

VII－1 脱硫廃棄物及び下水汚泥中の硫黄酸化細菌を用いた下水汚泥からの重金属の除去

岩手大学工学部 学生員 ○北田久美子 佐藤優子
正 員 伊藤歩 相澤治郎 海田輝之

1. はじめに

「持続可能な循環利用」の理念に基づき、下水汚泥の緑農地還元は一層推進されるべきである。下水汚泥の緑農地投入による土壌や地下水の重金属汚染を防止するため、下水汚泥中の金属類の濃度を予め低減させる必要がある。著者は、下水汚泥中に存在する硫黄酸化細菌と、その基質として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用いた、経済的な下水汚泥からの金属類の除去方法を提案した¹⁾。その中で、汚泥への硫黄廃棄物の添加量が20g/Lの場合、汚泥中の硫黄酸化細菌によるpHの低下と金属類の溶出が起こるが、硫黄廃棄物に由来するNaやNiが処理後の汚泥に残留する可能性があることを示した。そこで本研究では、硫黄廃棄物の添加量を減らし、pHを低下させるのに必要な最小限の硫黄廃棄物量を検討した。

2. 実験材料

本研究で用いた下水汚泥は、岩手県内の下水処理場から採取した消化脱水汚泥であり、硫黄廃棄物は横浜市内の下水処理場から採取した。それぞれの含水率は81.7%及び46.7%であった。X線回折により、硫黄廃棄物の主成分はSであることを確認した。下水汚泥及び硫黄廃棄物は、王水煮沸法によって前処理した後、ICP-MSにより金属類の含有量を測定した。表-1に下水汚泥及び硫黄廃棄物の金属類含有量を示す。硫黄廃棄物中のNa含有量が他の金属に比べて非常に多いのは、湿式脱硫では脱硫剤として炭酸ナトリウムが使用されるためである。

表-1 金属類含有量(mg/kg-dry solid)

金属	Na	Al	Ca	Cr	Mn	Fe
下水汚泥	490	23900	26500	32.5	599	16100
硫黄廃棄物	23800	3.81	48.9	15.3	0.80	347
金属	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
下水汚泥	33.7	369	1080	10.1	3.72	54.2
硫黄廃棄物	57.7	3.60	8.00	0.19	0.02	0.07

3. 実験方法

表-2に実験条件を示す。実験は振とうフラスコを用いた回分式とした。蒸留水で2%に希釈した汚泥に表-2に示した量の硫黄廃棄物を混合し、全量が1Lとなるように調整し、25℃の恒温室内で振とうを行った。採水は経日的に行い、pHを測定した後、遠心分離した上澄み液中の硫酸イオン濃度を測定した。また、この上澄み液を前処理した後、溶出した金属類の濃度をICP-MSにより測定した。

表-2 実験条件

Run No.	汚泥濃度	硫黄廃棄物(湿潤-g)	全量
1	2%	0	1L
2		1.0	
3		2.0	
4		3.0	
5		4.0	
6		5.0	
7		10.0	

4. 実験結果及び考察

図-1にpHの経日変化、図-2に硫酸イオン濃度の経日変化を示す。実験開始後10日目のpHは、硫黄廃棄物を添加しないRun1が6.1、硫黄廃棄物添加量1.0g/LのRun2が5.1、2.0g/LのRun3が3.2、3.0～5.0g/LのRun4～Run6が2.2～2.5、10.0g/LのRun7では1.3となり、添加した硫黄廃棄物の量が多いほどpHが低下した。また、各RunにおけるpHの低下は硫酸イオン濃度の増加と対応している。このことは、下水汚泥に硫黄廃棄物を添加することにより汚泥中の硫黄酸化細菌が硫酸を生成し、pHを低下させたことを示している。

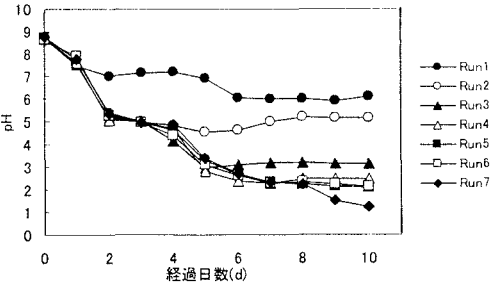


図-1 pHの経日変化

図3～6に実験前後の金属類の含有量の変化を示す。図中の値は、実験10日目における金属類の溶出濃度から、[下水汚泥+硫黄廃棄物]の固形物に残存する量を算出したものである。図中の「Sludge」は実験前の下水汚泥中の金属類含有量を示している。図3にNaの含有量の変化を示す。硫黄廃棄物に含まれるNaの量が多いため、硫黄廃棄物の添加量が多いRunほどNa含有量が多くなるが、その殆どが溶出している。硫黄廃棄物の添加量が5.0g/L以上であるRun6及び7では、実験後の含有量が元の汚泥より増加したが、Run1～Run5では減少した。

