

食品廃棄物系バイオマスのエネルギー利用の現状及び課題等について

1. エネルギー利用の現状

(1) 全体像

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いで、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考えられる。バイオマスのエネルギー利用は、地球温暖化対策としても有効である。

バイオマスのエネルギー利用については、エネルギーに変換する主な技術として発酵等の生物化学的変換、ガス化等の熱化学的変換及び燃焼の3つの方法がある。

生物化学的変換である各種発酵は、含水率の高いバイオマスに適しており、中でもメタン発酵を用いたシステムは食品廃棄物、家畜ふん尿、下水汚泥を中心として多数の実用化事例が見られる。また、エタノール発酵は糖・澱粉系のものを対象として実用化が進められている。このほか、アセトン・ブタノール発酵、水素発酵のように研究開発段階の技術もある。

熱化学的変換は、含水率の低いバイオマスに適しており、木くずの熱分解ガス化システムや、木くずや農業残さ等の炭化システムが実用化されている。また、廃食用油を対象としたエステル化（バイオディーゼル化）のシステムも実用化の事例が多数見られる。

(参考) バイオマスをエネルギーとしてみた場合のポテンシャルは、一次エネルギー総供給量の6%弱(そのうち、食品系の廃棄物は、食品製造業の有機性汚泥を含め22%を占める)に相当するが、地域に散在している。

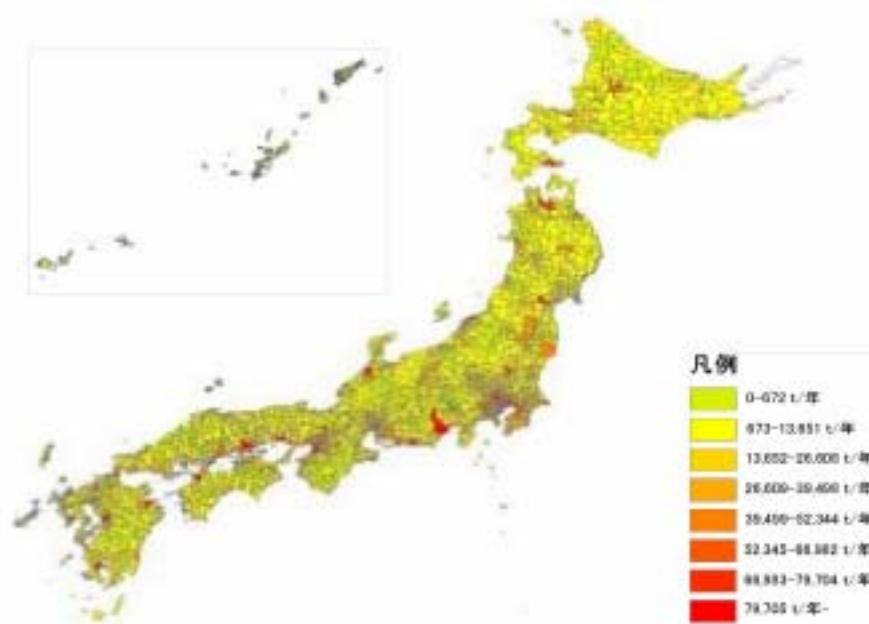
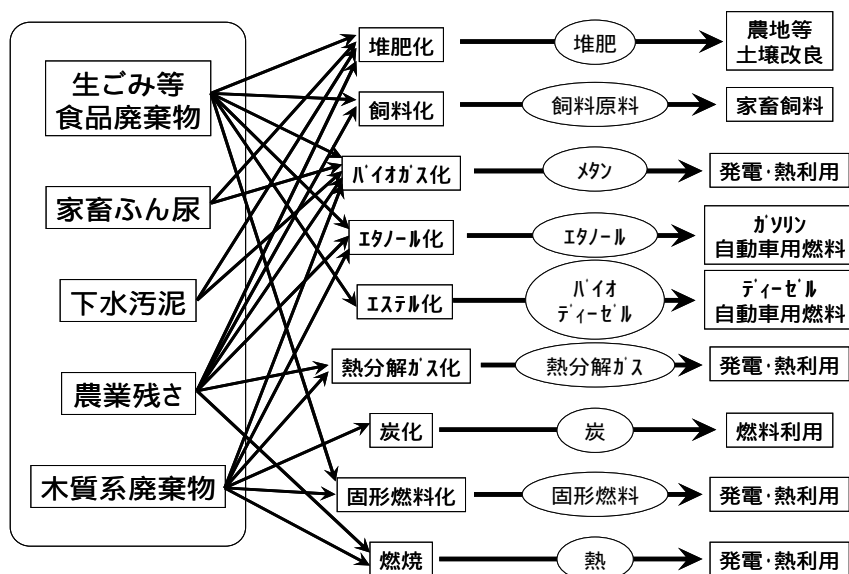


