

シンポジウム

食品廃棄物の再利用はどうしたらよいか —循環型社会の形成を目指して—

講演資料

日時：2001年11月9日（金）13：00～17：00

場所：日本学術会義1階講堂

主催：日本学術会議土壌・肥料・植物栄養学研究連絡委員会、
（社）日本土壌肥料学会、日本ペドロジー学会、
日本土壌微生物学会、日本土壌動物学会

後援：（財）日本土壌協会、日本有機資源協会、
生ごみリサイクル全国ネットワーク

目次

シンポジウム開催趣旨・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
熊沢喜久雄（東京農業大学）	
循環型社会形成における食品廃棄物・生ごみ処理のあり方・・・	3
酒井伸一（国立環境研究所循環型社会形成センター）	
食品廃棄物・生ごみ堆肥化システムについて・・・・・・・・・・	9
藤原俊六郎（神奈川県農業総合研究センター）	
食品廃棄物・生ごみの飼料利用・・・・・・・・・・・・・・・・・・	17
阿部亮（日本大学生物資源学部）	
生ごみからのメタン生成と発電システム・・・・・・・・・・・・・	24
青柳美保子（（株）エキシー）	

シンポジウム開催趣旨

日本学術会議土壌・肥料・植物栄養学研究連絡委員会委員長
熊澤喜久雄（東京農業大学）

20世紀の科学の発展は、人類の福祉を増進させたが、その反面、工業化の進展は、都市への過度の人口集中、化石エネルギーとその副産物の過度の使用、様々な産業廃棄物や生活廃棄物などの大量発生により、自然の物質循環のバランスを地域的にも、また地球規模でも崩し、大きな環境問題を惹起した。これらの問題は、21世紀に託された大きな課題である。循環型社会の形成は、その一つの有力な解決策であり、そのためには、省エネルギー技術、環境にやさしい技術の開発や脱「物質・エネルギー志向」への移行、都市と農村との共生関係の構築（国土利用）など、循環型の土地利用、経済、社会、生活様式、価値意識などへの転換が必要である（第18期日本学術会議循環型社会特別委員会の目的より）。

わが国においても、平成12年の通常国会において、循環型社会形成推進基本法及び、関連する諸法案が成立し、廃棄物の発生抑制（リデュース）、再使用（リユース）、再生利用（リサイクル）を進め、最後に適正に処分することを基本として、物質循環を実現し、環境への負荷が低減された「循環型社会」の形成を目指した各種の政策が進められている。

大量に発生している廃棄物の中において、畜産廃棄物や下水汚泥、食品廃棄物、生ごみなどの有機性廃棄物は、人類の生活史の上からも明らかなように、土壌を中心とした自然の物質循環過程、すなわち、土壌-植物-動物-微生物-土壌の循環の中において、利用され、分解され、浄化され、再生利用されてきたものである。

人間生活環境の改善や近代化により、本来あるべき土壌への循環的還元の道から、焼却、埋め立て、海洋投棄などの安易な方向が選択され、それに起因する埋め立て地の不足や地下水汚染、海洋汚染、また焼却にともなうダイオキシン問題等の多くの環境問題が引き起こされてきた。

近年、改めて各種の有機性廃棄物の土壌還元あるいは、農耕地還元等による自然循環的処理の方向が志向され、そのための有機性資材の適正処理方法、コンポスト化処理等が各方面において検討されている。

食品産業廃棄物や一般家庭からの生ごみなどの自然循環的処理も、その中に重要な

環を形成している。それは有機性廃棄物としての一般的性質とともに、食品廃棄物としての特殊な発生状況や形態、組成などを有しているため、リデュース、リユース、リサイクル最終処分のそれぞれの局面に応じて、適切な独自の処理・処分、利用の方策が必要とされている。

有機性廃棄物はまた、バイオマス一般としての側面も無視は出来ない。もともと太陽エネルギーを利用して生産されているバイオマスは、物質的循環側面と同時にエネルギー循環における位置づけも考えられなければならない。

本シンポジウムは、このような循環型社会の確立の観点から、とくに食品廃棄物の循環的利用、合理的処分を目指して、国、地方自治体、大学、企業、農家、NGOなどで活発に取り組まれて様々な試みを視野に入れながら、問題となっている点を明らかにし、今後の研究と実践の指針を見出そうとするものである。

循環型社会形成における食品循環資源のリサイクルと適正処理

国立環境研究所循環型社会形成推進・廃棄物研究センター 酒井 伸一

1. 循環型社会にむけた法制度設計の現状

廃棄物減量と物質循環のための包括法ともいえる循環型社会形成推進基本法（循環基本法と呼ぶ）が策定され、また個別の製品群循環のための法制度が次々と策定されている（表1¹⁾参照）。循環基本法における循環型社会とは、製品等が廃棄物等になることが抑制され、ならびに製品等が循環資源となった場合においてはこれらについて適正に循環的な利用が行われることが促進され、及び循環的な利用が行われない循環資源については適当な処分が確保され、もって天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会と定義されている（循環型社会形成推進基本法第2条）。理念法としての

表1 日本の物質関連法制度とその論点

法制度名	成立年・ 主管官庁	概要	論点
循環型社会形成推進基本法 (循環基本法)	2000年成立 環境庁	循環型社会の形成についての基本原則を規定。廃棄物の発生抑制、再利用、再生利用、熱回収、処分と対策優先順位を法定化。循環型社会形成推進基本計画を2003年10月1日までに策定。国の施策として、①廃棄物抑制のための措置②循環資源の適正な利用処分のための措置、③再生品の使用の促進、④製品等の事前評価促進、⑤循環利用、処分に伴う環境保全対策、⑥廃棄抑制のための経済的措置、⑦必要な調査の実施と研究体制の整備、などを規定。	1. 循環型社会形成推進基本計画の策定と達成目標値の設定 2. 廃棄物等と循環資源の具体的な定義 3. 階層対策と「技術的および経済的に可能な範囲」の解釈 4. 拡大生産者責任の範囲と費用負担の原則 5. 物質循環関連法制度との関連付けを含めた理念法としての役割
廃棄物の処理及び清掃に関する法律 (廃棄物処理法)	1970年成立 2000年改正 厚生省	廃棄物処理に関する諸事項を規定。都道府県の処理計画、処理センターなどへの関与強化。施設許可等の規制強化。	1. 廃棄物処理とリサイクルを一体とした運用への道筋 2. 必要不可欠な役割と規模を有する施設確保の方策
資源の有効な利用の促進に関する法律 (資源有効利用促進法)	1991年成立 2000年改正 名称変更 通産省	再生資源の利用を促進するための措置等を規定。事業者による製品の長寿命化等による廃棄物の発生抑制、最終製品からの部品等の再使用対策を新たに規定。法的措置が必要な製品と業種に関して、①特定省資源業種、②特定再利用業種、③指定省資源化製品、④指定再利用促進製品、⑤指定再資源化製品、⑥指定表示製品、⑦指定副産物、を規定。	1. 資源有効利用促進法と個別リサイクル法の整合性 —たとえば、指定再資源化製品としてのパソコン等の指定方針と家電リサイクル法との関係 2. 事業者の自主的対応に期待した制度であること
容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律 (容器包装リサイクル法)	1995年成立 厚生省、通産省など	容器包装の分別収集及び再商品化を促進するための措置を規定。商品に付されたすべての容器包装を対象として、消費者の分別排出、市町村の分別収集、事業者の再商品化義務をシステム化する制度。	1. 販売価格への上乗せ方式原則をとっていることの利点と事業者負担が少ない現状の評価 2. 自治体の分別収集に対する軌機付け
特定家庭用機器再商品化法 (家電リサイクル法)	1998年成立 通産省、厚生省	家電製品の再商品化を促進するための措置を規定。引取りと再商品化を原則として小売業者、製造業者等の義務とした。対象機器として、テレビ、洗濯機、冷蔵庫、エアコンを対象として、2001年施行。	1. 排出時における消費者の費用負担原則の是非 —拡大排出者責任との関係と販売時の上乗せ方式との得失 2. 化学物質制御の視点の盛り込み
建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律 (建設資材リサイクル法)	2000年成立 建設省	建設資材廃棄物の分別解体と再資源化等を促進するための措置を規定。特定建設資材（コンクリート、木材その他の建設資材で政令で規定）を定め、分別解体計画を策定、解体工事業者を登録。	1. 廃棄物等と循環資源の間の整理（有価物は本法の対象外） 2. 発生抑制や再資源化材料使用促進の方策の充実
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)	2000年成立 農林水産省	食品循環資源の発生抑制、減量化、再生利用の促進のための措置を規定。食品関連事業者（製造、流通、外食等）が再生利用を実施。肥料化をすすぜず、事業者を登録し、再生利用を支援。	1. 肥料・飼料・バイオガスを再生利用技術の展開と発生・再生・利用の各事業者を繋ぐ法の意図の具体化 2. 再利用拡大に向けた肥料取締法や飼料安全法の特例措置と安全性確保の両立
国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律 (グリーン購入法)	2000年成立 環境庁	国等による環境物品の調達の促進。あわせて、環境物品に関する情報提供につとめる。	1. 環境配慮物品の基準とその継続的見直し 2. 地方自治体の推進を努力義務としたことと、その結果生じる全国的な基準の不統一の可能性

循環基本法を支えるべき個別法としては、資源有効利用促進法、廃棄物処理法、グリーン購入法のほか、容器包装リサイクル法や家電リサイクル法などの個別リサイクル法が制定されている構造となっている。現体系においても、各法制度相互の関連性を念頭に置いた運用は図られているが、今後は運用される全体の枠組みの中での齟齬や不公正が生じないような調整が必要となつてこよう。

2000年6月に成立した「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）」では、食品循環資源の再生利用並びに食品廃棄物等の発生抑制及び減量に関し基本的な事項を定めるとともに、食品関連事業者による食品循環資源の再生利用を促進するための措置を講ずることにより、食品に係る資源の有効な利用の確保及び食品に係る廃棄物の排出の抑制を図るとともに、食品の製造等の事業の健全な発展を促進し、もって生活環境の保全及び国民経済の健全な発展に寄与することが目的とされている（第1条）。主務大臣（環境大臣と農林水産大臣）は数値目標や再生利用等の方策に関する基本方針を作成することが求められ、2001年5月に策定された基本方針では平成18年度までに食品関連事業者は、再生利用等の実施率を20%に向上させることとされている。約100万事業者がいるといわれる食品の製造、流通、販売、外食などに関係する食品関連事業者に対して、食品循環資源の再生利用等について必要な指導及び助言ができることとされている。第9条において、主務大臣は政令で定める発生量要件に該当する食品関連事業者に対して勧告ができるとされているが、この要件としては年間排出量が100トン以上の食品関連事業者とされた。これに該当する事業者は約1万6千業者いるとされ、食品廃棄物発生量全体の約6割を占める²⁾。

こうした減量に向けての枠組みとともに、食品循環資源の再生利用を促進するための規制緩和措置もとられている。特定肥飼料等を製造する事業者は主務大臣の登録を受けることができるとされ、農林水産大臣への届出が不要といった肥料取締法や飼料安全法の特例が適用される。また、食品関連事業者が農林漁業者等の利用者や肥飼料化を行うものと共同して再生利用事業計画を作成、認定を受ける仕組みを設け、三者一体となった再生利用を促進することも可能となっている。なお、食品リサイクル法において、再生利用とは食品循環資源を肥料、飼料その他政令で定める製品の原材料として利用することとされており、油脂及び油脂製品とメタンが政令で指定されている。また、減量とは脱水、乾燥その他の主務省令で定める方法により食品廃棄物等の量を減少させることで、発酵及び炭化が省令で定められている。

