

再生可能エネルギーを利用する 分散型エネルギーインフラモデルの 構築に関する調査研究

— 報 告 書 —



2018年4月

公益財団法人 中部圏社会経済研究所

—再生可能エネルギーを利用する分散型エネルギーインフラモデルの構築—

はじめに

本年10月に発行が予定されている国連の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の特別報告書では、現在のペースで排出が続いた場合、2040年代にパリ協定の目標である世界の平均気温上昇を1.5℃未満に抑えることはできなくなるため、一層の省エネや再生可能エネルギーなどによるCO₂排出の抑制に加え、再生可能なバイオマスの積極的な活用などが必要との指摘がなされる見込みである。また、今夏に閣議決定される国の長期エネルギー需給見通しにおいても、太陽光を中心とした再生可能エネルギーが主力電源として明記される見込みである。

再生可能エネルギーであるバイオマスには、下水汚泥、農業系、森林系、廃棄物系など様々な種類があり、オンサイトで機動的なエネルギー変換が可能であり、気象条件に左右されず安定した発電が可能で、域内の第1次産業の活性化や地産・地消によるエネルギー自給率の向上が期待できるなど、当地域においてもその域内経済に大きな波及効果があると期待されている。また、バイオマスの中でも食品廃棄物等は、これまで全国的にみても必ずしも有効に活用されてこなかったが、焼却施設の建替えや最終処分場の逼迫など廃棄物処理に関する課題解決策の1つとして、新たに食品廃棄物等をメタン発酵施設で処理する動きが出てきている。

そこで、2016年度に当財団で実施した「中部圏における再生可能エネルギーの利用拡大に関する調査研究」の検討結果を踏まえ、2017年度に「バイオマスを用いた分散型エネルギーインフラモデル検討研究会」を立ち上げ、調査ターゲットを再生可能エネルギーの中でもバイオマスに絞り、委員間の情報交換や情報収集、国内におけるバイオマスの最新利用設備の調査、中部圏における食品廃棄物等の発生状況や再生利用実態に関するアンケート調査など実施して実態把握を行うとともに、中部圏において食品廃棄物等を用いたバイオマスの利活用促進を図るために必要なエネルギーインフラモデルについて検討を行った。

本報告書では、第1編で国内及び中部圏における食品廃棄物等の再生利用の現状と課題について概観し、第2編ではこれらの現状課題を踏まえ、食品廃棄物等の再生利用をオンサイトで促進するために必要なエネルギーインフラモデルについて提言するとともに、これらのエネルギーインフラモデルを導入した場合の効果について考察した。

今回の調査研究成果が、再生可能エネルギーの活用をさらにすすめるため、産官学連携による地域特性に見合ったオンサイトでのバイオマスを用いたエネルギー変換システムの導入促進の一助になることを期待している。

2018年4月

公益財団法人 中部圏社会経済研究所

バイオマスを用いた分散型エネルギーインフラモデル検討研究会委員（50音順）

座長	岐阜大学大学院工学研究科環境エネルギーシステム専攻	教授	板谷	義紀
	岐阜大学大学院工学研究科環境エネルギーシステム専攻	助教	隈部	和弘
	岐阜大学大学院工学研究科環境エネルギーシステム専攻	准教授	小林	信介
	株式会社アクアスバイオガスプラント	所長兼エネルギー事業部 次長	長屋	博司
	オオブユニティ株式会社	環境ソリューション事業部 部長	浜辺	久

事務局	公益財団法人中部圏社会経済研究所	代表理事	藤井	良直
	公益財団法人中部圏社会経済研究所	常務理事	有本	誠二
	公益財団法人中部圏社会経済研究所	企画調査部 部長	加藤	啓

—目次—

はじめに

第1編：食品廃棄物等の再生利用の現状と課題

第1章：バイオマスの再生利用の現状と課題	1
1. はじめに	1
2. 我が国の高含水率バイオマスの現況	1
3. 高含水率バイオマスのリサイクル技術	4
4. まとめ	10
第2章：最新のバイオマスの利用施設	11
1. はじめに	11
2. アクアス各務原バイオガス発電所（株式会社アクアス）	11
3. リサイクルプラント横根工場（オオブユニティ株式会社）	17
4. 南但クリーンセンター（南但広域行政事務組合）	22
5. 株式会社富士クリーン中間処理施設（株式会社富士クリーン）	29
第3章：中部圏における食品廃棄物等の発生状況や再生利用の実態等について	37
1. はじめに	37
2. 中部圏における食品廃棄物等の発生状況に関する実態調査結果（アンケート結果）	37
(1) 実施時期	
(2) 調査方法及び回答状況	
(3) 回答企業等の属性	
(4) アンケート結果	
3. まとめ	44
(1) 食品廃棄物等の再生利用のポテンシャル	
(2) 再生利用の取り組みの促進に向けた課題と対応策	

第2編：持続可能なインフラモデルの提案とその導入効果について

第4章：食品廃棄物等の再生利用の促進につながるインフラモデル	46
1. はじめに	46
2. 広域回収型モデル（大規模）：モデル①	47
(1) 適用する回収及び運搬モデル（入口）	
(2) 適用するエネルギー変換モデル（出口）	
(3) 本モデルの適用先	
3. 都市コミュニティ型モデル（中規模）：モデル②	50
(1) 適用する回収及び運搬モデル（入口）	
(2) 適用するエネルギー変換モデル（出口）	
(3) 本モデルの適用先	
4. 住宅型モデル（小規模）：モデル③-1、③-2	52
(1) 適用するモデル（入口、出口）	
(2) 本モデルの適用先	
5. まとめ	53
第5章：まとめ	55
1. 調査研究内容のまとめ	55
2. 今後の取り組みについて	55

おわりに

第1編：食品廃棄物等の再生利用の現状と課題

本編では、まず始めに生ごみや食品廃棄物などの高含水率バイオマスについて、国内及び中部圏における再生利用の現状と課題について述べる。次に、これまでに設置された最新のバイオマス利用設備の運転状況等について現地調査結果の報告を行うとともに、中部圏における生ごみや食品廃棄物等（以下食品廃棄物等）の具体的な発生状況などについて、アンケート調査結果から明らかになった実態について報告する。

第1章 バイオマスの再生利用の現状と課題

1. はじめに

2002年にバイオマス・ニッポン総合戦略が閣議決定されて以来、バイオマス活用推進基本法（2009年）、バイオマス活用推進基本計画（2010年）、バイオマス事業化戦略（2012年）など、バイオマス利用拡大に関する施策が閣議決定され、二酸化炭素排出プログラム・将来エネルギー政策として、官民一体でのバイオマス利用が推進されてきた。2016年にはバイオマス活用推進基本計画が更新され、これまでに蓄積されてきたバイオマス利用技術をさらに高度利用することにより、より経済的な価値を生み出すバイオマス利用プロセスや限られた資源を有効的、かつ徹底的に使用する多段階利用、さらにはエネルギー効率の良い熱利用が推進されている。さらに、2016年9月16日に新たに閣議決定されたバイオマス活用推進基本計画においては、バイオマス利用の高度化や熱利用の高度化が盛り込まれ、更なるバイオマス利用の拡大・促進につなげようとしている。このような施策によりバイオマス利用の拡大やバイオマス利用技術が発展してきたものの、バイオマス利用はまだ不十分であり、特に高含水率バイオマスの利用率は20%台と低く、今後の利用促進が期待されている。そのため、本年度はバイオマスの中でも高含水率バイオマスの利用についてターゲットを絞り、その利用方法や利用技術について調査を行った。

2. 我が国の高含水率バイオマスの現況

2.1 我が国におけるバイオマスの排出量

表1.1にそれぞれのバイオマスの賦存量および特徴を示す。バイオマスの中で比較的資源量が多く、またこれまでに利用されてきているバイオマスは、木材系、農業系、畜産系、生活系に分類される廃棄物系バイオマスである。トータルの賦存量を見ると廃棄物系のバイオマスだけでも年間250百万tを超えており、毎年莫大な量のバイオマスが排出されている。特に、高含水率バイオマスの廃棄物排出量は多く、その中でも下水汚泥の排出量が多いことが知られている。ただし、これまでも報告があるように、バイオマスは広範囲の地域に分散している資源で、利用拡大、効率的利用の観点から考えるとかなり局所に偏在している資源であることを認識しておく必要はある。

バイオマスを継続的に利用していくためには、今後のバイオマス排出量についても頭

に入れておく必要がある。ここには示していないが、農林水産省食料産業局の調べによると、2010年のバイオマス発生量は3,500万tであり、その後各自治体等において廃棄物の発生抑制に取り組んだ結果、2015年のバイオマス発生量は約3,400万t(炭素勘案値)に減少している。中長期的予測も廃棄物系バイオマスの発生量は減少し、さらに人口減少も相まって2025年には約3,200万tに減少することが予測されている。今後、森林等の整備が進めば、木質系バイオマスは一定量安定して排出されるものと考えられるが、汚泥や一般廃棄物等の高含水率バイオマスは著しく減少するものと予測されている。この予測から将来におけるバイオマス利用を考える場合、現在も分散し、局所的に存在するバイオマス、特に廃棄物系バイオマスの使用可能量は今後さらに少なくなっていくことが予想される。ただし、バイオマス利用において最も大きな問題となっている収集について考えると、今後木質バイオマスは林道等の整備や収集システムの構築が必要なため、安定利用までに時間を要すると考えられるが、高含水率バイオマスの収集システムは現段階で既に構築されており、また賦存量も多いことから今から利用を促進、推進していかなければならないバイオマスである。

表 1.1 廃棄物系バイオマスの年間排出量

大項目		廃棄物系			
分類		乾燥系		高含水率(湿潤)系	
小項目	-	木質系(林業)	農業系	畜産・水産系	生活・産業系
種類	-	林地残材 間伐材 選定枝 etc	籾殻 稲わら 麦わら etc	家畜排せつ物 投棄魚 残渣 etc	下水汚泥 食品・加工残渣 生ごみ etc
賦存量	t/year	15百万	14百万	88百万	131百万
主要構成物質	-	セルロース リグニン ヘミセルロース	セルロース リグニン グルコース 糖系	セルロース タンパク質	セルロース タンパク質
含水率	%	40-50	<10	75-80	75-85
発熱量*	MJ/kg	16-21.5	15-16	13-18	7-15

2.2 我が国におけるバイオマスのリサイクル用途

バイオマスのリサイクル用途(廃棄物利用における出口)として、図1.1に示すように、付加価値の高いものから順に、材料、食料、飼料、燃料、肥料に段階的に分けられている。木質バイオマスは今後材料、あるいは化学原料としての利用が期待されており、付加価値の高いリサイクルへと移行するものと考えられる。一方、汚泥や一般廃棄物、食品廃棄物のように、多種多様な物質が混合している高含水率バイオマスを材料や化学原料として利用することは極めて困難で、今後も比較的混合物の少ない食品廃棄物については飼料や堆肥、汚泥については燃料や堆肥へとリサイクルされるものと考えられる。

高含水率バイオマスをリサイクルする場合には、先にも述べたように燃料や堆肥に変

換されるわけだが、燃料（エネルギー）利用される場合や堆肥にされる場合において、得られるエネルギーの質、あるいは得られる堆肥の質により販売価格が大きく異なる。例えば、高含水率バイオマスエネルギーに変換する場合、図1.1の右上図に示すように電力に変換される場合と、低温の熱として利用される場合においてその付加価値や使用用途は大きく異なり、右下図のように堆肥においても、完熟な堆肥であるのか、ただ単に脱水されただけの汚泥乾燥物かにより付加価値や取引先が異なる。堆肥にリサイクルする場合、堆肥の質によっては引き取り先がなく、減容化して有償にて最終処分をしなければならない場合もある。そのため、高含水率バイオマスをリサイクルする場合にはエネルギーとしてできるだけ付加価値の高い、特に現在、再生可能エネルギー固定価格買取制度（以下FIT制度）により高価で販売可能である電気に変換できれば出口（販売先）の心配はほとんどない。もちろん、FIT制度を利用し系統電源に接続するときのハードルがいくつかあるので、その点については解決しておく必要はある。

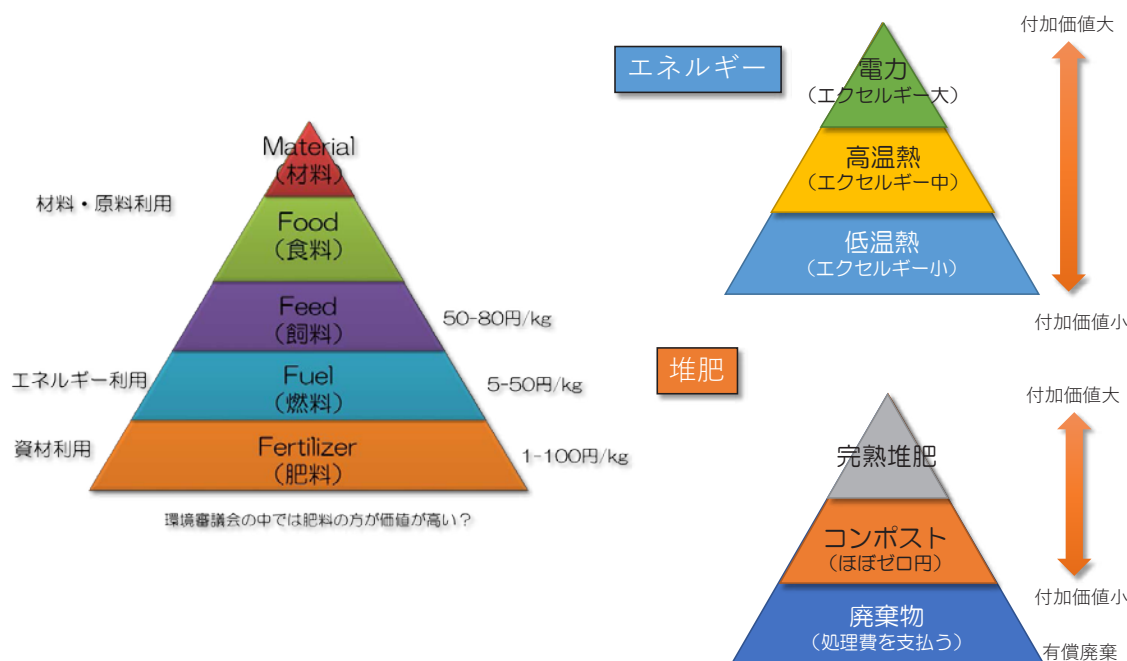


図1.1 バイオマスのリサイクル製品の分類

2.3 我が国におけるバイオマスのリサイクル率

我が国におけるバイオマスの賦存量とリサイクル製品について概説したが、次にバイオマスの利用率（リサイクル率）について、簡単に説明する。リサイクル率はバイオマスが排出された後、上述した用途に利用された場合においてカウントされている。バイオマスのリサイクル率は、2010年が65.7%であったのに対して2015年は70.6%まで増大しており、バイオマスのリサイクル率は増大傾向にある。製材工場残材のように利用が拡大している廃棄物と林地残材のように未利用のままの廃棄物があり、バイオマスの種類によりリサイクル率の差が年々大きくなっている。これは比較的量が豊富にあり、ま

た使いやすいもの（環境的、効率的、コスト的に）が利用されている結果であり、今後バイオマスの利用拡大を図るためには、使用困難であるバイオマスについても利用促進を行っていく必要がある。

表1.2に示すように、高含水率バイオマスのリサイクル率も、その種類により大きく異なっており、家畜排せつ物のように比較的纏まって排出され、減容化が必要である場合には、堆肥として再生され、そのリサイクル率も比較的高い。しかしながら、堆肥化後に廃棄されるなど本当の意味での利用がなされていないケースも散見されている。そのため、堆肥化（減容化）後に含水率40%まで低下した堆肥化物を固体燃料として利用する方法なども新たに検討されている。高含水率バイオマスの中で、最もリサイクル率が低いのが食品廃棄物で、特に外食産業や小売店から排出される食品廃棄物のリサイクル率は低い。比較的排出量が多い食品工場や大規模小売店においては飼料や肥料としてリサイクルされているケースも見られるが、外食産業や小売店では排出者当たりの排出量が少ないため、一般的に焼却処分されている。現在の食品廃棄物のリサイクル率は、24%と低いことから、バイオマス活用推進基本計画においては、2025年までに40%にする目標値が定められており、食品廃棄物のリサイクル率アップに向けた技術開発やシステム構築が盛んに検討され始めている。特にバイオマス利用における課題は収集であることから、食品廃棄物をリサイクルするための新しい回収システムの構築が期待されている。

表1.2 主なバイオマスのリサイクル率

分類	種類	水分割合 (%)	利用率 (%)	価格 (t/円)
林業系	バーク おがくず 廃オガ	40-50	94-97 (林地残材 9%)	千~3千
農産物系	バガス 籾殻 稲わら	50 10-12	32	300~千
食品系	食品搾りかす	70-90	24	-2千~-500
畜産系	牛糞 豚糞 鶏糞	75-80	87	-千~3千
汚泥	脱水汚泥 製紙スラッジ	75-83	63	-3千~-500

3. 高含水率バイオマスのリサイクル技術

3.1 高含水率バイオマスのリサイクル技術の比較

高含水率バイオマスを資源とする主要なリサイクル用途は、上述したように、エネルギーおよび堆肥であり、これらのリサイクルを実現するためのプロセスや装置は様々

である。表1.3に示すように、エネルギー化については大きく分けて、脱水後、乾燥を行い、燃焼装置の燃料として廃棄物を利用する燃料化、廃棄物の熱分解を行い、比較的発熱量の高い燃料を生産する炭化や半炭化、および生物発酵を利用するメタン発酵がある。比較のため、焼却処理についても表にまとめて示した。基本的にはこれらエネルギー化（燃料化）を行った後に、ボイラーやガスエンジンを用いて発電を行うことになる。メタン発酵の場合には廃棄物から直接メタンガスが得られることからオンサイトで発電を行うことがほとんどであるが、炭化物を製造した場合には、一部の微粉炭火力等の施設で混焼され、発電用の燃料として利用されている。それぞれの技術において、リサイクル可能な方法や施設コストにおいてメリット、デメリットがあるため、廃棄物の種類や量、また生産物の販売先を考慮して技術の選択を行う必要がある。現在の高含水率バイオマスリサイクル技術である、炭化、堆肥化、およびメタン発酵の個々の技術については後述する。

