

学会賞内容紹介

オンサイト型バイオガス化装置「D-Bioメタン」

On-Site Bio Gasification System “D-Bio Methane”

北村 一 貴*・岸 田 勇 希*・大 隅 省二郎*
Kazutaka Kitamura Yuki Kishida Shojiro Osumi

1. まえがき

昨今の脱炭素化潮流のなかで、エネルギーの「低・脱炭素化」については、お客さまのエネルギー利用特性（電気・熱利用バランス、立地等）に合わせ、国のエネルギー政策の基本方針である「S+3E」（安全性（Safety）を大前提として、安定供給（Energy Security）、経済効率性（Economic Efficiency）、環境適合（Environment））を同時に実現する最適なエネルギー・供給方式の選定は不可欠である。

食品リサイクル法（平成13年5月施行）では、食品廃棄物を減らす取り組みが促進されているものの、私たちの食生活や企業活動により、一定量の食品廃棄物が排出されることは現実としてある。発生した食品廃棄物は、食品リサイクル法の基本方針で再生利用を推進しており、手法としては、優先順位が高い順に飼料化、堆肥化、きのこ菌床、メタン化等および熱回収がある。しかし、食品リサイクル法の基本方針に関する一部変更の検討が中央環境審議会循環型社会部会食品リサイクル委員会と食料・農業・農村政策審議会食料産業部会食品リサイクル小委員会との合同会合において行われ、令和5年12月に「今後の食品リサイクル制度のあり方について」としてまとめられた内容によると、「メタン化については、その利用が二酸化炭素の増加を招かないことから地球温暖化の防止に寄与するものである。また、メタンが発電に利用でき、食品廃棄物等が大量に発生するものの飼料、肥料及び菌床の消費が少ない都市部においても需要があることから、飼料化、肥料化及び菌床への活用が困難な地域における再生利用の受皿として有効であるため、取組を促進していく必要がある」との記述があり、「メタン化」に関して推進するというコメントが発表されている。

Daigasグループの工業用・業務用分野のエネルギー営業などを担うDaigasエナジーでは、低・脱炭素社会の実現に向けて、エネルギー会社の知見を活かした燃料転換や省エネ等に加え、お客さまのCO₂排出量削減等の経営課題を解決するサービス「D-Lineup」を提供している。

*Daigasエナジー株式会社

〒541-0046 大阪府大阪市中央区平野町4-1-2

「D-Lineup」は、Decarbonization（脱炭素化）、Decentralization（分散化）、Digitalization（デジタル化）の3つのDを軸としており、「D-Lineup」のサービスのひとつとして、バイオマスの有効利用に資するサービスを「D-Bio」と称し、バイオマスの特性に合わせて「メタン化」や「熱回収」の商材を用意している。今回は、含水率が比較的高くメタン菌で分解しやすいバイオマスに対応するオンサイト型バイオガス化装置「D-Bioメタン」（以下、D-Bioメタン）についてご紹介する。

2. システム概要

D-Bioメタンとは、図1に示すフローのシステムで、食品工場など食品廃棄物が排出される需要家の敷地内において、日量0.8～3tの食品廃棄物からメタン発酵によりバイオガスを生成し、そのバイオガスを蒸気や電気といったカーボンニュートラル（以下、CN）なエネルギーとして、需要家に提供するシステムである。食品廃棄物を抑制することにより、地域が担う廃棄物運搬・処理にかかる負担やCO₂発生を低減させ、資源循環型社会の創造に寄与すると同時に、バイオマスから生成されたエネルギーを活用することで、省エネルギーとCO₂削減効果（日量1tの食品廃棄物の処理した際に、堆肥化と比較して年間70tの削減効果）を得ることができるシステムである。

