

河川の水質汚濁の問題

神長重夫（公害対策局水質課長）

都市のなかの川は、魚の姿が見えないほど水質汚濁が進んだが、最近わずかであるが回復のきざしが見られるようになった。だが「魚がすめる河川」にはほど遠い現状である。河川の水質汚濁の現状、問題点や今後の対策について考える。

一 はじめに

地球上の天然水は、蒸発、凝縮、流動などの過程をとおしてお互いに連絡し交互に依存しあって、循環をくりかえしている。水は気態、液態、固態と姿をたやすく変えることができるので、循環できるのであり、この特性が地球表面の様子を変えているのである。具体的には、海水をはじめとする地表水は、ゆっくりと蒸発し、やがて十日間ぐらい大気に滞留して、雨や雪になって地表に達する。この一部は地下水とか湖沼水とかになり、一部は河川水となり、また他の一部は雪・雪溪・氷・氷河として数十日から数万年の長さで、この地球上に滞留する。

地下水はふたたび地表に出て河川水に加わり、けっきょく海に入る。水はこのように移動し、循環するのである。

この水の循環に伴って水はいろいろの物質を溶かし移動する。河川水は降水時に大気中の物質をとり込み、土壌・岩石に由来する物質がこれに加わる。そして人間活動、すなわち家庭生活、農業に用いられる肥料その他の物質、工場からの排水などの形で、さまざまな物質が加わる。一方、これらの物質が溶出および吸着、沈殿などを通してその河川水の化学組成を決定すると考えられている。都市では、この人間活動による汚染が大きすぎるうえに複雑すぎて、水質公害という問題になっている。

- 一 はじめに
- 二 水質汚濁の現状
- 三 水質汚濁の問題点
- 四 生物のすめる河川

河川の水質汚濁とは、河川に人為的原因により汚水が流入して、水質が変化し、水中の生物相の生活環境に不利な状態が生じたり、水利用上支障が生じたりする場合に呼ばれている。水質汚濁防止法（昭和四十六年六月施行）では、人の健康保護（有害物質による）及び生活環境を保全することを目的として、水質の汚濁の防止をはかっている。ここで定義されている汚水または廃液とは、カドミウムその他の人の健康に係る被害が直接生ずるおそれのある有害物質（現在九種類）を含むか、直接の有害成分ではないが、生活環境に被害を生ずるおそれがある程度のもので、水素イオン濃度（pH）その他水の汚染状態を示す項目（生活環境項目、B

OD II 生物化学的酸素要求量等一二項目)を定めている。ここでいう生活環境とは、常識的な意味での人の生活環境ほか、日常生活の環境、人の生活に密接に関係ある財産、動植物および生育環境を含む広い範囲をさしている。

現在の水質保全行政は、これらの概念のもとに、その地域又は水域について環境基準—人の健康を保護し、および生活環境を保全するうえで維持されることが望ましい基準—を定め、これを目標として諸施策を総合的かつ有効適切に講ずることが基本となっている。

横浜市では、その達成を強力に推進するためにまた環境基準より厳しい水質環境目標「魚がすみ、釣りや水遊びが楽しめる海や川を市民の手に取りもどす」ための施策を『横浜市総合計画(一九八五)』の中に定め、その達成をめざして努力している。ここでは本市内河川の水質汚濁の現状とその種々の問題点について、さらに魚のすめる河川について述べる。

二 水質汚濁の現状

去る八月二十二日の神奈川新聞によると「大岡川の宮川橋付近にボラの群れがみられるようになった」とあり、翌日二十三日には「鶴見川で大量の魚—コイ、フナ、モツゴ(別名クチボ

ソ)ドジョウ—が浮上」と報道されている。これは視点を変えてみると、大岡川下流は下水道の整備と工場排水の規制により、水質が回復してきたことであり、鶴見川上流は水質は回復してきたが、河川の維持水量が少ないために極部的に水温が上昇し、水中の酸素不足をきたしたためである。このようにみると、両記事とも今日の都市河川とそこに棲む生物との実態報告であり、現在の市内河川の水質汚濁の一面を物語っている。

