

バイアル実験による有機性固形廃棄物のメタン発酵への適用性の評価

水圏土壌環境制御研究室 下保木伸悟
指導教官 大橋晶良、原田秀樹

1. 緒言

有機性固形廃棄物の処理法として嫌気性消化・メタン発酵に着目した。本研究では佐賀県鳥栖市から排出される混合廃棄物および新潟県佐渡島から排出されるイカ加工残渣を未利用廃棄物系バイオマスとし、ラボスケールでの嫌気性消化を試みた。対象とした有機性固形廃棄物の生分解性、メタン発酵への適用性を評価することを目的としバイアル実験を行った。

1. 鳥栖市から排出される有機性固形廃棄物

2.1 背景

佐賀県鳥栖市では廃棄物系バイオマスの有効活用を目的としたメタン発酵プラントの設立計画が進められている。同市では廃棄物系バイオマスとして牛糞、グリセリン、給食残渣、食品加工残渣の4種 (Fig.2.1.1) が多く排出されており、それらをメタン発酵に用いることが計画されている。本研究ではプラントの運転に先立ち、

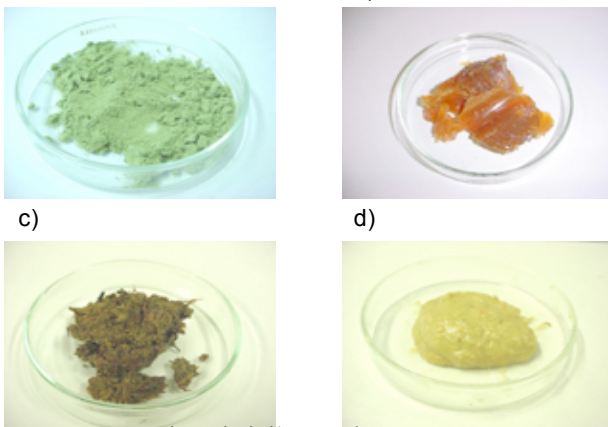


Fig. 2.2.1 a)食品廃棄物, b)グリセリン

c)牛糞, d) 給食残渣

生分解性試験により対象となる有機性固形廃棄物のメタン発酵への適用性の評価を目的とし嫌気性生分解性試験を行った。

2.2 実験

2.2.1 嫌気性生分解性試験

122ml セラムバイアル (気相 75 ml, 液相 47ml)を用いて 37℃の温浴中で振とう培養を行った。以下の操作は全て完全に酸素を除いた窒素器気流下で行った。バイアルにはあらかじめ煮沸、脱酸素操作を行い試験温度に設定したりン酸緩衝液 (バイアル内最終濃度 25mM)と重炭酸ナトリウム (バイアル内最終濃度 1000mg/L)、分散処理を施した植種汚泥、基質を注入した。窒素ガスで気相部をパージした後ブチルゴムでキャップしアルミシールで密栓し還元剤 (Na₂S・9H₂O)を加えた。バイアル内の pH が全て 7.0 になるように 1N の塩酸、または水酸化ナトリウムを加えて調整した。約 1 時間程度 37℃のウォーターバスの中で振とうし、バイアル内の温度を安定させた。その後、窒素パージにより加圧状態になっているバイアル内の圧を大気圧に戻し実験を行った。試験中にバイアル内の気相部に蓄積するメタン量を経時的にサンプリング (0.5ml)し、TCD-GC にて発生バイオガスの組成を測定し発生バイオガス中のメタン量を求めた。投入基質の分解性はメタンガス発生量で評価した。

