

水処理技術の展望

栗田工業株式会社総合研究所* 加藤健司, 美坂康有

1. ま え が き

水処理技術は、飲料水、工業用水などの用水確保のため、また水質汚濁防止や有価物回収のための下水、廃水などの処理の二つの分野が深い関連をもって発達し、独立した水処理産業の存在が認められるまでに至った。そこで水処理技術の現状を概述し、筆者らが昭和42年から43年にかけて、主として米国での体験より得た知見を含めた最近の傾向にもふれて見たい。

ここでは水処理技術の全体に触れることは、あまりにも平面的に、散漫になってしまうおそれがあるので、二・三の分野の水処理技術とそれらに関連して他の話題も多少とり上げるといった書き方で進め、海水転換やボイラ用水に関しては、本特集の他の稿に見られるようなのでこれらを全く除き、また最近の傾向として著しい、用廃水処理過程で避けられない生成物である各種の汚泥の処分法についても今回は除外したい。

さて水処理技術は、その分類の一つとして、物理的、化学的、生物的の三つの方法に大別される。これらの方法は単独に用いられることは、むしろ少なく、除去対象物質と除去の程度に対応して、組合せて適用されるのが通例である。すなわち水処理とは、ここでは狭義に解釈して、被与対象水より、その中に含まれる特定成分の一部または全部を目的に応じて除去する操作と定義しよう。以下に除去対象物質とそれらに対応する除去方法とを示そう。

除去対象	手段・方法
粗大固形物	スクリーン類
浮遊固形物	沈降、浮上
有機物質	安定池、活性汚泥、散布汙床など
コロイド物質	凝集沈殿、凝集浮上
微細固形物	砂ろ過、ケイソー土ろ過など
バクテリア・藻類	塩素、オゾンによる処理
微量有機物など	吸着
溶存物質(無機塩)	中和、酸化還元、透析、イオン交換
溶存物質(有機物および無機物)	逆浸透 抽出、凍結、蒸発

* 横浜市保土谷区仏田町1723

2. 用 水 量

日本での用水量は、農業用に年間約400~600億トン¹⁾、工業用水は淡水のみで表-1²⁾に示すように昭和40年に約4900万トン/日でその約50%は冷却用水である。

表-1 工業用水用途別使用量
(単位 10³トン/日)

	昭33	昭37	昭40
ボイラ用水	878	1186	1343
原料用水	1305	1448	703
製品処理用水	3831	6154	8175
洗浄用水	5198	6556	8567
冷却用水	8777	14922	24501
温調用水	1286	1953	2901
その他	1968	3712	2972
合計	23243	35913	49612

参考までに米国での値を示すと³⁾、農業用水が約 6.7 億トン/日(1954年)、工業用水は、1280億トン/年(1964年)といわれる。

工業用水の使用量を、業種別に日米両国について示すと、図-1のようになる。これは彼我の差を概略把握す

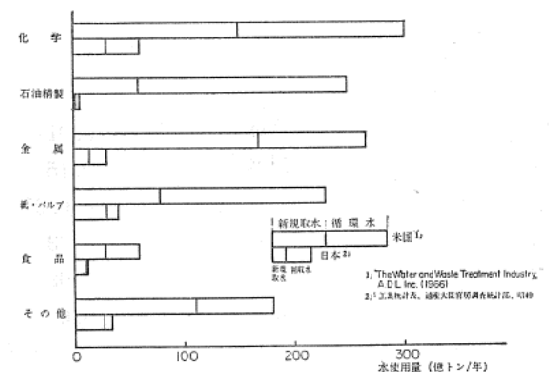


図-1 業種別工業用水使用量, 日本と米国

るために示してあり、絶体量をよみるとには不十分なので、詳細は統計資料、便覧類を参照されたい。この使用量は循環水量とを別々に示してある。取水量より製品水、蒸発水、その他を減じたものが、排水として放出され、その大部分が一応は廃水処理の対象となるべき水質

