

平成25年度
環境研究総合推進費補助金 研究事業
総合研究報告書

日本からアジアに展開する廃棄物系
バイオマス利活用による3R定着に関する研究
(3K113030)

平成26年3月

鳥取環境大学
サステイナビリティ研究所所長
環境情報学部特任教授
田中 勝

補助事業名 環境研究総合推進費補助金研究事業（平成 23 年度～平成 25 年度）

所管 環境省

国庫補助金 66,631,000 円（3 年度の総計）

研究課題名 日本からアジアに展開する廃棄物系バイオマス利活用による
3 R 定着に関する研究

研究期間 平成 23 年 6 月 1 日～平成 26 年 3 月 31 日

研究代表者名 田中 勝 鳥取環境大学サステナビリティ研究所所長・
環境情報学部特任教授

研究分担者名 岡崎 誠 鳥取環境大学環境学部教授
松村 治夫 鳥取環境大学環境学部教授
細野 宏 鳥取環境大学経営学部教授
石川 真澄 鳥取環境大学経営学部准教授
相川 泰 鳥取環境大学経営学部准教授
佐藤 伸 鳥取環境大学環境学部准教授
藤原 健史 岡山大学廃棄物マネジメント研究センター教授
松井 康弘 岡山大学廃棄物マネジメント研究センター准教授

目 次

総合研究報告書概要	1
本文	
第 1 章 研究の背景と目的	10
1. 研究背景	10
2. 研究目的	10
第 2 章 地域に密着したバイオマス循環システムの構築	12
1. 調査の目的と方法	12
2. 消費者から排出される廃食用油回収に関するアンケート調査	12
3. スーパーマーケット（トスク 3 店舗）での廃食用油の継続収集状況	14
4. 岡山市における天ぷら廃食用油の回収に関する市民意識調査	14
5. BDF への再生事業を 5 年間継続実施している市町村等による 家庭から排出される廃食用油の回収・再生利用事業に関する調査	15
6. 全国 100 都市における家庭系廃食用油の回収再生利用事業の実態調査	17
7. 民間事業者による BDF への再生事業に関する実態調査	21
8. BDF 以外への再生利用について	21
9. 考察	23
第 3 章 バイオマス利活用促進処方箋の作成	25
1. 平成 23 年度調査の概要	25
2. 平成 24 年度調査の概要	29
3. 平成 25 年度調査の概要	33
第 4 章 アジア諸国で取り組むべきバイオマス利活用プロジェクトの展開	43
1. 背景及び本研究の狙い	43
2. ワークショップ対象国の選定	43
3. 調査研究結果	45
第 5 章 バイオマス利活用促進のための技術的手法の開発	48
1. 日本の事業系食品廃棄物・家庭系生ごみ分別収集のシナリオ評価	48
2. ベトナムにおける生ごみ分別収集の実態調査	60

第6章 バイオマス利活用促進のための経済的手法の研究	66
1. 政策手段の特性とその経済学的検討	66
2. 構築した手法による事例評価に基づく手法の有効性の検証	78
3. まとめ	95
第7章 バイオマス利活用促進のための社会的手法の開発	97
1. はじめに	97
2. とっとり流コンポストの普及に関する調査研究	97
3. 社会的手法開発に向けての考察	102
4. まとめ	105
第8章 結論	106
研究発表等	108
研究の概要図	114
英文概要	115

環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書概要

研究課題名：日本からアジアに展開する廃棄物系バイオマス利活用による
3 R 定着に関する研究

研究番号：3K113030

国庫補助金精算所要額：66,631,000 円（3年度の総計）

研究期間：平成 23 年 6 月 1 日～平成 26 年 3 月 31 日

研究代表者名：田中 勝（鳥取環境大学）

研究分担者名：岡崎 誠（鳥取環境大学）、松村 治夫（鳥取環境大学）、細野 宏（鳥取環境大学）、石川 真澄（鳥取環境大学）、相川 泰（鳥取環境大学）、佐藤 伸（鳥取環境大学）、藤原 健史（岡山大学）、松井 康弘（岡山大学）

研究目的

本研究では、アジア諸国での 3 R 定着を目指して、既存の市民参加型の廃棄物系バイオマス利活用への取組を一層推進するとともに、日本の取組をアジアに発信し、各国国民の参加により、日本からアジアに展開を図ることを目的とした。具体的には次のとおりである。(1)既存の家庭系廃食用油循環システムに対し、回収拠点での回収量増加や多様な利用先開拓を行い、深化を図る。(2)日本のバイオマスタウンでの様々な取組を地域経済、資源循環、環境負荷の面から診断し、対象バイオマスや循環範囲、工夫や施策などの特徴を抽出し、利活用推進のための処方箋を作成する。(3)日本と異なる地域特性を持つアジア諸国でバイオマスの利活用を推進するための専門家会議を開催し、3 R 社会構築に取り組むべきプロジェクトを提案し、利活用推進を後押しする。(4)利活用推進のために、効率的な収集・運搬等の技術的手法や、税制も含めた経済的手法、住民の自発的な協力を促す社会的手法を開発する。以上 4 つのサブテーマにおいて調査・研究を行った。

研究方法

本研究は平成 23 年度から平成 25 年度の 3 年間実施した。研究の方法を以下に示す。

1. 地域に密着したバイオマス循環システムの構築

家庭系植物性廃油である天ぷら廃食用油の循環システムを構築するに当たり、消費者の環境意識を向上させ、回収量の増加を図るとともに、自治体における資源ごみ回収ステーションの利用の可能性や製造された B D F の利用の多様化について検討した。

鳥取市内で本学のスクールバスの燃料としての B D F 化のための回収拠点があるスー

パーマーケット(トスク)と回収を実施していないスーパーマーケット店頭での消費者の廃食用油の発生等の実態と回収に対する意識を調査し、回収に対する阻害要因と回収への協力が得られる手法に関して調査を実施した。更に、その結果を踏まえ、全市にわたって、資源ごみの収集ステーションで廃食用油の回収を実施している岡山市の 3000 世帯に対し同様の調査を実施した。

全国の政令指定都市、中核市及び特例市（3 者合計 102 市（平成 25 年 11 月 1 日現在））における家庭系廃食用油の回収・再生利用事業の実態と課題を把握するための調査を実施した。

その他、昨今においては、BDF利用が可能な車種が減少していることなどから、廃食用油のBDF以外への再生利用の実態と今後の展開可能性につついて検討を行うため、バイオスタウン構想作成市町村の中で石炭、飼料等BDF以外への再生利用を実施している市町村等と再生利用業者等に対するアンケート調査を実施した。

2. バイオマス利活用促進処方箋の作成

平成 23 年度には全国のバイオスタウンに係る公表情報をもとに廃棄物系バイオマスの利活用の実態を分析した。処方箋（バイオマス利活用の診断システム）検討上の着眼点として、主要なバイオマス資源に関して利活用上想定される課題と対策を整理した。さらに、日本のバイオマス利活用技術のアジア地域への展開に向けて、よりアジア地域での環境に適応する可能性の高いバイオマス利活用技術を開発・実用化しているバイオスタウンを選択して調査した。

平成 24 年度は、平成 23 度に調査したバイオスタウンや日本各地のバイオスタウンで取り組まれている様々な廃棄物系バイオマス利活用の実態を診断し、その診断書を基に改善点を抽出した処方箋を作成するための診断フローを試案し、社会、経済、技術の視点で整理し、その結果を基に廃棄物系バイオマス利活用に関する診断システムを作成した。

平成 25 年度には、問診→診断→処方を行う診断プロセスを検証するため、ケーススタディーとして、バイオマス利活用に関する取組を行っている地方公共団体等 6 団体を対象に廃棄物系バイオマス利活用事業の診断を行った。

3. アジア諸国で取り組むべきバイオマス利活用プロジェクトの提案

アジア地域において発生する廃棄物系バイオマスは国や地域によって異なる。例えば、各国の主要産業を見れば、インドネシアやマレーシアではパームオイル、タイでは稲藁やサトウキビ等の生産が盛んであり、それに伴う産業廃棄物系、あるいは農業廃棄物系バイオマスが発生している。一方、都市廃棄物系バイオマスは主として厨芥類や紙類、草木類であるが、東南アジアや南アジアにおいてはこれらの組成割合が高く、適正な利活用による減量化のポテンシャルが高い。また、食用油を利用した地域特有の料理も多く、その利用量も多いと思われる。このため、各国、各地域では、これらの廃棄物系バイオマス利活用に向けた調査・研究がおこなわれてきている。また、我が国においても本研究の中で整理するように、バイオスタウン等で様々なバイオマス利活用が行われてきている。このような背景を踏まえて、本研究は、既往の学識研究者のネットワークであるアジア太平洋廃棄物専門家会議（SWAPI : Solid Waste Management Expert in Asia and Pacific

Islands 会長：田中勝) を活用して、各地でワークショップを開催した。このワークショップは、アジア地域の廃棄物系バイオマスの発生及び利活用状況の実態把握と、現地の研究機関等との意見交換を通じて、各国・地域でバイオマス利活用を展開し、アジア地域における3Rの定着を目指すことを目的とした。

対象国の選定については、東南アジア地域、南アジア地域から地域特性や廃棄物発生状況を考慮し、次の6カ国を選定した。

- ・平成23年度：インドネシア、タイ
- ・平成24年度：ベトナム、ネパール
- ・平成25年度：インド、バングラデシュ

4. バイオマス利活用促進のための技術的手法、経済的手法、社会的手法の開発

利活用促進のためにはバイオマスの効率的回収が不可欠であり、GISを援用した収集運搬の効率を高める技術手法を開発した。回収システムの設計に不可欠な基礎情報を収集することを目的とし、ベトナム国内の先進事例として北部ハノイ市における生ごみの分別収集、中部ダナン市におけるコンテナ収集等の各種収集システムを取り上げ、GPS/GISを援用して作業軌跡・作業時間等の作業実態データを収集し、収集・運搬の収集効率を比較した。

経済的手法では、廃棄物系バイオマスの循環利用、特にBDFに代表されるバイオ燃料としての利用に注目し、複数の経済的な施策がマテリアルフローに及ぼす複合的な影響について総合的に捉える評価手法を探った。

初年度においては、現在各国で採用されているバイオ燃料の利活用促進を意図した経済的な施策について、介入の対象や経済学的な根拠によって整理を行った。引き続き、二年度には複数の施策が独立して導入された場合のマテリアルフローに及ぼす影響について理論的な研究を行い、評価手法の構築を目指す。その後、構築した手法により事業系食品廃棄物を事例に評価を行い手法の有効性について検証した。

社会的手法では、家庭系生ごみのコンポスト化という実務的な作業を本学の学生とともにを行い、その経験を地域の住民に指導することを通して、住民の実施可能な協力内容や行政側の支援方策のあり方を考察することで社会的手法を検討した。

結果と考察

1. 地域に密着したバイオマス循環システムの構築

- 1) 家庭系廃食用油の回収拠点への持ち出し協力活動の習慣化により、他の環境保全活動への取組と定着が一定程度期待できることが明らかとなった。このことは家庭から排出される他の廃棄物系バイオマスの収集と再生利用の後押しとなる面がある。また、一度動機付けられ行動につながった場合は、その行動が継続することとなる。
- 2) 廃食用油については、事業系では再生利用の輪が構築されており、家庭系については回収の効率化や品質の保持が困難などとされ、循環の輪が構築しにくいことが課題とされてきた。更に、主な再生利用の用途であるBDFについては、最新規制適合車では使用ができないことや軽油との混合利用に伴う軽油引取税の賦課、検査基準の適応のための施設の整備や検査に係る費用の問題等が指摘されている（本文第

2章 図 2-5 参照)。一方、BDFは、東日本大震災時のガソリン、軽油の供給が途絶えた中で、支援物資の輸送などで大いに活用されたという事実も注目される[1]。これらを踏まえ、自動車排出ガス規制や軽油引取り税などの問題については、各地域の災害時の対応のためのBDF備蓄の必要性なども踏まえ、一定範囲の地域における補助金や税制面での優遇等を検討する必要があると考える。他方、各地域における回収の効率化については、既存の家庭（資源）ごみの収集ステーションを活用した市町村の実態に関する情報が普及することにより、解決されていく面があると思われた。

- 3) 地域によっては、民間事業者が家庭系廃食用油の収集・再生利用を実施しているところもあるし、自治体の回収事業を受託して実施している事業者、自治体が回収した廃食用油を引取り精製している事業者等もある(本文第2章 第6節参照)。また、中には事業系の廃食用油のリサイクルの輪の中に家庭系廃食用油が取り込まれて更に大きな地域循環の輪が作られる可能性も出てきている(本文第2章 第8節参照)。今後は、こうした面に着目し、地域の特性や状況に応じて自治体と民間事業者が連携や協働し、地域循環の輪を構築することも考えていく必要があるだろう。

2. バイオマス利活用促進処方箋の作成

平成 23 年度にはバイオマス利活用（回収、再生、利用のサイクル）のデータベース・診断システムの基本設計を実施するため、バイオマスタウンの成功事例の調査を行い、成功するための要因をまとめた。

(1) バイオマスタウン取り組み国内事例調査

バイオマス利活用処方箋の作成のためにバイオマスタウン取り組み国内事例中、実際に事業としての動きがあると判断された 127 件を抽出し、利活用バイオマス資源や利活用方法別に分類を行った。その結果、対象となるバイオマス資源は家畜排せつ物が最も多く、次いで廃食用油、生ごみなどである。また、利活用方法では堆肥化利用が最も多く、全体の半数を占め、次いで燃料化、BDF化であることが明らかになった。

(2) バイオマスタウンにおける廃棄物系バイオマス利活用の成功事例調査

さらに国内事例調査に基づき、調査票の試案を基にアジア展開に向けて沖縄県宮古島バイオマスタウン、長崎県対馬バイオマスタウン、鹿児島種子島バイオマスタウンなどの日本南部に位置するバイオマスタウン 4 カ所で調査を行った。この調査を通じて技術に加えて、地域の社会状況などがバイオマスタウンの成功条件に関わってくることが明らかになった。

平成 24 年度には、自治体を対象としたバイオマス利活用診断のフローを検討した。問診票は、当該地域の課題を抽出するものである。問診事項は、「病状把握（対策と取組段階）」「既往歴（都市規模、主要産業等の基礎情報の確認）」「病状診断のための問診（各段階の状態確認）」に分けられる。

詳細調査（診察・診断）は、問診によって把握したバイオマス資源や事業段階に応じて、関係機関や住民を対象として行い、地域特性、ニーズに応じた処方箋を作成する。

具体的な診断フローは次のとおりである。

- ①担当者事前ヒアリング→②ヒアリングシート作成→③ヒアリングシート配布→④ヒ

アリングシート回収→⑤ヒアリング開始（関係部署ヒアリング、現地施設視察）→⑥ヒアリングシート・現地調査シート完成→⑦処方箋作成。

この診断システムを実行するための問診票案と診断対象に応じたヒアリングシート、現地調査シートの原案を作成した。

平成 25 年度にケーススタディーを実施した 6 事業中、2 つの事業が解決の難しい問題を抱えていることが分かり、そのいずれも家庭生ごみや食品残渣の液肥化事業であった。家庭生ごみを発酵させ固形の堆肥を作る事業は、本研究初年度の宮古島市の事例や、昨年度の滋賀県甲賀市の事例からも成功ポイントをあげることができる一方で、家庭生ごみを液肥化した場合には、固形物として堆肥化した場合と比較して、悪臭問題が深刻になること、液肥を利用するユーザー数が少なく、固形の堆肥よりも肥料としての信頼性が低いために、製品として利用されない傾向がある。従って、家庭の生ごみや食品廃棄物を有機資源として活用する場合には、液体ではなく固体の堆肥に変換することが事業を成功に導くカギとなることが推察される。平成 25 年度に 6 団体を対象としてケーススタディーを実施したが、この研究過程を通じた経験をベースに、バイオマス利活用事業の評価の手法に関してさらに検討を加え、1)症状から見た診断と 2)生活習慣から見た診断をして、課題点と成功のポイントという形で整理した。

3. アジア諸国で取り組むべきバイオマス利活用プロジェクトを提案

ワークショップ及び現地視察の結果、廃棄物系バイオマスの発生状況及び現在の利活用の状況また、今後の開発状況より、将来のバイオマス利活用の展開に関する方針としては、以下が考えられる。

- 1)大規模なバイオマス利活用（発電、燃料化）：インド、インドネシア、タイ、ベトナム等の都市部中心
- 2)小規模なバイオマス利活用（堆肥化、炭化、その他）：ネパールやインド、インドネシア、タイ、ベトナムの農村部中心

具体的な各国におけるバイオマス利活用プロジェクトは下記が挙げられる。

国名	プロジェクト
タイ	廃棄物系バイオマスの発電又は燃料製造に係るプロジェクト（バイオマスバイオディーゼル、バイオガス、アルコール類等としての利用等）
インドネシア	CDM を活用した廃棄物系バイオマスの堆肥化やキャッサバ、パーム油、ココナッツやパイナップルなどからのバイオマス発電事業
ベトナム	廃食油などからのバイオディーゼル燃料や都市ごみの堆肥化プロジェクト
ネパール	小規模な木質系バイオマスのエネルギー利用
インド	廃棄物系バイオマス（一般廃棄物含む）の廃棄物発電
バングラデシュ	コミュニティーベースでの堆肥化、分別、資源化

この研究で開催したワークショップは、SWAPI の専門家が受入国側で中心となって運営してくれた。ワークショップには、各国の環境 NGO や環境政策決定者などのステークホルダーが参加しており、廃棄物系バイオマス利活用による 3 R に関するネットワークを

形成することができた。また、これにより日本国政府が推進する3Rイニシアティブの実現に貢献することができたと考えられる。今後、各プロジェクトを推進するためには、SWAPIの専門家のみならず、ステークホルダーを含むネットワークが中心となり、ワークショップを継続的に開催して情報交換を定期的に行う必要がある。その結果をSWAPIや各国で開催される廃棄物専門家会議を通じて発表し、各国間で情報交換を継続的に行うことが必要である。また、本研究で得られた技術的、経済的、社会的手法を活用して、プロジェクトがスムーズに進行するよう支援してゆく必要がある。

4. バイオマス利活用促進のための技術、経済、社会的手法の開発

(1) 技術的手法の開発

GISを援用した収集運搬システムの枠組みを検討するとともに、バイオマス利活用システム導入自治体を事例として、現行システムの費用対効果を分析した。また、東南アジアをターゲットにして、ダナン市（ベトナム）の5つの収集システム及びハノイ市の生ごみ分別収集の収集効率について、1tあたりの作業時間（人時/t）を評価した。この手法の成果を、前項で提案したバイオマス利活用プロジェクトで活用することで、効率よい生ごみ等のバイオマス収集システムを構築できると考えられる。

(2) 経済的手法の開発

廃棄物系バイオマスの利活用促進は、廃棄物処理の観点から取り込まれることが多い。自治会等の資源の集団回収への助成にみられるように、そこでの課税・補助金政策は廃棄物処理からリサイクルへ物質フローを転換することを意図してリサイクルの原材料の供給に対して実施される例がみられる。しかし、製品の超過供給とそれによるリサイクル製品価格の低下を生じやすく、それに対応するために追加的な政策の投入が必要となり易い。同一の物質フローに複数の政策が存在することは、個々の政策の効果の判別が困難になる。最終製品の需要側に課税・補助金政策の対象を移行することで、こうした複雑さを回避することが可能となる。

また、廃棄物系バイオマスをはじめとする廃棄物の処理に対して、その便益をどのように評価することができるのか、について、経済学の専門家を交えワークショップを開催して有益な議論を行った。

(3) 社会的手法の開発

国内外の現地調査を通じて把握した生ごみの利活用における関係者の役割とその利活用事例について取りまとめた。また、分別等の発生源管理、回収・処理等の製造管理、リサイクル物の消費等の利用管理において三者間の情報共有と業務の連携体制の構築が重要な課題となることを示した。また、生ごみの利活用システムの構築に際しては、意識改善、普及啓発、環境教育が重要で社会的手法の開発の主要課題となることを示した。さらに、鳥取環境大学の学生に高倉式コンポスト[2]、[3]の手法及び我々が開発したとっとり流コンポストを体験させて、生ごみのコンポスト化における取組状況や3Rの推進に向けての意識の変化を調査した結果、ほぼ全員が生ごみの減量（容）化に対する有用性を高く評価した。また、鳥取環境大学周辺の地域住民や鳥取県内の公立学校を対象に高倉式およびとっとり流コンポストの普及を通して、エコライフ定着の実践検証を行った。地域住民の取り組みでは、完熟堆肥づくりに成功したものや、虫の発生に苦慮して途中で断念した

ものが見受けられた。これらの実践結果は、トラブル事例集やQ&A集の作成に役立った。とっとり流コンポストの取り組みは、ごみ減量リサイクルを進める平成26年度の鳥取県の委託事業に採択され、「とっとり流生ごみコンポスト指導者講習会」を通して、県内へ普及する予定である。

環境政策への貢献

日本政府は、平成16年6月に米国ジョージア州シーアイランドで開催されたG8サミットにおいて資源の有効利用を通じて、環境と経済の両立を図る3Rの取組は益々重要になるとして、3Rを通じて循環型社会の構築を目指す「3Rイニシアティブ」を提案し採択された。この研究プロジェクトは、このように世界、特にアジアでの3Rの定着を目指す日本政府の環境政策に貢献することを目指してきた。

アジア6か国で開催してきたワークショップには、各国の廃棄物専門家のみならず、NGO、環境行政機関の幹部や環境政策の主務大臣が臨席され、3Rに関する日本の取組や本研究の目的、成果を伝えることができた。これにより、日本政府が推進する3Rイニシアティブの推進も貢献できたと考えている。

また、アジア各国で開催してきたワークショップを通して、それぞれの国で3Rを推進する廃棄物の専門家のネットワークが強化され、環境省が毎年開催しているアジア3R推進フォーラムのスムーズな運営に貢献してきている。2013年ベトナムのハノイで開催された第4回アジア3R推進フォーラムにおいて、研究代表者は基調講演で3Rをより促進するためにIP3R（3Rに関する政府間国際会議）の創設を提案し、2014年インドネシアで開催された第5回アジア3R推進フォーラムで提案された「アジア太平洋3R白書プロジェクト」の礎となった。

研究成果の実現可能性

バイオマス利活用がうまくいっていない自治体に対して、本研究で得られたバイオマス利活用促進処方箋を提案することができる。また、バイオマス利活用促進処方箋で得られた知見を広く普及させることで、バイオマス利活用率が高まると考えられる。

アジアで開催したワークショップでは、3Rの必要性やエコライフの提案を行ってきたが、現地の研究者や行政担当者の意識が高まってきている。彼らが自らエコライフ、3Rに関するワークショップを開催し、啓発活動を行うことで、エコライフや3R活動がアジアへ展開されていくと考えられる。

結論

本研究を実施し、次の成果が得られた。

- 1) 日本各地で展開される廃食用油の回収・BDFの精製事業を通して、市民の環境意識向上のためには、広報や行政による回収拠点の整備が重要であることがわかった。また、廃食用油の回収量は、既存の家庭（資源）ごみの収集ステーションを活用した回収を実施している市町村の実情が周知されることで回収効率があがり、回収量増加が期待できることが明らかになった。
- 2) 廃棄物系バイオマス利活用の状況を診断し、処方するための診断システムを開発し

た。この診断システムを用いて、地方公共団体で行われている廃棄物系バイオマス利活用事業 6 事業についてケーススタディーを行い、処方箋を作成することができた。

- 3) アジア 6 か国で開催した 3 R 定着を目指したワークショップを通して、その国で効果をもたらすと考えられる廃棄物系バイオマス利活用のプロジェクトを提案することができた。この提案は、ワークショップを通して形成した行政担当者、学識経験者、NPO、市民などネットワークを通して、実行されると期待される。また、これらのネットワークを通して、本研究で開発した、技術的、経済的、社会的手法が各国で普及すると期待される。
- 4) GPS/GIS を用いたごみ収集ルートを設定する技術的手法を開発することができた。ベトナムハノイ市での試行の結果、収集効率は日本式のステーション回収方式を使えば旧来の収集方式に比べ高くなることがわかった。
- 5) 廃棄物のリサイクルを支援するために廃棄物の収集・回収に税金や補助金を投入するよりは、リサイクル製品の開発や販売の段階に課税や補助金での優遇をするほうが効果があることを廃棄物の収集からリサイクル、最終処分まで含めたライフサイクルで解析して示すことができた。
- 6) 廃棄物系バイオマスの利活用の経済実効性を高めるためには、利活用の必要性を地域住民に理解してもらい、住民がボランティアで廃棄物系バイオマスの回収などに参加するなどの輪を広げていく必要がある。このためには、仕組み作り、関係する人材の育成、情報ネットワークの構築といった社会的手法の構築が重要である。本研究では、「段ボールコンポスト」と「高倉式コンポスト」の材料を組み合わせた「とっとり流コンポスト」の開発、地域の公民館や公立学校への普及を行政とともに行うことで、社会にとって良いことに地元住民がボランティアで参加するという社会的手法の基礎を築くことができた。今後、指導者の育成法やトラブル解決事例集の共有を行い、市民レベルでの廃棄物系バイオマスの利活用の輪が地域に広がっていくことが期待される。

アジア諸国の中には、ベトナムのように、市民が積極的に廃棄物系バイオマスの利活用に取り組み、自治体が経済的に支援する国もある。一方で、ネパールのように行政による廃棄物の回収が行われているものの、埋め立て地や焼却施設が整備されておらず、バイオマスをはじめとする廃棄物のオープンダンプや野焼きが行われている国もある。

この研究を通して廃棄物の処理レベルは国により大きく違い、バイオマス利活用を具体的な施策で講じていない国も多数存在することがわかった。これらの国々に対しては、廃棄物の処理方法の適切な選択によって処理レベル向上に向けた支援を行いながら、3 R への多くの市民の参加によって世界に 3 R 定着をさらに図る必要があると考える。

(概要 参考文献)

- [1] 例えば、全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会 (2012), 「平成 25 年度税制改正要望ヒアリング説明資料 (平成 24 年 8 月 3 日)」や東北経済産業局 (2012), 「平成 23 年度 省エネルギー優良工場東北再生可能エネルギー利活用大賞事例集」

[2] JICA ウェブサイト http://www.jica.go.jp/kyushu/office/compost_method.html

[3] IGES 北九州ウェブサイ

<http://kitakyushu.iges.or.jp/publication/Takakura/Takakura%20Compost%20Manual%28J%29.pdf>

第1章 研究の背景と目的

1. 研究の背景

私たちが直面している深刻な地球温暖化問題や資源枯渇の問題を克服するために、低炭素社会の構築と3Rの促進により、限りある資源を効率的に活用する循環型社会の構築も必須であり、両者を統合的に形成する社会システムへの転換が必要である。そのためには、私たち一人一人が身近に出来る事をしながら低炭素型・循環型の生活様式に変えていく必要がある。この取組は日本国内のみならず、アジアや世界という広い視点で取組むべき問題であると考えられる。

日本国は、2004年（平成16年）に米国ジョージア州シーアイランドで開催されたG8サミットにおいて、資源の有効利用を通じて環境と経済の両立を図る3R（廃棄物の発生抑制（リデュース Reduce）、再利用（リユース Reuse）、再生利用（リサイクル Recycle））の取組は今後益々重要になるとして、3Rを通じて循環型社会の構築を目指す「3Rイニシアティブ」を提案し、G8首脳の賛同を得、G8の新たなイニシアティブとして合意された。2006年3Rイニシアティブ高級事務レベル会合において、研究代表者は廃棄物マネジメントの日本の経過や3Rに関する方針をアジア諸国と共有する必要性を示してきた[1]。

一方、鳥取環境大学は、廃棄物系バイオマス研究の一環として、2009年地元のスーパーマーケットと廃食用油回収に関する覚書を締結し、スーパーマーケットを訪れる買い物客から廃食用油を回収してきた。回収した廃食用油は、大学内に設置した精製施設でバイオディーゼルフェューエル（以下、BDF）を精製し、スクールバスの燃料として活用している。

また、研究代表者が議長を務めるアジア太平洋廃棄物専門家会議（SWAPI）を通して、アジア諸国の廃棄物関係の専門家とのネットワークが形成されているため、鳥取環境大学周辺の地域で行われているエコライフの普及啓発活動や日本のバイオマスタウンの取組をアジアへ展開しやすい環境にある。

このような状況のもと、鳥取環境大学周辺地域で取組まれている廃食用油の回収を通して市民のエコライフに関する意識変化や日本国内で行われている廃棄物系バイオマスの利活用の状況をアジア諸国に紹介することで、3Rイニシアティブの実現に貢献することができると考えられる。

2. 研究目的

本研究では、アジア諸国での3R定着を目指して、既存の市民参加型の廃棄物系バイオマス利活用への取組を一層推進するとともに、日本の取組をアジアに発信し、各国国民の

参加により、日本からアジアにエコライフの展開を図ることを目的とした。具体的には次のとおりである。(1)既存の家庭系廃食用油循環システムに対し、回収拠点での回収量増加や多様な利用先開拓を行い、深化を図る。(2)日本のバイオスタウンでの様々な取組を地域経済、資源循環、環境負荷の面から診断し、対象バイオマスや循環範囲、工夫や施策などの特徴を抽出し、利活用推進のための処方箋を作成する。(3)日本と異なる地域特性を持つアジア諸国で廃棄物系バイオマスの利活用を推進するための専門家によるワークショップを開催し、3R社会構築に取り組むべきプロジェクトを提案し、利活用推進を後押しする。(4)利活用推進のために、効率的な収集・運搬等の技術的手法や、税制も含めた経済的手法、住民の自発的な協力を促す社会的手法を開発する。以上4つのサブテーマにおいて調査・研究を行った。

以下の章ではこれらのサブテーマの成果を報告する。

(第1章 参考文献)

- [1] M.Tanaka (2006) Japan's Future Measures Toward The Construction of a Global "Sound-Material-cycle Society". http://www.env.go.jp/recycle/3r/s_officials.html

第2章 地域に密着したバイオマス循環システムの構築

1. 調査の目的と方法

地域に密着したバイオマスの循環システムを構築するためには、まず、今回対象とした家庭系植物性廃油である天ぷら廃食用油を提供頂く消費者の環境意識を向上させると同時に、消費者が回収しやすいシステム及び利用の多様化を検討し、有効な方法を提案することを目的とする。

鳥取市内で本学のスクールバスの燃料としてのBDF化のための回収拠点があるスーパーマーケット（トスク）と回収を実施していないスーパーマーケット店頭での消費者の廃食用油の発生等の実態と回収に対する意識を調査し、回収に対する阻害要因と回収への協力が得られる手法に関して調査を実施した。更に、その結果を踏まえ、全市にわたって、資源ごみの収集ステーションで廃食用油の回収を実施している岡山市の3000世帯に対し同様の調査を実施した。

また、政令指定都市、中核市及び特例市（3者合計102市（平成25年11月1日現在））における家庭系廃食用油の回収・再生利用事業の実態と課題を把握するための調査を実施した。

その他、昨今においては、BDF利用が可能な車種が減少していることなどから、廃食用油のBDF以外への再生利用の実態と今後の展開可能性について検討を行うため、バイオマスタウン構想公表市町村の中で石鹸、飼料等BDF以外への再生利用を実施している市町村等と再生利用業者等に対する調査を実施した。

2. 消費者から排出される廃食用油回収に関するアンケート調査

平成23年度に実施した廃食用油回収実施拠点でのスーパーマーケット店頭での消費者アンケート調査の結果は、廃食用油を持参している消費者が、環境配慮行動項目の点数が高い傾向（7.0項目対6.3項目）を示し、環境配慮行動と廃食用油の持参とが相関していることがわかった。

一方、平成24年度に実施した廃食用油の回収拠点が置かれていないスーパーマーケット店頭での消費者アンケート調査の結果では、回収システムが出来れば廃食用油を持参する意思を示した消費者の環境配慮行動項目点数は低く（7.2）、持参しないと答えた消費者の項目点数が高い（7.5）傾向が示された。このうち、持参する意思を示した消費者の半数は、月当たりの廃食用油の発生量がないと答えていることがわかっており、実際には、毎月のように天ぷらを揚げるわけではなく、回収システムが出来ても、定期的に油の排出があって、継続して廃食用油の回収拠点到持参することが期待される者ではないことがわかった。

回収率を高めるための意見は、「行政のごみ収集の一環として廃食用油の回収を加える」が6割と回収場所に関する意見が多かった（図2-1）。

図 2-1 廃食用油の回収率を高めるために必要なこと(複数回答)

具体的な回収場所としては、多くが自治体のごみ収集場所が好ましいと答えている(消費者に対するアンケートで最も回収しやすい場所: ゴミステーション: 32、お店: 11、公民館等: 5)。他県などでも自治体で実施している廃食用油の回収場所として、ゴミステーションとしている市町村もあり、効率的な回収が行われている(図 2-2)。(例: 岡山市)

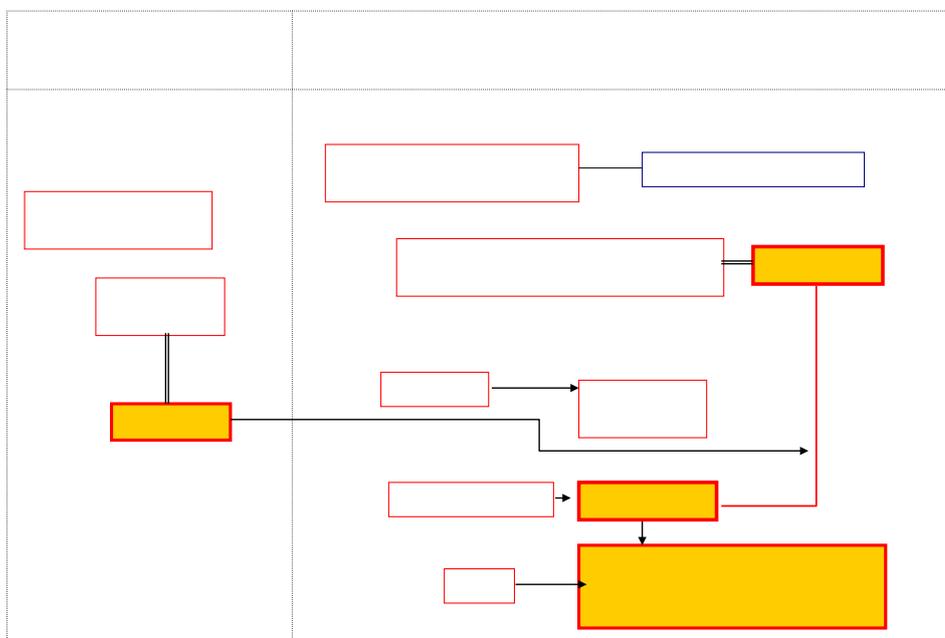


図 2-2 回収有無による拠点でのアンケートの意識と行動

3. スーパーマーケット（トスク 3 店舗）での廃食用油の継続収集状況

トスクでの回収を開始した当初（平成 21 年度）は、各種の広報を行い、消費者の意識を高める対応を行った。その後は、特段の広報を実施していないが、年間平均で見ると回収量は大きな変化もなく推移している（図 2-3）。

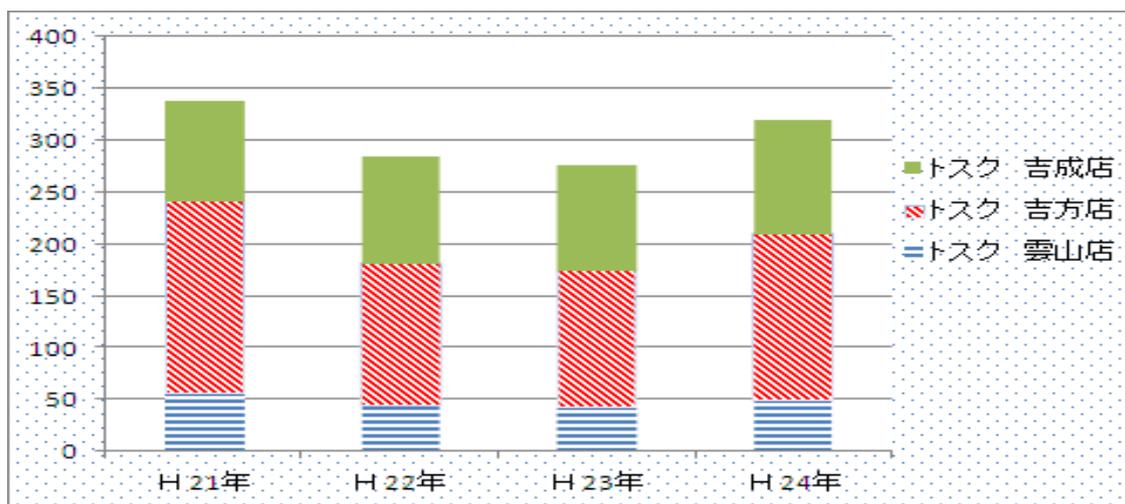


図 2-3 廃食用油の持参量（リッター）
（平成 21 年度から 24 年の年度ごとの平均月間収集量）

この結果から、一度廃食用油の持参に意識づけられ行動に繋がった消費者は、一定の仕組みがあれば、意識づけの活動を続けなくてもその行動は持続することが明らかとなった。

4. 岡山市における天ぷら廃食用油の回収に関する市民意識調査

平成 25 年度においては、全市で資源ごみの回収ステーションからの回収が行われている岡山市を調査対象地域として、電話帳から 3000 世帯を抽出して、郵送によりアンケート調査を実施した。その結果有効回答数は 756 件で、回答率は 25%であった。

回収場所（資源ごみ回収ステーション）に持参していない者については、「面倒だ」「回収について知らなかった」「回収場所を知らなかった」という回答が多かった。この結果から住んでいる家の近くに設置場所を設置すること及び、事業の趣旨については、周知徹底を図ることが更なる改善につながる要因と考えられる。

回収効率を上げるためには、収集場所については、「収集回数を増やす」が最も多く、次いで「収集場所を増やす」が多かった。また、収集場所以外に関しては、「収集の実態等を周知」が圧倒的に多く、次いで「小中学校の授業で取り上げ」が多かった。

また、回収場所に持参している者とそうでない者との環境配慮行動項目の比較については、スーパーマーケットでの廃食用油の継続収集の状況からも、一旦、回収場所への廃食用油の持参が習慣化した人は継続して回収に応じる傾向があることから、毎月、天

ぶら油の使用や利用が見込まれる持参者と非持参者に絞って比較を行った。

その結果、環境配慮に関する行動に関する 11 項目の実施比較では、回収場所への持参者が平均で 5.7 項目に取り組んでいるのに対して非持参者は 5.2 項目と、0.5 項目の差が認められた。また、11 項目のそれぞれについて、取り組んでいる者の割合を比べてみると、持参者が非持参者より 9 項目に関して高い割合を示した（表 2-1）。

表 2-1 持参者と非持参者の各環境配慮行動項目に取り組んでいる割合

項目	持参者	非持参者	項目	持参者	非持参者
マイバックで買い物	67% *	60%	ポットはつけっぱなしにしない	52% *	47%
近距離は徒歩や自転車	53% *	42%	電気製品のプラグをこまめに抜く	29% *	25%
ごみの分別収集	92% *	89%	歯磨きでコップを使用	49% *	43%
環境負荷少ないものを優先購入	33% *	23%	食器洗いは拭き取り後溜め洗い	35% *	26%
風呂は家族続けて入る	45% *	42%	食事は作り過ぎないようにする	42% *	43%
使っていない電気のスイッチを切る	71%	74%	平均の取組項目数	5.7 *	5.2

注) 赤字で太字は持参者が高率な項目等（*は持参者が高い）

したがって、家庭系廃食用油の回収活動に継続して協力している者が増えることは、環境保全活動への取組が進む可能性があることが示唆された。

5. BDFへの再生事業を5年間継続実施している市町村等による家庭から排出される廃食用油の回収・再生利用事業に関する調査

平成 23 年度に実施したバイオマスタウン構想公表市町村の中で、家庭系廃食用油を回収し、BDFへの再生事業を5年間以上にわたり継続（定着）していると思われた 17 市町村（継続実施市町村）と鳥取県内 19 市町村に対する調査では、17 市町村は、家庭系廃食用油について、家庭ごみ（資源ごみ）の回収ステーションで回収している市町村より、公的施設などに回収拠点を設けて回収している市町村の数が多いことが分かった（図 2-4）。

また、これらの回収事業を実施している市町村の中には、両方の回収方式を併せて実施しているものや、これらと併せて学校等を含む一部事業所からも回収している市町村があることがわかった（図 2-4）。

