

II-495 嫌気性消化プロセスによる汚泥処理の高効率化に関する研究－可溶化余剰汚泥の連続処理－

北海道大学工学部 正 員 清水 達雄
 北海道大学工学部 学生員 ○小林 宏典
 ㈱東洋エンジニアリング 釜澤 正実
 北海道大学工学部 正 員 那須 義和

1. はじめに 前報において余剰汚泥の細胞壁を破壊し、可溶化することによって、汚泥内成分のメタンガスへの変換速度や変換率を向上させることが可能であるという知見が得られた。そこで本研究では細胞壁を破壊した可溶化汚泥を消化槽内へ投入して連続処理した場合、どの程度まで処理効率を増加させることが出来るか、また汚泥を可溶化したことによって処理水の水質がどのように影響を受けるかなどを検討した。それと同時に可溶化汚泥の処理には二槽嫌気性消化プロセスが効率改善に有効であるという知見が得られたので、その点についても報告する。

2. 実験装置および方法 連続処理実験には表1に示す無処理余剰汚泥と超音波処理によって細胞壁を破壊した可溶化

表1 投入汚泥の成分濃度 (mg/ℓ) () 内は平均値

率55～60%
 の可溶化汚泥を用いた。連続処理プロセスとしては沈澱槽を付設した単槽処理

	余剰汚泥	有機物	無機物	TOC	TN	蛋白質	核 酸	脂 質	炭水化物
汚 泥	19700-17600 (18300)	17000-14900 (15500)	2840-2700 (2740)	8300-7760 (7980)	1990-1270 (1650)	10700-9310 (10000)	1910-1540 (1780)	2320-935 (1450)	1700-1470 (1680)
超音波処理した汚泥の上澄水	11100-9720 (10300)	9610-8190 (8850)	1530-1500 (1520)	5660-4100 (4750)	1530-842 (1200)	6000-4500 (5170)	1850-1050 (1430)	1840-420 (940)	1350-650 (894)
超音波処理した汚泥の残渣	10300-9160 (9500)	8600-7640 (8030)	1680-1340 (1470)	4150-1790 (3250)	906-355 (641)	4940-3950 (4590)	760-360 (534)	790-325 (525)	1260-932 (1140)

槽と二槽処理装置（図1）を用いた。二槽処理装置の酸生成槽には汚泥返送を伴う完全混合型反応槽を用い、メタン生成槽には攪拌機を付設した流動床型反応槽を使用した。また各反応槽には汚泥の凝集効果と微生物付着担体としての役割を持つ軽石（粒径200μ以下）を添加して消化槽内のMLVSS濃度を高めて（VSS濃度15,000～20,000mg/ℓ）、連続処理を行った。

3. 実験結果および考察 図2は表1に示す汚泥を投入して、水理学的滞留時間を種々変化させて連続

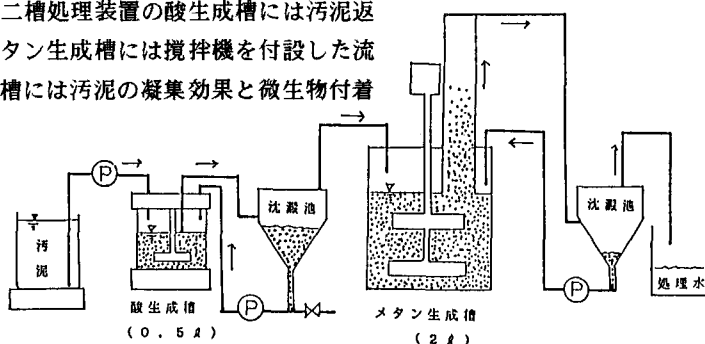


図1 二槽式嫌気性消化プロセスによる余剰汚泥の処理

処理を行った時の総括ガス発生速度を示している。超音波処理による可溶化汚泥を投入する二槽処理プロセスでは滞留時間の短縮に伴って顕著なガス発生速度の増加を示し、滞留時間2.5日（VSS投入負荷6～8kg/m³・day）では無処理汚泥を単相系で処理する場合と比べて3.5～4倍であるという結果が得られ、さらに消化率およびガス変換率は少なくとも滞留時間2.5日以上ではそれぞれ60%および40%以上であった。一方無処理汚泥を投入した単槽処理プロセスでは滞留時間を短縮して投入汚泥負荷量を増加させてもガス発生速度の増大は期待できず、ガス変換率はともに減少した。次に余剰汚泥から溶出する生体高分子物質の蛋白質、脂質、炭水化物の処理特性について検討した結果、可溶化汚泥を投入する二槽系では滞留時間の短縮に伴って、これらの生体高分子の濃度はわずかに増加する傾向にあるが、無処理汚泥を処

