

錦鯉幼魚の観賞用飼育で発生する固形物の嫌気性処理特性

新潟食料農業大学大学院 非会員 ○ 田上 陽菜
新潟食料農業大学 非会員 廣瀬泰大 正会員 阿部 憲一

1. はじめに

近年、クラフトビール産業の拡大に伴い、ビール製造工程から発生する麦汁搾り滓や沈殿酵母の発生量が増加している。これらのビール廃棄物は大企業では飼料原料や肥料原料として利用されているが、依然として小規模のビール醸造所では十分に有効活用されているとは言い難い。我々はこれまでに、麦汁搾り滓(モルトフィード)を用いた飼料がコイ幼魚の飼育に利用可能であることを報告してきた¹⁾。この飼育試験では、錦鯉の糞や残餌に由来する固形物が発生し、蓄積することが確認された²⁾。固形物は週1回の清掃時に回収され、廃棄されている。これらの固形物を廃棄せずに有効利用することは、資源循環の観点から重要である。そこで、固形物の有効利用方法として、嫌気性処理の適用可能性を検討した。また、炭素材の添加により、微生物活性の向上や電子伝達の促進を通じて、低温条件下でもメタン発酵性能が改善される可能性が報告されている³⁾。そこで本発表では、温度条件およびもみ殻燐炭の添加がメタン生成特性に及ぼす影響を調べ、発酵槽内の微生物群集構造との関連について考察する。

2. 実験方法

2.1 メタン発酵処理特性

麦汁搾り滓を用いた飼料を給餌したコイ幼魚の飼育水槽から回収した固形残渣(糞および残餌)を基質として用いた。給餌量は414 g、回収した固形物量は105 gであった(図-1)。100 mLバイアル瓶に基質10 mLおよびメタン発酵液60 mLを添加し、もみ殻燐炭添加区(5.00±0.20 g)および無添加区を設けた(表1)。試験区Ⅰ～Ⅷは20、25、30、35℃の4段階の温度条件とし、各条件について添加区および無添加区を設定した(n=2)。その後、気相部をアルゴ

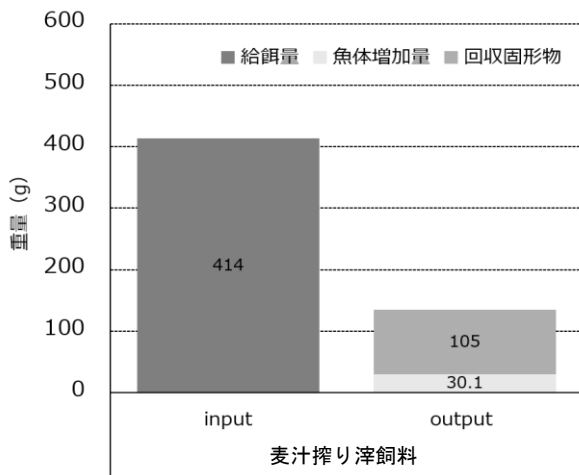


図-1. 飼育水槽内の固形物蓄積量

ン(Ar)ガスで置換し、ブチルゴム栓およびアルミキャップで密封し、90日間静置し、それぞれ恒温器内に静置した。実験開始後28日間は週3回の頻度で手動攪拌を行い、ガラスシリンジを用いて発生ガス量を測定した。採取したガスはアルミガスバッグに貯留した。なお、ガス発生量が安定した後は測定頻度を週1回とした。ガス採取は、ガス発生量およびガス組成(GC-TCDにて分析)、pHを測定した。

表1 各試験区の温度条件と添加物質

試験区	温度	添加物質 (5.00±0.20 g)	初期メタン 発酵液	初期投入 水槽内固形物
I	20℃	もみ殻燐炭	60 mL	10 mL
II				
III	25℃	もみ殻燐炭		
IV				
V	30℃	もみ殻燐炭		
VI				
VII	35℃	もみ殻燐炭		
VIII				

