

超音波照射を用いた汚泥削減化技術の研究 ～汚泥削減効果をもたらす因子の検討～

大阪工業大学 大学院 学生会員 ○甲斐 智子 安藤 卓也

大阪工業大学 工学部 正 会 員 笠原 伸介 古崎 康哲 石川 宗孝

1. はじめに 既往の研究¹⁾において、出力 150 W、照射時間 5 min の超音波を、余剰汚泥の 2 倍量に照射することにより、HRT24 時間において、88 %と高い汚泥削減効果が得られることを明らかにした。その削減機構については、未だ不明な点が多い。そこで、本研究では、超音波照射による活性汚泥への影響因子として、汚泥の可溶化、活性及びフロック粒径の変化に着目し、各因子が汚泥削減効果にどの程度関与しているかについて検討した。

2. 実験方法

超音波照射条件 超音波発信機（株）日本精機製作所、振動子 7 φ、周波数 20 kHz）を用いて、100 mL のビーカーに、汚泥濃度を 10000 mg/L に調整した活性汚泥を 100 mL 投入し、照射出力、照射時間をそれぞれ変更して超音波を照射した。各条件で超音波を照射後、可溶化、汚泥の活性、フロックの粒径をそれぞれ測定した。

連続処理実験 実験装置には、活性汚泥装置（第 1、第 2 曝気槽ともに 11.5 L、沈殿槽 12 L）、活性汚泥装置（曝気槽 17 L、沈殿槽 10 L）を用い、それぞれ、表-1、表-2 に示す運転条件で実験を行った。超音波照射量は、対照系運転時に発生した余剰汚泥の 2 倍量とし、ポンプを用い 24 時間で全量を返送した。

表-1 活性汚泥装置 運転条件

	対照系	90W-5min	120W-5min	150W-5min
運転日数(day)	30	20	25	28
超音波照射出力(W)	—	90	120	150
超音波照射時間(min)	—	5		
照射量(g/day)	—	1.10×2		
BOD容積負荷(kg/m ³ /day)	0.2			
HRT(hour)	24			
汚泥返送率(%)	100			

3. 実験結果及び考察

3-1 超音波照射効果

可溶化 図-1 に、汚泥の可溶化率を示す。なお、可溶化率は 1.2 μm 以下とし、(1) 式を用いて算出した。可溶化率は、照射時間を長くするほど、また、照射出力を高くするほど、上昇する傾向がみられた。照射出力 150 W の場合、照射時間を 5、10、20 min と長くするに伴い 5.5、10.6、23.3 %と上昇し、照射時間 20 min の場合、照射出力を 90、120、150 W と高くするに伴い 5.0、11.0、23.3 %と上昇した。

汚泥の活性 図-2 に、汚泥の Kr 比を示す。照射時間を長くするに伴い Kr 比が減少する傾向が見られ、150 W の 10～20 min では Kr 比が 0.9～0.2 と急激に減少した。このことから、超音波を 20 min 照射すると細菌の活性が低下することが確認された。その他の条件においては、若干減少するものの大きな変化はみられなかった。別途行った電子顕微鏡観測において、照射時間 5 min では、細菌の一部が死滅し、フロックが解体していることを確認している。照射時間 5 min において、超音波照射により細菌が一部死滅しているにもかかわらず、Kr 比が上昇したのは、フロックの解体により、酸素を消費する面積

表-2 活性汚泥装置 運転条件

	対照系	150W-20min
運転日数(day)	21	32
超音波照射出力(W)	—	150
超音波照射時間(min)	—	5
照射量(g/day)	—	0.87 × 2
BOD容積負荷(kg/m ³ /day)	0.2	
HRT(hour)	24	
汚泥返送率(%)	100	

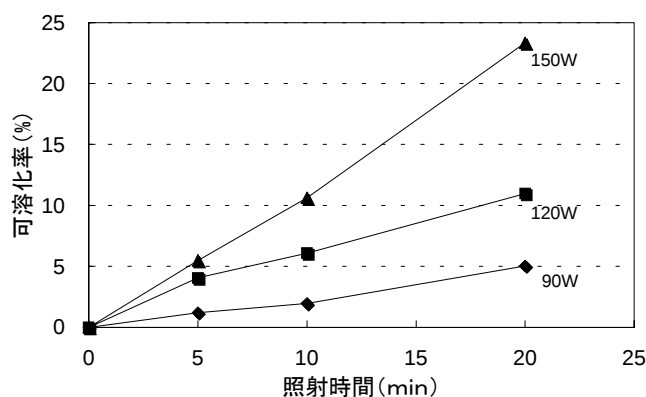


図-1 汚泥の可溶化率

$$\text{可溶化率}(\%) = \frac{\text{溶出DOC}(\text{mg/L})}{\text{TOC}(\text{mg/L})} \times 100 \quad \dots (1)$$

キーワード：超音波、汚泥削減、活性汚泥法、微細化

連絡先：〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 TEL06-6954-4171 FAX06-6957-2131

が増えたためと考えられる。

フロック粒径 図-3 に、フロックの粒径別 TOC 分布を示す。対照系の活性汚泥は $125\mu\text{m}$ 以上が 98 %を占めていたが、超音波を照射すると汚泥のフロックが解体し、照射出力、時間の増加に伴い微細化する傾向がみられた。また、微細化された汚泥は 90W-5min、150W-5min 及び 150W-20min と照射出力、照射時間の増加に伴い $5\mu\text{m}$ 以下の粒径の割合は、1、14、50、82 %と増加が顕著にみられた。このことから、超音波を照射することにより、 $5\mu\text{m}$ までは微細化しやすいが、 $1.2\mu\text{m}$ 以下の可溶化までは処理され難く、 $1.2\sim 5\mu\text{m}$ に蓄積することが明らかになった。

