

(11) 水環境を総合的に評価する

Assesses the whole aspects of stream environment.

松任麗華[※]、森下郁子^{※※}、菅原正孝^{※※}

Reika Matsutoh[※], Ikuko Morishita^{※※}, Masataka Sugahara^{※※}

ABSTRACT ; The collaboration among administrator, citizens and specialists is needed to approach stream environmental management in Japan. The society's attitude towards streams has changed from flood control and effective utilization of water resources to restoration of biological conditions. In this study, we conclude that biomonitoring based on indicator biology and habitat diversity index such as MHFm97 and HIMm98 effectively assesses the whole aspects of stream environment.

KEYWORDS ; 、stream environment.、durability ecosystem.、Assesses the whole aspects

1.はじめに

日本における水環境問題は社会や経済的な状況の変化の中で変化し続けてきた。1955 年からの経済成長過程では工場などからの排水による公害問題とともに人口も増加したことで生産性が重視され河川の汚濁が急激に進行したのは 1960 年代とされている。各地で公害問題、上水の取水に支障が生じてからは理化学的な水質として安全な水を供給するために排水基準が設けられ、現在でも理化学的水質は環境を評価する一つの方法として用いられている。また生物学的指標を用いた評価方法が津田、森下等によって開発され生物による水質階級が評価方法の一つとして用いられている。現在日本の河川をとりまく環境は行政と市民および専門家などによる協働が求められ、これまでの治水や利水のための効率的な活用から河川のあるべき目標が自然の再生という方向へ転換してきている。

水系の再自然化を目標とした地点の修復や復元は、その特性を何らかの評価方法で個別に評価するだけでは目標が定まらず困難であることが浮き彫りにされてきた。地点の修復の方向性が定まらないために水系全体の総合的な対策に取り組むことが困難であった。環境はその河川や水域をとりまく総合的で複合的な要素で成り立っているためこれらを総合的な視点でみていくことが肝要であると考えた。

また、専門家や行政、市民がその指標が持つ数値の意味を理解して協働できるかということにつなげるには、環境をどう認識していくかを明確にすることが求められる。河川に関わる人々の評価と数値の持つ評価が一致することが、環境のエコロジカルヘルスにつながる。そのためには評価が幅広い分野で十分に周知されることが必要である。そこでこれまで用いられてきた水環境評価方法と新しい評価方法の関連性を見出したうえでそれらを組み合わせて総合評価することの重要性を指摘したいと考える。

2.検討と解析の項目

解析に用いたデータは大阪府下の全域の 58 河川である。

[※]大阪産業大学工学研究科 博士過程 (Doctor Course Student at Graduate School of Engineering Osaka Sangyo University)

^{※※}大阪産業大学 人間環境学部 都市環境学科 教授 (Professor at Faculty of Human Environment Department of Urban Environment Osaka Sangyo University)

大阪府では5年毎に河川の魚類、底生動物の調査を行っている。同じ地点で調査回数が2回以上の70地点を用いて解析を行った。調査地点の水質調査結果は大阪府域河川等水質調査結果報告書、大阪府下の各市町村の環境白書、公害白書の平成12年度までの過去5年間の資料による。魚類、底生動物の調査資料は大阪府および(社)淡水生物研究所の生物調査報告書を用いた。

水質の評価では水質汚濁指標のBOD(mg/l)、指標生物による水質判定法であるB.I. (Biotix index)、P.I. (Pollution index)を用いた。さらに、環境の総合評価をする手法のHIM m98 HIMm98 (Habitat Index Model Morishita98' 以下HIMと示す。)とFMHF m97 (Fish Move Habitat Food Morishita97' FMHFと示す。)、BMHFm96 (Bentos Move Habitat Food Morishita96' FMHFと示す。)(後述)の6項目を用いて総合的に評価を行った。

3. 評価方法について

3.1 BOD

BODは水道水として利用できるかを基本的な考えとして設けられた。BODが1(mg/l)以下の水域では人為的に汚濁の少ない簡易な浄化方法で利用できるとされ、BODが3(mg/l)を超えると一般の処理方法では利用できない。また10(mg/l)を超えると悪臭を伴うなどの生活環境への影響が懸念される。

