

VII-22

硫黄廃棄物を用いた下水汚泥からの連続的な重金属の除去

岩手大学工学部

学生員 ○佐々木久美子

正 員 相澤治郎

海田輝之

1. はじめに

下水汚泥の再利用推進に即し、平成12年施行の改正肥料取締法から、下水汚泥肥料の金属含有量に対して新たな規制項目が加えられた。規制に因らず、金属類の土壌や地下水への蓄積防止という観点から、下水汚泥中の金属含有量を減ずる必要がある。著者らは、硫黄廃棄物と下水汚泥中に存在する硫酸化細菌を用いた下水汚泥からの金属類の除去方法を検討し、これらが有効であることを示したり。本研究では、これまでの回分実験の結果に基づき、さらに汚泥の連続処理の可能性を明らかにするため、半連続実験を行い、金属の溶出に及ぼす汚泥滞留時間及び第一鉄添加の影響を検討した。

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の消化ガス湿式脱硫塔から採取した。それぞれの含水率は81.7%及び46.7%であり、硫黄廃棄物の硫黄含有率は乾物当たりで81.8%であった。表-1に下水汚泥及び硫黄廃棄物の金属類の含有量を示す。

表-1 金属類含有量(mg/kg-dry solid)

金属	Na	Al	Ca	Cr	Mn	Fe
下水汚泥	647	21400	25600	37.7	546	16100
硫黄廃棄物	39600	16.6	52.3	34.4	2.23	434
金属	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
下水汚泥	34.3	331	985	8.76	3.22	50.7
硫黄廃棄物	8.26	4.55	2.06	0.45	0.06	0.35

3. 実験方法

表-2に実験条件を示す。予め表-2の共通条件下において硫酸化細菌の馴致を2回行い、pHが低下した状態から半連続実験を開始した。実験は25℃の恒温室内で行い、振とうフラスコを用いて、共通条件及び第一鉄添加量を維持するように、汚泥滞留時間(SRT)毎に汚泥の引き抜き及び添加を行った。Run5及びRun6には、半連続実験開始時に鉄酸化細菌を接種(20mL: 2.71×10^8 cell/mL)した。測定項目は引き抜き汚泥のpH、硫酸イオン濃度、溶解性第一鉄及び第二鉄濃度、溶出した金属類の濃度とした。

表-2 実験条件

Run No.	共通条件	SRT(day)	Fe ²⁺ (g/L)
1	汚泥濃度: 2% 全量: 1L	1	0
2		2	
3		3	
4	硫黄廃棄物: 3g/L	5	2
5		1	
6		2	

4. 実験結果及び考察

図-1にpHの経日変化を示す。第一鉄無添加のRun1～Run4では、SRTの短い条件ほど初期にpHが上昇するが、6日目以降はpH3付近でほぼ定常となった。回分実験の結果から期待された定常期でのSRTによるpHの差異は見られず、さらにpHを低下させるためには、SRTの延長あるいは硫黄廃棄物の増量が必要であると考えられる。第一鉄を添加したRun5,6では、SRTの等しいRun1,2に比べてpHが大幅に低下した。これは、添加した第一鉄が鉄酸化細菌によって第二鉄に酸化され、この第二鉄が水酸化第二鉄となる際に生じる酸によるものと考えられる。

図-2にRun5,6における鉄濃度の経日変化を示す。SRT2日のRun6では実験後半期に2g/Lの第一鉄がほぼ全て酸化されるのに対し、SRT1日では反応時間が不足であることが分かった。また、第一鉄濃度の低下状態の持続は、鉄酸化細菌が増殖し続けていることを示している。

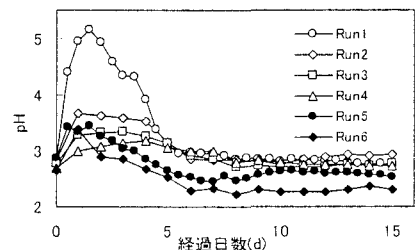


図-1 pHの経日変化

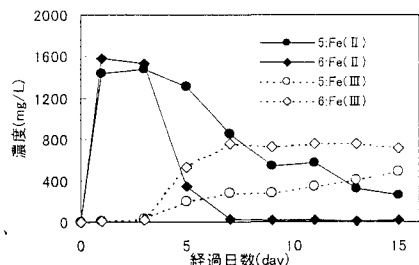


図-2 鉄濃度の経日変化

図・3～7に半連続実験における金属類の溶出率の経日変化を示す。溶出率は、「溶出濃度／[汚泥＋添加硫黄廃棄物]の金属濃度×100」より算出した。図・3にCuの溶出率の経日変化を示す。第一鉄を添加しないRun1～Run4では、実験後半期における溶出率はSRT1日で約5%、SRT2日で15～20%、SRT3日及び5日では約30%となり、SRTの影響が見られた。この4条件では実験後半期におけるpHに大きな差異がないことから、これらの溶出率の違いはCuの溶出反応時間のみに依存していると考えられる。また、SRT3日と5日では溶出率がほぼ等しいことから、硫黄廃棄物のみ添加した場合のCuの溶出にはSRT3日が適当であることが明らかになった。第一鉄を添加したRun5,6では、Run5で約50%、Run6で約70%の溶出率が維持された。第一鉄添加による溶出率の向上は、水酸化第二鉄の沈殿生成に起因するpHの低下と、第二鉄の酸化剤としての効果によるものと考えられる。

