

令和 5 年度環境省委託業務

令和 5 年度

脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業

(生ごみバイオガス化施設のオンライン利用による

脱炭素型農業を核とした里山・都市循環) 委託業務

成果報告書

令和 6 年 3 月

一般社団法人びっくりエコ研究所

日本語サマリー

京都市右京区京北地域をフィールドとして、中山間地域における持続可能な脱炭素型の地域循環共生圏の普及を目指し、地域の様々な資源・エネルギーを活用する多角的なアプローチによる実証事業に取り組んだ。

家庭ごみ 3R 抱点モデルの構想と実証においては、廃校である京都里山 SDGs ラボ「ことす」を抱点に、家に眠っているものと、欲しい人をつなげ、“物と価値と思い”を循環させるマーケットを核とした住民交流イベントを毎月実施し、地域内外からの集客や価値創出に繋げた。その中で、再生プラスチックを使ったピコ水力発電を組み立てるワークショップ等も実施した。また、「アップサイクルの聖地」をつくることをテーマに、アップサイクルの制作プロセスを学び、実践する WS を企画し、15 のアップサイクル作品の創出や、50 以上のクリエイターによる数百点以上の作品展示を含むフェス企画に繋げた。さらに、地元の小学 4 年生のクラスを対象とした連続授業を実践しながら、プログラムを作成した。地域や様々な分野での先進的な取り組みを紹介するオンラインのトークイベントを毎月開催した。こうした授業やイベントを通じて住民理解が順調に広がり、ごみ・資源に対するマインドセット変容の仕掛け・モデルが一定できた。

次に、有機物循環モデルの構築にあたっては、本格バイオガスプラント¹の運用開始に伴い、協力家庭による生ごみ分別行動のスムーズな移行を促すため、液肥の使い方を周知することで、協力率の向上を図った。また、液肥は複数の地点で希望者に無料で配布し、イベントや研究会を通じてこの取り組みの認知度を高めた。バイオガス液肥の効率的な散布方法として、トラクターを使った散布や、流しこみによる散布を試行した。このモデルの自走に向け、各ステークホルダーとの密な交流を通じて、課題や可能性が明確になった。

里山と市街地をつなぐプラットフォームの構築を目指し、市街地のイベントにも参加し、京北産の食材を使った弁当を提供して PR をおこなった。また、再生可能エネルギー導入の一環として、簡単に農業用水路に設置できる 3D ピコ水力発電を設置し、ノウハウを獲得した。処理能力 1 t/日規模のバイオガス化実証施設をモデルとして、事業性を検討した結果、9 年目には事業収支が黒字に転じると予想された。

二酸化炭素排出量削減効果の精度を高めた結果、バイオガス化施設の導入、温室加温、温室 CO₂ 富加によるものを合わせて 380t-CO₂/年と推定された。

¹ 公益財団法人京都高度技術研究所による環境省委託事業「PHA 系バイオプラスチックのライフサイクル実証と用途展開システム解析事業」により導入されたバイオガスプラント。

英文サマリー

In the Keihoku area of Kyoto City, Ukyo-ku, we have been engaged in a demonstration project that takes a multifaceted approach to utilizing various local resources and energy sources with the aim of promoting a sustainable, decarbonized regional recycling and symbiosis zone in the mountainous areas of Kyoto.

In the conception and demonstration of the household waste 3R model, the Kyoto Satoyama SDGs Lab "Kotos," a closed school, was used as a base to hold monthly events for exchange among local people, centering on a flea market that connects people who want to buy things with those who have things that are no longer used and circulates "things, values, and thoughts". The market is a monthly event that attracts visitors from both inside and outside the community. A workshop was held to assemble a pico hydroelectric power generator using recycled plastic. In addition, under the theme of creating a "mecca for upcycling," workshops were held to learn and practice the upcycling production process, leading to the creation of 15 upcycled works, connecting to the festival planning including exhibitions of hundreds of works by over 50 creators. Furthermore, the program was created while practicing a series of classes for 4th graders in a local elementary school. Online talk events were held monthly to introduce initiatives in the community and various fields. Through these classes and events, the understanding of environmental initiatives steadily expanded among people, and a certain model for mindset change was established regarding waste and resources.

Next, in establishing the organic material circulation model, we sought to improve the cooperation by informing households how to use liquid fertilizer, in order to promote the separation of food waste, as the full-scale biogas plant started. In addition, liquid fertilizer was distributed free of charge to those who wanted at several locations, and awareness of this initiative was increased through events and study groups. As an efficient method of spreading the biogas liquid fertilizer, we tried spreading it using a tractor and by pouring. In order to make this model sustaining, issues and possibilities were clarified through interactions with each stakeholder.

