



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	凝集処理におけるコロイド滴定法の利用
Author(s)	江端, 克明; 内山, 恵; 大野, 浩一 他
Description	第10回衛生工学シンポジウム (平成14年10月31日 (木) -11月1日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 水処理 . 1-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 10, 13-16
Issue Date	2002-10-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7089">https://hdl.handle.net/2115/7089</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	10-1-4_p13-16.pdf



## 1-4 凝集処理におけるコロイド滴定法の利用

○ 江端克明 (北海道大学)、内山 恵 (日本水道協会)、  
大野浩一、亀井 翼、眞柄 泰基 (北海道大学)

### 1 研究の背景と目的

急速ろ過方式における凝集処理とは、凝集剤の荷電中和能力と架橋能力とにより、懸濁質を除去可能な大きさにまで成長させるプロセスである。急速攪拌時に起こる荷電中和反応が、後段のフロック形成に影響を及ぼし、懸濁質の除去率を左右することになる。

凝集剤の注入量を決定する方法としてはジャーテストがあり、複雑な操作が不要であることから、注入量決定の手法として広く用いられている。しかしながら、様々な注入量範囲や条件について実験をおこなうことになるために、注入量決定までに多くの時間を費やしてしまう。また、原水の水質が急激に変化した場合などへの対応が難しい側面もある。

本研究室では、以前より荷電中和反応に着目し、簡便に荷電量を測定できるコロイド滴定法を用いて、処理水の荷電量の測定をおこなってきた。その実験の結果、最適注入量付近では急速攪拌後の荷電量が等電点に近くなることを見出した<sup>1)</sup>。このことから、急速攪拌後の荷電量を測定することで荷電中和の状況を把握して、注入量をコントロールできるということが考えられ、コロイド滴定法による荷電量測定は短時間で簡単におこなえることから、注入量決定に要する時間を大幅に短縮できる可能性がある<sup>2)</sup>。

そこで本研究では、コロイド滴定法で測定した急速攪拌後の荷電量とジャーテストの結果を比較し、コロイド滴定法による凝集剤注入量決定の可能性について調べることにした。

### 2 実験方法

#### (i) 試料水

人工濁度水：純水にカオリンを加え、濃度 50mg/L としたものに炭酸水素ナトリウムを加えアルカリ度 30 度とした。

河川水：札幌市豊平川より採取したものを使用した（以下、豊平川河川水と略す）。採取後は冷蔵保存しておいた。試料水の水質を表 1 に示す。

表 1 試料水の水質

	人工濁度水	豊平川河川水
濁度	50 度	0.9 度
色度	—	5.6 度
原水荷電量 ( $\times 10^{-4}$ m eq/L)	-12	-20

#### (ii) 凝集剤

実験に使用した凝集剤は、PSI-1（数字は鉄に対する重合ケイ酸のモル比）と塩化第二鉄である。

#### (iii) ジャーテスト

凝集剤添加時に所定の pH になるように 1M-塩酸または 1M-水酸化ナトリウム溶液で調整した試料水に凝集剤を添加した。攪拌条件は急速攪拌を 120rpm で 5 分間、緩速攪拌を 40rpm で 25 分間、静置 30 分間とした。ジャーテストは室温(20~23℃)でおこなった。

人工濁度水については、静置後の上澄水を採水し、濁度、pH を測定した。豊平川河川水に

については、濁度、pHに加え、上澄水を孔径  $0.45\ \mu\text{m}$  のメンブレンフィルターを用いてろ過し、色度を測定した。実験・測定に使用した装置は、以下のとおりである。

- ・ジャーテスト (6連型ジャーテスト：宮本製作所 MJS-3×2SK)
- ・濁度、色度 (積分球式濁度/色度計：セントラル科学 TC-301)
- ・pH (セントラル科学 UK-2030型)