図・4にZnの溶出率の経日変化を示す。Znの溶出はpH依存性が強いが、第一鉄添加条件では、SRT1日と2日以上で溶出率に約10%程度の差が見られ、SRTの影響があることが分かった。また、第一鉄添加による溶出率の上昇は、pHの低下によるものと考えられる。

図・5にAsの溶出率の経日変化を示す。Asの溶出に対するSRTの影響は見られなかった。また、第一鉄添加条件における溶出率の低下は、Asと水酸化第二鉄が共沈するためと考えられる。

図・6・7にCdとNiの溶出率の経日変化を示す。Cd及びNiでは、SRTや第一鉄添加による溶出率への影響は見られなかった。また、Cr及びPb(図省略)は、実験期間中全ての条件で殆ど溶出しなかった。

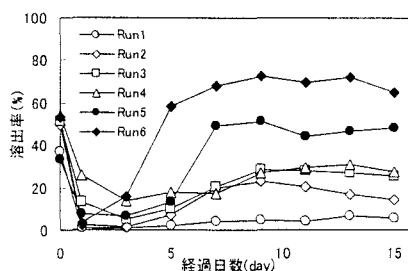
以上の結果から、汚泥濃度2%、硫黄廃棄物の添加量が3.0g/Lの半連続条件下では、溶出に対するSRTの影響が最も大きいのはCuであり、その場合SRT3日が適当であること、第一鉄の添加はpHの低下とCuの溶出促進に効果的であるが、Asの溶出を妨げることが明らかとなった。

5. まとめ

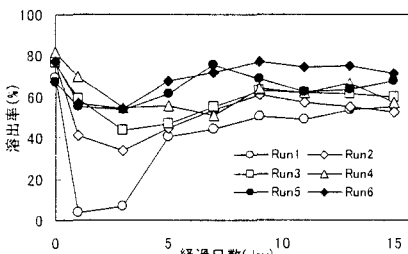
本研究では、汚泥中の硫黄酸化細菌と硫黄廃棄物を用いた下水汚泥からの金属類の除去における連続処理の可能性を検討した。その結果、汚泥濃度2%、硫黄廃棄物の添加量3.0g/Lの場合の最適SRTは3日であることが示されたが、金属類の溶出率の向上のためには、更なる運転条件の吟味が必要である。なお、本研究の一部は、科学技術振興事業団、戦略的基礎研究推進事業及び文部省科学研究費の補助を受けた。ここに謝意を表します。

<参考文献>

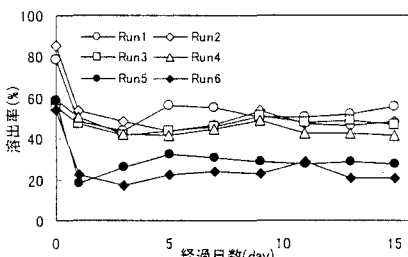
- 1) 佐々木、相澤、海田、伊藤、下水汚泥からの生物学的重金属除去における硫黄廃棄物の添加量に関する検討、土木学会第55回年次学術講演会講演概要集第Ⅶ部門、Ⅶ-177、2000



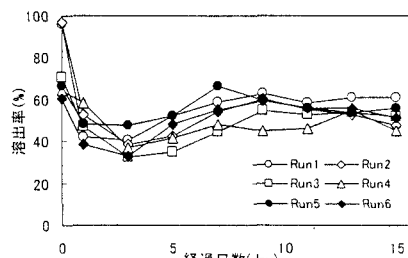
図・3 Cuの溶出率の経日変化



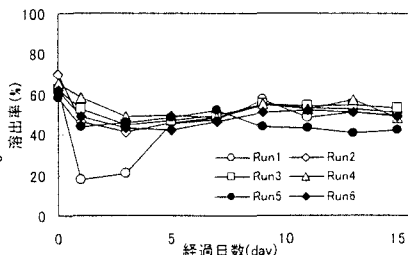
図・4 Znの溶出率の経日変化



図・5 Asの溶出率の経日変化



図・6 Cdの溶出率の経日変化



図・7 Niの溶出率の経日変化