BODとは水中に生息する微生物が、生活に必要な腐敗性物質(有機物や細菌)を分解しながら消費し、安定化するために要する酸素量である。BODの値が大きいことは、消費する腐敗性の物質が水中に多く含まれることを意味し、水質汚濁指標の一つになる。指標を用いた河川の類型化に伴いBODが目的別に区部された。水産用や農業用など用途に合わせた基準がもうけられ、水産用としてのBODの基準値はヤマメやイワナがすみ水域で2(mg/l)以下、コイやフナでは3(mg/l)以下とされている。

3.2 B.I.とP.I. ^{1),2)}

生物による水質階級が体系づけられたのは、水域でどの程度の酸素が消費されているかということを物差しにして4つの水域に分けられた。貧腐水性、 β 中腐水性、 α 中腐水性、強腐水性である。貧腐水性水域では、川の中の有機物はほとんど分解され、酸素が飽和している状態であり、底生動物相が多様に生息している。強腐水性水域では溶存酸素はないに等しく、硫化水素が発生し、無酸素に耐える種のみが生息している。

B.I.は汚濁に耐えない種と汚濁に耐えられる種に分けて各地点の種類数から求める生物指数である。数値が大きいほど清冽であることを意味する。20以上が貧腐水性水域であり、0~5では強腐水性水域である。

生物が示す指標性の汚濁に対する耐性で4段階に区分し、多量度を取り入れたのがP.I.である。多量度は3段階に区分し偶在する生物による指標性の評価誤差を少なくすることで、水域の平均的な汚濁の度合いを示している。P.I.は1~4の数値で示され、1.0~1.5で貧腐水性水域、1.5~3.5は中腐水性水域、3.5~4.0の強腐水性としている。

生物による水質判定は、そこに生息する生物が持っている汚濁に対するポテンシャルを指標にした水域の水質階級を求める。指標生物による生物モニタリングは各河川で行政、専門家、学生や市民とによる協働のさががけとして普及してきた。

3.3 MHF ^{3),4)}

汚濁が清冽かという一面的な視点ではなく、生物が共生し持続するためには、どのような生態系が構成されているのかを把握することが求められるようになった。

MHFは生息する種とその種をとりまく生物群集の特徴を種ごとに把握して、それを生物の持つ情報として捉え、河川の特性をより生物学的に把握することを目的に開発された。MHFは生態系を構成している魚類や底生動物の持つ「移動性 Mobility」、「生息場所 Habitat」、「餌・食べ方 Food」の3つの情報から、生

態系の構成要素の大小を生物の種類数、現存量から捉えることができる評価方法である。

MHF は「生活史」、「行動様式」、「産卵行動、巣のタイプ」、「産卵期」、「底質の関係」、「流れの関係」、「捕食行動」の7項目で構成されている。MHF の数値が大きことは生活形態の多様性が高く、それが維持されていることで、環境は安定し同じ生活形態の魚類や底生動物が増加しやすい。そこに生息可能な種に対する割合から求めることでその地域性や潜在性を取り入れている。

本論文では大阪府下河川を淀川水系、大和川水系、泉南の河川の3つに区分してそれぞれの水域に生息できる種を生息可能な種とした。生息可能な種に対する割合のレベルは3つに区分し、魚類の場合、地点に75%以上生息していれば5、25%以下で1、それ以外を3としている。すべてのMHFの各項目が3以上であれば、MHFは30以上になり、すべての要素で1以上であればMHFは10になる。

3.4 HIM ⑤、⑥

1992年のブラジル会議以降の法律の改正（環境基本法、河川法）は、時代の要請を受けて環境に対する考え方を換え、河川では総合的な環境を評価が求められている。その社会のニーズに合うように1998年に森下等が開発したのがHIMである。新しい環境評価に対する考え方の特長は、評価が住民に周知され、参加や協働において容易に理解されることである。そのため魚類のようによく知られた生物に指標生物学の考え方を導入し、河川の構造と機能に注目して生息場の多様性評価をしたのがHIMである。

持続的な生態系を形成するために、魚類が産卵し生息するための条件が必要とされる。その条件をHIMでは「縦のつながり」、「河床材料」、「水深」、「流速」、「横のつながり」、「水生植物」、「水辺の機能」、「水辺林」、「光」、「人との関わり」の10項目としている。各項目に対する魚類の要求度を5.3.1の数値で評価する。HIMは景観からも評価できることが特徴的である。

