



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	鉄系凝集剤PSIによる重金属類の除去に関する研究
Author(s)	中添, 真弥; 大野, 浩一; 亀井, 翼 他
Description	第11回衛生工学シンポジウム (平成15年11月6日 (木) -11月7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 一般セッション . 2 水処理 . 2-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 11, 111-114
Issue Date	2003-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7058
Type	departmental bulletin paper
File Information	11-2-4_p111-114.pdf



2-4

鉄系凝集剤 PSI による重金属類の除去に関する研究

○中添 真弥、大野 浩一、亀井 翼、眞柄 泰基（北海道大学大学院）

1. はじめに

我が国では、浄水処理においてポリ塩化アルミニウム（以下 PACl）などのアルミニウム系凝集剤が使われている。しかし、水中に藻類が多く存在する場合、溶解性アルミニウムの増加やフロック密度の低下、凝集沈殿効果の悪化等の阻害現象が現れるなどの問題が起きている。またアルミニウムの神経毒性についても指摘されているため、水道水中の残留アルミニウムを極力少なくするべきである。

これらの問題を背景に、アルミニウム系凝集剤に代わる凝集剤として注目されているのが鉄-シリカ無機高分子凝集剤（以下 PSI）である。PSI は重合ケ酸に塩化第二鉄を導入したものである。重合ケ酸の分子量は 20 万～50 万 Da に及び、PACl の分子量 2 千～3 千 Da に比べはるかに大きい。分子量の大きさが凝集処理における架橋作用の大きさを決定する因子となりうることから、PSI は架橋作用の優れた凝集剤であると考えられる。

PSI の濁度成分除去や色度成分除去に関する研究はこれまでに多数行われているが、有害な微量金属類に対する除去効果についてはあまり研究されておらず不明な点が多い。

そこで本研究では、ヒ素・鉛・カドミウムを対象として、これらの金属類に対する PSI と PACl の除去効果を比較検討することを目的とし、環境水および純水を用いた凝集沈殿実験を行った。

2. 実験方法

2.1 純水系

試料水として、炭酸水素ナトリウムにより pH7 程度に調整した純水に 5 価ヒ素としてヒ酸水素二ナトリウム七水和物：試薬特級（和光純薬）を 20 μ g/L の割合で添加したものをを用いた。凝集剤添加後に pH7 (± 0.2) となるように塩酸または水酸化

表 1 凝集条件

	急速攪拌	緩速攪拌	静置
PACl	120rpm, 5 分	40rpm, 25 分	20 分
PSI-0.5	300rpm, 10 分	—	20 分

ナトリウムにより調整した。凝集剤として PACl 及び PSI-0.5（数字は鉄に対するシリカのモル比を表す）を、注入率を変化させて添加し、表 1 に示す凝集条件でジャーテストを行った。PSI の凝集条件については内山ら¹⁾による人工濁度水を用いた最大フロック粒径計測により決定された凝集条件を採用した。静置後、上澄水を採取し 1%(v/v)硝酸を加えた後に 0.45 μ m メンブレンフィルターでろ過したものを総ヒ素サンプル（懸濁性+溶解性）とし、また、静置後、上澄水を 0.45 μ m メンブレンフィルターでろ過した後に、1%(v/v)硝酸を加えたものを溶解性ヒ素サンプルとした。両サンプルの残留ヒ素、鉄及びアルミニウム濃度を ICP/MS により測定した。また静置後の上澄水の濁度及び色度を濁色度計により、また波長 260nm の紫外吸光度(E260)を分光光度計により測定した。鉛及びカドミウムについてもそれぞれ初期濃度 20 μ g/L とし、ヒ素の場合と同様の方法で実験を行った。

