

(別紙1)

平成20年度次世代循環型社会形成推進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バイオエタノール高効率回収
技術開発

(J2003)

分野名: 循環型社会構築技術

事業者名: 東京ガス株式会社

補助金交付額: 19,811,000 円

1. 技術開発者名

1-1 代表技術開発者(照会先)

- ・住所 神奈川県横浜市鶴見区末広町1-7-7
- ・所属名・職名 東京ガス株式会社基盤技術部技術研究所 主幹研究員
- ・氏名 大坂典子
- ・電話番号 045-500-8769
- ・ファクシミリ 045-500-8790
- ・E-mail nosaka@tokyo-gas.co.jp

1-2 共同技術開発者 なし

2. 技術開発の目的と開発内容

2.1 開発の背景

事業系の食品残渣は含水率が高く、焼却の際にエネルギーが必要となるが、現状ほとんどは清掃工場において焼却処理されている。また食品リサイクル法の改正により、食品小売業や外食産業など、従来残渣のリサイクル率が低かった事業者にも、リサイクルの目標値が設定されたため、残渣の有効利用技術の開発が課題となっている。

このような状況の中で、食品残渣の処理技術の一つとしてメタン発酵が注目されており、事業化段階に入っている。これはメタン発酵で得られたバイオガスをコージェネレーションシステムで利用して、電力と熱を供給する形態が主流であるが、構内に大きな熱需要がない場合、メタン発酵槽の加温に使用されない熱が余るといった問題が生じる。バイオガスや熱は構外に搬送しにくいいため、構内で熱を有効利用し、搬送しやすいエネルギー物質が得られるプロセスの開発が求められていた。一方で現在注目されているバイオエタノールの製造は、糖化、蒸留の工程において大量の熱を使用するため、これらを組み合わせることにより、より効率的な食品残渣処理のプロセスを提案することができる。そこで、食品残渣をアルコール発酵させて輸送が容易な液体燃料(エタノール)を取り出し、その残渣を利用してメタン発酵を行う2段発酵技術の開発を提案した。

平成19年度に、「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」として生ごみからエタノール及びバイオガスを高効率かつ安定的に回収する技術開発を行ったが、固液分離時に残渣側(固体物側)に糖化液が残り十分に糖を利用できない課題があった。本事業はアルコール発酵に係わるプロセスを見直すことにより、エタノールの回収率を向上すること、エタノールとバイオガスを合計したエネルギー回収効率

を更に高効率にすることを旨とする。本事業の成果は、事業系厨芥のリサイクルの推進や、国産バイオエタノール生産の推進に資するものとする。

2. 2 開発の目的

平成19年度事業ではアルコール発酵槽の雑菌による汚染を回避するため、糖化処理後固液分離を行い、耐酸性凝集性酵母を用いて糖化液のみを高速でアルコール発酵槽に連続供給するシステムに取り組んできた。更に基礎検討を進めた結果、スラリー状の原料の繰り返し回分発酵においても十分な発酵性能を示すことが確認されたことから、本事業では固液分離を行わないスラリー状態での発酵方式とし、従来方式では固液分離時に残渣側（固体物側）に残っていた糖化液を全てアルコール発酵に利用することによって、アルコールの回収効率を向上させることを目的とする。具体的には固液分離プロセスをなくすことで、アルコール発酵に供する糖量は従来に比べ1.6～1.8倍程度になると見込まれるため、原料中炭水化物量が10%程度の場合で、発酵終了時のアルコール生成量が平成19年度事業で5ℓ/日程度であるのに対し1.8倍量の9ℓ/日の回収を目標とする。アルコール回収量の増加に伴いバイオガス量は減少するが、アルコールとバイオガスの合計によるエネルギー回収率は平成19年度のシステムが65%を目標としているのに対し、67%を目標とした。また本事業は給食残渣を利用することから、生成したアルコールを小中学校で使用して頂くことにより、環境教育への貢献も目的としている。

