

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年6月14日現在

機関番号：13801

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656328

研究課題名（和文） 極乾式メタン発酵法の創成～嫌気性真菌と嫌気性細菌の人工共生～

研究課題名（英文） Dry Methane Fermentation -cultivation of anaerobic bacteria and fungi-

研究代表者

宮原 高志 (MIYAHARA TAKASHI)

静岡大学・工学部・教授

研究者番号：70239432

研究成果の概要（和文）：有機性廃棄物のメタン発酵において嫌気性細菌および菌類を用いて検討した結果以下の知見が得られた。好気条件と比較すると嫌気条件での菌類の増殖は低かった。低温・低含水率では菌類も細菌も増殖が低下した。有機物濃度1%から20%で検討した結果、10%を超えると菌類も細菌も速度低下が大きかった。おから、じゃがいも、麦の粉末状基質を用いて1%から20%の範囲で検討した結果、菌類の有無による影響は大きくなかった。

研究成果の概要（英文）：Methane fermentation of organic waste was studied by using anaerobic bacteria and fungi. The growth rate of anaerobic fungi in anaerobic conditions was lower than that in aerobic conditions. The growth rate of the anaerobic bacteria and fungi became lower with lower the moisture content and the temperature. The glucose concentrations of more than 10 percent had inhibitory effect on the growth rate of both anaerobic bacteria and fungi. The effects of the addition of anaerobic fungi on the treatment efficiencies of okara, potato, and wheat were not significant.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、土木環境システム

キーワード：有機性廃棄物、メタン発酵、嫌気性消化

1. 研究開始当初の背景

都市有機性廃棄物や下水汚泥のメタン発酵は、それらを嫌気性細菌によって安定化・減量化を行うことが可能であり、得られたバイオガスは発酵槽の加温用熱源や発電により多様なエネルギー源として利用できる特徴を有している。しかし、発生汚泥量の少ない小規模下水処理場や規模の小さいエリアの都市有機性廃棄物を対象とした施設でメタン発酵槽を設置することはコストや維持管理の煩雑さから非効率的なものとなる。

未整備の中小市町村では一般に集落は分散している。このためこのような地域では下水汚泥は脱水汚泥の性状で搬出されて大規

模な汚泥処理施設で集約処理されている。この方法は未消化脱水汚泥の安定化・減量化が可能であることに加え、施設の共同化によるエネルギー効率等の利点を有している。しかし、集約後の脱水汚泥と受け入れ側の汚泥を混合してメタン発酵する場合、固形物濃度は高くなることが予想される。

メタン発酵法は、嫌気性細菌によって有機物を加水分解、酸生成、メタン生成の多段階プロセスにしたがってメタンへ転換すると同時に廃棄物の安定化・減量化を行う方法である。実規模施設は世界中で稼動しており実用・研究の歴史は100年以上に亘っている。

嫌気性消化法の特徴を利用して、通常一槽

で処理を行う同法を二槽として、各槽の環境条件を加水分解段階を含む酸生成段階とメタン生成段階に関与する各細菌群に適したものとす二相嫌気性消化法や、55℃付近が至適温度である高温細菌のもつ分解速度の高さと 35℃付近が至適温度である中温細菌の環境変化に対する相対的な安定性を共に利用した二相あるいは二段嫌気性消化法が実用化されている。

しかし、嫌気性細菌の分解能力のみに依存した処理性能の高効率化は限界に近づいており、近年では、加水分解段階や酸生成段階を加速するために熱処理やオゾン処理などの物理化学的な前処理装置を組み込んだシステムや分解産物のアンモニアによる阻害を軽減する設備を組み込んだシステムなどの開発が活発に行われている。しかし、前処理に多くのエネルギーや化学薬品を投入する方法は維持管理の複雑化だけでなく、メタン発酵法のもつ創エネルギー性という利点を損なうことにもつながるものであり、環境・経済の両面で好ましいとはいえない。

菌類を用いた廃水・廃棄物処理としては、酸素の供給を必要とする好気性の白色腐朽菌を利用した処理法が知られている。しかし、同菌類は、酸素供給のない条件では十分な活性を維持することは困難である。嫌気性環境で増殖可能な菌類ではセルラーゼ等の酵素を分泌することが確認されており、メタン発酵法に嫌気性細菌だけでなく菌類を効率的に利用することでこれまでとは異なる処理特性となることが期待できる。

