70 化学プラント技術会議 ハイライト

日時：昭和45年9月11日～16日

会場：東商ビル・国際会議場

[Session 1] 廃水処理装置*

吉田 高年**

昭和45年9月11日（金）9：30～13：00（以下敬称略）

司会 吉田 高年（名古屋工業大学工業化学科教授）

講師 野田 道宏（佐賀大学教養部化学教室教授）

浜口 利男（月島機械（株）水処理部主任）

パネルメンバー

黒沢 慶二（三菱化工機（株）技師長）

園 欣弥（神鋼ファウダー（株）水処理部廃水処理
担当部長）

井出 哲夫（荏原インフィルコ（株）取締役研究部長）

寺岡 房夫（三井東圧化学（株）大牟田化学工業所所長
室主管）

1. ま え が き

今日、わが国における水質汚濁、大気汚染などの公害問題はもはや放置できないほど深刻な様相を呈し始めた。その防止対策の確立は、もっとも重要かつ緊急を要する国民的課題の一つである。公共水域の汚濁防止については従来、水質保全法にもとづいて、排出口における水質基準が定められ、その対策が進められてきたのであるが、現在まで十分な効果が期待できない例も少なくなかった。この反省から、水域の水質基準すなわち環境基準を定めようとする動きが関係者の間で活発となり、本年4月「水質汚濁に係る環境基準」の設定をみるにいった。今後、この環境基準を達成、維持してわれわれ国民の健康を保護し、生活環境を保全していくためには、廃水処理を一層十分に行なう必要があるものと考えられ

る。また廃水処理にともなって排出された多量の汚泥が2次公害の原因ともなりかねないので、この汚泥の処理も極めて重要な問題である。このような事情から、処理水質の向上ならびに発生する汚泥の処理をも含めて、有効かつ経済的な処理装置の開発が切に要請されている。

こうした時期に、化学プラント技術会議のテーマとして「廃水処理装置」が採り上げられ、広く技術交流の場が持たれたことは、まことに意義あるものと考えられる。さて本会議では、廃水処理装置の問題を懸濁液の濃縮の段階からスラッジ処理までの、いわゆる廃水処理のキーポイントともいうべきところにスポットをあてることとした。佐賀大学の野田道宏氏に「濃縮技術としての凝集沈降装置と浮上装置の特性」を、月島機械（株）の浜口利男氏に「スラッジ処理装置の種類と選択」をご講演いただき、このあとパネルメンバーの方々から豊富なお経験を発表していただいた。続いて、講師、パネルメンバーと参加者の間で質疑応答が行なわれた。会議は超満員の参加者と終始熱のこもった雰囲気の中で行なわれ、最近の廃水処理に対する関心の深さをまざまざと感じさせられた次第である。

読者の参考にするため、以下会議内容の概要を順次紹介したい。なお記録には不完全な部分があり、また紙数の制限もあって、内容を適当に簡略化したことをご寛容願いたい。

* 昭和45年10月31日受理

** Takatoshi Yoshida 名古屋工業大学工業化学科教授

表 1

類 別	適 用 性			性 能 (比較上)				
	選 別	濃 縮	清 澄	分離速度*	分離固形物濃度**	分離液澄度	経 費	管 理
凝 集 沈 降	×	○	○	小または大	小	大	小	温度変化の影響大
浮 上 法	○ (気泡接触型)	○	○	大	大	小または大	大または小	温度変化の影響小

* 一般に平均停留時間は凝集沈降の場合 2~4hr, 浮上法の場合は 30~60min 前後

** 一般に浮上法による場合は凝集沈降の場合の 1.5~2 倍

2. 濃縮技術としての凝集沈降装置と浮上装置の特性 (野田道宏講師)

廃水中に含有される懸濁物質を濃縮する方法に、沈降法と浮上法がある。沈降法の 1 種に粒子のフロック形成、すなわち凝集により沈降促進をはかる凝集沈降法があり、浮上法の 1 種に粒子と気泡の接着を応用する浮遊法 (フローテーション) の技術がある。またそれぞれ特長を異にする各種の装置がある。装置の選択に際しては、対象に応じた分離技術の種類と特性について、比較、検討し選択を誤らないようにしなければならない。

