

中空糸膜を用いた膜分離活性汚泥法におけるオゾン水洗浄のファウリング抑制効果の検討

東京都市大学
東京都市大学
三菱電機株式会社

学生会員
正会員
非会員

○佐々木 敬成, 中村 康大
長岡 裕
今村 英二 , 安永 望

1. はじめに

膜分離活性汚泥法（MBR）は運転継続に伴うファウリングの発生により，膜の透過性が低下する問題がある．その対策として膜の薬液洗浄を行う．洗浄方法として膜のオゾン水洗浄が検討されており，短期間の MBR 運転におけるオゾン水洗浄が膜間差圧の上昇速度を抑制できることが確認されている¹⁾．しかし長期間の運転におけるファウリング抑制効果は不明である．本研究では，中空糸膜を用いた MBR の長期運転を実施し，次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄と比較しながら，オゾン水洗浄による膜のファウリング抑制効果について検討した．

2. 実験概要

2.1 実験装置

図 1 に実験装置の概要図を示す．汚泥反応槽は縦 960mm，横 580mm，幅 332mm，活性汚泥槽の有効容積は 121L である．反応槽内部には縦 635mm，横 550mm，幅 146mm の膜モジュールのユニットを 6 本枠構造物で固定させて浸漬させた．各膜モジュール下部の穴に直接エアレーションのチューブを接続して曝気した．膜洗浄はこのユニットを引き上げて実施した．

中空糸膜は内径 1.4mm，外径 2.2mm，長さ 300mm の PVDF 製中空糸膜を 84 本束ねた円筒型モジュール（直径 56mm）を使用し，上部の集水部からポンプへ接続し処理水を吸引した．下部に直径 8mm の穴を 7 つ空け，中空糸膜を 1 つの穴に 12 本ずつ直接接続した．

表 1 に人工基質成分表を示す．人口基質は実験装置上部より 3.0ml/min の滴下を行った．

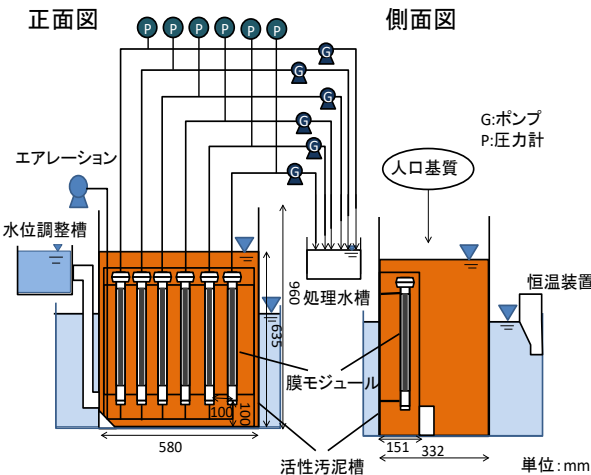


図 1 実験装置の概要図

表 1 人口基質成分

基質成分(g/L)	
CH ₃ COONa	30.8
Peptone	8.12
NH ₄ Cl	4.32
KH ₂ PO ₄	1.25
FeCl ₃ ・6H ₂ O	0.09
CaCl ₂	0.18
MgSO ₄ ・7H ₂ O	0.368
KCl	0.18

2.2 実験条件及び測定項目

表 2 に実験条件を示す．オゾン水洗浄した膜モジュール，および次亜塩素酸ナトリウム水溶液で洗浄しオゾン水洗浄未実施の膜モジュールをそれぞれ 3 本ずつ使用した．なお，別条件の MBR 実験で用いた膜モジュールを薬液洗浄し，引き続き使用した．

膜間差圧が 30kPa を超えた時点でファウリングとみなし膜洗浄を行うものとする．膜洗浄を行う際には，膜モジュールを活性汚泥槽から取り出し，中空糸膜の表面に付着した活性汚泥を流水とスポンジで拭き取った後，薬液洗浄を行った．オゾン水洗浄膜の場合は，濃度 30mg/L のオゾン水に浸漬させ 30 分間インライン洗浄を行った．次亜塩素酸ナトリウム洗浄膜の場合は，水道水に浸漬させた膜モジュール

キーワード
連絡先

膜分離活性汚泥法，オゾン水洗浄，中空糸膜，ファウリング
〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学世田谷キャンパス 10 号館中 2F
東京都市大学工学部都市工学科 水圏環境工学研究室

に次亜塩素酸ナトリウムを 1000mg/L をフラックス 0.8m/day で 60 分間逆洗浄を行い、その後、水道水をフラックス 0.8m/day で 2 時間通水させて、次亜塩素酸ナトリウムを洗い流した。

表 2 実験条件

MBR膜 条件	オゾン未処理膜 (NaClO水洗浄) オゾン処理膜 (オゾン水洗浄)
膜	中空糸膜 (PVDF)
溶存酸素量	2.0-3.0mg/L
膜面曝気風量	8.0L/min (膜 1 本あたり)
運転サイクル	9分運転, 1分停止
MLSS濃度	8000-10000mg/L
フラックス	0.8m/day
汚泥水温	25℃
TOC負荷量	0.5kg/m ² /day
HRT(水理学的滞留時間)	2.84-10.99時間

