

水質汚濁 その展望と問題点

大阪府公害監視センター 主幹 永井 勉 夫

生産活動に伴なう必然的汚濁論は、最近の公害問題に対する関心の高まりとともに、漸く影を潜めつつある。従来、経済との調和あるいは経済優先の感があった公害対策も、環境破壊と人体への健康障害が続発するにおよんで新たな角度からの対処を強いられている現状である。

最近の河川海汚濁の特徴として、都市周辺地域における汚濁の拡大が目立つが、これらは工場の進出、臨海工業地帯の造成に基づく工場排水の流入とさらに宅地開発による住宅下水も加わった結果であり、それらが相混じって複雑な水域汚濁をもたらしている。

水質汚濁をもたらす物質は、多種多様でありそれによる被害も画一的ではないが、あえてその影響を考慮して大別すると、有機物質と無機物質さらにその他（浮遊物質、油類等）に分類される。

現在、我が国の水質基準は全国的に水域保全の目標とされる環境基準（昭和45年4月21日公害対策基本法に基づく閣議決定）と個々の水域での実状に応じて定められた排水基準（昭和37年4月24日以降水域を指定し、各水域で問題となる物質を排出源で規制）がある。

前者の環境基準（第1表参照）には

(1) 生活環境にかかる基準

公共用水域について、pH、BOD、浮遊物質（SS）、溶存酸素（DO）、大腸菌群の基準が設けられ、さらに45年9月1日以降河川、湖沼、海域の個々の水域について、その利用目的に応じた等級分類を行ない、同時にその水質基準を達成するための目標期間を定めた。

(2) 人の健康にかかる基準

全国一律河川海を問わずシアン、アルキル水銀、総水銀、有機リン、カドミウム、鉛、六価クロム、ヒ素の有毒有害物質につ

いて基準値を定めた。即時実施

以上の基準は何れも単一物質の基準であり、各種物質による複合汚染例えば数種の微量金属による同時汚染については、今後の検討課題となろう。

1. 有機汚濁

有機物質を排出する汚濁源としては、工場排水では食品、繊維（加工）、製紙、化学等の諸工場があげられるが、我々の生活に起因する家庭下水（尿尿、食堂、洗濯等の雑排水）も大きなウエイトを占めている。

1. 1 有機汚濁の指標

現在、各種の汚濁源から排出される有機性物質は動植物体の主な構成物質である炭素系化合物を主としており、これが水域に流入し、炭酸ガスと水に分解される過程において、水質に種々の汚濁現象を起させる。この場合水に溶解あるいは懸濁した種々の有機性物質の各々を個々に測定定量するには、時間的にも技術的にも困難であり、また意味も少ない。むしろ汚濁の意義を評価する点においては、比較的簡易な方法でもって、しかも自然界の汚濁現象を把握するのに好都合な指標として BOD（生物化学的酸素要求量）、COD（化学的酸素要求量）が用いられている。

1. 1. 1 BOD とその測定

BOD とは主として炭素系の有機化合物が河川に流入した際、水中の微生物（バクテリア、プランクトン）によって分解されるが、この分解時には微生物の酸素要求が高くなる現象に着目して、酸素の要求量の測定値から逆に有機物量を概測するわけである。従って BOD が高いと水中の酸素や空気から溶け込む酸素を消費し河川を腐敗させ、硫化水素等の悪臭ガスを発生

させる。

実際の BOD 測定においては空気を遮断したふ卵びんに酸素を飽和させた検水あるいは蒸留水で希釈した検水を充滿し、これを20℃ 5日間静置し、その前後の溶存酸素量の差が BOD ppm となる。BOD は微生物反応であるためバクテリア等の繁殖を妨害しないように検水をあらかじめ中性の pH 7.2 前後とし、さらに5日間ふ卵中に pH がほとんど変化しないよう緩衝液を加え、また無機栄養素のマグネシウム、カルシウム、鉄あるいはリン酸、アンモニウム塩を添加しておく。もし検水中に反応を妨害するような毒劇物が存在すれば正しい値が得られない。妨害物質として重金属による例をあげると、ふ卵びん中の濃度として水銀イオン(二価)は0.1 ppm が混入しても正しい BOD 値の77.5%の値しか得られず、銅イオンでは1 ppm で54.5%、鉛、亜鉛では各々10 ppm で55%前後となりさらに銅、鉛、亜鉛、カドミウムの各1 ppm の混合液の BOD は21.8%となっている。

