

卒業論文

家庭から排出される食品廃棄物処理のあり方について
—都市部におけるバイオマスエネルギー利用—

慶應義塾大学経済学部経済学科

大沼あゆみ研究会13期

学籍番号21304512

大野晴菜

*He who would learn to fly one day must first learn to
stand and walk and run and climb and dance; one cannot fly into flying.*

いつか空の飛び方を知りたいと思っている者は、
まず立ちあがり、歩き、走り、登り、踊ることを学ばなければならない
その過程を飛ばして、飛ぶことはできないのだ

Friedrich Nietzsche

目次

はじめに	4
第1章 食品廃棄物の背景	4
第1節 日本におけるゴミ廃棄の現状	4
第2節 食品廃棄物	5
第3節 家庭系一般食品廃棄物の現状	7
第2章 食品廃棄に対するこれまでの取り組み	8
第1節 事業系食品廃棄物への取り組み	8
第2節 家庭系食品廃棄物への取り組み	10
第3章 問題提起	14
第4章 メタン発酵	15
第1節 メタン発酵とは	15
第2節 固定価格買取制度	16
第3節 導入事例	17
1) KOBEグリーン・スイーツプロジェクト	
2) 福岡県大木町有機資源循環事業	
第5章 東京都での家庭系食品廃棄物エネルギー化の検討	21
第1節 導入事例に学ぶ東京都でのメタン発酵のあり方	21
第2節 食品廃棄物と汚泥の混合発酵	23
第3節 森ヶ崎水再生センター	25
第4節 政策の意義	28
おわりに	29
参考文献	30
あとがき	33

はじめに

日常生活で「捨てる」ということを意識している人はどれほどいるだろうか。ゴミを減らそうと日頃から考えている人はどれほどいるだろうか。少なくとも私は、本研究を始める前、生産するという行為と比べて、捨てるということを軽視していた。私たちは毎日約1 kgのゴミを捨てている。3R (Reduce, Reuse, Recycle) の実施による循環型社会の構築が目指されている今、より多くの企業や人々がゴミを資源と捉え、行動することが必要である。

本論文では、私たちと密接に繋がっている「食」の廃棄物、食品廃棄物に着目した。日常的に一定量の排出が見込める食品廃棄物は、我々の日常を支える電気や熱、ガスなどのエネルギーを生み出す資源としてより積極的な活用が求められている。その現状と、食品廃棄物の資源としてのより良いあり方について考察する。

1章 食品廃棄の背景

第1節 日本における廃棄物の現状

環境省の調査によると、平成26年度における廃棄物総排出量は4,432万トンであり、これは東京ドーム約119杯分に相当するという(廃棄物の比重を0.3t/m³として算出(東京ドーム地上部の容積:1,240,000m³))。廃棄物総排出量の約65パーセントは家庭から排出された家庭系ゴミであり、様々な事業所から排出された事業系ゴミは約30パーセントを占める。

一人当たりでは、一日平均0.963キログラムの廃棄物を排出しており、その多くは焼却・埋め立て処理されている。リサイクル率は20.6パーセントで、近年横ばいの状況が続いている¹⁾。

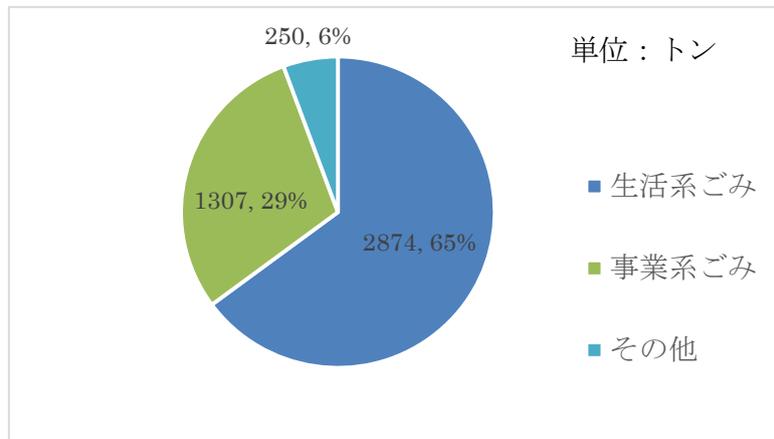


図1-1 平成26年度廃棄物総排出量の内訳

環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成26年度）について¹⁾」より作成

廃棄物の最終処分場の残余容量は平成10年度以降16年間続けて減少している。さらに最終処分場の数は平成8年度以降、概ね減少傾向にあり、最終処分場の確保は引き続き厳しい状況だと言える。関東ブロック、中部ブロック等では、最終処分場の確保が十分にできず、域外に廃棄物が移動し、最終処分が広域化している。全国的に残余年数はあと20.1年だと推定されている。そして最終処分場の残余の減少などを理由に、ごみ処理事業経費は増加しており、現在主に行われている埋め立て処理は、持続可能な処理方法であるとは言い難いだろう。

第2節食品廃棄物

食品廃棄物とは、食品の製造・加工・流通・消費などの際に廃棄される食品の総称のことで、製造や加工の際に発生する廃棄物や、流通の際に発生する売れ残り、消費の際に発生する調理くずや食べ残しなどのことである。

これらは産業廃棄物と一般廃棄物に分けられ、さらに一般廃棄物を事業系一般廃棄物と家庭系一般廃棄物に分類することが出来る。産業廃棄物とは食品製造業から排出されるもので、事業系一般廃棄物とは食品流通業や外食産業から排出される廃棄物のことをいう。

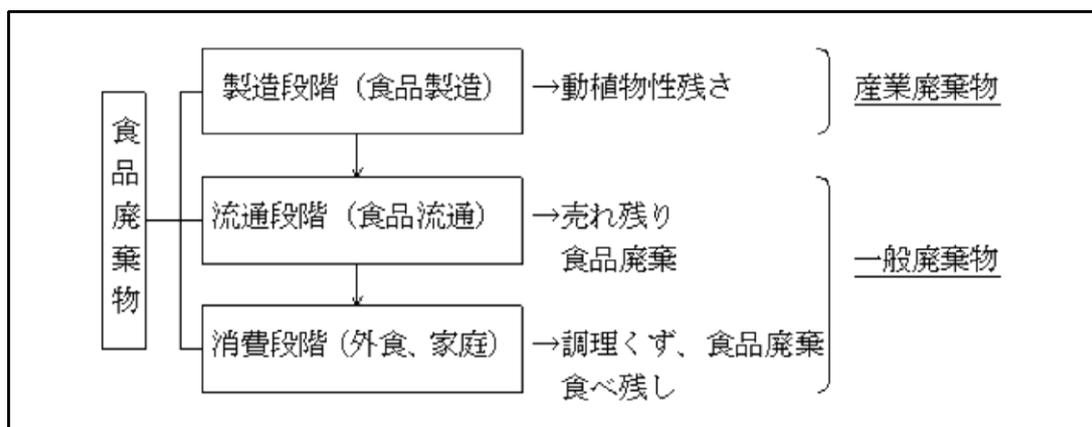


図 1-2 食品廃棄物の分類
環境省「食品廃棄物の現状²⁾」

産業廃棄物と事業系一般廃棄物の合計である食品産業からの食品廃棄物の平成26年度年間発生量は約1950万トンであり前年と比較して1.4パーセントの増加となった。これを業種別にみると、食品製造業は1600万トン、食品卸売業は27万トン、食品小売業は130万トン、外食産業は190万トンとなる³⁾。

表 1-1 各産業別食品廃棄物発生量

業種	平成26年度(万トン)	対前年増減率
食品製造業	1605	0.7%増
食品卸売業	27	28.8%増
食品小売業	126	2.4%増
外食産業	193	2.8%増
食品産業計	1953	1.4%増

環境省「平成26年度食品廃棄物等の年間発生量及び食品循環資源の再生利用等実施率³⁾」より作成

食品廃棄物のリサイクル方法には、飼料化・肥料化・バイオガス化・炭化・エタノール化などがあるが、飼料化と肥料化が全体の6割近くを占めている。

さらに各業種のリサイクル実施率は、食品製造業で95%と高く、食品卸売業は57%、食品小売業は46%、外食産業は24%と低い³⁾。これは、食品製造業以外の産業から発生する食品廃棄物が様々なものから成り分別が困難なため、飼料化や堆肥化を行なってもそれらの養分が安定せず利用しにくいことが主な理由として考えられる。さらに塩分や油分の含有量が多い売れ残りの弁当や外食産業の食べ残しなどの

食品廃棄物は土壌塩害などの被害を及ぼすこともあり、肥料化に適していない。

表 1-2 平成 26 年度 各産業別リサイクル実施率

業種	リサイクル実施率
食品製造業	95%
食品卸売業	57%
食品小売業	46%
外食産業	24%
食品産業計	85%

環境省「平成 26 年度食品廃棄物等の年間発生量及び食品循環資源の再生利用等実施率³⁾」より作成

第 3 節 家庭系一般食品廃棄物の現状

次に、家庭から発生する食品廃棄物に着目しよう。

一般家庭から排出されるゴミは 1 年間で約 2900 トンに上り、その内、燃やすゴミは 95 パーセント程度である。さらに燃やすゴミの中で食べ物の皮や残飯などの食品廃棄物（生ゴミ）は約 40 パーセントに相当する⁴⁾。