図1 食品系バイオマスの地域別賦存量

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）（2005年9月）

図2 バイオマス系廃棄物の利用用途の概要



(注) 矢印は、表1の 、 について示す

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

(注) : 事例多数、対応技術として適、 : 事例有、対応技術として適、 : 事例有、対応技術として可

- 1 : 糖蜜など糖・澱粉系のものが対象
- 2 : 小規模システム、GTL (ガストウリキッド) を含む
- 3 : 食用油が対象
- 4 : 炭化物の火力発電所利用
- 5 : 小規模システムの実証、火力発電所での混焼の実証
- 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)
(2005年9月)

(2) 取組事例

北海道中北空知地区におけるバイオガス化（メタン発酵）システム

北海道中北空知地域では、平成 15 年から、北空知衛生センター、中空知衛生組合リサイクリン、砂川クリーンプラザの 3 施設で、地域毎の 5 市町から排出される家庭系・事業系一般廃棄物の生ごみを原料としたメタン発酵による発電・熱回収を行い、施設内利用や売電（一部施設）を行っている。各施設の処理能力は 16～55 トン/日、発電機能力は 94～400kW、生ごみ 1 トン当たりのメタンガス発生量は 132～168Nm³、発電量は 419～1,617MWh となっている。

京都市におけるバイオディーゼル燃料化システム

京都市では、平成 16 年から、京都市南部クリーンセンターにおいて、市民の協力により回収した廃食用油と事業系の廃食用油からバイオディーゼル燃料を製造し、市のごみ収集車（約 220 台）及び市営バス（約 95 台）の燃料として使用している。施設の処理能力は廃食用油 5,500 リットル/日、BDF 製造能力は 5,000 リットル/日（年間約 150 万リットル）で、廃食用油リサイクルだけでなく、CO₂ 排出抑制、地域コミュニティの活性化等にも貢献している。

ビール工場における燃料電池

千葉、栃木等のビール工場では、平成 10 年から、有機系工場排水を利用したメタン発酵により発生したメタンガスを燃料電池の原燃料として工場内利用で活用している。

沖縄県におけるバイオエタノールの実証事業

沖縄県宮古島において、平成 17 年から、製糖工程から排出される廃糖蜜からバイオエタノールを製造し、バイオエタノール混合ガソリン（E3）を用いた自動車走行利用までの一貫した実証事業が行われている。

(3) コスト比較 (生ごみを原料とするメタン発酵施設とごみ焼却施設)