表 1.3 高含水率バイオマスのエネルギー変換技術

技術名	焼却	炭化	堆肥化	メタン発酵
	熱処理		生物処理	
フロー図				
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 有機物を乾燥後、焼却 	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解により発熱量の高い燃料を製造 	<ul style="list-style-type: none"> 有機物とおが粉を混合し、好気性発酵 	<ul style="list-style-type: none"> 有機物に水を加え、メタン菌を用いて嫌気性発酵
マテリアルリサイクル	×	○ 炭化物	◎ 堆肥	×
エネルギーリサイクル	○ 高温熱エネルギー	◎ 炭化物：18-20MJ/kg	×	◎ メタン：180MJ/(t・day)
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 短期で大量処理が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 固形燃料としての利用が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 有機物を農地に100%還元 手間が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 付加価値の高い燃料が回収可能
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥・焼却に燃料が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥にエネルギーが必要 炭化物の利用先が課題 	<ul style="list-style-type: none"> 発酵期間が長い 	<ul style="list-style-type: none"> 発酵期間が長い 加温、水処理、汚泥処理が必要 プロセスが複雑
処理コスト	×	△	◎	△

3.2 メタン発酵技術

高含水率バイオマスのエネルギー変換技術の代表技術としてメタン発酵があり、FIT制度により近年数多くの施設が商用稼働され始めている。

一般的に水分を含め、不純物を多く含む廃棄物のエネルギー変換に関しては分離等の前処理が必要不可欠であり、含水率が高い場合には脱水・乾燥が必要となる。特に燃料化の際に乾燥に消費するエネルギーは莫大であり、廃棄物によっては燃料化後の燃料が

持つエネルギーよりも多くのエネルギーを前処理に投入しなければならない場合もあり、高含水率バイオマスのエネルギー変換は非効率な場合がほとんどである。そのため、汚泥処理施設に限らず、食品廃棄物などの高含水率廃棄物の処理においては従来の処理技術よりいかに消費エネルギーを削減可能であるかが開発の焦点となっており、特に含水率の高い汚泥の燃料化においては水の扱い（分離）における省エネ化が大きな課題となっている。その解決手法の一つとして高含水率バイオマスから水を分離することなく可燃ガスを生産可能なメタン発酵処理技術（嫌気性発酵）が近年広く利用されている。得られる燃料は気体で、自動的に水との分離が可能であることや固体燃料に比べてエネルギー変換や輸送が容易であることから、比較的大規模な汚泥処理施設においては消化処理を併設する動きが活発になっており、また食品工場等においても食品残渣を原料とするメタン発酵発電施設が併設されつつある。

メタン発酵を用いた一般的なエネルギー変換プロセスを図1.2に示しておく。食品工場から排出される食品等の有機廃棄物や汚泥は直接メタン発酵可能であるが、外食産業や小売店から排出される廃棄物は、容器や包装などのプラスチック類等、有機廃棄物以外のものが混入している場合が多いため、事前に分離を行っておく必要がある。また、比較的大きな物質に対しては粉碎処理、難分解性有機物が入っている場合にはメタン発酵前に加水分解（可溶化）させ、メタン発酵効率を向上させる必要もある。

メタン発酵には、大きく分けて38℃で発酵を行う中温発酵、55℃で発酵を行う高温発酵があり、分解率が高い高温発酵が近年よく採用されるようになってきている。ただし、高温発酵では発酵槽の温度維持においてエネルギーを消費してしまうので、ガスエンジンからの排熱利用などトータルのエネルギー利用プロセスを構築しておく必要がある。また、従来のメタン発酵施設においては攪拌や接触効率の問題から固形分濃度数%程度の湿式メタン発酵が主流であったが、メタン発酵槽が大きくなることや水処理の問題から、近年では固形分濃度20%程度でメタン発酵を行う乾式メタン発酵技術が開発されており、我が国においても商用施設が稼働しようとしている。乾式メタン発酵においては大規模な水処理施設が不必要なるなどの大きなメリットがあり、今後主流となるメタン発酵プロセスであると考えられる。メタン発酵では発酵後に汚泥処理が必要で、汚泥処理としては脱水後焼却される場合や後述する堆肥化が利用されている場合が多い。メタン発酵プロセスを実施する際には、このように水処理、汚泥処理、さらには汚泥処理後の汚泥のリサイクルまでを考えてプロセスを構築することが重要となる。

前述したようにFIT制度により、メタン発酵によるエネルギー変換は、廃棄物利用の出口（利用用途）の心配が比較的少ないことから、高含水率バイオマスの処理方法として広く用いられるようになってきているが、前処理、ガス精製、水処理、汚泥処理とメタン発酵以外にも必要な工程がいくつかあるため、比較的大規模な処理施設でなければ採算性が合わない場合も多い。ただ、処理規模が大きくなると、原料となる高含水率バイオマスの収集において問題が起る場合があり、メタン発酵を行う場合における入口（高含水率有機廃棄物の回収可能量）を事前に検討しておくことが極めて重要となっている。

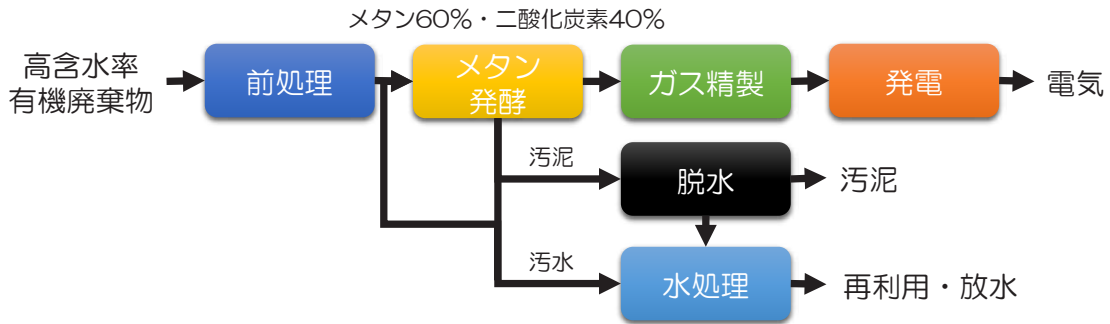


図1.2 メタン発酵技術を用いた発電プロセス概略図

3.3 堆肥化技術

上述したメタン発酵と対極をなす生物発酵法に堆肥化がある。堆肥化は有機物分解を伴う好気性発酵で、図1.3に示すように比較的簡便に有機廃棄物をリサイクルできる手法であることから広く用いられている。原料が家畜糞尿の場合には、初期含水率調整のため、あるいは発酵促進のために、木質チップや農業系廃棄物など他のバイオマスと混合するなどの前処理を必要とし、食品廃棄物で、容器や包装などがある場合には事前に分離しておく必要がある。好気性発酵の場合には、初期の含水率調整は極めて重要であり、初期含水率調整が行われない場合、発酵しないこともある。

堆肥化槽には屋外に設置される堆肥化槽と密閉式の縦型堆肥化装置がある。屋外に堆肥化槽が設置される場合は、初期コストが低く抑えられる点でメリットがあるが、悪臭の問題や空気と有機物の接触を促すため、切り返しを行う人的作業が必要となる。また設置面積も比較的要するなどのデメリットがある。一方、縦型堆肥化装置は、自動で攪拌および空気投入を行えるため、切り返しのような作業を必要としないが、初期投資が必要となっている。大規模な処理施設が必要なメタン発酵に比べて比較的小規模でもリサイクルが可能であることもリサイクル手法として広く用いられている理由である。

堆肥化は生物処理であるため、一般的に堆肥なるまでの処理時間が長く、高付加価値である完熟堆肥にするためには、1か月から2か月要する場合がある。堆肥化時には分解時に熱が発生することから、含水率80%程度の有機廃棄物はエネルギーの投入なしで40%弱まで乾燥が可能となる。完熟堆肥の製造ではなく、乾燥が目的である場合には縦型堆肥化装置を用いて数日で含水率を低下させることも可能となっている。乾燥物は燃焼可能であるが、燃料としての質は極めて低く、輸送性も劣るため、ペレット化や後述する炭化が必要となる。炭化については、図1.4に示すような堆肥化乾燥と半炭化を組み合わせたプロセスが構築されており、このプロセスでは堆肥化乾燥後の堆肥化物を400℃程度で半炭化し、炭化時に発生する熱分解ガスを燃焼することで、乾燥に必要なエネルギーを賄っている。堆肥化物の含水率は40%以下であるため、炭化時に補助燃料を加えることなく半炭化物が製造できる。また得られる炭化物は熱分解条件をコントロールすることで堆肥化乾燥時の発酵促進剤や排ガス用の吸収剤として利用することもできることも明らかにされている。実際、汚泥炭化物を脱水汚泥に添加することで堆

肥化速度が大幅に促進可能である。堆肥化と炭化は既に実用化されている技術ではあるが、既存技術を組み合わせることにより、従来よりも効率の高いエネルギー変換プロセスを構築している良い例の一つである。



図1.3 高含水率有機廃棄物の堆肥化プロセス概略図

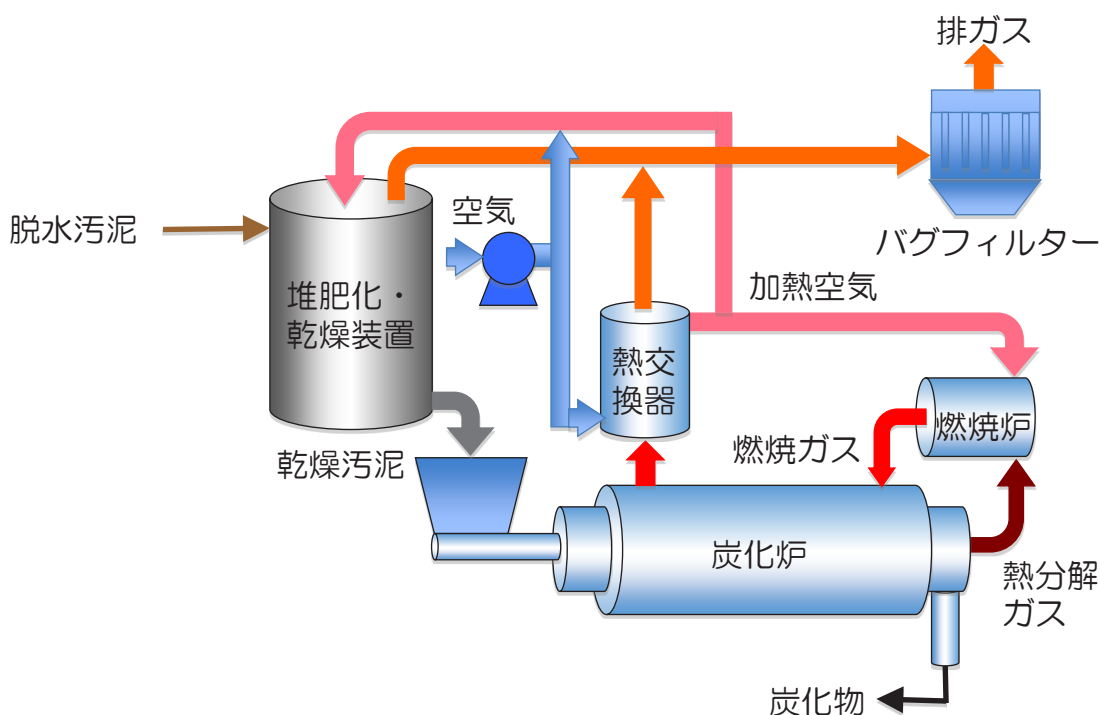


図1.4 生物乾燥（堆肥化）と炭化を組み合わせた燃料化プロセス

3.4 炭化技術

現在、高含水率バイオマス燃料化の一手法として炭化が行われている。高含水率バイオマスを炭化するには脱水が必要不可欠であるものの、近年の脱水装置や薬剤の開発により省エネ脱水が可能となってきており、また得られる炭化物の性状は比較的安定していることやカーボンニュートラルなバイオマス資源であることから、微粉炭ボイラーにおいて石炭に数%の割合で混合され、燃料として利用されている。すでに炭化物の利用が一部で進められていることから、炭化物の燃料性状に関する報告は多い。一般的に炭化過程においては含酸素割合が減少し、炭素割合が増大するため発熱量は増大するものの、図1.5に示すように揮発分の多い有機廃棄物を原料とする場合には熱分解反応が進めば進むほど、炭化物中の揮発分は失われ、その一方で灰分割合が増大する。発生する揮発分は燃焼することにより乾燥等の熱源として利用されるが、その一方で原料性

状にもよるが30分、700℃の処理において約70%が灰分となる場合もあり、単位重量当たりの発熱量は大幅に減少するため、固体燃料としての魅力は失われてしまうことになる。そのため、炭化物を燃料とする場合には、炭化物の歩留まり、発熱量、灰分割合、処理プロセスにおける全体のエネルギーバランスを考慮して炭化条件を決定する必要がある。炭化物の灰分割合は一般的に高いので炭化物単独燃焼でのエネルギー回収においては灰溶融による熱交の灰付着や炉の閉塞等のトラブルに対する対策が必要となっている。バイオマスを原料とする炭化物の石炭燃焼ボイラーにおける利用は、二酸化炭素排出量の削減とバイオマス再利用の両立が可能であることから、バイオマス利用が積極的に進められている例であり、実際汚泥を原料とするバイオ炭化物は有価で取引されている。炭化装置は小規模から大規模な装置まで販売されていることから、比較的様々な廃棄物量に対応可能である点でもメリットを有している。

	乾燥（減容目的）	生物乾燥 (Bio-dry)	炭化物
処理温度	100-850℃	60-90℃	200-600℃
発熱量	19 MJ/kg	19-21 MJ/kg	14-16 MJ/kg
分解	-	低温酸化 (生物分解)	熱分解
利点	高カロリー燃料	エネルギー消費が少ない	高カロリー燃料
欠点	莫大なエネルギー消費	乾燥が極めて遅い	可燃分を消費 灰分割合が高い

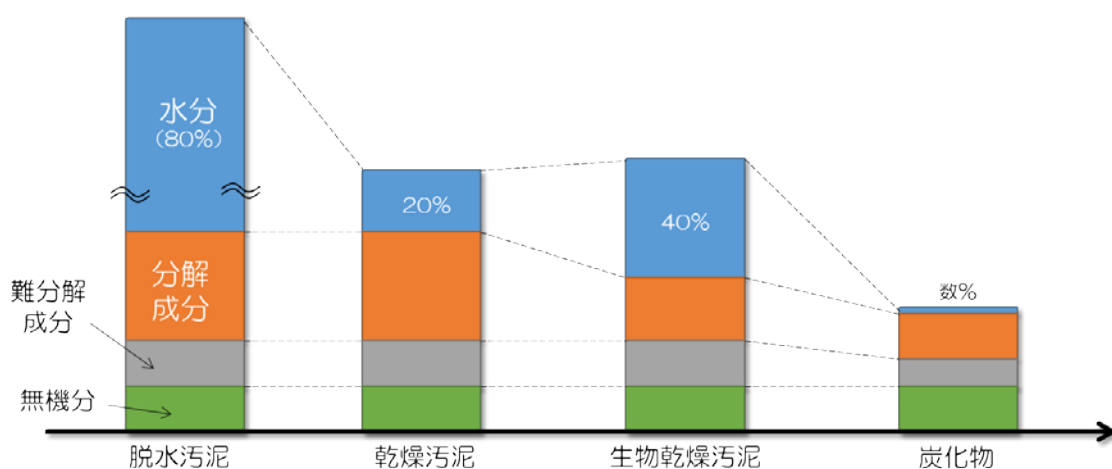


図1.5 汚泥の炭化における炭化物の特徴

バイオマスのように揮発分が多い廃棄物を熱分解することにより可燃ガスやタービンなど燃料としての有用なエネルギーが失われることから、近年では200-300℃の低温で熱分解を行う半炭化 (torrefaction) が注目を集めている。半炭化とは、炭化のように完全に揮発分を飛ばすのではなく、エネルギーとして利用できる揮発分については燃料中に残しておく熱分解操作である。汚泥のように高含水率有機廃棄物への半炭化の直接の適用は熱源確保の点で課題は残るが、木質系バイオマスを原料とする半炭化技術開発については積極的に進められてきており、欧州においてはすでに大規模石炭ボイラーの混焼燃

料として使用されている。半炭化物の性状は、熱分解時の温度や昇温速度により大きく異なり、また得られる半炭化物のエネルギー収率を高く維持する必要があるため、原料に合わせたきめ細かな熱操作が要求されている。炭化、半炭化はエネルギー変換技術の一つとして組み入れられているが、固体燃料に変換するという操作であることから、実際にエネルギーに変換するためには、後段に燃焼やガス化などの技術が必要となることを忘れてはならない。つまり、固体燃料を製造したとしても、それを利用する技術や使い道（有機廃棄物利用における出口）が無ければ結局エネルギーをかけて製造した固体燃料も廃棄物ということになるため、固体燃料を製造する場合には特に出口（利用先や販売価格）を考えておく必要がある。

4. まとめ

高含水率廃棄物のリサイクル技術として、メタン発酵、堆肥化・燃料化、炭化について紹介を行ってきたが、原料となる有機廃棄物の量やリサイクル製品の販売先により、選択される技術やプロセスは大きく異なってくる。高含水率バイオマスをリサイクルする場合においては、上述したように、堆肥化は比較的小規模で簡便にリサイクルが可能であるが、リサイクル製品である堆肥の販売先（出口）に課題があり、炭化においても堆肥同様にリサイクル製品である炭化物の販売先（出口）に課題がある。一方、メタン発酵では一般的に電気がリサイクル製品であるため、販売先に課題は無いが、比較的大規模でなければ採算性が得られないため、原料の収集（入口）において課題がある。ただ、逆に言えば原料の収集方法や収集システムが確立できればさえすればエネルギー的に見れば魅力のあるプロセスでもある。

