

河川環境の諸問題

河原 長 美

1. はじめに

河川は、生活環境の主要な構成要素の一つであり、河川水質及び流量を乗じた汚濁負荷量は、水利用や水質汚濁の側面だけからのみならず、生活環境の快適さの側面からも重要である。例えば、河川の生態系は、水質に依存して大きく変化し、汚濁した河川においては、有機物の嫌気性分解による臭気の発生や河床に堆積した真っ黒なヘドロによって不快感をもよおす。そこまで悪化していなくても異常な藻類の発生とその腐敗により不快感をもよおす場合も存在する。このように、清浄な水は快適な水辺環境を創出する際には、河道や各種の構造物などとともに基本的要素となっている。

ところで、河川の水質並びに汚濁負荷量は、河川の特性に大きく依存するものであり、一般論として論じることが難しい。河川の水質もしくは汚濁負荷量を検討する際に、留意しておくべき河川の基本的特性として、少なくとも次のような項目を列挙しうる。

- ①流域面積の大小
- ②流域の土地利用と人為的汚濁の程度
- ③降水量の特性
- ④流域の地形や地質
- ⑤ダム等の貯水施設の有無

流域面積の大小は流量の大小のみならず、流量変動の大小とも関係し、流域が大きい場合には、流量が多くて比較的安定しており、このことは、汚濁物質の希釈倍率があまり変化しないことを意味し、水質変動も降雨の影響をのぞけば小さいと考えられる。小流域の河川では、人為的汚濁の著しい場合には、汚水の影響が大きくなり、流下時間が短いことも関係して、水質のみならず流量までも時間的に大きく変動する場合も認められる¹⁾。人為的汚濁の程度は、河川の水質レベルに直接関係し、河川の生態系や底泥の状態までも影響を受ける。降水量は、河川水質に大きな影響を与えるが、地域による季節変化の差異は大きく、この差異に依存して、河川水質の季節的变化にも大きな違いが生じる。又、流域の地形や地質も水質変化の重要な因子であり、これらの影響を受けて、水素イオン濃度の高い川や²⁾、高濁度の河川も存在する。高濁度の河川については、ダムによる貯留効果により、濁水の長期化が問題となっている³⁾。貯水施設の有無は、濁水の長期化のみならず、ダムでの水質変化や富栄養化、ダム水質の下流生態系への影響も考えられる。貯水施設の操作が、下流の水質や生態系をも管理していることにつながっていることを忘れてはならない。

ここでは、河川環境に関連して、河川水質のモデル、水質の浄化対策および河川環境の整備について紹介を行なう。

2. 河川水質のモデル

河川水質については、古くから検討が行なわれてきており、多くのモデルが提案されているが、大半のモデルは次のような4種類に大別できよう。これらについて、以下に紹介する。

- ①水文学的なモデル

- ②計画論的な立場から流達率を用いるモデル
- ③流下過程に着目したモデル
- ④流出過程と流下過程を考慮したモデル

2. 1 水文学的モデル

水文学的モデルには、①流量や降水量により流域の汚濁物が流出される過程のみを考慮したモデル（「流送能力」型モデル）と、②河道や地表に汚濁物が堆積する過程とそれが流量や降雨量により流出する過程の両者を考慮したモデル（「流送能力・供給関数」型モデル）とがある。

前者については、wash loadに関連して研究が始まり、汚濁負荷量（L）を流量（Q）、雨量（R）と関係づける研究が多くなされてきている。一般的な形としては、 $L = f(Q, R)$ と表現されるが、吉川⁴⁾、Gunnerson⁵⁾らは、現在も広く用いられている次の式を提案している。

$$L = a Q^b \quad (1)$$

羽田⁶⁾や山口⁷⁾は、流量に加えて降雨の影響を考慮して次のように表わしている。

$$L = a Q^b + f(R) \quad (2)$$

汚濁物の堆積過程と流出過程との両者を考慮したモデルについては、汚濁負荷のポテンシャル（S）と発生もしくは流入汚濁負荷量（Lin）とを用いて、

$$dS/dt = Lin - L \quad (3)$$

$$L = f(S, Q, R) \quad (4)$$

のように表される。この場合のLの形としては、次のようにする場合が多いが、

$$L = a Q^b S^c \quad (5)$$

限界掃流力を考慮して、限界掃流力に対応する流量の前後で式を変化させる場合や⁸⁾、降水量を含める場合とが存在する⁹⁾。

概念的には前者のモデルよりも優れているが、Sの物理的意味が曖昧で、かつ、これを堆積汚濁物量と考えたとしてもその量の推定が困難である。さらに、表-1～表-4に示す旭川における筆者ら⁹⁾の検討結果によれば、この二つのモデルの優劣には大差がなく、かつ、モデルを同定した年の水文条件と極端に条件が異なると適合性が悪いようである。なお、モデルは1981年のデータにより同定されており、1982年～1984年のデータによりモデルの適合性が検討されている。適合性の悪い1982年と1984年については、1982年はダムの工事の影響のために負荷量が全体的に高くなっており、1984年については、降雨量が通常の年の半分程度であったためと考えられる。

