

沈殿汚泥層とバイオエレクトロ法を併用した簡易なハイブリッドろ過による SS 及び溶解成分の同時除去特性

群馬大学大学院 学生会員 ○崔 栄吉、群馬大学工学部 正会員 曹 慶鎮
群馬大学 工学部 正会員 渡辺智秀、群馬大学工学部 正会員 黒田正和

1. はじめに

2次処理水の高度処理では、溶解成分とSS除去効果も期待できる簡易なフィルターがあれば有用であり、活性汚泥の堆積層はその一つと考えられる。一般活性汚泥法に利用されている活性汚泥の堆積層は多孔質で、生物膜の構造にも類似しているため、活性汚泥を沈降して汚泥床(ろ床)をつくれれば、付着性と柔軟性があり、圧力損失の小さい安定したろ過および溶解成分の除去ができると考えられる。また、脱窒菌固定化電極を用いたバイオエレクトロ法を併用することによって2次処理水中の残留硝酸性窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)も脱窒除去できると考えられる。

本研究では、SS及び溶解成分を同時除去できる簡易なハイブリッドろ過法の開発を目的として、沈殿汚泥層をろ床として利用した場合の安定性とSS除去率および阻止粒子径について実験的に検討した。また、ろ過装置に脱窒菌固定化電極を設置してSS除去に併せて $\text{NO}_3\text{-N}$ の除去特性についても検討した。

2. 実験方法

ろ過装置の概略をFig. 1に示す。透明塩化ビニル樹脂製円筒(内径52mm、有効高さ500mm、有効容積1.1L)の底部に金網(10mesh)とその上にPVA製の多孔質シート(厚さ0.5mm、平均孔径700 μm 、気孔率90%、アイオン(株)製)を設置した。その上部に活性汚泥スラリー(MLSS 3,000~8,000 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、SVI 60~90)を入れて汚泥床を形成させた(SB filter)。また、汚泥床の上部に脱窒細菌を固定した多孔質担体(一辺6mmの立方体のポリウレタン)とPt被覆

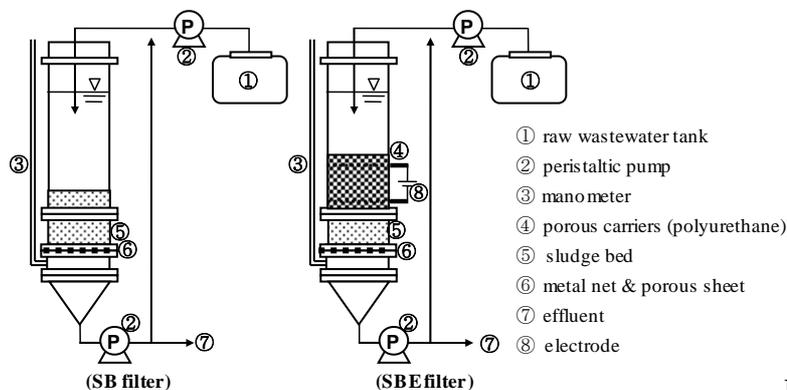


Fig. 1 Experimental apparatus

メッシュ状チタン製の陽極1枚とパンチングステンレス製の陰極1枚の電極を設置した(SBE filter)。

SB filter を用いて、原水として約 60, 120 $\text{mg}\cdot\text{SS}\cdot\text{l}^{-1}$ に調整した活性汚泥懸濁液(SS)を上部から連続供給し、汚泥床の厚さは1~20cm、ろ過速度は5~15 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ で変化させてろ過実験を行い、原水と処理水のSS濃度および粒度分布を測定した。また、5 μm の擬似粒子としてクリプトレーサー1号((財)水道技術研究センターと日本光研工業(株)製)を用いて、 10^8 個 $\cdot\text{l}^{-1}$ に調整した懸濁液を汚泥床厚さ2cm、ろ過速度5 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ でろ過し、処理水中のトレーサー濃度を測定した。

SBE filter は通電することにより水の電気分解を生じさせ、陰極より発生する水素を生物学的脱窒反応に必要な電子供与体として利用できる回分式活性汚泥法として操作した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ およびSS濃度をそれぞれ約10 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ および30 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ に調整してろ過実験を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 汚泥床によるSSの除去特性

Fig. 2に汚泥床の厚さ1、20cmとし、ろ過速度15 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ の場合の原水と処理水のSS濃度を示す。原水中のSS濃度は7.2~10 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であり、処理水中のSS濃度は汚泥床の厚さ1cmで約3(1.7~3.6) $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ であったが、20cmで約1.5(1.2~1.8) $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ まで除去された。厚さ20cmでSS除去率が向上したのは、汚泥床は多孔質で深層ろ過効果などによってSS除去率が向上したと考えられる。

Fig. 3に汚泥床の厚さ2cm、ろ過速度5 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ で原水と処

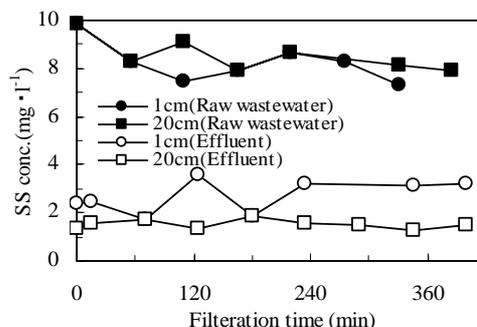


Fig. 2 Effects of sludge bed thickness for SS removal (Filtration rate ; 15 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$)

理水中のクリプトレーサー濃度の経時変化を示す。クリプトレーサーの除去率は50~70%であった。これは、本法により、5 μm 程度の粒子まで一定の除去効果を得ることができることを示唆していると考えられる。

