

ヒ素溶出作用因子としての有機物の影響

東北学院大学工学部 学生会員 ○加藤 直
東北学院大学大学院 佐藤 佳央
東北学院大学工学部 フェロー 石橋 良信
東北学院大学工学部 正会員 韓 連熙

1. はじめに

ガンジス河とブラマプトラ河の両大河川が形成した広大な河口デルタが国の大部分を占めるバングラデシュでは未曾有のヒ素中毒に見舞われている。現地でのヒ素の溶出あるいは、吸着・脱着には、鉄・硫酸イオン・炭酸塩・有機物等が影響することが知られている。ヒ素が土壌から水中へ溶出する作用因子の一つに、嫌気性状態であることが関係する。土壌中に生息する好気性微生物による有機物分解の際に溶存酸素を消費し、嫌気状況を作り出し、ヒ素が溶出するメカニズムを想定している。嫌気状態の下では、酸素欠乏により好気性微生物の機能が低下、嫌気性微生物の作用でより強い嫌気状態へ陥ることも視野に入れている。また、バングラデシュでは環境土壌の現状として、化学肥料を用いた灌漑が盛んに行われており、肥料に含まれている成分が土壌に影響を与え、嫌気状態を促進し、ヒ素溶出に係わっていることも知られている。以上の観点より、本実験では、有機肥料の成分と思しき有機物をはじめとする各種の有機物質を用いてヒ素溶出特性の検討を試みた。

2. 実験方法および装置

本実験では、各作用因子添加に伴うヒ素溶出機構を実験的に調査するため、円柱カラム装置を作成した。装置は、上部の直径 50 mm、高さ 70 mm、下部円柱部は直径 30 mm、長さ 300 mm の二段重ねになっている。実験に供した土壌は、S 市 T 浄水場の上水汚泥（平均ヒ素含有平均濃度 6.0 mg/L：酸溶出）と嫌気状態を促進させる目的で腐葉土を 7 対 3 の割合で混合した土壌を用いた。さらに、混合土壌に、以下の薬品を 10 mM になるよう調整して添加した。円柱カラム内は塩素を飛散させた水道水で満たし、ORP 計を装着した。測定項目は、経過時間および嫌気状態（ORP 値）に留意しながら、溶出ヒ素濃度と pH を測定した。

ヒ素溶出メカニズムを解明するために用いた薬品類は、有機リン（トリフェニルホスフィン）、無機リン（リン酸二水素カリウム）、グルコース、メタノール、アンモニアであり、また塩分の作用についても検討している。

3. 実験結果および考察

図 1 は実験に用いたカラム装置であり、バングラデシュの土壌層を近似的に再現している。表 1 は、各々の薬品の pH 値を土壌に添加する前に測定した値とともに、所定時間（20 時間）経過後のヒ素溶出濃度を示している。図 2 は ORP 値と溶出ヒ素濃度の関連を示している。なお、図は個々の薬品ごとではなく、添加した薬品を一括した表示になっている。

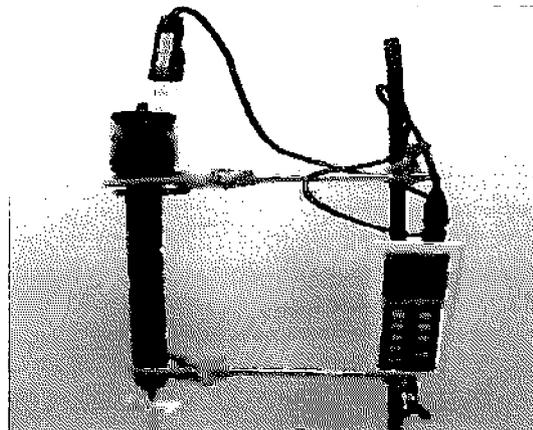


図 1 実験装置

表1 有機物とヒ素溶出関係

有機物	pH 値	採水 pH 値	ヒ素溶出濃度 [mg/L]
有機リン	4.98	6.91	0.63
メタノール	5.45	6.77	0.18
グルコース	5.59	6.73	0.13
海水	7.85	6.19	0.17
無機リン	8.24	7.28	0.18
アンモニア	11.08	7.69	0.55

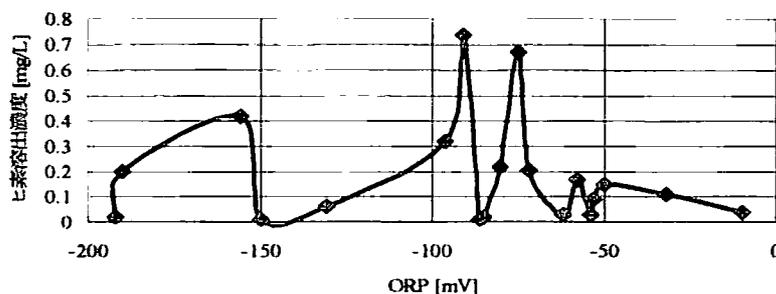


図2 ORP 毎の溶出ヒ素濃度関係

1) pH 作用

表1より、添加時の各作用因子 pH は異なるが、採水時の pH とヒ素溶出量を比較するとヒ素溶出に対する pH の影響は少ないと考えられる。

2) 有機物の影響

表1のヒ素溶出濃度に関して、有機物にはばらつきがみられたが、環境基準値と比較すると数倍のヒ素溶出があった。使用した薬品の中では、有機リンが最もヒ素溶出濃度が高かった。リン酸はヒ素と競合してイオン交換を行うため、鉄に吸着されていたヒ素と置換し、ヒ素の溶出が促進されたと考えられる。さらに、有機リンは無機リンに比べて毒性が強く、微生物の有機物分解能を促進させる可能性から、高濃度のヒ素を溶出したとも考えられる。一方、アンモニア、無機リン、海水は、ヒ素は弱アルカリ側で溶解しやすい性質¹⁾を有するためヒ素溶出に寄与したと思われる。メタノールなどのアルコールは、ヒドロキシル基が他の分子と水素結合を形成し、極性溶媒・非極性溶媒に対して無制限に溶解するためヒ素が溶出しやすい状態になったと推測される。グルコースは微生物の基質として添加したが、他の因子と比較するとヒ素に対する影響は少ないことが判明した。

3) ORP 値

バングラデシュ現地のフィールド調査および昨年度までの実験結果から溶出ヒ素濃度が高い値を示すのは ORP -100 ~ -80 mV 付近であることが知られている。図2より、作用因子ごとに嫌気性状態に到達する時間に違いはあるが、-80 mV 付近で溶出濃度が高い値を示し、従来の値と近似する結果になった。

4 おわりに

種々の有機成分等のヒ素溶出を検討し、いくつかの知見を得た。一方、本報告には示さなかったが、分配係数や溶出速度等も算出されつつある。今後は有機成分以外の作用因子も精査し、バングラデシュのヒ素溶出機構、さらにヒ素中毒の軽減化に寄与したいと考えている。

最後に、共同研究の東北大学大学院真野 明教授、同 Mr. T. U. Rahman に感謝するとともに、本学大学院研究生高橋直樹君はじめ卒業研究生諸君の実験の労に感謝する。

参考文献

1) 赤井純台, 土壌および堆積物中のヒ素の挙動と地下水汚染 2003 年 4 月, 新潟大学理学部地質科学教室・地球科学 57 巻