

VII-35

下水汚泥焼却灰からの重金属の除去に関する研究

岩手大学工学部 学生会員 ○武田祐介 伊藤歩
 岩手大学工学部 正 会 員 相沢治郎 海田輝之

1.はじめに

現在、可燃性の廃棄物の大部分は、焼却後に埋め立て処分されている。現在、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。立田らは硫酸化細菌を用いた焼却灰からの重金属の溶出を検討しているが、その際に市販の基質と栄養塩類の供給が必要であると報告している¹⁾。

本研究では、廃棄物の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、まず、下水汚泥焼却灰を対象として、pH 低下による重金属の溶出特性と、下水処理場から採取した硫酸化細菌、下水処理水及び使用済み乾式脱硫剤を用いた場合での焼却灰の酸性化と重金属の溶出について検討した。

2.実験方法

2-1. 実験材料

実験には岩手県北上川上流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、及び同処理場の硝化脱汚泥から分離、培養した硫酸化細菌、さらに、北上浄化センターから採取した使用済み脱硫剤を用いた。表 1 に実験に用いた焼却灰中の重金属含有量を示す。重金属濃度は、灰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溶出実験

pH 低下による重金属の溶出特性を検討するために、硫酸または水酸化ナトリウムを用いて pH を 1,2,3,4,5 に調整し、一定の値に保った（無調整を含む）。

次に、硫酸化細菌を用いた焼却灰の酸性化と重金属の溶出を検討した。まず、培地としての下水処理水の利用可能性を明らかにするために、培地として蒸留水、ONM 培地（通常濃度と 1/10 濃度）及び下水処理水を用い、それぞれの培地に硫酸化細菌を接種し、市販の元素硫黄を 10g/l となるように添加した。また、下水処理水を用いて、硫黄と硫酸化細菌のいずれかを添加しない条件も検討した。さらに、基質としての脱硫剤の利用可能性を明らかにするために、脱硫剤を 0、0.1、0.5、1.0、5.0、10g/l となるようにそれぞれ添加した条件も行った（培地は通常濃度の ONM 培地とした）。

実験はすべて灰濃度を 2%とし、25℃、120rpm で振とうを行った。測定項目は pH、重金属、硫酸イオン（比濁法）とした。重金属濃度の測定は、1μm のメンブレンフィルターでろ過した後、硝酸及び塩酸による煮沸溶出法で分解し、ICP-MS により行った。

3.実験結果及び考察

図 1 に種々の pH での金属の溶出率を示す。なお、溶出率は実験開始後 16 日目のデータを用い、pH 無調整の試料の pH は実験期間を通して約 7 であった。金属の溶出率は、pH の低下に伴い増加する傾向が見られた。特に、Mn、Cu、As、Cd

表 1. 下水汚泥焼却灰中の金属含有量 (mg/kg)

Al	Ca	Cr	Mn	Fe
77185	84058	118	2207	67684
Ni	Cu	Zn	As	Cd
127	968	3277	26	7.0

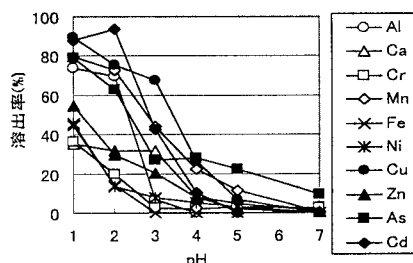


図 1. 種々の pH での金属溶出率

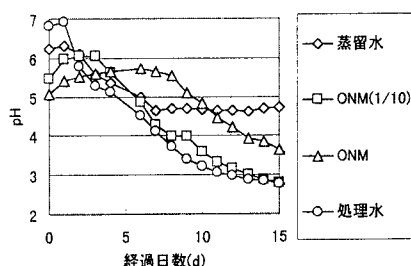


図 2. 種々の培地での pH の経日変化

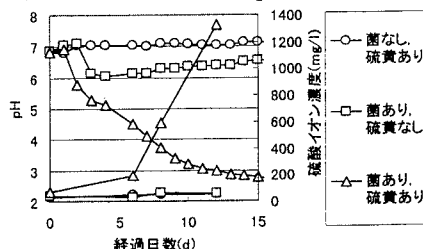


図 3. pH 及び硫酸イオン濃度の経日変化

の溶出率は、pH 1 で 80~90%とかなり高かった。しかしながら、Ca、Cr、Fe、Niの溶出率は、pH 1でも50%以下であり、これらの金属は比較的溶出しにくいと言える。

