

環境と生物

—— 生物を調査して何がわかるか ——

福 島 博

1. 現存量 — 生物の量は多いか少ないか —

一定の水域にどれだけの生物が生育しているかという数量的なパラメーターを現存量といい、河床の石礫の一定面積上の付着藻の容量や細胞数などで表わす。

現存量は一般に貧栄養の水域ほどその値が小さく、富栄養化の進行している水域ほど、その値が大きい傾向を示す。そのために富栄養化の程度を知る指標になりうるが、河川にはしばしば洪水があって、その規模によっては、ほとんど完全にはがれて流下する。その荒廃の程度は洪水の規模、その地点の河床勾配、河床構造などによって異なり、その回復の状況も河床の状態やそこに生育する生物、水質によって全く異なり、水温の影響も強くうけるので、現存量のみで富栄養化の状況を推定することは不可能である。以上のような諸事情があるが、日本の平均的な値は付着藻容量では河床の石礫 100cm^2 につき 4.13ml 、細胞数では 1mm^2 につき $2,000 \sim 5,000$ であるため、これらの値との比較から、日本の河川として現存量の大きい方か、小さい方かの推定は可能である。

現存量の測定には上記のような容量、細胞数などがあるが、これらの方法はいずれも一長一短で完全な方法はない。容量の場合死んだ生物（デトリタス）や、細かな土砂（シルト）の混入がさげられず、細胞数の場合、細胞の大小による差が問題になる。

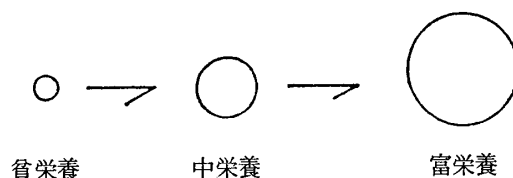


図1 河川の汚濁程度と付着藻現存量との関係

富栄養化が進行するに従って現存量が増大するのが普通である。

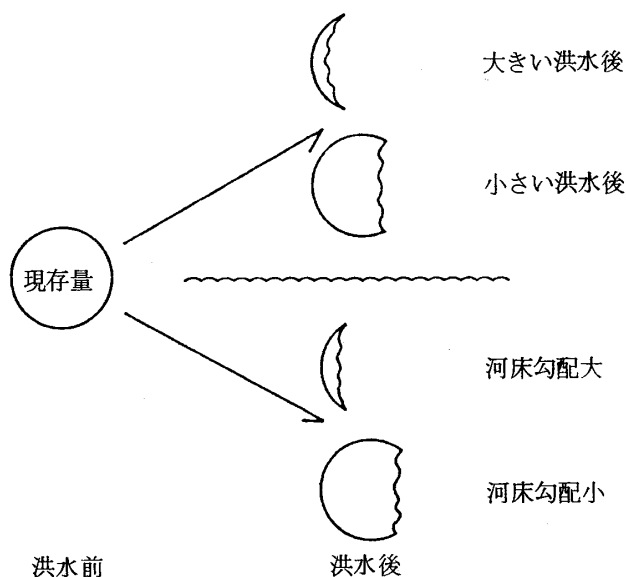


図2 付着藻の荒廃と洪水との関係

洪水によって付着藻ははがれて流下する。その荒廃の程度は洪水の規模によって異なり洪水が大きければ被害が大きく、洪水の規模が小さければ被害が小さい。その被害の程度は河床勾配などの状況によっても異なる。よって、付着藻現存量と富栄養化の関連性には種々な問題点はあるが、現存量は富栄養化の一つの目安にはなりうる。

2 どういう種が生育しているか

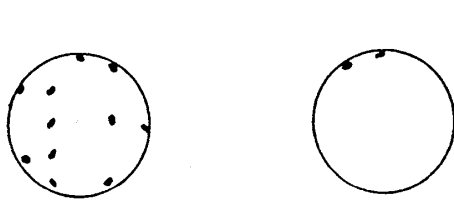
生物の中には生育分布の広い種があるが、反対に狭い種もある。生物には適応能力のあることが特徴の一つとされているにもかかわらず、このように分布の狭い種がある。このように分布の狭い種が環境の指標種になりうる。指標種は、水温に関しては温水性・冷水性、酸性度についてはアルカリ性・酸性、有機汚濁については清水性・腐水性などと区別することができる。