このようなことから排水中の BOD 試験の適否について種々論議されているが、もともと BOD はこれが水域に流入したとき、どの程度水中の酸素を消費するかを知るためのものであるから、BOD 標準試験法の希釈法によった場合、水域と同様に大量に希釈されるため、重金属等の害が無視し得る濃度となることが考えられる。しかし排水中に多量の金属イオンを含む場合には、その前処理として検水に強酸性陽イオン交換樹脂 (AG 50Wダウ CO, 20~50メッシュ) を10 g/立程度加え、約15~30分攪拌し、その上層液を検液とすれば上記の各金属は除去され正常の BOD 反応を呈するようになる。

工場排水特に有機化学排水の BOD 測定において若干問題となるのは Time lag である。通常工場排水中には微生物がほとんど存在しないため、その植種に一般下水、河川水を数 ml 添加するが、有機化合物を含む排水のうちその化合物の種類によっては容易に BOD 反応が進行しないことがある。これについては左合、¹⁾ Young²⁾らは数10種の物質について生物学的分

解の可能性を検討し、BOD と TOC (理論的酸素要求量) の比から a) 容易に分解されて BOD を示すもの、b) 多少の Time lag があるが分解されるもの、c) ほとんど分解されないもの等に分類し、a) は TCA サイクル中の物質と同一か近縁の低分子量の物質でクエン酸、コハク酸、酢酸、グルコース、安息香酸等であり b) は化学構造上からみて分解され難いかあるいはその毒性のため微生物の活動を一時抑制するものでグリセリン、酒石酸、マレイン酸、エチレングリコール等で c) は毒性が強いためかあるいは化学構造上非常に安定であるためでアクリロニトリル、ピリジン、三級ブタノール、ABS 等であると述べている。BOD は一面以上のように排水の生物学的処理の可能性を判断することができるが、上記の a) は BOD 測定時の植種においても、排水処理においても容易であることが示されるが b) については BOD の測定時、排水にあらかじめ他の分解し易い炭素化合物、適当な無機栄養素を添加して微生物の馴化のための培養を行ない、測定時にこれを用いることにより、あるいはまたすでにこれらの排水が流下した下流水域の水を植種に用いることにより、適当な BOD 値が得られよう。これら物質の排水処理¹⁾については、下水処理における汚泥を種汚泥として使用することが効果的であるとされている。

BOD 測定はすでに述べたように希釈法が標準であるが、やや測定操作が面倒であるため、これらの簡易化として化学的操作によらず発生炭酸ガスをアルカリで吸収させ、その減圧をマノメーターで測定し簡易に BOD を求める方法が行なわれ、また同様の原理により消費された酸素を水の電解により、供給し、その通電量から BOD を自動化測定する方法もある。この外 BOD 測定の迅速化のためふ卵温度を上昇させ短期間にこれを求める研究も行なわれているが、20℃ 5日間が世界的に標準とされている。

1. 1. 2 COD その他

COD は酸化性薬剤を使用し、酸性あるいはアルカリ性(共存塩素量の多い場合)下に加温し、加えた薬剤の分解度から有機物量を測る方

法であり、簡易迅速に有機物の概量を知ることができ、また排水処理においてもその可能性を容易に知ることができる等の意義があるが、微生物の常在する水域の酸素平衡を考慮に入れた指標とは本質的に異なるため汚濁物質としての意義は少ない。しかしある種の水質では BOD との相関性が高いこと、測定操作上の利便から我が国の排水水質基準として江戸川、木曾川、加古川等の河川水域や四日市、大竹岩国等の海域に採用されている。なお酸化性薬剤として我が国では過マンガン酸カリウムが、米国では重クロム酸カリウムが標準法として用いられている。

有機物質の測定法として以上の外に、最近 TOC (全有機性炭素化合物) が迅速自記測定法として登場し、これは有機物質を燃焼させ生じる炭酸ガスを赤外吸収法によって求めているが測定時間が前処理に 10 分、測定に 15~60 分、BOD との相関性³⁾から自動監視用としてポートマック川で実験検討されまた多摩川、淀川にその設置が検討されているが、測定値は BOD の数分の一となり、測定誤差が 20% 程度とされていることの他に COD と同様河川の酸素消費と関連してその理論的追究が必要であろう。

1. 2 有機物質の自浄作用

古くから水三尺流れれば清くなると伝えられる。三尺程度では實際上、役に立つわけではないが、この作用を自浄作用といい、水域の浄化、不測の汚染事故防止に役立っている。

ここで有機物質を BOD とし、それが河川中に流入したときの BOD の減衰状況を考慮して行なった実験結果は、第 1 図に示すように指数関数的な減少を示す。

BOD の減衰については、Phelps その他の研究により次の一般式が与えられている⁴⁾。

$$y = Le^{-K_1 t} \dots \dots \dots (1)$$

ここに y : t 日後の BOD (残留)