2. 3 開発の概要

本技術は平成19年度実証試験事業のアルコール・メタン2段発酵技術を、付加価値の高いアルコールをより多く、プロセス全体としてより高効率にエネルギーを回収できるようにプロセスに新規の改良を加えたものである。原料は平成19年度と同じく、江東区内の小中学校4校の給食残渣を使用した。

本事業の開発要素は、次の通りである。

- ①分別・破碎：原料生ごみ中の不純物（プラスチック類、食器など）を分別除去し、5mmアンダーまで原料を破碎する。
- ②液化：破碎原料に市販の液化酵素を加えて、原料中のでんぷん質を液化する。
- ③糖化・アルコール発酵：糖化酵素を添加して、原料中のでんぷん質をグルコースに変換すると同時に、アルコール発酵酵母により生成したグルコースをエタノールに変換する。（併行複発酵）
- ④蒸留：③で生成したエタノール発酵液を蒸留し、濃度約90%のエタノール溶液を取り出す。
- ⑤メタン発酵：④でエタノールを取り去った後の蒸留残渣に加水して、メタン発酵を行い、バイオガスを得る。
- ⑥電力・熱利用：⑤で得られたバイオガスをボイラ、及びコージェネレーションシステムで利用し、電気と熱を取り出し、プラント内で使用する。
- ⑦アルコール利用：④で得られたエタノール溶液は、そのまま江東区内の小中学校の理科教材（アルコールランプ用燃料）として使用する。

3. 技術開発の成果

3. 1 実験設備

実証試験設備は、平成19年度試験と同じく、東京都江東区清掃事務所構内に設置した。設備の外観写真を図1, 2, 3に示す。白色のテントは臭気拡散を防ぐ目的で設置しており、

内部に破碎装置、液化装置、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、ガスエンジンコジェネ等も屋外に設置した



図 3.1-1 実証試験設備外観



図 3.1-2 試験装置外観 1



図 3.1-3 試験装置外観 2

3. 2 分別・破碎

原料生ごみの組成を図4に、各成分の持つエネルギーが占める割合を図5に示す。アルコール収量の基本データとして用いた大学生協の生ごみよりも、炭水化物の割合が大きく、たんぱく質、脂質が少ない。

	水分	タンパク質	脂質	灰分	炭水化物	エネルギー
原料生ごみ	82.6g	3.2g	1.8g	0.7g	11.7g	73.8kcal
予想組成	79.5g	5g	4g	1.5g	9g	96kcal

図3.2-1 原料生ごみ組成(原料100g中)

	タンパク質	脂質	灰分	炭水化物
原料生ごみ	18.1%	10.5%	4.2%	67.1%
予想組成	25.6%	20.5%	7.7%	46.2%

図3.2-2 原料生ごみ乾燥組成

原料生ごみの写真を図6、破碎後の原料を図7、破碎機の写真を図8に示す。給食生ごみ中にはほとんど不純物は含まれていない。



図 3.2-3 原料生ごみ



図 3.2-4 破碎後原料



図 3.2-5 破碎機

受け入れた原料の重量と破碎原料中の炭水化物の割合を図3.2-6に示す。原料量は日毎の変動が大きく、また炭水化物が原料中に占める重量も±20%以上の変動がある。変動が大きい原料を使用して安定した発酵運転を行うことが、本試験の課題の一つとなっている。

