

<研究発表>

浄水膜損傷検知に向けた漏出感度向上制御方式の開発

武本 剛¹, 渡邊 昭二¹, 田所 秀之², 原 直樹²

(株)日立製作所 電力・電機開発研究所 (〒319-1221 茨城県日立市大みか町 7-2-1

E-mail:takeshi.takemoto.ay@Hitachi.com)

(株)日立製作所 情報制御システム事業部 (〒319-1293 茨城県日立市大みか町 5-2-1)

概要

ろ過水濁度を計測して浄水膜の損傷を検知する浄水膜損傷検知方式の検知感度を向上させる目的で、漏出感度向上策を検討した。ろ過流束を低下させると損傷中空糸からの漏出する濁度の比率が増加すると考え、ろ過流束とろ過水濁度の関係を検討した。その結果、ろ過流束を低下せるとろ過水濁度を増加できることが分かった。また、浄水場に設置する規模の大型モジュールにおいても同様の結果が得られることを確認した。これらの結果を元に、本方式を適用した場合の膜損傷検知可能なモジュール本数について検討した。

キーワード: 浄水膜, 損傷, 破断, 検知

1. はじめに

浄水場では既に400箇所以上で膜ろ過施設が導入されており、今後も導入増加が見込まれる。膜ろ過施設導入の理由の一つに、クリプトスポリジウムなどの病原性微生物からの安全性の確保がある。安全性を確保するためには膜が損傷していないことを監視する必要があり、膜損傷を検知するシステムが重要となる。

膜損傷検知方式にはろ過水の濁度や微粒子を計測する間接法¹⁾と、膜の圧力保持や空気の漏洩を計測する直接法²⁾とがある。間接法はろ過運転中に膜損傷を検知できる利点があるが、その検知感度が原水の濁度や微粒子量に依存するため、清澄な原水ほど検知しにくいという課題があった。本報では、ろ過水濁度の計測による膜損傷検知方式の検知感度を向上させる目的で、ろ過流束の制御によるろ過水濁度の増加策を検討した結果を報告する。

これまでに筆者らは、内圧式と外圧式のろ過方式でろ過水濁度を計測する膜損傷検知方式を提案している³⁾。本報告では、小型モジュールに加え、実際に浄水場に設置される大型モジュールの検討結果を報告する。

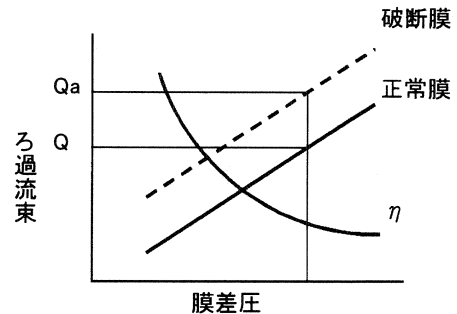


Fig.1 Correlation of flux and transmembrane pressure difference

2. 漏出感度向上制御方式の概要

ろ過流量は膜面の圧力差と膜の抵抗から決定される。例えば、膜モジュール内の中空糸1本が損傷すると、損傷中空糸の抵抗はほぼ無くなり、膜モジュール全体ではろ過抵抗が小さくなるため、同一圧力でのろ過流束が増加する。ろ過流束の増加は損傷中空糸からの漏出と考えられ、正常膜モジュール(以下、正常膜)と損傷膜モジュール(以下、損傷膜)で、Fig.1に示す特性が得られるとすると、(1)式で定義する損傷膜の漏出比率ηは膜差圧が小さい程大きくなる。