L : 最初の日 BOD

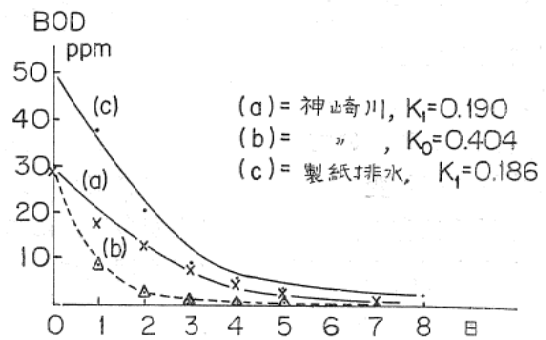
K_1 : 速度定数 1/日

K_1 については当府下の河川水の大和川、寝屋川、神崎川等ではほぼ 0.15~0.25 を示しており、測定日や測定地点付近に流入する汚濁源の

量、質により若干の差異はみられる。

ここで、工場排水を河川に放流する場合、流下中にどの程度 BOD の分解が期待されるかをみるには、流入地点においてその排水の河川水による希釈 BOD を算出し、(1)式を利用し、流速によって求めた流下時間 t により計算する。 K_1 は 0.2 程度とすればよい。

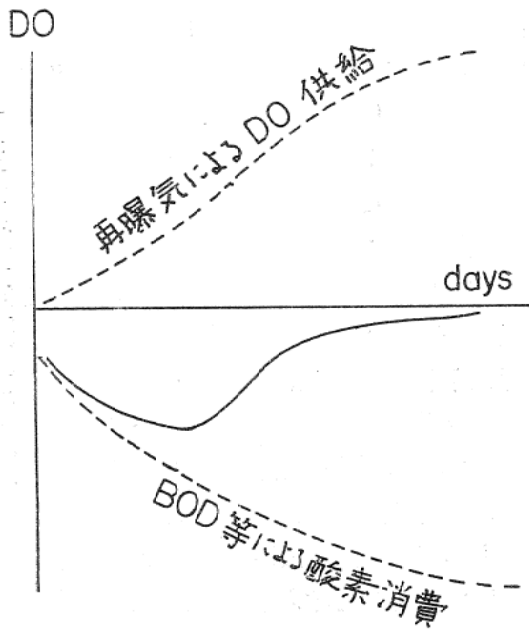
感潮河川における BOD の減衰は吸着、沈降等の系外排除を考慮すれば、特に大きくなるものと考えられる。第 1 図に示す神崎川の速度定数で (a) の浮遊物質を含んだ BOD の定数は 0.190 (K_1) であるが、同一試料の (b) の汙液のみの定数 (K_0 にほぼ相当) は約倍の 0.404 を示し、これはもし河水停滞が長時間にわたる場合の状況を示唆するものと考えられ、(b)-(a) は浮遊物質の吸着沈降による減衰 (最大) を示すものと思われる。しかし一面吸着等による BOD 減衰は底質 (ヘドロ) 汚染となり、河川水の酸素量によってはややもすると嫌氣的となり、かえって分解を長期化させ、腐敗臭発生の原因となるなど見かけ上の自浄作用に終る恐れがある。



第 1 図 BOD 減衰曲線

河川域から悪臭を発生せしめないように快適な環境を維持するには、河川水が好氣的であることが望ましいが、そのためには BOD による酸素消費が大気中からの酸素供給以下であることが必要である。好氣的条件における BOD と酸素消費の関係を示す Oxygen Sag Curve (第 2 図) は Streeter らにより次式に表わされる⁴⁾。

$$D = \frac{K_1 L}{K_2 - K_1} (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) + D_0 e^{-K_2 t} \dots (2)$$