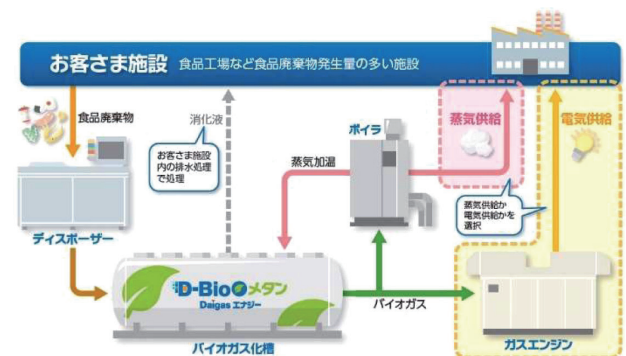


図1 D-Bioメタンのフロー

3. システムの特徴

(1) 汎用のFRP浄化槽の活用

一般的にRC・鋼板製が多いメタン発酵槽に、図2に示すような汎用のFRP浄化槽を採用したことで、設備コス

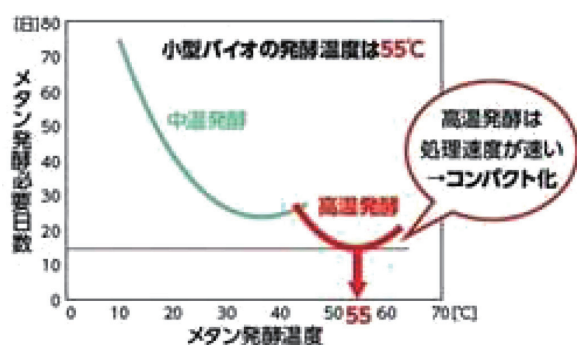


図2 FRP製汎用タンク

ト及び現地組み立て時間削減による工事コストの軽減を実現した。

(2) 高温発酵の採用

バイオガス化槽内での食品廃棄物の滞留時間は、図3に示すように一般的なメタン発酵の発酵温度である中温発酵(38℃)では30日程度だが、高温発酵(55℃)を採用したことにより、15~20日となり短縮されたため、バイオガス化槽の容積当たりの処理能力が向上した。

図3 メタン発酵温度とメタン発酵必要日数¹⁾

4. 安全性・安定性

D-Bioメタンは原料投入および日常点検時以外は無人で運転することを想定しているため、安全に且つ安定的な運転を可能にするため、次の対策を講じた。

4.1 安全性

- (1) 安全弁・水封器・破裂板の3段階の安全システムにより、異物の閉塞等でバイオガス圧が上昇することによる、機器の破損を防止する内圧上昇対策を施した。
- (2) ガス漏れ検知器を設置し、検知時は速やかに警報発報し、該当機器を安全に停止することとした。
- (3) 消泡剤・汚泥トラップ・泡トラップ・防液堤の4段階の安全システムにより、汚泥発泡による汚泥漏洩を防止する汚泥漏洩対策を施した。
- (4) バイオガス中で凝縮するドレン水は自動排出システムにより取り除かれ、配管内や脱硫器内の閉塞を防止するドレン閉塞対策を施した。
- (5) 地震発生時や停電時は安全に設備を停止し、ガスの滞留が起こらない安全な場所から、脱硫精製済みのバイオガスを大気開放させることとした。

以上、5つの安全性に関する対策箇所を図4で示す。

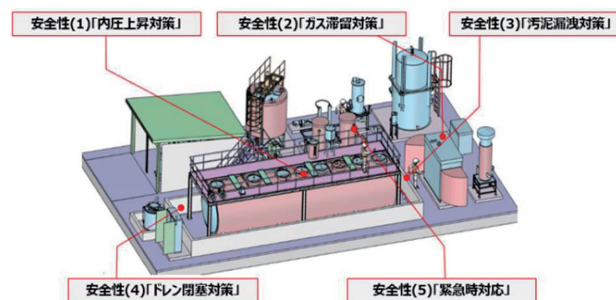


図4 安全性対策箇所

4.2 安定性

- (1) 可溶化槽をバッファタンクとして活用することで、需要家が食品廃棄物を任意の時間に任意の量が投入でき且つ過剰投入が防止できるシステムとした。
- (2) 汚泥発泡の有無、pH値、バイオガス発生量のデータより菌の状態を監視し、状況に応じて薬品を自動的に注入する機構を備えた。
- (3) 配管中のバイパスを切り替えることで、運転を停止せず安全にメンテナンスを行うことが可能な構造とした。
- (4) 運転にあたり重要な機器類は2台設置とし、1台が故障した場合は、もう1台で稼働し、安定的な設備の運転が可能な冗長化システムを構築した。
- (5) 処理工程で破碎した食品廃棄物は、気温が低い冬季は可溶化が損なわれるため、可溶化槽を加温することで可溶化を促進させる構造とした。

