

食品廃棄物系バイオマスのエネルギー利用システムについて - 現状、課題及び今後の方向性 -

1. 食品廃棄物系のバイオマスのエネルギー利用の検討の視点

家庭の生ごみ、外食産業・小売・卸売等流通過程での食品残さ、食品製造業等製造過程での食品残さの利用用途として、飼料・たい肥等の原材料利用に次ぎ、ガス化・エタノール化等の燃料化、発電等のエネルギー利用がある。このバイオマスのエネルギー利用は、地球温暖化防止にも貢献する意義の高いシステムである。

生ごみ等食品廃棄物の利用用途として、原材料利用とエネルギー利用は相互に競合関係にある一方で、補完関係にもあると考えられる。また、生ごみ等食品廃棄物のこうした利用用途は、家畜ふん尿のたい肥化や木質系バイオマスの燃料化等のように、他のバイオマス系廃棄物の利用用途とも重なる。

このようなことから、生ごみ等食品廃棄物のエネルギー利用を検討するに当たっては、循環基本法の基本原則に沿ったものとするを前提とし、原材料利用との競合 / 補完関係や、他のバイオマスのエネルギー利用との競合 / 補完関係を考慮することが必要である。

その上で、生ごみ等食品廃棄物の原材料利用とバイオマス全体のエネルギー利用を進展・持続させることのできるシステムの具体像を明確化することが適切である。

また、エネルギー変換技術の水準、賦存量、代替する既存の燃料・エネルギーとの関係、バイオマスの集荷・エネルギー利用のシステム化等を考慮する必要がある。

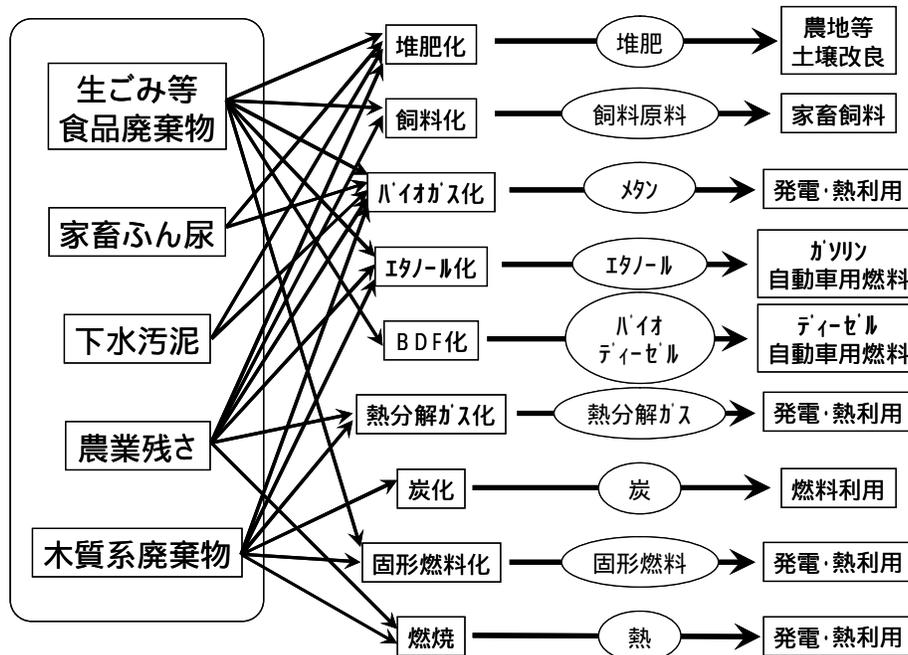


図 1 バイオマス系廃棄物の利用用途の概要

2. 各種バイオマスのエネルギー変換技術の水準

各種バイオマスに対応するエネルギー変換技術について、技術水準(実用化、実証、研究開発) を表 1 に整理する。

表 1 バイオマスの種類ごとに対応する変換技術とその技術水準

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					
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 2
	超臨界ガス化・油化	基礎研究					
	炭化	実用化					
エステル化	実用化	注 3					
燃焼	直接燃焼	実用化					
		実証			注 4		注 5
	固形燃料化	実用化					注 6