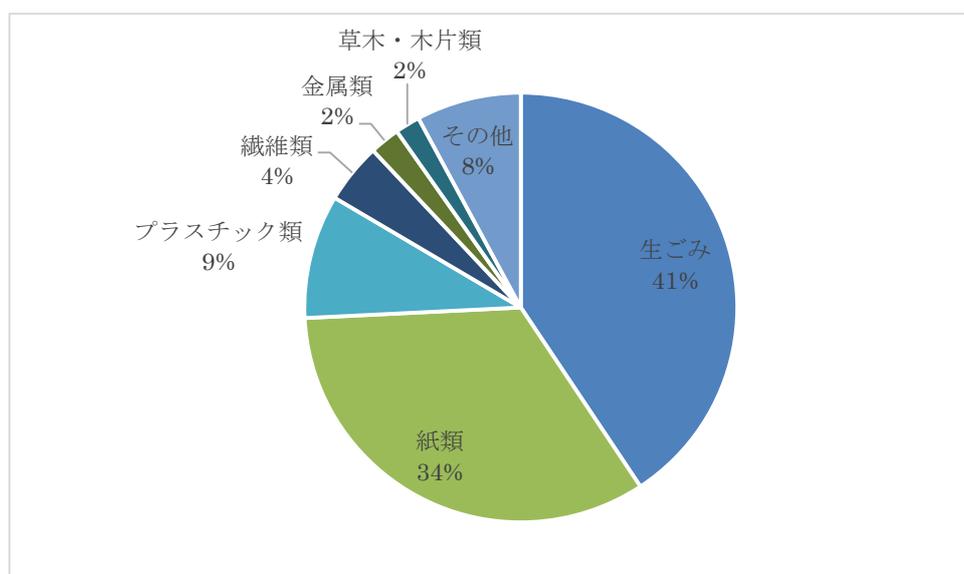


図 1-3 燃やすゴミの組成

「京都市の生ゴミデータ⁴⁾」，「一般廃棄物（家庭系ごみ）組成分析調査報告書⁵⁾」より作成

食品廃棄物を焼却処理することは環境やエネルギーの面からみて、非効率な行為である。まず、食品廃棄物は含水率が約80%と非常に高い。そのため焼却温度が下がり、その水分自体を焼却するために莫大なエネルギーを必要とする。焼却温度はダイオキシンの発生を抑える最低温度850度以上が必要とされているが、食品廃棄物は含水率が60%以下で燃え始めるため、まず水分を蒸発させなければならず高温になりにくい。

例えば、食品廃棄物100g（乾物20g、水分80g）を焼却する場合、燃え始めるのは水分が50g蒸発させてからである。50g水分を蒸発させると乾物20g、水分30gとなり含水率60%となる。常温(20℃)の水1gを100℃にするためには80カロリー必要で、さらに100℃の水の気化熱は約539カロリーであるので、1gの水を蒸発させるためには約600カロリーが必要となる。つまり、食品廃棄物100gを燃やし始めるために $600 \times 50 = 30,000$ カロリーの熱量が必要となる。このエネルギーは乾燥物の廃棄物では必要ない。

食品廃棄物が含まれていなければ、燃えるごみは乾燥物が中心となり、自然に近い形で燃焼が可能となる。さらに焼却炉を高温にしやすい、焼却によるエネルギー回収を行なう際も効率が良い。現在日本では食品廃棄物のほとんどが焼却処分されているが、一刻も早く資源として認識し、焼却ではない方法で食品廃棄物を利用すべきである。

第2章 食品廃棄に対するこれまでの取り組み

現在まで事業系食品廃棄物と家庭系食品廃棄物それぞれに対して、様々な取り組みが行われてきた。

第1節 事業系食品廃棄物への取り組み

事業系食品廃棄物に対しては、平成13年に食品リサイクル法が制定され、食品関連事業者（製造、流通、外食等）による食品循環資源の再生利用等を促進することが定められた。これは、食品廃棄物について、発生抑制と減量化により最終的に処分される量を減少させるとともに、飼料や肥料等の原材料として再生利用することを目的としている⁶⁾。

この法律により飼料化や肥料化が進められたが、これらを行うためには多くの条件がある。食品リサイクル施設にはある程度の土地が必要なことに加えて、騒音や運搬、振動などの問題が懸念されるからである。食品廃棄物の発生場所は分散しているため、収集が難しいことが多い。食品廃棄物は1年を通して継続的に排出されるが、肥料は春と秋に需要がピークになるなど季節性があるため、需要の落ち込む時期には堆肥の在庫が積み上がることとなる。このため、在庫の時期は製造コストの回収ができず、反対に保管コストが増

加するという悪循環をおこすことも考えられる。また、普通肥料は成分が安定していることや、高濃度（窒素、リン酸、加里が10数%以上含有）であり公定規格に沿った成分であることが求められるため、通常、食品製造、流通過程の残さ及び家庭から排出される生ごみを普通肥料の原料として用いることはできない。

飼料化に関しては、1年を通して需要が安定しているため肥料化と比較して合理的ではある。しかし飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律（「飼料安全法」）に基づき、食品廃棄物は、豚及び鶏への飼料の原料として認められているが、牛などへ給与する飼料の原料とすることは禁止されており、全ての家畜を対象とすることはできない⁷⁾。

古くから行われている生ごみリサイクル方法である飼料化や堆肥化は食品廃棄物のリサイクルの方法として有効ではあるものの、これらだけでは食品廃棄物の減少に十分な対策が行われていると断言することはできない。

また、地方自治体やNPO法人などの様々な団体で堆肥化や飼料化以外の食品廃棄物減少への取り組みも行われている。例えば、江崎グリコは2012年にレトルトカレーに酸化防腐剤としてビタミンCを加えることで賞味期限を2年から3年に延長した。また、即席麺メーカーなどで構成される日本即席食品工業協会は2014年、工場の衛生管理や梱包材の技術改良により即席麺の賞味期限を延長できると判断した。これを受け、日清食品やエースコックなどの大手企業が袋麺は2か月、カップ麺は1か月、それぞれ賞味期限を延ばした。これらの様に、食品メーカーが食品廃棄の減少のため、賞味期限を見直す動きが広がっている⁸⁾。

さらに、近年全国の自治体が「30・10（さんまる・いちまる）運動」に乗り出している。30・10運動とは、飲食店での懇親会や宴会等で乾杯後最初の30分と終了前最後の10分の間、離席せずに料理を楽しみ、食べ残しを減らそうという取り組みだ。2011年からごみ減量化の一環としてこの運動を行っている長野県松本市では、コースター約2万枚を約110店の飲食店に配布して市民に呼びかけ、市内の宿泊施設では1年間で食べ残しが約半分に削減できたという⁹⁾。この運動は松本市が発祥とされているが、現在では福岡県¹⁰⁾や佐賀県佐賀市¹¹⁾など全国に広がりを見せている。



図 2-1 松本市の PR 用コースター

松本市「残さず食べよう！30・10（さんまる・いちまる）運動」¹²⁾

福井県では、食べ残しを減らす取り組みとして「おいしいふくい食べ切り運動」を行い、飲食店で小盛りを提供することや、残った料理を家庭に持ち帰るよう呼びかけている。¹³⁾

食品廃棄物を出さない取り組みだけでなく、廃棄された食品を活用する取り組みも行われてきた。その代表的な取り組みとしてフードバンク活動が挙げられる。

フードバンクとは、パッケージ不良や形状が規格外であるなどの理由により、品質には問題がないのに捨てられてしまう食品や食材を集め、食事に困っている人や福祉施設などに無償で配布していく活動のことである。市場に流通させることができない余剰食品を蓄え分配することから「フードバンク(食べ物の銀行)」と呼ばれる。アメリカでは約 60 年前から始まっており、日本でも 2002 年にセカンドハーベストジャパンが NPO 法人として認可されて以降、本格的なフードバンク活動が始まったと言われている¹⁴⁾。フードバンク活動は食品製造業者や輸入業者、小売店や卸売店からの食品寄付を受け、それらの食品を必要としている受益者へ無償提供している。

この活動により、食品寄付を行う企業は廃棄コストや環境負荷を削減でき、この活動を企業の社会的責任 (CSR) を果たす社会貢献の一環とすることができる。加えて、行政としても食品ロスの削減や財政負担の軽減に繋がり、食品を受け取る受益者だけではなく関係者それぞれにメリットのある活動と言える。



図 2-2 フードバンクの仕組み

第2節 家庭系食品廃棄物への取り組み

ここまでの様々な取り組みは主に事業系食品廃棄物を対象としたものだったが、以下家庭系食品廃棄物への対策について考える。

家庭系食品廃棄物の減少への取り組みとして、政府は「もったいない」の考えに基づき、賞味期限の正しい理解や必要な量だけの食品を購入するように呼び掛けている¹⁵⁾。なお、食品リサイクル法で対象とされていない。

全国の自治体では、生ごみの発生抑制や堆肥化を促進する啓発活動や支援を行っている。

例えば、生ごみの水切り効果の PR や堆肥化に関する勉強会や講習会を開催している自治体は少なくない。さらに、多くの自治体で家庭用生ごみ処理機への助成金を行っている。家庭用生ごみ処理機とは乾燥式・バイオ式・ハイブリット式の3種類に分類できる¹⁶⁾。

