

微細珪砂を用いた凝集+砂ろ過法に関する基礎的研究

(株)石垣 正会員 ○南 修司 大阪工業大学 永井 将貴
 大阪工業大学 正会員 笠原 伸介 大阪工業大学 正会員 石川 宗孝

1. はじめに…簡易水道、専用水道、プールなどに適用される小規模水処理施設では、設置スペース、コスト、維持管理の面で制約を受けることが多い。しかし、現在の砂ろ過装置は、主に水道施設設計指針に基づいて設計されており、一定規模のろ過器や逆洗設備が必要となる。そこで著者らは、ろ材として設計指針で規定される最小径を下回る珪砂（以下、微細珪砂）を採用し、ろ層の比表面積（表面積/充填体積）を著しく高め、ろ層の浅層化を図ることで、ろ過器の深さ方向のダウンサイジングや逆洗設備を含むろ過システム全体の小型化を実現する新たな砂ろ過法を考案した。ここでは、本ろ過法の適正運用に必要な諸元と基本性能を明確にするため、まず、設計指針の規定範囲内で調整されたろ層と同等の濁質除去効果を得るために必要な微細珪砂の充填層厚について検討した後、そのろ層が持つ基本的なろ過性能および濁度負荷変動に対する緩衝特性について検討した。

2. 実験…本研究では、微細珪砂充填層厚ならびにろ過性能を評価するための実験 1（計 54 条件）および濁度負荷変動に対する緩衝特性を評価するための実験 2（計 6 条件）を行った。実験装置として、有効容積 12.3 L の急速混和槽と直径 7 cm のカラムから成る直接ろ過システムを用いた。実験 1 では、ろ過原水として、カオリンを 1 mg/L となるよう添加した本学水道水を用い、急速混和槽内で PACl を 0.025、0.05 および 0.15 mg-Al/L となるよう添加した後、G 値 150 s⁻¹ で 5 分間急速混和を行った。カラムには急速ろ過用に粒度調整された珪砂（有効径 0.64 mm、均等係数 1.4（以下、標準珪砂））をろ層厚 30、60 および 90 cm または微細珪砂（有効径 0.20 mm、均等係数 1.7）をろ層厚 2、5 および 10 cm にそれぞれ空隙率 44.3% で充填し、急速混和水をろ過速度 40、80 および 120 m/d で通水した。実験 2 では、PACl 注入率を 0.05 mg-Al/L に固定し、ろ過水濁度が清澄期に入る 6 時間まで原水カオリン濃度を 1 mg/L とし、その後、カオリン濃度を 100 mg/L に上昇させた。2 時間後、再びカオリン濃度を 1 mg/L に戻し、さらに 2 時間のろ過を行った。カラムには標準珪砂および微細珪砂を 60 cm および実験 1 より決定したろ層厚にそれぞれ充填し、急速混和水をろ過速度 80、120 および 160 m/d で通水した。

3. 微細珪砂充填層厚の検討…図 1 に、各ろ過条件におけるろ過清澄期の平均濁度除去率を算出し、所定除去率を得るために必要なろ層厚と薬注率の組み合わせ（ろ過速度 120 m/d）をプロットした結果を示す。両珪砂ともろ層厚が深いほどまたは薬注率が高いほど高い除去率が得られ、同じ薬注率で標準珪砂（ろ層厚 60 cm）と同等の除去率を得るために必要な微細珪砂のろ層厚は約 5~10 cm であることが分かった。

