

超音波/電解併用型処理による可溶化汚泥の特性

群馬大学大学院 学生員 ○土井 俊彦
 群馬大学大学院 伊藤 司
 群馬大学大学院 正会員 渡邊 智秀

はじめに： 生物学的排水処理で生成する汚泥の処理システム内での発生量の低減や嫌気性消化の高速・高効率化ならびに汚泥からの資源回収を効果的に達成するための前処理プロセスとして、汚泥の可溶化処理が注目されている。これまでに機械的、化学的または生物学的な作用を応用した可溶化処理技術が種々検討されているが、著者らは、超音波照射と電解で形成される複合場を利用する方法を提案し、従来から知られている方式の一つである超音波照射単独の処理に比べて、可溶化速度の向上ならびに比消費エネルギーの低減が図れる可能性があることを報告した¹⁾。本研究では、異なる処理条件下で得られた可溶化汚泥に対して嫌気的条件下におけるメタン生成実験を行い、超音波照射と電解を併用した可溶化処理の特徴を明らかにすることを試みた。

実験：

(1) 供試汚泥： 主として下水処理施設から採取した返送汚泥（標準活性汚泥法）を実験に用いた。また、汚泥種の影響の検討には、農業集落排水処理施設の返送汚泥（連続流入間欠曝気方式）、畜産排水処理施設の余剰汚泥（回分式活性汚泥法）および嫌気性消化汚泥を用いた。下水処理汚泥は研究室内で容器に貯留して、人工下水を供給しながら好気条件下で管理したが、他の汚泥は採取後、冷蔵庫で保管しておき実験に供した。

(2) 実験装置と方法： 可溶化実験槽は、既報¹⁾と同じである。総有効容積約 390mL の直方体容器を体積比が 2:7 となるように多孔質セラミック製隔壁で 2 つに分割し、容積が大きな側を可溶化処理室にした。もう一方は、対極室として 0.2mol/L の硫酸カリウム水溶液で満たした。両室には、Pt/Ti 製メッシュ状電極を 1 枚ずつ設置し、特に断らない限り、可溶化処理室が陰極となるように直流安定化電源と接続した。超音波は、周波数 20kHz のホーン型超音波照射器（先端径約 12mm）を用いて可溶化処理室内の汚泥試料へ照射された。

可溶化処理は、SS 濃度約 10g/L となるように調整した汚泥を可溶化処理室に満たし、所定の超音波密度および電解電流値で操作した。薬剤添加で pH 調整等をする場合には、約 3mol/L 水酸化カリウム溶液または硫酸を用いた。メタン発酵試験は、容積約 120mL のバイアル瓶に種汚泥となる約 10g-VS/L の嫌気性消化汚泥（種汚泥）と試料となる可溶化処理汚泥（またはそのろ液）をそれぞれ 30mL 入れ、pH 調整やヘッドスペースの窒素ガスによる置換をしてから密栓し、35°C の恒温槽内において連続振とうしながら行い、ガス生成量と組成および COD_{cr} 等の経時変化を測定した。対照系として、可溶化処理しない無処理汚泥ならびに種汚泥のみも並列して実験した。本研究では、呼び孔径 1.0 μ m のガラス繊維ろ紙を通過した成分を溶解性として扱った。

結果および考察

(1) 可溶化率とメタン生成の関係： 図 1 に可溶化率（COD 基準）が異なる可溶化汚泥から得られた比メタン生成速度の経日変化を示す。実験開始から 3 日程度までのメタン生成速度は、可溶化率の増大に伴い大きくなる傾向が認められた。その一方で、それ以降における速度は、可溶化処理の有無や可溶化率の相違にもかかわらず同程度であった。図 2 に可溶化汚泥のろ液（溶解成分）に対してメタン生成実験を行った際に得られた溶解性 COD のメタン転換率を示す。溶解成分のメタン化は、遅くとも 5 日間までにほぼ終了していることがわかる。従って、可溶化処理汚泥の消化初期におけるメタン生

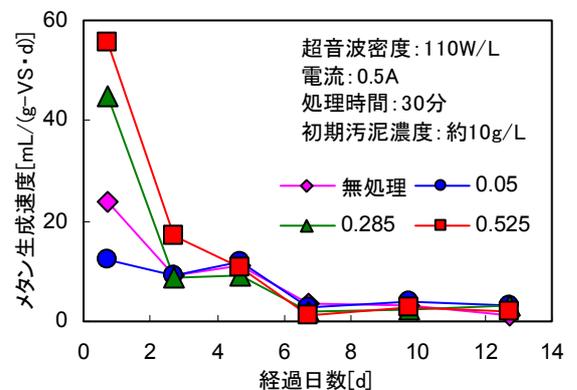


図 1 異なる可溶化率の試料に対するメタン生成速度の経時変化

キーワード 汚泥可溶化、嫌気性消化、超音波、電気分解、下水汚泥

連絡先 〒376-8515 桐生市天神町 1-5-1 群馬大学大学院 工学研究科 社会環境デザイン工学専攻 TEL: 0277-30-1631

成速度は、可溶化で生成した溶解性成分の多少に依存していると考えられた。また、溶解成分に対するメタン転換率が、可溶化率がごく小さい場合を除けば、ほぼ同じであることから、可溶化率の相違によって可溶化物中の生分解性成分割合が変化するとはいえないことが推察された。そのため、実験の範囲では、可溶化率の上昇に伴いメタン生成速度が大きくなるといえる。なお、約2週間の実験期間で総メタン生成量は、可溶化率が約0.52であるとき、可溶化処理をしない場合に比べて約40%多かった。