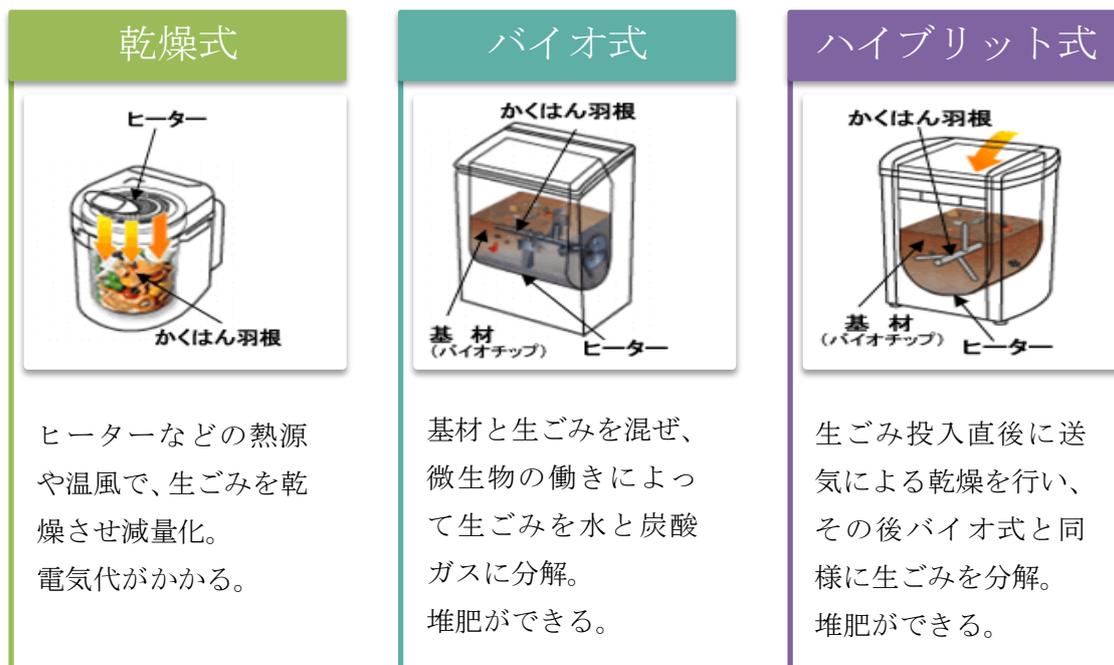


図 2-3 家庭用電気生ごみ処理機の種類
日本電機工業会「家庭用電気生ごみ処理機¹⁶⁾」より作成

平成 27 年度で全国の 60.5 パーセント (1053 件) の地方自治体は生ごみ処理機購入に関して何らかの助成制度を設けている。

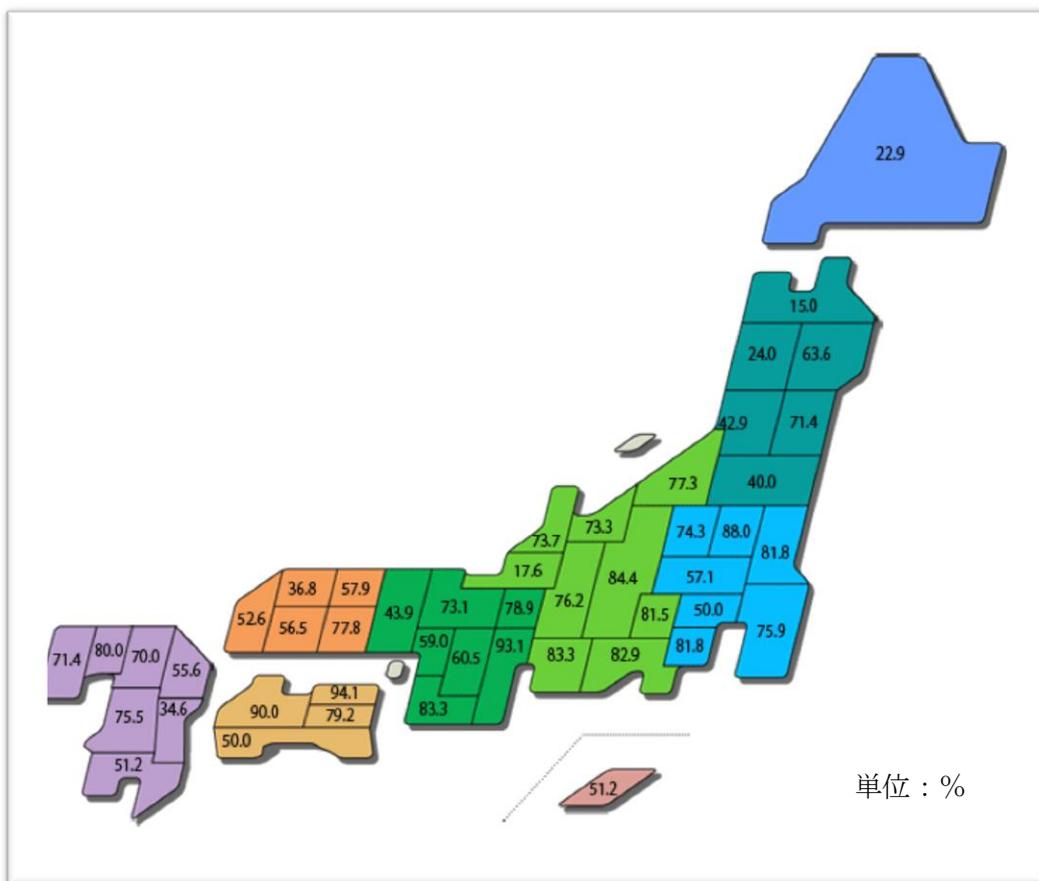


図 2-4 生ごみ処理機への助成を行っている自治体の割合
日本電機工業会「家庭用電気生ごみ処理機¹⁶⁾」

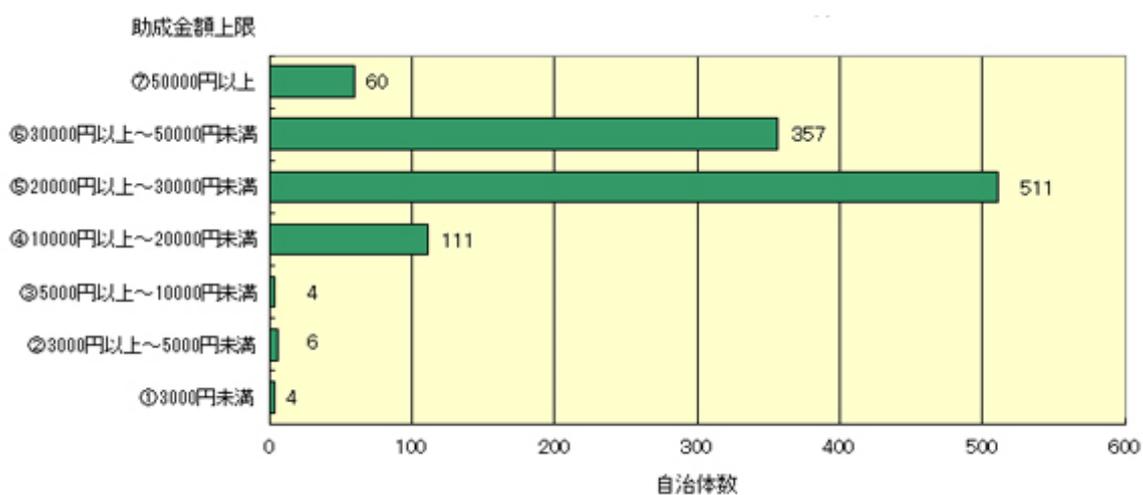


図 2-5 助成金額上限内訳 (2015 年度)
日本電機工業会「家庭用電気生ごみ処理機¹⁶⁾」

図 2-4 をみると、全国的に高い割合ではあるが、北海道や東北地方は助成制度が整っていないように見受けられる。これは冬の寒さが厳しいことから生ごみの発酵作用が衰え、処理を完了するまでに時間がかかってしまうことが影響しているかもしれない。

図 2-5 は各自治体の助成金額の上限をまとめたものであるが、2 万円から 3 万円未満に集中しているのがわかる。助成金額が 1 万円以下の自治体もあるが、これらは 1 万円程度で購入できるコンポスターにのみ助成を行っている自治体であると推測できる。コンポスターとは、庭に設置して自然発酵させるプラスチック製の生ごみ堆肥化容器のことである。



図 2-6 コンポスター
「生ごみ堆肥づくり¹⁷⁾」

しかし近年はこうしたコンポスターよりも家庭用電動気生ごみ処理機に対して補助を行う自治体が増加しており、1 万円以上の助成を行っているのはこのためである。家庭用電気生ごみ処理機は数万円から高額なものは十数万円のものまでである。助成金制度を設けている 1053 の自治体のうち 5 万円以上の助成を行う自治体も 60 件あり、自治体によってばらつきがあることが分かる。

購入価格の全額補助を行うのではなく、購入金額の一定比率を助成している自治体がほとんどであるが、コンポスター・家庭用電気生ごみ処理機共に約 50 パーセントの補助が相場である。

以上のような補助制度を多くの自治体が整えているにも関わらず、家庭用生ごみ処理機の普及率は低く、家庭から発生する食品廃棄物のリサイクル率もわずか 6 パーセントと非常に低く大部分が焼却・埋め立てによって処理されている。