を示すものと考えられる。また取水量そのものについても原水をそのまま使用できる場合もあるが、通常なんらかの処理を必要とし、いわゆる用水処理の対象となる。

用水処理には、上記の工業用水の他、上水道の水量が別に対象として考えられるが、わが国の場合、約1700万トン/日⁴⁾の給水量がそれに該当する。『上水道では約90%の水量が、凝集沈殿、ろ過、塩素処理の方式を経ている。

3. 凝 集 沈 殿

凝集沈殿操作は、水処理技術の中心の一つで、用水・廃水処理ともに多用されている。操作の条件は、経験的にきめられる場合が多く、未解明の事象が少なくない。

用水処理における懸濁粒子の除去では、単なる重力沈降による除去の対象となるものは少なく、濁質の大半は、一般にコロイド的特性を持つ微細粒子により占められている。この微細粒子は水中において安定した懸濁性を示すが、よく知られるように、粒子表面の負荷電に基因する相互反働が大きな理由とされている。凝集処理は単に用水処理のみではなく、一般にこの微細粒子の懸濁安定性を破壊し、粒子間の衝突、それについて起る凝集を助長することが目的で、直接の除去手段は原則として重力沈降によることには変りない。粒子表面の荷電を中和するためには、凝集剤として、金属塩が広く用いられ、その中でも多用されているものは硫酸バンド $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ で、鉄塩その他の塩類も使用される。これらの塩は水中で加水分解し、水酸化物の沈殿、いわゆるフロックを形成する。水酸化物フロックは、懸濁粒子の負荷電を中和し、粒子の凝集を促進するほか、水中の無機物、有機物、細菌、微生物などを包含して、これらを除去する役目も有する。

凝集の進行過程は、三段階にわけて考えるのが、普通である。すなわち凝集剤の添加後の水中への均一分散と加水分解反応の促進、微少フロックの生成、濁質との衝突の促進、荷電の中和などを目的とする混合攪拌の過程、すなわち通常急速攪拌とよばれる数分間の混合攪拌状態を第1段階とし、ついで生成フロックの相互衝突、懸濁粒子との衝突による粗大フロックへの成長、換言すれば沈降性の向上などを目的とする、いわゆる緩速攪拌状態が続き、最後にこの成長フロックの分離過程の第3段階が続き、凝集分離操作が完結する。

この三つの操作を連続的に具現する機構を有するものがすなわち凝集沈殿装置である。実際には、円形池内でたくみに急速攪拌、緩速攪拌の部分、さらにフロックと清澄水との分離部分を設けた形式を主要なものとして、多種多様な変形・改良型のものが、実用に供されている。

凝集沈殿装置はいろいろの分類のしかたができるが、清澄水が垂直流で水面上で得られるか、水平流で槽の一端から得られるかによる分類もできる。攪拌のエネルギーを付与する方式によっても区別できるが、攪拌翼による機械攪拌、水流の迂回によって生ずる速度分布の乱れを利用するもの、ジェット噴流を利用するもの、脈動水流によるものなどがそれである。

この凝集沈殿の分野でも、装置面での部分的改良により、いくらでも効率を向上させようとする試みがなされているが、最近の例では、槽内でのフロックの清澄水への同伴を防止する構造を付加することにより従来上昇流速 $2 \sim 3 \text{ m/hr}$ か限度と考えられていたものを 5 m/hr 以上で操作できるように改良したのも出現し、槽容量基準の処理能力を増大させているのが特徴である。また沈降距離を短かくし、分離に要する時間を短縮することによる容量増大の目的で分離部分に、傾斜板を入れる方式が、原理的に新しい考案ではないが、米国内で最近意欲的に市場開発が行なわれている例もある⁵⁾。この形式はわが国ではむしろ古くから実用化されていた⁶⁾。

