

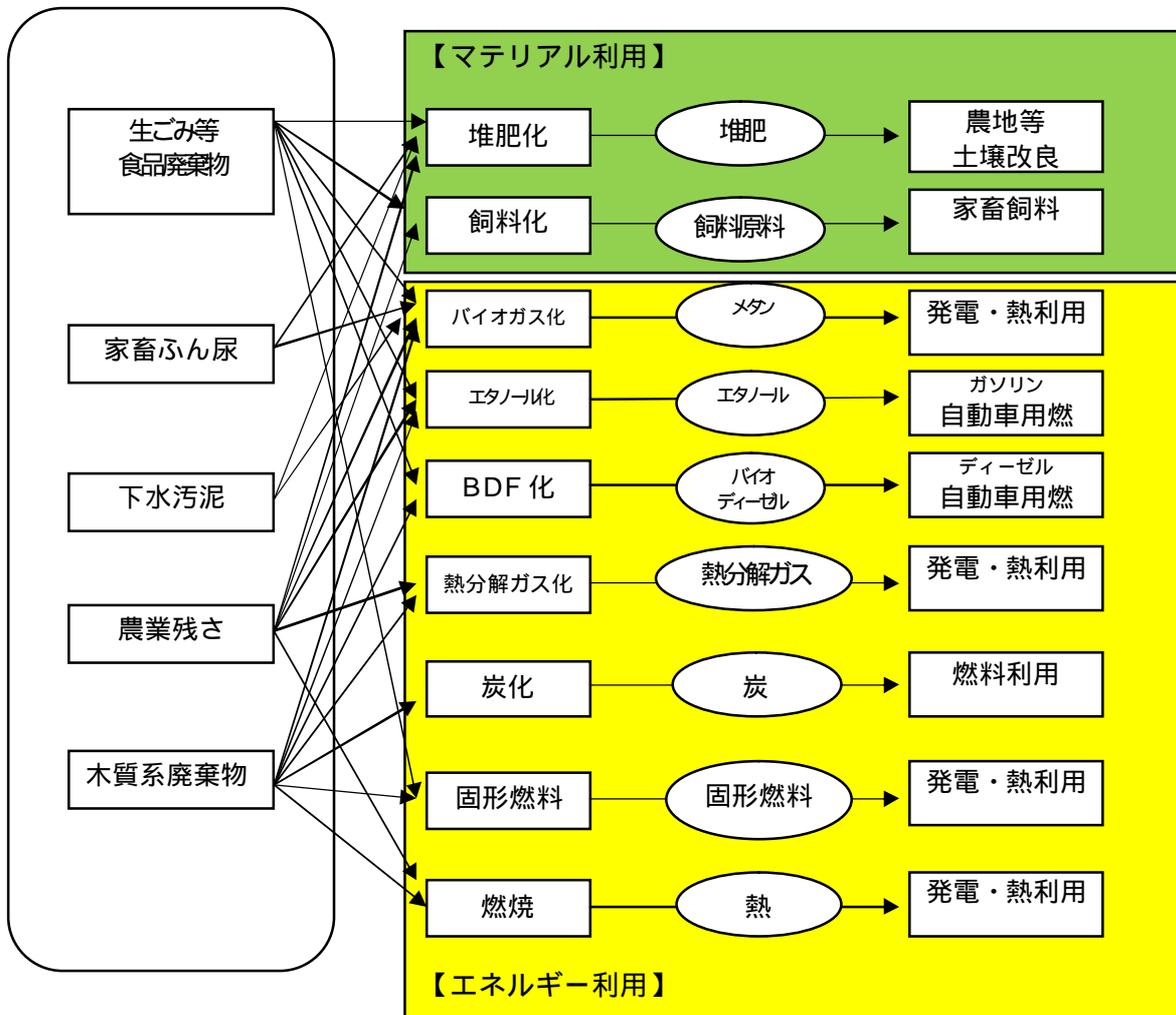
第2章 資源化技術の概要

第1節 有機性廃棄物の種類と利用用途

有機性廃棄物は生ごみ（食品廃棄物）のみではなく、家畜ふん尿、汚泥、農業残さ、木質系廃棄物等があり、それぞれ性質の違いにより利用用途が異なります。

環境省資料によると、生ごみは堆肥化、飼料化、バイオガス化、エタノール化、BDF化、固形燃料化に適しているとされています。（出典：環境省 生ごみ等の3R・処理に関する検討会 資料

