

II-494 嫌気性消化プロセスによる汚泥処理の高効率化 — 汚泥の可溶化と加水分解 —

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 ○岡村 亨
 ㈱東洋エンジニアリング 金澤 正実
 北海道大学工学部 正 員 那須 義和

1. はじめに 嫌気性消化プロセスによって、余剰汚泥のような固形有機物を処理する場合、汚泥の前処理法として熱処理などを行い、汚泥を可溶化すると、ガス発生速度やガス変換率が増加することが明らかにされている。その効果は細胞壁の破壊による細胞内成分の溶出効果と生体内高分子物質（蛋白質、脂質、核酸、炭水化物など）の加水分解による低分子化効果によるものと考えられる。しかしそれぞれの効果に関して、明確な知見は得られていない。本研究では余剰汚泥を超音波処理して、細胞壁を破壊することによって細胞内成分を溶出させ、溶出した生体高分子成分を嫌気性消化プロセスへ投入し、その分解速度に関して実験的検討を行い、細胞内成分の溶出効果を明らかにした。

2. 実験方法 余剰汚泥の可溶化は超音波発生器（出力200W、発振周波数20KHz）を用いて、1～2ℓの濃縮汚泥（MLSS濃度＝18,000～20,000mg/ℓ）を約3時間処理し、細胞壁を破壊することによって行った。この可溶化汚泥の可溶化率（10,000rpmで遠心分離した時の上澄液の有機物濃度/余剰汚泥の有機物濃度×100）は55～60%であった。嫌気性消化槽としては、操作容量2.5ℓの完全混合型反応槽を用いた。温度は37℃に設定し、pHを7に制御して、無処理汚泥および可溶化汚泥を投入して連続処理し、その分解性に関して検討した。

3. 実験結果および考察 余剰汚泥の可溶化効果を明らかにするために、可溶化汚泥および無処理余剰汚泥を連続的に投入し、溶出有機物（超音波処理汚泥を10,000rpmで遠心分離した時の上澄液の有機物）の分解速度と余剰汚泥の減少（消化）速度とを比較検討した。連続処理における物質収支式から

$$V \cdot dS/dt = F(S_0 - S) - V(dS/dt)_{reat.}$$

定常状態では、 $(dS/dt)_{reat.} = (S_0 - S)/\theta$

（ S_0 、 S ；投入および消化槽内余剰汚泥あるいは溶出有機物濃度、 θ ；滞留時間）

余剰汚泥の消化速度あるいは溶出有機物の分解速度が一次反応に伴うとすると

$$(dS/dt)_{reat.} = kS$$

従って、 $k(S/S_0) = (1 - S_0/S)/\theta$

図1の結果は、嫌気性消化プロセスにおいて、余剰汚泥の消化速度および溶出した細胞内成分の加水分解速度は一次反応に従うことを示しており、直線の傾きから求められる速度定数は余剰汚泥の消化および溶出有機物の分解に対して、それぞれ0.16/dayおよび1.2/dayであり、細胞壁を破壊して、細胞内成分を溶出させると、汚泥成分の分解速度を大幅に増大できることが明らかになった。また横軸切片から求められる最大分解率は余剰汚泥および溶出した細胞内成分に対して、それぞれ約65%および約90%であった。汚泥の前処理効果を評価する場合、分解速度および最大分解率が重要な因子と考えられるが、細胞壁の破壊による汚泥の可溶化はその両方に効果があることが明らかにな