#### (iv)コロイド滴定法

一定量の試料水 (150mL) を 200mL ビーカーにとり、濃度既知 (1/1000N) のメチルグリコールキトサン (カチオンポリマー) を 3mL 加え、しばらく攪拌した後に終点検出の指示薬としてトルイジンブルーを  $300\ \mu\text{L}$  加える。さらに攪拌した後、濃度既知 (1/1000N) のポリビニル硫酸カリウム (アニオンポリマー) で逆滴定する。トルイジンブルーの色調が青から赤紫色に変わった点を終点とする。滴定操作および終点検出には、平沼自動滴定装置 (COM-555) を使用した。求められた滴定量から、あらかじめ測定しておいたブランク滴定量を差し引いて荷電量を求めた。

#### (v)凝集剤の荷電量の測定

PSI-1 と塩化第二鉄の荷電量をコロイド滴定法により測定した。また比較のため重合ケイ酸の荷電量も測定した。全量 150mL で所定の濃度となるよう、純水に凝集剤を添加したものに HCl かあるいは NaOH を加えて pH を約 6.5 に調整したものをサンプルとした。

#### (vi)急速攪拌後の荷電量の測定

荷電中和の様子を調べるため、ジャーテストでの残留濁度、残留色度の測定と共に、急速攪拌 5 分後の荷電量の測定をおこなった。注入量を変化させ pH は約 6.5 で一定とした。

### 3 結果と考察

#### (i)凝集剤の荷電量

凝集剤の荷電量測定の結果を図 1 に示す。なお、重合ケイ酸の濃度については PSI-1 との比較のため、鉄濃度とケイ酸のモル量が等しくなるようにプロットしてある。重合ケイ酸は注入量の増加に伴ってほぼ直線的に減少しており、明らかに負の荷電を持っていることがわかった。塩化第二鉄については注入量が増えると共に荷電量も増加しており、凝集剤に必要な正の電荷を持っていることが確認された。PSI-1 は注入量が  $2\text{mg-Fe/L}$  程度までは荷電量は増加するが、それ以降は減少し  $4\text{mg-Fe/L}$  より注入量が多くなると荷電量は負に移り変わった。この PSI-1 の荷電量の減少は、PSI に含まれる重合ケイ酸によるものであると思われる。PSI-1 の荷電量は塩化第二鉄と重合ケイ酸の荷電量をあわせたものであると考えられるが、重合ケイ酸の影響の方が強いようである。このような傾向は注入量が一定で pH を変化させた場合での同様の実験でも確認されている<sup>1)</sup>。

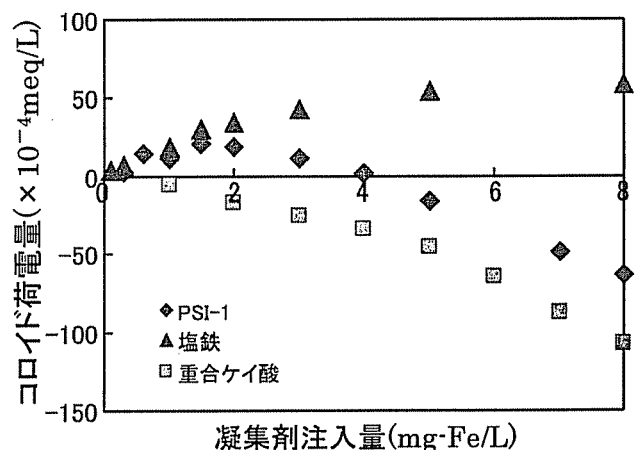


図1 凝集剤の荷電量

## (ii) ジャーテストと急速攪拌後の荷電量

### 人工濁度水

人工濁度水をもちいたジャーテストの結果と急速攪拌後の荷電量の測定結果を図2に示す。残留濁度は、PSIの方が塩化第二鉄よりも若干少ない注入量で高い除去率となっているが、急速攪拌後の荷電量には両者に大きな差はなく、ほぼ同じような傾向を示している。