2.2.1 実験条件

食品廃棄物：グリセリン：給食残渣：牛糞=1：1：30：21.1の配合比（重量基準）で混和した。混合物に対し1:1（重量比）で蒸留水を加えてガーゼで絞り固液分離し液分を基質として生分解性試験に用いた。基質の有機物量は75200 (mg CODcr-t/L)であった。消化污泥(CODcr: 1478.3 mg/gVS, MLVSS:8487mg/L)を植種汚泥として使用した。分解挙動を比較するため、投入基質濃度を1000, 2000, 4000, 8000 (mgCOD/vial L)の4系およびControl（植種汚泥のみ）とした。また4種の基質の各々の分解性を把握するため基質を混合せず、単独で分解試験を行った。食品廃棄物の基質濃度4000、8000を「食4000、食8000」、グリセリンを「G4000、G8000」、牛糞を「牛4000、牛8000」、給食残渣を「給4000、給8000」、混合廃棄物を「Mix4000、Mix8000」とそれぞれ略称した。

2.3 実験結果

メタンガス発生量の経時変化を示す。牛糞：生ゴミ：グリセリン：あおこ=21：30.0：1.0：1.0の混合比において高い分解性を示し、0.56 (ml CH₄/g substrate VS) が得られた (Fig.2.3.1)。

また単独基質の生分解性試験において給食残渣と食品廃棄物が高い分解性を示し COD4000では一週間で基質分解が終了した。グリセリンは他の基質に比較して発生メタン量が最も多く投入基質VSあたり2.69 (g CH₄ COD/g substrate VS) が得られた。最小は牛糞の0.38 (g CH₄ COD/g substrate VS) であった。牛糞の分解性が低くおよそ40%程度しかメタンに転換されなかった。基質に含まれる固形分の多さが原因として挙げられる。牛糞はTSが19.9%と非常に高く、難分解である粗繊維分が多量に混和されていた。

