

# 砂を用いたヒ素除去実験

九州大学 工学部 学生会員 ○三浦聖二 九州大学大学院 工学府 学生会員 越智啓太  
九州大学大学院工学研究院 正会員 広城吉成 九州大学大学院 工学府 非会員 大石秀人

## 1. はじめに

### 1-1.研究目的

近年、ヒ素による地下水汚染が世界的に深刻な問題となっている。特に Bangladesh のヒ素汚染の被害は著しく、WHO の定める飲料基準値  $10\mu\text{g/L}$  をはるかに上回る濃度のヒ素を含む井戸水を 3,500 万人以上が飲用している。

そこで、Bangladesh で安価に運用でき、メンテナンス性もよい砂を用いたヒ素除去の効果に関する実験を行った。

### 1-2.ヒ素について

ヒ素は地表付近及び地下水中で 3 価及び 5 価の無機態として存在し、酸化的环境下では 5 価の、還元的环境下では 3 価のヒ素が主となる。またヒ素は鉄と関連性が高い。酸化的环境下で鉄は水酸化鉄として存在し、ヒ素はその水酸化鉄の沈殿物に吸着、固定される。一方、還元的环境下では水酸化鉄が不安定となり分解される為、吸着されていたヒ素は遊離し、水中に溶出する。この時 3 価のヒ素が溶出するが、3 価のヒ素は毒性が強く、溶解度も高い為、人に健康被害をもたらすヒ素汚染の原因と考えられている。

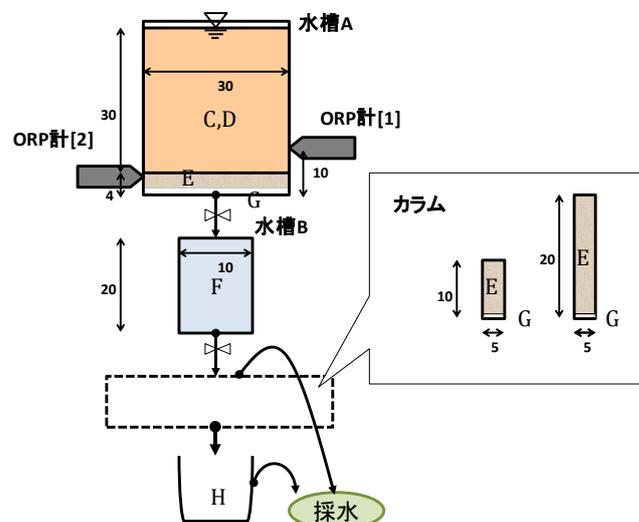
## 2. 実験

### 2-1.実験概要

湛水した有機質土壌内の微生物による酸化還元反応により、還元的なヒ素水を作り試料とした。これを砂カラムに通過させることで、酸化的环境下で鉄水酸化物に吸着、沈殿するというヒ素の性質<sup>1)</sup>を利用し、除去実験を行った。また、本実験では除去率を左右する要素として「砂カラムへの滴下流速」と「砂カラムの長さ」の二つがあると予想し行った。

### 2-2. 実験装置

実験装置の概略を図-1 に示す。C は水田土壌（九州大学伊都キャンパス校内の休耕田から採取）、D はヒ酸カリウムを溶かした水道水、E は熊本県産硅砂、F は試料、G はろ紙、H は採水用のビーカーである。水槽 A 内にて水田土壌をヒ酸カリウムを溶かした水道水で湛水させ静置し、還元的なヒ素水を作成したものが試料 F



C:水田土壌, D:ヒ素水, E:砂 F:試料, G:ろ紙,  
H:ビーカー, ⊗:バルブ

水槽 A : 直径 30cm, 高さ 40cm, ORP 計位置 4,10cm,  
砂層厚さ 4cm, 水田土壌層厚さ 30cm

水槽 B : 直径 10cm, 高さ 20cm

図-1 実験装置

である。水槽 A の底面から 4cm と 10cm の位置に ORP (酸化還元電位) 計を設置した。これは水槽 A 内が水田土壌層、砂層共に還元になったのを確認するためである。またカラムは透明のアクリルパイプの底を金網で蓋をしたものを使用し、その上にろ紙を置くことで砂の流出を防いだ。

### 2-3. 実験手順

1)試料作製:ヒ酸カリウム 0.054g を水 9L に溶かした。水槽 A 内に水田土壌を敷き詰めヒ酸カリウムを溶かした水道水で満たした。その後数日静置し、ORP 計[1], [2]の値をみて水槽 A 内が還元になったのを確認した。

2)実験準備:ORP 計[1],[2]の値が負を示し、水槽 A 内が還元になったのを確認した後、水槽 A,B 間のコックを開け、水槽 B に試料をためた。またアクリルパイプにろ紙、砂を入れ 10cm, 20cm カラムを作成した。

3)実験:水槽 B 下部のコックを開き、砂カラムに試料を通過させた。実験は 10cm カラムと 20cm カラムそれぞれで 1ml/min, 5ml/min, 10ml/min と滴下流速を変

