

II-491

熱変性嫌気性消化プロセスの可溶化反応に関する研究

京都大・工 ○（学） 後藤暢茂 （正）平岡正勝 （正）武田信生

1 研究内容と目的

高濃度有機物を含む下水汚泥処理に適用される嫌気性消化における第一段階の反応は固形性有機物の液化であり、その律速段階は粒子の溶解性基質への加水分解であるといわれている。そこで、前処理として熱を加えることによって嫌気性消化の総括反応速度を促進することが提案され、様々な研究がなされている。熱変性効果に関する考察は講演概要集別記に任せ、本研究では、熱変性嫌気性消化プロセスにおける加水分解段階に焦点をあて、連続消化実験をもとにした総有機物質・蛋白質・炭水化物・脂質での挙動を検討することによって消化に及ぼす前処理熱変性効果を評価していくことにする。

2 モデルと考え方

ここでの消化における粒子状有機物の生物学的可溶化を次のように評価する。

$$\frac{d([VSS] - [VSS]_n)}{dt} = -K_d([VSS] - [VSS]_n) \quad (1)$$

K_d : 酵素的加水分解速度定数 $[VSS]_n$: 分解できない揮発性固形物濃度
動力学パラメータを求めるための線形式は、固形性粒子状物質に対する定常状態の物質収支方程式から求められ、分解性粒子状COD流入濃度を P_0 、分解性粒子状COD流出濃度を P とすれば次式を得る。

$$P = \frac{P_0}{1 + K_d \cdot SRT} \quad (2) \quad SRT = P_0 \cdot \frac{SRT}{\Delta P} - \frac{1}{K_d} \quad (3)$$

本研究では、 $[VSS]_{in}$ と $[VSS]_{out}$ の実験値、そして我々があらかじめ設定した滞留時間により K_d を求め、嫌気性消化の酵素的加水分解を評価する。

3 消化実験と解析

嫌気性消化の連続実験は 3000 ml のナス型フラスコを用い、60℃、120℃そして160℃で 30 分熱処理した汚泥とコントロールの生汚泥について、各4系列ごとに滞留時間を変えて（7種類）実験を半連続状態で行った。固形性COD物質の酵素的加水分解の解析は、最小自乗法を用いた直線により、それぞれの系列で P_0 と K_d の理論値（表1）を求めた。

蛋白質、炭水化物と脂質の分析データについては、サンプルを各系列とも各々4、3、3個しか得られなかったため、有効な結果は出なかった。各系列ともCOD収率は 100 % 前後で消化運転は良好といえる。

表 1 式（3）からの回帰直線データ

H.T.Temp (℃)	Intercept (day)	Slope (-)	Corr. (-)	Hydrolysis rate const. (1/day)
RAW	- 3.39	11424	0.985	0.295
60	- 1.87	9923	0.892	0.5354
120	- 1.74	6056	0.967	0.575
160	- 2.92	5390	0.832	0.342

表2 熱処理実験による加水分解速度データ

熱処理温度 (℃)	RAW	60	120	160
熱的加水分解速度定数 (1/day)	—	149.5	174.4	188.7
熱加水分解非分解SS・ TS濃度比	—	0.829	0.764	0.662

熱変性嫌気性消化プロセスにおける可溶化反応を考える時、熱的・酵素的兩段階を通して考察することは加水分解の効率化を採るうえで非常に重要だと思われる。そこで、下水汚泥SS初期濃度を 40 gCOD/l と設定し、あらかじめ行った熱処理実験でのデータ（表 2）を用い、各系列・各滞留時間との関係から熱的・酵素的加水分解による可溶化率のシミュレーション（図 1）を試みた。全系列において滞留時間が長くなるにつれ可溶化率は上がるが、その増加は遅くなり、最終的にはある一定値に漸近する。また、熱処理の効果は滞留時間が短いほどよく出ることがわかる。

表3 熱処理・消化における加水分解段階でのCOD-SS濃度の推移

設定初期濃度(mgCOD/l)	SS : 40000		TS : 40846	
熱処理温度 (°C)	RAW	60	120	160
熱加水分解での限界 非分解性COD濃度	—	33853	31190	25561
投入汚泥SS濃度	40000	34127	31423	27306
非分解性COD-SS・ 投入汚泥SS濃度比	0.743	0.735	0.824	0.802
熱・酵素的加水分解での 限界非分解性SS濃度	29728	25080	25095	21910
酵素的加水分解 分解性 COD-SS 濃度	10272	9047	6238	5396

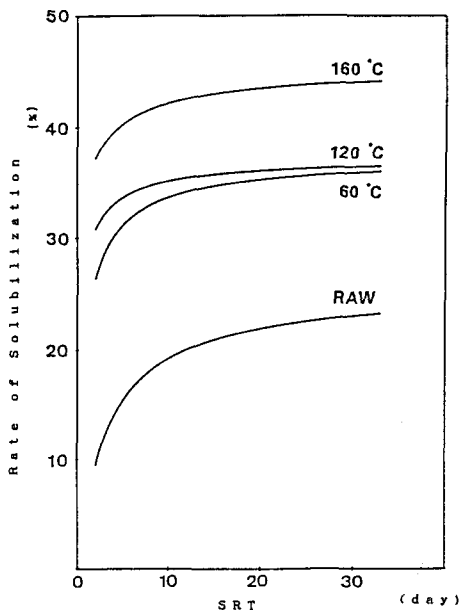


図 1 滞留時間と可溶化率の関係

表 4 無処理系の可溶化率を1とする場合の各系列の割合

滞留時間 (day)	RAW	60	120	160
5	1	2.04	2.17	2.63
10	1	1.76	1.82	2.20
20	1	1.61	1.64	1.98
30	1	1.56	1.58	1.90
∞	1	1.45	1.45	1.76

4 結論

これらのデータを考察してみると本研究において次のようなことが結論づけられる。

60 °C系と 120 °C系では、消化槽投入前の熱的加水分解段階では 120 °Cのほうがよく可溶化していたが、酵素的加水分解まで考えた全加水分解段階で比べると最終的にはあまり可溶化率は変わらなく、結局汚泥の質自体さほど変化していないと言える。しかし 無処理系（RAW）と比べると、かなりの効果が期待できる。熱処理温度を 160 °C系においてはトータルの可溶化率が非常に良くなり、汚泥の改質を表している。しかし 160 °C以上の高温での熱処理は、多量のエネルギーを消費することになるので、一概に熱処理温度は高ければ良いとはいえない。実際の下水処理場では初沈汚泥と、主に熱処理を施す生物分解されにくい終沈余剰汚泥の2種類の汚泥を混合し投入汚泥としていて、消化槽は 37 °C前後に保たれる必要があり、また初沈汚泥は 10 ~ 15 °Cぐらいであることを考慮すれば、熱処理温度は 60 °C前後が最適なのではないかと思われる。

本研究では、熱変性嫌気性消化プロセスにおける可溶化反応について検討し、モデル化を試みた。この結果は将来、酸発酵・メタン発酵のプロセスモデルを組み合わせることによって、熱変性メタン発酵プロセス全体のモデル化と最適化への道を切りひらくものであろう。