

# 土木公害\*——その2・河川汚濁，下水について

## 土木公害に関する研究会

### まえがき

本文は、表題のもとに行なわれたシンポジウムの際の4氏の講演の概要と、参会者からの質疑、応答および一般討議の要点とをとりまとめたものである。

## 1. 水資源の質的保全

岩井重久

この会の企画者らによって提示された上記の演題が、期せずして演者の論示そのものに合致したことにまず謝意を表した。すなわち、日本も込めて、先進諸国では水資源問題はもはや量的だけではなく、質的にも究明・解決されなければならない段階に至っていることを力説した。しかも水量と水質とは密接な関係があるので、水理学、海洋学、河川・海岸・港湾工学のほか、上下水道ひいては衛生工学、化学、生物学、農・水産学等の広範な知見を総合しない限り解明の途は開かれないうこと、日本では個々の学術分野はきわめて進歩しているのかかわらず、これらを結集するという努力が欠けていることを強調し、こうした意味から39年秋の東京における国際会議<sup>1)</sup>が大いに参考となり、また今回のシンポジウムが非常に有意義である点を指摘した。

公共水の水質を保全するためには水質を規制しなければならないが、公共水の用途としては、上水道・工業用水道の原水、農林・水産用水、環境美化、遊泳等のリクリエーション用水など種々のものがあり、これらはそれ

ぞれ用水としての規準を、各種水質項目についての濃度値として提案されていることが多い。一方では下水・廃水を規制するために放流水規準が設けられるが、これも濃度値によることが多い。一般に上水道原水への影響などが重要視されなければならないが、工場廃水などからの毒物・劇物は、上水道以外にも間接的に魚類、人体といった経路で危険となる場合もあり、またフェノールのように浄水時の塩素消毒によって、市水がクロロフェノール臭を帯びるのにとどまる場合もある。工業用水道では低れんな使用料金を目標として給水質をゆるめ、それ以上の処理は各事業場で行なうことが多いために、原水質もあまり厳格ではないが、用途によっては特殊な水質項目が注目されることがある。水稲用水ではpHを5～6以上とするほか、過剰の硫酸根やアンモニヤ性窒素が問題となるが、季節によってはむしろ栄養分となるような汚染物質を含んでいる方がよい場合もある。農業散布による汚染も警戒を要する。水産関係では淡水、海水、回遊性、固着性の魚・貝・藻類のそれぞれによって影響が異なるために一概に論じえないが、急性毒物質以外にも水温、商品価値の低下をきたす成分、その他一般諸水質項目が問題にされ、昭和40年3月に日本水産資源保護協会によって水産用水基準が一応提示されている。遊泳水域の水質規準は、水が直接飲まれるという危険性から、消化器などの伝染病原菌の汚染指標となる大腸菌群数で規制されるほか、風致上では不快な固形物質、色、臭などが問題となる。舟航、発電水力などでは腐食が問題とされるが、規制の度合は相当にゆるいのが常である。

自然の水体中では種々の化学的・生物学的な反応や消長がおこる。しかし下水や有機性廃水についての汚濁指標としては、一般にBOD（生化学的塩素要求量）とSS（浮遊物質）とが用いられる。これらは生物学的処理過程やそのための施設を研究、計画、設計、運転する場合の指標となるが、放流先の水体の汚濁指標としても重要なものである。SSの存在は水道原水としても当然好ま

\* 本文は土木学会関西支部において行なった「土木公害に関する研究会」（昭.40.8.17、於大阪科学技術センター）の講演および討論の概要をとりまとめたものである。その1.騒音、振動について（本誌51巻4号登載）に続いて掲載した。

しくないし、またこれは河海の底に沈積する。BOD の存在は、公共水中の DO（溶存酸素）が好気性微生物によって消費される原因となり、大気中からの再曝気反応、あるいは葉緑素を持つ植物・ソウ類の光合成による酸素の補給があっても、BOD による脱酸素反応がこれを超過して平衡が破れた場合には DO がなくなり、嫌気性の汚濁状態が生ずる。日本に多い短小河川では、急流であっても流下時間が短いために、再曝気などによる自浄効果はあまり期待できず、DO の垂下曲線の臨界点<sup>2)</sup>が潮汐作用を受ける河口の感潮部や運河などに生じやすい。そこでは沈積した有機性の SS（上流で自浄作用にあずかった微生物・ソウ類も含む）が、嫌気的に分解されてメタン・硫化水素などによる悪臭を発生し、水中は無酸素状態となって魚も住まず、黒濁して風致をいちじるしくそこなう。これが隅田川や道頓堀川の現況である。こうした汚濁の蓄積作用を考えると、汚濁物質については前述の濃度値だけではなく、これに流量を乗じた（重量/時間）単位の汚濁負荷量もあわせて吟味しなければならないことがわかる。したがって、下水や廃水はできるだけ処理をし、この負荷量（すなわち絶対量）を汚泥やガスの形で除去減少させ、水質自体を改善した上で放流し、その後では放流先水体の希釈や自浄の作用により下流に与える被害を最小限度に止めるように努めなければならない。また短い河川や河口感潮部では、拡散、混合、希釈、塩水くさびなどの問題を特に重視する必要が生じる。特に河川・工場廃水などの流入のある臨海工業地の港湾汚濁については、大阪府の堺・泉北地区において、演者らが3ヵ年にわたって調査・研究した結果<sup>3)</sup>の一端が例示された。

