

II-472 急速ろ過の操作条件と閉塞性の関係

東北工業大学 正員 今野 弘

1. はじめに

野水池や湖沼の富栄養化にともなう水源水中の藻類による急速ろ過池の閉塞問題は、不都合な問題の一つとして、たいび以前から数多く報告されている。しかし、処理上の合理的な対策に関しては、不完全というのが実状である。従来よりこの問題に取り組む、すなわち原因藻類の凝集処理性やろ過による除去性について一部を報告してきた^{1),2)}。本報告では、損失水頭の発生状況からみて、ろ過閉塞防止のためのろ過操作条件について検討したものである。

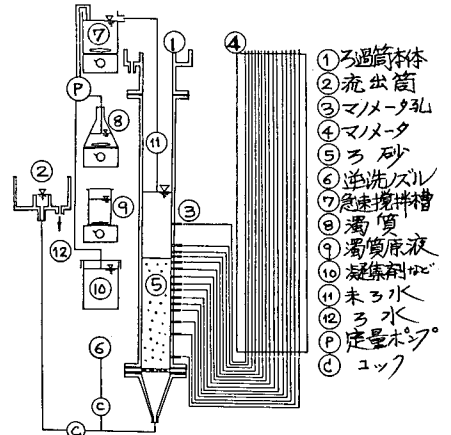


図-1 実験装置

2. 実験装置および実験条件

- (1) 図-1は、実験装置の概略を示したもので、ろ過管は内径50mm、自然平衡型ろ過を制御し、原水はフロック形成をおこなわない直接ろ過形式とした。
- (2) 実験条件を表-1にまとめて示した。凝集剤は硫酸アルミニウムで2.5~20mg/l、濁質は、カカシとシネドラで、12.0~27.8mg/lシネドラの個数濃度は1900/m²、ろ速(V)は50~200m/d、ろ材径(d)は、ろ砂をフレイク分けて、それぞれのフレイクに残留したものを集めたため、幾何平均径として0.54~0.92mm、その他、ろ層厚(L)や空隙率(ε)を任意に選定し、これらの条件を組み合わせて実験条件とした。

3. 実験結果および考察

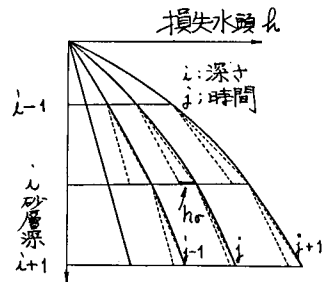
図-2は、ろ層内への濁質の抑留において発生し、時間とともに変化するろ層深さ方向の損失水頭分布の様式図を示したものである。図からわかるように、h₀は、ろ層厚、時間における濁質の抑留による損失水頭の増分であり、Σh₀は、各ろ過時間におけるh₀をろ層深さ方向にたし合わせたものとなる。

図-3は、抑留量σに対する損失水頭の増分Σh₀の関係を示したものである。ここで、抑留量σは、ろ過方程式より、

$$\sigma = -V \frac{dc}{dz} dt \quad (V: \text{ろ速}, c: \text{濁質濃度}, z: \text{ろ層厚}, t: \text{時間}) \quad (1)$$

として求めた。図-3は、ろ速の影響を比較するためにまとめたもので、図から、同一の抑留量あたりの発生損失水頭は、V=100m/dの場合が最も小さくなるこがわかる。「ろ速は100m/dより遅くても、早くても抑留量あたりの損失水頭が大きくなる」という点は、特徴的といえる。

図-4は、ろ材径の違いによるΣh₀とσ



$$h_0 = H_{ij} - h_{ij-1} - (h_{i-1,j} - h_{i-1,j-1})$$

$$\Sigma h_0 = \sum_{i=0}^n H_{ij}$$

図-2 損失水頭分布の様式図

表-1 実験条件

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
濁質濃度 (%)	10	10	20	10	10	10	10	5	2.5	5	10	5	5	5
濁質 (シネドラ) (%)	12.0	27.8	12.0	15.4	14.8	17.0	20.3	12.8	14.3	14.4	13.3	13.5	14.0	13.9
ろ速 (m/d)	100	100	100	200	100	100	100	50	100	100	200	100	200	100
V (m/d)	1	1	1	2	1	1	1	0.5	1	1	2	1	2	1
ろ材径 d (mm)	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.54	0.54	0.77	0.77	0.77	0.77	0.92	0.92	0.92
ろ層厚 L (cm)	1	1	1	1	1	2.0	2.0	1	1	1	1	0.7	0.7	0.7
空隙率 ε (%)	1	1.0	1	1	0.9	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ろ水 (%)	50.0	49.7	50.0	50.0	44.0	50.0	51.7	49.4	49.4	48.4	49.6	49.8	49.5	49.9
ろ水 (%)	1	1.0	1	1	1.7	1	0.9	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
ろ水 (%)	0	0	0	0	0	0	19.00	0	0	0	0	0	0	0

注) σ = h_i/h_{i-1}; h_i: 実験番号iの清浄ろ層の損失水頭
 h_{i-1}: i-1
 h_{i-1,j}: 損失水頭は、Fau-Hatchの式において得られる値

