

## Ⅱ—82

### 膜による固液分離に関する基礎検討

|            |      |        |
|------------|------|--------|
| 東北大学工学部    | 正会員  | ○後藤 光亀 |
| 東北大学工学部    | 学生会員 | 土方 隆   |
| 東北大学工学部    | 正会員  | 佐藤 敦久  |
| 麻布大学環境保健学部 | 正会員  | 平田 強   |

**1. はじめに:** 現行の浄水システムは、凝集・沈澱に主眼があり、大きなフロックを形成させて沈澱除去し、砂ろ過で仕上げを行うシステムである。しかし、近年、凝集管理の不十分さから残留アルミニウムによる健康問題、残留塩素が存在する水道水からのウィルスの検出などが報告され、将来水質基準が濁度から個数基準への移行などのさまざまな問題がクローズアップされてきた。特に、簡易水道等の小規模水道の維持管理の確実性や、水質基準の未達成の解消、あるいは施設の更新等の状況から次世代の浄水技術の開発を行う必要がある。最近の膜技術の発達はこのような要望を満足できるものとして、浄水システムへの導入が検討され始めた。本報告は、カオリン懸濁液を用い、膜による固液分離実験を行い膜分離システム導入に関する基礎的検討を行った。

**2. 実験方法:** 実験に供した膜は中空糸タイプの限外ろ過膜（PAN系共重合体：旭化成製：ACL-1050）で、内径1.4mm、分画分子量は13000である。膜分離実験装置の概要を図-1に示す。カオリン懸濁液はカオリン（ENGELHARD社製、粒径  $0.6\mu\text{m}$ ）を水道水を用いて1000mg/lに調整した。また、原水タンクは、クーララインとヒーターによる温度調整装置で25℃に保った。実験の制御はパソコンからI/Oボードを介して弁とポンプの開閉を行い、圧力・流量データはA/D変換してパソコンに取り込んだ。本実験システムは、逆洗プロセスを含めた自動運転が可能である。実験条件は、 $P_1$ が100kpa、クロスフロー流速1m/s、逆洗圧力150kpaの条件で行った。

**3. 透過流束の変化と運転条件:** 図-2は、逆洗を行わずして2時間運転したときのおける透過流束の経時変化である。一方、図-3は、ろ過時間10分に対し、12秒間逆洗を行った場合の透過流束の変化を示したもので、12秒間の逆洗でフラックスはほぼ初期値まで回復している。これらの結果より、ろ過時間と逆洗時間及び雑時間による高透過フラックスの維持と運転操作の方法について基礎的な検討を加える。ろ過の進行に伴う抵抗の変化は次式で与えられる。

$$J = \frac{\Delta P}{\mu R} = \frac{\Delta P}{\mu (R_m' + R_c)} = \frac{\Delta P}{\mu (R_m' + R_{cd} - R_{cr})} \quad \text{--- (1)}$$

$$R = R_m' + k_1 C_b \int_0^t J \cdot dt - k_1 k_2 t \quad \text{----- (2)}$$

$J$ : 透過流束  $P$ : 透過圧力  $\mu$ : 粘性係数  $R$ : 抵抗  
 $R_m'$ : 膜の目づまりを考慮した抵抗  $R_{cr}$ : クロスフローによる抵抗減少分  $R_{cd}$ : 堆積による抵抗増分  $C_b$ : バルク側濃度  
 $t$ : 時間

ここで、 $k_1$ ,  $k_2$ は抵抗の変化を表すパラメータで $k_1$ は抵抗減少の速度を、 $k_2$ は設定ろ過時間終了時のフラックスが定める定数である。この $k_1$ ,  $k_2$ は逆洗時間等の操作因子や濁質の性状、溶解物質等により変化するものと考えられる。この $k_1$ ,  $k_2$ を図-2に示す実測値とのフィッティング法により求めた。（ $k_1=1.15 \times 10^{-14}$  (m/kg),  $k_2=1.39 \times 10^{-5}$  (kg/m<sup>2</sup>sec)）

