

循環型社会形成の可能性を探る

～食品廃棄物の循環的利用～

大沼あゆみ研究会
食品廃棄物パート

荒井 孝之
菅 祐一郎
佐藤 大吾
高丸 大樹
西山 裕子

目次

序章 p.2

第1章 日本における食品廃棄物の実態 p.3～p.7

- I. 食品廃棄物の分類 p.3
- II. 食品廃棄物の発生状況 p.3
- III. 廃棄物による環境への負荷 p.5
- IV. 法による取り組み p.6

第2章 食品リサイクル方法の実態 p.8～p.11

- I. 食品リサイクル法が規定する3つの方法 p.8
- II. 「食品リサイクル法」対象事業所の取り組み p.10

第3章 食品廃棄物の再生利用方法の問題点 p.11～p.13

第4章 飼料化促進による循環型社会の形成 p.13～p.17

- I. 飼料需要の現状 p.13
- II. 輸入に頼る日本の飼料 p.14
- III. 著しい豚需要の増加 p.14
- IV. 狂牛病による飼料化への障壁問題 p.16
- V. 食品廃棄物飼料化技術 p.16

第5章 モデルによる検証 p.18～p.25

第6章 結論 p.26

参考文献 p.27

序章

人間が生活をしていく上で回避し難いゴミ問題は、現在世界を取り巻く大きな問題として取り上げられ様々な対策が行われている。最終処分場の枯渇、ダイオキシン問題などの環境への影響の大きさと緊急性を知ると、私たちにはもはや静観している余裕はない。今回私たちは、その中でも特に先進国を悩ませている食品廃棄物問題について考える。豊かさの象徴と言えるこの食品廃棄物問題に対し、日本では2001年に「食品廃棄物リサイクル法」が施行されるなど本格的な政策が実行されている。年間100トン以上の食品廃棄物を出す事業所、具体的には、食品製造・加工業、食品卸売業、デパートやレストラン、コンビニがその対象業種に含まれ、2006年までには食品廃棄物総排出量の20%抑制が義務付けられている。

現在、その抑制期限の2006年を目前に控えている。そして既に各事業所の抑制割合はどれも20%を越える結果となっており、法制定の効果はあったと言える。各々の事業所は、食品廃棄物の発生抑制や再生利用、減量化・軽量化という3つの基本手段に取り組み、法の規定を達成させている。だが、この三つの基本手段の中でも特に取り組まれている発生抑制は、食品産業全体を通して取り組まれている割合が高い割にはその効果は全くと言ってよいほど上がっていない(『食品廃棄物リサイクルの展望と実態』)。たしかに、三つの基本手段のうち、発生抑制、減量化・軽量化の二つは比較的容易に取り組めるがゆえに、その技術成長・効果割合は現状以上のものを期待するのは難しい。そこで私たちは三つの基本手段のうち、最も効果割合の高い再生利用に着眼点を置いた。しかし再生利用にも大きな問題点があるのだ。

ここでまず、言及しておきたいのは、食品リサイクル法とはあくまでも略称であり、正式名称は「食品循環資源の再生利用の促進に関する法」であるということだ。私たちが、あえてこの正式な法律名を挙げたのには大きな理由がある。なぜなら、本来この法の正式名が求める“再生利用の促進”というものが実は実行されていないのではないかと考えたからである。そしてこれが最大の問題点へと繋がっている。

実態を見ても、食品廃棄物のうち有用なものは食品循環資源とされ再生利用されており、その方法の中でも堆肥・肥料化が最も盛んに行われている。しかし、その堆肥需要は減少傾向にあり市場に出回るのが困難な状態にあるのだ。その現状とは裏腹に食品廃棄物の処理対策の軸として堆肥化が採用されている。需要と供給のバランスがとれないままこの状況が続けば“再生利用の促進”もまた果たされないままであろう。

今回私たちは、法律を遵守するためだけのリサイクルから脱却し、循環型社会を形成していけるような再生利用の方法として、大きな需要があると考えられる食品廃棄物の飼料化を提案する。

現状では食品廃棄物を減量することはできているが、資源として循環できていないので

はないかと私たちは考えた。この目標値達成という事実の裏に隠されていた問題点を、飼料化を通してどう解決へと導いていけるのか、食品廃棄物とその対策の現状を把握したうえで、モデルを用いながら検証する。

第1章 日本における食品廃棄物の実態

I.食品廃棄物の分類

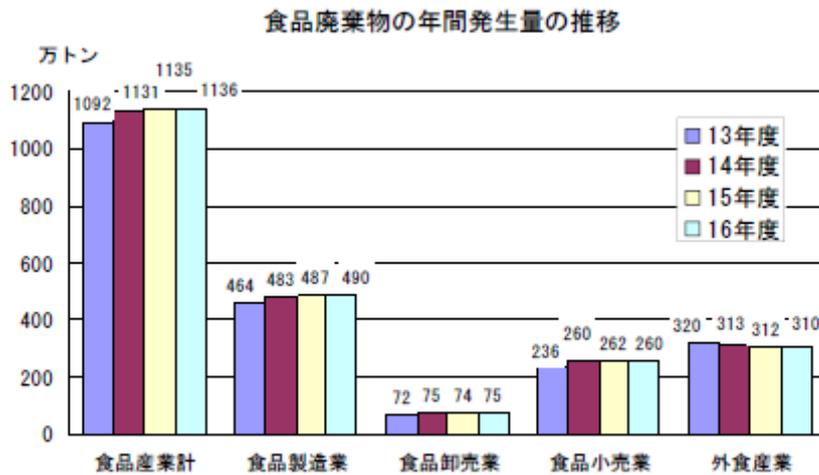
食品廃棄物とは①食品が食用に供するか又は供されずに廃棄されたもの(食べ残し、製品廃棄等)②食品の製造加工又は調理の過程において副次的に得られた物品のうち食用に供することができないものである。そして食品廃棄物は産業廃棄物と一般廃棄物の2つから構成される。前者は、企業の生産過程において排出される廃棄物のことで、食品製造業から排出され排出者である企業の責任によって処理されることが義務づけられている。また後者は家庭や食品流通業・外食産業から排出される廃棄物であり、市町村などの行政責任によって処理されることになっている。



(農林水産省)

II.食品廃棄物の発生状況

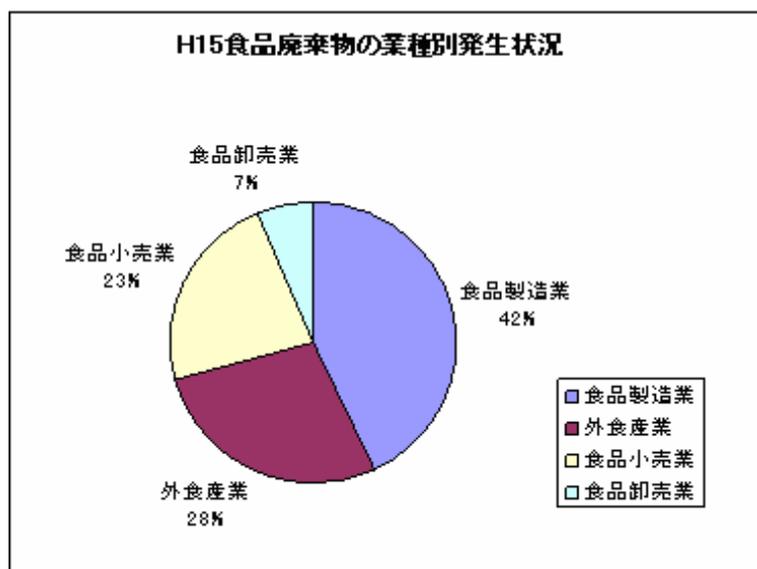
人間の生活様式が多様化する中で、食品廃棄物の年間発生量は年々増え続けている。ここでは家庭系一般廃棄物を除いた食品産業全体の食品廃棄物の発生量を見てみる。平成 13 年度では 1092 万トン、そして平成 16 年度には 1136 万トンと増加し、この食品廃棄物問題がいかに解決困難なものであるかが分かるだろう。



資料：「食品循環資源の再生利用等実態調査報告」（農林水産省統計部）

（農林水産省）

次に平成 15 年度のデータを基に業種別における食品廃棄物の発生状況を見てみる。



（農林水産省）

上記の図が示す構成比を元に細かく内訳をしてみると、食品産業全体の 1134 万トンの食品廃棄物は、食品製造業 487 万トン、外食産業 312 万 2 千トン、食品小売業 261 万 6 千トン、食品卸売業 74 万トンとなる。約半分を占める食品製造業には、惣菜物やパン類、そして清涼飲料水から売れ残り品、残飯といった全ての食品廃棄物が総括して含まれているため最も高い比率を占めている。私たちが関わりを持っているのは、食品小売業といったデパートやスーパーコンビニエンスストアであろう。では一体、それらの食品廃棄物は 1 日

でどれほど発生し、そして年間での総量というものがどれほどのものなのであろうか。1998年の時点では、全国にデパートが約300、スーパーはイオン系約430店、西友系約300店、ライフ系約200店などチェーン系と独立系で約3000店と推定されている。チェーン展開の大きいコンビニエンスストアも約3万2000店とされている。ここで、私たちの生活に身近な食品産業を幾つか例にとり食品廃棄物量を詳しく見てみる。

＜業種別食品廃棄物量＞

業種	1日あたりの発生量(平均:kg)	1年間の発生量(平均:t)
デパート	1601	568.2
スーパー	324	116.2
コンビニエンスストア	33	12.2
ファーストフード店	57	20.7
ファミリーレストラン	103	37.5