以上、5つの安定性に関する対策箇所を図5で示す。

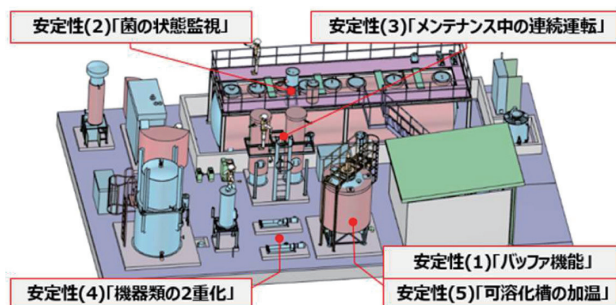


図5 安定性対策箇所

5. 実サイトでの実証試験

5.1 運転条件

弁当、惣菜を製造する食品工場にて、D-Bioメタンを設置し、2021年4月より連続運転を行った。本実証では工場で排出する食品廃棄物の内、ご飯系廃棄物及び惣菜系廃棄物の2種類を対象とした。表1に対象とした食品廃棄物性状を示す。ここで、有機物の指標としては、強熱減量(Volatile Solids: VS)を用いる。本システムでの食品廃棄物処理量は、バイオガス化槽の処理能力より、ご飯系廃棄物は0.35 t/日を上限に、惣菜系廃棄物は排出量全てを

投入する運用とした。

表1 実サイトでの食品廃棄物性状

	全蒸発残留物 (Total Solids : TS) [%-wet]	有機物 (強熱減量) (Volatile Solids : VS) [%-wet]
ご飯系	40.6	39.7
惣菜系	27.4	22.3

5.2 運転結果

2021年4月～2022年6月の間連続運転し、ご飯系廃棄物を平均0.35 t/日(0.059～0.47 t/日)、惣菜系廃棄物を平均0.37 t/日(0.026～0.64 t/日)投入した。

有機物負荷及び投入したVSあたりのバイオガス発生原単位の推移を図6に示す。D-Bioメタンは、約2ヶ月をかけて徐々に負荷を上げ、立ち上がった後、定格有機物負荷に対し平均88%の負荷で、1年間安定的に運転を継続する

ことができた。その間のバイオガス発生原単位は平均677 m³N/t-VSで推移し、この時、メタン濃度は平均52%、VS分解率は平均77%であったことから、生成メタン量は平均0.454 m³N-CH₄/kg-VSであった。これは、化学量論から導かれる生ごみの生成メタン量0.470 m³N-CH₄/kg-VS²⁾より僅かに低く、炭水化物の生成メタン量0.415 m³N-CH₄/kg-VS²⁾よりやや高い結果であった。今回の処理物は、全体の半分近くをご飯系廃棄物が占めていたため、生ごみと炭水化物の中間のメタン量が発生したと考えられ、正常にメタン発酵が行われたことが確認できた。

発酵液を採取し、揮発性有機酸濃度(Volatile Fatty Acid : VFA)及びNH₃-N濃度の推移をモニタリングした結果を図7に示す。VFAは、1,000～2,000 mg/Lの濃度を超えるとpHへの影響が大きくメタン生成菌の活動を阻害すると言われている²⁾。しかし、本運転では立ち上がり期間を除き、最大214 mg/L、平均71 mg/Lで推移しており、

