

底生動物相による河川水質汚濁評価（第2報）

Biological Assessment of River Pollution

冠野 禎男 三好 健治 中野 智
Yoshio KANNO Kenji MIYOSHI Satoru NAKANO

昭和57年度から5年間にわたり実施した底生動物相調査の結果のうち、出現頻度の高い生物50種について、各々の種が持つ水環境の情報を調査項目の平均値として算出した。さらに、この中の水質の平均値を用いて主成分分析を行った結果得られた第1主成分（Z1mスコア）を基にした生物指標（PI_m）を計算したところ、理化学的な指標との相関については、全出現種のデータを用いて計算する生物指標（PI）とほぼ同程度となった。

はじめに

生物学的な水質の指標は、河川の複雑な水質汚濁の様式を総合的、長期的に反映している。従ってこの長所を利用していくことは重要で、最近その方法についての論議が活発になってきている。その中で、これらの指標の基礎となる底生動物個々の種の持つ情報は、経験的なものに基づく場合が多い点を指摘されている。^{1) 2)}

そこで今回、昭和57年度から5年間県内主要河川で実施した底生動物相調査の結果^{3)~7)}を統計処理して得られた底生動物各種の情報を報告するとともに、これらのデータを基にした指標を検討して得られた若干の知見について述べる。

であった。

また、生物の採集と水質分析のための採水は同時に行った。

生物学的指数は、Pantle u. Buck の方法に準じた Pollution Index(PI)、Beck & Tsuda による Biotic Index(BI)、Shannon の Diversity Index(DI)を次式に従って算出した。

$$PI = \sum (s \times h) / \sum h$$

S: 汚濁階級指数

h: 個体数

$$BI = 2A + B$$

A: 非汚濁耐性種数

B: 汚濁耐性種数

$$DI = -\sum (ni/N) \log_2 (ni/N)$$

N: 総個体数

ni: 各種の個体数

調査方法

底生動物相調査は、水質管理計画調査報告書⁸⁾に準じて実施した。すなわち、調査地点は環境基準類型指定河川の水質監視地点を中心とし、底生動物相調査に適した条件の地点をほぼ等間隔となるよう10河川（47地点）に設定した。

底生動物の採集は、底面積30×30cmのサーバーネット（網目NGG40）を用い、1地点で2回実施した。従って1回の調査当たりの採集面積は0.18m²となった。

調査時期は4～5月、7～8月、10～11月、1～2月の年4回で、調査回数は187（47地点×4回－1回欠測）

結果及び考察

1. 主な種の持つ水質等情報について

底生動物個々の種の持つ水質に対する情報は、一般的にザプロビ階級で示され、広く受け入れられている。今回の調査でも、水生生物相調査解析結果報告書⁴⁾に掲載された階級値に基づき計算したPI値は、BOD、COD、SSと有意水準1%で相関があり¹⁰⁾、水質評価の役割を果たしている。しかしながら、これらの情報は研究者の主観の入る余地が大きく、現実には、特定の種の持つ水質階級が異なっている例は多い。

