HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	生ごみバイオガス化発電技術と運転事例
Author(s)	雨森, 司瑞利; 八村, 幸一
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 9, 272-276
Issue Date	2001-11-01
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/7185
Type	bulletin (article)
Note	第9回衛生工学シンポジウム（平成13年11月1日（木）-2日（金） 北海道大学学術交流会館）. 6 廃棄物・汚泥処理 . 6-3
File Information	9-6-3_p272-276.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

6－3

生ごみバイオガス化発電技術と運転事例

雨森司瑞利、八村幸一（鹿島建設株式会社　環境本部）

1．はじめに

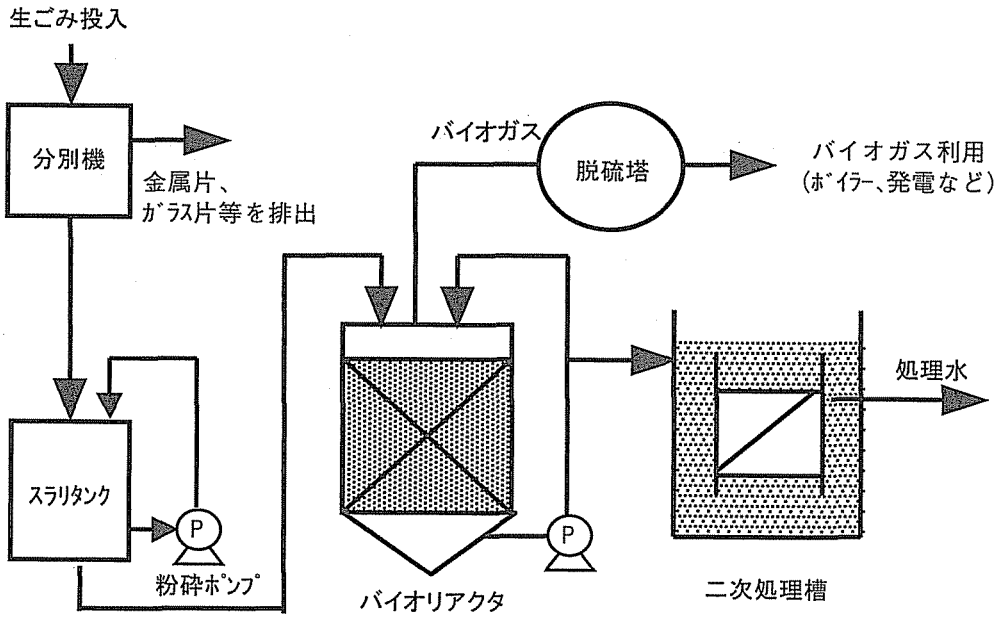
生ごみの多くは可燃ごみとして収集され、焼却処理されているが、水分を多く含んでいることから安定した燃焼が難しいとされている。２００１年から容器包装リサイクル法が完全施行され、容器包装ごみが家庭系生ごみから分別されるようになると、可燃ごみに占める生ごみの割合が多くなり、生ごみのリサイクルが重要な課題となってくる。

生ごみの再資源化として飼料化、堆肥化がこれまで行われてきたが、その供給と需要のバランスの問題や地域特性などの問題により難しい場合がある。そのため、生ごみ資源化の新しい技術としてバイオガス化によるエネルギー回収が注目されてきている。

本論文では、実用化された生ごみバイオガス化技術とその運転実績、その課題と取組みなどについて紹介する。

2．生ごみバイオガス化システムの概要

下図に生ごみバイオガス化システム（固定床式高温メタン発酵）のフロー図を示す。



図－1 生ごみバイオガス化システムフロー

本システムは、生ごみを高温メタン菌によって分解、バイオガス化し、エネルギーとして回収利用するシステムであり、これを実用的なシステム、より高効率なシステムとなるよう、数々の工夫を加えたものである。そのプロセスと特徴を解説する。

（1）前処理プロセス

生ごみの分別回収方法には、ごみ袋、紙袋による回収、専用容器による回収などの方法が考えられる。これまでの可燃ごみの収集がごみ袋によって行われており、現実的には生ごみもごみ袋による収集が主流となると考えられる。この場合、生分解性プラスチック製袋を利用する場合を除いては、ごみ袋はメタン発酵不適物として除去する必要がある。

