

第 8 章 生ごみ処理の歴史と飼料化の現在

新井道代

8.1 生ごみ処理の歴史

8.1.2 幕府による廃棄物処理システムの整備

近年、江戸の廃棄物処理システムが国際的な注目を浴びている。廃棄物処理は都市経営上の重要課題であるが、江戸の仕組みがその理想型を示しているからに他ならない。

しかし、江戸のリサイクルシステムも自然発生的に出来上がったものではなく、さまざまな制度的取り組みによっている。ここでは、その流れを簡単にみておこう。

1649 年以前は、生ごみは住まいの近くの空き地や堀、川などに捨てられていたと思われるが、江戸は多くの水路で結ばれていたため、ごみの投棄が水上交通の妨げになった。空き地も、火除け地として設けられていたが、ごみの投棄によってその機能を失ってしまっていた。こうした状況に対して、1649（慶安 2）年に触書が出され、会所地のごみを周りの 4 町で片付けて平らにすること、以後のごみの投棄を禁止することとされた。その後もたびたび堀や川への投棄の禁止の触書が出されている。さらに、1655（明暦元）年、ごみの投棄が絶えないために、ごみは川に捨てずに「永代浦」へ捨てに行くことという触書が出された。永代浦というのは江東区の富岡八幡宮あたりである。これによって、それまで手近なところで捨てていたものを遠くの海に捨てに行かなければならなくなったので、ごみの収集・運搬の仕事が生まれた。ごみは長屋の裏に共同のごみ溜め場があって、そこから「大芥留（おおあくたどめ）」が町ごとに設けられて、いったん貯留し、船着場のごみ溜め場から舟に積んで運んだ。1699（元禄 12）年には、明暦の触書以降も不法投棄が減らないので、厳しい監督が行われるようになった。築地のあたりの新田開発がはじめられた。そしてこの年、永代築地芥改役が設けられ、不法投棄の監視役からその後もごみ処理の監視にあたった。

1662（寛文 2）年には公儀指定の請負人以外の者がごみ集めをすることが禁じられ、^{かし}河岸にごみを出しておき、舟が集めて回るしくみになった。この費用は、芥銭などという呼称で呼ばれ、町の共益費でまかなわれた。船着場のごみ溜め場から舟でごみを運ぶ人は「ごみ取り人（芥取人）」と呼ばれ、1733（享保 18）年、彼ら 76 人から、組合設立の申請が出された。江戸城の堀に浮かぶごみや下水の落ち口にたまる泥やごみの清掃を毎日するので、組合にごみ収集を独占させてほしいといったものであった。町奉行所は「御堀浮芥浚請負（おほりうきあくたさらいけおい）」を許可し、鑑札を与えた。基本的にこの制度は明治になるまで続いた。

このように、今日環境都市と高く評価される江戸も、不法投棄に長年悩まされていたのであり、それを克服するためには制度的対応が必要だったのである。

8.1.2 江戸時代のリサイクルと生ごみ処理

その一方で、江戸の町ではリサイクル業や修理業が盛んであった。数多くの古着屋・拾い集めた紙くずを問屋に売る紙くず拾い・空き樽を買い、洗って酒屋に売る空き樽買い・曇った鏡を磨いて再製する鏡磨き、なべ釜を直す鑄掛け・馬糞を集めて肥料にする馬糞拾いなどである。

江戸時代はモノが大変貴重であったため、人々には『モノを大切に作る心』が根付いていた。衣服を例に挙げると、浴衣 寝巻き おむつ 雑巾 かまどや風呂釜にくべる燃料、という風に無駄なく使われていた。そしてさらに、その灰や生ごみは肥料等として使用されていたのである。そのため、最終処分される江戸の街のごみは、どぶ（側溝）をさらった汚泥、火事場から出る壁土などに限られていた。