こうした制度が定められた食品廃棄物であるが、その発生実態は、下記のとおりである。年間発生量約5000万トンの一般廃棄物のうち、厨芥は約1600万トンで、一般家庭から1000万トン、事業系（食品流通業や飲食店など）から600万トンである。約4億トンの年間発生量である産業廃棄物のうち、動植物性残渣は340万トンである。両者を合わせて、食品廃棄物としては年間約2000万トンとなっている。産業廃棄物の動植物性残渣は、約50%が肥料や飼料にリサイクルされているが、一般廃棄物のリサイクル率はきわめて低い。市町村の高速堆肥化施設で再生利用されている量は、約5万トンで厨芥全体の約0.3%に過ぎない。今回の食品リサイクル法では、まず事業系一般廃棄物の約600万トンと産業廃棄物の動植物性残渣の340万トンを対象として取り組むことが宣言されたわけである。

2. 食品残渣の循環・資源化処理方式のライフサイクルアセスメント³⁾

日本では、一般廃棄物中の生ごみの大半が焼却処理されており、堆肥化などの資源化率は1%に満たない状況が長く続いていることはすでに述べた。近年、廃棄物焼却によるダイオキシン類の排出に対する懸念や、資源の有効利用の観点から、生ごみに対しても資源化が求められるようになり、各自治体での資源化処理の導入・検討や食品廃棄物リサイクル法の制定などがなされてきた。これら厨芥類の資源化処理方式の得失を定量的に評価することは、廃棄物政策を立案する上で有用な情報を提供する。平井らは、各種の生ごみ処理・資源化方式を対象としてLCAを実施してきており、その概要を紹介する³⁾。評価に当たっては、処理・資源化方式の特性を十分に把握できるよう、CO₂のみにとどまらず、ダイオキシン類・重金属類によるヒトへの健康影響や埋立地の逼迫なども考慮した。評価対象とするシナリオを、1) 焼却シナリオ (略号 I)、2) メタン発酵・焼却シナリオ (B+I)、3) メタン発酵・堆肥化シナリオ (B+C)、4) 堆肥化シナリオ (C)、の4種類とした (図1)。2) ではメタン発酵残渣を焼却するのに対し、3) ではメタン発酵残渣を堆肥化する。

評価対象とするライフサイクルは、ごみの収集から最終処分までとした。システムの運用段階のみを対象とし、施設建設段階は対象外とした。機能単位の定義と整合するよう、農地での堆肥分解過程もシステム境界内に含めた。対象システムで生じる資源化物 (ごみ発電又はバイオガス発電による電力、堆肥) は、同等の機能を提供するサブシステム (電力供給、合成肥料の供給) を代替すると考え、サブシステムの環境負荷をマイナス計上した。有害物質の特性化手法には、一般的な環境を想定した環境運命モデルを用いる手法を採用した。Mackay型マルチメディアモデル⁴⁾ を用い、対象物質の予測摂取量と一日耐用摂取量等との比に基づいて有害性の強さを評価する。モデルによる予測一日摂取量の算出は、排出量を入力値として環境媒体中濃度を算出する前段と、環境媒体中濃度を入力値として摂取量を算出

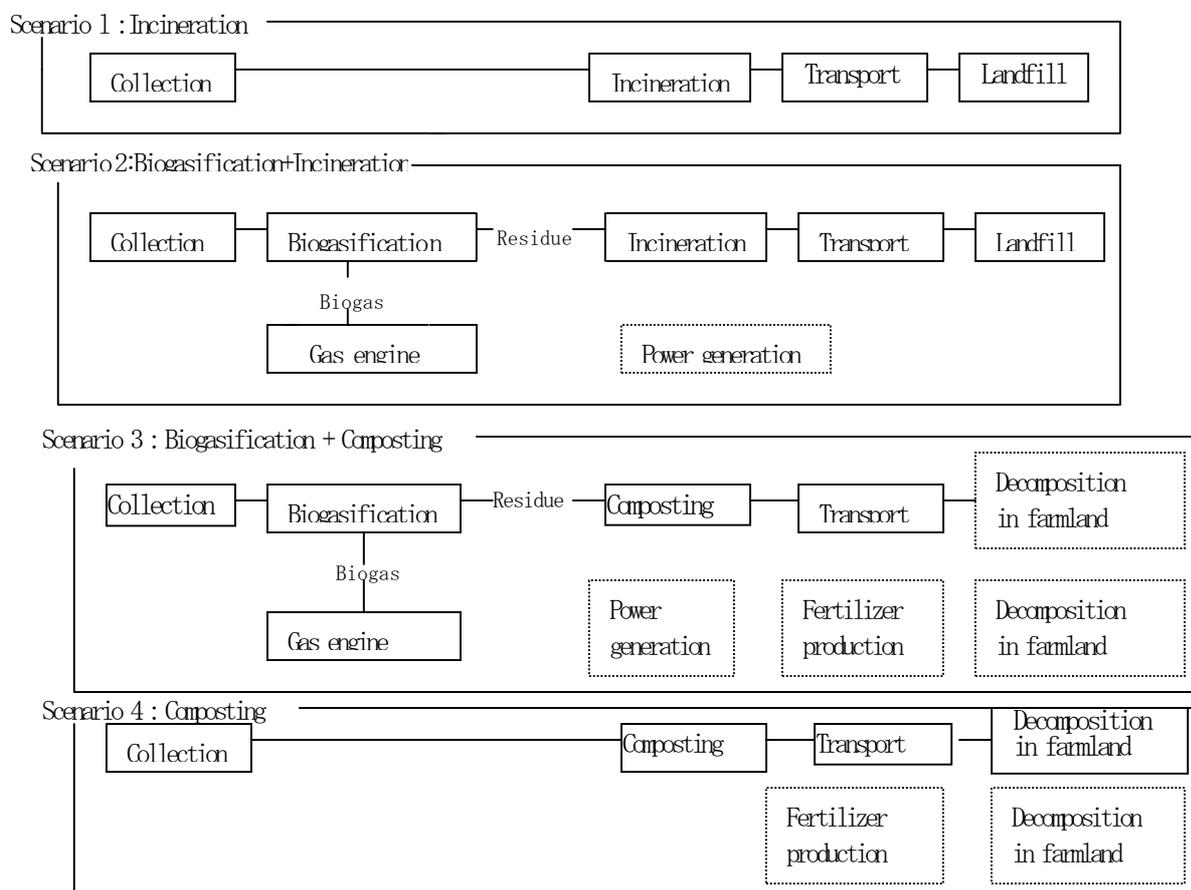


図1 4つの食品残渣の循環・資源化システム

する後段とからなる。モデルの地理スケールは日本全体とし、評価対象とする系は、大気、工業土壌、農業土壌、自然土壌、水系、底質の6媒体で構成した。大気・海洋を通じた系外への物質の移流・拡散はゼロとし、有害物質影響の過小評価を防いだ。後段の生物濃縮・摂取過程は中央環境審議会⁵⁾を参考とした。すなわち、生物濃縮係数を用いて食品中の濃度を算出し、一人一日あたりの摂食量を乗じることで、対象物質の摂取量を求めた。暴露経路として食品（根菜、地上野菜、果物、穀類、牛肉、牛乳、卵、魚）、大気吸入、土壌直接摂食を考慮した。

地球温暖化に関する特性化結果を図2に示した。地球温暖化においては、メタン発酵焼却シナリオで最もスコアが少なく、次いでメタン発酵堆肥化、焼却埋立、堆肥化の順となった。メタン発酵（バイオガス発電）は、ごみ発電と比較して効率的にエネルギーを回収するため、売電によるCO₂削減効果が大きい。堆肥化プロセスはエネルギー回収を伴わないため、購入電力によるCO₂排出が他のシナリオに比較して多い。堆肥化により得られたコンポストによる合成肥料代替の効果も認められる（33kg-CO₂eq）が、農地でのコンポスト分解によるCH₄排出（73kg-CO₂eq）を打ち消すには至らないと評価された。

さらに環境影響領域として地球温暖化、酸性化、埋立地消費、有害物質によるヒトへの健康影響をとりあげDistance to Target (DtT) 法による重み付け評価をした。有害物質としてはダイオキシン類及び重金属類を取り上げ、3種のMackayモデルを用いた特性化を試みた。メタン発酵を含むシナリオは含まないシナリオに比べ、環境負荷を低減する傾向にあった。堆肥化は焼却処理に比べ温室効果ガス排出が多いが、DtT法による評価では埋立量削減の効果がこれを上回った。有害物質による影響は用いる特性化係数によって異なり、定常モデルでは農地への重金属排出による影響がダイオキシン類の大気排出による影響より大きいと評価されたが、100年間の影響を見る動的モデルでは、ダイオキシン類の大気排出が支配的な影響を持つと評価された。詳細は原著³⁾を参考とされたい。

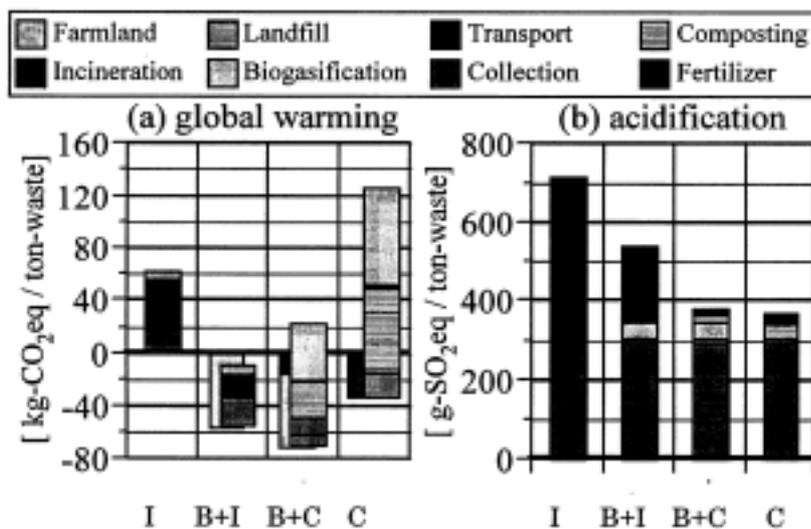
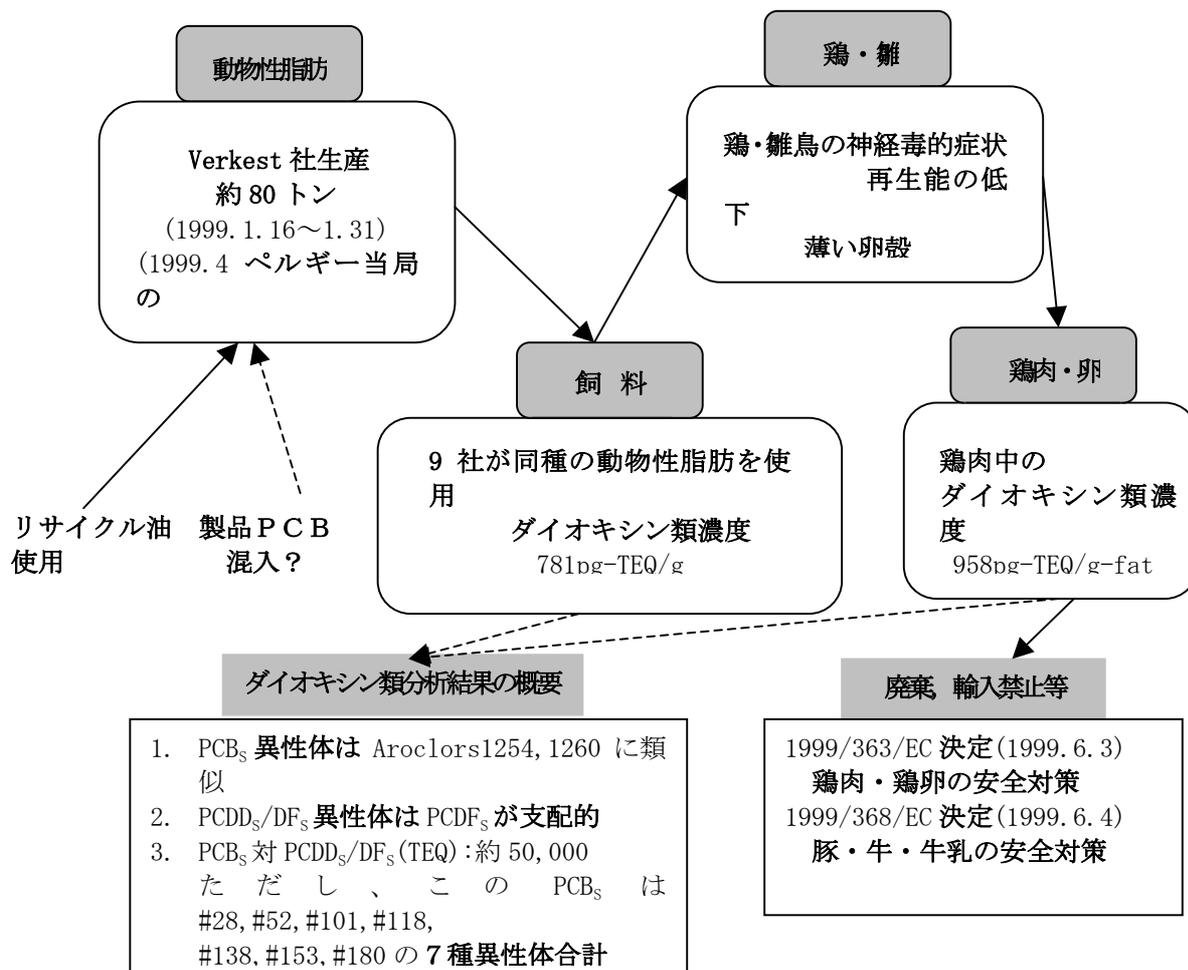


