



Title	大容量膜モジュールを使用した浄水膜ユニット
Author(s)	吉川, 慎一; 北沢, 照啓; 奥野, 裕 他
Description	第7回衛生工学シンポジウム (平成11年11月11日 (木) -12日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 水処理 1 . P6-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 7, 199-204
Issue Date	1999-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7292
Type	departmental bulletin paper
File Information	7-6-2_p199-204.pdf



6-2

大容量膜モジュールを使用した浄水膜ユニット

吉川慎一（日立プラント建設） 北沢照啓（日立プラント建設）
奥野裕（日立プラント建設） 山田秀治（日立プラント建設）
大熊那夫紀（日立プラント建設）

1. はじめに

膜を利用する浄水システムは簡易水道を中心に全国で既に100ヶ所以上が稼動しており、この実績を受けて浄水量が千 m^3/d 以上の中規模施設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¹⁾、これらの除去に膜処理の有効性が確認されている²⁾ことから、今後も更なる大規模浄水場への適用が進むと考えられる。

また、膜モジュールを安定運転するためには、膜表面に付着した膜汚染物質の定期的な除去が必要であるが空気洗浄の効果が大きく、散気方法の最適化が膜モジュールの安定運転には重要な因子となる。

そこで中・大規模の膜型浄水システムに対応する大容量膜モジュールの散気構造について基礎検討後、試作機によるパイロットプラントでの運転を行ない性能を確認した。また、大容量の膜モジュール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 m^2 のエレメントを7本挿入する、膜面積84 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 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。

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ろ過性能の保持
- ②水回収率の保持

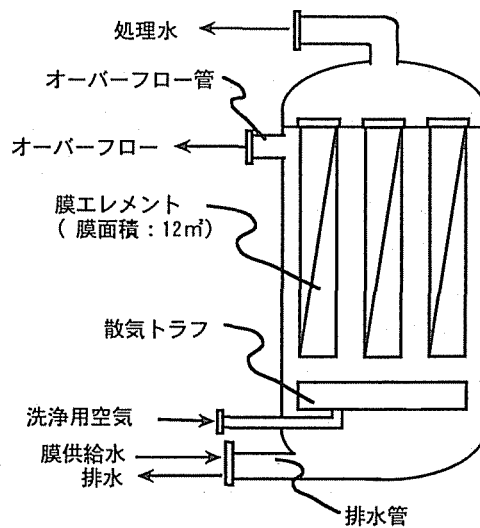


図1 大容量膜モジュール基本構成

③モジュールコストの低減

今回はろ過性能に影響の大きい洗浄空気の散気構造を検討後、実験機を試作し、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。

膜面に付着した膜汚染物質の排出率は膜エレメント 1 本に対する洗浄空気の流量に影響を受けるため、大容量膜モジュールの散気構造は、次のような条件を満たす必要がある。

- ①複数本の膜エレメントに比較的低压力で均一に空気を供給できる。
- ②洗浄工程に入ってから短期間で散気流量が安定する。
- ③微生物による腐敗が生じるような死水部が存在しない。

そこで、これらに対して、トラフ型の散気構造を考案した。その概要を図 2 に示す。

下部は開放されているトラフ型構造であるため、散気開始時にトラフ内部の水の排出が容易である。そのため、流量安定化までの時間が短くまた死水部も存在しない。また、側面に散気スリットを設けているため、トラフ内の水位が下がることによって散気面積が自動的に調整され、低压力で散気が可能である等のメリットがある。

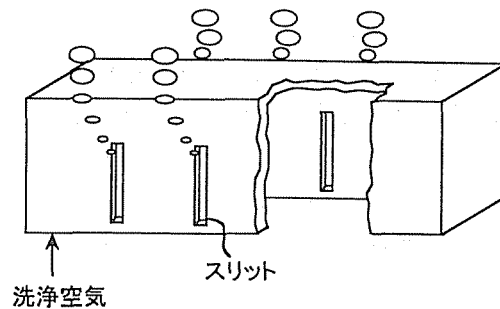


図 2 トラフ型散気構造概要

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できる。

図 3 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 m²の膜モジュール 10 基をユニット化し、膜面積を 840 m²とした。