(『食品リサイクル法』)

上記のデータは、それぞれの業種1店舗において平均をとった結果である。コンビニエンスストアを見てみると他の業種と比べ非常に低い値を示しているが、店舗の広さや食品数を考慮してみるとそれなりの食品廃棄物量であると言えるだろう。特にコンビニエンスストアでは、デパートやスーパーなどでは可能な“値引き”がされないため、賞味期限間近の商品は消費者が口に入れるまでの時間も考慮し、一瞬にして廃棄物にされてしまう。チェーン展開で広がるコンビニエンスストアからの食品廃棄物総量というものは莫大なものになると言えるだろう。

Ⅲ. 食品廃棄物による環境等への負荷

食品廃棄物によって、もたらされる環境リスクとして想定される代表的なものとして次のようなものがある。

①自主基準値を超える排水放流・排ガス放出、②油、化学物質、廃液の漏洩(敷地内を含め、土壌、水質、大気汚染を引き起こす恐れがある事故)、③土壌汚染、地下水汚染、などが挙げられる。しかしこれら以外にも生ごみに含まれる有害物質による大気汚染(ダイオキシン問題など)、最終処分場の枯渇、また悪臭発生などの人害も挙げられる。つまり非常に多くの環境への負荷が食品廃棄物によりかかると想定される。

ここで最終処分場の枯渇問題を例にとって考える。再資源化されなかった残りの食品廃棄物は最後には最終処分場で埋め立てられる。そしてこの最終処分場は永久に作り続けていくことは当然不可能である。国土の全てを最終処分場に変えてしまうということを意味するからである。最終処分場は一種の枯渇資源(再生不可能資源)と言えるのである。つまり

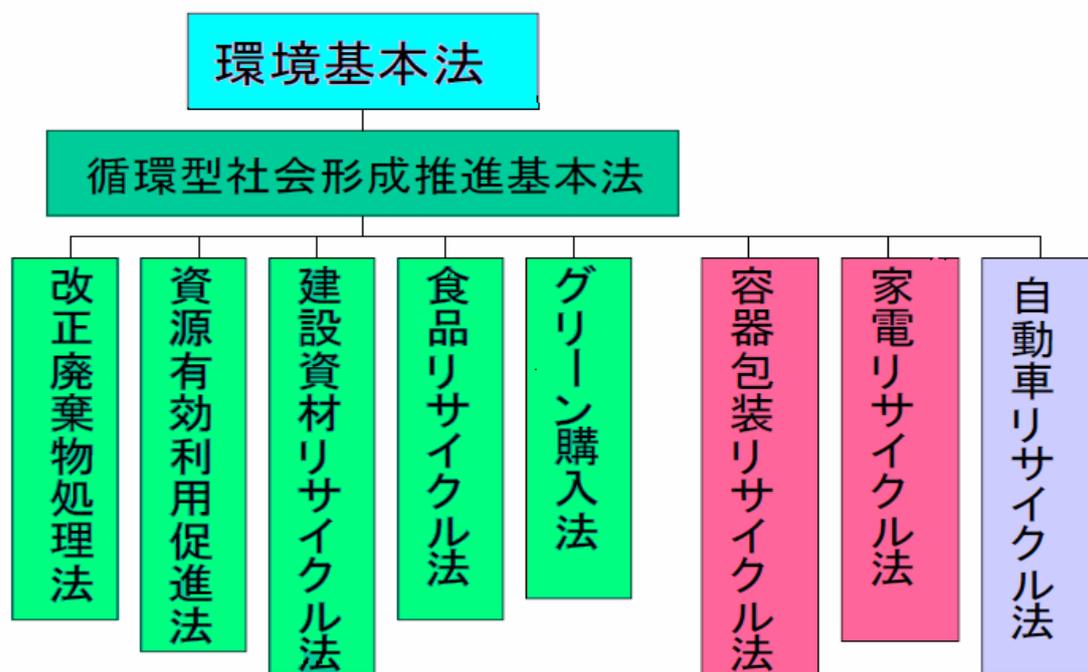
従来の廃棄物処理方法では、廃棄物の処理には最終処分場という資源を投入しなければならないのである。全国平均で、一般廃棄物の場合最終処分場の残余年数は約 8 年、産業廃棄物の場合約 3 年とされている。さらにこういった最終処分場を新たに建設することは困難を極める。最終処分場建設のために新たな場所の確保は非常に難しいからである。建築予定地の近隣住民の反対、自然環境を破壊して建築するためその環境負荷といった問題があるからである。正に私たちは危機迫った状況に身を置いているのである。もちろん近隣住民の理解を得る、環境負荷を最小限に抑える、といったことが実現できたならば建設に踏み切ることも可能なのかもしれない。だがその解決方法では根本からの解決にはならない。結局は問題の先送りに他ならないからである。

ここに挙げたように廃棄物の問題は非常に多岐に渡って存在している。

IV. 法による取り組み

前述したように、食品廃棄物がもたらす環境への負荷を考慮した上で、2001 年に「食品リサイクル法」が日本で施行された。この「食品リサイクル法」は環境基本法に含まれる。その法体系は以下に示す通りである。

<廃棄物・リサイクル法の法体系>



(環境新聞)

そして「食品リサイクル法」では 2006 年までに食品廃棄物総量 20%の抑制が義務付けられた。対象は年間 100 トン以上の食品廃棄物を排出する事業所である。対象となった事

業所には、発生抑制、減量化・軽量化、再生利用という 3 つの食品廃棄物削減・リサイクル方法が具体的に位置付けられている。この法の目的は以下の通りである。

食品リサイクル法の目的（法第一条）

食品リサイクル法の直接的な目的は、食品廃棄物等のリサイクル等（発生の抑制、再生利用、減量）についての基本的事項、再生利用促進策を定めることによって、食品に係る資源の有効な利用の確保、食品に係る廃棄物の排出の抑制、食品関連産業の健全な発展を促進することである。

（『食品リサイクル法』）

食品循環資源とは食品廃棄物から有効に再生される資源のことを意味し、肥飼料化、エネルギー、新素材への再生利用が求められている。ここでの“循環資源”という言葉は、同時期に成立した「循環型社会形成推進基本法」に深く関連している。循環型社会が意味するものを見ればその関連性が読み取れるであろう。

形成すべき「循環型社会」の姿とは

- ① 廃棄物等の発生抑制
- ② 循環資源の循環的な利用及び
- ③ 適正な処分が確保されることによって、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

（『食品リサイクル法』）

つまりここに表されている循環型社会の法的定義は「『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、並びに製品等が循環資源となった場合においてはこれ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資源については適正な処分が確保され、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(循環型社会基本形成推進基本法第 2 条より抜粋)」である。序章で触れたように、食品リサイクル法の正式名が「食品循環資源の再生利用の促進に関する法」であることから、循環資源の循環的な利用の重要性を求めていることが分かる。

第2章 食品リサイクル方法の実態

I. 食品リサイクル法が規定する3つの方法

食品リサイクル法では、食品廃棄物の総排出量を抑制する手段として、3つの方法を挙げている。それは、廃棄物の発生を未然に防ぎ減らす発生抑制、排出されてしまった食品廃棄物を加工して再び利用する再生利用、廃棄物の重量・体積を減らすことで原料を図る原料・軽量化である。以下この3つの方法を詳しく見てみる。

1. 発生抑制

発生抑制とはその名の通り、食品廃棄物が可能な限り発生しないように努めることを意味しており3つの対策の中では、最も実行し易い方法であると言える。製品の流通の4つの過程、仕入れ、製造・調理、輸送・保管、販売、において、それぞれに取り組み方法が分かれている。

まず仕入過程においては、製造(販売)量に合わせた仕入れやロスが出ない製品・材料への仕入れの見直しが行われている。前者は市場の動向や傾向、販売実績や季節・天候条件などから適切な生産量を予測し、それに合わせて残渣の出ない適切な量だけを発注することを意味している。後者は、賞味期限の長い材料や、取り扱いが容易で品質が劣化しにくい材料を選択すること等を意味している。次に製造・調理過程では、小生産単位での製造、ロスが出ない製品開発が取り組まれている。生産単位を小さくすることによって、一度の生産で出る残渣を減らし、より細かい発注にも対応することができる。さらに輸送・保管過程に入ると、包装・梱包方法・保管設備の改善・更新を行うことで、輸送・保管時の製品の品質の劣化や破損による廃棄物の発生を防ぎ、製品の使用・販売期限を延ばすことができる。そして販売過程では、販売状況に合わせた調理など販売方法の改善に努めることで売り上げの増減による廃棄物発生を減らすことができる。また、主にスーパーマーケットでは賞味期限の迫った商品の特価販売によって売れ残りを減らす努力がされている。

2. 再生利用

再生利用は、食品廃棄物から循環資源として肥料・飼料などの原材料に利用すること、また利用するために譲渡することを意味する。食品リサイクル法では肥飼料化・油脂化・メタン化・炭化の原材料化として再生利用させることを規定している。再生利用の場合、どの業種も委託する傾向にあり、自社で再生利用を行う所は非常に少ないようである。食品産業全体でも90%が委託による再生利用であるという結果が出ている。

食品廃棄物の再生利用で現在最も盛んに行われているのが食品廃棄物の堆肥化・肥料化である。発酵菌などを用い、自然または機械的方法で食品廃棄物を分解し、堆肥(肥料)にする。コンポスト化とも呼ばれ、主な方法として自然的方法と機械的方法の2つが挙げられ

