

平成19年度次世代廃棄物処理技術基盤整備事業補助金 技術開発報告書（概要版）

事業名：生ごみ等廃棄物系バイオマスからの高品質エネルギーのカスケード利用技術開発（J1906）

分野名：廃棄物系バイオマス利活用技術開発

事業者名：東京ガス株式会社

補助金交付額：48,777,000円

1 技術開発者名

1-1 代表技術開発者（照会先）

- ・住所：〒230-0045 神奈川県横浜市鶴見区末広町1-7-7
- ・所属名・職名：技術開発本部 基盤技術部 技術研究所 主幹研究員
- ・氏名：小池洋潤
- ・電話番号 045-500-8767
- ・ファクシミリ 045-500-8790
- ・E-mail denkoike@tokyo-gas.co.jp

2 技術開発の目的と開発内容

2.1 開発の背景

事業系のバイオ系残渣は、食品リサイクル法対象外の厨芥であっても、事業者責任でリサイクルをするのが望ましいが、現状は分別のみで、リサイクルはあまり行われておらず、清掃工場に搬入・焼却されているのが実態である。また、厨芥を主な原料とするメタン発酵技術は事業化段階であるが、バイオガスを回収しコージェネレーションを設置する場合、電力は有効に利用しているものの、排熱は発酵槽の加温に限定され十分に利用されていない場合が多い。バイオガスは、輸送効率が悪いいため、生産された場所での利用に限定されている。

本事業の技術開発を検証することにより、輸送が容易な液体燃料であるエタノールとバイオガスが同時に生産され、有効に利用されるエネルギー量は多くなり総合エネルギー効率は向上する。本事業の検証を行うことで、事業者責任によるリサイクルへの取り組みの契機になることが期待でき、都心部のゴミ問題解決への一助となると考える。

2.2 目的

本事業は事業系厨芥を原料として利用し、アルコール・メタンの2段階の発酵を行うことにより、バイオガスのみならず、輸送や貯蔵の面でより利用価値の高いバイオアルコールを同時に安定的に回収することを目的としている。

従来、生ごみのような腐敗しやすい原料を用いる場合、雑菌繁殖によりエタノール発酵が阻害され、安定した運転が困難である。そのため、本技術開発により安定的な生産ができるよう連続運転実施と、60%以上のエネルギー効率を実現することを目標とする。

実用規模は、処理能力20t/日程度を想定し、回収するエタノールは輸送用燃料、バイオガスはコージェネレーションにより発電し、プラント動力・蒸留などの加熱源などを賄うシステムとする。

また本技術開発からの派生として、既存のメタン発酵施設に、アルコール発酵設備を追加することにより効率を高めることも可能となる。

2.3 開発の概要

本事業における技術開発の概要は次の要素からなる。

- ① **糖化**：原料生ゴミに 0.5 倍量の希釈水を加えスラリー化した後、糖化酵素を添加し原料中の炭水化物をグルコースに変換する。
- ② **固液分離**：糖化した原料を固液分離し、グルコースを含む液分をアルコール発酵に、固形分は後述の蒸留廃液と混合しメタン発酵にそれぞれ供給する。
- ③ **アルコール発酵**：固液分離で得られた糖化液を高速で供給することにより雑菌繁殖を抑制し安定した連続アルコール発酵を行う。アルコール発酵の滞留時間は概ね 2～5 時間程度。
- ④ **蒸留**：アルコール発酵液を蒸留し濃縮したエタノールを回収する。この時蒸留に関わる熱は下後述のメタン発酵で得たバイオガスを用いたボイラ運転の蒸気を利用。
- ⑤ **メタン発酵**：糖化残渣と蒸留廃液を混合し、滞留時間 15 日で高温メタン発酵を行うことで、バイオガスを得る。
- ⑥ **熱・電力の利用**
バイオガスはボイラ及びコージェネレーションガスエンジンに供し、蒸気及び電力を得る。蒸気はアルコール蒸留、発酵槽の保温に、電力はプラント補機の運転用に利用する。