区分	事例	イニシャルコスト	ランニングコスト	備考
メタン発酵施設	a	1,772 百万円 32 百万円 / (ト/日)	約 21,000 円 / ト (収集運搬経費は含まない)	中空知衛生施設組合 (処理能力 55 ト / 日) (発電機能力 80kW × 5 基)
	b	957 百万円 44 百万円 / (ト/日)	約 9,800 円 / ト (収集運搬経費は含まない)	砂川地区保健衛生組合 (処理能力 22 ト / 日) (発電機能力 30kW × 4 基)
	c	928 百万円 58 百万円 / (ト/日)	約 5,000 円 / ト (人件費、補修費を除く) ㈱クボタからの聞き取り	北空知衛生センター (処理能力 16 ト / 日) (発電機能力 47kW × 2 基)
	d	概ね 50 百万円 / (ト/日) (50 ト/日を超える規模ではあまりスケールメリットは見られない)		メタン施設の建設費 (食品系) 表 2 参照
ごみ焼却施設	e	15,163 百万円 51 百万円 / (ト/日)		規模: 100 ト/日以上 (1 件平均 295 ト/日) 15・16 年度 (11 件) の平均
	f	3,826 百万円 51 百万円 / (ト/日)		規模: 50 ~ 99 ト/日 (1 件平均 75 ト/日) 15・16 年度 (10 件) の平均
	g	2,865 百万円 64 百万円 / (ト/日)		規模: 49 ト/日以下 (1 件平均 45 ト/日) 15・16 年度 (2 件) の平均
	h		30,000 円 / ト (収集運搬、最終処分経費を含む)	全国平均 (収集運搬、中間処理、最終処分)
	i		30,000 円 / ト (破碎等を含む)	名古屋市 (焼却、破碎等)
	j		22,000 円 / ト (焼却のみ)	京都市 (焼却のみ)
	k		62,000 円 / ト	産業廃棄物処理費 (動物性残さ)

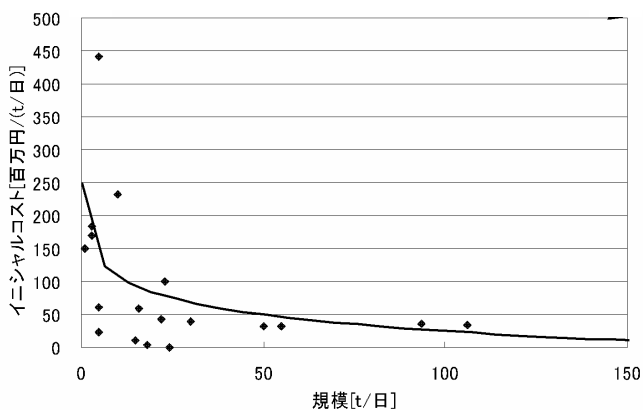


表 2 メタン施設の建設費 (食品系)

(注) 各コストの参考文献等

a, b, c : 当該施設からの聞き取り (一部を除く)

d : 「バイオマス燃料 - 導入ガイドブック (第 2 版)」

(2005 年 9 月) より 表 2 も同じ

e ~ g : 「都市と廃棄物 (VOL35 No.7)」

(株式会社環境産業新聞社) より

h : 環境省「日本の廃棄物処理」(平成 15 年度) より

i : 「名古屋ごみレポート'04 版」より

j : 「平成 16 年度環境局事業概要」(京都市) より

k : 環境省「産業廃棄物の処理処分料金等に関する調査」

(平成 14 年度) より

2. バイオマスのエネルギー利用の課題及び考え方

(1) 基本的、全体的な考え方

エネルギー利用と飼料及びたい肥利用（原材料利用）との関係

循環型社会形成推進法の基本原則に沿って、生ごみ等食品廃棄物のうち、飼料及びたい肥の原材料として利用し易いもの（例えば、品質、量が安定している食品製造過程のもの）や、飼料及びたい肥の原材料としての利用が、地域及び食品関連事業者の構築するシステムにおいて成立する場合は、まず、飼料又はたい肥としての利用を考えるべきである。

そして、飼料及びたい肥の原材料としての利用が難しいもの（例えば、異物の混入がし易い家庭の生ごみ）や、飼料及びたい肥の原材料としての利用が難しい場合（異物混入を避けられない、飼料・たい肥利用の需要が少ない）にエネルギー利用を考えるべきではないか。