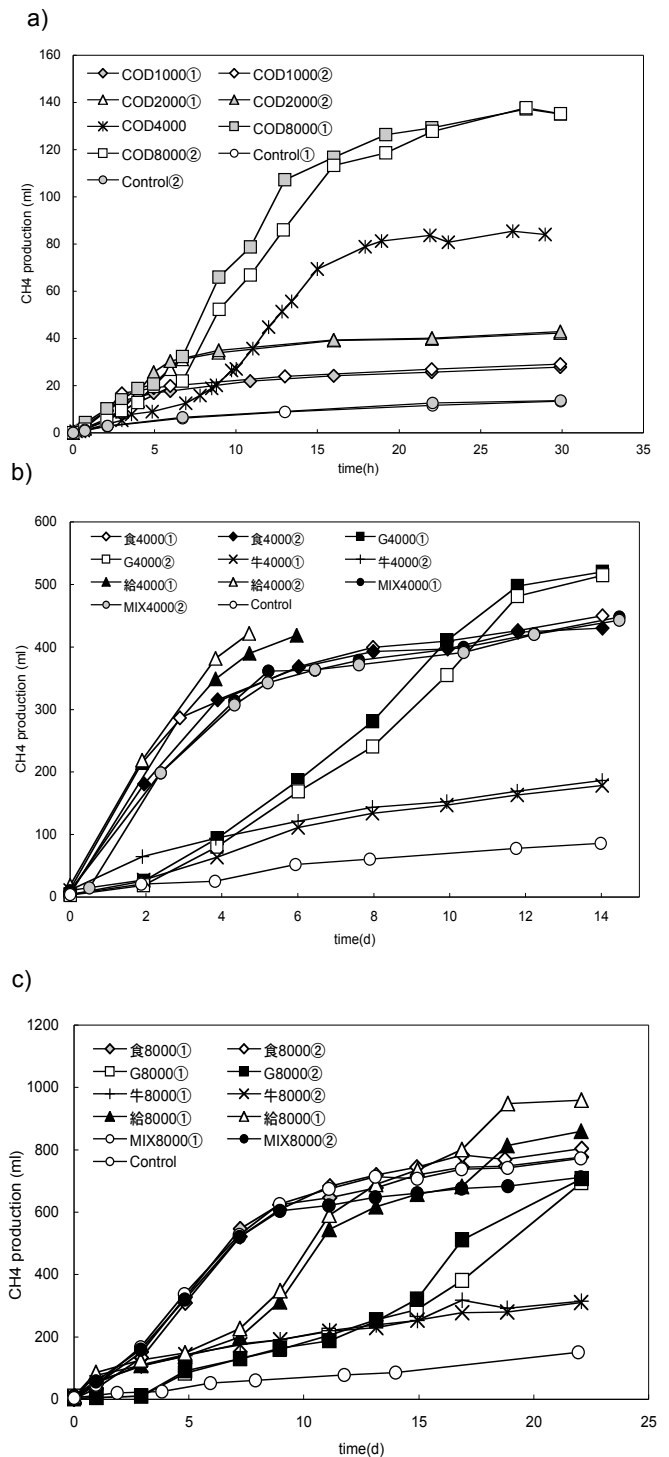


Fig. 2.3.1 a)混合基質 COD1000,2000,4000,8000 からの CH₄ 発生量経時変化, b)各基質 COD4000, c)COD8000 からの CH₄発生量経時変化

これらの結果から混合基質の分解特性は粗繊維分を除いた牛糞を含めた各基質が易分解性であったことに由来していたと考えることができる。

3 イカ加工残滓の嫌気性消化実験

3.1 背景

循環型社会の構築を目指し新潟県佐渡島では現在『エコアイランド佐渡島の未利用バイオマスと下水汚泥の混合消化方式によるガス化・コージェネレーション事業調査』が推進されている。これまで島外での処理に依存していたイカ加工残滓、焼却処分していたホテルの厨芥ゴミ（生ゴミ）を下水汚泥との混合消化により現地で処理することを目的としている。イカ加工残滓の混合消化による前例はなく実現可能性の評価が求められている。

3.2 目的

イカ加工残滓の組成分析、生分解性の評価、カドミウムの溶出挙動の把握、生ゴミ・下水汚泥との混合消化の評価を目的とした。

3.3 組成分析

三検体以上の分析を行い測定値とした。分析に先立ちフードプロセッサーでペースト状に加工し均質化した。

Table 3.3.1 イカ加工残滓の組成

分析項目	単位	分析値	標準偏差
固形分	(%)	38	0.3
強熱残留物	(%)	36	0.3
t-CODcr	(mg COD/ g VS)	2100	19.5
s-CODcr	(mg COD/ g VS)	1060	16.8
炭素 C	(mg C/ g VS)	1570	34.3
窒素 N	(mg N/ g VS)	148	3.4
C/N	-	11	0.0
脂質	% (mg lipid/mg VS)	54	1.0
タンパク質	(mg Protein/ g VS)	324	15.3
銅 Cu	(mg Cu/ g TS)	0.17	0.00
カドミウム Cd	(mg Cd/ g TS)	0.16	0.00

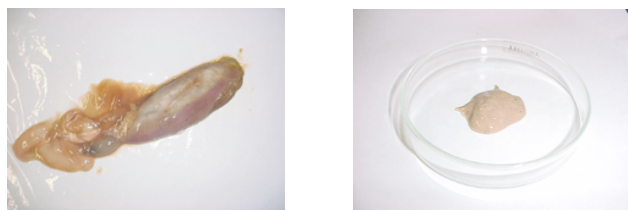


Fig. 3.3.1 a) イカ加工残滓, b)ペースト加工後の基質

3.4 実験条件

嫌気性消化におけるイカ加工残滓の生分解性および基質と植種汚泥の FM 比が及ぼす分解挙動への影響を評価した。消化汚泥を植種し 37°C の温浴中で振とう培養を行った。FM 比を 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, Control とした。