また、分別収集しても、割ばし、紙、ビニルなどの異物がある程度混入することは避けられず、これもメタン発酵不適物として除去する必要がある。

このため、本システムでは、前処理システムに破袋、破砕、異物除去を行う工程が設けられている。異物除去後の生ごみは、粘度調整のため希釈水を加え、粉砕機によって粒度の細かい生ごみスラリーとして可溶化処理される。

（2）バイオリアクター

高濃度の有機物を含む生ごみスラリーはバイオリアクターに投入され、リアクター内の嫌気性微生物群により、有機物の低分子化、有機酸生成過程を経て、メタンガス、二酸化炭素を主成分とするバイオガスに変換される。本プロセスでは、これらの微生物反応効率を最大限に維持するため、５５℃での高温メタン発酵法を採用し、さらにリアクター内での微生物密度を高くするために、微生物の付着、保持能力の高い炭素繊維を用いた独自の筒状微生物担体を充填している。

（3）バイオガス利用プロセス

バイオリアクターで発生したバイオガス中にはメタンガス、二酸化炭素のほか、1000mg/l を超える濃度の硫化水素が含まれており、そのまま再利用することはできない。そこで、本システムでは酸化鉄固形脱硫剤による脱硫処理設備を設け、バイオガスから硫化水素を除去している。バイオガスは、ボイラー、発電機（ガスエンジン、マイクロガスタービン）の燃料として使える他、天然ガス自動車、燃料電池への利用等、様々なエネルギー利用の方法がある。

（4）発酵液処理プロセス

バイオリアクターでは投入された有機物の大部分を効率よく分解、バイオガス化するが、投入生ごみスラリーの有機物濃度が高くその一部が残留すること、また、バイオリアクター内で増殖した微生物の一部が流出することなどから、バイオリアクターから排出される発酵液にはまだかなりの有機物が含まれている。これをさらに浄化するために、好気性の活性汚泥処理を行う。本システムでは、固液分離に浸漬膜（平膜）を用いた浸漬膜活性汚泥法を採用している。処理槽内の活性汚泥濃度を高く保持することにより、高効率な有機物除去、硝化、脱窒による窒素除去が可能である。

３．運転事例

本システムは、すでに大型商業施設に納入され、４年が経過している。排出される生ごみは、①販売店から排出される調理屑及び期限切れ商品、②レストラン等の調理屑及び残飯であり、施設能力は 1.0ｔ/日である。生ごみは、分別して専用容器での回収を行っているが、プラス

表－１搬入生ごみの組成例

種類	残飯等（ｶﾗ含む）	野菜屑等	動物性生ごみ（肉･魚等）
構成比 [%]	49.9	8.6	41.5

チック、紙、ビニール、割りばし等の異物も混入しており、異物混入率は３～５％（重量比）であった。この値は、分別回収が比較的よく行われているとみなせる数値である。

投入生ごみ量は、一年間の平均で約 800 kg/日、商業施設の性質上、投入生ごみ量は大きく変動している（図―２）が、バイオガス発生量は、投入生ごみ量の変化に良く追随しており、有機物負荷の変動に十分対応していることが分かる。

この間、メタン発酵プロセスの状態を示す指標とされる VFA/t-Alk 比もほぼ１を下回った値で安定していた。

バイオガス中の CO_2 濃度は平均 34％、メタンガス濃度は約 66％で、生ごみ 100 kg当たり 21.9 m³のバイオガスが発生しており、その回収熱エネルギーは灯油換算で約 10Ｌに相当する。

バイオリアクターによる、有機物、固形物、油分(n-Hex)の分解除去は、それぞれ 79.2％、87.5％、99.4％と高い性能を示し、有機物負荷が高い状態、18～20 kg-CODcr/m³/ｄでも安定運転が行われている。

発酵液処理後の放流水は、下水道放流されているが、下水道放流基準以下の数値が保たれている。

NH4-N 濃度が高いが、投入スラリーの K-N 濃度が高いためで、硝化、脱窒処理工程を発酵液処理プロセスに入れば低減は可能である。

表―２ 搬入スラリーの性状

項目	水質等
SS	61,500 mg/L
VSS	60,600 mg/L
T-COD	181,000 mg/L
S-COD	68,100 mg/L
K-N	4,380 mg/L
NH_4-N	255 mg/L
n-Hex	16,000 mg/L
粒度(平均)	30.3 μm

