

1. 南丹市における高度化モデル事業の検証と取りまとめ・支援

1.1 モデル事業の概要

本事業は、嫌気性生分解性プラスチック袋(以下、「生ごみ専用袋」という)によって、生ごみを回収し、生成されたメタンガスによる発電量と熱利用量の増大を図る。また、生成されたメタン発酵消化液の液肥利用の実現可能性を検証することにより、循環利用を促進する方策について実証実験を通して検討する。

そして、事業化されることを想定した上での事業のコストや収益、生ごみの調達量などを調査し、事業性評価を行う。さらに、生ごみの再資源化の効果として、環境負荷削減効果として GHG 削減効果等々を評価する。

(参考情報 1) 嫌気性生分解性プラスチック袋の技術情報

- この袋に用いられている技術は株式会社キラックスが独自に研究して開発されたもの。
- 一般的な生分解性樹脂は、トウモロコシやジャガイモなどデンプン由来の糖類から生成させた乳酸を原料とする好気性生分解のポリ乳酸だが、この嫌気性生分解性プラスチック袋は嫌気分解する 3 種類の生分解性樹脂の複合材料系で製造する。
- 硬質なポリ乳酸と比べてポリエチレンに似た柔軟性を持たせ、且つ優れた生分解性特性を併せ持つ。

(出典：株式会社キラックスヒアリング)

(参考情報 2) 嫌気性生分解性プラスチック袋のメリット

嫌気性生分解性プラスチック袋を用いる理由として、紙袋と比べて、以下のメリットがある。

- 紙袋より、耐水性があり、破れにくい。
- 紙袋でも、15%ほど紙力増強剤やサイズ剤、アクリル系の樹脂などが含まれているものがあり、これらを堆肥化してもコンポストの質は高くない。
- ただし、紙袋で回収している自治体もあり、運用方法を工夫することで紙袋を用いることも可能と考えられる。
- 生ごみの選別工程を省力化できるため、選別コストの低減、回収量増大が見込める。

② 南丹市の一般廃棄物処理の状況

家庭系可燃ごみの排出量はほぼ横ばい、また、事業系可燃ごみの処理量は増加傾向になる。

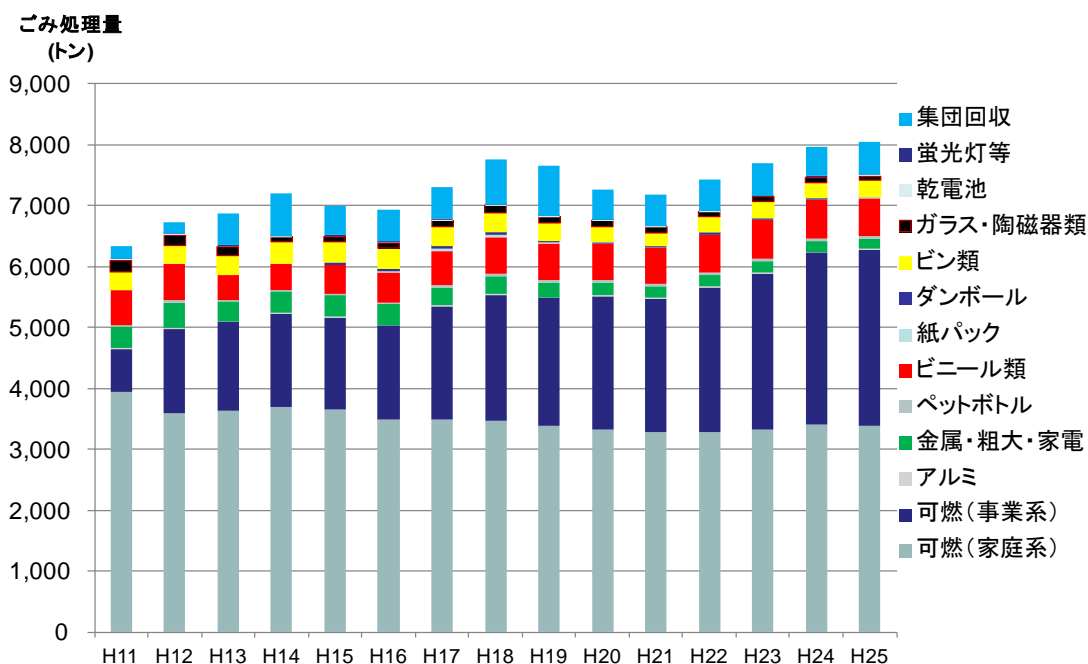


図 1-2 南丹市のごみ排出量の推移

出典：南丹市提供

表 1-2 南丹市の収集区分

ごみの種類	内容	収集頻度
可燃ごみ	台所の生ごみ(料理くずなど)、紙くず、木くず、衣類等で長さ50cm未満の燃えるもの(ビニール類、ペットボトルは除く)	週2回の収集。
ビン・ガラス・陶磁器類	ジュース、酒、調味料などの空きビン、コップ、お皿、ガラス、乾電池などで長さが50cm未満のもの	月1回の収集。
有害類	蛍光灯・鏡・体温計(水銀)など	年3回の収集。
ビニール類	プラスチック製のもの、ビニール袋、食品トレイ、発泡スチロールなどで、長さが50cm未満のもの	月2回の収集。
金属類	アルミを除いた金属製のもの(ジュースの缶、スプレー缶、針金、やかん、包丁など)で、長さが50cm未満のもの。	2か月に1回の収集。
アルミ	アルミ製の空き缶、アルミ皿、アルミコップ、アルミサッシなどで長さが50cm未満のもの	2か月に1回の収集。
ペットボトル	飲料用ペットボトル、調味料用ペットボトル、酒類用ペットボトルなどでペット1のマークがあるもの	月1回の収集。
紙パック	牛乳パック、ジュースのパックなど	月1回の収集。
ダンボール	段ボール	月1回の収集。
粗大ごみ	最も長いところの長さが50cm以上のもの(家電ごみは除く)	2か月に1回
家電ごみ	電気で動くもの(冷蔵庫、テレビ、エアコン、洗濯機、パソコンなど、コンセントを使って動くもの)	2か月に1回

出典：南丹市 Web サイト

③ 南丹市バイオスタウンの概要

南丹市は八木町地区で2006年11月に、南丹市全域で2008年5月に、農林水産省よりバイオスタウン構想の承認を受けている。

その「南丹市バイオスタウン構想」では、家庭からの生ごみの賦存量を809t/年と推計されている。

◇ 第14回公表・2006年11月30日

- 地域住民や農畜産業をはじめとする地域産業を含め全体で取り組んできている「八木町地区」を先導地域とし、バイオマス利活用に取り組む。
- メタン発酵施設を核とするたい肥・液肥、電力、熱や、それらを活用して生産される農作物・畜産物等の地域内循環の実現
- 資源作物を利用した化石燃料由来のエネルギー使用量削減

◇ 第24回公表・2008年5月29日

- 南丹市八木町地区の構想を改訂し、南丹市全域に対象を拡大する。
- 未利用の食品工場残さ、生ごみ、下水汚泥及び製材工場残材等についても利活用を目指す。
- 南丹市全域においてバイオマス利活用の構想を立てることで、更なる有機資源循環型社会の構築を目指す。

表 1-3 南丹市バイオマス利活用目標

バイオマス	賦存量	変換・処理方法	仕向量	利用・販売	利用率
廃棄物系バイオマス	91,034t/年				92%
牛ふん尿	41,128t/年	メタン発酵、たい肥化	41,128t/年	発電、熱、農地還元	100%
豚ふん尿	12,642t/年	メタン発酵、たい肥化	12,642t/年	発電、熱、農地還元	100%
鶏ふん	4,978t/年	たい肥化	4,978t/年	農地還元	100%
食品工場残さ	8,023t/年	メタン発酵、たい肥化	7,560t/年	発電、熱、農地還元	94%
生ごみ	809t/年	メタン発酵、たい肥化	809t/年	発電、熱、農地還元	100%
農業集落排水汚泥	1,310t/年	メタン発酵、たい肥化	1,310t/年	発電、熱、農地還元	100%
下水汚泥	1,546t/年	メタン発酵、たい肥化	1,546t/年	発電、熱、農地還元	100%
浄化槽汚泥	6,983t/年	メタン発酵、たい肥化	6,983t/年	発電、熱、農地還元	100%
し尿	5,478t/年	メタン発酵、たい肥化	5,478t/年	発電、熱、農地還元	100%
製材工場残材	8,137t/年	ガス化、ペレット化、たい肥化等	6,102t/年	発電、熱、農地還元	75%
未利用バイオマス	21,714t/年				40%
稲わら	10,528t/年	敷料、飼料、エタノール化等	5,298t/年	飼料、燃料、農地還元	50%
もみ殻	2,500t/年	敷料、水分調整材、ガス化、ペレット化等	1,875t/年	発電、熱、燃料、農地還元	75%
林地残材	8,686t/年	ガス化、ペレット化等	410t/年	発電、熱、燃料	5%
飼料作物、資源作物	527t/年				100%
飼料稲	473t/年	家畜飼料	473t/年	家畜飼料	100%
菜種	54t/年	BDF化、食用油等	54t/年	燃料、食用油	100%

出典：農林水産省「南丹市バイオスタウン構想」

④ 2つのバイオリサイクル施設

南丹市には八木バイオエコロジーセンター（以下、「YBEC」という。）と、カンポリサイクルプラザ（以下、「CRP」という。）のメタン発酵処理施設が2つ存在しているが、以下の図の通り、それぞれ処理方法が異なっており、さらに、処理対象とする廃棄物も異なっている。

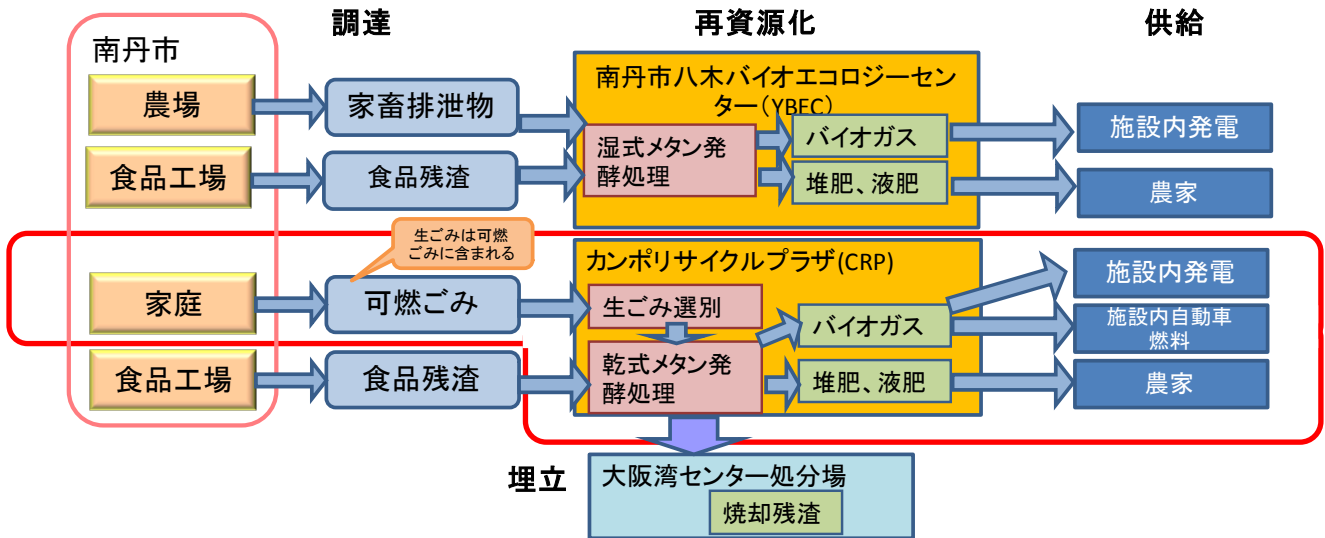


図 1-3 南丹市のバイオマス系廃棄物処理のフロー

※ 赤枠内が今回のモデル事業の範囲である。



図 1-4 回収地域、処理拠点の位置情報

1) 湿式発酵と乾式発酵の違い

CRP は乾式メタン発酵、YBEC は湿式メタン発酵と処理方式が違う。

その処理方式の違いは下表の通りである。処理可能物として乾式発酵では、紙や植物などの固形分濃度の高い廃棄物を対象とすることができる。

表 1-4 乾式メタン発酵と湿式メタン発酵の違い

	湿式発酵	乾式発酵
処理対象物	固形分濃度 6～10%	固形分濃度 25～40%
処理可能物の種類	<ul style="list-style-type: none"> ・家畜糞および尿 ・下水汚泥、し尿処理汚泥 ・生ごみ 	<ul style="list-style-type: none"> ・家畜糞 ・下水汚泥、し尿処理汚泥 ・生ごみ ・紙、植物(剪定枝類)
施設概要	高温環境(約 55℃)で分解速度が高まるメタン菌を利用する方法(高温発酵)と中温環境(約 35℃)で分解速度が高まるメタン菌を利用する方法(中温発酵)がある。	水分濃度 55～60%という低い濃度でも活動するメタン菌を利用する発酵方法で、高温環境(約 55℃)で発酵を行う。
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・機械などの駆動部が少なく省電力でメンテナンスコストが低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・紙などの固形物のバイオガス化が可能なので、ガス発生量が多い ・排水量が少なく、処理コストが小さい
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭ごみの中でガス化できるのが生ごみだけなので、ガス発生量が少ない ・高温発酵では、発酵温度を維持するための必要熱量が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> ・駆動部が多く電力量が大きい ・発酵温度を維持するための必要熱量が大きい(湿式の高温発酵も同様) ・発酵残渣が多い

出典：三豊市資料「バイオガス発電方式の特徴」

2) カンポリサイクルプラザのメタン発酵処理施設の概要

カンポリサイクルプラザ(株) (以下、「CRP」という) は南丹市と京丹波町でつくる一般廃棄物業務を行う船井郡衛生管理組合から処理受託し、生ごみの乾式メタン発酵処理や可燃ごみの焼却(サーマルリサイクル)処理、プラスチック類の RPF 処理を行っている。

i) メタン発酵処理施設

● 処理概要

- 乾式処理であり、廃棄物の含水率が 60～85wt%で投入可能。
- 前処理として 30mm 程度に粉碎後、メタン発酵し、バイオガス、堆肥を生産。
- バイオガスは所内電力、所内自動車燃料として利用。

● 処理能力

- 処理量 : 50 t/日 24 時間稼働
- 処理実績については機密情報扱いであるため、非公開とする
なお、発電した電力および熱は全て所内利用されている。

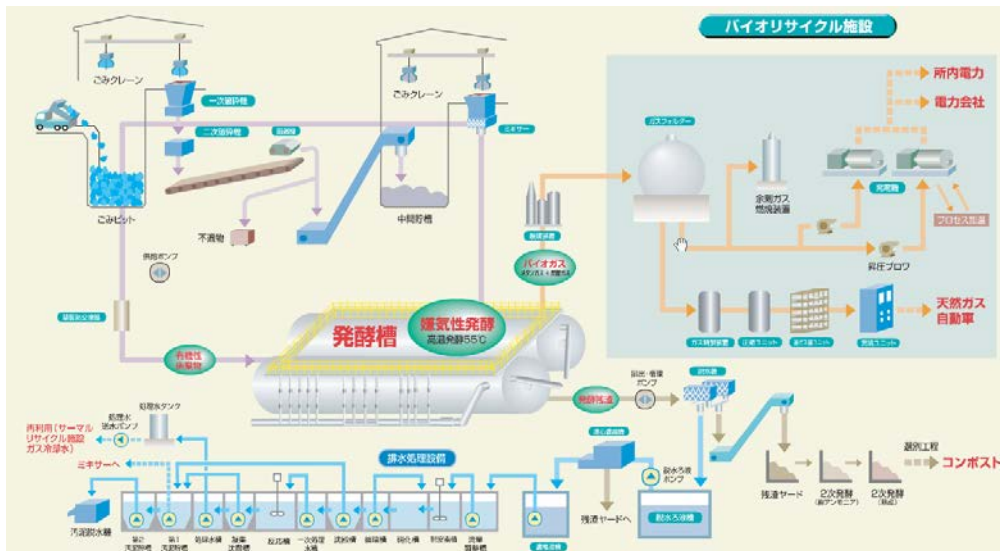


図 1-5 カンポリサイクルプラザのメタン発酵処理施設

出典：カンポリサイクルプラザ(株)サイト (<http://www.c-rp.co.jp/system/bio/index.html>)

ii) サマールリサイクル施設

- 処理能力 : 140 t/日
- 直近年度の処理実績
 - 処理実績については機密情報扱いであるため、非公開とする
 なお、発電した電力および熱は全て所内利用されている。

(参考) カンポリサイクルプラザの複合型リサイクルシステム構想

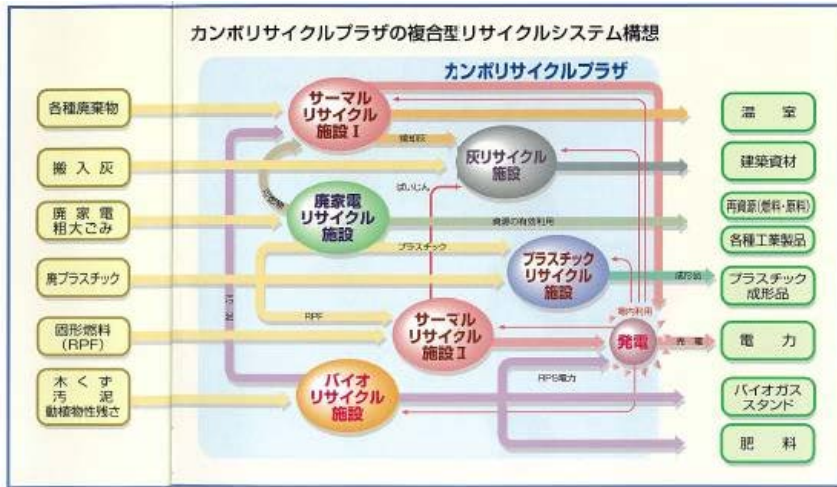


図 1-6 カンポリサイクルプラザ施設全体のリサイクルシステム構造

出典：カンポリサイクルプラザ(株) 会社パンフレット

※ 灰リサイクル施設、サーマルリサイクル施設Ⅱは将来設置予定。

3) 八木バイオエコロジーセンターのメタン発酵処理施設

八木バイオエコロジーセンター（以下、「YBEC」という）は市内家畜排せつ物の44%を処理している。また、市内食品工場残渣も41%を湿式メタン発酵処理によって、堆肥・液肥にして農地還元を行っている。

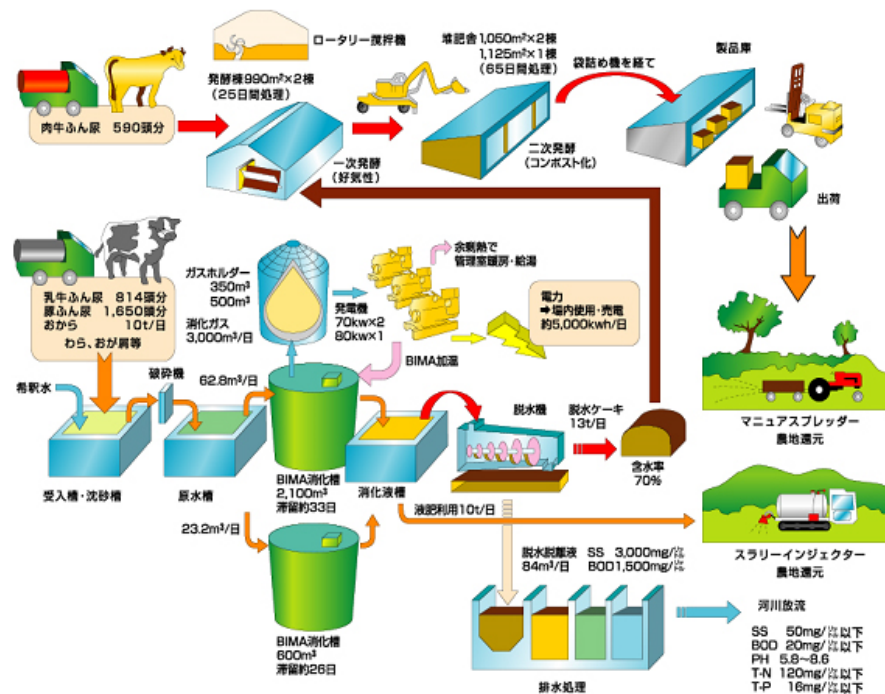


図 1-7 八木バイオエコロジーセンターの処理フロー

出典：八木バイオエコロジーセンターサイト (URL: <http://himuronosato.jp/bio.html>)

(2) 平成 25 年度エコタウン高度化検討調査での成果と課題

平成 25 年度エコタウン高度化（既存静脈施設集積地域の高効率活用）検討調査（以下、「昨年度調査」という）では、家庭系生ごみの資源循環システムを構築するため、次に掲げる調査を実施した。

- 嫌気性生分解性プラスチック袋での回収量調査による家庭系生ごみの賦存量推計
- 家庭系生ごみ成分分析によるバイオガス発生量の推計
- コスト分析と回収量推計による事業性評価
- GHG 削減効果評価

実験内容としては、南丹市が配布した生ごみ専用袋を用いて、市民が生ごみを分別排出、回収する調査を行い、南丹市の生ごみ賦存量の推計を行った。また、それらの生ごみの成分分析（三成分分析、元素分析）を行い、バイオガス発生量の推計を行った。これらの実験結果に基づき、市全体での生ごみ回収量およびコスト分析によって、事業性を評価し、さらに GHG 削減効果の評価を行った。

① 成果と課題

1) 家庭系生ごみ回収量調査

現状では、人手による破袋処理によって選別によって生ごみの回収を行っているが、年間実績として 8t に過ぎなかった。

しかし、嫌気性生分解性プラスチック袋(以下、「生ごみ専用袋」という)による家庭系生ごみの回収量調査を行ったところ、可燃ごみ袋から生ごみを取り出す作業工程が省かれたため、大幅に回収量が増加した。これによって、南丹市で年間約 1000t 程度の回収量が見込めることが分かった。これは南丹市人口 1 人当たりだと年間 30kg となった。

このため、生ごみ専用袋の導入によって、大幅な回収量の増加が見込まれることが明らかになった。

2) 家庭系生ごみの成分分析

家庭系生ごみの成分を分析した結果、生ごみ 1 トン当たりのバイオガス発生量は 135.0Nm³/t であり、これは発熱量換算で 2,803(MJ/t)、電力量換算で 779(kWh/t)であることが分かった。

また、CRP のメタン発酵処理施設で熱利用及び発電した場合、年間ベースで熱利用量 713GJ、電力量約 143MWh のエネルギーを算出することが分かった。これは CRP のメタン発酵施設における直近年の発電量の約 2 割に相当した。

3) 事業性評価

生ごみ専用袋を導入して生ごみ分別回収を行った場合、生ごみを 1,000t 回収するためには、袋の購入費用と、生ごみ専用の収集車追加によって南丹市に約 1,900 万円のコスト増加となることが分かった。メタン生成量の増加によって発電量と熱利用量は増加するため、CRP では 340 万円分のコスト削減となるが、事業全体では 1,560 万円のコスト増加となり、事業化においては課題となることが分かった。(以下の図ケース 2 を参照)

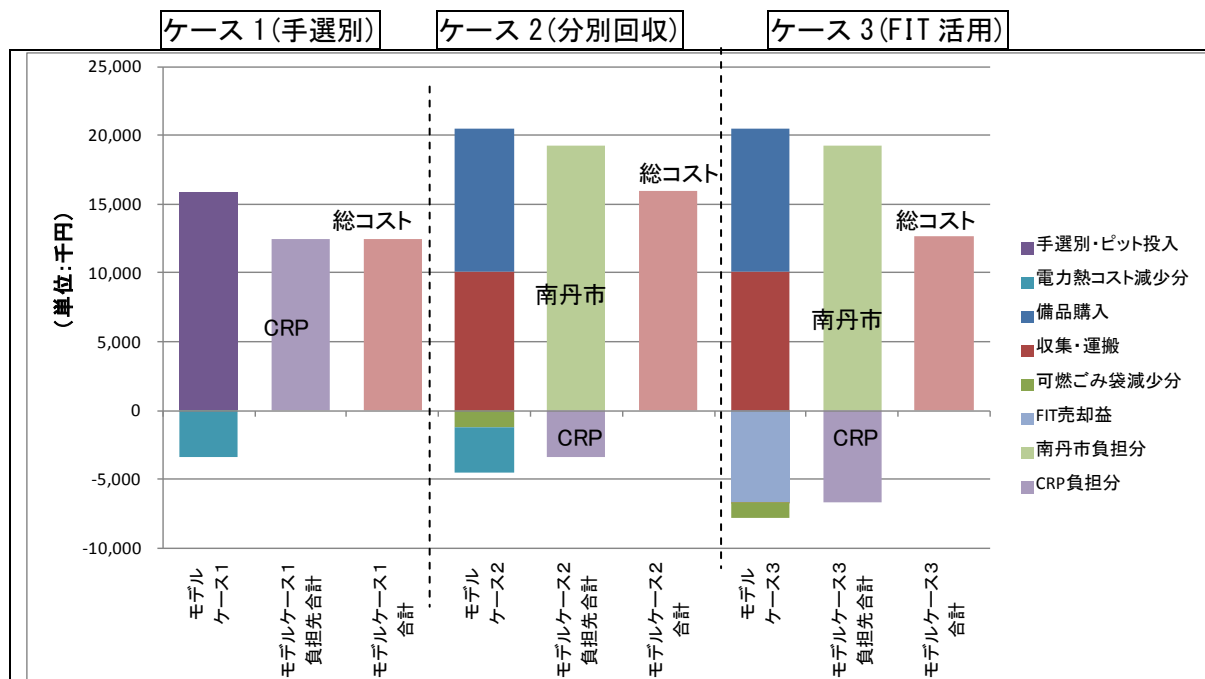


図 1-8 各ケースの事業性評価結果の比較

② 今後の展開 (昨年度の積み残し事項)

事業性評価によって、今後の事業化にあたっては、生ごみ回収袋の購入や専用収集車の追加によってコストの負担発生が課題となることが明らかになった。コスト削減の方策としては、以下の点が挙げられた。

1) 収集運搬方法の効率化の検討

生ごみ専用車を導入することを想定しているが、そのためのコストが増加するため、可燃ごみの収集車の回収頻度を減らす等、コスト削減の検討を行う必要がある。昨年度調査では収集運搬の頻度やルート、積載率等の現状把握や効率化の検討を行っていないため、その検討を行っていく必要があると考えられた。

2) 生ごみ専用袋の単価低減と袋の機能改善

収集運搬方法の効率化と並んで、生ごみ専用袋の単価を抑えることが、採算性を向上させる重要な要素である。さらに、収集運搬コストの増加分も含めて、関連するコストを、誰が

どのように負担するのか、検討する必要があると考えられた。

また、モデル事業に参加した世帯へのアンケートでも指摘された「破れやすい」といった課題や「袋の大きさ」などの改善・再検討も必要であると考えられた。

3) 市民の理解醸成

実証実験の経過に従って、回収された生ごみ専用袋に処理できないものの割合が増えたことから、市民に対する教育や徹底した分別協力のお願いをしていくことが、市の重要な役割であると考えられた。そして、適切なおみの分別・保管方法などについても情報提供、丁寧な説明を行っていくことが必要である。