る。自然的方法とは生ごみ処理容器と堆肥化促進剤を組み合わせ、生ごみ処理コンポスト容器を使用する方法で例としてミミズによるコンポスト化方法がある。また機械的方法とは機械で生ごみを混ぜながら微生物によって堆肥化する微生物分解方式や、熱や風で生ごみを乾燥させ、土と混ぜて堆肥化する温風乾燥方式がある。

ここで堆肥と肥料の違いを明確にしておきたい。まず、肥料には一般に普通肥料と特殊肥料に分類される。前者は肥料成分の窒素(N),リン(P),カリウム(K)の含有量が一定量含む肥料である。一方、後者は含有量が一定ではなく畜糞尿の比重が多く含まれている肥料を指す。糞や排泄物などを積み重ねて自然に発酵・腐熟させて作られた堆肥は、この後者の特殊肥料に属している。また食品廃棄物から作られる堆肥もこれに属し、堆肥＝特殊肥料＝食品廃棄物から作られる肥料と考えることができる。普通肥料と特殊肥料の働き自体にも相違点はある。農作物の成長・育成のために使用されるのが普通肥料、土作り・農地の地力回復に使用されるのが特殊肥料とされている。

そして私たちが更なる普及を推し進めようとしているのが食品廃棄物の飼料化である。食品廃棄物を加工し、主に養豚用の飼料として再生利用するのだ。その手順は、食品廃棄物脱水・乾燥、粉碎、そして必要ならば他の飼料と配合を行う。脱水・乾燥方法には発酵・乾燥方法と蒸煮・乾燥方法がある。

発酵・乾燥方法＝発酵促進剤(微生物)を添加し、発酵熱で脱水・乾燥させて粉末化する方法。

蒸煮・乾燥方式＝専用の蒸煮装置(クッカー)を使って、固形分(ミール)を乾燥粉末にする方法。その際発生する液状分からも油脂類が抽出されてボイラー燃料他飼料に用いられる。

(『食品廃棄物リサイクルの展望と実態』)

次に食品廃棄物を油脂化する方法がある。油脂化とは、廃食用油を回収し精製するリサイクル方法であり、配合飼料や軽油代用品に利用される。外食店系と家庭系の二つの廃油に分けられ、前者は事業系廃食用油と呼ばれほとんどが回収、再利用されている。例としてはディーゼル車に利用する軽油代用品である。排ガス中の SO_x (硫黄酸化物の総称で、大気汚染や酸性雨の原因の一つ) や黒鉛の量が格段に低く、価格は軽油とほぼ変わらない。後者の廃油は、一世帯ごとの排出量は少ないため、一部の市町村を除いてはその回収はほとんど進んでいない。

最後にメタンの原料化が行われている。それは食品廃棄物を嫌気性状態(酸素がない状態)で発酵させ嫌気性バクテリアの作用によりバイオガス(メタンガスと二酸化炭素)を発生させ、生じるメタンガスを熱源として発電や暖房などしようとする方法である。

3. 減量・軽量化

一般に食品廃棄物は 90~95%の含水率といわれ、この水分を除去することで食品廃棄物の重量・体積を減らすことができ、発生抑制、再生利用の手助けともなる。食品リサイクル法では「脱水」、「乾燥」、「発酵」、「炭化」という細かい方法が示されており、それらを用いることで事業場外に排出される食品廃棄物量の減量・軽量化する。

II. 「食品リサイクル法」対象事業所の取り組み

このような「食品リサイクル法」が施行されてから、対象となった食品産業はどのような方法で 20%の食品廃棄物削減を目指したのだろうか。

＜業種別食品リサイクル方法取り組み割合（単位％）＞

業種\方法	発生抑制	減量・軽量化	再生利用
食品製造業	49	9	54
食品卸売業	50	1	22
食品小売業	51	6	33
外食産業	52	8	35
食品産業計	51	7	34

（『食品廃棄物リサイクルの展望と実態』）

この表は、各食品業界で、そこに属する全事業者の内どれだけの割合の事業者がそれぞれの食品廃棄物削減方法に取り組んでいるかを示している。ここではほとんどの業種が発生抑制→再生利用→減量・軽量化という順で食品廃棄物の削減に取り組んでいることが分かる。生産者にとって発生抑制という手段は最も取り組み易かったと考えられる。しかし、取り組み易い方法だからといってその効果はあがっているのかと言うとそうではないのが現状である。

＜食品リサイクル方法別 効果割合（単位％）＞

業種\方法	発生抑制	減量・軽量化率	再生利用率
食品製造業	4	3	78
食品卸売業	4	1	48
食品小売業	4	2	31
外食産業	4	2	19
食品産業計	4	3	49

（『食品廃棄物リサイクルの展望と実態』）

上記の表は、食品リサイクル法で定められた各食品廃棄物の削減方法の効果割合を示したものである。ほとんどの食品産業が最も多く取り組んでいた発生抑制の方法は、食品廃

棄物削減割合が4%と、全くと言っていいほど効果を発揮していないのだ。その理由として考えられるのが、各事業所が取り組んでいる廃棄物発生抑制の手法が、各企業が従来から行っている利益追求のための効率化の方法を流用しているだけであるということだ。その証拠に、食品リサイクル法の施行後に新たな取り組みを始めた事業所の割合が著しく低いというデータもある。

そして再生利用において、循環型社会の形成を目指す食品リサイクル法の趣旨と照らし合わせると最も大きいと考えられる問題があるのだ。次章ではその最大の問題点について検証する。

第3章 食品廃棄物の再生利用方法の問題点

この章では、食品廃棄物の再生利用の現状では循環型社会の形成に支障をきたすのではないかという問題について考える。

結論から言うと、現在食品廃棄物の再生利用製品として最も多いのが堆肥であるが、堆肥の需要は低下しており、需給バランスが改善される見込みはない。しかし、それにも関わらず食品廃棄物を堆肥化し続けており、その効率的な循環的利用の達成は難しい。

下記の表は再生利用の用途別仕向量を示しており、食品産業全体で排出された食品廃棄物総量のうち40%という最も大きい割合が堆肥化に充てられており、次いで34%が飼料化に充てられていることがわかる。食品廃棄物の再生利用方法として堆肥化が最も盛んに行われているのだ。

<再生利用の用途別仕向量割合 (単位%)>

業種	堆肥化	飼料化	油脂化	メタン化
食品製造業	43	38	2	0
食品卸売業	56	32	4	-
食品小売業	29	25	5	-
外食産業	23	27	7	-
食品産業計	40	34	3	0

(『食品廃棄物リサイクルの展望と実態』)

食品リサイクル法による事業系ごみ1000万トン中20%が再生利用された場合、40~50万トンの特殊肥料が生産されることになるようである。しかし、一般に生産される堆肥量を考慮すると、それに見合った需要が堆肥・肥料市場にはあるのだろうか。

ここで堆肥・特殊肥料市場の実態を見る。先述した通り肥料は普通肥料と特殊肥料の二つに分けられるが、今回私たちが扱っている食品廃棄物から作られた堆肥が属する特殊肥料とそれに含まれる堆肥のみに重点を置いていきたい。1994~1999年における堆肥・特殊

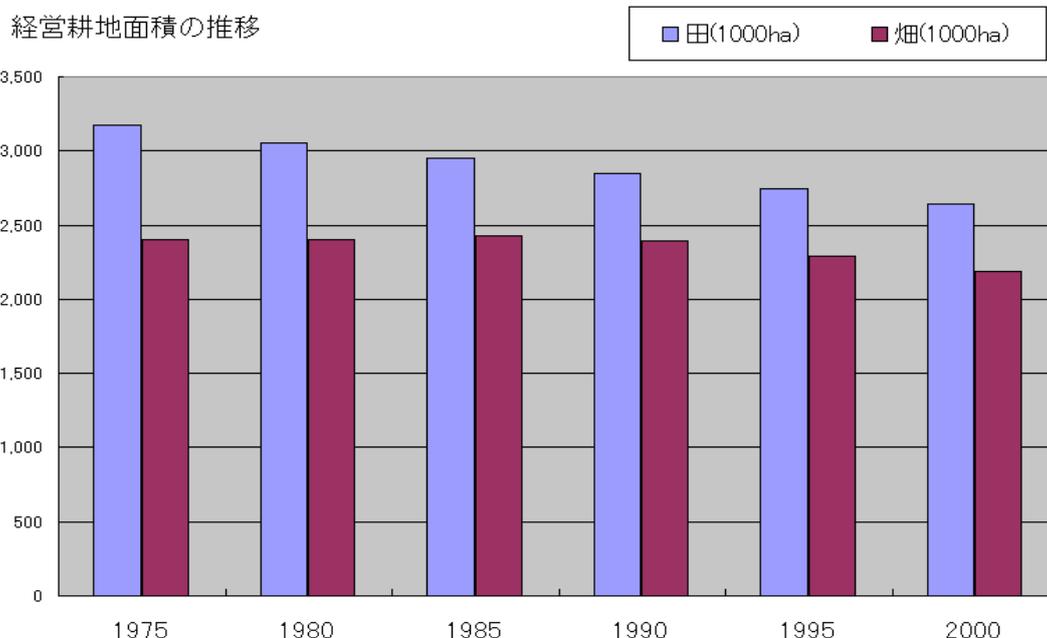
肥料生産量は、両者共に増加している。堆肥は約 340 万トン、これが含まれる特殊肥料は約 500 万トンとされている。だが特殊肥料には堆肥の生産量も含まれており、堆肥の増加分を考えると廃棄物から作られた堆肥の生産は増えていない。そのことから廃棄物から作られる堆肥にはこれ以上需要がないことがわかる。

