

[総合報告]

有機性廃棄物資源化の現状と技術

河村清史

要 旨

わが国では、他の先進諸国と同様、廃棄物の発生回避・抑制、リサイクル、質変換、処分という階層からなる新たな廃棄物管理を構築するための努力がなされている。そのひとつの対象として有機性廃棄物があり、これの資源化の現状と技術について、廃棄物管理の枠組と循環型社会形成推進基本法、有機性廃棄物資源化の現状、食品廃棄物の資源化、有機性廃棄物の資源化技術、有機性廃棄物のリサイクルシステム、の構成で解説する。

キーワード：有機性廃棄物、法制度、資源化技術、リサイクルシステム

1 廃棄物管理の枠組と循環型社会形成推進基本法

1.1 廃棄物管理の枠組

わが国の廃棄物管理は、環境基本法の基本理念ののって制定された循環型社会形成推進基本法の下で、廃棄物の適正管理並びにリサイクルの推進の観点からなされている。このための一般的な仕組みの確立については、廃棄物処理法と資源有効利用促進法があり、個別物品の規制については、容器包装リサイクル法、家電リサイクル法、建設リサイクル法、食品リサイクル法がある。また、需要面からの支援には、グリーン購入法がある(図1参照)。

1.2 循環型社会形成推進基本法

循環型社会形成推進基本法は平成12年5月26日に成立し、同年6月2日に公布・施行された。これは、21世紀の日本が歩むべき方向性を指し示すものであり、廃棄物・リサイクル対策を総合的・計画的に推進するための基盤となるとともに、循環型社会の形成に向けた道筋を明らかにしている¹⁾。

ここでいう循環型社会は、天然資源の消費が抑制され、環境への負荷が低減される社会のことであり、まず廃棄物等の発生を抑制し、次いで排出されたものはできるだけ資源として利用し、最後にどうしても利用できないものは適正に処分することを徹底することにより実現されるとしている(第二条)。

(1)法の対象物(第二条)

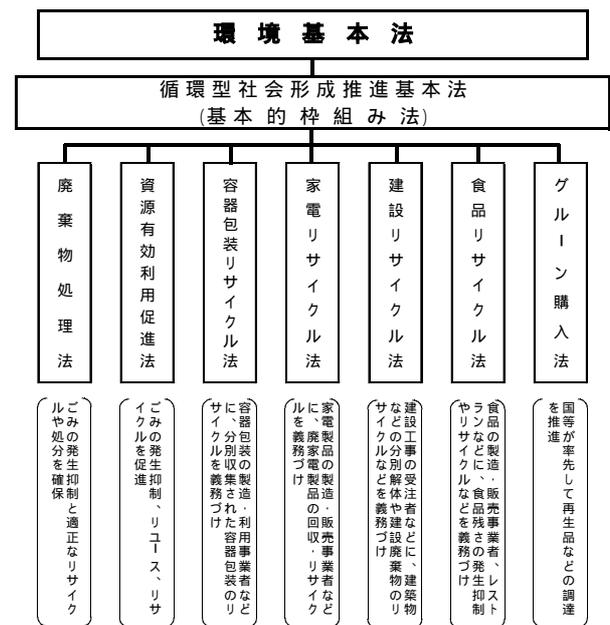
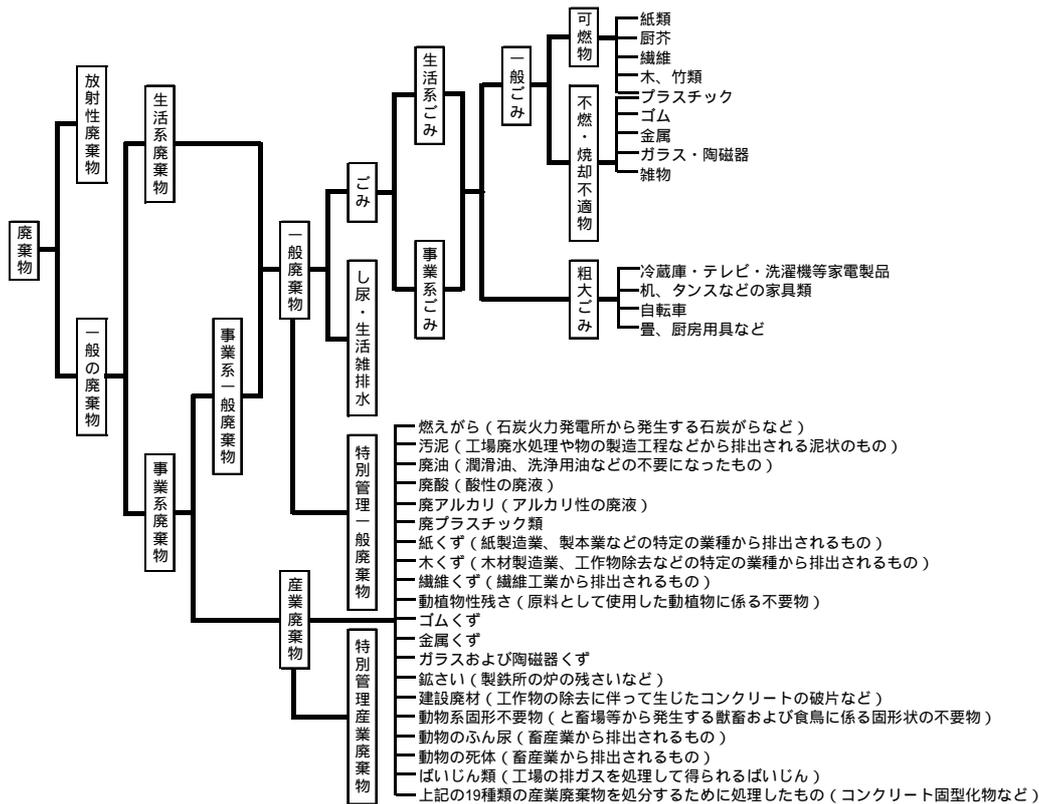


