

染色加工工業における排水処理

Treatment of Wastewater from Textile Dyeing Processes

浅原 照三*・早野 茂夫*・鈴木 基之*

Teruzo ASAHARA, Shigeo HAYANO and Motoyuki SUZUKI

はじめに

染色加工工業は、生活と密着した嗜好性産業として、その加工内容及び操業の多様性が、その特徴となっている。旧来主として水を媒体とした染色技術に基盤をおいているため、近年の資源的制約及び環境汚染を防ぐ意味からの法規上の制約と水に対する両面の問題から加工技術体系そのものが見直されつつある時期に到っ

ている。

本報告は染色協会の依頼により、著者らの行なった調査¹⁾をもとに、若干の検討を加え染色加工工業における水使用も含めた処理のあり方に関し、基本的な考え方を示すものであるが、この考え方は染色加工排水に限らず各種産業のプロセス排水の検討に適用されるものと考えられる。

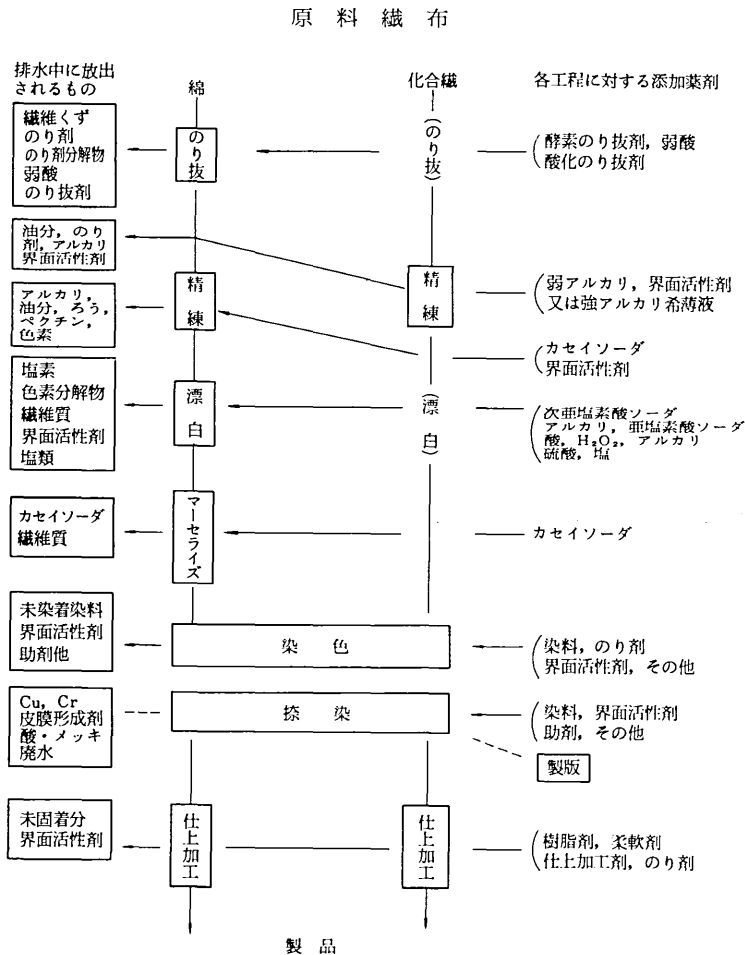


図1 木綿・化合繊維染色加工工程における添加薬剤及び排水中の汚染物質

* 東京大学生産技術研究所 第4部

染色加工プロセス概略

ここで対象とするのは、木綿、化合繊、又はその両者を加工しているプロセスであり、その排水の工程別概要は代田²⁾によると図1に示すようになる。

各排出物の定量的解析が必要なのは言うまでもないが先述のような多様性及び時間的な変動が一因となつて必ずしも十分なるデータは旧来得られていない。

ここでは先ず工程全体の水使用から検討をすすめることとする。

水使用の現況

われわれの調査及び染色協会の資料に基づき、布加工量に対する水使用を化合繊（長繊維）及び木綿（短繊維）別に示したのが図2、3である。図は総使用水量（m³/日）対、加工量（m²/日）の形で示しているが、必要水量及び汚染負荷の検討には基本的には布の