徹底したリサイクルは生ごみやし尿も例外ではなかった。特に、世界の都市が悩んできた問題はし尿処理である。同時代のヨーロッパの都市では、し尿があちこちに捨てられるという状態で、衛生上極めて深刻な問題となっている中、日本ではこれを肥料として利用し、近郊の農家が有料で汲み取っていた。当時、世界でも有数の大都市で、人口 100 万人を有する江戸には、近郊の農村から大量の野菜などの食料が送られてくる。農家は行きに野菜を運び、帰りに江戸の町で出たし尿を運び、それを肥料として畑に還元していた。このし尿については、各屋敷・長屋・盛り場などには必ずトイレがあった。そこに汲み取りに来るのが、契約した農民である。し尿は非常に高い金銭で売り買いされた。他の物価の上昇に比べても、し尿の値段の上昇率が高いため、し尿値上げ反対運動が農民の間で起こったりもした。このし尿の値段は、長屋のものだけで年間 20 両(約 60 万円)ほどになり、所有権は差配(長屋の管理人)にあった。し尿での収入は、差配の給料よりも高かったらしい。一般の町家や武家などでは、契約した農家と、し尿と野菜を交換していた。一年で大根 50 本、茄子 50 個くらいになったという。

し尿は畑に還元されるため、し尿のための下水は必要がなかったし、川に流されることもなかった。これは、自然にそうだったのではなく、江戸という大都市がつくられていく過程で、人口が増えていくにしたがって様々な「禁止令」が出た結果である。厳しい禁止令によって、し尿の処理は汲み取り方式に移行していった。また、単なる規則ではなく、経済的に循環していたため、非常にうまくいった。また、江戸でのし尿処理が上手く行われていた理由として、基本が農業にあって、食料を 100% 自給している点が非常に重要なことである。都市の後背地に農地がたくさんあるため、大量のし尿を処理することが可能だったのである。

生ごみも、農家によって集められ、藁屑・縄切れ・古畳・魚屑などとともに堆肥化され、農地に還元された。生ごみについては、必ずしもすべてが農村で処理されるわけではなく、町奉行所などが川の近くに置き場を決めて一ヶ所に集め、船に移し替えて江戸湾の沖に捨てることもあった。海中にはそれを分解するバクテリアがあり、バクテリアが増えるとプランクトンが増え、エビが増え、魚が増えていった。東京湾の魚介類を使った「江戸前寿

司」はいわば生ごみに支えられていたということもできる。

この他、燃やせるごみは、焚き付けや燃料として利用された後に灰になり、肥料として畑に撒かれる他、染物や酒造りなどにおいて産業的に利用されたり、一般家庭において調理に使われたりもした。多様な目的に使用できたため、専門の灰買い商がいたほどである。貝殻などの燃やせないごみについては埋立地に運ばれる。埋立地は畑として利用されたりもするが、プラスチックや有害な重金属などが混ざっているわけでもなく、燃やせないごみも養分になる。

8.1.3 明治から昭和、戦後までの生ごみ処理

明治 33 年に「汚物掃除法」が公布され、ごみ収集は東京市（当時）の業務となった。当時のごみは、取り扱い場に集められ、人の手で台所から出る野菜くずなどの厨芥、厨芥以外の家庭ごみの雑芥に分けられ、厨芥は肥料に、雑芥は燃料などに利用されていた。1929（昭和 4）年には深川塵芥焼却場がつくられ、ごみの焼却がはじまった。並行して厨芥と雑芥の分別収集も引き続き行われ、厨芥は豚の飼料のほか、粉末肥料の原料としても利用された。

戦後のごみ処理は、占領軍の要請で再開された。最初の仕事は戦災ごみの処理であった。自治体は国に対して廃棄物処理への関与を求め、1954（昭和 29）年に「清掃法」が制定された。昭和 30 年代には、一次ごみ処理の方法として高速堆肥化を取り入れようという動きがあり、施設も各地に作られたが、堆肥の需要や処理効率という点から結局普及しなかった。その一方で、し尿に関しては、1950 年代が最も盛んに農地還元されており、自治体によって回収されたし尿は、発酵処理された後に液肥として利用されている。

1964（昭和 39）年の東京オリンピック前後に、ごみの排出量が激増し、ごみの質も変わってきた。1957（昭和 32）年から 1967（昭和 42）年にかけて、それまでの処分場での埋め立て量の約 10 倍に相当する年平均 115 万トン、総量 1034 万トンのごみが埋め立てられ、「夢の島」が誕生した。1971（昭和 46）年には「東京ごみ戦争」が宣言され、これから全国にごみ戦争が広がり、ごみ問題は最大の都市問題となった。

