

VII-14

アルミ系、鉄系凝集剤による下水2次処理水の凝集性の相違

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 加爾肯 馬拉夫
 室蘭工業大学 学生員 吉田 智志

1. はじめに

下水2次処理水の再利用はこれまで、主として散水や、水洗トイレなどの比較的狭い範囲の雑用に限られていたが、近年、日本における特徴的な用途として修景・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、より高度の浮遊物質の低減のみならず、不快感、不安感を与える要因となる色度などの、溶解性物質の除去が要求される。下水2次処理水の高度処理として一般に用いられている急速濾過によって、溶解性物質を除去するためには、前処理としての凝集操作が不可欠である。そこで筆者らは下水2次処理水の凝集特性について検討を加えてきた。前報では、最も多用されている硫酸アルミニウム、またそれより凝集効果が高いとされるPACについて検討し、凝集性能や生成フロクの粒度に変化がないことを報告した。

本報では、PACとともに凝集効果が優れているとされる鉄系凝集剤 $FeCl_3$ と、アルミ系凝集剤との凝集特性の相違について比較、検討をした結果について報告することとした。

2. 実験概要

本研究では原水として、M市下水処理場の最終沈殿池から採取した下水二次処理水を用い、通常のジャーテストにより各凝集剤による下水2次処理水の凝集特性及び生成フロクの粒度分布を求めるとともに、図-1に示すような直径10cm、高さ38cmの沈降分析筒を用いて、沈降分析を行い、生成フロクの沈降速度分布を求めた。使用した原水の濁度は実験から約5~20mg/L、色度は20~50mg/L程度であることがわかっている。



図-1 沈降試験筒の概略図

A. 凝集実験

1ℓビーカーに下水2次処理水を採取、凝集剤を添加後、HClもしくはNaClを用いてpHを調整し、急速攪拌120rpmを5分、緩速攪拌50rpmを30分行い、30分静置後の上澄み液から、濁度と色度の測定を行った。

B. 沈降分析

上記の下水処理場に設置した急速濾過プラントの凝集タンクを用いて生成した凝集水を、フロクが破壊しないように静かに沈降分析筒(図-1)に入れ、深さ方向に一様に分布するように転倒させてから沈降分析を開始した。沈降分析にあたり、5分間隔で採水口から試料を採取し、濁度を測定するとともに採水による水深変化を測定した。

3. 実験結果及び考察

*Comparison of Coagulation Characteristics of Secondary Wastewater Effluent
 with Iron and Aluminum Coagulants*

by Takashi Sugawara, Hitoshi Hodumi, Hideki Yoshida, manav JARHEN, Satoshi Yoshida

3.1 鉄系、アルミ系凝集剤による凝集性状と生成フロックの粒度分布の相違

図-2、3は、鉄系とアルミ系凝集剤の濁度及び色度の凝集域を比較したものである。凝集剤によらず、色度と濁度の最適凝集pH域は、ほぼ一致し、アルミ系凝集剤の最適域はpH4~6であるのに対し、鉄系最適凝集pH域はそれより1程度低pH側のpH3~4.5程度である。

図-4は鉄系、アルミ系凝集剤を用いた場合の最適凝集域での濁度及び色度残留率を示したものである。濁度除去率と凝集剤注入率の関係は鉄系、アルミ系でほぼ一致し変わらない。注入率4mg/Lで、80%近く除去でき、8mg/Lではほぼ100%の除去が可能である。一方、色度残留率はアルミ系凝集剤より鉄系凝集剤のほうが高く、凝集剤注入率5mg/Lで約50%、8mg/Lで60%程度で、アルミ系凝集剤ではそれより10%程度残留率が高い。これは、色度のフミン酸類が特に鉄との反応性に富むと言われており、鉄系凝集剤の場合にはアルミ系凝集剤の比して、重合物生成過程において、より多くのフミン酸類と結合するものと考えられる。その結果、図-4に見られるように、色度除去率は鉄系凝集剤の場合に高くなる。ただし、図-4の濁度除去率の結果に見られるように、濁度成分に対する架橋作用の凝集作用は、アルミ系の場合と変わらないものと考えられる。