(3) モデル事業の目的

1) (調達面) コスト削減のためのごみ回収の効率化実証

平成 25 年度事業で課題指摘があったごみ収集車（パッカー車）のコスト増加について、このコスト低減を目指して、効率的な回収によって、回収経路、回収スケジュール等の検討を行う。このため、船井郡衛生管理組合管内全域(南丹市・京丹波町)を対象に、効率的なごみ収集車の運行方法を実証実験によって検討する。

2) (利用面) 乾式メタン発酵施設におけるメタン発酵消化液の液肥としての利用可能性の実証

CRP では乾式メタン発酵処理施設で一般廃棄物を処理し、メタン発酵消化液を排水処理した後、ごみ焼却炉の排ガスの冷却水として二次利用しているが、排水処理コストが掛かっている。このメタン発酵消化液を YBEC と同様に、野菜栽培での液肥として、そして、畜産の給餌用の微細藻類を栽培するための液肥としての活用を、実証実験によって検討する。

南丹市内にはメタン発酵施設が 2 箇所あり、カンポリサイクルプラザが運営する乾式メタン発酵施設と、八木バイオエコロジーセンターが運営する湿式メタン発酵施設が存在する。

既に、八木バイオエコロジーセンターではメタン発酵消化液を野菜栽培、水稻栽培で液肥利用されている。下表の通り、八木バイオエコロジーセンターにおける液肥の利用量は年々増加している。

表 1-5 八木バイオエコロジーセンターの堆肥・液肥販売量

	06 年度	07 年度	08 年度	09 年度	10 年度
堆肥	13,420	14,666	12,658	10,110	10,298
液肥	237	232	884	1,797	2,216
(うち水稻利用)	(220)	(220)	(860)	(1,258)	(1,858)
合計	13,657	14,898	13,542	11,907	12,514

出典：中川悦光(2011)「南丹市八木バイオエコロジーセンターの運転状況と再生可能エネルギー電気調達に関する特別措置法の考察」, 『JARUS (集落排水・地域資源循環)』 No. 106, pp34

しかし、現在の CRP のメタン発酵施設では、メタン発酵消化液は有効利用されることなく、コストを掛けて排水処理されている。

また、乾式メタン発酵施設から排出される消化液の液肥利用については、ほとんど事例がないため、今回のモデル事業を通して、消化液の有効利用性について実証する。

3) (全体) 事業性評価と環境負荷削減効果の評価

昨年度の事業性評価では、生ごみ回収のための専用袋の購入費用、専用の収集車の追加のために、南丹市にコスト負担が発生することとなった。

今回の調査項目である効率的生ごみの回収、メタン発酵消化液の液肥利用によって、コストの負担がどの程度低減されるか、評価する。

また、GHG削減効果についても昨年度に一定の削減が見込まれたが、今回のモデル事業の結果によって、どの程度の変化があるか評価する。

(4) 事業のモデル性

全国的にメタン発酵設備の導入が進むが、事業を成功させるためには、メタン発酵処理能力そのもののよりも、原料の調達から、再生品の供給、利用までのサプライチェーン構築のための方策と事業の採算性の検証が必要である。そのため、本モデル事業では、特に、

- 家庭生ごみを効率的に収集する方法（調達）
- メタン発酵設備の排水処理コストの削減（処理）
- 発酵消化液の有効利用（供給）

の3点に、着目し、実証実験を通して、サプライチェーンの構築の方策と事業性を検証する。

これらのサブシステム単位での課題解決の方策を検討することにより、廃棄物処理行政との連携、静脈インフラの連携、動脈産業との連携のひとつのモデルとして、提示することができると考えられる。

1.3 事業概要

(1) 現状と事業実施時の処理フロー

① 現状の処理フロー

CRP 施設による現在の可燃ごみの処理フローの大まかな流れを以下に示す。

生ごみは可燃ごみの中に含まれるものとして、CRP 施設で、手選別にて生ごみと、その他可燃ごみに分別される。生ごみはメタン発酵処理され、その他可燃ごみはサーマル処理される。

このとき、手選別による年間の家庭系生ごみの回収量は年間約 8t である。

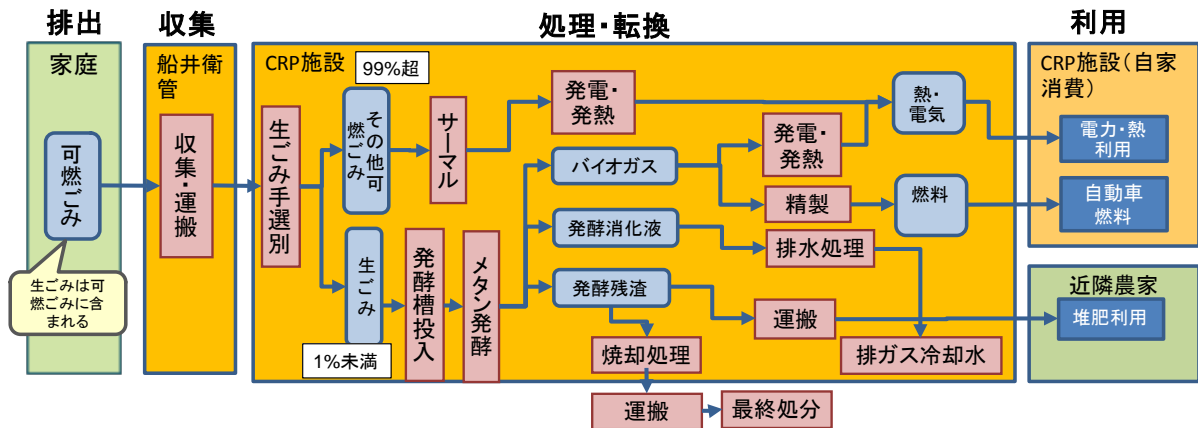


図 1-9 CRP 施設による現在の可燃ごみの処理フロー

② 家庭系生ごみ分別回収事業のイメージ

実際に家庭系生ごみ回収が事業化された場合の処理フローの大まかな流れを以下に示す。

昨年度の調査にて、生ごみ専用袋による家庭系生ごみの回収量は約 1,000 t と推計された。

今回、メタン発酵時の消化液を液肥として利用するための実証実験を行い、液肥利用による事業拡大を目指すこととする。さらに、今回の事業では家庭系生ごみを対象としているが、将来的には事業系生ごみの回収も視野に入れる。

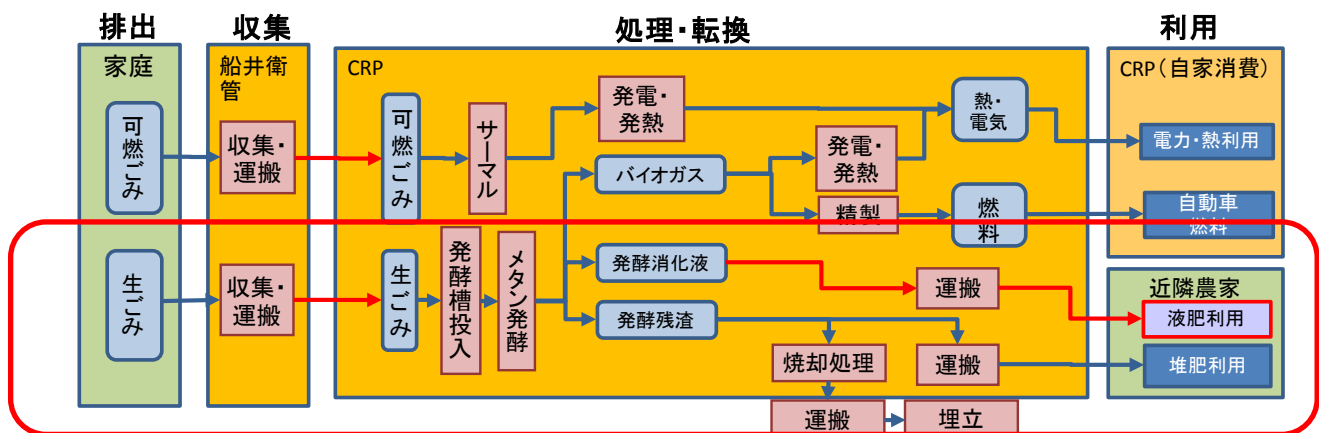


図 1-10 CRP のメタン発酵処理施設による家庭系生ごみ回収事業での処理フロー

※ 赤線は現在の処理フローと異なる箇所である。

※ 赤枠内がモデル事業の範囲である。

(2) 事業内容

モデル事業の実施項目を一覧表に示し、その関係性を図に示す。

表 1-6 モデル事業の調査項目

NO	区分	調査項目	実施者
1	実証実験	効率的生ごみ回収実験	京都大学(大土井研究室)、船井郡衛生管理組合
2	実証実験	メタン発酵消化液の液肥利用実験(野菜栽培)	京都大学(大土井研究室)
3	実証実験	メタン発酵消化液の液肥利用実験(微細藻類培養)	(株)三菱化学テクノリサーチ
4	実証実験	家庭系生ごみ回収量・成分分析調査	船井郡衛生管理組合、CRP
5	実証実験	家庭系生ごみ組成調査	船井郡衛生管理組合、CRP
6	アンケート	市民への生ごみ分別に対する意識調査	南丹市、京都大学(大土井研究室)
7	評価	GHG削減効果評価(LCA分析)	事務局(みずほ情報総研株)
8	評価	窒素循環フローの作成	京都大学(大土井研究室)
9	評価	事業性評価(コスト分析、需給推計)	事務局(みずほ情報総研株)

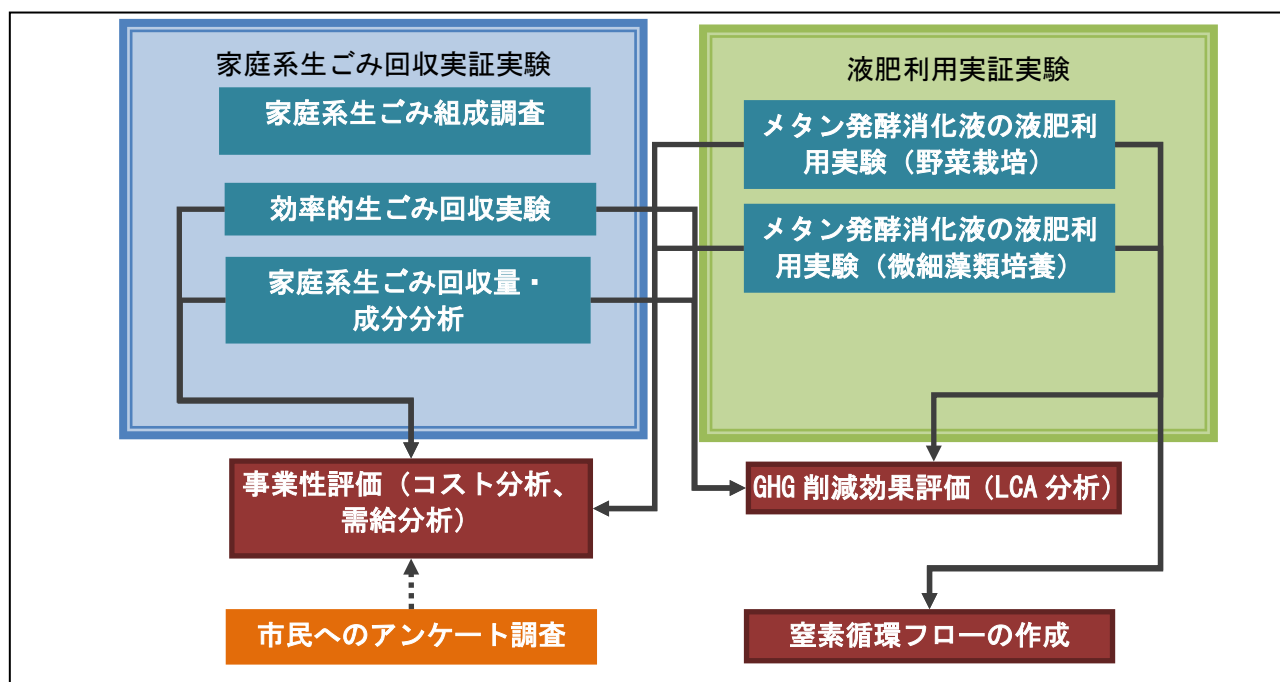


図 1-11 調査項目の関係性

(3) 実施体制

- 事業委託元：環境省
- 事業受託者：事務局【みずほ情報総研株式会社】（内容調整、管理）
- 事業実施者：南丹市（事業企画）、船井郡衛生管理組合（家庭系生ごみ収集）、カンポリサイクルプラザ（メタン発酵、液肥）、京都大学農学部（効率的生ごみ回収調査、野菜栽培窒素循環フロー）、三菱化学テクノロジー（微細藻類培養）、各参加団体（生ごみ排出）

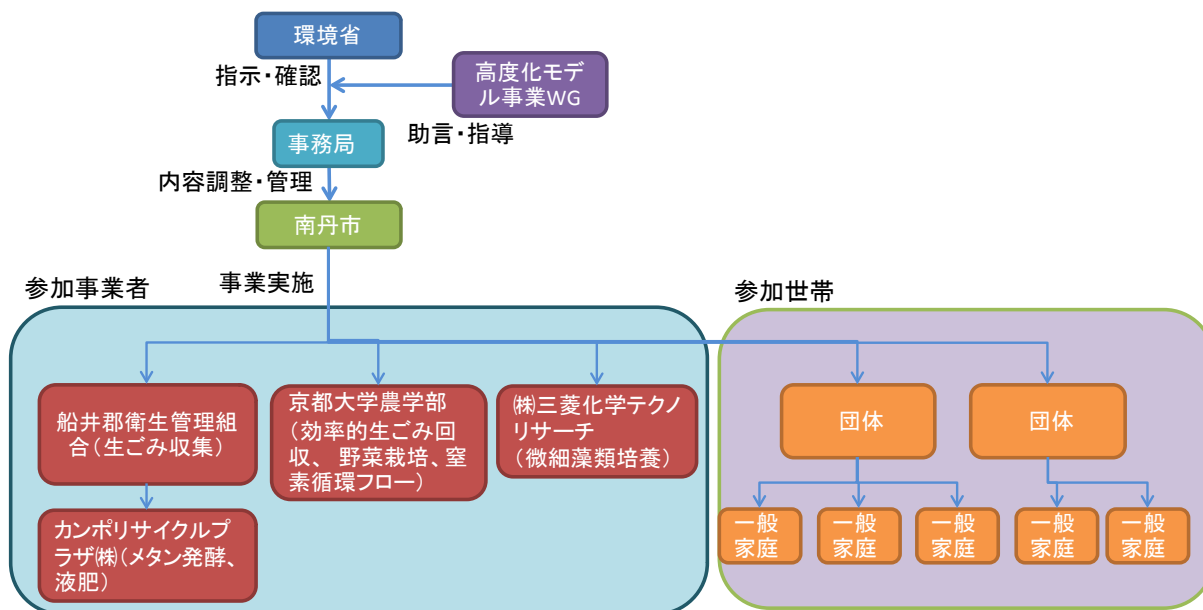


図 1-12 実施体制図

(4) 事業全体のスケジュール

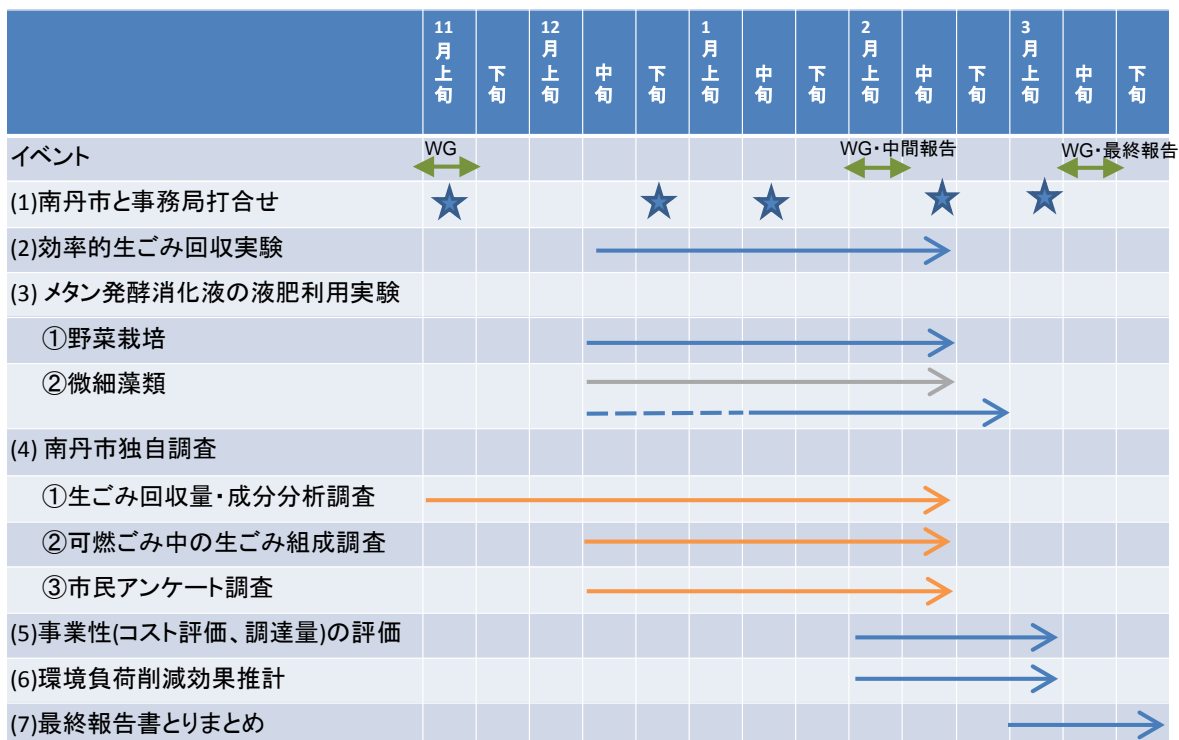


図 1-13 本事業のスケジュール

1.4 実証実験

(1) 効率的生ごみ回収調査 (京都大学 大土井研究室)

1) 調査目的

生ごみ回収のスケジュール及び経路の効率化による収集コストの低減を図る。

2) 調査内容

平成 25 年度事業での課題指摘を踏まえ、ごみ収集車（パッカー車）から効率的に家庭系生ごみを回収するため、回収スケジュール、回収経路を検討する。

調査範囲は船井郡衛生管理組合管内全域(南丹市・京丹波町)を対象とする。現在、船井郡衛生管理組合管内での回収スケジュールは以下のようになっている。

表 1-7 現在の回収スケジュール

種別	回収頻度	回収日
可燃ごみ	週 2 回	(月・木) (火・金)
ビニール類	月 2 回	
ペットボトル・紙パック・段ボール	月 1 回	
ビン・ガラス・陶磁器類・電池	月 1 回	
金属・粗大ごみ	年 6 回	
有害ごみ	年 4 回	

生ごみ分別回収に伴い、生ごみ分離後の可燃ごみは現在の可燃ごみ量より減少するはずである。生ごみについては腐敗の恐れがあるため、現在の回収頻度（週 2 回）を維持する必要があると考えられる。また、減量化によるパッカー車への積載時間の短縮効果はおそらく大きくないと考えられる。したがって、生ごみについては現在の可燃ごみの回収スケジュールを維持する必要があるものと考えられる。

一方で、生ごみ分離後の可燃ごみについては、腐敗の心配がないことから回収頻度を下げることが可能であると考えられる。さらに、ビニール類との混合回収を行えば必要なリソースを少なくすることが可能になる。そこで、生ごみの分別回収に伴い必要となるリソースを以下の 3 つのケースで推定し比較する。

1. 現在の回収作業計画に、可燃ゴミから分離された生ごみの回収（週 2 回）を単純に追加した場合
2. 1 のケースから、減量化され、腐敗の心配のない可燃ごみ回収を週 1 回に減らした場合
3. 可燃ごみとビニール類との混合回収を行い、2 のケースからビニール類の回収（月 2 回）を止めた場合

3) 調査項目

- 回収経路
- 回収日程、時間

- 回収量（可燃ごみと生ごみの比率）、等



図 1-14 実験で使用する GPS ロガー

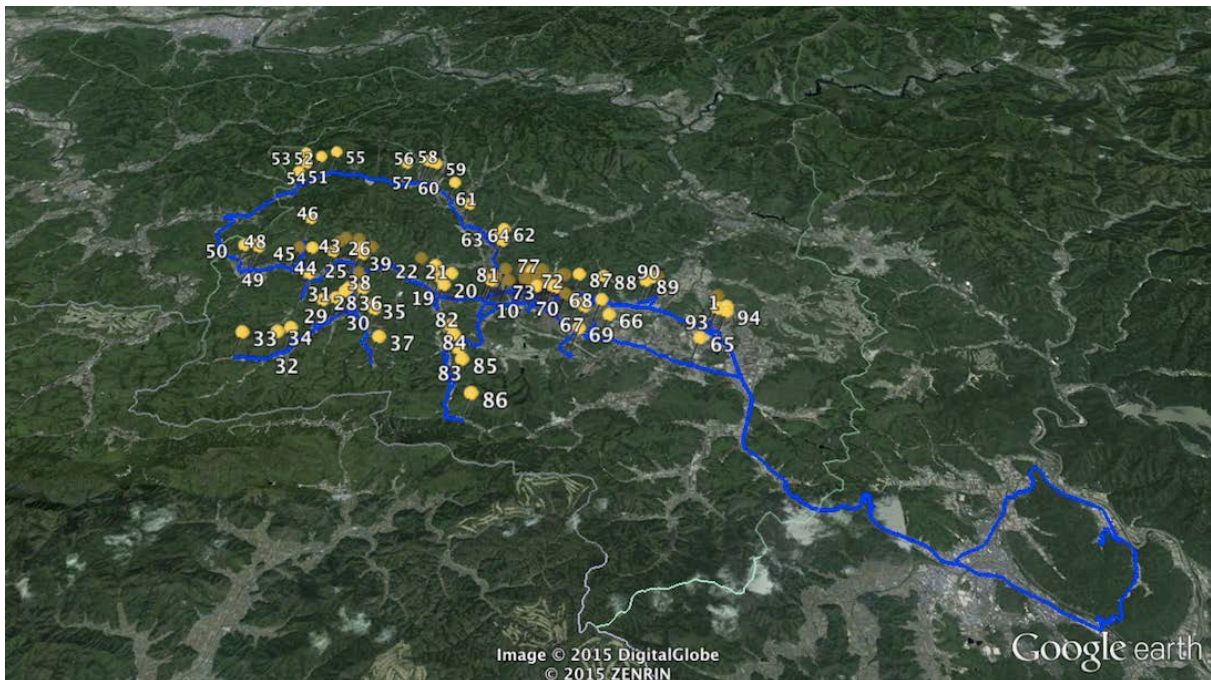


図 1-15 回収経路のマッピングイメージ

4) 調査方法

調査方法としては、GPS ロガーによる回収経路、回収時間の収集を行う。また、収集したごみの量、可燃ごみ中の生ごみの割合についても調査を行う。前項の 3 ケースの実現可能性についてはアンケート結果により検討する。

5) 調査結果

図 1-14 に示す GPS ロガーを使用して平成 26 年 12 月 25 日および 26 日に可燃ごみの、平成 27 年 2 月 17 日、19 日、23 日、24 日、26 日および 27 日にビニール類の回収経路、回収時間の調査を行った。調査にあたり、パッカー車の運転手にごみ回収のための停車時、発車時に GPS ロガーのボタンを押し、ウェイポイントを記録してもらうよう依頼した。

i) 調査データ

可燃ごみは、船井郡衛生管理組合管内全域を月・木回収地域、火・金回収地域に二分し、各回収日に 6 台のパッカー車で回収を行っている。また、ビニール類は管内全域を 6 つのグループに分割し、各グループを 2 台のパッカー車で回収を行っている。各調査日の可燃ごみ回収量を表 1-8 に、各調査日のビニール類回収量を表 1-9 に示す。赤字で記載されているものは京丹波町のデータである。

表 1-8 可燃ごみ回収量 (単位 : kg)

調査日	車両 ID	回収場所	合計	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
12/25	1	79	4,180	2,270	1,910	-	-
	2	124	4,500	1,680	1,540	1,280	-
	3	95	3,650	930	1,620	1,100	-
	4	94	3,730	2,060	1,670	-	-
	5	137	5,170	1,950	1,740	1,480	-
	6	93	3,960	2,030	1,930	-	-
12/26	1	53	2,420	2,420	-	-	-
	2	178	6,450	2,080	1,990	1,780	600
	3	180	6,010	2,110	2,320	1,580	-
	4	116	6,580	2,180	1,670	2,730	-
	5	143	6,080	2,080	2,180	1,820	-
	6	82	4,530	2,410	2,120	-	-

表 1-9 ビニール類回収量 (単位 : kg)

調査日	車両 ID	回収場所	合計	1 回目	2 回目	3 回目
2/17	7	24	4,340	2,140	1,430	770
	8	25	4,250	1,550	1,740	960
2/19	7	20	2,450	1,800	650	
	8	19	2,000	1,610	390	
2/23	7	19	4,070	2,290	860	920
	8	22	3,410	2,330	1,080	
2/24	7	24	1,760	1,760		
	8	31	1,440	1,440		
2/26	7	23	3,080	2,190	890	

	8	19	2,530	1,480	1,050	
2/27	7	35	3,820	2,400	1,420	
	8	19	3,710	2,490	1,220	

パッカー車が船井郡衛生管理組合、もしくはカンポリサイクルプラザ(CRP)を出発した時間を開始時間、CRPに到着した時間を終了時間として回収時間を算出した。また、回収地点到着時と出発時に記録したウェイポイントから回収地点での停車時間を算出した。表 1-10 に可燃ごみ回収データ、表 1-11 にビニール類回収データのそれぞれ一部を示す。回収地域までの距離や住宅の密集度などにより変動するが、可燃ごみ回収では停車時間が約 7 %から 32 %、ビニール類では約 10 %から 57 %を占めており、ビニール類の方が停車時間は長い傾向が見られた。また、停車時間の平均値は可燃ごみ、ビニール類でそれぞれ 26 秒、127 秒であった。これはビニール類の回収場所が可燃ごみの回収場所より少ないことが原因と思われる。

表 1-10 可燃ごみ回収データ

調査日	車両 ID	回数	開始時刻	終了時刻	回収時間 (s)	停車時間 (s)
12/25	1	1	8:04:25	10:58:07	10,422	2,252
		2	12:59:45	14:50:28	6,643	1,542
	2	1	8:04:25	9:49:56	6,334	1,268
		2	9:55:46	11:25:40	5,394	1,130
		3	13:00:54	15:47:05	9,971	1,167
	3	1	8:31:02	10:03:47	5,565	737
		2	10:06:25	10:51:33	2,708	385
		3	12:59:18	14:59:00	7,182	584
	4	1	8:28:54	11:49:10	12,016	1,338
		2	13:02:02	15:18:22	8,180	692

表 1-11 ビニール類回収データ

調査日	車両 ID	回数	開始時刻	終了時刻	回収時間 (s)	停車時間 (s)
2/26	7	1	8:27:46	11:09:50	9,724	1,893
		2	12:58:08	14:03:53	3,945	748
	8	1	8:27:25	11:07:55	9,630	2,422
		2	12:58:41	14:04:28	3,947	737
2/27	7	1	8:27:21	11:40:22	11,581	2,957
		2	13:00:04	14:15:15	4,511	1,040
	8	1*	8:26:12	8:28:12	9,284	2,137
			8:30:14	11:02:58		
		2	13:00:41	14:17:35	4,614	1,122