3-2 汚泥削減効果

図-4 に、連続処理実験における 1 日生成汚泥量を示す。対照系に比べ、90W-5min では 13 %、120W-5min では 24 %、150W-5min では 63 %と照射出力を増すにつれて高い削減率が得られ、さらに、150W-20min と照射時間を長くすることによって 88 %の削減効果が得られるまでに至った。また、対照系に比べ超音波照射系では、処理水 SS が若干上昇する傾向がみられたが、BOD 除去率 TOC 除去率ともに 96 %以上と良好であり、超音波照射による処理水質への影響は少ないことが確認された。

3-3 超音波照射効果と汚泥削減効果の関係

図-5 に、超音波照射量の粒径と汚泥削減量の関係を示す。各条件において、可溶化量は 0.10、0.02、0.53 g/day、汚泥削減量は 0.73、0.17、1.22 g/day と、可溶化量より汚泥削減量が多いことが確認された。このことより、可溶化された溶解成分だけでなく、微細化された懸濁成分も汚泥削減に関係していると考えられる。また、汚泥削減量が、 $5\mu\text{m}$ 以下の汚泥量とほぼ等しいことから、汚泥を可溶化まで処理しなくても、微細化のみで汚泥の削減が可能であると示唆された。

4. おわりに 本研究では、超音波照射による活性汚泥への影響、また、超音波照射による汚泥削減効果をもたらす因子の検討を行った。その結果、超音波照射により、汚泥のフロックは微細化され、菌が死滅することが確認された。また、HRT24 時間の運転条件では、フロックの微細化が余剰汚泥の削減に大きく関与していることが示唆された。

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)の方々に心より謝意を表す。また、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) 甲斐 他「超音波照射を用いた余剰汚泥削減化技術に関する基礎的研究」土木学会第 56 回年次学術講演会（第 部）2001.10

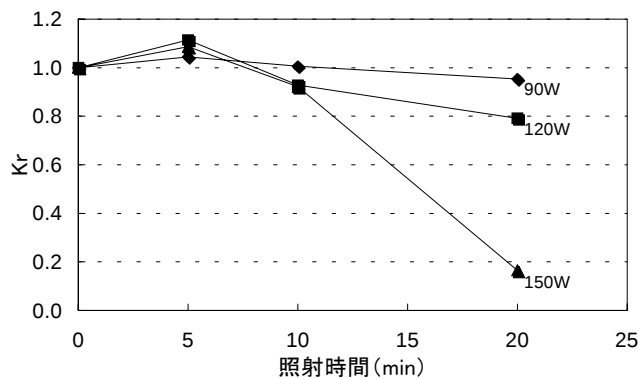


図-2 汚泥の Kr 比

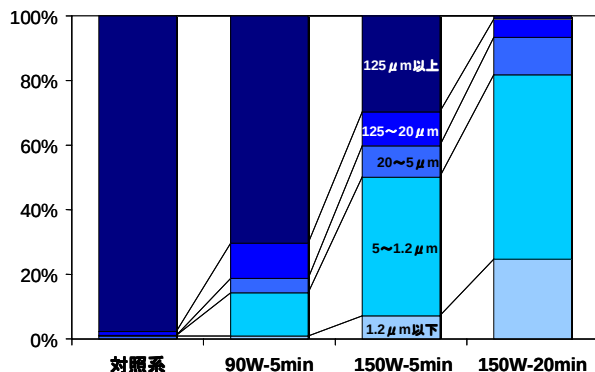


図-3 フロック粒径別 TOC 分布

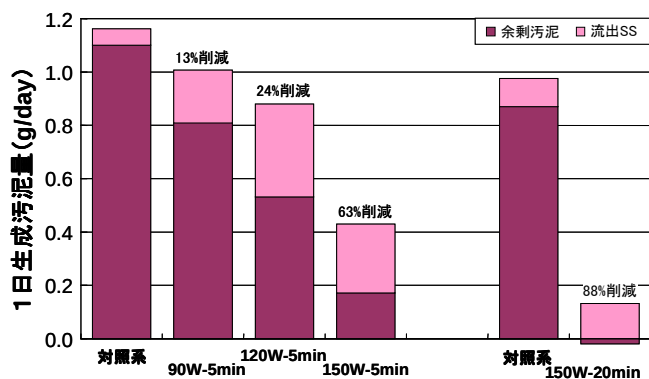


図-4 1 日生成汚泥量

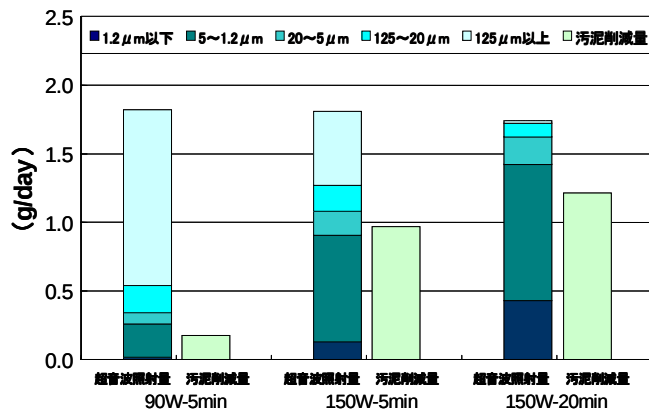


図-5 超音波照射量の粒径と汚泥削減量の関係