



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	凝集処理におけるヒ素除去性能に関する研究：ヒ素除去性評価のための代替指標の提案
Author(s)	永井, 未央; 佐藤, 裕子; 亀井, 翼 他
Description	第8回衛生工学シンポジウム（平成12年11月16日（木）-17日（金） 北海道大学学術交流会館） . 5 水処理2 . 5-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 8, 221-224
Issue Date	2000-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7239
Type	departmental bulletin paper
File Information	8-5-6_p221-224.pdf



5-6

凝集処理におけるヒ素除去性能に関する研究

～ヒ素除去性評価のための代替指標の提案～

○永井 未央、佐藤 裕子、亀井 翼、眞柄 泰基（北海道大学）

1 はじめに

豊平川は人口約180万人の札幌市の水道水源として利用されている。本研究室のこれまでの調査により、河川水中ヒ素濃度が高いのは、上流に存在する定山溪温泉が高濃度のヒ素を含むことが原因であることが明らかになった¹⁾。浄水場に導入された原水のヒ素濃度は、浄水過程を経て基準値以下に低減され、水道水として利用されている(図1)が、その除去要因は十分に解明されているとは言いがたいのが現状である。

ヒ素は古くから毒性が知られており、日本では1993年にヒ素の飲料水中の水質基準値が0.01mg/Lに改定された。また、最近のさらなる研究によりこれを引き下げる動きもあり、各浄水過程におけるヒ素除去性を評価することが必要と考えられる。しかし、ヒ素の測定には比較的高度な測定機器、技術が必要とされるため、大規模な浄水場においてさえ連続測定は不可能な状況にある。したがって、ヒ素の除去性を評価するためには、より簡易で迅速な測定方法の提案が必要と考えられる。

そこで本研究では、1) 浄水場の浄水過程における調査、および2) ジャーテストを用いた凝集沈殿実験を行い、ヒ素の除去レベルを迅速かつ簡易に予想する代替指標の提案を行った。

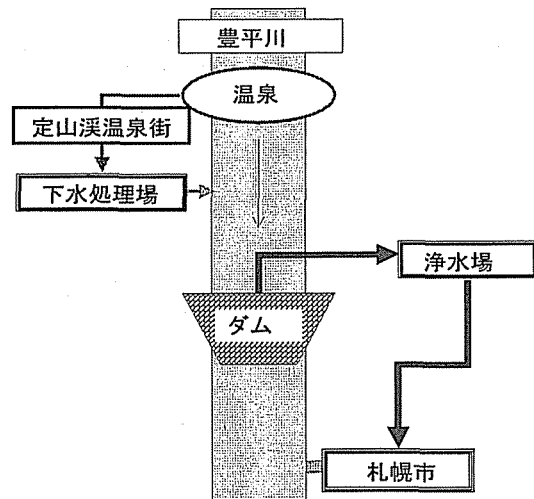


図1 豊平川流域図

2 実験方法

2-1 浄水場調査

調査は平成11年7月13日、8月12日、11月1日の計3回行った。取水地点は、着水井・沈澱処理後・中間塩素処理後・ろ過処理後の4地点とし、滞留時間を考慮して採水した(図2)。採取した試料を総ヒ素試料とし、さらに0.45μmメンブレンフィルター(アドバンテック)を通させたものを溶解性試料

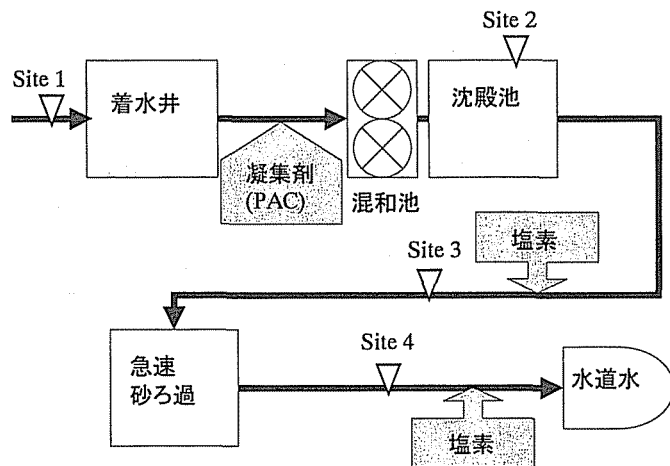


図2 浄水場の処理フロー

とした。ヒ素の形態を維持し、かつ懸濁物質に吸着されたヒ素を溶出させるために有害金属測定用硫酸(和光純薬)を加え、冷蔵保存した。各試料について3価ヒ素[As(III)]と全ヒ素[As(III)+As(V)]を水素化物発生誘導結合プラズマ発光分析装置(島津製作所)を用いて測定した。