図1 循環型社会形成推進のための法体系(環境省ホームページより)

法の対象物を有価・無価を問わず廃棄物等としている。具体的には、廃棄物処理法で定義される廃棄物(図2参照)と「一度使用され、若しくは使用されずに収集され、若しくは廃棄された物品(現に使用されているものを除く。)又は製品の製造、加工、修理若しくは販売、エネルギーの供給、土木建



特別管理一般廃棄物、特別管理産業廃棄物：爆発性、感染性、有害性等から特に留意して処理しなければならないとして指定された廃棄物。

図2 廃棄物の定義・分類

築に関する工事、農畜産物の生産その他の人の活動に伴い副次的に得られた物品(前号に掲げる物並びに放射性物質及びこれによって汚染された物を除く。)」である。ここで、前号に掲げる物は、廃棄物処理法の廃棄物を指す。なお、廃棄物等のうちの有用なものを循環資源としている。

(2) 廃棄物・リサイクル対策の優先順位(第五条、第七条)

廃棄物・リサイクル対策について、前述の優先順位を厳密に規定し、第一に発生抑制、第二に再使用、第三に再生利用、第四に熱回収、最後に適正処分として初めて法定化した。ただし、この優先順位に従わないことが環境負荷の低減に有効である場合には、これに従う必要はない。

再使用は、循環資源を製品としてそのまま使用すること(修理を行ってこれを使用することを含む。)、及び循環資源の全部又は一部を部品その他製品の一部として使用することをいう。また、再生利用は、循環資源の全部又は一部を原材料として利用することをいう。さらに、熱回収は、循環資源の全部又は一部を熱を得ることに利用することをいう。

2 有機性廃棄物資源化の現状

有機性廃棄物には、難腐敗性のプラスチック類や紙類のような物と易腐敗性の物がある。易腐敗性の有機性廃棄物としては、図2に見るように、一般廃棄物ではし尿・生活雑排水及びその処理過程で生成する汚泥、厨芥や木、竹類などが

あり、産業廃棄物では、有機性汚泥、動植物性残さ、動物のふん尿、動物の死体などがある。

古いデータではあるが、主たる対象について、発生量と利用状況は表1のようにまとめられる(文献2より作成)。

産業廃棄物については、再利用されている部分が多いものもあるが、し尿、浄化槽汚泥、厨芥類などについては、ほとんど利用されていないのが現状である。

3 食品廃棄物の資源化

厨芥類の資源化がほとんどなされていない背景として、ごみの焼却処理が進められてきたこと、厨芥類を含む食品に係る廃棄物(食品廃棄物:食品の製造、流通、消費の各段階で生ずる動植物性の残さ類)の処理・資源化を直接規定する法律がなかったことがあげられるが、平成12年6月7日に事業系の厨芥類及び食品に係る産業系の廃棄物を対象として「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律(食品リサイクル法)」が公布された。

3.1 食品リサイクル法

(1) 法策定の背景

わが国における廃棄物の発生は、平成9年度でみて、一般廃棄物が約5,120万トン、産業廃棄物が約41,500万トンと

表1 有機性廃棄物の発生量と利用状況

分類	処理対象物	量	利用	
し尿	し尿	20,610 千kL/年(平成6年度)	0.3%:直接の農地還元	
生活排水処理汚泥	浄化槽汚泥	13,258 千kL/年(平成6年度)	0.4%:直接の農地還元	
	農業集落排水施設汚泥			
	下水汚泥(濃縮汚泥)	66,000 千m ³ /年(平成7年度)	3.2%:脱水ケーキ 26.8%:コンポスト、焼却灰、熔融スラグ	
食品加工残さ等	搾りかす	ビールかす	700~1,050千t /年(平成4年度)	>95%:牛の飼料
		おから	750 千t /年(ここ数年)	
		コーヒーかす	600 千t /年(平成3年度)	43%:工場内再利用
		その他		
	発酵残さ	焼酎かす(乙類)	380 千t /年(平成4年度)	38%:農地還元、飼料として直接利用 11%:再生利用
		その他		
その他	排水処理汚泥	9,000 千t /年(平成6年度)	3.63%:汚泥の資源化率(堆肥化等)	
畜産加工残さ	肉、獣脂骨、内臓	1,500 千t /年	100%:飼料、肥料、油脂、革製品	
水産加工残さ	肉、魚腸骨、練り製品残さ	3,500 千t /年(昭和62年度)	86%:魚粉	
ごみ(都市廃棄物)	剪定枝葉	230 千t /年(平成6年度)	50%:コンポスト(横浜市)	
	可燃ごみ	厨芥類	7,430 千t /年(平成6年度)	0.66%:高速堆肥化処理
		事業系厨芥類	7,600 千t /年	
動物のふん尿	乳用牛ふん尿	28,000 千t /年(平成4年度)	93.3%:発酵堆肥化等	
	肉用牛ふん尿	24,000 千t /年(平成4年度)	93.3%:堆積堆肥化等	
	豚ふん尿	24,000 千t /年(平成4年度)	66.3%:発酵堆肥化等	
	産卵鶏ふん	8,000 千t /年(平成4年度)	75.7%:乾燥等	
	ブロイラーふん	6,000 千t /年(平成4年度)	33.1%:乾燥等	

大きく、廃棄物の最終処分場のひっ迫、ダイオキシン問題の深刻化等様々な問題を生起している。

後述するデータから明らかのように、食品廃棄物の発生量は一般廃棄物中の3割以上を占めており、これへの対応の一つとして、その減量化・リサイクルを促進することとなった。

また、食品産業は食料の安定供給に大きな役割を果たしているが、その健全な発展を図っていくためには、事業活動に伴う環境負荷の低減及び資源の有効利用を進めていくことが必要であり、さらに、農業分野における自然循環機能の維持増進を図っていくうえにおいて、食品廃棄物の再生利用等の促進が寄与するものと考えられている³⁾。

