

ばねフィルタを用いた水からのヒ素除去に関する研究

日大生産工(院) ○平田 賢佑 日大生産工 高橋 進 日大生産工 南澤 宏明
モノベエンジニアリング 物部 長順 モノベエンジニアリング 物部 長智

1. 研究背景

近年、中央・東南アジア¹⁾などの広い地域において、ヒ素中毒患者が急増しており、その数は100万人以上に上ると言われている。ヒ素中毒の症状は多岐にわたるが、重篤な場合は多臓器不全を生じるなどにより死に至る。これらのヒ素中毒患者増加の最大の原因は、地下から汲み上げた飲料水の摂取であると考えられている。これらの地域の地下水にはWHOの定める水質基準値 (0.01[ppm]²⁾ の20~100倍のヒ素が含まれているとの調査結果が出されており、日常的に摂取したことでヒ素中毒を引き起こしていると考えられる。本研究では、モノベエンジニアリングと日本大学で共同開発したばねフィルタを中心とした、赤錆及び珪藻土を用いた濾過装置を開発した。本報告では、バネフィルタの濾過原理や実験装置の構成、粉末の砒素吸着能力等について述べる。

2. ばねフィルタ

このばねフィルタは、水中に投入された珪藻土粉末をフィルタ表面に付着させて濾過を行う。そのため、ばねの素線間の目開き量が均一に0.06[mm]となるように、一定間隔で突起を塑性加工している。この目開き量は、珪藻土粉末の粒径のおよそ3倍である。目開き量をこの値に設定した理由は、粉末が目開き部分で架橋をすることを想定しているためである。ばねフィルタ本体は、水中での使用が前提となるため、材質として、ステンレス鋼のSUS316を使用している。バネフィルタユニットの写真を図1に示す。

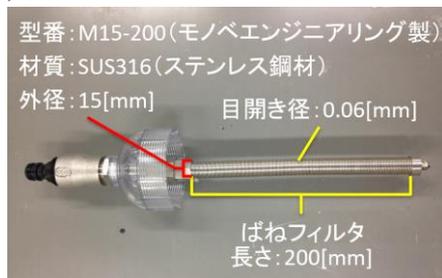
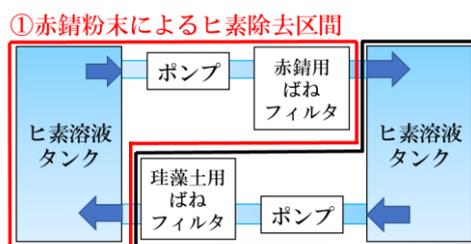


図1 ばねフィルタユニット

3. 実験装置

今回用いる除去方法は、赤錆を吸着ろ過材として用いた方法である。ただし、鉄酸化系吸着材は再生が不可能であるため、濾過完了後に全ろ過材の取り替えることが一般的で、廃棄物が大量に発生するという問題がある。本研究では酸化鉄を用いた吸着法によるろ過及びばねフィルタと珪藻土を用いたろ過を組み合わせることで、従来よりも廃棄物を少なくし、効果的にろ過を行えるようなシステムを目標としている。赤錆はこれまでに行った実験結果から一定の効果を得られることが分っているが、赤錆を水に溶かすと濁りが発生する為、この濁りを珪藻土によって除去する。この際、赤錆と珪藻土を混合して水に投入すると、珪藻土が赤錆を吸着し、赤錆によるヒ素の吸着を阻害する為、ばねフィルタを2つ用いることで、珪藻土が赤錆に直接触れない図2に示すような実験装置レイアウトとした。また、実験装置外見写真を図3に示す。



②珪藻土粉末によるヒ素除去区間 (赤錆による濁りと残留砒素の除去)

図2 実験装置レイアウト



図3 実験装置外見

Research on Removing Arsenic in Water by Spring Filter

Kensuke HIRATA, Susumu TAKAHASHI, Hiroaki MINAMISAWA, Sakiyori MONOBE and Nagatomo MONOBE