淀川本流については、上流に琵琶湖や天ヶ瀬ダムがあり、流量は比較的安定しているが、左支木津川は未汚濁状態であっても、右支桂川は京都市からの下水・廃水を含むために汚濁がいちじるしく、このために横方向の拡散が重視され<sup>4)</sup>、また下流に阪神地区の上水道源があるために水質上のより厳しい規制が望まれ、さらにそのために流下時間は短くても、自浄作用<sup>4),5)</sup>をもっと究明する必要のあることが強調された。昭和30年から演者が世話役となって汚濁調査を開始したが、こうした努力は昭和33年から組織された「淀川水質汚濁防止連絡協議」による活発な調査研究に移行した。その後、昭和34年に「水質保全法」に基づく調査が行なわれ、昭和38年1月にこの法による水域指定と水質基準とが公示され、一方「排水規制法」に関しては、工場廃水については昭和38年7月から実施されたが、公共下水道については、京都市の昭和36年を初年度とする下水道整備10ヵ年計画のうち、前期5ヵ年分の完成する昭和41年3月末までその実施が猶予されている。他にこれと期間を同じく

した環境整備緊急5ヵ年計画による沿岸のし尿処理場の設置をも考慮しなければならない。しかしこうした対策が開始されているにしろ、汚濁の進行度が早いために追いつかなくなっており、将来にはきわめて憂慮すべきものがある。10年前、それから3年前まで<sup>6)</sup>の状況とくらべ、たとえ濁水などの影響があるにしても、ここ数年間の汚濁の進捗度は表-1に示すようにいちじるしい。

表-1 淀川支・本川の年平均 BOD<sub>5</sub> 濃度の変化

地点 年度	鴨川	桂川	宇治川	宇治川	木津川
	鳥羽大橋	山崎	宇治橋	八幡	八幡
昭34	34.40	19.74	1.50	2.10	1.61
昭39	65.15	30.06	1.59	3.96	1.63

地点 年度	本流左岸			本流右岸		
	楠葉	枚方大橋	鳥飼大橋	枚方大橋	鳥飼大橋	柴島
昭34	1.70	2.63	2.23	4.99	5.24	4.87
昭39	1.96	4.34	6.41	13.54	12.62	6.95

(単位は ppm)

すなわち、鴨川の鳥羽大橋ではここ4年間ですでに倍増し、こうした影響は桂川を経て本川下流右岸・柴島の大阪市水道取水点にまでおよんでいるが、一方では宇治川の伏見地区からの汚濁が増加したために、特に濁水年が続いた昭和37~39年で本川左岸流の汚濁がいちじるしく進み、下流・庭窪の大阪府・市の水道水源に悪影響を与えている。

こうした原因の一つとして、京都市域の人口約135万人のうち下水処理区域内のそれは現在わずかに37%であり、昭和40年の年度末において60%弱になる予定であるが、とにかく現在では家庭下水（し尿を含む）と工場廃水との合計流量は686000 m<sup>3</sup>/dで、これから算出したBOD<sub>5</sub>負荷量107 t/dのうちわずか42.5%の61.7 t/dしか除去されていないような中途半端の処理状況にあることがあげられる。このうちには伏見・山科地区、桂川・木津川の上流地区、京都市近郊の地区などは含まれていない。他の原因である工場廃水で、下水道に流入していないものについてみると、すでに規制の指定を受けている8大工場の総排水量は53800 m<sup>3</sup>/d、そのBOD<sub>5</sub>の負荷量は7.02 t/d、平均濃度は131 ppmであるが、昭和40年5月の近畿地建による調査対象となった45工場のうちの39工場の総排水量は167265 m<sup>3</sup>/d、BOD<sub>5</sub>の負荷量は55.29 t/dで、うち桂川水系が約半量を占めるが、いずれも看過できない状態にあることがわかった。

淀川の枚方地点での年間総流量は約100億 m<sup>3</sup>に達するが、そのうち飲料、かんがい、工業用水等に利用されている量は年間39億 m<sup>3</sup>であり、近年の経済発展により昭和50年にはこれを年間60億 m<sup>3</sup>まで引上げることが必要とされているが、これには洪水時の無効放流、

濁水時の維持水量をも考慮しておかねばならない。上述のような水質汚濁の現状に加えて、主として急激に住宅・工場地帯となると予想される京都市の南・西郊、山崎・枚方までの地域の発展、京都市自体の人口・工業の増加・進展などを考えるとき、今後の淀川の水質汚濁が増大する様態を推測し、少なくとも将来における下流の水質を阪神地区の水道用水源としての最大臨界汚濁度以下におさえるための対策を、今から練っておくことが絶対的に要請されるのである。

そこで、京都市、京都市近郊、それより下流淀川沿岸の3地域において、昭和40、45、50、55年の各年度において汚濁がどのように進行し、またそれについてどういふ防除対策をとるべきかについて検討した。近畿圏整備本部、京都府・市の各種資料により、人口増加率、下水・し尿などの処理の現況と将来計画、住民1人1日当りのBOD<sub>5</sub>負荷量とその増加率から推算した下水量やBOD<sub>5</sub>負荷量、特に京都市内においては染色廃水や工場の規模を考慮し、下流沿岸では本流域外への流出を控除して、工業用水の需要や用途、工業出荷額の伸びなどから推算した工場廃水量とそのBOD<sub>5</sub>負荷量を求め、これらを集計してみた。こうした推計の方法についてはすでに発表し<sup>7)</sup>、また今後も研究を続けたいと思っているが、今次の調査結果からは、用途地域制の活用などによって規制を加えていっても、人口は現在の169万人が昭和55年には219万人、家庭下水量は生活水準の向上から現在の43万m<sup>3</sup>/dから昭和55年には81万m<sup>3</sup>/dに増加し、特に近郊・沿岸での伸び率が大きい。一方工業出荷額も現在の5200億円/年が昭和55年には18000億円/年と伸び、このうち特に京都市近郊では約7倍の上昇が予想され、単位出荷額当りの廃水量は工業用水利用上の合理化によって減少していくとしても、工場廃水量は現在の46万m<sup>3</sup>/dから昭和55年には121万m<sup>3</sup>/dに増大する。したがって昭和55年では、総排水量は現在の約90万m<sup>3</sup>/dの約2倍強の200万m<sup>3</sup>/dにも達し、BOD<sub>5</sub>負荷量も合計で現在の130t/dから約2.3倍の300t/dに上昇する。その結果として破滅的な事態が起こることは想像に難くない。

