

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—

鹿島建設(株) 正会員 ○石川一真 多田羅昌浩 柴田晴佳

1. はじめに

ビールの製造工程で発生するビール粕は、現在飼料などに有効活用されている。一方で工場の立地によっては、今後の需要変動により全量が飼料などに有効活用できない可能性もある。そこで地球温暖化対策の一環として、固形分も処理可能な固定床式のメタン発酵処理により、バイオガスとしてエネルギー回収することが考えられる。本稿では、高温方式と中温方式によるメタン発酵特性の違いを明らかにするため実施した連続試験の結果を報告する。

2. 実験

2.1 実験方法

固定床式連続メタン発酵処理装置（図-1）にて、高温方式は 55°C、中温方式は 35°C に温度を維持し、表-1 に示す条件でビール粕の発酵試験を行った。ビール粕は含水率が 90% となるよう加水し、送液チューブ内での詰まりを防止するため、ブレンダーと摩砕機により粉碎して使用した。処理の安定性を評価するため、有機酸濃度（Volatile Fatty Acid : VFA）、総アルカリ量（Total Alkalinity : TAK）、pH を週 2 回の頻度で経時的に測定した。また、処理性能として、水理的滞留時間（HRT）とガス発生量、Total COD_{cr} (T-COD_{cr}) 除去率を整理した。

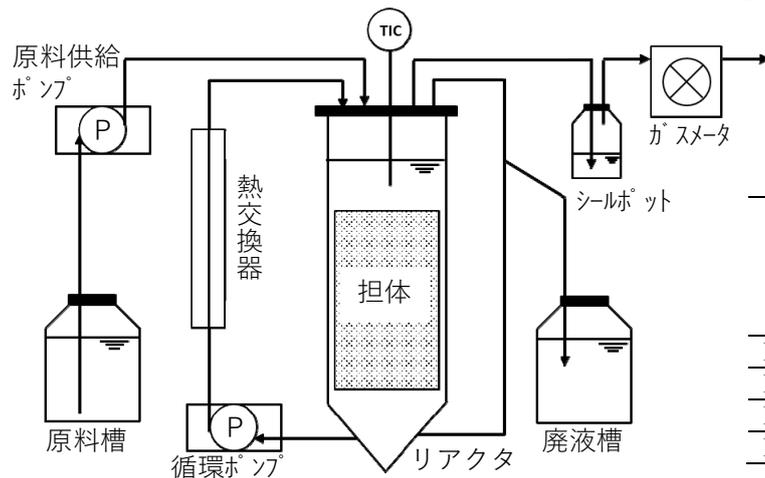


図-1 固定床式連続メタン発酵処理装置模式図

表-1 発酵試験の条件

	高温固定床式		中温固定床式	
	COD _{cr} 容積負荷	HRT	COD _{cr} 容積負荷	HRT
	kg/(m ³ ・日)	日	kg/(m ³ ・日)	日
Run1	9.6	13.6	6.9	21.9
Run2	13.4	10.0	7.8	19.0
Run3	15.9	7.9	—	—
Run4	18.9	6.7	—	—

2.2 実験結果

(1) 処理の安定性

高温固定床式では、Run1 から Run3 まで VFA 濃度は低値で安定していたが、COD_{cr} 容積負荷をさらに上昇させた Run4 では、VFA 濃度は上昇し TAK 濃度は低下した（図-2）。特に Run4 終盤では、プロピオン酸濃度が急激に上昇しており、これはアンモニア阻害の兆候を示すものである。過負荷となった Run4 で、アンモニア阻害が顕著に出てきたと考察される。

中温固定床式では、VFA 濃度は非常に低く極めて安定した状態であったが、75 日目以降に TAK 濃度が減少し（図-3）、107 日目にはバイオガス発生量が急激に減少した。また、pH も実験開始後低下傾向を示し、107 日目には 6.77 まで低下した（図-4）。この pH の低下は TAK の低下に起因すると考えられる。メタン発酵では原料に含まれる K-N が分解されることでアンモニアが生成され、TAK が供給される。中温固定床式の Run2 における NH₄-N 濃度は 850 mg/L 程度であり、高温固定床式の 2,500 mg/L に比べ 3 分の 1 程度であった。アンモニア生成には固形分中のた

キーワード：ビール粕、メタン発酵、バイオガス

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11 鹿島建設(株) 環境本部 水資源環境Gr TEL 03-5544-0763

