

超音波と電解を併用した余剰汚泥の可溶化処理に関する基礎的研究

群馬大学大学院 学生会員 ○土屋香織、群馬大学工学部 正会員 渡邊智秀
群馬大学工学部 正会員 曹 慶鎮、群馬大学工学部 非会員 曾 道勇

1. はじめに

活性汚泥法等の生物学的排水処理に伴い発生する汚泥の排水処理系内での削減や嫌気性汚泥消化の高速・高効率化等への応用を主たる目的として、種々の汚泥可溶化処理法が研究されている。超音波照射はそのひとつであり、キャビテーションの生成に伴う物理的破碎作用が主たる可溶化の機構とされている。近年、超音波照射に併せて電解を行うことにより、特に陰極領域において、超音波照射のみでの処理に比べ、可溶化が大幅に促進される可能性が示されている¹⁾。これは、陰極領域に形成されるアルカリ性環境と超音波の相乗的作用が関与しているものと考えられるが、このような併用処理は、可溶化処理に対するエネルギー消費の低減をもたらす可能性を有していると考えられる。そこで、本研究では、超音波照射と電解を併用する汚泥の可溶化処理の特性について、操作条件とエネルギー消費の観点から検討するとともに、より効果的な超音波照射と電解の操作の方法ならびにその条件について、実験的検討を行った。

2. 実験装置及び方法

装置本体は、塩化ビニル樹脂製の容器で、容積比が約2:7となるように厚さ約2mmの多孔質セラミック製隔壁で仕切られている。この隔壁をはさむように一枚ずつ白金被覆メッシュ状チタン電極を設置して、電極は直流安定化電源に接続した。本実験では、装置本体の容積が大きい側(以下処理槽と称する)を可溶化実験に用い、そこに設置されている電極が陰極となるように通電した。超音波照射には、ホーン型超音波照射器を用いた。ホーン先端は、処理槽の平面中央で槽底から約1cmの位置に固定した。

供試汚泥には、実下水処理施設から採取した返送汚泥または濃縮汚泥を用い、所定のSS濃度に調整した後、約300mlを処理槽内に入れた。実験は、マグネティックスターラーで汚泥を攪拌しながら、汚泥の初期SS濃度、超音波出力及び電解電流値を種々変化させた条件毎に回分式で行い、COD_{Cr}、SS濃度、VSS濃度及びpH等の経時変化を測定した。また、必要に応じて、可溶化処理汚泥の溶解性たんぱく質ならびに炭水化物等の成分分析も行った。

キーワード：余剰汚泥、可溶化処理、超音波、電解

3. 結果及び考察

図1に、併用処理における可溶化率と槽内pHの経時変化の例を同程度の出力で操作された超音波照射単独での処理を対照系として示す。なお、本研究において可溶化率とは、初期固形性COD量に対する溶解性COD生成量の比を表している。対照系(図1の○印)では、時間の経過に伴うpHの値は減少する傾向があるのに対し、併用処理(△印)では上昇し、それに伴って両条件の可溶化率の差も開いていることがわかる。つまり、アルカリ性環境の形成による効果が生じているといえる。電流条件にも依存するが、単純な併用処理ではpHの上昇に時間を要していることに着目し、その効果のさらなる向上のため、短時間の電解でpHを10程度まで上昇させてから併用処理を試みたところ(■印)、その初期から可溶化速度が増大した。すなわち、併用処理に加えて、操作方法を工夫すると、さらに効果が向上する可能性が見い出された。

異なる初期汚泥濃度において、併用処理を行った場合の可溶化率と比エネルギー消費の関係の例を対照系とともに図2に示す。なお、この併用処理では、図1の結果に基づいて、短時間の電解を前処理として組み合わせた。対照系と比べ、併用処理は、初期汚泥濃度がそれぞれ等しい条件において、同程度の可溶化率を得るための比エネルギー消費を低減することが可能であることがわかった。併用処理で消費されるエネルギーのうち、電解による割合は小さいに関わらず、アルカリ性環境の形成と超音波照射との相

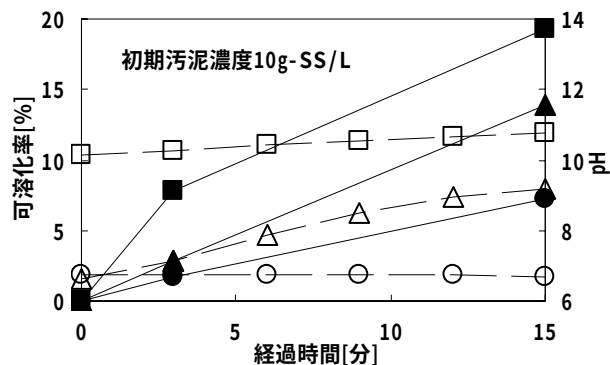


図1 pH及び可溶化率の経時変化(●○:対照系、▲△:併用処理、■□:前電解+併用処理、黒印:可溶化率、白印:pH)

乗的な可溶化促進作用は大きいことが、その主要な原因であると現段階では考えられる。また、超音波照射による可溶化処理では、初期汚泥濃度の増大につれて、比エネルギー消費が低下することが知られているが、電解と超音波照射の併用処理でも、同様な傾向が認められた。

図 3 に、処理時間を一定とした際に、平均超音波出力が併用処理での比エネルギー消費に及ぼす影響の例を示す。平均出力が、10～110W の範囲では、出力の増大に伴い、若干大きくなっていく傾向があるものの、併用処理での比エネルギー消費は、超音波単独の処理に比べて 50～60%であった。したがって、この範囲内では、超音波出力の大小によらず、電解との併用が可溶化の進行に有効に作用すると考えられた。

