

キトサンの凝集補助効果を高めるための処理条件の検討

福島工業高等専門学校・学生会員 ○山本崇史
非会員 渡邊歩実
正会員 高荒智子

1. はじめに

近年の少子化や節水意識の高まりによる水使用量の減少とそれに伴う料金収入の低下により、浄水場は効率的な運営が求められる。中でも凝集沈殿プロセスは、凝集剤等の薬品や発生汚泥の処理などのコストがかかる。凝集剤使用量を抑えた処理は、発生汚泥量の減量化にも寄与することから、維持管理費の削減につながる。

そこで本研究では、凝集剤使用量を抑えつつ安定的な凝集沈殿処理を実現するために、凝集補助剤としてキトサンを活用する方法を目指している。キトサンは、甲殻類の外骨格に含まれるキチンを脱アセチル化処理した多糖質である。これまでの先行研究¹⁾から、キトサンの凝集補助剤としての一定の効果は認められたものの、より高い凝集補助のためには沈殿効果を強化させることが必要であることが示された。

本研究では、フロックの沈殿除去を向上させるために①攪拌強度、②キトサンの添加タイミング、③キトサン添加量の3点に着目し、最適な凝集処理条件について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 原水作成

本実験で用いた原水は、いわき市内の水道水源でもある湖水である。2001年11月12日に採水し、採水直後に次の手順で原水を作成した。まず、湖水にカオリンを添加して濁度を38 NTU±1に調整し、その後1M NaHCO₃を添加してアルカリ度を20 mg/L以上になるよう調整した。その後1M NaOHまたは1N HClを用いてpHを7.5±0.1の範囲内にしたものを原水として用いた。

2.2 使用薬品

(1) 凝集剤

凝集剤は平浄水場から提供されたポリ塩化アルミニウム(PAC)を実験当日に1 g/Lに調整し、実験に使用した。

(2) キトサン

キトサン(Acros Organics, A0262189)は、実験当日に1%塩酸を溶媒にして1 g/Lに調整し、実験に使用した。

2.3 凝集条件

表1に示すように、①急速攪拌の攪拌強度、②キトサンの添加タイミング、③キトサン添加量の条件を変え、以下に示す方法で凝集実験を行った。

(1) 攪拌条件の検討

凝集実験は、6連ジャーテスター(MJS-6N, MIYAMOTO CORPORATION)を使用し、500 mlの原水に対してPAC 20 mg/Lを添加後、表1に示すように急速攪拌の条件を変えて攪拌を行った。その後、緩速攪拌(45 rpm 10分: GT値 69,000)を行い10分間の静置後、200 mlの上澄水に対

して処理後の残留濁度、色度、pH、アルカリ度、残留フロックのゼータ電位を測定した。

なお、急速攪拌の攪拌条件は、攪拌係数と攪拌時間で求められるGT値で評価した。急速攪拌のGT値は、これまでの条件のGT値30,000(120 rpm 1分)と、凝集剤の処理効果の向上がみられた文献値⁴⁾を基にGT値135,000(120 rpm 5分)とした。以下にGT値の算出式を示す。

$$GT = \sqrt{\frac{C \cdot A \cdot v^3}{2 \cdot \gamma \cdot V}} \times T$$

C: 攪拌係数(1.5を採用) A: 攪拌翼の面積(m²), v: 攪拌翼の周辺速度(m/sec) γ: 動粘性係数(m²/sec)

V: 攪拌槽容量(m³) T: 攪拌時間

(2) キトサンの添加タイミングの検討

キトサンの分散の違いによる凝集補助効果を考察するため、キトサンの添加タイミングを2条件に分けて実験を行った。表1に示す通り、急速攪拌4分経過後で添加する場合(R)と緩速攪拌開始時(S)に添加する場合とした。キトサンの添加タイミング以外の凝集条件は(1)攪拌条件の検討と同様である。

