

## 2 広島県独自の有機性資源循環システムの開発 植物系廃棄物のメタン発酵特性について

冠地敏栄, 倉本恵治, 小村直樹, 樋口浩一\*

### Development of original organic resources circulation system of Hiroshima Prefecture The methane fermentation characteristic of botanical waste

KANCHI Toshie, KURAMOTO Yoshiharu, KOMURA Naoki and HIGUCHI Koichi

The dry methane fermentation technology developed at Hiroshima Prefectural Institute of Industrial Science and Technology had some characteristics, which the equipment was small space and the waste water treatment was unnecessary. In the practical use, this technology had retained the problems such as the running cost and an ammonia removal from sewage sludge.

We examined methane fermentation using the sewage sludge with botanical waste to relieve the ammonium inhibition.

In this research, the seed sludge was high temperature anaerobic digestive dehydrated waste, the botanical waste was weed and pruning branch, waste mushroom medium, and waste bamboo raft for oyster farming. They were cultivated without concussion at 55°C.

The waste mushroom medium was useful for methane fermentation than weed and pruning branch.

キーワード：メタン発酵, 植物系廃棄物, 廃きのご培地, 廃竹筏

### 1 結 言

有機性汚泥や家畜ふん尿などの有機性産業廃棄物の広島県内における発生量は年間 400 万トンにも及び、堆肥化等の処理がされているものの、供給過剰等に陥っている。有機性産業廃棄物は今後も発生量の増加が見込まれるため、廃棄物の減量化が図れ、省資源・省エネルギー化につながる技術の開発が求められている。

こうしたなか、広島県産業科学技術研究所西尾プロジェクトで取り組んできた乾式メタン発酵技術<sup>1)</sup>は、低含水率(約 80%)で行えることが大きな特徴である。このため、乾式メタン発酵装置は、省スペースで発酵残渣の排水処理が不要となり、実用化できれば県内の有機性汚泥等の廃棄物の減量化やエネルギー回収だけでなく、装置の製造・販売による新たな環境産業の育成も期待されている。しかし、この技術を実用化していくためには、アンモニア除去に係るランニングコストの低減化等の課題が残っている。

当センターは、広島県が平成 18 年度から実施している「広島県独自の有機性資源循環システムの開発」プロジェクトの中で、保健環境センター、東部工業技術センターとともにアンモニアの除去技術の検討を進めてきたが効率的な手法を確立するには至らなかった<sup>2)</sup>。

このため、平成 19 年度からは保健環境センター、食品工業技術センターとメタン発酵での問題点であるアンモニア濃度を低下させるため、副資材(植物系廃棄物)の投入による乾式メタン発酵への影響について検討を開始

した。嫌気消化微生物を含む種汚泥として高温嫌気消化脱水汚泥、処理対象物として有機性排水処理脱水汚泥、副資材としてのり面の下草・剪定枝を用いる系での適切な混合比<sup>3)</sup>などについて一定の知見を得た。

しかし、乾式メタン発酵の実用化にあたって、下草・剪定枝は発生時期が偏るため安定確保に問題が残る。そこで、広島県内で定常的に入手可能な副資材として廃きのご培地と廃竹筏に着目し、これらのメタン発酵特性についての検討した結果を報告する。

### 2 実験方法

#### 2.1 試料の性状

本実験では、植物系廃棄物としてとしてのり面の下草・剪定枝、杉チップを主原料とする廃きのご培地、廃竹筏を用いた。その基本的な性状を表 1 に示す。

表 1 植物系廃棄物の性状

項目	単位	下草・剪定枝	廃きのご培地	廃竹筏
密度	g/cm <sup>3</sup>	0.08	0.35	0.21
水分量	湿重当%	57	52	35
揮発性固形分		40	43	49
炭素分		19	19	28
窒素分		0.43	0.96	0.13
C/N比		45	20	220
pH		5.3	6.2	6.3
アンモニア	mg-N/kg-ww	110	300	130

