

II-103

針状珪藻による急速砂ろ過池の閉塞を防止するためのろ層構成

東北工業大学大学院 ○伊澤信宏

東北工業大学工学部 今野 弘

1. はじめに

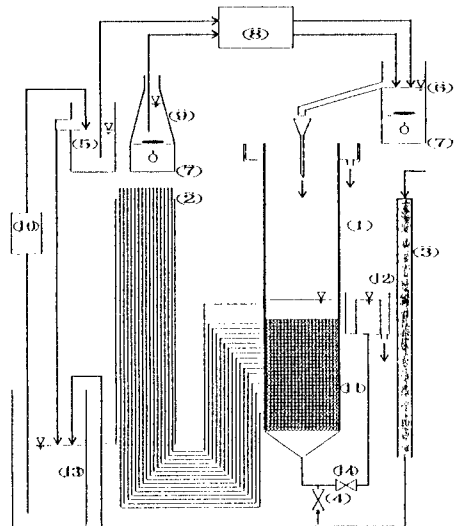
閉鎖性水域を水源として利用している浄水場では、富栄養化に伴う藻類の大量発生によって、浄水上多くの問題点が発生している。藻類の中でも針状珪藻は、凝集沈澱で除去しにくく、急速砂ろ過池に流入してくるために浄水障害の一つであるろ過閉塞¹⁾を引き起こしている。対策としてはアンストライトの敷き均しなど大型ろ材の使用が図られている。著者らは合理的なろ層設計法を確立する目的で藻類を使った急速砂ろ過の実験を通して検討を重ねてきた²⁾。本報告では各種の針状珪藻を用いてろ層内の抑留状況、進入深さならびに発生損失水頭から針状珪藻における最良のろ過閉塞防止効果を得るためのろ層構成について検討した。

2. 実験装置、条件および方法

図-1にろ過実験装置全体の概略、表-1に実験条件を示した。図の①は高さ120cm、内径50mmのろ過筒で、ろ過はカスケード的流入の定水位流出タイプで、自然平衡型ろ過形式で制御されている。供試藻類は、実貯水池より採取した*Synedra*, *Nitzschia*, *Asterionella*であり、BG-11培地で大量に培養した。長さは*Synedra*が80~90 μ m（記号；S）、*Nitzschia*（記号；N）が100~110 μ m（；NL）、30~40 μ m（；Ns1）、20~30 μ m（；Ns2）の三種、*Asterionella*が30 μ m（記号；A）の三藻類、五タイプを用いた。S, Nは針状珪藻の単体で、Aは先端部で何個か結合した状態で存在するが、結合個数は三個が多かったので表-1では長さ合わせて30 $\times$ 3と記した。原水中の藻類体積量を同じにするために、藻類の個数濃度はS；600ヶ/ml, NL；500ヶ/ml, Ns1；1,500ヶ/ml, Ns2；2,100ヶ/ml, A；600ヶ/mlと調整した。ろ材径としてアンストライトと砂を所定のサイズにふるい分けて使用した。ろ材径は幾何平均径である。原水は水道水を用いたが、残留塩素を除去するため活性炭層（図-1③）に通して原水を循環させた。実験はろ過速度を100m/dと一定とし、ろ過はろ過現象の時間的推移から判断して6時間としている。なお、凝集剤および他の懸濁粒子は添加していない。

3. 実験結果および考察

まずろ層内への抑留に伴う損失水頭がろ過に伴ってろ層深さ方向にどのように進行していくかを考察した。ここではろ材径（d）と針状珪藻の長さ（s）の比（d/s）を一つのパラメータとして整理した。その結果が図-2である。図中には全ろ層内における抑留により増加した損失水頭 H_z に対するあるろ層深さまでの同じく抑留による損失水頭分 H_z の比 $H_z/H_z \times 100$ （%）で得られる値のろ層深さ方向の分布を示している。S, N, Aは前述した藻類の種類



- ①ろ過筒本体
- ②マノメータ
- ③残留塩素除去筒
- ④逆流洗浄水用バルブ
- ⑤高置水槽
- ⑥原水(未ろ水)槽
- ⑦マグネチックスターラ
- ⑧定量ポンプ
- ⑨藻類原水槽
- ⑩ポンプ
- ⑪ろ材
- ⑫ろ水流出部
- ⑬低置水槽
- ⑭バルブ

図-1 実験装置

表-1 実験条件

	種類	ろ層厚 (cm)	ろ材径 (mm)
ろ材	アンストライト	52.5, 46.0	1.84
		46.0	1.54
	砂	52.0	1.29
		13.0	0.46
		46.0	1.09, 0.92 0.78, 0.55
藻類	種類	<i>Synedra</i> , <i>Nitzschia</i> <i>Asterionella</i>	
	長さ (μ m)	S	80~90
		N	100~110, 30~40, 20~30
		A	30 $\times$ 3
	個数濃度 (ヶ/ml)	S	600
		N	500, 1500, 2100
		A	600
操作	ろ過速度 (m/d)	100	
	ろ過時間 (h)	6	

