

前橋工科大学建設工学科 学生会員 高橋 健
 前橋工科大学建設工学科 正会員 田中恒夫
 前橋工科大学建設工学科 正会員 尾崎益雄

1. はじめに

水のリサイクルの必要性が求められて久しいが、その率は依然として低い。特に、下水処理場から放流される二次処理水は濾過等の簡易的处理などで再利用可能なこと、また量が多いこと等から、その再利用は水資源確保の観点から必須である。現在、二次処理水を砂濾過等により処理し、施設内で再利用すること、および環境への負荷の低減化が盛んに検討されている。本研究では、炭素の長繊維を用いる高速濾過を新たに提案し、その濾過特性を実験的に検討した。

2. 炭素繊維の特徴

炭素繊維は安定物質で腐食性・耐久性に優れており、生物親和性も高いことから、下水二次処理水中に含まれている有機性懸濁物質の除去の濾過材として適していると考えられる。本研究では強度の異なる3種類の炭素繊維を取り上げたが、表-1のように、他の繊維と比較しても引張強度および弾性率(圧縮反発性)は大きく、これは逆洗浄を容易にする。また、炭素繊維の重なりにより形成される適度な空隙は短時間での圧力損失の上昇を抑制すると考えられる。濾過材として炭素繊維を用いることにより、濾過性能・操作性は向上すると考えられる。

3. 炭素繊維の選定

3. 1 実験装置および項目

濾過に使用する炭素繊維を選定するため、高さ57.5cm、直径3cmの塩化ビニール樹脂製のパイプに、フィラメント数12000本の炭素繊維32本を取り付けた簡易的な装置を用いて実験を行った。物性の異なる3種類の炭素繊維(表-1)に対して、懸濁物質の除去率、濾過速度(LV)、逆洗時における炭素繊維濾層からの懸濁物質の離脱(逆洗性能)、炭素繊維の逆洗時耐久性、炭素繊維の折り曲げ耐久性等の検討を行った。

3. 2 実験方法

(1) 除去率: 標準活性汚泥反応槽から採取した活性汚泥を希釈してSS濃度を約22mg/Lにしたものを原水とし、それを装置上端から通水し、原水と処理水のSS濃度差から除去率を計算した。

表-1 実験に用いた炭素繊維

	引張強度(MPa)	弾性率(MPa)
No.1	1210	55
No.2	3920	295
No.3	3700	508

表-2 実験結果

	No.1	No.2	No.3
除去率(%)	63	83	54
濾過速度(m/d)	1000 以上	976	1000 以上
逆洗操作性(mg/min)	0.31	0.87	0.34
逆洗性能(mg)	7.3	8.1	3.3
折曲げ耐久性(回)	617	1014	8