(2) 法の内容

本法は、食品廃棄物について、その再生利用、発生の抑制及び減量(合わせて再生利用等という)を促進することにより、食品に係る資源の有効な利用の確保と廃棄物の排出の抑制を図ろうとするものである(第一条)。

このため、食品循環資源の再生利用等の促進に係わる各主体(国、地方自治体、事業者、消費者)の責務を定めるとともに、食品製造業、食品流通業、飲食店業等を本法上の食品関連事業者として位置づけ、一定の基準に基づいた具体的な食品循環資源の再生利用等の実施を求めることとしている(第二条、第四条~第七条)。

なお、食品廃棄物及び再生利用等の具体的な内容は以下のようになっている。

1) 食品廃棄物

再生利用等を促進すべき食品廃棄物の範囲は、食品が食用に供された後に、又は食用に供されずに廃棄された

もの、及び 食品の製造、加工又は調理の過程において副次的に得られた物品のうち食用に供することができないものとされている(第二条)。では食べ残し、賞味期限切れの食品等が、またでは食品の製造過程等において生ずる動植物性の残さ等が該当する(図3参照)。また、食品廃棄物のうち、肥料、飼料等への再生利用が可能なものを食品循環資源としている(第二条)。



図3 食品廃棄物の定義

平成8年度における食品廃棄物の発生状況と再生利用状況を表2に示すが、食品製造業から生ずるものが約340万トン、食品流通業、外食産業等から生ずるものが約600万トン、一般家庭から生ずるものが約1,000万トンと推定されている。

再生利用の状況については、産業廃棄物では、その排出量や組成の安定性等から、現時点においてもその約5割が肥料、飼料等に再生利用されているが、一般廃棄物では、少量分散型の排出形態等のため、再生利用率は低い。

2) 再生利用等

本法の目的を達成する上では、食品循環資源の再生利用を促進することはもちろんのこと、食品廃棄物の発生自体を抑制すること、また、発生した食品廃棄物を減量化することもその有効な手法と考えられている。

表2 食品廃棄物の発生量とリサイクル状況

	発生量	処 分				計
		焼却埋立	肥料化	飼料化	その他	
一般廃棄物	16,000					
うち事業系	6,000	15,950	50			50
うち家庭系	10,000	(99.7%)	(0.3%)			(0.3%)
産業廃棄物	3,400	1,770	470	1,040	120	1,630
		(52%)	(14%)	(31%)	(3%)	(48%)
事業系の合計 (合計から家庭系一般 廃棄物を除いたもの)	9,400	7,750	490	1,040	120	1,650
		(83%)	(5%)	(11%)	(1%)	(17%)
合 計	19,400	17,720	520	1,040	120	1,680
		(91%)	(3%)	(5%)	(1%)	(9%)

単位: × 1,000t/年

このため、促進すべき行為として、()再生利用、()発生の抑制、及び()減量を制度上に明確に位置づけている(第一条)。原則的には、これらの優先順位は循環型社会形成推進基本法に従うが、発生抑制に限界があったり、再生品の利用先がなかったりするなどから、各主体がこれらの各手法を廃棄物の排出形態等によって自由に選択、組み合わせることが可能であるとしている。

なお、関連する事業者は平成18年度までに再生利用等の実施率を20%に向上させることが課せられている。

3.2 家庭からの厨芥類等への対応

食品リサイクル法は事業活動に伴う食品廃棄物を対象として事業者を規制するものであり、各家庭からの厨芥類等に対して直接規制するものではない。これらについては、従来と同様に廃棄物処理法の下で、市町村が対応するが、資源化の促進、プラスチックや紙の分別による焼却熱の低下等を背景として、焼却に回さずに分別収集し再資源化することが求められている。

現在、国庫補助が与えられるごみ処理施設のメニューには、厨芥類等の資源化を対象としたものとして高速堆肥化施設、メタン回収施設及び飼料化施設がある。また、従来の汲み取りし尿や浄化槽汚泥の衛生処理を対象としたし尿処理施設が、併せて厨芥類等を受け入れ資源化する汚泥再生処理センターに衣替えしている。

4 有機性廃棄物の資源化技術

4.1 概説

(1)炭素の形態変化

有機物はその構成の大きな部分として炭素を持っていることが特徴であり、炭素は最終的に二酸化炭素に変換されることから、有機物は炭素の大きな循環系を構成する要素となっている。同一種・量の有機物から出発するとすれば、その変換過程で生成される二酸化炭素の量は最終的には同じであり、有機性廃棄物の資源化・リサイクルの方法は、この変換をどのような速度や形態で行うかということである。

速度について見れば、エネルギー回収のための焼却のよ

うに非常に速いものから食品廃棄物のコンポスト化とコンポストの農業利用のように遅いものまで種々様々である。また、形態について見れば、図4に示すように、固相または液相にある炭素を気相、液相、固相のいずれに相移行するかということになる。気相については嫌気性消化によるメタンと二酸化炭素への変換、液相については嫌気性発酵による有機酸への変換、固相についてはコンポスト化のような例があげられる。



図4 易腐敗性有機性廃棄物のリサイクルにおける炭素の形態変化とその事例

(2)資源化技術

実用化されているものから実験段階にあるものまでレベルは様々であるが、現在わが国で検討されている易腐敗性有機性廃棄物を対象とした資源化技術は、大略以下の三つに分類される。

すなわち、コンポスト化、飼料化、肥料化等、複数種の有機性廃棄物に適用され、資源化物の成分あるいは性状が特定されない、汎用性のある資源化技術、メタン化、炭化、有機酸生成等、複数種の有機性廃棄物に適用され、資源化物の成分あるいは性状が特定される、汎用性のある資源化技術、及びピーナッツ殻からのキシロースとキシロオリゴサッカライドの生成や米糠ガム質からのレシチンの生成等、特定の有機性廃棄物に適用され、資源化物の成分あるいは性状が特定される、特殊な資源化技術、がある。