2.2 環境水系

札幌市白川浄水場着水井から採取した原水を 0.45 μ m メンブレンフィルターでろ過した後、カリン（関東化学）を 5mg/L の割合で添加し、5 価ヒ素・鉛・カドミウムを、添加後の濃度としてそれぞれ 20 μ g/L となるように添加したものを試料水とした。純水系の場合と異なりヒ素・鉛・カドミウムを同一試料水に添加した。凝集剤添加後に pH7(± 0.2)となるように、この試料水を塩酸または水酸化ナトリウムにより調整した。凝集剤として PACl 及び PSI-0.5 を用いてジャーテストを行った。凝集条件は表 1

のとおりであり、純水系と同様の方法で金属濃度をICP/MSにより測定した。

3. 結果と考察

3.1 純水系

ヒ素・鉛・カドミウムを添加した純水系でのジャテスト結果をそれぞれ図1~3に示す。図1より、ヒ素はほぼ100%除去されており、またPSI-0.5及びPACIではほぼ同程度のヒ素除去率を示した。原水中のヒ素の大部分を占めていた溶解性ヒ素はごく少量の凝集剤を添加しただけでフロックに取り込まれるなどして沈殿、ろ過により除去されたものと考えられる。

図2に示すように、鉛はPSI-0.5のほうが高い除去率を得た。また、凝集剤を添加せずに攪拌・静置のみを行った場合(図2中の凝集剤注入率0の点)に初期濃度20 $\mu\text{g/L}$ に対し溶解性鉛の減少が見られるのは、pH7では鉛の一部が懸濁化し沈殿・ろ過により除去されたためである。

図3のカドミウムについては、PACIを用いた場合注入率約0.1mmol/Lで15%程度の除去率しか得られなかった。これに対し、PSI-0.5を用いた場合注入率約0.1mmol/Lで60%近い除去率を示した。PACIを用いた場合は残留カドミウムの90%以上が溶解性、PSI-0.5の場合は30%程度が懸濁性として残留した。

アルミニウム及び鉄の残留濃度については、それぞれの場合において鉄は全ての注入率範囲でほぼ100%が懸濁性として存在し、アルミニウムはPACI注入率2mg/L-Al(約0.07mmol/L-Al)の場合において約70%が溶解性として存在した(図4)。

図5はヒ素濃度と mg 単位凝集剤当たりのヒ素除去量の関係を両対数プロットで表したものである。この図より、今回の実験におけるヒ素濃度範囲では、PSI-0.5はPACIより mg 単位除去能が高いことがわかる。また、PACIは図5における直線の傾きが大きく、ヒ素濃度の減少に伴いヒ素

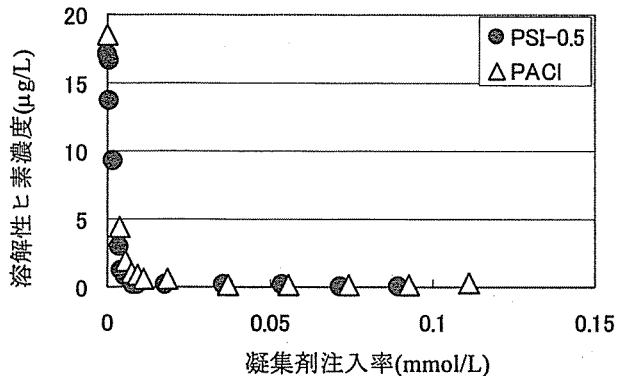


図1.ヒ素の残留濃度(純水系)

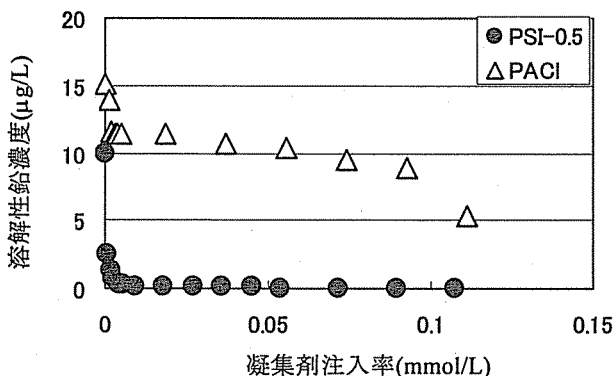


図2.鉛の残留濃度(純水系)

