

## N-4 大規模水道への膜ろ過施設の適用検討

日立プラント建設(株) ○吉川 慎一 北沢 照啓  
奥野 裕 大熊那夫紀

### 1. はじめに

厚生省プロジェクト「MAC21 計画」(平成 3～5 年度)で従来の凝集沈殿、砂ろ過システムの代替システムとして開発された水道用膜ろ過施設は、簡易水道など比較的小規模な浄水場だけではなく、近年、数千  $\text{m}^3/\text{d}$  以上の水道へも適用されつつある。また、クリプトスポリジウムなど耐塩素性の感染性原虫類が国内の水道原水からも検出され<sup>1)</sup>、これらの除去には膜処理が有効であるといわれている<sup>2)</sup>ことから、今後はさらに大規模な水道においても適用が進むと考えられる。

そこで、大規模水道へ膜ろ過施設を適用するため、大容量の膜モジュール及びそれをユニット化した大容量膜ユニットを試作し、基礎検討を行ったので報告する。

### 2. 大容量膜モジュールの概要

#### 2. 1 基本構成

膜ろ過施設を大容量化する場合、まず、膜モジュールを大容量化して膜面積当たりのモジュール数を減らす事で配管数を低減し、コストの削減を図ることが必要である。今回開発した、大容量膜モジュールの基本構成を図 1 に示す。

モジュールは円筒形のベッセルに複数本の膜エレメントを挿入する構成とし、ベッセル内の膜エレメントの充填効率が大きく取れるように、同心円状に挿入した。1 本の膜面積が  $12 \text{ m}^2$  のエレメントを 7 本挿入する、膜面積  $84 \text{ m}^2$  のモジュールと、エレメント 19 本を挿入する、膜面積  $288 \text{ m}^2$  のモジュールの 2 種を開発した。

膜供給水は本体下部から流入し、膜エレメントでろ過され、上部から処理水を得る。また、オーバーフロー管と排水管から、物理洗浄時の排水を行う。本体内部は膜エレメントと散気トラフにより構成されており、物理洗浄時は散気トラフから各エレメントに洗浄用空気を分散供給する。

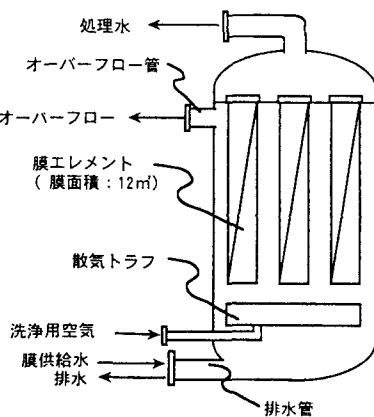


図1 大容量膜モジュール基本構成

#### 2. 2 膜モジュール大容量化の課題

膜モジュールを大容量化する際、次のような課題がある。

- ①水回収率の保持
- ②ろ過性能の保持
- ③モジュールコストの低減

今回は実験機を試作し、要素検討およびパイロットプラントでの連続運転による水回収率、ろ過性能の確認を行った。また、モジュールの軽量化、コスト低減のため材質は FRP とした。

### 3. 大容量膜ユニットの概要

#### 3. 1 基本構成

膜ろ過施設を大容量化する場合、膜モジュールを大容量化するとともに、複数のモジュールをユニット化

することが必要である。これにより、操作盤、ポンプ、計測器、配管などを共有して、使用機器の削減および設置面積の縮小が可能である。また、膜モジュールの交換や薬品洗浄に備えてユニット毎の系列運転も容易に行うことが出来る。

図 2 に膜ユニットの基本構成を示す。各膜モジュールの配管をそれぞれヘッダー管に集合し、機器類はヘッダー管上にそれぞれ一台のみ設置する。また、膜供給水と排水のヘッダー管を共通とし、設置面積の縮小を図った。ユニットを構成する膜モジュールは処理規模により膜面積、モジュール数を決定する。今回は 84 m<sup>2</sup>の膜モジュールをユニット化し、膜面積を 840 m<sup>2</sup>とした。

