

底生動物相による河川水質汚濁評価について

Biological Assessment of River Pollution

冠野 禎男
Yoshio KANNO

三好 健治
Kenji MIYOSHI

はじめに

公害関係法令に基づく公共用水域の水質汚濁の評価には、従来からBOD、COD等の理化学的指標が使用されているが、この他に、底生動物相を調べてその水域の水質を判定する方法がある。

底生動物は、魚類などと比べて移動性が少ないので、汚染の影響を受けやすく、水質汚濁の重要な指標となる。また、様々な環境要素を長期的かつ総合的に反映している等の利点があり、理化学的指標とは、相互の欠点を補う関係にある。

従って、各々の長所を生かしつつ、理化学的方法と生物学的方法を並用することが、汚染を監視していく上で重要であることから、本県では、昭和57年度から5年計画で、地域別に主要河川の底生動物相について調査を実施している。

今回は、既に香川県公害課・公害研究センターにより報告書¹⁾²⁾としてとりまとめられた4河川(18地点)の生物学的水質判定結果にもとづき、底生動物相による水質汚濁評価について考察した。

なお、本原稿の作成にあたり御指導いただいた、香川大学教育学部渡辺直助教授に御礼申し上げる。

調査方法

調査地点は図1に示すとおりであり、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設定している。

調査時期は5月、7月、10月、2月の年4回であり、河川の状態が比較的安定したときに調査が行われた。

底生動物相調査は、水質管理計画調査報告書³⁾(水生生物相調査法検討)に準じて実施されている。すなわち、底生動物の採集は石礫底の瀬の流心に近い場所で、底面

積30×30cmのサーバーネット(NGG 40)を用いて行い、標本は約5%となるようホルマリンで固定した後16メッシュ(オープニング1mm)のふるいにかけて、ふるい上に残ったものについてごみと生物を選り分け、生物の同定を行った。ただし、1地点での採取回数は2回である。また、理化学的水質調査は工場排水試験法(JIS)等に従っている。

なお、使用した生物学的水質判定法の概略を以下に述べる。以下の方法は^{註)}いづれも、出現した生物の種を「汚水生物学的水質生物表」に照らして、その場所の水質階級を知る方法である。

(1) 優占種法

もっとも出現頻度の高い種にもとづいて水質階級を決定する方法である。今回の調査では、ユズリカ類は種まで同定せずに一括して取り扱ったため、ユズリカ類の出現頻度をもっとも高い場合は便法として2番目に出現頻度の高い種を採用した。

(2) Kolkwitz法

個体数にかかわらず出現した全種の水質階級のうち、もっとも多くの種が示す水質階級を採用する。

(3) Beck&Tsuda法

出現した全種の汚濁に対する耐忍性より、A(非汚濁耐性種数)グループとB(汚濁耐性種数)グループに分け、生物指数(BI)を $2A+B$ により算出し、生物指数に対応する水質階級を採用する(表1)。一般には、貧腐水性域に主として生息する種をAとし、それ以外の種はすべてBに含める。なお、ここでは耐忍性の不明な種はBとして取り扱った。

(4) Pantle u. Buck法

サブプロビ指数とも呼ばれ、以下のように各出現種の汚濁階級(s)に1~4の値を、また個体数(h)に1~3の値を与え、汚濁指数(PI)を $\sum(s \times h) / \sum h$ により算出し、汚濁指数に対応する水質階級を採用する(表1)。

註) 水質汚濁の程度に従って、水域を貧腐水性域(OS)、 β -中腐水性域(β -ms)、 α -中腐水性域(α -ms)、強腐水性域(PS)の4階級に分け、生物のそれぞれの種がどの階級に主として生息するかを経験的にまとめたもの。

なお、種の水質階級が複数にまたがる場合は、汚濁階級指数の高い値を採用する。

- s : 汚濁階級指数 h : 個体数
- 1 = 貧腐水性種 1 = 1 個体
 - 2 = β - 中腐水性種 2 = 2 ~ 9 個体
 - 3 = α - 中腐水性種 3 = 10 個体以上
 - 4 = 強腐水性種

