

河川水質管理と下水道

久保 起*

1. ま え が き

「湯水のごとく使う」の言葉のとおり、濫費することのたとえに水のことがいわれているように、山紫水明といわれるわが国では、水の価値は比較的安く評価されてきた。これはあたかも、「魚水中にありてその水を知らず、人氣中にありてその氣を知らず」のたとえのとおり水のもつ有難さ貴重さに対する感覚は、皆無ということを示しているといつてよい。しかし、ひとたび水が不足するとその騒ぎはまことに深刻であるのは、農業用水にみられる水争いや、東京都の上水道水源の不足から制限給水となると、毎日のニュースが小河内ダムの貯水量の減少ぶりであったことなどにもみられる。将来のわが国は、予想される産業構成が第一次産業から第二次、第三次産業へと移行する傾向の激しさからいっても、人口の都市集中がいちじるしく、専門家の予測によると、20年後にはわが国総人口の80%が都市あるいはその周辺に定着するといわれている。したがって、都市およびその周辺で消費される生活用水や工業用水使用量の確保のため、思いきった水資源の開発が必要であり、水は今や濫費の対象ではなく、貴重な資源となっている。

このような状況に対処するため、たとえば水資源開発公団の活動により、新たな水資源開発によって水量の確保がはかられているが、ここに見逃してならない重要なことに水質の問題がある。河川水質が汚濁して利用に支障をきたすならば、その水の量がいくらあっても資源的価値は低下する。太平洋の彼方アメリカにおいては、21世紀のアメリカ国民の繁栄のため水資源の量、ならびに質の確保のために、海水の淡水化の工業化をはかるほか、水質汚濁防止の徹底を期するための水質法（Water Quality Act 1965）を制定し、下水処理事業に対して連邦政府が財政援助を強化する方針を打ち出している。しかしながら、アメリカと比較して、工業国であるうえ、人

* 正会員 工博 建設省都市局下水道課長

口密度の高いわが国こそ、水質汚濁問題は深刻であり、水資源の質的保全に対して将来を予見した対策が必須であると思われる。このような観点から、河川水質管理と下水道の問題について考察をすすめてみたい。

2. 自然界における水の循環

水文学の示すところを待つまでもなく、降水、浸透、流出および蒸発は、それぞれ自然界における水の循環の一過程であって、いずれがスタートであり、いずれが終りであるというものではないが、降水のうち地上へものは流出して河川、湖沼あるいは海へ流れ、一部は水面、地面から直接に、あるいは植物の葉面から蒸発し、一部は地下に浸透する。地下に浸透した水は、一部は毛細管現象によって地表面近くに抑留され、それが最終的には蒸発したり、植物に吸収されたりするほか地下水として貯留されるが、大部分は湧水その他のいろいろな形式を通じて地表水となり、蒸発する。蒸発した水分は降水の原因となって、つぎの水の循環の原因をつくり、自然界においては、永遠にこの循環の現象が続いて止ることを知らない。水文学はその間の相関関係を明らかにするのであるが、水文現象の複雑さのために、水の循環の法則性は天文学、物理学、化学のように明確化できず、現状では過去における水の循環のデータを統計学の力を借りて将来を予測するしかなく、予測されざる乾天続きに人々を嘆かせたりしている。

3. 水利用におけるサイクルと下水道

水利用において河川よりの取水と河川への排水のサイクルの典型的な形としては、都市における上水道や工業用水道による水の供給と、下水道による下水排除の後、さらにまた上水道に取水するいわゆる上水-下水-上水の水利用サイクルにみられる。この水利用のサイクルは、人間社会の活動を場として自然界における水の循環

