



閱 覧 用  
ISSN 1346-7328  
国総研資料 第197号  
平成16年12月

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 197

December 2004

## 廃棄物からエネルギーを回収する技術の調査

村野昭人・鈴木武

An Investigation of Technologies Recovering Energy from Waste

Akito MURANO and Takeshi SUZUKI

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

## 廃棄物からエネルギーを回収する技術の調査

村野昭人\*・鈴木武\*\*

### 要 旨

温室効果ガスの排出削減の義務化や最終処分場用地の逼迫など、喫緊の環境問題に対処するため、廃棄物からエネルギーを回収するとともに最終処分量を削減する技術が開発されつつある。各技術には、それぞれ収集・転換・利用・副産物処理の要素が含まれるため、立地場所や周辺環境がもたらす影響についても把握する必要がある。また、エネルギー回収施設は港湾に多く立地されており、そのメリット・デメリットを把握することが、今後の施設立地を考える上で不可欠である。そこで本研究では、各技術の実用化事例を調査し、これらの技術を普及させるために克服しなければならない経済的な課題、技術的な課題について整理を行うことを目的とする。

廃棄物からエネルギーを回収する技術の実用化事例について、エネルギー回収量、エネルギー投入量、建設費、運営費等の運転実績の調査を行った。対象とした技術は、生ごみメタン発酵施設、下水汚泥のエネルギー利用施設、家畜排泄物バイオガス化施設、ごみ発電施設、スーパーごみ発電施設、RDF 発電施設である。調査結果を基に、各技術が持つ特色及び普及に向けた課題について整理した。

研究によって得られた主な知見は以下の通りである。

- バイオガス発電施設が普及する上での課題としては、メタン発酵に時間がかかるために広い敷地が必要となることや、消化液を肥料として利用できない場合、その処理費用が高価となることが挙げられる。
- ごみ発電施設が普及する上での課題としては、発電効率を上げるために、ガスタービン出力を上げることには経済的インセンティブが働かないこと、新しい配管の材質の開発が進むと、スーパーごみ発電方式は不要となること、ごみ行政の変化に伴うごみ組成の変化によって出力が変化することが挙げられる。
- RDF 施設が普及する上での課題としては、ダイオキシン問題が沈静化したため、メリットが薄れていること、爆発事故の影響で、安全対策にかかる費用が高価になっていること、製造施設と発電施設の需給バランスを取らないと、輸送費が高くなることが挙げられる。

これらの結果は、港湾整備に伴う環境負荷を検討する際の基礎資料となるものである。

**キーワード**：バイオマス、エネルギー回収、メタン発酵、ごみ発電、RDF

---

\*前沿岸海洋研究部沿岸域システム研究室研究官（現東洋大学地域産業共生研究センター研究員）  
\*\*沿岸海洋研究部沿岸域システム研究室長  
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所  
電話：046-844-5025 Fax：046-844-5074 e-mail: suzuki-t92y3@ysk.nilim.go.jp

## An Investigation of Technologies Recovering Energy from Waste

**Akito MURANO\***  
**Takeshi SUZUKI\*\***

### Synopsis

In this study, technologies recovering energy from waste are investigated. And it makes clear that there are some technological and economical merits or demerits. The technologies to be investigated are methane fermentation plant, sludge waste treatment plant, household waste biogas plant, waste power plant, super waste power plant, RDF production plant, and RDF power plant.

The results are;

- 1) It needs wide-open land to operate methane fermentation plant.
- 2) The change of the system to collect waste influences the efficiency of super waste power plant.
- 3) It is necessary to balance between demand and supply of RDF in order to minimize transportation cost.

**Key Words** : Biomass, Energy Recovering, Methane Fermentation, Waste Power Generation, RDF

---

\* Ex-Researcher of Coastal Zone Systems Division, Coastal and Marine Department  
(Researcher of Toyo University, Center of Regional Industrial Symbiosis Research)

\*\* Head of Coastal Zone Systems Division, Coastal and Marine Department  
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan  
Phone : +81-46-844-5025 Fax : +81-46-844-5074 e-mail: suzuki-t92y3@ysk.nilim.go.jp

## 目 次

1. はじめに	1
2. バイオマスを取り巻く状況	1
2.1 バイオマスのエネルギー利用技術	1
2.2 バイオマスの利活用状況	2
2.3 RPS法と関連動向	2
3. 廃棄物からエネルギーを回収する技術の調査	3
3.1 生ごみメタン発酵施設	3
3.2 下水汚泥処理施設	4
3.3 家畜排泄物バイオガス化施設	6
3.4 ごみ発電施設	8
3.5 スーパーごみ発電施設	9
3.6 RDF製造施設	11
3.7 RDF発電施設	12
4. まとめ	15
5. おわりに	15



## 1. はじめに

温室効果ガスの排出削減の義務化や最終処分場用地の逼迫など、喫緊の環境問題に対処するため、廃棄物からエネルギーを回収するとともに最終処分量を削減する技術が開発されつつある。一方、港湾エリアでは、大規模な土地確保が容易である、埋立処分空間の確保が容易である、海上輸送という廉価な大量輸送手段を持っている、材料リサイクルに大きな役割を果たす素材型産業が集積しているといった特徴から、リサイクル産業の集積が進みつつある。こうした状況の中で、港湾エリアにおいて廃棄物からエネルギーを回収する技術を高度化し、エネルギー資源の消費を抑えるとともに、廃棄物の最終処分量を少しでも低減することを追求することが必要と考えられる。しかし、そうした可能性を考えるうえでは、廃棄物行政を取り巻く状況が頻繁に変化することに加え、エネルギー回収技術が発展途上にあることが原因で、その将来を予測することに対する不確実性が高い。従って、地域整備、規制緩和、補助金などの政策を検討する上では、政策の対象を設定する際に慎重な議論が必要である。さらに各技術には、それぞれ収集・転換・利用・副産物処理の要素が含まれるため、立地場所や周辺環境がもたらす影響についても把握する必要がある。また、エネルギー回収施設の港湾立地を考える上では、そのメリット・デメリットを把握することが不可欠である。

そこで本研究では、それらの議論の一助とすべく、エネルギー回収技術の実用化事例について調査を行い、その環境効率の評価を行うとともに、直面している経済的な課題、技術的な課題について整理を行うことを目的とする。

## 2. バイオマスを取り巻く状況

### 2.1 バイオマスのエネルギー利用技術

バイオマスとは、太陽エネルギーを使って生物が合成した有機性資源の中から化石資源を除いたものであり、例えば図-1のように分類される。バイオマスは以下の特徴を有する。

- ①生命と太陽がある限り枯渇しない
- ②再生可能であり焼却をしても大気中の二酸化炭素を増大させない（カーボンニュートラル）
- ③莫大な賦存量がある

紙, 家畜排泄物, 食品廃棄物  
 廃棄物系資源 … 建設発生木材, 製材工場材  
 黒液(パルプ工場廃液), 下水汚泥, 屎尿汚泥  
 未利用資源 … 稲わら, 麦わら, 籾殻, 林地残材(間伐材, 被害木)  
 資源作物 … 飼料作物, でんぷん系作物

図-1 バイオマス資源の分類

出典：バイオマス・ニッポン総合戦略  
 (平成 14 年 12 月 27 日閣議決定)

バイオマスは多種多様であり、組成、性状が大きく異なるので、バイオマス種に応じた変換技術が必要である。バイオマスのエネルギー利用技術を大別すると、直接燃焼、熱化学的変換、生物化学的変換になる。

直接燃焼は、主として木質バイオマスに利用されている。蒸気タービンで発電することもできるが、北欧では熱源として大規模に利用されている。バイオマス専焼の他、石炭とバイオマスの混焼発電も広く行われている。また、小規模利用の例では、木片を圧縮・成形したペレットを専用ボイラー・専用ストーブで家庭暖房に用いている。また、英国などでは鶏糞を直接燃焼して蒸気タービンで発電する大規模施設もあり、我が国でも同様の事例がでてきている。

熱化学的変換は、低発熱量で利用しにくいバイオマスをより高品位な液体燃料や気体燃料に変換させる手法の一つである。原料バイオマスを十分乾燥し、高温条件でガス化(800℃以上、0.1~0.5MPa等)させる熱分解・ガス化が代表的技術である。生成ガスはガスタービン、ガスエンジンまたは燃料電池により電気・熱に変換する他、メタノールやDME(ジメチルエーテル)等の液体燃料に転換する技術の研究開発が行われている。

他方、含水率の高い原料向けに、超臨界水や亜臨界水などの水熱反応を利用した新しい処理技術として、超(亜)臨界水ガス化法(550℃×35MPa, 600℃×15MPa等)の研究開発も行われている。対象原料としては、有機性汚泥、食品廃棄物、家畜糞尿などが研究されている。

炭化も、炭化物を固形燃料として利用する場合は、エネルギー変換の一形態と捉えることができる。この他、廃食用油等を60~70℃の比較的低い温度、常圧でメタノールとアルカリを加えるとエステル化するため、ディーゼル代替燃料として利用することができる。

生物化学的変換は、微生物の働きを利用してバイオマスを分解し、気体燃料、液体燃料、肥料などを生産する手法である。メタン発酵(嫌気性発酵)は、有機物を嫌気性条件下で分解・発酵し、メタンを含むバイオガスを