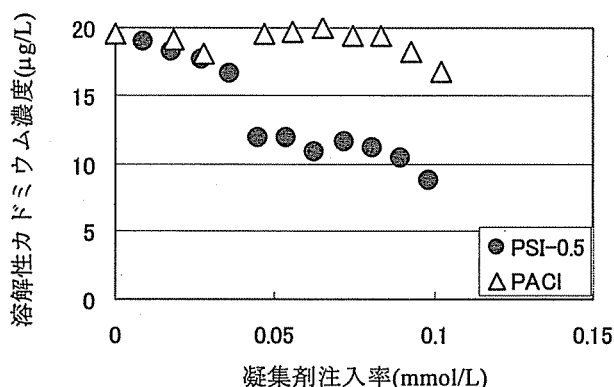


図3.カドミウムの残留濃度(純水系)

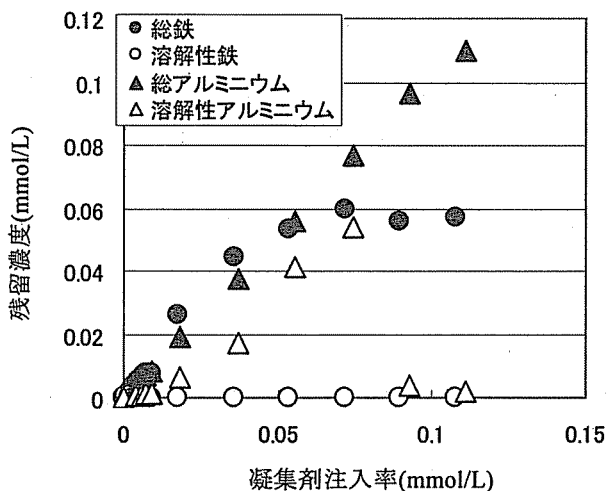


図4.鉄及びアルミニウム濃度(ヒ素単独の純水系)

除去能も著しく低下しているが、PSI-0.5ではヒ素濃度の減少に伴うヒ素除去能の低下はほとんどないことからヒ素除去に対して PSI-0.5 が有効であると言える。鉛についてもヒ素と同様に PSI のヒ素除去能が PACI に比べ高かった。カドミウムについては両対数プロットで直線が得られなかった。

3.2 環境水系

環境水を用いたジャーテスト結果を図 6~8 に示す。ヒ素について見ると、図 6 に示すように、PSI-0.5 及び PACI ではともに高い除去率が得られた。また、純水系の場合(図 1)、PSI と PACI でのヒ素除去率はほぼ同程度だったのに対し、環境水系では PSI を用いた場合のヒ素除去率が PACI と比べ高かった。

図 7 に示す鉛は純水系の結果(図 2)と同様に、凝集剤無添加の場合でも溶解性が減少した。図 2 と比べると PACI の場合の鉛除去率が増加した。また、凝集剤注入率 0.1mmol/L 以下の低注入量範囲では PACI に比べ PSI を用いた場合のほうが除去率は高かったが、注入量を高くするとほぼ同程度の除去率となった。

カドミウムは他の金属類より除去率は低いですが PSI のほうが PACI より高い除去率を示した(図 8)。

図 9 に示すように、残留鉄及びアルミニウム濃度は純水系の結果よりも減少していた。これは、濁度成分が存在しない場合は凝集剤による架橋作用が有効に働かず、懸濁態にはなっても沈降可能な粒径までは成長しないためと考えられる。

図 10 の残留濁度に関しては、PSI に比べ PACI を用いた場合に高い除去率が見られた。これは、PSI の凝集条件は比較的高濁度の人工濁度水による最大粒径を基に設定されたものであるため、低濁度の環境水については適用できない可能性があると考えられる。色度については PSI 及び PACI はともに注入率 0.2mmol/L