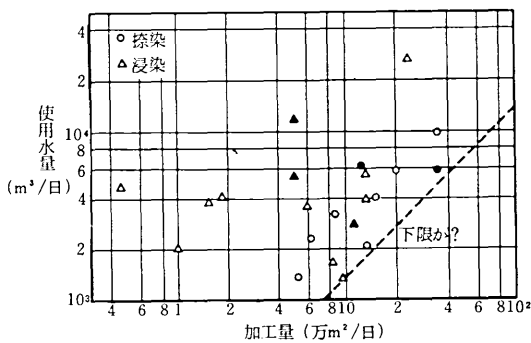


図2 化合繊維（長繊維）染色工場の水使用量（黒点は著者らの調査）

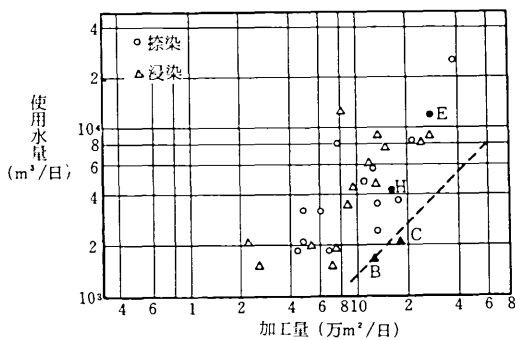


図3 木綿（短繊維）染色加工工場の水使用量（黒点は著者らの調査）

加工重量が問題となるので、加工布重量についてのデータが得られることが望ましい。この図から解くことは使用水の原単位は特に小規模工場において大きく、さらにこの傾向は化合繊の浸染について顕著である。化合繊の浸染工場は比較的新しく、水が豊富に入手出来る立地条件に沿って建設されたためと思われるが、原単位についての検討をもとに工程の合理化により水の節減は可成り可能と思われる。

処理の面から見た水節減の必要性

水の節減によって水処理の経済性がどう変化するかを考えるには、水処理コストに対する水量の影響を検討する事が必要である。一般に総汚染負荷は、プロセスの内容が決まれば、単位加工量当たりほど決まって来るものと考えられる。従つて、使用水量が増加すれば排出濃度が逆比例的に減小するものと近似しても大きな誤りはなからう。水処理コストを考える一例としてCOD等有機物除去をあるプロセスで行う場合について考察する。

処理コストの内容は建設コスト及び運転コストに大

- 調査点は図中 ○A ●B ◇C ▲D ■E ●F
 □G ●H
 Key × 1次処理 (α=0.67)
 ▲ 活性汚泥 (α=0.78)
 ○ 活性汚泥+三次処理 (凝沈, 活性炭, 珪過)
 ● 物理・化学処理 (PCT)
 (予備, 凝沈, 珪過, 活性炭, 塩素)(α=0.67)

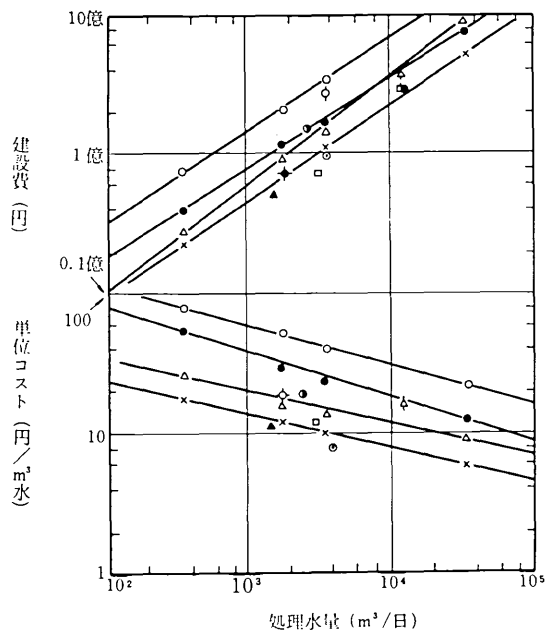


図4 下水処理に関するWeberらの計算 (S=320円) 及び調査による各工場の例

別される。この内運転コストは、例えば活性汚泥処理
 或いは凝集沈澱等の際の生成スラッジの処理、活性炭
 処理の場合の使用活性炭の再生等に要するコストが
 主になると考えて良い。これらは汚染負荷が一定である
 場合には水量（或いは濃度）によらず、ほぼ一定で
 あると仮定して良からう。従って、ここで処理水量の
 影響を考える際には建設コストに対する影響を検討す
 れば十分である。濃度一定の排水であれば、処理プラ
 ントの建設費は、大略、処理水量の分乗に比例すると
 考えられる。

