

## 河川表流水のクロスフロー膜ろ過の特性評価

東京都市大学 学生会員 ○鈴木 慧  
東京都市大学 正会員 長岡 裕

### 1. はじめに

河川を浄化する方法として砂ろ過がある。砂ろ過は施工段階における工事費はかかるものの、低ランニングコストで安定した処理能力を持つ。しかし、この砂ろ過では小さな細菌類まで取り除くことはできない。そこで細菌類をはじめ、微小な物質を取り除くことができる次世代型のろ過法として注目されているのが膜ろ過である。日本における歴史は浅いが、膜ろ過は現在では工業、産業、食品、医療分野をはじめ、飲料水など、我々の生活には欠かすことのできない技術になっている。

膜ろ過には全量ろ過方式とクロスフロー方式の2種類の方法がある。この2つのろ過法を図-1に示す。全量ろ過方式は井戸水や水道水などの低濁度水を膜でそのままろ過する方法である。一方、クロスフローろ過方式は膜表面に流速を与え、物理的せん断力により膜面への物質の沈着を防ぎながらろ過を行う方法である。この方法は特に河川水などの高有機物質含有量・高濁度水の浄化に用いられる。膜ろ過はこれらの処理法にて、非常に優れた処理能力を省スペースで行えることから、先に述べたように次世代型のろ過法として注目されている。

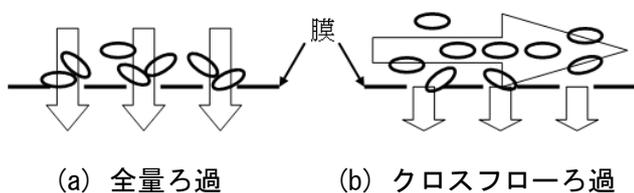


図-1 2つのろ過法概念

膜を用いた水のろ過にはファウリング対策が必要になる。ファウリングは処理水量の減少、処理水質の悪化を引き起こす原因となる。そのためファウリ

ングを未然に防ぐことが望ましい。そこで、クロスフロー方式によるろ過が有望であるが、クロスフロー流速を発生させるためのポンプ稼働が不可欠であり、それによるポンプ動力が大きくなってしまふ。このポンプ稼働こそがクロスフローろ過方式の最大の欠点であり、優れたろ過法であるにも関わらず普及していない原因となっている。

ポンプ稼働によるコストを削減する方法として、自然エネルギーを利用する方法がある。例えば原水の取水口が処理場よりも高所に存在する場合、そこには位置エネルギーが発生する。発生した位置エネルギーを速度エネルギーに変換し、クロスフロー流速を発生させる方法。または河川の流れが持つ速度エネルギーをクロスフロー流速にする方法である。このことから、効率的なクロスフローろ過法の設計が必要となる。

本研究では水槽で丸子川の表流水を用いたクロスフローろ過実験により、ある膜面流速での高効率な膜ろ過システム構築のための基礎的知見を得ることを目的とする。

### 2. 実験方法

#### 2.1. 実験装置

図-2に本実験で使用する実験装置の概要図を示す。膜浸漬層は塩化ビニール製で、寸法は奥行き420mm×横420mm×高さ710mm(図-2は内径)である。厚さは10mmで、有効容積は0.112m<sup>3</sup>である。

床から高さ200mmの地点から床の中央部(奥行き200mm, 横200mm地点)までホースを通した。この循環ラインによりクロスフロー流速を発生させる。循環流量はバルブで調節し、一定量が循環ラインを流れ、ポンプにて水を送る。そしてクロスフロー流速はT字管に直径4mmの穴を5つ開け、ポンプにより送られてきた水を出す仕組みになっている。

キーワード 河川, クロスフロー, 精密ろ過膜(MF膜), 中空糸膜, ファウリング

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1 東京都市大学 水圏環境工学研究室 E-mail : g0617056@tcu.ac.jp