3 技術開発の成果

3.1 実証設備

本事業の設備は東京都江東区潮見1-29-7 江東区清掃事務所の敷地内に建設した。

設備の外観写真を図1及び図2に示す。白色のテントは臭気拡散を目的としたもので、内部に破碎装置、固液分離装置、アルコール発酵設備、蒸留設備等を収めている。屋外のコンテナはガスホルダで、コンテナ内部に2重膜式のガスホルダを格納したものである。また、メタン発酵設備、脱臭用の活性炭、ガスエンジンコージェネ等も屋外に設置した



図1 設備外観①



図2 設備外観②

3.2 収集、分別、破碎

本事業で使用した原料（生ゴミ）は、東京都江東区殿のご協力を得て、区内の学校給食残渣（調理くずと残飯）を収集し利用した。収集作業は財団法人東京都環境整備公社殿のご協力を頂いた。収集は土日祝日を除く平日に毎朝行い、春休み等長期間給食残渣が発生しない時期については都内の事業系厨芥を収集し利用した。図3～5に収集した学校給食残渣（分別後）図6に粉碎処理した状態の写真を示す。



図 3



図 4



図 5



図 6

3.3 糖化

破碎した原料生ごみを、FRP製のスラリ糖化槽に投入し、加水、加温を行い、市販の酵素（グルコアミラーゼ）によって糖化を行ったところ、下記の結果が得られた。

- ・ 破碎した生ゴミ原料を用いて、酵素による糖化处理を行った
- ・ その結果、固液分離を行うと糖濃度 5-6%の糖化液が得られた

3.4 固液分離

糖化处理を行ったスラリ糖化液を、固液分離装置に投入して固形物と糖化液を分離した。その結果、固形物の含水率は平均して70%程度であった。

3.5 アルコール発酵

固液分離によって得られた液体物（糖化液）をアルコール発酵に供した。
アルコール発酵の様子を、図7に示す。結果は以下のとおりである。

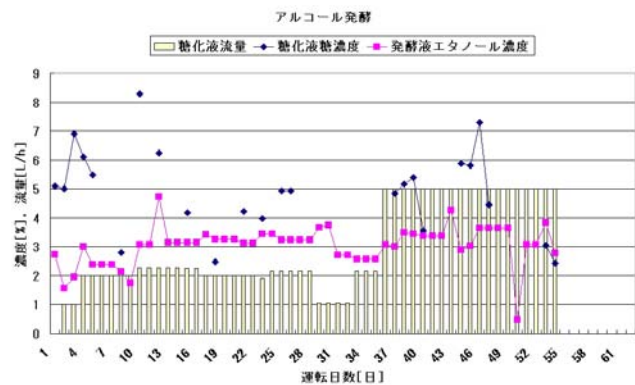


図 7 アルコール発酵

- 原料生ゴミに含まれる炭水化物からエタノールへの変換効率は、30日間の平均をとると71%であった。
- 糖化液を滞留時間2-2.5時間で供給し、30日間以上の連続運転を行った。

3.1 メタン発酵

スラリー糖化液を固液分離した後の残渣（固形分）と、エタノールを分離した蒸留廃液を混合したものを原料として使用して、メタン発酵を行う。種汚泥として、生ゴミを原料として中温メタン発酵を行っているプラントから汚泥を入手し立ち上げに利用し、徐々に槽内の温度を上昇させ最終的に55°Cでの高温メタン発酵を行った。