表-1 「流送能力・供給関数」型モデル式

指 標	モデル式
SS	$ds/dt = 66.6 - 1.58 \times 10^{-4} S(t)^{0.493} Q(t)^{1.83} + 1.71 \times 10^{-5} R'(t)^{3.99}$ $L(t) = 1.58 \times 10^{-4} S(t)^{0.493} Q(t)^{1.83} \quad S_0 = 1.66 \times 10^4$
TUR	$ds/dt = 55.1 - 2.15 \times 10^{-3} S(t)^{0.353} Q(t)^{1.72} + 2.40 \times 10^{-5} R'(t)^{3.97}$ $L(t) = 2.15 \times 10^{-3} S(t)^{0.353} Q(t)^{1.72} \quad S_0 = 5790$
COD	$ds/dt = 20.9 - 9.73 \times 10^{-6} S(t)^{0.995} Q(t)^{1.52} - 1.84 \times 10^{-2} Q(t)^{1.49}$ $+ 2.42 \times 10^{-2} R'(t)^{0.838}$ $L(t) = 9.73 \times 10^{-6} S(t)^{0.995} Q(t)^{1.52}$ $+ 1.84 \times 10^{-2} Q(t)^{1.49} \quad S_0 = 1010$
TP	$ds/dt = 1.25 - 3.82 \times 10^{-6} S(t)^{0.873} Q(t)^{1.34} + 1.91 \times 10^{-1} R'(t)^{0.0412}$ $L(t) = 3.82 \times 10^{-6} S(t)^{0.873} Q(t)^{1.34} \quad S_0 = 351$
TN	$ds/dt = 0.202 - 3.47 \times 10^{-5} S(t)^{0.848} Q(t)^{1.16} + 4.12 R'(t)^{0.705}$ $L(t) = 3.47 \times 10^{-5} S(t)^{0.848} Q(t)^{1.16} \quad S_0 = 1760$

S : t , L : t/d , Q : m³/s , R : mm/d

表-2 観測された汚濁負荷量と表-1に示されるモデル式で計算された汚濁負荷量との関係

指 標	1981	1982	1983	1984
SS	$y = 1.07x - 0.277$ R = 0.88	$y = 1.15x - 0.964$ R = 0.90	$y = 0.853x + 0.838$ R = 0.97	$y = 0.595x + 1.461$ R = 0.84
Tu	$y = 1.03x - 0.080$ R = 0.88	$y = 1.21x - 0.440$ R = 0.92	$y = 0.881x - 0.524$ R = 0.83	$y = 0.641x + 0.791$ R = 0.87
COD	$y = 1.01x - 0.218$ R = 0.91	$y = 1.56x - 0.981$ R = 0.93	$y = 0.836x - 0.185$ R = 0.92	$y = 0.626x - 0.090$ R = 0.81
TP	$y = 0.962x - 0.477$ R = 0.79	$y = 1.45x + 0.955$ R = 0.88	$y = 1.07x - 1.341$ R = 0.83	$y = 0.637x - 0.426$ R = 0.78
TN	$y = 1.03x - 0.038$ R = 0.86	$y = 1.78x - 0.079$ R = 0.94	$y = 0.945x - 0.417$ R = 0.93	$y = 0.897x + 0.632$ R = 0.92

y : 観測値 , x : 計算値

表-3 「流送能力」型モデル式

指 標	モデル式
ss	$L(t) = 1.27 \times 10^{-2} Q(t)^{1.84} + 9.04 \times 10^{-3} R(t)^{1.62} \\ + 2.60 \times 10^{-4} R(t-1)^{3.39} + 1.31 \times 10^{-3} R(t-2)^{2.64} \\ + 1.53 \times 10^{-2} R(t-3)^{1.74}$
TUR	$L(t) = 2.52 \times 10^{-2} Q(t)^{1.86} + 5.51 \times 10^{-1} R(t)^{0.521} \\ + 2.28 \times 10^{-5} R(t-1)^{4.00} + 7.71 \times 10^{-6} R(t-2)^{3.85} \\ + 2.30 \times 10^{-2} R(t-3)^{1.87}$
COD	$L(t) = 2.64 \times 10^{-2} Q(t)^{1.43} + 5.76 \times 10^{-5} R(t)^{2.30} \\ + 2.16 \times 10^{-6} R(t-1)^{3.75}$
TP	$L(t) = 1.56 \times 10^{-3} Q(t)^{1.09} + 5.14 \times 10^{-3} R(t)^{0.00116} \\ + 1.57 \times 10^{-5} R(t-1)^{2.53} + 2.12 \times 10^{-6} R(t-2)^{3.24}$
TN	$L(t) = 9.94 \times 10^{-3} Q(t)^{1.41} + 1.75 \times 10^{-1} R(t)^{0.000724} \\ + 2.12 \times 10^{-2} R(t-3)^{0.505}$

