

超音波を用いた余剰汚泥削減システムにおける超音波処理量の影響

大阪工業大学大学院 学生会員 ○分林 静人 甲斐 智子

大阪工業大学工学部 正 会 員 石川 宗孝 笠原 伸介 古崎 康哲

1. はじめに・・・著者ら¹⁾は図1に示すような返送汚泥に超音波を照射することで余剰汚泥を可溶化させずに削減する処理システムを開発し、これまで汚泥削減効果に及ぼす汚泥滞留時間、超音波照射出力および超音波照射時間の影響について検討してきた。

本研究では、超音波処理量に注目し、処理量の違いが汚泥削減および処理水質にどのような影響を及ぼすかについて検討した。また、その際の曝気槽内における細菌相の変化についてもあわせて検討した。

2. 実験方法・・・実験装置として1槽当たりの容積 12.5Lの曝気槽，10Lの沈殿槽から成る二槽式活性汚泥装置を用い、投入基質としてグルコースとペプトンを主成分とする人工下水を用いて、表1の運転条件で実験を行った。超音波の照射は、超音波発信機（株）日本精機製作所，振動子7φ，周波数20kHz）を用いて、照射出力150W，照射汚泥濃度 10000mg/L，照射汚泥容量 100mL，照射時間 5minとした。超音波を照射せずに運転（対照系）した際の余剰汚泥発生量を1倍量とし、超音波処理量を1.6，2.0 および3.2 倍量と変化させ、ポンプにより24時間で全量が返送されるよう調節しながら、曝気槽に投入した。また、活性汚泥中の細菌相については、槽内汚泥を採取し、リン酸緩衝液で適宜希釈したものをCGY培地に塗布し、25・14日間で培養した。純粋分離株を得るため二回単離した後、同定試験（形態，グラム染色，オキシダーゼ活性，カタラーゼ活性，運動性，OFテスト，芽胞の有無）を行った。なお、テスト方法と同定方法は、下水試験法及びSteel and Cowanら²⁾の方法に準じた。

3. 実験結果及び考察

汚泥削減効果・・・図2に、除去BOD量当たりの一日生成汚泥量を示す。対照系に比べ、1.6倍量では49%、2.0倍量では79%、3.2倍量では69%の削減率であった。余剰汚泥の2.0倍量を超音波処理した場合、1.6倍量に比べ30%高い削減率が得られ、超音波処理量が多いほど汚泥削減効果も高くなる傾向が認められた。しかし、3.2倍量を処理した場合、2.0倍量に比べ削減率は10%低下し、本

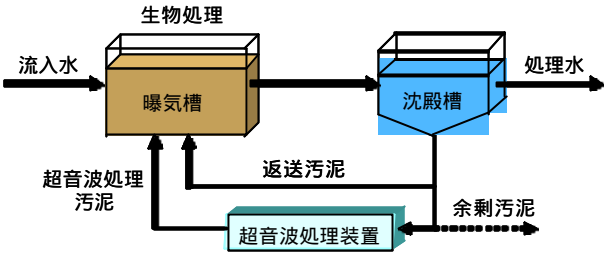


図1 本システムのフロー

表1 運転条件

項 目		対照系	超音波処理系		
			1.6倍量	2.0倍量	3.2倍量
運転日数	day	38	35	28	34
槽内平均MLSS	mg/L	3988	4209	3971	3633
HRT	hour	24			
BOD容積負荷	kg/m ³ ・day	0.2			
周波数	kHz	-	20		
超音波照射出力	W	-	150		
超音波照射時間	min	-	5		
超音波照射濃度	mg/L	-	10000		

超音波照射量：対照系（超音波を照射せずに運転）した際の余剰汚泥発生量を1倍量とした。

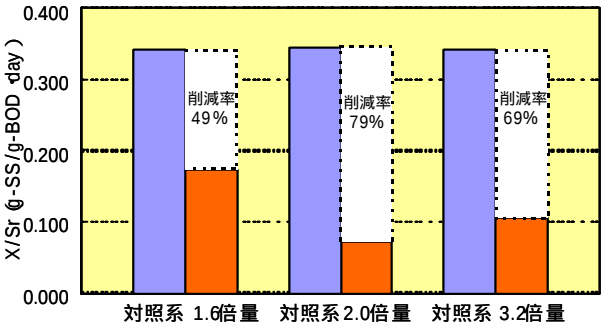


図2 除去BOD量当たりの一日生成汚泥量

表2 処理水の性状

水質項目	単位	対照系	1.6倍量	2.0倍量	3.2倍量
SS	mg/L	7	3	8	5
BOD ₅	mg/L	3.2	1.6	10	2.5
(除去率)	(%)	98	99	95	99
D-BOD ₅	mg/L	1.1	0.6	1.9	0.8
TOC	mg/L	8.4	4.4	6.2	4.3
(除去率)	(%)	89	94	92	94
DOC	mg/L	6.6	2.9	5.4	3.9

キーワード：超音波，余剰汚泥削減，活性汚泥法，再基質化，超音波処理量，細菌相

連絡先：〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学 衛生工学研究室 Tel&Fax.06-6954-4171

