

## 有機性排水からの懸濁物回収システムの開発

石川 光祥 袋 昭太  
酒井 有希

### 概 要

食品工場や家庭から排出される低濃度の有機性懸濁物は回収、利用されることは僅かで、多くは微生物によって排水処理されている。また、近年、都市部において急速に普及してきているデスポーザに付随されるデスポーザ排水処理システムでは、有機物を生物処理や乾燥等の方法によって処理しており、排水中の有機物は有効には利用されていない。その理由として、バイオマス資源として有効に利用するには有機物濃度が低すぎるといった問題がある。排水中の有機物を効率的に回収することでメタン、エタノールやプラスチック等へ変換するバイオマス資源として有効に利用できるだけでなく、排水処理施設への負荷低減による処理過程おける省エネ化および施設の縮小化に寄与できる可能性もあり、高効率な回収方法の開発が求められる。

本研究では、排水中に含まれる懸濁物を効率的に回収する方法として製紙業を中心に用いられていたドラム式固液分離装置の回収用メッシュにプレコートを形成、成熟させることによって細粒分まで回収可能なプレコート方式に着目し、微細な懸濁物を含む排水に対応したシステムの構築を行った。ドラム式固液分離装置の設計方法、制御方法を構築したことによって濾水中のSS濃度を200 mg/L以下にすることに成功した。

### Development of a system for the recovery of suspended organics from food factory and household effluent

#### Abstract

Effluent from food factories and houses is mostly treated in wastewater treatment facilities. Suspended solids in the effluent are at concentrations too low for their biomass to be utilized for bioenergy or bioplastics. The development of a high performance suspended solids recovery system will allow this biomass to be utilized and also reduce the load to effluent treatment plants. This study focuses on development of a drum-type solid-liquid separator to develop a highly efficient and stable system.

In the system developed, effluent is filtered by a precoated filter on a drum mesh. The precoated filter is formed from suspended in the effluent, which can then also trap fine solids. The concentration of suspended solids in the filtered water was kept under 200 mg/L using this system. The moisture content of recovered organics was 85% to 90%.

キーワード： 固液分離、 有機性排水

## §1. はじめに

食品工場や家庭から排出される排水中に含まれる低濃度の有機性懸濁物は回収、利用されることは僅かで、多くはそのまま処理されている。その理由として、排水中に含まれる有機物をバイオマス資源として利用するには濃度が低すぎるため利用するためにはコスト、エネルギーを多く必要とするためである。また、凝集剤を用いた場合、回収したバイオマスに凝集剤成分が混入してしまい利用が困難となる場合が出てくる。したがって、排水中の有機物を凝集剤の添加なしで効率的に回収することによってメタン、エタノールやバイオプラスチック原料等のバイオマス資源として有効に利用できるだけでなく、排水処理施設への負荷低減に寄与できる可能性があり、高効率な回収方法の開発が求められている。

## §2. 本研究の目的

排水中に希薄に存在する有機性懸濁物を低エネルギーで効率的かつバイオマス資源として有効に利用できる状態で回収を行うことを目的とした。本研究では、製紙業を中心に用いられていたドラム式固液分離装置の回収用メッシュにプレコート形成、成熟させることによって、細粒分まで回収可能なプレコート方式に注目した。有機性排水中に含まれる懸濁物は粒径が小さいため、有機性排水に対応したドラム式固液分離システムの構築を目的とした。

## §3. プレコート式回転ドラム型固液分離の原理

プレコート式回転ドラム型固液分離は、ドラムメッシュ上に排水中に含まれる懸濁物を用いてプレコート層を形成させる。プレコートは図 1 に示すようにドラムメッシュ上にメッシュサイズより大きな粒子がトラップされ、順に小さいものがトラップされ、プレコートを層が成熟させる。これにより、メッシュサイズよりも微細な粒子を回収することが可能となっている。

