

## 原水の濁度変化に対するキトサンの凝集補助効果

福島工業高等専門学校・学生会員 ○山本崇史・非会員 山部伊織・正会員 高荒智子

## 1. はじめに

我が国の上水道の水源の約 30%は河川に依存している。近年、急激な豪雨の頻度が増えており、気象庁の報告では、最近 30 年間に発生した日降水量 100mm 以上の大雨は、20 世紀初頭と比較して約 1.2 倍<sup>2)</sup>と報告されている。これにより、河川を水源とする浄水場では、急激な原水濁度上昇が頻発しており、急速ろ過方式による処理では、短時間で急激に変化する原水水質に対して薬品の注入コントロールは容易ではないといえる。

本研究では、凝集補助剤を活用することにより、原水濁度変動に対する安定的な凝集沈殿処理を目指している。凝集補助剤として、甲殻類の外骨格に含まれるキチンを脱アセチル処理したキトサンを用いる。キトサンは、トンネル工事などの濁水処理のための凝集剤として活用されている事例<sup>3)</sup>があることから、高濁度化した浄水処理の原水に対しても効果が期待できる。本研究では、原水濁度の変動に対してキトサンの凝集補助の適応を考察するとともに、その処理性能を市販凝集補助剤と比較した。また、キトサンによる凝集補助効果が最も高く発揮する併用凝集剤について考察を行った。

## 2. 実験方法

高濁度原水に対するキトサンの凝集補助効果を考察するため、2 種類（中濁度および高濁度）の原水に対する凝集実験を行った。

## 2.1 原水準備

いわき市四時ダムの湖水（10/1, 11/5, 12/2 にそれぞれ採水）に洗浄したカオリンを添加し、中濁度 38NTU 及び高濁度 100NTU にそれぞれ調整した。その後、総アルカリ度が 20mg/L 以上であることを確認し、1M NaOH を用いて pH を 7.5 ±0.1 に調整したものを原水とした。

## 2.2 実験条件

凝集実験は 6 連ジャーテスター（MJS-6N, MIYAMOTO CORPORATION）を用いて行った。原水は 500mL とし、3 種類の凝集剤（硫酸アルミニウム、ポリ塩化アルミニウム（PAC）、高塩基度ポリ塩化アルミニウム（高塩基度 PAC））でそれぞれ凝集処理を行った。凝集剤添加後に急速攪拌（120rpm）1 分、緩速攪拌（45rpm）10 分で混合した。凝集補助剤は、キトサン（型番、メーカー）またはアクリルアミド系の凝集補助剤を用いて、緩速攪拌開始と同時に 0.5mg/L の濃度になるように添加した。キトサンは、塩酸を溶媒とした 1g/L キトサン溶液を用いた。緩速攪拌終了後、10 分間の静置を行い、上澄水 100mL を採水し、濁度（WTW, TurB 430T）および色度（WATER ANALYZER WA1, NIPPON DENSHOKU）、pH（TOADKK, HM-25R）を測定し水処理性能を評価した。

また、残留した微小フロックのゼータ電位（Model502,

日本ルフト製品）を測定した。

## 3. 実験結果

## 3.1 キトサンとの併用処理に適した凝集剤

図 1 は、高濁度原水条件下で、各凝集補助剤を併用して処理を行った際の残留濁度変化を表す。併用した凝集剤の違いから処理結果を比較すると、キトサンは硫酸アルミニウムよりも、PAC と併用処理した方が良好な濁度除去が行われていた。この傾向は市販凝集補助剤を使用した場合でも同じだった。このことから、いずれの凝集補助剤においても、凝集能力がより高い凝集剤と併用処理することで、高い処理効率が発揮されることが示され、PAC との併用が適していることが示された。

