



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	中核市における都市ごみエネルギー回収に関する研究
Author(s)	井上, 陽仁; 縄田, 大輔; 羽原, 浩史 他
Description	第13回衛生工学シンポジウム (平成17年11月17日 (木) -18日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 3 廃棄物 . 3-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 13, 95-98
Issue Date	2005-11-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1340
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-4_p95-98.pdf



3-4 中核市における都市ごみエネルギー回収に関する研究

○井上陽仁、縄田大輔、羽原浩史、高濱繁盛（復建調査設計㈱）、松村幸彦（広島大学）

1. はじめに

地球温暖化の防止や循環型社会の形成に向けて、農林水産省、経済産業省などの関係 5 省庁により平成 14 年 12 月「バイオマス・ニッポン総合戦略」が発表された以降、バイオマスタウン構想に向けた積極的な取組が行われている。

バイオマス資源は、廃棄物中の生ごみ、下水道汚泥、家畜ふん尿等の腐敗性バイオマスと間伐残材、製材所残材、建設廃材等の木質性バイオマスに大別される。これらのバイオマス利用については、様々な取組が行われており、また、技術的にもある程度確立されたものがあるが、バイオマス毎に特有の課題を抱えているため、エネルギー回収による資源循環システムの構築事例は少ない。

筆者らは、人口約 40 万人の中核市である F 市をモデルに、腐敗性バイオマスのうち一般廃棄物中の生ごみを対象として、既に技術的に確立されているエネルギー回収プロセスの一つであるメタン発酵処理による経済性及びエネルギーバランス評価により、資源循環システム構築のための適正規模を明確にすると同時に、エネルギー回収システムとしての優位性についての評価も行った。

2. メタン発酵によるエネルギー回収の経済性評価

2.1 前提条件

(1) 対象廃棄物

メタン発酵の対象廃棄物は可燃性一般廃棄物中に含まれる生ごみ(事業系及び家庭系)とし、F市における排出実態等から一般廃棄物量を 125,000t/年、生ごみ比率は 0.2 と設定した。

一般廃棄物中に占める家庭系と事業系の比率については不明であるため、事業系一般廃棄物中の生ごみ量は、事業所・企業統計調査を基にした「事業所種類別発生・循環流れ推計法」¹⁾により推計し、一般廃棄物中の生ごみ量との差から家庭系生ごみ量を推定した。設定値は表 1 に示すとおりである。

さらに、従業者数別の事業系生ごみ排出量を推計し、事業所の規模と生ごみ排出量の関係を求めた。結果は図 1 に示すとおりである。

(2) 処理プロセス

想定したメタン発酵施設の処理プロセスは図 2、施設条件は表 2 に示すとおりである。廃棄物は、異物を除去後、湿式・高温型のメタン発酵施設でメタン発酵を行う。発生したメタンガスはメタン発酵槽の保温用に一部を使用し、残りはガス利用施設へ売却するものとした。排水は活性汚泥処理を行い、一部は循環水として利用し、余剰分は下水道へ放流とした。消化スラッジ及び排水処理に伴って発生する汚泥は堆肥化を行うことも技術的には可能であるが、堆肥の供給先確保が困難な状況を考慮し、廃棄物として処理することとした。

表 1 一般廃棄物中の生ごみ量

	設定値
一般廃棄物排出量	125,000 t/年
生ごみ比率	0.2
一般廃棄物中の生ごみ量 (A)	25,000 t/年
事業系生ごみ量 (B)	17,000 t/年
家庭系生ごみ量 ((A)-(B))	8,000 t/年

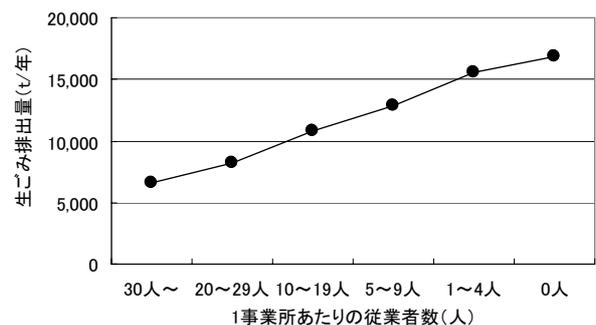


図 1 事業系生ごみの事業所規模別排出量 (累積)

