

VII-5 硫黄廃棄物を用いた下水汚泥焼却灰からの重金属の生物学的半連続溶出に関する研究

岩手大学工学部 学生会員 ○山田浩司

岩手大学工学部 正 会 員 伊藤歩 相沢治郎 海田輝之

1. はじめに

現在、可燃性の廃棄物の多くは、焼却後に埋め立て処分されているが、処分地不足の問題だけでなく、資源リサイクルの観点からも、焼却灰の再資源化が重要な課題となっている。しかしながら、焼却灰中には種々の重金属が含まれていることから、再利用する前に金属資源の回収と焼却灰の無害化を行う必要があると考えられる。

本研究では、焼却灰からの重金属の経済的な除去法を確立するために、嫌気性消化ガスの湿式脱硫過程で生成される硫黄廃棄物を基質とし、下水処理水を栄養塩源として用いて、下水汚泥から分離した硫酸化細菌により焼却灰の pH を低下させた場合での下水汚泥焼却灰からの重金属の溶出に及ぼす滞留時間の影響について検討した。

2. 実験方法

表-1 下水汚泥焼却灰と硫黄廃棄物中の重金属含有量(mg/kg)

	Al	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd
汚泥焼却灰	77185	84058	118	2207	67684	127	968	3277	26.0	7.00
硫黄廃棄物	9.07	90.5	32.6	2.62	746	132	6.08	19.4	0.35	0.25

2-1 実験材料

実験には岩手県北上川上流域下水道都南浄化センターから採取した下水汚泥焼却

灰、塩素消毒前の下水処理水、及び同処理場の消化脱水汚泥から分離、培養した硫酸化細菌、さらに基質として横浜市北部第二下水処理場の脱硫装置から採取した硫黄廃棄物を用いた。細菌は、硫黄廃棄物中の硫黄を基質として利用して、硫酸を生成し、pH を低下させることが分かっている。表-1 に実験に用いた焼却灰と硫黄廃棄物中の重金属含有量を示す。金属濃度は、灰あるいは硫黄廃棄物を王水煮沸法で分解した後、ICP-MS により測定した。

2-2 下水汚泥焼却灰からの重金属の半連続溶出実験

実験はまず硫酸化細菌の馴致を行うために、焼却灰の濃度を 20g D.S./l、硫黄廃棄物を 20g W.S./l とし、溶媒として処理水を用い、全量を 1L として振とうフラスコを用いて 25℃、120rpm で振とうを行った。初期にのみ硫酸化細菌の植種液を添加し、pH が 1 付近に低下するまで振とうを続け、馴養期間を数回おき、滞留時間を 4、10、20、30 日に設定して、半連続運転を開始し、pH と重金属の溶出量に及ぼす滞留時間の影響を検討した。試料の引き抜き間隔と量は、それぞれ各滞留時間の半分の時間と 500ml とした。

分析項目は pH と重金属類とし、重金属濃度の測定は引き抜いた試料の一部を 1μm のメンブレンフィルターでろ過した後、ろ液を硝酸及び塩酸による煮沸溶出法で前処理し、ICP-MS により行った。

3. 実験結果及び考察

図-1 に種々の滞留時間での試料引き抜き時の pH を示す。各滞留時間における pH は、4 日では実験開始後上昇し、その後 1.7~2.4 の範囲内で変動した。これは、pH が下がりきる前に試料を交換するために硫酸化細菌の活性が安定しないためと考えられる。10 日以上では、実験開始から 40 日以降は各滞留時間でほぼ一定の値に落ちついた。

図-2 に実験後半での pH の平均値を示す。滞留時間が 4 日では pH が 2.18、10 日では 0.96、20 日では 0.97、30 日では 0.85 となった。この結果から硫酸化細菌と、基質に硫黄廃棄物、溶媒に下水処理水を用いて連続的に pH を低下できることが分かった。図-3 ~5 に As、Cr、Zn の濃度の経日変化を示す。As 溶出濃度は約 0.43mg/l であり、滞留時間の差の影響が見られなかった。Cr にお

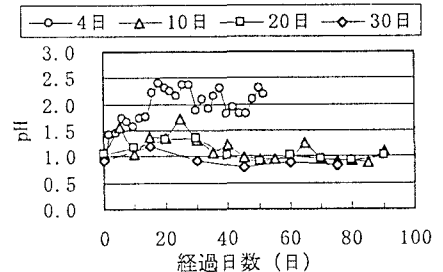


図-1 種々の滞留時間での試料引き抜き時の pH

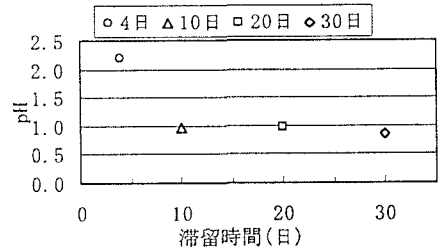


図-2 実験後半での pH の平均値

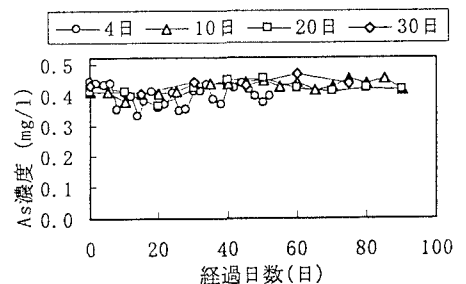


図-3 As 濃度の経日変化

いては滞留時間が長いものほど高い濃度が得られるが、滞留時間 4 日では濃度の変動が大きく、Cr の溶出が pH に依存しているためと考えられる。Zn においても、滞留時間が長いものほど濃度が高くなった。滞留時間 10 日と 20 日では、pH がほぼ同じであったが、20 日の方が高い濃度が得られた。これは Zn の溶出量が滞留時間に依存しているためと考えられる。