凝集操作における最近の持続的傾向は、凝集剤の荷電中和作用による凝集効果をさらに向上させるために、使用される高分子凝集剤が全く普及したことであろう。これら助剤の役割は、衝突による粒子の凝集作用に高分子であることによるカラミッキ作用が大きく貢献し、フロックの粗大化、沈降性の向上に効果を発揮する。この高分子凝集剤を凝集剤と併用することは、全く普及して、凝集条件の決定の際に、高分子助剤の種類と添加量を検討することは、常識化したといえよう。

凝集沈殿操作に関する、やや学術的方面にかたよった、いま一つの傾向は、凝集剤添加後のフロック生成、成長、沈降分離の過程で、きわめて複雑に多種の要素が、交錯し、作用しているのだから、この機構を解明しようとする試みが続けられていたが、近年、米国の多くの水処理専門以外の関連分野の若い研究者達の関心呼び、意欲的な研究活動が行なわれ、ますます、この機構解明に関する基礎的研究が旺盛になってきたことである。研究成果の多くは、まだ凝集沈殿操作の全体を説明できるものではないが、そのためのパラメータの把握とその正当性の評価、フロックの性状と挙動の表示法、現象的把握による最適化への試みなどが目立っている。これらの動静が、比較的単純な系である用水処理の問題を解明し、複雑な廃水処理まで展開され、理論的な背景を併った簡単なパラメータにより凝集操作が、制御できるようになることが、非常に望ましいのであるが、いまだ前途遼遠のものがある。

4. ろ 過

用廃水処理におけるろ過は、主として砂ろ過とケイソ一土ろ過で、装置形式上は、重力式と圧力式とにわけられる。ここでは砂ろ過を中心にのべよう。

上水道設備での長年の経験で、砂ろ過技術は多くの事象を現象的にとらえ、経験的に解決してきたが、表面に表れた装置形式や操作上の変革は比較的小さく、ろ床構成、ろ材の粒径、ろ床内の流速など固定化された傾向すらある。しかしろ層内での濁質の捕捉の機構的解明の試み、ろ過行程終了後のろ床洗浄の際の濁質のろ材表面からの剥離、離脱に関する解明の試みなど多くなされるようになってきた。

一方工業用の砂ろ過の方式と操作上の改変は最近急速に進み、たとえばわが国でも普及しだしたバルブレスフィルタ、モノバルブフィルタなどにおける単純化された操作あるいは完全自動操作の傾向が表れている。これらのろ過装置の場合、ろ床本体の構成は、ほとんどすべての形式が、単一ろ床の比較的保守的な従来法を採用して、運転管理面での効率向上、経済性向上を意図しており、サイホン、水位検知機構、タイマなどの組合せによる制御方式のものである。基本的にこれらの形式はろ過装置の改変といった概念に該当するものではないが、一つの大きな傾向とみることができる。

ろ過装置の用途面での開発といえる最近の傾向として、米国でここ数年来活発になってきた超高速ろ過による粗大粒子の除去に主眼をおいた廃水、循環水の処理があげられる。たとえば鉄鋼圧延循環水のように、酸化鉄など剛性の強い粗大粒子を含む場合に適用して、従来の砂ろ過の概念にあるろ材径(0.5mm前後)よりはるかに大きい2mm前後の大きさの砂を用いて、ろ過流速も従来の急速ろ過における $4\sim 7\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ を上廻る $40\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ 程度までの値をとる方式である。この方式の特性は、沈降分離方式との比較⁷⁾において議論されるが、沈降分離方式を上廻る種々の利点を示すという。この方式は欧米を経由してわが国でも実施段階に入っている。

また他の一つの傾向は、ろ過操作の経済性より、一回のろ過行程時間を延長できることに關しているが、そのためには、同一ろ層内で捕捉濁質量が大きいほど有利である。したがってろ層表面およびその近辺のみを、濁質捕捉部分として操作していた従来方式を改めて、むしろある程度濁質をろ層内に透過させ、ろ材間の空隙を有効に利用し、所定の損失水頭に達してろ層洗浄行程へ移るまでの実質的ろ過水量を増大させようとの試みが強く表われてきた。その一つは上向ろ過であり、他は多層ろ過である。いずれも流れの方向に沿ってろ材粒径が大きい