* 8:28:12～8:30:14 給油のため停車

GPS ロガーで取得した回収経路の一例を図 1-16 に示す。図 1-16 は平成 27 年 2 月 26 日の車両 ID 7 のビニール類回収経路である。青い線で示されたものが 1 回目の経路、赤い線で示されたものが 2 回目の経路である。2 回目の回収では 1 ヶ所の収集場所しかなく、表 1-11 の 1 回目の終了時刻 11:09:50 に 2 回目の停車時間を加えても 11:22:18 に終了できる。しかし、表 1-9 の 1 回目の回収量 2,190 kg に 2 回目の回収量 890 kg を加えると過積載となることがわかる。このように、時間と積載量が制約となる。

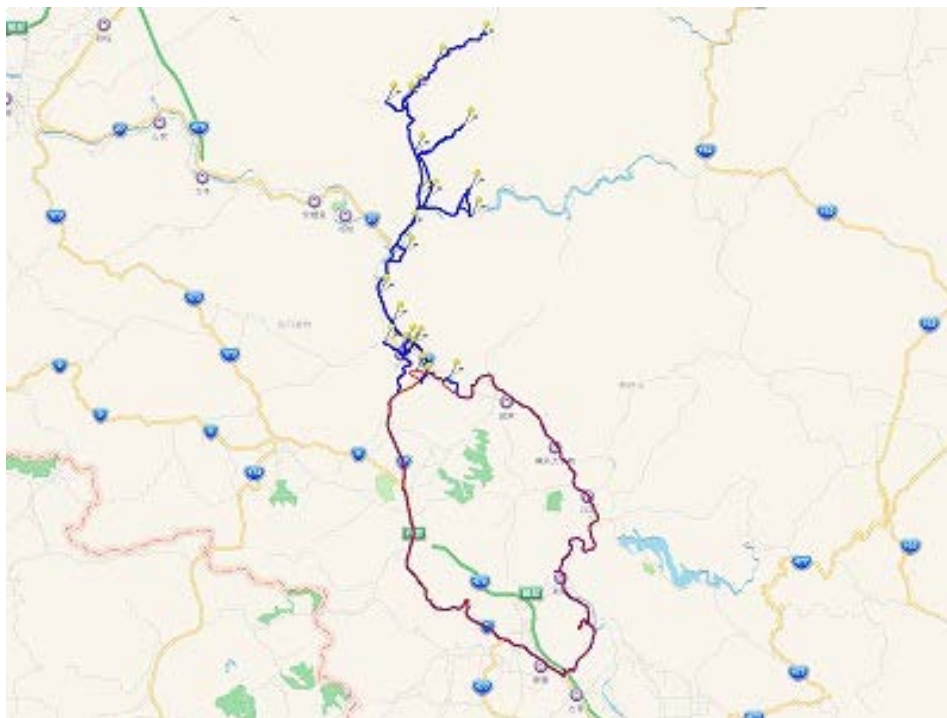


図 1-16 取得したビニール類回収経路

ii) データ分析

平成 27 年 1 月 26 日および 27 日に、南丹市内の可燃ごみに含まれる生ごみの割合のサンプル調査を行った。表 1-12 に結果を示す。表 1-12 から分かるように可燃ごみに含まれる生ごみの割合は地域差が大きかったため、人口比を重みとした重み付きデータの和で算出した 37.01 % を南丹市全域の生ごみの割合とした。今回の調査では京丹波町のデータを含んでいないためやや正確さに欠けるが、この値により 12 月 25 日、26 日のデータから分別回収した場合の生ごみと可燃ごみの重量を算出した。表 1-13、表 1-14 に示す。

表 1-12 可燃ごみに含まれる生ごみの割合

地域	調査データ		人口比 (重み)	重み付きデータ		割合 (%)
	可燃ごみ	生ごみ		可燃ごみ	生ごみ	
園部町	310.04	123.91	0.49	150.40	60.11	39.97
八木町	279.00	108.78	0.23	64.76	24.79	38.27
日吉町・美山町	297.12	91.32	0.28	84.02	25.82	30.74
南丹市全域	-	-	1.00	299.18	110.72	37.01

表 1-13 生ごみ回収量の推定値 (単位 : kg)

調査日	車両 ID	回収場所	合計	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
12/25	1	79	1,547	840	707	-	-
	2	124	1,666	622	570	474	-
	3	95	1,351	344	600	407	-
	4	94	1,380	762	618	-	-
	5	137	1,914	722	644	548	-
	6	93	1,465	751	714	-	-
12/26	1	53	896	896	-	-	-
	2	178	2,387	770	736	659	222
	3	180	2,225	781	859	585	-
	4	116	2,435	807	618	1,010	-
	5	143	2,251	770	807	674	-
	6	82	1,677	892	785	-	-

表 1-14 可燃ごみ回収量の推定値 (単位 : kg)

調査日	車両 ID	回収場所	合計	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
12/25	1	79	2,633	1,430	1,203	-	-
	2	124	2,834	1,058	970	806	-
	3	95	2,299	586	1,020	693	-
	4	94	2,350	1,298	1,052	-	-
	5	137	3,256	1,228	1,096	932	-
	6	93	2,495	1,279	1,216	-	-
12/26	1	53	1,524	1,524	-	-	-
	2	178	4,063	1,310	1,254	1,121	378
	3	180	3,785	1,329	1,461	995	-
	4	116	4,145	1,373	1,052	1,720	-
	5	143	3,829	1,310	1,373	1,146	-
	6	82	2,853	1,518	1,335	-	-

可燃ごみ、ビニール類をそれぞれ週に 1 回収した場合のごみ回収量をそれぞれ単純に 2 倍、0.5 倍とすると表 1-15、表 1-16 のようになる。

表 1-15 週 1 回収時の可燃ごみ回収量の推定値（単位：kg）

調査日	車両 ID	回収場所	合計	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
12/25	1	79	5,266	2,860	2,406	-	-
	2	124	5,666	2,116	1,940	1,612	-
	3	95	4,598	1,172	2,040	1,386	-
	4	94	4,700	2,596	2,104	-	-
	5	137	6,512	2,456	2,192	1,864	-
	6	93	4,990	2,558	2,432	-	-
12/26	1	53	3,048	3,048	-	-	-
	2	178	8,126	2,620	2,508	2,242	756
	3	180	7,570	2,658	2,922	1,990	-
	4	116	8,290	2,746	2,104	3,440	-
	5	143	7,658	2,620	2,746	2,292	-
	6	82	5,706	3,036	2,670	-	-

表 1-16 週 1 回収時のビニール類回収量の推定値（単位：kg）

調査日	車両 ID	回収場所	合計	1 回目	2 回目	3 回目
2/17	7	24	2,170	1,070	715	385
	8	25	2,125	775	870	480
2/19	7	20	1,225	900	325	
	8	19	1,000	855	195	
2/23	7	19	2,035	1,145	430	460
	8	22	1,705	1,165	540	
2/24	7	24	880	880		
	8	31	720	720		
2/26	7	23	1,540	1,095	445	
	8	19	1,265	740	525	
2/27	7	35	1,910	1,200	710	
	8	19	1,855	1,245	610	

●ケース 1：現在の回収作業計画に生ごみ（週 2 回）を追加した場合

表 1-13、表 1-14 に示すように、分別回収により生ごみと可燃ごみの重量は現在の可燃ごみのそれぞれ 37.01%、62.99%になる。現在の可燃ごみの収集では積載量が制限となり、まだ付近に回収ポイントがあるにもかかわらず CRP に運搬し、再び元の場所に戻って収集しな

ければならないことが見られた。分別収集で減量化されれば、積載量の上限までに回収できる回収ポイントの数を増やすことができ、結果として CRP へ運搬する回数を減少させることができるはずである。CRP への運搬に必要な時間は作業効率を悪化させる要因となるため、運搬回数を減らすことで効率改善が見込まれる。平成 26 年 12 月 25 日の回収経路を表 1-17 に示す。

表 1-17 回収経路の作業時間とごみ回収量

経路番号	積載量 (kg)	作業時間	回収量 (kg)
1	2,650	2:27:20	2,270
2	2,650	1:50:43	1,910
3	2,000	1:45:31	1,680
4	2,000	1:29:54	1,540
5	2,000	2:46:11	1,280
6	2,000	1:32:45	930
7	2,000	0:45:08	1,620
8	2,000	1:59:42	1,100
9	2,300	3:20:16	2,060
10	2,300	2:16:20	1,670
11	2,000	1:09:38	1,950
12	2,000	1:29:41	1,740
13	2,000	1:28:53	1,480
14	2,250	2:49:44	2,030
15	2,250	1:38:05	1,930

午前中の作業は 8 時頃開始し遅くとも正午までに終了、午後は 1 時頃開始し遅くとも 4 時までには終了していた。これより作業時間について午前中は 4 時間、午後は 3 時間を越えないという制約を設定した。表 1-17 では経路 3、経路 4 のように積載量の制約で CRP への往復をせざるを得ない状況がある。分別後は積載量の制約が緩和されるため経路を再構成した。現在設定されている作業経路は、長年のノウハウが蓄積されており最適に近いものと考えられるため、最小限の再構成にとどめた。表 1-18 に再構成した作業経路を示す。

表 1-18 再構成した回収経路

新経路番号	旧経路番号	作業時間	生ごみ (kg)	可燃ごみ (kg)
1	6, 14	3:37:26	1,095	1,865
2	5, 15	3:44:57	1,188	2,022
3	2, 10	3:18:39	1,263	2,150

4	8, 10	2:21:30	469	798
5	1	3:06:50	840	1,430
6	9	3:32:05	762	1,298
7	4, 11	2:03:50	1,292	2,198
8	7, 12	1:58:32	1,244	2,116
9	3	1:51:21	622	1,058
10	13	1:50:42	548	932

表 1-18 の再構成した回収経路をもとに作業計画を作成した。作成した作業計画を表 1-19、表 1-20 に示す。これらの表に示すように作業時間、積載量共に制約を満たしている。可燃ごみについては既存の車両のうち 5 台で作業が可能であり、生ごみについては既存の 1 台に 4 台の新規のパッカー車の導入で作業が可能になる。したがって、このケースで必要なリソースは、積載量 2,000 kg のパッカー車 4 台とそれに伴う作業員である。

表 1-19 再構成した回収経路による作業計画（可燃ごみ）

車両 ID	積載量 (kg)	午前			午後		
		経路番号	作業時間	回収量 (kg)	経路番号	作業時間	回収量 (kg)
1	2,650	3	3:18:39	2,150	7	2:03:50	2,198
2	2,000	6	3:32:05	1,298	4	2:21:30	798
3	2,000	5	3:06:50	1,430	10	1:40:42	932
4	2,300	2	3:44:57	2,022	8	1:58:32	2,116
6	2,250	1	3:37:26	1,865	9	1:51:21	1,058

表 1-20 再構成した回収経路による作業計画（生ごみ）

車両 ID	積載量 (kg)	午前			午後		
		経路番号	作業時間	回収量 (kg)	経路番号	作業時間	回収量 (kg)
5	2,000	3	3:18:39	1,263	7	2:03:50	1,292
新規	2,000	6	3:32:05	762	4	2:21:30	469
新規	2,000	5	3:06:50	840	10	1:40:42	548
新規	2,000	2	3:44:57	1,188	8	1:58:32	1,244
新規	2,000	1	3:37:26	1,095	9	1:51:21	622

● ケース 2：可燃ごみの回収を週 1 にした場合

可燃ごみの回収を週 1 にした場合、表 1-16 に示すように現在の可燃ごみより回収量が増え、積載量が制約になるものと考えられる。したがって現在の回収経路を使用し、過積載になる部分のみ再構成した。平成 26 年 12 月 25 日のデータは月・木回収グループのものであるが、

週 1 回収になればこれを月回収グループと木回収グループに分離することができる。表 1-18 に示した回収経路を、1, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13 と 2, 5, 8, 9, 10, 14, 15 に分離し、過積載になるものを再構成した。表 1-21 に前者のグループを示す。経路番号 1 で回収量が 2,860 kg となり、所有するパッカー車の積載量を超過しているため、経路番号 6 に一部を組み込んだ。これにより経路番号 11 が車両 ID1 に、経路番号 1 が車両 ID1 か 4 に割り当てられれば積載量の制約を満たす。

表 1-21 週 1 回収経路の作業時間・ごみ回収量

経路番号	再構成前		再構成後	
	作業時間	回収量 (kg)	作業時間	回収量 (kg)
1	2:53:41	2,860	2:48:47	2,264
3	1:24:06	2,116		
4	1:29:54	1,940		
6	1:32:45	1,172	2:00:56	1,768
7	0:45:08	2,040		
11	1:09:38	2,456		
12	1:29:41	2,192		
13	1:28:53	1,864		

この 8 経路をパッカー車に割り当てたところ表 1-22 に示すような結果となった。午前に車両 1 と車両 6 は 2 経路、車両 4 は 1 経路を、午後は各車両とも 1 経路割り当てられており、時間の制約も満たしている。生ごみの回収はケース 1 と変わらないため、ケース 1 では車両 5 だけが生ごみに割り当てられていたが、ケース 2 では車両 2、車両 3 も生ごみに割り当てることができる。したがって、このケースで必要なリソースは、積載量 2,000 kg のパッカー車 2 台とそれに伴う作業員である。

表 1-22 週 1 回収の作業計画

車両 ID	積載量 (kg)	1 回目		2 回目		3 回目	
		経路番号	作業時間	経路番号	作業時間	経路番号	作業時間
1	2,650	11	1:09:38	12	1:29:41	4	1:29:54
4	2,300	1	2:48:47	13	1:28:53		
6	2,250	3	1:24:06	7	0:45:08	6	2:00:56

● ケース 3：ビニール類を可燃ごみとの混合回収にした場合

このケースでは月に 2 回収しているビニール類を廃止し可燃ごみと混合で回収するため、可燃ごみの回収に使用している車両 7 と車両 8 を可燃ごみ、もしくは生ごみ回収に利用することができる。ケース 2 の可燃ごみ週 1 回収に必要なパッカー車の台数と比較して、混合回

収に必要なパッカー車の台数が1台までなら必要なリソースの削減効果を得ることができる。平成27年2月23日と27日のデータからケース2の可燃ごみ回収量に対して約6,200 kgのビニール類が追加されることがわかった。ケース2の計算では16,640 kgの可燃ごみを収集しているが作業可能時間の62.4%しか使用していないため、最大で可燃ごみなら約26,500 kgまで収集できる。したがって計算上は混合回収で2台のパッカー車が余剰となり、生ごみ回収に使用することが可能になる。この場合、追加のリソースは必要ないことになる。ただし、可燃ごみ回収データとビニール類回収データを比較すると、収集場所の数や収集場所での停車時間に大きな差があり、混合回収した場合の停車時間がどのようになるかは詳細な調査が必要である。

6) まとめ（考察）

i) 成果

効率的な回収を目指し、生ごみ分別回収に必要な追加のリソースを3つのケースで算出した。現在の可燃ごみは6台のパッカー車で回収している。この回収経路をそのまま引き継いで生ごみと可燃ごみを分別して回収すれば、12台のパッカー車が必要となり6台の追加が必要である。ケース1では積載量の減量化に伴い1回あたりの回収ポイントを増やすことで、生ごみ、可燃ごみともに5台のパッカー車で回収可能であった。したがって、この場合の追加のリソースはパッカー車4台分となる。

さらに、ケース2では分別後の可燃ごみの回収頻度を週1回にした場合、可燃ごみは3台のパッカー車で回収可能であり、週2回の回収より2台減車することができた。生ごみについては変化がないため、この場合生ごみに5台、可燃ごみに3台の計8台のパッカー車が必要となり、追加のリソースはパッカー車2台分となる。

ii) 課題

ケース3ではごみ回収量と積載量、回収時間からケース2の可燃ごみ回収体制で回収できる最大値を算出し、同地域で発生するビニール類が追加のリソースなしに回収できることを示したが、ビニール類と可燃ごみの回収方法で大きく異なる点があることから詳細な調査を行い、混合回収が可能であるかを検討する必要がある。

iii) 今後の展開

今回の調査で各車両の回収経路を分析すると、複数の車両が同じ場所で作業を行ったり、ある地域での収集からCRPへの運搬の途中の別の地域で回収を行うなど、積載量やごみ発生量に関するノウハウから今の回収経路となったと思われる事例が見られた。したがって、今回の調査では各回収経路の変更は微小なものにとどめた。今後さらに最適な回収経路を構築するためには、組み合わせ最適化手法を用いて全面的な再構築を行うことなどが考えられるが、これに際しては季節性や地域性など考慮すべき点が多く、大規模な調査が必要となる。

(2) メタン発酵消化液の液肥利用（京都大学・大土井研究室）（三菱化学テクノリサーチ）

① 野菜栽培（京都大学・大土井研究室）

1) 調査目的

メタン発酵消化液の液肥としての野菜栽培への有効利用性を検証する。

(参考情報 1)

CRPによると、施設内で栽培しているゴーヤの苗に、発酵消化液を撒いたところ、他の苗に比べて、成長が早く、収穫に約半月程度に違いが見られたとのこと。実験として実施したものではないので、今回、正確に検証したいとのこと。

2) 調査内容

CRPのメタン発酵消化液について、施設近郊の農家での液肥としての利用を想定し、今回の実証実験ではCRP施設内のハウス室内にて、栽培実験を実施する。

3) 調査項目

- 供試植物：ミズナ（ほうれん草、小松菜も補完的に実施）
- 気温、地温
- 発芽率、生体重、乾物重、栄養成分
- 肥料投入量、等



図 1-17 CRP の温室栽培施設

4) 調査方法

CRPから排出されるメタン発酵消化液と南丹地域でのミズナ栽培に観光的に用いられる化学肥料でそれぞれミズナ等を栽培し、収穫物の生体重、乾物率、アスコルビン酸・硝酸イオン含量を測定した。栽培はCRPのビニルハウスに広さ1.2m×2mの区画を複数作り、各区の肥料と施用量を変えて行った。各試験区の施肥量は表1-23の通りである。

ミズナとコマツナは各試験区の中央部の株丈が27cm以上になるのを目安として収穫し、調査を行った。ほうれん草は12月の低温で生育が停止してしまい収穫できなかったため、今回の分析対象とはしなかった。

表 1-23 各試験区の施肥量

試験区分	使用肥料	使用量 (kg)	施用量 (kg/10a)	窒素(※1) (kg/10a)	リン酸 (kg/10a)	加里 (kg/10a)
慣行区	有機 A805	2.0	140	14.0	8.4	9.8
増肥区(※2)	有機 A805	2.4	168	16.9	10.1	11.8
試験区	消化液	72.0	5000	14.0	8.9	21.0
無施肥区		0.0	0	0.0	0.0	0.0

(※1) 窒素量は有機 A805 では全量、消化液ではアンモニア態窒素の量である。

(※2) 増肥区はミズナのみ設定した。

5) 調査結果

i) 耕耘・施肥・播種

今回の実験栽培では、化学肥料は南丹地域の慣行的に用いられる有機入り A805 を用い、窒素施用量が南丹地域での慣行栽培と同じになるように施肥した。消化液は濃縮や改質、希釈などを行わずに用い、消化液中に含まれるアンモニア態窒素と南丹地域の慣行栽培の窒素量が等しくなるように施用した。リン酸とカリウムの施肥量は調整していない。11月7日に全体の耕耘と消化液の散布と土壌への混和を、21日に化学肥料の施肥、混和を行い、11月21日に全品目を播種した。播種にはミズナとほうれん草はシーダーテープを、コマツナは裸種子を使用した。条間は全て 20 cm、シーダーテープの株間は 5 cm とし、一畝に 6 条播種し、両端を除く 4 条を試験に用いることとした。

使用したビニルハウス内では日照が一樣ではなく、11月21日播種のもはミズナ・コマツナともに慣行区の日照が悪かったため、日照の差の影響を受けないように区割りをし、12月19日に追加でミズナの播種を行った。追加播種した試験区の施肥量や条間、株間は全て 11月21日に播種したものと同一である。



図 1-18 消化液散布直後の様子

ii) 発芽率

11月21日に播種したミズナの発芽率は表 1-24 のとおりである。発芽率は慣行区で 82.8%、増肥区 85.0%で消化液区の 91.9%、無施肥区の 92.5%に比べるとやや低かった。

コマツナは裸種子を条播し、12月12日と1月6日に株間の平均が5cmになるように間引きを行ったため、発芽率は調査していない。

表 1-24 ミズナ発芽率

試験区名	発芽率(%) (※1)	
	11月21日播種	12月19日播種
慣行区	82.8	83.8
増肥区(※2)	85.0	---
消化液区	91.9	83.8
無施肥区(※2)	92.5	---

(※1) 11月21日播種分は11月28日に、12月19日播種分は1月16日に調査した。

(※2) 増肥区と無施肥区は1回目の播種のみ設定した。

iii) 収穫

CRPのビニルハウス内では場所により日照に差があったため、1回目に播種したミズナは消化液区の生育がその他の試験区よりも早かった。ミズナ・コマツナともに収穫する株丈の目安を27cmとしたため、表1-25のように収穫日にミズナで12日、コマツナで7日の差が出た。ミズナの播種収穫日数は11月下旬播種の場合、南丹地域の慣行栽培では70～84日なので、生育は遅めであった。

ミズナ・コマツナともに各試験区の間で地上部生体重の有意差は無かった。乾物率はミズナの無施肥区とコマツナの消化液区で有意に高かった。根重はミズナの増肥区とコマツナの消化液区で有意に大きかった。SPADはミズナの慣行区で高く消化液区で低かった。アスコルビン酸含量はミズナの慣行区と無施肥区、コマツナの消化液区で高かった。ミズナの乾物率とアスコルビン酸含量は無施肥区が一番高かったが、無施肥区のみ収穫時に抽苔していた。

表 1-25 ミズナ・コマツナの播種日・収穫日

品目	試験区分	播種日	収穫日	播種収穫日数
ミズナ	慣行区	11/21	2/25	96
	増肥区	11/21	2/25	96
	消化液区	11/21	2/13	84
	無施肥区	11/21	2/25	96
コマツナ	慣行区	11/21	2/13	84
	消化液区	11/21	2/6	77

表 1-26 ミズナ・コマツナの測定値

品目	試験区分	生体重 (g)	根重 (g)	SPAD	乾物率 (%)	アスコルビン酸 (mg/100g)
ミズナ	慣行区	52.5 ± 31.5 ^a	1.2 ± 0.3 ^b	30.0 ± 3.7 ^a	8.0 ± 0.6 ^b	51 ± 10 ^a
	増肥区	60.9 ± 39.1 ^a	3.0 ± 1.0 ^a	29.2 ± 2.1 ^{ab}	6.4 ± 0.6 ^c	27 ± 10 ^b
	消化液区	63.8 ± 17.1 ^a	1.7 ± 0.9 ^b	25.7 ± 3.2 ^b	6.6 ± 0.6 ^c	19 ± 6 ^b
	無施肥区	56.3 ± 17.3 ^a	1.4 ± 1.1 ^b	27.0 ± 3.4 ^{ab}	9.0 ± 0.5 ^a	55 ± 8 ^a
コマツナ	慣行区	56.8 ± 11.2 ^a	2.4 ± 0.6 ^b	50.9 ± 4.5 ^a	6.8 ± 0.3 ^b	31 ± 4 ^b
	消化液区	49.7 ± 12.8 ^a	4.7 ± 1.3 ^a	49.2 ± 2.9 ^a	7.6 ± 0.6 ^a	54 ± 4 ^a

a,b 同一品目において異なる英小文字間にはTukey法により5%水準で有意差があることを示す。



図 1-19 無施肥区のミズナ。無施肥区だけ蕾が見えていた。

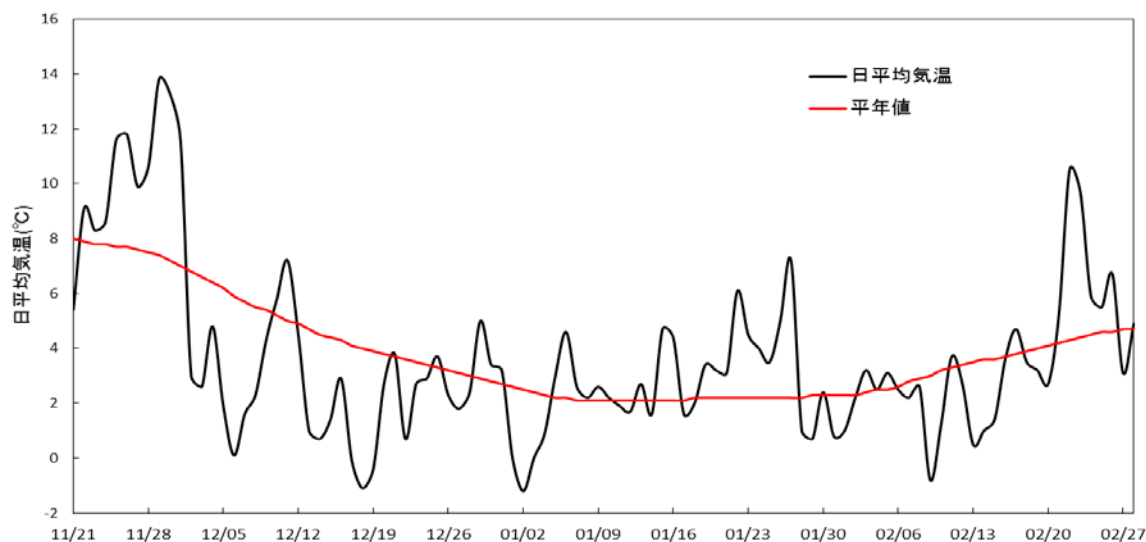


図 1-20 AMeDAS 園部の日平均気温。黒線が 2014 年 11 月下旬から 2015 年 2 月下旬までの観測値で赤線が平年値。

6) まとめ (考察)

i) 成果

CRP から排出されるメタン発酵消化液を液肥として利用してミズナ等を栽培した。消化液を液肥として利用したことによる問題の発生はなく、野菜の栽培に CRP から排出されるメタン発酵消化液を利用できることがわかった。

ii) 課題

ミズナの播種収穫日数は消化液区で 84 日、慣行区で 96 日であり、南丹地域の慣行の播種収穫日数の 70~84 日より最大で 8 日長くなった。コマツナの播種収穫日数は低温期で 80~90 日であり、こちらはほぼ慣行通りの日数で収穫できた。ミズナの播種収穫日数が南丹地域での標準的な日数より長くなったのは 12 月の低温(図 1-20)への対策が遅れたことや耐寒性等の品種の特性が影響している可能性が考えられる。慣行区と消化液区との収穫日数の差はハウス内の日照が一樣でなく、試験区間で日照や土壌表面の水分状態に差が出たことが原因である。

乾物率とアスコルビン酸含量は、コマツナでは消化液区が慣行区よりも有意に大きく、ミズナでは増肥区・消化液区が慣行区・無施肥区よりも有意に小さかった。このことから今実験の消化液の施用量はコマツナには適正であったが、ミズナには多かった可能性が示唆される。また、同じ窒素施用量でも慣行の肥料と消化液で差があることから、CRP の消化液を用いる場合、アンモニア態窒素の施用量の適正量は慣行の肥料の窒素施用量よりも少ないと推察される。

