



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	鉄系凝集剤PSIを用いた有害金属類の凝集効果とE260による迅速な処理性評価
Author(s)	草野, 真一; 大野, 浩一; 亀井, 翼 他
Description	第12回衛生工学シンポジウム (平成16年11月4日 (木) -5日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 4 水処理 . 4-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 12, 117-120
Issue Date	2004-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1244
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-2_p117-120.pdf



4-2 鉄系凝集剤 PSI を用いた有害金属類の凝集効果と E260 による迅速な処理性評価

○草野真一、大野浩一、亀井翼、眞柄泰基（北海道大学）

1. 背景と目的

有害金属類による水質汚染は世界中で問題となっている。水中金属類濃度の測定には多くの時間がかかり、また高価な装置を必要とするため、発展途上国では浄水処理による金属類の除去効果を把握することは困難であり、日本でも常時監視することは難しい状況である。そこで浄水効果を迅速に評価できる代替的な指標が求められている。北野ら¹⁾はポリ塩化アルミニウム（以下 PACl）を凝集剤とした凝集実験を行い、迅速かつ簡単に測定できる波長 260nm の紫外外部吸光度（以下 E260）除去率がマンガン(Mn)、ニッケル(Ni)、5 価ヒ素(As(V))、モリブデン(Mo)、カドミウム(Cd)、5 価アンチモン(Sb(V))、鉛(Pb)除去率の代替指標となりえるか検討を行った。その結果、As(V)及び Pb が浄水安全レベルまで除去されているか E260 除去率によって代替的に評価できるが、その他の金属類は除去率が低く E260 を代替指標として使用できないことを示した。一方、中添ら²⁾はアルミニウム代替凝集剤として注目されている鉄-シリカ無機高分子凝集剤（以下 PSI）を用いた凝集実験を行い、As(V)、Pb、Cd について PSI が PACl よりも高い除去能力を持つことを示した。このことから金属類に対しても PSI は高い除去能力を持っていると考えられる。

そこで本研究では、PSI を用いて凝集実験を行い、代替指標としての E260 除去率の適用性を以下の 2 つについて検討を行うことを目的とした。

- ① As(V)及び Pb 除去率の推測
- ② PSI を用いた場合の PACl では除去が困難な金属類の除去率の推測

また pH によって E260 除去率と金属類除去率の関係がどう変化するかについても検討を行った。

2. 実験方法

環境水として豊平川河川水（E260 値 0.03cm^{-1} ）を用いた。ガラス繊維ろ紙（アドバンテック製 GB-140、孔径 $0.4\mu\text{m}$ ）でろ過した後、添加後の Mo 濃度が $150\mu\text{g/L}$ 、Ni、As(V)、Cd、Sb(V)、Pb 濃度が $50\mu\text{g/L}$ になるように金属類を添加した。凝集後の pH が 5、7、9 になるように塩酸または水酸化ナトリウムを添加後、PSI-0.5（数字は鉄に対するシリカのモル比を表す）を添加し、急速攪拌 120rpm 5 分、緩速攪拌 40rpm 25 分、静置 30 分の条件でジャーテストを行った。静置後上澄水を採取し、 $0.45\mu\text{m}$ メンブレンフィルタでろ過したあと 1%(v/v)硝酸を添加したものを溶解性金属類サンプルとして ICP-MS により金属類濃度を測定した。また $0.45\mu\text{m}$ メンブレンフィルタでろ過後、分光光度計により凝集後の E260 値を測定した。この際、値に影響を及ぼさないようにするため、前もって純水 50mL をメンブレンフィルタに通過させておいた。また、E260 除去率と金属類除去率の関係が原水水質によって変化するかを検討するため、北村泥炭地水（E260 値 0.33cm^{-1} ）を用い、添加後の Mo 濃度が $70\mu\text{g/L}$ 、Ni、As(V)、Cd、Sb(V)、Pb 濃度が $10\mu\text{g/L}$ になるように金属類を添加し、pH7 でジャーテストを行った。