生成し、発電または熱利用等に利用する。エタノール発酵は、これまでは澱粉系原料を対象としていたが、木質系原料からエタノールを生成する新技術の開発も行われている。

## 2.2 バイオマスの利活用状況

各バイオマスの利活用の状況を、表-1に示す。各バイオマスともに、農地還元が限界に来ており、エネルギー利用が重視されつつある。

表-1 バイオマスの利活用状況

対象バイオマス	年間発生量 (万トン)	利活用の状況
家畜排泄物	9,100	堆肥利用:90%
食品廃棄物	1,900	肥飼料利用:10%未満 残りは焼却・埋立
廃棄紙	1,400	大半が焼却
黒液 (乾燥重量)	1,400	ほとんどがエネルギー利用 (主に直接燃焼)
下水汚泥 (濃縮汚泥ベース)	7,600	建設資材・堆肥利用:60% 埋立:40%
製材工場等残材	610	エネルギー・堆肥利用:90%
林地残材	390	ほとんど未利用
建設発生木材	480	製紙原料・ボード原料・家畜敷料 などに利用:40%
農作物非食用部 (稲わら、籾殻等)	1,300	堆肥・飼料・畜舎敷料などに利用 :30%

出典：バイオマス・ニッポン総合戦略（平成14年12月27日閣議決定）

## 2.3 RPS法と関連動向

### (1) RPS法とは

RPS法は、正式には「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」と称し、平成15年4月より全面施行された。この法律は、電気事業者に対し、環境保全型のエネルギーである「新エネルギー等」から製造される電力の一定量の利用義務を課すものであり、RPS制度（Renewables Portfolio Standard または Renewable Energy Portfolio Standard）と称される。この法律の特徴は、新エネルギー等を変換して得られた電気に対し、環境配慮に対するグリーン・プレミアム分の価値を別に与え、これを市場で売買させることである。

### (2) RPS法の主な内容

RPSの主な内容は以下の通りである。

#### (a) 対象エネルギー等

太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、中小水力発電（水路式1000kW以下）、地熱発電であり、「新エネルギー等」と称する。発電設備は設備認定が必要である。また、新エネルギー等を変換して得られる電気を「新エネルギー等電気」と称する。

ここで、バイオマス発電には、一般廃棄物や産業廃棄物のうちバイオマス（一般廃棄物の場合、紙類、厨芥類、草木類、布類）の燃焼熱による発電量が含まれる。

#### (b) 義務

電気事業者は毎年度、販売電力量に応じ一定割合以上の新エネルギー等電気の利用が義務付けられる。

#### (c) 利用目標

全国の利用目標量は表-2に示すように、徐々に増加させる計画となっている。

表-2 新エネルギー等電気の国の利用目標量

年度(平成)	15	16	17	18	19	20	21	22
目標量(億kWh)	73.2	76.6	80.0	83.4	86.7	92.7	103.3	122.0
利用目標率(%)	0.88	0.91	0.94	0.97	0.99	1.05	1.15	1.35

出典：平成15年1月27日、経済産業省告示15号

#### (d) 義務履行の方法

- ①自ら新エネルギー等電気の発電所を建設し、発電する
- ②他から新エネルギー等電気を購入する
- ③他から「新エネルギー等電気相当量」を購入する

以上から選択することができる。これにより、発電事業の柔軟性を確保するとともに、市場メカニズムにより新エネルギー電力のコスト低減を図る。

#### (e) 設備認定基準

再生可能性の確保、新エネ等電気の販売量が計量できる構造であること

#### (f) 設備認定単位

同一種類の新エネルギー等を用い、一つの電力量計で測定可能な発電設備

#### (g) 設備認定に必要な提出書類

- ①申請書
- ②構造図またはフロー図
- ③配線図
- ④（バイオマス発電の場合）ごみ組成分析表、産業廃棄物管理票、または発生ガスがバイオマスから製造されることの証明書類

#### (h) 新エネルギー等電気相当量の上限価格

1kWhあたり11円

(3) 発電施設の認定状況

新エネルギー等発電設備は平成 14 年 12 月から認定事務が開始された。平成 15 年 12 月 1 日現在の認定件数と発電出力を表-3 に示す。認定件数と発電出力の特徴は、以下のとおりである。

- ・バイオマス発電は、廃棄物焼却施設が認定設備の大部分を占める。このため認定件数は比較的少ないが、発電出力の合計は突出して最も大きい。
- ・太陽光発電は住宅用と事業用があるが、認定件数の大部分は住宅用である。このため認定件数は突出して多いが、1 件あたり 3~4kW と小規模。
- ・風力発電はウィンドファーム単位になるため 1 件あたり平均約 3,000kW
- ・中小水力発電は、認定件数は太陽光に次いで多いが設備容量は比較的小さい
- ・地熱発電は、該当する発電設備が極めて少なく、平成 15 年末時点で認定はない

表-3 新エネルギー等発電設備の認定状況

(平成 15 年 12 月 1 日現在)

発電設備	件数	設備容量(kW)	1件あたり設備容量(kW)
風力発電	191	593,567	3,108
太陽光発電	116,036	428,412	4
バイオマス発電	211	2,132,669	10,107
中小水力発電	328	156,300	477
複合型	10	2,291	229
合計	116,776	3,312,239	28

出典：資源エネルギー庁，RPS 制度ホームページ

(4) 新エネルギー等電気の売買価格

本法が施行されるにあたり、電力各社から新エネルギー等電気の購入単価が、これまでの余剰電力購入メニューを廃止する形で新たに設定された(表-4 参照)。「新エネルギー等電気相当量」と「電気」を分割して扱い、「電気」のみを購入する場合の単価として設定した電力会社が多い。

「新エネルギー等電気相当量」と「電気」を含む単価でみると、バイオマス発電からの余剰電力購入単価は、平日昼間では 8.8~11.4 円/kWh、夜間では 3.8~4.9 円/kWh である。法施行前の先行バイオガス発電施設の実績に比べれば高く設定されたものの、中小規模廃棄物発電の発電原価試算例 11~12 円/kWh (2001 年 6 月総合エネルギー調査会新エネルギー部会報告書) に比べても高いとは言えない。自然エネルギー発電の普及という本法の趣旨に沿い、新エネルギー等電気の売買価格をより高く設定するべく、関係者間の意見調整が望まれる。

表-4 電力会社によるバイオマス発電からの余剰電力購入単価 (平成 15 年度)

電力会社	購入単価(円/kWh)	
	北海道電力	冬季平日昼間
	その他季平日昼間	8.80
	その他時間帯	3.80
東京電力	冬季平日昼間	11.40
	その他季平日昼間	10.70
	その他時間帯	4.90
関西電力	夏季平日昼間	14.61
	その他季平日昼間	9.52
	その他時間帯	5.72

3. 廃棄物からエネルギーを回収する技術の調査

廃棄物からエネルギーを回収する技術の実用化事例について、施設規模、廃棄物処理量、エネルギー回収量、建設費、運営費等の運転実績の調査を行う。調査対象とした技術を図-2 に示す。

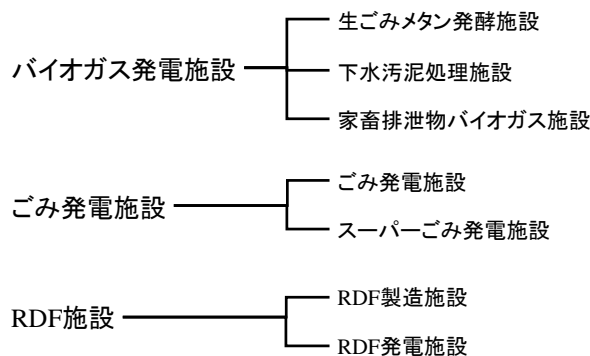


図-2 調査対象とする技術

3.1 生ごみメタン発酵施設

(1) 建設実績

生ごみメタン発酵の実用施設は、北海道の 3 箇所と富山県で 2003 年度に相次いで稼働開始した。北海道の 3 箇所の施設の諸元、建設費、維持管理費の一覧を表-5 に示す。



表-5 生ごみメタン発酵施設の諸元

事業主体	北空知衛生センター	中空知衛生施設組合	砂川地区保健衛生組合
立地	北海道深川市	北海道滝川市	北海道砂川市
施設名	生ごみバイオガス化施設	リサイクルーン	クリーンプラザくるる
事業形態	公共事業	公共事業	公共事業
出資者	-	-	-
運転開始	2003年4月	2003年9月	2003年4月
対象廃棄物	家庭系・事業系生ごみ(指定袋/投入)	家庭系・事業系生ごみ(指定袋/投入)	家庭系・事業系生ごみ(指定袋/投入)
処理量	16 t/d (16 t/d×1)	55 t/d (18.3 t/d×3)	22 t/d (11 t/d×2)
前処理方式	破砕⇒乾式分別⇒可溶化⇒脱水機	破砕⇒湿式分別⇒可溶化	破砕⇒乾式分別⇒可溶化
発酵方式	湿式高温発酵(膜分離型)	湿式中温発酵(完全混合型)	湿式中温発酵(固定床型)
発酵槽滞留日数	16日	18日	14日
ガス発生量	不明	不明	不明
発電方式	ガスエンジン(火花点火式)	ガスエンジン(軽油燃焼機)	マイクロガスタービン
発電能力	94 kW (47 kW×2)	400 kW (80kW×5)	120 kW (30kW×4)
発電効率	不明	35%	28%
電力利用	自家消費+売電	自家消費+売電	自家消費+売電
排水処理方式	嫌気好気処理+膜分離処理	嫌気好気処理+膜分離処理+活性炭吸着処理	嫌気好気処理+膜分離処理
処理水放流先	下水放流	河川放流	下水放流
汚泥処理	乾燥+土壌改良剤/焼却処理	堆肥化	堆肥化
建築面積	780 m <sup>2</sup>	5,300 m <sup>2</sup>	2,567 m <sup>2</sup>
施工業者	株式会社	三井建設	鹿島建設
総事業費	928,790千円	1,720,000千円	957,264千円
国庫補助金	148,093千円	297,000千円	149,210千円
起債	697,298千円	1,308,000千円	733,900千円
事業者負担金	83,399千円	115,000千円	74,154千円
運転員数	不明	不明	不明
維持管理費	不明	年2億円(人件費含む)	不明