以下で、汎用性のあるコンポスト化、メタン化、炭化及び飼料化について、概要を述べる。

4.2 コンポスト化

(1)概要

易腐敗性の有機物を堆積しておく、微生物作用により分解され安定化するが、この現象を利用した生物的質変換をコンポスト化という。この質変換は、嫌気性微生物によっても生じるが、好気性微生物を用いる方がより速く達成できることから、通常は通気や切返しによって酸素を供給する形で行われる。

コンポスト化における微生物作用は、大きく分けて糖分解期、セルロース分解期及びリグニン分解期から構成される。これらは次のように説明される⁴⁾⁻⁶⁾。

糖分解期では、主として細菌や糸状菌によって蛋白質、アミノ酸、糖質などが分解され、反応熱で堆積物の温度が上昇する。セルロース分解期では、セルロースとリグニンを結合す

る役割をしているヘミセルロースやセルロース自身が分解される。反応熱によって堆積物の温度が60～80℃に上昇し、高温菌が働くようになる。分解がピークを超えると、堆積物の温度低下とともに生分解し難いリグニンの分解が始まる。リグニン分解期では、対象物の骨格部分であるリグニンが分解され、コンポスト特有の色となるとともに、くずれやすい性状となる。

コンポスト化とコンポスト利用には、次のような目的や意義がある^{4), 7), 9)}。

不安定有機物の分解とそれによるガス害の回避: 分解速度が大きな有機物の施用は、土壤中で大きな酸素消費をもたらす、酸素を欠乏させたり、多量の二酸化炭素の発生や嫌気性下でのアンモニア等の発生をもたらしたりする。有機物の安定化は、このような障害を回避する効果がある。

原料の炭素率の改善: 炭素率が大きな有機物を施用すると、土壤微生物が炭素を利用して増殖する際に窒素を消費し、作物が利用できる窒素分を減少させる。

細菌、害虫、雑草種子の不活化: コンポスト化過程の温度上昇によって原料中の病原性微生物、有害昆虫卵、雑草種子等が不活化される。

原料の汚物感・臭気の解消: 有機性廃棄物の持つ汚物感や臭気がコンポスト化過程で著しく軽減され、取扱いやすくなる。

植物への養分補給: コンポスト中にある無機栄養分が緩効性の肥料となる。

土壤の構造の改善: コンポスト中の有機物とくに腐植質が土壤の団粒構造の形成に働くとともに、アンモニア、カリウム等の肥効性の陽イオンを保持する。

緩衝能の増大: コンポスト中の多様な物質が土壤のpH変化を緩衝する。

有害性の阻止: コンポスト中の腐植質は、作物の障害となるアルミニウム、銅、鉛、カドミウム等と結合してこれらを無害化する。

(2) コンポスト化法

通常、有機性廃棄物のコンポスト化は、原材料に対する切断、篩い分け、磁力選別などによる大きさの調整や異物の除去、含水率の調整、副資材の添加や炭素率の調整のような前処理、微生物による原材料の生物学的変換、篩い分けによるコンポストからの異物の除去から成り立っている。

生物学的変換の主要な方法には、野積み法、ばっ気型野積み法及び容器内式法がある。これらの概要は以下のようになる⁷⁾が、主に酸素の供給及び堆積物の攪拌の方法が異なっている。

野積み法: 廃棄物を畝状に野積みしておき、人力あるいは機械力によって切り返す。部分的に嫌気性となって臭気を発することもある。高効率化のためには、畝の断面積を小さくする必要があるが、繰り返し用装置の形

式により変わる。コンポスト化は3～4週間で完了し、その後3～4週間養生させる。

ばっ気型野積み法: ばっ気用あるいは排気用に設置した配管の上に廃棄物を畝状に野積みする。保温と臭気の制御のために、堆積物を製品コンポストで覆うことが多い。酸素の供給及び堆積物の温度制御を目的として空気を供給する。コンポスト化は3～4週間で完了し、その後養生させる。

容器内式法: 密閉の容器の内部で生物学的変換をする。容器として、垂直な塔、横置き矩形あるいは円形のタンク、円形回転タンクなどがある。堆積物の流動の点からは、押出し流れ式と攪拌式の二つに分けられる。空気量、温度及び酸素濃度などの環境条件を制御して、臭気や処理時間を制御する。コンポスト化は1～2週間で行い、その後4～12週間養生させる。

適切な運転をした場合、これら三つの方法による製品は実質的に同じであり、方法の選択は建設費及び運搬費、土地利用、運転操作性、公害問題の可能性などの特性に依存することになる。

4.3 メタン化

(1) 概要

有機性廃棄物を対象として大規模に行う嫌気性消化法の適用は1978～1985年にフロリダで大規模な調査研究が実施されたように最近のことであるが、その後各国でパイロットプラントや実プラントが運転されている。以下、文献10、11に基づき原理を述べる。

炭水化物、脂質及び蛋白質は、嫌気性下において嫌気性細菌によって分解され、加水分解反応、酸生成反応、アセトジェニック反応及びメタン生成反応の四つの段階を経て炭素はメタンと二酸化炭素になる。

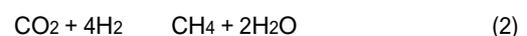
加水分解反応では、微生物の体外酵素によって高分子化合物の炭水化物、脂質、蛋白質がそれぞれ糖、脂肪酸、アミノ酸に分解・可溶化される。酸生成反応では、これら低分子化合物がプロピオン酸、酪酸及び低級アルコールに分解される。ついで、アセトジェニック反応では、有機酸及びアルコールが酢酸、水素、二酸化炭素に分解される。

最後の段階であるメタン生成反応では、式(1)に示すように酢酸がメタンと二酸化炭素に分解される(酢酸分解型メタン生成)とともに、式(2)に示すように水素と二酸化炭素が結合してメタンが生成される(CO₂還元型メタン生成)。

酢酸分解型メタン生成



CO₂還元型メタン生成



装置的に行う場合、通常これらの反応は、30～36℃が最適な中温菌あるいは50～57℃が最適な高温菌によって行われる。

表3 メタン発酵槽の分類¹²⁾

固形物調整濃度	湿式(固形分 6~10%)			乾式(固形分 25~40%)					
投入方法	連続式			回分式		連続式			
混合方式・反応槽形式	完全混合型		嫌気性生物ろ過型			完全混合型		押し流れ型	
操作温度	高温	中温	中温	高温	中温	高温	中温	高温	中温

