

ビガダン方式バイオガスシステム

JFE-Bigadan Biogas Process as an Energy Recovery and Digestion System

野間 秀明 NOMA Hideaki JFE エンジニアリング 水エンジニアリング事業部 計画部 バイオマスグループリーダー
福田 一美 FUKUDA Kazuyoshi JFE エンジニアリング 事業開発推進部 課長
隈崎 勝雄 KUMASAKI Katsuo JFE エンジニアリング 水エンジニアリング事業部 水環境技術部 プロセス技術室 副課長

要旨

JFE エンジニアリングは家畜排泄物、食品廃棄物、生ゴミなどの有機性廃棄物からバイオガスを回収する技術を、デンマークのビガダン社から 2001 年に技術導入した。その後、家畜糞尿処理用の実証設備を運転するとともに、食品産業廃棄物処理分野では商業施設も納入した。ここではこのビガダン方式の特徴について実証実験の運転データを交えて報告する。

Abstract:

JFE Engineering has been licensed for a biogas system named “Bigadan Process” since 2001, which is suitable for energy recovery from livestock manure, industrial organic waste, kitchen waste and presorted household organic waste. It has been operating a demo plant for livestock manure digestion. And moreover, a new commercial biogas plant for industrial organic waste has been set in operation. This paper describes the features of the Bigadan Process and the test results of the demo plant.

1. はじめに

近年国家的な取り組みとして各種リサイクル法が制定され、焼却・埋立て・地下浸透などで処分されていた廃棄物を可能な限り再資源化・再利用する循環型社会への移行が進められている。

その中で、下水道・し尿汚泥や畜産廃棄物・生ゴミなどの高濃度廃棄物から、エネルギー（電気、熱、燃料）と肥料（液肥、堆肥）などを回収製造する基礎技術として、メタン発酵処理が再び見直されている。

メタン発酵処理は古くから利用され、研究開発されてきた技術である。しかし、近年はより効率的なガス生成（高分解率）や後処理の負荷削減を主眼とした開発が主流となっている。いずれにせよ、要素技術としてエネルギー回収を最大化するためには、効率的な熱回収が必要になり、液肥や堆肥を安心して使用するには高温処理による衛生化工程の存在が望ましく、その際には効率的熱回収がさらに必要になる。

欧州ではオイルショックを契機に、家畜糞尿など有機性廃棄物からのエネルギー回収を出発点として、また広域処理での肥料還元による家畜病原菌・雑草伝播の防止対策も勘案して、加熱衛生化工程を組み込んだ湿式メタン発酵処理技術が国家的助成のもと 20 年来研究開発されてきた。

そこで当社は、高濃度スラリーからの熱の回収を可能と

する汚泥/汚泥熱交換器によって、メタン発酵の前段での加熱衛生化処理を可能とするプロセス（以後、ビガダン方式）の技術を保有するデンマークのビガダン社から基本技術を導入し、日立プラント建設(株)、(株)神鋼環境ソリューションとともに 2002 年から国内で実証設備を共同建設運転している。