## 3.2 原水濁度変化に対する処理効果

図 2 は、中濁度原水条件下で、各凝集補助剤を併用して処理を行った際の濁度変化を表す。市販凝集補助剤を併用した場合はアルミニウム注入率に関係なく良好な濁度除去がみられ、アルミニウム量の添加量が増えると沈殿効果が増していった。また、高塩基度 PAC も市販凝集補助剤とほぼ同程度の処理結果を示していた。キトサンを凝集補助剤として使用した場合、アルミニウム注入率 0.2mg/L では市販凝集補助剤と同程度の残留濁度を示したが、アルミニウム注入率がそれ以上に増えていくと残留濁度の低下が 2NTU 付近で鈍化し、それ以上の濁度低下が発生しなかった。

図 3 は、各条件での凝集実験処理における ALT 比を示している。ALT 比は、原水濁度に対する最適注入率のアルミニウム量によって求められ、凝集沈殿処理の処理評価に用いられる指標である。本研究では、ALT 比の計算に用いるアルミニウム量は、残留濁度を 2NTU まで低下させるために要した量を使用した。どの条件においても中濁度よりも高濁度の ALT 比が小さく、高濁度ほど凝集沈殿効率が高くなる結果となった。一般的に、原水に含まれる濁度粒子が増加すると、粒子数同士の衝突確率が増え、凝集沈殿の効率が上昇することから、本実験でも同様の傾向が観察されたことになる。薬品に着目すると、PAC とキトサンの併用処理では、中濁度と高濁度のどちらの原水でも PAC 単独処理の場合と ALT 比に変化がなく凝集効率の向上が見られなかった。一方、市販凝集補助剤と高塩基度 PAC の条件で PAC 単独処理よりも処理効率が向上した。特に、市販凝集補助剤の条件では、原水濁度が中濁度から高濁度へ変化した場合でも、凝集剤の最適注入率の差は 1mg/L であり、高塩基度 PAC の場合の差が 6mg/L であったことと比較して、処理能力は非常に安定していた。気象条件によって原水濁度が大きく変化する浄水場において

キーワード 凝集沈殿処理・凝集補助剤・キトサン・濁度・凝集阻害

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30, 電話 0246-46-0826, FAX0246-46-0843

