

B-19 膜分離活性汚泥法における 汚染物質の洗浄について

○円谷 輝美^{1*}・鈴木 辰彦¹・青井 透²

¹ 前澤工業株式会社 開発本部 技術開発センター (〒332-8556 埼玉県川口市仲町 5-11)

² 群馬工業高等専門学校 (〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580)

*E-mail: terumi_tsumuraya@maezawa.co.jp

1. はじめに

MBR は、最初・最終沈殿池が不要（場合によっては消毒設備も不要とすることも可能）で、高い MLSS を維持した運転が可能であるために、コンパクトな施設で維持管理性が良く、得られる処理水も高水質である等多くのメリットを持つ処理方法の一つである。一方 MBR を運転する際の問題の一つとして、膜の汚染（以下ファウリング）がある。ファウリングには物理洗浄（逆洗、エアスクラビング等）で除去できる可逆的ファウリングと物理洗浄では回復せず、薬液を用いて洗浄する必要がある不可逆的ファウリングがあり、特に不可逆的ファウリングに対する迅速で効果的な洗浄方法の確立が必要となっている。弊社で行っているパイロット実験ではポリテトラフルオロエチレン（以下 PTFE）製の中空糸膜を使用しているが、PTFE 膜はその機械的強度の高さと耐薬液性の高さから、高濃度での薬液洗浄が可能であり不可逆的ファウリングの洗浄方法に対して、適用範囲が広いのが特徴の一つである。本報告では特に油分によりファウリングを起こした膜の洗浄方法に関して弊社の実験より得られた知見を報告する。

2. 実験方法

(1) 中空糸膜

実験中空糸膜は PTFE 膜（住友電工ファイナポリマー（株）製）で孔径が $0.2\mu\text{m}$ のものを使用している。PTFE 膜は高強度、高耐薬液性を有しており、耐久性が高い膜と言われている。実験で使用した膜の仕様を表-1 に示す。

表-1

膜材質	PTFE
孔径	$0.2\mu\text{m}$
膜面積	$10\text{ m}^2/\text{モジュール}$
モジュール数	4 モジュール

(2) 実験設備

図-1 に実験設備の概略図を示す。

フローは無酸素槽と好気槽からなる単段式循環型硝化脱窒法となっている。原水には初沈流入水を用い、前処理として目幅 0.5mm または 1.0mm のスクリーンで夾雑物を取り除いたものを生物反応槽へ流入させている。嫌気槽には攪拌機を設置して攪拌し、好気槽には PTFE 膜を浸漬させ、ブロワを用いて常時曝気を行っている。膜の洗浄にはケミカルタンクに貯留したアルカリと次亜をブレンドした薬液を膜の二次側から押出すインライン洗浄を行っている。

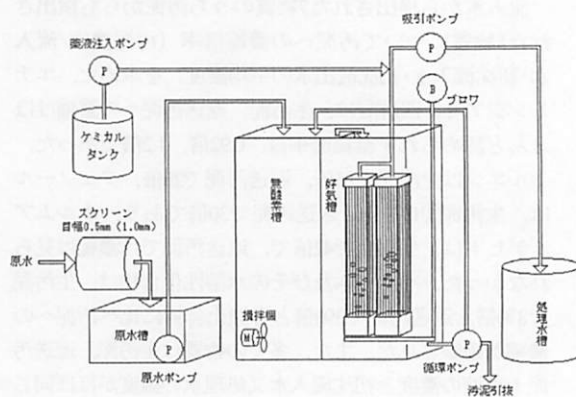


図-1 実験設備概略図

(3) 実験条件

生物反応槽条件及び運転条件を表-2、膜の洗浄条件を表-3に示す。原水は流入量を変化させずに定流量で行っている。膜透過流束（以下膜フラックス）は0.7m/dayとし、全体の滞留時間を8.6時間としている。ある程度ファウリングが進行している状態で運転している装置の反応槽に鉱物油を2,800投入した。（n-ヘキサン抽出物質で100mg/Lの原水が1日流入した量に相当）その後、膜の閉塞が確認された後に浸漬洗浄を行い膜の回復性を確認した。浸漬洗浄では4%NaOH溶液と1%H₂SO₄溶液を用いて洗浄した。また、油による膜の汚染に対してのインライン洗浄の有効性を確認する為の基礎実験も行った。新品の中空糸膜を用意し、動植物油と鉱物油に約1週間浸漬し、汚染した膜をアルカリ溶液を用いて洗浄した。洗浄はアルカリ溶液を2L/m²で膜の二次側から圧送した後、清水を2/m²で二次側から圧送し、この手順を数回繰返し膜透過性が回復するか確認した。

