

## 電気化学的作用と超音波を併用した汚泥の可溶化に関する基礎的研究

群馬大学工学部 正会員 渡邊 智秀 群馬大学大学院 非会員 曾 道勇  
 群馬大学工学部 正会員 曹 慶鎮 群馬大学工学部 正会員 黒田 正和

## はじめに

活性汚泥法等による生物学的排水処理に伴い発生する余剰汚泥の削減やその嫌気性処理におけるメタン回収能の向上,さらには余剰汚泥の有機物資源としての利用等を目的として,物理的,化学的または生物学的作用を利用した種々の汚泥可溶化処理法が検討されており,後段における処理性の向上に対して,効果的な可溶化の達成が重要となっている.様々な方法の中で超音波照射は,比較的簡単な操作で汚泥の微細化や可溶化ができる有効な処理法のひとつであることが報告されている<sup>1)</sup>.一方,超音波処理は,難生物分解性有機化合物の分解への適用も試みられているが,単独処理に比べ,電解を併用することにより分解速度が大幅に向上することが報告されている<sup>2)</sup>.本研究では,汚泥の可溶化に対して,超音波照射処理に電気化学的作用を併用した場合の効果について実験的検討を行った.

## 実 験

(1) 実験装置 内径約 8cm で高さ約 12cm の透明塩化ビニル樹脂製の円筒型容器内に 2 対の平板型電極を陰極が円筒の中心領域で向き合うように軸方向に対して平行に設置し 1 対ごとに直流安定化電源に接続した.陽極と陰極の間隔を約 1.5cm,陰極間隔を約 4cm とした.陽極には,Pt/Ti 製メッシュ状電極(幅 3.8cm×長さ 6cm),陰極には,ステンレス製メッシュ(幅 6.9cm×長さ 6cm)を用いた.この円筒容器を約 7.5L の水で満たした超音波洗浄器(本多電子製,W-118)内に設置した.超音波照射実験中の液温の大きな上昇や温度分布の影響等を低減するために,洗浄器内の水はポンプで攪拌しながら適宜,水道水と交換した.

(2) 実験方法 下水処理場から採取した返送汚泥を種汚泥とし,人工基質を用いて研究室において Fill and draw 方式で長期間運転している活性汚泥槽から採取した活性汚泥懸濁液を MLSS 約 10000mg/L に調整し,上記の円筒容器に約 350mL 入れた後,通電および超音波照射(周波数 28kHz または 100kHz)を行い,溶解性 COD<sub>Cr</sub>,溶解性たんぱく質,溶解性炭水化物,MLSS,MLVSS および pH 等の経時変化を測定した.たんぱく質は,ローリー法で,炭水化物はフェノール-硫酸法で測定した.なお,実験中,汚泥懸濁液サンプルは円筒容器の中心領域から採取した.

## 結果及び考察

(1) 併用処理における電流の影響 図 1(a)~(d)に出力一定で周波数 28kHz の超音波を照射した条件下において,0~400mA の範囲内で電極への通電を変化させた場合における溶解性 COD<sub>Cr</sub>,たんぱく質および炭水化物濃度ならびに陰極で挟まれた領域の pH の経時変化を示す.超音波照射単独(通電なし)の場合と比べて,60mA 程度の通電と併用しても溶解性の COD<sub>Cr</sub>,たんぱく質および炭水化物濃度の経時変化の傾向は,ほとんど同様であったが,それ以上の電流を通電することにより,電流値の増大に対応してこれらの溶解性成分濃度も増大し,超音波と電気化学的作用の併用により汚泥の可溶化が促進されることが確認された.しかしながら,通電を併用することによる可溶化の促進効果は,実験開始から 1 時間程度までにおいて大きいものの,それ以降では時間経過に伴い COD<sub>Cr</sub> およびたんぱく質濃度の超音波照射単独系との差は小さくなる傾向があった.この期間における陰極で挟まれた容器中央部の広い領域の pH は,通電のない系では,ほぼ中性領域で若干低下する程度であったが,180mA 以上の通電を行った系では,実験開始直後から 2 時間程度まで 10 以上に維持され,その後徐々に低下した.アルカリ剤を添加する汚泥のアルカリ可溶化処理が既に検討されていることを勘案すると,超音波照射に併せて電極へ通電した場合に汚泥の可溶化が促進されるのは,陰極での電解反応に伴い容器内において高 pH 領域が形成され,その領域に超音波が照射されていることが寄与しているものと現

キーワード：汚泥可溶化,ソノエレクトロケミカルプロセス,超音波,電気分解

連絡先：〒376-8515 桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部建設工学科,TEL:0277-30-1631,FAX:0277-30-1601

段階では推察される。但し、電流条件の相違により、pH 変化の傾向はほぼ同様でも COD<sub>Cr</sub> 等の溶解成分濃度に有意な差があることから、陽極上での電気化学酸化による可溶化の進行ならびに超音波照射による電極表面近傍における物質移動抵抗の低減等による反応促進等の寄与も考えられるので、今後どの因子が大きく影響をしているかさらに検討を行う必要がある。

(2) 併用処理における照射周波数の影響

図 2(a)及び(b)に 400mA の通電をしている条件下で照射する超音波の周波数を変化させた場合における溶解性 COD<sub>Cr</sub> および MLVSS 濃度の経時変化を示す。100kHz に比べて 28kHz の照射条件下において実験初期の可溶化速度が明らかに大きく、また、MLVSS 濃度の減少速度も大きかった。芳香族系有機物等の超音波照射分解処理では、高周波で