生ごみ処理機があまり普及しない理由は、各家庭で設置場所の確保の難しさや処理中の臭いの問題から住宅密集地域で近隣の迷惑になることを懸念していることが考えられる。

3 章 問題提起

前章で述べたように、事業系食品廃棄物減少への試みは食品リサイクル法や様々な運動、NPO 法人によるフードバンク活動などが行われていた。

しかし家庭系食品廃棄物処理については、住民の日常生活に密着した行政サービスとして地方自治体が対策を推し進めていく必要があるが、堆肥の利用推進や生ごみを戻す庭などがない人への支援策など課題は多く、他の資源ごみや事業系食品廃棄物と比較して取り組みが遅れていると言わざるを得ない。

さらに現状の対策は、取り組むかどうかの判断が住民一人ひとりに委ねられており、生ごみのリサイクルに興味を持たない住民に生ごみ処理機を活用してもらうことは難しく、手間がかかることから使用を止めてしまう住民も多い。生ごみ処理機の普及が進まないことは家庭系食品廃棄物のリサイクル率が低い理由であろう。

しかし、家庭系食品廃棄物のリサイクル率が低い理由はそれだけではない。これまでの分析を踏まえて述べていく。

まず、家庭系食品廃棄物は混合物であり、そもそも飼料化・肥料化が難しく、原料として扱うためには食品廃棄物をさらに細分化し、分別回収を行なう必要がある。しかしこれは分別を行なう家庭にとっても、回収する自治体にとっても大きな負担となる。そのため家庭からの食品廃棄物を分別回収している自治体は少ない¹⁸⁾。さらに分別を行っても金属やプラスチックなどの異物が混入する可能性が高く、現実的に飼料化・肥料化を行なうことは困難だと言える。

また、含水率が高く腐敗しやすい食品廃棄物は、比較的短時間で収集を完了させる必要があり、その収集コストが懸念されることも理由の一つと言えるだろう。

加えて、家庭系食品廃棄物のリサイクル率の低さには、自治体主体でリサイクルへの取り組みが少ないことが影響しているだろう。現在、家庭系食品廃棄物の多くは燃えるごみとして処理されているが、燃えるゴミの処理は一般廃棄物処理事業者による収集によって支えられているため、リサイクルによって燃えるゴミの収集量が大幅に減少した場合、地域に根付いている一般廃棄物処理事業者に悪影響を与える恐れがある。家庭系食品廃棄物のリサイクル推進のためには様々な事業者の関係を考慮に入れて地域のごみ処理システム全体を見直す大規模なものになる可能性があり、そのため自治体は安易に食品廃棄物のリサイクルを推し進められないという事情がある。

食品廃棄物のリサイクル率向上の障壁となるこれらの課題を踏まえると、家庭系食品廃棄物も食品リサイクル法の対象として規制を厳しく行うという方法は必ずしも適切な対策であるとは言い難い。

そこで今回提案するのは、人口密集地域でのメタン発酵技術を用いた家庭系食品廃棄物のエネルギー回収である。実は家庭系食品廃棄物のメタン発酵は日本でも数か所で行われている。しかし、それらは全て中規模以下の市町村で、周囲に畑などの農作地があることがほとんどである。大量の家庭系食品廃棄物が排出される人口過密地域の都市部では、行われていない。

そこで本論文では東京都を人口密集地域の事例として、都市部で家庭系食品廃棄物のメタン発酵を行なう方法を考察する。

4 章 メタン発酵

具体的な提案システムの前に、本論ではメタン発酵について述べていく。

第1節 メタン発酵とは

メタン発酵とは、バイオマス中の有機物を、メタンを主成分とするバイオガスとしてエネルギー回収できると同時に、ガス化によって有機物の減量化を可能とする手法である。バイオマスは化石燃料を除く生物資源であるが、様々な形態のバイオマスが存在し、ここでは主に農業残渣、食品加工残渣、家畜糞尿、下水汚泥、生ごみなどの含水率の高い有機廃棄物を処理対象物としている。

メタン発酵施設の基本的な仕組みは下記の図 4-1 に示した。

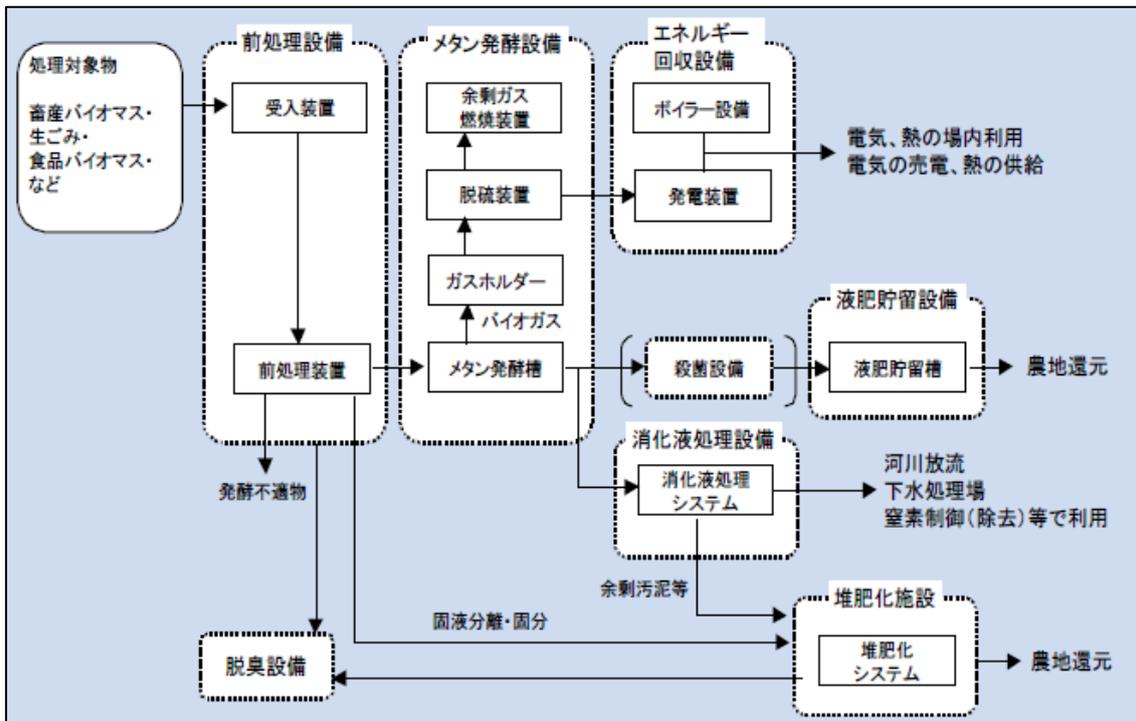


図 4-1 メタン発酵施設の仕組み

野池達也『メタン発酵¹⁹⁾』

収集されたバイオマスはまず前処理設備にて加水分解された後、酸発酵菌によって有機酸などに分解され、その有機酸を用いてメタン菌がメタンを生成する。食品廃棄物は分解率が高いことから家畜糞尿などと比較して多くのメタンを発生させることが期待できる。しかし一方で、メタン発酵処理後の消化液の処理をどう扱うかがメタン発酵施設の課題となることも多い。

食品廃棄物のメタンガス化によって、最終処分量が60パーセント以上削減されるとともに、温室効果ガスの排出も削減できることが明らかになっており、メタン発酵を導入することによる有用性が示されている²⁰⁾。

メタンガス化施設は、全量を焼却する施設と比較して、総合的な環境負荷の削減が可能である。ごみ発電が困難となる小規模施設においてもバイオガス発電による売電や、発生した電気をを用いることで電気代を軽減できるなどのメリットがある。しかし一方で小規模な施設では処理量のトン当たりのコストが増加する傾向となる事を考慮する必要がある。このため、バイオガス化施設の整備に際しては、周辺地域と連携して集約化施設としての活用を目指すことが望ましい²¹⁾。

現在日本では、農場における農業残渣や家畜糞尿、食品工場における廃水や食品加工残渣、下水処理場や汚泥再生センターにおける汚泥に対してバイオガス生成が行われている。しかし、生ごみに対するバイオガス発電は顕著ではない。3R (Reuse, Reduce, Recycle)

による循環型社会の構築や、化石燃料からバイオマスによる燃料代替利用が目指されている現代において、廃棄物系バイオマスの活用は急務だと言える。

第2節 固定価格買取制度

メタン発酵や太陽光・風力などの再生可能エネルギーを促進するため、2012年から固定価格買取制度が始まっている。固定価格買取制度(FIT, Feed-in Tariff)とは、エネルギーの買い取り価格を法律で定め、再生可能エネルギーで発電した電気を電力会社が一定価格で買い取ることを保証する制度である。電力会社の電気買い取りの費用はすべての電気利用者から賦課金として電気料金と共に集め、再生可能エネルギー導入の際の建設コストの回収見込みを立ちやすくすることで

再生可能エネルギーのさらなる普及を目指した制度である。²²⁾

太陽光・風力に加えて、水力、バイオマス、地熱が再生可能エネルギーの対象となる。

バイオマス由来の電力の買い取り価格は表4-1のように国で定められており、バイオマスの種類とその発電方法によって異なっている。

表4-1 平成28年度バイオマスの調達価格（調達価格1kwh当たり）

バイオマスの種類	調達価格	調達期間
メタン発酵ガス	39円+税	20年
間伐材等由来の木質バイオマス (2000kw未満)	40円+税	
間伐材等由来の木質バイオマス (2000kw以上)	32円+税	
一般木質バイオマス・農作物の収穫に伴って生じるバイオマス	24円+税	
建設資材廃棄物	13円+税	
一般廃棄物・その他のバイオマス	17円+税	