そこでより適切な情報を得るため、小田¹¹⁾（1987）に

表 1 - I 主な出現種の Z 1 m スコアと出現時の各因子の平均値

No.	種名	出現率 (個体数)	Z 1 m スコア	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	PI	BI	DI	出現 種数	流速 (m/s)	流量 (m ³ /s)
1.	Amphinemura sp. (アサオナンカワゲラ属)	5.9 (248)	-2.10	7.4	9.8	0.90	2.6	1.7	1.3	55	3.1	33	0.49	0.071
2.	Ephemera strigata (モンカゲロウ)	13.9 (358)	-1.86	7.5	8.3	1.2	3.0	1.9	1.3	51	3.4	31	0.44	0.18
3.	Paraleptophlebia spp. (トビイロカゲロウ属)	6.4 (165)	-1.81	7.4	10	1.1	2.6	2.5	1.5	39	2.9	26	0.34	0.17
4.	Rhyacophila brevicephala (ヒロアタマナガレトビケラ)	6.4 (122)	-1.65	7.5	11	1.0	2.6	2.6	1.3	52	3.2	30	0.45	0.087
5.	Hydropsyche gifuana (ギランマトビケラ)	22.5 (635)	-1.49	7.7	9.7	1.3	2.8	2.4	1.4	34	3.0	22	0.36	0.27
6.	Stenopsyche marmorata (ヒゲナガカワトビケラ)	13.4 (299)	-1.44	7.6	9.4	1.2	3.0	2.6	1.5	38	3.0	24	0.43	0.31
7.	Neoperla sp. (フタツメカワゲラ属)	11.2 (121)	-1.33	7.7	9.4	1.2	3.1	2.8	1.3	42	3.3	25	0.27	0.20
8.	Tipula sp. TC (TCガガンボ)	8.6 (61)	-1.15	7.3	10	1.8	3.5	2.3	1.7	37	3.0	26	0.25	0.31
9.	Goera japonica (ニンギョウトビケラ)	8.0 (51)	-1.14	7.6	9.6	1.1	2.9	4.3	1.4	32	2.9	24	0.43	0.18
10.	Rhyacophila nigrocephala (ムナグロナガレトビケラ)	10.7 (119)	-1.07	7.8	9.5	1.4	3.3	2.7	1.3	50	3.4	29	0.38	0.48
11.	Plectrocnemia sp. PA (PAイワトビケラ)	9.6 (95)	-1.05	7.4	8.4	1.0	3.9	3.8	1.4	43	3.3	27	0.50	0.40
12.	Geothelphusa dehaani (サワガニ)	12.8 (51)	-0.950	7.6	9.4	0.90	3.5	4.5	1.5	29	2.8	19	0.37	0.21
13.	Potamanthodes kamonis (キイロカワカゲロウ)	24.6 (660)	-0.883	7.6	10	1.6	3.4	3.4	1.6	38	3.1	25	0.32	0.35
14.	Onychogomphus viridicostus (オナガサナエ)	8.0 (40)	-0.871	7.8	9.6	1.1	3.6	3.6	1.4	37	3.4	27	0.37	0.22
15.	Epeorus latifolium (エルモンヒラタカゲロウ)	13.4 (220)	-0.836	8.1	10	1.4	3.3	3.0	1.3	42	3.4	27	0.42	0.54
16.	Protohermes grandis (ヘビトンボ)	9.6 (68)	-0.800	7.8	10	0.92	3.5	4.2	1.4	31	3.0	22	0.36	0.18
17.	Stenelmis sp. SC (SCアンナガミゾドロムシ)	12.2 (414)	-0.780	8.0	10	0.87	3.7	3.7	1.5	25	3.0	24	0.49	0.38
18.	Isonychia japonica (チラカゲロウ)	7.5 (38)	-0.778	8.0	10	1.1	3.5	3.5	1.4	36	3.2	26	0.58	0.58
19.	Mystacides sp. (アオヒゲナガトビケラ属)	4.3 (59)	-0.766	7.1	7.2	1.6	4.4	4.2	1.6	50	3.5	35	0.27	0.15
20.	Hydropsyche orientalis (ウルマーンマトビケラ)	11.2 (486)	-0.752	7.9	9.5	1.4	3.2	4.3	1.2	45	3.3	26	0.30	0.38
21.	Macronema radiatum (オオンマトビケラ)	8.0 (185)	-0.726	7.6	8.6	0.96	4.6	3.6	1.3	48	3.6	28	0.57	0.48
22.	Luciola cruciata (ゲンジボタル)	6.4 (17)	-0.617	7.7	9.5	1.6	4.1	3.1	1.7	25	2.3	21	0.35	0.18
23.	Aphelocheirus vittatus (ナベフタムシ)	3.7 (23)	-0.484	7.3	8.4	1.6	4.3	4.6	1.5	49	3.5	33	0.30	0.12
24.	Ephemerella cryptomeria (ヨシノマダラカゲロウ)	5.9 (340)	-0.359	8.4	12	1.7	2.8	3.4	1.6	21	1.8	16	0.52	0.38
25.	Ecdyonurus yoshidae (シロタニガワカゲロウ)	50.8 (3926)	-0.300	7.8	9.7	1.2	3.9	5.3	1.7	27	2.7	20	0.41	0.23

