

ヒ素溶出における海水・pHの影響評価

東北学院大学工学部環境建設工学科 学生会員 ○高橋 祥太, 高橋 啓

東北学院大学大学院工学研究科 加藤 直

東北学院大学工学部 正会員 韓 連熙, フェロー, 石橋 良信

1. はじめに

既存の研究から、ヒ素溶出にはリン、鉄、有機物、海水などが影響することが知られている。本研究ではその中でも特に海水に着目し、カラム装置を用いた吸脱着実験を試みた。また、実験結果はデータ解析ソフトにより数式化し、その影響を数量的に評価した。

2. 研究背景

バングラデシュは未曾有のヒ素中毒に見舞われており、現地では角化症や、肌の色素沈着などにより、癌を引き起こし、死亡するケースもある。バングラデシュにおいて、ヒ素との係わりのもとで生活している人々は約 9000 万人おり、ヒ素に潜在的に暴露されている人口は 2400 万人、ヒ素中毒者は、7600 万人とされている。よって、バングラデシュでは、ヒ素汚染問題の早急な解決が重要となっている。ヒ素の水質基準値は、WHO の基準で 0.01 mg/l と定められている。しかし、バングラデシュでは 0.05 mg/l と WHO の基準に比べ、高く定められているにも関わらず、この水質基準値を超えてヒ素が地下水等に存在する地域が多い。また、海水が地下水へ浸透することで塩害が発生し、ヒ素溶出の原因となっている推測されている。

3. 実験方法

3-1 実験装置

実験試料には天然ゼオライトを使用し、前処理として酸処理、熱処理を施し、陽イオン、有機物などの影響を外した。またゼオライトの粒径は 250~425 μm とし、バングラデシュ現地土壌の測定データを参考に濃度調整を行った。カラムには、酸化鉄を添加、または、乾燥させたゼオライト 60 g を充填し、実験を行った。なお、酸化鉄を添加しないサンプルを Control とした。

3-2 測定手法

吸着実験は、カラム上部から 10 ppb に調整したヒ素を流速 25 ml/min で滴下し、検水のヒ素濃度が 10 ppb 付近に達した点を、吸着の終点とし、同カラムにて脱着実験に移行した。25 ml/min の流速で精製水、海水を滴下し、採時間ごとに下部の栓から 20 ml ずつ採水した。採水した検水はヒ素濃度を原子吸光光度法に準拠して測定した。検水のヒ素濃度が 0 ppb 付近に達した点を、脱着実験の終了とした。また、実験結果に対して数量的解析を試み、ヒ素脱着における海水の影響をそれぞれ評価した。

4. 実験結果および考察

吸着時に酸化鉄を添加せずに精製水で脱着したサンプルを Control とした。

Control と海水を比較した脱着実験結果を図-1 に示す。吸着時に酸化鉄を添加した場合の海水脱着実験結果を図-2 に示す。Control と海水で脱着したものを比較すると、海水を用いた脱着が早く終了した。また、海水濃度が高いサンプルの方が脱着が速いことから、海水はヒ素溶出に対して濃度依存性があるといえる。一方、ゼオライトに酸化鉄を添加した場合においても海水濃度が高いほどヒ素溶出に対しての影響が大きいことから、濃度依存があることが確認された。海水の溶出が速くなった要因の一つとしては、海水の成分として最も多く含まれている NaCl の Na^+ と As^{3+} のイオン交換によるものと推察される。