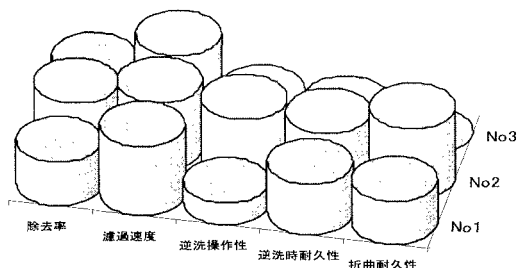


図-1 実験結果の比較

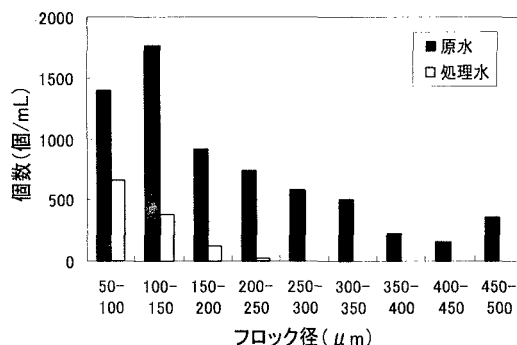


図-2 懸濁物質の分離

キーワード: 高速濾過, 炭素繊維, 逆洗性能, 生物親和性, リサイクル。

連絡先: 〒371-0816 前橋市上佐鳥町460-1 TEL: 027-265-7363, FAX: 027-265-3837。

(2) 濾過速度：装置下端からの流出量と断面積から濾過速度を算出した。

(3) 逆洗性能：原水を装置に通水し懸濁物質を炭素繊維に付着させ逆洗を行い、30 秒毎の装置内の濃度変化を観察し、逆洗性能を検討した。

(4) 炭素繊維の逆洗時耐久性：逆洗時における装置内の剥離炭素繊維量を測定し、耐久性を検討した。

(5) 折曲げ耐久性：炭素の長繊維を一定の力で折曲げ、断裂するまでの折曲げ回数を強度とした。

4. 実験結果および考察

炭素繊維を取り付けた簡易装置を用いて行った実験の結果を表-2に示す。SS 除去率は、表-2からわかるように、No. 2 の炭素繊維を取り付けた時に、約 83% で最も高かった。濾過速度は 1000m/d 付近あるいはそれ以上で、炭素繊維の使用による高速濾過の可能性が確認できた。No. 3 の濾過材を使用した場合は、2000m/d 以上の濾過速度が得られた。逆洗性能については、逆洗時において No. 2 の繊維使用時に SS 濃度の変化は著しく、炭素繊維層からの懸濁物質の離脱速度が大きいことがわかった。また、No. 3 の炭素繊維を取り付けた場合に、逆洗時における装置内の剥離炭素繊維の量は最も少なく、耐久性が大きいことがわかった。折り曲げ耐久性については、表-2に示したように、No. 2 の炭素繊維が 1014 回で最も多く、折り曲げに対して強いことがわかった。

濾過に最も適した炭素繊維の選定を容易にするために、上記の結果を図-1にまとめて示した。濾過において最も重要な因子のひとつである懸濁物質の除去率について着目すると、No. 2 の炭素繊維を用いた場合に最も高く、濾過材として有用と考えられる。加えて、No. 2 の炭素繊維の折り曲げ耐久性は大きく、濾過-逆洗の繰り返し操作にも耐えられると考えられる。その他、図-2を参考に総合的に判断すると、上記のように、No. 2 の炭素繊維が高速濾過の濾過材として適していると考えられる。

5. 濾過装置のスケールアップ

炭素繊維の選定の際に使用した装置より大きな濾過装置を作製し、No. 2 の炭素繊維を用いて実験を行った。装置は高さ 90cm、直径 10cm の塩化ビニール樹脂製のコラムで、その下端に長さ 70cm の炭素繊維を 124 本取り付け付けた。この時の炭素繊維によって形成される濾層厚は約 7cm である。実験は、同様に活性汚泥を希釈して所定の SS 濃度にしたものを原水とし、それを濾過装置に満たしてから濾過を開始した。平均濾過速度は約 500m/d、懸濁物質の除去率は約 73% で、上記の炭素繊維選定実験と同様な結果が得られた。また図-2には、

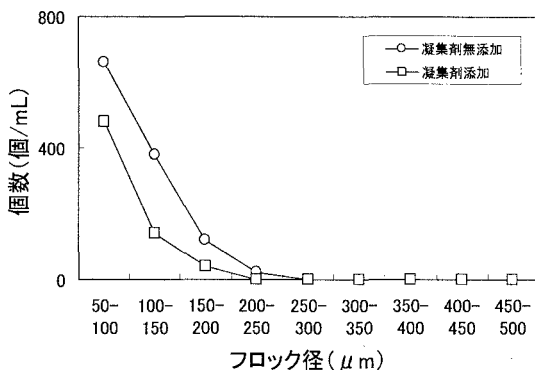


図-3 凝集剤添加の効果

原水と濾過処理水中の懸濁物質の分画を示した。原水中的の懸濁物質の大きさは 50~500 μm の範囲で、100~150 μm の大きさのものが多かった。その原水を、炭素繊維を取り付けた濾過装置で処理すると、図-2のような分画となる。両者を比較すると、濾過の効果がよくわかる。特に、250 μm 以上の懸濁物質の除去率は非常に高かった。

さらに、図-3には無機中性凝集剤を添加した場合の実験結果(分画)を示した。凝集剤添加により、懸濁物質の除去率は高くなっていることがわかる。濾過により除去できる懸濁物質の大きさも 150 μm と、凝集剤無添加の場合と比較して小さくなった。凝集剤を添加することにより濾過効率は向上することがわかり、また、より高速な濾過が可能になると考えられる。しかしながら、図-2の結果からもわかるように、凝集剤を添加しなくても、炭素繊維による高速濾過は十分可能と考えられる。

6. まとめ

炭素の長繊維を濾過に用いることを提案し、その可能性について実験的に検討した。本研究では、強度の異なる 3 種類の炭素繊維を取り上げ検討したが、強度 3920 MPa (No. 2) の炭素繊維が濾過材として使用できると判断された。No. 2 の繊維を用いてベンチスケールの濾過筒を作製し実験を行い、濾過特性を検討した。本実験より、炭素繊維を用いる高速濾過は可能と考えられた。

7. 参考文献

- 1) 岩塚剛, 黒崎義教: 長繊維による超高速濾過, 紙パ技協誌, 43(7), 46-51(1989).
- 2) 大谷杉郎: 炭素と生物, 炭素, No. 183, 162-167 (1998).