

N-5 微細珪砂を用いた凝集＋砂ろ過法 —流入変動に対する緩衝特性の検討—

○永井 将貴^{1*}・笠原 伸介²・石川 宗孝²

¹大阪工業大学大学院工学研究科環境工学専攻（〒535-8585大阪府大阪市旭区大宮5丁目16-1）

²大阪工業大学工学部環境工学科（〒535-8585大阪府大阪市旭区大宮5丁目16-1）

* E-mail: m1m15f03@st.oit.ac.jp

1. はじめに

一般に、急速ろ過システムを採用している多くの浄水施設では、敷地面積を有効に活用するとの観点から、ろ過速度の高速化による施設のダウンサイジングが好まれる傾向にある。ただし、安定した高速ろ過を実現するには、濁質の捕捉に伴う損失水頭の上昇を抑制することが不可欠であり、ろ層の複層化などによる内部ろ過の促進、およびそれに伴うろ層深部の確実な洗浄再生、ろ層からの濁質流出の厳格な管理など、複雑な装置の構成と運用面での、多面的な配慮が必要となる。

一方、人口減少等により敷地面積に比較的自由のある浄水施設では、必要以上にダウンサイジングを追及するのではなく、余剰スペースを活用して処理コストの削減、保守管理の簡素化、運転操作性の向上および水質の改善などを旨とする方が得策である。

こうした考えの下、著者らは、洗浄設備を含めたシステム全体の簡素化を実現し得る砂ろ過法として、設計指針の規定範囲を下回る珪砂（以下、微細珪砂）を採用した浅層・小型砂ろ過システムの検討を行っている。既往の研究¹⁾では、有効径0.20 mm、均等係数1.7の微細珪砂をろ層厚10 cmに充填することで、有効径0.64 mm、均等係数1.4の一般的な急速ろ過砂（以下、標準珪砂）をろ層厚60 cmに充填した場合と同等の濁度除去率（ろ過清澄期）が得られることを明らかにした。

本研究では、考案した砂ろ過システムによる水処理の安定性を評価するため、一定薬注率で操作された砂ろ過層に対して、高濁水を一時的に流入させる負荷変動ろ過実験を行った。微細珪砂をろ層厚10 cmに充填したろ層および標準珪砂をろ層厚60 cmに充填したろ層において、粒径別微粒子数が各々どのように推移するかについて比較検討した。

2. 実験方法

図1に実験装置の概要を示す。実験装置として、直径7 cmの円筒型アクリルカラムを用い、カラム内に標準珪砂および微細珪砂をそれぞれろ層厚60 cmおよび10 cmとなるよう充填した。供試水として本学水道水にカオリンを1 mg/Lとなるように添加し、急速混和槽内でPACIを0.05 mg-Al/Lとなるよう注入した後、ろ過速度80、120および160 m/dでカラムに通水した。本研究では、図2に示すように、ろ層が十分に熟成していない初期漏出期および安定したろ過濁度が得られているろ過清澄期に各々流入変動が生じた場合を想定し、(A) ろ過開始1～3時間（初期変動）および(B) ろ過開始6～8時間（熟成後変動）におけるカオリン添加率を100 mg/Lに上昇させた。変動前後における原水およびろ過水質をハイブリッド微粒子計（ZVM、富士電機システムズ（株）社製）を用いて計測した。

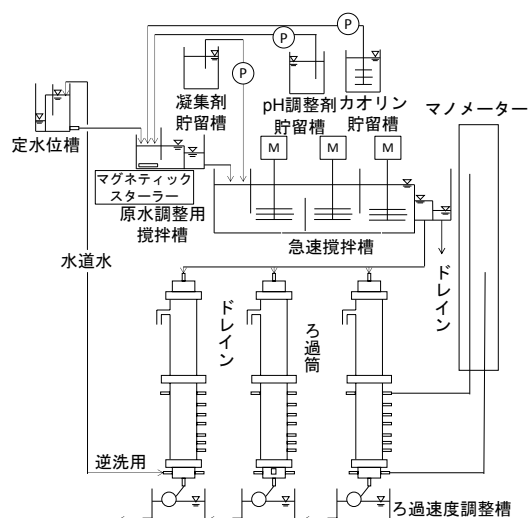


図1 実験装置の概要

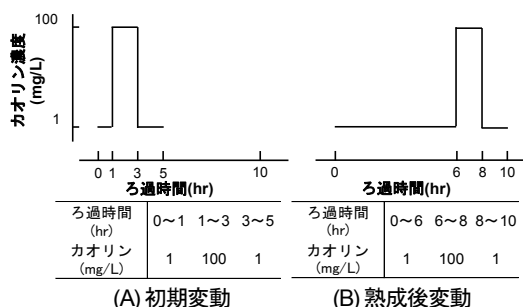


図2 実験条件の概要

3. 実験結果および考察

(1) 0.5~1 μ m微粒子レベルの挙動

図3に、粒径別微粒子レベルの経時変化を示す。(a) 0.5~1 μ mに注目すると、ろ過水中の微粒子レベルは、いずれの条件においても流入変動にはほぼ追従する形で変動しており、小径粒子の場合、使用する珪砂に関係なく流入変動を緩和するのは困難であることがわかった。また、微細珪砂では、熟成後変動時におけるろ過水微粒子レベルがわずかながらろ過速度に依存する傾向が見られ、高いろ過速度の設定に起因する抑留容量の低下が現れ易いことが示唆された。