$$\text{建設費} \propto (\text{処理水量})^\alpha \quad (1)$$

α の値は一般に処理量は装置容積、建設費は装置表面
 積に大略関連するため、化学プラントのように立体的
 にスケールアップがなされるものについては、 α は0.6
 ~0.7位の値をとると言われる。実際に数種の処理方
 法に関して、流入水の性状を一定とした場合に、処理
 水量と建設費の関係を求めた例を図4に示す。図から
 求まる α の値は図中に示している。他に凝集沈澱浮上
 の場合に $\alpha=0.60$ が得られている。活性汚泥単独の場
 合には $\alpha=0.7$ という値が推算される。一方処理水量
 が一定の場合に装置建設費が処理水の濃度に対して如
 何なる依存性を示すかについては報告が少ないが、式
 (1)と図様の関数形を仮定し次式をおく。

$$\text{建設費} \propto (\text{処理水濃度})^\beta \quad (2)$$

活性汚泥の場合に図5に示すような値となることが示
 されておりこれによると $\beta=0.4$ 、物理、化学的処理の
 場合には装置の大きさは入口濃度のさらに弱い関数と
 なる予想されるので β はこれより小さい値となると
 思われる。

式(1),(2)から処理水量を Q 、処理水濃度を C とし、

$$\text{建設費} Y \text{ は } Y = Y_0 \cdot Q^\alpha \cdot C^\beta \quad (3)$$

と近似出来るとすると、前述のように汚染負荷 P を一
 定とすると $P=CQ$ から

$$Y = Y_0 \cdot Q^\alpha \cdot (P/Q)^\beta = (Y_0 \cdot P^\beta) \cdot Q^{\alpha-\beta} \quad (4)$$

となる。従って $\alpha-\beta > 0$ であれば、建設費 Y は水量 Q
 と共に増加することになる。前記の様に一般には α は
 0.6以上の値をとり、 β は0.4以下であろうので $\alpha-\beta$
 > 0 となり、汚染負荷が一定であれば、水量が少い程
 建設費は少なくなることが解る。

処理水量の節減

a) 工程別の排水

図1に示される工程において、有機物汚濁について
 考えるなら、使用水の排水系統としてその水質から三
 つに分けて考えることが出来よう。即ち精練、漂白工
 程、染色工程、仕上加工工程である。たとえばA社、
 及びE社の排水に関して、その有機物負荷及び水量を単
 位加工布重量当りでそれら工程排水について示したも
 のが図6である。図6 a)では図中1点によりBODに

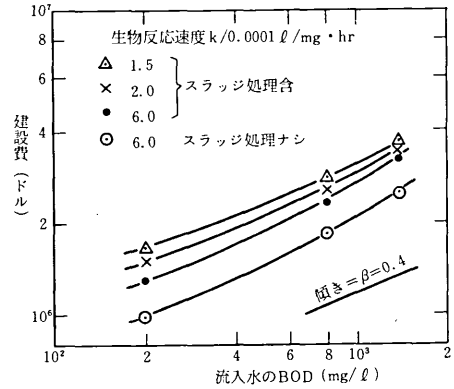


図5 活性汚泥槽の建設費
 (Eckenfelderら⁵⁾)

関する排水の性状を示すことが出来、図中斜線上の目
 盛がBOD濃度を示している。

図中の1点にある水をBOD除去処理をすることによ
 りその水は図中を下方に移動し稀釈によっては、右方
 に移動することとなる。即ち濃度規制に対応する処理
 とは右下方向の成分をもつ処理をする事を意味し、総
 量規制に対応する処理は、下方に動かす処理のみが
 有効であることが明瞭に示される。図中のいくつかの
 点たとえばA, B, C, の水を混合すると各点の縦横座
 標の和を新しい座標とする点Dが総合排水の性状とし
 て示される。図6 a)の例では総合排水のBOD負荷は点
 Aがその殆んどを負っており、AはB, Cとの混合に
 よりほぼ稀釈処理を受けたものと考えて良い。前節で
 述べたように、この場合はAを集中的に処理すること
 により経済的に有利な処理プロセスの構成が出来る。
 即ち、工程別区分処理の有利性が単にBOD除去のみを
 考える場合にもあり得ることになる。

