



Title	生物砂ろ過によるマンガンと界面活性剤の除去特性
Author(s)	福士, 憲一; 佐藤, 米司
Description	第3回衛生工学シンポジウム (平成7年11月9日 (木) -10日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 水処理、廃棄物処理 . P1-7
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 3, 30-35
Issue Date	1995-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7878
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-1-7_p30-35.pdf



1-7

生物砂ろ過によるマンガンと界面活性剤の除去特性

福士憲一、佐藤米司（八戸工業大学）

1. はじめに

緩速ろ過法は低速性のゆえに棄却され、高速な急速ろ過法に取ってかわられた技術である。しかし、近年、微量有害成分による水源汚染問題に対し、その広汎な対処能力が見直されつつある。筆者らはすでに、酸素律速とならない範囲の微量成分を対象とした砂ろ過の生物化学的機能に関して検討を行い、緩速・急速ろ過における生物学的硝化、逆洗やフロック流入の影響、現象の動力学モデル化等に関して発表してきた¹⁻⁴⁾。

本研究は、この延長線上として生物砂ろ過における微量のマンガンと陰イオン界面活性剤の除去特性を実験的に検討したものである。近年、類似の検討を行った例も増加しつつあり^{5, 6)}、急速ろ過には生物学的な除去を期待しないという従来の発想を転換する新たな研究でもある。

2. 実験方法

(1) 実験装置 図-1に示す装置を複数用いて長期間の連続通水実験を行った。装置Aはガラス管のミニカラム方式のろ過筒、装置Bは透明塩ビ管の本格的なろ過塔であり、いずれも定流量ろ過で運転した。逆洗は適宜行い砂層膨張率200%で約5分間行った。ろ材、原水、その他は表-1に示すとおりであり、マンガン、界面活性剤とも各4シリーズの実験を行った。

(2) 原水と馴養ろ過 原水は、塩化マンガソとトテシハソソルソフソ酸ナリウム(DBS)を各々大学井戸水で適宜希釈して作成した。大学井戸水は塩素消毒されておらず、濁度もほとんどない。微量のマンガン(0.001mg/l)と鉄(0.02mg/l)が含まれているが、DBSは検出されていない。

表-1のRunM7とD7以外は、すべて新砂で実験を開始した。このため、各Runとも最初に馴養ろ過を行った後にMn原水またはDBS原水を通水した。馴養ろ過は、下水処理水を大学井戸水で5%に希釈したもの(以下、5%水と