参考文献

1. バイオ燃料技術革新協議会 バイオ燃料技術革新計画
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80326c05j.pdf>
2. 農林水産省 バイオマスの活用をめぐる状況
http://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/pdf/doc_biomss_201611.pdf
3. バイオマス事業化戦略 主要技術の概要
<http://appl.infoc.nedo.go.jp/biomass/>

第2章 最新のバイオマスの利用施設

1 はじめに

第2章では、第1章で述べたバイオマスのリサイクル技術の中でも、バイオマス原料として利用率が低い食品廃棄物等に着目し、この食品廃棄物等を現在実用化されているメタン発酵技術を用いて再利用する施設の調査を行った。

調査先の選定に際しては、地域特性に見合った再生利用率を高める技術であること、オンサイトで中部圏9県に幅広く展開できる設備であること、食品廃棄物等をガス化しより利用価値の高い電気エネルギーに変換できるシステムであることなどを切り口として調査した。また、メタン発酵については、基本的に原料の水分量によって大きく「湿式」と「乾式」の2つに分けられ、「湿式」については、今回ターゲットとする食品廃棄物等の高含水率バイオマスに幅広く適用できる技術であり、国内でも幅広く導入され運転実績も多い。一方、「乾式」については、国内での実績は少ないものの、水処理システムが簡素化できる、発酵槽を縦型にすればシステムがコンパクト化できるなどのメリットがあり、廃棄物の回収や運搬条件が整えば、今回第4章で提案するエネルギーインフラモデルの構成要素として有効と考えられる。

そこで、中部圏及び国内の各種メタン発酵施設について、小規模なオンサイト発電プラントや自治体等が運営する大規模なごみ発電プラントなど合計4か所の現地調査を行った。

バイオマス発電にはスケール効果があり、規模を大きくすると変換効率が高くなる特性がある。従って、より広範囲から収集・回収することが求められるが、広範囲からの収集・回収にはコストとエネルギーが必要となる。第4章で食品廃棄物等の回収や運搬方法なども含めた総合的なインフラモデルを提案するために、各調査先の廃棄物の収集方法や運搬状況等についても、可能な範囲で調査を行った。

2 アクアス各務原バイオガス発電所（株式会社アクアス）

2.1 施設概要

バイオガス発電は、家畜の糞尿、食品廃棄物、木質廃材といった有機ごみからバイオガスを生成し、そのバイオガスを燃やして発電する方法である。株式会社アクアスは、日本全国でバイオガス発電プラントをトータルプロデュースする会社で、食品廃棄物等を原料にしたメタン発酵を行うことで、「バイオガス発電の普及によってエネルギー・ごみ業界を変えること」、「バイオガス発電で地域に新たな価値を創出すること」を目標にしている。

2016年3月に岐阜県各務原市に自社プラントを建設し、モデルプラントとして一般公開するとともに、プラントでの様々な運転経験を通じて、バイオガス発電の普及に向けた課題解決につなげている。

表 2. 2. 1 アクアス各務原バイオガス発電所 メタン発酵施設の概要

項目	仕様
施設名称	株式会社アクアス 各務原バイオガス発電所
所在地	岐阜県各務原市各務東町 1-113
運転開始	2016年6月（使用開始：2016年4月 *原料投入）
ゴミ処理能力	10,050t/年
主要設備	1. メタン発酵槽 ・メタン発酵槽：湿式メタン発酵 ・処理能力：30t/日×1系列 2. ガスエンジン発電機 ・発電能力：267～400kW ・廃熱回収：80℃温水、45m ³ /時間供給

2. 2 廃棄物の種類、収集及び運搬方法

- コーヒー粕、茶粕：排出事業所より収集運搬業者（排出事業者手配）を介して、専用車両にバラで積みして発電所に搬入。
- 牛スラリー：酪農家が直接発電所にバキューム車で搬入。
- 液体原料：排出事業所より収集運搬業者（排出事業者手配）を介して1tプラスチックケースに充填し、箱型トラックにて発電所に搬入。

2. 3 バイオガスの利用方法

各務原バイオガスプラントのシステムフローを図2.2.1に示す。



図 2. 2. 1 バイオガスプラントの処理フロー

2.3.1 動作原理 (Working Principal)

発酵槽内のプロセスがスタートすると嫌気性細菌により水分内のバイオガスを分解し発酵させる。嫌気性発酵によりバイオガスが発生し、発酵槽の二重の膜内に集積される。バイオガスは生物学的及びバイオガスコンディショニングユニットと活性炭フィルターを通して機械的な脱流プロセスにより、硫黄成分を減らす。そして、熱電併給システム（以下CHP）により電気と熱エネルギーを形成する。バイオガスプラントの加熱については、CHPからの廃熱を利用する。



図2.2.2 メタン発酵槽

発酵後の材料については、ポンプによって分離機へ運ばれ、液体は消化液貯蔵タンクへと運ばれる。分離機から出てきた固形分は、含水率を調整して肥料や土壌改良材として有効活用が可能である。図面やシステムの内容はプロジェクトの進行、現場の状況に応じて調整される。

2.3.2 バイオガスプラントの構成設備

ア. バイオガス発酵槽B01と攪拌機

発酵槽は AISI 304/316Ti というステンレススチールから製造されている。発酵槽は加熱され、断熱材も使用されている。投入された原料に熱が行き届くように発酵槽の中には移動可能な攪拌機、中を見るための窓もついている。発生したガスは醗酵槽の屋根の部分で貯蔵され、空気圧安全ユニットで管理されている。発酵槽の屋根は、強化布で作られており、大量のガスを貯めることができる。更に、発酵槽には脱硫装置も付いている。発酵槽内の原料の量は、自動ポンプ装置に繋がれたポンプシステムのセンサーでコントロールされていて、溢れることがないようなシステムもついている。



図2.2.3 メタン発酵槽内部



図2.2.4 攪拌機

イ. 消化液貯蔵槽B02

ステンレススチール製で出来ている。テクニカル設備は発酵槽と似ていて安全な機材から成り立っている。消化液槽は断熱材が無く、加熱設備もない。



図 2. 2. 5 消化液貯蔵槽

ウ. ポンプユニット

全ての中心となるポンプユニットには、様々な取り付けバルブやプラントに送り込む水分や固形分を混ぜるために必要な特殊なパイプ等が中にある。また、エアーコンプレッサーや離れた場所にある電子装置のような様々な追加装置も置かれている。この建物は気候の変動による気温変動も耐えられるようにしてある。電気機器や追加コンピューターのような電子機器や照明のための基本電源もある。



図 2. 2. 6 ポンプユニット

エ. 分離機

消化されたものや水分の多いものはメカニカルスクリーブレス機によって水分と固形分に分けられる。消化液の種類によって25m³/時間、もしくはそれ以上の処理をすることができる。圧力調節機能があるので、濃度や脱水率の度合いも調整することができる。固形分は押し固められ、スクレーパーで粗いスラッジを下に落とす。投入された水分はセントラルポンプによって送られ、この分離ユニットは一方をコンクリートの壁で固定するデザインとしており、これで直接固形分をトレーラーやコンテナに入れることができる。



図 2. 2. 7 分離機

オ. バイオガスプラントコントロールシステム (PLC)

バイオガスプラントのシステムは、全て PLC を通して行われる。もし、重要なパラメーターが動かない場合、それに応じてアラームをセットすることができる。日々の発電データ等はタッチパネル式のディスプレイで表示することができる。

操作方法は、誰が見ても分かるような簡単な操作方法となっている。DSL システムの遠隔コントロールシステムを使って離れたオフィスであっても日々のデータを簡単に見ることができる。このシステムはドイツからのサポートやアドバイスも可能にしている。エンジニアは、インターネット上でデータログを見ることができる。



図 2. 2. 8 バイオガスプラントコントロールシステム (PLC)

カ. 熱電併給システム (CHP) ユニット／ガスコンディショニングユニット

生成されたバイオガスは、CHP によって熱エネルギーと電気エネルギーに変換される。売電のため通常の電気エネルギーは再生可能エネルギーとして電力会社に送られる。廃熱エネルギーは、バイオガスプラントとその他でも利用することが可能である。コントロール付き CHP ユニットは、バイオガスプラント、温水配管、ガスコントロール管、ガスコンプレッサー、緊急クーラーシステムに接続することが可能である。



図 2. 2. 9 CHP ユニット／ガスコンディショニングユニット

キ. バイオガスコンディショニングユニット

バイオガスの状態は、ガス乾燥と活性炭フィルターによって成り立っている。最初のステップの乾燥ユニットは送られてきたバイオガスを冷却する。冷却水は乾燥ユニットのガスフローに適用される冷却水の集積によって行われ、コンデンセートで生成された水分は自動的にポンプで消化槽へ送られる。冷却後の第二ステップとしてガスは加熱源として使われる。乾燥されたガスは活性炭フィルターに通され、これによって、硫黄分とシロヘキサンが少なくなる。



図2.2.10 乾燥ユニット



図2.2.11 活性炭フィルター

2.4 現状と課題、今後の展望

発生した再生可能エネルギーについては、電力は自己消費、電力会社に売電することで確立できている。一方、発酵残渣（堆肥、消化液）のリサイクルをより推進するために農家へ提供し、化学肥料を使用しない農作物の生産、品質の向上を実証し、バイオガスプラントが農家にとっても有益であることを、自社でプラントを所有する事業者ができる強みとして、2017年より複数の農家に提供している。また、畜産家、酪農家にとって飼育頭数の増加、糞尿等の処理に貢献できることから、周辺住民への臭気の軽減もできると考えている。

今後もバイオガスプラントがコミュニティープラントとして発展するよう、技術的・コスト的にも提供できるよう取り組んでいく。

3 リサイクルプラント横根工場（オオブユニティ株式会社）

3.1 施設概要

リサイクルプラント横根工場は、オオブユニティ株式会社（本社 愛知県大府市）の食品廃棄物リサイクル工場として、2015年6月に建設した、一般廃棄物と産業廃棄物の処理業の許可を取得している湿式のメタン発酵施設である。愛知県大府市が2013年に政府の推進するバイオマス産業都市の第一次選定地域に認定され、同市と協力しながら農林水産省の地域バイオマス産業化推進事業の補助金を受けて建設している。製造されたバイオガスはバイオガス発電機により発電され、FIT制度を利用して中部電力へ売電している。発電出力は625kWで年間発電量は一般家庭の1,300世帯分に相当する約5,000MWhとなる。

表 2. 3. 1 リサイクルプラント横根工場 メタン発酵施設の概要

項目	内容
施設名称	オオブユニティ株式会社 リサイクルプラント横根工場
所在地	愛知県大府市横根町惣作 236 番 1
運営開始	2015年6月28日（使用開始：8月31日 ※原料投入）
年間ごみ処理量	25,000t/年
取得許可の種類	1. 一般廃棄物 2. 産業廃棄物 ・汚泥（有機性汚泥に限る）、廃油、廃酸、廃アルカリ、 動植物性残さ、家畜ふん尿
主要設備	1. メタン発酵槽 ・1,600m ³ × 2槽 2. 破碎選別設備 ・処理能力 24.8t/日（3.1t/時間）× 2機 3. 飲料缶選別設備 ・処理能力 177.408t/日（PET飲料） ・処理能力 100.44t/日（缶飲料） 4. 発電設備 ・625kW（ガスエンジン × 1基） 5. その他 ・バイオガスボイラー ・脱硫及びシロキサン除去棟 ・脱臭装置 ・余剰ガス燃焼装置



図 2.3.1 メタン発酵施設の概要



図 2.3.2 水処理施設の概要

3.2 廃棄物の種類、収集及び運搬方法

ア. 一般廃棄物

各市町のスーパー、コンビニエンスストア及び飲食店から排出される食品系の廃棄物を専用車両（パッカー車等）で収集し受入ホッパーへ直接投入している。ただし、一般廃棄物に関しては、廃棄物の処理責任が市町村にある為、各市を越境する場合は所轄の市町村と受入れ先の市町村である大府市との事前協議が必要となる。

イ. 産業廃棄物

食品工場からのカットロスや製造過程から排出される廃棄物を専用車両で収集し受け入れしている。また、製造過程から排出される廃液（廃酸、廃アルカリ）は、ローリー車を使用して運搬し、液状物の専用受入口から受入れしている。製品廃棄等のパッケージ済みの廃棄物については、平ボディ車やウイングタイプのトラックにパレット積みのまま運搬し搬入している。

3.3 バイオガスの利用方法

バイオガスプラントのシステムフローを図2.3.3に示す。

ア. ごみ処理の流れ

食品残さ等の廃棄物は、受入ホッパーに投入され3軸のスクリーンで破碎機へと送られる。破碎された廃棄物はフライトコンベアにて選別機へ投入され、原料と発酵不適物に分別される。原料は可溶化槽に投入され加水、加温し、45℃で3日間滞留させる。発酵不適物は自社の焼却炉で焼却処理している。

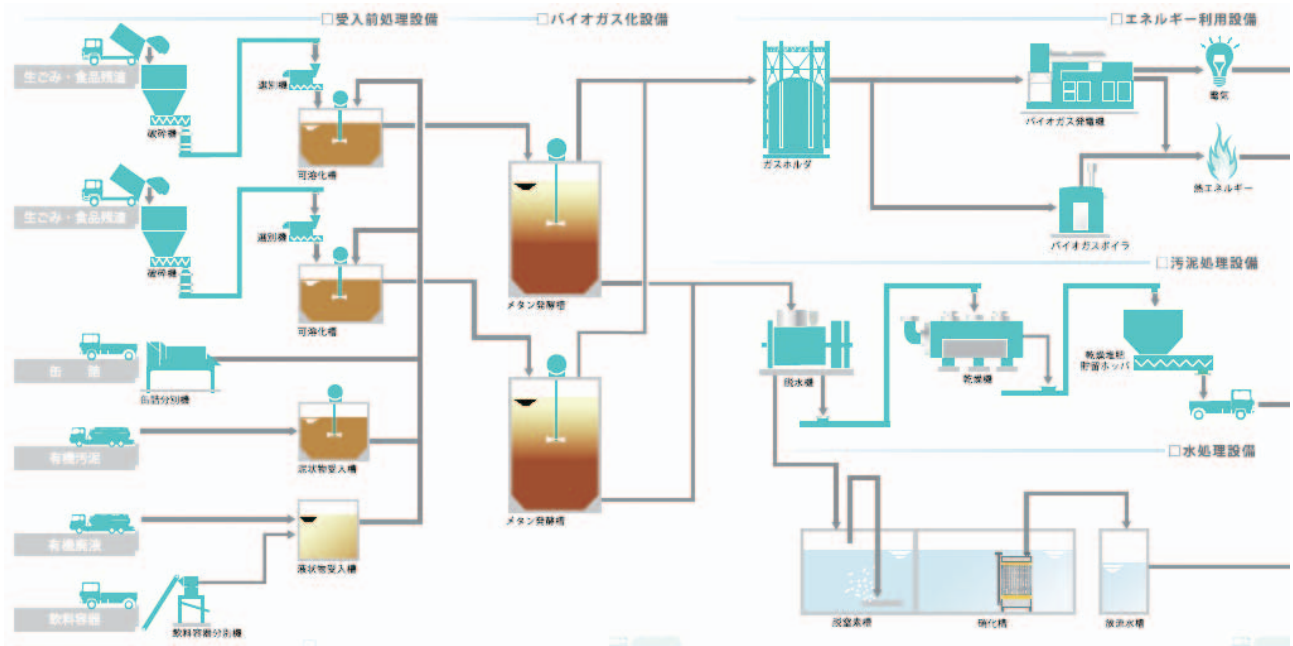


図 2. 3. 3 メタン発酵施設の処理フロー図

表 2. 3. 2 メタン発酵施設の仕様

項目	仕様
製造メーカー	水ing 株式会社
方式 (型式)	湿式メタン発酵
発酵槽サイズ	1,600m ³ × 2槽
処理能力	70t/日
運転条件	1. メタン発酵槽温度：36℃ 2. 平均滞留日数：約20日 3. 可溶化槽温度：45℃ 4. 固形分濃度：8～12%
ガス発生量、組成	1. ガス発生量：約6,000m ³ /日 2. ガス組成：メタン (濃度62～65%)、二酸化炭素、硫化水素、シロキサン他
水処理施設	膜分離方式

イ. バイオマス設備 (メタン発酵槽)

可溶化槽で加水分解された原料は固形分濃度を調整後、夾雑物圧搾機及び可溶化液分離槽で再度分別処理し、メタン発酵槽へ投入される。投入された原料は37℃で約20日間滞留させバイオガスを発生させる。



図2.3.4 メタン発酵槽



図2.3.5 ガスホルダー

ウ. エネルギー回収設備

メタン発酵槽から排出されたバイオガスは、脱硫塔及びシロキサン除去塔で不要物質を除去した後、ガスホルダーに貯留される。貯留されたバイオガスは625kWのガスエンジン発電機×1基で発電される。この発電機は三菱重工業製のミラーサイクルガス機関を利用した常用発電装置であり、通常運転での負荷範囲は50～100%である。

