

# バクテリアリーチングによる 汚泥中の重金属除去（第四報）

下水道研究室 中村 英治  
大滝 重明  
○鈴木 孝

## 1. はじめに

汚泥の有効利用拡大を目指し、バクテリアリーチング法による重金属除去の検討を平成6年度より行っている。平成8年度までの検討結果より、効率的な運転条件の把握や低pHでの固液分離の可能性を確認することができた。本報では、これらの検討結果を踏まえ、季節による温度変動の影響調査および、低pHであるリーチング汚泥の固液分離を想定し、凝集性と脱水性の検討をおこなった。また、従来実験プラントでは、硫黄を添加していたが、汚泥処理センターで発生する脱硫ケーキに切り替えた場合の影響調査も行ったので、併せて報告する。

## 2. 調査内容

### (1) 季節による温度変動の影響調査

20ℓの実験プラントを用いて、運転条件を滞留時間20日、硫黄添加率0.5%に設定し、汚泥温度25℃一定の場合と無調整の場合の重金属溶出率変化を一年間比較調査した。なお、昨年同様に細菌に必要な空気の供給は、攪拌のみで曝気は行わなかった。

### (2) リーチング汚泥の凝集性と脱水性の検討

pH無調整のリーチング汚泥に凝集剤を添加し、フロック形成の可否を検討した。また、効果のあった凝集剤を添加したリーチング汚泥について、遠心脱水性を卓上遠心機を用いて検討した。

### (3) 脱硫ケーキ添加による影響調査

硫黄添加の代わりに、消化ガス中の硫化水素を除去する際に発生する脱硫ケーキを添加した場合と、チオ硫酸ナトリウム（ハイポ＝ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）を添加した場合の影響をビーカーにより、3週間の連続運転を行い調査した。

## 3. 結果及び考察

### (1) 季節による温度変動の影響調査

pHは、バクテリアリーチング法を管理する上で重要な指標となり、pHを安定して2以下で運転を行えば、高い溶出率が得られることが既に確認されている。図-1に無加温（以下A槽）と25℃に一定管理（以下B槽）した場合のpHの経月変化を示す。冬季に実験を開始したため、A槽では汚泥温度が低く、馴致に時間がかかったが、連続運

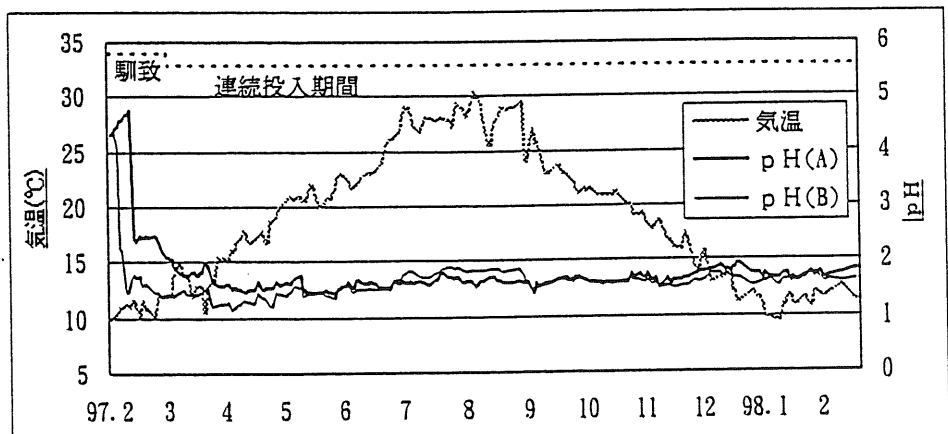


図-1 連続投入によるpHの経月変化

転開始後はA槽, B槽共にpH 2以下で安定した運転を行えた。A槽の汚泥温度は, 最高32.0°C, 最低11.1°Cで年間平均22.0°Cであった。

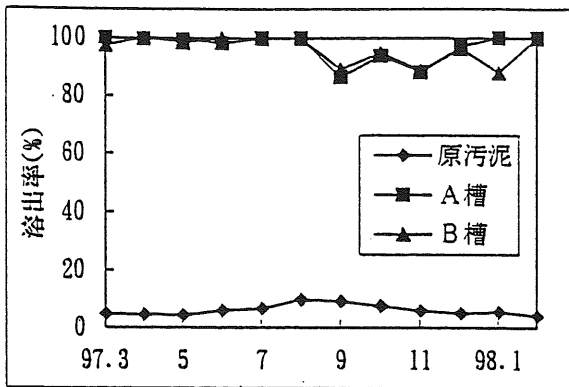


図-2 亜鉛溶出率

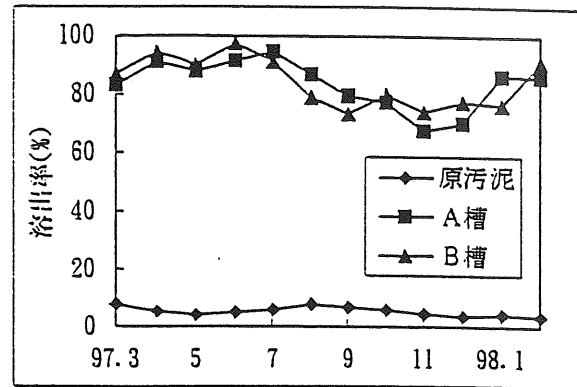


図-3 銅溶出率

図-2に亜鉛の溶出率の経年変化を示す。亜鉛は, バクテリアリーチング法において溶出しやすい重金属であるが, A槽, B槽共に汚泥温度に関係なく年間を通して高い溶出率を示した。図-3に銅の溶出率の経年変化を示す。銅は, 硫酸を用いてpHを化学的に低下させる硫酸法では, pH 1程度でも約20%の溶出率しか得られない。しかし, バクテリアリーチング法では, 高い溶出率を得ることができ, 今回の結果からも年間を通して60%以上の溶出率が得られた。各重金属の溶出率の経年変化を見ると春季から夏季にかけては, 上昇傾向にあるが, 夏期から秋季にかけて汚泥温度が低下してくるに従って, 若干の溶出率の低下が見られる。しかし, A槽, B槽ともに同様の傾向を示している結果から, 温度管理をしなくてもバクテリアリーチング法の運転は十分可能であると考えられる。

