

大阪府における水質汚濁の現況とその対策

大阪府公害室水質騒音課 北川 直惟・松尾 明

はじめに

古来、大阪は政治、文化、商業の中心として栄え、現在もまた近代日本をささえる工業都市として、さらに一層発展が期待されている。

一方、大阪は「水の都」の言葉で象徴されているように、淀川をはじめ大小無数の河川が散在している。しかしながら、人口の集中化と工業の発展によって、それら河川を流れる水の汚濁は、神崎川・寝屋川等に代表されるように最悪の状態になってきており、人間生活の環境をも阻害するまでに至っている。

さて、ここでは大阪府にみるこれら水質汚濁問題について、汚濁の現況、法規制の変遷等を

考え、最後に工場排水処理技術の実際とその問題点について述べ、多少なりとも読者諸氏の参考になればと考える次第であります。

1. 大阪府下河川の汚濁の現況とその原因

大阪府下を流れる代表的河川と言え、大阪府民の上水道用水として、あるいは工業用水として利用されている淀川、大和川をはじめ、神崎川、寝屋川等があげられる。

これら主要河川および大阪市内河川の BOD 等、有機汚濁に関する経年変化は表-1 に示すとおりである。また図-1 は BOD の経年変化をグラフ化したものである。

表1 府下河川主要地点における水質（月1回、年間12回の平均値）の推移
（大阪府公害白書より）

(1) 淀川（大阪府水道部）

（単位：ppm）

調査地点	項目	昭和40年度	41年度	42年度	43年度	44年度	備考
桂川宮前橋	BOD	8.15	10.12	14.4	10.8	12.0	(分析担当) 大阪府水道部 水質試験所
	NH ₄ -N	1.25	1.35	3.10	2.33	3.35	
木津川御幸橋	BOD	0.85	0.85	0.70	0.94	1.00	
	NH ₄ -N	0.09	0.05	0.06	0.06	0.06	
枚方大橋右岸	BOD	4.77	4.49	4.96	4.85	5.52	
	NH ₄ -N	0.68	0.72	1.12	0.859	1.18	
枚方大橋左岸	BOD	2.27	2.51	3.25	3.18	4.37	
	NH ₄ -N	0.14	0.20	0.44	0.285	0.39	

(2) 寝屋川（大阪府河川課）

（単位：ppm）

調査地点	項目	昭和40年度	41年度	42年度	43年度	44年度	備考
住道大橋	BOD	23.6	24.2	30.3	34.6	52.6	(分析担当) 大阪市立衛生 研究所
	D O	2.5	1.9	1.4	1.7	1.2	
京橋	BOD	42.1	38.0	29.2	25.9	50.0	
	D O	1.8	2.6	3.5	4.5	2.1	

生産と技術

(3) 神 崎 川 (近畿地方建設局, 大阪市公害対策部)

(単位: ppm)

調 査 地 点	項 目	昭和 40年度	41年度	42年度	43年度	44年度	備 考
吹 田 橋	BOD	10.5	12.8	16.3	21.0	19.3	(分析担当) 大阪市立衛生 研究所
	D O	5.40	4.43	3.9	3.9	3.2	
辰 巳 橋	BOD	44.7	2.3	46.8	42.4	34.9	
	D O	0.3	0.8	0.03	0.05	0.1	

(4) 猪 名 川 (豊中市水道局)

(単位: ppm)

調 査 地 点	項 目	昭和 40年度	41年度	42年度	43年度	44年度	備 考
軍 行 橋	BOD	11.9	10.3	12.2	9.32	12.18	(分析担当) 豊中市水道局
	NH ₄ -N	0.63	0.55	0.95	0.90	0.802	

(5) 大阪市内河川 (大阪市公害対策部)

(単位: ppm)

調 査 地 点	項 目	昭和 40年度	41年度	42年度	43年度	44年度	備 考
堂 島 川 (天神橋右岸)	BOD	5.1	3.1	5.9	5.8	708	(分析担当) 大阪市立衛生 研究所
	D O	7.1	6.8	5.5	6.0	5.0	
土 佐 堀 川 (天神橋左岸)	BOD	17.2	7.4	16.5	19.2	32.0	
	D O	5.2	5.5	3.4	5.2	2.6	
道 頓 堀 川 (大黒橋)	BOD	20.7	18.5	20.1	17.2	34.1	
	D O	2.4	107	3.1	3.0	1.4	

(6) 大和川 (近畿地方建設局, 堺市水道局)

(単位: ppm)

調 査 地 点	項 目	昭和 40年度	41年度	42年度	43年度	44年度	備 考
国 豊 橋	BOD	6.6	66.6	9.4	9.0	9.0	(分析担当) 大阪府公害監視 センター
	NH ₄ -N	1.8	1.65	3.47	5.21	4.27	
浅 香 山 浄 水 場 (新 取 水 点)	BOD	59.6	10.89	15.11	17.62	16.13	(分析担当) 堺市水道局
	NH ₄ -N	53.0	3.25	4.0	3.26	4.36	

(注) 1. NH₄-N (アンモニア性窒素) 主として尿系の汚濁を示す指標で, この値が大きいほどその水質はし尿による汚濁の影響が大きいことを表わす。なおこれが上水道原水に含まれていると, 塩素消毒が十分行なわれないため, 多量の塩素注入を必要とする。

2. DO (溶存酸素)

水中に溶解している酸素量を示すものでこの値が大きいほどその水質は良好である。

これをもとに各主要河川についてその汚濁状況とその原因等について, 簡単に考えてみよう

1-1 淀 川

淀川は大阪府民の上水道源として最も多く利用されている重要な河川である。しかしながら, 最近10年間における淀川流域は徐々にではあるが悪化しつつある。これは BOD, NH₄-N