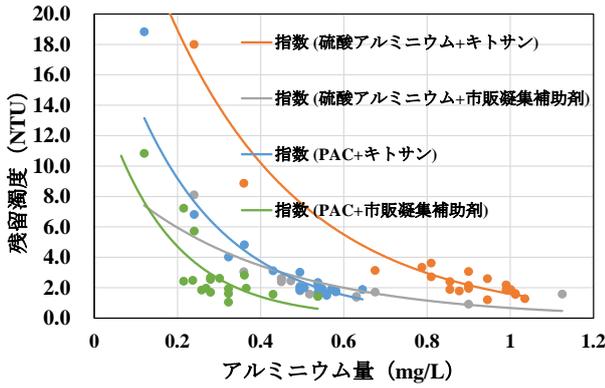


図1 各凝集剤と凝集補助剤を併用した凝集沈殿処理後の残留濁度（高濁度）。

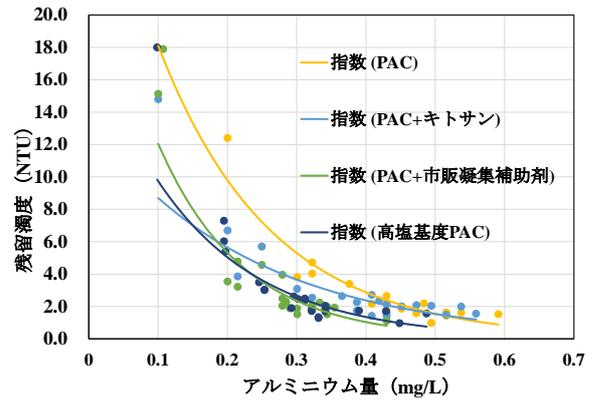


図2 PACと各凝集補助剤を併用した凝集沈殿処理後の残留濁度（中濁度）。

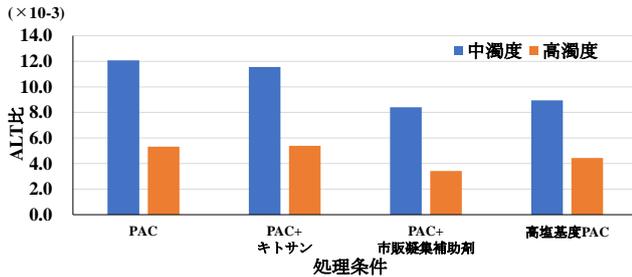


図3 各処理条件のALT比

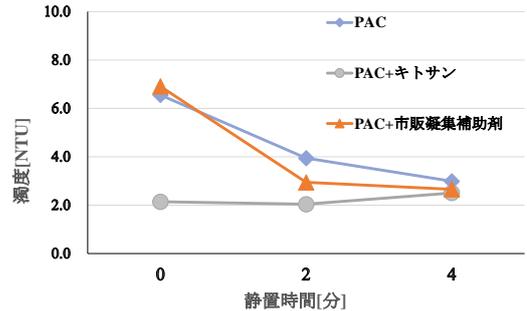


図4 各条件における沈殿時間ごとの残留濁度

は、凝集補助剤の活用によって安定的に処理できることが期待できた。

### 3.3 キトサンによって生成されるフロックの特徴

図4は、各条件における沈殿時間ごとの残留濁度の変化を示した。キトサンを凝集補助剤として使用した場合は、沈殿時間0分で濁度が2NTUまで低下しているものの、沈殿時間4分まで2NTU付近を維持した状態であった。キトサンと凝集剤を併用した際、緩速攪拌中にみられるフロックの状態は、目視でも明らかな成長が観察されたことから、大きく成長したフロックは緩速攪拌時ですでにビーカー内で沈降していた可能性がある。それにもかかわらず、残留濁度の低下が向上した理由としては、微小フロックの残留が考えられた。これらは、攪拌によるせん断力によって肥大したフロックから分離したり、キトサン添加後の攪拌不足によって成長しきれなかったために生成したものと予想された。残留フロックのゼータ電位を測定したところ、多くのフロックが正に強く帯電していた。これは、キトサンが持つアミノ基の影響であると考えられ、フロックの成長段階でキトサンが比較的多く吸着した場合に強く正の電荷を帯びたフロックが生成され、電気的な反発によってその後のフロックの成長できなかった可能性が考えられた。

以上のことを踏まえ、キトサンの凝集補助剤としての処理効果を高めるためには、キトサンを水中に均一に分散させてフロックへの吸着量の偏りを減らすために攪拌強度を調整したり、アミノ基の数を減らしたキトサンを使用するなどの工夫が考えられる。また、肥大したフロックがせん断力によって分解しないために、キトサンの分子量を高めるなどの措置も改善の一

つと考えられた。

### 4.まとめ

原水濁度変化に対するキトサンの凝集補助効果を考察するため、通常よりも高い原水濁度に対する凝集処理を行った。また、凝集補助剤と併用する凝集剤の適性について、硫酸アルミニウムとポリ塩化アルミニウムと比較した。その結果、以下のような結果を得た。

- ①併用する凝集剤は、より凝集性能が高い凝集剤が適しており、硫酸アルミニウムよりもPACが有効であった。
- ②PACを使用した場合、中濁度条件下においては市販凝集補助剤が最も良好な結果となった。この結果は高塩基度PACと同等の処理結果を示すことから、ポリアクリルアミド系の凝集補助剤は、高塩基度PACと同等の処理結果を示すことが分かった。
- ③PACとキトサンの併用処理では、中濁度と高濁度どちらの原水でもPAC単独処理とALT比に変化がなく凝集補助効果が見られなかった。これは、微小フロックの残留が原因と考えられ、改善策としてはキトサン添加時の分散の強化や、分子構造内のアミノ基の調整が考えられた。

### 参考文献

- 1) 日本水道協会, 日本の水道の現状, <http://www.jwwa.or.jp/shiryuu/water/water.html>.
- 2) 気象庁, 異常気象リスクマップ, <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/heavyrain.html>
- 3) 自然にやさしいキトサン凝集剤による濁水処理と脱水ケーキの有効利用, 大野剛, 川又睦, 大脇英司, 藤原靖, 地球環境シンポジウム講演集, 2010年, 18巻, pp187-192