中で行なわれているのである。都市に対する用水の供給源は、地下水もあるが主として河川である。たとえ河川上流部からの取水であっても、その中に一滴の下水をも含まないことはほとんどなく、一般には程度の差こそあっても、取水地点より上流部の下水が排出されたものを受けているわけである。かく考えるならば、このような上水-下水-上水の水利用サイクルは、一つの河川流域を対象とした場合に、特別の例外を除いては不可避である。したがって下流側の取水者にとって一番の関心事は、上流側の排水者との距離が十分離れているということであり、直接にはその水質と河川へ放流される前の処理の程度が重要な問題となる。このような水利用のサイクルは、河川流域における都市の発達や経済活動がさかんなほど数も多く、かつ複雑となってくる。水利用サイクルについて、はじめて組織的な調査論文を発表したのは Imhoff 博士¹⁾であるが、ドイツ ルール河流域の 1929 年の大渇水期において、三つの大きな水利用サイクルにおける水質の影響についてであった。この問題は、たとえばロスアンゼルス地方のように水資源の乏しい地方では、水の再使用の問題を含めて研究²⁾されているが、特にアメリカ合衆国カンサス州の Verdigris 河流域で、1948 年の夏季渇水期に上水-下水-上水のサイクルを完全に 17 回くり返されたこと³⁾の状況が報告されている。1966 年 9 月ミュンヘンで行なわれた第 3 回国際水質汚濁研究会議でも、水資源の極度に乏しい南亞連邦の Dr. Cillie によって、下水処理水を飲料水水源として利用する研究発表に対し、アメリカ合衆国の Dr. Parkhurst、イギリスの Dr. Burman および筆者らによって討議されたが、それらの研究発表の趣旨はすべて乏しい水の量の確保とそのときの水質に対する配慮とである。水量に対しては、サイクルの過程で蒸発したり地中に浸透したりして、再び河川に戻らない量も問題となる。もちろんこれらの損失水も自然界における水の循環の中に環元してしまうのであるが、当該河川流量に対しては当面損失となって現われる。その割合は Schröder⁴⁾、および Brown⁵⁾ によれば表-1 のとおりである。

したがって、上水-下水-上水の水利用サイクルは、下水道完備の場合は量的にみればかんがい用水等に比してきわめて損失の少ないことがわかる。しかしながら、

表-1 水利用サイクル中の損失

区 分	損失割合(%)
水力発電	0.5
都市上水道で下水道完備のとき	12~20
鉱 業	20
かんがい用水	60
都市上水道で下水道のないとき	70
下水かんがい散水処理	100

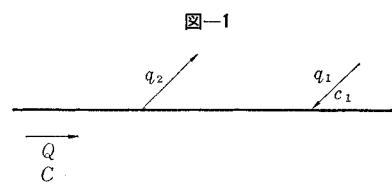
経済活動がさかんで水利用の高度の河川流域では、低水流量時には、下水排出量が河川固有流量を上回る場合もあり、下水処理の程度も下流側にある上水道水源の要求水質に対応しうよう、高度の処理が要求されなければならない。この意味からすれば、下水道および下水処理は、量的にみても質的にみても水利用サイクルの一つの要所といえることができる。しかし、水利用サイクルが増加するにしたがって、たとえば窒素やリンが累積し、それが原因で水棲植物や藻類の異常な繁殖をうながす例も予想される。これらの意味からも、河川流域の繁栄のためには河川の水質管理は重要な意味をもち、その中における下水道の占める位置もおのずから明らかなのである。

4. 河川の水管理における水質と水量

河川の水管理といえ非常に広範囲であり、その目的も多様であるが、その内容は水量の管理と水質の管理がある。水量の管理の中でも洪水に対するものは治水対策であり、その中には洪水調節用ダム、および洪水予報のための降雨量-流出量-予報対策等も含まれよう。河川の利水としては、水利権の許可をはじめ、河川維持用水および利水のための低水流量確保のためのダム操作管理がある。

河川の流量を自然のままに放置すれば、大は洪水流量より、小は渇水流量へと大きく変化し、極端な場合は渇水時には河川の固有流量は皆無の状態となる。その意味では、水利権の存する利水河川では必要な低水流量の確保が水量管理の重要な問題となる。

河川水質の構成は流域の地質によってその基本が定まるが、わが国では大体において軟水であり、大陸諸河川にみられるような硬度の高いものはない。その基本の水質に付加されるものは、流域内に発生する人間社会からの生活污水および工場廃水中に含まれる構成物質が大部分を占め、その発生源は都市、もしくはその周辺から集中的に発生するとみてよい。水質の単位は一般に 1 l 中に含まれる物質の量で表わされ mg/l は物質の比重が 1 のときは ppm で表現されるので、仮に含有物質が同量で水量が 2 倍になれば水質は 1/2 となるように、水質と水量とは密接不可分であり、河川の水質を論ずる場合に水量を分離して議論することはできない。したがって、河川の水管理をする場合に、その管理機構は水量と水質