また、当社では、ジャパン・リサイクルに食品産業廃棄物のメタン発酵施設「千葉バイオガスセンター」を建設、納入している。

本報告では、家畜糞尿の実証設備について、実証データを交えて述べるとともに、上記の千葉バイオガスセンターの概要についても報告する。

2. ビガダン方式の概要

本方式は以下の各設備によって構成される。

(1) 前処理

原料スラリーを破砕、均一化する。食品廃棄物や生ゴミを処理する場合には粉碎、選別、希釈機能も備える。

(2) 衛生化処理

70℃で 1h 以上の加熱処理を行い、病原菌や雑草の種子を死滅あるいは不活性化させる。

(3) メタン発酵

微生物の働きで有機物を分解しメタンを 60-70% 含

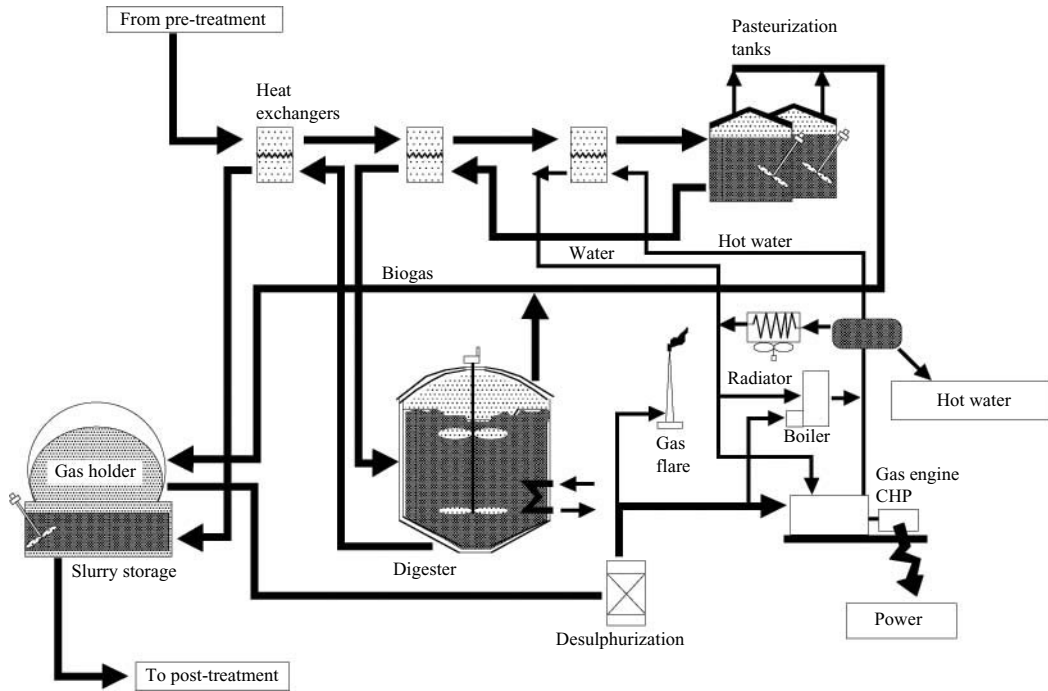


Fig.1 General flow sheet of Bigadan Biogas Process

むバイオガスを取り出す。原料はスラリーの状態で投入し完全混合槽で攪拌しながら発酵させる。

(4) ガス利用

バイオガスから H₂S などを除去した上で、発電機またはボイラで利用し、電力や熱を回収する。

(5) 後処理

畜産糞尿処理で消化液を液肥として利用できる場合は曝気処理で臭気を除去した上で貯留槽に貯蔵する。液肥が使用できない場合は、固液分離を行い、液については浄化処理し、下水道または公共用水域に放流する。固形分は地域事情や原料によって堆肥化して有効利用するか、産廃処分を行う。

標準的な処理フローを Fig. 1 に示す。

3. ビガダン方式の特徴

本方式は、欧州などにおける 30 ヶ所以上、20 年以上の運転実績が示すとおり、信頼性に優れたシステムである。メタン発酵の分類としては、湿式かつ完全混合方式となる。発酵温度は原料に応じて中温あるいは高温発酵を採用することとしている。

本方式の特徴を整理すると、以下のとおりである。

(1) 衛生化処理

消化液を液肥として農地還元する場合、EU では 1 h 以上 70℃ 以上の加熱殺菌が義務付けられている。本方式ではメタンの前段で全量を加熱衛生化処理することで安全性を確保するとともに、分解性の向上およびガス回収量の増加を図る。なお、消化液を固液分離

し、固形分を堆肥化させる場合、メタン発酵で易分解性有機物は分解してしまっているために十分な発酵熱が得られず、堆肥化過程で殺菌に必要な高温にはならないことから、この場合でも衛生化処理を行う必要がある。