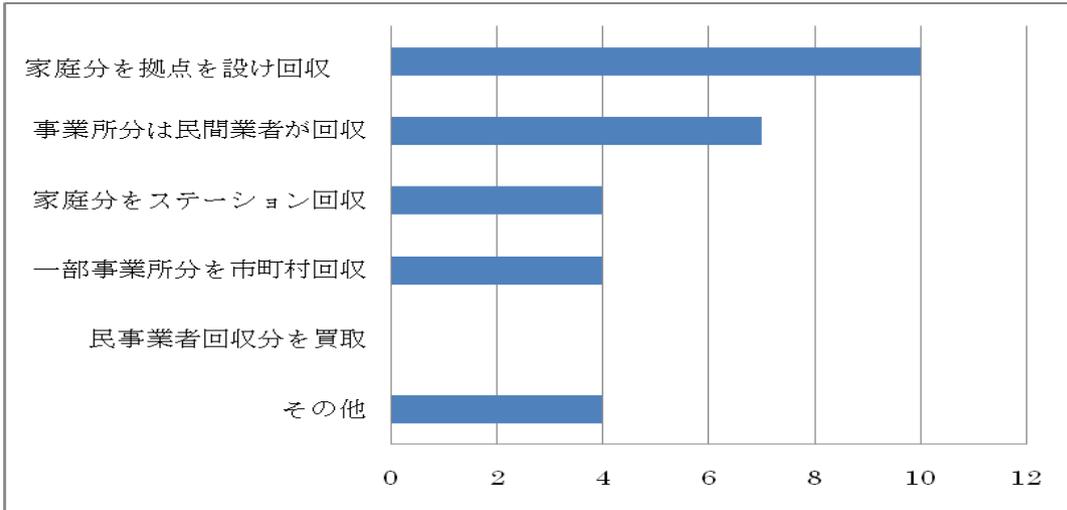


図 2-4 継続実施 17 市町村における廃食用油の回収方法（複数回答）

今後の事業拡充に当たっての課題は、継続実施市町村は、BDFと軽油との混合利用により軽油引取税が課税されること及び混合に必要な施設や混合についての検査基準が厳しく、クリアするのに費用がかかるといった点が挙げられていた（図 2-5）。

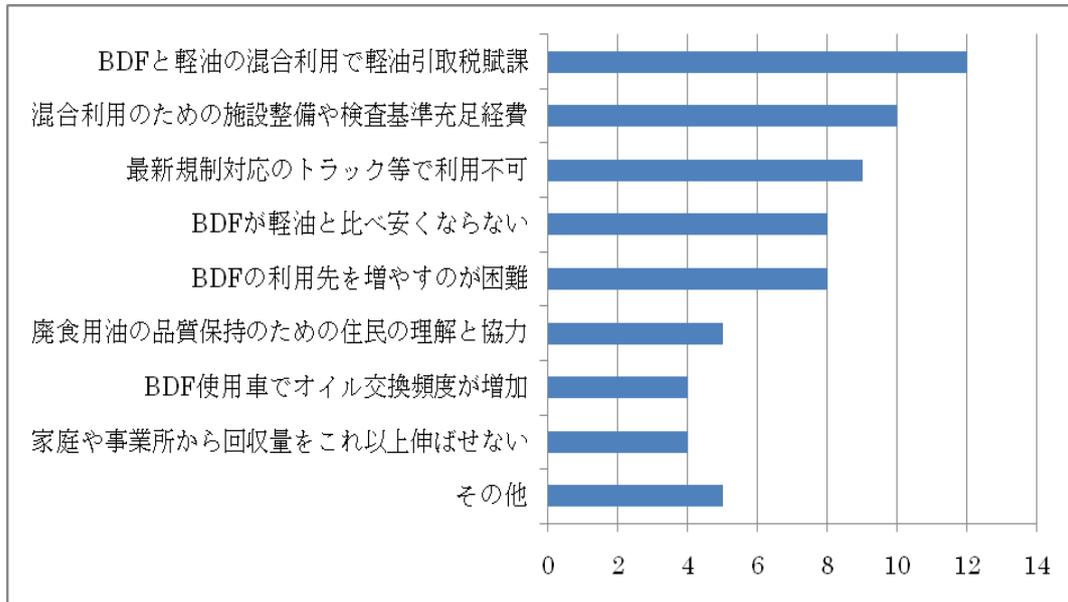


図 2-5 継続実施 17 市町村における今後の事業展開に向けての課題（複数回答）

他方、鳥取県内 19 市町村では、最新規制適合車では BDF が使用できないことなどが多数の市町村により上げられており、鳥取県内市町村では BDF の利用については、軽油との混合利用を考えている市町村が少ないことが窺えた。

平成 24 年度には、平成 23 年度の調査結果を踏まえ、各市町村で実施されている回収方式別にその実態を把握することにより、一層効率的な回収と効果的な再生利用を可能とする方策を検討することを目的として、平成 23 年度の調査の対象になった市町村に対する

アンケート調査を実施した。

その結果、各市町村で、回収が必要となった背景、理由として最も多かったのは「廃棄物・リサイクル対策の推進」であった。

回収方式別の調査結果としては、家庭（資源）ごみの収集ステーションでの回収（ステーション回収）が定着し、継続できている理由は、「分別収集の趣旨が徹底されており、廃食用油を回収対象とすることについて住民の理解を比較的容易に得ることができた」という回答であった。次いで多かったのは、「収集日や回収方法について、周知徹底を図ってきているから」であった。

平成 23 年度にステーション回収を実施していない市町村に対してその理由を調査したところ、「BDF の品質保持のためステーションでのチェック体制を組むのが困難」、「ステーション数が過大で効率的回収が望めない」という回答が多かった。しかし、ステーション回収が定着しているところで、その理由を調査してみるとむしろ、これらの要因より、分別収集の趣旨の徹底や収集日等の継続的な周知徹底を図るといったことが、ステーション回収での定着や継続については必要なことが明らかになった。

既にステーション回収を実施している市町村の上記のような実態についての情報が未実施の市町村に伝わることにより、ステーション回収の実施に取り組む市町村数が更に増えていく可能性が示唆された。

また、ステーション回収実施によるメリットについては、「一定量の廃食用油を定期的に計画的に回収できる」、「住民の理解と協力を得やすい」が最も多くの市町村により上げられていた。

一方、家庭（資源）ごみの収集ステーションとは別に市町村役場の支所などに廃食用油の回収拠点を設けて回収する方式（拠点回収）のメリットは、「拠点で回収可能な日時であれば廃食用油を出したいときに出すことができるので家庭の協力を得やすい」点を挙げる市町村が最も多かった。

そのほか、これらの回収方式と併せて、個別の学校の給食センターなど排出事業者との合意に基づく回収が行われている場合があるが、このような回収のメリットとして最も多くの市町村が挙げたのは、「家庭から回収する油に比べて質のよい油をまとまった量確保できる」ということであった。

6. 全国 100 都市における家庭系廃食用油の回収再生利用事業の実態調査

平成 25 年度においては、これまでの調査結果を踏まえて、全国の主要都市における家庭系廃食用油の回収・再生利用事業の現状と課題を把握するため、政令指定都市、中核市及び特例市（合計 102 市。以下「全国 100 都市」という。）を対象に、回収事業の状況、事業を実施したきっかけ、再生利用の用途及び BDF への再生利用事業に関する今後の課題などを調査した。調査は各市役所担当課室宛での郵送によるアンケート方式とした。96 市から回答があり、回収率は 93%であった。

まず、市による回収事業の実施状況については、既存の家庭（資源）ごみの収集ステーションを活用したステーション回収又は拠点回収が 40 市で全体の約 42%であり、多くの市で実施されるようにはなっているものの、半数を超えるには至っていない。そのほ

か、モデル事業のみを実施しているところが4市あった（図 2-6）。

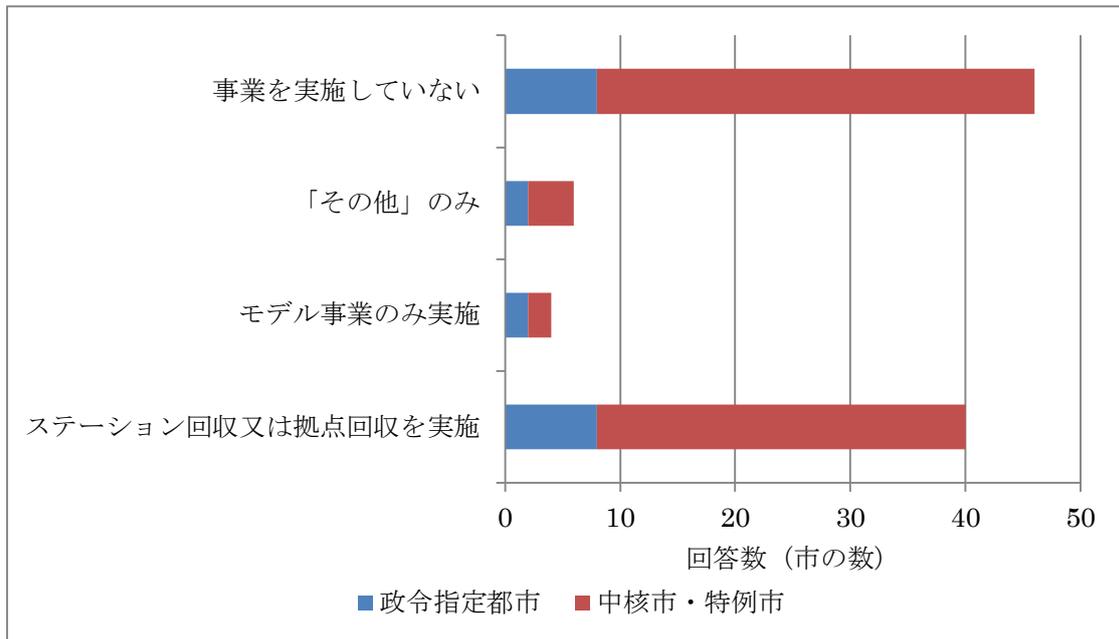


図 2-6 全国 100 都市における市による回収の実施状況

なお、ステーション回収又は拠点回収を実施している 40 市のうち、ステーション回収を実施が 7 市、拠点回収を実施が 35 市であり、双方を実施が 2 市あった。

回収事業やモデル事業を実施したきっかけは、「環境保全活動に関する普及啓発」とするものが最も多く、次いで「湖沼等の水質汚濁」などが多かった。

政令指定都市と中核市・特例市を比較してみると、政令指定都市は、「環境保全活動に関する普及啓発」と「市民や NPO 等から回収の要請」のみをきっかけとして挙げているのに対して、中核市・特例市では、「湖沼等の水質汚濁」「下水道の維持管理が困難」「ごみ袋有料化の代わりにのサービス」も挙げている（図 2-7）。この背景としては、大都市ほど下水道普及率が高く、それによる河川、湖沼等の水質汚濁問題の改善が図られてきていることが考えられる。

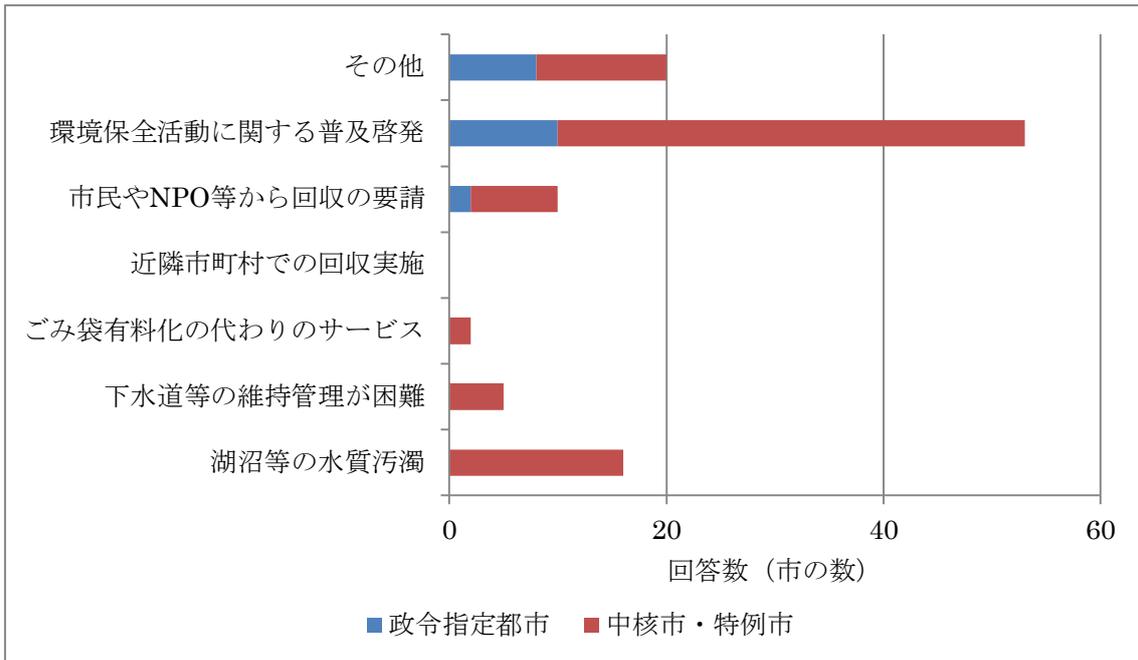


図 2-7 全国 100 都市において回収事業やモデル事業を開始したきっかけ

市の事業と民間の事業が同時に行われている地域について、両者の関係をみると、「別個に実施」しているところが圧倒的に多いが、「拠点回収のほか、民間の拠点も紹介」や市の回収事業を民間委託で実施というように、両者の間で連携や協働が行われている例もあった。

元々、一般廃棄物である家庭ごみの処理については、市町村の責務として位置づけられているが、その収集業務については、民間事業者に委託しているところも増えている。家庭系廃食用油の回収・再生利用についても、今後、更に、民間の経営能力を活用して実施していくことも検討していく必要があると思われる（図 2-8）。

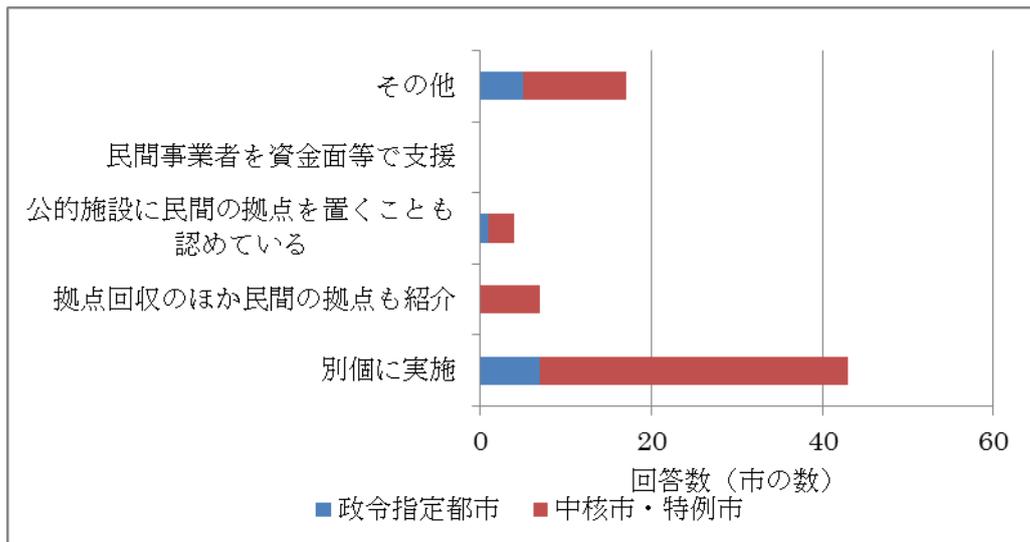


図 2-8 市の事業と民間による事業との関係（複数回答）

市による回収事業を実施していない40市について、実施していない理由を聞いたところ、「ステーションでの品質チェックが困難」、「ステーション数が過大」といった理由が多く挙げられていた。

しかし、これらの点は、前節で指摘したように、少数ではあるが、既にステーション回収を実施している市町村では問題になってこなかったと思われ、現にステーション回収を実施している市町村の実態に関する情報が普及することにより、解決が図られ、更に、ステーション回収を実施する市町村が増えていく可能性が示唆される。

家庭系廃食用油の用途（複数回答）は、BDFでの利用が最も多く（49市）、次いで飼料（15市）、石鹼（12市）に利用されていることが明らかになった。特に中核市・特例市ではその他に肥料や塗料、BDF以外の燃料にも利用されていた。

また、BDF精製工場の設置形態（複数回答）は、「市が単独で設置運営」や「国等の補助を受け、民間が設置」より、「民間工場に持込み、燃料化」が35市と圧倒的に多かった。一方、BDFの用途は、「市のごみ収集車等」、次いで、「市の公用車等」であった。継続実施市町村に対する調査では、市町村の公用車等での利用の方が「市町村のごみ収集車で利用」より多かったのとは対照的であった。市町村は廃食用油の回収量も少なく身近な公用車から使用を開始するのにに対し、より規模の大きな都市はBDFの使えるごみ収集車の台数が圧倒的に多いという事情があるものと思われる。

BDFと軽油の混合利用については、「BDF 100%での利用」が42市で、「BDF 5%」で利用（8市）等に比べ圧倒的に多かった。

今後のBDFへの再生利用に関する課題（複数回答）は、「最新規制適合車での使用が不可」（55市）、及び「利用先を増やすのが困難」（43市）が圧倒的に多かった。継続市町村を対象にした調査結果と対比すると軽油とBDFとの混合利用に伴う軽油引取税課税や混合利用のための施設・検査といった点を挙げる市の数はこれらに比べると少なかった（図2-9）。

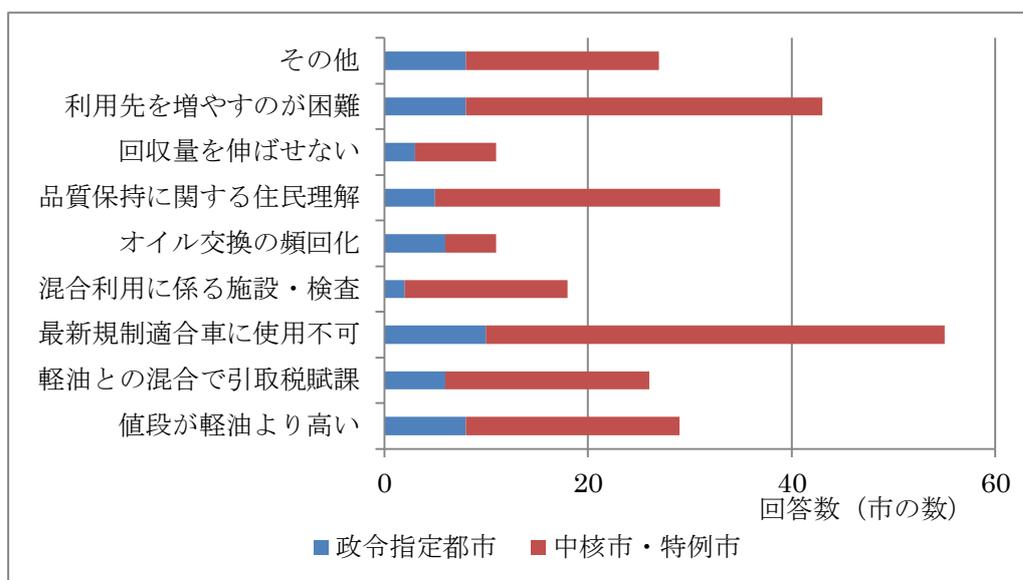


図2-9 BDFへの再生利用に係る今後の課題（複数回答）

7. 民間事業者によるBDFへの再生事業に関する実態調査

前節で指摘したように、同じ市内で、市と民間事業者による回収事業が実施されている地域では、それぞれ別個に実施されているところが多いことが明らかになった。一方、一部の市では、市の回収事業を民間事業者との委託契約により実施したり、市の回収拠点と併せて民間事業者の拠点も市民に紹介するといったことなどで連携や協働が行われているところもあることが明らかとなった。

元々、一般廃棄物の処理については、市町村の責務とされているが、家庭ごみの収集を民間事業者に委託している地域が増加している。家庭系廃食用油の回収及び再生利用も、今後、民間事業者の経営能力の活用を更に考えていく必要があると思われる。

鳥取県内で、廃食用油の回収を実施している民間事業者 10 者にアンケートを実施し、その実態を把握した。調査対象となったのは社会福祉法人 3、地域観光協会 1、廃棄物業者 2、株式会社 3、大学 1 であった。

これらの事業者の事業の目的は多様で、廃食用油で事業として成り立っているのは、廃棄物業者 2 社のみであった。そのうち、1 社は、行政が収集場所を提示し効率よく収集している。

これまでの調査結果から明らかなように家庭系廃食用油の主たる用途はBDFであり、軽油と競合するため、収集のコストをいかに安く抑え、効率よく大量に集められるか努力がなされてきているが、それも既に限界に近づいている。一方、BDFについては、最新規制適合車には使えない等、将来に不安がある。そうした中で、地域循環の実現を図るために、民間業者を育成していくためには、如何に効率よく多くの廃食用油を回収できるかにかかっており、家庭（資源）ごみの収集ステーションでの回収を全市的に実施している岡山市等のように収集に当たっては、行政の支援が求められる。

8. BDF以外への再生利用について

BDFを製造するだけの量の家庭系廃食用油が確保できないような場合については、BDF以外への再生利用（例えば、石鹼、飼料、インク原料など）を行いながら、市民により身近な利用を進めることで普及啓発や環境教育等の効果をあげることができる。現に、中核市・特例市では、より規模の大きな政令指定都市に比べ、BDF以外への再生利用が多様な形で行われている(図 2-10)。

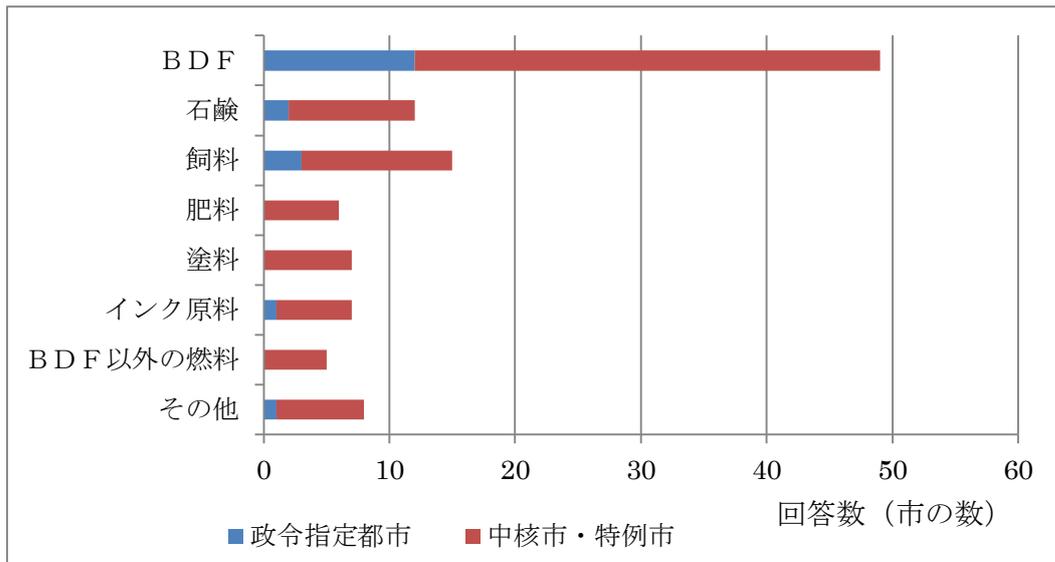


図 2-10 全国 100 都市における家庭系廃食用油の再生利用の用途 (複数回答)

そこで、バイオスタウン構想公表市町村等の中で、石鹼、飼料等、BDF 以外への利活用の実績がある 12 市町村等について、再生利用の用途、自治体が回収した家庭系廃食用油が再生品として消費者に利用されるようになるまでの経路などについて関係市町村等及び関係民間事業者に対する調査を実施した。

その結果、BDF 以外への再生利用の用途と利用の実態を類型化すると、次の①から④の 4 類型に区分できた。①主に石鹼に利活用、②石鹼以外も含めて多角的に利活用、③専らインクの原料に利活用、④主に BDF 以外の燃料への利活用 (表 2-2)。

表 2-2 12 市町村等毎の BDF 以外への再生利用状況 (市町村等数) (複数回答)

類型—市町村等記号	石鹼	飼料	肥料	塗料	インク原料	BDF 以外の燃料	その他
① A 町	○					○	
① B 町	○						
① C 市	○						
① D 市	○						
① E 市	○						○
① F 村	○						
② G 区	○	○	○				
② H 組合	○	○					○
③ I 市						○	
④ J 組合						○	
⑤ K 市						○	
⑥ L 市					○		
市町村等数	8	2	1	1	1	4	2

このうち、①と④の類型については、比較的小規模な事業者により単純な製造過程や不純物の除去程度の作業のみで利活用されていることが多いことがわかった。

一方、②及び③の類型については、民間業者が自治体から引き取った廃食用油を、事業系の油と混合し精製後、その性状に応じて、それにふさわしい再生品の原料として、石鹼、飼料等のメーカーに搬入して製品化されていることがわかった（表 2-2）。すなわち、既に確立されている事業系の廃食用油の資源循環の輪の中に、家庭系の廃食用油が取り込まれるような形で活用されている場合もあることが明らかとなった。更にこうした市町村や民間業者の中には、再生品を排出者が自ら利用するような流れを作ることにより、地域循環の構築を実現している例も見られた。

表 2-3 BDF 以外への廃食用油のリサイクルの流れ（②と③の類型の場合）と関係者

廃食用油の排出	<ul style="list-style-type: none"> ● 事業系の廃食用油（飲食店、食品工場等） ● 家庭系の廃食用油（家庭、学校等、自治体回収分の引取を含む）
廃食用油の収集・運搬 再生品原料への精製 再生品メーカー工場への運搬	<ul style="list-style-type: none"> ● 再生品の原料への精製業者（精製品の品質、性状に応じ、搬入先が分けられる。商社が再生品メーカーとの仲介をする場合もある）
再生品の製造・納品	<ul style="list-style-type: none"> ● 再生品メーカー（石鹼工場、飼料工場、塗料工場等）
再生品の販売	<ul style="list-style-type: none"> ● 商店（学校等の排出源を搬入先として地域循環の輪の構築につながるようにする場合もある）

注）精製業者へのアンケート調査や電話でのヒアリング結果を踏まえ作成。

9. 考察

- (1) 家庭系廃食用油の回収拠点への協力活動の習慣化により、他の環境保全活動への取組と定着が一定程度期待できることが明らかとなったことは他の家庭から排出される廃棄物系バイオマスの収集と再生利用の後押しとなる面がある。また、一度動機付けられることで行動につながった場合は、その行動が継続することとなる。
- (2) 廃食用油については、事業系では再生利用の輪が構築されており、家庭系については回収の効率や品質の保持が困難などとされ、循環の輪が構築しにくいことが課題とされてきた。更に、主な再生利用の用途である BDF は、最新規制適合車では使用できないことや軽油との混合利用に伴う軽油引取税の賦課、検査基準の適応のための施設の整備や検査に係る費用の問題等が指摘されている。一方、BDF は、東日本大震災時のガソリン、軽油の供給が途絶えた中で、支援物資の輸送などで大いに活用されたという事実も注目される[1]。これらを踏まえ、自動車排出ガス規制や軽油引取税などの問題については、国において、各地域の災害時の対応のための BDF 備蓄の必要性なども踏まえ、一定範囲の地域における BDF の利活用は補助金や税制面での優遇等を検討する必要があると考える。

他方、各地域における回収の効率化については、既存の家庭（資源）ごみの収集ステーションを活用した回収を実施している市町村の実態に関する情報が普及する

ことにより、解決されていく面があると思われた。

- (3)地域によっては、民間事業者が家庭系廃食用油の収集・再生利用を実施や、自治体の回収事業を受託して実施している事業者、自治体が回収した廃食用油を引き取り精製している事業者等がある。また、中には事業系の廃食用油のリサイクルの輪の中に家庭系廃食用油が取り込まれ、更に大きな地域循環の輪が作られる可能性も出てきている。今後は、こうした面に着目し、地域の特性や状況に応じた自治体と民間事業者との連携と協働関係の構築により地域循環の輪を構築することも考えていくべきときが来ていると考える。

(第2章 参考文献)

- [1] 例えば、全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会(2012)、「平成25年度税制改正要望ヒアリング説明資料(平成24年8月3日)」や東北経済産業局(2012)、「平成23年度 省エネルギー優良工場東北再生可能エネルギー利活用大賞事例集」

第3章 バイオマス利活用促進処方箋の作成

バイオマスの利活用促進は、循環型社会形成、低炭素社会形成のための重要な方策のひとつと位置づけられ、バイオマスタウン構築などの政策展開に沿って全国各地で熱心な取り組みがなされてきている。これらのなかには、担当者の熱意、工夫などに支えられて当初のねらいどおり成果を上げつつある事業もあれば、いくつかの課題を抱えて困難に直面している事業もある。そこで、本研究では、1)バイオマス利活用（回収、再生、利用のサイクル）のデータベース、診断システムの基本設計を行うとともに、2)バイオマスタウン等のバイオマスの利活用システムに関する実態調査を行い、その費用対効果、利活用促進のためのボトルネック等を整理し、3)国内のいくつかの事例を評価して事業の改善のための処方箋を作成することを目的とした。

1. 平成23年度調査の概要

全国のバイオマスタウンに係る公表情報をもとに廃棄物系バイオマスの利活用の実態を分析した。そして、処方箋（バイオマス利活用の診断システム）検討上の着眼点として、主要なバイオマス資源に関して利活用上想定される課題と対策を整理した。さらに、日本のバイオマス利活用技術のアジア地域への展開に向けて、よりアジア地域での環境に適応する可能性の高いバイオマス利活用技術を開発・実用化しているバイオマスタウンを選択して調査した。

1-1. バイオマスタウンの取組状況調査

2011年4月末までに認定された318地区のバイオマスタウンの中から、廃棄物系バイオマスの利活用に係る取組みを抽出し、さらに生産・施設稼働・販売実績等のみられる事例を「現状維持（＝成功事例）」として抽出した。このデータに基づいて、対象バイオマス、利活用の方法等について分析し全国のバイオマスタウンでの廃棄物系バイオマスの取組状況を把握した。主な結果は以下のとおりであった。

(1)対象バイオマスの事例件数及び全事例中の比率

- 抽出された成功事例数は2011年4月現在で127件であった（公表されたバイオマスタウン318地区の40%）
- 対象としたバイオマス資源は、家畜排せつ物（24%）が最も多く、次いで、廃食油（15%）、生ごみ（14%）、廃材（13%）、下水汚泥（11%）、食品廃棄物（10%）である。
- 特に、全体の80%以上の取組事例で家畜排せつ物を対象としている。

公表されているバイオマスタウン318地区中、「成功事例」として抽出された127件について、取組対象としているバイオマス資源別の件数（表中「プロジェクト数」と表示）を表3-1にとりまとめた。

のべ件数が446件となっており、一つの事例で複数のバイオマス資源を対象としていることがわかる。また、対象としているバイオマス資源としては、全取組数（のべ件数：446）に対する各バイオマス資源の取組割合（表中「比率」と表示）と、全成功事例数（127）

に対する各バイオマス資源の取組割合（表中「事例件数に対する割合」と表示）を比較し、家畜排せつ物が「比率」で24%、「事例件数に対する割合」で85%を占め、最も多く取り組まれていることがわかる。次いで、廃食用油、生ごみ、廃材、下水汚泥、食品廃棄物が対象とされており、水産廃棄物やし尿はあまり多くみられなかった。

表 3-1 対象バイオマス別のプロジェクト数

対象バイオマスコード	生ごみ	家畜排せつ物	下水汚泥	食品廃棄物	廃食用油	水産廃棄物	し尿	廃材	破棄紙	その他	合計
プロジェクト数	65	108	51	48	68	10	10	60	3	23	446
比率	14.6%	24.2%	11.4%	10.8%	15.2%	2.2%	2.2%	13.5%	0.7%	5.2%	100.0%
事例件数に対する割合	51.2%	85.0%	40.2%	37.8%	53.5%	7.9%	7.9%	47.2%	2.4%	18.1%	—

(2)利活用方法の全件数と全事例中の比率

- 利活用方法は、堆肥化利用が最も多く、全体の50%以上を占める。
- その他、燃料化（17%）、BDF化（10%）等が多い。

上記で把握したバイオマス資源がどのように利用されているかについて、「利用方法」別の件数（表中「プロジェクト数」と表示）を把握し、表 3-2 にとりまとめた。全取組数（のべ件数：446）に対する利用方法の割合（表中「比率」と表示）をみると、堆肥化が52%と最も多いことがわかった。一方、燃料化(17%)やBDF化(10%)といったエネルギー利用についての取組みも見られた。

表 3-2 利活用方法別のプロジェクト数

利用方法	堆肥化	培養土化	飼料化	BDF化	燃料化	発電原料	炭化	敷料化	原材料化	合計
プロジェクト数	235	7	22	46	78	18	3	15	22	446
比率	52.7%	1.6%	4.9%	10.3%	17.5%	4.0%	0.7%	3.4%	4.9%	100.0%

(3)対象バイオマス別の利活用方法の件数及び比率

- 生ごみ、家畜排せつ物、下水汚泥は「堆肥化」が多い。食品・水産廃棄物も堆肥化利用が多いが、一方で「飼料化」としての利活用が見られる。
- 廃食用油は「BDF化」、廃材、破棄紙は「燃料化」が多い。

表 3-1 で示した、「取組対象としているバイオマス資源別の件数」について、各バイオマス資源別の「利用方法」の割合を図 3-1 に示した。

前述表 3-2 において、利用方法としては全体的に堆肥化が最も多い（52%）ことが確認されたが、これに次ぐ利用方法として、生ごみ、家畜排せつ物、下水汚泥は燃料化、食品廃

棄物は飼料化と、対象資源別に特徴があることがわかる。
 また、廃材や破棄紙などは燃料化、廃食油はBDF化が多くなっている。

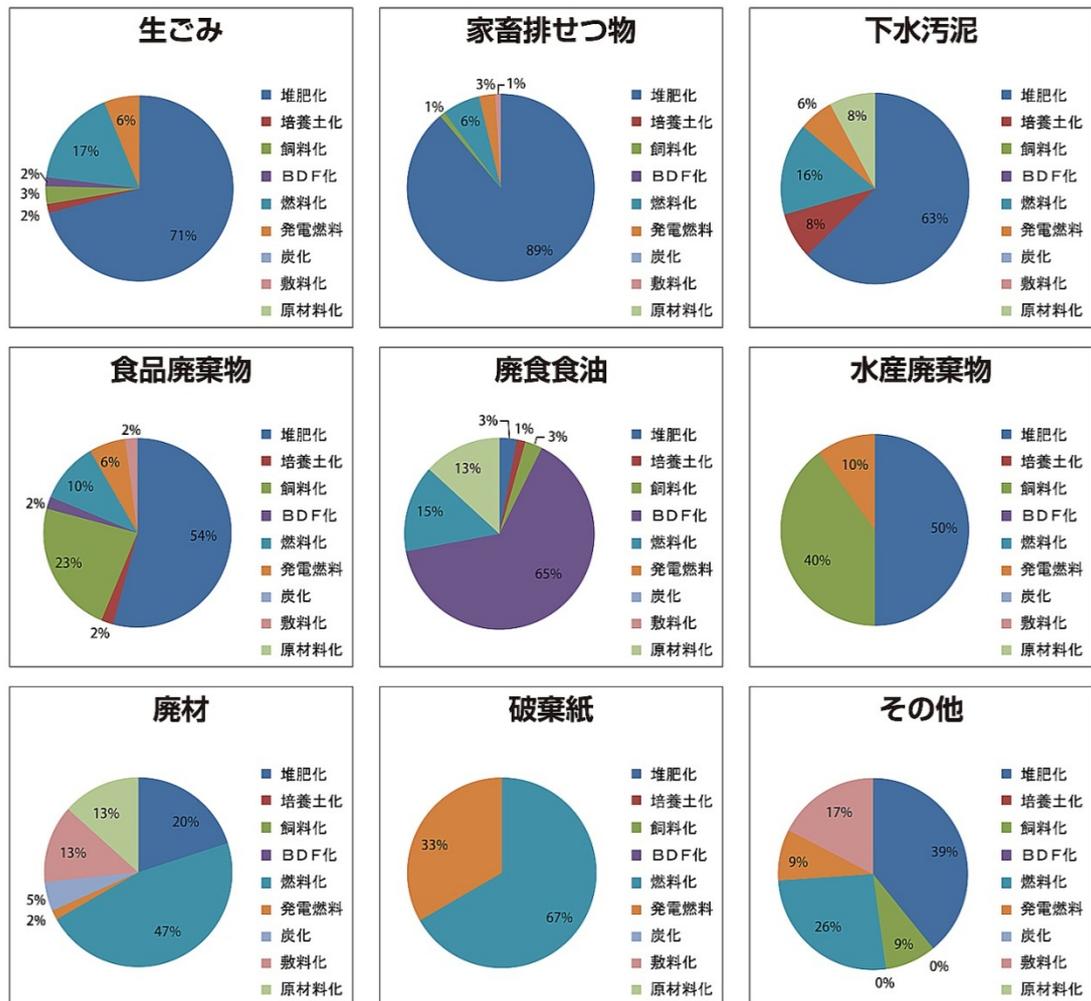


図 3-1 対象バイオマス別の利活用方法

1-2. バイオマス利活用活動診断での想定される課題と対策のポイント

今後処方箋を検討していくうえでの着眼点として、主なバイオマス資源別に、利活用上想定される課題と対策のポイントを挙げた。その概要を 1、2 例示すると以下のとおりである。

(1) 生ごみ・食品廃棄物等

(想定される課題)

食品廃棄物等は、比較的品质が一定であり、まとまった量の収集が可能である。

生ごみについては品質の確保（不純物の混入）に加え、安定的な量の確保が不透明などの課題がある。

(対策のポイント)

- 生ごみ・食品廃棄物の利活用方法として、①飼料化、②堆肥化、③バイオガス化等の可能性がある。

- ① 飼料化： 品質が確保された上で、鶏、豚への利用が認められている。家庭生ごみは品質確保の点で困難。均一な品質が確保できれば事業所からの食品廃棄物の利用が考えられる。生産物のブランドも期待できる
- ②たい肥化： 肥料には普通肥料（主成分が保証され、公定規格が設定されているもの）と特殊肥料（使う人が容易に品質を識別でき、組成が簡単なもの。米ぬか、魚かすなど）に分かれる。このうち、普通肥料には食品由来のものは使用されない。特殊肥料の原料になりうる。
- ①ガ ス 化： メタン施設の建設費は、小規模処理量の場合には割高となる。

(2)廃食油

（想定される課題）

市民活動による回収、石けん、燃料の再利用の取り組みが各地で見られる。

バイオ燃料は建設・農業機械等での利用が行われているが、最新規制適合車では使用ができない等の利用面での規制や関連施設整備の費用面での課題がある。

（対策のポイント）

- まとまった量の廃食油の資源化を進めるため、学校や事業所との協力により、回収方法の効率化必要。
- 各機関での利用（例：ごみ収集車、公共バス等）を進める。
- 共同作業所などへの製油施設の導入を図る。

(3) 木質系

（想定される課題）

廃棄物系バイオマスでは製材材、建設材等木質材が多く賦存しているが、未利用量も多い。

製材工場からは、ア) 製紙チップ業者へ販売 イ) 自家処理 ウ) 周辺住民への提供など。樹皮などは木質ペレット化が可能となるが、製材材等等の収集に関する効率化・コスト軽減化、バイオマスエネルギー利用施設やストックヤード（一時保管用地）の確保が課題となる。

（対策のポイント）

木質系の方法については、①バイオガス化、②エタノール化、③熱分解ガス化、④炭化、⑤固形燃料化、⑥燃焼化の可能性がある。バイオマスコージェネレーション導入の可能性がある。

1-3. 処方箋作成の基本的な考え方

廃棄物系バイオマスの利活用に関する「処方箋」は、地域のバイオマス資源の特徴、地域特性、ニーズに応じて、技術的・経済的に適切なバイオマス利活用に関する導入方策を示すことを目的とする。処方箋の視点としては、研究課題④「バイオマス利活用促進のための技術、経済、社会的手法の開発」と同様に大きく以下の3つを考慮することが必要と考えられる。

- 1)技術： ● 種類、賦存量等バイオマスのマテリアルバランスを踏まえた処理方針
- 収集・運搬の効率化・最適化（集約型・分散型等）

- カスケード利用による効率的な資源活用
- 2)経済：● 収集、資源化・エネルギー化、流通等に関する補助施策
 - 費用対効果、低コスト手法
 - 地域活性化・地域還元
- 3)社会：● 運営手法（官主導、民営、官民連携、住民参加等）
 - 環境負荷低減
 - 雇用創出、環境教育、産業振興、観光促進

そこで、既存のマニュアル、評価書を参考としながら、具体的に以下のような項目でとりまとめていく。1)検討手順（フロー）：評価・検討の手順をわかりやすくフロー化する
2)チェック・評価項目：対象地域のバイオマス賦存量等の現状に応じて、最適な手法や取り組み方法選定の判断基準・参考事例を整理する。3)対応例（メニュー）：選定された手法に対し、先進事例等を参考にした対応集を作成する。内容は、可能なかぎり詳細に整理し、取り組みにあたって参考とする事例や技術手法等を整理する。