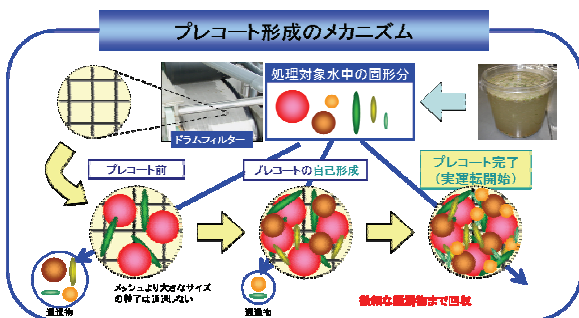


図 1 プレコート形成のメカニズム

プレコート式回転ドラム型固液分離の概要を図 2 に示す。メッシュで覆われた円柱上のドラムを固液分離槽へ浸漬させ、ドラム内部より濾水を排出することによって、ドラム内外に水頭差をつけその水頭圧で固液分離を行うものである。ドラムの回転速度を低速にすることで、メッシュ上に形成するプレコートが成熟されより微細な粒子を回収することが可能である。

ドラムメッシュ上に回収された懸濁物(プレコート)は、表面積の差によって、回収用のローラーに転写される。転写された回収物はスクレーパーを用いてホッパーに回収される。スクレーパーを直接ドラムメッシュに当てるのではなく、転写ローラーを用いることによって、細い金属ワイヤで構成されているドラムメッシュを傷つけにくい構造とした。

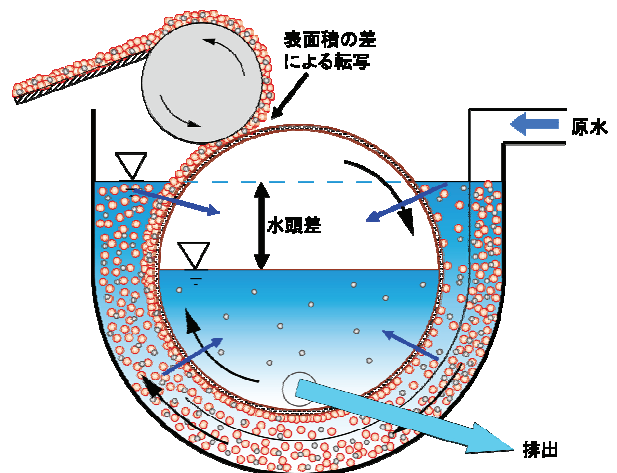


図 2 プレコート式回転ドラム型固液分離概要

## §4. プレコート式回転ドラム型固液分離

### 4.1 有機性排水の調整

有機性排水としてディスポーザ排水を用いることとした。有機性排水の調整は、(社)日本下水道協会による「下水道のためのディスポーザ排水処理システム性能基準(案)」<sup>1)</sup>に定められている標準生ごみ(表 1)を用い、生活雑排水としてきな粉 24 g/(人・日)を用いた。標準生ごみを自動給水型ディスポーザに入れ、破碎処理を行い、1 人 1 日当たりのディスポーザ使用水および台所排水の 35 L までメスアップしたものをディスポーザ排水とした。これにきな粉を添加したものを有機性排水とした。

組成	湿潤重量(g)
にんじん	45 g/人・日
キャベツ	45 g/人・日
バナナの皮	25 g/人・日
リンゴ	25 g/人・日
グレープフルーツの皮	25 g/人・日
鳥のモモの骨又は手羽もとの骨(湯通し)	20 g/人・日
鰹の干物(湯通し)	25 g/人・日
卵殻	5 g/人・日
米飯	25 g/人・日
茶殻	10 g/人・日
1人1日分の生ごみ量	250 g/人・日

#### 4.2 大型ドラムでの検証

実証試験機の作製にあたり、ラボで行った試験結果<sup>2)</sup>を基に大型の固液分離装置を用いて性能の検証を行った。装置は、ドラム幅 1 m、ドラム直径 1 m、槽容量約 1 m<sup>3</sup>でドラムメッシュ部において目開き 500  $\mu\text{m}$  のメッシュ上に目開き 150  $\mu\text{m}$  のメッシュを張った。試料として調整した有機性排水を用いた。試験開始時はドラムメッシュ上にプレコートが形成されていないため、ドラムを停止した状態で開始し、プレコートが形成され水頭差(HD)が 30 cm 以上となったときにドラムの回転を開始した。回転速度は簡欠タイマを用いて調整し、濾水は循環させた。