2.2 発酵槽内の微生物群集解析

試験終了後の90日目に全試験区において、バイアル瓶の内容物を採取して、これを微生物(細菌+古細菌)解析用の試料とした。採取した内容物は破砕用ビーズ入りの2.0 mLスクリーキャップチューブに移した後、10,000×gで5分間の遠心分離にかけて、上清液区分を取り除いて-30℃にて冷凍保存した(保存期間は一カ月未満)。その後、原核生物の16S rRNA遺伝子V4領域を標的としたアンプリコンシーケンス解析を(株)生物技研に依頼した。得られた遺伝子配列データは、blastnによりNCBIデータベースと照合し、微生物群集解析を実施した。

3. 実験結果・考察

3.1 メタン発酵処理特性

飼育水槽内で回収した固形残渣を用いたメタン発酵処理試験の結果を図-2に示す。90日間の試験の結果、全ての温度条件において、もみ殻燐炭添加区の累積ガス発生量は無添加区の約2倍となった。28日目のガス組成は(図-3)、CH₄/CO₂比は1以上を示し、発酵不調は生じていないと考えられる。また、全ての試験区でメタンの割合が大きかったことに加え、試験期間のpHは7.5~8.0の範囲で推移し、発酵処理は良好に進行したと考えられる。さらに、20℃のも

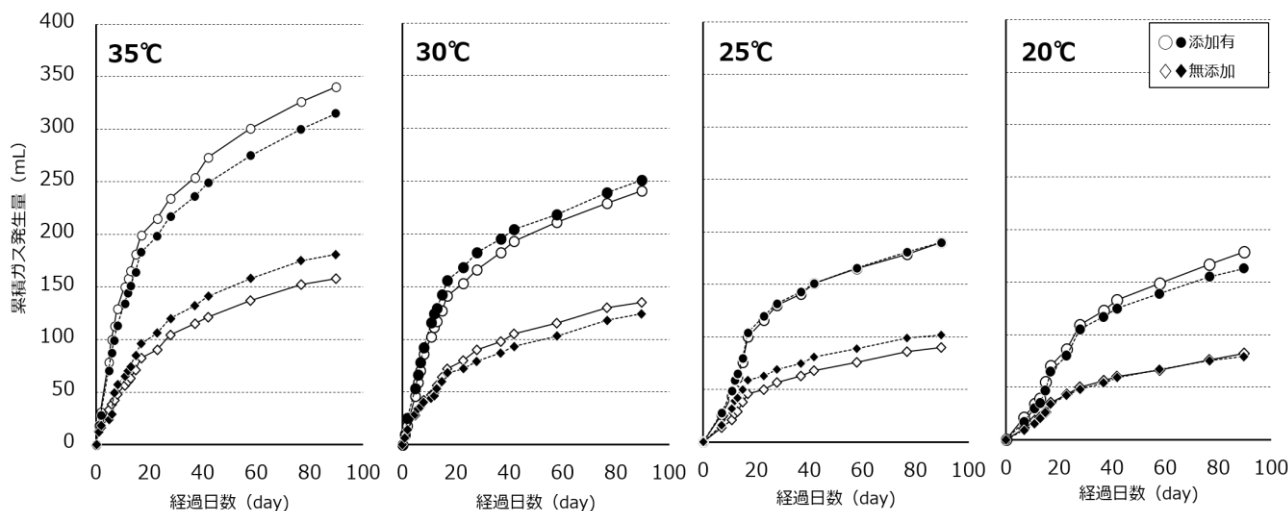


図-2. 回収した固形残渣のメタン発酵処理試験

み殻燐炭添加区では、累積ガス発生量が35℃の無添加区と同程度となった。このことから、もみ殻燐炭の添加により、温度を15℃低く設定した条件においても、中温条件と同程度のガス発生量が得られることが示された、すなわち、もみ殻燐炭の添加は、低温条件下でのガス生成性能の向上に寄与し、加温・保温に要するエネルギーの削減につながる可能性が示唆された。これらの結果から、もみ殻燐炭の添加によるメタン発酵性能の向上と、低温試験によるランニングコスト低減の可能性について、有用な知見が得られた。

