

特集論文

# メタン発酵、炭化ガス化などバイオマス最新利用技術

## The Newest Biomass Utilization Technology such as Methane Fermentation and Pyrolysis



古賀 洋一\*<sup>1</sup> Youichi Koga  
 水谷 洋\*<sup>2</sup> Hiroshi Mizutani  
 常泉 慎也\*<sup>2</sup> Shinya Tsuneizumi  
 山本 洋民\*<sup>3</sup> Hirokami Yamamoto  
 田畑 雅之\*<sup>4</sup> Masayuki Tabata  
 甘利 猛\*<sup>5</sup> Takeshi Amari

循環型社会の構築や温室効果ガス抑制に対する関心が高まる中、当社ではバイオマス有効利用技術として、メタン発酵技術、炭化ガス化技術の開発を行い実用化している。メタン発酵技術はこれまでし尿処理や下水汚泥処理に用いられていたが、平成18年3月に東京で110トン/日の食品廃棄物単独メタン発酵処理施設を完成し、順調に運転している。炭化ガス化技術においても、三重で100トン/日規模の木質系バイオマスガス化発電施設が平成17年3月の竣工後2年を経過し、順調に稼働している。また東京で300トン/日の下水汚泥炭化燃料化施設を受注し、平成19年中に竣工予定である。今後も処理対象物の拡張を含め、バイオマス有効利用に向けた社会ニーズに応える技術を提供していく。

### 1. はじめに

近年、廃棄物の削減を目指した循環型社会の構築や、温室効果ガス抑制に対する関心が高まっている。循環型社会推進基本法やRPS法といった法整備やバイオマスタウン構想等に後押しされ、カーボンニュートラルな資源であるバイオマスを有効利用する技術がますます重要になってきている。

バイオマスといっても、農業資源系、林産資源系、水産資源系、畜産資源系、廃棄物系など多種多様であり、それらを利用する技術も様々である。本稿では、このような社会のニーズに対応すべく、これまで当社横浜製作所で開発、実用化を行ってきたメタン発酵技術、炭化ガス化技術の最新状況をまとめた。

### 2. メタン発酵技術

#### 2.1 メタン発酵技術の特徴

メタン発酵技術は、汚泥、食品残さ等の含水率が高いバイオマスからエネルギーを有効に取り出す技術であり、嫌気的条件下で嫌気性細菌の作用により、有機物からメタン(CH<sub>4</sub>)と二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を発生させる。発生させたメタンガスは、ガスエンジン・燃料電池・ボイラ等に利用し、エネルギーを高効率に回収する。

これまでメタン発酵技術は、し尿処理・下水処理等で多数の稼働実績があったが、食品廃棄物などへの適用は未着手であった。しかし、近年は食品リサイクル法施行等の流れを受け、食品廃棄物などへの適用も具

体化しつつあり、次項に示す当社製プラントでの成功が国内外の大きな注目を浴びている。

#### 2.2 メタン発酵による食品リサイクル施設稼働状況

##### (1) 概要

東京都において、廃棄物問題の解決と新たな環境産業の立地を促進し、循環型社会への変革を推進することを目的としてスーパーエコタウン事業が進められている。これは国の都市再生プロジェクトの一環として、東京臨海部の都有地において、民間事業者等が主体となり廃棄物処理・リサイクル施設の整備を進めるものである。この中で、バイオエナジー(株)による食品リサイクル施設が、循環型社会への貢献度、安全性、環境性能、技術・システムの先進性などの総合評価によりスーパーエコタウンにふさわしい事業として選定され、当社がこの食品リサイクル施設を納入した(図1、

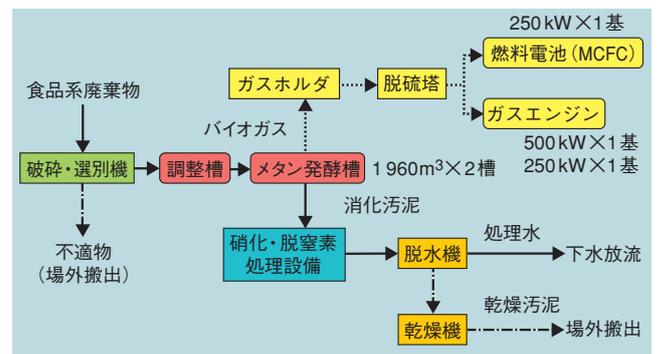


図1 食品リサイクル施設フロー  
 搬入された食品廃棄物はメタン発酵処理され、発生したバイオガスは発電等に有効利用される。

\*<sup>1</sup> 横浜製作所環境ソリューション部計画開発グループ長  
 \*<sup>2</sup> 横浜製作所環境ソリューション部計画開発グループ  
 \*<sup>3</sup> 横浜製作所環境ソリューション部技術グループ主席