とを同一機構の中でする必要がある。水資源が乏しく厳密な水量配分計画をしなければならぬ場合は特にその必要性がある。たとえば図-1のごとき場合に水利権の許可をすべきときをマクロ的に考えてみればわかる。図-1で Q : 河川流量, c : 河川表流水の水質, q_1 : 既存の排水量, c_1 : 既存の排水の水質, q_2 : 新たに許可しようとする水利権の量とする。河川の水量管理者が量的に可能であるとして q_1 の排水吐口の上流側に q_2 の水利権を許可しようとする、排水者は c_1 の排水水質で排水し、その吐口下流の表流水は式(1)に示す水質であることを認められているわけである。

$$\frac{cQ + c_1q_1}{Q + q_1} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{c(Q - q_1) + c_1q_1}{Q + q_1 - q_2} \dots\dots\dots(2)$$

その上流側に q_2 なる水利権が許可されると、下流側の河川水質は式(2)に示すものとなる。一般に式(1) <式(2)であるから、式(1)の水質を保持しようとするれば、排水者は現在水質 c_1 よりさらに浄化度を高める必要が生ずる。したがって、水量管理者が水利権の処分をするにあたっては、 c_1 の水質管理者の意見によって左右されなければならないこととなる。したがって水資源が非常に貴重なものとなり、水量水質管理が厳重に行なわれるようになることを予想すれば、水量と水質をその実情に適合しうるよう両面から総合的に判断したうえで、の処置が望ましいので、水量水質管理機構が分離していることは不適當である。イギリスが多年の水管理の経験から河川の水系単位に河川局を設置し、その組織の中で治水、河川よりの取水、河川への排水、および水質監視等水管理のすべてを実施して効果的に管理しているのに比し⁹⁾、すべてイギリス流にならうことを嫌うスコットランドが、河川水質浄化局を設置して水質監視のみを分離したために、水管理が効果的でないのとを比較すればまさに水管理機構の好対照である。

河川の水質を保全して行くには、現在および将来にわたる流域の水の用途を考慮した水質基準の設定による規制、およびその監視体制の強化、下水道を主力とする汚水処理計画の適切化、および河川水質維持を考慮した吐口の位置、構造の配慮、浄化用水の導入等の手法があるかと思う。水質監視の上からいえば吐口はできるだけ数が少ないことが望ましい。都市部の河川に無数の吐口があるがごときは、水質管理上もっとも悪く、事実上水質監視の実効をあげにくい。下水道の整備によって、吐口の数を少なくし整理する必要がある。河川の管理者が水質を維持するために、自衛上水質汚濁防止計画を樹て、排水者に対して水質基準を与えると同時に汚水処理事業を実施している例が、ドイツ、オランダ、カナダ等にみられるが、つき進んで行けばそのような方向も生れ

てこよう⁹⁾。いずれにしても水量と水質の分離管理は不可であり、最近空気汚染防止等の公害対策と混同して水質についても分離して対策が樹てられる傾向がなきにしもあらずであるが、水管理に対してはそのような方向をとるべきではない。

5. 水質保全のための技術上の諸問題

利水上重要な水系に対しては、総合的な水質汚濁防止計画を早急に樹立する必要があるが、その際の技術上の諸問題について述べよう。

(1) 河川表流水の水質基準

現在は水質保本法の運用によって放流水水質基準が設定されつつあるが、河川表流水水質基準が定められていないため、その河川の水質の方向や性格づけが不明瞭となっている。現在および将来の公共用水の水利用の水質要求を考慮して定めるべきであるが、少なくとも、現状の水質を改善する方向に進むべきであろう。たとえば、イギリスが 1913 年に定めた流水標準が現在でも尊重されていて、いかなる河川も少なくとも魚が住みうる程度を確保しようということ而努力がなされてきているが、論旨はきわめて明瞭である⁹⁾。

表-2 河川表流水水質基準-下水処理王立委員会 1913

水 質 項 目	水質汚濁制限値 (ppm)
5 日間生物化学的酸素要求量 BOD (18.3°C)	4
4 時間 N/80 過マンガン酸カリ値 COD	4
アルブミノイド窒素	0.45
浮遊物質 SS	15
溶存酸素 DO	4 ml/l (5.7 ppm*)