1970（昭和 45）年に、いわゆる「公害国会」で一連の公害関係の法律とともに、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）」が制定された。昭和 40 年代はじめに福岡大学で埋め立て技術の研究がはじまり、焼却炉についても、海外からの技術導入を得て現在のストーカー式の連続焼却炉が普及していく。

かつては、日本でも古紙・古布・金属などの回収が民間ベースで行われていたが、生ごみについても、一部については回収システムが存在していた。昭和 40 年代初めまで、都市部のメリットを活かした「飼料代を安く抑えた養豚経営」として残飯養豚が行われていたのである。養豚業者が、ホテル・レストラン・食品工場・病院などから出た、食べ残しや食品くずといった余剰食品（残飯）を買って、豚の飼料にしていた。しかし、残飯養豚は、飼料内容が不安定で栄養がアンバランスであったため、配合飼料に比べ、脂肪の融点

は低い・肉のしまりが悪い・出荷日数がかかるといった欠点があった。安定した養豚を行うためには配合飼料のほうが優れていた。

日本経済の成長にともない、相対的に配合飼料の価格が低下したため、残飯等を飼料として利用するメリットは低下していった。また、都市周辺地域の宅地化が進み、畜舎の悪臭などが敬遠されるようになり、同じ土地での経営の存続が難しくなった。廃業する業者がいる一方で、一部の業者は郊外に移転することによって経営を続けた。また、郊外に移転した業者はより広い土地を所有することが可能となり、経営を拡大する機会が多かった。養豚業者が資本集約的な（大規模な）経営に転化していったのである。都市近郊養豚業者の遠隔化にともない残飯の輸送コストも上昇したため、配合飼料へのシフトは急速に広まった。残飯養豚は、都市化の波にのまれ、廃れていったといえよう。残飯は買って利用するもの（資源物）から費用負担して処理されるもの（廃棄物）へ変わったのである。

8.2 生ごみ飼料化の現在

日本では、毎日大量の残飯や生ごみが発生している。1996年度の農業白書によると、供給されたカロリー量の4分の1にあたる部分が、食べ残しや生ごみとして捨てられている。同年度、東京都清掃局の統計では、東京だけで年間165万トンの生ごみが発生し、その処理費用は930億円にも達するという。

東京の生ごみを全て養豚用の飼料にすると、年間190万頭の豚が飼える計算になる。それだけではなく、豚が食べて出す糞尿も有効に利用できる。糞尿をメタン発酵すると、4頭で毎日1m³のメタンガスが発生するので、190万頭では年間5840万m³のメタンガスが発生することになる。これを使って発電すると、約3.5万世帯分の電力をまかなうことが出来る。これだけの電力を電力会社に売ると、10億円近い収益が見込まれることになるのである。もちろん、メタンガスを取った後の発酵かすは肥料として利用できるため、有機農業の推進にも役立つ。

今の物質的に豊かな社会で、まず、都市厨芥の量をどうやって減少させるかが国民生活上の大課題である。これからは、発生抑制を基礎としつつも、現在の技術水準では必然的に発生する都市厨芥の資源化を進めていくべきである。

8.2.1 都市厨芥処理の方法

資源化の手段として飼料化（特に養豚）は有効な手段であるが、そこには堆肥化以上の努力が必要である。都市厨芥が、飼料として備えるべき要件として、量的な安定供給・品質の安定性・給与の目安としての栄養価の特定・適正なコストでの供給・豚に疾病をもたらすような飼料の微生物汚染の点検・飼料化製品を長期に保蔵するような場合には脂肪の変質についての点検などが挙げられる。

都市厨芥の加工処理方法として、大きく分けて液状給与方式（リキッドフィーディング）

と乾燥給与方式がある。リキッドフィーディングシステムはオランダなど北ヨーロッパで行われており、醸造・乳製品加工・果物加工・野菜加工・大豆加工などの工場からの高水分残渣を農場にそのままの形で搬入し、農場の混合タンクで飼料調整を行い、家畜の飼槽に送り込むものである。乾燥方式に比べて処理コストは低減できるが、日本の場合、夏季高温時におけるパイプや飼槽の衛生管理が成否を分ける重要な要素となる。