本試験時におけるドラムメッシュの状況を図 3 に示す。ドラムメッシュ表面に排水中の懸濁物によってプレコートが形成されていることがわかる。試験開始後、プレコートが形成され、水頭差が大きくなるにつれて濾水中の SS 濃度が低下した(図 4)。水頭差がつくと SS は 200 mg/L 以下となり、HD 250 mm においては SS 122 mg/L となった。その後、ドラムを回転させ、連続固液分離を開始した。回転開始後、水頭差はドラムの回転速度によって変化したため、回転速度を調整し連続固液分離を継続した。水頭差を一定に保つことで、濾水の水質を SS 濃度 200 mg/L 以下を維持することができた。したがって、本固液分離手法を用いることにより、連続的に安定した固液分離が行えることが示唆された。



↓  
固液分離開始



図 3 大型装置における試験状況

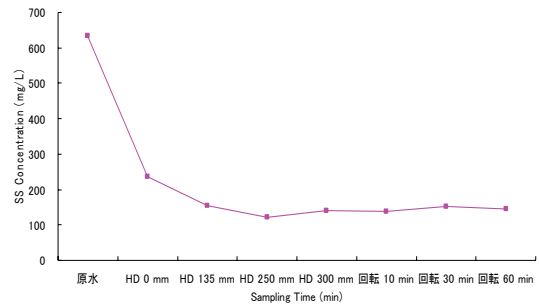


図 4 大型装置における濾水中の SS 濃度

#### 4.3 ドラムの設計手法の構築

本固液分離手法の適用範囲を一般的な有機性排水とする場合、より微細な粒子を回収する必要がある。各排水における粒径分布を図 5 に示す。

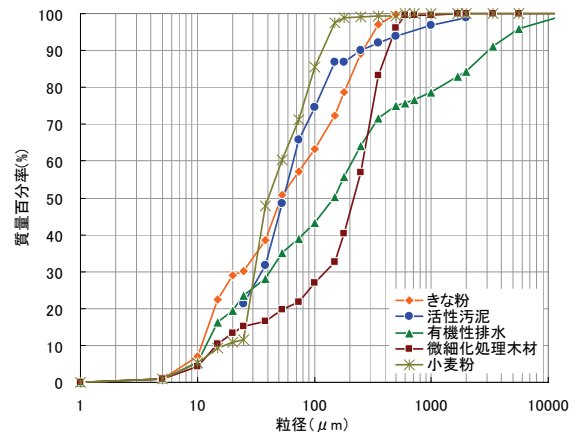


図 5 各排水における粒径分布

排水によって異なるが、粒径が 100  $\mu\text{m}$  以下の粒子が多く存在していることがわかる。対象排水の水質、量に適合する本固液分離手法を用いた装置の設計(メッシュ目開き、装置規模)を行うため、カラムおよび実証機での固液分離特性の比較を行った。カラム試験は水槽として直径 150 mm、高さ 1.3 m のアクリル製カラムを用い、濾過部は直径 75 mm、長さ 1 m のアクリル管に直径 75 mm のメッシュを取り付け用いた。

メッシュ目開きを検討した結果、目開きが小さくなるほどプレコート形成前の濾水の SS 濃度は低くなるものの、プレコート形成後では優位な差は見られなかった。したがって、本稿では、メッシュのコストを考慮して目開き 100  $\mu\text{m}$  のメッシュを用いることとした。固液分離試験は水槽に調整した有機性排水を投入し、濾過部を浸漬させ筒の内部よりポンプを用いて濾水を排出し、その時の濾水速度、濾水の SS 濃度を測定した。