(2) 無閉塞型の汚泥/汚泥熱交換器

70℃ 以上の高温かつ高濃度のスラリーから熱回収ができる熱交換器がなければ、衛生化処理を行うことは熱消費の大幅な増加につながってしまう。本方式では、十分な流路断面積を持つスクリー式の熱交換器 (Photo 1) を適用することで、熱消費を最小に抑えつつ 70℃ の衛生化処理を可能とし、発電機の廃熱だけでスラリーの加熱熱源がまかなえる。立ち上げ時以外には外部熱源は不要である。このことにより、発生するバイオガスをすべて発電機で消費できることとなり、余剰電力量も増加する。なお、この熱交換器は螺



Photo 1 Heat exchangers and pasteurization tanks

旋流による乱流効果で高い伝熱効果をもち、かつ閉塞の心配がない。

標準的なビガダン方式のプラントでは、熱交換器は3段階に分けて設けられる。No.1熱交換器では消化槽から引き抜かれる37℃のスラリーから熱を回収し、原料スラリーの予熱に用いる。No.2熱交換器は衛生化処理済みの70℃のスラリーから熱を回収し、原料の加熱に用いる。No.3熱交換器は温水を熱源とし、原料スラリーの70℃までの最終段の加温を行う。消化槽の温度は、衛生化タンクからの高温スラリーをNo.2熱交換器で冷却して消化槽に投入する際の温度を調整することで、37℃付近に制御される。

このような徹底した熱回収により、本方式は卓越した熱効率を実現している。

4. 畜産糞尿向け実証実験¹⁾

本方式は、北欧を中心に数多くの実績を有し、完成された技術ではあるが、国内での拡販のためには国内運転実績が重視されることも多い。そのため、当社は、日立プラント建設(株)、(株)神鋼環境ソリューションと共同で、日処理量5tの家畜糞尿処理実証実験設備を建設し、実証実験を行っている。

4.1 実証実験の概要

実証実験設備の概要は以下のとおりである。

- (1) 処理対象：乳牛糞尿スラリー（複数の牧場からさまざまな性状のスラリーを入手し試験的に処理を行う。）
- (2) 処理能力：5t/d
- (3) 処理フロー：Fig. 2 参照
- (4) 実験期間：2002年6月-2004年3月（予定）
- (5) 設置場所：山梨県上九一色村富士ヶ嶺地区
- (6) 主要設備
 - (a) 消化槽（鋼板パネル式タンク、100 m³）

- (b) 衛生化タンク（鋼製、2.5 m³ × 2基）
- (c) 熱交換器（10 m³/hタイプ × 6基）
- (d) ガスホルダ（コンテナ内設置ガスバッグ、40 m³）
- (e) 脱硫設備（生物脱硫 + 乾式脱硫）
- (f) 温水ボイラ（50 Mcal/h、消化ガス/LPG切替）

4.2 運転状況

立ち上げから約10ヶ月間の主要運転データを Fig. 3 に示す。

2002年9月中旬までは、敷料を用いない繋ぎ飼い牛舎のスラリーピットのみから原料を入手していたが、混入水などの影響で濃度が想定より低く、安定しなかったため、その後は未熟堆肥（牛床敷料と排泄物の混合物）を混ぜてTS濃度8-10%程度になるように調整している。

消化槽のTS濃度が安定した11月以降の定常運転期間で、発生ガス量は90-130 Nm³/d（平均100 Nm³/d）、メタン濃度58-67%（平均61%）であった。

熱交換器は2002年12月中旬に洗浄を実施した。2002年9月末にバイパス配管内の沈砂が混入したことによる閉塞（以後配管改造して解消）以外は大きな機械的トラブルもなく、常時は無人で運転している。

2003年1月に滞留時間短縮の実験を行い、最終的には消化日数15日で性能が悪化するまで確認を行った。

消化槽の温度制御については冬季、夏季ともに問題なく制御運転ができることを確認した。

衛生化処理での殺菌については、処理後の大腸菌群数がほぼ0であることから、十分な効果があると確認された。

消化ガスの脱硫については、生物脱硫後のH₂S濃度がほぼ0となっており、通常時は生物脱硫のみで、消化ガスボイラーやガスエンジン発電機の運転に対応できることが確認された。しかし、生物脱硫は立ち上げに1ヶ月程度の時間がかかること、ガス量やH₂S濃度が急変した場合に迅速な追従が不十分で、ごく短時間ではあるが比較的高