調査水域の生物中に酸性種がある程度混入しているとき、その水域は酸性であると判定し、腐水性種がある程度みられるとき、有機汚濁が進行していると判定したり、貧腐水域、 β 中腐水域、 α 中腐水域、強腐水域というように水域を細分したりすることがある。

このような漠然とした区分でなく、その程度を数字で表現する方法として次章のような方法もある。

なお、生育種の中の大部分は普通種であるが、ときには貴重種が見出されることがある。貴重種には個体数が少なかったり、分布が偏っているため、地球上の他地方では全く分布しないか、ほとんど分布しない種である。このような種は、その付近の環境変化をひきおこすような作業のおこなわれる折は、十分に注意を払わせねばならないし、また、貴重種に変化を与える可能性のある場合、慎重な保護対策をたてねばならない。その方法の一例としては飼育・培養を含め、他の場所での一時、あるいは長期の移植をすることがあげられる。

また、ときには薬用になるとか、珍味として珍重されるとかで、それらの種の分布のあまり
広くないものなども、上記貴重種に準じる取り扱いをせねばならない。



適応能力
分布の広い種 > 分布の狭い種

耐性
分布の広い種 > 分布の狭い種

図3 生物の分布状態を示す

生物に分布の広い種と狭い種がある。後者は指標種として環境評価に用いられる。

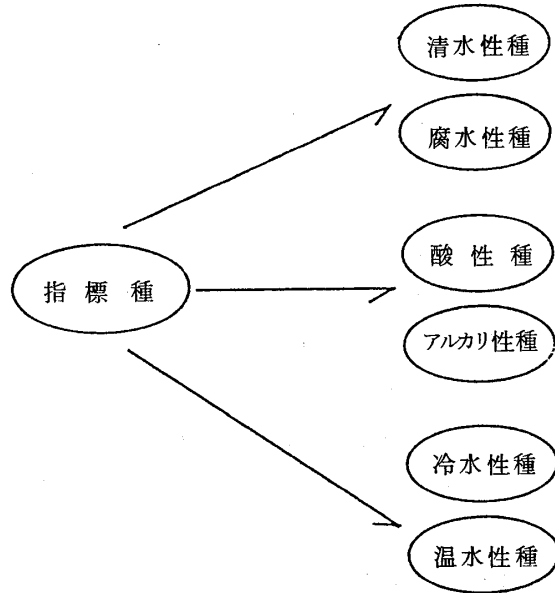


図4 指標種

指標種は生育する環境によって清水性種，腐水性種などと分類することができる。

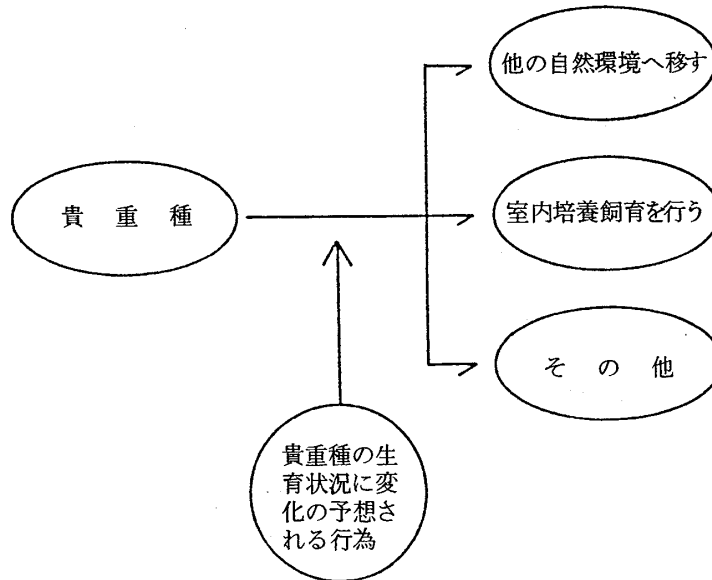


図5 貴重種の保護

3. 群落構造はどうなっているか

生物の個々の個体は独立して、個々別々に生活をしているのではなく、お互いに影響しあっ

て生活をしているので、その生活集団である群落の構造は環境のパラメーターにすることができる。

群落構造を調べたり、群落構造から水質状況を推定する指数はかなり沢山報告されている。それらの中から適当と考えられる指数を選ぶと次のようである。