第2図 Oxygen Sag Curve

ここで D : 溶存酸素不足量
 K_2 : 再曝気係数
 t : 流下日数
 Da : 最初の溶存酸素不足量

(2)式により河川固有の流況(流速, 河床勾配等)において好氣的に保つべき BOD 量を求めることができる。

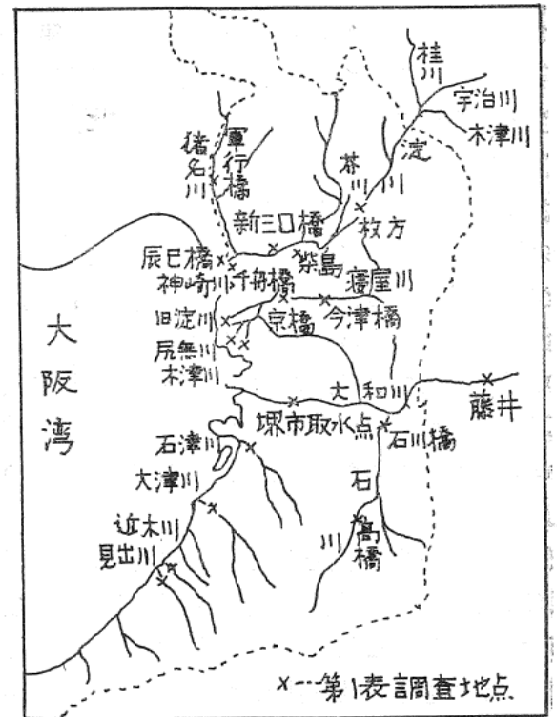
1. 3 有機汚濁の現状

有機汚濁については, かなり以前から測定され水域の経年変化等も明らかにされている。汚濁と云えば有機汚濁を指すことが多い。ここでは上水水源, 水産用水, 環境保全用水について述べる。

1. 3. 1 上水水源

古くから良質の水に恵まれた我が国だけに, 最近の急激な水質汚濁の状況は公衆衛生上, これが対策に当る水道関係者を憂慮させている。

上水水源の環境基準は BOD 3 ppm 以下となっているが, 大阪府下の淀川, 猪名川, 大和川では何れも基準を超過している。(第1表) 淀川のように河川巾が大である場合, 水の混合も悪く枚方大橋の例のように左中右岸別に水質差が示される。この地点には上流部から木津川, 宇治川が流入し沿岸の工場排水, 下水の影響を受けるが, 特に右岸では京都市からの汚濁水を



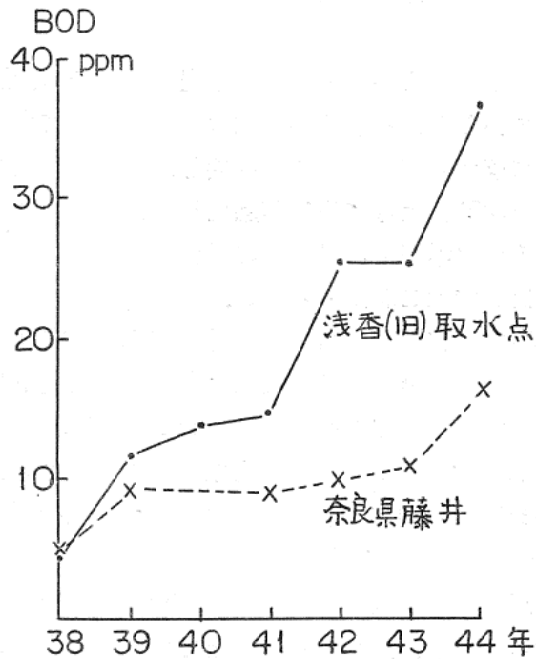
第3図 大阪府下河川図

もたらず桂川により, ほぼ倍に近い数値となっている。淀川は下流の柴島地点までの左右岸で大阪府市, 兵庫県各市の上水水源を取水しており, 水量は他河川に比べて比較的豊富なことからその依存度は高く, また琵琶湖からの放流量も多くを望めないため, 水質保清の要望も特に強くなっている。

猪名川軍行橋は豊中市, 伊丹市の上水取水点であるが, BOD は 13.4 ppm で相当な汚濁度を示し, 上流部の工場排水や宅地開発による家庭下水の流入によるもので環境基準内に入るには抜本的な努力が必要であろう。

大和川の汚濁は近年特に大となり, 塚市浅香取水点で BOD 18 ppm に達する状況で, 上流部の奈良県流末藤井においても 16.5 ppm を示すように奈良盆地, 大阪府下の各種汚濁源が原因となっている。これら汚濁源のウエイトについては寝屋川水域への流出による河川流量の減少や自浄作用による BOD の流出減少率を考慮すれば奈良県からの汚濁は40%程度, 大阪府下の左岸から流入する畜舎汚水, 家庭下水が40%工場排水が20%と計算される⁹⁾。大和川はもともと農村地帯を流下する河川であったが, 最近