b) 工程内の水使用

さらに各工程内での水使用量を減ずることができれ
 ば処理の面における優位さは増すものと考えられるが、
 これは、各工程内における単位操作の問題となり、個
 別に、速度論的な検討も十分に含めて考えねばなら
 ない問題である。一例としてI染工場における、のり抜精
 練工程においては、11の槽内を布が移動し、洗條水が
 直交流として用いられており総合排水として37.9m³/
 hr、COD負荷19.78kg/hr (COD濃度520ppm)の水
 が得られている(図7 a))。この際各槽内における温
 度、流量、CODが測定されており、COD濃度と槽温
 度との間に図8に示すように明瞭な相関が見られ、この
 ことから槽内において布と水の間にはばのりについて分
 配平衡関係が成り立っているであろうことが予想され
 る。これから水の節減を目的とし一例として図7 b)
 に示すような水流方式を採用し、温度を現工程と全く

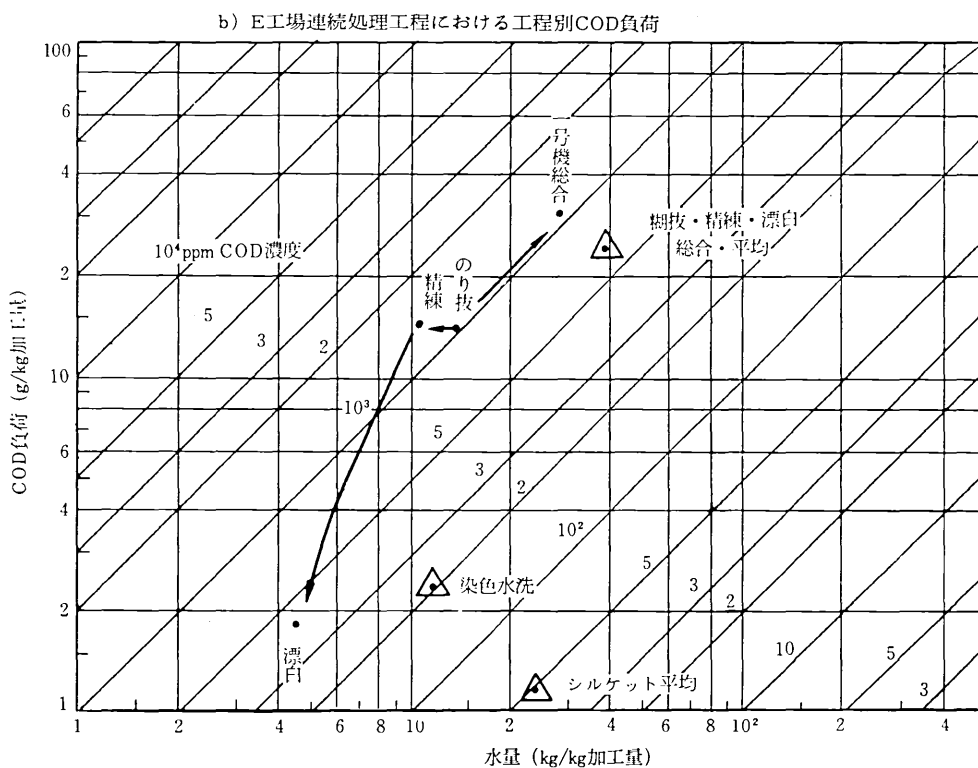
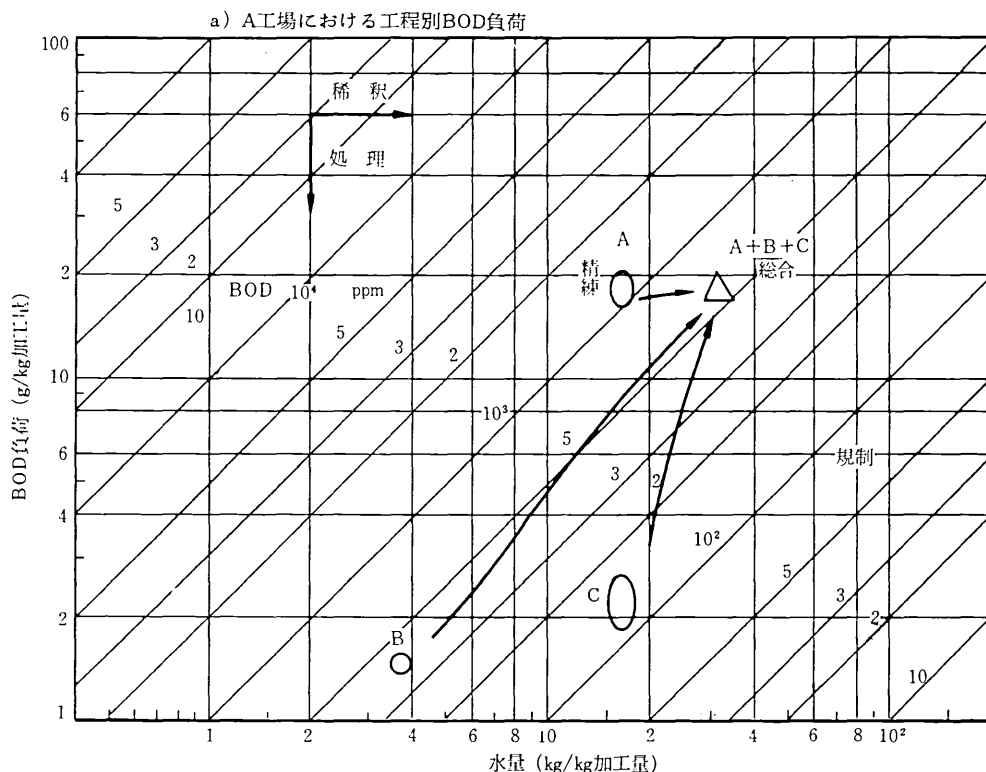