城南千筋は 10 °C 以下の低温に 960 時間程度あうと花芽分化し、その後の温度上昇で抽苔するという品種特性があるが、今実験では無施肥区のみ抽苔していたことから、施肥量が抽苔に影響している可能性が示唆される。

iii) 今後の展開

CRP のメタン発酵消化液を用いてミズナ等の野菜を栽培できることがわかったが、慣行の栽培とは施用量が異なる可能性があるため、施用量を変えて栽培し、適正な施用量を調査する必要がある。また、長期にわたって使用した時の土壌への影響も調査する必要がある。

② 微細藻類栽培 (三菱化学テクノリサーチ)

1) 目的

カンポリサイクルプラザから排出されるメタン発酵消化液の液肥としての微細藻類への有効利用性、安全性を検証する。

なお、微細藻類は家畜用飼料として、利用されることを想定する。

2) 背景

消化液を用いた微細藻類(クロレラ)の栽培は、既に八木バイオエコロジーセンター(YBEC : 湿式のメタン発酵処理施設)で、農林水産省のプロジェクト「平成 25 年度緑と水の環境技術革

命」で実施されている。この結果、微細藻類を混合した飼料と通常の飼料を給餌された鶏の成長を比較したところ、微細藻類を配合した飼料のほうが平均体重を上回る結果が得られている。

ただし、YBEC でのクロレラ栽培は家畜糞尿由来の消化液を用いているが、カンポリサイクルプラザ（CRP：乾式のメタン発酵処理施設）で行う本調査では、家庭系生ごみ（さらには事業系一般廃棄物）を対象としているため、原料が異なる。

3) クロレラを選んだ理由

- i) クロレラは増殖が早い。適切な培養環境で24時間で元の4倍にまで増殖する。
- ii) 栄養が豊富。クロレラは重量の半分以上がタンパク質で、他ビタミン、微量元素等も豊富に含まれている。
- iii) 株式会社三菱化学テクノリサーチの三田氏が革新的な量産技術であるクロレラの高密度培養法を開発し、6次産業化認定も受けている。
- iv) 消化液にはクロレラの生育に必要なN、P、Kが豊富に含まれている。地産地消の6次産業化を目指して、地元の消化液を利用して、クロレラを培養し、そのクロレラを地元の畜産飼料の添加剤として利用する。これにより、消化液の処理コストの削減、雇用創出等の地域活性化に繋がる。

(参考情報2)

表 1-27 CRP でのメタン発酵消化液の成分分析結果
(平成 26 年 10 月実施)

No	試験項目	数値
1	窒素全量 (N)	0.46%
2	リン酸全量 (P205)	0.178%
3	加里全量 (K202)	0.419%

表 1-28 YBEC でのメタン発酵消化液の成分分析結果
(平成 26 年 10 月実施)

No	試験項目	数値
1	窒素全量 (N)	0.11%
2	リン酸全量 (P205)	0.12%
3	加里全量 (K202)	0.25%

4) 調査内容

i) 実証目標

初期投資が少ないトレー培養法を採用し、100 トレー規模で、CRP のメタン発酵消化液を利用したクロレラ培養実証を実施する。

ii) 実証期間

本格的な培養実証は1月下旬～2月下旬とする。

iii) 実証場所

カンポリサイクルプラザ株式会社の温室内

iv) 実証スケジュール

- ・1月上旬 温室整備、培養器材設置等準備作業
- ・1月下旬 種菌による培養開始、増殖作業により、培養規模を100トレイまで拡大
- ・2月上旬 規模を保ちながら、半分回収実施。
- ・2月下旬 全部回収し、乾燥。
- ・3月上旬 安全性分析実施。
- ・3月下旬 報告書作成及び提出。

5) 調査項目

- 栽培する微細藻類：クロレラ
- 安全性分析
 - 微生物検査：一般生菌数、大腸菌群、糞便性大腸菌群、サルモネラ、黄色ブドウ球菌数、大腸菌群数、真菌数（カビ）
 - 重金属検査：飼料安全法により基準値が設定されている重金属等（鉛，カドミウム，ヒ素，水銀）の分析

6) 実証実験の経過

i) 準備作業（1月上旬）

1. 温室の整備

実証を実施する温室は元々野菜の栽培に使われており、図 1-21 のようになっていた。そこで、クロレラの培養に適切な環境を作るために、草殻の撤去等温室の整備をおこなった。



図 1-21 温室整備前

2. 器材の設置及び保温措置

温室の整備後、トレーを置く棚 5 台を設置し、棚にはクロレラの光合成をアップさせる LED ライトと一定の温度を保つための電気毛布を敷いた。また、熱効率をあげるために、温室を区切って、培養実証に必要な半密閉区間を作った。



図 1-22 温室整備後

ii) クロレラの培養 (1月16日開始)

1. 種菌の準備

山形大学から送られてきた種菌を1か月間冷蔵保存したものを本実証の種菌とした。

2. 培養液の準備

培養液は消化液原液を地下水で5倍に希釈して容器に入れて沈殿させ、その上層液を取って希釈し、金網でろ過した後、さらにフィルターで構成されたろ過装置でろ過して調製した。



図 1-23 消化液原液



図 1-24 ろ過装置

3. 培養環境のモニタリング

実証に当たって、温室の温度、培養液の水温及び空気中の二酸化炭素の量のモニタリン

グを実施した。



図 1-25 温室温度



図 1-26 培養液の水温



図 1-27 CO2 濃度

4. 倍増培養作業

種菌を、トレーに種菌を入れて、二日間培養する。二日間培養した後、一つのトレーに培養液を添加し、二つのトレーにそれぞれ2分し、再び、二日間培養する。

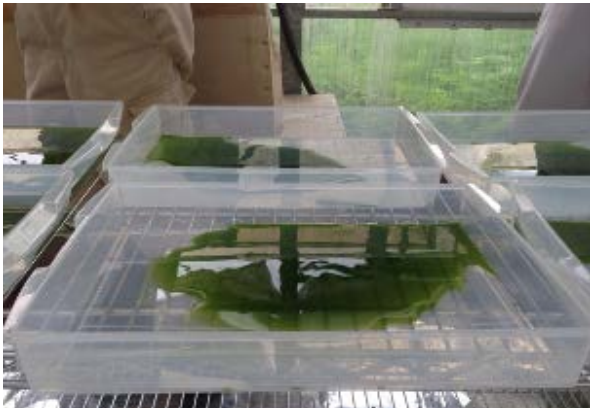


図 1-28 種菌

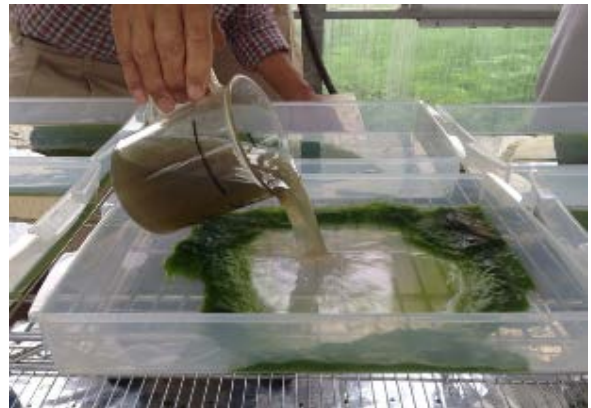


図 1-29 培養液の添加



図 1-30 培養光景



図 1-31 倍増作業

5. 収穫作業

同様な作業を繰り返してトレー数を拡大し、培養状況に合わせて、週二回クロレラを収穫した。



図 1-32 収穫作業

6. 乾燥作業

一晩静置し、沈殿した濃縮クロレラを収集し、天日で乾燥させ、粉末にして保存した。

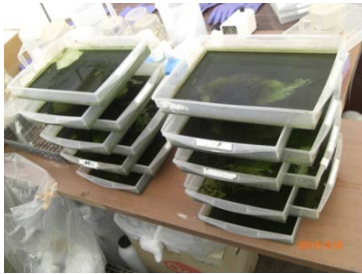


図 1-33 乾燥



図 1-34 乾燥後



図 1-35 粉末

7) 調査結果

i) 培養環境のモニタリング結果

クロレラ培養実証中モニタリングした培養環境における各パラメータの結果は以下のとおりである。

1. 温室内温度

クロレラ培養実証期間が1月～2月の厳冬期であったため、温室内温度は氷点下以下から40℃まで、起伏が激しく、自然な状況での培養は困難であった。

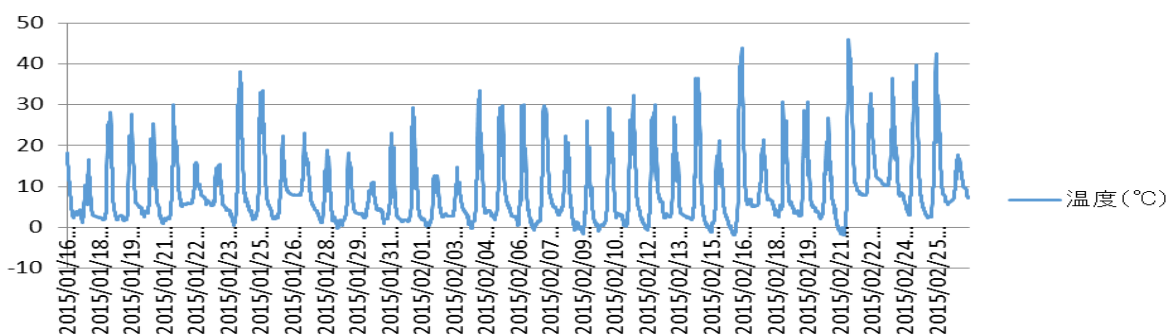


図 1-36 温室内温度 (°C)

2. 水温

クロレラの最適な生育温度は30℃である。1月16日～2月26日までの実証期間中、電気毛布を敷き、夜は遮光シートで棚全体を包む等対策を講じ、培養液の温度を平均20℃以上に保つことができた。

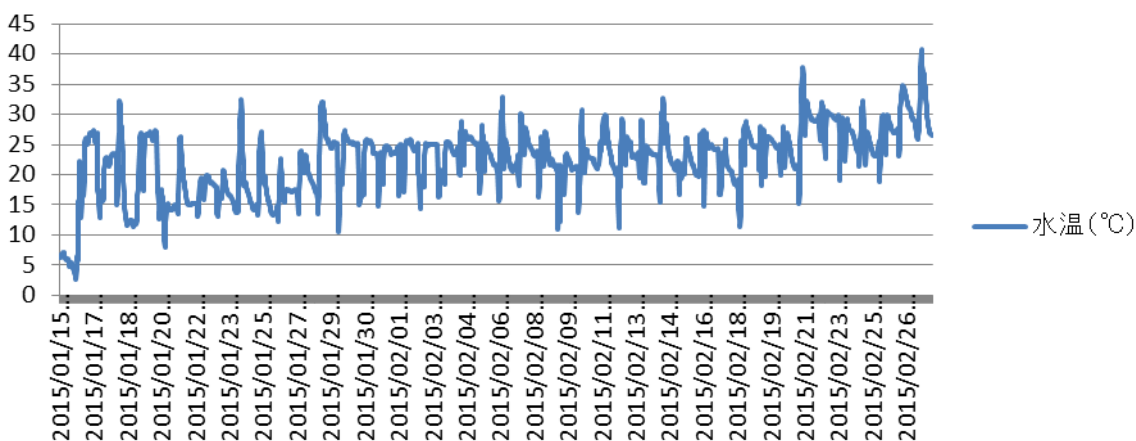


図 1-37 培養液水温 (°C)

3. 二酸化炭素

実験室における最適な二酸化炭素濃度は 10% 程度である。しかし、自然な環境中の温室内の二酸化炭素濃度は約 400~500ppm で、クロレラ生育のネックとなっている。

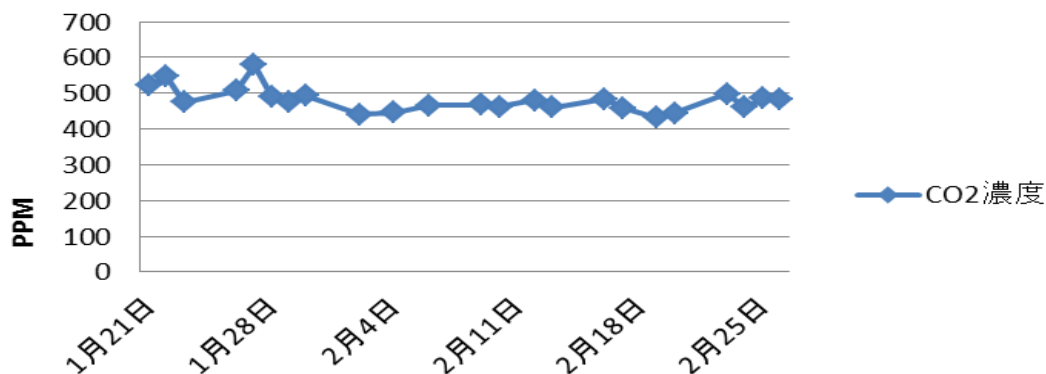


図 1-38 二酸化炭素濃度 (PPM)

4. 光量

クロレラの生育に最適な光量子束密度は $200\sim 600\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ で、昼間の光量のみでは光合成が十分に行われないため、夜間に $200\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 程度の LED ライトを点けて、クロレラの生育を促進した。

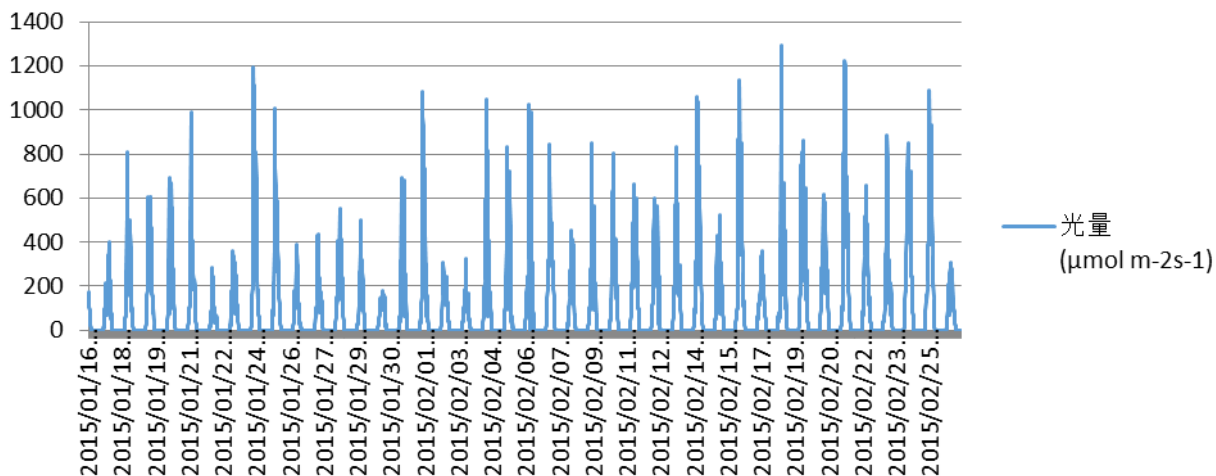


図 1-39 光量 ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

*LED ライトなしの時のグラフ

ii) 収穫量

1月16日に培養を開始し、半月ぐらいの倍增作用を通じて、2月に入って、培養トレー数を100トレーまで拡大し、クロレラの収穫を始めた。週2回の収穫で、合計599gのクロレラを収穫し、ほぼ計画とおりのクロレラを収穫することができた。

iii) 安全性分析

本実証における消化液を利用して培養したクロレラは、出口として機能性飼料添加剤を想定している。それで、飼料の添加剤としての安全性を確認するため、収穫したクロレラ乾燥物に対して、下記の安全性検査を実施した。結果は下記のとおりである。安全性検査を実施した専門家は下記結果により、飼料添加剤として安全であると判断した。

表 1-29 微生物検査

検査項目	検査結果	冷凍惣菜 基準値*	単位	検査方法
一般性菌数	5.4×10^4	10^5	Cfu/g	標準寒天培地
大腸菌群	陰性	陰性	/0.1g	BGLB 培地
E.coli	陰性	陰性	/0.1g	EC 培地
サルモネラ	陰性	陰性	/25g	BPW、HTT、X-SAL、MLCB 培地
黄色ブドウ球菌	陰性	陰性	/0.01g	卵黄加マンニット食塩培地
真菌数 (カビ数)	2.0×10^2	-	Cfu/g	PDA 寒天培地

* 飼料としての基準値が設けてなかったため、食品としての冷凍惣菜の基準値を採用した。

表 1-30 重金属検査

検査項目	検査結果	配合飼料 基準値	単位	検査方法
ヒ素	1.15	2	mg/kg	ICP 発光分析
鉛 (Pb)	0.01 未満	3	mg/kg	ICP 発光分析
カドミウム (Cd)	0.27	1	mg/kg	ICP 発光分析
水銀	0.1 未満	0.4	mg/kg	新・食品分析法 2-4-15(2) 還元気化原子吸光法

8) まとめ (考察)

i) 成果

1. CRP の消化液には、クロレラの生育に必要な栄養塩が豊富に含まれており、今回の実証を通じて、クロレラは消化液からなる培養液で、良好に生育しており、クロレラの培養に CRP の消化液を利用することは可能であることが示唆された。
2. 安全性分析における微生物検査、重金属検査では、機能性飼料添加剤として安全であることが示唆された。
3. トレーによる本培養法は作業が簡便で、短時間の指導ですぐ熟練でき、普及しやすく、且つ、温室における大量培養が可能であることが示唆された。

ii) 課題

1. コストを最低限に抑え、最大の収穫量を得るためには、今後、厳冬期を避けて、培養し

やすい季節における培養が必要。

2. 低二酸化炭素濃度が微細藻類の温室培養における最大のネックになっており、解消策が必要。
3. 現在の作業では、培養して1か月ぐらい過ぎてから、クロレラの生育状態が悪くなってしまう場合がある。原因としては、倍増作業により、残された培養液中の塩分、老廃物が貯まってクロレラの生育を阻害することが考えられるが、さらなる検証が必要。

iii) 今後の展開

来年度のエコタウン高度化モデル事業の一環として、以下のような生活系・食品系廃棄物の地域リサイクル構想を提案する。

下記図 1-40 のように、カンポリサイクルプラザを中心に、生活・食品廃棄物を嫌気性発酵槽で発酵させ、バイオガスを発生するとともに、産出する消化液を利用して、微細藻類の培養に必要な栄養塩と水分を提供する。

また、現在微細藻類の培養の一番大きいネックとなっている二酸化炭素 (CO₂) は、バイオガスを燃焼して発電する際に、産出する排ガス中の二酸化炭素を活用して解消し、微細藻類の大量培養を実現する。

さらに、微細藻類を添加剤とした機能性飼料を給与して、ブランド鶏等の高付加価値の地域ブランド品を開発し、地域の雇用創出と地域活性化につながる。

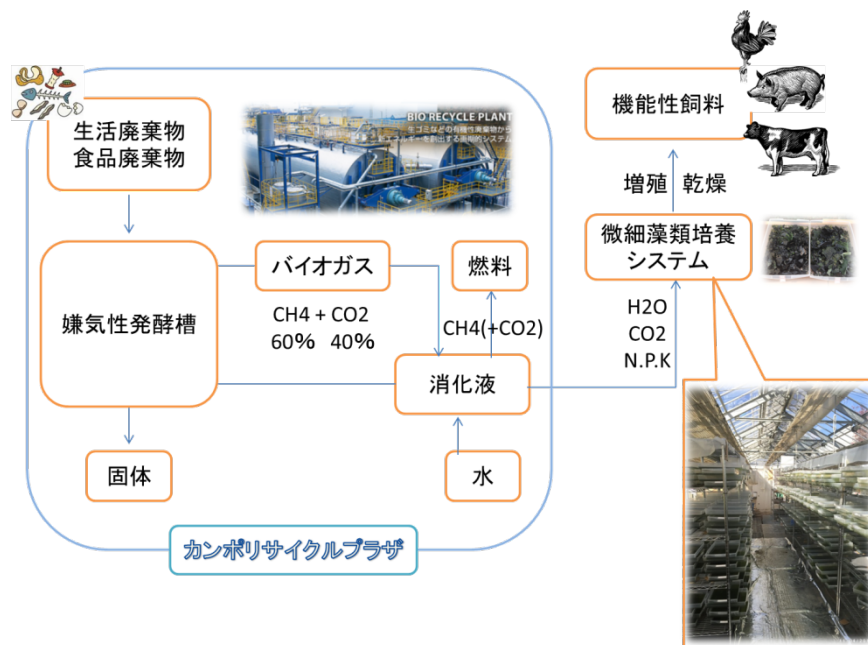


図 1-40 生活系・食品系廃棄物の地域リサイクル構想

(3) (参考) 南丹市の独自調査 (船井郡衛生管理組合・カンポリサイクルプラザ)

① 家庭系生ごみ回収量・成分分析調査

本調査は昨年度のエコタウン事業で実施した内容と同様の調査である。

今年度は南丹市の独自調査として夏から実施しているが、参考情報として記載する。

1) 調査目的

- 夏から冬にかけて生ごみ回収量、成分の変化状況を把握

2) 調査内容

南丹市の実証実験に協力する一般家庭 691 世帯(昨年度は 288 世帯)に対して、専用のごみ袋を配布し、生ごみの回収を 1 世帯当たり週 2 回、7 月から 1 月末にかけて実施する。

昨年度と同様に、株式会社キラックス (旧社名・吉良紙工) が製品開発した、嫌気性の条件化で生分解されるプラスチック袋を使用する。

表 1-31 モデル事業参加世帯一覧

旧町名	丁名	構成世帯数	構成人数	使用期間		配布袋数計
1	園部町 埴生	38世帯	130人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	2,480
2	園部町 若松町	12世帯	51人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	780
3	八木町 刑部	34世帯	96人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	2,220
4	八木町 本町一丁目	36世帯	94人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	2,350
5	園部町 穴人	15世帯	60人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	980
6	八木町 本町三丁目	12世帯	45人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	790
7	園部町 大西	15世帯	56人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	980
8	園部町 千妻	17世帯	61人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,110
9	八木町 北広瀬	18世帯	65人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,180
10	八木町 水所	37世帯	163人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	2,410
11	八木町 栄町三丁目	16世帯	57人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,050
12	八木町 野条	10世帯	41人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	660
13	八木町 船枝	11世帯	39人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	720
14	園部町 仁江	11世帯	37人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	720
15	日吉町 日吉平	9世帯	28人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	590
16	園部町 小桜町	19世帯	58人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,240
17	園部町 栄町	17世帯	49人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,110
18	園部町 新町	8世帯	35人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	590
19	園部町 船岡	12世帯	39人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	790
20	園部町 口人	17世帯	46人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,110
21	八木町 栄町二丁目	47世帯	135人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	3,000
22	八木町 西田	11世帯	37人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	720
23	八木町 日置	25世帯	70人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,630
24	八木町 池ノ内	18世帯	54人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,180
25	八木町 室橋	10世帯	37人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	660
26	美山町 和泉	13世帯	36人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	850
27	美山町 下平屋	20世帯	46人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,310
28	美山町 安掛	18世帯	59人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,180
29	日吉町 中野辺	17世帯	51人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,110
30	日吉町 後野	14世帯	35人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	920
31	日吉町 志和賀	30世帯	96人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,960
32	園部町 小山東町	10世帯	37人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	660
33	八木町 池上	11世帯	43人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	720
34	園部町 横田	12世帯	43人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	790
35	園部町 小山西町	24世帯	89人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,570
36	園部町 府堂向河原	21世帯	49人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	1,370
37	園部町 若森	11世帯	50人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	720
38	日吉町 殿田	15世帯	41人	平成26年7月1日	平成27年1月31日	980
13,892世帯(市全体)		691世帯	2,258人			45,190

3) 実証実験で使用する生ごみ専用袋（嫌気性生分解プラスチック袋）

i) ごみ袋の形状・デザイン

下図のようなごみ袋を用意した。容量は10リットルである。



図 1-41 実証実験で使用する生ごみ専用袋

ii) ごみ収集車

ごみ収集車は、積載量 2 トンのパッカー車を使用し、家庭系生ごみを収集する。



図 1-42 実証実験で使用する生ごみ専用収集車

4) 調査項目

- 袋個数、重量測定
- 成分分析
 - 3成分（水分、灰分、可燃分）
 - 元素分析（C、H、O、S、Cl）
 - 発熱量
 - 水素イオン濃度
 - 蒸発残留物（TS）、強熱減量（VTS）

5) 調査結果

i) 回収量調査

回収量の途中経過について、下表に示す。平成26年7月から平成27年1月までに、合計で51tを回収した。月別で見ると8月の回収量が最も多い結果となった。

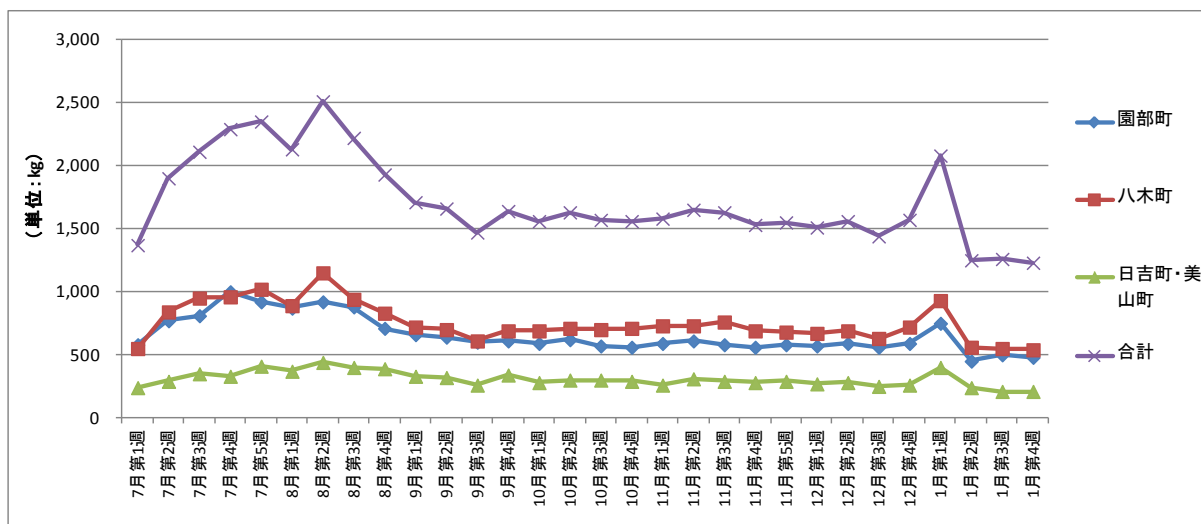


図 1-43 月別地域別回収量

表 1-32 月別地域別回収量

年月	日付	曜日	園部町	八木町	日吉町・美山町	合計	備考
			kg	kg	kg	kg	
平成26年 7月度	2	水	290	270	110	670	
	5	土	290	280	130	700	
	9	水	450	450	150	1050	
	12	土	320	390	140	850	
	16	水	430	560	190	1180	
	19	土	380	390	160	930	
	23	水	610	560	180	1350	
	26	土	390	400	150	940	
	30	水	500	590	230	1320	
	合計		3660	3890	1440	8990	
平成26年 8月度	2	土	420	430	180	1030	
	6	水	540	540	200	1280	第1回生ごみ分析
	9	土	330	350	170	850	
	13	水	500	590	230	1320	
	16	土	420	560	210	1190	
	20	水	530	600	240	1370	
	23	土	350	340	160	850	
	27	水	430	470	230	1130	
	30	土	280	360	160	800	
	合計		3800	4240	1780	9820	
平成26年 9月度	3	水	360	410	200	970	
	6	土	300	310	130	740	
	10	水	380	410	190	980	
	13	土	260	290	130	680	
	17	水	340	350	150	840	
	20	土	260	260	110	630	
	24	水	370	410	190	970	
	27	土	240	280	150	670	
	合計		2510	2720	1250	6480	
平成26年 10月度	1	水	350	420	170	940	第2回生ごみ分析
	4	土	240	270	110	620	
	8	水	360	400	180	940	
	11	土	260	310	120	690	
	15	水	320	420	160	900	
	18	土	250	280	140	670	
	22	水	320	430	170	920	
	25	土	240	280	120	640	
	合計		2710	3250	1310	7270	
平成26年 11月度	1	土	220	290	120	630	
	4	水	350	420	170	940	
	8	土	260	310	140	710	
	11	水	340	450	190	980	
	15	土	240	310	100	650	
	18	水	310	340	140	790	
	22	土	250	350	140	740	
	25	水	360	390	170	920	
	合計		2550	3150	1290	6990	
年月	日付	曜日	園部町	八木町	日吉町・美山町	合計	備考
			kg	kg	kg	kg	
平成26年 12月度	3	水	350	400	150	900	
	6	土	220	270	120	610	
	10	水	350	410	160	920	
	13	土	240	280	120	640	
	17	水	320	360	120	800	第3回生ごみ分析
	20	土	240	270	130	640	
	24	水	360	390	140	890	
	27	土	230	330	120	680	
	合計		2310	2710	1060	6080	