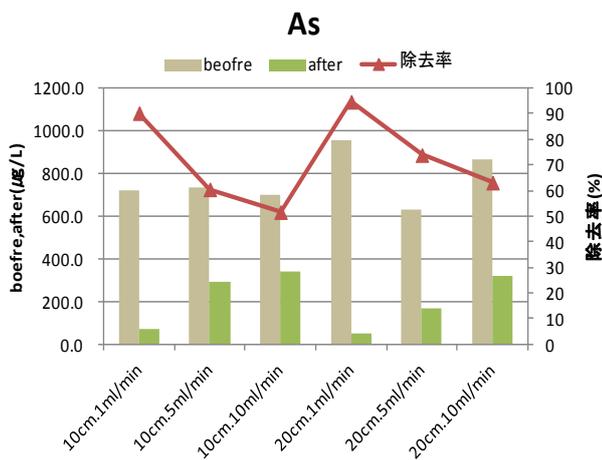


図-2 Asの除去率

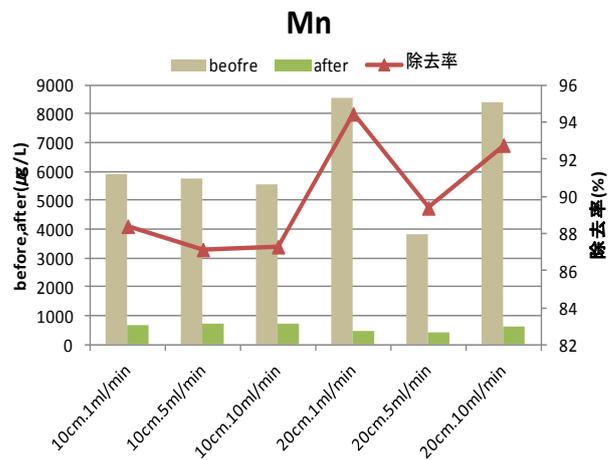


図-4 Mnの除去率

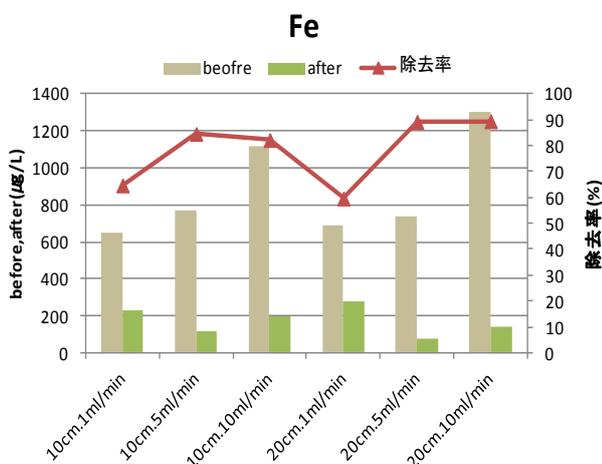


図-3 Feの除去率

え、計 6 ケース行った。採水は砂カラム通過前と通過後の 2 回行った。

#### 2-4. 測定・分析

分析は ICP-MS(7500c)を使用した。分析対象項目は Mn, Fe, As とした。

#### 3. 実験結果・考察

砂カラム通過前後の Fe, Mn, As の量とその除去率を図-2~4 に示す。各グラフの横軸は「砂カラムの長さ」、「砂カラムへの滴下流速」を示した。

図-2 よりヒ素 が砂により 50~95% 近く除去されていることが分かる。図-2 の「砂カラムの長さ」に着目すると、各流速において 20cm の方が 10cm より除去率が高い。次に図-2 の「砂カラムへの滴下流速」について着目すると、除去率は 1ml/min, 5ml/min, 10ml/min の順に高くなっており、流速が遅いほど除去率が高い。「砂カラムの長さ」と「砂カラムへの滴下流速」がこのような結果を示した理由として、試料が酸化的環境に長く置かれることで、多くのヒ素が酸化されたことが原因と考えられる。

また、「砂カラムの長さ」に関して、図-3,4 から分かるように Fe と Mn は共に各流速において 20cm の方が 10cm より除去率が高く、As と似た挙動を示している。しかし「砂カラムへの滴下流速」に関しては、図-3 より、Fe は As とは逆に砂カラムへの滴下流速が速いほど除去率が高くなっており、既往の研究より分かっている鉄とヒ素の関係<sup>2)</sup>とは異なる結果を示した。

#### 4. 結論

今回の実験で、砂を用いてのヒ素の除去は可能であり、砂カラムへの滴下流速が遅く、砂カラムの長さが長いほど除去率が高くなるという結果が得られた。

また、今回の実験では鉄とヒ素の関係が既往の研究結果とは異なる結果を示した。この原因について今後も実験を行い考察する予定である。また新たな課題として、砂カラムから最初に出てきた水と一定時間経過後に出てきた水でヒ素の除去率に変化があるかの確認や、今回は「砂カラムへの滴下流速」、「カラムの長さ」に着目したが、試料が砂カラムを通過するのにかかる「所要時間」が除去率に影響を及ぼすのかの確認のための実験も行っていきたい。

#### [参考文献]

- 1) 小田圭太(2007)：酸化還元状況下における鉄-ヒ素の吸脱着について、平成 18 年度土木学会西部支部研究発表会、講演概要集
- 2) 川上馨詞(2010)：還元・酸化環境における鉄とヒ素の動態に関する実験、平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会、講演概要集