図1-6参照）



出典：環境省 生ごみ等の3R・処理に関する検討会 資料

図1-6 バイオマス系廃棄物の利用用途の概要

堆肥化及び飼料化については、技術的に確立されていると言えますが、エネルギー利用については、すべての技術が確立されているわけではありません。生ごみ（食品廃棄物）に関する適用技術で、実証以上の技術水準を有する技術としてはメタン発酵、エタノール発酵、エステル（BDF）化、固形燃料化が該当します。但し、固形燃料化については生ごみのみが対象ではなく可燃ごみとしての処理技術であり、エステル化は廃食用油のみが対象となっています。（表 1- 1 参照）

表 1- 1 バイオマスの種類ごとに対応するエネルギー変換技術とその技術水準

エネルギー変換技術		技術水準	食品廃棄物	家畜ふん尿	下水汚泥	農業残さ	木くず
生物化学的変換	メタン発酵	実用化					
		実証					
	エタノール発酵	実用化	注 1				
		実証	注 2				
	アセトン・ブタノール発酵	開発					
水素発酵	開発						
熱化学的変換	熱分解ガス化	実用化					
		実証					注 3
	超臨界ガス化・油化	基礎研究					
	炭化	実用化					
エステル(BDF)化	実用化	注 4					
燃焼	直接燃焼	実用化					
		実証			注 5		注 6
	固形燃料化	実用化					注 7

注 1:糖蜜など糖・澱粉系のものが対象。

注 2:生ごみを対象とした実証施設が、NEDO 委託により H17～H21 稼働したため、追記した。

注 3:小規模システム、GTL（ガストゥリキッド）を含む。

注 4:食用油が対象。

注 5:炭化物の火力発電所利用。

注 6:小規模システムの実証、火力発電所での混焼の実証。

注 7:ペレット化を含む

出典：「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第 2 版）」（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）に一部加筆

技術レベルの区分： 事例多数・対応技術として向いている

事例有・対応技術として向いている

事例有・対応可能な技術

第2節 資源化技術の概要

本節では、メインの生ごみ資源化技術として想定される堆肥化、飼料化、メタン発酵、エタノール発酵の各技術の概要を整理します。

1. 堆肥化技術

1) 概要

好気性雰囲気下で、微生物の力により有機物を分解し、堆肥を生産することを主目的としている技術です。堆肥化の反応は生物反応であり、ごみ焼却施設のような急激な燃焼反応とは異なり、時間をかけて発酵反応が行われます。

2) 処理フロー

堆肥化施設は、主設備として発酵設備を中心とした下図に示すような基本的流れになっています。なお、付帯設備として、搬送設備、脱臭設備、給水設備、排水処理設備、集じん設備等が設置されます。

堆肥化施設においては、製造堆肥の品質を高めるための選別(異物除去)工程が重要であり、発酵・熟成設備の前後に選別装置が設置されることが多く、発酵速度を上げるために、破碎工程が前処理設備に設置されます。この破碎・選別工程は施設運営上から重要なものであり、収集方式により設置される機器の種類が異なるので、実情に合わせて計画する必要があります。また、発酵促進用の通気と臭気除去のための排風を行う通風設備も必要です。(図1-7参照)

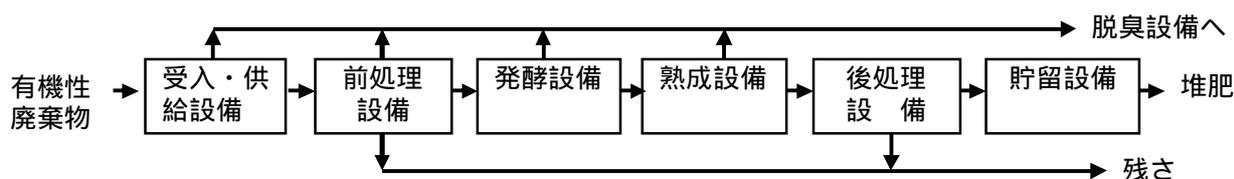


図1-7 堆肥化施設の基本フロー

3) 留意点

(1) 異物の除去

廃棄物を原料とする堆肥は異物が混入しやすいため、異物除去が重要です。対策としては、資源化施設での異物除去と排出時の異物除去がありますが、この2つをうまく組み合わせる必要があります。特に水銀体温計や乾電池には重金属が含まれており、これを破碎してしまうと堆肥に混入します。乾電池は磁力選別機で除去することもできますが、水銀体温計等は機械的には発見・除去することは困難ですので、施設に搬入されないようにすることが重要です。また、プラスチック類が混入すると、除去が困難な上目立ちますので、利用者が使用を嫌がる原因となります。