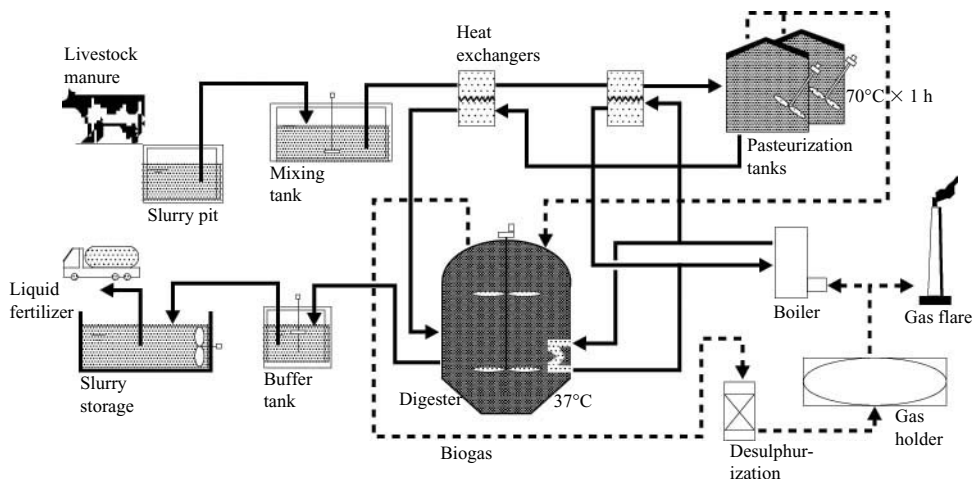


Fig.2 Process flow sheet of demo-plant

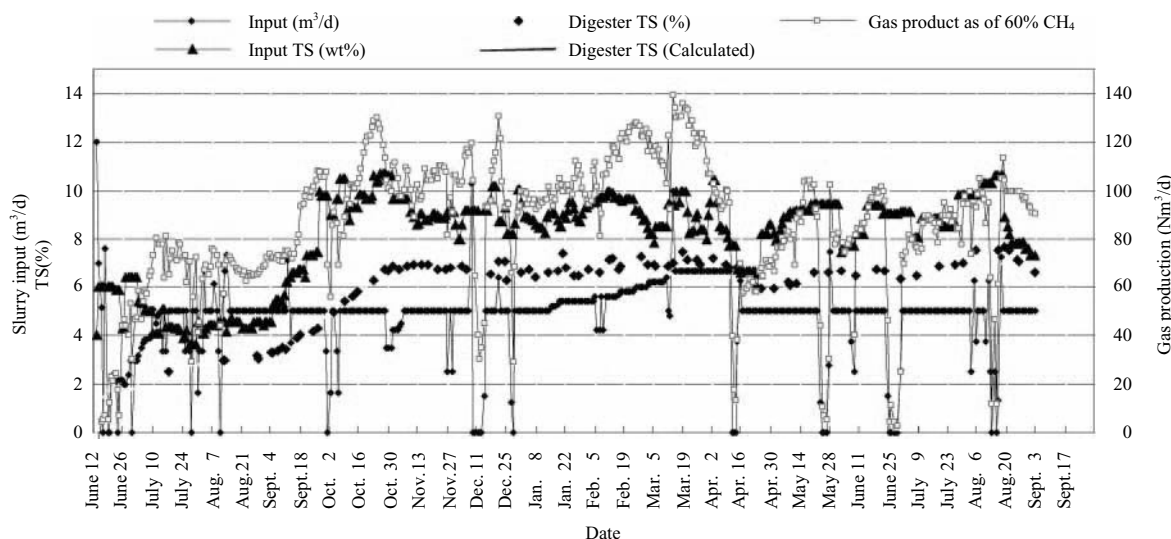


Fig.3 Operation data of the demo-plant

濃度の H₂S が処理ガス中に観測されること、1年に1-2回の洗浄が必要であることなどから、バックアップとしての乾式脱硫は必要であると判断されている。

4.3 今後の予定

未熟堆肥中の敷料にはそば殻、古紙が多く使用されており、見かけ上の分解率とガス発生率が比較的低くなるという現象が生じたため、その後は混入水および敷料を極力排除した糞尿のみでの試験を継続して実施している。