図2 地球温暖化と酸性化に対する特性化結果

3. 循環型社会設計における化学物質コントロールの必要性

循環型社会を目指した法制度は、1990年代に入って急ピッチで整備されてきた。地球社会の資源的制約や環境容量的制約を克服し、その持続性を保つために不可欠な制度といえよう。その一方、循環型社会の陰にあたる問題が、モノの循環に伴う有害化学物質の循環濃縮である。その事例として、1999年上半期に起こったベルギー産食肉・鶏卵のPCB汚染問題を取り上げる。図3にはECの食品科学委員会報告⁴⁾などの情報をもとに整理した本問題の構図を示した。その発端は1999年2月、ベルギーの鶏飼育者が雛の神経毒的症状や卵殻が薄くなる事実直面したことであった。飼料の生産事業者が一つの飼料と一つの鶏肉のダイオキシン分析を行ったところ、飼料で781pgTEQ/g、鶏肉で958pgTEQ/gと高濃度であることがわかった。この事実は4月下旬にベルギー当局に伝えられる。動物飼料を提供する9社が、同じ動物性脂肪を原料に使用し、この動物性脂肪は唯一の生産者から購入していた。ベルギー当局の捜査により、汚染脂肪は1月16日～31日の間に約80トン生産されたものが汚染されていたことが明らかにされる。高濃度のPCBの存在、異性体成分プロファイルから、ダイオキシンではなく製品PCBによる汚染であることがわかったのである。

さて、このベルギー産食肉・鶏卵のPCB汚染が意味するところは、まず食の安全問題としてダイオキシン類やPCBは様々な側面から決定的な影響を与えるという点である。実際、食品経済へのダメージは約1兆円といわれ、分析能力の不足、政治情勢への波及といった社会的影響ももたらした。そして、



食肉・鶏卵の汚染原因として、廃食油のリサイクル過程でPCB油が混入した可能性が強く示唆されていることが、循環型社会の陰と呼ぶ所以である。欧州の国々の多くは廃PCB処理のための高温焼却施設を有し、使命を終えた廃PCBを順次処理してきているにもかかわらず、廃油リサイクル過程におけるPCB汚染を避けることができなかったのである。

一方、PCB処理技術は、最近の技術開発により、廃PCBの化学処理法や超臨界水酸化法などが実用レベルに達してきている。また、高温燃焼分解法は、欧米では確立済みの技術として、廃PCB処理に日夜使われている。日本でも、近年開発されてきた排ガスに対するダイオキシン対策の高度技術を併用することにより、より信頼性の高い運用が可能となるはずである。もとより、こうした処理を推進することによるリスクも幾ばくかは存在することを覚悟して進まねばならないが、そのリスクは保管を続けることより格段に小さい。環境庁の試算によれば、保管を続けることによりPCB量として14～140トン/年の環境進入の可能性があり、処理を行うことではわずか0.1～4kg/年の環境進入量である⁷⁾。何より、このまま保管を続けることは、リスク管理の継続性、とくに継世代性を保証しにくいことを認識しなければならないのである。

このように過去の遺産といえる廃PCBの分解処理に立ち向かうことが肝要であるが、物質循環、とりわけ食品や飼料のリサイクルにはこうした残留性化学物質の循環もつきまとう問題であることを意識し、そのモニタリングや制御方策についての研究、検討を進めていかねばならない。ごみ問題や物質循環と化学物質の関係については、ダイオキシン対策など多くの制御方策がとられてきているが、依然、多くの課題があるといえよう⁸⁾。

参考文献

- 1) 酒井伸一：新たな世紀と物質循環・廃棄物対策，産業と環境，30[1]，38-45（2001）
- 2) 食品リサイクル推進研究会：食品リサイクル法の解説、新日本法規（2001）
- 3) 平井康宏、村田真樹、酒井伸一、高月紘：食品残渣を対象とした循環・資源化処理方式のライフサイクルアセスメント、廃棄物学会論文誌、12[5]，219-228（2001）
- 4) Mackay, D. : Multimedia Environmental Models : The Fugacity Approach, Lewis Publishers, (1991)
- 5) 中央環境審議会：大気汚染に係るダイオキシン類環境基準専門委員会報告（1999）
- 6) European commission, Scientific committee on food : Opinion on dioxins in milk derived from cattle fed on contaminated feed in Belgium, SCF/CS/CNTM/PCB/4/final（1999）
- 7) PCB混入機器等処理推進調査検討委員会：PCB処理の推進について（中間報告）平成9年10月
- 8) 酒井伸一：ゴミと化学物質、岩波新書562（1998）

食品廃棄物・生ごみ堆肥化システムについて

神奈川県農業総合研究所
藤原俊六郎

1. 21世紀は廃棄物有効活用の時代

21世紀に入った今、世界人口は約58億人であるが、2010年には70億人に達するといわれている。人口の増加にともない食料生産の増大が不可欠であるが、資源には限りがあり、今後、現在の生活水準を維持し、環境の破壊を防ぐためには、廃棄物を有効に活用するリサイクル型世界の確立が不可欠である。すなわち、21世紀は廃棄物を有効に活用する時代といえる。

現在、わが国では、年4億tを超える廃棄物が排出されている。このうち下水汚泥が17%、家畜ふん尿が19%であり、これらを含む生物系廃棄物は57%にあたる2.8億tにも及ぶ。このうち、堆肥化や飼料化により活用できるものは多い。飼料化に比べ堆肥化に使える原料の幅は広く、農耕地の地力を維持する観点からも、また廃棄物の減量化の観点からも、生物系廃棄物の堆肥化によるリサイクル型農業の確立は有効な方法である。

生物系廃棄物の種類別生産量を表1に示した。この中で食品系廃棄物は量が少ないが、原料が食品の粕であるため、収集・処理過程で異物の混合がなければ安全使用できる資材である。食品廃棄物の活用にあたっては、乾燥して肥料化する方法もあるが、ここでは堆肥化による活用について紹介する。

堆肥化は、わら類や家畜ふんなどでは、農業利用の手法として一般的な手法ではあるが、食品系廃棄物については、種類が多様で性質が異なるため、それぞれの資材により堆肥化の考え方が違い、今後解決すべき課題が多い。

表1 生物系廃棄物の発生量 (生物系廃棄物リサイクル研究会, 1999)

生物系廃棄物	発生量	窒素量	リン酸量	カリ量	
農業系	稲わら	1,094	6.57	2.19	10.94
	麦わら	78	0.31	0.16	0.78
	もみ殻	232	1.39	0.46	1.16
家畜系	家畜ふん尿	9,430	74.90	27.40	51.90
	畜産物残さ	167	8.38	11.93	6.22
林業系	樹皮 (バーク)	95	0.50	0.07	0.27
	おが屑	50	0.08	0.02	0.07
	木屑	402	0.60	0.12	0.56
食品	食品残さ	248	0.98	0.37	0.40
製造業	汚泥	1,504	5.27	3.02	0.58
建設業	廃材木	632	0.95	0.19	0.88
生ごみ	生ごみ	2,028	8.01	3.01	3.24
草木類	木竹類	247	1.87	0.47	0.91
汚泥類	下水汚泥	8,550	8.86	9.18	0.63
	し尿汚泥	1,995	11.97	2.00	5.99
	浄化槽汚泥	1,359	1.41	1.46	0.10
	集落排水汚泥	32	0.03	0.03	0.00

2. 食品系廃棄物の農業利用

(1) 利用者のことを考えた堆肥生産

廃棄物の農業利用にあたっては、「農地は捨て場ではない」という表現が使われることがある。農耕地は食物の生産活動の場であり、土壌とそれを取りまく環境の安全性に十分注意する必要がある。どんな資材を使ってもよいのではなく、有機性廃棄物の中から農業生産に適した資材を選択し、利用していくことが大切であり、廃棄物という名のものは全てが危険なやっかいものだと考えるのは誤りである。

有機性廃棄物とりわけ食品廃棄物は、製造過程で他の資材の混入がなければ、安全であるとともに栄養バランスが優れ、微生物活性を高める資材もある。農耕地の地力維持のためにも、積極的に食品系廃棄物の中から農業生産に適した資材を検索し、利用する姿勢が大切である。そこでは、利用者（農業者）の意向を大切にしたい製品化が必要となる。

(2) 農業利用に必要な基本的条件

①作物に障害を及ぼさないこと

有機物の種類によっては、有機酸やフェノール性酸などの作物の生育や種子の発芽に有害な成分を含むことがある。これらにより、作物に有害な影響を及ぼすことがあってはならないが、同時に作物生育に影響する雑草の種子も含んでいてはならない。

②環境に有害でないこと

土壌環境を守るためには、有害な重金属や病原菌を含んでいてはならない。重金属含量は、ヒ素50mg、カドミウム5mg、水銀2mg/kgの基準を超えないことは当然であるが、溶出基準はもとより、蓄積防止基準である亜鉛120mg/kgの基準を超えないことも必要である。

③製品が安定していること

有機性廃棄物は種類が多く、その種類により肥料成分や施用効果が異なるので、特性を明確にし、表示することが必要である。また、製造ロット毎に成分が異なるようでは、利用上問題が多いため、成分の安定化をはかることが必要である。

④取り扱いやすいこと

有機物を農耕地に散布する場合は、1t/10a以上の大量の散布を必要とするため、取り扱いやすく、作業が効率的に行える形状にすることが大切である。取扱い性における課題は、悪臭、高水分、形状不均一、貯蔵性が悪い、農業機械への適応性が低い、等がある。

