

第二部 水域生物指標の検討

1. 河 川

河川環境の概要

横浜市は神奈川県東部に位置し、さらに市の東部は東京湾に面している。その市域には、多摩丘陵、相模原台地、下末吉台地など、丘陵・台地が発達し、市域の総面積の約70%を占める(図-1)。横浜市内の主な河川は六つの水系にまとめられ、鶴見川、境川はこれら丘陵・台地をさらに北西に遡った横浜市内外域に源を発している。その他の河川はいずれもこれらの丘陵・台地の市内部に源を持っている。鶴見川、帷子川、大岡川、宮川、侍従川の五つの水系は東京湾に注ぎ、境川・柏尾川水系は藤沢市内を経て、相模湾へ注ぐ。この他には、入江川、滝の川などの規模の極めて小さい河川が若干挙げられる。

(図-2)

横浜市内を流れる河川の規模は、関東平野を流れる主要な河川に比べて、その流域面積は小さく河川延長も短い(表-1)。市内の河川では、海水の影響が及ぶ汽水域となる部分は比較的大きく、各河川の河口から源流部までの距離に対する割合が2~4割にも達することが、河川勾配図から読み取れる。

(図-3)

かつて昭和40年代には、宅地は市面積のわずか29%であり、山林・田畑は河川流域の丘陵・台地を中心に分布し、市域の多くを占めていた。しかし、その後の30年間で、市域の市街化が進行し、昭和62年には宅地が59%となり、山林・田畑など緑地の面積は急激に減少した。

そのため土地の保水力の減少、市街化に伴う不透水地域の拡大が、平水時の河川の固有流量の減少と、

降雨時に雨水が短時間に河川へ流入することによる急激な河川流量の増加という、横浜市の河川の特徴をつくりだした。また、河川流域の都市化は、河川管理対策の必要上から、河道のつけ替え、分水路の建設、コンクリート護岸の構築、浚渫等による河床の改変など、河川形態そのものの急激な変化をもたらした。河口部の干潟域は埋立などにより、その姿を消し、蛇行する河川に替わってコンクリート護岸による直線的な河川が出現した。また堆積した土砂により洲が形成され瀬や淵が交互に出現する変化に富んだ河床は平坦化されて、より人工的な形態となる区間が増加していった。これらの河川形態の変化は当初、河口域やその付近に限られたものであったが、市街地の発展に伴い、河川を遡る形となり、源流にまで及ぶ河川も見られるようになっていく。

市街地の発展は、河川水質の汚濁も発生させた。市内主要河川では、水質汚濁防止法に基づいて、公共用水域測定計画により、定められた地点で定期的に水質汚濁の状況が監視されている。

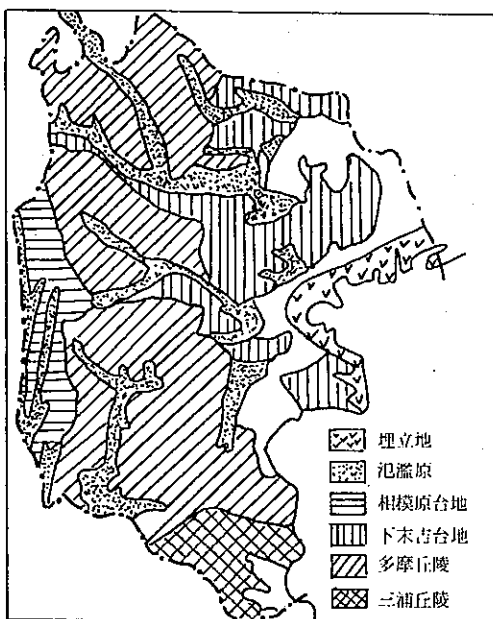
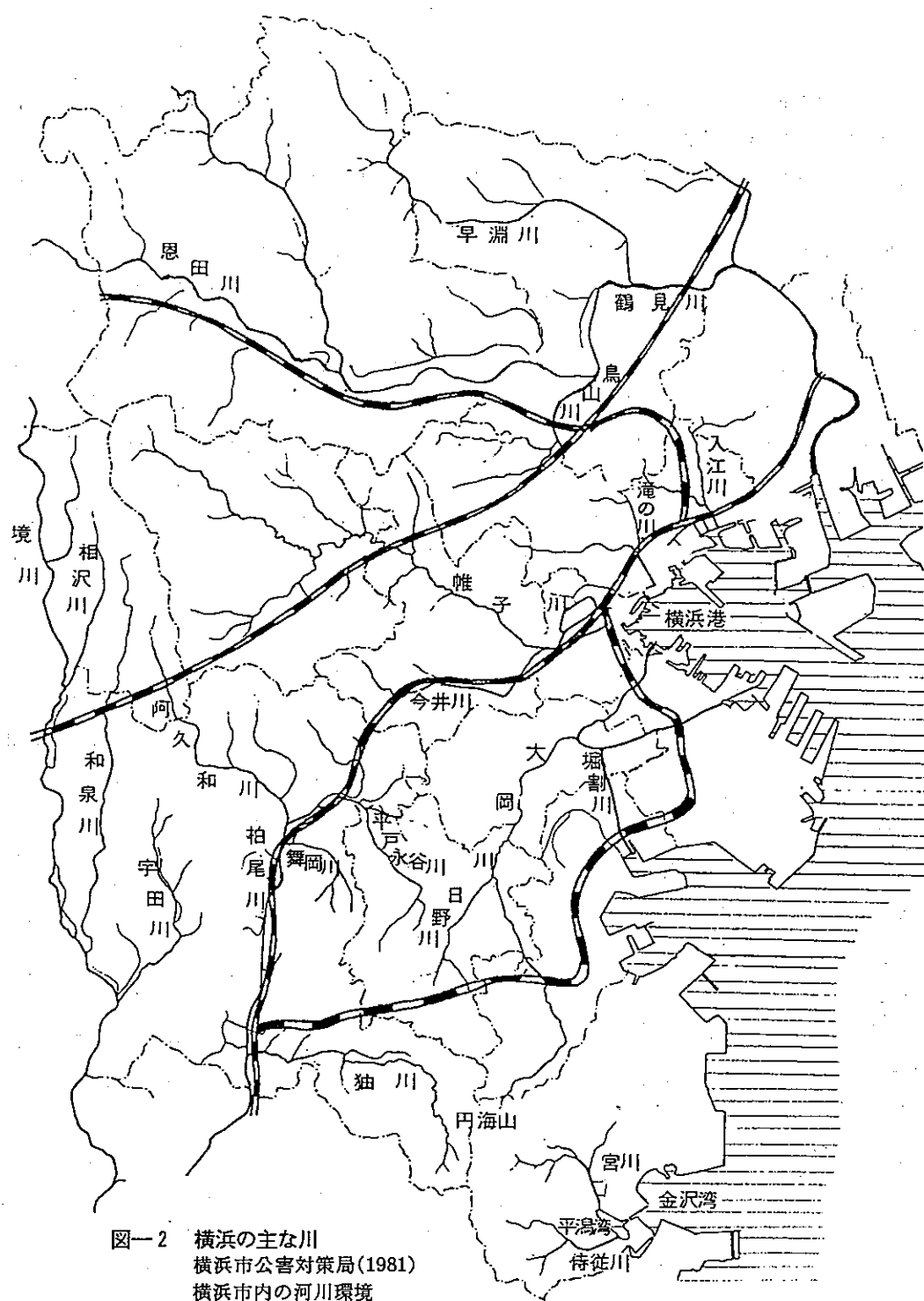


図-1 横浜の地形区分
(日本の地理・神奈川県の自然より)



表—1 関東平野主要河川及び横浜市の河川

	流域面積 (km ²)	長さ (km)
利根川	16,840	322
那珂川	3,270	150
荒川	2,940	169
相模川	1,680	109
多摩川	1,240	138
鶴見川	235 (142.7)	※ 69.6 (31.9)
帷子川	58.4	28.0 (16.5)
大岡川	93.8	23.8 (10.7)
境川	211 (105.5)	※ 69.4 (22.5)

注) ※市外を含む幹川の長さ

() 内数値は市内部分の流域面積・幹川の長さ

- ・東京天文台(1986)理科年表
- ・横浜市公害対策局(1986)横浜の川と海の生物(第4報)
- ・横浜市公害対策局(1974)横浜市内河川海域の水質汚濁と生物
- ・横浜市下水道局(1982)横浜市河川図

表—2 人の健康の保護に関する環境基準

項目	カドミウム	シアン	有機燐	鉛	クロム (6価)	ヒ素	総水銀	アルキル水銀	PCB
基準値	0.01mg/ℓ 以下	検出され ないこと。	検出されな いこと。	0.1 mg/ℓ 以下	0.05 mg/ℓ 以下	0.05 mg/ℓ 以下	0.0005 mg/ℓ 以下	検出されな いこと。	検出され ないこと。

基準値は最高値とする。ただし、総水銀については、年間平均値とする。

表一 3 生活環境の保全に関する環境基準

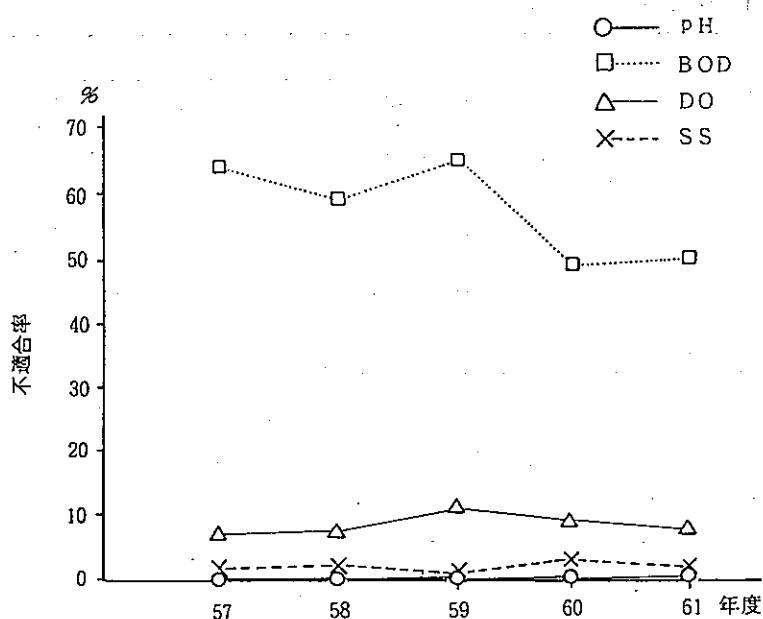
河川	項目 顔型	利用目的の 適 応 性	基 準 値				
			水素イオン濃 度 (pH)	生物化学的 酸素要求量 (BOD)	浮遊物質 量 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
川	D	工業用水 2級	6.0 以 上	8mg/ℓ以下	100mg/ℓ 以下	2mg/ℓ以上	—
		農業用水およびE の欄に掲げるもの	8.5 以 下				
	E	工業用水 3級	6.0 以 上	10mg/ℓ	ごみ等の浮 遊が認めら れないこと	2mg/ℓ以上	—
		環 境 保 全	8.5 以 下	以下			

その結果、“人の健康の保護に関する環境基準”（表一 2）で定められた項目に関しては、殆ど基準が満たされている。しかし、“生活環境の保全に関する環境基準”（表一 3）で定められた項目では、河川水の有機汚濁を示す指標 BOD（生物化学的酸素要求量）が基準値に対して不適合となる率はいまだに50%を越える状態となっている。（図一 4）この有機汚濁の主要な原因としては、河川流域にある家庭・事業場からの汚水の流入があげられる。丘陵・台地部へ向っての宅地化の進行は、そのまま、河川の有機汚濁状態が源流方向に向って遡ることにもつながった。市内河川の中には、源流部からすでに有機汚濁の進行著しく、生物の生息が殆ど不可能となっているものもある。このような水域の有機汚濁対策として、横浜市では下水道の整備を急いでいる。近年の急速な整備の結果、横浜市の下水道普及率は、昭和62年度末の時点で75%に達した。さらに65年度末には85%にまで達する見込みである。流域の下水道普及率の向上に伴う、河川水の BOD値減少の状況を大岡川を例として図に示す。（図一 5）横浜市内では、このように、流域の下水道の普及に伴い、BOD値が減少し、直接的な有機汚濁の状態が大巾に改善された河川が増加している。しかし、流域の下水道の整備により、これまでは河川にそのまま流入していた雨水、汚水等が、下水管渠で直接、処理場へ移送されてしまうため、もともと固有流量が豊かでない市内の小河川の流量は大巾に減少するという問題が新たに生じた。そして固有流量の減少は水深・流速の変化を新たに生じさせ、生物の生息環境の変化につながる。また、現在の下水処理方法では、汚水中の有機物は効率的に除去できるものの、窒素やリンなどの栄養塩は除去できるまでには至っていない。従って、下水処理場の処理水放流が行われる地点から下流においては、河川水の富栄養化に伴う、間接的な有機汚濁の発生する可能性が残されている。次に、各水系ごとの概況を簡略に述べる。

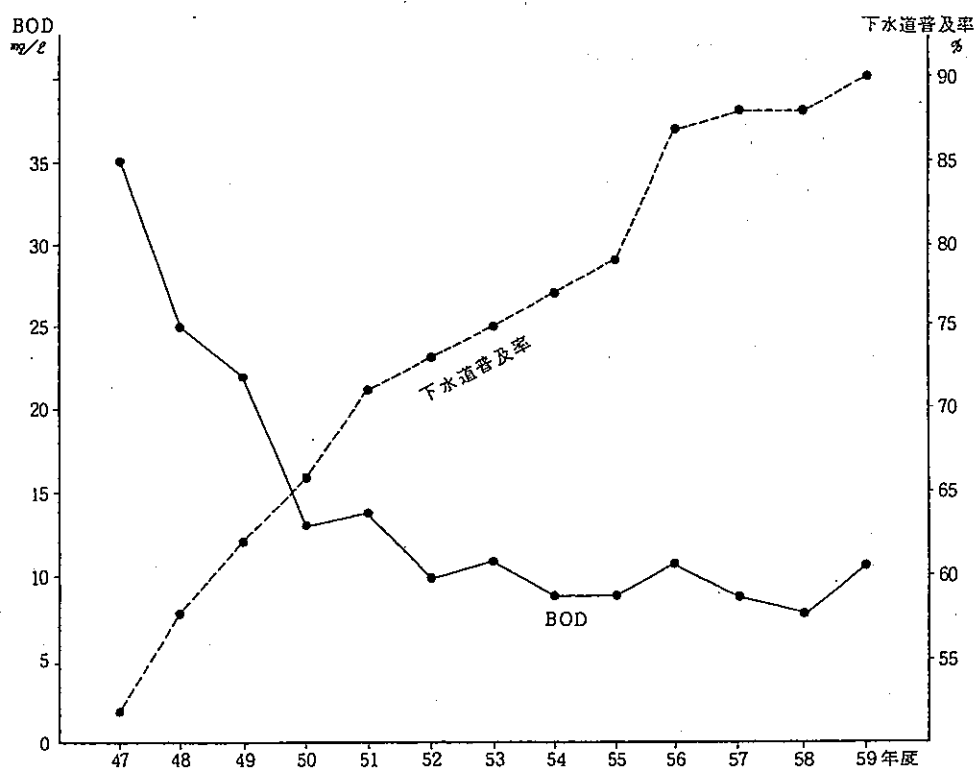
1. 鶴見川水系

鶴見川本流（通称：谷本川）は、その源流を東京都町田市の丘陵地帯に持つ。鶴見川は町田市内を経て緑区内に流下し、落合橋上流の緑区青砥付近で、支流のうちでも本流に次ぐ規模をもつ、恩田川と合流する。鶴見川流域は昭和40年以降、毎年流域の2～5%が市街化する、日本の宅地化の最も激しかった地域と言われている。高橋によれば、鶴見川全流域において、宅地化の率は、昭和30年に10%であったものが、1966年には約20%、昭和50年には60%、昭和60年には75%になったとされている。丘陵・台地には多数の支流の源流部が存在していたが、市街化により姿を消すものもあり、また土地の保水力の変化から、固有流量もより減少したものが少なくない。

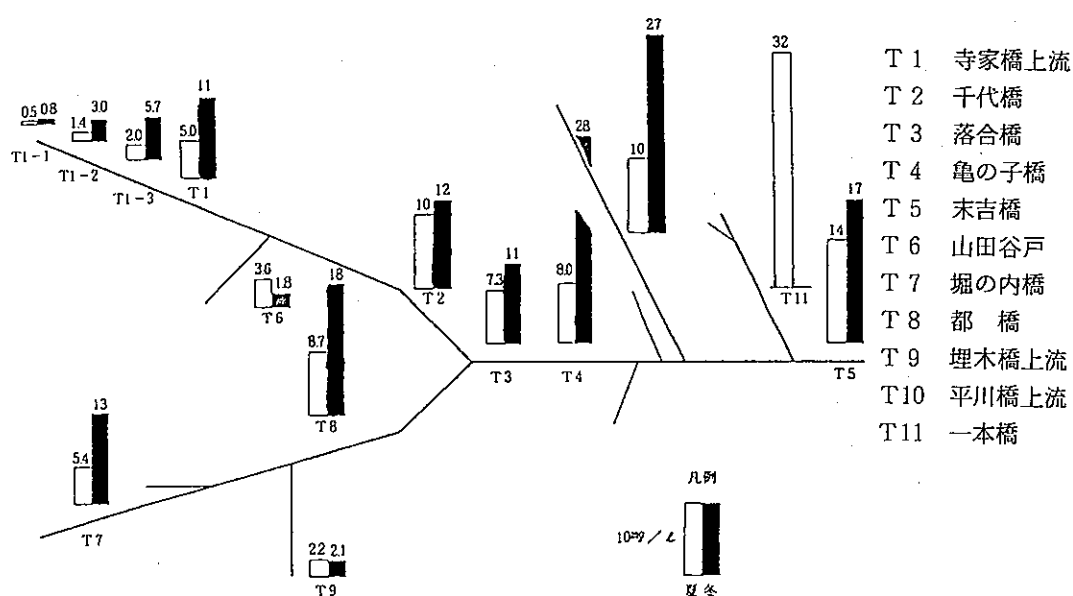
鶴見川本流、恩田川とも横浜市内に流入した地点から既に、護岸や河床が整備され、人工的な形態と



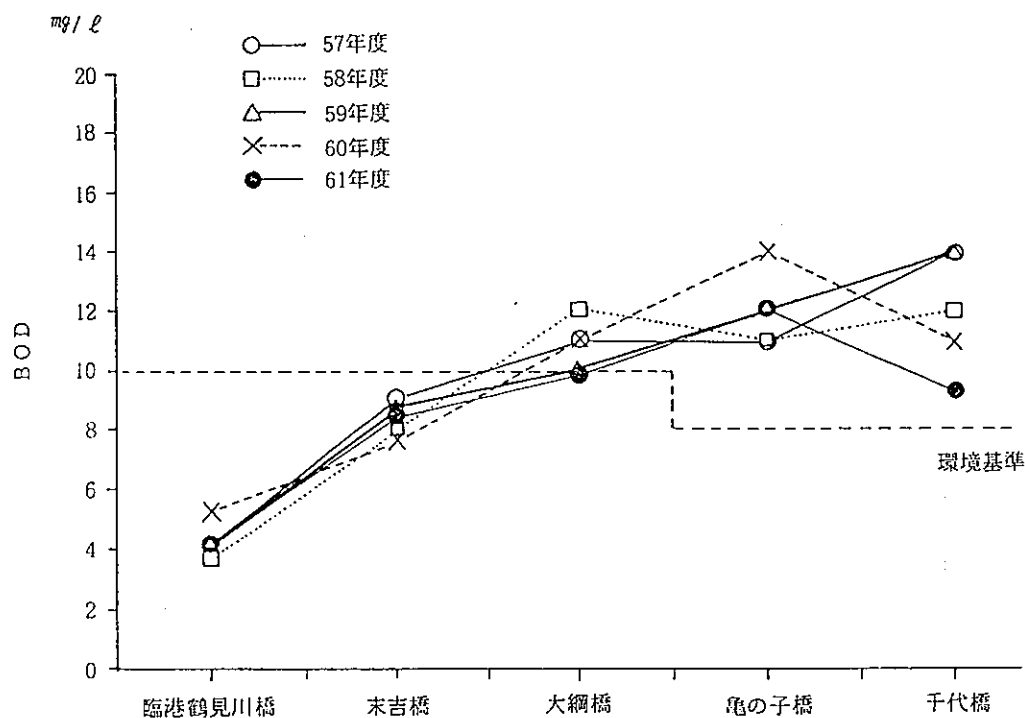
図一 4 生活環境項目環境基準不適合率経年変化図 (河川)
昭和62年版 横浜環境白書より (横浜市公害対策局)



図一 5 大岡川における下水道普及率と水質
平潟湾・金沢湾周辺水域環境調査報告書より
(横浜市公害研資料No68)



図一6 鶴見川水系のBOD
昭和62年版 横浜環境白書より（横浜市公害対策局）



図一7 鶴見川本川BOD75%値縦断変化図
昭和62年版 横浜環境白書より（横浜市公害対策局）

なっている。横浜市内を緑区内から港北区
内を経て鶴見区内へ流下した鶴見川は、京
浜工業地帯の一角に河口を開く。河口部周
辺は埋立地となっており、顕著な干潟の発
達は見られない。大綱橋から下流は、海水
の影響を受ける汽水域である。

流域の市街化は鶴見川の水質にも影響を
及ぼしている。昭和59年から昭和60年にか
けて行われた調査結果によれば、鶴見川本
流が町田市から横浜市区へ流入する地点で、
水質の有機汚濁の指標、BOD値は既に 5
mg/lを超えており、通常の源流域付近の
河川水の清冽さを失っている。

(図-6) 鶴見川水系について、公共用
水域の水質測定結果の BOD値を見ても、昭和61年から遡る 5 年間、海水の影響を受ける汽水域を除い
て、どの測定点でも環境基準値を超える値が得られている。(図-7)

鶴見川水系の河川の底質は砂・礫・岩盤の個所が多く見受けられており、大綱橋から下流部は、上流
から運搬されて堆積した土砂により、泥質が卓越した状態となっているようである。

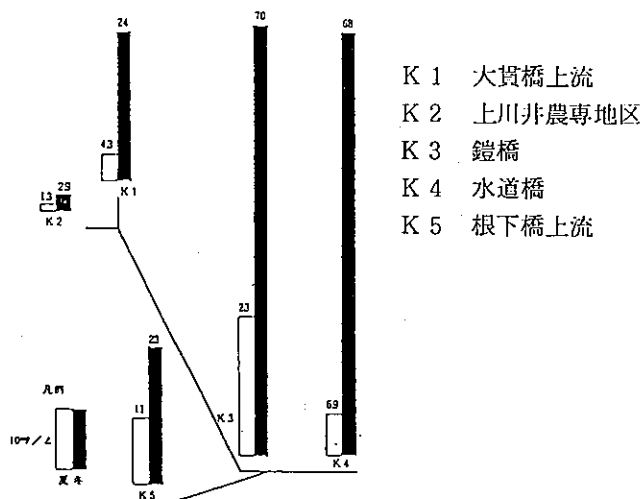


図-8 帷子川系のBOD
横浜の川と海の生物(第4報)より
(横浜市公害対策局公害資料No.126)

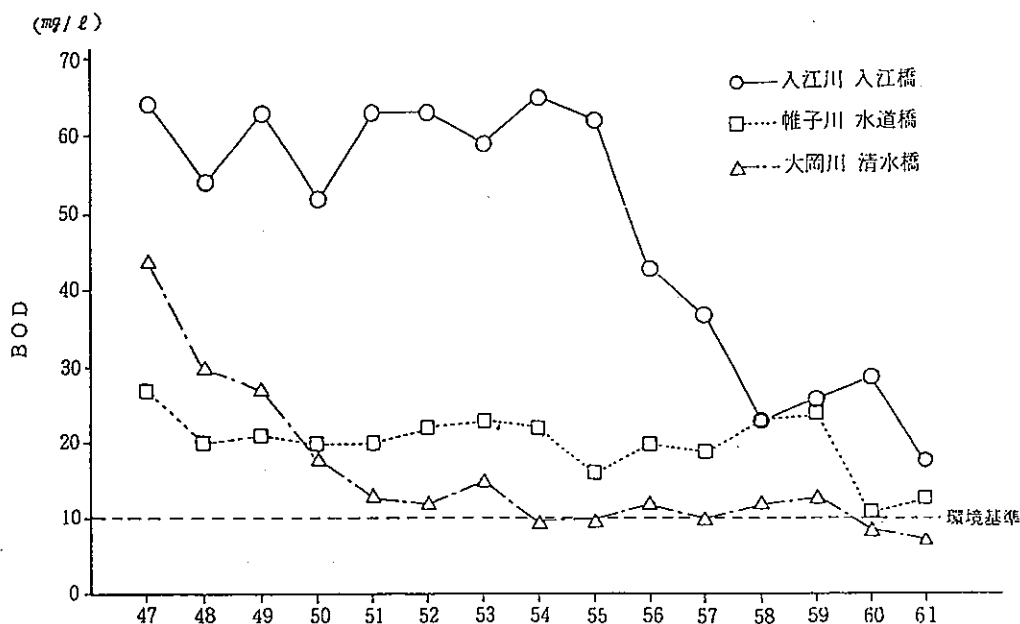


図-9 入江川, 帷子川, 大岡川 BOD75%値系年変化図
昭和62年版 横浜環境白書より(横浜市公害対策局)

なお、鶴見川水系の市内部分の流域面積は 142.7km²、水路延長は69.6kmに及び、横浜市内を流れる河川水系の規模としては最大のものである。

2. 帷子川水系

帷子川本流の源流部は旭区上川井町の丘陵地帯にある。新井川、菅田川などの支川と合流しながら流下した本流に、保土ヶ谷区水道橋付近で今井川が合流する。これから下流部は、江戸時代以前は入海であったが、近世以降の埋立により、埋立地の中を三つの派川となって河口部へ向う。この水系の流域は、横浜駅周辺ばかりでなく、東海道線沿線、相鉄線沿線、国道1号、16号線沿いに、市街化の進行が著しい。この市街化の影響は本流のみならず、殆どの支流に及んでいる。まず、源流部のごく一部を除いて、護岸はコンクリート化されており、河川の蛇行区間の河道つけ替えによる直線化が図られ、河川形態の人工化が進んでいる。河口部に干潟や砂洲などの形態は見られない。市街化に伴う流域の流量調節機能の低下に対応した治水対策として、本流の源流部と河口の中間にあたる、旭区川島町から河口部の新田間川へは地下分水路が建設されている。河川水の有機汚濁も源流部に近い地点から始まっているが（図-8）、下水道普及の進捗が著しい近年は、BOD値の低下する傾向が認められる。（図-9）河床の底質は砂・礫・岩盤の個所が多いが、河口部付近は、上流方向から運搬される土砂が堆積し、泥質となっている。この水系の流域面積は 57.8km²、河川延長は28.0kmである。

3. 大岡川水系

大岡川は、磯子区、金沢区、港南区の区境と接する円海山地区に源流部を持つ。港南区日野の丘陵地域を源流とする日野川と合流した後、北東方向に流下し、市街地を通り東京湾へ注ぐ。

この河川の清水橋付近から下流部は、帷子川と同様に、もともとは入海の埋立地であり、市街地の中を、堀割川、中村川などの派川に分かれてそれぞれの河口に向かって流れている。源流部の円海山付近は樹林も含めて、緑地が保全され、河川形態も人工的な部分は殆ど僅かである。この源流部は汚水の流入もなく、水質は清冽な状態となっている。源流部を外れると、流域の市街化は顕著となり、河川形態もコンクリート護岸の人工的なものとなる。汚水の流入もあり、有機汚濁の傾向が認められるようになる。ただし、この水系流域全体としては、先にも触れたように、下水道の普及が急速に進んだため、昭和50年代後半から、公共用水域水質測定計画のBOD測定値は、環境基準にはほぼ適合するようになってきた。（図-9）河口部は水路交通などにも利用されており、堀割川河口の小規模な干潟の他は、砂洲や干潟の存在が認められない。大岡川水系の流域面積は 93.0km²、河川延長は23.8kmである。

4. 侍従川・宮川水系

侍従川、宮川水系とも、源流部は円海山南側の金沢区にある丘陵地帯である。源流部を除き、両水系の流域は都市化が進み、コンクリート護岸による河川形態の人工化、汚水による水質の有機汚濁の進行がともに認められる。宮川の水路延長は約6.5km、侍従川のそれは約2kmと、両水系の規模は極めて小さい。

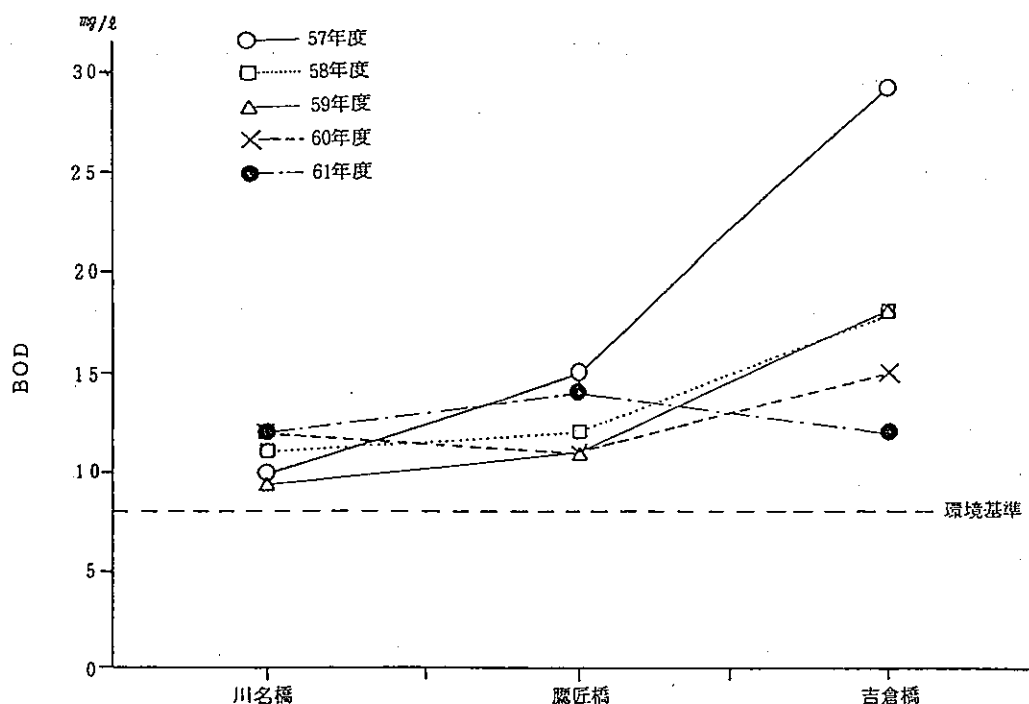


図-10 柏尾川BOD75%値縦断変化図

昭和62年版 横浜環境白書より（横浜市公害対策局）

5. 境川・柏尾川水系

境川の源流部は津久井郡城山町にある。相模原市、町田市と流下した後、横浜市区と、大和市、藤沢市の市境に沿って、相模原台地を南下する。藤沢市内を流下した後、相模湾へ注ぐ。港南区、栄区、戸塚区、和泉区、瀬谷区、金沢区の丘陵地帯から流れ出た小河川が合流した柏尾川は、境川水系の規模の大きい支川である。柏尾川は戸塚区内をほぼ東海道線に沿って南下し、藤沢市内で本流と合流する。境川本流沿いの地域、及び和泉川、狹川、川上川等の一部支流の源流部には、田畑やその他の緑地が残されているものの、多くの支流の流域は、その源流部も含めて市街化が進んでいる。そのため、河川の護岸は大部分がコンクリート化され、柏尾川では河道のつけ替え工事も行われた。源流域から既に河川水の有機汚濁がみられる支流もあり、柏尾川では公共用水域水質測定計画による測定の結果を見ると、測定点のすべてでBOD値は環境基準に不適合となっている。（図-10）ただし、本流に関しては町田市内から流入した直後の地点に比べ、横浜市区を流下した後のBOD値は3割以上低下する傾向が認められる。また、流域の下水道整備が進む柏尾川でも、近年、BOD値が低下する傾向にある。境川水系の市内部分の流域面積は105.5km²、河川延長は69.4kmであり、市内を流れる河川の水系の規模は鶴見川に次ぐものとなっている。

6. その他の河川

上記の六つの水系以外に、入江川、滝の川などの小河川がある。いずれの河川も、河川延長は数km程度の規模の小さいものである。市街化した地域を流れるため、護岸はコンクリート化され、人工的な河川形態となっている区間が殆どである。中には暗渠化された区間を持つものもある。固有流量も少なく、雨水排水路に近い性格となっている河川が殆どである。

参考文献

- 1) 横浜市公害対策局：横浜市内河川・海域の水質汚濁と生物、公害資料53. (1974)
- 2) " ：横浜の川と海の生物（第4報）、公害資料126. (1986)
- 3) " ：横浜市環境白書（昭和62年度）(1987)
- 4) " ：横浜市内の河川環境—明日のよこはまに市民の水辺を（1981）
- 5) 横浜市下水道局：河川工事整備基盤調査 その2 (1983)
- 6) " ：横浜市河川図 (1982)
- 7) 横浜市市民局：市政概要（1987年版）(1987)
- 8) 高橋 裕 ：都市と水（岩波新書34）(1988)
- 9) 神奈川自然研究会：神奈川県自然（改訂版）(1973)
- 10) 阪口 豊、高橋 裕、大森博雄：日本の自然3／日本の川（岩波書店）(1986)

（畠中 潤一郎：横浜市公害研究所）

淡水魚類による水域環境評価法の検討

樋口 文夫 水尾 寛己

1. はじめに

魚類を指標として水域環境を評価する手法には、主に単一物質、不特定各種汚染物質等による毒性、蓄積性評価^{1,2)} 指標魚の生理生化学的情報を基にした評価手法^{3,4,5)} 等がある。しかし底生動物等で発展されてきた水域環境評価法は魚類では指標生物としての問題点が多く指摘され^{6,7,8)} いまだ確立されていない。

その主な問題点をあげれば、① 採集が困難で定量化がむずかしい。② 移動範囲が大きい。③ 水質との関係が不明確である。④ 水質以外の要因にも影響される。⑤ 種の生活様式が複雑である。⑥ 地域によって魚類相が異なること等があげられる。

これらのことから本研究は、魚類の指標化にあたっての問題点と妥当性について既存の資料を用いて検討し、魚類を指標生物とした水域環境評価法の確立を試みた。

2. 解析方法

2-1 解析に用いたデータ

市内河川を対象に1989年8月、1985年1月の2回実施した魚類相調査⁹⁾、および鶴見川を対象に1984年5月から1985年2月までの4回実施した魚類相調査結果を基に解析した¹⁰⁾。またこれらと同時に行われた水質調査結果¹¹⁾、1984年8月、1985年1月に実施した底生動物相調査¹²⁾、河口域の魚類相調査結果¹³⁾を加えて検討した。

2-2 調査地点

解析に用いたデータの調査地点を図1、表1に示した。

鶴見川水系は15地点、その内河口域の地点が4で、帷子川水系は5地点、大岡川水系が7地点、その内河口域が1地点、境川、柏尾川水系は12地点、宮川、待従川が6地点、その内河口域が1地点の計45地点であった。

2-3 水域形態区分

市内河川の多くは、標高60~80mの丘陵地の谷戸に源流をもち、河川延長が短い。これらの河川の形態的特徴は、可児¹⁴⁾、水野⁷⁾らの形態区分、1蛇行区間の瀬と淵の分布状態からみた分類法による上流型、中流型、下流型にあてはまらない。それは他の地域の川より小さな川が多く、水量が少なく、河川の勾配がゆるい。また河川改修により、河道が直線的で、河床型が単純になっているためである。

しかし形態区分は水生生物の分布と環境との関係を解析していくうえで、重要な要因であり¹⁵⁾、横浜の地形的特徴に応じた形態区分の設定が必要である。そこで表2に既存の資料をもとに河川形態の概要を整理してみた。

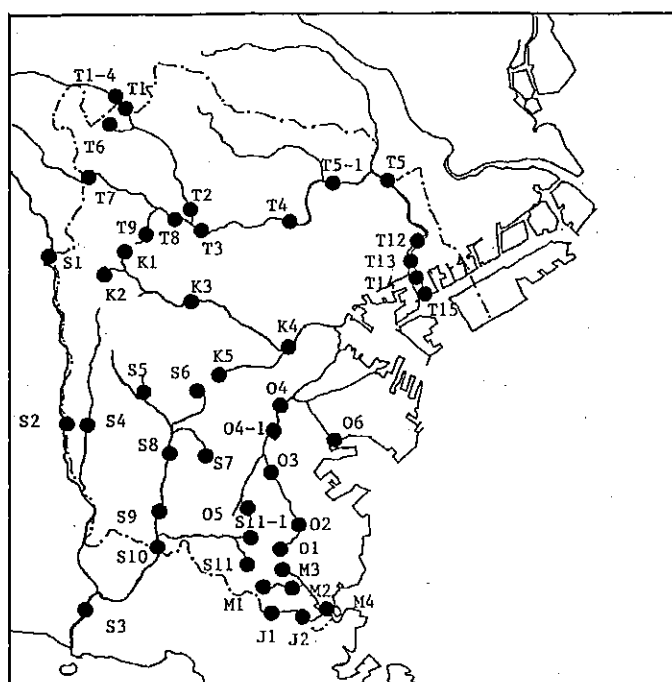


図-1 魚類相調査地点

表-1 魚類相調査地点名

地点番号	河川名	地点名	地点番号	河川名	地点名
T1-4	鶴見川	水車橋	O4-1	大岡川	観音橋
T1	"	寺家橋	O4	"	井土ヶ谷橋
T2	"	千代橋	O5	" 日野川	高橋
T3	"	落合橋	O6	" 堀割川	根岸線橋
T4	"	亀の子橋	S1	境川	目黒橋
T5-1	"	大綱橋	S2	"	高鎌橋
T5	"	末吉橋	S3	"	新屋敷橋
T6	" 寺家川	山田谷戸	S4	" 和泉川	和泉橋
T7	" 恩田川	堀の内橋	S5	" 子易川	岡津
T8	"	都	S6	" 川上川	石原
T9	" 梅田川	埋木橋上流	S7	" 舞岡川	宮根橋上流
T12	"	芦穂橋	S8	" 柏尾川	大橋
T13	"	鶴見線橋	S9	"	T下水処理場下流
T14	"	鶴見大橋	S10	"	鷹匠橋
T15	"	鶴見曹達工場	S11	" 稲荷川	杉之木橋上流
K1	帷子川	大貫橋上流	S11-1	" 川	瀬上沢
K2	"	上川井農専地区	M1	宮川	追越
K3	"	鎧橋	M2	"	宮川橋
K4	"	水道橋	M3	"	清水橋上流
K5	" 今井川	根下橋上流	M4	"	平潟湾
O1	大岡川	氷取沢	J1	侍従川	金の橋上流
O2	"	陣屋橋	J2	"	六浦二号橋
O3	"	日下			

計45地点

表-2 市内河川の水域形態区分

区 分	流域の状況	水 量	流れ幅	流 速	瀬 と 淵	河 床
源流域	丘陵地, 谷戸田	非常に少ない	非常に狭い (1 m以下)	やや速い	小規模な瀬が多い	砂泥
上流域	田畑, 住宅地	少ない	狭い	〃	〃	礫, 砂泥
中流域	住宅地, 工場	やや多い	やや広い	遅い	瀬と淵が存在	砂泥, 礫
下流域	工場, 住宅地	多い	広い	非常に遅い	淵が多い	砂泥

横浜の河川は、各水系によって形態が異なっており、画一的な区分は不可能であるが、一つの目安として示した。下流域より下は感潮域となっている。

表2から河川別、地点別に河川形態を区分してみると、鶴見川は、埋木橋上流 (T9)、寺家川 (T6) が源流域にあたり、水車橋 (T1-4)、寺家橋 (T1) が上流域、千代橋 (T2)、落合橋 (T3) までは中流域、亀の子橋 (T4)、大網橋 (T5-1) は下流域にあたり、この地点以下は感潮域であった。

帷子川は、大貫橋上流 (K1)、上川井農専地区 (K2)、根下橋上流 (K5) が源流域、鑑橋 (K3) が上流域、水道橋 (K4) は感潮域となっていた。

大岡川は、氷取沢 (O1) が源流域、陣屋橋 (O2)、高橋 (O5) が上流域、日下橋 (O3) が中流域、観音橋 (O4-1) 以下は感潮域であった。

境川・柏尾川は、柏尾川の岡津 (S5)、石原 (S6)、宮根橋上流 (S7)、杉之木橋上流 (S11) が源流域、大橋 (S8)、T下水処理場下流 (S9)、鷹匠橋 (S10) は中流域、境川の目黒橋 (S1)、高鎌橋 (S2) も中流域、新屋敷橋 (S3) は感潮域であった。

宮川、待従川は、宮川橋 (M2)、六浦二号橋 (J2) は感潮域でその他の地点は源流域であった。

2-4 調査方法

魚類の採集は投網とタモ網で行い、河口域の調査では投網、サデ網等、沿岸域は小型底引き網を用いていた。これらを水系別、地点別にみると、鶴見川水系では、15地点中12地点で投網、タモ網等を併用し、他はタモ網か投網のどちらかを用いた。帷子川は4地点全てタモ網のみ、大岡川は6地点中2地点で投網、タモ網等を用い、他はタモ網のみであった。境川・柏尾川水系は11地点中6地点で双方を用い、他はタモ網のみを用いた。宮川、待従川は河口域の地点を除き、他はタモ網を用いた。

採集にあたってはタモ網、投網を各1名が担当し、タモ網だけの地点では2名が担当した。

投網の打数は各地点5回を原則とし、調査時間は1地点約20分を要した。

3. 市内河川の淡水魚類相の特徴

3-1 淡水魚類相のリスト

1984年、1985年の間に市内の河川、河口域で採集された魚類は、全体で71種類であった。そのリストを河川別に示したのが表3-1, 2, 3である。なお、魚種の和名及び学名は益田ら¹⁶⁾に従った。

表-3-1 河川別淡水魚類相

和 名	魚 種 名	鶴 見 川	境 川	帷 子 川	大 岡 川	宮 川
ヌタウナギ科	Eptatretidae	注1)				
1 ヌタウナギ	<i>Eptatretus burgeri</i>	○				
アカエイ科	Dasyatidae					
2 アカエイ	<i>Dasyatis akajei</i>				○	
ニシン科	Clupeidae					
3 サッパ	<i>Sardinella zunasi</i>	○			○	○
カライワシ科	Elopidae					
4 カライワシ	<i>Elops hawaiiensis</i>	○			○	
ウナギ科	Anguillidae					
5 ウナギ	<i>Anguilla japonica</i>	○			○	○
アユ科	Plecoglossidae					
6 アユ	<i>Plecoglossus altivelis</i>					○
コイ科	Cyprinidae	注2)				
7 カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus</i>	●				
8 タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus</i>	●				
9 モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>	● ○	●	●	●	
10 アブラハヤ	<i>Moroko steindachneri</i>	●	●	●		
11 オイカワ	<i>Zacco platypus</i>	●				
12 キンブナ	<i>Carassius auratus</i> subsp.	●				
13 ギンブナ	<i>Carassius auratus langsdorfii</i>	● ○	●			●
フナ類 注3)	<i>Carassius auratus</i>	●	●			
14 キンギョ	<i>Carassius auratus auratus</i>	●				
15 コイ	<i>Cyprinus carpio</i>	●	●	●	●	●
16 ソウギョ	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	●				
ドジョウ科	Cobitidae					
17 ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	●	●	●		●
18 シマドジョウ	<i>Cobitis biwaie</i>			●	●	
タニノボリ科	Homalopteridae					
19 ホトケドジョウ	<i>Lufua echigonia</i>	●	●	●	●	
ナマズ科	Siluridae					
20 ナマズ	<i>Silurus asotus</i>	●				
ダツ科	Belonidae					
21 ダツ	<i>Strongylura anastomella</i>				○	
サヨリ科	Hemiramphidae					
22 サヨリ	<i>Hyporhamphus sajori</i>	○				
メダカ科	Oryziidae					
23 メダカ	<i>Oryzias latipes</i>	●	●	●		
カダヤシ科	Poeciliidae					
24 カダヤシ	<i>Gambusia affinis</i>	○			●	
トウゴロイワシ科	Atherinidae					
25 トウゴロイワシ	<i>Hypoatherina bleekeri</i>	○			○	○
ボラ科	Mugilidae					
26 ボラ	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	● ○	●		○	○
27 メナダ	<i>Liza haematocheila</i>				○	
28 セスジボラ	<i>Liza carinata carinata</i>				○	
スズキ科	Percichthyidae					
29 スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	○			○	
サンフィッシュ科	Centrarchidae					
30 オオクチバス	<i>Micropterus salmoides</i>	●				
31 ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>	●				

