

VII-15

アルミ系、鉄系凝集剤を用いた場合の  
直接ろ過による下水2次処理水のろ過特性

室蘭工業大学 学生員 吉田 智志  
 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 加爾肯 馬拉夫  
 室蘭工業大学 学生員 菅原 崇

1. はじめに

今日、公共用水域の水質基準の達成・保全、閉鎖性水域の富栄養化防止、あるいは水資源有効利用としての修景・親水用水等への下水2次処理水の高度処理による再利用に際しては、更なる水質の安定化が必要であり、これらに対する暫定基準も提案されている。<sup>1)</sup>そこで、ろ過継続時間延長効果の高い人工粗大ろ材と天然砂の2層からなる2階床凝集直接ろ過法を取り上げ、凝集剤として硫酸アルミニウムを用い、そのろ過特性について検討を加えてきた。<sup>2)</sup>

本報告は、硫酸アルミニウムの他に、アルミ系凝集剤として河川水等の凝集においてより効果が高いといわれるPAC、及び鉄系凝集剤として溶解成分の凝集に効果的であるとされる塩化第2鉄を用いた場合のろ過特性の相違について比較・検討したものである。

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。

ろ過装置本体は内径8cmのカラムに、ビニールチューブを内径2mm、外径4mm、長さ6mmで半円筒状に切断したもの初期空隙率47%で90cm厚に充填した上部粗大ろ材層と、粒径0.59~0.71mmの天然砂を初期空隙率45%で60cm厚で充填した下部砂層からなる。

実験原水は、活性汚泥法の最終沈殿池流出水で比較的原水濁度が同様な同時期に実験を行い、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

を用いた。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、ろ過速度を120m/d、240m/d、360m/dの3種に変化させて実験を行った。また、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、リン酸を測定するとともに、損失水頭をマンオメーターで測定した。一般に下水2次処理水の急速ろ過における許容損失水頭はろ過の効率性、浮遊物質の漏出、ろ過池の建設費等の点から3m前後が適当である<sup>3)</sup>とされているため、本実験においても全損失水頭が3mに達した時点でろ過を終了した。

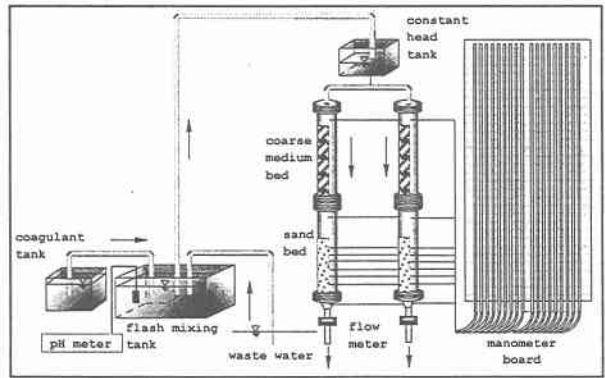


図-1 実験装置図

3. 実験結果及び考察

3.1 ろ過による平均除去率

図-2は、許容損失水頭が3mに達するまでのろ過継続時間における2層ろ過全体の濁度平均除去率とろ過速度の関係を凝集剤別に示したものである。塩化第2鉄の濁度平均除去率は、ろ過速度によらず、98%程度の一定した除去率が得られた。アルミ系凝集剤の硫酸アルミニウム、PACの濁度平均除去率は、120m/dでは塩化第2鉄と同様に98%程度の高い除去率が得られるもの

Effects of metal coagulants on the performance of Direct Filtration of Secondary Wastewater Effluent  
 by Satoshi Yoshida, Hitoshi Hozumi, Hideki Yoshida, Manav JARHEN, Takashi Sugawara.

