

# 〈研究発表〉

## 下水膜処理における薬液洗浄方法の検討

吉野 徳正<sup>1)</sup>, 久住 美代子<sup>2)</sup>

(株)明電舎 環境・社会事業部 (〒141-6029 品川区大崎 2-1-1, E-mail: yoshino-n@mb.meidensha.co.jp)<sup>1)</sup>  
 基盤技術研究所<sup>2)</sup>

### 概要

精密ろ過膜(MF膜)を用いた排水処理方法のひとつである、膜分離活性汚泥法(MBR)の適用を検討している。その一環として都市下水処理場内に装置を設置してフィールドテストを実施し、いくつかの知見を得た。処理性能に大きな影響を及ぼす膜のろ過性能は、有機物等の汚染により大きく左右され、薬液洗浄によりこれを除去することが必要である。今回、適切な薬液洗浄の方法を検討し、自動化を行い長期間安定したろ過性能を維持できた。

キーワード: 膜分離活性汚泥法 MF膜 薬液洗浄

## 1. はじめに

### 1.1 背景と目的

下水処理に膜分離を適用した技術は、精密ろ過膜(MF膜)を使用した膜分離活性汚泥法(MBR)が現在、主流となりつつある。

MBRの主な特徴は以下の通りである。

- ① 活性汚泥処理において、汚泥と処理水を分離する固液分離工程を従来の沈殿法ではなく、膜ろ過により行う方法である。
- ② 従来の活性汚泥法に比べ高い汚泥濃度(MLSS)の運転が可能で、施設の省スペース化が可能である。
- ③ MF膜によるろ過で浮遊物(SS)や大腸菌まで除去できるため、再利用水として利用可能な透明度の高い処理水が得られる。

当社では、都市下水処理場内に膜分離活性汚泥処理システムを設置しフィールドでの検証を継続している。

この一環として、膜のろ過性能を維持するため適切な薬液洗浄の方法を検討し、長期間安定したろ過性能を維持、実現できた。本稿ではこの結果について報告を行う。

## 2. MBR実験プラント

### 2.1 プラントの概要

膜分離活性汚泥処理システムのフローをFig.1に、設備仕様をTable.1に示す。

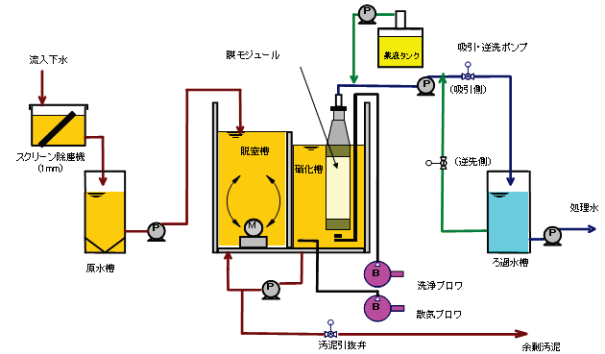


Fig.1: MBR pilot plant

Table.1 specifications of MBR pilot plant

処理水量	15m <sup>3</sup> / 日 / モジュール
処理時間	脱窒 3hr + 硝化 3hr
膜形状	中空糸膜
膜材質	PVDF
膜面積	25m <sup>2</sup> / モジュール
MLSS	8,000~12,000mg/L

流入下水は、最初沈殿池から受入れスクリーンにより夾雑物を除去する。これを原水としポンプで脱窒槽へ投入する。

処理槽は基本的に硝化・脱窒循環法を採用しており、脱窒槽は無酸素で攪拌のみを行い、硝化槽は散気ブローにより好気処理を行っている。硝化槽、脱窒槽間はポンプにより循環しており、適時汚泥引抜弁により余剰汚泥の引抜を行っている。

硝化槽に設置する膜モジュールは、円筒形中空糸膜のモジュールであり、素材はポリフッ化ビニリデン(PVDF)

DF)製である。

MBRでは汚泥による閉塞を防止するため、洗浄ブローにより膜を常時振動させている。また、膜表面の有機物除去のため、定期的な薬液洗浄も必要である。このことから、モジュールはろ過性能を維持するだけでなく、物理的、化学的な耐久性も要求される。

膜モジュールの後段にはろ過ポンプを設置し、吸引ろ過を行う。ろ過水はろ過水槽に一時貯留され、処理水として排出される。ろ過によって膜モジュールに集積した汚れなどをモジュール外へ排出するため、設定時間毎にろ過水槽からポンプにより、ろ過水で逆洗浄を行う。

また、有機物により膜モジュールが汚染されるため、定期的なアルカリ及び酸薬液による洗浄を行う必要があり、膜モジュール内部より注入洗浄ができるよう、ろ過水側へ薬液注入装置を設置した。

### 3. 薬液洗浄の方法

薬液洗浄は種々の方法があると考えられるが、MBRへ実際に組み込む場合に膜の脱着等の操作がなく、自動化しやすい方法として、以下 2 種類の薬液洗浄方法を検討した。

#### ①インライン洗浄

活性汚泥槽内にモジュールを浸漬させたまま(洗浄ブローは停止)、ろ過側よりモジュール内部へ次亜塩素酸ナトリウム溶液を注入した。注入終了後、逆洗を行って薬液を完全に注入した。