注 1) 文献13, 2) 文献9, 10, 表3-2, 3) も同様, 3) フナ類はキンブナ, ギンブナあるいは亜種名が不明を含めたもの。

表-3-2 河川別淡水魚類相

和 名	魚 種 名	鶴 見 川	境 川	帷 子 川	大 岡 川	宮 川
テンジクダイ科	Apogonidae					
32 ネンブツダイ	<i>Apogon semilineatus</i>				○	
キス科	Sillaginidae					
33 シロギス	<i>Sillago japonica</i>				○	○
クロサギ科	Gerreidae					
34 クロサギ	<i>Gerres oyena</i>				○	
ヒメジ科	Mullidae					
35 ヒメジ	<i>Upeneus bensasi</i>				○	
メジナ科	Girellidae					
36 メジナ	<i>Girella punctata</i>				○	
イサキ科	Pomadasyidae					
37 コショウダイ	<i>Plectorhynchus cinctus</i>				○	
シマイサギ科	Teraponidae					
38 シマイサギ	<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>	○			○	○
39 コトヒキ	<i>Terapon jarbua</i>				○	○
タイ科	Sparidae					
40 クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>				○	○
41 キチヌ	<i>Acanthopagrus latus</i>				○	
チョウチョウウオ科	Chaetodontidae					
42 セクロチョウチョウウオ	<i>Chaetodon ephippium</i>				○	
43 アケボノチョウチョウウオ	<i>Chaetodon melanotus</i>				○	
ウミタナゴ科	Embiotocidae					
44 ウミタナゴ	<i>Ditrema temminckii</i>				○	
カワスズメ科	Cichlidae					
45 チカダイ	<i>Tilapia nilotica</i>	●				
ベラカ科	Labridae					
46 キュウセン	<i>Halichoeres poecilopterus</i>				○	
ハゼ科	Gobiidae					
47 スジハゼ	<i>Acentrogobius pflaumi</i>				○	
48 ヒメハゼ	<i>Faxonigobius gymnauchen</i>				○	
49 アベハゼ	<i>Mugilogobius abei</i>	○				○
50 マサゴハゼ	<i>Pseudogobius masago</i>					○
51 ヨシノボリ	<i>Rhinogobius brunneus</i>	●	●	●	●	○
52 チチブ	<i>Tridentiger obscurus</i>	○			○	○
53 シマハゼ	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	○			○	○
54 アゴハゼ	<i>Chasmichthys dolichognathus</i>				○	○
55 ドロメ	<i>Chasmichthys gulosus</i>				○	
56 ニクハゼ	<i>Chaenogobius heptacanthus</i>					○
57 マハゼ	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	●			○	
58 アシシロハゼ	<i>Acanthogobius lactipes</i>	○			○	○
59 ミミズハゼ	<i>Luciogobius guttatus</i>	○				
イソギンボ科	Blenniidae					
60 ナベカ	<i>Omobranchus elegans</i>				○	
61 トサカギンボ	<i>Omobranchus fasciolatoceph</i>				○	
62 イダテンギンボ	<i>Omobranchus punctatus</i>				○	
ニシキギンボ科	Pholididae					
63 ギンボ	<i>Enedrias nebulosa</i>				○	
フサカサゴ科	Scorpaenidae					
64 メバル	<i>Sebastes inermis</i>				○	○

表-3-3 河川別淡水魚類相

和 名	魚 種 名	鶴見川	境川	帷子川	大岡川	宮川
アイナメ科	Hexagrammidae					
65 アイナメ	<i>Hexagrammos otakii</i>	○			○	○
コチ科	Platycephalidae					
66 コチ	<i>Platycephalus indicus</i>				○	○
ネズツボ科	Gallionymidae					
67 ネズミゴチ	<i>Repomucenus richardsonii</i>				○	○
カレイ科	Pleuronectidae					
68 マコガレイ	<i>Limanda yokohamae</i>				○	○
69 イシガレイ	<i>Kareius bicoloratus</i>				○	○
カワハギ科	Monacanthidae					
70 アミメハギ	<i>Rudarius ercodes</i>				○	
フグ科	Tetraodontidae					
71 クサフグ	<i>Takiyugu niphobles</i>				○	

河川別の採集魚種数は大岡川の50種類が最も多く、ついで鶴見川の37種類、宮川の27種類であった。境川、帷子川は8種類と少なかった。

3-2 生態的区分による魚類相の特徴

Darlington¹⁷⁾、Myers¹⁸⁾、中村¹⁹⁾、後藤²⁰⁾は、淡水魚を塩分耐性の違い、生活環境の中で淡水域を利用する割合によってグループ分けをした。今回は、後藤の区分を簡略化させて次の様に生態的区分を行った。すなわち、①純淡水魚：一次的淡水魚、二次的淡水魚、陸封性淡水魚、②回遊魚（通し回遊魚）：降河回遊魚、溯河回遊魚、両側回遊魚、③周縁性魚：汽水性魚、偶来性淡水魚、一部海産魚を含む等の3つの区分とした。

市内河川の魚類相を上記の生態的区分を基に示したのが表4である。

河川別に出現魚種数を比較すると、純淡水魚は、鶴見川が18種類と最も多く、シマドジョウを除く全ての魚種が出現した。これに対して境川・柏尾川、帷子川は7種類、大岡川が5種類、宮川が3種類と少なかった。5河川の全てに共通して出現する魚種はコイであった。また4河川に出現する魚種はアブラハヤ、ドジョウ、ホトケドジョウであった。モツゴ、フナ類、メダカ（ヒメダカ）は3河川に出現していた。鶴見川は他にソウギョ、カダヤシ、オオクチバス、ブルーギル、チカダイの外來種が出現した。

回遊魚は、全河川とも3種類から1種類までと少なかった。

周縁性魚は、大岡川が43種類と最も多く、ついで宮川の21種類、鶴見川の12種類の順であった。

河川別の魚類相の特徴は、純淡水魚の出現種類数は鶴見川が多く、大岡川、宮川等は周縁性魚が多く出現していた。

表-4 淡水魚類相の生態的区分

区分	科	種	鶴見川	境川	帷子川	大岡川	宮川
純 淡 水 魚	コイ	カマツカ	○				
		タモロコ	○				
		モツゴ	○	○	○		
		アブラハヤ	○	○	○	○	
		オイカワ	○				
		キンブナ	○				
		ギンブナ	○	○			○
		キンギョ	○				
		コイ	○	○	○	○	○
		ソウギョ	○				
	ドジョウ	ドジョウ	○	○	○		○
		シマドジョウ			○	○	
	タニノボリ	ホトケドジョウ	○	○	○	○	
	ナマズ	ナマズ	○				
	メダカ	メダカ	○	○	○		
	カダヤシ	カダヤシ	○			○	
	サンフィッシュ	オオクチバス	○				
		ブルーギル	○				
	カワスズメ	チカダイ	○				
		計	18	7	7	5	3
回 遊 魚	ウナギ	ウナギ	○				○
	アユ	アユ					○
	ハゼ	ヨシノボリ	○	○	○	○	
		チチブ	○			○	○
		計	3	1	1	2	3
周 縁 性 魚		計	16	—	—	43	21
		合計	37	8	8	50	27

表-5-1 横浜市周辺の淡水魚類相

区分	科	種	市内河川	相模川	多摩川	三浦半島 河川	房総半島 河川	備考
純 淡 水 魚	ヤツメウナギ	スナヤツメ		○				
	キュウリウオ	ワカサギ		○				移入種
	サケ	ニジマス		○				外来種
		ヤマメ		○	○			
	コイ	タイリクバラタナゴ		○	○			外来種
		ヒガイ		○				移入種
		ツチフキ		○	○			移入種
		カマツカ	○	○	○		○	
		ニゴイ		○	○			
		タモロコ	○	○	○			移入種
		イトモロコ		○	○			移入種
		ゼゼラ		○				移入種
		モツゴ	○	○	○	○		
		ウグイ		○	○		○	
		アブラハヤ	○	○	○		○	
		オイカワ	○	○	○		○	
		カワムツ			○			移入種
		ハス		○	○			移入種
		キンブナ	○	○	○			
		ギンブナ	○	○	○	○	○	
		ゲンゴロウブナ		○	○	○		移入種
		キンギョ	○		○	○		移入種
		コイ	○	○	○	○	○	
		ソウギョ	○	○				外来種
		ハクレン		○				外来種
	ドジョウ	ドジョウ	○	○	○	○	○	
		シマドジョウ	○	○	○		○	
	タニノボリ	ホトケドジョウ	○			○	○	
	ギギ	ギバチ		○	○		○	
	ナマズ	ナマズ	○	○	○			
	メダカ	メダカ	○	○	○	○		
	カダヤシ	カダヤシ	○		○	○		外来種
	トウゴロウイワシ	ベヘレイ		○				外来種
	タイワンドジョウ	カムルチー		○				外来種
	サンフィッシュ	オオクチバス	○	○	○			外来種
		ブルーギル	○	○		○		外来種
	カワスズメ	チカダイ	○		○			外来種
	カジカ	カジカ		○	○			
		計	19	33	27	11	10	

表-5-2 横浜市周辺の淡水魚類相

区分	科	種	市内河川	相模川	多摩川	三浦半島 河川	房総半島 河川	備考
回 遊 魚	ウナギ	ウナギ	○	○	○	○	○	
		アユ	○	○	○	○	○	
		ハゼ	○	○	○	○	○	
	カジカ	ヨシノボリ	○	○	○	○	○	
		チチブ	○	○	○	○	○	
		ウキゴリ		○	○	○	○	
		ボウズハゼ		○		○	○	
		カマキリ		○				
		計	4	7	5	6	6	
		計	48	21	30	14	11	
周 縁 性 魚		合計	71	61	61	31	27	

3-3 横浜市周辺河川の魚類相の比較

相模川²¹⁾、多摩川²²⁾、三浦半島²³⁾、房総半島²⁴⁾の中小河川の既存調査記録を基に市内河川の魚類相との比較をしたのが、表5-1,2である。他地域の魚類相を比較する場合、河川の形状、調査地点の状況、調査方法、調査時期等を考慮する必要があるが、今回は一括して、純淡水魚、回遊魚を中心に比較した。

純淡水魚は、全体で38種類、その中で相模川が33種類と最も多く分布し、ついで多摩川の27種類であった。市内河川は、19種類で、三浦半島、房総半島の11種類、10種類より多く分布していた。

魚種組成は、市内河川の鶴見川を含め、相模川、多摩川には、放流、養殖を目的として外国から移入された外来種、国内の他地域（主に西日本）から移入された移入種が多く分布し、外来種、移入種ともに10種類であった。

次にこれらの魚種を除き、本来関東に分布していたと思われる在来種でみると、全体で18種類、その中で相模川が17種類、多摩川が16種類、市内河川が12種類、房総半島が10種類、三浦半島が7種類と各河川間の分布魚種数の差が外来種、移入種を加えた場合に比して少なくなった。

各河川の在来種の組成を比較すると、全河川で共通に分布していた魚種は、アブラハヤ、ギンブナ、コイ、ドジョウ、三浦半島以外では、カマツカ、オイカワ、シマドジョウ、房総半島以外では、モツゴ、メダカであった。また分布が限られている魚種は、スナヤツメ、ヤマメ、ギバチ、カジカであった。

なお木村ら²⁵⁾は鶴見川の市外域でスナヤツメ、ギバチの分布を確認しており、他の調査²⁶⁾では同河川でウグイを確認していた。

回遊魚は、相模川で7種類と最も多かったが、ボウズハゼ、カマキリ以外は他の河川との共通種であった。

表-6 市内河川の過去の魚類（純淡水魚）

河川名	過去に分布していた種類
鶴見川	ヤツメウナギ（スナヤツメ）、タナゴ、セータンボ（ニゴイ）、ウグイ、マルタ、ギバチ
境川	ヤツメウナギ（スナヤツメ）、ヤマベ（オイカワ）、ウグイ、ハヤ（?）、ナマズ、ギバチ
帷子川	ヤツメウナギ（スナヤツメ）、フナ、ヤマベ（オイカワ）、ウグイ、ハヤ（?）、マルタ、ナマズ、ギバチ、メダカ
大岡川	フナ、ヤマベ（オイカワ）、ハヤ（?）、ドジョウ、メダカ

注）ハヤは種名が特定できないので数に入れなかった。回遊魚は、アユが鶴見川、境川で、ウナギは全河川に分布していた。

3-4 市内河川の過去の魚類相

市内河川の過去の魚類相については、住民を対象としたアンケート調査、聞き取り調査等によってその概要が明らかにされている²⁷⁾。いずれも30年以上前の状況であり、それを表6に示した。

資料に記載されている魚種名は、地域によって異なる呼び名あるいは抽象的な呼び名等があり、不明な点もあるが、日本魚類学会編の「魚名大辞典」²⁸⁾より正式和名を推定した。純淡水魚は鶴見川が6種、大岡川、境川が5種、帷子川が約8種の分布魚種数であった。現在分布する在来種を加えると、鶴見川が18種、境川が12種、帷子川が15種、大岡川が10種であった。

鶴見川で現在、過去に分布していた魚種の中で、オイカワ、フナ、ドジョウ、メダカ等は他の河川でも過去に分布し、ウグイ、ギバチ、ナマズも比較的多くの河川で分布していた。

これらのことから、現在、過去に分布していた純淡水魚で在来種の種類数は、先の相模川、多摩川に比して差はわずかとなり、ヤマメ、カジカなどの冷水性魚を除けば市周辺河川の魚類相と似たものとなった。

4. 淡水魚類の分布の特徴（鶴見川、大岡川を例として）

源流域、上流域、中流域、下流域の水域形態区分から、魚類の流程分布の特徴について鶴見川と大岡川について検討した。

4-1 鶴見川の流程分布

鶴見川の河床高度に対応した流程分布を図2に示した。

鶴見川の地点別の河床高度は、源流域が25m前後の値、亀の子橋と大綱橋の間で0m、それ以下の流域は感潮域となる。

魚種別の流程分布をみると、純淡水魚のモツゴ、ドジョウが、源流域から下流、感潮域まで広く出現していた。

上流域の水車橋（T1-4）から下流域、感潮域までの範囲で出現した魚種は、純淡水魚のフナ類、コイ、またタモロコは、下流域の亀の子橋（T4）まで出現していた。

出現範囲が狭い魚種は、源流域にのみ出現するホトケドジョウ、源流域から上流、中流域にかけて出現するアブラハヤ、上流、中流域に出現するカマツカ、オイカワ、中流、下流域ではナマズ等であった。

また下流、感潮域は、大綱橋（T5-1）で外来種のソウギョ、カダヤシ、オオクチバス、ブルーギル

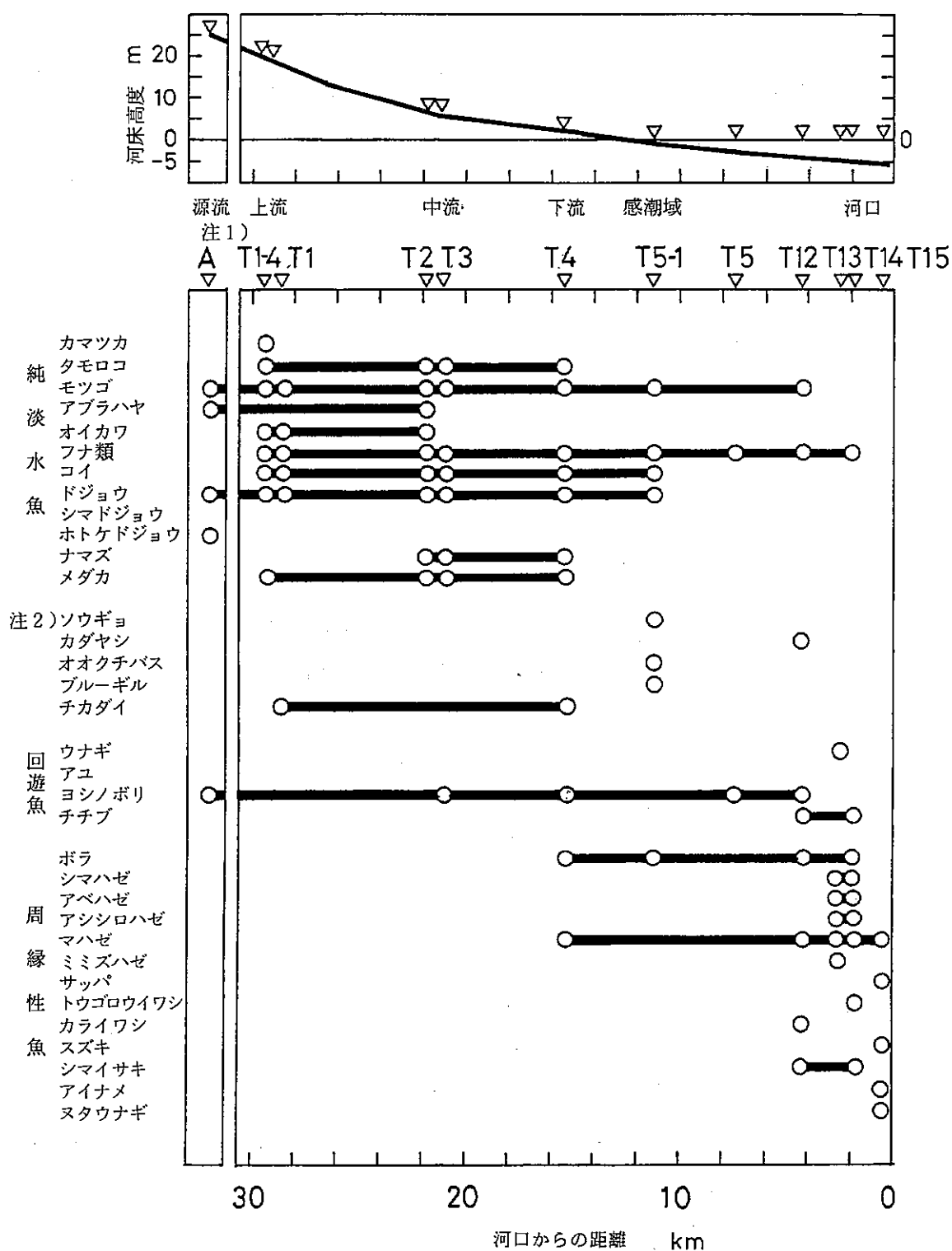
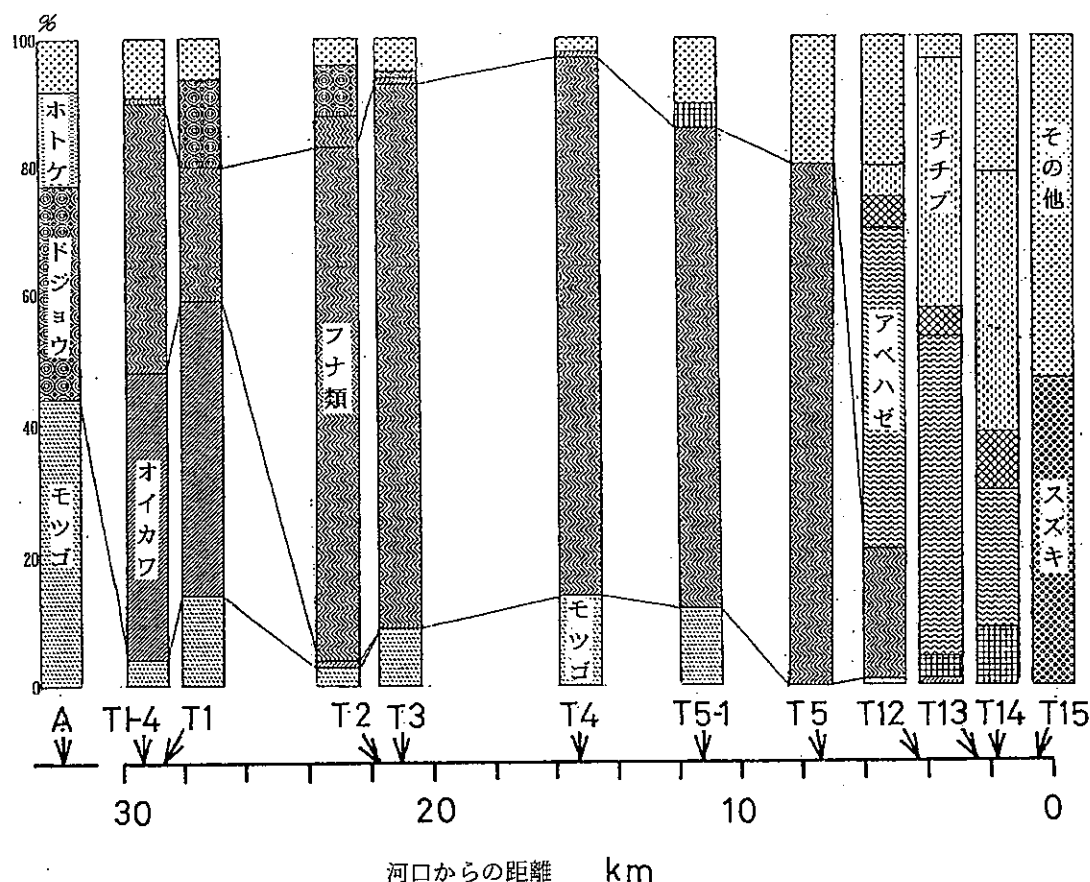


図-2 鶴見川の河床高度と流程分布

注1) T 6, T 9の計, 注2) 外来種



図一三 鶴見川の種類組成比 (%)

が出現していた。ただしチカダイは上流域の寺家橋 (T1) にも出現していた。

回遊魚は、ヨシノボリが源流域から河口まで広く出現していたが、他は感潮域にのみ出現した。しかしウナギについては、さらに上流まで出現すると思われた。

周縁性魚は、ボラ、マハゼが下流域の亀の子橋 (T4) から感潮域まで広く出現し、他の魚種は、感潮域の芦穂橋 (T12) まで出現していた。

地点別の種類組成比を図3に示した。

鶴見川の種類組成を採集割合 (%) で示した。なお末吉橋 (T5) の採集個体数が少なく、また地点により調査回数が異なるため相対的な観点から解析する。

千代橋 (T2) から末吉橋 (T5) まで最も高い割合で出現する魚種 (優占種) はフナ類で、その率は90%前後であった。上流域の水車橋 (T1-4)、寺家橋 (T1) はオイカワが優占種で、40~50%を占め、ついでフナ類であった。源流域は、モツゴが優占種となっていたが、ホトケドジョウ、ドジョウが優占種の地点もあった。

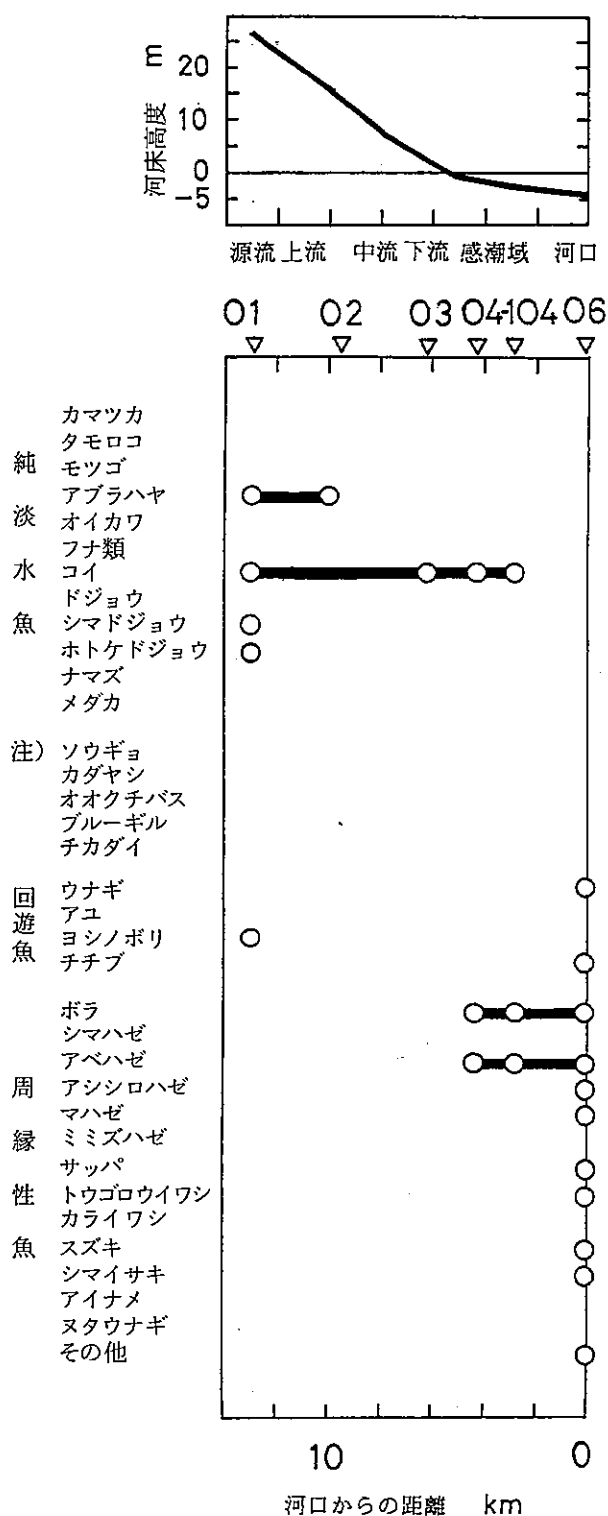


図-4 大岡川の河床高度と流程分布

注) 外来種

感潮域の芦穂橋 (T12) より下流はアベハゼ、チチブなどの回遊魚、定住性の周縁性魚が優占種となっていた。

以上から鶴見川の魚類の流程分布は、水域形態区分との関連がみられた。また水質との関係については後で詳細に検討するが、優占種によっても河川の状態が把握できるかもしれない。一般的に水質汚濁の進行にともなって優占種が、ウグイ域、オイカワ域、フナ域と変化することが知られている¹⁵⁾。この優占種の推移は、鶴見川の上流域から下流域までの水質等の状況を示しているものと思われた。

4-2 大岡川の流程分布

大岡川の河床高度に対応した流程分布を図4に示した。

大岡川の地点別の河床高度は、源流域の水取沢 (O1) が25m以上の値で、日下橋 (O3) から観音橋 (O4-1) の間で0m、それより下流は感潮域となっている。河川延長が短い分、河床勾配が高く、また上流、中流、下流域の区分は明確でない。

魚種別の流程分布は、源流域と中流、下流域に広く出現した魚種がコイだけで、他はアブラハヤが源流域から陣屋橋 (O2) の上流域に、シマドジョウ、ホトケドジョウは、源流域でのみ出現した。

回遊魚は、ヨシノボリが源流域、ウナギ、チチブが感潮域に出現した。

周縁性魚は、ボラ、アベハゼが観音橋 (O4-1) まで出現し、他の多くの魚種は、河口部に出現していた。

次に地点別の種類組成比を源流域の水取沢 (O1) でみると、アブラハヤが59.8%、ヨシノボリが26.8%、ホトケドジョウが8.5%、シマドジョウ、コイが2.4%で、アブラハヤが優占種であった。

これらのことから大岡川の流程分布は、源流域と河口部に多くの魚種が出現し、上流、中流、下流域は限られた魚種のみが出現した。

4-3 流程分布の特徴

鶴見川と大岡川の流程分布の特徴から水域形態区分による純淡水魚の出現範囲をまとめると、以下のとおりである。

① 源流域に出現する魚種

シマドジョウ、ホトケドジョウ

② 源流域と上流域に出現する魚種

アブラハヤ

③ 源流域から中流、下流域に出現する魚種

モツゴ、ドジョウ

④ 上流域から中流、下流域に出現する魚種

カマツカ、オイカワ、タモロコ、フナ類、コイ、ナマズ

4-4 採集個体数と種類数

筆者ら、工藤の魚類相調査報告^{9) 13)}、から鶴見川、大岡川の各地点の採集個体数、種類数を図5、6に示した。この図は、夏、冬期の各地点1回の調査結果で示し、採集方法は、鶴見川の埋木橋上流 (T9)、山田谷戸 (T6) がタモ網、他の地点は、投網とタモ網であった。大岡川では、井土ヶ谷橋 (O4)、根岸

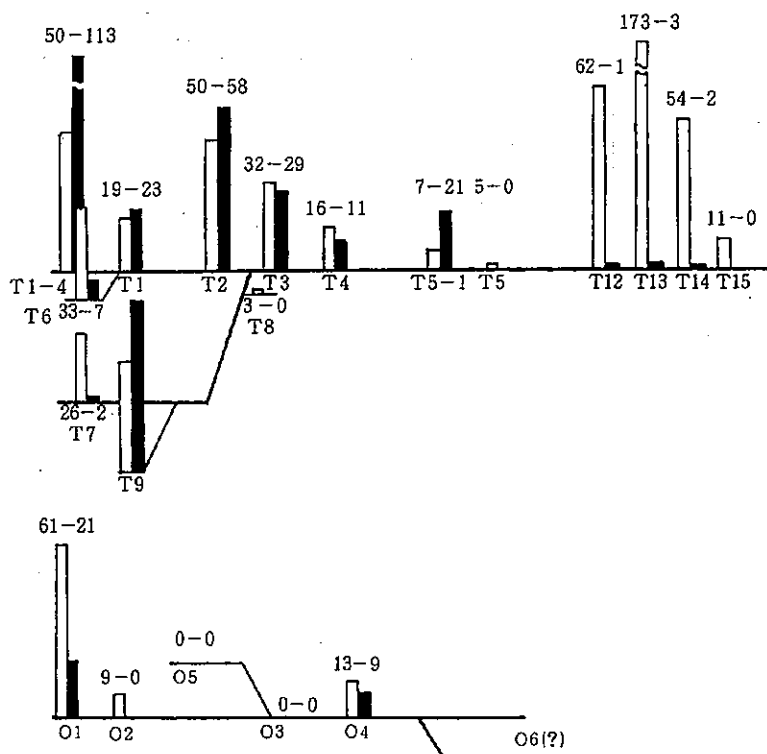


図-5 地点別採集個体数 (上, 鶴見川, 下, 大岡川) □: 夏期, ■: 冬期

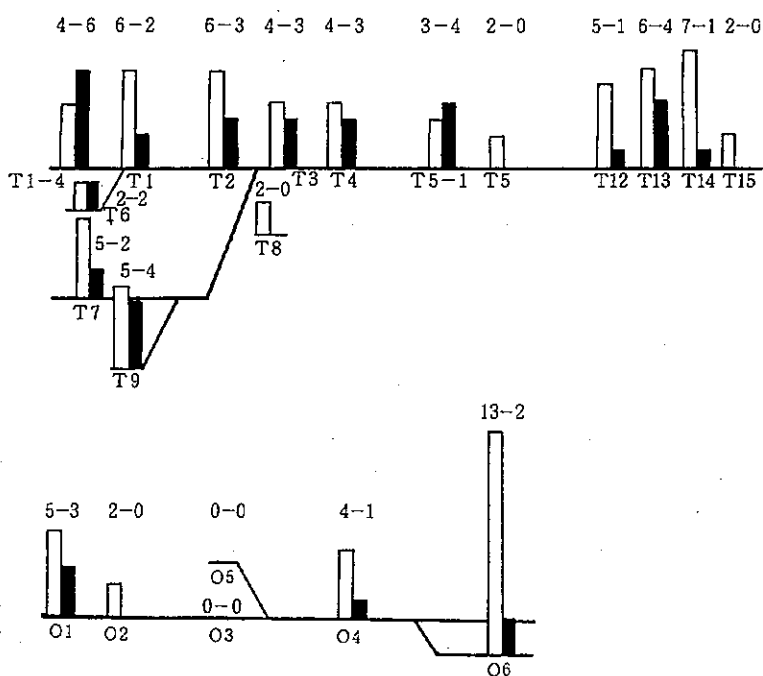


図-6 地点別種類数 (上, 鶴見川, 下, 大岡川) □: 夏期, ■: 冬期

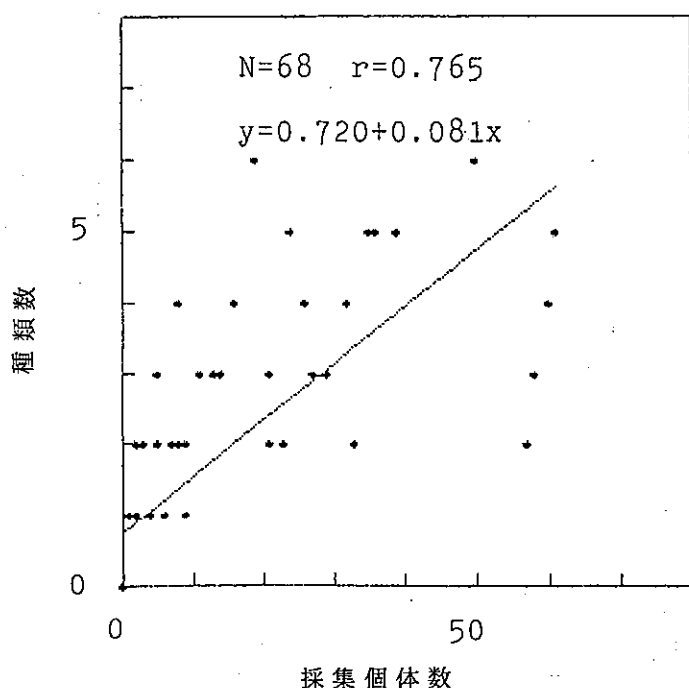


図-7 採集個体数と種類数の関係

線橋 (O6) が投網、タモ網で他の地点は、タモ網であった。

鶴見川の採集個体数は、上流域と感潮域の芦穂橋 (T12) より下流で多く、芦穂橋 (T12) より上流の感潮域、末吉橋 (T5) で少なかった。夏、冬の比較では、感潮域の各地点は、夏の方が冬より採集個体数が多く、差が明らかなのに対し、上流域、中流域では冬の方が多かった。しかしその差は感潮域ほどではなかった。

種類数は、採集個体数ほどには地点別の差はなかった。全体的に夏の方が、冬より種類数が多く出現していた。最大値は上流域の6種類、感潮域の7種類であった。

大岡川の採集個体数は、感潮域の1地点が欠測であったが、源流域が多く、他は極端に少なかった。

種類数は、感潮域と源流域で多く、最大値は上流域で5種類、感潮域で13種類であった。

次に市内河川の各地点の採集個体数と種類数との関係を示したのが図7である。ただし河口部の調査地点は含んでいない。

採集個体数と種類数との関係は、正の相関関数がみられた。相関図をもとに回帰直線を求めると $y = 0.720 + 0.081x$ (y : 種類数, x : 採集個体数) であった。これより採集個体数が増加するにしたがって種類数が増加することが示唆される。ただしこの関係は、個体数が60以下、種類数が6以下の場合であって、個体数が少なくても種類数が多い。また源流域では逆に個体数が多くても種類数が少ないといった例があり、河川の形態区分、採集方法等を考慮して考える必要があろう。

5. 淡水魚類の指標化について

今まで魚類の指標化にあたっての問題点を明らかにするために解析してきた。ここでは その結果を要約する。

(1) 市内河川の魚類相は、71種類で、その内純淡水魚が18種類、回遊魚が3種類、周縁性魚が50種類であった。

(2) 河川別の魚類相は、純淡水魚が鶴見川で多く出現し、他は周縁性魚が多かった。

(3) 市内河川と市周辺の魚類相を比較すると、純淡水魚の在来種は、相模川、多摩川の冷水性種を除けば、各河川の出現魚種の差はあまりなかった。

(4) 市内河川の過去の魚類相は、鶴見川で種類数が多いものの差はわずかであった。

(5) 水域形態区分による分布の特徴を鶴見川、大岡川を例にみると、純淡水魚が、源流部、上流域の狭い分布範囲を示すもの、上流域から下流域の広い分布範囲を示すものがあった。周縁性魚は、下流域、感潮域まで分布していた。大岡川は、中流、下流域の分布魚種が少なかった。

(6) 鶴見川の水域形態区分による魚種組成比は、源流部の優占種は、モツゴ、ドジョウ、上流域はオイカワ、中流、下流域はフナ類、感潮域、河口部は、アベハゼ、チチブであった。

(7) 採集個体数と種類数は、源流、上流域と感潮域で多く、中間域は少なかった。また相互に正の相関関係を示した。

以上から、市内河川は低い丘陵台地に源流をもつこと、河川延長が短かく、河川形態が単純である等の地形的特徴をもっているために、魚類相は、鶴見川を除いて総じて単純であった。しかし過去の魚類相は、各河川であり差がなく、純淡水魚で在来種に注目すれば、市周辺の魚類相とも差がなかった。ただし市内河川には冷水性種は分布していなかった。また流程分布は、水域形態区分と魚種別の分布範囲とに対応関係を示していた。

これらのことから魚類を用いた水域環境評価法を検討するにあたって、水域形態区分と分布魚種との関係、生態的区分の純淡水魚及び在来種等を考慮することにより、魚類を指標化することが可能であろう。また採集個体数と種類数は、本来群集の多様性、安定性ひいては生息環境を評価するうえで重要な項目である。これらは定量化法等の問題があるが、今回、その適用の可能性について示唆しているものと思われた。

表-7 源流域と上流、中流、下流域の水温 (°C)

区 分	例 数	夏		冬	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
源 流	16	25.3	7.7	7.0	3.0
上流、中流、下流	20	29.6	1.6	8.9	2.0

6. 魚類の分布と水質との関係

純淡水魚を対象に、出現範囲と水質との関係を検討した。水質測定項目は、DO、BOD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ で、試料は魚類の採集と同時に採水した。また魚類相調査と同時にやった底生動物相調査から、サプロビ指数(PI)との関係及び基礎的条件として水温、pHについて若干の検討を行った。

6-1 水温等

水域形態区分の源流域と上流、中流、下流域の水温について比較したのが表7である。源流部は、16地点、上流、中流、下流域は20地点であった。

水温は夏、冬期ともに源流域が他の水域に比して低水温を示し、夏期が約4℃、冬期が約2℃の差であった。しかし夏期の源流域でも、平均値で25℃以上の高値を示していた。

pHは、変動が少なく、両水域で夏、冬期の差は少なかった。pHの平均値、標準偏差は7.6、0.4であった。

6-2 DO (溶存酸素量)

DO濃度(mg/l)と魚種別の出現頻度を図8、及び出現範囲(平均値±標準偏差、最小値、最大値)を示したのが図10である。

魚種別の出現頻度の分布型は、例数が比較的多いフナ類が正規型に近い分布型を示しており、他の魚種も例数が多くなれば同様な分布型を示すと思われる。

出現頻度が最も高い濃度レベルは、5~10mg/lの範囲であった。ただしカマツカ、ナマズを除く。5mg/l以下の低い濃度でも出現する魚種は、コイ、フナ、ドジョウであった。

次に出現範囲を示した図10をみると、カマツカ、ナマズ、シマドジョウの例数が少ないが、出現した水域のDO平均値の高い順に列举すると、カマツカ、オイカワ、アブラハヤの順、以後タモロコからドジョウまでは8mg/l台の濃度レベルで差はなく、モツゴ、コイがやや低濃度で出現していた。

これからランクが上位の魚種は、上流域、源流域に分布し、比較的水の流れが速い場所に生息している魚種であった。

6-3 BOD (生物学的酸素要求量)

BOD値(mg/l)と魚種別の出現頻度及び出現範囲(平均値±標準偏差、最小値、最大値)を低濃度順に示したのが図9、11である。

魚種別の出現頻度の分布型は、例数が多いフナ類が非対称型の分布を示し、最多値が低濃度よりにあった。

出現頻度が最も高い濃度レベルは、いずれも10mg/l以下の範囲であったが、アブラハヤ、シマドジョウ、ホトケドジョウは5mg/l以下で、他の魚種は5~10mg/lの間であった。

次に出現範囲の平均値を低濃度から順番に示した図11をみると、シマドジョウ、ホトケドジョウ、アブラハヤの順に低く5mg/l以下であった。カマツカ、タモロコも比較的低濃度の値を示したが、ドジョウからコイまでは平均値が8mg/l台の高濃度、ナマズは9mg/l、フナ類は10mg/l以上の最も高い濃度を示した。