$$\eta = (Q_a - Q) / Q_a \times 100 \quad \dots(1)$$

Qa: 損傷膜ろ過流束, Q: 正常膜ろ過流束

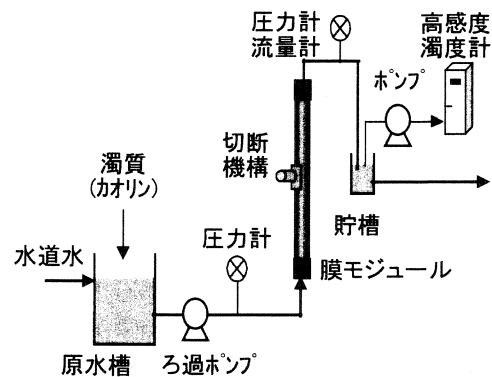


Fig.2 Experimental equipment

3. 実験方法

3.1 実験装置及び膜モジュール

実験装置は、原水を原水槽からろ過ポンプを経て膜モジュールに供給し、ろ過水を貯槽に一時貯留して排水するフローとした(Fig.2)。ろ過ポンプを制御し、ろ過流束を設定値に維持した。ろ過水は貯槽から高感度濁度計に供給され、濁度を連続的に測定した。膜モジュールは着脱可能な構造とし、表1に示す2種類の膜モジュールを使用した。なお、両膜モジュールとも、ろ過運転中に中空糸を1本切断できる切断機能を設けた。RUN1では小型膜モジュール1本、RUN2では大型膜モジュール1本、RUN3では大型膜モジュール2本を並列に設置し、各RUNで中空糸を1本切断させた。

3.2 ろ過特性の評価方法

原水は水道水を1 μ mのフィルタでろ過し、濁度10度になるようにカオリン(和光純薬工業製)を添加した。ろ過特性はろ過流量が所定のろ過流束(0.15~5.0m/d)になるように設定した。各ろ過流束でろ過水濁度を計測した。

Table 1 Characteristics of hollow fiber MF membranes

膜モジュール	小型モジュール	大型モジュール
ろ過方式	外圧・全量ろ過	
膜種類	MF	
公称孔径	0.1 μ m	
中空糸内径	0.7mm	
膜面積	0.6m ²	23m ²
中空糸本数	150	6600
モジュール寸法	1,150mm × ϕ 42	1,234mm × ϕ 165

4. 実験結果及び考察

4.1 小型モジュールのろ過流束とろ過水濁度 (RUN1)

小型膜モジュールで正常膜の特性を測定後、中空糸1本を切断し損傷膜の特性を測定した。正常膜と損傷膜での膜差圧とろ過流束の関係をFig.3に示す。同一膜差圧では損傷膜の流量が多くなり、Fig.1で想定したものと同じ傾向を示した。(1)式に従い損傷膜の漏出比率 η を計算した結果をFig.4に示す。漏出比率 η はろ過流束を低下させると増加し、ろ過流束が2.0m/d以下で増加が顕著である。これは膜損傷時にろ過流束を低下させるとろ液中に占める損傷中空糸からの漏出流量が増加していることを示す。

損傷膜のろ過流束を変更した時のろ過水濁度の経時変化をFig.5に示す。ろ過流束を0.7m/dから2.5m/dに増加させるとろ過水濁度は低下し、続いてろ過流束を0.4m/dに低下させるとろ過水濁度は増加した。ろ過水濁度と原水濁度から求めた漏出比率をFig.6に示す。膜差圧とろ過流束から求めた漏出比率(Fig.4)とほぼ等しい結果が得られ、ろ過流束を低下させることで、ろ過水濁度が増加することを確認した。