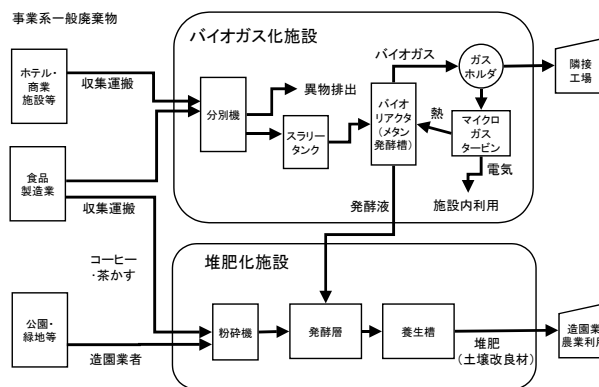


図-3 富山グリーンフードリサイクル(株) 施設フローシート

これらのうち、北海道の3施設は、いずれも自治体組合のごみ処理施設として整備されたものであり、家庭で分別排出された生ごみと事業系生ごみを対象としている点で画期的な施設である。施設規模は16~55t/dであり、建設費単価は31~58百万円/(t/d)の範囲である。ごみ焼却施設とは施設規模が違うため比較しにくいですが、同規模のごみ焼却施設よりも建設単価はかなり低いと考えられる。

富山グリーンフードリサイクル(株)の事例は、民間事業者の処理施設への導入事例である。建設費1,400百万円には堆肥化施設が含まれる。

(2) 代表施設の設備仕様等

富山グリーンフードリサイクル(株)の施設について、設備諸元を以下に、処理フローを図-3に示す。

設備仕様

- ・対象廃棄物 事業系生ごみ(指定袋入り)、食品系産業廃棄物
- ・処理量 24.4 t/d
- ・系列数 2系列
- ・前処理方式 破砕⇒乾式分別⇒可溶化
- ・発酵方式 湿式中温発酵(固定床型)
- ・ガス利用 隣接建設廃棄物リサイクル施設に売ガス、余剰分をマイクロガスタービン発電
- ・発電能力 90 kW (30kW×3台)
- ・排水処理方式 嫌気好気処理+膜分離処理
- ・汚泥処理方式 堆肥化

受入料金

- ・事業系生ごみ 8,000 円/t
- ・食品系産業廃棄物 16,000 円/t
- ・剪定枝 12,000 円/t

(3) 運営経費

生ごみメタン発酵の実用施設は、稼動間もないため、維持管理費、運営経費についての公表データは殆どないようである。中空知衛生施設組合のリサイクルーンのメタン発酵施設については、年間約2億円との発表があった。

3.2 下水汚泥処理施設

(1) 下水汚泥のエネルギー利用状況

下水汚泥のエネルギー利用については、①下水汚泥の嫌気性消化過程において発生する消化ガスの発電等による利用、②下水汚泥焼却排熱の利用、③汚泥自体の燃料化(セメント原燃料利用など)に分類される。

①の下水汚泥の嫌気性消化処理は、主として汚泥の減容目的で行われている。消化処理を行っている処理場は、平成14年度調査では287処理場(377系列)で全処理場の約2割であり、採択率は高いとは言えない。詳細を次項にて述べる。

次に、②の下水汚泥焼却排熱の利用は、全処理場の約1割を占める焼却(溶融)処理を採用している処理場の他、中間処理施設において焼却(溶融)処理をしているところも含まれる。

下水汚泥の焼却排熱は、汚泥の加温、発電、汚泥乾燥、場内冷暖房、温水プールなどに利用されている。汚泥の加温、乾燥があわせて全体の約70%を占めており、次の

で温水プールへの利用が約 22%となっている、発電には全体の 8%が利用されている。

(2) 下水汚泥の嫌気性消化処理

下水汚泥の嫌気性消化処理に伴う消化ガスは、消化槽の加温用燃料、消化ガス発電、汚泥焼却（溶融）炉の補助燃料、汚泥乾燥、場内冷暖房、その他用途に利用されている。

その内訳は、消化槽の加温が約 35%、消化ガス発電が約 15%、焼却（溶融）炉の補助燃料が約 16%となっている。他方、何ら利用されないで燃焼して排気されているガス量も未だ 30%近くあり、今後の利用拡大が期待される。

その他の有効利用用途としては、脱臭装置燃料、消化槽のガス攪拌動力などがある。

発生ガス量区分毎の下水処理場（系列）数を見ると、発生ガス量は 1,000m<sup>3</sup>/日未満の処理場（系列）が過半を占める。1,000m<sup>3</sup>/日の消化ガス（LHV=5,500kcal/Nm<sup>3</sup>と仮定）全量を発電（発電効率 30%を想定）に回した場合、1日あたり 2,000kWh 程度の発電量に相当する。すなわち、24 時間運転とすると発電出力が 100kW に満たない発生ガス量の処理場（系列）が半分以上を占める。

消化処理を採用している 287 処理場（377 系列）のうち、消化ガス発電を実施しているところは、19 処理場（19 系列）である。これら 19 処理場の発電方式と発電容量を表-6 に示す。

火花点火式のガスエンジン発電機を採用例が多いが、最近では環境負荷の低いりん酸形燃料電池（PAFC）を採用するケースが出てきている。燃料電池の場合、高い国庫補助率（55%など）の適用が可能である。

1 基あたりの発電出力では、これまで数 100kW クラスにとどまっていたが、東京都森ヶ崎水処理センターの PFI 事業では 3,000kW クラスの発電機が採用されている。

表-6 消化ガス発電をしている処理場一覧

処理場名	発電出力 (kW)
旭川市西部下水終末処理場	500×1
函館市南部下水終末処理場	500×1
苫小牧市西部下水処理センター	500×1
北上川上流流域下水道センター	135×1
山形市山形浄化センター	178×1 100×2
日立市池の川処理場	500×1
東京都小台処理場	680×3
東京都森ヶ崎処理場 (PFI 事業)	3,200×1 2,750×1
横浜市北部汚泥処理センター	920×4 1,100×1 200×1
横浜市南部汚泥処理センター	1,200×1
金沢市城北水質管理センター	60×1
大阪市中浜下水処理場	600×2
大阪府猪名川左岸原田処理場	400×1
広島市西部浄化センター	200×1
北九州市日明浄化センター	200×2
福岡市中部水処理センター	240×1
宮崎市宮崎処理場	250×1
延岡市妙田下水処理場	250×1
沖縄県中部流域那覇浄化センター	270×3
名護市名護下水処理場	50×1

出典：日本の下水道、(社)日本下水道協会、2001；第 15 回下水汚泥の有効利用に関する講演概要集、(社)日本下水道協会、2002；バイオマスエネルギー利用燃料電池の現状、雑誌「電気計算」、2002。

図-4 に下水汚泥処理施設のフローを示す。

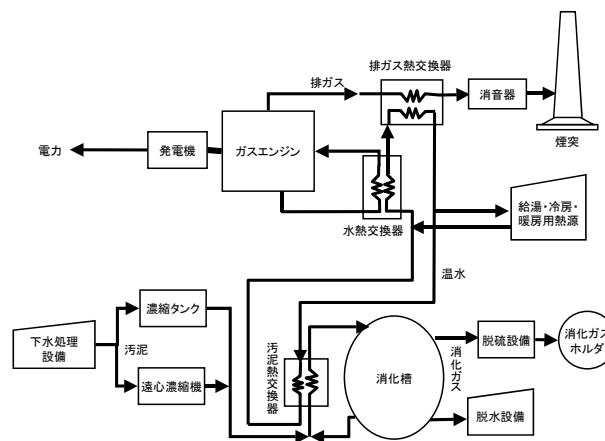


図-4 下水汚泥処理施設のフロー

(3) 森ヶ崎水処理センター（下水汚泥消化ガス発電）の事業費・経済性

下水汚泥消化ガス発電の PFI 事業が、東京都森ヶ崎水

処理センターへの導入が決まり平成 16 年度から運用開始が予定されている。森ヶ崎水処理センターは、日本最大の下水処理場であることから、発電事業においてスケールメリットが働くことが期待されている。事業の概要、事業費及び運営コストは以下の通りである。

**事業概要**

事業名称	森ヶ崎水処理センター常用発電事業
事業内容	民間事業者が下水汚泥消化ガスによる常用発電設備を建設し、同センターに電力及び温水を供給する
設備仕様	①常用 ガスエンジン発電機 3,070 kW ②非常用 ガスタービン発電機 9,079 kW ③電力貯蔵 NaS 電池 8,000 kW
事業期間	平成 16 年度より 20 年間
資金調達	非常用発電部分 国土交通省補助金，東京都 その他施設 事業者が資金調達
事業類型	サービス購入型，BTO 方式
事業者	森ヶ崎エナジーサービス株式会社 (出資者：東京電力，三菱商事)

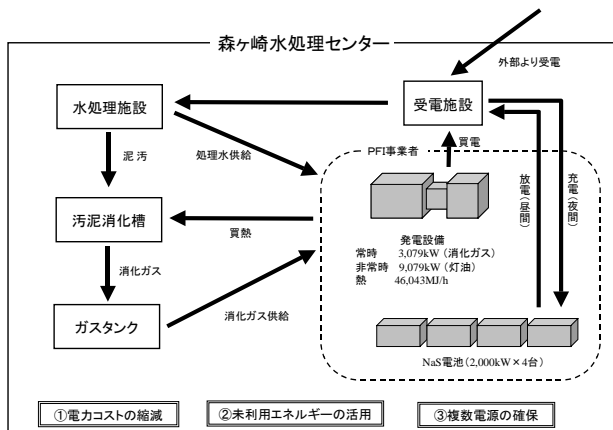


図-5 森ヶ崎水処理センター常用発電事業概念図

**事業費**

96 億 7 千万円 (出典：森ヶ崎水処理センター常用発電事業審査結果，平成 14 年 5 月)

**運営費用・事業効果**

電力コスト削減額：年間約 6 億円 (従来の年間約 13 億円から約 7 億円に削減)