そこで、一般的に上水道用原水としての要望値とされている月平均BOD<sub>5</sub>=2.5ppmを、淀川下流の水源地点でできるだけ保持させるためには、汚濁度の進捗状況に見合うように逐年的に下水道、下水・廃水処理計画を、許される限り完全となるように樹立し、これらが必ず実現されるように努力しなければならない。どうしても河川に直接放流せざるを得ないところや、やむをえず沈殿などのみによる簡易処理をせざるを得ないところはこれらを採用するが、原則としてはほとんど活性汚泥法などによる高級処理を実施するとし、昭和40、45、50、

55年度に対処すべき下水道と処理場計画とを、それぞれ上記の3地域別に樹立し、これらが実現すれば基準地点におけるBOD<sub>5</sub>の負荷量や濃度をどの位に保てるかを、本流の自浄作用も考慮して表-2~4に示すように推定し、またこれらを実施するために要する建設費総額の概算をも試みた。

表-2 基準地点 BOD<sub>5</sub> 負荷量 (t/d)

年度	昭34	昭40	昭45	昭50	昭55
枚方大橋	67.4	68.8	69.5	62.2	64.2
鳥飼大橋	60.7	63.5	64.5	54.2	56.0

表-3 枚方左岸における BOD<sub>5</sub> の負荷量、濃度と流量

年度	左岸側 BOD <sub>5</sub> (ppm)	年平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	左岸側 BOD <sub>5</sub> 負荷量 (gr/s)	BOD <sub>5</sub> =2.5 ppm		BOD <sub>5</sub> =4.0 ppm	
				を保つに必要な流量 (m <sup>3</sup> /s)	を超過する確率 (%)	を保つに必要な流量 (m <sup>3</sup> /s)	を超過する確率 (%)
昭34	2.12	260*	550	220	53.3	138	6.7
40	1.84	298	549	219	33.3	137	5.0
45	1.86	298	554	222	33.3	139	6.7
50	1.59	298	475	190	22.5	119	0.0
55	1.77	298	528	212	28.4	132	3.3

\* 経済企画庁使用値 (昭33~34)、他は昭30~39の平均値

表-4 鳥飼大橋における BOD<sub>5</sub> 負荷量、濃度と流量

年度	昭40	昭45	昭50	昭55
BOD <sub>5</sub> 負荷量 (t/d)	63.5	64.5	54.2	56.0
平均流量 (m <sup>3</sup> /s)	293	293	293	293
BOD <sub>5</sub> 濃度 (ppm)	2.50	2.54	2.14	2.21

表-2 から見ると、BOD<sub>5</sub> 負荷量は昭和45年まではやや上昇するが、それ以降は相当減少すると予想される。表-3 からは、枚方左岸地点のBOD<sub>5</sub> 濃度については、今後これを年平均で2.00ppm以下に保ち得るし、上水道原水としての要望月平均値2.5ppm、同最大値4.0ppmを越える確率は、それぞれ22~33%、0~6.7%となって大いに改善される。また表-4 から、鳥飼大橋での年平均BOD<sub>5</sub> 濃度は常に2.5ppm以下に保ちうることになる。これらの表中に記したBOD<sub>5</sub> 負荷量は、各地点より上流にある淀川水系全域からの分を集計したものであるが、このうち前記の3地域だけの合計について見ると、BOD<sub>5</sub> 負荷量は昭和40年の58.7t/dを昭和45年で56.9t/d、昭和45で46.3t/dに減少させる、すなわち除去率をそれぞれ55%から69%、85%に向上させることを必要とし、中でも特に京都市域ではこの除去率をそれぞれ53%から79%、90%と大幅に増大させなければならないことになる。また、3地域の全排水流量のうちでなんらかの処理を要する流量の百分率を示すと(カッコ内は京都市域分のみ)、昭和40年で39%(50%)、昭和45年で66%(80%)、昭和55年で90%(99%)となり、3地域全体での管きょ・処理施設の建設費は、やや低めに概算しても昭和45年までに約

500 億円、昭和 55 年までには約 1 500 億円となり、年間で約 100 億円の投資が必要となる。ここに、抜本的な大規模の下水道・処理場計画の樹立と財源措置とがいかん緊急事であるかがわかるのである。

上記の計画が実現すれば、処理区域の面積は昭和 45 年に 9 300 ha に、昭和 55 年には 22 400 ha にひろがることになるが、なるべく行政区画にとらわれず、流域ごとに合理的、経済的な下水道とその終末処理との計画を実施し、その前提として、淀川の水質保全を十分に考慮に入れた土地利用方策を先行的に策定しておくようにしなければならない。また、こうした下水道、下水・廃水処理施設に要する巨額の費用は、従前の負担率のもとでは地方自治体や私企業だけの財政でまかない切れぬ恐れがある。ゆえに、この淀川の水質保全の重要性と特殊性にかんがみ、国庫補助率、起債わくの拡大、その他の助成措置を、国としても、また府県としても上下流の対立意識を捨てた協力態勢のもとに、真剣に熟慮すべきではなからうか。つぎに今後における宇治川、琵琶湖、桂・木津両川の上流部における開発の進捗を考えると、これらについても早く調査を開始してさらに水質規制を強化し、また水質管理の権限が各種の機関に分散している現状から見て、水質保全の実効を期するために諸機関相互の連絡を密にし、関連法規の調整をはかるなど、水質管理体制をさらに強化する必要がある。また昭和 55 年には下水・廃水の淀川への総流入流量が淀川流量の 15%にも達するような大量となることを思えば、これら処理するための技術の研究・向上を促進し、合理化すれば経費面でも大いに節減しうることになる。特に産業廃水は多種多様であり、その処理についての研究と技術的・行政的指導とをさらに強化しなければならない。一方では、前記のように河川の自浄作用についても研究を推進し、また各種水道における浄水技術の向上もはかるべきである。また上流ダムの築造によって洪水時の水をため、平・渇水流量の増加をはかることは、治水・利水上のみならず水質保全上の希釈作用にも大いに役立つ。河川の流量の安定化をはかり、流路を整備することは自浄作用にもきわめて有益であるから、いわゆる水量的な水資源の開発が水質的にも大いに役立つことを認識すべきである。