は都市近郊地域としてその開発が急テンポとなり、それにつれて汚濁の上昇も甚しい。第4図に示すように昭和38年当時のBODは奈良県藤井、大阪府浅香(旧)取水点とも4~5 ppmであったのが、6年後の44年には、16.5 ppm、36.0 ppmと4~7倍にも達している。このような急カーブの汚濁上昇は全国的にもまれであり、まさに水道水源としては放棄寸前の状況となっているが、このため堺市上水道は淀川から水道水を受水し希釈により、漸く飲料水としての水質を保持している。なお本河川は環境基準決定の際あまりの汚濁のためか水道用から脱されており、また浄化のため奈良、大阪両府県とも広域下水道を計画中であるが、いまだ調査段階であり汚濁の回復は早急には望めない。



第4図 大和川BOD経年変化

この外、工場排水を主とする汚濁例は木曾川における毛紡績、紙パルプ排水による名古屋市水道の汚染、遠賀川では洗炭排水により、財田川(四国)では和紙製造工場排水により、加古川では染色、紙パルプ排水によるBODが下流の水道水源に悪影響を与えており、これらについては大阪府下の各河川と同よう水質保全法による指定水域となり排水の水質規制が実施されている。

以上に述べたような上水水源におけるBOD

の高値は、浄水場における汜過作業や塩素消毒を困難にさせ、処理に要する薬品量の増加をきたし、取水点の移転、設備の改善等技術的にはもとより経済的にもその費用を高騰させる原因となっている。

1. 3. 2 水産用水

有機汚濁の影響を受ける水域としては、河川湖沼などの淡水域と内湾河口などの浅海海域にわかれる。

淡水域においては、サケ、マス、アユの産卵遡上が障害されるとして石狩川、常呂川、江戸川、加古川などで問題となり、パルプ、化学、醸造、食品等の工場排水によるものが多く、BODの外有機性の浮遊物質も一因となっている。

河口内湾の沿岸では藻場の形成、稚魚の生育など水産上の生産性により魚場の価値は高く評価されているが、この点主要工業地帯の輸送、用水の確保などと立地条件を用じくするため、排水下水に基づく海域の汚濁は水産被害を頻発させている。主な被害としては、仙台湾、東京湾、駿河湾奥部、伊勢湾奥部、大阪湾奥部などの有機汚濁に基づく魚獲の衰退、ノリ魚場の放棄また瀬戸内海沿岸各地のタイ、エビなどの高級魚の減少などが報告されている⁶⁾。

内湾の汚濁状況を大阪湾に例をとると、第5図に示すように湾奥部の沿岸沿いに芦屋市から堺市付近までのA海域ではCOD 6 ppm以上で強く汚濁されており、ついで神戸港から高石市までのB海域では5 ppm以上で汚濁海域となり、一の谷から岸和田市に至るC海域では汚濁の影響が認められる海域(プランクトン発生による二次汚濁を含む)となっており、D海域ではほぼ正常となっている。以上のように湾奥部を中心とする同心円状の汚濁分布を示すが、これらは汚濁源として計算したBOD負荷量において大阪湾全域560 ton/日のうち神崎川付近から33%、大阪市河川沿岸から30%、西宮付近からは5.6%となっているように湾奥部からの汚濁が大なることやまた湾奥部の海流が0.23 Kt/h程度で汚濁の拡散が小なこと等によって示されたものと考えられる。

基準（環境）が要求される。

$X_5 =$

$$\frac{[D_T - D_0 - D_0 e^{-K_2(T)t}] [K_2(T) - K_1(T)] [1 - e^{-K_1(T)t}]}{K_1(T) e^{0.02(T-20)} [e^{-K_1(T)t} - e^{-K_2(T)t}]} \dots\dots(3)$$

ここに D_T : $T^\circ\text{C}$ における DO 飽和量

D_0 : 臭気発生限度 2 ppm

$K_2(T)$: $T^\circ\text{C}$ における K_2 , $K_2(T) = K_2 e^{0.7(T-20)} c_r = 0.018$

$K_1(T)$: $T^\circ\text{C}$ における K_1 , $K_1(T) = K_1 e^{0.8(T-20)} c_h = 0.046$

t_5 : 日数 5 (BOD 試験のふ卵日数)

t : 汚濁源からの流下日数

2. 無機汚濁

ここに云う無機汚濁とはシアン、水銀、カドミウムあるいはメチル水銀等の有機物質と結合した劇毒性物質を指す。

無機性物質による汚濁は有機性物質によるものとは対照的に、そのほとんどが工場排水によるものであって、メッキ、電気機器等の金属製品工場の外化学、石油製品、皮革工場等から排出される。無機性物質は有機性物質と異なってその大部分は分解されず長期にわたって蓄積し何らかの害をもたらす点で本質的な相違がみられる。