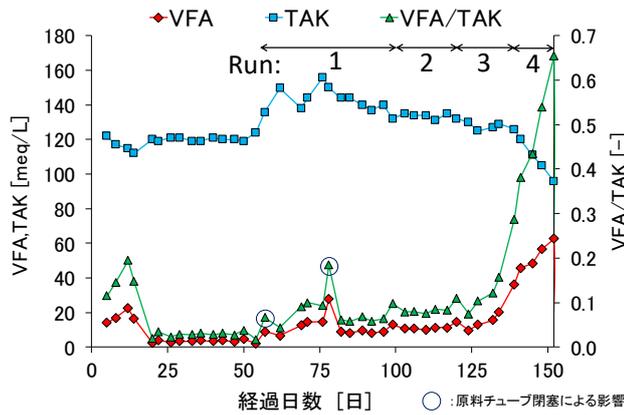


図-2 VFAとTAKの変化（高温固定床式）

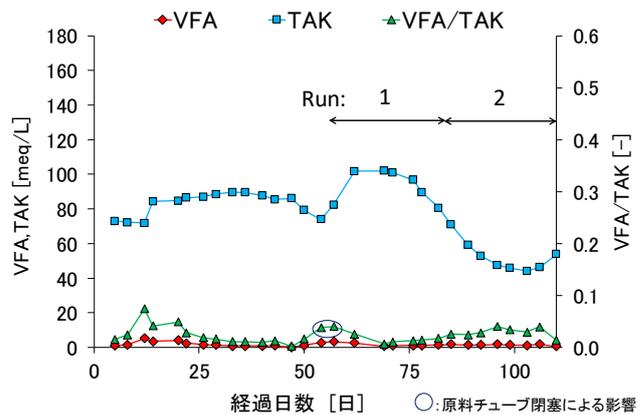


図-3 VFAとTAKの変化（中温固定床式）

んぱく質の分解が必須となるが、中温メタン発酵の場合、固形分の可溶化活性が低い。したがって、ビール粕を十分に可溶化できず、TAK の供給能力が低いため、TAK の低下を引き起こしたと考える。

(2) 処理性能

COD_{cr}容積負荷別の T-COD_{cr}除去率、バイオガス発生量を図-5 に示す。高温固定床式は Run3 COD_{cr}容積負荷 15.9 kg/(m³・日)、HRT 7.9 日、中温固定床式は Run1 COD_{cr}容積負荷 6.9 kg/(m³・日)、HRT 21.9 日で安定した運転が可能であった。許容 COD_{cr}容積負荷は高温固定床式が中温固定床式よりも約 2 倍高く、HRT は約 2 分の 1、また、T-COD_{cr}除去率、バイオガス発生量は約 15%高かった。

中温固定床式の Run2 では、T-COD_{cr}除去率、バイオガス発生量が Run1 に比べて大きく低下していることから考察すると、この時点で有機物はほとんど分解されておらず、発酵破綻に陥っていたと考えられる。

また、高温固定床式の Run3 は VFA 濃度を適切に管理することで運転可能であると考えられるが、原料成分の変動も大きいため、実際の高温固定床式での処理では、Run2 の運転条件が最適と考えられた。

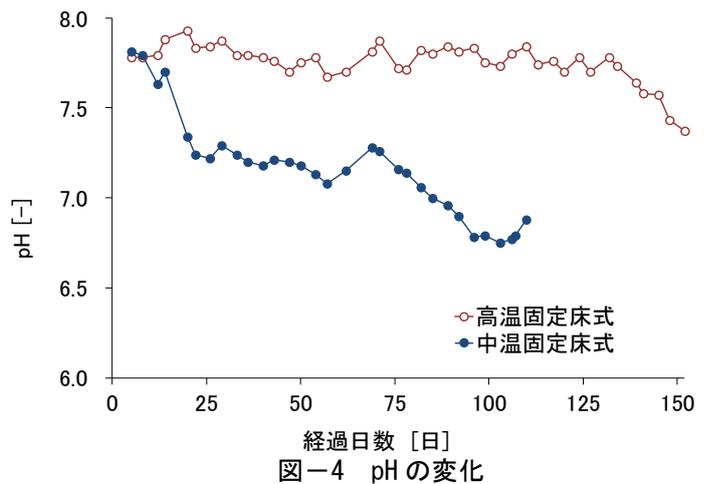


図-4 pH の変化

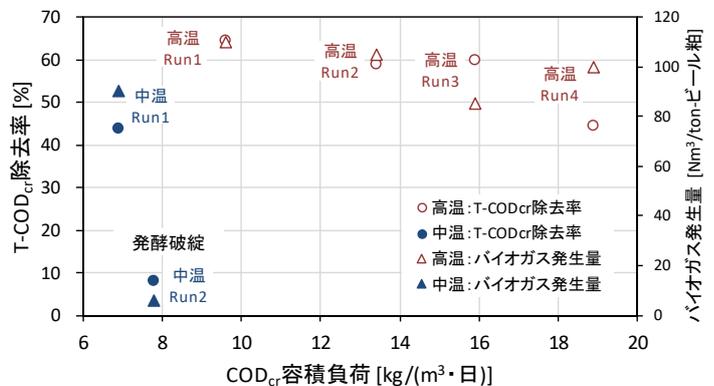


図-5 COD_{cr}容積負荷と T-COD_{cr}除去率およびバイオガス発生量の関係

3. まとめ

ビール粕を用いたメタン発酵処理は、高温固定床式が中温固定床式より COD_{cr}容積負荷、HRT、バイオガス発生量、T-COD_{cr}除去率などの点で優れていることが明らかとなった。許容 COD_{cr}容積負荷は 2 倍の差があり、高温固定床式は中温固定床式の約半分の槽容積で処理できることが示唆された。ただし、高温方式は中温方式と比較して約 20°C高い温度で維持をしなければならず、導入場所の気温条件や利用できる排熱の有無などを考慮し、導入設備の費用と合わせて総合的に優劣を判断する必要がある。

固定床式のメタン発酵方式は固形分も処理ができる特徴を有するため、ビール粕にその他の有機性副産物や排水処理汚泥などを加えた処理も検討することができる。今後は、実施設の状況に合わせて最適な処理計画を立案できるように、新たな試験を実施してデータを蓄積していきたい。