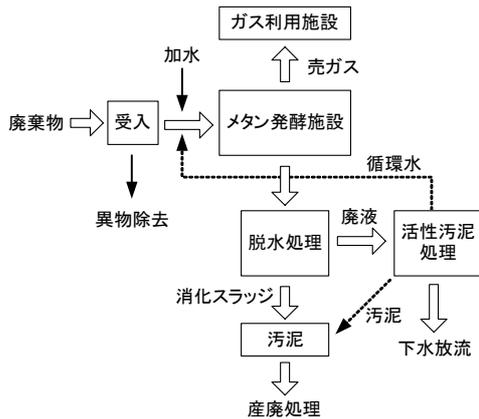


図 2 想定処理プロセス

(3) 経済性検討条件

経済性検討条件は表 3 に示すとおりである。メタン発酵施設は民間により運営することとし、資本金は総工事費の 10%、補修費は建設費の 1.5%、諸費・一般管理費は人件費の 25%と設定した。建設費は、施設規模 30t/日における基準建設費を設定し、そのスケールメリットは、式(1)に示す一般的に知られる 0.7 乗則に従うものとした。

$$\text{建設費} = \text{基準建設費} \times \left(\frac{\text{施設規模}}{\text{基準施設規模}} \right)^{0.7} \quad \dots \text{式(1)}$$

施設規模は、メタン発酵が 365 日間連続して行われることから、日平均処理量ベースで設定した。また、事業成立の条件として、15 年間の IRR（現在価値 (NPV) をゼロとする割引率）が 5% となるようにした。

2.2 検討方法及び評価

(1) 検討方法

経済性の検討はキャッシュフローモデルにより行った。検討に用いた変動パラメータは表 4 に示すとおり、処理対象廃棄物量及び基準建設費とし、15 年間の事業期間において投資回収ができる最低レベルとした IRR が 5% となる処理費により評価を行った。

(2) 検討結果

検討結果は図 3 に示すとおりである。処理対象廃棄物量が増加するに従い、処理費用は安くなるが処理対象物量の変化が処理費用に与える影響は小さくなるのが分かる。また、処理対象廃棄物量が同一の場合、基準建設費が 1 億円高くなる

表 2 施設条件²⁾

	設定条件
処理方法	湿式・高温型
メタンガス発生原単位	188 m ³ /t-ごみ
排水処理方法	活性汚泥処理
汚泥処理方法	脱水汚泥を産業廃棄物として処理
生分解性固形分	25.5%
生分解性固形分から発生可能なメタンガス量	0.88 m ³ /kg-ごみ
生分解性固形分の分解率	84%

表 3 経済性検討の諸条件²⁾

	設定値等
建設費の設定方法	式(1)による
施設規模の設定方法	施設規模[t/日] =年間処理量[t/年] / 施設稼働日数 [t/年] / 調整負荷率
施設稼働日数	365 日
調整負荷率	96%
資本金	総工事費の 10%
光熱、薬品費	2,373 円/t-受入ごみ
補修費	建設費の 1.5% (年間)
人件費	20 百万円/年 (4 人 × 5 百万円/人年)
諸費・一般管理費	人件費の 25%
汚泥処理費	受入料金と同一価格
電力消費量	90kWh/t-受入ごみ
銀行借入金利	3.0% (10 年間固定金利)
返済期間	10 年間
返済方法	年 1 回 (元金均等払い)
減価償却方法	定額法

表 4 検討に用いた変動パラメータ等

パラメータ	設定値	
処理対象廃棄物量	5,000~25,000t/年	
基準建設費	ケース①	9 億円
	ケース②	10.5 億円
	ケース③	12 億円
基準施設規模	30t/日	
事業成立条件	IRR=5%	