メタン発酵法には創エネルギーという特徴があるが、処理速度が遅いことと共に副産物である汚泥脱離液の処理が問題とされてきている。小規模分散型のメタン発酵システムの場合、水処理施設が近隣にないことが多いと考えられる。このような場合には脱離液を処理するために発酵槽だけでなく付帯設備を備える必要がある。しかしその設置は困難なことが多い。このため、乾式メタン発酵法は小規模分散型バイオエネルギーネットワークを構築するための基盤技術と位置付けることができる。本研究は地産地消の小規模エネルギー源として都市有機性廃棄物を活用するための基礎技術と位置付けられる。

2. 研究の目的

本研究は有機性廃棄物の乾式メタン発酵法において、システムの高速度・低含水率化の大きな障害である加水分解段階とそれにつづく酸生成段階に対して、従来の嫌気性細菌群のみにたよる方法から菌類をその担い手として活用する方法とすることで、水分の少ない環境で腐食連鎖を構築する方法を確立し、脱離液の極めて少ない極乾式メタン発酵法を実現するためのものである。

3. 研究の方法

実験はブチルゴム栓とスクリュウキャップで外気の混入を防ぐ構造の特殊な試験管を用いた(図1)。培養は静置培養および振盪培養で検討を行った。

嫌気性消化の種汚泥は嫌気性消化槽から採取した汚泥を用いた。菌類は分譲機関より入手した。培養温度は中温嫌気性消化槽の至適温度および菌類の至適温度を考慮して30℃および加温エネルギーを減らすことを考慮して20℃に設定した。含水率は一般的なメタン発酵槽を考慮して99%から脱水汚泥付近である80%の範囲で検討した。



図1 ブチルゴム栓付嫌気培養試験管

表1 培地組成

glucose	10 g/L
peptone	5 g/L
yeast extract	3 g/L
malt extract	3 g/L

表2 培地組成

dextrose	20 g/L
potatoes infusion	4 g/L
chloramphenicol	0.1 g/L

増殖速度に関する影響を評価するための培養に用いた基質は表1に示す。表1の組成に寒天を加えた固形培地およびCP加ポテトデキストロース寒天培地(表2)を用いて菌類の培養を行った。更に有機性廃棄物のモデルとして、固形物濃度の影響を評価するために、じゃがいも、おから、麦を粉末状にしたものを基質として検討を行った。固形物濃度はそれぞれ1%、5%、10%、15%、20%に設定した。振盪培養は使用する基質に合わせて30-70回/分で行った。

静置培養および振盪培養ともに気相部を高純度窒素で置換して無酸素条件とした後培養を行った。寒天培地を用いた培養ではアネロパック・ケンキを用いることでジャー内部を無酸素条件にして静置培養を行った。

バイオガス中のメタンおよび二酸化炭素の濃度はガスクロマトグラフ法を用いて分析した。検出器に熱伝導度検出器(TCD)を使っているSHIMADZU GC-8APTを用いて、活性炭が充填されたパックドカラムで、キャリアガスをヘリウムとして分析を行った。吸光

