

Ⅶ-11

アルミ系、鉄系凝集剤を用いた場合の
直接濾過による下水2次処理水の濾過特性(2)

室蘭工業大学 学生員 菅原 崇
室蘭工業大学 正 員 穂積 準
室蘭工業大学 正 員 吉田英樹
室蘭工業大学 学生員 佐藤隆紀

1. はじめに

日本における下水2次処理水の特徴的な再利用方法として修景・親水などのアメニティー用水への再利用¹⁾が注目されている。その場合、より高度に浮遊物質の低減化を行い、不快感・不安感を与える要因となっている色度などの、溶解性物質の除去も要求される。そこで、筆者らは濾過継続時間延長効果の高い人工粗大濾材と天然砂の2層からなる2階床凝集直接濾過法を取り上げ、凝集剤として硫酸アルミニウム、PAC(以上アルミ系凝集剤)、塩化第2鉄(鉄系凝集剤)を用いて、その濾過性能について検討を加えてきた²⁾。

前報では、それら3種類の凝集剤を用いた場合の濾過特性に関し、アルミ系より塩化第2鉄を用いた方が濾過速度によらず安定した濾過水が得られること、及び、1.1~1.5倍程度濾過継続時間が長くなることを示した³⁾。

本報告では、引き続き各凝集剤を用いた場合の濾過性能について比較・検討するとともに、生成フロクの沈降性状についても比較・検討を行った。

2. 実験概要

図-1に示すような実験装置を室蘭市某下水処理場に設置した。濾過装置本体は内径8cmのカラムに、ビニールチューブを内径2mm、外径4mm、長さ6mmの半円筒状に切断したものを90cm厚に充填した初期空隙率47%の上部粗大濾材層と、0.59~0.71、0.71~0.85、0.85~1.00mmの天然砂を60cm厚に充填した初期空隙率41、45%の下部砂層からなる。

実験原水は、活性汚泥法の最終沈殿池流出水である。凝集剤として硫酸アルミニウム、PAC、及び塩化第2鉄の3種を用い、凝集剤注入率は Al^{3+} 、 Fe^{3+} として4mg/lの一定値、凝集pHはそれぞれの最適pH(硫酸アルミニウム、PAC:5.5~6.0、塩化第2鉄:3.5~4.5)に設定した。濾過速度は120、240、300、360m/dayの4種に変化させ、所定時間ごとにサンプルを所定箇所から採取し、濁度、色度を測定するとともに、損失水頭をマンメーターで測定した。一般に下水2次処理水の急速濾過における許容損失水頭は濾過の効率性、浮遊物質の漏出、濾過池の建設費等の点から3m前後が適当である⁴⁾とされているため、本実験においても全損失水頭が3mに達した時点で濾過を終了した。なお、実験は比較的一定の原水濁度が得られる期間内に行った。

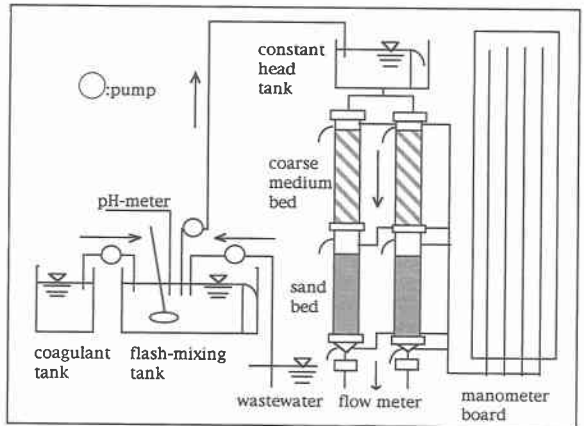


図-1 実験装置概略図

3. 実験結果及び考察

3.1 平均除去率

Effect of Metal Coagulants on the Performance of Direct Filtration of Secondary Wastewater Effluent (2) by Takashi Sugawara, Hitoshi Hozumi, Hideki Yoshida, Takanori Sato