貯留されたガスは、バイオガスボイラーでも使用し汚泥乾燥や場内の各槽の昇温に使用される。



図2.3.6 バイオガス発電機

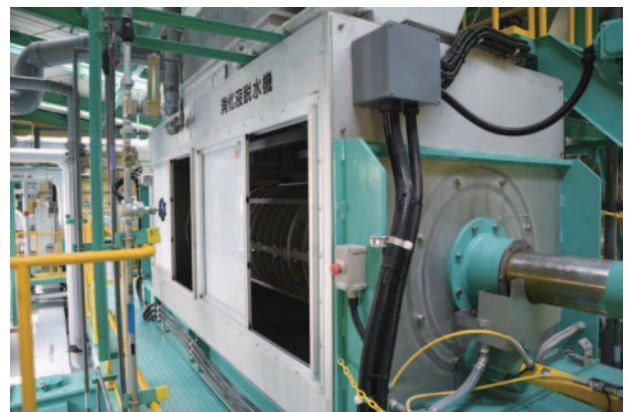


図2.3.7 汚泥脱水処理設備



図2.3.8 汚泥乾燥設備



図2.3.9 脱臭設備

エ. 汚泥処理及び水処理施設

メタン発酵槽で20日以上滞留させた原料は槽の底部より引抜き、汚泥脱水処理施設に投入される。固液分離後の排水は污水处理施設へ投入され、硝化脱窒処理後膜分離装置で処理され、広域下水道へ放流される。

オ. 脱臭設備

受入ホッパー、可溶化槽、污水处理施設及び各種配管から回収される高濃度臭気は、薬液洗浄塔で一次処理し、工場内の雰囲気空気である低濃度臭気と合流させ活性炭脱臭塔で二次処理されたのち、場外へ排出される。廃棄物の受入時の臭気対策として、二重シャッターシステムを採用しており、受入ピットが開いているときは、搬入のシャッターは開かない構造としており、場内のすべての臭気を処理できるシステムとなっている。

3.4 現状と課題、今後の展望

- ・自区内処理が原則である一般廃棄物の広域処理に向けた、各自治体との協力体制の構築。
- ・事業系可燃ごみ焼却手数料とリサイクル費用の格差是正。
- ・創出した再生可能エネルギーを、地域に供給・還元する地域循環システムの構築。
- ・家庭系ごみの分別収集手法の検討、一般廃棄物処理計画の見直し。
- ・飼料化、堆肥化リサイクル事業者との住み分け及びリサイクル促進のための協働の取り組み。

4 南但クリーンセンター（南但広域行政事務組合）

4.1 施設概要

南但クリーンセンターは、兵庫県朝来市和田山町にある自治体運営のごみ処理施設であり、2013年5月より運転を行っている。南但クリーンセンターの施設は、今回の調査目的である乾式メタン発酵設備等を有する高効率原燃料回収施設、不燃ごみやペットボトル等を処理する設備、及び学習啓発施設としての機能を有するリサイクルセンターで構成されている。運営は兵庫県養父市と朝来市により構成する一部事務組合の「南但広域行政事務組合」が担っている。

現地調査は、2017年10月4日（水）に実施した。当日は、「南但広域行政事務組合」の理事である堀川国義氏から概要説明を受け、質疑応答の後、プラントの見学を行った。



図 2.4.1 南但クリーンセンター（高効率原燃料回収施設）の外観
（出典：南但広域行政事務組合）

表 2.4.1 南但クリーンセンターの施設概要

項目	内容
施設名称	南但ごみ処理施設（南但クリーンセンター）
所在地	兵庫県朝来市和田山町高田 817-1
運営	南但広域行政事務組合（兵庫県養父市堀畑 550 番地）
運転開始	2013 年 5 月
年間ごみ処理量	約 14,000t/ 年（可燃ごみ）
主要設備	1. 高効率原燃料回収施設 < 熱回収設備（焼却設備） > ・型式：ストーカ炉 ・処理能力：43t/ 日 × 1 系列（24 時間運転） < バイオマス設備（メタン発酵設備） > ・型式：高温乾式メタン発酵槽 ・処理能力：36t/ 日 × 1 系列（24 時間運転）前処理設備入口にて < 発電設備 > ・発電能力：191kW × 2 基（出力合計：382kW） ・発電方式：ガスエンジン発電機 2. リサイクルセンター ・施設規模：17t/ 日（5 時間運転）

4.2 廃棄物の種類、収集及び運搬方法

可燃ごみ、不燃ごみ、危険ごみ（乾電池、スプレー缶等）、大型ごみ（家具類、ロッカー等）、資源ごみ（かん類、びん類、ペットボトル、プラスチック容器製包装、紙製容器包装、古紙類）を分別収集している。

住民の分別意識が高いため、可燃ごみへの不燃物の混入などはあまりない。また、衣類はそのまま可燃ごみと一緒に収集し、ビニールホース等の長尺物については1m以下に切断して収集に出すようにしている。また、南但クリーンセンターへの直接搬入は100円/10kgである。

4.3 高効率原燃料回収施設

以下、本項では乾式メタン発酵槽から成るバイオマス設備と、メタン発酵により発生したバイオガスを発電利用する発電設備について、調査内容を記載する。

ア. ごみ処理の流れ

- ・可燃ごみは、計量後、プラットフォームからごみピットに投入される。受入ごみピットのごみは、一次破碎処理後に破碎選別装置でメタン発酵に適した厨芥ごみ・紙ごみ等に選別される。厨芥ごみ・紙ごみ等はバイオマス設備用ごみピットへ、プラスチック等のメタン発酵不適物の可燃ごみは熱回収用ごみピットで一旦貯留される。
- ・バイオマス設備用ごみピットのごみは、ごみミキサーでメタン発酵に適した固形分濃度に調整した後、メタン発酵槽に投入される。また、熱回収設備ごみピットのごみは、焼却ごみホッパから給じん装置でストーカ炉へ送られ焼却処理される。
- ・ごみ焼却炉から発生する高温の排ガスは、再燃焼室で完全燃焼した後、空気予熱器で熱回収され、ろ過式集じん装置・触媒反応装置で処理後、煙突から大気放出される。
- ・メタン発酵槽に投入されたごみは、約20日間をかけて発酵処理され、発生したバイオガスは、脱硫装置・微量有害物除去装置を経て精製処理後ガス発電機に導入される。

こう こう りつ げん ねん りょう かい しゅう こう てい 高効率原燃料回収工程

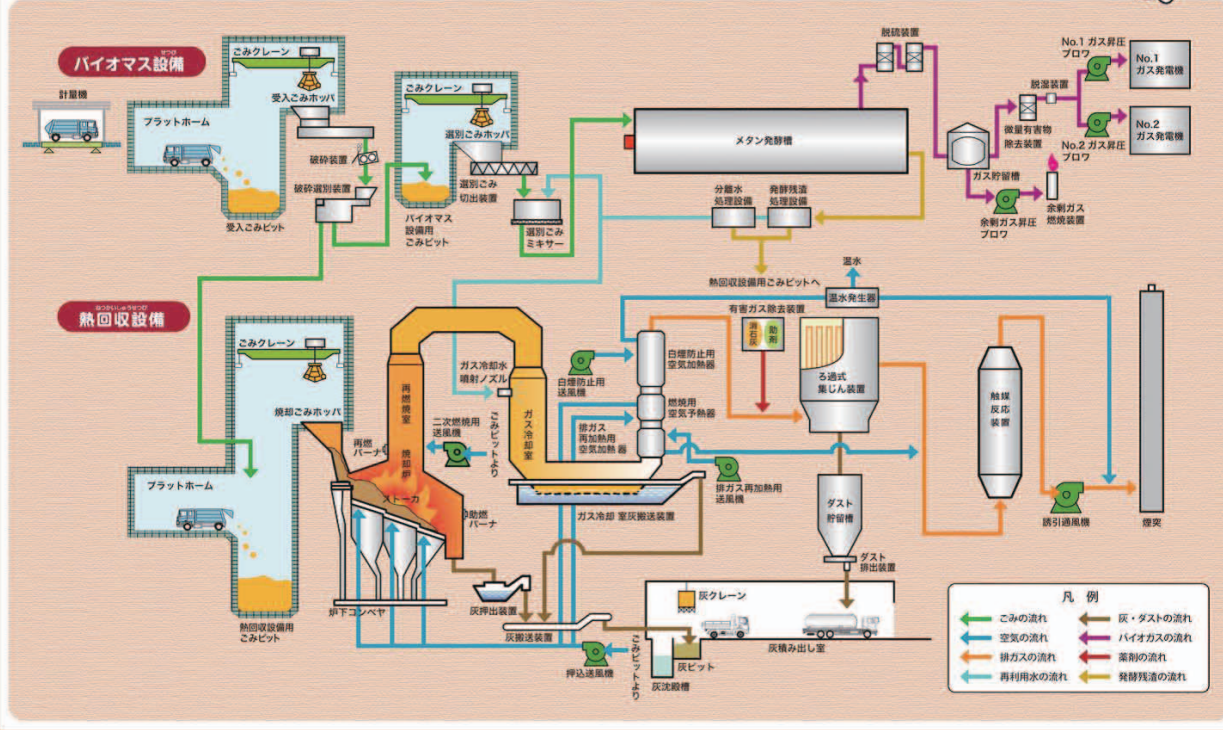


図 2. 4. 2 高効率原燃料回収施設処理工程 (出典：南但広域行政事務組合)



図 2. 4. 3 メタン発酵槽 (出典：南但広域行政事務組合)

イ. バイオマス設備 (メタン発酵設備)

- ・ 乾式メタン発酵を選定した理由は、南但クリーンセンターのように施設規模が小さくても発電が可能なこと、生ごみや紙ごみ等とその他のごみを分けて処理することができるので、ごみの再資源化やそもそもの減量化が進めやすくなること、高効率

原燃料回収施設とすることで補助事業の交付金の交付率が高くなり（上限1/2）、投資回収が有利となることなどにより採用された。

- ・メタン発酵槽は、株式会社タクマ製の横置円筒型高温乾式メタン発酵槽で、円筒の長さは32mあり、このクラスとしては国内最大の大きさを誇る。また、1日に投入されるごみ量は約22t/日であり、事前に選別ごみミキサーにて投入ごみと希釈水を混合し、固形分濃度を15～20%に調整した後、メタン発酵槽に投入される。1日当たりのバイオガス発生量は約4,200m³/日程度である（表2.4.2参照）。
- ・発酵槽の加温には、後段のガスエンジンコージェネの廃熱も利用している。
- ・砂や小金属等による各部の摩耗が想定以上に発生しているため、スクリーンの板厚増加、ケーシング内部へのライナー取付けなどを行ったが、それ以外については大きなトラブルは発生していない。
- ・発酵処理後の残渣については、脱水機で脱水を行った後、固形分は焼却処理し、水分は生物処理及び高度処理（凝集沈殿、砂ろ過等）後、焼却炉内に噴霧し処理している。
- ・メタン発酵槽の日常的な管理は、温度・圧力・ガスの性状等の計測を毎日、固形物濃度やアンモニア濃度などの計測を週1回実施している。

表 2. 4. 2 メタン発酵槽の仕様と発酵条件

項目	仕様
製造メーカー	株式会社タクマ
方式（型式）	高温乾式メタン発酵槽（横置円筒型）
発酵槽サイズ	寸法：6.4m×L32m 容量：1,000m ³ （有効875m ³ ）
処理能力	36t/日（前処理設備入口にて）
投入ゴミ量	約22t/日（家庭系：事業系＝7：3）
運転条件	1. 発酵温度：55℃ 2. 固形分濃度：約15～20%、水分濃度：約80% 3. 平均滞留日数（HRT）：約20日
ガス発生量、組成	ガス発生量：約4,200m ³ /日（メタン50%換算） ガス組成：メタン、二酸化炭素、硫化水素、シロキサン



図 2. 4. 4 メタン発酵槽①



図 2. 4. 5 メタン発酵槽②



図 2. 4. 6 ガス貯留槽



図2.4.7 ごみピット、ごみクレーン



図2.4.8 残渣排出配管

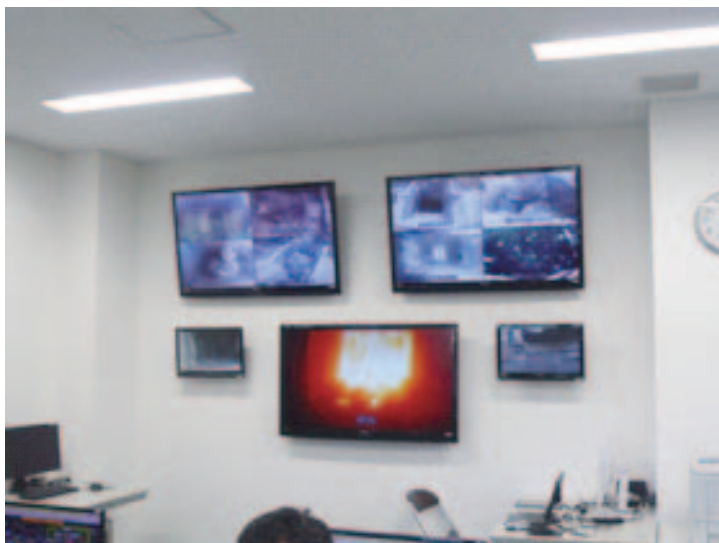


図2.4.9 中央監視室

ウ. 発電設備

ガス貯留槽のバイオガスは、微量有害物除去装置でガス精製された後、2台のガスエンジン発電機（191kW×2台）の燃料として使用される。ガスエンジンは基本的に24時間連続運転を行っている（負荷率：80%）。硫化水素濃度はガスエンジン入口で1ppm以下、処理方法は酸化鉄を主体とする脱硫剤を用いて脱硫反応を行っている。

ガスエンジン発電機を2台とすることで利用率を高めているほか、電源を分割することでFIT制度による売電が可能となっている（1号機運転時間：30,310時間、2号機運転時間：30,111時間、これまでの累計）。

また、ガスエンジン発電機からの廃熱温水はメタン発酵槽を覆う温水ジャケットに通すことで、槽内温度を一定に保つのに活用されている。

表2.4.3 ごみ処理量、バイオガス回収量と発電量の実績

項目 年度	可燃ごみ搬入量 (t/年)	発酵層投入量 (t/年)	バイオガス回収量 (Nm ³ /年)	発電量 (kWh/年)
2013年度	14,046	6,603	1,248,311	1,392,206
2014年度	14,095	6,054	1,149,230	1,748,095
2015年度	14,366	6,232	1,162,092	1,773,876
2016年度	13,786	6,880	1,265,182	2,067,102

4.4 現状と課題、今後の展望

選別装置については、ほぼ設計どおりの回収率となっているほか、住民の分別意識が高いため、不純物の混入は少なく、これまでに大きなトラブルは発生していない。ただし、砂や小金属等による各部材の摩耗が想定以上となっているため、一部スクリーンの板厚増加やケーシング内部へのライナー取付けなどの対策を行った。

メタン発酵についても、バイオガスの回収率は当初設計を上回る量となっている他、メタン発酵菌についても死滅するなどの大きなトラブルは発生していない。

今回の高効率原燃料回収施設（バイオマス設備+熱回収設備）の導入効果を総括すると、ストーカ炉のみで直接焼却する場合に比べて、焼却対象のごみが減量でき二酸化炭素の排出抑制につなげている。また、FIT制度を活用した売電を行うことで、維持管理費の削減にもつなげているなど、従来は発電が困難であった小規模なごみ処理施設においても、乾式メタン発酵による高効率な発電ができていることが実証できている。

表2.4.3の可燃ごみ搬入量の実績やヒアリング内容から逆算すると、1日当たりの平均ごみ処理量は20～30t/日前後となる。逆に、小規模施設とはいえ経済性を確保するためには、今回の調査研究で検討する乾式のオンサイト処理プラントの規模は、最低でも20t/日程度は必要になるとも言える。

5 株式会社富士クリーン中間処理施設（株式会社富士クリーン）

5.1 施設概要

株式会社富士クリーンは、讃岐うどんの発祥の地、香川県綾歌郡に1974年に創業した一般・産業廃棄物処理業者である。同綾川町西分字の中間処理施設は、単炉としては国内最大規模のロータリーキルンとキルンストーカ式焼却炉を有しており、2015年から低濃度PCB（ポリ塩化ビフェニル）の処理も請け負っている。中間処理施設内には最終処分場もあり、廃棄物の回収・運搬、中間処理、最終処分というサイクルを一貫して請負う体制を確立した事業者である。

今回調査した中間処理施設内のメタン発酵施設は、国内初の縦型乾式メタン発酵を採用しており、2015年4月より国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下NEDO）が公募した「バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業」の助成事業先として採択された施設である。1年間の調査事業を経て、2016年8月より実証事業に移行し、実証施設の建設が急ピッチで進められている。実証運転は2018年4月より開始される予定である。

現地調査は、2018年2月20日（火）に実施した。当日は、同社企画部企画開発課長の町川和倫氏と原田あかり氏、再生エネルギー部の坂井亜衣氏の3氏から概要説明を受け、質疑応答の後、建設中のプラントの見学を行った。



図 2.5.1 株式会社富士クリーン中間処理施設の外観
（出典：株式会社富士クリーン）

表 2.5.1 株式会社富士クリーン中間処理施設の概要

項 目	仕 様
施設名称	株式会社富士クリーン中間処理施設
所在地	香川県綾歌郡綾川町西分字山ノ上乙 754-1
運転開始	1974年9月
ごみ処理能力	180t/日
主要設備	<ol style="list-style-type: none"> 1. 焼却炉 <ul style="list-style-type: none"> ・設計、施工：株式会社荏原製作所 ・型式：IWキルンストーカ式焼却炉 ・焼却処理能力：180t/日 × 1系列 ・破碎能力：50t/日 ・固化能力：1t/時間 2. メタン発酵設備 <ul style="list-style-type: none"> ・製造メーカー：栗田工業株式会社 ・型式：中温縦型乾式メタン発酵（KURITA DRANCO PROCESS） ・処理能力：73t/日 × 1系列 ・メタン発酵槽容量：3,000m³ ・バイオガス発生量：約9,500Nm³/日 3. 発電及び廃熱回収設備 <ul style="list-style-type: none"> ・発電機：2G-international（独）製ガスエンジン発電機 （代理店：富士電機） ・発電能力：370kW × 2基（740kW） ・廃熱回収：三浦工業製廃ガス蒸気ボイラー 蒸気発生量：500kg/時間