多様性指数と純率は群落構造が大きく、単純な場合はその群落の安定性が小さいことを示している。しかし、多様性指数そのままの値を用いて汚濁状況を推定しようという試みが、日本においても、外国においてもかなり沢山ある。大変清浄な地点の多様性指数はその値が小さくなり、強く汚濁した場合も値が小さいので、両者の区別が困難になる。このような場合は、群落構成種や優占種をみると、その地点が汚濁して値が小さくなっているのか、清浄で値が小さくなっているのか明瞭になることが多い。純率は多様性指数と負の相関関係があることは筆者の千曲川の付着藻の研究で明瞭である。

ベックの生物指数と清浄度の2つの指数は水域が清浄であればある程、その値が大きくなるが、ベックの生物指数はしばしば、多様性指数とほぼ類似した傾向の値をとる。すなわち、きわめて清浄な所の値は小さく、少し富栄養化した所の値が最大で、富栄養化の進行に従って値が小さくなる。

汚濁度、汚濁指数、ザプロビ指数はその水域が汚濁している程、それらの指数は大きくなる。それらの指数とザプロビ指数との関連性について信濃川の5地点の付着藻について、1984年4、6、8、9、10月の5回調査した結果を図6～8に示した。

以上の諸指数は汚濁の程度を示すだけで、値の僅かな差がそのまま水質の差を示しているわけではないことが多い点に注意せねばならない。また、これらの諸指数は河川の各調査地点の値で示されるので生物相からみて、日本のとくに近隣の河川と類似しているかを比較することができ、A川のA地点は、B川のB地点と類似しているというように地点間の類似の程度まで比較できる。また、河川全体の汚濁状態を総合して比較することができる。この場合は調査地点の指数の平均値を用いる。河川全体を比較するとき調査地点が片よっていると平均値も片よ

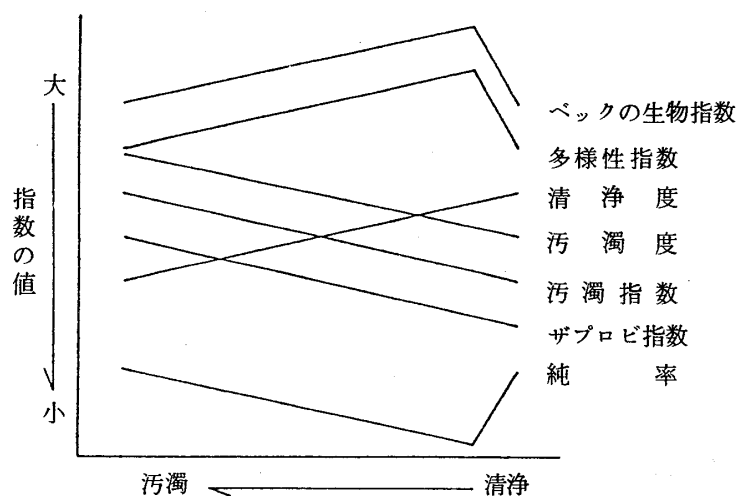


図6 指数と汚濁の関係パターン

るので、調査地点の選定が重要になる。支川はとくに清浄なものもあるが、汚濁の著しく進行したものもあるので、支川の調査地点数によって平均の値に大きい影響を与える場合がある。支川の水のすべての総合したものが本川であるという考えから、支川はとくに本川に大きい影響を与えている重要なものだけに限定し、本川の調査地点の平均値をその河川の値とする。本川の調査地点は水質汚濁防止法第16条に基づく水質測定計画の調査地点とするが、上記の調査地点のきめられていない河川や、調査地点が下流部にだけしかない河川では、上に順じて調査地点を設ける。

