



Title	コロイド荷電量に着目した鉄系凝集剤とアルミニウム系凝集剤の比較・検討
Author(s)	内山, 恵; 新井, 健太郎; 亀井, 翼 他
Description	第8回衛生工学シンポジウム (平成12年11月16日 (木) -17日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 水処理2 . P5-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 8, 213-216
Issue Date	2000-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7237
Type	departmental bulletin paper
File Information	8-5-4_p213-216.pdf



5-4

コロイド荷電量に着目した鉄系凝集剤とアルミニウム系凝集剤の比較・検討

○内山恵（北海道大学）、新井健太郎（荏原製作所）、亀井翼、眞柄泰基（北海道大学）

1. 研究の目的と背景

浄水過程において一般的に使用されている凝集剤はアルミニウム系凝集剤であるが、アルミニウムとアルツハイマー病との関連性が指摘されており¹⁾、処理水中の残留アルミニウムを極力排除させることが望ましい。しかし、トリハロメタンの前駆物質である藻類や溶解性有機物除去のために、あるいはクリプトスポリジウムなどの原虫を除去するためにアルミニウム凝集剤を過剰に使用する傾向があることは否めない。

そこで本研究室ではアルミニウムを一切用いない、新規に開発された鉄-シリカ無機高分子凝集剤（以下PSIと略す）を用いて、ジャーテストによる有効性に関する研究を行ったところ、懸濁質除去に関しては非常に大きなフロックを形成し、アルミニウム系凝集剤より優れた除去効果を示したが、溶解性有機物に関しては同程度、もしくは、やや劣る除去効果しか得られなかった²⁾。この結果よりPSIの荷電中和能力はアルミニウム系凝集剤と比較して低いのではないかと予想された。凝集処理の急速攪拌時に起こる荷電中和反応はフロック形成に影響を及ぼし、また処理水中の荷電量を知ることにより適切な凝集剤注入量を容易に決定できるという報告が以前よりなされている³⁾。アルミニウム系凝集剤に関しては、主に電気泳動法により測定することによって、電気的挙動に関して多くの報告があるが、PSIに関しては形成されるフロック粒子が大きいいため、同法による測定は困難である。

そこで本研究では処理水中の荷電量に着目し、PSI-3（[3]は鉄に対するシリカのモル比を表す。以下同様）を用いて、凝集剤の持つ荷電量、及び凝集処理過程におけるコロイド荷電の変化の様子を、コロイド滴定により評価することを目的とした。またアルミニウム系凝集剤（硫酸ばん土）を用いて同様の実験をし、比較・検討を行った。

2. 実験方法

2-1. コロイド滴定について^{3) 4)}

コロイド滴定の原理は、ポリカチオンとポリアニオンがその強いクーロン引力で、瞬時にポリイオンコンプレクスを形成することに基づいている。滴定の終点検出には吸着指示薬のメタクロマジー現象が利用されている。

本研究で用いた実験方法は以下の通りである。一定量の試料水(150ml)をとり、濃度既知(1/1000N)のカチオンポリマー（メチルグリコールキトサン）5mlを加える。次に指示薬として0.1%のトルイジンブルーを1, 2滴加えてよく混合し、1/1000Nのアニオンポリマー（ポリビニル硫酸カリウム）により滴定し、トルイジンブルーの色調が青から赤紫に変わった点を終点とする。

2-2. 凝集剤の荷電量測定

NaHCO₃を用いてアルカリ度30度になるよう調整した純水に凝集剤を添加し、メチルグリコールキトサンとポリビニル硫酸カリウム（PVSK）により逆滴定を行い、荷電量を測定