Aiming to build a platform connecting satoyama and urban areas, the project participated in events in urban areas and offered lunchboxes made with crops produced in Keihoku. In addition, as introduction of renewable energy, a 3D pico hydropower system that can be easily installed in agricultural waterways was installed and know-how was acquired. As a result of a feasibility study using a biogasification demonstration facility with a capacity of 1 t/day as a model, it was predicted that the project would turn profitable in the ninth year.

As a result of improving the accuracy of the reduction of carbon dioxide emission effect, it was estimated to be 380 t-CO₂/year, due to the introduction of the biogasification facility, greenhouse heating, and greenhouse CO₂ enrichment.

目次

1 業務概要	1
(1) 業務目的	1
(2) 事業の全体像	2
(3) 事業実施主体、実施体制、役割分担	3
(4) 目標設定	4
(5) 事業スケジュール	5
2 委託業務実施状況	6
(1) 脱炭素社会を見据えた家庭ごみ 3R 拠点モデルの構想及び実証	6
①3R 拠点モデル「京北・資源めぐるステーション」の検討	6
②住民教育プログラム開発・実践	13
③全市や全国のモデルとして発信	18
(2) 有機物循環モデル構築への拠点実証	20
①バイオガスプラントを用いた家庭向け生ごみ分別排出実証	20
②脱炭素型農業研究会の実施及び液肥等の利活用実証	23
(3) 資源や有機物循環のシステムモデル化とフィージビリティ検討	31
①京北と市街地をつなぐプラットフォームの構築・連携及び循環システムモデルの試行	31
②脱炭素要素技術の統合展開	33
③フィージビリティ検討	36
④窒素循環に対する考察	43
(4) 二酸化炭素排出量削減効果	47
(5) 事業終了後の横展開の可能性	52
(6) 令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業（生ごみバイオガス化施設のオンライン利用による脱炭素型農業を核とした里山・都市循環）検討会の開催	55
(7) 「令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業 審査等委員会」への出席	57
(8) 令和5年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO ₂ 対策普及促進方策検討委託業務ヒアリング等への協力	57
(9) 共同実施者等との打合せ	57
3 全体まとめ	58

別添資料1 授業の詳細について

別添資料2 検討会議事録

1 業務概要

(1) 業務目的

中山間地域や小規模自治体においては、脱炭素化社会への道筋を明確にしつつ、地域の諸活動が持続可能な社会形成が求められている。その中で、一般廃棄物処理についても、焼却処理を基調とした従来型の廃棄物処理からの転換が求められている。バイオガス化処理は、脱炭素化への展開性を含めて、有力な選択肢と考えられるが、資源エネルギー収支や経済性を担保できる持続可能なシステム・モデル確立には至っていない。

そこで、本事業では、典型的な中山間地域である京都市京北地域をフィールドに、多様な地域資源を収集し、バイオガス化施設における処理を核にしつつ、ブランド（高付加価値）農業化との連携を目指し、資源エネルギーを効率・効果的に活用するモデルを構築する。その一環として、付加価値の高い市街地（都市域）の循環資源もシステムに組み込むことや、脱炭素化を念頭に置いたエネルギー自立型農業への転換も促すことで、地域循環共生圏の構築につなげる。

また、脱炭素や循環型社会、地域循環共生圏（ローカルSDGs）といった単語は徐々に認知されつつあるものの、住民にとっては、ごみ処理施設への不安や拒絶感は大きく、未来社会像は想像がつかず、脱炭素に向けた暮らしの変革を我が事にすることは簡単でない。そこで、地域基幹施設（京都里山SDGsラボ「ことす」）において教育プログラム等を展開することで、住民受容性を高める方法も検証した。

