工業廃水処理

記事特集「工業廃水処理」の編集にあたって 第19回研究談話会(1968. 2. 11)を開催したところ、全国各地から多数の参加者を得、大変盛会であった。標題の特集を当日の講師ならびに当該分野のエキスパートに新しくご執筆願った。この分野は化学工学的にきわめて興味深い分野である。多少とも興味を持ていただければ幸いである。

〔編集担当 吉田高年*, 黒沢慶二**〕

工業廃水処理全般の展望***

吉 田 高 年*

1. ま え が き

本稿の目的は展望というより、展望をして頂くための踏み台といった方がぴったりするかも知れない。限られた紙数では到底十分な展望は望むべくもないが、以下諸氏による原稿が廃水処理全般の中でどのような位置を占めているかご理解願うための一助ともなれば望外の喜びである。なお最近の廃水処理についての解説¹⁻⁹⁾を本文末尾に掲げた。

工業廃水処理法を考える場合、まず第1に考えなければいけないことは、その量がきわめて膨大なことである。たとえば工業の種類によって異なるけれども用水の量は、製品1t当り人絹パルプでは約700t、鋼材では約60tの工業用水¹⁾が必要といわれている。したがってそれに近い量の産業廃水が排出されていることになる。第2に産業廃水の質の方も産業の種類・規模・季節・時刻などにより千差万別である。第3に考えられることは、河川の流量とか港湾の状況といったものにも大きな差があり、同質同量の廃水がでた場合といえども公害の起こり方は決して同一ではない。第4に廃水の流入した水の用途が上水の水源である場合、農業用水とか水産方面に利用される場合、特に悪臭などさえ起こらなければ大して差し支えない場合など、使用目的の相違によっても廃

水処理をどの程度まで行なう必要があるか大きな相違がある。また河川の水量も季節によって大きく変動する。以上相互の関係を考えてみると真に複雑といわなければならない。本特集には「工業廃水の現状と対策」、「廃水処理対策の考え方と解決法」などのテーマで以下に精しい解説が掲載されているのでご覧願いたい。

廃水処理にはかなりの費用がかかり、工業製品の原価にかなり跳ね返るはずであり、この費用は工場側の立場からできるだけ節約したいと望むのは当然であるが、一方公害防止の立場からは完璧な処理が望ましいことは言をまたない。結局この両者の間でどの程度のところで調和をはかるかが問題である。工場の側としては廃水処理は当然の義務であり、処理すべき廃水の量が膨大であればある程、最も効率のよい処理効果が望まれるわけである。そこで当然の帰結として化学工学的に最適条件の探求ということが至上命令となるわけである。ところが好気性の生物処理をする場合、廃水中に空気を吹き込む操作であるエアレーションのプロセスに於いても、空気の通過距離を長くして十分その効果をあげる方が有利か(空気量は少なくてもよいが空気の圧力は大きくなる)、INK A式と称し、比較的エアレーションを浅い水位のところから、空気量を多くした方が経済的であるのか(空気量は多くなるが、空気圧は小さくてよい)、その優劣さえ明確でないのが現状である。

廃水処理法乃至装置には化学工学の教科書に余り記載

* Takatoshi Yoshida 名古屋工業大学工業化学科

** Keiji Kurosawa 三菱化工機株式会社

*** 昭和43年4月3日受理

されていないような興味あふれるものがある。たとえば湿式燃焼法(水中燃焼ではない)、他の汚過法に比して汚過の抵抗のきわめて小さいマイクロストレーナー(座談会の記事参照)、生物の力を借りた生物化学処理等々。このようにして眺めてみると廃水処理の分野は、化学工学者にとってきわめて興味深い一大ジャンルを形成しているのではあるまいか。

2. 水質の汚濁とは何か

2.1 考 え 方

産業廃水が汚濁しているとは一体どんなことであろうか。簡単にいえば公害を惹起するような水質の原因になっているようなものということができる。

「公共用水域の水質の保全に関する法律」に基づく河川水質基準とか都府県条例に基づく河川地域別水質基準については石川氏の記事を参照されたい。

2.2 水素イオン濃度 pH

その廃水が肉眼で観察していかに透明であろうとも、pH が非常に大きかったり、また非常に小さい場合は明らかに公害の原因となる。すなわち上水の水源としてはもちろん、農業用にも水産用としても前記のように不適である。