横浜市内河川の源は鶴見川、境川をのぞいて、殆んどが市内丘陵部分にあり、そこに楔形に介在する平坦地に流出し、市街地を通り、境川、柏尾川水系は相模湾(片瀬海岸)に、その他の大部分は東京湾に流入している。標高三〇メートル以上の丘陵地は市域面の約六割を占め、近年の宅地開発によって、降水及び地下水の涵養量が少なくなり、従来自然林等から流出していた清水に替り、生活排水が流出するようになった。中・下流域の市街地は、下水道の整備により相当効果がみられるようになったが、都市活動区域の拡大と人口の過密化は、水質汚濁の大きな因子となっている。

水質汚濁状況の経緯をみると、旧市街地を流域とする河川は昭和三十年頃から、その他の新市街地を中心に流れる河川は四十年頃からそれ

表一 年度別環境基準不適合率(河川)一有害物質

項目	年度	46	47	48	49	50
シアン(CN)		32/250 [*] (13)**	11/672 (1.6)	6/672 (0.9)	0/672 (0)	0/668 (0)
アルキル水銀		0/42 (0)	0/120 (0)	0/112 (0)	0/100 (0)	0/96 (0)
有機リン		0/42 (0)	0/120 (0)	0/112 (0)	0/105 (0)	0/104 (0)
カドミウム(CD)		10/252 (4.0)	2/672 (0.3)	0/672 (0)	0/668 (0)	0/668 (0)
鉛(PB)		29/252 (12)	2/672 (0.3)	2/672 (0.3)	0/667 (0)	4/668 (0.6)
六価クロム(CR)		3/252 (1.2)	1/672 (0.1)	0/672 (0)	0/667 (0)	0/668 (0)
ヒ素(AS)		2/252 (0.8)	0/672 (0)	0/672 (0)	0/668 (0)	0/666 (0)
総水銀(THG)		0/252 (0)	0/672 (0)	0/672 (0)	0/668 (0)	0/662 (0)
P C B		—	—	—	—	0/30 (0)
合計		76/1,594 (4.8)	16/4,272 (0.4)	8/4,256 (0.2)	0/4,215 (0)	4/4,200 (0.1)

*: 環境基準不適合検体数/調査検体数
** : ()内は環境基準不適合率(%)

表二 年度別環境基準不適合率(河川)—生活環境項目

項目	年度	46	47	48	49	50
水素イオン濃度指数(PH)		0/198 [*] (0)**	1/528 (0.2)	3/624 (0.5)	7/768 (0.9)	4/768 (0.5)
生物化学的酸素要求量(BOD)		165/198 (83)	464/528 (88)	507/624 (81)	562/768 (73)	503/768 (66)
溶存酸素(DO)		16/198 (8.1)	113/528 (21)	89/623 (14)	89/762 (12)	99/768 (13)
浮遊物質(SS)		4/198 (2.0)	1/524 (0.2)	10/624 (1.6)	30/240 (13)	18/768 (2.3)
合計		185/792 (23)	579/2,108 (27)	609/2,495 (24)	688/2,538 (27)	624/3,072 (20)

*: 環境基準不適合検体数/調査検体数
** : ()内は環境基準不適合率(%)