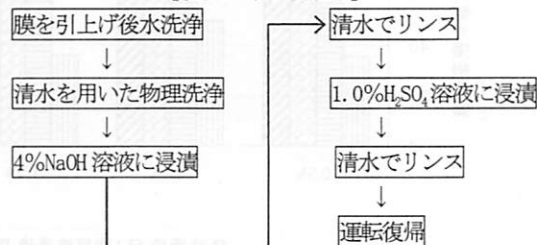
表-2

名称	無酸素槽	好気槽
容量 (m ³)	4.9	4.9
滞留時間 (hr)	4.3	4.3
膜面積 (m ²)	40	
運転方法 (分)	吸引	停止
	9	1
空気倍率 (倍)	21	
循環比	3Q	
MLSS (mg/L)	8,000~12,000	
添加油種類	鉱物油	
油添加量 (g)	2,800 (n-ヘキサン抽出物質で100mg/Lを含む原水が1日流入した量に相当)	

表-3

名 称	使用薬液
浸漬洗浄	NaOH 4.0%
	H ₂ SO ₄ 1.0%
中空糸膜 インライン洗浄	NaOH 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%

【浸漬洗浄手順概略】



3. 実験結果

(1) 油による膜のファウリングと洗浄結果

図-2に汚泥に油を添加してから、洗浄・復帰するまでの運転性を示す。膜のファウリングがある程度進行しているがフラックス0.7m/dayで安定して運転している反応槽の汚泥に鉱物油を添加し運転すると、添加から3日後には膜間差圧は38kPaから56kPaに上昇した。その後、継続して運転すると膜の透過性は著しく低下し、フラックスで0.4~0.7m/dayの範囲でばらつく挙動が確認された。膜の性能低下を確認したところで、浸漬洗浄を行った。結果、膜のファウリング物質は洗浄され膜性能が回復した。膜の浸漬洗浄後、反応槽内の汚泥を半分入れ替えて運転を再開したところフラックス0.7m/dayで18kPa程度での運転が出来ている。反応槽内に生物難分解性の鉱物油が混入し、膜に不可逆的なファウリングが生じた今回の場合でも強アルカリ及び強酸を用いた浸漬洗浄により膜の性能を回復させることが出来た。