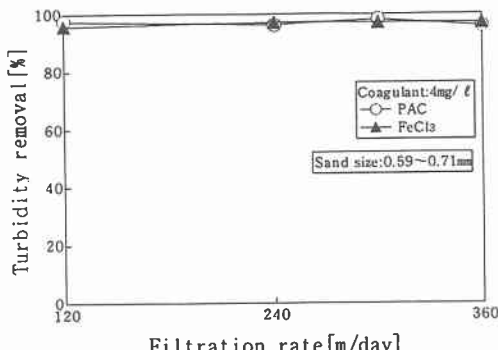


図-2 濁度の平均除去率

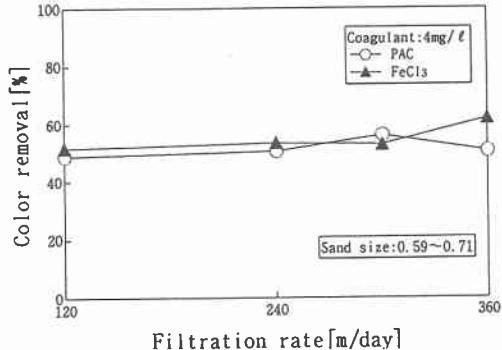


図-3 色度の平均除去率

アルミ系凝集剤、硫酸アルミニウムとPACを用いた場合の濾過性能がほぼ同様であることから、本実験では、アルミ系凝集剤としてPACを使用した。図-2は、許容損失水頭が3mに達するまでの濾過継続時間における2層濾過全体の平均濁度除去率と濾過速度の関係を凝集剤別に示したものである。砂層の初期空隙率は41%である。これは、一般に砂層の空隙率は41%~45%程度であることが知られており、最小空隙率での濾過性能を比較するためである。図から、塩化第2鉄、PACともに濾過速度に影響されることなく90%以上の高い除去率を示している。色度除去については、PAC・塩化第2鉄ともに50%程度であった。砂層空隙率45%の場合には塩化第2鉄ではアルミ系に比べ10%程度高い除去率が得られたが³⁾、初期空隙率41%の場合には除去率はほとんど同じで、そのような差異は見られなかった。

3.2 濾過継続時間と損失水頭

図-4、5はそれぞれ、両凝集剤を用いた場合の砂層初期空隙率41%、45%における濾過継続時間を示したものである。初期空隙率41%、45%における濾過継続時間は濾過速度の増大とともに短くなり、その変化傾向は凝集剤によっては相違しない。また、塩化第2鉄を用いた場合の濾過継続時間はPACを用いた場合より1.1~1.5倍程度長く、前報と同じ結果が得られた。砂層初期空隙率41%の場合には同空隙率45%の場合に比べて濾過継続時間が相当短くなると予想されたが、約1時間程度の減少にとどまった。

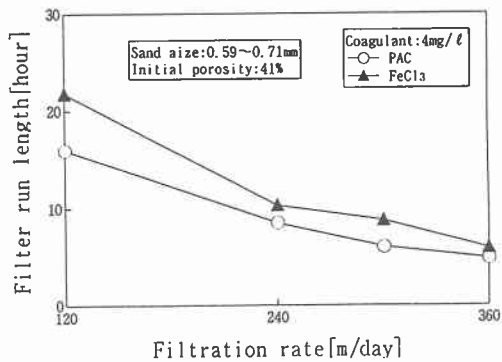


図-4 両凝集剤の濾過継続時間

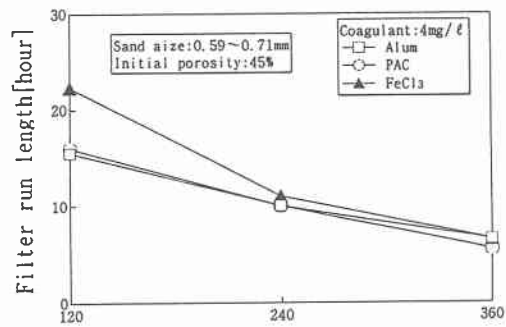


図-5 各凝集剤の濾過継続時間

図-6、7はそれぞれ濾過速度120m/dayにおける濾過水濁度と濁質抑留量の経時変化を凝集剤別に示したものである。粗大濾材層からの濾過水に注目すると、PACでは濾過が進行するにつれて濁度が增大する。塩化第2鉄でも同様の現象が認められるが、PACに比べると低い濁度で推移している。その結果、図-7に示すように、塩化第2鉄を用いた場合の粗大濾材層における濁質抑留量はPACを用いた場合より大きい。一方、砂層の濁質抑留量を見ると、凝集剤にPACを用いると粗大濾材層での除去率が塩化第2鉄に比べ低いため、砂層に流入する濁質成分が増大し、砂層の濁質抑留量は塩化第2鉄より大きくなる。砂層の大きな濁質抑留能力によってPACを用いた場合でも砂層

からの漏出濁度は塩化第2鉄の場合と同様の $1\text{mg}/\ell$ 程度の低濃度となる。図-8は、両凝集剤を用いた場合の粗大濾材層と砂層における損失水頭を示したものである。粗大濾材層における損失水頭は全損失水頭の10%以下で、損失水頭のほとんどが砂層の閉塞によって発現している。そのため、PACを用いた場合には粗大濾材層からより多くの濁質が漏出するので、砂層では早くから砂層空隙の閉塞が始まり、全損失水頭が3mに達するまでの濾過継続時間が塩化第2鉄の場合より短くなるものと考えられる。