つぎの4章に記すように水中生物の活性は水温に強い影響をうけるために、諸指数で河川の汚濁状況を比較する場合、ほぼ似た水温時のデータを使用しないと誤差が大きくなる。しかし、比較対照を細分しすぎるのは使用に不便であるため、7, 8, 9月を夏季、4, 5, 6, 10, 11, 12月を春秋季、1, 2, 3月を冬季として同一季節間で比較をする。融雪水などで春季も冷水期

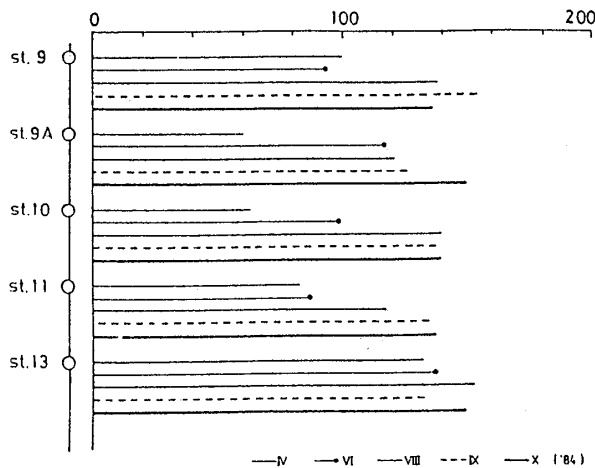


図7 信濃川付着藻の汚濁指数 (V-X 1984)

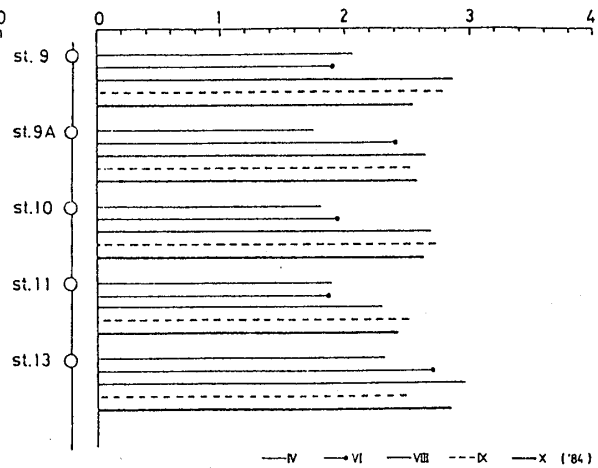


図8 信濃川付着藻のザプロビ指数 (V-X 1984)

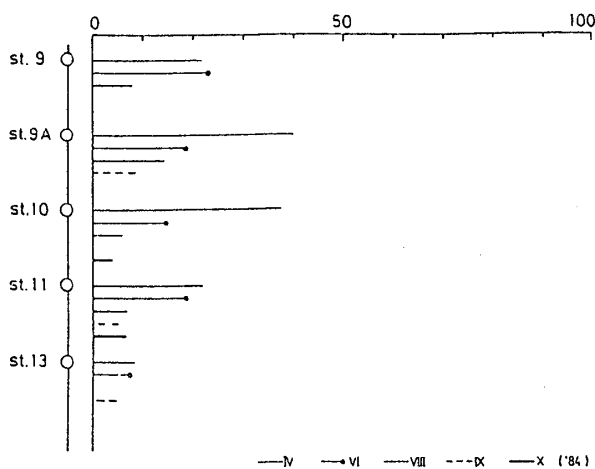


図9 信濃川付着藻の清浄度 (V-X 1984)

