

## 亜臨界水処理による下水汚泥のメタン発酵特性に関する研究

(株)奥村組 正会員 ○三澤孝史、正会員 中木秀一  
 (株)奥村組 正会員 小西正郎  
 大阪府立大学大学院工学研究科 吉田弘之

### 1. 研究の目的

循環型社会構築が求められている社会情勢の下で、下水汚泥についても、最終処分量の低減の観点からもエネルギー化・再資源化が求められている。カーボンニュートラルな下水汚泥からガス発電によりエネルギーを取り出すメタン発酵は、再生可能エネルギーとして大きな期待が寄せられている。しかしながら、下水汚泥は食品廃棄物等と比べ、比較的難分解性であるため、メタン発酵に時間を要し、また大きな設備も必要となる。

本研究では、メタン発酵の効率化のために、メタン発酵の前処理として、加水分解力に優れた亜臨界水<sup>1)</sup>処理の適用を検討している。本報では、実験室規模のメタン発酵実験(中温発酵)により把握した亜臨界水処理による下水汚泥のメタン発酵特性について述べる。

### 2. 下水汚泥のメタン発酵実験

#### 2.1 亜臨界水処理による下水汚泥の性状

図 2.1 に、亜臨界水処理温度 120~200℃(処理時間 10min)と処理物における液相の TOC(全有機炭素)の関係を示す。実験に用いた下水汚泥は、堺市泉北下水処理場より採取した余剰汚泥を用いた。初沈汚泥を用いた実験も実施しているが本報では、余剰汚泥を用いた結果について述べる。亜臨界水処理は、下水汚泥をステンレス製の反応管(φ 16mm×150mm)に入れ、密閉後、所定温度のオイルバスに所定時間投入することにより行った。図 2.1 より、温度が高くなる程 TOC は大きくなり、可溶化が進むと考えられる。しかし 180℃以上では、あまり変化は見られない。

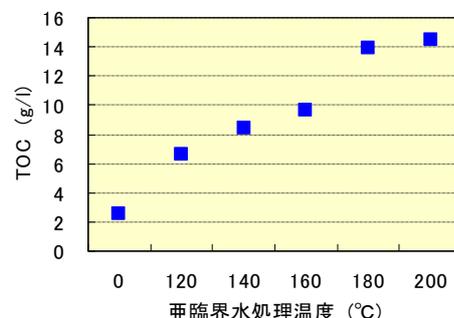


図 2.1 亜臨界水処理温度と TOC の関係

表 2.1 回分実験ケース

No.	亜臨界水処理条件	
	温度 (°C)	時間 (min)
1	未処理(亜臨界水処理なし)	
2	140	10
3	160	10
4	180	10

#### 2.2 回分実験

(1)回分実験概要 下水汚泥を対象としたメタン発酵の前処理として亜臨界水処理を適用するに当たり、回分実験により最適な亜臨界水処理条件を検討した。実験方法は、三角フラスコ(50ml)に、種汚泥 29ml、亜臨界水処理した試料 1ml を入れ、窒素置換後、35℃に保ったインキュベータ内で振蕩させながら嫌気性消化を行った。種汚泥は、下水汚泥により長期間馴養したものをを用いた。回分実験の実験ケースを表 2.1 に示す。  
 (2)回分実験結果 図 2.2 に VS 当りのメタン発生量を示す。図 2.2 より、亜臨界水処理温度 140℃では、メタン発生量は、未処理のケースに比べ若干低減している。これに対し、亜臨界水処理温度 160、180℃のケースでは、未処理に比べ 3 倍程度のメタン発生量を示し、亜臨界水処理によりメタン発生量が増加することがわかる。

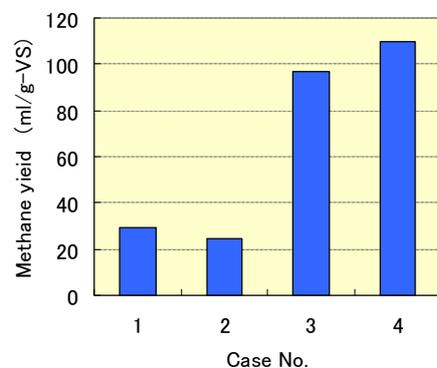


図 2.2 メタン発生量(回分実験)

#### 2.3 連続実験

(1)連続実験概要 試料の連続投与によるメタン発酵実験を行った。実験装置の概略図を図 2.3 に示す。培養槽(容量 2L)に、種汚泥 1.5L を入れ、HRT(水理学的滞留時間)は、下水汚泥のメタン発酵として一般的な 30 日として実験を開始した。実験中の培養槽は 35℃に保った。投入する

キーワード 下水汚泥, メタン発酵, 亜臨界水

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 3 8 7 (株)奥村組技術研究所 TEL 029-865-1521