以上のうち、淀川に関する報告は前記の「淀川水質汚濁防止連絡協議会」から依頼されて演者らが行った調査・研究の結果<sup>9)</sup>を、さらに再検討の上要約したものであり、これについては他の演者、近藤、津田の両博士によってそれぞれ専門的な立場からの講演が続いて行なわれるが、演者としてこの調査・研究にさいして多大の援助を得た近畿地方建設局(坂田 中局長)、近畿圏整備本部(藤野良幸調査官)、京都市その他関係諸機関の各

位、および演者の研究室の井上頼輝助教授、寺島 泰助手などに深謝の意を表す。また現今の日本では、こうした調査・研究が必要とされる公共水域も多いと考えられるので、本報告が大方の参考となれば演者の喜びはこれに過ぎるものはない。

(筆者・正会員 工博 京都大学教授)

## 2. 水質汚濁とその浄化

近 藤 正 義

水道用原水としてのあるべき水質基準、ひいては、水源が汚染された場合の浄水管理についての演者の知見や見解はすでに発表されている<sup>9)</sup>が、まず原水が汚濁された場合の浄水方式の差による影響を一般的に論じるとつぎのようになる。有機性汚濁物質が原水中に増えると、緩速砂ろ過方式ではこれの抑留・除去効果が大いなので、安全であるといえるが、それだけ早く閉塞して砂層の削取りの回数が多くなり、維持費がかさむ。そこで粗ろ砂を用い、ろ速を早くすればよいと考えやすいが、これでも過することは、ろ過後の水質上非常に危険がともないやすい。また 2 重ろ過法にも一定の限界があると思われる。原水濁度がきわめて高くなった場合には、凝集沈殿で前処理することがあるが、これでは砂層内に有機性汚濁物質が凝集状態で残留し、DO が不足するとさらにこれが嫌氣的に分解し、砂層内に沈着していた鉄やマンガンを還元・溶出させ、水質を悪化させることもある。つぎに凝集剤やその助剤を加え、フロックをつくった後これを沈殿させ、さらに急速砂ろ過にかけるという方式では、元来生物学的ろ過機能がないので浄水効率そのものは落ちるが、ある程度は濁った原水の方が処理しやすいという点もある。沈殿後でろ過する前の水質の基準といったものも、すでに考究されている。さらに有機性汚濁度の高い原水に対しては、あらかじめ微生物を殺滅・消毒し、有機物質を酸化させるために、不連続点注入法を目安とした前塩素処理を行えばよいが、適切な凝集補助剤を使用することも、適格な沈殿後水を得るために必要となる。

大都市などで上記の緩・急速ろ過の両方式による浄水施設を併用しており、しかも原水汚濁が顕著となった場合、アンモニアは緩速では除去されるが、急速では除去されない。ゆえに前者につながる配水管での残留塩素は遊離形、後者からのそれは結合形となり、一つの配水系統で、この両方の管が結合する末端では残留塩素がなく

なる。また原水中にマンガンがあると、それが微量であっても急速ろ過では除去されず、これが緩速ろ過からの遊離形残留塩素と配水管内で接触し酸化されると、発色して水が約 300 倍の色度を帯びようになる。緩速ろ過でも、これで除去される限度以上に原水中のマンガンが増えると、砂層中に沈着してから溶出したり、あるいは除去不能となったりする。このように、原水の汚濁は浄水処理を困難にし、給水栓の末端にまで悪影響およびすものである。

つぎに演者はほぼ 40 年間にもおよぶ自己の体験から、淀川の水質汚濁の最近の進行状況を、水道用原水や浄水処理の立場から批判した。淀川右岸流は鴨川・桂川系の汚濁を受けるために汚れるから、自浄作用を考えてできるだけ下流の柴島で取水し、左岸流は木津川水の希釈を受けてそれほど汚れていないので、上流の楠葉・庭窪で取水する、といった大正時代からの考え方はここ数年間で変えざるを得なくなった。大阪市庭窪浄水場は昭和 32 年に開設され、昭和 34 年ぐらいまでは上記の予想通りであったが、昭和 37 年以後の濁水づつきにより、表 1 に示されたように、ここでの原水は昭和 39 年では昭和 34 年の 3 倍もの 6 ppm という BOD<sub>5</sub> 濃度に達し、ときには柴島原水の汚濁度を上回るという事態も生じた。柴島で前塩素注入施設を設置増強していく過程の間に庭窪が計画建設されたので、柴島での苦難をくり返さないために庭窪では計画的に余裕を見て合計 10 ppm の塩素注入施設を設け、そのうちの 8 ppm までを前塩素処理用に使っていたが、汚濁度が増えたためにこれでは追いつかなくなり、前処理だけで 10 ppm を上回り、ときには 20 ppm も注入を要する事態となった。現在 25 ppm まで注入しようように施設を増強中である。

汚濁された淀川右岸流がその左岸流に悪影響をおよぼす度合は、本流の流量いかんによる。枚方地点でもともと確保されていた 135 m<sup>3</sup>/s の流量は、昭和 37 年末に 90 m<sup>3</sup>/s を割るという状態になった。これ以下になれば左岸流が極度に汚濁の影響を受ける。また右岸流の汚濁度は京都市の下水・し尿処理状況に支配されるが、特に下水道へのし尿流注時間のサイクルが、柴島における原水質にまで影響を与えている。また左岸流では、直接流入の汚濁源が増えたために、24 時間内に二つの山を持つような水質変動が生じてきている。すなわち、6 時間の間に原水質が最悪から最良の状態に変わり、これがくり返されるので、こうした変動に合わせて適正な前塩素注入を実施しないと、その後の浄水操作が全部狂ってくる。そのための作業上の困難性、労働量の増加が、施設の増強費や維持管理費の増加とともに大きい支障を与えている。水道原水の水質基準は、浄水方式によっても、またその管理状態によっても変わってくるが、その汚濁