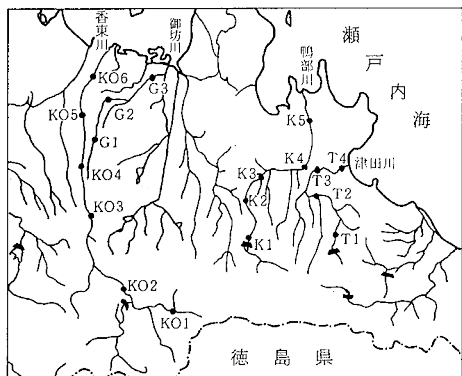


図1 調査地点図

表1 生物学的水質階級

階級	略語	意味	BODのめやす	生物指数	汚濁指数
強腐水性 Polysaprobic	PS	大変きたない	10mg/ℓ以上	0~5	3.6~4.0
α - 中腐水性 α -mesosaprobic	α -ms	きたない	5~10mg/ℓ	6~10	2.6~3.5
β - 中腐水性 β -mesosaprobic	β -ms	少しよくれた	2.5~5mg/ℓ	11~19	1.6~2.5
貧腐水性 oligosaprobic	OS	きれい	0~2.5mg/ℓ	20以上	1.0~1.5

各判定法の結果と総合判定結果との比較

もとの報告書¹⁾²⁾では、優占種法、Kolkwitz法、Beck & Tsuda法、Pantle u. Buck法の4方法による判定結果のうち、3方法以上の結果が一致した場合、その水質階級を総合判定結果としている。表2は4法のうち3法の評価が一致した場合、残りの一法がどのような判定を行なったのかを示している。

総合判定結果と異なる判定を導いた回数をもっとも多かったのは優占種法であった。各々の方法による結果の総合判定からの片寄り方を見ると、優占種法は総合判定よりも汚濁の強い判定をする傾向が見られ、特にOSが β -

表2 各判定法の結果と総合判定結果との比較

総合判定 各判定	OS	β -ms	α -ms	PS	総合判定と 異なった割合(%)
優占種法	OS	23	2		21.6
	β -ms	7	6		
	α -ms	1	1	11	
	PS				
Kolkwitz法	OS	31	5		12.5
	β -ms		2		
	α -ms			2	
	PS				
Beck & Tsuda法	OS	30			11.8
	β -ms	1	9		
	α -ms			6	
	PS			5	
Pantle u. Buck法	OS	25			17.6
	β -ms	6	9	3	
	α -ms			8	
	PS				

msへずれる例が多い。逆に、Kolkwitz法が他の3法と異なった結果を導いたのは、総合判定が β -msである地点をOSと、より汚濁の弱い方へずれる判定をしている。また、Beck & Tsuda法は、6例のいずれも総合判定よりも汚濁の強い判定を行なった。Pantle u. Buck法では、総合判定のOS及び α -msをいずれも β -msに判定した。なお、総合判定と異なる判定を導く割合がもっとも少なかった方法は、Beck & Tsuda法で、水生生物相調査解析結果報告書³⁾とは反対の傾向を示した。

季節的な変化

(1) 優占種の季節変化

表3に示すとおりであり、汚濁の進行した都市河川である御坊川を除いた各河川の最上流地点のK1, T1, Ko1でいずれも季節毎に異なった優占種が出現している。また昆虫類以外の種が優占する傾向の強い地点であるK2, G2, G3では、四季を通じて同一の種類が優占して出現している。全体的には、清澄な地点では季節ごとに優占種が変化しやすく、汚濁の進んだ地点では変わりにくい傾向がある。