実験では 2.0 倍量で最大の削減率が得られた。このことは返送する超音波処理量がある一定量を超えると、超音波照射により活性が失われた細菌の割合が槽内に増加するため、実質的な SRT が短くなり、新たに返送される超音波処理汚泥が分解されなくなり、固形分が槽内に蓄積したためと考えられる。したがって、高い汚泥削減効果を得るには、超音波処理量の設定が極めて重要であることが示唆された。

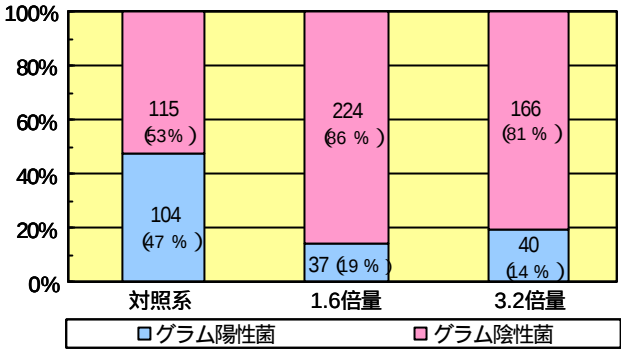
表 2 に、処理水の性状を示す。各条件において、SS は 10mg/L 以下、BOD 除去率、TOC 除去率ともに 90% 以上と良好であり、超音波処理汚泥の投入および処理量増加による処理水質への影響は認められなかった。

汚泥構成細菌の変化・・・表3に、活性汚泥の性状を示す。対照系、1.6 倍量および 3.2 倍量ともに MLSS、SVI に大きな違いはなく、槽内生菌数は 6.0×10^9 CFU/g - DS 程度で一定であった。生菌数に大きな違いが見られなかったことから、活性汚泥中の細菌相が変化しているのではないかと考え、図3に、グラム染色試験結果を、表4に、属名別占有率をそれぞれ示す。図3によると、対照系・超音波処理系にかかわらずグラム陰性菌の割合が高く、超音波処理系においては 80%以上がグラム陰性菌であった。また、表4によると、対照系に比べ超音波処理系では、細菌相が大きく変化し、グラム陽性菌の *Aerococcus* sp. *Streptococcus* sp. *Staphylococcus* sp.の割合が半分程度まで低くなり、さらに *Corynebacterium* sp.（脱窒菌）の割合が6～8倍まで高くなった。グラム陰性菌では、*Acinetobacter* sp.（リン蓄積菌）の割合が高くなった。リン蓄積菌の割合が高くなったのは、対照系に比べ超音波処理系の方が汚泥引抜き量が少なかったため、槽内におけるリン吸着量が増加したことにより起因したと考えられる。しかし、超音波処理量の違いによる細菌相の変化は見られなかった。

4. おわりに・・・本研究により、超音波処理量 2.0 倍量において 79%と最大の汚泥削減効果が得られたことから、超音波を用いた余剰汚泥削減システムでは、汚泥削減に効果的な処理量が存在することが示された。また、超音波照射により細菌相が大きく変化する傾向が認められたが、処理量の違いによる細菌相の変化は見られなかった。このことから、超音波照射による汚泥の再基質化と同時に、細菌相の変化に伴い、基質の汚泥への転換効率の低い活性汚泥に改質されることにより、汚泥の削減が達成されることが考えられる。

表3 活性汚泥の性状

	経過日数 [day]	槽内温度 [℃]	MLSS [mg/L]	SVI [mL/g]	MLSSに対する生菌数 [CFU/g-DS]
対照系	25	26.2	4460	351	5.7E + 09
	28	25.3	3201	311	5.8E + 09
1.6倍量	17	25.1	4420	209	7.4E + 09
	21	25.1	4415	209	8.3E + 09
3.2倍量	25	25.1	4244	196	6.1E + 09
	28	25.0	3086	303	3.2E + 09



数字：コロニー数（占有率）

図3 グラム染色試験結果

表4 属名別占有率

グラム陽性菌	対照系	1.6倍量	3.2倍量
<i>Aerococcus</i> sp. <i>Streptococcus</i> sp. 等	53	27	33
<i>Staphylococcus</i> sp.	25	16	13
<i>Micorococcus</i> sp.	13	3	10
<i>Corynebacterium</i> sp. <i>Rothia</i> sp. <i>Propionibacterium</i> sp.	6	19	13
<i>Kurthia</i> sp. <i>Corynebacterium</i> sp.	3	24	18
<i>Bacillus</i> sp.	0	0	8
?	0	11	5
グラム陰性菌	対照系	1.6倍量	3.2倍量
<i>Acinetobacter</i> sp.	30	49	50
<i>Acinetobacillus</i> sp. <i>Pasteurella</i> sp. 等	20	10	21
<i>Branhamella</i> sp.	11	2	0
<i>Streptobacillus</i> sp.	6	8	14
<i>Eikenella</i> sp.	2	18	9
その他	7	9	4
?	24	4	2

単位：%

【謝辞】

本研究に協力頂いた(株)メイケンと松下環境空調エンジニアリング(株)の関係各位ならびに本学卒業生の井上大輔君、中木博之君に感謝の意を表します。

〔本研究は新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）の助成金によって行われたものである。〕

【参考文献】

1) 見手倉 他：超音波を用いた余剰汚泥削減システムに関する研究，環境工学論文集，Vol.39，pp.31- 41(2002)
2) S.T.Cowan and K.J.Steel: 医学同定細菌の手引き（第3版）坂崎利一訳，近代出版（1993）