カラム試験の結果、メッシュ上にトラップされた SS 量が多くなる(プレコートが形成する)ほど濾水速度および濾水中の SS 濃度が低下した(図 6)。試験開始直後の濾水速度は、

懸濁物がメッシュ上にトラップされ開口面積が減少することによって急激に低下するが、プレコートが成熟していないため、微細な粒子が流出しSS濃度は急激には低下していない。

「下水道のためのディスポーザ排水処理システム性能基準(案)」<sup>1)</sup>に示されている一般家庭等の流出水の基準としてSS濃度 400 mg/L 未満とされており、安全率を 0.5 とした場合、本システムから排出される濾水のSS濃度は 200 mg/L 以下とすることが望まれる。この基準となる濾水速度は図 6 中の数式より 500 L/m<sup>2</sup>/h となる。

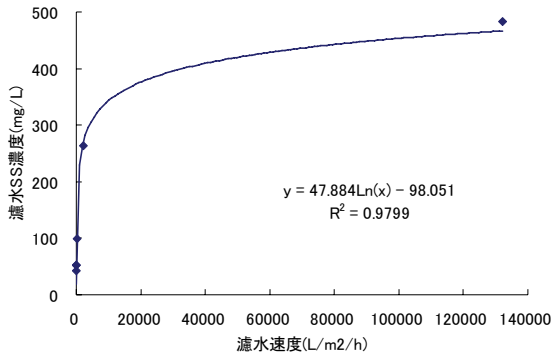


図 6 ディスポーザ排水のプレコート式固液分離特性

4.4 実証試験機の作製

カラム試験の結果を基に実証試験機のメッシュ目開きを 100 μm (180 mesh)とし、固液分離槽容量 140 L (W = 870 mm, H = 650 mm, D = 280 mm)、固液分離ドラム直径 600 mm、幅 250 mm、表面積 0.5 m<sup>2</sup>の試験機を作製した(図 7)。本実証試験機を用いて制御方法および回収物の回収用ドラムへの転写、回収方法について検討を行った。

