

琵琶湖水のUF膜ろ過における膜の透過性能に対する 砂ろ過による前処理効果

岐阜大学大学院

学生員 ○金田 修司

岐阜大学流域環境研究センター

正員 湯浅 晶

岐阜大学大学院

フレデリック コラ

1.はじめに

急速ろ過法に替わる浄水方法として、省スペース化・運転の自動化・薬品注入不要などの利点を持つ膜ろ過プロセスが導入され始めている。この膜ろ過プロセスを一般の河川水や湖沼水に適用する場合、原水の水質変動に対する膜の透過性能と、ろ過水質の安定性あるいは変動特性を把握することが必要である。琵琶湖水を原水として、内圧型中空糸UF膜ろ過パイロットプラント（滋賀県長浜市下坂浜浄水場）による直接膜ろ過実験を行ってきたところ、台風後や冬期強風時に軽微あるいは深刻な膜透過性能の悪化がみられた。そこで、UF膜モジュールに流入する懸濁物質を軽減する目的で、膜処理の前処理として上向流式砂ろ過装置を設置した。

本研究では、原水と砂ろ過処理水の懸濁粒子数（粒径： $1\mu\text{m}\sim 45\mu\text{m}$ ）分布を測定することにより、膜透過性能に対する上向流式砂ろ過の前処理効果を検討する。

2. UF膜パイロットプラントと上向流式砂ろ過の概要

上向流式砂ろ過装置を、UF膜処理の前処理として設置したUF膜ろ過パイロットプラントのフローを図-1に示す。ポンプによって汲み上げられた琵琶湖水は砂ろ過原水槽に一時貯留され、上向流により砂ろ過層を通過する。砂ろ過処理された琵琶湖水は膜ろ過原水槽に貯留され、膜供給ポンプで膜モジュールに流入し全ろ過される。表-1にろ過工程と逆洗工程の標準的な操作条件を示す。使用する膜モジュールは、中空糸UF膜（内圧型、セルロース系、膜の孔径 10nm 、排除限界分子量 $100,000\text{Dalton}$ 、膜面積 7.2m^2 、中空糸内径 0.93mm 、外径 1.67mm ）である。

ろ過工程の運転はろ過流量制御方式で行った。また、逆洗工程の運転は逆洗水圧力制御方式で行い、洗浄効果を高めるために洗浄用のUF膜透過水に次亜塩素酸ナトリウム（ NaClO ）溶液を注入した。

上向流式砂ろ過装置は、ろ過方向を上向流とし、ろ層下部に粗ろ過材、ろ層上部に細ろ過材を用い、ろ層全体で懸濁物質・細菌等を捕捉するものである。したがって、ろ過時間の経過によりろ層の閉塞が進むため、30日～50日の頻度でろ層の洗浄を行った。また、ろ過速度は 20m/日 、ろ過面積は 1.12m^2 、ろ過水量は $22.4\text{m}^3/\text{日}$ である。

表-1 ろ過条件と逆洗条件

ろ過フラックス（ 20°C ）	0.05～0.18 m/h
原水圧力：モジュール入口	0.7～2.0 bar
原水圧力：モジュール出口	0.5～0.6 bar
ろ過水圧力	0.2 bar
ろ過工程時間	30～60 min
逆洗工程時間	45～60s
逆洗水圧力	2.5 bar
逆洗時の Cl_2 注入濃度	5 mg/L

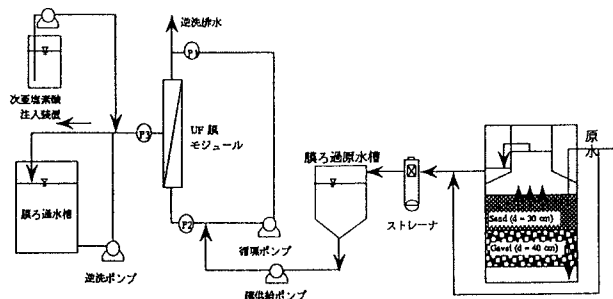


図-1 UF膜ろ過パイロットプラントのフロー

3. 琵琶湖原水・上向流式砂ろ過処理水中に含まれる懸濁粒子の挙動

原水中の懸濁粒子数は、 $2646\sim 205742$ 個/mL、上向流式砂ろ過処理水では、 $690\sim 63926$ 個/mLの範囲で変動した。図-2に原水濁度（ $45\mu\text{m}$ ろ過）と原水中に含まれる粒子数の関係を示す。濁度と粒子数には明らかな相関があり、原水中に含まれる懸濁粒子数は原水の濁度に左右されることが分かる。よって、強風・大雨時の湖水混合による底泥巻き上げにより、原水が高濁度となる冬期強風時や台風後などには大量の懸濁粒子が膜モジュールの中に流入しており、膜透過性能悪化の一因とも考えられる。