2.1 凝 集

粒子を接着させると見かけ粒度は大きくなる。粒子と媒体の液体との密度差を分離要素とする沈降、浮上においては密度差とともに粒子の大きさは直径の 2 乗で影響する。したがって沈降、浮上において、良好な凝集は分離技術の改善に有効である。すなわち、凝集は廃水処理において、イオン、分子 (低分子) 以外の異種物質の分離に際して、ほとんどの場合に考慮されなければならない技術である。凝集剤には各種の水溶性無機物、界面活性剤、高分子物質が使用されており、その作用機構として、コロイド粒子の場合は、凝集剤イオンによる粒子表面のイオン雰囲気 (イオン層) の圧縮、凝集剤イオンの懸濁粒子への吸着に基づくジータ電位 (粒子表面の流動電位) の低下と粒子が有する粒子間力による接着、および反対符号のイオン性電解質の相互作用による沈殿生成・凝結・凝集などが考えられ、粗粒子の場合にはもっぱら凝集剤の吸着 (ファン・デル・ワールス力、水素結合・イオン結合など) による接着作用が考えられている。最近では性能の高い高分子凝集剤の開発が進められている。浮遊法においても、加圧法などの気泡接触型浮遊法において、凝集法がかなり広く応用されている。

2.2 凝集沈降装置の種類と分類

凝集沈降は懸濁粒子の凝集およびその沈降分離を行なう方法で、凝集沈降装置はこの両性能を兼ね備えたものである。

- a) フロツキュレーター併設型凝集沈降タンク
(フロツキュレーター+普通沈降タンク)
- b) フロツキュレーター内蔵型沈降タンク
 - i) フロツキュレーター内蔵型沈降タンク

- ii) フロツク接触型沈降タンク
 - イ) スラリー循環型
 - ロ) スラッジ・プランケット型
 - ハ) 混合型

2.3 浮上装置の種類と分類

浮上装置は泡の導入法から気泡接触型と気泡析出型に分類される。気泡接触型には機械かきまぜ法、空気吹込法、流体圧法があって、懸濁液に物理的に空気を導入して泡を形成させ、その泡と粒子の衝突・接着により粒子を浮上させる方法で、疎水性の粗粒子 (約 10~500 μ) に応用され、粒子の選別が可能である。

気泡析出型は物理的・化学的に溶存ガスを粒子表面で析出させる方法で濃縮、清澄の目的に広く用いられており、親水性粒子への適用も可能である。この型には、真空法、加圧法、沸とう法、化学反応法、酸酵法などがある。廃水処理には気泡析出型に属する加圧法が主に用いられている。この方法は空気を圧力約 2~5kg/cm² で溶解した加圧水をつくり、廃水と混合し常圧に戻すときの溶存空気の析出を応用する方法である。

2.4 凝集沈降法および浮上法の適用性と性能比較

技術的には、あらゆる懸濁液に対して、凝集沈降および浮遊の適用が可能である。問題は経済性 (建設費、運転費、敷地など) および管理の面からの優位性である。この問題は対象によって異なり、いちがいにこういうことは容易でないが、大まかな特性の比較分類を表 1 に示す。

3. スラッジ処理装置の種類と選択 (浜口利男講師)

都市の上下水処理と各種産業の用廃水処理からの残渣物として発生するスラッジの量は年毎に増加しており、これからも生活水準の向上と工業生産の増加とにより、このスラッジの量は著しく増加する傾向にある。このため今後スラッジの処理処分とその有効利用は、関係当事者にとっていっそう重要な問題となるものと思われる。

3.1 スラッジ処理の目標

スラッジ処理において、その目標とするところは下記のごとく要約できる。

- (a) 取り扱うものの容積と重量の縮減化
- (b) 最終生成物の新たな 2 次公害防止のための無害化

- (c) 有用物質の回収と最終生成物の有効利用
- (d) 処理プロセスの単純簡素化と維持管理の容易化
- (e) 運転経費、設備費の経済化

さて、用廃水処理プラントから排出されるスラッジは、その用水・廃水の内容により、またその処理の方式によっても異なった性格を持つようになる。このスラッジを上に掲げた目標にそうように処理するためには種々の処理方式が考えられる。次に有機性スラッジの処理方式を各単位操作と機器を関連づけて示す。