注 1 : 糖蜜など糖・澱粉系のものが対象。

注 2 : 小規模システム、GTL (ガストウリキッド) を含む。注 3 : 食用油が対象。

注 4 : 炭化物の火力発電所利用、注 5 : 小規模システムの実証、火力発電所での混焼の実証。

注 6 : 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)

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

3. バイオマスエネルギーの賦存量と利用可能性

主要バイオマス全体のエネルギーとしての賦存量及び利用可能量の試算例を図2に示す。この試算によれば、利用可能量（経済性等の実際上の利用制約を考慮しておらず、現実的な利用可能量は更に限定）は年間当たり 1,327PJ（約 3,500 万原油換算 kL 相当）であり、一次エネルギー総供給量の 6%弱に相当する。

また、この試算で食品廃棄物とされるものはバイオマス全体のエネルギー賦存量の 22%を占め、木質系バイオマスに次いでウエイトは大きい。寄与の大きい食品加工廃棄物は具体的には、食品製造工場の有機性汚泥である。

食品販売廃棄物、家庭生ごみ、廃食用油の3つのエネルギー利用可能量は、63PJであり、バイオマス全体の約5%となっている。なお、実際にはこれら3つのものについては、その一部が飼料化・たい肥化されるため、残る部分がエネルギー利用の対象となる。

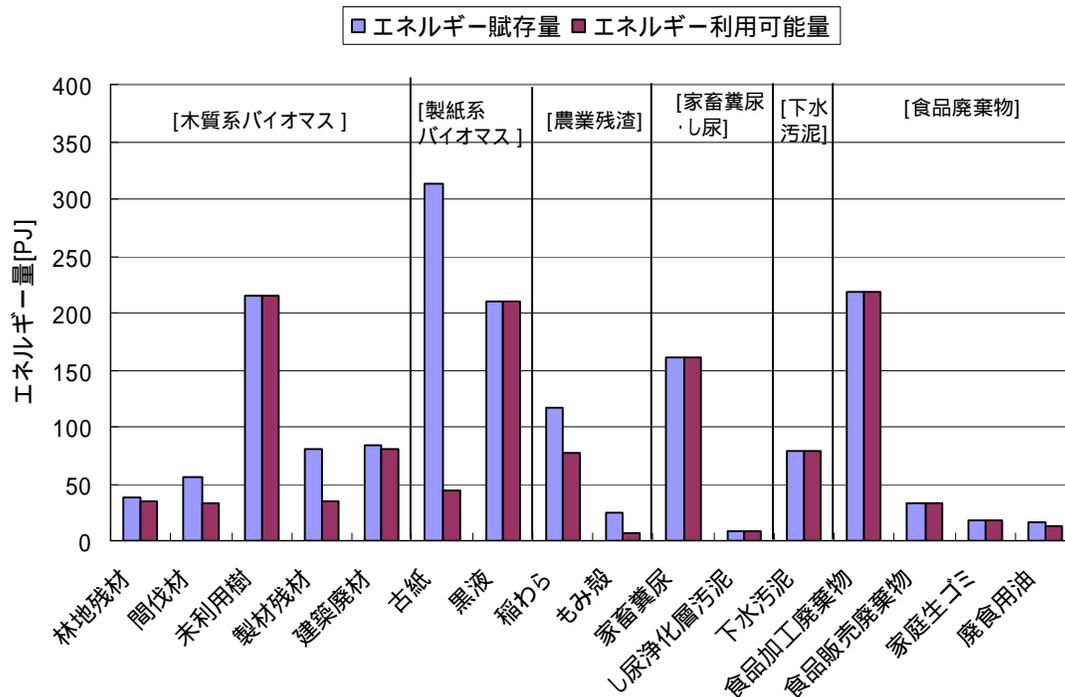


図2 我が国の主要バイオマスエネルギーの賦存量と利用可能量

(注1) 利用可能量の設定条件は概ね以下の通り

木質系・製紙系・農業残さ・廃食用油：賦存量からエネルギー用途以外の有効利用分を除いた量を利用可能量と想定

家畜ふん尿・し尿・下水汚泥、廃食用油を除く食品廃棄物：賦存量全量を利用可能と想定

(注2) 出典：「新エネルギー導入基礎調査 バイオマスエネルギーの利用・普及政策に関する調査」(社団法人日本エネルギー学会)

