

下水汚泥からのヒ素の溶出手法に関する研究

岩手大学工学部 学生員 ○高地敏幸 小松央
正 員 相沢治郎 海田輝之

1. はじめに

下水汚泥の処分や利用においては、下水汚泥中の有害物質による周辺環境への影響を十分に考慮しなければならない。汚泥中の有害物を低減させる必要がある。下水汚泥中には様々な有害物質が存在するが、中でもヒ素は、高温水に溶けやすく、ヒ素を多く含む地帯から湧き出る温泉水を受容する下水処理場から発生する汚泥に多く含まれている場合がある。下水汚泥からのヒ素の溶出除去について、斎藤ら¹⁾は下水汚泥中のヒ素が pH の低下や上昇により溶出することを明らかにした。

そこで、本研究では下水汚泥からヒ素を効率的に除去するために、pH をアルカリ域から酸性域へ二段階に調整して、ヒ素の溶出実験を行った。

2. 実験条件及び実験方法

実験に用いた汚泥は、温泉水を受容する処理場の生汚泥を用いた。

溶出実験は生汚泥 1 L を振とうフラスコに採取し、25℃、120rpm で振とうを行った。pH の調整は硫酸あるいは水酸化ナトリウムを用いて行った。pH 二段階調整実験は実験開始から 24 時間後に上澄み液を遠心分離により除去し、除去した上澄みと同体積の蒸留水を加え、更に 24 時間振とうした。実験開始から 24 時間目までの pH を「初期 pH」、24 時間目から 48 時間目までの pH を「変換後 pH」とした。各実験での pH 条件を表-1 に示す。分析用の試料は採取した汚泥を 10,000rpm で 10 分間遠心分離をした後の上澄みの濾液とし、As の測定は硝酸-硫酸-過塩素酸で分解後、水素化物発生原子吸光法、Al、Ca、Fe は王水で分解後、ICP-MS で測定した。

表-1 pH 条件

溶出実験		二段階調整実験			
Run No	pH	Run No	初期 pH	変換後 pH	
1	1	1	11	5	
2	3				
3	5				
4	7	2	10		
5	9				
6	11	3	9		

3. 実験結果及び考察

3.1. ヒ素溶出実験における pH の影響

種々の pH での As 溶出量の経時変化を図-1 に示す。溶出量は生汚泥中の液体分に含まれている量を除いた値とした。この実験で用いた生汚泥の固形物濃度は 2% であり、As 含有量は 550mg/kg であった。As の溶出量は 24 時間目で 1 以外の pH ではほぼ一定となり、pH11 で約 450mg/kg と最も高い値になったが、その他の pH では 250mg/kg 以下であった。また、pH9,11 の採水した試料は黒褐色に着色しており、この着色はフミン質に由来する物と思われたので有機物の指標として TOC を測定した。さらに、As 含有廃水の処理には一般に水酸化鉄（Ⅲ）や水酸化アルミニウムによる水酸化物共沈法が用いられており、この共沈を左右する共存物質にカルシウムイオン等がある。Fe、Al 及び Ca は汚泥中に多量に含まれており、これらの共存物質の溶出が As の溶出に関係すると考えられるため、これらの共存物質との関係を検討した。図-2～9 に酸性域（pH1, 3, 5）及び中性～アルカリ域（pH7, 9, 11）での As 溶出量と Al、Fe、Ca 及び TOC 溶出量との相関を示す。酸性域では Al、Fe、Ca 及び TOC 全てにおいて

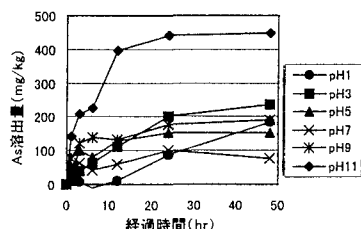


図-1 As溶出量の経時変化

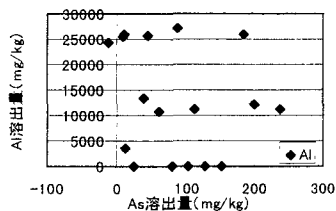


図-2 As溶出量とAl溶出量の相関関係(酸性域)

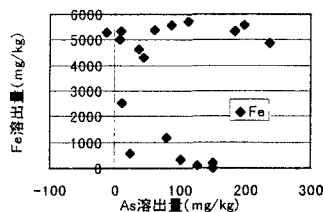


図-3 As溶出量とFe溶出量の相関関係(酸性域)

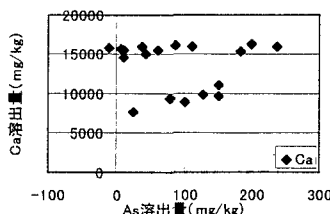


図-4 As溶出量とCa溶出量の相関関係(酸性域)

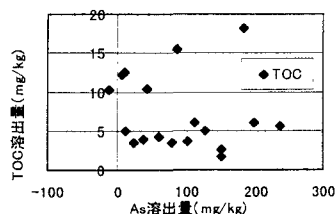


図-5 As溶出量とTOC溶出量の相関関係(酸性域)

相関は見られず、As と共存物質の溶出には明らかな関係は認められなかった。しかし、アルカリ域では Al、Fe 及び TOC で高い相関が見られた。このことから、アルカリ域での As の溶出は Al、Fe 及び有機物の溶出と関係があることが認められた。また、Ca はアルカリ域でも相関が見られなかった。