どれ汚染が進み、四十三〜四十五年当時が最悪となり、最近はずかではあるが回復のきざしが認められるようになった(図一・二)。

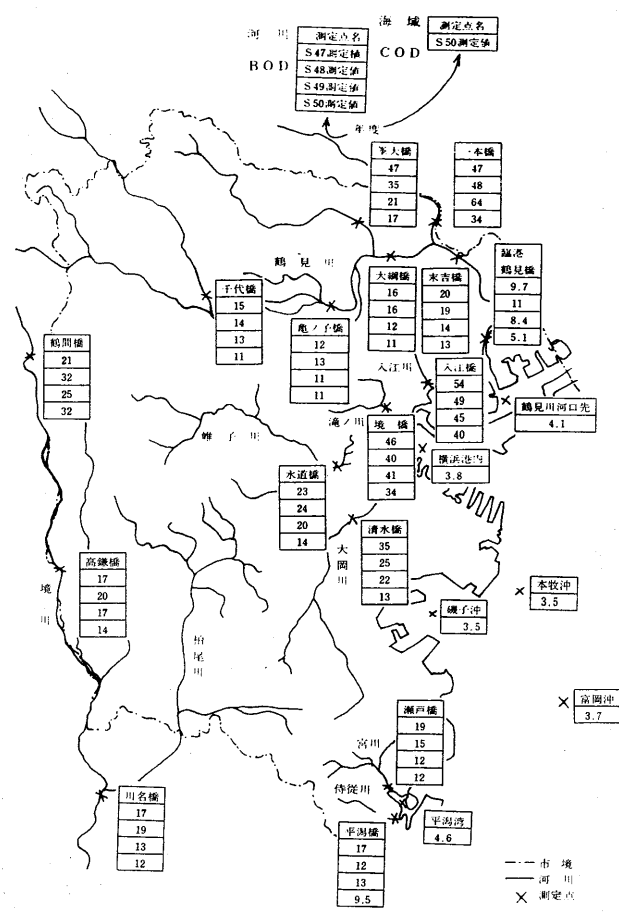
図一の測定点における過去五年の水質測定結果をそれぞれの水域の環境基準と比較してみると、表一、二のようになる。

まず、有害物質に関してこのように急速に改善されたのは、四十五年以降の公害関係法令を中心とした工場排水の規制・指導等によるものである。したがって、この実績は環境基準設定後直ちに維持達成されるべきものとされた、法の目的に概ねそうすることができたといえよう。一方、生活環境項目(表一・二)に関しては、全般的データについて判断すると横ばいのように見えるが、代表的BODにしぼってみると、わずかながら回復に向っていることがうかがえる。

最近、鶴見川、帷子川の上流や大岡川の下流で魚がみられるようになったのは、有害物質(法で定められた)が少なくなったことが大きなフアクターである。今後はBODを中心とした有機汚濁物質をさらに除去して行くこと、予測されない新化学物質(未規制物質、今後の科学的知見の進展により基準に追加されるもの)に対する措置をどうするかが問題である。

河川汚濁というよりは、美観の問題にもなるがごみの投棄が未だに多いことである。特に雨

図一 横浜市内各測定点及び年平均 BOD (河川) COD (海域) 値 (mg/l)



あがりの横浜港・江の島と片瀬海岸のごみは想像以上のものである。

三 水質汚濁の問題点

河川に排出される汚濁物量(一般的には負荷量といわれBOD量で表わされている)が、どの地域からどのくらい排出されるかを四十九年から五十年にかけて推計々算を行った結果、処理区域をのぞいて生活系排水五・六t/日(91%)、工場・事業場排水五・六t/日(9%)

図二 市内主要河川における汚濁の経年度化

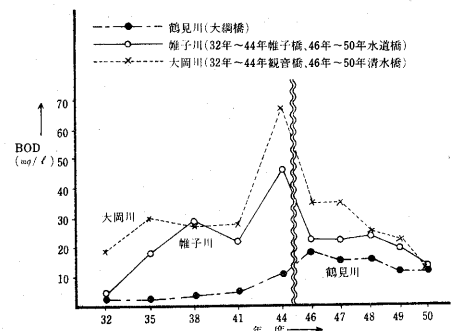
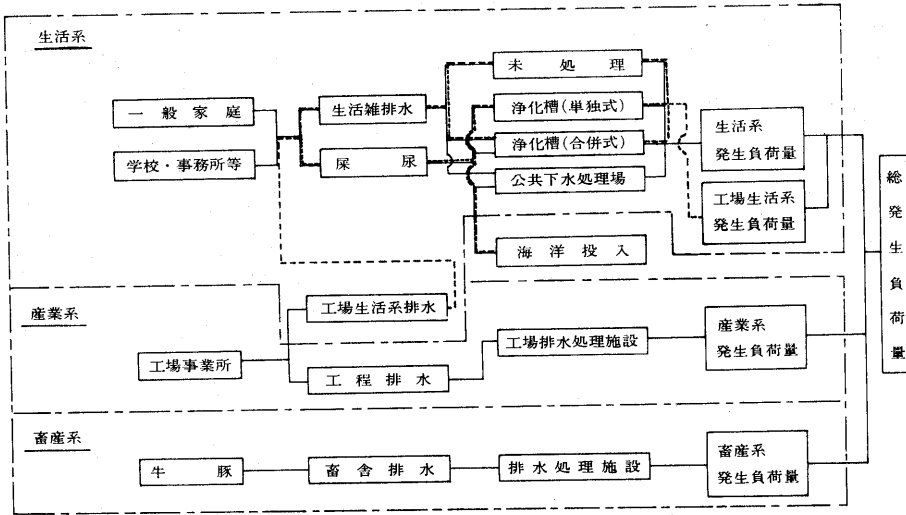