3. 結果と考察

図 2 に MLSS 濃度の経日変化を示す。MLSS 濃度が 10000mg/L を超えた際に引き抜きを行った。

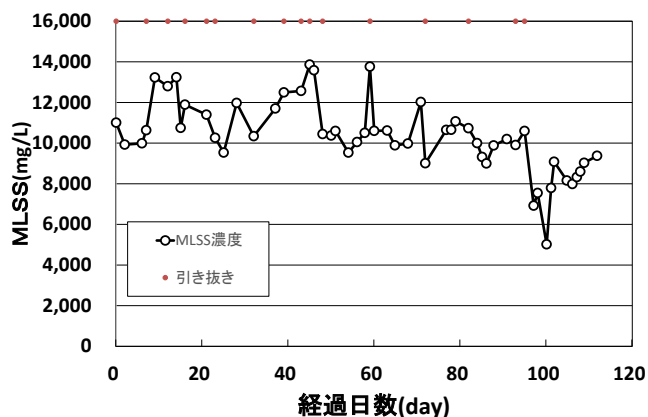


図 2 MLSS 濃度の経日変化

各膜のファウリング発生状況を確認するため、式 (1) で定義するろ過抵抗を計算した。

$$\text{ろ過抵抗 } R = \frac{\Delta P}{\mu \cdot J} \quad \dots (1)$$

ここで R はろ過抵抗 [$1/m$], ΔP は膜間差圧 [Pa], μ は粘性係数 [$Pa \cdot s$], J は膜透過流速 [m/s] を表す。

図 3 に各膜のろ過抵抗の経日変化を示す。

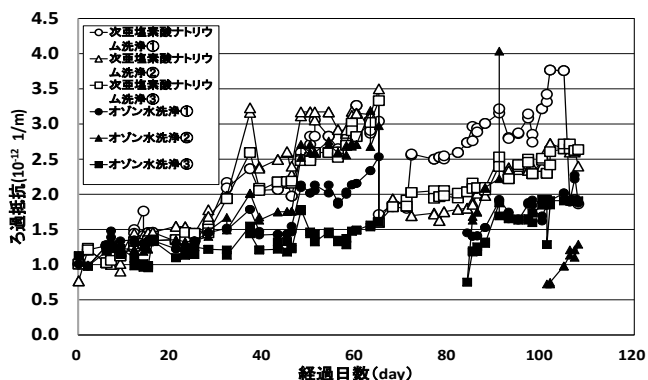


図 3 ろ過抵抗の経日変化

オゾン水洗浄した膜は次亜塩素酸ナトリウム洗浄した膜と比べ、ろ過抵抗の上昇速度が小さくなることが確認され、オゾン水洗浄はファウリング抑制効果があると示唆された。

図 4 に、式 (2) で定義される洗浄回復率の結果を示す。

$$\text{洗浄回復率} = \frac{R_2 - R_0}{R_1 - R_0} \quad \dots (2)$$

ここで R_0 は膜の初期ろ過抵抗, R_1 はファウリングが起きた時のろ過抵抗, R_2 は洗浄直後のろ過抵抗とした。

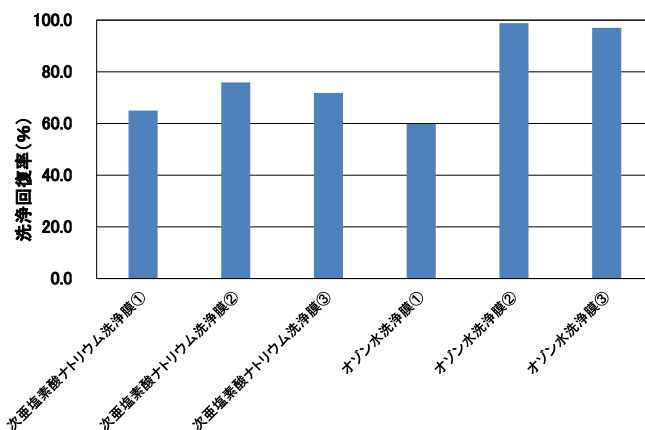


図 4 洗浄回復率

オゾン水洗浄した膜の洗浄回復率は次亜塩素酸洗浄をした膜より高かった。これよりオゾン水洗浄をした膜の洗浄回復率が高いことが示され、オゾン水洗浄によりファウリングの発生を抑制できる可能性があることが示された。

4. まとめ

本研究の中空糸膜浸漬型 MBR におけるオゾン水洗浄によるファウリング抑制効果の検討により以下の知見が得られた。

- 1) オゾン水洗浄した膜は次亜塩素酸ナトリウムで洗浄するよりもろ過抵抗の上昇速度を低く維持できた。
- 2) オゾン水洗浄した膜は洗浄回復率が高く、ファウリング発生の回数を減らすことができることが分かった。

参考文献

- 1) 今村英二, 山内登起子, 安永望: オゾン水によるインライン洗浄方式を採用した高フラックス膜分離活性汚泥法の開発, 第 53 回下水道研究発表会 S-7-3-2, 2016