2-2 凝集沈殿実験

凝集沈殿実験にはジャーテスト（日京テクノス）を用いた。凝集剤として PAC（北海道曹達）を使用し、pH 調整には 0.1N 塩酸（和光純薬）を用いた。攪拌条件及び処理フローを図 3 に示す。測定試料は、試料 A（純水+ヒ素）、試料 B（純水+ヒ素+濁質）、試料 C（環境水）とした。詳細を以下に示す。

2-2-1 試料 A（純水+ヒ素）

純水にヒ酸水素二ナトリウム七水和物（和光純薬）を試料水中で約 20ppb となるように添加しジャーテストを行い、全ヒ素濃度を測定した。凝集剤の A1 注入率は、0.1、0.5、1.0、1.5、2.0mg/L と変化させた。

2-2-2 試料 B（純水+ヒ素+濁質）

試料 A に、濁度が 5,10,20,40 度になるようにカオリン（和光純薬）を添加した。凝集剤は、それぞれの試料について ALT 比が 0.3、0.5、0.8 になるように注入した。ジャーテスト後、全ヒ素濃度と濁度を測定した。濁度の測定には濁色度計（セントラル科学）を用いた。ALT 比の式を下に示す。

$$\text{ALT 比} = \frac{Al[\text{mg/l}]}{Tu[\text{mg/l}]} \quad [Tu : \text{濁度 (度)}]$$

2-2-3 試料 C（環境水）

温泉水混入前の河川水に、同じ日に採水した温泉水を 0.1% 注入し、ヒ素濃度が 30ppb になるよう調製した。ジャーテストを行う前にヒ素を形態別に測定したところ試料水に含まれるヒ素は As(V)のみであることが確認された。凝集剤の A1 注入率は、0.1、0.5、1.0、1.5、2.0mg/L と変化させ、全ヒ素濃度 [As(III)+As(V)]、UV260nm での吸光度 [E260]、電気伝導度について測定を行った。吸光度については吸光度計 DR/4500 型（HACH）、電気伝導度は電気伝導度計（堀場製作所）を用いて測定した。