図-3 発生負荷量推計モデル



.....工場生活系発生負荷量推計の流れである

であった。これを排水量でみると、生活系排水二七・五万 m^3 /日(74%)、工場・事業場排水一〇・六万 m^3 /日(26%)である。現状をBOD排出量(有機汚濁物量)でみるかぎり、市内河川は家庭下水によって汚染されているといえる。これらの発生・排出経路をモデル化したのが図-3である。一般家庭からの発生負荷は生活雑排水及びし尿が排出されるが、従来通りのし尿↓汲取り、海洋投入、生活雑排水↓未処理放流が殆んどを占めている。

これは下水道の整備のおくれ(表-3・4)と人口の急増によるものである。

もう一つの問題はし尿浄化槽である。これはし尿のみを浄化する単独式——特に新市街地に普及し、管理が悪いため消化不十分であるものが多い——と団地・事業所に多い雑排水とし尿と一緒に処理する合併式浄化槽がある。一般家庭向きの小形単独式浄化槽は設計基準がBOD九十 mg/l と定められているが、個人家庭で規定通りに管理し、十分な効果をあげているのは少なく、今後の維持管理の強

表-3 横浜市下水道普及状況(昭和51年3月)

区分	数値	普及率	備考
A 市域面積	※42,146 ha		※建設省国土地理院公表による数値訂正
B 市街化区域面積	31,618 ha		
C 排水面積	8,671 ha	C/A 20.6%	
		C/B 27.4%	
内訳	D 処理面積 4,838 ha	D/A 11.5%	
		D/B 15.3%	
E 未処理面積 3,833 ha	E/A 9.1%		
	E/B 12.1%		
F 管きょ延長	2,417 km		
G 処理場数	5箇所		
H ポンプ場数	27箇所		

表-4 横浜市水洗化普及状況(昭和51年4月)

処理区	現況				処理区域面積 (ha)	普及率	
	処理区域内人口 (人)	処理区域内世帯 (世帯)	水洗化人口 (人)	水洗化世帯 (世帯)		水洗化人口 / 総人口	水洗化人口 / 処理区内人口
中部	115,400	35,786	105,600	33,666	737	24.0%	91.5%
南部	311,700	101,936	280,600	90,684	2,085		90.0%
北部	208,000	65,850	181,300	57,372	1,277		87.2%
戸塚	41,700	11,753	40,300	11,374	473		96.6%
港北	30,000	9,806	26,300	8,523	303		87.7%
計	706,800	225,131	634,100	201,619	4,875		89.7%

化がのぞまれる。古来、わが国の山紫水明はし尿を農村に還元し、水域に排出しない自然のサイクルを利用していたことにある。近年の衛生思想の変化、農業近代化、宅地開発の波はこのサイクルを分断し、河川の生態系を全く変えてしまったのである。特に従来使われていたし尿(下肥)を肥料として使わず、化学肥料(工業生産物)にとって代り、さらに大量の農薬を使うようになったことは、河川を大きく変貌させ