図6 区分排水の有機物(BOD又はCOD)スペクトル

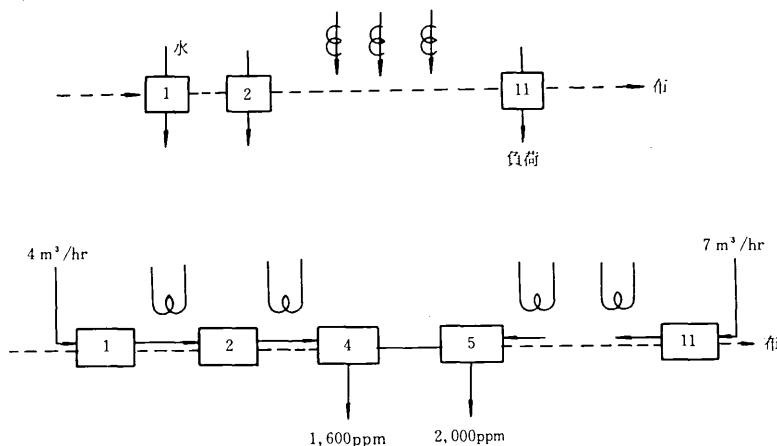


図7 のり抜精練工程における水の使用

同一になるように調節するものとする、必要水量は並流部 $4\text{m}^3/\text{hr}$ 、向流部 $7\text{m}^3/\text{hr}$ とすることにより、この工程の総合排水として $11\text{m}^3/\text{hr}$ 、COD濃度約 $1,800\text{ppm}$ を得ることができる。即ち水量は約70%節減でき、濃厚排水を得ることが出来る。

現実には、前述のように速度論的検討も加味し、濃厚排水の取扱いや温度調節の方法も含めさらに精緻な検討を要するが、大略の推測はこれにより可能である。

BODからCOD、TOC規制への移行

有機物汚染の指標として現在用いられているBOD規制が、測定のみより容易なCOD或いはTOCへ移行するのは時間の問題であろう。BOD、CODは共に現象論的なパラメーターであり必ずしも真の有機炭素総量との対応は良くない。このことは、特に化学的性質が多種にわたる界面活性剤等の薬剤に特徴的に現われている。たとえば商業的に市販されている界面活性剤について、0.1%溶液を作り、BOD、CODを測定した代田らの結果⁶⁾によると図9に示すように両者の間には、特に相関が見られない。のり剤の場合には、図10の様にややお互いの相関は良くなっている。従来排水のBOD規制に対応する意味で、低BOD型の薬剤を用いていた場合も多く見られるが、これは将来注意を要する事となる。(エチレンオキシド)m鎖を含む非イオン性活性剤の生分解性を検討したFischerらの研究⁷⁾によると、図11に示すようにノニルフェノール、オクチルフェノール及び分枝アルコールにエチレンオキシドを付加した形の界面活性剤は、n-パラフィン、脂肪酸アルコールにエチレンオキシドを付加した形に比して、生分解性が著しく悪いことが解った。