### 3. 2 膜モジュールユニット化の課題

膜モジュールをユニット化する際、次のような課題がある。

- ①各モジュールへの水、空気の均一分配
- ②ヘッダー管およびモジュールの配管径
- ③膜モジュールの交換方法

今回は、シミュレーションによる配管径の検討、試作実験機での要素検討を行った。また、モジュール交換が容易に行えるようにベッセルは 3 分割出来る構造とし、膜エレメントを挿入した部分のみ取り外し、運搬、交換が可能であるようにした。

## 4. 実験方法および結果

### 4. 1 大容量膜モジュール要素検討

膜の物理洗浄効果に相関の高い洗浄空気流量の各膜エレメントへの均一分配性を測定した。今回、膜エレメントをベッセルに 19 本挿入した、膜面積 228 m<sup>2</sup>のモジュールを用いた。各膜エレメントへの平均空気流量が 40L/min となるように散気したところ、ばらつきは±8%以内であり、実用上問題のない事を確認した。

### 4. 2 パイロットプラントでの連続運転

パイロットプラントで地下水を原水として 228 m<sup>2</sup>モジュールの連続運転を行った。処理フローを図 3 に、処理条件を表 1 に

示す。原水に次亜塩素酸ナトリウムと PAC を添加し、色度成分を固形化した後、膜で分離除去するフローで、膜には分画分子量 200 万のポリアクリロニトリル製外圧中空糸を用いた。ろ過は Flux=1.0m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d のデッドエンドろ過で、2 ヶ月間薬液洗浄せずに連続運転を行った。

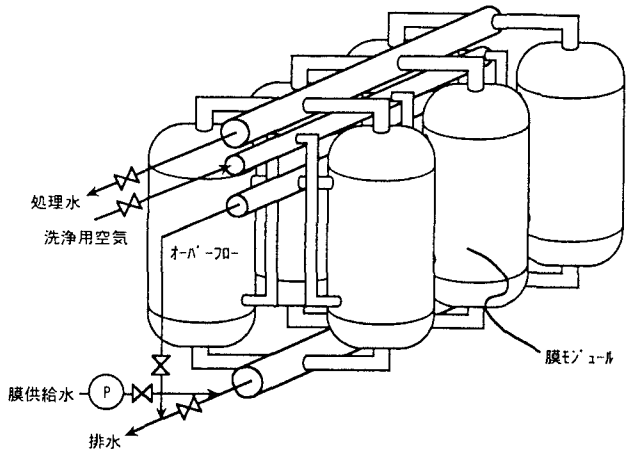


図2 膜ユニット基本構成

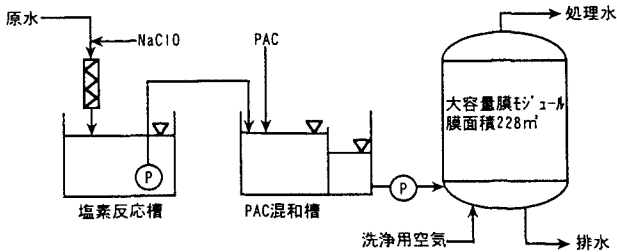


図3 パイロットプラント処理フロー

| 表1 処理条件 |                       |
|---------|-----------------------|
| 処理水量    | 228 m <sup>3</sup> /d |
| ろ過方式    | 定流量デッドエンド方式           |
| 設定Flux  | 1.0 m <sup>3</sup> /d |
| 膜種類     | 外圧中空糸                 |
| 膜材質     | ポリアクリロニトリル            |
| 分画分子量   | 200万                  |

表 2 にパイロットプラントの水質分析結果を示す。処理水水質は全て水質基準値を満たしており、安定した処理が行えた。また、運転圧力も急激な上昇はなく、ろ過性能の保持を確認出来た。また、水回収率も実験期間中常に 95%以上を保持する事ができた。