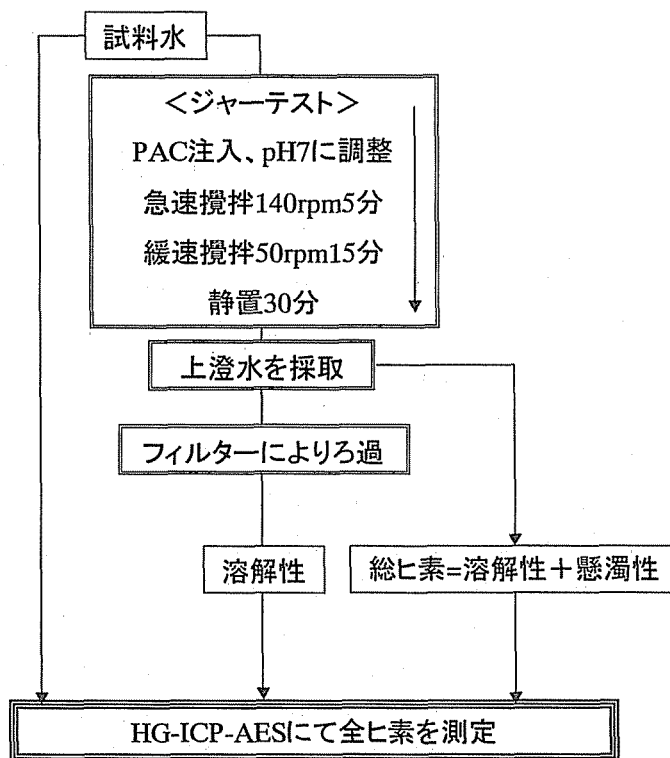


図 3 実験フロー

3 結果と考察

3-1 浄水場調査結果

図 4 に 7 月と 11 月の調査結果を示した。着水井のヒ素濃度が高い日は砂ろ過後の濃度も高かった。浄水場ではフロックの形成に応じて凝集剤を注入しており、

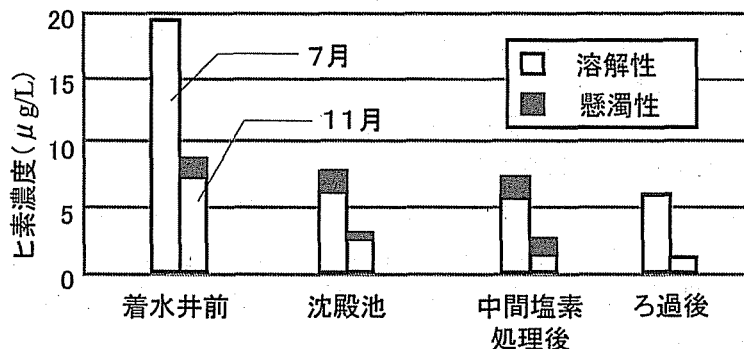


図 4 各浄水過程でのヒ素濃度

ヒ素濃度自体をモニターして注入率を決定している訳ではない。高濃度のヒ素を含む温泉水は、気候変動にかかわらずほぼ一定量河床から湧出しているが、河川流量は雨や融雪などによる影響で著しく変動する。流量が少ないときにはヒ素濃度は高くなるが、水中の濁度などは低いいため浄水場では凝集剤注入率を下げることになる。これらのことが、ヒ素除去率が上がらなかった原因であると考えられる。

また、凝集沈殿処理では全体の約60%という高い割合でヒ素が除去されていた。浄水場の流入水中では、As(III)に比べ除去されやすいAs(V)が高い割合で存在していることが要因の一つと考えられる。

中間塩素処理の前後ではAs(III)がAs(V)に酸化されていた(図5)。浄水場では添加塩素として次亜塩素酸ナトリウムを注入しており、その酸化作用によるものと考えられる。さらに懸濁性ヒ素に着目したところ、塩素添加の前後で増加が見られた(図6)。これは図5に示すように、As(III)がAs(V)に酸化され鉄イオンなどと難溶性塩を形成したことが原因と見られる。生成された難溶性塩はろ過で除去されたと見られ(図4)、中間塩素処理はヒ素除去性能の向上に寄与していると考えられる。

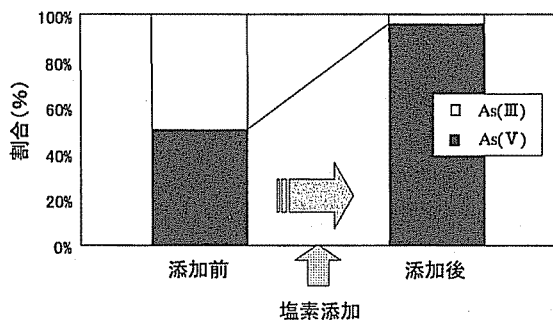


図5 ヒ素の化学形態変化

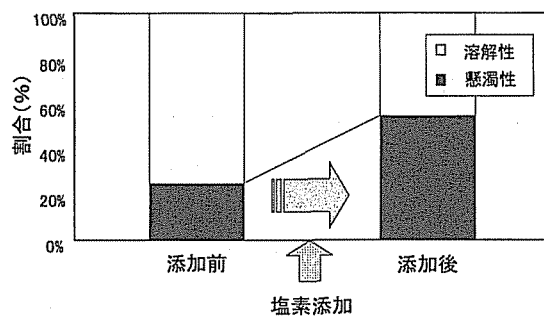


図6 懸濁性ヒ素濃度の占める割合の変化

3-2 ジャーテスト結果

3-2-1 試料A (純水+ヒ素)