(2) 堆肥の品質

堆肥化の原料に廃棄物を用いる場合は、基本的に「廃棄物処理法」に準拠する必要があり、製品堆肥は「肥料取締法」に従わなければなりません。

製品堆肥の基準として、「肥料取締法」により規制された水銀、ヒ素、カドミウムの重金属が規制値以下であることを確認しなければなりません。また、環境庁（現 環境省）の通達、告示の勧告値として土壌中の亜鉛と銅の土壌中の蓄積量に制限があるため、亜鉛と銅の含有量を分析する必要があります。

堆肥を販売あるいは無償配布する場合、特殊肥料の届出を行う必要があります。また、肥料取締法の規定によって、肥効成分であるN（窒素）、 K_2O （カリ）、 P_2O_5 （リン酸）、銅、亜鉛、石灰、C/N比（炭素・窒素比）、含有水分量の表示を行うこととされています。

2. 飼料化技術

1) 概要

食品廃棄物の飼料化の方法は、原料や飼料の給与先が多様であることから、様々な方法があります。食品残さは、一般的な特性として水分含量が70～80%と高く、形状や性状が多岐であり、発生する季節、排出地域の世帯構成や生活環境等も、分別の精度や性状に大きな影響を受けます。飼料化の基本的な製造工程は、脱水・乾燥等による低水分化が主体であり、乾燥等により腐敗を防止してハンドリング性の改善を図り、発酵や粉碎、熱処理、脱脂等の工程により飼料化されることとなります。

2) 処理フロー

飼料化技術には大別すると発酵・乾燥方式、蒸煮・乾燥方式及び油温減圧乾燥処理方式があります。

(1) 発酵・乾燥方式

発酵・乾燥方式は発酵促進剤(微生物資材)を添加し高温にて発酵・乾燥させ粉末状とするものです。

(図 1- 8 参照)

(2) 蒸煮・乾燥方式

蒸煮・乾燥方式は専用の蒸煮装置で120～140 程度の加圧蒸煮処理し固形分と液体分に分離して、固形分は乾燥・粉末状とする方式です。(図 1- 9 参照)

(3) 油温減圧乾燥処理方式

油温減圧乾燥処理方式は、廃食用油等を間接熱媒体として加熱し加熱油と有機質系原料とを混合接触させ、原料中の水分を乾燥させる方式です。通常の大気圧下で水を100 以上に熱すると物質中の水分が気化し空气中に蒸発することと、油の沸点が水より高いことを利用し、さらに装置内を減圧状態にして、水の沸点及び媒体油の温度を下げ油の劣化を防ぎ、比較的低温で乾燥処理する方式です。

(図 1- 10 参照)



