

京都大学大学院 学生員 後藤暢茂  
 京都大学工学部 正会員 平岡正勝  
 京都大学工学部 正会員 武田信生

1. はじめに

熱変性メタン発酵プロセスは、従来の嫌気性プロセスの効率を高めるために提案されたものであり、初沈汚泥に比べて生物分解性が低い余剰汚泥に対して前処理として熱を加えることにより、ガス生成量を増大させ、高効率化がはかれる。のちの、動力学モデルを同定し、熱変性メタン発酵プロセスを動力学的に評価することの一環として以下の研究を行なう。汚泥の主要有機物である蛋白質に着目し、余剰汚泥に対して熱処理実験および熱変性バッチ消化実験を行なうことにより、熱処理プロセスでの含窒素物質の変性過程および機構を究明し、熱変性汚泥の消化プロセスにおける生物分解性の向上について検討・考察することを目的として行なった。

2. 実験方法

下水処理場より採取した余剰濃縮汚泥(固形物濃度 4.7%, 有機分率 74.7%)を容量6ℓ, 最高圧20(kg/cm<sup>2</sup>)のバッチ式オートクレーブで各温度の熱処理操作をした。維持時間は30分であった。バッチ消化実験は上記の熱処理汚泥を用いて、バッチ期間を30日とし生活污水を対照にして行なった。消化槽は容量3ℓのガラス広口瓶を用い、熱処理の消化過程に対する効果を考察するため各温度での熱処理汚泥濃度を25(gVTS/ℓ)にした。種汚泥は、処理場の嫌気性消化タンクより引き抜いた消化汚泥を研究室で3ヶ月以上可溶性デンプン主体の合成基質で培養し、十分菌体の活性度を高めた後、バッチ実験で基質として用いる汚泥により40日馴致したものを用了。無処理から200℃熱処理の各系列について種汚泥と投入汚泥の体積比は2:1とし、有機物負荷は30日滞留として計算すると各系列とも0.42(gVTS/ℓ day)であった。

3. 実験結果および考察

熱処理による汚泥の性状変化を図-1に示す。汚泥中の有機性窒素化合物は、蛋白質およびその分解による生成物の形で存在する。蛋白質の熱処理段階での分解機構は、蛋白質からアミノ酸、アミノ酸から等モルのVFAとNH<sub>3</sub>であるという報告を考慮すると、処理温度60℃~80℃にかけてのアミノ酸濃度の減少は従来より指摘されている中温域での蛋白質の分解率低下に起因し、また中温から高温域にかけてはアミノ酸のNH<sub>3</sub>・VFAへの分解がよく進行していると考えられる。NH<sub>3</sub>-NとVFAは定性的に同様の変化を示すはずであるが、実験結果は熱処理温度100℃付近を境に全く逆の傾向となる。熱処理温度100℃以下で溶解性蛋白質の分解に伴ってNH<sub>3</sub>が生成したか、100℃以上でNH<sub>3</sub>がガスとして飛散しNH<sub>3</sub>-N濃度が減少したとみるのが妥当であろう。細菌のDNA含量、蛋白質含量等は過去の研究より既知であり、DNA濃度より機械的に菌体蛋白質濃度を

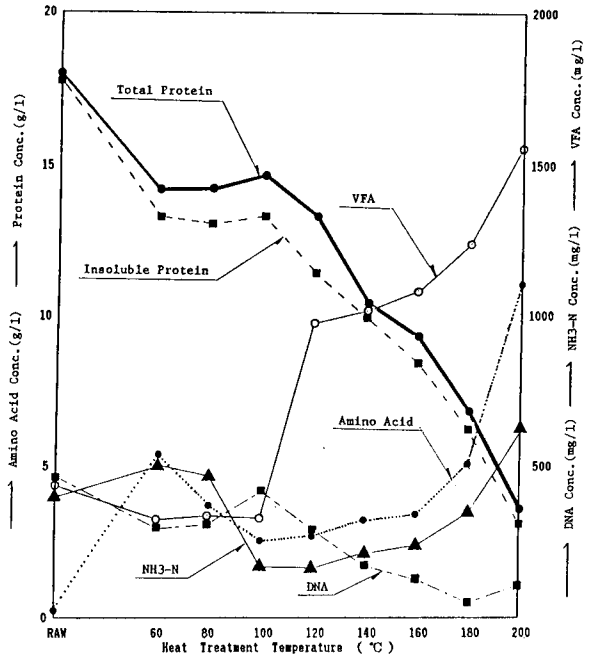


Fig. 1 Change of Sludge Characteristic with Heat Treatment

算出することは可能である。しかし、中・高温熱処理後では好気性菌の死滅で非活性のDNAになっているとも考えられ、適切でない。現時点ではこれ以上の検討は控えたい。消化プロセスでの菌体増殖評価という意味も含めて、汚泥処理分野における菌体量把握のための有効な指標の確立が望まれる。