水質基準として pH 5.8~8.6 のところが多いが、石狩川水域の「甲」における蒸留酒または混成酒製造業のごとく pH 4.5~8.0 という例や、常呂川水域のごとく pH 5.0~9.0 という例がある。

2.3 浮遊物質(懸濁物質)(Suspended Solid, SS)

産業廃水中には各種の懸濁物質が存在している場合が多く、その粒子の大きいものは簡単に除去できるが、小さなものは除去がきわめて困難なものもある。

2.4 化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand, COD)

産業廃水中には化学的に酸化剤によって酸化されるような各種の化合物が含まれている。これは水の中に溶解している酸素、すなわち溶存酸素(DO-ppm 単位で表わされる)を消費するものである。COD は化学的に酸化される無機化合物にも起因するが、その大部分は有機性の腐敗の原因となるようなものである。したがって COD の大きい廃水をそのまま河川に放流すると、DO を消費して後述の嫌気酵解の原因となり、悪臭発生の原因ともなる。

2.5 生物化学的酸素要求量 (Bio-Chemical Oxygen Demand, BOD)

産業排水中の被酸化物は実際には好気性の菌とか微生物によって生物化学的に酸化されるわけである。したがってこの測定法は酸素要求量の測定法として最も合理的

と一応考えられる。JIS にはつぎのように記載している。「下水や排水などの BOD とは、好氣的生物化学反応によりそれらの汚水中の有機物を分解する際に消費する溶存酸素量のことである。検水を溶存酸素の飽和した希釈水で希釈し、フ卵ビンに入れ密塞したのち、一定時間(標準 5 日間) 20°C に放置する。その前後にはかった溶存酸素量の差から検水の BOD を算出する。BOD は 1 段階の BOD と 2 段階の BOD とに区別される。

1 段階の BOD は、生物に比較的容易に利用されやすい有機物を酸化するためのもの、2 段階の BOD は、硝化生物がアンモニアを亜硝酸または硝酸に酸化するためのものおよび分離困難な残留有機物を徐々に酸化するためのものである。新鮮な下水や汚濁河川水などの BOD は通常 1 段階の酸化の完了に 20°C において 12~14 日を要し、2 段階の酸化は、そののちに始まる。

汚染物質の完全な安定化(酸化)には 100 日以上を要する。汚染の指標としては 1 段階の BOD を採用し、しかも 20°C、5 日間の BOD を標準とする。

BOD の測定においてもっとも重要なことは、希釈した検水中には各種細菌およびプランクトンが正常に繁殖していることである。もしその中にアルカリ・鉍酸・残留塩素、その他生物に有害な物質を含有しているときには、信頼することのできる BOD を得ることができない。(座談会記事参照)このような場合には有害物を中和するか、特別の方法でそれらを除去した試料について BOD の試験を行なわなければならない。

したがって BOD の測定には 5 日間は必要であるし、有害物質を簡単に除けない場合にはさらに手数を要することになる。たとえば石炭乾留工業における廃水中にはフェノールその他上記有害物質を含んでいるのでフェノールに対して耐性のある生物を馴化培養して、これを廃水中に植種して BOD をはかる必要がある。

以上の点を考慮し、公共水域の水質保全に関する法律に基づく指定水域および当該水域の水質として、江戸川水域および木曽川水域において工場廃水は COD で規定され、淀川水域・石狩川水域・常呂川水域・荒川水域および公共下水道・都市下水から江戸川水域に流出される場合は BOD で規定されている。

そこで BOD と COD との間に相関¹⁰⁾が成立するかどうかということが問題になるわけである。精しく説明する紙数がないのでその数例をつぎに掲げるとどめた。芝浦下水では $BOD=0.479 \cdot COD^{1.50}$ 、三河島下水では $BOD=1.04 \cdot COD^{1.80}$ 、(以上何れも低温法による COD) 畜肉処理廃水では $BOD=2 \cdot COD$ 、染色整理廃水が約 21% 混入している一宮下水処理場の場合生下水では $BOD=2.1 \cdot COD$ 、初沈流出水 $BOD=2.1 \cdot COD$ 、散布汚床流出水 $BOD=1.7 \cdot COD$ 、処理後では $BOD=1.1 \cdot COD$ と