#### 4. 3 配管径のシミュレーション

大容量モジュールをユニット化した際の排水時間を配管径をパラメータとしてシミュレーションした。シミュレーション条件を図 4 に示す。モジュールは 228 m<sup>3</sup>として、ヘッダー管に直列に 5 モジュールが接続したユニットを想定した。その結果、排水時間の影響因子は、モジュール排水管径より、ヘッダー管径が大きかった。

#### 4. 4 ユニットの均一分配性の確認

各モジュールへの注水時間、ろ過流量、洗浄用空気流量の均一性を測定した。注水流量は 700～1200L/min とし、満水となる時間を測定した。ろ過流量は Flux を 1.0m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d とし、空気流量は 2800L/min とし、各モジュールの流量を測定した。

図 5 に各モジュールの注水時間の差を示す。各モジュールにおける注水時間の差は±6%以内と小さく、先に満水となったモジュールからオーバーフローする事による水回収率の低下への影響は少なかった。洗浄用空気流量のばらつきも各モジュールで±3%以内、各エレメントで±5%以内であり均一に洗浄できる事が確認できた。

#### 4. 5 ユニットの安定性の確認

高濁度負荷での処理性能の安定性を確認するため、カオリンで濁度 60～80 度に調整した当社松戸研究所内の水道水を膜供給水として 8 時間運転/d の連続実験を行った。Flux は 1.0m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d とし、1 時間に 1 回逆洗および空気洗浄を行った。25 日間の運転中、処理水濁度は 0.01 度以下、膜間差圧も 40kPa 以下で安定運転できた。

#### 5. まとめ

大規模水道に対応するための大容量膜モジュール及び膜ユニットを試作し、要素実験及びパイロットプラントでの連続実験で、水回収率、処理水水質、運転圧力などのろ過性能の安定性及び均一分配性、高濁度負荷での安定運転などの基本性能を確認した。

表 2 パイロットプラント水質分析結果

| 水質項目      | 単位   | 原水    | 処理水    |
|-----------|------|-------|--------|
| 色度        | 度    | 6     | 1      |
| 水温        | ℃    | 19.2  | 19.6   |
| pH        | —    | 8.2   | 8.0    |
| 濁度        | 度    | <0.1  | <0.1   |
| T-Fe      | mg/L | 0.029 | <0.005 |
| T-Mn      | mg/L | 0.026 | <0.005 |
| E260      | —    | 0.167 | 0.104  |
| 過マンガン酸消費量 | mg/L | 3.6   | 1.9    |

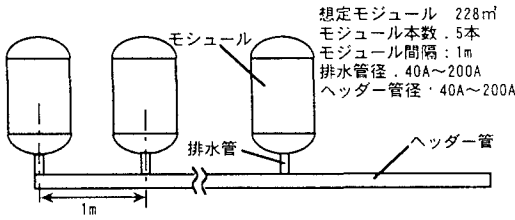


図 4 シミュレーション条件

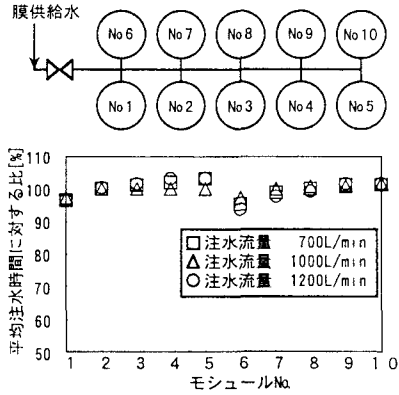


図 5 シミュレーション条件

#### [参考文献]

- 1) 平田強, 橋本温: 水中のクリプトスポリジウムの存在量, 環境技術 Vol.26 No.9, pp15～20(1997)
- 2) 眞柄泰基: クリプトスポリジウムの制御と管理を考える, 第 5 回衛生工学シンポジウム論文集, pp305～308(1997)