

〈研究発表〉

最初沈殿池における高効率エネルギー回収技術の検討

Lai Minh Quan, 福崎 康博, 松田 祐毅, 三溝 正孝

(株)明電舎 水インフラ営業・技術本部技術部技術企画室

(〒141-6029 東京都品川区大崎2-1-1 ThinkPark Tower E-mail: lai-m@mb.meidensha.co.jp)

(〒452-0007 愛知県清須市西枇杷島町一反五畝割496-1)

概要

下水汚泥には多くのエネルギーが潜在しているが、従来の下水処理システムではこれが十分に活用されず、逆に膨大なエネルギーを消費して処理が行われてきた。近年では様々な技術革新により処理方法の省エネ・創エネ手法が提案され、未利用エネルギーの活用のための様々な試みが始まっており、その中でも下水のバイオマス回収を促進する方法としてAステージの技術がある。バイオソープションと呼ばれる生物吸着反応によって、従来の最初沈殿池では回収が困難であった溶解性の有機物を回収できる特徴がある。しかし従来のAステージでは最初沈殿池より返送汚泥ポンプなど機械点数が増える点が懸念された。そこで本研究では新たなAステージとして高効率エネルギー回収技術を適用しパイロット試験を実施したので、技術の概要と試験から得られた成果について報告する。

キーワード：エネルギー回収、バイオソープション、Aステージ

原稿受付 2022.7.13

EICA: 27(2・3) 130-133

1. はじめに

下水処理施設は都市の健全な発達のために必要不可欠である一方、曝気のため膨大なエネルギーを消費するエネルギー多消費型のインフラであることから、様々な技術革新により処理方法の省エネ・創エネ手法が提案されてきた。特に下水に含まれる有機物をバイオマスとして回収し、嫌気性消化を行うことにより生成した消化ガスはメタンを多く含み、カーボンニュートラルな資源として活用できるため、これを効率良く行える方法が有用である。バイオマス回収を促進する技術の一つとして二段活性汚泥法（AB法）の前段の処理であるAステージがあり、バイオソープションと呼ばれる生物吸着反応によって、従来の最初沈殿池では回収が困難であった溶解性の有機物を回収できることから、下水に潜在するバイオマス回収量を増加さ

せエネルギーの再資源化を促進する技術としての価値がこれまで示されてきた¹⁾。しかし従来のAステージでは最初沈殿池の設備に加え、返送汚泥ポンプ等の機械の追加が必要であり、濃縮設備への送泥量が増えるなど維持管理の面で改善の余地があった。そこで、新たなAステージとして高効率エネルギー回収システムを適用し、空気による水の流れの制御を主とし機械を減らすことで維持管理コストの低減を図り、更にAステージでは汚泥濃度が薄くなり発生量が増えてしまう初沈汚泥をAステージの中で濃縮して減量できる方式とすることで、高いバイオマス回収性を維持したまま汚泥発生量を低減し、同時に省スペース化を図った（Fig. 1）。本研究では高効率エネルギー回収システムについて実下水を用いたパイロット試験を実施したので、本方式の概要とパイロット試験から得られた成果について報告する。

