



Title	有機性廃棄物の水素・メタン二段発酵における可溶化・水素発酵特性
Author(s)	片岡, 直明; 菖蒲, 昌平; 宮, 晶子 他
Description	第13回衛生工学シンポジウム (平成17年11月17日 (木) -18日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 3 廃棄物 . 3-3
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 13, 91-94
Issue Date	2005-11-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1339
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-3_p91-94.pdf



3-3 有機性廃棄物の水素・メタン二段発酵における可溶化・水素発酵特性

(株)荏原製作所 ○片岡直明、菖蒲昌平、宮 晶子、鈴木隆幸

1. はじめに

バイオマスは、エネルギー利用過程においてCO₂の発生量を増加させないため、温室効果ガス発生量削減に貢献するエネルギー資源として期待されている。近年、廃棄物系バイオマスを対象とした資源循環型プロセスとして嫌気発酵技術によるエネルギー回収が注目されているが、廃棄物の前処理工程における可溶化や嫌気発酵特性に関する知見は少ない。

演者らは、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 委託研究において、前段に可溶化・水素発酵槽、後段にメタン発酵槽からなる水素・メタン二段発酵技術開発を実施しており、有機性廃棄物からのエネルギー回収と高速安定処理を目指している。本研究開発では、有機性廃棄物の可溶化・水素発酵をメタン発酵の前処理技術として導入し、水素ガスとメタンガスを回収するプロセス技術の構築を目的とする。最終目標値は、エネルギー回収率 55%以上 (発熱量比) *を達成することであり、そのための要素技術として、HRT 15 日以下での高速処理、有機物分解率 80% 以上、水素ガス回収率 1.2mol-H₂/mol-hexose以上を達成することを目標としている。

$$\text{※エネルギー回収率の定義} = \frac{\text{生成物の保有エネルギー}}{\text{原料バイオマスのエネルギー} + \text{変換プロセス所要エネルギー}}$$

本発表では、(独)産業技術総合研究所つくば西事業所内に建設した食堂残飯と紙ごみを原料とした水素・メタン二段発酵の共同実験プラントについて、可溶化・水素発酵特性を調べた結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 実験装置概要

水素・メタン二段発酵実験プラントのフローを図 1 に示す。本プラントは、前処理工程、可溶化・水素発酵工程、メタン発酵工程から構成される。実験では、産総研の食堂残飯と紙ごみを定期的に収集して実験原料とした。前処理工程では、産総研の食堂残飯とシュレッダー紙をチョッパーとカッターポンプで粉砕・均質化する。可溶化・水素発酵工程では、完全混合型高温発酵装置を用い (55°C、総容積 1.0m³、水位可変式)、固形性有機物を可溶化・酸発酵すると共に水素ガスを回収する。メタン発酵工程では、固定床式高温メタン発酵装置 (有効容積 340L) を用いてメタンガスを回収する。

本プラントの可溶化・水素発酵プロセスでは、メタン発酵工程から流出液の一部を可溶化・水素発酵槽に返送することを特徴とする。これによって汚泥返送によってアルカリ補給ができるため発酵槽へのアルカリ剤投入が不要であり、特定の発酵微生物を添加せずに高温系での可溶化・水素発酵運転が容易にできる。

2.2 実験原料の前処理

実験原料として、産総研の食堂残飯とシュレッダー紙を定期的に収集した。食堂残飯は、ビニール袋や金属片等の発酵不適物を取り除いてチョッパー (増幸産業株MKBC-42 型) で粗破碎後、食堂残飯と雑用水とを 1:1 に濃度調整したスラリーに紙ごみを 1%濃度 (wt/vol) となるように混合した。この原料スラリーをカッターポンプ (小松ゼノア株KD80MS 型) で均質なスラリーに調整してプラント実験での発酵原料とした。表 1 と図 2 に食堂残飯+紙ごみの原水性状と成分構成を示す。