試験の結果を図8、図9に示す

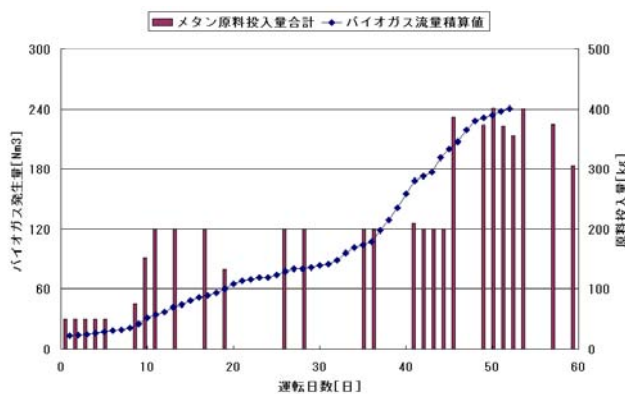


図8 メタン発酵槽バイオガス発生量変化

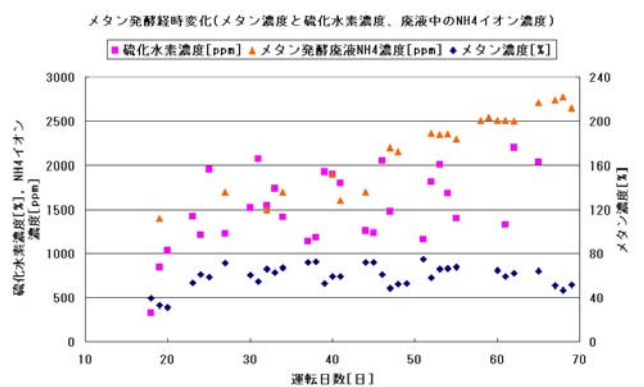


図9 発酵ガス組成

全体として下記の結果が得られた

- 運転初期から中期にかけて想定量の半分200kgの原料投入量で立ち上げを行い、後期に想定量400kgの原料を投入して、安定した運転を行った。
- 発生したバイオガス中のメタン濃度は平均で約60%、硫化水素は約1000ppm程度であった。
- 運転初期から中期にかけてアンモニア性窒素など発酵の阻害となる要因の上昇はなく、安定した立ち上がりを示した。

4 まとめ

生ゴミを利用したエタノール-メタンの2段階発酵の試験を行った。学校給食残渣はでんぷんが多く含まれており、糖化してアルコール発酵を行うのに適した塵芥であることが分かった。

事業系厨芥では学校給食に比べ異物の混入が多く、作業時間に大きな差が現れた。

破碎処理した原料生ゴミを糖化し、固液分離を行った結果、糖濃度5-6%の糖化液が得られた。

アルコール発酵は、運転初期は2.5時間かそれ以下の滞留時間で立ち上げを行い、安定したところで目標の2時間で供給を行い、途中酵母の追加投入や滅菌操作などを行うことなく、30日間以上の連続発酵を維持した。

原料生ゴミ中の炭水化物がエタノールに変換した割合は71%を示した。

メタン発酵は、生ゴミを原料とした中温のメタン発酵プラントの汚泥を種汚泥として発酵槽の立ち上げを行った。約2週間の昇温と馴よう期間の後に原料の投入を開始したところ、硫化水素やアンモニア性窒素の蓄積もなく、メタン濃度60%程度のバイオガスの発生が確認され、安定した立ち上がりを示した。

全体として1ヶ月以上の連続運転を行い、アルコール、メタン共に安定した収率を得ることができ、目標エネルギー回収効率60%を達成した。

英語概要

- Project name: Development of technology
 - Enterprise: Tokyo Gas Co., Ltd.
 - Developer : Yoji Koike
 - Department : Environmental Technology Lab. Technical Research Institute, Senior researcher
 - Resume : Kitchen waste is contained with much water and starch. So, it is suitable for ethanol fermentation.

We developed the system to get energy from kitchen waste biomass as ethanol and biogas (methane). The process consisted of freshness preservation of the waste by lactic, saccharification of sugars in the waste, continuous ethanol fermentation of the saccharified liquid and anaerobic treatment of the saccharification residue and the waste water of the distillation.

Experimental conditions are as follows.

Ethanol : Fermentation time : 2hrs-2.5hrs, Temperature : 25°C,

Methane : Fermentation time : 2weeks, temperature : 55°C

As results, the efficiency of ethanol fermentation from carbohydrate extended 71%.

This system had been running for about 30days.

- Keyword : Ethanol, Methane, Biomass, Fermentation, Cascade use