5.2 廃棄物の種類、収集及び運搬方法

家庭から排出される一般廃棄物（可燃ごみ）については、地元の綾歌郡綾川町や周辺の観音寺市などから受け入れている。また、地元の農家や畜産家などから、稲わらなどの植物性残渣や家畜ふん尿なども受け入れしている。事業系一般廃棄物については、地元企業の中小の事務所から排出される事業系ごみや、地元の冷凍食品加工工場から出る食品残渣等を自社運搬で受け入れしている。

今回の助成事業の実施にあたり、2015年度に排出事業者42社にヒアリングを実施し、発生場所は事業所からおおよそ30km圏内にある事、効率の良い収集・運搬ルートを検討した結果、1日当たりに必要な収集台数は4台である事なども明らかとなった。

また、乾式発酵に必要な混合系バイオマスに含まれる紙ごみは、事前調査の段階で計画量に満たなかったため、難処理古紙類を活用することで、原料の安定的な確保（バイオガスとして9,500 Nm³/日相当）を図っている。

5.3 乾式メタン発酵プラントの詳細

ア. 導入経緯

中間処理施設内の排水処理設備で乾燥用に使用するA重油の価格高騰、周辺自治体の過疎化にともなう廃棄物量の将来的な減少、最終処分場の延命策、従来からの焼却施設の老朽化対策等の経営課題があり、これらの課題解決のためにNEDOの実証事業に参画した。

メタン発酵方式については、事業所が山間部にあり発酵残渣の脱水処理に伴い排出される排水の処理が困難であること、各自治体で住民の分別意識があまり高くない（不適合物混入に対する許容範囲が大きい）こと、紙ごみなどが混入した混合系バイオマスの変換効率が高いことなどの理由から「乾式発酵」を選択し、その中でも攪拌動力や稼働部分のメンテナンスが殆ど必要ない自然落下式の「縦型乾式メタン発酵（KURITA DRANCO PROSESS）」を採用した。

イ. ごみ処理の流れ

「乾式メタン発酵」の鍵となる廃棄物の選別については、国内初となるドラム式選別装置を採用しており、バイオマスの原料回収率は90%、メタン発酵不適合物混入率も5%以下に抑える設計となっている。

発酵原料は、各家庭から排出される一般廃棄物と事業系廃棄物が対象であり、先ず高効率ドラム式選別装置によってメタン発酵に適した原料とそうでない原料に選別される。また、古紙として再利用する事が難しい難処理古紙（紙くず）等も受け入れており、ドラム式選別装置で破碎・分選後、メタン発酵槽へ投入される。産業廃棄物として扱われる汚泥や家畜のふん尿等についても、有機汚泥受入れ装置で計量された後、同じくメタン発酵槽に投入される。

地域特性として、地元企業から産業廃棄物としてカーボン滓を受け入れている。この選別装置から出るメタン発酵不適合物と発酵残渣及びカーボン滓を混合して、既設の焼却炉で補助燃料として利用し、最終埋立処分場の延命につなげる計画である。

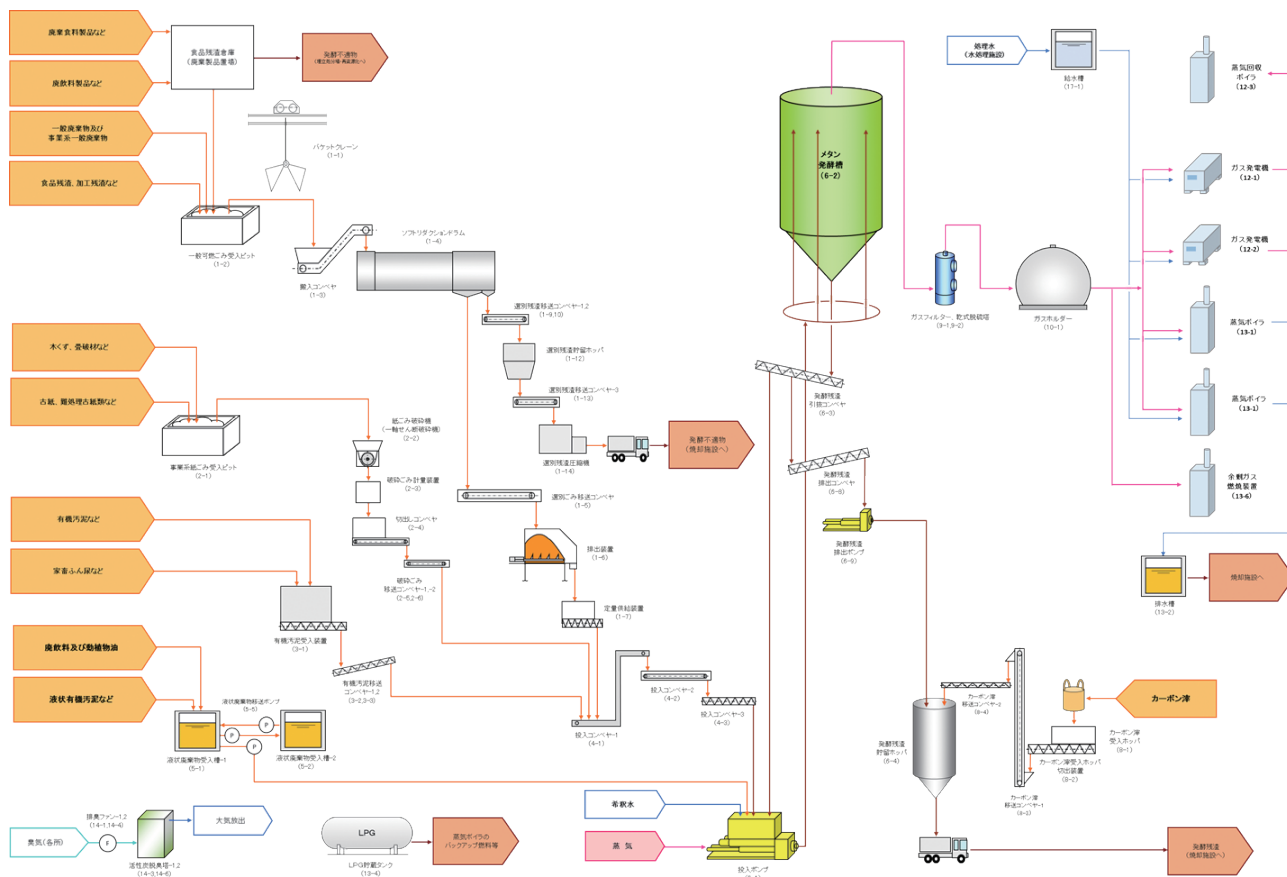


図 2.5.2 縦型乾式メタン発酵のシステムフロー
(出典：株式会社富士クリーン)

ウ. バイオマス設備（メタン発酵設備）

メタン発酵槽の加温は、後段に設置されたガスエンジンコージェネの廃熱を用いて発生させた蒸気を利用する。また、メタン発酵の過程で発生する残渣は、タンク下部よりバッチ式に取り出す。

表 2.5.2 メタン発酵槽の仕様と発酵条件

項目	仕様
発酵槽サイズ	寸法：15m × H30m 容量：3,000m ³ (有効 875m ³)
ごみ処理能力	36t/日
投入ごみ量 (実証開始当初)	約 22t/日 (家庭系：事業系 = 7 : 3)
運転条件	<ul style="list-style-type: none"> 発酵温度：55℃ 固形分濃度：約 15 ~ 20%、水分濃度：約 80% 平均滞留日数 (HRT)：約 38 日
ガス発生量、組成	<ul style="list-style-type: none"> ガス発生量：約 9,500m³/日 (メタン 50% 換算) ガス組成：メタン、二酸化炭素、硫化水素、シロキサン



図2.5.3 ごみピット



図2.5.4 高効率ドラム式選別装置



図2.5.5 粉碎装置



図 2. 5. 6 メタン発酵槽①（全景）

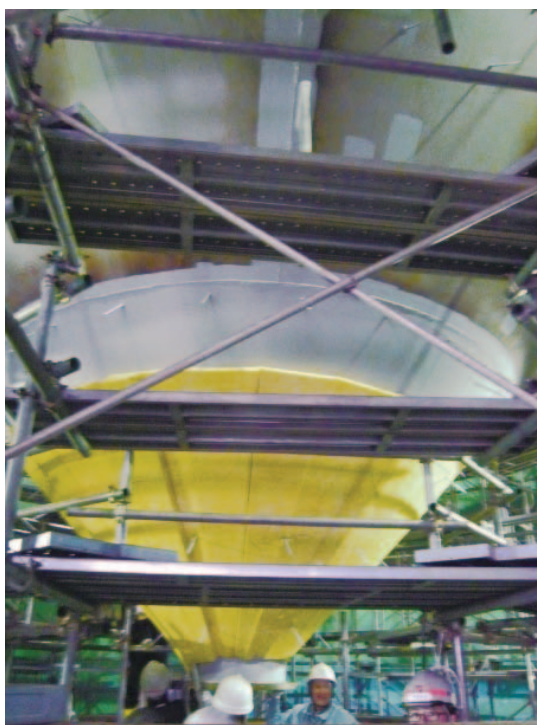


図 2. 5. 7 メタン発酵槽②（底部）



図 2.5.8 ガスエンジン発電機

混合系バイオマスの発酵に適した縦型乾式メタン発酵を選択する事で、様々な廃棄物に対応できる他、新たな前処理設備の導入により、よりメタン発酵に適した原料の回収率の向上、メタン発酵槽の維持管理コストの削減に寄与できる。また、液肥の発生もなく、水処理施設が不要となるため、コンパクトなシステムの構築が可能となる。



図 2.5.9 廃ガス蒸気ボイラー

エ. エネルギー回収設備

メタン発酵槽から発生するバイオガスは、不純物を取り除いて一旦ガスホルダーに貯蔵された後、2台のガスエンジン発電機（375kW×2台）の燃料として使用される他、後段の水処理施設用の蒸気ボイラーの燃料としても利用される。

ガスエンジンは基本的に24時間連続運転を行う予定であり、発生する電気はFIT制度による売電は行わず、事業所内で自家使用する他、四国電力の通常の買取単価で売電予定である。

表 2.5.9 縦型乾式メタン発酵施設の想定導入効果（試算例）

項目	縦型乾式メタン発酵(実証システム)		焼却処理（従来システム）
焼却処理量	38,000t/年	+1,000t/年（+2.7%）	37,000t/年
最終埋立処分量	32,000t/年	-500t/年（▲1.5%）	32,500t/年
温室効果ガス削減量 (CO ₂ 換算値)	—	10,000t/年 (▲0.1%)	—

5.4 課題、今後の展望

プラントの竣工は2018年6月の予定であり、その後3ヶ月程度の調整・試運転を経て、本年10月から本格的に稼働する予定である。

システムの導入効果については、今後の運転データを踏まえて検証していく必要があるが、国内初の縦型乾式発酵システムを用いた本事業スキームは、四国全域や中部圏の人口が5～7万人規模の自治体などに展開できる取り組みである。また、これまで埋立処分してきた発酵残渣やカーボン滓の新たな活用方法の提案、難処理古紙の利用率の向上などへの可能性も期待できる。

今後も、周辺自治体からの廃棄物の積極的な調達、福祉施設等から発生する紙ごみや紙おむつ等の新たなセルロース系廃棄物の回収、老朽化した周辺自治体の焼却炉からの受託処理の拡大など、地域とのより一層の連携による事業収支改善と持続性の検討を進めていく予定である。

第3章 中部圏における食品廃棄物等の発生状況や再生利用の実態について

1. はじめに

第3章では、中部圏における食品廃棄物等の発生実態を把握するため、公益財団法人中部圏社会経済研究所の賛助会員企業等を対象に実施した、アンケート調査結果をまとめた。

第1章で述べたように、メタン発酵では、メタン発酵を行う場合の入口論（食品廃棄物等の回収可能量）を事前に検討しておくことが極めて重要であることから、まず発生源と発生場所に関する調査を行った。また、インフラモデルを検討する準備として、食品廃棄物等の具体的な再生利用の状況についても調査を行った。

2. 中部圏における食品廃棄物等の発生状況に関する実態調査結果（アンケート結果）

2.1 実施時期

2017年10月～11月

2.2 調査方法及び回答状況

中部圏社会経済研究所の賛助会員企業約190社のうち、事前ヒアリング結果や社員数及び建物規模などを基に、明らかに社員食堂などの排出源がない約70社を除いた119社と、学生食堂や寮などを保有する中部圏の大学35校の合計154社に、10項目からなる記名方式のアンケート調査票を郵送で送付して実施した。

本アンケート調査における「食品廃棄物等」とは、調査票を送付した各企業や大学等の食堂やレストラン、社宅・寮などで廃棄された食品類、食品製造や調理過程で発生した残渣のうち廃棄されたものの量と定義し、調査対象期間は2016年度（2016年4月1日から2017年3月31日）とした。

調査票の回収は、郵送及びFAXにより実施した。その結果、回答は57社（回答率：37%）から寄せられた。

表3.1 アンケート配布数及び回答数

項目	賛助会員	大学等	合計
配布数	119	35	154
回答数	43	14	57
回答率 (%)	36.1	40.0	37.0

2.3 回答企業等の属性

回答企業57社の属性を表3.2に示す。製造業19社のうちの約半数が、地元のトヨタグループを中心とした輸送・精密機械業である。また、愛知県に本社を構えるエネルギー関連やサービス業9社、当地域に名古屋支店を構える金融・保険・証券業7社などから回答を得た。

なお、表3.2の回答企業の属性の内訳数が63社となっているが、調査票を配布した当

該事業所以外の他の事業所データを提供いただいた企業等が6社あったため、以下のアンケート結果の集計は、57事業所+6事業所=63社を母数として分析を行った。

表 3. 2 回答企業の属性の内訳

項目	回答数
製造業	19
ホテル・旅館	1
流通・小売・マスコミ	4
運輸・輸送	5
金融・保険・証券	7
電気・ガス・他サービス	9
自治体・団体	2
大学・研究機関	16
合計	63

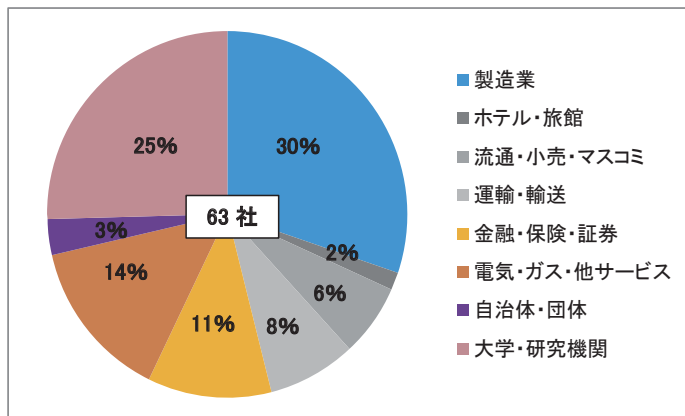


図 3. 1 回答企業の属性割合

2. 4 アンケート結果

以下に、具体的な質問項目、回答結果及び考察を示す。

2. 4. 1 食品廃棄物等の発生の有無と発生場所等について

【質問 1】 食品廃棄物等の発生の有無（該当する箇所にチェックを入れて下さい）

貴事業所に、食品廃棄物が発生する社員食堂やレストラン、社員寮、工場等がありますか？

1：ある、 2：ない、 3：分からない

結果

- ・図3.2に発生場所の有無の状況を示す。回答企業の約75%に相当する47社が、食品廃棄物等が発生していると回答している。
- ・今回の発生割合はそのまま中部圏全体に拡大して適用できるものではないが、中部圏の企業や工場などには、潜在的に約半数程度の事業所で、何らかの形で食品廃棄物等が存在していると推定される。

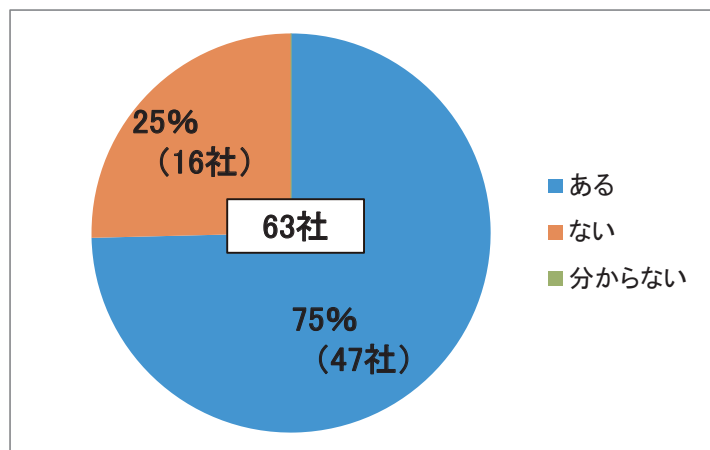


図 3. 2 発生場所の有無

【質問2】（【質問1】であると答えた方のみ）

その社員食堂等の一日当たりの平均利用人数はどの位ですか？（該当する箇所をチェックを入れて下さい）

- 1：0～100人、 2：101～500人、 3：501～1,000人、 4：1,001～1,500人、
 5：1,501～2,000人、 6：2,001人以上

結果

- ・社員食堂等の1日当たりの平均利用人数は、問1で「ある」と回答した企業47社のうち、約半数の22社が500人以下と回答した。
- ・環境省の「一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成27年度）について」のデータでは、1人当りのごみ発生量は939g/日と報告されており、うち企業から発生する事業系のごみは35%程度と報告されている。
- ・従って、仮に500人規模の社員食堂を想定しても、一日当りの排出量は多く見積っても、「 $0.939\text{kg}/\text{人}\cdot\text{日}\times 0.35\times 500\text{人}=164\text{kg}/\text{日}$ 」程度と、当初想定よりも少ないことが予想される。