年月	日付	曜日	園部町	八木町	日吉町・美山町	合計	備考
			kg	kg	kg	kg	
平成27年 1月度	7	水	540	660	280	1480	
	10	土	210	270	120	600	
	14	水	240	340	140	720	
	17	土	210	220	100	530	
	21	水	290	330	110	730	
	24	土	180	240	120	540	
	28	水	280	320	120	720	
	31	土	200	220	90	510	
		合計	2150	2600	1080	5830	
			園部町	八木町	日吉町・美山町	合計	備考
			kg	kg	kg	kg	
		総合計	19,690	22,560	9,210	51,460	
		地区別人数	890	976	392	2,258	人
		一人当り回収量	22.12	23.11	23.49	22.79	kg/7カ月/人

地区別では参加世帯が多い八木町の回収量が多いが、一人当り回収量では、他地区と同程度であった。

表 1-33 生ごみ 1 袋当りの平均重量

採集日	園部町	八木町	日吉町・美山町	平均
	kg/袋	kg/袋	kg/袋	kg/袋
平成26年8月6日	2.22	2.17	2.19	2.19
平成26年10月1日	1.89	1.92	1.96	1.92
平成26年12月17日	1.93	2.07	1.92	1.97

ii) 成分分析

1. 対象試料

成分分析は8月、10月、12月に計3回実施した。そのときの対象試料は以下の通り。

表 1-34 成分分析対象試料

	対象試料
第1回成分分析	平成26年8月6日に収集された生ごみ
第2回成分分析	平成26年10月1日に収集された生ごみ
第3回成分分析	平成26年12月17日に収集された生ごみ

2. 第1回成分分析結果

表 1-35 地区別成分分析結果（第1回）

項目	試料	地域						平均		計量方法
		園部町		八木町		日吉町・美山町		湿ベース	乾ベース	
		湿ベース	乾ベース	湿ベース	乾ベース	湿ベース	乾ベース			
単位容積重量	Kg/m ³	266		249		257		257		環整第95号
三成分	水分	%	80.81		76.68		78.95		78.81	
	灰分	%	1.96		1.95		1.81		1.91	
	可燃分	%	17.23		21.37		19.24		19.28	
元素分析	C	%	8.41		10.52		9.93		9.62	JISM8813(2003)準拠
	H	%	1.16		1.46		1.37		1.33	JISM8813(2003)準拠
	N	%	0.38		0.4		0.46		0.41	ケルダール法
	O	%	7.21		8.93		7.41		7.85	(100-(C+H+N+S+Cl+水分+灰分))
	S	%	0.01		0.02		0.02		0.02	JISK0103(2011)準拠
	Cl	%	0.06		0.04		0.05		0.05	JISK0103(2011)準拠
高位発熱量	kJ/kg	3,510	18,280	4,350	18,660	4,190	19,930	4,017	18,957	JISM8814(2003)準拠
低位発熱量(計算値)	kJ/kg	1,220		2,100		1,640		1,653		(45V-6W) *4.18605
低位発熱量(実測値)	kJ/kg	1,220		2,100		1,900		1,740		熱量計
水素イオン濃度(水温)[pH]	-	5.6(23℃)		5.7(23℃)		5.3(23℃)		5.5(23℃)		21℃ JISK0102(2008)12.1
蒸発残留物(TS)	%	19.19		23.32		21.05		21.19		JISK0102(2013)14.2
強熱減量(VTS)	%	90.3		92		92.5		91.6		JISK0102(2013)14.4.2,14.5

3. 第2回成分分析結果

表 1-36 地区別成分分析結果（第2回）

項目	試料	地域						平均		計量方法
		園部町		八木町		日吉町・美山町		湿ベース	乾ベース	
		湿ベース	乾ベース	湿ベース	乾ベース	湿ベース	乾ベース			
単位容積重量	Kg/m ³	252		262		307		274		環整第95号
三成分	水分	%	74.34		72.55		72.67		73.19	
	灰分	%	2.46		2.45		2.48		2.46	
	可燃分	%	23.2		25		24.85		24.35	
元素分析	C	%	11.37		12.42		12.09		11.96	JISM8813(2003)準拠
	H	%	1.53		1.64		1.68		1.62	JISM8813(2003)準拠
	N	%	0.46		0.63		0.56		0.55	ケルダール法
	O	%	9.76		10.22		10.43		10.14	(100-(C+H+N+S+Cl+水分+灰分))
	S	%	0.02		0.03		0.02		0.02	JISK0103(2011)準拠
	Cl	%	0.06		0.06		0.07		0.06	JISK0103(2011)準拠
高位発熱量	kJ/kg	5,030	19,590	5,200	18,950	5,110	18,710	5,113	19,083	JISM8814(2003)準拠
低位発熱量(計算値)	kJ/kg	2,500		2,890		2,860		2,750		(45V-6W) *4.18605
低位発熱量(実測値)	kJ/kg	2,820		3,010		2,910		2,913		熱量計
水素イオン濃度(水温)[pH]	-	6.0(22℃)		5.5(22℃)		5.3(22℃)		5.6(22℃)		21℃ JISK0102(2008)12.1
蒸発残留物(TS)	%	25.66		27.45		27.33		26.81		JISK0102(2013)14.2
強熱減量(VTS)	%	91		90.7		90.4		90.7		JISK0102(2013)14.4.2,14.5

4. 第3回成分分析結果

表 1-37 地区別成分分析結果（第3回）

項目	試料	地域						平均		計量方法
		園部町		八木町		日吉町・美山町		湿ベース	乾ベース	
		湿ベース	乾ベース	湿ベース	乾ベース	湿ベース	乾ベース			
単位容積重量	Kg/m ³	300		331		304		312		環整第95号
三成分	水分	%	76.13		79.87		74.95		76.98	
	灰分	%	2.22		2.13		2.23		2.19	
	可燃分	%	21.65		18		22.82		20.82	
元素分析	C	%	10.98		9.13		11.81		10.64	JISM8813(2003)準拠
	H	%	1.46		1.2		1.59		1.42	JISM8813(2003)準拠
	N	%	0.54		0.5		0.68		0.57	ケルダール法
	O	%	8.6		7.1		8.67		8.12	(100 - (C+H+N+S+Cl+水分+灰分))
	S	%	0.01		0.02		0.02		0.02	JISK0103(2011)準拠
	Cl	%	0.06		0.05		0.05		0.05	JISK0103(2011)準拠
高位発熱量	kJ/kg	4,480	18,760	3,670	18,210	4,920	19,630	4,357	18,867	JISM8814(2003)準拠
低位発熱量(計算値)	kJ/kg	2,170		1,380		2,420		1,990		(45V-6W) *4.18605
低位発熱量(実測値)	kJ/kg	2,240		1,390		2,680		2,103		熱量計
水素イオン濃度(水温) [pH]	-	6.0(21℃)		5.9(21℃)		6.2(21℃)		6.0(21℃)		21℃ JISK0102(2008)12.1
蒸発残留物(TS)	%	23.87		20.13		25.05		23.02		JISK0102(2013)14.2
強熱減量(VTS)	%	91.8		88.7		92.4		91.0		JISK0102(2013)14.4.2,14.5

5. バイオガス発生量、発熱量及び発電量の推計

ア) バイオガス発生量

生ごみ1トン当りのバイオガス発生量を算出した。

生ごみの成分からバイオガス発生量を算出する方法は、全国都市清掃会議発行の「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」(Ⅱ編 設計要領 12章ごみメタン回収施設)を参考に算出した。

◎計算条件

- ・メタン発生量 : 0.55m³N/kg-分解 VTS (設計要領)
- ・VTS 分解率 : 80% (設計要領)
- ・TS (蒸発残留物) : (成分分析結果)
- ・VTS (強熱減量) : (成分分析結果)
- ・メタンガス濃度 : 58% (実績濃度)

◎計算式

メタン発生量 = 1,000kg × TS / 100 × VTS / 100 × VTS 分解率 / 100 × メタン発生量

バイオガス発生量 = メタン発生量 / メタンガス濃度 × 100

◎計算結果

- ・第1回分析結果 147.2m³N/ t
- ・第2回分析結果 184.5m³N/ t

- ・ 第3回分析結果 158.9m³N/ t
- ・ 分析結果平均値 163.5m³N/ t

イ) 生ごみ 1t あたりの発熱量の推計と発電量換算

◎計算条件

- ・ メタン発熱量 : 35,800kJ/ Nm³
- ・ メタンガス濃度 : 58% (実績濃度)
- ・ 1MJ あたりの発電量 : 0.278kWh/MJ

◎計算式

- ・ バイオガスの発熱量=メタン発熱量×メタンガス濃度

$$=35,800(\text{kJ}/\text{Nm}^3)\times 58\%$$

$$=20,764(\text{kJ}/\text{Nm}^3)$$
- ・ 生ごみ 1t の発熱量=生ごみ 1t あたりのバイオガス発生量×メタン発熱量

$$=163.5(\text{Nm}^3/\text{t})\times 20,764(\text{kJ}/\text{Nm}^3)$$

$$=3,395(\text{MJ}/\text{t})$$
- ・ 生ごみ 1t の電力量=生ごみ 1t の発熱量×1MJ あたりの発電量

$$=3,395(\text{MJ}/\text{t})\times 0.278(\text{kWh}/\text{MJ})=944(\text{kWh}/\text{t})$$

◎計算結果

・ <u>生ごみ 1t の発熱量</u>	<u>3,395 (MJ/t)</u>
・ <u>生ごみ 1t の電力量</u>	<u>944 (kWh/t)</u>

② 家庭系生ごみ組成調査

1) 調査目的

生ごみの精緻な組成調査は、小規模自治体では行われておらず、南丹市として生ごみの減量化を行うために、今回の調査結果を踏まえて、食品ロス削減の必要性を啓発することで、ごみ排出量の収集処理コスト削減に寄与する。

2) 調査内容

南丹市の生ごみに含まれる食品ロスの割合を明らかにするため、生ごみの組成調査を行う。調査方法としては、モデル事業参加世帯ではなく通常の世帯の可燃ごみ中の生ごみを任意に50袋取り出し、その組成を調査する。調査は菌部町、八木町、日吉・美山町の3地区分を予定する。

3) 調査項目

- 可燃ごみ袋、1袋の重量測定
- 可燃ごみ袋中の生ごみの全重量測定

- 生ごみの種類及び重量測定
 - 生ごみ
 - ◇ 手付かずの食品
 - ✓ 未開封の冷凍食品、缶詰等
 - ✓ 果物類
 - ✓ 野菜類
 - ✓ 穀物類
 - ✓ 魚介類
 - ✓ その他の食品
 - ◇ 調理くず（食べられない部位）

4) 調査結果

i) 可燃ごみ中の生ごみ・資源ごみの重量・割合

可燃ごみ中の生ごみの割合は3地区平均で、36%であった。

地区別で見ると、日吉・美山町の生ごみの割合は30%であり、他地区より低かった。日吉・美山町は農村地帯が含まれているため、生ごみは堆肥として活用されていることが考えられる。

表 1-38 地区別可燃ごみ中の生ごみ・資源ごみの重量割合

項目		単位	園部町	八木町	日吉・美山町	平均
可燃ごみ	採集重量	kg	310.04	279.00	297.12	295.39
	採集袋数	枚	68	50	50	56
	1袋当り重量	kg/袋	4.6	5.6	5.9	5.4
可燃ごみ中の生ごみ	採集重量	kg	123.91	106.78	91.32	107.34
	1袋当りの重量	kg/袋	1.82	2.14	1.83	1.93
	割合	%	40.0	38.3	30.7	36.3
可燃ごみ中の資源ごみ	採集重量	kg	27.49	20.13	22.94	23.52
	1袋当りの重量	kg/袋	0.40	0.40	0.46	0.42
	割合	%	8.9	7.2	7.7	7.9

ii) 可燃ごみ中の生ごみの組成割合

1.3 地区平均の生ごみ割合

可燃ごみ中の生ごみの組成割合は、食べられない調理くずが25%であり、手つかずの食品（未開封の冷凍食品、缶詰、果物類、野菜類等）が11%であった。これは生ごみ全体の3割に上る。つまり、生ごみの3割程度が手つかずのまま、廃棄されており、生ごみの削減余地があると考えられた。

今後は市のホームページ等によって、調査結果を公表し、生ごみ削減のためのPRを発信して、手つかず食品の削減の取組を促していくことが求められる。

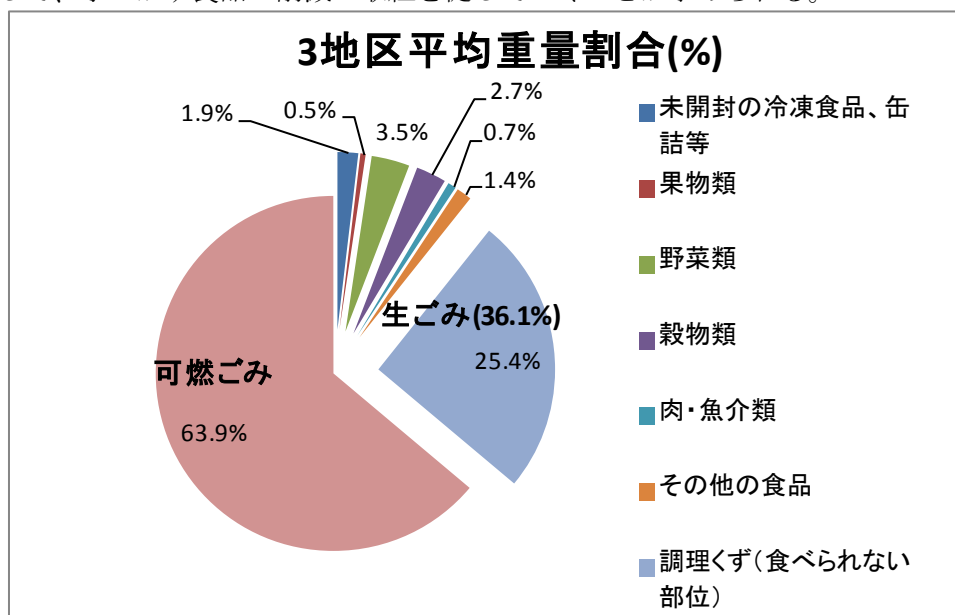


図 1-44 3地区平均重量割合

表 1-39

地区名		3地区(加重平均)				
項目	個数	重量(kg)	生ごみ中の	可燃ごみ中の		
			重量割合(%)	重量割合(%)		
生 ご み	手 つ か ず の 食 品	未開封の冷凍食品、缶詰等	31	5.6	5.2	1.9
		果物類		1.4	1.3	0.5
		野菜類		10.3	9.6	3.5
		穀物類		8.1	7.6	2.7
		肉・魚介類		2.2	2.1	0.7
		その他の食品		4.1	3.9	1.4
		調理くず(食べられない部位)		75.5	70.4	25.4
	合計		107.3	100.0	36.1	

2. 地区別の生ごみ重量割合

表 1-40 地区別の生ごみ重量割合

地区名			園部町			
項目			個数	重量(kg)	生ごみ中の	可燃ごみ中の
					重量割合(%)	重量割合(%)
生 ご み	手 つ か ず の 食 品	未開封の冷凍食品、缶詰等	33	8.36	6.7	2.7
		果物類		0.70	0.6	0.2
		野菜類		12.48	10.1	4.0
		穀物類		7.55	6.1	2.4
		肉・魚介類		2.76	2.2	0.9
		その他の食品		-	-	-
	調理くず(食べられない部位)			92.06	74.3	29.7
合計				123.91	100.0	40.0

地区名			八木町			
項目			個数	重量(kg)	生ごみ中の	可燃ごみ中の
					重量割合(%)	重量割合(%)
生 ご み	手 つ か ず の 食 品	未開封の冷凍食品、缶詰等	35	5.12	4.8	1.8
		果物類		1.03	1.0	0.4
		野菜類		14.62	13.7	5.2
		穀物類		4.67	4.4	1.7
		肉・魚介類		1.02	1.0	0.4
		その他の食品		6.99	6.5	2.5
	調理くず(食べられない部位)			73.33	68.7	26.3
合計				106.78	100.0	38.3

地区名			日吉・美山町			
項目			個数	重量(kg)	生ごみ中の	可燃ごみ中の
					重量割合(%)	重量割合(%)
生 ご み	手 つ か ず の 食 品	未開封の冷凍食品、缶詰等	24	3.34	3.7	1.1
		果物類		2.55	2.8	0.9
		野菜類		3.81	4.2	1.3
		穀物類		12.15	13.3	4.1
		肉・魚介類		2.89	3.2	1.0
		その他の食品		5.42	5.9	1.8
	調理くず(食べられない部位)			61.16	67.0	20.6
合計				91.32	100.0	30.7

③ 生ごみ分別に対する市民の意識調査

1) 調査目的

生ごみ分別に関する意識調査によって、生ごみ分別の協力度合いを把握することにより、生ごみ分別回収事業の実現可能性調査の検討資料とする。

2) 調査内容

今回のモデル事業に参加した世帯に対して、生ごみの排出状況や、分別に係る取組、事業に対する意識、今後の事業の継続に関する考え方などを質問するアンケート調査を実施する。

3) 調査項目

- i) 従来の生ごみの処理方法
- ii) モデル事業による生ごみの分別にかかる手間
- iii) 生ごみ袋の容量、価格、強度
- iv) 可燃ごみ袋の排出頻度の変化
- v) 生ごみに適さない品目の認識
- vi) 事業化にあたっての問題点、改善すべき点について

4) 調査結果

i) アンケート回収数結果

アンケートについてはモデル世帯として参加していただいた 691 世帯を対象とし、アンケート調査票を配付した。調査期間は平成 26 年 11 月 26 日から 12 月 19 日までとした。回答は平成 27 年 1 月 19 日までに 412 世帯から回収した。また、一部地域で調査票配布が遅れたため調査期間を平成 27 年 2 月 20 日まで延期し、最終的に 427 世帯から回答を得た。回収率は 61.8%であった。

ii) アンケート回答結果

図 1-45 から図 1-48 にアンケート回答者の基礎データを示す。

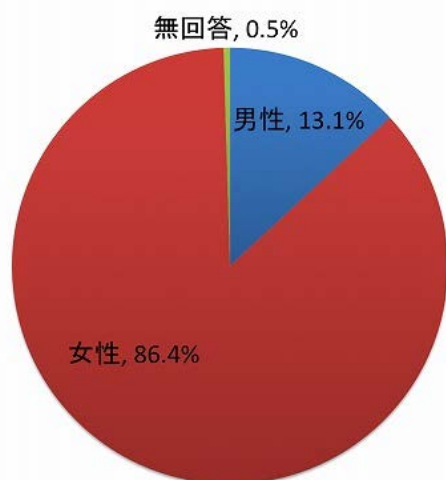


図 1-45 回答者の性別

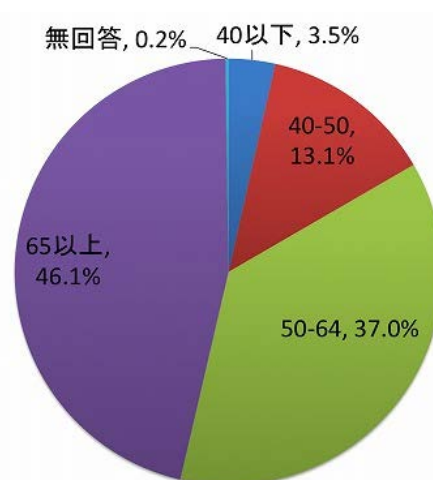


図 1-46 回答者の年齢

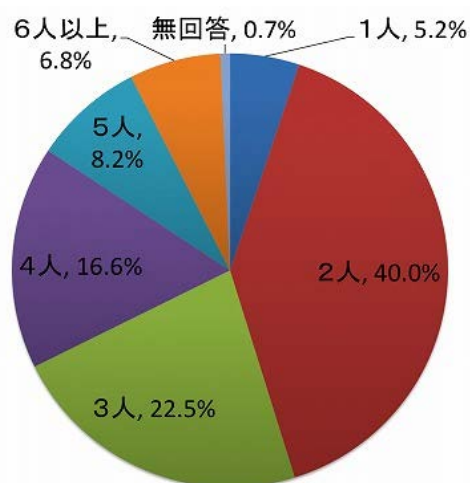


図 1-47 世帯の人数



図 1-48 住居の形態

本モデル事業に参加するまでにどのように生ごみを扱っていたかを問う、「生ごみをどのように処理、もしくはリサイクルしていましたか（複数回答）」という設問に対する回答は図 1-49 となった。回答の選択肢は、1. 水切り等を行ってから可燃ごみとして出す、2. そのまま可燃ごみとして出す、3. そのまま畑や庭などに埋める、4. 家庭用の生ごみ処理機器を使用して、生ごみから堆肥を作り、庭や家庭菜園などで利用している、5. その他、の 5 つである。71.0%が可燃ごみとして出していることから、生ごみの分別回収を行うことで可燃ごみの減量化が見込めるものと考えられる。

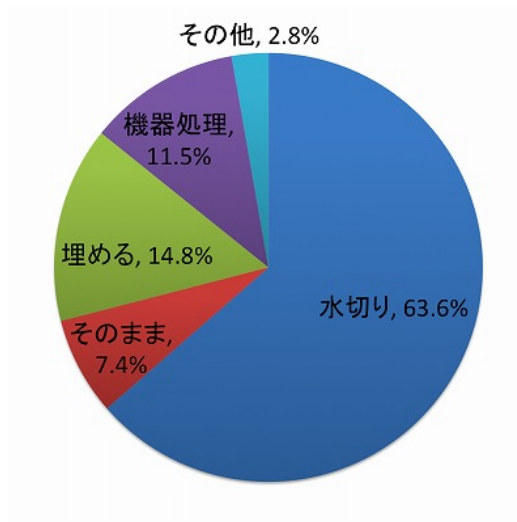


図 1-49 生ごみの処分法について

図 1-50 に分別の手間についての設問の結果を示す。分別の手間については、「分別して生ごみを出す手間はどうか」という設問で 73.3%が肯定的な回答をした一方、「非常に手間がかかると感じた」という意見も 1.6%見られた。

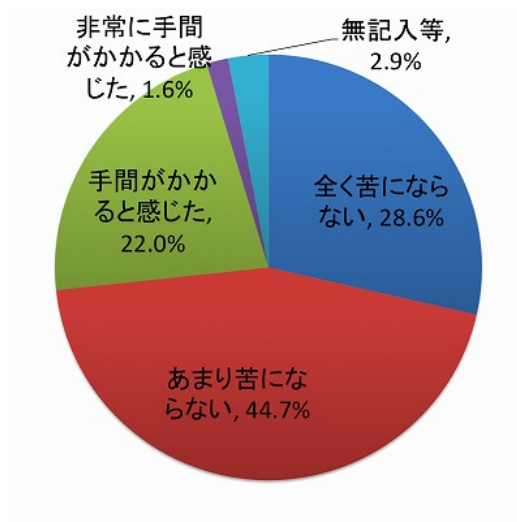


図 1-50 分別の手間について

生ごみを全て生ごみ袋で出せたかについての結果を図 1-51 に、また、出せなかった場合に発生した生ごみを生ごみ袋以外での処理した割合についての結果を図 1-52 に示す。生ごみを全て分別し、生ごみ袋で出した人は 39.6%で、一部を何らかの別の方法で処理している人が過半数を占めた。しかし別の方法で処理した割合は 10~30%の人が 68.3%を占めており、概ね分別は行われているものと思われる。しかし、モデル事業に参加したにもかかわらず、発生した生ごみの 50%以上を生ごみ袋以外の方法で処理している人が 26.3%に及んでいる原因について詳細に調査する必要がある。

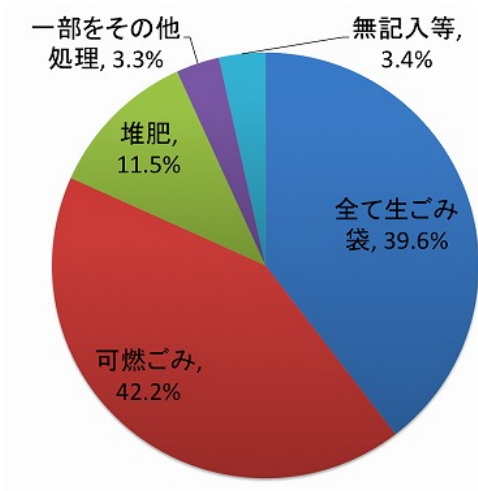


図 1-51 全て生ごみ袋で出せたかについて

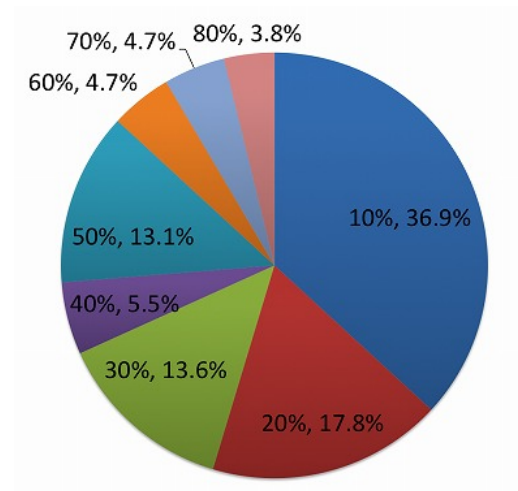


図 1-52 別の方法で処理した割合

図 1-53 に分別の困難さについての設問の結果を示す。分別の困難さについては、「生ごみの分別作業で難しかった点、困った点をお答えください」という設問に対して、臭い、水たれ、虫の発生の順で回答数が多かった。その他という回答は 89 件あり、そのうち 52 件が袋の強度・サイズに関するものであった。

