

B-42 凝集剤PAClの高塩基度化による 残留アルミニウムの低減化

○木村 正興^{1*}・石川 太了¹・白崎 伸隆²・松井 佳彦²・松下 拓²

¹北海道大学 大学院工学研究科 (〒060-8628札幌市北区北13条西8丁目)

²北海道大学 大学院工学研究科 (〒060-8628札幌市北区北13条西8丁目)

* E-mail: m.kimura@eng.hokudai.ac.jp

1. はじめに

アルミニウム濃度は、日本の水道水質基準では 0.2 mg/L 以下に設定されている。アルミニウムは粘土鉱物の構成元素であり水道原水に微量濃度で含まれるが、アルミニウム塩凝集剤を浄水処理に用いた場合の水道水の残留アルミニウムのほとんどは凝集剤由来である。浄水後に残留するアルミニウム濃度は水の pH に主に支配され、水道原水の pH が高い場合やアルカリ度が高く凝集剤により pH が低下しない場合は、浄水後に残留するアルミニウム濃度は高くなる傾向が見られる。このような場合には、酸剤や凝集剤の多量注入により pH の低下が行われているが、薬品の大量消費や注入設備の新たな設置と注入管理の新たな維持管理が必要となる。さらに、配水施設の防食の面からは水道水の pH は弱アルカリ性が好ましいことから、処理後に再度 pH を上げることの検討も必要となる。

アルミニウムの理論溶解度曲線では溶存アルミニウム濃度は pH が 6.7—6.9 で最小になることが知られているが、アルミニウム濃度の溶解度は共存イオンなどによっても影響を受け、条件によっては pH が 7.5 や 8.0 などの弱アルカリ性であっても残留アルミニウム濃度を 0.2 mg/L 以下の低濃度にすることが可能なことも知られている。本研究では、残留アルミニウム濃度の低減化を目的に開発が進んでいる高塩基度のポリ塩化アルミニウム(PACl, 塩基度72%)と従来のPACl(塩基度51%), 硫酸バンド(alum)及び塩化アルミニウムを凝集時に用いた時の処理水に残留するアルミニウム濃度とその分子量分布、さらには凝集剤中のモノマーやポリマーの存在割合や、凝集剤中荷電量が凝集処理性に及ぼす影響についても考察した。

2. 実験方法

(1) フェロン法

フェロン法は、フェロン(8-hydroxy-7-iod-5-quinoline-sulfonic acid)とアルミニウム種との反応速度の違いを利用して、アルミニウム種の割合を決定する方法である。フェロンと1分以内に反応したアルミニウムをモノマー状態(Alモノマー)、1から120分の間に反応したアルミニウムをポリマー状態(Alポリマー)、120分後にもフェロンと反応しなかった残りのアルミニウムを固体状態(コロイドAl)とした。凝集剤には、塩基度51%PACl, 塩基度61%PACl, 塩基度72%PACl, 硫酸バンド, 塩化アルミニウムを使用した。以下、PACl-B51, PACl-B61, PACl-B72, alum, AlCl₃と称す。

(2) コロイド滴定

コロイド滴定は、ポリカチオンとしてグリコールキトサン、ポリアニオンとしてポリビニル硫酸カリウム、指示薬としてトルイジンブルーを用いて行った。超純水に凝集剤を投入し、濃度を 1.6 mg-Al/L に調節した試料水に濃度既知のグリコールキトサンを加え、次に 0.1 % のトルイジンブルーを 1, 2 滴加え混合し、濃度既知のポリビニル硫酸カリウムで滴定し、トルイジンブルーの色調が変わった点を終点とした。荷電量は、終点までに加えられたサンプル滴定量と、pH の影響を除くために求めたブランク滴定量の差より次式によって求めた。

$$\text{コロイド当量}(\mu\text{g当量/L}) = (\text{サンプル滴定量} - \text{ブランク滴定量}) \times \text{アニオンポリマー規定度} \times 1000 / \text{サンプル量}$$

(3) ジャーテスト

ジャーテストの条件は、急速攪拌(G値200 s⁻¹, 1分)、緩速攪拌(G値20 s⁻¹, 10分)を採用した。pH調整は0.1 mol/LのHCl及びNaOHを用いて行い、pHを6.8, 7.2, 7.7付近に調整した。静置1時間後、上澄みを採取し、孔径0.45 μmのメンブレンフィルターや、様々な分画分子量のUF膜を用いて溶解性残留Alの粒径分布を調べた。UF膜を用い

たる過は、攪拌式セル（ミリポア8050シリーズ）を用いて圧力500 kPaで行った。原水には北海道豊平川河川水を用いた。

3. 結果・考察

(1) フェロン法

図-2 はフェロン法によって得られた 5 サンプルの AI 種の割合をまとめたものである。PACI は 3 種類とも alum および $AlCl_3$ に比べてコロイド AI の割合が大きく、AI モノマーの割合は低かった。さらに、PACI-B72 は、PACI-B61 及び PACI-B51 に比べて AI モノマー、AI ポリマーの割合が小さく、コロイド AI の割合が大きかった。