の経年変化を見ても明らかである。また多少資料は古くなるが, 昭和30年と昭和40年の淀川における生物相から見た汚濁状況を図-2に示す。

これを比較してみると, さらにその原因についてもわかりやすい。すなわち全般として淀川左岸にくらべ右岸の汚濁が著しいが, その原因

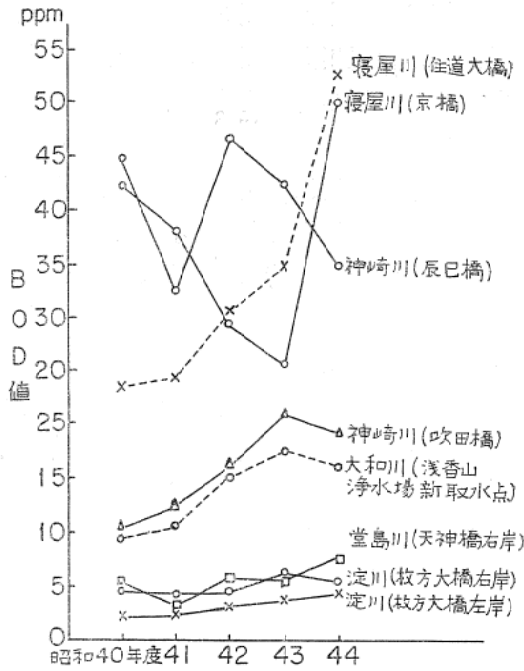


図1 府下河川主要地点における水質(BOD)の推移
(大阪府公害白書より)

(注) BOD (生物化学部酸素要求量)
水中の有機物質が、微生物の作用により分解されるときに消費される酸素の量を計ることによって、その水中の有機物質の量を求めるもので、この値が大きいほど汚濁していることを表わす。

は極度に汚濁された支川が右岸から淀川本川に流入するためである。このうち桂川は鴨川を通じ京都市中心部の家庭下水および工場排水を一手に受けて流入するため、淀川本川に対する汚濁の影響度合も大きい。

また、さらには京都山科地区を流域とする山科川、京都伏見地区を流域とする疎水および新高瀬川、大阪府高槻市を流域とする芥川が流入するが、これらの地域は近年急速に市街地化あるいは工業地化が進み、水質の悪化も著しく、淀川に対する影響も大きい。また、左岸については右岸ほどの汚濁を示していないが、枚方市周辺を流域とする船橋川、穂谷川、天野川等は近年特にその汚濁が目立っている。これも宅地開発や工業地域化等によるものが大きく影響している。

1-2 大和川

図-3 は昭和38年と40年における BOD 値変

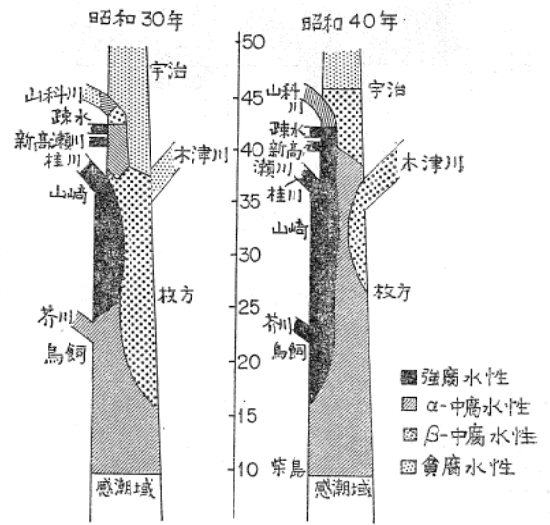


図2 生物相よりみた淀川水質の変化
(大阪府における公害施策概要より)

- (注) 1. 水中にせい息する微生物は、その環境に応じて微妙な消長を示すので、その生物を知ることによってその環境(水質、汚濁源の位置、汚濁の影響範囲)を知ることができる。
2. 強腐水性……どす黒くて藻の発生もない。バクテリア、細菌が発生する。
α 中腐水性……藻が大量発生し、浄水場の浄化効率を妨げる。鯉、鮒が棲息できる程度。
β 中腐水性……蛙が棲息でき、鯉、鮒が多くなる。
貧腐水性……藻の発生は少なく、飲用しても下痢しない程度。昆虫、あゆなどが棲息でき、水道原水用に達している。

化を図式したものである。また昭和44年のデータをもとに同様の作図をしてみると、図-4 のようになる。

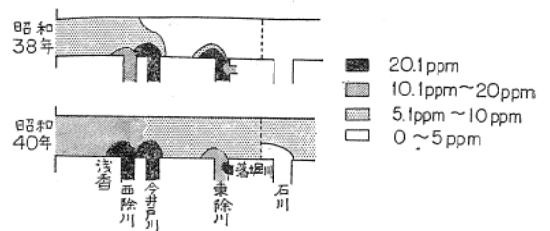


図3 大和川におけるBOD値の変化
(近畿地方建設局資料より)

この図から判断すると、上流部においては奈良県の影響が大きく、下流部においては西除川

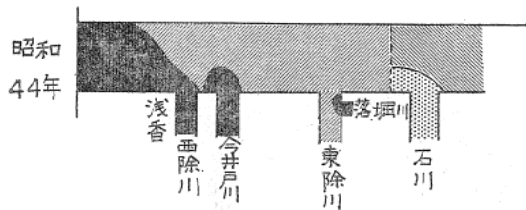


図4 大和川におけるBOD変化

(注) 本図は大阪府公害室がとりまとめた昭和44年の大阪府下河川等水質調査結果に基づいて筆者が図式化したものである。

今井戸川等の影響が大きい。

また大和川の $\text{NH}_4\text{-N}$ の経年変化をみると毎年相当大きく増加しており、家庭下水の影響が大きいことを示している。さらに下流部における汚濁の大部分をしめていると考えられる西除川、今井戸川流域は住宅開発が進み、大規模な養豚場等畜産関係事業所が多く、これらの排水の影響は見のがせないものがある。

1-3 神崎川、寝屋川および大阪市内河川
神崎川は淀川から派生する全長約20kmの1級河川で、大阪府と兵庫県の境界を流れ、大阪湾に流入する。神崎川に流入する主要河川には茨木市周辺地区を流域とする安威川があり、さらにはその下流部で合流する猪名川がある。