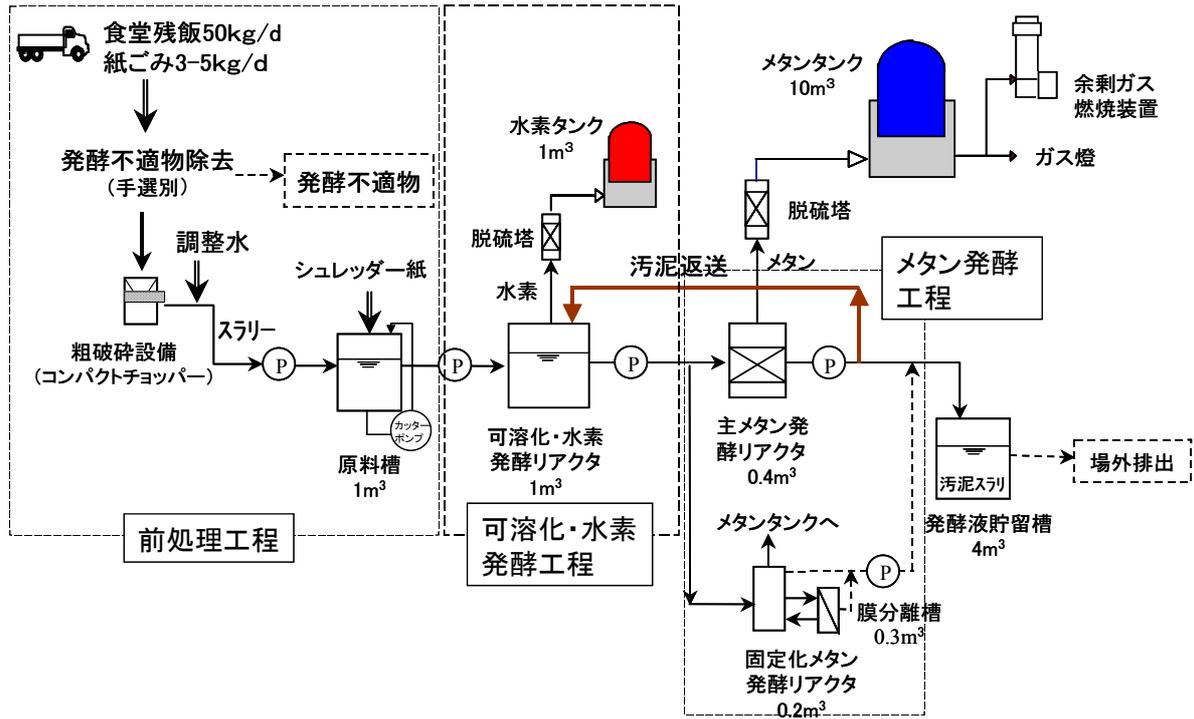


図1 食堂残飯+紙ごみの水素・メタン二段発酵処理システムのフローシート
(計画処理量 50-70kg/d、産総研の食堂残飯とシュレッダー紙)

2. 3 実験装置の運転

可溶化・水素発酵装置は完全混合型、総容積 1.0m³、槽内水位 0.30m³に設定し、温度は 55°Cで運転した。種汚泥は、室内実験で用いた模擬生ごみ+紙ごみの高温メタン発酵汚泥 100Lを投入して馴致した。返送汚泥は、食堂残飯+紙ごみ原水をHRT 8.5~30 日で固定床式高温メタン発酵処理した発酵液を用いた。

本研究の可溶化・水素発酵実験では、原料投入量と汚泥返送量の運転条件を変えながらRun1~Run4 の連続運転を行った(表2)。運転期間中の可溶化水素発酵槽のHRT 5.1-8.8 日、VS負荷 4.7-7.3kg/m³・dだった。

表1 食堂残飯+紙ごみ原水の性状

TS(mg/L)	89,900
VS(mg/L)	82,800
SS(mg/L)	58,600
VSS(mg/L)	57,700
COD _{Cr} (mg/L)	119,000
全糖量(mg/L)*	27,900
ケルダール窒素(mg/L)	3,020
脂質(mg/L)	22,800
有機酸(mg/L)	14,000
pH	4.0

*フェノール・硫酸法

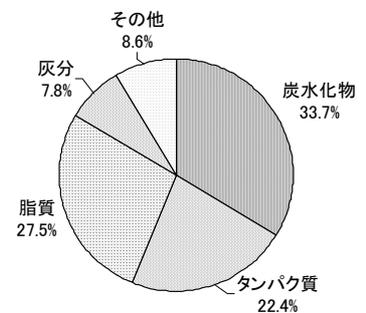


図2 食堂残飯+紙ごみ原水の成分構成

(VSS/VS比 0.70、BOD/COD_{Cr}比 0.59、S-COD_{Cr}/T-COD_{Cr}比 0.39)

表2 可溶化・水素発酵槽の運転条件

	原水投入量 (L/d)	汚泥返送量 (L/d)	HRT(d)	VS負荷 (kg/m ³ ・d)	COD _{Cr} 負荷 (kg/m ³ ・d)
Run 1	15	20	8.8	4.7	7.6
Run 2	20		7.7	5.6	5.9
Run 3	30		6.1	6.1	9.4
Run 4	20	40	5.1	7.3	11.2

3. 実験結果および考察

3. 1 バイオガス生成と pH 影響

図3にRun1とRun2の可溶化・水素発酵連続実験におけるバイオガス発生量、ガス組成、槽内pHの経時変化を示す。Run1・Run2の連続運転では、pH5.3~5.6、H₂ガス濃度38~49%、CO₂濃度56~61%だった。