より効果的な電解と超音波照射の操作を検討するために、その組み合わせ方法を種々変更して、処理の初期における比エネルギー消費と所定時間後の可溶化率を指標としてその特性を評価した。初期汚泥濃度を 10g/L として、異なる 5 つの方法で操作したときの結果を図 4 に示す。比エネルギー消費に着目すると、ごく短時間の超音波照射の後に電解を行う逐次的組み合わせ(条件⑤)が、他の方法に比べ明らかに小さくなっているが、その後の電解のみの処理では可溶化がほとんど進行せず、可溶化率の観点からは、処理として成立しているとはいえない。一方、前処理として電解をした条件②と④は、対照系に比べ比エネルギー消費が小さく、かつ、可溶化率も大きいという点で有効であるといえる。両者を比較すると、前処理の後にも電解を継続する併用処理の効果は明確であるとはいえなかった。これは、初期汚泥濃度が低い条件での実験であったため、前処理後において電解と併用しなくても pH が維持されたことが影響していると推察される。これをふまえると、現段階では、条件②のような操作がひとつの有効な方法になると考えられた。

4. まとめ

- 1) 電解と超音波照射を利用した汚泥可溶化において、予め電解をして pH を上昇させた後に、併用処理をすることで、単純な併用処理に比べて有効な操作方法となる可能性がエネルギー消費と可溶化率の点から示された。今後、可溶化成分の特性とも併せて、さらに有効な操作条件について検討していく予定である。
- 2) 併用処理は超音波単独の処理に比べ、初期汚泥濃度が等しい条件では、同程度の可溶化率を得るための比エネルギー消費を低減できることがわかった。一方、エネルギー消

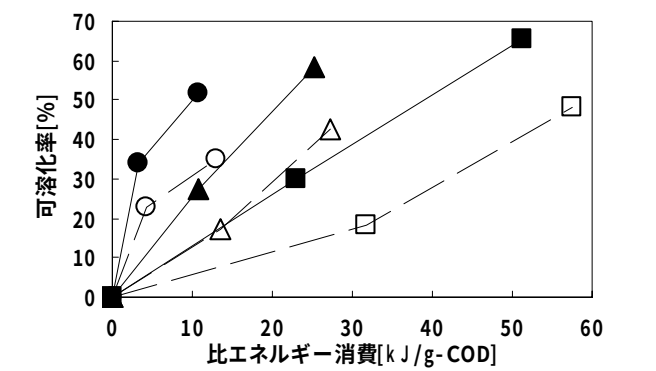


図 2 汚泥濃度と可溶化率、比エネルギー消費の関係(●○：初期汚泥濃度 32.4g/L、▲△：12.6g/L、■□：5.2g/L、白印：対照系、黒印：前電解+併用処理)

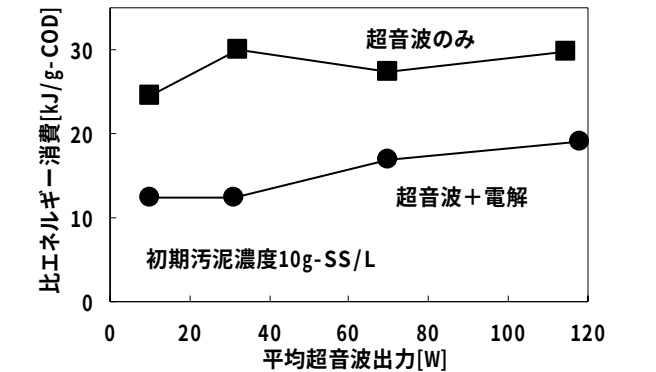


図 3 平均超音波出力と比エネルギー消費の関係

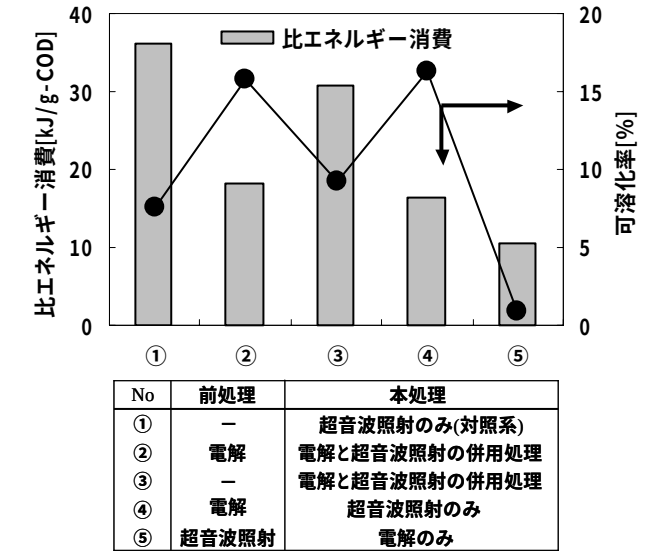


図 4 組み合わせ方法別可溶化率と比エネルギー消費の関係

費の初期汚泥濃度に対する変化の傾向は、超音波照射単独の処理と同様であった。また、110W 程度までの平均超音波出力では、その大小によらず電解との併用効果が有効に作用した。

[参考文献]

- 1) 渡邊ら：環境工学研究論文集，Vol.41,521-530(2004)