3.4.5 実験結果

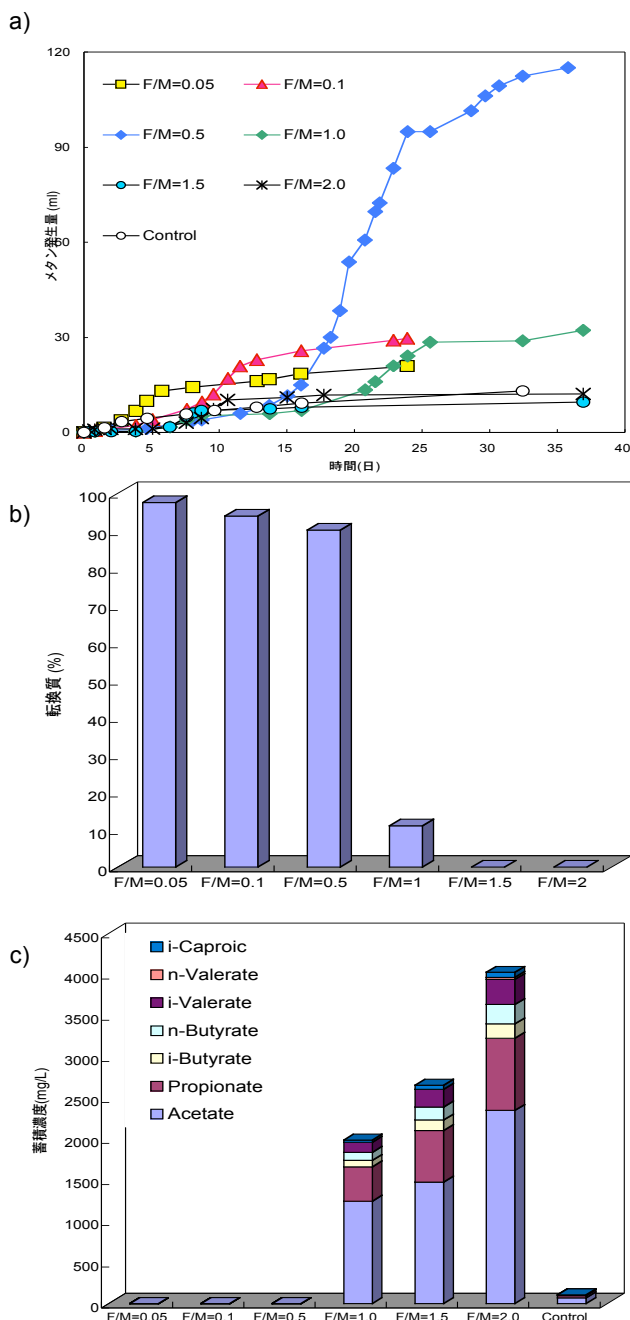


Fig. 3.4.1 a)CH₄ 発生量経時変化, b) CH₄ への転換率, c) VFA 蓄積濃度

F/M0.05, 0.1, 0.5 では投入基質有機物量のほぼ全量がメタンガスに転換された。一方、F/M1.0, 1.5, 2.0 では基質分解が進まず消化残渣には VFA が蓄積しており阻害の影響が示唆された。イカ加工残渣を基質とし、阻害なく分解が進行した場合 0.5 (ml/mg substrate VS) のメタンガスが発生することが分かった。

3.5 カドミウム溶出試験

塩酸で強制的にイカ加工残渣を溶解し嫌気性消化における基質分解を再現した。イカの溶解率とカドミウムの溶出率を分析した結果、両者は比例関係にあることが分かった。

3.6 イカと生ゴミ、下水汚泥の混合消化試験

混合消化基質として生ゴミを添加した。イカ:生ゴミ=1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 0:1 (COD 比) で混合し分解挙動を比較した。混合系は 30 日で投入基質の全量がメタンガスに転換された。イカ単独系のメタンガスへの転換率は 54%であった。投入基質の 80%をメタンガスに転換するまでの日数を算出した結果、混合系では単独系よりも 15 日以上早く分解が進むことが分かった。

さらにイカ加工残渣、生ゴミ、下水汚泥混合消化実験を行った。三者の混合比をイカ:生ゴミ:下水汚泥=1:1:1, 5:1:1, 1:5:1, 1:1:5, 1:0:0, 0:1:0, 0:0:1 (COD 比) とし 30 日間のモニタリングを行った。下水汚泥を多く混合した 1:1:5 からのメタンガス発生量が最も多く 0.47 (ml/mg substrate VS) が得られ、下水汚泥を多く混合すること基質分解が促進されることが分かった。