いう例¹¹⁾がある(以上一般に行なわれる高温法によるCOD)。

2・6 溶存酸素 (Disolved Oxygen, DO)

DO とは水中に溶解している酸素ガスを ppm 単位で表わしたものである。隅田川の水質調査が行なわれ、悪臭の出ない水とは、共同実験の結果から BOD 10ppm 以下、DO 1ppm 以上という結論¹²⁾が得られた。水質基準では、隅田川沿岸の下水道が昭和 41 年度までに完成する 2 地区では工場廃液は BOD 300 以下と規定されている。審議会は三摂板紙 KK (13,000t/D) のみに関しては基準を義務づけることは採算上無理があるとの判断により、BOD 580ppm と特例措置にされている¹³⁾。また荒川の水を河岸川を通じて隅田川に流す実験が昭和 39 年 9 月 10~17 日に行なわれ流し込んだ水は毎秒 20t、計 2,291 万 t (丸ビル 100 杯分)、放流数日後川のくさは徐々に消え、DO も若干 (2ppm 程度) 増えたと報告¹⁴⁾されている。

2・7 その他

以上のほか指定水域の水質基準には亜鉛・マンガ・フッ素・硼素・油分 (*n*-ヘキサン可溶性物質)・フェノール類・大腸菌群数・全シアン・全クロム・アンモニア態窒素量などを定めているものがあり、神奈川県・大阪府・新潟県では放流水中の重金属類の含量その他をさらに詳しく内規として規定している。

3. 産業廃水の処理法の分類

産業廃水処理をわかり易く分類すると物理処理、化学処理、生物化学処理およびその他の方法の 4 つになるが、明確に区別することはできない。その理由は、ある産業廃水の処理にこの 3 つの方法のうち 1 つの方法だけで完璧な処理が可能である場合はむしろ希なためである。また廃水処理関係の書籍には本稿でいう広義の化学処理のうちシアン廃液を塩素とかオゾンで処理する場合に限って化学処理といっているようで、特集記事に詳述されている湿式燃焼は明らかに有機化合物を灰と炭酸ガスに変化する化学反応が中心であるにもかかわらず化学処理とはいわないようである。

4. 物理処理

4・1 スクリーン

廃水処理の第 1 段階で、比較的粗大な浮遊物を除去する方法をスクリーン法という。この処理だけで河海に放流できることもある。薬品処理施設、生物処理施設の負荷を軽くしたり能率を向上させる。ポンプの損傷閉塞防止に役立つ。

なお凝集沈殿とマイクロストレーナーとを組み合わせた方法が座談会の記事として大橋氏から紹介されている。

4・2 沈降分離 (沈殿法)

このうち単純沈殿法は沈殿池の大きさを適当にし、廃水の流速を遅くし、浮遊物を重力によって沈降分離させるものである。これに対し凝集沈殿は重力では数十時間あるいは数日間放置しても沈降しないコロイド質を塊状化し重力によって沈殿させるもので本特集において野田氏により詳述されている。

また凝集沈殿を起こさせるには超音波を利用する方法がある。周波数によっては分散が行なわれるので注意を要する。普通の場合鉄塩類・アルミニウム塩類・石灰・消石灰・炭酸カルシウム・硫酸・カセイカリ・高分子化合物などを使用し、BOD の一部除去も同時に行なわれ、染色廃水の脱色法としても広く利用されている。

4・3 浮上分離

浮遊物の除去とか、汚泥の濃縮などに応用されるもので、特集中に野田氏が詳述しておられる。

4・4 液体サイクロン

製鉄所の熱延廃水中に含まれるミルスケールの除去とか油分の分離に大型サイクロンで Sinterfanger と呼ばれるものが使用され好結果¹⁵⁾を得ている由である。可動部分がなく、所要面積が小さく、普通沈殿池の約 1/10 でよく、装置の損耗がなく、運転費が安く、取り扱いが容易であるといわれている。

4・5 泡分離 (泡沫分離)

表面活性剤の入っている水を泡だてると泡の方へ表面活性剤が濃縮されるという原理を応用したものできわめて興味深い方法¹⁶⁾である。ABS の除去法として有力な方法であり、適当な表面活性剤を使用し、放射性のイオンと結合させて除く方法も紹介されている。関心のあられる方は拙稿の総説¹⁷⁾をご覧ください。