3. 食品廃棄物の資材別堆肥化技術

(1) おから（豆腐粕）

豆腐製造に当たっては、原料大豆の約1.3～1.4倍の生おからが生産され、年間約74万tのおからが生産されている。

おからの成分は、原料が大豆単独であるため、比較的均一である。おからの平均含水率は約80%であり、非常に高い。成分の乾物含量は、蛋白質24.5%、脂質13.0%、粗繊維18.4%、灰分3.5%であり、栄養分が豊かな良質の食品材料といえる。このように水分含量が高く栄養分が豊かであるため、微生物の増殖にも適しており、短時間で腐敗が起り、強い悪臭を発生するという欠点をもっている。

出来た堆肥は、成分的には肥料成分が高く、有機肥料として使用することが好ましい。

表2 おから及び堆肥化物の成分（成分は乾物％，神奈川県農総研）

資材名	含水率	T-C	T-N	C/N比	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
おから	79.2	49.8	4.36	11.4	0.83	1.60	0.31	0.16
堆肥化物	36.0	44.7	3.63	13.1	2.39	4.04	1.06	0.43

(2) コーヒー粕

コーヒー粕は、コーヒーを飲用するために焙煎・粉砕したコーヒー豆を熱水抽出した残渣であり、生豆の2倍程度にあたる年間60万t程度発生する。

コーヒー粕の性状は、粉砕方法によって粒径が異なるが、数mm以下の黒色の粉末である。熱水抽出してあるため含水率は65％程度であり、pHは弱酸性の5.8程度である。窒素以外の成分は少ないが、MnとFeの含量がやや高い傾向がみられる。形状は、多孔質の形状をしているため水分を吸収することのできる能力があり、さらに弱酸性であることから悪臭の主因であるアンモニアを吸着できることなど、優れた特徴があるため、堆肥化の副資材としては有益な資材である。

表3 コーヒー粕及び堆肥化物の成分（成分は乾物％，神奈川県農総研）

資材名	含水率	T-C	T-N	C/N比	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
コーヒー粕	66.3	55.2	2.17	25.4	0.24	0.44	0.14	0.20
堆肥化物	30.8	49.2	3.63	13.5	3.84	1.78	1.78	0.34

(3) 茶粕

年間、6万tの茶粕が生産されるが、生産企業が限定されるため、茶粕が排出される場所は限定される。

pHは5程度の弱酸性である。窒素含量は3.6～5.0％と高いが、緑茶>紅茶>ウーロン茶粕の傾向にある。その他の成分は少ないが、鉄は緑茶に比べ発酵させたウーロン茶と紅茶では高い値を示す。また、茶には水溶性フェノールが多く含まれているが、紅茶粕は他の粕に比べ少ない。

表4 茶粕及び堆肥化物の成分（成分は乾物％，日本肥糧検定協会，神奈川県農総研）

資材名	含水率	T-C	T-N	C/N比	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
緑茶粕	5.0	51.0	5.02	10.2	0.83	0.80	0.73	0.27
紅茶粕	5.9	50.0	4.54	11.0	0.65	0.36	0.77	0.28
ウーロン茶粕	14.9	51.5	3.72	13.8	0.48	1.01	0.73	0.26
堆肥化物	30.8	49.2	3.63	13.5	3.84	1.78	0.16	0.34

(4) ビール粕

ビール粕の発生量は約13％に相当する90万t／年と推定される。ビール粕の含水率は80％であるが、脱水すると65％、乾燥すると10％まで低下する。脱水物はそのまま堆肥化する事が可能である。成分的には、窒素、リン酸に比べて、カリが少ない。

大きさは0.5～3mmであり、物理的性状は優れている。また吸水力も優れ、約3倍の水を保持することができる。これらの特性は、汚泥等他の資材と組み合わせて堆肥化する副資材としての利用特性に優れている。

表5 ビール粕及び堆肥化物の成分分析例（成分は乾物%，横浜市）

資材名	含水率	T-C	T-N	C/N比	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
ビール粕	10	40.7	2.9	14.0			
堆肥化物	30	25.6	3.17	8.1	5.81	0.30	4.05

(5) 果汁粕

果汁製造工程でできるの搾汁粕であり、外皮、内皮、パルプ、種子などが含まれる。成分は原料の種類によって異なるが、ミカンジュースカスの例を表に示した。全体に成分は少なく炭素率が高いため、堆肥化するためには窒素の多い資材を混合する必要がある。また、カンキツ類果汁粕には、果皮油が含まれ、条件によっては堆肥化しにくいことがある。

表6 ミカンジュース粕の肥料成分（成分は乾物%，神奈川県）

資材名	含水率	T-C	T-N	C/N比	P ₂ O ₅	K ₂ O
ミカンジュース粕	85	45.0	1.0	45.0	0.2	1.1

(6) 野菜屑

野菜屑は圃場にすき込まれたり、圃場周辺に堆積し分解処理することが多いが、都市近郊農業においては、その処理が問題になっている。また、漬け物工場や市場では野菜屑が多量に発生している。野菜屑の発生量は正確には把握されていないが、軟弱野菜の類を除くと、一般的に10aあたり生重で0.5～2tの野菜屑が排出される。

一般に、野菜屑は窒素とカリが多くリン酸が少ない傾向にあるが、葉菜類やキュウリのように比較的養分含量の高いものもある。堆肥化する上での最大の問題は含水率の高さであり、乾燥するか水分調節材を添加し、堆肥化に適した含水率である60%程度にすることができれば、良質の堆肥の生産が可能になる。

表7 野菜類の成分特性（成分は乾物%，神奈川県）

作物名	含水率	灰分	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
キャベツ	85.3	12.5	3.36	1.24	5.16	1.89	0.47
コマツナ	89.2	25.7	3.82	1.59	10.7	2.23	0.69
ハクサイ	85.0	28.8	3.82	1.82	11.0	4.67	1.03
タマネギ	81.3	6.1	1.30	0.57	1.21	1.60	0.28
ニンジン	73.2	8.4	1.55	0.70	4.16	0.69	0.18
ジャガイモ	79.3	5.6	1.77	0.64	3.02	0.02	0.18
ナガネギ	87.9	8.1	3.72	1.15	3.38	0.87	0.40
ダイコン(葉)	91.9	19.8	2.71	0.51	7.53	3.86	0.39
カボチャ屑	60.6	25.2	2.67	0.91	4.56	8.95	1.97
メロン屑	81.9	23.3	1.69	0.48	4.17	8.65	2.47

3. 生ごみの農業利用

(1) 種類と発生量

一般廃棄物中の40%が生ごみであるといわれ、2,028万t（1995年）が排出されていると見込まれる。生ごみは、その大部分が一般廃棄物として排出され、焼却または埋立処分されており、リサイクルされているのはわずかである。

生ごみの有効利用の歴史は古く1930年イタリアで大規模な都市ゴミの堆肥化始まり、1931年にはフランスでコンポストプラントが使用されている。わが国では1980年代に試みた自治体あったが普及せず、現在再び、自治体や企業が取り組みは始めている。

家庭から出される生ごみの量や組成は、条件によって大きく異なるが、京都市の調査事例では、調理屑が50～60%、食べ残しが30～40%、残り10%が異物である。調理屑は、野菜の皮や屑、果物の皮や屑が大部分で、魚介類の屑や卵のような動物質の屑は、わずかである。食べ残しの約30%は、手をつけられないで捨てられた食品であり、この中には、肉類や魚介類のような動物質のものが多く含まれている。

(2) 堆肥化特性

生ごみの成分は、その日の食べものにより大きな違いがあるが、乾燥した生ごみには、窒素3～6%、リン酸1～2%、カリ1～4%程度が含まれており、一般的な堆肥の原料である牛ふん以上の肥料成分が含まれている。材料や処理によっては塩分や油分が多くなる心配があるため、塩分や油分の調査が必要である。

肥料成分を有効に活用するためには乾燥する方法も有効であるが、作物に安心して使用できる資材とするためには堆肥化処理が好ましい。一般には、堆肥は堆積方法により製造されることが多いが、生ごみは腐敗が著しいため、発酵処理装置を用いる必要がある。

(3) 堆肥化方法

生ごみの堆肥化にあたっては、植物質の炭素源の多い資材と混合することが好ましい。生ごみだけを堆積しておくと、分解初期にはpHが低下し嫌気発酵が始まる、これは乳酸菌が活動するため、乳酸生成がみられる。また、酢酸が発生する状態になると極度の悪臭が発生する。このような状態にならないよう、堆肥化後直ちにpHが高まる状態にすることが必要であり、アンモニアが生成しているような分解条件の中に生ごみを投入するような連続発酵装置が好ましい。

神奈川県内の事業所で使われている生ごみ処理機の事例を表に示した。この事例では乾燥型の炭素率が高いが、事業所では扱う原料に大きな差があるため、それが影響している。また、家庭用に比べ成分含量が少ないが、これは投入量も影響している。塩類は、Na量で0.5%以下であった。また、油分は事業所による違いはあるが、家庭よりは多い。

表8 事業所用生ごみ処理装置生産物（成分は乾物含量，神奈川県）

処理装置方式	含水率	pH	灰分	全炭素	全窒素	C/N比	酢酸	カリ	石灰	ナトリウム
乾燥型Z市学校A	0.7%	4.7	6.5%	43.9%	3.0%	14.6	0.7%	0.9%	0.4%	0.6%
乾燥型Z市学校B	1.1	4.3	5.0	46.6	3.4	13.6	0.6	0.6	0.5	0.5
微生物型H市役所	7.1	5.0	4.5	49.7	3.7	13.5	0.8	0.5	0.5	0.5
微生物型O町給食	36.5	7.6	9.4	43.1	5.1	8.4	1.1	0.5	2.9	0.5
平均			6.4	45.8	3.8	12.1	0.8	0.6	1.1	0.5

4. 堆肥化の事例

(1) 食品廃棄物（神奈川県農総研）

神奈川県農業総合研究所では、おからとコーヒー粕を組み合わせた良質堆肥の生産技術を開発した。

ア. 堆肥化装置

一次発酵槽は、容量1,200Lの小型の強制通風装置付き密閉型発酵槽（ミニプラント）により、二次発酵は通風装置の付いた容量1,000L箱形発酵槽を使用した。

イ. 堆肥化方法

おからとコーヒー粕を容積あたり1:1に混合し、リターンを10%相当量加え、攪拌混合後、一次発酵槽内に投入する。密閉型発酵槽で7~10日間の一次発酵を行い、その後、二次発酵槽に投入し、約3か月間堆積発酵する。条件さえよければ堆肥の発熱は著しく、短時間で75℃程度までの上昇する。

一次発酵を終えたものは含水率が65%と高いが、通風装置の付いた箱形発酵槽により3か月間二次発酵を行うと含水率は35%に低下し、良好な堆肥となる。

一時発酵と二次発酵により生じる物質収支を計算したものを、図1に示した。一次発酵で約30%の有機物が分解し、最終的には61%の有機物が分解する。その結果、原料混合物1,000kgから179kg（水分35%）の堆肥が生産され、この間に、783kgの水と266kgの二酸化炭素が放出され、窒素はアンモニアとして3.5kgが揮散するが、悪臭はほとんど発生しない。