乾燥方式には、「乾熱乾燥」・「高温発酵乾燥」・「減圧乾燥」・「油温脱水乾燥」などの方式がある。乾熱乾燥は、乾燥熱源として発泡スチロールを用いてその油化とガス化を行い、燃焼熱を乾燥機に送って調理残渣・食べ残し・魚腸骨を乾燥する方式で、高温発酵乾燥は、都市厨芥に米ヌカ・フスマなどの水分調整材を加え、さらに高温発酵菌を加えて品温を80℃に保ちながら4～5時間有機物の分解と乾燥を行い水分含量10%前後の乾燥製品を得る方式、減圧乾燥は、都市厨芥と同量の廃食用油を添加し加熱・混合する。混合物を減圧・加熱することによって水分を除去し、その後の重力分離とスクリーンプレスによって過剰な油分を取り除き、5%程度の水分含量をもつ乾燥品を得る方式、油温脱水乾燥は、温風を都市厨芥を投入したロータリー型の乾燥機内に送り込んで、攪拌・破碎・乾燥を行いながら、水分が10%前後の乾燥品を得る方式である。

乾燥方式で考慮する点として、乾燥にかかる費用が挙げられる。技術的な課題を各メーカーが解決しながら、コスト節減に務めていくことは当然のこととして要求されるが、同時に社会的な基盤として、リサイクルを通じての環境問題への寄与、そして飼料自給率の向上への貢献を背景とするものである。したがって、単純にコスト面のみを基準に考えてはならず、複合的な判断が必要とされる。また、もう一つ考慮する点として、高温乾燥によるたんぱく質の熱変性の問題がある。加熱によって有害な微生物が死滅するという利点は、同時にたんぱく質の立体構造を変化させて消化率を低下させるという欠点にもつながる。たんぱく質の変性を最小限に抑える努力と、同時にたんぱく質の消化性を製品について評価しておくことが必要である。

8.2.2 生ごみ飼料化の事例

近年、食品リサイクル法によって食品残渣の減量・リサイクルが課題となっている。飼料化もその一つの方法として注目されており、かつての残飯養豚方式とは異なる都市厨芥の新しい飼料化手法が全国各地で展開されている。それらは、技術的に進化しているだけでなく、それを担う主体についても多様化している。以下では、いくつかの例をみておこう。

「えこふぁーむ」(鹿児島県肝属町)

鹿児島の有限会社「えこふぁーむ」では、環境配慮と動物福祉の観点から、自家製発酵飼料による黒豚の飼育に取り組んでいる。学校給食・病院・老人ホームなどから発生する食品残渣を原料にして、乳酸発酵飼料を作っている。乳酸発酵の選択には、エネルギーの使用を極小化しようという意図がある。乳酸発酵では一定量の水分が必要とされるため、

多量の水分を含む残飯は乳酸発酵に適している。加熱後のリキッド状原料(水分 80%以上)に乳酸菌を添加して発酵を促進させ、リキッド状の残渣に成分調整に必要な単味飼料のとうもろこし・ふすま・米ぬか等を混合し、水分と栄養のバランスを整えてモイスト状(水分 45%程度)の餌に仕上げる。

乳酸発酵飼料は、配合飼料に比べると豚の成長が遅く、飼育期間が長期化する。また、給餌量も増やさなければならないなど、劣っている面が多いことは確かである。しかし、えこふぁーむでは、実験的に配合飼料で飼育した豚に病気が発生したのに対して、乳酸発酵飼料で飼育した豚は健康に育ち、安全面で優れていることを強調している(えこふぁーむ HP)。

関紀産業(大阪府泉佐野市)

養豚を生業とする関紀産業では、食品工場団地から発生する食品残渣を使い飼料を製造している。型崩れ・切れ端・焦げ付きなどで商品価値のないラーメン・餃子の皮・スポンジケーキ・ちくわ・パンの耳など、人間が食べられるものが原料になっており、これらをブレンドして乾燥・発酵させて飼料を作る。乾燥させた食品廃棄物にぼかし・牛乳・魚粉・大豆粕を混ぜて乳酸発酵させ、さらに酵母発酵させてリサイクル飼料が出来上がる。食品残渣の利用によって飼料代は安く抑えられている。豚糞や飼料には不向きな食品残渣をメタン発酵させて場内のエネルギーとして利用し¹、さらに発酵後の残渣は堆肥化するなど、省エネルギーでかつ効率的な養豚を行っている。