L : t/d , Q : m³/s , R : mm/d

表-4 観測された汚濁負荷量と表-3に示されるモデル式で計算された汚濁負荷量との関係

指 標	1981	1982	1983	1984
SS	$y = 0.984x + 0.504$ R = 0.87	$y = 1.15x + 1.837$ R = 0.89	$y = 0.827x + 1.525$ R = 0.91	$y = 0.600x + 1.697$ R = 0.77
Tu	$y = 0.823x + 0.885$ R = 0.83	$y = 1.18x + 0.283$ R = 0.91	$y = 0.805x - 0.048$ R = 0.80	$y = 0.669x + 0.774$ R = 0.81
COD	$y = 1.07x + 0.232$ R = 0.92	$y = 1.65x + 0.024$ R = 0.94	$y = 0.889x + 0.288$ R = 0.92	$y = 0.635x + 0.437$ R = 0.79
TP	$y = 1.07x + 0.145$ R = 0.79	$y = 1.72x + 2.753$ R = 0.88	$y = 1.19x + 0.552$ R = 0.82	$y = 0.767x + 0.432$ R = 0.74
TN	$y = 0.834x + 0.223$ R = 0.83	$y = 1.60x + 0.867$ R = 0.92	$y = 0.852x + 0.234$ R = 0.93	$y = 0.829x + 1.349$ R = 0.88

y : 観測値 , x : 計算値

以上の研究は個別の河川を対象としているが、海老瀬¹⁰⁾は、霞ヶ浦の西浦に流入する全河川を対象に年間総汚濁負荷量が

$$\Sigma L / A = a (\Sigma Q / A) ^b \tag{6}$$

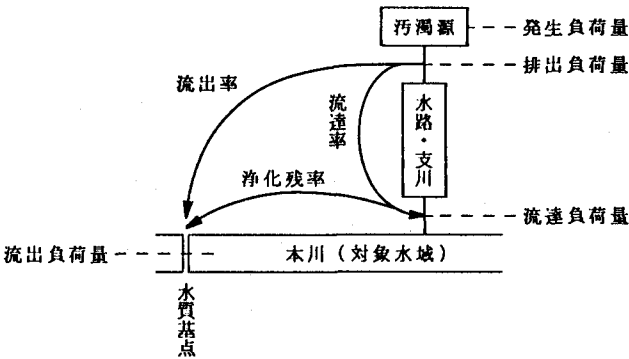
ここに、Aは流域面積
で表わされることを報告している。

これらのモデルは、海老瀬によるモデル化が、複数の流域を同じ式でまとめて表現しようとする点で幾分異なるが汚濁負荷量の観測値を水文量に関係ずけて整理しているという意味では同じ分類になると考えられる。水質データと水文データがそろっている場合には、精度の高いモデルと言えるが、流域が異なると式中のパラメータが変化し、同じ流域でもパラメータを同定した水文条件と極端に異なる条件の場合や流域の汚濁負荷の発生構造の変化を十分再現できず、観測値が無いとモデル化できないという点では同じ弱点を持っている。

2. 2 流達率を用いるモデル

流達率を用いるモデルでは、各発生源からの発生汚濁負荷量と対にして用いられる。必ずしも用語の用い方にコンセンサスが得られていないきらいもあるが、「流域別下水道総合整備総合計画調査―指針と解説―」¹¹⁾の用語の用い方に従えば、次のように表現できる。各種発生源別（山林、田畑、宅地、工場、家庭等）の発生汚濁負荷量の原単位（処理が行なわれている場合には、排出率が掛けられた後の汚濁負荷量）に流達率が掛けられたものが河川へ流出し、河川における流下過程においては、浄化残率が乗じられた後の負荷量が到達すると考えるモデルである。概念を図に示すと図－1の通りである。流達率や流出率に関する知見、ならびに、発生源別の汚濁負荷量原単位に関する資料の蓄積により^{12)、13)、14)}、このモデルでは、観測値が無くともある程度の精度で水質もしくは汚濁負荷量を予測でき、さらに将来の人口や土地利用の変化も容易にモデルのなかに取り込むことができる。原単位ならびに流達率の例を表－5、6に示す。ただし、原単位ならびに流達率については絶対的な値ではなく、原単位の観測値にはかなりの幅があり表－5に示す原単位は、下水道設計のための安全率の掛かった大きめの値であり、また、流達率は原単位の推定値と関係するだけでなく水文量にも依存しており、表－6における流達率で100%を越えている場合があるのはこのためである。

このモデルにおいては、山林や田畑などの面源に



図－1 負荷流出の概念（文献11）

表－5 発生汚濁負荷原単位の例（文献11）

項 目	人*（g／人／日）		家畜（g／頭／日）	
	し尿	雑用	牛	豚
BOD	18	32	640	200
T-N	9	3	378	40
T-P	0.9	0.9	56	25