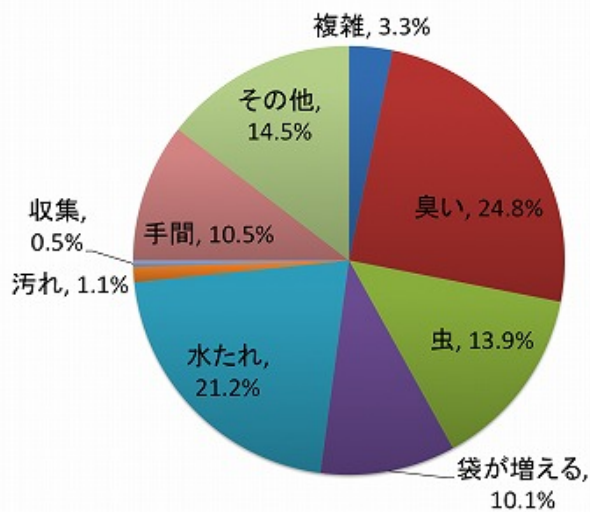


図 1-53 分別の困難さについて

生ごみを出すときに十分に水きりを行ったかについての設問の結果を図 1-54 に示す。「十分に行った」と「ある程度は行った」の 2 つの回答で 95.3%に達しており、意識して水きりを行っていることが伺える。しかし、分別の困難さで 21.1%の人が水たれを挙げているように、意識と実際の水きりの十分さの間にずれがあるものと考えられる。

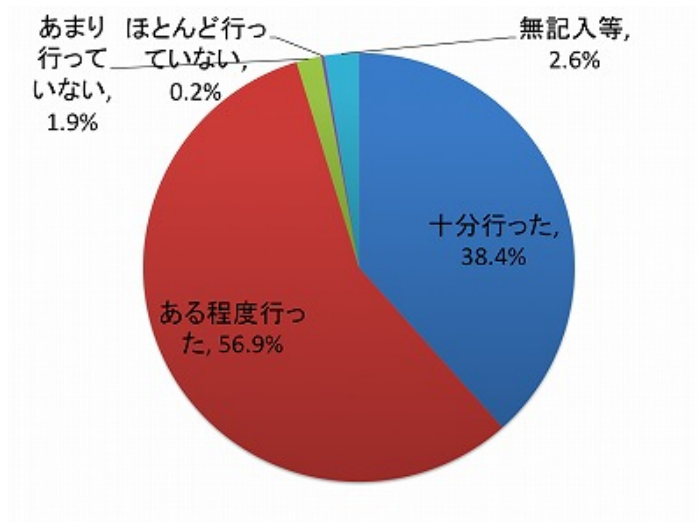


図 1-54 生ごみの水きりについて

袋の大きさについては図 1-55 に示すように 60.0%の人が適切と回答している。しかし、大きい方がよいとの回答も 30.4%あり、図 1-56 に示すようにこれらの人の 45.7%が可燃ごみとして出していることから、分別を進めるためには生ごみ袋の大きさに選択肢があることが望ましいと思われる。

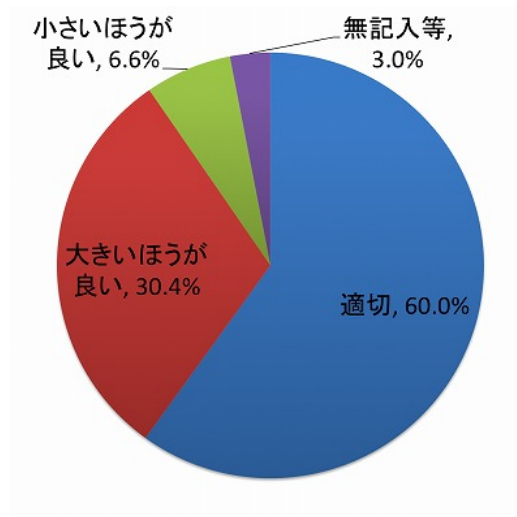


図 1-55 生ごみ袋の容量について

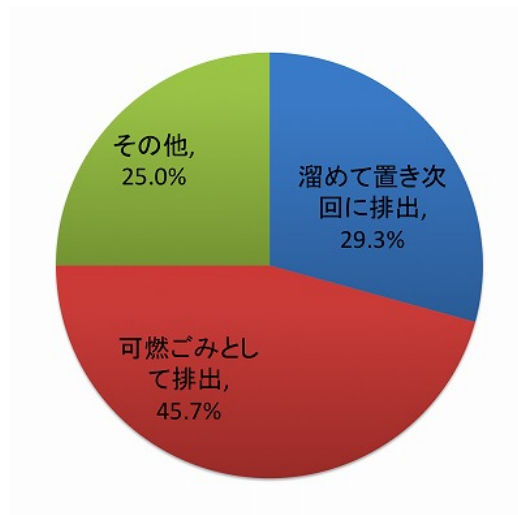


図 1-56 排出できなかった生ごみの処理

袋の強度について図 1-57 に示す。生ごみ袋の強度について「生ごみ袋の強度はいかがでしたか」と破れた生ごみ袋の枚数を尋ねた設問に対し、75.0%の人が 10 枚以下と回答したが 21 枚以上の回答も 3 件あり、最大で 60 枚破れたとの回答があった。困難さの設問でも袋に関する回答が多く寄せられており、事業を推進する上で生ごみ袋の強度を改善することが不可欠であると考えられる。

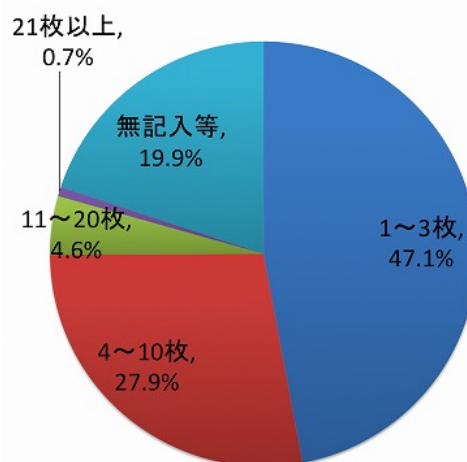


図 1-57 生ごみ袋の強度（破れた枚数）について

図 1-58 に可燃ごみの排出量について、図 1-59 に可燃ごみとビニール類の混合収集についての回答を示す。可燃ごみの排出回数・排出量については「生ごみを分別すると『可燃ごみ』を出す回数や量が減ったと思いますか」という設問に対して 78.7%の方が肯定的に回答している。一方、混合収集については「生ごみを分別すると週 2 回収集することで経費がかかりますが、少なくなった『可燃ごみ』と『ビニール類』を混合して、週 1 回収集で経費削減を行うと良いと思いますか」という設問に対して、肯定・やや肯定の合計が 59.4%であった。

しかし、この設問に対しては欄外に「質問の意味がわからない」、「混合の意味がわからない」といった書き込みが見られた。

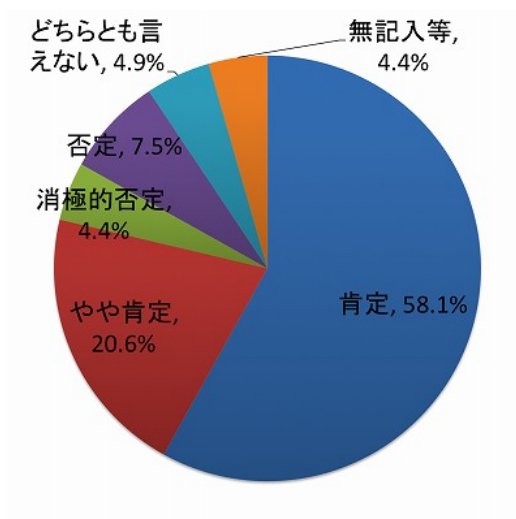


図 1-58 可燃ごみの排出量について

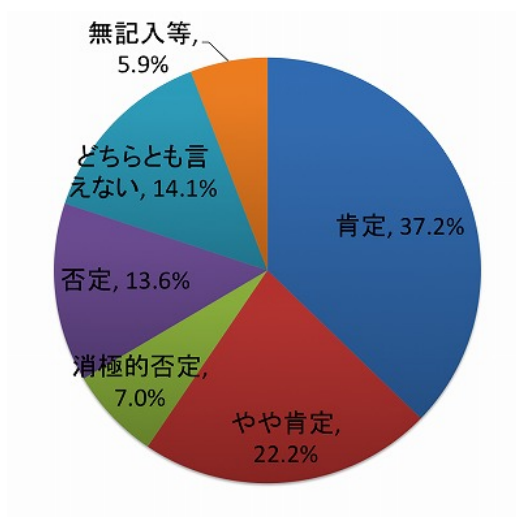


図 1-59 混合収集について

分別回収を円滑に実施できるかについての回答を図 1-60 に示す。「生ごみの収集を専用車で水曜日と土曜日に行っていますが、生ごみの分別収集を今後行うことになった場合、円滑にできそうですか」という設問に対し 76.1%が可能であるとの回答であった。また、不可能や分からないと答えた方にその理由を尋ねたところ、図 1-60 のような結果となった。図 1-50 と比較すると手間と答えた方の割合が倍増していることが分かった。

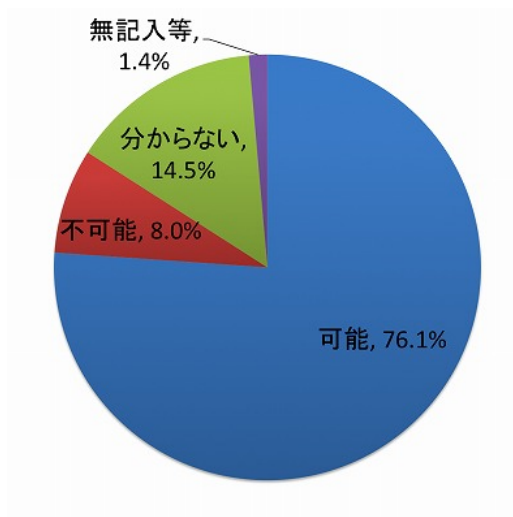


図 1-60 分別回収を実施可能か

5) まとめ

i) 成果

モデル事業に参加していただいた方に対してアンケート調査を行った。アンケート回収率は 61.8%と高く、モデル事業に対する関心の高さが伺える。現状で生ごみをどのように処理しているかの設問に対し、71.0%が可燃ごみとして出していると回答していることから、分別回収により可燃ごみの減量化が可能であると考えられ、生ごみの多くをリサイクルできると思われる。また、分別回収が円滑に行えるかとの設問に対し 76.1%が可能と回答しており、今後の生ごみリサイクルへの展望が開けている。

ii) 課題

モデル事業に参加される方へのアンケートであり、環境への意識が高い人達の見解に偏っている可能性がある。にもかかわらず生ごみの 50%以上を分別せずに処理している人が 26.3%も存在していることから、分別回収に移行しても一定量はリサイクルせずに可燃ごみとして排出される可能性が伺える。

また、ビニール類と分別後の可燃ごみの混合回収についてはリサイクルに反する方法だと考える意見があった。この辺りの誤解をなくすように説明することが重要だと思われる。生ごみ排出用の袋については強度に対する不満が高いため、改善が望まれる。

iii) 今後の展開

今回のアンケート結果から得られた意見をフィードバックし、今後の調査に活かしていく必要がある。モデル事業も継続して行い、より良い生ごみリサイクル方法を構築していく必要がある一方、モデル事業に参加していない方たちに対してもこの事業の有用性を周知し、意識調査をする必要がある。

【参考】モデル事業参加世帯へのアンケート調査票

平成26年度 南丹市生ごみ資源循環モデル事業に関するアンケート

問1. あなた（回答者）、もしくはご家族についてお尋ねします。

1) あなたの性別（○は1つ）

1. 男性	2. 女性
-------	-------

2) あなたの年齢（○は1つ）

1. ～40歳	2. 40～50歳	3. 50～64歳	4. 65歳以上
---------	-----------	-----------	----------

3) 世帯の人数（○は1つ）

1. 1人	2. 2人	3. 3人
4. 4人	5. 5人	6. 6人以上

4) 住居の形態（○は1つ）

1. 戸建住宅	2. 集合住宅	3. その他（ ）
---------	---------	-----------

5) 現在の住居にどれくらいの期間お住まいですか（○は1つ）

1. 3年未満	2. 4～10年	3. 11～20年	4. 21年以上
---------	----------	-----------	----------

6) 現在お住まいになっている地域はどこですか。（○は1つ）

園部町	1. 埴生 2. 若松町 3. 穴人 4. 大西 5. 千妻 6. 仁江 7. 小桜町 8. 栄町 9. 新町 10. 船岡 11. 口人 12. 小山東町 13. 横田 14. 小山西町 15. 若森 16. 府宮向河原団地
八木町	17. 本町一丁目 18. 本町三丁目 19. 栄町二丁目 20. 栄町三丁目 21. 西田 22. 氷所 23. 日置 24. 刑部 25. 北広瀬 26. 池ノ内 27. 船枝 28. 室橋 29. 野条 30. 池上
日吉町	31. 殿田 32. 日吉平 33. 中野辺 34. 後野 35. 志和賀
美山町	36. 和泉 37. 下平屋 38. 安掛

7) 家族の職業（当てはまるもの全てに○）

1. 農家以外	2. 専業農家	3. 第一種兼業農家
4. 第二種兼業農家	5. 畜産農家	6. その他（ ）

第1種兼業農家：農業以外の仕事（会社勤めなど）で収入を得ている農家のうち、農業での収入が、全収入の50%以上の農家

第2種兼業農家：農業以外の仕事（会社勤めなど）で収入を得ている農家のうち、農業での収入が、全収入の50%以下の農家

問2. 生ごみをどのように処理、もしくはリサイクルしていましたか。(当てはまるもの全てに○)

- | |
|--|
| 1. 水切り等を行ってから可燃ごみとして出す |
| 2. そのまま可燃ごみとして出す |
| 3. そのまま畑や庭などに埋める |
| 4. 家庭用の生ごみ処理機器(電動生ごみ処理機や堆肥化容器など)を使用して、生ごみから堆肥を作り、庭や家庭菜園などで利用している |
| 5. その他() |

問3. 現在、ご参加中の生ごみ資源循環モデル事業についてお尋ねします。

1) 分別して生ごみを出す手間はどうか。(○は1つ)

- | | |
|---------------|------------------|
| 1. 全く苦にならない | 2. あまり苦にならない |
| 3. 手間がかかると感じた | 4. 非常に手間がかかると感じた |

2-1) 生ごみは、全て生ごみ袋で出すことができましたか。(○は1つ)

- | | |
|---------------|----------------------|
| 1. 全て生ごみ袋で出した | 2. 一部を可燃ごみとして出した |
| 3. 一部を堆肥にした | 4. 一部をその他処理した
() |

2-2) 一部を可燃ごみとして出した、一部を「堆肥」や「その他処理」したと答えられた方にお尋ねします。生ごみ袋以外で一部処理を行った量の割合はどの程度ですか。(○は1つ)

- | | | | | | |
|--------|----------|--------|--------|--------|--------|
| 1. 10% | 2. 20% | 3. 30% | 4. 40% | 5. 50% | 6. 60% |
| 7. 70% | 8. 80%以上 | | | | |

3) 生ごみの分別作業で難しかった点、困った点をお答えください。(当てはまるもの全てに○)

- | | |
|------------------|----------------|
| 1. 分別が複雑で分からない | 2. 臭いが気になった |
| 3. 虫が発生した | 4. ごみ袋が増えた |
| 5. 袋の水垂れが気になった | 6. ごみ置き場が汚くなった |
| 7. 収集がきれいにされなかった | 8. 手間がかかる |
| 9. その他() | |

4) 生ごみを出すうえでとても重要になるのが水きりですが、水きりを十分に行って収集に出しましたか。(○は1つ)

- | | |
|--------------|---------------|
| 1. 十分に行った | 2. ある程度は行った |
| 3. あまり行っていない | 4. ほとんど行っていない |

5-1) 生ごみの袋（ピンク色の容量10ℓのもの）の大きさについて、どのように考えますか。(〇は1つ)

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1. 今回の大きさ(10ℓ)がよい | 2. 今回より大きい方(15ℓ)*がよい |
| 3. 今回より小さい方(7ℓ)がよい | |

※：現在、可燃ごみ袋「小」が15ℓです。

5-2) 質問4-1)で「2. 今回より大きい方(15ℓ)がよい」と答えた方にお尋ねします。排出できなかった生ごみはどうしましたか。(〇は1つ)

- | | |
|--------------------|----------------|
| 1. 溜めて置き次回収集日に排出した | 2. 可燃ごみとして排出した |
| 3. その他 () | |

5-3) 生ごみの袋を他のごみ袋と同じように購入することとなった場合は、どのような価格（消費税含まず）が適当と考えますか。(〇は1つ)

- | | |
|----------------------|--------------------|
| 1. 可燃ごみ小袋(30円/袋)と同程度 | 2. 小袋より高い(40円/袋)程度 |
| 3. 小袋の倍(60円/袋)程度 | 4. その他 ()円・袋 |

5-4) 生ごみ袋の強度はいかがでしたか(〇は1つ)

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. 1枚～3枚破れた () 枚 | 2. 4枚～10枚破れた () 枚 |
| 3. 11枚～20枚破れた () 枚 | 4. 21枚以上破れた () 枚 |

5-5) 生ごみ袋が破れたと答えられた方のお尋ねします。主に破れた場所はどこですか。(〇は1つ)

- | | |
|------------------|----------------|
| 1. 底面の折(シール)部分 | 2. 側面の折(シール)部分 |
| 3. 側面の折(シール)部分以外 | 4. その他 () |

6) 生ごみを分別すると「可燃ごみ」を出す回数や量が減ったと思いますか。(〇は1つ)

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. そう思う | 2. どちらかと言えばそう思う |
| 3. どちらかと言えばそう思わない | 4. そう思わない |
| 5. どちらとも言えない | |

7) 生ごみとして処理できる次の物以外は、入れてはいけないことを、知っていましたか。(〇は1つ)

◆ 生ごみ、油やソースの付いた紙、コーヒー粕、茶殻、生ごみを包んだ新聞紙、小骨、紙製フィルター、卵殻、カニ殻、ペットフード、梅干の種

- | | |
|-------------------------------------|-----------|
| 1. 知っていた | 2. 知らなかった |
| 3. 知らなかったが途中から知った (どのような方法で知ったのですか) | |
| () | |

8-1) 生ごみの収集を専用車で水曜日と土曜日に行っていますが、生ごみの分別収集を今後行うことになった場合、円滑にできそうですか。(○は1つ)

- | | | |
|--------|------------|----------|
| 1. できる | 2. できそうにない | 3. 分からない |
|--------|------------|----------|

8-2) 質問8-1)で「2. できそうにない」または「3. 分からない」と答えた方にお尋ねします。その理由は何ですか。(○は3つまで)

- | | |
|------------------|----------------|
| 1. 分別が複雑で分からない | 2. 臭いが気になった |
| 3. 虫が発生した | 4. ごみ袋が増えた |
| 5. 袋の水垂れが気になった | 6. ごみ置き場が汚くなった |
| 7. 収集がきれいにされなかった | 8. 手間がかかる |
| 9. その他 () | |

9) 生ごみの分別排出を今後行うことになった場合、今回のモデル事業から改善すべき点をご記入下さい。

--

問4. 生ごみを分別排出することで、メタンガスがこれまで以上に発生し、処理施設での発電やエネルギー利用を増やし、生ごみの再資源化が更に促進できます。

1) このことはモデル事業の参加の動機になりましたか。(○は1つ)

- | |
|---|
| 1. モデル事業参加前から知っており、参加の動機になった |
| 2. モデル事業参加がきっかけとなって知り、それにより参加意欲が高まった |
| 3. モデル事業参加の理由が他にあり、このことを知っても参加の動機には変わりはない |
| 4. 分からない |

2) 発電やエネルギー利用の増加量が数字で示されれば、生ごみの分別排出を続ける動機になりますか。(○は1つ)

- | |
|-------------------------|
| 1. 生ごみの分別排出を続ける動機になると思う |
| 2. 発電やエネルギー利用の増加量による |
| 3. 生ごみの分別排出を続ける動機は変わらない |
| 4. 分からない |

問5. 「可燃ごみ」と「ビニール類」の混合収集についてお尋ねします。

1) 生ごみを分別すると週2回収集することで経費がかかりますが、少なくなった「可燃ごみ」と「ビニール類」を混合して、週1回収集で経費削減を行うと良いと思いますか (○は1つ)

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. そう思う | 2. どちらかと言えばそう思う |
| 3. どちらかと言えばそう思わない | 4. そう思わない |
| 5. どちらとも言えない | |

* 「ビニール類」は月2回収集を週1回にするため、収集頻度が上がる。

2) 現在、ビニール類は電気を使って固形燃料化しており、加工に電気代がかかっています。電気使用削減のため、生ごみ分別後の可燃ごみにビニール類を混合して排出することに、賛同できますか。 (○は1つ)

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. そう思う | 2. どちらかと言えばそう思う |
| 3. どちらかと言えばそう思わない | 4. そう思わない |
| 5. どちらとも言えない | |

問6. 市民の皆様は、資源循環の大切さを知って頂くため、昨年度(平成25年度)に実施した、生ごみ資源循環モデル事業の結果を南丹市のホームページに掲載していますがご存知ですか。 (○は1つ)

- | | | |
|----------|---------|------------------------|
| 1. 知っている | 2. 知らない | 3. インターネットができる機器などが無い。 |
|----------|---------|------------------------|

問7. 今回のモデル事業に対するご意見やご感想をご記入ください。

--

以上で質問は終了です。

本紙は南丹市市民環境課宛封筒で郵送頂くか、市民環境課又は各支所健康福祉課にご提出ください。

ご協力ありがとうございました。

1.5 環境性評価

(1) GHG 削減効果の測定

GHG 削減効果については LCA 分析により、事業活動全体における削減効果を評価する。

1) 機能単位

機能単位は、生ごみを含んだ可燃ごみ 1t あたりから生産されるサービス量とし、そのプロセスによって排出される GHG 量を評価する。サービスは熱、電気、堆肥、液肥とする。

2) ベースライン（オリジナルシステム）

ベースラインは生ごみ専用袋の導入前の現状処理とする。

資源代替は、現在利用している資源との代替を想定し、以下の通りとする。

- 堆肥及び液肥は、化学肥料の代替
- 発電は、電気事業者による系統電力の代替
- 熱は、重油の代替

3) 使用データの出典

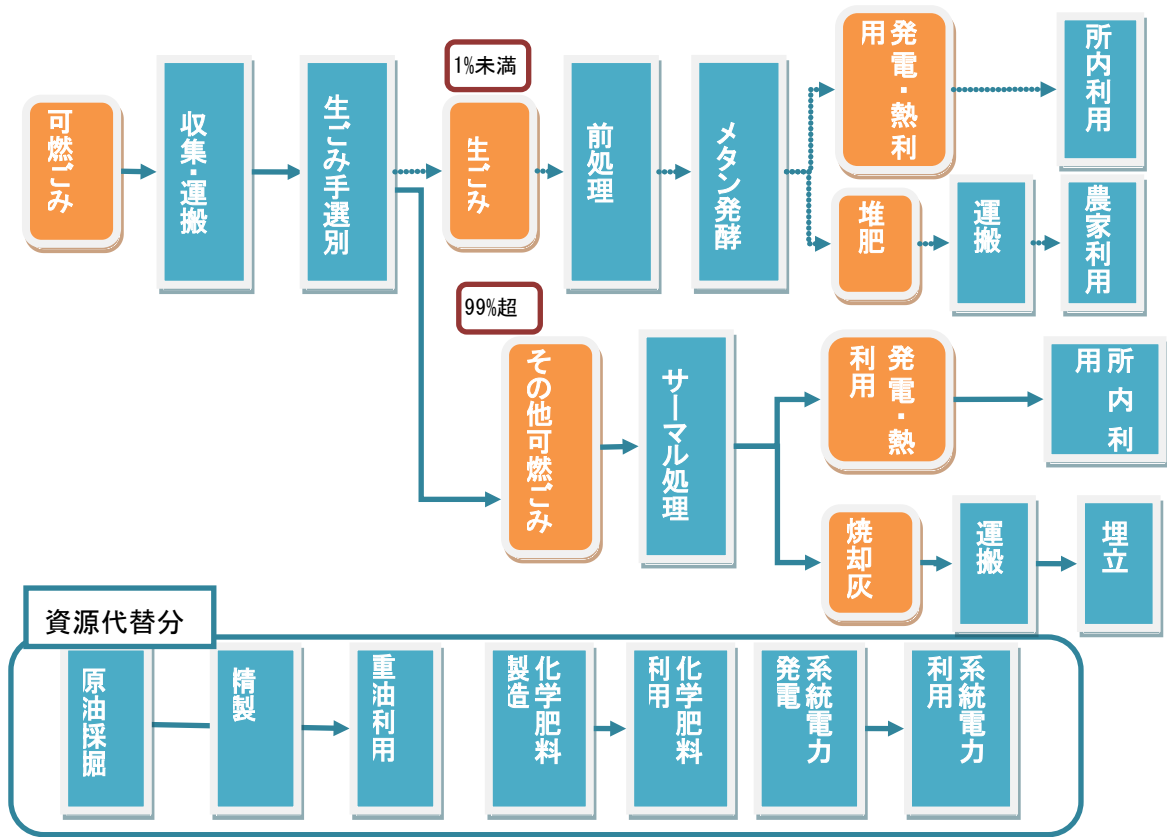
使用データについては、以下の優先順位に基づくこととする。

- i) 実績値、実証実験で得られたデータ
- ii) 公的統計、公的データベースによるデータ
 - 環境省の電気事業者ごとの排出係数
 - 経済産業省のカーボンフットプリント制度 CO2 換算量共通原単位データベース
 - 産業環境管理協会のデータベース MiLCA、等
- iii) 官公庁、業界団体による各種ガイドライン、報告書
 - 環境省「バイオ燃料の温室効果ガス削減効果に関するガイドライン ver.1.0」
 - 環境省「バイオガス関連事業の LCA に関する補足ガイドライン ver.1.0」等
- iv) 有識者による論文、書籍等の各種文献