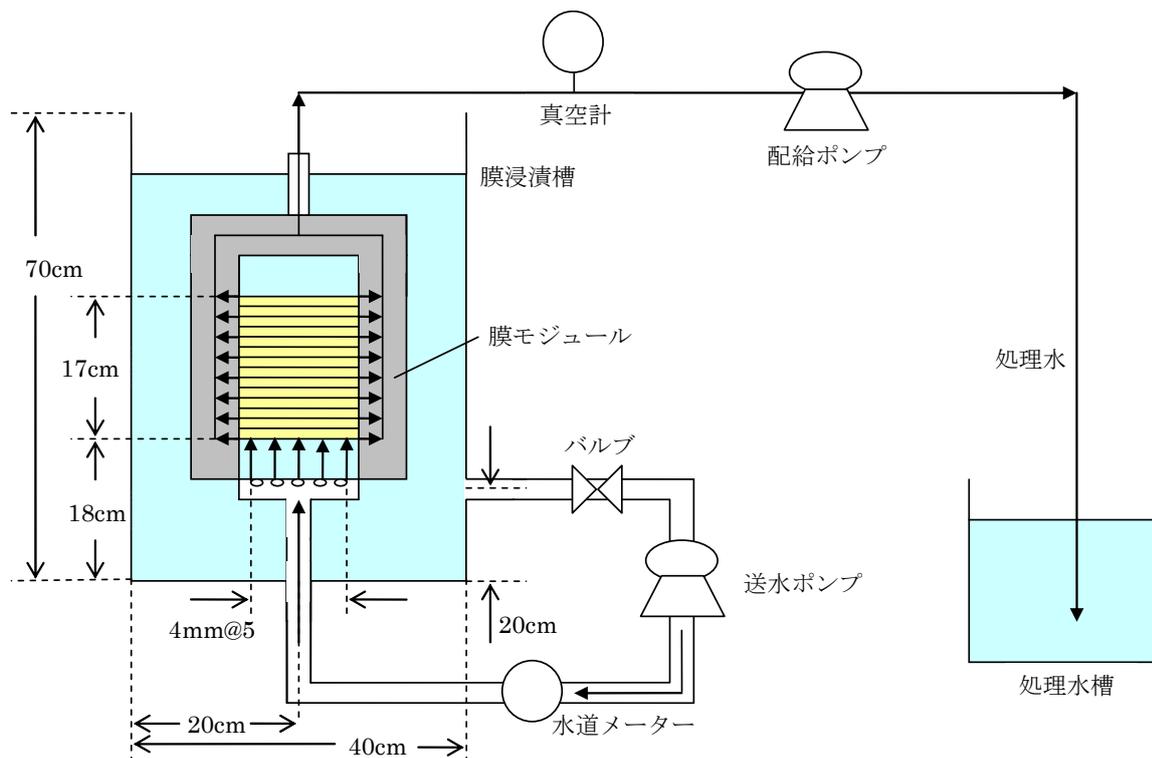


図-2 実験装置概要図

2.2. 膜モジュール<sup>1)</sup>

膜の種類は、精密ろ過膜 (MF 膜)、限外ろ過膜 (UF 膜)、ナノろ過膜 (NF 膜)、逆浸透膜 (RO 膜) に分類され、これらは分離対象物の大きさ、操作圧力により分類される。本研究では原水中の微生物、微粒子を除去対象とする MF 膜を使用する。MF 膜は除去対象物質の粒径が  $0.01\mu\text{m}$  より大きい膜であり、膜表面の孔径は  $0.01\mu\text{m}$  から  $10\mu\text{m}$  程度である。

本研究で使用する膜の概要及び膜モジュールの写真を表-1、図-3 に示す。本研究では中空糸膜を用いる。中空糸膜は膜面積当りの通水性能は低いですが、膜モジュールの単位容積当りのろ過流量を大きくできる特徴を持つ。中空糸膜モジュールを用いて外圧式浸漬型ろ過を行う。材質は優れた強靱性、耐薬品性を持つポリエチレンである。公称孔径は  $0.4\mu\text{m}$  であり、膜面積は  $0.2\text{m}^2$  である。



図-3 膜モジュールの写真

表-1 膜モジュールの概要

	概要
分類	精密ろ過膜 (MF 膜)
形状	中空糸膜
材質	ポリエチレン
公称孔径	$0.4\mu\text{m}$
膜面積	$0.2\text{m}^2$

2.3. 実験方法及び実験条件

本実験では、吸引ろ過のみをファウリングが発生するまで連続して行っていく、処理水は排水するものとする。ろ過の速度は配給ポンプで調節する。循環流量及び膜面流速はバルブの開閉で調節する。膜面流速の算定は紙を使い、膜面を通る時間を計測した。膜は次亜塩素酸ナトリウムを 0.5% に希釈した水

