

1. はじめに

貯水池や湖沼に繁殖する種々の藻類のために、浄水場の水処理で、急速汚過池の閉塞問題が起こっている。この汚過池の閉塞の原因となっている生物のうち、針柱藻のシネドラを本題でとりあげ、特に汚過現象を汚過の操作因子である、汚速、汚材径、空隙率、汚層厚などと主に損失水頭を比較することにし、急速砂汚過池の閉塞について検討してみたものである。

2. 実験条件・装置及び実験方法

(1)実験条件：実験条件及び汚過操作因子の換算係数を表-1に表わした。実験条件については、実験番号1を基準として清浄砂層の損失水頭が2倍になるように汚過操作因子の値を変えてみた。但し、実験の都合上その値を示さない場合もある。

(2)シネドラの培養：実験に使用したシネドラは、S市水道局で純粋培養していたものを譲り受け、それをひきつづき84-11培地中で液体静置培養したものである。培養条件は、水温20℃、照度200~700lxである。シネドラの増殖は、ロジスティック曲線で近似することができ、実験に使用したシネドラは減衰増殖期のもので体長は概ね65~85μmである。

(3)実験方法：図-1に実験装置の概略を示した。汚過の制御は自然平衡型とし、フロックはマイクロフロック形式とした。

3. 実験結果及び考察

図-2は、滞留による純然たる損失水頭(Σh)について汚速、汚材径、空隙率、汚層厚の影響を補正して比較したものである。図より、滞留によって損失水頭の増加が著しい因子は、空隙率で次に汚速、汚材径であるが、シネドラの存在による損失水頭の増加もある程度大きな増加になっている。また、空隙率が大きな影響を示すことは、清浄砂層での損失水頭の式をみても容易に予想できることである。汚過性能の一つの考え方として、同一の滞留量あたりの損失水頭の小さいものが汚層の汚過効率が良いと考えられるので、図-3より次のことがわかる。実験番号1(N0.1)を基準として考えてみると、N0.4では、滞留量(Σv)に対する発生損失水頭がほぼ同じなので、滞留機構がほぼ同一であると考えられる。また、N0.1に対し、カオリン量を2倍にした場合に滞留量あたりの損失水頭が小さいのは、汚材中に高密度のフロックが滞留していると考えられるので、汚材の効果を高めるためには、凝集剤が過剰にならないようにするのが良いと考えられる。それに対し、凝集剤を増した場合、初期空隙率が低い場合、

表-1 実験条件および汚過操作因子の換算係数

項目	1	2	3	4	5	6	7
AL ₂ (SO ₄) ₃ 濃度(mg/l)	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
カオリン濃度(mg/l)	2.0	4.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
損失水頭 ¹⁾ (cm)	1.0	232	1.0	128	123	142	169
汚速 ²⁾ (m/d)	100	100	100	200	100	100	100
汚材径 ³⁾ (mm)	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
汚材径 ⁴⁾ (mm)	0.71-0.84	0.71-0.84	0.71-0.84	0.71-0.84	0.71-0.84	0.71-0.84	0.71-0.84
汚層厚 ⁵⁾ (cm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
汚層厚 ⁶⁾ (cm)	41.0	40.75	41.0	41.0	36.63	41.0	40.8
空隙率 ⁷⁾ (%)	1.0	0.89	1.0	1.0	0.89	1.0	1.0
空隙率 ⁸⁾ (%)	1.0	1.01	1.0	1.0	1.12	1.0	1.0
空隙率 ⁹⁾ (%)	50.0	49.7	50.0	50.0	44.0	50.0	51.7
空隙率 ¹⁰⁾ (%)	1.0	1.03	1.0	1.0	1.83	1.0	0.84

※1 実験条件の値 ※2 汚速汚過因子の換算係数
 $P = R_1/R_2$; R_1 : 実験番号1の清浄砂層の損失水頭
 R_2 : 実験番号2の清浄砂層の損失水頭
 ※3 汚材径は Leaky-Curves法にて得られた
 $P = Q_1/Q_2$; Q_1 : 実験番号1の値である
 Q_2 : 実験番号2の値である
 ※4 汚材径は 図-3の式