度がどれほど高くなっても浄水できるというものではない。これについては、演者の参画している委員会が検討した上で、そのうちに厚生省へ答申することになっている。(筆者・理博 前大阪市水道局水質試験所長)

### 3. 汚水生物と水質

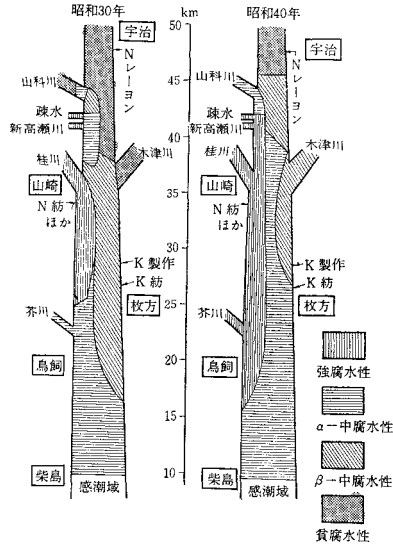
津田松苗

水の汚濁と自浄作用、および下水・廃水の処理などに関して生物が果たす役割りはきわめて大きい。生物学者が汚濁現象を研究するさいには二つの立場がある。

第一の立場は生物学的な水質判定ということであって、1907~1908 年ぐらいからドイツの R. Kolkwitz が研究を始め、だんだんと発展して今日におよんでいる。すなわち水質汚濁の様相や程度の相違によって、そこに棲息する生物が異なってくるので、顕微鏡により、場合によっては肉眼でも微生物やそのコロニーがすぐに判定でき、ひいてはその場所がどのような水質階級に属するかの判定に役立つのである。この方法は、化学分析のような定量的な値ではないが、たとえば BOD<sub>5</sub> の測定には 5 日間の日数を要するといったような手間や時間を省き得る点に特長がある。またこのように環境が生物に影響を与えることを action と呼ぶ。

第二の立場は、こうした生物が逆に水質を変えようという面についての研究である。生物が水を浄化するように働けば、これが公共水域における自浄作用になるわけである。下水・廃水処理における活性汚泥法の場合の曝気槽の中では、種々の好気性細菌が下水中の有機物を食物として摂取し、これを酸化すると同時に自己の細胞内に吸収同化してエネルギー源とし、また摂取したものの一部は低分子の有機物や無機物として水中に放出し、こうして浄化に役立つのである。これには Zooglea という微生物が活性汚泥の主体を占めて主役を果たし、またつりがねむし (Vorticella) などの原生動物が補助的に働く。また散水ろ床法では、砕石ろ材のまわりに Zooglea などを主体とする薄い生物膜が生育し、これに接触した水中の有機物が除去分解され、膜が肥厚するとこれはめくれ落ちて沈殿池で除去されるといった浄化機能を発揮する。河川流路中でも活性汚泥施設や散水ろ床施設、あるいは沈殿池といった役割りを果たす部分があるので、河川自体も一種の下・廃水処理場であると考えてよい。しかし、また沈殿汚泥が厚く堆積するところでは嫌気性分解をする。この部分は汚泥消化槽のような役をしてい

図一 生物相よりみた淀川水質の変化



ることになる。水制間では酸化池や酸化みぞと同様な浄化作用が行なわれる。また水草や大形の藻類は固形物をスクリーニングし、ひっかかったものの一部は落下するが、一部は微生物の作用で分解されることになる。このような生物の働きが、川の自浄作用の最大の部分を占める。そして一般にこのように生物が環境に影響を与えることを reaction と呼ぶ。

つぎに淀川本流についての action を調査研究した結果を図一に示して解説する。昭和40年の冬と10年前の30年とにおける水質階級の分布状態を対比した図一から、この間に汚濁がいちじるしく進行したことがわかる。貧腐水性水域では、生物指標としてケイソウ、緑ソウ、ミジンコ、プラナリアなどが出現するが、一番清浄であるこの上流水域が、ここ10年間でさらに上流へと後退している。すなわち、山科川、疎水、新高瀬川の汚濁が増えたために、現在では本流の左岸にまでその影響がおよんでいる。同様にそれぞれの生物指標で判定し、汚濁の進む順に階級を分けて述べると、現在は木津川とその合流後の左岸よりまでがβ-中腐水性水域となり、本流のその水域はずっと上流に後退し、かわりにα-中腐水性水域がさか昇っている。また上記の各右支川に加えて、桂川、芥川の汚濁が進んだために、強腐水性水域は中流部右岸沿いに長くひろがり、現在では鳥飼と柴島との中間地点でも水わた(Sphaerotilus)の発生が肉眼で認められる。BOD値などは採水のときにおける水質を示すのにとどまるが、上記の指標生物は積分的、平均的に正直に水質の状態を示すわけである。しかし定量的に表わすために、図中に例示した4階級に対応するBOD<sub>5</sub>濃度値を示すと、それぞれ10.0、5.0~10.0、2.5~5.0、0~2.5ppmとなるが、図一と前の筆者らによって示