ウ. 製品の特徴

二次発酵を終えた製品は、乾物含量で窒素5.5%、リン酸1.2%、カリ1.5%であり、窒素成分の高い堆肥となる。また、容易にペレット化することもできる。

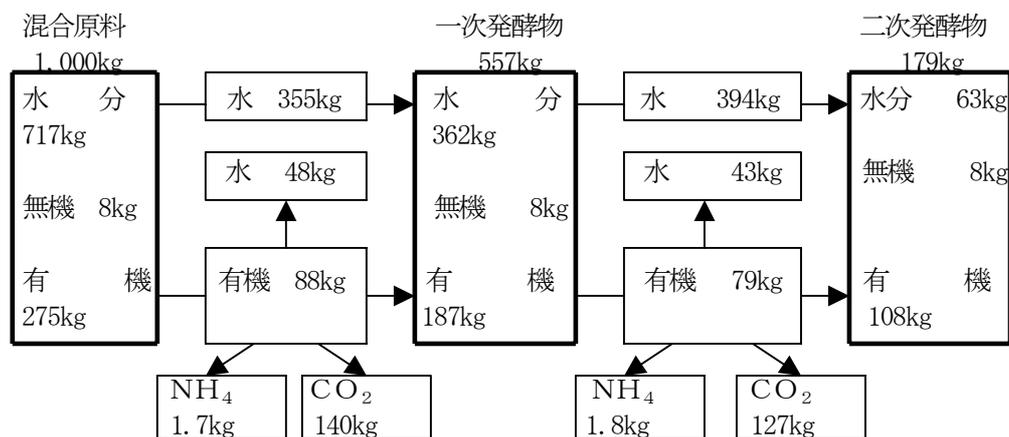


図1 おから・コーヒー粕混合堆肥の製造過程における物質収支

(2) 生ごみ（栃木県野木町）

生ごみの発酵処理装置は、1日1~2kg投入の家庭向き小型装置から、100~500kg程度の事業所向け中型装置、1日数tを処理する自治体規模の生ごみを処理する大型装置など、多様な機種が発売されているが、自治体の取り組み事例として野木町を紹介する。

ア. 堆肥化装置

システムの概要は図2示したように、静置箱発酵＋土間発酵という独自の発酵方式によって生ごみを堆肥化している。システムは、スクリーナー破袋機、調整装置、発酵箱、熟成場、回転選別機より構成される。

イ. 堆肥化方法

都市ごみの堆肥化には徹底した分別が必要である。当町の分別方法は家庭で生ごみの水切りを行ない、2枚以内の新聞紙に包み、町指定の紙袋に入れることによって、生ごみの水分を下げ、異物の混入を抑え、良好な堆肥をつくるうえで大きな役割を果たしている。

破袋された生ごみは、水分が約70%以下になるよう水分調整材（おがくず）を添加する。同時に、生ごみの約0.02%の発酵菌を加え、混合しながら初期発酵を促進するために65～75℃まで加熱を行なう。

調整処理された初期発酵ごみを発酵箱に入れ1か月間静置した状態で発酵させる独特な方式をとっている。一次発酵後、発酵箱からあけて熟成土間に積み上げ熟成される。熟成期間は2か月であり、2週間に1回ショベルカーで切返しを行なう。

ウ. 製品の特徴

堆肥は、十分な生産管理と品質管理のもとに製造され、熟成度が高く、家庭生ごみから製造される堆肥として地域住民から高い評価を得ている。

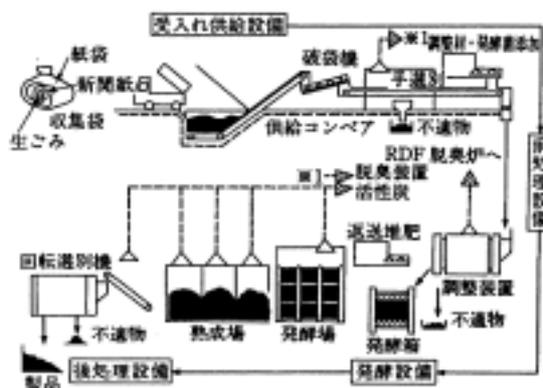


図2 野木町の堆肥化フロー（資源化大事典より）

(3) 神奈川県における実用化事例

全国的にも多くの自治体や企業、団体で取り組まれているが、表に神奈川県内の食品廃棄物の取り組み事例を示した。企業ではこれ以外にも取り組み事例が多くある。現在の所生産量が少ないため、一部の農業者が利用しているだけである。

表9 食品廃棄物堆肥化事業所の例（神奈川県，2000）

事業所	開始年	概要	処理物の活用
M市	1991年	環境センターを開設、選別して堆肥化 1997年400 tの堆肥を生産	大部分が家庭菜園用 農家利用は1割
F社 K工場	1997年	従業員12,000人の食堂から出る500kg の生ごみを24時間で100kgに減量	近くの2農家に依頼 野菜栽培
A社 グリーンセンター	1997年	漬物工業協同組合4社が利用契約 野菜残さ1日4.5tを48時間で1/20に	県内27戸の契約農家が が無料引き取り
R社 チェーン	1997年	県内230店舗の弁当、惣菜等1日37 tを リサイクル工場で再資源化	県外肥料会社で肥料化
K組合 卸売市場	1998年	商業協同組合が堆肥化プラントを稼働 高速分解発酵で48時間で1/20に減量	市内の野菜生産者へ
K町	2001年	町内の小中学校の給食屑（年間8,000kg） を剪定屑と混合して堆肥化	町内の農家に配布を 計画中（一部試験栽培）

5. 食品系廃棄物の農業利用のありかた

(1) 安全で高品質資材の生産

成分的に優れた物を製造しても、廃棄物ということで利用者には不安がつきまとう。これを防ぐためには、製造管理をしっかりし、危険なものが混入しないように万全の注意を払う必要がある。新たな肥料取締法では、特殊肥料の原材料や成分表示が義務づけられるが、それ以外の成分についても使用者に積極的に公開し、安全性を印象づけ、不安を起こさせないことが大切である。

また、おからで枯草菌が増加することが知られているが、土壌病原菌に対する拮抗微生物や微生物資材の効果を発現させるために、従来使われていなかった食品系廃棄物が役立つ可能性もある。このように新たな付加価値のついた資材化が望まれる。

(2) 収集して二次発酵する施設を整備

食品系廃棄物は肥料成分に富むものが多いが、成分にばらつきが大きい欠点もある。各種の資材を混合し、品質的に優れた資材に変えることが必要である。また、生ごみ等は一般廃棄物になっているが、発生源にかたよりのため、都市部では1自治体では解決できない問題であり、広域流通が必要となる。

成分のバランス、量の安定供給の意味から、廃棄物の発生源で一次処理して広域流通が可能な資材に変え、自治体や団体が所有する堆肥化センターにおいてそれらを用途に応じて混合し、二次発酵することにより農業生産に適した資材に変える施設が必要である。

(3) 家畜ふんとの組み合わせによる土づくり

食品系廃棄物の有効活用は単独で考えても発展しない。食品系廃棄物同士の組み合わせだけでなく、現在の主要な有機資源である家畜ふんや今後発生が多くなる街路樹剪定屑などと食品系廃棄物の組み合わせによる堆肥生産が、今後大きな課題になる。また、食品系廃棄物生ごみの農業利用だけを促進すればよいのではなく、家畜ふん堆肥との併用により、バランスのとれた土づくりを行う必要がある。

表に神奈川県内の事例を示したが、発生量は生ごみが多いが、肥料成分からみれば家畜ふんの量が大きく、両者を全て供給すれば過剰供給になる。このため、肥料以外の活用も必要であり、幅広く考えることが必要になる。

表10 神奈川県内の家畜ふんと生ごみの成分量と農耕地施用量（藤原，2000）

有機物名	全県年間発生量				農地1haあたり投入量			
	発生量	窒素	リン酸	カリ	農耕地	窒素	リン酸	カリ
家畜ふん	488千t	5436t	1192t	3759t	21885ha	248kg	54kg	172kg
家庭生ごみ	620	3179	1178	1295	21885	145	54	59
合計	1108千t	8615t	2370t	5054t	21885ha	393kg	108kg	231kg

6. 参考文献

- 1) 赤羽元（1999）：生物系廃棄物の発生及びリサイクルの現状，圃場と土壌，31（10・11）
- 2) 神奈川県農政部農業技術課（1997）：未利用資源堆肥化マニュアル，神奈川県
- 3) 有機質資源化推進協議会（1997）：有機性廃棄物資源化大事典，農文協

食品廃棄物・生ごみの飼料利用

日本大学生物資源科学部 阿部 亮

1. 日本畜産の黎明期—食品残渣利用による都市畜産の展開—

明治～大正期の日本畜産の形成期においては都市がその主役を果たした。その理由は、「畜産物の需要は都市の富裕階層に限定されていたこと」、「生鮮畜産物の貯蔵・流通システム（コールドチェーン）が確立されておらず、消費地と生産地とが近接していなければならなかったこと」がある。しかし、同時に「精米・精麦等農産物加工業の副産物を安価に飼料利用できたこと」と「都市住民の食品廃棄物を無償で貰い受け、それを家畜に給与できたこと」がある。

つまり、都市の食品製造副産物と食品廃棄物を利用することで高い地代負担を軽減できる構造となっていた。

本稿では養豚業を中心に「食品廃棄物の飼料利用の現状と課題」について述べるが、食品廃棄物の飼料利用は残飯養豚という形で東京、横浜を中心に展開され、畜産業は都市生活者との共存の下に開始されたのである。

しかし、昭和30年代後半からの高度経済成長下においては、「国民の食の構造が牛乳乳製品・畜産物に大きくシフトし、大規模な生産体系に移行する中で飼料は均一・大量生産される配合飼料に依存して都市厨芥から離陸してきたこと」、および「都市のスーパー的な発展により、環境問題等から養豚業の都市空間からの排除が進行したこと」等によって、残飯養豚業は統計的には無視されるような戸数になっているのが現状である。

後述する食品リサイクル法の施行、さらには飼料自給率の向上、環境問題意識の高まりから、今、新たな形態の食品廃棄物利用養豚が胎動し始めている。

2. 養豚の状況と養豚農家の食品廃棄物への関心度

表1には肥育豚の飼養規模を、表2には肥育豚生産費を、そして表3には養豚用配合飼料の配合原料の混合比率を示す。

表1. 平成11年度の肥育豚の飼養規模

	30—49頭	50—99	100—299	300—499	500—999	1000頭以上
戸数分布 (%)	3.9	7.0	21.9	15.4	21.7	21.3
頭数分布 (%)	0.2	0.7	5.0	6.9	18.1	68.8

(農林水産省畜産部、2001)

表2. 肥育豚の生産費（円）

規模	労働費	飼料費	建物費	農機具費	その他	総計
300-499頭	5,984	16,434 (59.6%)	941	692	3,524	27,593
500-999頭	4,570	15,168 (61.0%)	835	716	3,514	24,875
1000頭以上	3,093	14,903 (62.5%)	1,256	608	3,991	23,851

(農林水産省畜産部、2001)

表3. 養豚用配合飼料の配合原料割合（%）

原料	配合割合%
トウモロコシ	46.5
マヨ（こうりゃん）	17.4
大豆粕	14.2
魚粕・魚粉	1.0
ふすま	1.0
大麦	0.7
その他	19.4

(農林水産省畜産部、2000)

表1～表3の内容を整理すると以下のようなようになる。

- 1) 養豚経営の戸数比率では100-299頭、300-499頭、500-999頭、1,000頭以上がほぼ均等に分散しているが、頭数比率では1,000頭以上の経営が約70%と大きな値を示す。
- 2) 肥育豚の生産費の中では飼料費が約60%を占める。したがって、飼料費の軽減が養豚農家の大きな経営・技術課題となっている。
- 3) 日本の現在の肥育豚はその大部分が配合飼料で飼養されている。配合飼料の組成はトウモロコシ、マヨの輸入穀類が60%以上を占め、蛋白質飼料として大豆搾油粕（大豆粕）を主に利用している。これらの殆ど全てが輸入に依存している。
- 4) 若豚肥育用配合飼料の平成12年度平均価格は43.6円であるが、配合飼料の農家購入価格はそのグレード、購入量、購入形態、工場からの距離によって大きく異なる。筆者の周辺（神奈川県）の実勢価格は平成13年5月でkg当たり28～32円の範囲である。