経済産業省資源エネルギー庁「固定価格買取制度²²⁾」より作成

第3節 導入事例

固定価格買取制度などの取り組みにより日本でも年々再生可能エネルギー施設は増加している。そこで実際にメタン発酵技術によるバイオガス発電が行なわれている地域や国の事例を紹介する。

1) KOBE グリーン・スイーツプロジェクト、こうべバイオガス事業²³⁾²⁴⁾

神戸市の下水処理場では以前から汚泥による消化ガス発電を行なっていたが、2004年度より高圧水吸収法によって消化ガス中の二酸化炭素と不純物を除去し、メタン濃度を98%に高めることに成功し、これを「こうべバイオガス」と名付けた。さらに「こうべバイオガス」を市バスや下水道脱水汚泥運搬車、民間事業者の運送用車両・宅配車等に供給し、2010年からは都市ガスとしても活用する事業も開始し約2000戸の家庭が1年間に使用するガス量にと同等の都市ガスを供給している。この様な下水汚泥由来のバイオガスを直接都市ガスとして利用する試みは日本初である。

需要の大きな都市ガス導管注入による有効活用が実現したことで、神戸市ではさらなる再生可能エネルギーの供給拡大を目指し、2012年7月からKOBE グリーン・スイーツプロジェクトを地元企業とともに提案し、2011年に国土交通省から下水道革新的技術実証事業として採択された。これは東灘処理場で食品系、木質系（グリーン）のバイオマス廃棄物と食品製造系（スイーツ）の廃棄物を下水汚泥とともに発酵し、エネルギー再生に取り組むものである。この事業は、木質系・食品製造系バイオマスと下水汚泥の相乗効果を活用した再生可能エネルギー生産において日本で初の試みとなっている。メタン発酵後の排水は、東灘下水処理場の施設で処理される。

ここでの木質系バイオマスには六甲山の森林保全家庭で発生する間伐材や市内の公園・街路樹の剪定枝を活用している。食品製造系バイオマスでは、食品製造企業と連携することで安定的に多量の食品廃棄物を収集できている。山が近く、自然豊かなスイーツの街神戸らしい試みであり、都市の林業や商業と連携した地産地消型の取り組みとして注目に値する。

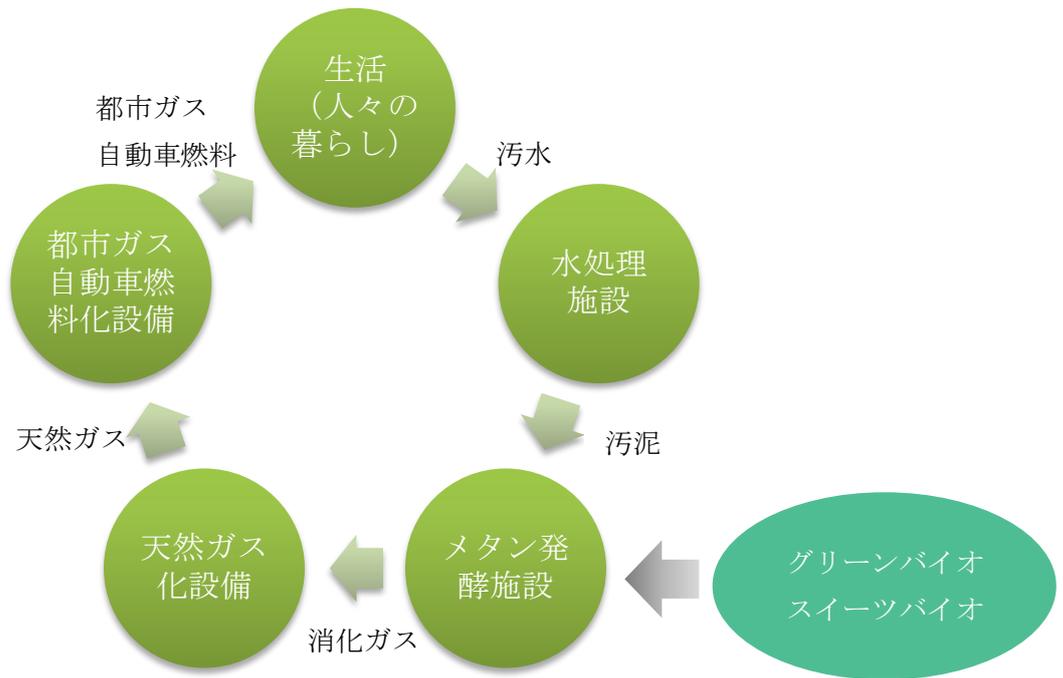


図 4-2 KOBE グリーン・スイーツプロジェクト

2) 福岡県大木町有機資源循環事業^{2.5)}

福岡県大木町は、福岡県南部筑後平野の中央部、水郷柳川に隣接した農業が盛んな町である。人口は約14500人、人口密度は765人/km²であり、苺やしめじ・えのき・花ごぎなどが特産品となっている。大木町ではゴミを出さない（ゼロウェイスト）循環のまちづくりに取り組んでおり、町内の小学校全校に太陽光発電施設を設備し、廃食用油を軽油代替燃料（BDF）とする菜の花プロジェクトなど積極的にバイオマスを活用している。その一環として行われているのが生ゴミ・し尿・下水汚泥をメタン発酵によりエネルギー化する大木町有機資源循環事業である。



図 4-3 福岡県全体図

「福岡県大木町バイオマスタウン紹介^{2.5)}」

大木町有機資源循環事業では、家庭からの食品廃棄物や学校給食の生ゴミを専用のバケツで収集し、それをし尿・浄化槽汚泥と一緒にバイオガスプラントで発酵させ、バイオガスと有機液肥を回収する。1週間に2回、10～20世帯ごとに設置したバケツコンテナで回収を行ない、消化液は水処理せず有機液肥として活用する。これを農地に散布し、その農地で採れた地元農産物を給食や家庭へ供給するという地域循環システムが2006年より行われている。

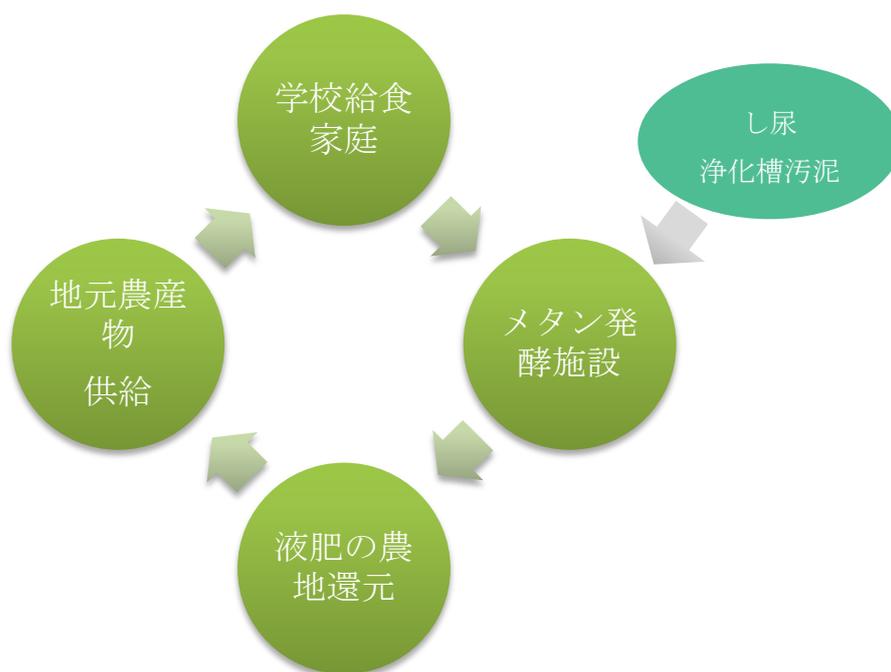


図 4-4 大木町有機資源循環事業 環をつなぐ地域社会システム



図 4-5 大木町生ゴミ分別の様子
「福岡県大木町バイオマスタウン紹介^{2.5)}」



図 4-6 液肥散布車による散布状況
おおき循環センター「液肥を活用する^{2.6)}」

この事業の背景には、循環のまちづくりビジョンの他に、し尿・浄化槽汚泥の処理問題という深刻かつ現実的な問題もあった。大木町は、町内で発生する生ゴミの焼却を隣接する大川市の清掃センターに委託しており、その処理費用が年々増加することで町の財政を圧迫していた。また、発生した焼却灰の埋め立てを熊本県にある民間の最終処分場に委託していたものの、平成16年に同処分場が満杯となり、最終処分先がなくなるという問題が発生した。し尿・浄化槽汚泥については海洋投棄に頼っているが、その処理費用も年々増加傾向にあった。さらにロンドン条約に基づく海洋放棄禁止期限（平成19年1月31日）を前に、新たな処理方法の検討が早急に必要であった。

そこで大木町はメタン発酵を導入した訳だが、良い効果が様々な所に現れた。まず、生ゴミを分別回収したことで燃やすゴミが約45%減少した。これにより燃やすゴミの回収を週2回から週1回に変更したがゴミの内訳の多くが紙であることから腐敗や臭いなどの問題も起きていない。また、得られたメタンガスは、バイオガスプラントが消費する電気や熱の供給に使用し、余剰分は液肥栽培実験ハウスや関連施設内で活用しているため、施設維持コストの削減に成功している。事業開始前と比較して燃やすゴミの焼却処理も年間2000万円程度軽減でき、し尿や汚泥の処理削減額などを合わせると全体で費用を年間9000万円程度減額することができた。