いものから小さいものへと整粒されて配置している。上向ろ過は、ろ層の洗浄後のろ材の重力沈降によりろ層底部より上部へ向って、その沈降速度の差に基づいて円滑に整粒される長所があるが、ろ過行程中、上向流であるために避けられないろ床の部分的浮場や、そのために起る捕捉濁質の処理水への混入の懸念があり、これを回避するためにろ材浮場を防止する対策が、装置構造上あるいは操作上必要となることは必ずしも好ましくない点である。一方多層ろ過は、同じ趣旨のろ材構成を、下向ろ過において実現するもので、上向ろ過における不利な点は全くないが、反面ろ材の選定と粒度の調節に問題がある。この多層ろ過はすでに従来からあったアンラサイトと砂の組合せによる二層ろ過の概念を発達させたもので、低密度の粗粒ろ材を最上層に、密度最大の粒径最小のろ材を最下層にしてろ層を形成するもので、現在提案⁸⁾されているものでは、ろ層最上層に約1mmのアンラサイト(密度1.6)最下層に約0.15mmのガーネット(密度4)中間に砂(密度2.6)を配置したものがあり、各ろ材は粒度分布があり、ろ材間の境界は故意に相互混合が起るような配慮がしてある。この方式は米国において実用段階に入っている。

ろ過機構解明の分野では、従来純物理的現象としてみられていたろ過に、凝集沈殿と同様に、未解明の点が多いので、最近化学的とくに動電的概念を導入した現象解明の試み^{9,10)}など表れ、純物理的現象説明では不十分であった、濁質捕捉機構解明の研究が目立っている。

ろ過操作は今後廃水処理面にも応用される傾向が強くなるものと思われるが、既存概念にとわれない、柔軟な態度による多角度の検討が必要にならう。対象水の性状に適應した、ろ過技術の適用がなされなければ最適設計や操作に近づくことは困難であろう。

5. 生物処理

廃水中の主として有機物を所要限度にまで除去するのに有力な方法で、19世紀来より20世紀初頭にあいついで出現した散布床法と活性汚泥法および以後開発された活性汚泥法の変法が今日多用されている。これらの方法はいずれも酸素を必要とする微生物主体の生物化学的反応によるもので生物処理法の中で好気性処理法と呼ばれている。

生物処理の基本概念は水中生物相のうち原生動物、微生物のうちグラム陰性桿菌その他の菌群を主体とする菌群が、汚水浄化作用の主役を演じていると考えることができる。この微生物群の生育によって、付着性の強い集落が形成され、活性汚泥と呼ばれている無定形のフロックの状態水中に浮遊しやすい状態となっている。原生

動物はこのフロック周辺に固着して有機物の分解作用に関連を持っている。このフロックにより行なわれる有機物の吸着と分解作用は酸素の存在が必要なので、通常空気を供給源とする、フロックへの酸素の供給に一つの課題があるといえるし、廃水をはじめ水の有機質汚染度を生物化学的酸素要求量 (Biochemical Oxygen Demand-BOD) として表示するのも、これらの関連を示すものである。上記の散布浮床法は気中水滴・水膜型であり、活性汚泥法および一連の変法は水中気泡型で、いずれも気液間の酸素移動の方式を採用しているのである。

好気性処理に対し、嫌気性処理は同様に微生物による分解作用を利用するのであるが、生物化学反応が還元的に行なわれ、最終的な生成物はメタンガスと炭酸ガスにまでなり得る。各種の菌類がこの還元的分解作用に関与するか、いずれも遊離の酸素を必要としないのが特徴である。

