

活性汚泥へのヒ素の収着特性に関する基礎的研究

岩手大学 学生会員 熊野裕也 H.A.アンドリアニサ 佐藤洋平
岩手大学 正会員 ○海田輝之 伊藤 歩 相澤治郎

1. はじめに

下水処理場における生物学的処理過程でのヒ素の挙動に関する研究はほとんど行われておらず、一般に活性汚泥法でのヒ素の除去効率は低いとされている。筆者らは、曝気槽内で無機態ヒ素は容易に生物学的変換を受けることを示したが¹⁾、下水処理場でのヒ素の除去を検討するためには、活性汚泥へのヒ素の収・脱着特性を把握する必要がある。

本研究では、岩手県盛岡市都南下水処理場の活性汚泥を用いた室内実験を通して活性汚泥及び滅菌した汚泥によるヒ素の吸着除去について検討した。

2. 実験方法

2.1 活性汚泥への As の収着に関する室内実験

本実験に使用した活性汚泥は、岩手県盛岡市都南下水処理場の反応タンクから採取し、実験室に持ち帰り、蒸留水で3回洗浄したものとした。さらにその汚泥の一部をオートクレーブにより滅菌した後、蒸留水で3回洗浄した。100 μ g/l の As(III)又は As(V)を含み、pH を7に調整した溶液を2lの振とうフラスコに作成し、N₂ガスの吹き込みにより DO 濃度をほぼ0mg/lとした後に密栓したものを無酸素条件、開放系のものを好気条件とした。初期濃度測定用の試料の採取後、上述の活性汚泥又はその滅菌した汚泥をそれぞれ溶液に投入し、汚泥濃度を異なる5つの条件となるように調整し、振とう器により120rpmで混合した。試料の採取は、実験開始から0、0.17、1、3、6時間後に行い、活性汚泥を投入した条件については12、24時間後にも行なった。採取した試料を遠心分離し、0.45 μ mのメンブレンフィルターでろ過した後、溶解性AsをICP-MSにより測定した。

2.2 吸着等温式による解析

平衡時での汚泥への As の収着特性について以下の吸着等温式を用いて検討した。

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}$$

q_e : 平衡時での吸着量[mg 吸着質 / g 吸着剤]
 C_0 : 吸着質の初期濃度[mg/L]
 C_e : 吸着質の平衡濃度[mg/L]
 V : 反応装置内の液体の体積[L]
 m : 吸着剤の質量[g]

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

…フロイントリッヒ吸着等温式
 K_f : Freundlich 定数[(mg 吸着質/g 吸着剤)(L 水/mg 吸着質)^{1/n}]
 $1/n$: Freundlich 吸着指数

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a} C_e$$

…ラングミュア吸着等温式
 a, b : 定数

3. 実験結果及び考察

3.1 滅菌した汚泥への As の収着実験

滅菌した汚泥中の好気条件下における As(III) 濃度の時間変化を図1に示す。SS 濃度が550mg/lの場合では、6時間以内での As(III)濃度の変化は確認できず、SS 濃度を6250mg/lに増やしても顕著な変化は確認できなかった。なお、図には示さないが、無酸素条件下での実験においても同様の結果が得られた。

滅菌した汚泥中の好気条件下における As(V)濃度の時間変化を図2に示す。As(V)濃度は実験開始直後にわずかに減少し、SS 濃度の増加に伴い減少量がわずかにではあるが増加した。無酸素条件においても同様の結果が得られた。この減少量は SS 濃度が6210mg/lのときに最大の11.5 μ g/lとなった。As(III)と As(V)の減少量の違いは、pH7で As(III)は電荷を持たないが、As(V)は負の電荷を持つために、わずかに存在する正に帯電した汚泥表面に As(V)が吸着したためと考えられる。

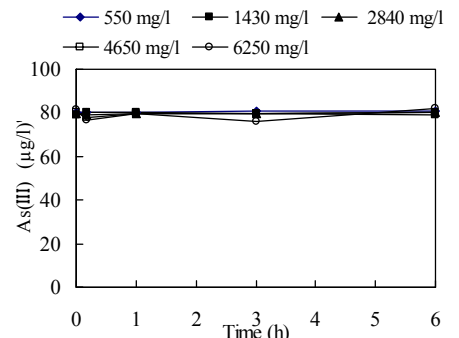


図1 滅菌した汚泥中の好気条件下での As(III)濃度の時間変化

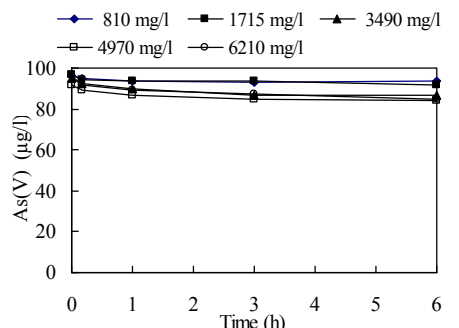


図2 滅菌した汚泥中の好気条件下での As(V)濃度の時間変化

3.2 活性汚泥へのAsの収着実験

活性汚泥中のAs(III)は好気条件下では生物学的反応によりAs(V)へ酸化され、一方、As(V)は嫌気条件下ではAs(III)へ容易に還元されることがわかっている²⁾。そこで酸化還元反応を受けない条件下での活性汚泥へのAsの収着について検討した。

図3に嫌気条件下での活性汚泥中のAs(III)濃度の時間変化を示す。As(III)濃度は時間の経過に伴い緩やかに減少し、その減少量はSS濃度の上昇に伴い増加し、最大で63.6μg/lとなった。