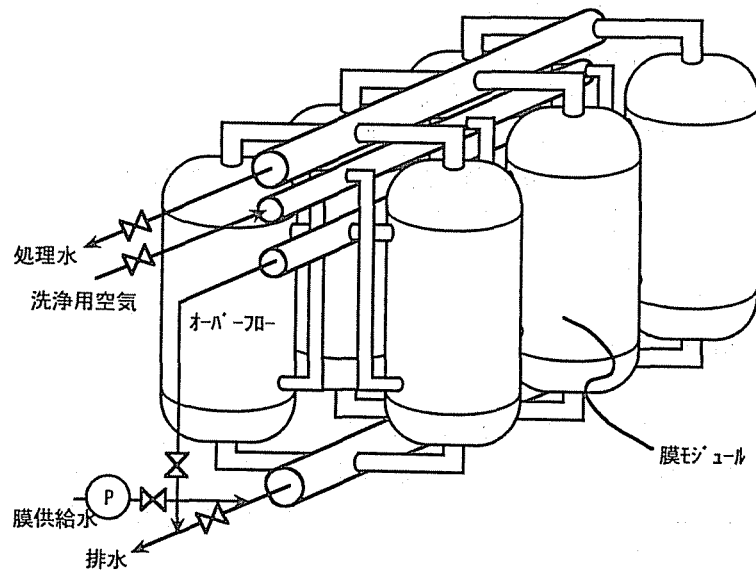


図 3 膜ユニット基本構成

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場合、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、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

4. 1大容量膜モジュール要素検討

散気トラフの部材寸法、加工寸法等の基本構造を決定するため、1本の膜エレメントを挿入したベッセル(内径φ130mm×高さ1530mm)下部にスリットを1本のみ切った散気トラフを設置した装置を用いて、トラフ幅、スリット長、部材厚さと、トラフの基本的な挙動である散気流量、散気長(スリット上端部からトラフ内の水面までの高さ)の相関を検討した。

また、散気トラフを組み込んだ膜エレメントをベッセルに19本挿入した、膜面積228㎡のモジュールの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。

4. 2パイロットプラントでの膜モジュール連続運転

パイロットプラントで地下水を原水として228㎡モジュールの連続運転を行った。処理フローを図4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=1.0m³/m²/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い、運転圧力と処理水質を測定した。

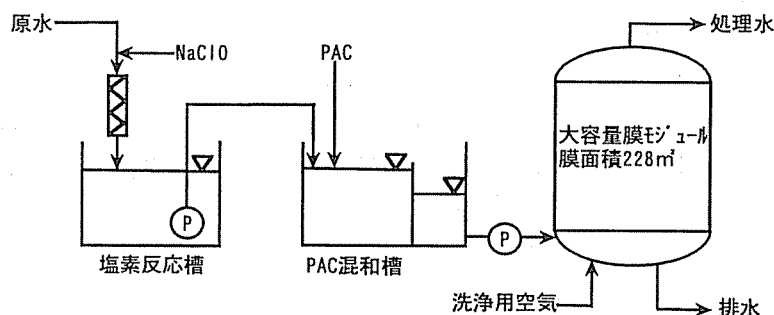


図4 パイロットプラント処理フロー

表1 処理条件

処理水量	228m ³ /d
ろ過方式	定流量デッドエンド方式
設定Flux	1.0m ³ /m ² /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

4. 3ユニットの均一分配性の確認

膜面積84㎡の膜モジュール10基で構成された840㎡ユニットを試作し、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/ユニットとし、満水となる時間を測定した。ろ過流量はFluxを1.0m³/m²/dとし、空気流量は2800L/min/ユニットとして各モジュールの流量を測定した。

4. 4 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 の連続運転を行い、処理水濁度と膜間差圧の経時変化を測定した。Flux は $1.0\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ とし、1 時間に 1 回逆洗および空気洗浄を行った。