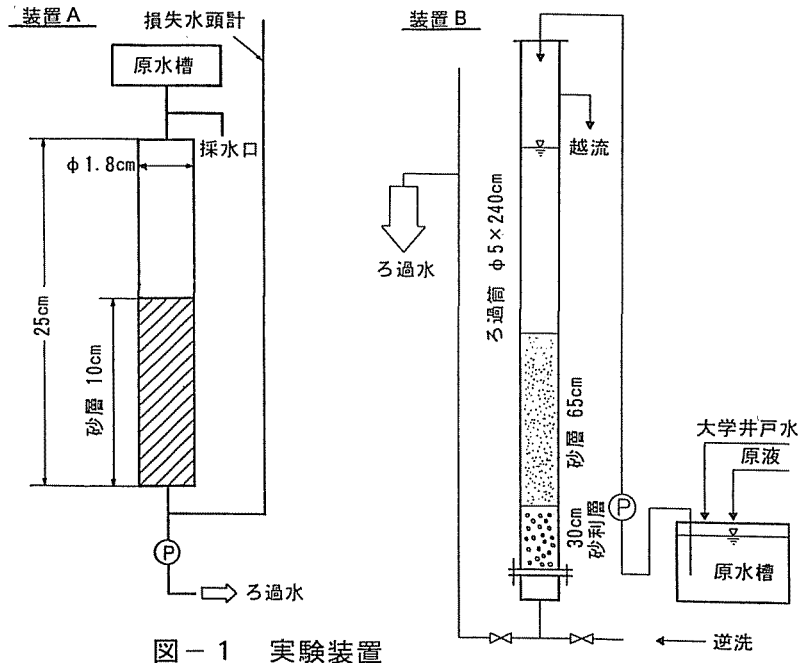


図-1 実験装置

表-1 実験条件

Run	ろ材、ろ層	原水(mg/l)	初期馴養ろ過条件
M4	砂1 φ1.8×10cm	Mn 1.0	5%水を3m/日で12時間通水
M5	砂1 φ1.8×10cm	Mn 1.0	5%水を3m/日で30日間通水
M6	砂2 φ5.0×65cm	Mn 0.25~1.0	5%水を3m/日で30日間通水
M7	砂2 φ5.0×65cm	Mn 1.0	RunM6後Mn 0.5mg/lを2m/日で90日間通水
D4	砂1 φ1.8×10cm	DBS 0.5	5%水を3m/日で30日間通水
D5	砂1 φ1.8×10cm	DBS 0.5~1.0	5%水を3m/日で30日間、50m/日で14日間通水
D6	砂2 φ5.0×65cm	DBS 0.25~1.0	5%水を3m/日で30日間通水
D7	砂2 φ5.0×65cm	DBS 0.25	RunD6後DBS 0.5mg/lを2m/日で90日間通水

(注) 砂1: 粒径0.071~0.084cm、砂2: 市販の急速ろ過砂(有効径0.6mm)
5%水: 下水処理場最終沈殿池越流水を大学井戸水で5%に希釈したもの

いう)を表-1に示した条件で通水した。運転途中に再度馴養ろ過を行った場合もある。なお、マンガンの除去機構としては、鉄バクテリアに類似したマンガンを酸化・沈着するバクテリアによるものであることがほぼ確認されている¹⁾。

(3) 分析と評価 マンガンは原子吸光法、DBSはCo-PADAP比色法(衛生試験法)により分析した。両者とも、原水とろ過水の濃度を測定し、残存比を算出して評価した。水温は日平均的な数値を示したが、室温条件下のため実際には表示した数値の±5℃程度の日変動があった。なお、砂表面の状態を観察するために砂層上部の砂を採取し走査型電顕(SEM)と高速エネルギー分散型X線マイクロ分析(EDS)で観察・分析した。

3. 結果と考察

3-1 マンガン除去実験

(1) ミニカラムを用いた確認実験 (Run M 4)

図-2は馴養ろ過(5%水, 3m/日, 12時間)を行った後、Mn 1.0mg/l、ろ速100m/日で実験を開始した結果である。図より100日目頃までほとんど除去が見られない。そこで、再度馴養ろ過(1%水+Mn 1.0mg/l, 17m/日, 20日間)を行った。その結果、Mnがようやく除去され始めたものの残存比は0.8程度にとどまった。その後、ろ速を50, 25m/日と下げた結果、ようやく残存比0.15程度となった。同様の条件で約60日目にMnが完全に除去された別の実験結果¹⁾もあり、初期の馴養状況(バクテリアの存在量等)により結果が大きく異なるものと思われる。いずれにしても、バクテリアの増殖速度は硝化菌のそれに比してかなり小さい。

(2) ろ速、逆洗、水温の影響 (Run M 5)