2. 1 無機汚濁の現状

現在まで、水質汚濁に関する人の健康にかかる公害事件は、飲料水のみならず各種の飲食物を通じて、長期間低濃度で連続的に摂取された例が多く、イタイイタイ病では微量のカドミウムが飲料水あるいは農業用水を介して米、農産物に蓄積されそれらの長年にわたる摂取が原因とされ、水俣病では微量の有機水銀で汚染された魚の長期間摂取に基づく発症であって、さらに限られた地域社会の食習慣やイタイイタイ病のように十数年以上居住の経産婦にみられる等の環境要因もあげられる。

一方都市域では上記と異なって汚濁源が複雑で、劇毒性物質の生体への移行の過程や人体への影響度も明らかでなく、今後の研究にまつところも多いものと考え。

以下に主として人の健康にかかる物質につい

て河川海の汚濁の現状を述べる。

2. 1. 1 シアン

メッキ工場のシアン浴から突発的に大量のシアン液が河川に流失し、その猛毒性のため魚類の浮上死をきたし、下流の上水道の取水を停止した事件は何回となく報ぜられている。大阪の大和川においても数年前、同様の事件が頻発し、水域基準の不検出（分析法の感度0.05 ppm）の数倍に当る最高 0.6 ppm を検出し、本川へ至る水路を閉鎖して上水水源への流入を防ぐ等応急対策を講じた。これらの事故とは別に、通常の操業時排水基準の 1 ppm をオーバーする工場排水もかなりあり、寝屋川上流部の住道大橋で 0.55 ppm、思智川で 0.20 ppm（何れも45年9月調査）を検出する等、魚類の棲息し得ない水域となっている。

ただしシアンについては水域中に往々シアン分解菌が存在し、その分解能は地点によって若干の相違はあるが、大和川の例では冬季を除き初期濃度 0.2 ppm のとき24時間で75~100%、1 ppm で50~90%となっている。従って不慮の事故の際には24時間程度の滞水時間を与えれば実害を大巾に減少させることができる。

2. 1. 2 カドミウム

イタイイタイ病の所見について厚生省の発表では発症に至るまでの初期にまず腎臓障害にかけ、やがて尿細管が侵されてカルシウムの吸収が不能となり、さらに悪化する。また別の報告では動物、人間の肝臓、脾臓、甲状腺に濃縮され、植物や動物の組織に入った場合その組織 1 kg 中に 1 mg 含有されるまで残留する⁷⁾。厚生省は群馬県安中市外 4 カ所の地域を要観察地帯に指定し、工場排水で 0.1 ppm、水利用地点で 0.01 ppm、玄米 0.4 ppm の外に大気汚染に基くカドミウム汚染を含め汚染対策を進めているが、これらの地域は何れも鉱山あるいは製錬所の周辺地域となっている。

一方都市近郊のカドミウム汚染源はメッキ、電気、顔料等の工場によるものと考えられ、第 1 表に示すように大阪府下の各河川海水域では環境基準の 0.01 ppm 以下ではあるが、0.002~0.009 ppm が検出されている。水域では微量ではあるが、農業用水として都市水路を利用

第1表 大阪府下河川水質調査成績

(生活環境項目44年平均値
人の健康項目45年7～9月測定値)