溶液にて洗浄を行った。今回の実験条件を表-2に示す。

実験は2009年12月22日にRUN1, 2010年1月9日にRUN2にて実験を開始した。

表-2 実験条件

	RUN1	RUN2
透過流束(m/day)	0.5	
循環流量(L/min)	5.0	0
膜面流速(cm/sec)	33.0	0

### 2.4. 原水

本研究では丸子川の表流水を使用した。本報告では2009年12月23日, 2010年1月8日に丸子川からそれぞれ120L程取水し, 膜浸漬槽に入れてろ過を行った。その測定に用いた原水の水質を表-3に示す。

表-3 原水質

	RUN 1	RUN 2
pH	7.65	7.02
TOC(mg/L)	1.958	1.258
紫外線吸光度(mg/L)	0.0515	0.0345
濁度(NTU)	3.64	1.30

### 3. 測定項目

- ・水温
- ・粘性係数
- ・膜間差圧
- ・膜透過流量
- ・透過流速
- ・ろ過抵抗
- ・pH
- ・TOC
- ・紫外線吸光度(260nm)
- ・濁度

以上の10項目を測定した。

### 4. 実験結果

図-4から図-6に実験期間中の膜間差圧, 膜透過流束とろ過抵抗の変化を示す。

膜間差圧は膜の状態を考慮して30kPaを基準としてファウリングを判定した。RUN1では実験開始から46時間, RUN2では38時間経過してファウリングを起こした。

膜透過流束はRUN1, RUN2どちらも0.45から0.52m/dayの間を推移していた。開始時に0.5m/day

に設定したものの, ろ過を開始すると共に膜透過流束は低下することがわかる。

ろ過抵抗は膜間差圧と比例関係にあることから, 膜間差圧とほぼ同様の変化が見られた。膜透過流量の影響により多少の違いはあるものの, 膜間差圧が上昇するにつれてろ過が行われにくいということが示唆される。