した。

2-3. 凝集処理過程における処理水中の荷電量の測定

試水は、PSIの実験に関しては1999年12月9日に北海道空知郡北村において、泥炭地の井戸水より採取したものを、硫酸ばん土を用いた処理実験に関しては2000年5月31日に同所において採取したものを使用した。採取後は冷蔵保存しておき、実験を行うごとに0.45 μ mメンブレンフィルター(ADVANTEC社製)でろ過したものに、新たにカオリンを添加し濁色度混在水を作成した。表1に作成した試料水の水質条件を示す。この試料水各1Lを用いてジャーテスト(急速攪拌120rpm、5分間、緩速攪拌40rpm、25分間、静置30分間)を行った。荷電量測定用サンプルについては、急速攪拌後ただちに150ml採取し、2-2と同様に荷電量を求めた。また処理水の性質を見るため、静置後の上澄水の残留濁度、残留色度、UV260nm吸光度、DOC(溶存性有機炭素)を測定した。水温は約20 $^{\circ}$ Cで行った。

表1. 試料水の水質条件について

採取日	濁度	色度	アルカリ度
1999年12月9日	5度	約45度	290度
2000年5月31日	5度	約25度	200度

3. 実験結果と考察

3-1. 凝集剤の荷電量の測定について

図1はPSI-3を0.012mmol-Fe/L、塩化第2鉄を0.012mmol-Fe/L、重合ケイ酸を0.036mmol-Si/L、硫酸ばん土を0.012mmol-Al/Lの濃度にし、荷電量を測定した図である。これよりPSI-3と硫酸ばん土とを比較すると、pH5.5まではほぼ同じ荷電量を有しているが、それ以降PSI-3は荷電量が大きく減少しはじめ負荷電を帯びるようになった。一方、硫酸ばん土は荷電量は減少するものの負荷電を有することはなかった。

PSI-3は重合ケイ酸に塩化第2鉄を導入したものであることから、重合ケイ酸及び塩化第2鉄、それぞれの荷電量を測定した結果、PSI-3の荷電量はほぼ塩化第2鉄と重合ケイ酸の和になっていた。すなわちpH5.5より酸性側では塩化第2鉄と同程度の荷電量を有しているが、pH5.5より高pH側では荷電量は急激に減少し、特にpH6.5以降重合ケイ酸の荷電量の影響を受け負に帯電していた。

以上より、PSI-3の成分である重合ケイ酸と塩化第2鉄の影響により、PSI-3の荷電量は中性以降の高pH域において大きく減少し負荷電を有するが、硫酸ばん土はアルミニウムのみ荷電のため常に正荷電を帯びていた。

3-2. 処理水中の荷電量の測定について

PSI-3を用いてのコロイド滴定の測定結果を図2に示す。図2よりpH7では荷電中和してい

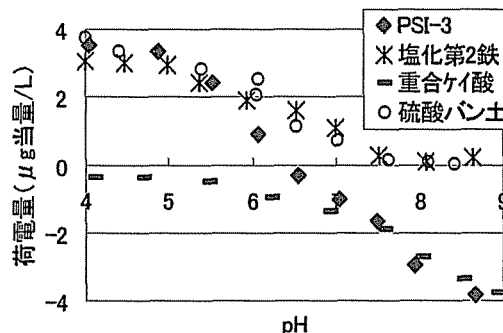


図1 凝集剤のpH変化に伴う荷電量

る様子が見られなかったが、これは凝集剤自身の持つ荷電量がマイナスであることとも一致する(図1より)。一方、pH5では、注入量が多くなるにつれ、荷電量は負の値ではあるが荷電中和している様子が見受けられた。このときの残留濁度、残留色度の結果を図3、図4に示す。荷電中和反応が起こっているpH5では、残留濁度、残留色度ともに良好に除去されているのに比べ、pH7では残留濁度、残留色度ともに除去率は低かった。

同様の条件で硫酸ばん土を用いたときのコロイド滴定の測定結果を図5に示す。

荷電量の変化では、pH7ではPSI-3同様、荷電中和している様子を見ることができず、注入量の増加に伴い荷電量は負に帯電していった。一方、pH6、pH5では負荷電から正荷電へと反転しており、またpH5の方が単位モル当たりの荷電中和能力が高いことを確認した。これは図1の結果とも一致する。このときの残留濁度、残留色度の結果を図6、図7に示す。これより荷電量の高いpH5よりもpH6の方が残留濁度、残留色度ともに除去率は高かった。これはpH5では凝集剤の荷電量が高いために、濁度成分や色度成分が正荷電量を帯び、互いに反発し合ってしまったために除去率が低下してしまったと思われる。

