

N-7 浸漬型平膜を用いた下水処理システムの開発

日立プラント建設(株) ○ 大西 真人, 武村 清和, 安藤 尋樹, 奥野 裕

1. はじめに

活性汚泥処理と膜分離技術を組合せた膜分離活性汚泥法は、廃水処理やし尿処理等の水処理分野で適用化検討が進められ、既に実機が稼動している。この方法によれば、活性汚泥混合液の固液分離操作に膜分離を用いることで、汚泥の性状に左右されことなく処理水への濁質分の流出を防止し、衛生的で高度な処理水を確保できる。また、膜により系内の活性汚泥を高濃度に保持することで処理時間の短縮や処理装置のコンパクト化が期待できる。

近年、この膜分離活性汚泥法を下水処理に適用する動きが活発化し、特に、生物反応槽に膜を浸漬して活性汚泥をろ過する浸漬型膜モジュールの検討が進められている。

本研究では、大容量用に開発した浸漬型平膜モジュールを用いた下水処理システムについて、実下水を用いた実験を行い、いくつかの知見を得たので報告する。

2. 実験方法

2.1 実験装置

実験装置(標準処理規模:32m³/d)の処理フローを図1に示す。原水には、S県N下水処理場の初沈流入水のスクリーン後水(目開き:1mm)を用いた。原水は脱窒槽に供給された後、活性汚泥混合液として硝化槽へ送られ、硝化槽内に設置した浸漬型平膜モジュールで固液分離した。また一部は、汚泥循環ポンプにより脱窒槽へ返送した。使用した平膜はポリオレフィン系の精密ろ過膜で、膜孔径は0.4μmである。膜モジュールは、膜エレメント(膜面積:20m²)4基で構成した。膜モジュールの下部からは、膜面洗浄と微生物への酸素供給を兼ねて、散気を行った。

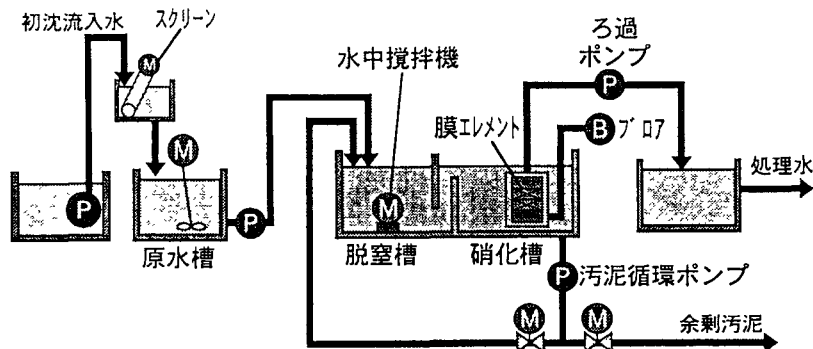


図1 実験装置処理フロー

2.2 実験方法

ろ過方式は間欠運転方式とし、8分ろ過後、2分間ろ過ポンプを停止するようにタイマ制御した。運転時のフラックスは0.5m³/m²・dである。系内のMLSSを10,000mg/Lに保持するため、硝化槽下部から定期的に余剰汚泥を引き抜いた。硝化槽から脱窒槽への汚泥循環比は3とした。散気は膜モジュールの下部に設置した散気管から行い、散気空塔速度で0.06m³/m²/sの空気を常時吹き込んだ。薬品による膜の洗浄は、1,000mg/Lの次亜塩素酸ナトリウムに膜を浸漬して行った。

3. 実験結果と考察

3.1 連続運転結果

(1) システムの処理水質

主な水質項目について、連続運転期間中の原水と処理水の経日変化を調べた。BOD、T-N及び大腸菌群数の測定結果を図2～4に示す。原水BODは100～250mg/Lの範囲で変動しているが、処理水BODは常に2mg/L以下で、安定して処理できた。T-Nは、安定して10mg/L以下に処理できた。大腸菌群数はサンプリング配管の二次汚染により、検出される時期があったが、対策後は常に不検出であった。以上のように、本システムで得られる処理水の水質は安定しており、良質であることが分かった。

