

# MBR における中空糸膜周りの気泡の上昇と膜の揺動の測定方法の検討

東京都市大学 長岡裕 田中彰克

## 1. はじめに

近年注目されている MBR（膜分離活性汚泥法）は標準活性汚泥法と比べ最初沈殿池が不要であるため、処理施設の省スペース化や維持管理が容易になること、処理水質が向上するといった利点として挙げられている。しかし、膜を用いて下水処理を行うため、膜表面及び膜細孔内に汚泥が蓄積し、処理水量や水質の低下を引き起こすファウリング（膜目詰まり）が発生する。このファウリングを解消するために、定期的な物理洗浄（逆洗洗浄、曝気洗浄、薬液洗浄）が必要となり、過度な洗浄を行うことでランニングコストの増大や、膜の劣化が考えられている。この問題の解決策として膜モジュールの一種である中空糸膜の揺れる作用（揺動作用）や膜面で生じるせん断応力により剥離させることができると考えられている。

そこで本研究では MBR における中空糸膜周りの気泡の上昇と膜の揺動の測定方法の検討を行う。

## 2. 実験概要

### 2.1. 実験装置図

図 1 に実験装置概略図を示す。

1000H×475W×290D(mm)の亚克力水槽に 137L の水道水を満たした。その後ユニットに散気管を固定したアルミ製の装置を浸漬させた。孔径 20mm の散気管、直径 3mm の穴を中央に一箇所上向きに空けた塩化ビニル管を 3 本設置し、片側から空気 の供給を行った。アルミ製の装置には正面と背面に亚克力板を設置した。

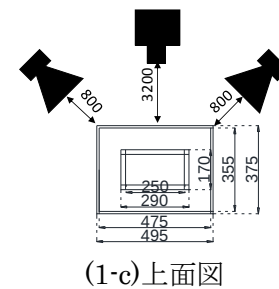
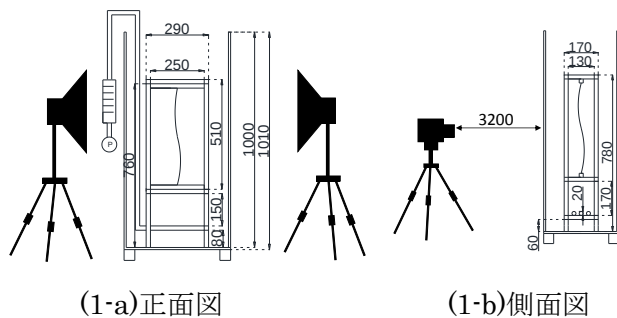


図 1：実験装置概略図

### 2.2. 測定方法

実験装置正面から高速度カメラ（K4:カトウ光研社製）を用いて撮影した。使用した高速度カメラは高さ 64mm、実験装置からの距離 3200 mm 離し、白熱灯は水槽から斜め 45 度、高さ 800mm から照射し撮影した。図 2 に撮影時に使用した中空糸膜を示す。揺動・気泡の解析を行うにあたり、解析方法が異なり、解析ソフトが白い点を追尾しやすい為、揺動の測定膜の 3 箇所を白くし、他の部分を黒くしたもの、気泡の測定は膜をすべて塗りつぶした膜を使用した。

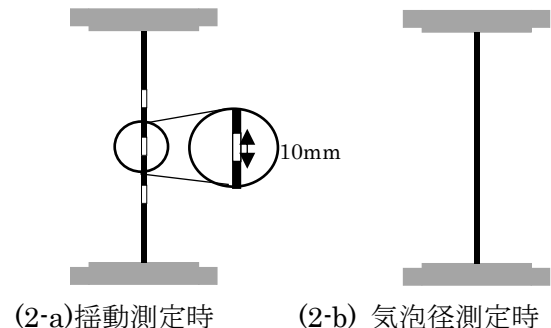


図 2：撮影に使用した中空糸膜

### 2.3. 測定条件

表 1 に測定条件を示す。曝気風量が多い解析の際に気泡がプロットと重なってしまうため 3L/min で行う。弛緩率は 4 条件設定し揺動や気泡の挙動の変化の考察を行う。弛緩率は式(1)より求めた。

$$\text{弛緩率} = \frac{\text{弛緩した距離}}{\text{膜が張った状態のユニットの全長}} \times 100 \quad (1)$$

表 1：測定条件

| 測定条件   |          |
|--------|----------|
| カメラレンズ | 25mm     |
| 曝気風量   | 3L/min   |
| 弛緩率    | 0,1,3,5% |