また、処方箋作成にあたっては、以下のような既存検討を参考にする。

- バイオマスタウン構想策定マニュアル[1]
- バイオマス利活用に関する政策評価書[2]
- 市町村バイオマス活用推進計画 検証マニュアル骨子案[3]

1-4. バイオマスタウンにおける廃棄物系バイオマス利活用の成功事例調査

日本のバイオマス利活用技術のアジア地域への展開を考慮して、次のような対象を選定し、現地調査を実施した。

表 3-3 各島のバイオマス利活用の現況

名称	内容
沖縄県宮古島市 バイオマスタウン	○家畜糞尿堆肥化・液肥化 ○サトウキビバイオエタノール ○製糖バガス発電
沖縄県うるま市 バイオマスタウン	○家畜糞尿堆肥化 ○廃食用油燃料化 ○廃材木質系ペレット
鹿児島県南種子島町 バイオマスタウン	○廃棄物系バイオマス堆肥化 ○家畜糞尿堆肥化 ○サトウキビバガス堆肥化 ○廃食用油BDF
長崎県対馬市 バイオマスタウン	○製材残材ペレット ○廃食用油BDF ○し尿汚泥堆肥化

2. 平成 24 年度調査の概要

ここでは、廃棄物系バイオマス利活用の実態を診断し、その診断書を基に改善点を抽出した処方箋を作成するための診断フローを試案し、いくつかの日本国内の事例について検証した。

2-1. 対象とする廃棄物系バイオマスの種類

この研究で対象とする廃棄物系バイオマスは、①家畜排せつ物、②食品工場残渣・水産廃棄物・家庭生ごみ、③廃食用油、④製材残材・建設発生木材、剪定枝および刈草、⑤下水汚泥等とした。5つの廃棄物系バイオマスの現在の利活用方法を表3-4に示す。

表3-4 廃棄物系バイオマスの分類と典型的な利活用方法

分類	対象材料	利用形態	
		マテリアル利用	エネルギー利用
①家畜排せつ物	家畜排せつ物	堆肥化	炭化、メタン発酵
②生ごみ等	食品加工残渣	堆肥化、飼料化、 バイオプラスチック化	水素化、炭化、固形燃料化、 流体燃料化（メタン、エタノール）
	水産廃棄物残渣	堆肥化、飼料化、 バイオプラスチック化	水素化、炭化、固形燃料化、 流体燃料化（メタン、エタノール）
	家庭生ごみ	堆肥化、飼料化、 バイオプラスチック化	水素化、炭化、固形燃料化、 流体燃料化（メタン、エタノール）
③廃食用油	廃食用	飼料化	BDF化
④木質系	製材廃材	堆肥化、木質材料化	ボイラー発電（薪、チップ、ペレット）、 ガス化発電、水素化、固形燃料化、 液体燃料化（メタノール、エタノール）
	建設廃材	堆肥化、木質材料化	ボイラー発電（薪、チップ、ペレット）、 ガス化発電、水素化、固形燃料化、 液体燃料化（メタノール、エタノール）
	剪定枝	堆肥化、飼料化	ボイラー発電（薪、チップ、ペレット）、 ガス化発電、水素化、固形燃料化、 液体燃料化（メタノール、エタノール）
⑤汚泥系	下水汚泥	堆肥化	炭化、メタン発酵
	し尿	堆肥化	炭化、メタン発酵

2-2. 処方箋作成の着眼点

日本各地のバイオマスタウンで取り組まれている様々な廃棄物系バイオマス利活用事例を診断し、社会、経済、技術の側面から課題を抽出した処方箋を作成し、成功に導く方策を示すことに重点を置いている。

各側面の着眼点は次のとおり。

i) 技術面

- 種類、賦存量等バイオマスのマテリアルバランスを踏まえた処理方針
- 収集・運搬の効率化と最適化（集約型・分散型等）
- カスケード利用による効率的な資源活用

ii) 経済面

- 収集、資源化・エネルギー化、流通等に関する補助施策
- 費用対効果、低コスト手法
- 地域活性化・地域還元

iii) 社会面

- 運営手法（官主導、民営、官民連携、住民参加等）
- 環境負荷低減
- 雇用創出、環境教育、産業振興、観光促進

2.3 処方箋作成までの手法

既存のマニュアル、評価書を参考としながら、具体的に以下のような項目でとりまとめていく。

- 1) 検討手順（フロー）：評価・検討の手順をわかりやすくフロー化する
- 2) チェック・評価項目：対象地域の現状（対象となるバイオマス資源および賦存量、既存処理施設、需要先の有無等）に応じた適切な利用方法や処理施設規模の選定に必要な基礎資料（指針、参考事例）を収集・整理する。
- 3) 対応例（メニュー）：選定された手法に対し、先進優良事例等を参考にした対応集を作成する。内容は詳細に整理し、取り組みにあたって参考とする事例や技術的手法等を整理する。

2-4. 処方箋作成までの診断の流れ

処方箋を作成するためには、まず廃棄物系バイオマス利活用の現状を把握し（問診）、調査をまとめた結果（診断書）を作成する。その結果に基づき課題を解決に導く方策（処方箋）を提示する。

＊処方箋作成までの3ステップにおける取り組み

- ①問診票：着目する項目の設定、フローに従った漏れのない流れ、分野別検討
- ②診断書：①に対する評価の基準・手法の設定
- ③処方箋：②で「課題あり」と診断さ

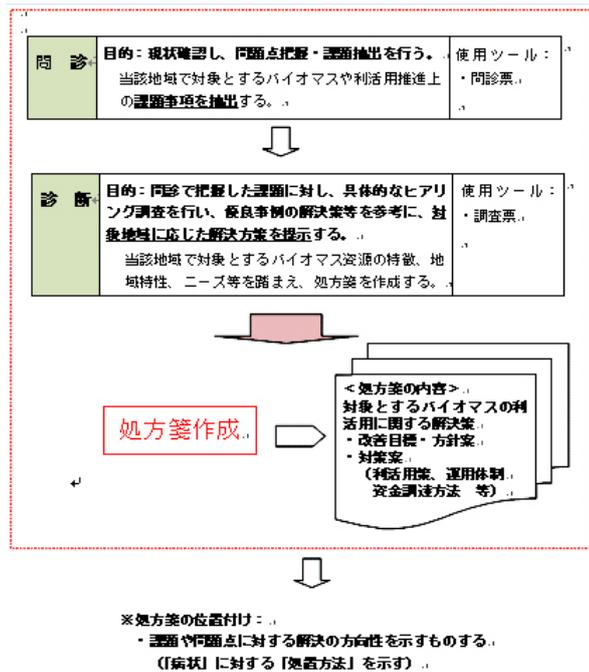


図 3-2 処方箋作成に至る診断のフロー（自治体の例）

れた項目に対する改善策

・やり方の提示

(先進事例の取り組みを優良事

例としてとりまとめる)

24年度は、自治体を対象に診断手順の検討を行った。診断システムによる処方箋作成の流れ図は、その後も検討修正が加えられ、最終的には図3-2に示すとおりとなった。

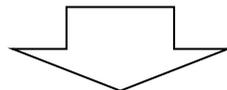
問診による効果：バイオマス利活用の流れに沿って、網羅的にチェックすることで、地域の抱える「病状(課題)」を把握する(気付く)ことができ、それぞれの課題ごとに治療例を示すことができる。

処方箋の効果：各地の廃棄物系バイオマスの利活用が円滑に推進される。

2-5. 診断フローによる診断から処方箋作成に至るプロセスの検証

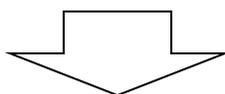
本研究の診断フローに従い、問診、診断、処方箋作成に至る一連の流れの中で予想される廃棄物系バイオマスの利活用の課題と解決策について下に記す。

診断結果から想定される課題
<ol style="list-style-type: none">1. 住民協力が得られず家庭生ごみのみの量の確保ができない2. 臭気問題3. 市の収集作業員不足のため生ごみ回収が困難4. 生ごみへの異物の混入が多く、安定した品質の堆肥が生産できない5. 安定した生産量に対して需要量は季節性があり不安定6. 販売ルートがなく、事業の採算性がとれない



処方箋で提示可能な解決策の例 (参考：滋賀県甲賀市の例)
<p>背景：市の焼却施設の許容量に問題があり、新しいごみの分別回収方法の一つとして家庭生ごみの堆肥化を検討した。</p> <ol style="list-style-type: none">1. 分別が簡単で手間がかからないため住民協力が得やすかった2. 投入した生ごみを種堆肥で覆う独自のやり方を導入した結果、臭気が殆ど気にならない(臭気による苦情はない)3. 収集運搬を民間に委託しているため市職員の負担はない4. 生ごみへの異物の混入がもともと少なく、堆肥の販売を目的としていないため、品質のばらつきは問題とならない5. 生産した堆肥は、生ごみを覆う種堆肥として再利用や、ガーデニングの肥料として家庭での利用頻度も高いため安定した需要がある6. 市民に無料配布しているため事業採算性にこだわりがない

診断結果から想定される課題
<ol style="list-style-type: none"> 1. まとまった量の確保ができない 2. 原材料のばらつきがある（水分量、異物の混入など） 3. 自治体の財政状況から施設の建設が困難 4. 施設の維持管理に問題 5. メタン発酵後に生成する消化液の利用先がない



処方箋で提示可能な解決策の例 (参考：北海道鹿追町の例)
<p>背景：家畜排せつ物を処理していた焼却炉から基準値以上のダイオキシンが発生したため、代替処理方法としてメタン発酵処理を検討した。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 分別が簡単で手間がかからないため住民協力が得やすかった 2. 周辺の酪農家から安価で家畜排せつ物処理を請け負っているため、安定した量が見込める 3. 契約先の酪農家の家畜の種類と排せつ物の性質を把握しているため原料の質は安定 4. 建設費用を国（1/2）と北海道（1/4）からの補助金で賄っているため、町からの持ち出しは少ない（全経費の 1/4） 5. 施設の維持管理について 10 年間の品質契約をプラントメーカーと結んでいるため、保証期間内は修理には殆ど経費がかからない 6. 消化液の処理を請負った酪農家の所有する牧草地に散布して農地還元している

3. 平成 25 年度調査の概要

過去 2 年間の基礎調査の蓄積を基にして、また、24 年度に試作した診断フローに従って、具体的にケーススタディーを実施した。すなわち、廃棄物系バイオマスの利活用に取り組んでいる地方公共団体等を対象に、まず、問診票記入により、事業の実施状況、事業者自らが感じている問題点等を概略把握し、次にインタビュー調査（現地調査）により課題を掘り下げて、事業者との意見交換を通じて解決策を探った。そして、その結果として、処方箋（対応策）としてまとめた。

3-1. 問診票調査

事業の現状を確認し、問題点の把握・課題抽出を行うため、事業者が記入し自己申告する形で次のような調査票を作成した。ここでは、紙面の関係上項目のみ列挙する。

[問診票その 1（基礎情報）]

1. バイオマス利活用の現状

- 1.1 現在の取組み状況
- 1.2 対象となっているバイオマス資源
- 1.3 取組まれている利活用手法
- 1.4 取組みの動機
- 2. 地域の状況
- 2.1 総人口
- 2.2 地勢的特徴
- 2.3 主要産業
- 2.4 将来計画・方針
- 2.5 バイオマス利活用の取組み上起用

[問診票その2（事業別情報）]

3. 取組みの課題

- 3.0 事業の種類
- 3.1 [原料] 原料の安定供給
- 3.2 [原料] 原料の品質
- 3.3 [加工・処理] 安定的な生産
- 3.4 [加工・処理] 製品の品質管理・維持
- 3.5 [加工・処理] 副産物・残渣の処理・再利用
- 3.6 [加工・処理] 周辺環境への影響
- 3.7 [需要] 安定的な需要
- 3.8 [運用] 事業費の確保
- 3.9 [運用] 補助金等支援策の充実
- 3.10 [運用] 実施主体の有無
- 3.11 [運用] 連携・協力体制の確立
- 3.12 [運用] 関連法規等事業推進上の課題

4. その他

- 4.1 これまでの取組み
- 4.2 資源化以外のステージでの課題
- 4.3 その他意見

3-2. 問診票調査の結果

ケーススタディ実施の対象は6団体で、そのうち複数の事業取組みを回答したところが4団体であった。利活用の種類としては、家庭系生ごみの堆肥化、液肥化、廃食用油のBDF化、廃棄紙の原料化、使用済み紙おむつの燃料化であった。結果を表 3-5、表 3-6 に示した。

表 3-5 問診票その 1（基礎情報）の整理結果

項目 自治体	現在の取組状況	対象バイオマス	既の実施している利活用	取り組み動機	総人口	地勢的特徴	町の主要産業	バイオマス利活用の将来計画	既存施設の状況
ケース1	実施中	・生ごみ系（家庭生ごみ、食品廃棄物） ・家庭系破棄紙	・生ごみの堆肥化 ・廃棄紙の減量化	・廃棄物処理量の削減 ・地域活性化 ・新たな産業、雇用創出	5万人未満	平野部	一次（農業） 二次（建設業） 三次（観光業）	なし	なし
ケース2	実施中	・生ごみ系（家庭生ごみ、食品廃棄物） ・廃食用油	・生ごみの液肥化 ・廃食用油のBDF化	・廃棄物処理量の削減 ・環境問題	5万人未満	中山間地域	一次（農業・林業）	なし	なし
ケース3	実施中	・生ごみ系（家庭生ごみ、食品廃棄物） ・廃食用油	・生ごみの液肥化 ・廃食用油のBDF化	・地域活性化 ・新たな産業、雇用創出	5万人未満	山間部	一次（農業・畜産業） 二次（建設業・製造業） 三次（商業・観光業）	まちづくり方針や基本方針に含まれる	未回答
ケース4	実施中	・生ごみ系（家庭生ごみ） ・廃食用油	・生ごみの堆肥化 ・廃食用油のBDF化	・廃棄物処理量の削減 ・新たな産業、雇用創出	5万人未満	中山間地域	一次（農業） 二次（建設業） 三次（観光業）	まちづくり方針や基本方針に含まれる	・BDF民間施設
ケース5	実施中	・生ごみ系（家庭生ごみ） ・その他（使用済紙おむつ）	・生ごみの堆肥化 ・使用済紙おむつの燃料化	・廃棄物処理量の削減	5万人未満	中山間地域	一次（農業） 三次（観光業）	なし	・生ごみ処理機 ・町営温泉施設用ボイラー
ケース6	実施中	・生ごみ系（家庭生ごみ）	・生ごみの堆肥化	・廃棄物処理量の削減	5万人未満	平野部	一次（農業）	まちづくり方針や基本方針に含まれる	・民間施設あり

表 3-6 問診票その 2（事業別情報）の整理結果

項目		自治体		ケース1	ケース2	ケース3		ケース4		ケース5		ケース6
事業		生ごみの堆肥化	破棄紙の燃料化	生ごみの堆肥化	生ごみの堆肥化	廃食用油のBDF化	生ごみの堆肥化	廃食用油のBDF化	生ごみの堆肥化	使用済紙おむつの燃料化	生ごみの堆肥化	
原料	安定供給					発生量が少ない		発生量が少ない				発生量が少ない
	品質					異物混入			異物混入、成分にバラツキ			紙おむつの分別に不安
加工・処理	安定的な生産											わからない
	製品の品質管理・維持					装置の能力が足りないため、後の作業が増加		強いにおいがあり、扱いにくい				わからない
	副産物・残渣の処理・再利用											
	周辺環境への影響					立地環境の変化						ボイラー完成後の環境調査実施予定 悪臭の問題
需要	安定的な需要					利用時期が集中、利用者とのニーズのずれ		利用時期の集中				利用時の集中
									利用上の課題（成分、臭い）、価格が高い、利用者とのニーズのずれ、製品の効果が不明			
運用	事業費の確保			財源不足	財源不足	財源不足			生ごみ回収量が必要	財源不足	不明	
	補助金等支援策の充実			遠慮可能補助メニューなし	補助制度に関する情報不足	補助制度に関する情報不足						
	実施主体の有無								人材不足		自任不足	
	連携・協力体制の確立	広報不足		広報不足		広報不足			町が住民に利用を進めているが、利用者が伸びない		調整方法、推進方法がわからない	広報不足
	関連法規等事業推進上の課題					知識・情報不足	知識・情報不足					
これまでの取組の中で解決済の事例	その他											廃食用油の中にはBDFを作るのに適さないものがあるので、その分別とその分の廃食用油の確保

3-3. 調査票調査

上述の問診票調査で把握した課題に対する詳細調査をインタビュー形式で行い、さらに事業担当者と意見交換しながら、地域特性・ニーズに応じた解決方を模索した。

次の5項目、すなわち 1)動機・目的は明確か、2)原材料の入手は円滑か、3)処理技術・施設は適正か、4)製品の需要は十分か、5)事業の運用や地域連携は適切かについて、5段階で評価した。判断基準については、全く問題がない場合を5段階中5、各項目の中で現在、もしくは近い将来に問題点が一つ挙げられ、改善方法が考えられる場合には5段階評価中3もしくは4、各項目で問題点が二つ、もしくは差し迫った深刻な問題を一つ抱えている場合には5段階中1、若しくは2として評価した。この評価基準は、平成24年度本研究で優良事例としてヒアリングした滋賀県甲賀市の生ごみ堆肥化事業、福岡県大木町の家庭生ごみのメタンガス化事業を全ての項目で5段階中5と判断した研究者自らが調査を行っている。

調査票調査の結果は、次の図3-3に示す。

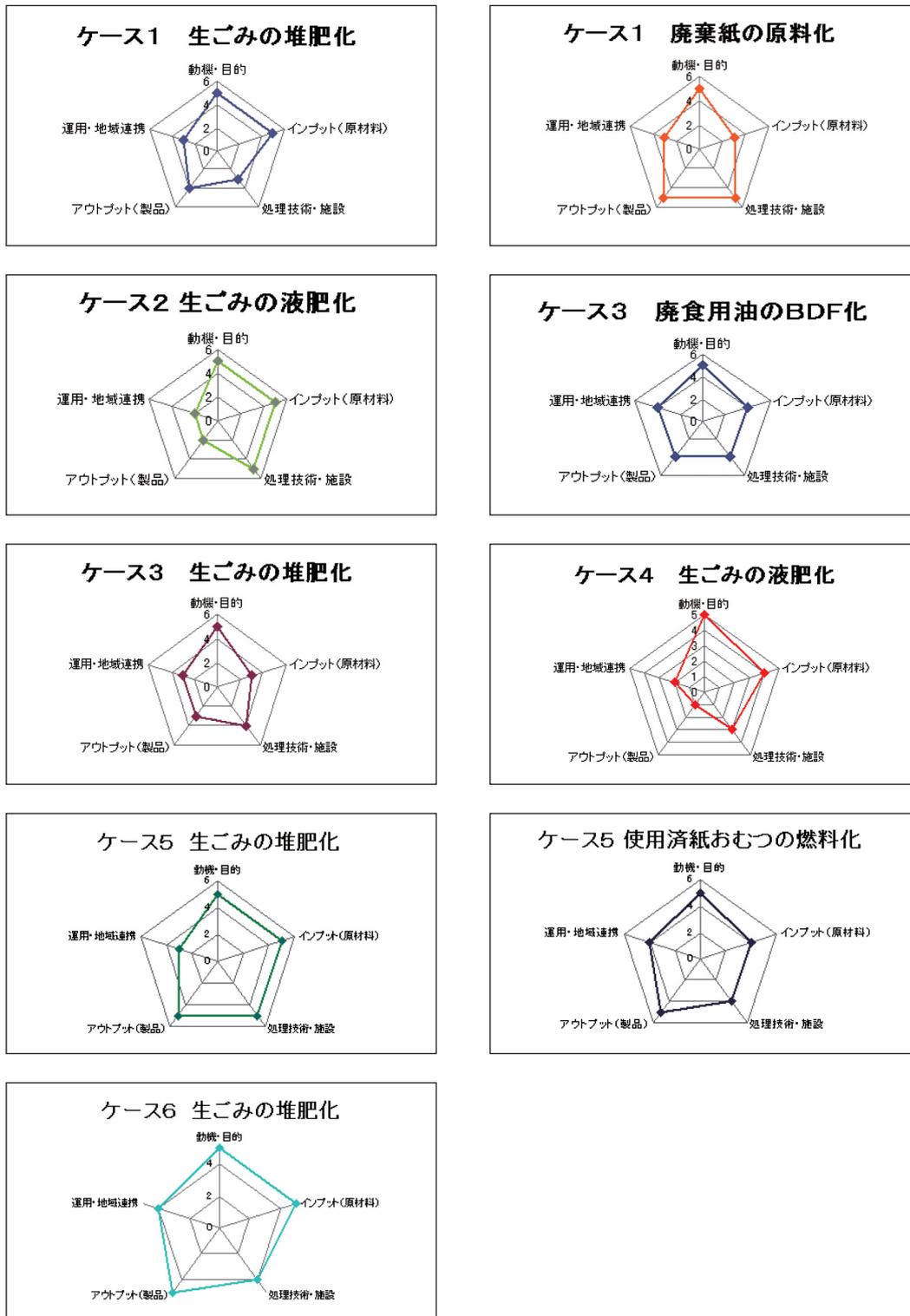


図 3-3 調査票調査の解析結果

3-4. 改善方策（処方箋）の検討

上記調査により明らかにされた事業のウイークポイントに対して、23年度調査、24年度調査の結果、さらには各種文献等に報告されている優良事例の情報（例えば、「地域力で活かすバイオマス」近藤加代子ほかなど）を参考にして改善方策（処方箋）を検討したものが、表 3-7 である。

この調査で実施した 6 事業中、2 つの事業が解決の難しい問題を抱えていることが分かり、そのいずれも家庭生ごみや食品残渣の液肥化事業であった。今回の調査では、家庭生ごみを発酵させ固形の堆肥を作る事業は、固形物として堆肥化した場合と比較して、悪臭問題が深刻になること、液肥を利用するユーザー数が少なく、固形の堆肥よりも肥料としての信頼性が低いこと等から、製品として利用されない傾向があった。従って、家庭の生ごみや食品廃棄物を液肥の形で活用する場合には、より慎重な事前検討が必要であると推察される。

また軽微な問題を抱えている事業とした生ごみの堆肥化と廃食用油の B D F 化では、原料に含まれる異物の混入が問題となることが明らかとなった。異物混入には前処理プロセスを加えるだけでなく、市民が原料である生ごみに異物を混入することを事前に防ぐための行政による啓発活動やその方法にも工夫が必要であることが示唆された。

3-5. 評価方法に関する考察

25 年度事業として、6 団体を対象としてケーススタディを実施したが、この研究過程を通じた経験をベースに、バイオマス利活用事業の評価の手法に関してさらに検討を加えた。この結果を、1) 症状から見た診断と 2) 生活習慣から見た診断の両面から課題点とポイントの形で整理した。今後の参考として有意義な情報と考えられるので、表 3-8、表 3-9 に記載する。

表 3-7 各事業の改善方策（処方箋）

ケース 1			
事業名	生ごみの堆肥化	マイナス理由	考えられうる対策
動機・目的	5		
インプット（原材料）	5		
処理技術・施設	4	家庭用ディスポーザーの本体価格が高価	本体価格を下げる
アウトプット（製品）	5		
運用・地域連携	3	設置家庭数の伸び悩み、広報不足	補助金制度の周知、住民へのメリットの新たな提案
事業名	廃棄紙の原料化	マイナス理由	考えられうる対策
動機・目的	5		
インプット（原材料）	3	PTA との収集バッティングで安定した原料発生量確保は不明？	家庭からの分別回収の方法に工夫
処理技術・施設	5		
アウトプット（製品）	5		
運用・地域連携	3	ごみの減量化への効果は？	効果の把握に努める
ケース 2			
事業名	生ごみの液肥化	マイナス理由	考えられうる対策
動機・目的	5		
インプット（原材料）	5		
処理技術・施設	5		
アウトプット（製品）	2	液肥利用者のニーズとのずれ、堆肥を使用し育てた野菜の販売不振	副資材の混合によって効果を上げる
運用・地域連携	2	財源不足、適応補助メニューなし、広報不足	新たな補助金制度が必要
ケース 3			
事業名	生ごみの堆肥化	マイナス理由	考えられうる対策
動機・目的	5		
インプット（原材料）	3	異物混入、発生量少	異物除去の徹底指導
処理技術・施設	4	立地条件の変化（悪臭問題）、牛糞と混合する	
アウトプット（製品）	3	利用時期の集中、ニーズとのずれ	
運用・地域連携	3	財源不足、補助金と廃掃法に関する知識・情報の不足	行政システム説明方法の改善
事業名	廃食用油のBDF	マイナス理由	考えられうる対策
動機・目的	5		
インプット（原材料）	3	発生量少、異物混入	異物混入を避けるための方策を徹底
処理技術・施設	4	装置能力の限界	大型装置の導入
アウトプット（製品）	4	利用時期の集中	
運用・地域連携	4	財源不足、広報不足、補助金と廃掃法に関する知識・情報の不足	行政システム説明方法の改善
ケース 4			
事業名	生ごみの液肥化	マイナス理由	考えられうる対策
動機・目的	5		
インプット（原材料）	4		
処理技術・施設	3		
アウトプット（製品）	1	利用者のニーズとのずれ、価格が高い、悪臭、施肥効果が不明	副資材による成分改善を提案
運用・地域連携	2	回収費、人材不足、利用者数の低迷	
ケース 5			
事業名	生ごみの堆肥化	マイナス理由	考えられうる対策
動機・目的	5		
インプット（原材料）	5		
処理技術・施設	5		
アウトプット（製品）	5		
運用・地域連携	3	財源不足、人材不足、調整・推進方法が不明	行政システム説明方法の改善
事業名	使用済紙おむつの燃料化	マイナス理由	考えられうる対策
動機・目的	5		
インプット（原材料）	4	発生量の確保不安、質のバラツキ	
処理技術・施設	4	安定的な品質管理に課題、大気汚染	
アウトプット（製品）	5		
運用・地域連携	4	事業費の確保が不明、廃掃法に関する知識・情報不足	県担当窓口への相談斡旋
ケース 6			
事業名	生ごみの堆肥化	マイナス理由	考えられうる対策
動機・目的	5		
インプット（原材料）	5		
処理技術・施設	4		
アウトプット（製品）	5	悪臭問題、利用時期が集中、生ごみ以外の補助堆肥原料を別途購入して混合	
運用・地域連携	4	広報不足	

表 3-8 バイオマス利活用事業の課題とポイント（症状から見た診断）

項目	主な内容	評価方法					評価 -1
		評価 -5	評価 -4	評価 -3	評価 -2	評価 -1	
1. 目的	【取り組み動機・目的】 バイオマス利活用を推進する強い動機、取組みの必要性の有無	各評価段階のうち、あてはまるものの最高点で評価	廃棄物処理量の削減 ・施設老朽化や受入量の限界等の逼迫した問題があり、廃棄物としての処理量を減らす必要がある。(廃棄物行政上必要不可欠な取り組み) ※主に施設上の課題	コスト削減（効率化・適正化） ・現行手法の改善による環境改善 ・コスト改善を図るため ※主に自治体の財政上の課題 エネルギー利用含む	地域活性化、雇用創出 ・バイオマス利用を地域活性化の起爆剤として位置付け、積極的に取り組む。 例：新産業育成や雇用機会創出	地球環境、教育、啓蒙等 ・地球環境問題への対応として取り組む ・学校教育、市民啓蒙のため	特になし、わからない ・明確な目的や取組み動機なし
2. 発生	【インプット（原材料）】 バイオマス利活用に着する原材料の有無、収集の難易度、材料の品質、その他	「発生」に関する評価項目について「YES」の数に応じて評価	必要な量・品質の材料の安定供給が確保可能 ・数量：○十分な数量確保可 ・品質：△はらつき等の課題あり ・収集：○収集ルート・方法確保 ・時期：○発生時期一定、連年 ・収集：○収集ルート・方法確保	必要量は確保可、品質面課題 ・数量：○十分な数量確保可 ・品質：△はらつき等の課題あり ・収集：○収集ルート・方法確保 ・時期：○発生時期一定、連年	品質、発生時期が課題 ・数量：○潜在量はあがるが確保難 ・収集：×収集方法未定	十分な材料（数量）がない ・数量：×十分な数量がない	
3. 変換	【処理加工技術・施設】 バイオマス処理技術面での情報、施設有無、施設容量、副作業方法・手順の確立、副産物処理、保管施設、等	「変換」に関する評価項目について「YES」の数に応じて評価	施設あり、課題あり ・技術：○技術情報 ：○作業手順 ：○副産物処理 ・施設：○処理、保管施設 ：×処理能力不足 ・収支：○経済収支	施設なし、技術情報・手順案 ・技術：○技術情報 ：○作業手順 ：○副産物処理 ・施設：×なし	技術情報あり、作業手順 ・技術：○技術情報 ：△作業手順 ：△副産物処理	処理・加工不可 ・技術：×技術情報不足	
4. 利用	【アウトプット（製品）・需要】 バイオマス製品の需要の有無、利用時期、利用上の課題、利用箇所までの距離	「利用」に関する評価項目について「YES」の数に応じて評価	供給がマッチし、コストも低減 ・需要：○十分な需要確保 ・品質：○利用者ニーズに対応 ・時期：○必要時期に提供 ・課題：○利用者側の課題あり ・運搬：○近隣で需要確保可 ・収支：○コスト面での収支確保	需要があるが、利用者側の課題 ・需要：○潜在需要あり ・品質：○利用者ニーズに対応 ・時期：○必要時期に提供 ・課題：×取り扱いにおける利用者側の課題あり (例：散布手間等)	利用者ニーズへの未対応 ・需要：○潜在需要あり ・品質：×利用者ニーズに未対応 ・時期：×必要時期に提供	需要なし ・需要：×必要なし	
5. 運用	【運用・地域連携】 運営体制、労働力、資金不足、関連法規、関係機関等連携、等	「運用」に関する評価項目について「YES」の数に応じて評価	法規や地域連携上の課題あり ・主体：○事業主体明確 ・財源：○単費もしくは補助活用 ・労働：○主体に対する補助 ・法規：○関連法規クリア ・連携：○地域連携良好	運営資金・労働力不足 ・主体：○事業主体明確 ・財源：△財源難 ・労働：△労働力不足	運営上の大きな課題なし ・主体：△体制上の課題	運営体制が不備 ・主体：×運営体制が不備	

表 3-9 バイオマス利活用事業の課題とポイント（生活習慣から見た診断）

項目	主な内容	段階別の評価基準				
		評価-5	評価-4	評価-3	評価-2	評価-1
1. 計画作成	【計画段階】 地域の姿態を反映した具体的な方針・計画の有無	バイオマス利活用計画があり、その作成にあたっては下記項目をすべて満たしている。 ・位置付け：〇総合計画やまちづくりに位置づけられている ・検討主体：〇自治体担当者のみ、メーカー等のみでなく、地域の多様な主体の参加による検討 ・検討方法：〇十分な期間をかけて検討を行い、対立意見に対する対応も実施（必要に応じて見直し）	バイオマス利活用計画あり。下記評価項目中いずれか2つは「YES」 ・位置付け：略 ・検討主体：略 ・検討方法：略	バイオマス利活用計画はあるが、下記評価項目中いずれも「NO」 ・位置付け：略 ・検討主体：略 ・検討方法：略	バイオマス利活用計画がない	
2. 人材確保	【人材（キーパーソン）の有無】 バイオマス利活用を推進する中心的人材の有無。	市長がリーダーシップを有し、活動を推進するキーパーソン（行政、地域）が存在する。さらに、人材育成の取り組みが行われている。 ・リーダーシップ：〇総合計画やまち位置づけられている ・キーパーソン（自治体）：〇自治体担当者にキーパーソンがいる。 ・キーパーソン（住民等）：〇住民等にキーパーソンがいる。 ・人材育成：〇継続的な活動推進に向けた人材育成の取組。	下記評価項目中いずれか3つは「YES」 ・リーダーシップ：略 ・キーパーソン（自治体）：略 ・キーパーソン（住民等）：略 ・人材育成：略	下記評価項目中いずれか2つは「YES」 ・リーダーシップ：略 ・キーパーソン（自治体）：略 ・キーパーソン（住民等）：略 ・人材育成：略	下記評価項目中いずれも「NO」 ・リーダーシップ：略 ・キーパーソン（自治体）：略 ・キーパーソン（住民等）：略 ・人材育成：略	
3. 庁内体制	【推進体制】 自治体内における事業推進の体制	バイオマス専門の部署があり、かつ担当者の専属性のある体制が構築されているとともに、庁内での連携もとれている。 ・専門部署設置：〇バイオマス事業の専門部署を設置。 ・担当者専属性：〇担当者長期専属による体制が構築。 ・庁内調整：〇関係部署間（首長含）コミュニケーション良好。	関係部署が連携した推進体制がとれており、かつ担当者専属のある体制が構築されているとともに、庁内での連携もとれている。 ・関係部署間連携：〇環境、産業等の関係部署間連携 ・担当者専属性：〇担当者長期専属による体制が構築。 ・庁内調整：〇関係部署間（首長含）コミュニケーション良好。	下記評価項目中いずれか2つは「YES」 ・専門部署設置もしくは関係部署間連携：略 ・担当者専属性：略 ・庁内調整：略	下記評価項目中いずれも関係部署間連携：略 ・担当者専属性：略 ・庁内調整：略	
4. 地域理解・地域連携	【住民参加・地域連携】 地域住民の参加、地域連携、情報発信	地域住民や企業が主体となった行動が実践されている（又は計画が策定されている）。 ・意識：〇地域に対し、バイオマス利活用の理念や目的が浸透又はそのための情報発信や普及・啓発をしている（広報、学習会、イベント等） ・意見：〇住民意見を反映しているか又は意見交換の場を創出（協議会、住民委員等） ・協働の場：〇地域が継続的に参加する取組を行っている。（地域通貨、製品購入等） ・ネットワーク：〇地域の連携（ネットワーク）ができている又はその取組みを支援（関係機関協議、勉強会等）	下記評価項目中いずれか3つは「YES」 ・意識：略 ・意見：略 ・協働：略 ・ネットワーク：略	下記評価項目中いずれか1つは「YES」 ・意識：略 ・意見：略 ・協働：略 ・ネットワーク：略	下記評価項目中いずれも意識：略 ・意見：略 ・協働：略 ・ネットワーク：略	
5. 事業支援	【運用・支援】 事業運営における支援、補助等、等	地域や企業が主体となった事業の推進を積極的に支援する取組が行われている。 ・資金：〇補助金等の獲得支援 ・モデル事業推進：〇地域資源を活かしたモデル事業推進 ・商品需要促進：〇地域ブランド戦略を有し、まちとして支援 ・経営支援：〇近隣自治体との連携、域外企業との連携支援	下記評価項目中いずれか3つは「YES」 ・資金：略 ・モデル事業推進：略 ・商品需要促進：略 ・経営支援：略	下記評価項目中いずれか1つは「YES」 ・資金：略 ・モデル事業推進：略 ・商品需要促進：略 ・経営支援：略	下記評価項目中いずれも資金：略 ・モデル事業推進：略 ・商品需要促進：略 ・経営支援：略	

(第3章 参考文献)

- [1] 農林水産省 (2008), 「バイオスタウン構想策定マニュアル」
- [2] 総務省 (2011), 「バイオマスの利活用に関する政策評価書」
- [3] 株式会社三菱総合研究所 (2011), 「市町村バイオマス活用推進計画 検証マニュアル骨子案」

第4章 アジア諸国で取り組むべきバイオマス

利活用プロジェクトの展開

1. 背景及び本研究の狙い

アジア地域において発生する廃棄物系バイオマスは国や地域によって異なると考えられる。例えば、各国の主要産業を見れば、インドネシアやマレーシアではパームオイル、タイでは稲藁やサトウキビ等の生産が盛んであり、それに伴う産業廃棄物系、あるいは農業廃棄物系バイオマスが発生している。一方、都市廃棄物系バイオマスは主として厨芥類や紙類、草木類であるが、東南アジアや南アジアにおいてはこれらの組成割合が高く、適正な利活用による減量化のポテンシャルが高い。また、食用油を利用した地域特有の料理も多く、その利用量も多いと思われる。

このため、各国、各地域では、これらの廃棄物系バイオマス利活用に向けた調査・研究が行われてきている。また、我が国においても本研究の中で整理するように、バイオマスタウン等で様々なバイオマス利活用が行われてきている。

このような背景を踏まえて、本研究は、既往の学識研究者のネットワークであるアジア太平洋廃棄物専門家会議（SWAPI : Solid Waste Management Expert in Asia and Pacific Islands）を活用して各地でワークショップを開催し、アジア地域の廃棄物系バイオマスの発生及び利活用状況の実態把握と、現地の研究機関等との意見交換を通じて、各国・地域でバイオマス利活用を展開し、アジア地域における3Rの定着を目指すことを目的に実施したものである。

成果として、各地でワークショップ等を通じて、SWAPI 専門家に対するバイオマス利活用研究推進やプロジェクト提案の動機付けが付与されるとともに、各国での専門家ネットワークの形成・強化が図られることである。

2. ワークショップ対象国の選定

2-1. ワークショップ開催国

ワークショップ及び現地研究活動状況の視察対象地域は、SWAPI 専門家の主体性と協力を期待して、次項に示すような点を考慮して、以下の通り実施した。

表 4-1 廃棄物系ワークショップ開催実績

回	年度	開催時期	開催場所	主要 SWAPI 専門家
1	2011	2011/9/7	バンコク (タイ)	Prof. Orawan Siriratpiriya
2	2011	2011/12/29	バンドン (インドネシア)	Prof. Enri Damanhuri
3	2012	2012/8/24	ハノイ (ベトナム)	Prof. Nguyen Thi Kim Thai
4	2012	2013/3/7	カトマンズ (ネパール)	Prof. Surya Man Shakya

5	2013	2013/8/30	チェンナイ (インド)	Prof. Kurian Joseph
6	2013	2014/2/25	ダッカ (バングラデシュ)	Dr. Tariq Bin Yousuf

2-2. 対象国・地域の選定

対象国の選定については、東南アジア地域、南アジア地域から地域特性や廃棄物発生状況を考慮し、6カ国を選定した。なお、東アジア地域については、経済力及び技術力が比較的高く、既に廃棄物管理やバイオマス利活用に係る情報が得られやすいことから、参考地域にとどめ、本調査研究における対象地域は、東南アジア及び南アジアを中心として選定した。

表 4-2 ワークショップ開催対象国の選定

地域)	主要国	都市部の人口	廃棄物発生原単位 [kg/人・日]	SWAPI 専門家	調査研究対象国及び参考国
東アジア	中国	511,722,970	1.02	有	△
	韓国	38,895,504	1.24	有	
	台湾	—	—	有	△
	モンゴル	1,370,974	0.66	無	
東南アジア	フィリピン	58,654,205	0.5	有	
	インドネシア	117,456,698	0.52	有	○
	ベトナム	24,001,081	1.46	有	○
	カンボジア	—	—	有	
	マレーシア	14,429,641	1.52	有	△
	ブルネイ	282,415	0.87	無	
	タイ	22,453,143	1.76	有	○
南アジア	ミャンマー	12,847,522	0.44	無	
	ネパール	3,464,234	0.12	有	○
	ブータン	225,257	1.46	無	
	スリランカ	2,953,410	—	無	
	モルディブ	70,816	2.48	無	
	バングラデシュ	38,103,596	0.43	有	○
	インド	321,623,271	0.34	有	○
	パキスタン	60,038,941	0.84	無	

出典：World Bank (2012) “WHAT A WASTE - A Global Review of Solid Waste Management”

注：○：調査研究対象及びワークショップ開催国（6カ国）、
△：参考（情報収集対象）国

3. 調査研究結果

3-1. 調査研究結果及び成果のまとめ

(1) 各国の廃棄物系バイオマスの現状（発生及び処理状況）

各国の廃棄物系バイオマス及び廃棄物の発生状況の比較と既存の処理手法を表 4-3 にまとめる。

表 4-3 ワークショップ開催国における廃棄物系バイオマスの利活用に係る現状

国名	廃棄物系バイオマスの利活用発生状況	現在の処理及び今後の開発状況
タイ	タイの廃棄物全体としては、30%を占めるプラスチック類の資源化とともに 60%を占める有機性廃棄物の処理が課題である。バイオマス系廃棄物は、農業残渣と家畜糞尿に区分されるが、農業残渣は、さとうきび、パーム油、米の生産工程から発生するものが多くを占め、豚、鳥、牛などの家畜糞尿が多くの割合を占めている。	タイ国においては、バイオマスのエネルギー利用は、再生可能エネルギー分野の中でも大きな開発が期待されている分野である。キャッサバや糖蜜をエタノール化する技術やさとうきびの製造工程で発生するバガスをもetan発酵する技術も整備されつつある。
インドネシア	パーム油、ココナッツ、天然ゴムをはじめさとうきび、とうもろこしに由来した廃棄物系バイオマスが多く発生している。	バイオマス利活用の促進のための CDM 事業が数多く実施されており廃棄物系バイオマスの堆肥化やキャッサバ、パーム油、ココナッツやパイナップルのなどからのバイオマス発電事業も行われている。
ベトナム	キャッサバ、糖蜜、米生産に伴う残渣などとともに、コーヒー粕や廃食用油などが多く発生している。	穀物残渣のバイオエタノール化とともに廃食用油などがバイオディーゼル燃料として利用されている。また、規模は小さいがコーヒー滓の堆肥化やバイオ農薬としての利活用や都市ごみの堆肥化プロジェクト等も実施されている。
ネパール	ネパールの都市ごみの 6 割は有機性廃棄物であるとともに、農業国であることから廃棄物系バイオマスの発生量は多い。	現在は、比較的小規模なプロジェクトが多いが、バイオマスの利活用及び処理については、「バイオ燃料製造」、「バイオガスの調理熱源利用」などとともに、電力需要も大きいことから、「有機性ごみのバイオガス化」、もあり、木質系バイオマスのエネルギー利用も将来的に有望である。