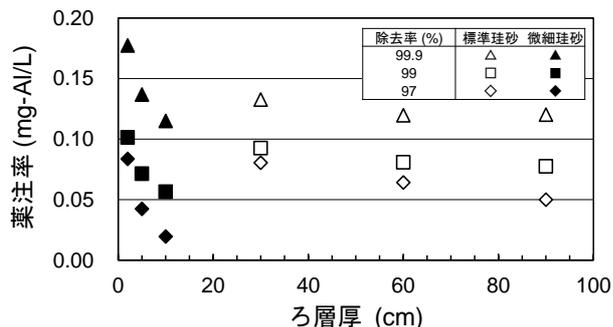


図 1 所定除去率を得るために必要なろ層厚と薬注率の組み合わせ（ろ過速度 120 m/d）

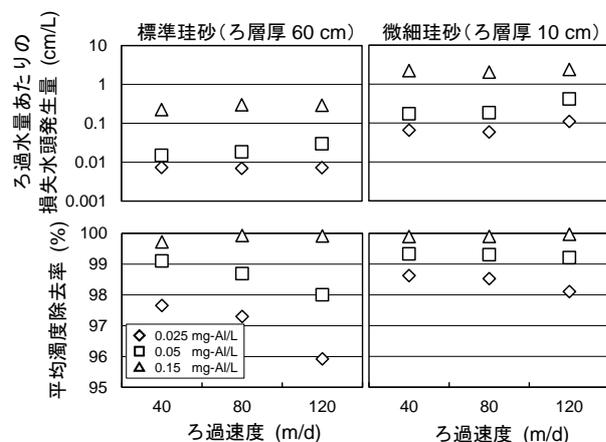


図 2 ろ過清澄期におけるろ過水量あたりの損失水頭発生量および平均濁度除去率

キーワード : 水処理、浄水処理、砂ろ過、微細珪砂

連絡先 : 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5 丁目 16-1 TEL : 06-6954-4165

4. ろ過性能の検討…図 2 に示す微細珪砂 (ろ層厚 10 cm) と標準珪砂 (ろ層厚 60 cm) におけるろ過清澄期の平均濁度除去率によると、いずれもろ過速度が高いほど除去率は低下する傾向が見られたが、微細珪砂 (ろ層厚 10 cm) では、その低下幅が小さく、ろ過速度の設定値に関係なくほぼ同等の濁質除去効果を発揮することが示唆された。一方、ろ過水量あたりの損失水頭発生量は、ろ過条件が同じ場合、微細珪砂 (ろ層厚 10 cm) の方が標準珪砂 (ろ層厚 60 cm) より約 10 倍高かったことから、微細珪砂の採用にあたっては、ろ過速度を低く設定するなどの対策が必要と考えられる。また、図 3 に示す初期漏出が収束するまでに供給された累積 AI 量によると、いずれのろ過条件においても、微細珪砂 (ろ層厚 10 cm) の方が標準珪砂 (ろ層厚 60 cm) より 8~66 (平均 34) %少なく、微細珪砂はろ層の早期熟成、即ち、ろ層未熟期間における捨水量の削減に効果的であることが示唆された。

5. 濁度負荷変動に対する緩衝特性の検討…図 4 に、ろ過原水濁度とろ過水濁度の動きを示す。負荷変動開始時のろ過水濁度は、標準珪砂 (ろ層厚 60 cm) の場合、速やかに上昇したのに対し、微細珪砂 (ろ層厚 10 cm) の場合、緩やかに上昇した。また、負荷変動時におけるろ過水濁度のピーク高さは、標準珪砂 (ろ層厚 60 cm) の場合、ろ過速度に関係なくほぼ一定であったのに対し、微細珪砂 (ろ層厚 10 cm) の場合、ろ過速度に大きく依存し、ろ過速度が低いほどろ過水濁度の上昇が抑制された。このことは、負荷変動開始前までに形成されたろ層の熟成度とその厚みに起因したと考えられ、比較的濃密な熟成層が局所的に集中して形成される微細珪砂 (ろ層厚 10 cm) では、濁度負荷変動に対する高い緩衝能が得られ、低いろ過速度で採用するほど、良好なろ過水質を維持できることが分かった。図 5 に示す変動 0~1 hr および 0~2 hr における累積濁質流出率においても、変動 0~1 hr では、すべてのろ過速度において流出抑制に対する微細珪砂 (ろ層厚 10 cm) の優位性が見られたのに対し、変動 0~2 hr では、ろ過速度 120 m/d 以下に限りその優位性が見られ、微細珪砂 (ろ層厚 10 cm) は、特にろ過速度 120 m/d 以下で採用した場合に、標準珪砂以上の高い流出抑制効果を発揮することが示された。