注) 嫌気性生物ろ過型には嫌気性ろ床法やUASB法がある。

(2) 嫌気性消化法

嫌気性消化は、従来から排水処理汚泥や汲み取り尿等の液状の高濃度有機性廃棄物の処理法として適用されてきた。ただし、高濃度とはいっても、下水や生活排水に比較してであって、その固形物濃度は1~2%程度である。また、下水汚泥の嫌気性消化・ガス発電システムでは、発生ガスの増大、加温・保温熱量の低減を目的として固形物濃度を3~5%に高めている。これらに対して、厨芥類等を対象とする場合、表3に示すように、固形物濃度をさらに高くし、低濃度(湿式)タイプでは6~10%、高濃度(乾式)タイプでは25~40%として、多くの発酵槽形式が提案されている。

なお、低濃度タイプと高濃度タイプを比較した場合、後者は反応器の単位容積当たりの有機物負荷率が大きくとれ、その結果反応器が小さい、消化脱離液の量が少ない等の利点がある反面、反応器内の塩類や重金属の濃度が高くなり毒性が問題となることや炭素率が小さい原料では生成するアンモニアの毒性が重大となることが指摘されている¹³⁾。

わが国では、低濃度タイプに相当するが、汚泥再生処理

センターに適用することを目的として、食品廃棄物、し尿処理汚泥等を対象とするシステムが開発され、実用稼働を始めた施設もある。また、高濃度タイプについては実証試験が進められているが、実用稼働している施設はない。これらはいずれもヨーロッパで開発された技術を適用している。

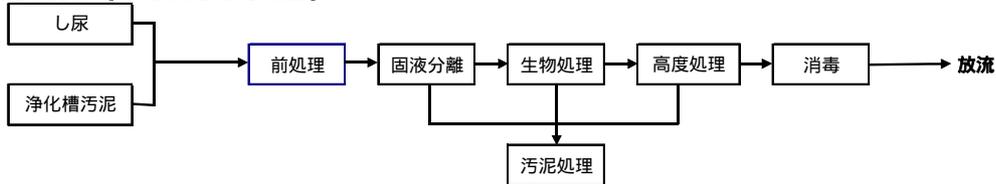
なお、汚泥再生処理センターは、旧厚生省が平成9年度から国庫補助の対象としている施設である(現在は環境省が所管)。図5に概要を示すが、従来、収集し尿・収集浄化槽汚泥を衛生処理する施設としてし尿処理施設が用いられてきたが、汚泥再生処理センターは、これらに厨芥類を加えることにより処理対象を拡大するとともに、衛生処理に加え各種の資源(炭素、窒素、りん、エネルギー等)を回収することを目的とした施設である。

4.4 炭化

(1) 概要

有機物の炭素含有率を高める操作として炭化があり、昔から木材を原料として木炭を製造することが広く行われてきた

a) し尿処理施設(浄化槽汚泥対応型)



b) 汚泥再生処理センター

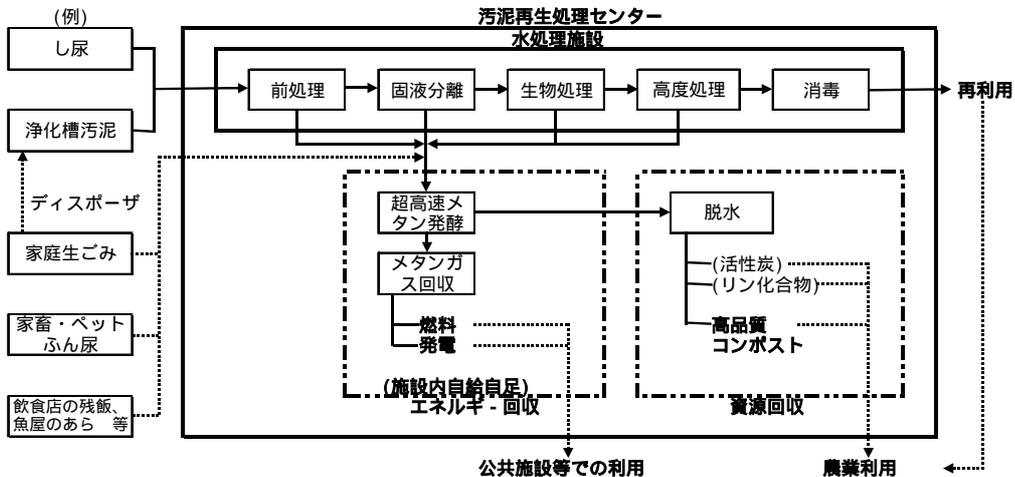
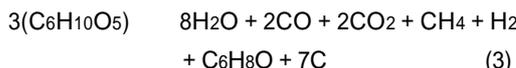


図5 し尿処理施設と汚泥再生処理センターの概念図

が、近年、食品廃棄物や有機性汚泥を原料とする炭化が有機性廃棄物の資源化法として検討されている。

有機物は熱的に不安定であり、無酸素雰囲気あるいは低酸素濃度雰囲気の下で加熱すると、主に水素、メタン、一酸化炭素、二酸化炭素を含んだガス(気体)、酢酸、アセトン、メタノールなどを含んだタールや油(液体)、ほとんど純粋な炭素と灰分とからなるチャー(固体)に分けられる。この現象を熱分解といい、セルロース(C₆H₁₀O₅)の熱分解反応については、液体成分をC₆H₈Oで示して式(3)で表されている¹⁴⁾。



熱分解において、に焦点を当てたものがガス化、に焦点を当てたものが油化、に焦点を当てたものが炭化である。一般に、熱分解温度が上昇すると、液体成分や固体成分が減少してガス成分が増加する。