* 夏季水温 18.3°C のとき 60%飽和の量

(2) 汚水処理の程度の決定

河川表流水の水質基準が定まれば、河川流量および放流量との関連において処理場設計に技術的ベースを与える。もちろん、次項以下に述べる汚水の混合、希釈、拡散や河川の自浄作用の強弱等が関係してくるので複雑であり、正確に計算をすることは困難であるが、汚水の放流後ただちに混合するものとすれば、非常にマクロ的に処理の程度を次式によって定めることができる。

$$C_m = (C_e + nC_r) / (1 + n) \dots\dots\dots(3)$$

ここに、

C_m : 吐口下流側の河川水質

C_e : 汚水の放流水水質

C_r : 吐口上流側の河川水質

n : 希釈倍率

いま、対象水質に BOD をとり、希釈倍率 8 倍の BOD

2 ppm の河川に汚水を放流し、下流側の水質を表-2にあるごとく BOD 4 ppm に維持するためには、

$$C_e = (1+8) \times 4 - 8 \times 2 = 20 \text{ ppm}$$

BOD 20 ppm まで処理することが必要となる。

(3) 汚水の混合, 希釈, 拡散等

汚水が河川に流入すると、河川と希釈され混合しながら拡散して行くのであるが、通常は偏流し、流下して完全に混合するまでに相当の時間がかかる。また、汚水の拡散以外に汚水中の固形物質が浮力とのバランスを失なって沈降したり、あるいは汚水に溶解している物質が河水中で化学変化をおこしたり、生物学的作用によって変化をして減少したり、あるいは増大したりすることが予想される。さらに、また汚水中の物質が河水中の生物によって摂取されたり、あるいは物理的な吸着現象によって取り除かれたりする。

したがって、これらの水質変化を総合的に示せば式(4)で表現される。

$$\begin{aligned} \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial(uc)}{\partial x} + \frac{\partial(vy)}{\partial y} + \frac{\partial(wz)}{\partial z} \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z + \frac{\partial c}{\partial z} \right) + w_0 \frac{\partial c}{\partial z} - Kc \dots \dots (4) \end{aligned}$$

ここに、

c : 対象物質の濃度 (たとえば BOD)

u, v, w : x, y, z 軸方向の流速成分

D_x, D_y, D_z : x, y, z 軸方向の拡散係数

w_0 : 沈降性物質の沈降速度

K : 対象汚染物質の自己減衰係数

x, y, z : 河川の流下, 河川横断, 水深方向にとった軸

式(4)において、右辺最初の三つの項は拡散による物質の移動をあらわし、 $w_0 \frac{\partial c}{\partial z}$ は沈殿による影響を示す。また Kc は自己減衰の影響を表わし、対象物質を BOD にとれば、 K は脱酸素定数 k_1 となる。したがって、希釈拡散の効果のみを対象とすれば式(4)で $w_0 \frac{\partial c}{\partial z}$ および Kc は無視してよい。また対象河川の部分を一次元等流とし、拡散係数がその部分において一定とすれば、 $D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$ は $D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$, $D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2}$ に比して無視できる程度であるとすれば、式(4)をつぎのごとく書きかえることができる。

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U \frac{\partial c}{\partial x} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \dots \dots (5)$$

ここに、 U : 流下方向の平均流速

式(5)にたとえばつぎのような適当な境界条件を入れて解けばある時刻におけるある水深での水質がえられるわけである。

$$x=0 \text{ にて } c=f(t) \dots \dots \dots (6)$$

$$x=0 \text{ にて } c=f(y) \dots \dots \dots (7)$$

$$x=0 \text{ にて } c=f(t, y) \dots \dots \dots (8)$$

実際には、境界条件は対象河川の水理条件によっていちじるしく異なり、たとえば河川水量、水深、河床状態、平均流速、河幅等によって x, y, z 軸方向の拡散係数がいちじるしく異なり複雑である。

(4) 有機性廃水と河川の自浄作用

有機性廃水による水質汚濁現象は、その原因の大部分は都市下水、および工場廃水であり、その汚濁成分の河川水中での変化は一般に河川の自浄作用として説明されている。もちろん自浄作用の中には、混合、希釈、拡散等も含まれている概念であるが、ここでは前述したので省略する。