5. 結果と考察

5. 1 膜モジュール散気構造の検討

スリット幅をパラメータとして散気流量と散気長の関係を求めた結果、スリット幅が小さいほど散気長は長く、散気流量の変化による影響も大きくなることが分かった。

また、トラフの水面積を 30, 50, 80cm^2 としたときの散気流量と散気長の関係を図 5 に示す。散気流量と散気長の関係は水面積に関わらず同一で、トラフ幅には影響されないことが分かった。また、トラフ部材厚も 5 mm までは散気長に影響しないことを確認した。

そこで、無限の水面積を持つ図 6 のようなトラフを想定して、スリット幅のみで整理し、Bernoulli の式に当てはめて考察した。ここでトラフ内部の空気の流れは 0 であるとみなせ、位置エネルギー項も同一水深であるため相殺される。従ってスリット通過時の洗浄空気速度は下記に示す (1) 式のように表わすことが出来る。

$$V_2 = \sqrt{2(p_1 - p_2) / \rho} \quad (1)$$

V_2 : スリット通過時の洗浄空気速度[m/sec]

p_1 : トラフ内部の洗浄空気圧力[Pa]

p_2 : スリット通過時の洗浄空気圧力[Pa]

ρ : 洗浄空気の密度[kg/m^3]

また、散気長から散気流量 q を求める式は次のようになる。

$$q = \alpha \int a V_2 dy \quad (2)$$

q : 散気流量[m^3/sec]

x : 散気長[m]

a : スリット幅[m]

α : 補正係数 [-]

dy : 洗浄空気がスリットを通過する微小部分の長さ[m]

これらをまとめると次のような、四角せきの流量公式 (JIS B 8302) と同様の式となる。

$$q = 3.87 \times 10^{-6} \alpha a x^{3/2} \quad (3)$$

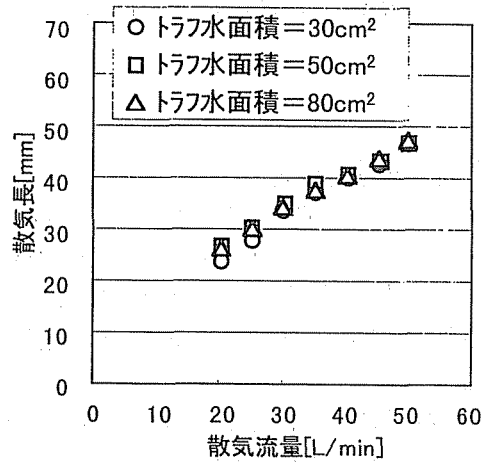


図5 トラフ水面積をパラメータとした散気流量と散気長の関係

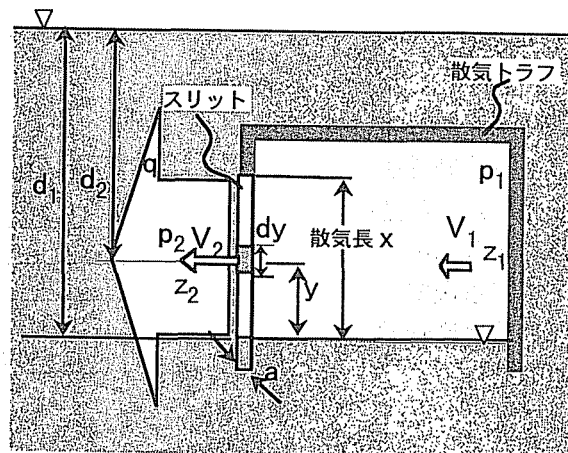


図6 想定トラフ

また、散気流量と散気長の実験値から補正係数 α を求めたところ同一スリット幅であれば α はほぼ同じ値となり、本実験条件の範囲内において α は各スリット幅の関数となった。これを(3)式に代入してスリット幅と散気流量から散気長を求める式を導き、式から得られた散気長と実験値を比較したところ、計算値と実験値がよく一致した。

次に同心円状に配置されたエレメントにあわせ円形にした、228 m³モジュール用の散気トラフを設計、試作して、散気の均一性を確認したところ、図7に示すようにばらつきは±8%以内であり、実用上問題のない事を確認した。