また、寝屋川は中小企業の密集した東大阪を貫流し、大阪市内河川に流入する。このため寝

屋川の汚濁は大阪市内河川に与える影響は大きい。神崎川、寝屋川両河川の汚濁の原因は各流域に存在する工場の排水と家庭下水によるところが大きい。

また大阪市内河川は全川が感朝河川であるため、常に滞流、逆流をくり返し、これが水質の把握を困難にすると同時に水質汚濁の大きな一因となっている。

1-4 泉南諸河川

泉南地域においても最近では工場、住宅の建設が進み、各種の汚濁源が増大している一方、下水道の未整備や河川流量のとばしいことなどが重なって水質は悪化しつつある。昭和42年度における測定結果から主な河川の汚濁度を見ると大津川では BOD 5.4 ppm, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.68 ppm と比較的良好である。春木川は BOD 42.9 ppm, $\text{NH}_4\text{-N}$ 8.97 ppm と著しく汚濁が進んでいることを示している。また壱井川は BOD 37.0 ppm, アンモニア性チッ素 14.91 ppm と、その汚濁度は著しく高い。

1-5 汚濁寄与率

このように河川の汚濁は年々進み、その主な原因は工場排水と家庭下水が考えられる。表1-2は工場排水と家庭下水との河川別汚濁寄与率を示したものである。調査年次はやや古いが、

表2 河川別汚濁(寄与)率(BOD負荷量)

(大阪府公害白書より)

水 系		工 場 排 水	家 庭 下 水	全汚水の府県間の比率
淀 川	大 阪 府	5.9	4.1	大阪府：京都府=1：9
	大阪府・京都府	6.5	3.5	
寝 屋 川		3.5	6.5	
神 崎 川		4.8	5.2	
市 内 河 川		3.1	6.9	
堺 市 地 先 海 域		5.1	4.9	
大 和 川	大 阪 府	4.1	5.9	大阪府：奈良県=4.5：5.5
	大阪府・奈良県	2.0	8.0	
泉 南 地 先 海 域		8.2	1.8	
計		4.1	5.9	

(昭和39府12月 大阪府商工部公害課調)

河川の自浄作用を一応無視し、BOD 負荷量により汚濁源の寄与率を水系別に試算したものである。

2. 大阪府下における法・条例規制

2-1 水質保全法と工場排水法

戦後の日本産業の目覚ましい発展に伴って、水質汚濁に関する各種の問題が随所に発生したそれに対処するため昭和33年12月、公共用水域の水質の保全のために必要な基本的事項が定められた。また、本法は同時に制定された工場排

水法や鉱山保安法、下水道法等の関連法規の運用統一を図る狙いもあった。そして水質保全法の主要眼目は指定水域の指定と水質基準の商定である。

大阪府下では、淀川が昭和38年1月に本法の指定水域に指定され、さらに大和川、淀川下流神崎川上流、同下流、寝屋川および大阪市内河川が次々と指定され、それぞれの水域に都市河川方式によって水質基準が設定された。

水質保全法の指定水域に指定されると、その水域内の汚水排出者は前に述べた関連法によ

表3 人の健康に係る環境基準

項目	シアン	総水銀	アルキル水銀	有機リン	カドミウム	鉛	クロム(6価)	ヒ素
基準値	検出されないこと。	検出されないこと。	検出されないこと。	検出されないこと。	0.01 ppm 以下	0.1 ppm 以下	0.05 ppm 以下	0.05 ppm 以下
測定方法	日本工業規格K0102 (以下この表及び別表2において「規格」という。) 29.1.2および29.3に掲げる方法	ジチゾン吸光度法(別表1の備考で具体的に記載することとする。)	昭和43年7月29日経済企画庁告示第7号に規定するガスクロマトグラフ法および薄層クロマトグラフ分離ジチゾン比色法	規格23に掲げる方法(ただし、メチルジメトンについては薄層クロマトーモリブデナム青法)	規格40に掲げる方法	規格39に掲げる方法	規格512に掲げる方法	規格48に掲げる方法

備考

1. 基準値は、最高値とする。
2. 有機リンとは、パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトンおよびE P Nをいう。
3. 薄層クロマトーモリブデナム育法とは、次のものをいう。

試料 200mlを分液ロートにとり、おのおの50mlのクロロホルムを用いて3回抽出し、クロロホルム層を集め、0.5mlに濃縮する。シリカゲルを用いて厚さ0.5mmの薄層プレートをつくり、その下端から約2cmのところを両端を約3cmずつあけて試料濃縮液0.1ml (Pとして0.5ugを含む。)を直線状に添付する。

Rfの確認のため、両端の部分にメチルジメトン標準品の 100 ug/mlクロロホルム溶液 1滴ずつを添付する。クロロホルムとメタノールを15:1の割合で混合した液を展開溶媒として展開し、展開後プレートを風乾し、両端の部分に塩化パラジウム試液を噴霧する。メチルジメトンのスポットに相当する中央部分のシリカを三角フラスコに集め、メチル、ジメトンをメタノールで抽出して分解フラスコに集める。

少量の水と過塩素酸と硫酸を4:1の割合で混合した液 0.5mlを加えて加熱分解を行なう。分解後7Nアンモニア水 3mlを加えて中和し、煮沸して過剰のアンモニアを除去する。この液を目盛付試験管に水で洗い移して全量を8mlとする。モリブデン酸試液 1ml、イソブタノールとベンゼンを1:1の割合で混合した液 5mlを加えて2分間ふりませる。イソブタノール+ベンゼン層 3mlを別の試験管に移し、硫酸酸性エタノール液 2ml塩化錫試薬 0.4mlを加えて発色させ、630 mμにおける吸光度を測定する。りん酸 2水素カリウムを用いて作成した検量線によってりんの量を求め、メチルジメトンに換算する。

4. 「検出されないこと。」とは、定量照明以下をいう。

なお、アルキル水銀の項目については、ガスクロマトグラフ法及び薄層クロマトグラフ分離ジチゾン比色法の両方法によってアルキル水銀を横出した場合以外の場合をいうものとする。

