

## 平膜状浸漬型 MBR において間欠曝気開始時の気泡流による 膜面せん断力発生現象の現象解明

東京都市大学 学生会員 ○小林 亮介  
 東京都市大学大学院 学生会員 佐々木哲哉  
 東京都市大学 正会員 長岡 裕

### 1. はじめに

MBR (膜分離活性汚泥法) は分離膜を利用し、活性汚泥と処理水を固液分離することで良質な処理水を得ることができる下水処理方法である。MBR は従来の標準活性汚泥法に比べ、最終沈殿池が不要であり、生物反応タンクも縮小できる<sup>1)</sup>。

しかし、MBR の運転で問題となるのがファウリング (膜詰まり) の発生である。ファウリングが発生するとフラックスを維持できなくなるため、ファウリングを抑制する必要がある。抑制策として曝気による気泡流で膜面にせん断力を与えることで膜面の物理的洗浄を行う。

実際の MBR の運転では曝気にかかるエネルギーが維持管理コストを引き上げている<sup>2)</sup>。そこでコスト削減のために間欠曝気が有効な手段とされている。間欠曝気では曝気停止状態から曝気開始が繰り返されるため、曝気が開始された後のせん断力への影響を検討する必要がある。本研究では、間欠曝気開始時に発生するせん断力の現象解明を目的とする。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験装置

実験装置の概略図を図 1、本水槽の側面図を図 2、実験条件を表 1 に示す。また、水槽内に水道水を満たし、アクリル製の膜ユニットに見立てたものを浸漬させた。膜ユニットの壁面とアクリル板を平膜モジュールに見立て、この間を曝気領域として実験を行った。散気管は外径 8mm、内径 4mm の塩化ビニル製の管に、孔径 0.5mm の穴を 8 か所空けたものを使用した。せん断応力計の感度部は直径 1cm の円であり、水槽の底から 370mm の位置に設置した。

#### 2.2 測定方法

せん断応力の測定はせん断応力計 (SS 社製 slow-1)

を用いて測定した。また 1 回の測定ごとにせん断応力計内に水を流し込み、洗浄を行う。流量計で空気流量を調節し、曝気を行う。実験は初めにダミー水槽へ曝気を行い、手でチェンジバルブを切り替えることで間欠曝気開始時の様子を再現した。間欠曝気を 5sec 曝気、5sec 停止で 180sec 行い、せん断応力と液相流速を同時に測定した。液相流速の測定はレーザードップラー (DANTEC DYNAMICS 社製) を用いて 100Hz で測定を行った。その様子をデジタルカメラ (Casio 社製 Exilim EX-1 300fps) を用いて動画撮影を行う。またアンプの CALL を用い、一時的に波形を発生させ、動画と時間軸を合わせ同期した。

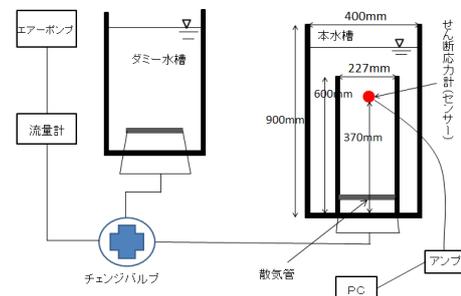


図 1 実験装置概略図

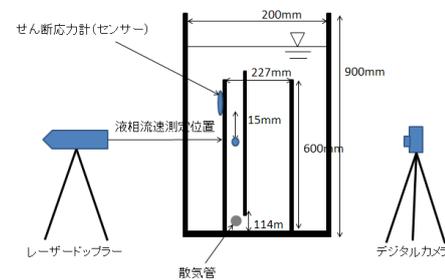


図 2 本水槽側面図

表 1 実験条件

膜間距離	10mm
曝気領域面積	227mm × 10mm
エアーフラックス (m/s) (曝気量/曝気流路断面積)	0.03

キーワード 膜分離活性汚泥法, 間欠曝気, ファウリング, せん断応力, 液相流速

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL : 080-4530-2661 E-mail : g0918034@tcu.ac.jp

3. 測定結果

3.1 せん断応力発生現象

図 3 にせん断応力と液相流速の経時変化を、図 4 にせん断応力と液相流速の経時変化拡大図を示す。また平均せん断応力を  $\tau_{ave}$ 、平均液相流速を  $V_{ave}$  とする。図 3 より曝気開始後にせん断応力が大きく上昇していくことが読み取れるため、図 4 に示した拡大図からより詳細に検討を行う。