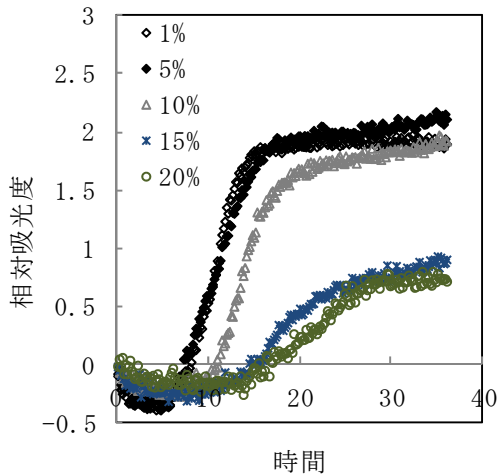


図2 嫌気性細菌の増殖特性に及ぼす有機物濃度の影響

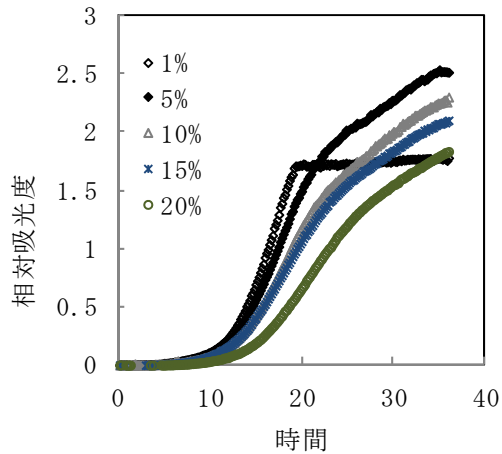


図3 嫌気性菌類の増殖特性に及ぼす有機物濃度の影響

度は 660nm で分析を行った。

4. 研究成果

図2に嫌気性細菌の増殖特性に及ぼす有機物濃度の影響を示す。含水率が低下すると溶解性の有機物濃度が局所的に高くなる可能性があることからその影響についてここでは有機物としてグルコースを1%から20%まで変化させて検討を行った結果、10%を超えると急激に増殖速度が低下する傾向が明らかにされた。図3は嫌気性菌類の増殖特性に及ぼす有機物濃度の影響を示す。図2と同様に有機物濃度の上昇と共に菌体の増殖速度が低下する傾向が観察された。嫌気性細菌の場合と比較すると10%付近でその影響が顕著になっていたがそれ以上の濃度域での増殖速度に与える影響は菌類の方が小さいことが示された。

図4および図5はそれぞれ培養温度20°Cおよび30°Cにおける嫌気性細菌の増殖に及ぼす有機物濃度の影響を示す。図2と同様に

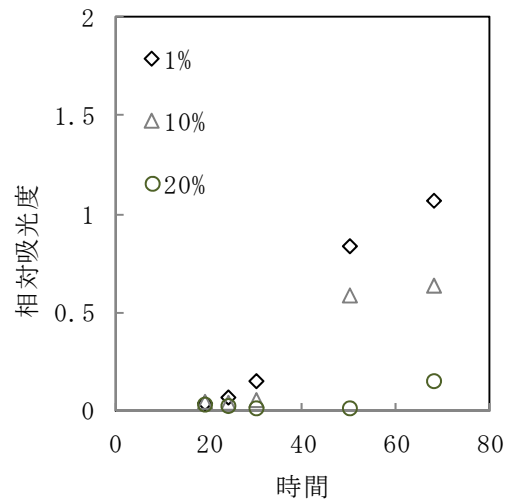


図4 嫌気性細菌の20°Cにおける増殖に及ぼす有機物濃度の影響

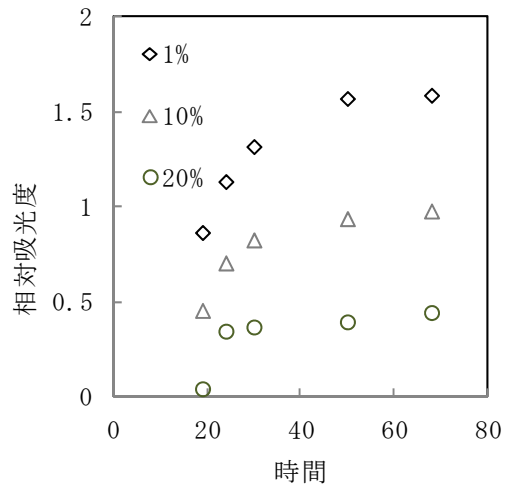


図5 嫌気性細菌の30°Cにおける増殖に及ぼす有機物濃度の影響

20°Cおよび30°C共に有機物濃度の増大に伴い増殖速度は低下した。また、培養温度を30°Cから20°Cへ低下させると有機物濃度1%から20%の範囲では増殖が低下することが明らかになった。図6および図7はそれぞれ培養温度20°Cおよび30°Cにおける嫌気性菌類の増殖に及ぼす有機物濃度の影響を示す。嫌気性細菌と同様に培養温度の低下に伴い増殖速度の低下が観察された。このことは寒天培地を使ったコロニー形成速度の計測においても同様な傾向が示された。また、その影響は嫌気性細菌と比較すると小さい。有機物濃度の上昇に伴い増殖が阻害される傾向は嫌気性細菌と同様であった。

図8および図9に有機性廃棄物のモデルとしてじゃがいも、おから、麦の粉末にしたものを基質とした場合について、嫌気性細菌のみの場合と嫌気性細菌と嫌気性菌類を混合した場合の処理特性を示した。バイオガスの