4・6 蒸発

廃水を蒸発して汚泥と清浄な水とに分離することはきわめて特殊な場合を除いて経済的に現在の技術では一寸無理と思われる。しかし海水から真水を得る方法は特殊な地域では実用化されている。蒸発に熱ポンプを応用するとか熱を有効に利用するため多重効用缶とか多段フラッシュ蒸発を応用することは化学工学で広く取り扱われているので説明は省略するが、熱ポンプと遠心分離法とを応用して熱移動表面を回転させることにより、きわめ

て大きな熱移動率を得る方法¹⁸⁾がある。ノズルからローターの内側に移行し、濃縮された廃液はコレクターによって掻き集められ熱交換後捨てられる。生じた水蒸気は圧縮機で圧縮され、凝集して潜熱を放出する。予備実験では好結果¹⁹⁾を得ている。また太陽熱を蒸発に有効に利用する報告^{20, 21)}もある。

4・7 吸着

活性炭を吸着剤として水溶性の有機汚物・色・味・臭を除くことはよく知られた技術である。しかし除去できる量は、それが飽和されるまでのかぎられた量でしかない。今日ではその吸着剤が非常に安価か、再度の使用が可能でない限り利用されていない。安価な吸着剤としては粘土・砂・石炭・工業副産物とか廃棄物質のようなものが考えられる。吸着は界面現象であるから、細粉にして表面積を大きくして利用する必要がある。一方微粉にすると吸着剤を分離して除くのが困難になる。したがって適当な凝集剤でも添加して汜過して除かなければならない。

筆者も亜炭とコーライトの微粉でタール²²⁾とか BOD の除去²³⁾の研究を行なった。

ABS (後出) の除去に Hy-Sorb R (Johnes-Manville 社) とよばれる粉末吸着剤を使用し、40~80ppm のものを 3ppm 以下にする方法²⁴⁾もある。

4・8 抽出

溶剤抽出には水から廃棄物質を、または廃棄物質から水のどちらかを取り除くことが理論上可能であるが、一般に水から廃棄物除去の方が有利である。抽出塔の底から送られた溶剤は抽出塔を上昇し、供給廃水は上から下へ互に向流接触によって抽出が行なわれる。抽出液は分離器に送られ廃棄物と分離され溶剤は循環して使用される。石炭乾留の際生ずるガス廃液よりフェノールを抽出する場合には溶剤としてベンゾールまたはフェノソルバン液 (主成分酢酸ブチル) が使用²⁵⁾される。溶剤として第 2 級あるいは第 3 級アミンを廃水処理に使用できる可能性があり、当研究室でも研究²⁶⁾した。

抽出装置として Podbielniak 式コンタクター²⁷⁾は東京瓦斯 KK で利用されている。また当研究室にも PUP 型の Podbielniak 式コンタクターがある。

4・9 エマルジョン分離

液-液接触のもう一つの分野はエマルジョン構成現象である。互いに溶解しない 2 種の液の境界に溶質が単分子層をなして凝集されることが知られている。有機溶媒-水系において親水性と親油性とを有している分子はこの傾向がある。したがって、このような抽出においては抽出の量や割合は使用された溶媒の量に関係するのではなく、液相間の境界面積の大小に支配される。換言すれば、こまかいエマルジョンが生成されるならば比較的

少量の溶媒で有効である。本法の廃水処理への応用は現在研究されつつある。

4・10 凍結分離 (Freezing)

凍結分離すなわち廃水を次第に凍らせていった場合、水は比較的純度の高い水よりなっていることが知られている。また色のついたアイスキャンデーもよく観察すると色素は氷の結晶と結晶の間に析出して、完全に均一に着色した氷はできにくいことが知られている。凍結分離法が大規模に塩類を含んだ水の処理に対して有力な方法として注意をひくようになった。またこの方法は、廃水の浄化法としても利用できる。直接凍結分離装置では、供給液が 3mmHg に減圧された真空室に吹きこまれ、液の一部分は瞬間に蒸発し、気化潜熱を奪われて冷却し、残りは母液内で細かい氷の結晶になる。これらの氷の粒子は直径にして 1~1,000 ミクロンくらいで純粋の水である。もちろんその結晶が大きければ大きい程、操作は容易になる。装置でできた氷のスラリーは槽に送られ浮上して分離され、一方気化室で生成した蒸気を圧縮して液化した温水の熱でとがされる。