(2) 処理条件の影響： 処理時間または可溶化率が等しくなるように異なる方法で操作した場合の可溶化率 η を表1に示す。可溶化処理槽が陽極室となるように通電して併用処理をすると、陰極室となる場合に比べてはるかに可溶化率が小さくなった。陰極室は電解に伴いアルカリ性となるが、単にアルカリ剤を添加してpH調整した場合(Run-3)と比べて、はるかに可溶化率は大きくなるのは、超音波が相乗的に細胞破碎に作用するためであると考えられた。これらの操作で得られた各可溶化汚泥の無処理汚泥に対するメタン生成比を図3に示す。可溶化率が大きなRun-1とRun-4で得られた可溶化汚泥では、メタン生成に40~50%の増大が見られた。また、両者はほぼ同程度であったことから、電解の併用が可溶化処理汚泥の生分解性に影響を与えるというわけではないことがわかった。一方、可溶化率が小さいRun-2の可溶化汚泥でも、無処理汚泥に比してメタン生成が大きくなる傾向が認められた。これは、陽極室での併用処理でも、細胞破碎に伴う細胞内成分の放出が起こっており、見かけの可溶化率が小さいのは、放出された成分が酸性環境において固形化するなどしているからであると推定された。

(3) 汚泥種の相違： 固形物濃度約1%に調整した汚泥に対し、超音波密度110W/L、電流0.5Aで30分間の可溶化処理をした場合を例にすると、実験の範囲では、種類によらず可溶化率は0.4~0.43であった。つまり、本法の可溶化処理に対する汚泥の発生源の影響はほとんどないと考えられた。しかしながら、図4に示したように、各可溶化汚泥の無処理汚泥に対するメタン生成比は、その値や経日変化に明らかな相違が認められた。すなわち、汚泥の種類により、可溶化成分の生物分解性が異なる可能性が示唆された。なお、現段階において、嫌気性消化汚泥で可溶化処理の有無によるメタン生成への影響がほとんどない結果が得られているが、実験系の関係で測定誤差も影響している可能性があるため、再試験を含めた検討をしている。

【参考文献】1) 渡邊ら：環境工学研究論文集, Vol. 43, 419-427 (2006)

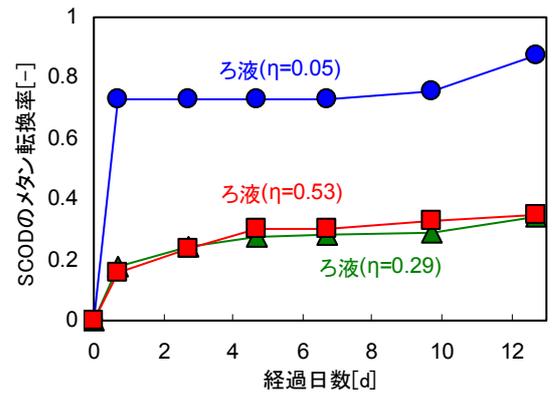


図2 可溶化汚泥の溶解成分のメタン転換率

表1 異なる操作での可溶化率

	名称	条件	η [-]
Run-1	併用処理 (陰極室)	超音波 33W/L 電流値 0.5A 30分間	0.32
Run-2	併用処理 (陽極室)	同上	0.02
Run-3	アルカリ剤 添加のみ	pH11.5に調整 30分間	0.07
Run-4	超音波のみ	超音波 110W/L Run-1と同じ η	0.32

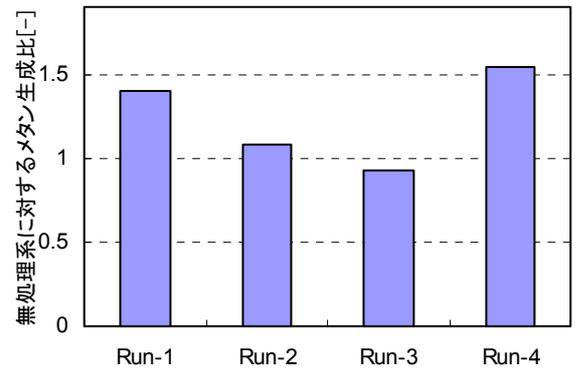


図3 無処理汚泥に対する各可溶化汚泥のメタン生成比(約3日間)

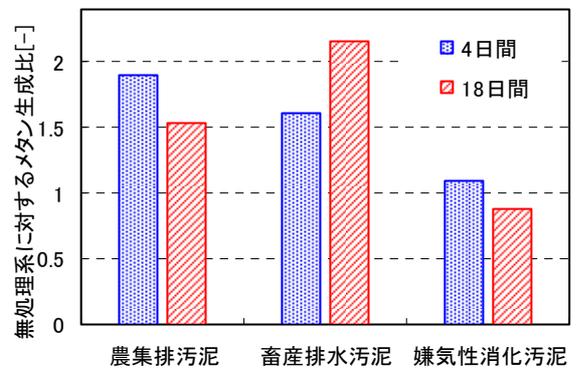


図4 各汚泥の無処理系と可溶化処理系におけるメタン生成比