

オゾンガスと e-Mixer を用いた下水汚泥減量化に関する実験的研究 生物処理工程（第2工程）

佐藤工業 土木本部環境事業部門 正会員 ○山田 賢一
梶谷正, 須藤芳雄, 鈴木茂生, 楠岡弘康

1. はじめに

オゾンと静止型混合機（e-Mixer）を組み合わせた当社独自の汚泥減量化システムにより余剰汚泥を効率的に減量化する検討を行ってきた。その結果、余剰汚泥の乾物重量 1kg に対しオゾンガスを 50g 程度注入することで微生物細胞壁が破壊されることがわかった。可溶化した余剰汚泥(オゾン処理液)を細菌、原生動物（微生物群）を主体とする汚泥槽（好気性消化槽）に投入することで可溶化した余剰汚泥は微生物群にとって消化分解効率のよい餌となり、一部は炭酸ガス、水に無機化され、同時に再微生物化（再基質化）される。その結果、可溶化しない汚泥に比べ減量化率が向上する。ここではオゾン注入率と生物活性の関係、好気消化期間と汚泥減量化の関係、好気消化処理液の凝集・脱水性および脱離液性状の実験結果について述べる。

2. オゾン注入率と生物活性の関係

2.1 実験目的

オゾン注入率と供試汚泥の生物活性の関係を明らかにする。

2.2 実験方法

本試験では、設備や測定方法の簡便さから、供試汚泥の酸素利用速度をオゾン注入率を変えて個々に測定することで、オゾンによる細胞（菌体）のダメージ程度より細胞壁への影響を間接的に推定する方法とした。

2.3 実験条件

実験条件を表-1 に示す。供試汚泥濃度は MLSS 濃度計で概ね 5000mg/L 程度と判断される返送汚泥を採用した。

表-1 実験条件

供試試料量		910L
循環流速		403L/min
オゾン	注入速度	13.1L/min
	供給量	112g/h

2.4 結果および考察

本試験より得られた結果を図-1 オゾン注入率と酸素利用速度の関係に示す。西村ら¹⁾の知見としてオゾン吸収率が 20mg-O₃/g-SS までならば、消化、有機物除去活性に負の影響を与えず、40mg-O₃/g-SS の吸収率においても消化活性は低下するが、有機物除去活性には影響がなく、50mg-O₃/g-SS を越える範囲で有機物除去活性が 50%以下となると同様の傾向を示すものであり、実規模装置を使った本結果の方が少量のオゾン注入率で微生物の失活が認められた。

また、本結果は他文献^{2),3)}におけるオゾン処理汚泥の微生物分解傾向とほぼ符合し、おおむね 50mg-O₃/kg-SS 程度の注入率で微生物活性が失われると同時に、その後の微生物分解に資する可溶化が起こるものと推定できる。

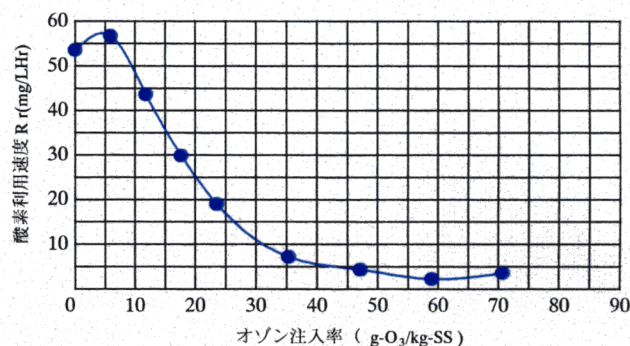


図-1 オゾン注入率と酸素利用速度の関係

3. 好気消化期間と汚泥減量化の検討

3.1 実験目的

オゾン注入率を 50g-O₃/kg-SS とすることで微生物細胞壁の破壊が確認できた。ここではその条件下における好気消化処理期間の検討を目的とした。

3.2 実験方法

予め培養しておいた種汚泥にそれぞれの消化期間に応じた量のオゾン処理液を入れ替えた。各槽とも散気管を通じて 10L/min の空気を供給した。オゾン処理液入れ替え直前の SS 濃度を毎日測定し各消化期間における経日的変化を測定した。

3.3 実験条件

好気消化処理試験はビーカー（20L タイプ）の水槽で実施した。オゾン処理液（オゾン注入率 50g-O₃/kg-SS）の入替え量を好気消化期間が 2.5 日、5 日、10 日、20 日、40 日となるように設定した。実験条件を表-2 に示す。

表-2 実験条件

試験スケール	20L	
散気管送風量	10L/min	
オゾン処理液の濃度	50g-O ₃ /kg-SS	
供試汚泥濃度	5164mg/L(平均値)	
消化処理期間	2.5 日(入替量:8L/日)	槽 1
	5 日(入替量:4L/日)	槽 2
	10 日(入替量:2L/日)	槽 3
	20 日(入替量:1L/日)	槽 4
	40 日(入替量:0.5L/日)	槽 5