発酵菌添加

図 1- 8 発酵・乾燥方式

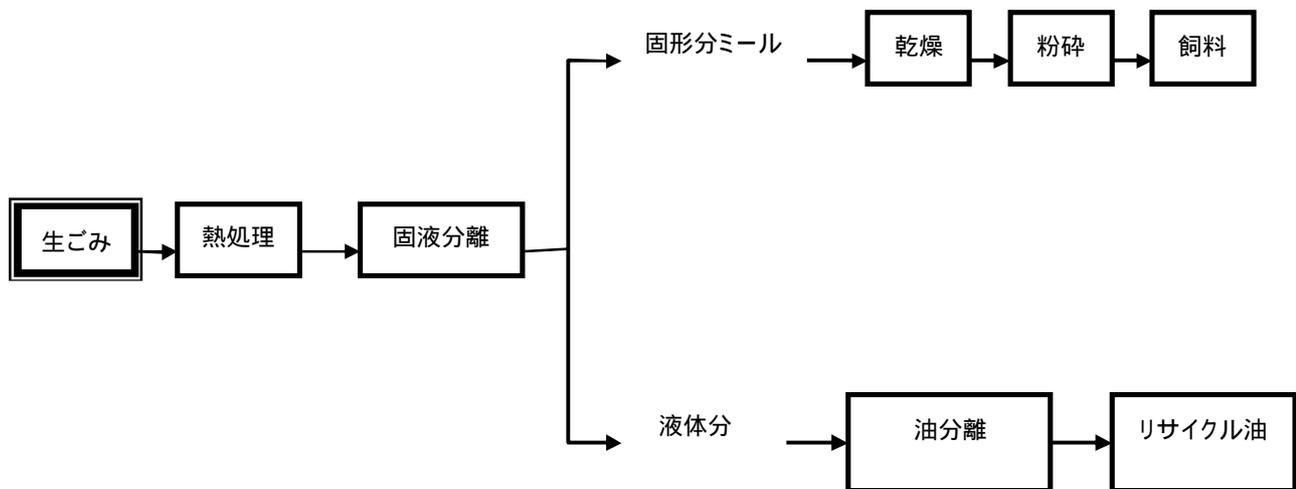


図 1- 9 蒸煮・乾燥方式

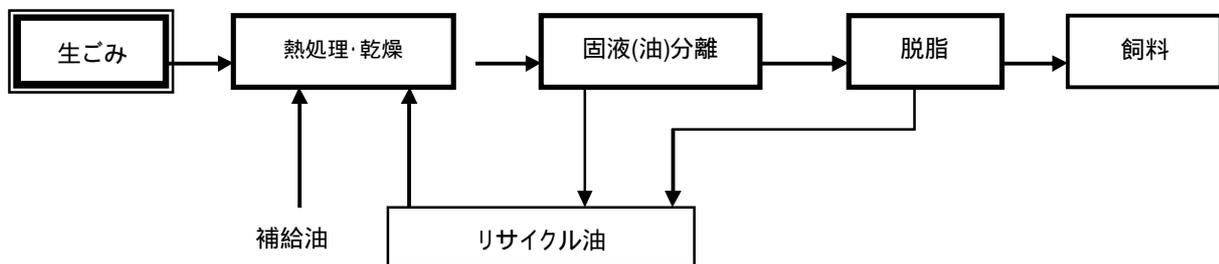


図 1- 10 油温減圧乾燥方式

3) 留意点

飼料は家畜の成長、生体維持および繁殖や乳肉卵などの畜産物生産から、それらを食品として摂取する人間の健康に影響を及ぼす点にまで配慮する必要があります。飼料が家畜に対し有害であってはならないと同時に、人間に対する食料の安全性が求められ、食料と同様に食品安全基本法において製造業者等は「安全性の確保」の責務があるとされています。飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律（以下「飼料安全法」）や家畜伝染病予防法、食品残さ等利用飼料の安全性確保のためのガイドラインが制定されており、原料収集、製造、保管、給与等に際して、これらの規定を遵守しなければなりません。

3. メタン発酵技術

1) 概要

有機性廃棄物を嫌気性微生物によって分解し、メタンガスを生産することを主目的としている技術です。その他、分解によって残る汚泥や廃液をさらに処理して堆肥や液肥を生産するシステムとの組合せもあります。

2) 処理フロー

発酵方式には、厨芥類等を前処理により液状化してメタン発酵槽に投入する湿式メタン発酵と、固形物形状のまま高濃度で投入する乾式メタン発酵があります。

(1) 湿式メタン発酵

原料を液状化する方法はいくつかあり、機械的に圧縮搾り出し・混合可溶化を行うもの、微生物により加水分解・酸発酵させるもの、薬品や熱により溶解されるもの、及びこれらを組み合わせた手法が用いられています。厨芥類を主原料とするとき、固形物濃度は6～10%程度に調整されます。

(図1-11 参照)

