

キトサン凝集剤を用いた濁水処理における無機塩の添加効果

大成建設(株)技術センター 正会員 ○赤塚真依子, 大脇英司

川又 睦, 大野 剛, 藤原 靖

1. はじめに

トンネルやダムなどの建設工事で発生する濁水は、周辺環境に影響を与えないよう濁水処理して放流される。著者らは天然素材であるキトサン凝集剤を用いた濁水処理の土木工事への適用を検討してきた。キトサンとはカニ殻などから得られる生物由来の多糖類である。キトサンは、凝集剤として利用することによって水産系廃棄物の削減、放流域の生物や漁業資源への影響緩和などの効果が期待される環境調和型の材料である。14ヶ月に亘るトンネル工事での実証試験では、従来の高分子凝集剤と無機系凝集剤を併用する場合と同程度のコストで凝集効果が得られた¹⁾。

一方、高濃度の粘土鉱物主体の濁水処理などでは、キトサン凝集剤の添加量が多く必要となる場合も想定される。本研究では、この様な濁水を想定し、キトサン凝集剤と無機塩の併用を検討した結果、キトサン凝集剤の添加量削減、濁水の安定処理の2つに寄与できる効果が室内試験にて得られたので、報告する。

2. 模擬濁水の作製および凝集作用の評価方法

ベントナイト、カオリンを用いて2種類の粘土鉱物主体の模擬濁水を作製し、凝集作用の評価として、凝集沈降試験の1つであるジャーテストを採用した。ベントナイト、カオリンは75μm以下に調製した粉末を使用した。また、添加試薬として、キトサン凝集剤(以下、キトサン)は5000mg/lに調整し、塩化物(NaCl, KCl, CaCl₂, AlCl₃)と硫酸塩(Na₂SO₄, K₂SO₄, Al₂(SO₄)₃)は0.1mol/lまたは1mol/lに調整した。

試験方法の手順を図1に示す。粉末1gを入れたビーカー(500ml)に200mlの蒸留水を添加し、10分間攪拌(140rpm)した。攪拌開始9分後、pH調整のためにHCl(1N)またはNaOH(1N)を所定量添加した。10分間の攪拌終了後、攪拌速度を120rpmに減速し、無機塩、キトサンの順にそれぞれ所定量を添加した。試薬添加後、急速攪拌(120rpm)を3分間、緩速攪拌(30rpm)を5分間行い、目視にてフロックの形成過程を観察した。攪拌終了後、10分間静置し、上澄み液を液面より1cm程の深さから35ml採取した。濁度は透過光法、pHとECは電極法にて測定した。なお、使用した濁度計の測定範囲は濁度5~100度(ポリスチレン標準液)である。濁度5度における濁水は、予備試験の結果から管理目標としたSS(浮遊物質)25mg/l以下となったことから、本試験では、濁度5度で良好な処理が行われたと判断した。なお、管理目標は排水基準より厳しい値である環境基準から設定した。環境基準は水域により異なり、河川におけるSSは25~100mg/l以下である²⁾。表1に各濁水の作製条件と性状を示す。

3. NaClによるキトサン凝集剤の添加量削減および濁水の安定処理効果

ベントナイト濁水、カオリン濁水にNaClを加えた際のキトサン添加量に対する濁度変化を図2(a),(b)に示す。ベントナイト濁水ではNaClを25mmol/l添加した場合、1/3のキトサン添加量にて濁度5度以下となった。これは、海水の約1/20の濃度にあたる。カオリン濁水においてもNaClを50mmol/l添加した場合、キトサン添加量は1/3以下となった。また、他の無機塩でも同様の効果が得られ、無機塩の添加によりキトサン添加量の大きな削減が期待できる。実際の工事では、放流先に

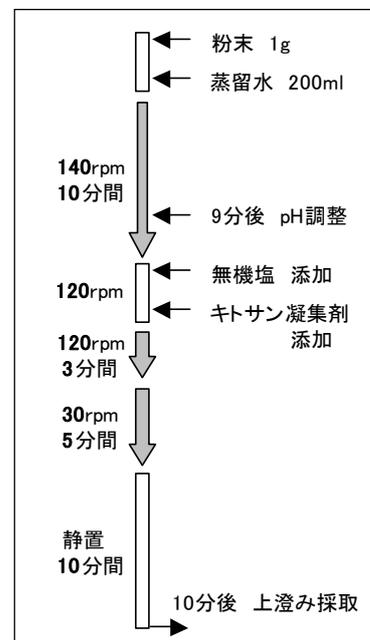


図1 試験手順

表1 濁水の作製条件と性状

	ベントナイト	カオリン
初期pH	10.1	5.0
調整試薬	HCl	NaOH
調整添加量	240μl	23μl
調整後pH	7.1	7.0
調整後EC	24mS/m	1.5mS/m
調整後濁度	100以上 ^{*1}	
キトサン添加量	80μl (2mg/l)	200μl (5mg/l)
キトサン添加後濁度	20.5度	23.0度

*1 濁度測定範囲: 5~100度

キーワード: 濁水処理 凝集沈殿 キトサン 天然素材 無機塩

連絡先 : 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7226

よって添加する無機塩濃度に制限がある場合もあるが、その際には、キトサンや無機塩の添加量を調整することにより適用可能であると考えられる。

また、カオリン濁水では、キトサンのみを添加した場合は3mg/l以上のキトサン添加量にて濁度は上昇している。一般に、高分子は添加量が増加すると、粒子の凝集効果から分散効果に変わることが知られており³⁾、高分子として添加したキトサンが凝集作用に対して過剰になったと考えられる。一方、NaClの添加量が50mmol/lの場合には、キトサンが1mg/lから5mg/lまでの範囲で濁度は5度以下となり、3mg/l以上においても濁度の上昇は抑制され、安定した処理が可能となった。凝集効果の得られる範囲が広がることは、濁水の濁度や性状の変動に対する運転管理が容易となる利点がある。