インド	農業、畜産及び林業からの廃棄物系バイオマスとともに一般家庭からの有機性廃棄物の発生が多く問題となっている。	廃棄物系バイオマスのバイオエネルギー化とともに、プラスチック系のごみなども混合燃焼するシステムの開発・整備が進められている。
バングラデシュ	バングラデシュの都市ごみは約 8割が有機性廃棄物であり、また、農業国であることから特に地方部で発生する農業系の廃棄物も含め、廃棄物系バイオマスの発生量が多い。	現在、市場ごみを中心として、堆肥化、バイオガス化のプロジェクトが進められており、今後も廃棄物系バイオマスの分別の促進とともに分別後の堆肥化、バイオガス化プロジェクトが将来的に考えられる。

3-2. 今後の提案事項

(1) 提案されるプロジェクト

前項で示した廃棄物系バイオマスの発生状況及び現在の利活用の状況及び今後の開発状況より、将来のバイオマス利活用の展開に関する将来の方針としては、以下が考えられる。

- (i)大規模なバイオマス利活用（発電、燃料化）：インド、インドネシア、タイ、ベトナム等の都市部中心
- (ii)小規模なバイオマス利活用（堆肥化、炭化、その他）：ネパールやインド、インドネシア、タイ、ベトナムの農村部中心

表 4-3 に示したワークショップ開催国でのバイオマスの発生や利活用の現状及び上記の将来方針に基づき、各国の具体的なプロジェクト（案）としては以下が挙げられる。

表 4-4 各国におけるバイオマス利活用プロジェクト（案）

国名	プロジェクト
タイ	廃棄物系バイオマスの発電又は燃料製造に係るプロジェクト（バイオマスバイオディーゼル、バイオガス、アルコール類等としての利用等）
インドネシア	CDM を活用した廃棄物系バイオマスの堆肥化やキャッサバ、パーム油、ココナッツやパイナップルのなどからのバイオマス発電事業
ベトナム	廃食用油などからのバイオディーゼル燃料や都市ごみの堆肥化プロジェクト
ネパール	小規模な木質系バイオマスのエネルギー利用
インド	廃棄物系バイオマス（一般廃棄物含む）の廃棄物発電
バングラデシュ	コミュニティベースでの堆肥化、分別・資源化

(2) ネットワークについて

本調査研究で実施したワークショップを通じて、得られたネットワーク（参加者）を以下に示す。

表 4-5 ワークショップ参加者によるネットワーク

国名	大学・研究機関	国家機関	地方自治体 (公社含む)	民間企業	NGO/市民 ネットワーク
タイ	○	○	○	○	
インドネシア	○	○	○	○	○
ベトナム	○	○	○	○	
ネパール	○	○			
インド	○		○	○	○
バングラデシュ	○		○	○	○

今回のワークショップ開催では、SWAPI の専門家が中心となってワークショップをそれぞれの国で開催し、表 4-5 のような様々なステークホルダーが参加した。今回得られたこれらのネットワークをきっかけにこれらの国々において、SWAPI の専門家が中心となってワークショップを継続的に開催して情報交換を定期的に行うとともに、その結果を SWAPI 等、日本やその他アジア各国の専門家会議を通じて発表し、各国間の情報交換を行うことを継続的に実施することが求められる。

第5章 バイオマス利活用促進のための技術的手法の開発

1. 日本の事業系食品廃棄物・家庭系生ごみ分別収集のシナリオ評価

1-1. 目的

本章では、アジアにおけるバイオマス利活用に向けた参考情報として、日本国内の家庭系生ごみ・事業系食品廃棄物の収集・運搬過程に焦点を当て、その効率的収集・運搬体制の設計に資する情報基盤を整備することを目的とした。具体的には、家庭系生ごみ・事業系食品廃棄物の収集・運搬車両の追跡調査により作業実態調査を実施し、GPS(全地球測位システム)及びGIS(地理情報システム)ソフトウェアを援用してその運行軌跡データを取得・解析し、収集・運搬の作業時間・走行速度の作業実態に係る基礎データを整備した。また、事業系食品廃棄物の堆肥化事業に取り組んでいる松山市を事例として、事業系食品廃棄物の収集対象事業者の拡大・収集頻度の変更、家庭系生ごみ分別収集の導入、といった様々な条件を想定した分別収集シナリオを設定し、その経費面、環境負荷面、収集効率面の得失を定量的に評価することとした。

1-2. GPS/GISを援用したごみ収集・運搬車両の作業実態調査

(1) 調査概要

調査では、事業系食品廃棄物・家庭系生ごみ等の収集・運搬車両の走行速度、作業時間等の作業実態を把握することを目的とし、ごみの収集・運搬車両にGPSロガーを設置して運行軌跡データを収集するとともに、車両の追跡調査を実施して作業時間データ等を収集した。

(2) 調査対象

調査は、松山市及び東温市・松前市で事業系食品廃棄物の収集・運搬を実施しているA社の車両、家庭系生ごみの収集・運搬を実施した松山市直営車両を対象とした。また、比較対象として家庭系の可燃ごみの収集・運搬車両についても調査することとし、生ごみ分別収集を試験的に実施したII地区、IV地区、及び生ごみ分別収集を実施しなかったI地区、III地区の担当車両についても調査を行った。調査対象とした品目、地域、事業者、調査年月日、GPSを設置した調査台数等の概要は表5-1にまとめて示した。なお、追跡調査は各調査日あたり1台を対象としてビデオ撮影によって作業実態を記録した。

(3) 調査方法・項目

本検討において実施した調査項目と取得したデータを表5-2にまとめた。運行軌跡データは、Transystem社製GPSロガーi-Blue 747を収集車両の運転席屋根部分に取り付ける

表5-1 ごみ収集・運搬車両の作業実態調査の概要

対象品目	対象地域	事業者名
事業家生ごみ	松山市全域及び東温市・松前市の一部	A社
家庭系生ごみ	IV地区(モデル地区)	松山市直営
家庭系可燃ごみ	I地区	B社
家庭系可燃ごみ	II地区(モデル地区)	C社
家庭系可燃ごみ	III地区	D社
家庭系可燃ごみ	IV地区(モデル地区)	E社

ことにより取得した。調査に使用した機材の取り付け状況を写真 5-1、写真 5-2 に示した。

また追跡調査では、後続車両内からハンディカメラを用いて作業実態を記録するとともに、収集車両積み込み口上方に小型カメラを設置し、積み込み作業の詳細な作業実態を録画記録した。後日、ハンディカメラ及び小型カメラの録画記録等から目視により各排出地点での作業速度、積み込み袋数等を計測・記録した。

なお、収集・運搬作業は、事業所・処理施設から最初の排出地点まで移動する「往路走行」、最初の排出地点に到着してから最後の排出地点を出発するまでの「収集」、最後の排出地点から処理施設まで移動する「復路走行」、処理施設でゴミを積み下ろす「積下」に大別される(図 5-1)。また、収集は①停車・降車→②積込→③乗車・発車→④次の排出地点へ移動、のサイクルを繰り返す。本章では①～③の作業を「積込」、④の作業を「移動」とした。また積込については、さらに②の作業に係る時間を「実積込時間」、その他の作業(①～②、及び②～③)に係る時間を「作業準備時間」に分類し、こうした作業区分別に時間・距離等を記録・解析することとした(図 5-2)。

取得した運行軌跡データは、GIS ソフトウェア(ESRI 社 ArcInfo 9.3)を用いて上記時間区分別の走行距離・走行時速を測定した。収集量については、トラックスケールデータから1往復毎の収集重量を把握した。作業時間記録の例、GPS データの例、走行軌跡データの例をそれぞれ表 5-3、表 5-4、図 5-3 に示した。

表 5-2 調査項目

調査方法	調査項目
GPSによる運行軌跡のデータの取得	運行軌跡 走行速度 走行距離
追跡調査	施設出発時刻 排出地点到着時刻 実作業開始時刻 実作業終了時刻 排出地点出発時刻 施設到着時刻 計量開始時刻 計量終了時刻 積み込み袋数 作業実態記録
その他	搬入重量 搬入施設名 事業所名 使用車種 積載量 車両番号 乗車人数 天候



写真 5-1 GPS 取り付け状況①



写真 5-2 GPS 取り付け状況②

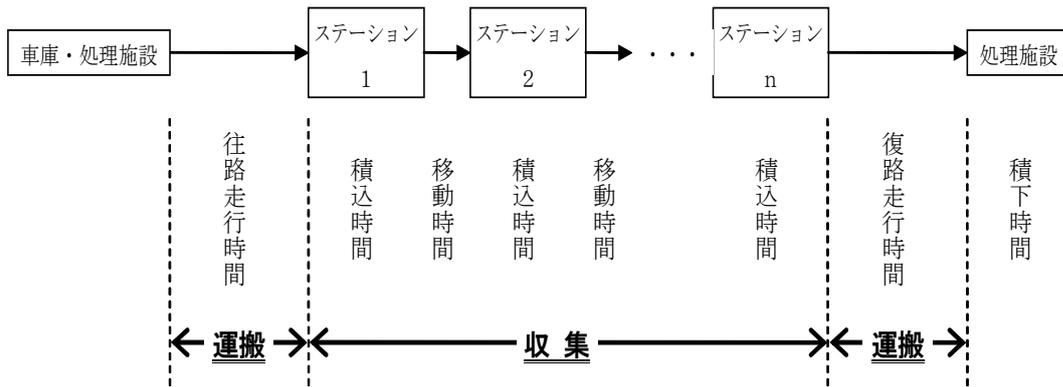


図 5-1 作業時間定義



1.停車 2.積込開始 (1つ目にタッチ) 3.積込終了 (最後のごみを手放す) 4.発車

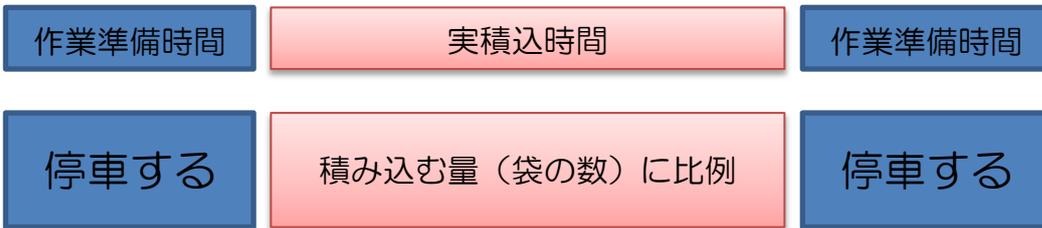


図 5-2 積込作業時間の定義

表 5-3 作業時間記録の例

自治体名	松山市	施設到着時刻	8時29分27秒	給油所到着時刻	
品目	可燃ごみ	計量開始時刻1	8時38分41秒	給油開始時刻	
号車	733	計量終了時刻1	8時40分09秒	給油終了時刻	
回数	2	待機開始時刻		給油所出発時刻	
車種	3000kg/バックカー	待機終了時刻			
天候	くもり	搬入開始時刻			
		搬入終了時刻			
車庫出発		計量開始時刻2		車庫到着	
車庫出発時刻	7:44:35	計量終了時刻2		車庫到着時刻	8:54:20
出発地	西クリーンセンター	施設出発時刻	8時42分21秒	休憩	
		搬入施設名	西クリーンセンター	休憩開始時刻	
				休憩終了時刻	

NO.	停車時刻	開始時刻	終了時刻	発車時刻	次のステーションまで 徒歩移動	人数	解析除外	備考	収集袋数
1	7時54分34秒	7時54分41秒	7時57分27秒	7時57分36秒	徒歩	2			102
2	7時58分01秒	7時58分08秒	7時59分09秒	7時59分29秒	車	2			74
3	8時00分11秒		8時01分41秒	8時01分53秒	車	2			45
4	8時04分50秒	8時04分58秒	8時06分00秒	8時06分19秒	車	2		追跡車両待ちあり	57
5	8時06分47秒	8時06分52秒	8時07分54秒	8時08分12秒	車	2		違反シールあり	29
6	8時08分29秒	8時08分41秒	8時09分03秒	8時09分10秒	車	2			34

表 5-4 GPS データの例

RCR	DATE	Localtime	VALID	SPEED	HEADING	PDOP	HDOP	NSAT (US DISTANCE)
T	2010/12/3	7:00:34	SPS	0.002 km/1	212.2925	1.5	0.97	9(11) 0.00 r
T	2010/12/3	7:00:35	SPS	0.130 km/1	212.2925	1.5	0.97	9(11) 0.01 r
T	2010/12/3	7:00:36	SPS	0.138 km/1	212.2925	1.5	0.97	9(11) 0.05 r
T	2010/12/3	7:00:37	SPS	0.862 km/1	212.2925	1.5	0.97	9(11) 0.06 r
T	2010/12/3	7:00:38	SPS	1.235 km/1	212.2925	1.5	0.97	9(11) 0.25 r
T	2010/12/3	7:00:39	SPS	2.368 km/1	212.2925	1.22	0.95	9(11) 0.35 r
T	2010/12/3	7:00:40	SPS	5.759 km/1	212.2925	1.22	0.95	9(11) 0.68 r
T	2010/12/3	7:00:41	SPS	11.986 km/1	291.0666	1.22	0.95	9(11) 2.73 r
T	2010/12/3	7:00:42	SPS	16.710 km/1	269.6067	1.5	0.97	9(10) 4.06 r
T	2010/12/3	7:00:43	SPS	19.504 km/1	266.1178	1.5	0.97	9(11) 5.10 r

(4) 調査結果

1) 往復走行速度

事業系食品廃棄物の往復走行について、実地調査により得られた基礎データから平均走行速度を算出した結果、A社の平均走行速度は29.39km/hであった。

また、家庭系ごみの往復走行について、地域別平均走行速度を表5-5に示した。往復走行速度の平均は26.35～32.98km/h、全体の平均速度は29.11km/hであり、人口密度や道路幅員等などの地域特性によって地域差があるものと考えられた。

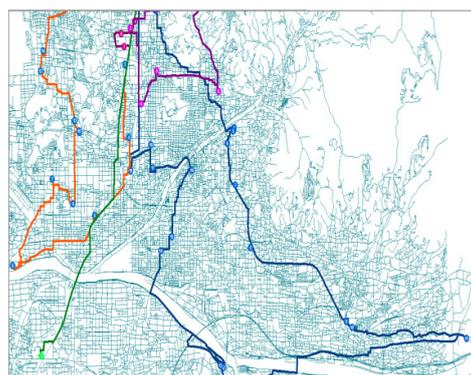


図 5-3 走行軌跡データの例

表 5-5 家庭系ごみの往復走行の地域別平均速度

地区別走行速度	走行速度(km/h)	N
I 地区	30.2	65
II 地区	26.35	102
III 地区	26.9	117
IV 地区	32.98	66
全体	29.11	350

2) 積込作業時間

収集品目別のごみ袋一袋あたりの平均の積込時間、平均作業準備時間、及びごみ袋一袋あたりの

重量を表5-6に示した。また、参考までに他の自治体での家庭系生ごみの調査結果についても併せて示した。事業系食品廃棄物では、一袋あたりの重量が約8kgと家庭系可燃ごみ2.6kgの約3倍となっており、一袋あたりの積込時間が家庭系の可燃ごみより長いことが明らかとなった。また、事業系食品廃棄物は屋内に保管されることも多く、場合によっては施錠されている保管場所の解錠が必要であったり、保管場所から一定の距離を持ち出す必要があったりして、屋外・路上等に排出されている家庭系ごみの収集と比較して、作業準備時間が長いことが明らかとなった。

3) 排出地点間の移動速度

事業系食品廃棄物の排出地点間の移動については、A社の平均速度は19.11km/hであった。また、家庭系ごみの排出地点間の移動について、地域別の平均走行速度を表5.7に示した。排出地点間の移動速度の平均走行速度は、9.45～14.9km/hとな

表 5-6 収集品目別の平均の積込時間・作業準備時間

	一袋あたりの積込時間 (秒/袋)	作業準備時間 (秒/箇所)	一袋あたりの重量 (kg/袋)
事業系食品廃棄物 (注1) (パッカー車)	6.43	64.0	8.05
家庭系可燃ごみ (注1) (パッカー車)	1.29	42.0	2.58
家庭系生ごみ (注2) (平ボディ車)	2.02	14.4	1.49

注1：食品廃棄物の一袋あたりの重量は調査対象とした車両の収集重量を積み込み袋数で除して計算したもの、可燃ごみの一袋あたりの重量は松山市IV地区において一袋あたりの重量を実測したものの平均値である。

注2：家庭系生ごみの積み込み時間・作業準備時間は、平成20年度廃棄物処理等科学研究費補助金総合研究報告書「分別収集・中継輸送に関する費用対効果・費用便益の分析 (K1857, K1962, K2044) [1]」を引用した。

り、IV地区ではステーション間の距離、走行時間が他の地域より長く、平均走行速度が14.9km/hとやや早かったが、IV地区を除く3地区での大きな差はあまり見られなかった。また、全体の平均速度は、11.60km/hとなった。

4) まとめ

往復走行速度には地域差が見られたが、排出地点間の移動速度では一部を除き大きな差は見られなかった。人口密度が低い地域ほど、排出地点間の移動速度は速くなる傾向が見られた。

家庭系可燃ごみ収集における作業準備時間には、袋をパッカー車に押し込むための調整時間や、交通量の多いところでの待ち時間の発生など様々な要素が含まれており、条件によって差があるものと考えられる。

1-3-A. 有機性廃棄物（事業系食品廃棄物）の収集・運搬に係るシナリオ評価

(1) シナリオ設定

本項では、第1-2項で収集・整備した作業時間の原単位・推定モデルを用いて、松山市における有機性廃棄物の収集・運搬に焦点を当て、①現状の事業系食品廃棄物分別収集シナリオ、②事業所アンケート調査の結果に基づく対象拡大シナリオ、③多量排出事業者の参加シナリオ、④収集頻度変更シナリオ、の4つのシナリオを想定し、各シナリオの年間の経費・CO₂排出量・走行距離、及び1tあたりの経費・CO₂排出量・走行距離等の収集効率を評価することとした。各シナリオの概要は以下の通りである

1) 現状の事業系食品廃棄物分別収集シナリオ

他のシナリオとの比較対照として、現在A社が48事業所を対象に実施している事業系食品廃棄物の分別収集について評価することとした。なお、A社の堆肥化施設には松山市の学校給食共同調理場で発生する食品廃棄物が年間約560t、剪定枝が約1,200t搬入されているが、これについては松山市が個別に委託業者と契約を締結しており、当面の間は事業系食品廃棄物との混載が難しいことから本事業では検討対象外とした。

2) 事業所アンケート調査の結果に基づく対象拡大シナリオ

本研究に関連して、株式会社廃棄物工学研究所[2]では、松山市における事業系食品循環資源の排出状況およびリサイクルに向けた今後の課題を明らかにすることを目的とし、同市内の一般廃棄物多量排出事業所195社に平成22年8月6日(金)～平成22年8月27日(金)の期間にアンケートを実施した。

この調査では、多量排出事業所の食品循環資源に対する意向に関する質問「貴事業所は、食品循環資源のリサイクルループへの参加に興味はありますか。」を設定しており、「①非常に興味がある」と回答したのが3事業所(回答者の4.3%)、「②条件によっては参加してもよいと考える」と回答したのが12事業所(同17.1%)、「③条件次第であるが少し興味がある」と答えたのが32事業所(同50.0%)との結果が得られている。

こうしたアンケート調査で得られた結果に基づき、現在A社が収集対象とする48事業所に加え、参加意向の水準に応じて収集対象を拡大した場合のシナリオを設定することとした。具体的には、現状の48事業所に加えて、

- a. 参加意向が「①非常に興味がある」と回答した 3 事業所を追加した場合
- b. 参加意向が「①非常に興味がある・②条件によっては、参加してもよいと考える」と回答した 13 事業所を追加した場合（島嶼部の事業所を除く）
- c. 参加意向が「①非常に興味がある・②条件によっては参加してもよいと考える・③条件次第であるが少し興味がある」と回答した 45 事業所を追加した場合（島嶼部の事業所を除く）

の 3 水準のシナリオを評価することとした。

3) 多量排出事業者の参加シナリオ

松山市では、事業用延床面積・店舗面積が 1,000m² 以上の事業者・大規模小売店舗等を多量排出事業者と位置づけ、事業系一般廃棄物減量等計画書の提出を求めている。平成 21 年度に提出された計画書によれば、多量排出事業者から排出された食品廃棄物は合計で 7,448t であり、うちリサイクル量は 1,682t、リサイクル率は 22.6% であった。

本章では、こうした多量排出事業者が食品廃棄物の分別収集に参加する場合を想定することとした。具体的には、現状の対象である 48 事業所に加えて、多量排出事業者の食品廃棄物のリサイクル率に基づいて段階的に設定し、

- a. 食品廃棄物の排出量が年間 100 t 以上の 11 事業所を追加した場合
(多量排出事業者のリサイクル率約 50%に相当)
- b. 食品廃棄物の排出量が年間 59 t 以上の 21 事業所を追加した場合
(多量排出事業者のリサイクル率 60%に相当)
- c. 食品廃棄物の排出量が年間 25.55 t 以上の 41 事業所を追加した場合
(多量排出事業者のリサイクル率 70%に相当)
- d. 食品廃棄物の排出量が年間 9 t 以上の 89 事業所を追加した場合
(多量排出事業者のリサイクル率 80%に相当)
- e. 食品廃棄物の排出量が一日 8kg 以上の 162 事業所を追加した場合
(多量排出事業者のリサイクル率 85.7%に相当)

の 5 水準のシナリオを評価することとした。

4) 収集頻度変更シナリオ

事業系食品廃棄物は、現状では日曜日を除く週 6 日の頻度で収集されている。本シナリオでは、これを 2 日に 1 回、週 3 回の頻度に変化させた場合を想定することとした。これにより、収集対象地域は月・水・金曜日に収集を行う前半ルートと火・木・金曜日に収集を行う後半ルートの 2 つに分割されることになる。

(2) 評価方法

評価範囲は、事業系食品廃棄物の収集・運搬に係る車両購入費・燃料費・人件費とし、年間の経費・CO₂排出量・走行距離、及び収集効率の指標として収集量 1t あたりの経費・CO₂排出量・走行距離をそれぞれ計算した。各シナリオの計算条件は自治体の実績値・作業実態等を参考に設定した。シナリオ設定・計算条件の概要を表 5-7 に示した。

各シナリオの収集ルートの計算に当たっては、ESRI 社 ArcGIS のエクステンションツールである Network Analyst を用いた。具体的には、走行ルートの開始・終了地点を A 社の堆肥化施設として、①各シナリオの全対象事業所を巡回する最適ルートを Network

Analystにより計算、②最適ルートの巡回順路に沿って事業所の排出量を累積し、積載量2.8tを超えたところで収集を終了するものと仮定して事業所をグループ化、③事業所グループ毎に最適ルートをNetwork Analystにより再計算し、収集・運搬ルートを求めた。

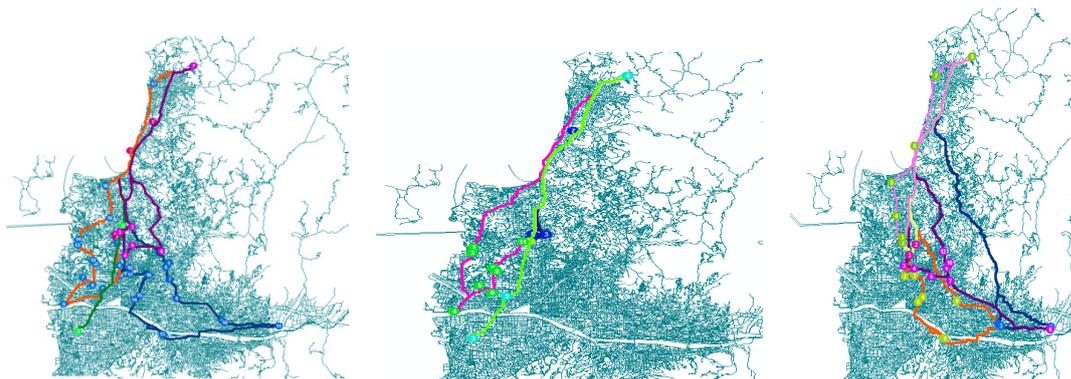
表5-7 シナリオ設定・計算条件の概要

シナリオ		年間食品廃棄物排出量 (t)	対象事業所数	収集頻度
1	現状の事業系食品廃棄物分別収集シナリオ	2,315	48	週6回
2	事業所アンケート調査の結果に基づく対象拡大シナリオ	現状+参加意向①	51	
		現状+参加意向①②	61	
		現状+参加意向①②③	93	
3	多量排出事業者の参加シナリオ	現状+多量排出事業者のリサイクル率50%	59	
		現状+多量排出事業者のリサイクル率60%	69	
		現状+多量排出事業者のリサイクル率70%	89	
		現状+多量排出事業者のリサイクル率約80%	137	
		現状+多量排出事業者のリサイクル率約85.7%	210	
4	収集頻度変更シナリオ	2,315	48	
その他の計算条件		使用車種	3tパッカー車(圧縮式) 積載量2.8t 車両購入費850万円 耐用年数6年 燃費4.8km/l 燃料費115円	
		人件費	680万円	
		車両購入に係るCO ₂ 排出	3.82kg-CO ₂ /千円	
		軽油消費に係るCO ₂ 排出	2.92kg-CO ₂ /l	

(3) シナリオ評価の結果

(1)で設定したシナリオについて、最適ルートを解析した結果の例を図5-4に示した。また、年間の経費・CO₂排出量・走行距離、及び食品廃棄物1tあたりの経費・CO₂排出量・走行距離といった収集効率を検討した結果を表5-8に示した。

事業所アンケート調査の結果に基づく対象拡大シナリオについては、現状と比較して現状+参加意向①のシナリオでは、車両台数に変化がなく、年間の経費・CO₂排出量、1tあたりの経費・CO₂排出量といった収集効率はやや向上するものの大きな差は見られなかった。また、現状+参加意向①②のシナリオでは、現状と比較して車両台数が1台増加し、年間経費は現状比31%増、年間CO₂排出量18%増と大幅に増加、1tあたりの経費・CO₂排出量といった収集効率も現状より低い結果となった。一方、現状+参加意向①②③のシナリオでは、現状+参加意向①②のシナリオと比較して車両台数は変化せず、1tあたりの経費・CO₂排出量といった収集効率では現状を上回る結果となった。事業所アンケート調査に回答した参加意向①②③の事業所は、食品廃棄物の排出原単位が平均48.7kg/日と比較的中小規模の事業所が多く、その収集効率は車両の積載率に影響されるものと考えられた。



1. 現状(月曜の例) 4. 収集頻度変更・前半ルート 4. 収集頻度変更・後半ルート

図 5-4 現状シナリオと収集頻度変更シナリオの最適ルート解析結果

表 5-8 事業系食品廃棄物収集に係るシナリオ評価の結果

事業系食品廃棄物シナリオ		年間総排出量 (t)	年間経費合計(千円/年)	年間CO ₂ 排出量(kg-CO ₂ /年)	年間走行距離(km/年)	円/t	kg-CO ₂ /t	km/t	必要台数	
1	現状の事業系食品廃棄物分別収集シナリオ	2,315	27,606	62,567	76,090	11,926	27.0	32.9	3	
		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
2	事業所アンケート調査の結果に基づく対象拡大シナリオ	現状+参加意向①	2,524	27,766	66,631	82,763	11,002	26.4	32.8	3
			109%	101%	106%	109%	92%	98%	100%	
		現状+参加意向①②	2,628	36,059	73,983	85,951	13,723	28.2	32.7	4
		114%	131%	118%	113%	115%	104%	100%		
	現状+参加意向①②③	3,316	36,475	84,558	103,318	10,999	25.5	31.2	4	
		143%	132%	135%	136%	92%	94%	95%		
3	多量排出事業者の参加シナリオ	現状+多量排出事業者のリサイクル率50%	4,764	37,602	84,391	103,043	7,893	17.7	21.6	4
			206%	136%	135%	135%	66%	66%	66%	
		現状+多量排出事業者のリサイクル率60%	5,533	37,991	94,266	119,261	6,866	17.0	21.6	4
			239%	138%	151%	157%	58%	63%	66%	
		現状+多量排出事業者のリサイクル率70%	6,243	46,555	108,507	133,761	7,457	17.4	21.4	5
		270%	169%	173%	176%	63%	64%	65%		
	現状+多量排出事業者のリサイクル率約80%	6,975	55,083	121,848	146,783	7,897	17.5	21.0	6	
		301%	200%	195%	193%	66%	65%	64%		
	現状+多量排出事業者のリサイクル率約85.7%	7,341	63,825	140,605	168,699	8,694	19.2	23.0	7	
		317%	231%	225%	222%	73%	71%	70%		
4	収集頻度変更シナリオ	2,315	27,176	51,618	58,109	11,740	22.3	25.1	3	
		100%	98%	83%	76%	98%	83%	76%		

多量排出事業者の参加シナリオについては、食品廃棄物年間排出量が 100 t 以上の事業所が参加する「現状+多量排出事業者のリサイクル率 50%」のシナリオでは、一日あたりの必要車両台数が 4 台となるため年間経費は現状比 36%増、年間 CO₂ 排出量 35%増と大幅に増加したが、1t あたりの経費・CO₂ 排出量といった収集効率では現状を大きく上回り、さらに食品廃棄物年間排出量が 59 t 以上の事業所が参加する「現状+多量排出事業者のリサイクル率 60%」のシナリオで収集効率ももっとも高いことが明らかとなった。ただし、「現状+多量排出事業者のリサイクル率 70%」以上のシナリオでは、中小規模の事業所を多数巡回することによる収集距離の増加等により、リサイクル率の向上につれて収集効率が徐々に低下したが、「現状+多量排出事業者のリサイクル率 85.7%」のシナリオにおいても、現状より収集効率が高かった。

なお、A社の堆肥化施設の処理能力は19.2t/日・年間約7,000tであり、従来収集していた学校給食からの収集量560t、剪定枝の収集量1,200tに「現状+多量排出事業者のリサイクル率60%」のシナリオの年間収集量5,533tを加えると、処理能力に相当する収集量となる。

収集頻度変更シナリオでは、現状と比較して年間経費・年間CO₂排出量ともに下回り、1tあたりの経費で現状比98%、1tあたりのCO₂排出量で現状比83%となり、収集効率でも現状を上回る値となった。これは、現状では毎日収集対象の48事業所を巡回する必要があるのに対し、収集頻度変更シナリオでは月・水・金に収集を行う前半ルートと火・木・土に収集を行う後半ルートに収集対象が2分割され（図5-4参照）、年間走行距離が現状の76,090kmから58,109kmに大幅に短縮されたことが大きく寄与したものと考えられる。

なお、収集頻度を2日に1回とする場合には、事業者側に食品廃棄物を一日保管できる環境が必要であり、実際の導入に当たっては保管スペース・臭い・衛生面等の問題について別途詳細な検討が必要と考えられる。

1-3-B. 家庭系生ごみの分別収集に係るシナリオ評価

(1) シナリオ設定

本項では、家庭系可燃ごみに焦点を当て、家庭系生ごみを含めて可燃ごみとして一括収集している「A 現状シナリオ」と、「B 家庭系可燃ごみ・生ごみの2種分別収集シナリオ」を想定し、各シナリオの年間の経費・環境負荷・走行距離、及び1tあたりの経費・CO₂排出量・走行距離等の収集効率を評価した。なお、「B 家庭系可燃ごみ・生ごみの2種分別収集シナリオ」については、分別収集参加率が10%、30%、50%、70%、90%の5つの条件を想定して計算し、参加率の変化が経費・環境負荷・収集効率に及ぼす影響についても併せて検討することとした。

(2) 評価方法

対象地域は、堆肥化処理施設が立地する松山市IV地区（人口27,683人、平成23年2月1日現在）とした。評価範囲は、家庭系可燃ごみ・生ごみの収集・運搬、焼却・堆肥化、残渣の最終処分とし、収集・運搬に係る人員・機材・燃料、中間処理施設の建設・運転に伴うユーティリティ・資材・薬剤消費、ごみ処理に伴う環境負荷、運転施設に関わる人員とした。評価項目は、年間の経費、エネルギー消費量、CO₂排出量、NO₂排出量、SO₂排出量、埋立処分量、また収集効率の指標として収集量1tあたりの経費・CO₂排出量・走行距離とした。また再資源化のプロセスについては「再生品の生産によって、同種製品の製造がその分回避される」とみなし、間接的な環境への貢献分として差し引き計算を行った。各シナリオの計算条件は自治体の実績値・作業実態等を参考に設定した。シナリオ設定・計算条件の概要を表5-9に示した。

表 5-9 家庭系生ごみのシナリオ設定・
計算条件の概要

対象地域の人口	27,683人
対象地域の可住地面積	44.0km ²
対象地域のステーション数	548カ所
可燃ごみ排出原単位	0.4909g/人/日
可燃ごみ中の生ごみの比率	55.65%

なお、松山市IV地区の家庭系可燃ご

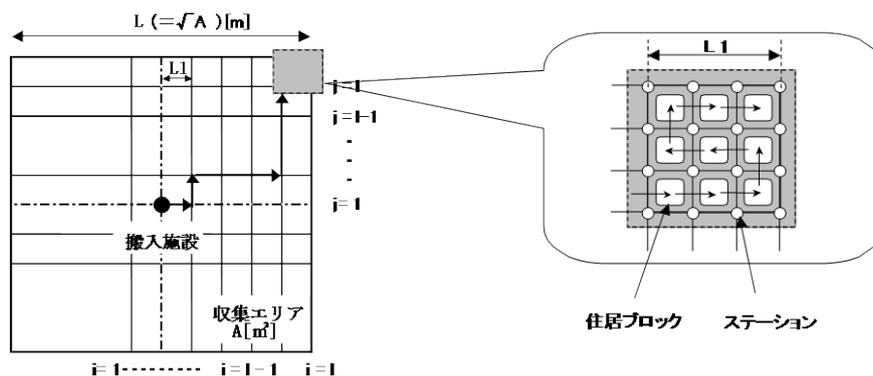


図 5-5 Grid City Model の模式図

み・生ごみの収集距離については、代表的な推定手法である Ishikawa ら[3]の Grid City Model (図 5-5) を用いて推定することとした。このモデルは、地域を正方形かつ道路が格子状に走り、ごみステーションが交差点上に均等に配置されていると仮定することにより地域の面積とステーション数の 2 変数から収集距離を推定するモデルである。運搬距離については、松山市IV地区の代表点を支所の所在地とし、支所と堆肥化施設の最短経路の距離 4.7km を平均運搬距離とした。

経費・環境負荷等の計算に当たっては、収集・運搬過程については、本章で検討した収集・運搬作業時間・速度の原単位を用い、中間処理・最終処分過程については、岡山大学で開発した「戦略的廃棄物マネジメント支援ソフトウェア SSWMSS, Japan[4]」に収録されている焼却・堆肥化・残渣の最終処分の経費・環境負荷の原単位（各処理・処分プロセスにおけるごみ 1t あたりの経費、エネルギー消費量、CO₂排出量、SO₂排出量、NO₂排出量）を用いた。

(3) シナリオ評価の結果

1) 収集・運搬過程の評価結果

各シナリオの収集・運搬に関する年間の経費・CO₂排出量・走行距離、及び生ごみ 1t あたりの経費・CO₂排出量・走行距離といった収集効率を検討した結果を表 5-10 に示した。

年間経費で見ると、「A 現状シナリオ」では必要台数 3 台で 45,152 千円であったのに対して、「B 家庭系可燃ごみ・生ごみの 2 種分別収集シナリオ」では参加率に関わらず必要台数が 4 台と 1 台増え、およそ 60,000 千円と 15,000 千円の増加となった。一方、年間走行距離については、現状では可燃ごみを松山市西クリーンセンターまで片道約 20km を運搬しているのに対して、2 種分別収集シナリオでは生ごみの運搬距離が片道 4.7km と大幅に短縮されるため、参加率が上昇するにつれて年間走行距離は短縮され、年間 CO₂排出量も減少することが明らかとなった。

収集効率で見ると、1t あたりの経費では現状 9,103 円に対して、2 種分別収集シナリオで 12,200 円程度と不利であるが、1t あたりの CO₂排出量については、現状 15.8kg-CO₂ に対して 2 種分別収集シナリオでは参加率が向上するにつれて収集効率が向上し、参加率 70%で 15.8kg-CO₂ で同等となり、参加率 90%で 15.0kg-CO₂ と現状を上回った。な

表 5-10 家庭系生ごみの分別収集に係るシナリオ評価結果

家庭系生ごみシナリオ			年間収集量 (t/年)	年間経費合 計(千円/年)	年間CO ₂ 排 出量 (kg/年)	年間走行距 離(km/年)	円/t	kg-CO ₂ /t	km/t	必要台数
A	現状シナリオ	可燃	4,960	45,152	78,423	101,703	9,103	15.8	20.5	3
B	可燃ごみ・生ごみ2種分 別シナリオ	参加率10%	4,960	60,612	90,137	112,011	12,220	18.2	22.6	4
		うち可燃	4,684	45,143	73,233	93,217	9,637	15.6	19.9	3
		うち生ごみ	276	15,469	16,904	18,794	56,039	61.2	68.1	1
		参加率30%	4,960	60,651	86,143	105,480	12,227	17.4	21.3	4
		うち可燃	4,132	45,135	68,044	84,730	10,923	16.5	20.5	3
		うち生ごみ	828	15,516	18,099	20,749	18,737	21.9	25.1	1
		参加率50%	4,960	60,689	82,150	98,948	12,235	16.6	19.9	4
		うち可燃	3,580	45,126	62,855	76,244	12,605	17.6	21.3	3
		うち生ごみ	1,380	15,563	19,295	22,705	11,276	14.0	16.5	1
		参加率70%	4,960	60,728	78,156	92,417	12,243	15.8	18.6	4
		うち可燃	3,028	30,101	52,254	67,757	9,941	17.3	22.4	2
		うち生ごみ	1,932	30,627	25,902	24,660	15,850	13.4	12.8	2
		参加率90%	4,960	60,766	74,163	85,886	12,251	15.0	17.3	4
		うち可燃	2,476	30,093	47,065	59,271	12,154	19.0	23.9	2
うち生ごみ	2,484	30,674	27,097	26,615	12,347	10.9	10.7	2		
3-2	(参考)「現状+多量排出事業者のリサイクル率60%」シナ		5,533	37,991	94,266	119,261	6,866	17.0	21.6	4

お、事業系食品廃棄物のシナリオの中でもっとも収集効率の高かった「現状+多量排出事業者のリサイクル率 60%」のシナリオと家庭系生ごみの収集効率を比較すると、1tあたりの経費では「現状+多量排出事業者のリサイクル率 60%」のシナリオで 6,866 円/t に対して家庭系生ごみの収集効率は 11,276~56,039 円/t と大きく差があるものの、1tあたりの CO₂ 排出量では「現状+多量排出事業者のリサイクル率 60%」のシナリオで 17.0kg-CO₂ に対して家庭系生ごみでは参加率 50%で 14.0kg-CO₂、参加率 70%で 13.4kg-CO₂、参加率 90%で 10.9kg-CO₂ と事業系を上回る結果となった。

2) 収集・運搬・中間処理・最終処分を含めたシステム全体の評価結果

次に収集・運搬・中間処理・最終処分を含めたシステム全体の評価結果を表 5-11 に示した。対象地域の家庭系可燃ごみ・生ごみの処理に係る年間のエネルギー消費量、CO₂ 排出量、SO_x 排出量、NO_x 排出量、埋立処分量のすべての項目について、「A 現状シナリオ」よりも「B 可燃ごみ・生ごみ 2 種分別シナリオ」の方が環境負荷が小さく、参加率が向上するに従って環境負荷が低下することが明らかとなった。一方、処理経費については、参加率が向上するに従って増加し、参加率 90%で