魚類が出現したBOD値の最大は28mg/lで、ドジョウ、モツゴ、コイ、フナ類であった。

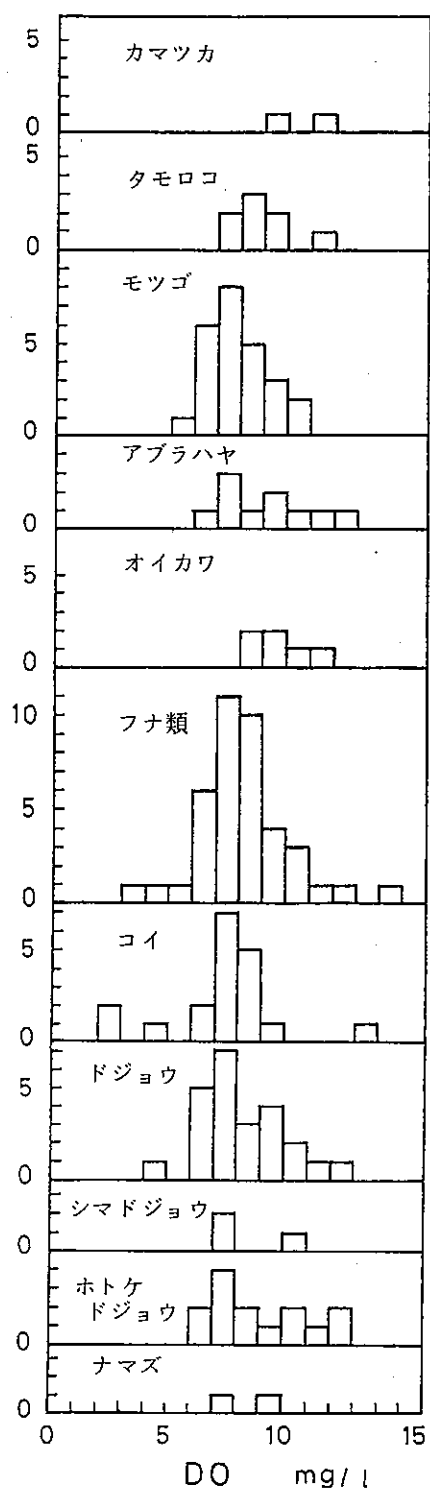


図-8 DOと魚種別出現頻度

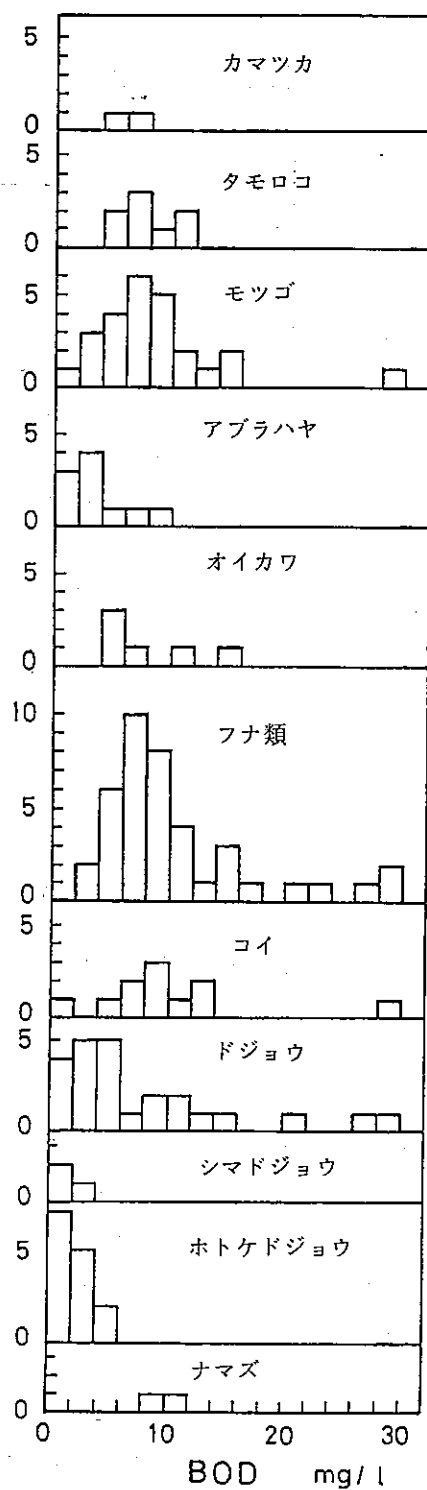


図-9 BODと魚種別出現頻度

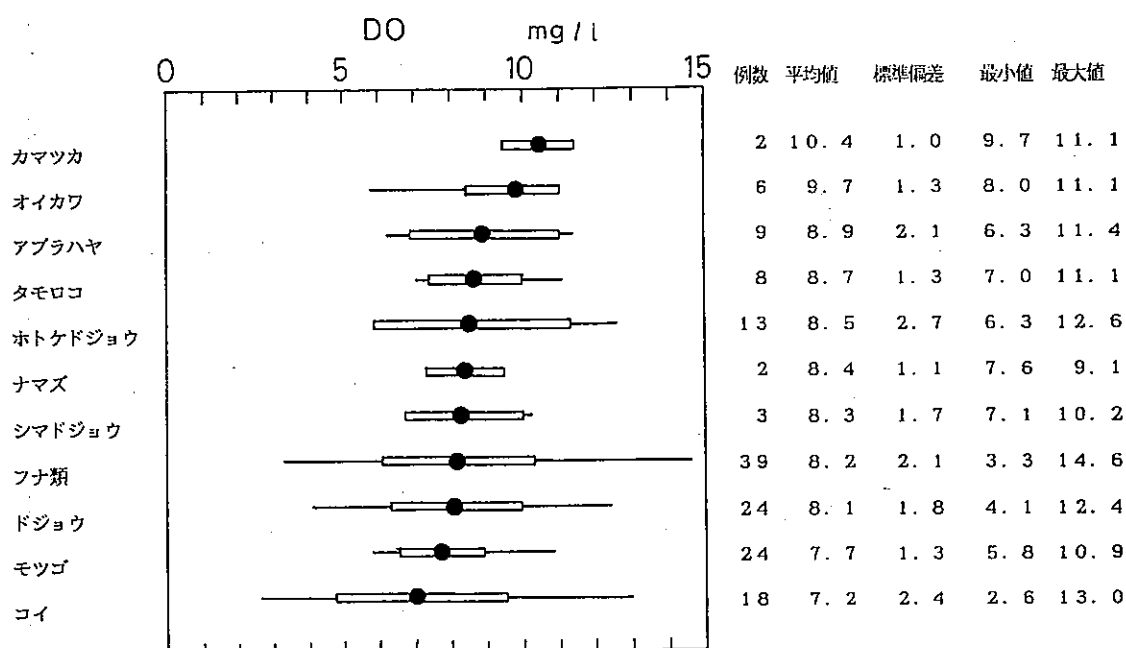


図-10 DOと魚種別出現範囲

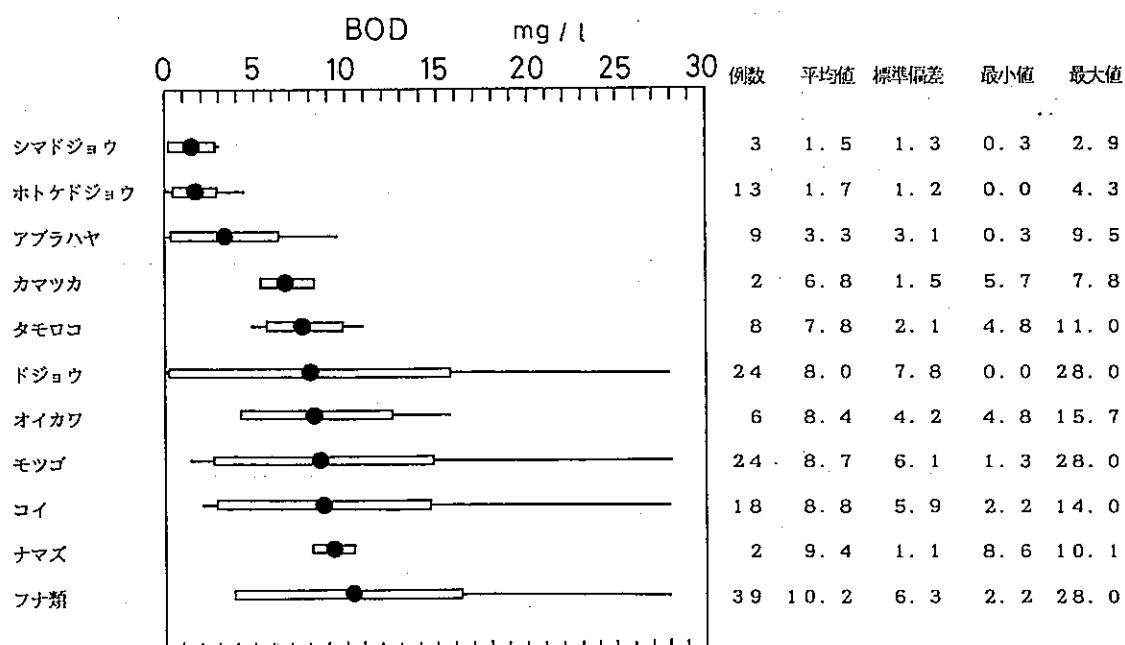


図-11 BODと魚種別出現範囲

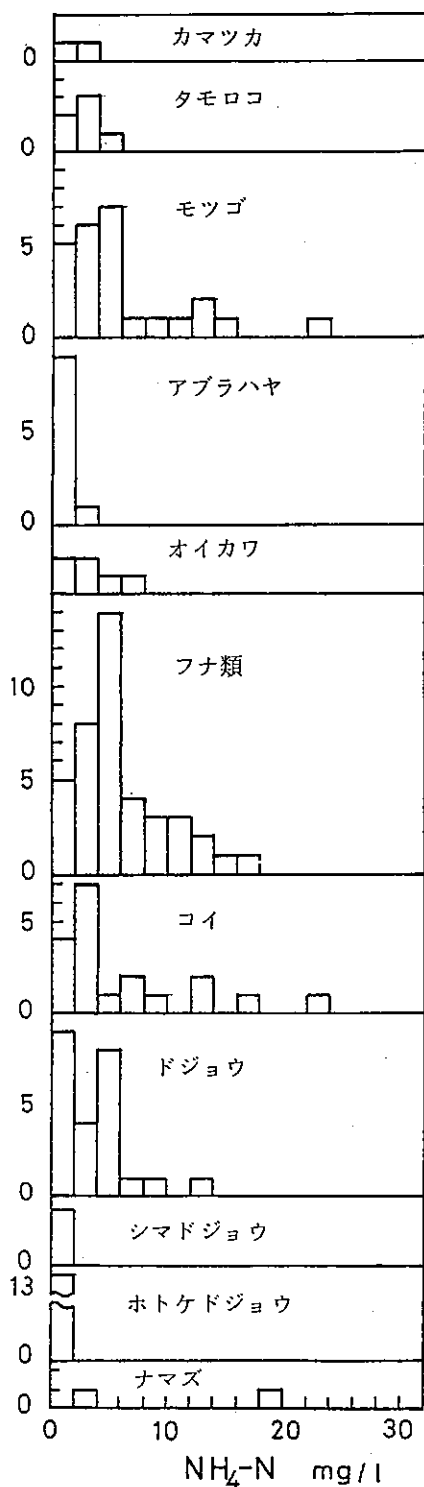


図-12 $\text{NH}_4\text{-N}$ と魚種別出現頻度

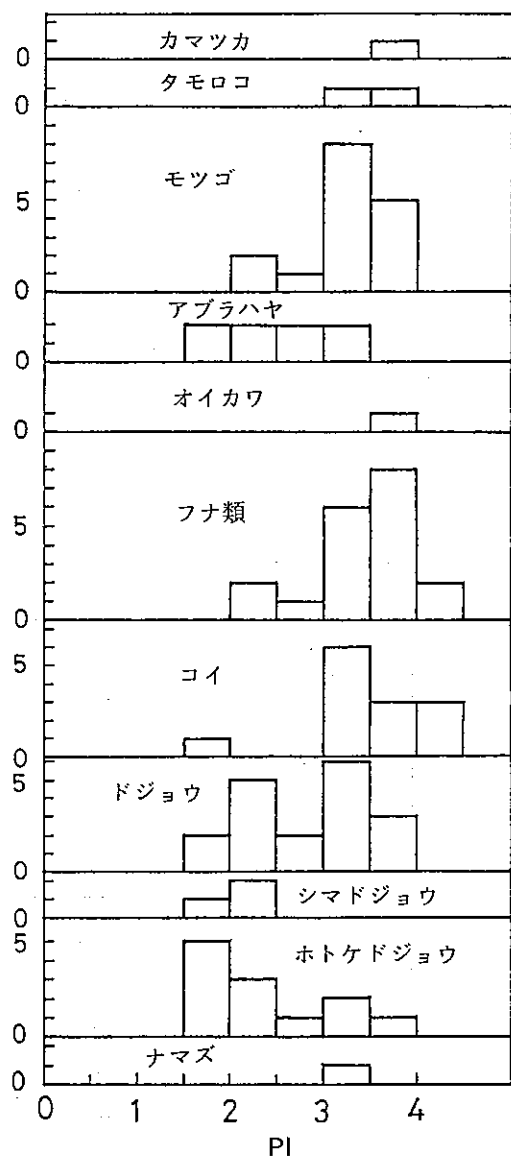


図-13 サプロビ指数(PI)と魚種別出現頻度

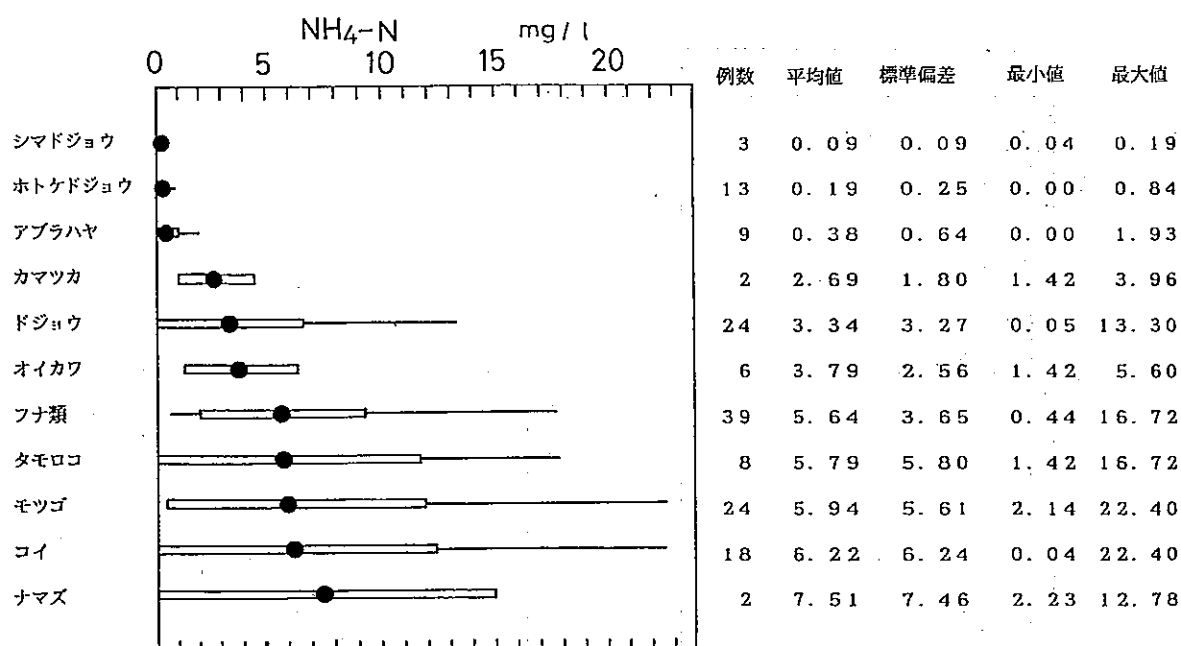


図-14 NH₄-N と魚種別出現範囲

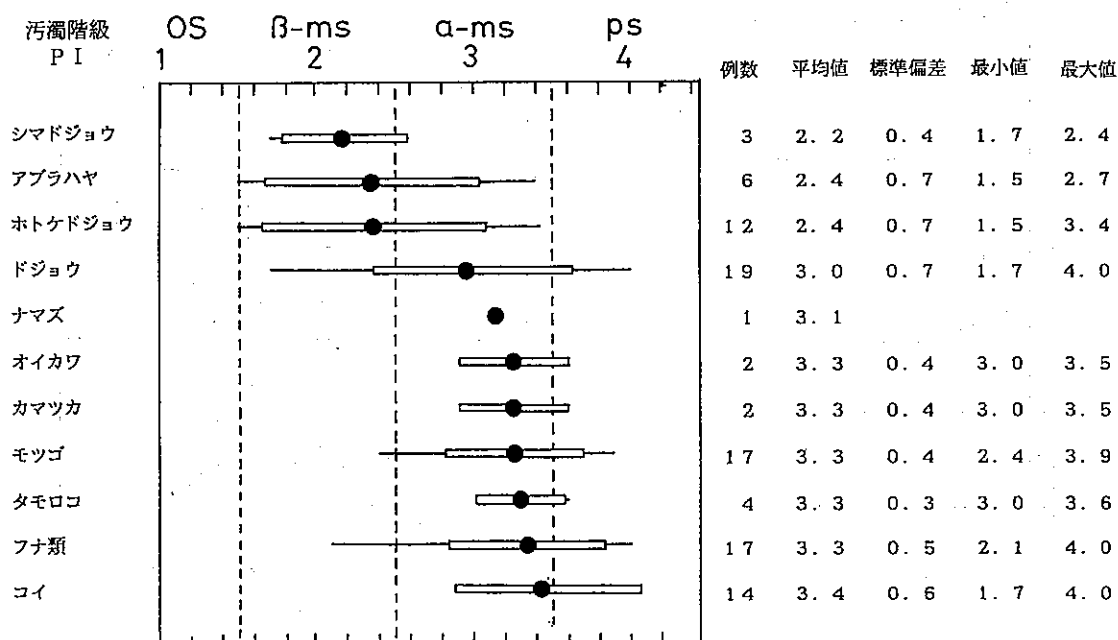


図-15 サプロビ指数(PI)と魚種別出現範囲

6-4 NH₄-N (アンモニア態窒素)

NH₄-N値 (mg/l) と魚種別の出現頻度及び出現範囲 (平均値±標準偏差、最小値、最大値) を示したのが図12、14である。

魚種別の出現頻度の分布型は、BODと同様に非対称型の分布を示し、最多値が0～2 mg/lの魚種が、カマツカ、アブラハヤ、オイカワ、ドジョウ、シマドジョウ、ホトケドジョウであった。ナマズを除く他の魚種は2～6 mg/lの範囲であった。

出現範囲の平均値を低濃度から順番に示した図14をみると、シマドジョウ、ホトケドジョウ、アブラハヤの順で低く、1 mg/l以下であった。ついでカマツカ、ドジョウ、オイカワで2～4 mg/lの範囲の濃度、他の魚種は5 mg/l以上の高濃度で出現した。

魚種が出現した最大値は22.4mg/lで、魚種はモツゴ、コイであった。

NH₄-NはBODと相関関係があることが知られている。しかし魚種別の出現範囲をBODと比較すると順位に若干の差を示した。すなわちフナ類、タモロコ等がNH₄-Nでより低濃度レベルに出現した。

表-8 水質項目、サブロピ指数 (PI) と採集個体数、種類数との相関関係

	DO	BOD	NH ₄ -N	PI	採集個体数	種類数
DO						
BOD	-0.393**					
NH ₄ -N	-0.415**	0.628**				
PI	-0.462**	0.572**	0.538**			
採集個体数	0.115	-0.334**	-0.258	-0.335**		
種類数	0.062	-0.316*	-0.228	-0.179	0.765**	

注) * : P < 0.05 , ** : P < 0.01 で有意差ありを示す。

N = 68.

6-5 サプロピ指数 (PI)

底生動物による Pantle et Buckのサブロピ指数²⁹⁾ と魚種別の出現頻度及び出現範囲 (平均値±標準偏差、最小値、最大値) を低指数順に示したのが図13、15である。またサブロピ指数からの汚濁階級 (os, β-ms, α-ms, ps) も同図に示した。

出現頻度の分布型は、魚種別に異なり一定の傾向がみられなかった。ただしフナ類は非対称型の高指数に、ホトケドジョウは低指数より最多値があった。汚濁階級からみると、全魚種がβ-ms域からps域までに出現していた。

次に魚種別の出現範囲の平均値を低指数順に示した図15をみると、シマドジョウ、アブラハヤ、ホトケドジョウの指数が2のレベル、他の魚種は3のレベルで、最も指数が高かった魚種はコイであった。

汚濁階級で示せば、前者がβ-ms域、後者がα-ms域にあった。

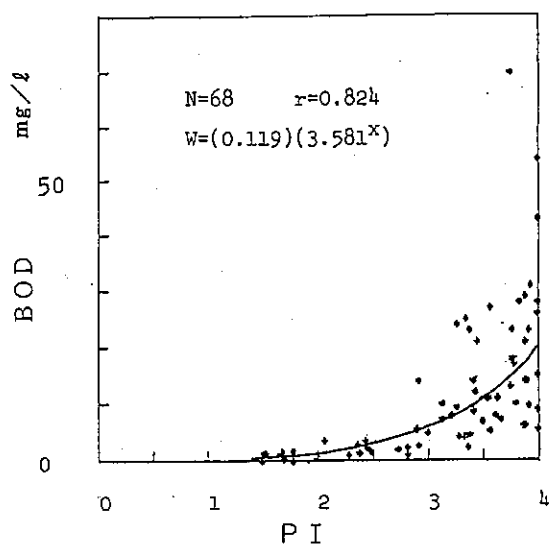


図-16 サプロビ指数(PI)とBOD との関係

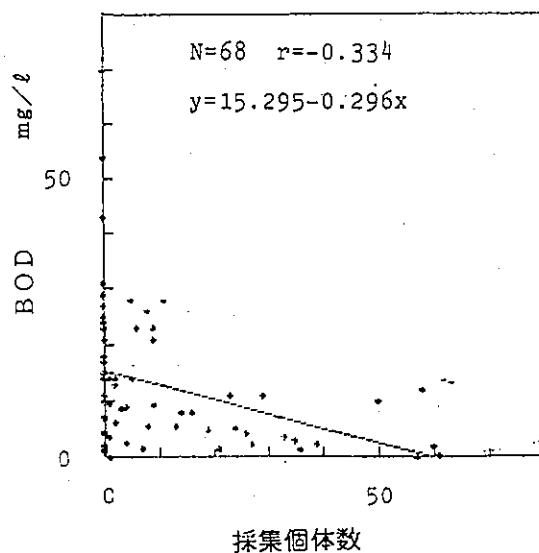


図-17 採集個体数とBOD との関係

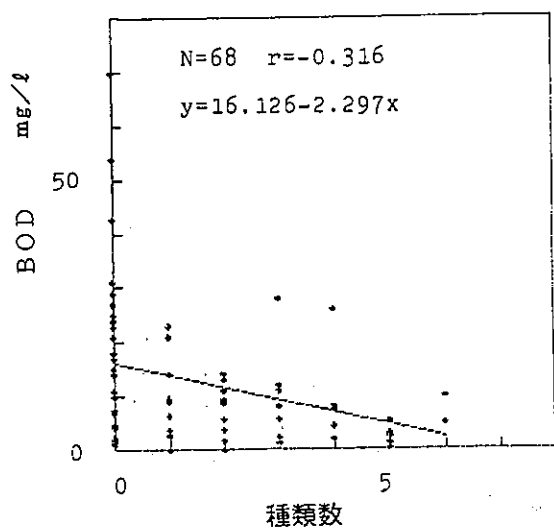


図-18 種類数とBOD との関係

魚種が出現したサブロビ指数の最小値は1.5、最大値は4で、ps域は、 α -ms域に出現した魚種の多くが出現した。この中でドジョウ、フナ類、コイは最大値を示した。

6-6 水質、サブロビ指数 (PI) と採集個体数、種類数

DO, BOD, $\text{NH}_4\text{-N}$, サubroビ指数と採集個体数、種類数との相関関係をみたのが表8である。

DO, BOD, $\text{NH}_4\text{-N}$ は、相互に相関関係があり、特にBODと $\text{NH}_4\text{-N}$ は正の有意な相関を示した。

またサブロビ指数は、この3項目間とに有意な相関関係があった。BODとサブロビ指数との相関図を図16に示した。これから相互の関係をみると、直線性より指数型の回帰曲線の傾向を示したので片対数グラフを作成し、回帰式を算出した。その結果、汚濁階級でみると、1.5以下のos域が少なく、 β -ms域、 α -ms域、ps域になるにしたがってBOD値の濃度幅が拡大していった。

次に採集個体数、種類数は、BODと有意な負の相関を示したが、総じて低い値であった。なお、相関図を図17、18に示した。

この相関図より双方とも直線性を認めたので、それぞれ回帰直線を求めた。採集個体数、種類数が0になる時のBOD値は、15~16mg/lであった。

6-7 水質汚濁と淡水魚類の指標化について

今まで主要な水質項目と魚種別出現範囲との関係についてみてきた。ここでは結果の要約と、魚類の指標化にあたっての条件を示した。

(1) DOと出現範囲との関係は、魚種の分布域、行動的特徴の差を反映したものと推測された。

(2) BOD値、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 値は似た傾向を示し、低濃度レベルではシマドジョウ、ホトケドジョウ、アブラハヤの順に出現し、ついでカマツカが、そして他の魚種は比較的高濃度レベルに出現していた。

(3) サubroビ指数との関係では、シマドジョウ、アブラハヤ、ホトケドジョウが β -ms域に、他の魚種は α -ms域に出現していた。

(4) 水質とサブロビ指数、採集個体数、種類数との関係ではBODと有意な相関関係を示した。

これらから、魚種別の出現範囲は、水質項目、サブロビ指数と関係があることが示唆された。また水質項目間、採集個体数、種類数との関係では、BODが最も多くの項目と有意な相関を示したことから、以後、BODを水質の代表項目としてさしつかえないものと考えた。

このBOD値と魚種別の出現範囲を水域形態区分との関係でみると、低濃度レベルで出現する魚種は源流域、上流域の狭い範囲、高濃度レベルは、主に上流、中流、下流域の広い範囲に分布する魚種であった。これは市内河川の現状と、また流程分布の特徴と一致した結果であった。しかしながら魚種による水質汚濁に対する耐忍性の差も反映されているものと思われる。以上の結果および水質汚濁と優占種の推移、採集個体数と種類数の関係等の結果から、魚類の指標生物としての有用性が示唆された。

7. 生物指標の基本フレーム

水域形態区分、BODと他の項目との相互の関係を基にまとめたのが図19である。

この図から、流程分布に基づく水域形態区分の再整理、すなわち、源流、上流域と上流、中流、下流域の2つの区域に整理し、BODと出現範囲との関係から指標種を設定していけば、魚類からの生物指

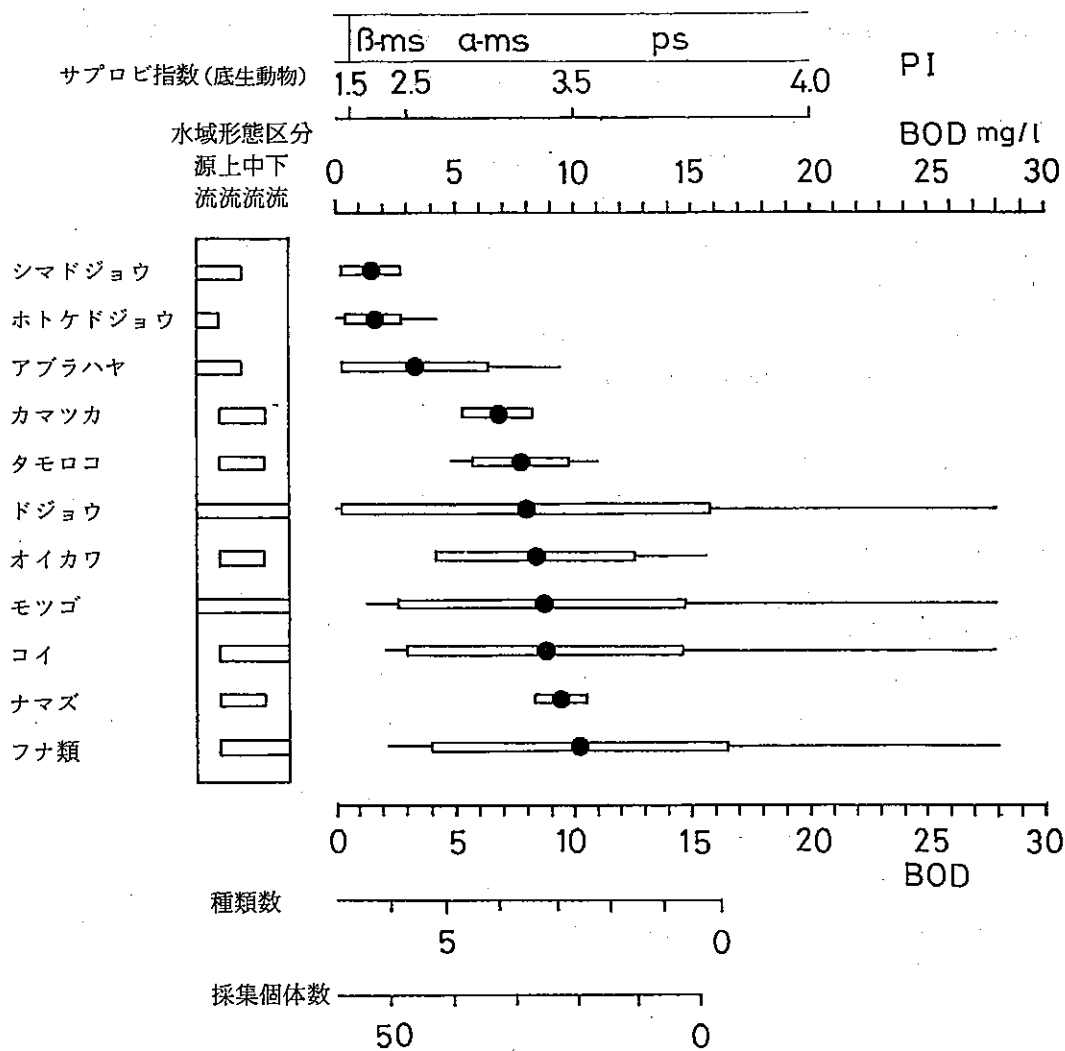


図-19 生物指標の基本フレーム

標も可能と考える。

この生物指標の考え方の基礎は、BODと出現範囲の関係で、魚種による差が指摘できたことからきている。しかし、多くの魚種は、水質汚濁が低い水域にも生息可能であり、ここでの差は、汚濁域での耐忍性の差、出現範囲の上限に注目して考える必要がある。また魚種別の出現頻度から水質汚濁に対応する優占種を選定すれば、指標種としての重みづけも可能となる。

採集個体数、種類数はBODとの関係を基に示した。汚濁の進行によって双方が減少傾向を示すことから、指標種以外の魚種も含めた魚類相の状況から生息環境を評価することができる。ただしより正確な評価を行う場合は、調査法を厳密に考える必要がある。

水域形態区分の整理については、魚種別の流程分布の特徴を考慮したものであるが、水質汚濁と出現魚種との関係でみた時、出現魚種が区域により異なる状況を示していた。そのため区域ごとの指標種を選定し、生物指標を検討するにあたっては、これらの点を考慮する必要がある。特に上流、中流、下流域の区域で、現状、汚濁階級がos域、 β -ms域の“きれい”な水域に該当する地点がないためその水域に対応した魚種を過去の状況から推測する必要がある。

最後に指標化にあたっての問題点をチェックすると、水質との関係が不明確であることと移動範囲が大きく、地域によって魚種相が異なる等の点については、今までの検討の結果おおよそ明らかになった。しかしながら定量化に困難さがあることと水質以外の要因に影響される、生活様式の複雑さ等については、十分に検討されていない。ただし定量化の問題は、生物指標の目的が本来定性的な評価法を意図したものであり、今回の生物指標にあった調査法の基準を設定すればよいと思われる。また水質以外の要因については、水質との関係と水域形態区分との関係が明確になれば、他の要因の予測も可能と思われる。

今後に残された問題は、生活様式の複雑さであった。成長段階に応じた水質変化等に対する感受性の差、繁殖生態、食性、種間、種内関係の生理学、生態学的アプローチである。また各河川で行われている放流等による特定魚種の増加、外来種の移入によってもたらされる攪乱の問題を今後、どうみていくかの検討も必要となろう。

8. 生物指標

先の基本フレームから水域形態区分、魚類相の流程分布等を考慮して、指標種を選定し、簡易な水域環境評価法を作成するための検討を行った。

8-1 指標種の選定

源流域、上流域と上流域、中流域、下流域の2つの水域区分に適応した生物指標を考えるにあたって、指標種選定の基準を設定した。

- ① 市内河川に分布するあるいは過去に分布していた純淡水魚の在来種
- ② 水域形態区分により特徴的に出現する魚種あるいは優占種
- ③ 水質（BOD）と出現範囲とに関係がある魚種
- ④ ③との関連で、耐忍性の弱い魚種、耐忍性の強い魚種あるいは各汚濁階級の優占種
- ⑤ 放流対象魚でない魚種

これらのことから指標種を表9に示した。

表-9 各区域の指標種の選定

区 域	指 標 種
源流～上流	ホトケドジョウ、シマドジョウ、アブラハヤ、ドジョウ
上流～下流	シマドジョウ、アブラハヤ、カマツカ、オイカワ、フナ類 (ギバチ、ウグイ) ³⁰⁾

この中でフナは、亜種等の分類学上の問題が指摘されているが³¹⁾、汚濁域に優占的に出現する最も一般的な魚類として選定した。

8-2 生物指標の評価法

2つの区域別に指標種を選定し、BODでの出現範囲を基に作成したのが図20である。

感覚評価の表現法は、底生動物からの汚濁階級に対応させた。すなわち、osが“非常にきれい”、 β -msが“きれい”、 α -msが“やや汚れている”、psは、2階級に分割し、 β -psが“汚れている”、 α -psが“非常に汚れている”である。他にも種々の表現法があるが、今回はこれらを採用した。しかしながら先に検討してきた様に、osの“非常にきれい”な水域がほとんどなく、 β -msの“きれい”な水域から α -ms以後の汚れている水域へと、汚濁域の範囲が大きかった。またこれらをBODとの関係でみた時、“きれい”と“やや汚れている”水域との区別が3mg/ℓで、10mg/ℓ以上になると“汚れている”、20mg/ℓ以上では、“非常に汚れている”であった。

これらは、あくまでサブプロビ指数との関係でみたのだが、理解し易い、簡単に評価できる等の点を考えると、“きれい”、“やや汚れている”との区別を5mg/ℓとしても差し支えないものと考えた。

以上のことから、2つの生物指標の評価法を表10にまとめた。

生物指標の対象区域Aは、源流から上流の水域形態を対象とし、Bは、上流、中流、下流の水域形態を対象としている。

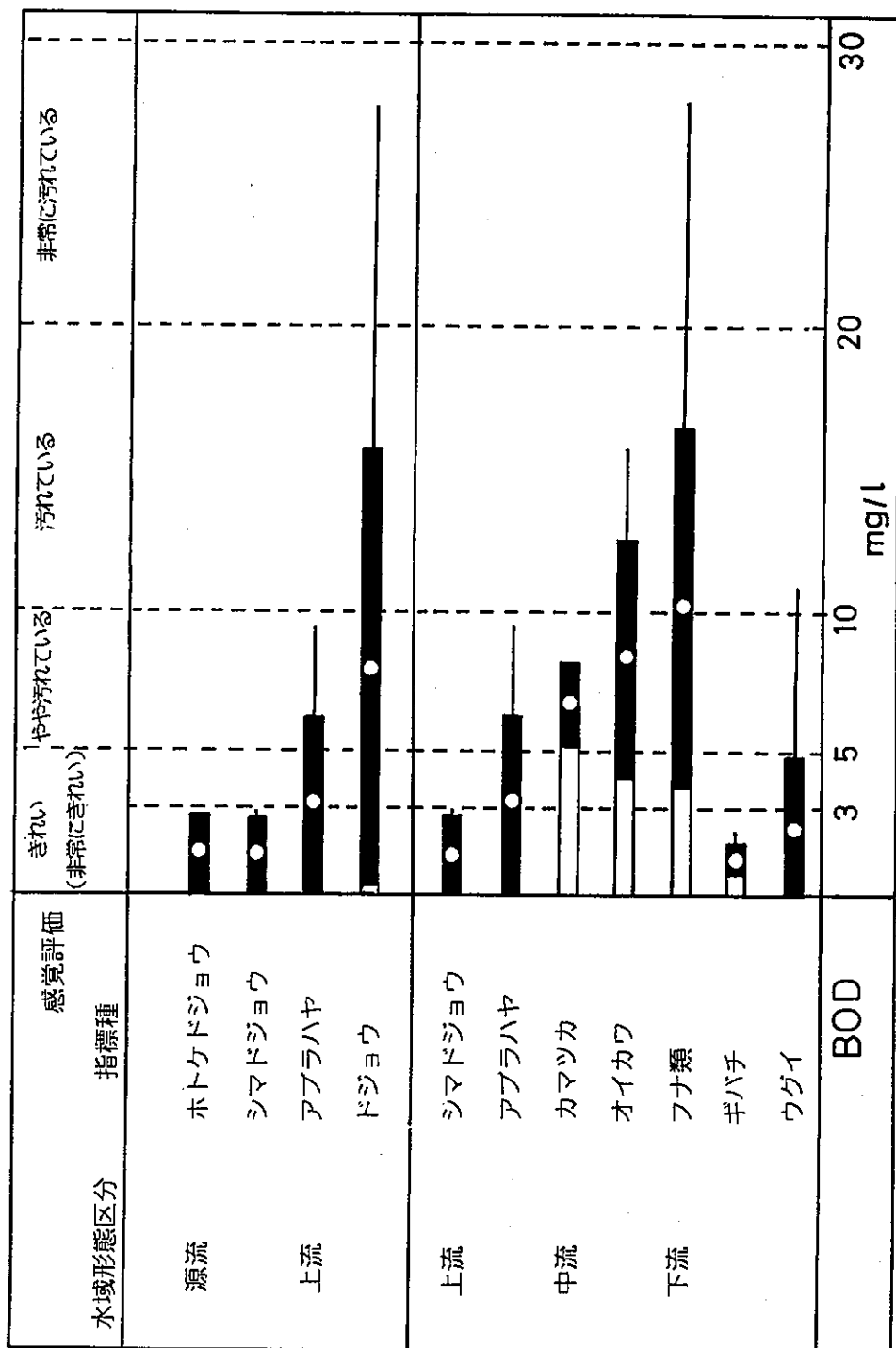
A区域は、指標種以外では、“やや汚れている”、“汚れている”にはモツゴが出現し、また特殊な例としてオイカワが優占種となる場合が過去にあった³²⁾。このA区域は、指標種が水質以外の要因の環境変化に直接的に影響を受けるため、評価するにあたっては、流域の環境、河川形態等を考慮して総合的に行っていく必要がある。

B区域は、指標種に過去の市内河川に生息していた魚種（ウグイ、ギバチ）を加えた。指標種の優占度によって評価するだけでなく、他の指標種、指標種以外の魚種を含めて個体数、種類数が多いか、少ないか、河川形態の状況等を考慮して行う必要がある。

次に、表10で群集の多様性の目安を指標種以外の魚種も含めて個体数、種類数でみた時、“多い”は個体数が50以上、種類数が6以上、“やや多い”は、次の“少ない”の個体数10以下、種類数2以下の中間値である。この“多い”は“きれい”に、“やや多い”は“やや汚れている”に、“少ない”は“汚れている”に対応したものである。ただし、これらの値は調査法に影響されることに留意すべきである。

今後、この評価法による実際の水域環境の評価、問題点等について検討する予定である。

図-20 簡易生物指標



注) 魚種の生息範囲は、図19の基本フレームと“きれい”な水域まで生息可能なものとして示した。ギバチ、ウグイは文献30)より推定した。

表-10 各区域の生物指標の評価法

対象区域	感 覚 評 価			
	きれい	やや汚れている	汚れている	非常に汚れている
A (源流～上流)	ホトケドジョウ、アブラハヤ、シマドジョウ、ドジョウの単・複数種が多く生息する。	指標種のアブラハヤ、シマドジョウ、ドジョウの単・複数種が少数生息する。	ドジョウが多く生息する。	ドジョウがまれに生息する。
B (上流～下流)	指標種のウグイが優占種 ギバチ、アブラハヤ、シマドジョウ、オイカワも生息する。	オイカワが優占種 カマツカ、ウグイ、アブラハヤが少数生息する。	フナ類が優占種 オイカワ、ドジョウが少数生息する。	フナ類がまれに生息する。
個体数・種類数	多い	やや多い	少ない	

8-3 従来の生物指標³³⁾ との比較

今回の生物指標は、横浜の地域特性にあった水域環境評価法を作成することにあった。そのため従来の一般的な生物指標に比較して源流、上流域と上流域から下流域までの水域形態に対応した2つの生物指標となった。

評価区分の感覚評価は、従来が“大変きれい”な水域から“非常に汚れている”水域までの5段階であったが、今回は“きれい”から“非常に汚れている”までの4段階とした。

次に従来の生物指標に選定された指標種は、純淡水魚がスナヤツメ、シマドジョウ、ギバチ、ウグイ、オイカワ、コイ、モツゴ、フナ、ドジョウ、カダヤシ、の10種、回遊魚がアユ、ウナギの2種、計12種であった。今回は純淡水魚の在来種で9種で、種数ではそれほど変わらないが、指標魚の種類からみるとスナヤツメ、アユ、ウナギ、コイ、モツゴ、カダヤシに変わって、ホトケドジョウ、アブラハヤ、カマツカを選定した。これは筆者らの魚類相調査結果を基に指標性の有無の検討とその結果にもとづく選定基準を設定したからである。しかし従来の指標種の中でスナヤツメは、既存のデータが少ないことだけであり、源流、上流域の“きれいな”水域の指標種として有用性をもっている。またコイは放流対象魚、モツゴは源流から下流域まで広く分布し、“きれい”な水域から“非常に汚れている”水域まで広く出現することから、指標種としてはあまり有用でない。しかし“非常に汚れている”水域まで出現する魚種としてドジョウとともに用いられるかもしれない。

カダヤシは、外来種であり、今回は在来種を対象としたために選定しなかった。

アユ、ウナギは、回遊魚であり、生活様式が複雑で、水質との関連が不明確な点があげられる。ところでアユは、他地域の河川で放流が行われており、水産上の重要な漁獲対象魚種となっている。そのためもあってか他の自治体の生物指標の中にも指標種として多く用いられている。今回は、先の理由と純淡水魚を対象としたために選定しなかったが、今後、市民になじみのある魚種として、別の観点から検討すべきものとする。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、多大なる御教示及び写真等の御援助をしていただいた横須賀市博物館学芸員林公義氏に心から感謝いたします。

文 献

- 1) 田端健二：生物学的実験手法による水質評価、公害と対策，17，419～426(1981)
- 2) 横浜市：魚類指標による工場排水規制手法に関する研究(1986)
- 3) Alabaster, J. S.: Biological Monitoring of Inland Fisheries, Applied Science Publishers LTD, LONDON (1977)
- 4) 樋口文夫：鶴見川の水質による水域環境評価の研究，水域環境指標Ⅲ，横浜市公害研報，111～132 (1986)
- 5) Wedemeyer, G. A., W. T. Yasutake: Clinical Methods for the Assessment of the Effects of Environmental Stress on the Fish Health, Technical Paper of the U. S. Fish and Wildlife Service, Washington, D. C. (1977)
- 6) 環境庁水質保全局・日本の水をきれいにする会：水質管理計画調査一水生生物による水質調査法改訂検討一，昭和61年度環境庁委託業務結果報告書，49～107 (1987)
- 7) 水野信彦：生物指標としての魚類，環境と生物指標2－水界編一，共立出版，東京，189～196 (1975)
- 8) 君塚芳輝：生物による水質調査指標としての淡水魚類、水質管理計画調査、昭和61年度環境庁委託業務結果報告書、49～107 (1987)
- 9) 樋口文夫，水尾寛己：横浜市内河川の魚類相，横浜の川と海の生物（第4報），横浜市公害対策局公害資料 126，57～84 (1986)
- 10) 樋口文夫，水尾寛己，大場栄次（未発表資料）
- 11) 畠中潤一郎：市内河川の水質環境調査結果，横浜の川と海の生物（第4報），横浜市公害対策局公害資料 126，37～56 (1986)
- 12) 金田彰二，小林紀雄，福島悟，水尾寛己，畠中潤一郎，樋口文夫：横浜市内河川の底生動物相，横浜の川と海の生物（第4報），横浜市公害対策局公害資料126，85～107 (1986)
- 13) 工藤孝浩，鴨川宗洋，伊東俊弘：横浜市沿岸域の魚類相，横浜の川と海の生物（第4報），横浜市公害対策局公害資料 126，181～225(1986)
- 14) 可児藤吉：可児藤吉全集，思索社，東京(1970)
- 15) 水野信彦・御勢久右衛門：河川の生態学，生態学研究シリーズ2，築地書館，東京，(1984)
- 16) 益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝弥・吉野哲夫（編）：日本産魚類大図鑑，東海大学出版会，東京 (1984)
- 17) Darlington, P. J.: The Geographical Distribution of Animals, Zoogeography, Willey & Sons, New York (1975)
- 18) Myers, G. S. : Paleogeographic Significance of Fresh Water Fish Distribution in the Pacific, Proc. Seventh Pacific Sci. Congress, 4, 38-48 (1953)
- 19) 中村守純：原色淡水魚類検索図鑑，北隆館，東京(1975)

- 20) 後藤晃：淡水魚，生活環からみたグループ分けと分布域形成，日本の淡水魚類，水野信彦，後藤晃編，東海大学出版会，1～15，東京(1987)
- 21) 斉藤和久：神奈川県淡水魚類分布状況，神奈川県水生生物（第6報），133～166(1984)
- 22) 君塚芳輝・多紀保彦：多摩川下流域の魚類相，大田区水生生物（大田区自然環境保全基礎調査報告書），7～52(1985)
- 23) 林公義：三浦半島の淡水魚類，Science Report of the Yokosuka City Museum, 20, 18～52 (1973)
- 24) 水口憲哉：川は流れるウグイはどこへ，アニマ6，17～24 (1978)
- 25) 木村喜芳・秋山信彦・相内幹浩・荒木義敬：鶴見川水系の魚類，神奈川県自然保全研究会報告書（第3報），7～24 (1983)
- 26) 横浜市下水道局：下水処理水放流先河川の生物相調査結果の概要，10～11 (1984)
- 27) 横浜市公害対策局：横浜市内河川・海域の水質汚濁と生物，公害資料53，69～107 (1974)
- 28) 日本魚類学会編：日本産魚名大辞典，三省堂，東京 (1981)
- 29) Pantle, R., Buck, H. : Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse, Gas u, Wasserfach, 96, 604 (1955)
- 30) 東京都環境保全局：昭和60年度水生生物調査報告書，58～71 (1987)
- 31) 小林弘：日本および日本周辺地域の倍数体ブナの分布，日本女子大学紀要，29，145～161 (1982)
- 32) 水尾寛己，樋口文夫：市内河川の魚類，横浜市公害対策局公害資料，73，13～33 (1978)
- 33) 横浜市：横浜市水域における水質環境目標，横浜市公害対策局，2～6 (1975)