理する単槽系では、可溶化が律速するために、減少した。図3に蛋白質についての結果を示す。滞留時間の短縮に伴って溶存蛋白質濃度が増加するという結果と細胞壁を破壊した可溶化汚泥を処理した場合でもガス変換率が50%を超えないという実験結果から、さらにガス変換率を上げるためにはペプチドグルカンなどの細胞壁構成成分や蛋白質等の生体高分子の加水分解を促進させる方法を考える必要がある。嫌気性消化プロセスによる汚泥処理において、処理後に排出される消化脱離液の水質を把握しておくことは重要である。そこで処理水中のTOC、全窒素および全リン濃度について検討した。処理水中の溶存TOC濃度および全窒素濃度（図4）に関しては、無処理汚泥を投入する単相系では、滞留時間の短縮に伴って消化率が低下することに起因して、低くなる傾向があるが、可溶化汚泥を投入した場合には、生体内物質の溶出率が高いために無処理汚泥を投入する系に比して高い値になった。処理水中の全リン濃度については、無処理汚泥を投入する系と可溶化汚泥を投入する系とでは、大きな差はなく、また滞留時間にも依存しなかった。この結果は核酸、ポリリン酸、糖リン酸化合物などの細胞内リン化合物は消化過程において容易に加水分解され、オルトリ酸として放出されることを示している。嫌気性消化プロセスにおいて、有機酸のメタンガスへの変換能力を明らかにすることはプロセスの処理能力を評価する場合に重要な知見を与える。そこで単槽系と二槽系での各種有機酸の分解能に関して検討を行った（図5、6）。その結果、酸生成槽から酢酸、プロピオン酸、酪酸、吉草酸などの各種の有機酸が常に供給される二槽系処理プロセスのメタン生成槽での有機酸分解能は、いずれの有機酸に対しても単槽処理プロセスに比して高いことを示した。特に無処理汚泥を単槽系で処理する場合、酢酸以外の有機酸分解能が非常に低いことが明らかになった。以上の結果から、何らかの方法で可溶化した汚泥を嫌気性消化プロセスで連続処理する場合、二槽嫌気性消化プロセスを採用すると、大幅な効率改善が期待できることが明らかになった。

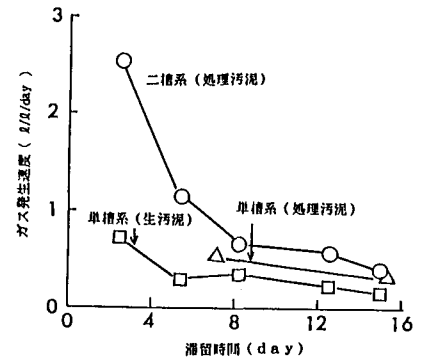


図2 滞留時間とガス発生速度との関係

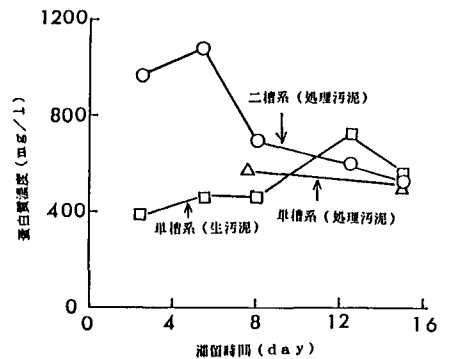


図3 処理水中の蛋白質濃度

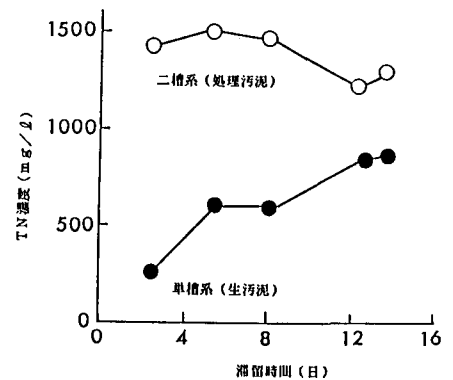


図4 処理水中の全窒素濃度

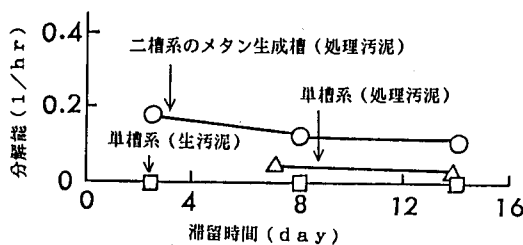


図6 単槽系と二槽系におけるプロピオン酸分解能

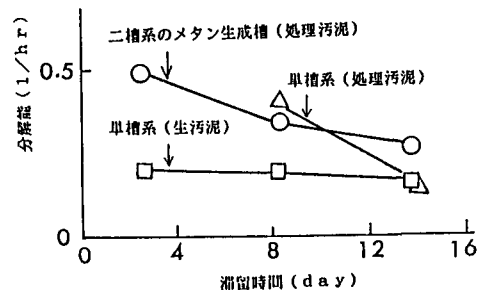


図5 単槽系と二槽系における酢酸分解能