表4 生活環境に係る環境基準

1 河 川		基 準 値					該当水域
項目 類型	利用目的の 適 応 性	水素イオン濃 度 (pH)	生物化学的 酸素要求量 (BOD)	浮遊物質 量 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数 (MPN/100 ml)	
AA	水道一級 自然環境保全 およびA以下の 欄に掲げる もの	6.5 以上 8.5 以下	1 ppm 以下	25 ppm 以下	7.5 ppm 以上	50 ppm 以下	別に閣議決定により水域 類型ごとに指定する 水域
A	水道2級 水産1級 水浴およびB 以下の欄に掲 げるもの	6.5 以上 8.5 以下	2 ppm 以下	25 ppm 以下	7.5 ppm 以上	1,000ppm以下	
B	水道3級 水産2級 およびC以下 の欄に掲げる もの	6.5 以上 8.5 以下	3 ppm 以下	25 ppm 以下	5 ppm 以上	5,000 ppm 以下	
C	水産3級 工業用水1級 およびD以下 の欄に掲げる もの	6.5 以上 8.5 以下	5 ppm 以下	50 ppm 以下	5 ppm 以上	—	
D	工業用水2級 農業用水 およびEの欄 に掲げるもの	6.0 以上 8.5 以下	8 ppm 以下	100 ppm 以下	2 ppm以上	—	
E	工業用水3級 環境保全	6.0 以上 8.5 以下	10 ppm 以下	ごみ等の浮過 が認められな いこと	2 ppm 以上	—	
測定方法		規格8に掲げ る方法	規格16に掲げ る方法	規格 102.1に 掲げる方法	規格24に掲げ る方法	最確数による 定量法	

備考 1. 基準値は、日間平均値とする（湖沼、海域もこれに準ずる）。
2. 農業用利水点については、水素イオン濃度 6.0以上 7.5以下、溶存酸素量 5 ppm 以上とする（湖沼もこれに準ずる）。

(注) 1. 自然環境保全： 自然探勝等の環境保全
2. 水道一級： ろ過等による簡易な浄水操作を行なうもの
" 2級： 沈澱ろ過等による通常の浄水操作を行なうもの。
" 3級： 前処理等を伴う高度の浄水操作を行なうもの。
3. 水産1級： ヤマメ、イワナ等貧腐水性水域の水産生物用ならびに水産2級および水産3級の水産生物用
" 2級： サケ科魚類およびアユ等貧腐水性水域の水産生物用および水産3級の水産生物用
" 3級： コイ、フナ等、β-中腐水性水域の水産生物用
4. 工業用水1級： 沈澱等による通常の浄水操作を行なうもの
" 2級： 薬品注入等による高度の浄水操作を行なうもの
" 3級： 特殊の浄水操作を行なうもの
5. 環境保全： 国民の日常生活（沿岸の遊歩等を含む。）において不快感を生じない限度

て、工場・事業場を対象にして、工場排水法が自動的に適用になり施設の届出等の各種義務が課せられることになる。

2-2 大阪府公害防止条例

前項でも述べたとおり、水質保全法の指定水域に指定されているのは、大阪府下では大和川以北であり、泉南諸河川水域および大阪府の基幹産業が集中している堺・泉北臨海工業地は未だ法の指定を受けていないところから、大阪府では独自の公害防止条例を制定し、法適用外工場の規制を行なっている。府条例も水質保全法の制定以前の昭和25年8月制定されて以来幾度かの一部あるいは全面改正を行ない、新らしくは昭和46年3月に全面改正を行ない、従来の住民の健康と産業の発展との調和の理念を捨て、人間優先の理念にのっとり、汚水排出者および府等の公害防止責務を明らかにした。

2-3 環境基準

前章にも述べたとおり大阪府下の河川は、淀川を始めとして年々汚濁が増えつつあり、国も抜本的な対策として、工場排水規制のみならず公共下水道の普及およびその他の汚濁源規制を行なうため環境基準を設定した。これは将来その河川等の水質目標値を設定し、国・地方公共団体および汚水排出者が一体となってその目標値に近づけるよう規制等の施策を強化し、努力することにある。

この環境基準は2種に大別でき、国民の健康に係る環境基準と生活の環境に係る環境基準とである。前者は全国一律に基準が適用されているが、後者は現在水質保全法による指定水域に指定されている水域のみに限られている。表前頁34参照

2-4 水質汚濁防止法

従来の水質保全法の目的である国民の健康の保護と産業の相互調和を一步前進させ、国民の健康保護のみの理念にのっとり昭和45年12月水質汚濁防止法が制定された。これは未だ政省令が告示されていないので詳細については説明し難いが、汚水排出者に対する責務は水質保全法よりも大きなものとなっている。例えば、水質基準よりも上回る水質の工場排水を放流する

工場は、従来なら改善命令そして施設の一時停止といった具合に段階を踏んだのであるが、本法では直罰型式となり直ぐに罰則が課せられ、同時に改善命令、施設の一時停止が課せられることになる。

大阪府下において水質汚濁防止法の適用を受けるのは、現在水質保全法の指定水域に指定されている水域は勿論、泉州諸河川水域および堺・泉北臨海工業地域も本法の適用を受ける。

3. 排水処理技術

工場排水の処理方法は種々あるが大きく分けると物理化学的処理と生物化学的処理とになるが、そのそれぞれの単位操作等は表5のとおりになる。

次にそれぞれの単位操作について述べてみるが、今回は主に一般的に工場排水処理に良く採用されているもののみにとどめておく。重金属類および油類等の処理方法については次回の機会に述べてみたい。

3-1 物理化学的処理

3-1-1 中和

排水処理の基本ともいえる中和は化学を学んだ者なら誰でも知っているが、工業排水に適用する時には色々な問題がある。しかしながら中和を行なわなければ後で述べる活性汚泥法等の生物化学的処理を行なう場合にも支障はまぬがれないので必要不可欠なものと思われる。

まず、工業排水の中和を計画するにあたっては中和滴定曲線を求めることが必要である。

図5は1/10規定の塩酸水溶液 50 ml 1/10に規定の水酸化ナトリウムを滴下した時のPHの変化を示したものである。

pH 7 附近で曲線は鋭く曲がっており、わずか0.5 cm³ 水酸化ナトリウムの滴下で pH 4.0 から pH 10.0 に急変することがわかる。これは水酸化ナトリウムの緩衝作用が非常に小さいためである。

