

佐藤工業

正員 ○大西清介

東北大学工学部

正員 佐藤敦久

1. 目的

現在ろ層内の抑留物質の挙動については二つの考え方が  
ある。第一は、砂層内での抑留は付着と剝離が同時に起こ  
る動力学的現象であるとする説があり、第二は一旦付着し  
た抑留物質は決して剝離しないとする説である。

海老江は定速ろ過時の抑留状況を観察し、凝集条件にか  
かわらず剝離現象を確認している。

Minskyは、ろ層内では抑留量の増加に伴い空隙内の実流速  
が上昇し抑留物質に作用する水流の剪断力が増加するため  
剝離が起ると考えた。そこで一定時間ろ過した後、濁水を  
清水に切り替えて、ろ速を急激かつ段階的に上昇させて剝離流量を  
測定し、剝離量が抑留量に比例することを確認した。

本研究では定速ろ過における剝離量を推定するためにろ速を連続的  
に上昇させることにより抑留物質の剝離を引き起こさせ剝離量と流量  
変化速度、剝離量と抑留量の関係を調べた。またMinskyの示したろ過方  
程式中の剝離事項について検討を加えた。

2. 実験装置及び方法

図-1に実験装置の概略を示す。装置は空腔内実流速を連続的に変  
化させるために自然平衡形ろ過筒を用い砂は多孔板にろ布を張り支持  
した。実験はまず表-1のろ過条件で定

速ろ過を行なう。その場合木は下部の  
溢流口から越流させる。所定の時間経  
過後流入水と清水に切り替えろ過筒内  
が完全に清水に替ったならば下部溢流  
口を閉じる。その後、砂上水面の上昇  
に伴い流出流量が増加し、抑留  
物質が剝離流出する。ここで流出流量  
の変化速度に変化を与えるために流入  
流量の定速ろ過時の流出流量に比する

比 $\alpha$ と、ろ過筒の流入側断面積の流出側断面積に比する比 $\beta$ と変化させて実験を行なう。

剝離量は流出水の濁度から求め、全抑留量は、剝離終了後、ろ過筒を分解し、砂層に残っている抑留物質の量  
を求め、これと全剝離量の和として求めた。

ろ. 実験結果及び考察

表-2に実験結果を示す。実験No1~7は抑留量をほぼ一定にし、流量変化速度を変えた実験であり、8~11は、  
抑留量を変えて同一の流量変化速度を与えている。図-2はNo1~7の流出流量の経時変化を示したものである。こ  
の流量変化による単位時間当たりの剝離量は図-3のようになる。流量変化速度が大きいかほど剝離が短時間で終了

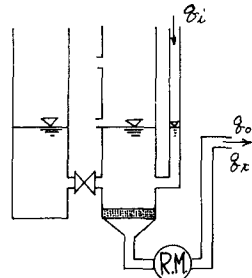


図-1 実験装置略図

$\alpha = \frac{Q_i}{Q_0}$  : 流量変化率  
 $Q_i$  : 流入量  
 $Q_0$  : 定速ろ過時流出量  
 $Q_t$  : 流量変動後流出量

表-1 ろ過条件

ろ 速	150 m/day
原 水	大学水道水 + カリウム 100 mg/l
凝 集 剤	硫酸バント 20 mg/l
攪 拌	100 R.P.M.
砂 層 厚	約 2 cm
砂 幾 何 平 均 径	0.77 mm
均 等 係 数	1.0
砂 重 量	350 g
ろ 過 筒	内径 12 cm

表-2 実 験 結 果

実 験 No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ろ 過 時 間 (hr)	7	6.5	6	6	6	6.83	8	2	4	6	7
流 量 変 化 率 $\alpha$	4.0	4.0	2.0	2.0	1.33	1.33	1.33	4.0	4.0	4.0	4.0
ろ 過 筒 断 面 積 比 $\beta$	1	2	1	2	1	2	4	1	1	1	1
全 抑 留 量 (g)	7.77	7.26	7.32	7.33	7.50	7.65	8.08	3.70	5.75	7.55	7.77
全 剝 離 量 (g)	0.79	0.61	0.57	0.42	0.17	0.16	0.15	0.43	0.51	0.76	0.79
剝 離 率 (%)	10.16	8.38	7.72	5.74	2.20	2.03	1.79	11.57	8.79	10.13	10.16
剝 離 量 の 最 大 値 (mg/l)	233	108	75.7	34.9	23.6	11.9	6.6	15.4	17.1	20.2	233
初 期 流 量 変 化 速 度 (%)	23.6	15.6	9.41	4.61	3.58	1.86	0.96	25.1	25.3	30.3	23.6