表 5-11 家庭系可燃ごみ・生ごみのシステム全体のシナリオ評価結果

	A 現状シナ リオ	B 可燃ごみ・生ごみ2種分別シナリオ				
		参加率 10%	参加率 30%	参加率 50%	参加率 70%	参加率 90%
エネルギー消費量 (GJ)	-1,784	-1,938	-2,633	-3,327	-4,022	-4,716
	100%	109%	148%	186%	225%	264%
CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	1,534	1,520	1,464	1,408	1,352	1,296
	100%	99%	95%	92%	88%	85%
SO _x 排出量 (kg-SO ₂)	103	74	-4	-82	-161	-239
	100%	72%	-4%	-80%	-156%	-232%
NO _x 排出量 (kg-NO ₂)	2,566	2,390	2,006	1,622	1,239	855
	100%	93%	78%	63%	48%	33%
埋立 (m ³)	756	714	630	546	462	377
	100%	94%	83%	72%	61%	50%
処理経費 (千円)	124,654	142,441	147,132	151,823	156,514	161,205
	100%	114%	118%	122%	126%	129%

は現状比 30%増となるものと考えられた。

1-4. まとめ

(1) 得られた成果

本研究で得られた成果を以下にまとめた。

- ①松山市において事業系食品廃棄物・家庭系生ごみ・可燃ごみの収集車両を対象とした実態調査を実施し、収集・運搬作業に係る作業時間等の原単位を構築した。
- ②事業系食品廃棄物・家庭系生ごみの分別収集対象拡大シナリオを設定し、各シナリオの収集体制、年間コスト、年間 CO₂ 排出量、及び収集効率を評価した。
- ③事業所アンケート調査の結果に基づく対象拡大シナリオについては、現状+参加意向①のシナリオでは、現状と比較して車両台数に変化がなく、年間の経費・CO₂ 排出量、1t あたりの経費・CO₂ 排出量といった収集効率はやや向上するものの大きな差は見られなかった。また、現状+参加意向①②のシナリオでは、現状と比較して車両台数が 1 台増加し、年間経費は現状比 31%増、年間 CO₂ 排出量 18%増と大幅に増加、1t あたりの経費・CO₂ 排出量といった収集効率も現状より低い結果となった。一方、現状+参加意向①②③のシナリオでは、現状+参加意向①②のシナリオと比較して車両台数は変化せず、1t あたりの経費・CO₂ 排出量といった収集効率では現状を上回る結果となった。
- ④多量排出事業者の参加シナリオについては、食品廃棄物年間排出量が 100 t 以上の事業所が参加する「現状+多量排出事業者のリサイクル率 50%」のシナリオでは、一日あたりの必要車両台数が 4 台となるため年間経費は現状比 36%増、年間 CO₂ 排出量 35%増と大幅に増加したが、1t あたりの経費・CO₂ 排出量といった収集効率では現状を大きく上回った。食品廃棄物年間排出量が 59 t 以上の事業所が参加する「現状+多量排出事業者のリサイクル率 60%」のシナリオで収集効率をもっとも高いことが明らかとなった。「現状+多量排出事業者のリサイクル率 70%」以上のシナリオでは、中小規模の事業所を多数巡回することによる収集距離の増加等により、リサイクル率の向上につれて収集効率が徐々に低下したが、「現状+多量排出事業者のリサイクル率 85.7%」のシナリオにおいても、現状より収集効率が高かった。
- ⑤収集頻度変更シナリオでは、年間走行距離が現状の 76,090km から 58,109km に大幅に短縮され、現状と比較して年間経費・年間 CO₂ 排出量ともに下回り、1t あたりの経費で現状比 98%、1t あたりの CO₂ 排出量で現状比 83%となり、収集効率でも現状を上回る値となった。
- ⑥家庭系生ごみの分別収集について、松山市IV地区を対象に収集効率を試算した結果、1t あたりの処理経費では現状の可燃ごみ一括収集と比較すると可燃ごみ・生ごみの 2 種分別収集は必要台数が 1 台増えるため不利であるが、1t あたりの CO₂ 排出量では市民参加率 50%以上の条件で事業系食品廃棄物の分別収集シナリオを上回る等、収集効率が高いことが示唆された。
- ⑦家庭系ごみについて、可燃ごみ一括収集と可燃ごみ・生ごみの 2 種分別収集について、収集・運搬から中間処理・最終処分に至るシステム全体の処理経費・環境負荷を比較すると、年間のエネルギー消費量、CO₂ 排出量、SO_x 排出量、NO_x 排出量、

埋立処分量のすべての環境負荷項目について、可燃ごみ一括収集よりも可燃ごみ・生ごみの2種分別収集の方が環境負荷が小さく、参加率が向上するに従って環境負荷が低下することが明らかとなった。一方、処理経費については、参加率が向上するに従って増加し、参加率90%では現状比30%増となるものと考えられた。

(2) 松山市に対する政策提言

- ①事業系食品廃棄物の効率的分別収集システムを構築するに当たっては、大規模排出事業者（特に年間排出量59t以上）の参加を促進することが極めて重要である。
- ②事業系食品廃棄物の収集頻度を週6回から週3回に変更することで、特に食品廃棄物1tあたりのCO₂排出量を17%削減できるものと試算され、その収集効率の向上に対する効果は大きい。ただし、収集頻度を減らすと、堆肥化原料の品質を下げる事にもつながりかねず、その導入に当たっては排出事業者における食品廃棄物の保管、腐敗・臭気対策等に関する検討が必要である。
- ③家庭系生ごみの分別収集については、松山市IV地区を対象にした場合、1tあたりの処理経費では現状の可燃ごみ一括収集と比較すると可燃ごみ・生ごみの2種分別収集は不利であるが、年間のエネルギー消費量、CO₂排出量、SO_x排出量、NO_x排出量、埋立処分量のすべての項目について、可燃ごみ一括収集よりも可燃ごみ・生ごみの2種分別収集の方が環境負荷が小さく、参加率が向上するに従って環境負荷が低下することが明らかとなった。ごみの資源化・環境負荷削減を推進する上で、その実施可能性を検討する価値があるものと考えられる。

(3) 今後の課題

事業系廃棄物食品廃棄物、家庭系生ごみの分別収集に当たっては、発生源から堆肥化までの距離を短くする、堆肥化施設から農家までの距離を短くするなど、運ぶ距離を短くすることが原則である。食品廃棄物をどのように収集するのか、行政目標、将来の報告性、先進事例、組合せの最適化、ルート最適化、中継輸送、BDFの導入等を経費を含めて検討し、評価シナリオ（想定条件）を設定する必要がある。

ごみの収集・運搬作業に係る作業時間や走行速度、走行距離はその地域の地域特性に大きく影響されると考えられる。より精度の高い検討を行うためには人口密度や道路幅員等の地域特性別の作業時間や走行速度を明らかにすることが必要と考えられる。

2. ベトナムにおける生ごみ分別収集等の実態調査

2-1. はじめに

ベトナムでは、一般廃棄物はハンドカートによる各戸収集及びトラックによる中継輸送が主流となっており、分別収集、コンテナ収集はほとんど見られないのが現状である。本研究では、ベトナム国内の先進事例として、北部ハノイ市における生ごみの分別収集、中部ダナン市におけるコンテナ収集等の各種収集システムを取り上げ、GPS/GISを援用して作業軌跡・作業時間等の作業実態データを収集し、収集・運搬のコスト・環境負荷・収集効率等を比較した。

2-2. ハノイ市の生ごみ分別収集に関する実態調査

(1) 方法

ハノイ市は、日本政府が支援する3Rプロジェクト（通称3R・HNプロジェクト）の対象都市に選定され、2006年3月より3年間にわたり循環型社会構築に向けた技術援助を受けた。このプロジェクトでは、Nguyen Du 街区(Hai Ba Trung 区)、 Phan Chu Trinh 地区(Hoan Kiem 区)、 Thanh Cong 地区(Ba Dinh 区)、 and Lang Ha 地区(Dong Da 区)の4つの地区で生ごみの分別収集を導入した（図5-6参照）。本調査では、これまでのところ生ごみ分別収集が成功したといわれている Nguyen Du 街区を調査対象として選定した。同街区の人口は6,682人、世帯数は1,988世帯である(2010)。家庭系廃棄物の収集量は1日約9.0tと推定されている。3R・HNプロジェクトのモデル地区では、収集作業員は決められた排出場所に、堆肥化される生分解性ごみ用の緑色のごみ容器、その他埋め立てられるごみ用のオレンジ色のごみ容器、の2種類のごみ容器を設置することになっている。分別収集システムの概要を図5-7に示した。

実態調査は、2012年9月28日～10月2日の期間に実施した。調査では、収集・運搬に用いるごみ容器・運搬車両の走行速度、作業時間等の作業実態を把握することを目的とし、ごみの収集・運搬に用いるごみ容器・運搬車両に Transsystem 社製 GPS ロガー-i-Blue 747 を設置して運行軌跡データを取得した。また、収集・運搬作業時に後方からハンディカメラを用いて作業の詳細な作業実態を録画記録した。ごみの重量については、中継ポイントで100kg秤あるいは1000kg秤を用いて現地で実測した。

なお、収集・運搬作業は、1)ごみ容器の駐車場から決められた設置場所への移動、2)休憩・作業員の担当地域の清掃、3)ごみ容器の設置場所から中継地点への移動、4)中継地点での待機、5)輸送車両へのごみの積み替え、6)ごみ容器の駐車場への移動、に大別される。取得した運行軌跡データは、GISソフトウェア(ESRI社 ArcInfo)を用いて、上記時間区分別の走行距離・走行時速を解析した。

(2) 調査結果

表5-12に Nguyen Du 街区におけるごみ容器収集の作業実態の概要を示した。作業時間は、ごみ容器の設置、回収、待機、ごみの中継車両への積み替え、ごみ容器の返却、休憩に大別して示した。

ごみ容器の設置・回収にあたって、作業員は一度に1～2個のごみ容器を移動する。1個あたりの作業時間は設置128.77秒、回収124.56秒であり、移動速度は設置3.08km/h、回収2.89km/hと大きな差は見られなかった。

コンテナ1個あたりの収集に要する合計作業時間は、454秒/個（休憩時間除く）であ



図5-6 分別収集モデル地区の位置

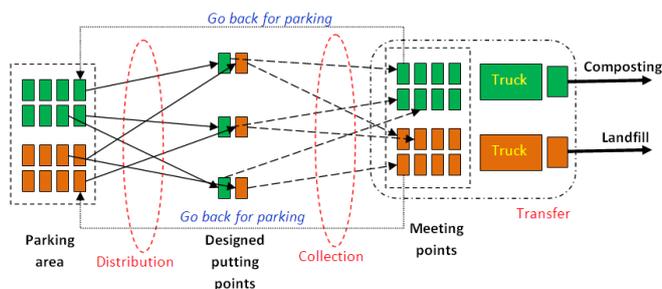


図5-7 ハノイ市におけるごみ容器による分別収集システムの概要

った。図 5-8 に 1 日の作業時間・作業距離の作業区分別内訳を示した。ゴミ容器の設置・回収がそれぞれ 26%、25%と半分を占めた。収集作業以外の時間については、中継地点での待機 22%、休憩時間 9%と 3 割以上を占めている実態が明らかとなった。なお、ゴミ容器 1 個あたりの平均収集重量は 49.08kg であった。

ゴミ収集量 1t あたりの収集効率を表 5-13 に示した。1t あたりの作業時間は 2.83 人時/t であり、作業距離は 6.26km/t であることが明らかとなった。

表 5-12 ゴミ容器収集の作業実態

作業内容	コンテナ 1 個あたりの 作業時間(秒/個)	コンテナ 1 個あたりの 作業距離(m/個)	移動速度 (km/h)
ゴミ容器の設置	128.77	117.10	3.08
ゴミ容器の回収	124.56	106.94	2.89
中継地点での待機	108.13	21.06	0.80
中継車両への積み替え	35.39	20.18	1.98
ゴミ容器の返却	57.15	41.87	3.21
休憩 (1 日あたり)	9628		

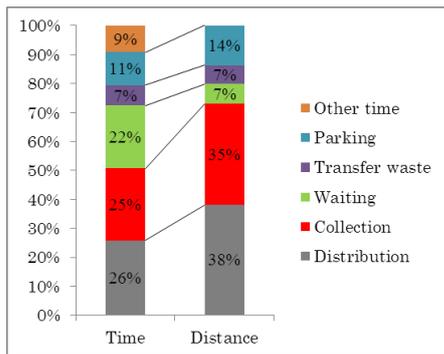


図 5-8 1 日の作業時間・作業距離の作業区分別内訳

表 5-13 ゴミ 1t 当たりの作業時間

作業内容	1t あたり作業時間 (人時/t)	1t あたり作業距離 (km/t)
ゴミ容器の設置	0.73	2.39
ゴミ容器の回収	0.70	2.18
中継地点での待機	0.61	0.43
ごみの中継車両への 積み替え	0.20	0.41
ゴミ容器の返却	0.32	0.85
休憩	0.26	-
合計	2.83	6.26

2-3. ベトナム・ダナン市における収集システムに関する実態調査

(1) 方法

本研究では、ダナン市において導入されている代表的な収集・運搬システムとして、

Practice 1 : 三輪自転車による各戸収集・中継地点での積み替え・フォークリフトトラックによる二次運搬

Practice 2 : ミニトラックによるごみ容器収集（容器にごみを入れたまま回収・空容器の配布）・中継輸送ステーションでの積み替え・フォークリフトによる二次運搬

Practice 3 : フォークリフトトラックによるごみ容器収集・運搬+ミニトラックによるごみ容器の回収・洗浄・配布

Practice 4 : フォークリフトトラックによるごみ容器収集・運搬

Practice 5 : コンパクタートラックによる各戸収集・運搬

の5種類のシステム(図5-9)を対象とした。実態調査は、2012年5月3日～6月8日の期間に実施した。

(2) 調査結果

1) 収集・運搬の作業軌跡及び作業距離

本研究で対象とした収集・運搬システムのうち、Practice 1,2 の作業軌跡を図5-10に示した。Practice 1の各戸収集では、対象地域の道路のほぼ全体を巡回しており、1日の収集距離は6.96kmであり、これは調査対象地域の道路総延長の88%に相当する。一方、Practice 2,3のごみ容器収集では、収集経路は単純化され、Practice 2の1日の収集距離は3.50kmとなり、調査対象地域の道路総延長の46%となった。

2) 収集・運搬の作業速度

収集・運搬の作業速度を作業区分別に解析した結果を表5-14に示した。

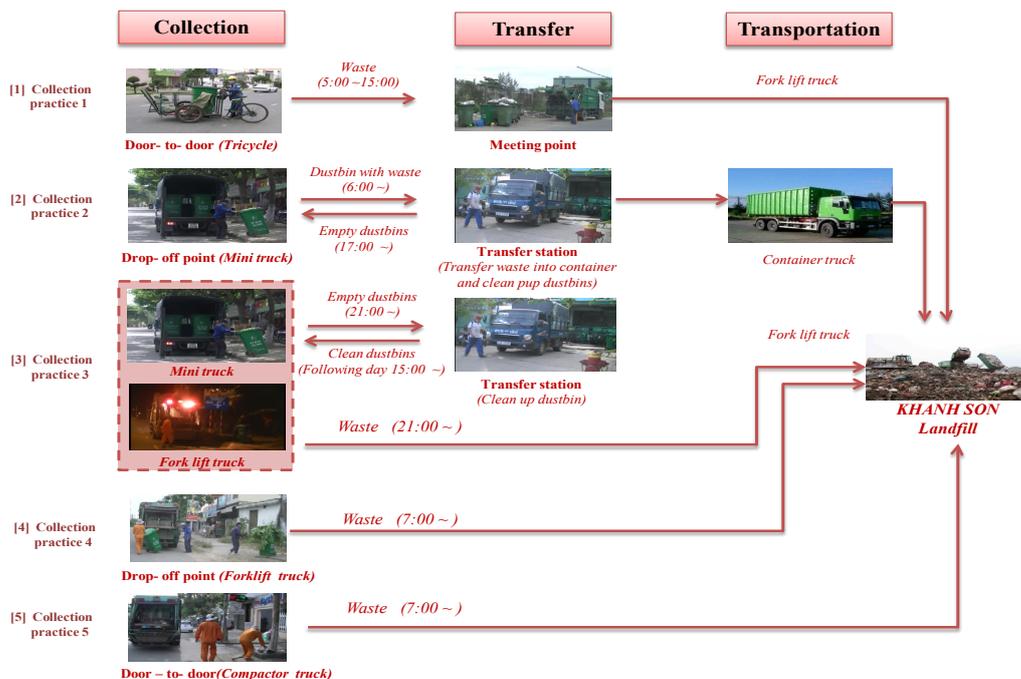


図5-9 本研究で対象としたダナン市の収集・運搬システムの流れ



Door-to-door collection in Area 4 (Practice 1)

Operation distance: 6.96 km
= 88% of total road length



Dustbin collection/ Dustbin distribution in Area 3 (Practice 2)

Operation distance: 3.50 km
= 46% of total road length

図 5-10 各種収集システムの作業軌跡のイメージ

表 5-14 各収集システムの作業区分別の作業速度

	Collection system	Vehicle used	1 st Collection			2 nd Transport
			Moving to target area	Moving in target area	Moving from target area	Transport
Practice 1	Door-to-door	Tricycle	5.99	1.66 (Load and move)	3.86	35.63
Practice 2	Dustbin	Mini truck	26.28	12.32 (Move only)	24.28	33.18
Practice 3	Dustbin	Forklift truck	17.44	12.73 (Move only)	16.11	32.85
Practice 4	Dustbin	Forklift truck	28.54	14.01 (Move only)		32.23
Practice 5	Door-to-door	Compactor truck	14.03	4.13 (Load and move)		34.99

調査対象地点への移動、調査対象地点からの移動については、三輪自転車がそれぞれ 5.99km/h、3.86km/h であり、ハノイのごみ容器収集の移動速度が 3km/h 程度であったのに対して、若干早かった。なお、ミニトラック、フォークリフトトラック、コンパクタートラックの調査対象地点への移動、調査対象地点からの移動は 14.03-28.54km/h の範囲であり、三輪自転車の 3-4 倍程度の移動速度であった。

調査対象地域内の移動速度については、各戸収集では三輪自転車（1 名で収集）は 1.66km/h、コンパクタートラック（運転手 1 名、作業員 2 名で収集）では 4.13km となり、コンパクタートラックの作業速度は三輪自転車の約 3 倍であった。収集地域から最終処分場への二次運搬については、作業速度は 32.23-35.63km/h となり、収集地域内での作業速度よりも早い傾向が見られた。

3) 中継輸送施設における作業時間・作業速度

Practice 2,3 においては、ミニトラックでゴミ容器を回収し、中継輸送ステーションでゴミ容器から大型コンテナに積み替え、またゴミ容器を洗浄している。積み替えに要する時間は、小型のゴミ容器(240L)で平均 56 秒、大型のゴミ容器(660L)で平均 2 分であった。また、洗浄に要する時間は、小型のゴミ容器(240L)で平均 39 秒、大型のゴミ容器(660L)で平均 79 秒であった。

4) 収集・運搬システムの作業効率の比較

ダナンの 5 つの収集システム及びハノイの生ゴミ分別収集の収集効率について、1t

あたりの作業時間（人時/t）を評価した結果を表 5-15 に示した。1t あたりの作業時間で見ると、ダナンの Practice 4 のフォークリフトトラックによるごみ容器収集・運搬の収集効率が 0.54 人時/t で最も効率的であり、一方ハノイの生ごみ分別収集では 2.83 人時/t で 1t あたり 5 倍以上の作業時間を要していることが明らかとなった。ハノイでは、人手によってごみ容器を設置・回収し、中継ポイントで運搬車両にごみを積み替えて最終処分場に運搬しているが、ごみ容器を常設し、フォークリフトトラックによる直接収集・運搬を実施することにより、大幅な収集効率の改善を図ることができるものと考えられた。

表 5-15 ダナン・ハノイにおける廃棄物収集システムの収集効率

都市	収集システム	収集・運搬車両	1t あたり作業時間 (人時/t)
Da nang	Practice 1 Door-to-door collection	Tricycle	2.28
Da nang	Practice 2 Dustbin collection	Mini-truck	1.23
Da nang	Practice 3 Dustbin collection	Mini-truck-forklift truck	2.37
Da nang	Practice 4 Dustbin collection	Forklift truck	0.54
Da nang	Practice 5 Door-to-door collection	Compactor truck	1.74
Hanoi	Segregate collection, dustbin collection	Dustbin	2.83

(第 5 章 参考文献)

- [1] 松井康弘、藤原健史、藤井 実、大迫政浩、村上進亮、田中 勝 (2009), 平成 20 年度廃棄物処理等科学研究費補助金総合研究報告書「分別収集・中継輸送に関する費用対効果・費用便益の分析 (K1857, K1962, K2044) (代表研究者松井康弘)」(環境省)
- [2] 株式会社 廃棄物工学研究所 (2011), 「平成 22 年度農山漁村 6 次産業化対策に係る食品廃棄物効率的収集体制構築促進事業成果報告書」(農林水産省)
- [3] M. Ishikawa (1996), “A Logistic Model for Post-Consumer Waste Recycling” *Journal of packaging science & technology*, Vol.5, No.2, pp. 119-130
- [4] 田中 勝編 (2008), 「戦略的廃棄物マネジメント～循環型社会への挑戦～」、岡山大学出版会

第6章 バイオマス利活用促進のための経済的手法の研究

1. 政策手段の特性とその経済学的検討

1-1. マテリアルフローへの政策介入の複合的効果

循環型社会の形成を目指して、資源の循環的利用を促進する施策が求められている。バイオマスにおいても同様であり、各種の施策が、国レベルで、また地方自治体レベルで導入されている。

一般的に、財の需給に影響を及ぼす施策は、市場の相互連関を通じて需要側か供給側のどちらかに集約されて効果を発現し、介入のない場合の市場の需給均衡から価格・取引量が変化する。バイオマスの利用拡大を意図するとき、供給側が一定で需要が拡大すれば価格の上昇と取引量の増大を、需要側が一定で供給側が拡大すれば価格の低下と取引量の増大をもたらす。単一の市場で捉えられる通常の財・サービスと異なり、廃棄物系バイオマスの供給側は、廃棄物処理サービス市場そのものであり、廃棄物処理の需要は供給された財と表裏一体になっており、単なる原材料としての市場と同一視するべきではない。循環資源の市場は廃棄物市場と財市場とが結合しており、それぞれが求めるマテリアルフローの調整が必要となる。

循環利用のない生産から廃棄への過程を考えると、財市場における取引量の拡大は原材料としての資源の採取量の増大と財の消費後の廃棄量の増大を帰結する。逆に、完全なクローズドループを考えると、財市場での需給変動が発生することは許されない。市場での変動は価格を変化させるが、同量の資源を消費し、同量を廃棄し、それを再び消費することとなる。クローズドループに近い循環利用を志向するならば、廃棄による需給の調整を避け、追加的な資源の投入や保管による調整が必要となる。

現実には、循環利用の用途はもとの循環資源の発生時の用途とは異なることが大部分であり、同一の用途での循環利用を行う場合には全体の市場規模が循環利用より大きいのか、廃棄や在庫としての保管が可能となっている。しかし、循環利用の比率を向上させようとするならば、廃棄物市場での取引量と財市場での再生資源の取引量との調整の必要性は高まる。拡大生産者責任下の各種リサイクル制度は、こうした調整機能を有している。

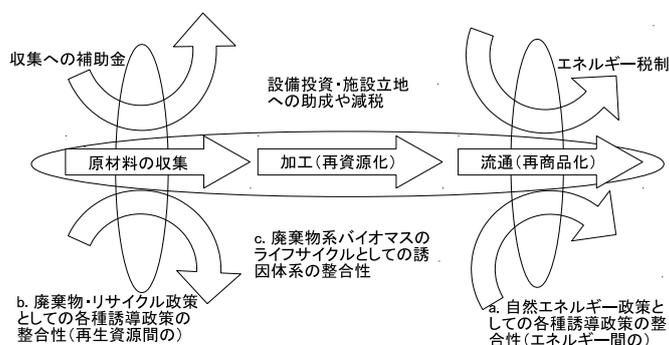


図 6-1 廃棄物系バイオマスの利活用促進に関する政策介入の枠組み

廃棄物系バイオマスの利活用に関しては、このような単独の枠組みは存在していない。複数の政策主体が、複数の施策を個別に展開している。ある施策によって廃棄物系バイオマスの回収量が増加し、その結果として財市場で供給の過剰が発生して「回収した資源が有効に活用されていない」ことが問題となり得る。ある

施策の「成果」が別の施策を求める「問題」となるのである。市場に介入する施策は市場の連関を通じて原材料や製品の市場、代替商品など関連する他の財の市場に影響を及ぼす。廃棄物系バイオマスの場合、原材料の供給である廃棄物市場でのリサイクル行動から循環利用先である財市場での取引量の決定までの全過程を通じた評価が必要である。特に課税や補助金に代表される経済的手法の場合は政策介入のコストも各々に生じており、施策が別の施策を求めるような事態は政策費用の無用な拡大に、別言すれば政策の費用対効果の低下に繋がりがかねない。

本研究では、廃棄物系バイオマスの循環利用、特にBDFに代表されるバイオ燃料としての利用に注目し、個別複数の経済的な施策のマテリアルフローへの複合的な効果に関する評価手法を探る。

初年度においては、現在各国で採用されているバイオ燃料の利活用促進を意図した経済的な施策について、介入の対象や経済学的な根拠によって整理を行った。引き続き、二年度には複数の施策が独立して導入された場合のマテリアルフローに及ぼす影響について理論的な研究を行った。その後、構築した手法を踏まえ、事例の評価を行った。

1-2. 経済的支援政策の介入対象領域

バイオマスのエネルギー利用促進を図る目的で導入されている各種の施策は多岐に及ぶが、全体としてバイオマスエネルギーの利用量を拡大することを意図しながらも、介入の対象となる領域は、事業活動やバイオマスエネルギーの利活用フローの中で広く分散している。介入の対象領域は、政策当局による問題の所在に関する認識を反映すると想定されるが、他方で複数の政策主体が自己の所掌範囲で介入可能となる領域に介入している面も見逃せない。結果として目標を共通とする複数の政策が別個に存在している。

事業活動の段階別では、以下のような介入対象が見られる。

(1)研究開発

事業活動以前の、研究開発段階での助成は日本においても各省庁のバイオマスニッポン関連予算に散見される。バイオマスのエネルギー利用については第一世代のバイオ燃料や家畜糞尿等を利用したバイオガス、木質系バイオマスの熱利用などのように技術的に産業化の段階に到達しているものが多数みられる一方で、草木系の未利用資源や廃棄物等を原材料とした第二世代のバイオ燃料技術や藻類、微生物（遺伝子組換えされたものを含む）を活用した既存バイオマス利用技術の高度化技術のように、なお多くの技術が研究開発段階にある。穀物由来のエタノールに代表される第一世代バイオ燃料が食料生産と対立することに加え、他の既存の技術も化石燃料と商業的に競争できる領域は限られており、なお一層の生産性と品質の向上が求められている。研究開発への助成の一部は新たな商業化技術に結実し、中長期的にバイオマスエネルギーの供給源および用途の拡大に寄与することが期待される。

(2)設備投資

技術的に確立したものを対象に、一定の要件を満たすものを対象とした生産設備、利用施設を設置する設備投資への助成も行われている。直接的に設備投資の一部を政府が助成するもののほか、わが国のエネルギー需給構造改革推進投資促進税制（2009年4月～2012

年3月)にみられるように、事業者の税額控除や特別償却を認めることで、事業者の税負担を軽減する手法も行われる。さらに、信用保証や政策金融機関による融資、利子補給等の金融面での支援により事業者の投資負担を軽減することも考えられる。

(3)原材料生産

バイオマスエネルギーの原材料の生産段階への支援は、特に第一世代のバイオ燃料生産に関して広く見られる。EU諸国ではバイオマスエネルギーの利活用以前から行われていた共通農業政策をバイオ燃料の原材料生産に拡張し、原料作物の生産について、作付面積に1ha当たり45ユーロの支援が行われている(EU域内での面積の上限あり)¹。また、わが国ではエネルギー利用に限定したものではないが、木質系のバイオマスに関して、林地残材や間伐材の利活用を意図して市場価格よりも高い価格で買い上げる社会実験が鳥取県智頭町などで地域レベルで実施された²が、これは原材料を対象とした固定価格買い取り制度の側面を持つ。

(4)原材料収集

廃棄物系バイオマスの場合は、原材料の収集段階への支援が行われる。原材料が有価物として取引対象となる場合は市場の内部で自発的な取引が行われるが、有価物として十分な価格が成立しない場合や、自律的な市場の取引量の拡大を意図して経済的な介入が行われる。必ずしもエネルギー利用を意図したものではないが、わが国の多数の地方自治体において、資源化可能な廃棄物の集団回収に対する助成が行われている。多くは回収量に応じて助成金が支出される補助金政策となっている。金銭的な支援がない場合においても、かつて鳥取環境大学で実験が行われた地域通貨制度と連携させるものや、商店等で利用できる割引券として機能するスタンプカードのシステムと組み合わせるもの、さらには早稲田方式として知られるくじ引きの抽選券等を提供する手法など、廃棄物中の資源回収には多様な手法が行われている。³金銭的な助成が行われない、あるいは低額な場合には経済的手法と社会的手法との双方の側面を持つこととなる。

(5)需要・販売

製品となったバイオマス燃料を販売する場合、直接的な経済的支援として多用されるのが、燃料税制の中で特に化石燃料との価格差を緩和するための優遇措置である。バイオ燃料に対する減税・免税、あるいはガソリン等化石燃料に対する増税を組み合わせる。EU諸国(2003年10月エネルギー税指令 2003/96/ECに基づく)⁴やわが国(バイオ由来燃料導入促進税制 2009年2月～2013年3月)ではバイオエタノールを混和したガソリンに対して、混和分に相当する揮発油税や炭素税の減免を行なっている⁵。また、アメリカではミネソタ州で1ガロン当たり20セントの補助を実施するなど、州レベルでバイオエタノールの生産に生産量に応じた補助が行われている。一方、バイオガスや木質系バイオマス等の熱利用から得られるバイオマス由来の電力に対しては、特にEU諸国で固定価格

¹ 坂内・大江(2008)4章[1]、NEDO(2010)pp.226-pp.232[2]による。

² 「木の駅プロジェクト」(<http://kinoeki.org>)として多数の地域が取り組んでいる。

³ 早稲田方式は平成15年度環境白書 pp.81[3]に紹介されている。また、鳥取環境大学の社会実験については吉村(2009)[4]に詳しい。

⁴ 前掲書による。以下、米国についても同じ。

⁵ 平成20年度エネルギー白書 pp.187参照[5]。

買取制度（FIT）の対象とされている。

(6)規格化・品質確保

価格メカニズムに直接介入するものではないが、品質に関する施策も重要な意義を持つ。特に、ガソリンや軽油に代替するバイオ燃料の場合、代替可能ではあっても化学的な特性は同一ではないため、既存の内燃機関での利用を想定した場合に一定の燃焼条件を維持するために混和率を制限することが必要となる。逆に、新しい燃料に対応した内燃機関の開発を求める場合にも、開発の前提となる規格が必要となる。前者の場合、わが国の「揮発油等の品質の確保に関する法律」による強制規格のように、品質を維持する混和率の上限を定める場合と、ブラジルにおいてガソリンのE25化が義務付けられているように⁶、域内で販売される軽油やガソリンにバイオ燃料を一定比率で混和することを義務付ける場合とがある。E25の規格化は後者の施策とも考えられるが、無混和のガソリンとE10やE25、軽油とB5、B100と複数種類の混和率の燃料規格が並立する場合と、混和を義務付けることとは、その効果において大きな相違が生じる。

1-3. バイオマスの利活用フローに影響する経済的支援政策とその特性

(1)研究開発助成

研究開発には高い不確実性が伴う。特に、基礎研究分野の不確実性は大きく、成否のみならず基礎研究が実用化された場合の社会的利益においても大きな不確実性が伴うため、公共的に対応することで社会が得る利益は大きい。波及効果の大きい基礎研究の成果が私企業の知的財産権の下におかれる場合、その利益が社会に波及するまでに多大な時間を要し、権利者の利益の代償として消費者と社会は過重な費用負担を負うためである。公的な支援によって研究開発の不確実性をプールし、成果の公開や廉価での利用が可能となる。

研究開発費は初期費用として商業化後は製品価格の一部に転嫁されるため、研究開発助成は製品価格を抑える効果が期待できる。同時に、研究開発費は固定費であるという点で設備投資と同様の性格を持つ。

(2)設備投資助成

設備投資の助成については、投資金額の一部の助成、償却等税制上の優遇、金融上の優遇等の方法があり、それぞれ効果は異なる。生産者の事業活動に及ぼす共通の影響としては、固定費用の抑制が指摘できる。通常完全競争市場における生産者の費用関数を想定するならば、固定費用は製品価格とは直接関係しないが、事業活動の継続を左右する価格水準に影響する。想定される市場での製品価格が想定される平均費用と比べて相対的に低い場合、事業者にとって新規参入のリスクは極めて大きく、参入しないことが合理的となる。固定費用が抑制され、それによって平均費用が低下すれば、正当な利潤を確保して参入できる範囲が拡大するため、参入する事業者と供給能力の拡大が見込まれる。

一方、前項の研究開発費を含めて初期投資が市場規模に比べて相対的に大きい場合、個別事業者にとって費用逓減局面での事業環境におかれる。この場合、十分に費用を下げられる水準まで生産規模を拡大できる数まで事業者が淘汰され、寡占化や自然独占へ向かう。

⁶ ブラジルにおけるバイオマス燃料政策については小泉（2012）[6]、坂内・大江（2008）[1]による。

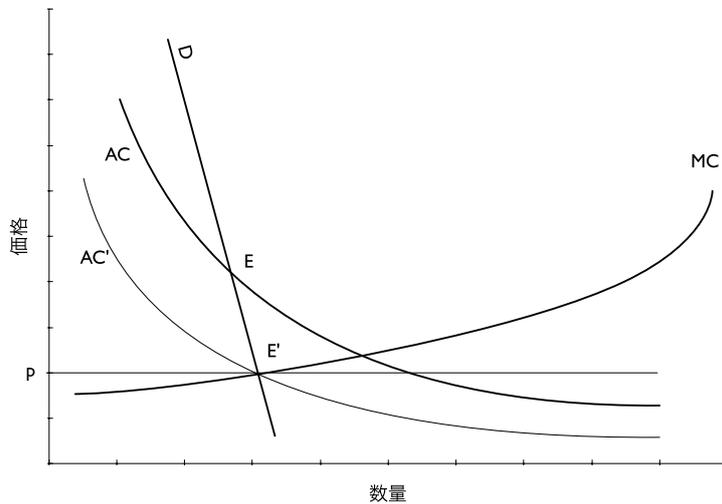


図 6-2 は、費用逡減局面における初期投資助成の効果を示している。助成がない場合の平均費用 AC の下では、市場全体の需要を一者で満たしてなお費用逡減局面にあり、限界費用価格となる点 E' では赤字となり事業が成立しない。各種の支援により初期投資負担が軽減され、平均費用が AC' まで低下すると費用

削減に必要な生産規模がより少ない生産量で可能となるため、E' での事業活動が成立する。さらに初期投資負担が軽減されれば、市場で競争できる事業者数を維持し、事業者間の競争を通じた効率化が可能となる。

(3) 課税・補助金政策

課税・補助金政策は、対象となる財とその代替となる財との相対価格に直接働きかけることでそれぞれの需給を変化させることができる。代替財との相対価格を市場におけるものから変化させるという点では、課税と補助金とは本質的に変わることはない。課税・補助金政策による相対価格の変化は、代替的な関係にある財の需要を変化させる。バイオ燃料の需要を拡大させるためには、直接的にはバイオ燃料自体の生産に補助金を助成することが考えられるが、化石燃料のみに課税をすることも相対価格の変化による効果が得られる。

現在、バイオマス燃料に対して導入されている課税・補助金政策の中心は、既存の燃料税制や温暖化対策目的の炭素税の一部について、バイオ燃料の課税を免税・軽減するものである。伝統的な燃料への課税は税収を目的としたものであり、その面からは税の抜け穴となるような例外的な軽減措置は財政当局からは好まれない。一方で、炭素税の場合は二酸化炭素の排出削減を促すインセンティブをもたらすことが目的であり、カーボンニュートラルなバイオ燃料に対する軽減措置はその目的に沿うものである。現在、わが国ではエタノール混合ガソリンについては混合分を課税対象から控除する特別措置が取られているが、BDF に関しては自家消費を含め軽油の全量が軽油引取税の課税対象とされており、優遇措置はとられていないが、品確法により販売する場合は 5% 混和が求められているため、一般への普及の阻害要因として改善が求められている。課税・補助金政策の効果については、次項で再論する。

(4) 固定価格買取制度 (Feed in Tariff : FIT)

EU 域内の多くの諸国では再生可能エネルギーによる電力に対する固定価格買取制度が設けられている。わが国においても同様の制度が、2012 年より導入されている。

FIT は短期的には特定の財を市場価格より高い公定価格で買取る価格保持政策である。図 6-3 は、FIT による生産拡大により市場に生じる変化を示している。均衡価格を上回る価格が提示されるため、超過供給が発生し、その購入を義務付けるために差額を他から補填する。現在の FIT においては過剰な生産を支えるための費用は他の発電方式で供給され

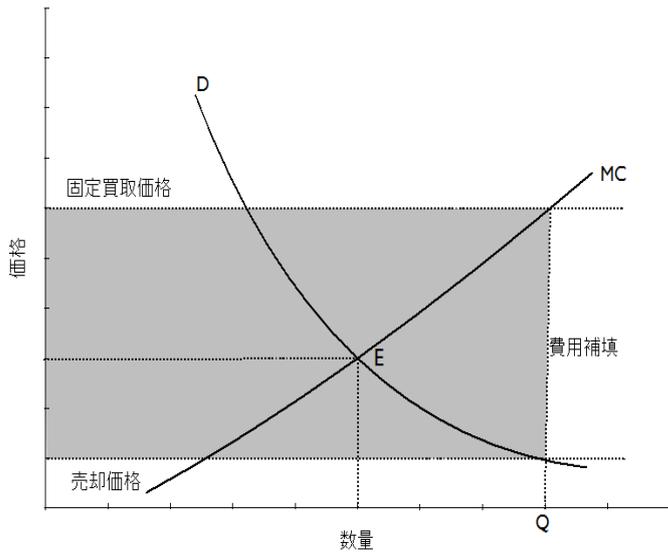


図 6-3 固定価格買取の費用

な技術のものも含まれ得る。市場の競争には耐えられなくとも、買取価格では利益が得られる場合が生じるためである。買取価格が長期にわたって維持される場合には、競争市場における場合に比べ、技術革新へのインセンティブは弱くなるだろう。このため、単に再生可能エネルギーの供給力を拡大することを目的として価格保持を続けた場合、制度に依存した供給構造となり施策の終結が困難となる。

再生可能エネルギーにおいてこのような施策が導入されるのは、その技術も、それを利用する産業も成熟しておらず、規模の拡大による量産効果や習熟効果による技術革新と費用削減が十分に期待でき

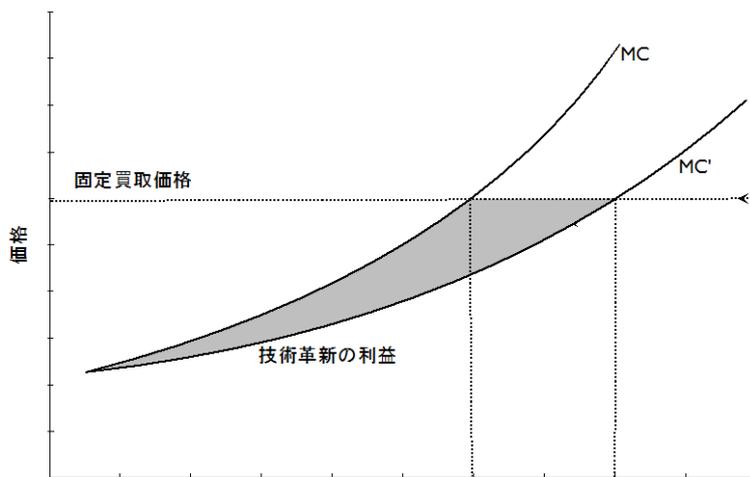


図 6-4 固定価格買取制度下における技術革新の利益

るため、既存の発電方式を含めて電力の価格は上昇し、消費者と他の発電方式の電力事業者によって負担される。結果、関連する市場全体に歪みが生じ、社会的には厚生損失が発生する。

また、再生可能エネルギーによる発電事業は市場価格を上回る価格が保証されるため、価格保証が続く限り安定的に超過利潤が保証される。このため、新規参入のインセンティブが生じ、供給を増大させる。供給の増大は一面では成果であるが、そこには非効率的

な技術のものも含まれ得る。市場の競争には耐えられなくとも、買取価格では利益が得られる場合が生じるためである。買取価格が長期にわたって維持される場合には、競争市場における場合に比べ、技術革新へのインセンティブは弱くなるだろう。このため、単に再生可能エネルギーの供給力を拡大することを目的として価格保持を続けた場合、制度に依存した供給構造となり施策の終結が困難となる。