された各地点でのBOD<sub>5</sub>の実測値とはよく一致していることがわかる。

つぎに自浄作用については、まず京都市の下水が流入する加茂川にはすでに水わたが出現し、これにZoogleaや原生動物がくっついている。前者は細菌で溶存した有機物を摂取するが、後者は小さくても口があるので固形物を摂り、これらの働きで浄化が進むが、イトミミズやユスリカの幼虫はまたこれらを食べ、その一部は排せつするがやはり浄化に役立つ。しかし細菌、微生物などの小形のものの方が、浄化に大きい役割りを果たす。水生植物は有機物は摂らず、チッ素やリンの化合物を摂ると同時に、水中の炭酸ガスを取り、これを太陽光線のエネルギーによって光合成し、成長していくが、そのさいに酸素を放出する。この酸素は、空中から水面をとって溶け込んでくる酸素とともに、好気性微生物の増殖に大いに役立つ。この光合成作用による酸素の供給量はばく大なものと推測される。また微生物のコロニーは粘質のものが多いので、これは汚濁物質をくっつけて除去し、貝や海綿類には汚濁水を飲んでろ過して出すといった物理的な浄化作用もある。一方桂川合流点より下流の緩流部では、上流から流れてきた有機性浮遊物や水わたが沈積して黒色の底質となり、水流が強くなると舞い上って流下し、庭窪や柴島の水道原水を大いに害なう。しかしときには中流部の所々に滞留し、特に水制の間に多量に沈積する。水制の間の水域は酸化池のようになって、そこで浄化も進む。川における水自体の滞留時間は短かく、したがって、また自浄作用を受ける時間は短かいようにみえるが、その間に生成された汚泥の滞留時間は、必ずしも短かくない。ただし、これがたまり過ぎないうちに増水時の掃流によって一挙に海まで運ばれる、といったことのくり返しが行なわれているのである。ただし、こうした自浄作用の限度を越えて汚濁度が極度に進めば、破滅的な事態を生ずるのである。

(筆者・理博 奈良女子大教授)

#### 4. 下水処理と水質

北村 誠 一

都市下水道の計画・建設・運営に当たっている者としての立場から、下水道や下水・廃水処理施設を整備して汚濁物質の放流を抑制することと、放流先水域自体に対して、拡散・混合・流送・自浄作用などを考慮した妥当な対策を持つこととの二つが併用されなければならないと

考える。下水道については、個人の生活圏をとりまく狭い地域社会、せいぜい拡げてこれを包含する都市圏域の福祉向上のためであり、ゆえに都市の固有業務であるという考え方がわが国で採られ、下水道法などでそうした観念が盛られている。ところで、西欧の事情を歴史的に顧ると、国情によっても異なるが、19世紀から下水道が発達し、水洗便所からこれへの放流が許され、一応衛生状態が改善された。ところが、都市が形成され、産業が発展したために、単なるセズプール式の下・廃水処理だけでは公共水の汚濁を防ぎきれなくなったので、高級処理法が開発され、今世紀に入ってからこれが大いに普及発達した。現今の日本は先進国の一つとしてその文化を誇っているが、下水に関するかぎりいまだに前世紀的な観念から脱しきれず、公共水の汚濁防止のためであるという後者の立場からの認識が、官民ともに根本的に欠けている。

前者の立場からわが国では自己負担で便所の水洗化が進められることが多いが、不完全な浄化槽を通してその辺の水路にやたらに放流されると種々の障害が起こる。各戸が設置する浄化槽の費用に戸数を乗じると、その分だけの下水処理場の建設費よりも高価につくし、水路の汚濁を防ぐ意味からも、まず公共下水道をつくり、終末処理場を設けるという方針を採るべきである。前者の観点からでは、大下水幹線や、全工費の2~3割を占める処理施設は不要であるが、後者の立場からは絶対にこれが要請され、ひいては水資源の質的確保という点で各種産業の発展にも役立つのである。

各種の保全・規制に関する法規が施行されていても、良くなるどころか悪くなっているというわが国の水質汚濁の現況は、上記のような認識の不足以外にも、国土、風習の特性による点が多い。まず、河川は短小で中央山脈から四周の海岸線へ直交して流送し、総雨量は多くても平・潟水量は少なく汚濁に対する一つの難点となっている。また、人口密度は250人/km<sup>2</sup>でオランダの350人/km<sup>2</sup>よりも少ないが、国土の8割を占める山林を除き、残り2割の面積当りの人口や生産額を考えるとおそらく世界最高の集中率になるのではないか。河川は急流として平地へ出るが、さらに下流の沖積層地帯は低地が多く、外国のように浸食河川とはならず、堤防も高くなるので内水排除に苦心するが、こうした地帯に人口・産業が集中し、その排水は感潮河口部に出て停滞し、汚濁をさらに進行させることが多い。し尿を農肥とした古来の習慣は、一面では田畑が酸化池や浸透池として働いたために、公共水域の直接的なし尿による汚濁の防止に役立った。戦後の化学肥料の普及により、農肥としての需要が減ったくみ取りし尿に対して、消化処理法や化学処理法による施設が多数設置されたが、不完全な施設

や完全であっても維持管理が不十分な場合には、これらの放流水は新汚濁源となるので特に注意を要するのである。欧米では、水洗便所の放流水は必ずしも全部処理されていないし、下水道の普及率もまだ十分でないところもある。しかし水質汚濁が進行しないのは、全く上記のような人口密度や河川の状態がわが国と異なっているためであり、逆にいえばわれわれはそれだけ固い決意を持ってこの問題に対処し、不健康な水や魚から国民を守らなければならない。

つぎに計画上の問題に触れると、雨天時の希釈放流による公共水域の汚濁防止という面から、アメリカではほとんどの州が合流式下水道を禁止し、イギリスでもこれを分流式に改造したり、積極的に分流式を奨励している。わが国では処理を考えなかった時代から敷設されたために、既設分のほとんどは合流式である。普及率が下水道で16%、下水処理施設で8%程度にあるわが国では、将来分流式を極力採用すべきであるといえる。しかし、地下埋設物の多い狭い街路に二重に管きょを埋設したり、地形上勾配がとれず河川に直接放流しにくい平地都市が多いことから、今後とも両方式を併用する形で進んでいくであろう。合流式での雨天時放流の流量倍率は、晴天時流量の2~3倍とされるのが常であるが、欧米ではこうした放流点の下流に遊泳水域がある場合、放流時に警報を発しているところもある。アメリカでは使用水量が1000 l/d/人にもなるが、その2~3倍量までは高級処理をするし、イギリスでは、晴天時流量の3倍までは高級処理をし、それ以上6倍量になったときの放流水には、少なくとも2時間程度の沈殿処理をしている。わが国では、放流先の河川流量自体が、上流の利水によって減っていくという現状にあるので、処理場を大規模にしたり、合流式管きょ内の雨天時下水も処理した後に放流するといったことが必要となるであろう。その後者については、雨水吐の直前にたとえ15~30分間程度でもよいから沈殿槽を置くとか、さらに雨水吐からの放流水をもう一度しゃ集きょで集めて雨水沈殿池に送るなどの対策があるが、竣工後のこうした改良工事には困難をとまうので、今から用地やポンプ場について余裕をとって計画しておかねばならない。