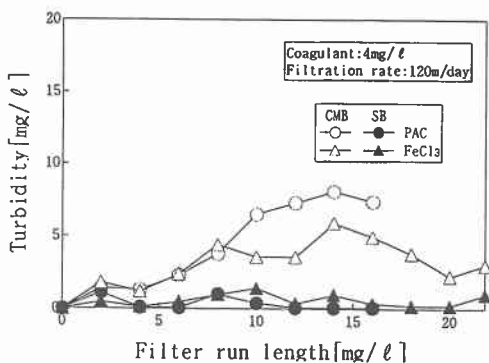


図-6 濾過水濁度の経時変化

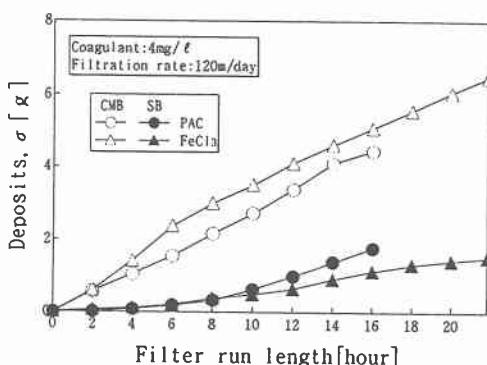


図-7 濁度抑留量の経時変化

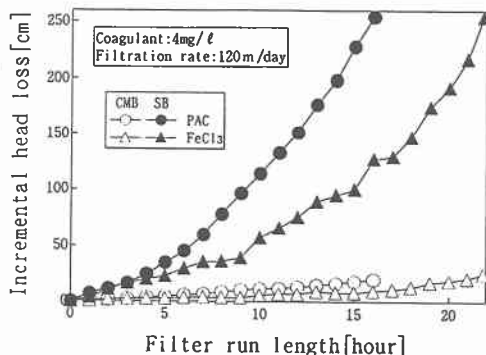


図-8 損失水頭の経時変化

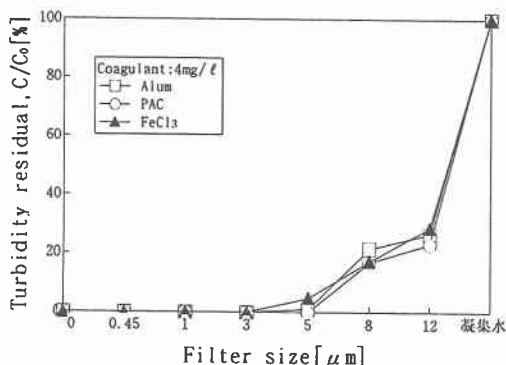


図-9 濁度の粒度分布

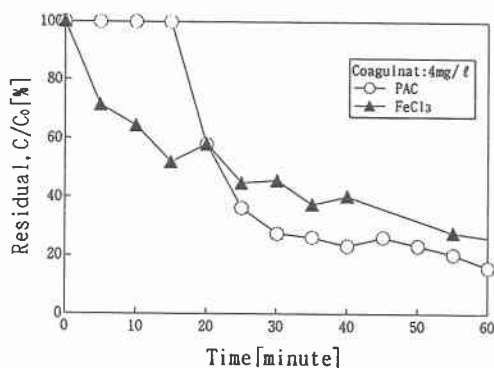


図-10 フロックの経時変化

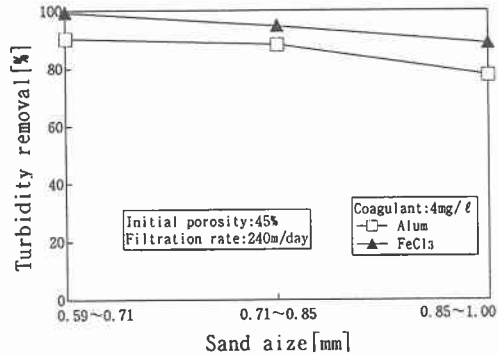
このような、アルミ系凝集剤と塩化第2鉄を用いた場合の粗大濾材層内における濁質除去の相違は、生成フロックの性質が異なることによるものと考えられる。前報で、アルミ系凝集剤と塩化第2鉄を用いた場合の生成フロックの粒度分布を測定し、相違が認められないことを示した。そこで、再度凝集剤別の粒度分布について確認実験を行った。図-9は、各凝集剤を用いて濾過実験と同一凝集条件下において生成したフロックの粒度分布を示したものである。両アルミ系凝集剤、塩化第2鉄いずれにおいても粒度分布に差はほとんど見られず、 $12\mu\text{m}$ 以上の粒子が80%を占めるといった傾向もこれまでの実験結果と同じであった。そこで、粗大濾材層における濁質抑留の主機構の1つとして沈殿作用が考えられることから、PACと塩化第2鉄を用いて同一条件下で沈降実験を行って、その沈降性状を比較した。その結果を図-10に示す。塩化第2鉄による生成フロックは実験開始直後から沈降が始まっているのに対し、