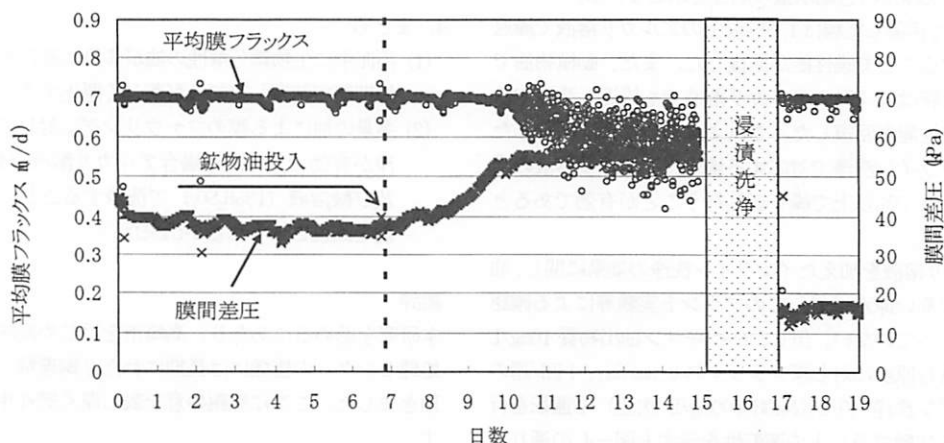


図-2 油による汚染から洗浄・復帰までの運転性

(2) 油による膜ファウリングに対するインライン洗浄の
効果について

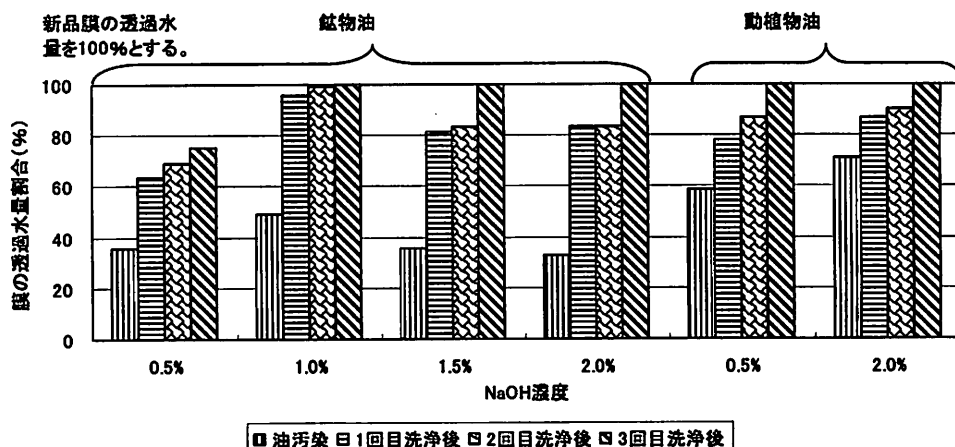
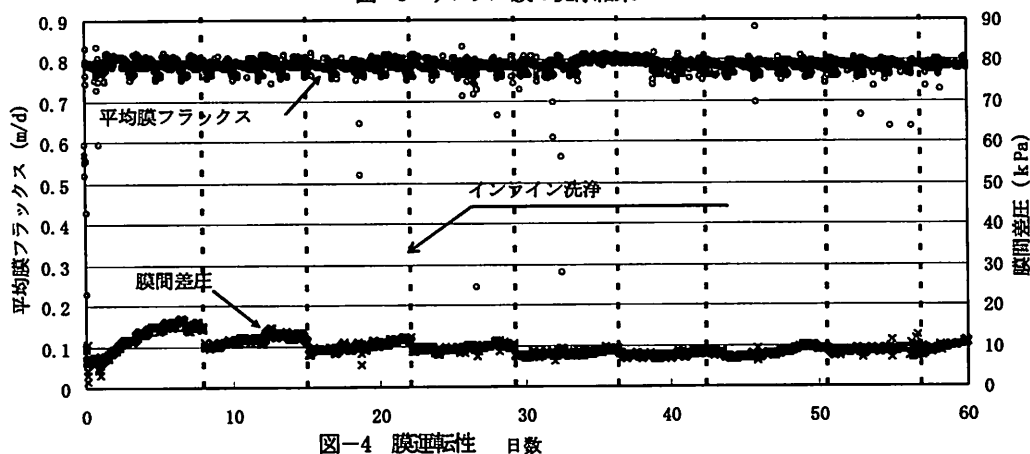


図-3 サンプル膜の洗浄結果



油（鉱物油、動物植物油）によって汚染させた中空糸膜に各濃度のアルカリ溶液を用いて洗浄した結果を図-3に示す。新品の膜の透過水量（100%）に対する油による汚染後・各洗浄後の透過水量の割合を示している。

鉱物油で汚染した膜は1.0%以上のアルカリ溶液で繰返し洗浄することで膜性能が回復した。また、動物植物油で汚染した膜は0.5%のアルカリ溶液でも繰返し洗浄することで膜性能が回復した。これより油分により汚染した膜をインライン洗浄で対応する場合、アルカリ溶液の濃度はNaOH1.0%以上で繰返し行うことが有効であると考えられる。

アルカリ溶液を加えたインライン洗浄の効果に関し、油分濃度が高い原水に対してのプラント実験等による確認は今回行っていない。但し、n-ヘキサン抽出物質10mg/L前後を含む原水に対し膜フラックス0.8m/day、1回/週のインライン洗浄（0.2%NaOH+500mg/L次亜）で運転を行っている実験プラントの運転性を示すと図-4の通りである。平均膜フラックス0.8m/dayで安定した運転が行え

定期的にインライン洗浄を行うことで膜間差圧を低く抑えながら連続して運転することが出来ている。

4. まとめ

- (1) 汚泥中に生物難分解性の油が多量に混入すると膜は短時間で閉塞し運転性が著しく悪化する。
- (2) 多量の油による膜のファウリングに対しては浸漬洗浄が有効で、今回の場合アルカリ溶液（4%NaOH）及び酸溶液（1% H_2SO_4 ）で洗浄することにより膜性能を回復させることが出来た。

謝辞

本研究を進めるにあたり、高崎市をはじめ高崎市城南水処理センターの皆様には長期にわたり御理解、御協力を頂きました。ここに感謝の意を表し厚く御礼申し上げます。