

[33] 活性汚泥プロセスのMLSS 制御に関する経験

(株)日立製作所 日立研究所 渡辺 昭二 ○野北 舜介
 “ ” 森 俊二

1. はじめに

活性汚泥プロセスでは、エアレーションタンク内の汚泥濃度 (Mixed Liquor Suspended Solids, MLSS と略称する) が重要な制御指標とみなされている。MLSS をフィードバックして返送汚泥流量を調節する方法がもっとも一般的な制御法である。この制御法については数多くの研究がなされているが、まだ、MLSS の安定化は達成されていない。この原因は、外乱である下水流量の急増時に一時的な汚泥量不足が起ることや返送汚泥流量の制御範囲に制限があることによるものと考えられている。¹⁾ この種のプロセス上の制約を緩和して MLSS 制御を実現するには、必要な活性汚泥をプロセス内に一時的に確保し、操作の自由度を増加させることが必要である。これに対処するため、われわれはエアレーションタンクの一部を汚泥貯留槽に兼用させる方式、すなわち、動的汚泥貯留方式を提案し、²⁾ パイロットプラントで制御効果を検証した。このプラントは、構造及び設備が同一である独立した 2 系列から成り、一方に動的汚泥貯留方式による MLSS 制御を適用し、他方に返送汚泥流量一定運転を実施した。

2. 動的汚泥貯留方式による MLSS 制御の概略

この方式はステップエアレーションプロセスを基本とし、エアレーションタンク (上流側から A, B, C, 及び D 回路と称する) への流入下水の分配比を調節して、A 回路を汚泥貯留槽と兼用させるものである。制御原理を図 1 に示す。流入下水流量の少ない時間帯に A 回路導水管に設置した制水弁を閉じて A 回路に返送汚泥を貯留し、下水流量の多い時間帯には制水弁を開いて A 回路に下水を導入して A 回路中の高濃度活性汚泥を B 回路に押出すことにより、B 回路以降の MLSS を安定化させるとともに、A 回路を従来のエアレーションタンクとして利用するものである。A 回路制水弁は、B 回路に設置した MLSS 計の計測値と目標値との偏差に応じて開閉動作を行う。すなわち、B 回路 MLSS の実測値が目標値より大であれば制水弁は「閉」方向となり、実測値が目標値より小であれば「開」方向となるように調節計が作動する。この操作が連続的に行われて、B 回路以降の MLSS が一定に維持される。以上の操作により、水量低下時には滞留時間の過大化を防ぎ (滞留時間平滑化)、水量増加時には過負荷を防止する (負荷平滑化) ことにより処理水中の残存有機物濃度の低減をはかる (図 2)。

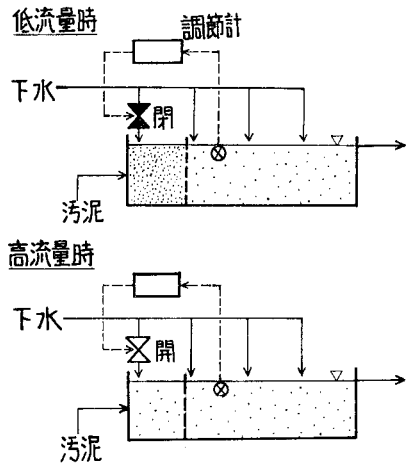


図 1 動的汚泥貯留方式の制御原理

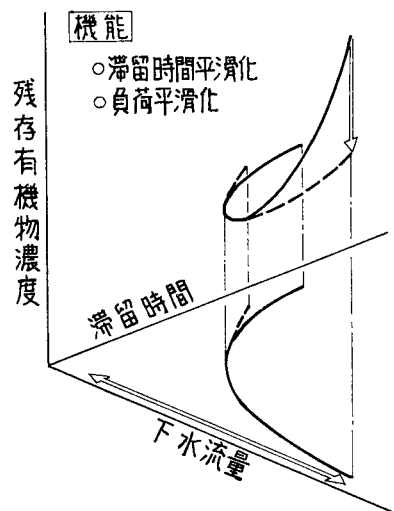


図 2 動的汚泥貯留方式の水質向上原理

3. 実験装置及び方法

3.1 実験装置の概略

実験に用いたパイロットプラントのフローを図3に示す。プラントは独立した2系列から成っており、それぞれの系列はステップフイード方式エアレーションタンク(630ℓ, 150×30×35cm×4回路), 円筒錐型沈殿池(250ℓ, 直径60cm)及び流量制御可能な流入水ポンプ(0~200ℓ/h), 返送汚泥ポンプ(0~50ℓ/h), 余剰汚泥ポンプ(0~10ℓ/h), エアerpンプ(0~5m³/h)から構成されている。一方は制御を行わない系列, すなわち非制御系であり, 他方はB回路のMLSSに応じてA