4) バウンダリ（システム境界）

バウンダリは以下の通り、可燃ごみの収集・運搬から生産物の利用までを範囲として、GHG 削減効果を評価する。

i) 現状ベース（生ごみ手選別）



ii) 生ごみ分別回収・液肥利用

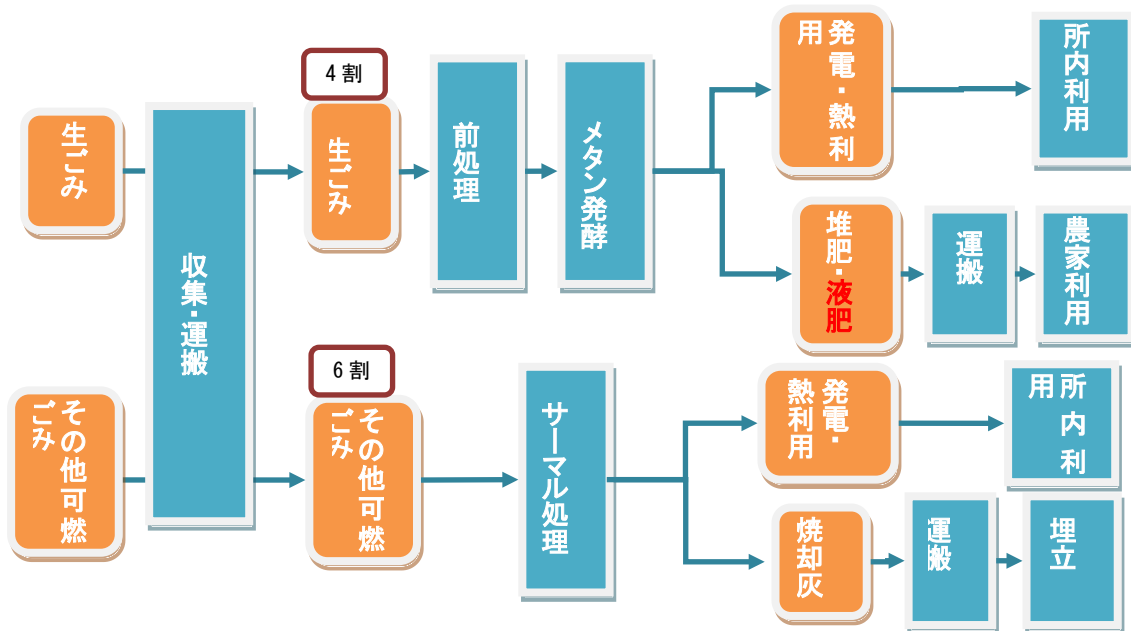


図 1-61 本事業における GHG 削減効果のバウンダリ

5) 使用データ一覧

各事業者からのヒアリング等によって、使用データを整理した。

なお、メタン発酵施設のデータ等については非公開情報のものは掲載していない。

i) 収集運搬

1. 現状（可燃ごみ収集車のみ）

表 1-41 現状（可燃ごみ収集車のみ）データ一覧

データ項目	データ	備考	
ごみ収集車	トラックの積載重量	2 トン/台	平均値
	一回あたりの回収量	1,333 kg/回	平均値
	積載率	67%	平均値
	輸送距離	88 km/台	平均値
	使用燃料種	軽油	平均値
	燃料使用量	22 L/日	平均値
	燃費	4 km/L	平均値
原単位	1tあたりの輸送距離	66 tkm	1t/回収量*輸送距離
	軽油1LあたりのCO2排出量	2.619 kg-CO2/L	環境省省令
	1kmあたりのCO2排出量	0.655 kg-CO2e/km	軽油1LのCO2排出量/燃費

(出典) 船井衛生管理組合提供

2. 生ごみ回収事業実施（効率的ケース）

ここでは効率的回収の調査結果よりケース2での実施を想定した。

ア) 生ごみ収集

表 1-42 生ごみ収集データ一覧

データ項目	データ	備考	
生ごみ収集車	トラックの積載重量	2 トン/台	平均値
	一回あたりの回収量	603 kg/回	回収量*生ごみ割合
	積載率	30%	平均値
	輸送距離	88 km/台	平均値
	使用燃料種	軽油	平均値
	燃料使用量	22 L/日	平均値
	燃費	4 km/L	平均値
原単位	1tあたりの輸送距離	146 tkm	計算値
	軽油1LあたりのCO2排出量	2.619 kg-CO2/L	環境省省令
	1kmあたりのCO2排出量	0.65475 kg-CO2/km	計算値

(出典) みずほ情報総研作成

イ) その他可燃ごみ収集

表 1-43 可燃ごみ収集データ一覧

データ項目	データ	備考	
その他可燃ごみ収集車	トラックの積載重量	2.4 トン/台	平均値
	一回あたりの回収量	2,280 kg/回	回収量*その他可燃ごみ割合
	積載率	95%	平均値
	輸送距離	88 km/台	平均値
	使用燃料種	軽油	平均値
	燃料使用量	22 L/日	平均値
	燃費	4 km/L	平均値
原単位	1tあたりの輸送距離	39 tkm	1t/回収量*輸送距離
	軽油1LあたりのCO2排出量	2.619 kg-CO2/L	環境省省令
	1kmあたりのCO2排出量	0.655 kg-CO2/km	軽油1LのCO2排出量/燃費

(出典)みずほ情報総研作成

ii) メタン発酵処理

表 1-44 メタン発酵処理データ一覧

データ項目	データ	備考
処理能力	50t/日	定格値

(出典)CRP 提供

iii) サーマルリサイクル処理

表 1-45 サーマルリサイクル処理データ一覧

データ項目	データ	備考
処理能力 処理化の雨量	140t/日	

(出典)CRP 提供

6) 推計結果

収集したデータを基に、ごみ（生ごみ及び可燃ごみ）1t当たりの削減効果、生ごみ1t当たりの削減効果を推計した。

i) ごみ1t当たりのGHG削減効果

表 1-46 ごみ1t当たりのGHG削減効果

項目	数値	単位
ベースライン:現状処理のCO2排出量	352	kg-CO2e/ごみ t
家庭系生ごみ分別回収のCO2排出量	250	kg-CO2e/ごみ t
CO2削減量	103	kg-CO2e/ごみ t
(参考)最終処分削減量	44	kg-CO2e/ごみ t

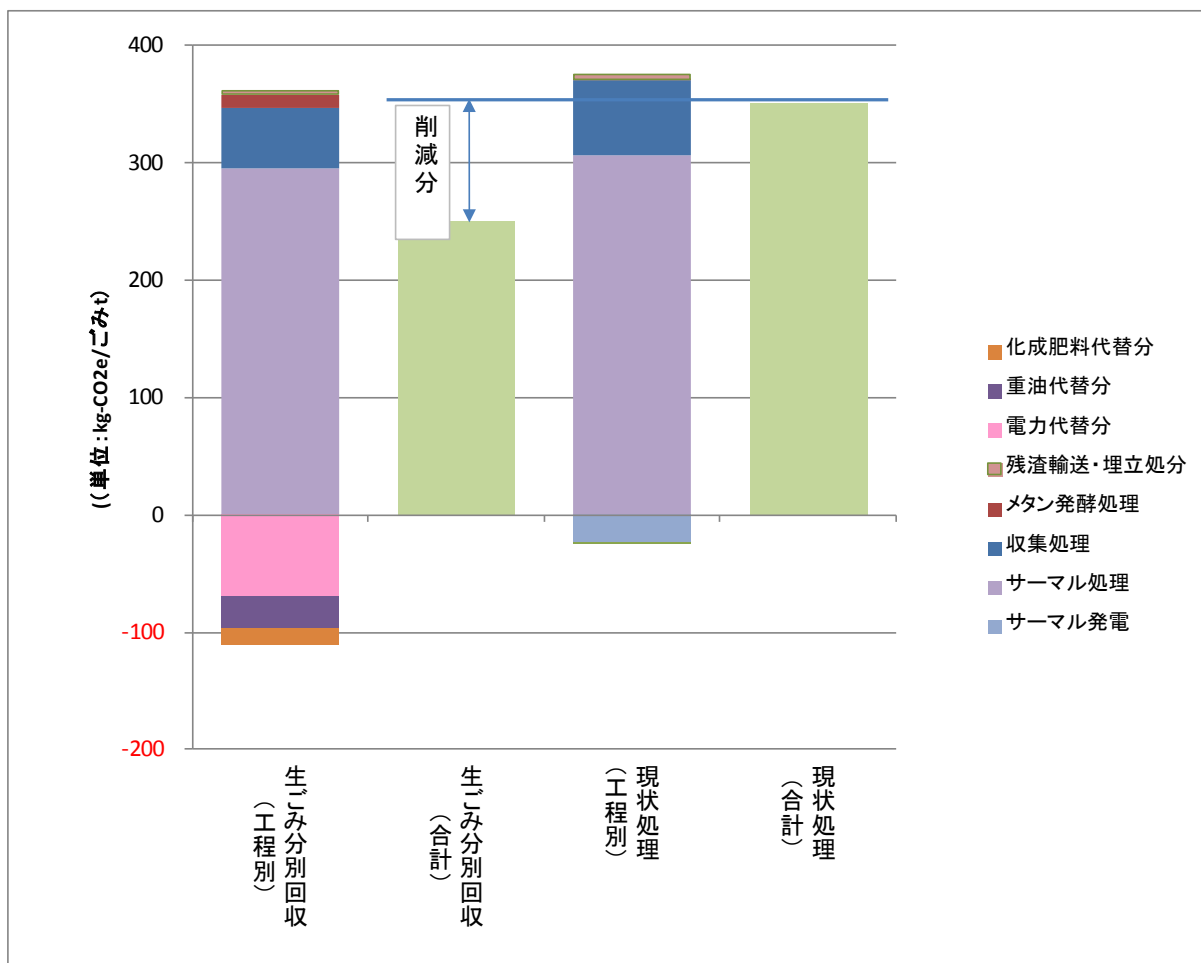


図 1-62 ごみ 1t 当たりの GHG 削減効果の比較

ii) 生ごみ 1t 当たりの CO2 削減効果

昨年度調査から可燃ごみ中の生ごみの割合 43.6%より生ごみ 1t 当たりの CO2 削減効果を算出した。また、回収量調査より年間の生ごみ回収量を 1,310t として、年間の CO2 削減効果を算出した。

表 1-47 生ごみ 1t 当たりの GHG 削減効果

項目	数値	単位
CO2 削減量	236	kg-CO2e/生ごみ t
最終処分削減量	102	kg/生ごみ t
生ごみ処理による年間の CO2 削減量	309,720	kg-CO2e
生ごみ処理による最終処分量削減量	133,355	kg

(2) 窒素循環フローの作成（京都大学 大土井研究室）

南丹市における水稲生産にかかる窒素施肥量と YBEC および CRP において生産されるメタン発酵消化液（液肥）および堆肥の窒素量を調査する。YBEC の液肥は固液分離による堆肥化過程と液分を河川に放流するための水処理により水系や大気への窒素損失があるため、液肥はその全量を肥料として施用することが理想である。また、液肥は水稲へ施用することが一般的である。したがって、水稲生産に使用される化学肥料を YBEC および CRP で生産される液肥・堆肥で置き換えた場合、どれだけ化学肥料の施用を減ぜられるか定量し、現状と理想とを窒素利用の観点から比較した。

① 調査方法

調査項目は下記の通りである。下記項目 1 および 2 については、YBEC および CRP が記録している液肥・堆肥生産量、そして窒素濃度に関しては成分分析の外注先が発行する分析報告書を基にした。項目 3 については近畿農政局の統計情報、JA 京都統一水稲肥料設計そして八木農業公社の液肥施用指導方針を基にした。

1. YBEC および CRP で生産される液肥量・堆肥量
2. 上記液肥および堆肥の窒素濃度
3. 南丹市内の水稲面積と南丹市における平均的な水稲化学肥料施用量と液肥施用量

② 調査結果

1) 窒素生産量および現状での窒素利用量

表 1-48 に YBEC および CRP における窒素生産量を示す。また、計算する際の条件を以下に列記した。YBEC では生産された液肥の 22% を利用しており、残りを固液分離し、堆肥にしている。堆肥は完熟堆肥、未熟堆肥ともに全量利用している。一方 CRP で生産された堆肥、液肥は全く利用せず、焼却または水処理して河川に放流している。

◎ 計算条件

施肥による窒素損失は無い	
施肥設計はキヌヒカリを基準とする	
液肥の施肥設計はアンモニア態窒素を基準とする	
堆肥のアンモニア態窒素濃度	0 %
液肥の密度	1 kg/l
南丹市内の水稲作付面積	1,550 ha *
南丹市の水稲栽培における平均的な化学肥料施用量	5.94 kgN/10a
南丹市の水稲栽培における平均的な液肥施用量 (全窒素量)	21.0 kgN/10a

* 近畿農政局平成 24～25 年近畿農林水産統計年報

http://www.maff.go.jp/kinki/toukei/toukeikikaku/nenpou/sakumotu_2013.html

表 1-48 YBEC および CRP で生産される液肥・堆肥の窒素濃度および窒素量

施設	種類	生産量 (t/year)	現利用率** (%)	アンモニア態 窒素濃度 (%)	アンモニア態 窒素量 (kgN)	全窒素濃度 (%)	全窒素量 (kgN)
YBEC	液肥	22,860.845	22	0.25* ¹	57,152	0.42* ³	96,016
	完熟堆肥	419.362	100	-	-	1.10* ³	4,613
	未熟堆肥	6,072.235	100	-	-	0.43* ³	26,111
CRP	バイオ堆肥	62.690	0	-	-	1.45* ⁴	909
	液肥	3,036.260	0	0.48* ²	14,574	0.48* ⁵	14,574

*¹ 肥料分析法 4.1.2 *² JIS K 0102(2008) 42.3 *³ 肥料分析法 4.1.1 *⁴ 肥料等試験法(2012) 4.1.1.a

*⁵ JIS K 0102(2008) 45.2 ** 現利用率 = 現状の利用量 / 生産量 × 100

2) 現状と理想との窒素利用量比較

YBEC の液肥は固液分離せずに全量を農地還元する方が窒素損失は少ない。その窒素損失量と現状の農地還元量と理想、すなわち液肥全量を農地還元したときの窒素施用量を比較する。

◎ YBEC での固液分離による窒素損失量と CRP で廃棄している窒素量

固液分離する液肥の全窒素量と分離後の堆肥に含まれる全窒素量の差分を窒素損失とし、大気または水系に流出するものとした。窒素損失は 47395 kgN/year で、これは投入した液肥窒素量の 63.4%が流出したことになる。また、CRP は生産された液肥と堆肥の全量(19,734 kgN)を廃棄しており、これらを足すと窒素損失量は 67,129 kgN/year となった。

YBECにおける窒素損失量(kgN/year)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{固液分離する液肥に含まれる全窒素量}) - (\text{堆肥に含まれる全窒素量}) \\
 &= (96016 - 96016 \times 0.2215) - (4613 + 26111) \\
 &= 44024 \text{ kgN/year}
 \end{aligned}$$

YBECにおける窒素損失率(%)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{全窒素損失量})}{(\text{固液分離する消化液に含まれる全窒素量})} \\
 &= \frac{44024}{(96016 - 96016 \times 0.2215)} \\
 &= 58.9\%
 \end{aligned}$$

CRPで廃棄されている全窒素量(kgN/year)

$$\begin{aligned}
 &= (\text{廃棄される消化液の全窒素量}) + (\text{廃棄されるバイオ堆肥の全窒素量}) \\
 &= 909 + 14574 \\
 &= 15483 \text{ kgN/year}
 \end{aligned}$$

◎ 現状の水田供給率

南丹市内の水稲作付面積は 1,550 ha あり、八木農業公社の液肥施用指導方針によると平均的な

液肥施用量は全窒素量で 21.0 kgN/10a であるから、南丹市内の水稲栽培に必要な全窒素量は 325,500 kgN/year となる。現状での水田供給率を求めると、16.0%となった。したがって、YBEC および CRP で生産されている窒素利用量は現状では南丹市内の水田の 16.0%を賅っているという結果となった。

現状での水田供給率(%)

$$= \frac{(\text{利用消化液の全窒素量}) + (\text{利用堆肥の全窒素量})}{(\text{南丹市内の水稲栽培に要する消化液の全窒素量})} \times 100$$

$$= \frac{(96016 \times 0.2215) + (4613 + 26111)}{325500} \times 100$$

$$= 16.0\%$$

◎ 理想の農地供給率

YBEC の消化液と CRP の消化液・堆肥を全量施用、すなわち理想的な水田施用を行えた場合、南丹市内の水田 43.3%を賅うことができる結果となった。また、JA 京都統一水稲肥料設計によると化学肥料施用量は 5.94 kgN/10a であるから、減ぜられる化学肥料の窒素量は 16849kgN/year である。

理想の水田供給率(%)

$$= \frac{(\text{利用可能消化液の全窒素量}) + (\text{利用可能堆肥の全窒素量})}{(\text{南丹市内の水稲栽培に要する消化液の全窒素量})} \times 100$$

$$= \frac{(96016 + 14574) + (909)}{325500} \times 100$$

$$= \frac{111499}{325500} \times 100$$

$$= 34.3\%$$

減ぜられる化学肥料窒素量(kgN/year)

$$= \frac{[(\text{理想の水田施用率}) - (\text{現状での水稲施用率})]}{100} \times (\text{水稲作付面積}) \times (\text{平均的な窒素施用量})$$

$$= \frac{34.3 - 16.0}{100} \times 15500 \times 5.94$$

$$= 16849 \text{ kgN/year}$$

③ まとめ

水稲生産に使用される化学肥料を YBEC および CRP で生産される消化液・堆肥で置き換えた場合、どれだけ化学肥料の施用を減ぜられるか定量し、現状と理想とを比較した。図 6.2.3.1 と図 6.2.3.2 は現状と理想とをまとめたものである。YBEC の消化液は固液分離せずに全量を農地還元する方が窒素損失は少ない。その窒素損失量は 44,024 kgN/year で、これは投入した消化液窒素量のおよそ 58.9%が流出したことになる。また、CRP は生産された消化液と堆肥の全量(15,483 kgN)を廃棄しており、これらを足すと合計窒素損失量は 59,507kgN/year となった。現状での水田供給率を求めると、16.0%であった。一方、YBEC の消化液と CRP の消化液・堆肥を全量施用したと

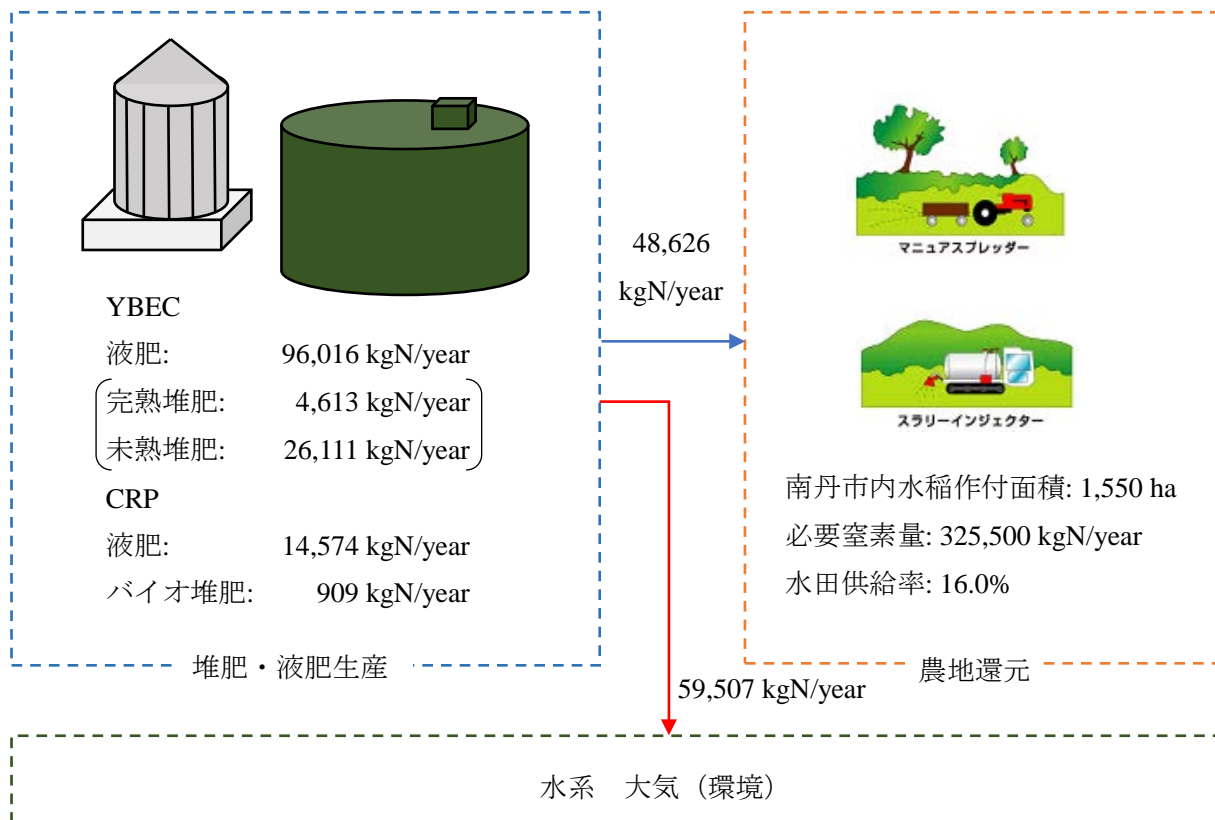


図 1-63 現状での YBEC および CRP の窒素利用

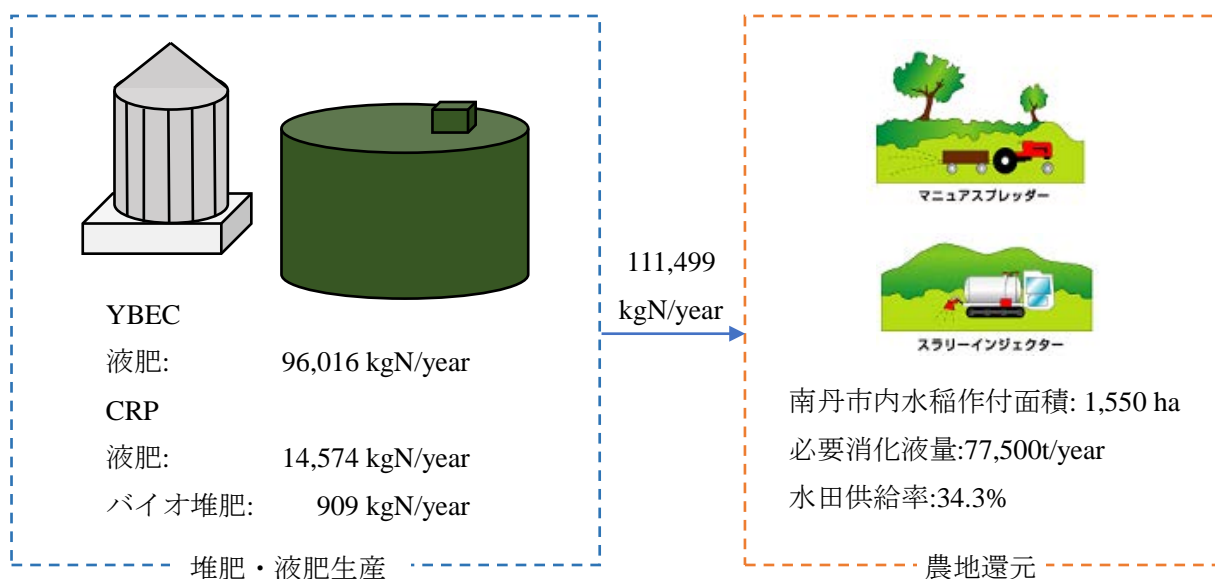


図 1-64 理想的な YBEC および CRP の窒素利用

き、南丹市内の水田の 34.3%を賄うことができる結果となった。また、これにより減ぜられる化学肥料の窒素量は 16,849 kgN/year であった。これは南丹市の水田を全て化学肥料で施用した場合の 18.3%の量に相当する。YBEC では消化液を固液分離することで多くの窒素を損失しており、固液分離せず水田や野菜などに利用することで環境負荷を軽減できるため、積極的な消化液の利用が望まれる。

1.6 事業性評価

事業性評価はそれぞれの処理工程コストや再資源化物の販売価格を実証実験による実績値、関係者からのヒアリング等によって評価する。

(1) コスト評価

1) 評価単位

評価単位として生ごみを含む可燃ごみ 1tあたりのコストを評価する。また、可燃ごみの処理コストを考慮することによって、生ごみ分別回収した場合のその他可燃ごみの処理コストの変化について推計する。

2) 評価対象項目

コスト評価項目は下表の通りとする。

表 1-49 コスト評価項目

分類	費目	収集データ		負担者	分別収集によるコスト変化
		人件費	ユーティリティ・材料費		
備品	専用袋購入費		○	南丹市(船井衛管)	分別により新たに発生 ↑
収集	収集・運搬	○	○	南丹市(船井衛管)	生ごみ回収専用車導入により増加 ↑
	可燃ごみ袋購入	生ごみ回収量より減少分を算出		南丹市(船井衛管)	分別によりコスト減少 ↓
再資源化処理	生ごみ手選別	○		CRP	分別により減少 ↓
	メタン発酵(処理)		○	CRP	生ごみ回収量増加によりコスト増加 ↑
	メタン発酵(発電)		○	CRP	生ごみ回収量増加によりコスト減少 ↓
	サーマルリサイクル(処理)		○	CRP	可燃ごみ減少によりコスト減少 ↓
	サーマルリサイクル(発電)		○	CRP	可燃ごみ回収量減少によりコスト増加 ↑
	排水処理コスト		○	CRP	液肥利用によりコスト減少 ↓
再資源化物売却	液肥売却益	メタン発酵消化液量により算出		CRP	液肥利用により利益増加 ↓

*1 収集運搬に係る評価対象は、人件費、燃料費、車両購入費とする。設備の減価償却費、維持費用などについては、固定費とみなして評価対象外とする。

- *2 再資源化処理に係る評価対象は、光熱費（電気、重油）、水道費、薬剤費、排水処理費用とする。助燃剤等の利用量についてはデータを得られないため、評価対象外とする。
- *3 再資源化処理に伴う人件費については、データが得られないため、評価対象外とする。また、設備の減価償却費、維持費用については固定費とみなして、評価対象外とする。
- *4 微細藻類の液肥利用後の排水処理コストについては、メタン発酵消化液と混合して、野菜栽培の液肥として利用することを想定するため、評価対象外とする。

3) コストデータ一覧

i) 備品購入

- 可燃ごみ用袋単価 3.5 円/枚
- 嫌気性生分解性プラスチック袋単価 18.5 円/枚
 - 本格的な商用化での価格での想定値とする。なお、試作段階では、25.9 円/枚。

ii) 収集運搬費

収集運搬経費の算出については、平成 25 年度の南丹市の可燃ごみにおける人件費、燃料費、車両購入費の実績値および延べ年間収集回数から 1 台 1 回当たりのコスト、ごみ 1t 当たりの収集運搬コストを算出した。

また、ごみ 1t 当たりの収集運搬コストは、生ごみ分別回収を実施すると、必要となる車両数やごみの積載量が変化するため、現状のコストと、生ごみ分別回収を実施した時のコストをそれぞれ算出した。さらに、生ごみの収集運搬は、現状の可燃ごみの収集運搬と同等の活動量とみなした単純ケース、さらに効率的回収調査を実施したときの効率的回収ケースに分けて、それぞれ算出した。

1. 現状の収集運搬コスト

- 人件費 13,322 円/回/台
- 燃料費 821 円/回/台
- 車両購入費 4,229 円/回/台
 - 南丹市提供資料より、1 台 1 回あたりの費用を算出。

(出典) 南丹市提供

表 1-50 現状の収集運搬活動量データ一覧

項目	割合	A		B		C		D		E		F	
		年間回収量(t)	頻度	年間収集回数	収集距離(km)	収集地区	収集回数	収集台数					
可燃ごみ	100%	3,392	週2	104	88	2	3	6					
項目	G=B*D*E*F		H=C*D*E*B*F		I=A/B/D/E/F		K	J					
項目	延べ年間収集回数		活動量 (延べ年間距離)		1回当たりの回収 量(kg)		トラック積載 量6台平均:t)	積載率(%)					
可燃ごみ	3,754		330,377		904		2.2	41.1%					

表 1-51 現状の収集運搬コスト算出表

項目	可燃ごみ処理費用(円)	数量	耐用年数	金額	延べ年間収集回数	収集単価(円/台回)	南丹市負担分(京丹波町除く)	南丹市分収集単価(円/台回)
人件費	73,843,862	1		73,843,862	3,754	19,669	67.7%	13,322
燃料費	4,552,639	1		4,552,639	3,754	1,213	67.7%	821
車両購入費	15,628,000	6	4	23,442,000	3,754	6,244	67.7%	4,229
計						27,126		18,372