再生可能エネルギーにおいてこのような施策が導入されるのは、その技術も、それを利用する産業も成熟しておらず、規模の拡大による量産効果や習熟効果による技術革新と費用削減が十分に期待できるためである。

市場に委ねた場合、再生可能エネルギーの技術は熟度が低く高コストであるため、既存の発電方式との競争に耐えられない。一方、FITのもとでは施設の耐用年数分の利益を確保できるため、積極的に技術を改善するインセンティブは弱い。反面、新規に参入する事業者やそれらに設備を提供する機器の生産者にとっては、図 6-4 で示すような技術革新による限界費用の低下は収益率を上昇させるため、効率化のインセンティブとなる⁷。この技術革新による効率化が中長期的なFIT

⁷ 図 6-4 及び FIT 下における技術革新の可能性については大島 (2010) 第 7 章[7]による。

の社会的な利益となることから、FITの対象は技術革新の余地の大きい手法とすることが効果的と考えられる。

また、買取価格を定期的に見直し、徐々に既存の発電方式に近づけることで、技術革新のインセンティブを強め、非効率な事業者の退出や設備更新を促すことが可能となる。

(5)製品規格政策

品質基準やバイオ燃料の混和率などの製品規格をめぐる施策は、本来、製品市場の効率化を意図するものである。特に、ガソリンや軽油のように、消費者が一見して製品の品質や組成を把握できない財の市場においては情報の非対称性の問題が生じる。燃料の品質が一定の枠内にあることを公的な制度で確保することは、消費者が安心して需要できるために有効な手法である。中長期的には、燃料を利用する機器の開発が進むメリットも考えられる。反面、品質基準の厳格化は燃料供給事業者にとって費用上昇要因となる。廃棄物系バイオマス、特に生活系由来のものは原材料の多様性や構成比の変動が避けられない。厳格な規格に対応するためには生産や検査の機器のみならず、成分の安定化のために生産規模を拡大することが必要となるため、小規模の市民団体や事業者にとっては大きな費用負担要因となり、トレードオフが生じる。

また、製品規格の設定は原材料及び製品の市場に影響を及ぼす。規格により原材料として低コストで対応できるものの需要は増加し、禁忌品を含有するものの需要は減退する。さらに、ガソリンや軽油等既存の燃料に一定比率でバイオ燃料の混和を義務付ける場合には、バイオ燃料の需要がガソリンや軽油の市場と連動し、大きな市場の一定割合を必要とするため影響は大きい。ガソリンや軽油の市場の変動と連動するため、原材料の市場も同様の動きを示すことになる。廃棄物系バイオマスを原料とする場合、その変動に廃棄物市場側が合わせることを求められよう。

1-4. 廃棄物系バイオマス利活用促進に関する課税・補助金政策の効果

(1)廃棄物系バイオマスの利活用促進に関する課税・補助金政策の目的

廃棄物系バイオマスの利活用促進に係る課税・補助金政策は、しばしば環境税の文脈で捉えられているが、環境汚染のような外部性の抑制を目標とした環境税とは異なる目標を持つものと位置づける必要がある。これらの課税・補助金政策は、原材料である廃棄物系バイオマスの調達から加工、製品の販売といった経済活動の規模を拡大することを目的とする。流通過程を捨象すれば、廃棄物系バイオマスの利活用の過程は大別して原材料の調達と製品の販売の二つの市場により構成される。両者はともに極めて代替性の高い財・サービスの市場と表裏一体の関係を持っている。原材料の調達は利用可能な廃棄物の排出者を供給側に、リサイクル事業者を需要側に持ち、廃棄物処理サービスの市場と関連する。廃棄物処理サービスとの代替性に注目すると、リサイクル事業者は不要物を引き取るサービスの供給者であり、排出者は廃棄物処理サービスおよび不要物引取りサービスの需要者と捉えることができる。製品の販売においてはリサイクル事業者を供給側に、製品の購入者を需要側に持つが、廃棄物系バイオマスの利活用において供給される製品は燃料や有機肥料のように、中間財としての性格が強く、品質や価格においてしばしば優位なバージン資源由来の代替製品の市場と競合関係にある。課税・補助金政策の狙いは、これら代替的な財・サービスの市場のいずれか、あるいは双方に介入し、その相対価格を変化させるこ

とによって特定の財・サービスの生産量・消費量を操作することを目的とする。これらは、1)廃棄物処理に対してリサイクルを優位にして原材料の供給拡大をはかる場合、2)リサイクル事業者の原材料調達を支援し、原材料の需要拡大をはかる場合、3)リサイクル事業者の製品販売を支援し、製品の供給拡大をはかる場合、4)バージン資源由来の製品に対してリサイクル製品を優位にして製品の需要拡大をはかる場合 の4者が考えられる。

(2)原材料供給を拡大する課税・補助金政策

原材料の供給者である廃棄物の排出者は、廃棄物を廃棄物処理サービスとリサイクルサービスのどちらに引き渡すかという選択肢を持つ。排出者側が負担すべきリサイクルに関する費用はあるものの、それを超えて廃棄物処理よりもリサイクルが有利となるよう介入することでリサイクルによる原材料供給を拡大し得る。相対価格を変化させるには、廃棄物市場において廃棄物処理サービスに課税をするか、リサイクル市場においてリサイクルサービスの利用に対して補助金を給付すればよい。既存の税・課徴金や料率の操作も同様であり、公的な資金による価格保持政策も同様の効果を持つ。

廃棄物系バイオマスの利活用促進は廃棄物処理の制約回避を目的として構想される例が多く、まずは廃棄物処理の負荷を下げることを意図して排出者に対するリサイクル支援

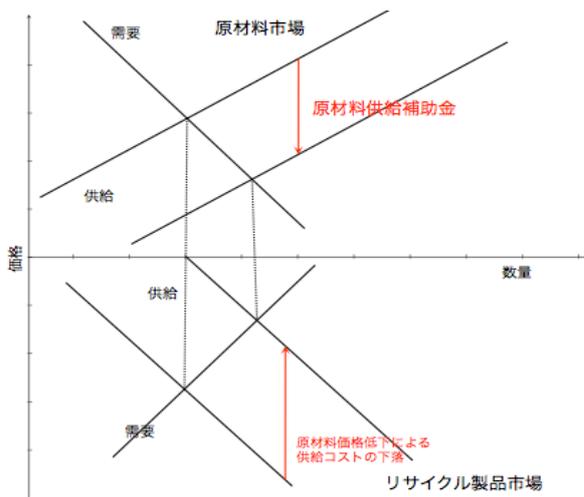


図 6-5 原材料供給を拡大する補助金政策

が実施される例がみられる。また、林地残材などのように、未利用で放置されることによる環境負荷を抑制するために、その利用に補助金や価格保障をする例もみられる。

原材料の供給促進は、その規模が十分に小さく、市場全体の需給に影響を及ぼさない段階では効果を発揮するが、利活用が進み規模が拡大するにつれて別の問題を引き起こす。原材料の供給が拡大すれば、原材料市場の拡大と併せて価格の低下が発生する。原材料価格の下落は、製品の販売やリサイクルの収益を改善することが予想される。製品市場において、バージン資源由来の製品と完全に代替可能であれば、製品供給のコストが抑制されることによりリサイクル製品に有利に変化し、シェアを拡大することが見込まれる。このとき、両者を併せた製品の市場全体でもこれを反映した費用の下落が生じ、市場の拡大と価格の下落が発生する。製品市場で決定されるリサイクル製品の市場規模が、拡大した原材料の供給に見合ったものであるかそれを上回る場合、原材料供給の拡大は成功する。しかし、製品の市場で拡大した原材料の供給に見合った需要が得られない場合、製品の余剰が発生する。製品の余剰は超過供給であり、それを解消すべく市場では製品価格が下落するよう調整される。この価格の下落はリサイクル事業者の採算性を悪化させ、効率の低い業者の退出を促す。これを避けるため、市場の調整過程では、原材料市場での需要が減少し、原材料の調達価格が低下することになるが、原材料の供給に課税・補助金政策が行われている場合、これを打ち消すように政策が作用し、場合によっては補助金の増額といった追

加的な投入が求められる。

リサイクル支援の課税・補助金政策を実施した結果として、供給されたはずのリサイクル資源の販路が十分に拡大せず、リサイクルの拡大の余地はあっても期待された利活用促進が進まない事態が生じる。リサイクル原材料の超過供給を解消するために、さらにリサイクル製品の需要促進のための課税・補助金政策が求められる場合も予想される。

バージン資源由来の製品に対するリサイクル製品の代替性が十分ではない場合、リサイクル製品の需要の価格弾力性は小さくなり、超過供給の解消のために必要な価格の下落幅は大きなものとなる。

4-3. リサイクル製品の需要を拡大する課税・補助金政策

リサイクル製品の相対価格をバージン資源由来の製品に対して有利にするようリサイクル製品の購入に対する補助金の給付やバージン資源由来の代替財に対する課税を強化することが考えられる。

リサイクル製品の需要が拡大することで、生産者の直面する価格が上昇する。このため、原材料の需要が拡大し、原材料の市場で価格の上昇と調達量の拡大が発生する。この結果、

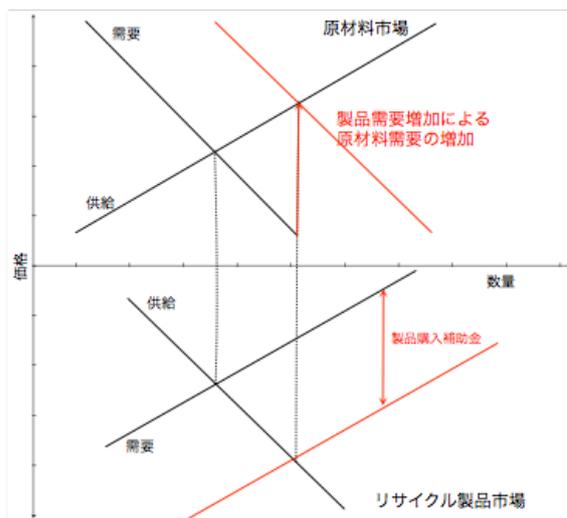


図 6-6 製品需要を拡大する補助金政策

リサイクル量はそれに見合った規模で拡大する。政策の目標が一定量以上のリサイクルを求める場合、この大きさが不十分であれば政策効果が不十分と捉えられることになる。

また、リサイクル製品とバージン資源由来の製品との相対価格はバージン資源由来製品の市場に関する資源相場や為替レートの変動といった市場の動向によって廃棄物系バイオマス利活用の水準も変動する。効率的な資源配分を促す市場機構の作用であるが、安定した利活用の水準が求められる場合、こうした変動は課題となる。

(4) リサイクル事業者を支援する補助金政策

リサイクル事業者に関しては、リサイクル原料を引き取るリサイクルサービスへ補助金を給付する場合と、リサイクル製品の生産・販売に補助金を給付する場合とが考えられるが、両者は同等の手法と見なし得る。

原材料であるバイオマス資源が、リサイクルサービスに付随して排出者からもたらされるとすると、物財の移動と代価のそれとは同一方向となり、原材料の購入という観点からはいわゆる逆有償の状態となる。このとき、リサイクル事業者はリサイクルサービスの代金と、加工した製品の販売という二つの収入源を同一の財に対して持つ、両面市場の状況にある。リサイクル事業者は、二つの市場における価格を考慮しながら利潤最大化を図ることになる。このとき、原材料の過剰や不足による損失をさけるよう、原材料市場と製品市場のそれぞれの価格の調整をはかる。リサイクルサービスの価格と製品販売の価格とが

リサイクル事業者が原材料を調達して製品を生産・販売する全過程の費用を賄えるならば、民間の企業活動として一定規模のリサイクルが成立する。費用に対して双方の財・サービスの価格の合計が下回る場合、リサイクル事業者は事業を維持し続けることはできない。この場合、不足分を補うに足る補助金が給付されるならば収益性を改善し、事業活動を維持することができる。リサイクルサービスへの補助も、製品の生産・販売に対する補助も、これを通じて双方の市場の価格決定に相互に流用されることになるため、両者は同一の効果を持つものとなる。リサイクル事業者は、一方の市場で生じた変動による原材料調達と製品生産とのずれを解消するよう、補助金を二つの市場に配分する。

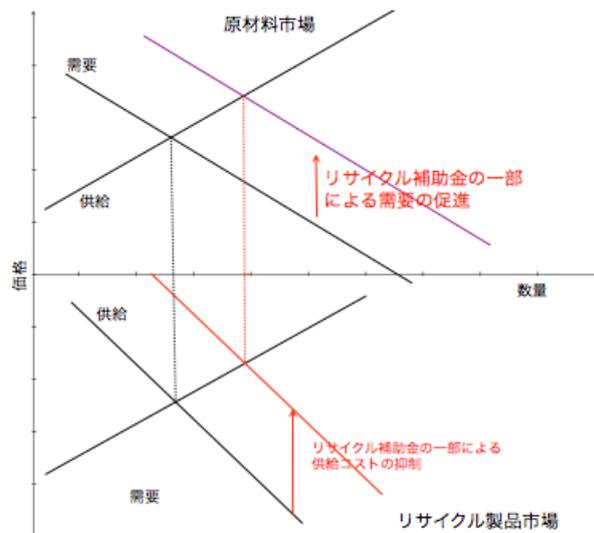


図 6-7 リサイクル事業者を支援する補助金

(5)課税・補助金政策の対象の選択

廃棄物系バイオマスの利活用促進は、廃棄物処理の観点から取り込まれることが多く、そこでの課税・補助金政策は廃棄物処理からリサイクルへ物質フローを転換することを意図してリサイクルの原材料の供給に対して実施される例がみられるが、製品の超過供給とそれによるリサイクル製品価格の低下を生じやすく、それに対応するために追加的な政策の投入が必要となり易い。同一の物質フローに複数の政策が存在することは、個々の政策の効果の判別が困難が生じる。最終製品の需要側に課税・補助金政策の対象を移行することで、こうした複雑さを回避することが可能となる。

一方、競争市場に課税・補助金政策で介入を行うことで市場に歪みが生じ、一定の厚生損失が生じる。税収を目的とする間接税の場合、この歪みを可能な限り抑制するため、需要の価格弾力性が小さい財・サービスを対象とすることが望ましい。しかしながら、廃棄物系バイオマスの利活用促進を目的とする課税・補助金政策の場合には、低率の課税で大きく需要・供給が変動する価格弾力性が大きい場合の方が税率当たりの効果が大きいとみることができる。この場合、市場での厚生損失が発生するが、需要・供給を同じ規模変化させることを想定するための税率を想定すると、価格弾力値が大きい対象に働きかけた場合の方が厚生損失を抑えることができる。複数の対象に課税・補助金政策を組み合わせることが想定される場合、その価格弾力性が大きい需要・供給に対して高い優先順位をおくべきである。

1-5. 目標設定の考え方

上述のように、廃棄物系バイオマス利活用促進を目的として課税・補助金政策などの経済的手法を用いて市場に介入する場合、その利用拡大効果を大きくしようとするならば少な

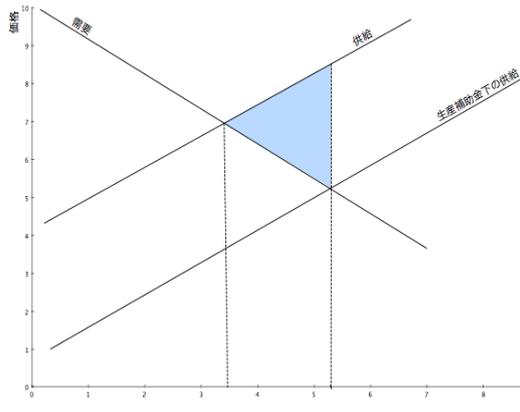


図 6-8 生産補助金下での厚生損失

準が厚生水準を最大化させるよう設定されているならば、その範囲で介入による市場の歪みと厚生損失は許容され得る。リサイクル率の目標水準は資源利用の観点からは再生資源とバージン資源との間の最適な比率として設定され、廃棄物処理の観点からは廃棄物処理とリサイクルとの間の最適な比率として設定される。前者の場合には再生資源の費用に廃棄物処理市場の動向が反映され、後者の場合にはリサイクルの利益に資源市場の動向が反映されるため、総体としての資源利用が変化しないならば同一の水準となる。

未介入の市場と目標水準とのずれが生じる要因として、外部費用や社会的費用の存在が指摘できる。

第一に、現時点における環境負荷の費用が存在する。廃棄物の処理、リサイクル、バー

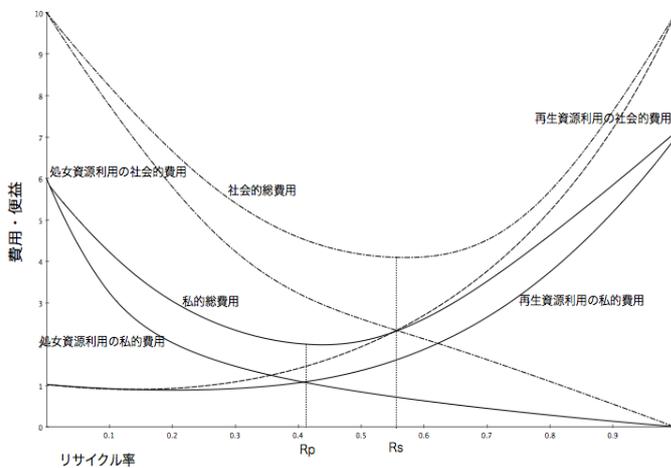


図 6-9 資源利用からみたリサイクルの最適水準

ジン資源の製造、未処理の廃棄物のそれぞれにおいてその特性に応じた環境負荷が発生するが、一部に規制の対象となることでその費用を何等かの方法で内部化しているものもあるが、多くは市場において内部化されていない。図 6-9 に示すように、外部費用が存在することで市場における望ましいリサイクル率と社会的なそれとの乖離が生じる⁹。第二に、これらが将来世代に与える費用が存在する。環境負荷のうち、例えば気候変動に係るものについては現在世代への影響が限定的であるのに対して、影響が顕在化する将来世代にとっての費用が大きなものとなる。また、枯渇性資源については資源の残存量の評価や想定される将来の代替技術の評価によって価値が変動するが、それが市場に十分に反映されているとは限らない。これらを現在価値に換算して考慮に入れるなら

らぬ厚生損失が発生する。一般的な環境税に関する理論⁸が示すように、市場の失敗等の事情により未介入の場合の市場均衡が経済厚生を最大化するものとなっていない場合には、その補正としての介入が正当化される。同様に捉えるならば、廃棄物系バイオマスの利活用においても未介入の場合には望ましい水準からはずれが生じていると考えられ、すなわち、政策目標としての利活用水準であるリサイクル率の目標水

⁸ 環境税に関する経済学的な議論については細田・横山（2007）等[8]を参照されたい。

⁹ 図 6-9 は植田（1992）pp.138[9]による。

ば、効率的な目標水準は変化する。

一方で、廃棄物処理およびリサイクルから得られる貨幣化されない多面的価値の存在も指摘できる。リサイクルを含む廃棄物処理の本質的な価値である衛生状態の改善に加え、リサイクル活動参加者への環境教育の価値や、コミュニティの社会資本を醸成する価値がしばしば指摘される。これらに加え、廃棄物処理やリサイクルに関する施設に防災や社会福祉に利用可能な機能を付与し、適正処理とリサイクルの価値を向上させることも考えられる。非貨幣的な価値を評価するための推計手法は、仮想市場法（CVM）をはじめ、複数の手法が開発されており、推計に伴うバイアスを回避するための技術の開発も進んでいる¹⁰。

しかしながら、現実の政策目標の策定や事業評価を行う上で、これらの非貨幣的価値や多面的価値の反映には慎重であるべきとの議論もある¹¹。将来世代にとっての費用を、適切な割引率の設定を含めて正しく算定することは事実上不可能であり、また、明確な枯渇の危機に直面していない資源市場の価格は資源枯渇による選択肢の喪失の価値を反映していないが、一方で正しい価値を算定することもまた不可能である。理論的に算出することは可能であったとしても、その理論や算出された値の妥当性は確固たるものではなく、根拠の弱い値により示された「価値」を政策判断に取り入れることでむしろ混乱を拡大しかねないとするものである。また、複数の政策目標に効果のあるような多面性を評価に組み入れる場合には、例えば防災的な機能について本来の防災政策における評価と二重に算定されることを避けるよう十分注意しなければならない。

この場合、政策目標の設定にあたっては現在直面している環境問題の中で定量的に評価可能な最も重要度の高い問題に関する指標、例えば温室効果ガスの排出削減効果などを基準とし、それに対する政策手段や目標水準の代替案の効果を LCA により算定し、費用効果分析を実施することで、明確な根拠と効果を持った代替案を選定する方法が想定される。

廃棄物処理とリサイクル、バージン資源の利用のそれぞれに考慮すべき要因が存在するため、非貨幣的価値を含む多面的価値を反映した政策基準と、単一の確立した尺度に基づく費用効果分析により選ばれる政策基準とのどちらがより積極的なものとなるかは一義的に定まるものではない。また、目標設定の考え方として、算定値の根拠に曖昧さが残る包括的な視野から求めるものと、算定値に強い根拠があるが評価範囲を限定したもので一方が否定されるものでもない。政策目標の設定や事業評価においては明確な根拠のある範囲で抑制的に求めた費用効果分析による基準を踏まえながら、必要な場合には多面的な観点から微調整を行う余地を残し、双方の根拠となる考え方を明示することが期待される。

¹⁰ CVM については栗山(1998)[10]、また、近年発展した他の環境価値評価手法については柘植・栗山・三谷(2011)[11]が詳しい。また、廃棄物政策における研究に笹尾(2011)[12]がある。

¹¹ 以下の議論は、2014年2月に開催された「廃棄物の適正処理と3Rの経済的価値に関するワークショップ」における岡敏弘氏と井伊亮太氏の議論による。

2. 構築した手法による事例評価に基づく手法の有効性の検証

平成 24 年度までに構築してきた経済的手法の開発のための市場モデル分析について、実態データに基づき応用することで、経済的手法導入によるバイオマス利活用の拡大ポテンシャルを定量的に評価し、その有効性と可能性を具体的に示す。

2-1. 事例評価対象の設定

平成 25 年度における関連状況の変化として、環境省による平成 23 年度から 24 年度にかけて実施された検討に基づく廃棄物系バイオマス活用ロードマップの公表、国における新たな廃棄物処理施設整備計画（新計画）の閣議決定（平成 25 年 5 月 31 日）が行われた。

具体的には、新計画で示された廃棄物系バイオマスの利活用の推進という方向性を、広域的な視野に立った廃棄物処理システムの改善、地球温暖化防止及び省エネルギー・創エネルギーへの取組にも配慮した廃棄物処理施設の整備、及び、災害対策の強化などの方向性と併せて研究していくことが求められている。

このため、本研究では、環境省「廃棄物系バイオマス活用ロードマップ」で中心的に取り上げられている食品廃棄物を対象とし、そのうち発生量が多く再生利用率の低い自治体で処理されている一般廃棄物系食品廃棄物の中でも、経済的手法がよりなじみやすいと考えられる事業系食品廃棄物を対象として事例評価を行うこととした。

2-2. 評価（研究解析）方法

(1) 基本モデル

植田(1992)[9]によるリサイクルの社会的費用便益分析の枠組みを参考とすると、廃棄物から追加的に 1 t をリサイクルすることで得られる純便益は、リサイクルによって節約される費用として計算され

$$NBR(\text{Social}) = \text{SCN} + \text{SCD} - \text{SCS}$$

ここで、NBR：リサイクルによる純便益（＝社会的便益－社会的費用；Social の場合）

SCN：天然資源を用いた場合の社会的費用

SCD：廃棄物処理・処分の社会的費用

SCS：循環資源を用いた場合の社会的費用

なお、実際には、1 t を追加的にリサイクルするかどうかという意味決定ではなく、あるまとまった量（区分）について費用を計算することとなる。

次に、以上の枠組みを参考としつつ、個々の主体別の経済判断を考える。廃棄物管理を担う自治体にとって、廃棄物として処理・処分を行うよりも、リサイクルした方がいいかどうかは、典型的なケースで表現すると、廃棄物処理・処分とリサイクル処理とで、いずれが安いのかという判断となり、収集以降の全てのプロセスを公共が担う場合には、下式で表わされる。

$$NBR(L; \text{Local government}) = \text{GCD} - \text{GCS}$$

ここで、GCD：廃棄物処理・処分の経費

＝可燃ごみ収集運搬費用＋中間処理・最終処分費用（焼却埋立）

GCS：リサイクル処理の経費

$$= \text{資源ごみ収集運搬費用} + \text{中間処理費用（選別）} + \text{資源化委託費用}$$

なお、資源化委託費用は、有価で売却できる資源であれば、売却収入としてマイナスの値となりうる。同様に、可燃ごみの焼却でも、売電による収入が大きければ、マイナスとなることはありうる。

次に、排出者（この場合は事業者）の金銭上の判断としては、委託により処理を行う場合は下式のようになる。

$$\text{NBR(E)} = \text{ECD} - \text{ECS}$$

ここで、ECD：廃棄物として処理・処分する場合の経費

$$= \text{可燃ごみ収集運搬委託費用} + \text{処分委託費用（焼却+埋立）}$$

ECS：リサイクル処理の経費

$$= \text{資源ごみ収集運搬委託費用} + \text{資源化委託費用（選別+資源化）}$$

このうち、資源化委託費用が直接的には、リサイクル財と競合する財の市場との関係にもよって定まってくることは、前節までで整理したとおりである。

両者を比較すると明らかなように、自治体が収集運搬や中間処理、最終処分、資源化の全てを担い、かつ必要な費用と同額を排出事業者から手数料として徴収するならば、両者の経済的判断は一致する。すなわち、当然であるが、自治体にとって廃棄物として処理処分を行うよりも経済的にメリットのあるリサイクルは、排出事業者にとってもリサイクルによる経済的なメリットがあるリサイクルだということになる。

この場合においては、植田（1992）[9]が分断型社会システムと呼んでリサイクルを阻害している要因、すなわち $\text{NBR}(\text{Social})$ を総合的に判断する主体がいなければ、自治体は廃棄物処理とリサイクル処理のみの比較、資源を利用する生産者は天然資源利用と循環資源利用のみの比較を行うため、社会で全て合算すれば便益がある場合でも、いずれかの主体の経済判断で便益が負となる場合にはリサイクルは進まないという問題点は解消されるのではないかと考えられる。

一方、現実には、特に排出事業者責任を前提とした事業系一般廃棄物においては全てを公共が実施するわけでは必ずしもなく、かつ、全てを公共が実施することは競争による効率性の改善などのメカニズムが期待しにくいなどのデメリットも大きい。そこで、次項では、より現実的な場合を想定した解析を行う。

(2)事業系食品一般廃棄物を想定した場合の解析

実際の事業系食品一般廃棄物においては、基本モデルはどのように捉えられるだろうか。

比較的多いケースでは、事業系ごみの廃棄物処理は、民間の許可業者が収集し、市の処理施設（焼却）に搬入する方式が考えられる。この場合は、自治体の収集運搬費用の負担はない。排出事業者は許可業者に収集運搬と処分に係る手数料を支払い、許可業者は自治体施設に処分手数料を支払う。

一方、排出事業者が資源化を行う場合、自治体資源化施設が受け入れる場合は廃棄物処理と同様であるが、民間の資源化施設に委託する場合は民間施設に手数料を支払うことになる。後者では、自治体はリサイクルに係る選別や資源化委託の費用も発生しない。

この場合を、表で整理すると表 6-1 のとおりである。

この場合、 $a=0$ 及び $b=1$ でない限り（ただし、 $a<1$ とする。）、当然であるが、自治体からみると、排出事業者がリサイクル側に排出した方が、必ずコスト削減となる。むしろ、

$GC_{IL} - GC_{IL} \times a \times (1-b)$ 未満で、リサイクルへの誘導のために支出しても、収支は改善されるということになる。つまり、 $GC_{IL} \times (1-a \times (1-b))$ - リサイクル補助金（例）の分だけ、現在は税金で負担している事業系ごみの処理経費が浮くことになる。

表 6-1 リサイクル有無による自治体と排出事業者の費用負担

費用	自治体の負担		排出事業者の負担	
	焼却埋立	民間リサイクル	焼却埋立	民間リサイクル
収集運搬	0	0	EC_C	EC_R
焼却埋立	$GC_{IL} - GC_{IL} \times a \times (1-b)$	0	$GC_{IL} \times a \times (1-b)$	0
選別資源化	0	0	0	EC_{SR}

GC_{IL} : 1t あたりの焼却埋立経費（処理原価）

EC_C : 1t あたりの焼却埋立時の収集運搬費用

EC_R : 1t あたりのリサイクル時の収集運搬費用

EC_{SR} : 1t あたりのリサイクル費用（民間リサイクル業者の利益等含む）

a : 処理原価に対する手数料の徴収率（通常は 0~1 と考えられるが、税を賦課する場合は $a > 1$ として考えることができるのではないか。）

b : 手数料に対する減免率（割引率）（0~1）

一方、排出事業者からみると、収集運搬費用の変化額と自治体処理施設と民間資源化施設とでの料金の差額の合計が、正負いずれになるかで判断することになる。すなわち、

$$NBR(E) = (EC_C - EC_R) + (GC_{IL} \times a \times (1-b) - EC_{SR})$$

収集運搬
処分委託費用変化

委託費用変化

式より明らかなおおりに、a や $(1-b)$ が 0 に近づけば、処分委託費用変化はマイナス側に傾くため、リサイクルは進みにくいことが分かる。なお、上式は簡略化しているが、実際には資源化のために新たに分別などの負担が排出事業者に発生する可能性が無論ある。

ここで、実際の各パラメータは地域や事業者によって異なると考えられる。例えば、民間リサイクル施設の種類（堆肥化施設や飼料化施設など）は需要先の農畜産業の状況で立地可否が異なり、地域のリサイクル費用にも影響を与える。また、排出事業者の業種によって廃棄物の性状が異なることによってもリサイクル先の種類が異なるため、リサイクル費用が異なりうる。さらに、排出事業者の地理的な分布の状況によって、収集効率が異なるために収集運搬の費用も異なりうる。そのため、以下のように各パラメータの地域特性、業種特性を反映したモデル化が考えられる。今回は地方区分のみを収集原価について差別化する方法をとったが、より結果を精緻化する際には矢印の方向に解像度を高くすることが考えられる。なお、以下の表の都市区分の分け方には人口、人口密度など様々な区分が

考えられる。業種別の分け方も様々な区分方法が考えられる。

また、今後のより精緻なモデル化においては今回のように区分ごとにパラメータを設定する以外に各パラメータを人口密度などサブパラメータの関数とするなどの方法も考えられる。その場合には区分別にサブパラメータの値が必要とある。

$$NBR(E)_{ij} = (EC_{Cij} - EC_{Rij}) + (GC_{ILij} \times a_{ij} \times b_{ij} - EC_{SRij})$$

添字 i : 地域区分

添字 j : 業種区分

表 6-2 地域特性・業種特性の解像度

		地域区分 i		
		区分なし	都市区分別	自治体別
業種区分	区分なし		○本試算	→
	業種別		↓	
	事業者別			

表 6-3 各パラメータへ影響を与える地域特性・業種特性

		地域区分 i	業種区分 j
収集原価 (現状)	EC_{Cij}	人件費単価や人口密度など	処理施設からの距離、排出ごみの密度など
収集原価 (リサイクル)	EC_{Rij}	同上	同上
処理原価 (現状)	GC_{ILij}	施設規模・種類、発電効率など	排出ごみの組成、含水率、組成など
徴収率	a_{ij}	自治体の制度設計に依存	特になし
減免率	b_{ij}	同上	同上
処理原価 (リサイクル)	EC_{SRij}	人件費単価や施設規模、再生品需要※など	排出ごみの含水率、栄養成分※など

※これらの影響は特に飼料化、堆肥化などの処理で影響が大きく、メタン化などでは比較的影響が小さい。

それでは、前節までの検討結果にある課税政策以前の段階として、廃棄物処理法第3条第1項の排出事業者の責務（自らの責任において適正に処理）及び同条第2項の再生利用等による減量努力を踏まえ、 a や $(1-b)$ を1（100%）に近づけたとすれば、どの程度のリサイクルが進むのであろうか。

それは、上式を踏まえれば、以下のように自治体や資源化方法の特性によって上式の符号が異なってくるため、一律的な結論を出すことはできない。

- ✓ 収集運搬費用の観点からは、
 - 排出事業所の特性（排出量のロットやごみの組成）
 - 排出事業所と処理施設（焼却施設、資源化施設）との道のりなど地域特性
- ✓ 処分委託費用の観点からは
 - 自治体毎に異なる処理原価、手数料率 a 、減免率 b

- ▶ 同様に本来は施設毎に異なるが、一応、ごみの種類性状及び資源化方法や処理規模、資源化物の市場の状況を代表的パラメータとして異なりうるのではないかと考えられる資源化費用

このため以降では、代表的な地域特性及び資源化方法を対象に上式の符号を評価することにより、a及びbの値の変更という政策変更により、全国としてどの程度のリサイクル量の向上ポテンシャルがありうるかを大胆に試算することとした。

(3)試算方針

経済的手法として、自治体の事業系廃棄物処理料金を、推計した施設処理単価(費用)に対して異なる水準の比率で設定した場合について、事業系食品廃棄物のリサイクル料金との相対的比較における排出事業者の排出先変化可能性を評価し、あわせて、リサイクル事業者の収支の成立可能性を評価することで、リサイクル率の変化を社会的な費用便益とあわせて試算する。「廃棄物系バイオマス活用ロードマップ」では、大都市、地方中心都市、小規模都市、農村漁村に区分して、それぞれの特性に応じた導入拡大の方向性・方策が示されていることを踏まえ、本推計も、このような自治体特性に区分して実施することとする。

2-3. パラメータの設定

(1)自治体の料金設定状況(パラメータ a,b)

事業系ごみの手数料については、最近では、月刊廃棄物編集部による人口10万人以上の都市のアンケート調査[13]や、環境省調査[14]においても調査結果が示されているが、処理原価と手数料とが対でなければ比率aを求めることができず、また、これらの調査からは減免率bが必ずしも明らかではない。

そこで、箕面市廃棄物減量等推進審議会「事業系ごみ減量のため、減免制度を廃止する時期及びその手法について【意見書】」[15]に記載された処理経費、手数料などから北摂各市の徴収率a、減免率bを以下のとおり算出した。この結果から、徴収率のデフォルト値を0.4、減免率のデフォルト値を0.3とした。月刊廃棄物の記事[16]によれば、関東と関西では事業系料金の水準に全体として相違がみられるため、このデフォルト値は必ずしも全国的状況を代表しているわけではないことに十分留意する必要がある。

表 6-4 徴収率・減免率の試算結果(平成18年度時点)

単位	経費			手数料					
	処分経費 円/kg	収集経費 円/kg	計 円/kg	処分 手数料 円/kg	徴収率a %	減免率b %	減免額 円/kg	減免後 手数料 円/kg	a*(1-b) %
池田市	23.3	26.4	49.7	4.0	17%	0%	0.0	4.0	17%
吹田市	16.8	36.5	53.3	7.0	42%	0%	0.0	7.0	42%
高槻市	13.8	17.6	31.4	8.0	58%	50%	4.0	4.0	29%
茨木市	14.7	21.1	35.8	6.0	41%	48%	2.9	3.1	21%
摂津市	21.0	34.4	55.4	6.0	29%	0%	0.0	6.0	29%
豊中市	12.2	19.6	31.8	6.0	49%	33%	2.0	4.0	33%
箕面市	19.4	33.2	52.6	4.0	21%	60%	2.4	1.6	8%
平均					37%	27%			26%
中央値					41%	33%			29%

※処分手数料:許可業者がクリーンセンター等自治体の処理施設に搬入する際の料金

なお、環境省が定める「一般廃棄物会計基準」に則り報告している福島県いわき市の報告結果[17]では燃やすごみの「事業系直接搬入ごみの手数料収入」が記載されている。手数料収入に該当する項目が他にないため、これを事業系ごみの処理手数料徴収額 329,137,337 円とすると、合わせて報告されている燃やすごみの「中間処理」「最終処分」の原価合計 49.67 (=25.26+24.41) 円/kg に別途、環境省「一般廃棄物処理実態調査」にて報告されている事業系ごみの処理量 32,158t を乗じた経費に対する比率 (a に 1-b を乗じた額) は約 21% と試算され、表 6-4 の平均値である 26% とほぼ整合した。

(2)処理原価 (パラメータ EC_C、EC_R、GC_{IL}、EC_{SR})

環境省九州地方環境事務所報告書[18]における可燃ごみ、生ごみのごみ処理原価の調査結果を以下に示す。今回は地域の需要に左右されにくいメタン化を想定し、網かけの値をデフォルトの原価とした。

表 6-5 自治体別の処理原価 (人口が少ない順に並べ替え)

	人口規模 (万人)	収集回数(回/ 週)		処理方法		収集容器		収集原価		中間処理・最終 処分原価		合計原価	
		他ごみ	生ごみ	他ごみ	生ごみ	他ごみ	生ごみ	他ごみ	生ごみ	他ごみ	生ごみ	他ごみ	生ごみ
G町	1.5	1	2	焼却	メタン		バケツ収集	25.7	27	34.8	14.6	53.7	31.4
D市	2	—	3	—	堆肥化	—	バケツ収集	—	12.1	—	24.3	—	33.2
B市	3	2	2	熔融	堆肥化		袋収集(生 分解性)	5.8	17.9	59.7	12.6	63.7	27.6
C市	3.5	1	3	埋立	堆肥化		バケツ収集	15.6	29.3	20.0	8.2	28.4	27.0
A市	4	2	2	焼却	堆肥化		バケツ収集	4.6	29.7	45.3	10.0	48.3	39.7
F市	6	2	2	焼却	メタン		バケツ収集	16.4	43.0	14.6	12.0	24.7	39.4
E市	7.5	2	2	焼却	メタン		袋収集	10.7	29.7	27.7	13.2	33.3	29.2
メタン化平均	5.0	1.7	2.0	焼却	メタン		バケツ収 集、袋収集	17.6	33.2	25.7	13.3	37.2	33.3
堆肥化平均	3.1	1.7	2.5	焼却、 熔融、 埋立	堆肥化		バケツ収 集、袋収集	8.7	22.3	41.7	13.8	46.8	31.9
バケツ収集平均	3.4	1.5	2.4	焼却、 埋立	堆肥 化、メタ ン		バケツ収集	15.6	28.2	28.7	13.8	38.8	34.1
袋収集平均	5.3	2.0	2.0	焼却、 熔融	堆肥 化、メタ ン		袋収集	8.3	23.8	43.7	12.9	48.5	28.4
平均	3.9	1.7	2.3					13.1	27.0	33.7	13.6	42.0	32.5

出典：環境省九州地方環境事務所「平成 22 年度九州・沖縄地域における地域循環圏形成推進調査報告書」(平成 23 年 3 月) 第 1 編 第 3 章 生ごみ資源化に係る経費・環境負荷
URL: http://kyushu.env.go.jp/recycle/chiiki_h22_hokoku.html

これらの原価について市町村別に図示したものが以下である。収集原価は生ごみが高く、処理処分原価は生ごみが安い傾向が見られた。そのため、焼却等では中間処理・最終処分のコストが占める割合が高く、堆肥化・メタン化等では収集の占める割合が高い。市町村による差は大きいものの、人口規模との明確な相関は見られなかった。

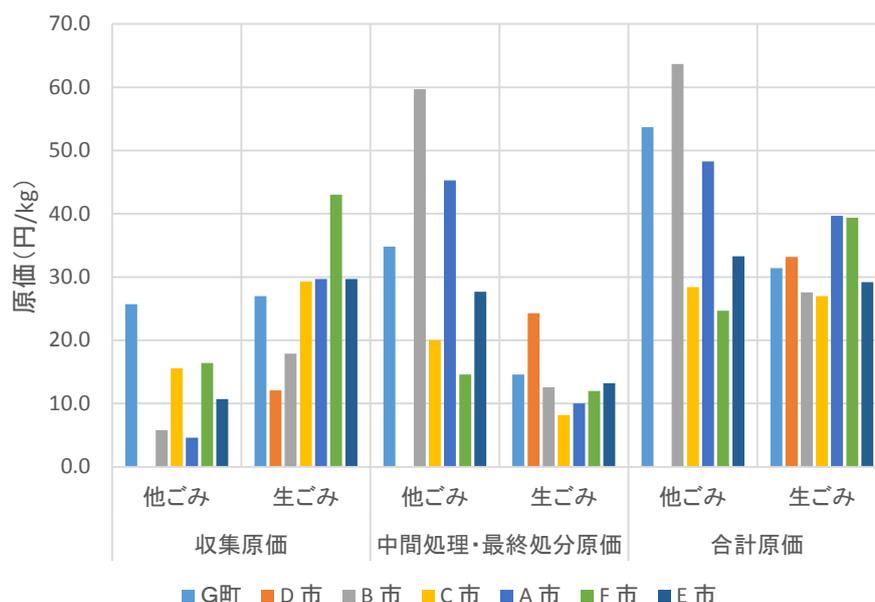


図 6-10 自治体別原価 (左から順に人口が少ない)