環境改善 (二酸化炭素排出量の削減)：  
1,325ha (東京ドーム約 300 個分の広さ) の森林が吸収する量 (4,772 t/y) を削減

**3.3 家畜排泄物バイオガス施設**

(1) 建設実績

家畜糞尿を主原料とするメタン発酵施設は、種々の方式が既の実証され、実用段階に入っている。多数の農家から家畜糞尿を収集運搬し、スケールメリットを追求した大型施設で処理する集中プラント方式の施設と、個別農家ごとにメタン発酵施設を整備する個別型施設がある。このうち、集中プラント式の施設はまだ少なく、京都府八木町の八木バイオエコロジーセンター、北海道別海町の別海資源循環試験施設など 2~3 の事例があるにすぎない。個別農家型のプラントは北海道を中心に 10 数件の実用施設、実証施設が稼動している。

(2) 個別型プラントの仕様と経済性

北海道江別市のまちむら農場のバイオガスプラントの、設備仕様、事業費および維持管理費は以下の通りである。

(a) 事業者概要

- ①事業主体： (有)まちむら農場
- ②事業内容： 酪農事業，ミルクおよびバター製造・販売事業
- ③所在地： 江別市篠津 183
- ④飼養形態： 乳牛，フリーストール牛舎
- ⑤施設名称： バイオガスプラント施設
- ⑥稼動開始年月： 平成 12 年 3 月

(b) 設備仕様

まちむら農場バイオガスプラントの設備諸元を以下に示す。

- ・発酵方式 湿式中温 (38℃)
- ・発酵槽構成 一次発酵槽 (プラグフロー式)  
+ 二次発酵槽 (完全混合式)
- ・ガス発生量 660 m<sup>3</sup>/d
- ・脱硫方式 生物脱硫 (二次発酵槽の内部で行う)
- ・発電方式 軽油併用式ガスエンジン発電機，65kW
- ・電力利用 場内利用 (プラント，工場)  
および売電 (RPS 法登録)
- ・余熱利用 場内 (原液槽，プラント廻り) 床暖房
- ・消化液利用 農地還元
- ・廃液処理 なし

(c) 事業費

設備費は 6,850 万円 (土工工事除く) であり，100% 自

社の出資で補助金は無い。(エンジニアリング振興協会 2004 年報告書「再資源化ビジネスの可能性調査に関する研究」による。)

(d) 運転・維持管理体制

プラントの運転, 維持管理は同農場の経営者が 1 名で対応している。ガスエンジン発電機が DSS 運転のため, 朝晩に起動停止スイッチを押す, 軽油タンク残量の管理・手配を行う, のが主な内容である。ポンプ, 攪拌機などプラント機器は自動運転される。

このような自動運転を可能にするため, ガス発生量, ガス組成 (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S), 発電機の状態値などのプロセスパラメータは, プラントの制御盤から Web 回線でプラントメーカーに送信され, 監視が行われている。また, プラントメーカーが月に 1 回程度, 定期的に発酵液をサンプリング・分析し, 運転アドバイスを実施している。

(e) 維持管理費

電気代を除く維持管理費は, 以下の通りである (エンジニアリング振興協会 2004 年報告書「再資源化ビジネスの可能性調査に関する研究」による。)

用役費 (軽油代) :	157 万円/年
保守補修・消耗品費 :	58 万円/年
合計 :	215 万円/年

まちむら農場バイオガスプラントの外観を **図-6** に示す。

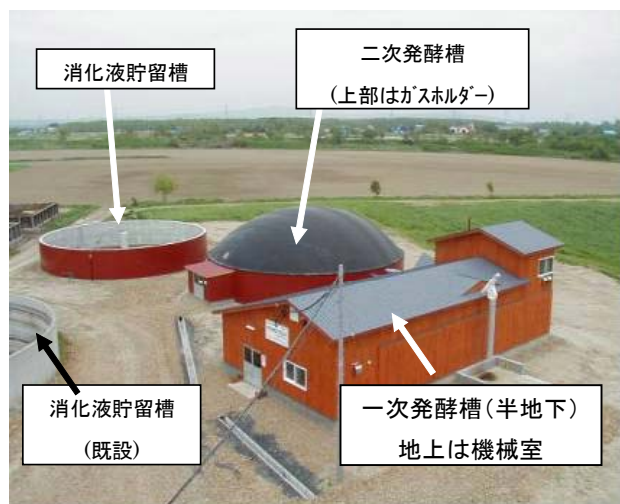


図-6 まちむら農場バイオガスプラント

(3) 集中処理型プラントの仕様と経済性

京都府八木町の八木バイオエコロジーセンターについて,

設備仕様, 事業費, 維持管理費を紹介する。

(a) 事業者概要

- ①事業主体 : 京都府八木町
- ②管理主体 : 八木町農業公社
- ③所在地 : 京都府船井郡八木町大字諸畑字千田 1 番地
- ④施設名称 : 八木バイオエコロジーセンター
- ⑤運営履歴 : 1998 年完工, 2000 年稼働開始, 2002 年増設

(b) 設備仕様

メタン発酵施設の設備諸元を以下に示す。

- ・発酵方式 : 湿式中温 (1 期工事分)  
湿式高温 (2 期工事分)
- ・発酵槽タイプ : 完全混合式 (1 期, 2 期工事分とも)
- ・ガス発生量 : 3,029 m<sup>3</sup>/d
- ・脱硫方式 : 乾式脱硫 (鉄系脱硫剤)
- ・発電方式 : ガスエンジン発電機 70kW × 2,  
80kW × 1
- ・電力利用 : 場内利用, 集落処理場に送電および  
売電 (RPS 法登録)
- ・余熱利用 : 管理棟の床暖房
- ・消化液利用 : 農地還元
- ・廃液処理 : 膜分離活性汚泥法, 活性炭吸着  
⇒再利用, 河川放流

(c) 事業費

1 期, 2 期工事分をあわせて, またメタン発酵施設と堆肥化施設をあわせて, 建設工事費は 17 億円 (土工事含む), 土地代も含めて 20 億円である。メタン発酵施設は国庫補助 1/2, 府補助 1/10, 残りの 4/10 が町費である。堆肥化施設は国庫補助 2/3, 残りの 1/3 が町費である (エンジニアリング振興協会 2004 年報告書「再資源化ビジネスの可能性調査に関する研究」による。)

(d) 運転・維持管理体制

運転人員は, 男性 4 名, 女性 1 名で日勤勤務である。設備保守は, 発電機のみメーカーと保守契約を結んでおり, その他の機器は都度, 実施している。

(e) 運営収支

運営収支を **表-7** に示す。赤字分は町費から補填されている。

表-7 八木バイオエコロジーセンター運営収支  
(平成 14 年度)

収入		支出	
費目	金額(万円)	費目	金額(万円)
(1)糞尿受託処理費	1,300	(1)薬品代	2,400
(2)おから受託処理費	640	(2)機械メンテ代	2,200
(3)廃牛乳受託処理費	1,000	(3)労務費	2,400
(4)売電収入	40		
(5)堆肥販売収入	1,240		
(6)雑収入他	380		
小計	4,600	小計	7,000

出典：エンジニアリング振興協会 2004 年報告書「再資源化ビジネスの可能性調査に関する研究」

受託処理費は、畜種と大きさにより区分して年契約している。例えば、乳牛の搾乳牛の場合、15,000 円/頭/年である。

発電量約 5,000kWh/日の 2~3%を売電している。売電単価は平成 15 年時点では以下のとおりとなっている。

- ・夏季平日昼間 14.61 円/kWh
- ・その他季平日昼間 9.52 円/kWh
- ・夜間時間帯 5.72 円/kWh

本施設の赤字補填額を削減するため、消化液の液肥利用（農地還元）分を増やして水処理にまわす分を削減することにより、薬品代を削減する等の種々の対策を行っている。

### 3.4 ごみ発電施設

#### (1) 建設実績

一般廃棄物のごみ焼却施設は、平成 13 年度末時点で全国に 1,680 施設（廃止予定施設を含む）あり、うち発電設備のある施設は 233 施設ある（平成 16 年 3 月、環境省）。ごみ焼却施設全体の施設規模分布を図-7 に示す。100t/d 未満のごみ焼却施設は約 2/3 の 1,090 施設があるが、発電設備のある施設は 3 施設にすぎないことが分かる。

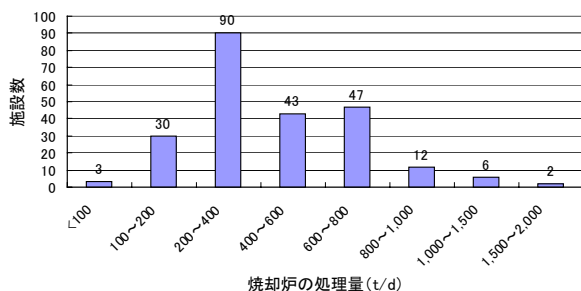


図-7 都市ごみ焼却施設の施設規模の分布  
(平成 13 年度末)

次に、発電出力の分布を図-8 に示す。10MW 以下の低出力の施設が大部分を占めることが分かる。

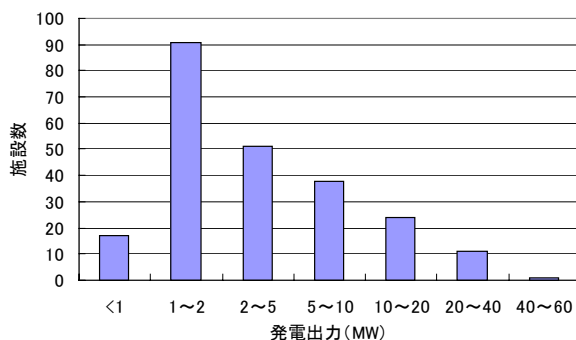


図-8 都市ごみ焼却施設の発電出力の分布  
(平成 13 年度末)