図4にCuの含有量の変化を示す。Cuの溶出はpHの低下と対応しており、pHが3.2まで低下したRun3では20%程度の溶出率であったが、pHが2.5以下に低下したRun4～Run6では50%以上の溶出率が得られ、pHが1.3まで低下したRun7では70%以上溶出した。またAl、Fe、Cd、NiはCuと同様の溶出傾向を示した。

図5にZnの含有量の変化を示す。ZnではRun3～Run7で70%以上の溶出率が得られた。また、Ca、Mnの溶出傾向はZnと同様であり、これらの金属ではpHが3.2以下に低下することにより、高い溶出率が得られることが示された。

図6にAsの含有量の変化を示す。Asでは、Run1～Run7で50%以上の溶出率が得られたものの、pH5.1以下におけるpHの差異は溶出率にあまり影響しないことが示された。

また、Cr、Pb(図は省略)では、pHが1.3まで低下したRun7で30%程度溶出したものの、それ以外のRunでは殆ど溶出しなかった。

以上の結果から、汚泥濃度が2%の場合、硫黄廃棄物の添加量が3.0g/L以上でpHが2.5以下に低下し、金属類が効果的に溶出することが明らかとなった。pHが2.5以下では、金属類の溶出率に大きな差は見られないことから、この条件下では、硫黄廃棄物の添加量は3.0g/Lが最適であるといえる。

5. まとめ

本研究では、汚泥中の硫酸化細菌と硫黄廃棄物を用いた下水汚泥からの金属類の除去における最適条件を検討した。その結果、汚泥濃度が2%の場合の硫黄廃棄物の添加量は3.0g/Lで十分であることが明らかとなった。なお、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。ここに謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 北田, 山田, 相沢, 海田, 脱硫廃棄物を利用した下水汚泥からの生物学的重金類除去に関する研究, 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集第7部, 380-381, 1999

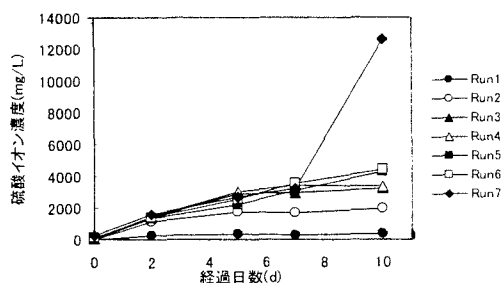


図-2 硫酸イオン濃度の経日変化

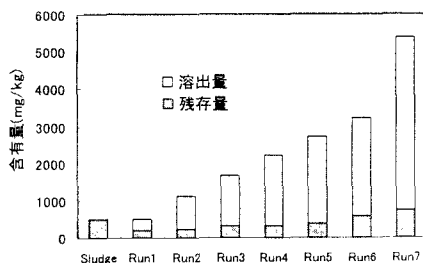


図-3 Naの含有量の変化

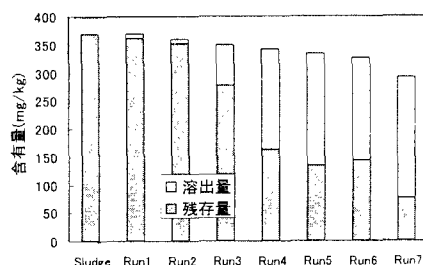


図-4 Cuの含有量の変化

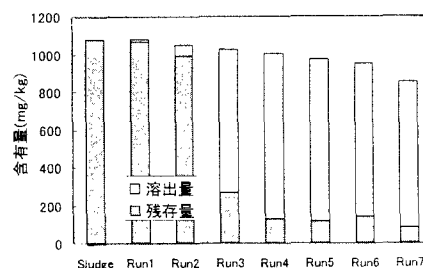


図-5 Znの含有量の変化

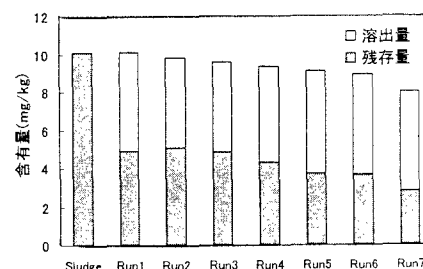


図-6 Asの含有量の変化