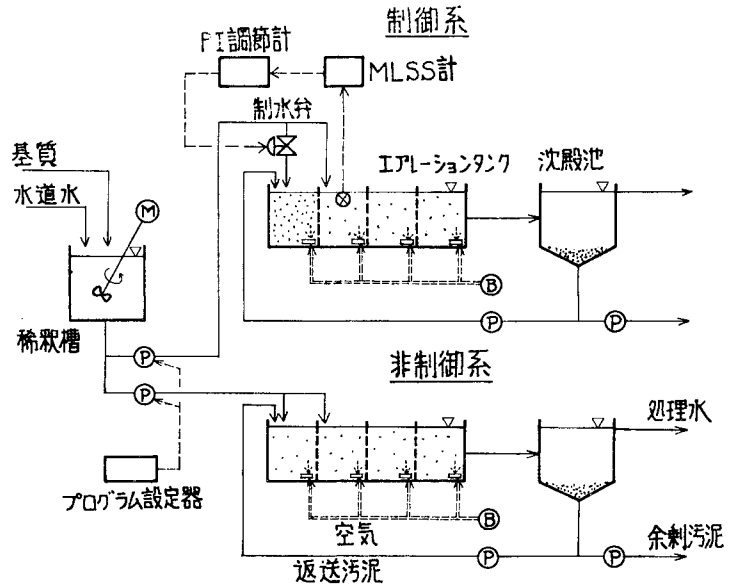


図3 パイロットプラントのフローシート

回路流入水量を操作する系列, すなわち制御系でMLSS計, PI調節計, 及び制水弁を新たに設置している。原水稀釈槽は両系列共通とし, 常時一定量の水道水と濃縮人工基質が供給され, 稀釈混合した一定濃度の人工下水を提供している。また, 両系列の流入水ポンプは, 共通したプログラム設定器からの出力信号に応じて動作し, このプログラム設定器に任意の日間変動パターンを与えることにより同期した流量変化が得られる。

3.2 実験方法

制御実験に先立ち, 終末処理場から入手した返送汚泥をグルコース, ペプトンを主体とした人工下水で1週間馴致運転を行ったのち, 制御系にMLSS制御を実施した。運転期間中の操作条件は両系列とも同一に維持し, 20日間に渡って連続運転を実施した。共通する操作量は表1に示す通りである。流入下水流量には, 図4に示す都市型の日間変動パターンを与え, 返送汚泥流量及び曝気空気流量は常時定量供給とし, 余剰汚泥流量は間欠定量引抜きとした。また, 人工下水は表2に示す組成比のものを常時供給したので, 流入有機物量は下水流量と同一パターンで変動する。このような操作条件において, 制御系のMLSS目標値はプロセス状態を監視しながら数日間隔で補整した。

表1 運転条件

項目	数値	備考
流入下水流量	50~200ℓ/h	図4参照
返送汚泥流量	50ℓ/h一定	
余剰汚泥流量	30ℓ/d一定	間欠引抜
曝気空気流量	2.4m ³ /h一定	
汚泥日令	8~10日	
水温	19~21℃	

表2 人工下水の組成

項目	数値	備考
グルコース	100mg/ℓ	COD 100mg/ℓ
ペプトン	35 "	
KH ₂ PO ₄	8 "	
(NH ₄) ₂ SO ₄	16 "	

4. 実験結果及び考察

4.1 長期運転における各種プロセス状態量の経日変化

長期運転の評価を行うため, 全運転期間中を通して毎日定時刻に制御系及び非制御系のD回路出口部SVI (Sludge Volume Index, 汚泥容量指標), 処理水COD (Chemical Oxygen Demand), B回路入口部MLSSを測定し, その経日変化を図5に示す。ここで, 処理水CODは流出汚泥含みの日平均値を用いている。