3. 結果と考察

【鉄錯体形成による E260 値の増加】 図 1 は豊平川河川水を用いて pH7 でジャーテストを行

って得られた PSI 注入量と E260 値、溶解性鉄濃度の関係である。図 1 で示されるように、少ない PSI 注入量において E260 値が初期値よりも増加し、同様に残留した溶解性鉄濃度も増加していた。E260 を発現する成分としてフミン質が挙げられるが、水中にフミン質が存在すると金属と錯体を形成し、その金属の溶解度が上昇する。少ない PSI 注入量では、フミン質と錯体を形成し不溶化しにくくなった鉄フロックが 0.45 μm メンブレンフィルタで抑留されるほど大きく成長せず、また形成された鉄錯体自体が紫外部に吸光を示すため、E260 値が初期値よりも増加したと考えられる。また、図 1 で示されるように PSI 注入量を増加させると E260 値及び溶解性鉄濃度は減少した。これは PSI 注入量を多くすることによってフロックが 0.45 μm 以上の大きさに成長し、メンブレンフィルタに抑留されることで E260 値及び鉄濃度が減少したと考えられる。なお pH5、pH9 においても同様の結果が得られている。これらのことから、処理水中に残留する溶解性鉄濃度を低下させ、かつ E260 除去率によって金属類の除去効果を代替的に評価するには、フロックがろ過で除去される寸法以上に成長するのに必要な PSI を注入しなくてはならないと考えられる。

【E260】 図 2 は PSI 注入量と E260 除去率の関係である。PSI 注入量を増やすことにより pH5 では E260 除去率が 80%程度、pH7 では 70%程度、pH9 では 50%程度まで上昇した。つまり、pH が低いほど E260 の除去性が上昇した。また、初期 E260 値が豊平川河川水よりも高い北村泥炭地水を用いた結果、E260 の除去性が低下した。しかし PSI 注入量を 60mg-Fe/L まで増加すると E260 除去率が 70%まで上昇した。

【As(V)】 図 3 は PSI 注入量と溶解性 As(V) 除去率の関係である。pH9 において他の pH より若干除去性が低下したが、どの pH においても 90%以上の As(V)除去率が得られた。図 4 は E260 除去率と溶解性 As(V)除去率の関係である。pH7 及び pH9 では E260 除去率が 30%以上のとき溶解性 As(V)除去率が 90%以上となった。pH5 では E260 除去率が 60%以上で溶解性 As(V)除去率が 95%以上になっていた。このことから pH5~9 のとき As(V)が浄水安全レベルまで除去されているか E260 除去率によって代替的に評価できるといえる。

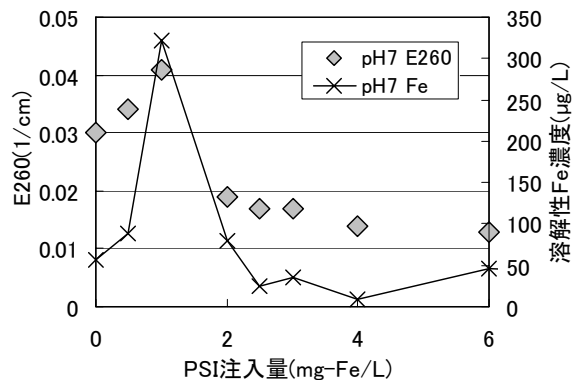


図 1. PSI 注入量と E260 値、溶解性 Fe 濃度の関係(pH7)

