

UF膜ろ過性能に及ぼすクロスフロー流速の影響

岐阜大学大学院 加藤玄俊・共同研究員 コラフレデリック・工学部 鳥居久義
岐阜大学教授 湯浅晶・松井佳彦

1. 序論

現在、次世代の新しい浄水技術として導入され始めている膜ろ過浄水法は、膜の分離孔径よりも寸法の大きな懸濁質や高分子物質を除去する方法であり、除去対象を分離孔径よりも大きな粒子に限れば100%の完全な分離が可能である。膜利用型浄水システムの導入によって期待される効果として、(1)維持管理が容易になる、(2)薬品使用量が減少する、(3)飲料水の疫学的安全性が向上する、(4)設備設置面積が減少する、等が挙げられる。

膜の維持管理を容易にするためには膜の閉塞速度を小さくして、膜透過性能を長期間にわたり良好に維持することが必要である。そこで本研究は、最適運転条件の探索を目的として実験を行う。膜ろ過方式には、デッドエンドろ過方式とクロスフローろ過方式があるが、後者の方が透過係数の閉塞速度が小さいことが分かっている。しかし、後者は前者では使用しない循環ポンプを使用するため消費電力が大きい。このとき課題となるのが中空糸内のクロスフロー流速である。クロスフロー流速が大きいと膜の目詰まりが起りにくくなりその分透過性能も長持ちするが、消費電力が大きくなる。そこで、消費電力をできるだけ少なくし、なおかつ膜の目詰まりも起きにくいクロスフロー流速の探索を行った。

2. 実験

岐阜県可茂用水道事務所山之上浄水場(美濃加茂市)に、同型のUF膜ろ過パイロットプラントを2基(AとB、膜面積7.2m²)設置し飛騨川の水を原水として、平成10年3月19日から9月30日の期間、連続通水実験を行った。運転条件はクロスフロー流速以外を両パイロットとも同様となるように調整した。主要な運転条件は表-1に示す様に、膜ろ過流量450L/h、逆洗洗浄時の圧力200~250kPa、ろ過時の圧力30~60kPa等である。

パイロットプラントのフローを図-1に示す。クロスフローろ過方式の場合、原水はプレフィルター(目開き125μm)を通して原水タンクに貯留され、一定流量に制御された原水供給ポンプによりUF膜モジュールを組み込んだ原水循環ループに圧送され、中空糸UF膜の内側から外側へとろ過される。また、1時間に1回次亜塩素酸を注入した膜ろ過水を用いて逆流洗浄を行った。

実験期間中パイロットAのクロスフロー流速(Vc)を0.9(m/s)で固定して、パイロットBのVcを変更させて実験を行い、主に透過係数への影響について比較・検討を行った。パイロットBのVcの詳細は次の通りで、(1)3月19日~3月31日の間は0.45(m/s)、(2)4月1日~4月10日の間は0.2(m/s)、(3)4月11日から4月26日まででは0.9(m/s)、(4)4月27日~9月30日まで0.45(m/s)である。

3. 原水とUF膜ろ過水の水質

原則として週に2回、原水・UF膜ろ過水の採水を行い、濁度、紫外外部吸光度、TOC、その他の水質について分析を行った。平成9年10月から平成10年10月までの主な水質データの平均値を表-2に示す。この期間中運転条件をいろいろ変化させたが、水質はいかなる運転条件下でも影響を受けなかった。濁度・大腸菌群は膜ろ過によってほぼ完全に除去され

表-1 運転条件

膜ろ過流量	450(L/h)	逆洗圧力	200~250(KPa)
膜差圧	30~60(KPa)	逆洗工程時間	40~60(s)
ろ過工程時間	60(min)	逆洗流量	35~45(L)

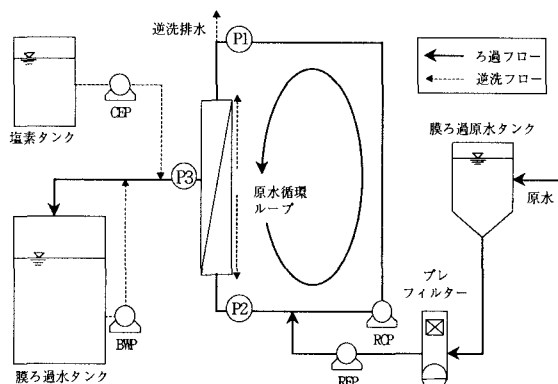


図-1 UFろ過パイロットプラントのろ過フロー

表-2 原水と膜ろ過水の水質

		パイロットA			パイロットB		
		原水	UFろ過水	除去率(%)	原水	UFろ過水	除去率(%)
濁度	度	1.98	0.01	99.5	1.87	0.01	99.4
紫外外部吸光度	cm ⁻¹	0.0166	0.0145	12.8	0.0167	0.0154	7.7
TOC	mg/L	0.910	0.831	8.7	0.898	0.837	6.8
全鉄	mg/L	0.05	0.03>	40以上	0.05	0.03>	40以上
KMnO ₄ 消費量	mg/L	2.76	1.81	34.5	2.76	1.81	34.5
大腸菌群	100mL中	1265	0	100	1265	0	100
色度	度	5.4	3.3	39.7	5.4	3.2	41.1