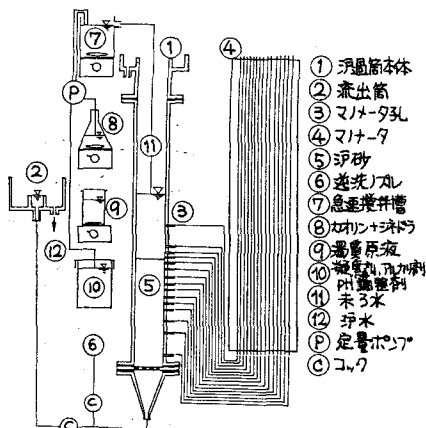
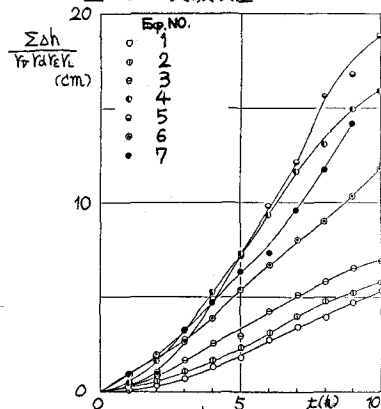


図-1 実験装置

図-2 $\frac{\Sigma h}{v \cdot d \cdot L}$ の時間変化

汙材径が小さい場合は、同一抑留量あたりの損失水頭が大きくなっている。シネドラによる汙過の閉塞防止という点からみると汙材条件として、初期空隙率が低くならずにできるだけ高く汙材径は大きく、汙速も速くした方が良く、凝集条件としては $Al_2(SO_4)_3$ が最適にならないようにした方がよいということができる。次に、汙過時間6~8時間においての各砂層深さごとの抑留による損失水頭 H_{LH} を図-4 に示した。他の時間の図は省略してあるが H_{LH} は時間の経過とともに増加し、やがてピークに達してついに減少するという傾向をたどるようである。 H_{LH} の値は、頂部が最も大きく、深くなるにしたがって小さくなる。表-2 はそのピーク値をまとめたもので、これより、抑留量や抑留能力の相対的評価が行なえると考えられる。やはりNO.1の実験を基準とすると、NO.2は全砂層深さ方向に対してもほぼ等しく、汙層の有効利用から考えて望ましいといえる。一方、凝集剤を2倍にしたNO.3では、 H_{LH}/H_{LH1} は、約1.5倍となり抑留能力は若干増加するようである。また他のケース、V.E.dについても約1.5倍の H_{LH}/H_{LH1} は抑留量を示しておりこの程度であれば、表面汙過になるとはいえないと考えられる。しかしシネドラが入っている場合では、約3倍と極端に損失水頭が大きくなっている。シネドラによる損失水頭への影響は、特に砂層頂部に片寄ってあらわれている。また、本ケースのような短いシネドラであっても、E.dなどの汙材の構成条件によっては、簡単に閉塞してしまう可能性が指摘できる。次に、逆洗水の濁度を経時的に示したのが図-5 でありそれぞれの逆洗状況を比較するために図-5 中に模式的に示したパラメータをまとめて表-3 に示した。逆洗時間や最終的な逆洗水濁度については差は認められないが、逆洗効果からいって、 ka_1, ka_2, T_2 は小さいほど、 G_a, G_b, T_2 については、大きいほど望ましいということができると、つづいても、シネドラの存在による逆洗への悪影響が表われている。

4. おわりに

今回は、シネドラが存在する場合や、他の汙過の操作因子を変えた場合と、主に損失水頭を比較することによって考察してきた。表-1 は、定性的に汙過の操作因子ごとの汙過性能の比較をしたものである。X印のついた現象をO印のついた操作因子で改善したり、操作因子で△、X印のものは「比率」を反対方向に変化させるなどということが、汙過の閉塞防止につながると考えることができると思う。最後に、いろいろな面で御協力をいただいた仙台市水道局水質センターの方々に感謝いたします。