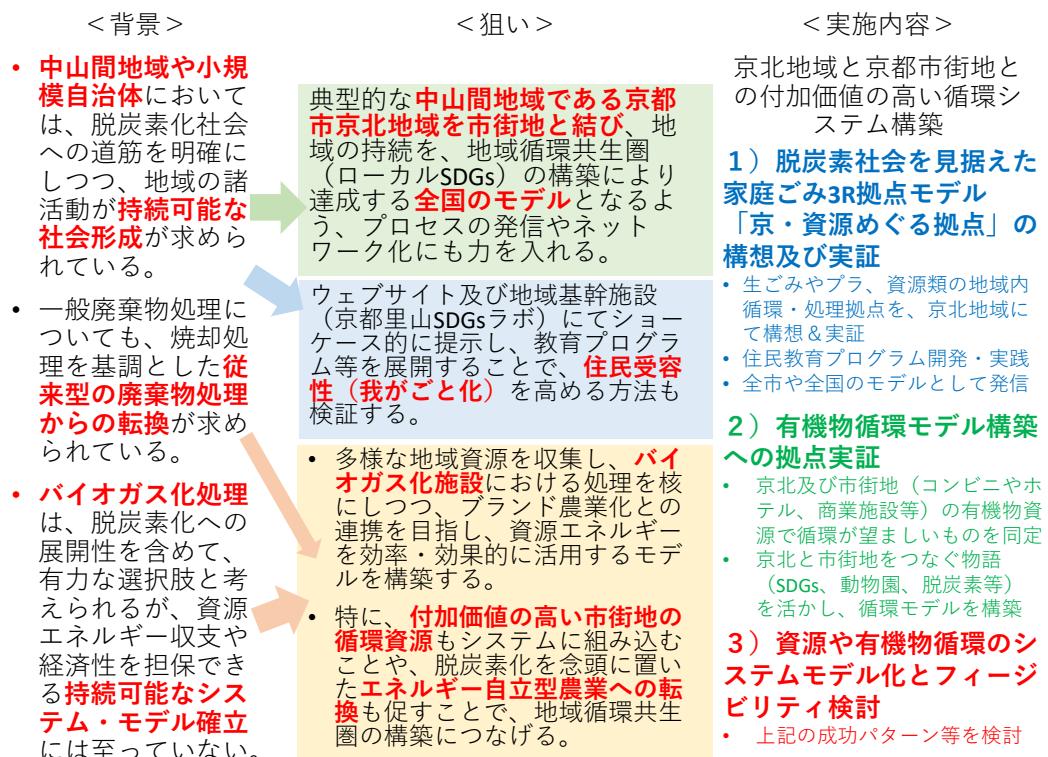


図 1 事業の背景・狙い及び実施内容

(2) 事業の全体像

事業全体としては、バイオガス化施設のオンサイト利用と農業等との連携を核とした中山間地域（里山）と市街地を結ぶ多様な地域資源・エネルギーの脱炭素型循環モデルの構築を試みるものである。

循環モデルの構築にあたって、まずは家庭ごみをターゲットに、元京北第一小学校に構える京都里山 SDGs ラボ「ことす」を活用した家庭ごみ 3R 抱点モデルとして「めぐる市」の開催や小学校への出前事業、参加型ワークショップ等の住民教育プログラムを展開した。農家対象の研究会や液肥散布実証を行い、バイオガス化施設導入後の出口戦略として実現可能性を検討した。