横浜市内河川における生物指標としての底生動物

小林 紀 雄

1. はじめに

川の中に生息している生物を利用して水の汚れを調べようとする試みは、津田（1964）によれば、ドイツの Kolkwitz und Marsson（1908）によって始められたとされている。日本では津田（1972）により諸外国で考案された多くの方法が紹介されているが、実際の調査上での検討は、津田ら（1960）により議論されている。

それ以後、河川の水質（おもに有機汚濁）を調べる方法の簡便法として底生動物が取り上げられるようになり、環境庁や建設省などの調査法として日本全国で実施されてきた。また、顕微鏡的な微生物（バクテリアや付着藻類）を調べる方法は、上水道や下水道などでも使用されている。

このような生物を利用した水質判定が考案され、実施されてきた背景には、その当時の理化学分析の技術が発達段階であったことがあげられる。現在では理化学分析技術が進み、水の汚れについて様々な物質を測定することは容易になっているが、河川の環境を知る目的で底生動物の調査が行われている。これは生物を利用して環境を評価したほうが、イメージ的に分かりやすいためである。

しかしながら、津田らの調査方法が標準となったにもかかわらず、採集方法や同定能力の違いにより、必ずしも同じような評価の得られないことが問題とされるようになった。特に小型の種類（ユスリカ類など）について詳しく調べた場合には、その違いが顕著になってしまう。また、津田らが調査の対象とした近畿地方の河川と比較して、その他の地方の河川では、河川形態、地史的な要因などの違いから必ずしも同じような底生動物相が認められないことが分かってきた。

河川の環境や水質を知るための生物指標として、川の中に生息している底生動物を調査し、評価を与えることは、感覚的にも分かりやすく有効である。また、汚濁の総合的な評価を得ることができるなど、高価な機器を必要としない簡易的な分析・評価方法としての有効性は非常に高い。河川の底生動物を利用して水の環境を知るための調査方法、評価方法などについて、筆者が今までに横浜市内河川を調査した結果から、横浜市の地域的な特徴を踏まえた河川底生動物の指標性の検討を行ない、問題点と留意点について解説する。

2. 河川の底生動物による生物学的水質判定の歴史とその変遷

2-1 汚水生物系列と水質階級

Kolkwitz u. Marsson（1908）は汚水生物系列として、バクテリア、原生動物、付着藻類などを4ランクの水質階級に大別した。さらに大型の底生無脊椎動物を加え、汚水生物系列と生物学的水質階級の概念についてまとめている（Kolkwitz u. Marsson, 1909）。

津田（1944）はこの方法に基づき、本邦産生物の水質汚濁指標生物表の試作を試みている。諸外国ではその後の研究により水質階級が細分され、汚水生物系列の再編が行われた。

生物学的水質階級として、今までに4～10ランクに分けられているが、Sladeczek（1969）の分けた10

ランクは例外的である。Sladeczek の分け方では、汚濁のない極めて純粋な地下水や雨水などを清水性 (Katharobity) とし、都市下水や有機工業廃水が河川に入って希釈されたような場合をリムノ腐水性 (Limnosaprobity)、さらに濃厚な有機廃水は真腐水性 (Eusaprobity) として定義し、生物化学的酸素要求量 (BOD) との対応を示している。

2-2 採集および評価方法

生物学的水質判定を行うための採集方法は、その評価方法により様々である。日本において行われてきた Beck-Tsuda 法では、コドラート (方形枠) を用いた定量採集を基本としている。

生物指標として標準化を行うためには、採集方法の違いにより評価結果が異なってしまうのでは問題である。そのため、採集方法は評価方法により大まかに規定されている場合が多いが、まったく規定のない場合もある。これは簡易的な水質評価、精密な生態学的研究など、調査目的の違いにより、必ずしも採集方法が一定とならないためである。

ここでは、今までに考案されてきた採集及び評価方法について、いくつかの例をあげ、横浜市内の河川を調査するために適した方法について検討する。

2-2-1 採集方法

河川の底生動物を採集するための方法として、多くの採集器具が考案されている。質および量という面から考えると、定性採集と定量採集に分けられる。本来、その場所にどのような生物が生息しているのかを調べるためには、定性的な方法で多くの環境から底生動物を採集し、その地域に生息している正確な底生動物相を把握することが必要である。その後、調査目的に応じた定量採集法を採用して調査研究を行うことが望ましい。しかしながら現在の日本では、定量採集による底生動物の調査が一般的に行われており、正確な底生動物相の把握を目的とした調査は、ほとんど行われていないようである。採集方法の選択は、その調査目的により検討されるべきである。ここでは、どのような採集方法があるのか簡単に説明を加え、採集上の問題点について解説する (表 1 を参照)。

1) 定性採集法

河川の底生動物には、貝類、ミミズ類、エビ・カニ類、水生昆虫類など、多くのグループが含まれており、それぞれの種類が生息している場所も様々である。たとえば、エビ類やトンボ類などでは、流れの遅いよどみや淵に生息している種類が多く、カゲロウ類やカワゲラ類などでは、流れの速い瀬に生息している種類が多い。河床の狭い範囲を調査する定量採集では、必ずしも川の中に生息している種類を十分に採集できるとは限らない。種類によっては河床ではなく、水辺の水生植物帯に生息しているものもある。そのため、生息している種類数を調べるためには、定量採集よりも定性採集のほうが、より多くの多様な環境に生息している種類を採集できる。

個人の能力によって採集される種類に偏りが生じることは問題であるが、定量採集よりも分析の前処理に費やす時間的労力が少なくすむため、多くの評価方法では一部の条件を加えた採集法 (たとえば単位時間内の定性採集とする) として採用されている。

採集器具としては D・フレームネットや小型のハンドネットなど、携帯性や操作性の良いものを使用し、ネットの目幅は採集したいグループに合わせて選択すれば良い。定量採集用のサーバー・サンプラーでも定性採集はできるが、操作性はあまり良くない。

表1 河川底生動物の採集法の比較

採集器具	採集方法	流水		よどみ(淵)		止水(池)	
		礫底	泥底	礫底	泥底	礫底	泥底
D・フレイムネット (図1, A)	定性	◎	◎	○	○	○	○
	定量	◎	◎	△	△	×	×
チリトリ型金網 (図1, B)	定性	△	△	△	△	△	△
	定量	○	○	○	○	△	△
サーバー・サンプラー (図1, C)	定性	△	△	△	△	×	×
	定量	◎	◎	△	△	×	×
ボックス(シリンダー) サンプラー (図1, E, F)	定性	×	×	×	×	×	×
	定量	◎	◎	△	△	△	△
コア・サンプラー (図1, D)	定性	×	×	×	×	×	×
	定量	×	△	×	○	×	◎
エクマン・バージ型 採泥器 (図1, G)	定性	×	×	×	×	×	×
	定量	×	△	×	○	×	◎

◎：最適，○：適当，△：可能，×：不可。

2) 定量採集法

定量採集法については、渡辺(1980)の詳しい解説がある。単位採集面積、サンプルサイズ、採集器具のネットの目幅の違い、などによる採集効率の違いが指摘されている。

日本で使用されている定量採集の器具として、チリトリ型金網(津田, 1962)、サーバー・サンプラー(Surber, 1937)、D・フレイムネット(井手式)などがある。その他に定量採集専用の採集器具として、ボックス・サンプラー、コア・サンプラー、エクマン・バージ型採泥器などがある(図1)。

定量採集の利点は、調査結果を数値として表わしやすいことである。たとえば、採集された個体数の多い種を優占種として選定し、その生息環境の特徴を表わしている種とするのである。この優占種の定義には、厳密な生態学的検討がなされたわけではなく、便宜上使用されている。また、定量採集の問題点は、採集面積の大きさにより採集される種類数に違いが認められることで、単位採集面積をどの程度の大きさにすれば良いのか、結論はだされていない(一般には、30cm×30cm、50cm×50cmが使用されている)。

ある特定のグループ(たとえばユスリカ類)について定量採集を行う場合には、そのグループに含まれる個々の種類の大きさ、生息環境、食性などを考慮して、できるだけ小さな単位採集面積を決定して、数回採集するのが妥当であると思われる。

人工基物を用いた底生動物の定量採集方法としては、イギリスやアメリカでは多くの報告がある。しかしながら、日本においては、ほとんど検討されていない。河床に人工基物を設置し、長期間にわたって安定した条件に留めておくことが、河川管理上困難なためである。しかし、影響評価のモニタリングなどでは、人工基物による採集方法は有効と思われるので、今後の調査検討が必要である。

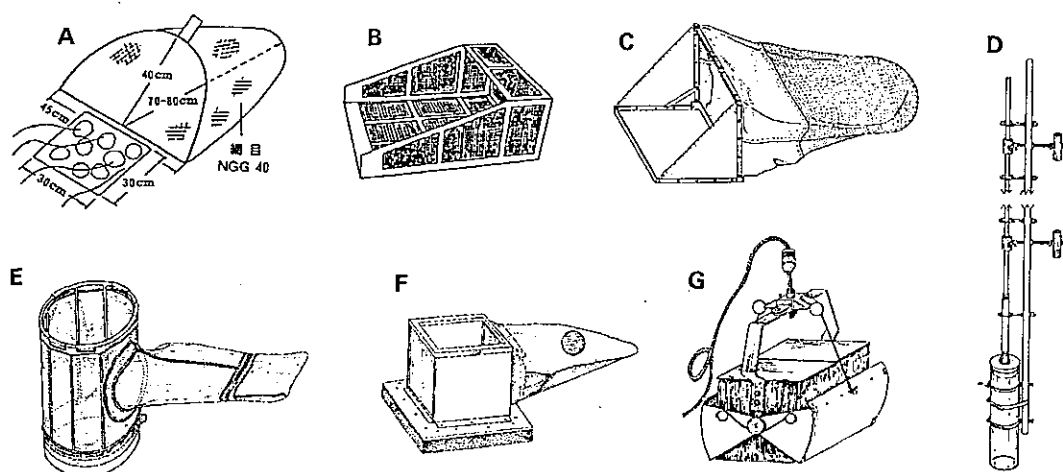


図1 底生動物の採集器具。A：D・フレームネット（小林・金田，1984），B：ちりとり型金網（渡辺，1980から引用），C：サーバー・サンプラー，D：コア・サンプラー，E：シリンダー・サンプラー，F：ボックス・サンプラー，G：エクマン・バージ型採泥器。（C～GはMerritt & Cummins, 1978より引用）。

2-2-2 評価方法

河川の底生動物を用いた水質の評価方法として、ドイツ、チェコスロバキア、イギリス、アメリカ、日本などの多くの国で様々な方法が考案されている。それらの違いは、水質の評価値を得るための計算式が異なるだけである。指標生物を選定し、それぞれの種類に水質評価値を与えていることは、どの評価方法においても同様である。

ドイツにおいて発達した Kolkwitz-Marsson の伝統的な汚水生物階級にたいして、チェコスロバキアの Sladeczek は改良を加え、多くの階級を設定している。これについては、津田（1972）の解説がある。表2に Sladeczek（1979）の腐水階級とそれに対応させた各評価方法の範囲をまとめた。生物指標の最近の動向については、安野（1987）の解説が参考になる。

1) Pantle und Buck (1955) のサブロビ指数 (S)

Pantle u. Buck (1955) は、汚水生物階級を4ランクに分け、以下の式によって得られるサブロビ指数の値から評価を行った。その後、Sladeczek (1969) によって汚水生物階級が10ランクに拡張され、それに伴いサブロビ指数の範囲も拡張された。

サブロビ指数の計算式に変化はないが、対象とする生物にバクテリアや原生動物（真腐水性の評価のため）が加えられ、汚濁域の評価範囲が拡張されている。そのため、指標生物の汚濁階級表の作成が、この評価方法の重要な部分をしめている。

$$\text{サブロビ指数 (S)} = \frac{\sum (s \cdot h)}{\sum h}$$

h : 出現多少度
h = 1 : 偶在
h = 3 : 多い
h = 5 : 大変多い

表2 各種の生物指数の比較

Saprobity name	腐水階級	BOD ₅ (mg/l)	Pantle and Buck (1955) S サプロビ指数	Woodiwiss (1964) Index	Chandler (1970) Scores	Beck-Tsuda 法 (1960) 生物指数	Hilsehoff (1982) B. I.
KATHAROBIITY							
Katharobity	清水性	0	負の値 (-1)	—	—	—	—
LIMNOSAPROBIITY							
Xenosaprobity	ゼノ腐水性	1.0	-0.5-0.5 (0)	VI-X	90-100	—	0-1.75
Oligosaprobity	貧腐水性	2.5	0.5-1.5 (1)	IV-IX	56-84-98	>20	1.76-2.25
β -Mesosaprobity	β 中腐水性	5.0	1.51-2.5 (2)	III-VII	15-51-72	11-19	2.26-2.75
α -Mesosaprobity	α 中腐水性	10.0	2.51-3.5 (3)	III-VII	7-13-26	6-10	2.76-3.50
Polysaprobity	強腐水性	50.0	3.51-4.5 (4)	I-IV	1-9-22	0-5	3.51-4.25
EUSAPROBIITY							
I sosaprobity	イソ腐水性	400.0	4.51-5.5 (5)	I-II	—	—	4.26<
Metasaprobity	メタ腐水性	700.0	5.51-6.5 (6)	—	—	—	—
Hypersaprobity	極腐水性	2000.0	6.51-7.5 (7)	—	—	—	—
Ultraspobity	超腐水性	120000.0	(7.51-0.5) (8)	—	—	—	—

1) Sladeczek (1969) に従い、水質階級の範囲を拡張してある。

s : 指標生物の汚濁階級指数

清水性指標種	s = -1	強腐水性指標種	s = 4
ゼノ腐水性指標種	s = 0	イソ腐水性指標種	s = 5
貧腐水性指標種	s = 1	メタ腐水性指標種	s = 6
β 中腐水性指標種	s = 2	極腐水性指標種	s = 7
α 中腐水性指標種	s = 3	超腐水性指標種	s = 8

計算から求められたサブロビ指数 (s) の値を表 2 の範囲と比較し、該当する範囲をその地点の水質階級とする。バクテリアや原生動物などを含まずに底生動物だけで評価する場合には、リムノ腐水性 (Limnosaprobity) の範囲の評価値になる。

2) Woodiwiss (1964) のトレント生物指数

Woodiwiss (1964) のトレント生物指数は、イギリスのトレント川において河川管理者を対象とした生物指数として検討された。この評価方法では、分類の難しいグループは、種類の区別を大まかに済ませているところに特徴がある。わずかなトレーニングで種まで分類できるグループについては、種類の数を調べ、属や科までしか判別できないグループでは、その属数や科数をグループ数とした。

評価の方法は、表 3 に示したような特徴となるグループ (カワラゲ類、カゲロウ類、トビケラ類など) の種数と採集されたグループの総数 (表 4) の組合わせから生物指数を求める。トレント生物指数の範囲は、0 から X までの 11 段階であり。およその腐水階級について表 2 に示した。採集法として水深の浅い礫底の早瀬で、ハンドネットによる採集を基本としている。もし個体数の比較を行う場合には、10 分間の単位時間採集を薦めている。

3) Chandler (1970) の生物スコア法

Chandler (1970) の生物スコア法は、前述のトレント生物指数が種類の数を問題とする定性的な評価方法であるのに対し、定量的な評価を含めた方法になっている。この方法は、採集法として単位時間採集を採用し、5 分間に採集されたそれぞれのグループの個体数によりポイントスコアを決定している。さらに各グループから求められたポイントスコアを合計して、その地点の生物スコアとする。グループは 26 に分けられており、その内容は、種、属、科など様々な分類群に及んでいる (表 5)。これは各グループの種類ごとに同定の容易さが異なるので、種や属を区分 (必ずしも種名を決定する必要はない) できるかどうかを問題としたためである。

ポイントスコアは、0 から 100 の間に振り分けられているが、それを合計した生物スコアの範囲は、0 から 2000 程度まで幅広く変化する。Chandler (1970) は、この生物スコアの値と水質の関係には直接あてはまらないが、Graham (1965) の Biotic Index と比較して、良く一致することを示している。生物スコアは上限の値が大きくなりすぎるため、採集されたグループの数 (ポイントスコアを加えた回数) で割り、生物スコアの平均値 (0 から 100 までの値) として水質階級と比較されている (表 2)。この平均値で比較しないと、種や属の区別に個人差があるため、生物スコアに差異が生じる。

Balloch ら (1976) は、Woodiwiss (1964)、Graham (1965)、Chandler (1970) などの生物指数について、多様性指数との比較、季節的変動、採集場所の違い (瀬や淵など) による指数の変動、再現性の良さなどの検討を加えている。その結論として Chandler の生物スコア法は、ほかの指数よりも多くの情報量を持ち、また労力的にはほとんど変わらないとしている。

表3 トレント生物指数

特徴となる グループ	種類の多様性	採集されたグループの総数 ³⁾				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16+
		生 物 指 数				
カワゲラ類がいる	2種類以上 1種類だけ	— —	VII VI	VIII VII	IX VIII	X IX
カゲロウ類がいる	2種類以上 1種類だけ ¹⁾	— —	VI V	VII VI	VIII VII	IX VIII
トビケラ類がいる	2種類以上 ²⁾ 1種類だけ	— IV	V IV	VI V	VII VI	VIII VII
ヨコエビ類がいる	上記の全てがない	III	IV	V	VI	VII
ミズムシがいる	上記の全てがない	II	III	IV	V	VI
イトミミズ類や 赤色ユスリカ類がいる	上記の全てがない	I	II	III	IV	—
上記のグループはいない	シマハナアブが生息	0	I	II	—	—

1) *Baetis rhodani* は除く。 2) *Baetis rhodani* はここに入れる。 3) グループは別表参照。

表4 トレント生物指数を求めるための分類群のグループ分け

- 1 ウズムシ類 (Platyhelminthes) の種類の数。
- 2 ミミズ類 (Annelida) の中で、ミズミミズ類 (*Nais*) を除くすべて。
- 3 ミズミミズ類 (*Nais*) 。
- 4 ヒル類 (Hirudinea) の種類の数。
- 5 貝類 (Mollusca) の種類の数。
- 6 甲殻類 (Crustacea) の種類の数。
- 7 カワゲラ類 (Plecoptera) の種類の数。
- 8 カゲロウ類 (Ephemeroptera) の中で、*Baetis rhodani* を除いた属の数。
- 9 コカゲロウ類の *Baetis rhodani*
- 10 トビケラ類 (Trichoptera) の科の数。
- 11 水生の脈翅類 (Neuroptera) の種類の数。
- 12 赤色のユスリカ (*Chironomus thummi*) を除いたユスリカ科 (Chironomidae)。
- 13 赤色のユスリカ *Chironomus thummi*
- 14 ブユ科 (Simuliidae)。
- 15 ユスリカ科およびブユ科以外の水生双翅類 (Diptera) の種類の数。
- 16 水生の鞘翅類 (Coleoptera) の種類の数。
- 17 ミズダニ類 (Hydracarina) の種類の数。

表5 生物スコア法

サンプリングのグループ分け	5分間の単位時間で採集された各グループの個体数				
	出現 1-2	少ない 3-10	普通 11-50	多い 51-100	大変多い 100+
サンプリングのグループ分け					
1. ウズムシ類 (<i>Crenobia alpina</i>) , ミジカオカワゲラ科 (Taeniopterygidae) , カワゲラ科 (Perlidae) , アミメカワゲラ科 (Perlidae, Isoperlidae) , ミドリカワゲラ科 (Chloroperlidae) の種.	90	94	98	99	100
		(ボイ)	ント	スコ	ア)
2. ハラジロオナシカワゲラ科 (Leuctridae) , クロカワゲラ科 (Capniidae) , オナシカワゲラ科 (Nemouridae) の中で <i>Amphinemura</i> 属を除いた種.	84	89	94	97	98
3. カゲロウ類 (Ephemeroptera) の中で <i>Baetis</i> 属を除いた種.	79	84	90	94	97
4. 携葉性のトビケラ類 (Trichoptera) , ヘビトンボ類 (Megaroptera) の種.	75	80	86	91	94
5. 貝類 (<i>Ancylus</i> 属) の種.	70	75	82	87	91
6. ナガレトビケラ類 (<i>Rhyacophila</i> 属).	65	70	77	83	88
7. ガガンボ類 (<i>Dicranota</i> 属, <i>Limnophila</i> 属).	60	65	72	78	84
8. プユ類 (<i>Simulium</i> 属).	56	61	67	73	75
9. 鞘翅類 (Coleoptera) , 線虫類 (Nematoda) の属.	51	55	61	66	72
10. フサオナシカワゲラ属 <i>Amphinemura</i> .	47	50	54	58	63
11. コカゲロウ属 <i>Baetis</i> .	44	46	48	50	52
12. ヨコエビ類 <i>Gammarus</i> .	40	40	40	40	40
13. 蛭をもたないトビケラ類の中でナガレトビケラ属を除いた種.	38	36	35	33	31
14. ウズムシ類 (Tricladida) の中で <i>Crenobia alpina</i> を除いた種.	35	33	31	29	25
15. ミズダニ類 (Hydracarina) の属.	32	30	28	25	21
16. 貝類 (Mollusca) の中で <i>Ancylus</i> 属を除いた種.	30	28	25	22	18
17. <i>Chironomus riparius</i> を除いたユスリカ科 (Chironomidae) .	28	25	21	18	15
18. ヒル類 (<i>Glossiphonia</i> 属) の種.	26	23	20	16	13
19. ミズムシ類 (<i>Asellus</i> 属) の種.	25	22	18	14	10
20. ヒル類 (Hirudinea) の中で <i>Glossiphonia</i> 属, <i>Haemopsis</i> 属を除いた種.	24	20	16	12	8
21. ヒル類 (<i>Haemopsis</i> 属).	23	19	15	10	7
22. イトミミズ類 (<i>Tubifex</i> 属).	22	18	13	12	9
23. ユスリカ類 <i>Chironomus riparius</i> .	21	17	12	7	4
24. ミズミズ類 (<i>Nais</i> 属).	20	16	10	6	2
25. 空気呼吸をする種.	19	15	9	5	1
26. 動物は生息しない.			0		

4) Beck-Tsuda 法 (津田, 1960) の生物指数

Beck (1955) は、アメリカのフロリダ州において河川底生動物の調査を行ない、きれいな水域と汚濁した水域とには、それぞれ異なる種類の底生動物が生息していることをみつけた。彼は、きれいな水域に生息する種類を Class I とし、汚濁した水域に生息する種類を Class II に区別した。そして生物指数 (Biotic Index) として、以下の式により計算することを提案した。

$$\text{Biotic Index} = 2 (n \text{ Class I}) + (n \text{ Class II})$$

ただし、n Class I は採集された種類の中で Class I に属する種類数。

n Class II は採集された種類の中で Class II に属する種類数。

この式によって計算された生物指数は、Class I の種類数が2倍された結果であり、きれいな水域になるほど数値が大きくなるように工夫されている。この生物指数の値は、0 から40の間で変動するが、ユスリカ類を詳しく分けると40以上になる。この生物指数の評価は、以下の基準に従って行う。ただし、たとえ生物指数が10をこえても、種類のほとんどが Class II に属している場合には、“注意すべき水域”として扱う。

生物指数 (Beck, 1955) の評価基準

- 0 : 大変汚れている
- 1 ~ 6 : 汚れている
- 4 ~ 9 : きれいな水域 (環境が単純、流れが遅い)
- 10 以上 : きれいな水域 (環境が多様、流れが速い)

このBeck (1955) の生物指数について、津田ら (1960) は Kolkwitz-Marsson の汚水生物系列にあてはめ、貧腐水性指標種を Class I の指標種 (A)、 β 及び α 中腐水性、強腐水性などの指標種をまとめて Class II の指標種 (B) とした。さらに、Beck の生物指数には採集方法について詳しい規定がないため、以下のような採集のための規定条件を設けた。これは、Beck の生物指数の評価基準中に“同じ水質においても流速が異なると採集される種類に大きな違いがある”ことが示されており、そのような採集時の偏りをなくするためである。

採集のための規定条件

- (i) 各地点の採集には石礫底の部 (かつ流速50~100cm/secのところ) を選んで行うこと。(石礫底の部分のないときには止むを得ないから、任意の底にて同じことを行い摘要に底質の種類を記しておくこと)。
- (ii) 採取面積は一定にすること、これは50×50cmのコドラートを水底におきその範囲内の肉眼的動物を全部採取するがよい。

Beck-Tsuda 法の生物指数の評価基準 (津田ら, 1960)

$$\text{生物指数} = 2 A + B$$

- >20 : 清冽
- 11~19 : やや汚濁
- 6~10 : かなり汚濁
- 0~5 : 極めて汚濁

Beck-Tsuda 法は、Beck (1955) の評価方法に採集時の制限を加えただけのものであり、生物指数としては同じものである。問題点として、“指標種の中に同定が難しい種類を含んでいる” “指標種の選定が研究者によって異なるため水質判定結果に違いが生じる” ことなどがある。

5) Hilsenhoff (1982) の生物指数

Hilsenhoff (1982) は、アメリカのウイスコンシン州の 1,000以上の地点で調査を行い、採集法の違いや同定レベルの違いにより生物指数 (Hilsenhoff, 1977) を用いた判定にバラツキがでるかどうかを検討した。Hilsenhoff の生物指数は、以下の式で求められる。

$$\text{生物指数} = \frac{\sum n_i \cdot a_i}{N}$$

n_i : ある種類の個体数
 a_i : ある種類の耐性値 (tolerance value)
 N : 採集した総個体数 (100を基本)

生物指数の評価	0.00~1.75	すばらしく良い (有機汚濁はない)
	1.76~2.25	大変良い (わずかの有機汚濁がある)
	2.26~2.75	良い (いくらかの有機汚濁がある)
	2.76~3.50	まあまあ良い (有機汚濁が認められる)
	3.51~4.25	悪い (強度の有機汚濁)
	4.26~5.00	大変悪い (ひどい有機汚濁)

耐性値は 0 から 5 までの 6 段階が採用されており、その数が多いほど汚濁に耐性のある種類である。ほかの指数との対比については、表 2 に示した。

この生物指数は、採用する個体数を 100 とし、その中になるべく多くの種類が含まれるようにすることが条件とされている。採集には網目の大きいハンドネット (網目 3 mm 程) を使用して、同定の難しい小型の種類はなるべく採集しない。さらに、同定レベルを種ではなく属まででやめた場合の評価など、徹底した合理化が計られている。そのような合理化を行う上で、以下のような検討を行っている。

- (1) 生物指数を求めるための同定レベルを属までと種までに分けて行った場合、それに費やす時間などの程度違いがあるかどうか。[結果] “属までの同定では、種までの同定に比べて平均 75% の時間で終了する”
- (2) 現地で生きているものを直接拾い上げる方法と実験室に持ち帰ってから死んで動かないもの拾い上げる方法では、採集される種類に偏りがでるかどうか。[結果] “大型で動きまわる種類 (カワゲラ類) や石に付着している種類 (ヒラタカゲロウ類やシマトビケラ類) などでは現地で拾い上げたほうが多く採集され、小型で見分け難い種類 (ヒメドロムシ類の幼虫や小型のガガンボ類) では実験室で拾い上げたほうが多く採集される”
- (3) 現地および実験室における採集法の違いにより、生物指数の値にどのような違いが現われるか。
[結果] “種類数の多い調査地点では、採集法の違いにより求められる生物指数に有意差が認められたが、水質の判定結果は同じであった”

(4) 採集に適した礫底の早瀬がない(礫が大き過ぎたり、水深が深い)場合、人工基物を設置してそこから採集される種類で水質評価ができるかどうか。[結果] “人工基物と直接底質から採集した種類の生物指数を比較すると、人工基物の生物指数に変動が大きかった。これは、自然の河床よりも人工基物のほうが環境として単純であることが原因している”

(5) 採集したサンプルの信頼性について、調査地点から上流や下流に約1 km離れた場所で採集を行ない生物指数の比較をすると同様の評価結果が得られるかどうか。[結果] “対象とした調査地点間に発電用ダムがある地点では、両者の生物指数に有意な差が認められたが、それ以外ではほとんど差はなかった”

このような検討を行ない、調査地点では100個体の水生節足動物(ヨコエビや水生昆虫)を採集すれば生物指数を得るのに十分であるとしている。これ以外にも生物指数を用いて水質評価を行う上で、“種類の同定をどこまで行えば良いのか(または行えるのか)”、“流速や水温の違いが生物指数にどのような差を生じさせるか”、“季節的な変動についてどう対処するか”、“汚濁耐性値(tolerance value)をどのようにして決定するか”など、多くの問題について議論を行っている。

6) Zelinka u. Marvan (1961) のサブロビ値とインディケーター価値

Zelinka u. Marvan (1961) は、Kolkwitz-Marsson の汚水生物系列に従い、水質階級を5つに区分した(βos , αos , βms , αms , ps)。各水質階級に出現する指標種は、必ずしも1つの階級に出現するのではなく、多くの種類(とくに汚濁耐性種)は、いくつかの階級にまたがって出現することに注目した。Pantle u. Buck (1955) のサブロビ指数では、このようないくつかの階級にまたがって出現する種類を1つの階級指標種として扱うため、正確な指標性を表わしていないとして、指標種の出現する全ての水質階級にサブロビ値を与えた。さらに、評価値を計算する上での重み付けとして、インディケーター価値(g)という考え方を導入した。

このインディケーター価値(g)は、1から5までの整数で表わされ、1つの水質階級にしか出現しない種類については5を与え、出現する水質階級が多くなるにしたがって数を減らしていく。すべての水質階級に出現する種類では、インディケーター価値は1となる。

この Zelinka-Marvan のサブロビ値とインディケーター価値から、以下の式によって各水質階級の価値値を求め、一番大きな評価値の得られた水質階級をその地点の水質判定結果とする。

$$\text{各水質階級の評価値} = \frac{\sum a_i \cdot h_i \cdot g_i}{\sum h_i \cdot g_i}$$

h_i = ある種類の個体数
 a_i = 各水質階級のサブロビ値
 g_i = ある種類のインディケーター価値
ただし、 i は評価に用いる種類を示す。

この考え方は、指標種が必ずしも1つの水質階級だけを指標するとは限らないことを明確に表わしたものであり、理論的には整然としている。しかしながら、全ての指標種について、このような各水質階級ごとのサブロビ値とインディケーター価値を求めることは困難である。また、数値表現を厳密にすればするほど、採集法や季節による評価値の変動が問題となる。

この評価方法について、御勢(1978)が日本産の底生動物について解説している。しかし、実際に利用されているかどうかは不明である。

2-3 評価方法の問題点

生物学的水質判定の評価方法について、サブロビ指数 (Pantle u. Buck, 1955)、トレント生物指数 (Woodiwiss, 1964)、生物スコア法 (Chandler, 1970)、Beck-Tsuda 法 (津田ら, 1960)、生物指数 (Hilsenhoff, 1982)、サブロビ値とインディケーター価値 (Zelinka u. Marvan, 1961) など、いくつかの例をあげて説明した。

これらの評価方法に共通している点は、水質を評価するために指標種 (属や科の場合もある) を選定し、それらに水質と対応させた評価値を与えていることである。この評価値の付け方に、それぞれの指数の特徴が現われている。

いちばん簡単な評価値は、Beck-Tsuda 法で使用されている汚濁耐性種 (B) と非汚濁耐性種 (A) であり、「きれい」もしくは「きたない」のどちらかの水質を指標するように分けられている。複雑な評価値としては、Zelinka-Marvan のインディケーター価値のような重み付けをした方法がある。

指標種に対して評価値を与える場合、水質が「きれい」もしくは「きたない」のどちら側からの数値を大きくしていることも一種の重み付けといえる。Kolkwitz-Marsson の汚水生物系列に従えば、「きたない」側の数値を大きくする (たとえば、サブロビ指数) ことが妥当である。しかし、良好な水質を評価することを重視するのであれば、「きれい」側の数値を大きくして評価する方法 (たとえば、トレント生物指数、生物スコア法など) が適切であるように思われる。

これからの生物学的水質判定の方向として、なるべく簡便な方法を考案することが必要ではあるが、Hilsenhoff (1982) のようにあらゆる誤差や変動の原因について検討し、それに対処できることを確認する必要もある。また、指標種の生態学および分類学的な情報の蓄積についても、同時に行うべきである。たとえば、水生昆虫類の卵や成虫の時期には、水中から幼虫が採集されないため、たとえそこに生息していても指標種としての役割を果たさない。水生昆虫類を生物指標として利用する場合には、指標種として選定した種類の卵および成虫の時期などの生活史を調べておく必要がある。

以上のような理由から、生物指標を用いて生物学的水質判定を行う場合には、以下の留意点について考慮しながら、調査および評価方法を検討していく必要がある。

- (1) [採集法の選択] ー調査目的を明確にし、知りたい情報が生息している指標種の質 (種類数) であるのか量 (個体数) であるのかにより採集法を選択する。
- (2) [指標種の生態学および分類学的な情報の蓄積] ー指標種の生活史 (特に水生昆虫類では卵や成虫の時期) の調査や分類学的検討を行う。
- (3) [調査実施者の能力] ー種類を詳しく調べる必要があるのか (または可能であるか)。もしなければ、おおまかなグループ分けで評価する方法の検討。
- (4) [テキストやトレーニング方法の確立] ー調査実施者の能力に応じて、トレーニング方法やテキストを分ける。
- (5) [水質判定結果の活用] ー得られた水質の評価を河川管理に役立てる。調査結果が現状把握だけに終わらず、将来の予測に役立てる。
- (6) [有機汚濁以外の指標性] ー生物学的水質判定 (有機汚濁) だけにこだわらず、そのほかの有害物質や環境評価に対する指標性の検討を行う。

3. 横浜市および周辺の河川の底生動物相

すでに述べたように、河川底生動物の調査は、生物学的水質判定を行う目的で実施されてきた。関東地方の一級河川については建設省が中心となり、それ以外の二級河川や準用河川については、東京都、神奈川県、横浜市などの地方自治体が調査を行っている。

しかしながら、このような生物学的水質判定を目的とした河川の底生動物調査では、そこに生息している正確な底生動物相の把握は目的とされず、極端に言えば種類数と汚濁耐性種の割合を知ることだけが目的として調べられてきた。そのため、多くの調査報告があるにもかかわらず、それぞれの地方に生息している底生動物相の特徴などについては、ほとんど論じられていない。

今までに筆者が横浜市の河川を調べた限りでは、近隣の多摩川や荒川などに比較すると底生動物相は貧弱であり、その原因が汚濁によるものなのか、河川の規模が小さいためなのか、はっきりとした結論はでていない。

ここでは、既存のデータと筆者の未発表資料に基づき、横浜市内の河川底生動物相の特徴について、近隣の地域（相模川、多摩川、荒川、三浦半島、房総半島）と比較して考察する。

3-1 横浜市内の河川底生動物相

横浜市を流れる河川のおもなものには、鶴見川水系、帷子川水系、大岡川水系、宮川水系、侍従川水系、境川・柏尾川水系の6つがある。これらの河川は、流程が短く、源流部の標高が低いという共通の特徴をもっている。そのため、河川の周辺部には工場や住宅などが造成され、自然な状態の残されている部分はごく僅かである。

河川の水質は、周辺部の開発状況に比例して汚れてきており、きれいな部分はごく一部の源流部だけである。中流部より下流では、コンクリート護岸された都市河川の様相を示し、自然な環境はまったくない。横浜市内河川の底生動物相における一つの特徴として、本来きれいな中流部に生息していた種類はほとんど生息しておらず、有機汚濁に耐性のある種類（セスジユスリカなど）にとって代わられていることがあげられる。そのため、現在の調査結果からは、横浜市内河川の中流部がきれいであった頃の底生動物相を推定することは困難である。

最近の調査結果（金田，1981；金田・小林，1986；小林，1987b，1987c，1987d；小林・金田，1984，1986）をまとめ、横浜市内の底生動物の生息状況について表6に示した。これには、河川の底生動物だけでなく、港北ニュータウン地区の公園池の水生動物も含めてある。渦虫類（1種）、軟体類（10種）、貧毛類（3種）、ヒル類（3種）、甲殻類（5種）、昆虫類（カゲロウ類18種、トンボ類28種、カワゲラ類7種、半翅類6種、広翅類3種、トビケラ類20種、鞘翅類10種、双翅類78種）の合計192種類の生息が確認されている（付表1～4を参照）。

これら種類の生息状況の特徴として、大岡川や柏尾川の源流にあたる円海山周辺には、ほかの横浜市内では見られない種類（オオフタオカゲロウ、ダビドサナエ、ミルンヤンマ、ヘビトンボなど）が数多く生息していることがあげられる。鶴見川や帷子川の源流にも自然の良く残った地域があるが、このような種類の生息は確認されていない。

鶴見川の源流部（東京都町田市）と境川の源流部（神奈川県城山町と東京都町田市）には、横浜市内では見られない種類の生息が確認されている。とくに境川の源流部には、オビカゲロウ、ムカシトンボな

表—6 横浜市内の水生動物の生息状況 (1)

綱名 CLASS	目名 Order	科名 Family	目別 種数	河川 源上中下	種数	池止水
渦虫綱	三岐腸目	ドッゲツシア科	1	● ●	1	
腹足綱	中腹足目	ミズシタグミ科 カワニナ科 モノアラガイ科 サカマキガイ科 ヒラマキガイ科 カワコザラ科	7	● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	1 1 2 1 1 1	○ ○ ○
二枚貝綱	ハマグリ目	シジミガイ科 ドブシジミ科	3	● ●	1 2	●
貧毛綱	イトミミズ目	ミズミミズ科 イトミミズ科	3	○ ● ● ● ●	1 2	● ●
ヒル綱	ウオビル目	グロシフォニ科	1	● ● ● ●	1	○
	イシビル目	イシビル科	2	●	2	
甲殻綱	端脚目	キタヨコエビ科	1	●	1	●
	等脚目	ミズムシ科	1	● ● ● ● ●	1	●
	十脚目	ヌマエビ科 ザリガニ科 サワガニ科	3	○ ● ● ● ● ○ ● ● ● ● ● ● ● ● ●	1 1 1	● ●
昆虫綱	カゲロウ目	フタオカゲロウ科 コカゲロウ科 ヒラタカゲロウ科 トビイロカゲロウ科 モンカゲロウ科 マダラカゲロウ科 ヒメカゲロウ科	18	● ● ● ● ○ ●	3 6 2 2 1 2 1	○ 1
	トンボ目	イトトンボ科 アオイトンボ科 カワトンボ科 サナエトンボ科 オニヤンマ科 ヤンマ科 ヤマトンボ科 トンボ科	28	○ ●	1 1 3 1 2 1	3 2 ○ 3 1 10
	カワゲラ目	オナシカワゲラ科 クロカワゲラ科 ハラジロオナシカワゲラ科 アミメカワゲラ科 カワゲラ科	7	● ●	3 1 1 1 1	○

表—6 横浜市内の水生動物の生息状況 (2)

綱名 CLASS	目名 Order	科名 Family	目別 種数	河川 源 上 中 下	種数	池 止水
昆虫綱	半翅目	アメンボ科 マツモムシ科 ミズムシ科	6	●	1	2 1 2
	広翅目	センブリ科 ヘビトンボ科	3	● ● ● ●	1 2	○
	トビケラ目	クダトビケラ科 イワトビケラ科 シマトビケラ科 ナガレトビケラ科 ヤマトビケラ科 ヒメトビケラ科 カクスイトビケラ科 エグリトビケラ科 カクツツトビケラ科 ケトビケラ科 ホソバトビケラ科 カタツムリトビケラ科 ヒゲナガトビケラ科	20	● ● ● ● ○ ● ● ● ○ ● ● ○ ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ○ ● ● ○	1 1 3 2 1 1 1 3 1 1 1 1	1 1 1 ○
	鞘翅目	コガシラミズムシ科 ゲンゴロウ科 ガムシ科 ホタル科 ヒラタドロムシ科 ヒメドロムシ科	10	○ ○ ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	2 1 2 2 1	1 1 ●
	双翅目	ガガンボ科 コシボソガガンボ科 チョウバエ科 ホソカ科 フサカ科 カ科 ブユ科 ヌカカ科 ユスリカ科 ナガレアブ科 ミズアブ科 オドリバエ科 アシナガバエ科 ショクガバエ科 ミギワバエ科	78	● ● ● ○ ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ○ ○ ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ○ ● ● ● ● ● ● ● ● ○ ● ● ●	10 3 1 1 2 1 4 2 1 2 1 1	○ 1 ○ 1 ○ 1 2 ○ 1 ○ ○

●：おもな生息域，○：生息可能。

ど、平野部では見られない種類が生息している。これは、水質や河川環境が問題ではなく、地史的（地質年代など）なことが関係しているのであろう。

3-2 近隣河川の底生動物相との比較

横浜市内河川の底生動物相と関東地方の近隣河川の底生動物相を比較するため、相模川（神奈川県内、112種）、多摩川（山梨県と東京都、275種）、荒川（埼玉県と東京都、291種）、三浦半島（半島全域、142種）、房総半島（おもに小櫃川、153種）などの底生動物（主として水生昆虫類）の種類数を表7に示した。

水生昆虫以外の底生動物と同定の難しいユスリカ類を除いた種類数で比較すると、横浜市(123種)、三浦半島(126種)及び房総半島(129種)では、ほぼ同じ程度の種類数になる。これらに比べ、荒川(252種)と多摩川(239種)では、およそ2倍の水生昆虫類の生息が確認されている。相模川(100種)が少ないのは、神奈川県内の中流部だけを調査した結果であり、その採集方法が水質判定を目的とした定量採集によるためであろう。

以上のことから、横浜市内河川の底生動物相の特徴は、次のようにまとめられる。

- (1) 横浜市内の河川の底生動物相は、荒川や多摩川などの流程の長い河川と比較すると貧弱である（特に水生昆虫類）。
- (2) 横浜市内の河川の水生昆虫類の種類数は、三浦半島や房総半島の河川と比較して、同じかやや少ない程度である。
- (3) 円海山周辺の源流部には、横浜市内のはかの地域では見られない種類が生息している。それらの種類は、三浦半島の源流部に見られる種類と共通している。
- (4) 中流部より下流の区域では、過去に生息していた底生動物のほとんどが汚濁のために失われており、きれいな水質の中流部に生息する種類の推定は、現状からは不可能である。

表7 近隣の河川と横浜市内の河川に生息する底生動物の種類数の比較

動物門	綱名	目名	9) 相模川	25) 48) 多摩川	34) 荒川	27) 29)* 三浦半島	45)* 房総半島	横浜市
へん形動物門	渦虫綱	三岐腸目	1	2	2	1	1	1
軟体動物門	腹足綱 二枚貝綱	中腹足目 ハマグリ目	2 0	13 3	8 8	2 1	4 1	7 3
環形動物門	貧毛綱 ヒル綱	イトミミズ目 ウオビル目 イシビル目	3 1 1	6 2 2	4 0 3	2 0 2	— — 1	3 1 2
節足動物門	甲殻綱	端脚目 等脚目 十脚目	0 1 2	2 1 4	3 0 3	1 1 5	1 2 6	1 1 3
	昆虫綱	カゲロウ目 トンボ目 カワゲラ目 半翅目 広翅目 トビケラ目 鞘翅目 膜翅目 双翅目	43 1 19 0 2 20 3 0 13	68 24 30 5 3 64 16 1 29	54 22 36 18 3 52 37 1 37	25 46 9 5 3 22 7 0 10	34 13 13 4 4 24 16 0 29	18 28 7 6 3 20 10 0 78
種 類 数	合 計		112	275	291	142	153	192
ユスリカ科を除いた底生動物の種類数			111	274	283	141	145	145
ユスリカ科を除いた水生昆虫の種類数			100	239	252	126	129	123

9), 25), 27), 29), 34), 45), 48) は参考文献番号を示した。*は筆者の未発表資料を用いた。

4. 横浜市内河川に生息する底生動物の指標性（金田・小林（1986）を中心として）

金田・小林（1986）は、横浜市を流れる6水系の河川について、生物学的水質判定を行っている。調査は、20×20cmのコドラートを用いた定量採集により採集された底生動物について、優占種法、コルクウィツ法、Beck-Tsuda法、サプロビ指数などから生物学的水質判定を行い、水質を評価をした。この調査結果に基づき、横浜市内河川における水質汚濁の現状と生物学的水質判定の指標種について論説する。