(2) リーチング汚泥の凝集性と脱水性の検討

表-1にリーチング汚泥と消化汚泥の性状を示す。

表-1 汚泥性状

項目	リーチング汚泥	消化汚泥
pH	1.1	7.1
TS (mg/l)	57,550	17,600
SS (mg/l)	27,020	16,770
溶解性物質 (mg/l)	30,530	830
VS (dry%)	74.3	64.0
10%累積径 (μm)	20.9	15.2
50%累積径 (μm)	58.2	43.2
90%累積径 (μm)	161.3	122.6

リーチング汚泥の特徴としては, 消化汚泥と比較して低pHである他に溶解性物質の濃度が非常に高いことが上げられる。これは, 生成した硫酸が大きな割合を占めているものと考えられる。なお, 汚泥粒子径には大きな差は見られなかった。

凝集性試験の結果を表-2に示す。カチオンポリマーを用いる場合, 助剤として分散剤をTS当たり 4.6%添加攪拌後, 強カチオ

表-2 凝集性試験結果

凝集剤	凝集性
助剤 [4.6%]	0.13 ×
+	0.26 △
強カチオン	0.39 ○
ポリマー	0.53 ○ *
(%TS)	0.79 ○(1.36)
	0.7 △
両性ポリマー	1.4 ○ *
	2.1 ○
(%TS)	2.8 ○(1.30)
中カチオン	0.7 ×
ポリマー	1.4 △
	2.1 ○
(%TS)	2.8 ○(1.24)

1) \*印の条件で遠心脱水試験を実施

2) カッコ内の数字はpH値

ンポリマーをTSあたり 0.4%程度添加することで、微細ながらフロック形成が見られた。また、高濃度溶液 (40%) の両性ポリマーおよび中カチオンポリマーについては、TSあたり1~2%添加で、微細ながらフロック形成が見られた。さらに、遠心脱水性試験を行った結果、分散剤+強カチオンポリマーでは、汚泥ケーキ含水率は、約80%となり、両性ポリマーでは、約85%程度となった。この結果より、どちらの凝集剤を用いても遠心分離により十分脱水可能であると考えられる。しかし、この時の上澄水SS濃度は、それぞれ1,500mg/l, 2,200mg/lと高く、SS回収率は通常の脱水に比べ低くなることが予想される。

### (3) 脱硫ケーキ添加による影響調査

表-3に実験最終日におけるpHと各重金属の溶出率を示す。

表-3 pHと重金属溶出率

添加率	0.1%			0.25%			0.5%			1.0%			
	硫黄	ケーキ	Mt°	硫黄	ケーキ	Mt°	硫黄	ケーキ	Mt°	硫黄	ケーキ	Mt°	
pH	--	6.4	7.1	2.2	2.9	3.9	1.6	1.8	2.2	1.4	1.5	4.3	
ORP(mV)	--	222	236	472	459	388	574	523	468	361	435	101	
重金属溶出率 (%)	Pb	--	5.4	0.1	9.0	9.1	4.9	13	16	19	17	20	27
	Cd	--	7.1	3.3	79	38	57	74	62	69	71	79	65
	Mn	--	21	11	80	92	86	79	91	90	85	94	88
	Cu	--	11	12	66	50	26	82	76	61	81	80	53
	Zn	--	5.9	3.1	90	96	84	89	95	96	87	98	70
	Ni	--	19	17	73	62	73	72	76	79	74	82	74
	Cr	--	8.4	6.7	29	14	10	46	40	28	53	54	14
	Fe	--	4.0	1.7	--	6.1	6.1	--	25	19	--	59	58

添加率は、硫黄と脱硫ケーキについてはW/V、ハイポについてはS-W/V

運転条件は、汚泥温度20°C、滞留時間20日とした。pHは、脱硫ケーキ添加で、硫黄添加の結果とほぼ同様の値を示した。一方、チオ硫酸ナトリウムを添加した場合は、pHが安定しなかった。また、重金属の溶出率も脱硫ケーキ投入の場合では、硫黄投入と同程度の高い溶出率が得られており、硫黄投入の代わりに脱硫ケーキを投入しても安定した運転が可能であると考えられる。

### 4. まとめ

実験プラントによる実験の結果、年間を通して無加温状態でもpH2以下で安定して処理を行うことができた。また、リーチング汚泥の脱水性については、消化汚泥に対してSS回収率の低下が予想されるが、遠心脱水による固液分離が可能であることが分かった。さらに、硫黄添加に関しては、汚泥処理センターで発生する脱硫ケーキの代替が可能であることが確認できた。

問い合わせ先：下水道研究室 横浜市中区本牧十二天1-1 ☎045-621-4343