

N-5

活性汚泥法の最終沈殿池に代わる不織布ダイナミックろ過装置の開発

東京都下水道局

鈴木 建

栗田工業株式会社

鈴木 和夫、澤田 繁樹

新日本製鐵株式会社

高橋 直哉、坂田 守生

日立金属株式会社

○永井 睦郎、原田 千夏

1. はじめに

標準活性汚泥法の最終沈殿池における固液分離方法は、汚泥と水のわずかな比重差に頼る重力沈降式であるため、汚泥性状や流入変動の影響を受けやすく、汚泥の越流対策、返送汚泥操作等の MLSS 管理、パルキング、スカム対策など、清澄な処理水を得るための運転管理に多大な労力を要している。

この問題を解決する重力沈降に頼らない固液分離法として、膜を利用する各種方法が実用化されている。これらは、最終沈殿池が不要で高 MLSS 濃度を確保でき、安定した固液分離が行える。しかしながら、従来の膜による固液分離技術は限外ろ過膜や精密ろ過膜などの緻密な材料を用い、高い過圧が必要である。また浸漬膜型においては、循環クロスフロー流速を確保するために多大な曝気量を必要とする。これらはろ過圧と循環曝気のために多大な動力が必要であり、膜素材も高価であることが、大規模下水処理場における実用化に向けた課題となっている。

この課題を解決するため、従来の膜素材よりもはるかに粗い目開きを有する不織布を生物反応槽に浸漬し、その表面に形成する活性汚泥粒子のダイナミック層をろ過層として利用する技術に着眼し開発を行ってきた。この不織布を用いたダイナミックろ過技術は、僅かな水頭差でろ過が可能であり、ろ過に必要な新たな動力を必要とせず、かつ安価な素材で連続的に活性汚泥混合液の固液分離を図ることができる。ここでは、ダイナミックろ過における基礎的現象から実用上の操作因子について述べ、実際の下水処理場の曝気槽で実施した実用規模ユニットの運転結果を報告する。

2. ダイナミックろ過の基礎特性

ダイナミックろ過による固液分離の概念図を図1に示す。本法は、実質的に活性汚泥粒子を通過させる目開きの粗い不織布（目開き：約 $150\mu\text{m}$ ）からなるろ過ユニットを曝気槽に浸漬配置し、不織布表面に緩やかなダイナミックろ過層を形成させて固液分離する技術である。

不織布表面のクロスフロー流速が速すぎるとダイナミックろ過層が形成されず、活性汚泥粒子は不織布を通過する。逆にデッドエンドろ過に近い条件ではケーキ層が形成され、ろ過抵抗の増大をもたらす。さら

に、適切な条件でダイナミックろ過層を保持しても、不織布表面に形成した汚泥粒子層が次第に圧密化するので、定期的な洗浄によりろ過層の再生を図る必要がある。また、ダイナミックろ過層が形成されない速いクロスフロー条件は洗浄条件としてろ過の再生操作に利用できる。

実曝気槽の標準活性汚泥（MLSS 濃度 $1,000\sim 1,500\text{mg/L}$ ）について流路間隔 20mm の小型セルを用い、クロスフロー流速とろ過流束の関係を調査した結果を図2に示す。図中の「ダイナミックろ過」と表示した

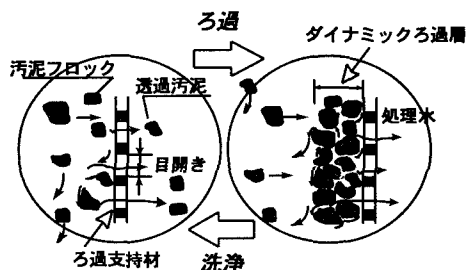


図1 ダイナミックろ過層の形成と再生

領域が清澄なるろ過が得られ、かつろ過流束の低下も認められなかった範囲であり、「ケーキろ過」と表示した領域は清澄なるろ過は得られるもののろ過流束の低下が大きく、不織布表面に剥離されないケーキ層が観察された範囲である。また、「ろ過水へ汚泥漏れ」と表示した領域はダイナミックろ過層が形成されず清澄なるろ過が得られなかった範囲である。