＜堆肥・特殊肥料の推移（1994～99年）＞

暦年\区分	堆肥	特殊肥料(堆肥を含む)
1994	290 万トン	460 万トン
1995	290 万トン	480 万トン
1996	300 万トン	460 万トン
1997	300 万トン	485 万トン
1998	320 万トン	488 万トン
1999	340 万トン	500 万トン

(『食品廃棄物リサイクルの展望と実態』)

しかも、この特殊肥料の他に食品廃棄物から作られる肥料、想定されている 50 万トンが加えられて供給が増えていく段階にある現状に対し、堆肥・肥料需要が低下しているという問題が起きている。その理由としてまず、対象農地・農業就業人口の減少が挙げられる。下記のグラフでは、高度経済成長期から現在に至るまで、日本の経済・産業構造が先端産業部門に移行していくにつれて全国の耕地面積が減少していることを示している。



(日本 SOHO センター HP)

また、農業就業者の割合も減っており、高齢化も深刻であることから、日本の第一次産

業は衰退していると言ってよい状況である。肥料を撒く土地と撒く人がいなくなれば当然肥料も使われなくなっていく。また、肥料の使用には制約があり、一年を通して需要があるわけではない。肥料は主に土作り、農地の地力回復に用いられるが、施肥時期は年二回程度しかない。肥料には日々刻々と排出される食品廃棄物に見合うだけの需要がないのだ。

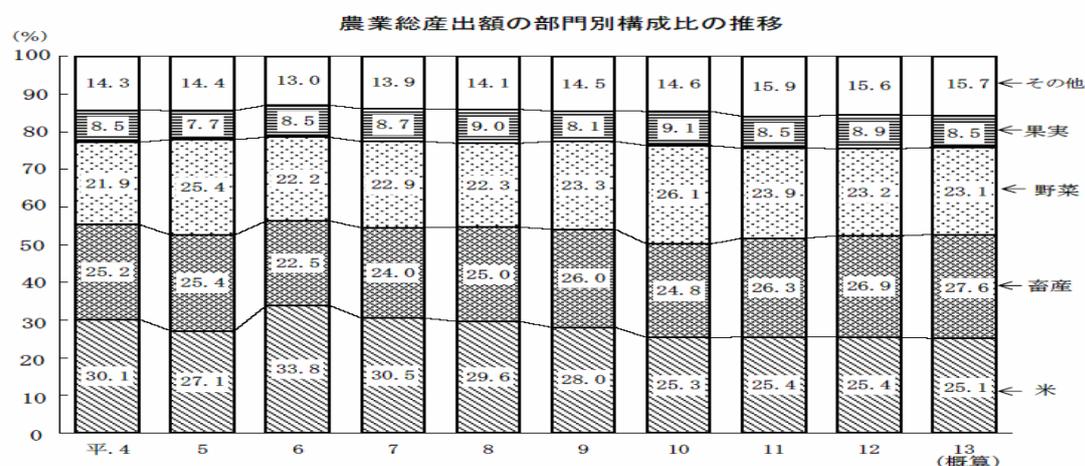
こうして堆肥・肥料需要が低下し、供給量とのバランスが崩れつつあるにも拘らず、増え続ける食品廃棄物の再生手段には堆肥化が採用され続けているのが現状である。しかし、堆肥の超過供給は、本来「食品リサイクル法」が求める循環資源の循環利用は成し遂げられないのである。

第4章 飼料化促進による循環型社会の形成

循環資源の再生利用を促進し、循環的利用を成し遂げるためにはどうしたらよいのだろうか。前章で挙げたように、堆肥化の問題点を考慮するとやはり、利用需要確保こそが最も重要な要素であると考えられる。そこで私たちが注目したのが、堆肥化につき組み率の高かった飼料化である。研究を進めていくにつれ明らかとなったのが、飼料需要は大きく、現在上昇傾向にあり、また食品廃棄物からの飼料化技術が向上している事である。以下、実際データを基に検証する。

I. 飼料需要の現状

日本国内の飼料需要を明確にするにあたり、まずは日本の畜産分野に目を向ける。以下の表は、農業総生産出額を部門別に推移したものである。注目したいのは、稲作物部門を抑え、畜産部門（肉用牛・生乳・豚・鶏）が一番高い構成比を持っているということである。故に、畜産物生産の過程において、飼料が必要とされている現状に日本があることは分かるであろう。



(農林水産省 HP)

では実際に、どれほどの飼料需要があるのでしょうか。畜産部門に属す肉用牛・生乳・豚・鶏それぞれの飼養家畜数と飼養世帯数を比較してみよう。

＜飼養家畜数と飼養世帯数 2001年＞

種別	乳用牛 (めす)	肉用牛	豚	鶏類	
				採卵用	ブロイラー 用
世帯数	32200	110200	10800	5150	2986
家畜数	1726 千頭	2804 千頭	9785 千頭	186 百万羽	106 百万羽

(『食品廃棄物リサイクルの展望と実態』)

一世帯あたりに換算してみると、乳用牛 54 頭・肉用牛 25 頭・豚 900 頭・鶏ブロイラー用 3 万 5000 羽となり、これらを育てるためにも、膨大な飼料が必要とされるのだ。

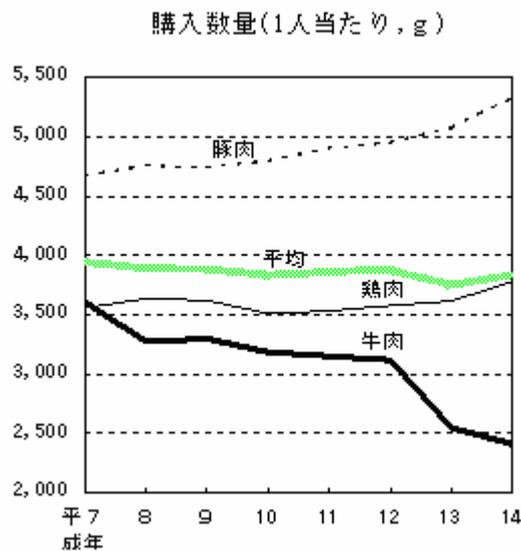
II. 輸入に頼る日本の飼料

これほどまでに飼料需要の高い日本は、現在そのほとんどを海外からの輸入で補っている。その輸入量は飼料需要の約 80% 近くを占めるほどである。世界最大の飼料原料輸入国となるほどであり、動物性飼料の輸入率は 90% というのが現状だ。現在、動物性飼料の輸入国としてはペルー、ロシア、アメリカが主要 3 カ国となっている。日本がこれほどまでに輸入に依存するようになったのには食生活の洋風化が要因とされている。畜産物の消費が拡大し飼料の輸入が急速に増大し、飼料自給率は低下したのである。今回の食り法施行の目的としてこれらの多量の輸入飼料を、国内の飽食文化、グルメ志向で発生する食品廃棄物の再利用によって減少させようとする意図があるのも事実とされている。

III. 著しい豚需要の増加

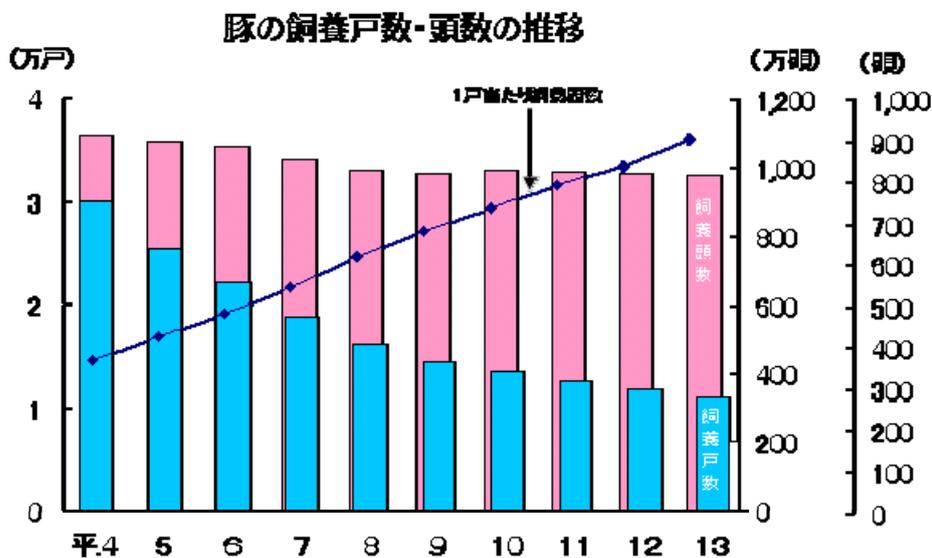
日本国内の家畜全体の飼料需要があることは先述した通りだが、畜産類の中でも近年著しく需要を伸ばしているのが豚である。本来、畜産類別消費量を比較してみても、豚・牛・鶏と格付けされる。それに加え平成 12 年以降急速に豚肉の需要は増加し、一方で牛肉の需要は減少傾向を見せた。

牛肉、豚肉及び鶏肉の購入数量の推移 全国・全世帯



(総務省 統計局 HP)

日本国内の生産者側にも狂牛病の影響は大きく、一世帯あたりの豚飼育頭数も増加傾向を示している。



(『食品廃棄物リサイクルの展望と実態』)

現在も尚、狂牛病問題がもたらす生産者・消費者への影響は大きい。特に消費者の中には輸入牛購入への懸念は未だ色濃く残ったままだ。つまり、この狂牛病による豚需要の増加は飼料の需要をも増加させるなど、飼料化を推し進める上では追い風となると私たちは考える。しかし、食品廃棄物から飼料化を行う際の過程には、狂牛病は大きな障壁となってしまう可能性が考えられる。