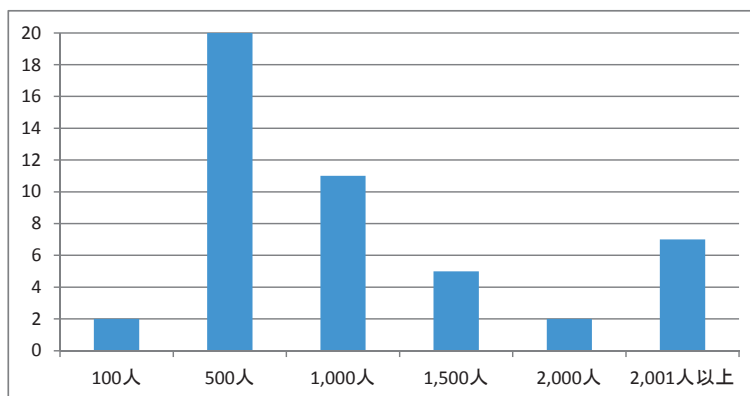


図3.3 一日当たりの平均利用人数の分布

【質問3】 社員食堂等の運営形態（該当する箇所をチェックを入れて下さい）

（【質問1】であると答えられた方のみ）その社員食堂等は、自社の運営・管理ですか？それとも他社への委託ですか？

- 1：自社で運営・管理、 2：他社に委託（委託先：_____）、
 3：一部他社に委託（委託先：_____）、 4：分からない、
 5：その他（具体的に：_____）

結果

- ・排出源である社員食堂等の運営形態は、大学生協が運営する学生食堂の一部が自社で運営・管理されている以外、全体の約80%が外部委託である。

- ・運営委託先は、民間のレストランや食堂などの運営会社に食品廃棄物等の処分も含めて委託されている。

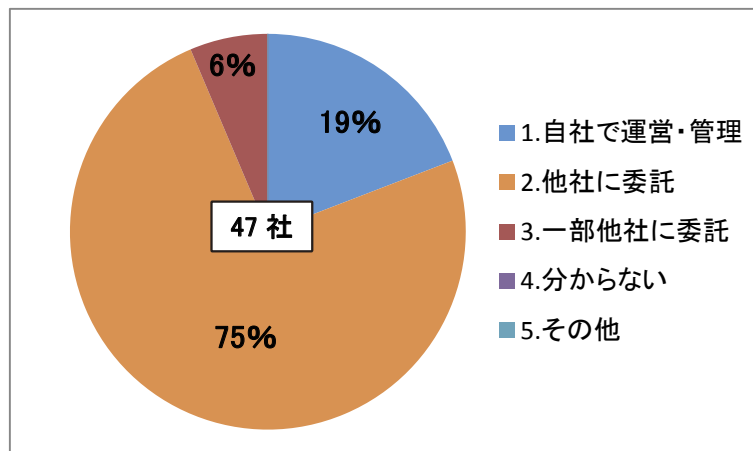


図3.4 社員食堂等の運営形態

【質問4】食品廃棄物等の発生場所について（該当箇所にチェックを入れて下さい、複数回答可）（【質問1】で「1：ある」と回答された方のみ）その発生場所はどこですか？

- 1：社員食堂（学生食堂）、 2：レストラン・カフェ、 3：売店、
 4：工場等、 5：営業所等、 6：社宅・寮等、
 7：その他（具体的に ）

結果

- ・本質問は複数回答可としたため、発生場所があると回答した47社から、総数で66の回答が寄せられた。
- ・発生場所については、全体の66の回答のうちの約70%が社員食堂や学生食堂等であり、社員食堂等に併設された売店が14%、当該ビルに入居するレストランやカフェなどのテナントからが12%となっている。

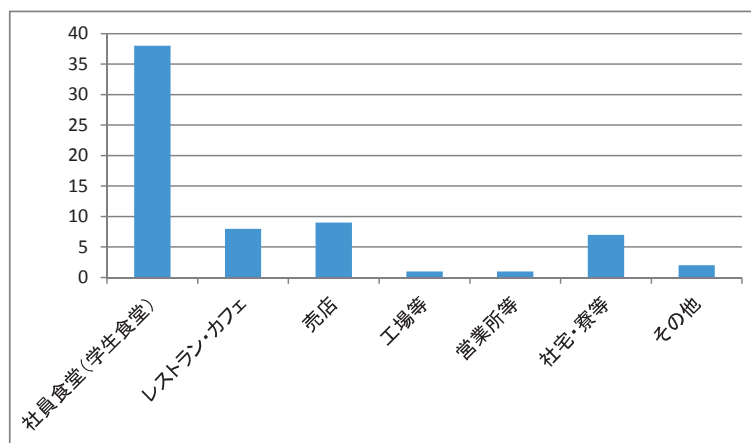


図3.5 食品廃棄物等の発生場所

2.4.2 食品廃棄物等の発生量

【質問5】 食品廃棄物の発生量について（該当箇所にチェックを入れて下さい）
（【質問2】で「1：ある」と回答された方のみ）その発生量は、1日・1ヶ月当たりどのくらいですか？

- 1：0～100kg/日・月、 2：101kg～200kg/日・月、 3：201kg～300kg/日・月、
 4：301kg～400kg/日・月、 5：401kg以上/日・月（具体的に kg/日・月）、
 6：分からない（具体的な理由： ）

結果

- ・発生量については、全体の47社のうちの約7割の33社が100kg/日以下と回答している。排出量は、質問2で想定したとおり、従業員数が1,000人規模の社員食堂でも100kg/日程度と、かなり少ない事が明らかとなった。
- ・その一方で、地元トヨタグループなどの主要な工場や大型商業施設などでは、1～2t/日程度の発生量がある事も明らかになった。

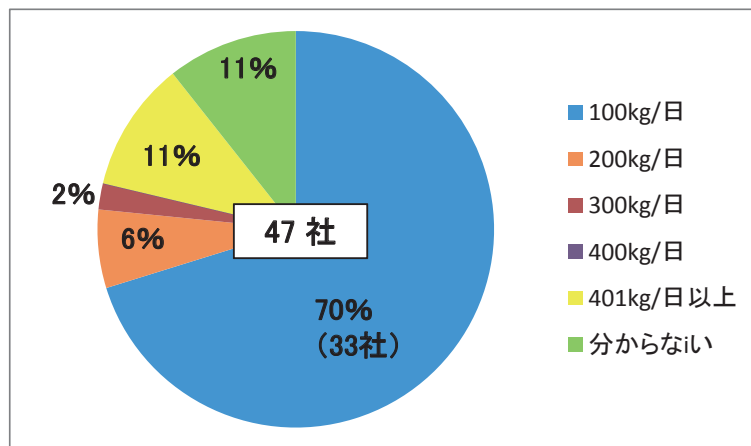


図3.6 食品廃棄物等の発生量の内訳

2.4.3 再生利用の状況

【質問6】 食品廃棄物の再生利用について（該当箇所にチェックを入れて下さい）
（【質問1】で「1：ある」と回答された方のみ）貴事業所で発生する食品廃棄物等のうち、食品リサイクル法の規程等に従って再生利用しているものはありますか？

- 1：ある、 2：一部ある、 3：ない、 4：分からない、
 5：その他（具体的に： ）

結果

- ・再生利用状況については、全体の47社のうちの5社が「ある」、11社が「一部ある」と回答しており、両者を合計すると全体の約34%の16社が、何らかの形で再生利用していると回答している。
- ・また、「分からない」と回答した企業（23%）については、生ごみなども含めて食品

廃棄物等の処理や運搬も全て外部に再委託しているため「分からない」との回答であった。一部再委託先に追加調査を実施したところ、2社から回答があり、「再委託先でもほとんどが事業系食品廃棄物」として処分されているとのことであった。

- ・ これらを総合すると、全体の約70%（ない：40%、分からない：23%、その他：2%）で全く再利用されていないことが明らかとなった。

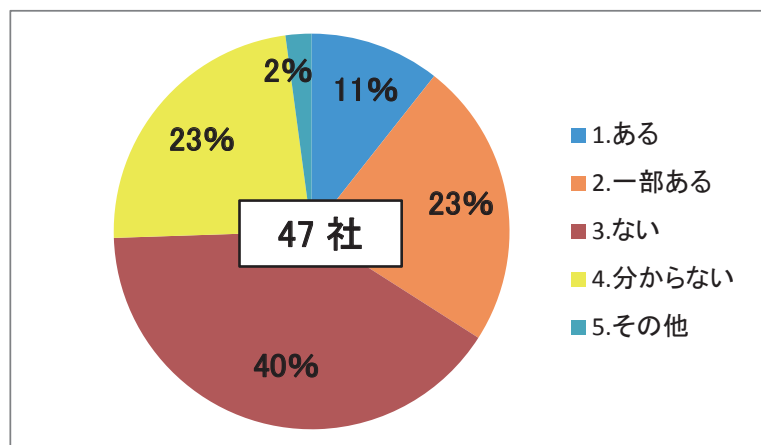


図 3.7 食品廃棄物等の再生利用等の内訳

【質問 7】食品廃棄物の再生利用方法について(該当箇所をチェックを入れて下さい、複数選択可) (【質問 6】で「1：ある」もしくは「2：一部ある」と回答された方のみ) 再生利用の方法を教えてください。

- 1：堆肥化、 2：飼料化、 3：メタン化（発酵）、 4：炭化（燃料等に再利用）、
 5：アルコール化、 6：バイオオイル（バイオディーゼル）、
 7：その他（具体的に： _____ ）

結果

- ・ 再生利用方法については、全体の19件の回答のうちの約5割の10件が、「堆肥化・飼料化」であり、それ以外では廃油としてのリサイクルや石鹸化といった回答であった。
- ・ 今回のインフラモデルでの提案を考えている「メタン化（発酵）」を用いた再生利用は0件であった。

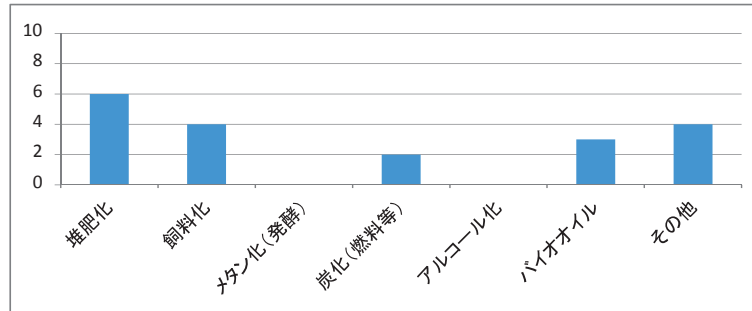


図 3. 8 食品廃棄物等の再生利用の内訳

【質問 8】今後の食品廃棄物等の再生利用予定について（該当箇所にチェックを入れて下さい）（【質問 6】で「2：一部ある」もしくは「3：ない」と回答された方のみ）今後の予定を教えてください。

- 1：予定がある・計画中、 2：予定はない、 3：何か良い方法があれば試したい、 4：分からない、 5：その他（具体的に： ）

結果

- ・今後の再生利用の予定については、「予定がある」と回答した企業はなく、全体の 37 件の回答のうちの約 7 割の 25 件が、「予定はない」もしくは「何か良い方法があれば試したい」と回答している。
- ・これらの結果から、適切なインフラモデルや安価な処理方法を提案すれば、企業における食品廃棄物等の再利用の促進が図れる可能性があることが示唆された。

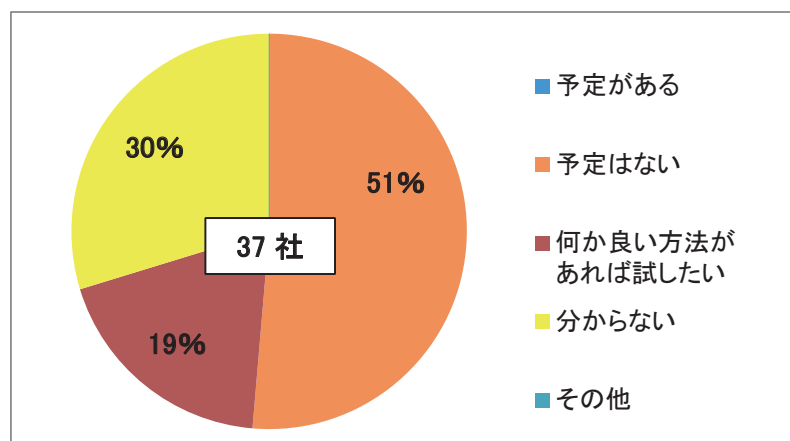


図 3. 9 今後の再生利用予定

2.4.4 廃棄物やバイオマス利活用に関する意識

【質問9】 食品廃棄物の再生利用の可能性について（該当箇所にチェックを入れて下さい）

食品廃棄物から電気や熱等のエネルギー回収ができる事を知っていますか？

- 1：知っている、 2：聞いた事がある、 3：知らない、 4：分からない、
 5：その他（具体的に：)

結果

- ・ 食品廃棄物等から電気や熱などのエネルギー回収ができる事は、ほぼ80%の割合で各企業の廃棄物担当窓口の方には理解されており、質問8の結果と併せてバイオマスの利活用促進に向けた一定の可能性があることが示唆された。

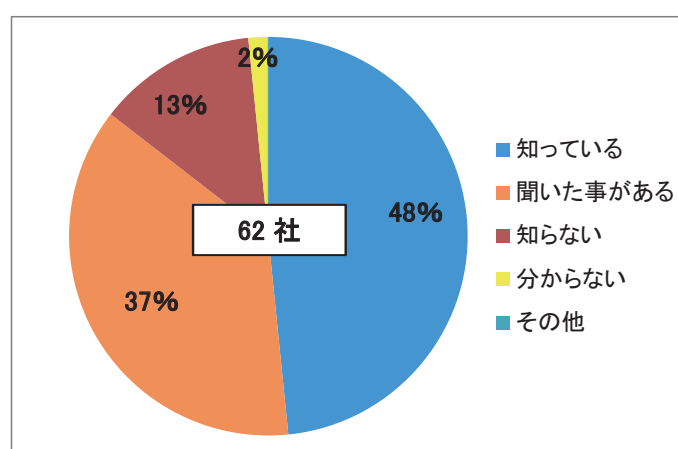


図 3.10 回答企業のバイオマスに関する意識

3. まとめ

3.1 食品破棄物等の再利用のポテンシャル

2016年度の調査研究「中部圏における再生可能エネルギーの利用拡大に関する調査研究」において、中部圏における食品系バイオマスの賦存量は69万t/年、その利用率は24%であることを報告し、その解決策として、今後の利用率の向上策として「採算性」の確保が重要であり、そのためにはこれら未利用バイオマスを原料として付加価値高い電気などを生産する技術開発が必要と提言した。

表 3.3 各種バイオマスの種類、賦存量、利用技術および利用率

種類	木質系			農業系	高含水率系		
	製材	建設廃材	林地残材	農業廃棄物	汚泥	畜産系	食品系
賦存量 万 t/year	320	220	400	448	90	486	69
利用率	97	94	9	32	63	87	24

（出典：「中部圏における再生可能エネルギーの利用拡大に関する調査研究」報告書からの抜粋）

今回のアンケート結果からも、食品廃棄物等をメタン化（発酵）により再利用していると回答した企業はなかったため、中部9県における食品廃棄物等の賦存量は、

$$\text{○}69\text{万/t} \times (1-0.24) = 52\text{万t/年}$$

(バイオガス量換算：7,280万Nm³/年*)

(発電量換算：340MWh/年*)

*環境省の「平成19年度改正食品リサイクル法に関わる施行状況調査報告書」の高温湿式メタン発酵に関する実績データを用いて想定。

となる。

3.2 再生利用の取り組みの促進に向けた課題と対応策

今回のアンケート結果を踏まえると、食品系廃棄物の再利用率が低いのは利用可能なバイオマスが減少しているためでもあるが、小規模な排出事業者（一日当りの排出量が100～150kg/日程度）が大多数の中で再利用率を高めようとする、複数の事業所を巡回して一定量以上の廃棄物を確保する必要があり、1) 分散する廃棄物をいかに効率良く回収するかと、2) 回収するまでの間、臭いが出る生ごみをどこで（どうやって）保管するのかという2つの視点が重要であると言える。

逆に、この2つの課題を安価な方法で解決できるインフラモデルを提案できれば、再利用が促進され、真の意味で利用率が向上するものと期待できる。

次章では、具体的に小規模な食品廃棄物等を効率良く回収しオンサイトで処理するシステムについて、排出量とバイオガスを用いて発生する電気や熱エネルギー毎のシステムについて、いくつかのモデルを提案してその導入可能性を探る。

参考文献

1. 環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成27年度）」について
<http://www.env.go.jp/press/103839.html>
2. 環境省「平成19年度改正食品リサイクル法に関わる施行状況調査報告書」
<https://www.env.go.jp/recycle/report/h20-02/00cover.pdf>

第2編：持続可能なインフラモデルの提案とその導入効果について

これまで第1編では、第1章で食品廃棄物などの高含水率バイオマスの再生利用の現状と課題について、第2章ではその現状と課題を踏まえた上で、国内で稼働する最新のオンサイト方式によるメタン発酵施設の調査を行った。そして、第3章ではメタン発酵の原料となる食品廃棄物等について、中部圏における具体的な発生場所や発生量、また、バイオマスを再生利用しているかどうかなどの実態について把握した。

第2編では、これらの現状や具体的な調査結果を踏まえ、インフラモデルにおけるメタン発酵設備の規模を決定するのに重要となる食品廃棄物等（原料）の収集・運搬方法（入口）と、エネルギー変換により発生したバイオガスをコージェネレーションシステム（以下CGS）により付加価値の高い電気に変換し利用する方法（出口）の2つを組み合わせた持続可能なインフラモデルについて、食品廃棄物等の発生規模別に提案する。

第4章 食品廃棄物等の再生利用の促進につながるインフラモデル

1. はじめに

食品廃棄物等をメタン発酵によりエネルギー変換するシステムは、最終的には廃棄物を処理する事業であるため、「事業性」、「環境性」、「社会的意義」の3つの側面が重要となる。この3つの側面のうち、どの効果を重視するかによって事業性や適用するインフラモデルに違いが出るため、事前に目的を明確にしておく必要がある。