* 昭和50年における値

表－6 COD、N、Pの総括流達率（文献13）

	流域面積 （km ² ）	流達率（％）		
		COD	N	P
塩田川	5.1		87	79
掛保川	809	74	78	80
加古川	1639	88	73	69
厚東川	324	110	65	54
		256	155	182

については流量などの関数にできたとしても、河道内に堆積した汚濁物が掃流により流出する過程が陽的には含まれていないので、流出率などの各パラメタを水文学の関数とする以外には、降雨や流量変動等に伴う水質の変動を表現することはできない。通常、このモデルを用いる場合には、一定水質しか得られないので、水質変動が重要となる現象には必ずしも適切ではないが、下水道計画や水質保全計画等には有効なモデルである。

2. 3 流下過程に着目したモデル

このモデルの例としては、Streeter-Phelpsの式として有名な溶存酸素の流下過程における変化式や、これに加えて有機物物の変化を加えた式も提案されている^{15), 16)}。

$$dD/dt = -k_2 D + k_1 L - a \quad (7)$$

$$dL/dt = -(k_1 + k_3) L + p \quad (8)$$

ここに、D：溶存酸素不足量（飽和値との差）

L：酸素要求量（通常、BOD）

a：プランクトンによる酸素供給速度

p：底泥からの有機物供給速度

k_1 ：脱酸素速度定数

k_2 ：再ばつき係数

k_3 ：沈降係数

Streeter-Phelpsの式は、a、pおよび k_3 が零の場合である。なお、河川に適用する場合には、上2式の右辺を反応項と考えて移流方程式もしくは移流分散方程式に加えるか、流下速度を用いて流下距離に関する式に変換するかのどちらかの操作が必要とされる。

近年では、着性生物によるリンや窒素の除去をも考慮したモデルが提案されているが^{17), 18), 19)}、わが国においては、これらの式が河川の水質管理に必ずしも広く用いられた形跡がない。その理由は、河道における瀬や淵などの河床の凹凸や貯水施設が河川における水質変化に大きな影響を持つにもかかわらず、河道の形状を正確に把握することには多くの困難を伴い、貯水施設の影響を式のなかに取り込むためには、実測に基づく多くのパラメタを必要とするためであると考えられる。拡散項を含めた検討もなされているが²⁰⁾、同様な理由により流域全体の水質管理への適用は困難であり、形状が把握できる比較的短い区間の水質変化を対象とするか、もしくは理論的な検討のためのモデルといえよう。

2. 4 流出過程と流下過程を考慮したモデル

ここでのべるモデルは2. 3で述べたモデルと異なり、流域全体を対象とし、モデル中に各種の汚濁発生源からの流出過程や河道内の流下過程を含む。但し、流域の地形や河道の形状を流域全体にわたって把握することは困難であるので、流出過程ならびに流下過程のモデル化は、多くの場合概念的である。

海老瀬²¹⁾、奥川ら²²⁾によって検討されてきたタンクモデルによる汚濁負荷の流出予測は、流出負荷量の予測を、流量の予測とそれに伴う汚濁負荷量の予測とを結合して検討したものであり、浮田²³⁾によって土地利用別（山林原野、水田、畑、市街地）のタンクモデルによる方法へと展開されており、また、山田ら^{24), 25)}によって水質タンクモデルの発想を生み出している。

雨水流出における成分分離AR法の展開は²⁶⁾、汚濁負荷流出のモデル化にも影響を与え、佐藤ら²⁷⁾の検討を経て、関根ら²⁸⁾や筆者ら²⁹⁾による汚濁負荷流出予測モデルへと発展してきている。これらのモデルは、雨水流出のモデル、排出負荷予測のモデル、ならびに堆積掃流過程を表す流達負荷予測モデルを結合したものである。

タンクモデルと成分分離AR法を用いる方法のいずれも、表面流出や地下水流出などの流出成分によっ

て、流出の挙動と水質が異なることに着目したものである。これらとは、発想の異なるモデルとして、河³⁰⁾は、kinematic wave 理論を都市域における非特定汚濁源からの汚濁負荷の流出に適用し、成功を収めている。

ここでは、関根の非特定汚濁源モデルの概要を紹介しておく。関根は、非特定汚濁源を土壌（f）と堆積物（a：大気経由ならびに人為的汚濁物）とに分けて考え、それぞれについて懸濁態（Cs）と溶存態（Cd）とに分類し、表-7に示す基礎式を用いて検討を行なっている。なお、同表中の流量は成分分離AR法により分離された表面流出量であり、特定の排水ブロックを対象としているので、それより上流側からの流入流量と対象とするブロックからの流出流量とが用いられている。