なお、廃きのご培地は排出後直ちに、下草・剪定枝は、チップーシュレッダー(CS150DR)で破砕したものを凍

\*広島県立総合技術研究所食品工業技術センター

結保存し、実験時に自然解凍して用いた。廃竹筏は海中から回収し、チップ化後屋外に3ヶ月堆積保管されていたものを入手、風乾燥後5mmメッシュのふるいを通過したものを室温保管して実験時に用いた。

水分量は、105℃、24時間乾燥前後の重量差から求めた。揮発性有機物（以下「VS」という）は、水分量測定後の検体を600℃、2時間加熱前後の重量差から求めた。炭素・窒素含有量は水分量測定後の検体を粉碎し、元素分析計（ヤナコ CHN MT-3 またはパーキンエルマー 2400CHN）で測定した。pHは、検体を純水で10倍（重量比）に希釈後、pHメーターで測定した。アンモニア濃度は、検体を純水で10倍（重量比）に希釈後、45μmメンブランフィルターでろ過し、ろ液を微量窒素分析計（ヤナコ TN-7）またはアンモニアテストワコーキット（和光純薬）で測定した。

## 2.2 メタン発酵特性試験

嫌気消化微生物を含む種汚泥として、室内保管した高温嫌気消化脱水汚泥を試験前に55℃で馴養したものをを用いた。経時的に発生ガス量の測定とガス組成分析を行うとともに、内容物をサンプリングして汚泥中のアンモニア、有機酸の分析を行った。ガス組成は、ガスクロマトグラフ（梶島津製作所 GC-8A : Unibeads C 60/80, Col. I. D. 3.2mm φ × 2m, Col. Temp. 140℃, TCD 60mA, Carrier press: Ar 150kPa）で分析した。有機酸は、高速液体クロマトグラフ（BIORAD HPX-87H, Col. I. D. 7.8mm φ × 300mm）で分析した。

### 2.2.1 連続回分試験

検体の中で窒素含有量の高い廃きのご培地について、アンモニアの蓄積・メタン発酵阻害の有無を確認するため図1に示す手順により連続回分培養試験を行った。

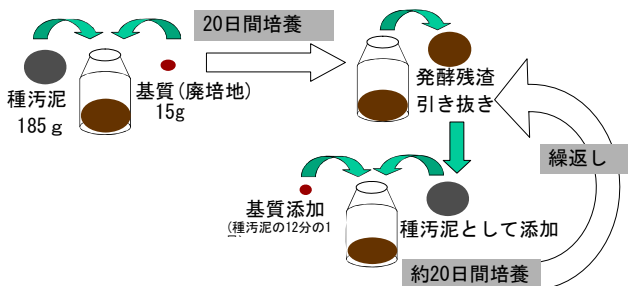


図1 連続回分試験概略

内容物が約200gとなるよう750mLバイアル瓶に種汚泥12に対して廃きのご培地を1の割合（重量比）に加え、更に含水率が80%になるよう蒸留水を加えて十分混合して窒素パージ後、55℃で20日間静置培養した。20日目に内容物を取り出し、これを新たな種汚泥とし、種汚泥の12分の1となるよう廃きのご培地を加え、1回目

と同様静置培養した。約20日毎にこの作業を5回繰返し、回分試験を6回実施した。なお、種汚泥のみ200gを入れた系をブランクとした。

### 2.2.2 回分試験

廃きのご培地以外の植物系廃棄物についてメタン発酵特性を調べるために次の手順により回分培養試験を行った。内容物が約20gとなるよう125mLバイアル瓶に表2に示す割合に加え、更に含水率が80%になるよう蒸留水を加えて十分混合して窒素パージ後、55℃で44~57日間静置培養した。脱水汚泥は有機性排水処理で発生した汚泥（C/N比5.6）を用いた。