バイオディーゼル燃料利用システム

概要		植物油を原料とし、熱化学的変換によりエステル化してバイオディーゼル燃料を生成し、ディーゼル自動車の燃料として軽油と混合又は代替利用する、又はガスエンジンやボイラーで灯油や重油との混合利用により発電又は熱として利用するシステム。
競合材料		自動車用又は建設機械用又は農業機械用等の燃料（軽油） 発電機用又はボイラー用の燃料（灯油、重油）
普及・導入の状況		実績は多いが、自治体主導、NPO 主導での小規模のものが多く、公用車、ごみ収集車、バスなど限定的な利用。 京都市では、1997 年度より廃食油をバイオディーゼル燃料に転換し、約 220 台のごみ収集車全車でニート（BDF100% 燃料）を給油している。また、2000 年度からは、81 台の市バスにも軽油に 20% 添加して利用。
課題	経済性	製造コストの低減（価格が軽油よりも高い）
	利用面	寒冷地における冬期のバイオディーゼル燃料の粘性低下
	システム	原料の回収と自動車燃料利用を含めたシステム化が必要
今後の可能性・方向性		京都市をはじめとして 70 箇所以上で利用が進められており、その他にも計画を有する地域がある。燃料規格が検討されており、将来的には地域における取組は定着・増大していくものと見込まれる。個々の地域システムにおいて、原料となる廃食用油の回収システムづくり、経済性の向上がポイント。
各種データ	バイオマスの利用可能量	食品系バイオマス（廃食用油）： 賦存量 17PJ/年 利用可能量 13PJ/年
	単位エネルギー量当たりコストの事例	B D F 価格（事業者の平均的小売価格）70～90 円/L（2.0～2.5 円/MJ）（軽油価格 107 円/L、灯油価格 70 円/L）
	建設・ランニングコストの事例	廃食用油 5,500L/日の施設の場合、施設建設費約 7.5 億円、ランニングコスト約 85 円/L

熱分解ガス化

概要		<p>いろいろなバイオマス(食品廃棄物、木くず、農業残さ等)を原料とし、高温場において熱分解と化学反応により、燃料ガスを生成し、ガスエンジンやボイラーで発電又は熱として利用するシステム。</p> <p>含水率の高いバイオマスでは、燃焼熱が水分の蒸発潜熱として浪費されてしまうので、低含水率のバイオマスを対象とするのがエネルギー利用のためには望ましい。</p>
競合材料		発電機用又はボイラー用の燃料等(都市ガス、重油、灯油、LPG)
普及・導入の状況		木質系バイオマスを対象としたものを中心に約 20 件の実績がある。
課題	経済性	トータルコストの低減
	技術	タールの分解促進による総合的エネルギー収支(冷ガス効率)の向上及び安定運転
今後の可能性・方向性		<p>ガス化は直接燃焼に比べ、システム的には複雑になるが、発電効率等は将来的には高くなると期待されている。</p> <p>小規模でも一定の効率を得られるため、少量発生する地域での有効活用が可能となる。</p> <p>燃料ガスの他、化学原料ガスを生成することも可能であり、燃料以外での利用用途も期待される。(ただし、化学原料ガスの利用は、精製してメタノール、エタノール、酢酸、ホルムアルデヒドなどの原料となるが、現状では天然ガスを原料とする方が経済的)</p>
各種データ	バイオマスの利用可能量	<p>食品製造工場汚泥系バイオマス : 賦存量 218PJ/年 利用可能量 218PJ/年</p> <p>食品廃棄物系バイオマス : " 67PJ/年 " 63PJ/年</p> <p>畜産・汚泥系バイオマス : " 247PJ/年 " 247PJ/年</p> <p>木質系バイオマス : " 471PJ/年 " 395PJ/年</p> <p>製紙系バイオマス : " 523PJ/年 " 254PJ/年</p> <p>農業残渣系バイオマス : " 141PJ/年 " 84PJ/年</p> <p>[合計 : 賦存量 1,667PJ/年(利用可能量 1,261 PJ/年)]</p>
	単位エネルギー量当たりコストの事例	<p>木質系バイオマス 200 t /日の施設の場合、発電コスト 7.5 円/kWh</p> <p>資材屑 50 t /日の施設の場合、発電コスト 20 円/kWh</p>
	建設・ランニングコストの事例	間伐材・製材屑等 5 t /日のガス化発電施設の場合、施設建設費約 3 億円

炭化

概要		いろいろなバイオマス（食品廃棄物、汚泥、木くず、農業残さ等）を原料とし、空気の供給を制限し、高温場において熱化学的変換により炭を生成し、炭を発電機やボイラー、ストーブ等で発電又は熱として利用するシステム。
競合材料		発電用又はボイラー用の燃料（石炭、石油等）
普及・導入の状況		古くから利用されているシステムであるが、利用先の問題から広く普及していない。
課題	システム	炭の品質確保に加え、炭の安定な利用先確保のシステム化
今後の可能性・方向性		岩手県のペレットボイラー、ペレットストーブ等のように炭の利用先を含めた地域システムの構築がポイント。ストーブ等新しい燃料利用分野や、エネルギー以外の新用途（活性炭、土壌改良材、畜産飼料添加材、床下調湿材、融雪材、水質浄化材）での利用拡大が期待される。
各種データ	バイオマスの利用可能量	食品製造工場汚泥系バイオマス： 賦存量 218PJ/年 利用可能量 218PJ/年 食品廃棄物系バイオマス： " 67PJ/年 " 63PJ/年 畜産・汚泥系バイオマス： " 247PJ/年 " 247PJ/年 木質系バイオマス： " 471PJ/年 " 395PJ/年 製紙系バイオマス： " 523PJ/年 " 254PJ/年 農業残渣系バイオマス： " 141PJ/年 " 84PJ/年 [合計： 賦存量 1,667PJ/年（利用可能量 1,261 PJ/年）]
	バイオマス当たりの変換量	木質系バイオマス（マツの樹皮とおがくず混合物）の場合、原料1（乾ベース）に対して炭が0.20（木ガスを多く生成する場合）～0.35（炭を多く生成する場合）生成される。
	単位エネルギー量当たりコストの事例	家畜ふん尿 23.1 t/日の施設の場合、製造コスト 12 円/MJ 廃木材チップ 115 t/日の施設の場合、製造コスト 0.2 円/MJ

(3) 研究開発段階の技術

以下の技術は、生ごみに適用可能であると考えられるが、現段階では実用化段階になく、研究開発段階のものである。

アセトン・ブタノール発酵技術

概要		食品廃棄物等に含まれる糖系のものを原料とし、微生物反応によりアセトン・ブタノールを生成するシステムである。焼酎滓等も発酵基質として利用できる。エタノール発酵と同様、生ごみ全体ではなく、対象となるバイオマスに限られる。
競合材料		自動車用等の燃料（軽油）
普及・導入の状況		研究開発段階にある。
課題	経済性	トータルコストの低減
	技術	最終生成物（ブタノール他）の阻害対策
	システム	生成物の連続抽出（連続運転）
今後の可能性・方向性		植物油バイオディーゼル燃料にブタノールを混合することにより、着火性が改善し、黒煙発生も防止。 燃料の他、アセトンはメタクリル樹脂の原料あるいは塗料溶剤として、ブタノールはイソプレン、イソプテン等の原料としての利用拡大が期待されるが、相応の供給ロットと安定供給を確立することが課題。
各種データ	バイオマスの利用可能量	食品製造工場汚泥系バイオマス : 賦存量 218PJ/年 利用可能量 218PJ/年
		食品廃棄物系バイオマス : " 67PJ/年 " 63PJ/年 畜産・汚泥系バイオマス : " 247PJ/年 " 247PJ/年 [合計 : 賦存量 532PJ/年 (利用可能量 528 PJ/年)]