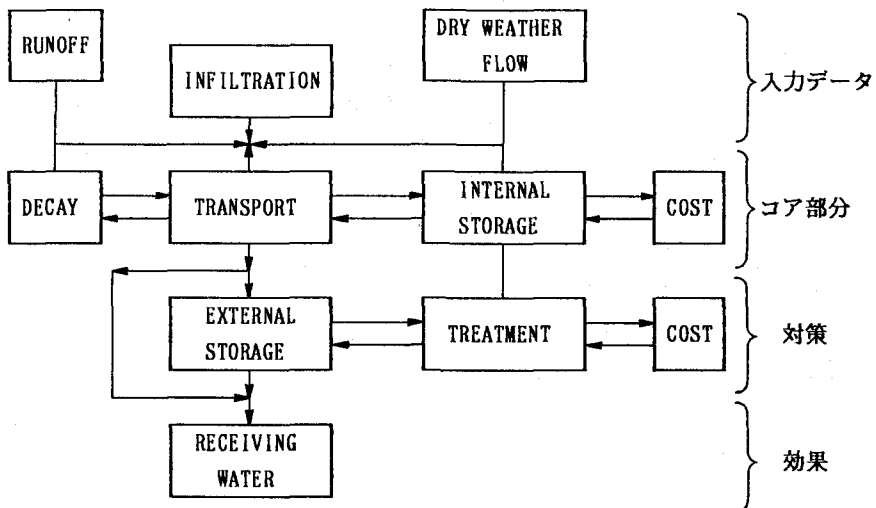
表-7 関根によるモデル（文献28）

$\frac{dV \cdot C_s}{dt} = Q_{in} \cdot C_s' - Q \cdot C_s + L_{as} - L_{sa} + L_{fs} - L_{s0}$	
$\frac{dV \cdot C_d}{dt} = Q_{in} \cdot C_d' - Q \cdot C_d + L_{ad} - L_{da} + L_{fd} - L_{d0}$	
$A \cdot \frac{dS}{dt} = L_{sa} - L_{as} + L_{da} - L_{ad} - L_{a0} + L_{wa}$	
$V = kv \cdot A \cdot (I/I_0)^{0.6}$	
$Q_{in} = I \cdot A$	$Q = kr \cdot I \cdot A$
$L_{sa} = k_{sa} \cdot C_s \cdot V$	$L_{as} = C \cdot A \cdot \{1 - \exp(-k_{as} \cdot I \cdot dt)\}$
$L_{da} = k_{da} \cdot C_d \cdot V$	$L_{ad} = k_{ad} \cdot S \cdot A$
$L_{fs} = k_{fs} \cdot A \cdot (I/I_0)^2$	$L_{fd} = k_{fd} \cdot A$
$L_{s0} = k_{s0} \cdot C_s \cdot V$	$L_{d0} = k_{d0} \cdot C_d \cdot V$
$L_{a0} = k_{a0} \cdot S \cdot A$	$L_{wa} = (W + k_{man}) \cdot A$
I : Rainfall Intensity [mm/hr] Qin: Inflow [Q/hr] I₀ : Average Rainfall Intensity[mm/hr] Q : Outflow [Q/hr] C' : Inflow Concentration [mg/Q] V : Water Volume[Q] C : Outflow Concentration [mg/Q] A : Catchment Area[m²] S : Amount of Accumulation [mg/m²] L_{ij}: Loadings [mg/hr] W : Deposit from Air [mg/m²/hr] t : Time [hr] k_{ij} : Coefficient [1/hr] (except k_{fs}, k_{fd}: [mg/m²/hr]) k_{man}: Loading from Human Activity [mg/m²/hr]	
<Subscript> s:Suspended Matter d:Dissolved Matter a:Accumulation f:Soil ij(i,j=s,d,a,f) means i→j transfer. j=0 means decomposition of i.	

下水道システムを対象とした市川ら³¹⁾のメッシュモデルやSTORM (Storage Treatment Overflow Runoff Model) やSWMM (Storm Water Management Model)^{32), 33), 34)}等のモデルと流域を対象としたモデルとは共通点が多いが、人工系である下水道システムを主対象としたモデルと下水道を含む流域全

体を対象としたモデルとでは、目的の違いの他にも対象とする系の複雑さならびに把握の難易に大きな相違が生じざるを得ず、このことが必然的にモデル化の中身にも影響せざるを得ない面を有している。ここでは、SWMMの概念図を示しておく。

今後のモデル化の展開について予測することは難しいが、流出および流下過程の考慮と発生源ごとに対応したモデル化の展開が必要であり、汚濁物質が水を媒介にして輸送されることを考えるならば、水文学の成果とも整合性を持つモデル化が望ましいと考えられる。実際、従来のモデル化は、水文学の手法や概念を多く取り入れて展開されてきている。また、汚濁発生機構については、山林と田畑のモデル化が遅れており、特に山林については、流域の大半を占めるにも拘らず知見が極めて乏しい。流下過程については、着生生物の考慮や流量の成分分離を用いたモデル化が始まったばかりであり、これらの知見の積み重ねが必要であろう。