表 1 - II 主な出現種の Z 1 m スコアと出現時の各因子の平均値

No.	種名	出現率 (個体数)	Z 1 m スコア	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	P I	B I	D I	出現 種数	流速 (m/s)	流量 (m ³ /s)
26.	Gumaga okinawaensis (グマガトビケラ)	4.8 (106)	-0.279	7.6	9.3	0.80	4.6	5.6	1.3	46	3.1	29	0.33	0.042
27.	Stenelmis sp. SA (SAアシナガミドロムシ)	16.6 (387)	-0.246	7.9	10	0.99	4.3	4.9	1.5	25	3.0	22	0.48	0.34
28.	Eubrianax granicolis (クシゲマルヒラタドロムシ)	18.7 (565)	-0.237	7.5	8.8	2.0	4.3	4.2	1.6	44	3.3	29	0.28	0.18
29.	Psephenoides japonicus (マスタドロムシ)	4.8 (94)	-0.214	8.3	10	1.2	4.5	3.3	1.5	27	3.1	26	0.57	0.56
30.	Pseudocloeon spp. (フタムカゲロウ属)	16.0 (301)	-0.178	7.9	11	1.7	4.1	3.7	1.6	32	2.8	20	0.39	0.28
31.	Ephemerella setigera (クシゲマダラカゲロウ)	7.0 (262)	-0.163	7.9	8.7	2.3	4.0	3.6	1.4	53	3.6	31	0.48	0.66
32.	Mataeopsephenus japonicus (ヒラタドロムシ)	25.1 (1990)	-0.067	7.9	10	1.2	4.0	5.4	1.8	23	2.7	20	0.45	0.34
33.	Caenis sp. (ヒメカゲロウ属)	24.6 (551)	-0.016	7.6	9.6	1.7	4.3	5.1	1.7	34	2.9	23	0.42	0.26
34.	Corbicula leana (マツジミ)	16.6 (136)	0.160	7.4	8.3	1.9	4.8	5.8	1.8	38	3.0	27	0.32	0.14
35.	Helichus sp. HB (HBチビヒゲナガハナノミ)	12.3 (94)	0.215	7.5	10	2.0	4.7	4.8	1.7	20	2.6	16	0.34	0.064
36.	Ephemerella rufa (アカマダラカゲロウ)	35.3 (4086)	0.218	7.6	9.8	1.8	4.3	5.8	1.6	32	2.8	22	0.40	0.28
37.	Dugesia sp. (ウズムシ類)	42.8 (925)	0.224	7.5	9.9	1.7	4.6	5.7	1.8	23	2.5	17	0.37	0.19
38.	Simuliidae (ブユ科)	30.5 (1028)	0.307	7.5	9.8	1.5	4.5	6.5	1.7	24	2.5	17	0.36	0.17
39.	Sinotaia quadrata (ヒメタニシ)	11.2 (160)	0.455	7.5	9.9	1.6	4.6	7.0	1.8	25	2.5	18	0.47	0.17
40.	Semisulcospira libertina (カワニナ)	26.2 (603)	0.659	7.3	8.0	1.7	4.3	9.2	1.7	27	2.5	20	0.24	0.10
41.	Cheumatopsyche brevilineata (コガタシマトビケラ)	80.2 (14861)	0.806	7.5	9.6	2.0	5.0	6.9	2.0	19	2.1	14	0.35	0.17
42.	Gammarus sp. (ヨコエビ属)	5.3 (42)	0.825	7.9	11	2.0	5.4	4.6	2.0	14	1.2	10	0.33	0.17
43.	Ephemera orientalis (トヨウモンカゲロウ)	10.2 (53)	0.927	7.5	10	1.6	4.5	8.9	1.7	34	2.9	24	0.45	0.54
44.	Baetis sahoensis (サホコカゲロウ)	56.7 (7316)	1.05	7.8	9.4	2.1	5.6	6.2	2.3	14	1.9	11	0.42	0.24
45.	Physa acuta (サカマキガイ)	21.9 (569)	2.49	7.9	9.8	4.3	7.1	4.6	2.6	18	1.9	14	0.35	0.15
46.	Asellus higendorffii (ミズムシ)	87.7 (23432)	2.95	7.8	10	4.1	6.8	7.4	2.4	13	1.5	11	0.36	0.22
47.	Hirudinea (ヒル類)	59.4 (1356)	3.24	7.7	9.5	4.4	7.1	8.0	2.6	13	1.7	10	0.34	0.16
48.	Eriocheir japonicus (モクズガニ)	12.8 (72)	3.76	8.0	11	2.9	7.1	11	2.5	11	1.8	9	0.39	0.22
49.	Tubificidae (イトミミズ科)	83.4 (4455)	3.81	7.6	10	5.0	7.5	8.5	2.4	16	1.9	13	0.38	0.19
50.	Chironomidae (ユスリカ科)	98.9 (49695)	5.32	7.8	9.6	7.0	9.2	7.1	2.6	12	1.1	10	0.35	0.17