図-6 と 7 に As と Zn の溶出濃度と pH の関係を示す。As では、pH に関係なく一定の濃度が得られているため、2.5 以下の pH では、As の溶出濃度は pH に影響されなかった。Zn では、pH が低下するにつれて溶出濃度が高くなっており、pH 1 以下で高い濃度が得られている。とくに滞留時間が 30 日では、同じ pH において他の滞留時間のもの比べて高い溶出濃度となっているが、滞留時間が 10 日と 20 日ではあまり差が見られなかった。

図-8 と 9 に種々の重金属の溶出率と滞留時間の関係を示す。ただし、溶出率は溶出量を焼却灰と硫黄廃棄物に含まれる重金属が全て溶出した場合の合計量で除して算出し、実験後半部の平均値とした。一部を除いて滞留時間が長いものほど高い溶出率が得られた。これは pH の低下によるものと考えられる。滞留時間が 10 日と 20 日では、溶出率にあまり差がなく、これは pH がほぼ同じであることに起因していると考えられる。

これらの結果から、硫黄酸化細菌を利用した重金属の半連続溶出は可能であることが分かった。滞留時間が 30 日において重金属の溶出は、Cd、Cu、Mn においては 100% 以上、Al が約 90%、As が約 85%、Cr が約 40%、Fe が約 50%、Ni が約 40%、Zn が約 65% であった。溶出率が 100% を越えたものは、焼却灰中の重金属含有量が低いため、誤差が大きくなったことも考えられるが、そうでないものもあるため原因は不明である。

4. 結論

本研究では、下水処理場から採取した硫黄酸化細菌、下水処理水及び硫黄廃棄物を利用した下水污泥焼却灰からの重金属の半連続溶出について検討した。下水污泥から分離した硫黄酸化細菌と、基質として硫黄廃棄物、溶媒として下水処理を用いて、半連続運転を行っても、滞留時間が十分に与えられれば pH が 1 以下まで低下することがわかった。重金属の溶出率も 100% に近いものもあり、硫黄廃棄物と下水処理水を利用して、重金属を経済的に除去できることが分かった。

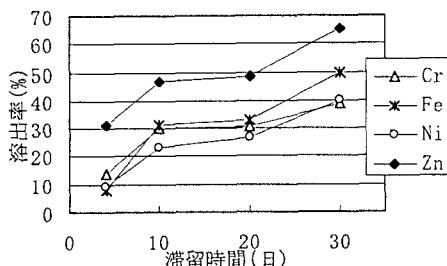


図-8 種々の重金属の溶出率と滞留時間の関係 (I)

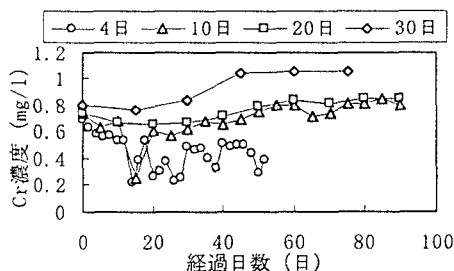


図-4 Cr 濃度の経日変化

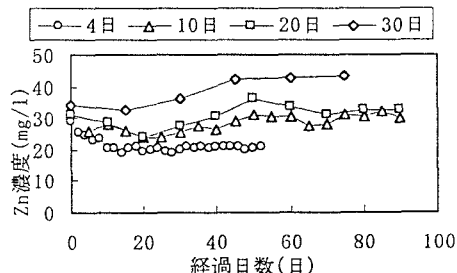


図-5 Zn 濃度の経日変化

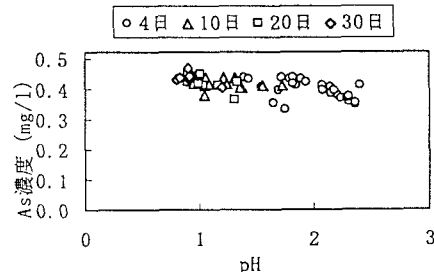


図-6 As 濃度と pH の関係

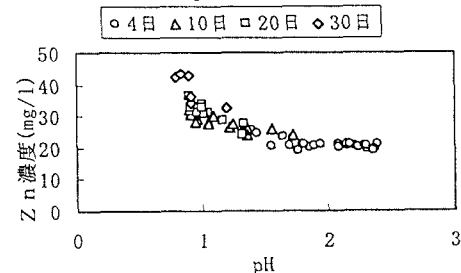


図-7 Zn 濃度と pH の関係

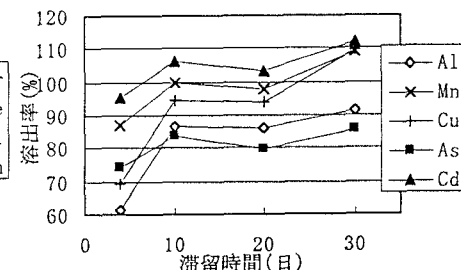


図-9 種々の重金属の溶出率と滞留時間の関係 (II)