3. 水質の浄化と河川環境整備

3. 1 河川水質の浄化

河川水質の浄化対策には、発生源から河川に至るまでの汚濁物質の動きに従って各浄化対策を列举すると、基本的な対策として、次の5種類をあげることができる。

- ①発生源対策……各家庭や工場での汚濁負荷発生抑制対策
- ②戸別の浄化槽や工場単位での処理
- ③下水道やコミュニティプラント
- ④河川水の直接浄化
- ⑤清水導入

基本的な対策は、汚水を水系に出さず流下過程の全ての水質が改善されるという意味で①～③であるが、

これらの対策に加えてさらに水質浄化を図ろうとする場合や、これらの対策が十分効果を発揮するまでの期間においては、④や⑤も補完的もしくは暫定的な対策として有効であると考えられる。ここでは④を中心に紹介することとし、①および②についても触れることにする。

発生源対策については、近年問題となっているのは家庭廃水である。各家庭における汚濁負荷削減対策として次のような事例が存在する。琵琶湖などで取り上げられている洗剤規制^{35)・36)}や、台所や溜ますにおける固形物の除去^{37)・38)}、また酒、味噌汁、食用油などの汚濁負荷量は、ずいぶん大きいので、食用油の固化再利用や拭き取り、食の文化とも関係してくるが、食物を残さないようにすることも水質汚濁防止には効果が大きい³⁹⁾。一般に、固形の廃棄物として除去するとわずかな量でも、水で希釈して所定の水質にしようとする大変な水量が必要とされる。例えば、砂糖の1gはごくわずかな量であるが、これを通常の汚濁されていない河川の水質レベルであるBOD3mg/lまで薄めようすると、約200リットル水が必要になり⁴⁰⁾、これは一人の人が一日に使う水道の量である。戸別処理や工場毎の処理についても多くの事例をあげることができる。ここでは、戸別処理について触れることにする。各家庭からの汚水は、し尿と雑排水とに分けることができ、窒素を除けば家庭からの汚濁負荷は、雑排水の方が圧倒的に大きい。戸別の浄化槽についても合併浄化槽（し尿だけでなく雑排水も処理する浄化槽）にする動きは、このことが理由となっている。浄化槽の進歩は著しく維持管理が十分になされれば下水処理と同程度の処理のできるものも作られてきている。ただし、浄化槽については、下水道整備が予定されている地域については、2重投資になる可能性もあるので、浄化槽の耐用年数と下水道整備までの期間とに整合性を考慮する必要がある。

河川水の直接浄化については、最近多くの検討なされてきている。これらは必ずしも河川だけの浄化を目的としたものではないが、下水道未整備区域を主たる対象とした次のような例を列挙しよう⁴¹⁾。

- ①低湿地への導水による浄化
- ②散水もしくは浸透水路を用いた土壌浸透による処理
- ③砂濾過
- ④河道内の傾斜板によるSS除去
- ⑤河道内もしくは河道外での接触酸化処理
- ⑥直接ばっ気による自浄作用の改善
- ⑦河川水の高度な処理を目的とする河川処理場

これらの対策は、全体としては浮遊性の有機物の除去を中心としているが、溶解性の有機物の除去も可能であり、河道外に施設を設けてコストをかけるほど浄化率は高くなる。⑦の例として、野川の浄化施設をあげることができるが、ここでは、SSについて85%、BODについて75%の除去が期待されている。野川の浄化施設の模式図を図-3に示す。

3. 2 河川環境の整備

河川には、治水、利水、親水（河川環境）の3機能があり、これらを総合的に満たした河川整備を行なうことが必要である。生活水準の向上を背景にした住民の行政への要求の高度化の河川・環境行政における一つの現れが、親水機能の整備であると考えられる。

