (A.L.)
SI								0.87 (A.L.)	0.73 (A.L.)		0.77 (A.L.)
SI'								0.85 (M.W.)			0.75 (L.P.)
DI (N)						-0.73 (L.P.)		-0.71 (M.)	-0.80 (A.L.)		-0.83 (M.M.)
DI (W)								0.76 (A.M.)			
PI (N)								0.78 (A.L.)	0.82 (M.)		0.78 (A.L.)
PI (W)					0.71 (M.L.)	0.77 (L.P.)	-0.92 (M.)	0.95 (A.L.)	0.94 (A.L.)		0.94 (A.L.)
BI		0.74 (L.M.)			-0.86 (M.M.)			-0.74 (M.)			
Ig-Loss			0.82 (A.M.)				0.73 (M.)				-0.84 (T.M.)

注) () の変量で最もよい相関が得られた

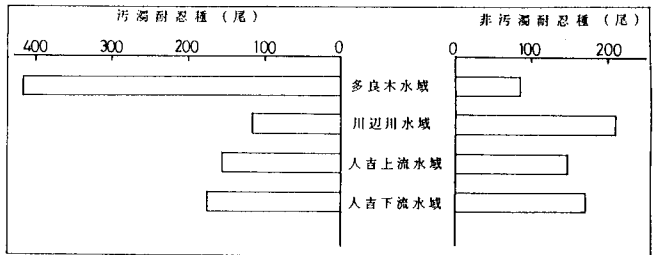


図-2 魚種相による汚濁状況

表-4 主成分分析結果

項目	平均	分散	Z1		Z2		Z3	
			E.V.	F.L.	E.V.	F.L.	E.V.	F.L.
T. °C	23.5	2.8	-0.25	0.78	0.16	0.42	-0.13	-0.26
pH	7.64	0.41	-0.21	-0.67	0.17	0.43	-0.18	-0.38
EC μs/cm	90.3	135.2	-0.00	-0.02	0.36	0.94	0.11	0.22
N mg/l	0.41	0.05	0.27	0.84	-0.10	-0.26	0.04	-0.08
PO ₄ mg/l	0.05	0.002	0.11	0.35	-0.11	-0.28	0.33	0.68
C.I. mg/l	2.7	1.5	0.20	0.62	0.23	0.59	-0.16	-0.33
BOD mg/l	1.9	0.3	0.16	0.49	-0.31	-0.81	-0.71	-0.15
SS mg/l	3.2	2.2	0.18	0.55	0.19	0.50	-0.01	-0.03
DI (N)	3.52	0.23	-0.24	-0.76	0.23	0.59	-0.08	-0.16
DI (W)	3.04	0.23	0.19	0.60	0.25	0.64	-0.12	-0.24
PI (N)	1.41	0.04	0.23	0.72	0.10	0.27	-0.27	-0.55
PI (W)	1.37	0.03	0.31	0.99	-0.00	-0.01	0.06	0.13
BI	38	115	-0.21	-0.66	0.12	0.32	-0.28	-0.58
Ig-L. dry-wg/100cm	127.1	4117.8	-0.22	-0.70	0.08	0.21	0.28	0.57
アユ cm	19.2	1.5	-0.04	-0.13	0.34	0.88	-0.22	-0.44
ウグイ cm	17.6	5.7	-0.01	-0.05	0.07	0.19	0.44	0.91
カワムツ cm	8.4	4.7	0.08	0.24	0.24	0.61	0.24	0.50
オイカワ cm	10.3	1.1	0.12	0.36	0.12	0.31	0.15	0.31
カマツカ cm	10.3	3.9	0.16	0.50	0.07	0.19	0.40	0.82
ドンコ cm	13.5	3.2	0.10	0.30	-0.07	-0.19	0.30	0.06
フナ cm	11.0	42.2	0.31	0.97	0.09	0.23	-0.02	-0.03
コイ cm	16.1	92.2	0.31	0.97	-0.02	-0.05	-0.02	-0.04
ナマズ cm	22.9	189.1	0.31	0.97	-0.01	-0.03	-0.05	-0.09
ウナギ cm	34.3	434.1	0.09	0.28	0.20	0.52	-0.07	-0.15
V.R. m/s	0.19	0.003	0.15	0.48	-0.31	-0.79	-0.17	-0.34
R.A. 100m ²	4.77	8660.2	0.07	0.23	0.34	0.87	0.16	0.32
固有値			9.90		6.68		4.42	
寄与率 (%)			38.1		63.7		80.0	

注) E.V. 固有ベクトル; F.L. 因子負荷量; V.R. 瀬と淵との流速の差; R.A. 川の単位形態面積
但し、魚種は平均体長を用いた