例えば、食品製造過程のものを飼料の原材料として利用し、その飼料を与えた家畜のふん尿をたい肥化し利用するか、又はバイオガス化（メタン発酵）してエネルギー利用するというように、より全体的なシステムの中でエネルギー利用、飼料及びたい肥の原材料利用を組合せ、多段階で再生利用やエネルギー回収を行うことを考えることも必要である。

エネルギー利用システムの基本的な考え方

生ごみ等食品廃棄物をエネルギー利用する場合には、既存のごみ焼却施設における他の廃棄物との混合焼却・熱回収という従来システムのほか、水分の多い生ごみ等食品廃棄物を他の廃棄物とは分けてバイオガス化（メタン発酵）する等の新しいエネルギー利用システムが選択肢として考えられるが、どちらを選択するかは、エネルギーとして利用しうる量や、CO₂削減効果、ライフサイクル全体でのコストなどを比較し、総合的に見て有利なシステムを選択することが重要。

新しいエネルギー利用システムを選択する場合、現在のところ、実用化されている技術であるバイオガス化（メタン発酵）が中心になることが想定されるが、バイオガス化施設を既存のごみ焼却施設に併設し（あるいは、処理のシステムとして組み合わせ）バイオガス化施設で発生する残渣のたい肥化利用などを行わない場合には、ごみ焼却施設で処理する、バイオガス化と従来型のごみ焼却方式を組み合わせたコンバインドシステムを新たなごみ処理システムとして考えることができるのではないかと。

また、バイオガス化の場合、標準的な一連の処理能力^注を超えて大規模化してもさほどスケールメリットは働かないので、エネルギー利用をできるだけ大きくし、

併せて収集運搬の費用も減らせるように、バイオガス化施設の規模や配置を考えることが重要ではないか。例えば、都市部では、生ごみ等食品廃棄物がある程度まとまって発生する業務ビル等にバイオガス化施設を設置し、一定エリア内のものを集的に処理しエネルギー回収するようなシステムも考えられるのではないか。

注：メタン発酵の反応槽は、ある程度処理の規模が大きくなれば二槽（二系列）で設計することになる。例えば乾式のメタン発酵システムの場合、メタン発酵の反応槽の最大の容量は 3,000m³ 程度。

より具体的な検討を行うため、典型的なパターンや典型的なケースを設定して、飼料及びたい肥の原材料利用、エネルギー利用の組合せや、生ごみ等食品廃棄物のエネルギー利用と既存システムとの組合せなどの得失、特徴等を掘り下げていくことが必要である。

（２）バイオガス化（メタン発酵）

発酵廃液や残さの処理

バイオガス化（メタン発酵）のシステムは、発酵廃液（消化液）と汚泥が発生する湿式のシステムと、含水率の高い（85%程度）残さが発生する乾式のシステムがある。バイオガス化（メタン発酵）のシステムでは、こうした廃液や残さの処理や利用も含めた複合的なシステムとしてとらえて計画する必要がある。例えば、発酵廃液はアンモニア性窒素の濃度が 2,000～3,000mg/L と高いため、高濃度の窒素を含む廃液を処理できる既存の污水处理システム（し尿・浄化槽汚泥の処理施設）とのコンバインドシステムを考えることが合理的である。あるいは、残さを焼却、熱回収できる既存のごみ焼却システムとのコンバインドシステムを考えることが合理的である。

特に、発酵廃液を液肥として利用する場合や汚泥や残さをたい肥として利用する場合には、土壌の窒素過多、地下水の窒素汚染の問題やたい肥との競合関係を考慮する必要がある。

エネルギーの利用

発電コストが売電価格を上回るケースもあるため、エネルギー利用のインセンティブがそがれているのではないか。エネルギー利用を拡大するためには、売電価格を高くするような方策も今後考えていくべきではないか。

また、バイオマスから回収したエネルギーを安い値段で売電することによってバイオガス化のメリットが小さくなるのであれば、売電に拘らず、むしろ自らの施設でできるだけ電力・熱の利用をし、その上で余剰となるものを周辺地域で有効に活用するシステムを構築することも重要ではないか。