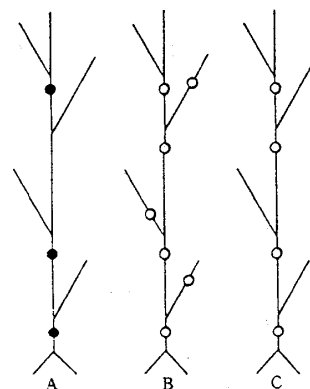


図10 河川の水中生物による水質評価の対象とする範囲の模式図

- A. 水質汚濁防止法第16条に基づく水質測定計画の調査地点
- B. 生物相調査地点図
- C. 生物指数の比較に用いる調査地点

の続く地域は、それを考慮して修正する。

このように諸指数で比較をする場合同一方法で行われた調査でなければ正確に行えないのは当然である。

4. 生物相に水温が強い影響を与えている

水質の理化学的な分析は多くの河川で行われ、測定される多くの項目の中で、BODは水質汚濁の重要な指標とされ、その測定はほとんどの地点で行われている。しかしBOD値と生物で判定した水質汚濁との間に、かなりの差のあることも多い。生物で判定した結果は、一般にBOD値で判定した結果より夏季の方が冬季より汚濁が進行しているように判定されるが、その理由として、次のような2点を考えることができる。

第一の理由は、BOD値は水温20°のもとで、5日間バクテリアによる有機物分解のために消費する酸素量で測定されている。このため、夏季の河川の水温がBOD測定用の20°に近い場合は、実際の汚濁状況とBOD値はほぼ同じであるが、冬季は河川の水温が著しく低下しているため、河川でのバクテリアによる有機物分解作用はBOD測定時よりも著しく小さい値を示す。従ってある地点のBOD値が夏季と冬季で等しかったと仮定すると、夏はバクテリアによって有機物の多くが分解され、多量の酸素が消費される。さらに分解産物が生じ、水中の酸素