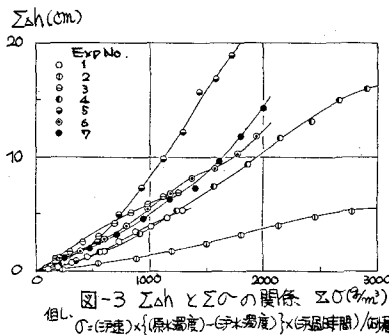


図-3 $\Sigma\Delta h$ と ΣQ の関係 $\Sigma Q (m^3/min)$
 $\Delta h = (\text{砂層深さ}) \times \{ (\text{原水濁度}) - (\text{砂水濁度}) \} \times (\text{汙過時間}) / (\text{砂層厚})$

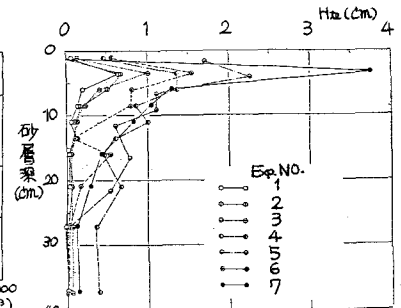


図-4 H_{LH} 分布 (汙過6~8h)

表-2 砂層頂部近の H_{LH} の最大値

実験番号	原水濁度 (mg/l)	砂水濁度 (mg/l)	汙過時間 (h)	損失水頭 (cm)
1	0.75	0.75	1	9-10 10-3.5
2	0.75	0.73	0.97	6-8 0.75-3.5
3	1.17	1.17	1.56	4-6 1.0-3.5
4	2.57	1.29	1.72	2-4 1.0-3.5
5	2.60	1.31	1.75	2-4 1.63-4.43
6	2.06	1.03	1.37	0-2 1.0-3.5
7	2.73	2.22	2.96	6-8 0.8-3.3

H_{LH} : 汙過の時間における損失水頭 (cm)

下: 逆洗水濁度 (mg/l)

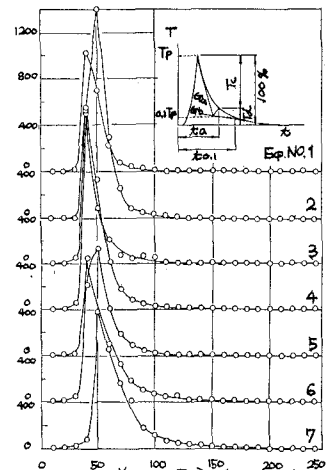


図-5 逆洗水濁度の経時変化 (mg/l)

表-3 逆洗水の各パラメータ値

実験番号	逆洗時間 (min)	ka_1 (mg/l)	ka_2 (mg/l)	T_1 (min)	T_2 (min)	G_a (mg/l)	G_b (mg/l)
1	1067	78	69	92.7	7.3	46.5	1.00
2	1840	74	76	90.8	9.2	111.1	1.00
3	1325	66	63	86.8	13.2	83.3	1.45
4	1700	70	73	91.6	8.4	71.4	0.71
5	920	79	78	98.9	11.1	46.5	0.93
6	1240	87	79	94.7	15.3	40.0	0.88
7	1186	98	92	95.7	14.3	30.3	1.06

表-4 汙過の操作因子ごとの汙過性能の比較

操作因子	原水濁度 (mg/l)	砂水濁度 (mg/l)	汙過時間 (h)	損失水頭 (cm)
1	0.75	0.75	1	9-10 10-3.5
2	0.75	0.73	0.97	6-8 0.75-3.5
3	1.17	1.17	1.56	4-6 1.0-3.5
4	2.57	1.29	1.72	2-4 1.0-3.5
5	2.60	1.31	1.75	2-4 1.63-4.43
6	2.06	1.03	1.37	0-2 1.0-3.5
7	2.73	2.22	2.96	6-8 0.8-3.3

原水濁度: 0.75mg/l, 砂水濁度: 0.73mg/l, 汙過時間: 1h, 損失水頭: 9-10cm
 砂層深さ: 20cm, 砂層厚: 0.71-0.84mmに調整した。
 ALH : $ALH (cm) / (1+0.2)$ Δ : 損失水頭の最大値を示す。
 Δ : 損失水頭の最大値を示す。○: 損失水頭の最大値を示す。
 Δ : 損失水頭の最大値を示す。X: 損失水頭の最大値を示す。