■ スラッジの濃縮・脱水技術と装置設計上の問題点

i) 機 械 的 処 理*

高 谷 通**

ま え が き

スラッジはほとんどの場合それを発生するプロセスが前にありそこから出てくるものを濃縮し脱水する過程を経る。また脱水した後にそれを処分する何らかのプロセスがある。このようにスラッジの濃縮・脱水はプロセスの中間に位置しているのであるから当然前後より条件の制約を受ける。したがって濃縮・脱水の技術も画一的でないことはいうまでもない。特に廃水処理においてはスラッジの種類が多くそれらの物性についての諸因子が完全にかつ定量的に解明されているとはいい難く、また運転中の変動も大きい。しかし装置設計、製作の立場に立つとスラッジの特性に応じてきめ細かい設計を行なうことは困難で普通は幾つかの標準の機種を決めておき、用いられる状況に応じて部分的な修正を行なう程度でそのプロセスに適合させざるをえない。

以下上記のような事情を考慮しながら機械的な濃縮・脱水技術について装置を中心に代表的なものおよび最近普及して来たものについての特徴と問題点の概略のべることにする。

1. 濃 縮

スラッジの濃縮には一般に図1に示したようなシックナーが用いられている。この装置については既に各所¹⁻³⁾に紹介されているので説明は省略する。

これに対する問題点として興津⁴⁾は a) 排出管の閉塞と一定濃度のスラッジを排出することが困難なこと、b) 実験から求めた沈降面積に対する余裕率、c) 供給水が均一に流れるような供給部の構造、d) 槽底面の傾斜とスラッジかき寄せ羽根の形状をあげている。これらのほかに保守管理の容易なドライブヘッドの構造（安全装置、レーキ昇降装置をつけるなど）があげられる。

最近傾斜板を使用する濃縮装置が用いられて来た。そ

の一例を図2に示す。この装置の理論、形式などについても既に詳しくのべられている⁵⁾。しかしながらこの装置については未だ理論的実験的研究が十分に行なわれていない点があり多少の問題点を残している。a) 傾斜板群を使用する際の最適な使用方法が未だ確立していない。特に横向流で使用する場合短絡をおこし性能が悪く

図1 シックナーの一例

図2 傾斜板濃縮装置の一例

* 昭和48年3月10日受理

** To'oru Takatani 日立プラント建設株式会社

図3 回転式ドラム型真空脱水機

図4 スクリーン・フィルターの一例

なることがある。b) 傾斜板の材質と廃水の水質によっては傾斜板の表面がおかされたり、微生物が付着して繁殖したりして閉塞するおそれがある。c) 回転集泥機などをとりつけ難くスラッジの排出が円滑に行かないことがある、などを問題点としてあげることができる。

なお、薬品を加えフロックをつくり懸濁質を除いて清澄水をえることを主目的とし、下部にスラッジを濃縮させて排出する凝集沈殿槽については既に本誌⁶⁾でも問題点が指摘されているので省略する。

2. 脱水

スラッジの脱水の理論および技術についても詳しく概括されていて⁷⁻⁹⁾、さらに加えることはないが、2, 3新しい装置を中心に私見をのべることにする。

2.1 回転式ドラム形真空脱水機

現在廃水処理におけるスラッジの脱水に最も多く用いられている。これについても最近種々の改良が加えられている。従来のベルト方式のもの(図3)では連続運転をしているうちにベルトが蛇行してしまうことがあったが、最近では蛇行防止装置がつけられている。汙布より汙滓の剝離が十分に行なわれないことがあったが、剝離部のロールの直径を小さくし突起をつけて剝離し易いようにしてある。難汙過性のスラッジは汙布に薄くつくが、厚さ約1mmの汙滓でも完全に剝離できる特別のロール剝離法が開発された¹⁰⁾。またドラム内部の汙液管と

図5 湿式造粒装置の一例

図6 フィルタープレスの一例

エアブロー管を従来は共用していたがこれを別にするによりエアブロー管の内部に残留する汙液により汙滓がぬれ含水率を多くする弊害が除かれた¹⁰⁾。またプレコート珪藻土の付着方法も簡単化された。このように多くの点で改良がされたが、未だ幾つかの問題点も残っている。a) この脱水機で処理するスラッジには大部分消石灰、硫酸第1鉄などの無機凝集剤をスラッジ乾燥重量当り5~25%程度加えられている。これは必然的にスラッジを増し運搬、埋立には不便である。焼却には炉の寿命を短くするようであるが灰からの重金属イオンの浸出は少ない。b) 装置がやや複雑で保守管理が多少煩わしい。c) 開放部が多く臭気が発生しやすいなどが問題点であるので設計に際し十分考慮を要する。また回転式ドラム形真空脱水機を横形にしたもので、汙布とゴムシートの間にスラッジをはさみ、汙布を通して真空で吸引しベルトにより圧力を加えて脱水するものもある。これによると有機凝集剤の使用は可能となるが未だ装置が複雑の感がある。