また、メタン発酵するシステムは、事業性を確保するために最低でも20～30t/日規模の廃棄物が必要と言われている。今回はそれよりもさらに小規模な発生量でのエネルギー変換を検討するため、廃棄物の回収及び運搬密度が高いエリアでの実施が基本となる。また、事業性をできるだけ良くするには、適切な処理手数料（委託費）の設定、出口部分のCGSの廃熱回収の徹底、メタン発酵の際に生じる残渣の肥料販売など、出口において収入を増加させる工夫も必要となる。

今回のインフラモデルの提案に際して、回収・運搬（入口）及び利用・販売（出口）を踏まえた事業モデルの基本イメージを図4.1に示す。

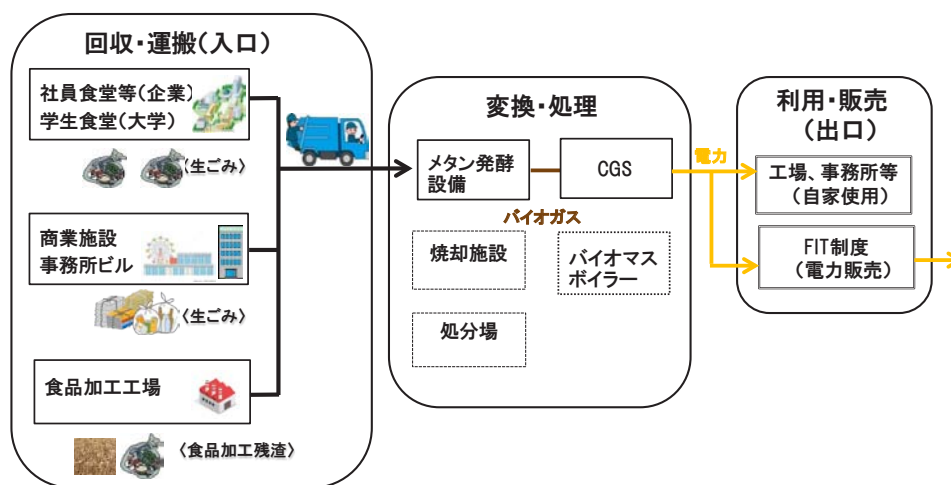


図4.1 事業モデルの基本イメージ

また、商業施設や自治体における生ごみの回収や処理においては、そもそも生ごみから発生する悪臭を封じ込めたいといった現場のニーズや、焼却量そのものを減らしたいといった環境面や社会面の意義が重視されるケースも多い。従って、インフラモデルの検討にあたっては、「事業性」以外にも「環境性」や「社会的意義」も考慮したモデルとする。

最終的に本章では、図4.1の事業イメージを基本に、食品廃棄物等の発生量の規模別に3つのインフラモデルを提案する。今回提案するインフラモデルの名称と分類を表4.1に示す。

表4.1 提案するインフラモデルの名称と分類

項目	モデル①	モデル②	モデル③
モデル名	広域回収型モデル	都市コミュニティ型モデル	住宅型モデル ③-1 マンション、③-2 エコ住宅
廃棄物発生量	大規模 (10t/日以上)	中規模 (1～10t/日)	小規模 (100kg/日以下)

2 広域回収型モデル (大規模)：モデル①

2.1 適用する回収及び運搬モデル (入口)

第2章のアンケート調査結果から、トヨタグループなどの工場が集積する愛知県三河地方、中部国際空港・大規模商業施設・食品工場等が立地する中部空港島などでは、1か所の工場や事業所で1,000kg/日以上が発生量が見込める事業所があることが明らかとなっている。

従って、例えばこれら1,000kg/日程度の発生量が見込める工場(図4.1のA及びB工場)や商業施設(C商業施設)などを中心に、その周辺の工場群(E工場)や事務所ビル(D事務所ビル)などを1つの共同エリア(組合)として巡回し、発生する食品廃棄物等を回収・運搬しながら集約し、最終的にその共同エリア内の中核工場(F工場)に集めて大容量化する。このF工場内にオンサイトエネルギープラントを設置し、メタン発酵を用いてエネルギー変換し、付加価値の高い電気によりエネルギー回収をする。エネルギープラントのCGSには廃ガスボイラーを併設し、発生した廃熱をメタン発酵槽の加温に用いる。さらに余剰が出れば将来的に工業団地などへ熱搬送することも考える。

廃棄物の回収及び運搬については、組合方式を用いて自社で実施する方法もあるが、適用する自治体毎に廃棄物の収集・運搬業の許可を有する一般処理業者に委託して実施するのが現実的である。

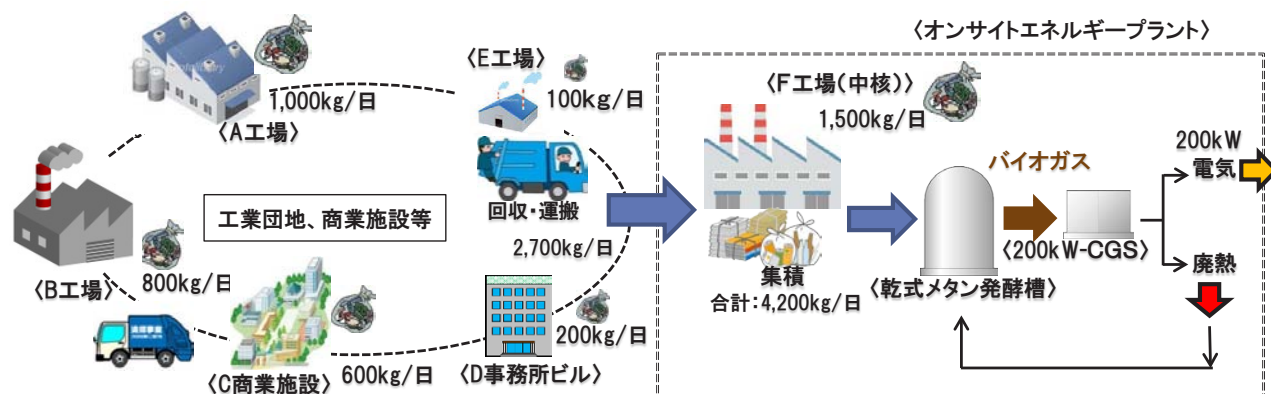


図4.2 広域回収型モデル (大規模) の回収及び運搬イメージ

2.2 適用するエネルギー変換モデル（出口）

この広域回収型モデルについて、図4.2のF工場（地域中核工場）内にオンサイトエネルギープラントを設置してエネルギー変換するケースについて考察してみる。

採用するメタン発酵方式については、発酵温度や槽内構造、攪拌方式などに様々な方法があるが、この広域回収型モデルでは複数の企業から廃棄物を回収するためごみの分別が徹底できない、湿式法を選択すると排水処理が必要となりシステムが複雑となるなどの課題がある。従って、採用するメタン発酵は第2章の株式会社富士クリーンで採用されている「縦型乾式メタン発酵」とし、発生したバイオガスでガスエンジンを駆動して電気を発生し、発生した電気は事業採算性を考慮して、FIT制度により全量を売電する。

また、ガスエンジンについては10t/日規模の廃棄物を全量メタンガス化する想定で、この廃棄物量から発生するバイオガスでCGSが24時間連続運転できる最大容量かつ、海外製のバイオガスエンジンで実績のある200kWを選定した。

このエネルギー変換モデルのシステムフローと、概略の物質収支やエネルギー回収量を図4.3に示す。また、図4.3の概算値から、大まかにこの広域回収型モデルの事業性を、表4.2の試算条件で回収期間法を用いて試算してみた。

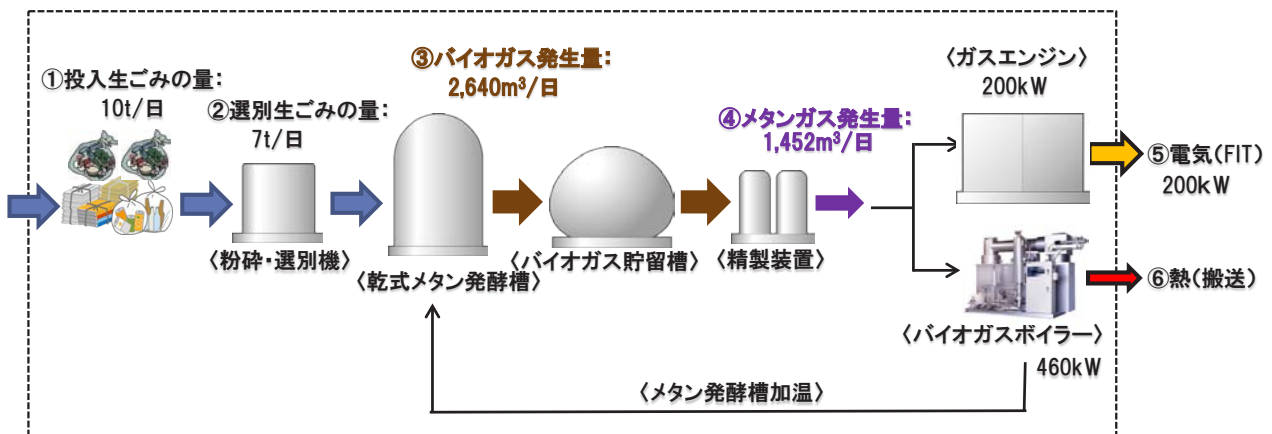


図4.3 広域回収型モデル（大規模）のエネルギー変換イメージ

表4.2 試算条件

モデル	補助金なし	補助率 1/3	補助率 1/2
処理量	10t/日		
収入	1. 廃棄物処分費用	・ 廃棄物処理単価：20円/kg（名古屋市）	
	2. 廃棄物運搬費用	・ 10円/kgで試算（ヒアリングした企業の平均値）	
	3. 売電料金	・ ガスエンジンで発電した全量を39円/kWh（2017年度買取単価）で売電	
支出	1. プラント建設条件	・ F工場内の自社所有の更地（取得及び造成費用を考慮しない） ・ 全額自己資金（借入金なし）	
	2. 人件費	・ 3名×3班（3交替/日）×400万円＝3,600万円	
	3. 減価償却費	・ 生産用機械設備の耐用年数12年間の定額法	

<試算結果>

- ①年間発電量：200kW × 24時間 × 365日 × 0.8（年間稼働率） = 約140万kWh
- ②FIT制度売電単価（2018年度）：39円/kWh
- ③FIT制度売電販売料金：140万kWh × 39円/kWh = 5,460万円/年
- ④廃棄物処理単価（名古屋市）：20円/kg
- ⑤廃棄物処理委託費：10,000kg/日 × 20円/kg × 365日 × 0.8（年間稼働率） = 5,840万円/年
- ⑥減価償却費：8,333万円/年
- ⑦廃棄物運搬費用：5円/kg（ヒアリング先企業等の平均値）
- ⑧廃棄物運搬経費：10,000kg/日 × 5円/kg × 365日 × 0.8（年間稼働率） = 1,460万円/年
- ⑨人件費：3,600万円/年
- ⑩CGSメンテ費：140万kWh × 5円/kWh = 700万円/年
- ⑪ランニングメリット（③+⑤+⑥-⑧-⑨-⑩）：13,873万円/年

一般的な200kWクラスのCGSを用いたバイオガスプラントの建設費は「⑫約10億円程度」である事から、⑬経済性（投資回収年数）は、

$$\text{⑬経済性（投資回収年数）}：100,000 \text{万円} \div \text{⑪}13,873 \text{万円/年} = \underline{7.2 \text{年}}$$

となる。事業性を確保（投資回収5年以内）しようとする、現時点では第2章で調査した南但クリーンセンターや株式会社富士クリーンのように、国の補助（1/2～2/3補助）に頼らざるを得ない。仮に半額補助を受けると想定すれば、⑭経済性（投資回収年数：補助率1/2）は5.2年程度となり、ぎりぎりのところで採算ラインとなる。

本モデルを実際に適用するには、自治体などをまたいでより広範囲に食品廃棄物等を収集し（20t/日以上）、スケールメリットにより発電量当たりの原料費や設備投資に関する減価償却費などを低下させる必要がある。

2.3 本モデルの適用先

中部圏でこの広域回収モデルの条件に合致する設置先として期待できるエリアは、

- ・トヨタ自動車元町工場+豊田鉄工団地（約20社）：愛知県豊田市元町
- ・トヨタ自動車田原工場+明海工業団地（約76社）：愛知県田原市緑が浜
- ・中部国際空港エリア（中部国際空港+イオンモール常滑+名古屋エアーケータリング+空港島ホテル4か所）：愛知県常滑市セントレア
- ・岐阜県可児工業団地（約44社）：岐阜県可児市姫ヶ丘

など、複数の工場や事務所、商業施設等が近接しているエリアが考えられる。表4.3には、各県の企業庁企業立地部や商工労働部などが公開している2017年度時点の工業団地の地点数を示す。既存の中部圏の工業団地等で、約150件程度の潜在的な適用先があるものと想定される。

表4.3 中部圏における工業団地等の地点数（2017年度）

富山	石川	福井	長野	岐阜	静岡	愛知	三重	滋賀	合計(地点数)
20	14	8	13	13	21	30	15	15	149

（出典：各県の企業庁や商工労働部等のデータをもとに集計）

3 都市コミュニティ型モデル（中規模）：モデル②

3.1 適用する回収及び運搬モデル（入口）

第3章のアンケート調査結果から、各企業の事務所の社員食堂（図4.4のA及びB事務所）や中部圏の各大学の学生食堂等（C及びD大学）から発生する生ごみの量は100kg/日未満と非常に少ないことが明らかとなっている。

前項の「2 広域回収型モデル」で試算したように、これらの都市コミュニティでメタン発酵によるエネルギー変換を事業として実施する場合、最低10t/日の廃棄物量が必要となる。10t/日程度を集めようとする100か所程度の事業所を巡回する必要がある。また、10か箇所程度を巡回して1t/日程度の量を確保し、オンサイトで国産最小クラスのCGS（10～35kW）によりエネルギー回収する方法もあるが、FIT制度による売電も不可能で投資回収が厳しいため、原則事業として成立しない。従って、このモデルでは、オンサイトのエネルギープラントを新たに設置するよりは、従来どおり自治体などが運営するごみ処理施設や中間処理場などに処理委託するのが現実的な解である。

しかし、これらの商業施設やスーパーなどでは、夏場に発生する生ごみを冷蔵倉庫などで保存している店舗などもある。また、生ごみをそもそも発生場所から直ぐに除去（運搬）することや、オンサイトで一次処理（脱臭）するなどのニーズも高いサイトである。

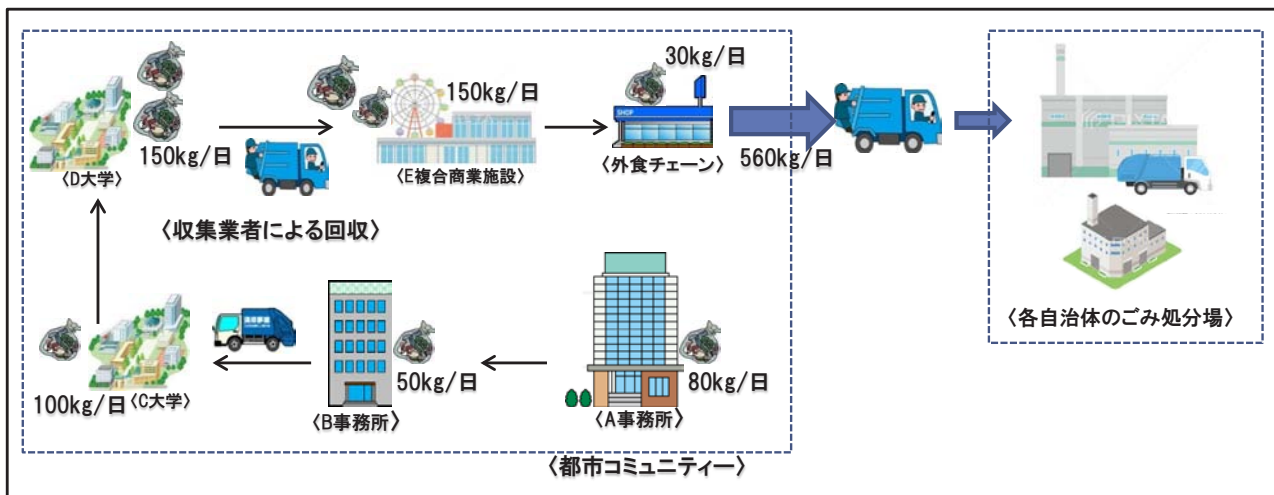


図4.4 都市コミュニティ型モデル（中規模）のイメージ

3.2 適用するエネルギー変換モデル（出口）

この都市コミュニティ型モデルでは、「事業性」ではなく「社会的意義」からエネルギー変換システムを考察してみる。大学や複合商業施設は不特定多数が集まる公共性の高いエリアであり、大規模災害時のBCP対応や避難所としてのエネルギー供給の継続など、防災や減災に関する付加価値が見出せれば、その社会的意義や要請に応える形でのエネルギー変換システムが成立する可能性がある。

特に名古屋市中心部は、南海トラフ地震による被害想定では、地震や津波などの大規模な災害が想定されるため、オンサイト型で自立性、運転継続性を重視するエネルギー変換システムの導入可

能性があると想定される。

大規模商業施設の防災センター、自治体の指定する避難所や企業の体育館などに設置すると仮定した場合の、災害時の自立エネルギー供給システムの例を図4.5に示す。

<p>【通常時】 →</p> <p>既存インフラと小規模メタン発酵を活用してエネルギー供給するシステム</p> <p>電気：商用電力＋バイオマス発電＋太陽光発電＋蓄電池</p> <p>熱（給湯）：ハイブリッド給器（エコワン）による給湯（飲用可）</p> <p>水：水道</p>
<p>【災害時】 →</p> <p>バイオガスを用いた燃料電池発電による防災システム</p> <p>電気：バイオマス発電＋燃料電池＋蓄電池</p> <p>熱（給湯）：燃料電池からの熱を回収しハイブリッド給器（エコワン）による給湯（飲用可）</p> <p>水：貯水機能付給水管</p>