この結果、クロスフロー流速 0.05～0.4m/s の範囲で、ろ過流束 6 m/d までのろ過が可能であり、0.4m/s 以上のクロスフロー流速ではダイナミックろ過層は形成されず、曝気洗浄条件として利用できることがわかる。

また、ろ過支持材となる不織布は基本的に運転条件により選定するが、予備検討の結果では目付量 15～30g/m² 程度（ポリエステル製）のものが処理水質およびろ過抵抗の両面から優れていた。

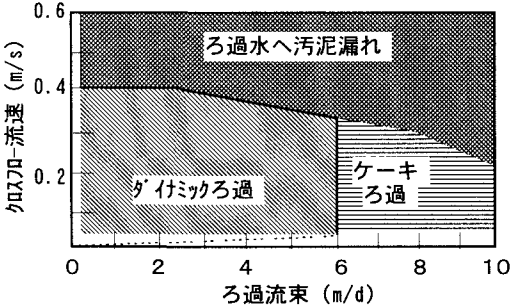


図2 クロスフロー流速とろ過流束の関係

3. 実装置化への対応

3. 1 ろ過流束の低下と洗浄操作

ろ過流束低下の原因と対策を図3に示す。原因としては、モジュール表面（1次側と呼ぶ）に生成する①ケーキ層と②スライム層、③不織布内部の目詰まり、④モジュール内面（2次側と呼ぶ）に不織布を通過した汚泥が付着して生成するケーキ層、及び⑤モジュール底部に蓄積する汚泥の5つがある。

1次側ケーキ層及びスライム層はろ過を継続することにより徐々に生成され、これに対してはモジュール下方から定期的に曝気洗浄を実施する。図4は洗浄頻度を変化させた運転結果であり、前半は3時間毎に、後半は8時間毎に曝気洗浄を行っている。

この結果、前半では2～2.5 m/d のろ過流束が得られたが、サイクルを8時間に変更後はろ過流束が次第に低下する傾向がみられた。このように、適正な洗浄サイクルを選定することにより、安定ろ過が行えることがわかる。ただし、洗浄直後からダイナミックろ過層が形成されるまでの数分間のろ過水は高濁度であった。

対策	1次側 I7洗浄	水 逆洗	2次側 I7洗浄	薬品 洗浄
原因				
①一次側ケーキ層	◎			
②スライム層	○			○
③目詰まり		○		◎
④2次側ケーキ層			◎	
⑤2次側汚泥蓄積		○	◎	

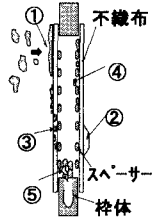


図3 ろ過抵抗の発生原因と対策

目詰りに対しては、ろ過モジュール内部に洗浄水を圧送する水逆洗が効果的であり、2次側に生成するケーキ層に対しても水逆洗で効果はみられたが、空気による2次側エア洗浄を併用することでより高い効果が得られることが確認された。また1日に1回程度の頻度で、逆洗水に有効塩素濃度で20mg/Lとなるように次亜塩素酸ナトリウムを添加することによって、水逆洗の効果を高め不織布表面の生物膜スライムの成長抑制や目詰まり防止、ろ過水排出流路への生物スライム付着防止することができた。

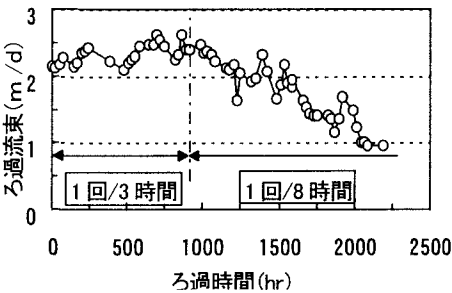


図4 洗浄頻度とろ過流束の安定性

3. 2 排泥操作

前述のように、洗浄直後はろ過水濁度が悪化することから、本法では洗浄直後のろ過水を曝気槽に排出する排泥工程を設けている。排泥操作とろ過水濁度との関係を図5に示す。排泥操作を行わない場合はろ過開始直後に700度程度の高濁度水となるが、5分間の排泥操作を組み込むことにより30度程度まで洗浄直後のろ過水濁度を低下させることができた。