また、現在は消化日数20日で運転しており、今後は、衛生化処理なしとの比較試験、高温消化試験を順次行う計画である。

5. 食品産廃向け商業施設

5.1 施設の概要

ビガダン方式バイオガスシステムは畜産糞尿だけでなく多様な有機性廃棄物のメタン発酵プロセスに適用することができる。

当社では、ジャパン・リサイクル向けに、2003年3月に食品産業廃棄物のメタン発酵ガス化施設「千葉バイオガスセンター」を納入した。

施設の概要は以下のとおりである。

- (1) 処理対象：食品産業廃棄物（事業系一廃は除く）
- (2) 処理能力：30 t/d
- (3) 処理フロー：Fig. 4 に示す。
- (4) バイオガスの利用：隣接する JFE スチール東日本製鉄所で利用する。
- (5) 後処理：脱水および乾燥後、ジャパン・リサイクルの運営するガス化熔融施設「千葉リサイクルセンター」でガス化処理を行う。
- (6) 設置場所：千葉県千葉市中央区

(7) 主要設備：

- (a) 消化槽（鋼板パネル式タンク、1 650 m³）
消化槽の外観を Photo 2 に示す。
- (b) 衛生化タンク（鋼製、15 m³ × 2 基）
- (c) 熱交換器（10 m³/h タイプ × 12 基）
- (d) ガスホルダ（ダブルメンブレン式 570 m³）
- (e) 脱硫設備（乾式脱硫装置）
- (f) 脱臭設備（薬液洗浄脱臭）
- (g) 脱水機（遠心脱水機およびベルトプレス脱水機）
- (h) 乾燥機（蒸気コイル式）

5.2 施設の特徴

本施設の特徴について、ビガダン方式に共通の特徴以外を列挙する。

(1) 製鉄所の既存インフラの有効利用

本施設で発生したバイオガスは、施設内で発電利用するのではなく、全量を製鉄所のエネルギー源として有効利用する。一方で、本施設の運転に必要な電力、蒸気は製鉄所から供給される。また、消化液の脱水脱離水は、製鉄所の既存の水処理施設に移送して対応することとしている。

このように製鉄所の既存のインフラを最大限に有効利用している。

(2) カスケード処理

消化液中の残渣は、脱水、乾燥を行った後に、隣接するガス化熔融施設で、さらにガス化処理される。いわば二段階のカスケード処理であり、国内に類を見ない施設である。

これらの特徴が先進的であると評価された結果、本施設は2001年度、2002年度の環境省補助金を得て建設された。

なお、本施設は「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律（食品リサイクル法）」対応施設として認定され