PACを使用した場合には実験開始 20 分頃から沈降が開始している。つまり、塩化第 2 鉄による生成フロックはPACによる生成フロックよりも沈降速度が大きい。以上のことから、生成フロックの寸法は同様であるが、塩化第 2 鉄を用いたフロックの方が密度が大きいものと推測される。

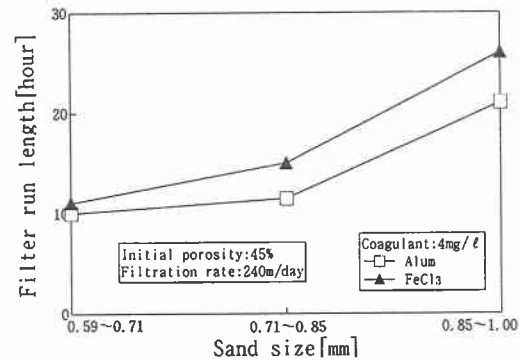
3.3 砂粒径による濾過特性の変化

砂粒径 0.59～0.71 mm、砂層初期空隙率 41、45 % の場合の凝集剤による濾過性能の相違について述べた。最後に、凝集剤による濾過性能の相違が砂粒径によってどの程度影響されるかについて述べる。

図・11 は塩化第 2 鉄と PAC を用いた場合の濾過の平均濁度除去率と砂粒径の関係を濾過速度 240 m/day、砂層初期空隙率 45% の場合を例にとり示したものである。平均除去率は砂粒径の増大とともに低下し、その変化傾向は凝集剤によって異ならず、砂粒径 0.85～1.00 mm では 0.59～0.71 mm に比べて 10% 程度低下している。図・12 は図・11 と同一条件下における濾過継続時間を示したものである。両凝集剤ともに濾過継続時間は砂粒径の増大とともに長くなるが、砂粒径の増大に伴う濾過継続時間延長の度合いは塩化第 2 鉄の方が PAC よりも大きい。砂粒径 0.59～0.71 mm と 0.85～1.00 mm における濾過継続時間は PAC ではそれぞれ 10 時間及び 21 時間で延長度合いは 2.1 倍であるが、塩化第 2 鉄では 11 時間及び 26 時間で延長度合いは 2.4 倍程度となっている。また、砂粒径が大きくなる程、塩化第 2 鉄と PAC を用いた場合の濾過継続時間の差異は大きくなる。



図・11 砂粒径別の濁度除去率



図・12 砂粒径別の濾過継続時間

4. 結論

- 1) 砂層の初期空隙率が高い場合には塩化第 2 鉄ではアルミ系凝集剤に比べて濾過速度によらず安定した高い濁度、色度除去率が得られる。初期空隙率が小さい場合には凝集剤による除去率の差異は小さくなる。
- 2) 濾過速度の増大に伴う濾過継続時間の減少度合いは塩化第 2 鉄とアルミ系凝集剤で異ならず、また、初期空隙率の影響を受けない。
- 3) 砂粒径の増大に伴う濁度除去率の低下割合は凝集剤によって相違しない。一方、砂粒径の増大に伴う濾過継続時間の延長度合いはアルミ系凝集剤に比べて塩化第 2 鉄で大きい。
- 4) 塩化第 2 鉄とアルミ系凝集剤を用いた場合、生成フロックの粒度分布はほとんど同じであるが、フロック密度は塩化第 2 鉄を用いた方が大きい。その結果、塩化第 2 鉄を用いた方が粗大濾材層の濁質残留量は大きい。

【参考文献】

- 1) 小超真佐司：下水処理の修景・親水利用水質検討マニュアル（案）、下水道協会誌 Vol.29、No.338、pp3～5、(1992)
- 2) 吉田智志、他：凝集直接濾過による下水 2 次処理水の浮遊性・溶解性物質の除去特性、土木学会第 52 回年次学術講演会、Ⅶ・205、pp408～409、(1997)
- 3) 吉田智志、他：アルミ系、鉄系凝集剤を用いた場合の直接濾過による下水 2 次処理水の濾過特性、北海道支部年次技術研究発表会論文報告集、Ⅶ・15、pp670～673、(1998)
- 4) 建設省高度処理会議：高度処理施設設計資料、p19、(1994)