4-1 横浜市内河川の水質と生物学的水質判定

採集された底生動物は129種類であり、底生動物の採集と同時に測定したBOD値(mg/l)は、0~3が25地点(os, 31%)、3~5が6地点(β m, 8%)、5~10が19地点(α m, 23%)、10~20が12地点(β ps, 15%)、20以上が19地点(α ps, 23%)であった。

採集した地点の種類数(○印はBeck-Tsuda法の生物指数)とBOD値を図2に示した。20種類以上の底生動物が採集されている地点のBOD値は、全て5mg/l以下であった。また、10種類以上が採集されている地点のBOD値は、一部を除いて10mg/l以下である。BOD値が大きくなるに従い、採集される底生動物の種類数は少なくなる。つまり、BOD値の大きい地点で採集された種類は、有機汚濁の耐性種と考えることができる。採集された種類数だけでも、ある程度の水質評価は可能である。BOD値が15mg/l以上での種類数の減少は、ほぼ横ばい状態にあり、このような有機汚濁に耐えうる種類は、はたして良い指標種となるのであろうか。

夏と冬を合わせて、のべ80地点を調査した結果、4地点以上から採集された種類は55種類であった。その55種類について、80地点中で採集された地点の割合とその度数及び累積度数を図3に示した。この図3から、80地点の中で8地点(10%)までに採集された種類の累積度数は、およそ55%であることが読み取れる。これは、55種類の中で $55 \times 0.55 = 30$ 種類の出現率は、全調査地点(80地点)の10%であることを示している。さらに80地点中の25%(20地点)以内で採集された種類では、 $55 \times 0.8 = 44$ 種類となる。20地点以上から採集された種類は、残りの20%(11種類)にすぎない。さらに40地点(50%)以上から採集された種類は、わずか3種類である。

このように、多くの調査地点から採集されている種類は、ごく少数の種類である。つまり、図2に示したようなBOD値が15mg/l以上の地点で採集されている種類は、広適応性種(=汚濁耐性種)といえる。横浜市内河川の中流部より下流は汚濁しており、そのような水域に生息している広適応性種は、非汚濁水域を含む多くの調査地点から採集されていることになる。

横浜市内河川の現状からすると、有機汚濁に耐性のある種類はかなり広い生息範囲をもち、汚濁していない水域にも生息が可能である。これは源流部の標高が低く、流程が短いことにも関係しており、横浜の地域的な特性を表わしている。これらの現状を考慮すると、有機汚濁域に生息している個々の種類に対して「有機汚濁に耐性がある」という評価値は与えられるが、必ずしも「有機汚濁を指標している」という評価値は与えられない。

Zelinka u. Marvan (1961) 以外の従来の評価法では、指標種に対して1つの評価値しか与えていない。汚濁域から源流部まで同じ種類(セスジユスリカなど)が生息している横浜市の現状を考えると、従来の方法がそのまま適用できるとは考えられない。生息範囲を考慮に入れたZelinka-Marvanの評価方法は有用であるが、分類学上の問題があるために、そのまま適用することはできない。水質を評価

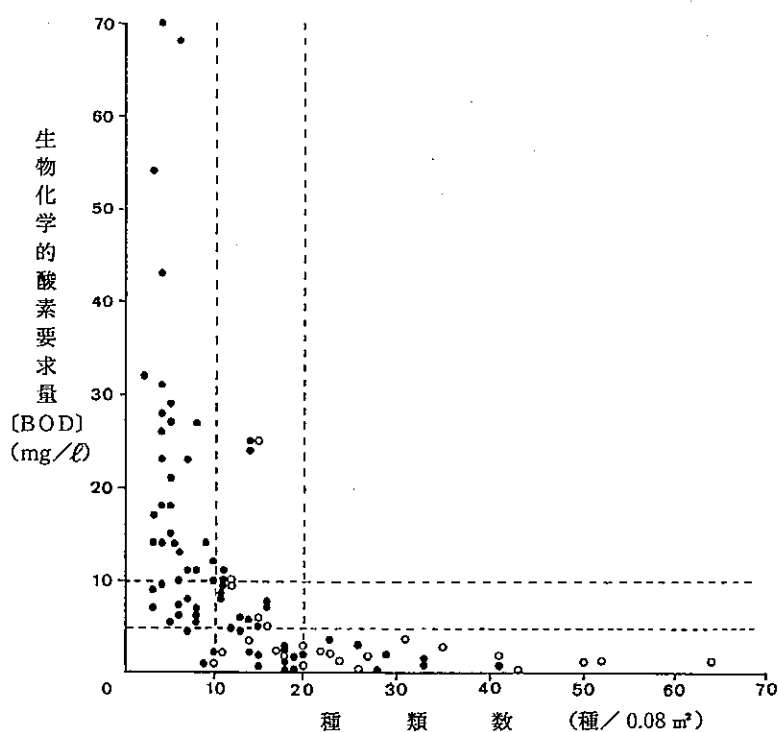


図2 横浜市内河川から採集された底生動物の種類数と採集地点のBOD値 (金田・小林, 1986より)
(○はBeck-Tsudaの生物指数を示す)

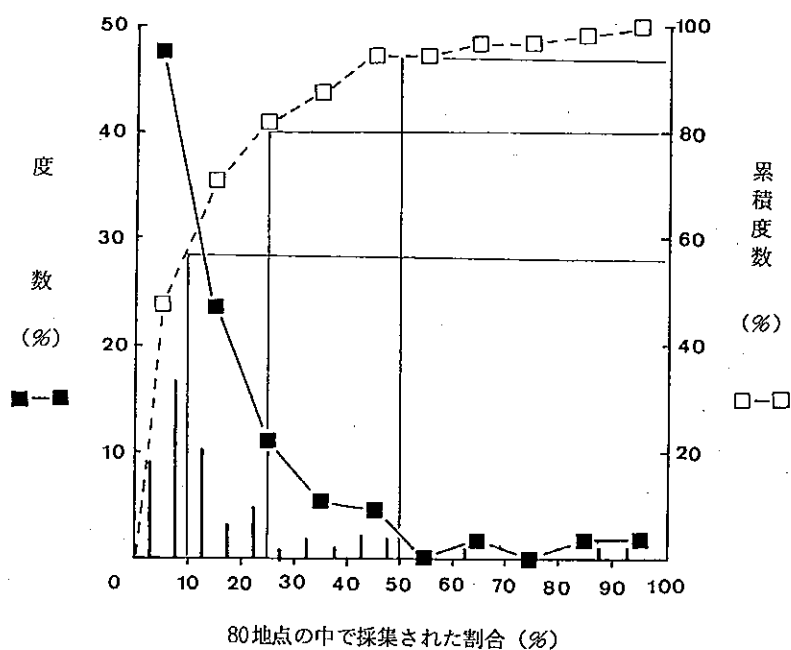


図3 4地点以上から採集された55種類の採集割合とその度数及び累積度数。

ることだけの生物指標として考えるならば、よりシンプルな種類の組合わせで評価したほうが良いと思われる。

4-2 代表的な58種類の底生動物とその指標性

横浜市内の河川から多く採集される例としてあげた55種類に、小林・金田（1989、印刷中）の結果を加えて58種を指標種として選定し、それらの生息可能な BOD値について表8に示した。

汚濁に耐性のある種類は、広範囲な BOD値の出現範囲をもつことが表8から理解できるが、いっぽうでは BOD値が0～3 mg/lの間でしか採集されていない種類もある。このような種類は、有機汚濁に耐性のない種類であり、「きれいな水域」の指標種として扱うことが可能である。

現在の横浜市内河川に生息している底生動物の指標性を検討した結論としては、以下のようにまとめられる。

- (1) 有機汚濁に耐性をもつ種類の BOD値による出現範囲は広く、ひとつの水質階級を示す指標種としては扱えない。
- (2) 汚濁のない水域だけに出現する種類については、「きれいな水域」の指標種として扱うことが可能である。
- (3) 以上の結論は、現在の横浜市内に生息している底生動物相の調査結果から求めたものであり、横浜地域以外での適用や将来における可能性については、さらに検討が必要である。

5. 生息している種類の組合わせによる簡易調査法

河川に生息している多くの底生動物を採集して水質を判定する方法について、いくつか紹介した。しかしながら、横浜市の現状からすると、それらの評価方法をそのまま用いることはできない。結論として述べたように、横浜市内の河川に生息している有機汚濁の耐性種は、「きたない」ところから「きれいな」水域まで生息可能であり、それらの種類に対して1つの水域の指標種という位置づけができないからである。ひとつだけ確かなことは、“「きれいな水域」にしか生息できない種類がある”ということとで、ここではそのような種類を指標種として利用した。簡易調査法について提案する。

5-1 簡易調査法の指標種

表9に示した33種類の指標種は、横浜市内で比較的良く見つかり、種類の区別がつけやすいものである。このような種類について、今までの調査で採集された BOD値を考慮して、[1～12:きれいな水域の指標種]、[13～22:良い水域まで生息可能な種類]、[23～25:やや汚れた水域まで生息可能な種類]、[26～29:汚れている水域まで生息可能な種類]、[30～33:非常に汚れている水域まで生息可能な指標種]の5つに区分した。

33種類の中で23種類までが水生昆虫である。これらの水生昆虫類の幼虫の出現時期について、ホタルトビケラ（野崎・小林、1987）、カゲロウ類（小林、1986）などを参考にして表10にまとめた。これは、「評価方法の問題点」で述べたように、幼虫の出現時期が限られている種類を指標種として利用する場合に必要な情報である。

表8 4地点以上から採集された底生動物のBOD値による出現範囲 (1)

CLASS ORDER Family Species	綱名 目名 科名 種名	出現 地点 数 Number	B O D による 計 算 値				BODによる出現範囲 (mg/l)									
			最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean	標準 偏差 S. D.	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
TURBELLARIA	渦虫綱															
TRICLADIDA	三岐腸目															
Dugesidae	ドゥゲッシア科															
1 Dugesia japonica	ナミウズムシ	11	0.04	3.7	1.40	1.14	***									
GASTROPODA	腹足綱															
MESOGASTROPODA	中腹足目															
Pleuroceridae	カワニナ科															
2 Semisulcospira libertina	カワニナ	13	0.04	3.6	1.50	1.05	***									
Physidae	サカマキガイ科															
3 Physa acuta	サカマキガイ	25	0.9	25.0	7.74	7.61	*****									
Ferrissidae	カワコザラ科															
4 Pettancyclus nipponicus	カワコザラガイ	9	1.4	25.0	8.99	8.05	*****									
OLIGOCHAETA	貧虫綱															
TUBIFICIDA	イトミミズ目															
Tubificidae	イトミミズ科															
5 Branchiura sowerbyi	エラミミズ	12	1.3	26.0	10.06	7.87	*****									
6 Gen. spp.	イトミミズ類	74	0.04	70.0	13.06	14.32	*****									
HIRUDINEA	ヒル綱															
PHARYNGOBRANCHIATA	イシビル目															
Erpobdellidae	イシビル科															
7 Erpobdella lineata	シマイシビル	11	1.4	14.0	6.09	4.43	*****									
8 Erpobdella sp.	イシビルの一様	6	1.8	11.0	5.02	3.59	***									
CRUSTACEA	甲殻綱															
AMPHIPODA	端脚目															
Anisogammaridae	キタヨコエビ科															
9 Jesogammarus (J.) spinopalpus	アゴトゲヨコエビ	6	0.04	3.7	1.42	1.41	***									
ISOPODA	等脚目															
Asellidae	ミズムシ科															
10 Asellus hilgendorffii	ミズムシ	40	0.04	25.0	5.79	6.50	*****									
DECAPODA	十脚目															
Astacidae	ザリガニ科															
11 Procambarus clarki	アメリカザリガニ	20	0.04	18.0	4.74	5.17	*****									
Potamidae	サワガニ科															
12 Geothelphusa dehaanii	サワガニ	7	0.04	1.8	1.09	0.54	***									
INSECTA	昆虫綱															
EPHEMEROPTERA	カゲロウ目															
Baetidae	コカゲロウ科															
13 Baetis sahoensis (normal)	サホコカゲロウ (普通型)	9	0.04	4.6	1.38	1.36	***									
14 Baetis sahoensis (brown)	サホコカゲロウ (褐色型)	11	1.3	10.1	4.30	3.22	***									
15 Baetis thermicus	シロハラコカゲロウ	20	0.04	5.8	1.68	1.38	***									
16 Baetis yoshinensis	ヨシノコカゲロウ	8	0.04	1.8	1.04	0.69	***									
Ephemeridae	モンカゲロウ科															
17 Ephemer japonica	フタスジモンカゲロウ	6	1.0	1.8	1.33	0.28	***									
Ephemerellidae	マダラカゲロウ科															
18 Clinctocostella okumai	オオクママダラカゲロウ	6	0.8	3.0	2.07	0.81	***									
ODONATA	トンボ目															
Calopterygidae	カワトンボ科															
19 Mnais pruinosa	カワトンボ	9	0.04	1.8	0.77	0.70	***									
Gomphidae	サナエトンボ科															
20 Asiagomphus melanocephalus	ヤマサナエ	5	0.1	4.5	1.92	1.60	***									
Cordulegasteridae	オニヤンマ科															
21 Anotogaster sieboldii	オニヤンマ	6	0.04	1.7	1.02	0.58	***									
PLECOPTERA	カワゲラ目															
Nemouridae	オナシカワゲラ科															
22 Amphileura sp.	フサオナシカワゲラの一様	5	0.04	1.8	1.01	0.72	***									
23 Nemoura sp.	オナシカワゲラの一様	8	0.04	1.8	1.07	0.69	***									
Perlidae	カワゲラ科															
24 Neoperla nipponensis	ヤマトフタツメカワゲラ	8	0.04	1.8	0.91	0.69	***									
MEGALOPTERA	広翅目															
Corydalidae	ヘビトンボ科															
25 Parachauliodes japonicus	ヤマトクロスジヘビトンボ	14	0.1	7.4	2.04	1.95	***									
26 Prothema grandis	ヘビトンボ	6	0.04	3.0	1.30	1.77	***									
TRICHOPTERA	毛翅目															
Hydropsychidae	シマトビケラ科															
27 Cheumatopsyche brevilineata	コガタシマトビケラ	18	0.04	5.7	1.86	1.37	***									
Limnephilidae	エグリトビケラ科															
28 Nothopsyche ruficollis	ホタルトビケラ	6	0.04	1.0	0.52	0.33	***									

0-3:大変きれい (os), 3-5:きれい (βm), 5-10:やや汚れている (αm), 10-20:汚れている (βps), >20:非常に汚れている (αps)
 --:最小 or 最大, ■:平均, **:標準偏差.

表 8 4 地点以上から採集された底生動物の BOD 値による出現範囲 (2)

CLASS ORDER Family Species	和名 目名 科名 種名	出現 地点 数 Number	B O D による 計 算 値				B O D による出現範囲 (mg/l)										
			最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean	標準 偏差 S. D.	0	5	10	15	20	25	30	35	40		
DIPTERA	双翅目																
Tipulidae	ガガンボ科																
29 <i>Antocha</i> sp.	ウスバヒメガガンボの一種	7	0.5	27.0	5.46	9.57	*****	*****	-----								
30 <i>Hexatoma</i> (<i>Eriocera</i>) sp.	クロヒメガガンボの一種	5	0.04	1.8	0.98	0.78	■										
31 <i>Tipula</i> spp.	ガガンボ類	9	0.5	4.5	2.19	1.22	---*	---									
Psychodidae	チョウバエ科																
32 <i>Psychoda</i> sp.	チョウバエの一種	34	0.5	70.0	18.41	17.50	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
33 <i>Telmatoctopus</i> sp.	オオケチョウバエの一種	18	2.8	68.0	17.61	15.11	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
Simuliidae	ブユ科																
34 <i>Simulium</i> (<i>Eusimulium</i>) spp.	ツノムスブユ類	10	0.04	3.7	1.80	1.10	---■	---									
Ceratopogonidae	ヌカカ科																
35 <i>Bezzia</i> sp.	ヌカカの一種	4	0.8	2.0	1.38	0.49	---■	---									
Chironomidae	ユスリカ科																
(Tanytarsinae)	(モンユスリカ亜科)																
36 <i>Procladius</i> sp.		4	0.9	2.9	1.85	0.82	***										
37 <i>Pentaneurini</i> gen. spp.	(エリユスリカ亜科)	29	0.04	25.0	3.91	6.10	*****	*****	-----								
(Orthocladinae)																	
38 <i>Brillia</i> sp.		20	0.04	29.0	4.79	7.45	*****	*****	-----								
39 <i>Corynoneura</i> sp.	コナユスリカの一種	12	1.3	5.0	2.27	1.16	***-										
40 <i>Cricotopus</i> spp.	ツヤユスリカ類	33	0.04	28.0	7.34	7.54	*****	*****	*****	-----							
41 <i>Diplocladius</i> sp.		14	0.8	27.0	5.84	8.30	*****	*****	*****	-----							
42 <i>Eukiefferiella</i> spp.		9	0.4	25.0	5.10	7.84	*****	*****	*****	-----							
43 <i>Limnophyes</i> spp.		4	1.4	24.0	12.85	9.26	*****	*****	*****	-----							
44 <i>Nesocladus</i> sp.		6	1.4	27.0	8.33	9.53	*****	*****	*****	-----							
45 <i>Parameletia</i> spp.		17	0.04	25.0	2.83	5.80	***	*****	*****	-----							
46 <i>Paraphaenocladus</i> sp.		4	1.8	23.0	7.45	10.38	*****	*****	*****	-----							
47 <i>Paratrichocladius</i> sp.		51	0.5	68.0	11.17	11.90	*****	*****	*****	-----							
48 <i>Rheocricotopus</i> sp.		27	0.04	24.0	5.27	6.06	*****	*****	*****	-----							
49 <i>Thienemannella</i> sp.	(ユスリカ亜科)	7	0.04	3.0	1.46	0.91	---■	---									
(Chironominae)																	
50 <i>Chironomus yoshinatsui</i>	セスジユスリカ	69	0.3	70.0	13.83	14.59	*****	*****	*****	-----							
51 <i>Chironomus</i> spp.	ユスリカ類	6	0.5	9.5	5.20	3.21	---*	---									
52 <i>Glyptotendipes</i> spp.		13	5.0	25.0	11.08	5.90	*****	*****	-----								
53 <i>Microseta</i> spp.		6	0.4	2.9	1.52	0.86	■										
54 <i>Polypedilum</i> spp.		37	0.04	24.0	4.91	4.84	*****	*****	-----								
55 <i>Rheotanytarsus</i> spp.		21	0.04	24.0	3.24	5.01	***	*****	-----								
56 <i>Tanytarsus</i> spp.		5	0.04	2.4	1.47	0.88	■										
Athericidae	ナガレアブ科																
57 <i>Atrichopus morimotoi</i>	コモンナガレアブ	4	0.04	2.9	1.66	1.19	***										
Empididae	オドリバエ科																
58 <i>Hemerodromia</i> sp.		5	0.04	2.8	0.97	1.24	■*										

0-3:大変きれい (os), 3-5:きれい (βm), 5-10:やや汚れている (αm), 10-20:汚れている (βps), >20:非常に汚れている (αps)
 ---:最小 or 最大, ■:平均, **:標準偏差.

5-2 採集方法

調査の時期として、なるべく多くの種類が出現する時期を選ぶことが必要である。採集方法としては、定性採集を行う。もし、定量的な情報が必要な場合には、単位時間採集 (10~30分程度に設定) にする。

採集場所として、なるべく多くの環境から採集するように心がけることが必要である。礫底の瀬があれば、初めにそこで採集した後、淵や水生植物帯などからも合わせて採集するようにする。トビケラ類などでは、石の表面にしっかりと付着している場合もあるので、水中の石を拾い上げて、付着している種類の採集も行う。

大型で同定が簡単な種類については、採集場所で種類を記録し、放流する。小型でその場では同定が難しい種類については、10%のホルマリンもしくは70%のエチルアルコール水溶液に入れて持ち帰り、詳しく調べるようにする。

5-3 評価方法

評価の方法としては、有機汚濁の指標種は生息範囲が広いので、「きれいな水域」の指標種を重視した消去法を採用する。これは出発点は「きれいな水域」であり、汚れてくるに従って生息している種類

表9 簡易調査法の指標種

Species	種名	最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean	偏差 S.D.	B O D による出現範囲 (mg/l)										
1	<i>Nothopsysche ruficollis</i>	0.04	1.0	0.52	0.33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	<i>Mysis pruinosa</i>	0.04	1.8	0.77	0.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	<i>Neoperla niponensis</i>	0.04	1.8	0.91	0.69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	<i>Hexatoma (Eriocera) sp.</i>	0.04	1.8	0.98	0.78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	<i>Aphineura sp.</i>	0.04	1.8	1.01	0.72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	<i>Anotogaster sieboldii</i>	0.04	1.7	1.02	0.58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	<i>Baetis yoshinensis</i>	0.04	1.8	1.04	0.69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	<i>Miomura sp.</i>	0.04	1.8	1.07	0.69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	<i>Geothelphusa dehaanii</i>	0.04	1.8	1.09	0.54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	<i>Ephemera japonica</i>	0.04	1.8	1.33	0.28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	<i>Procladius grandis</i>	0.04	3.0	1.30	1.77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	<i>Cincticostella okumai</i>	0.8	3.0	2.07	0.81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	<i>Baetis sahoensis (normal)</i>	0.04	4.6	1.38	1.36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	<i>Jugesia japonica</i>	0.04	3.7	1.40	1.14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	<i>Jesogammarus (J.) spinopalpus</i>	0.04	3.7	1.42	1.41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	<i>Semioleuspira libertina</i>	0.04	3.6	1.50	1.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	<i>Baetis thermicus</i>	0.04	5.8	1.68	1.38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	<i>Simulium (Eusimulium) spp.</i>	0.04	3.7	1.80	1.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>	0.04	5.7	1.86	1.37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	<i>Asiagomphus melanocephalus</i>	0.1	4.5	1.92	1.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	<i>Tipula spp.</i>	0.5	4.5	2.19	1.22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	<i>Parachauliodes japonicus</i>	0.1	7.4	2.04	1.95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	<i>Baetis sahoensis (brown)</i>	1.3	10.1	4.30	3.22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	<i>Procladius clarki</i>	0.04	18.0	4.74	5.17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	<i>Eriopodella lineata</i>	1.4	14.0	6.09	4.43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26	<i>Asellus hilgendorffii</i>	0.04	25.0	5.79	6.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	<i>Cricotopus spp.</i>	0.04	28.0	7.34	7.54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	<i>Physa acuta</i>	0.9	25.0	7.74	7.61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	<i>Branchiura sowerbyi</i>	1.3	26.0	10.06	7.87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	<i>Paratrichocladius sp.</i>	0.5	68.0	11.17	11.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31	<i>Tubificidae Gen. spp.</i>	0.04	70.0	13.06	14.32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	<i>Chironomus yoshimatsui</i>	0.3	70.0	13.83	14.59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	<i>Psychoda sp.</i>	0.5	70.0	18.41	17.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表10 指標生物としての水生昆虫類の出現時期

INSECTA Species	種名	JAN 1月	FEB 2月	MAR 3月	APR 4月	MAY 5月	JUN 6月	JUL 7月	AUG 8月	SEP 9月	OCT 10月	NOV 11月	DEC 12月
EPHEMEROPTERA	カゲロウ目												
	<i>Baetis sahoensis</i> (normal)												
	<i>Baetis sahoensis</i> (brown)												
	<i>Baetis thermicus</i>												
	<i>Baetis yoshinensis</i>												
	<i>Ephemera japonica</i>												
	<i>Cincticostella okumai</i>												
	トンボ目												
	オオクママダガカゲロウ												
	カワトンボ												
ODONATA	オニヤンマ												
	ヤマササエ												
	カワガラム目												
	フサオナシカワガラムの一種												
	オナシカワガラムの一種												
	ヤマトフタツメカワガラム												
	広翅目												
	ヤマトクロスジヘビトンボ												
	ヘビトンボ												
	トビケラ目												
MEGALOPTERA	コガタシマトビケラ												
	ホタルトビケラ												
	双翅目												
	クロヒメガガンボの一種												
	ガガンボ類												
	ツノムシ類												
	チョウバエの一種												
	ツヤユスリカ類												
	ユスリカの一種												
	セスジユスリカ												
TRICHOPTERA	Parachauliodes japonicus												
	Protophormes grandis												
	Cheumatopsyche brevilineata												
	Nothopsyche ruficollis												
	DIPTERA												
	Hexatoma (Eriocera) sp.												
	Tipula spp.												
	Simulium (Eusimulium) spp.												
	Psychoda sp.												
	Cricotopus spp.												
CHIRONOMUS	Paratrichocladius sp.												
	Chironomus yoshimatsui												

注) 幼虫の期間に2年以上かかる種及び1年に数回成虫が出現する種については、成虫の出現時期は省いた。

— : 幼虫の出現時期。

..... : 成虫の出現時期。

が「少なくなる」もしくは「変化する」ことを利用する。つまり、「きれいな水域」に生息する指標種が採集されれば、ほかの水域にも生息可能な種類が採集されようが、水質判定結果として「きれい」とするのである。このようにすれば、生息範囲の広い種類の影響が抑えられる。

ただし、「きれいな水域」の指標種が1種類しか採集されず、ほかの水域の指標種が多数採集された場合には、その評価を1ランクおとして「良い」とすべきである。このような評価が得られる水域は、汚濁の進行しつつある水域であり、今後の対策が必要であろう。

横浜市の現状からすれば、簡易調査の評価として「きれい」と「きたない」の2つに分けても十分であるが、「良い」と「やや汚れている」の評価は、有機汚濁の進行している移行水域として位置づけるのが妥当であろう。

6. おわりに

河川の底生動物を生物指標として利用する試みは、いくつもの国の間を流れるヨーロッパの大河において開発され、河川の健康状態を監視する目的で実施されてきた。その背景には、国家間の行政の違いにより、河川への影響対策が異なっていたことが上げられる。

監視すべき汚染物質には、様々なものが考えられるが、飲料水として利用するためには、有機汚濁と有害毒性物質（重金属を含む）などがある。有機汚濁に対しては、この報告のような生物学的水質判定としての評価方法の検討が行われている。いっぽう、有害毒性物質については、生物検定を利用した、急性毒試験や慢性毒試験などが行われている。有害毒性物質についての魚類の毒性試験は、多くの研究機関において実施されているが、それよりも感受性の高い底生動物による毒性試験については、ほとんど研究されていない。

日本の現状として、「河川の底生動物を調べること」＝「生物学的水質判定」と考えられがちである。しかし、底生動物が人間の活動によって被る被害は、必ずしも有機汚濁だけとは限らない。河川改修工事による濁水や川辺環境の変化などが底生動物に与える影響など、調査すべきことが多く残されている。

アメリカにおいては、水生昆虫（カワゲラ類）を用いた急性毒試験などが検討されており、その重要性が認められている。日本では農薬の影響評価として、魚類のアカヒレと甲殻類のヌカエビを利用する方法が試みられている（狩谷・大内，1988）。アカヒレはもともと日本に生息していない種類であるが、ヌカエビは本州の東北側に生息している在来種である。横浜市内においても、源流部の休耕田やその用水池などに生息している。このような感受性の高い種類では、生物指標として利用する以前に開発により絶滅してしまう恐れがある。

横浜市内を流れる河川の汚濁の現状は、極端な有機汚濁のために重金属や農薬などの有害毒性物質による影響が隠蔽されているようである。都市化に伴い、家庭排水による有機汚濁に対策が立てられ、その影響が減少してきた時点で、そのほかの汚染物質の影響が浮び上がってくるのであろうか。水生昆虫類のように、成虫の飛翔によってある程度は自力で移動できる種類は、好ましい生息環境を保ってやれば回復するであろう。しかしながら、汚濁に弱い甲殻類（アゴトゲヨコエビ、ヌカエビ、サワガニ）などは、その生息範囲が寸断されている現状では、生息環境が一度破壊されてしまうと、その回復は望めない。魚類のように、「いなくなった種類はあらたに放流すれば良い」という安易な考えに陥りがちであるが、それはあくまでも最終手段であって、現在生息している種類を抹殺してしまうことの理由にはならない。

今後、横浜市内の緑地面積は住宅開発のために減少して行くであろう。それに伴い、河川の水源となる谷戸が切り開かれ、川の流れは水路と化してしまうのであろうか。そのようなことにしないためにも、河川の底生動物について多くの調査を行い、「河川環境というものを正しく評価できる生物指標」について、今後も検討を続けていくことが望まれる。

参考文献

- 1) Balloch, B. A., C. E. Davics & F. H. Jones (1976) : Biological assessment of water quality in three British river : the North Esk (Scotland), the Ivel (England) and the Taf (Wales). *Water Poll. Control*, 75, 92-114.
- 2) Beck, W. M., Jr. (1955) : Suggested method for reporting biotic data. *Sewage Indust. Wastes*, 27, 1193-1197.
- 3) Chandler, J. R. (1970) : A biological approach to water quality management. *Water Poll. Control*, 69, 415-422.
- 4) 御勢久右衛門 (1978) : Zelinka-Marvan による肉眼的底生動物のサブロビ値、インディケーター価値の適用への試み. *日本水処理生物学会誌*, 14, 9-17.
- 5) 御勢久右衛門 (1982) : 自然水域における肉眼的底生動物の環境指標性について. pp.9-16, 「環境科学」研究報告集, B-121-R12-10, 実験水路による底生生物の環境指標性の研究.
- 6) Hellawell, J. M. (1986) : Biological Indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Sci. Publ., 546pp., England.
- 7) Hilsenhoff, W. L. (1986) : Using a biotic Index to evaluate water quality in streams. *Tech. Bull.*, No.132, 22pp., Department of Natural Resource, Madison, Wisconsin, USA.
- 8) James, A. and L. Evison (1979) : Biological Indicators of water quality. John Wiley & Sons, Ltd.
- 9) 神奈川県 (1984) : 神奈川県の水生生物, 第6報. 166pp., 神奈川県公害センター.
- 10) 金田彰二 (1981) : 2 市内河川の底生動物相と生物学的水質判定. 横浜の川と海の生物 (第3報), 横浜市公害対策局公害資料, No.92, 39-107.
- 11) 金田彰二・小林紀雄 (1986) : 3 横浜市内河川の底生動物相, 3-1底生動物相. 横浜の川と海の生物 (第4報), 横浜市公害対策局公害資料, No.126, 85-107.
- 12) 狩谷貞二・大内絹子 (1988) : アカヒレ・ヌカエビによる東北地方及び関東地方の河川水の毒性評価. 国立公害研究所研究報告, No.114, 125-135.
- 13) 小林紀雄 (1986) : カゲロウ類の生態. *インセクタリウム*, 23, 198-203.
- 14) 小林紀雄 (1987a) : 環境指標昆虫としてのコカゲロウ. 「水域における生物指標の問題点と将来」シンポジウム報告集, 安野正之・岩熊敏夫編, pp.41-60, 国立公害研究所, 茨城.
- 15) 小林紀雄 (1987b) : 有機汚濁と河川生物相の関係ーコカゲロウ・ユスリカ類ー. 円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第2報, 横浜市公害研究所公害研資料, No.74, 79-98.
- 16) 小林紀雄 (1987c) : 港北ニュータウン公園池内の水生動物 (第2報). 円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第2報, 横浜市公害研究所公害研資料, No.74, 199-225.
- 17) 小林紀雄 (1987d) : 横浜水域水生生物リスト (1) 水生動物. 円海山・港北ニュータウン地区生

態調査報告書・第2報, 横浜市公害研究所公害研資料, No.74 263-275.

- 18) 小林紀雄 (1988) : カゲロウ類の生活と生息環境. 採集と飼育, 50, 293-297.
- 19) 小林紀雄・金田彰二 (1984) : 港北ニュータウン公園池内の水生動物. 横浜市公害研究所公害研資料, No.57, 141-161.
- 20) 小林紀雄・金田彰二 (1986) : 3 横浜市内河川の底生動物相, 3-2横浜市内河川のコカゲロウおよびユスリカ幼虫の分布とその特徴. 横浜の川と海の生物 (第4報), 横浜市公害対策局公害資料, No.126, 109-124.
- 21) Kolkwitz, R. und M. Marsson (1908) : Oekologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. Deut. Bot. Ges., 26, 505-519.
- 22) Kolkwitz, R. und M. Marsson (1909) : Oekologie der tierischen Saprobien. Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 2, 126-152.
- 23) Kusano, H., T. Kusano and Y. Watanabe (1987) : Life history and reproduction of *Jesogammarus spinopulpus* (Anisogammaridae : Amphipoda) Inhabiting a lowland pond in Tokyo city. Jpn. J. Limnol., 48(2), 117-126.
- 24) Mason, C. F. (1981) : Biology of freshwater pollution. Longman Inc., 250pp., USA.
- 25) 松本浩一 (1982) : 多摩川水系の大型底生無脊椎動物相. とうきゅう環境浄化財団研究助成集報, Vol. 7, 293pp. 28 plate.
- 26) Merritt, R. W. and K. W. Cummins (1978) : An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 441pp., Kendall/Hunt Publ. Co., Iowa, USA.
- 27) 野崎隆夫 (1987) : 三浦半島のトビケラ相. 横須賀市博研報, (35), 37-44.
- 28) 野崎隆夫・小林紀雄 (1987) : 森戸川 (神奈川県三浦半島) におけるホタルトビケラの生活史、特に幼虫の陸上夏眠と蛹化および陸上産卵について. 陸水学雑誌, 48 (4), 287-293.
- 29) 大場信義・石渡裕之 (1979) : 三浦半島のトンボ. 横須賀市博資料, (3), 1-15.
- 30) 大沢尚之 (1984) : 港北ニュータウン公園池のトンボ相. 円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書, 横浜市公害研究所公害研資料, No.57, 163-172.
- 31) 大沢尚之 (1987) : 円海山周辺水域のトンボ相. 円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書・第2報, 横浜市公害研究所公害研資料, No.74, 123-136.
- 32) Pantle, R. und H. Buck. (1955) : Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas u. Wasserfach, 96, 604.
- 33) Resh, V. H. and D. M. Rosenberg (eds.) (1984) : The ecology of aquatic insects. 625pp., Praeger Publisher, New York, USA.
- 34) 埼玉県 (1987) : 荒川、自然-荒川総合調査報告書1-1. 722pp., 埼玉県.
- 35) Sladeczek, V. (1969) : The measures of saprobity. Verh. Int. Ver. Limnol., 17, 546-559.
- 36) Sladeczek, V. (1973) : Systems of water quality from biological point of view. Ergeb. Limnol., 7, 1-218.
- 37) Sladeczek, V. (1979) : Continental systems for the assessment of river water quality. In: James. A. and L. Evison (eds.), Biological indicators of water quality, Chapter 3, pp.1-32, John Wiley & Sons, Ltd.

- 38) 津田松苗 (1944) : 邦産生物による水質汚濁指標生物表の試作. 水道協会誌, No.137, 7-10.
- 39) 津田松苗 (1961) : 3・2 指標生物 (生物学的水質判定). 松江吉行編, 水質汚濁調査指針, pp.236-260.
- 40) 津田松苗 (1962a) : 生物学的水質判定研究のまとめ. 淡水生物, (7), 1-3.
- 41) 津田松苗 (1962b) : ベック氏法の再検討. 淡水生物, (7), 4-5.
- 42) 津田松苗 (1964) : 汚水生物学. 北隆館, 258pp., 東京.
- 43) 津田松苗 (1972) : 水質汚濁の生態学. 公害対策技術同友会, 240pp., 東京.
- 44) 津田松苗・赤木郁恵・渡辺仁治 (1960) : 肉眼的底生動物の種類数をもととする水質の生物指標. 日本生態学会誌, 10, 198-201.
- 45) 内田臣一 (1986) : 房総丘陵の河川の水生昆虫. 千葉生物誌, 36(1), 1-15.
- 46) 渡辺 直 (1980) : 河川における底生動物採集法の検討. 陸水学報, (1), 2-16.
- 47) Woodiwiss, F. S. (1964) : The biological system of stream classification used by the Trent River Board. Chemi. Indust., 11, 443-447.
- 48) 山崎柄根 (1987) : 多摩川水系のカゲロウ類とその分布. 石川良輔・山崎柄根・小島純一・内田臣一著, 多摩川水系およびその流域における低移動性動物群の分布状態の解析, pp.81-120, とうきゅう環境浄化財団研究助成集報.
- 49) 安野正之 (1987) : 河川の水質を評価する生物指標の最近の動向. 「水域における生物指標の問題点と将来」シンポジウム報告集, 安野正之・岩熊敏夫編, pp.123-133, 国立公害研究所, 茨城.
- 50) Zellnka, M. und P. Marvan (1961) : Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. Arch. Hydrobiol., 57, 389-407.

(小林紀雄：旭技術研究所)

付表1 横浜市内河川に生息する底生動物リスト(1)

PHYLUM CLASS ORDER Family Species	動物門 綱名 目名 科名 種名	水質階級					河川	池	田	川	見	出	指標性
		os β m α m β ps α ps					上	中	止	見	現		
		BOD値 (mg/l)					流	下	水	川	頻		
		0	3	5	10	20	域	域	域	周	流	度	
PLATYHELMINTHES	へん形動物門												
TURBELLARIA	渦虫綱												
TRICLADIDA	三岐綱目												
Dugesilidae	ドゥゲシア科												
1 Dugesia japonica	ナミウズムシ						●	●		●	●	●	+
MOLLUSCA	軟体動物門												
GASTROPODA	腹足綱												
MESOGASTROPODA	中腹足目												
Valvatidae	ミズシタダミ科												
2 Valvata sp.	ミズシタダミ属の一種	-					●						r ×
Pleuroceridae	カワニナ科												
3 Semisulcospira libertina	カワニナ						●	●	○	●	●	●	++
Lymnaeidae	モノアラガイ科												
4 Bakeriyanasa viridis	ヒメモノアラガイ						●	●		●			r △
5 Fossaria truncatula	コシタカモノアラガイ	-					●						r ×
Physidae	サカマキガイ科												
6 Physa acuta	サカマキガイ						●	●	○				+
Planorbidae	ヒラマキガイ科												△
7 Gen. sp.		-						●					r ×
Ferriisidae	カワコザラ科												
8 Pettancylus nipponicus	カワコザラガイ						●	●	○	●	●	●	+
BIVALVIA	二枚貝綱												△
VENEROIDA	ハマグリ目												
Corbiculidae	シジミガイ科												
9 Gen. sp.		-					●						r ×
Plisididae	マメシジミ科												
10 Plisidium sp.	マメシジミ属の一種	-					●		○	●	●	●	+
ANNELIDA	環形動物門												
OLIGOCHAETA	貧毛綱												
TUBIFICIDA	イトミミズ目												
Naididae	ミズミミズ科												
11 Gen. spp.	ミズミミズ類	-					●		○			●	+
Tubificidae	イトミミズ科												△
12 Branchiura sowerbyi	エラムミズ						●	●	●	●	●	●	+
13 Gen. spp.	イトミミズ類						●	●	●	●	●	●	++
HIRUDINEA	ヒル綱												
PHRYNGOCHORDILLIDA	ウオビル目												
Glossiphoniidae	グロシフォニ科												
14 Alboglossiphonia lata	ハバヒロビル	-					●	●	○			●	r ×
PHARYNGOCHORDILLIDA	イシビル目												
Erpobdellidae	イシビル科												
15 Erpobdella lineata	シマイシビル						●	●			●	●	+
16 Erpobdella sp.	イシビル属の一種						●	●			●	●	r ×
ARTHROPODA	節足動物門												
CRUSTACEA	甲殻綱												
AMPHIPODA	端脚目												
Amphipodidae	キタヨコエビ科												
17 Jesogammarus (J.) spinopalpus	アゴトゲヨコエビ						●		○	●	●	●	+
ISOPODA	等脚目												○
Asellidae	ミズムシ科												
18 Asellus hilgendorffii	ミズムシ						●	●	●	●	●	●	++
DECAPODA	十脚目												△
Atyidae	メマエビ科												
19 Paratya compressa improvisa	メカエビ						○			●			+
Astacidae	ザリガニ科												△
20 Procambarus clarki	アメリカザリガニ						○	○	●	●	●	●	++
Potamidae	サワガニ科												△
21 Geothelphusa dehaanii	サワガニ						●	●		●		●	+
INSECTA	昆虫綱												
EPHEMEROPTERA	カゲロウ目												
Siphonuridae	フタオカゲロウ科												
22 Ameletus costalis	マエグロヒメフタオカゲロウ						●	●		●			+
23 Ameletus montanus	ヒメフタオカゲロウ						●	●		●			○
24 Siphonurus binotatus	オオフタオカゲロウ						●	●		●			+
Baetidae	コカゲロウ科												△
25 Baetis sahoensis (brown)	サホコカゲロウ (褐色型)						●	●		●	●	●	++
26 Baetis sahoensis (normal)	サホコカゲロウ (普通型)									●	●	●	○
27 Baetis thermicus	シロハラコカゲロウ						●	●		●	●	●	++
28 Baetis yoshinensis	ヨシノコカゲロウ						●	●		●	●	●	○
29 Baetis sp. G	コカゲロウ属の一種 G	-					●	●		●	●	●	○
30 Baetis sp. H	コカゲロウ属の一種 H	-					●	●		●	●	●	○
31 Centropilum sp.	ウスバコカゲロウ属の一種						●	○		●	○	○	r
32 Cloeon sp.	フタバコカゲロウ属の一種						○	○	●	●	●	●	r

付表2 横浜市内河川に生息する底生動物リスト(2)