図-3は馴養ろ過(5%水,

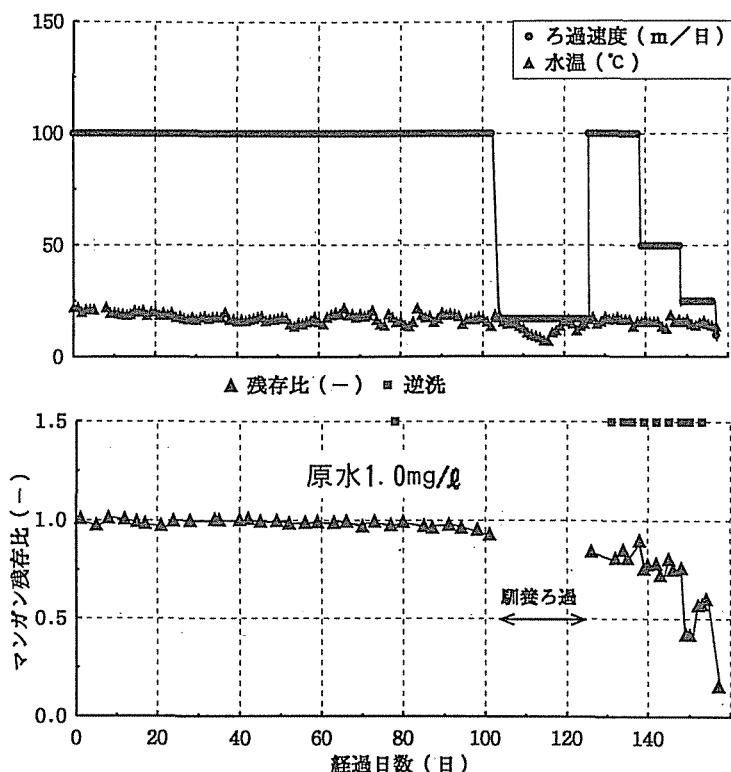


図-2 実験結果 (Run M 4)

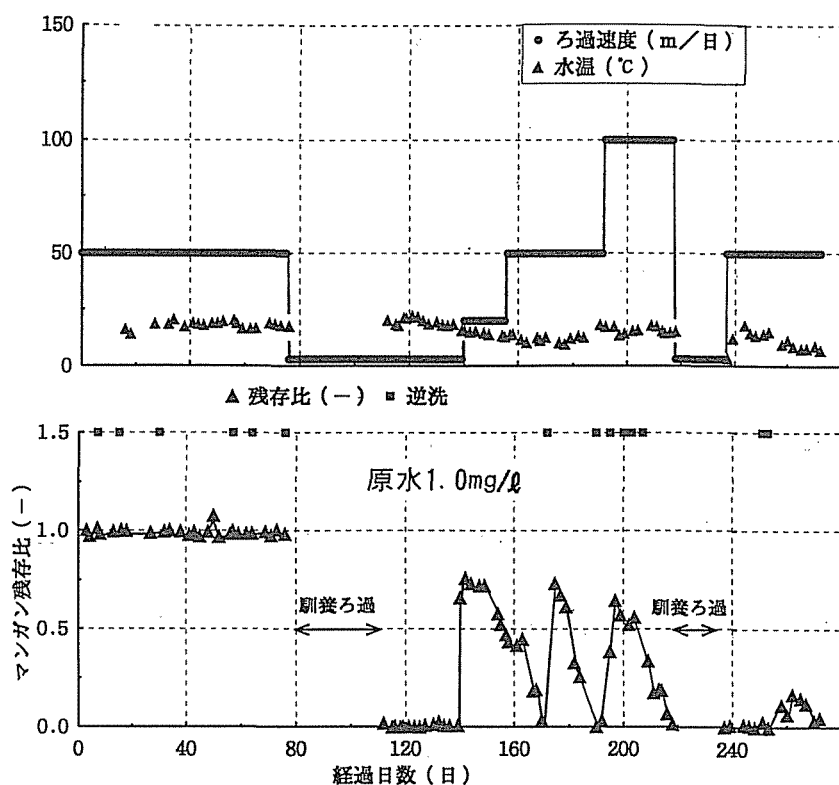


図-3 実験結果 (Run M 5)