好気性処理は嫌気性処理に比較して希薄な濃度の大量の廃水を処理するのに適しており実用に供されている頻度、対象水量ともに圧倒的に好気性処理の方が多い。

好気性処理は活性汚泥法の発達により、運転管理面、あるいは性能面の向上のために、各種の改良・変法が開発され¹¹⁾ 1930年代より現在に至るまで、多くの提案がなされている。すなわち20世紀初頭、英・米で実用化された活性汚泥法に関して実際の処理運転経験から多くの検討を要する問題が提起され、生物学的な解明が試みられ、ついで微生物学的な機構解明へと進展していき、現在なお、現象と機構との両面から、多くの興味と関心を抱かせている。このような理論面での解明と併行して実施面では、有機物分解とともに当然認められる酸素要求量の漸減に対応させて、空気吹込量を調節する方法 (Tapered Aeration)、汚泥と廃水との接触初期における相対的高活性度を持続的に利用し、経済的な処理を試みようとする方法 (Step Aeration)、汚泥の性状に変化を持たせ栄養塩補給を考慮するために、嫌気性過程を経た汚泥を加えて高 BOD 負荷に耐えるよう考案された方法 (Krauss Process)、処理水分離後の汚泥を充分な酸素存在下におき汚泥の吸着、分解能を高めたのち再び廃水と接触させ汚染質を吸着除去する方法 (Biosorption)、汚泥の濃度 (Mixed Liquor Suspended Solid Concentration-MLSS 濃度) を通常法の2~3倍すなわち4000~10000 mg/l に高めて、高 BOD 負荷に耐えるよう意図された方法 (High Rate Activated Sludge Process) などがつぎつぎに前後15年間に発表提案された。

このような変遷の一つの流れとして、単位槽容量あたりの処理能力を増大させる、処理の高速化の試みがあり、当然の要求として負荷増大に対応しうる酸素供給能力の

増大の必要があり、曝気 (Aeration) 方式に水中における散気管、散気板の気泡型以外に、機械的な表面曝気方式の開発が、保守管理上の簡便さも加味されて、近年著しい傾向として認められている。

生物処理とくに好気性処理の発達には公共下水の処理を中心としてなされてきた。英・米を中心として好気性処理が古くから採用されているのも、この下水処理の実際的な必要性の帰結であって下水道・終末処理場の普及率はほとんどの先進国の都市では90%以上であるが、わが国の都市ではいまだ40%以下¹²⁾ である。これは現在進行中の新5ヶ年計画により、下水道・終末処理場の対象人口が昭和41年末の1350万人より3250万人に増大することなど、整備されていくものと思われるが、終末処理場における下水処理はすべて好気性処理によるのであって、この下水処理における動向はすなわち、好気性処理の応用が技術的な進歩よりむしろ維持管理面の集約性、経済性の向上、などの面で効率化される方向へ向けられることを示している。いずれにしても膨大な量の下水が、生物処理によって処理され、今後もその量が急増していくことは疑いない。

生物処理の応用面での技術的進歩の関心はむしろ産業廃水の処理への適用に向けられて来ているといえよう。下水処理が一応の段階を経て、技術面より行政面での施策によるところが大きくなった状態で、かつ工業の集中と発展、新しい工業プロセスの開発などによる量的、質的な河川・海洋汚濁の増大が著しくなった段階で汚染防止手段として、産業廃水とくに有機物を含有する廃水の処理に生物処理が適用される傾向が強くなったのは当然の帰結であった。