#### (2) 建設費

発電設備付きの都市ごみ焼却施設の建設費内訳としては、900t/d (300t/d×3 基) の大型施設をモデルとして試設計、コスト積算された数値を(財)エネルギー総合工学研究所が報告(1995)している。これによれば、建設費単価は、従来型(蒸気条件 300℃×27 ata)では 5,000 万円/(t/d)であり、高効率型(同 500℃×100 ata)ではボイラ廻り機器と発電設備を中心に約 12%のコストアップとなり、5,586 万円/(t/d)と見積られている。

#### (3) 維持管理費

ごみ発電施設のフローを図-9 に示す。

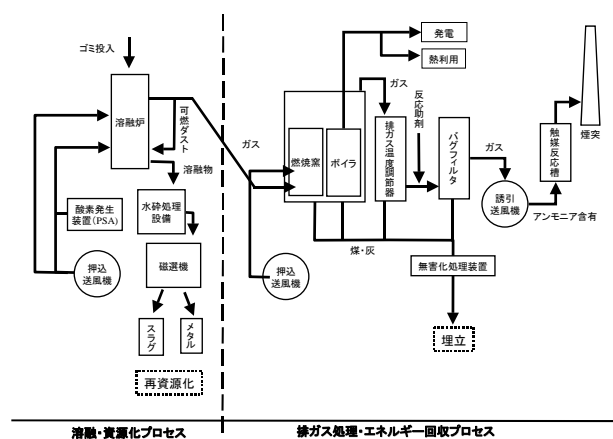


図-9 ごみ発電施設のフロー

(財)エネルギー総合工学研究所(1995)のごみ処理規模ごとの都市ごみ焼却発電施設のごみ処理単価と蒸気温度の関係の試算例によれば、以下の知見が得られてい

る。

- ・ ごみ処理単価は、スケールメリットにより規模が大きくなるほど小さくなる。
- ・ 1,200t/d 以下では、蒸気温度 400℃程度（現在の新規発注プラントの標準的条件）が最もごみ処理単価が低い。
- ・ 1,800t/d 以上の大型プラントでは蒸気条件改善によるメリットが大きくなる。

### 3.5 スーパーごみ発電施設

#### (1) 建設実績

従来のごみ発電では、ごみ焼却によって作られた蒸気によってタービンを回して発電する。一方、複合ごみ発電（スーパーごみ発電）では、ごみ焼却によって作られた蒸気を、ガスタービン発電の高温排熱を利用して過熱してからタービンを回すことによって、蒸気タービン発電の効率を高めることに特徴がある。

ごみ発電は、現在全国で約 190 ヶ所において行われている。その中でスーパーごみ発電施設は、2004 年 3 月時点で、群馬県榛名町、北九州市、堺市、千葉市の四ヶ所で行われており、従来の約 2 倍の 30～40% の発電効率となっている。

スーパーごみ発電施設のフローを図-10 に、諸元を表-8 に示す。1996 年に群馬県企業局による高浜発電所が、このタイプの発電を最初に開始した。ただし、高浜発電所の場合、既設のごみ焼却施設（高浜クリーンセンター）への発電機部分の増設であった。スーパーごみ発電施設として初めから計画・建設されたのは 1997 年稼働の堺市クリーンセンター東第 2 工場が第 1 号機である。

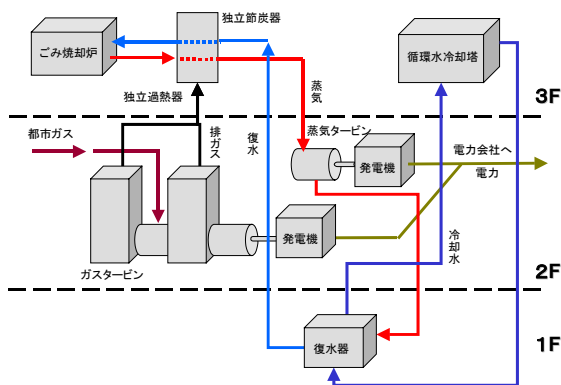


図-10 スーパーごみ発電施設のフロー

4 事例すべてにおいて、炉はストーカ式、発電方式はガスタービン複合発電式である。ボイラの蒸気条件は、従来設計と同じ 300℃以下とし、高温腐食の問題を回避

した上で、ガスタービン発電機の燃焼ガスでしてスーパーヒートしている。ガスタービン出力と蒸気タービン出力のバランスは、高浜発電所のみ他の 3 施設と大きく異なっている。高浜発電所は発電効率の高いガスタービンの出力が蒸気タービン出力よりも大きい。他方、他の 3 施設ではガスタービン出力は蒸気タービン出力と同じか下まわっている。現在、電力各社は、スーパーごみ発電施設に対し、ガスタービン出力が蒸気タービン出力以下の場合のみ「廃棄物発電」とみなし、そうでないものは「自家発電」とみなし RPS 法に基づく買電単価へのプレミアム上乗せを適用しない。従って、高浜発電所のようにガスタービン出力が蒸気タービンの出力を上回る設計は現時点では採算上不利であるが、ガスタービン出力が大きいほど総合効率が上がるメリットが存在する。

表-8 スーパーごみ発電施設諸元

施設名	皇后崎工場	千葉市新港新清掃工場
所在地	福岡県北九州市	千葉県千葉市
運転開始	1998年7月	2002年12月
処理量	810 t/d (270 t/d×3)	405 t/d (135 t/d×3)
炉形式	ストーカ式	ストーカ式
スーパーごみ発電形式	ガスタービン複合方式	ガスタービン複合方式
ボイラー出口蒸気条件	285℃	300℃
再加熱後蒸気温度	350℃	458℃
ガスタービン 燃料	都市ガス	都市ガス
蒸気タービン 発電出力	29,300 kW	12,150 kW
ガスタービン 発電出力	7,040 kW	9,000 kW
最大出力(事業認可出力)	36,340 kW	18,000 kW
発電効率	26.0%	26.5%
建設費	約345億円	約 262億円
主な内訳	建屋+プラント 約300億円	プラント費 約 157億円
	スーパーごみ発電設備 約40億円	建築費 約 74億円
職員数(昼間)	37人	23人

施設名	高浜発電所	堺市クリーンセンター東第2工場
所在地	群馬県榛名町	大阪府堺市
運転開始	1996年11月	1997年3月
処理量	450 t/d (150 t/d×3)	460 t/d (230 t/d×2)
炉形式	ストーカ式	ストーカ式
スーパーごみ発電形式	ガスタービン複合方式	ガスタービン複合方式
ボイラー出口蒸気条件	255℃	300℃
再加熱後蒸気温度	400℃	378℃
ガスタービン 燃料	天然ガス	都市ガス
蒸気タービン 発電出力	10,500 kW	12,400 kW
ガスタービン 発電出力	17,500 kW	4,100 kW
最大出力(事業認可出力)	25,000 kW	16,500 kW
発電効率	29.3%	21.1%
建設費	約61億円	約267億円
主な内訳	スーパーごみ発電部分のみ	本体工事 約189億円 用地費 約67億円
職員数(昼間)	15人	16人

#### (2) 高浜発電所（群馬県榛名町）の概要

敷地面積は約 2000m<sup>2</sup>、建築面積は約 1200m<sup>2</sup> であり、騒音対策として周囲を高さ 30m の外壁で囲んでいる。高



浜クリーンセンターには、高崎市及び周辺 4 町村から約 32 万人分の一般廃棄物が搬入されており、その量は 1 日平均 300t である。

クリーンセンターにおいて発生する 255℃の蒸気を配管を通して取り入れる。天然ガス(天然ガスの使用量は、一時間当たり最大 5000Nm<sup>3</sup>)を燃焼させてガスタービンを回すことで生じる 500℃の排ガスを用いて、蒸気を 400℃まで加熱した上で、蒸気タービンを回す。

クリーンセンターは定期点検日を除き、年間 350 日ほど稼働している。従って、発電所でも蒸気タービンは 350 日 24 時間稼働している。一方、ガスタービンは、土日は電力需要が少ないことから、月曜日の 8 時から金曜日の夜 10 時までのみ、24 時間体制で稼働している。平日の蒸気タービンによる発電量は約 9000~10000kW、ガスタービンによる発電量は約 15000~16000kW であり、合計で 25000kW である。蒸気タービン、ガスタービンの出力合計が常に 25000kW となるよう、ガスタービンの運転を調節している。約 1500kW を所内で使用するほかは、すべて東京電力に送電している。土日は、ガスタービンを稼働させず、クリーンセンターで生じた蒸気を 255℃のまま発電するため、発電量は 3500kW にとどまる。ちなみにクリーンセンターで生じた蒸気を 400℃に過熱して発電した場合、発電量は約 6000kW となる。蒸気タービンによる発電量が 9000kW というのは、発電所で別途生じた蒸気によるものを含んだ値である。年間トータルで 1 億 2000 万 kWh の発電を行っており、これは 4 万世帯が一年で使用する電気量に相当する。

建設費は 60 億円(土地代を含まず)で、そのうちの 15%は(財)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が出資、残る 85%を群馬県が負担した。天然ガスとして年間 6 億円を東京ガスに支払い、蒸気代として年間 1.3 億円をクリーンセンターに支払っている。これらの燃料代が収入の 45%に該当する。その他の費用としては、人件費(職員 15 人、当直は 2 人×4 班交代)、修繕費、減価償却費、税金、利息などがある。ボイラには純水を使用し、使用量は一日約 80 トンである。土日は腹水が減少したときのみ使用になるため、ほとんど使用しない。水は、地下水をくみ上げ純水装置を通して使用している。排水に対しては凝集沈殿式排水処理を行い、汚泥は業者が引き取っている。

