

大阪工業大学 大学院 工学研究科 学生会員 ○田中 真一  
 大阪工業大学 大学院 工学研究科 学生会員 佐々木 慎平  
 大阪工業大学 工学部 正会員 古崎 康哲 石川 宗孝

1. はじめに

食品廃棄物の再生利用技術の1つにメタン発酵が挙げられる。メタン発酵は回収したメタンガスを都市部で利用可能であり、都市部での食品リサイクル手段の1つとして注目されている。しかし、固形分の可溶化過程が律速段階となり、処理に時間を要するために装置が大型化するという課題を抱えている。本研究では処理時間を短縮する手段として可溶化に優れた水熱反応に注目した。しかし、過去の研究<sup>1)</sup>では、水熱反応は処理条件によってはメタン発酵に悪影響をおよぼす可能性が示されている。そこで本研究では、半連続実験と回分実験を行い、悪影響を出さずに可溶化の効果が得られる条件について検討した。

2. 実験方法

2-1. 厨芥の水熱処理条件の検討

メタン発酵に悪影響を及ぼさない水熱処理条件を判断するために、反応温度の検討（実験Ⅰ）と反応時間の検討（実験Ⅱ）を行った。本研究では大学食堂の生ごみを対象としたため、小西らが決定した組成<sup>2)</sup>より模擬厨芥を調整した。これに水を加えながら粉碎機で粉碎し、TS 10% に調整したものを本実験の基質とした。水熱前処理には回分式水熱反応器（TEM-V1000N型：耐圧硝子工業（株）製）を使用した。実験Ⅰ、実験Ⅱの実験条件を表-1 に示す。実験Ⅰでは反応時間を10分に固定し、反応温度を変化させて実験を行った。実験Ⅱでは反応温度を120℃に固定し、反応時間を変化させて実験を行った。分析項目は固形分濃度、pH、有機酸濃度とした。

2-2. 半連続実験

メタン発酵槽として有効容積 10 L の完全混合型反応槽を使用し、対照系と水熱系の2系列で半連続実験を行った。槽内は保温槽で36~38℃に設定し、150 rpm で攪拌を行った。基質の投入および処理水の引き抜きは装置上部の基質投入口から行い、生成ガスはガスバックに回収した。半連続実験の運転条件を表-2 に示す。基質には前述の実験と同様の方法でTS 12%に調整した模擬厨芥を使用した。Run 0 では両系ともに未処理の基質とし、Run 1以降は水熱系の基質にのみ水熱前処理を行った。また、Run 0, 1ではHRT 30日、Run 2ではHRT 25日、Run 3ではHRT 20日とし段階的にHRTを短縮しながら運転を行った。

2-3. 回分実験

ガス生成量を指標とした回分実験を行った。装置には三角フラスコをゴム栓で密栓したものを使用した。フラスコ内

表-1 水熱処理条件の検討の実験条件

条件	実験Ⅰ（温度の検討）		実験Ⅱ（時間の検討）	
	温度 [°C]	時間 [分]	温度 [°C]	時間 [分]
1	—	—	—	—
2	100	10	120	0
3	120	10	120	10
4	140	10	120	30
5	160	10	120	60

表-2 半連続実験の運転条件

項目	単位	Run 0		Run 1		Run 2		Run 3	
		対照系	水熱系	対照系	水熱系	対照系	水熱系	対照系	水熱系
基質の前処理	—	無し	無し	無し	有り	無し	有り	無し	有り
HRT	日	30	30	30	30	25	25	20	20
運転日数	日	49	49	42	42	35	35	28	28
TS 容積負荷	kg/(m <sup>3</sup> ・日)	3.9	3.9	3.8	3.8	4.7	4.6	5.6	5.7
VS 容積負荷	kg/(m <sup>3</sup> ・日)	3.5	3.5	3.4	3.5	4.2	4.1	5.0	5.1
TOC 容積負荷	kg-C/(m <sup>3</sup> ・日)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.9	1.9	2.2	2.3

表-3 回分実験の実験条件

条件	汚泥		初期濃度	基質	
	系列	Run		前処理	TS投入量
1	対照系	Run 1	TS 25g/L VSS 15g/L	無し	4 g-TS/L
	水熱系			有り	
2	対照系	Run 2		無し	5 g-TS/L
	水熱系			有り	
3	対照系	Run 3		無し	6 g-TS/L
	水熱系			有り	

※各条件においてブランク（基質を投入無しの実験）を同時に行った

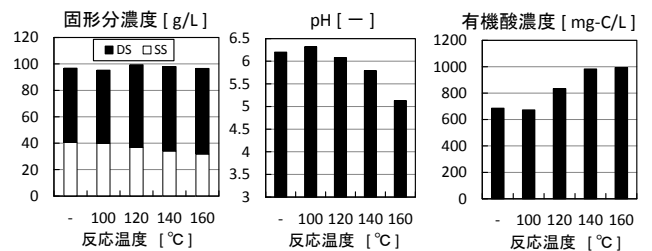


図-1 水熱処理条件の検討の実験結果（実験Ⅰ）

は保温槽で 36~38℃に保ち、スターラーで攪拌した。プラスチック内に汚泥 500 mL を入れて 2 日間の空運転後、基質を投入した。生成したガスはゴム栓の先につないだガスバックに回収し、経時的に生成量をシリンジで測定した。回分実験の実験条件を表-3 に示す。回分実験の汚泥は半連続実験の対照系と水熱系の槽内汚泥を使用し、基質は半連続実験と同様に未処理と水熱処理の 2 種類を使用した。