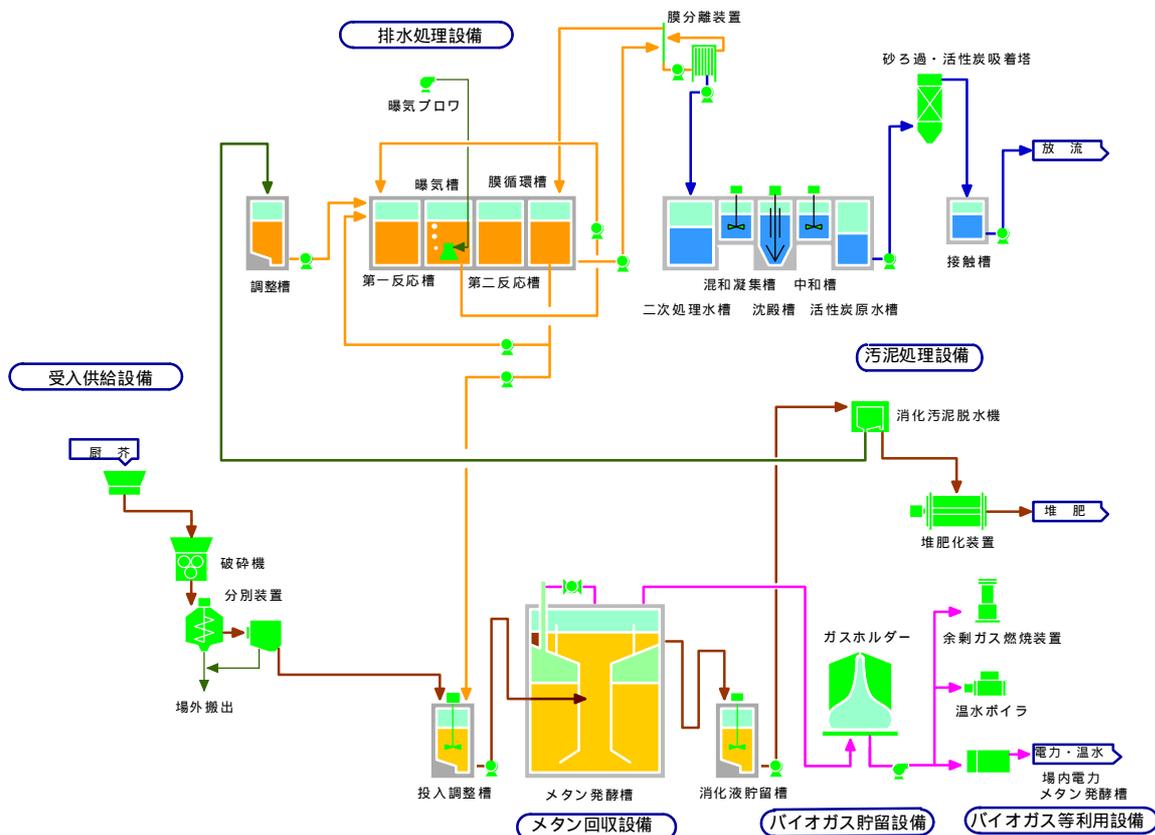


図1- 11 湿式メタン発酵

(2) 乾式メタン発酵

原料を破砕し特に前処理することなく固形物形状のまま発酵槽に投入する方式であり、原料は破砕され、熱交換器で昇温された後、コンベヤ等で発酵槽に投入されます。異物混入に強いシステムであり、剪定枝、紙類等も選別除去することなく破砕するのみで原料として供給できます。固形物濃度は25～40%に調整されます。(図1-12参照)