まず、D回路SVIの経日変化は制御系、非制御系とも運転開始後徐々に上昇し、12日目以降から下降する傾向となった。下降した原因は、表2に示した基質組成のうち、窒素とリンの添加量を増加させたためと考える。その結果、制御系のSVIは回復したが、非制御系は一時下降したものの18日目から再び上昇し、バルキング状態に陥った。この原因は非制御系に大量の糸状菌が発生したことによる。全期間を通じて、制御系のSVIが低く維持され比較的良好な汚泥沈降性を得たのは、非制御系に比べて糸状菌の発生が少なかったためである。

処理水CODは、制御系では全期間を通して低値でかつ安定しているのに対して、非制御系では沈殿池からの汚泥流出が影響して10日目から20mg/l以上に悪化している。これは、非制御系の汚泥沈降性が悪いことに原因している。すなわち、下水流量の急増時に沈降性の悪い大量の汚泥が沈殿池に流入し、汚泥界面が水面まで達した結果、処理水への汚泥流出を招いたものである。この汚泥流出現象は、制御系では観察されなかった。

一方、B回路MLSSは両系列ともSVIに影響された変化を示している。汚泥沈降性が良ければ返送汚泥濃度が上昇し、沈降性が悪いときは汚泥濃度が低下し、エアレーションタンクへの流入汚泥量が変わったためである。この影響は16日目以降に顕著に表われている。非制御系では汚泥沈降性の悪化により汚泥流出が起りMLSSの低下を招き、制御系では沈降性が良好となりMLSSレベルが上昇した。

4.2 各種プロセス状態量の日間変動

流入下水流量の変動は各種プロセス状態量を時々刻々変化させる。そこで、各種状態量の経時変化を測定し、制御系と非制御系の比較検討を行った。図6は、制御系におけるMLSS制御状態の結果を示したものである。制水弁開度は流入下水流量が増加する時間帯に開動作され、下水流量の少ない時間帯に閉動作されている。この制水弁動作に応じてA

回路MLSSが変化しており、動的汚泥貯留が正常に行われていることがわかる。制水弁の操作により、B回路入口部のMLSSは目標値2400mg/lにほぼ維持されており、MLSSの安定化を達成している。3時頃から9時頃までの時間帯に、制水弁が全閉にもかかわらずB回路MLSSが徐々に上昇している。これは、返送汚泥によってA回路の高濃度混合液がB回路に押出されたためである。また、図示していないが、非制御系のB回路MLSSは流入下水流量の変動に応じて大きく変化している。