図-3、図-4に上向流式砂ろ過のろ過層洗浄直後からの懸濁粒子の残存率の経過を示す。図-3は粒径が1~45 μm の範囲に含まれるすべての粒子に対するものであり、図-4は凡例にあるような粒径範囲に含まれる各粒子に対するものである。洗浄直後の粒子残存率は80%以上になり、粒径別にどの粒子をみても残存率が高い。その後10日間ほどは各粒径の残存率にはばらつきがみられるが、徐々にそのばらつきもなくなっていく、それ以降は20%以下の残存率で推移した。

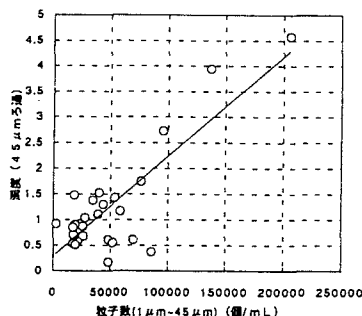


図-2 原水の濁度と懸濁粒子数の関係

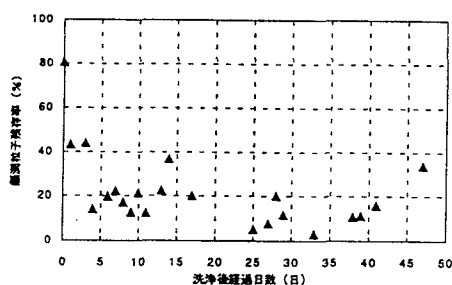


図-3 砂ろ過の懸濁粒子残存率の推移 (1 μm ~45 μm)

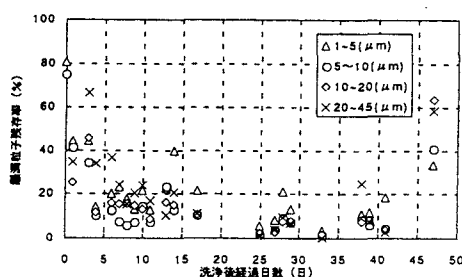


図-4 砂ろ過の懸濁粒子残存率の推移 (各粒径別)

4. 上向流式砂ろ過による膜透過性能への前処理効果

図-5は原水の直接UF膜ろ過実験を行っていた1994年1月1日から1994年6月30日まで、図-6は上向流式砂ろ過による前処理水を原水としたUF膜ろ過実験を行っていた1996年1月1日から1996年6月30日までの、それぞれの原水水温とろ過フラックス (20 $^{\circ}\text{C}$ 換算値: $J_{F,20}$)、膜の透過性能を表す膜透過係数 (20 $^{\circ}\text{C}$ 換算値: $K_{F,20}$) の推移を表したものであり、透過係数の低下は膜の透過性能の悪化を表す。透過係数が極度に低下した場合、UF膜の薬品洗浄を行い透過係数を回復させた。図-5では薬品洗浄後すぐに透過係数が低下しており、透過性能悪化が深刻な様子を示すが、これと比較すると図-6では透過係数の低下は度々みられるものの、それ以外は透過係数は良好に推移しており、上向流式砂ろ過の前処理効果が確認された。しかし、砂ろ過層洗浄後の懸濁物除去能低下時、また、80%程度の除去能があっても原水中の懸濁粒子数が非常に多い場合などには、UF膜ろ過に対する前処理効果は薄くなる。

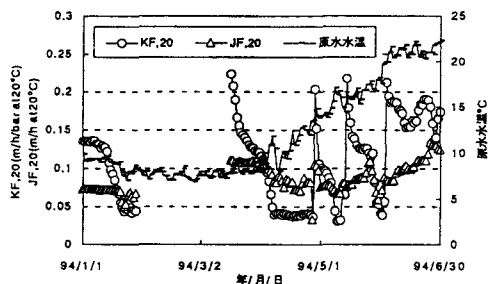


図-5 原水水温・JF,20・KF,20 (94/1/1~94/6/30)

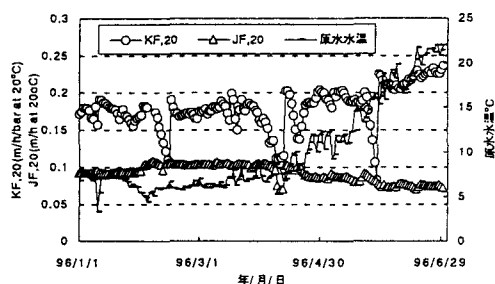


図-6 原水水温・JF,20・KF,20 (96/1/1~96/6/30)

5. おわりに

本研究では、琵琶湖水を原水とする中空糸UF膜パイロットプラントにおいて、UF膜処理の前処理としての上向流式砂ろ過の懸濁粒子除去能と、UF膜透過性能に対する効果を分析し、以下の結論を得た。

- (1) 砂ろ過層洗浄後1週間から10日間は懸濁粒子除去能は低いが、
- (2) それ以降は上向流式砂ろ過による前処理はUF膜ろ過における透過性能悪化防止に有効である。
- (3) しかし、一時的にUF膜モジュールに多くの懸濁粒子が流入することは避けられず、このような場合の原水の処理が今後の課題である。