\*<sup>4</sup> 技術本部横浜研究所化学システム研究室長  
 \*<sup>5</sup> 技術本部横浜研究所流体・伝熱研究室



図2 食品リサイクル施設外観  
メタン発酵槽にて発生したバイオガスはガスホルダ経由でガスエンジン、燃料電池などに有効利用される。

表1 食品リサイクル施設主仕様

項目	主仕様
納入先	バイオエナジー(株)
竣工年月	平成18年3月
所在地	東京都スーパーエコタウン内 (東京都大田区城南島3-4-4)
構造・建築規模	鉄骨造 地上3階地下2階
処理対象物	①事業系一般廃棄物：首都圏のホテル、スーパー、コンビニエンスストアなどから排出される食品残さ ②産業廃棄物：首都圏の食品加工工場等から排出される動植物性食料残さ
設備規模	110トン/日
処理方式	メタン発酵方式
発電設備	燃料電池 250kW ガスエンジン 250kW+500kW
発電計画量	約24,000kWh/日

図2、表1)。この施設は以下のような特徴をもっており、平成18年4月の本格稼働より順調に稼働している。

- ① 国内最大規模となる110トン/日の食品廃棄物単独メタン発酵処理施設
- ② 燃料電池とガスエンジンを利用したメタン発酵施設売電施設としては世界初

(2) 稼働状況

平成19年2月における最新のプラント稼働状況は表2の通りである。

バイオガス発生量計画値は約120m<sup>3</sup><sub>N</sub>/廃棄物トンであったが、計画値を大幅に上回るバイオガスが発生している。これは、搬入された食品廃棄物のTS濃度が計画値よりも高いことに起因すると考えられる。バイオガス主成分であるCH<sub>4</sub>濃度は安定して計画値を維持している。これにより、発電量も556,200kWh/月(383kWh/廃棄物トン)に上っており、場内消費電力を全て賄い、余剰電力を売電している。

表2 食品リサイクル施設稼働状況  
(平成19年2月)

項目	運転データ
食品廃棄物搬入量	1,453トン/月 (1日平均 約52トン)
バイオガス発生量	298,030m <sup>3</sup> /月 (205m <sup>3</sup> /廃棄物トン)
バイオガス発電使用量	264,550m <sup>3</sup> /月
バイオガス主成分	CH <sub>4</sub> 約60% CO <sub>2</sub> 約40%
発電量	556,200kWh/月 (383kWh/廃棄物トン)
場内消費電力	332,668kWh/月
売電量	223,532kWh/月

### 3. 炭化ガス化技術

#### 3.1 炭化ガス化技術の特徴

炭化ガス化技術はドライ系・ウェット系バイオマス・廃棄物を有効利用・資源化する手法である。有機物を低酸素状態で蒸し焼きにすることで、熱分解ガスと炭化物が得られ、これらを電力・熱などのエネルギー源として利用する。当社は間接加熱式ロータリーキルン炭化ガス化炉を採用しており、以下のような特徴がある(図3)。

- ① バイオマス・廃棄物を投入スクリューによって炭化ガス化炉に投入し、低酸素雰囲気中で500℃以上の高温処理を行なう。
- ② 間接加熱方式とし、内筒が回転することで均一な加熱を行い、安定した品質を確保する。
- ③ 発生した熱分解ガスは燃焼炉で完全燃焼させ、炭化ガス化炉熱源やボイラ熱源等として利用する。

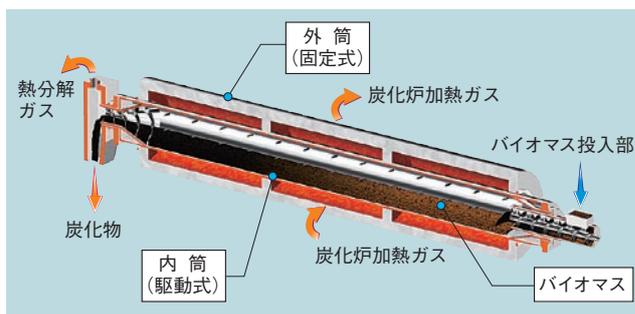


図3 炭化ガス化炉構造  
バイオマスは回転する内筒の内部に投入される。加熱ガスは外筒と内筒の間に導入されバイオマスを間接加熱する。

#### 3.2 木質系バイオマスガス化発電施設の稼働状況

当社は、三重中央開発(株)より木質系バイオマスとしては国内初の100トン/日規模のガス化発電施設を受注し、平成17年3月竣工以来、既に2年が経過した(表3)。平成18年11月時点の運転データとして、図4に、燃焼室内ガス温度、キルン温度、燃焼室内酸