炭化物の用途については、多孔質であることや色などから、以下のようなものがあげられている¹⁵⁾。

土壤改良材: 土壤の透水性や通気性が向上するとともに、保水性も改善される。

コンポスト製造への添加材: 微生物の増殖によるコンポスト化の促進、脱臭、水分調整などの効果がある。

脱臭材、水の浄化材: 悪臭成分、水質汚濁成分を吸着する。

除湿・調湿材: 住宅の床下に敷き詰め、空気中の水分を吸着する。

融雪材: 光エネルギーの吸収により融雪を促進する。

その他: 燃料、電磁波遮蔽などの用途が考えられる。

(2)炭化法

炭化のための装置を炭化炉といい、その構造は、加熱方式からは、外部から加熱する外熱式と内部に加熱ガスを通わせたり加熱管を設けて加熱したりする内熱式に分けられる。また、炉の形状には縦型と横型があり、原料の移送形態については、縦型では攪拌機による回転や流動層での攪拌、横型では炉の回転や炉内部のスクリューの回転などがある¹⁶⁾。

通常、品温が500 前後となるようにして炭化物を得るが、活性炭に近い物を得るために水蒸気等を通しながら800以上に維持して賦活する場合もある。

4.5 飼料化

(1)概要

食品廃棄物の飼料化においては、そのまま飼料とする方法の他、乳酸菌による発酵や液状化をする方法もあるが、脱水・乾燥する方法が一般的である。大規模な実施例として、油温減圧法を適用した飼料化事例を紹介する。

札幌生ごみリサイクルセンターでは、事業系厨芥類を対象とした商業ベースのリサイクルシステムに油温減圧法を適用

している。

本センターでは、平成10年3月1日より所定の35t/日の処理を行い約7t/日の製品を生産してきたが、平成11年7月からは50t/日の処理を行い約10t/日の製品を生産している。製品の面からは、長期保存とハンドリングの点から、含水率を5%以下とすること、商品価値の点から、地域性や季節変動に関わりなく高い蛋白含有率と消化率を持つこと、を開発目標としていた。

用いている油温減圧法はPROREXシステムといい、油を熱媒体に使用するため天ぷら方式ともいっている。この方法は、有機物中の水分が減圧下で100 以上にした動植物油の中で沸騰によって蒸発・除去されることを利用している。脱水後、有機物中の油分は圧搾及び遠心分離によって取り除く。また、短時間に処理することによって、蛋白質の溶解や熱変性を避けることができ、蛋白含有率が高い製品が得られるうえ、酸化の程度の低い良質の油が得られるという¹⁷⁾⁻²⁰⁾。

(2)プラント^{17),18),20)}

プラントの主要なプロセスのフローの概要を図6に示す。

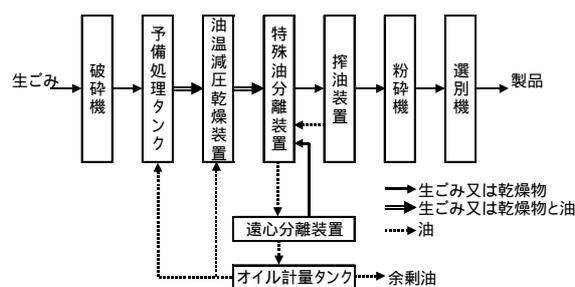


図6 油温減圧法による飼料化プラントのフロー

食品廃棄物は、破砕機で破袋と破砕をし、破砕物は予備処理タンクで媒体油と混合攪拌すると同時に、後段での処理時間を短縮するためにタンク周囲に蒸気を導き約65 まで加温する。予備処理タンク内の混合物は真空吸引して油温減圧式乾燥装置に搬送する。油温減圧式乾燥装置では、混合物を攪拌しながら約60分をかけて容器内圧を段階的に760mmHg近くまで減圧し、また容器内外より飽和蒸気で間接加熱して品温を段階的に100 ~120 に昇温して脱水・乾燥する。

乾燥物と媒体油は特殊油分離装置で粗分離し、乾燥物は脱油装置に導き、スクリュープレスにより付着した媒体油を搾油する。搾油処理された乾燥物は粉砕機によって粉砕後、3段式の振動ふるい機にかけ夾雑物を取り除く。搬入物にはポリ袋・パッケージ等の夾雑物が5%以下で存在するが、再生製品中の含有量は1%以下である。媒体油については、遠心分離装置で微量の乾燥厨芥類を分離する。

分離された媒体油は必要に応じて新油のつぎ足または交換を行うが、10数回の再利用が可能であり、最終的には燃料として使用できるという。

表4 厨芥類を対象としたリサイクルシステムのパターン

	排出者	再資源化処理者	利用者	特徴・事例
自給自足型（排出者が自らリサイクルする形態）	特定（単数）	排出者に同じ	排出者に同じ	・農家における廃棄物の自家利用 ・学校における残飯利用のコンポスト化とコンポストの花壇への利用 ・自治体における公園内の剪定枝葉のコンポスト化と園内での利用 ・自治体での家庭用生ごみ処理機の導入促進
ネットワーク自給自足型（特定の複数排出者が特定の複数利用者へリサイクル製品を供給する形態）	特定（複数）	排出者または利用者と同じ、または分担	特定（複数）	・製品の質、量、排出パターン等の情報が共有され、安定した需給関係の形成が容易 ・利用者は、求める質・量の原材料や製品を調達できる排出者を探し出すのが困難 ・コンビニエンスストアにおける売れ残りの食品等のコンポスト化（多くは一次発酵段階）と契約農場等における施用並びに生産作物の購入・利用
ネットワーク型（排出者、利用者とも複数で不特定であるが、情報サイクル・ネットワークが構築されている形態）	不特定（複数）	事業者（特定）	不特定（複数）	・安定した原材料の供給やリサイクル製品品質の保持のための施策が必要であり、資源化者（多くは市町村）が中心となり、関係者の合意の下に事業を展開し、情報の共有化を図る等の緊密な連携の構築が必要
製品製造型（分別の良好な特定排出者に製品価値の高いリサイクル製品を供給する形態）	特定（複数）	事業者（特定）	不特定（複数）	・資源化事業者が安定した質・量の食品加工残さ等を引き取り、飼料化若しくは肥料化と製品を供給
ごみ処理型（ごみの処理に重点を置き、リサイクルを副次的に捉え、利用者情報のサイクル・ネットワークが欠如した形態）	不特定（複数）	事業者（特定）	不特定（複数）	・自治体における一般廃棄物処理施設による資源化や処理 ・場合によっては、焼却処理やRDF化が重要な位置を占めることもある