IV. 狂牛病による飼料化への障壁問題

ここでもう一度留意しておきたいのは、生産される飼料のほとんどが配合飼料の原料であるということである。その配合飼料用原料の種類は幾つかに分類されている。

配合・混合飼料用原料の使用量(1999)		
		単位:千トン
種類	使用量(t)	構成比(%)
トウモロコシ	11,530	47.2
こうりゃん	2,286	9.4
大麦・小麦・その他の穀類	1557	6.4
ふすま・米ぬか・油粕・その他の糟糖類	2286	9.4
アルファルファミール・大豆粕・その他の植物性油粕	4432	18.2
魚粕・魚粉・脱脂乳・ <u>その他の動物性飼料</u>	738	3
油脂・糖蜜・飼料添加物・特殊飼料・その他の飼料	1574	6.4
合計	21414	100

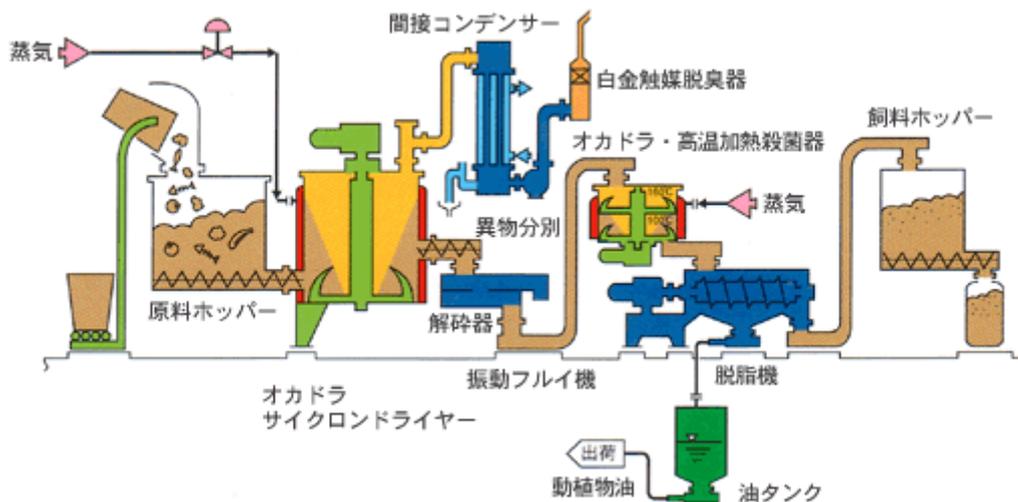
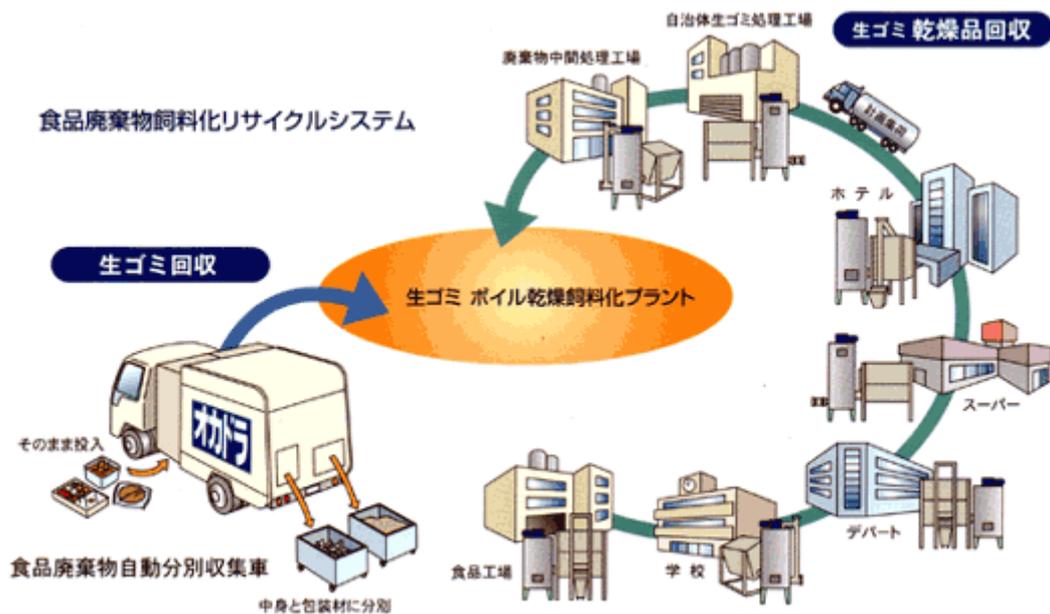
(『食品廃棄物リサイクルの展望と実態』)

食品廃棄物を飼料化した場合、上記の中ではその他の動物性飼料に分類される。特に動物性飼料原料は、余った牛の内臓や骨から加工された肉骨粉と配合して初めて飼料となる。そのため、私たちが考えた動物性飼料原料に属している食品廃棄物の飼料化は狂牛病問題がある限り難しいことになってしまう。特に、食品廃棄物を飼料化する場合、高濃度の塩分や脂質を調整するためより多くの肉骨粉の配合が必要とされる。2001年農林水産省は、輸入対象国であるアメリカでの狂牛病を考慮し肉骨粉との配合を全面的に禁止した。しかし、狂牛病問題発生後、日本では肉骨粉の代替技術として食品廃棄物からの飼料化を可能とする技術が開発された。

V. 食品廃棄物飼料化技術と飼料の流通要因

生ごみを飼料化する際、狂牛病問題がその障壁として存在していたが、この問題を払拭する技術が開発されたことまでは上述した。それではこの技術はどういったものであるのかを示すことにする。

食品廃棄物を飼料にする過程から見ていく。下に示したのは、上図が食品廃棄物を回収するシステム、下図が生ごみを乾燥飼料化にするプラントのフローシートである。



(オカドラ(株) HP)

食品廃棄物は原料ホッパーから自動的にサイクロンドライヤーに運び込まれる。ここでボイル乾燥を終えた生ゴミは自動的に解碎器に送られ、粉状にされると共に異物が分別され高温加熱殺菌器で133℃以上20分間の国際品質規格を満たす高温殺菌が行われ、さらに脱脂機で油脂分10%にして良質な飼料粉にする。ここに示したとおり、生ごみを飼料化する過程で問題となる肉骨粉の使用はなく、飼料を製造できることが分かる。

実際に神奈川県では、この技術を利用し食品廃棄物からの飼料化が現在行われている。生産された飼料は神奈川県内の養豚場にて使用されているところからも、飼料化施設と養豚場が近隣地域内に位置するほど、飼料の流通がスムーズに行われると言えるだろう。

第5章 モデルによる検証

この章では配合飼料と食廃飼料の比較を通じていかに食廃飼料の供給を増やすかをモデルを用いて検証する。

配合飼料の原料がとうもろこしや麦などの作物で、そのほとんどが輸入に頼っているというのは前述した通りだが、一部の畜産センターでは自ら原料を栽培・配合して豚に与えているところもある。実際それを養豚業でも推し進めようという動きもあるが(参考文献)、養豚飼料の供給をまかなうには国土面積が狭すぎるためかなり早い段階で限界がくる。したがって以下では、配合飼料は輸入原料から作った飼料とする。

①配合飼料と食廃飼料

配合飼料と食廃飼料を比較するにあたって両者の限界費用を比較し、後にこれを供給曲線として図示することで食廃飼料の有用性を示すのだが、その際何点かの仮定をおく。

まず、飼料製造に関しての限界費用 $MC(X)$ は次のように構成される。(X は飼料生産量とし、配合飼料業者を a 、食廃飼料業者を b とおく。)

$$MC(X) = \text{原料価格 } q + \text{原料調達費 } MC_g(X) + \text{ランニングコスト } MC_r(X) + \text{輸送費 } MC_t(X)$$

・原料価格は、配合飼料の場合輸入原料の価格を指し、食廃飼料の場合は食廃を回収する際に排出者に払う額を指す。つまり、食廃を逆有償で引き取る場合には $q_b < 0$ となる。

・原料調達費とは a 社の場合輸入した原料を工場まで運ぶ費用を指し、 b 社の場合食品廃棄物の回収費用だけでなく分別費用も含める。

・ランニングコストは原料を投入して飼料を製造する一連の工程の中で発生する費用で、機械の稼働費・人件費・設備費等が含まれる。

・輸送費は製造した飼料を養豚場まで運ぶ際の費用を指す。

a 社は原料の調達に関してはすべて商社に任せると仮定して $MC_{ag}(X_a) = \overline{MC}_{ag}$ とするが、 b 社は自ら回収するか他の専門事業者に委託するかを選択する。

また、ランニングコストは a 社 b 社共に通増で、同じ関数とする。輸送費に関しては両者共に $MC_t(X_a) = \overline{MC}_t$ で共通とする。

飼料需要についても触れておくと、一匹の豚を育てるためには一定以上の飼料が必要であるので、飼料は必需財と解釈できる。つまり価格弾力性が極めて低いと考えるので、飼料の需要曲線は横軸を飼料とした場合横軸に対し垂直に近い傾きになる。また、二つの飼

料に対する需要は無差別とする。

以上を前提として飼料化の限界費用を式に表すことにする。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{配合 (a)} \\ MC_a(X_a) = q_a + \overline{MC}_{ag}(X_a) + MC_r(X_a) + \overline{MC}_t \cdots \cdots (A) \\ \text{食廃 (b)} \\ MC_b(X_b) = q_b + MC_{bg}(X_b) + MC_r(X_b) + \overline{MC}_t \cdots \cdots (B) \end{array} \right.$$