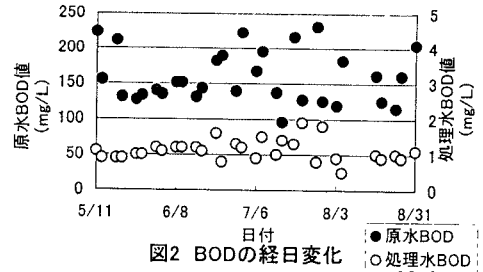


図2 BODの経日変化

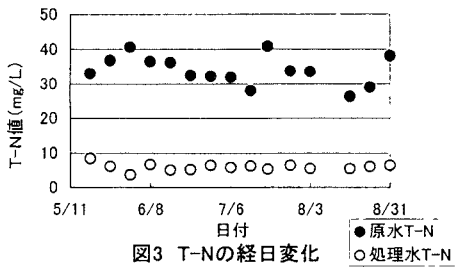


図3 T-Nの経日変化

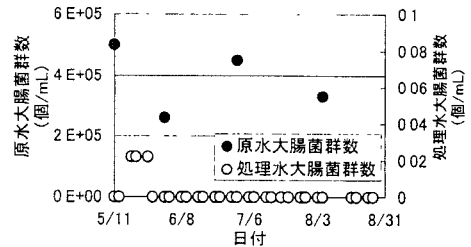


図4 大腸菌群数の経日変化

(2) 浸漬型平膜モジュールの運転状況

連続運転期間中のろ過圧力の経日変化を図5に示す。運転開始から約6週間、ろ過圧力は10～15kPaで安定し、良好な運転ができた。しかし、その後の脱窒槽循環ポンプ修理や数回にわたる停電により装置が停止し、汚泥性状の悪化や散気不良が起こり、ろ過圧力は50kPaまで上昇したが、約3ヵ月間は薬品洗浄せずに連続運転できた。その後、薬品洗浄を実施し、連続運転を再開したところ、ろ過圧力は薬品洗浄前の連続運転時の初期値とほぼ同じであり、薬品洗浄により膜の透過性能は回復した。薬品洗浄後のろ過圧力は10～15kPaで安定しており、運転を継続中である。

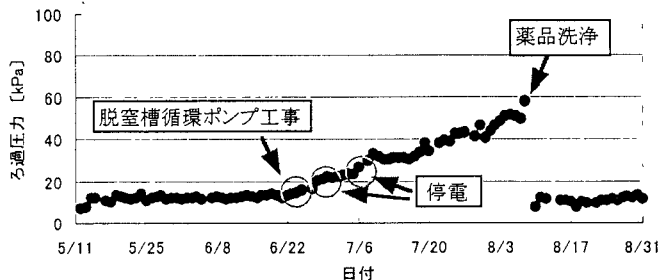


図5 ろ過圧力の経日変化

3.2 循環比の検討

循環比を2～5の範囲で変化させて、窒素除去率との関係を調べた。結果を図6に示す。循環比が4以下の場合、循環比が高くなるにつれて窒素除去率も高くなるが、循環比5では硝化槽から脱窒槽へのDO持込みにより、脱窒槽内の嫌気状態が保てず、窒素除去率が低下した。実装置を運転する際には、循環ポンプの動力アップによるランニングコストの上昇や処理水質目標等を考慮し、循環比を設定することが必要であるが、今回の実験で循環比が3と5では窒素除去率が同等であったことから、循環比3～4が最適な設定値と考えられた。

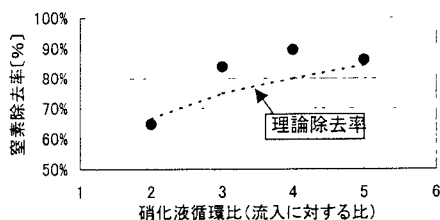


図6 循環比と窒素除去率の関係

3.3 膜閉塞物質の検討

膜によるろ過運転を行うと、時間経過とともに膜面に汚れ層が形成され、ろ過抵抗が上昇する。特に、活性汚泥をろ過する場合、ゲル層、ケーキ層によるろ過抵抗がろ過圧力を決定する大きな影響因子となる。本実験において、薬品洗浄時にゲル層とケーキ層のろ過抵抗を比較したところ、ゲル層の抵抗が大きいことが分かった。ゲル層の形成には、活性汚泥の代謝物に由来する糖、タンパクの影響が大きいことが知られている。^{1), 2)}そこで、これらの膜面への付着量を評価する指標として、汚泥上澄水と処理水(膜透過水)の TOC 量の差を膜付着 TOC と定義し、汚泥のろ過性評価に用いる比抵抗との関係を調べた。結果を図7に示す。比抵抗が 10^{11} m/kg以下では、膜付着 TOC は 50mg/L 以下でほぼ横ばいだったが、比抵抗が 10^{11} m/kg以上となり汚泥のろ過性が低下してくると、膜付着 TOC も急激に増加した。これにより、膜付着 TOC は比抵抗と相関があると考えられた。汚泥のろ過性は、上澄水の透視度や汚泥のろ紙ろ過量でも評価できることを確認しており、引き続き検討を進める。

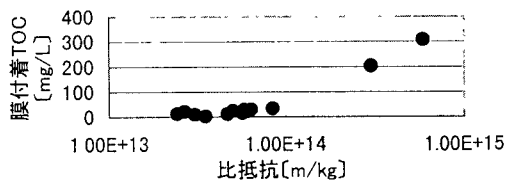


図7 膜付着TOCと比抵抗の関係

4. 結 論

浸漬型平膜モジュールを用いた下水処理システムについて、実下水を用いた実験を行い、以下の結果を得た。

- (1) 本システムで得られる処理水の水質は安定しており、良質であった。
- (2) 運転時フラックス $0.5\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ の条件で、約3ヵ月間薬品洗浄せずに連続運転できた。また、次亜塩素酸ナトリウムを用いた膜洗浄で、透過性能はほぼ回復した。
- (3) 循環比が4以下では、循環比が高くなるにつれて窒素除去率も高くなるが、循環比が5になると脱窒槽へのDO持込みにより嫌気状態が保てず、窒素除去率が低下した。
- (4) 膜付着 TOC は、汚泥のろ過性を表わす比抵抗と相関があった。

5. 参考文献

- 1) 長岡裕, 河野聖子, 宮晶子: 膜分離活性汚泥法における生物代謝物質の影響, 第36回下水道研究発表会講演集, pp.619～621(1999)
- 2) 丹保憲仁, 亀井翼, 高橋正宏: 好気性生物化学プロセスからの代謝廃成分の挙動と性質 (I), 下水道協会誌, vol.18, No.210, pp.48～57(1981)