た元凶の一つである。昭和五十年年度のし尿海洋投入量は五十万ℓで、人口約百万人分に相当する。浄化槽の設置状況は、表—5のとおりである。

表—5 浄化槽設置状況
昭和51年3月末現在

規模(人)	設置基数	%
10以下	81,706	66.4
11~20	15,831	12.9
21~50	15,425	12.5
51~500	9,727	8.0
501~2,000	244	0.2
2,001~5,000	44	—
5,000以上	25	—
合計	123,002	100

次に工場排水であるが、有機物負荷量(BOD)からみると河川流入量の約一割である。昭和四十五~六十年当時は全体の四割に推計されていたものが、排水処理施設を設置し処理を行うようになったこと、使用薬品等の原料から生産工程までを再検討し可能なかぎり発生源を少なくするとともに、工程水の再利用、さらにはクロロゾド化する方向で規制、指導してきたこと等により、約一割まで減少させることができたのである。特にシアン・カドミウム等の有害物については、より安全な代替物にするか、使用しない方向で努力がなされたために、表—1にみられるように河川では検出されなくなってきた。なお、鉛がしばしば環境基準をこ

えているが、工場排水系以外からの混入であるというところで現在検討されている。この鉛は一例であるが、現在又は将来の工業生産物により何が排水中に含まれてくるか不明なのが実情であり、汚染を未然に防止していくことは至難な仕事になりつつある。

公共用水域の水質保全には下水道整備が基本的対策であるといわれるが、それは、下水道の機能を十分に活用してはじめていえることである。最近のマスコミでは下水の高度処理(三次処理)が急務であるといわれているが、普及率の低い本市にあっては、とりあえず活性汚濁処理(二次処理)を全域に先行することにより、先へのべた負荷量を削減することである。この場合、当然のことながら下水道に流入する工場排水の規制・監視が強化されなければ良質の処理水を放流することがむずかしくなるであろう。家庭下水についても、下水が完備したから何を流してもよいということではなく、下水道を適正に使用するという市民の協力が必要である。現在の都市の消費生活——廃棄物につながる——は負荷量を増し、都市生活の多様化により、有害物質の流出する可能性が十分考慮されるからである。

図—2に含まれないものに雨水による水質汚濁の問題がある。雨水は大気中の汚染物質を溶

かして降下する。酸性雨などはその一例である。雨水はさらに地表に存在する多くの汚物を含み河川に入る。この場合浸透性の地表面からは流出しにくいのが、都市のような不浸透性の地表面(市街地の不透透面積率は五〇%以上といはれている)では地表の汚物の大部分が洗い流されることになる。例えば、アスファルトで舗装された路面などには、都市生活によるさまざまな汚物がある。犬の糞や自動車のタイヤの摩耗物、タバコの吸殻、大気中からの降下バイジンだけでもかなりの量になるといわれている⁽³⁾。これらの流出は大部分が初期降雨時にあるので、最近の下水道の設計ではこれを見込んでいるが、問題になるのは未整備地域で直接河川に流出する地域である。この意味でも、宅地開発による市街化は浸透性の地表面——水源を確保する緑地——を少なくし、平常時における河川の維持水量を少なくしていると、汚濁物を増加させている。

四——生物のすめる河川

横浜市公害対策局は、五十年十月「横浜水域における環境」目標を発表した⁽⁴⁾。これは横浜市総合計画に示される「魚がすみ、釣りや水遊びが楽しめる海や川を市民の手に取りもどす」

ための施策を推進するため、本市公害対策審議会・学術部会が四十九年一月以来検討を続け、昨年七月に市長へ建議がなされたものである。この目標は、まず、市民が市民感覚として、海や川を見守ることができるような、なじみやすい生物指標および水質達成目標を設定したものである。