ている。また紫外吸光度・TOCは10~20(%)、全鉄は40~50(%)の除去率を示す。しかし、膜ろ過水の色度の平均値はいずれも水道水質基準である5度以下を達成しているものの、月に2~3回は5度以上を示すことがあり、何らかの対策が必要である。

4. 結果と考察

図-2にクロスフロー流速、図-3に透過係数と原水濁度を示す。

期間(1)ではパイロットBの V_c はAの半分(0.45 m/s)であるが、両パイロットの透過係数はほとんど同じである。期間(2)ではパイロットBの V_c を0.2(m/s)まで下げたところBの透過係数は急激に低下した。そこで期間(3)ではパイロットBの V_c を0.9(m/s)に上げて透過係数を回復させた。期間(4)では V_c を再び0.45(m/s)として長期間実験を継続したところ2ヶ月位はAとBはほぼ同じ透過係数を維持したが、その後徐々にAよりもBの透過係数がより低くなる傾向が認められた。しかし9月下旬などに見られるように、台風などで川の濁度が大きくなるたびに徐々にAとBの透過係数の差が開き、最終的には約0.05(m/h/100kPa)の差に至った。

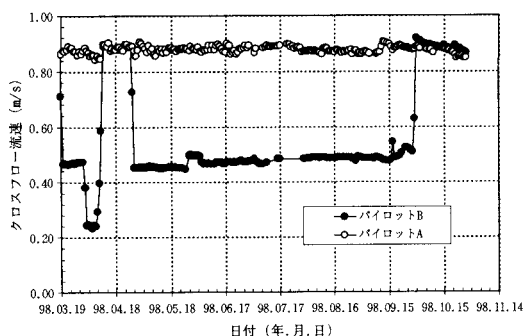


図-2 クロスフロー流速

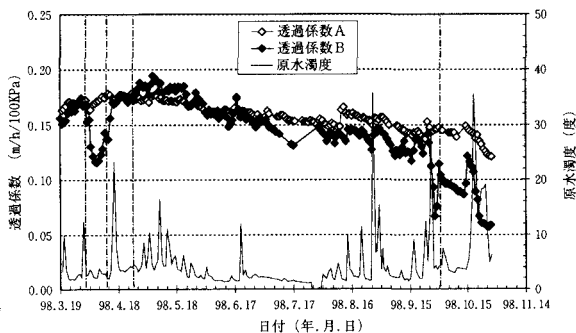


図-3 透過係数と原水濁度

5. 透過係数と中空糸の有効内径の変化

膜の透過性能を表す透過係数の低下と、膜モジュール内にある中空糸の有効内径の減少の関連性を検討するために実験期間中のクロスフロー圧力損失データを用いて有効内径の計算を行った。計算にはハーゲン・ポアズイユの式を用いた。

パイロットBの透過係数の計算結果を図-4に示す。透過係数の低下に伴い有効内径も低下しているのが認められる。内径で10(%)の減少が透過係数で50(%)程度の減少をもたらすことが明らかである。

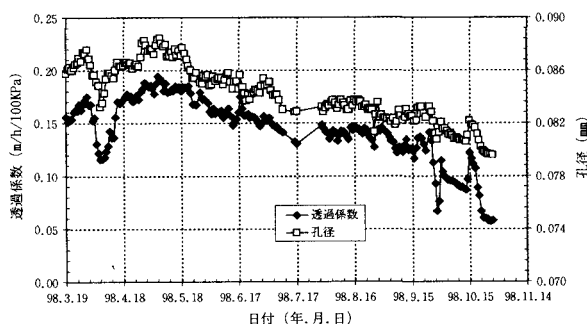


図-4 孔径と透過係数

6. 結論

UF膜ろ過を行い水質において以下の結論が得られた。

- ・濁度、大腸菌群は完全に除去される。
- ・色度においては何らかの対策が必要である。

クロスフロー流速を変化させて実験を行い以下の結論を得た。

- ・流速が0.2(m/s)では急速に膜の透過性能が低下する。
- ・流速が0.45(m/s)の時は高濁度(10度以上)時を除いては運転が可能である。

しかしこれらの結果は、比較的水温の高い春期から夏期にかけてのもので、水温の低くなる秋期から冬期においても探索が必要である。

有効内径について計算を行い次の結論を得た。

- ・内径の微小の変化が透過係数の大きな変化をもたらす。

謝辞

本研究の遂行に当たり、流域環境研究センター篠田成郎助教授、およびご協力いただいた岐阜県可茂用水道事務所の皆様に、心より感謝いたします。