2.4. 解析方法

2 次元・3 次元最新運動解析ソフトウェア（Dipp-MotionV:株式会社ディテクト社製）を用いて揺動・気泡の解析を行った。

2.4.1. 揺動の解析方法

撮影動画を解析しやすくする必要がある。その作業を前処理という。揺動の解析では膜のプロットを追尾していくため以下のような解析を図3に示す。

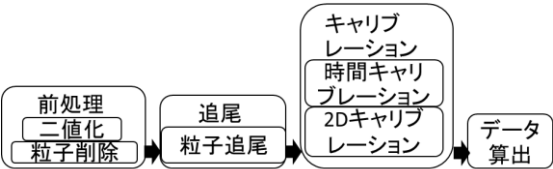


図3：揺動の解析

2.4.2. 気泡の解析方法

気泡の流動を追跡し面積を測定するため、解析手順を図4に示す。

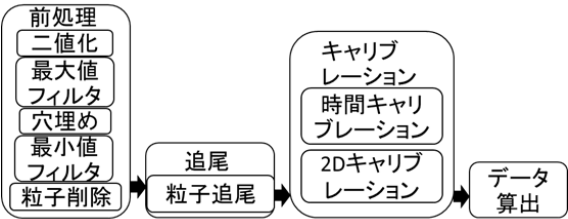


図4：気泡の解析

5. 解析結果

5.1 揺動の解析

本解析では中空糸膜の真ん中のプロットを追尾した結果を図5、図6、図7、図8に示す。

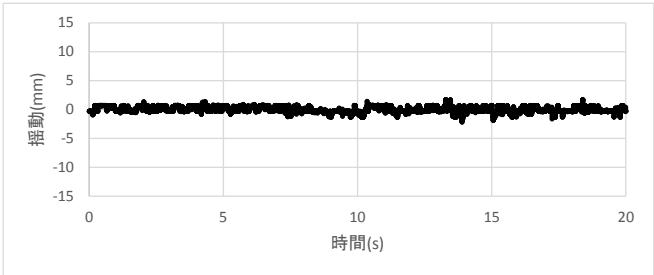


図5：弛緩率 0%の揺動

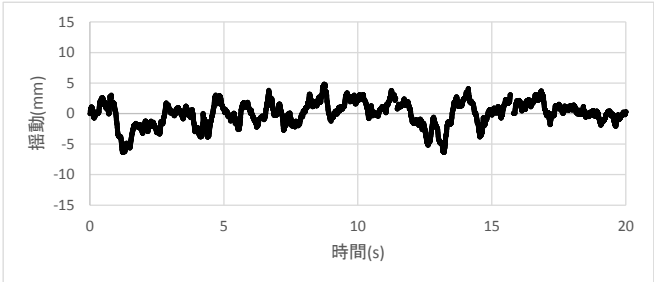


図6：弛緩率 1%の揺動

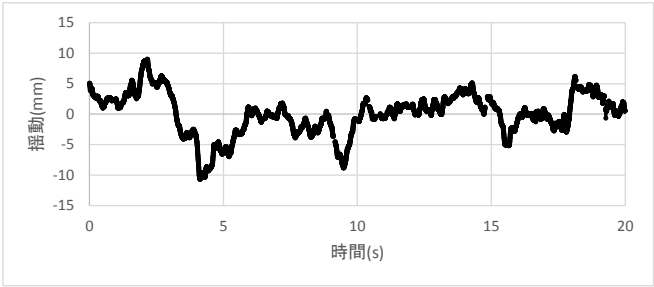


図7：弛緩率 3%の揺動

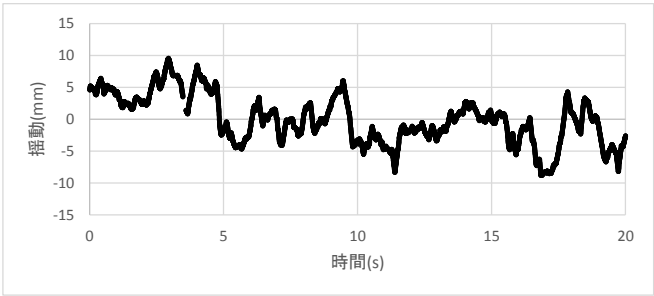


図8：弛緩率 5%の揺動

5.2.気泡の解析

解析ソフト（Dipp-MotionV:株式会社ディテクト社製）を用いて、250mm×450mm の範囲で観測された1フレームごとの気泡の数と一個当たりの気泡の面積の平均を算出したものを表2に示す。気泡の大きさを観察したいため気泡は画面上では 100 ピクセル未満（39mm<sup>2</sup>）のものは粒子削除の工程で削除した。この実験で 100 ピクセルとは 1 ピクセルの長さが 0.625mm のため 39mm<sup>2</sup>である。

| 弛緩率(%) | 観測している面積当たりの数 | 一個当たりの面積平均(mm <sup>2</sup> ) |
|--------|---------------|------------------------------|
| 0      | 27.734        | 330.857                      |
| 1      | 27.247        | 296.542                      |
| 3      | 27.312        | 293.611                      |
| 5      | 19.114        | 252.565                      |

表2：気泡の数と一個当たりの平均面積

6. まとめ

- ・気泡の解析では弛緩率が大きいと気泡が中空糸膜とぶつかり分裂してしまっているため気泡の数や一個当たりの面積が小さくなることが分かった。
- ・揺動の解析では弛緩率が大きくなるほど揺動する幅も大きくなるが 5%のように弛緩率が大きすぎても揺動しにくいことが分かった。