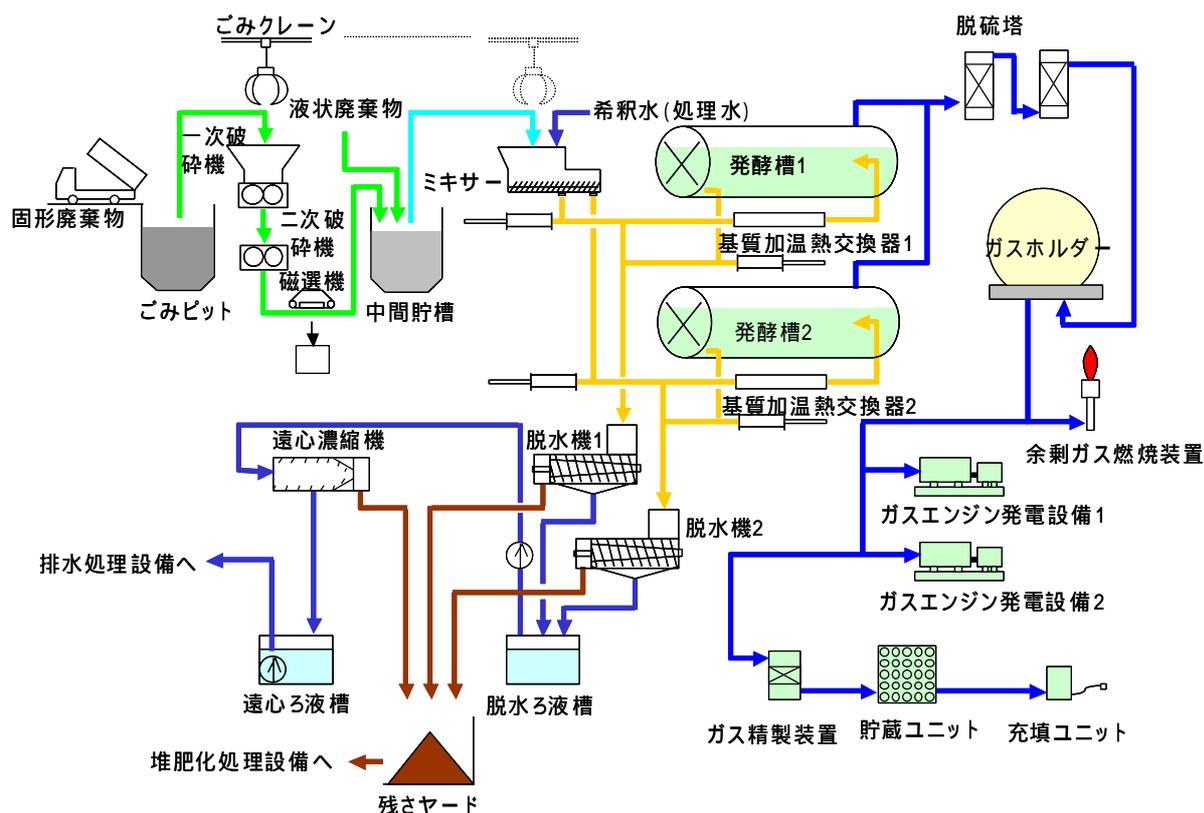


図1-12 乾式メタン発酵

4. エタノール発酵技術

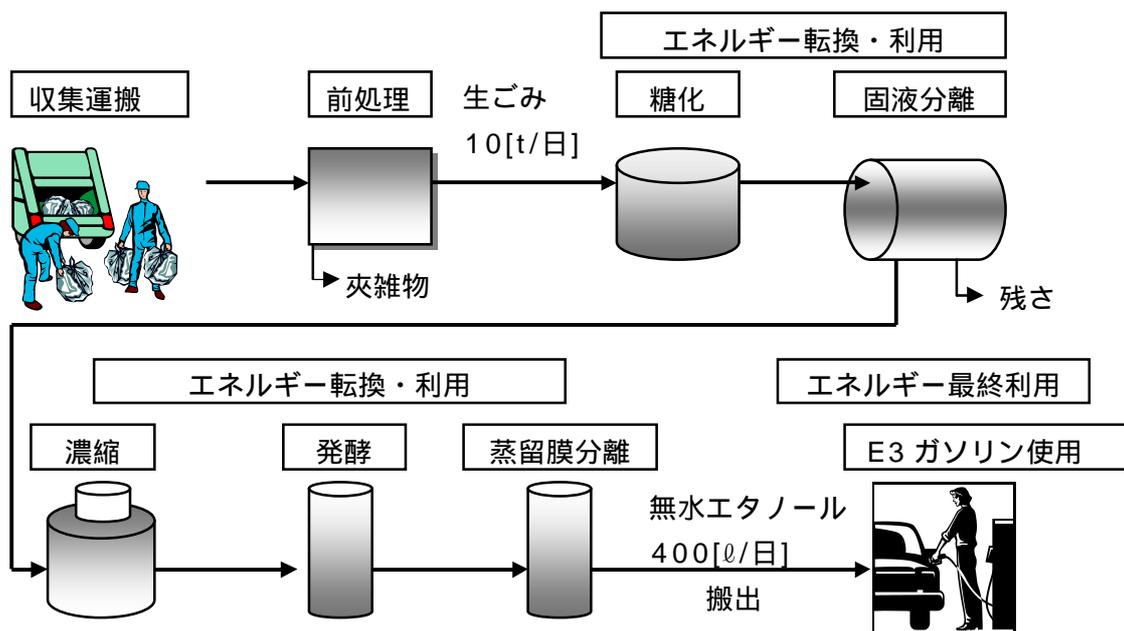
1) 概要

バイオエタノールはガソリンの代替として使用することにより、化石燃料であるガソリン消費量を低減できるとともに、光合成で循環生産されるバイオマス(植物資源)を原料とするため、CO₂ニュートラルと見なされる燃料です。ブラジルやアメリカでは自動車燃料として、100%バイオエタノール又はバイオエタノールを10～20%混合したガソリン(E10、E20)が、市場化され利用されています。

バイオエタノールの原料は、でんぷん質原料(トウモロコシ、麦等の穀物類と、サツマイモ、ジャガイモ等)と糖質原料(サトウキビ、甜菜等)が古くから利用されており、近年はセルロース質(廃木材、わら、草、パガス等)も原料として開発されています。一般廃棄物や産業廃棄物から分別された食品廃棄物(生ごみ)はこれらの成分の混在した原料であり、一般廃棄物から分別した生ごみや産業廃棄物の食品廃棄物を原料とするバイオエタノール製造の実証が北九州市で行われています。

2) 処理フロー

生ごみからのエタノール製造工程の概要を下図に示します。本施設は、食品廃棄物 12 t / 日（生ごみ 10 t / 日）を原料に無水エタノール 400 L / 日を製造するものであり、北九州市で実証試験として行われていたものです。原料とする廃棄物にはビニール袋、弁当箱、木片等の夾雑物が 16% 程度混入するため糖化槽投入前に破碎選別除去を行っていました。（図 1-13 参照）



自動車燃料として利用する場合、揮発油等の品質の確保等に関する法律（揮発油等品確法）に基づくエタノール混合率 3% の遵守が必要である。また排ガス規制面からエタノールを含めた含酸素化合物に関する許容限度を 3.5 vol% と目標値が設定されている。



図 1-13 食品廃棄物-エタノール製造工程（北九州市）

3) 留意点

バイオエタノールは、無色透明、揮発性、特有な芳香を有し、常温で引火性があるため、製造・貯蔵・運搬施設の施設管理は、消防法に基づき取扱いに留意しなければなりません。エタノールは、致酔性があるためアルコール分 1 度以上 90 度未満のものは酒税法で、90 度以上のはアルコール事業法で管理されており、誰でもが自由に製造、販売、使用することはできない他、「エタノールは許可を受けた用途以外に使用することはできず、たとえ不要になったからといって手続きを踏まず勝手に

処分することは出来ない」と規定されています。炭化水素系物質として見なし大気汚染物質に係る規則も制定されている県市があります。施設管理には、通風、温度、湿度、遮光、防爆、静電気の発生等に注意し、転倒、落下、漏洩、引火爆発防止に留意することが必要です。

第3節 生ごみ資源化に係る公害防止条件

生ごみ資源化施設は多様な処理、再生技術が適用されるため、適用される要素技術も単一技術は少なく、複数の技術を組み合わせた形態が一般的です。(表1-2参照)

生ごみ処理施設が関連する公害要素は、設備やプロセス構成により異なりますが、各々の施設で大気汚染、水質汚濁、騒音・振動、悪臭が考えられます。それぞれ、「大気汚染防止法」、「水質汚濁防止法」、「悪臭防止法」、「騒音規制法」、「振動規制法」等が適用されますので、施設の設備構成等に応じた対応を検討する必要があります。(表1-3～表1-5参照)

表1-2 生ごみ処理施設における公害要素

	設備	工程	公害要素
メタン発酵施設	受入・供給設備	搬入・供給・貯留	粉じん・臭気・排水
	前処理設備	破碎・選別・調質	粉じん・振動・騒音
	発酵設備・ガス利用設備	発酵・ガス貯留・発電等	Sox・NOx・HCl・ばいじん等
	残さ処理等	脱水・水処理・乾燥等	排水・白煙・臭気
堆肥化施設	受入・供給設備	搬入・供給・貯留	粉じん・臭気
	前処理設備	破碎・選別・乾燥	粉じん・騒音・振動・臭気
	発酵設備	発酵・貯留	臭気・粉じん

出典：廃棄物処理施設技術管理者講習 基礎・管理課程 有機性廃棄物資源化施設 (財)日本環境衛生センター

表1- 3 メタン発酵施設における分析項目と頻度

試料名 分析項目	破 碎 生ごみ	可溶化 汚 泥	投入原料	メタン発酵 槽 混合汚泥	余剰汚泥	放流水
測定頻度	年4回	年4回	年4回	月1回	月1回	月1回
TS						
SS						
BOD						
COD _{Cr} 又は VS						
COD _{Mn}						
T - N						
NH ₄ - N						
Kj - N						
T - P						
PO ₄ - P						
色度(420nm)						
Mアルカリ度 〔CaCO ₃ 換算〕						
Ca						
Fe						
Mg						
酢酸						
プロピオン酸						
イソ酪酸						
ノルマル酪酸						
イソ吉草酸						
ノルマル吉草酸						

注記) 上記項目、資料名については法規制はないが、処理施設として実施が望ましい。
放流水については放流先の種別により、関係法令の規制を受けることになる。

出典：廃棄物処理施設技術管理者講習 基礎・管理課程 有機性廃棄物資源化施設 (財)日本環境衛生センター

表1- 4 脱臭装置の分析項目と頻度

分析項目 (特定悪臭物質)	分析項目	分析方法 昭和47年環境庁告示第9号 「特定悪臭物質の測定の方法」	参考基準
			悪臭防止法(敷地境界) 工業の用に供されている地 域または悪臭に対する順応 の見られる地域の上限值
アンモニア	ppm	液体捕集-吸光光度法	5
硫化水素	ppm	直接捕集 - ガスクロマトグラフ (FPD) 法	0.2
メチルメルカプタン	ppm		0.01
硫化メチル	ppm		0.2
二硫化メチル	ppm		0.1
トリメチルアミン	ppm		液体捕集 - ガスクロマトグラフ (FID) 法
アセトアルデヒド	ppm	NPH誘導体化捕集 - ガスクロマトグラフ (FTD) 法	0.5
スチレン	ppm	固体捕集 - ガスクロマトグラフ (FID) 法	2
プロピオン酸	ppm	固体捕集 - ガスクロマトグラフ (FID) 法	0.2
ノルマル酪酸	ppm		0.006
ノルマル吉草酸	ppm		0.004
イソ吉草酸	ppm		0.01