3m/日, 30日間)を行った後、Mn 1.0mg/l、ろ速50m/日で実験を開始した結果である。図-2の場合と同様に80日目までほとんど除去が見られない。そこで、再度馴養ろ過(5%水+Mn1.0mg/l, 3m/日, 30日間)を行った結果、ろ速3m/日ではMnがほぼ完全に除去された。そこで、140日目以降ろ速を20, 50, 100m/日と次第に上げていった。各ろ速の場合とも、ろ速上昇直後は残存比が上昇するが次第に低下し、最終的にはほぼ完全な除去が見られた。また、170日目以降適宜逆洗を行ったが、当初は逆洗により水質が悪化したが次第にその影響は少なくなった。これらの結果は、ろ速の増加(負荷の増大)にともなう砂層内の微生物群の増殖、および逆洗の繰り返しによる砂層内微生物量分布の上部卓越型から全層型への移行という前に報告した硝化結果²⁾とよく一致している。

なお、255日目以降は短期間であるが水温を6℃前後まで低下して運転した。直後は水質が若干悪化した約7日間で回復しており、これも前に報告した硝化の結果²⁾と傾向が一致している。

(3) 本格的なるろ過塔を用いた確認実験 (Run M 6, M 7)

図-4は、本格的なるろ過塔を用いて前節と同様な条件で実験を開始した結果である。運転当初から残存比が約0.5となり、図-3の結果とは異なっている。馴養ろ過水中の微生物量が多かったためと考えられる。

途中3回の逆洗をはさんで運転した結果、62日目にはほぼ完全な除去が見られた。その後、馴養ろ過(Mn 0.5mg/l, 3m/日)を行った後、Mn 0.5mg/l、ろ速100m/日とした結果、Mnはほぼ完全に除去された。

図-5は、図-4の実験に引き続いて90日間の馴養ろ過(Mn 0.5mg/l)を行った後、Mn 1.0mg/l、ろ速100m/日で逆洗をほぼ定期的に行いながら運転した結果である。水温は20±5℃の範囲である。運転当初は残存比が高いが次第に良好な除去が得られ、40日目以降はほぼ完全な除去が続いた。逆洗についても当初は若干の影響が見られた程度である。

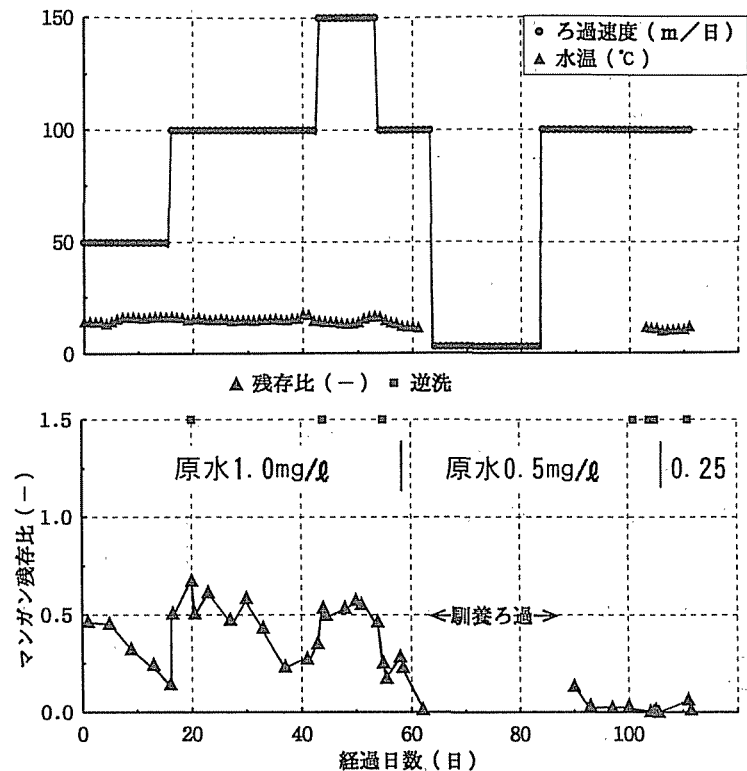


図-4 実験結果 (Run M 6)