さらに液肥を用いて栽培されたお米をブランド米（環のめぐみ）として販売もしている。液肥の成分調整や施肥方法の検討などいくつかの改善すべき課題はあるものの、この大木町の住人の83%がこの事業を非常に良いことだと考えているというアンケート調査結果からも分かるように、大木町において合理的に食品廃棄物のバイオガス化が行われていることが分かる。

第5章 東京都での家庭系食品廃棄物エネルギー化の検討

現在東京都をはじめとする大都市圏は家庭系食品廃棄物の資源化の取り組みが手薄である。本章では、東京都において家庭系食品廃棄物をバイオガス化させることを検討する。

第1節 導入事例に学ぶ東京都でのメタン発酵のあり方

まず、東京都での食品廃棄物処理について具体的に考察する前に、今一度導入事例や現状分析からメタン発酵に適した条件や特徴をまとめておきたい。

現在日本各地で行われているメタン発酵によるバイオマス発電の原料のほとんどは、事業体から排出される事業体廃棄物である。また、食品廃棄物を原料にしている場合も同様

である。これは、事業者は一度に大量のバイオマスを廃棄し、その質も一定になりやすく安定しているという理由が大きい。反対に、家庭から一度に排出される食品廃棄物は少なく、必要量の食品廃棄物を収集するための収集コストがかかることや、収集範囲が広くなり収集に時間がかかることが課題となる。そのため家庭からの食品廃棄物のみを対象として扱っているところではなく、福岡県大木町のように、他のバイオマス原料と共に混合発酵を実施している。なお、複数の原料を混ぜ合わせてメタン発酵を行なう混合発酵は、お互いの原料としての欠点を補うことができ、それぞれを単独で発酵させる場合と比較してバイオガス発生量が増大する相乗効果の実現が確認されている。²⁷⁾

さらにメタン発酵技術によるリサイクルを推進する上では排水の処理コストが課題となる。近年は乾式メタン発酵施設の導入により処理する排水の量を減らす工夫や、排水を液肥として利用する等の工夫によって導入が促進されている。とはいえ、近隣に排水をまとめて処理することができる施設や液肥の散布先である農地が確保されているなど、メタン発酵の実施には地理的な条件を満たす必要があることが分かった。

ここで、前章において紹介した2つの事例を簡単に振り返る。まず神戸市では汚泥や木質系バイオマスに加えて、複数の食品製造業と契約して質・量ともに安定的な生ゴミを確保していた。さらに発酵処理後の排水は下水処理場で処理を行なっている。

福岡県大木町では、安定的に排出される学校給食に加えて家庭系食品廃棄物も資源化の対象としている。事業規模が小さいことから食品廃棄物だけで運営を行なうことは難しく、汚泥やし尿との混合発酵をすることでゴミを出さない町づくりを進めている。大木町では排水を全て液肥として地域の畑等に散布し、有効活用している。

これらを踏まえて東京都のケースを考えると、食品廃棄物は都市やその近郊で多量に発生することから食品廃棄物の確保は比較的容易だろう。排水の処理に関しては、東京都の地理特性から液肥を有効活用する農地の確保が困難になると予想できる。東京都の郊外でメタン発酵を行なうのであれば液肥も活用できるだろうが、その場合生ゴミの輸送コストがかさむことから処理場は出来るだけ中心部に近いことが望ましい。つまり、東京都の場合、排水をまとめて処理可能な施設が都市中心部周辺にある場合は液肥化よりも処理場で処分する方が適しているといえる。

東京都で排水の処理能力を持つ施設の一つに東京都下水道局森ヶ崎水再生センターというところがある。ここでは東京区部面積の25パーセントで発生する下水が処理されて東京湾に放流されている。さらに現在森ヶ崎水再生センターでは下水汚泥の消化ガス発電が行なわれている。消化ガスとは、バイオマス的一种であり下水汚泥の嫌気性発酵により発生するものでメタンが60%程度含まれており、この嫌気性発酵とはメタン発酵のことと同義である。日本では約300か所の下水処理場で消化ガス発電が行なわれているが、東京都区部全域の汚泥は全て森ヶ崎水再生センターで処理されており、日本最大規模である。

つまり森ヶ崎水再生センターでは現在メタン発酵槽や脱硫装置などが稼働している。

よって食品廃棄物のメタン発酵導入に際し、初期費用を抑えることができる。そこで今回、東京都における家庭系食品廃棄物のメタン発酵は森ヶ崎再生センターが処理場として適しているという考えに至った。

また、単発酵よりも混合発酵の方がエネルギー効率の面で優れていることから、家庭系食品廃棄物と下水汚泥の混合メタン発酵の導入について検討していく。

表 5-1 導入事例との比較

	食品廃棄物の出所	排水の処理	メタン発酵の原料
神戸市	食品製造業・事業体	下水処理場	汚泥・食品廃棄物・木質系バイオ
大木町	家庭・学校給食	液肥として散布	汚泥・食品廃棄物・し尿
東京都（本研究）	家庭	下水処理場	汚泥・家庭系食品廃棄物

第2節 食品廃棄物と汚泥の混合発酵

今回提言する下水汚泥と食品廃棄物の混合発酵の流れは図 5-1 の通りである。まず下水汚泥に関しては、従来と変わらず水再生センターまで地下パイプやポンプで送られ、水処理施設で沈殿して上澄みと濃縮汚泥に分けられる。

食品廃棄物に関しては、燃えるゴミとは別に、「生ゴミ」という括りで分別回収を行なう。この際、野菜や果物の皮・芯の他、食べ残しなどが生ゴミに含まれる。調理済みの油を含んだ食べ残しも問題なく回収できるため、各家庭への負担も少ない。また、メタン発酵は食品廃棄物や汚泥だけでなく剪定枝や紙もバイオガス化できるため、少量の紙ゴミなどが混入しても大きな問題はない。

決められた曜日の回収日には、各家庭今まで通りのゴミ捨て場にある専用のバケツやコンテナに生ゴミを出し、ゴミ収集業者が回収する。このゴミ回収は従来の燃えるゴミなどを回収している業者が行うことができるので、この手法により燃えるゴミが削減されたとしても地域に根付いたゴミ回収システムを破壊するものではない。

回収した生ゴミは処理場まで運ばれ、前処理施設で異物の除去や破碎が行われる。ここでメタン発酵に適していない異物は取り除かれ、残ったバイオマスが混合メタン発酵槽へと投入される。

森ヶ崎水処理センターのメタン発酵槽でバイオガス化した後は、施設内で活用する電力を発電する。森ヶ崎水処理センター周辺には佐川急便の大きな営業所や物流センターがあり、実際に現地に行った際も本当に多くのトラックを目にした。そのためバイオガスを天然ガス化して自動車燃料として活用することも可能となるだろう。

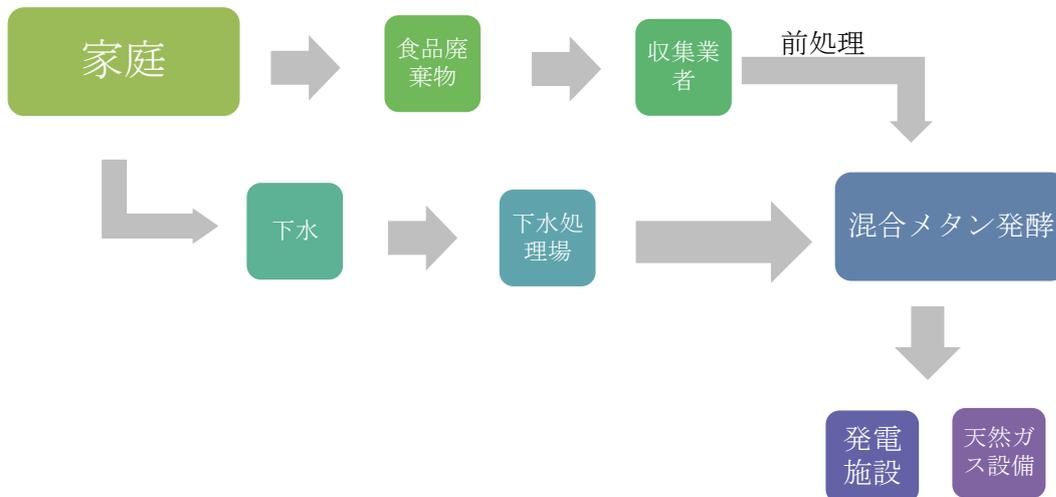


図 5-1 生ゴミと汚泥の処理フロー

食品廃棄物を下水処理場へと運ぶプロセスとして、本論文では収集業者による回収を提案したが、欧米ではディスポーザーが普及している。ディスポーザーとは、キッチンのシンクにある排水口のすぐ下に設置され、生ゴミを水と共に粉砕し排水管に流し出す生ゴミ処理機及び生ゴミ処理システムのことである。ディスポーザーを用いると処理場への運搬に人件費などが発生せず、さらにすぐに下水に流して廃棄が行なえるので衛生的である。日本でも近年設置数は増加傾向であるが、単体ディスポーザーの設置を禁じ、排水処理装置のついた環境に与える負荷が増大しないと言われるディスポーザー排水処理システムのみを許可している自治体も多い。^{28) 29)}

