

微細珪砂を用いた無薬注砂ろ過における微生物付着特性と濁質除去効果

大阪工業大学 学生会員 ○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

近年、小規模水道事業体を中心に、人口減少に伴う収益減少や技術者不足が問題となっている。そのような中、ろ材表面の付着微生物によって簡便に固液分離を行う細砂ろ過法¹⁾が考案され、一部の簡易水道等で実用化されている。しかし、詳細なるろ過特性は不明で、合理的な設計を行う段階には至っていない。そこで、本稿では、運転方法やろ過現象に関する基礎的な情報を得るため、長期運転時のろ過特性および微生物付着量と濁質除去効果の関係について評価した結果を報告する。

2. 実験装置と実験条件

図1に、実験装置の概要を示す。実験として、長期運転時のろ過特性を評価するためのベンチスケールろ過実験(実験1)および微生物付着特性を評価するためのミニスケールろ過実験(実験2)を行った。実験1では、断面積49 cm²の亚克力製カラム(矩形断面)に有効径0.20 mm、均等係数1.67の微細珪砂を空隙率44.3%でろ層厚60 cmに充填し、淀川表流水(豊里大橋南側)を本学水道水(残留塩素除去後)で50倍に希釈した後、ろ過速度20 m/dで約2ヶ月間通水した。通水中、全体の損失水頭が概ね130 cmに到達した時点で逆洗(0.28 m³/min・m²)または逆洗と空洗(50 Nm³/m²・hr)の同時併用洗浄を行い、ろ層の再生を行った。また、スタートアップを促進する目的で長期運転に先立ち、無希釈の河川水を用いて上向ろ過を約3週間行った。実験2では、断面積16 cm²のガラス製カラム(円形断面)に実験1と同じ微細珪砂を同じ空隙率でろ層厚10 cmに充填し、淀川表流水を本学水道水(残留塩素除去後)で所定の濃度に希釈した後、所定の温度およびろ過速度で通水した。藻類の繁殖を抑えるため、ろ過実験は全て遮光環境下で行い、流入および流出水の濁度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、実験2においては砂層表面に付着した全細菌数(DAPI染色)および生細菌数(CTC染色)を直接検鏡法によりそれぞれ測定した。

3. 長期運転時のろ過特性

図2に、実験1における損失水頭、濁度およびDOの経日変化を示す。損失水頭については、大部分が表層10 cmで発現し、

キーワード : 浄水処理, 砂ろ過, 珪砂, 阻止率, 全細菌数, 生細菌数

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

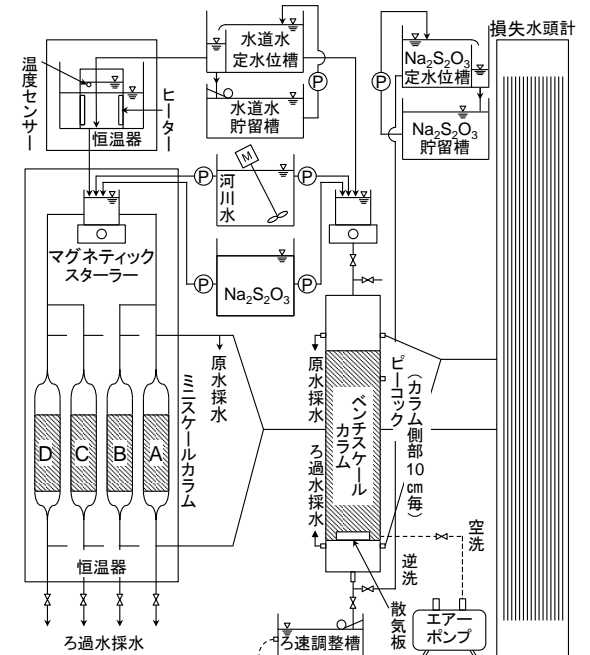


図1 実験装置の概要

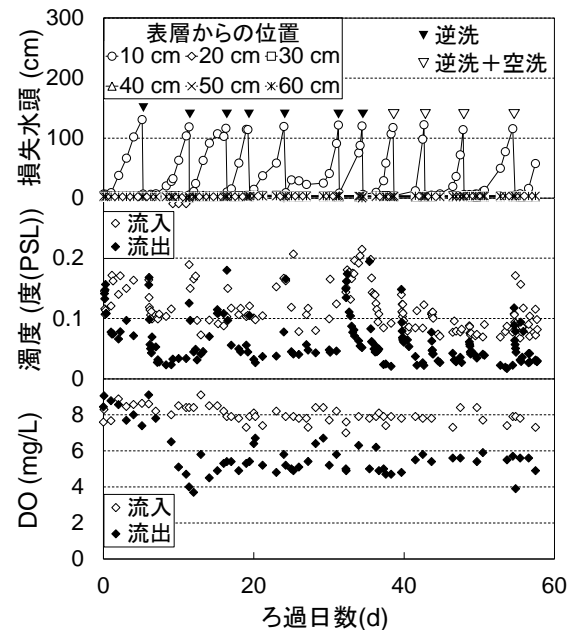


図2 損失水頭、濁度およびDOの経日変化(実験1)

