

N-5 VPSA 方式を用いた バイオガス供給システムの開発

○宮西 弘樹^{1*}・石倉 拓磨¹・宮田 隆¹・青木 仁志²・内澤 法孝²
赤石 和幸³・木通 秀樹³・泉 順⁴・山本 忠良⁵

¹コンズ アンド カパ ニーリミテッド コンズ バイogas (〒060-0806北海道札幌市北区北6条西1丁目4番2-8F)

²前澤工業株式会社 バイオマス事業部 (〒332-8556 埼玉県川口市仲町5-11)

³株式会社日本総合研究所 創発戦略センター (〒102-0082 東京都千代田区一番町16番)

⁴吸着技術工業株式会社 (〒856-0026 長崎県大村市池田2丁目1303番地8)

⁵鹿児島県垂水市 商工観光課 (〒891-2192 鹿児島県垂水市上町114)

* E-mail: hmiyanishi@spr.cornes.co.jp

1.はじめに

メタン発酵は、廃棄物系バイオマスからのエネルギー回収技術として有効な技術であり、国内外において広く普及しつつある。一般に、発生したバイオガスは、CHP (Combined Heat and Power) 設備やボイラ等で利用されるが、畜産関係の廃棄物系バイオマス発生源においては、熱エネルギーの利用先がないため、余剰エネルギーが発生することが多々ある。そこで、本プロジェクトは、バイオガスの有効利用方法の開発を目的とし、VPSA (Vacuum Pressure Swing Adsorption) 法を用いたバイオガス供給システムの開発を行った。本報は、垂水市において実施した実証試験の結果について、報告する。

2.処理行程および試験方法

2.1処理行程...図1に、バイオガス供給システムの処理フローを示す。バイオガス供給システムは、主に、メタン

発酵処理施設、ガス精製充填施設、電熱供給施設で構成される。糞尿は、専用車両 (10 t車両) により、原料槽に週に1-2回程度投入され、発酵槽において処理される。処理後の残渣は、消化液槽に一次貯留され、系外に排出される。発生したバイオガスは、発酵槽内に設置された生物脱硫槽により、脱硫された後、ガス貯留槽①に貯留される。脱硫設備により、再度脱硫され、一部が発酵槽の加温のため、温水ボイラで利用される。残存したバイオガスは、ガス精製装置 (VPSA方式) により、CO₂、H₂O等が除去され、CH₄濃度を高めた精製ガスとなる。精製ガスは、ガス貯留槽②に貯留された後、ガス圧縮充填設備により、カードルに充填される。カードルは、車両 (4 t車両) により、近隣の道の駅 (片道25km程度) に設置された電熱供給施設に2基同時に運搬される。精製ガスは、CHP設備において、電熱供給に利用される。

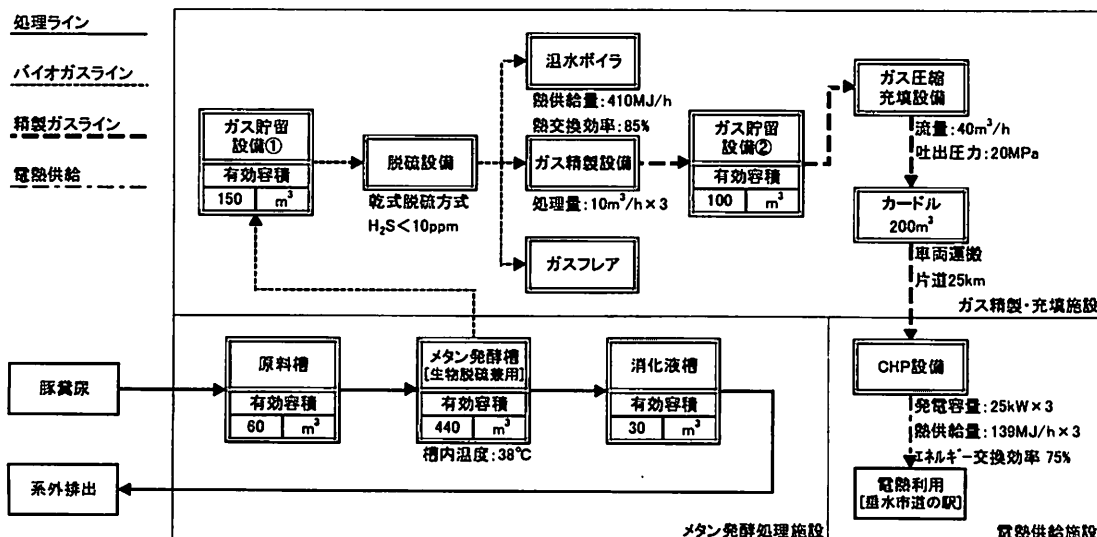


図1 バイオガス供給システムの処理フロー

2.2 試験方法

表1および表2に、試験条件、豚糞尿の性状をそれぞれ示す。試験は、約80日間の馴致期間を設け、馴致終了時点から約40日間のDATA採取を行った。試験条件は、HRT55day、VS容積負荷量0.7 kg-VS/m³/dayとした。運転期間中は、2.1に示した処理行程で、プラントの運転を行い、メタン発酵処理の安定性、エネルギー収支を算出し、評価を行った。各分析は、下水試験方法に準拠した。

