

活性汚泥からの高温メタン菌群の集積

鹿島建設（株） 正会員 ○中小路 董， 多田羅 昌浩

1. はじめに

メタン発酵技術は、廃水、廃棄物を少ないエネルギーで減容化でき、同時に再生可能エネルギーであるバイオガスを回収可能な技術として認知されている。持続型社会形成に大きく寄与することから、今後も全国への展開が期待されている。現在は、FIT 制度などの法整備もあり、徐々に導入が進んでいる。

高温メタン発酵は、固形物を含む原料を高効率に分解可能な技術である。ビール粕を原料とした比較実験では、有機物負荷量（OLR）が、中温メタン発酵の2倍であることが示されている¹⁾。しかし、実施設の稼働数が少なく、高温メタン菌群の種汚泥を確保し難いことが、普及の障壁となっている。

本報告では、どの地域でも手に入りやすい活性汚泥から高温メタン菌群を集積する方法を検討し、処理性能を菌叢と関連付けて考察した結果を報告する。

2. 実験材料、実験装置

種汚泥には、食品工場の廃水処理施設の活性汚泥（有機性懸濁物質（以下、VSS）：24,000mg/L、pH6.8）を用いた。原料は、家庭生ごみ集積場から採取した生ごみスラリを希釈して（T-COD：30,000mg/L、VSS：14,000mg/L、pH4.8）使用した。

バイオリアクタは、5Lの連続完全攪拌混合型ジャーファーマメンタを使用し、活性汚泥を3.5L投入した後、55℃で攪拌培養した。また pH7 以上を維持するために NaOH を添加した（図-1）。

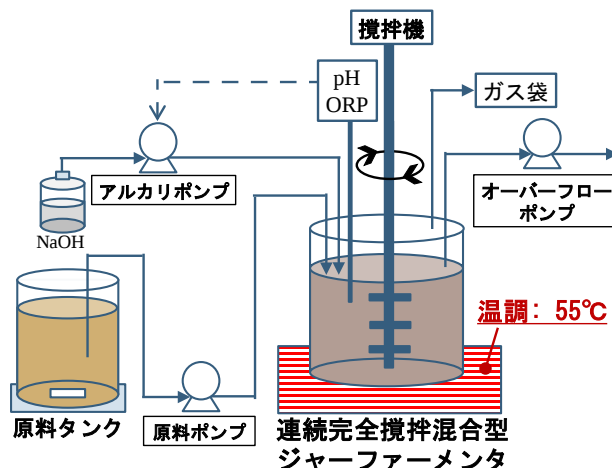


図-1 実験装置の概略図

3. 運転方法と処理性能の結果

図-2 に OLR、VFA（揮発性有機酸）濃度、COD 除去率を示す。

運転開始から 20 日間は、VFA 濃度が高かったため、無負荷状態で運転した（以下、無負荷期間）。VFA 濃度の低下を確認後、連続的な原料の投入を開始した（以下、集積期間）。1 週間に 1 度 OLR を 1.4～2 倍ずつ上昇させ、3.2g-COD/L/day を定格運転とした。定格運転を継続し、種汚泥残存濃度が 10%以下となった時点から定常状態とした。

原料の連続的な投入を開始した 21 日目以降、VFA 濃度は、減少傾向を示しており、OLR の上昇に伴ってガス生成量も比例して上昇した。78 日目には、種汚泥残存濃度が 9.8%となり、定常状態に達した。VFA 濃度は検出限界以下で、ガス生成量も安定していた。

78～91 日目の定常状態時の平均 COD 除去率は 75%、平均ガス生成量は 1,300mL/L-reactor/day、平均メタン濃度は 70%、COD 除去量から算出した平均ガス化率は 80%であったことから、定常状態では、高温メタン発酵リアクタとして機能していると判断した。