#### ②オンエア洗浄

硝化槽内の汚泥を抜き、膜モジュールを気中に露出させる。その後、インライン洗浄と同様に薬液注入を行い、活性汚泥槽に汚泥を戻した後、逆洗を

行って薬液を完全に注入した。

これを 1 週間毎交互に繰り返し(各 5 回、計 10 週)、膜間差圧、洗浄による回復率、膜間差圧上昇変化量を観察した。

## 4. 結果と考察

### 4.1 洗浄間隔と薬液量の比較

Fig.2 に試験期間中の補正膜間差圧と水温を示す。

図中の黄色三角はインライン洗浄、青三角はオンエア洗浄を行った。

期間中、降雨により急激に水温が低下することが 2 回ほどあったが、傾向として 23°C から 17°C 程度に緩やかに低下した。

ろ過開始後、膜間差圧は数日で -18KPa 程度に大きく低下し、その後、鈍化傾向となった。その後もろ過による差圧低下は常時進行しているが、1 週間毎に薬液洗浄を繰り返して行うことで、差圧がある一定量回復し、11 月の急激な水温低下時までは -30KPa 程度、その後は -30~-40KPa 程度で推移した。

このことから、薬液洗浄を短期間に繰り返し行うことにより、膜の膜間差圧の低下を防止でき、膜をシステムから取り外し、薬液による浸漬洗浄を行う様な煩雑な作業を行うことなく、膜間差圧の維持が行えることが判明した。

従来行っていた薬液洗浄と比較して、薬液の洗浄回数は増加するが、薬液量を少量で済むため、薬液の使用量は従来と比較して約 40%削減を実現できた。

### 4.2 薬液洗浄方法の比較

Fig.3 は、薬液洗浄前後の膜間差圧回復率(=膜圧洗浄前-膜圧洗浄後/膜圧洗浄前×100)についてインライン洗浄とオンエア洗浄を比較したものである。

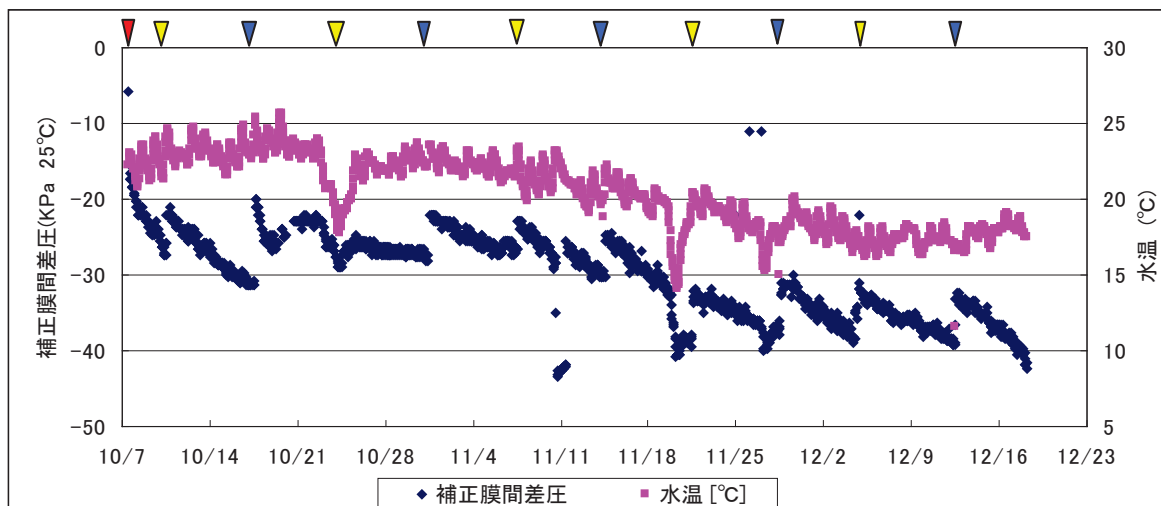


Fig.2: transmembrane pressure and water temperature

初期はオンエア洗浄の回復率が高かったが、経過を追う毎にインライン洗浄との差はなくなった。

オンエア洗浄の場合、膜内部から透過孔を通り、染み出した薬液が表面を洗浄する効果があるといわれ、この場合、孔とその付近の膜表面を洗浄できるため回復率も良くなると予想される。しかし、ろ過動作の継続と共に膜表面に有機物等が付着した場合、膜表面の孔から出た薬液がこれと反応し、薬液の効果が低下すると考えられる。これによりオンエア洗浄、インライン洗浄とも膜透過孔の洗浄にとどまり、回復率に差がなくなったものと考えられる。