つぎに、水質の保全や規制に関する行政上の問題を述べる。下水処理場の放流水質は下水道法で、また工場廃水のそれは保全法、規制法によって定められているが、季節の変動まで考慮した放流先の状態やその利水状況によって一律に論じ得ない。一般に、放流水質規準は放流先の状態、水質をチェックしながら自主的に規制していくのが本来のあり方であり、下水の高級処理で放流水のBOD<sub>5</sub>が20 ppmと定まっているからといって、放流先の流量が放流水の7倍程度あって希釈されることを立前

としたこの値を、どこでも採用してもよいというものではない。たとえばイギリスの Mogden の 27 自治体の組合立処理場では、これを 6.5 ppm に保っている。自主的規制といっても、一水系に下水も工場廃水も流入する場合は、一つの統一された監視管理の機構がなければ実効があがらない。欧米で採用されているこうした機構は、わが国でも水系別に早急に設置されなければならない。また BOD や SS に限らず、たとえば Zürich のように、放流先の湖水を富栄養化させないためにチッ素やリンを除去したり、わが国でも最近とりあげられているように、ABS 洗剤による処理上の阻害や発泡の防止に努力を要することもある。

特に団地などの小規模処理場の場合、下水・廃水の流量や水質の変動がはなはだしいので、処理効率は平均的にいちじるしく低下する。合流式の場合は、ピーク時の水をいったん管きょ内で貯留するという対策もあるが、その中で SS の沈殿・腐敗がおこるので好ましくない。そこでピーク時を標準として処理容量を大きくし、流量の少ない場合には放流水を大量に返送してバランスをとればよいが、その際には栄養が不足して困る。ゆえに、もし施設してあれば、消化槽の脱離液や、汚泥の脱水分離液を混ぜたり、前記の雨水沈殿池をピーク時の汚水調整池に一時転用し、ここから汚水を徐々に補給・混合すればよい。こうした方法はイギリスで採用されているが、全酸化方式の活性汚泥法や酸化みぞなどを用いるのもよいと思われる。しかしこれらを一本化し、大規模の処理場にすれば、流量、水質ともに平均化され、処理効率も向上する。これを押し進めると流域下水道、その終末処理場という形になるわけで、経済的にも安くつく。イギリス、ドイツ、アメリカの諸国では、小規模施設では汚濁防止の実効があがらないので、まとめて組合立の大規模施設をつくるように国としてもこれを奨励し、財政的にも援助するようになってきた。大阪府、東京都など、わが国でもこうした計画が立案・実施されているが、単に便所の水洗化を進めたり、工場廃水の処理に利用するという考えだけではなく、公共用水域の汚濁を防止するという面から、国としてももっと強力な助成策を講じてもらいたいと思う。

最後に、水質汚濁防止のためには、下・廃水の処理だけに頼らず、公共水域自体においても対策を実施しなければならないことを強調したい。たとえば、浄化・維持用水の確保、そのための平・湧水流量の増加、ひいては上流水資源の水量的開発、既存の他の利水で不要となったものの転用のほか、臨海地域では、オランダでやっているように海水を汲み揚げてこうした用途に利用したり、水門の開閉によるフラッシュ効果を期待するなどの方策がある。また実際効果については検討を要するが、

河川水そのものを曝気して DO を加えたりすることもある。少なくとも、定期的にしゅんせつして底泥を除去することは当然必要である。

(筆者・正会員 大阪市下水道部長)

## 5. 質疑応答と討議

**Q** は質問、**A** は答え、**D** は討議の略号、カッコ内は発言者の姓(ときには名も付記、敬称略、判明分のみ)として、主要なもののみをつぎに略記する。

**Q**: 表-3 中の 枚方地点で BOD<sub>5</sub> を 0 とするための必要流量、そのときの負荷量と確率とは。

**A** (岩井)・**D** (藤野良幸): 調査全域内で、現時点で最も良心的な処理が昭和 55 年に実現するとして表-3 の結果が出たのであり、また通常の清流でも BOD<sub>5</sub> は 1~2 ppm 程度はあるので、これを 0 とするのは元来無理である。琵琶湖の現在の調整能力では、冬から春への湧水時には 100 m<sup>3</sup>/s を下回るような放流しかできないことにもよる。

**Q** (岩井): 上流の各ダムの将来開発による流量の増加は。

**A** (藤野): 高山・青蓮寺・室生の各ダムができたとして、平均 7 m<sup>3</sup>/s ぐらいだが、これは希釈に少しは役立つ。表-3 で 4.0 ppm の BOD<sub>5</sub> を 97% の確率で維持するには 130 m<sup>3</sup>/s が必要である。一方昭和 45 年までに約 50 m<sup>3</sup>/s の用水量の増加が下流で予定されている。ゆえになんとかもっと開発しなければならない。

**D** (岩井): そこでその水を一番近い琵琶湖からパイプ送水すればよいという考えも出てくるが、元来河川には汚水を希釈・流送・自浄作用するという役目もあるので、あまり上流で過度にこうした安易な手段を講じると、極端に言って、宇治付近までが隅田川や道頓堀川のようになるという恐れを生じる。むずかしい問題である。

**D** (藤野): 4 ppm の BOD<sub>5</sub> でも、下流の環境上あまりきれいな水といえない。今から敗退主義に立つよりも、今後の下水・浄水処理技術の向上をも期待し、できるだけ汚水を処理して本流に放流し、その原流量を減らさないようにするべきだ。