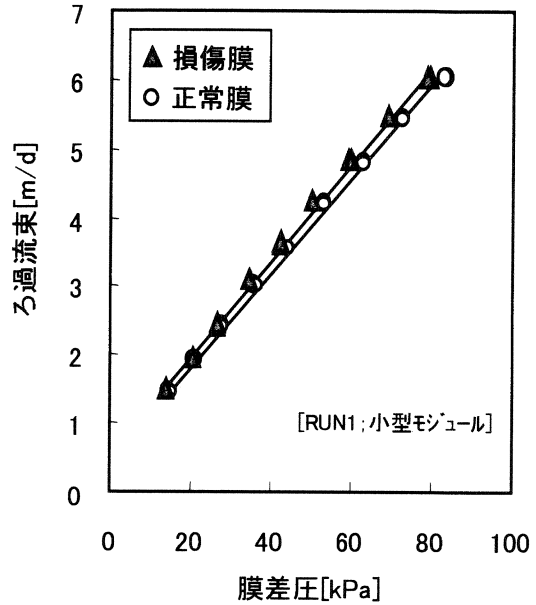


Fig.3 Correlation of flux and transmembrane pressure difference [RUN1]

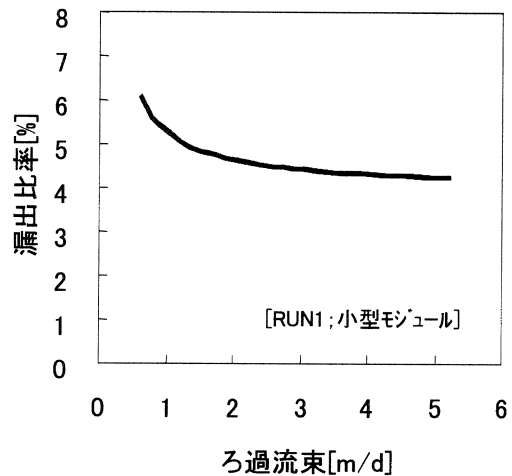


Fig.4 Correlation of flux and leak rate [RUN1]

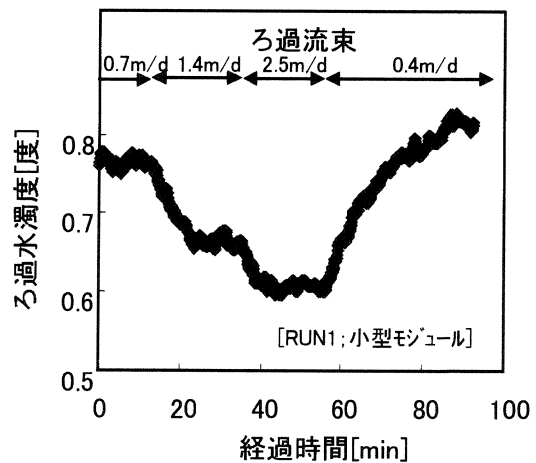


Fig.5 Change of effluent turbidity from a module with a cut follow fiber [RUN1]

4.2 大型モジュールのろ過流束とろ過水濁度 (RUN2, RUN3)

大型モジュールを2本並列に設置し、片方のモジュールの中空糸を1本切断した RUN3のろ過水濁度の経時変化を Fig.7に示す。ろ過流束を低下させるとろ過水濁度が増加し、大型モジュールにおいても、ろ過流量を制御することでろ過水濁度を増加できた。

さらに、ろ過流束を変化させた時のろ過水濁度を計測した。ろ過水濁度から正常膜の平均ろ過水濁度を差し引いた分が損傷中空糸から漏出した濁質と仮定し、濁度1度を1mg/Lとして各ろ過流束で損傷膜からの流出濁質量を求めた結果を Fig.8に示す。流出濁質はろ過流束が増加すると、比例して増加した。RUN2と RUN3 ではろ過流束が同じなら流出濁質がほぼ同じ結果となった。このため、損傷中空糸が同じならモジュールを並列で設置しても損傷中空糸から漏出する濁質量はモジュール本数によらず変化しないことが分かった。

Fig.8の結果を基に、大型モジュール数を増加した時のろ過水濁度を試算した(Fig.9)。正常膜でろ過した時のろ過水濁度は0.0015~0.0019度であったため、ろ過水濁度を0.0019度以上にできれば膜損傷を検知できると考えられる。ろ過流束を標準の1/4に低下させることで、モジュール数を8本まで増加できることが示唆された。