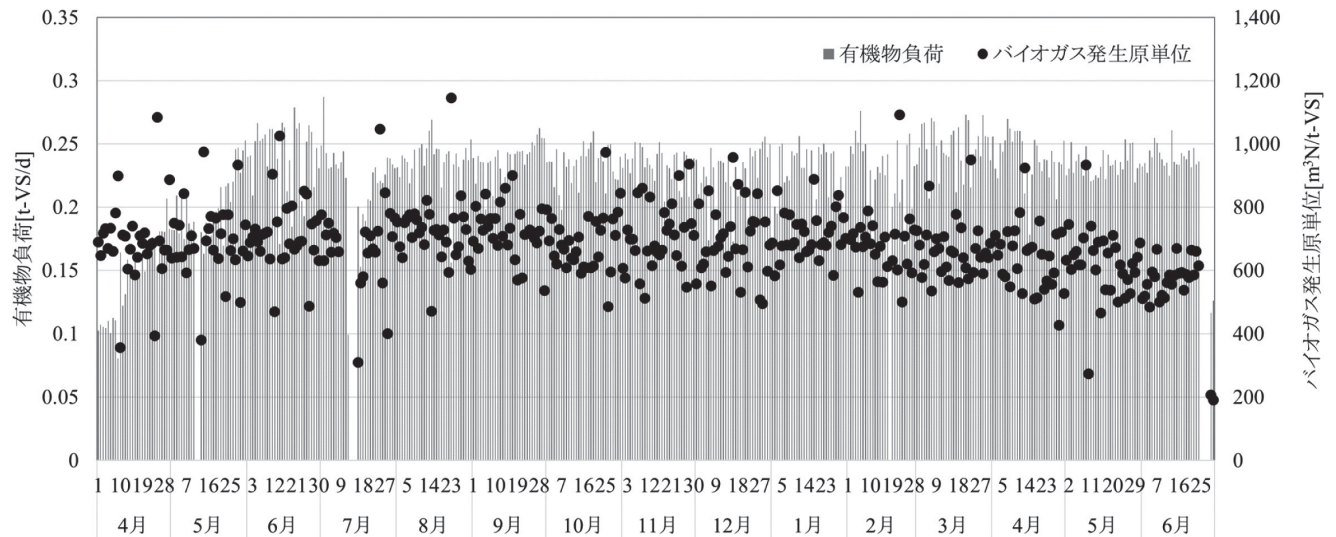


図6 有機物負荷とバイオガス原単位の推移

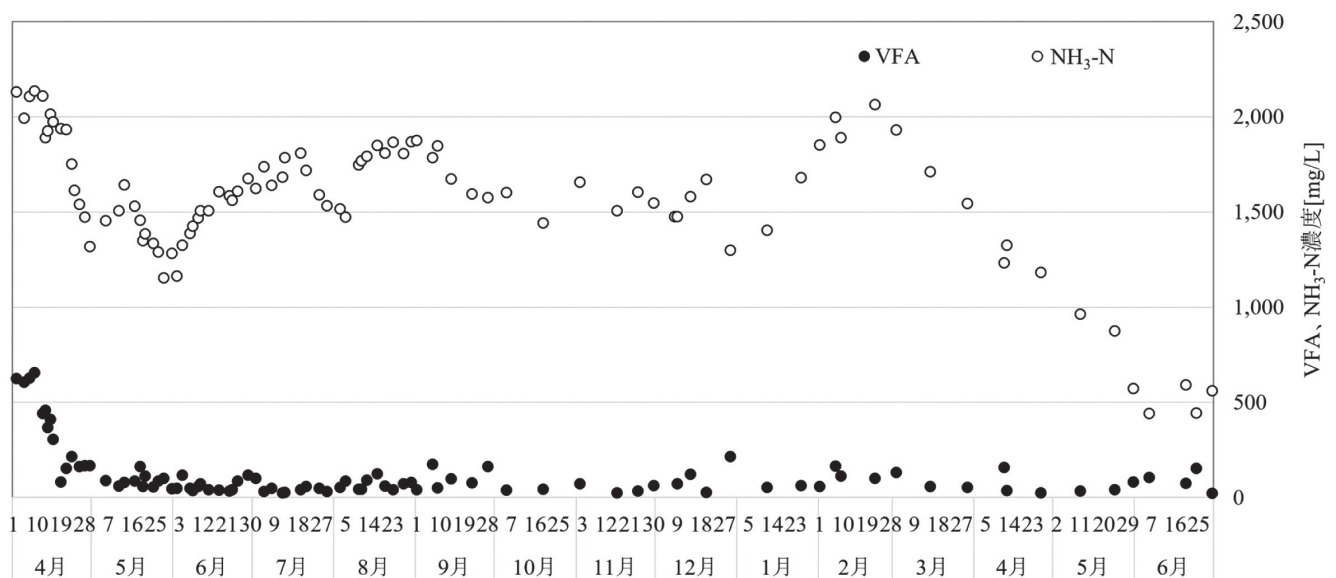


図7 VFA (揮発性有機酸濃度) とNH₃-N濃度の推移

影響の出る値を大幅に下回る結果であったことから、安定して有機物を処理できていることが確認できた。さらに、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は $2,100 \text{ mg/L}$ 以下で推移しており、高温発酵における安全濃度 $2,500 \text{ mg/L}$ ²⁾を下回る結果であった。

6. 油脂阻害事例への対応

商業施設へのD-Bioメタン導入事例において、設備立ち上げ中に油分起因と思われるメタン発酵阻害が発生した。再発防止策として高油脂残渣を投入制限したが、阻害発生時を想定した基質を用いた再現試験を行い、油脂分解の調査を実施した。

再現試験では商業施設での油分阻害時と同じ兆候が見られたが、図8に示すように負荷上昇を中断し菌の馴致を待つことで改善し、基質の最大 n-Hex ^{注1)}/VS比21%、VS容積負荷最大 $6.9 \text{ kg-VS/m}^3/\text{日}$ でメタン生成が継続可能であることを確認した。