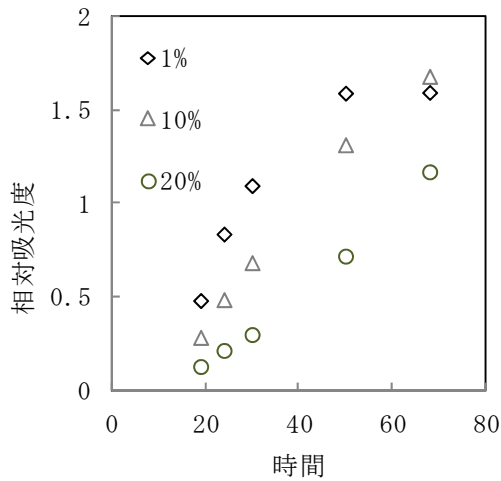


図6 嫌気性菌類の20°Cにおける増殖に及ぼす有機物濃度の影響

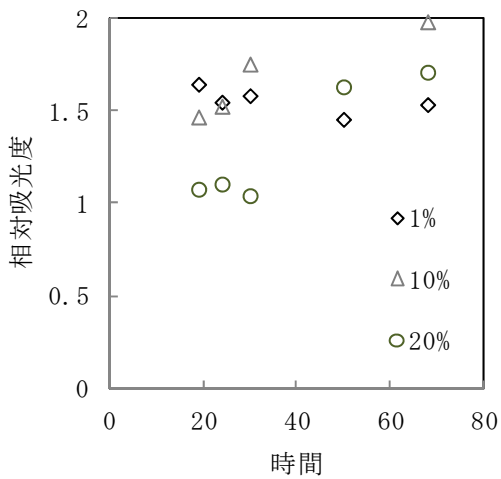


図7 嫌気性菌類の30°Cにおける増殖に及ぼす有機物濃度の影響

生成はおからを基質とした場合が低く、嫌気性菌類を加えることによる影響は大きくないことが示された。嫌気性菌類を添加することの影響は嫌気性細菌との菌体比率や、図4から図7から培養温度を適切に設定することから継続して検討を行う必要がある。

本研究は有機性廃棄物の乾式メタン発酵において、細菌群による方法から菌類を活用する方法について検討した結果、次の知見が得られた。好気条件と比較すると嫌気条件での菌類の増殖は遅いこと、嫌気性細菌および嫌気性菌類は低温および低含水率では増殖が低下すること、嫌気性条件で有機物濃度の影響を1%から20%の範囲で検討した場合10%を超えると増殖速度の低下が大きいことおよび20°Cでは嫌気性細菌および嫌気性菌共に増殖速度は遅く利用することが困難なことが明らかになった。おから、じゃがいも、麦をモデルとして1%から20%の範囲で嫌気性菌類の有無による処理性能への影響

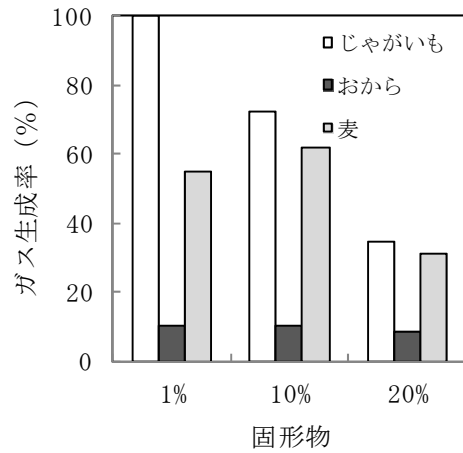


図8 有機性廃棄物の嫌気性細菌による処理特性

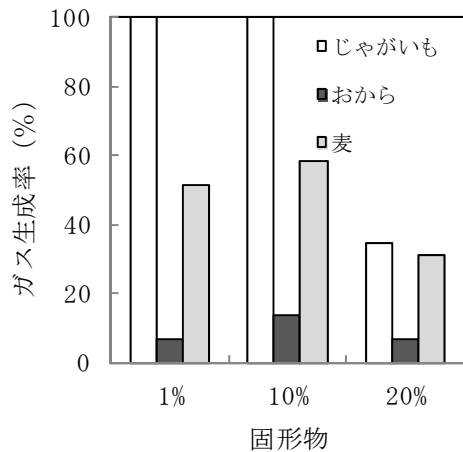


図9 有機性廃棄物の嫌気性細菌と菌類による処理特性

を検討した結果、じゃがいもおよび麦と比較しておからの処理特性は低いことが示された。嫌気性菌類をメタン発酵槽へ添加することの効果を解明するために今後温度の影響を詳細に検討することの必要性が示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮原 高志 (MIYAHARA TAKASHI)
静岡大学・工学部・教授
研究者番号：70239432

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし