

東北学院大学 工学部 学生会員 河野 匡
同上 非会員 黄 毅
同上 フェロー会員 遠藤銀朗
同上 正会員 宮内啓介

1.序論

ヒ素による土壌汚染、地下水汚染は、地球規模で大きな環境問題になっている。特に、アジア地域では、バングラディッシュや中国等で地下水のヒ素汚染による健康被害が広がっている。中国で2千万人近くの人々がヒ素汚染の被害に遭い、バングラディッシュでおよそ3300万人から7700万人の人々が、飲料水としている地下水に含まれているヒ素の脅威にさらされていることが報告されている。^[1,2]ヒ素は、人間が5~50 mgを摂取すると中毒症状を起こす。また、数十ppb程度の低濃度の水であったとしても長期間の飲用によって慢性的な中毒症状や発癌性の原因となる。そのため、早急なヒ素による水系汚染の実態解明と汚染の除去が必要となっている。しかし、大規模なヒ素汚染除去にはコストがかかることから、開発途上国等においては資金面の問題がある。このようなヒ素水系汚染を経済的に浄化する方法として、本研究では低コスト・省エネルギーで浄化可能と考えられるヒ素高蓄積植物の水耕栽培を用いるファイトレメディエーションという浄化方法の適用について検討した。ファイトレメディエーションとは、植物が持つ生理的作用を利用する環境修復技術である。この方法を用いて、本研究ではベトナムに設置したパイロットプラントにおける鉄・ヒ素酸化塔を用いた科学的ヒ素除去技術の検討、およびモエジマシダというヒ素高蓄積植物をヒ素含有水によって水耕栽培した場合の最大ヒ素蓄積量の評価を行ったので報告する。

2.実験方法

2-1 ベトナムに設置したパイロットプラントにおける酸化塔によるヒ素共沈効果の検討

ベトナムの農業用地下水をパイロットプラントとして作製した酸化塔に通し、定期

的に水のサンプルを回収した。回収したサンプルは ICP-MS によってヒ素の分析を行った。

2-2 モエジマシダの最大ヒ素蓄積量の評価

モエジマシダのプラグ苗を2か月土壌栽培した(Fern L)とプラグ苗をそのまま用いた(Fern S)とモエジマシダを栽培しない(NC)の3系統をそれぞれ3タンク、合計9つのタンクを用いて水耕栽培を行った。Fern Lのタンクには4株、Fern Sのタンクには16株を植え付けた。タンク(34cm×34cm×深さ30cm)に15Lの精製水を入れた。この時、1タンクのヒ素濃度が30mg/Lになるように調整した。これは、昨年行った水耕栽培実験によって確認できた1.55 mg/LとMaらが土壌栽培法によって確認したモエジマシダの最大ヒ素吸収量22000 mg/kg^[3]を目標とし、水中ヒ素濃度を30 mg/Lとした。モエジマシダの苗を浮かせて固定するために、穴をあけた発泡スチロールを用いた。作製した3系列のタンクをそれぞれポンプで接続し47 L/dayの速度で循環させた。その状態で、4か月間水耕栽培し、モエジマシダによるヒ素吸収量を調べた。



図1 水耕栽培実験装置の外観

3. 実験結果

3-1 ベトナムに設置したパイロットプラントにおける酸化塔によるヒ素共沈効果の検討

図2に示したように初め730 µg/Lあった三価の亜ヒ酸のほとんどは4日間でヒ素イオンに酸化されたと考えられた。同時に、始め770 µg/Lあった全ヒ素は6日目までに170µg/L程度まで除去された。しかし、その後32日目までの間は全ヒ素濃度が170µg/Lで一定となった。この結果から、酸化鉄とヒ酸の共沈によるヒ素低減効果は170µg/L程度のヒ素濃度までが限界であると考えられた。

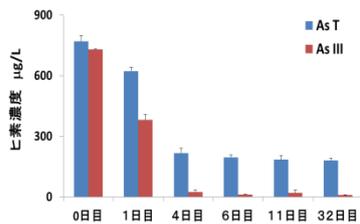


図2 共沈効果によるヒ素濃度の経時変化。AsT:全ヒ素, AsIII:亜ヒ酸 (n=3)

3-2 モエジマシダの最大ヒ素蓄積量の評価

この実験では、30mg/L(30000µg/L)のヒ酸濃度の水でモエジマシダを水耕栽培し0,1,2,3,6週目、および、4か月後に水サンプルと植物サンプル(羽片、小羽片)を回収し、ヒ素濃度を測定した。図3に示したように比較的羽片バイオマス量の多かった Fern S では、水中ヒ素濃度を8 mg/L程度まで減少させることが出来た。

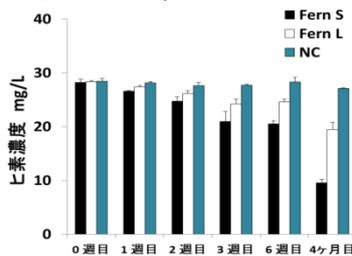


図3 水中ヒ素濃度の経時変化 (n=3)

また、図4に示したように Fern L と Fern S の羽片のヒ素含量に差が出たのはバイオマスの量に大きな差があったためであると考えられる。しかし、図5に示したように Fern L では約18000 mg/kg DWと高濃度のヒ素を蓄積して Fern S では約16000 mg/kg DWのヒ素を蓄積しており、水耕栽培法においても Ma らが土壌栽培実験で確認した22000 mg/kg DWに近い濃度まで蓄積できることが分かった。

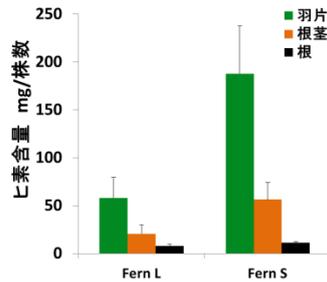


図4 モエジマシダの単位乾燥重量当たりのヒ素含量。(n=3)

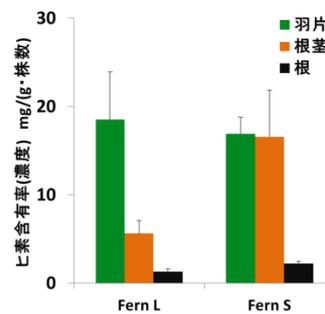


図5 モエジマシダの単位乾燥重量当たりのヒ素含有率(濃度)。(n=3)

4.まとめ

本研究より、鉄及び亜ヒ酸の酸化と鉄・ヒ酸の共沈による除去だけではヒ素低減効果には限界があることが分かった。そのため低コスト、低環境負荷型のヒ素高蓄積植物の水耕栽培法と組み合わせる事で更なる浄化が期待できると思われる。今後の課題としては、ヒ素の科学的共沈と植物浄化法の最適な組み合わせについて検討が必要であると思われる。また、モエジマシダは水耕栽培によっても植物乾燥重量当たり18000 mg/kg程度までヒ素を羽片部に蓄積する能力があることが確認できたことから、このことを水耕栽培法によるヒ素汚染水浄化プロセス設計に役立てることについても検討する必要があると考えられる。

参考文献

- [1]<https://www.ekokoro.jp/world/problem/008/index.html>
- [2]<http://www.uyghurcongress.org/jp/?p=6508>
- [3] Ma LQ, Komar KM, Tu C, Zhang WH, Cai Y, Kennelley ED. (2001). Nature 409: 579-579