

FeCl₃ によるカオリン懸濁液の凝集

山梨大学大学院 学 張 元月

山梨大学工学部 正 中村文雄

山梨大学工学部 正 坂本 康

1. はじめに

凝集沈殿処理は浄水処理において重要な過程である。浄水処理全体のコストと有効性に占める凝集沈殿処理の役割は大きい。諸外国においては、古くから Fe 系凝集剤の有効性が認識されているものの、一般的には操作性の問題から採用されない傾向にあった。近年、河川、湖沼などの富栄養化防止のためのリン除去や、スラッジ処理、重金属処理等が大きな問題となっており、Fe 系凝集剤はそれらに対して有効性を持ち合わせていると考えられる。しかも、Al 系凝集剤を使用した飲料水中に残留するアルミニウムとアルツハイマー病との関連が否定できないというリスクもある。本研究では天然水中に広く存在する粘土カオリンを濁質とし、FeCl₃ を凝集剤として、pH、アルカリ度、濁度などが凝集へ与える影響と作用機構について検討した。

2. 実験材料および方法

凝集剤として FeCl₃ を用いた。濁質としてカオリン、アルカリ度源として Na₂CO₃ を用い、一定のカオリン及び Na₂CO₃ 濃度になるように調整した人工濁水を作成して、0~0.2mmol Fe/l の凝集剤を注入し、60rpm ; 5 分、30rpm ; 25 分のジャ - テストを行った。30 分沈殿後、上澄液の pH と濁度を測定し、また系全体のコロイド荷電量を測定した。コロイド滴定には N/400 ポリビニル硫酸カリウム(PVSK)、N/200 メチルグリコールキトサン(MGC)、トリジンブルー(TB)を使用した。分析試料のコロイドの荷電量は、PVSK と MGC に対する滴定消費量の差を求め、Fe 注入量あたりの荷電密度 meq/g として表示した。

3. 実験結果及び検討

3.1 pH の影響

凝集沈殿による水処理において、pH は極めて重要な因子である。無機凝集剤は水中で加水分解して金属水酸化物を生成し凝集の起因となる。図 1 に FeCl₃ のみを添加した系 (0.2mmol Fe/l) の pH を変化させた場合の Fe のコロイド荷電密度を示した。pH の変化は N/10 の NaOH と N/50 の HCl で調整した。図 1 より、Fe 水酸化物の荷電状態はアルカリ側 pH 8.5 以上になると、負に荷電し、pH 6.5 ~ 8.5 位では殆んど荷電性を持たず、さらに、酸性側 pH 6.3 以下になると、正電荷を帯びる。pH 3~4 の間に最大荷電密度に達することが認められる。すなわち、pH によって、Fe コロイド表面の荷電状態が変化することが分かった。

図 2 では、各凝集剤濃度でのアルカリ度 30mg/l における pH と濁度除去率及び pH とカオリン懸濁液の荷電密度の関係を示した。ここでは pH の調整は行っていない。pH 8.5 以上では凝集系は負に荷電したままでカオリン粒子の表面荷電状態が変わらないので、凝集

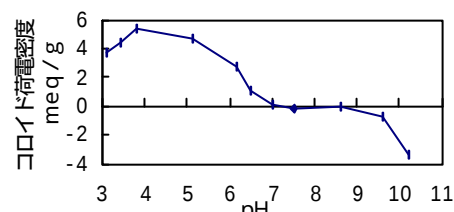


図1 pHとFeのコロイド荷電密度の関係

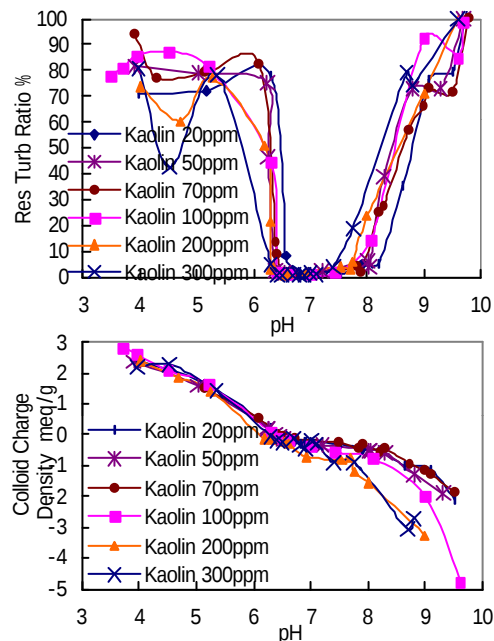


図2 pHとカオリン懸濁液濁度除去率、荷電状態との関係

キーワード 凝集, FeCl₃, カオリン, アルカリ度, pH, 荷電密度, コロイド滴定

〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 TEL 055-220-8591 FAX 055-220-8770

反応が起こらない。pH 6.3～8.5 の範囲では、凝集系がわずかに負荷電して安定しており、なおかつ良好な凝集反応が得られている。pH 6.3 以下になると、カオリン粒子が正電荷を持ち、凝集コロイド系が再安定される。