表1 試験条件

項目	Run.1
処理量 t/day	8.0
HRT day	55
VS容積負荷量 kg-VS/m ³ /day	0.7

表2 豚糞尿の性状

項目	Ave.	Min.	Max.	N
pH	5.5	4.9	6.7	24
TS g/L	49.6	29.9	89.4	24
VS g/L	39.3	22.3	73.1	24
BOD g/L	30.8	14.6	46.8	10
COD _{Cr} g/L	67.7	42.3	99.1	10
T-N mg/L	4020	2380	6140	10
T-P mg/L	921	697	1500	10

3. 結果および考察

3.1 メタン発酵処理の安定性の評価

図2に、累積処理量と累積ガス発生量の関係を示す。表3に、発酵槽内の性状をそれぞれ示す。累積処理量と累積ガス発生量の関係に注目すると、バイオガスおよびメタンガス共に、単位処理量に対してほぼ当量の発生量を示しており、安定したガス発生量が確認された。単位投入量当りのガス発生量は、バイオガスおよびメタンガスにおいて、それぞれ39.4、22.9 m³/t (CH₄濃度 58 %)であった。

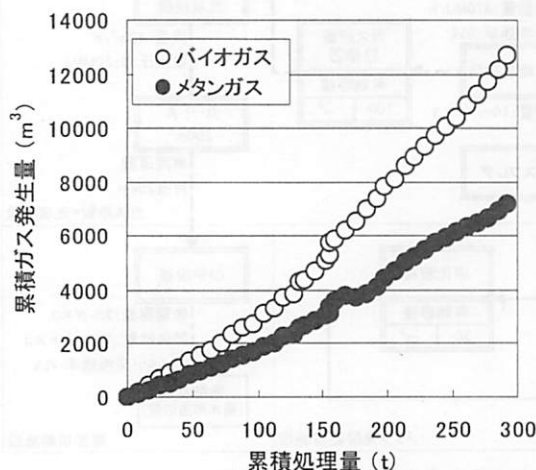


図2 累積処理量と累積ガス発生量

VFAおよびNH₄-Nに注目すると、平均値においてそれぞれ458、3390 mg/Lであり、メタン発酵の阻害を及ぼすような過剰な蓄積は、確認されなかった。また、pHについても、平均値において、8.0であり、ほぼ中性付近で安定していることが確認された。これらより、本条件におけるメタン発酵処理の安定性は、確保出来ていると判断される。これは、VS容積負荷が0.7 kg-VS/m³/dayと比較的低負荷での条件であったためと推察される。

表3 発酵槽内の性状

項目	Ave.	Min.	Max.	N
pH	8.0	7.9	8.2	5
TS g/L	33.7	29.8	37.9	5
VS g/L	21.8	19.7	24.4	5
BOD g/L	3.8	2.4	4.7	5
COD _{Cr} g/L	29.9	25.7	37.6	5
VFA mg/L	458	161	768	5
T-N mg/L	5036	4670	5590	5
NH ₄ -N mg/L	3390	2010	4360	5
T-P mg/L	1093	985	1300	5

3.2 発生バイオガスの利用状況およびガス精製の評価

図3に、累積ガス利用量の経日変化を示す。これによると、試験最終日における温水ボイラ、ガスフレア、ガス精製の累積ガス利用量は、それぞれ1579、3741、7356 m³となり、百分率で示した場合、それぞれ12、30、58 %となることが確認された。ガスフレアにより、発生ガス量の約30%が余剰ガスとして燃焼されたが、これは、後段のガス圧縮充填行程において、有資格者の立会いが必要であり、稼動時間が限られるため、ガス貯留設備②において、稼動時間外に精製されるガスを保持することが困難であったためである。このことから、ガス貯留設備②の容量増加が必要と判断される。

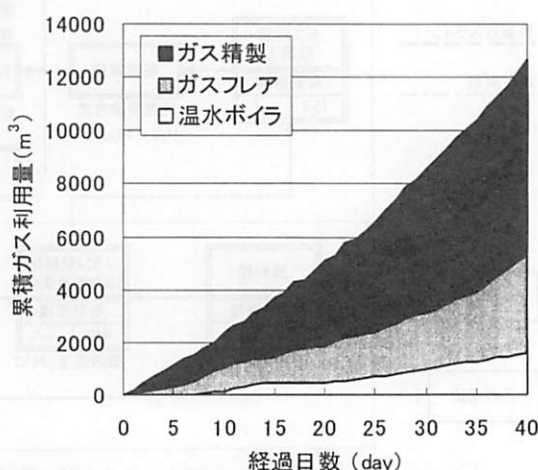


図3 累積ガス利用量の経日変化

図4に、累積精製ガスの経日変化を示す。これによると、試験最終日における回収メタンガス（精製ガスとして回収された量）、未回収メタンガスの累積ガス利用量は、それぞれ3259、751 m³となり、百分率で示した場合、それぞれ80、20%程度となった。精製後のメタンガス濃度は、平均で83%程度であり、精製前（58%）と比較して25%程度増加することが確認された。