河川環境の整備には、河川水質の状態により、①河川水質の浄化を図り、それと一体として河川整備が行われ

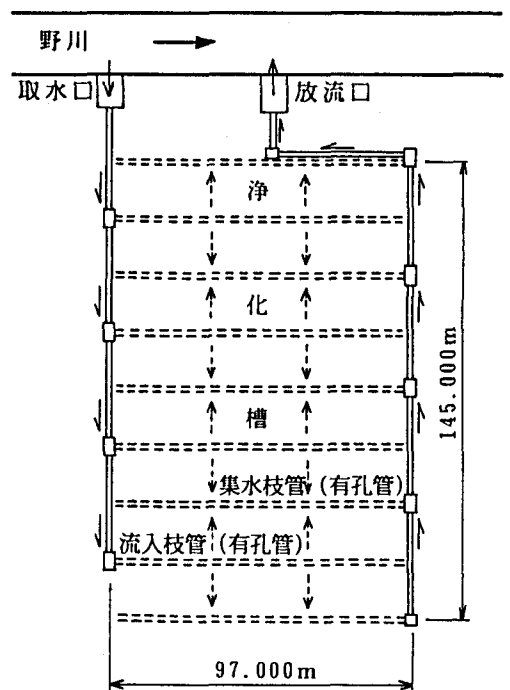


図-3 野川の浄化施設（文献40）

た事例と、②親水に焦点を当て治水、利水と調和させて河川整備がなされた事例とが存在する。

水質を浄化し河川を再生させた事例においては、下水道整備と密接に関係しており、中小の河川で数多くの事例をあげることができる⁴⁷⁾。1973年に完成した東京都の古川親水河川は、その記念碑的事業である。以後、東京都の野火止め用水⁴⁸⁾や大阪城公園⁴⁹⁾などでは、下水の処理水を用いて水辺整備を行っている。岡山市では、下水道整備により浄化された西川が緑道公園として整備されている⁵⁰⁾。水質や底質の改善と河川整備が基本的要件である。水量の確保も重要であるが、水利権の関係で新規に取水することは困難な場合が多い。このような場合には、下水の処理水の活用や処理による河川水の水質浄化により水質回復を図り、その上で河川整備を行うことにより憩いの場が創出されている。

後者の事例も多くを数える⁵¹⁾。多摩川、淀川、石狩川など全国の多数の河川で整備されている。中国地方でも百間川、太田川、千代川などを例としてあげることができる⁵²⁾。河川の親水機能を整備する際、次のような点に留意すべきであろう。第一に、河川毎に、また同じ河川でも上流、中流並びに下流では、河川の性格や周辺の土地利用のありようが大きく異なり、更に歴史的な河川とのつきあい方も異なるので、河川整備のあり方も変えるべきであると考えられる。河川整備は、地域の水の文化にまで影響を及ぼすことと留意する必要がある。第二に、親水河川の整備には、維持管理が付随しているという点である。第三に、住民の参加を、大胆に取り入れることである。計画段階での意見聴取のみならず、景観の設計段階での住民のアイデアの採用、維持管理に対する住民の協力など多くの事例が存在する。

4. おわりに

河川環境に関わる問題は多岐にわたり、ここでは、水質と河川整備とに焦点を置いて述べた。触れなかった問題のなかにも、河川生態系と水質との関係や流域の水質管理のための対話型計算システム（エキスパートシステム）などの重要な問題も存在するが、御容赦をお願いしたい。

参考文献

- 1) 河原長美：岡山市内の農業用水路網の調査、未発表資料。
- 2) 建設省東北地方建設局岩手工事事務所：北上川清流化事業の概要（赤川酸性水対策）。
- 3) 宮永洋一・白砂孝夫：貯水池の水質現象（2）－濁水現象－、電力土木、No.179、1982。
- 4) 吉川秀夫：浮遊流砂量に関する二、三の考察、土木研究所報告、第83号、1952。
- 5) Gunnerson, C.G. : Streamflow and Quaulity in the Columbia River Basin, Proc. of ASCE, Vol.93, No.SA6, 1967。
- 6) 羽田守夫：雄物川の水質特性とそのモデル化、土木学会論文報告集、第265号、1977。
- 7) 山口高志・吉川勝秀：河川水質・汚濁負荷量に関する研究（I）－汚濁流出特性への水文学的アプローチ－、土木研究所報告、第151号、1978。
- 8) 山口高志・吉川勝秀：河川水質・汚濁負荷量に関する研究（II）－水質・負荷量の水文学的なシミュレーションおよび限られたサンプルによる総負荷量の推定を中心にして－、土木研究所報告、第154号、1980。
- 9) 河原長美他：旭川の水質および汚濁負荷量の特性に関する研究、第14回環境問題シンポジウム講演論文集、1986。
- 10) 海老瀬潜一：霞ヶ浦流入河川による総流入負荷量の評価、国立公害研究所報告、50号、1984。
- 11) 建設省都市局下水道部監修：流域別下水道整備総合計画調査－指針と解説－、日本下水道協会、1983。
- 12) 和田安彦・三浦浩之：中小河川における汚濁流出率の諸特性、土木学会論文集、No.263、1985。
- 13) 浮田正夫・中西弘：河川の汚濁負荷流達率に関する研究、土木学会論文集、No.357、1985。