このことから、PSIと塩化第二鉄の荷電中和力にはほとんど差がなく、除去率に見られる僅かな差は、PSIに含まれる重合ケイ酸に起因する架橋作用によるものであると考えられる。なお、塩化第二鉄の方が僅かではあるが荷電量が大きいのはPSIには負の電荷をもつ重合ケイ酸が含まれるためだと思われる。

最適注入量付近での急速攪拌後の荷電量は負のままであり、等電点まで達しなかった。また荷電量に劇的な変化は見受けられなかったが、良好な除去率が得られる注入量と、荷電量の増加が少なくなり荷電量が最大となる付近がおおよそ一致していることがわかった。しかし、原水の約 $-1.2 \times 10^{-3} \text{meq/L}$ という荷電量に対して、凝集剤自体の荷電量が $30 \sim 5.0 \times 10^{-3} \text{meq/L}$ と十分高いにも関わらず、急速攪拌後の荷電量は負の値を示しており、原水の荷電量と注入した凝集剤の荷電量との和の関係はみられなかった。

注入量がさらに増えていくと、除去率は変わらないにも関わらず急速攪拌後の荷電量は減少する様子がみられた。PSIについては重合ケイ酸の影響によるものとも考えられるが、一方で重合ケイ酸が含まれない塩化第二鉄もPSIと同様の傾向を示していることから、この傾向は鉄によるものであり、重合ケイ酸は架橋に利用されることで荷電量には現れなかったと考えることができる。しかしながら、注入量が増えるにしたがって荷電量が下がることについて、その原因がコロイド滴定法自体に由来するものか、あるいは荷電量が実際に低下しているのかということは現時点では不明であり、今後の研究が必要である。