下水における膜処理は、活性汚泥中に膜モジュールを浸漬させなければならず、多少にかかわらず有機物の付着は回避できないと考えられる。

このことから、槽内の活性汚泥を抜き入れする煩雑さを考えると、実用的な利用ではインライン洗浄を採用する事が妥当である。

### 4.3 長期連続検証

Fig.4 に、週 1 回インライン洗浄を実施しながら長期連続運転を行った結果を示す。運転開始前に薬液による浸漬洗浄を実施し、膜の初期化を行った。

ろ過開始後、膜間差圧は-20KPa 台に低下したが、インライン洗浄を実施することにより、膜間差圧はほぼ一定に保たれ、安定したろ過性能を維持しながら 4000 時

間以上の連続運転を継続できた。

ろ過により膜間差圧は低下する傾向であるが、少量の薬液洗浄を積極的に行うことで、ろ過に不可逆な影響を及ぼす前に有機物を除去し、長期間にわたってろ過性能を維持できたと考える。

検証中の原水および処理水の水質分析結果を Table.2 に示す。

Table.2 Results of water analysis

項目	原水	処理水
SS	234	1.0 以下
BOD	202	0.2
T-N	42.7	8.0
T-P	5.1	0.7

MF 膜により、SS は 1mg/L 以下と定量下限値以下となり非常に清澄性の高い処理水が得られた。

BOD 処理水も 0.2mg/L と良好であり、実験プラントでの生物学的処理は良好に行われており、膜ろ過により SS 成分は完全に除去されるため、汚泥由来の BOD も完全に除去され、良好な結果となった。

全窒素(T-N)については、MLSS 濃度を高濃度に維持し、硝化槽と脱窒槽で、好気・嫌気状態を作り出すことにより良好に処理を行えた。

全りん(T-P)は期間中、凝集剤添加なしで処理水平均 0.7mg/L を達成している。実験プラントの槽形状が、断面積に対して水深がある形状であり、脱窒槽内で嫌気、無酸素槽の様な処理状態が形成されていたと考えられるが、これに関しては今後、別に検討を行いたい。

以上のように、硝化・脱窒循環法と膜分離により良好な処理水質を達成し、薬液洗浄を少量、多頻度に行うことにより、長期間、膜間差圧を維持しながらろ過を行える。また、薬液洗浄の自動化によりメンテナンスの省力化が図られ、薬液量の削減にも効果が得られた。

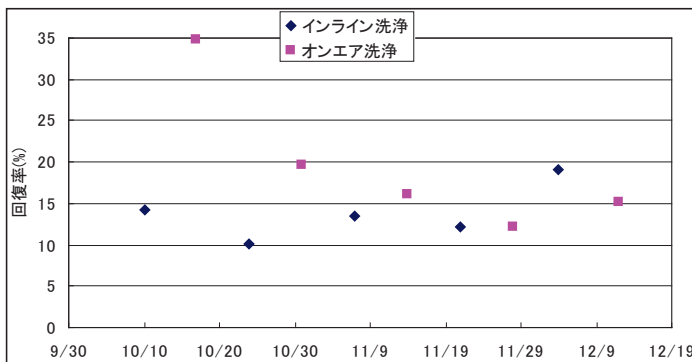


Fig.3: Comparing rate of recovery

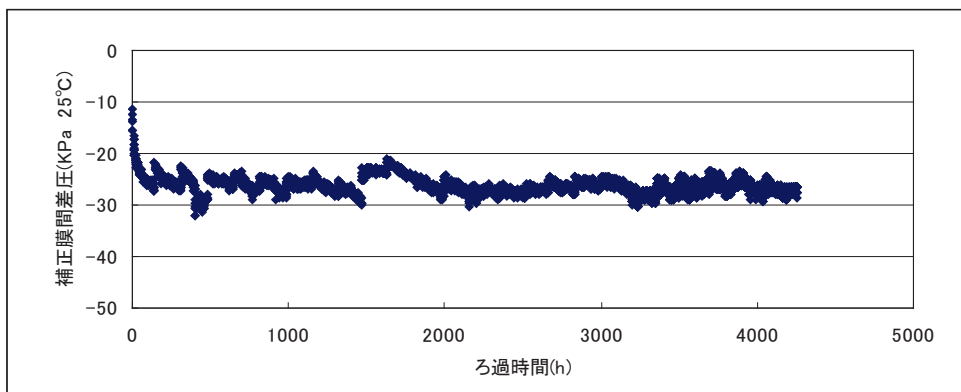


Fig.4: transmembrane pressure

#### 4. まとめ

- ①少量、多頻度に膜洗浄を行う事により、膜間差圧を維持でき、薬液量削減にも効果があった。
- ②膜モジュールは大小にかかわらず有機物の付着は回避できないと考えられ、初期薬液洗浄性能はオンエア洗浄が有効だが、槽内の活性汚泥を抜き入れする煩雑さを考えると、インライン洗浄が実用的である。
- ③薬液洗浄の自動化により、長期間、膜間差圧を維持でき、なおかつ、安定した処理性能を維持できた。

MBRは、新しい処理方法として広がりを見せているが、これまでは比較的小規模の施設での採用が一般的であった。世界的には大規模な下水処理施設への導入が始まり、国内においても産業排水の分野では積極的な導入が進んでいる。

当社では、下水処理及び浄水処理技術で培った技術を活かし、今後大規模施設への適用や、膜分離技術を用いた産業排水分野への適用等、水環境保全、水資源循環利用のアプリケーションとして積極的な活用を図りたい。