2.2 スクリーン・フィルタ

最近有機凝集剤の進歩¹¹⁾が著るしく、スラッジにこれを微量加えると上部の清澄液と下部の比較的大きな粒子状のフロックとがごく短時間で別れる有機凝集剤をえらぶことはさほど難しいことではなくなった。このような状態になると0.1~1mmのステンレス製の金網で掬い上げ十分に水を網目から落としさらにロールで数kg/cm²の圧力を加えて脱水することが容易になった。このような装置の例を図4に示す。この装置は構造が比較的簡単に負荷の変動に耐え易くランニングコストがかからない。しかし a) スラッジにより有機凝集剤の種類と量を

図7 遠心分離機の一例

選定しなければならない。b) 適当な凝集剤を見出すことができないようなスラッジもある、という点が問題点であろう。

2・3 湿式造粒装置

図5に示すように横形のドラムにスラッジを入れそれに凝集剤を加えてゆっくりと回転しているとスラッジが凝集し粒状となり底に沈降する。それで上澄液を傾斜して流せば脱水スラッジ粒をえることができる。このような原理に基づいてつくられた装置は構造が簡単で濃度の変動に対し適応性をもっていて大量の廃水を扱うことができる。しかし a) 装置中のスラッジに対し空間の部分が大きく大形になる、b) 凝集剤の種類と量を選定しなければならないし、有効な凝集剤が見出せないスラッジもあるというような点が問題点であろう。

2・4 フィルタプレス

この装置は一般化学工業に用いられていたがスラッジ処理にも用いられるようになったもので、スラッジに加わる圧力は 10 kg/cm^2 以上に達し処理後の汚滓の含水率は普通は一番少ない。しかし a) 操作が煩雑であり、半自動化または完全自動化を行なうとかなり大形になることが問題点であろう。図6に完全自動化フィルタプレスの原理図を示す。

2・5 遠心分離機

この装置も一般化学工業に用いられていたが、スラッジの脱水に用いられるものは横形でスラッジ連続排出式で 3000G 以上の遠心力を加えることができるものである。この場合にも有機凝集剤の添加が非常に効果がありその結果スラッジの脱水に実用化されるようになった。この脱水機はスラッジの濃度が濃いものからうすいものまで広い範囲に適用することができ、汚滓の排出量を容易に調節することができ、汚布のように多量の洗浄水が必要とせず、密閉されたコンパクトな装置である。しかし問題点は、a) 有機凝集剤の種類と量の選択が必要であり、すべてのスラッジに適用することは難しく、b) 泡の発生が著しい場合があり、c) 砂などを十分に除去しておかなければならない、d) 振動および騒音を発生するおそれがある、などである(図7参照)。

図8 冷凍脱水装置の一例

2・6 冷凍脱水装置

これはスラッジを凍結、融解する部分とこの処理により汙過し易くなったスラッジを汙過する真空脱水機から成っている。図8に一例を示す。脱水の後のプロセスに悪い影響を及ぼすおそれのある有機、無機凝集剤を使用しない点に長所がある。活性汚泥をこの方法で処理すると沈降速度、汙過速度を増加し、汚滓の含水率も少なくなるが、無機凝集剤を加えて真空脱水する場合と大差がない。これに反し金属水酸化物は真空脱水機で脱水するより処理し易くなる。したがって問題点として a) 有機スラッジには著効がない、b) 無機スラッジには効果があるが金属水酸化物の種類により効果が異なること、c) 現在のところ回分式で多量のスラッジ処理には向かない、などがあげられる。

あ と が き

濃縮における傾斜板、脱水における有機凝集剤の導入はスラッジ濃縮・脱水にエポックを画したことは確かである。これらを用いることにより装置面でも種々の新しい設計上の試みが行なわれ成功したものもあり一段と技術は進歩したといえることができる。しかしスラッジの濃縮・脱水の技術は解決には未だ程遠い感がある。その理由の一つとして濃縮・脱水に関する理論的な研究が少なく、しかも装置設計面へのフィードバックが不足していることがこの方面の仕事にたずさわっている者の問題点といえることができるのではなかろうか。