工業的には水酸化ナトリウムの代りに水酸化カルシウムが用いられるが、その時の曲線も図5によく似ている。

図6は同じ1/10規定塩酸50 ml の水溶液を水

表5 各種汚水処理方式とその目的、対象

	単位操作名	単位操作の概要	処理方法	処理対象
物理・化学的処理方法	濾過	多孔質の濾過機（金属性フィルター・スクリーン、砂床、布など）に廃水を通して、廃水中の微細繊維や浮遊物質などの固形物を処理する。	スクリーン 濾過材の併用 {車力式濾過 減圧式濾過}	粗大固形物 中間固形物（無機系） 中間固形物 {プレコートをするとか ること 微細固形物、色素除去可
	沈降	廃水中の固形物は水より比重が大きいので、自然に沈降したものを除去する。 廃水中の固形物の比重差に基因する遠心力差によって固形物を除去する。	自然沈澱法 遠心分離（液体サイクロン法）	粗大および中間固形物 中間固形物（とくに有機系）
	浮上	廃水に数気圧の空気を吹きこんで一定時間密閉容器に貯えた後、開放または減圧すると細かい気泡となって浮遊物と一緒に浮上する方法。	加圧または減圧 {単独処理 助剤併用処理}	微細固形物、油脂、有毒物質
	濃縮	廃水中の有機物を加熱または冷却により脱水濃縮する方法。	濃縮燃焼法 フラッシュドライヤー法	有機成分の回収 色主として有機性固形物 色固形物の回収
	電気分別	廃水中に直流の電流を通して電気分解させる。また、電磁を利用して浮遊物を処理する。	透析法 電解法 電磁利用法	色特殊成分、コロイド質 色微細懸濁物、特殊成分 浮遊繊維、コロイド質
	自然酸化	廃水を池状の貯溜池に長時間沈澱曝気や薬品添加により無害になるまで貯溜する。	接触沈澱法 ラグーン池法	BOD有機性浮遊物 BOD浮遊物
	強制酸化	曝気消化漂白、触媒、湿式燃焼法により、廃水を酸化させ、無害化する方法である。	漂白法 触媒法 湿式燃焼法	色素、細菌、微生物 臭味、還元物、有毒物質 有機性固形物、色濃度の高い懸濁液
	中和	酸性廃水にはアルカリ性剤を添加するアルカリ廃水には酸性剤を添加する。	酸・アルカリ使用法	遊離酸、遊離アルカリ
	イオン交換	廃水を陽イオン交換樹脂を充填した塔へ導入し、イオンを樹脂に吸着させ処理する。	イオン交換法	無機塩類 色素
生物化学的処理方法	曝気	散布炉床とは、小石を幾層にも敷きつめた炉床に廃水を通し、小石に廃水中の有機物を付着させる。活性汚泥法とは、好気性菌を含んだ汚泥と廃水を混合し、廃水中の有機物を付着沈澱させ除去する。	好気性菌 {散布炉床法 活性汚泥法}	有機等のBOD成分 その他
	消化	嫌気性バクテリアにより有機物を分解させる方法。	嫌気性醗酵（メタン醗酵）	有機物

酸化カルシウムと炭酸ナトリウム（ソーダ灰）の混合液および炭酸ナトリウムのみの水溶液（いずれも1/10規定）で中和した時の曲線である。このように炭酸ナトリウムが含まれるとpH 6～8の範囲におさめるための緩衝指数が大きくなり調節が容易となる。

又、酸性排水の中和には前記以外に石灰石を充てんした層を通して反応させる場合がある

が、この場合注意しなければならないのは塩酸・硝酸の場合は特に問題はないが、硫酸の場合は石灰石の表面に硫酸カルシウムの被膜を生じ反応が進まなくなるので、空気を送って層内のかくはんおよび二酸化炭素の追い出しをはかる必要がある。

中和反応槽の容量はその排水流量、反応速度混合特性等によって決定するのであるが、強酸

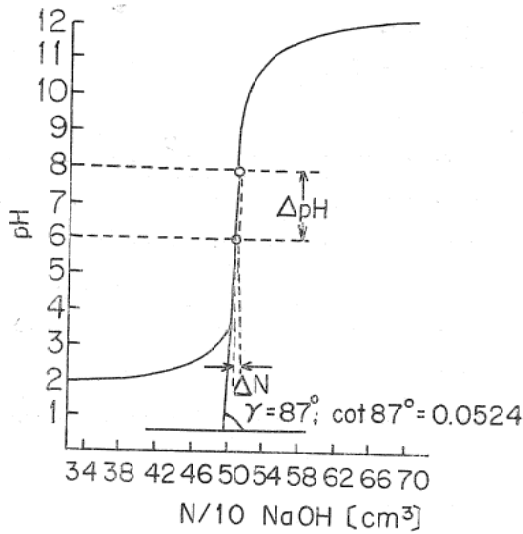


図5 強酸と強アルカリの中和曲線

と強アルカリの中和で液-液系であれば反応は瞬時に完結するので、排水管に直接中和剤を投入する方法を採用できる。しかしながら一般的に処理すべき工場排水はその質および量が大きく変動するので中和反応槽に流入する原水を一定にするような安定槽を設けた方がより中和は確実にこなえると思える。

3-1-2 沈 澱

中和後の処理水はそのまま放流しうる場合と放流しえない場合がある。工場排水の場合一般的に言って後者の場合になる。即ち中和操作で汚濁物質、例えば SS (浮遊物質) を生じて放流しえない、あるいは他の汚濁物質の除去効果をも高める前処理としての中和 (PH 調整) である。そこでこの節では主に SS の除去を対象にした単位操作のうち沈澱を選んでみた。

沈澱分離は液体中に浮遊する物質を沈降によって分離する操作である。通常、沈降速度の差を利用して固体粒子を粒径、また密度の異なる 2 群あるいはそれ以上に分離する操作が分級であって、これに対して粒子を沈澱させ、より濃厚なる状態で液体から分離する操作を沈澱濃縮という。

排水処理でいう沈澱は後者に属しているが、工場排水の処理では有効成分を回収する例があり、分級操作を考慮する必要がある。

単粒子の沈降速度はレイノルズ数が 6 以下

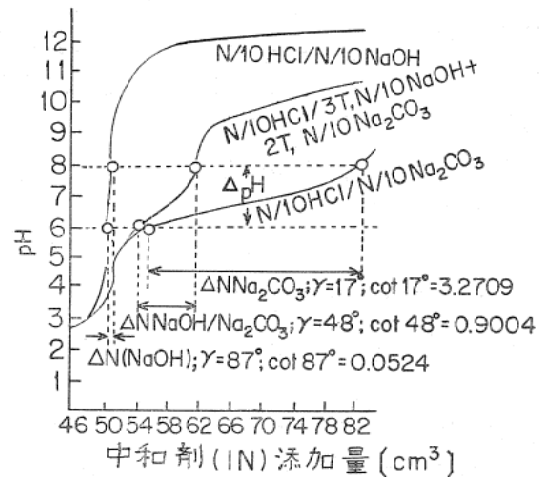


図6 HCl を NaOH, Na₂CO₃ および NaOH/Na₂CO₃ の混合液で中和した時の曲線

(当然層流域) の場合ストークスの法則が適用できる。(1)式

$$v_0 = g(\rho_s - \rho_f) D^2 / 18 \mu \quad (1)$$

v_0 : 沈降速度 [cm/sec]