今回、ディスポーザーは日本には合わない設備だと考え、ディスポーザーの導入ではなく、既存の収集業者による収集という形をとった。その理由は下水処理の負担が大きすぎ、適切に処理できないからだ。ディスポーザーで粉砕された食品廃棄物は下水管を通過して処理場へと流れ、沈砂池や沈殿池でゆっくりと沈殿し上澄み（処理水）と分離されていく。仮にディスポーザーの普及が進み多くの家庭が食品廃棄物を下水管に流した場合、現在の沈澱池などの施設で処理しきれないほど流入する水質が悪化してしまう。土地スペースの問題から簡単に施設を増やすことも出来ないため、現在の下水処理能力を超える食品廃棄物を下水と一緒に流すことは困難である。

また、下水管を傷つける恐れがあることや、日本は主に合流式下水道設備が整っているため雨天時に破碎された食品廃棄物が河川に直接放流される可能性もあり、ディスポーザーの活用ではなく、業者による収集を行なうことが適切であると結論付けた。

第3節 森ヶ崎水再生センター

東京都大田区にある森ヶ崎水再生センターはわが国最大の水再生センターであり、東京区部面積の4分の1に当たる14,675ha（大田区の全域、品川・目黒・世田谷区の大部分、渋谷・杉並区の一部）を処理区域としている。一日1,540,000m²の下水処理能力を持ち、処理した水は東京湾に放流している。現在は1日約1,000,000m²の下水を処理し、その過程で発生する汚泥の一部を原料として消化ガス発電が行なわれている。



図 5-2 森ヶ崎水再生センターの処理区域

森ヶ崎水再生センターパンフレット『地域で育む水環境 森ヶ崎水再生センター³⁰⁾』

森ヶ崎水再生センターは東京都のスマートプラン2014³¹⁾のもと、再生可能エネルギーの活用を進めており、現在消化ガス発電の他にも太陽光発電・小水力発電を行なっている。スマートプラン2014とは再生可能エネルギーを平成36年度までに350テラジュール活用し、各職場で総エネルギー使用量に対する再生可能エネルギー等の割合を20パーセント以上とすることを目標としたものだが、現在森ヶ崎水再生センターは年間使用エネルギー1億kwhの21.8%に当たる2280万kwhの発電を3つの施設で行っており、目標を達成している施設である。

表 5-1 森ヶ崎水再生センターにおける再生可能エネルギー（2016年度）

再生可能エネルギー	年間発電電力量	CO ₂ 削減量
消化ガス発電	2000 万 kwh	7 6 4 0 t
太陽光発電	100 万 kwh	3 8 0 t
小水力発電	80 万 kwh	3 0 0 t
計	2180 万 kwh	8 3 2 0 t

2280万kwhの再生可能エネルギー発電のうち、約9割にあたる2000万kwhを消化ガス発電によって発電している。現在、森ヶ崎水再生センターでは、東京区分面積の4分の1の区域で発生する下水を処理しているが、汚泥に関しては東京区分全域で発生する全ての汚泥を一括して処理、処分を行なっている。都内に13か所ある下水処理場全てと地下パイプで繋がっており汚泥を集約している仕組みだ。集約した汚泥全てを消化ガス発電に用いているのではなく、約半量を対象としている。また、処理過程で汚泥を生汚泥と余剰汚泥に分けた際に、生汚泥の方が消化ガス発電に適しているため、余剰汚泥はほとんど利用せずに焼却処分を行っているのが現状である。余剰汚泥とは、汚泥処理の好気性微生物量が一定になるように引き抜く汚泥のことを言い、生汚泥と比較して粒子径が小さく難脱水性という特徴を持つ。現在行われている汚泥の消化ガス発電の概要は以下の通りとなる。



図 5-3 汚泥消化ガス発電の順序

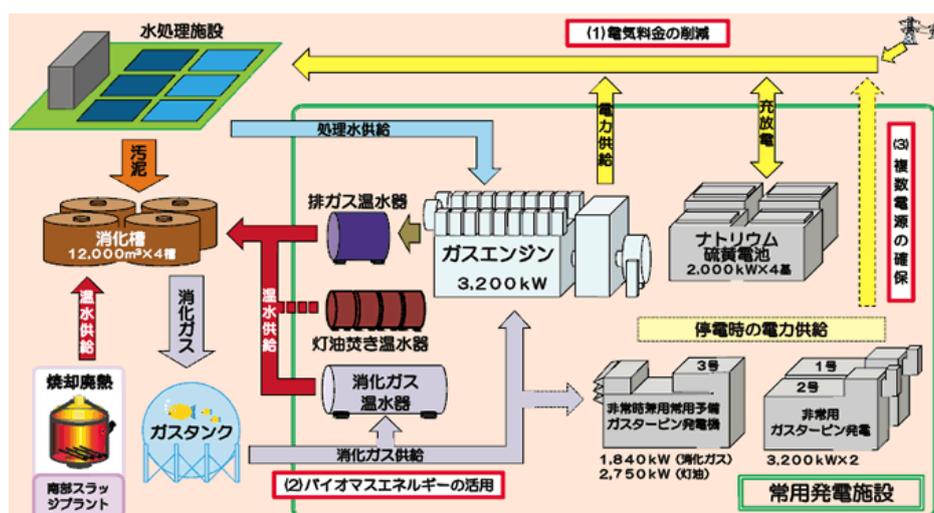


図 5-4 消化ガス発電の全体像

『地域で育む水環境 森ヶ崎水再生センター³⁰⁾』



図 5-5 水処理 沈殿池



図 5-6 消化槽

森ヶ崎水再生センターは2004年4月に消化ガス発電事業を開始した。

バイオガス発電設備からの温水と、汚泥を焼却する南部スラッジプラントからの排熱温水の一部を利用して、水処理工程で発生した汚泥を汚泥消化層で温め、汚泥中の有機物を発酵させてバイオガスを製造し汚泥を減量している。そしてバイオマスエネルギーであるメタンガスを使用して発電を行ない、施設内の電力の一部を充当している。さらに一部の電力はNaS電池（ナトリウム硫黄電池）により電力の安い夜間に充電し、必要に応じて昼間放電することができる。²⁵⁾ なお、バイオガス発電により減量化された汚泥は焼却処理によって焼却灰となり、セメントの原料として有効活用されている。

また、この発電事業は下水道事業として国内初となるPFI(Private Finance Initiative)を導入している。PFIとは公共事業に民間の資金、技術力、経営能力を取り入れる手法のことで、民間のノウハウを活用して低廉な電力を確保している。図 5-3 の常用発電施設はPFI事業者の森ヶ崎エナジーサービス株式会社が担当しており、東京都下水道局は処理水と消化ガスが無償で提供し、温水をPFI事業者から買い取っている。この仕組みを用いることで、外部の東京電力から購入する電力が1kwhあたり15円なのに対し事業者からは6円と、コストを削減することができる。これほど大きな価格差がある理由にPFI事業が20年契約である点が影響している。東京電力は2011年3月11日の東日本大震災以降電力の値上げを行なっているが、PFI事業者は平成16年度の契約の際に価格を設定し、その後価格変動がない。東京都下水道局の方のお話によると、6円という低価格でも発電するほどに利益がでるといふ。

第4節 食品廃棄物バイオガス化の意義と利点

東京都を代表とする人口密集地域において、食品廃棄物のバイオガス化を下水処理場で行なうことによる意義と利点を自治体・家庭それぞれの視点から考える。

まず自治体にとっては、食品廃棄物と燃えるごみを分けて処理することで燃えるごみの焼却の効率化が図れる。食品廃棄物が含まれていなければ、燃えるごみは紙などの乾燥物が中心となり、自然に近い形での燃焼が可能となつてごみ全体が燃えやすくなるだけでなく、焼却処理費用を抑えられる。さらに燃えるごみの約4割を占める食品廃棄物をリサイクルし、最終処分場に埋め立てられる焼却灰を減らすことは、減り続ける最終処分場の確保に頭を悩ませる自治体にとって魅力的である。特に都市部は大量に食品廃棄物が発生するが、庭のない住宅が多いことや近隣への迷惑を考慮すると生ゴミ処理機の導入も困難なため、バイオガス化が適当だと言える。

メタン発酵に関しては、下水処理場を利用することで消化液処理のための新しい施設を建設する必要がなく、初期費用を抑えられる。さらにバイオガスの活用は低炭素社会の実現ならびに地産地消のエネルギーを得ることができる。年間約28兆円のエネルギーを輸入している本国において地域でのエネルギー循環の実現は大きな意味を持つであろう。

家庭にとっても、野菜や果物の皮や芯などのどうしても発生してしまう食品廃棄物を有効に活用し資源化することができるという点は魅力的である。これまでの家庭系食品廃棄物への取り組みは、そもそもの食品廃棄物を出さないようにするものが主であり、排出された食品廃棄物を活用するものはあまり普及していなかった。しかし、バイオガス化は焼却処分するしか方法がなかったものを資源と捉え、エネルギーを生み出すことができる。さらに、生ゴミ処理機などとは違い、各家庭は食品廃棄物を燃えるごみと分別してゴミ捨て場に出すだけで費用も発生しないのでより多くの住民が食品廃棄物の資源化に参加することができる。