- 1 4) 日本下水道協会：富栄養化防止下水道整備基本調査の手引、1984.
- 1 5) Camp, T.R. & Meserve, R.L.: Water and Its Impurities, Chapter 11, The Oxygen Balance in Polluted Waters, second ed., Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., 1974.
- 1 6) Quirk, T.P. & Eder, L.J.: Evaluation of Alternative Solutions for Achievement of River Standards, J. of WPCF, Vol.42, No.2, part 1, 1970.
- 1 7) Knowles, G. et al.: A mathematical Deterministic River-Quality Model Part 1, Formulation and Description, Water Research, Vol.12, No.12, 1978.
- 1 8) Casapieri, P. et al.: A Mathematical Deterministic River-Quality Model Part 2, Use in Evaluating the Water-Quality Management of the Blackwater Catchment, Water Research, Vol.12, No.12, 1978.
- 1 9) 川島博之・鈴木基之：負荷解析のための河川水質シミュレーションモデル、水質汚濁研究、Vol.9, No.11, 1986.
- 2 0) 中村由行他：富栄養化した都市河川の水質予測モデル、土木学会第43回年次学術講演会講演概要集 第2部、1988.
- 2 1) 海老瀬潜一他：タンクモデルを用いた降雨時流出負荷量解析、用水と廃水、Vol.21, No.12, 1979.
- 2 2) 奥川光治・宗宮功：数値モデルによる富栄養化のシミュレーション解析、土木学会論文報告集、No.337, 1983.
- 2 3) 國松孝男・村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析、技報堂出版、1989.
- 2 4) 山田淳他：「水質タンクモデル」による汚濁物流出解析、第22回水質汚濁学会講演集、1988.
- 2 5) 長谷川祐一他：水質タンクモデル構造に関する2、3の検討、土木学会第43回年次学術講演会講演概要集 第2部、1988.
- 2 6) 日野幹雄・長谷部正彦：水文流出解析、森北出版、1985.
- 2 7) 佐藤悟他：数値フィルターによる河川水質の成分分離とその特性について、土木学会論文集、第369号、1986.
- 2 8) 関根雅彦他：連続調査による非特定汚濁源からの汚濁負荷流出機構解析、衛生工学研究論文集、第24巻、1988.
- 2 9) 河原長美：日野川流域の汚濁負荷流出モデル、琵琶湖研究所委託研究報告書、1989.
- 3 0) Ha, S. R. et al.: Application of a Kinematic Water Quality Model to Urban Storm Routing, 6th Congress APD-IAHR Proc., Vol.3, 1988.
- 3 1) 市川新他：新しい雨水流出モデル—メッシュ法の提案、水利科学、第28巻、261号、1985.
- 3 2) Brandstetler, A.: Assessment of Mathematical Models for Storm and Combined Sewer Management, EPA-600/2-76-175a, 1976.
- 3 3) Metcalf & Eddy, University of Florida and Water Resources Engineers: Storm Water Management Model, Vol.1-Final Report, 11024DOC07/71.
- 3 4) 環境庁水質保全局：非特定汚染源による汚染防止対策調査検討会中間報告、1982.
- 3 5) 勝矢淳雄他：生活排水による東川の汚濁とその対策（1）—石けん使用による流出水質の変化—、第20回水質汚濁学会講演集、1986.
- 3 6) 勝矢淳雄他：生活排水による東川の汚濁とその対策（2）—啓発活動などによる汚染の変化—、第22回水質汚濁学会講演集、1988.
- 3 7) 小幡範雄他：コミュニティによる地域環境管理への展望—家庭雑排水処理事業の運営を例として、第10回環境問題シンポジウム講演論文集、1982.
- 3 8) 和田安彦・三浦浩之：簡易雑排水実験例とその効果、第12回環境問題シンポジウム講演論文集、

1984.

- 39) 盛岡通・小幡範雄：琵琶湖周辺の住民による水質浄化、水質汚濁研究、Vol.11、No.1、1988.
- 40) 山田春美他：重クロム酸CODについて、水処理技術、Vol.14、No.12、1973.
- 41) 建設省：湖沼の総合的水管理技術の開発、1988.
- 42) 松浦茂樹・島谷幸宏：全国親水活動実態調査と河川環境整備方針、第14回環境問題シンポジウム講演論文集、1986.
- 43) 甲村謙友：都市河川の快適水環境づくり、環境技術、Vol.15、No.6、1986.
- 44) 和田安彦：水環境の創造とアメニティ、環境技術、Vol.15、No.6、1986.
- 45) 國松孝男・菅原正孝：都市の水環境の創造、技報堂出版、1988.
- 46) 土木学会編：水辺の景観設計、技報堂出版、1988.
- 47) 都市経営総合研究所編：自治体ユニーク先進事例7、緑と水ーやすらぎのまちづくり、ぎょうせい.
- 48) 川原浩：処理施設探訪記④ー野火止用水に清流を求めて、用水と廃水、Vol.26、No.11、1984.
- 49) 柳迫早司・山口登：大阪城の濠の復活、下水道協会誌、Vol.24、No.279、1987.
- 50) 盛岡通他：市街地における水辺環境整備の評価に関する研究ー西川緑道公園の整備による効果とその波及ー、第11回環境問題シンポジウム講演論文集、1983.
- 51) 河川環境管理財団：ひろげよう！豊かな河川環境ー愛される水辺づくりを目指して、1985.
- 52) 建設省中国地方建設局：中国地方のウォーターフロント整備事例集、1988.