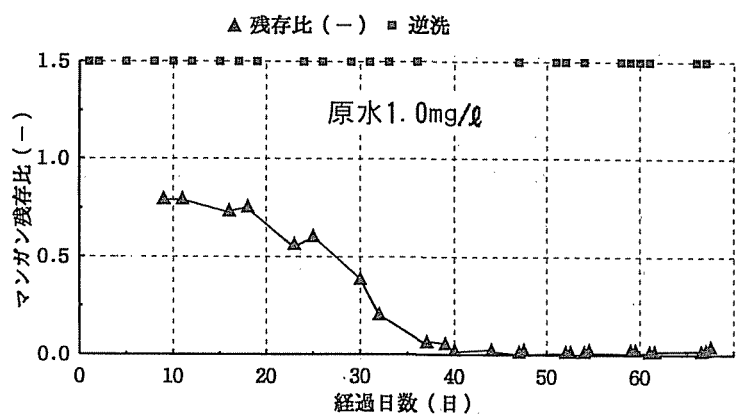


図-5 実験結果 (Run M 7)

3-2 陰イオン界面活性剤除去実験

(1) ミニカラムを用いた 確認実験 (RunD 4)

図-6は、馴養ろ過(5%水, 3m/日, 12時間)を行った後、DBS 0.5mg/ℓ、ろ速50m/日で実験を開始した結果である。40日目から徐々に残存比が下がり始め、93日目までで残存比 0.4程度で一定となった。Mnの場合と比較して除去の発現はやや早い。

その後、DBS除去の限界を試すために馴養ろ過(1%水, 10m/日, 20日間)を行い、さらにろ速を50, 25, 12, 5m/日と段階的に下げた。その結果、残存比は最終的に 0.2程度までとなった。

(2) ろ速、逆洗、原水濃度、 水温の影響 (RunD 5)

図-7は、馴養ろ過を入念に(5%水, 3m/日で30日間後に50m/日で14日間)行った後、DBS 0.5mg/ℓ、ろ速50m/日で実験を開始した結果である。50日目頃から除去が見られ始め80日目で残存比 0.5程度となった。その後、再度馴養ろ過(5%水+DBS 0.5mg/ℓ, 3m/日, 30日間)した後、ろ速を3, 20, 50m/日と220日目まで上げた。ろ速上昇による水質悪化と回復、逆洗による初期の影響などマンガンと同様の傾向が見られる。