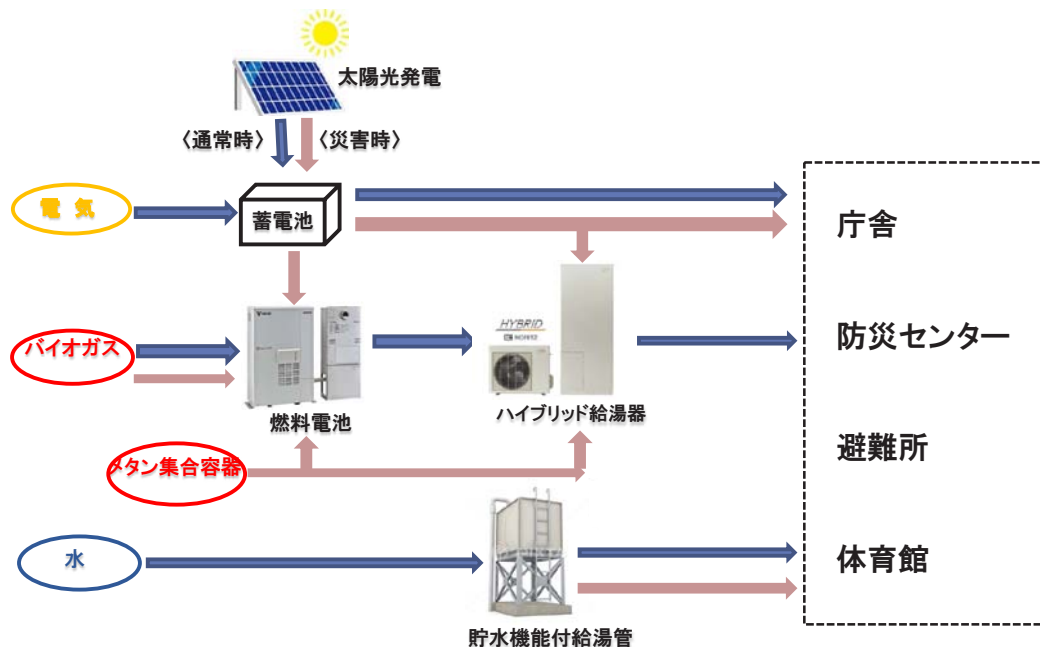


図4.5 都市コミュニティ型モデルの災害時自立エネルギー供給モデルのイメージ

3.3 本モデルの適用先

中部圏で上記の条件に合致する適用先として期待できるエリアは、

- ・名古屋市東部エリア（各賛助会員企業の社員食堂＋名古屋大学＋中京大学＋名城大学＋椋山女学園大学＋愛知淑徳大学＋愛知県立大学等）：名古屋市＋長久手市
- ・ささしまライブ24地区（グローバルゲート＋愛知大学＋中京テレビ＋大和ハウス工業グループ）：名古屋市中村区平池町
- ・港アクルス（複合商業施設＋集合住宅〈約500戸〉）：名古屋市港区港明
- ・岐阜大学周辺エリア（岐阜大学＋岐阜大学病院（特別養護老人保健施設）＋イオン岐阜〈マーサ21〉）：岐阜市

など、都市部で事業所や大学等が集積するエリア、複合商業施設がにぎわいの中核となるエリア等が想定される。

4 住宅型モデル（小規模）：モデル③-1、③-2

4.1 適用するモデル（入口、出口）

2027年のリニア中央新幹線の開業、人口減少に伴う都心回帰や街そのもののコンパクト化の流れを受けて、当地域においても、名駅・伏見・栄地区で大規模な集合住宅を核とした再開発や、大手ハウスメーカー等を中心にホームエネルギーマネジメント技術を採用したスマートタウンやスマートハウスの分譲計画が公表されている。このようなファミリータイプの大規模集合住宅では、「24時間ごみ出し可能」を付加価値の1つにしているマンションなども多いが、特に夏場に、ごみ置き場からの悪臭が問題になっているケースもある。

そこで、この「③-1マンション型（大規模集合住宅）」においては、各家庭から発生する生ごみをマンション共用部に設置した超小型バイオマスプラントでメタン発酵し、発生したバイオガスで燃料電池発電（オンサイト発電）を行うインフラモデルのイメージを図4.6.1に示す。

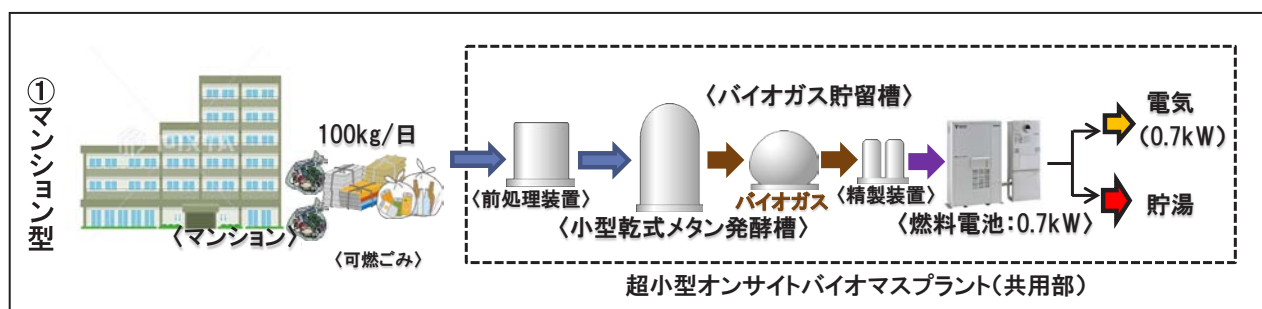


図4.6.1 マンション型（小規模）のイメージ

一方、スマートシティーを構成する「③-2エコ住宅型」においては、全戸コンポスト付きのエコ住宅とし、生ごみとその他の可燃ごみの分別を徹底することを住民に促す。可燃ごみについては、これまでどおり自治体毎の収集及び運搬ルートに従って回収し、ごみ処理場で処分する。一方で、生ごみについては全戸に設置したコンポストを用いて分解し残渣は肥料販売するなどの活用方法も考えられる。このエコ住宅型の回収、運搬及び処理システムのイメージを図4.6.2に示す。

このモデルは、生ごみを全く排出しない「生ごみゼロ住宅」としての販売促進が期待できると共に、環境に優しい資源循環型の廃棄物処理を促す社会モデルとしての一助を担うものと期待できる。

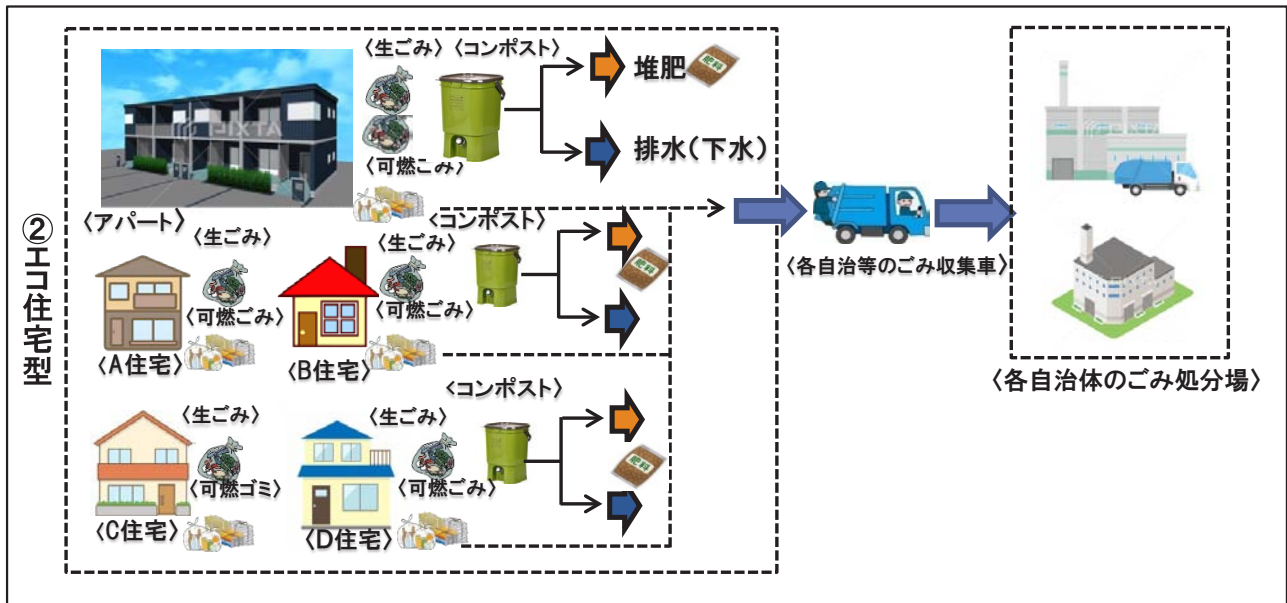


図4.6.2 エコ住宅型（小規模）のイメージ

4.2 本モデルの適用先

中部圏で上記の条件に合致する適用先として、

- ・ 納屋橋東地区再開発エリア（テラッセ納屋橋（複合施設）+プラウドタワー栄（347戸））
- ・ 30戸以上（1棟当たりの排出量が100kg/日以上）のマンション、集合住宅

などが想定される。

株式会社不動産経済研究所の「超高層マンション市場動向2017」によれば、中部圏4県（愛知県、岐阜県、静岡県、富山県）の20階建て以上の超高層分譲マンションの2017年以降の年間計画棟数（戸数）は、20棟（3,830戸）と見込まれている。もちろん、この20棟全てにこのマンション型のインフラモデルが導入できるわけではないが、これらの物件は潜在的な導入先であると期待できる。

5 まとめ

これまで4章において、「広域回収型モデル（大規模）」、「都市コミュニティー型モデル（中規模）」、「住宅型モデル（小規模）」の3つのインフラモデルについて、その適用イメージと導入可能性について検討してきた。

今回提案した3つのインフラモデルを、机上の検討や実証実験の段階から事業化ステージに移行するには、何れのケースでも一定量以上の廃棄物量を確保すること、CGSによる発電プラントの規模を出来るだけ大きくするなど、事業性をできるだけ良くする工夫が必要となる。

ただし、事業性（コスト）だけにこだわり過ぎると、そもそもこういったインフラモデルの導入は困難になってしまうため、まずは国の補助金制度等を用いて小型の実証プラントとしてスタートし、事業期間の中で中・長期的な視点で、

- ・ 周辺地域や隣接事業所等からの食品廃棄物等の調達先の拡大
- ・ 中部圏の特性（農業、漁業、林業、食品加工工場など）に見合った新規の調達先の開拓

- ・エネルギープラント内での熱利用先の拡大、新規供給先の開拓
 - ・発酵残渣や消化液の補助燃料や液肥としての販売先の確保
 - ・地域産業や地元自治体との連携による事業性以外の防災などの付加価値の訴求
- などの課題を、1つ1つ地道に解決していくことが必要となってくる。

参考文献

1. 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課 メタンガス化施設整備マニュアル（改定版）、（平成29年3月）
http://www.env.go.jp/recycle/waste/biomass/data/manual_seibi_r.pdf
2. 横山伸也，芋生憲司（2009）『バイオマスエネルギー』森北出版株式会社
3. 独立行政法人科学技術振興機構低炭素社会戦略センター 技術開発編：バイオマス廃棄物のメタン発酵（着手段階）、（平成26年3月）
<https://www.jst.go.jp/lcs/documents/publishes/item/fy2013-pp-05.pdf>
4. 株式会社不動産経済研究所 超高層マンション市場動向2017，（2017年4月）
<https://www.fudousankeizai.co.jp/share/mansion/283/md20170425.pdf>

第5章 まとめ

1 調査研究内容のまとめ

本調査研究事業によって明らかになった内容を以下に記載する。

<最新のバイオマスの利用技術>

- ・高含水率バイオマスのエネルギー変換技術としてのメタン発酵については、FIT制度などにより、多くの商用施設が稼働しつつある。
- ・乾式発酵については、システムの小型化や低コスト化が期待できるため、中小の自治体を中心に商用稼働が始まりつつある。その中でも、縦型乾式メタン発酵はさらなるシステムの小型化や簡素化が期待できるため、今回検討したインフラモデルのエネルギー変換技術として有望である。

<食品廃棄物等（高含水率バイオマス）に関する実態調査結果>

- ・中部圏9県の企業や大学等に、アンケートによる実態調査を行った。その結果、食品廃棄物等は各企業の社員食堂や大学等の学生食堂、大規模商業施設、食品加工工場などから発生しているが、その発生量は平均すると1事業所当たり100kg/日程度と少ない。
- ・再生利用率については、中部圏においては一部再生利用ありのサイトを含めると34%程度であり、全国ベースの24%を若干上回る程度であった。
- ・バイオマスからエネルギー回収が可能なことは多くの企業で認識されており、適切で安価な回収技術があれば試してみたいという企業は全体の約62%と多い。

<インフラモデルに関する検討結果>

- ・食品廃棄物等の発生量帯別に、オンサイトで「メタン発酵+発電」によりエネルギー変換するシステムについて、3つのインフラモデルを提案した。
- ・3つのモデルのうち、事業として成立するのは食品廃棄物等を地域の中核工場等に集約する「広域回収型モデル」であるが、事業性以外に社会的意義（防災・減災、生ごみリサイクル100%マシジョン等）を見出せば、「都市コミュニティー型モデル」や「住宅型モデル」などの小規模なシステムでも導入できる可能性はある。

2 今後の取り組みについて

これまで第1章及び第2章で述べてきたとおり、食品廃棄物等のバイオマスを電気に変換すれば、その電気はFIT制度により20年間の買取り対象となり投資回収が有利となることから、今後多くの施設が稼働する見込みである。民間調査会社の調べでは、バイオマスエネルギーの市場規模は今後さらに拡大する見込みであり、2017年度は現状の約1.3倍、2020年度には約2.2倍に拡大するとの予測も出されている。

今回提案したインフラモデルについては、次フェーズで国の補助事業の枠組みなどを活用して具体的

な社会実装に繋げるプロジェクトに移行し、食品廃棄物等の効率的な回収や運搬などの入口部分における課題、発生した電気を系統連系する際や、ガスエンジンから発生する低温廃熱の有効活用方法などの各種課題解決につなげ、当地域でオンサイトにより食品廃棄物等のバイオマスから地産・地消でエネルギー回収するシステムの普及につなげていきたい。

おわりに

昨年度は「再生可能エネルギー利用研究会」を発足し、国内外の再生可能エネルギー利用技術および導入状況に関する動向調査を行った。その成果報告書として「中部圏における再生可能エネルギーの利用拡大に関する調査研究」をまとめた。

今年度はその成果に基づき、引き続き社会実装に向けたプロジェクト提案を目指して、新たなメンバーで構成される「バイオマスを用いた分散型エネルギーインフラモデル検討研究会」を数回にわたって開催し検討を行ってきた。その過程で、比較的高含水率のため未利用の食品廃棄物をターゲットにしてバイオガス転換する利用技術が、中部圏では第1段階として最も導入可能性があり、波及効果も高いであろうとの結論に至った。そこで、食品廃棄物を大量に排出していることが想定される中部圏の工場、事業所、大学生協等へ、排出量、処理方法、リサイクル導入の意向等についてアンケート調査を行った。その結果、事業所規模に応じた食品廃棄物賦存量をある程度把握することができただけでなく、各事業所ともリサイクルに対する関心は高いものの有効なシステムが確立していないことから、ほとんどリサイクルが進んでいない現状が明らかとなった。そこで食品廃棄物処理規模に応じて経済性を鑑みつつ、食品廃棄物回収および処理システムのあり方を検討し、本報告書「再生可能エネルギーを利用する分散型エネルギーインフラモデルの構築」としてまとめることができた。今後はここで提案したシステムをさらにブラッシュアップして、二酸化炭素ゼロエミッションに貢献できるよう社会実装に繋げるプロジェクトへと展開できれば幸いである。

本報告書の作成に当たっては、施設の見学やアンケート調査を快く受け入れていただいた企業、機関、事業所等にはこの場をお借りして謝意を表したい。また、本研究会の活動をサポート頂いた公益財団法人中部圏社会経済研究所にも感謝申し上げたい。

バイオマスを用いた分散型エネルギーインフラモデル検討研究会 座長
岐阜大学大学院工学研究科環境エネルギーシステム専攻 教授
板谷 義紀

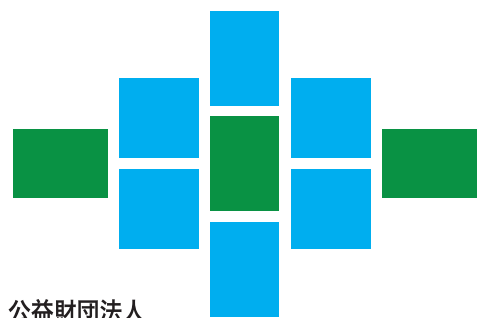
「再生可能エネルギーを利用する
分散型エネルギーインフラモデルの構築に関する調査研究」
報告書

2018年4月

制作発行 公益財団法人 中部圏社会経済研究所
(担当：企画調査部 加藤 啓)

〒460-0008 名古屋市中区栄四丁目14番2号 久屋パークビル3階
TEL：(052) 212-8790 FAX：(052) 212-8782
URL：http://www.criser.jp/

本調査研究報告書の著作権は、当財団に帰属します。
無断で複写・転載することをご遠慮ください。



公益財団法人
中部圏社会経済研究所
Chubu Region Institute for Social and Economic Research

〒460-0008
名古屋市中区栄四丁目14番2号 久屋パークビル3階
TEL: 052-212-8790 FAX: 052-212-8782
URL: <http://www.criser.jp>