表 3 優占種の季節変化

河川名	地点No	総判 合定	生物学的 階級	季節	優占種名	河川名	地点No	総判 合定	生物学的 階級	季節	優占種名
鴨 部 川 (K)	K1	OS	OS	春	ヒロアタナガレトビケラ	香 東 川 (Ko)	Ko1	OS	OS	春	ブユ
		OS	OS	夏	フタスジモンカゲロウ			OS	OS	夏	モンカゲロウ
		OS	β -ms	秋	コガタシマトビケラ			OS	OS	秋	コカゲロウ属
		OS	OS	冬	コカゲロウ属			OS	OS	冬	ナミヒラタカゲロウ
	K2	--	OS	春	カワニナ		OS	OS	春	ウルマーシマトビケラ	
		--	OS	夏	カワニナ		OS	OS	夏	ウルマーシマトビケラ	
		--	OS	秋	カワニナ		OS	β -ms	秋	ギフシマトビケラ	
		--	OS	冬	カワニナ		OS	OS	冬	アカマダラカゲロウ	
	K3	α -ms	α -ms	春	ミズムシ		OS	OS	春	コカゲロウ属	
		α -ms	α -ms	夏	ミズムシ		OS	OS	夏	アカマダラカゲロウ	
		--	OS	秋	コカゲロウ属		OS	β -ms	秋	ギフシマトビケラ	
		α -ms	α -ms	冬	ミズムシ		OS	OS	冬	アカマダラカゲロウ	
	K4	β -ms	β -ms	春	コガタシマトビケラ		--	β -ms	春	キイロカワカゲロウ	
		--	β -ms	夏	コガタシマトビケラ		OS	OS	夏	シロタニガワカゲロウ	
		--	β -ms	秋	コガタシマトビケラ		OS	β -ms	秋	コガタシマトビケラ	
		β -ms	β -ms	冬	コガタシマトビケラ		OS	OS	冬	シロタニガワカゲロウ	
	K5	OS	OS	春	コカゲロウ属		OS	α -ms	春	ミズムシ	
		--	OS	夏	コカゲロウ属		--	α -ms	夏	ミズムシ	
		β -ms	β -ms	秋	コガタシマトビケラ		β -ms	β -ms	秋	コガタシマトビケラ	
		β -ms	β -ms	冬	コガタシマトビケラ		OS	β -ms	冬	コガタシマトビケラ	
津 田 川 (T)	T1	OS	β -ms	春	ヒメカゲロウ属	--	β -ms	春	コガタシマトビケラ		
		OS	OS	夏	モンカゲロウ	--	--	夏	--		
		OS	β -ms	秋	コガタシマトビケラ	--	OS	秋	コカゲロウ属		
		OS	OS	冬	コカゲロウ属	--	α -ms	冬	ミズムシ		
御 坊 川 (G)	G1	--	β -ms	春	コガタシマトビケラ	β -ms	α -ms	春	ミズムシ		
		--	α -ms	夏	ミズムシ	--	α -ms	夏	サホコカゲロウ		
		OS	OS	秋	コカゲロウ属	--	PS	秋	サカマキガイ		
		--	β -ms	冬	コガタシマトビケラ	--	PS	冬	サカマキガイ		
香 東 川 (K)	Ko2	OS	OS	春	コカゲロウ属	α -ms	α -ms	春	ミズムシ		
		β -ms	β -ms	夏	コガタシマトビケラ	α -ms	α -ms	夏	ミズムシ		
		--	β -ms	秋	コガタシマトビケラ	α -ms	α -ms	秋	ミズムシ		
		OS	OS	冬	コカゲロウ属	α -ms	α -ms	冬	ミズムシ		
御 坊 川 (G)	G2	OS	OS	春	ヨシノマダラカゲロウ	α -ms	α -ms	春	ミズムシ		
		β -ms	β -ms	夏	コガタシマトビケラ	α -ms	α -ms	夏	ミズムシ		
		--	β -ms	秋	コガタシマトビケラ	α -ms	α -ms	秋	ミズムシ		
		OS	OS	冬	ブユ	α -ms	α -ms	冬	ミズムシ		
御 坊 川 (G)	G3	β -ms	OS	春	ヨシノマダラカゲロウ	α -ms	α -ms	春	ミズムシ		
		β -ms	OS	夏	コカゲロウ属	α -ms	α -ms	夏	ミズムシ		
		OS	OS	秋	コカゲロウ属	α -ms	α -ms	秋	ミズムシ		
		OS	OS	冬	コカゲロウ属	α -ms	α -ms	冬	ミズムシ		