次に、処理特性別の原価を示す。生ごみの収集原価では、袋収集でわずかに原価が小さい。一方、処理処分の原価ではほとんど差はなかった。

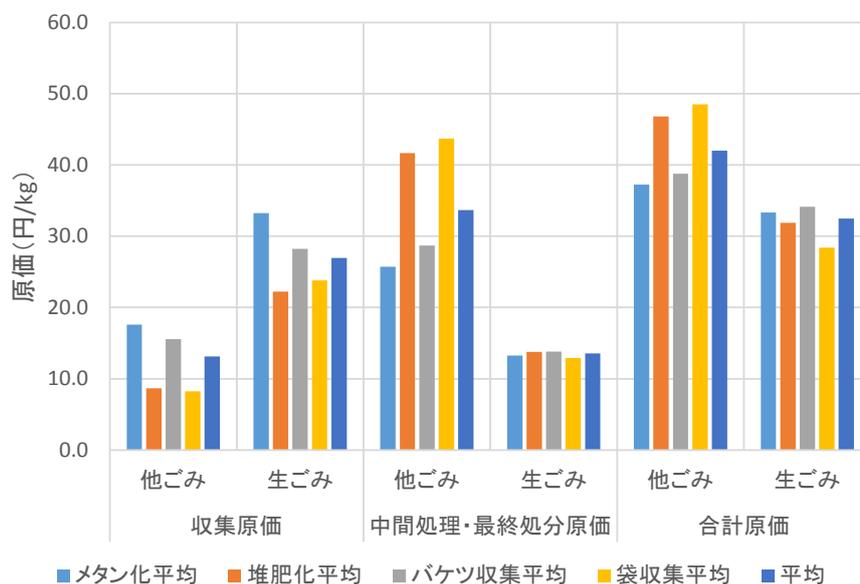


図 6-11 処理特性別原価

なお、大都市、地方中心都市、小規模都市、農村漁村の地域区分で収集単価の差があると考えられる。そこで、上記の可燃ごみ、生ごみの収集原価の平均値を小規模都市の値として、大都市、地方中心都市、農山漁村については、環境省「一般廃棄物処理実態調査」より求めた人口区分別の収集単価の中央値の比率で補正して用いた。人口が多いほど収集

原価は高くなっており、人口密度以外の要因も作用している可能性が考えられる。

表 6-6 人口規模別の収集費用補正值

	大都市	地方中心都市	小規模都市	農山漁村
人口	50 万人以上	10～50 万人	2～10 万人	2 万人未満
該当自治体数	35	256	681	771
収集原価あり自治体数	27	178	249	140
収集原価中央値 (円/kg)	29.5	30.1	22.2	17.0
補正比	1.327	1.354	1.000	0.764

※収集原価＝（収集運搬費＋収集人件費）／搬入量（直営のみ）

参考までに、環境省九州地方環境事務所「平成 22 年度九州・沖縄地域における地域循環圏形成推進調査報告書」（平成 23 年 3 月）でシミュレーションされた人口規模別の収集費用を以下に引用する。上記と同様、人口規模が大きいほど収集コストが高い結果となっている。

参考：環境省九州地方環境事務所「平成22年度九州・沖縄地域における地域循環圏形成推進調査報告書」（平成23年3月）より抜粋

表1-8 可燃ごみの処理・資源化費用の比較

		費用(年間1人当たりの換算値) 千円/人・年			50万人の合計費用を100とした場合の割合 %		
		収集	中間処理・最終処分	合計	収集	中間処理・最終処分	合計
人口50万人規模	生ごみ分別なし	5.0	4.8	9.8	51	49	100
	生ごみ分別、処理は公共	5.7	4.9	10.5	58	50	108
	生ごみ分別、処理は委託	5.7	4.9	10.5	58	50	108
人口20万人規模	生ごみ分別なし	3.7	6.6	10.4	38	68	106
	生ごみ分別、処理は公共	4.2	6.8	11.0	43	70	112
	生ごみ分別、処理は委託	4.2	6.7	10.9	43	68	111
人口7.5万人規模	生ごみ分別なし	3.5	9.5	13.0	36	97	133
	生ごみ分別、処理は公共	4.0	9.6	13.6	41	98	139
	生ごみ分別、処理は委託	4.0	9.2	13.2	41	94	135
人口3万人規模	生ごみ分別なし	2.8	9.4	12.2	29	96	124
	生ごみ分別、処理は公共	3.1	9.9	13.1	32	101	133
	生ごみ分別、処理は委託	3.1	8.8	12.0	32	90	122
人口5千人規模	生ごみ分別なし	4.7	16.7	21.4	48	171	219
	生ごみ分別、処理は公共	5.3	20.7	26.0	54	212	266
	生ごみ分別、処理は委託	5.3	15.6	20.9	54	160	214

- * 同一区域内で生ごみを分別しない、分別して公共処理、分別して民間委託処理の3ケースについて生ごみを含む可燃ごみ処理のコスト試算した結果である。
- * 生ごみを除く可燃ごみの処理は、焼却処理とし、施設建設を含む一般的な処理条件を設定し、20万人以上の規模では発電設備を考慮した。
- * 生ごみ処理は、堆肥化を想定し、一般的な処理条件を設定したが、民間委託の場合の委託料は15円/tと設定している。
- * 生ごみ排出率は、人口規模が大きくなるほど小さくすると仮定している。
- * 出展：「平成21年度九州・沖縄地域における地域循環圏形成推進調査」報告書による

(3) パラメータの精緻化の方向性

なお、一般的に可燃ごみは上記のように一括で単価が設定されているが、実際にはごみの「特性」に応じた処理経費に基づき評価すべきである。特に、生ごみについては、水分率の違いによる影響等を考慮することが考えられる。

このような方法で試算した処理原価を後述するリサイクル量ポテンシャルの試算に用いることがより社会全体のコストを最適化した場合のポテンシャルとなり、実際上もごみ特性別の料金徴収を設定することで最適化が達成される。しかし、そのためには焼却処理の場合の処理料金をごみ組成別に差別化する必要があり、実務上のフィージビリティは今後検討する必要がある。

また、本研究では市区町村における食品廃棄物に重点をおきつつ事業系一般廃棄物の実

態調査についてアンケートを実施した。今後は、このような実態調査結果も参考にして、受入料金に係るパラメータについて、設定値の見直しや、自治体間の違いを反映してパラメータを一定の分布をもつものとして評価するなど意義があると考えられる。

2-4. 試算結果

(1)基本シナリオの結果

以下に、試算結果を示す。今回仮定したデータでは、すべての都市区分で NBR がマイナスとなり、徴収率、減免率が現状値の場合は経済的にリサイクル（メタン化）が進みにくいという結果になった。都市部ほど NBR が小さいのは、リサイクルが焼却より不利な部分である収集コストが増大するためである。

表 6-7 試算結果の詳細（基本シナリオ）

			単位	大都市	地方中心都市	小規模都市	農山漁村
収集原価	焼却	ECC	円/kg	17.4	17.8	13.1	10.0
	メタン化	ECR	円/kg	35.8	36.5	27.0	20.6
処理原価	焼却	GCL	円/kg	33.7	33.7	33.7	33.7
	メタン化	ECSR	円/kg	13.3	13.3	13.3	13.3
徴収率	デフォルト	a	-	0.4	0.4	0.4	0.4
減免率	デフォルト	b	-	0.3	0.3	0.3	0.3
収集運搬変化	ECC-ECR		円/kg	-18.4	-18.7	-13.8	-10.6
処理処分変化	$GCL*a*(1-B)-ECSR$		円/kg	-3.8	-3.8	-3.8	-3.8
NBR			円/kg	-22.2	-22.6	-17.7	-14.4

つづいて、徴収率 a、減免率 b を変化させることによる NBR の変化を分析した。想定した各ケースの設定は以下のとおりであり、この a,b の組み合わせに対して NBR を算出した。なお、今回、減免率はある特定の地域における過去の時点の値を設定しているが、関係者の努力により、現在では縮小してきていると考えられることに留意する必要がある。

表 6-8 徴収率 a、減免率 b の感度解析設定

徴収率 a	備考	減免率 b	備考
1	すべての費用を徴収	0.6	表 6-4 中の最大値を元に設定
0.8	限界費用（減価償却費を除く）を徴収	0.3	表 6-4 中の平均値を元に設定
0.4	表 6-4 中の平均値を元に設定	0	減免なし
0.2	表 6-4 中の最小値を元に設定		

表 6-9 徴収率・減免率の感度解析結果（基本シナリオ）

<p>現状の減免率のままでも、徴収率が上昇するほど NBR（リサイクルと焼却の処理料金の差）は小さくなるが、すべてのケースで NBR はマイナスとなり、リサイクルの経済的インセンティブは無かった。</p>	<p>b=0.3</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>都市区分</th> <th>a=1</th> <th>a=0.8</th> <th>a=0.4</th> <th>a=0.2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大都市</td> <td>-8.0</td> <td>-12.8</td> <td>-22.2</td> <td>-26.9</td> </tr> <tr> <td>地方中心都市</td> <td>-8.4</td> <td>-13.1</td> <td>-22.6</td> <td>-27.3</td> </tr> <tr> <td>小規模都市</td> <td>-3.5</td> <td>-8.2</td> <td>-17.7</td> <td>-22.4</td> </tr> <tr> <td>農山漁村</td> <td>-0.3</td> <td>-5.0</td> <td>-14.4</td> <td>-19.1</td> </tr> </tbody> </table>	都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2	大都市	-8.0	-12.8	-22.2	-26.9	地方中心都市	-8.4	-13.1	-22.6	-27.3	小規模都市	-3.5	-8.2	-17.7	-22.4	農山漁村	-0.3	-5.0	-14.4	-19.1
都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2																						
大都市	-8.0	-12.8	-22.2	-26.9																						
地方中心都市	-8.4	-13.1	-22.6	-27.3																						
小規模都市	-3.5	-8.2	-17.7	-22.4																						
農山漁村	-0.3	-5.0	-14.4	-19.1																						
<p>減免率がゼロの場合、徴収率が 0.8 以上で収集原価の小さい農山漁村の NBR が正となるケースが見られた。 徴収率が 1.0 の場合はすべての都市区分で $NBR > 0$ となり、すべてのコストを徴収する場合はリサイクルが経済的インセンティブをもった。</p>	<p>b=0</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>都市区分</th> <th>a=1</th> <th>a=0.8</th> <th>a=0.4</th> <th>a=0.2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大都市</td> <td>2.1</td> <td>-4.7</td> <td>-18.1</td> <td>-24.9</td> </tr> <tr> <td>地方中心都市</td> <td>1.7</td> <td>-5.0</td> <td>-18.5</td> <td>-25.2</td> </tr> <tr> <td>小規模都市</td> <td>6.6</td> <td>-0.1</td> <td>-13.6</td> <td>-20.4</td> </tr> <tr> <td>農山漁村</td> <td>9.8</td> <td>3.1</td> <td>-10.4</td> <td>-17.1</td> </tr> </tbody> </table>	都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2	大都市	2.1	-4.7	-18.1	-24.9	地方中心都市	1.7	-5.0	-18.5	-25.2	小規模都市	6.6	-0.1	-13.6	-20.4	農山漁村	9.8	3.1	-10.4	-17.1
都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2																						
大都市	2.1	-4.7	-18.1	-24.9																						
地方中心都市	1.7	-5.0	-18.5	-25.2																						
小規模都市	6.6	-0.1	-13.6	-20.4																						
農山漁村	9.8	3.1	-10.4	-17.1																						
<p>減免率が 0.6 と高い場合は、すべてのケースで NBR はマイナスとなり、リサイクルの経済的インセンティブは無かった。</p>	<p>b=0.6</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>都市区分</th> <th>a=1</th> <th>a=0.8</th> <th>a=0.4</th> <th>a=0.2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大都市</td> <td>-18.1</td> <td>-20.8</td> <td>-26.2</td> <td>-28.9</td> </tr> <tr> <td>地方中心都市</td> <td>-18.5</td> <td>-21.2</td> <td>-26.6</td> <td>-29.3</td> </tr> <tr> <td>小規模都市</td> <td>-13.6</td> <td>-16.3</td> <td>-21.7</td> <td>-24.4</td> </tr> <tr> <td>農山漁村</td> <td>-10.4</td> <td>-13.1</td> <td>-18.4</td> <td>-21.1</td> </tr> </tbody> </table>	都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2	大都市	-18.1	-20.8	-26.2	-28.9	地方中心都市	-18.5	-21.2	-26.6	-29.3	小規模都市	-13.6	-16.3	-21.7	-24.4	農山漁村	-10.4	-13.1	-18.4	-21.1
都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2																						
大都市	-18.1	-20.8	-26.2	-28.9																						
地方中心都市	-18.5	-21.2	-26.6	-29.3																						
小規模都市	-13.6	-16.3	-21.7	-24.4																						
農山漁村	-10.4	-13.1	-18.4	-21.1																						

さらに、全国での再生利用ポテンシャル量を試算するために、都市区分別の事業系食品廃棄物の発生量を環境省「廃棄物系バイオマス活用ロードマップ」よりもとめた。なお、都市区分別の家庭系食品廃棄物と事業系食品廃棄物（食り法対象外）の総量は記載があったが、都市区分別、ごみ排出区分別の発生量の記載はなかったため、家庭系食品廃棄物＋事業系食品廃棄物（食り法対象外）と同様の比率として配分して推定した。

表 6-10 事業系廃棄物発生量の推定結果 ※網掛けは推定した発生量、再生利用量

			単位：千t/年				
			大都市	地方中心都市	小規模都市	農山漁村	計
発生量	自治体で処理 されている	家庭系食品廃棄物+事業系 食品廃棄物(食り法対象外)	3,714	4,595	2,916	640	11,865
		家庭系食品廃棄物	3,335	4,126	2,618	575	10,653
		事業系食品廃棄物(食り法 対象外)	379	469	298	65	1,212
		事業系食品廃棄物(食り法 対象)	935	1,157	734	161	2,988
	食り法にもとづき 処理されている	事業系(仕向量)	261	323	205	45	835
		動植物性残渣(産廃)	939	1,162	738	162	3,001
再生利用量	自治体で処理 されている	家庭系食品廃棄物+事業系 食品廃棄物(食り法対象外)	228	282	179	39	728
		家庭系食品廃棄物	205	253	161	35	654
		事業系食品廃棄物(食り法 対象外)	23	29	18	4	74
		事業系食品廃棄物(食り法 対象)	57	71	45	10	183
	食り法にもとづき 処理されている	事業系(仕向量)	262	323	205	45	835
		動植物性残渣(産廃)	936	1,157	735	160	2,988
再生利用率	自治体で処理 されている	家庭系食品廃棄物	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%
		事業系食品廃棄物(食り法 対象外)	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%
		事業系食品廃棄物(食り法 対象)	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%
	食り法にもとづき 処理されている	事業系(仕向量)	100.1%	100.0%	100.0%	99.3%	100.0%
		動植物性残渣(産廃)	99.6%	99.6%	99.6%	98.9%	99.6%
		事業系食品廃棄物計	1,576	1,950	1,237	272	5,035
再生利用量	事業系食品廃棄物計	342	423	269	59	1,092	
再生利用率	事業系食品廃棄物計	22%	22%	22%	22%	22%	

前述の各ケースについて、NBR>0 の場合はその都市区分での事業系食品廃棄物のリサイクルが進むとして、発生量＝再生利用量（リサイクル量）を推定した。その場合の結果は以下のとおりである。農山漁村の発生量は小さいため、人口の多い地域の NBR が正となる徴収率 1.0、減免率 0 のケースのポテンシャルが特に高くなった。

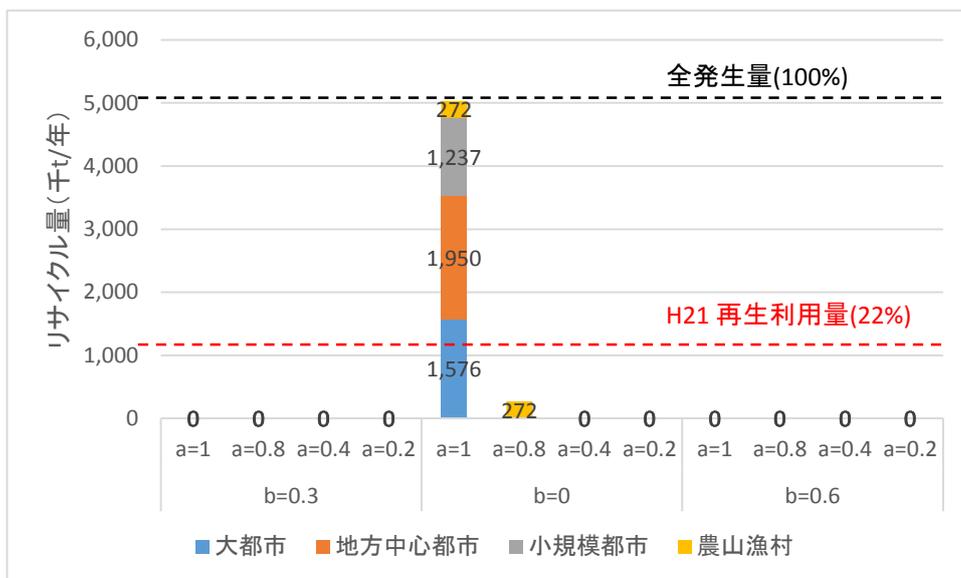


図 6-12 リサイクル量ポテンシャル（基本シナリオ）

(2)固定価格買取制度シナリオの結果

また、メタン発酵によるバイオガス発電は固定価格買取制度による売電が可能になっているが、環境省九州地方環境事務所「平成 22 年度九州・沖縄地域における地域循環圏形成推進調査 報告書」（平成 23 年 3 月）にて調査されている処理原価には固定価格買取制度での売電単価は反映されていないと考えられる。そこで、環境省「廃棄物系バイオマス活用ロードマップ」にて試算された固定価格買取制度の価格を考慮したデータを元に、仮に買取価格がバイオガス発電の 39 円/kWh ではなく、従前の価格に近い 17 円/kWh で買い取られていた場合と比較して、固定価格買取制度への移行によるコスト改善率を試算した。

結果、コストの改善は-17~-84%にもなり、処理方式により大きく異なることが示された。また、今回コスト改善率は算出していないが、上記ロードマップによれば、生ごみ 50t/day の規模では処理原価がマイナス（売電収入が処理費を上回る）になりうることも示されている。ただし、処理原価には最終処分費用も一部（およそ 10~50%程度※）含まれているため、生ごみの処理処分コスト全体が半減（処理原価 80%減×処理処分に占める処理の割合 70%≒56%減）すると仮定して同様に試算を行った。

※環境省「一般廃棄物処理実態調査」[19]の市区町村の中間処理と最終処分の処理費・人件費・委託費の合計の比は中間処理：最終処分=9：1（下限 10%の根拠）

表 6-11 固定価格買取制度への移行によるコスト改善率

		生ごみ20t/day+可燃ごみ65t/day		
		湿式メタン+焼却	乾式メタン+焼却	全量焼却
ガス発電単価	円/kWh	39	39	39
焼却発電単価	円/kWh	17	17	17
売電収入	千円/20年	1,687,701	5,581,259	0
イニシャルコスト	千円/20年	3,135,320	3,221,780	3,057,000
ランニングコスト	千円/20年	3,192,006	2,977,727	2,676,455
収支計	千円/20年	-4,639,625	-618,248	-5,733,455
↓売電単価が17円/kWhの場合				
売電収入	千円/20年	735,665	2,432,856	0
イニシャルコスト	千円/20年	3,135,320	3,221,780	3,057,000
ランニングコスト	千円/20年	3,192,006	2,977,727	2,676,455
収支計	千円/20年	-5,591,661	-3,766,651	-5,733,455
FIT前後のコスト変化率		-17%	-84%	0%

※環境省「廃棄物系バイオマス活用ロードマップ」p.3-18,19を元に試算

※これらの試算ではごみ発電はないものと設定されている

この各ケースについてもリサイクル量ポテンシャルの算出を行った。リサイクル量ポテンシャルは基本シナリオより高くなり、限界費用分(0.8)の徴収率でも減免がない場合は経済的優位性によりリサイクルが進みうることが示唆された。参考までに、各ケースのNBRも以下に示す。

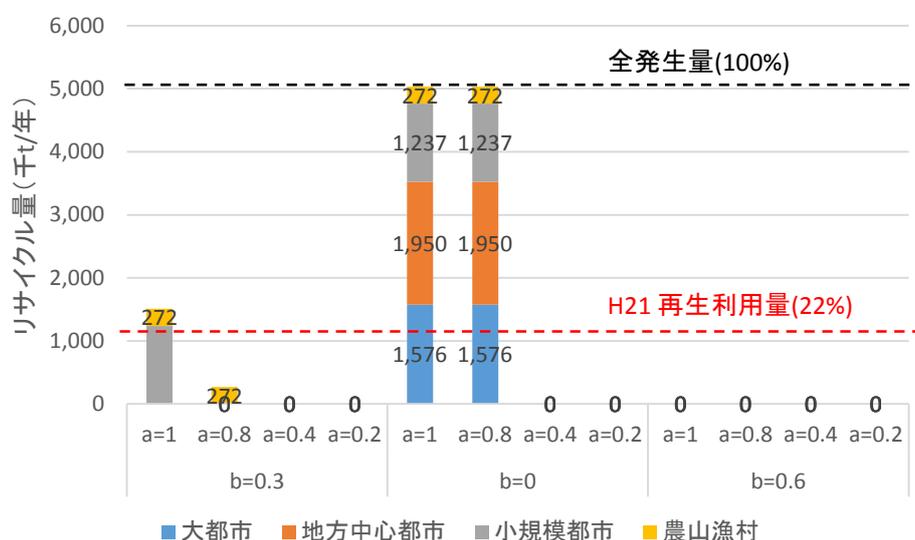


図 6-13 リサイクル量ポテンシャル (FIT シナリオ)

表 6-12 徴収率・減免率の感度解析結果 (FIT シナリオ)

<p>現状の減免率のままでも、徴収率が上昇するほど NBR(リサイクルと焼却の処理料金の差)は小さくなり、小規模都市や農山漁村では正となった。</p>	<p>b=0.3</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>都市区分</th> <th>a=1</th> <th>a=0.8</th> <th>a=0.4</th> <th>a=0.2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大都市</td> <td>-1.4</td> <td>-6.1</td> <td>-15.6</td> <td>-20.3</td> </tr> <tr> <td>地方中心都市</td> <td>-1.8</td> <td>-6.5</td> <td>-15.9</td> <td>-20.6</td> </tr> <tr> <td>小規模都市</td> <td>3.1</td> <td>-1.6</td> <td>-11.0</td> <td>-15.7</td> </tr> <tr> <td>農山漁村</td> <td>6.4</td> <td>1.7</td> <td>-7.8</td> <td>-12.5</td> </tr> </tbody> </table>	都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2	大都市	-1.4	-6.1	-15.6	-20.3	地方中心都市	-1.8	-6.5	-15.9	-20.6	小規模都市	3.1	-1.6	-11.0	-15.7	農山漁村	6.4	1.7	-7.8	-12.5
都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2																						
大都市	-1.4	-6.1	-15.6	-20.3																						
地方中心都市	-1.8	-6.5	-15.9	-20.6																						
小規模都市	3.1	-1.6	-11.0	-15.7																						
農山漁村	6.4	1.7	-7.8	-12.5																						
<p>減免率がゼロの場合、徴収率が 0.8 以上ですべての都市区分で NBR>0 となり、リサイクルが経済的インセンティブをもった。</p>	<p>b=0</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>都市区分</th> <th>a=1</th> <th>a=0.8</th> <th>a=0.4</th> <th>a=0.2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大都市</td> <td>8.7</td> <td>2.0</td> <td>-11.5</td> <td>-18.2</td> </tr> <tr> <td>地方中心都市</td> <td>8.3</td> <td>1.6</td> <td>-11.9</td> <td>-18.6</td> </tr> <tr> <td>小規模都市</td> <td>13.2</td> <td>6.5</td> <td>-7.0</td> <td>-13.7</td> </tr> <tr> <td>農山漁村</td> <td>16.5</td> <td>9.7</td> <td>-3.7</td> <td>-10.5</td> </tr> </tbody> </table>	都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2	大都市	8.7	2.0	-11.5	-18.2	地方中心都市	8.3	1.6	-11.9	-18.6	小規模都市	13.2	6.5	-7.0	-13.7	農山漁村	16.5	9.7	-3.7	-10.5
都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2																						
大都市	8.7	2.0	-11.5	-18.2																						
地方中心都市	8.3	1.6	-11.9	-18.6																						
小規模都市	13.2	6.5	-7.0	-13.7																						
農山漁村	16.5	9.7	-3.7	-10.5																						
<p>減免率が0.6と高い場合は、すべてのケースで NBR はマイナスとなり、リサイクルの経済的インセンティブは無かった。</p>	<p>b=0.6</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>都市区分</th> <th>a=1</th> <th>a=0.8</th> <th>a=0.4</th> <th>a=0.2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大都市</td> <td>-11.5</td> <td>-14.2</td> <td>-19.6</td> <td>-22.3</td> </tr> <tr> <td>地方中心都市</td> <td>-11.9</td> <td>-14.6</td> <td>-20.0</td> <td>-22.7</td> </tr> <tr> <td>小規模都市</td> <td>-7.0</td> <td>-9.7</td> <td>-15.1</td> <td>-17.8</td> </tr> <tr> <td>農山漁村</td> <td>-3.7</td> <td>-6.4</td> <td>-11.8</td> <td>-14.5</td> </tr> </tbody> </table>	都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2	大都市	-11.5	-14.2	-19.6	-22.3	地方中心都市	-11.9	-14.6	-20.0	-22.7	小規模都市	-7.0	-9.7	-15.1	-17.8	農山漁村	-3.7	-6.4	-11.8	-14.5
都市区分	a=1	a=0.8	a=0.4	a=0.2																						
大都市	-11.5	-14.2	-19.6	-22.3																						
地方中心都市	-11.9	-14.6	-20.0	-22.7																						
小規模都市	-7.0	-9.7	-15.1	-17.8																						
農山漁村	-3.7	-6.4	-11.8	-14.5																						

今回のポテンシャル量はあくまでかなり仮想数値例的な色彩の強い試算であり、また、 $NBR > 0$ であれば全量のリサイクルが進むと仮定している。しかし、実際には排出者側の分別コストやリサイクル先の選定コストなども必要となるため、 $NBR > 0$ で一度に普及が進むわけではない、実際には地域・事業者ごとにこの感度は異なると考えられる。この NBR 感度を高める（分別コストや排出先選定コストを低下させる）ことも重要である。また、現状の可燃ごみ処理からの変更を面倒に感じる場合がある一方で、リサイクルしているという CSR 的な便益を感じることもある。実際にはこれらの要素にも影響を受けることに留意する必要がある。

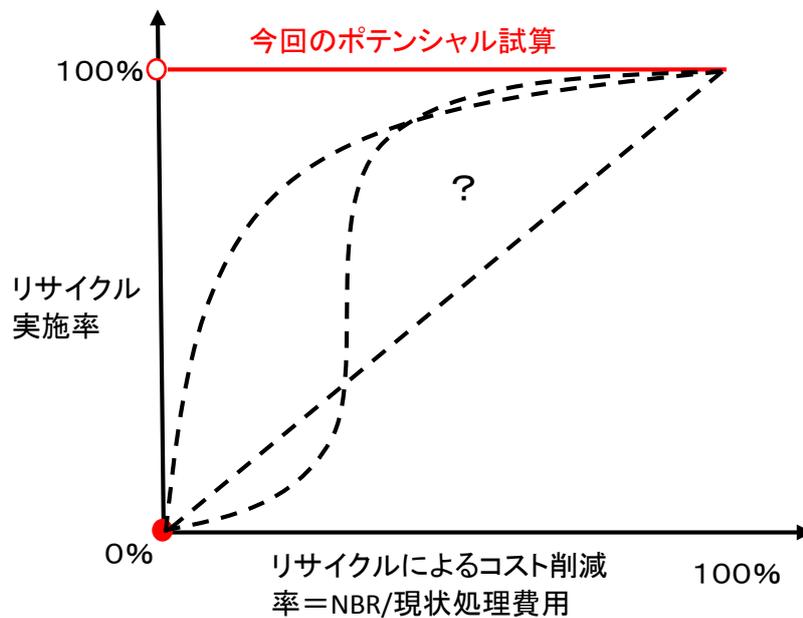


図 6-14 NBR に対する実際の事業者のリサイクルへの転換率イメージ

2-5. 留意事項

廃棄物系バイオマスの中でも事業系ごみの 3R の拡大に向けては、処理原価と同額を徴収するような経済的手法のみが唯一の政策ではない。実際の政策においては、民間におけるリサイクルの受け皿が整備された資源物に限って自治体の処理施設への搬入を禁止するような措置も多くみられる。この場合、リサイクルの受け皿が存在しない種類のごみについては、排出事業者は引き続き従前と同様の費用負担で処分をすることができるため、一気に全額負担化するような急激な費用負担増大による混乱を回避できる。リサイクルの受け皿が整備されないことが排出事業者負担の原則の回避理由に用いられるべきではないし、鶏と卵という側面もあると考えられる。しかし、例えば、①全ての種類のごみについて均一に処分手数料を値上げする方がよいのか、もしくは、②リサイクルの受け皿がないごみの処分手数料は引き続き比較的安価であるものの、リサイクルの受け皿があるごみについては、自治体の焼却施設へは搬入停止として、民間のリサイクル施設に搬入せざるをえないとする規制的な政策の、いずれがすぐれているのかは実務者の立場からは、興味深いテーマではないだろうか。①のケースにおいては、受け皿のない品目のリサイクル率

は向上しようがないため、排出事業者の追加的負担総額を同一とした場合には、結果としてリサイクル率は②の方が高い水準となりうることも想定されうる。

以上に加えて、事業系食品廃棄物のリサイクル市場の形成に向けた課題としては、例えば以下のようなものが挙げられる。

①民間リサイクル施設の増加

コスト最小あるいはリサイクル率最大といった最適化（効率化）を図る場合、基本的には制約条件が多いほど、解がとりうる範囲が狭まるため、効率改善の余地が限られる。自然的物理的制約条件は避けたいが、中には自治体（市町村）の政策判断により、解消可能な社会的制約条件もある。例えば、全国的にみて廃棄物系バイオマスのうち食品廃棄物の中でも事業系一般廃棄物のリサイクル率は低い。これに対して、域内に食品廃棄物のリサイクル施設（食品リサイクル法に基づく登録再生利用事業者）があり、既に産業廃棄物の食品廃棄物を適正かつ効果的にリサイクルできており、施設能力に余裕があるなどの場合には、これに市町村が一般廃棄物の処分業の許可を与えることにより、追加的な施設整備費用なしに当該自治体も含む広域での事業系食品廃棄物のリサイクルが進展することが期待できる。

民間のリサイクル拡大に向けては、一般廃棄物の業の許可が市町村の裁量の範囲が広い中で、いかに安定的な処理体制の確保と両立する形でうまく市場を形成し、結果として強靱なバイオマス3R・ごみ処理システムを構築していけるかが課題である。

将来的に拡大された市場においては、多くのプロフェッショナルを有する大都市部のごみ処理事業も有望なプレイヤーとなる可能性があるのではないだろうか。

②リサイクル事業者・市場の偏在性

食品リサイクル法などの施策により、食品廃棄物のリサイクル市場は形成されてきているが、地域によってリサイクル事業者・市場の偏りがある場合、地域によっては処分手数料のみ上げても短期的には高い手数料で焼却施設に持ち込む行動が変更されず排出事業者の負担のみが増加する結果となる。よって、リサイクル事業者・市場に関わる事前調査やモニタリングを行い事態の把握に努めるとともに、必要に応じて、リサイクル事業者に関わる支援策を検討する必要があると考えられる。

③リサイクル事業者の質

市場が拡大する際には、不適切な処理を行う事業者が紛れ込むことも考えられる。不適切な処理状況が報道されるとリサイクル市場の形成にマイナスのイメージを与える。一般廃棄物処理許可を得てリサイクルを行う事業者について、事業のモニタリングや有料事業者の評価などの仕組みにより、市場が不良事業者を淘汰するのを促す仕組みを設けていくことが考えられる。

④処理コストの上昇による不法投棄対策

食品系廃棄物に限らず、事業系一般廃棄物の受け入れ料金が上昇し、事業者の負担感が高くなった場合は、不法投棄を誘引する一因となる。不法投棄の取り締まりを行う中で対応が必要となる。

3. まとめ

本章では、廃棄物系バイオマスの利活用促進に関する経済的手法の検討を行った。

第1節では、リサイクルの促進を図る政策手法について、その効果と副次的な作用を述べた。また、リサイクルが廃棄物処理市場と資源市場とが密接に関連して成立することを踏まえ、特に課税・補助金政策が投入する対象によって両市場に異なる結果をもたらすことを示し、対象を需要側に近づける利点を指摘した。経済的手法によってリサイクル率を政策目標として追求することは可能となるが、廃棄物系バイオマスの利活用促進は循環型社会の形成による社会的費用の抑制を目指すものであるため、それに沿った目標設定の考え方について論じた。

第2節では、上述の議論を踏まえ、事業系の食品廃棄物について現在得られている地方自治体の実態調査等の数値に基づき、経済的手法を含めた費用負担構造の変化が事業者のリサイクル行動に及ぼす影響について試算を行った。現状の事業系一般廃棄物の処理において、その経費負担を排出者に十分に求めることなく減免率が設けられている場合には、排出者がリサイクルを選択するインセンティブに欠けており、事業者の負担率を高めることが廃棄物系バイオマスの利活用促進に寄与することが示された。また、リサイクルの需要側に作用する経済的手法であるバイオマス発電を対象とした固定価格買取制度が経済性を大きく改善し、廃棄物系バイオマスの利活用促進に効果がある結果が得られた。これらを踏まえ、市場ベースで廃棄物系バイオマスの利活用を促進する可能性を論じ、その際に必要となる政策提言を行った。

廃棄物処理やリサイクルは経済活動であり、廃棄物系バイオマスの利活用促進においても市場機能が働くことが、関係する主体に適切な行動を促すインセンティブをもたらす。一方で、廃棄物処理やリサイクルには固有の問題があるため、公的部門による適切な誘導・管理は必要であり、また、政策手段や投入点の選択にはその特性を踏まえた注意が必要となる。

(第6章 参考文献)

- [1] 坂内久・大江徹男 (2008) , 「燃料か食糧か - バイオエタノールの真実」, 日本経済評論社.
- [2] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2010) , 「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」, エネルギー・フォーラム.
- [3] 環境省 (2003) , 「平成 15 年度環境白書」.
- [4] 吉村元男 (2009) , 「地域油田-環節都市が開く未来」, 鹿島出版会.
- [5] 経済産業省資源エネルギー庁 (2009) , 「平成 20 年度エネルギー白書」.
- [6] 小泉達治 (2012) , 「バイオエネルギー大国 ブラジルの挑戦」, 日本経済新聞出版社.
- [7] 大島堅一 (2010) , 「再生可能エネルギーの政治経済学」, 東洋経済新報社.
- [8] 細田衛士・横山彰 (2007) , 「環境経済学」, 有斐閣.
- [9] 植田和弘 (1992) , 「廃棄物とリサイクルの経済学」, 有斐閣.
- [10] 栗山浩一 (1998) , 「環境の価値と評価手法-CVM による経済評価」, 北海道大学出版会.