### 3. 実験結果

#### 3-1. 厨芥の水熱処理条件の検討

実験 I, 実験 II の結果を図-1, 2 に示す。実験 I の結果から反応温度が高くなるにつれて可溶化は進むが、それに伴って有機酸濃度の増加と pH の低下が見られた。メタン発酵には中性付近の pH が適しているため、反応温度は 120 °C が適当と判断した。実験 II の結果から反応時間を長くしても可溶化はほとんど進まなかった。以上のことから半連続実験と回分実験における水熱処理条件は 120°C, 10 分とした。

#### 3-2. 半連続実験

ガス生成量、槽内の pH の経日変化を図-3 に示す。ガス生成量は両系ともに Run 0, 1 では約 22 ~ 26 NL/day, Run 2 では約 25 ~ 29 NL/day, Run 3 では約 28 ~ 34 NL/day で推移した。両系にほとんど差は見られず、HRT を短縮するにつれて生成量は増加した。pH は両系ともにすべての Run で概ね 7.0 ~ 7.6 の範囲の中性付近で推移していた。また、両系ともにすべての Run において中間生成物である有機酸の蓄積は無く、アンモニア態窒素濃度も 3,000 N-mg/L 以下で推移していたため、阻害はなかったと考えられる。

#### 3-3. 回分実験

累積ガス生成量の経時変化を図-4 に示す。基質の投入量が 4 g-TS/L と 5 g-TS/L の条件では対照系と水熱系でほとんど差は見られなかった。しかし、6 g-TS/L の条件では水熱系は対照系に比べてガスの生成が速い結果となった。この結果から律速が生じるような高い負荷では前処理の効果が確認できた。

### 4. おわりに

本研究では、水熱前処理による厨芥のメタン発酵の処理時間の短縮を目的に水熱処理条件を検討し、効果を確認した。水熱処理条件は処理後の pH と有機酸濃度を考慮して 120 °C, 10 分が適切であると判断した。半連続実験では、HRT 30 ~ 20 日の条件では両系のガス生成量にほとんど差はみられず、水熱前処理による効果は確認できなかった。しかし、今回の水熱処理条件では水熱系に悪影響は見られず、良好な運転を行うことができた。回分実験では、負荷の高い条件で水熱前処理の効果が確認できた。今後はさらに短い HRT で運転を行い、水熱前処理の効果を検討する必要がある。

#### 【参考文献】

- 1) 田中真一他：水熱反応前処理を用いた厨芥のメタン発酵（その 1）,平成 23 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集 VII-14 (2011)
- 2) 小西利幸他：大学食堂生ごみの再資源化を考慮した組成調査と模擬厨芥組成の検討,平成 23 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集 VII-16 (2011)

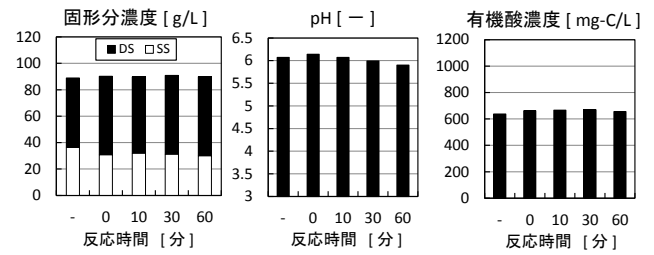


図-2 水熱処理条件の検討の実験結果（実験 II）

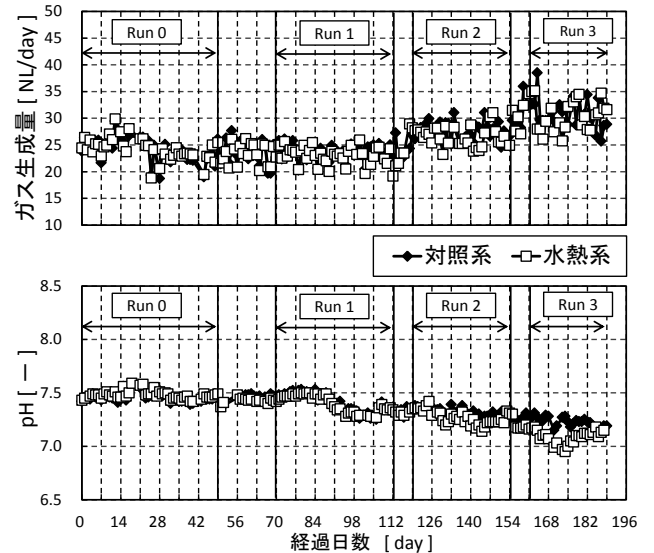


図-3 ガス生成量と槽内 pH の経日変化

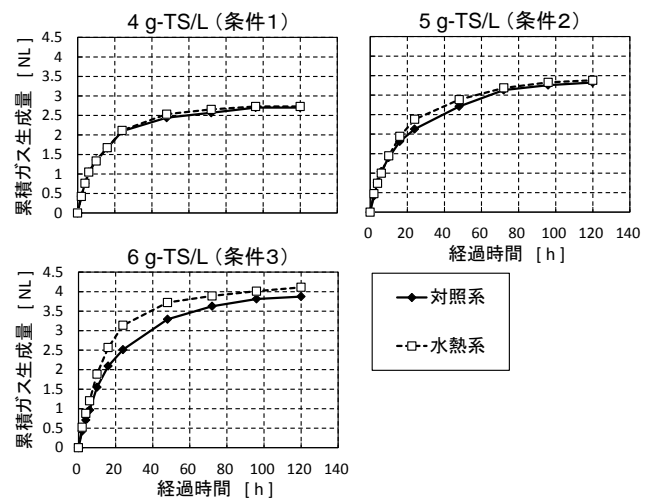


図-4 累積ガス生成量の経時変化