ρ_s : 粒子の密度 [g/cm³]

ρ_f : 流体の密度 [g/cm³]

g : 重力の加速度 = 980 [cm/sec²]

D : 粒子の直径 [cm]

μ : 流体の粘度 [g/cm·sec]

媒体が水の場合、 μ は温度により異なり、(2)式のような関係がある。

$$\mu = \frac{0.0179}{1 + 0.0337t + 0.00022t^2} \quad (2)$$

又レイノルズ数が 6 以上の場合はアレンの法則ニュートンの法則が成立するが、工場排水処理の場合、余り採用されないのでここでは省略する。

以上のようにして沈降速度を計算で求めることができるが、実際は処理実験等からその速度を直接測定することがある。

さて、粒子の沈降速度がわかれば次に沈澱槽の設計の段階にうつる。

t 時間後の沈澱除去率を Et , 沈澱時間 (h/v_0) を t_0 , h および v_0 を水深および粒子の沈澱速度とする。 Et は(3)式で表わされる。

$$Et = 1 / (1 + t/t_0) \quad (3)$$

理想的な横流式の沈澱池では、渦乱や偏流が

おこらず、水平速度 v が池内で一定で、粒子の沈降速度 v_0 も一定である条件では粒子の沈降径路は図3の実線のように直線となり、除去率 E は(4)式で表わされる。

$$E = h_0/h = v_0 t / v_0' t = v_0 / v_0' = v_0 / Q/A \quad (4)$$

v_0 : 粒子の沈降速度 [m/sec]

Q : 流量 [m³/sec]

A : 沈澱池の水平面積 [m²]

h : 水深 [m]

t : 滞留時間 [sec]

Q/A は表面負荷率であり、理論滞留時間内で他の有効水深に等しい距離だけ沈降するような粒子の沈降速度と定義しうる。この沈降速度(表面負荷率)と沈澱池の大きさとの間には(5)式が成立する。

$$A = Q/v_0 \quad (5)$$

上記のことを base にして沈澱槽を設計するが、その沈澱槽に流入する原水が整流され、雰囲気等の影響が小さければこの理論式はよくあてはまるが、実際は50%程度の安全率をみる必要がある。

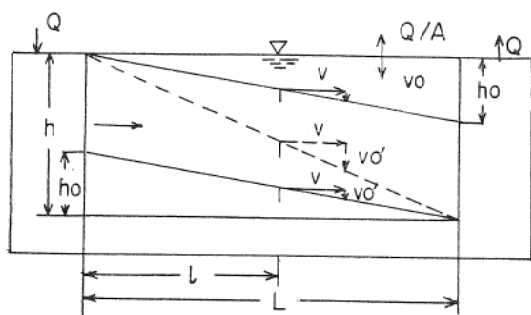


図7 理想沈澱池

3-1-3 凝集沈澱

排水中に懸濁する固形物の大きさが 10^{-4} cm 程度以下になると一般的に普通重力分離では困難であるので、粒子の直径を大きくして沈澱分離せず凝集沈澱が多く採用される。

一般に用いられる凝集剤としては硫酸第一鉄、硫酸第二鉄、塩化第一鉄、硫酸第一鉄、硫酸第二鉄および石灰等があり、凝集助剤としてアルギン酸ソーダ、ポリアクリルアミン、ポリエチレンイミン等の合成高分子物質がある。

凝集反応は複雑な現象であり、その理論は十

分に解明されておらず、もっぱら実験によって決めざるを得ない。

凝集沈澱装置は次の3つの槽が必要となる。

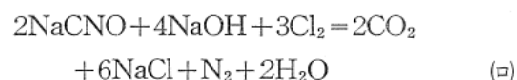
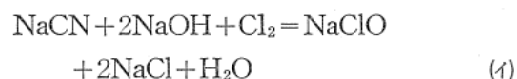
- (1) 原水に凝集剤を加え、攪拌によってすみやかに混合させる急速攪拌槽(通常1~5分間程度の滞留時間を有する槽)
- (2) 微粒子を相互に衝突させフロックを形成させる緩速攪拌槽(通常5~10分間程度の滞留時間を有する槽)
- (3) 生成したフロックを沈澱分離させる沈澱槽(沈澱の節を参照)

しかしながら最近はこの3つの槽をまとめて一つの槽にした急速凝集沈澱装置が広く用いられている。

3-1-4 酸化と還元酸化

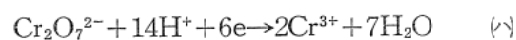
還元は後で述べる生物化学的処理もこれを基礎にしているが、ここでは特にシアンあるいは6価クロムの酸化還元処理について述べてみることにする。

シアン排水はアルカリ性の条件下で塩素ガスを反応させると最終的に下の反応式に従って窒素と炭酸ガスに分解される。



(i)の反応は $\text{pH} > 10$ の条件で塩素をシアンの3倍以上存在させれば短時間で完結する。又(ii)の反応は $\text{pH} < 10$ で過剰の塩素の存在で進行するが、反応速度は遅いので十分な滞留時間をもった槽を設計しなければならない。又塩素のかわりに次亜塩素酸ソーダ等を用いても可能である。

6価のクロム含有した排水は3価のクロムに還元し、不溶性の水酸化物として沈澱除去する方法が最も一般的に採用されている。



還元剤としては硫酸第一鉄、重亜硫酸ソーダ、亜硫酸ガス等が用いられる。硫酸第一鉄を用いる時は pH を酸性にし、過剰の硫酸第一鉄を加

えクロム還元を行ない、アルカリによって第一鉄および三価クロムを水酸化物として沈澱せしめる。

3-1-5 吸着

排水中の微量有機物等を分離するには吸着は最も効果的だと思える。最も広く用いられているのは活性炭であり、最近油類等の吸着剤である高分子樹脂系吸着剤も用いられるようになった。