この種の薬剤が含まれる場合には、BOD処理には有効な生物的処理法は必ずしも適当な処理法とは言えない。また多くの染料の有する発色基、長繊維の膨潤に用いられる薬剤等も生物の活性妨害となるものがあり、活性汚泥処理が有効でない事と共に、排出された環境における生態系への影響が問題となる可能性を有している。

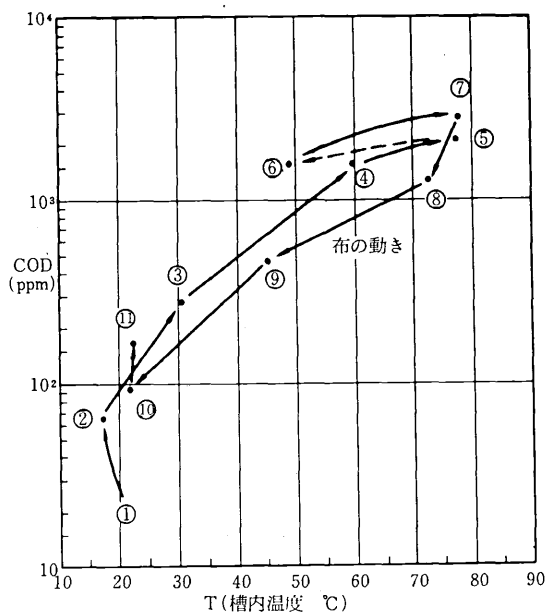


図8 のり抜精練工程における各糖内のCODと温度

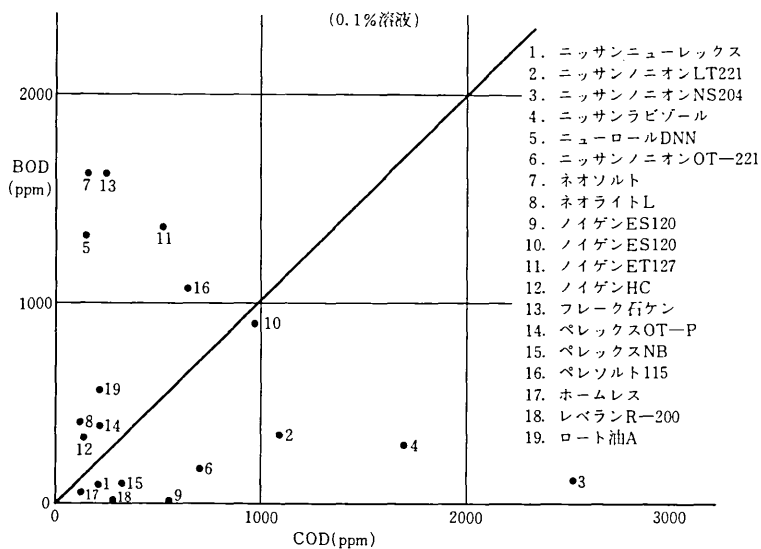


図9 界面活性剤のBOD-CODの比較

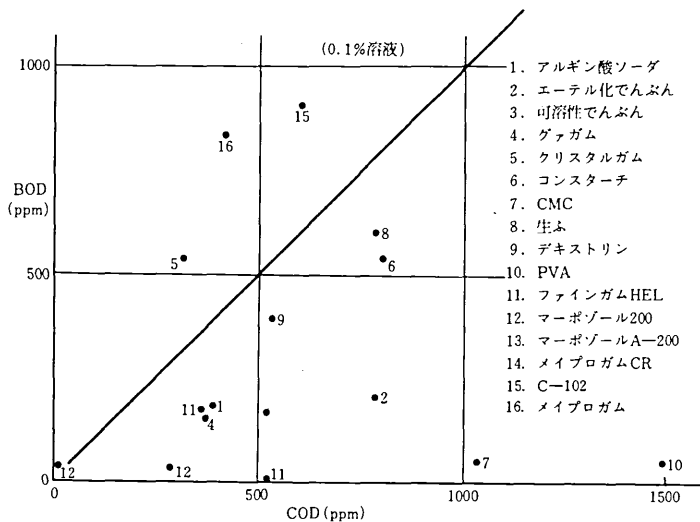


図10 繊維用のり剤のBOD-CODの比較

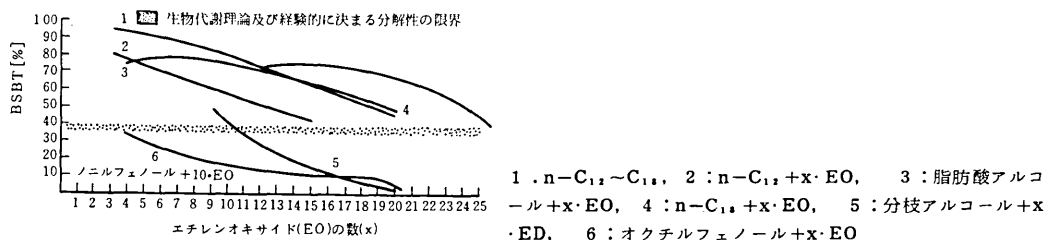


図11 各種基質(直鎖, 分枝アルコール, オクチル, ノニルフェノール)にエチレンオキシドを付加した場合の生分解度⁷⁾(GF試験の%BSBT)

将来の技術開発が要求される諸問題

以上の検討から水処理技術の上では、次のような諸技術が要求されることになる。

(I)濃厚排水の処理技術

水の節減、区分処理に伴い比較的内容の明確な排水が高濃度で得られる。特に染色加工排水においては、次の二つが重要であろう。

a) 親水性高分子 (PVA, CMC, でんぷん等) の除去無害化処理技術

b) 濃厚着色排水の処理技術

後者については凝集沈澱(浮上)処理が有効に用いられるが、多量のスラッジを生成することから、未だ理想的な処理とは云えない。前者については、処理のみではなく回収再利用とも組合せて考える可能性を含んでいる。

(II)処理水の高度処理, 水の再利用のための技術

放流のための前処理, 或いは再利用のための技術として重要なのは次の二つと思われる。

(a)界面活性剤等の非生分解性有機物の処理