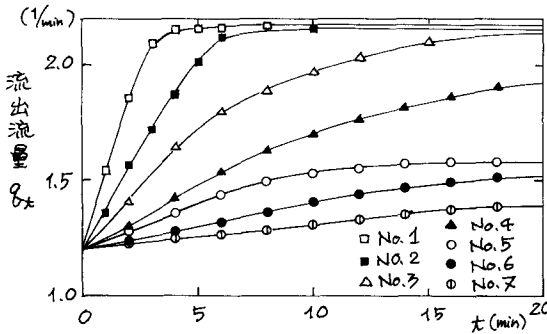


図-2 流量変化後の流出流量の変化

し、小さい場合には、ほぼ一定の割合で長時間連続して離していることがわかる。実験No.7の場合の初期の流出量の変化速度は0.96%/minで定速ろ過時の空隙内実流速の変化速度に近い値であると考えられその剥離状況は定速ろ過時に類似しているものと考えられる。

図-4は単位時間当りの剥離量の最大値と初期の流量変化速度を両対数グラフで示したものである。図から流量変化速度が小さい場合に剥離量を推定することができる。

また表2のNo.8~11より剥離率(全抑留量に対する全剥離量の割合)は抑留量にかかわらずほぼ一定であること、すなわち剥離量は抑留量に比例することからわかる。

以上のことより、定速ろ過時の剥離量は水流の剪断力と抑留量に比例し、量的には非常に少量であることが予想される。今回の実験で得られた剥離量を示す式は次のようになる。

$$y = 7.4 \times 10^{-4} \times \sigma_s \times \alpha^{1.17} \quad (1)$$

y: 砂層350gからの単位時間当りの剥離量 (mg/min)

$\sigma_s$ : 砂層350g当りの抑留量 (mg),  $\alpha$ : 流量変化速度 (%/min)

#### 4. Mintzの式における剥離項

次式(2)がMintzの式で右辺第二項が剥離項である。

$$-\frac{\partial C}{\partial z} = bC - \frac{a\sigma_s}{V} \quad (2)$$

C: 懸濁物濃度 (mg/l),  $\sigma_s$ : 単位砂層当りの抑留量 (mg), b: 阻止率 (1/cm)

a: 定数 (1/min), V: ろ過速度 (cm/min), z: 砂層深さ (cm)

図-5は(2)式と(1)式による剥離量を示したものでMintzの式による値は(1)式のものより非常に大きなものとなっていることがわかる。なお $P_3$ は抑留物質の空隙率(仮定値)であり、 $\alpha$ は $P_3$ に依存する。

#### 5. 結論

定速ろ過における抑留物質の剥離量は、空隙内流速の上昇速度と抑留量に比例することが予想される。

また、定速ろ過における抑留物質の剥離量は非常に少なくMintzの式から示すほどの量にならないと考えられる。

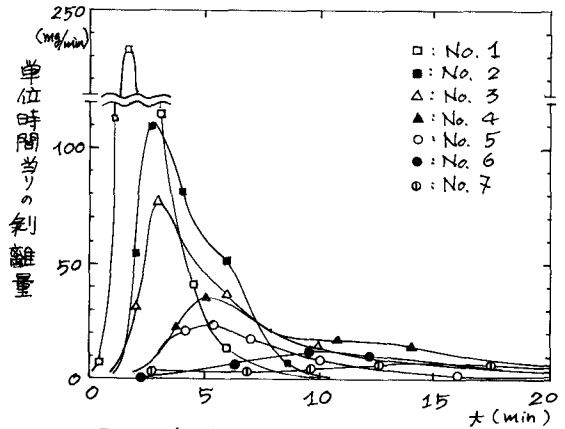


図-3 剥離流出量の変化

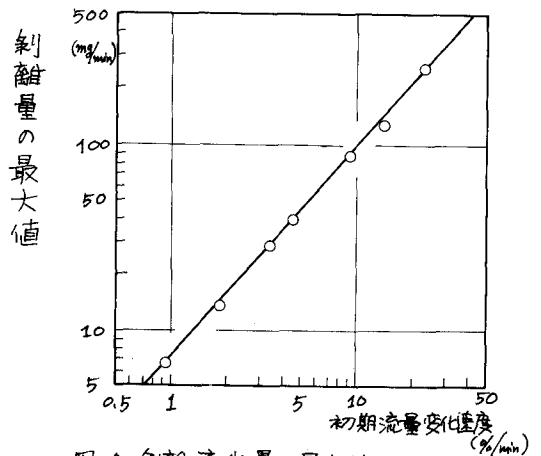


図-4 剥離流出量の最大値と初期流量変化速度の関係

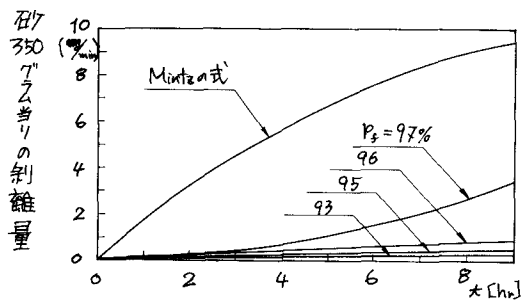


図-5 Mintzの式における剥離量と実験式による剥離量の経時変化