HIMは日本に生息する平均的な魚類が生息している場合は10項目それぞれが3を示し、HIMは30になる。河口から上流域まで移動する回遊魚は河川が河口から上流への縦のつながりが、田んぼや水路に移動して産卵するナマズは横のつながりが特に重要である。このように、アマゴやナマズはHIM1やHIM5の項目を必要とするため、その項目が5を示す。HIMの各項目で5を示す魚類の割合が高くなれば、HIMは30以上になる。

また一方で外来魚などHIMの項目が1を示す魚類の割合が増えてくると、HIMは19以下になる。それぞれの項目で計っているものは異なるが、環境として期待されるレベルが同位置に位置づけられることは、エコロジカルヘルスのもとになるの循環型社会が保全されていることになる。これらのことからHIM30以上あれば生息環境は多様性と持続性が保全されていると期待できる。また生息環境が単一化し多様な生物が期待しにくいところでは19以下になる。

4. 評価に用いた手法についての解析

調査地点の解析結果から各評価方法の相関係数を求めたものを表1に示す。調査地点の解析結果から各評価方法の相関係数を求めたものを表1に示す。BODとP.I.は数値が高いほど汚濁していることを示すが生物の指標は数値が高いほど評価が高いため、他の指標と相関が負になる。6つの項目ではB.I.とBMHFの相関係数が最も高く0.7である。また、B.I.はHIMと相関が0.64と比較的高い。

表1 各要素の相関係数※（ ）は負を表す

	BOD	P.I.	B.I.	BMHF	FMHF
BOD					
P.I.	0.41				
B.I.	(0.43)	(0.49)			
BMHF	(0.25)	(0.49)	0.70		
FMHF	(0.27)	(0.25)	0.36	0.38	
HIM	(0.26)	(0.41)	0.64	0.64	0.57

図1～5にこれまで別々に用いられてきた指標どうしの関係について散布図で示す。

総合的評価が目的として開発されたHIM との関係について散布図で示す。

図1にはBOD と P.I.の関係について示した。BOD が 10(mg/l)以上になると P.I.はほとんどの地点で3以上を示し、BOD が5以下になると P.I.の数値がばらついている。明らかな相関はないが、BOD が 10(mg/l)以上の地点では生物の多様性が期待できないことがわかる。

図2に BOD と B.I.の関係を示した。BOD が 2(mg/l)以下では B.I.の値はばらつくが、40 以上を示す地点がある。BOD が高くなると B.I.が 20 以上を示す地点はほとんどない。図1と図2より、BOD が示す水質と P.I.、B.I.が示す水質には差があることがわかった。

図3に B.I.と BMHF の関係について示す。B.I.が高くなると BMHF が5以下を示す地点はない。B.I 以上を示す地点でも BMHF が高くない。図4には B.I.と FMHF の関係を示した。FMHF の値は B.I.に 関係なくばらつき、2つの指標に関連性がない。図3と図4から、大阪府下の河川ではBMHF と FMHF と生物学的な水質階級との間に相関がないことがわかった。