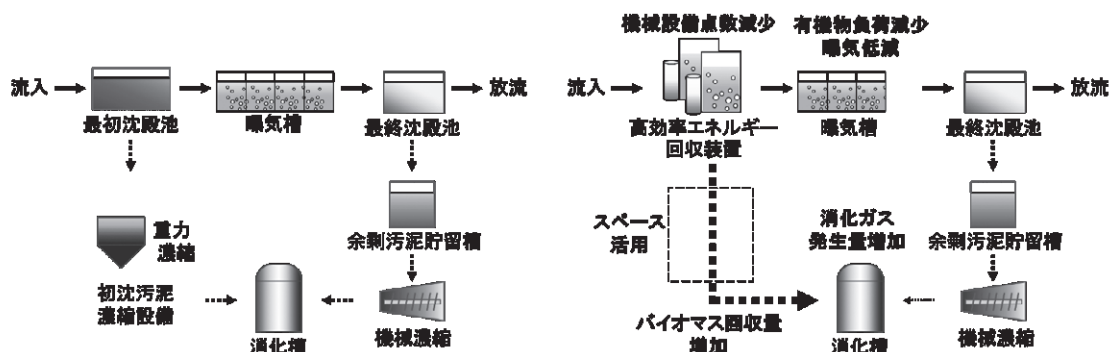


Fig. 1 従来の下水処理と高効率エネルギー回収システムを適用した場合のシステムフローの比較

2. 処理概要と実験方法

2.1 処理概要

本研究で用いたパイロット設備処理フローを Fig. 2 に示す。

本処理方式では、反応槽と汚泥濃縮槽の組合せが2系で並列した1組が最小の構成となる。取水下水を各系に交互に流入させる半回分処理方式としており、流入下水中の有機物の回収と汚泥濃縮処理を同時に行う。パイロット設備の運転サイクルを Fig. 3 に示す。各反応槽は流入フェーズと流入停止フェーズがあり、流入停止フェーズでは間欠曝気によって曝気と沈殿を繰り返し、下水中の有機物の一部は曝気時のバイオソープションによって汚泥に吸着し回収することができる。汚泥を静置することで汚泥ベッドを形成しつつ沈殿し、ある程度沈殿したところで流入フェーズが開始される。流入下水は槽底部より均等分配され、汚泥ベッドの中に注入され、上向流で汚泥ベッドの中を通り抜ける内にベッドのフィルター効果によりSSを捉える。流入停止後、汚泥を再び沈殿させ、エアリフト配管によって槽底部から汚泥濃縮槽へ引き抜く。汚泥濃縮槽は円筒型の構造で、エアリフトによって引き抜いた汚泥は円断面の接線方向に流入させることで槽内に旋回流を形成し、汚泥を高濃度に濃縮させる。一方、反応槽で処理した下水は、反応槽上部のエアロック流出溝から排出される。このエアロックを利用して2系ある反応槽への下水流入の切替えを行っている。エアロックによって反応槽からの流出が止まることで流入が止まり、曝気と沈殿の流入停止フェーズに移行する。同時に他方の系ではエアロックが解除され反応槽からの流出が可能となり、流入フェーズとなる。これにより一方の系だけでは回分処理となるが、常時2系の

何れかに流入しているため、2系全体としては連続的な流入を受け入れる半回分処理が行われる。

このように本技術の処理方式は、反応槽での処理や汚泥の引き抜き、流入の切替えまで全て空気の制御のみで行う。そのため、従来のAステージにおけるかき寄せ機や返送汚泥ポンプといった機械が不要であり、機械設備点数を減らすことで維持管理が容易なシステム構成となり、コスト縮減にも繋がる。

2.2 実験方法

実験に用いる下水は、大阪市放下水処理場の流入下水とし、Table 1 に水質を示す。パイロット設備の規模は、晴天日試験の通水量として288 m³/日とした。パイロット設備の構成は、反応槽12 m³×2槽、汚泥濃縮槽1.5 m³×2槽であり、HRT 2時間、SRT 約0.8