この方法は膨大な量の蒸気を送ったり圧縮しなければならぬ欠点がある。これはもちろん低い絶対圧のもとで処理しなければならないためである。二次凍結分離装置では第 2 の冷媒たとえばブタンを利用し、共晶凍結分離装置は冷媒と水との共晶をつくらせて分離する方法である。水和物形成ガス、たとえばプロパンは 1 分子と水 17~18 分子とが結合して固体水和物を形成するので前記同様の原理で利用できる。

4・11 電気透析

電気透析は液中のイオン化した物質を濃縮する方法として実験室でよく行なわれる方法である。この装置の電極に電流を通ずると、陰極・陽極透析膜が交互に形成され、陽イオンは陰極に、陰イオンは陽極に移動し、キャリアーに伴われて排出され、浄化水が得られる。

4・12 イオン交換

イオン交換法も一つの新しい水の浄化法である。

少量の無機イオンは混合イオン交換塔の充填層で普通よく行なわれる方法によってとりのぞかれる。ベッドのイオン交換容量がなくなったときは、廃水の供給をとめてイオン交換剤の再生液を通す。この種の方式においては再生液自身の処理ということも行なわなければならない。

人絹工場の亜鉛廃液よりの亜鉛の回収²⁸⁾は採算ベースに乗る数少ない廃水処理の例であり、15~35%の塩酸に鉄を 160ppm 含む場合には 1ppm 程度にイオン交換樹脂で容易に精製²⁹⁾できるといわれている。

4・13 エアレーション

この操作は種々の方式と目的とで行なわれる。単に廃

水中に空気管または散気板によって断面積流量の 8~15 倍の圧縮空気を吹き込むもので、硫化水素・アンモニア・有機酸・フェノール・ベンゼンその他の揮発性物質をすこぶよく除去することができる³⁰⁾。また貯水池などの藻類による悪臭とか鉄に起因する異臭味の除去に有効である³¹⁾。廃水の脱臭によく応用される方法であり、回転ディフューザーに関する研究^{32), 33)}もある。

5. 化学的処理法

5.1 中和および pH の調整

産業廃水の pH が前述のごとくある範囲内でない場合は適当に調整して放流しなければならない。強酸あるいは強アルカリの水質のものを放流すると当該水域の生物に対して有害であり、後述の生物化学的処理にも支障をきたす。また廃水に接する鉄鋼やコンクリートの腐食の原因ともなる。

アルカリ性のものにも硫酸または廃酸が利用され、酸性のものには生石灰・消石灰・マグネシアおよび煅焼ドロマイト (Ca および Mg の酸化物および水酸化物の混合物) によることが多いようである。最近、煙道ガス中の炭酸ガスの利用が注目されるようになってきた。中和剤としての検討^{34), 35)}とか、pH の自動調節の研究³⁶⁾もある。煙道ガス中の炭酸ガスや亜硫酸ガスを硫化染料染色廃水の中和と分解に利用する方法の実施が特集に紹介されているように進められている。染色廃水処理の総説³⁸⁻³⁹⁾もある。

5.2 オゾン化 (酸化)

オゾンは酸化剤としていろいろ優れた点を有していることは前から知られていた。最近オゾンの生産コストの低下と相まって色々な分野で実用化の気運がみられる。主要な応用分野は臭・味・色・鉄・マンガン・シアン化合物・フェノール・ABS⁴¹⁾ (Na alkyl benzene sulfonate) などの除去をはじめ、一般有機物酸化 (例 BOD, COD の除去)、消毒などその応用範囲はきわめて広く、オゾン利用シンポジウムの紹介がある⁴²⁾。シアン化合物の酸化において塩素ガスと経済性を比較した研究⁴³⁾とか、オゾン酸化の条件を検討した報告⁴⁴⁾がある。

一般的に長所として、水に長時間後まで残る臭気・味および色を与えないこと、沈殿物その他濁度やスラッジを残さないこと、短所としてはコストが高いこと、簡便で正確な測定法が普及していないこと、操作室内空気中に放出する場合は衛生上の危険を伴うこと、および金属類に対する腐食性が強いこと⁴¹⁾などである。