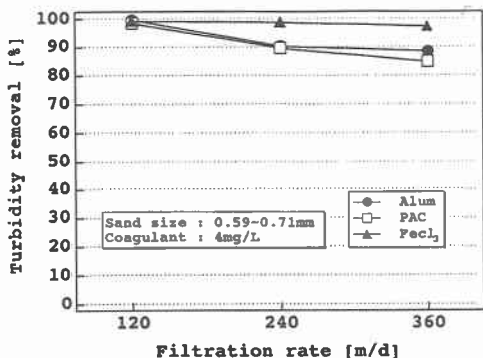


図-2 濁度の平均除去率

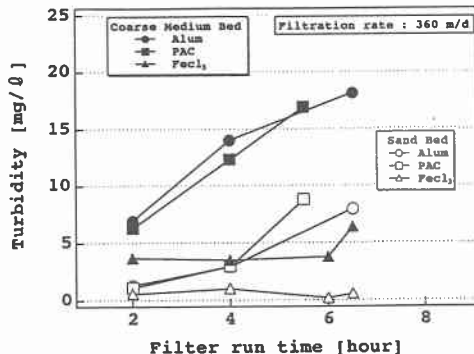


図-3 ろ過水濁度の経時変化

の、両凝集剤ともろ過速度の増大とともに低下し、ろ過速度360 m/dでは120 m/dの場合より15%程度低い値を示した。これは以下に示すように、アルミ系凝集剤と塩化第2鉄で粗大ろ材層における濁質抑留の相違が生じたことによる。図-3、4は、それぞれろ過速度360 m/dにおけるろ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。図-3を見ると分かるように、粗大ろ材層からの流出濁度がアルミ系凝集剤ではろ過の経過とともに高くなり、ろ過初期から5 mg/lを越え、ろ過終期には17~18 mg/lにまで達しているのに対し、塩化第2鉄ではろ過期間中ほぼ一定で、5~7 mg/l程度である。その結果、粗大ろ材層における濁質抑留量は、塩化第2鉄ではアルミ系凝集剤に比して大きく、1.7倍程度になっている。一方、砂層における濁質抑留量について見ると、アルミ系凝集剤は塩化第2鉄に比べて約1/2程度小さい。つまり、アルミ系凝集剤では、粗大ろ材層での除去率が低く、砂層へ流入する濁度成分が増大するため、砂層での濁質抑留量の依存度が大きくなるのである。これに伴ってアルミ系凝集剤の方は、砂層空隙の閉塞が増大し、砂層内の水流による実流速が増大して抑留濁質表面に作用するせん断力が大きくなる結果、付着抑留しえずろ過水中に流出する濁質成分が増加し、2層ろ過全体としての濁度平均除去率の低下を招く。アルミ系凝集剤と塩化第2鉄では、ろ過速度が大きいほどこの平均除去率の低下が顕著になっている。

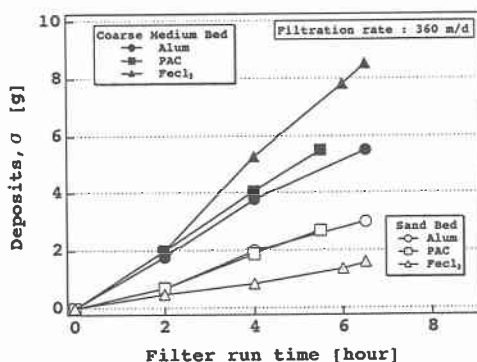


図-4 濁質抑留量の経時変化

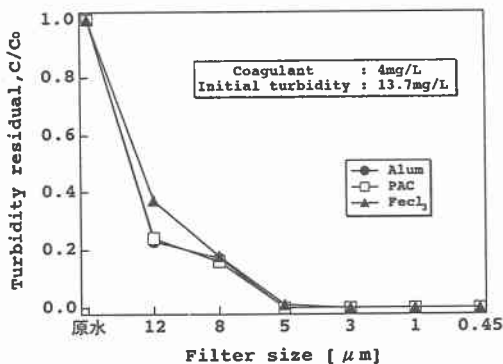


図-5 濁度の粒度分布

このように、アルミ系凝集剤と塩化第2鉄を用いた場合に粗大ろ材層における濁質除去が異なる要因としては、生成フロックの性質が相違するためであると考えられる。図-5は、ろ過実験と同一凝集条件下で行ったジャーテストにおける各凝集剤による生成フロックの粒度分布を示したものである。アルミ系凝集剤と塩化第2鉄の生成フロックの粒度分布は、12 μmにおいて弱冠相違するものの、ほとんど変わらない。粗大ろ材層における濁質抑留の主機構は沈殿であることから、フロックの粒度が同一であるとすると、図-4における結果は、アルミ系凝集剤と塩化第2鉄で生成されるフロックの密度に相違があるものと推察される。つまり、鉄系凝集剤を用いた場合には含水率が小さく、密度の高い比較的強固なフロックが生成され、逆にアルミ系凝集剤を用いた場合には含