この式で後ろの 2 項は共通しているため、配合飼料と食廃飼料の限界費用の差は $q_a + \overline{MC}_{ag}(X_a)$ と $q_b + MC_{bg}(X_b)$ の違いから生じてくる。

この限界費用の違いによって供給曲線がどのようになるかを、食廃業者が回収・分別を自分で行う場合と中間業者に委託する場合について場合分けをして見ていきたい。その際場合分けの途中で出てくるグラフは両飼料の限界費用曲線と、それをヨコ集計した、飼料の供給曲線である。ここでは簡略化のため限界費用を右上がりの直線として考えることにする。(実線は配合飼料、破線は食廃飼料、太線は両飼料のよこ集計を表す)

A. 食廃業者が自ら回収・分別する場合 ($MC'_{bg} > 0$)

(1) MCの傾き

$$\frac{\partial MC_a(X_a)}{\partial X_a} = \frac{\partial MC_r(X_a)}{\partial X_a} > 0 \quad (\text{費用逦増を仮定})$$

$$\frac{\partial MC_b(X_b)}{\partial X_b} = \frac{\partial MC_{bg}(X_b)}{\partial X_b} + \frac{\partial MC_r(X_b)}{\partial X_b} > 0 \quad (\text{費用逦増を仮定})$$

ランニングコストは共通なので、

$$\frac{\partial MC_a(X_a)}{\partial X_a} < \frac{\partial MC_b(X_b)}{\partial X_b}$$

このとき、食廃飼料の限界費用曲線の傾きは配合飼料のそれと比べて急になる。

(2) MCの出発点 (X = 0 のとき)

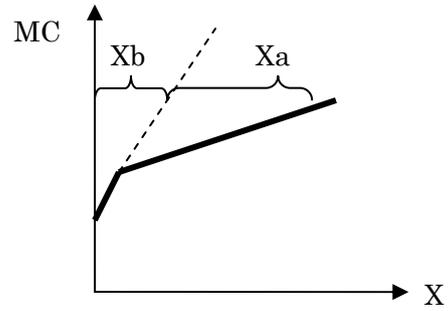
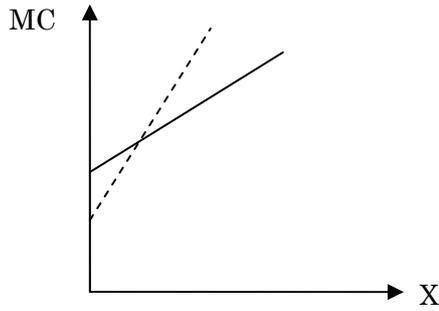
$$MC_a(0) = q_a + \overline{MC}_{ag}(X_a) + MC_r(0) + \overline{MC}_t$$

$$MC_b(0) = q_b + MC_{bg}(0) + MC_r(0) + \overline{MC}_t$$

$$MC_a(0) - MC_b(0) = (q_a - q_b) + \{\overline{MC}_{ag} - MC_{bg}(0)\} \cdot \dots \cdot *$$

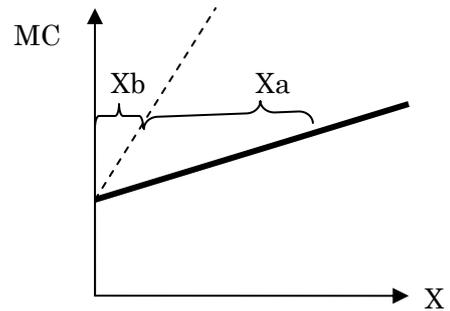
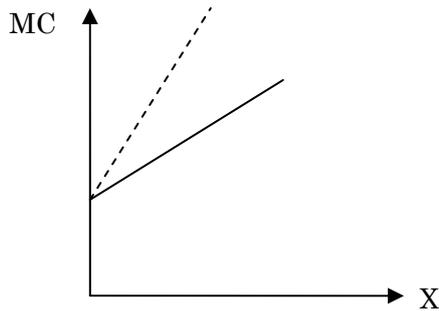
i) $* > 0$

このとき $MC_a(0) > MC_b(0)$ が成立



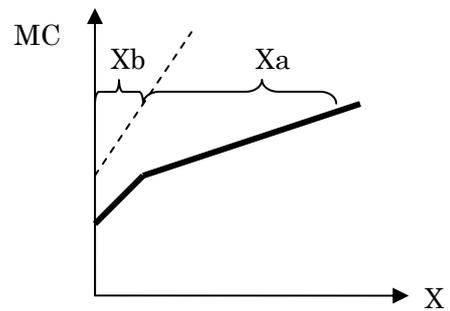
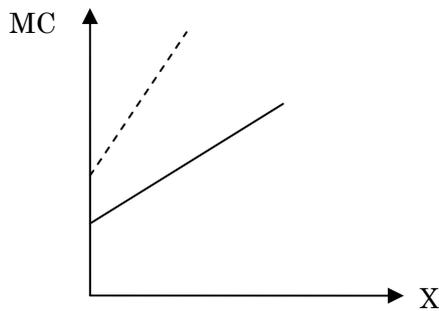
ii) $* = 0$

このとき $MC_a(0) > MC_b(0)$ が成立



iii) $* < 0$

このとき $MC_a(0) \leq MC_b(0)$ が成立



B.食廃業者が回収・分別業務を委託する場合 ($MC_{bg}(X_b) = \overline{MC}_{bg}$)

(1) MCの傾き

$$\frac{\partial MC_a(X_a)}{\partial X_a} = \frac{\partial MC_r(X_a)}{\partial X_a} > 0 \quad (\text{費用逦増を仮定})$$

$$\frac{\partial MC_b(X_b)}{\partial X_b} = \frac{\partial MC_{bg}(X_b)}{\partial X_b} > 0 \quad (\text{費用逦増を仮定})$$

ランニングコスト共通なので、

$$\frac{\partial MC_a(X_a)}{\partial X_a} = \frac{\partial MC_b(X_b)}{\partial X_b}$$

このとき、食廃の回収・分別を自ら行う場合と比べて食廃飼料の限界費用曲線の傾きは緩やかになる。

(2) MCの出発点 (X=0のとき)

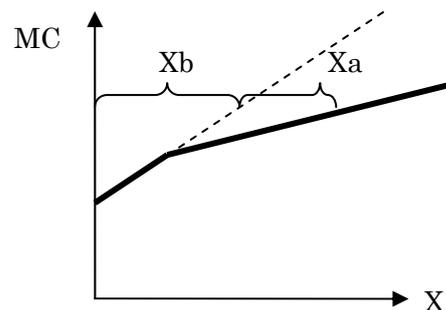
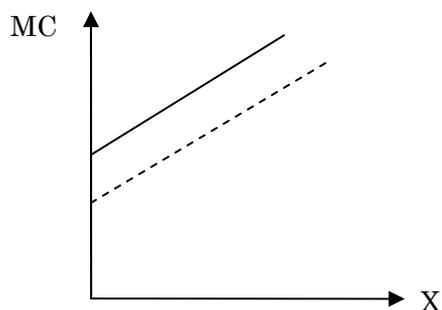
$$MC_a(0) = q_a + \overline{MC}_{ag}(X_a) + MC_r(0) + \overline{MC}_t$$

$$MC_b(0) = q_b + \overline{MC}_{bg}(0) + MC_r(0) + \overline{MC}_t$$

$$MC_a(0) - MC_b(0) = (q_a - q_b) + (\overline{MC}_{ag} - \overline{MC}_{bg}) \cdot \cdot \cdot **$$

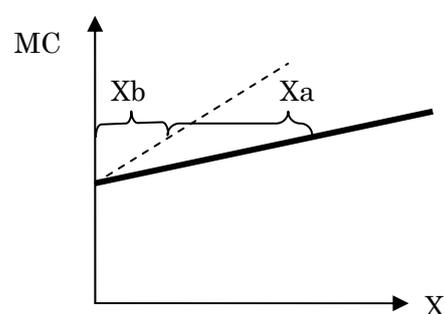
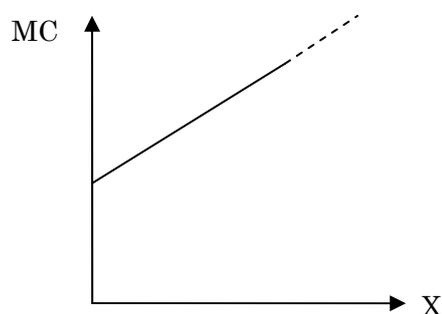
i) ** > 0

このとき $MC_a(0) > MC_b(0)$ が成立



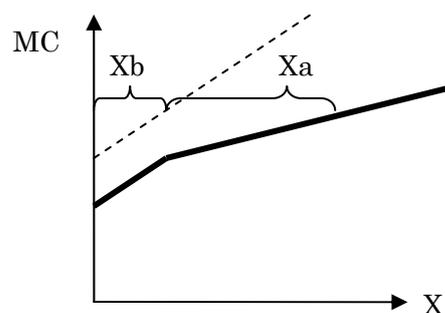
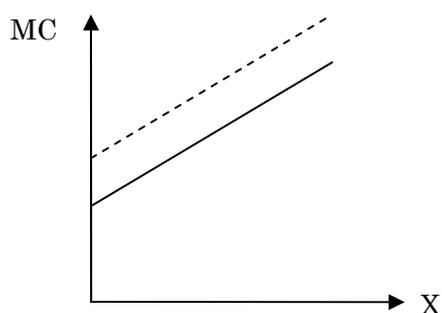
ii) $** = 0$