5.3 塩素化 (酸化)

シアンの分解に最もよく利用⁴⁴⁾される。その反応はつぎのとおりである。

5.4 過酸化水素その他の酸化剤による酸化

過酸化水素とか二酸化塩素とか、より強力な酸化剤が将来使用される可能性があろう。空気中の酸素が触媒の使用によってさらに効果的に使用されるようになるかも知れない。

5.5 還元

クロム酸およびその塩とか重クロム酸塩などはクロム・メッキ陽極処理その他金属仕上工業や皮革工業などに使用され、これを含む廃水の毒性はきわめて強い。

Cr^{6+} を Cr^{3+} に還元することによってはじめてアルカリによって沈殿させて除くことができる。

5.6 湿式燃焼

特集に詳しい解説があるので説明を省略した。

5.7 水中燃焼

前記湿式燃焼と混同し易いが全くその原理は異なっている。本法は水中バーナによってガス体燃焼とか重油を燃焼する方法⁴⁵⁻⁴⁷⁾で、空気と燃料が気相で燃焼し、燃焼ガスが直接液中を通過して液面に出るもので、直接熱ガスと液が接触するので熱効率が高いという点と、硫化染料による染色廃液を燃焼によって生じた炭酸ガスで分解させるというような利用方法がある。

5.8 汚泥の焼却

汚泥は古くは天日乾燥してから農家に引き取られたが、最近は金肥の利用が盛んで、汚泥の焼却が相当広く行なわれるようになった。

5.9 キレート化

有害重金属を EDTA (エチレンジアミン四酢酸) などのポリアミノカルボン酸類でキレート化して毒性を低下させる方法である。

Cu, Cr イオンを EDTA でキレート化することにより毒性を低下させ、後述の BOD の測定の際、廃水の生物化学的酸化を円滑に行なわせることができる。

5.10 電気化学的分解

水溶液中のある種の有機酸を電気分解すると完全に分解することができるという報告⁴⁸⁾がある。それはフェノール・ジスルホン酸を完全に分解して炭酸ガス・水および硫酸にするもので、ABS についても同様である。酸の中に加えるとアルコール類・アルデヒド類・炭水化物類・エステル類はもちろんのこと炭化水素さえも、これらは水中においてかなりの電気伝導性がある。したがって電気化学的に処理することは廃水処理法として発展する見込みがある。処理の目的は汚物を電解によって、簡単な無害の分子や関連した複合体にするとか、分解し難

い有機物を生化学的にリフト（分解され易い状態の構造）にすることにある。

いずれの電気化学的処理装置においても、コストの大部分は直流電流の電力費である。水溶性有機溶液の交流電流による電気分解方法はいくらか見込みがあるという報告⁴⁹⁾もある。

また電解による下水処理の報告⁵⁰⁾もある。

不可逆の電極反応は可能であるが、偶然にも多くの有機物の電極反応は、この種の反応である。

接触の電極反応に超音波を使用すると一層有利で、電力所要量が軽減される。またこの方法によると、水の電気分解に必要な電圧をかなり低下させることが知られている。

6. 生物処理

本特集に御園、柏谷両氏の精しい解説があるので省略した。散布戸床法、活性汚泥法、嫌気性処理およびラグーン池法の4つの方法が主流をなしている。脱臭処理にも生物処理を応用したものがある。

7. その他の方法

7.1 地下浸透および注入

常識的には地下 300~2,000 m に注入ないし封入するもので原則として無処理である。注入にもとづく汚染は永続すると考えられるから利用できる帯水層の汚染は予防すべきである。

7.2 海中処分

廃水は重力拡散と乱流拡散によって拡散希釈され、その後生物化学的にも処理される。

7.3 その他

希釈法、投棄法などがある。

8. むすび

本稿は、初めにも述べたように、特集の内容をご理解頂くための予備知識ならびに足がかりにして頂くことと、廃水処理全体の中で特集の個々の論文の内容がどのような分野に属しているかを述べ、併せて各分野の総説の文献とその所在を紹介した。