#### 運転上の留意点

- ・ごみ焼却による蒸気を対象とするため、その質が安定

せず、ガスタービンの運転を絶えず調整することが必要。

- ・現在は、総括原価方式によって、発電にかかるコストを売電価格に反映させることができるが、平成 22 年 4 月に予定されている自由化以降は採算面が厳しくなる可能性がある。小規模な発電であるためスケールメリットが働かず、発電コストはやや高くなる。
- ・冷却塔のファンによる騒音を中心とする環境対策、排水の水質管理・温度管理天然ガスを取り込むためのパイプラインの敷設などにおいて、地元住民との話し合いが欠かせない。

#### (3) スーパーごみ発電施設の経済性

1999 年 10 月から 2000 年 9 月までの北九州皇后崎工場における 1 年間の運転状況を以下に示す。(出典：第 16 回コジェネレーション・シンポジウム「皇后崎工場スーパーごみ発電システムの運転状況」2000 年)。

#### 運転状況

・平均焼却量	699 t/d (c.f. 定格 810t/d)
・平均ごみ低位発熱量	2,338 kcal/kg (c.f. 設計 3,000 kcal/kg)
・年間運転日数	301 日 (内 3 炉フル稼働は 123 日)
・発電機運転方式	蒸気タービンとガスタービンを 常時運転
・電力利用	近隣公共施設(浄化センター) 給電+売電
・年間発電量	186,034 MWh/y (時間平均 25.75 MWh/h)
・自家消費電力	34,306 MWh/y (時間平均 4.75 MWh/h)
・浄化センター給電量	10,862 MWh/y (時間平均 1.5 MWh/h)
・売電量	140,866 MWh/y (時間平均 19.5 MWh/h)
・発電効率(実績)	24.94 %
・都市ガス消費量	15,040,098 Nm <sup>3</sup> /y (時間平均 2,082 Nm <sup>3</sup> /h)
・冷却用工業用水消費量	782,465 m <sup>3</sup> /y (時間平均 108.3 m <sup>3</sup> /h)
・下水放流量	302,371 m <sup>3</sup> /y (時間平均 41.9 m <sup>3</sup> /h)
・平均売電単価	8.41 円/kWh
・都市ガス単価	公表不可

皇后崎工場を例にとり、発電効率、発電量、売電量等について、上記の運転実績と従来型ごみ焼却発電の場合の推定パフォーマンスを比較した結果を表-9に示す。スーパーごみ発電を行うことにより、都市ガス及び冷却用水が追加的に必要となるが、発電効率が上昇し発電量が増加するため、運用時において収支が改善する結果が得られた。ただし、この収支は売電単価や都市ガス単価等に大きく依存しており、不安定なものとなっている。

表-9 スーパーごみ発電施設の経済性比較

項目	単位	スーパーごみ発電	従来型ごみ発電
ごみ焼却量	t/d	699	699
ごみ低位発熱量	kcal/kg	2,338	2,338
ガスタービン発電量	kWh/h	6,620	0
蒸気タービン発電量	kWh/h	19,130	11,090
合計発電量	kWh/h	25,750	11,090
発電効率	%	24.94	14
自家消費電力	kWh/h	4,750	3,150
浄化センター給電量	kWh/h	1,500	1,500
売電量	kWh/h	19,500	6,440
都市ガス消費量	Nm <sup>3</sup> /h	2,082	0
冷却用工業用水消費量	m <sup>3</sup> /h	108.3	0
下水放流量	m <sup>3</sup> /h	41.9	0
<b>相当売電量</b>	<b>kWh/h</b>	<b>9,170</b>	<b>6,440</b>

### 3.6 RDF 製造施設

#### (1) 建設実績

一般廃棄物の RDF 製造施設の建設実績（2004年3月時点）を表-10に示す。全国で少なくとも65箇所の一般廃棄物用 RDF 製造施設が稼働している。初期の施設の一部は、廃止または更新の時期を迎えている。なお、一般廃棄物の RDF 製造施設では、受け入れたごみ（可燃ごみ）から重量比にして約半分の RDF が製造される。

表-10 RDF 製造施設の諸元

使用開始年度	都道府県名	地方公共団体名	施設名	年間処理量 (t/年度)	燃料製造量 (t/年度)	処理対象廃棄物	運転管理
1990	北海道	札幌市	札幌市ごみ資源化工場	43,321	34,725	可燃ごみ 不燃ごみ 直接搬入ごみ	委託
1998	北海道	留萌市	留萌市一般廃棄物処理施設留萌市美サイクル館(燃料化施設)	2,273	1,964	可燃ごみ	委託
1988	北海道	富良野市	富良野市リサイクルセンター	1,419	693	可燃ごみ	直営
1992	栃木県	野木町	野木町資源化センター	不明	不明	可燃ごみ(生ごみ除く)	直営
2002	栃木県	塩谷広域行政組合	不明	不明	不明	可燃ごみ	不明
1996	茨城県	常総地方広域市町村圏事務組合	常総地方広域市町村圏(事)常総環境センター-炭プラスチック固形燃料化施設	6,853	6,853	不燃ごみ	一部委託
2002	茨城県	鹿島地方事務組合	広域波崎RDFセンター	2,480	1,009	可燃ごみ	委託
2001	茨城県	鹿島地方事務組合	広域鹿嶋RDFセンター	29,172	13,782	可燃ごみ	委託
1999	群馬県	鬼石町	鬼石資源化センター(固形燃料化施設)	1,728	835	可燃ごみ 直接搬入ごみ 処理残渣	一部委託
1999	群馬県	中里村	クリーンセンター-奥多野	843	421	可燃ごみ	直営
1997	群馬県	板倉町	板倉町資源化センター	1,106	833	可燃ごみ 直接搬入ごみ	一部委託
1998	群馬県	水上月夜野新治衛生施設組合	奥利根アメリティアパーク 固形燃料化施設	6,381	5,899	可燃ごみ 直接搬入ごみ	委託
1999	群馬県	赤城	日本道路公団 関越・赤城ICリサイクルプラント	不明	不明	可燃ごみ	不明
1997	埼玉県	所沢市	所沢市不燃物等処理施設(RDF施設)	7,034	3,747	資源ごみ	一部委託
1995	埼玉県	久喜宮代衛生組合	久喜宮代衛生組合プラスチック固形燃料化施設	2,948	2,160	資源ごみ 直接搬入ごみ	委託
2002	新潟県	糸魚川地域広域行政組合	糸魚川地域広域行政組合	不明	不明	不明	不明
1995	富山県	福波広域事務組合	南砺リサイクルセンター	7,892	4,146	可燃ごみ 直接搬入ごみ 粗大ごみ 処理残渣	直営
2003	石川県	羽咋都市広域圏事務組合	クリンクルはくい	不明	不明	可燃ごみ	直営
2003	石川県	河北都市広域事務組合	河北部クリーンセンター-エコー	不明	不明	可燃ごみ	直営
2003	石川県	七尾鹿島広域圏事務組合	ななかりサイクルセンター	不明	不明	可燃ごみ	直営
2003	石川県	奥能登クリーン組合	奥能登クリーンセンター	不明	不明	可燃ごみ	直営
1997	山梨県	甲南環境衛生組合	甲南環境衛生組合ごみ燃料化施設	1,824	836	可燃ごみ 直接搬入ごみ	直営
1999	静岡県	御殿場市小山町広域行政組合	御殿場・小山RDFセンター	31,023	18,269	可燃ごみ 直接搬入ごみ	直営
2001	愛知県	一色町	廃食用油燃料化施設	2	2	その他	直営
1987	愛知県	田原町	田原町リサイクルセンター	7,475	3,244	混合ごみ	委託
2002	岐阜県	恵那市	エコセンター-恵那	不明	不明	可燃ごみ	不明
2002	三重県	紀伊長島町	紀伊長島町リサイクルセンター	0	0	可燃ごみ	直営
1999	三重県	海山町	海山町リサイクルセンター	4,011	2,145	可燃ごみ 直接搬入ごみ	直営
2002	三重県	南牟婁清掃施設組合	紀南清掃センター-RDF化施設	0	0	可燃ごみ	直営
2002	三重県	桑名広域清掃事業組合	桑名広域清掃事業組合ごみ燃料化施設	0	0	可燃ごみ 直接搬入ごみ	直営
2002	三重県	上野市地4町村環境衛生組合	上野RDFセンター	0	0	可燃ごみ 直接搬入ごみ	直営
2002	三重県	浜島町	浜島町ごみ燃料化施設	0	0	可燃ごみ 直接搬入ごみ	直営
2001	三重県	香取伊勢資源化広域連合	香取伊勢資源化プラザ(ごみ固形燃料化施設)	6,784	3,960	可燃ごみ	直営
1997	滋賀県	湖東広域衛生管理組合	湖東広域衛生管理組合リバースセンター	9,039	4,754	可燃ごみ	直営
2002	京都府	綾部市	不明	不明	不明	不明	不明
2002	大阪府	松原市	不明	不明	不明	不明	不明
1999	兵庫県	伊丹市	廃食用油再生燃料化	19	19	その他	直営
1998	兵庫県	兵庫県広域行政事務組合	兵庫県広域行政事務組合ごみ固形燃料化施設	9,549	5,084	可燃ごみ 直接搬入ごみ	一部委託
2003	兵庫県	神崎郡神崎町中播北郡行政事務組合	不明	不明	不明	可燃ごみ	不明
1990	奈良県	宇陀郡榛原町	榛原町ごみセンター	不明	不明	可燃ごみ	委託
2000	和歌山県	太地町	太地町清掃センター-はまゆう	1,245	512	可燃ごみ	直営
2002	和歌山県	有田衛生施設事務組合	リュースなぎ	0	0	可燃ごみ	直営
1999	鳥取県	加茂町外三町清掃組合	加茂町外三町清掃組合兼南エスルギーセンター	7,170	3,876	可燃ごみ 直接搬入ごみ	直営