PHYLUM CLASS ORDER Family Species	動物門 綱名 目名 科名 種名	水質階級					河川		池	内海	沿岸	河口	出現頻度	指標性
		os	βm	αm	βps	αps	上流域	中下流域	止水域	河川	池	内海	沿岸	河口
		BOD値 (mg/l)					源流域		中下流域	止水域	河川	池	内海	沿岸
		0	3	5	10	20								
Heptageniidae	ヒラタカゲロウ科													
33 <i>Cinygula</i> sp.	ミヤマタニガワカゲロウ属の一種	?					●	●					r	?
34 <i>Ecdyonurus yoshidae</i>	シロタニガワカゲロウ	-					●	●					r	△
Leptophlebiidae	トビロカゲロウ科													
35 <i>Paraleptophlebia chokolata</i>	ナミトビロカゲロウ	?					●	●					+	△
36 <i>Paraleptophlebia westoni</i>	ウェストントビロカゲロウ	?					●	●					+	△
Ephemeridae	モンカゲロウ科													
37 <i>Ephemer japonica</i>	フタスジモンカゲロウ	-					●	●				○	+	○
Ephemerellidae	マダラカゲロウ科													
38 <i>Clactocostella okumai</i>	オオクマダラカゲロウ	-					●	●					○	+
39 <i>Serratella rufa</i>	アカマダラカゲロウ	?					●	●					r	?
Caenidae	ヒメカゲロウ科													
40 <i>Caenis</i> sp.	ヒメカゲロウ属の一種	?					●						○	r
ODONATA	トンボ目													
Agrionidae	イトトンボ科													
41 <i>Cercion calamarum</i>	クロイトトンボ	?							●				+	?
42 <i>Ceragrion nipponicum</i>	ベニイトトンボ	?							●				+	?
43 <i>Ischnura asiatica</i>	アジアイトンボ	?							●				+	?
44 <i>Mortonagrion hirosei</i>	ヒメイトトンボ	?							●				+	?
Lestidae	アオイトトンボ科													
45 <i>Lestes temporalis</i>	オオアオイトトンボ	?							●				r	?
46 <i>Sympetrum paedisca</i>	オオイトトンボ	?							●				r	?
Calopterygidae	カワトンボ科													
47 <i>Mnais pruinosa</i>	カワトンボ	-					●	●					+	○
Gomphidae	サナエトンボ科													
48 <i>Asiagomphus melanocephalus</i>	ヤマサナエ	?					●	●					+	?
49 <i>Davidius nanus</i>	ダビドサナエ	-					●	●					r	△
50 <i>Sieboldius alhardae</i>	コオニヤンマ	?					●	●					r	?
Cordulegasteridae	オニヤンマ科													
51 <i>Anotogaster sieboldii</i>	オニヤンマ	-					●	●					+	○
Aeschnidae	ヤンマ科													
52 <i>Anax nigrofasciatus nigrofasciatus</i>	クロスジギンヤンマ	?							●				r	?
53 <i>Anax parthenope julius</i>	ギンヤンマ	?							●				r	?
54 <i>Rhyothrips nishikii</i>	コシボソヤンマ	-					●	●					+	△
55 <i>Planeschna wilnei</i>	ミルンヤンマ	-					●	●					+	○
56 <i>Polycaenophanes melanoptera</i>	ヤブヤンマ	?					●	●					+	?
Macromiidae	ヤマトンボ科													
57 <i>Ephemerella elegans</i>	オオヤマトンボ	?							●				r	?
58 <i>Macronema amphigena</i>	コヤマトンボ	-					●		●				r	△
Libellulidae	トンボ科													
59 <i>Crocothemis servilla</i>	ショウジョウトンボ	?							●				+	?
60 <i>Liriothemis pumilio</i>	ハラビロトンボ	?							●				+	?
61 <i>Orthetrum albistylum speciosum</i>	シオカラトンボ	?							●				+	?
62 <i>Orthetrum japonicum japonicum</i>	シオヤトンボ	?							●				+	?
63 <i>Orthetrum triangulare melania</i>	オオシオカラトンボ	?							●				+	?
64 <i>Pantala flavescens</i>	ウスバキトンボ	?							●				+	?
65 <i>Pseudothemis zonata</i>	コシアキトンボ	?							●				+	?
66 <i>Sympetrum frequens</i>	アキアカネ	?							●				+	?
67 <i>Sympetrum infuscatum</i>	ノシメトンボ	?							●				+	?
68 <i>Sympetrum pedemontanum elatum</i>	ミヤマアカネ	?					○		●				+	?
PLECOPTERA	カワゲラ目													
Nemouridae	オナシカワゲラ科													
69 <i>Amphimura</i> sp.	フサオナシカワゲラ属の一種	-					●	●					+	○
70 <i>Nemoura</i> sp.	オナシカワゲラ属の一種	-					●	●	○				+	○
71 <i>Protonemura</i> sp.	ユビオナシカワゲラ属の一種	?					●	●					r	?
Capniidae	クロカワゲラ科													
72 Gen. sp.		-					●	●					r	△
Leuctridae	ハラジロオナシカワゲラ科													
73 Gen. sp.		?					●	●					r	?
Perlodidae	アミメカワゲラ科													
74 <i>Isoperla aizuwana</i>	アイズミドリカワゲラモドキ	-							●				r	△
Perlidae	カワゲラ科													
75 <i>Neoperla nipponensis</i>	ヤマトフツメカワゲラ	-					●	●					+	○
HEMIPTERA	半翅目													
Gerridae	アメンボ科													
76 <i>Gerris (Aquarius) paludum insularis</i>	アメンボ	?					○	○	●				+	×
77 <i>Gerris (G.) lacustris latidorsalis</i>	ヒメアメンボ	?					○	○	●				+	×
78 <i>Metrocoris hirticornis</i>	シマアメンボ	?					●		●				+	×
Notonectidae	マツモムシ科													
79 <i>Notonecta triguttata</i>	マツモムシ	-							●				+	×
Corixidae	ミズムシ科													
80 <i>Micronecta</i> sp.	チビミズムシ属の一種	-							●				r	×
81 <i>Sigara substriata</i>	コミズムシ	-							●				+	×

付表3 横浜市内河川に生息する底生動物リスト(3)

PHYLUM CLASS ORDER Family Species	動物門 綱名 目名 科名 種名	水質階級					河川	池	田	河川	河川	河川	河川	出現頻度	指標性
		BOD値 (mg/l)					上 流域	中 流域	止 水域	田 圃 山 間 地	河 川 沿 道	河 川 沿 道	河 川 沿 道		
		BOD値 (mg/l)													
		0	3	5	10	20									
MEGALOPTERA	広翅目														
Sialidae	センブリ科														
82 Sialis sp.	センブリ属の一種	.....					●	●	○	●			○	r	△
Corydalidae	ヘビトンボ科														
83 Parachauliodes japonicus	ヤマトクロスジヘビトンボ	.....					●			●	●		●	+	△
84 Protohermes grandis	ヘビトンボ	.....					○	●						+	○
TRICHOPTERA	トビケラ目														
Psychomyiidae	クダトビケラ科														
85 Psychomyia morisitai	モリシタクダトビケラ	.....						●			●			r	△
Polycentropodidae	イワトビケラ科														
86 Ecnomus tenellus	ムネカクトビケラ	.....								●				+	△
87 Gen. sp.		?						●			●			r	?
Hydropsychidae	シマトビケラ科														
88 Cheumatopsyche brevinneata	コガタシマトビケラ	.....					●	●	○	●	●	●	●	++	△
89 Diplectrona sp.	ミヤマシマトビケラ属の一種	?												r	?
90 Hydropsyche orientalis	ウルマーシマトビケラ	.....					●							+	○
Rhyacophilidae	ナガレトビケラ科														
91 Apsilochorena sutshanum	ツメナガナガレトビケラ	?					●			●				r	?
92 Rhyacophila brevicephala	ヒロアタマナガレトビケラ	?					●			●				r	?
Glossosomatidae	ヤマトビケラ科														
93 Glossosoma sp.	ヤマトビケラ属の一種	.....					○	●		●				r	?
Hydroptilidae	ヒメトビケラ科														
94 Hydroptila sp.	ヒメトビケラ属の一種	.....					●		○	●				r	△
Brachycentridae	カクスイトビケラ科														
95 Micrasema hanasensis (=sp. MA)	ハナセマルツツトビケラ	?												r	?
Limnephilidae	エグリトビケラ科														
96 Apantia aberrans	コエグリトビケラ	?					●	●		●				+	?
97 Goera japonica	ニンギョウトビケラ	?					●			●				+	?
98 Limnophilus fuscovittatus	セグロトビケラ	?					●			●				r	?
99 Notopsysche ruficollis	ホタルトビケラ	.....					●	●		●	●	●	●	+	○
Lepidostomatidae	カクツツトビケラ科														
100 Goerodes japonicus	コカクツツトビケラ	?					●	●						+	?
Sericostomatidae	ゲトビケラ科														
101 Gunaga okinawaensis	グマガトビケラ	?					●			●				r	?
Molannidae	ホソバトビケラ科														
102 Molanna moesta	ホソバトビケラ	?												r	?
Helicopsychidae	カタツムリトビケラ科														
103 Helicopsysche yamadai	カタツムリトビケラ	?					●							r	?
Leptoceridae	ヒゲナガトビケラ科														
104 Mystacides sp.	アオヒゲナガトビケラ属の一種	.....					●	●		●	●			+	△
COLEOPTERA	鞘翅目														
Haliplidae	コガシラミズムシ科														
105 Peltodytes sp. (larva)	コガシラミズムシ属の一種	?												r	?
Dytiscidae	ゲンゴロウ科														
106 Eretes sticticus (adult)	ハイイログンゴロウ	.....							○	●				r	×
107 Gulgotus japonicus (adult)	チビゲンゴロウ	.....							○	●				r	×
108 Rhanthus pulverosus (adult)	ヒメゲンゴロウ	.....					●		○	○				+	×
Hydrophilidae	ガムシ科														
109 Eucyrtus sp. (larva)	ヒラタガムシ属の一種	?					●	●	○	●				+	?
Lampyridae	ホタル科														
110 Luciola cruciata	ゲンジボタル	.....					●	●			○	○	○	+	○
111 Luciola lateralis	ヘイケボタル	?					●				○	○	○	+	?
Psephenidae	ヒラタドロムシ科														
112 Cophasthetus sp. (larva)	マルヒゲナガハナノミ属の一種	?					●			●				r	?
113 Ectopria sp. (larva)	チビヒゲナガハナノミ属の一種	.....					●			●				r	△
Elmidae	ヒメドロムシ科														
114 Gen. spp. (larva)		.....					●	●		●				+	△
DIPTERA	双翅目														
Tipulidae	ガガンボ科														
115 Anotocha sp.	ウスバヒメガガンボ属の一種	.....					●	●		●	●		○	+	×
116 Dicranota sp.		.....					●	●		●				r	×
117 Erioptera sp.		.....					○	●						+	○
118 Hexatoma (Eriocera) sp.	クロヒメガガンボ属の一種	.....					●			●				+	?
119 Holorusia sp. HA		?					●			●				r	?
120 Limnophila sp.	カスリヒメガガンボ属の一種	.....					●			●				r	△
121 Limnoria sp.	ヒメガガンボ属の一種	.....					●			●				r	△
122 Ormosia sp.		.....					●			●				r	×
123 Pedicia sp.	ダイミョウガガンボ属の一種	?					●			●				r	?
124 Tipula (Yamatotipula) sp.	ガガンボ属の一種	.....					●	●		●	●	●	●	+	△
Ptychopteridae	コシボソガガンボ科														
125 Ptychoptera sp.	コシボソガガンボ属の一種	?					●			●				r	?
Psychodidae	チョウバエ科														
126 Pericoma sp.	ナガレチョウバエ属の一種	?					●	●		●				r	?
127 Psychoda sp.	チョウバエ属の一種	.....								●	●	●	●	+	△
128 Teisatocopus sp.	ケチョウバエ属の一種	.....								●	●	●	●	+	△
Dixidae	ホソカ科														
129 Dixia sp.	ホソカ属の一種	.....					●	●		●				r	△

付表4 横浜市内河川に生息する底生動物リスト(4)

PHYLUM CLASS ORDER Family Species	動物門 綱名 目名 科名 種名	水質階級					河川					出現頻度	指標性				
		os β m α m β ps α ps					源流域	上流域	中流域	止水域	円海山周辺			柏尾川流域	種子川流域	鏡見川流域	
		BOD値 (mg/l)															
		0	3	5	10	20											
Chaoboridae	フサカ科																
130 Chaoborus sp.	フサカ属の一種	?														r	?
Culicidae	カ科																
131 Gen. spp.		?														r	?
Simuliidae	ブユ科																
132 Simulium (Eusimulium) mie	ミエツノマユブユ	?														r	?
133 Simulium (Eusimulium) uchidai	ウチダツノマユブユ	?														r	?
Ceratopogonidae	ヌカカ科																
134 Bezzia sp.		-----														○	△
135 Gen. sp.		?														○	△
Chironomidae	ユスリカ科																
(Tanypodinae)	(モンユスリカ亜科)																
136 Ablabesmyia monilis	ダングラヒメユスリカ	-														r	△
137 Conchapelopia melanopus	セボシヒメユスリカ	-														r	△
138 Paramerina divisa ?	コシアキヒメユスリカ ?	-														r	△
139 Procladius sp.		?														r	△
140 Tanypus sp.	モンユスリカ属の一種	-														r	△
141 Thienemannimyia sp. nr. woodi		?														r	△
142 Pentaneurini Gen. spp.		-----														r	△
(Orthocladina)	(エリユスリカ亜科)																
143 Briliia japonica		-----														+	×
144 Chatocladus sp.		-----														+	×
145 Corynoneura spp.	コナユスリカ属の類	-----														+	×
146 Cricotopus bicinctus		-----														+	×
147 Cricotopus sylvestris		-----														+	×
148 Cricotopus triannulatus	ナカヒビツヤユスリカ	-----														+	×
149 Cricotopus spp.	ツヤユスリカ属の類	-----														+	×
150 Diplociadlus sp.		-----														+	×
151 Eukiefferiella spp.		-----														+	×
152 Hydrobaenus sp.		?														+	×
153 Limnophyes sp.		-----														+	×
154 Haemodius tanahicolor		-----														+	×
155 Orthocladus spp.	エリユスリカ属の類	-----														+	×
156 Parachaetocladus sp.		-----														+	×
157 Parametrioctenus sp.		-----														+	×
158 Paraphaenocladus sp.		-----														+	×
159 Paratrichocladus rufiventris		-----														+	×
160 Psectrocladus sp.		?														+	×
161 Rheocricotopus chalybeatus		-----														+	×
162 Salitia spp.		?														+	×
163 Thienemannella sp.		-----														+	×
164 Tokunagayusurika akamusi	アカムシユスリカ	?														+	×
(Chironominae)	(ユスリカ亜科)																
165 Chironomus circumdatus	フナグロユスリカ	-----														r	△
166 Chironomus kileensis	ウスイロユスリカ	-----														+	△
167 Chironomus yoshinatsui	セスジユスリカ	-----														+	△
168 Chironomus spp.	ユスリカ属の類	-----														r	△
169 Cryptochironomus sp.		-----														r	△
170 Dicrotendipes sp.		?														r	△
171 Einfeldia sp.	ホリモンユスリカ属の類	?														+	△
172 Glyptotendipes spp.		?														+	△
173 Kiefferulus unilaticola		?														+	△
174 Microchironomus sp.		?														+	△
175 Micropsectra spp.		?														+	△
176 Paratanytarsus sp.		?														+	△
177 Paratendipes sp.		?														+	△
178 Phaenopsectra sp.		?														+	△
179 Polypedilum tanahoshige		?														+	△
180 Polypedilum tsukubaense		?														+	△
181 Polypedilum cultellatum (=ureshinoense)		?														+	△
182 Polypedilum spp.		?														+	△
183 Rheotanytarsus kyotoensis		?														+	△
184 Tanytarsus spp.		?														+	△
Athericidae	ナガレアブ科																
185 Atherichopus morimotoi	コモンナガレアブ	?														r	△
186 Suragina satsumana	サツマモンナガレアブ	?														r	△
Stratiomyidae	ミズアブ科																
187 Stratiomys sp.	ミズアブ属の一種	?														r	△
Epididae	オドリバエ科																
188 Clinocera (Hydrodromia) sp.		?														r	△
189 Hemerodromia sp.		?														r	△
Dolichopodidae	アシナガバエ科																
190 Gen. sp.		?														r	△
Syrphidae	ショクガバエ科																
191 Eristalis sp.	シマハナアブ属の一種	?														r	△
Ephyridae	ミギワバエ科																
192 Gen. sp.		?														r	△

横浜市内河川にみられる藻類の地域的特徴とその指標性

福 嶋 悟

1. はじめに

河川の付着藻類とは、川底の石やコンクリート等に付着している茶色や緑色のヌルヌルした、いわゆる水垢のことである。このように言われると、どここの川でも多く見られるものであることが理解できる。肉眼的にはその色で藍藻、珪藻、緑藻等のうちどのグループのものが多いのかについておよそのことはわかるが、形態的特徴を調べるためには顕微鏡を用いなければならない。このように種の判別を肉眼的にできないことが、生物指標のなかで底生動物に比べて藻類が指標生物として採用されている例が少ない原因となっている。

生物を環境評価の指標とする場合、生物の分布的特徴を明らかにすることも、指標性の検討と同様に必要となる。河川における藻類植生の調査例は多いが、その結果は対象河川の植生を明らかにすることにとどまり、地域的な特徴について検討が進められた例はほとんどない。また、有機汚濁に対する藻類の指標性については1900年代初頭に Kolkwitzと Marsson により発表された¹⁾。その後、指標性に関する検討は今日に至るまで続けられ、指標としての適否あるいは妥当性に関する論議が絶えない。これは、単一の要因ではなく、種々の要因の複合的な影響に対する指標としてのむずかしさを示している。また、指標性を検討するための尺度として、種の生息及び分布に直接的には関係のないものを用いることもその背景のひとつとなっている。たとえば、横浜市内を流れる河川と下水の2次処理水を流している野火止用水の水質を比較すると、BOD が $10\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ と同程度でも窒素成分については前者の場合アンモニアの割合が大きく^{2,3)}、また後者の場合には硝酸（亜硝酸も含む）の割合が大きく⁴⁾、汚濁物質が異なっていることもある。このような例は極端ではあるが、BODを指標性の尺度として利用する場合には、その特徴を理解して用いる必要がある。これは単に藻類についてのみではなく、底生動物や魚類に対しても同様なことである。

本報では、横浜市内を流れる河川等の付着藻類に関する過去の調査結果をとりまとめ、群落の特徴を明らかにすると共に、当該水域及び同様な立地条件を持つ河川の水環境を簡易的に評価するための指標種に関する検討結果をとりまとめた。

2. 河川の付着藻類

2-1 横浜市内河川の藻類

横浜市内を流れる河川の付着藻類植生に関する調査が最初に行われたのは1969年である⁵⁾。調査は鶴見川等5水系の主に中・下流域において、珪藻類を対象に実施され、*Navicula lanceolata* (= *N. viridula*), *Cymbella minuta* (= *C. ventricosa*), *Gomphonema tetrastigmatum* 等、現在では中・下流域のみならず源・上流域でもほとんど出現しない種が優占種になったことを報告している。全藻類群を対象とした調査は、横浜市公害対策局の行った生物相調査の一環として福島らにより1973~74年に実施された⁶⁾。生物相調査はその後ほぼ3年間隔で現在までに計5回実施され、各調査時において市内河川の付着藻類の調査が

行われてきた⁷⁻¹⁰⁾。またその間に市境及びその周辺水域における珪藻類もしくは全藻類群の調査が神奈川県¹¹⁻¹⁶⁾、川崎市¹⁷⁻¹⁹⁾、東京都により実施された²⁰⁾。建設省も管理河川である鶴見川の全藻類群を対象とした調査を実施している²¹⁾。横浜市内河川と同様に付着藻類の調査が詳細に行われている例として、神奈川県、川崎市、東京都そして埼玉県内の河川があげられ、いずれも自治体及びその調査研究機関が主体となって実施している。

横浜市内河川の付着藻類群落の特徴について、長期間に渡り継続的に多様な河川環境下に生育する藻類群落を調べてきた横浜市公害対策局が実施した5回の生物相調査結果をとりまとめて検討した。調査地点は表1に示したように363地点で、そのうち中・下流域の地点が166地点、源流域の地点は141地点で、他に汽水域の地点がある。また、調査は主に夏期と冬期に行われ、夏期に調査された地点は170地点、冬期には168地点が調査された。これらの調査地点は鶴見川、帷子川、大岡川、境川、宮川、侍従川の6水系にあるが、鶴見川と境川水系の一部の地点は横浜域外にある。

生物相調査における付着藻類の調査は河床の石礫2～3個の平滑な表面部分より、種名同定のための定性用と、群落構造の決定及び現存量を測定するための定量用に採取した試料を用いている。定性用試料は酸処理後、プレウラックスで封入した永久プレパラートを作成して、プレパラート内の珪藻殻の顕微鏡写真を撮影して、2000倍に引き伸ばした写真で珪藻類の種名同定を行っている。定量用試料の沈殿物量を測定し、その10～100倍に蒸留水で希釈し、検鏡試料としている。その0.05mlを大型スライドガラス上に取り、24×32mmのカバーガラスを載せた一次プレパラートを作成し、総合倍率600倍で一次プレパラート内にみられる藻類を種別に合計400個体以上計数して群落構造を決定すると共に、1mm²当りの現存量を測定する。現存量が少ない場合には、カバーガラスの短辺と平行に5行検鏡して400個体以上の計数に代えた。計数は1細胞を1個体としているが、細胞区分の不明瞭な藍藻類については1糸状体を1個体として取り扱っている。また、定量用試料が採取できない場合には、定性用試料により群落構造の決定をしている。

表1 横浜市内河川の調査地点の概況

調 査 時 期	水域別調査地点数			季節別調査地点数			時期別調査地点数
	源・上流域	中・下流域	汽水域	春期	夏期	冬期	
1973年～1974年	0	26	10	14	14	8	36
1976年～1977年	12	44	8	0	32	32	64
1979年～1980年	41	30	12	0	41	42	83
1984年～1985年	36	33	12	0	41	40	81
1987年～1988年	52	33	14	11	42	46	99
計	141	166	56	25	170	168	363

鶴見川、帷子川、大岡川、境川、宮川、侍従川の6水系の調査、ただし、1973～1974年と1976～1977年の調査では宮川と侍従川の地点はない。

このような採取、分析方法により検出された種類及びその出現状況を表2に示した。全出現種類数は226種で、その内訳は藍藻類11種、緑虫類2種、珪藻類192種、紅藻類2種、緑藻類19種である。珪藻類のなかで *Navicula* 属の種が最も多く全体の約27%にあたる52種が含まれている。次いで *Nitzschia* 属32種、*Gomphonema* 属20種、*Achnanthes* 属11種の順になっている。

多くの地点で出現すると共に代表種（現存量が測定された試料については1000個体・mm⁻²以上出現した種、群落構造の決定のみされた試料については10%以上出現した種）となる傾向が大きい種として *Nitzschia palea* と *Gomphonema parvulum* があげられる。前者は363地点のうち最多の285地点で出現し、その約58%にあたる166地点で代表種になった。また、後者は239地点で出現し、約39%にあたる94地点で代表種になった。この両種以外に50%以上の地点で出現した種はない。

両種以外に多くの地点で出現する傾向がある種として藍藻類では *Oscillatoria* spp. (147地点)、珪藻類では *Achnanthes lanceolata*・変種含む (67地点)、*Achnanthes lineariformis* (42地点)、*Achnanthes minutissima* (82地点)、*Cocconeis placentula* v. *lineata* (39地点)、*Gomphonema angustatum* (78地点)、*Gomphonema clevei* v. *javanica* (42地点)、*Gomphonema pseudoaugur* (126地点)、*Navicula cryptocephala* (175地点)、*Navicula frugalis* (71地点)、*Navicula goeppertiana* (64地点)、*Navicula gregaria* (130地点)、*Navicula minima* (64地点)、*Navicula pupula* (110地点)、*Navicula saprophila* (60地点)、*Navicula seminumulum* (156地点)、*Navicula symmetrica* (60地点)、*Navicula veneta* (121地点)、*Navicula yuraensis* (51地点)、*Nitzschia amphibia* (108地点)、*Nitzschia dissipata* (52地点)、*Nitzschia inconspicua* (63地点)、*Nitzschia linearis* (90地点)、*Pinnularia braunii* (126地点)、*Surirella angusta* (70地点)、*Synedra ulna* (64地点)、紅藻類では *Chantransia* sp. (42地点)、緑藻類では *Ankistrodesmus falcatus* (52地点)、*Chlamydomonas* spp. (126地点)、*Chlorococcum* spp. (60地点)、*Scenedesmus* spp. (70地点)、*Stigeoclonium* spp. (132地点) があげられる。これらのうち代表種となった地点の割合が大きい(20%以上)傾向のある種は、*A. lineariformis*, *A. minutissima*, *G. pseudoaugur*, *N. frugalis*, *N. goeppertiana*, *N. minima*, *N. saprophila*, *N. seminumulum*, *N. veneta*, *N. amphibia*, *N. inconspicua*, *P. braunii*, *Chantransia* sp., *A. falcatus*, *Chlamydomonas* spp., *Chlorococcum* spp., *Scenedesmus* spp., *Stigeoclonium* spp. である。

出現した地点数あるいは代表種になった地点数の季節的な相違から、夏期に出現する傾向がある種として *Homoeothrix janthina*, *Oscillatoria* spp., *Phormidium* spp., *Cyclotella meneghiniana*, *Cymbella affinis*, *Melosira varians*, *N. pupula*, *Navicula slesvicensis*, *Navicula viridula* v. *rostellata*, *Navicula* spp., *Nitzschia clausii*, *Nitzschia* spp., *A. falcatus*, *Ankistrodesmus* spp., *Oedogonium* spp., *Scenedesmus* spp. があげられる。また、冬期に出現する傾向がある種としては *Chroococcus* spp., *A. lineariformis*, *A. minutissima*, *Cocconeis pediculus*, *Cymbella sinuata*, *Gomphonema angustatum* v. *producta*, *N. cryptocephala*, *N. gregaria*, *Navicula salinarum*, *N. saprophila*, *Nitzschia acicularis*, *Nitzschia communis*, *N. dissipata*, *N. inconspicua*, *N. linearis*, *S. angusta*, *Surirella ovata*・変種含む、があげられる。夏期と冬期の出現状況に相違があるいくつかの種には、水質がほぼ同じ水域において、水温との間に同様な傾向が認められている²²⁾。それらの種とそれ以外のここに示した種のいくつかには、水温が分布に影響を及ぼす主な要因となっていることが推定される。

水温以外にも、流速、日照条件、付着基物、pH、重金属濃度、塩分濃度そして栄養物質等の物理・化学的要因、更には群落構成種間の競争と遷移、底生動物や魚による摂食活動のような生物的要因が単独あるいは複合して藻類群落に影響を及ぼしている。

表2 横浜市内河川に出現した藻類(1)

種 名	出現した地点数				代表種となった地点数			
	春	夏	冬	計	春	夏	冬	計
Cyanophyta 藍藻類								
<i>Anabaena</i> sp.			1	1			1	1
<i>Colothrix</i> sp.			1					
<i>Chamaesiphon minutus</i>		3	2	5		1	1	2
<i>C. polymorphus</i>	1	6	5	12		3		3
<i>Chroococcus minutus</i>		1		1		1		1
<i>C. spp.</i>		12	18	30		7	14	21
<i>Homoeothrix janthina</i>	1	20	4	25		6		6
<i>Merismopedium</i> spp.		8	13	21		3	5	8
<i>Oscillatoria</i> spp.	1	88	58	147		21	6	27
<i>Phormidium</i> spp.	1	14	6	21	1	8	1	10
<i>Pleurocapsa</i> sp.		1		1		1		1
Euglenophyta 緑虫類								
<i>Euglena</i> spp.	1	7	5	13		2	2	4
<i>Phacus</i> sp.	1			1				
Bacillariophyta 珪藻類								
<i>Achnanthes coarctata</i> v. <i>elliptica</i>		1		1		1		1
<i>A. delicatula</i>		1		1				
<i>A. exigua</i>		4		4		1		1
<i>A. hungarica</i>		1		1				
<i>A. japonica</i>	1	8	8	17		2	1	3
<i>A. lanceolata</i> (変種含む)	2	26	39	67		2	5	7
<i>A. lineariiformis</i>		15	27	42		4	8	12
<i>A. microcephala</i>	1			1				
<i>A. minutissima</i>	5	33	44	82		14	37	51
<i>A. subhudosonis</i>		1		1				
<i>A. spp.</i>	11	4	2	17				
<i>Amphiprora paludosa</i>			1	1			1	1
<i>A. spp.</i>			2	2			1	1
<i>Amphora coffeaformis</i>		1	1	2				
<i>A. pediculus</i>		12	9	21		1		1
<i>A. spp.</i>		13	15	28				
<i>Bacillaria paradoxa</i>		1	1	2				
<i>Caloneis bacillum</i>	1	1	4	6				
<i>C. silicula</i>		3		3				
<i>Ceratoneis arcus</i> v. <i>vaucheriae</i>		2	3	5			1	1
<i>Cocconeis pediculus</i>		5	11	16				
<i>Cocconeis placentula</i> v. <i>lineata</i> (v. <i>euglypta</i> 含む)		22	17	39		1	1	2
<i>Coscinodiscus</i> spp.	1	10	8	19				
<i>Cyclotella comta</i>		6	2	8				
<i>C. kuetzingiana</i>		3		3				
<i>C. meneghiniana</i>		13		13		4		4
<i>C. spp.</i>	1	11	6	18		2	1	3

表2 横浜市内河川に出現した藻類(2)

種 名	出現した地点数				代表種となった地点数			
	春	夏	冬	計	春	夏	冬	計
<i>Cymatopleura solea</i>	1			1				
<i>Cymbella affinis</i>		10	1	11				
<i>C. minuta</i>	2	11	8	21				
<i>C. prostrata</i>	1	1	2	4				
<i>C. sinuata</i>		2	8	10				
<i>C. subaequalis</i>	1			1				
<i>C. tumida</i>	2	4	3	9				
<i>C. turgidula</i> v. <i>nipponica</i>	1	1	2	4				
<i>C. spp.</i>		1	1	2				
<i>Diatoma elongatum</i>		1		1				
<i>D. hiemale</i> v. <i>mesodon</i>			1	1				
<i>Diploneis ovalis</i>			1	1				
<i>Eunotia pectinalis</i> (変種含む)	2	3	3	8				
<i>E. spp.</i>	4	2	3	9	1			1
<i>Fragilaria capucina</i>	3	1	3	7			2	2
<i>F. crotonensis</i>			1	1				
<i>F. pinnata</i> v. <i>lancettula</i>			1	1				
<i>Frustulia rhomboides</i>	1	1	1	3				
<i>F. rhomboides</i> v. <i>saxonica</i>		1		1				
<i>F. vulgaris</i>	3	7	13	23	1			1
<i>Gomphonema acuminatum</i>		1		1				
<i>G. acuminatum</i> v. <i>coronata</i>		1	1	2				
<i>G. angustatum</i>	1	28	49	78	1	2	7	10
<i>G. angustatum</i> v. <i>producta</i>		5	14	19			1	1
<i>G. clevei</i>			1	1				
<i>G. clevei</i> v. <i>javanica</i>	1	21	20	42			1	1
<i>G. constrictum</i>		1	3	4				
<i>G. constrictum</i> v. <i>capitata</i>			1	1			1	1
<i>G. glacie</i>		3	3	6				
<i>G. glacie</i> v. <i>longiceps</i>			1	1				
<i>G. intricatum</i>	1			1				
<i>G. intricatum</i> v. <i>pumila</i>	2	10	14	26		2	6	8
<i>G. longiceps</i> v. <i>subclavata</i>		2	3	5				
<i>G. parvulum</i>	14	100	125	239	5	35	54	94
<i>G. pseudoaugur</i>	6	66	54	126		11	18	29
<i>G. separativpunctatum</i>	1	3	2	6	1	1		2
<i>G. subclavata</i>		2	3	5				
<i>G. tetrastigmatum</i>		1	2	3				
<i>G. truncatum</i>			1	1				
<i>G. spp.</i>		4	1	5				
<i>Gyrosigma acuminatum</i>		2		2				
<i>G. kuetsingii</i>		4	4	8				
<i>G. spp.</i>	1		2	3				

表2 横浜市内河川に出現した藻類(3)

種 名	出現した地点数				代表種となった地点数			
	春	夏	冬	計	春	夏	冬	計
<i>Hantzschia amphioxys</i>		5	4	9				
<i>Hydrosera triquetra</i>			1	1				
<i>Melosira italica</i>		2	1	2			1	1
<i>M. nummuloides</i>		5	2	7				
<i>M. varians</i>	2	10	3	15	1	1	1	3
<i>M. spp.</i>		2	3	5				
<i>Meridion circulare</i> v. <i>contracta</i>	1		12	13			3	3
<i>Navicula atomus</i>			5	5				
<i>N. accomoda</i>	5	2		7				
<i>N. bryophila</i>	1			1				
<i>N. capitatoradiata</i>	1	8	7	16			1	1
<i>N. cari</i>	2	3	1	6				
<i>N. cincta</i>			2	2				
<i>N. confervacea</i>		2		2		2		2
<i>N. cryptocephala</i>	19	66	90	175	4	5	18	27
<i>N. cuspidata</i>		5		5				
<i>N. cuspidata</i> v. <i>ambigua</i>		1		1				
<i>N. decussis</i>		3	3	6				
<i>N. diserta</i>		1		1				
<i>N. erifuga</i>			1	1				
<i>N. exilis</i>			2	2			2	2
<i>N. frugalis</i>		39	32	71		8	13	21
<i>N. goeppertiana</i>		35	29	64		11	17	28
<i>N. gothlandica</i>		1	1	2				
<i>N. graciloides</i>		1		1				
<i>N. gregaria</i>	12	47	71	130		3	21	24
<i>N. halophila</i>		2	6	8			5	5
<i>N. lanceolata</i>		3	2	5				
<i>N. margalithii</i>		2	5	7			1	1
<i>N. menisculus</i>	2	14	17	33		1		1
<i>N. minima</i>	1	28	35	64		12	15	27
<i>N. minuscula</i>	3	3		6				
<i>N. mutica</i>			1	1				
<i>N. mutica</i> v. <i>chonii</i>			1	1				
<i>N. neoventricosa</i>		6	5	11		1	1	2
<i>N. pelliculosa</i>	1		2	3	1		1	2
<i>N. phygmaea</i>		3	3	6		1	1	2
<i>N. pseudolanceolata</i>		1		1				
<i>N. pupula</i>	2	70	38	110		13	6	19
<i>N. radiosa</i>		2	2	4				
<i>N. radiosa</i> f. <i>nipponica</i>			1	1				
<i>N. rhynchocephala</i>	8	11	14	33	1	2	2	5
<i>N. rhynchocephala</i> v. <i>amphiceros</i>			6	6				

表2 横浜市内河川に出現した藻類(4)

種 名	出現した地点数				代表種となった地点数			
	春	夏	冬	計	春	夏	冬	計
<i>N. rhynchocephala</i> v. <i>elongata</i>	1			1				
<i>N. rhynchocephala</i> v. <i>rostellata</i> f.			1	1				
<i>N. salinarum</i>		5	13	18		2	4	6
<i>N. saprophila</i>		14	46	60		1	15	16
<i>N. saxophila</i>		1		1				
<i>N. seminulum</i>	10	69	77	156	7	45	52	104
<i>N. slesvicensis</i>	1	12	1	14	1			1
<i>N. symmetrica</i>	1	39	20	60			2	2
<i>N. tenella</i>	2	8	13	23				
<i>N. tribialis</i>	1	5	7	13			2	2
<i>N. tripunctata</i>		2	1	3		1	1	2
<i>N. veneta</i>	3	55	63	121	1	19	32	52
<i>N. ventralis</i>	1	9	5	15				
<i>N. viridula</i> v. <i>rostellata</i>		29	5	34				
<i>N. yuraensis</i>	3	27	21	51		1	4	5
<i>N. spp.</i>		20	6	26				
<i>Neidium ampliatum</i>	1			1				
<i>N. bifurcatum</i>		1		1				
<i>N. bisulcatum</i>		1		1				
<i>N. spp.</i>		2	2	4				
<i>Nitzschia acicularis</i>	1	2	14	17		1	4	5
<i>N. amphibia</i>	1	62	45	108		19	15	34
<i>N. capitellata</i>			2	2				
<i>N. clausii</i>		13	6	19				
<i>N. closterium</i>		1		1				
<i>N. communis</i>		1	15	16			2	2
<i>N. dissipata</i>	4	20	28	52		3	7	10
<i>N. dubia</i>			1	1				
<i>N. filiformis</i>		2	1	3			1	1
<i>N. gandersheimiensis</i>		1	8	9			2	2
<i>N. gracilis</i>			1	1				
<i>N. hantzschina</i>	1		2	3			1	1
<i>N. hungarica</i>	1	4	5	10			1	1
<i>N. ignorata</i>			3	3				
<i>N. inconspicua</i>	2	25	36	63		4	13	17
<i>N. kuetzingiana</i>			1	1				
<i>N. linearis</i>	5	27	58	90	1	3	8	12
<i>N. longissima</i>		1		1				
<i>N. longissima</i> v. <i>subtilis</i>		1		1				
<i>N. microcephala</i>		1	2	3			1	1
<i>N. obtusa</i>			2	2				
<i>N. obtusa</i> v. <i>scalpelliformis</i>		3	1	4		1		1

表2 横浜市内河川に出現した藻類(5)

種 名	出現した地点数				代表種となった地点数			
	春	夏	冬	計	春	夏	冬	計
<i>N. palea</i>	16	142	127	285	7	93	66	166
<i>N. palea</i> v. <i>debilis</i>		1		1				
<i>N. paleacea</i>		2	3	5			1	1
<i>N. parvula</i>		5	3	8				
<i>N. romana</i>	2	13	21	36		1		1
<i>N. subacicularis</i>		1	1	2				
<i>N. sublinearis</i>			1	1				
<i>N. tribronella</i> v. <i>debilis</i>			1	1				
<i>N. tribronella</i> v. <i>leudensis</i>		1	2	3				
<i>N. spp.</i>	1	20	9	30		1	1	2
<i>Pinnularia braunii</i>		69	57	126		18	14	32
<i>P. gibba</i>	1	7	11	19				
<i>P. gibba</i> v. <i>parva</i>		16	16	32			1	1
<i>P. microstauron</i> v. <i>brevissonii</i> (品種含む)		2		2				
<i>P. spp.</i>		5	7	12				
<i>Pleurosigma</i> sp.			2	2				
<i>Rhoicosphenia curvata</i>		11	14	25		2	2	4
<i>Rhopalodia gibba</i>			1	1				
<i>R. sp.</i>			2	2				
<i>Skeletonema costatum</i>		1	1	2			1	1
<i>Stauroneis smithii</i>		2	1	3				
<i>S. spp.</i>		2		2				
<i>Stephanodiscus</i> sp.		1		1				
<i>Surirella angusta</i>	5	10	55	70			12	12
<i>S. ovalis</i>		1		1				
<i>S. ovata</i> v. <i>pinnata</i>	2	5	25	31	1	1	3	5
<i>S. tenera</i> v. <i>nervosa</i>		1		1				
<i>S. spp.</i>		3	2	5				
<i>Synedra acus</i>	1	1	5	7			3	3
<i>S. purchella</i>			1	1				
<i>S. rumpens</i>	2	2	5	9				
<i>S. rumpens</i> v. <i>fragilarioides</i>			2	2				
<i>S. ulna</i>	7	33	24	64	1	1	5	7
<i>S. ulna</i> v. <i>aequalis</i>		1		1				
<i>S. ulna</i> v. <i>oxyrhynchus</i>	1	12	14	27		1	3	4
<i>S. sp.</i>			1	1				
<i>Tabellaria flocculosa</i>			1	1				
Rhodophyta 紅藻類								
<i>Batrachospermum</i> sp.			2	2			2	2
<i>Chantransia</i> sp.	3	20	19	42	2	8	7	17
Chlorophyta 緑藻類								
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	1	47	4	52		12	2	14
<i>A. gracilis</i>		2		2		1		1

表2 横浜市内河川に出現した藻類(6)

種 名	出現した地点数				代表種となった地点数			
	春	夏	冬	計	春	夏	冬	計
A. spp.		22	5	27		14	4	18
<i>Bulbochaete</i> sp.	1			1	1			1
<i>Chlamydomonas</i> spp.	7	55	64	126		35	39	74
<i>Chlorococcum</i> spp.	2	30	28	60		19	19	38
<i>Cladophora</i> spp.		5	3	8		2	1	3
<i>Cloniophora</i> sp.		1		1		1		1
<i>Closterium</i> spp.		6	1	7				
<i>Cosmarium</i> sp.		1		1				
<i>Geminella</i> sp.	1			1				
<i>Gloeocystis</i> sp.		1		1				
<i>Mougeotia</i> sp.			1	1				
<i>Oedogonium</i> spp.		8	2	10		2	1	3
<i>Scenedesmus quadricauda</i>		6	2	8		2	1	3
S. spp.	6	54	10	70		22	2	24
<i>Stigeoclonium</i> spp.	11	65	56	132	9	35	35	79
<i>Tetraspora</i> sp.	1			1	1			1
<i>Ulothrix</i> spp.	1	4	1	6	1	2	1	4

文献中の種名を一部変えて表示した。

代表種：個体・mm⁻²もしくは10%以上出現した種

横浜市内を流れる河川のほとんどは、丘陵地に囲まれた、谷戸（低地）を源にし、一部は円海山周辺を源にしている。いずれの源流域でも集水面積は小さく、湧出水量が少ないため流量はわずかで、小規模な小川の様相を呈している。そして勾配は小さく、底質は砂泥質の岩盤が裸出するか、その上に砂泥や落葉とその腐植物が堆積し、礫はほとんどない。礫状のものがあってもそのほとんどは砂泥質の岩盤が割れたかけらである。このような源流域に続く上流域的な形態の部分は少なく、源流域からすぐに中・下流域的形態に移行してゆくのが横浜市内河川の形態的特徴である。源流域で水質が良好な地域は年々減少し、源・上流域のかなり多くの中・下流域のほとんどで水質の悪化が認められるのが横浜市内河川の水質的特徴と言える。

一般的に我が国の河川の源・上流域は勾配が大きく、そのため河川水の流速も大きい。そのような場所では、真流水性種が多く生育するようになる。また、水温が低くなると *Hydrurus foetidus* のような冷水性種も多くなる。このように水域形態別にみると源・上流域では真流水性種あるいは冷水性種に代表される群落が形成される傾向があり、中・下流域ではその形態や環境に適応した群落が形成される。荒川における珪藻類の分布にもこのような相違が認められている²³⁾。

しかし、横浜市内河川の形態的特徴からは、市内河川で真流水性種が藻類群落を代表する可能性は低く、源・上流域にみられる冷水性種が代表するようになる低水温状態となることも考えられない。つまり、横浜市内河川では、水域形態はほとんど藻類の分布に影響を及ぼすことはないと考えられる。しかし、例外的に源・上流域に主に分布する種として *Chantransia* sp. があげられる。本種は水質が良好で、樹木の枝葉等で水面への日射が妨げられる場所で生育することが確認されている^{22・24)}。中・下流域の

河川規模は大きく、水面への日射が妨げられることはほとんどない。それに対して源・上流域の河川規模は小さいため、河川周辺に樹木が多い場合、水面の日照条件は悪くなる。つまり、*Chantransia* sp. は自然度の高い源・上流域における藻類群落を代表する種といえる。

2-2 横浜市周辺地域を流れる中小河川の藻類

横浜市の周辺地域における中小河川の藻類群落の特徴を明らかにし、横浜市内河川における藻類群落と比較するため、神奈川県、東京都、千葉県、埼玉県を流れる中小河川を対象に実施された調査の結果をとりまとめた。とりまとめに利用した資料のほとんどは各自治体により出版された調査報告書である(11-20・25-38)。それらの報告書には多摩川、荒川、相模川そして酒匂川のような、横浜市内河川に比べると規模が大きい河川の調査結果も載せられているが、比較の対象からは除外した。

対象とした河川は表3に示したように51河川で、調査地点数は958地点である。それらの地点で代表種として出現した種を、横浜市内河川の場合と同じ基準で選定し、その種名と代表種となった地点数を表4に示した。選定された種は117種で、そのうち最も多くの地点で代表種になったのは *N. palea* で、本種は約42%にあたる398地点から代表種として出現した。代表種になった地点数が多い種のうち、上位10位までの種のなかで *G. parvulum*, *N. seminulum*, *N. palea*, *Chlorococcum* spp., *Stigeoclonium* spp. の5種は横浜市内河川でも上位10位以内の代表種となっている。また、*N. frugalis* (表4では *N. subminuscule* としてある), *N. minima* についても横浜市内河川での出現率は高く、代表種となる傾向も大きい種とされている。*H. janthina* のみこのような傾向は認められない。また117種のうち32種が横浜市内河川からは出現していないが、これらの種が代表種となった地点数は少なく、最大でも15地点で代表種になっただけである。このような傾向は横浜市内河川と周辺地域における中小河川の付着藻類群落が類似していることを示している。

表3 横浜市周辺地域で付着藻類調査が行われた中小河川

河 川 名					
浅 川 (T)	小 鮎 川 (S)	田 越 川	野 川 (T)	宮内排水路 (T)	
夷 隅 川	小 出 川 (S)	玉 川 (S)	登戸排水路 (T)	都 川	
入 間 川 (A)	小 畔 川 (A)	千 歳 川	鳩 川 (S)	目久尻川 (S)	
大 栗 川 (T)	高 麗 川 (A)	都 幾 川 (A)	花 見 川	森 戸 川	
越 辺 川 (A)	五 反 田 川 (T)	永 池 川 (S)	引 地 川	森 戸 川	
小 櫃 川	境 川	中 津 川 (S)	平 井 川 (T)	谷 地 川	
鹿 島 川	山 王 川	中 村 川	平 作 川	養 老 川	
金 目 川	残 堀 川 (T)	滑 川	平 瀬 川 (T)		
神 戸 川	下 山 川	新 崎 川	程 久 保 川 (T)		
北 浅 川	隅 田 川	二ヶ領用水 (T)	三 沢 川 (T)		
葛 川	諏訪排水路 (T)	二ヶ領宿河原用水 (T)	南 浅 川 (T)		