Keyword ヒ素, 海水

連絡先:多賀城市中央一丁目 13-1,電話:022-368-7418, FAX:022-368-7070

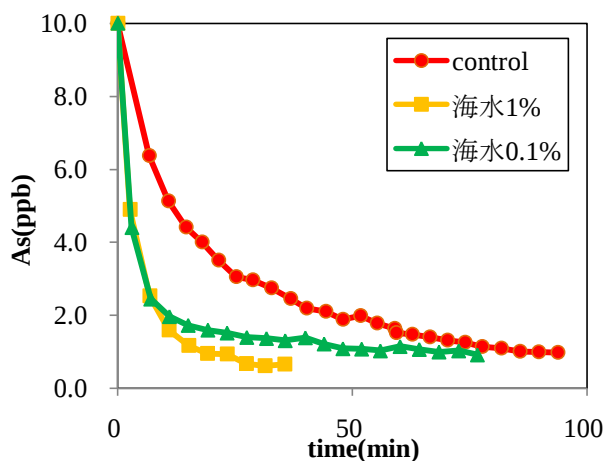


図-1 海水を用いた脱着実験

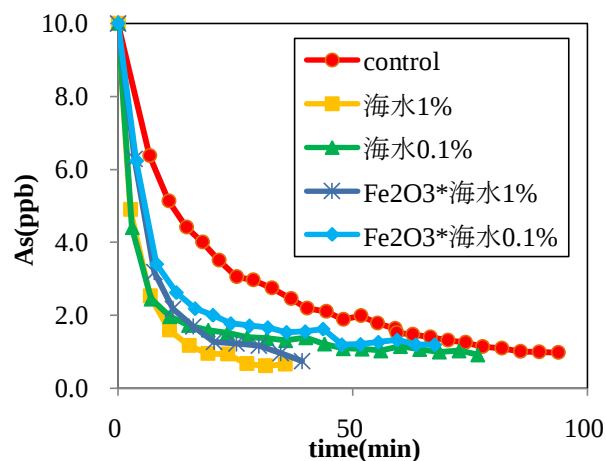


図-2 酸化鉄添加後に海水を用いた脱着実験

5. 数量的解析

実験結果に対して数量的解析を試みた解析手順を以下に示す。

本解析は **Rational** 型の $y = a/(1+bx)$ ①を適用した。

数式の決定後に全データをカーブフィット(曲線適合)し、各サンプルごとのファクター a , b , 相関係数 R^2 を算出した。次にファクター2つの中でより変動の少ない係数 a を平均化し、その値を用いて係数 b , 相関係数 R^2 を各サンプルごとに再度算出した。この係数 b 値で各サンプル毎の Control 比を算出し比較した。

接線から求まる初速度を得るために、①式を微分すると、 $y' = -ab/(1+bx)^2$ ②となる。

②式から初速度 ($x=0$ における接線の傾き) を求めた。以上の解析結果を本実験における数量的解析とする。表-1 に係数 a の平均値 (固定値) を導入したときのファクター b , 相関係数 R^2 , Control 比, また②式より算出した初速度を示す。

数量的解析から、海水のヒ素溶出への影響はControlと比較した場合に1%では5.0倍、0.1%では3.5倍強くなり、一方、ゼオライトに酸化鉄を添加した場合に、海水1%では2.9倍、0.1%では2.0倍強くなるという結果が得られた。

表-1 係数 a の平均値を導入したときの係数 b 値, R^2 , Control 比, 初速度

	a	b	R^2	control比	初速度 (ppb/min)
Control	9.990	0.087	0.998	1.00	-0.87
海水1%	9.990	0.437	0.999	5.02	-4.37
海水0.1%	9.990	0.306	0.940	3.52	-3.06
50mM- Fe_2O_3 *海水1%	9.990	0.252	0.983	2.90	-2.52
50mM- Fe_2O_3 *海水0.1%	9.990	0.179	0.976	2.06	-1.79

6. おわりに

海水を使用し脱着実験を行い、SigmaPlot を用いて数量的解析を行った。その結果、ヒ素脱着において海水を使用した場合、ヒ素吸着時の酸化鉄の有無にかかわらず、Control に対する影響は濃度依存がみられ、海水濃度が高いほどヒ素溶出に強い影響を及ぼす傾向がある。海水のヒ素溶出にはナトリウムイオンが大きく影響を及ぼすことが知られているので、今後は塩分濃度を変えた水溶液を用いた脱着実験を行う必要がある。