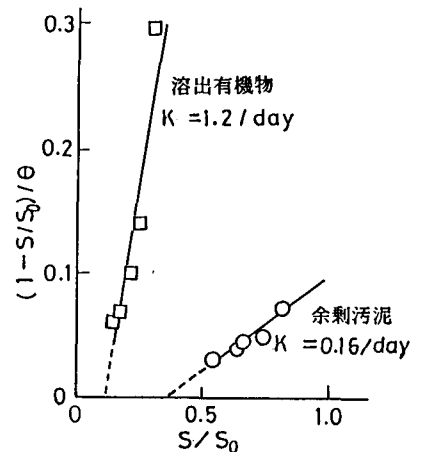


図1 余剰汚泥と溶出有機物の分解特性

った。次に余剰汚泥の主たる構成成分である蛋白質、脂質、炭水化物および核酸の分解性について検討した。図2は嫌気性消化槽へ可溶化汚泥をパルス状に投入して、汚泥内成分の分解に関して回分消化実験によって検討した結果を示している。無処理の余剰汚泥の消化速度に比して、蛋白質、炭水化物、核酸の加水分解速度は大きく、特に核酸の分解は急速に起こることが明らかになった。図3は連続処理系を用いて、汚泥成分の分解特性を検討した結果を示している。汚泥内高分子物質の分解速度は一次反応に従っており、その反応速度定数の値から、汚泥の消化速度0.16/dayに比してかなり高いこと（蛋白質；1.3/day、炭水化物；1.2/day、脂質；0.76/day）が明らかになった。以上の結果は余剰汚泥を構成している微生物の細胞壁を何らかの方法で破壊した可溶化汚泥を嫌気性消化槽内へ投入すれば消化速度やガス発生速度の大幅な改善が期待できることを示している。次に初沈汚泥中に20～35%程度含有され、嫌気的生物分解速度が比較的小さいと言われているセルロースの嫌気性消化プロセスによる加水分解について検討した。図4は負荷量とセルロースの加水分解との関係を示したものであるが、負荷量が増加するに従ってセルロース分解能は増加する傾向にあり、また汚泥を返送して槽内MLSS濃度を高めると総括セルロース分解能が増加することが明らかになった。以上汚泥構成成分である蛋白質、脂質、核酸、炭水化物および初沈汚泥に含有されているセルロースの嫌気性消化による加水分解に関して検討した結果を総括的に表1に示した。この表から、細胞壁を破壊して、溶出する生体内高分子物質の加水分解速度は余剰汚泥の消化速度より一桁程度高い値であり、その最大分解率も90%程度であることが明らかになった。以上の結果から汚泥の細胞壁を破壊した可溶化汚泥を投入することによって、嫌気性消化プロセスの高速度化とメタンガスへの変換率の大幅な改善が可能であることが明らかになった。

表1 バイオポリマーの加水分解

	加水分解速度 (day ⁻¹)	最大分解率 (%)
余剰汚泥	0.16	65
可溶化汚泥	1.2	90
蛋白質	1.3	95
核酸	1.8 ^{*1}	95
脂質	0.76	88
炭水化物	1.2	90
セルロース	0.95 ^{*2}	90 ^{*2}
	0.52 ^{*3}	90 ^{*3}

^{*1} ; 回分処理

^{*2} ; 汚泥返送を伴う連続処理

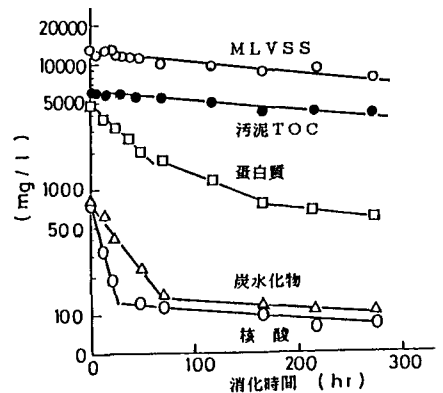
^{*3} ; ケモスタット型連続処理


図2 汚泥成分の分解

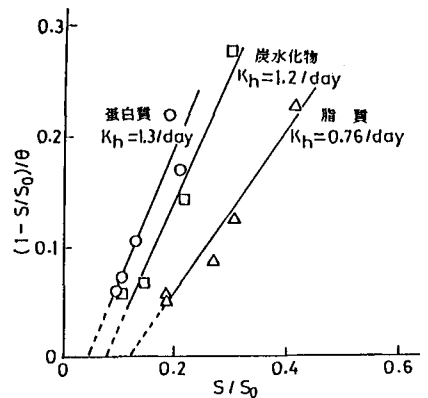


図3 生体内高分子の分解特性

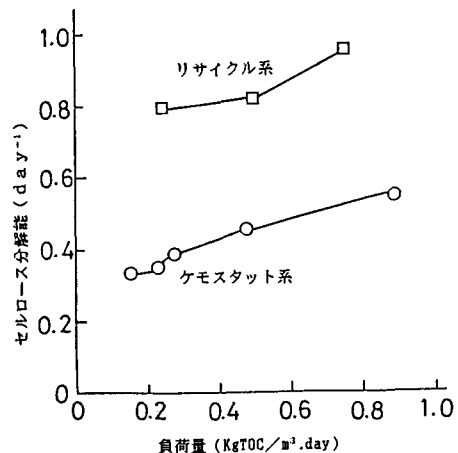


図4 連続処理系におけるセルロース分解能