1998	広島県	甲世衛生組合	甲世衛生組合ごみ園形燃料施設	3,762	1,869	可燃ごみ	直営
2002	広島県	大竹市	不明	不明	不明	可燃ごみ	不明
2002	広島県	東城町	不明	不明	不明	可燃ごみ	不明
2002	広島県	府中市	府中市クリーンセンター	不明	不明	可燃ごみ	不明
2002	広島県	神石広域事務組合	不明	不明	不明	可燃ごみ	不明
2004	広島県	福山市	福山市ごみ園形燃料工場	不明	不明	可燃ごみ	不明
1999	山口県	新南陽市	新南陽市ごみ燃料化施設フェニクス	9,228	4,469	可燃ごみ 直接搬入 ごみ 粗大ごみ	一部委託
1999	山口県	美祿地区衛生組合	カルストクリーンセンター	6,140	3,542	可燃ごみ 直接搬入 ごみ	直営
2000	山口県	豊浦堂北清掃施設組合	クリーンセンター響	5,936	2,577	可燃ごみ 直接搬入 ごみ	直営
2001	愛媛県	砥部町	砥部町美化センター	4,912	2,232	可燃ごみ 直接搬入 ごみ 粗大ごみ 処理	直営
2001	愛媛県	伯方町	不明	不明	不明	可燃ごみ	不明
1998	高知県	津野山広域町村事務組合	クリーンセンター四万十	1,005	464	可燃ごみ	直営
2002	高知県	高幡東部清掃組合	高幡東部清掃組合ごみ園形燃料化施設	662	394	可燃ごみ	直営
2003	熊本県	菊池広域行政事務組合	菊池広域行政事務組合 ごみ園形燃料化施設(仮称)	不明	不明	可燃ごみ 直接搬入 ごみ	一部委託
1998	福岡県	苅田町第三セクター	苅田エコプラント	不明	不明	可燃ごみ	不明
2002	福岡県	椎田築城町	共生衛生くみあいウイズアス	不明	不明	不明	不明
2002	福岡県	稲葉町他3町村衛生組合	不明	不明	不明	不明	不明
2002	福岡県	須磨町他2町清掃施設組合	不明	不明	不明	不明	不明
2002	福岡県	大牟田-荒尾清掃施設組合	不明	不明	不明	不明	不明
2002	福岡県	宮田町他3町塵芥処理施設	不明	不明	不明	不明	不明
1997	熊本県	阿蘇広域行政事務組合	中部清掃センター	不明	不明	可燃ごみ	不明
1997	大分県	津久見市	ドリームフェューエルセンター	6,236	4,129	可燃ごみ	直営

施設規模の分布を図-11に示す。全65施設のうち20~50t/dの施設が約半数を占め、100t/d未満の施設が約85%を占める。100t/d未満の小規模ごみ処理施設へのRDF化を促進するというRDF導入目的に沿った分布となっている。

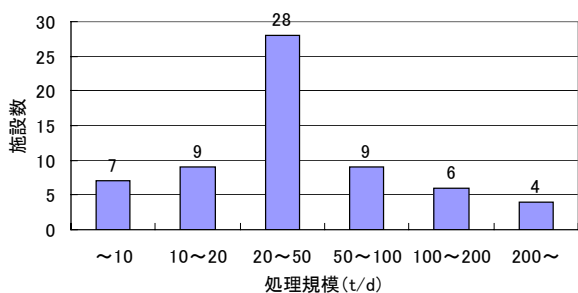


図-11 RDF製造施設の施設規模の分布

製造したRDFの利用方法は、1990年代に整備された先行施設では、公共施設等の冷暖房、温水プールなど小規模の利用施設を設けるか、セメント工場等地域の民間工場に販売して熱利用するケースが多かった。例外として、札幌市では200t/d規模のRDF焚ボイラーによる地域熱供給に利用している。

2000年代になって、市町村において製造されたRDFを広域輸送し、集中的に燃焼・発電するRDF化発電事業

が全国数箇所で行われ、2003年以降、相次いで運転開始されつつある。表-10では、これらRDF発電施設にRDFを供給する目的で建設されたRDF製造施設を、色を付けて区分した。

## (2) 建設費

一般廃棄物のRDF製造施設の事業費またはプラント設備費と処理能力の関係を図-12に示す。建設費単価は約60百万円/(t/d)程度が中心であり、一般に言われるごみ焼却プラントの建設費単価よりやや高い。ただし、これはプラント規模が比較的小さいためであり、同規模の焼却処理施設を建設する場合に比べてRDF製造施設の建設費は安価で済むと考えられる。例えば、富山県の南砺リサイクルセンターの場合、28t/dで約19億円だが、同規模の焼却処理施設を建設する場合は約26億円の計画であった(出典：茨城県議会商工委員会視察報告1997年12月)。

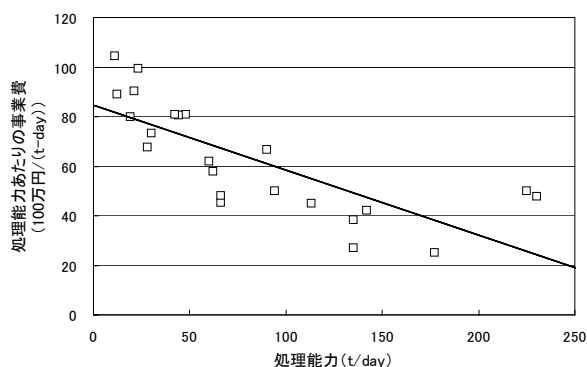


図-12 RDF製造施設の処理能力と事業費

## 3.7 RDF発電施設

### (1) 建設実績

RDF発電施設は、自家発電など小規模なものを除くと全国5箇所で行われ、運転が開始された。RDF発電施設の諸元、建設費などの一覧を表-11に示す。

建設されたRDF発電施設は、処理量160~315tRDF/日に及ぶ大型施設であり、各々3~7箇所のRDF製造施設で製造されたRDFを受け入れている。炉形式については、5施設の施工業者が異なることもあり、同じ方式は採用されていない。1号機として建設された鹿島共同再資源化センターは、産廃(汚泥、廃油、廃プラ等)を混合処理するため、産廃処理に適した炉形式(ロータリーキルン・ストーカ型)であり、また高発電効率を追求した設計になっていない点で、他施設と設計思想が大きく異なる。

施設の運転は、業務委託・直営にかかわらず、管理職や事務スタッフを含めて約30人体制である。

表-11 RDF 発電施設の諸元

事業主体	鹿島共同再資源化センター(株)	三重県企業庁	大牟田リサイクル発電機	石川北部アール・ディ・エス広域処理組合	福山リサイクル発電所
立地	茨城県鹿島郡神栖町	三重県桑名郡多度町	福岡県大牟田市	石川県羽咋郡志賀町	広島県福山市
施設名	鹿島共同再資源化センター	三重ごみ固形燃料発電所	大牟田リサイクル発電所	石川北部RDFセンター	福山リサイクル発電所
事業形態	第三セクター	公共事業	第三セクター	公共事業	第三セクター
出資者	茨城県、鹿島地方事務組合、日本政策投資銀行、企業77社	-	福岡県、大牟田市、大牟田市、電連開発、川崎重工業	-	広島県、福山市、14市町村、鹿島環境安全公社、JFE(旧NKK)
運転開始	2001年4月	2002年12月	2002年12月	2003年4月	2004年3月
対象廃棄物	鹿島地区3市町で製造される一般RDFと企業からの産業RDF	県内6圏域25市町村で製造される一般RDF	県内7圏域28市町村で製造される一般RDF	能登半島24市町村で製造される一般RDF	県内14市町村で製造される一般RDF
処理量	200 t/d (1,000 t/年)	240 tRDF/d (1,000 t/年)	315 tRDF/d (315 t/日)	180 tRDF/d (800 t/年)	314 tRDF/d (314 t/日)
炉形式	0-90°回転・21-炉型	循環流動床ボイラ(外部循環型)	循環流動床ボイラ(内部循環型)	流動床式ガス化溶融炉	シヤフト型ガス化溶融炉
発電能力	3,000 kW	12,000 kW	20,000 kW	7,000 kW	20,000 kW
発電効率	13.5%	29%	20%	不 明	不 明
電力利用	自家消費33%+売電	自家消費27%+売電	自家消費+売電	自家消費+売電	自家消費+売電
敷地面積	約30,000 m <sup>2</sup>	約30,000 m <sup>2</sup>	約24,700 m <sup>2</sup>	不 明	約28,000 m <sup>2</sup>
施工業者	石川島播磨重工業	富士電機	川崎重工業	日立造船・前田建設JV	JFE(旧NKK)
総事業費	54.5億円	82.88億円	100億円	89億円	108億円
土木建築費	不 明	不 明	不 明	75.6億円	不 明
機械・電気工事費	不 明	不 明	不 明	不 明	不 明
土地取得・造成工事費	不 明	不 明	不 明	不 明	不 明
運営体制	直 営	業務委託	業務委託	不 明	業務委託
運転員数	総員 32人 常勤役員・スタッフ 12人 運転員 19人(16×4班) 副監督員 4人	約30人	不 明	不 明	約30人

(2) 事業費

5箇所の RDF 発電施設の事業費と処理能力の関係を図-13に示す。5施設の内、産廃混焼型で高発電効率を追求していない鹿島共同再資源化センターを除くと、処理能力160~315t/dに対し、事業費は89~108億円に分布している。

図よりスケールメリットの存在は確認されたが、発電した電力の需要を考慮しなければ供給過多となり、原料を輸送するための費用・エネルギーが多く必要となる。エネルギーの需給バランスを見た上で、規模を大きくすることが求められる。

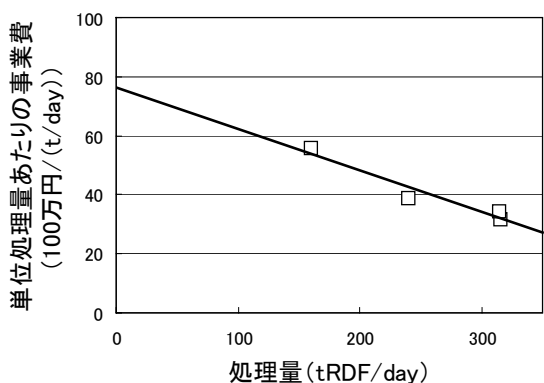


図-13 RDF 発電施設の処理能力と事業費

(3) 各施設の設備仕様

(a) 鹿島共同再資源化センター

事業者概要

①事業主体： 鹿島共同再資源化センター(株)