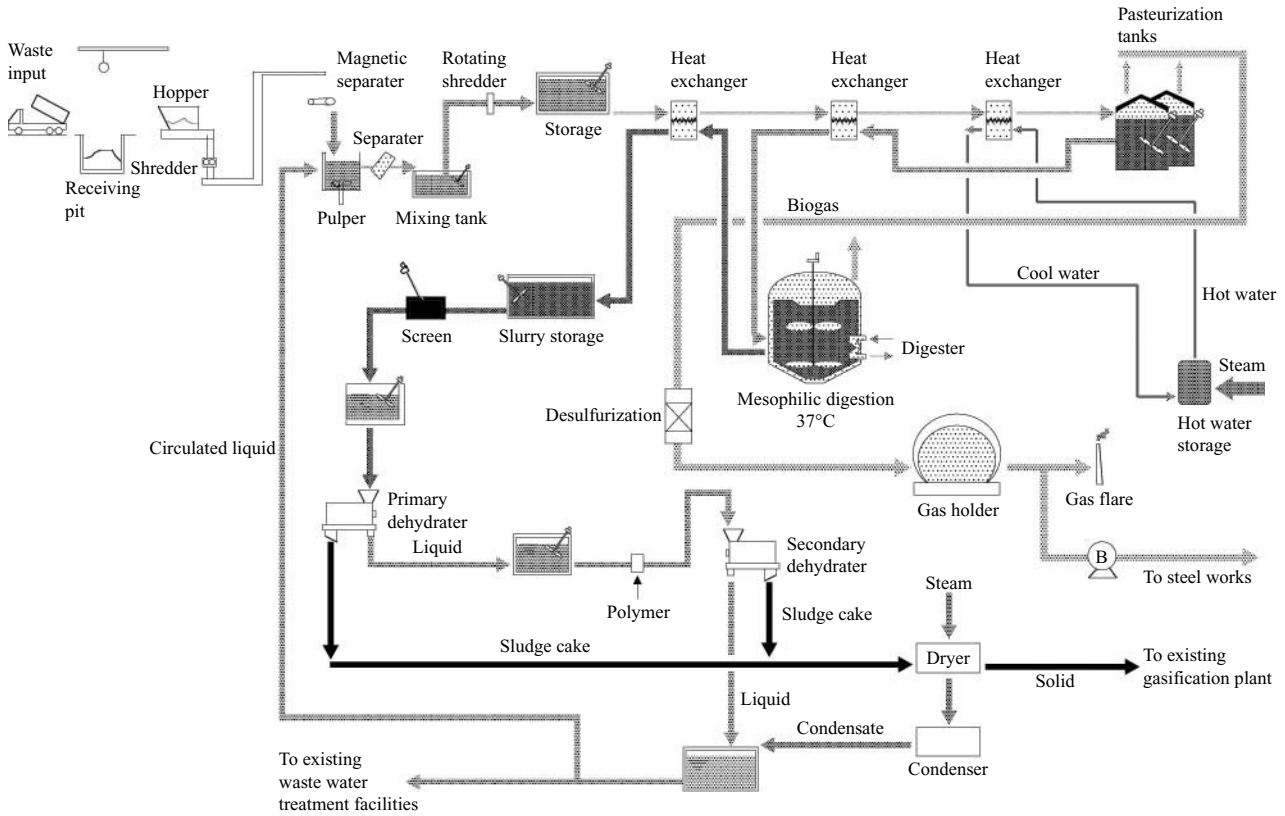


Fig.4 Process flow of Chiba Biogas Center



Photo 2 Digester at Chiba Biogas Center

本報告で述べたように、ビガダン方式バイオガスシステムは、殺菌、熱効率、安定運転といった点で有効なメタン発酵方式であることは確認できた。今後は、メタン発酵処理の普及・促進のため、より安価かつ高性能な後処理設備の実証と、多様な原料を効率的に処理するための最適な前処理（破碎・分別）の向上が求められる。

今後、当社では環境プラントメーカーとしてビガダン方式および関連する周辺技術の改良、開発に注力し、メタン発酵技術のさらなる普及に努め、わが国のエネルギー問題、CO₂問題の解決に貢献していくことが責務であると考えている。

参考文献

- 1) 隈崎勝雄ほか，“加熱前処理と汚泥/汚泥熱交換器を利用したメタン発酵技術”，第40回下水道研究発表会，2003，p.1045-1047.

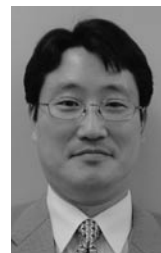
ている。

6. おわりに

2002年のバイオマス・ニッポン総合戦略の策定を受け、家畜糞尿、食品廃棄物、生ゴミなどの有機性廃棄物の有効利用の一方策として、バイオガスシステムが改めて注目されつつある。しかしながら、消化液をそのまま液肥として農地還元できる欧州の事情とは異なり、わが国の大部分の地域では、残渣の後処理が求められる。



野間 秀明



福田 一美



隈崎 勝雄