このとき $MC_a(0) > MC_b(0)$ が成立



iii) $** < 0$

このとき、 $MC_a(0) \leq \overline{MC}_b(0)$ が成立



A と B や、i ~ iii をそれぞれ比較することにより、次の場合食廃飼料の割合が大きくなる
ことがわかる。

- MC b の傾きが相対的に緩やかな場合

これは、食廃の回収・分別が効率的な状態にあたる。

- MC b の位置が相対的に低い場合

これは q_b が低いときや関税により配合飼料の原料価格が高いときである。

ただし後者の場合は MC b のグラフの上では効果的だが、現実的に考えると問題がある。

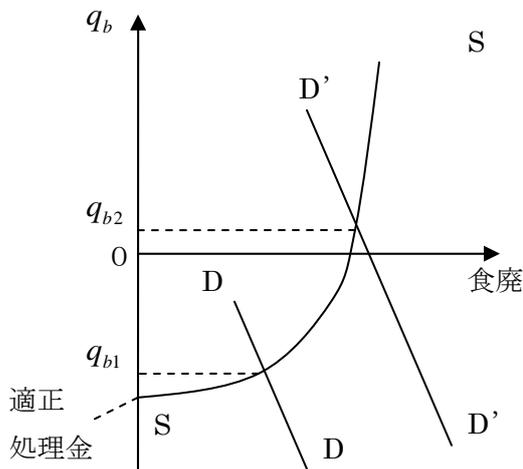
まずは関税について簡単に触れておく。確かに関税が可能であるなら直接的な効果が望めるのだが、現実には目を向けると飼料用作物に関税をかけるということは非常に難しい。その原因は、関税をかけることの目的にある。それは税金を得ることにもあるのだが、最も大きいものは国内産業の保護である。しかし日本には飼料用作物の生産はあまり行われずおらず保護する産業がないといって差し支えないほどだ。また、日本は戦前から現在まで、国の政策として飼料用作物の輸入を促進していることもあって、飼料用作物に関税をかけて輸入を制限することは現実的ではない。

q_b が低い場合食廃の割合が大きいというのもまた非現実的である。詳しくは次で説明することにする。

②食品廃棄物の価格

食廃飼料 (Xb) の割合を決定付ける要因として食廃の価格 (q_b) を挙げたが、 q_b が低いとき Xb の割合が高くなるというのはあくまで飼料の需給だけを考えた際の話であり、現実的には考え難い。これを食廃需給の簡単なグラフを用いて説明する。

食廃が逆有償で排出者がリサイクル業者に支払う額が高く、適正処理の委託料金に近い状態のとき食廃の供給の価格弾力性は高い。また、 q_b が上昇して適正処理の委託料金から乖離するにつれて食廃をリサイクルにまわす企業 (排出者) が増えるわけだが、その弾力性は小さくなる。そのため、食廃の供給曲線は下図のようになる。



供給曲線を固定して考えると、 q_b が低いとき、つまり図で $q_b = q_{b1}$ のときは食廃の需要が低い。食廃の需要が低いということは食廃飼料を製造するリサイクル業者が少ないことを意味するため、当然 Xb の Xa に対する割合も小さくなる。さらに、 q_b が低い場合排出者は食廃を分別する手間を考えて適正処理を選択する可能性も高くなる。したがって Xb の割合を大きくして資源をうまく循環させるにあたって、 q_b が低い、つまり排出者がリサイクル業者に支払う額が高いというのは望ましい状態ではない。

DD 曲線が D'D' 曲線にシフトして $q_b = q_{b2}$ となった場合についても述べておく。リサイクル業者が多く参入して食廃への需要が高くなると、それまで適正処理業者に委託していた企業もリサイクルにまわすようになり、資源のいい循環が生まれる。ただし、そのためには条件がある。それはコストの問題であり、単に q_b が上がっただけでは同じ分だけ食廃飼料の価格が上昇してしまい、食廃飼料への需要が減少してしまう。そのため、食廃飼料の需要を維持しながら食廃を有償に近づけるには、 q_b の上昇を補える分だけ他のコストが

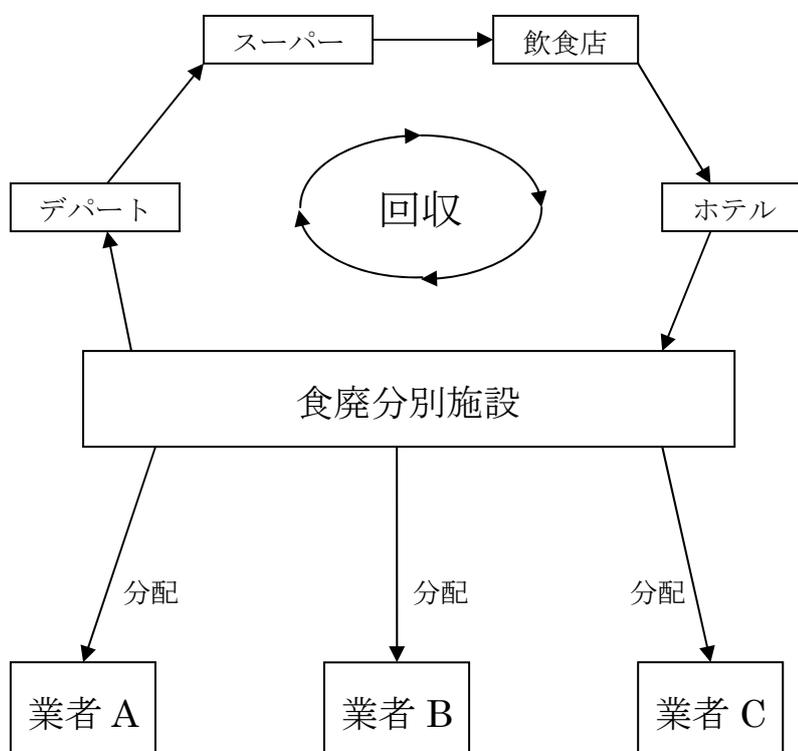
削減されていなければならない。この場合削減されるべきコストというのは、①のグラフの分析の結果から、食廃の回収・分別費用ということになる。つまり回収・分別の効率化という課題をクリアすれば資源をうまく循環させることが可能となる。

③課題の解決

この章の始めで、リサイクル業者は食廃の回収・分別を自ら行うか中間業者に委託するかを選択すると述べた。中間業者に回収・分別を委託するという選択をした場合、食廃資料の限界費用曲線の傾きは確かに緩やかになるが、食廃飼料の限界費用に中間業者の利益も含まれてしまうため、コスト削減という意味ではあまり効果を発揮しない。(A-i と B-iii を比較・参照)

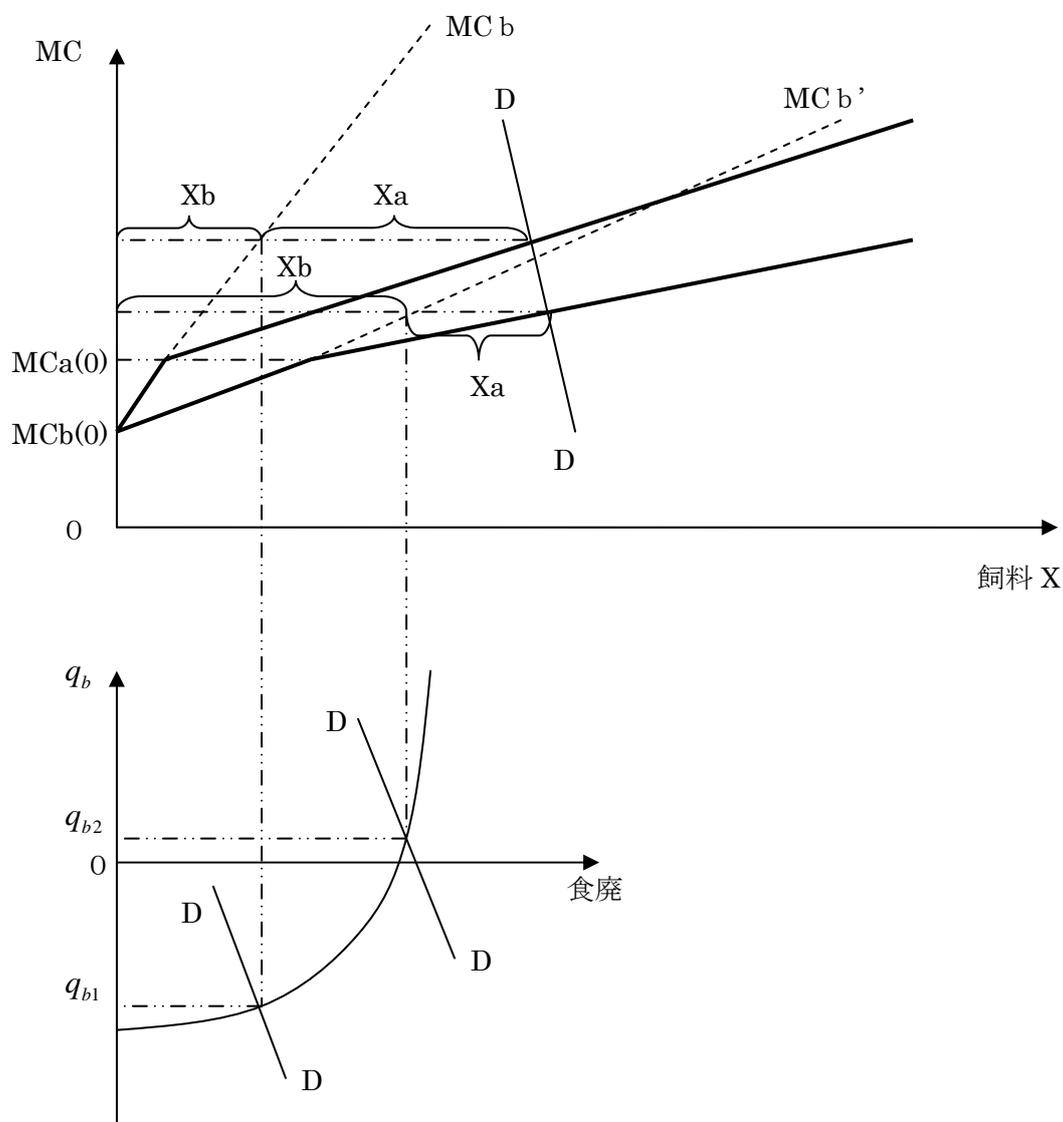
食廃の回収・分別を効率化させるという課題をクリアするための具体策として私たちが考えたのは、食廃の回収・分別の共同実施である。これはリサイクル特有の回収・分別を行う際に、複数のリサイクル業者が設備を共同利用することで回収・分別費用を抑えるものである。コストが低くなると利益性に魅力を感じたりリサイクル企業が参入し、食廃に対する需要が高まる。それにより徐々に食廃は有償に近づいていき、I-②で述べたように適正処理業者に処理を委託していた排出者が、リサイクルに食廃をまわすようになる。