表3にRun1~Run4の可溶化・水素発酵実験におけるpH、バイオガス発生量、水素生成特性をまとめた。水素生成はRun1~Run3(平均pH5.2~5.5付近)で多く認められたのに対して、Run4(pH5.0)では水素生成が低下したことから、水素生成反応はpH条件に影響されるものと考えられた。Run1~Run3ではバイオガス中H₂ガス濃度44~46%、最大H₂ガス生成率はRun2で1.7mol-H₂/mol-糖だった。なお、Run1~Run4でのH₂ガス以外のバイオガス主成分はCO₂であり、CH₄濃度は0.1%以下だった。

3. 2 有機物分解特性

可溶化・水素発酵槽における炭水化物、脂質、タンパク質分解率を図4に示す。有機物分解反応はRun3で進行し、炭水化物分解率78.6%、脂質分解率57.7%だった。一方、Run4では有機物分解率はやや低くなり、炭水化物分解率50.8%、脂質分解率52.3%だった。タンパク質分解率は、Run1~3で21~25%、Run4で10%と低かった。

Run1~4の有機物分解特性より、可溶化・水素発酵槽で

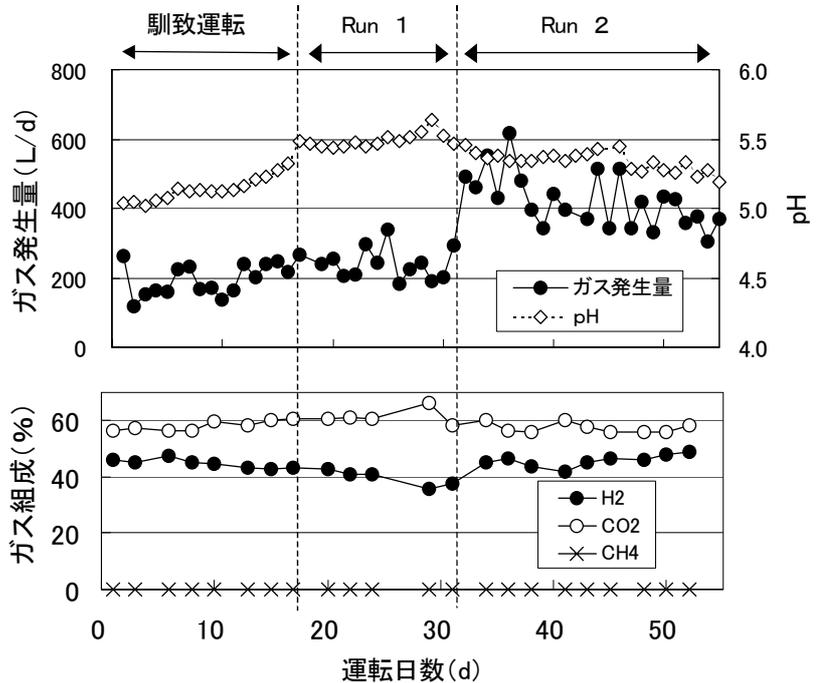


図3 可溶化・水素発酵の運転結果 (Run1・Run2)

表3 可溶化・水素発酵における水素生成特性

	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4
平均pH	5.5	5.5	5.2	5.0
バイオガス発生量 (L/kgVS、NTP)	136	234	138	112
水素濃度 (%)	43.8	43.9	46.2	41.4
水素生成収率 (mol-H ₂ /mol-糖)	1.3	1.7	1.4	1.1

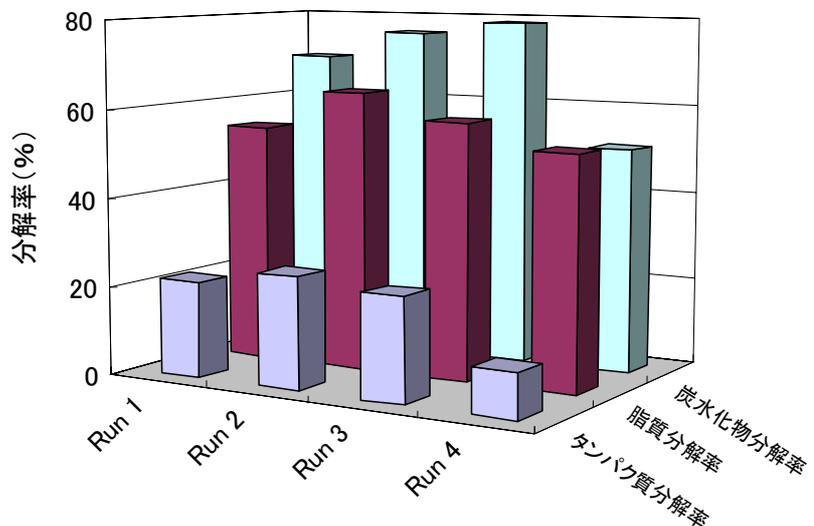


図4 可溶化・水素発酵における有機物分解率

の有機物分解反応は pH 条件によって影響されるものと考えられた。

3. 3 有機酸生成特性

可溶化・水素発酵槽における生成有機酸組成を図 5 に示す。Run 1～3 では酢酸・酪酸生成を主体とする可溶化・水素発酵反応であり、乳酸、プロピオン酸、吉草酸生成は少なかった。一方、Run4 では主に酢酸が生成され、原水の有機酸組成に近かった。