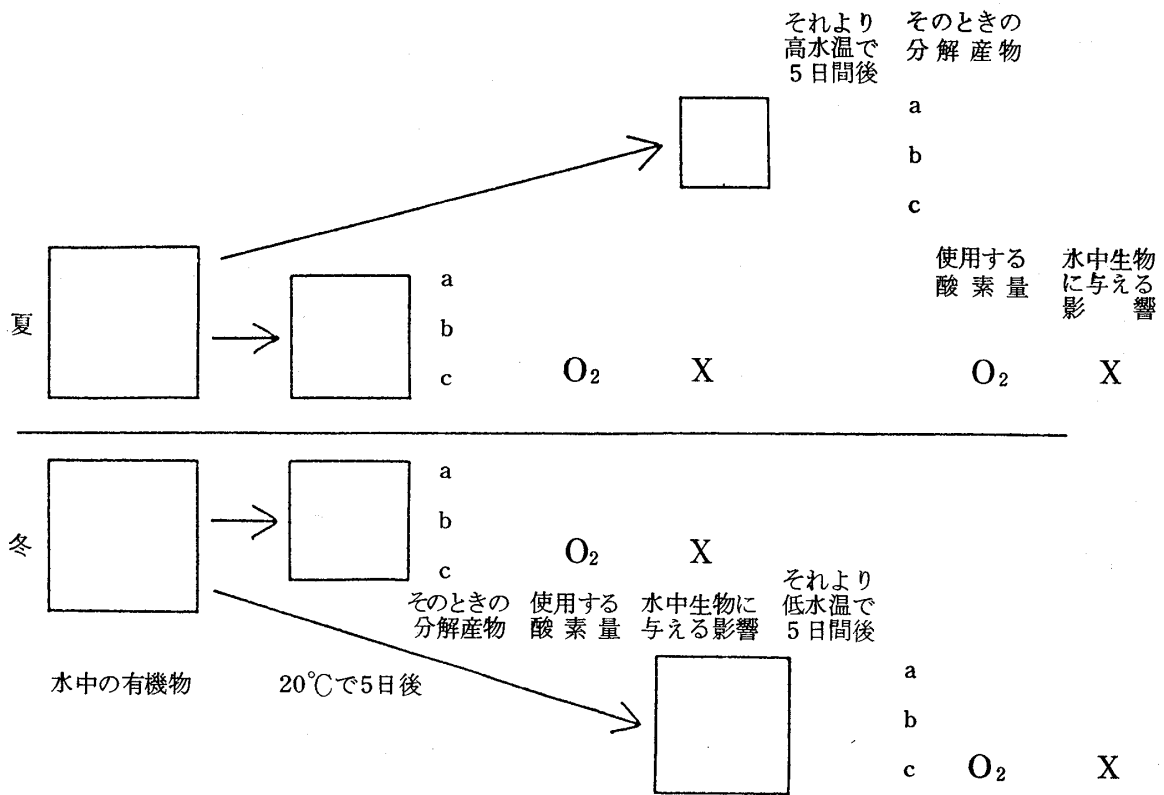


図11 BODが同じでも夏と冬のように水温が異なると生物への影響が異なることを示す

不足と、分解産物による害作用のために耐性の弱い生物が生育できなくなる。よって、その水質は汚濁が進行していることになる。冬ではバクテリアによる有機物の分解が弱く、それに必要とする酸素も少ないため、水中酸素は夏より豊富である。また有機物の分解による産物も少ないので、それによる有害作用も弱いため、耐性の弱い生物でも、その水中に生活可能になる。すなわち、その水域の水質汚濁は弱いことになる。

第2の理由は、水の酸素容存率は水温の影響が強く、水温が高いと溶存率は低く、水温の低いときは溶存率は高くなる。従って、他の諸条件が等しいときは、低温のときの方が水中酸素が豊富で、水中生物の生活の場としては優れていることになる。

5. 環境調査になぜ生物を使うか

日本各地の河川で水質の理化学的分析が行われているにもかかわらず、生物を用いて調査を行う理由は、理化学的分析ではえられないよい結果を得ることができるため、これを簡単に記すと次のようである。

A. 水中生物は水環境を正確に表現している。環境解析をする方法として開発された理化学的分析の中には、環境表現の不十分な方法がある。このような場合でも、生物は現状を最もよく示している。その例としてBODをあげることができる。現在多く用いられている方法では、20°C付近のときは実状にそった値を得られるが、冬季では有機物分解が弱いため、同じBOD値でも生物に与える影響は夏季よりもずっと弱くなっている。従って生物に与える影響を知るには、生物によるのが一番よい。