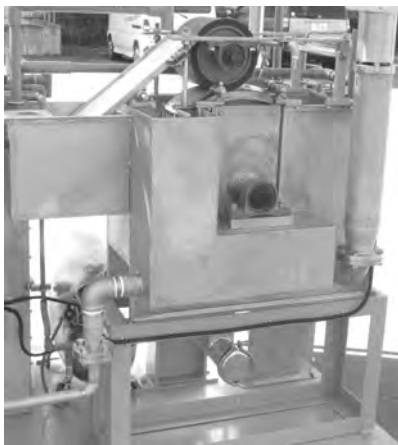


図 7 プレコート式回転ドラム型固液分離実証試験機

4.5 ドラムの制御方法

4.2 での試験において簡欠タイマを用いてドラムの回転速度を調整していたが、水頭差をより安定に保つため、

固液分離槽の水位での制御を行うこととした。連続運転時の制御方法を図 8 に示す。

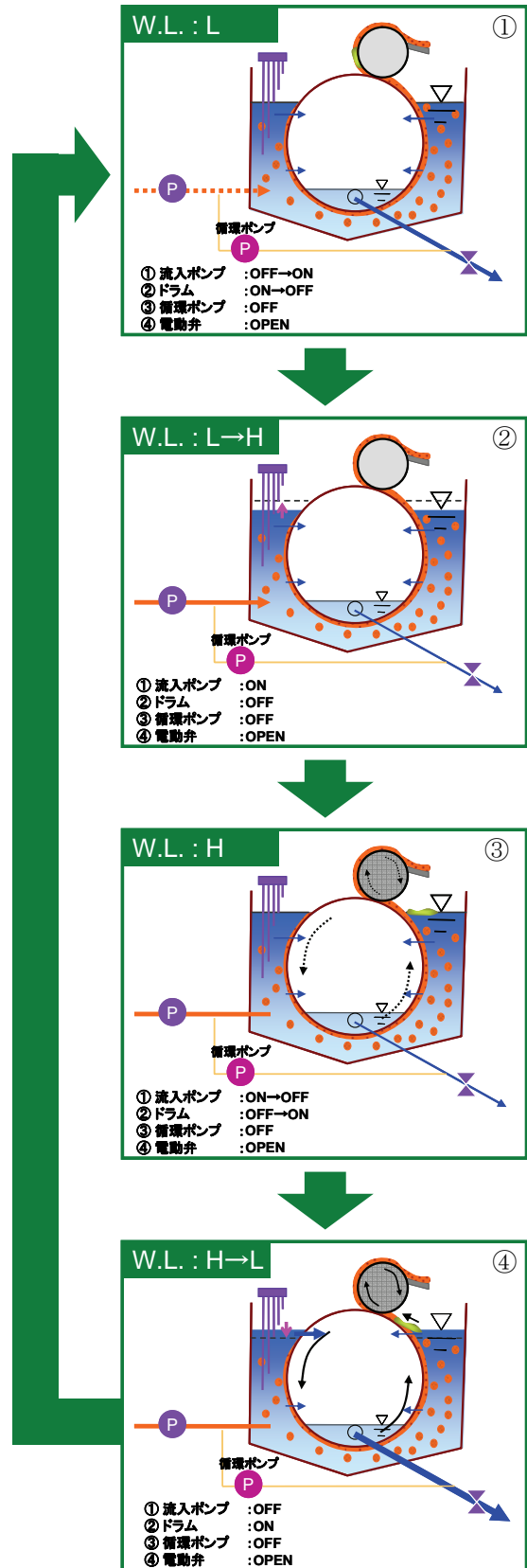


図 8 ドラムの制御方法



運転開始時は、ドラムメッシュ上にプレコート層が形成、成熟しておらず濾水中のSSが高いため、ドラムを停止した状態で処理対象水を固液分離槽の半分程度供給し、濾水を循環させた。その後、プレコート層が形成され固液分離槽内の水位がLに達したら循環を停止させ、処理対象水を供給し、濾水を排出する。

連続運転は、固液分離槽水位 W.L.によって処理対象水の供給ポンプ、固液分離ドラムの回転を制御した。処理対象水の供給速度は目標となる水質の濾水速度と同じになるように設定した。固液分離槽の W.L.は、4 点で制御を行った。W.L.が L のときは処理対象水の供給ポンプが始動し、固液分離ドラムが停止する(図 8-①)。この時、濾水は排出している。固液分離ドラムが停止している状態では、プレコートが形成されていないメッシュ部に徐々にプレコートを形成し、W.L.が上昇する(図 8-②)。W.L.が H となったとき、固液分離ドラムが回転を開始する(図 8-③)。供給が停止すると共に、ドラムが回転したことによってプレコートが形成されていないメッシュ部が固液分離槽へ入水するため、W.L.が低下する(図 8-④)。W.L.が L になったら、固液分離ドラムを停止し、W.L.が L となったときの運転制御にもどる(図 8-①)。これを繰り返し連続的に処理する。

本制御によってプレコート層が形成、成熟していないメッシュ部からの流出を防ぐと共にプレコートを安定的に形成することが可能となった。

#### 4.6 ドラム試験

固液分離実証試験機を用いて 4.5 で示した制御方法で固液分離性能の検証を行った。4.3 のカラム試験の結果を基に濾水速度が 100~800 L/m<sup>2</sup>/h となる運転条件を設定した。本制御において安定的に濾水のSS濃度を 200 mg/L 以下に保つことができた。カラム試験から得られた予測値より実測値のほうが濾水中のSS濃度が低くなった(図 9)