**Q** (松尾新一郎): 淀川本流の堤外地に開きよで悪水路を設け、京都の下水を大阪湾まで直接流送すれば、1500 億円の半分以下の建設費で解決するのではないか。



A (岩井): 水源を上流に求めたり、汚水処理をする以外にそうした案もあるが、これのみでは結局条件のよくない大阪湾へ出す放流口付近が極度に汚濁し、漁業補償は済んでいても、環境上は最悪となる恐れがある。それを固執すれば、大阪市の下水処理も不要となるのではないか。もちろん上述の三つの方式の組み合わせは今後研究すべきであるが。

D (藤野): 沖合までその放流水をパイプで流送処分しても、袋状の大阪湾内の海流、潮流の状況から汚濁物質の蓄積はまぬがれない。日本人は、その動物性たん白質の平均摂取量 25 gr/d/人 のうち、60% を水産物でまかなっており、欧米人なみに総量として 45 gr/d/人 にまであげようとし、人口も増えつつある現今では、水産業の振興という面でも障害が生ずるであろう。

Q: 淀川上流域の下・廃水処理施設の実現の可能性は。

A (北村): 与論により<sup>11)</sup>、下水道関係事業の国庫負担金は、従来の6大都市に適用されていた建設費に対する1/4から、京都市だけが1/3までに増やされたといっても、残り2/3はなんらかの形で自己負担金によらねばならない。また、20 ppm のBOD<sub>5</sub>で放流するという前提では、将来さらにこれを厳しく低下させ、イギリスにおけるように3次処理まで必要になるという事態を生じると思われるので、建設費はさらにかさむであろう。しかも現今のようにこうした事業は都市の固有業務であると国が考えているようなことでは、下流側が応援するにしても京都市などに負担がかかり過ぎ、その実現は大いに危まれる。河川管理という面も考え、もっと大局的な見地に立たなければ成功しないであろう。

Q: 財源を国庫に求める以外に、受益者負担という方向もある。外国ではどうか。

A (北村): 水質汚濁防止のためではなく、便所の水洗化のために下水道事業を行なうという見解のある限り、受益者負担金や使用料金に頼るという風潮は改められない。上記の財源や財政補助としての国庫補助に依存してきた時機では、いまだに水質汚濁、水資源の涸渇といった事態が深刻ではなかった。最近でも、知識人の中でいまだにこうした見地に立っている者が多いのはなぜかわしい。欧米では下水道は昔からあり、地形上、ポンプ動力費のような維持管理費もあまりかからない。ゆえに使用料さえ徴集せず、固定資産の付加税でまかなって

いる所が多い。新開発の団地や小都市の場合は、土地代に含めたり、使用料を集めることもあるが、それでも上水道の1/3程度の率が多い。ただし、ドイツの地域のように、上水道、治水、地盤沈下対策工事や大気汚染防止策までを込めて、国法による官・公・民の合同組合で下・廃水関係事業を行なっているところでは、その地域の住民福祉と産業振興のために、各組合員機関の負担金で全額をまかなっている。

D (松尾): これは日本の税制や地方自治の様態とも関連し、河川、道路工事でも同様な問題がある。

Q: 発電水力における逆調整池のようなものを、下水処理前に設け、流量変動を平均化しては。

A (北村): 前述の雨水沈殿池の転用案のように、そうした必要が生じると思う。ただし、下水処理場の現在の設計基準の改訂が必要であり、また、臨時的で後日廃棄するようなものであっては困る。

最後に松尾新一郎理事により、土木学会関西支部としては今後この種の問題を大いに取りあげ、会員各位が一層の研究を重ねてその解決に当らうではないかという主旨の閉会の辞があった。

#### 参考文献

- 1) 東京大会(第2回国際水質汚濁研究会議)報告, 同日本国内運営委員会編, 土木学会発行(昭40)
- 2) 岩井重久: 水質汚濁, 防災ハンドブック, p. 783, 技報堂(昭39)
- 3) 岩井重久. 鬼塚正光: 臨海工業地先水域の汚濁の予測と規制に関する調査研究, 土木学会第20回年次学術講演会講演概要, II, p. 132-1(昭40.4月)
- 4) S. Iwai and S. Nambu: Evaluation of Self-Purification of Short Streams, Tech. Rept. of Eng. Research Inst., Kyoto Univ. 11, 10 (No. 87, 1961)
- 5) 岩井重久: 長柄可動堰の嵩上げによる上流水質の変動の推定, 水処理技術, 4, 5, p. 1(昭38.5月)
- 6) 岩井重久: 淀川水系の水質保全について, 土木学会誌, 48, 7, p. 42(昭38.7月)
- 7) 岩井重久: 淀川水質の将来, 第2回下水道研究発表会講演集, p. 94, 日本下水道協会(昭40.8月)
- 8) 淀川水質汚濁防止連絡協議会: 淀川—その水質の将来(資料), (昭40.5月)
- 9) 日本水道協会第16回全国水道研究発表会シンポジウム速記録: 水源汚染と浄水管理, 水道協会雑誌, No. 371, p. 34(昭40.8月)
- 10) 津田松苗: 汚水生物学, 北隆館(昭39)
- 11) 全国市長会編: 下水道と財政, 日本都市センター内同会(昭36)

(参考文献とも、文責: 岩井重久)

## 東京大会(第2回国際水質汚濁研究会議)報告

本書は昭和39年8月24~29日に日本で開かれた第2回国際水質汚濁研究会議の全ぼうを紹介した報告書です。この会議には世界各国より600名余の人々が参加し、3部会にわかれて48編の論文が紹介されました。本書ではこの48編の全論文の抄録をすべて紹介してありますので文献としての価値もきわめて高いと思いますのでぜひ一読下さい。

体裁: B5判 160ページ 本文 8ポ 2段組 定価: 500円(送料共)