(一) 生物指標の設定

まず、「目標魚を何にするか」「目標魚を棲息させるための環境条件はどうあるべきか」等についての検討の結果、横浜市の生物指標を、表16のとおり設定した。この設定にあたっては、市内河川・海域の実態調査をもとにし、代表的生物を六二種選定した。すなわち河川については、魚類（スナヤツメ等一二種）、小動物（プラナリア等一四種）及び藻類、その他（セキシヨウモ等一〇種）を選定した。そして、これらの生物を五段階の感覚指標で区分することによって直感的に生物と水質の関係がわかるようにした。また市民のアンケート調査等によれば、昭和三十〜三十五年頃までは、きれいな水域にウグイやオイカワ（別名ヤマベ）等がよく見られたということなので、これらを目標生物とした（表16）。

表一六 横浜市水域における生物指標

感覚指標		大変きれいな水域	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	
達成目標		目標				現状	
生物指標	魚類	スナヤツメ シマドジョウ ギバチ アユ ウグイ	ウナギ オイカワ	コイ モツゴ フナ	カダヤシ ドジョウ		
	小動物	プラナリア サワガニ アミカ ヨコエビ	マシジミ コカゲロウ類の幼虫 トビケラ類の幼虫	ゲンゴロウ カワニナ	ミヅムシ類 シマインビル 赤色ユスリカの幼虫	サカマキガイ イトミミズ	
	藻類・その他	セキシヨウモ ツルギミドロ カワシオグサ	ナミチヤソツケイソウ	フワセンモ オスイハリケイソウ コナミドリ	ミドリムシ	ミズワタ 白色硫黄細菌	
生物相の推移	鶴見川(亀の子橋)	昭和35年		昭和45年	昭和50年		
	帷子川(和田橋) 大岡川(清水橋)	昭和30年		昭和35年	昭和40年～昭和50年		
	境川(高島橋)	昭和30年		昭和40年～昭和50年			
生物化学的酸素要求量(BOD)	2 ppm		5 ppm	8 ppm	10 ppm		

備考1 生物指標の欄に掲げる魚類、小動物、藻類・その他については、概ね、○線の範囲において生息することを示し、○印の水域においてよく見られることを示す。
2 濃い破線で囲んだ部分は、横浜市の達成目標である。

表一 7 横浜市水域における水質達成目標

項 目	目 標 値
健康項目	シアン (ppm) 検出されないこと
	アルキル水銀 (") "
	有機リン (") "
	カドミウム (") 0.01以下
	鉛 (") 0.1 以下
	六価クロム (") 0.05以下
	ヒ素 (") 0.05以下
	総水銀 (") 0.0005以下
	P C B (") 検出されないこと
生活環境項目	PH 6.5以上, 8.5以下
	BOD(海城COD) (ppm) 5 以下(2以下)
	SS (") 50 以下
	DO (") 5 以上
その他の項目	クロム (ppm) 0.05以下
	大腸菌群数 (NPN/ml) 5,000以下
	NH ₃ -N (ppm) 0.5以下
	鉄(Fe ²⁺) (") 0.3以下
	マンガン(Mn ²⁺) (") 0.05以下
	銅(Cu ²⁺) (") 1.0以下
	亜鉛 (") 1.0以下
	フッ素 (") 0.8以下
	フェノール (") 0.005以下
	陰イオン活性剤 (") 0.5以下

(一) 水質達成目標の設定

前項の目標生物が棲息できることと今日の水質分析法の進歩等を考え合わせ、水質達成目標を、表一7のとおり設定した。この設定にあたっては、公害対策基本法に基づく水質汚濁に係る環境基準も考慮し、健康項目については一律基準を、生活環境基準については魚の棲息限界とされる河川のC類型の基準を採用した。また、その他の項目については、「水道水源の水質基準」の三類を採用した。

(二) 今後の課題

河川に魚が棲むためには、棲息に適した環境がのぞまれ、水質環境だけでなく、維持水量、および河川形態等の物理的側面も考慮した施策が必要である。

さきに述べた「魚の浮上」のニュースのように、水田にかんがい用水を取られると河川本流に水がなくなるようでは、とても魚が棲息するには無理である。まず水源である緑地部分の開発には洪水時だけでなく、水量を維持するため