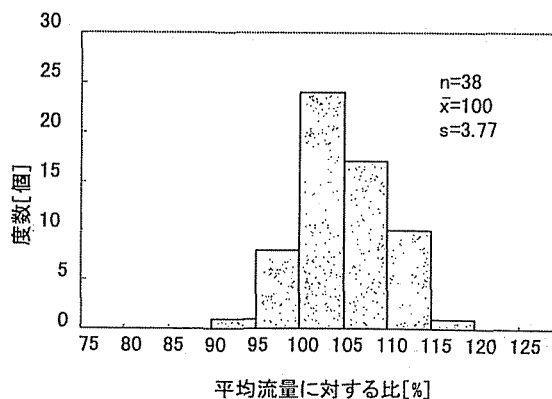


図7 散気均一性

5. 2パイロットプラント連続運転

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、図8に示すように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。

表2 パイロットプラント処理水質

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

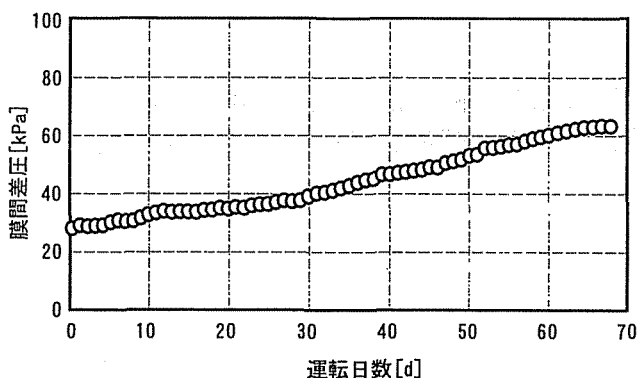


図8 パイロットプラント運転圧力経時変化

5. 3ユニットの均一分配性の確認

図9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。

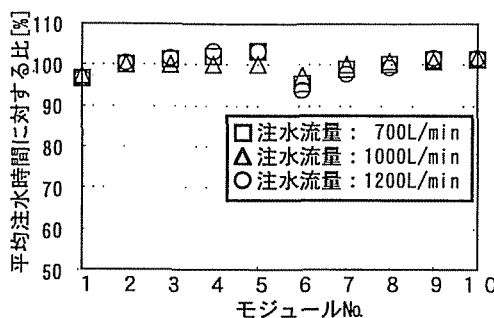
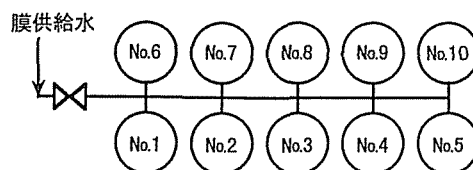


図9 各モジュール注水時間比較

5. 4ユニット安定性の確認

図10, 11に膜ユニットの処理水濁度及び膜間差圧の経時変化を示す。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。

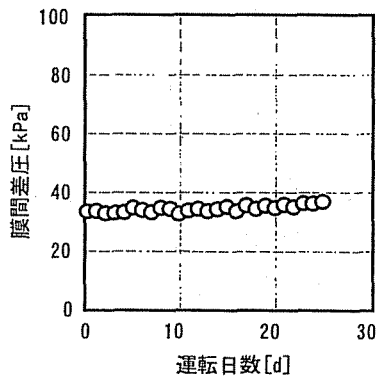


図 10 膜ユニット処理水濁度経時変化

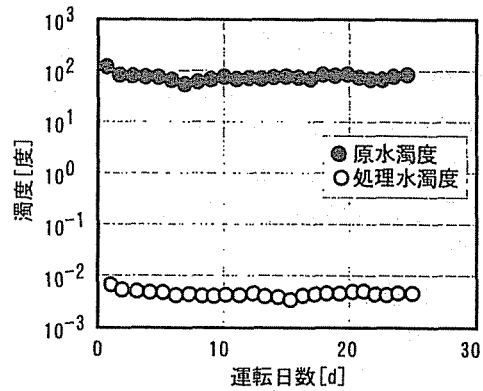


図 11 膜ユニット膜間差圧経時変化

6. 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。

[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)