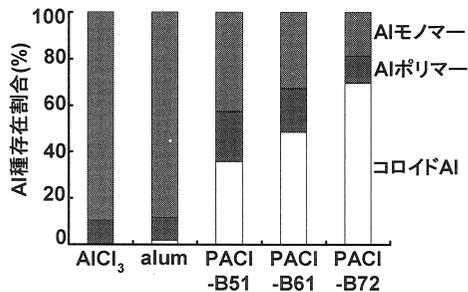


図-2 フェロン法による AI 種存在割合

(2) コロイド滴定

図-3 はコロイド滴定にて得られた凝集剤の荷電量を示す。3 種類の PACI は、alum 及び $AlCl_3$ に比べて荷電量が大きく、さらに凝集剤希釈後の AI 濃度と荷電量は比例関係にあることがわかった。それに対して、alum 及び $AlCl_3$ は、凝集剤希釈後の AI 濃度が上昇しても凝集剤中荷電量はほぼ同じであり、0 meq/L に近い値を示した。また、(1)の結果より、AI モノマーや AI ポリマーの少ない PACI-B72 は荷電量が一番少ないと予想されたが、凝集剤の荷電量は 5 種類の凝集剤の中で PACI-B72 が最も多かった。

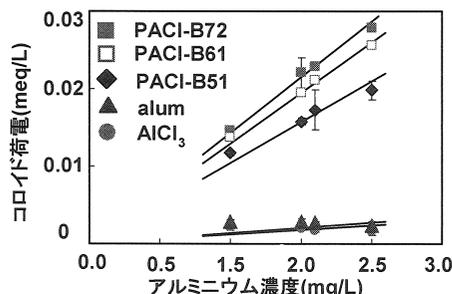


図-3 コロイド滴定による凝集剤中荷電量

(3) 残留アルミニウム濃度・DOC とアルミニウム分子量分布

凝集処理後のアルミニウム濃度・DOC は図-4 の通り

であった。PACI-B72 は、特に、処理水 pH が弱アルカリ性域の場合において、他の凝集剤に比べて残留アルミニウム濃度の低減効果が大きかった。さらに PACI-B72 は DOC 除去性に関しても優れていることがわかったが、これは PACI-B72 は他の凝集剤に比べて荷電量が多く、凝集過程における荷電中和力に優れた性能を示すためではないかと考察された。

pH7.0及びpH7.5における処理水中アルミニウム分子量分布は図-5の通りであった。まず、pH7.0及びpH7.5において、どの凝集剤も500 Da-3 kDaの間に占めるアルミニウム濃度の割合が大きく、0-500 Daに占めるアルミニウム濃度の割合が非常に小さいことがわかった。さらに、pH7.5になると、どの凝集剤も3 kDa-10 kDaに占めるアルミニウム濃度の割合が大きくなった。他の凝集剤に比べてPACI-B72は全てのサイズ区間の残留アルミニウム濃度が低い結果となった。しかし、AIモノマーの割合がPACIに比べて高いalum及び $AlCl_3$ は、100 kDa-0.45 μ mの区間のアルミニウム濃度がPACI-B51及びPACI-B72に比べて非常に高いことがわかり、そのため、凝集処理後の残留するアルミニウム濃度が高くなると思われた。

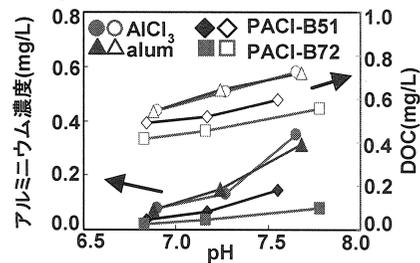


図-4 処理水中アルミニウム濃度・DOC (豊平川河川水、凝集剤注入率 1.06 mg-AI/L)

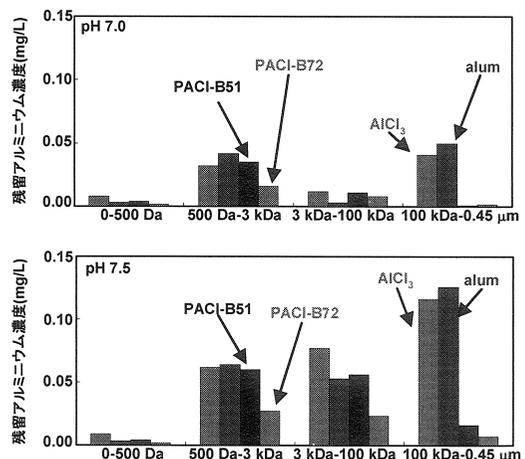


図-5 溶解性残留アルミニウム分子量分布
(豊平川河川水, 凝集剤注入率 1.06 mg-Al/L)

4. まとめ

- (1) PACI-B51 と比較して PACI-B72 はコロイド Al の割合が大きく, Al モノマーの割合は小さかった. このことから PACI-B72 の荷電量は PACI-B51 の荷電量より少ないと思われたが, 実際は PACI-B72 の荷電量の方が多かった.
- (2) 豊平川河川水を用いた場合, 処理水 pH が弱アルカリ性側においても PACI-B72 は他の凝集剤に比べて残留アルミニウム濃度を低く抑えることができた. さらに, DOC 除去性に関しても優れた性能を示した. これは, 他の凝集剤に比べてコロイド Al の割合及び凝集剤中荷電量が多いことが影響していると考えられた.
- (3) 豊平川河川水を用いた場合, pH7.0 及び pH7.5 の両凝集条件において残留アルミニウムは 500 Da-3 kDa 区間に主に存在していることがわかった. さらに, alum, AlCl₃を用いた場合は, 100 kDa-0.45 μm の区間のアルミニウム濃度も高く, そのため残留アルミニウム濃度も一番高かった.

謝辞: 凝集剤提供は多木化学㈱による. 記して謝す.