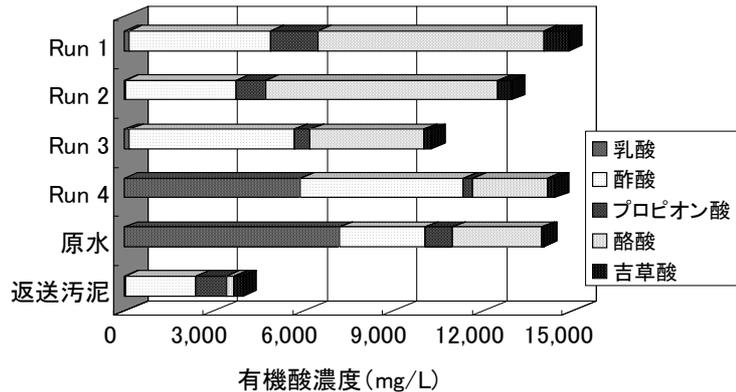


図5 可溶化・水素発酵における生成有機酸組成

3. 4 固形物の分解特性

可溶化・水素発酵運転 Run2 における有機性固形分 (VSS) の分解収支とバイオガス生成を図 6 に示す。Run2 (HRT 7.7 日、pH5.5) の連続運転では、バイオガス発生量 384L/d (302L/kgVSS、水素ガス含有率 44%)、VSS 分解率 56.7% が得られた。

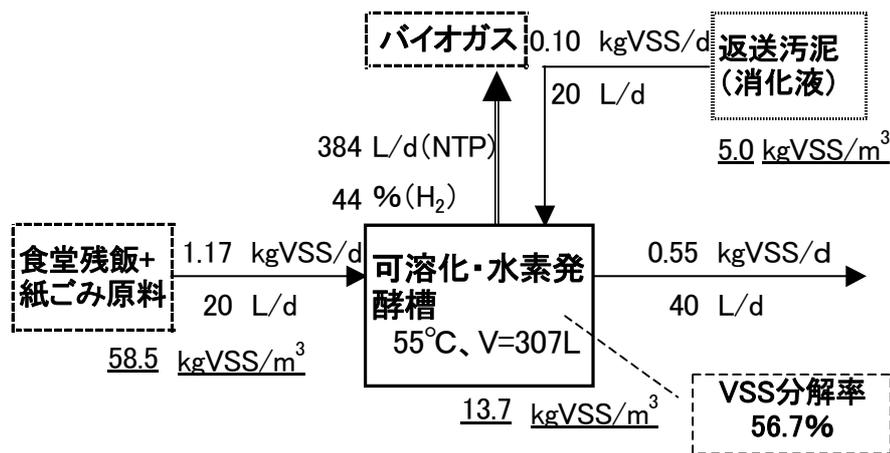


図6 可溶化・水素発酵運転 Run2 における VSS の分解収支

4. 結論

産総研の食堂残飯と紙ごみを用いて、メタン発酵流出液の一部を返送しながら 55°C で可溶化・水素発酵の連続運転を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 原料投入量 20~30L/d、メタン発酵液返送量 20L/d、HRT 6.1~7.7 日で運転した場合 (Run2 と Run3)、平均の pH5.2~5.5、バイオガス発生量 138~234L/kgVS だった (H_2 ガス含有率 44~46%、 $1.4\sim 1.7 \text{ mol-}H_2/\text{mol-糖}$)。
- (2) Run2、Run3 では、炭水化物分解率 76~79%、脂質分解率 58~63% だった。
- (3) Run2 (HRT 7.7 日、pH5.5) の連続運転では、バイオガス発生量 384L/d (302L/kgVSS、水素ガス含有率 44%)、VSS 分解率 56.7% だった。

謝辞 本研究は、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託研究「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発/有機性廃棄物の高効率水素・メタン醗酵を中心とした二段醗酵技術研究開発」で実施したものである。本プラント実験に際しては、(独)産業技術総合研究所つくば西事業所の関係者各位、鹿島建設(株)、(株)西原環境テクノロジー、(財)バイオインダストリー協会の研究員、並びに(株)丸菱バイオエンジの運転員の皆様に多大な御協力をいただきました。深く感謝致します。