3.2. pH 二段階調整による溶出実験

図-10 に pH 二段階調整実験における As 溶出量及び溶出率の経時変化を示す。3・1 での実験結果を基に、溶出時間は初期 pH、変換後 pH 共に 24 時間とし、pH3 と 5 では 24 時間目の溶出量が同程度であったので酸性域の pH は 5 とした。また、アルカリ域の pH の方が高い溶出量を示したので、初期 pH をアルカリ域、変換後 pH を酸性域とした。この実験で用いた生汚泥の固形物濃度は 1.5 % であり、As 含有量は 500mg/kg であった。As 溶出量は pH を 11 から 5 に変換したものは、約 490mg/kg 溶出し、最大溶出率が 97% に達し、効率的な As の溶出が可能であることが分かった。変換後 pH での溶出量は全て約 70mg/kg であり、初期 pH の違いによる影響は現れなかった。その他の条件においても pH を一つに固定した溶出よりも、pH を二段階に調整することで溶出量が増加することが分かった。図-11~14 に pH 二段階調整実験における Al、Fe、Ca 及び TOC 溶出量の経時変化を示す。Al、Fe 及び TOC は同様の挙動を示し、初期 pH で溶出し pH の変換後はほとんど溶出しなかった。Ca は逆の挙動を示し、アルカリ域の pH から pH5 に変換することによって溶出した。

終わりに

本実験の結果から、アルカリ域での As の溶出には Al、Fe 及び TOC が関係しており、溶出傾向も似ていることが分かった。しかしながら、ヒ素と Ca 溶出に関係は見られなかった。pH をアルカリ域と酸性域の二段階に調整することによって効率的な除去が可能ながことが分かった。

今後は pH 二段階調整実験の初期 pH を酸性域、変換後 pH をアルカリ域といった逆の条件で行い、また、pH 二段階調整実験における下水汚泥中のヒ素の存在形態の変化について実験を行う予定である。

本研究の一部は科学技術振興事業団、戦略的基礎研究推進事業の補助を受けた。ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 斎藤紀子, 下水汚泥からのヒ素の溶出除去に関する研究, 岩手大学大学院修士論文, 1998

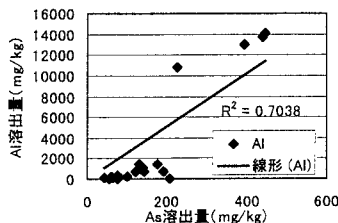


図-6 As溶出量とAl溶出量の相関関係(アルカリ域)

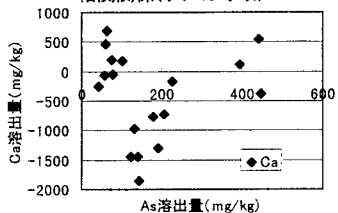


図-8 As溶出量とCa溶出量の相関関係(アルカリ域)

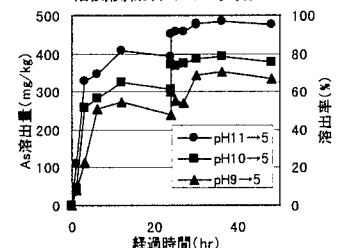


図-10 pH二段階調整によるAs溶出量の経時変化

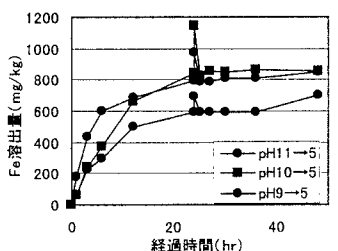


図-12 二段階調整によるFe溶出量の経時変化

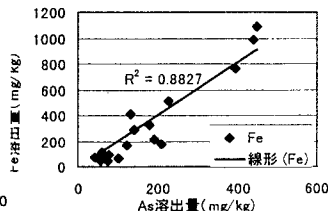


図-7 As溶出量とFe溶出量の相関関係(アルカリ域)

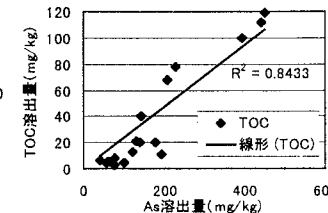


図-9 As溶出量とTOC溶出量の相関関係(アルカリ域)

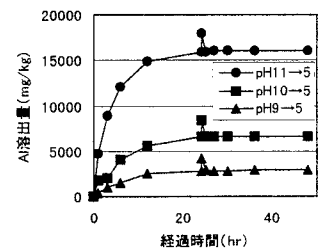


図-11 pH二段階調整によるAl溶出量の経時変化

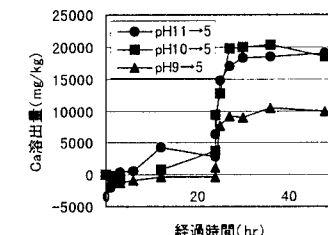


図-13 pH二段階調整によるCa溶出量の経時変化

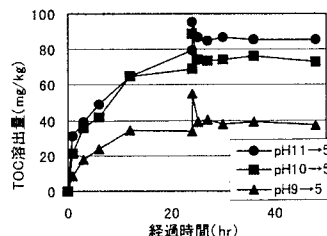


図-14 pH二段階調整によるTOC溶出量の経時変化