図 4 よりせん断応力には曝気開始直後から気泡がセンサーを通過するまでの区間(term1)、気泡がセンサー通過した後からせん断応力が上昇する過程(term2)、せん断応力上昇後(term3)の 3 つの状態があることがわかる。また、term1 の時点で僅かではあるがせん断応力が発生している。これは、曝気開始後に散気管から発生した気泡によって液相内に流れが発生しその流れによる影響で気泡がせん断応力計に触れる前にせん断応力が発生したと示唆できる。その後気泡がセンサー通過にかけてせん断応力が上昇していく。

3.2 せん断応力と液相流速の関係

図 3 に示したせん断応力と液相流速の経時変化の液相流速の測定結果は測定機器の精度上、液相流速の測定結果に気泡のノイズが入っているため、気泡の影響を除去するため、フーリエ変換を用いて 2.5Hz 以上を削除することで液相流速の成分のみを取り出したものを示している。

図 3 に示したせん断応力と液相流速の経時変化よりせん断応力の挙動は液相流速とほぼ同じ挙動を示していることが読み取れ、せん断応力と液相流速の相関係数をとると 0.9187 と高い値を示していることからせん断応力の変動は液相流速の変動に依存していると言える。

また、図 4 に示したせん断応力と液相流速の経時変化拡大図より曝気開始直後から液相流速が発生し、上昇していくため、term1 で気泡がセンサーをする前にせん断応力が発生した。

4. まとめ

以下に本研究のまとめを記述する。

- 1) 間欠曝気開始後のせん断応力発生現象を検討した結果、曝気開始後から気泡が任意の点まで上昇してくる前にせん断応力が発生している。これは散気管から発生した気泡流によって液相内に流れが

発生し液相流速によりせん断応力が発生したものと考えられる。

- 2) 曝気開始されてからの液相流速とせん断応力の関係を検討すると、せん断応力と液相流速はほぼ同じ挙動を示しており、せん断応力の変動は液相流速の変動に依存している事が示唆できる。

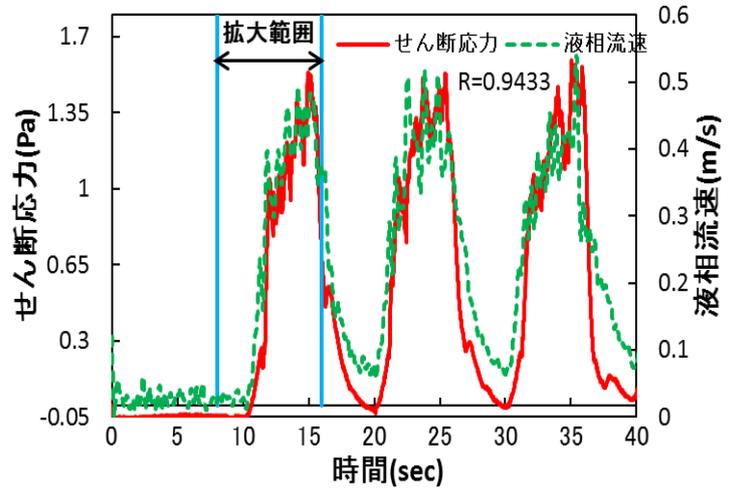


図 3 せん断応力と液相流速の経時変化

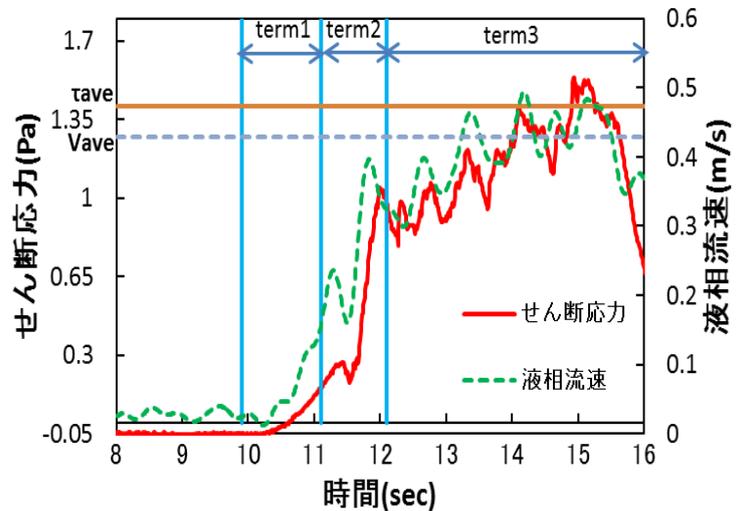


図 4 液相流速とせん断応力の経時変化拡大図

参考文献

- 1) 吉村二三隆：これでわかる水処理技術,p124-p125, 工業調査会,2002
- 2) 酒井陽介 小松俊哉 姫野修司 高和真吾：MBR による実下水の長期連続処理における担体投入および曝気強度の影響,土木学会論文集 G Vol.64 No.2,160-167,2008,6