水質は１年間の平均値

表―３ 発酵液の性状

項目	水質(mg/L)	除去率(%)
CODcr	37,600	79.2
SS	7,600	87.5
n-Hex	100	99.4

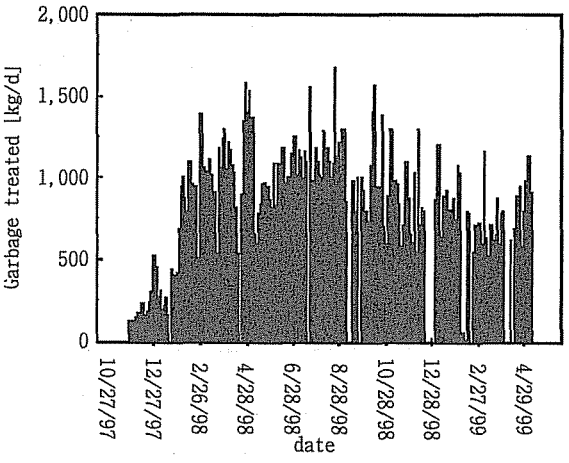
CODcr 濃度は発生ﾒﾀﾝｶﾞｽ量から推定

表―４ 放流水の性状

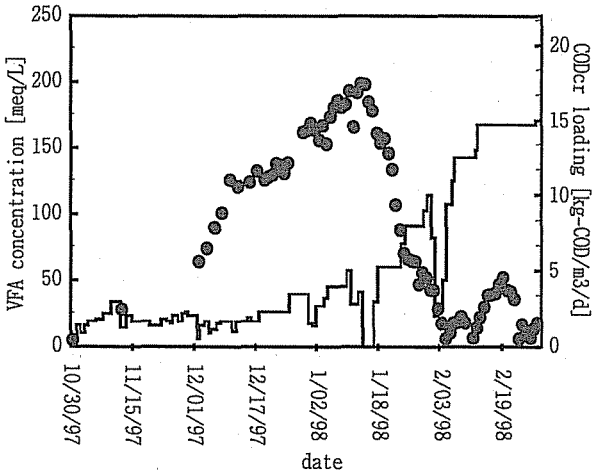
項目	水質
PH	8.7
BOD	122 mg/L
COD	680 mg/L
SS	32 mg/L
NH4-N	879 mg/L

４．バイオガスの燃料電池への応用

本システムで回収されるバイオガスを燃料電池の燃料に使った実証実験を当社技術研究所で行っており、バイオガスの精製により、燃料電池への使用が可能であることが確認された。



図―２ 生ごみ投入量の経時変化



図―３ ﾊﾞｲｵｶﾞｽ発生量の経時変化

本実証は、ＮＥＤＯ（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の平成１０年度即効型提案公募事業に採択され、行ったものである。

生ごみ１日２００kgを処理し、発生したバイオガスをガスホルダーに貯留し、５０kWリン酸型燃料電池６０％負荷の３０kWで４～５時間の間欠発電を行った。バイオガス中のメタン発酵と発電効率の関係を求めるため、メタン濃縮を行った。

表－５ 燃料電池発電実験結果

RUN	使用ﾊﾞｲｵｶﾞｽ量 [m³/h]	平均ﾒﾀﾝ濃度 [%]	最大･最小ﾒﾀﾝ濃度 [%]	燃料電池制御設定濃度 [%]	発電電力 [kW]	発電効率 [%]
1	9.50	92.50	92.0⇔93.5	90	30	34.3
2	11.08	86.11	84.8⇔86.6	90	30	31.6
3	10.85	80.15	79.9⇔80.4	80	30	34.7
4	10.99	80.38	80.2⇔80.5	80	30	34.2
5	10.84	84.80	84.2⇔86.3	80	30	32.8
6	12.18	71.64	69.7⇔74.2	70	30	34.6
7	13.60	66.60	66.1⇔67.9	70	30	33.2
					(平均効率	33.6)
都市ガス	—	—	—	—	30	36.1

燃料電池での発電効率は供給バイオガスの発熱量に対して３２～３５％であり、都市ガスを燃料とした場合の効率（３６％）より２％程度低下したが、最新の燃料電池は都市ガス使用時の効率が４０％程度であることから、生ごみのバイオガスを燃料としたときの効率は３８％程度だと推定できる。