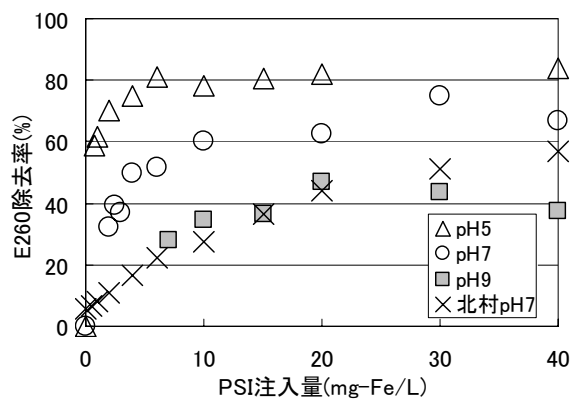


図 2. PSI 注入量と E260 除去率の関係

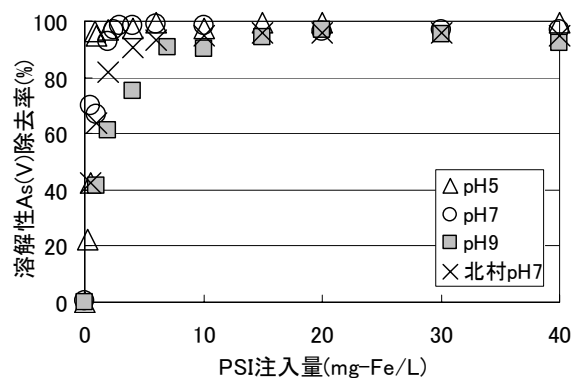


図 3. PSI 注入量と溶解性 As(V)除去率の関係

【Pb】 図5はPSI注入量と溶解性Pb除去率の関係である。どのpHにおいてもほぼ100%のPb除去率が得られるが、pH5では他のpHより若干除去性が低下した。図6はE260除去率と溶解性Pb除去率の関係である。pH7及びpH9ではE260除去率が30%以上のとき溶解性Pb除去率はほぼ100%であった。このことからpH7~9のときPbが浄水安全レベルまで除去されているかE260除去率によって代替的に評価できるといえる。しかし、pH5では90%以上のPb除去率を確保するには、E260の限界除去率に近い80%程度以上のE260除去率を達成するための多量のPSI注入が必要となる。また、E260の限界除去率の付近でグラフの傾きが大きくなり、このようなグラフである場合、高い金属類除去率が得られたとしても、僅かなE260除去率の変動で金属類除去率が大きく変動するため、金属類が安全レベルまで除去されているかE260によって代替的に評価するには難しいと考えられる。特にpH5ではE260の除去性が向上するため、金属類除去率が高くなる前にE260が限界除去率に近づいてしまうので、このような傾向がみられた。

【Mo、Sb(V)】 図7はpH7でのPSI及びPACl注入量と溶解性Mo及びSb(V)除去率の関係である。Mo及びSb(V)はPSIを用いることにより同モルのPACl注入時より除去率が高くなった。また、PSI注入量を増加することによって80%程度の除去率を得ることができた。このことからPSIはPAClよりもMo及びSb(V)に対して高い除去能力を持っているといえる。図8はE260除去率と溶解性Mo及びSb(V)除去率の関係である。Mo及びSb(V)は凝集pHを酸性側にすることで、より高い除去率が得られた。しかし、80%程度以上のMoまたはSb(V)除去率を確保するには、pH5でのPb除去の場合と同様に限界除去率に近いE260除去率を達成するための多量のPSI注入が必要となる。また、限界E260除去率の近くでグラフの傾きが大きく

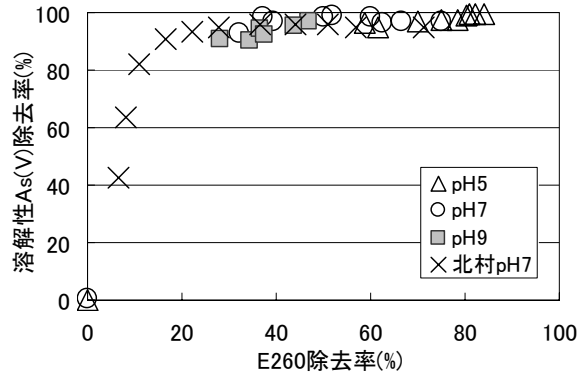


図4. E260除去率と溶解性As(V)除去率の関係

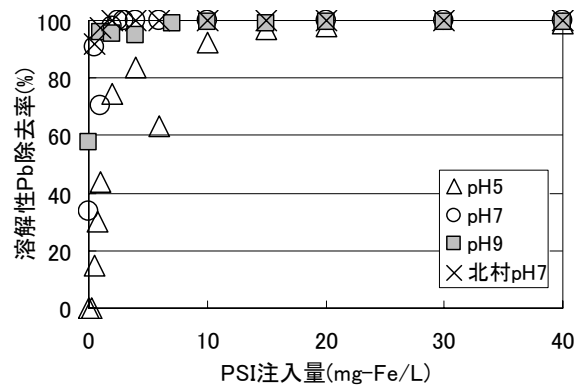


図5. PSI注入量と溶解性Pb除去率の関係

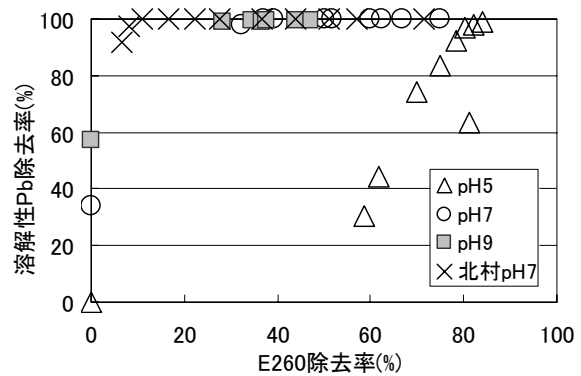


図6. E260除去率と溶解性Pb除去率の関係

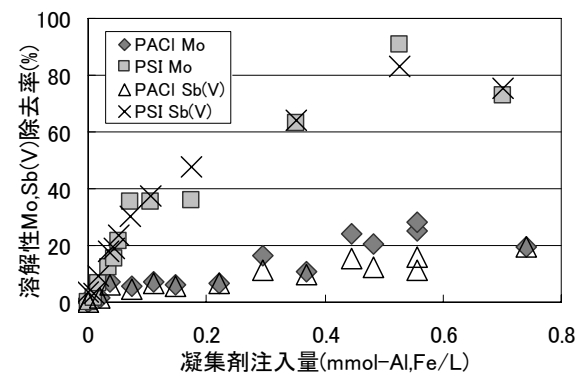


図7. 凝集剤注入量と溶解性Mo、Sb(V)除去率の関係(pH7)