水率が大きく、密度の低い脆弱なフロックが生成され、粗大ろ材層でのろ過係数が異なるためであると推察される。

図・6は、色度とリン酸の2層ろ過全体の平均除去率とろ過速度の関係を凝集剤別に示したものである。各凝集剤のろ過速度の増大に伴う色度の平均除去率の変化は、濁度の場合とほぼ同様であるが、除去率としては濁度の半分程度であるため、その変化率も比較的小さくなっている。リン酸の平均除去率についても、ろ過速度の増大に伴う除去率の低下傾向は濁度の場合と同様であるが、凝集剤別に見ると塩化第2鉄の平均除去率がアルミ系凝集剤の平均除去率よりも低くなる傾向が見られた。この原因としては、リンと塩化第2鉄との反応性、また塩化第2鉄においては凝集pH域がアルミ系凝集剤に比べて低いということ等が考えられるが、この点については今後検討することとしたい。

### 3.2 ろ過継続時間と損失水頭

図・7は、全損失水頭が3mに達するまでのろ過継続時間とろ過速度の関係を凝集剤別に示したものである。まず、凝集剤別にろ過継続時間の違いを見ると、アルミ系凝集剤の硫酸アルミニウムとPACでは、各ろ過速度でほぼ同様の継続時間であるが、塩化第2鉄では120m/dで1.5倍程度、240m/d、360m/dで1.1倍程度長くなっている。これは、アルミ系凝集剤と塩化第2鉄において粗大ろ材層と砂層で発生する損失水頭に異なる傾向を示すためである。

図・8(a)、(b)は、それぞれろ過速度120m/dにおける粗大ろ材層の損失水頭の経時変化、濁質抑留量と損失水頭の関係を示したものである。前述したように、塩化第2鉄では粗大ろ材層における濁質抑留量が大きいにもかかわらず、ろ過継続時間の経過に伴う損失水頭の伸び率は緩やかで、また、アルミ系凝集剤に比して同一抑留量に対して損失水頭の増分が小さくなっている。この点から、塩化第2鉄を用いた場合に密度の高いフロックが生成されているということが判断され、損失水頭の発生が生成フロックの性質によって異なっていることがわかる。しかし、粗大ろ材層で発生する損失水頭は全損失水頭の約20～25%程度であることから、これがろ過継続時間に大きく影響するとは考えにくい。図・9(a)、(b)はそれぞれ同一