先年来問題となった合成洗剤の生物的分解難易度 (Biodegradability) は有機産業廃水処理の難易度を考えるのに好適の一般に知られた題材である。この例よりよく知られるように物質の化学構造が生物化学的分解に関与し、一般に低級な構造の簡単な有機物は分解されやすく、分子量が大きいほど、側鎖、閉環が多いほど分解されにくい。洗剤は分解されにくいハード型から分解されやすいソフト型へ大半が移行しつつあることは周知のとおりである。産業廃水は下水に比較して容易に推定されるように、水質が多様多様にわたり、その時間的変動が大きく、また負荷 (BOD 濃度、量) も変化するものと考えねばならない。たとえば BOD は原廃水中に100~5000 mg/l を越えることもまれではない。さらに温度の変化もあり、とくに影響の大きい要素は原廃水中に含有される毒性物質の質と量であり、これは活性汚泥中の生物相の生物化学的分解作用の機能消失に関係するのである。

一般に被与廃水に対する生物処理の可能性は、馴致順

応性により確認され、実際の処理装置の計画へ移行するのが常道で、その場合に、負荷変動や、毒性に対する耐性、処理操作の条件などを実験的に検討する。このような方法による産業廃水への生物処理の応用の試みは、最近急速に進み、同時に大型化の傾向も現れはじめている。産業廃水の処理において、いま一つの問題となるのは栄養源のバランスであって、廃水中の有機物質の一部は、生物体に変化し、他は酸化されて炭酸ガス、水の両最終生成物をはじめとし、その他数種の物質に変化するが、この過程で、栄養塩の存在が必要で、通常補給必要とされている、BOD に対する窒素、燐の比は 100 : 5 : 1 とされている。原廃水中に適切な比率で栄養塩類が含まれていることは少なく、ここに各種工程の廃水の併合処理の意義が大きく浮び出るのである。愛知県四日市に新設中の石油化学系四社の合同処理設備は、BOD 負荷、栄養補給に関する単独廃水の問題点を相殺し解決した好例で、隣接工場群の廃水の生物処理に関する今後を指向する一例といえよう。

単独廃水の水質変動には均一化槽で対処するのが一法であるが、均一化槽にまで至らなくても、いわゆるラグーン形の貯留池に機械曝気を適用した曝気ラグーン (Aerated Lagoon) が比較的新しい産業廃水の処理方法としてその簡易さのゆえに米国で顕著に台頭してきた。とくに地域的に孤立した中小規模の高濃度有機廃水への適用が目立っており機械攪拌による表面曝気方式の発達も、この処理方式に深い関連がある。

産業廃水は BOD 濃度のしばしば高いことが特徴であるが、好気性処理では、これを希釈して処理可能な値としなければならない。高濃度廃水の無希釈処理は、生物処理における一つの技術的関心である。そのための嫌気性処理は従来活性汚泥消化や尿処理の過程で行なわれていたが、最近は滞留時間の比較的短い嫌気性処理による BOD 3000~25000 mg/l の廃水処理の例など発表されている¹³⁾。また欧州では珍らしくない回転円板式の好気性処理方式の有機高濃度廃水処理への応用^{14,15)}が注目を集めた例もあり、これらは方式そのものの新規性はなくとも、応用面に新しい試みがなされた点に意義があるものと解釈される。回転円板式は通常汚泥を水中に懸濁させて、処理する好気性処理に対し、汚泥を固体器壁に固着させて成長させ、有機物に対する相対的な汚泥 (生物相) の比を高めて、高濃度廃水処理に可能性を見出している。他の例としては、我社の開発した方法で、汚泥の沈降性の低下 (Bulking) を防止するために卓効を示す方式として、曝気槽内で、網状の充填物表面に汚泥を付着成長させる好気性処理 (Fixed Activated Sludge Process)¹⁶⁾ が実用化され、従来法の盲点を実用面で解

決し、特異な方式として欧米諸国の関心を呼んでいる。

沈降分離につぐ第二段目の処理 (二次処理) としての生物処理の有機廃水への適用の優位性は当分つき、その二次処理法としての特徴が今後ますます多方面に応用され、現象的把握によるその応用の適応性、操作条件の決定から実用化への過程が数多く実施されるであろうし、一方生物処理を生物化学反応装置として取扱う、動力学的な解析より生物処理の最適設計や操作特性の把握の面が発達しつつある。さらに生物学、微生物学的分野からの関心は、生物処理に関して増大の一途をたどっており、機構解明への試みは、細分化、専門化されて、関連科学の関心をも惹起させるものと思われる。これらの実用面での方向は最近、発達しつつある微生物工学にも関連があり、生物化学反応を利用した合成工業への興味が衛生工学の分野からも生まれつつある。