3.4 エネルギー収支によるシステムの評価

図5に、エネルギー収支を示す。メタン発酵処理施設に注目すると、発生バイオガスのエネルギー量は、日量6801 MJ/dayに対して、施設の維持エネルギー量は、1606 MJ/dayであった。投入エネルギー量当りの発生エネルギーは、4.2 MJ/MJとなり、十分なエネルギー回収率と判断される。維持エネルギーにおいて、最も高い割合を示したのは、発酵槽の加温に必要なエネルギーであり、温水ボイラおよび化石燃料（灯油ボイラ）を合計して、1469 MJ/dayであった。これは、試験期間が、2～4月と比較的寒冷な時期に調査を行ったためと判断される。なお、熱供給について灯油ボイラを使用したのが、これは、温水ボイラの調整のために、一時運転停止したためである。ガス精製充填施設に注目すると、供給されたメタンガスの約30%が余剰ガスとして燃焼されており、ガスフレアが使用するLPGと合計すると、2044 MJ/dayであった。ガス精製時における未回収のメタンガスは、710 MJ/dayであり、ガスフレアでの消費分と合計して、2744 MJ/dayが有効利用できていないことが確認された。供給されたメタンガスの48%程度が回収できておらず、エネルギー回収率を低下させる大きな要因であることが確認された。電熱供給施設に注目すると、CHP設備において、供給された3014 MJ/dayの内、2283 MJ/dayが電熱供給されており、エネルギー交換効率率は、76%（定格75%）とほぼ仕様通りであった。システム全体での投入エネルギー量は、

1206 MJ/dayであり、投入エネルギー量当りの発生エネルギーは、1.9 MJ/MJとなり、エネルギー収支の面においては、本システムが成立することが確認された。また、メタン発酵処理施設より発生したメタンガスの約34%が、供給される結果となった。一方で、投入エネルギー量当りの発生エネルギーは、メタン発酵処理施設のみのシステムとガス精製充填施設を含むシステムを比較した場合、それぞれ4.2、1.9 MJ/MJとなり、約55%の低下が確認され、ガス精製充填施設の高効率化が必要と考えられる。

4. おわりに

以上より、VPSA方式を用いたバイオガス供給システムにより、投入エネルギー量当り1.9 MJのエネルギーを場外へ供給できることが確認され、本システムの有効性が確認された。今後の課題として、ガス精製充填施設の効率化について、検討を行う。

謝 辞 本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業」の一環として、実施しました。記して関係各位に感謝致します。

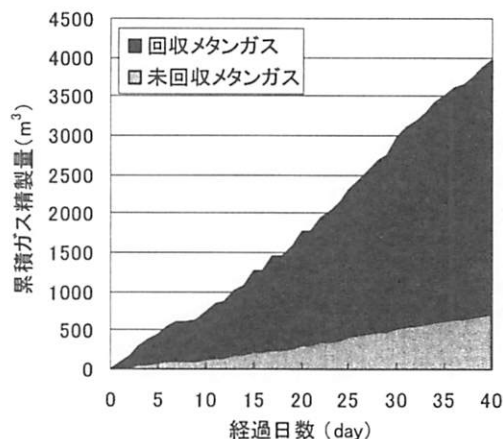


図4 累積精製ガスの経日変化

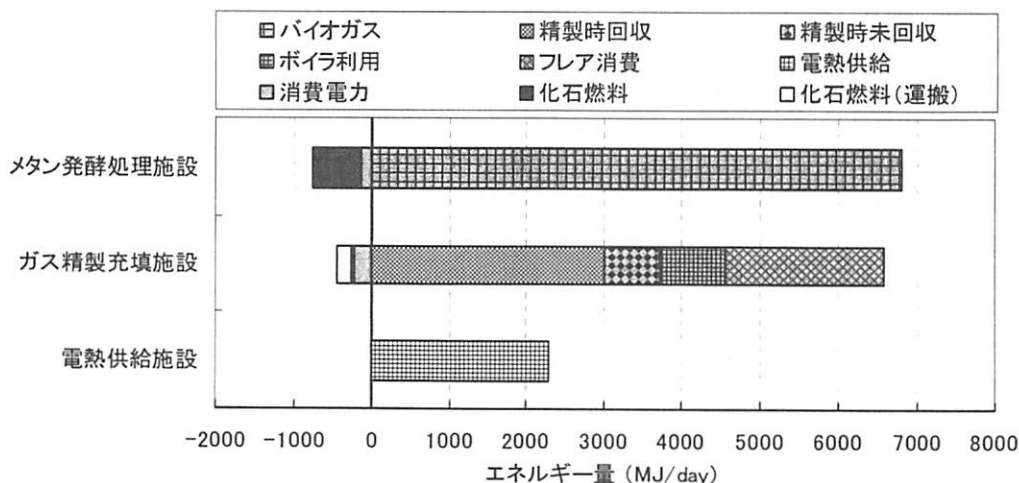


図5 エネルギー収支