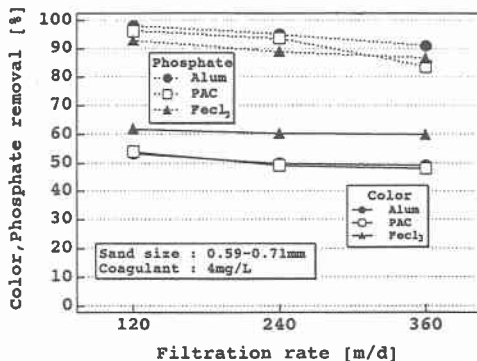


図-6 色度とリン酸の平均除去率

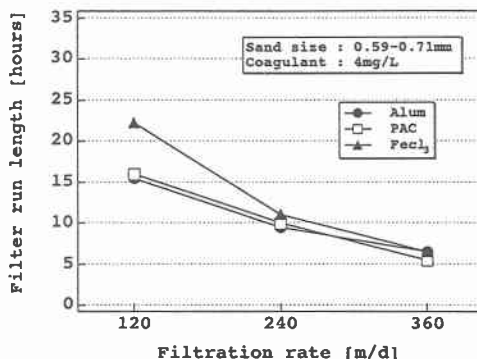


図-7 各凝集剤のろ過継続時間

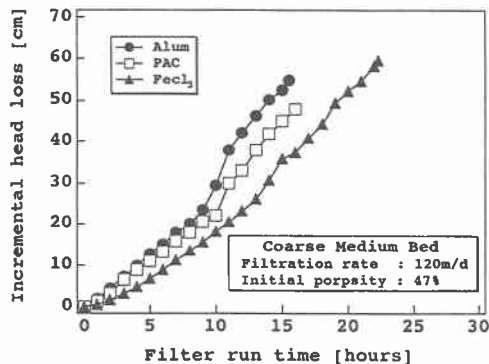


図-8(a) 粗大ろ材層における損失水頭の経時変化

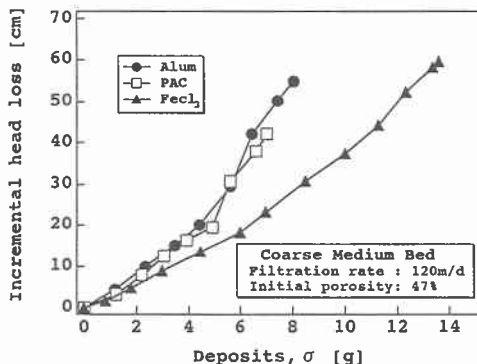


図-8(b) 粗大ろ材層における濁質抑留量と損失水頭の関係

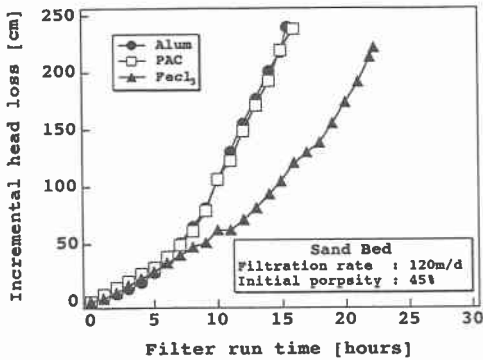


図-9(a) 砂層における損失水頭の経時変化

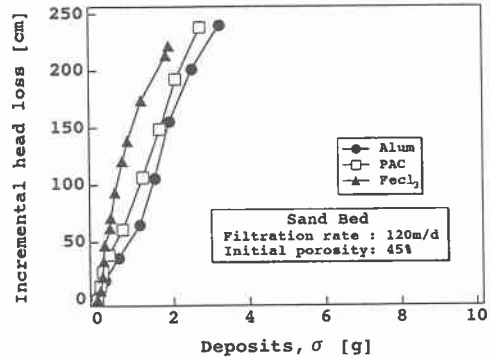


図-9(b) 砂層における濁質抑留量と損失水頭の関係

ろ過速度における砂層の損失水頭の経時変化、濁質抑留量と損失水頭の関係を示したものである。これを見ると塩化第2鉄の方がアルミ系凝集剤に比べて発生する損失水頭の時間的な伸び率が小さい。つまり、塩化第2鉄はアルミ系凝集剤に比べて粗大材層での濁質抑留量が高く、砂層への流入濁質が小さいため、時間的な損失水頭の伸び率も小さくなり、ろ過継続時間も比較的長くなっているのである。図-7においてろ過速度の増大とともに塩化第2鉄とアルミ系凝集剤のろ過継続時間の差が小さくなるのは、初期損失水頭の増大に伴う有効水頭の減少に加え、砂層への流入濁度が増大することによるものである。また、通常、砂層への流入濁質量が大きければ表層ろ過となるため、塩化第2鉄よりもアルミ系凝集剤の方が表層ろ過となることが予想されたが、

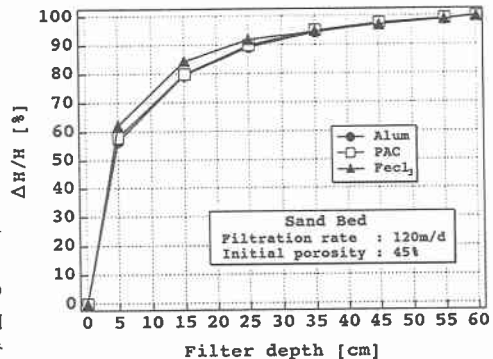


図-10 ろ過終了時における砂層各層の損失水頭的全損失水頭に対する割合

図-10のろ過終了時における砂層各層の損失水頭的全損失水頭に対する割合を見ると、塩化第2鉄の方がアルミ系凝集剤よりも表層ろ過となっている。そのため、図-9(b)のように同一抑留量に対して発生する損失水頭も塩化第2鉄の方が大きくなったものと考えられる。この要因の1つとして、アルミ系凝集剤の生成フロックが塩化第2鉄の生成フロックよりも脆弱で、砂層上部でフロックのせん断破壊が生じることによって下部まで押し込まれ、深層ろ過になるというようなことが考えられるが、現在では不明であり、今後更に実験を行って吟味したいと思う。

#### 4. 結論

- (1) アルミ系凝集剤の硫酸アルミニウム、PACを用いた場合の濁度、色度、リン酸の平均除去率は、ろ過速度の増大とともに低下し、その除去傾向はほぼ同様である。また、鉄系凝集剤の塩化第2鉄を用いた場合の濁度、色度の平均除去率は、ろ過速度によらず一定でアルミ系凝集剤より高いが、リン酸においては低くなる。
- (2) 粗大材層における濁質抑留量は、アルミ系凝集剤より塩化第2鉄の方が大きい。
- (3) ろ過継続時間は、硫酸アルミニウムとPACでは同様であるが、塩化第2鉄では1.1~1.5倍程度長くなる。

#### 【参考文献】

- 1) 小越真佐司：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：凝集直接ろ過による下水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) 建設省高度処理会議：高度処理施設設計資料、p19、(1994)