の遊水池等が考えられる。また現在でも、上流域には自然そのままの湿地帯がみられるが、このような貴重な保水地域を積極的に保護することが、その河川の生物のために重要な施策である。このように緑地保全が当然のこととして浮かび上ってくるが、土地利用計画、開発計画等については、事前に、厳しい環境評価がなされなければならない。

下水道を整備すると都市河川の水はなくなるというわれている。本市の場合は、現計画にある分流方式を効果的に推進し、雨水滞水池の設置、さらに検討段階にある高度処理(三次処理)の早期実施を図ることにより、河川水質と水量の安定化がのぞまれる。内陸にある大手工場排水については、現在、公害対策局が、公害防止協定を進めており、工程水利用の合理化・クロージド化・高度処理等を行うことにより、処理水で魚が正常に飼育できることを条件としている。

このような大手工場排水については、河川水量維持のためにも、公共下水道に取り入れず、直接河川に放流する方向ですすめるのが合理的であると考えられる。

次に、河川水の流速であるが、都市河川の場合は特に重要な点である。また生物の種類によって好んで棲息する河床の型が違ふといわれている。魚のためにも瀬と淵とが断続し、しか

も川幅の流れの方向にも適当な変化があって、魚のかくれる場所のあることがのぞましい。護岸も平らなコンクリートの側壁でなく、板囲いに木の杭、石垣・蛇籠などがよいといわれている。

河川の底質については、一般に流水にすむ魚は石底を好み、止水をすみかとする魚は泥底を好む。これは魚の相性とも関係するわけで、アユは石面につく附着藻類を、ウグイ、オイカワは石底にすむ昆虫の幼虫などの小動物を、フナ・コイ・ドジョウなどは泥底にすむ小動物や、水草の芽、泥底の有機物などを主食としている。正常に棲息するということは、繁殖まで考えることであり、都市河川については、水質も当然のことながら、魚種も限定され、ときどき人工的に稚魚を放流して補給してやる必要がある。

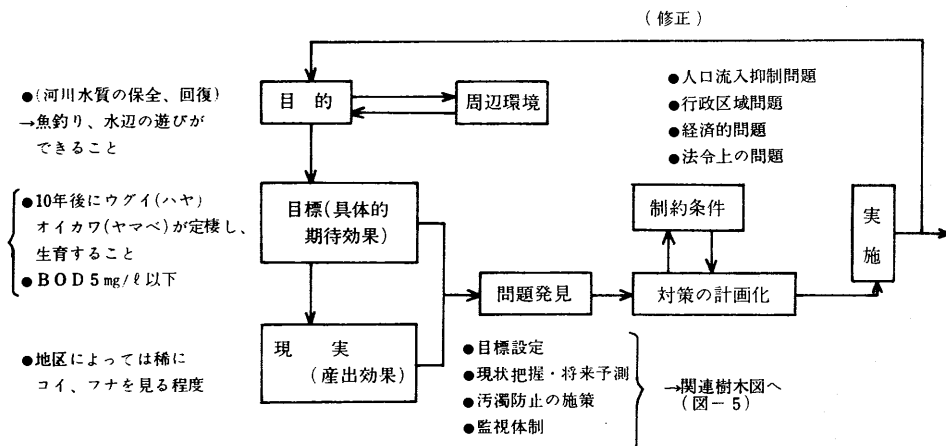
このように魚の棲息条件をあげてみると、現在の河川改修の必要条件との矛盾が多く、どのくらい調和させることができるかが問題であり、都市河川にとつての至難な課題であるものの一つであろう。とりあえず、ある水域を指定して、水辺の植生などと共に生態環境の復元を検討すべきである。

これらの問題について、市民の理解と協力を得つつ、生物のすめる河川を回復したいという

意向であるが、その進め方はいかにすべきかが問題である。その解決方法の一つとして、図-4に示すような計画化の考え方をとった。これは科学技術の計画化手法の第一歩といわれているものである。目的と目標をきわめて具体的に設定し、現実とのギャップのなから検討テーマを選びだし、手法を導き出すという考え方である。検討すべき内容については図-5(四五頁)にとりだしてある。いずれも計測し、予測し、規制していくことは現実の行政のなかではきわめてむづかしいことばかりであるが、少なくとも関連事項はこのように樹木図化することができよう。