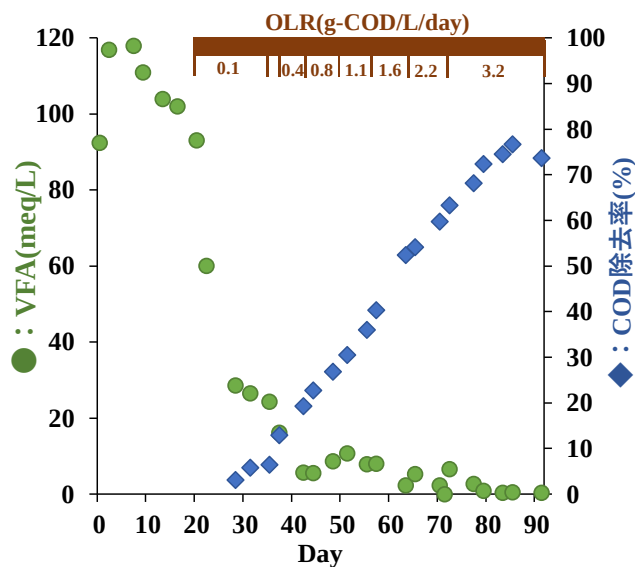


図-2 VFA と COD 除去率の経日変化

キーワード メタン発酵、有機性廃棄物、バイオガス、遺伝子解析、高温メタン菌、脱炭素

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-8502

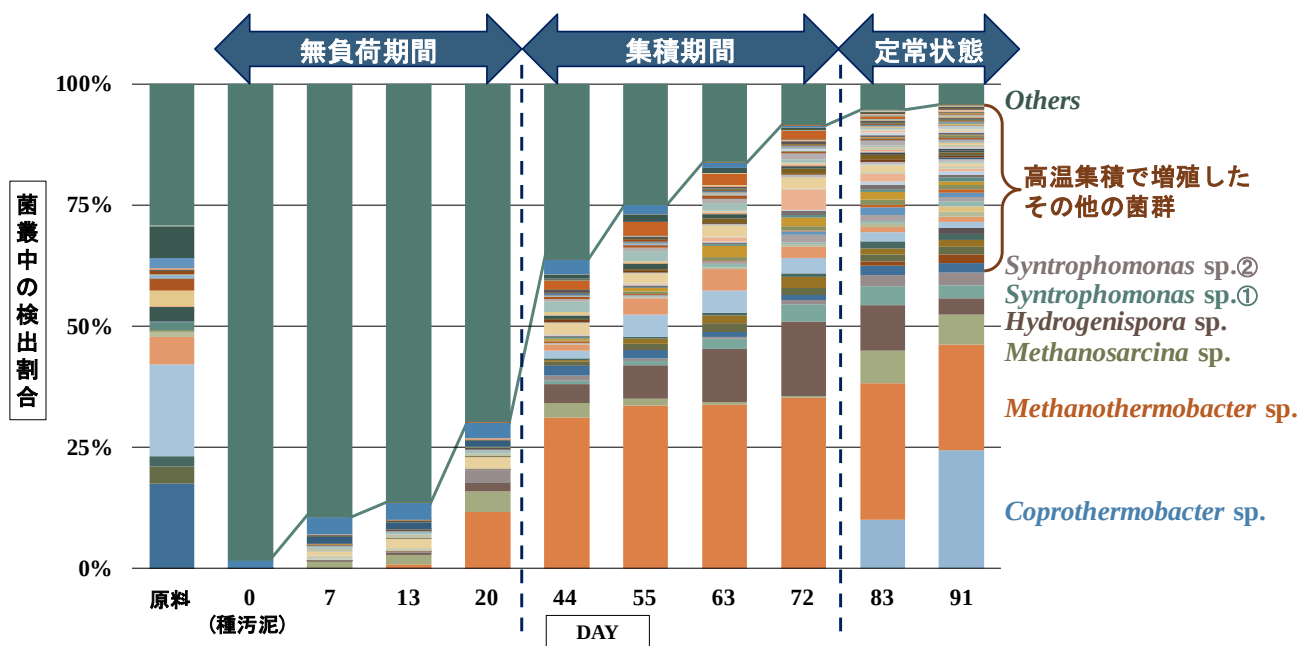


図-3 原料およびリアクタ内の菌叢の変遷

4. 菌叢解析

図-3 に菌叢の変遷を示す。定期的に採取したリアクタ内発酵液と原料、種汚泥から遺伝子を抽出し、16S rRNA 遺伝子の V4 領域をターゲットとするプライマを用いて次世代シーケンスで菌叢解析を行った。

菌叢解析の結果、原料投入による種汚泥のウォッシュアウトに伴った菌叢の変遷が明らかとなった。高温メタン発酵リアクタに頻出する高温メタン菌である *Methanosarcina* と *Methanothermobacter* は、原料と種汚泥では検出限界以下であったが、無負荷期間から検出され始め、徐々に増加し、定常状態時には優占種となった。無負荷期間中に高温メタン菌が活性化して増殖を開始したと考察される。

定常状態時に優占種となっていた *Hydrogenispora*, *Syntrophomonas* は、*Methanothermobacter* と菌叢内比率が同調していた。*Hydrogenispora* と *Syntrophomonas* は、グルコースや有機酸を分解し水素を生成するが、この反応で水素分圧が高くなると活性が阻害される。一方で、*Methanothermobacter* は水素からメタンを生成し、水素分圧を低下させる。そのため、メタン発酵のスムーズな進行には、上記3種の共生が不可欠であり²⁾、今回の集積実験でも共生を確認した。

また、特徴的な変遷として、*Coprothermobacter* と *Methanosarcina* の定常状態での急激な優占率の増加を確認した。*Coprothermobacter* は、糖類を分解して、酢酸を生成する。そのため、酢酸が増加し、酢酸資化性メタン菌である *Methanosarcina* の増殖を促したと推察する。

以上の結果から、リアクタ内で高温メタン発酵汚泥が馴養され、ガス生成が安定していたと判断できる。

5. まとめ

処理性能と菌叢解析の2つの結果から、活性汚泥からの高温メタン菌群の集積が可能であると示された。活性汚泥は、どの地域でも入手しやすいことから、この集積方法は、日本国内だけでなく海外でも適用でき、世界的な高温メタン発酵技術の普及に貢献しうる。

また本報告でも示された通り、菌叢解析の結果から、処理性能を説明できた。このように、高温メタン発酵リアクタの菌叢構造と処理性能の関連性を明らかにすることは、種汚泥の集積方法の検討のみならず、反応の効率化や新たな機能の付加を合理的に検証できることを示唆している。

参考文献

- 1) 石川一真ほか；ビール粕のメタン発酵処理—高温固定床式と中温固定床式の比較—，令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会，VII-18，2020
- 2) 上野嘉之ほか；嫌気性バイオリアクターの微生物叢，鹿島技術研究所年報，Vol.55，127-132，2007。