なったため、Mo 及び Sb(V)除去率を E260 除去率によって代替的に評価するには難しいと考えられる。

【Cd、Ni】 図 9 は E260 除去率と溶解性 Cd 及び Ni 除去率の関係である。Cd 及び Ni は酸性側では除去率は低かったが、アルカリ性側になると高い除去率が得られ、pH9 において Cd、Ni とともに E260 除去率が 30%以上で除去率が 90%以上となっていた。このことから Cd 及び Ni についてはアルカリ性側で E260 が代替指標として使用できる可能性があるといえる。

以上の結果を表 1 にまとめた。また、北村泥炭地水を用いて実験を行った結果、図 4 及び図 6 より E260 除去率と As(V)及び Pb 除去率の関係は豊平川河川水の pH7 と同様であり、今回の実験範囲では原水水質の違いによる影響はなかった。

4. 結論

今回検討した条件において実験した結果を以下のようにまとめる。

- ・ pH5~9 のとき As(V)除去率を E260 除去率によって代替的に評価できる
- ・ pH7~9 のとき Pb 除去率を E260 除去率によって代替的に評価できる。
- ・ Mo 及び Sb(V)は PSI を用いることによって高い除去率が得られるようになる。しかし、E260 除去率によって代替的に評価することは困難であると考えられる。
- ・ Cd 及び Ni はアルカリ性側で E260 除去率によって代替的に評価できる。

今後は各金属類の凝集除去メカニズムについて検討していきたいと考えている。

参考文献：

- 1) 北野晶子、大野浩一、亀井翼、眞柄泰基：紫外部吸光度を指標としたヒ素および有害金属類の迅速な処理性評価、第 11 回ヒ素シンポジウム講演要旨集、pp. 31-32(2003)
- 2) 中添真弥、大野浩一、亀井翼、眞柄泰基：鉄系凝集剤 PSI による重金属類の除去に関する研究、第 11 回衛生工学シンポジウム論文集、pp111-114. (2003)

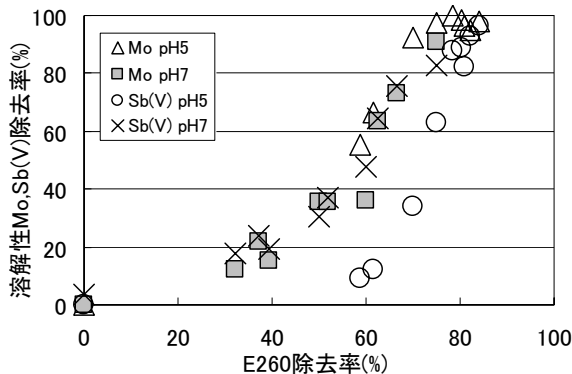


図 8. E260 除去率と溶解性 Mo、Sb(V)除去率の関係

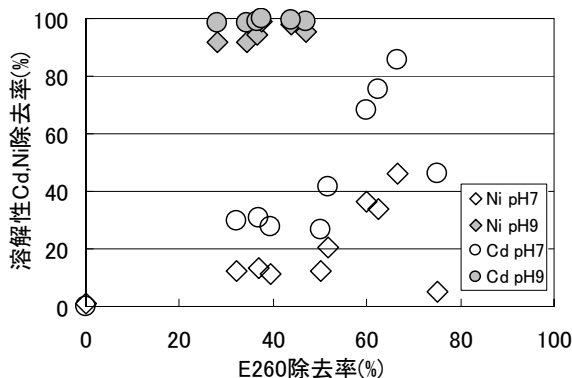


図 9. E260 除去率と溶解性 Cd、Ni 除去率の関係

表 1. E260 除去率による各金属類除去率評価の指標性

	pH5	pH7	pH9
As(V)	○	○	○
Pb	△	○	○
Cd	×	△	○
Ni	×	×	○
Mo	△	△	×
Sb(V)	△	△	×

- …E260 によって代替的に評価できる
- △…PSI 注入量を多くすると高い金属類除去率が得られるが、E260 によって代替的に評価するには困難
- ×…金属類除去率が低い (60%未満)