

図3にRun1における中空糸のクロスフロー流路有効内径 d と $K_{F,20}$ の関係を示す。中空糸有効内径 d の減少は、膜表面上に付着するケーキ層の厚みの増大を意味する。Run1では中空糸有効内径 d が0.821mmまで減少(3月14日)しており、Run2と比較して(図5)中空糸有効内径 d の減少が著しい。また図3にみられるように、中空糸有効内径 d が減少するに伴って $K_{F,20}$ が減少するといった相関を示していることから、Run1の期間の膜透過性の悪化の原因は膜表面上に付着するケーキ層の厚みの増大に起因することが明らかである。

冬期間の琵琶湖では、湖水上に吹く強い風による底泥の巻き上げが常時生じており、底泥由来の有機物が取水された原水に流入している。つまり、UF膜に付着しやすく粒径の小さな有機物が冬期間の琵琶湖原水中に含まれており、このような物質が膜を閉塞させやすくしている可能性が大きい。そのため、中空糸有効内径 d の減少が直ちに膜透過性能の低下をもたらしてしまうと考えられる。

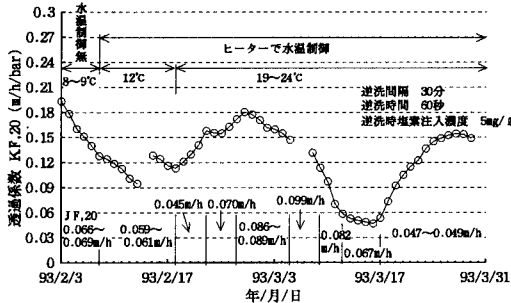


図2 透過係数の経日変化(Run1)

(2) Run2 (93年3月30日~93年5月25日)

Run2は実験開始に先立って膜の薬品洗浄をせず、Run1に引き続いて行われた。図4にRun2の透過係数 $K_{F,20}$ の経日変化を示す。水温は22°C前後(3月30日~4月6日)と16°C前後(4月7日~19日)に制御した。またその間、 $J_{F,20}$ は0.068~0.077m³/hに設定したが、 $K_{F,20}$ は0.174m³/h/barから0.113m³/h/barへと徐々に低下した。4月20日以降は水温制御を止め(自然水温11°C~15°C)、 $J_{F,20}$ を0.063~0.071m³/hと低めに設定した結果、 $K_{F,20}$ は0.11m³/h/bar前後のほぼ一定値のまま推移した。しかし5月下旬に至って $K_{F,20}$ は急激に減少した。

図5にRun2における中空糸有効内径 d と $K_{F,20}$ の関係を示す。Run1の場合とは異なり、Run2の期間中は d が0.86~0.88mmとほぼ一定の高い水準に保たれており、 $K_{F,20}$ の減少と d には相関が認められない。このことは、ケーキ層の厚みの増加が膜透過性の低下を引き起こしているのではなく、膜内部での閉塞が膜透過性の低下の原因であると考えられる。Run2の終了時に膜モジュールの中空糸膜を観察したところ、中空糸の外側(透過水側)が赤褐色に変色していたことから、鉄やマンガンの付着による膜内部の閉塞が生じたものと考えられる。このようなタイプの膜の閉塞は長期の運転期間中に徐々に進行していた可能性もあるが、図4に示されるように薬品洗浄から3か月半経過した5月下旬に至って膜内部での閉塞が一段と進んだと考えられる。

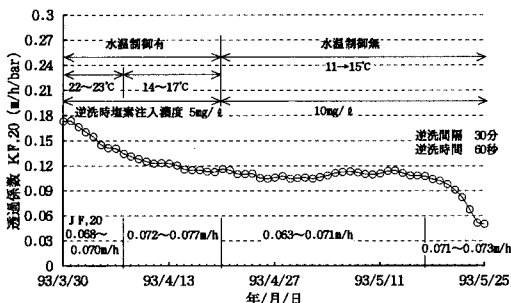


図4 透過係数の経日変化(Run2)

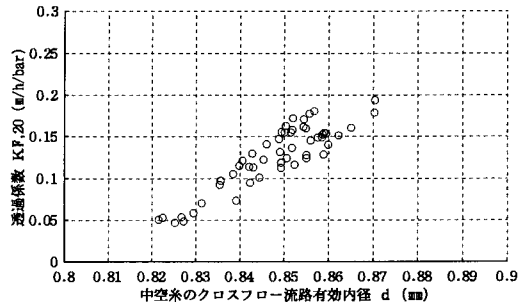


図3 中空糸有効内径と透過係数の関係(Run1)

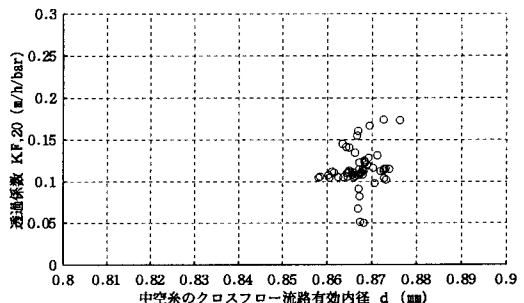


図5 中空糸有効内径と透過係数の関係(Run2)

4. おわりに

本研究では中空糸UF膜ろ過のパイロットプラントを用いて琵琶湖水の直接ろ過実験を行って膜透過性能に影響を及ぼす因子を検討した結果、次のことが明らかとなった。

- ① 原水水温の低下は透過性能を急激に低下させる。低水温条件下でUF膜中空糸に付着してケーキ層を形成することにより閉塞を生じさせやすい有機物が冬期間の琵琶湖水中に含まれていると考えられる。
- ② ろ過フラックスを高く設定した場合には、膜間差圧は上昇して膜透過係数は低下する。逆に、ろ過フラックスを低く設定すれば、膜間差圧は下降して膜透過係数が増加するといった傾向が認められる。

今後の課題として、冬期の低水温時の膜透過性能の急激な低下への対応策の検討が必要である。冬期の膜の閉塞はケーキ層の付着・肥厚化が主たる原因であるので、ケーキ層のはく離・除去のために1日1回の短時間の温水洗浄等の簡単な操作を導入するなどの検討が望まれる。