本システム及び燃料電池発電システムは、環境省地球温暖化対策実地検証事業生ごみ燃料電池発電施設に採用された。神戸市内の大型ホテル等からの事業系生ごみ６ｔ/日をバイオガス化し、連続で燃料電池発電を実地検証する。

将来構想として、発電された電気を電気自動車に供給、バイオガスを直接天然ガス自動車に供給する計画もある。

表－６ 環境省生ごみ燃料電池発電施設の概要

設置場所	兵庫県神戸市
処理対象	大型ﾎﾃﾙ等事業系生ごみ 6.0ｔ/日
ﾊﾞｲｵｶﾞｽ利用	燃料電池 100kW（りん酸型）
	電気自動車（構想）
	天然ｶﾞｽ自動車（構想）
施設竣工	2001年7月
施設稼動	2001年9月～（約3年間運転）

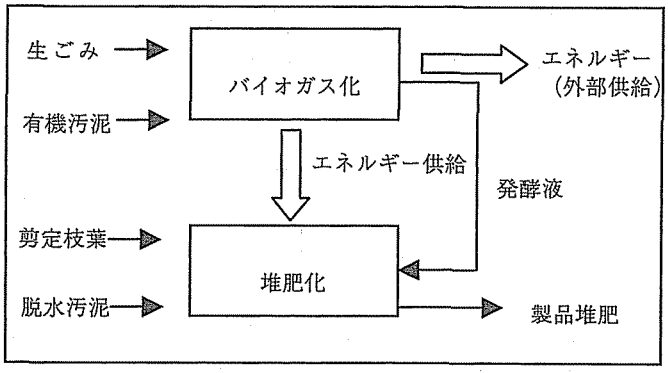
５．生ごみ再資源化事業

生ごみバイオガス化は、地球温暖化対策、資源循環型社会の構築に期待されている技術であり、すでに実用化段階にあるが、より本システムを普及拡大する方策として民活による事業化がある。エコタウン事業やPFI事業がその例であるが、民間企業の先進的技術や斬新なアイデアにより、低コストで廃棄物資源化を行えることが期待されている。

現実に、生ごみの場合は分別回収の手間はあるが、その処理においては焼却するよりもバイオガス化したほうが低コストで処理できる。さらに大幅な温室効果ガスの削減も期待できる。

但し、バイオガス化にも解決すべき課題があり、資源化事業を行う場合にはそれら課題への対応が重要となる。

図－４は、現在検討中の資源化事業（案）であるが、本事業では食品リサイクル法により規制される事業系の生ごみや有機汚泥のバイオガス化による資源化と、都市では大抵の場合問題となっている剪定枝葉の堆肥化による資源化とを組み合わせて行うことで課題の解決を図っている。



図－４ 有機性廃棄物資源化事業（案）

具体的には、

①バイオガス化の課題であるバイオガス回収後の発酵液処理を堆肥化原料である剪定枝葉と混合して堆肥化に有効利用することで行う。発酵液は、窒素、リンが豊富で混合することにより堆肥化に要する日数を減らすことが可能で、製品堆肥も施肥効果の高い良質の堆肥となる。

②バイオガスを堆肥化施設の運動動力（発電）、製品堆肥の含水率調整（熱利用）に利用する。バイオガスの利用は、温室効果ガス削減のためには必須となる。しかし、発電に利用しても売電価格が安いため、発電コストの方が高くなり、現状の引取り価格では発電するほど事業側が損をする状況であり、バイオガスの近隣施設での利用が課題となっている。このようにエネルギー消費型の資源化施設と組合せることにより、バイオガスの有効利用が行え、温室効果ガス削減となる。

６．おわりに

生ごみのバイオガス化普及のために解決すべき課題には、①バイオガスの利用、②発酵液の処理、処分、利用、③生ごみ分別回収、異物除去などがある。

バイオガス利用については、バイオガスの販売、売電などが採算の合う価格で行えるようになることが最も効果的解決と考えられる。

＜参考文献＞

１）東郷ら、「固定床式高温メタン発酵と燃料電池の組み合わせによる生ごみのエネルギー資源化に関する研究」
ＮＥＤＯ平成１１年度新規産業型提案公募事業成果報告会予稿集、（2000 年３月）

２）東郷ら、「生ごみの高温メタン発酵処理システム」、鹿島技術研究所年報、vol.47（1999 年）