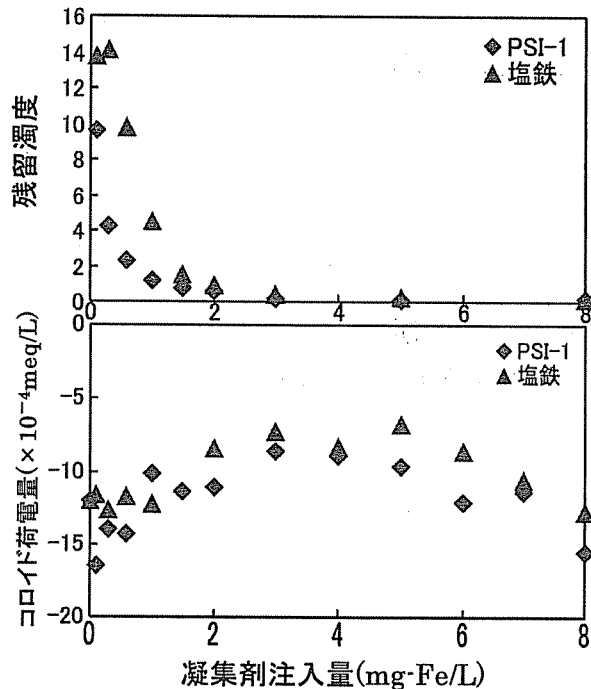


図2 人工濁度水の実験

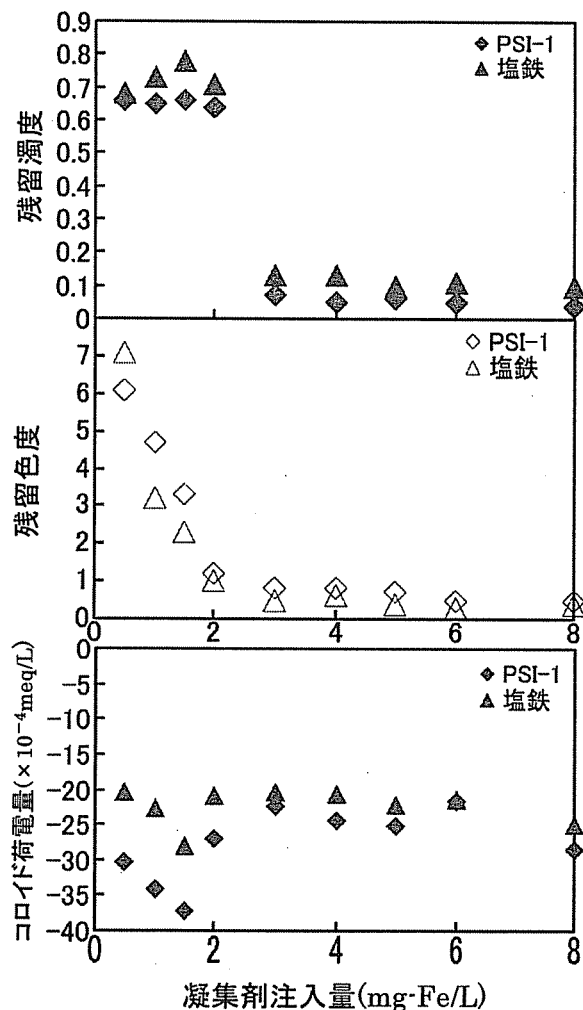


図3 豊平河川水の実験

## 豊平川河川水

豊平川河川水をもちいたジャーテストの結果と急速攪拌後の荷電量の測定結果を図3に示す。急速攪拌後の荷電量をみると、注入量が  $1.5\text{mg}\cdot\text{Fe}/\text{L}$  程度までは塩化第二鉄の方が  $1.0\times 10^{-3}\text{meq}/\text{L}$  ほど荷電量は大きい、PSI も塩化第二鉄も注入量の増加にしたがって減少している。この部分は色度が優先的に除去されており、凝集剤の正の荷電による荷電中和作用が主に働いている部分で架橋作用があまり働かないことから、濁度のみの実験の結果と違い、PSI に含まれる重合ケイ酸の負の荷電量が塩化第二鉄と PSI での荷電量の違いに現れたものと考えられる。

さらに注入量が増えると  $2\sim 3\text{mg}\cdot\text{Fe}/\text{L}$  で再び原水の荷電量である約  $-2.0\times 10^{-3}\text{meq}/\text{L}$  まで増加し、これ以降は注入量を増やしても荷電量は増加しない。この部分では色度成分はほとんどなくなり、濁度成分の除去が起こることから架橋作用が優位になり濁度成分のみでの実験と同様の傾向になったと考えられる。

## 4 まとめ

本研究では、コロイド滴定がジャーテストに替わる凝集剤注入量決定の手法になり得るかどうかを検討するため、鉄系凝集剤を用いた凝集処理における注入量と急速攪拌後の荷電量の関係について調べた。結果は以下のようにまとめられる。

①鉄系凝集剤を用いた凝集処理において、急速攪拌後の荷電量は PSI、塩化第二鉄のどちらの凝集剤を用いた場合でも、注入量による荷電量の変化の傾向は類似している。

②また、急速攪拌後の荷電量は原水の荷電量と注入した凝集剤自体が持つ荷電量との和にはならず、常に負の値を示しており等電点には達しなかった。

③しかしながら、良好な懸濁質の除去はおこなわれており、その最適注入量付近では凝集剤注入量に対する急速攪拌後の荷電量が安定する。

以上より、鉄系凝集剤を用いた凝集処理において、コロイド滴定法により急速攪拌後の荷電量を測定することで最適注入量を決定できる可能性があるといえる。しかし、最適注入量においても等電点に達しない傾向があり、これは鉄系凝集剤の特徴であるのか、それともコロイド滴定法自体の特徴なのかを特定することはできなかつた。今後は他のサンプルやアルミニウム系凝集剤についても実験をおこない、今回の結果と比較することでコロイド滴定の利用法についてさらに検討していきたいと考えている。

参考文献：

- 1) 内山 恵：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、第8回衛生工学シンポジウム論文集、pp.213-216、2000
- 2) 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、pp.22-32、1967