を示す。図から d/s の比較的大きい17.5および18.1の場合には、 $Hz/H\sigma(\times 100)$ はろ層深さが5~10cmで80%、20cmで90%、40cmで100%と藻類の抑留がろ層深さ方向に適度に行われてろ層全体で抑留が行われていることがわかる。ろ層の有効性から判断すると効果的にろ層が使われていて望ましいのである反面ろ層から藻類がリークする危険性も大きいといえる。また d/s が16以下では珪藻類の種類によらず、ろ層深さ5cm以内では $Hz/H\sigma(\times 100)$ が90%以上、10cm以内では95%以上とかなり高い損失水頭を発生させている。特に d/s が5程度であると10cm以内のろ層深さで100%に近い損失水頭を発生させている。

図-3は、図-2をもとにして $Hz/H\sigma(\times 100)$ が95%に達するろ層深さをろ材径厚のろ層数²⁾ ($n=L/d$; L :ろ層厚, d :ろ材径)に換算し、それを d/s に対して藻類の種類をパラメータとしてまとめたものである。図をみると $d/s < 7$ においてろ材径厚ろ層数 n はだいたい50、 $d/s < 13$ において $n=100$ 程度と考えられ、針状藻類の種類や長さによる違いはあまり見られない。これらのことは、大型ろ材を使用してろ過閉塞の防止を図る場合、たとえばアスラサイト径として1mm(d)を選定すると、 $L=100d=100\text{mm}$ 、 $s > d/13=77\mu\text{m}$ と求められて、つまり長さ77 μm 以上の針状珪藻がろ材径1mmのアスラサイト10cm厚のろ材で95%以上除去されることを示している。その意味で d/s 、 n の指標としての意義は大きく、これらの数値はろ過閉塞防止のためのろ層構成の設計法に有用であるといえる。

図-4はろ過方程式から計算したろ層内の抑留量に対する発生した損失水頭を整理したものである。この結果を図-4の下に示した珪藻の種類、 d/s 、ろ材径 d のグループごとに考察してみる。同一の抑留量に対して大きな損失水頭が発生しているのは d/s が小さく、ろ材径 d の小さい場合に限られるようになる。 d/s が同程度であっても同一の抑留量に対して発生する損失水頭が大きくなるのはろ層内の抑留機構を考えると当然のことである。また反対に同一の抑留量に対して損失水頭の小さな場合は、同様な理由によりろ材径の大きな場合ということになる。したがってろ過閉塞を防止するためのろ層構成として前述した指標で適正なろ材径、ろ材厚を概算してその中で大きめのろ材径を選ぶと、発生する損失水頭が小さいろ層か、あるいは抑留容量の大きなろ層を設計できることになる。

4. おわりに

アスラサイトのような大型ろ材層厚をろ過閉塞の防止を目的として設計する場合、ろ材径と針状珪藻の長さの比(d/s)とろ層厚を構成するろ材径に相当する厚さのろ層数(ろ材径厚ろ層数; n)という指標が有用であり、そのグループ値を提示した。今回はその中でもろ材径が大きいケースで発生損失水頭が小さいという有効性も明らかにした。なお、1995年度実験に協力してくれた佐藤慎吾、能登正樹(東北工大学生)両君に感謝する。

参考文献 1) 斎藤昭二;水道協会雑誌, Vol. 62, No. 6, 1993. 2) たとえば今野・伊澤他;環境工学研究論文集, 1995

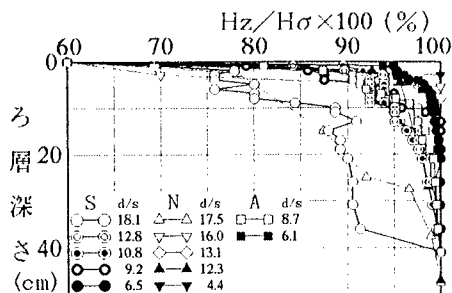


図-2 各ろ層深さにおける抑留による損失水頭の累加百分率

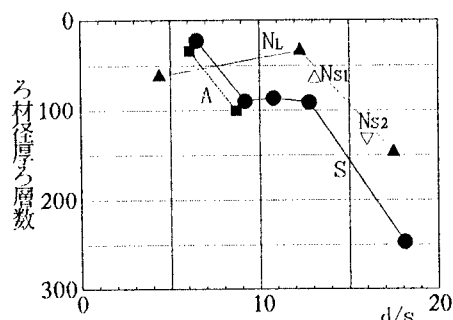
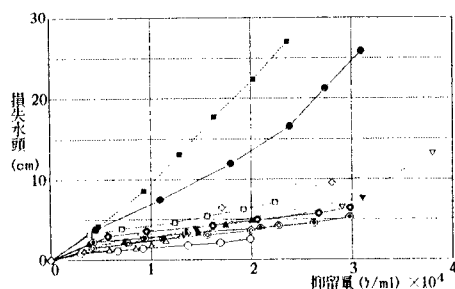


図-3 ろ材径厚ろ層数 n と d/s の関係



ろ材径(mm)	珪藻類	
	S(d/s)	N(d/s) A(d/s)
1.3(d)	○(18.1) ◎(12.8)	△(17.5) ▽(12.3)
0.9(d 1.3)	●(10.8)	□(8.7)
0.6(d 0.9 d 0.6)	●(9.2) ●(6.5)	◇(16.0) ■(6.1) ▲(13.1) ▼(4.4)

図-4 抑留量と損失水頭の関係