3.7 まとめ

イカ加工残渣の嫌気性消化により 0.5 (ml/mg substrate VS) のメタンガスが得られた。生ゴミ、

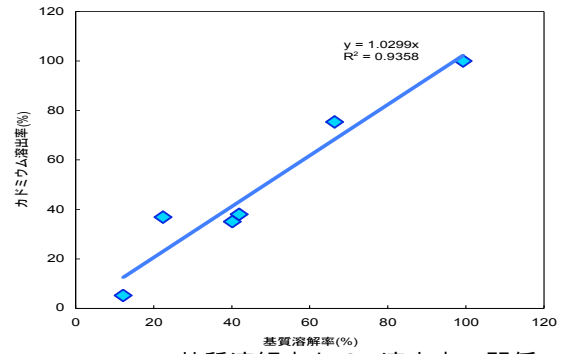


Fig. 3.5.1 基質溶解率と Cd 溶出率の関係

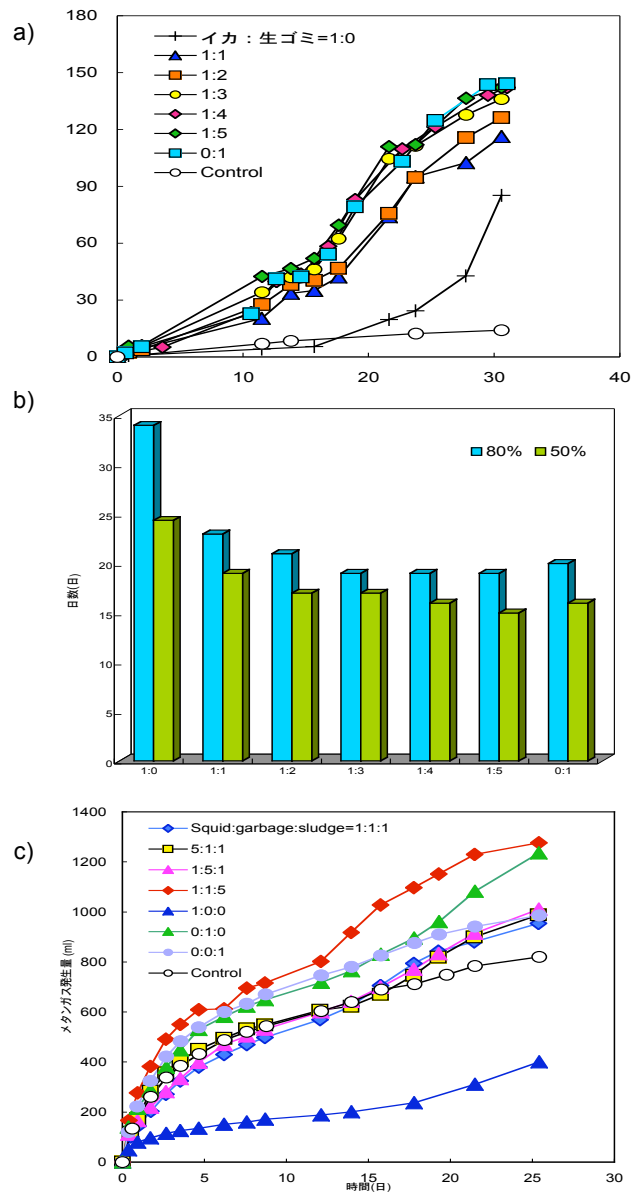


Fig. 3.7.2 a) 生ゴミとの混合消化の CH₄ 発生量, b) 分解日数, c) 三種混合消化の CH₄ 発生量

下水汚泥との混合消化は有効であるが、基質の分解性を向上し、分解日数を短縮するためには投入するイカ加工残渣の重量に対し二倍以上の添加が不可欠である。