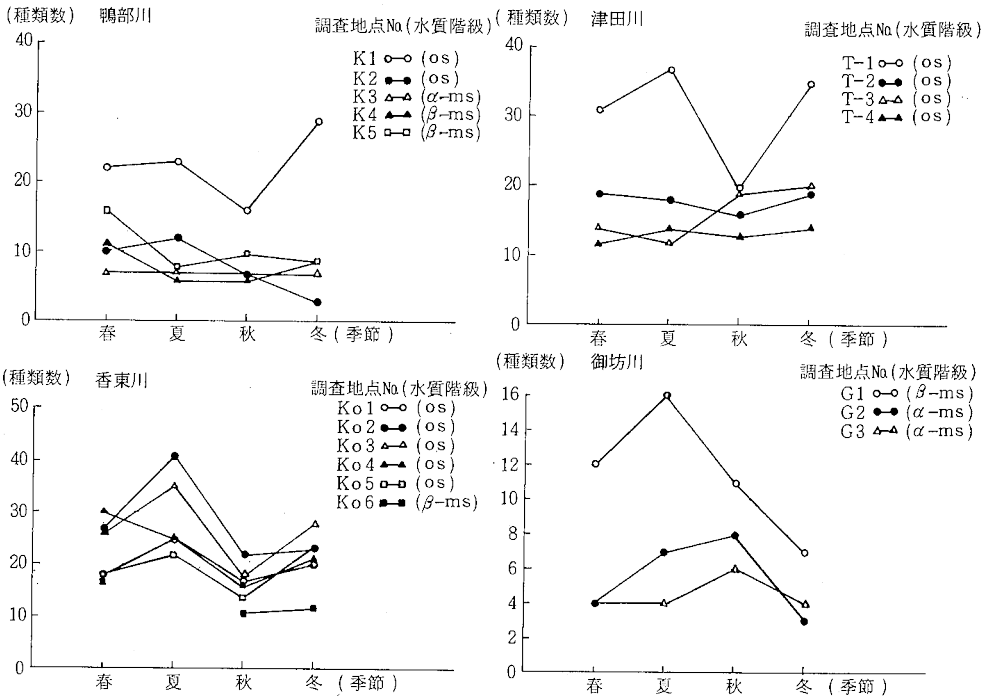


図 2 種類数の季節変化

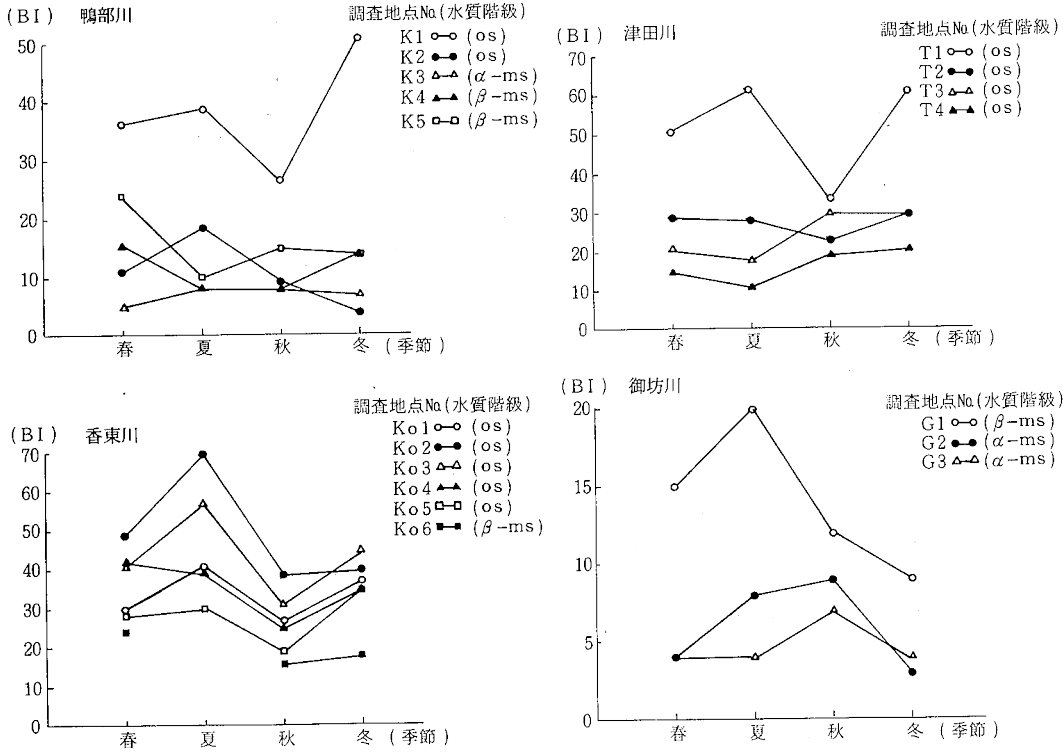


図3 BI値の季節変化

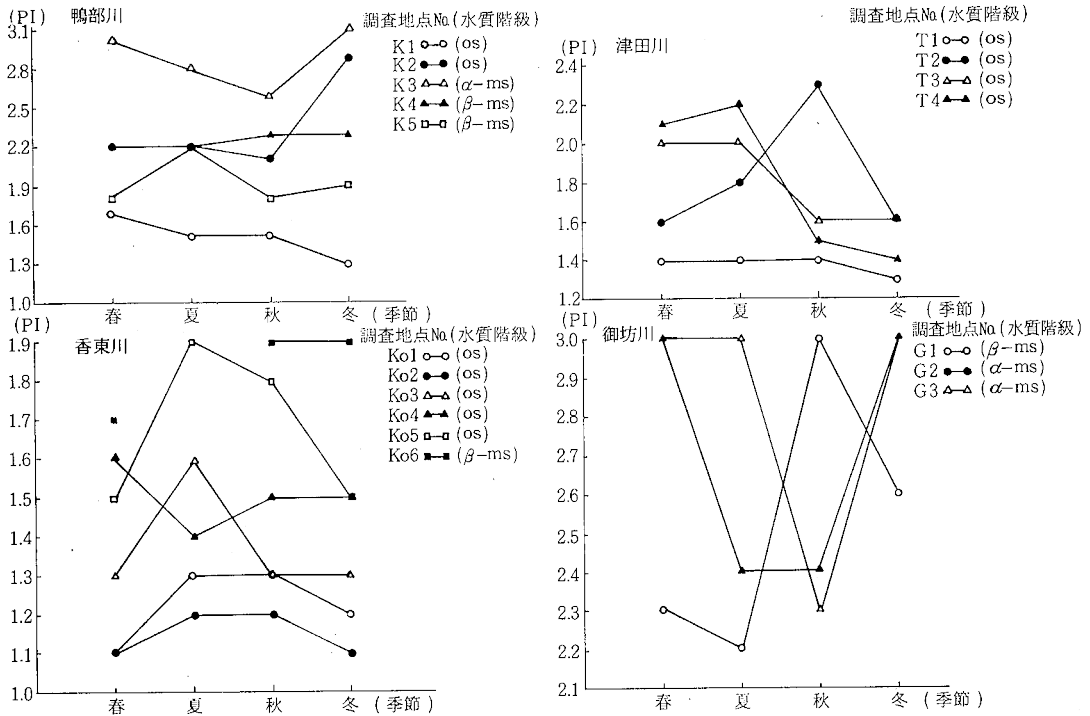


図4 PI値の季節変化

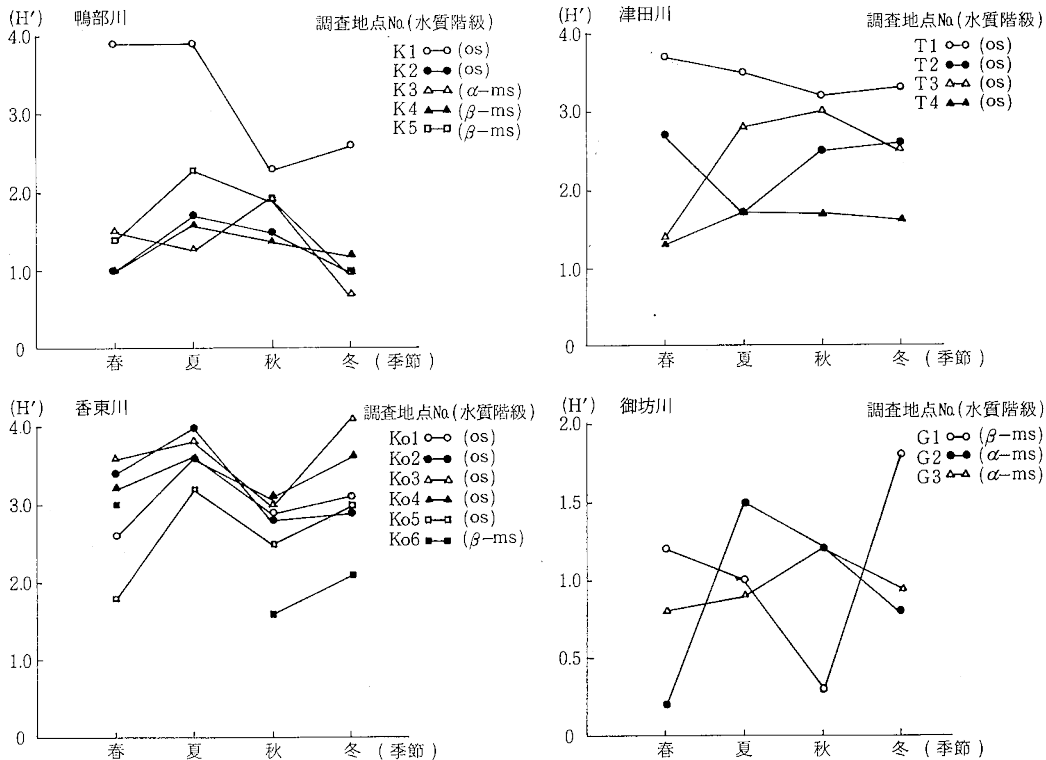


図5 多様性指数 (H') の季節変化

(2) 種類数の季節変化

図2に示すとおりであり、鴨部川、津田川、香東川それぞれの最上流であるK1, T1, Ko1で典型的に見られるように清澄な地点では秋期に種類数が減少する傾向が見られ、OSと判定された11地点のうち8地点までが、四季のうち秋期に出現する種類数をもっとも少なかった。また、これら清澄な地点では秋期から冬期にかけて種類数が増加するが、汚濁の進行した都市河川の調査地点であるG1, G2, G3では逆に減少している。

(3) BI 値の季節変化

図3に示すとおりであり、種類数の季節変化とよく似た変動をしており、清澄な地点では秋期にBI値が減少している。

(4) PI 値の季節変化

図4に示すとおりであり、季節の移り変わりによる規則的な変化は見られないが、一般に清澄な地点ではPI値の変動が小さいのに対し、汚濁の進んだ御坊川では変動が大きい。

(5) 多様性指数 (H') の季節変化

香川県公害課・公害研究センター(1982, 1983)ではさきに述べた4つの判定法以外に、底生動物の多様性

