

微細珪砂を用いた凝集・砂ろ過法における操作諸元とろ過特性の検討

大阪工業大学 学生会員 ○南 修司
 大阪工業大学 東川 昇平
 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 … 直接ろ過法が採用されるような低濁原水や活性炭処理水の除濁では、一般に、容易且つ確実な固液分離が求められる。著者ら¹⁾は、設計指針の規定を下回る微細珪砂を採用するとともに凝集操作条件を最適化することで、損失水頭の緩和と高い分離性能を両立する砂ろ過システムの開発を行っている。ここでは、実際に想定される低濁条件下での同ろ過システムの有効性を明らかにするため、Suction Time Ratio (STR)²⁾に基づいて最適 $G_R \cdot T_R$ 値を決定後、ベンチスケールろ過実験を行い、損失水頭、粒子除去および残留 AI の各挙動を検討した。

2.実験 … 図1に実験装置の概要を示す。実験装置は、回転数可変モーターを装着した有効容積 6 L の急速攪拌槽と断面積 49 cm^2 の矩形断面を有するアクリル製カラムより構成される。実験原水として、本学水道水にカオリンを 1 mg/L となるよう添加し、所定量の PAC を注入した後、所定の流量で急速攪拌槽に供給した。STR の検討では、急速攪拌槽の G_R 値が $50 \sim 1,350 \text{ s}^{-1}$ および T_R 値が $1 \sim 10 \text{ min}$ となるよう回転数および流量をそれぞれ調整し、原水供給後、十分な時間が経過した時点で急速攪拌槽からの流出水を採取した。採取した流出水を孔径 $0.45 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルター（材質：セルロース混合エステル、ADVANTEC 製）で吸引ろ過（吸引圧力： 30 kPa ）し、 500 mL 透過するのに要した時間を測定するとともに、透過水中の AI 濃度をオキシシン法により測定した。また、ろ過特性の検討では、急速攪拌およびろ層の条件を表1のように調整し、凝集処理された急速攪拌槽からの流出水をろ過速度 120 m/d でカラムに通水した。流入および流出水中の濁度および微粒子数をハイブリッド微粒子計（形式：ZVM、富士電機システムズ製）により、AI 濃度をオキシシン法によりそれぞれ測定した。

3.STR と損失水頭の動き … 図2に各種 G_R 値および T_R 値における STR および透過 AI の測定結果を示す。STR については、 G_R 値 $1,050 \text{ s}^{-1}$ および T_R 値 7 min ($G_R \cdot T_R$ 値 $441,000$) で最低値 1.7 を示し、海老江ら²⁾が指摘したように、ろ過抵抗を抑制するための最適 $G_R \cdot T_R$ 値の存在することが確認された。一方、透過 AI については、STR に関係なく $G_R \cdot T_R$ 値が高いほど多かつ

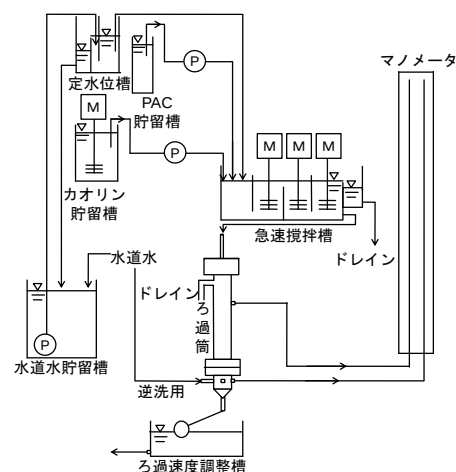
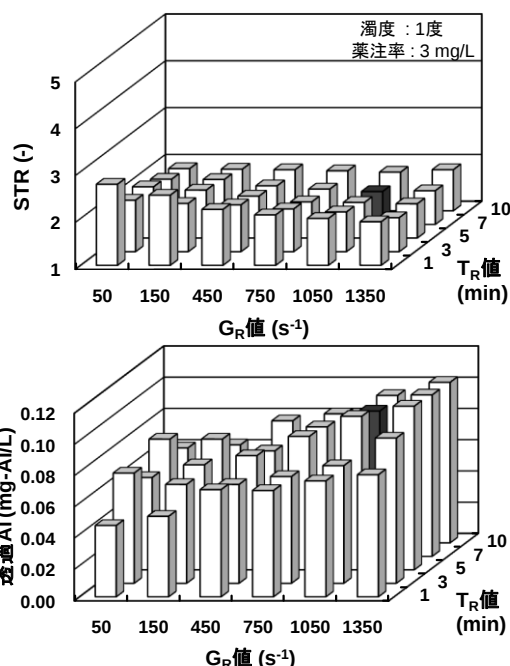


図1 実験装置の概要

表1 急速攪拌およびろ層条件

	対照系	微細珪砂系
G_R 値 (s^{-1})	150	1050
T_R 値 (min)	1	7
有効径 (mm)	0.64	0.20
均等係数 (-)	1.42	1.67
ろ層厚 (cm)	60	30
空隙率 (%)	44.3	44.3

図2 各種 G_R 値および T_R 値における STR および透過 AI の測定結果

キーワード：浄水処理、凝集、砂ろ過、急速攪拌 (G_R 値、 T_R 値)、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

たことから、 $G_R \cdot T_R$ 値が低い条件では水酸化アルミニウム含有比の高いフロックが形成されたことにより、また、 $G_R \cdot T_R$ 値が極度に高い条件では強い水流せん断によってフロックの形成と破壊が繰り返され、フロック相互の集塊力が低下したことにより、それぞれ STR が上昇したと考えられる。次に、図 3 (a) に示した損失水頭の経時変化によると、STR がいずれも 1 程度であった薬注率 1 mg/L 以下ではいずれの系においても濁質捕捉に伴う損失水頭の上昇は見られなかったが (データは掲載せず)、STR が 2 前後となった薬注率 3 mg/L では明確な損失水頭の上昇が見られ、STR は微細珪砂においてもろ過抵抗の有効な指標となることが確認された。また、発生した損失水頭を比較すると、微細珪砂系が対照系より約 10 倍高かったことから、微細珪砂の採用にあたっては、STR に基づく凝集条件の厳格な管理が重要と考えられる。