最適な処理方式と処理装置は、スラッジ自身の特性と処理対象であるスラッジの量と立地条件の中から見出すべきものである。特にスラッジの性格を把握することが重要である。

3・2 最近のスラッジ処理の動向

最近のスラッジ処理方法、装置の開発・改良には目覚ましいものがある。その一部を下に示す。

(a) 濃縮：従来の自然沈降にかわって、無機、有機の各種沈降濃縮薬剤の添加による強制沈降処理、処理時間とスペースの節減をはかるためのスクリーニング処理、気泡析出型浮上濃縮装置の開発・改良が行なわれている。

(b) 調質：スラッジの脱水性を向上させるため、従来、鉄塩、消石灰などの薬品の注入が行なわれてきたが、最近では焼却処分の傾向が強まったことにより、高分子凝集剤の開発が著しい。またスラッジを安定化させる方法として加熱処理が着目され、連続化と熱回収による経済化によってその将来が期待されている。

(c) ろ過脱水：現在、主として採用されているろ過機は真空式であり、この場合脱水率には70～80%の

水分が含まれている。焼却のため、この水分を少なくする必要がある、従来のフィルタープレスを自動化したものや、ダイヤフラム機構を取り入れたウクライナフィルターが開発された。高分子凝集剤の添加により、効率を高めたスクリーデカンター型の遠心分離機が実用化され、ローラプレスに属する脱水機も多種開発された。

(d) 乾燥焼却炉：スラッジ処理による最終生成物の無害化には焼却処理が最も有効である。日本において、下水スラッジの処理に焼却炉が採用されて6～7年になり、この間に各種焼却の技術的な特長、問題点が明らかになってきたが、現在のところ運営管理の容易さ、経済性から堅型多段炉、ロータリーキルンが採用されている。

3・3 むすび

以上スラッジ処理について概説したが、公表されたデータも少なく、今後の進展のためには経験の積み重ね、データの蓄積が必要であろう。

4. パネルメンバーによる補足講演

前記の講演の後、パネルメンバーによる補足講演が行なわれたが、時間の都合上、寺岡房夫氏には質疑討論の際、お話しすることとした。

黒沢慶二〔廃水処理と生産工程〕 廃水処理装置の計画にあたっては、廃水の量と質の変動状況を確実に把握することが必要なことはいうまでもないが、その前に、どうしてそれだけの廃水が出るのか、廃水総量、汚染物質量を減らす工夫はないのか、を考えたいものである。「生産工程を見直すこと」これが廃水処理計画の第一歩であることを強調したい。

〔活性汚泥法の限界〕 有機質廃水の処理には活性汚泥法が有効であるが、活性汚泥は生物であるから、合成化学廃水に対しては、おのずからその適用性に限界がある。また適用温度範囲がすこぶる狭いことも活性汚泥法適用上の制限因子である。また余剰汚泥の処理も大きな問題である。なお、活性汚泥法は広大な敷地を必要とするのが欠点であるが、われわれの開発した「たて型曝気槽」によれば敷地を半減することができる。

園 欣弥〔浮上分離法の適用性の検討〕 浮上分離法は、その現象・理論が複雑であり、また処理しようとする廃水の性状も各廃水ごとに異なっているので、実装置の設計に際しては、浮上分離効果に影響を与える因子を実験で確かめて実装置に反映させなければならない。下の実験項目と実装置を対比させて示す。

実 験	実 装 置
凝集剤の選択、薬品注入法の検討	薬品注入装置、凝集槽
浮上方式の検討	処理水の循環加圧装置、流入槽への導入の仕組
気泡の発生方法の検討	加圧空気溶解装置、圧力調整装置
凝集フロックの浮上速度の測定	最適表面負荷を有する浮上分離槽
浮上スカムの容積測定	スカム掻取羽根の駆動装置、液面の調整装置

〔スカムの脱水濃縮〕 有機高分子凝集剤を浮上分離で得られるスカムに加えて、2次凝集をさせることにより脱水スクリーン方式で脱水汚過が可能となる。

井出哲夫 〔造粒によるスラリの濃縮と脱水〕 スラッジの濃縮・脱水性をよくするために高分子凝集剤を添加することはよく知られている。このとき、適当な条件を与えて攪拌すると、粒子は凝結して直径2mm以上のペレットになる。これは従来知られているフロックとは全く性質のちがうもので、ほぼ完全な球形でありピンセットでつまむことができる程度の硬さを有するので、以後の脱水がきわめて容易になる。この方法を利用して碎石プラントからの粘土スラリを濃縮・脱水することができる。