(3) キトサンの添加量の検討

①キトサンの添加量の見直し

本実験では、キトサンの最適注入率を見直すため、各キトサン添加量での凝集実験を行った。原水は蒸留水製造装置で生成された蒸留水500 mlを使用し、他の原水条件は上記2.1と同様のものを用了。この原水に1 g/L PACと1 g/L キトサンを添加して凝集実験を行った。添加するPACの量は、先行研究の実験結果を基に最適注入率である20 mg/Lとし、添加するキトサンの量は、0~1.5 mg/Lの範囲で添加を行った。攪拌条件は、PACを添加すると同時に急速攪拌を10分間行い、その5分経過時にキトサンの添加を行った。攪拌終了後は速やかにゼータ電位の測定を行った。

②キトサンの添加量の決定

キトサンの添加量の違いによる凝集補助効果を考察するために、キトサンの添加量を2条件に分けて実験を行

表1 凝集実験の条件(表中の-はキトサン添加なし)

凝集条件	GT値	キトサン添加タイミング	キトサン添加量(mg/L)
GT30	30,000	—	—
GT135	135,000	—	—
GT30-S0.5	30,000	緩速攪拌開始	0.5
GT135-R0.5	135,000	急速攪拌中	0.5
GT135-S0.5	135,000	緩速攪拌開始	0.5
GT135-R0.8	135,000	急速攪拌中	0.8
GT135-S0.8	135,000	緩速攪拌開始	0.8

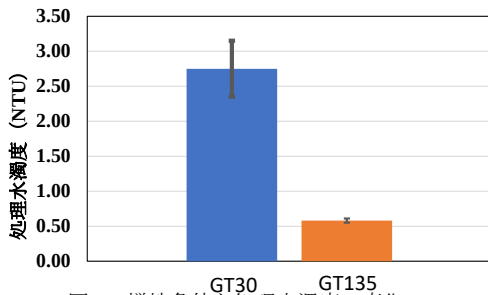


図1 攪拌条件と処理水濁度の変化。
エラーバーは標準偏差を示す (N=3)

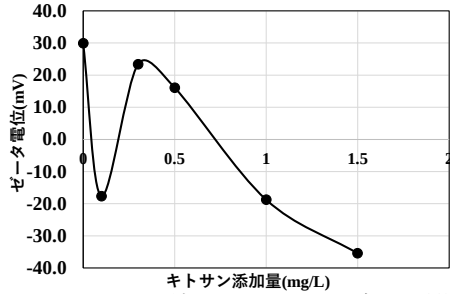


図3 キトサン添加量とフロックのゼータ電位

った。表1に示す通り、キトサンの添加率は0.5 mg/Lと0.8 mg/Lとした。キトサンの添加量以外の凝集条件は(1)攪拌条件の検討と同様である。

3. 結果と考察

3.1 攪拌条件の変更による凝集処理への影響

図1は、急速攪拌をGT値30000 (GT30)、GT値135,000 (GT135)で処理した際の処理水濁度を示した。GT値を30,000から135,000に向上させたとき、処理水濁度は2.75NTUから0.58NTUとなり約79%低下した。海老江ら²⁾は、攪拌強度および攪拌時間を増大させることによって、PACの処理能力を最大化できるとしており、現実的な急速攪拌の最適値としてGT値135,000を示している。本実験では、GT値の上昇によってPACの処理性能が向上したことに加え、キトサンの凝集補助が作用し、処理効果が大きく向上したと考えられる。

3.2 キトサンの添加タイミングの変更による凝集処理への影響

図2は、GT値135,000の急速攪拌条件においてキトサンの添加タイミングを急速攪拌中 (GT135R) または緩速攪拌開始時 (GT135S)にした場合の処理水濁度を示す。GT135Rの場合の処理水濁度が0.35NTUに対して、GT135Sの場合は0.86NTUとなり、キトサンの添加を急速攪拌中に行ったとき、処理水濁度は約60%低下した。これは、急速攪拌中にキトサンを添加したことによりキトサンの分散が向上し、分散の不足によって起こるフロックの表面電荷の偏りが軽減されたことが要因として考えられる。