このような養豚経営の現状の中で、養豚農家は食品廃棄物（旧来の残飯養豚の形ではなく、後述するような乾燥製品の使用）に対してどのような関心を示しているかを表4に示

す（横浜市環境事業局、2000）。規模が大きくなるほど、「非常に興味あり」の割合が高くなっている。価格と品質が評価されれば、規模の大きな養豚農家での飼料利用が展望されると考えてよいであろう。

表4. 飼養頭数別の食品残渣飼料利用に対する関心度（回答戸数、カッコ内%）

飼養頭数	非常に興味あり	あまり関心なし	使用に不安	その他
500頭未満	3 (30)	3 (30)	0	4 (40)
500—2, 000頭	7 (41)	2 (12)	1 (16)	3 (19)
2, 000頭以上	5 (50)	0	2 (20)	3 (30)

（横浜市環境事業局、2000）

3. 食品リサイクル法

平成13年5月から、「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）が施行されている。食品循環資源を「食品廃棄物のうち、肥料、飼料等の原材料となる有用なもの」と定義し、その肥料や飼料、その他の製品の原材料としての利用を促進している。そして、再生利用を促進するための措置として以下の内容が盛り込まれている。

一つは、「食品循環資源の肥飼料化を行う事業者については登録制度を設け、委託等による再生利用を促進、この場合には廃棄物処理法、肥料取締法、飼料安全法の特例を講ずる」というもので、新しい企業活動を誘導する措置であり、もう一つは、「食品関連事業者が農林漁業者等の利用者や肥飼料化を行う者と共同して再生事業計画を作成、認定を受ける仕組みを設け、三者一体となった再生利用を促進、この場合には廃棄物処理法、肥料取締法、飼料安全法の特例を講ずる」というもので、地域協業の中での物質循環農業を目指している。

4. 食品廃棄物飼料化事例

食品廃棄物の飼料化の方法としては、①残飯養豚方式、②乾燥方式、③リキッドフィーディング方式の3つがある。残飯養豚方式は食品廃棄物を煮沸して粥状で豚に給与するものであり、このケースは現在では非常に数が少ない。リキッドフィーディング方式は1980年代に北欧で開発された給餌方式で食品製造副産物、食品廃棄物、配合飼料を水と混合し、パイプで豚の飼槽に液状で圧送する方式であり、飼料の混合、給与の一連の工程がコンピューターによって制御される施設型飼料給与方式である。

上記3種の手法の中で現在、日本で最も多く見られる飼料化事例は乾燥方式である。乾燥法には、①熱風乾燥方式、②油温脱水方式、③発酵乾燥方式の3種類があるが、いずれも製品は10%前後の水分含量に調整されている。以下、各種事例を紹介する。

1) 山形県鶴岡市

山形県鶴岡市では平成6年から学校給食残渣と魚市場の魚腸骨を素材として用いる飼料化事業を展開している。乾燥熱源としては発泡スチロール廃棄物を利用している。その方法は、発泡スチロールの粉砕→ホッパーへの投入→油化→ガス化→バーナでの燃焼→熱交換機での熱回収→乾燥ドラムへの熱風供給、である。食品廃棄物はスクルーコンベアで乾燥機中を混合・攪拌されながら移動する。投入口温度は200℃、出口温度は80℃で、水分含量10%前後の製品が得られる。鶴岡市はこの事業の展開に当たって、鶴岡市環境衛生部、山形大学、鶴岡農業改良普及センター、鶴岡市農業協同組合、庄内経済農業協同組合連合会、養豚農家、鶴岡市教育委員会等からなる新リサイクルシステム研究開発事業検討会を発足させている。事業の推進はこの異業種間の連携によって行われている。作られた豚肉は「エコビック」と命名され、学校給食にも利用され、環境問題を考える格好の素材として学童や市民の高い評価を得ている。

2) 札幌市リサイクルセンター・三造有機リサイクル株式会社

札幌市リサイクルセンターでは市内188の事業所からの日量約50トンの食品廃棄物を油温脱水方式で乾燥し、水分含量10%前後の飼料を約10トン生産している。リサイクルセンターにトラックで運び込まれた食品廃棄物はホッパーに投入後、予備処理タンクで等量の廃食用油と混合され加熱される。

混合物は減圧室において加熱・脱水され、次に油分が重力分離とスクループレスによって除かれ乾燥製品が得られる。

3) コビニエンスストアセントラルキッチン・セブンイレブン・ジャパン

コビニエンスストアで販売される商品の調理工場（セントラルキッチン・茨城県竜ヶ崎市の）で排出される調理クズを発酵乾燥処理し、製品は近隣の養豚農家、養鶏農家、飼料製造業者に供給している。調理クズは発酵工程（60～70℃、バチルス属の生菌剤を加えて72時間発酵）と加熱乾燥工程を経て水分含量が10～15%に乾燥される。

4) 神奈川県海老名市有限会社共栄美化

事業系廃棄物処理の許認可を持つ事業体で、平成5年から飼料の製造を開始している。

飼料化の対象物はホテル、食堂、レストラン、学校給食、ラーメン店等からの食品廃棄物である。食品廃棄物に水分調整材として米粉あるいはフスマ、さらには高温発酵菌（バチルス属）が添加された後、高温熱風に接触させ品温を約80℃に保ちながら、4～5時間混合・攪拌を行う。

この間に脱水され、水分が10%前後の製品が得られる。製品は近郊の養豚農家に供給されている。

5. 食品廃棄物飼料化の課題

1) 分別の徹底と素材の選択

(1) 異物の分別

金属、ガラス、ビニール類等の異物が除去されたものの収集から、食品廃棄物の飼料化事業はスタートする。しかし、排出する方の「ゴミ」の観念と、利用者側の「資源」の認識のギャップは大きい。表5には横浜市が調査した1,098事業所の分別に関する意識調査の結果を示す（横浜市環境事業局、2001）。食品廃棄物の分別は「分別していない」が最も多く（58.1%）、「専用容器に分別している」は35.4%である。また、現在、分別をしていないと答えた事業所に対して今後の分別の可能性を尋ねた結果は、可能が67.9%、不可能が27.5%である。

表5. 食品廃棄物の分別 (%)

事業所	現状		今後	
	分別せず	専用容器に分別	分別可能	分別不可能
デパート	50.0	28.6	42.9	57.1
スーパーマーケット	47.7	33.7	61.0	34.1
コンビニエンスストア	65.2	26.1	81.3	12.5
ファーストフード	70.6	29.4	50.0	33.3
ファミリーレストラン	71.4	28.6	60.0	30.0
食料品店	67.7	22.6	77.3	13.6
飲食店	69.6	26.2	66.7	28.7
中華料理店	62.5	35.0	75.0	23.7
弁当・仕出し屋	89.3	10.7	64.0	32.0
ホテル	62.5	33.3	86.7	13.3
病院	47.9	46.5	55.6	38.9
福祉施設	52.9	35.7	81.1	13.5
学校	45.6	51.9	72.2	25.0
工場	36.4	50.0	68.8	31.3
事務所・営業所	36.4	54.5	75.0	25.0
その他	58.7	36.7	64.1	30.5
全体	58.1	35.4	67.9	27.5

今後：現状で「分別していない」と回答した事業所が対象
(横浜市環境事業局、2001)

(2) 素材の選択

食品廃棄物は、大きくは①野菜類、②ごはん・パン・麺類、③魚類、④肉類、⑤大豆製品に分けられる。その成分的な特徴は表6に示す通りであるが、素材の収集と混合にあたっては次の2点に留意しなければならない。

ア) 製品の粗蛋白質含量、粗脂肪含量がそれぞれ乾物中で15～20%と10%前後になることが望ましい。特に脂肪は酸化・変敗によって過酸化物質、アルデヒド、ケトンを生ずる可能性があるため製品の貯蔵方法についても留意しなければならない。

イ) 2001年の牛海綿状脳症(BSE)の発生にともなって、肉骨粉等、畜産副生物の家畜への給与が禁止された。したがって、食品廃棄物飼料化製品の中には肉製品由来の素材が混入することは避けなければならない。

表6. 食品廃棄物の組成（乾物中%）

素材グループ	粗蛋白質	粗脂肪	不飽和脂肪酸	炭水化物	繊維
野菜類	18.3	3.8	-	66.5	31.5
ごはん	6.3	0.8	0.5	92.8	0.8
パン	15.0	7.1	5.0	75.3	3.7
麺類	13.1	2.0	1.2	83.6	3.7
魚類	68.7	26.7	14.5	1.1	-
肉類	61.4	34.6	18.5	0.6	-
大豆製品	41.9	41.3	30.6	12.0	6.0

2) 肥育豚の飼養成績と枝肉評価

国内では食品廃棄物乾燥製品の豚での飼養試験・肥育試験が近年、活発に実施されている。以下にその内容と飼料給与上での克服すべき課題を整理する。

- (1) 飼養試験成績の多くは、乾燥製品を市販の養豚用配合飼料に一定量代替給与するものである。代替比率が10～30%では飼料摂取量、増体成績、枝肉重量において、配合飼料100%給与区と同等の結果を示す。
- (2) しかし、代替比率が増加すると枝肉の脂肪の融点が低くなり、枝肉の締まりが悪くなるところから、枝肉の格付成績が低下し、枝肉販売価格が減価するという懸念がある。これは、乾燥製品の脂肪含量が高く、しかもリノール酸等の不飽和脂肪酸含有比率が高い場合に特に問題となる。

脂肪の過給与が豚の脂肪組織における炭水化物からの脂肪合成を抑制し、給与脂肪中のリノール酸等の不飽和脂肪酸が脂肪組織に蓄積し、豚に軟脂（締まりの少ない柔らかな枝肉）を生じさせる。

融点の低い脂肪ではなく、硬い、格付け成績のよい豚を食品廃棄物の乾燥製品を利用しながら、どう作ってゆくかが課題となっており、給与水準、給与の時期（豚の成長時期）等が検討されている。

3) 飼料化製品の利用方法

食品廃棄物飼料化事業計画の中で、最も重要であり、苦勞するのが、「製品をどこで、どのような形で利用して貰うか」、である。

表7には飼料化製品の生産規模と利用用途を示す。札幌市リサイクルセンターの場合のように、日量10トンの製品を生産する場合には、製品は配合飼料工場での配合原料としての恒常的な利用が可能であるが、中小スケールの場合には、地域内でのネットワークを構築し、そこでの利用を安定化させることが大切である。

表7. 食品廃棄物飼料化製品の利用途

大規模での生産	◎配合飼料製品の素材 ◎規模養豚農家の委託配合飼料原料
中小規模での生産	◎製造所 → 養豚農家の評価 相対契約 ◎製造所 → 地域内飼料ストック ⁶ イト貯留 食品製造副産物との混合 地域ブランド ⁶ 飼料調製 養豚農家供給←農業団体等関与 ◎製造所 = 養豚農家

4) 飼料製造コスト

先にも述べたように、現在、養豚用配合飼料の価格は庭先渡しで28～32円/kgが実勢価格である。養豚農家が食品廃棄物に期待する第一のものは、低価格であり、おおまかに言えば、20円前後での納入を希望しているといつてよいであろう。

その要望にどう対応してゆくか、ゆけるかが、飼料化の大きな課題である。

今後、全国的にみて消却施設と埋め立て地面積はひっ迫状況の度を強めることは間違いない。したがって、なまゴミの処理料金は上昇し続けるであろう。そのような中で、飼料製造費用の一部を施設利用量が吸収するという構造が全国的に広がり、「燃やすためのコスト」を「リサイクルコスト」に転換するという動きは盛んになろう。