碎石廃水の固形物濃度は大体30~70[g/l]でその主成分は粘土であり、粒径は500ミクロン以下、大部分は40ミクロン以下の微粒子からなっている。この廃水はまずシクナで凝集沈降され、スラッジは約300[g/l]の濃度で造粒槽へ供給される。造粒槽では高分子凝集剤が添加され、粘土粒子はペレットとなり溢流する。これはつぎにロータリースクリーンで水と分離される。分離された水は高分子凝集剤を含んでいるのでシクナへ返送し、原水の沈降分離に利用する。一方、水と分離されたペレットは水分55~60%であり、このまま地上に堆積して自然脱水し、トラックで搬出することが可能であり、必要ならばプレスにかけて水分を40%位に下げることにも容易である。

以上の方法のほかに、高分子凝集剤を添加したスラッジを回転ドラムに供給し、ドラム内でのコロガリ運動によって粒子をペレットにし、濃縮脱水する方法も開発され実用されている。

この方法は窯業、鉱業、製鉄、化学工業などのスラリの濃縮・脱水にも適用可能である。

5. 質 疑 討 論

〔質問〕 凝集沈降と浮上法の間の具体的な性能比較をお聞きしたい。(日本鉱業(株)尾岡)

〔答〕 例として活性汚泥を対象としたものについてみれば、清澄度はほぼ同程度、濃縮度は凝集沈降で3%、

浮上法で5~6%、経費は浮上法が大、建設費は凝集沈降法が大という結果が得られています。(野田)

〔質問〕 MRPによる脱水スラッジ(水分70%)を焼却処分したいが、その方法をお伺いしたい。

〔答〕 適切な前処理、焼却装置の選定に際しては、まず発熱量の測定をはじめとするスラッジの試験が必要で、その結果と立地条件などの検討から最適なものを選定しなければならない。(浜口)

〔質問〕 合成高分子混入廃水の活性汚泥処理の可能性をお教え願いたい。(倉敷紡績(株)近藤)

〔答〕 一般的に言えば自然界に存在しない合成高分子は微生物が好んで食うものではありません。ナイロンやアミランの漁網が耐久力に優れているのは微生物の作用を受け難いからです。したがって合成高分子はBOD値にほとんどあらわれないし、活性汚泥法の処理では非常に除去効率が悪いといえます。しかし分子構造によっては経済的な除去効果の上る場合もありますので、活性汚泥を気長に馴養してテストしてみることが必要です。加圧湿式酸化法などで、分子の重合度を低下してやると除去効率がよくなる例もしばしばあります。(黒沢)

〔質問〕 可溶性CODの高率除去法についてお伺いしたい。(鐘淵化学(株)広部)

〔答〕 CODが数パーセント(数万ppm)のものには加圧湿式酸化法(ジンプロ方式その他)が経済的に可能ですが、数100ppmのものをたとえば20ppm以下にするには経済的ではありません。

一般に、COD値がBOD値より高く出るような廃水は、活性汚泥法でLoadingを非常に小さくしても、高い除去率は期待できないようです。(黒沢)

〔質問〕 凝集沈降において、主剤と助剤の注入場所を区別する必要はあるでしょうか。(東亜合成(株)鈴木)

〔答〕 一般的に、主剤を先に入れその後助剤を入れるのが有効である。助剤の注入場所はフレキシブルにしておくのがもっともよい方法だと考えられます。(園)

〔質問〕 活性汚泥法による処理において、温度の影響およびタール分、油分のじょ限度をお聞かせ下さい。

(川崎製鉄(株)見次)

〔答〕 温度の影響についてみれば、30~35℃の時の能力を100%として、25℃においては80~90%、20℃においては60~70%、15℃以下では50%以下となります。またこの間に菌の種類にも変化があるようです。なお先に述べた温度範囲内においても、急激な温度変化は処理を不能にする危険性があります。

タール分、油分はn-ヘキサン可溶分として30~50ppmまでの含有は許容されるものと考えられます。

(寺岡)