また、195日目から原水濃度を1.0 mg/ℓに上げたが、残存比はほとんど変化していない。ただし、残存比は0.5程度までしか下がらず、完全には除去されない。

220日目から再び馴養ろ過(DBS 0.5mg/ℓ, 3m/日, 15

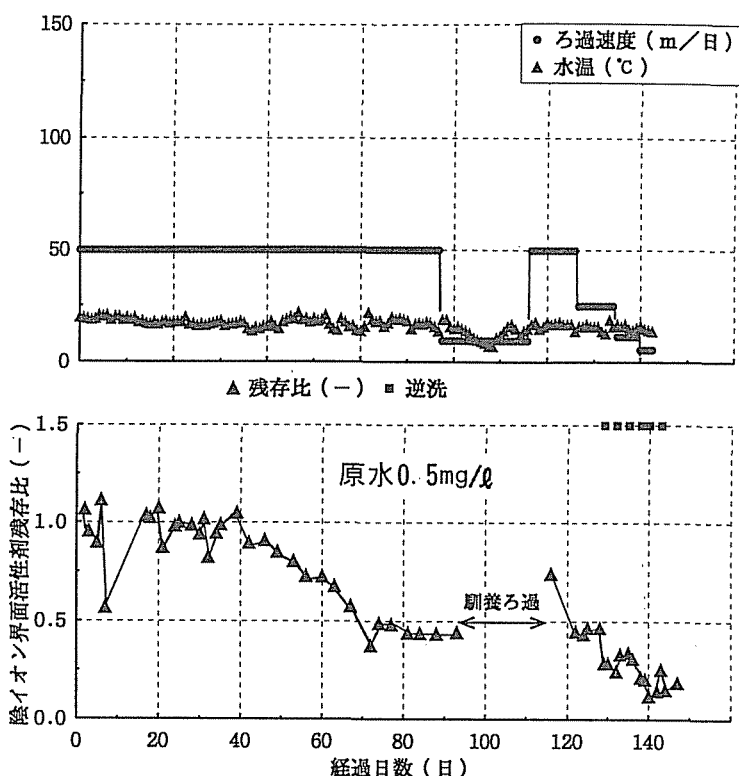


図-6 実験結果 (Run D 4)

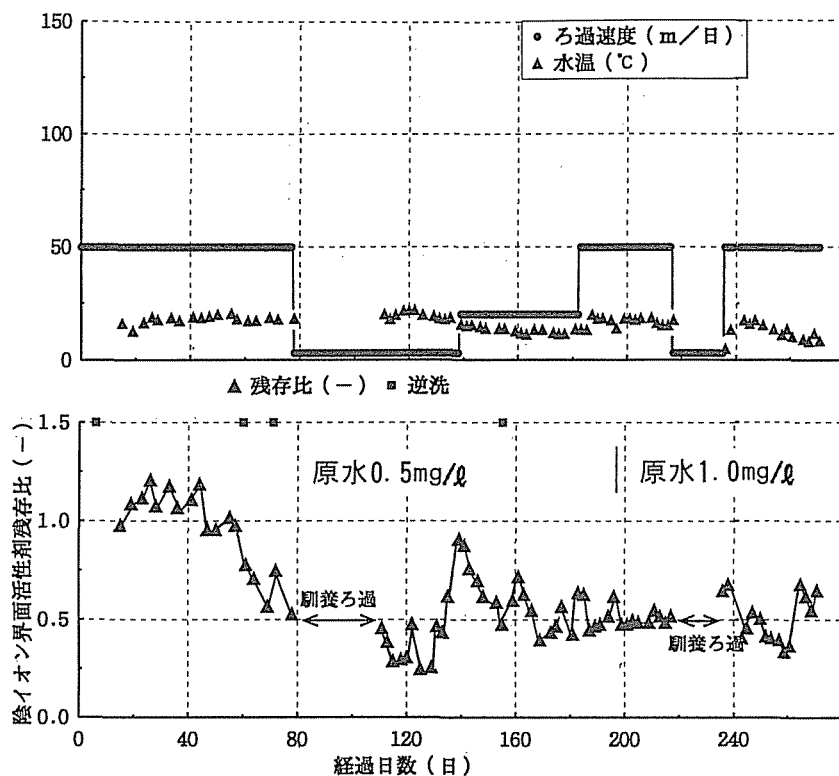


図-7 実験結果 (Run D 5)

日間)した結果、240日目以降は残存比がやや下がり約0.3となった。なお、260日目より水温を6℃程度まで低下させた結果、マンガンの場合と同様に残存比は一時的に上昇した後に再度低下する傾向が見られた。

(3) 本格的なろ過塔を用いた確認実験 (Run D 6, D 7)

図-8は、本格的なろ過塔を用いて馴養ろ過(5%水, 3m/日, 30日間)を行った後に実験を開始した結果である。図のように60日目までろ速を段階的に上下したが、ろ速上昇直後は残存比が上昇して10日間程度で再度低下する場合が多い。また、逆洗についても直後の影響が大きい。

62日目からの馴養ろ過(DBS 0.5 mg/ℓ, 3m/日, 20日間)をはさんで、82日目から原水濃度0.5mg/ℓ、ろ速100m/日で運転した結果、残存比は次第に下がり始めたが最終的には残存比 約0.3程度でほぼ一定となった。

図-9は、図-8の実験に引き続いて90日間馴養ろ過(DBS 0.5mg/ℓ, 3m/日)を行った後、DBS 0.25 mg/ℓ、ろ速100m/日で逆洗をほぼ定期的に行いながら運転した結果である。運転当初は残存比が高いが次第に良好な除去が得られた。しかし、最終的な残存比は0.35程度でとまっている。