次に、硫黄酸化細菌を用いた場合について述べる。図 2 に種々の培地での pH の経日変化を示す。実験初期の pH は 5~7 であったが、1/10 の濃度の ONM 培地と下水処理水を用いた条件では、15 日目に pH が約 3 以下に低下し、通常濃度の ONM 培地では約 3.5 まで低下した。しかしながら、蒸留水では約 4.6 までしか低下しなかった。この結果から、硫黄酸化細菌を用いて pH を低下させるには、栄養塩を必要とするが、ONM 培地の代わりに下水処理水を利用できることが分かった。しかしながら、通常濃度の ONM 培地よりも、1/10 濃度の培地を用いたほうが pH はより低下したが、この原因については明らかでない。図 3 に細菌及び硫黄を添加した条件、細菌と硫黄のいずれかを添加しなかった条件での pH と硫酸イオン濃度の経日変化を示す。細菌と硫黄のいずれかを添加しなかった条件では pH がほとんど低下しなかった。一方、硫酸イオン濃度は、pH が低下しなかった条件では 100mg/l 以下であったが、pH が低下した条件では 12 日目に約 1400mg/l に達した。この結果から、pH の低下は、硫黄酸化細菌の硫黄の酸化による硫酸の生成から起こることが分かる。図 4~8 に Cr、Zn、As、Cd の濃度及び溶出率を示す。硫黄酸化細菌を添加した条件で pH が 2.77 まで低下した場合での各金属の溶出率は、硫酸を用いて pH を 3 に調整した場合と同程度であった。

図 8 に、硫黄の代わりに脱硫剤を使用した際の pH の経日変化を示す。25 日目の pH は、脱硫剤を添加しなかった条件では低下しなかったが、添加量 5.0g/l では約 3、10g/l では約 2.7 まで低下した。この結果から、硫黄酸化細菌の基質として脱硫剤を利用できる可能性が示された。しかしながら、本実験に用いた脱硫剤の金属含有量は、焼却灰の含有量よりも高く、溶出実験後の灰中の金属残存量は、焼却灰の金属含有量よりも高かった。従って、金属含有量の少ない脱硫剤が存在すれば、下水処理水とともに、下水処理場から生じる廃棄物を利用して、焼却灰から金属を経済的に除去できると考えられる。

4. 結論

硫黄酸化細菌を用いて下水汚泥焼却灰から重金属を溶出させる場合、栄養塩の供給が必要であるが、ONM 培地の代わりに下水処理水を利用でき、重金属の溶出率も酸を用いた場合と同程度であることが分かった。さらに、使用済み脱硫剤を基質として利用し、重金属を経済的に除去できる可能性が示された。

<参考文献>

- 1) 立田真文、藤田正憲：Thiobacillus spp. TM-32 株による一般廃棄物焼却飛灰からの重金属類抽出 第 8 回廃棄物学会研究発表会講演論文集 1997

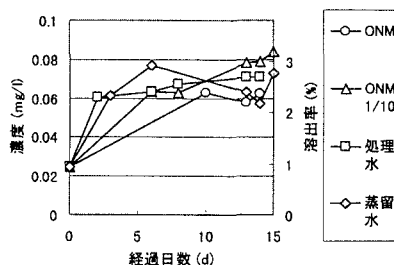


図 4. Cr 濃度及び溶出率の経日変化

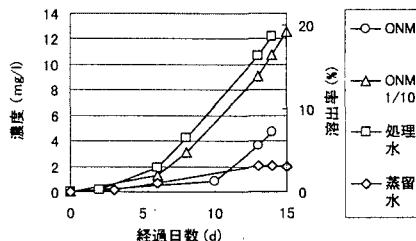


図 5. Zn 濃度及び溶出率の経日変化

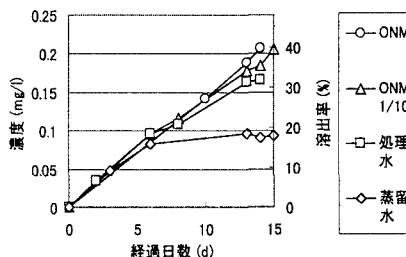


図 6. As 濃度及び溶出率の経日変化

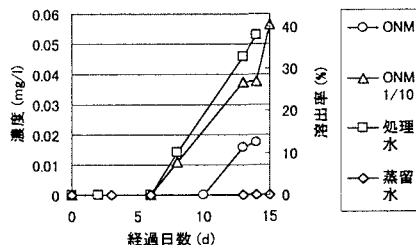


図 7. Cd 濃度及び溶出率の経日変化

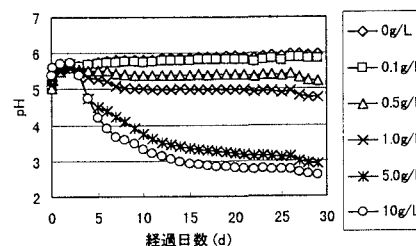


図 8. 脱硫剤添加時の pH の経日変化