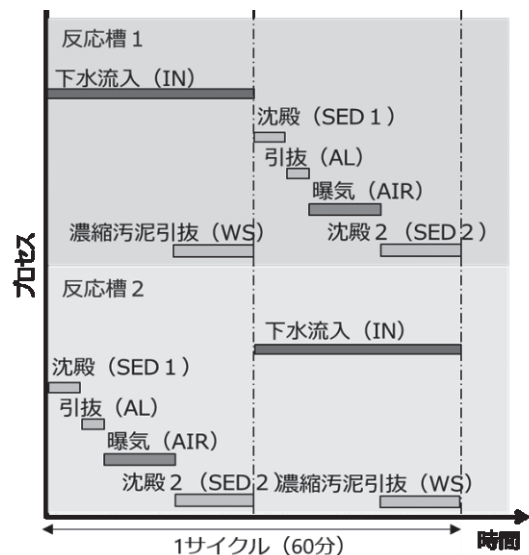


Fig. 3 パイロット設備運転サイクル

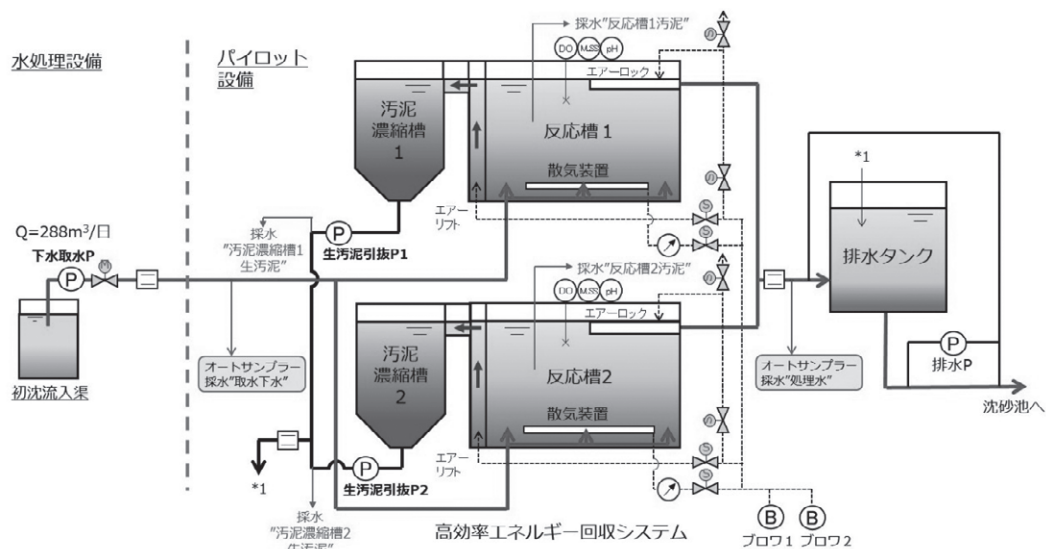


Fig. 2 パイロット設備処理フロー

Table 1 放出下水処理場 最初沈殿池流入下水平均水質²⁾

分析項目	SS	BOD	COD _{Mn}	T-COD _{Cr}	S-COD _{Cr}	T-N	T-P
放出下水処理場 流入下水	120	130	69	204	78	24	4.6

※ COD_{Cr} は本研究における分析値

日に設定し、汚泥引抜時間を処理状況に応じて調整した。半回分処理の1サイクルを60分とし、槽内のDO値は曝気中1.0 mg/L程度となるようサイクル内で曝気時間を調整した。試験のため各反応槽にはDO計、pH計、MLSS計を取り付けた。汚泥濃縮槽からの濃縮汚泥の引き抜きは、濃縮汚泥引抜ポンプで行った。

2.3 立上げ性能試験および定常運転評価

立上げ性能試験では、反応槽が空の状態から流入下水を288 m³/日で通水し、立上げ中は汚泥引抜を行わず、反応槽のMLSSが1,500 mg/Lとなるまでの立上げ時間を確認した。本処理方式では立上げ時に種汚泥は不要であり、流入下水由来の微生物を使って処理を行う。MLSSが目標値に到達した後は、処理能力を維持するために反応槽のMLSSを管理する。Fig. 3の運転サイクルに従って処理を行い、MLSSが一定になるよう汚泥引抜量を調整した。MLSS以外の水質分析項目としては、反応槽のSV30、取水下水及び処理水の水質(SS, BOD, COD_{Mn}, T/S-COD_{Cr})並びに汚泥濃縮槽から引き抜いた濃縮汚泥のTS, VSを測定した。

3. 実験結果

立上げ性能試験の結果をFig. 4に示す。立上げから実施した1回の試験をPhaseで表し4回分の結果を示す。Phase 1, 2では降雨による影響があり想定よりも早い立上げとなったが、いずれもおおよそ40時間程度で目標MLSSである1,500 mg/Lに到達しており、約2日で立上げができることを確認した。従って、