3.3 キトサンの添加量の変更による凝集処理への影響

キトサンの添加量と微小フロックのゼータ電位の変化を図3に示す。キトサンが0.5 mg/Lおよび0.8 mg/Lの時にフロックのゼータ電位が等電点に近い結果となったことから、これらの添加率における凝集処理効果を検討した。図4は、GT値135,000の急速攪拌条件においてキトサンの添加量を0.5 mg/L (GT135R-0.5) または0.8 mg/L

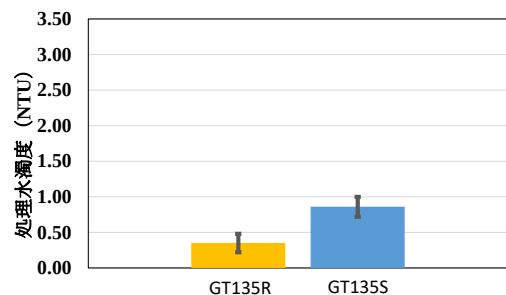


図2 キトサンの添加タイミングと処理水濁度の変化。
エラーバーは標準偏差を示す (N=3)

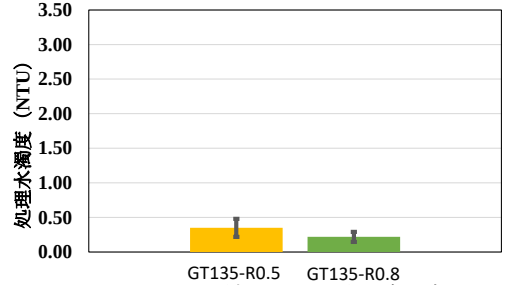


図4 キトサンの添加量と処理水濁度の変化。
エラーバーは標準偏差を示す (N=3)

(GT135R-0.8)にした場合の処理水濁度を示す。GT135R-0.5の場合の処理水濁度が0.35NTUに対してGT135R-0.8の場合は0.22NTUとなり、キトサンの添加量を0.8mg/Lにしたとき処理水濁度は約50%低下した。これは凝集補助剤であるキトサンの添加量を0.8mg/Lにしたことで、微小フロックが等電点に近づいて凝集効果が向上したと考えられる。また、この処理方法で形成されたフロックの沈降速度は、7つの条件の中で最も速かった(0.154cm/s)。先行研究と同条件で処理した結果と比較しても1.5~2倍向上した。

以上の結果より、キトサンの凝集補助効果を向上させるための処理条件として、5分間の急速攪拌の途中、4分経過時にキトサンを0.8mg/L添加する方法が示された。

4. まとめ

フロックの沈殿除去を向上させるために「攪拌強度」「キトサンの添加タイミング」「キトサン添加量」の3点に着目し、最適な凝集処理条件について検討を行った。その結果、以下のような結果を得た。

- ①急速攪拌の攪拌時間を1分から5分に延長し、GT値を135,000まで増加させた条件では、処理水濁度が2.75NTUから0.58NTUとなり約79%改善した。
- ②キトサンの添加タイミングは、緩速攪拌開始時よりも急速攪拌中に添加した場合の方が処理効果が高く、また、その最適添加量は、フロックが等電点に達する0.8 mg/Lである。
- ③キトサンを凝集補助剤として用いる場合、急速攪拌の攪拌時間を5分間とし、キトサンは急速攪拌の途中、4分経過時にキトサンを0.8mg/L添加するのが最適な処理方法である。

参考文献

- 1) 山本崇史, 高荒智子: 原水の濁度変化に対するキトサンの凝集補助効果 令和3年度土木学会東北支部
- 2) 海老江 邦雄, 樋口 真也: G・T 値の最適化が濁質の凝集沈殿処理性の改善に及ぼす効果