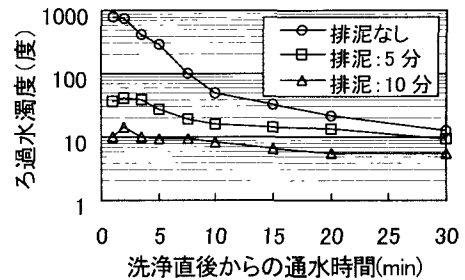


図5 排泥操作とろ過水濁度

4. 長期運転結果

有効ろ過面積 3.5m^2 の実用規模平膜モジュール 11 枚で構成したユニットを合流式下水処理場の旋回流式曝気槽の下降流部に2ユニット配置して、長期運転を行った。装置フローを図6に、ろ過流束の経時変化を図7に示す。ろ過水は各モジュールからヘッダー管方式で集水し、曝気槽と後段の集水トラフとの水頭差を駆動力としてろ過を行った。また曝気槽水位に集水トラフ内の可動堰を追従させることで水位差を一定とし、3時間毎に洗浄を行ってろ過の安定を図った。

この時、曝気槽の運転はHRT6時間の標準活性汚泥法であり、期間中、MLSS 1500mg/L 、SVI 100、SV 15%でほぼ推移した。

この結果、ろ過流束は2000時間にわたり設定値の $2.0\text{m}^3/\text{d}$ で安定推移した。通水終了までに、ろ過流束は約10%程度緩やかに低下したが、ろ過水配管内の水洗浄だけで容易に回復した。また実験期間中に水位差を大きく設定することで $3.0\text{m}^3/\text{d}$ の運転も可能であった。処理水濁度も通水初期から安定しており、20度以下の水質が維持できた。

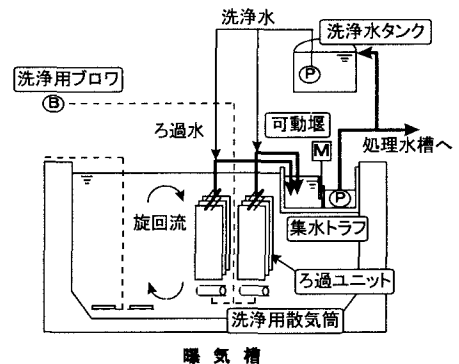


図6 実証設備の装置フロー

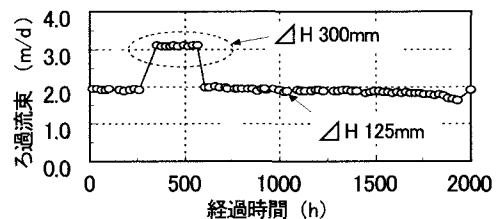


図7 ろ過流束の経時変化

5. おわりに

安価でろ過抵抗の極めて小さい不織布を用いたダイナミックろ過の基礎特性を把握すると共に実用化のための操作因子を明らかにした。また既存の曝気槽内で実用規模ユニットの長期安定運転を行うことで本技術が沈殿池に代わる固液分離技術になりうることを実証した。

また本法は、既存の標準活性汚泥法の最終沈殿池代替として曝気槽に設置するだけでなく、窒素・リン除去を主体とする高度処理法と組み合わせることで、土地の有効利用が求められる都市部下水処理場が高度処理化へ転換するための有力な技術になりうると思われる。

なお、この研究は東京都下水道局と栗田工業（株）、新日本製鐵（株）、日立金属（株）3社との共同研究として実施したものである。

参考文献

- 1) 北尾高嶺: “不織布ろ過分離活性汚泥法の特徴と性能”, ニュートラルテクノロジーシンポジウム99, 4-1-1(1999)