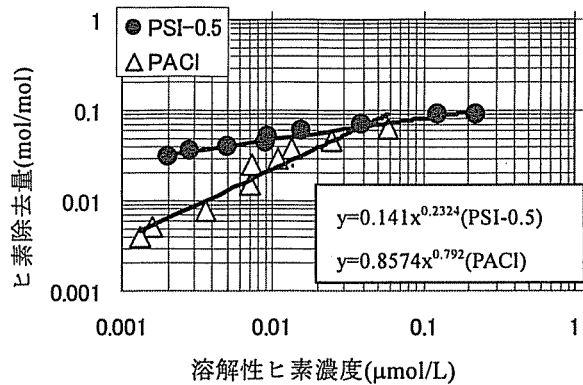


図 5.ヒ素除去量(純水系)

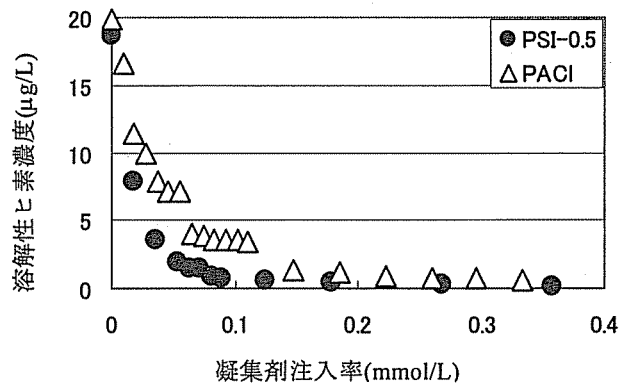


図 6.ヒ素の残留濃度(環境水系)

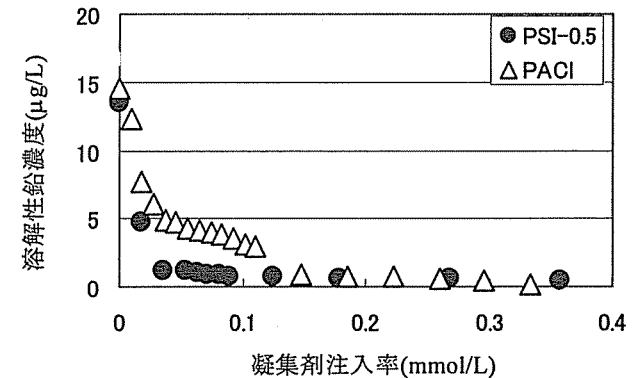


図 7.鉛の残留濃度(環境水系)

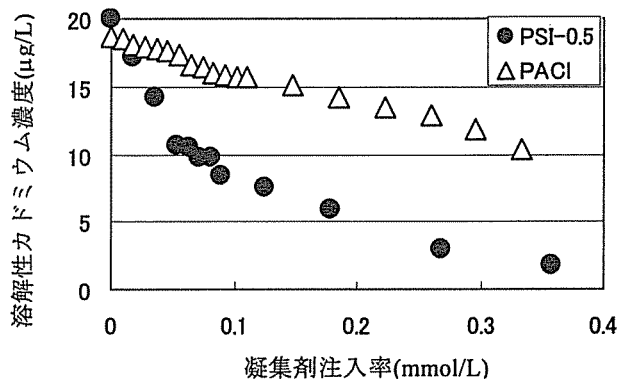


図 8.カドミウムの残留濃度(環境水系)

程度で 90%、E260 については PACI 及び PSI-0.5 とともに注入率 0.3mmol/L 程度で 80%の高い除去率を得た。

図 11 は図 4 と同様にヒ素濃度と単位凝集剤当たりのヒ素除去量の関係を両対数プロットで表したものである。図 4 の純水系に比べて PSI-0.5 及び PACI による単位凝集剤あたりのヒ素除去量が小さくなっていることから、他の共存物質により競合作用が働いて溶解性ヒ素に対する除去量が小さくなったと考えられる。