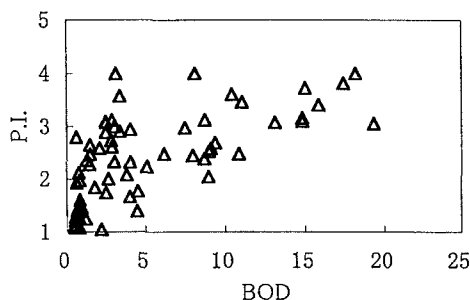


図1 BODとP.I.の関係
BI

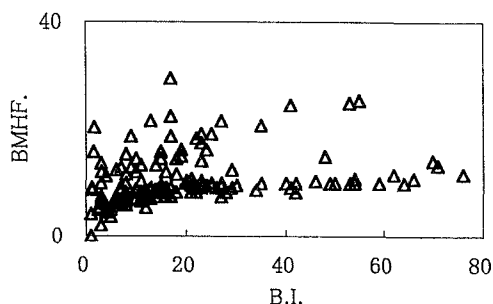


図3 B.I.とBMHFの関係

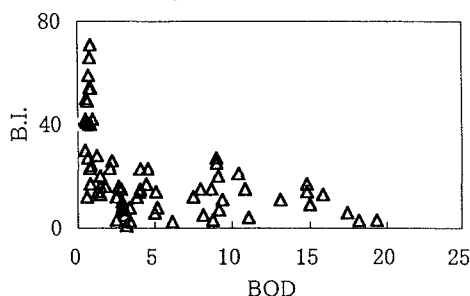


図2 BODとB.I.の関係

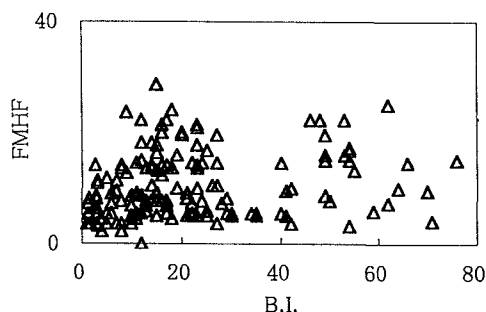


図4 B.I.とFMHFの関係

次に、総合的に評価することを目的に開発された HIM と各指標についての関係を示す。

図5には HIM と BOD の関係の散布図を図1に示す。HIM が 25 以下の地点では BOD が大きくばらつき、BOD が高い。また HIM が高くなると BOD は低くなる傾向があるが、明らかな相関はみられない。

図6には HIM と P.I.の関係を示した。HIM が高くなると P.I.が低いところ集まるが、BOD と同様に HIM に明らかな相関がなく、ばらつき

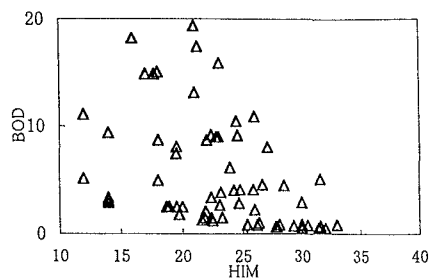


図5 HIMとBODの関係

が大きい。

図7には HIM と B.I.の関係を示した。HIM が 20 以下の地点で B.I.は 20 以上を示さず、貧腐水性水域が存在しないことがわかる。また、HIM が高くなると B.I.が高くなる傾向がある。

図5から7より、水域の汚濁の度合いの指標と HIM には明らかな相関がないことがわかる。また、B.I.は HIM が 20 以下の地点では低くなり値のばらつきは小さいが、BOD や P.I.は HIM の値に関係なくばらつきが大きい。

図8には HIM と BMHF の関係を示した。HIM が高くなると BMHF が少し高くなる傾向があるが、ほとんどの地点で BMHF は約 10 を示し、地点間での差が小さい。

図9には HIM と FMHF の関係を示した。大阪府下ではほとんどの地点で 10 以下を示している。これは河川の規模が小さく、魚類が生息している範囲が狭いことを示している。

図8、9より BMHF は FMHF に比べて HIM との相関がある。

図1～9より、各指標間の関係からは各指標によるばらつきが大きく、お互いの指標との関連性が低いことがわかった。また、各指標と総合的に評価している HIM とも明らかな関係がないことがわかった。