表2 回分試験混合条件

試料No	種汚泥	下草・剪定枝	廃きのご培地	廃竹筏	脱水汚泥
①	6	1			
②	6			1	
③	6	0.5	0.5		
④	6	0.5			0.5
ブランク	7				

## 3 結果と考察

### 3.1 連続回分試験

図2にバイオガス収率、図3にアンモニアと有機酸（酢酸として換算）の経時変化を示す。

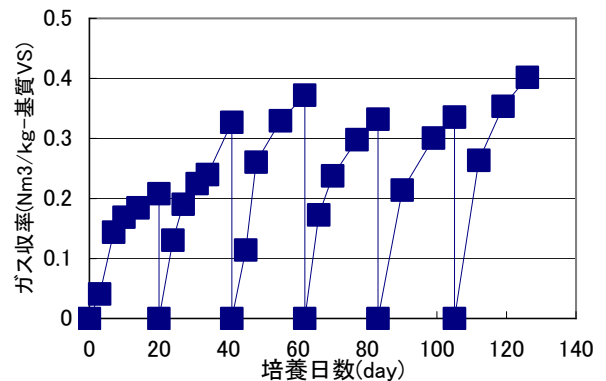


図2 連続回分試験でのバイオガス収率経時変化

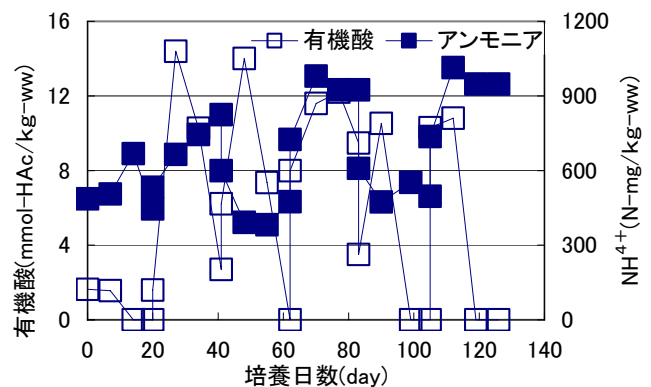


図3 連続回分試験での有機酸・アンモニア経時変化

1回目の回分培養でのガス収率は、0.21 Nm<sup>3</sup>/kg-基質 VS であった。2回目以降はほぼ 0.33~0.40 Nm<sup>3</sup>/kg-基質 VS の安定した値となり、平均で 0.35 Nm<sup>3</sup>/kg-基質 VS であった。1回目においてガス収率が低くなった原因は、廃きのご培地中の高分子物質の低分子化に關与する種汚泥中の微生物群あるいはガス生産に關与する微生物群が十分に増殖していなかったことが考えられる。2回目以降では、これらの微生物が1回目の回分培養で十分に増殖していたためにガス収率が高くなったと考えられる。

また、バイオガス中のメタン比率は試験期間中平均 52%であった。西尾プロジェクトの脱アンモニア脱水汚泥を用いたベンチリアクター連続培養試験での値(平均ガス収率 0.38 Nm<sup>3</sup>/kg-基質 VS, メタン比率約 60%<sup>1)</sup>)に比較して低めであったが、安定してメタンが発生することが確認できた。

試験終了時のアンモニア濃度は、回分培養を重ねるにつれて次第に増加する傾向であったが、試験終了時には 1000 mg-N/kg-ww 未満であった。廃きのご培地を添加しないブランクが 1500 mg-N/kg-ww まで上昇した結果に比較してアンモニア濃度を低く抑えることができた。

有機酸は、各回分培養の初期において増加したが、バイオガスの発生にともない低下し、回分培養終了時においてほぼ消費された。

各回分培養終了時の水分量はほぼ 80%で安定しており、VS は回分培養 1 回終了時に減少したがその後は徐々に増加した。pH は回分培養 3 回目までは 7 以下になることもあったが、その後は 8 付近で安定していた。なお内容物を入換る際、混合容器に付着する泥状物に比べ杉チップ小片の方がバイアルに戻し易く、内容物中には試験終了時も杉チップ小片が残留していた。