注記) 悪臭防止の適用箇所での実施となり、測定頻度は年1~2回程度。

法的な規制がなく装置の性能確認試験として年1回以上は実施したい。また、臭気発生源によっては特定悪臭物質だけの測定では複合臭等には対応ができない。このため、臭気濃度あるいは臭気指数の測定による評価は不可欠である。この測定方法は平成7年環境庁告示第63号の三点比較式臭袋法が用いられている。

出典：廃棄物処理施設技術管理者講習 基礎・管理課程 有機性廃棄物資源化施設 (財)日本環境衛生センター

表 1- 5 製品堆肥に関する分析項目と頻度

分析項目		測定頻度	参考基準（肥料取締法）		
			普通肥料の公定規格	表示規制値	
表示成分含有試験	水分含有量	%	年1回	-	「乾物当り表示」する場合表示
	全炭素（C）	%	年1回	-	-
	全窒素（N）	%	年1回	-	表示
	炭素窒素比（C/N比）	-	年1回	-	表示
	リン酸全量	P ₂ O ₅ %	年1回	-	表示
	加里全量	K ₂ O%	年1回	-	表示
	石灰全量	CaO%	年1回	-	現物中15以上
	銅全量	mg/kg	年1回	-	現物中300以上
	亜鉛全量	mg/kg	年1回	-	現物中900以上
	pH（固定費1：10）	-	年1回	-	-
有害成分含有試験	水銀	mg/kg	年1回	2以下	-
	カドミウム	mg/kg	年1回	5以下	-
	砒素	mg/kg	年1回	50以下	-
	鉛	mg/kg	年1回	100以下	-
	ニッケル	mg/kg	年1回	300以下	-
	クロム	mg/kg	年1回	500以下	-
有害成分溶出試験	水銀又はその化合物	mg/l	年1回	0.005以下	-
	カドミウム又はその化合物	mg/l	年1回	0.3以下	-
	砒素又はその化合物	mg/l	年1回	0.3以下	-
	鉛又はその化合物	mg/l	年1回	0.3以下	-
	六価クロム化合物	mg/l	年1回	1.5以下	-
	シアン化合物	mg/l	年1回	1以下	-
	有機リン化合物	mg/l	年1回	1以下	-
	PCB	mg/l	年1回	0.003以下	-
	アルキル水銀化合物	mg/l	年1回	検出されないこと	-
	トリクロロエチレン	mg/l	年1回	0.3以下	-
	テトラクロロエチレン	mg/l	年1回	0.1以下	-
	ジクロロエタン	mg/l	年1回	0.2以下	-
	四塩化炭素	mg/l	年1回	0.02以下	-
	1,2-ジクロロエタン	mg/l	年1回	0.04以下	-
	1,1-ジクロロエチレン	mg/l	年1回	0.2以下	-
	1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	年1回	3以下	-
	1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	年1回	0.06以下	-
	1,3-ジクロロプロペン	mg/l	年1回	0.02以下	-
	チウラム	mg/l	年1回	0.06以下	-
	シマジン	mg/l	年1回	0.03以下	-
チオベンカルブ	mg/l	年1回	0.2以下	-	
ベンゼン	mg/l	年1回	0.1以下	-	
セレン	mg/l	年1回	0.3以下	-	

肥料取締法の一部改正（平成11年7月28日交付法律第111号）により、汚泥肥料やたい肥などの特殊肥料としての届出から、普通肥料としての登録制に移行され、これらの肥料の生産・流通に当たり制限事項として以下3項目の規制が加えられた。

- (1) 含有を規制されることとなる有害成分の種類
 下水汚泥肥料・し尿汚泥肥料・工業汚泥肥料・混合汚泥肥料・焼成汚泥肥料・汚泥発酵肥料～砒素、カドミウム、水銀、ニッケル、クロム、鉛
 水産副産物発酵汚泥～砒素、カドミウム、水銀
 硫黄及びその化合物～砒素
- (2) 金属類を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令（昭和48年総理府令第5号）の別表第一の基準に適合する原料をしようしたものであること。
 （注）上記基準については、アルキル水銀化合物、六価クロム化合物、PCB等の23種類の物質に関する溶出基準が定められている。
- (3) 植害実験の調査を受け、害が認められないものであること。
- (4) 牛の部位を原料とする場合にあっては、牛のせき柱等が混入しないものとして農林水産大臣の確認を受けた工程において製造されたものであること。

出典：廃棄物処理施設技術管理者講習 基礎・管理課程 有機性廃棄物資源化施設（財）日本環境衛生センター