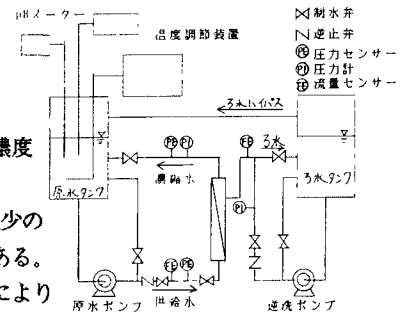


図-1

いま、ろ過1サイクルの時間をTとすると

$$T = t_r + t_b + t_i \quad \text{----- (3)}$$

$t_r$ : ろ過時間  $t_b$ : 逆洗時間  $t_i$ : 雑時間

$t$  時間後のろ液量  $V_r$  は圧力  $\Delta P$  が一定であるとして

$$V_r = A f_0^t J \cdot dt \quad \text{----- (4)}$$

一方、簡単のため逆洗水量が過大に評価されるように、逆洗開始直後に  $R_b \approx R_m'$  に近似し、逆洗圧力を  $P_b$  とすると

$$J_b = \frac{\Delta P_b}{\mu R_m'} \quad \text{----- (5)}$$

したがって逆洗水量  $V_b$  は、

$$V_b = A f_0^t J_b \cdot dt = \frac{A \Delta P_b \cdot t_b}{\mu R_m'} \quad \text{----- (6)}$$

1 サイクルの有効ろ過水量  $V_o$  は、 $V_o = (V_r - V_b)$

となり、1 サイクル当りの有効透過流束  $U_o$  は、

$$U_o = \frac{V_o}{AT} = \frac{V_r - V_b}{A(t_r + t_b + t_i)} \quad \text{---- (7)}$$

これを1日当り単位膜面積当りの有効ろ過水量としてろ過速度  $R_r$  を定義する。

以上より、ろ過時間  $t_r$ 、逆洗時間  $t_b$ 、雑時間  $t_i$  (弁の開閉、ポンプの駆動) をパラメータとし、膜処理において高透過フラックスの維持を確保するための運転条件の検討を行った。

図-4は、逆洗時間  $t_b$  が15秒で、雑時間  $t_i$  が変化した場合のろ過速度の変化である。ろ過時間が60分以下の場合、雑時間の長さにより最大フラックスを維持できるろ過時間が変化する。

図-5は、雑時間  $t_i$  を10秒とし、逆洗時間  $t_b$  が変化した場合である。本計算では、逆洗時間に関わらずフラックスは完全回復するとの仮定をおいているが、逆洗時間が15秒では10分程度のろ過時間の継続がフラックスの維持に適していることを示す。

図-6は、雑時間  $t_i$  を10秒とし、ろ過時間を変化させたときのろ過速度の変化である。本実験で用いた膜の透過フラックスの特性から、ろ過時間は15~20分とし、逆洗を15秒程度行えば10~20秒で雑時間が変化しても透過フラックスを大きく維持することができる。このように膜の透過フラックスの特性より最適なろ過時間と逆洗サイクルの組合せが存在し、ろ過速度は、濁度1000mg/lでも 2m/day 程度を確保できる。膜処理装置は、敷地面積に対し多くのろ過面積を確保できるので、小規模水道に十分適用可能と考えられる。

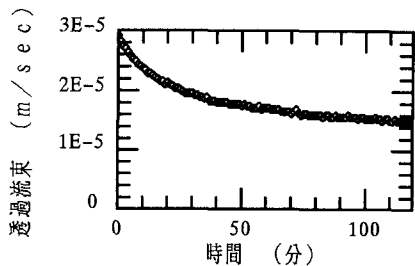


図-2

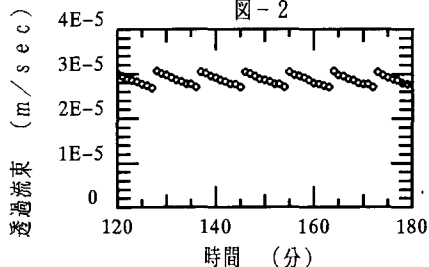


図-3

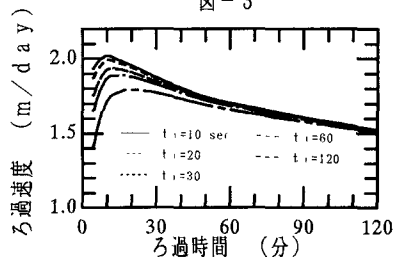


図-4

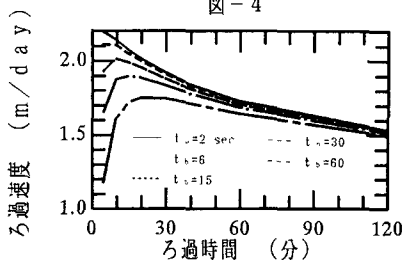


図-5

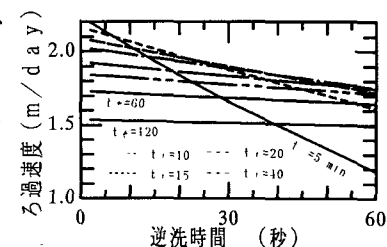


図-6

参考文献：浦野ら，限外ろ過・精密ろ過の理論とその問題点，用水と廃水，32，6，（1990）