(A): 荒川の支流, (S): 相模川の支流, (T): 多摩川の支流, 順番は50音順に示した。

表4 横浜市周辺地域の中小河川における付着藻類の代表種

種 名	代表種とな った地点数	種 名	代表種とな った地点数
Cyanophyta 藍藻類		<i>N. heufleri</i>	22
<i>Aphanocapsa</i> sp.	1	<i>N. heufleri</i> v. <i>leptocephala</i>	15
<i>Chamaesiphon polymorphus</i>	10	<i>N. lanceolata</i>	6
<i>C.</i> sp.	1	<i>N. menisculus</i>	2
<i>Chroococcus</i> spp.	10	<i>N. minima</i>	211
<i>Homoeothrix janthina</i>	64	<i>N. minuscula</i>	8
<i>Lyngbya</i> sp.	1	<i>N. neoventricosa</i>	3
<i>Merismopedium</i> sp.	1	<i>N. pelliculosa</i>	1
<i>Oscillatoria</i> spp.	24	<i>N. pseudoranceolata</i>	3
<i>Phormidium</i> spp.	12	<i>N. pupula</i>	10
<i>Synechococcus</i> spp.	6	<i>N. radiosa</i>	1
<i>Synechocystis</i> sp.	1	<i>N. rhynchocephala</i>	2
Euglenophyta 緑虫類		<i>N. salinarum</i>	4
<i>Euglena</i> spp.	3	<i>N. saprophila</i>	3
Chrysophyta 黄色鞭毛藻類		<i>N. seminulum</i>	51
<i>Ochromonas</i> sp.	1	<i>N. slesvicensis</i>	1
Bacillariophyta 珩藻類		<i>N. subminuscula (frugalis)</i>	72
<i>Achnanthes japonica</i>	11	<i>N. symmetrica</i>	6
<i>A. laceolata</i>	9	<i>N. tenella</i>	1
<i>A. lineariformis</i>	35	<i>N. tenera</i>	4
<i>A. minutissima</i> (変種含む)	31	<i>N. twymaniana</i>	1
<i>A.</i> spp.	6	<i>N. ventralis</i>	2
<i>Amphora coffeiformis</i>	1	<i>N. viridula</i> v. <i>rostellata</i>	4
<i>A. exigua</i>	3	<i>N. yuraensis</i>	20
<i>A. fontinalis</i>	3	<i>N. spp.</i>	9
<i>A. turgida</i>	1	<i>Nitzschia acicularis</i>	2
<i>A.</i> spp.	6	<i>N. acidocliana</i>	1
<i>Caloneis bacillum</i>	1	<i>N. clausii</i>	1
<i>Ceratoneis arcus</i> v. <i>hattoriana</i>	2	<i>N. dissipata</i>	3
<i>C. arcus</i> v. <i>vaucheriae</i>	2	<i>N. filiformis</i>	1
<i>Cocconeis pediculus</i>	3	<i>N. frustulum (inconspicua)</i>	234
<i>C. placentula</i> v. <i>euglypta</i>	6	<i>N. hantzschiana</i>	12
<i>C. placentula</i> v. <i>lineata</i>	9	<i>N. linearis</i>	9
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1	<i>N. nana</i>	1
<i>C.</i> spp.	3	<i>N. palea</i>	398
<i>Cymbella nimula</i>	6	<i>N. paleacea</i>	1
<i>C. sinuata</i>	6	<i>N. parvula</i>	1
<i>C. turgidula</i>	5	<i>N. pusilla</i>	1
<i>Diatoma hiemale</i>	1	<i>N. romana</i>	5
<i>D. vulgale</i>	1	<i>N. spp.</i>	17
<i>Fragilaria coarctans</i> v. <i>vinodis</i>	1	<i>Opephora parva</i>	1
<i>F. crotonensis</i>	1	<i>Pinnularia braunii</i> (変種含む)	20
<i>F. elliptica</i>	1	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	7
<i>Gomphonema angustatum</i>	2	<i>Surirella angusta</i>	17
<i>G. angustatum</i> v. <i>producta</i>	3	<i>S. ovalis</i>	1
<i>G. clevei</i>	1	<i>S. ovata</i> v. <i>pinnata</i>	4
<i>G. glacie</i>	1	Rhodophyta 紅藻類	
<i>G. parvulum</i>	110	<i>Chantransia</i> sp.	1
<i>G. pseudoaugur</i>	50	Chlorophyta 緑藻類	
<i>G. subaugur</i> (?)	4	<i>Chaetophora</i> sp.	1
<i>G. tetragynum</i>	8	<i>Chlamydomonas</i> spp.	6
<i>G.</i> spp.	35	<i>Chlorella</i> spp.	5
<i>Melosira varians</i>	3	<i>Chlorococcum</i> spp.	104
<i>Navicula acceptata</i>	1	<i>Cladophora</i> sp.	1
<i>N. accommoda</i>	2	<i>Oedogonium</i> spp.	5
<i>N. atomus</i>	15	<i>Palmella</i> spp.	3
<i>N. capitatoradiata</i>	5	<i>Scenedesmus</i> spp.	12
<i>N. cryptocephala</i>	45	<i>Stichococcus bacillaris</i>	2
<i>N. decussis</i>	3	<i>Stigeoclonium</i> spp.	117
<i>N. goeppertiana</i>	24	<i>Trebouxia</i> sp.	14
<i>N. gothlandica</i>	1	<i>Ulothrix</i> sp.	1
<i>N. gregaria</i>	75	<i>Westella</i> sp.	4

文献中の種名を一部変えて表示したものがある。
1000個体・mm⁻²以上もしくは10%以上出現した種

2-3 日本の河川の藻類

横浜市内河川及び周辺地域の中小河川の藻類群落と、我が国の規模の大きい河川における藻類群落とを比較するため、環境庁が藻類群落の調査を実施した河川のうち、表5に示した33河川、609地点で代表種（ここでは出現頻度1位の種）として出現した地点数が上位10位以内の種を表6に示した³⁹⁾。我が国の河川において最も多くの地点で代表種になったのは *H. janthina* である。渡辺も我が国の河川で本種が代表的な種であると報告している⁴⁰⁾。代表種として出現した地点数が上位10位以内に入る種のうち、横浜市内河川で上位10位以内の代表種となったのは *N. palea* のみである。それに対して *H. janthina*, *M. varians*, *S. ulna*, *N. lanceolata*, *C. minuta*, *Oscillatoria formosa*, *Cymbella turgidula* v. *nipponica*, *N. gregaria*, *N. cryptocephala* の9種はともに10位以内の代表種にはなっていない。また、横浜市周辺地域の中小河川と共通する種は *H. janthina*, *N. gregaria*, *N. palea* の3種である。このような傾向は *N. palea* が群落を代表する場合を除くと、横浜市内河川の藻類群落は我が国の河川で見られる群落とは異なる傾向が大きいことを示している。それに比べて周辺地域の中小河川の群落は、我が国の河川にみられる群落と類似した構造となる場合も多いと言えよう。

3. 有機汚濁の指標性について

都市域における自然環境としての水辺に対する関心と共に、そこに生息する生物への関心も高く持たれるようになってきた。そのため、自治体の調査研究機関等で環境評価を目的とした指標生物群の調査を実施する例が多くなった。それと同時に、基礎的な生物の指標性の研究についても種々の角度から行われている。

水生生物の生息に影響を及ぼす要因に対する適応性は種により異なり、生息範囲におのずと相違が生じる。水質が汚濁した場所においては、水質の良好な場所に生息する種とは異なるものが多くみられることから、有機汚濁に対する指標性の検討が底生動物、藻類、水草、魚類、バクテリア等の生物を対象に進められてきた。その多くの場合、指標性を決める尺度として BOD が用いられている。しかし、生物には BOD が影響を及ぼすのではなく、実際には水の汚濁に伴って生じる種々の要因の変化が影響を

表5 環境庁が付着藻類調査を行った河川（昭和50～53年度）

河 川 名		
阿 賀 野 川 阿 石 岩 大 太 雄 遠 狩 木 北	鬼 紀 相 信 庄 新 鈴 高 筑 千 天	勝 珂 良 伊 士 上 部 部 和 十 那 長 早 斐 肱 富 最 物 矢 大

順番は50音順に示した。

表6 環境庁が付着藻類調査を行った河川における優占種 (昭和50～53年度)

種 名	出現頻度が1位となった地点数
<i>Homoeothrix janthina</i>	111
<i>Nitzschia palea</i>	77
<i>Melosira varians</i>	70
<i>Synedra ulna</i>	50
<i>Navicula lanceolata</i> (= <i>N. viridula</i>)	21
<i>Cymbella minuta</i> (= <i>C. ventricosa</i>)	16
<i>Oscillatoria formosa</i>	15
<i>Cymbella turgidula</i> v. <i>nipponica</i>	15
<i>Navicula gregaria</i>	15
<i>Navicula cryptocephala</i>	10

日本の水をきれいにする会 (1980) より

及ぼし、その結果構造に変化が生じるもので、生物群により影響を及ぼす要因は異なってくる。つまり、有機汚濁に対する指標性とは、みかけ上のことで、本来は汚濁の指標ではないものを指標として利用していることを切り離しては考えられない。

たとえば、河川の付着藻類として最も種類の多い珪藻には、単に独立栄養をする種だけではなく、無機態の窒素でも、アンモニア濃度と増殖との関係が強い種、グリセロリン酸のような有機態のリンを利用する種、有機態の窒素を栄養物とする真性の従属栄養種、従属栄養をする能力もある種など、種により栄養形式が異なることを、多くの研究者の研究をまとめて Patrick が報告している⁴¹⁾。そのなかで、独立栄養以外の栄養形式を持つ種として、横浜市内を流れる河川に広く分布し、代表種となる傾向が強い *G. parvulum*, *N. minima*, *N. semindulum*, *N. amphibia*, *N. inconspicua* (*frustulum*), *N. palea* があげられている。このような種の栄養様式の相違が、藻類の有機汚濁に対する指標性と強く関係し、二次的に水温、流速等の要因が群落の構造に関係すると考えられる。

横浜市内を流れる河川の15地点で、図1に示した各種が代表種になった地点のBODの平均値と標準偏差をみると、BOD平均値が小さい種は標準偏差が小さく、環境適応範囲は狭いのに対して、BOD平均値が大きくなるのに従い標準偏差も大きくなり、環境適応範囲が広くなる傾向が認められる。また、BOD平均値が大きいいくつかの種は、BODが小さい場所には生息していないことも認められる。つまり、代表種になった地点のBOD平均値が大きい種には、アンモニアを利用する能力もしくは有機物を利用する従属栄養能力もあることが推察される。特にBODが小さい場所に出現しないものは真性の従属栄養種である可能性が高い。そして、代表種になった地点のBOD平均値が小さい種は、独立栄養をする傾向が強いと考えられる。

種 名	地点数	BOD (mg/ℓ)				BOD					
		最小	最大	平均	標準偏差	0	10	20	30	40	50
1 <i>Gomphonema clevei</i> v. <i>javanica</i>	2	0	1.1	0.6	0.6	●					
2 <i>Cocconeis placentula</i> v. <i>lineata</i>	4	0	1.8	1.0	0.7	●					
3 <i>Navicula pelliculosa</i>	2	1.1	1.1	1.1	0	●					
4 <i>Chantransia</i> sp.	19	0	4.5	1.3	1.1	●					
5 <i>Navicula yuraensis</i>	5	1.0	2.1	1.4	0.3	●					
6 <i>Pleurocapsa</i> sp.	2	0.9	1.8	1.4	0.4	●					
7 <i>Melosira varians</i>	3	1.0	2.2	1.5	0.5	●					
8 <i>Nitzschia dissipata</i>	14	0	4.5	1.5	1.2	●					
9 <i>Surirella ovata</i> v. <i>pinnata</i>	2	1.4	1.8	1.6	0.2	●					
10 <i>Meridion circulare</i> v. <i>constricta</i>	5	0.9	2.9	1.8	0.6	●					
11 <i>Nitzschia romana</i>	3	0.7	3.6	2.0	1.2	●					
12 <i>Synedra acus</i>	3	1.1	3.7	2.0	1.2	●					
13 <i>Chamaesiphon polymorphus</i>	4	0.6	5.0	2.0	1.8	■					
14 <i>Nitzschia</i> spp.	3	1.0	3.9	2.1	1.3	●					
15 <i>Rhoicosphenia curvata</i>	3	1.6	3.7	2.4	0.9	●					
16 <i>Achnanthes lanceolata</i>	5	1.1	4.0	2.4	1.2	●					
17 <i>Nitzschia linearis</i>	13	0.9	9.9	2.5	2.5	■					
18 <i>Navicula margalithii</i>	2	1.5	4.5	3.0	1.5	■					
19 <i>Achnanthes japonica</i>	3	0.5	5.0	3.2	1.9	■					
20 <i>Navicula cryptocephala</i>	11	0.6	12	3.5	4.0	■					
21 <i>Chamaesiphon minutus</i>	4	0	13	4.0	5.2	■					
22 <i>Oedogonium</i> spp.	2	3.6	4.5	4.1	0.5	●					
23 <i>Synedra ulna</i>	9	1.2	18	4.3	5.1	■					
24 <i>Navicula gregaria</i>	18	0.3	23	5.0	5.9	■					
25 <i>Synedra ulna</i> v. <i>oxyrhynchus</i>	4	1.3	16	5.1	6.3	■					
26 <i>Nitzschia acicularis</i>	5	1.1	18	5.5	6.4	■					
27 <i>Homeoethrix janthina</i>	5	0.6	13	6.8	4.3	■					
28 <i>Navicula minima</i>	6	0.5	18	6.8	6.3	■					
29 <i>Navicula exilis</i>	2	3.7	11	7.4	3.7	■					
30 <i>Gomphonema angustatum</i>	7	0.6	29	7.6	9.5	■					
31 <i>Nitzschia inconspicua</i>	7	1.0	20	7.7	6.0	■					
32 <i>Navicula symmetrica</i>	2	1.2	15	8.1	6.9	■					

図1 横浜市内河川における付着藻の代表種が出現した地点のBOD(1)

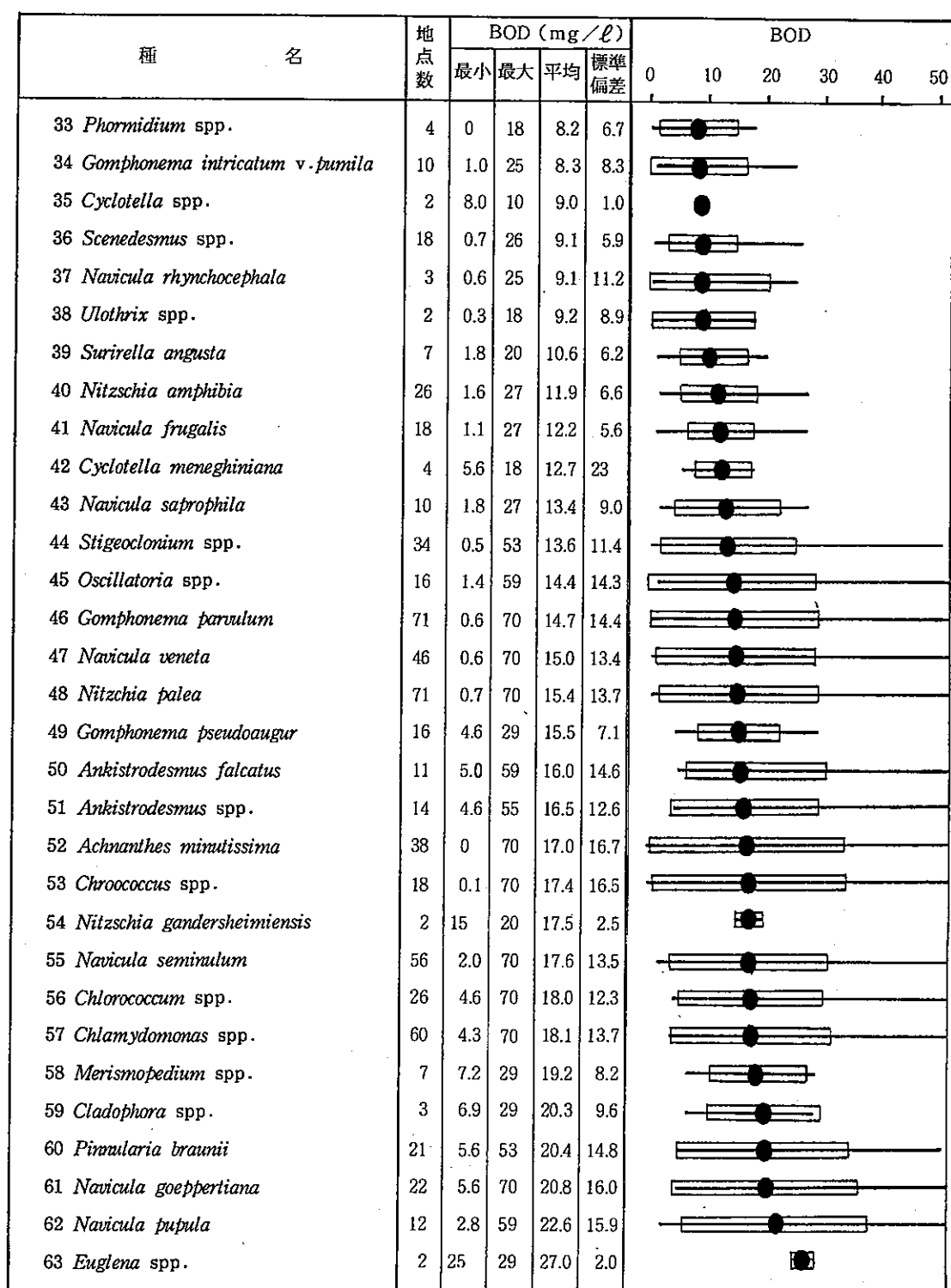


図1 横浜市内河川における付着藻の代表種が出現した地点のBOD(2)

- 1000 個体・mm⁻²以上もしくは10%以上出現したものを対象とした。
- 文献中の種名を一部変えて表示したものがある。
- 汽水域の地点で出現したもの及び1地点でのみ出現したものは除いた。

水質が汚濁した横浜市内の河川では、河川水に占める排水の割合は10%のオーダーで、無機態の窒素に占めるアンモニアの割合が大きく^{2・3・22)}、排水の占める割合の小さい河川に比べて窒素、リンの濃度や組成がかなり異なっている。BODを指標性のものさしとすると、水域の栄養特性によりある程度は種の生息範囲が異なることもあり、それが指標性の相違に結びつく。図1に載せた種の調査例数を更に増やし、BODをものさしとした指標性の検討とともに、ここで示したような他の角度からの指標性の検討も加える必要がある。

4. 簡易調査のための指標種の選定

生物指標の利点は、指標となるものが目に見え親しみ易いことにあり、ごく一部の研究者だけに利用が可能なものではその利点、長所はほとんど意味を失ってしまう。住民に対する自然教室または学校のクラブ活動等を通してある程度の訓練をすることにより、自分達自身で水環境の状態を知ることができるようになってこそ、啓発的側面を加えた本来の利点を発揮するものとなる。

種の生息範囲は、耐性もしくは適応性によりそれぞれ異なる。ここでは生息範囲を図1に示した横浜市内河川における各種のBODの標準偏差により決めた。一般的にはBOD $2.5\text{mg}\cdot\ell^{-1}$ を境にそれ以下を貧腐水性、それ以上で $5\text{mg}\cdot\ell^{-1}$ を β -中腐水性と区分しているが、横浜市内河川でBOD $5\text{mg}\cdot\ell^{-1}$ 以下の地点で出現する傾向がある種の生息範囲は細分化できない。また、横浜市の生物指標の達成目標は β -中腐水性の水域となっている⁴²⁾。このようなことから、貧腐水性と β -中腐水性とをまとめてひとつの階級とした。そして、全体を水環境の良好な水域から悪化した水域に向けて、きれいな水域、やや汚れている水域、汚れている水域、非常に汚れている水域の4階級に区分した。この区分は腐水体系の階級区分と一致している。

藻類の生息範囲は狭いものから広いものまでであるが、一部の種を除くときれいな水域が生息範囲に含まれる。そのため種の指標性をきれいな水域を基点とする生息範囲で分けた。そして、指標種の選定は、他の種との区別が容易にできる明瞭な特徴があること、多くの地点で出現すると共に代表種となることが多いことを基準にした。しかし、藻類の形態は極めて単純であるため、外部形態だけではなく、珪藻類の場合には殻の条線構造を観察する必要もある。

選定された指標種は図2に示した30種で、そのうちきれいな水域の指標種は *Chantransia* sp. *A. lanceolata* (変種含む), *C. placentula* v. *lineata*, *M. varians*, *Meridion circulare* v. *constricta*, *N. yuraensis*, *N. dissipata*, *N. linearis*, *Rhoicosphenia curvata*, *S. ovata* v. *pinnata* の10種で、きれいな水域からやや汚れている水域の指標種は *H. janthina*, *N. cryptocephala*, *N. gregaria*, *N. acicularis*, *S. ulna* (変種含む) の5種、きれいな水域から汚れている水域の指標種は *G. angustatum*, *Gomphonema intricatum* v. *pumila*, *G. pseudoaugur*, *N. frugalis*, *N. symmetrica*, *N. amphibia*, *N. inconspicua*, *S. angusta* の8種、きれいな水域から非常に汚れている水域までの指標種は *G. parvulum*, *N. veneta*, *N. palea*, *N. goeppertiana*, *N. pupula*, *N. seminulum*, *P. braunii* の7種である。

このような指標性の特徴から、たとえばどの水質階級を指標する種が多いかにより評価をするような評価方法は採用できない。ここでは4グループに分けた指標種群の内、最も狭い生息範囲のグループに属する種の示す階級で評価する必要がある。たとえばきれいな水域からやや汚れている水域までの指標種と、きれいな水域から汚れている水域までの指標種の両者が出現したときにはやや汚れている水域と評価する。また、きれいな水域の指標ときれいな水域からやや汚れている水域までの指標種の両者が出

水域 形態 区分	種 名	きれいな水域 (大変きれいな水域)	やや汚れて いる水域	汚れている 水域	非常に汚れ ている水域
源・ 上流域 ↙ 源流域 ↘ 下流域	ベニイトモ <i>Chantransia</i> sp.				
	マガリケイソウ <i>Achnanthes lanceolata</i> (変種含む)				
	コバンケイソウ <i>Cocconeis placentula</i> v. <i>lineata</i>				
	チャヅツケイソウ <i>Molosira varians</i>				
	オウギケイソウ <i>Meridion circulare</i> v. <i>constricta</i>				
	フネケイヒウ <i>Navicula yuraensis</i>				
	ハリケイソウ <i>Nitzschia dissipata</i>				
	ハリケイソウ <i>Nitzschia linearis</i>				
	マガリクサビケイソウ <i>Rhoicosphenia</i> <i>curvata</i>				
	オオバンケイソウ <i>Surirella ovata</i> v. <i>pinnata</i>				
	ビロウドランソウ <i>Homoeothrix janthina</i>				
	フネケイソウ <i>Navicula cryptocephala</i>				
	フネケイソウ <i>Navicula gregaria</i>				
	ハリケイソウ <i>Nitzschia acicularis</i>				
	ナガケイソウ <i>Synedra ulna</i> (変種含む)				
	クサビケイソウ <i>Gomphonema angustatum</i>				
	クサビケイソウ <i>Gomphonema intricatum</i> v. <i>pumila</i>				
	クサビケイソウ <i>Gomphonema pseudoaugur</i>				
	フネケイソウ <i>Navicula frugalis</i>				
	フネケイソウ <i>Navicula symmetrica</i>				
	ハリケイソウ <i>Nitzschia amphibia</i>				
	ハリケイソウ <i>Nitzschia inconspicua</i>				
	オオバンケイソウ <i>Surirella angusta</i>				
	クサビケイソウ <i>Gomphonema parvulum</i>				
	フネケイソウ <i>Navicula veneta</i>				
	ハリケイソウ <i>Nitzschia palea</i>				
	フネケイソウ <i>Navicula goeppertiana</i>				
	フネケイソウ <i>Navicula pupula</i>				
	フネケイソウ <i>Navicula seminumum</i>				
	ハネケイソウ <i>Pinnularia braunii</i>				

図2 藻類の指標性

現したときにはきれいな水域と評価する。そして、生息範囲が広い種が多いため、評価は複数種の出現によりすべきであろう。

5. まとめ

横浜市内を流れる河川に生育する藻類群落は1969年頃と1973年以降とはかなり異なり、1969年には中・下流域で *Navicula lanceolata*, *Cymbella minuta*, *Gomphonema tetrastigmatum* 等が珪藻群落を代表していたのに対して、1973年以降はそれらがほとんど出現なくなり、*Nitzschia palea*, *Gomphonema parvulum* が代表種になる群落が多くみられるようになった。

横浜市内河川と神奈川県、東京都、千葉県、埼玉県を流れる中小河川における付着藻類群落は類似しているが、我が国の規模の大きい河川では *Homoeothrix janthina* が代表種となることが多く *Nitzschia palea* が優占する場合を除くと、横浜市内河川の群落とは異なる傾向が大きいことが明らかになった。

横浜市内河川で出現した種が代表種となった地点のBOD平均値が小さい場合は標準偏差も小さく、BOD平均値が大きい場合には標準偏差も大きくなり、水質が汚濁したところに生息する種は水質の良好なところにも分布する傾向が認められた。簡易的に水環境の評価をするため種の指標性を生息範囲で示すこととし、きれいな水域の指標種として *Chantrelaria* sp., *Achnanthes lanceolata* (変種含む), *Cocconeis placentula* v. *lineata*, *Melosira varians*, *Meridion circulare* v. *constricta*, *Navicula yuraensis*, *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia linearis*, *Rhoicosphenia curvata*, *Surirella ovata* v. *pinnata* の10種、きれいな水域からやや汚れている水域までの指標種として *Homoeothrix janthina*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula gregaria*, *Nitzschia acicularis*, *Synedra ulna* (変種含む) の5種、きれいな水域から汚れている水域までの指標種として *Gomphonema angustatum*, *Gomphonema intricatum* v. *pumila*, *Gomphonema pseudocaudax*, *Navicula frugalis*, *Navicula symmetrica*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia inconspicua*, *Surirella angusta* の8種、きれいな水域から非常に汚れている水域までの指標種として *Gomphonema parvulum*, *Navicula veneta*, *Nitzschia palea*, *Navicula goeppertiana*, *Navicula pupula*, *Navicula seminulum*, *Pinnularia braunii* の7種、合計30種を選定し、評価方法についても検討した。

現在、指標性の検討は種の適応性と直接的には関係ないものをその尺度として行われているが、それぞれの生物群の生息、分布に影響を及ぼす要因となるものを尺度とすることが生物指標の発展を確実なものとすると考えられる。

引用文献

- 1) Kolkwitz, R. und M. Marsson: Ökologie der pflanzlichen saprobien. *Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 26a, 505-519 (1908).
- 2) 福嶋 悟: *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smithの培養試験による鶴見川の藻類増殖潜在能力の調査, 横浜市公害研究所報, 9, 119-128 (1984).
- 3) 福嶋 悟: *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smithの培養試験による帷子川と大岡川の藻類増殖潜在能力の調査, 横浜市公害研究所報, 10, 119-128 (1985).
- 4) 川原 浩・岡田光正・福嶋 悟・武藤敦彦: 小水路維持用水としての下水処理水の利用・野火止用水水質の評価, 水質汚濁研究, 10, 624-630 (1987).
- 5) 唐沢 栄: 横浜市内河川のケイ藻植生 (予報), 横浜市衛生研究所年報, 9, 57-60, (1971).

- 6) 福島 博・福嶋 悟：各河川の付着藻類，横浜市内河川・海域の水質汚濁と生物，横浜市公害対策局、25-64 (1974)。
- 7) 横浜市公害研究所：市内河川の付着藻類植生と生物学的水質判定，横浜の川と海の生物、横浜市公害対策局、34-69，(1978)。
- 8) 横浜市公害研究所：市内河川の付着藻類調査(3)，横浜の川と海の生物（第3報）、横浜市公害対策局、109-176 (1981)。
- 9) 横浜市公害研究所：市内河川の付着藻類，横浜の川と海の生物（第4報）、横浜市公害対策局、155-197 (1986)。
- 10) 横浜市公害研究所：横浜市内河川の付着藻類群落，横浜の川と海の生物（第5報）、横浜市公害対策局、＜印刷中＞
- 11) 神奈川県：藻類植生と水質汚濁，第4報、67pp.，Plate 1-4 (1974)。
- 12) 神奈川県：藻類植生と水質汚濁，第6報、1-57 (1977)。
- 13) 神奈川県：神奈川県の水生生物，第1報、75pp. (1979)。
- 14) 神奈川県：神奈川県の水生生物，第2報、126pp. (1980)。
- 15) 神奈川県：神奈川県の水生生物，第3報、129pp. (1981)。
- 16) 神奈川県：神奈川県の水生生物，第8報、81pp. (1986)。
- 17) 松尾清孝・平山南見子・黒沢芳則・山田茂・福嶋悟：多摩川及び鶴見川水系の付着藻類植生と底生動物相による水質の調査研究，川崎市公害研究所年報、7，93-108 (1979)。
- 18) 松尾清孝・平山南見子・山田茂・福嶋悟：多摩川及び鶴見川水系の付着藻類植生と底生動物相による水質の調査研究（第2報），川崎市公害研究所年報、8，66-90(1980)。
- 19) 平山南見子・松尾清孝・黒沢芳則・山田茂・福嶋悟：多摩川及び鶴見川水系の付着藻類植生と底生動物相による水質の調査研究（第3報），川崎市公害研究所年報、10，81-98 (1983)。
- 20) 東京都環境保全局：昭和57年度水生生物調査結果（中間報告その3），171pp.(1984)。
- 21) 建設省関東地方建設局京浜工事事務所：鶴見川の生物相と水質汚濁の現況，127pp. (1979)。
- 22) 福嶋 悟：有機汚濁と河川生物相の関係・付着藻類，円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書，第2報、横浜市公害研究所、57-78 (1987)。
- 23) 小林 弘：荒川産珪藻類(1)，秩父自然科学博物館研究報告、11，33-40 (1962)。
- 24) 福嶋 悟：氷取沢・瀬上沢水系の付着藻類，円海山・港北ニュータウン地区生態調査報告書、横浜市公害研究所、75-85 (1984)。
- 25) 神奈川県：神奈川県の水生生物，第4報、136pp. (1982)。
- 26) 神奈川県：神奈川県の水生生物，第5報、156pp. (1983)。
- 27) 神奈川県：神奈川県の水生生物，第6報、166pp. (1984)。
- 28) 松尾清孝・平山南見子・黒沢芳則・山田茂・福嶋悟：多摩川の付着藻類植生による水質の調査研究（第2報），川崎市公害研究所年報、6，62-79 (1978)。
- 29) 松尾清孝・平山南見子・黒沢芳則・山田茂・福嶋悟：多摩川の付着藻類植生による水質の調査研究（第3報），川崎市公害研究所年報、7，82-92 (1979)。
- 30) 平山南見子・古塩英世・大嶋道孝・山田茂・福嶋悟：多摩川水系の付着藻類植生と底生動物相による水質の調査研究（昭和58年），川崎市公害研究所年報、11，102-118 (1984)。

- 31) 東京都環境保全局：昭和55年度水生生物実態調査結果（中間報告），211pp. (1982).
- 32) 東京都環境保全局：昭和56年度水生生物実態調査結果（中間報告その2），159pp. (1983).
- 33) 東京都環境保全局：昭和58年度水生生物実態調査結果，282pp. (1985).
- 34) 東京都環境保全局水質保全部：昭和59年度水生生物調査報告書，125pp. (1986).
- 35) 東京都環境保全局水質保全部：昭和60年度水生生物調査報告書，366pp. (1987).
- 36) 埼玉県公害センター：河川の生物調査報告書（入間川・新河岸川水系における生物相と水質について3・昭和55年度），77pp. (1981).
- 37) 千葉県環境部：千葉県内主要河川の汚濁度の生物学的調査，114pp. (1975).
- 38) 千葉市水質関係環境基準設定専門員会：千葉市水質関係環境基準設定に関する報告，114pp. (1978).
- 39) 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，209pp. (1980).
- 40) 渡辺仁治：大和吉野川の藍藻，陸水学雑誌、29，159—167 (1968).
- 41) Patrick, R. : Ecology of freshwater diatoms and diatom communities. *in* The biology of diatoms, Werner, D (eds.). 284—332 (1977). University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- 42) 横浜市：横浜市水域における水質環境目標，30pp. (1975).

（福 嶋 悟：横浜市公害研究所）

生物指標としての水草

中 田 勝

1. はじめに

河川における水草（沈水水草、以下水草と略す）の存在は、安定した水域環境を形成し、水中の魚や小動物に住み場所を与えている。

また、水草は、光合成により水中に O_2 を供給すると同時に水中に散在するSS分の吸着やろ過により水の透明度を高めている。さらに、水中から栄養塩類を吸収し水質の富栄養化の防止に役立っている。

一方、水草が異常に増殖すると、水路を塞いでしまったり、枯死により水中の有機物負荷を増大させたりする。

したがって、水質や水域環境の変化を正確に把握するためには、水草の生育状況の調査が必要である。

横浜市内を流れる河川の多くは、いわゆる都市型河川で、河床や河岸のほとんどがコンクリート化され、河川には生活排水や工場排水が多量に流れ込み、河川水はかなり濁っている。このような水域環境では水草は定着・繁茂しにくく、したがって水草を指標として利用することはかなり難しい。

しかしながら、ある限られた水域では、まだ、田園的風土が良く保持されており、水草が定着・繁茂しやすい条件をそなえている。これらの水域では、何種類かの水草が確認されているため^{1),2),3),4)}、その水域の水質又は水域環境を評価することが可能であると考えられる。

筆者は、約10年間にわたる神奈川県内河川の水草調査結果に基づき^{5),6),7),8),9),10)}、「横浜市内河川における水草の生物指標性について」検討したので報告する。

2. 神奈川県内河川の水草事情

河川の水草調査の結果⁹⁾、流水域で確認された水草は以下の3属6種であった（各水草の分布状況については図-1～図-7）。

- | | |
|---|---|
| 1) オオカナダモ (<i>Elodea densa</i>) | 4) エビモ (<i>Potamogeton crispus</i>) |
| 2) コカナダモ (<i>Elodea nuttallii</i>) | 5) ササバモ (<i>Potamogeton malaianus</i>) |
| 3) ホザキノフサモ (<i>Myriophyllum spicatum</i>) | 6) ヤナギモ (<i>Potamogeton oxyphyllus</i>) |

止水域では、クロモ (*Hydrilla verticillata*)、オオフサモ (*Myriophyllum brasiliense*) なども確認されたが、分布が極めて局所的で広い範囲の存在は認められなかった。これ以外に抽水性のオランダガラシ (*Nasturtium officinale*) も広い範囲に分布していた。

これらの水草の生態的分布は図-8に集約される。すなわち、神奈川県内河川の水草は、生態的にみてA～Dの4つの分布パターンに分類される。最も多いのはA型でD型のように湖沼様で水草にとって安定した水域は極めてすくなかった。安定性をD、B、A、Cの順に考えると、水草の生育にとって神奈川の河川環境は極めて険しいものと言える。

次に、河川において水草が定着し、繁茂し、消失してゆく過程を図-9に示した。水草は、池や田で生育したものが親株として農業用水路などを通して河川本流へと流出してゆく。河川の中にはこれら水

草の供給がないため水草がまったく見られない水域も多い。また、水草の供給があっても河床がコンクリート化されたために定着できなかったり^{*}、汚水の流入により生育阻害を起こしたり^{**}して水域から姿を消してゆく場合もある。

＊ 水草が根をはることができない。

＊＊ 藻類や細菌類の異常繁殖により透明度が低下し、それに伴う光条件の悪化で水草は生育阻害を起こす。

水草が河床に定着・繁茂するためには、次の条件を満たす必要がある。

(物理的条件)

1. 河床が泥質又は砂泥質であること。 2. 流れが比較的ゆるやかであること。
3. 濁りが少なく水深が浅いこと。

(化学的条件)

1. 栄養塩類がある程度豊富であること。

(生物的条件)

1. 白鳥など水草を食べる大型動物が付近に生息していないこと。



図-1 オオカナダモの分布



図-2 コカナダモの分布

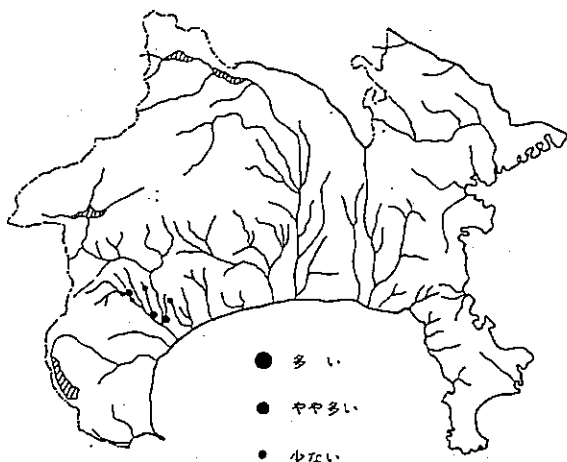


図-3 ホザキノフサモの分布

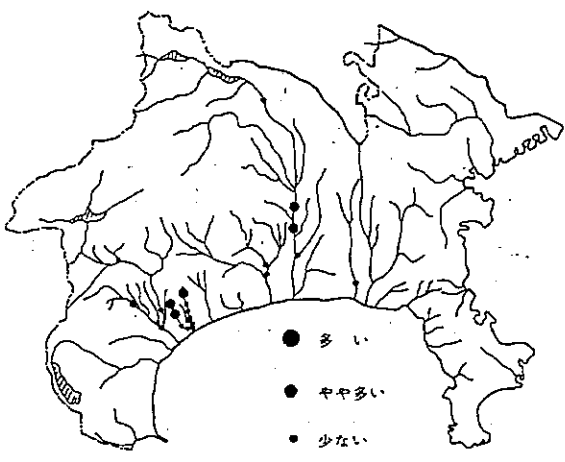


図-4 エビモの分布



図-5 ササバモの分布

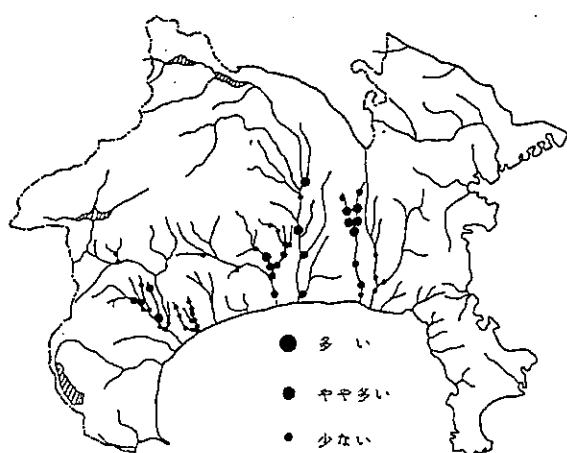


図-6 ヤナギモの分布

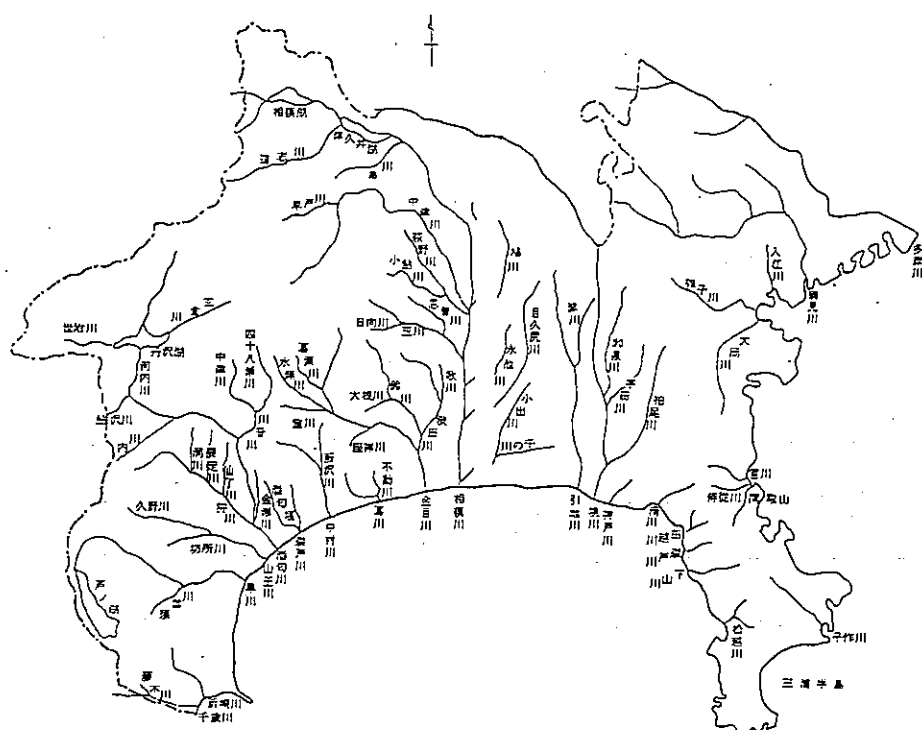


図-7 神奈川県の河川

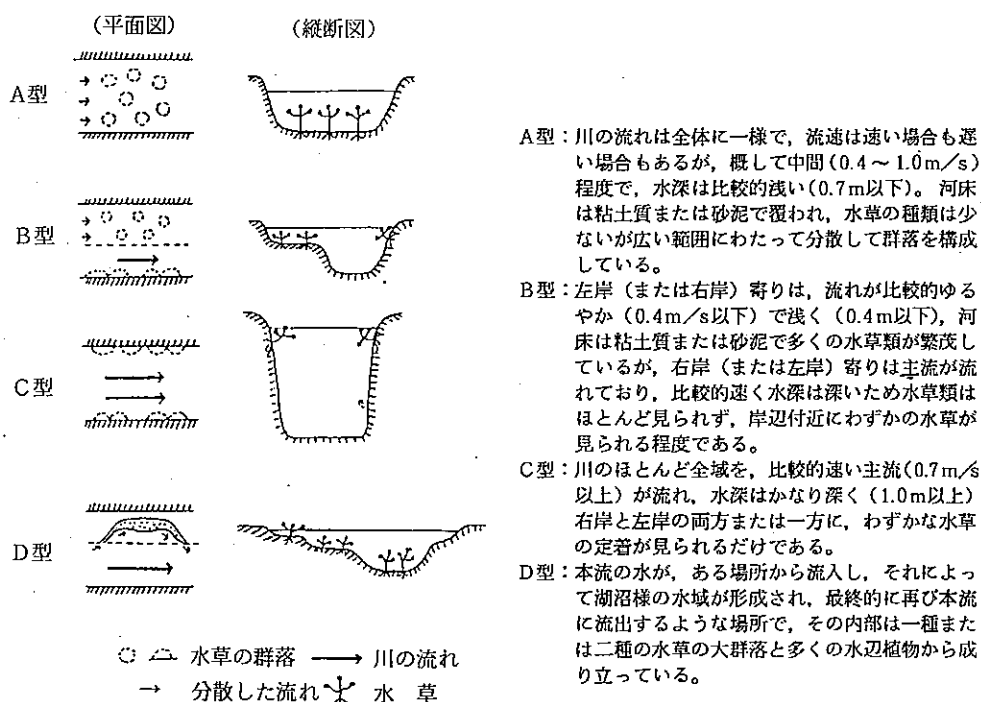


図-8 水草の生態的分布

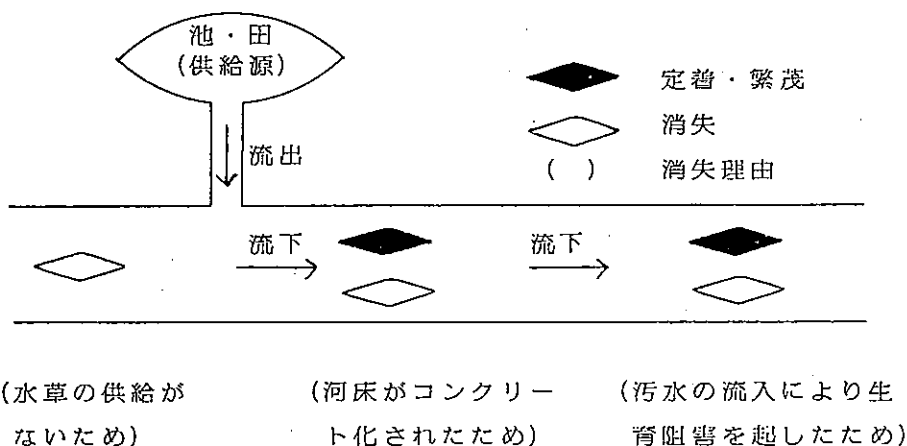


図-9 水草の定着・繁茂・消失の過程

まず、定着のためには物理的条件が整うことが必要であるが、市街化地域を流れる河川の多くは、近年河床がコンクリート化されたため著しく水草の定着を困難にしている。また、繁茂のためには化学的条件が、すなわち栄養条件が整わなくてはならない。カナダモのような水草は、茎のところから千切れて水中を漂った後、節から新しく根をだしそれから水底に根をおろすという増え方をする。この時水質環境として豊かな栄養塩類が要求される。