蒸発作用により原料から分離蒸散した水分は、減圧吸引過程で同伴する微粒固形物を分離した後、冷却し排水処理をしている。また、分離された異物のうち、可燃性物質はごみ資源化工場で固形燃料原料として利用されている。

5 有機性廃棄物リサイクルにおけるシステム

5.1 有機性廃棄物リサイクルシステムのパターン

有機性廃棄物のリサイクルにおいては、一律的に適用できるシステムはなく、それぞれの状況に応じたシステムあるいはシステムの組み合わせを形成する必要がある。その意味で、各種のシステムを整理しておくことは参考になる。

埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、千葉市、横浜市及び川崎市の七都県市が共同でまとめた報告書²¹⁾で示されている整理を事例として紹介するが、有機性廃棄物排出者、再資源化処理者及びリサイクル製品（再資源化物）利用者の間に構築される関係に視点を置いて、有機性廃棄物リサイクルシステムを表4及び図7に示すように五つの類型に分類している。

5.2 有機性廃棄物のリサイクル事例

有機性廃棄物のリサイクル事例として、一般廃棄物を対象としている自治体の例を表5に、また事業者系廃棄物を対象としている事業者の例を表6に紹介する。なお、生産物は、自治体の例ではすべてコンポストであり、事業者の例でもほとんどがコンポストである。

これらの事例を上で述べたリサイクルシステムのパターンとの関係で見ると、自治体で行っている事例のすべては、情報

サイクル・ネットワークについては不明であるが、ネットワーク型と見なせる。また、事業者が行っている事例では、セブンイレブンとローソンの場合はネットワーク自給自足型であり、コーナ神戸とアフレの場合は、排出源が特定の複数であるものの、排出事業者が特定の単数であることを踏まえると、自給自足型と見なせる。

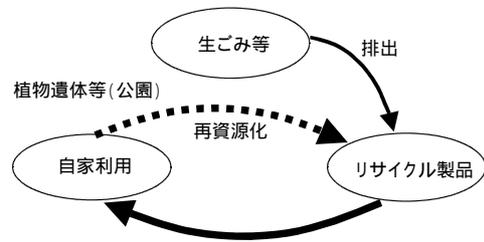


図7a 自給自足型の概念図²¹⁾

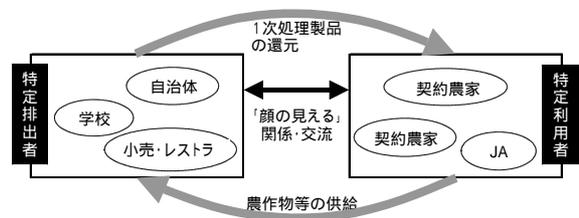


図7b ネットワーク自給自足型の概念図²¹⁾

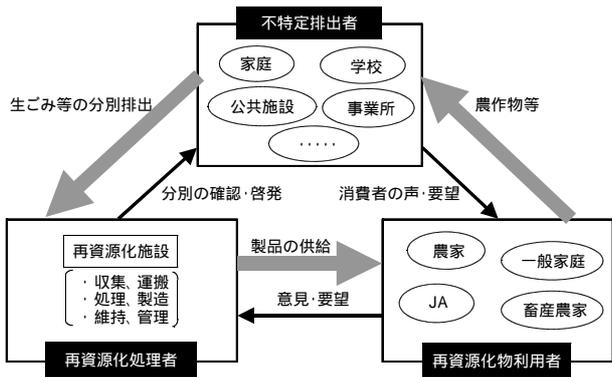


図7c ネットワーク型の概念図²¹⁾

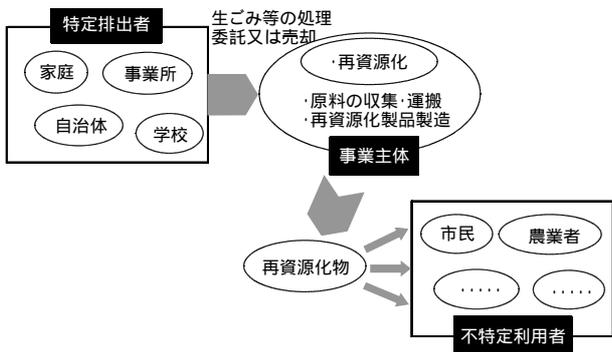


図7d 製品製造型の概念図²¹⁾

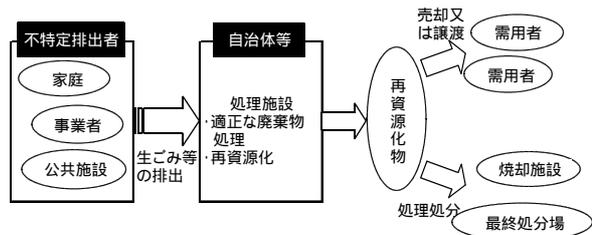


図7e ごみ処理型の概念図²¹⁾

文献

- 1) 伊藤哲夫(2000)「循環型社会形成推進基本法」について, 循環資源技術ガイド2001, 環境新聞社, 11-17.
- 2) (財)日本環境衛生センター(1998)し尿・汚泥・ちゅう芥類等有機性廃棄物の地域総合リサイクル処理システム(仮称エコランド計画)構想に関する委員会 第1次中間報告書.
- 3) 武藤誠(2000)食品リサイクル法の概要, 循環資源技術ガイド2001, 環境新聞社, 31-33.
- 4) 伊達昇編(1988)便覧 有機質肥料と微生物資材, (社)農山漁村文化協会, 92-95.
- 5) 松崎敏英(1992)土と堆肥と有機物, (社)家の光協会, 51-53.
- 6) 矢田美恵子, 川口博子, 佐々木健(1996)廃棄物のバイオコンバージョン - 有機性廃棄物のリサイクル -, (株)地人書館, 17-18.
- 7) 田中勝, 河村清史, 酒井伸一, 田中信壽, 樋口壮太郎, 古