ジャーテストを行った後採取した上澄水(総ヒ素=溶解性+懸濁性)からは、添加したヒ素とほぼ同じ濃度のヒ素が検出された。一方、フィルターろ過を行った試料(溶解性)では、凝集剤の注入率が十分であれば、ヒ素除去率は100%に近づいた。ジャーテスト後には肉眼でかろうじて確認できる密度の低いフロックが形成されており、このフロックの沈降性が悪いために、上澄水から懸濁性ヒ素が検出されたと考えられる。

3-2-2 試料B (純水+ヒ素+濁質)

ジャーテスト後の上澄水において、ヒ素除去率は濁度が高いほど高かった。初期濁度が高い方が沈降性のあるフロックが形成されたと考えられる。またAIT比を増加させると除去率は向上した。

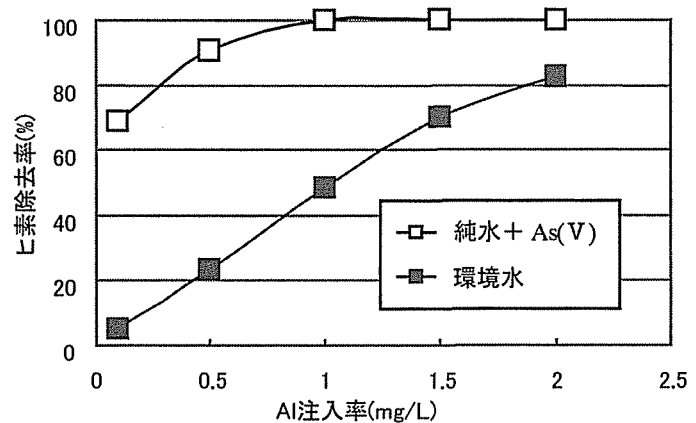


図7 共存物質のヒ素除去率に与える影響

3-2-3 試料 C (環境水)

試料 A と試料 C のヒ素除去率の比較を図 7 に示す。いずれも加圧ろ過をした溶解性試料での結果である。環境水ではヒ素のみが添加されている試料 A に比べて除去率が低下していた。ヒ素は凝集剤の凝析作用により不溶性となり、フィルターで捕集除去されるが、環境水では注入された凝集剤が環境水中のフミン質のような共存物質に消費されたためヒ素除去率が低下したと考えられる。

ジャーテスト後の E260 を測定したところ、ろ過処理後のヒ素濃度と同様の除去パターンを示した(図 8)。吸光度はヒ素に比べて格段に簡易かつ迅速に測定できる。このことから、環境水中の共存成分のうちフミン質などの E260 発現成分が、ヒ素除去性の代替指標になり得る可能性が考えられる。

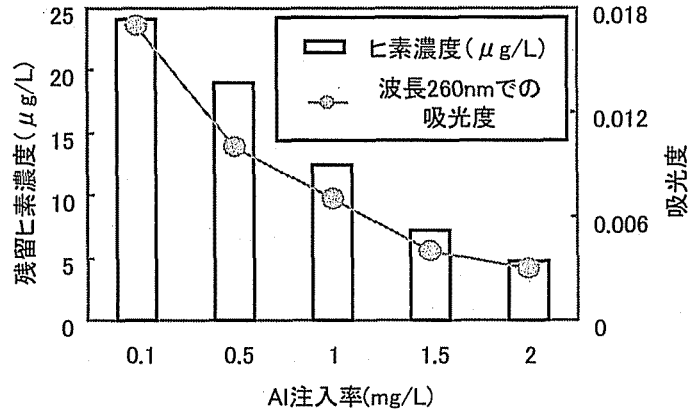


図 8 ヒ素除去率と E260 の関係

4 結論

- 1) ヒ素の健康リスクを低減させるためには、凝集剤の注入率を原水濁度の高低に従って注入するのではなく、河川特性に応じた適切な指標に従って注入することが望ましい。
- 2) 凝集処理において濁度の除去率が十分な場合であってもヒ素の除去は不十分な場合があると予想される。しかしながら、ヒ素と E260 発現成分はほぼ同様の除去パターンであった。測定に多大な労力を要するヒ素濃度測定 of 代替指標として、簡易に連続測定可能な E260 発現成分が有効である可能性があると考えられる。

5 参考文献

- 1) 青木未知子；豊平川上流部におけるヒ素の挙動とそのリスク評価、北海道大学工学部衛生工学科卒業論文、1998