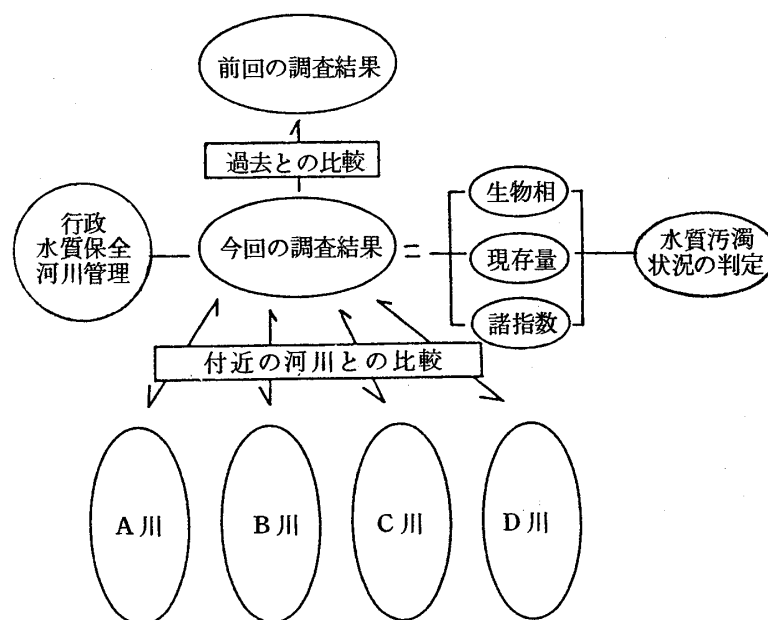


図12 調査結果の検討，利用例

表1 いろいろな水質階級とBODとの比較

生物による 水質判定		一般的 表現	環境基準の 水質類型	BOD ppm
I	β -貧腐水域	きれい	AA	0
	α -貧腐水域		A	1
II	β -中腐水域		ややきれい	B
		C		3
III	α -中腐水域	やや汚れている	D	4
			E	5
IV	β -強腐水域	汚れている		6
				7
				8
				9
				10
				50

B. 変化する水質の平均的な値をうることができる。河川では時間によって水質の著しく変化することがある。人間活動の盛んな地域のBODはその一例である。このような場合変化の実態は観測間隔の短縮によって知りうるが、その変化が生物相にどう影響するかは、その水域に生育する生物を調査することでもっともよく知りうる。

C. 理化学分析では一つ一つの物質の濃度がわかっても、それらの物質の生物に与える影響の程度を知るのが容易でない。それらが相乗作用を与える場合、その程度は全く不明であるが、生物では、それらの総合的影響がわかる。

D. 一過性の毒物でも、生物相に影響を与える。河川では常に水が流れているため、

一過性の毒物などは理化学検査で把握するのは困難であるが、生物はそこに常に生育しているため、過去の一過性の毒物の存在や規模も推定可能である。

以上のように生物による方法は、物理化学的水質分析にない数多くの特徴があるので、物理化学的水質分析と同時に生物調査を行うべきであるが、日本の現状では、正確な種類の同定のできる研究者が少ないという難点がある。

生物相の調査を行うと、その時点の水質、とくに水中生物の環境としての水質状態がわかる。流域の人口増加、工場の排水量の増加、質の変化、河川の護岸の施工、流路変更、しゅんせつ、くっさく、堰などの構造物の建設は、生物相の変化の原因にしばしばなっている。

前回の調査より生物相が変化した場合、どう変わったかを検討し、水質としてどう変化したかを推定し、生物相の変化したことが、生育の場としてよいか、悪いか、悪い場合はどの程度悪いか、さらに人類への影響があるか、ないかも推定せねばならない。

生物によって水質の汚濁状況を判定する場合、世界で最も広く用いられているのはコルクウィッツとマルソンの分類方法で、それは次のように4階級に分けられている。貧腐水域、 β 中腐水域、 α 中腐水域、強腐水域で、強腐水域をさらに α 、 β に区分することもある。この分類は、さらにI、II、III、IVと簡単に分ける方法も提案されている。

生物による水質の階級分けは、他の場合と異なり、水質の物理化学的分析値と正確に対比できるものではないが、一応の比較をすると表1のようである。

Environment and Organisms

—What Can Be Found Out by Investigating Living Things —

Hiroshi Fukushima

It is natural to say that the more the number of individual algae living on a certain area, the more the number of animals consuming it exists. Generally there are few number of individuals in a water area with poor nutrition, and more number of individuals in a water area with rich nutrition. Among organisms some have a limited range of adaptation and are used as an index to the environment. In general, organisms have great diversity in a pure water area, and little diversity in very pure water as well as a very polluted water area.

When biologically judged by the index indicating water pollution, comparison between rivers is made with the use of the average score of the investigated place in a main river instead of a branch of the river. Biological oxygen demand (BOD) value is generally regarded as important as an index of water pollution. Since 20°C is a standard for the measurement of BOD, BOD value is almost the same as an organic pollution in the water temperature close to 20°C. However, when the water temperature is low as in the winter season, the degree of organic pollution in rivers is considerably lower than BOD value. In order to make a comparative accurate measurement of the status quo of the water pollution, the best way is to make presumption by organisms in water.