6. 三次処理

河川水質や湖水水質の維持・保護のため、二次処理水の水質程度では今後の河川水・湖水の富栄養化に基因する諸種の障害を防止し得ないので、リクリエーション、上水源などの保護のために天然水の水質を改善維持する目的で、栄養塩を中心に、浮遊物質、溶存塩類の二次処理水からの除去操作すなわち三次処理の必要性が台頭してきた。わが国ではやや事情を異にし、現在では主として工業用水源としての再利用の目的で三次処理が行なわれている。

以下米国における三次処理に関連する技術の状況を簡単にのべてみよう。三次処理技術の検討は1950年代後半に実質的に開始されており、ろ過、化学反応による沈殿と分離、蒸発、吸着、電気透析、イオン交換、生物処理などが二次処理法に後続する方法として検討されてきた。これらの方法の大半は、二次処理水の物理的、機械的方法による懸濁粒子の除去、ついで、蒸発、電気透析、イオン交換、吸着などの操作が直列につづくという形で成り立っている。

三次処理法は、その処理水の再利用の目的によって、プロセス選定がなされるべきであるが、その場合でも、あるいは三次処理法の直接目的のいかんにかかわらずという意味においても、最も大きい問題は、その経済性である。現在までの検討の結果、その処理費用は10~40¢/1000ガロン¹⁷⁾ (9.3~38.1円/m³) で、これは一次、二次の処現費用の合計額を上廻る範囲にほとんど入ってしまう。三次処理法の技術展開は、いずれの方法も可能性を見出しながら、少なくとも現段階では、コスト面でパイロット・スタディの段階でとどまってしまう。しかし、一方三次処理の必要性の強い水質環境では、そ

れがコストに優先する事由となり、三次処理に踏み切らざるを得ないので、たとえば、カリフォルニア州サウス・タホ湖(South Tahoe)の活性炭方式によるフルスケール三次処理¹⁸⁾はその一例としてしばしば注目されている。ここでは、活性汚泥処理水を二基のろ過装置に直列に通して懸濁物質を除くことにより、懸濁物質に基因するCOD*, BOD, 細菌類などが除去される。活性炭層はろ過水を原水としてABS, 色度, COD, BODの除去に顕著な効果を示すが、アンモニア性窒素やリン酸塩はほとんど除去されない、このプロセスで処理コストは4¢/1000ガロン(3.8円/m³)という。活性炭は連続再生し、その使用量は2次処理水の水質により変動するが、34~62g/m³-水であった。この方式では窒素、リン酸塩の除去が充分でなかったため、石灰を加えて、リン酸塩を沈殿させpH上昇したことを利用してアンモニア性窒素を空気でストリッピングして追い出し、窒素とリンを除去する方式を別途パイロットスケールで検討し、その技術的、経済的可能性をしらべている。

三次処理に関するいまひとつの動きとして、二次処理水を三次処理の原水として、従来の物理化学的分離操作を適用する方式は、前述のようにいずれもコスト的に実現性に乏しいことが、ここ10年近くの技術的検討の結果判明したので、二次処理過程に操作的改変を加えることにより、少なくとも窒素、リン酸塩などの栄養塩の除去に関して三次処理水の水質に相当する程度にまで達することを目標に一次処理過程で、凝集剤、石灰などの添加による凝集沈殿操作を加え、主としてリン酸塩を除去する試みが多く見られるようになってきた¹⁹⁾。