5. 国内及び海外におけるバイオマスエネルギー利用システムの導入・取組事例

(1) バイオガス

概観（日本、海外）

- ・日本では、食品工場や家畜ふん尿処理施設、下水処理施設において発生するバイオガスを発電や加温用燃料として、発生源近傍で利用するオンサイト利用が多く、一部でバイオガスを生成して都市ガス原料や天然ガス自動車燃料として利用する事例がある。
- ・欧州では、コジェネレーションを含む発電用燃料や地域暖房の熱源用燃料として広く利用されており、スウェーデンでは自動車用燃料としても利用されている。英国とドイツの生産量が多く、それぞれ3割以上を占めている。
- ・アジアでは、中国や南アジアにおいて古くから燃料として利用されており、中国では家庭用バイオガス発酵槽が数百万個普及している。

導入事例（日本）

- ・神戸市において、下水処理場から発生する消化ガスを生成したメタンガスを天然ガス自動車の燃料として利用している。都市ガス燃料と同等の走行性能が得られることを確認。
- ・横須賀市において、家庭の生ごみを分別収集し、メタン発酵により生成したメタンガスをごみ収集車の燃料として利用している。
- ・長岡市において、下水消化ガスを精製して都市ガス原料としてガス事業者へ売却している。供給ガス量は一般家庭約1,000世帯分に相当し、売却利益は約1,100万円/年。
- ・北海道の空知支庁管内3地域（北空知、中空知、南空知）では、家庭及び事業所から排出される生ごみを対象にバイオガスを生成している。バイオガスは、施設内及び隣接処理施設等において利用している。

導入事例（海外）

- ・ドイツでは、稼働している施設のほとんどは、農家で発生する家畜ふん尿や有機性残渣を原料としたもので、導入されている発電機の出力は平均約85kW、発電量は総計で約140万kWにものぼり、バイオガス産業による雇用は2,000人ともいわれている。最近では発電量500kW以上の大型バイオガス施設も増えつつあり、その多くは家畜ふん尿以外の有機性残渣も加えて、一緒に発酵させて出たガスを利用している。

(2) エタノール

概観（日本、海外）

- ・国内では、バイオエタノール導入を推進するため、バイオエタノールの製造及び利用に係るE3実証走行試験が展開されている。
- ・経済産業省においてETBE（エタノールを原料として製造できるエチル・ターシヤル・ブチル・エーテル）の自動車用燃料利用に向けた検討が行われている。

- ・米国では、2005年8月に成立した「2005年エネルギー政策法」において、自動車燃料へのバイオエタノールの使用を義務付けた。
- ・欧州では、2020年までに輸送用燃料の20%を代替燃料とすることを目標としている。
- ・中国では、トウモロコシ等を原料とするE10の利用が進められている。

導入事例（日本）（実証事業）

- ・北海道十勝地区、大阪府、沖縄県宮古島、伊江島等において、地域実証の取組が進められている。

導入事例（海外）

- ・海外では、サトウキビ（ブラジル）やトウモロコシ（米国）を主要原料としたエタノール製造が行われ、ガソリン自動車用の燃料として利用されている。

(3) BDF

概観（日本、海外）

- ・日本では、自治体やNPO等が中心となって、原料となる廃食油の回収から燃料製造、燃料利用全般に取り組む事例が多い。
- ・BDFの自動車用燃料利用に向けたニートBDF、混合軽油の規格化の検討が行われている。
- ・欧州では、ドイツによる取組が先行しており、2003年に発令されたバイオ燃料指令により、EU加盟各国での導入が拡大しつつある。燃料としては、BDF5%混合軽油が広く流通している他、ドイツではB100が市販されている。
- ・アジアでは、タイ、インド、フィリピン、インドネシア等で普及が進められている。

導入事例（日本）

- ・京都市では、家庭や業務商業施設等で発生する廃食用油を回収してBDFを生産している。BDF年間生産量は1,500KLであり、市バスやごみ収集車燃料として利用している。

導入事例（海外）

- ・海外では、ナタネ油、ヒマワリ油、ダイズ油を原料としたバイオディーゼル製造が行われ、ドイツではディーゼル自動車燃料として市販利用されている。