図-5は、鉄系アルミ系凝集剤を5mg/L注入した場合を例に取り、生成フロックの粒度分布を比較したものである。この場合の凝集は、アルミ系凝集剤でpH5.5、鉄系凝集剤でpH4.5でそれぞれ最適凝集pHとした。アルミ系、鉄系凝集剤いずれの場合もフロックの粒度分布はほぼ同じになっている。生成フロックは5 μ m以上のフロックに成長している。図-5の破線は、0.45 μ m以上の生成フロックを100%とした場合の色度フロックの粒度分布を示したものである。この場合の色度フロックは、濁度フロックの粒度分布と一致しており、濁度と色度からなる2成分系の凝集では、両成分が一体となったフロックが生成されるものと考えられる。

一般的に濁度コロイドの粒径は1 μ m前後、色度粒子は10nm程度であり、色度粒子は濁度粒子に比べ、粒径が100分の1程度小さい。今、両粒子の密度の差を無視すると、同一質量濃度であれば色度粒子の個数濃度は、濁度粒子の10⁶倍なので、凝集剤を添加すると色度成分がまず反応し、色度成分と凝集剤の重合物が生成されて、重合物が濁度成分に対し架橋作用を発揮して、凝集剤としての役割を果たす。相対的に、濁度に比べ色度が異常に高い場

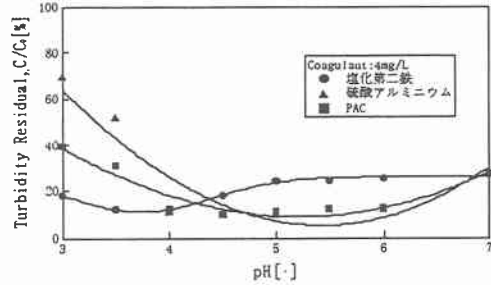


図-2 pH変化に伴う濁度残留率の推移

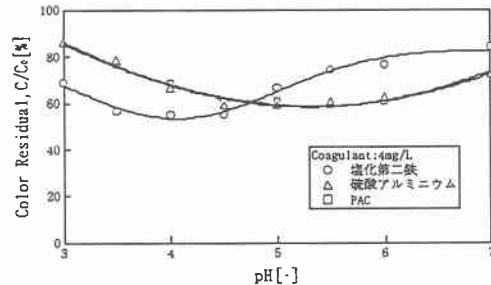


図-3 pH変化に伴う色度残留率の推移

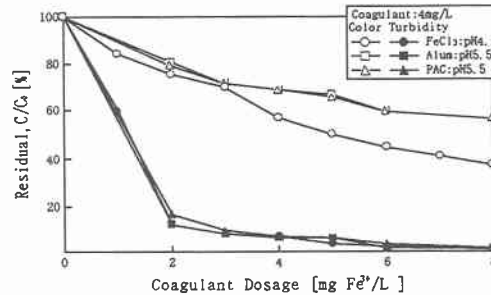


図-4 添加量変化における残留率への影響

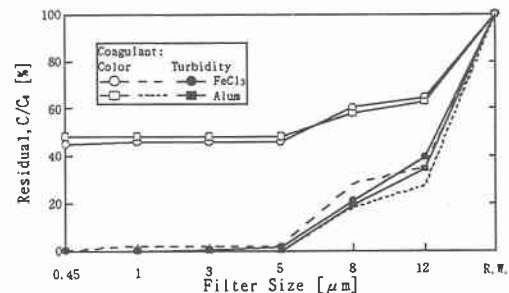


図-5 フロックの粒度分布

合や、低凝集剂量に場合には色度と凝集剤のフロックが生成されると考えられる。

図-6は下水2次処理水の粒度分布を示している。原水中の濁度粒子は $3\mu\text{m}$ 以上で大半が、 $5\sim 8\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ 以上の粒子からなっている。一方、色度フロックは95%程度 $0.45\mu\text{m}$ 以下であり、溶解性成分とみなしてよい。凝集剤の添加によって、前述したように、濁度、色度フロックが生成されるとともに、 $5\sim 8\mu\text{m}$ の濁質粒子がより大きなフロックに成長し、図-5に示されるように $8\mu\text{m}$ 以上の粒子の存在の割合が大きくなっている。