三次処理の将来は、急速にはないが、いずれは実施される方向へ向いていて、すでにシカゴでも1970年代の前期に大容量の三次処理を目指して、同市のHanovar Park²⁰⁾に7500m³/日の三次処理プラントを1968年春から運転をはじめ、将来計画のためのデータ採取につとめている。わが国では河川、湖水の事情が本質的に大陸的要素を備えていないので、同じ形では、三次処理の方向は示されないであろうが、これに関する技術は、当面米国の情勢を観察せざるを得ないといえる。

7. おわりに

水処理技術を、凝集沈殿、ろ過、生物処理、三次処理の四つの主題を中心にその技術的変遷、最近の傾向について概説した。水処理技術の将来は、現有技術の部分的

* COD (Chemical Oxygen Demand)

改良に多くを期待する一方、他の分野の理工学技術の応用など独特の技術が経済性をともなって、開発されるべきは、自明の理であって、そのためには新鮮な柔軟な感覚の多くの分野の知能と努力が結集されなければならないと考えられる。

参考文献

- 1) 用水廃水便覧, P12, 用水廃水便覧編集委員会 (1964)
- 2) 工業用水ハンドブック, P12, 日本工業用水協会 (1967)
および
工業統計表・用地用水篇, 通商産業大臣官房調査統計部, 昭和40年版
- 3) Arther D. Little Inc, "The water and waste Treatment Industry", p 8, p 16 (1966)
- 4) 水道年鑑, P31, 水道産業新聞社 (1968)
- 5) Culp, G., Hansen, S. and Richardson, G., "High Rate Sedimentation in Water Treatment Works" Paper presented at 88th AWWA annual Conf. Cleveland (1968)
- 6) たとえば日本用水8月号, P70 (1968)
- 7) McGibbon, V.R., Iron and Steel Engr. 45, (4) 1 (1968)
- 8) Culp, G.L. "High Rate Clarification of Waste Wastres", Paper presented at the Univ. of Kansas San. Eng. Conf., Jan. (1968)
- 9) Medler, S. J. and Smith Jr., C. V., "Filtration Optimization Utilizing Polyphosphate" paper presented at 88th AWWA annual conf. Cleveland (1968)
- 10) O'Melia, C.R. and Stumm, W., "Theory of Water Filtration", JAWWA 59, 1393 (1967)
- 11) Sawyer, O.N., "Milestones in the Development of the Activated Sludge Process", JWPCF, 37, (2) 151 (1965)
- 12) 松井, "諸外国の下水道整備状況", 4, (34), 1 (1967)
- 13) Quirk, T.P. and Eder, L. J., "Process Design Development for Continuous Digester of High BOD Effluent", Paper presented at the 41st WPCF conf. Chicago (1968)
- 14) Welch, F. M., "Preliminary Results of a New Approach in the Biological Treatment of High Concentrated Waste," paper presented at the 23rd Purdue Industrial Waste Conf., Lafayette, (1968)
- 15) Antonie, R. L. and Welch, F. M. "Preliminary Results of Novel Biological process for Treating Dairy Waste," paper presented at the 41st WPCF Conf. Chicago (1968)
- 16) Sekikawa, Y. and Kato, K., "Fixed Activated Sludge Process for Industrial Waste Treatment." paper presented at the 22nd Purdue Industrial Waste Conf. Lafayette, (1968)
- 17) Arthur D. Little, Inc., "The Water and Waste Treatment Industry" p 13, (1966)
- 18) Sletcha, A.F. and Culp, G.L., "Water Reclamation Studies at the South Lake Tahoe Public Utility District", JWPCF, 39, (5) 787 (1967)
- 19) たとえば, Albertson, O. E. and Sherwood, R. J., "Phosphate Extraction Process", Paper presented at the Pacific Northwest section meeting of WPCF, Wash. (1967)
- 20) Rose, B. A., "Sanitary District Puts Sludge to Work in Land Reclamation", Water and Sew. Works, 115, (9) 393 (1968)