表3 木質系バイオマスガス化発電施設主仕様

項目	主仕様
納入先	三重中央開発(株)
竣工年月	平成17年3月
処理対象物	木材チップ
設備規模	4 000 kg/h
炭化ガス化方式	間接加熱式ロータリーキルン
発電設備	抽気復水タービン 1 400kW 蒸気条件 3.0MPa 300℃

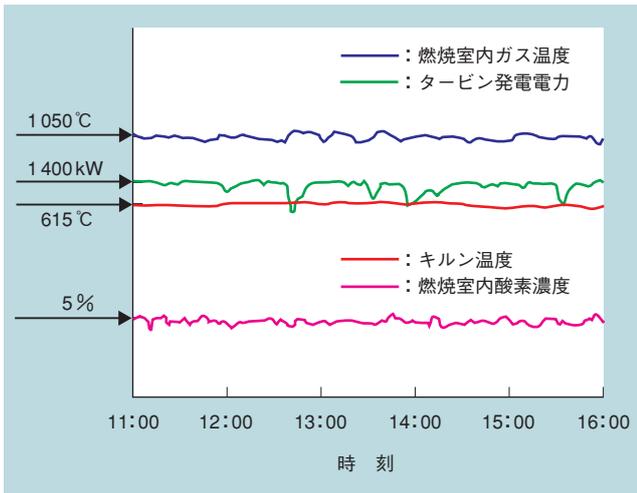


図4 木質系バイオマスガス化発電施設運転データ  
発電出力は1 400 kWを維持する等、安定した運転を継続している。

素濃度、タービン発電電力の経時変化を示す。燃焼室内ガス温度1 050℃、キルン温度615℃、燃焼室内酸素濃度5%でガス化のプロセスは安定に推移している。また、タービン発電電力は定格1 400 kWを維持し、事業所内の設備へ電力を供給し、バイオマス利用の役割を果たしている。

炭化物の用途開発では、安全で環境に優しい燃料としての利用を目指して各種調査試験に取り組んでいる。

### 3.3 下水汚泥炭化技術の実用化

#### (1) 概要

これまで下水汚泥は、自治体による焼却/埋立て処分が主流であったが、現在、東京都下水道局とバイオ燃料(株)(東京電力(株)子会社)とが一体となり、下水汚泥を炭化燃料化し、発電エネルギーとして有効利用する世界初の取組みが始まっている。下水汚泥を炭化燃料化した場合、下水汚泥排出元である自治体にとっては、①下水汚泥の資源化率が向上し、②汚泥処理費が低減するといったメリットがあり、炭化燃料利用先である電力会社にとっては、③新エネルギーの確保等といったメリットがある。本取組みに関して、当社は計画当初から技術協力を行ってきた。当社工場内に設置の間接加熱式ロータリキ

ルン炭化炉において実際に下水汚泥を用いた炭化試験を行い、微粉炭燃焼試験を実施することで下水汚泥燃料化技術を具現化した。その結果、下水汚泥炭化燃料化設備の建設工事をバイオ燃料(株)より受注し、東京都内に建設中である(表4、図5)。

表4 下水汚泥炭化施設主仕様

項目	主仕様
納入先	バイオ燃料(株)
竣工予定	平成19年中(予定)
所在地	砂町水再生センター東部スラッジプラント内(東京都江東区)
処理対象物	下水汚泥(脱水後)
下水汚泥性状	含水率約76%、可燃分約81%
設備規模	300トン/日
炭化処理方式	間接加熱式ロータリーキルン
炭化物発熱量	3 000 kcal/kg程度(代表性状)
温室効果ガス量	CO <sub>2</sub> 換算で年間約10 000トン



図5 下水汚泥炭化施設外観  
下水汚泥炭化施設は現在建設中であり、平成19年内に完成予定。

#### (2) 施設特徴

本施設は以下のような特徴がある。

##### ① 安定運転の確保

脱水汚泥性状の変動が汚泥炭化施設の運転に与える影響を極力抑えるため、直接加熱式乾燥機による脱水汚泥の乾燥前処理により、炭化炉へ供給する乾燥汚泥含水率を25%程度に調整している。

##### ② 炭化物品質の確保

間接加熱式ロータリーキルンの採用により、炭化温度を任意にコントロール可能とし、炭化物の品質を確保している。炭化物の自己発熱防止のため、表5のような安全管理指標にて運用予定である。

