

# B309

## New SDI による膜ファウリングの評価

(名大院工) (正)片桐 誠之\*・(学)竹中 稔悠・(正)入谷 英司

1. 緒言 近年、浄水処理、化学工業、エレクトロニクス等の様々な分野において、微粒子や高分子を含む希薄な懸濁液や溶液の分離に膜濾過法が適用されており、対象とする原水の膜ファウリング性を簡便に評価することが必要となっている。ファウリング性の指標として SDI (Silt Density Index) が一般に用いられるが、理論的背景が希薄であることのほか、濾液量基準での評価であるため、所定量の濾液量を得るのに時間がかかりすぎるなどの問題点がある。そこで本研究では、簡便な New SDI を提案するとともに、閉塞濾過モデル式に立脚した理論的裏付けも行い、ファウリングの程度や閉塞機構の評価を試みる。

2. 実験装置および方法 試料液には、ポリスチレンラテックス(PSL) ( $d_p = 0.522 \mu\text{m}$ , ダウ・ケミカル製) を質量濃度  $s = 1 \times 10^{-6}$  に調製した希薄懸濁液を使用した。濾材に保留粒子径  $d_m = 0.5 \mu\text{m}$  のガラス繊維濾紙 GC-50 (ADVANTEC 製)を用い、 $p = 24.5, 49, 98 \text{ kPa}$  の各一定圧力下で PSL 懸濁液のデッドエンド濾過を行い、濾液量の経時変化を測定した。

3. New SDI と閉塞モデルの関係 SDI は、一定量 (500 ml) の濾液量を得るのに要する時間で評価するのに対し、New SDI ( $\text{SDI}_N$  で表記) は、次式のよう

$$\text{SDI}_N = \frac{100}{t_i} \left( 1 - \frac{V_f}{V_i} \right) \quad (1)$$

ここで、 $V_i$  は濾過開始後  $T$  から  $(T + t_0)$  までに得る濾液量、 $V_f$  は濾過開始後  $T_i$  から  $(T_i + t_0)$  までに得る濾液量、 $t_i$  は、初期計測開始時から次の計測開始時までの時間間隔 ( $T_i - T$ ) であり、 $t_0$ ,  $T$ ,  $T_i$  のほか、圧力、膜種 (孔径等) が  $\text{SDI}_N$  の条件設定で必要となる。 $\text{SDI}_N$  と完全閉塞および中間閉塞モデルの閉塞定数  $K_c$ ,  $K_i$  との関係は、それぞれ次式で表せる。

$$\text{SDI}_N = \frac{100}{t_i} (1 - \exp(-K_c t_i)) \quad (2)$$

$$\text{SDI}_N = \frac{100 K_i q_0}{1 + K_i q_0 t_i} \quad (3)$$

ここで、 $q_0$  は濾過初速度である。したがって、異なる二つの  $T_i$  ( $T_{i1}$  と  $T_{i2}$ ) に対する  $\text{SDI}_N$  ( $\text{SDI}_{N,1}$  と  $\text{SDI}_{N,2}$ ) 間の関係は、完全閉塞、中間閉塞のそれぞれについて、次式で表せる。

$$\text{SDI}_{N,2} = \frac{100}{t_{i2}} \left\{ 1 - \left( 1 - \frac{t_{i1} \text{SDI}_{N,1}}{100} \right)^{\frac{t_{i2}}{t_{i1}}} \right\} \quad (4)$$

$$\text{SDI}_{N,2} = \frac{100}{(t_{i2} - t_{i1}) + \frac{100}{\text{SDI}_{N,1}}} \quad (5)$$

4. 結果および考察 Fig. 1 には、濾過実験結果と

して濾過速度 ( $dv/d\theta$ ) と単位濾過面積あたりの濾液量  $v$  との関係を示した。いずれの圧力においてもプロットは濾過初期では曲線状を呈するが、やがて直線的に濾過速度が減少する挙動が確認できる。

Fig. 2 には、閉塞特性式に基づき ( $d^2\theta/dv^2$ ) 対 ( $d\theta/dv$ ) の両対数プロットを示した。濾過初期とケーキ濾過に移行した濾過終期を除くと、ほぼ勾配が 2.0 の 1 本の直線関係が得られ、完全閉塞と判別できる。異なる  $T_i$  に対する  $\text{SDI}_N$  を (1) 式を用いて実験から求め、Fig. 3 に  $\text{SDI}_{N,2}$  の実験値と計算値を比較した。濾過速度変化が緩やかな濾過初期の影響を除くため、濾過速度が初速度の 1/2 に低下

した時間を  $T$  とした。なお、 $\text{SDI}_{N,1}$  の実験値を (4) または (5) 式に代入して、得られた  $\text{SDI}_{N,2}$  の値を、計算値とした。(4) 式による計算値の方がより精度良く実測値を表現できるため、完全閉塞と判別でき、Fig. 2 による評価結果と一致する。なお、操作圧力が大きくなると SDI 値も大きくなる傾向にあり、膜ファウリングが進行しやすくなることがわかる。

5. 結言 New SDI の提案とその理論的裏付けを行い、本法により膜ファウリングの程度や閉塞機構の評価が可能であることを示した。

\*E-mail: katagiri@nuce.nagoya-u.ac.jp

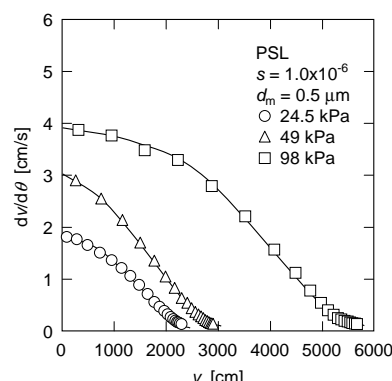


Fig. 1 濾過速度の減衰挙動

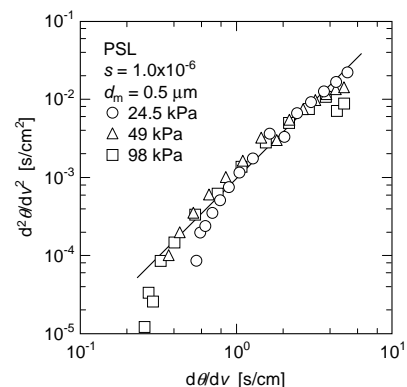


Fig. 2 特性式による判別

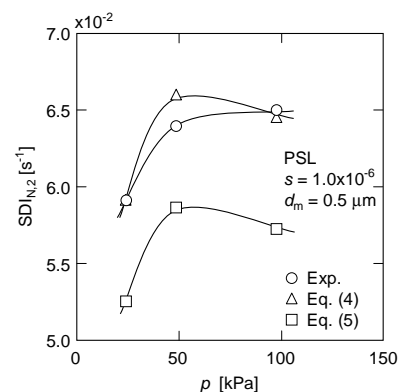


Fig. 3  $\text{SDI}_N$  による判別