有機凝集剤のお蔭で多くの脱水装置の実用化が可能になったことは各所で述べた所である。しかし有機凝集剤の人体に及ぼす影響が心配されている。この点について早急に十分な研究を必要とする。筆者の実験によれば大部分の有機凝集剤で処理した活性汚泥の諸機能は何も加えないものと大差がないようであるが、樂觀することなく各方面の研究者によって取上げられるべきで

ある。最近の環境汚染の状況を見ると、これが最大の
問題点であるかも知れない。

引用文献

- 1) 徳平 淳：用水廃水便覧，253 (1964)
- 2) 井出哲夫：工場廃水とその処理，77 (1968)
- 3) 渡日出教：水処理実験法，11 (1971)

- 4) 興津史朗：用水廃水ハンドブック，459 (1970)
- 5) 野田道宏：同上，449 (1970)
- 6) 吉野善弥：化学工学，33，120 (1969)
- 7) 中野 充，宮川寿樹：用水廃水便覧，687 (1964)
- 8) 吉野善弥：用水廃水ハンドブック，660 (1970)
- 9) 吉野善弥：水処理実験法，349 (1971)
- 10) 吉野善弥：化学工学研究発表会，米沢 (1970)，仙台 (1972)
- 11) 野田道宏：化学と工業，26，104 (1973)

ii) スラッジの熱的処理・乾燥・焼却*

野口 尚孝**・玉井 孝生***

ま え が き

近年わが国の河川，沿海の汚染がクローズアップされ
都市下水終末処理場，あるいは各種産業廃水処理設備が
逐次整備されるに伴って，これら設備から排出される多
量の汚泥の処理，処分もまた重要な問題となって来てい
る。

汚泥はその成分によって次のように大別することがで
きるが，これらが複合されたものも少なくない。無機質

- 1) 有機質で無害なもの
- 2) 有機質で有害なもの
- 3) 無機質で無害なもの
- 4) 無機質で有害なもの

の汚泥についてはその処理方法も成分によって多種多様
であるのでここではふれないが，有機質汚泥は，その処
理方法が類似している。好気性活性汚泥処理，嫌気性消
化処理によって減量を計り，機械脱水によってさらに減
量を計るのが一般的である。しかしながら有機汚泥は消
石灰，鉄塩あるいは高分子などの凝集剤を添加しその沈
降性・浮遊性を改良しても機械的脱水では一般に75～90%
水分と言う高水分のケーキを得るに止まりその減量が非
常に困難である。これら高水分の脱水ケーキはそのほと
んどが現在埋立地，原野などに埋立処分されているが，
埋立地の確保が困難になってきており交通事情の悪化が
この困難をさらに悪化させている。ごく一部の脱水ケー
キは現在

- 1) 土壌改良材としてそのまま農地に還元する
- 2) 天日乾燥あるいは機械乾燥した後農地に還元する

* 昭和48年3月9日受理

** Hisataka Noguchi(正会員) 三機工業(株)取締役ドル機械部長

*** Takao Tamai 三機工業(株)流動炉設備課長 技術士

- 3) 焼却処分し，ごく少量の灰と化し灰を埋立投棄するあるいは灰はフライアッシュセメントの骨材とする

と言った処理処分がなされているが，いずれの場合にも
脱水ケーキ水分はできるだけ少ないことが望ましい。そ
こで脱水性向上のための凝集剤の研究，真空浮遊，遠心
脱水，圧力浮遊など脱水機の改良研究もさかに行なわ
れているが，1) 汚泥の物性そのものを熱的処理によ
って変化させ沈降性，浮遊性を改良しようと言う研究，あ
るいは2) 脱水ケーキをさらに減量するため熱的処理に
よって効率よく乾燥，焼却処理しようと言う研究もさか
んである。

そこでこれら熱的処理技術のいくつかを簡単にご紹介
しその内筆者らが直接研究を行なっている

- 1) 汚泥の沈降性，浮遊性，向上のための熱処理（フ
ォーラープロセス）
  - 2) 汚泥の流動焼却設備
- についていくらかくわしくご紹介することとする。

1. 凍結による汚泥の脱水

霜柱は泥水中の土壌粒子を氷から分離することがある
が，これと同様の原理により汚泥を凍結させると凍結界
面が汚泥中を下から上に移行して行き，比抵抗が凍結界
面に蓄積される固形物に対して低ければ汚泥中の全ての
固形物は氷に捕捉されることなく上部に押し上げられ，
固形物は氷の成長にとまって細胞内の水を取られ脱水
され，下部に純度の高い氷が形成される。

電気伝導度の低い状態下での汚泥中固形物の凍結の場
合は凍結界面上に濃縮された汚泥固形物は氷に閉じこめ
られ汚泥中の水分は凍結中毛細管現象によって脱水され