

# 硫酸塩還元を活用した稲わらの前処理法

金沢大学 大月紳司・正会員 池本良子・中木原江利  
石川工業高等専門学校 正会員 高野典礼・鍛冶達彦・西田裕之  
中央復建コンサルタンツ 熊代和也

## 1. はじめに

近年、エネルギー問題や地球温暖化問題の解決のために、バイオマスの有効活用が求められている。わが国では廃棄物系バイオマスの利活用は進んでいるが、稲わらなどの農作物非食用部については、一部が鋤きこみに利用されているが、排水不良田ではメタンガス発生量の増大につながるとの報告がある。このような背景から、稲わらバイオマスの新たな利用方法の開発が望まれている。稲わらの主成分であるヘミセルロースは微生物分解性が悪いため、バイオマスとして活用するためには、前処理が必要である。本研究では、稲わらが硫酸塩還元条件下で分解することを明らかにしており、硫酸塩還元微生物を活用して、バイオガス回収量を増大させることが可能であると考えられる。

そこで、本研究では、稲わらからのメタンガス回収システムとして、硫酸塩還元反応を稲わらの前処理に利用し、メタン菌の基質となる酢酸などの溶存態の有機物を回収するシステムを提案し、この有効性を検討するために、硫酸塩還元条件下での連続稲わら分解実験を行った。さらに、装置内に増殖した微生物を用いた回分実験により、硫酸塩還元条件下における稲わら分解に及ぼす pH の影響も検討した。

## 2. 実験方法

### (1) 実験装置と運転方法

実験装置の概要を図 1 に示す。容積 800mL の吸引ビンに、稲わら 35g と植種源として金沢市城北水質管理センターの返送汚泥を 50mg(乾燥重量)投入した。装置は 3 系列準備し、温度条件をそれぞれ 20、30、40 に設定して、BOD 希釈液に硫酸ナトリウムと亜硫酸ナトリウムを添加することにより硫酸塩を 310mg/L に調整した培養液を連続的に投入した。当初は培養液の滞留時間を 72 時間に設定し、120 日目以降は 24 時間に短縮、295 日目から 72 時間に戻した。定期的に、それぞれの装置の流入水および流出水を採取し、水質分析を行った。

運転開始 428 日目に、装置から稲わらを約半量取り出し、新しい稲わら 20g を台所用の水切りネットに入れて投入し、運転を再開した。

### (2) 回分実験による有機酸生成条件の検討

前述の連続分解実験において交換時に取り出した微生物が付着した稲わらを用いて、50mL のプラスチック製のシリンジ内で、表 1 の条件で回分実験を行った。No.1 および No.3 では、装置から取り出した稲わら(約 5cm のものを 10 本程度)に培養時の基質を添加して、20 の条件で嫌気培養し、72 時間後のろ液の水質分析を行った。No.2 では、さらに未使用の稲わら 1g を投入して同様な実験を行った。No.3 および 4 は、リン酸緩衝液の濃度を変えることにより、基質の pH を 6 に調製して、No.1、2 と同様な条件で行ったものである。

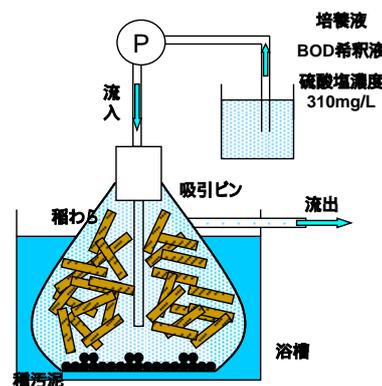


図 1 実験装置の概要

表 1 回分実験の条件

条件	pH	稲わら	全量	HRT
No.1	7.5	A	40mL	72h
No.2	7.5	A+B		
No.3	6	A		
No.4	6	A+B		

A: 取り出した稲わら, B: 新しい稲わら

## 3. 実験結果と考察

### (1) 連続装置の水質変化

硫酸塩濃度の経日変化を図 2 に示す。全ての温度条件で硫酸塩濃度が低下していることから、硫酸塩還元が進行していることがわかる。中でも 30 で最も硫酸塩還元が進行していることが確認できた。図 3 に、ろ液中の炭素濃度の経日変化を示す。水温 30 の条件では、運転開始から 60 日程度まで酢酸やプロピオン酸の生成が認められたことから、不完全酸化型の硫酸塩還元が進行して

いたと考えられる。20 では30 ほどの酢酸などは検出されなかったが同様な結果となった。しかし60 日目は、20, 30 共に酢酸やプロピオン酸の生成量が減少し、重炭酸が増大した。稲わらの交換や追加をせずに長期間の運転したことにより完全酸化型の硫酸塩還元に移行したと考えられる。一方、40 では実験開始から2 週間ほどで酢酸の生成は認められなくなった。もっとも酢酸生成量の多かった30 の条件での1gの稲わらからの酢酸回収量は、60 日間で0.1gであった。