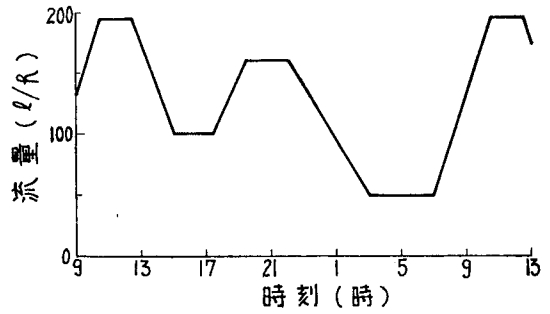


図4 流入下水流量の日間変動パターン

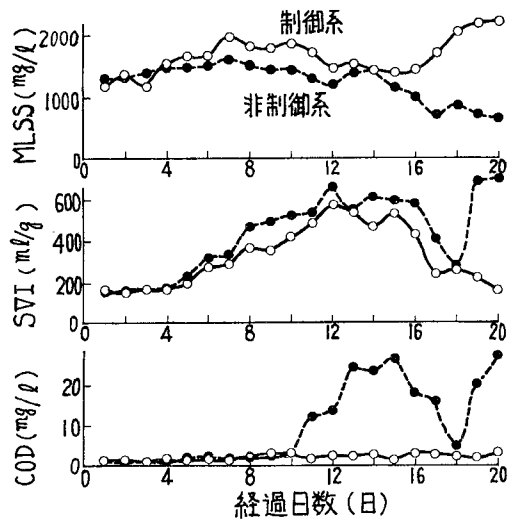


図5 各種プロセス状態量の経日変化

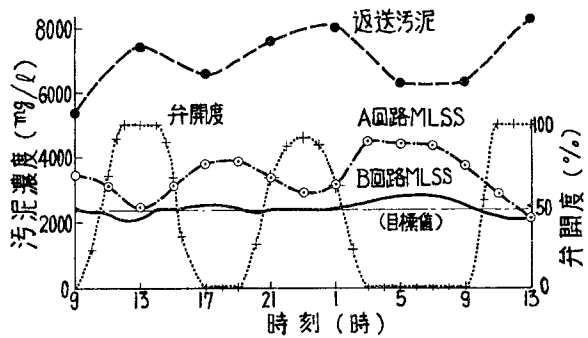


図6 MLSS制御結果の一例

両系列の有機物負荷はMLSSの相違と下水流量の分配操作により異なる変化を示す。図7に両系列の有機物負荷の経時変化を示す。図から、非制御系は下水流量の変動に対応して大きく変化しているが、制御系の変動は下水流量に影響された傾向を示しているものの、非制御系に比べてかなり平滑化されていることがわかる。特に、下水流量が急増する時間帯では1/3に低減され、制御によって負荷平滑が行われることが明らかである。この有機物負荷の相違は処理水質に影響を及ぼしていると予想される。図8にD回路出口部のSVI、図9に処理水CODの経時変化を示す。両者とも制御系と非制御系の間大きな相違が見られる。まず、SVIの変動は、非制御系では有機物負荷変動に対応して大きく変化しているのに対して、制御系の変動は安定している。非制御系のSVI値が非常に高い状態にあるのは、図5で説明したように、糸状菌が優占種となったためである。次に、処理水CODは両系とも有機物負荷変動の傾向と似ている。両系を比較すれば、制御系は全期間を通じて低値で安定しているのに対して、非制御系は制御系より高く、変化も激しくなっている。また、9時から13時頃にかけて非制御系が異常値を示しているのは、この時間帯に非制御系沈殿池から処理水に汚泥が流出したためである。

以上のことから、MLSS制御を行うことにより、日間においても処理水質の変動をおさえ、また水質向上を図ることが可能であることを示した。

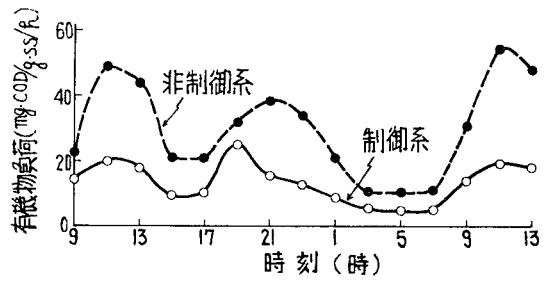


図7 有機物負荷の経時変化

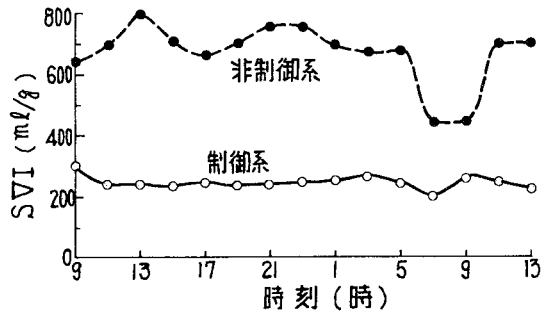


図8 汚泥沈降性の比較

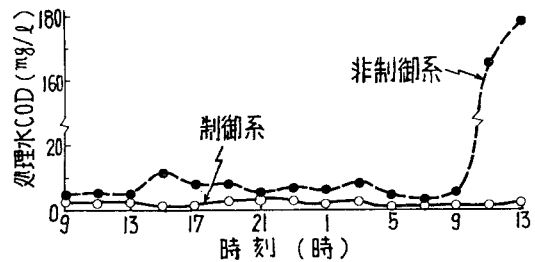


図9 処理水残存有機物濃度の比較

5. まとめ

動的汚泥貯留方式によるMLSS制御システムを立案し、パイロットプラントに適用した結果、以下の事項を明らかにした。

- (1) 制御系は順調に作動し、MLSSの安定化に有効であった。
- (2) MLSS制御により、負荷平滑化、処理水質の安定化及び水質向上が可能であることを確認した。
- (3) MLSS制御により、活性汚泥の沈降性を改善できた。

<参考文献>

- 1) Roesler J. F. ; Evaluation of the effectiveness of automation, Proceedings of workshop sponsored by the U. S. E. P. A. in cooperation with Clemson Univ. (1975)
- 2) 野北, 地田, 大越 ; MLSS制御に関する一試案, 第11回下水道研究発表会講演集 (1974)