おわりに

本論文では食品廃棄物がどのようにして処理されているのかを明らかにし、リサイクル率向上のために現在行われている取り組みについて述べた。

しかしながら、家庭からどうしても排出される野菜や果物の皮や芯などの生ゴミの処理については未だ有効な対策はなく、焼却処理が行われていることが分かった。この現状を踏まえて、食品廃棄物のリサイクル率向上のために本論文で提言した手法が人口密集地域でのメタン発酵技術を用いた家庭系食品廃棄物のエネルギー回収である。

本論文では既存の森ヶ崎水再生センターの施設を用いた手法を考察したため、「施設の維持管理費用の算出」や「新たにメタン発酵施設を建設する際の費用」については深く分析・考察を行なうことが出来なかった。これらの点が本論文の課題である。特に既存のメタン発酵施設のない地域で食品廃棄物のバイオマス発電を行なう際には、この2点が非常に重要な問題となってくる。しかし4章で述べたように再生可能エネルギーで発電した電気の買取価格を保証する固定価格買取制度などの費用を支援する取り組みも行われており、今後もバイオマスを初めとする環境に優しいエネルギー活用が増加するであろう。

無論、家庭系食品廃棄物のリサイクルは全国的に今後広まっていくべきであるが、都市の規模が大きくなるほど多量の家庭系食品廃棄物が排出されている点から、都市部における食品廃棄物のリサイクルを何よりもまず推し進める有意性を感じ、本論文を執筆した。

生ゴミを出さないことが最優先だが、出てしまった生ゴミをどう有効利用するかも今後はより重視しなければならない。現在活発に行われている「食べ残しを減らす取り組み」と両立して、それでも廃棄された食べ残しや、野菜の皮や芯などの一般的に食べられない食品廃棄物の処理方法として本提案手法を用いることにより、食品廃棄物のリサイクル率が向上することが化石燃料からの脱却、環境に優しい循環型社会構築における一歩となると言えよう。

参考文献

- 1) 環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成 26 年度）について」
<http://www.env.go.jp/press/102117.html>
- 2) 環境省「食品廃棄物の現状」
<http://www.env.go.jp/recycle/food/gaiyo04.html>
- 3) 農林水産省「平成 26 年度食品廃棄物等の年間発生量及び食品循環資源の再生利用等実施率」
http://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syokuhin/pdf/h26_zentai_suikei.pdf
- 4) 京都市環境政策局「京都市の生ゴミデータ」<http://sukkiri-kyoto.com/data/gomidata>
- 5) 川西市「一般廃棄物（家庭系ごみ）組成分析調査報告書」
https://www.city.kawanishi.hyogo.jp/dbps_data/_material_/localhost/bikasui/kawa0056/gomisysu/sosei4kai.pdf
- 6) 農林水産省「食品リサイクル法関連」<http://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syokuhin/>
- 7) 環境省「生ごみ等の飼料化・たい肥化の現状及び課題等について」
http://www.env.go.jp/recycle/waste/conf_raw_g/04/mat01.pdf
- 8) 産経ニュース「「食品ロス」減らして、賞味期限延長見直しの動き」
http://www.env.go.jp/recycle/waste/conf_raw_g/04/mat01.pdf
- 9) 長野県ホームページ「残さず食べよう！30・10（さんまる・いちまる）運動（改称）」
<http://www.pref.nagano.lg.jp/haikibut/kurashi/recycling/shigen/kenminundo/campaign.html>
- 10) 福岡県ホームページ「県による「食べ残しをなくそう30・10運動」を先行実施します」
<http://www.pref.fukuoka.lg.jp/press-release/3010-campaign.html>
- 11) 佐賀市ホームページ「佐賀市3010（さんまるいちまる）運動～宴会の席では、初め30分と終わり10分は、食事を楽しみましょう～」
<https://www.city.saga.lg.jp/main/20163.html>
- 12) 松本市公式ホームページ「残さず食べよう！30・10（さんまる いちまる）運動」
https://www.city.matsumoto.nagano.jp/shisei/kankyojoho/syokuhin_loss/3010unndou.html

- 1 3) 福井県「おいしいふくい食べきり運動」 <http://info.pref.fukui.lg.jp/junkan/tabekiri/>
- 1 4) セカンドハーベストジャパン「セカンドハーベストジャパンの歴史」
<http://2hj.org/about/history.html>
- 1 5) 消費者庁「食べもののムダをなくそうプロジェクト～食品ロス削減のため、できることから始めよう～」 http://www.caa.go.jp/adjustments/index_9.html
- 1 6) 日本電機工業会「家庭用電気生ごみ処理機」
<https://www.jema-net.or.jp/Japanese/ha/gomi/about.html>
- 1 7) 札幌市東区「生ごみ堆肥づくり」
<http://www.city.sapporo.jp/higashi/namagomi/gomigenmoere.html>
- 1 8) 環境省「一般廃棄物処理実態調査結果 平成26年度調査結果」
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h26/index.html
- 1 9) 野池達也『メタン発酵』技報堂出版
- 2 0) 外内和樹・東森敦嗣・北條 俊昌・李 玉友「メタン発酵による混合食品廃棄物の減量化とエネルギー回収」土木学会論文集G（環境） vol.71 p39-46 2015
- 2 1) 環境省「施設整備マニュアル（生ごみメタン化編、エネルギー回収増強編）」
http://www.env.go.jp/recycle/waste/impr_facil/manual.html
- 2 2) 経済産業省資源エネルギー庁「固定価格買取制度」
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/index.html
- 2 3) 神戸市「官民連携「K O B Eグリーン・スイーツプロジェクト」ついに始動」
<http://www.city.kobe.lg.jp/information/press/2012/06/20120626301501.html>
- 2 4) 山地健二「神戸市における下水汚泥の有効利用と今後の取り組み」再生と利用 36 (135) p20-31 2012
- 2 5) 福岡県大木町「福岡県大木町バイオマスタウン紹介」
http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_town/council/1st/pdf/doc4_2.pdf

- 26) おおき循環センター「液肥を活用する」<http://project.kururun.jp/c40.html>
- 27) 伊藤忠彦 石渡寛之「都市ごみを対象としたメタン発酵システムの開発」『西松建設技報』 VOL. 38
- 28) 東京都下水道局「ディスポーザ排水処理システムの設置について」
<http://www.gesui.metro.tokyo.jp/oshi/inf0226.htm>
- 29) 国土交通省都市・地域整備局下水道部「下水道管理者のディスポーザーへの対応に関する調査について」<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040727/08.pdf>
- 30) 東京都下水道局『地域で育む水環境 森ヶ崎水再生センター』2016年3月
- 31) 東京都下水道局「スマートプランプラン2014」
<http://www.metro.tokyo.jp/INET/KEIKAKU/2014/06/DATA/70o66101.pdf>
- 32) 環境省「一般廃棄物処理事業実態調査の結果（平成26年度）について」
<http://www.env.go.jp/press/files/jp/29245.pdf>
- 33) 東城清秀「食品系バイオマスからのエネルギー回収」『INDUST』全国産業廃棄物連合会 343号 p21-26
- 34) 山田純夫「食品リサイクル用メタン発酵施設の現状」『INDUST』全国産業廃棄物連合会 343号 p27-33

あとがき

今回、家庭からの食品廃棄物を問題として取り上げたのは、生産性の向上を目指して世界全体が舵を切る一方で、廃棄物という生産とは対極にあるものの効率について興味を持ったことがきっかけである。私自身、社会の生産性をより高めたいという思いのもと就職先を検討し、今後は人々の生産性向上に関わる仕事をする予定である。社会全体、そして自分自身が、生み出すことに夢中になるあまり捨てることを軽視することのないよう、努めなければならないと強く思い、廃棄物をテーマにしたいと思った。

研究を進めるうちに、生活をするうえで誰もが廃棄する食品廃棄物のリサイクルが進んでおらず、その中でも家庭系食品廃棄物は大部分が焼却処理であることを知った。私の家でも生ゴミ処理のコンポストを設置していたことがあったが、手間がかかることから生ゴミの堆肥化を止めてしまったし、各家庭でのリサイクルには限度があると感じていた。では、自治体が収集からリサイクルまで請け負って生ゴミをリサイクルする方法はないのだろうか。その方法を自分なりに模索したいと思った。はじめは新たにリサイクル施設を建設することを考えていたが、想像以上に費用がかかり非現実的な政策となることに悩み、なかなか研究が進まなかった。しかし、森ヶ崎水再生センターを見学させていただき桃木さんをはじめとする職員の方々とお話しをさせていただくことで、より実現可能性の高い、既存の設備を用いた食品廃棄物のリサイクル法にまでたどり着き、何とか卒業論文を完成させることができた。

2年前ゼミ生として大沼先生に迎え入れて頂いてから、高校生の頃より学びたいと思っていた環境経済学と向き合い、学んだこの2年間は、とても貴重な時間でした。また、至らない点ばかりの私をご指導してくださった金井さん、邵さん、橋本さん、ゼミ生の皆様、ありがとうございました。そして苦楽を共にした同期の皆には、本当にお世話になりました。心から感謝しております。

最後になりましたが、本研究のみならず、ゼミでの活動を様々な面からサポートし、いつもの確なご指摘やアドバイスをくださった大沼先生。教科書発表をはじめとしてインゼミや新聞発表など、全てにおいて大沼先生は熱心にご指導してくださいました。そのご指導のおかげで、2年間充実した学問の時間を過ごすことができました。本当にありがとうございました。