自然河川では、一般に酸素は大気中より水中に溶解して飽和に近い状態にあるのが普通である。有機性廃水が流入して有機成分の分解過程で水質汚濁現象がおこるが、流水の腐敗状態や腐敗に至る変化を知るには、溶存酸素(DO)、および生物化学的酸素要求量(BOD)が用いられ、自浄作用、および自浄作用の限界の負荷を酸素の面から計算することができる。有機成分に対する化学的な酸化や生物学的な酸化が行なわれると水中の酸素はその程度に応じて消費され、その程度が限界まで達すると還元状態となり、硫化水素やメタンガスの発生をみるに至る。化学的な酸化はたとえば廃水中に亜硝酸塩、亜硫酸塩などの亜酸化物や硫化物があれば水中の酸素によって容易に酸化されることを意味し、したがってその分の酸素消費がある。また、生物学的な酸化は、水中の微生物、そう類、好気性細菌類、その他が廃水中の有機物質を食料として摂取分解して酸化する過程で酸素が消費される。都市下水および工場廃水中に含まれる有機物質は、主として炭水化物、蛋白質、および脂肪である。たとえばセルロース、澱粉質、糖類などの炭水化物は微生物、細菌類の複雑な呼吸作用によって CO_2 と水とになる。また蛋白質は加水分解によって種々のアミノ酸を生成する炭素、酸素、水素、窒素およびときに硫黄を含む複雑な高分子有機化合物の総称であるが、微生物や細菌の作用で容易に分解し、たとえばアミン、メルカプタン、アルコール、脂肪酸、硫化水素、アンモニア、メタン、 CO_2 などを発生する。アンモニアはさらに酸化されて亜硝酸塩を経て硝酸塩にまで酸化され漸次無機安定化する。このような酸化は炭水化物の分解が早期に行なわれ、蛋白質等窒素を含む有機物の分解が遅れて行なわれるほか、温度によってその速度が大きく変化するのは BOD の時間的変化の示すとおりである。したがって、河川水の BOD は上流側のいくつもの吐口からの廃水を受入れた

結果であるから、炭水化物、蛋白質、脂肪等の分解過程のものが混在しながら酸素消費をしている状態を示すものであり、それらの状態をマクロ的に表わしたものである。大気中より河川水には酸素が供給されているので、酸素の消費が供給より多ければ DO は減少し、有機物の分解が少なくなるにしたがい、酸素供給が消費を上回り回復して河川水質の普通の状態に復帰する。したがって、仮に DO の飽和状態と実際の DO との差を溶存酸素不足量とすれば、その変化は式(9)で表わされる。

$$\frac{dD}{dt} = k_1(L-y) - k_2D \dots\dots\dots (9)$$

ここに、D: DO 不足量

t: 経過日数

y: t日後の BOD

L: 初期の BOD

k₁: 脱酸素定数 (酸素消費の速度を示す)

k₂: 再エアレーション係数 (酸素供給の速度を示す)

t=0 すなわち L-y=L と t=t までを積分すると

$$D = \frac{k_1 L}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_2 t}$$

$$= \frac{L}{f-1} e^{-k_1 t} \left\{ 1 - e^{-(f-1)k_1 t} \left\{ 1 - (f-1) \frac{D_0}{L} \right\} \right\}$$

.....(10)

ここに、D₀: t=0 のときの D

f: $\frac{k_2}{k_1}$ 流水の自浄作用率

自浄作用率は水温や流水の乱れの状況によって異なるので、一般的な数字をあげることは困難と思われるが、Fair⁹⁾ によると、表-3 に示すとおりである。

表-3 自浄作用率

種 別	f の 値
よどみ河川または大きな湖	1.0~1.5
緩流大河川	1.5~2.0
やや早い流速の大河川	2.0~3.0
早い流速の河川	3.5~5.0
急流河川	5.0 以上

また、自浄作用率は水温によって異なるが、Fair⁹⁾ によると

$$f = f_0 e^{(C_{k_2} - C_{k_1})(T - T_0)} = f_0 e^{C(T - T_0)} \dots\dots\dots (11)$$

ここに、f: 水温 T のときの自浄作用率

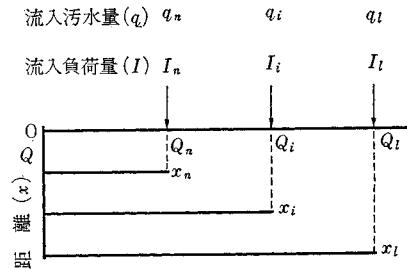
f₀: 水温 T₀ のときの自浄作用率

C_{k₁}, C_{k₂}: 脱酸素速度および再エアレーション速度の温度によって一定の数値で、通常水温では C_{k₁}=0.018, C_{k₂}=0.046, したがって C=C_{k₁}-C_{k₂}=-0.028

(5) 河川将来水質のマクロ計算

前述のごとく、水質汚濁計算はきわめて複雑であるが、河川の将来水質の予想は流域内の人口、工場廃水による

図-2 汚濁物質の流入配置図



汚濁負荷、各種処理場における浄化効率を推計することによってマクロ計算により推定することができる。その場合汚濁物質の流入配置図を図-2のごとくすると式(12)で表わされる¹⁰⁾。

$$C_0 = \frac{1}{Q_n} \left(\sum_{i=1}^n I_i \right) \exp \left(- \frac{k}{U} \frac{\sum_{i=1}^n I_i x_i}{\sum_{i=1}^n I_i} \right) \dots\dots\dots (12)$$