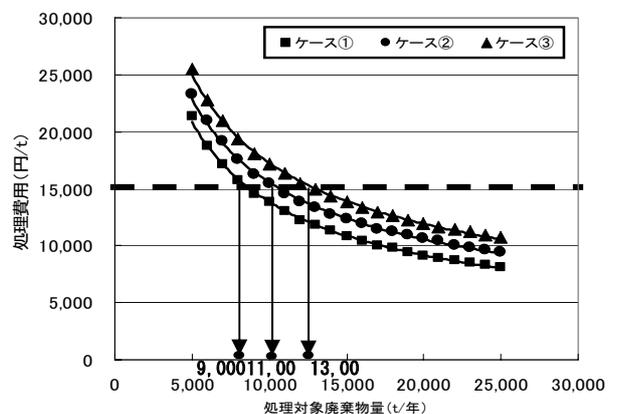


図 3 処理量と処理料金との関係

と、処理費用を 900～1,500 円/t 高く設定しなければ経済的に成立しないことが分かる。

(3) 評価

F 市の現状の一般廃棄物処理費用を 15,000 円/t とすると、メタン発酵システムを導入するためには、処理費用を 15,000 円/t 以下に抑えなければ、事業は経済的に成立しない。

図 3 に示すとおり、15,000 円/t で処理を行う場合に必要な処理対象廃棄物量は、基準建設費がケース①の場合は 9,000t/年、ケース②の場合は 11,000t/年、ケース③の場合は 13,000t/年である。これが事業を成立させるために必要な処理対象廃棄物量の最低量であるが、F 市で排出される事業系生ごみの全排出量は 17,000t/年であるため、事業系生ごみのみで事業を成立させるには、それぞれ全排出量の 53%、65%、76%の収集が必要となる。

全排出量の 50% (8,500t/年) 以上を収集するためには、図 1 に示すとおり、従業者数が 20 人以上の事業所から排出される生ごみの全量を収集する必要があるが、現実的には不可能である。したがって、経済性を確保するためには、家庭系生ごみあるいは産業廃棄物で不足分を補う必要がある。

3. エネルギーバランスによる評価

3.1 前提条件

(1) 処理システム

想定したシステムの概略フローは図 4 に示すとおりである。焼却施設では発電による電気回収を行う。このときの発電効率は 10%に設定した。メタン発酵施設では燃料ガスとしてメタンガス回収 (メタン含有率約 60%、発熱量 25MJ/m³) を行う。また、メタン発酵施設で発生する脱水ケーキは、含水率 80%まで脱水した後、焼却施設で処理するものとした。

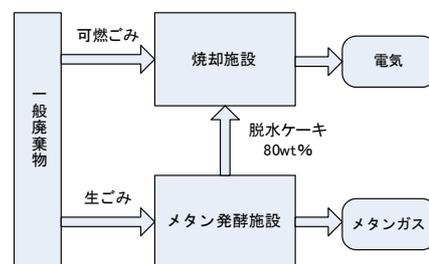


図 4 想定処理システム

エネルギーバランス検討の基本データは表 5、使用したエネルギー原単位は表 6 に示すとおりである。

表 5 エネルギーバランス検討の基本データ

	焼却施設	メタン発酵施設	備考
搬入ごみの熱量	8.4MJ/t	3.3MJ/t	湿ごみ
基準建設費	5,000 万円/t	3,500 万円/t	
基準施設規模	200t/日	30t/日	
年間稼働日数	300 日/年	300 日/年	
維持管理	電力	64.4kWh/t	湿ごみ
	重油	0.28L/t	
	水道	0.63m ³ /t	
	ガス ^注	—	
生産	発電効率	10%	
	メタンガス	—	188m ³ /t 湿ごみ

注：製造したメタンガスを使用する。

表 6 使用したエネルギー原単位³⁾

		エネルギー原単位
投入	建設	95.2MJ/千円
	整備	65.5MJ/千円
	電力	0.94MJ/kWh
	重油	40.2MJ/L
	水道	8.67MJ/m ³
	メタンガス ^注	25.0MJ/m ³
生産	電力	0.94MJ/kWh
	メタンガス ^注	25.0MJ/m ³

注：製造したメタンガスを使用する。

(2) 廃棄物の組成

対象廃棄物は経済性評価と同様に設定した。廃棄物の組成は表 7 に示すとおりとし、焼却施設の処理対象廃棄物は、メタン発酵施設の処理量に応じて、3 成分の式⁴⁾による熱量補正を行った。