このように、本方式はろ過流束を制御することで膜損傷時のろ過水濁度を増加できるため以下の利点が挙げられる。

- 1) シンプルなシステムで膜損傷の検知感度を向上できる。
- 2) 高感度濁度計の設置数を削減できる。
- 3) ユニット毎のモジュール数を増加できる。
- 4) 低濁度原水にも適用できる

5. まとめ

ろ過流束の制御によるろ過水濁度について検討した結果、ろ過流束を制御することで、ろ過水濁度の計測による膜損傷検知方式の感度を向上できる見通しを得た。浄水場で適用する規模の大型モジュールでも上記傾向を確認した。

参考文献

- 1) 川満 他, 「全量ろ過方式における中空糸膜の破断検知技術」, *EICA*, Vol.9, No.2, pp167-170, (2004)
- 2) 田村 他, 「膜損傷の検知方法」, 第57回全国水道研究発表会, pp226-227, (2006)
- 3) 武本 他, 「膜損傷検知に向けた漏出感度向上方式の提案」, 第57回全国水道研究発表会, pp230-231, (2006)

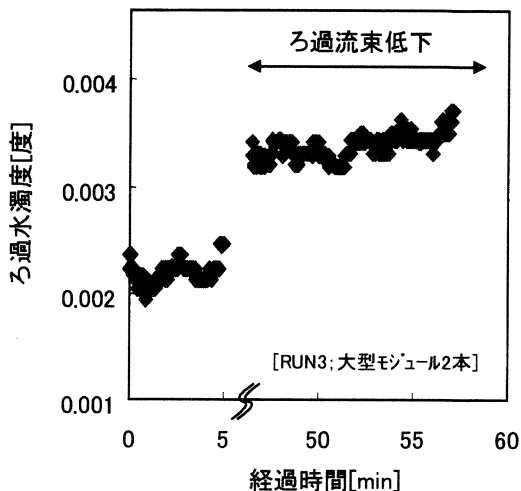


Fig.7 Change of effluent turbidity from a module with a cut follow fiber [RUN3]

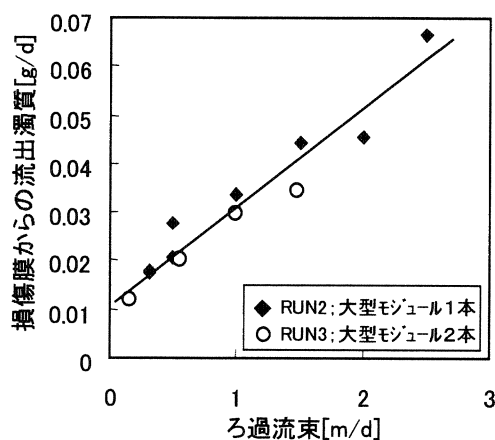


Fig.8 Correlation of flux and leakage turbidity [RUN2, RUN3]

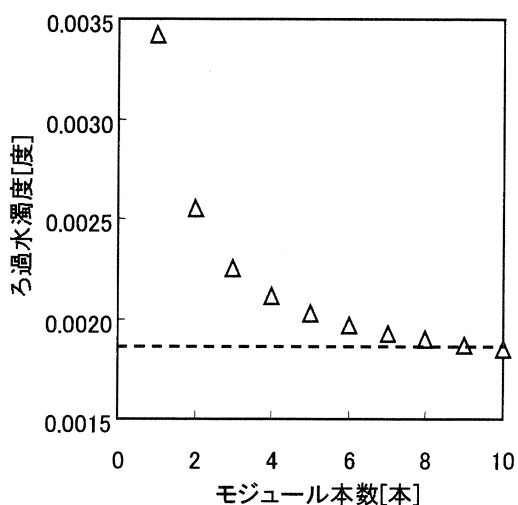


Fig.9 Correlation of number of membrane modules and turbidity