表5 自治体の有機性廃棄物リサイクル事例²²⁾

自治体名	きっかけ、誘因	有機性廃棄物対策の有無、種類	分別方法	成果、経済収支など	需要先
北海道富良野市 3万人	不適正な最終処分場の閉鎖	生ごみ、籾殻(水分調整) 2回/週	各家庭で実施	(調査中)	地域農家
北海道長沼町 1.8万人	農機導入。堆肥作りがおろそか。地力回復。清掃費用の増大	厨芥、籾殻 3回/週	新聞で包み、袋に入れる	(調査中)	地域農家
北海道留萌市 2万人	リサイクル施設の開設	生ごみ 2回/週	各家庭で実施	(調査中)	(調査中)
山形県長井市 3万人	農業と生ごみの結びつき。化学肥料づけ農業の見直し	生ごみ	各家庭で実施	コンポスト使用野菜の売行きは良好	(調査中)
山形県立川町 0.8万人	最終処分場が満杯。蚊・蠅・カラスの問題。3か所のライスセンターから排出する籾殻の処理	あり 2回/週	3年間事前の取組みを実施	需要は良好	町内 82%、町外 18%。 9,900 円 / t
栃木県野木町 2.6万人	焼却施設立地の住民同意得られなかった	あり 2回/週	新聞で包み、紙袋で出す	需要は良好	供給を上回る需要。家庭菜園に好評
長野県白田町 1.6万人	埋立地周辺に集まるカラス、ネズミによる農作物被害	あり 2回/週	1食毎に水切りし、新聞で包む 20 円 / 袋	需要は良好	果樹栽培農家。 5,000 円 / t
岐阜県可児市 8万人	中間処理施設の容量を越える廃棄物の発生	生ごみ	(調査中)	(調査中)	(調査中)
愛知県豊橋市	URECS 事業 (Urban Rural Environment Complex System)	(調査中)	(調査中)	(調査中)	市内の農村地域

出典:平成10年度ORS研究会活動報告書(有機系廃棄物資源循環システム研究会)

表6 事業者の有機性廃棄物リサイクル事例²⁾

事業者名	対象ごみ	収集方法	搬送	生産物	経済収支	需要先	その他
セブンイレブン	店舗からでる生ごみ、食品加工くず	現場で乾燥処理。搬送可能量となるまで一時貯留	セブンイレブンのエコ物流にのせる	まず飼料化、次いで肥料化	(調査中)	契約農家	札幌市リサイクル団地
ローソン	店舗からでる生ごみ、食品加工くず	4回/週	商品搬送用トラックの帰り便	コンポスト	(調査中)	契約農家	神奈川県でスタート。京都市で開始
コープ神戸	店舗からでる生ごみ	コンポスト製造	自社トラック輸送	肥料	(調査中)	自社農園	農家で生産した野菜を再度商品として販売
アレフ	レストランからでる生ごみ	各店舗において1台の生ごみ処理機を配備	自社トラック輸送	自社農へ還元	実験段階。減容・費用削減少ない	自社農場	会社方針

出典:平成10年度ORS研究部会活動報告書(有機系廃棄物資源循環システム研究会)

- 市徹,堀井安雄監訳(1998)廃棄物処理総論,(株)エヌ・ティ・エス,265-271.
- 8) 藤田賢二(1993)コンポスト化技術 - 廃棄物有効利用のテクノロジー -, 技報堂出版(株),6-9.
- 9) 松崎敏英(1992)土と堆肥と有機物,(社)家の光協会,26-37.
- 10) (財)日本環境整備教育センター編(1996)浄化槽用語事典.
- 11) 河村清史(1995)浄化槽技術者の生活排水処理工学,(財)日本環境整備教育センター,91-92.
- 12) IEA BIOENERGY AGREEMENT(1994)Biogas from Municipal Solid Waste, Overview of Systems and Markets for Anaerobic Digestion of MSW .
- 13) 文献7に同じ. 634.
- 14) 文献7に同じ. 563-564.
- 15) (株)クボタ提供の技術資料.
- 16) 三菱重工(株)提供の技術資料.
- 17) 長拓治(2000)油温減圧式乾燥装置による事業系生ごみリサイクルシステムの実証事例, **29(9)**, 687-690.
- 18) 藤沢武(2000)札幌市における事業系生ごみのリサイクルシステム, 廃棄物学会誌, **11(5)**, 355-365.
- 19) (株)プロレックスのカタログ.
- 20) 中園修三(1998)油温減圧式乾燥技術による都市厨芥のリサイクル技術開発について, 第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 366-369.
- 21) 七都府市廃棄物問題委員会(2000)生ごみ等の処理及び有効利用に関する調査報告書.
- 22) (財)エンジニアリング振興協会(2001)平成12年度研究開発委員会 廃棄物部会報告書.

Current Situation of Organic Wastes Recycling and Regeneration Technologies for the Wastes

Kiyoshi KAWAMURA

Abstract

In Japan, similarly to other industrialized nations, it is an urgent matter to establish a new waste management system based on a hierarchy that is composed of source reduction, recycling, waste transformation and disposal. One of the target wastes is organic wastes like kitchen garbage. Some topics concerning to current situation of organic wastes recycling and regeneration technologies for the wastes are introduced. The topics include framework of wastes management and the basic law for establishing the recycling-based society, current situation of organic wastes recycling, recycling of food wastes, regeneration technologies for organic wastes and recycling system of organic wastes.

Key words: Organic wastes, legal regulation, regeneration technologies, recycling system