以上のことから、30 以下で、60 日間程度で稲わらを追加もしくは交換する条件であれば、硫酸塩還元条件の前処理で稲わらからメタン生成菌の基質となる酢酸、プロピオン酸を生成することが可能であると考えられる。そこで20 の装置で稲わらの交換を行って運転を継続している。

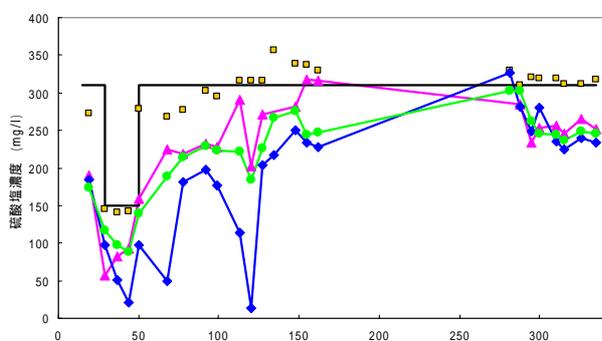


図2 硫酸塩濃度の経日変化

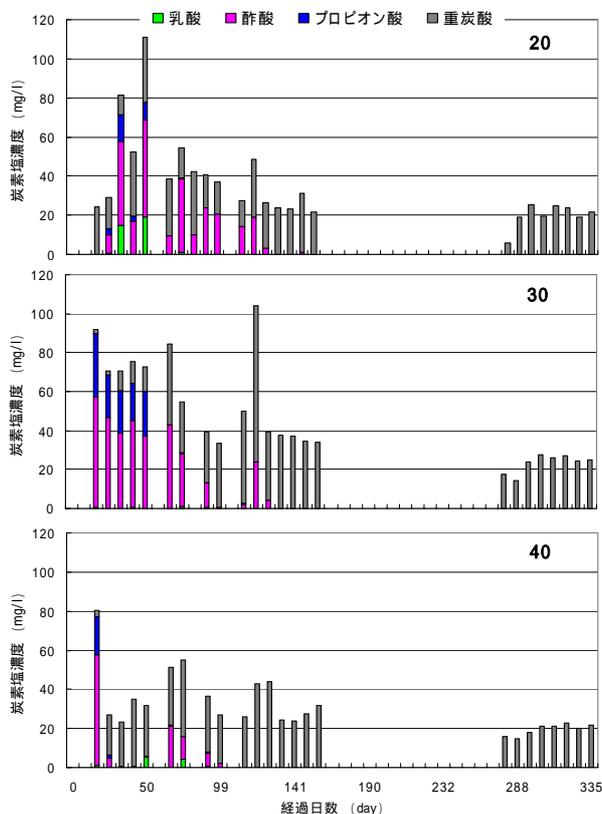


図3 液中の炭素濃度の経日変化

## (2) 酸性生成量に及ぼす pH の影響

表2 に回分実験72 時間後の水質分析結果を示す。取り出した稲わらのみを投入したNo.1, 3 では30~50mg/L の硫酸塩濃度の減少が認められた。無機炭素の増加は確認できたが、有機酸の生成は全く認められなかった。この結果は、連続装置の水質分析結果とよく一致しており、完全酸化型の硫酸塩還元反応が進行していたものと考えられる。

一方新しい稲わらを投入したNo.2, 4 では多くの有機酸が生成され、硫酸塩濃度も共に約190mg/L 低下した。装置内から取り出した稲わらに付着した硫酸塩還元微生物が、投入した稲わら由来の有機物を分解し、酢酸などを生成したのと考えられる。しかしNo.2, 4 の間には大きな違いは認められなかった。これは共に生成された有機酸によって、pH が5~6 まで低下したためと考えられる。連続分解実験での流出水のpHは7 前後であったことから、pH を5~6 に調節することで有機酸回収量が增大する可能性が示唆された。

表2 回分実験の水質分析結果

条件	No.1	No.2	No.3	No.4	
pH	6.4	5.0	4.7	4.9	
硫酸塩濃度減少量 (mg/L)	45	184	29	190	
有機炭素濃度 (mg/L)	乳酸	0	37	0	62
	蟻酸	0	2	0	2
	酢酸	0.1	181	0	175
	プロピオン酸	0	14	0	10
	酪酸	0	0	0	282
	イソ吉草酸	0	0	2	7
その他	5	350	2	178	
無機炭素濃度増加量 (mg/L)	3	15	3	23	

## 4. まとめ

稲わらを硫酸塩還元条件で分解することにより、以下のことが示された。

- (1) 稲わらを30 以下の条件で、約60 日間、硫酸塩還元条件で前処理することにより、稲わらから酢酸などの有機物を連続的に回収することが可能であった。
- (2) pH を5~6 に調整することで、有機物回収量を増大させることが可能であることが示唆された。

今後は回収率の増大方法について検討を行う必要がある。

## 参考文献

メタン発酵：野池達也編著 技報堂出版 2009.5