その気運を背景としながら、一層のコスト低下に向けて以下の努力と措置が必要であろう。

- (1) 廃材利用、廃プラスチック利用、廃油利用等、乾燥熱源の工夫によるエネルギーコストの削減
- (2) 社会的なモラルの向上による異物除去等、ランニングコストの低減
- (3) 処理施設を設置する際の地代・固定資産税等税制面での公的な支援
- (4) 処理施設の建設に対する公的な支援と低金利

参考資料

- 1) 農林水産省畜産局畜産部：平成13年畜産経営の動向、中央畜産会、平成13年。
- 2) 農林水産省畜産局畜産部：流通飼料便覧（2000）、農林統計協会、平成13年。
- 3) 横浜市環境事業局：平成11年度生ゴミ飼料化検討調査事業報告書、横浜市環境事業局、平成12年3月。
- 4) 横浜市環境事業局：平成12年度食品循環資源飼料化調査事業報告書、横浜市環境事業局、平成13年3月。

生ゴミからのメタン生成と発電システム

(株) エキシー主任研究員 青柳 美保子

はじめに

家庭で生ゴミを捨てるといえば、燃えるゴミとしてゴミ袋につめて収集日に回収場所へ出しに行くことが、日本の常識である。世界でも概ね同じであろう。捨てたゴミはどうなるか、燃えるゴミは焼却処理が一般的だ。灰として減容化された燃えるゴミは最終処分場に持ち込まれる。しかし、その最終処分場の残余年数はあと数年といわれており、行き場のないゴミと隣り合わせの生活が近づきつつあると言っても過言ではないだろう。こうした社会背景に加えて、焼却場から排出されるダイオキシンの問題と重なって、日本のゴミ行政は水分の多い生ゴミは焼却しない処理方法を模索している。キーワードは、「環境」と「循環型社会」。我々はゴミ問題に関しては錬金術師でありたいと願っているが、良いこと尽くめの処理方法は、特にコストバランスの点で、なかなか実現しないものである。本報告では、「環境」と「循環型社会」というキーワードにふさわしいといえる「生ゴミからメタンをつくって発電しよう」という有機質の生物処理方法、通称「生ゴミ発電」について国内外の事情などを紹介する。

1. 生ゴミからメタンをつくる

生ゴミに限らず有機性廃棄物に属する物は、自然界においては物質循環のサイクルの中で主に微生物によって分解される。その分解される過程の中で生成される物質のひとつにメタンがある。このメタンという化学物質は、私たちの生活の身近に存在しており、都市ガスといえはわかってもらえるだろうか。生ゴミを焼却処理にしないでメタンという利用価値の高い物質に変換することで、人間社会から発生した有機性廃棄物を物質循環のサイクルに添うような自己完結処理をおこなえば社会的にも環境的にも大いに貢献できる。では、生ゴミか

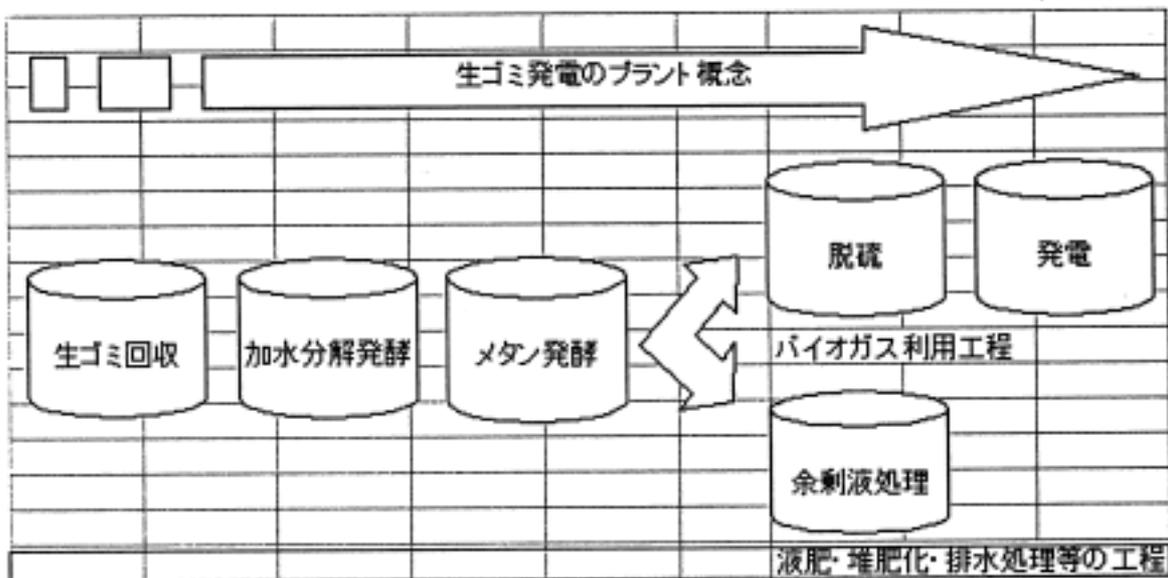


図1. バイオガスプラント過程の模式図

らどのようにしたらメタンが発生するのかを説明しよう。生ゴミなどの有機物を分解処理することを消化といい、バクテリアなどの微生物が分解の主役を担う。メタンを発生させる反応は、空気を嫌う微生物によって分解処理されるため、特に嫌気性消化¹⁾という。またはメタンを発生させることからメタン発酵とも呼ぶ。そして嫌気性消化においてメタン生成をおこなう微生物をメタン菌という。メタン発酵によって発生するガスのことをバイオガスと呼び、主成分は60-70%がメタン、30-40%が二酸化炭素、その他に微量成分として硫化水素などの硫黄系ガスと水分で構成されるガスである。バイオガスは高濃度のメタンを含んでいるため、コージェネレーションとして注目され、単なる廃棄物処理ではなく循環型社会の新エネルギーとして期待されている。

嫌気性消化は、微生物の生存活動を利用した反応であるため、ある一定の条件下で反応を開始する。ある程度加温された無酸素条件の容器に嫌気性消化菌を入れ、餌となる有機性廃棄物（正確には低分子有機酸にまで分解処理されている）を供給すると、バイオガスが発生する発酵がおこる。この発酵は、理想条件で維持されると効率よくバイオガスが発生する。理想的な嫌気性消化には温度管理が重要で、主に2つの温度域で理想的な発酵を開始する。中温発酵と呼ばれる30-37℃付近の温度範囲と、高温発酵と呼ばれる55℃付近の温度範囲の反応である。

中温発酵は、一般的に15-30日という滞留時間で、高温発酵よりも安定で幅広い耐性をもつメタン菌が関与する傾向にある。しかし、高温発酵に比べてガス生成量は少なく、より大きな消化タンクを必要とする。高温発酵は12-14日という滞留時間で、中温発酵より処理日数も短く効率的である。また高温であることから発酵液に病原菌が含まれる場合、殺菌力が高いなどの利点がある。しかし、中温発酵に比べて安定性が悪く、より高度な技術力を必要としたり、温度維持のエネルギー投入量が大きいなどリスクの高いマイナス面もある。

いずれのメタン発酵でも、得られたバイオガスはボイラー燃料やガスエンジン、最近では燃料電池などのエネルギー原料として再生利用される。しかしコージェネレーションまで考慮した生ゴミ発電となると、ある程度の規模をもったプラントを建設することになり費用対効果は当然議論される場所である。

廃棄物という社会問題の視点から嫌気性消化という説明をしているが、この嫌気性消化の技術は主に下水処理技術として普及しており、ある程度完成された技術ではある。けれども生ゴミなど有機性廃棄物処理に利用しようとする動きは、ゴミ問題と環境問題がクローズアップされてきたここ数年の社会情勢によるところが大きいと思われる。

これまでの説明では、有機物からメタンを発生させ、そのメタンの利用法について言及してきたが、嫌気性消化には発酵液の農業への活用という方法もある。有機性廃棄物には、家庭から排出される生ゴミを含めた食品系廃棄物や家畜ふん尿などの畜産系廃棄物、雑草や野菜生産由来の野菜くずなどの農業系廃棄物、魚の内臓、貝のうろなど漁業系廃棄物等があるが、特に畜産、農業系廃棄物を処理した嫌気性消化液は肥料として大地に還元することができる。有機農法が見直されてきた現在、化学肥料に代わる有機肥料としての利用価値も高い。

2. バイオガスをめぐる世界情勢 -主に欧州の事情-

日本では有機性廃棄物処理に嫌気性消化を導入しようという動きが研究レベルだけでなく企業、行政にもあり、実証プラントの報道などがここ数年にぎわいをみせているが、ヨーロッパでは1970年代あたりから家畜ふん尿処理を目的としてデンマークで導入されていた。ヨーロッパは食肉文化をもつ地域なので、畜産が盛んであり重要な外貨獲得産業ともなっている。農業も主要産業のひとつである国々が多いことから、農産物の生産に伴う有機性残さの処理は常につきまとう問題である。農業が産業として成長するにつれて、特に大量に発生する家畜ふん尿の処理は環境問題（悪臭問題と土壌汚染）となり農業従事者個人のレベルではどうしようもないところまで切迫した問題となった。このような社会情勢から環境に配慮した有益な処理方法として嫌気性消化が注目され、コージェネレーションとしての収益性よりも環境問題を解決する手段として普及していったようである。

ヨーロッパ地域はEUとして統一国家をめざそうとしているが、研究などの知的財産のレベルでも協力しあう動きが活発なようで、農業分野における嫌気性消化の技術交流はEUレベルでおこなわれているようだ。環境問題を解決することが先決という考え方が強いからだと思われるが、そうした活動を支援する組織も結成されているAD-NE T Tという組織は、ECやスイス、カナダを参加国として嫌気性消化技術の情報交換や関連業界への普及活動を推進するネットワークとして機能しているADとはAnaerobic Digestion（嫌気性消化）の略である。このネットワークのウェブサイト（<http://www.ad-nett.org/>）に紹介されている報告書には参考になる嫌気性消化の情報も多く、ぜひ参考にしてもらいたい。今回紹介するヨーロッパ各国の状況は、AD-NE T Tの調査報告からまとめている（図2～4）。

デンマーク

1970年代からバイオガスプラントを導入した先駆けの国である。導入当時はプラント規模も小さくエネルギー回収という点では、技術不足とバイオガス不足で効率的なプラント稼働とはほど遠かったようである1980年代からは、政府が本格的にバイオガスプラントの問題点の大幅改善に乗り出した。集約的な大規模バイオガスプラントが建設され始め、運営コスト低減、農業・環境問題に貢献した。現在、大規模バイオガスプラント19箇所、農場設置型バイオガスプラント18箇所という数のプラントがデンマークでは稼働中であるが、さらに建設計画中のプラントもいくつか予定されている。デンマーク政府は石油代替エネルギーとしてバイオガスに注目しており、将来的には再生エネルギーで消費電力の30～35%を賄う方針を打ち出している。

ドイツ

ドイツではバイオガスプラントが380箇所を設置されており、そのうち250箇所は1990年代後半に建設されたものである。1992年に設立されたNGO組織「Fachverband Biogas (German Biogas Association)」は、バイオガス技術の普及活動をしており、会員400人（企業参加60）になる。ドイツの主なバイオガスプラントの規模は農場単位のものが多く、大規模プラントは11箇所である。農場規模でのバイオガスプラント導入コストは25万マルク（1400万円、1マルク＝56円換算）である。大規模プラントは生ゴミとふん尿などを混合処理しており、設置金額は5～20百万マルク（2億8千万～11億2千万円）となる。