マンガンと異なり、DBSの場合は平衡論的にこの辺が限度とも考えられる。逆洗の影響についても、マンガンの場合より大きく現れるようである。

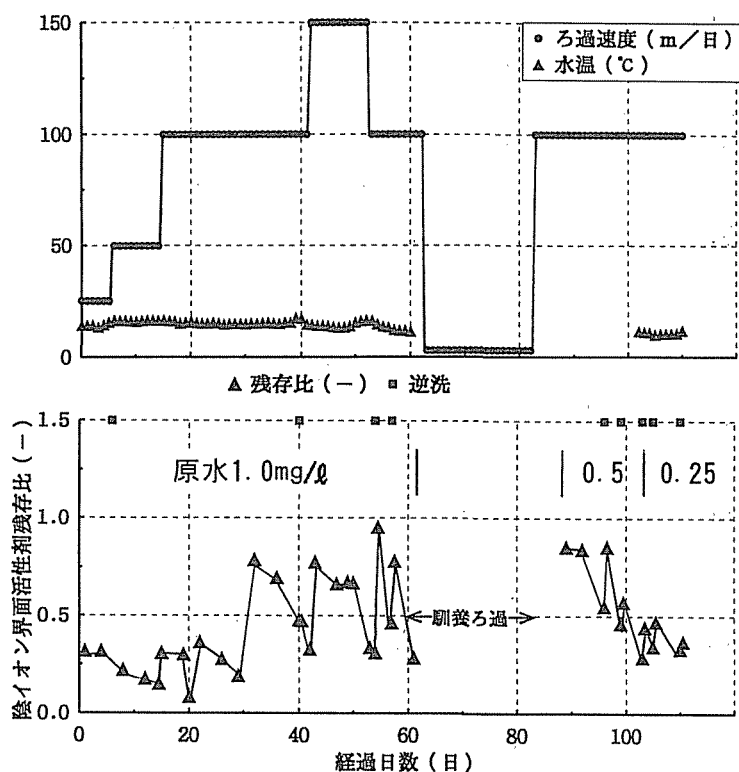


図-8 実験結果 (Run D 6)

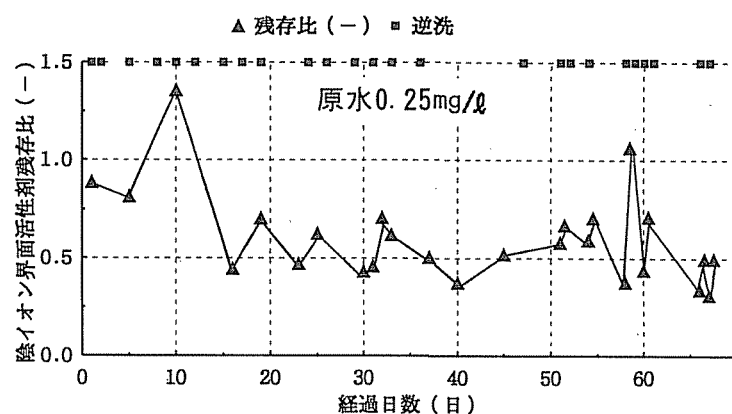


図-9 実験結果 (Run D 7)

3-3 走査型電顕による観察

写真-1は砂粒子の表面状態を走査型電顕で撮影した結果である。右上がマンガンを通水した場合であり、表面が網目状の物質にびっしりと覆われている。EDS分析を行った結果、マンガンのスペクトルが強力に出た。目視によっても砂粒子は真っ黒になっており、微生物がマンガンを酸化沈着したものと推定される。なお、右下は超音波により砂粒子表面から網目状の物質を破碎・剥離させたものをろ過して写真撮影したものである。何らかの微生物を期待したが、