- [11] 柘植隆宏・栗山浩一・三谷洋平 [編] (2011), 「環境評価の最新テクニック」, 勁草書房.
- [12] 笹尾俊明 (2011), 「廃棄物処理の経済分析」, 勁草書房.
- [13] 「全国縦断 事業系一般廃棄物搬入手数料の動向」(月刊廃棄物、平成 25 年 4 月以降連載)
- [14] 三菱総合研究所 (2012), 平成 23 年度環境省委託業務「平成 23 年度 廃棄物処理の 3 R 化・低炭素改革支援事業委託業務 報告書 (平成 24 年 3 月)」
- [15] 箕面市廃棄物減量等推進審議会「事業系ごみ減量のため、減免制度を廃止する時期及びその手法について【意見書】」
- [16] 「全国縦断 事業系一般廃棄物搬入手数料の動向 第 9 回 総集編(1)」(月刊廃棄物、平成 25 年 12 月)
- [17] いわき市 (2011), 「一般廃棄物会計基準に基づく財務書類 (平成 22 年度)」
- [18] 環境省九州地方環境事務所 (2011), 「平成 22 年度九州・沖縄地域における地域循環圏形成推進調査報告書 (平成 23 年 3 月)」
- [19] 環境省(2014)「一般廃棄物処理実態調査 (平成 26 年 3 月)」

第7章 バイオマス利活用促進のための社会的手法の開発

1. はじめに

廃棄物系バイオマスの利活用を促進するための対策に関する手法の内容として、技術的手法については第5章、経済的な手法については第6章に示されている。本研究では、これ以外の手法に対しては社会的手法として取り扱うこととしており、その内容としては、規制的手法、支援的手法、手続き的手法などが考えられる。一般的に活用されている規制的手法には、規制措置の強化に関するものの事例が多いが、最近になってその取り組みが広がりつつある規制緩和に関わるものも、規制的手法の中にも含めることができる。本章では、これら社会的手法の中で、廃棄物系バイオマスの排出者や利用者に対して、その環境改善や3R推進に向けての意識向上と回収・利用に向けての自発的な協力を促すための支援的手法を中心に検討していくこととする。家庭から排出される生ごみの利活用システムの構築をテーマとして取り上げ、その実施結果を踏まえて、支援的手法のあり方やその進め方について考察する。

家庭から排出されるごみの資源化が年々進んでいるが、ごみ処理施設に搬入される可燃ごみの中で最も量が多い生ごみについては、その資源化がなかなか進まないという状況である。これまでの国内外での現地調査を通じて、リサイクル製品に対する付加価値を高めるためには、排出者の分別に対するより高いレベルでの協力や、リサイクル製品に対する利用者側の理解と協力を必要とすることが判明している。そのため、家庭用生ごみのコンポスト化による家庭菜園での自ら利用を進めるという実務的な作業の普及・啓発活動を通じて、生ごみをより適切に分別して回収業者に引き渡すことにより、バイオマス系廃棄物の中で最も多量に作られているコンポスト製品の付加価値を高めるために住民の実施可能な協力内容や行政側の支援方策のあり方について検討する。

2. とっとり流コンポストの普及に関する調査研究

2-1. コンポスト作りの意義と重要性

鳥取県全体の一般廃棄物の排出量は約21万t(2011年度実績)で、その内訳をみると生ごみが37%、紙ごみが28%となっている。県内の一般廃棄物のリサイクル率は26.3%と全国で第3位を占めているが、さらに上位を目指すためには、この両者に対する減量化、リサイクルの推進が不可欠となる。その処理費用は73億7,600万円で、一人当たりで換算すると年間で12,400円、4人世帯だと計49,600円になる。

県内の家庭ごみの約7割が可燃ごみで、図7-1で示すようにその総重量の半分以上が生ごみ由来の水分である。水分の多い可燃ごみは燃焼しにくいので、プラスチック等の可燃物が少ない場合は補助燃料を投入して燃焼されることも多い。水分を除いた可燃ごみの内訳は「紙・布類」44.2%、「生ごみ」27.7%、「プラスチック・ゴム類」17.3%、「木材類」5.3%、「不燃物類」2.3%、「その他」3.2%となる(図7-2参照)。紙・布類はその多くがリサイクル可能であるが、濡れたり汚れたりするとリサイクル回収が不可能になる。可燃ごみ中

の紙・布類と生ごみが分別されるとこれら両者のリサイクルも容易になる。また、焼却処理の際に水分量が減れば、補助燃料も不要になるばかりか、エネルギー回収時の効率も向上するので、処理費用の削減にも繋がる。生ごみをその他のごみと分別してコンポスト(液肥も含む)化することによりプラスチックや金属類などの不純物の少ない良質な堆肥として再利用できる。

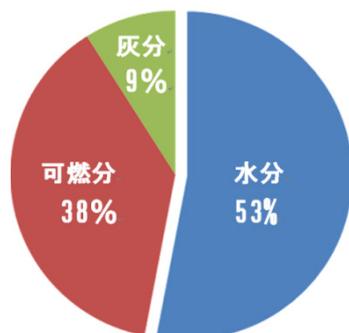


図 7-1 可燃ごみの3成分の重量比

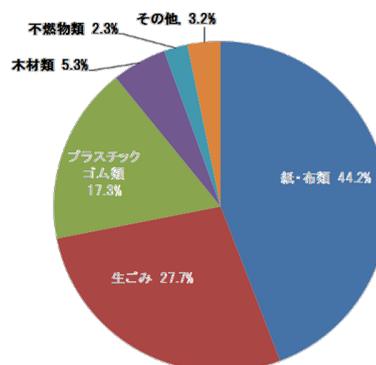


図 7-2 水分を除いた可燃ごみの内訳

2-2. 研究概要

生ごみのコンポスト化は、農業の進展とともに古くから各地で広く実施されてきたが、戦後のプラスチック利用の急増に伴う分離困難な異物の混入、都市化による臭気問題の発生、利活用の際に用いる労力の制約、化学肥料生産の急増などの問題により、わが国では次第に衰退していった。しかし、海外に目を向けると、廃棄物の円滑な処理体制の確保に大きな問題を抱える開発途上国では埋立処分場の確保に支障があることから、生ごみのコンポスト利用が各地で広く行われている。しかし、埋立ごみの中から生ごみを分離して製造されるコンポストは、プラスチック・金属等の多量の異物を混入するなど、品質が悪いことからその利用面でも大きな制約がある。

これに対して、家庭ごみを排出する住民が自ら、又は事業者と協力して、生ごみのコンポスト作りを進めて有機堆肥を作り出すことは、その生産プロセスにおける化石燃料使用の節減や、これまで用いられてきた化学肥料の利用の節減にも繋がり、より安全な食料の生産という観点からも、持続可能な社会の構築に貢献することになる。この観点から JICA による技術協力の成果として開発途上国では「高倉式コンポスト」[1], [2]が広く普及しつつある。一方、県内でも有志の方々の努力により、「ダンボール・コンポスト」[3], [4]の普及活動が熱心に進められている。そこで、鳥取環境大学では鳥取県循環型社会推進課の支援を得て、県内における家庭での生ごみからのコンポスト作りをより一層進めるための取り組みとして、両方式の特徴を活用したより扱いやすい手法を開発するための研究を進めた。

2-3. 研究目的

研究目的は以下のとおりである。

- 1) 家庭用の生ごみコンポスト作りで大きな実績のある高倉式コンポストとダンボー

ル・コンポストの両手法に実際に取り組んで、その効果と取り扱い方法や特徴を把握する。

- 2) 利用者に対するアンケート調査を実施し、コンポスト作りに対する利用者の意識や関心事項を把握しながら、生ごみからのコンポスト作りについての普及方策を見出す。
- 3) 近隣住民へのコンポスト作りに関する普及活動を通じて、実際に普及を進める際に生じる問題点を把握するとともに、その改善策を取りまとめる。

2-4. 調査方法

- 1) 大学におけるプロジェクト研究（実習科目）の一課題として、自宅において、高倉式コンポストとダンボール・コンポストの両手法によるコンポスト作りに取り組んだ（図 7-3 参照）。
- 2) その実施結果を土台に、本学の学生 50 名にコンポスト作りに関するアンケート調査を行って、その結果を取りまとめた（図 7-4 参照）。
- 3) 近隣公民館での婦人会活動の一環として、環境学習会を開催して主婦たちを中心にコンポスト作りを実際に体験してもらい、その後、作成途中段階においてアンケート調査を実施した（表 7-1 参照）。



図 7-3 学生による発酵用菌材の作成と高倉式コンポストの作成準備

2-5. 調査結果

鳥取環境大学の学生 17 名を対象に、2012 年 10 月から 2013 年 2 月まで高倉式コンポスト化手法によるダンボール・コンポスト作りを体験させて、生ごみのコンポスト化における取組み状況や 3R の推進に向けての意識の変化を調べた。その結果、コンポスト作りによる生ごみの減量（容）化に対しては、ほぼ全員がその有用性を高く評価した。その理由として、放置による生ごみの腐敗がなくなったことや朝の可燃ごみ出しの負担などが減ったことをあげている。しかし、その過程での定期的な攪拌等の維持管理面での手入れ不足等による臭気や虫の発生が一部に生じたこともあって、その後もコンポスト作りを継続している学生は約 3 割に止まった。これは、学生の場合、春休みなどに帰省すると、作業継続のきっかけを失うことが多いことも一因である。

また、両者の手法を実施した結果として、もみ殻燻炭とピートモスを材料とするダンボ

ール・コンポスト化手法は、臭気の発生は少ないが、生ごみの分解が遅く、一度に大量の生ごみを処理できないことが判明した。これは、投入した生ごみ量に対する全体重量の増加の計測結果や投入生ごみの観察状況の結果からも裏付けられる。その事例を図 7-4 に示す。一方、高倉式コンポスト化手法は、ごみ分解を促進する微生物を増殖させた発酵液を加えた菌材を使用するため、生ごみの分解が速いが、その臭気が気になる事例も見られ、円滑な普及・推進のためには、菌材の配布体制も確立する必要があることが判明した。

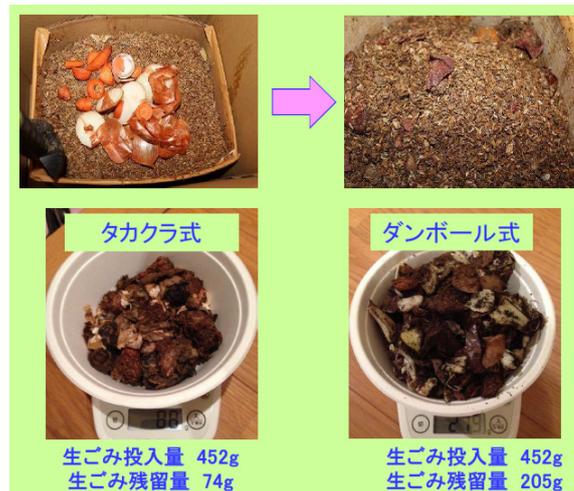


図 7-4 高倉式とダンボール式の生ごみ分解状況の比較（3 日間の投入実績結果）

図 7-5 鳥取環境大学生へのアンケート結果

続いて、図 7-5 の結果から以下のことが判明した。コンポスト化に対するイメージは、「便利」、「エコに繋がる」、「ゴミ袋代が減りそう」などのプラスの意見が全体の約 6 割であるのに対し、「虫が湧きそう」、「臭い」、「管理が面倒」などのマイナスの意見が全体の約 4 割を占めた。

コンポスト化を普及させるためには、このマイナス・イメージの払拭と管理方法の徹底が必要と考えられる。

2013年6月から7月にかけて、公民館での環境学習会を3回開催して、主婦たちを中心にコンポスト作りを図7-6、7-7に示すように実際に体験してもらった。



図7-6 第1回学習会の開催状況（コンポスト作りの説明と発酵菌の作成）



図7-7 第2、3回学習会の開催状況（菌材の作成とコンポスト容器の作成）

主婦たちにとり流コンポスト作りを体験してもらった結果、以下のことが判明した。臭気（菌材の臭気も含む）を気にする人が多く見受けられた。

毎日攪拌する必要があるが、生ごみ投入時にしか攪拌しない家庭もある。温度上昇がない事例もあり、一部に虫の発生も確認された。

表7-1 体験した主婦たちに対するアンケート結果

	攪拌の頻度	温度変化	臭気	虫の発生
A	生ごみ投入時	変化なし	なし	なし
B	毎日	少し上昇	少しあり	あり
C	毎日	少し上昇	少しあり	なし
D	生ごみ投入時	少し上昇	あり	なし
E	生ごみ投入時	少し上昇	なし	なし
F	毎日	少し上昇	なし	なし
G	生ごみ投入時	上昇した	あり	あり

調査結果から得られた内容は以下のとおりである。

- 1) コンポストに対してマイナス・イメージを持つ人が多いため、虫や臭気などへの対策を伝えることで、そのイメージを払拭する必要がある。
- 2) 毎日攪拌する必要があつて手間がかかる上に、攪拌を怠ると温度の上昇が小さく、虫が発生する事例も見られる。しかし、そうでない事例もあるため、今後の詳細な検討

が必要である。

- 3) 今回のように環境学習会の形で開催することにより、多くの住民がコンポスト作りを体験する機会を設けることで、コンポスト作りの円滑な普及・推進に繋がることが考えられる。

これらの成果を土台に、コンポスト作りの工程の中で、以下の改善事項を参加者に周知させるようにした。

- 1) 生ごみを投入する際はこまめに攪拌を行う
発酵菌（好気性菌）は常に呼吸しているため酸素が必要である。攪拌が不十分だと酸素が不足し菌の活動が弱まる。その結果、分解が遅くなって生ごみが残り、腐敗菌が増殖して臭気が発生する。そのため、投入時だけではなく投入後も可能な限り毎日攪拌する。
- 2) 投入する生ごみは小さく刻む
生ごみのサイズを小さくすればするほど分解が均質に進んで早く安定化する。
- 3) 投入する生ごみに注意をする
人間が食べられるものは入れても良いが、生ごみ以外のもの、貝殻、カニの殻、魚・トリ・ブタなどの骨は分解せず、入れると攪拌の妨げになって臭気が発生し易くなる。また、塩分の高いもの、腐敗した生ごみ、防腐剤のついた果物の皮など、菌の働きを弱めるものの投入に注意する。
- 4) 菌材の温度を 30～50℃に保つ
温度が低い場合、分解速度も極端に遅くなる。そのため内部温度が 30～50℃を保つよう、保温・保湿に注意するとともに、必要に応じてカロリーの高い廃食用油や米ぬかなどを添加する。
- 5) 水分は 40～60%で管理する
水分量が少ない時や多すぎる時は発酵が遅くなって臭気が発生する。
- 6) 虫の進入を防ぐ工夫をする
生ごみは室内に置いたままにせず、内部に虫が卵を産み付ける前に投入する。投入後は臭気が発生しないように注意する。また、容器に布を被せるなどして外からの虫の進入を防ぐ。もし、発生した場合は米ぬか又は油を入れて菌材の温度を高くすると中の虫は死滅する。

鳥取環境大学の別の学生 15 名を対象に、2013 年 10 月から 2014 年 2 月まで、高倉式コンポスト化手法によるコンポスト作りを再度体験させて、これらの情報を習熟段階に応じて理解できるように適切に提供しながら、生ごみのコンポスト化に対する取組み状況を調べた。その結果、臭気が発生や虫の発生などのトラブルが全くなり、全員がコンポスト作りによる生ごみの減量（容）化に対する有用性を評価するようになった。

3. 社会的手法開発に向けての考察

3-1. 生ごみ利活用における関係者の役割と利用事例の評価

国内外の現地調査を通じて把握した生ごみの利活用における関係者の役割を図 7-8 に、また生ごみの利活用事例について整理した結果を表 7-2 に示す。利活用における事例としては

、排出（発生源管理）、処理（製造管理）、利用（利用管理）の 3 段階において、排出者、処理者、利用者を、A、B、C という三者の関わりとして図表の中に示した。

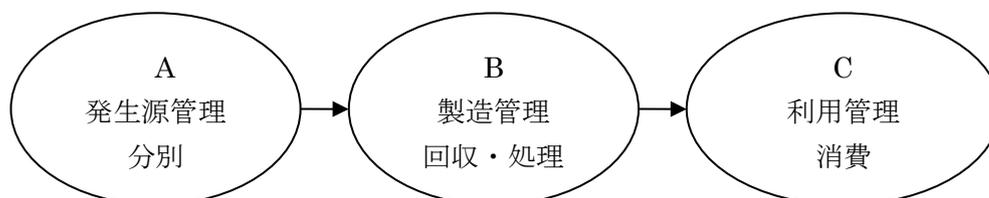


図 7-8 生ごみの利活用における関係者の役割

表 7-2 生ごみの利活用における事例

	排出段階	処理段階	利用段階	評価
事例①	A	A	A	◎
事例②	A	B	A	○
事例③	A	A	B	△
事例④	A	B	B	○
事例⑤	A	B	C	?

事例①は、排出者、処理者、利用者が A という同一人のケース、事例②は排出者と利用者が A で、処理者が B の二者から成るケース、事例⑤はそれぞれが A、B、C の三者から成るケースを示している。

事例①では、分別等の発生源管理、回収・処理等の製造管理、リサイクル物の消費等の利用管理を同一人が行うため、各段階の情報が共有されるとともに、それぞれの業務が連携を持って進められるため、最も成功する可能性が高い。これに対して、事例②・事例④、事例③の順に、情報の共有と業務の連携体制が難しくなることから成功の可能性が下がり、事例⑤の場合は、情報が共有されず各段階の業務の連携が失われ易いことから、成功の可能性がさらに低下する。多くのバイオマスタウンにおける生ごみの事業活動は、事例⑤のケースが最も多いため、三者間の情報共有と業務の連携体制をいかにして構築するかが課題となる。

3-2. 生ごみ利活用における日本の経験

生ごみの利活用に関する日本の経験を調べると、1970 年代に多量のプラスチックが市場に出回りだすまでは、生ごみの利活用が各地で広く行われていた。プラスチック消費量の増加とともに、生ごみからのプラスチック等の異物の分別が困難となって、その利活用が進まなくなっている。とくに 1973 年から 10 年間にわたって当時の通産省工業技術院が推進したスターダスト'80 とよばれる総合再生利用プラントの公開実証実験や、1980 年から稼働したユーレックス（堆肥化システム）とよばれる豊橋市で進められた都市農村環境総合計画において、大掛かりな総合利用システムは不成功に終わったことから、生ごみ

の利活にあたっては発生・排出時点での分別の重要性が広く認識されて、現在に至っている。

したがって、生ごみの利活用システムの構築に際しては、意識改善、普及啓発、環境教育が重要であり、この部分が社会的手法の開発における主要課題となる。

3-3. 社会的手法の検討

バイオマスタウンにおける生ごみ事業活動の課題として、排出者、処理者、利用者の三者間の情報共有と業務の連携体制をいかにして構築するかがあげられるが、その中で排出者の役割には大きなものがあり、住民が排出者として関わるケースも多く見られる。一方、家庭用コンポスト作り事業は、この三者が同一の事例であって成功の可能性が高いにも関わらず、多くの失敗事例も見られる。この失敗にいたる要因を調べることにより、生ごみ事業活動に関する社会的方法の課題について検討した。

今回の研究を通じて、コンポスト作りの普及活動に関する問題点が明確になった。研究開始前までは、より簡単で取り組みやすい手法を考案してマニュアルを作成すれば相応の効果が見られるものと考えていた。しかし、実際には、誰に向けて情報発信をするかによって、それぞれの対象者に応じた内容の情報を提供する必要があることが分かった。今回の調査では、学生、主婦、教育機関（児童）を対象に行ったが、それぞれから排出される生ごみの種類、量は大きく異なる。主婦を対象にした場合、各家庭で出る生ごみの種類は肉や魚、油など多種多様である上、世帯人数や生活習慣などの違いによって量が少ない家庭もあれば一日に大量の生ごみが出る家庭もある。学生など1人暮らしの場合は、生ごみの種類に偏りが見られ、野菜くずなどが主な生ごみとなっている。教育機関で児童を対象に行う場合は、児童の力では攪拌が十分に行われず悪臭が発生しやすい。この様に状況が異なれば問題が発生する原因なども多様であり、単純なマニュアルを作成するだけでは普及させることはおろか失敗や挫折をする人が増えてしまって逆効果となりかねない。そのため、各種の手法の特徴と対象者の生活習慣がマッチするような対応での情報提供が必要となる。例えば、臭気や虫の発生が気になる人はダンボール式を利用し、分解速度を重視する人には高倉式の利用を勧めるなどの方法である。実際には、コンポスト作りは簡単な作業ではないことも判明した。ペットに毎日餌を与えるように注意して生ごみを投入し、臭気や虫を発生させないよう水分量、温度に留意して、酸素不足とならないように攪拌しなければならない。そのためには専門的な技術と知識が必要であり、これを習得した指導者の確保も必要となる。このような指導者が存在して困ったときにすぐ対応できる体制を設けることで、コンポスト作りが円滑に進むようになる。また、コンポスト作りの手法が容易ではないことから、行政や事業者などによる新たな支援体制を構築する必要があると考える。つまり、努力してごみを減量化した者がメリットを得るような仕組みを作る。また、北九州市で行われているように、ごみを多く出した者には高い手数料をとり、努力してごみの排出を少なく抑えた者には、手数料を安くするなどの従量制を導入して、ごみ減量の意識を向上させるなどの手法もある。これらのことから、バイオマス利活用を促進するための社会的手法としては、1)利活用の仕組みを作るための制度作り、2)利活用に向けての関係者に対するキャパシティ・デベロップメント及びネットワーク化の推進、3)利活用に関わる情報を円滑に提供するための情報管理システムの構築、4)利活用を進める人へ

の支援システムの開発などが考えられる。

4. まとめ

生ごみの利活用の推進に向けた社会的手法の開発における具体的な取り組み事例として、コンポストの製造方法やその製品の付加価値を高めるために関係者が実施している内容や行政側の支援策等について、国内及び海外の実施例を調査した。その結果を基に、家庭用生ごみのダンボール・コンポストによる堆肥化という実務的な作業を通して、その堆肥化に伴う各種施策の実効性とその実施の容易性、体験者の意識向上に及ぼす効果を調査した。2012年度に生ごみを対象としたコンポスト作りの普及啓発に関する取り組みを進めた。鳥取環境大学の学生を対象とする調査結果として、コンポスト作りの認知度、関心、体験希望の比率は、それぞれ約半数を占めた。2013年度は、鳥取県と協議して、地域住民（婦人会、小学校）への普及活動を、環境教育の一環としてモデル地区を設定して実施した。地域住民に対するこれらの比率についても今後調査して、対象者の違いによるコンポスト化の取り組み状況や3Rの推進に向けての意識の変化も併せて調査することとしたい。

これまで本章で議論されてきた生ごみの利活用システムの構築に関する社会的手法の開発は、意識改革、普及啓発、環境教育を主要課題とするものであり、上記で言えば、支援的手法に該当するものを中心とするものと言えよう。

廃棄物系バイオマスの利活用による3R定着に関しては、支援的手法に該当するものが重要であることは言を俟たないところである。しかし、例えば、第2章で取り上げた家庭系廃食用油の回収、BDFへの再生利用については、今後、更に、震災時あるいは被災地域への緊急支援のために、ガソリン、軽油代替の自動車燃料としてBDFの備蓄が必要な地域にあつては、廃棄物処理法やいわゆる品確法上の手続の緩和と、税財政上の優遇や特例措置をセットにした「特区制度」の導入の検討実施ということ等が必要であると考えられる。こうした「特区制度」の導入といった一定地域における規制的手法と他の手法（経済的手法）を組み合わせた新たな仕組みの導入ということも、本章にいう社会的手法開発の際の重要課題の1つとして位置づけることが適当であると考えられる。

（第7章 参考文献）

- [1] JICA ウェブサイト http://www.jica.go.jp/kyushu/office/compost_method.html
- [2] IGES 北九州ウェブサイト
<http://kitakyushu.iges.or.jp/publication/Takakura/Takakura%20Compost%20Manual%28J%29.pdf>
- [3] 鳥取県ウェブサイト <http://www.pref.tottori.lg.jp/secure/337212/段ボール堆肥の作り方.pdf>
- [4] 鳥取県ウェブサイト
<http://www.pref.tottori.lg.jp/secure/615535/jissenmanualh25.pdf>

第8章 結論

本研究を実施し、次の成果が得られた。

- 1) 日本各地で展開される廃食用油の回収・BDFの精製事業を通して、市民の環境意識向上のためには、広報や行政による回収拠点の整備が重要であることがわかった。また、廃食用油の回収量は、既存の家庭（資源）ごみの収集ステーションを活用した回収を実施している市町村の実情が周知されることで回収効率があがり、回収量増加が期待できることが明らかになった。
- 2) 廃棄物系バイオマス利活用の状況を診断し、処方するための診断システムを開発した。この診断システムを用いて、地方公共団体で行われている廃棄物系バイオマス利活用事業6事業についてケーススタディーを行い、生ごみの液肥化を進める事業に対しては、液肥利用者のニーズのずれや育てた野菜の販売不振といった課題（症状）に対して、液肥と副資材（バームチップなど）を混合し効果を上げる、といった解決案（処方箋）を作成することができた。
- 3) アジア6カ国で開催した3R定着を目指したワークショップを通して、その国で効果をもたらすと考えられる廃棄物系バイオマス利活用のプロジェクトを提案することができた。例えば、廃棄物系バイオマスの発電または燃料製造に係るプロジェクト（タイ）、BDFや都市ごみの堆肥化プロジェクト（ベトナム）、小規模な木質系バイオマスエネルギー利用に係わるプロジェクト（ネパール）などである。この提案は、ワークショップを通して形成した行政担当者、学識経験者、NPO、市民などネットワークを通して、実行されると期待される。また、これらのネットワークを通して、本研究で開発した、技術的、経済的、社会的手法が各国で普及すると期待される。
- 4) GPS/GISを用いたごみ収集ルートを設定する技術的手法を開発することができた。ベトナムハノイ市での試行の結果、収集効率は日本式のステーション回収方式を使えば旧来の収集方式に比べて高くなることがわかった。
- 5) 廃棄物のリサイクルを支援するために廃棄物の収集・回収に税金や補助金を投入するよりは、リサイクル製品の開発や販売の段階に課税や補助金での優遇をするほうが効果があることを廃棄物の収集からリサイクル、最終処分まで含めたライフサイクルで解析して示すことが出来た。
- 6) 廃棄物系バイオマスの利活用の経済実効性を高めるためには、利活用の必要性を地域住民に理解してもらい、住民がボランティアで廃棄物系バイオマスの回収などに参加するなどの輪を広げていく必要がある。このためには、仕組み作り、関係する人材の育成、情報ネットワークの構築といった社会的手法の構築が重要である。本研究では、「段ボールコンポスト」と「高倉式コンポスト」の材料を組み合わせた「とっとり流コンポスト」の開発、地域の公民館や公立学校への普及を行政とともに行うことで、地元住民が社会にとって良いことにボランティアで参加するという社会的手法の基礎を築くことができた。今後、指導者の育成法やトラブル解決事例集の共有を行い、市民レベルでの廃棄物系バイオマスの利活用の輪が地域に広がってい

くことが期待される。

アジア諸国の中には、ベトナムのように、市民が積極的に廃棄物系バイオマスの利活用に取り組み、自治体が経済的に支援する国もある。一方で、ネパールのように行政による廃棄物の回収が行われているものの、埋め立て地や焼却施設が整備されておらず、バイオマスをはじめとする廃棄物のオープンダンプイングや野焼きが行われている国もある。

この研究を通して廃棄物の処理レベルは国により大きく違い、バイオマス利活用を具体的な施策で講じていない国も多数存在することがわかった。これらの国々に対しては、廃棄物の処理方法の適切な選択によって処理レベル向上に向けた支援を行いながら、3Rへの多くの市民の参加によって世界に3Rの定着をさらに図る必要があると考える。

研究発表等

○論文

(平成 23 年度)

1. Nguyen Phuc Thanh, Yasuhiro Matsui, “Municipal Solid Waste Management in Vietnam: Status and Strategic Actions.” *International Journal of Environmental Research (ISI)* 5(2): 285-296.2011

(平成 24 年度)

1. Nguyen Phuc Thanh, Yasuhiro Matsui, and Takeshi Fujiwara, “An assessment on household attitudes and behavior towards household solid waste discard and recycling in the Mekong Delta region - Southern Vietnam.” *Environmental Engineering and Management Journal* 11(8), pp. 1821-1830, 2012
2. Nguyen Phuc Thanh, Yasuhiro Matsui, “An evaluation of alternative household solid waste treatment practices using life cycle inventory assessment mode.” *Environmental Monitoring and Assessment* 184, pp. 3515-3527, 2012
3. 相川 泰、「農村バイオマスの普及活動」、『日中環境産業』49 巻、2 号、pp.96-pp.97,2013

○口頭発表・報告等

(平成 23 年度)

1. Masaru Tanaka, “Importance of Research for Waste Biomass Utilization in Asian Region.” A lecture presented in Waste Biomass Utilization Workshop. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. September 9, 2011
2. Haruo Matsumura, “Present Situation of Waste Biomass Utilization in Japan.” A lecture presented in Waste Biomass Utilization Workshop. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. September 9, 2011
3. Yasuhiro Matsui, “Technological Topics of Waste Biomass Utilization in Japan.” A lecture presented in Waste Biomass Utilization Workshop. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. September 9, 2011
4. Yasuhiro Matsui and Do Thi Thu Trang, “Behavior Modification Mechanism of Discharge Fee System on Household Solid Waste.” *Proceeding of Sardinia 2011 Symposium: the 13rd International Waste Management and Landfill Symposium.* pp 341 - 342. October 2011, Sardinia, Italy. (ISBN: 978-88-6265-000-7)
5. Nguyen Phuc Thanh, Yasuhiro Matsui, Do Thi Thu Trang, and Nguyen Thi Kim Thai, “GPS/GIS Application for Monitoring and Managing Segregate Waste Collection in Hanoi - Vietnam.” *Proceeding of Sardinia 2011 Symposium: the 13rd International Waste Management and Landfill Symposium.* pp 987 - 988. October 2011, Sardinia, Italy. (ISBN: 978-88-6265-000-7)
6. Nguyen Phuc Than, Yasuhiro Matsui, and Nguyen Thi Lanh, “A Preliminary Survey on Residential Solid Waste Generation and Door-to-door Collection by

- Using GIS/GPS: A Case Study in Can Tho City, Vietnam.” Proceeding of the 22nd Annual Conference of Japan Society of Material Cycles and Waste Management. Vol. 22, pp 562 - 563. November 2011, Tokyo, Japan.
7. Do Thi Thu Trang, Yasuhiro Matsui, Nguyen Phuc Thanh, Ngo Thi My Yen, “Household Waste Generation and Relevant Factors in Hue City, Vietnam.” Proceeding of the 22nd Annual Conference of Japan Society of Material Cycles and Waste Management. Vol. 22, pp 560 - 561. November 2011, Tokyo, Japan.
 8. Masaru Tanaka, “General Aspect of MSW Improvement of Solid Waste Management.” A lecture presented in Treatment and Processing Technology for Municipal Solid Waste Sharing Experiences Japan and Indonesia. Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, Indonesia. December 28, 2011
 9. Haruo Matsumura, “Alternative Technology for Municipal Solid Waste in Japan.” A lecture presented in Treatment and Processing Technology for Municipal Solid Waste Sharing Experiences Japan and Indonesia. Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, Indonesia. December 28, 2011
 10. Shin Sato. “Alternative Technology for Municipal Solid Waste in Japan - Biological Approaches to Organic Waste.” A lecture presented in Treatment and Processing Technology for Municipal Solid Waste Sharing Experiences Japan and Indonesia. Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, Indonesia. December 28, 2011
 11. Masaru Tanaka, “Importance of Research for Waste Biomass Utilization in Asian Region.” A lecture presented in Workshop on Waste Biomass Utilization Sharing Experiences- Japan and Indonesia. Hotel Bumi Sawunggaling, Bandung, Indonesia. December 29, 2011
 12. Haruo Matsumura, “Present Situation of Waste Biomass Utilization in Japan.” A lecture presented in Workshop on Waste Biomass Utilization Sharing Experiences- Japan and Indonesia. Hotel Bumi Sawunggaling, Bandung, Indonesia. December 29, 2011
 13. Shin Sato, “Technological Topics of Waste Biomass Utilization in Japan.” A lecture presented in Workshop on Waste Biomass Utilization Sharing Experiences- Japan and Indonesia. Hotel Bumi Sawunggaling, Bandung, Indonesia. December 29, 2011
 14. 松井康弘、Do Thi Thu TRANG、室山晃一、相原一智 「事業系食品廃棄物・家庭系生ごみの分別収集のシナリオ評価」、第33回全国都市清掃 研究・事例発表会講演論文集、pp. 46-48、2012年1月、函館
 15. Do Thi Thu Trang, Yasuhiro Matsui, Nguyen Phuc Thanh, Pham Khac Lieu, Tran Ngoc Tuan, “Commercial and Institutional Solid Waste Generation and Relevant Factors: Case Study in Tourism City - Hue, Vietnam.” Proceeding of the 10th Expert Meeting on Solid Waste Management in Asia and Pacific Islands (SWAPI). February 2012, Tottori, Japan.

16. Masayuki Nishida and Shin Sato, “Sustainable Utilisation System of Sugarcane Waste—A Case of Miyakojima, Okinawa, Japan.” A presentaion presented at Workshop on Waste Biomass Utilization in the 10th Expert Meeting on Solid Waste Management in Asia and Pacific Islands. Tottori University of Environmental Studies, Tottori, Japan. February 22, 2012

(平成 24 年度)

1. Masaru Tanaka, “Importance of Waste Biomass Utilization in Asian Region.” A lecture presented in 1st Workshop on Current Status and Future Perspective on Waste Biomass Utilization in Vietnam. Hanoi, Vietnam. August 24, 2012
2. Haruo Matsumura, “Analysis of Waste Biomass Utilization Activities in Japan.” A lecture presented in 1st Workshop on Current Status and Future Perspective on Waste Biomass Utilization in Vietnam. Hanoi, Vietnam. August 24, 2012
3. Yasuhiro Matsui, “Efficient Collection and Transportation of Waste Biomass.” A lecture presented in 1st Workshop on Current Status and Future Perspective on Waste Biomass Utilization in Vietnam. Hanoi, Vietnam. August 24, 2012
4. 田中 勝 「循環型社会と廃棄物マネジメント」 ベトナム国ホーチミン市における固形廃棄物の統合型エネルギー回収事業 第1回ワークショップ ホーチミン市, ベトナム 2012年8月27日
5. Masaru Tanaka, “Waste Management for 3R Society.” 11th SWAPI Meeting, Beijing, China, September 06, 2012
6. Haruo Matsumura, "Analysis of Waste Biomass Utilization Activities in Japan." 11th SWAPI Meeting, Beijing, China, September 06, 2012
7. Masaru Tanaka, “Promotion and Importance of 3Rs and Solid Waste Management.”, Proceeding of The 7th Asian Pacific Landfill Symposium (APLAS): “Sustainable Solid Waste Management for a Better Life”, October, 2012, Bali, Indonesia.
8. Do Thi Thu Trang, Yasuhiro Matsui, Nguyen Phuc Thanh, Pham Khac Lieu, Tran Ngoc Tuan, “Estimation of Commercial and institutional solid waste generation in Hue city, Vietnam.” Proceeding of The 7th Asian Pacific Landfill Symposium (APLAS): “Sustainable Solid Waste Management for a Better Life”, October, 2012, Bali, Indonesia.
9. Yasuhiro Matsui, Tran Thi Yen Anh, Do Thi Thu Trang, Nguyen Phuc Thanh, Phan Thi Nu, Le Thi Tuong Vi, “Comparison of Operational Efficiency among Waste Collection Systems in Da Nang City, Vietnam.” Proceeding of The 7th Asian Pacific Landfill Symposium (APLAS): “Sustainable Solid Waste Management for a Better Life”, October, 2012, Bali, Indonesia.
10. Nguyen Phuc Thanh and Yasuhiro Matsui, “Scenario Analyses on Municipal Solid Waste Treatment Alternatives in Vietnam by Using Life-Cycle Approach.” Proceeding of The 7th Asian Pacific Landfill Symposium (APLAS): “Sustainable

- Solid Waste Management for a Better Life” , pp. OHE3_306-315, October, 2012, Bali, Indonesia.
11. Do Thi Thu Trang, Nguyen Phuc Thanh, Yasuhiro Matsui, “Estimation of solid waste generation and recycling potential on commercial and institutional sectors in Hue city, Vietnam.” Proceeding of the 23rd Annual Conference of Japan Society of Material Cycles and Waste Management, pp. 30-31, October, 2012, Sendai, Japan
 12. Tran Thi Yen Anh, Yasuhiro Matsui, Do Thi Thu Trang, “Comparison of Operational Efficiency Among Waste Collection Systems in Da Nang City, Vietnam.” Proceeding of the 23rd Annual Conference of Japan Society of Material Cycles and Waste Management, pp. 32-33, October, 2012, Sendai, Japan
 13. Tran Thi Yen Anh, Yasuhiro Matsui, Do Thi Thu Trang, Nguyen Phuc Thanh, Phan Thi Nu, Le Thi Tuong Vi, “Operational Efficiency of Waste Collection Alternatives in Da Nang City.” Japan - Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes, November, 2012, Hue, Vietnam
 14. Do Thi Thu Trang, Yasuhiro Matsui, Nguyen Phuc Thanh, Pham Khac Lieu, Tran Ngoc Tuan, “Waste Generation and Characteristics from Business Sectors in Hue City.” Japan -Vietnam Joint Workshop on Environmental Management of River Basins and Solid Wastes, November, 2012, Hue, Vietnam
 15. Nguyen Phuc Thanh, Yasuhiro Matsui, Do Thi Thu Trang, Pham Khac Lieu, Tran Ngoc Tuan, “Greenhouse Gas Emission Potential and Its Mitigation Scenarios on Municipal Solid Waste Management in Vietnam.” Proceeding of The 10th International Conference on EcoBalance, P-151, November, 2012, Yokohama, Japan
 16. Masaru Tanaka, “Importance of Waste Biomass Utilization in Asian Region.” A lecture presented in Waste Biomass Utilization Workshop, Kathmandu, Nepal. March 7, 2013
 17. Shin Sato, “Evaluation Methods for Waste Biomass Utilization to Create 3R Society.” A lecture presented in Waste Biomass Utilization Workshop, Kathmandu, Nepal. March 7, 2013
 18. Yasuhiro Matsui, “Municipal Solid Waste Collection for Biomass Utilization.” A lecture presented in Waste Biomass Utilization Workshop, Kathmandu, Nepal. March 7, 2013
 19. 佐藤 伸 「離島のバイオマスタウン調査」廃棄物系バイオマス利活用処方箋作りに関するワークショップ~バイオマスタウンの成功に向けての実務者会議~ 2013年2月16日
 20. 松村治夫 「バイオマスタウンの成功例・失敗例」廃棄物系バイオマス利活用処方箋作りに関するワークショップ~バイオマスタウンの成功に向けての実務者会議~ 2013年2月16日

(平成 25 年度)

1. Masaru Tanaka, “Issues and Challenges.” , International Conference on Waste Management and Environment, KualaLumpur, Malaysia, August 27, 2013
2. Haruo Matsumura, Shin Sato, and Masaru Tanaka, "Research for 3R Establishment by Waste Biomass Utilization in Asian Region. ", International Conference on Waste Management and Environment, KualaLumpur, Malaysia, August 27, 2013
3. Shin Sato, Haruo Matsumura and Masaru Tanaka, “Utilization of Waste Biomass in Japan.”, International Conference on Waste Management and Environment, KualaLumpur, Malaysia, August 27, 2013
4. Haruo Matsumura, “Waste Biomass Utilization Activities in Japan.” A lecture presented in Workshop on Current Status and Future Perspective on Waste Biomass Utilization and Waste to Energy in India, Chennai, India. August 30, 2013
5. Shin Sato, Haruo Matsumura, Masaru Tanaka, “Alternative Technologies for Waste Biomass Utilization.” A lecture presented in Workshop on Current Status and Future Perspective on Waste Biomass Utilization and Waste to Energy in India, Chennai, India. August 30, 2013
6. Masaru Tanaka, “Waste Management and Waste to Energy Policy in Japan.” A lecture presented in Workshop on Current Status and Future Perspective on Waste Biomass Utilization and Waste to Energy in India, Chennai, India. August 30, 2013
7. 細野 宏 「地域に密着したバイオマス循環システムの構築」 廃棄物系バイオマス利活用処方箋作りに関するワークショップ~バイオマスタウンの成功に向けての実務者会議~ (II) . 2013 年 7 月 6 日
8. 松井康弘 「日本・ベトナムにおける収集・運搬実態調査及びシナリオ評価」 廃棄物系バイオマス利活用処方箋作りに関するワークショップ~バイオマスタウンの成功に向けての実務者会議~ (II) . 2013 年 7 月 6 日
9. 石川真澄 「バイオマス利活用促進に関する経済的手法の開発」 廃棄物系バイオマス利活用処方箋作りに関するワークショップ~バイオマスタウンの成功に向けての実務者会議~ (II) . 2013 年 7 月 6 日
10. 松村治夫 「生ごみコンポストの普及活動に向けての調査研究」 廃棄物系バイオマス利活用処方箋作りに関するワークショップ~バイオマスタウンの成功に向けての実務者会議~ (II) . 2013 年 7 月 6 日
11. 石川真澄 「廃棄物系バイオマス利活用促進のための経済的手法の研究」 廃棄物の適正処理と 3 R の経済的価値に関するワークショップ. 2014 年 2 月 8 日
12. Masaru Tanaka, “Economic Aspects of Improvement of Solid Waste Management.” A lecture presented in Workshop on Current Status and Future Perspective on Waste Biomass Utilization and Waste to Energy in Bangladesh,

Dakka, Bangladesh. February 25, 2013

○書籍等

1. Nguyen Phuc THANH, Yasuhiro MATSUI, 2011. ” Compost potential from solid waste toward sustainable agriculture and mitigation of global warming in the Mekong Delta, Vietnam,” in: Stewart, Mart A.; Coclanis, Peter A. (Eds.), Environmental Change and Agricultural Sustainability in the Mekong Delta. Springer, pp 335-354. ISBN: 978-94-007-0933-1.
2. Masaru TANAKA, 2014. (Editor and Author),”Municipal Solid Waste Management in Asia and the Pacific Islands”. Springer. ISBN*978-981-4451-72-7

○普及啓発用教材（e-ラーニング）

1. 平成 23 年度「日本からアジアに展開する廃棄物系バイオマス利活用による 3 R 定着に関する研究」、山陽映画株式会社 2012
2. “ Efforts of 3R Activities in Tottori,JAPAN ” 山陽映画株式会社 2013
3. 平成 25 年度「日本からアジアに展開する廃棄物系バイオマス利活用による 3 R 定着に関する研究」、山陽映画株式会社 2014



英文概要

3R Promotion through Waste Biomass Utilization in Japan and Asian Regions

Chief researcher

Masaru TANAKA (Tottori University of Environmental Studies)

Co-workers

Makoto OKAZAKI (Tottori University of Environmental Studies)

Haruo MATSUMURA (Tottori University of Environmental Studies)

Hiroshi HOSONO (Tottori University of Environmental Studies)

Masumi ISHIKAWA (Tottori University of Environmental Studies)

Yasushi AIKAWA (Tottori University of Environmental Studies)

Shin SATO (Tottori University of Environmental Studies)

Takeshi FUJIWARA (Okayama University)

Yasuhiro MATSUI (Okayama University)

Abstract

This study focuses on how the practice of 3Rs (Reduce, Reuse, and Recycle), which has taken root in Japan through the involvement of citizens in waste biomass utilization, could be ingrained in Asia.

The objective of this study is twofold: to establish eco-friendly communities by promoting the on-site collection of waste cooking oil and increasing the number of people who voluntarily participate in resource recycling, and to introduce the 3Rs to Japan and other regions of the world (particularly Asia) by promoting those activities.

This study consists of four subprojects: (1) Establishment of a community-based biomass recycling system, (2) Preparation of prescription for biomass utilization, (3) 3R Promotion in Asian Regions, and (4) Development of technological, economic, and social approaches to promote biomass utilization.

With regard to establishment of a community-based biomass recycling system, in order to promote an ecological lifestyle among citizens, we carried out PR activities in front of a supermarket to call for participation in collection of waste cooking oil and conducted questionnaire surveys as well as hearings to investigate changes in environmental awareness and behavior among citizens. The result showed that collecting waste cooking oil at the nearest waste collection stations (points) of residents, informing them of the initiatives carried out by other municipalities, and providing them with related information can effectively contribute to an increase of the participants.

As for preparation of a prescription for biomass utilization, we conducted surveys of biomass towns in Japan and analyzed successful case examples. Using these case examples as a reference, we analyzed the biomass utilization projects that were not running successfully, developed a diagnosis system to prepare a prescription for running it successfully, and conducted a case study on a few projects.

With regard to 3R promotion in the Asian region, we visited 6 Asian countries and conducted workshops with local administrative staff members, academic experts, NPOs, and citizens on the theme of current situation and future perspective of waste biomass utilization. Based on the results, we have proposed projects on biomass utilization that we considered to be the most useful in each country. These projects should be started up by the participants in the workshops and are implemented in each country in view of the 3R initiative so that the 3Rs can be fully enrooted in civic life.

Concerning the development of technological, economic, and social approaches to promote biomass utilization, demonstration experiments were carried out in Japan and Vietnam regarding how to establish collection routes and collection systems for efficient collection of waste, such as biomass. Further, in order to develop an economic approach, focusing on the market to collect recyclable materials and the market to sell recycled products, we have discussed which of these markets should be provided with more support in terms of the taxation and subsidy policies to bring about a good effect on the overall recycled commodity market including biomass. Prior to starting biomass utilization projects in Japan and in the Asian region, it is important to build the scheme, to develop necessary human resources, and to establish a network of people engaged in the projects and the relevant information. The University has also been promoting ecological lifestyle by participating in development of the “Tottori-style compost” and through spreading it to neighboring regions and schools of the University.

The achievement of this research is expected to contribute to actual practice of the 3Rs initiative that is proposed by Japan.

Key words: 3R, Biomass, GIS, Solid Waste Management, International Cooperation



鳥取環境大学サステイナビリティ研究所

Mar., 2014