消化プロセスにおける汚泥の生物分解性を評価する尺度としてBMP分析が考えられている。しかし、CH<sub>4</sub>生成量により分解性を評価することは細菌細胞への利用がない場合にだけしか有効性がないと思われるため、有機物の分解という面から分解性を評価する。そこで、消化日数30日で生物分解性有機物は完全に分解されるとみて、消化開始直後と30日後の残存蛋白質濃度を検討した。(図-2)熱処理プロセスでは低分解率の中温域は消化において生物分解性が向上することが認められる。中温熱処理による蛋白質の構造変性の裏づけとなり得る。消化段階におけるアミノ酸の濃度変化を図-3に示す。PH・NH<sub>3</sub>-N濃度・VFA濃度・アルカリ度変化も加味すれば、高温熱処理の効果(易分解性蛋白質の分解進行)が認められ、また消化5日目までは蛋白質からアミノ酸への分解が支配的であるとわかる。消化過程においてメタン菌が直接代謝できるのはVFAおよび分子状水素であるとされ、従来よりVFAの過剰な蓄積によるCH<sub>4</sub>生成の阻害は指摘されている。この現象では、含窒素物質の中和作用により、PH低下が明確には出てこないことに留意すべきであろう。

熱変性プロセスと消化プロセスをひとつのプロセスとみて分解率(可溶化率)を評価したい。そこで、この総括的分解率を次式で定義する。

$$TDR = (100 - RHT) RD / 100 + RHT$$

ここで、TDR:総括的分解率(%)

RHT:熱処理段階での分解率(%)

RD:消化段階での分解率(%)

蛋白質がCH<sub>4</sub>生成に大きく影響するとの報告から、各系列のデータから算出したTDRとCH<sub>4</sub>生成量との相関をみることにより検討する。(表-1)TDRと総ガス蓄積量の相関係数は0.8223、CH<sub>4</sub>累積量とのそれは0.9017を得た。これは総括プロセスでの分解性を評価する1つの試みとして採用したものであり、他には、投入汚泥の希釈を行なわなければ濃度からの評価方法も可能である。また、嫌気性菌体の挙動を把握することにより精度の高いものとなると考えられる。

ここでは、汚泥中の含窒素物質の転化過程を主に定性的な側面から見てきたが、熱変性メタン発酵プロセスの動力学モデル同定へのステップとして実験データに基づいた定量的な解析を要するものである。

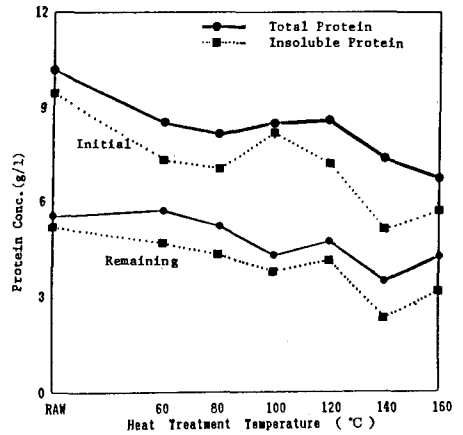


Fig. 2 Initial and Remaining Protein Concentration

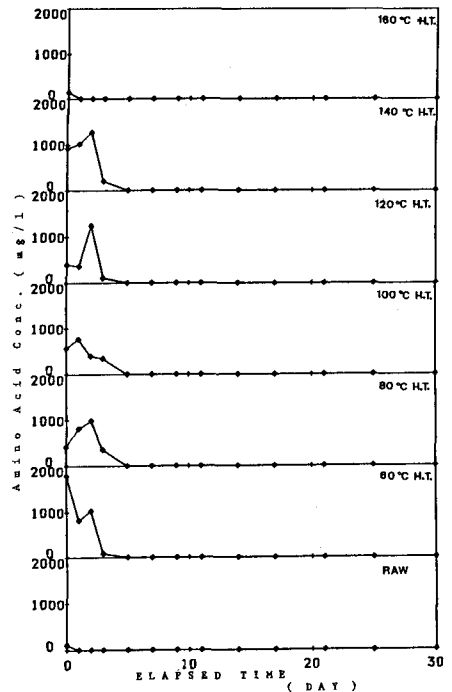


FIG. 3 Change of Amino Acid Concentration

Table 1 T.D.R and Accumulated Gas Production

Heat Temp. (°C)	T. D. R. (%)	Gas Production (ml/l)	
		TOTAL	CH <sub>4</sub>
RAW	43.0	2991	1869
60	47.1	4137	2354
80	46.4	3241	1968
100	52.0	4207	2232
120	49.7	4089	2390
140	65.9	4467	2926
160	59.5	4677	3084