表 1-52 現状の可燃ごみ 1t 当たりの収集運搬コスト

項目	南丹市分収集単価(円/台回)	1回当たりの回収量(kg)	金額(円/ごみt)
人件費	13,322	904	14,744
燃料費	821	904	909
車両購入費	4,229	904	4,680
計	18,372		20,333

2. 生ごみ分別回収事業（単純ケース）の収集運搬コスト

表 1-53 生ごみ分別回収事業（単純ケース）の収集運搬活動量データ一覧

項目	割合	A		B		C		D		E		F	
		年間回収量(t)	頻度	年間収集回数	収集距離(km)	収集地区	収集回数	収集台数					
生ごみ	37.1%	1,259	週2	104	88	2	3	6					
可燃ごみ	62.9%	2,134	週2	104	88	2	3	6					
項目	G=B*D*E*F		H=C*D*E*B*F		I=A/B/D/E/F		K		J				
	延べ年間収集回数	活動量(延べ年間距離)	1回当たりの回収量(kg)	トラック積載量(t)	積載率(%)								
生ごみ	3,754	330,377	335	2	16.8%								
可燃ごみ	3,754	330,377	568	2.4	23.7%								

表 1-54 生ごみ分別回収事業（単純ケース）の生ごみ 1t 当たりの収集運搬コスト

項目	南丹市分収集単価(円/台回)	1回当たりの回収量(kg)	金額(円/生ごみt)
人件費	13,322	335	39,741
燃料費	821	335	2,450
車両購入費	4,229	335	12,616
計	18,372		54,806

表 1-55 生ごみ分別回収事業（単純ケース）の可燃ごみ 1t 当たりの収集運搬コスト

項目	南丹市分収集単価(円/台回)	1回当たりの回収量(kg)	金額(円/可燃ごみt)
人件費	13,322	568	23,440
燃料費	821	568	1,445
車両購入費	4,229	568	7,441
計	18,372		32,326

3. 生ごみの分別回収事業（効率的回収ケース）の収集運搬コスト

表 1-56 生ごみ分別回収事業（効率的ケース）の収集運搬活動量データ一覧

項目	割合	A		B		C		D		E		F	
		年間回収量(t)	頻度	年間回収回数	収集距離(km)	収集地区	回収回数	回収台数					
生ごみ	37.1%	1,259	週2	104	88	2	2	5					
可燃ごみ	62.9%	2,134	週1	52	88	2	3	3					

項目	G=B*D*E*F		H=C*D*E*B*F		I=A/B/D/E/F		K		J	
	延べ年間回収回数	活動量 (延べ年間距離)	1回当たりの回収 量(kg)	トラック積載量 (t)	積載率(%)					
生ごみ	2,086	183,543	603	2	30.2%					
可燃ごみ	936	82,368	2,280	2.4	95.0%					

表 1-57 生ごみ分別回収事業（効率的回収ケース）における生ごみ 1t 当たりの収集運搬コスト

項目	南丹市分 収集単価 (円/台回)	1回当たりの回 収量(kg)	金額 (円/生ごみt)
人件費	13,322	603	22,078
燃料費	821	603	1,361
車両購入費	2,115	603	3,504
計	16,258		26,944

※ 必要車両数が 6 台から 3 台に減るため、車両購入費が減少する。

表 1-58 生ごみ分別回収事業（単純ケース）における可燃ごみ 1t 当たりの収集運搬コスト

項目	南丹市分 収集単価 (円/台回)	1回当たりの回 収量(kg)	金額 (円/可燃ごみt)
人件費	13,322	2,280	5,844
燃料費	821	2,280	360
車両購入費	3,524	2,280	1,546
計	17,668		7,750

※ 必要車両数が 6 台から 5 台に減るため、車両購入費が減少する。

iii) メタン発酵処理に関わるコスト
(非公開)

iv) サーマルリサイクル処理コスト
(非公開)

4) 推計結果

上記コストデータおよび活動量データより、ごみ（生ごみおよび可燃ごみ）1tあたりの処理コストを推計した。

表 1-59 現状と事業実施時の処理コスト

項目	数値	単位
現状の処理コスト（全量サーマル）	22,342	円/ごみ t
家庭系生ごみ分別回収の処理コスト(単純ケース)	43,566	円/ごみ t
(生ごみ分)	21,969	円/ごみ t
(可燃ごみ分)	21,597	円/ごみ t
(コスト増加分)	21,224	円/ごみ t
家庭系生ごみ分別回収の処理コスト(効率的回収ケース)	19,265	円/ごみ t
(生ごみ分)	11,632	円/ごみ t
(可燃ごみ分)	6,139	円/ごみ t
(コスト増加分)	-4,572	円/ごみ t

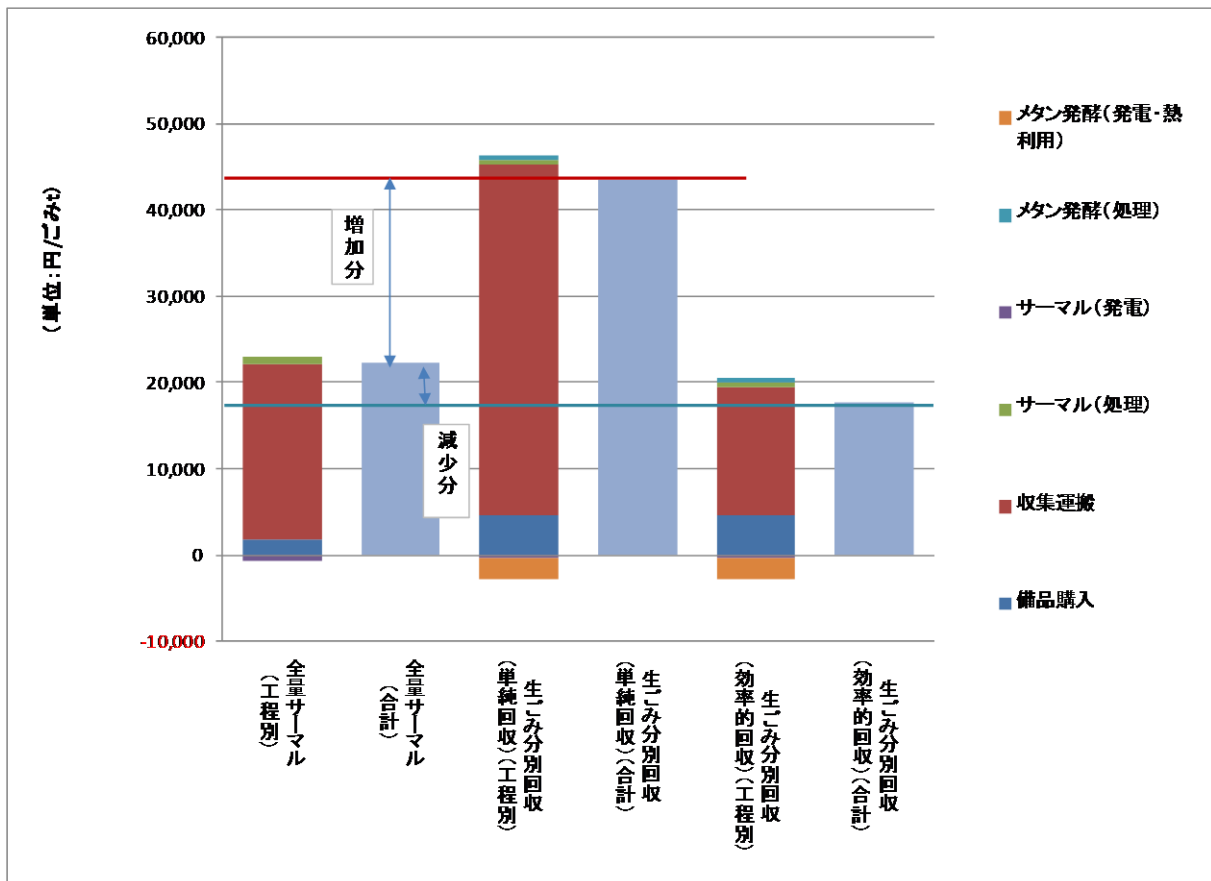


図 1-65 ごみ 1t 当たりのコスト評価結果の比較

(2) 原料の調達量、再資源化物の供給量及び需要量の推計

以下の項目について、原料の調達量及び再資源化物の供給量を年間ベースで推計した。

1. 原料の調達量

CRPのバイオリサイクル施設では、現在、事業系食品残渣がほとんどを占めている。これに家庭系から生ごみ回収量を推計し、原料となる年間の調達量を推計した。

・産廃系食品残渣回収量	7,450t (実績値)
・家庭系生ごみ回収量	1,310t (推計値)
・合計回収量	8,805t (推計値)

家庭生ごみ回収量については、回収量調査の結果より、以下のように、推計した。

◎計算条件

➤ モデル事業参加人数 (世帯数)	2,258 人 (691 世帯)
➤ 南丹市人口	33,531 人
➤ 実験期間	6 ヶ月
➤ 実験期間の回収量	51,460kg

◎計算結果

計算式はモデル事業参加人数と、回収期間より年間回収量拡大推計した。

- 南丹市家庭生ごみ回収量/年 = (実験期間の回収量) × (南丹市人口/モデル事業参加人数) × (年間/実験期間)
- 家庭生ごみ回収量/年 = 51,460kg × 33,531 人 / 2,258 人 × 12 ヶ月 / 7 ヶ月
= 1,310,012kg = 1,310t/年

1) 再資源化物の供給量

i) CRP 施設での生ごみによる年間発熱量および発電量の推計

・生ごみの年間発熱量	1,840 (GJ/年)
・生ごみの年間発電量	444 (MWh/年)

◎計算条件

➤ 年間の生ごみ回収量	1,310(t/年) (回収量調査の推計値)
➤ 生ごみ 1t の発熱量	3,395(MJ/t) (成分分析の推計値)
➤ 生ごみ 1t の発電量	994(kWh/t) (成分分析の推計値)
➤ CRP 施設の熱利用率	30% (CRP ヒアリング)
➤ CRP 施設の発電効率	25% (CRP ヒアリング)

◎計算式

- ・年間の生ごみ発熱量 = 生ごみ回収量 × 生ごみ 1t の発熱量 × CRP 発電効率

$$= 1,310(\text{t/年}) \times 3,395(\text{MJ/t}) \times 30(\%) = 1,334,235(\text{MJ/年})$$

$$= 1,334(\text{GJ/年})$$

・年間の生ごみ発電量 = 生ごみ回収量 × 生ごみ 1t の発電量換算値 × CRP

$$= 1,310(\text{t/年}) \times 944(\text{kWh/t}) \times 25(\%) = 309,160(\text{kWh/年})$$

$$= 309(\text{MWh/年})$$

表 1-60 家庭系生ごみ成分分析結果からの発熱量と発電量換算

項目	発熱量	電力量換算
生ごみ 1t	3,395(MJ/t)	944 (kWh/t)
生ごみ年間(1,355t)	4,447(GJ/年)	1,237(MWh/年)

表 1-61 CRP 施設によって家庭系生ごみの熱利用量と発電量

項目	熱利用量	発電量
CRP 施設の熱・発電効率	30%	25%
CRP 施設による年間	1,334(GJ/年)	309(MWh/年)

ii) 液肥

液肥の需要量については、1.1.5 (2) の通り、南丹市内で、YBEC、CRP の液肥、堆肥を全量利用することが可能である。

(3) 事業性評価

1) 事業性評価の考え方

事業性評価は、コスト評価の結果と、原料の調達量及び再資源化物の供給量の推計結果から、事業性を評価する。

評価にあたり、現状をベースとし、それぞれの施策が実現したケースをモデルケースとして以下の3つのモデルケースを設定した。

現状ケース

- 可燃ごみを回収するケース
 - ◇ 生ごみを含む可燃ごみを回収。
 - ◇ 現在、可燃ごみの回収は南丹市全域を2地域に分けて、1地域週2回を2地域で収集する頻度で、それに合わせてパッカー車や人員を配置している。
 - ◇ 回収量は南丹市の生ごみを含む可燃ごみ全量とする。

モデルケース1（生ごみ分別回収・単純回収ケース）

- 家庭系生ごみ回収を事業展開するケース
 - ◇ 生ごみ専用袋（嫌気性生分解プラスチック袋）による分別回収。
 - 生ゴミ専用パッカー車による回収を想定する。
 - 生ごみの回収は専用のパッカー車を導入することを想定し、また、可燃ごみと同じ頻度、収集車台数で回収することを想定する。
 - ◇ 回収量は南丹市の家庭系生ごみを含む可燃ごみ全量とする。

モデルケース2（生ごみ分別回収・効率的回収ケース）

- 効率的回収が実現するケース
 - ◇ 効率的回収調査の結果を踏まえて、家庭系生ごみと可燃ごみの分別回収を効率的に実施。
 - 可燃ごみの収集頻度を1地域週2回から週1回、1日の収集回数を3回から2回に変更する。収集車台数は6台から3台に変更する。
 - 生ごみの収集頻度は1地域週2回のままとする。1日の収集回数は2回のままとする。収集車台数は6台から5台に変更する。
 - ◇ 回収量は南丹市の家庭系生ごみを含む可燃ごみ全量とする。

事業性評価の設定条件としては以下の条件を想定する。

表 1-62 事業性評価の設定条件一覧

負担先		現状ケース	モデルケース 1 (分別回収・単 純)	モデルケース 2 (分別回収・ 効率的)
回収方法		可燃ごみを 全量サーマル	生ごみ専用袋に よる回収	生ごみ専用袋 による回収
生ごみ	家庭系	なし	全量	全量
	事業系	なし	なし	なし
自治体	生ごみ専用 袋購入	×	○	○
	収集車導入	×	○ (6台追加)	○ (2台追加)
事業者	メタン発酵 処理	○	○	○
	サーマルサイクル 処理	○	○	○
	バイオガス 発電	所内利用	所内利用	所内利用
	液肥利用	×	○	○

2) 事業性評価結果

i) 現状ケース

現状ケースとして、可燃ごみの処理に南丹市で 7500 万円 CRP に 70 万円のコストがかかっている。

ii) 生ごみ分別回収（単純回収）ケース

生ごみ分別回収を可燃ごみと同様の収集頻度で行うと、南丹市に 1 億 5350 万円のコストがかかる。CRP は生ごみの回収によって、メタン発酵による発電・熱利用が増加し、560 万円のコストが削減される。

iii) 生ごみ分別回収（効率的回収）ケース

効率的回収調査の結果をもとに、可燃ごみの収集頻度を週 1 回、収集車を 6 台から 3 台に減らし、1 日の収集回数を 3 回から 2 回に変更した。また、生ごみの収集頻度は週 2 回収集車は 5 台で設定した。

その結果、収集運搬のコストが大幅に下がり、南丹市の負担分は 6600 万円となり、現状よりもコストが下がる結果となった。

ただし、これは短期間での実証調査をもとに推計しているため、実際にコスト低減が実現するかはより大規模で、緻密な実証調査が必要である。

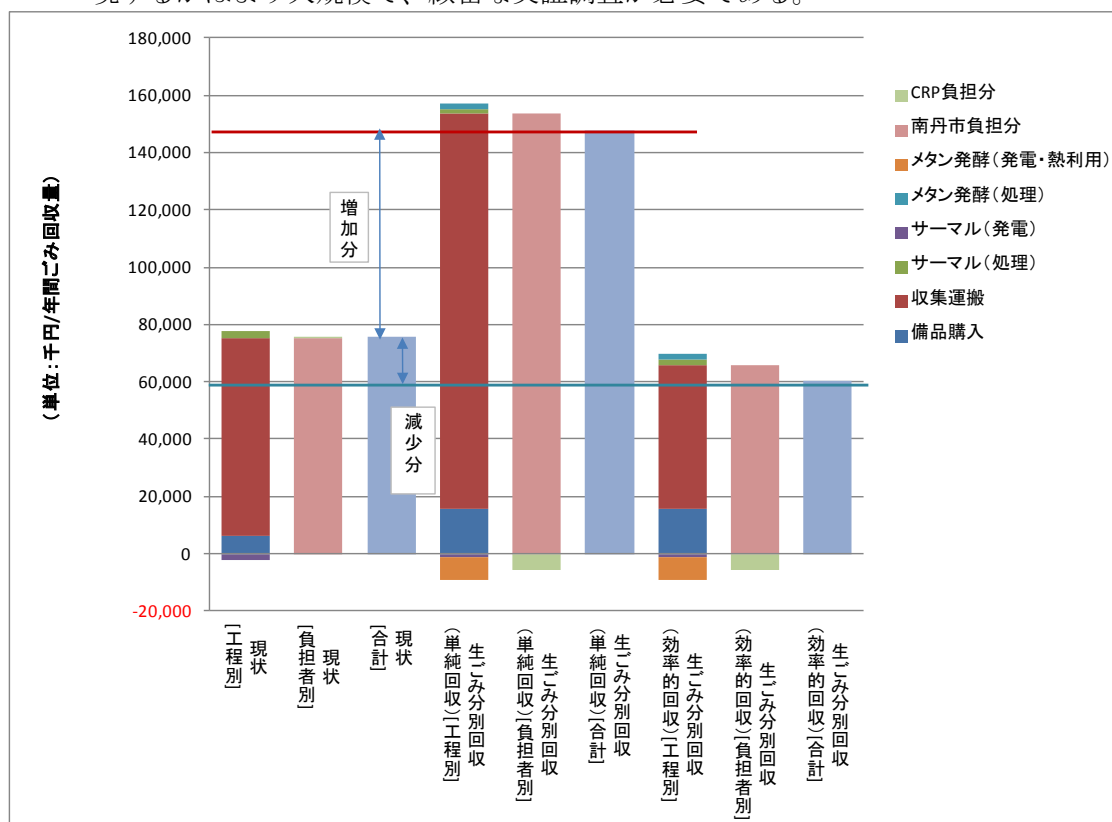


図 1-66 各ケースの事業性評価結果の比較

3) 他地域への適用可能性

i) 制約及び条件

事業性評価の結果を踏まえて、モデル性を考慮し、南丹市以外でのメタン発酵施設での家庭系生ごみの分別回収を行った場合の適用可能性について、以下のように条件や制約等を整理した。

1. 生ごみ専用の収集袋の導入

メタン発酵施設は嫌気性状態で発酵する乾式処理、好気性状態で発酵する湿式処理に関わらず、普通のプラスチック製の袋は分解されない。従って、本モデル事業で利用した、嫌気性生分解プラスチック袋や紙製の袋、あるいは専用のバケツ等による回収を検討する必要がある。

2. メタン発酵施設が存在すること

メタン発酵施設は湿式と乾式があるが、家庭系生ごみはどちらの処理方式でも処理することができる。ただし、メタン発酵槽は嫌気状態で発酵するため、実証実験で使用した嫌気性生分解プラスチック袋、または紙製の袋を利用する。通常のプラスチック袋を利用する場合は、発酵前の処理として、破袋処理工程が必要となる。

3. 一定の人口が存在すること

家庭系生ごみは南丹市では1人当たりの排出量で見ると1日約100g排出されている。

したがって、CRPのメタン発酵施設と同じ処理可能量を50t/日とすると、それに必要な人口は約50万人($50t \div 100g/人 = 50$ 万人)となる。

ただし、回収対象として、事業系生ごみや産業廃棄物の食品残渣を対象にすると、必要な人口はさらに少なくなるが、稼働率を上げていくためには、一定規模の人口をもつ都市が望ましい。

例えば、京都市の人口が約150万人近くであるが、生ごみの排出量は約150t/日となる。これはCRPのメタン発酵施設の能力の3倍となっており、大都市での適用性が高いと考えられる。

4. 住民の協力

生ごみの排出には、水切りをした後、新聞紙等に包むなどの、通常の可燃ごみの排出に比べて、手間がかかる。また、プラスチックや金属などの異物などが混入される可能性があるため、そのようなことが起きないように、住民に対して、継続的に啓発活動を行い、協力を求めていく必要がある。

5. 収集運搬コスト、体制、スケジュールの検討

生ごみを回収するためには、生ごみ専用の収集車の購入が必要であり、さらに人員配置、回収経路、回収頻度などの変更が必要となる。

今回の効率的回収調査によって、回収経路、回収頻度など最適化によって、ある程度のコストを抑えることができることが分かった。しかし、地域の特性や事情によって、収集運搬コストがネックになる可能性があるため、地域に応じて十分に検討していく必要がある。

ii) 社会的効果

南丹市モデル事業では家庭系生ごみを対象としていた。現状、我が国では家庭系生ごみのリサイクル率は6%となっており、他の廃棄物に比べて、極めて低い状況である。

しかし、南丹市モデル事業が全国的に波及した場合、家庭系生ごみのリサイクル率向上に大きく貢献するものと考えられた。

想定される社会的効果を以下のように整理した。

1. 環境負荷削減効果

南丹市におけるメタン発酵施設での家庭系生ごみ 1t 当たりの CO₂ 削減効果は 230kg-CO₂/t である。現在、我が国における家庭系食品廃棄物の焼却・埋立量は 1,005 万 t と推計されている¹。

したがって、これらの焼却・埋立量を全てメタン発酵した場合の CO₂ 削減効果は 231 万 t (=1,005 万 t×230kg-CO₂/t) と推計される。

2. 発電量、熱利用の増加

南丹市におけるメタン発酵施設での家庭系生ごみ 1t 当たりの熱利用量、電力量は 3,395MJ、944kWh（熱利用率、発電効率は CRP のメタン発酵施設で算出）である。

仮に、日本全国で生ごみを全てメタン発酵施設で熱利用、発電されると、熱利用量は 34,119,750GJ、発電量は 9,487GWh となる。一般家庭の年間消費電力は世帯当たり 5,315kWh²であるため、家庭系生ごみのメタン発酵による発電量は約 178 万世帯 (=9,487GWh÷5,315kWh)の年間消費量に相当する。

3. 焼却施設のコスト削減

現在、日本の家庭系生ごみはほとんどが自治体等が管理する焼却施設にて、焼却処理されている。家庭系生ごみが焼却施設ではなく、メタン発酵施設にて、処理されるようになれば、家庭ごみの焼却量が約4割減少する。さらに水分の多い生ごみが除かれるため、焼却施設の燃焼効率は向上する。そのため、焼却施設の維持費用の削減、および耐用年数の向上が見込まれる。

¹ 環境省、中央環境審議会「今後の食品リサイクル制度のあり方について（意見具申）」平成26年10月

² 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧」

1.7 南丹モデル事業のまとめ

(1) 成果

1) 効率的回収調査

効率的回収調査の結果、生ごみ分別回収を行っても、収集運搬コストは抑えられることが分かり、昨年度のモデル事業の課題を克服することができた。これは可燃ごみ収集頻度の回収頻度、回収経路の変更によって、積載率が現行から大幅に上がったことが要因である。南丹市の可燃ごみの積載率が5割弱と、余裕があった事情もあるが、他地域でも回収経路、回収頻度を見直すことによって、収集運搬コストをある程度抑えることができると考えられた。

2) メタン発酵消化液の液肥利用

液肥利用として、野菜栽培としてミズナ等の栽培、微細藻類培養としてクロレラの培養の実証実験を行った。冬期で生育への影響はあったものの、消化液を液肥として利用したことによる問題の発生はなかった。また、微生物検査、重金属分析でも基準値を下回り、問題なく利用できることが分かった。

3) 環境負荷削減効果

生ごみ分別回収によるCO₂削減効果は生ごみ1t当たり230kgであり、南丹市全体で発生する年間の生ごみを全量回収できれば、CO₂削減効果削減は300tと推計され、低炭素化にも貢献できることが分かった。

4) 事業性評価

南丹市における嫌気性生分解プラスチック袋の購入、収集運搬およびCRPにおけるメタン発酵処理、サーマル処理についてコスト評価した。そして、南丹市の生ごみの年間回収量を推計し、年間の事業費を算出した。

その結果、生ごみを可燃ごみと同様の回収頻度、収集車台数だと、現状のより事業費が倍以上かかるが、効率的回収を実現した場合、可燃ごみの収集頻度、収集車台数の減車によって、事業費の上昇を抑えられることが分かった。

(2) 課題

1) 効率的回収調査

ビニール類と可燃ごみを混合回収すれば、新たな収集車を追加することなく、収集することが可能と考えられたが、回収方法が大きく異なる点があるため、混合回収が可能であるか検討する余地を残した。

2) メタン発酵消化液の液肥利用

液肥の主な利用先である水稻栽培に対しての実証実験が出来ていなかった。これは実証実験期間が12月から2月と冬期であったためである。今後は水稻栽培での実証実験を行っていくことも必要と考えられる。

3) 事業系生ごみの収集

家庭系生ごみの回収方法については、実証実験で問題なく回収できることが実証されたが、事業系生ごみについては、今回、検討対象外であった。事業系生ごみは家庭系生ごみと同程度の発生量があると考えられるため、事業系生ごみの回収方法についても検討すべきと考えられる。

(3) 今後の展開

今回の実証事業によって、生ごみの分別回収の事業性は十分にあると考えられた。

今後はこれまでの結果を踏まえて、嫌気性生分解プラスチック袋の導入、および効率的回収、液肥の有効利用を実現し、家庭系生ごみ分別回収の事業を推進を図るべきである。

下図は南丹市が来年度以降の事業のロードマップである。このロードマップに基づき、今後も引き続き、南丹市と各事業者が連携しつつ、生ごみ分別回収の事業化を目指していく。

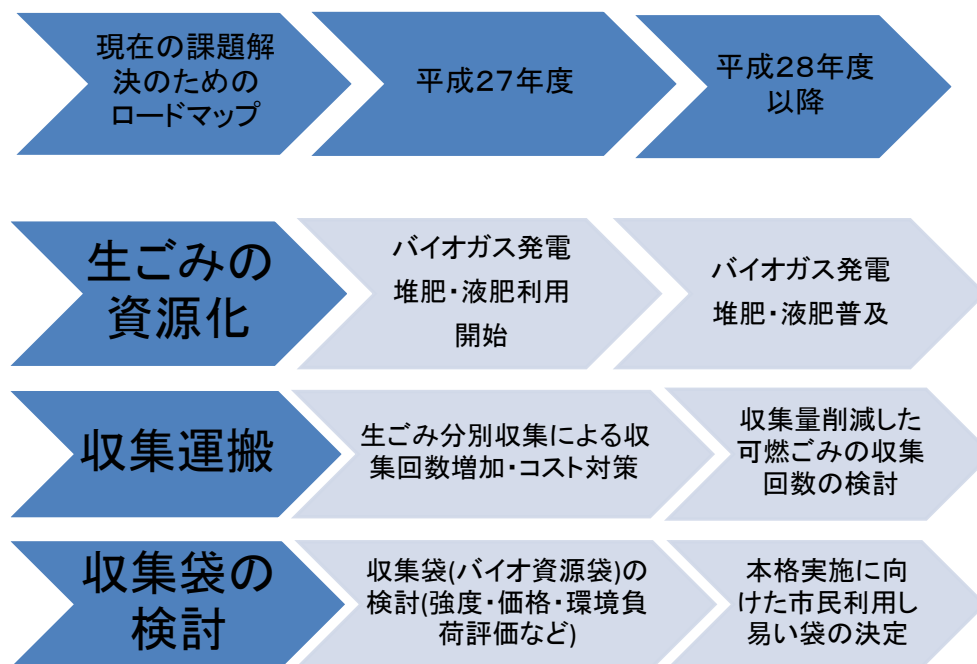


図 1-67 来年度以降のロードマップ

(出典)南丹市提供