凝集沈殿処理における PSI 及び PACI の金属類除去能力は、ヒ素、鉛及びカドミウムに対して PSI のほうが PACI より高かった。この要因の一つとして、鉄の溶解度積がアルミニウムのそれより小さく不溶化しやすいために、形成中のフロック内部への取り込み、フロック表面への吸着などにより除去されるものと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結果より、ヒ素及び鉛は凝集沈殿処理により除去可能であることが確認された。カドミウムについては PACI では十分な除去は難しいが、PSI により除去率が上がることがわかった。

金属類除去に対する PSI の鉄-シリカ比の影響や pH の影響、5 価ヒ素より毒性の強い 3 価ヒ素や他の有害金属類に対する除去効果については今後の検討課題としたい。

5. 参考文献

- 1) 内山恵、大野浩一、亀井翼、眞柄泰基：PSI を用いたフロッケータ設計の基礎的研究、水道協会雑誌、第 825 号、pp.2-11(2003)

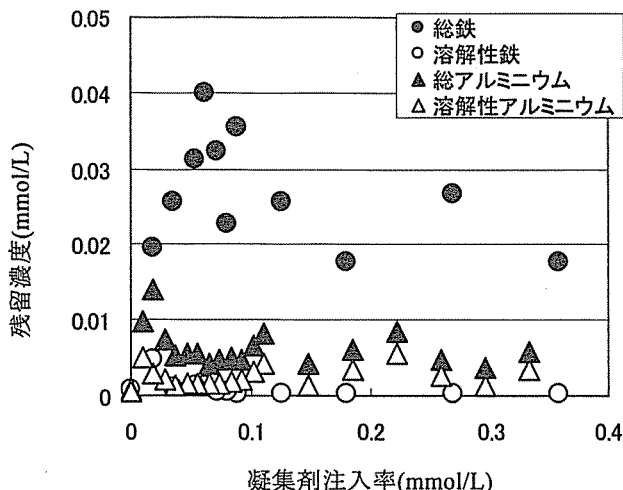


図 9.鉄及びアルミニウム濃度（環境水系）

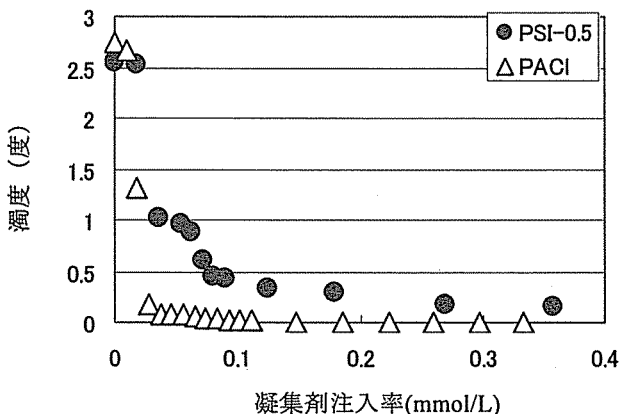


図 10.残留濁度（環境水系）

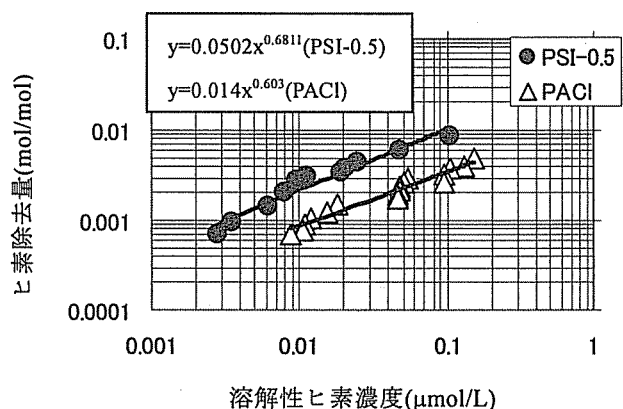


図 11.ヒ素除去量（環境水系）