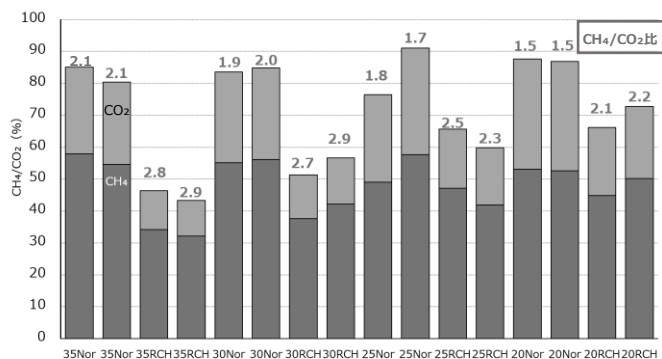


図-3. ガス組成

3.2 微生物群集解析

微生物群集解析の結果、全試験区において加水分解細菌である *Actinomyces* および *Bacillus*、酸生成細菌である *Mesotoga*、酢酸・水素生成細菌である *Atribacter* が検出された。また、メタン生成古細菌として *Methanothrix* および *Methanobacterium* が確認され、いずれも相対存在量1%以上を占めていた⁴⁾。これらの微生物の存在から、加水分解、酸生成、酢酸・水素生成およびメタン生成からなる一連のメタン発酵プロセスが発酵槽内で機能していたことが示唆された。もみ殻燐炭の添加が微生物群集構造に及ぼす影響については、解析中である。

4. まとめ

90日間のメタン発酵試験の結果、もみ殻燐炭の添

加により全ての温度条件でガス発生量が増加し、メタン発酵性能の向上が確認された。特に、20℃添加区では35℃無添加区と同程度の累積ガス発生量を示したことから、もみ殻燐炭の添加は低温条件下におけるメタン発酵性能の維持に寄与する可能性が示唆された。また、微生物群集解析により、加水分解細菌、酸生成細菌、酢酸・水素生成細菌およびメタン生成古細菌が確認され、有機物の分解からメタン生成に至る一連のメタン発酵プロセスが安定的に進行していたことが示唆された。これらのことから、もみ殻燐炭はメタン発酵性能の向上および低温試験への適用に寄与する可能性が示された。今後は、発酵後に得られる消化液および残渣の肥料利用について検討し、アクアポニックスシステムにおける資源循環への適用可能性を評価する予定である。

5. 参考文献

- 1) 田上陽菜, 阿部憲一, 福島唯暉, 鷲見真平, 比良松道一, 林尚紀: クラフトビール製造時に発生する廃棄物の水耕栽培および観賞魚飼育への活用, 第25回環境技術学会年次大会研究発表会[予稿集].
- 2) 田上陽菜, 廣瀬泰大, 前川昂大, 阿部憲一: 錦鯉幼魚の観賞魚飼育にモルトフィード主体飼料を用いるメリット・デメリットとその対策について～海洋資源に直接依存しない持続可能な観賞魚飼育と食資源循環システムの構築を目指して～, 令和7年度廃棄物資源循環学会関東支部講演会・研究発表会[ポスター発表].
- 3) e.g. Xu, *et al.*, *Fermentation*, 11(7), 372, 2025. <https://doi.org/10.3390/fermentation11070372>
- 4) 朱愛軍, 覃宇, 謝成磊, 李玉友: バイオメタン・バイオガス研究と応用の最新動向, 廃棄物資源循環学会誌, Vol. 32, No. 4, pp. 280-291, 2021.

謝辞: 本実験の一部は、2024年度一般財団法人東洋水産財団学術研究助成を受けて実施した。