水利用上の分類	調査地点生活	生活環境にかかる基準							人の健康にかかる基準				備考	
		類型	達成期間	pH	BOD ppm	SS ppm	DO ppm	大腸菌群 MPN/100ml	達成期間	カドミウム ppm	鉛 ppm	ヒ素 ppm		
上水水源	{淀川 猪名川 石川}水域	B		6.5~8.5のこと	3	25	5	5,000	即時	0.01	0.1	0.05	基準は全水域とも同一 シアン6価クロム総水銀を検出せず	
	淀川 枚方大橋	5年以上で速やかに		7.8	4.85	20	8.40	280×10³		検出せず	0.03	検出せず		
	左岸			7.3	4.80	18	7.44	420×10²		—	—	—		
	中央			7.3	7.71	20	6.66	330×10³		検出せず	検出せず	検出せず		
	右岸			7.2	4.23	20	7.04	69×10³		—	—	—		
	柴島 左岸			7.2	4.18	19	6.79	180×10³		0.003	0.01	検出せず		
	右岸			7.9	13.4	24	7.76	556×10⁴		検出せず	0.03	0.002		
	猪名川 軍行橋	上 同		7.9	6.2	46	9.15	204×10²		0.002	0.02	検出せず		
	石川, 石川橋	上 同		6.5~8.5	5	50	2	—						
	大和川 水域	C	5年		7.6	16.5	32	7.37	44×10³		—	—		—
	大和川 藤井				7.5	17.9	32	6.49	440×10³		検出せず	0.01		0.002
	〃 堺市取水点													
都市環境その他	{神崎川 寝屋川 大阪市 内河川}水域	E		6.0~8.5のこと	10	—	2	—						
	神崎川	5年以上で速やかに	新三国橋	6.8	36.0	41	0.9	206×10³		〃	0.10	0.002		
			千船橋	7.0	20.7	27	0.6	107×10³		〃	0.10	検出せず		
			辰巳橋	6.9	34.9	40	0.1	113×10³		0.002	0.17	0.001		
	寝屋川	上 同	今津橋	6.2	57.7	59	0.4	735×10²		検出せず	0.17	0.001		
			京橋	6.7	50.0	45	2.1	288×10⁵		0.002	0.03	0.001		
	[大阪市内河川]	即時	旧淀川(天保山)	7.3	4.6	—	3.1	334×10²		検出せず	0.04	0.002		
	尻無川(福崎)		5年内	7.1	11.3	—	1.4	635×10²		0.002	0.06	0.001		
	木津川(千本松)		5年以上で速やかに	7.1	18.8	18	0.5	667×10²		0.003	0.02	検出せず		
	[泉州河川]	末指定	石津川(石津川橋)	7.1	67.5	47	—	541×10²		0.002	0.04	0.001		
	大津川(堅並橋)		8.2	5.4	30	10.32	40×10³		検出せず	0.04	0.004			
	近木川(近木川橋)		6.7	79.6	35	1.01	60×10²		〃	0.04	0.001			
	見出川(鶴沢橋)		5.9	152.5	170	2.36	100×10³		〃	0.04	検出せず			

- 注 1) 府下各試験研究機関の調査成績から抜すい。
 2) 生活環境にかかる基準の類型は、45年9月1日、各河川水域に指定。
 3) 類型 AA, A, B は水道, 水浴, 水産 Cは水産, 工業用水 Dは農業用水 Eは環境保全

する農産物（米、野菜）からカドミウムの相当量が検出された最近の東大阪一带の事件は、現在なお調査段階であるが、今後全国的にも問題となろう。水産については大阪湾内産のこのしろ、ぼら、さば等魚体中のカドミウム濃度は0.02 ppm以下との調査成績（45年8月大阪府公衆衛研）があるが、後で述べるように重金属類を比較的多く含有する底質汚泥（ヘドロ）が湾内に拡散するに従い、プランクトンやこれによる魚介類中の濃度の増大がないとは否定できない。

2. 1. 3 鉛

鉛は電気機器製造を始めとして全ゆる産業にも利用されているが、人体に入った場合神経筋肉の障害等の慢性毒物として危険視される。河川中の濃度は0.01~0.17 ppmを示し、水域によっては基準値0.1 ppmを上廻っており、海域を除いたほとんど全河川に検出されている。農、水産物への影響についてカドミウムと同ようさらに追究されるべきであろう。

2. 1. 4 ヒ素

鉛と同様慢性毒物として古くから有名で手足の発疹、肝臓、心臓病等の疾患をもたらす。汚濁源としてヒ素含有硫酸排液の流入や農薬の混入によるものと思われ、基準値0.05 ppm以下であるが0.001~0.004 ppmが検出されている。なお過去に井水から基準値の数倍以上が検出され、地質調査の結果ヒ素含有鉱物から溶出したものと判明したことがある。

2. 1. 5 水銀、アルキール水銀、クロム

水銀は一般水域では、ほとんど検出せずその最高は0.007 ppm程度であるが、工場排水により以外に農薬による影響もあろう。自然界では毒性の高い有機水銀（アルキール水銀）に転化すると云われているが、最近浮田ら⁸⁾は水銀イオンが生物界に広く存在するメチルコバラミンのメチル基と反応し、容易にメチル水銀を生ずることを実験的に証明し、非生物的な反応による結果としている。

アルキール水銀は大阪府下の河川海では検出されていないが、大阪湾の魚体中では0.007~0.03 ppmを検出し第二水俣病の阿賀野川調査

時の魚体中の最高5.0 ppmと比べるとはるかに低値であった。しかし一般に魚体中に蓄積されることが多いとされている。

クロムはメッキ排水、金属パイプの防蝕処理水に含まれ、前者からは突発的汚染のため上水道の急速汙過では除去されず給水に混入した例があるが、一般の河川海域ではほとんど検出されていない。