首都圏の水需要はますます増大し、河川の水質問題も憂慮すべき状態であるが、下部部に東京都上水道水源をもつ多摩川の水質予想を稲場¹⁰⁾の計算によると、流域内の人口、工業出荷額を過去の年平均増加率および平均増加額によって推計し(表-4)、1人当り排出汚濁量等(表-5,6)と、下水道の普及率予想(表-7)とより多摩川の将来水質を式(12)より計算すると表-8となり、

表-4 流域の汚濁規模

年度	領 域 規模指標	石原より上流		石原~太師橋まで			
		人 (人)	口	工業出荷額 (億円)	人 (人)	口	工業出荷額 (億円)
35		759 280		1 783	1 042 620		6 431
38		907 728		3 367	1 162 772		9 531
45		1 358 000		7 067	1 508 000		16 762
50		1 929 000		9 707	1 880 000		21 927

表-5 1人当り排出汚濁量

原単位	1人1日当り排水 BOD (g/人・日)
年度	
35	27.5
38	32.0
45	42.5
50	50.0

表-6 発生汚濁物質量

年度	汚濁総量	石原より上流		石原~太師橋
		年度	(t/日)	(t/日)
35	35		69	145
38	38		80	158
45	45		88	178
50	50		84	146

表-7 下水道普及率 (%)

年 度	領 域	
	石原より上流	石原~太師
35	5	10
38	10	20
45	35	40
50	55	60

表-8 多摩川の将来水質

年度	基準点		原		太 師 橋	
	平均流量 (m ³ /sec)	B O D (ppm)	D O (ppm)	B O D (ppm)	D O (ppm)	
35	10.1	1.86	8.44	14.70	2.57	
38	9.8	2.16	8.36	15.25	1.48	
45	—	2.37	8.26	16.70	0.70	
50	—	2.26	8.31	14.10	2.04	

注) 建設省河川局編「水質年表」「流量年表」使用

表-9 下水処理計画の目標 (その 2)

項目	地区	昭 40	昭 45	昭 50	昭 55
排出汚染量 (t/日)	京都市	107.3 (68)	146.2 (72)	176.9 (74)	214.7 (76)
	京都近郊	13.1 (62)	25.5 (71)	37.2 (73)	53.1 (74)
	淀川沿川	9.8 (52)	15.0 (50)	20.8 (48)	28.1 (48)
	合計	130.2 (66)	186.7 (70)	234.9 (72)	295.9 (73)
除去汚染量 (t/日)	京都市	67.3 (53)	116.1 (79)	159.5 (90)	194.2 (90)
	京都近郊	1.9 (15)	8.6 (34)	23.2 (62)	37.7 (71)
	淀川沿川	2.3 (24)	5.1 (34)	10.9 (52)	17.7 (63)
	合計	71.5 (55)	129.8 (69)	193.6 (82)	249.6 (85)
放流汚染量 (t/日)	京都市	40.0	30.1	17.4	20.5
	京都近郊	11.2	16.9	14.0	15.4
	淀川沿川	7.5	9.9	9.9	10.4
	合計	58.7	56.9	41.3	46.3

注: 1. 排出汚染量欄 () 内は工場排水による分の比率 (%)
 2. 除去汚染量欄 () 内は除去率 (%)
 3. 汚染量BODは負荷量で表わしたものを。

多摩川の水質は今後も悪化の一途をたどり、下水道の普及と処理高度化を早急にはからない限り、多摩川の水質はいっそう進行することが予想される。

さらにまた近畿圏の重大河川であり、下流部に大阪、兵庫県民の主要な上水道水源となっている淀川の水質の将来を建設省近畿地方建設局の資料によって追跡してみよう。淀川流域内について前記と同様の手法で人口増加、および、工場廃水量と下水処理計画について推定し(表-9)、工場廃水を含む都市下水の 90%を除去するも

表-10 鳥飼大橋における水質

項目	年	昭 40	昭 45	昭 50	昭 55
BOD負荷量 (t/日)		63.5	64.5	54.2	55.0
平均流量 (m ³ /s)		293	293	293	293
B O D 濃 度 ppm		2.50	2.54	2.14	2.21