Fig. 4 に原水(a)および処理水(b)中の SS の粒度分布の一例を示す(汚泥床の厚さ 20cm、ろ過速度 15 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$)。原水中の SS 成分の粒度分布は粒子径 70 μm 以上の粒子にピークが見られたが、処理水の場合、約 4 時間後ピークが見られなく検出限界以下であり、粒子径 5 μm 以上の SS は高効率で除去できた。他の条件も同様に 1~4 時間の間で粒子径 3~5 μm にピークが見られたが、その後ピークは見られなく、ろ過速度 15 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ で 5 μm 以上の SS は確実に除去できたと考えられる。従って、汚泥床を利用することにより、ろ床のろ過抵抗が小さいため、緩速砂ろ過法と比べて大きなろ過速度で、粒子径 5 μm の微小粒子まで除去できるろ過が可能であると考えられる。

3.2 SS および溶解成分の同時除去

Fig. 5 の SBE filter を用いた処理水中の SS 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の変化を示す。処理水中の SS 濃度は、30 分程度で 10 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下となった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は 2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下に除去され、脱窒速度は電流密度 0.76 $\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ で 0.036 $\text{mg}\cdot\text{N}\cdot\text{mg}\cdot\text{SS}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ であった。脱窒層における脱窒のほか、汚泥床での内生脱窒も見られ、下部の汚泥床での内生脱窒速度は 0.0052 $\text{mg}\cdot\text{N}\cdot\text{mg}\cdot\text{SS}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ であった。

最終沈殿池あるいは SBR の固液分離工程における汚泥層内では 0.01~0.10 $\text{mg}\cdot\text{N}\cdot\text{mg}\cdot\text{MLSS}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ との報告があり、本実験の脱窒速度は、従来の活性汚泥法における内生脱窒速度と同程度であった。

このことから、汚泥床と脱窒菌固定化電極を用いたバイオエレクトロ法による粒子径 5 μm の微小粒子の SS 除去と $\text{NO}_3\text{-N}$ の脱窒除去が可能であり、下水 2 次処理水等の高度処理に適用できると考えられる。

4. まとめ

本研究の結果、以下の知見が得られた。

- 1) 沈殿汚泥層をろ床として、ろ過速度およそ 5~15 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ 、汚泥床の厚さ 1~20cm において、粒子径 5 μm 以上の SS は高効率で除去できた。
- 2) また、脱窒細菌を固定した多孔質担体層に、電極を設置して電解水素を供給した結果、処理水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ は確実に除去され、脱窒速度は電流密度 0.76 $\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ で 0.036 $\text{mg}\cdot\text{N}\cdot\text{mg}\cdot\text{SS}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ であり、SS と $\text{NO}_3\text{-N}$ が同時除去できた。

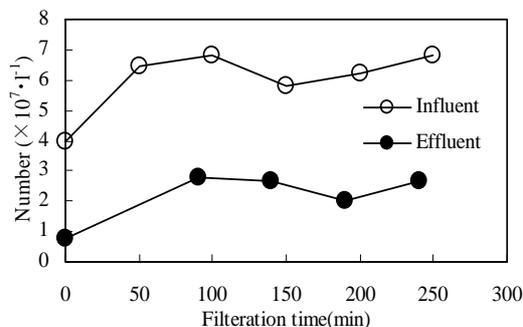


Fig. 3 Variations of Cryptracer concentrations in influent and effluent

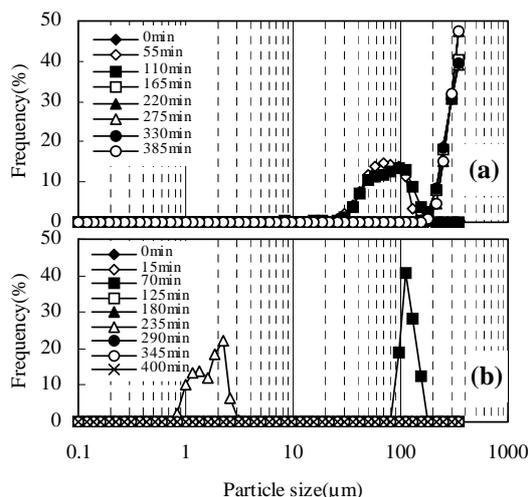


Fig. 4 Variation of particle size distribution in (a) raw wastewater and (b) effluent (Sludge bed thickness ; 20cm, Filtration rate ; 15 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$)

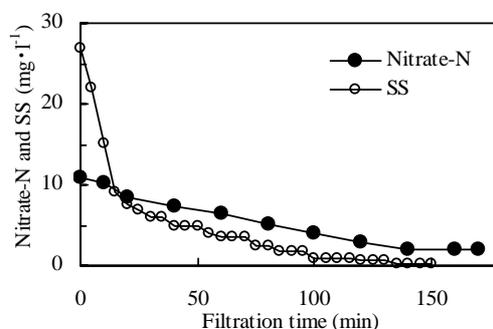


Fig. 5 SS and Nitrate-N removal by SBE filter (filtration rate 5.3 $\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$)

従って、本法により、緩速砂ろ過法のバイオフィルターの機能を持ちながら、ろ床のろ過抵抗が小さいため、緩速砂ろ過法と比べて大きなろ過速度で、粒子径 5 μm の微小粒子まで除去と同時に $\text{NO}_3\text{-N}$ も脱窒除去が可能であると考えられる。

今後は、長時間ろ過した場合のろ過特性を明らかにするとともに、実排水の高度処理への適用に関する研究が必要と考えられる。

- 謝辞 -

本研究は、文部科学省科学研究費基礎研究(C)(15510069)によって遂行されたものである。