4. 実験方法および測定方法

4.1 ヒ素除去実験方法

タンクに水 20[l]及びヒ素標準液 200[ml]を入れ、ろ過装置を取り付けていない状態でポンプを作動させ、水路に溶液を5周流し、十分に溶液の攪拌を行うことで、濃度 1[ppm]の砒素溶液を調製した。攪拌が終わった段階で、溶液のサンプルを 15[ml]採取した。続いて、それぞれのタンクに赤錆 200[g]と珪藻土 100[g]を入れ、まず水路上にバネフィルタを設置し、ポンプを作動させ流量計で流量を確認しながら溶液を循環させ、30[min]ごとに溶液のサンプルを 15[ml]づつ採取した。最大攪拌時間は 180[min]として実験を行った。

4.2 ヒ素濃度の測定方法

ヒ素の濃度は、試料溶液に光を当て、その光が試料を通過する際の対象となる物質による光の吸収の程度、すなわち吸光度を測定することにより、その物質の濃度を定量的に分析する方法である吸光度法により測定した。測定には PinAAcle900T 型原子吸光分光分析装置を使用した。また、マトリックスモディファイヤとしてはマグネシウム (0.1g/l $Mg(NO_3)_2$) とパラジウム (0.1g/l $Pd(NO_3)_2$) を混合したものを使用した。

5. 実験結果

攪拌時間とヒ素濃度の関係を以下の図4に示す。実験開始時のヒ素濃度は0.967[ppm]であった。この値は東南アジアの最大ヒ素濃度である1[ppm]を実験開始時の濃度として設定し、1[ppm]に近いヒ素溶液を調整したためである。

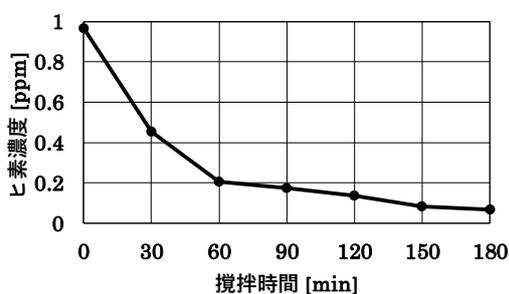


図4 攪拌時間とヒ素濃度の関係

結果としては、濃度0.967[ppm]のヒ素溶液を180[min]濾過することで、0.067[ppm]まで減少させることが出来た。この実験の最終的な目標ヒ素濃度は東南アジアの水質基準値である0.05[ppm]以下であるので、目標値に近い

値を得られたと言える。また、赤錆粉末による溶液の濁りは、実験終了時には完全に無くなり、無色透明になっていたため、珪藻土による濁りの除去効果も確認できた。

6. 考察

実験結果より、合計180[min]のばねフィルタを用いた濾過で、ヒ素濃度を0.967[ppm]から0.067[ppm]まで減少させることが出来た。ただし、目標値である0.05[ppm]以下にはまだ達していない。よって、目標値以下にする必要がある、そのために2つの方法が考えられる。1つ目の方法は、攪拌時間を延長することである。実験結果のグラフより、ヒ素濃度は攪拌開始から1時間以内に大きく減少し、その後は微量ずつ減少しているため、攪拌時間を30~60[min]延長することで、目標値に達する可能性がある。2つ目は珪藻土粉末の増量である。赤錆はヒ素をより多く吸着するが、赤錆については、先の実験から決定した最適な量を投入している。そこで、ヒ素吸着効果を有している珪藻土粉末の投入量を増やすことで、攪拌時間を180[min]のまま、目標値に達する可能性がある。ただし、珪藻土粉末の投入量を増やしすぎると、ばねフィルタ部で過剰な目詰まりを起し、水流を阻害する可能性があるため、適切な投入量を検討する必要がある。

7. 結論

- 1) リベットから調製した赤錆からと使い捨てカイロから回収した赤錆を比較すると、除去後に水に含まれるヒ素濃度がそれぞれ0.197[ppm]と0.067[ppm]となり、大幅に減少した。
- 2) 実験装置を赤錆用と珪藻土用の2つのばねフィルタ用いるレイアウトへの変更により、珪藻土の赤錆吸着が原因の赤錆とヒ素との結合の阻害を抑制し、赤錆と珪藻土を用いた水からの砒素及び濁りの除去が可能となった。

参考文献

- 1) Eawag, Water Resource Quality, Risk Maps (2008)
<https://www.eawag.ch/en/research/humanwelfare/drinkingwater/wrq/risk-maps/>
- 2) WHO, Guidelines for drinking water quality, 4th edition (2011) p.315