図4に好気条件下での活性汚泥中のAs(V)濃度の時間変化を示す。SS濃度が920mg/lの場合では、As(V)濃度は6時間目までは減少し、12時間目以降はわずかに増加した。12時間目までのAs(V)の減少量は、SS濃度が3820mg/lまではSS濃度の上昇に伴い増加したが、SS濃度が3820mg/l以上では増加せずにはほぼ一定の値を示した。また、12時間目以降ではAs(V)濃度が増加し、脱着が認められた。

滅菌した汚泥と比較すると、As(III)とAs(V)共に濃度の減少量が大いことから、活性汚泥への吸着以外に吸収も起きていると考えられる。

3.3 吸着等温線

それぞれの条件においてAsの平衡濃度に対する吸着量を求め、フロイントリッヒとラングミュア吸着等温式の双方に当てはめ、それらの近似式

において相関が高い方の吸着等温式について係数を算出した。活性汚泥と滅菌した汚泥中でのAs(V)についてはフロイントリッヒ、活性汚泥中でのAs(III)についてはラングミュア吸着等温式を採用した。

図5～7に各条件でのAsについての吸着等温線、表1に吸着等温式の各係数を示す。

通常、 K_f が大きく $1/n$ が小さいほど(0.5以下)吸着性が高いとされているが、本研究で得られた $1/n$ は0.5より大きく K_f も小さいことから、滅菌した汚泥と活性汚泥の双方へのAsの吸着性は低いと考えられ、また、滅菌した汚泥では吸着性能が著しく低下することがわかった。さらに活性汚泥中のAsの収着特性は、形態によって異なることがわかった。

4. まとめ

滅菌した汚泥中では、嫌気、あるいは好気条件下でAs(V)のみがわずかに吸着され、活性汚泥中では、As(III)とAs(V)の双方が収着された。活性汚泥によるAsの吸着除去は可能であるが、その吸着量は少なく、滅菌した活性汚泥については難吸着性であることがわかった。活性汚泥によるAsの吸収や脱着についてさらに検討する必要がある。

参考文献

1) 池田真章ら, 活性汚泥処理プロセスにおける無機態ヒ素の形態変化について, 東北支部技術研究発表会講演概要, 924-925, 2006

2) Andrianisa, H. A., Ito, A., Sasaki, A., Ikeda, M., Aizawa, J. and Umita, T. (2006) Behaviour of arsenic species in batch activated sludge process: biotransformation and removal. Water Science and Technology ,54 (8), 121-128.

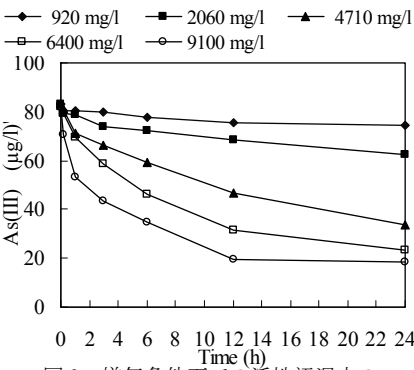


図3 嫌気条件下での活性汚泥中のAs(III)濃度の時間変化

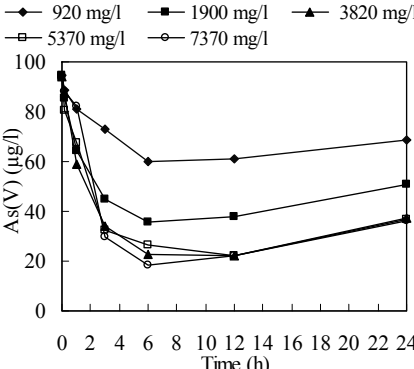


図4 好気条件下での活性汚泥中のAs(V)濃度の時間変化

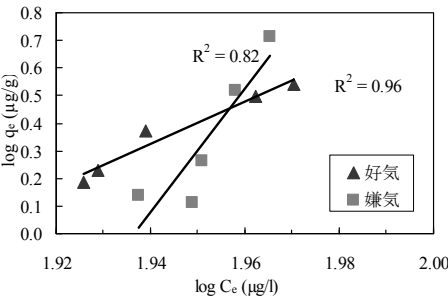


図5 滅菌した活性汚泥中のAs(V)に対する吸着等温線

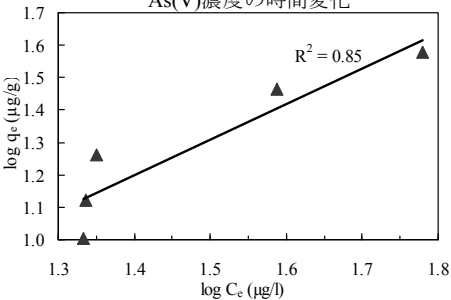


図6 活性汚泥中のAs(V)に対する吸着等温線

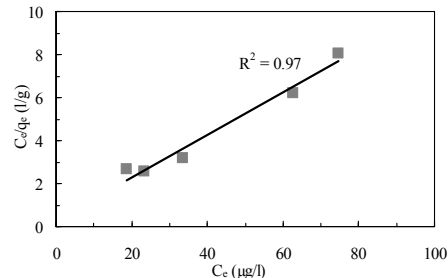


図7 活性汚泥中のAs(III)に対する吸着等温線

表1 吸着等温式の各係数

フロイントリッヒ吸着等温線				
条件			吸着係数 K_f	吸着指数 $1/n$
滅菌した汚泥	好気条件	As(V)	2.57×10^{-15}	7.69
	嫌気条件	As(V)	2.88×10^{-44}	22.49
活性汚泥	好気条件	As(V)	0.46	1.09
ラングミュア吸着等温線				
条件			a (μg/g)	b (l/mg)
活性汚泥	嫌気条件	As(III)	10.1	0.3