現在の処理水は、多量の無機塩を含み、このため界面活性剤の濃度が稀薄であっても臨界ミセル濃度の低下により発泡し易く従って稀薄溶液からの処理が特に

重要であろう。

(b)無機塩類の除去

現在、無機塩は殆んど看過されているが、本来放流水中に無機塩濃度が高い場合には、溶存酸素(DO)を低下せしめたり、生物に対して直接阻害効果を有する等の問題がある。また富栄養化に寄与するリン酸、アンモニア、硝酸塩は、特に産業排水の場合は、活性汚泥処理の二次的な負効果として注意を要する。

高濃度の塩を含む場合には、回収利用が考えられ、マーセライズ用のNaOHの多重効用缶による濃縮は、既に一部行なわれており、この他捺染時の珪酸塩も回収の可能性を有している。

以上の概観から、現在の染色加工工程における水利用の問題点がいくつか抽出され、これから具体的な排水処理を考えていく上での問題の階層的な構造が或る程度はつきりして来たものと考えられるが、将来の規制の進展に伴う水使用、水処理の方法を十分に見通した解決法を採用していかなければならないであろう。

調査、検討を進めるに当り通産省工技院代田忠氏に多大の御指導を頂いたことを付記し謝意を表する次第である。

引用文献

- 1) 著者ら：日本学術振興会染色加工第120委員会報告(1974, 8月)
- 2) 代田忠：染色工業, 20, 132 (1972)
- 3) Eckenfelder, W.W. jr and Barnard, J.L., *Chem. Eng. Progress*, 67, No.9, 76 (1971)
- 4) Weber, W.G., jr al., *J. W.P.C.F.*, 42, 83 (1970)
- 5) 浜松織工試調査資料(1)に転載)
- 6) 代田ら：繊維高分子材料研究所測定
- 7) Berth, P, Fischer, W.K. et al: *Tenside Detergents*, 9, H5, 260 (1972)