バイオガス化の対象、事業形態

容器包装リサイクルが進展し、家庭においてプラスチック製の容器包装が分別され、家庭ごみに占める生ごみのウエイトが高くなっている。このため、市町村においては従来どおり生ごみを助燃剤を用いても焼却処理するか、あるいは新たに生ごみを分別しバイオガス化によるエネルギー回収等を行うか、という点がごみ処理システムを計画する上で現実の大きな課題となっている。

このため、食品関連事業者と市町村のニーズが一致する可能性が出て来ており、家庭の生ごみと地域の外食産業・小売・卸売等流通過程での食品残さを共同で処理するバイオガス化システムを市町村が計画することが考えられる。

この場合、食品関連事業者も関与したSPC（事業会社）が事業を行うPFI方式や公設民営方式とすることで、より効率的な事業運営が期待されるほか、市町村と食品関連事業者の協力・連携の在り方としてもひとつのモデルケースとしてとらえられるのではないかと考えられる。

（３）バイオディーゼル燃料（BDF）利用

京都議定書目標達成計画において、輸送用燃料にバイオ燃料を導入することが位置づけられており、BDFはその手段の一つとして期待されている。また、BDFを軽油に混合して利用する場合の規格も検討されている。このようなことを踏まえると、廃食用油は従来から飼料の原料として回収、再生され利用されてきたが、外食産業・小売・卸売等流通過程から発生する廃食用油でこうした利用がされていないものや、家庭から回収する廃食用油をBDF化することが考えられる。

また、BDFのシステムを考える場合には、得られたBDFを自治体のごみ収集車、市営バスなどで利用することを含め、BDFの利用先を確保したトータルのシステムを計画することが必要ではないかと考えられる。

特に、京都市で進められているような、事業所から回収された廃食用油に加え、家庭等の地域から回収した廃食用油でBDFを製造し、部品交換等の改造を行ったごみ収集車でノート利用（100%BDFを利用）等するシステムは、地球温暖化対策や循環型社会形成ということに加え、コミュニティづくりの観点からも、重要な取組ではないかと考えられる。

（４）その他のエネルギー利用

エタノール

バイオマス由来のエタノールの自動車用燃料への利用は、BDFと同様に京都議

定書目標達成計画に位置づけられており、製糖工程の副産物である廃糖蜜などの食品廃棄物からエタノールを得て自動車用燃料に用いるシステムを、着実に進めていくべきものと考えられる。

炭化

生ごみ等の食品廃棄物の炭化も取組事例があり、地域によっては導入の可能性があるシステムである。食品廃棄物を炭化したものは必ずしもエネルギー利用が有利ではなく、エネルギー以外の新用途（活性炭、土壌改良材等）も考える必要があるため、炭化を成功させるためには、炭の品質もさることながら得られた炭の安定的な利用先が確保できているシステムとする必要がある。

家畜ふん尿や下水汚泥との関係

生ごみ等の食品廃棄物は、湿重量当たりの発生バイオガスが、家畜ふん尿や下水汚泥よりも大きく、バイオガス化によるエネルギー回収という点では、資源性が高いと考えられるが、家畜ふん尿との共同処理や下水汚泥との共同処理をすることが、地域全体、システム全体としてメリットが得られる可能性もある。

地域によっては、食品廃棄物と家畜ふん尿や下水汚泥との間で、エネルギー回収システムづくりという点でニーズが一致する可能性は十分あり、また、共同処理することによって、発酵廃液や汚泥等の残さの処理という点で合理的なシステムを形成（例えば高濃度のアンモニア性窒素を含む発酵廃液の処理を共同化）できる可能性も十分にあると考えられる。生ごみ等食品廃棄物の分野における原材料利用、エネルギー回収というとらえ方に加え、地域によっては、同じウェット系のバイオマスである家畜ふん尿、下水汚泥との共同処理を模索することも必要ではないか。