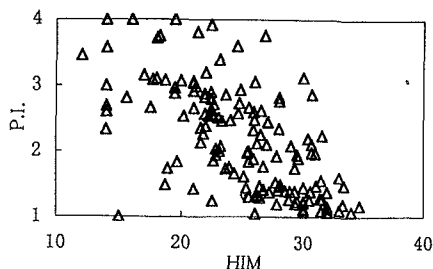


図6 HIMとP.I.の関係

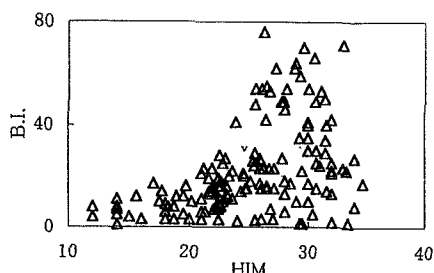


図7 HIMとB.I.の関係

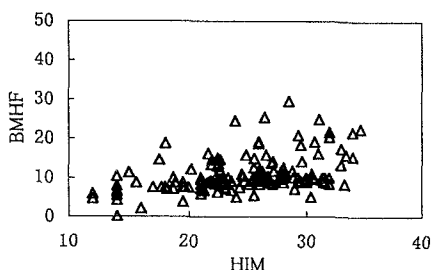


図8 HIMとBMHFの関係

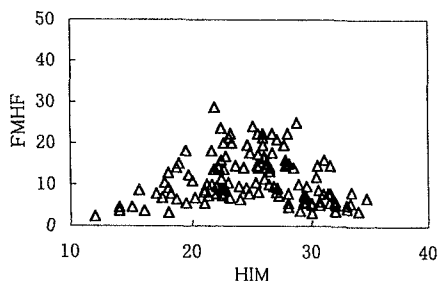


図9 HIMとFMHFの関係

5.総合評価

各指標が開発された目的が異なり、数値が持つ意味が異なる。しかし数値で示される評価を環境の把握の手がかりにしていることは共通している。そこで、これらの情報を各指標の数値ではなく、生物が生息するための環境として多様性や持続性が期待できる範囲を5、期待できないを1、適切な管理を必要とするを3する。表2に指標の数値化の基準を示す。

BOD はアユが生息する BOD 2(mg/l)以下を評価5とした。また多様な生物が生息するための水質の許容範囲の 5(mg/l)以上を1、それ以外を3とした。P.I.、B.I.では生物学的水質階級から、貧腐水性水域を5、強腐水性水域を1、中腐水性水域を3とした。

FMHF、BMHF は生活形態がバランスしているとレベルが高くなり、偏るとMHFは低くなる。MHF の項目で欠けている要素の割合が 25%以内であればMHFは 20 以上を示し、これを5とする。欠けている項目が半数を超えると、MHF は5以下になり、生態系の持続性が期待できないため1とする。

表2 評価の設定

	期待される評価のレベル		
	5	3	1
BOD(mg/l)	≤ 2	2～5	≥ 5
P.I.	≤ 1.5	1.6～3.4	≥ 3.5
B.I.	≥ 20	5～20	≤ 5
BMHF	≥ 20	5～20	≤ 5
FMHF	≥ 20	5～20	≤ 5

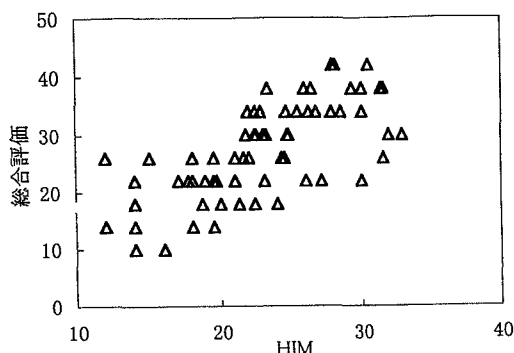


図10 HIM と評価の合計値

新しく開発された HIM と5つの指標をレベルに区分した評価値の合計値と HIM の関係を図10に示す。個別に評価した場合は、HIM との明らかな相関が見られなかった。しかし、5つの指標を生物が生息するための環境として多様性や持続性が期待できる範囲をレベルに変えて、総合的に評価すれば HIM との関連性が見いだせた。

7.おわりに

環境を評価するには、専門家や行政、市民が共通の認識の上に現状を把握ができることが必要である。共通の認識は参加することと協働である。BOD、B.I.、P.I.、BMHF、FMHFでは開発された目的は異なり、一つ一つが環境を指標しているが数値に関連性がなく、ばらつきがあることがわかった。これらを生物が持続性を持って生息できる環境のレベルで分けて評価すると、総合的な評価として開発された HIM と関連性があることがわかった。これまで用いられてきた指標を同じレベルにあわせて地点を評価することで、総合的に評価ができると考える。

※ 参考文献

- 1) 津田松苗 森下郁子 生物による水質調査法 山海堂 1974
- 2) 森下郁子 生物モニタリングの考え方 山海堂 1984
- 3) 森下郁子 河川の生態学的評価(MHF) 淡水生物 72 1997
- 4) (財)ダム水源環境整備センター ダム湖生態系指標検討業務 報告書 2002
- 5) 森下郁子 川の HIM をつくる 淡水生物 76 1998
- 6) 森下郁子・森下雅子・森下依理子 川のHの条件—陸水生生態学からの提言 山海堂 2000
- 7) 松任麗華 森下郁子 菅原正孝 都市河川における水質と魚類からみた河川環境の評価 工業用水 2002