3.2 アルカリ度の影響

水中のアルカリ度は pH 値の急激な変動を抑制する作用すなわち緩衝作用を有している。無機凝集剤を水中に添加する時、水酸化物のフロックが形成される条件として所定の pH 範囲に保持されることが必要である。カオリンの濃度を 50mg/l にし変化させて、 Na_2CO_3 濃度を 30、50、100mg/l になるようにジャ - テストとコロイド滴定実験を行った。図 3 に示すように、水中アルカリ度の増大に伴って凝集パターンが変動する。凝集ゾーンは凝集剤の添加量の多い方向に移動し、幅も拡大される。コロイド滴定の実験結果をみると、アルカリ度の変化がカオリン懸濁液凝集系の荷電状態に大きな影響を与えることが分かる。すなわち、カオリン懸濁液の荷電が逆転するために必要な Fe の添加量は、アルカリ度の増大とともに増加する。また、荷電密度ゼロ付近における凝集剤注入量ゾーンも拡大される。

3.3 カオリン濁度の影響

アルカリ度 30mg/l に一定して、カオリン濁度 20、50、70、100、200、300mg/l において、ジャ - テストとコロイド滴定を行った。図 4 と図 5 は、凝集剤注入量ゾーンと凝集 pH ゾーンの変化を表している。凝集に最適な pH 範囲は約 pH 6.3 - 8.5 であり、凝集剤注入量範囲は約 0.07～0.14 mmol Fe/l であって、殆んど変化しない。残留濁度 10% 以下になった時を凝集が起こっているものと見なし、開始と終了時の pH、凝集剤注入量を pH₁、D₁ と pH₂、D₂ とした。図 6 には凝集剤注入量と濁質除去率及び荷電密度の変化を示した。ここでもカオリン濃度の変化は Fe の水酸化物の荷電状態に影響を及ぼさないことが判る。コロイド滴定実験結果によって、いずれの濁度の場合でも、カオリン懸濁液の荷電は凝集剤添加量と共に、負→中性→正に逆転し、飽和荷電密度に到達した。

4. まとめ

(1) アルカリ度 30ppm 時、 FeCl_3 によるカオリン粒子の凝集 pH 範囲は約 pH 6.3～8.5 であった。この範囲内の荷電状態がほぼ中性の時良好な凝集反応が起こった。pH 8.5 以上のアルカリ側では負電荷へ、pH 6.3 以下の酸性側では、正電荷に逆転した。

(2) アルカリ度の変化がカオリン懸濁液凝集系の荷電状態に大きな影響を与えることが明らかとなった。カオリン懸濁液の荷電が逆転するまでの Fe の添加量は、アルカリ度増大とともに増加した。このとき、荷電密度ゼロ付近における凝集剤注入量ゾーンも拡大した。

(3) カオリン濁度の変化は系の荷電状態に影響を及ぼさないために、凝集を起こす凝集剤注入量ゾーンと凝集 pH ゾーンはカオリン濃度 300 mg/l になっても、あまり変化しなかった。

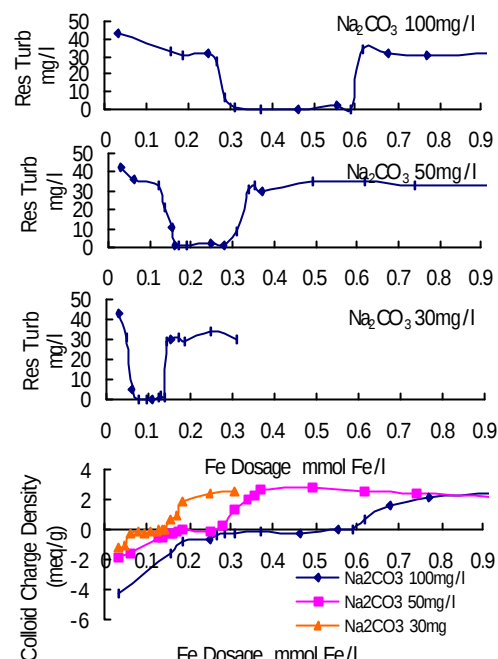


図3 アルカリ度の影響

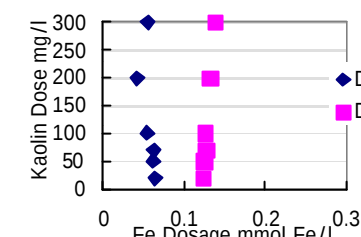


図4 カオリン凝集注入量ゾーン

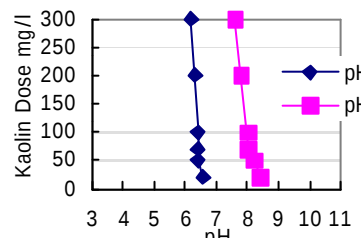


図5 カオリン凝集pHゾーン

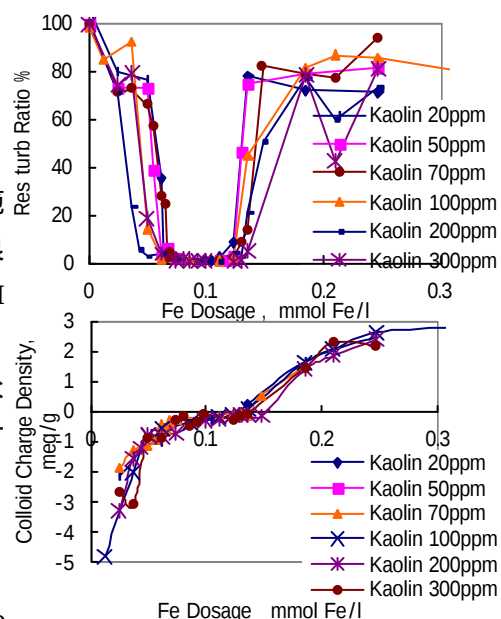


図6 Fe注入量とカオリン懸濁液濁度除去率パターンと荷電状態との関係