試料は、VS を 5% に設定し、毎日 1 回投与した。亜臨界水処理条件は、回分実験の結果より、亜臨界水処理時間 10 分、温度は 160℃、180℃とした。

(2)連続実験結果 図 2.4 に、亜臨界水処理後の投入試料の VS 当りのバイオガス発生量を示す。図中の数値は、ガス発生量が安定してからの平均値である。図 2.4 より、処理温度 160、180℃で亜臨界水処理することにより、未処理に比べ 2 倍近くのバイオガス量が発生している。

図 2.5 に亜臨界水処理温度 180℃における発生バイオガス量の経時変化を示す。バイオガス発生量は比較的安定していた。培養槽内の pH は、7.5~7.8 で変動し、pH 調整は特に行わなかった。実験期間中の pH の平均値は 7.6 であった。NH<sub>4</sub>-N は 2.75g/l であった。

図 2.6 に VS および TS の分解率を示す。バイオガス量の増加に伴い、VS、TS の分解率とも亜臨界水処理することにより増加していることがわかる。また、ここではデータを示していないが、下水汚泥を亜臨界水処理しただけでも、TS 濃度が低下するという実験データが得られている。これは、メタン発酵残渣が減り、最終処分量の低減に有効である。

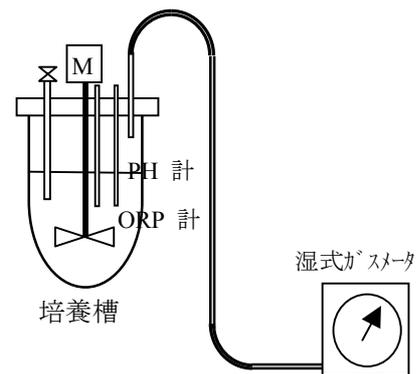


図2.3 連続実験の実験装置概略図

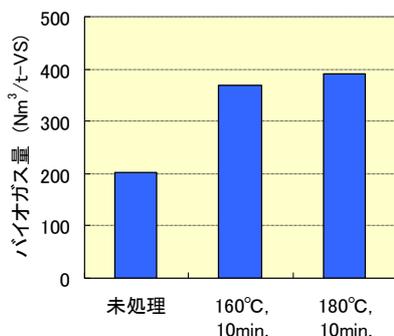


図 2.4 連続実験におけるバイオガス発生量 (平均値)

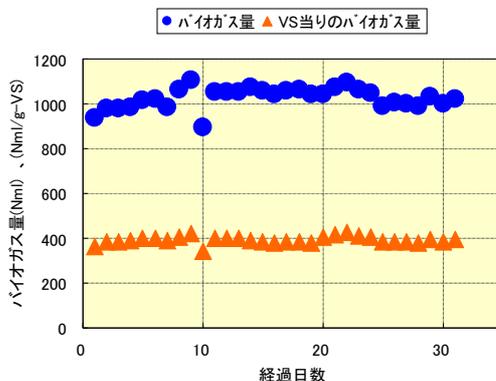


図 2.5 バイオガスの経時変化 (亜臨界水処理 180℃、10min)

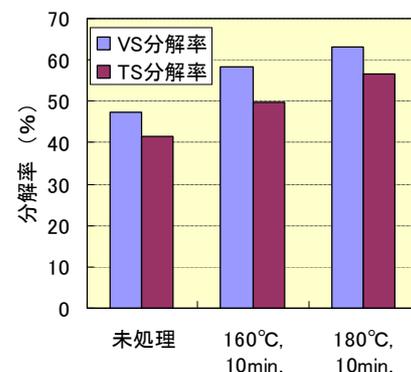


図 2.6 VS、TS の分解率

### 3. 経済性について

亜臨界水処理を適用する場合、従来のメタン発酵システムに亜臨界水処理装置を追加することになる。その場合、初期投資 (設備費)、亜臨界水処理装置の運転費が付加されるため、下水汚泥処理システム全体として下水汚泥処理の経済性が得られるかが大きな課題となる。これについては、最終処理費まで含めた 15 年間の収支を試算した結果、十分経済性が見込めるという知見が得られている<sup>2)</sup>。

### 4. おわりに

実験室規模のメタン発酵実験により、前処理として下水汚泥を亜臨界水処理することにより、分解率の向上、バイオガス量の増加により、亜臨界水処理を適用することの有効性を確認した。しかしながら、本技術を実際に適用するには、実証規模の実験装置による、ある程度長期間の実験を行い、実際の経済性、運転・維持管理上の問題点の有無などに関する検討が必要と考える。

**謝辞** 本研究を進めるに当たり、堺市泉北下水処理場の関係者の方々には、実験に用いる下水汚泥をご提供頂くとともに貴重なご助言を頂戴しました。ここに改めて深謝致します。

### 参考文献

- 1) 吉田弘之, 寺嶋正明, 高橋洋平: 亜臨界水加水分解法による魚肉の有機酸・アミノ酸への有価物化におよぼす反応条件の影響, 廃棄物学会論文誌, Vol.12, No.4, pp.163-167, 2001
- 2) 吉田弘之: 水を反応場に用いる廃棄物リファイナリー, 大阪府立大学 21 世紀科学研究所資源循環工学研究所 第 3 回資源循環工学国際会議要旨集, p.25, 2008