下図は回収・分別を共同で行う仕組みを表している。業者 A~C はリサイクル業者を指す。



業者 A~C は共同で一つの食廃分別施設を利用するわけだが、デパート・スーパー・飲食店・ホテルなどを回って食廃を回収し、その施設に持って行く。そこで分別した食廃を業者 A~C に分配する。このシステムによると、大きな設備費を複数業者で分担することができるため、回収・分別を効率化させることができる。このシステムの利点は、一業者あたりの回収分別費用が安い・限界費用にマージンが含まれないという点である。

回収・分別が効率化されることでリサイクル業者が参入し、それによって食廃の価格が上昇する。これを図で表現したのが下図である。



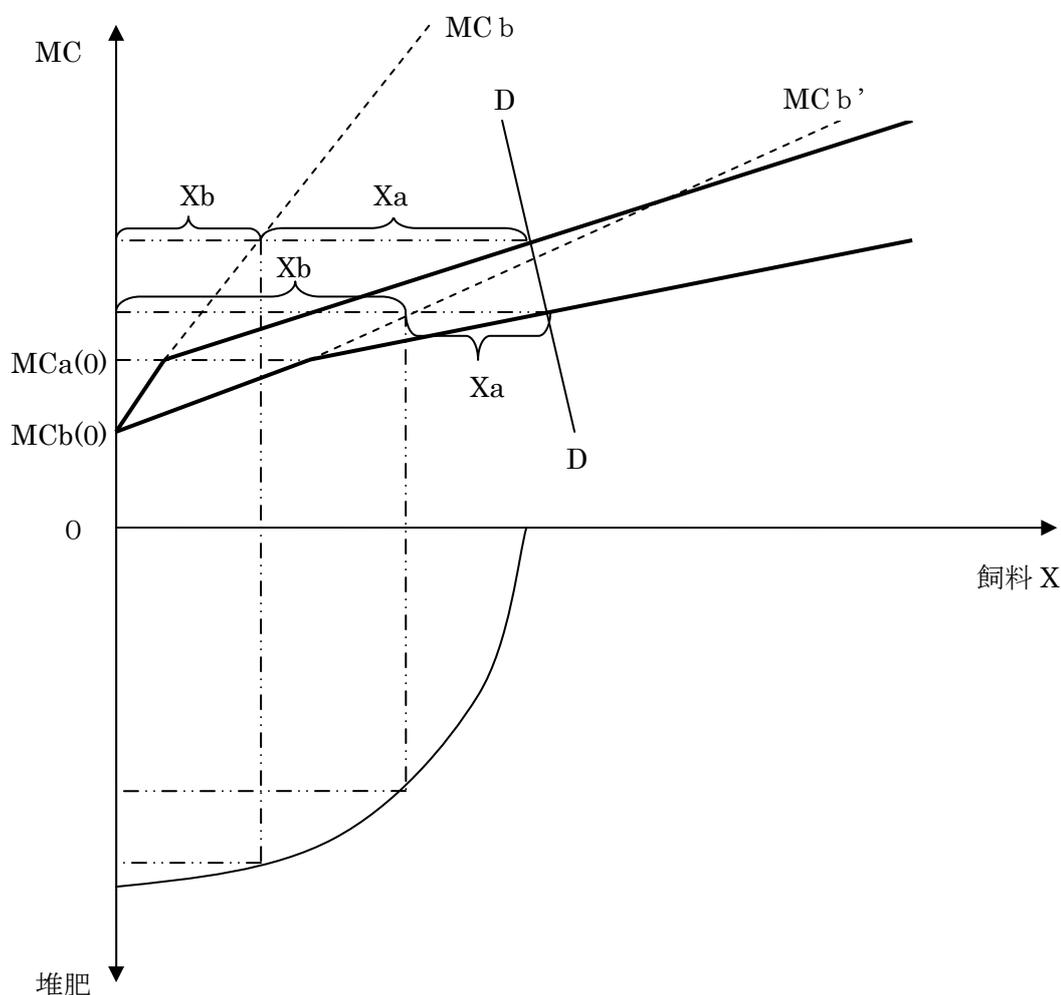
回収・分別が効率化され、食廃飼料の限界費用曲線が MCb から MCb' に変わると、図の通り Xb 、つまり食廃飼料の割合が配合飼料よりも大きくなる。これは言い換えるとリサイクル業者が参入したことを意味する。図の下半分は先程も紹介した食廃市場のグラフであ

るが、ここでは食廃飼料の供給量とそれを作るのに必要となる食廃の量を対応させた。これを見るとわかる通り、食廃飼料の供給量が増えることで食廃の需要が増え、結果食廃の価格が q_{b2} に上昇している。つまりリサイクル業者の参入によって食廃の価格が上昇するといえる。前述したが、食廃の価格が上がることでそれまで食廃を一般廃棄していた企業もリサイクルにまわすようになり、資源のいい循環につながる。

④堆肥化からの移行

回収・分別の共同実施により、 X_a に対する X_b の割合が増えるだけでなく、食廃の堆肥化に対する飼料化の割合も大きくなる。

上の場合分けの A-i のグラフを用いてこれを検証してみる。



食廃の回収・分別が効率化することで $MC b$ は傾きが緩やかになり、 $MC b'$ になる。図の下半分は堆肥と飼料の生産可能性曲線である。これを見るとわかるように、資源の流通システムをうまく回すことで X_b の割合が大きくなると同時に、堆肥の過剰供給が押さえられて飼料化への移行が生じることで、食品廃棄物という「資源」が有効に活用されることに

なる。こうして循環型社会を構築することが出来るのである。

第6章 結論

本文において私たちは、「食品リサイクル法」が本来求める循環型社会形成の可能性を食品廃棄物の飼料化に見出した。現状では食品廃棄物を肥料化することが主流であるが、市場の大きさや成長力に限界のある肥料では十分な循環が達成できないと考えられる。飼料化による循環型社会実現のためにはまず、輸入原料に頼る現在の飼料生産市場から、食品廃棄物を原料とした飼料生産市場への移行を促す必要がある。そのための一般的な経済手段として関税が挙げられるが、先述したように現実問題飼料用作物に関税をかけることは不可能である。しかし、現在ほとんどが逆有償である食品廃棄物が有償化されることで、食料資源の好循環が生まれる。そのためには食品廃棄物の回収・分別を効率化する必要がある。その効率化によって企業が参入して食品廃棄物への需要増加が生じ、それが食品廃棄物の価格を上昇させ、排出者に食品資源の供給を促す。つまり、関税という政府の介入を必要とすることなく食品廃棄物の飼料化は促進されるのである。そして飼料という大きな市場を土台に、食糧生産・消費・廃棄物の飼料化・食料の再生産という無限のサイクルを作り上げ、循環型社会を形成できるのだ。

しかし、現在はまだ廃棄物から作られた飼料の安全性や品質を疑う消費者側の声も根強い。今後更なる高品質の飼料を生産する技術力を高めるとともに、循環型社会を作ることが、人間が生活していくうえで近い将来必要不可欠となることを社会全体が認識していかなければならない。

参考文献

- 『食品廃棄物リサイクルの展望と実態』(2002) シーエムシー出版
末松 広行(2002)『食品リサイクル法』大成出版社
村田 徳治(2000)、『廃棄物の資源化技術』、オーム社
細田衛士(1999)、『グッズとバズの経済学』、東洋経済新報社
流通飼料便覧(2004 版)、発行：農林統計協会、監修：農林水産省生産局畜産部畜産振興課
月刊廃棄物(2005) 三月号 日報出版
農林水産省 <http://www.maff.go.jp>
環境新聞 <http://www.kankyo-news.co.jp>
日本 SOHO センター http://www.sohocenter.org/nippon/nouti_suii.htm
環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/>
日本養豚事業協同組合 <http://tonjikyo.lin.go.jp/pdf/yume016.pdf>
オカドラ(株) <http://www.okadora.co.jp/>
総務省 統計局 <http://www.stat.go.jp/>
横浜市有機リサイクル共同組合ホームページ <http://yokohama-yr.com/>
日清丸紅飼料(株)ホームページ <http://www.mn-feed.com/news/release040604.html>