希薄な溶液中の溶質が固体に吸着される場合フロイドリッヒの吸着式が成立する。

$$X = KC^n \quad (6)$$

X : 吸着量

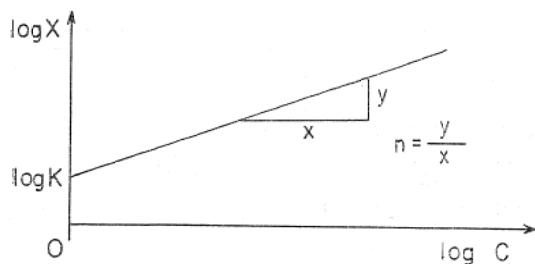
C : 溶液が平衡に達した際の濃度

n : 定数

両辺の対数をとれば

$$\log X = \log K + n \log C \quad (6')$$

となり、グラフは直線となる。従って実験値により定数を求めることができる。



3-2 生物化学的処理

BOD 源となる有機汚濁物質が河川等に流入すると物理的、化学的あるいは生化学的な作用によって有機汚濁物質は分解され無機化され、BOD 値は低下してゆく、これが自浄作用である。

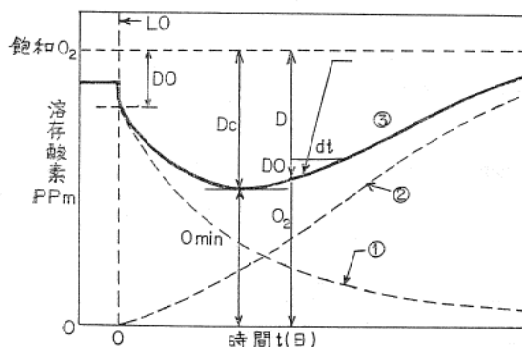


図8 溶存酸素の変化

BOD 物質による溶存酸素の不足量の変化速度 (dD/dt) は一般に $dD/dt = K_1 L$ (7)

K_1 : 反応速度定数

L : BOD 濃度

で表わされる。

図-8において $t=0$ の点で汚水が流入すると流水中の溶存酸素が汚水中の BOD 物質によって瞬間的に消費される。このとき溶存酸素の不足量はその温度の飽和酸素量から D_0 ppm の点まで下がり曲線1のような脱酸素曲線を示し酸素が消費される。

一方大気中から再び気現象によって酸素の不足量が補なわれるとその速度は溶存酸素不足量に比例すると考えると

$$dD/dt = -K_2 D \quad (8)$$

K_2 : 再び気係数

で表わされ、酸素供給曲線は図-8の2となるしたがって、溶存酸素垂下曲線は3のようになり、

$$dD/dt = K_1 L - K_2 D \quad (9)$$

で表わされる。しかし、BOD の酸化には藻類等の光合成によって放出される酸素も関与するので、この酸素生成量を a ppm/日 とすると曲線2は

$$2.3 K_2 \int D dt - a \int dt$$

となる。

また、溶存酸素垂下曲線は

$$dD/dt = 2.3(-K_2 D + K_1 L) - a$$

となる。この曲線の示す $dD/dt = 0$ の点、すなわち溶存酸素が最小、不足量が最大となり、また、酸素の消費を供給速度が等しくなる。このときの溶存酸素を D_c 、BOD を L_c とすれば

$$D_c = 2.3 K_1 L_c - a / 2.3 K_2 \quad (10)$$

となり、 K_1 、 K_2 が決定されれば D_c から逆に L_c を求められる。

生物化学的処理は溶存酸素の供給方式に差はあるがこのような自浄作用を人工的、工学的施設において応用する処理方法である。

3-2-1 活性汚泥法

活性汚泥法とは汚泥と微生物群からなるもので zooglea が主体となり、細菌が分泌した架状のフロックに鉄、アルミニウム等の水酸化物が

結合した状態にあるものである。接触安定化法（生物吸着法）は、ばっ気を行ないながら30～60分間汚泥と接触させたのち沈澱分離した汚泥を安定化槽に入ればっ気を行なって吸着したBOD源を酸化分解し、吸着能を復元させ返送する。このとき、安定化槽におけるばっ気時間は2～6時間程度がよく、短時間の場合はBOD源の酸化が不十分となって吸着能力が低下する。また長時間の場合は細胞内呼吸で汚泥が減少するなどの不都合が起る。接触槽内のSS濃度は2,000～3,000 ppm, 安定化槽では、5,000～10,000 ppm 返送量は下水の場合、流入下水とはほぼ同量とする。接触安定化法において接触時間が長くなると安定化時間は短縮され、接触時間が一定以上になると安定化をいらなくなってくる。このような処理方法を標準汚性汚泥法といい、次のようなプロセスからなる。

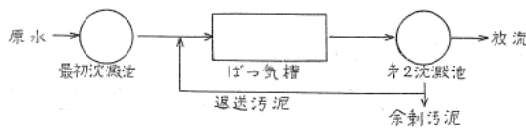


図 9

- I) 沈降性 SS を除く最初沈澱槽
- II) 排水と汚性汚泥とを接触させるばっ気槽
- III) 処理水中から活性汚泥を沈澱分離する第2沈澱槽
- IV) 第2沈澱槽からの活性汚泥を一部ばっ気槽へ返送する。

標準法における変法としては欧州式 High rate 法あるいは Taperd aeration 法などがある。標準法は BOD 100～300 ppm の汚水を対象とし MLSS 2000～3000 ppm, ばっ気時間 4～6 hr., 空気量 7～12 m³/m³ とする。酸素消費量はばっ気槽の初期で約 60 ppm/hr. 最終では 15 ppm/hr 程度に減少する。米国の HAS 法（モディファイドエアレイション法）はばっ気槽の SS 濃度を減少させばっ気時間を短縮しようとする処理法である。HAS 法はばっ気槽を 1/2～1/3 の大きさですみ、ばっ気空気量は 2～3 m³/m³, BOD 負荷量は 2～5 以上となる