従い出現頻度の高い種（50種）の出現時の調査項目の平均値を求め、その中の水質のデータを用いて主成分分析を行った結果を表1-I, II及び表2に示した。

表1-I, IIの中の出現率とは、全調査回数に対する種の出現回数の割合を百分率で示したもので、ユスリカ科が最も高く（98.9%）、以下ミズムシ（87.7%）、イトミミズ科（83.4%）、コガタシマトビケラ（80.2%）と続く。出現した総個体数はユスリカ科が最大（49695）で、以下ミズムシ（23432）、コガタシマトビケラ（14861）、サホコカゲロウ（7316）の順であった。Z1mスコアは、水質平均値の第1主成分値であり、表2に示した計算式に従って導いた。なお、主成分分析は相関係数行列について行ったので、水質の各理化学的指標の変動は分散1に規準化されている。Z1mスコアは、表2の計算結果からわかるように、BOD COD SSと高い相関を持ち、全情報の約50%を集約していることから、水質の汚濁を代表していると考えられる。なお、各生物が出現する平均流速については、採集地点の設定の段階で均一化するよう考慮していることもあり変動は小さく、流量は本県の気象条件等から少ない。出現種数は当該種が出現した地点における総出現種数の平均で、汚濁が進むにつれ少なくなる傾向がある。

また、これら50種の生物の各々が出現したときのPI, BI, DIの平均値とZ1mスコアとの関係を図1に示す。PIとZ1mスコアとの関係は、 $r = 0.916$ と高い正の相関を示し、BI, DIとは各々 $r = -0.734$, $r = -0.783$ と負の相関が見られた。

2. 主な種の持つ水質情報を利用した生物指標の検討

PIは、BOD, COD等の水質汚濁を示す理化学指標と高い相関を持っているが¹²⁾、この指数の計算に用いる汚濁階級指数はかなり経験的に規定されている。そこで、今回得たZ1mスコアを汚濁階級指数のかわりに用いて算出したPI値（PI_m）について、水質汚濁との関係を検討し、表3に示した。

ここで用いたZ1スコアとは、全調査（187回）における水質の主成分で、全水質情報の42.6%を集約した指標である。なおPI_m, PIの計算に当たっては、ユスリカ科は除いた。従ってPI_mは、表1-I, IIの49種だけを用いて算出したものであるが、Z1スコアとの相関は、全出現種より求めたPIとの相関とほぼ同レベルとなった。

今回試算したZ1mスコアは、項目数、データ量ともに十分とは言えない。このような統計学的指標は、データの蓄積が不可欠であり、それにより改善していく必要がある。

表2 主成分分析の結果

主成分軸 特性値			Z 1 m	Z 2 m	Z 3 m	Z 4 m	Z 5 m
pH	因子 負荷 量		0.217	0.88	-0.17	-0.386	-0.03
D O			0.149	0.887	0.246	0.359	0.03
B O D			0.898	-0.062	-0.357	0.198	-0.151
C O D			0.964	-0.118	-0.118	-0.023	0.206
S S			0.797	-0.193	0.545	-0.158	-0.077
固有値			2.44	1.61	0.528	0.342	0.073
累積寄与率 (%)			48.8	81.1	91.7	98.5	100

$$Z1m = 0.139x_1 + 0.0955x_2 + 0.575x_3 + 0.617x_4 + 0.510x_5$$

$$x_1 = (pH - 7.74) / 0.253 \quad x_2 = (DO - 9.76) / 0.907$$

$$x_3 = (BOD - 1.85) / 1.18 \quad x_4 = (COD - 4.38) / 1.40$$

$$x_5 = (SS - 4.82) / 2.07$$

表3 生物学的指標とZ1スコアの相関

生物学的指標	n = 187	n = 187	n = 187	n = 187
理化学的指標	PI m	PI	BI	DI
Z 1 スコア	-0.487**	-0.482**	0.390**	0.414**