有機酸はバイオガスの発生とともに減少することが知られているが、この有機酸の減少にともないアンモニアも若干ではあるが減少している。保健環境センター他の脱窒素の研究で、pH 8 以上で内容物と気層の接触効率を上げることができれば、55℃の嫌気発酵中にもアンモニアの気化が促進されることが報告されている<sup>4)</sup>。杉チップ小片が残留することで内容物と気層の接触面積が増えている可能性がある。

### 3.2 回分試験

図 4 にバイオガス収率の経時変化、表 3 に試験終了時の残さの性状を示す。

②以外は連続回分試験 1 回目と同レベルの収率であった。バイオガス中のメタン比率は①が 46%、②が 50%、③が 47%、④が 51%であった。アンモニア濃度は④のみがブランクより高くなり、有機酸濃度は②がブランク

より低くなった。

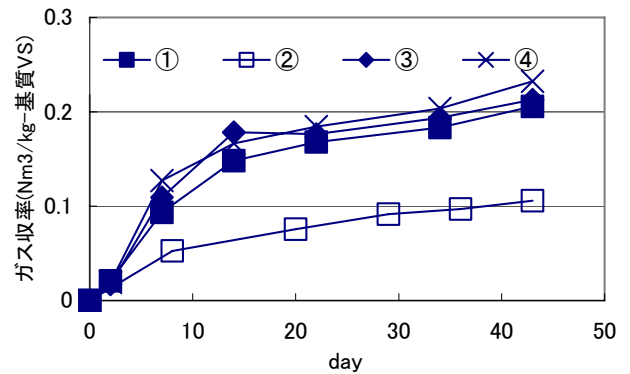


図 4 バイオガス収率経時変化 回分試験

表 3 回分試験終了時の残さ性状

項目	単位	①	②	③	④	ブランク
水分量		82	80	83	82	82
揮発性固形分	湿重当%	10	10	9.5	9.5	8.5
炭素分		5.3	4.9	4.9	4.8	4.3
窒素分		0.41	0.41	0.42	0.43	0.46
C/N比		13	12	12	11	9.3
pH		8.1	8.4	8.2	8.3	8.5
アンモニア	mg-N/kg-ww	2500	2400	2600	3200	2800
有機酸	mmol/kg-ww	28	18	30	30	20

なお、廃きのご培地には木質のリグニン分解酵素が残留すると言われているが、下草・剪定枝に廃きのご培地を加えた③の結果と加えなかった①の結果で明確な差がなく、廃きのご培地による植物系廃棄物の分解促進効果は確認できなかった。

## 4 結 言

乾式メタン発酵の実用化にあたって、アンモニアの濃度を低減させる副資材として植物性廃棄物 3 種のメタン発酵特性を検討した。

その結果、C/N比が 20 である廃きのご培地でも C/N比が 45 である下草・剪定枝と同様アンモニア濃度低減効果を確認した。また、廃きのご培地から安定してメタンが発生することも確認した。

今後、広島県内での乾式メタン発酵の実用化を目指すためには、県内で発生する植物性廃棄物の発生状況を把握するとともに、広島県独自の有機性資源循環システムの開発プロジェクトの成果を基に、副資材を用いた乾式メタン発酵の長期運転の可能性について検討する必要がある。

## 文 献

- 1) 広島県産学官共同研究プロジェクト「有機性排水・余剰汚泥の高効率嫌気性処理システムの開発」

平成 17 年度報告書，広島県産業科学技術研究所，2005  
2) 樋口，倉本，小村：広島県西部工技研究報告，  
No. 50(2007)，p. 13  
3) 樋口，倉本，小村：広島県西部工技研究報告，  
No. 51(2008)，p. 9

4) 冠地，井澤，岡本，長尾，西尾：第 29 回全国都市清  
掃研究・事例発表会講演論文集(2008)，117～119