(2) 1~5 μ m微粒子レベルの挙動

図3において(b) 1~5 μ mに注目すると、標準珪砂では、0.5~1 μ mと同様、ろ過水中の微粒子レベルは、流入変動にはほぼ追従する形で変動したのに対し、微細珪砂では、流入変動に対して条件によっては2時間上昇し続け、流入変動が大幅に緩和されている様子が見られた。また、微細珪砂では、ろ過速度が高いほどろ過水中の微粒子レベルが上昇する傾向が見られたが、図4に示すように、流入変動2時間の累積流出微粒子数は、微細珪砂の方が、標準珪砂より0.2 log (160 m/d) ~1.1 log (80 m/d) 低く、微細珪砂により微粒子が良好に削除されることがわかった。

(3) >5 μ m微粒子レベルの挙動

図3において(c) >5 μ mに注目すると、初期変動時の標準珪砂では、1~5 μ mと同様、ろ過水中の微粒子レベルが流入変動にはほぼ追従する形で変動したのに対し、初期変動時の微細珪砂では、流入変動に対して条件によっては約1.5時間上昇し、流入変動が緩和される様子が見られた。また、初期変動時には、いずれの珪砂を用いてもろ過水中の微粒子レベルがろ過速度に依存する傾向が見られ、大径粒子については高いろ過速度の設定に起因する抑留容量の低下が標準珪砂においても認められた。さらに、熟成後変動時の標準珪砂では、いずれのろ過速度においても流入変動に伴うろ過水微粒子レベルの上昇は見られなかったが、熟成後変動時の微細珪砂では、ろ過速度

120 m/d以上において、流入変動に伴うろ過水微粒子レベルの上昇が見られた。図4に示した流入変動中の累積流出微粒子数によると、初期変動時には、変動時間が概ね1.5時間以内であれば微細珪砂が標準珪砂を下回ったのに対し、熟成後変動時には、ろ過速度120 m/d以上において変動直後から微細珪砂が標準珪砂を上回った。このように、微細珪砂を採用する場合、ろ層が熟成した段階で高いろ過速度が与えられると、水質変動時の緩衝能が著しく損なわれるため、流入変動時においても安定したろ過水質を得るには、減衰ろ過方式のように、ろ過の後半でろ過速度が低減するような運用を行うことが有効と考えられる。