文 献

- 1) 用水廃水便覧編集委員会：用水廃水便覧、丸善（1964）
- 2) 広瀬孝六郎：工場廃水とその処理、技報堂（1962）
- 3) 福田信行他：公害防止技術叢用便覧、産公（1965）
- 4) Environmental Health Series: Water Supply and Pollution Control, Summary Report, Jan. 1962~June 1964, Advanced Waste Treatment Research AWTR-14, U. S. Department of Health Education, and Welfare, Public Health Service.
- 5) J. Water Pollution Control Federation, 38, [6], 869-934 (1966)
- 6) 波多野陽：出光石油技術, 9, [5], 39-43 (1966)
- 7) Mill-Factory, 79, [5], 56-66 (1966)
- 8) Kunststoff Berater, 11, [11], 888-889 (1966)
- 9) 吉田高年：コールタール, 11, 586 (1965)
- 10) 田村保：基準作成資料 No. 6, 愛知県公害課（1965）
- 11) 千葉武治：第12回上下水道研究発表会講演概要集（1961）
- 12) 遠山啓：下水道協会誌, 1, (No. 7), 8 (1964)
- 13) 水, 7, (No. 3), 20 (1965)
- 14) 水, 7, (No. 1), 11 (1965)
- 15) 松田俊彦：廃水処理便覧（化学工場臨時増刊）4, (No. 8), 48, (1960)
- 16) 吉田高年他：燃料及燃焼, 33, 545 (1966)
- 17) 吉田高年：染色工業, 18, 16, (1967)
- 18) 同上：ケミカルエンジニアリング, 13, 155, (No. 2) (1967)
- 19) Hickman, K. C. D.: Waste Water Recovery-A Study of Distillation Processes for Potable Water Recovery and Residue Disposal. Report to the Advanced Waste Treatment Research Program, May (1961)
- 20) Fritz, S. & MacDonald T. H.: Average Solar Radiation in the United States. Heating & Ventilating, 46, No. 7, 61-64, July (1949)
- 21) Grune, W. N., Thompson, T. L. & Collins, R. A.: News Applications of Thermodynamic Principles to Solar Distillation. ASME Paper 61-SA-45, Presented at A-SME Summer Annual Meeting, Los Angeles, California, June (1961)
- 22) 吉田・藤井：日本特許, 第198751号, 発生炉ガス洗浄水の処理方法
- 23) 吉田高年他：染色工業, 5, 7 (1957)
- 24) Soap & Chemical Sapacials, 38, (No. 11) (1962)
- 25) 吉田高年：用水と廃水, 9, (No. 2), 85 (1967)
- 26) 吉田：日本化学会年会講演 (1963)
- 27) 社：化学工学, 18, 187 (1955)
- 28) 用水廃水便覧編集委員会：用水廃水便覧, p. 788; 丸善 (1964)
- 29) 用水廃水便覧編集委員会：用水廃水便覧, p. 794; 丸善 (1964)
- 30) 同上 p. 478
- 31) 同上 p. 1177
- 32) 吉田高年他：名工大学報, 18, 439, (1966)
- 33) 同上 449, (1966)
- 34) Wiest, G. J.: Ind. Wastes, 7, [1], 14 (1962)
- 35) Brueckmann, F. G.: Ind. Wastes, 7, 168 (1962)
- 36) Rhyn, H.: SVF Textilveredlung, 17, 640 (1962)
- 37) 鈴木健雄：吉田高年, 染色工業, 7, 714 (1959)
- 38) 同上：繊維加工, 11, 1090 (1959)
- 39) 吉田高年：水, 8, (No. 12), 53 (1966)
- 40) 川津一郎, 大體一郎：用水と廃水, 8, 778 (1964)
- 41) 洞沢他：用水と廃水, 8, 598 (1964)
- 42) Sondak, N. E., Dodge, B. F.: Plating, 48, 280 (1961)
- 43) Ibid, 48, 173 (1961)
- 44) 吉田高年：水処理技術, 8, (No. 2) (1967)
- 45) Krofchak, D.: Ind. Wastes, 7, [3], 63 (1962)
- 46) Thomas, P. M.: Gas J., 321, [5285], 12 (1965)
- 47) Chem. Age, 82, 560 (1964)
- 48) Brockman, C. J.: Electro-Organic Chemistry, John Wiley & Sons, Inc. (1926)
- 49) Shipley, J. W., Rogers, M. T.: Canadian Journal of Research, 178, 147 (1939)
- 50) Chem. & Eng. News, 42, [51], 43 (1964)