表-11

浮遊物質	夏季 5 ppm	冬季 10 ppm	アンモニアN 10 ppm (四季)
BOD	夏季 5 ppm	冬季 10 ppm	

のとして、自浄作用を計算に入れても、やっとな水質の現状維持が可能であって(表-10)、それなくしては淀川の水質はまさに危機に傾いているとみるべきであろう。

(6) 河川の最低必要流量(維持用水)の確保

水利用が高度化してくるにつれて、処理の程度も高級にして行く必要が生じようが、処理施設の管理としては放流水面の季節的変化に応じて調節されてよい。水温が高いと河水中の生物学的反応速度が大だからである。たとえば、イギリスのロンドン上水道の水源の一つとなっている Lee 河は小河川であるが、Lee Conservancy によって厳重に水質管理されているが、表-11 のごとき水質基準が定められている。

しかしながら、イギリスにおいて処理計画をさらに合理的にするためには水管理者は最小必要維持水量を確保すべきことを法定するまでに厳密になっていることを知るべきである¹²⁾。それはあくまでも流域の水量管理と水質管理の経済計算であり、浄化用水の増大か下水処理の強化との比較であろう。

(7) 下水道と工場廃水

工業用水利用は、昭和 45 年には淡水のみで 1 日 8300 万 m³ になるものと推定されている。そのうち約 60% は冷却用水として使用されると思われるので、汚濁量を含まないとしても、工場廃水の大部分は一般都市下水よりも高い汚濁濃度を持ち、現在の上水道の総配水量が 1 日約 1700 万 m³ であるので膨大な汚濁量であることがわかる。しかもそれらの大部分は都市および都市周辺で発生することを思えば、その対策を十分に樹立すべき緊急性があることがわかる。わが国が将来の国民の繁栄のため水資源の質的保全をはかってゆくためには、下水道はつぎの理由によって工場廃水を積極的に受入れ、水質汚濁防止をはかるための施設としての役割を果たすべきものと思う。ただし、下水道施設に障害を与える毒物や強酸性廃水は工場例で前処理をした後に受入れることが適当である。

- (1) 工場廃水は都市下水と混合して処理する場合に比較して、単独に処理する場合は施設の建設費、および維持費の両面にわたり不経済となり、国民経済的にみて、各工場側と地方公共団体側と相方で同様な施設をすることは損失となる。
- (2) 工場側の小規模処理施設は水質管理の適正を期しがたい。
- (3) 工場廃水は処理技術的にみても家庭下水と混合することにより高級処理(生物処理)が可能となることが多い。
- (4) 工場側の処理施設は、工場敷地内に汚泥問題を

発生し、その対策を個別に樹てねばならなくなり困難性が多い。

下水道が工場廃水を受入れるにしても、その処理に必要な経費を使用料の形で負担してもらう方法を制度的にも確立する必要がある。

6. む す び

河川水質管理と下水道について概観をしたのであるが、下水道が水管理の一環として社会的な重要な役割を果たすべき側面は、ますます強くなることが予想される。根本は河川の水量と水質とを一貫した管理体制の実現と、河川流域を包含した水質汚濁防止計画の樹立が必要であり、その実施には工場廃水をも受入れた都市下水の高度の浄化技術の開発が望まれるのである。

また、水利用の高度の流域にあつては、水利用のサイクル数の増大が予想されるので、工場配置の適正化はもちろん、下水道計画の適正化と汚濁発生源地域への集中的投資、下水道対工場側との協力関係の確立、河川水質監視体制の確立などを図ることなどが強力に実行に移されることを期待して擲筆したい。

参 考 文 献

- 1) Imhoff, K. and Hyde C.G.: "Possibility and limits of the Water-Sewage-Water Cycle", Engnr. News Rec. 106 (1931) 883
- 2) Ludwig, R.G., "Reclamation of water from sewage and industrial waters in Los Angeles County", Sewage and Industrial Wastes 22 (1950) 289
- 3) Veatch, N.T. "Industrial Uses of reclaimed sewage effluents", Sewage Works Journal 20 (1948) 3
- 4) Schröder, G.: Aus dem Tätigkeitsgebiet der Wasserwirtschaftsstellen", Deutsch Wasserw 36 (1941) 329
- 5) Brown, R.Z.: "United States Water Supply vs. Population Growth", Population Bulletin XVII (August 1961) p. 94
- 6) 久保 越: "英国の河川水質汚濁防止", 水道協会雑誌 330号 p. 36~
- 7) 久保 越: "わが国の下水道の方向(Ⅲ)", 下水道協会誌 Vol. 4 No. 32 p. 1~
- 8) Klein, L.: "Aspects of River Pollution", 1957 p. 544
- 9) Fair, G.M., Geyer, J.C.: "Water Supply and Waste-water Disposal, 1954 p. 845~846
- 10) 稲場紀久雄: 水質汚濁と下水道に関する研究, 下水道協会誌 No. 31. p. 25
- 11) 建設省近畿地方建設局: "淀川その水質の将来", 昭和40年5月
- 12) 久保 越: "わが国の下水道の方向(Ⅱ)", 下水道協会, Vol. 3, No. 31 p. 2~