##### ③ 温室効果ガス発生抑制

下水汚泥の炭化処理では、汚泥中の窒素分が炭化物中に残留し、かつ熱分解ガスを高温燃焼

表5 炭化物の自己発熱に関する安全管理

安全管理対象・項目	管理指標
炭化燃料製造時	炭化温度
自己発熱防止対策	水加湿
貯留時の安全対策	温度, ガス濃度ほか

(950℃以上) することが可能であるため、焼却方式と比べて亜酸化窒素（地球温暖化係数310）の発生を抑制できる。

### 3. 4 炭化物原料多様化への取組み

#### (1) 概要

前述の通り、木質系バイオマスを炭化ガス化してエネルギーを有効利用する技術や、下水汚泥を炭化燃料化して事業用ボイラで石炭代替燃料として利用する技術は、既に当社が実用化した。さらに、農林水産省等が推し進めるバイオマスタウン構想における、域内に賦存する90%以上の廃棄物系バイオマス、または40%以上の未利用バイオマスの利用を可能とするため、処理可能なバイオマスをさらに拡張することを追求している。この中で、食品系廃棄物や一般廃棄物を含めたバイオマスの炭化燃料化特性の把握、炭化燃料適用性検討用のデータベースの構築を行った。

#### (2) 各種バイオマス炭化基礎特性

様々なバイオマスの炭化基礎特性を把握した。主な特徴としては、以下のとおりとなっている(図6)。

- ①炭化物発熱量は原料によって大きく異なるが、概ね原料中の固定炭素含有量の大小と傾向が一致する。
- ②原料性状から炭化物発熱量を推定するには、固定炭素量のみではなく、含有灰分量の考慮が必要。
- ③塩素分は生ごみ等の食品廃棄物に多く含まれ、硫黄分は下水汚泥に多く含まれる。

#### (3) 炭化燃料基礎燃焼試験

一般廃棄物炭化物の燃料利用の可能性に関して、基礎燃焼試験を実施した。一般廃棄物はK村より受領し、粗破碎後、当社横浜製作所炭化実証炉にて炭化処理した。生成された炭化物は不適物除去後、当社長崎研究所において石炭ミル粉碎し、基礎燃焼試験を行った(図7)。

燃焼試験はハンタバレー炭単身とハンタバレー炭と一廃炭化物5cal%混焼の比較を行うなど、広範囲で有用なデータを確認した。実際の混焼率に関しては、ボイラ腐食等を考慮し、一廃炭化物に含まれる塩素含有量等に応じて混焼率を決定する必要がある。

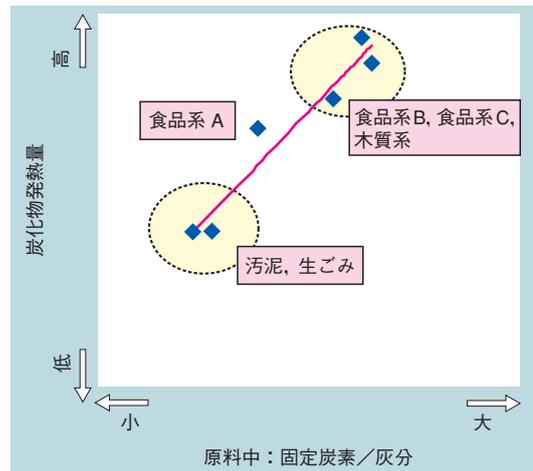


図6 原料中固定炭素/灰分と炭化物発熱量  
炭化物発熱量は原料中の固定炭素/灰分と正の相関がある。

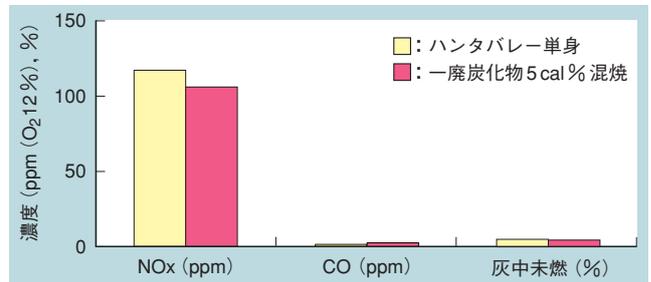


図7 基礎燃焼炉試験結果例  
ハンタバレー炭単身と一廃炭化物5cal%混焼との比較を行った。

## 4. ま と め

当社横浜製作所が開発・実用化を進めてきたメタン発酵技術、炭化ガス化技術の最新状況についてまとめられた。いずれの技術も実用段階に入っているが、さらにバイオマスを有効利用しようという社会のニーズに応えるべく、処理対象物の拡張等、最新の技術を提供していきたいと考える。



古賀洋一



水谷洋



常泉慎也



山本洋民



田畑雅之



甘利猛