ステップアレイション法は BOD 負荷を変化させず高 BOD に耐えるよう考えた方法で、汚水はばっ気槽の流れに沿って何%づつかを平均して加えてゆく。ばっ気槽の汚泥濃度が均一で酸素を充分利用し急激な負荷変動に対応できるがばっ気時間が減少するので可溶性 BOD の多い工場排水には適さない。しかし、この変法として Complete Mixing 法があるがこれは汚水をばっ気槽の側面に沿って一様に流入させ完全混合する方法であり酸素は均一に分布され高濃度の BOD 排水を処理するのに適する。

3-2-2 散水ろ床法

間歇的または連続的に汚水を散水しろ材の表面に生じた生物膜と接触させる固定床法による処理であってろ床を通過する大気との接触でろ床を好氣的に保持できれば生物酸化反応が進行する。

現在多く利用されている散水ろ床法には標準法と高速法とがありこれは水量負荷によって区別されている。

標準ろ床法は都市下水と同程度の排水に対して、水量負荷は 1～4 m³/m²d, また BOD 負荷では 0.16～0.32 kgBOD/m³d が普通である。

高速ろ床法では水量負荷 10～30 m³/m²d, BOD 負荷は 0.7～2.1 kgBOD/m³d が標準である。高速ろ床法では処理水の返送によってろ床へ流入する廃水の水質、水量の変動を緩和することができるので工場排水の処理に適する。このときの返送比は次式によって計算される。

- ① 1 段ろ床における返送比

$$\frac{La + RLe}{1 + R} = 3Le \quad \text{or} \quad Le = \frac{La}{2R + 3}$$

La ppm: 最初沈澱槽流出水の BOD 濃度

Le ppm: ろ床流出水の BOD 濃度

R : 返送比

- ② 2 段ろ床における返送比

$$\frac{Le_1 + RLe_2}{1 + R} = 2Le_2 \quad \text{or} \quad Le_2 = \frac{Le_1}{R_2 + 2}$$

Le₁ ppm: 第一段ろ床からの流出水 BOD

Le₂ ppm: 第二段ろ床からの流出水 BOD

R₂ : 第二段における返送比

3-2-3 嫌気性醗酵法

大気中から補給される酸素あるいは水中の藻

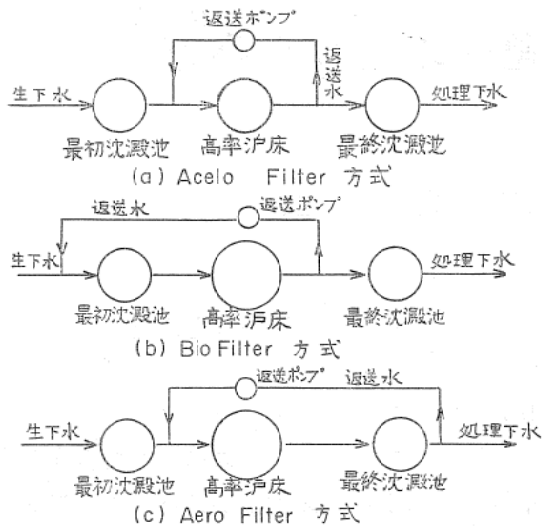


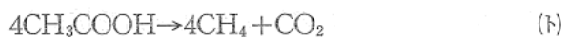
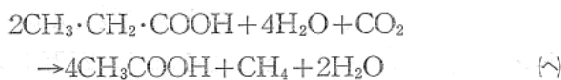
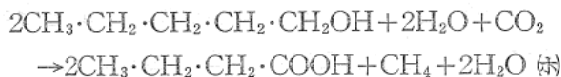
図10 返送方式

頃から光合成によって補給される酸素を上廻る BOD 負荷があると溶存酸素が消費され嫌気性になる。

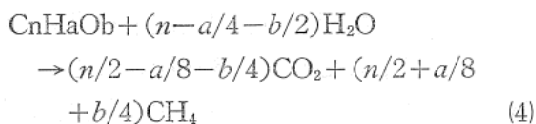
この場合にも各種の嫌気的な微生物群による合成、分解反応が行なわれる。これを利用したものが嫌気性醱酵法である。

炭水化物の嫌気性分解はまず高級アルコールに分解されつぎに下級脂肪酸、有機酸の段階を経てガス化し最終生成物としてメタンガス、炭酸ガスを生ずる。

たとえば炭水化物がメタン醱酵を受けたときの間生成物であるブチルアルコールは次のごとく分解してゆく。



一般に



のごとくある一定の比を有する炭酸ガス、メタ

ンガスを生成する。この反応には pH, 温度, 有機酸, SS 栄養物質が関与している。pH は通常 7~8 が最適といわれ有機酸が 2,000~3,000 ppm 以上蓄積するとメタン醱酵が阻害されるといわれている。

嫌気性醱酵法は、アルコール蒸留排水を中心に実施されており、50~55℃の高温醱酵法によって 10,000~40,000 ppm 程度の有機物濃度の排水を 3~7 日程度、すなわち有機物負荷 3~15 kg/m³ 槽/日で 70~95% の除去率が得られている。

3-3 排水処理方式の選択

前節で述べた排水処理方式を污水排出者はどれを採用すれば最も効率よく処理できるか、いざ選択する場合、以下に述べる事項について十分なる検討を加える必要がる。

つまり、污水排出者は汚濁発生量の把握をまず行なわなければならない。これは作業工程内での水の動きを調査分析し、同時にその汚濁物質の物理・化学的性状を把握する必要がある。言うまでもないが処理を行なおうとする排水の量、質は何度かの調査分析を行ない、その実態を把握しておかなければならない。

汚濁発生量の調査分析が終了すれば、いよいよ排水処理方式の選択であるが、この場合その処理法の特質と限界を認識しておかなければならない。例えば、BOD 数千 ppm もある排水を直接活性汚泥法を採用し処理しようとしても効果が残り現われないのは述べるまでもない。

また、工場排水の処理の場合は特にであるが将来のその工場の操業内容等をよく検討し、それを含んだ処理能力をもったものを選択しなければならない。あるいはその処理の目的はおおよそその污水排出者に適用されている規制基準を遵守させるためのものと思えるが、将来規制基準強化の方向等監督官庁等の意見も聞いておいた方が良策ではないかと思える。