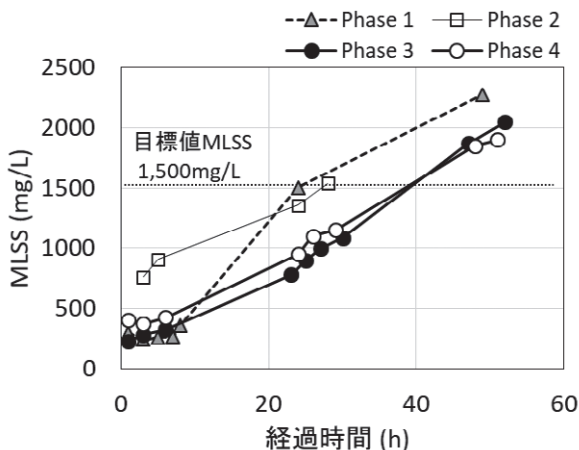


Fig. 4 立上げ性能試験

流入水質や水量が変動して汚泥ベッドが消失した場合であっても、本処理方式では種汚泥が不要であり約2日で立上げができるため、早期の処理性能回復が可能である。

定常運転においてT-COD_{Cr}除去率は既設最初沈殿池(T-COD_{Cr}除去率30%)の1.5倍、既設最初沈殿池では除去できないS-COD_{Cr}の除去率に関しては25%、初沈濃縮汚泥濃度は4%を目標とした。

放出下水処理場では流入下水中のりん濃度が高いため、最初沈殿池への流入水に塩化第一鉄を添加している。本試験では、塩化第一鉄の凝集効果が十分に活用されず、処理水中にピンフロックが発生したためSS除去率が低下した。その対策として、高分子凝集剤を適用してSS除去率を改善する検討を行い、1 ppm添加することで凝集効果の改善が確認されたため、パイロット設備にて高分子凝集剤1 ppm添加試験を実施し、SS除去率が平均60%、T-COD_{Cr}除去率が平均55%、S-COD_{Cr}除去率が平均25%、濃縮汚泥濃度が平均4.1%となり、それぞれ目標値を達成できた(Fig. 5, 6)。

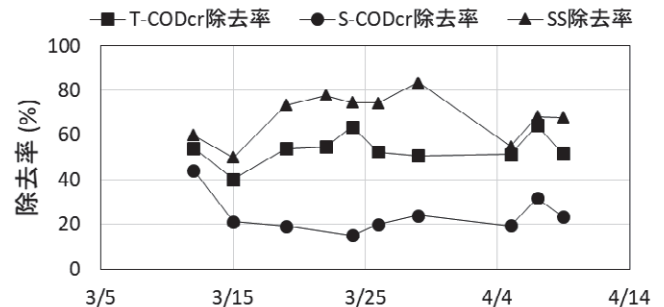


Fig. 5 COD除去率、SS除去率の変化

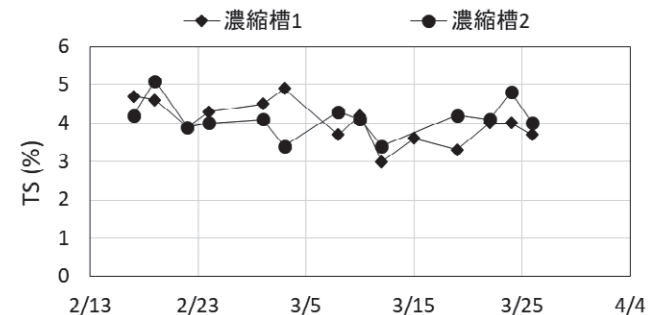


Fig. 6 濃縮汚泥濃度の変化

4. まとめ

高効率エネルギー回収技術について検討し下記の結果を得た。

- ・本処理方式では沈殿池と汚泥濃縮までの処理を空気の制御によって行い、機械設備点数を大きく減らしながら、目標処理能力が達成された。

- ・本処理方式の立上げは、流入下水由来の微生物を使うため種汚泥が不要であり、約2日程度で完了することができた。
- ・既設最初沈殿池の1.5倍以上のT-COD_{Cr}除去率55%、及びS-COD_{Cr}除去率の25%、濃縮汚泥濃度は4.1%を達成できた。

以上により、バイオマスの回収性が高まることが確認され、エネルギー回収の促進が期待されると共に、維持管理のコストや労力の低減ができる処理方式であると期待される。

最後に、本研究の現地試験にあたり、大阪市様に多

大なるご協力を頂いたことをここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Lai Minh Quan, 酒井孝輔, 中田昌幸, 福崎康博, 細田菜摘, 岡野内晃代, 梶本力 “A ステージによる有機物除去の運転制御条件によるエネルギー回収最適化の検討” 第57回下水道研究発表会講演集, pp. 949-951
- 2) 大阪市建設局下水道部: 平成30年度下水処理場水質管理年報