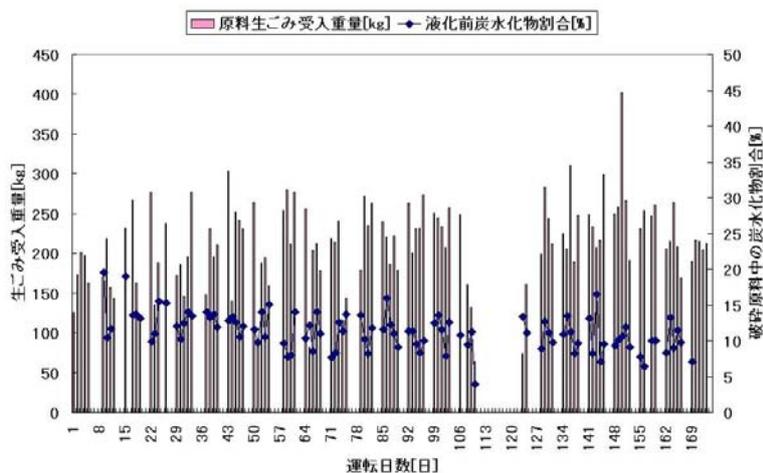


図3.2-6 原料生ごみ受け入れ重量と炭水化物割合

3.3 液化

破碎した原料を液化装置にて90°C程度まで加温し、酵素を投入して液化を行う

3.4 糖化・アルコール発酵

液化した原料を糖化に適した温度まで下げた後、糖化酵素を投入してでんぷん質をグルコースに変換する。糖化しつつ、原料を酵母に適した温度に下げてアルコール発酵を行う併行複発酵の状態を作る。図10.に生成したエタノール発酵液の重量とエタノール濃度（体積割合）のグラフを示す。原料中の炭水化物の割合の変動によって、エタノール濃度は大きく変動するが、平均すると炭水化物からエタノールへの変換効率は約72%となった。

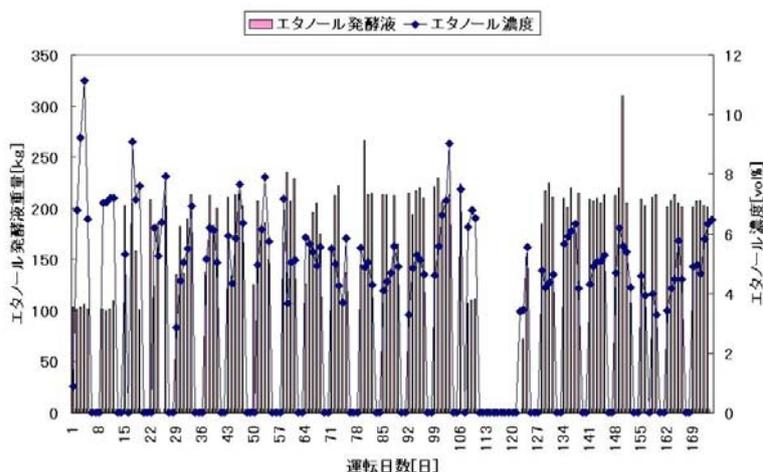


図3.4 エタノール発酵液量とエタノール濃度

3.5 蒸留

得られた数%程度のエタノール発酵液の蒸留を行った。得られたエタノール濃度を下記に示す。蒸留装置は一缶式の簡易なものであり、3回/日のバッチ運転を行って濃縮エタノールを得た。固液分離を行わないスラリー状の発酵液を蒸留するため、焦げ付きなどに注意する必要

があった。

3. 6 メタン発酵

アルコール発酵液の蒸留残渣を使用して、メタン発酵を行った。発酵槽温度は約55℃、滞留時間は約2週間の条件で試験を行った。メタン発酵槽に投入した原料と発生したバイオガス量のグラフを図3. 6-1に、メタン発酵槽中の有機酸濃度とバイオガス量のグラフを図3. 6-2に示す。