色度成分除去に関して、PSIの最適凝集pHは4.5~5.5弱であり²⁾、アルミニウム系凝集剤の最適凝集pHは5.5~6.0であるといわれている⁵⁾。今回の実験でのPSI-3(pH5)の場合と硫酸ばん土(pH6)での測定結果を比較すると、PSI-3の実験に用いた試水が濁水期である冬に採取したものであり、原水色度が高かったが、硫酸ばん土と同程度まで色度成分を除去することができた。また硫酸ばん土(pH6)、PSI-3(pH5)での結果より、色度成分の除去は電気的中和点付近で効果的な除去が始まっていた。これは従来の凝集理論にあるように、色度成分を除去するには荷電中和反応が重要であることと一致する。しかしPSI-3(pH7)、硫酸ばん土(pH5、pH7)の実験結果より、電気的中和条件を十分に満足しない場合でも、架橋作用などの要因により除去可能であるものと考えられる。

また硫酸ばん土(pH6)の場合では、コロイド

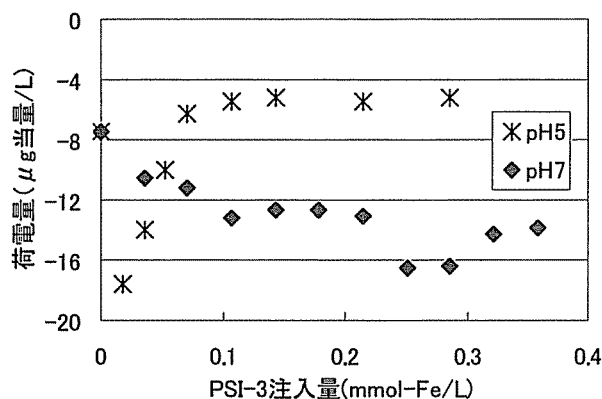


図2 PSI注入量変化に伴う荷電量変化

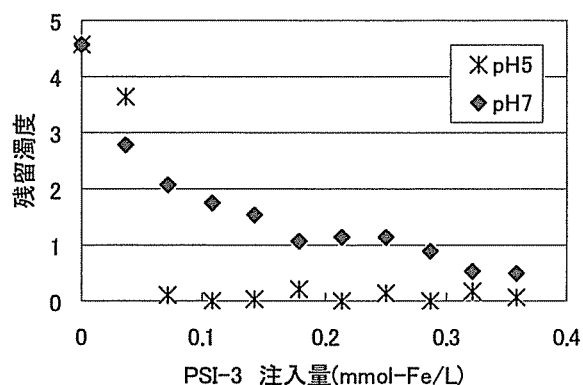


図3 PSI注入量変化に伴う残留濁度

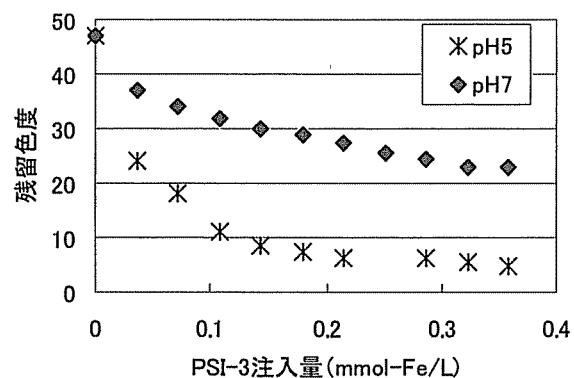


図4 PSI注入量変化に伴う残留色度

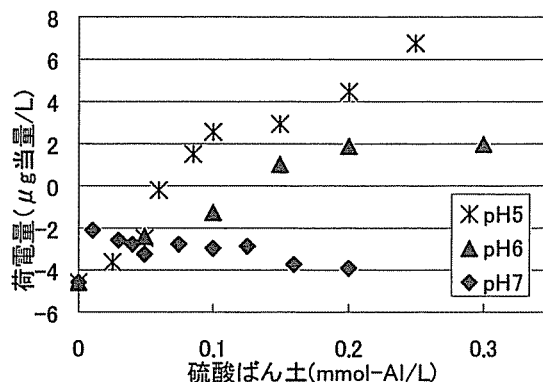


図5 硫酸ばん土注入量変化に伴う荷電量変化

荷電量を測定することにより、等電点になるまでに要した凝集剤注入量と色度成分の最適凝集剤注入量とが一致していたことから、今後、最適 pH 条件下においてはジャーテストを行うことなく、コロイド滴定により簡単に凝集剤注入量を決定することができる可能性がある。