注) n : データ組数
** : 有意水準1%で相関関係がある

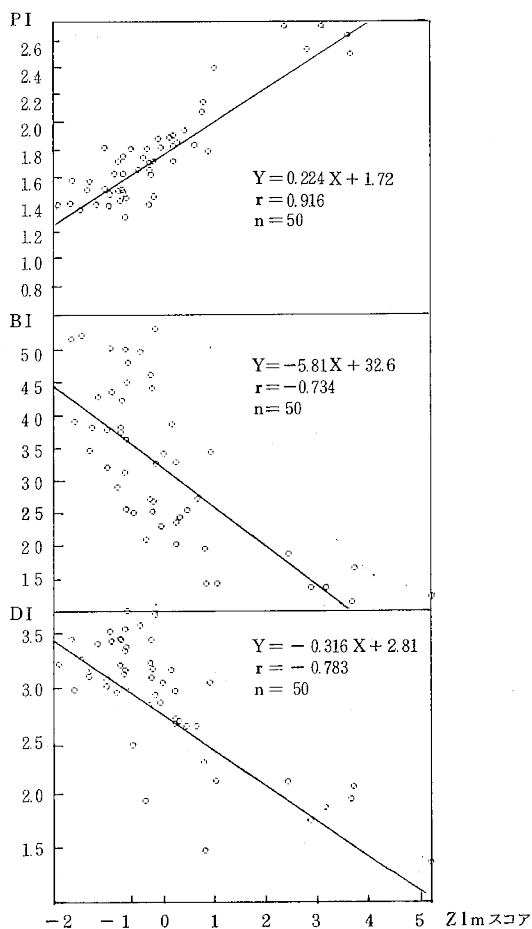


図1 Z1mスコアとPI, BI, DIの関係

ま と め

生物学的に水質を判定しようとする場合、出現種がもつ水環境の情報は重要であるが、その具体的データについての報告は少ない。従って本県で行った底生動物相調査結果をとりまとめ、主要な50種について、調査項目の平均値を示した。

また、この中でも特に注目される水質のデータを用いて主成分分析をした結果、全水質情報の約50%を集約したZ1mスコアを得たので、この値を主要生物49種に与え、PI_mを算出したところ、全出現種から計算するPIとはほぼ同等の理化学的指標との相関が得られた。

文 献

- 1) 渡辺直：水，29, 15, 18 (1987)
- 2) 安野正之：水域における生物指標の問題点と将来 国立公害研究所 123 (1987)
- 3) 香川県公害課・公害研究センター：水生生物による河川水質汚濁調査… 鴨部川・津田川 (1982)
- 4) 香川県公害課・公害研究センター：水生生物による河川水質汚濁調査… 香東川・御坊川 (1983)
- 5) 香川県公害課・公害研究センター：水生生物による河川水質汚濁調査… 綾川・大東川 (1984)
- 6) 香川県公害課・公害研究センター：水生生物による河川水質汚濁調査… 金倉川・弘田川 (1985)
- 7) 香川県公害課・公害研究センター：水生生物による河川水質汚濁調査… 財田川・高瀬川 (1986)
- 8) 社団法人日本の水をきれいにする会：水質管理計画調査報告書 21 (1981)
- 9) 社団法人日本の水をきれいにする会：水生生物相調査解析結果報告書 16 (1980)
- 10) 冠野禎男，三好健治，多田薫，他：香川県公害研究センター所報，11, 23 (1986)
- 11) 小田泰史：水域における生物指標の問題点と将来 国立公害研究所 61 (1987)
- 12) 冠野禎男，三好健治：香川県公害研究センター所報，9, 83 (1984)