写真でははっきりとは確認できない。

左下は DBSを通水した場合である。マンガンの場合とは対照的で微生物層はあまり厚くなく、かつ多様な種が存在している。

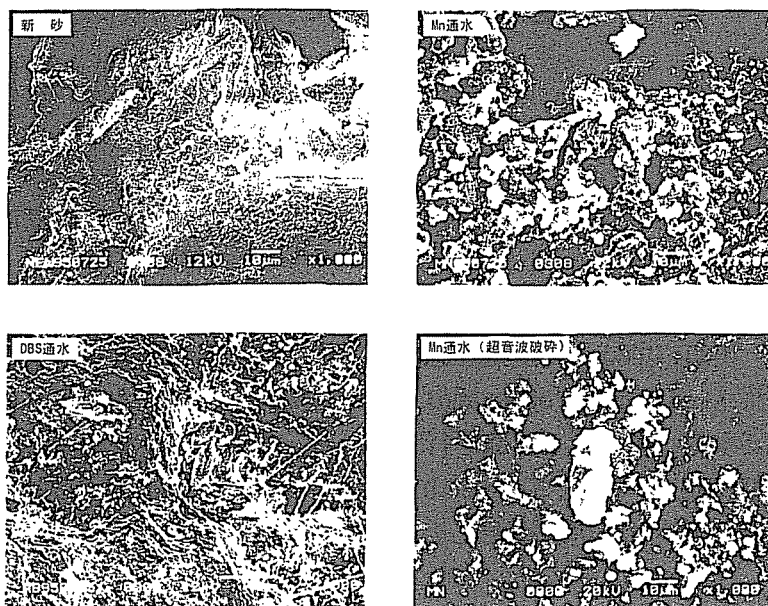


写真 - 1 走査型電顕写真

4. おわりに

緩速ろ過の生物化学的機能を従来の急速ろ過に付加し、これにより微量有害成分の除去を高速に行うことを意図し、マンガンとDBSを対象に生物砂ろ過の実験を長期間行った。得られた結果をまとめると次のようになる。

(1) マンガン、DBSとも、硝化の場合に比べてスタートアップ期間は長い、50～100m/日といったろ速で生物ろ過が可能である。

(2) マンガンについては微生物の酸化・沈着作用によりほぼ100%の除去が可能である。DBSについては除去率が約70～80%どまりであり、かつろ過が安定しない場合もある。

(3) ろ速の急上昇と逆洗に対し、水質は一時的に悪化するが徐々に回復する。前者については負荷の増大に対する微生物量の増殖、後者については砂層内微生物量分布の上部卓越型から全層型への移行という応答特性から説明できる。

(4) 低水温の影響については十分な結果は得られていないが、6℃程度までは追従できそうである。

(5) 以上より、基質の供給がある程度一定している場合、マンガンとDBSは高速の生物砂ろ過で除去が可能と考えられる。

<参考文献>

- 1) 佐藤, 福士, 丹保: 緩速ろ過の生物化学的機能, 水道協会雑誌, Vol. 61, No. 12, pp. 11～23 (1992)
- 2) 佐藤, 福士, 丹保: 急速ろ過の生物化学的機能, 水道協会雑誌, Vol. 62, No. 4, pp. 21～30 (1993)
- 3) 福士, 佐藤, 丹保: 砂ろ過における非定常生物膜モデル, 水道協会雑誌, Vol. 62, No. 5, pp. 21～32 (1993)
- 4) 佐藤, 福士, 丹保: モデルによる砂ろ過の生物化学的機能の評価, 水道協会雑誌, Vol. 62, No. 6, pp. 29～43 (1993)
- 5) 田村, 綱井: 鉄バクテリア利用による自然ろ過施設の稼働状況, 第45回全国水道研究発表会講演集, pp. 134～135 (1994.5)
- 6) Isaji C.: Water Quality Aspects of Slow Sand Filtration, Proc. WATER OSAKA '95, Vol.I, pp.227-228 (1995.5)