3.4 結果および考察

試験条件に示す量のオゾン処理液を毎日入れ替え、好気消化操作をした結果を図-2に示す。入れ替え量の多い槽1(消化し処理期間2.5日)は急激に、入れ替え量の少ない槽5(消化期間40日)は穏やかに、また、消化期間5~20日の槽は、その中で入れ替え量に見合って段階的にその汚泥濃度を上昇した経過が認められた。濃度変化の傾向から判断すると試験開始から65日目以降はほぼ安定したと考えられる。供試汚泥をオゾンにより可溶化し、これを好気消化処理すると可溶化有機物(BOD)は、一部炭酸ガスや水に無機化されると同時に再微生物化(再基質化)されるため、好気性消化処理後の汚泥濃度は、両者の収支の結果として現れることになる。その結果(各槽の汚泥安定区間の平均値、減少率)を表-3に示す。

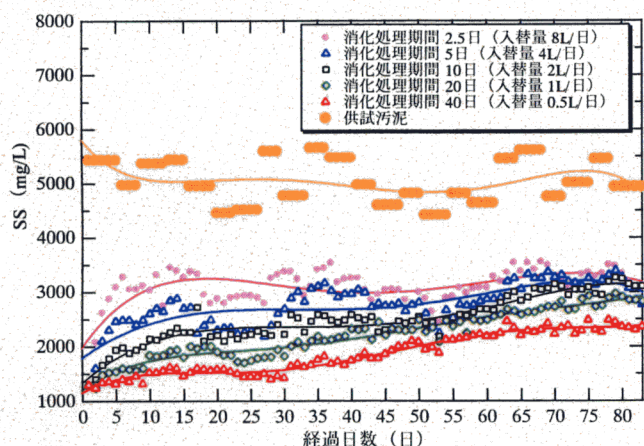


図-2 各消化期間と減量化の関係

表-3 好気消化処理後の汚泥濃度および減少率

消化処理期間	SS	
	平均値(mg/L)	減少率(%)
2.5日(槽1)	3,300	36.1
5日(槽2)	3,145	39.0
10日(槽3)	3,049	40.8
20日(槽4)	2,748	46.6
40日(槽5)	2,322	54.9

消化処理期間を2.5~40日の範囲とすることで36.1~54.9%の減量化が認められた。またランニングコストを試算すると本条件下における至適消化処理期間は5日程度となる。汚泥減量化を実施しない場合と比較して約3割程のコスト節減効果が期待できる。

4. 好気消化処理液の凝集・脱水性および脱離液性状の検討

4.1 実験目的

各消化期間における凝集・脱水性および脱離液の性状を明らかにすることを目的とした。

4.2 実験方法

下水試験法に準拠し、ろ過断面φ77mm、加圧量141kg(3kg/cm²)で実施した。また、各処理期間における脱離液の性状について凝集脱水試験時の脱離液を用いた。

4.3 結果および考察

(1) 凝集・脱水性について

脱水ケーキの含水率を表-4に示す。含水率は、好気消化期間による顕著な差異は認められなかったが、好気消化期間の短い場合ほど多少低位である傾向となった。本加圧試験装置は、小規模試験であるため、供試汚泥量に比してケーキ周辺部位の比率が高いため、周辺部の圧搾不十分な部位の高含水率値が全体の平均含水率を高める結果となった。従って、実装置による脱水処理においては、今回の結果よりも含水率は幾分低下するであろうし、汚泥濃縮操作、凝集操作方法の検討を行ないより含水率を低下させることが課題として上げられる。

(2) 脱離液の性状について

表-4に示した分析項目別に好気消化期間による違いを見るとBOD、COD_{Mn}、T-Nにおいて、期間が長くなるほど低い値となる傾向が認められた。BODは特に有機物の浄化程度、CODは有機物の浄化程度を示すものと考えられる。また、SSは、ここでは直接浄化程度を示すものではなく、凝集調質操作の適合性に左右されるものと推察できる。分析結果から、汚濁程度は低位であるため、窒素りん規制のない一般的処理場においては、本脱離液を水処理系に返流しても大きな障害を引き起すことは無いものと判断できる。

表-4 分析結果

消化期間(日)	消化汚泥	脱離液				
	含水率(%)	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
2.5	85.9	16	88	28	86	0.54
5	85.4	18	89	39	34	0.98
10	86.2	9	53	28	10	0.81
20	85.9	6	48	28	6	1.20
40	86.3	4	35	14	9.6	0.55

5. 結論

本実験的研究より以下のことがわかった。

- ① オゾン注入率50g-O₃/kg-SSによる可溶化処理後、2.5~40日の好気消化処理により可溶化物の安定化を図ることで36~55%の汚泥減量が可能である。
- ② 好気消化期間は5~10日を至適条件とし、その場合の汚泥減量は約40%、またランニングコストは概ね30%低減できる。
- ③ ポリ鉄と高分子凝集剤の2液を用いた液凝集方法により、脱水処理の実用に耐え、またその脱離液は、水処理系に返流しても大きな影響はない。

謝辞

本研究を遂行するにあたり(有)ユニテックの阪野昇氏、群馬工業高等専門学校の田部井康一先生、荻野和夫氏に協力を得ました。ここに記して謝意を表します。