指数を参考として示している。多様性指数は群集構成の複雑さを示す指数であり、一般に汚濁が進んだ水域ではこの値が低下することが知られている(渡辺⁵⁾1973)。これまでに多くの多様性指数が提案されているが、ここではShannonの指数について検討した。これは総個体数(N)と各種の個体数(n)から $H' = -\sum (ni/N) \log_2 (ni/N)$ により算出するものである。その季節変化は図5に示すとおりであり、清澄な地点では夏期から秋期にかけて多様性が減少し、秋期から冬期にかけて増加する傾向が見られる。

生物学的指標と理化学的指標の関係

表4は生物学的指標と理化学的指標との間の相関係数を示したものである。DOとBIの相関を除くと全て有意水準1%で相関があった。また、BIよりもPIの方が理化学的指標との相関が高かった。

表 4 生物学的指標と理化学的指標との相関

生物指標 \ 理化学的指標	n=66 BOD	n=64 COD	n=66 DO	n=66 SS
BI	-0.36**	-0.48**	0.20	-0.32**
PI	0.50**	0.65**	-0.34**	0.32**

注) n; データ組数
**; 1%レベルで有意

ま と め

既に報告書にとりまとめた4河川(18地点)の生物学的水質判定結果を中心として、底生動物相による水質汚濁評価について考察した。

その結果を要約すると、次のとおりである。

(1) 各判定法の結果と総合判定結果との比較

総合判定結果と異なる判定を導いた回数が、もっとも多かったのは優占種法であった。優占種法及び Beck & Tsuda 法は、総合判定より汚濁の強い方へ、逆に Kolkwitz 法は弱い方へずれる判定を行う傾向が見られ、Pantle u. Buck 法は、 β -ms の判定を多く導いた。

(2) 季節的な変化

清澄な地点では、優占種が季節により移り変わり、種

類数、BI値及び多様性指数は、夏期から秋期にかけて減少し、秋期から冬期にかけて増加する傾向が見られた。

汚濁の進んだ地点では、優占種は季節的な変化が少なく、種類数及びBI値は、秋期から冬期にかけて減少する傾向が見られた。

(3) 生物学的指標と理化学的指標の関係

BI・PIとBOD・COD・DO・SSとの相関はDOとBIとの関係を除いて全て有意水準1%で相関があった。また、BIよりもPIの方が理化学的指標との相関が高かった。

文 献

- 1) 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(1982)
- 2) 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(1983)
- 3) 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)
- 4) 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74(1980)
- 5) 渡辺直; 用水と廃水, 15, 6; 725(1973)