鹿島研究所出版会 専門分野別在庫目録

土木・都市・建設経営・施工管理

< 図書目録呈 >

新刊

- 開発の歴史と実態(地域開発政策)
都市開発講座(全3巻)②A5判300頁¥980
大来佐武郎編/恒松制治他著—わが国の地域開発政策を紹介、今後のあり方について
- 都市問題概説
磯村英一・黒沼稔共著 A5判260頁 ¥950
都市問題のあらゆる諸相を解明した入門書
- 最近の大口径杭
土木新技術選書(全5巻)②A5判208頁¥1,300
沼田・尾之内・種谷監修—大型PC杭、アースドリル、ベント、HW、深礎工法…その他
- 土木・建築の防錆防食
日本防錆技術協会編 A5判216頁¥1,200
防錆・防食の基本知識から法規等を具体例で示す。
- 土木年鑑1967… ¥3,500
- 道路と景観—景観工学への序説— ¥760
- 軟弱粘土の圧密
—新圧密理論とその応用— ¥750
- 鉄筋コンクリートの耐久性… ¥430

- アーチダム… ¥2,000
- 基礎反力の解法(重版出来)… ¥400
- 山口昇博士論文選集… ¥1,000
- 高速道路計画論… ¥2,400
- 建設機械手帳1967年版… ¥300
- 建設工学シリーズ
- 現場技術者のための土質工学 ¥2,500
- 土地造成(重版出来)… ¥1,000
- トンネル施工の問題点と対策 ¥1,300
- 軟弱地盤における建築の
地下掘削工法… ¥590
- 井筒基礎… ¥450
- 簡易索道の計画と設計(重版出来) ¥980
- 荷役・運搬の計画と設計… ¥1,200
- アースドリル基礎工法(重版出来)… ¥600
- 構造物基礎の応力調整工法… ¥580
- 道路土工の調査から設計施工まで… ¥1,300
- シールド工法… ¥1,600
- 水底トンネル… ¥840
- 爆破—付ANFO爆薬— ¥900
- 工事管理(重版出来)… ¥800
- 工事原管理(重版出来)… ¥650
- 都市工学
- 都市問題事典(重版出来)… ¥3,500
- 駐車場の計画と設計… ¥2,500
- 新都市の計画… ¥2,500
- 都市の自動車交通… ¥4,800
- 新しい都市の未来像(重版出来)… ¥920

- フランスの都市計画… ¥900
- 都市の新しい運輸計画… ¥750
- オランダの総合開発計画… ¥2,000
- 敷地計画の技法… ¥1,600
- 東京2,000万都市の改造計画 ¥1,500
- 都市の土地利用計画… ¥3,200
- 国土と都市の造形(重版出来) ¥5,600
- 建設経営・施工管理
- 新しい工程管理(重版出来)
—PERT・CPMの理論と実際— ¥1,300
- 建設業成功の秘訣… ¥680
- 新版ジョイント・ヴェンチュア ¥480
- 国際ジョイント・ヴェンチュア
(重版出来) ¥1,500
- 工事入手から未収金回収まで ¥480
- 創造工学による設計手順(重版出来) ¥700
- 創造工学による技術予測… ¥700
- 建設経営入門… ¥750
- 建設業経営選書<全13巻>
- 建築の施工計画… ¥750
- 建設業経営における
電子計算機の利用(重版出来) ¥700
- 建設請負の法律実務(重版出来) ¥700
- 建設業の経理(重版出来)… ¥750
- 建設業の施工管理… ¥750
- 建設業の原価管理… ¥750
- 建設業の企画と調査… ¥750
- 土木の見積と工程管理… ¥980

鹿島研究所出版会

■ 東京都港区赤坂六丁目5 13 電話(582)2251 振替東京180883