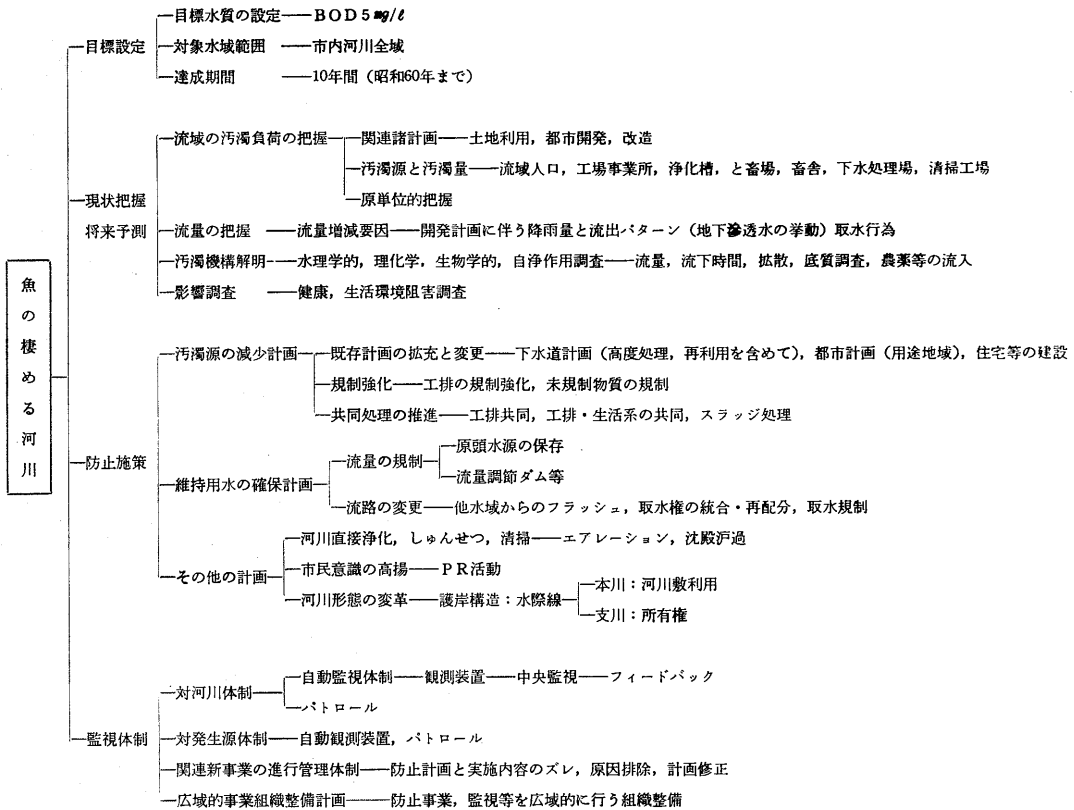
さきの生物指標や水質目標の設定は、このなかの一環として位置づけられている。とりあえずは、幅広く市民に周知徹底することであるが、その達成のための総量規制の導入及び高度処理の検討、河川水質汚濁機構の解明などを現在実施中である。なお、市民に周知するための一環として、生物指標を中心とした小学校高学年、中学校向けのスライドによる教材「よこはまの海と川」をそれぞれの理科の先生のご協力によって現在作成中である。

図-4 体系化の考え方



図一 5 河川水質汚濁防止体系〈関連樹木図〉

体系概念：昭和60年までに少なくとも市内河川全域に「魚が棲めること」を目標とする



(注)

- 1 『水の科学』NHKブックス 北野 康
- 2 『横浜市水質環境総合調査』第1報・第2報
- 3 『都市における降雨流出と排水施設』土木技術資料16—5（一九七四）山口高志
- 4 『横浜市水域における水質環境目標』昭和50年10月
- 5 『都市河川と魚類』土木技術資料16—5（一九七四）中村守純