やはりバイオガスプラントの初期投資は経済負担になるが、政府は補助金を出すなど再生エネルギーとしてのバイオガスプラント普及に努めており、NGOの活動も活発である。

カナダ

カナダではAD技術の認知度は低いが、一部地域では自治体回収のゴミ処理や製紙工場の廃水処理、じゃがいも加工工場の廃水処理、チーズ工場の廃水処理などに利用されていた。いずれの処理においても、環境破壊を引き起こさない為の処理方法としてADが採用されており、再生エネルギーの回収はおまけであった。農業系有機廃棄物をAD処理する試みも1970年代から1980年代にいくつかプロジェクト化されたが、農業経営者だけでバイオガスプラントを運営するには、利益の出せない経営を強いられるので実用化には至っていない。カナダ政府としては、低コスト、容易なプラント運転を目標にAD技術向上をめざしている。また、カナダという国の立地上、消化タンクの加温はコストに負担を掛けやすいため、10-20℃という低温のメタン発酵の実用化もめざしている。

ポルトガル

ポルトガルでは4箇所の集約型バイオガスプラントが建設され、主に豚ふんを処理している。但し、プラントの運転管理が不十分で効率的な嫌気性消化はおこなわれていないようだ。またプラントは廃棄物処理量に応じて排出者が処理費を払う方式で運営されているが、初期投資が高額な割には収益が少ないという問題点も抱えている。他国のように消化液を肥料として再利用する技術導入には至っていないので、経営効率はよくないと言える。しかし改府はバイオガスエネルギーの将来性には楽観的で、今後はあらゆる有機性廃棄物を嫌気性消化で処理することで市場としての有望性は高いと見込んでいる。

以上、バイオガスエネルギーを取り巻く欧州各国の状況を紹介した。各国とも有機資源からバイオガスを得る再生エネルギーには関心が高く、助成事業や技術開発を推し進めている。バイオガスプラントの運営は、完全な商業化には至っていない技術であるけれども、ゴミ処理という観点から環境負荷低減を実現し、発酵液を有機肥料として農地に還元可能、しかもエネルギーも回収できる一石二鳥の方法として受け止められている。

3. 生ゴミ発電と日本循環型社会へ向けて-

昨年、食品リサイクル法が立法化され、リサイクル方法にバイオガス（嫌気性消化）も含まれたことは、日本にも本格的にバイオガス化による有機資源の再利用が普及する追い風になってくれるとうれしく思っている。

右の写真は千葉県浦安市（株）エキシーのバイオガスプラント²⁾である。ガス化材料として



学校給食ゴミ（厨芥・残飯）を使用している。連続バッチ形式で運転されており、スラリー化された生ゴミは加水分解発酵で低脂肪有機酸に分解され、次にメタン発酵でバイオガス化される。中温発酵による実証試験を開始してから2年経過している。エキシー以外でも、生ゴミ処理に嫌気性消化を採用するプラントを実証・販売している企業は多く、特に廃水処理技術に定評のある企業の参画が顕著だ。10年後、日本にも各都道府県に1箇所程度のバイオガスプラントが普及していれば、バイオガスエネルギー先進国の仲間入りを果たしたといえるのではないだろうか。しかし、環境問題の視点からはバイオガスプラントの早急な普及が急がれるが、日本の風土は経済重視という傾向が強いように思われる。やはりコージェネレーションまで考慮したプラントとなると高価な施設となり、発電による採算性は他の発電コストと比べて低いと認めざるをえないからだ。バイオガスを発電燃料とする場合、プラントの大規模化を前提としなければならないことも一因している。バイオガスプラントの収益は、ゴミ処理受け入れ費と発電の2つの方法が考えられる。日本のゴミ事情を考えると今後ゴミ処理費の高騰が予想され、バイオガスプラントの採算性に見込みが出てくると考えられる。皮肉なことではあるが、日本のゴミ問題というのはバイオガスプラントの経済性云々を議論している場合ではないほど切迫していると感じており、ゴミ処理のあり方にも構造改革が必要であろう。

日本のバイオガスプラントはこれからであるが、将来性は非常に大きいといえる。生ゴミや家畜ふん尿などの有機性廃棄物は、地球規模で考えたらバイオガスに再生することが自然の摂理に合致し、循環型社会にふさわしいシステムといえる。

4. まとめ

現在、有機物を嫌気性消化によって処理する方法は、中温発酵が主流である。中温発酵による有機性廃棄物処理は、経験則として以下のような関係が得られる。発電についてはどのような発電機を利用するかによって、必要とされるバイオガス量が全く異なるため、覚えやすい燃料電池の場合を取り上げた。ここでは割愛させて頂くが、生ゴミから発生するバイオガス量も条件を想定することによって理論値を導き出せる。

生ゴミ 1 t → バイオガス 100 m³/日発生 → 発電 10 kW・h（燃料電池の場合）

元来、日本人は石油を大量消費する時代になる前まで、水分の多い生ゴミなど有機性廃棄物は焼却による処理ではなく、堆肥化や飼料など、自然に還元し微生物によって分解処理する方法を取っていた。先祖はゴミの出にくい社会を形成していた誇るべき民族だといえる。大量消費の現代では、同様の方法が適当といえるかは疑問であるが、少なくともエネルギーを投じて水分を蒸発させて燃焼する焼却スタイルよりは、微生物によって分解処理する生ゴミ発電をおこなう方が自然の摂理に逆行しないシステムであるといえるのではないだろうか。ではどの程度、このシステムが環境負荷低減に寄与しているのだろうか。単純に生ゴミをメタンのCOD（化学的酸素要求量）に換算して算出してみた（表1）。表1のように100m³のバイオガスから180kg CH₄-COD分を再資源化することになる。我々は、日本で発生する有機性廃棄物の年間排出量2000万t分をすべて再資源化できていない。生ゴミ発電のようなシステム

が社会に普及し、循環型社会形成に一役を担えることを期待したい。

表1. 生ゴミから発生するメタンはCODに換算すると？

処理タイプ	バイオガス (m ³ /day)	COD換算		
		(1日当り)	(1ヶ月当り)	(1年当り)
400kg/日	40	71kg	2.1t	26t
1t/日	100	180kg	5.3t	65t
10t/日	1000	1.8t	53t	646t

算出条件

70v/v%CH₄バイオガス

CH₄-COD当量=0.35 (1/g) (標準状態)

35℃、1atmのとき、0.395 (1/g)

1モルのメタンを酸化するために2モルの酸素を必要とする。

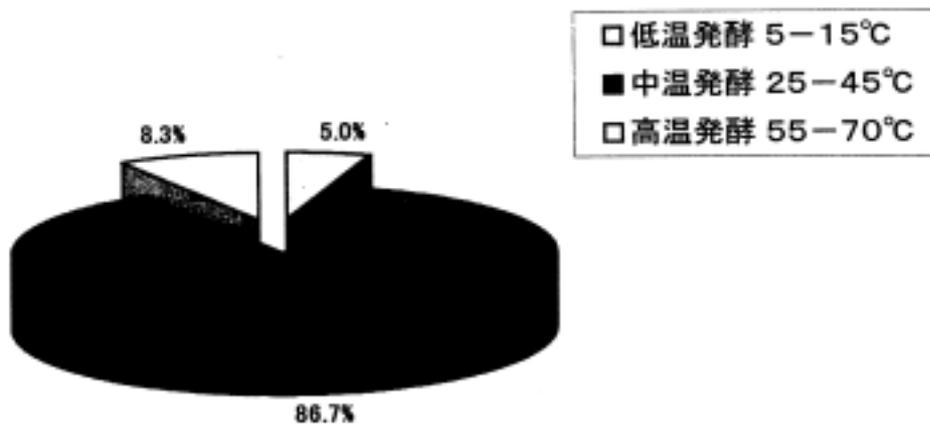


図2. ヨーロッパにおける嫌気性消化の温度範囲

[AD-NETT資料より]

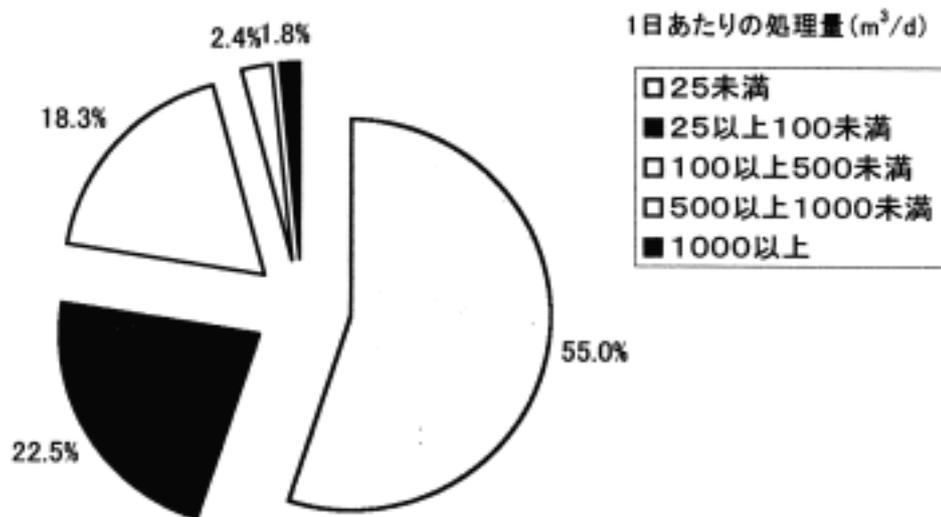


図3. 欧州で稼働中のプラント規模の分類 [AD-NETT資料より]

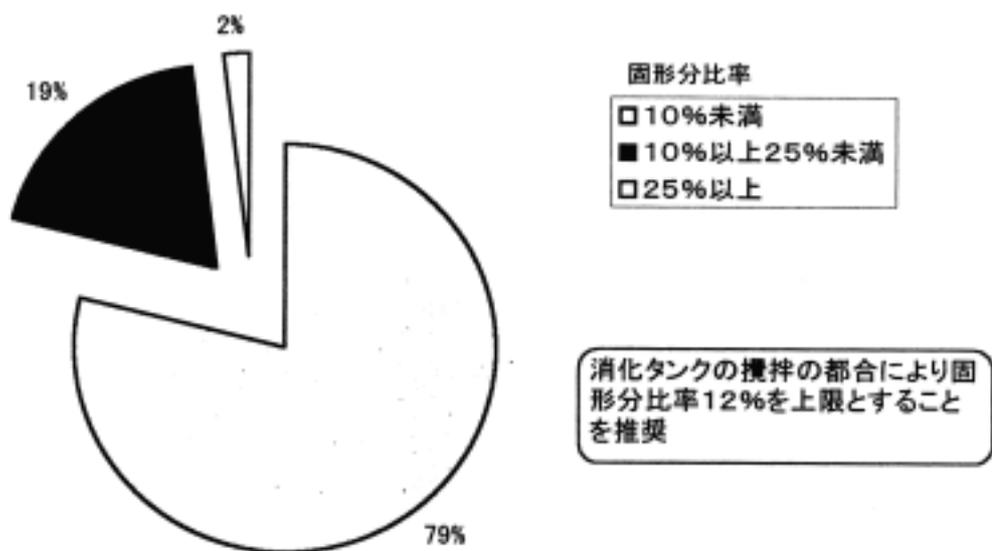


図4. メタン発酵する場合の供給原料の固形分比率 [AD-NETT資料より]

参考文献

- 1) R・E・Speece著、産業廃水処理のための嫌気性バイオテクノロジー、技報堂出版 (1999)
- 2) 千葉大学共同推進センター共同研究成果報告書第2号、p143-147 (2001)