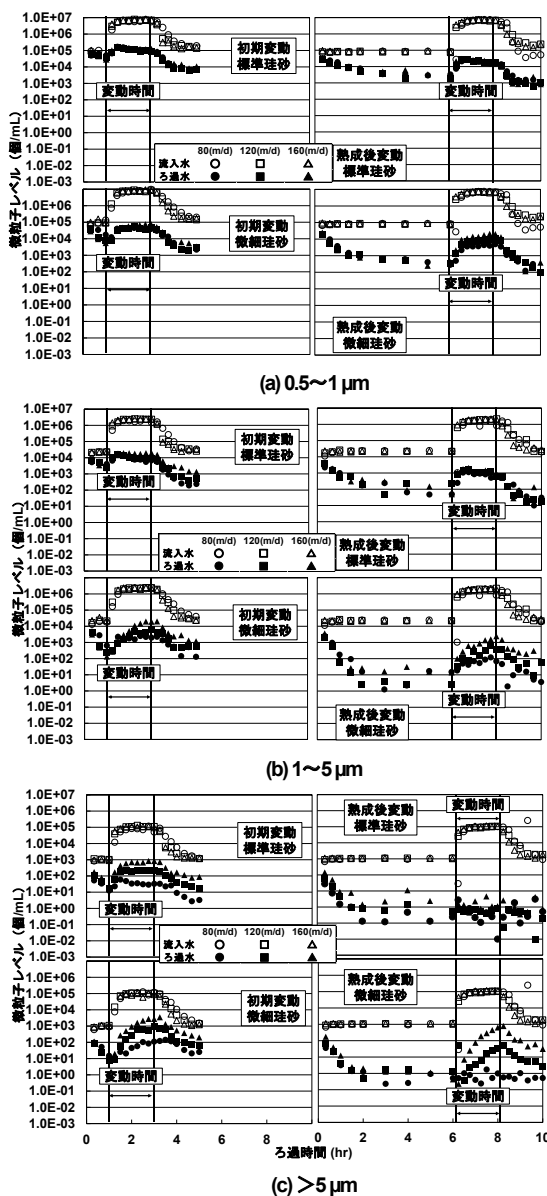


図3 粒径別微粒子レベルの挙動

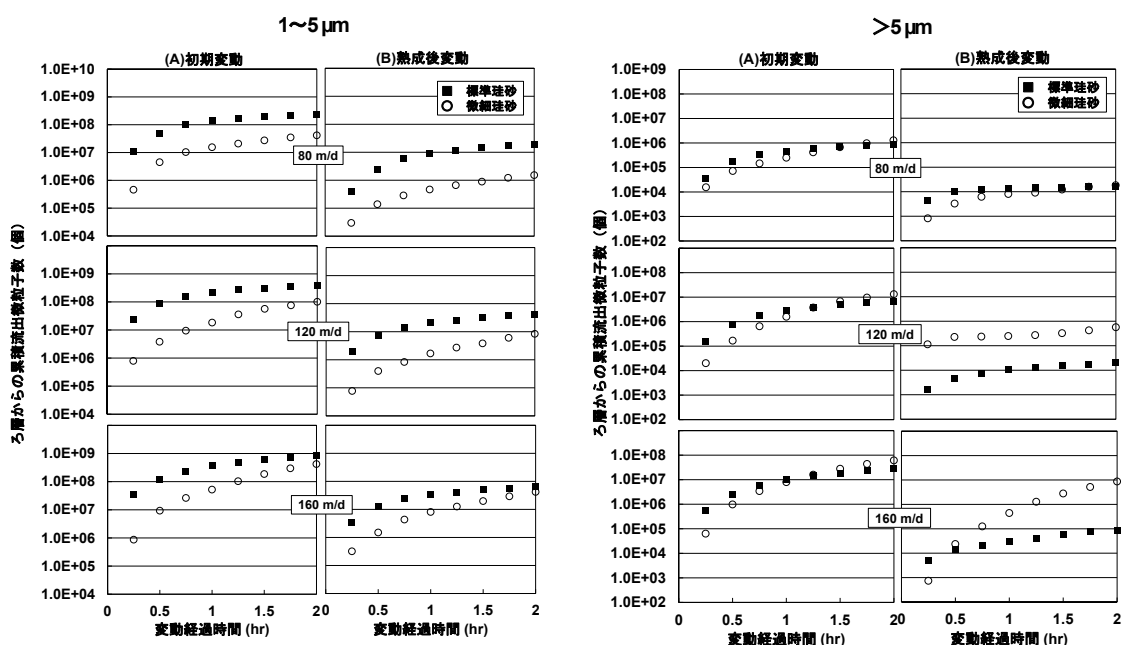


図4 流入変動中の累積流出微粒子数

4. まとめ

本研究では、ろ過水中の微粒子を3つの粒径区分に分類し、流入変動時におけるろ過水微粒子レベルの挙動を微細珪砂（ろ層厚 10 cm）と標準珪砂（ろ層厚 60 cm）で比較検討した。得られた知見を要約すると、以下の通りである。

- (1) 0.5～1 μmの微粒子レベルは、いずれの珪砂を用いても流入レベルに連動して速やかに変動し、流入変動が砂ろ過プロセスによって緩衝される様子は確認されなかった。
- (2) 1～5 μmの微粒子レベルは、標準珪砂では流入変動に対して速やかに変動したのに対し、微細珪砂では緩やかに変動し、後者においては流入変動に対する高い緩衝能が見られた。また、微細珪砂では、ろ過速度が高いほど変動中の微粒子レベルが上昇する傾向が見られたが、標準珪砂に比べると低く抑えられ、微細珪砂はこれらの削減に効果的であった。
- (3) 標準珪砂の場合、ろ層熟成後に流入変動が生じて5 μm以上の微粒子レベルほとんど変動しなかったが、微細珪砂の場合、ろ過速度120 m/d以上では流入変動時に微粒子レベルが上昇した。したがって微細珪砂を採用する場合、流入変動時でも安定したろ過水質を得るには、減衰ろ過方式のように、

ろ層熟成後に極力高いろ過速度を与えないように運用することが重要と考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご協力いただいた本学卒業生の南修司氏、ならびに本学4年生の朝見周平君、喜多勇太君および溝渕茂仁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。

参考文献

- 1) 南 修司・永井 将貴・笠原 伸介・石川 宗孝：微細珪砂を用いた凝集+砂ろ過法におけるろ層厚とろ過速度の検討, 第49回日本環境学会年会講演集 2015, pp379, 2015.3