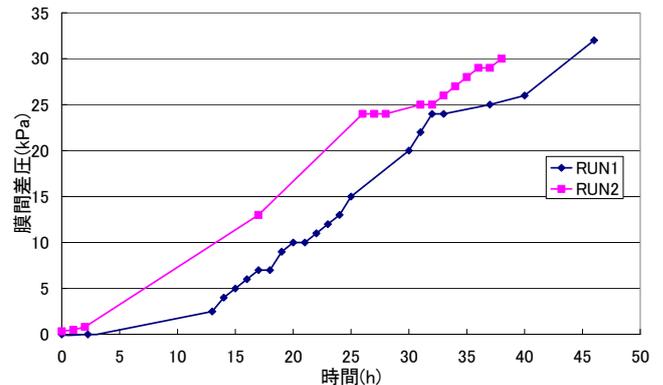


図-4 膜間差圧の変化

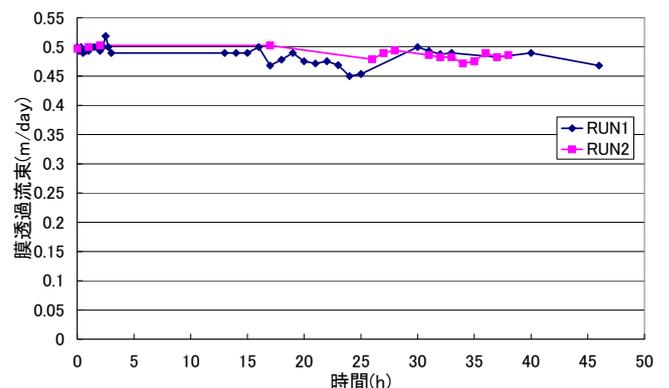


図-5 膜透過流量の変化

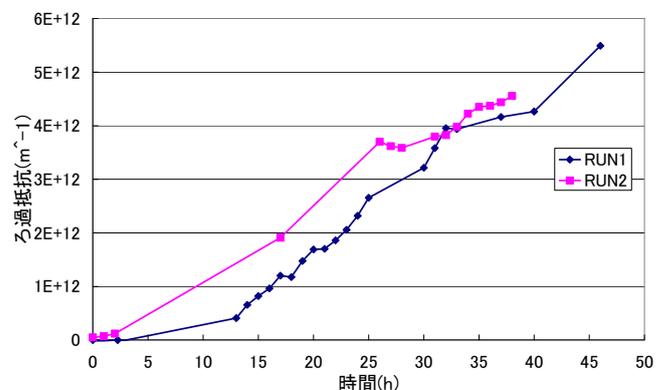


図-6 ろ過抵抗の変化

そして、実験中に測定したその他の測定項目の RUN1, RUN2 それぞれの結果を表-4, 表-5に示す。

TOC は RUN1, RUN2 いずれもさほど変化は見られなかった。これより原水中に存在する有機物は溶解状態であったと考えられる。

紫外線吸光度は微量ではあるが、処理後に低下が見られた。わずかながら、汚濁状況が改善されている結果となった。

濁度は最も変化が見られた。MF 膜の特性から溶解物質は補修できなかったものの、懸濁物質はうまく捕集していた。

表-4 RUN1 での測定結果

	原水	膜浸漬槽	処理水
水温(°C)	17.4		
粘性係数	0.001076036		
pH	7.65	7.96	8.05
TOC(mg/L)	1.958	2.203	1.979
紫外線吸光度(mg/L)	0.0515	0.0605	0.0284
濁度(NTU)	3.644	4.344	0.224

表-5 RUN2 での測定結果

	原水	膜浸漬槽	処理水
温度(°C)	14.1		
粘性係数	0.001171		
pH	7.02	6.95	7.00
TOC(mg/L)	1.258	1.209	1.148
紫外線吸光度(mg/L)	0.0345	0.0235	0.0136
濁度(NTU)	1.243	0.790	0.088

### 5. 考察

本報告では RUN1(5L/min), RUN2(0L/min)について実験を行った。実験時間は RUN1 が 46 時間、RUN2 が 38 時間であった。

RUN1 と RUN2 における実験期間中の膜面流速毎の膜間差圧上昇速度と処理水量のグラフを図-7, 図-8に示す。図-7では、膜面流速が 0cm/sec (RUN1) の状態より 33cm/sec(RUN2)のほうが膜間差圧上昇速度は低いことを表している。つまり、膜面流速によってファウリングの発生を遅らせていることが示唆される。また、処理水量も RUN2 のほうが多いことからクロスフローろ過の有効性も伺える。

しかしながら、膜面流速発生させた実験は RUN1

のみであり、RUN1 での条件が効果的な膜面流速とは言い難い。今後実験を重ね、評価をしていくことが必要となってくる。

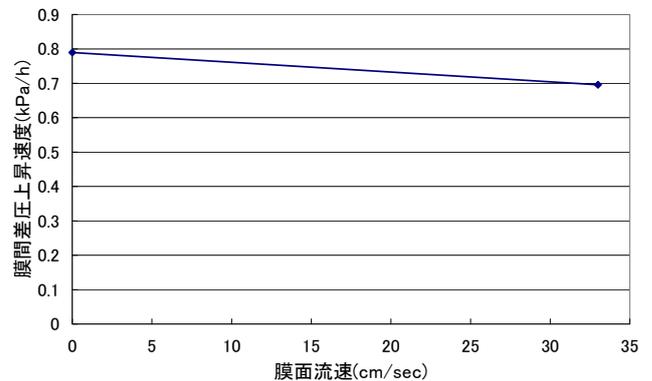


図-7 膜面流速毎の膜間差圧上昇速度

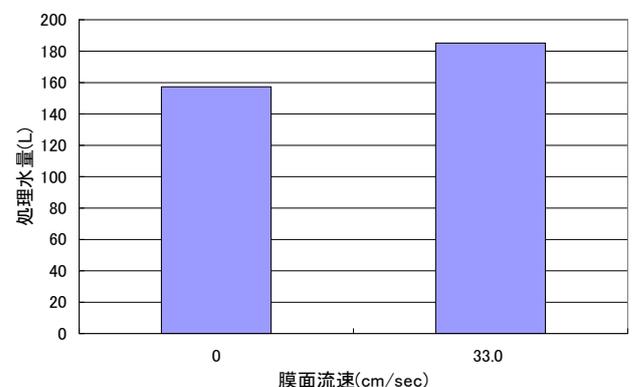


図-8 膜面流速毎の処理水量

### 参考文献

- 1) 竹内弘ら：浄水膜，技報堂，p.55-80，2003.6
- 2) 財団法人 水道技術研究センターHP，<http://www.jwrc-net.or.jp/index.html>，2009.7.25
- 3) 膜の基礎知識 旭化成ケミカルズ株式会社 HP，<http://www.asahi-kasei.co.jp/membrane/microza/jp/kiso/index.html>，2009.10.28