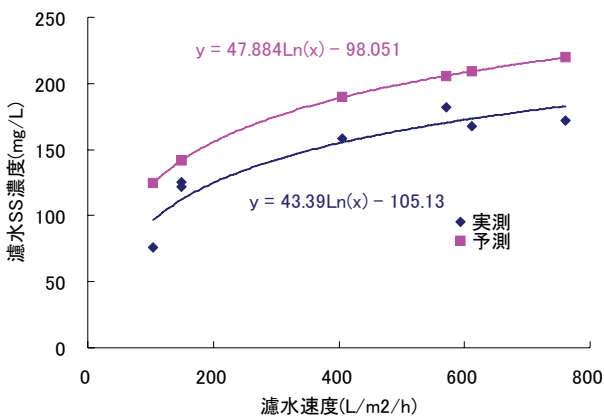


図 9 実証試験機を用いた固液分離特性

これは、カラム試験ではメッシュ部への圧力は一定であるが、実証試験機ではドラムの回転によってメッシュの浸漬している深さが変化するため、水頭圧が変化したことが起因していると考えられる<sup>4)</sup>。

回収用ドラムは、表面積の差を用いて転写回収を行うが、このドラムは動力を用いておらず、固液分離ドラムへ設置させることによって回転させている。本方法では、回収用ドラムの材質や固液分離ドラムへの押し付け圧力によって転写の可否が決定される。吸水性の高いフェルトを回収用ドラムに用いて転写試験を行った結果、転写はされるもののスクレーパーでのかき取りが困難であった。これは、フェルトがやわらかく、スクレーパーで押し込んでしまったためである。スクレーパーのかき取りを考慮して材質をラバーへ変更して試験を行った。これにより、固液分離ドラムから回収用ドラムへ転写されスクレーパーでの回収に成功した(図 10)。しかしながら、固液分離ドラムへの押し付け圧力を高くすると転写は行われずにメッシュへ押し付けるのみに終わってしまうことが確認された<sup>3)</sup>。したがって、面ではなく、線で押し付けることによって転写が行われていることが示唆された。製紙業で用いられてきた装置では回収物が繊維状であることもあり回収用ドラムへの押し付け圧力を微調整する必要はないが、本研究のようにメッシュ目開きが細かく、微細な懸濁物を回収する場合は、より細かな条件の設定が必要であることが示唆された。



図 10 固液分離ドラムから回収用ドラムへの転写の様子

上記のように転写回収された回収物の含水率は 85~90%であり、バイオマス資源として有効に利用できると思われる。

## §5. まとめ

有機性排水中に含まれる懸濁物を効率的かつバイオマス資源として有効に活用可能な状態での回収装置を構築した。

- ① カラム試験を用いることで各有機性排水、目標とする排水基準に合った固液分離機的设计手法を構築した。
- ② 固液分離機の運転制御を固液分離槽での水位制御(水頭差)で行うことにより、安定した水質の濾水を排出することが可能となった。
- ③ 本稿で構築した制御において連続運転した条件においても濾水のSS濃度を 200 mg/L 以下にすることができた。
- ④ 転写回収部において、素材の選定、回収用ドラムの押し付け圧力の調整により、ドラムメッシュを傷つけることなく回収することが可能となった。
- ⑤ 回収物の含水率はバイオマス資源として有効に活用できる 85~90%であった。

以上の結果より、有機性排水中に含まれる懸濁物を連続的に効率よく固液分離することによって、回収物をバイオマス資源として有効に活用でき、濾水の後段処理への負荷を低減させることが可能なシステムを構築することができた。

## 参考文献

- 1) 下水道のためのディスポーザ排水処理システム性能基準(案) 社団法人日本下水道協会
- 2) 石川光祥 ら:ディスポーザ排水からの浮遊固形物回収用固液分離システムの開発、第 20 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集、p237-238、2009
- 3) 石川光祥 ら:有機性排水からの懸濁性懸濁物回収システムの開発、第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集、p279-280、2010
- 4) 石川光祥 ら:プレコート式固液分離技術を用いた懸濁性排水からの固形物回収システムの開発、第 45 回日本水環境学会年会講演集、p654、2011

## ひとこと

有機性排水はバイオマス資源としてのポテンシャルはあるものの、低濃度であるため、有効に活用されていないことが多い。本固液分離機の採用でバイオマス資源の有効活用、後段への負荷低減を実現し、循環型社会の構築に寄与できるよう性能、適用範囲を拡大していきたいと思っています。



石川 光祥