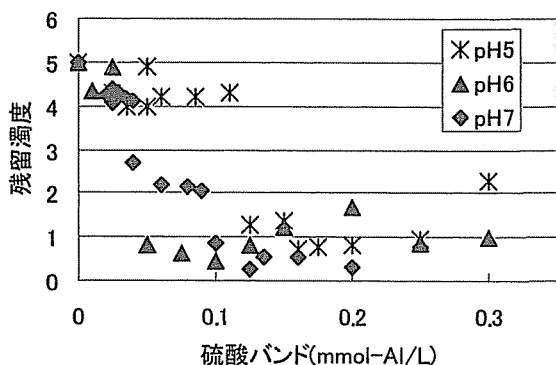


図6 硫酸ばん土注入量変化に伴う残留濁度

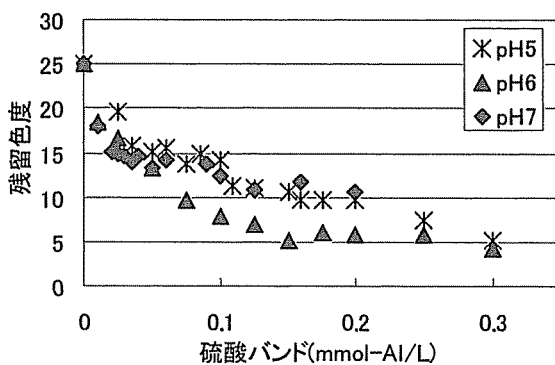


図7 硫酸ばん土注入量変化に伴う残留色度

4. 結論

(1) 凝集剤の荷電中和力について

硫酸ばん土とPSI-3の荷電量を比較したところ、酸性側ではほぼ同程度の荷電量を有しているが、pH6以降PSI-3の荷電量が大きく負に帯電していた。PSI-3の荷電量に関しては、PSIの成分である塩化第2鉄と重合ケイ酸の和にほぼ等しいことから、PSI-3は中性以降の高pH付近では重合ケイ酸の影響を受け、他の凝集剤に比べ荷電中和力が低いことを示された。

(2) 処理水中の荷電量の測定

PSI-3に関して、pH5の場合においてはpH7の場合よりも色度成分の除去率は高かった。硫酸ばん土に関しては、pH6付近で色度成分を良好に除去することができた。これより凝集除去のためには荷電中和力が重要であるが、荷電中和条件が十分に満足しない場合でも、架橋作用などの要因により除去可能であるものと考えられる。

また硫酸ばん土(pH6)の実験結果より、最適なpHを選択することによりコロイド滴定で求められる等電点到達に要する凝集剤注入量と、色度成分を除去するのに必要な最適凝集剤注入量が一致していたことから、今後、最適pH下において沈殿除去のための最適凝集剤注入量はコロイド滴定により簡単に決定できる可能性がある。

<参考文献>

- (1) 黒田 洋一郎：ボケの原因を探る、岩波新書、p147～p162、1992
- (2) 藤田 洋：アルミ系凝集剤に替わる無機高分子凝集剤の有効性に関する研究、平成10年度卒業論文
- (3) 河村 勲：コロイド滴定法を利用した凝集剤の注入率制御、水道協会雑誌、第384号、p22～p32、1966
- (4) 河村 勲：コロイド滴定法を利用した硫酸バンド注入率の制御—色度除去の場合—、水道協会雑誌、第391号、p30～p38、1967
- (5) 新井健太郎：水道水中のアルミニウム制御因子に関する研究、平成9年度卒業論文