2. 2 底質中の重金属

大阪湾海域の底質の調査成績（第2表）にみられるように、水質にはほとんど検出されなかった地点でも、底質には相当量が検出されている。神崎川河口では総水銀1.82 ppm、カドミウム5.3 ppm、鉛46.4 ppm、ヒ素22.2 ppmを示し、ついで大阪港関門の順になっており、上流部の汚濁源の存在が推定される。泉北港口では底質中の各濃度はそれ程大でないが、沖合（約8,000 m）ではかえって高値を示し、汚濁底質の拡散が伺える。

底質中の高濃度は水質から移行蓄積したものであって、このメカニズムについて現在検討中であるが、カドミウムについて云えば水域のpHに応じて一定の溶解度で存在し、一部は水

第2表 大阪湾海域の水質、底質の調査成績
（主要点） 単位 ppm

地 点	総水銀	カドミウム	鉛	ヒ素	
泉北港口	水質	検出せず	0.007	検出せず	0.003
	底質	0.371	検出せず	2.2	1.46
大阪港関門	水質	検出せず	0.007	検出せず	0.001
	底質	1.321	2.00	12.8	12.27
神崎川河口	水質	検出せず	0.004	検出せず	0.001
	底質	1.818	5.30	46.4	22.17
泉北港沖	水質	検出せず	0.009	0.02	0.002
	底質	0.735	0.80	25.6	0.06
泉佐野沖	水質	検出せず	0.008	検出せず	0.002
	底質	0.324	0.30	11.6	6.64

<備考>

(1) シアン、有機リン、6価クロムは全地点とも水質、底質に検出されていない。

(2) 底質の ppm は試料の乾燥状態における換算値。

酸化物を形成するが、これらは浮遊物質に吸着されその量に応じた吸着率が示される。水域においては浮遊物質の連続流入とあるいはその生成により底質移行量は大きで、その速度は指数関数的曲線で示される。都市水路のように有機物質が高い場合、沈降汚泥の腐敗により難溶性の硫化物を生成し、通常の水質ではほとんど再溶解しない。クロムは有機汚濁水中では三価クロムに還元されたのち、底質へ移行し、その速度は BOD 40 ppm 程度の河川水では $K_m=0.07$ /日 で 5 日間で約 50% の沈降率が示される。このように金属類の底質への移行は比較的速やかであるため、都市河川のような汚濁水域では水からの検出値は低い結果となっている。

3. その他の汚濁物質

下水、尿尿汚水から排出され、上水道の塩素消毒時クロールアミンの生成により塩素消費を多くさせるアンモニアは農業面にも稲作の徒長青枯れ現象を起させる。

化学、染色工場から排出され飲料水にクロロフェノールの嫌悪感を与えるフェノール類、飲料水の泡立ちや下水処理に障害となる合成洗剤河川の外観、底質を悪化させる有機無機の浮遊物質は、船舶から排出されノリ魚場を全滅させる浮遊油とともに水産業あるいはレジャー等にも被害を与えている。

おわりに

河川の絶え間ない流れや、広大な海は人類の生存に不可欠であったが、水の利用のみを図り回復させる術を怠ったわれわれは今高価な代償

を求められている。

水質汚濁の現状はすでに深刻であるが、さらに汚濁の多様化に伴ない手痛い打撃を覚悟せねばならないであろう。

近時農業の衰退を含め、産業構造の変化は、都市近郊への人口集中となって現われたが、社会環境上の政策の欠如や社会資本投下の甚しい立遅れが水質汚濁をより速に進行させたものと云える。

水質汚濁の防除は工場排水処理、下水道整備の緊急性にかかっているが、工場については無公害の生産システムの開発も必要であり、一方水質規制をたとえ強化しても負荷量の増大による水質悪化は避けられないため、負荷量を減少させるために都市計画の一環として立地規制の早急な実施が望まれる。

引用文献

- 1) 左合正雄, 山口博子, 下水道協会誌, **2**, 11, 20, 1965
- 2) R. H. F. Young, D. W. Ryckman, J. C. Buzzell, Jr, WPCF, **40**, 8, R 257, 1968
- 3) R. B. Schaffer, Jr, WPCF, **37**, 11, 1965
- 4) G. M. Fair, J. C. Geyer, Water Supply and Waste Water Disposal, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1959
- 5) 永井勉夫外, 大阪府立公衆衛生研究所報告, 公害編, **4**, 16, 1967
- 6) 竹内不二雄, 用水と廃水, **6**, 454, 1965
- 7) J. C. Mckee, Water Quality Criteria II. ed. 1963
- 8) 浮田忠之進, 水質汚濁研究に関するシンポジウム, JAWPR, 東京, 1971年3月