共栄美化(海老名市)

生ごみから生産した飼料を製造・販売する業者も現れている。廃棄物収集業やビル管理業を行っている共栄美化では、ホテル・食堂・レストラン・学校給食・ラーメン店等からの厨芥を原料として、発酵乾燥システムにより、飼料および肥料を製造している。排出元に協力を求め、ポリ容器により生ごみを収集している。水分調整材(米ぬか・ふすま等)および好気性高温発酵複合菌を加え、約 80 度に加熱し、処理機内でかき混ぜることにより発酵が進み、4~5 時間で発酵生成物が完成する。生成物は、成分中の有機質が発酵・分解され菌が増殖代謝している状態を保っており、有機菌体飼料・肥料²と呼ばれる。製品は近郊の養豚農家で利用されている他、農家・ホームセンター・園芸業者などに肥料として販売されている。

¹ 都市化が進む地域で養豚を行うということで、大阪府は糞尿対策の一環としてメタン発酵設備の設置を指導した。結果として、これが有効利用されることとなったのである。

² 有機菌体飼料は、腸内細菌の安定効果・消化吸収率の向上効果・免疫防御による抗病効果・蓄糞等の消臭効果・品質向上効果などがあり、家畜動物に給餌した場合、有効微生物の働きにより免疫力を高め、病害を防ぎ、消化吸収が向上され、健康増進、飼育家畜等の品質向上が図られる。また蓄糞等の消臭効果もある。有機菌体肥料は、腐熱促進効果・土壌蘇生効果・土壌改良効果・病害抑制効果があり、拮抗微生物を植物根圏へ定着、安定させる他、有効微生物の働きにより、アルカリ性に富んだ土壌に定着し、地力を高めた有機土壌菌農法が可能となる(共栄美化 HP)。

NPO 法人地域循環ネットワーク（新潟県長岡市）

長岡市を中心に、ごみの原料と再資源化に取り組んでいる地域循環ネットワークでは、養豚農家とタイアップして本格的に食品循環養豚に取り組んでいる。長岡市内 88 の小中学校・保育園の給食から出る野菜くずや調理残渣を回収して、市内にある 3 つの畜産業者の協力で、豚やミンクの飼料として利用される。生ごみは、未処理のものと一次処理されるものがある。一定の規模の場合には平日毎日回収を行う。各学校の調理員が、餌として使えるもの、使えないものを分ける。残渣量の少ない学校には、EM ぼかしを利用して週に 1 度回収する。回収された残渣は地域循環ネットワークによって養豚業者に運ばれ、そこで飼料化される。学校と NPO と養豚業者がそれぞれ役割分担することによって生ごみリサイクルが成立している例である。

山形県鶴岡市

おしなべて自治体では廃棄物処理に頭を悩ませているが、鶴岡市もその例外ではなかった。鶴岡市では、可燃ごみの中でも特に厨芥（生ごみ）の増加が著しく、廃棄物対策としてこれをリサイクル利用する方策を採り、1994 年には飼料化に向けての取り組みを開始した。対象を学校給食残渣と魚市場の魚腸骨として熱風乾燥方式のプラントを建設、山形大学農学部などの協力を得て、1995 年から生ごみリサイクルを実施、1997 年には、この飼料で飼育し出荷した豚肉を学校給食に利用している。「ふるさとポーク・エコピック」と名付けられた豚肉は、地元生協（生協共立社）で販売されているだけでなく、環境問題を考える格好の素材として学童や家庭の高い評価を受けている。