ろ層の洗浄頻度は平均 4 日であった。また、濁度については、洗浄直後に漏出する傾向が見られ、その後約 1 日をかけて収束し、最終的に約 60%の除去率で推移した。この初期漏出の傾向は、空洗の併用前後でほとんど変化しなかったことから、濁度漏出は洗浄効果が低いことに起因したのではなく、ろ層が有するろ過初期の分離機能が

低いこと起因したと考えられる。さらに、DO については、ろ過開始から 10 日後よりろ層内で消費され始め、約 2 週間後には 3 mg/L 程度の DO 消費が確認された。この DO 消費は、ろ材表面の付着微生物に起因したと考えられるが、DO 消費が顕著となる前後で損失水頭の上昇速度や流出濁度に大きな違いはみられなかった。このことから、本操作条件の場合、損失水頭の上昇は微生物の増殖ではなく懸濁物の抑留によって引き起こされ、濁質の捕捉は微生物を介した付着ではなく、機械的抑止により進行したと考えられる。

4. 微生物付着量と濁質除去効果の関係

各種操作条件下における微生物付着量と濁質除去の関係を調べるため、ろ過速度、原水（基質）濃度および水温を変化させてろ過実験を行った。表 2 に、各条件におけるろ材表面の付着細菌数と阻止率を示す。実験を行ったすべての条件において、ろ過開始後約 3 日程度で微生物付着量はほぼ一定となった（データは掲載せず）。また、全細菌数については、いずれの条件においてもほぼ同程度検出され、本実験条件ではろ材表面に付着する微生物の許容量に大きな差はなかったと考えられる。一方、生細菌数については、ろ過速度が高いほど、基質濃度が高いほど、温度が高いほど多く検出され、通水条件によって微生物の活性が大きく異なることが示唆された。ここで、阻止率に注目すると、付着微生物の活性が高い条件ほど高くなる傾向がみられ、ろ層が有する固液分離機能は微生物活性に依存することが示唆された。生細菌/全細菌と阻止率の関係をプロットすると、図 3 のように、生細菌/全細菌が概ね 3%以下では、生細菌数にほぼ比例して阻止率が向上しており、実際の設計においては、原水の細菌増殖ポテンシャルに応じて、必要な生細菌数をろ層内に保持できるろ過速度やろ層厚などの諸元を決定することが重要と考えられる。

5. おわりに

本研究により、微細珪砂を用いた無薬注砂ろ過法を長期間運転した際の、損失水頭の発現傾向やろ過水濁度の詳細な挙動を把握することができた。また、ろ材表面における付着微生物の活性は、CTC 染色による生細菌数を用いることで定量的に評価することができ、高い微生物活性を保持できる運転条件ほど懸濁質の阻止率は高まることが示唆された。最後に、実験データの採取にご協力頂いた本学卒業生の塚本晃治君および藪内通弥君に感謝の意を表します。

表 2 通水開始 3 日以降の平均付着細菌数および阻止率（実験 2）

ろ過速度 (m/d)	希釈倍率 (倍)	温度 (°C)	全細菌数 (cells/cm ³ -ろ層)	生細菌数 (cells/cm ³ -ろ層)	生細菌/全細菌 (%)	阻止率* (1/m)
5	50	25	6.4×10 ⁶	1.4×10 ³	0.0	3.5
20			1.1×10 ⁷	8.4×10 ⁴	0.8	2.4
60			1.5×10 ⁷	1.6×10 ⁵	1.1	5.1
120			1.0×10 ⁷	1.0×10 ⁶	10.2	7.2
20	500	25	2.9×10 ⁶	3.8×10 ³	0.1	1.2
	50		1.1×10 ⁷	8.4×10 ⁴	0.8	2.4
120	5	15	1.2×10 ⁷	2.0×10 ⁵	1.6	9.8
	50		1.1×10 ⁷	3.0×10 ⁵	2.8	5.8
120	50	25	1.0×10 ⁷	1.0×10 ⁶	10.2	7.2
120			1.0×10 ⁷	1.1×10 ⁶	10.8	6.4

*λ=(-log₁₀(C/C₀))/z λ=阻止率(1/m) C/C₀濁度残存率(-) z=ろ層厚(m)

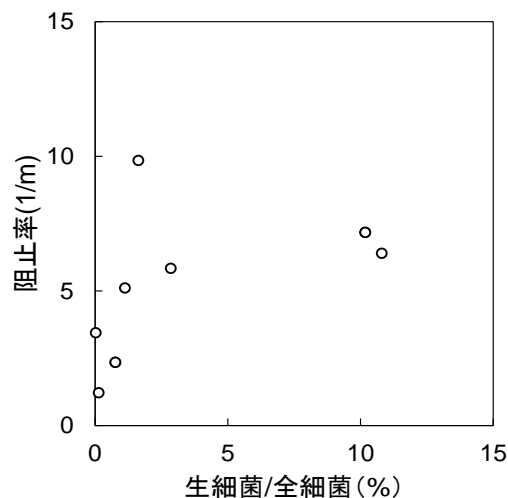


図 3 生細菌/全細菌と阻止率の関係（実験 2）

【文献】1) 村上光正：重力式細砂ろ過—細砂緩速ろ過の長期間実証試験，第 57 回全国水道協会研究発表会講演集，pp.180-181, 2006.5