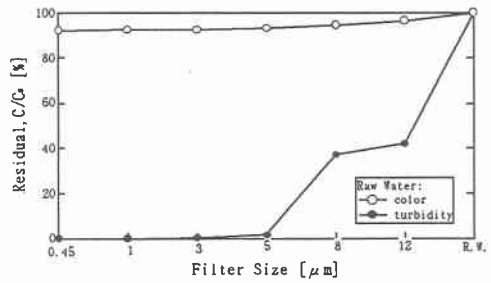


図-6 原水の粒度分布

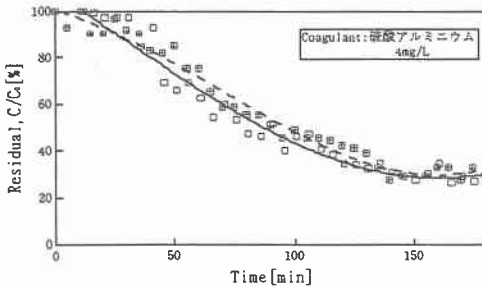


図-7 Alumによるフロックの計時変化

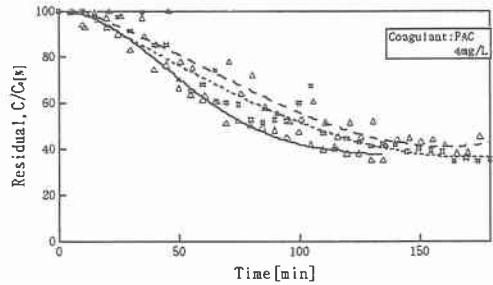


図-8 PACによるフロックの計時変化

3.2 鉄系、アルミ系凝集剤による沈降速度分布の相違

図-7、8は、硫酸アルミニウムとPACを凝集剤として用いた場合の、沈降分析における深さ34cmから採取した試料の濁度残留率の計時変化を示したものである。残留濁度のばらつきはあるものの、硫酸アルミニウムとPACではほぼ同じである。図-7.8の沈降分析の結果から、硫酸アルミニウムとPACを用いた場合の平均的な沈降速度分布を求めると図-10のc)、d)曲線のようなものである。

図-9は塩化第二鉄を用いた場合の沈降分析の結果を示したものである。この場合には、ばらつきが大きくなり、一定した結果が得られなかった。また、図-10のc1)、c2)曲線は、図-9のc1)、c2)曲線に対応する沈降速度分布曲線である。

c1)曲線は、アルミ系凝集剤を用いた場合よりも沈降性状が良好な結果を示しているが、c2)曲線はアルミ系凝集剤を用いた場合に比して、著しく沈降性状が劣る結果を示している。鉄系凝集剤を用いた場合のフロックの沈降性状については、なお検討する必要がある。

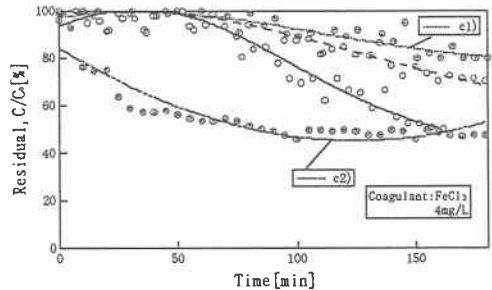


図-9 塩化第二鉄によるフロックの計時変化

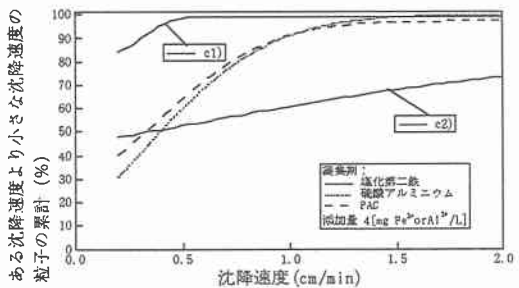


図-10 沈降速度分布累積曲線

図-10の沈降速度分布と図-5の粒度分布の結果からストークスの沈降速度式を用いて、フロックの密

度を求めると以下ようになった。

$$w = \frac{1}{18} g \frac{\rho_s - \rho}{\mu} d^2 \quad \dots \dots \dots \text{式-1 ストークスの式}$$