8.2.2 「くいまーるプロジェクト」

「くいまーるプロジェクト」とは、生ごみ（食品循環資源）の回収・飼料化、食品循環飼料の養豚への利用、豚肉の販売までを一貫して行う事業である。沖縄県は観光県としてホテル業や飲食業などが多く、また食品加工業も多いが、排出される生ごみのほとんどが焼却処分されている。関係者との検討を進める中で、沖縄で食品循環型システムをつくらうという実際の動きにつながってきた。2002 年度から食品産業センターのモデル事業としてスタートし、2003 年度に国の助成（沖縄産学官共同研究推進事業「食品循環資源の飼料化装置の実用機器開発と資源化循環型畜産システムの構築」）を得て、飼料化装置の開発と肥育のノウハウの確立を目指し、2005 年度に協同組合を立ち上げて事業化した。「くいまーるプロジェクト」は、NPO の「エコ・ビジョン沖縄」が中心になって、廃棄物処理業者・養豚業者・堆肥化業者・装置メーカー・環境コンサルタント・IT 関連コンサルタントなどがコンソーシアムを組んで進めている点が特徴である。

2005 年 3 月の時点では、16 事業所がプロジェクトに参加している。約半数がスーパーマーケットで、他には弁当製造工場・社員食堂・居酒屋などである。収集量は一日平均 2 トン程度である。回収する食品循環資源は、豚用飼料に加工するが、スムーズで安全な飼料生産が出来るように、排出段階で異物（ビニール類・割り箸・ようじ・吸殻など）が混

図 8-1 くいまーるプロジェクトのイメージ図



出典：くいまーるプロジェクト HP

表 8-1 くいまーる飼料と配合飼料の比較

	くいまーる飼料（後期）	通常の配合飼料
粗たんぱく質	15.9%	13～18%
粗脂肪	10.6%	3～5%
可溶無窒素物	66.6%	60～65%
粗繊維	2.1%	5～6%
粗灰分	4.9%	7～8%
ナトリウム	1.0%	0.1～0.2%

出典：福嶋（2005）

入しないようにすることが重要である。回収作業は「くいまーるコンソーシアム」の廃棄物収集業者が行い、事業者との調整や排出指導などはエコ・ビジョン沖縄が担っている。

このプロジェクトでは、「くいまーる飼料区」と「配合飼料区」との対照肥育試験を行い、くいまーる飼料の栄養価・安全性・嗜好性・肥育効率・肉質について検証を進めてきた。その結果、「くいまーる飼料区」において病気などの発生はなく、順調に肥育されている。最も特徴的なのは、非常に嗜好性が良いことである。飼料を乳酸発酵させているので、そのにおいを豚が好むようである。また、乳酸発酵の効果からか、糞便のにおいが少ないという現場の声もある。なお、この農場では、通常よりゆったりとしたスペースで飼育しており、豚のストレスも少ないオガ粉を敷き、悪臭防止と汚水対策を図っている。

2004年度の豚肉の試験における格付は、「くいまーる飼料区」の方に上物が多く、配合飼料区より評価が高いという結果が得られた。食品残渣肥料を利用すると、一般的に「軟

脂」傾向がみられ、肉質が落ちると言われるが、食品循環資源の組み合わせや飼育の工夫によって、配合飼料にも匹敵する肉の生産も可能であることがわかった。表 8-1 は、くいまーるプロジェクトで使用している飼料と配合飼料を比較したものであるが、その成分内容はかなり近いものとなっている。

これからの本格的事業化に向けては、排出事業所の拡大を図り、できるだけ多くの食品循環資源を飼料生産にまわすこと³、豚肉販売の需要拡大とブランド化、これは、食品残渣飼料による豚肉でも、市場での流通上問題ないことが実証されたが、さらに付加価値が高く、特徴のある、沖縄ならではの豚肉ブランド化を目指していくことである。生産者と消費者とのコミュニケーションという観点からも重要であり、インターネットによる直販も計画中である。

食品循環養豚は、ごみ問題や環境問題とつながっているほか、学校給食との接点から「食育」にもつながっている。販路が不安定なために、料理店や消費者と直接コミュニケーションをとりながら販売している例が多い。そのために従来の養豚以上に安全で安心してもらえるような養豚の方法を工夫する必要がある。このように、食品循環養豚の波及する分野は広く、養豚のあり方を根本から見直す契機になる可能性を秘めている。

³ 回収したすべての生ごみを飼料として利用しているわけではなく、適していないものは堆肥化している。そうすることによって飼料としての質を高めているのである。事業化にあたっては、飼料化する生ごみの量を増やすことが課題となるため、再度適不適を検討することが必要となっている。