表 7 対象廃棄物の設定条件

		可燃性一般廃棄物	生ごみ
発熱量		8.4MJ/t	3.6MJ/t
3 成分	可燃分	50%	28%
	灰分	7%	2%
	水分	43%	70%

3.2 エネルギー効率

(1) メタン発酵施設

メタン発酵システムにおけるエネルギー効率は図 5 に示すとおりである。

メタン発酵施設のエネルギー効率は、発生する脱水汚泥の処理を考慮しなければ、約 6,000t/年（施設規模約 20t/日）以上の生ごみ処理量で 1.0 以上となり、エネルギー回収施設として有効な処理プロセスであるといえる。

ただし、本検討は、生ごみのみを対象とした場合のものであり、事業性を確保するため汚泥等の受入を行った場合、対象廃棄物から発生するメタンガス量が減少するため、エネルギー効率は低下する。

(2) 可燃ごみ処理システムにおける評価

可燃ごみ処理システム全体におけるエネルギー効率は図 5 に示すとおりである。

焼却施設と比較して、メタン発酵施設のエネルギー効率が高いため、生ごみのメタン発酵を推進することにより、可燃ごみ処理システム全体としてのエネルギー効率は向上する。焼却施設では、生ごみの減少に伴い対象廃棄物中の含水率が減少し単位発熱量が増加するため、エネルギー効率が向上する。また、メタン発酵施設から発生する脱水汚泥の受け入れを行った場合においては、エネルギー効率はほぼ横ばいとなる。

以上のことから、含水率の高い生ごみの減少による焼却施設におけるエネルギー効率向上効果は小さいが、可燃ごみ処理システム全体ではエネルギー効率が向上することが分かった。

4. まとめ

経済的成立条件及びエネルギーバランス評価より、都市ごみにおいてメタン発酵システムの導入により効果のある適正規模が明確となった。ただし、事業系生ごみのみで経済性を確保するためには、全排出量の 50%以上を収集する必要があるが、これは 20 人以上の全事業所分に相当し、民間のみでこの量を確保するのは困難である。したがって、経済的に継続して成立する事業とするためには、行政による支援等で収集量を増やすか、家庭系生ごみや産業廃棄物を受け入れて、一定規模以上まで引き上げる必要がある。

なお、本研究では焼却及びメタン発酵システムの間処理施設単独における評価となっており、生ごみを分別することによる収集・運搬への影響は考慮していない。メタン発酵システムの導入においては、一般廃棄物処理システム全体で評価する必要があることから、今後、分別の増大による収集運搬への影響及びその評価手法についても研究を行う予定である。

参考文献

- 1) 羽原浩史、松藤敏彦、田中信壽；事業系ごみ量と組成の事業所種類別発生・循環流れ推計法に関する研究、廃棄物学会論文誌、13-5 (2002)、73-82
- 2) 中国経済産業省；中国地域における有機資源循環による環境負荷低減化に関する調査報告書 (2004)
- 3) Youngjae Kim、松藤敏彦、田中信壽；札幌市におけるごみ燃料製造・利用システムのエネルギー評価、廃棄物学会論文誌、5-2 (1994)、63-72
- 4) (社)全国都市清掃会議、(財)廃棄物研究財団；ごみ処理施設整備の計画・設計要領、(1999)、142-145

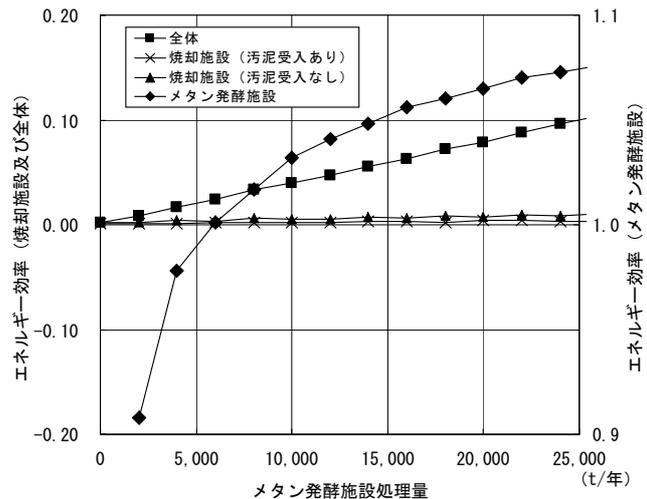


図 5 可燃ごみ処理システム全体のエネルギー効率