阻害発生時以上の n-Hex/VS 、VS容積負荷でも発酵が継続したため、高油脂残渣を原料とする場合は、油分阻害の兆候を確認しつつ負荷を管理して、馴致期間を確保することが効果的であることが確認できた。

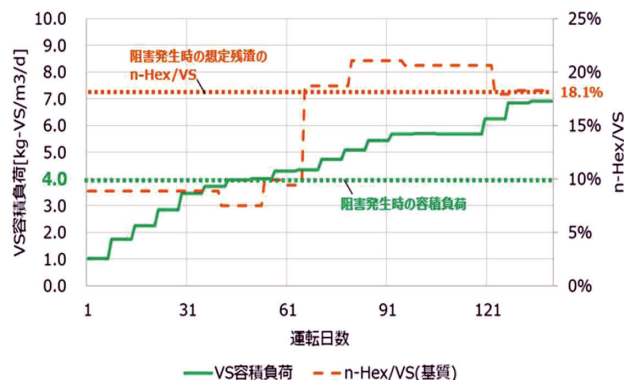


図8 再現試験結果

7. 「大阪・関西万博」での導入事例

Daigasグループは2050年のCN社会への足掛かりとして、「エネルギーランジション2050」を策定し、まずは、e-メタン^{注2)}およびバイオメタンを供給しているガスの1%に導入することを目指している。e-メタン導入に向けた技術実証において、「D-Bioメタン」を活用した事例を紹介する。

大阪ガス㈱は、環境省の「既存のインフラを活用した水素供給低コスト化に向けたモデル構築実証事業」に採択され、「再生可能エネルギー由来の水素と、大阪・関西万博会場で発生した食品廃棄物をメタン発酵させて生成したバイオガスとをメタネーション^{注3)}し、製造されたメタンを配管で輸送し、都市ガス消費機器で利用するというサプライチェーン構築を目指す実証事業」を実施した。

本事業では、D-Bioメタンで生成したバイオガス中の CO_2 をメタネーションに活用しており、D-Bioメタンが一種の CO_2 製造装置として活用されている。

製造されたメタンは万博会場内の厨房やコージェネレーションの燃料として実際に活用され、地産地消なe-メタン社会実装のイメージを訴求する一翼を担った。

Daigasグループは再生可能エネルギー由来の水素と地域の未利用バイオマスを活用して製造したe-メタンにより CO_2 排出量の低減を図り、エネルギーの地産地消型モデル構築を目指している。

8. 経済性

D-Bioメタンは食品廃棄物を外部へ委託処理している産業廃棄物量の削減効果および化石燃料をCNなエネルギーで代替することによるエネルギーコストの削減が見込める。

今後、産業廃棄物処理費用や環境価値が上昇すれば、D-Bioメタンのニーズが高まるものと思われる。

9. おわりに

今後も食品廃棄物を排出する企業にとって、廃棄物量の低減と低・脱炭素は必須の課題であり、その両面を解決するために、「D-Bioメタン」は最適解であると考えている。お客さまの低・脱炭素化の推進に貢献するとともに、e-メタンへの活用など技術革新をすすめていき、更なる進化を図りたい。

謝辞

最後に、本システム開発・導入にあたって、積極的に推進・協力して頂いた、数多くの技術協力会社・実証協力会社等の関係者の皆様に、あらためて御礼申し上げます。

注1) ノルマルヘキサン抽出物質：油分や有機物を示す指標

注2) CN水素と CO_2 から合成されたCNなメタンのこと

注3) 水素と CO_2 から都市ガスの主成分であるメタンを合成する技術

参考文献

- 1) 「バイオガス化マニュアル」一般社団法人日本資源有機協会 (2006)
- 2) 月刊「環境浄化技術」寄稿 竹内楓, 岸田勇希, 大隅省二郎; オンサイト型バイオガス化システム D-Bioメタン: 食品廃棄物からエネルギーを創出し、有効利用するシステム, Vol.22, No.2, pp.68-74 (2023)
- 3) 月刊「省エネルギー」寄稿 北村一貴; オンサイト型バイオマス利用システムによる低・脱炭素社会への寄与, Vol.76, No.8, pp.26-30 (2024)
- 4) 廃棄物資源循環学会発表 牧野航汰, 岸田勇希, 大隅省二郎; 高温メタン発酵の商業施設での油脂阻害事例とラボスケールでの再現試験, 第36回廃棄物資源循環学会研究発表会 pp.285-286 (2025)