立ち上げ当初は高かった発酵槽中の有機酸濃度が、運転が安定すると共に下がってきたことが分かる。ガス量は年末年始の原料投入休止期間前後を除いては、ほぼ安定していた。

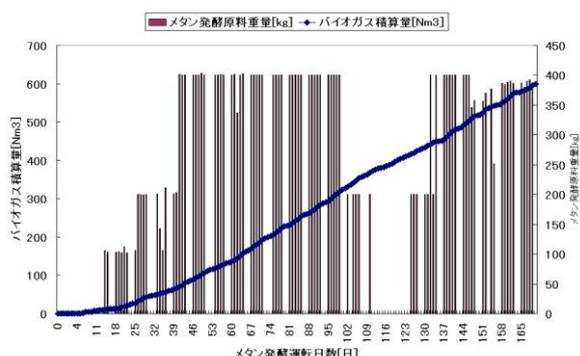


図 3. 6-1 投入原料重量とバイオガス積算量

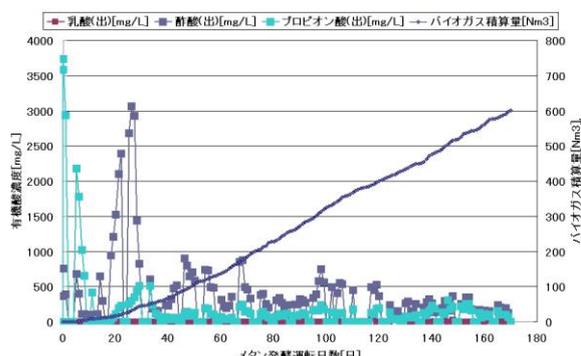


図 3. 6-2 有機酸濃度とバイオガス積算量

3. 7 エネルギー回収効率

原料生ごみから、アルコールとバイオガスとして回収したエネルギーの割合を、図14に示す。これは12月の2週間平均であり、62%の負荷率である。バイオガスで約40%、アルコールとして約39%のエネルギーを回収した。2週間に受け入れた原料の組成を考慮すると、原料200kgあたり11Lのエタノールが得られる。

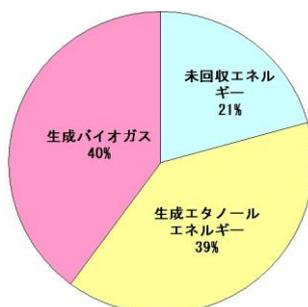


図3. 7 エネルギー回収効率

4. 技術開発の成果

平成19年度事業において実証したアルコール・メタン2段発酵技術を改良し、より高効率にエタノールを回収するプロセスの開発を行った。原料生ごみを加水せず、固液分離を行わないスラリー状の液を安定的にアルコール発酵させて、より高効率にアルコールを回収した。また蒸留残渣をメタン発酵させて安定的にバイオガスを取り出し、総合エネルギー回収率は79%に到達した。バイオガスは、ボイラー及びガスエンジンコージェネレーションシス

テムに投入して、発生した電気と熱を全量プラント内で有効利用した。
一方で事業系厨芥の新しいリサイクル技術の実証を行ったと同時に、高効率にエネルギーを回収できることから、リサイクルの推進に資するものであると考える。また実証試験期間中の設備見学者は自治体、企業、小学校から大学までの学生含めて600名を超えて、事業系厨芥のリサイクルの意識を高めることができた。

5. まとめ

雑菌繁殖しやすい生ごみから、アルコールとバイオガスを取り出すプロセスの開発を行った。その結果、アルコール発酵運転で90日以上、メタン発酵運転で150日以上安定運転を達成した。また原料生ごみ中の炭水化物からエタノールへの変換効率は、約72%を達成した。最終的にエタノールとバイオガスをあわせて、原料生ごみ中のエネルギーの約79%を回収し、目標効率67%以上の効率を達成した。事業系厨芥の新たな処理方法として、高効率にエネルギーを回収するプロセスの実証を行うことができた。

英語概要

- Project name Development of efficient conversion system from kitchen waste to bio-ethanol
- Enterprise: Tokyo Gas Co., Ltd.
- Developer : Noriko Osaka
- Department : Environmental Technology Lab. Technical Research Institute, Senior researcher

- Summary : 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, liquefaction of the waste, ethanol fermentation of the saccharified slurry and anaerobic treatment of the saccharification residue and the waste water of the distillation.
Experimental conditions are as follows.
Ethanol : Fermentation time : 6-12hrs, Temperature : 25-35°C,
Methane : Fermentation time : 2weeks, temperature : 55°C
As results, the efficiency of ethanol fermentation from carbohydrate extended 72%.
This system had been running for about 90days.

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