②事業内容： 産業廃棄物、一般廃棄物及びRDFの処理、発電、熱供給

③所在地： 鹿島郡神栖町大字東和田 21-3 (鹿島臨海工場地帯内)

④事業形態： 第三セクター

⑤出資者： 茨城県、鹿島地方事務組合、日本政策投資銀行、企業77社

⑥開業年月： 平成13年4月

設備仕様

設備諸元を以下に示す。

- 対象廃棄物 鹿島地区3市町で製造される一般廃棄物RDF及び産業廃棄物(汚泥、廃油、廃プラスチック、紙くず、木屑、繊維屑) 計画構成比率:RDF 51%, 産業廃棄物 49%
- 処理量 200 t/d
- 系列数 2系列
- 年稼働日数 300日
- 炉形式 ロータリーキルン・ストーカ炉
- 排出基準 ダイオキシン類 0.1ngTEQ/Nm<sup>3</sup>以下  
ばいじん 0.02g/Nm<sup>3</sup>以下  
硫酸化合物 50 ppm以下  
窒素化合物 50 ppm以下  
塩化水素 50 ppm以下
- 発電能力 3,000 kWh/日 (1,000 kWh/日所内消費, 2,000 kWh/日売電)
- 灰処理 セメント固化処理後、管理型最終処分場に埋立

(b) 三重ごみ固形燃料発電所

事業者概要

- ①事業主体： 三重県企業庁
- ②事業内容： RDFの処理及び発電
- ③所在地： 三重県桑名郡多度町大字力尾地内
- ④稼働開始： 平成14年12月

設備仕様

設備諸元を以下に示す。

- 対象廃棄物 県内6圏域25市町村で製造される一般RDF
- 処理量 240 t/d
- 系列数 2系列
- 年停止日数 15日+(隔年30日)
- 炉形式 循環流動床ボイラ(外部循環型)
- 排出基準 ダイオキシン類 0.1ngTEQ/Nm<sup>3</sup>以下  
ばいじん 0.003g/Nm<sup>3</sup>以下

	硫黄酸化物	10 ppm 以下		力 5,000 kWh/日)
	窒素酸化物	74 ppm 以下	・ 排出基準	ダイオキシン類 0.01ngTEQ/Nm <sup>3</sup> 以下
	塩化水素	65 mg/Nm <sup>3</sup> 以下		硫黄酸化物 1 ppm 以下
・ 発電能力	12,050 kWh/日	(効率：約 28%)		
・ 灰処理	セメント原料			

(c) 大牟田リサイクル発電所

事業者概要

- ①事業主体： 大牟田リサイクル発電機
- ②事業内容： 産業廃棄物，一般廃棄物及び RDF の処理，発電，熱供給
- ③所在地： 福岡県大牟田市不知火町 1-1-6
- ④事業形態： 第三セクター
- ⑤出資者： 福岡県，大牟田市他 28 市町村，電源開発，川崎重工業
- ⑥開業年月： 平成 14 年 12 月

設備仕様

設備諸元を以下に示す。

- ・ 対象廃棄物 県内 7 圏域 28 市町村で製造される一廃 RDF
- ・ 処理量 315 t/d
- ・ 系列数 1 系列
- ・ 炉形式 循環流動床ボイラ (内部循環型)
- ・ 蒸気条件 503℃，83kg/cm<sup>2</sup>G
- ・ 発電能力 20,600 kWh/日 (効率：30%強)
- ・ 灰処理 処分場の堰堤に使用

(d) 石川北部 RDF センター

事業者概要

- ①事業主体： 石川北部アール・ディ・エフ広域処理組合
- ②事業内容： RDF の処理及び発電
- ③所在地： 石川県羽咋郡志賀町矢駄地内
- ④稼働開始： 平成 15 年 4 月

設備仕様

設備諸元を以下に示す。

- ・ 対象廃棄物 能登半島 24 市町村で製造される一廃 RDF
- ・ 処理量 160 t/d
- ・ 系列数 2 系列
- ・ 炉形式 流動床式ガス化溶融炉
- ・ 蒸気条件 400℃，40.8kg/cm<sup>2</sup>G
- ・ 発電能力 7,000 kWh/日 (所内動力を除く送電端出

(e) 福山リサイクル発電所

事業者概要

- ①事業主体： 福山リサイクル発電機
- ②事業内容： RDF の処理及び発電
- ③所在地： 広島県福山市箕沖町 107 番の 8
- ④事業形態： 第三セクター
- ⑤出資者： 広島県，福山市他 14 市町村，県環境保全公社，JFE (旧 NKK)
- ⑥開業年月： 平成 16 年 3 月

設備仕様

設備諸元を以下に示す。

- ・ 対象廃棄物 県内 14 市町村で製造される一廃 RDF
- ・ 処理量 314 t/d
- ・ 系列数 1 系列
- ・ 炉形式 シャフト型ガス化溶融炉
- ・ 副資材 コークス
- ・ 発電能力 20,000 kWh/日

(4) 運営経費・維持管理費

RDF 発電施設は 2001 年に稼働した鹿島共同再資源化センターを除き，運転を開始したばかりであるため，運営経費，維持管理などの公表データは殆どない。このため，運営経費・維持管理費の内訳を含む包括的な情報は無いが，得られた断片的な情報を以下に記す。なお，近年の RDF 発電施設における爆発事故の影響で，貯留施設内を窒素でパージする対策が採られるようになった。その結果，施設の維持管理費が高くなっている。

(a) 鹿島共同再資源化センター

施設フル稼働時 (年 300 日運転) の年間売上 (ごみ受託処理費，売電収入) の見込みについて，以下のように公表されている (出典：茨城県廃棄物再資源化指導センター)。

ごみ受託処理費	6 億円
売電収入	2 億円
年間売上合計	8 億円

(b) 三重ごみ固形燃料発電所

三重ごみ固形燃料発電所の運営経費については，2004 年度の当初予算が公表されており，約 739 百万円である

(出典：三重県ホームページ「平成16年度当初予算基本事業目的評価」，2004年1月)。

#### 4. まとめ

エネルギーを回収する技術に関わる総費用を調査するにおいて、自治体が行っている事業を中心に、他の事業と一体化しているため厳密な環境効率の評価が困難であった事例が多かった。しかし、多くの事例において、電力の売電価格によって収支状況が大きく左右され、普及のための大きな鍵を握っていることが分かった。電力の自由化が進むと、価格競争力の弱い小規模な施設は苦しくなる。今後は、廃棄物の種類や発生密度など、地域の特性に合わせて技術を選択することが重要になると考えられる。

主な結論は以下の通りである。

##### ○バイオガス発電施設が普及する上での課題

- ・メタン発酵に時間がかかるため、広い敷地が必要となる
- ・消化液を肥料として利用できない場合、その処理費用が高価となる

##### ○ごみ発電施設が普及する上での課題

- ・発電効率を上げるために、ガスタービン出力を上げると、RPS法に基づくプレミアムが適用されない。
- ・新しい配管の材質の開発が進むと、スーパーごみ発電方式は不要となる。
- ・ごみ行政の変化に伴うごみ組成の変化によって、出力が変化する

##### ○RDF施設が普及する上での課題

- ・ダイオキシン問題が沈静化したため、メリットが薄れている。
- ・爆発事故の影響で、安全対策にかかる費用が高価になっている
- ・製造施設と発電施設の需給バランスを取らないと、輸送費が高くなる。

以上のことは、表-12のようにまとめられる。

表-12 廃棄物からエネルギーを回収する技術の課題

	バイオガス発電	ごみ発電	RDF施設
経済	広い敷地が必要	発電効率とRPS法適用条件のトレードオフ	安全対策が高価
	消化液処理費用が高価		製造施設と発電施設の需給バランス
	スケールメリットと送電ロスのトレードオフ 売電価格が事業性に大きく影響		
行政		ごみ行政(分別収集区分)の変化による出力の変化	ダイオキシン問題の沈静化
技術		配管材質の改良による技術の陳腐化	

#### 5. おわりに

本研究では、廃棄物からエネルギーを回収する技術の実用化事例について、生ごみメタン発酵施設、下水汚泥のエネルギー利用施設、家畜排泄物バイオガス化施設、ごみ発電施設、スーパーごみ発電施設、RDF製造施設、RDF発電施設を対象として調査を行い、各技術が持つ特色及び普及に向けた課題について整理した。

今後の課題として、まずモデル地区を設定し、それぞれに対して技術導入シナリオを作成する。そして、人口密度やごみ密度が輸送費に及ぼす影響の定量的な把握、廃棄物収集の分別体系が技術選択に及ぼす影響の把握を行い、各シナリオの環境効率を評価し、政策提言へとつなげることが挙げられる。

(2004年8月31日受付)

#### 参考文献

- (財)エネルギー総合工学研究所(1995)：最適トータルシステムの開発、高効率廃棄物発電技術開発報告書、(財)新エネルギー・産業技術総合開発機構。
- 小宮山宏、迫田章義、松村幸彦(2003)：バイオマス・ニッポン 日本再生に向けて、日刊工業新聞社。
- (社)日本有機資源協会(2003)：バイオガスシステムの現状と課題 熱・エネルギー分科会調査報告書(第一次)。
- 北九州市環境局(2003)：北九州市環境ガイド。
- 村野昭人(2004)：廃棄物からエネルギーを回収する技術の環境効率評価、環境経済・政策学会2004年大会報告要旨集、pp334-335。

---

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 197

December 2004

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1  
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5018