ここで、 w ：粒子の沈降速度 (cm/sec) ρ_s ：粒子の密度 (g/cm³) ρ ：水の密度 (g/cm³)
 μ ：水の粘性係数 (g/cm³·sec) g ：重力加速度 (g/sec²)=980g/sec² d ：粒子の直径

図-5で、粒径が12 μ mにおける累積残留率が40%であり、図-10から累積残留率40%に対応する沈降速度が、硫酸アルミニウム、PACを用いた場合のフロックでは0.25~0.3cm/minである。これを用いて式-1からフロック密度を求めると1.5~1.6g/cm³程度となった。塩化第二鉄はこれより著しく異なった密度が得られるが、前述したとおり今後の検討課題である。なお、12 μ m以下の粒子の密度を求めるに当たって、更に長時間の沈降分析を行わなければならないが、過去これまでに得られた知見から判断して、上記の値とそれほど大きく相違しないと考えられる。

3.3 凝集性能に及ぼす水温の影響

凝集に影響を及ぼす因子の一つに水温があり、寒冷地では、その影響について検討しておく必要がある。

図-11は、塩化第二鉄を用いた場合の濁度・色度残留率を示した。凝集pHは最適凝集pH域に設定した。濁度・色度残留率は、水温5度以上では除去率は水温によって影響を受けず、一定である。水温が1度の場合には、低注入側で除去率が低下している。また、濁度では、4mg/L、色度では8mg/Lで除去率が低下している。その要因は現時点では不明なので今後検討することとしたい。いずれにしても、水温1度程度で、低注入率では若干除去率に影響を及ぼす。

図-11は、上記下水処理場で測定した季節による放流水の水温変化を示している。極値が9.10月の20度と2.3月の10度で差は10度程度であり、それほど水温は低下せず、下水2次処理水の凝集への影響を考慮する必要はない。極寒の地で特殊な状況下を除けば、水温の影響はないものと考えられる。

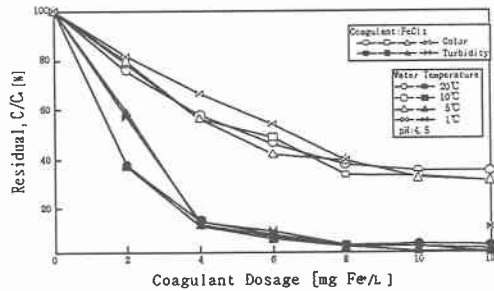


図-11 水温変化による凝集性能

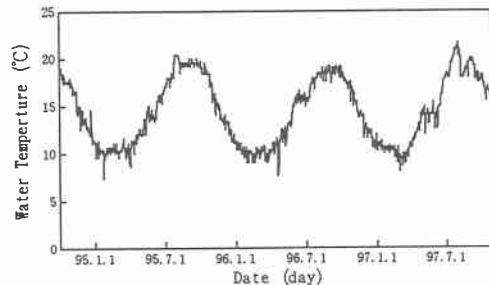


図-12 季節による水温の変化

4. 結論

塩化第二鉄とアルミ系凝集剤を用いた場合の凝集性状、生成フロックの粒度と沈降速度分布について比較し、以下の結果を得た。

- (1) 鉄系凝集剤を用いた場合、最適凝集pH域は、アルミ系凝集剤を用いた場合より1程度低側のpH3~4.5である。
- (2) 鉄系凝集剤を用いた場合の濁度除去率は、アルミ系凝集剤と同じであるが、色度除去率は10%程度高い。
- (3) 生成フロックの粒度分は、布鉄系凝集剤とアルミ系凝集剤で変わらない。
- (4) 水温1度程度で、低凝集注入率の場合を除き、凝集性状に及ぼす水温の影響は無視しうる。

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)