4. 各種無機塩の添加効果

ベントナイト濁水(キトサン添加量 2mg/l)における無機塩の陰イオン濃度に対する濁度変化について図3に示す。表1より、キトサン 2mg/l のみの添加では濁度は20.5度であったが、CaCl₂の場合、微量の添加により濁度は2倍ほどに上昇し、その後、添加量の増加に伴い濁度は5度以下まで低下した。他の無機塩、カオリン濁水でも同様の傾向がみられた。また、1価のNa⁺、K⁺の塩化物、硫酸塩を比較すると、4種ともほぼ同じ挙動を示している。Ca²⁺、Al³⁺も陽イオンの価数ごとに濁度の変化は整理できた。一方、カオリン濁水では、陰イオンの価数ごとに濁度変化の差が見られた。

図4はベントナイト濁水に加えた塩化物の陽イオン濃度を陽イオン価数にて示しており、濁度を、濁度5度以下:○、初期濁度(20.5度)以下:△、濁度悪化(初期濁度以上):×で表記した。1価と比較すると、2価では1価の1/100、3価では1価の1/1000程の添加量で濁度は5度以下となった。

安定なコロイド溶液に無機塩を加えると、ある添加濃度以上にて凝集する。粒子の表面電位が高く、非吸着性の無機塩を添加した場合、無機塩の濃度は、粒子の表面電位と反対符号のイオンによって整理することができ、対イオンの価数の6乗に反比例することが知られている(Schulze-Hardyの法則(1/1⁶:1/2⁶:1/3⁶=100:1.6:0.14))³⁾。図中の点線は、1価における○、△となった添加濃度の下限の値を用いてSchulze-Hardyの法則を適用した結果である。図より、概ね上記法則を満たしていることがわかる。また、カオリン濁水の場合では、陰イオンの価数を用いて整理することができた。

Schulze-Hardyの法則はDLVO理論にて裏付けられており⁴⁾、無機塩の添加によって土粒子表面の電気二重層が圧縮され、van der Waals力による凝集作用が促進されたことから、キトサンが少ない添加量での凝集や濁度が安定する効果につながったと考えられる。

5. まとめ

本試験の結果から、キトサン凝集剤の添加量削減と濁水の安定処理という2つの効果が得られた。濁水の濃度や性状が変動する大規模・長期的な土木工事において、コストの削減や運転管理の容易さにつながる大きな利点である。今後、実際の工事における効果の検証を行う予定である。

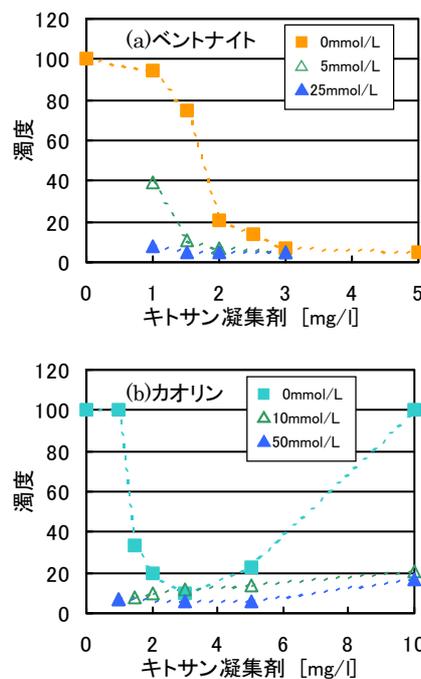


図2 NaCl添加時のキトサン凝集剤の添加効果

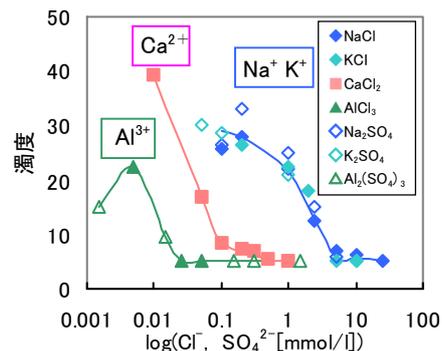


図3 無機塩添加濃度と濁度

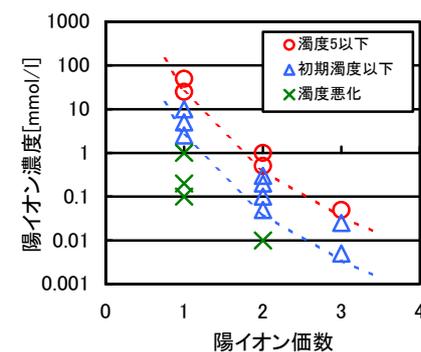


図4 無機塩の陽イオン濃度と濁度

【参考文献】 1)川又 睦ら：環境に優しい濁水処理と脱水ケーキの有効利用，大成建設株式会社技術センター報，No.43，58，2010。
 2)環境省：昭和46年環境庁公示第59号，別表2生活環境の保全に関する環境基準(1)河川，改正平21・環公78。
 3)北原文雄：界面・コロイドの化学，pp.103-126，講談社，2008。
 4)近藤 保：コロイド科学序論，pp43-46，三共出版，1972。