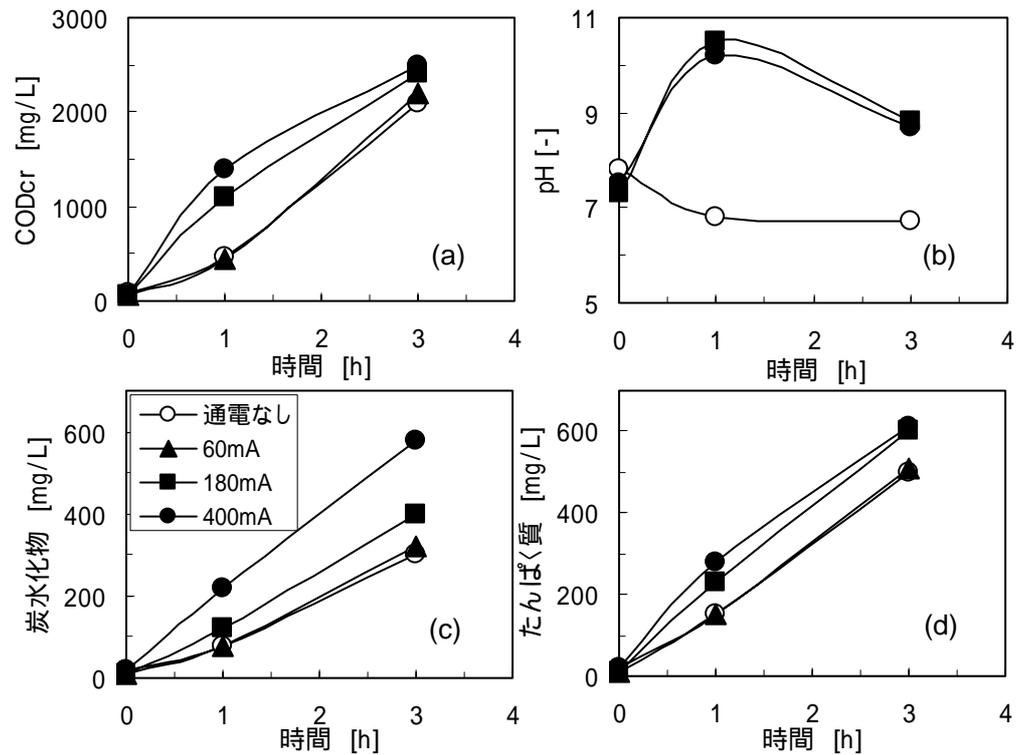


図 1 併用処理における可溶化に対する電流の影響（超音波：28kHz）

その効率や速度が増大するが<sup>2)</sup>、汚泥の微細化および可溶化においては、低周波が効果的であることが報告されており<sup>3)</sup>、通電を併用した本実験でも超音波単独処理と同様の傾向を持つことが示唆された。

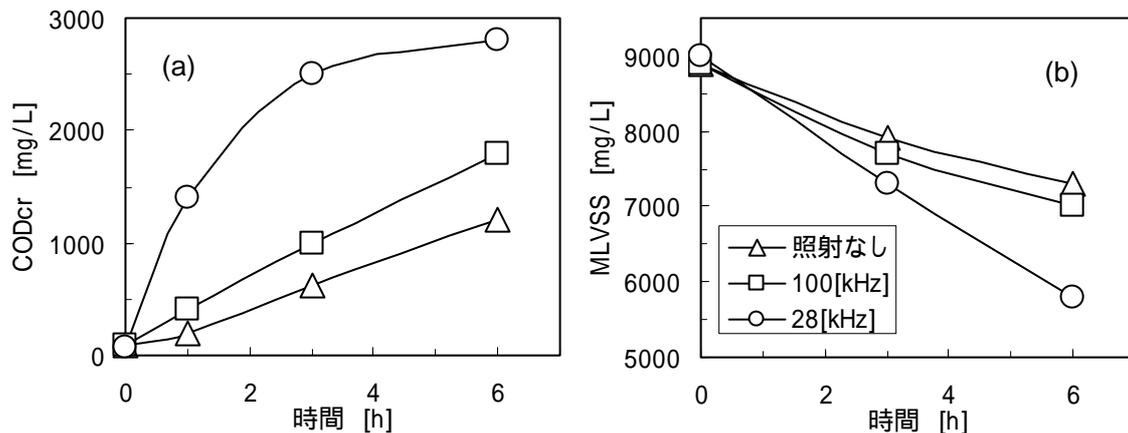


図 2 併用処理における可溶化に対する周波数の影響（電流：400mA）

まとめ

超音波と電気化学的作用を併用すると、汚泥の可溶化を促進できることが実験的に明らかとなった。併用による可溶化促進効果には、電解により陰極領域が高アルカリ性となりその領域に超音波が照射されることが寄与し、無薬注でそのような場を形成できることが本法の特徴の一つであると考えられた。また、実験の範囲内では、超音波単独の可溶化処理と同様に低周波数照射において効果が大きかった。今後は、本法を用いたより効果的な可溶化を達成するための装置工学的および操作的条件についてさらに検討を行う必要がある。

参考文献 1) 見手倉ら：環境工学研究論文集，Vol. 39, 31-41 (2002)，2) Trabelsi F. *et al.*, *Chem. Eng. Sci.*, Vol. 51, No. 10, 1857-1865 (1996)，3) Tiehm A. *et al.*: *Water Research*, Vol. 35, No. 8, 2003-2009 (2001)