の関係を示したものである。図から、抑留量に対する損失水頭の増分が最も小さいのは、ろ材径が0.77mmの場合で、それよりも大きくても、小さくても損失水頭は大きくなることがわかる。また、ろ材径が大きい場合には、ろ速が200%よりは、100%の方が、同一抑留量あたりの損失水頭が小さくなり、また凝集剤量を低く抑えることも効果的であることがわかる。図-5は、ろ層の空隙率をパラメータとして、 Σh_r と σ の関係を示したものである。ろ層の初期空隙率を低く設定したときの抑留による損失水頭の増分は、最も著しく、ろ過閉塞防止という観点からは、できるだけ空隙率の小くならないよう配慮すべきである。

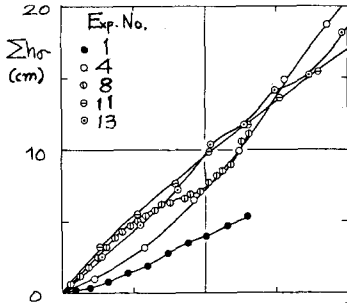


図-3 Σh_r と σ の関係(ろ速)

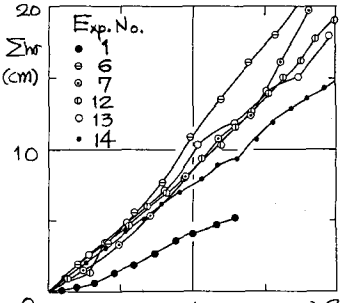


図-4 Σh_r と σ の関係(空隙率)

図-6は、同じくALT比(凝集剤中の Al^{3+} 量/原水濁度(-))をパラメータとして示したものである。ALT比の最も小さいのはExp. 10の0.0274であり、最も大きいのはExp. 3の0.263である。他の条件は、 $V=100\%$ 、 $d=0.77\text{mm}$ であるが、図-1によると、ALT比の変化は、他の V や d 、 ϵ の操作因子と異なり、損失水頭の発現性にそれほど大きな影響を与えないように思われる。しかし、これは、 $V=100\%$ 、 $d=0.77\text{mm}$ という、 σ に対する Σh_r が最も小さい条件であるために影響が顕在化しなかつたと考えらるべきであろう。なぜならば、 V の大小、 d の大小、などの、ここでの V, d 以外の条件では、ALT比を小さくすることが、抑留量あたりの損失水頭増分を低下させる効果があるという前述のような結果も得られているからである。

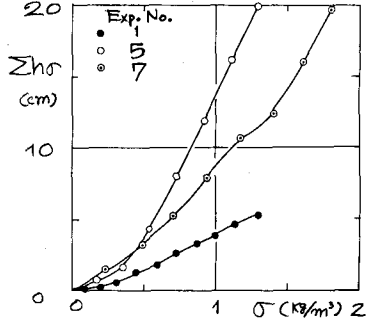


図-5 Σh_r と σ の関係(空隙率)

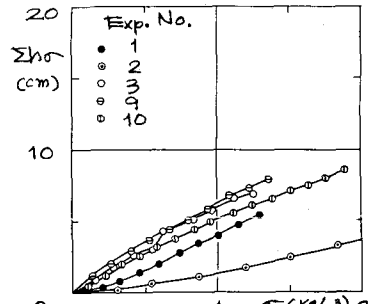


図-6 Σh_r と σ の関係(ALT比)

4. おわりに

以上の結果から、ろ過操作因子としての V, d, ϵ などを総合的に考慮した指標を得るため次のように考えてみた。レイノルズ数 Re (Vd/ν ; ν 動粘度)は、たとえば水温20℃、 $V=100\%$ 、 $d=0.77\text{mm}$ のときには0.9程度である。ろ過がすすむとみかけ上 d が増加するので、一般のろ過はレイノルズ数が1以上の場合が多いとすると、損失水頭の式は、 $1 < Re < 100$ でFau-Hatchがいう $h = f(L, 1/d^{1.5}, V^{1.5}, 1/\epsilon^4)$ となる。本報告で得られた最適ろ過条件として、 $d_0=0.77\text{mm}$ 、 $V_0=100\%$ 、 $\epsilon_0=0.5$ をえらび、この値からはずれるにしたがって損失水頭が増加するので、

$$\delta h = (d_0/d)^{1.5} \cdot (V/V_0)^{1.5} \cdot (\epsilon_0/\epsilon)^4 \dots (2)$$

という δh を考え、これと、ろ過時間10時間後の σ と Σh_r の比 $(\Sigma h_r/\sigma)_{10h}$ の関係を図-7のようにまとめた。図から $\delta h=1.0$ にろ過条件を制御することで抑留量あたりの損失水頭を最も小さくすることができるといふ意味で、ろ過池閉塞防止上有効な方法と考えられる。なお、今後、指標の妥当性について検討を重ねていきたい。

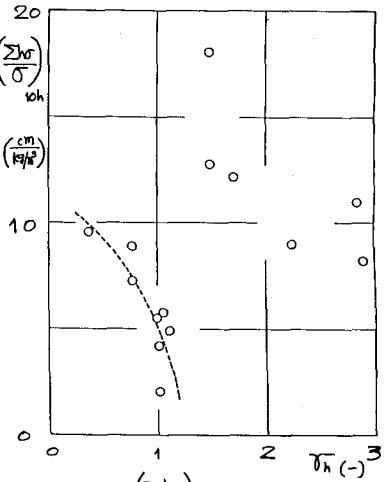


図-7 $(\frac{\Sigma h_r}{\sigma})_{10h}$ と δh の関係

参考文献: 1) 今野 樹雄, 5頁, 1965. 2) 今野 樹雄, 1965. 3) 今野 樹雄, 1965. 4) 今野 樹雄, 1965. 5) 今野 樹雄, 1965.