実は、この辺に水草とそれを取巻く水質環境との関係を明らかにすることの意義があるのである。

水草とそれを取巻く水質環境を考察する場合、まず第1に有機性汚濁の目安となるBOD値との比較が問題となる。水草が良く繁茂している水域（図-10）のBOD値をまとめて表-1に示した。

*** 測定計画のデータ¹¹⁾ [各月に1日、1日に4回（6時、12時、18時、24時）採水・分析した結果の年平均値] を利用。

その結果、水草の種類・草量共に最も多いのは2～8 ppmの範囲であった。横浜市提唱の感覚指標（1975）¹²⁾ だと、「きれいな水域～やや汚れている水域」に当たる。このことは、水中に有機物がかなりの量存在する水域が水草の生育に適した環境であることを示している。

さらにこのことは、窒素とリンの関係からもうかがい知ることができる。水草繁茂水域での窒素とリンの季節変動を図-11に示した。水草繁茂水域ではT-N（全窒素）、T-P（全リン）共に夏低く冬高くなる傾向が見られるが、これは水草、付着藻類、河川水量等が関与した結果であると推定される。

このように、栄養塩類をめぐる水草の繁茂・消失が河川内で生じていることは、逆を言えば、水草の繁茂の程度によって大ざっぱではあるが、その水域の富栄養化度を推定できると考えられる。

次に、水草を取巻く水質環境として重要なのは、流速、水の濁り（透明度）、底質である。大滝（1977）¹³⁾ は、多摩川の水草分布を調査し流速が0.2～0.3m/s以下の水域が水草の生育に最も適していることを報告しているが、筆者が調査した結果⁷⁾ から考えると0.4m/s以下の流速の時、水草は量・質共に繁茂するものと思われる。また、大滝（1973）¹⁴⁾ は、流速1.0m/s強の玉砂利の水底にも各種の水草が定着していることから、定着限界をこの付近の流速と考えているが、筆者の調査⁷⁾ でも同様な結果が得られている。

水の濁りがひどくなると光の透過が十分でないので水草は生育阻害をおこすようになる。また、底質は砂泥か粘土質が良く、礫が多いと泥の占有面積が小さくなるから、礫が多くなればなるほど水草が少なくなるという傾向を持つようになる。

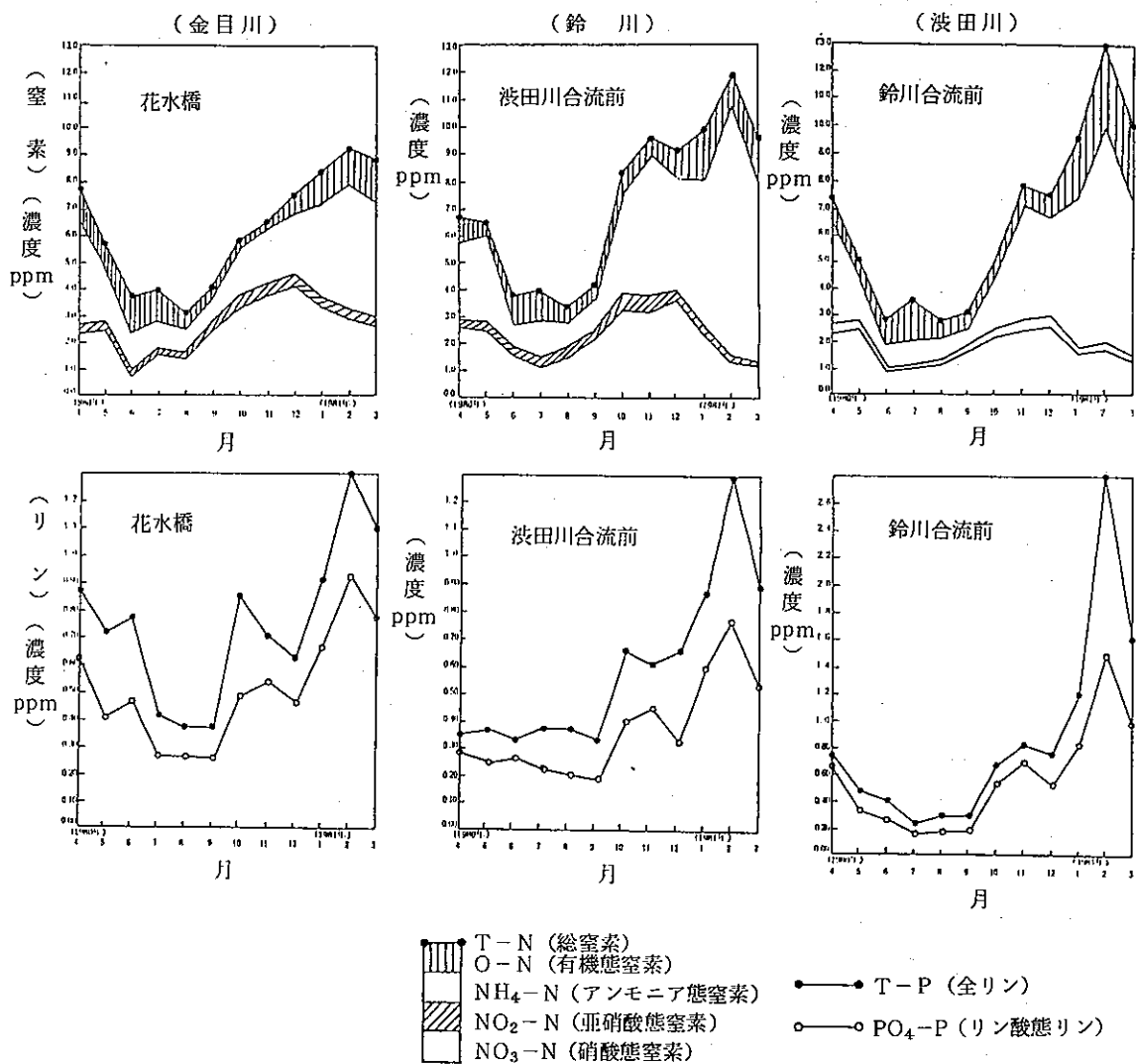


図-11 水草繁茂水域における水中の窒素とリンの季節変動

3. 横浜市内河川の水草事情

河川の水草調査の結果（文献調査結果^{1),2),3),4)}、図-12参照）、流水域及び止水域で確認された水草は以下の3属6種であった。

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1) オオカナダモ (<i>Elodea densa</i>) | 4) ヤナギモ (<i>Potamogeton oxyphyllus</i>) |
| 2) コカナダモ (<i>Elodea nuttallii</i>) | 5) ヒルムシロ (<i>Potamogeton distinctus</i>) |
| 3) エビモ (<i>Potamogeton crispus</i>) | 6) マツモ (<i>Ceratophyllum demersum</i>) |

これ以外に抽水性のオランダガラシ (*Nasturtium officinale*) とキクモ (*Limnophila officinale*) が確認されている。

これらの水草は、鶴見川、境川、粕尾川、とその周辺水域に広く分布しているが、これら水草の分布図を田畑の分布図（図-13）に重ね合わせて見ると、その分布範囲はかなり良く一致している。このことから、水草が定着・繁茂するためには、親株の供給源として河川周辺に田畑が存在すること、特に、溜池や農業用水路などが存在することが必要であることがわかる。

また、都市化のかなり進んだ地域の河川でも、河川に接続する用水路があり水草が生育している公園池や工場内の池などが存在すれば、水草は十分豊富のはずである。しかし、残念ながら、横浜市内の河川ではこのようなケースも極めて少ない。全体的に見て、横浜市内の河川は神奈川県内の他の河川と比べて、水草の種類・量共に極めて少ない河川であると言える。

次に、水草が確認された河川の夏季の BOD 値を調べてみると 5～10ppm の範囲であった。¹⁾

これは、コカナダモ、エビモ、ヤナギモなどの代表的沈水性水草が十分繁茂できる濃度である。したがって、他の定着・繁茂条件が十分でありさえすれば、今後も水草は増え続けるものと思われる。しかし、BOD 値が高くなり透明度が著しく低下したり、細菌が異常増殖したりする場合水草は消失するであろうことが推定される。

4. 水草観察及び河川観察のポイント

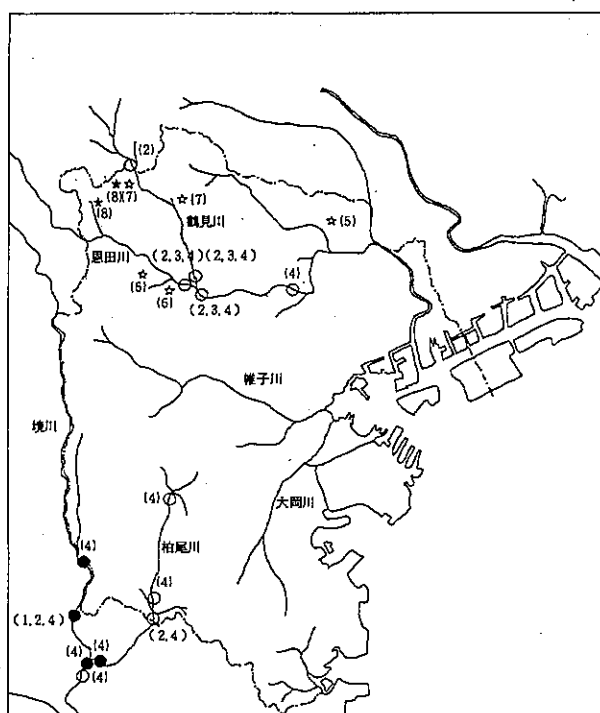
4-1. 水草の観察

河川水が汚れているかどうかを判断する場合、人はまず水面にゴミ類が浮遊していたり、河川水が濁っていたり、着色していたりするのを見て判断する場合が多い。さらに、付近から生活排水や工場排水が流れ込んでいるのを直接観察する機会があれば判断はより明確になる。しかし、このような直接的判断材料がない場合には水草が良い指標となりうる。

まず、河川に行ったら、水辺を歩くか又は水中を横断するかして水草の存在の有無を確認する。水草を見付けたら、まず最初に水草量がどれくらいかを調べ、次いで水草がどんな風に分布しているかを調べる（マクロ的観察）。次いで（ミクロ的観察）に移り、どんな水草が見られるかを調べる。

4-1-1. 水草量がどれくらいかを調べる。

水草量を測定する方法には次の2通りの方法がある。1つは、高所又は橋上から水草が川幅の何％くらいかを占めるかを目測する方法で、誰でも簡単にできるが、水草は測定しやすいようにいつもまとまっているわけではないから正確な測定がしにくい。他の1つは、被度を利用する方法で、50cm×50cmの鉄製方形枠を水草の生育域にのせ、その被度を例に示すように5階級値に分けて測定した後、それぞれの被度の和を求めそれが調査面積の何％に当たるかをもとめる。この方法はかなり面倒であるが、水草



- (1) オオカナダモ
- (2) コカナダモ
- (3) エビモ
- (4) ヤナギモ
- (5) ヒルムシロ
- (6) オランダガラシ
- (7) マツモ

河川については文献 1, 2) を
田, 農業用水路, 溜池について
は文献 3, 4) を引用した。

図-12 横浜市内河川とその周辺水域の水草分布

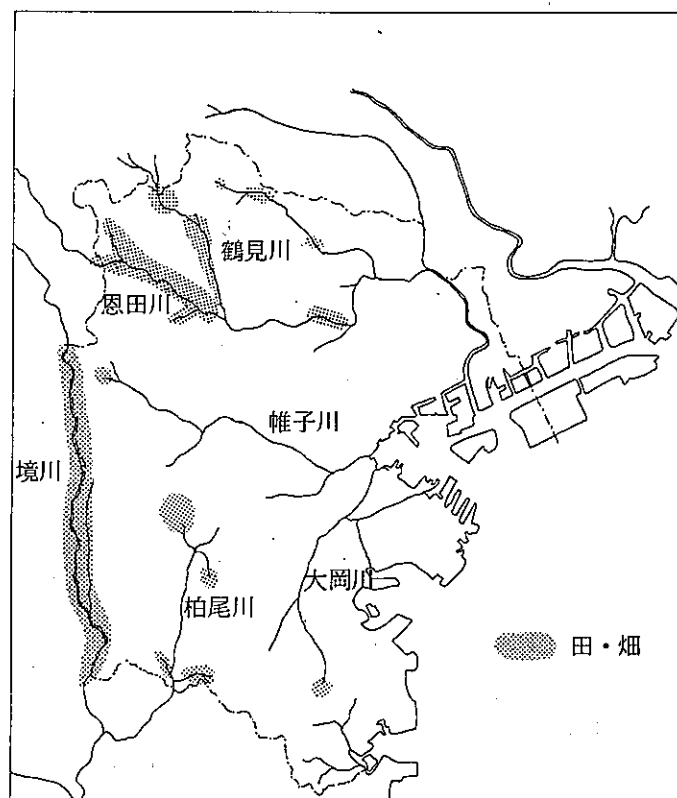


図-13 横浜市内河川周辺の田畑の分布

量をかなり正確に把握できるので馴ればこの方法を使った方がよい。

(例)

階級値	被 度
(4)	1～3/4
(3)	3/4～1/2
(2)	1/2～1/4
(1)	1/4以下
(0)	なし

(調査範囲 5 m × 5 m の場合)

$$\begin{aligned}
 & 0.25 \text{ m}^2 \times (4) \times 40 \\
 & \text{(方形枠面積)} \quad \text{(階級値)} \quad \text{(測定数)} \\
 & + 0.25 \text{ m}^2 \times (3) \times 16 \\
 & + 0.25 \text{ m}^2 \times (2) \times 8 = 10 \sim 14 \text{ m}^2 \\
 & 10 \sim 14 \text{ m}^2 / 25 \text{ m}^2 \times 100 = 40 \sim 56\%
 \end{aligned}$$

さらに水草量を、75%以上は「極めて多い」、75%～25%は「多い」、25%以下は「少ない」と便宜的に分けると、例の結果は40%～56%であるから「水草量は多い」ということになり、より理解しやすくなる。

4-1-2. 水草がどんな風に分布しているかを調べる

図-8を参考にしながら、水草がどんな風に分布しているのかを観察する。この調査は水草の定着位置の観察が主体であるが、その他に河川観察にも目を向け、水深、流速、河床の状態などに着目する。

筆者の調査結果では、図-8のA、B、C、Dの4つの型のうち比較的きれいな水域で見られる型はBとDで、汚れた水域ではC型が多く見られた。もっとも一般的なのはA型できれいな水域から汚れた水域まで広範囲に見られた。

4-1-3. どんな種類の水草が見られるかを調べる

水草の種類を調べるためには、まず水草を採取しなければならない。水深の浅い河川ではスコップなどで根ごと掘り起こすことも可能であるが、水深があったり流れが早かったりすると、せっかく採取した水草を流してしまうこともあるので注意が必要である。その点、採取用網(図-14)を使用すればそのようなことは少なくないへん便利である。

また、水草は環境によ外部形態を極度に変えるから、浮葉のあるもの、沈水葉のあるもの、地下茎のあるものなど、できるだけたくさん採集することが望ましい。現場で同定できない水草はビニール袋を携帯して持ち帰る。その際、採集年月日、採集地点、水深などを記入しておく。同定には次の図鑑類が役に立つ。

(携帯に便利) 1. 堀田文男：水草，保育社。

2. 大滝末男：水草の観察と研究，
ニューサイエンス社。

(同定に便利) 1. 大滝末男他：日本水生植物図鑑，
北隆館。

2. 上野益三：淡水生物学，北隆館。

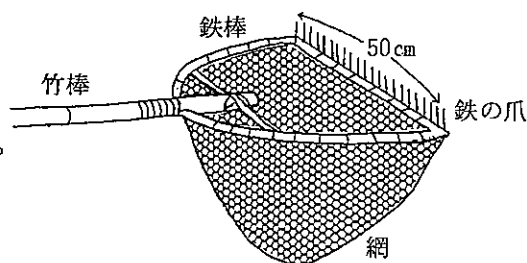


図-14 水草採集用網

4-2. 河川の観察

河川水が汚れているかどうかを判断するためには、水草観察に続いて水草を取巻く水域環境の観察を行うことが必要である。まず、河川に行ったら、高所又は橋上から周辺を見渡し、田、溜池、農業用水路、又は、公園池、工場内池、防火用溜池等があるかどうかを調べ、水草の供給ルートを調査する。次いで、水辺を歩くか又は水中を横断するかして、河床、河岸がコンクリート化されているかどうかを調べる（マクロ的観察）。次いで（ミクロ的観察）に移り、河川の流速、底質、透明度などを調べる。

4-2-1. 河川周辺に、田、溜池、農業用水路、又は、公園池、工場内池、防火用溜池等があるかどうか調べる。

現在、本川に水草が存在したとしても、不安定な河川環境ではいつその水域から姿を消してしまうかわからない。水草が、常に安定して繁茂するためには周辺から常に親株の供給を受けることが必要である。親株の供給ルートとしては、農業地域なら田、溜池、農業用水路等が、工業・都市化地域なら公園池、工場内池、防火用溜池等が考えられる。これらの親株供給ルートを図-15に示すような調査を行い、水草の定着・繁茂条件について再検討すると同時に、その水域の今後の定着・繁茂・消失予想を行ってみる。

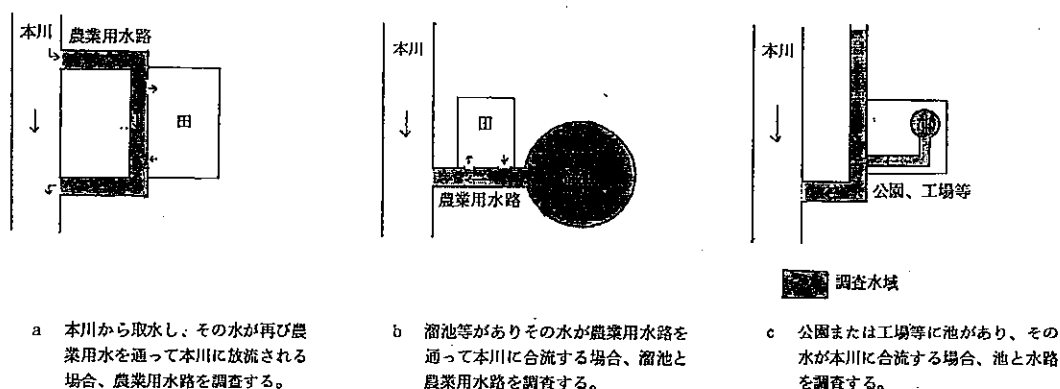


図-15 親株供給ルートの確認調査

4-2-2. 河床・河岸がコンクリート化されているかどうかを調べる

水草が定着・繁茂するためには、河床がコンクリート化されているかどうか条件となる。多くの水草は水底に根をおろし、それによって身を支えると同時に土中から養分等を吸収したりする。したがって、土砂の堆積が十分な水域では豊かな水草相が見られるが、河川改修直後のようにコンクリートが露出した場所では水草は皆無である。図-16を参考にしながら、河川のコンクリートの状況を調べその水域の今後の定着・繁茂・消失予想を行ってみる。

2

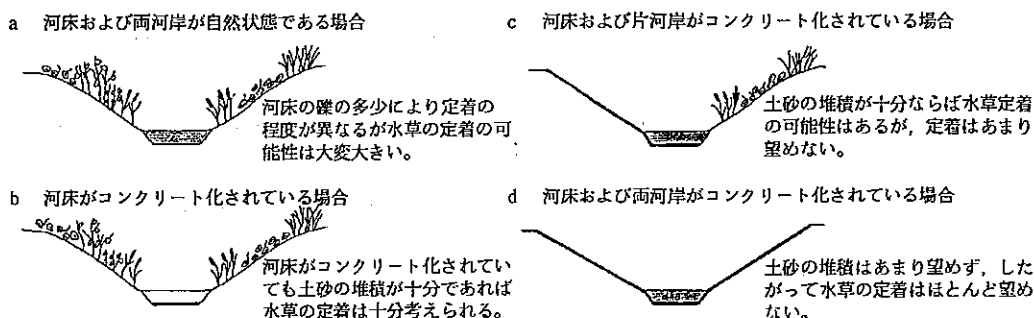


図-16 河川のコンクリート化状況による水草の定着予想

4-2-3. 河川の流速、底質、水の濁りなどを調べる

流速は流速計を用いるが、ウキなどを流して流下時間を測定して求めても良い。どれくらいの流速が水草の定着・繁茂にとって望ましいかを調査する。

底質はスコップで堆積土を掘って調べる。コアサンプラーを使用しても良い。礫の大・小及び数も調べる。河床が泥質又は砂泥質であると水草は定着・繁茂しやすい。しかし、河床に礫が多い場合でも礫間に十分な土砂の堆積があれば水草は十分定着できるし、むしろ、安定性は土砂だけの水域よりもずっと大きい。

水の濁りは目測でも良いが、透視度計があると便利である。水の濁りは水中で光合成を行う水草にとって非常に重要な条件になる。水深がある場合は水が濁っていると水草は生長できないし、藻類や細菌類の異常繁殖により透明度が低下する場合も水草は生長阻害を起こす。

5. 「水草は生物指標になるか？」についての議論

水草を使って水質環境を評価しようとする試みはかなり古くから行われて来ているが、重金属などの特定物質の影響などについてはその残留性ゆえ比較的まとまった報告^{15), 16), 17), 18), 19)} がなされ成果をあげつつある。しかし、有機性汚濁の影響については、水草の多くが多様な環境に対して広適応的であるなどの点から、指標種の選定や栄養塩類の影響などを明らかにすることはかなり困難であるとの説が多かった。しかし、最近この方面の調査研究が進みかなり客観的に評価することが可能になって来ている。水草の指標性には賛否両論があるが、まず否定的な立場からの見解を紹介する。

生嶋 (1975)²⁰⁾ は「水草は多様な環境に対して広適応的であり、このことは水草が実用性の高い指標植物になりにくいことを示している。」また、「環境要因と水草の種類が一对一の対応関係にあることは極めてまれである。」と述べている。しかし、彼はあえて水草の種類や群落から環境を判定する2~3の資料を提供している。それは以下のようなものである。

1. 外来水草 (コカナダモ、オオカナダモ、フサジュンサイ、ホテイアオイなど) は湖沼の富栄養化の指標となる。

2. 水草は一般にpHの広い範囲で生育しているが、アルカリ側で生育するものは、ホザキノフサモ、リュウノヒゲモ、ウキクサなどがある。酸性側では、ヒルムシロ、タヌキモ、ヒロハノエビモなどがある。

3. ウキクサ類は微量金属に対して敏感に反応する。

生嶋の報告は大部分が湖沼の水草についてであるが、河川の水草については神谷ら(1977)²¹⁾の報告がある。津屋川(岐阜県)と外城田川(三重県)で行った調査によると次のような内容になっている。

津屋川の場合、「清水に多いとされているオランダガラシが主に上流部に多く、汚濁にも強いと思われるクロモが主に中流部に分布していることは一見水質に対する植物のすみわけが成立しているようにみえる。しかし、下流部にもオランダガラシが多少生育しているし、クロモについても上流部にも少量の分布が確認されている。一方、水質調査による富栄養化は上流部から下流部にかけてほとんど差異が認められないことから、この流域における水生植物の分布は用水路であるために栄養塩の影響はほとんどないものと思われる。」と考察している。又、外城田川の場合は、「水生植物は主に上流部に集中し、オランダガラシ、ヤナギモ、フサモ、マツモなどいずれも下流部に多い。ヤナギモは中・下流部にもかなり分布しているが、フサモ、マツモ、などはわずかに見られるに過ぎない。この結果は上流部の方が栄養塩に富んでいるかの印象を与えるが、水質分析の結果は硝酸塩とアンモニア塩が幾分上流部が多くなっているもののリン酸塩は逆の傾向にある。したがって外城田川の場合も水生植物と水質とが関連するとはいえない」と考察している。これらの調査結果から、水生植物は環境変化に対して時間的に反応が遅いということにより生理的に富栄養化度にはあまり敏感に反応しないと結論づけている。

続いて、肯定的立場からの見解を紹介する。大滝(1985)²²⁾は多摩川水系の水草分布と水質汚濁との関係を研究し、この両者はかなり密接な関係があることを指摘している。1973年調査と1978年調査との比較によると、「1973年には上流の青梅市付近から二子橋付近まで分布していたエビモは、5年後の1978年には青梅よりさらに上流のよろい橋付近から新井橋、日野橋まで後退している。また、量的にも分布水域が大きく減少していることがわかる。オランダガラシについてもまったく同様の傾向が見られる。オランダガラシは水のきれいな水域(貧腐水性~ β 中腐水性)に主に分布する抽水植物であり、一方、エビモはそれよりやや進んだ水域(β 中腐水性~ α 中腐水性)に多く見られるが、強腐水性の所では見られない沈水性植物である。」と述べ、したがって5年間で多摩川はかなり富栄養化が進行したと結論づけている。彼はエビモ、オランダガラシを代表的指標植物としてあげているが、その他にも貧栄養性指標植物としてバイカモ、ツルヨシなどをあげている。

一方、浜島ら(1977)²³⁾は関西地方の水田灌漑用の溜池47ヶ所を調査し次の結果をえている。すなわち、「無機態窒素、無機態リンの変化にともない生育する水草の種類に変化が見られることは、溜池の植生が富栄養化の程度を表していると考えることができる。もちろん、水草の生育に必要な環境要因は多く、それらが相互に関連しあいながら影響を与えているものであり、単一の環境要因を水草の生育の存否で表すことは不可能である。今回の結果でも、窒素とリン濃度が水草の生育を直接単純に限定しているのではなく、これらの栄養塩類による水界の生態系の変化にともなう生育環境の変化が水草のフロラを規定しているものと考えられる。さらに、水草の存否の決定には、溜池のもっている履歴、立地、その他の特性にも注意する必要がある。これらの事項に注意しながらそれぞれの池の水草の存否を調査することにより始めて溜池の富栄養化の程度を知ることができる。」と結論づけている。

以上、水草の指標性について肯定的な立場と否定的な立場の代表的な報告を4編ほど紹介してきたが、

筆者は水草の指標性については肯定的な立場を取りたいと考えている。その理由は10年間にわたる水草調査の結果にあるが^{5),6),7),8),9),10)}、さらに、調査中に河川改修や汚水の大量流入により多くの水草が姿を消してゆく様子を目のあたりに見、実感として「水草は水域環境を測るものさしである」と思うからである。

6. 指標となる水草の選定とシステム的水質・水域評価の方法

前項で筆者は、神奈川県河川に限定した場合水草の指標性について肯定的な立場を取りたい由を述べた。それは「ある特定の水草種を取上げ、その水草種が存在するまたは存在しないという状況からその水質または水域をきれいとか汚れているとか判定する」と言うような短絡的な評価法を採用するということでない。このことは、複数の水草種の存否から水質または水域環境を評価する場合も同様である。

生嶋は「水草は多様な環境に対して広適応的である」と言っているが、それは無秩序に広適応的であると言っているわけではない。水草がその水域に適応し定着・繁茂するか、あるいは悪環境によってその水域から姿を消すかどうかは、比較的単純な観察から予測できることである。言葉をかえて言えば、神奈川県に生育する沈水性水草は限られており、それらの種がどのように適応して生育しているかを観察すれば、その水域がどんな環境なのかを推定することができるということである。したがって、県下で確認された水草がすべて指標種であると言える。

この観点に立って、水草観察からシステム的に水質または水域環境を推定・評価する方法を検討したので以下に示す。

水草観察からシステム的に水質または水域環境を推定・評価するためには、まず図-17に示された手順そって調査し、考察することが必要である。図-17中の「1. 水草および河川観察」については、すでに「4. 水草観察および河川観察のポイント」の項で具体的に述べたのでここでは省略する。次いで、「2. 水質および水域イメージ推定」に移りそれぞれ2段階の推定を行う。その具体的な方法は図-18にまとめた。その後、水草の将来予想についても検討をくわえる。ここで問題となるのは推定結果を何段階にするかということである。段階が細くなればなるほど推定が難しくなることを考えると、筆者は目下のところ2段階が妥当と考える。この2段階推定を評価までもってゆくためには、やはり化学的水質分析結果による裏付けが必要である。筆者は、水草分布と水質との関係から(図-10、表-1)5段階評価が妥当と考える。しかし、水域評価については裏付けとなる要因が目下のところ見つからないため、とりあえず「推定」を「評価」に置換えて2段階で評価している。

次に、図-17と図-18を利用して具体的な評価を行ってみる。

1. 水草観察および河川観察結果

- 1) 被度を用いて水草量を測定した結果、40%であった。(水草量は多い)
- 2) 流れの遅い左岸には多量の水草が見られたが、流れの速い右岸には水草はわずかであった。(分布はB型)
- 3) それらの水草を調べた結果、コカナダモ、オオカナダモ、ヤナギモ、エビモであった。(水草の種類は多い)
- 4) 右岸はコンクリート化されているが左岸はされていない。左岸の河床は砂泥質で多少濁りのある河川水がゆっくりと流れている。
(水草の定着・繁茂しやすい環境である)

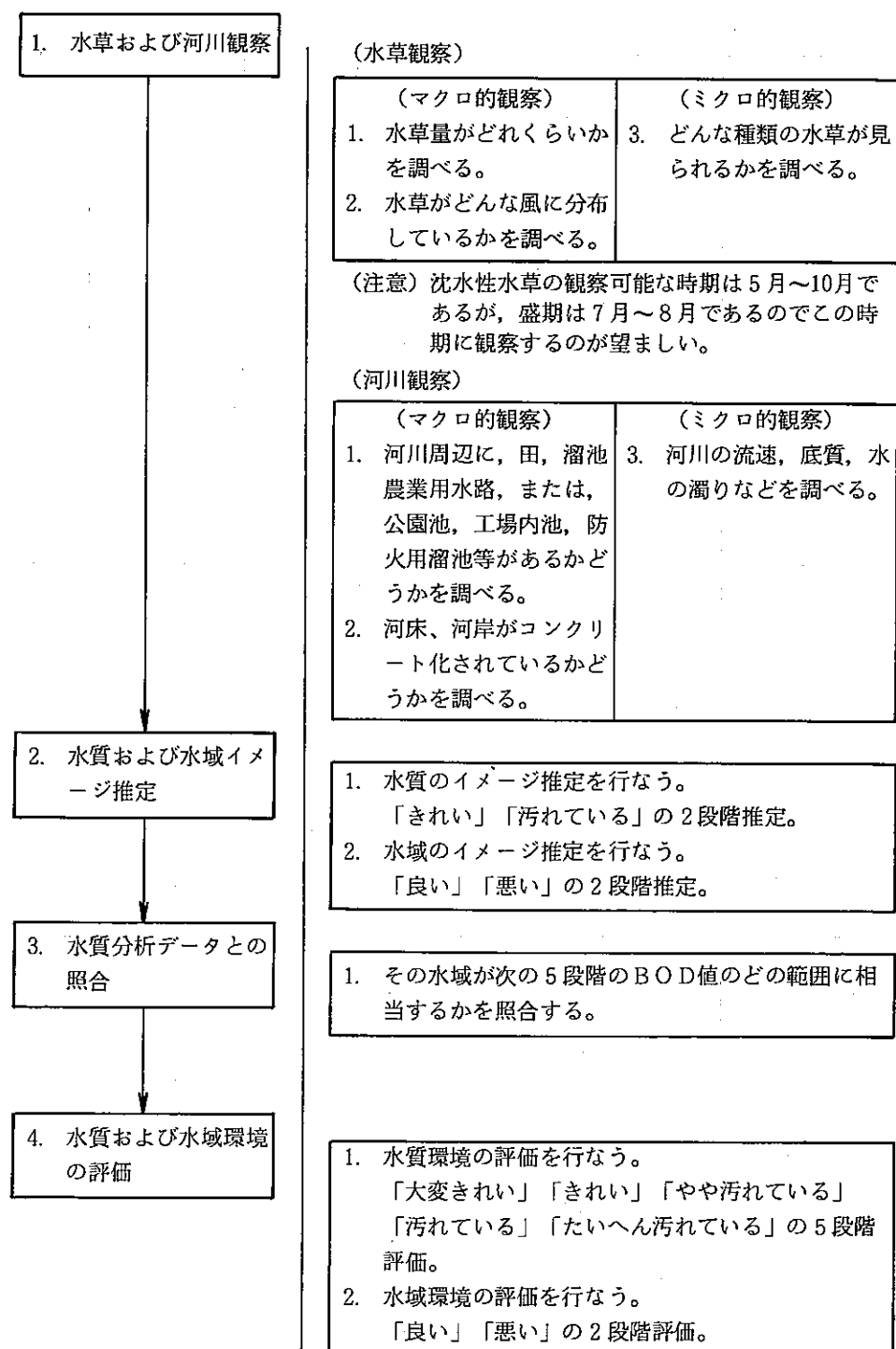


図-17 水質および水域環境評価のためのフローチャート

1. 水質および河川の観察結果

水草状況 (水草の全体量) (水草の種類数)	水草の全体量、 種類数共に極めて少ない。	水草の全体量、種類数共に多い。		水草の全体量は 多いが、種類数は少ない。	水草の全体量、 種類数共に極めて少ない。
水草の種類 (オランダガラシ) (コカナダモ) (ヤナギモ) (オオカナダモ) (エビモ)	流れの早い本流からはずれた水域にオランダガラシが大きな群落を形成している。	コカナダモ、ヤナギモの中・小群落が川全体に点在している。	コカナダモ、オオカナダモ、ヤナギモ、エビモなどが一体となって、大群落を形成し川全体を覆っている。	コカナダモ、またはヤナギモの大群落が川全体を覆っている。	コカナダモ、またはヤナギモの小群落が両岸に少量みられる。
河川状況 (河床) (透明度) (流速)	河床に礫が多く透明な水がいきおいよく流れている。	河床は砂泥質で透明な水がいきおいよく流れている。	河床は砂泥質で多少濁りのある水がゆっくり流れている。	河床は砂泥質で多少濁りのある水がゆっくり流れている。	河床はヘドロ状でかなり濁った水がゆっくりと流れている。
河川周辺状況の観察 (水田、溜池、農業用水路) (生活排水、工場排水)	川の片側または両側が水田、廃田、溜池、農業用水路等で、全体として「谷戸的景観」をかもしだしている。 川の両側は台地状で、水田、畑、溜池等があり、また、周りには人家が点在し生活排水がわずかに流入し、全体として「田園的景観」をかもしだしている。			川の片側または両側が団地、商店街等で、生活排水がかなり流入し、全体として「都市的景観」をかもしだしている。 川の片側または両側が工場、工場排水がかなり流入し、全体として「工場地帯景観」をかもしだしている。	

2. 水質および水域イメージ推定結果

水質イメージ	きれい	汚れている
水域イメージ	良い	悪い

3. 水質分析データとの照合結果

水質の確認(BOD)	2 ppm以下	2～5 ppm	5～8 ppm	8～10ppm	10 ppm以上
------------	---------	---------	---------	---------	----------

4. 水質および水域環境の評価結果

水 質 評 価	大変きれい	きれい	やや汚れている	汚れている	大変汚れている
水 域 評 価	良い			悪い	

図-18 水草による河川水質および水域環境の評価方法

- 5) 河川の両側は台地状で、水田、畑、溜池などがあり、周りには人家が点在し生活排水が流入している。

2. 1の結果に基づく水質イメージおよび水域イメージ推定

- 1) 水質イメージは「汚れている」と推定できる。
- 2) 水域イメージは「良い」と推定できる。
- 3) 現在のところ親株の供給源もあり、水草も十分定着・繁茂しているので、推定に大きな変化は見られないが、開発により田畑が無くなったり河川改修等により河床がコンクリート化されたりした場合には水草の消失が予想される。

3. 水質測定データとの照合

- 1) 年間の BOD値を調べた結果 6 ppmであった。
(この数値は 5 段階範囲のうちの 5 ~ 8 ppmに当たる)

4. 水質および水域環境の評価

- 1) 水質は「やや汚れている」と評価できる。
- 2) 水域は「良い」と評価できる。

7. 横浜市内河川の水草リストの作成

筆者は、横浜市内河川においても前述のシステム的水質および水域評価方法を使用してほしいと思っているが、すでに述べたように横浜市内河川の多くは水草の種類・水草量共に極めて少ないため、水草状況や河川状況に着目するというより、単一種の存否そのものが問題となる場合が多い。したがって、システムの評価方法とは別に短絡的評価のための水草リストの作成を考えざるを得ない。この水草リストはあくまで便宜的なもので精度においてはかなり劣っている。

そういった前提にたって表-2を作成した。6 種の水草のうちオランダガラシ、エビモ、マツモの 3 種が指標性が高いと考えられるが、その理由は次のようなものである。

1. オランダガラシ：大滝 (1985)²²⁾ は多摩川の事例からはこの水草を貧腐水性 ~ β 中腐水性の指標種として取上げているが、量的観察が伴えば基本的には良いと思う。横浜市内河川でも比較的美丽な水域に出現しているので指標種として取上げるのには否定的ではないが、数株の存在で判断を下すのは適切ではない。また、この種はかなり下流でも出現する場合もあるが、量的には少ないはずである。
2. エビモ：大滝 (1985)²²⁾ は多摩川の事例からこの水草を β 中腐水性 ~ α 中腐水性の指標種として取上げているが、筆者も神奈川県内河川の水草調査結果から考えて同様に考えて良いと思う。したがって、横浜市内河川でももちろん適用できると考えられる。ただ、横浜市内河川ではエビモが大きな群落を形成している例は少なく、数株の存在から判断を下すことは避けなければならない。エビモは形態に特徴があるので同定は容易であるから指標となりやすい。
3. マツモ：横浜市の調査 (1983)⁴⁾ ではこの水草を谷戸の希少植物として取上げている。
マツモはどちらかというと止水域に多い水草であるが水深が浅く流れがかなりゆるやかな水域にも生育する。水質としては流水域の場合を考慮して、貧腐水性 ~ β 中腐水性と考えて良い。水域

環境の変化に弱い性質のため指標となりやすい水草である。

オオカナダモ、コカナダモ、ヤナギモについては水草状況や河川状況により表-2の範囲におさまりにくいのであるが、筆者の水草観察の経験から妥当と思われる範囲を載せてある。

表-2は、水草の量と質についての最小限の情報から短絡的に水質の評価を行ったものであるため多くの問題点を含んでいる。しかしながら、「1. はじめに」の項で述べたように、水草が安定した水界生態系の形成に大きく寄与していることを考えると、ともかく、水草の存在そのものがその水域環境の良さを物語っていると言ってよいと思う。水草が豊富で小魚や小動物が活発に動きまわっている川は、たとえゴミが浮き濁っていたとしても、市民にとっては親しみの湧く場所である。

現在、市民も行政も「身近な自然（貴重な自然に対する平凡な自然）」の保全に目を向け始めている⁴⁾²⁴⁾²⁵⁾。この小論がそういった保全活動に少しでも役立てば幸いである。

表-2 横浜市内河川の水草リストと指標化

感覚評価 水質評価(BOD)	貧腐水域 大変きれいい 3ppm以下	β 中腐水域 きれいい 3~5ppm	α 中腐水域 やや汚れている 5~10ppm	β 強腐水域 汚れている 10~20ppm	α 強腐水域 非常に汚れている 20ppm以上	水域形態区分 源流 上流 中流 下流	指標性
(水草の種類) オランダガラシ						● ● ●	●
オオカナダモ						●	
コカナダモ						● ●	
エビモ						● ●	●
ヤナギモ						● ●	
マツモ						● ●	●
(水草の状況) 水草の全体量 水草の種類数	(1)	(2)	(3)	(1)	(1)		
	(1) 水草の種類・全体量が共に極めて少ない (2) 水草の種類・全体量が共に多い (3) 水草の種類は少ないが水草の全体量が多い						

参考文献

- 1) 横浜市公害対策局 (1986) : 横浜市内河川の沈水植物、横浜の川と海の生物、第4報、公害資料126、151-153。
- 2) 神奈川県公害センター (1981) : 境川の水草、神奈川県の水生生物、第3報、71-73。
- 3) 神奈川自然保全研究会 (1985) : 鶴見川水系の水生植物、神奈川自然保全研究会報告書、第4号、33-45。
- 4) 横浜市公害対策局 (1983) : 生物調査、横浜の源流域、公害資料112、63-87。
- 5) 神奈川県 (1978) : 相模川の水草分布、藻類植生と水質汚濁、第7報、4-6および14-16。
- 6) 神奈川県公害センター (1979) : 相模川の水草と水辺植物、神奈川県の水生生物、第1報、13-14。
- 7) 神奈川県公害センター (1980) : 酒匂川水系における水草、神奈川県の水生生物、第2報、51-59。
- 8) 神奈川県公害センター (1981) : 金目川・境川・引地川の水草、神奈川県の水生生物、第3報、43-53、71-73、87-92。
- 9) 神奈川県公害センター (1984) : 県内河川における水草の分布状況、神奈川県の水生生物、第6報、69-86。
- 10) 神奈川県公害センター (1985) : 酒匂川の水草調査報告、神奈川県の水生生物、第7報、48-49。
- 11) 神奈川県他5市 (1978~1982) : 昭和53年度~58年度公共用水域水質測定結果。
- 12) 横浜市 (1975) : 横浜市水域における水質環境目標、5。
- 13) 大滝末男 (1977) : 多摩川の水生物相と水質汚濁の現状、その3 75-91。
- 14) 大滝末男 (1973) : 淡水生物の生態と観察 (水草) 、22-53、築地書館。
- 15) Dietz, F. (1972) : The enrichment of heavy metals in submerged plants. The Report of 6th International Water Pollution Research, Session 2, Hall-Monday, 4, 1-8.
- 16) Ray, S & W, White. (1976) : Selected aquatic plants as indicator species for heavy metal pollution. J. Environ. Sci. Health, A11 (12), 717-725.
- 17) M. Kovacs (1978) : The element accumulation in submerged aquatic species in Lake BALATON. Acta. Botanica. Academiae Scientiarum Hungaricae, Tomus, 24 (3-4), 273-283.
- 18) 中田勝 (1978) : 水草による河川水中の重金属の取込みと水中平均濃度の推定、水質汚濁研究、1 (1)、43-47。
- 19) M. Nakada et. al. (1978) : The accumulation of heavy metals in the submerged plant. Bull. Environ. Contamin. Toxicol., 22, 21-27.
- 20) 生嶋功 (1975) : 生物指標としての水草、環境と生物指標2 (水界編)、共立出版、9。
- 21) 神谷平他 (1977) : 津屋川沿いの水路および外城田川における水生植物の分布と水質、肥料による陸水の汚濁と指標植物2、文部省特別研究・人間生存と自然環境、47-2。
- 22) 大滝末雄 (1985) : 水の汚染を知る (エビモ、オランダガラシ)、指標生物、日本自然保護協会、184-191。
- 23) 浜島繁隆他 (1977) : 東海近畿地方の溜池の水質と大形植物、肥料による陸水の汚染と指標植物、文部省特定研究・人間生存と自然環境、39-45。
- 24) 村橋克彦他 (1987) : 身近な自然の保全と創造 (都市自然公園づくりと市民参加)、横浜市立大学経済研究所、1-286。
- 25) 横浜市 (1986) : 横浜市環境管理計画 (環境プラン21)、1-289。

(中田 勝：神奈川県立自然保護センター)