6. おわりに…本研究により、微細珪砂のろ層厚を 10 cm とすることで、従来の急速ろ過ろ層と同等の濁質除去効果が得られること、微細珪砂を採用すると、ろ層の早期熟成が可能となり、膨大な捨水量が必要となる低濁度水への適用に有利であること、微細珪砂を採用すると、突発的な原水濁度変動による凝集不良が生じても、ろ過速度を低く設定しておけば、従来のろ層より安定した処理水質が得られ、薬注管理の省力化に貢献することが明らかとなった。

<謝辞> 本研究を行うにあたり、データ採取にご協力頂いた本学卒業生の田島健祐君および濱田啓佑君に感謝の意を表します。また、本研究は、JSPS 科研費 (26340106) の助成を受けて遂行された。

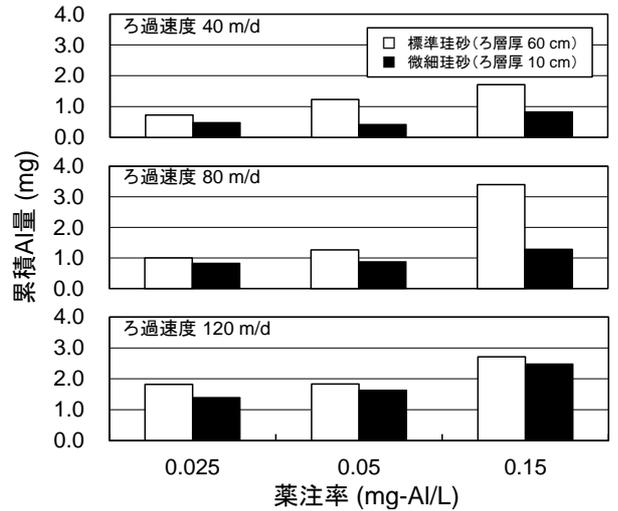


図 3 初期漏出が収束するまでに供給された累積 AI 量

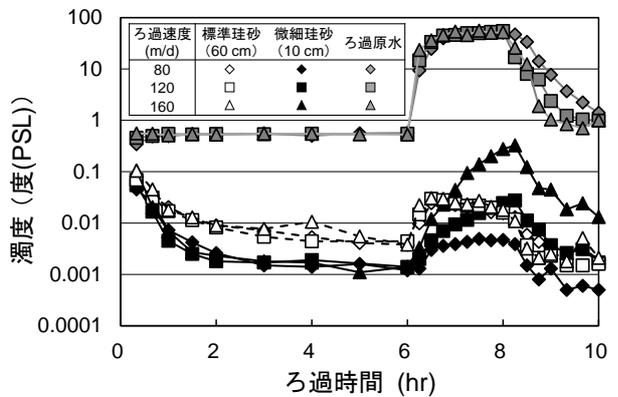


図 4 ろ過原水濁度とろ過水濁度の動き

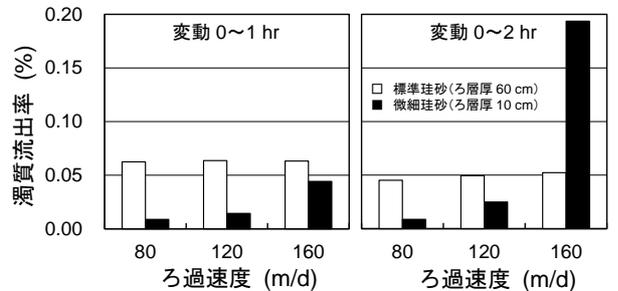


図 5 各変動時間における累積濁質流出率