4. 粒子の除去特性と残留 AI の動き … 図 3 (b) に示したろ過水濁度の経時変化によると、微細珪砂系のろ過水濁度は常に対照系の 1/3 程度に抑えられ、また、その濁度除去率は十分な凝集微フロックが形成されなかったと考えられる薬注率 0.1 mg/L でも平均 85 % と高かった。このことから、微細珪砂系では広大な比表面積による高い接着・凝集効果と高い機械的抑止効果の両方が水質改善に寄与したと考えられる。ここで、図 4 に示した粒径ごとの平均 log 除去率 (通水開始 2 時間以降) に注目すると、微細珪砂系では低い薬注率でも容易に高い除去率が得られ、10 ~ 15 μm の粒子については薬注率 0.1 mg/L でも 3.1 log 除去された。また、いずれの系も薬注率を高めることで小径粒子の除去性が改善され、薬注率 1 mg/L では対照系で 5 ~ 10 μm の粒子が、微細珪砂系で 2 ~ 15 μm の粒子がそれぞれ 3 log 以上除去されるなど、微細珪砂を採用すると、より広範な粒径に対応できることが明らかとなった。さらに、図 5 に示したろ過水中の平均残留 AI によると、微細珪砂系では比表面積が大きいため、ろ層が熟成するには多くのフロックが必要と考えられるが、機械的抑止効果が高かったため、本実験では両系で 0 ~ 2 hr における残留 AI に大きな違いは見られなかった。一方、ろ層が熟成し、ろ材表面

におけるフロックの接着・凝集が卓越したと考えられる 2 hr 以降では、微細珪砂系の残留 AI は対照系の 1/3 ~ 2/3 程度に抑えられ、微細珪砂は残留 AI の抑制にも効果的であることが明らかとなった。

5. おわりに … 本研究により、最適 $G_R \cdot T_R$ 値による凝集操作と微細珪砂の組み合わせは、広範な粒径の濁質除去および残留 AI の抑制に効果的であることが明らかとなった。最後に、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町中浩慈君に感謝の意を表します。

【文献】1) 井上・笠原他：微細珪砂を用いた凝集+砂ろ過法のろ過特性に関する検討，土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集 VII, pp.163-164, 2012.9. 2) 海老江他：急速攪拌の適正化による直接ろ過の高効率化に関する研究，水道協会雑誌, Vol.74, No.5, pp.2-13, 2005.5

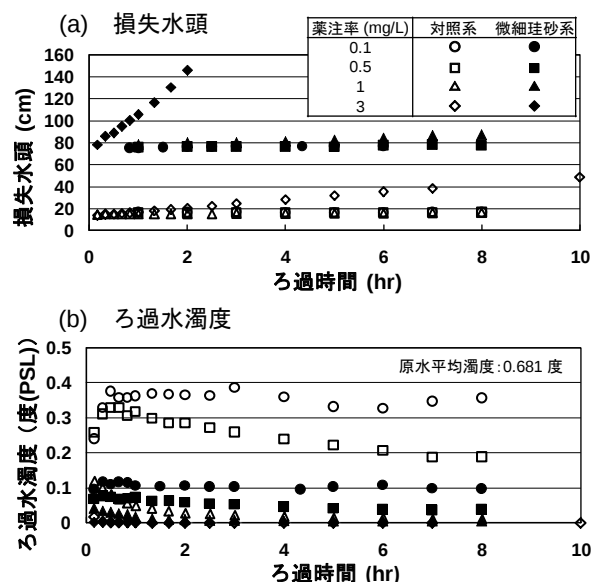


図 3 損失水頭およびろ過水濁度の経時変化

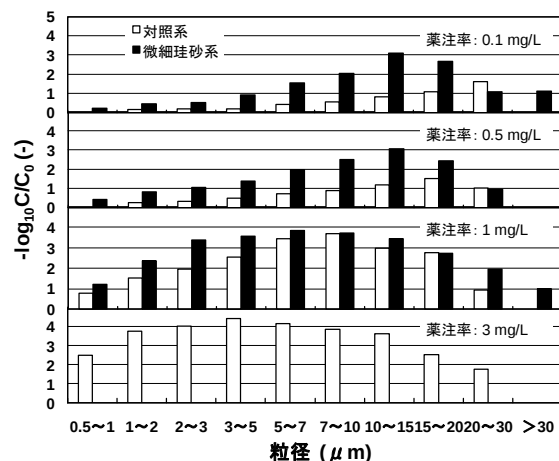


図 4 粒径ごとの平均 log 除去率 (2 hr 以降)

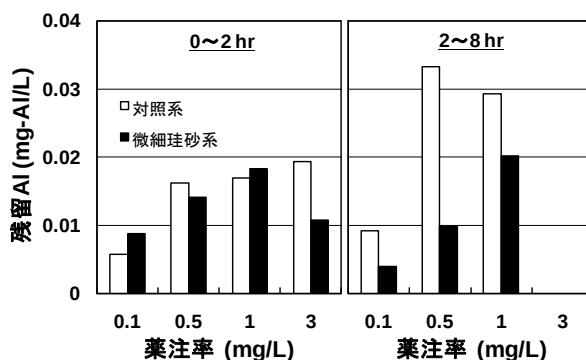


図 5 ろ過水中の平均残留 AI