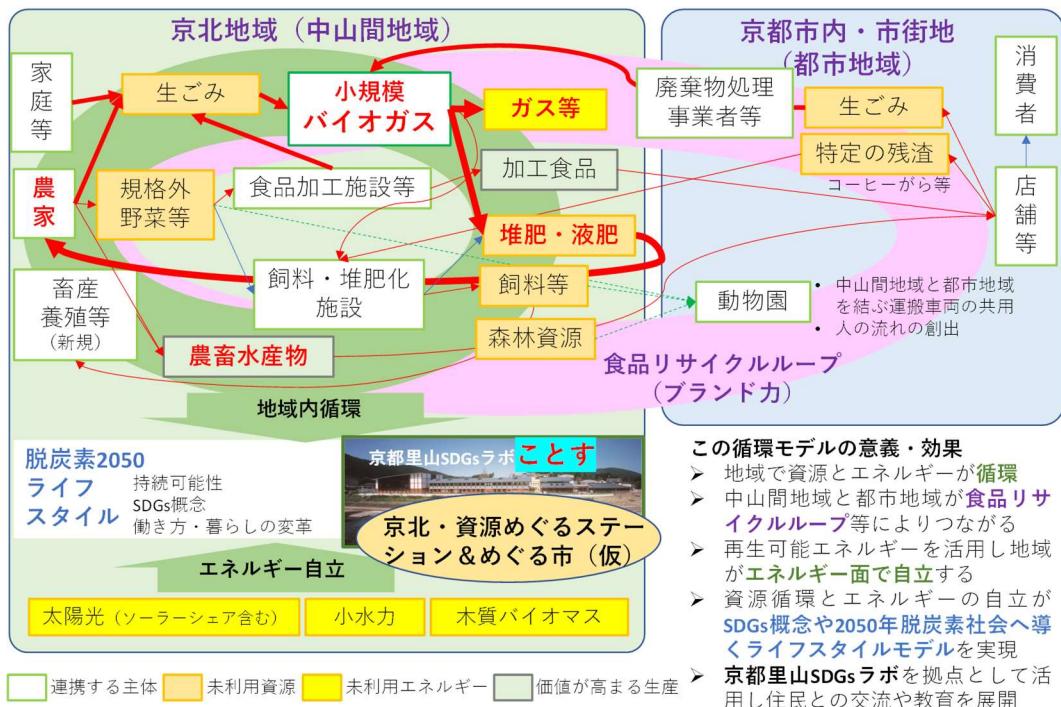


図 2 事業の全体像：バイオガス化施設のオンサイト利用と農業等との連携を核とした中山間地域（里山）と市街地を結ぶ多様な地域資源・エネルギーの脱炭素型循環モデル

（3）事業実施主体、実施体制、役割分担

本事業は（一社）びっくりエコ研究所が事業全体の企画・運営、進行管理及び検証・発信を行った。業務の遂行にあたっては現地の若者を雇用し、また京都市や京都大学、地元住民組織の協力を得ながら進めた。一部の業務についてはNPO法人木野環境、（株）リコー、（株）安田産業等と連携した。

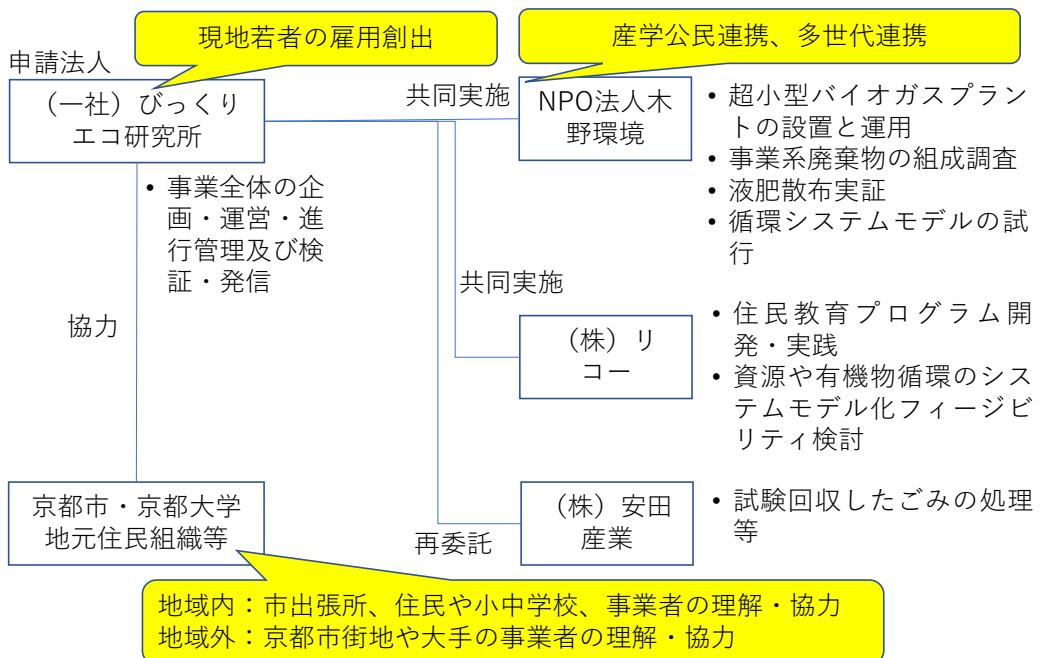


図3 事業実施主体、実施体制、役割分担

（4）目標設定

令和 5 年度事業の目標として、「0 全体目標：脱炭素化廃棄物処理システムへの転換」、「1 3R 抱点モデルの構築」、「2 有機物循環モデルの構築」、「3 資源や有機物循環のシステムモデル化と FS 検討」を設定した。

表 1 令和 5 年度の目標

項目	令和 5 年度の目標
0 全体目標： 脱炭素化廃棄物 処理システムへ の転換	京北地域の住民に受容され、全国のモデルとなり得る資源・エネルギー循環モデルの提示及びモデルパッケージ化（実証を踏まえたリユース・リサイクル可能な資源の抱点回収のあり方、生ごみの回収方法、住民に受容され、多様な経済活動を創造しながら持続するバイオガスプラントの原料・規模・数など）
1 3R 抱点モ デルの構築	各種資源の地域内循環・管理抱点の実証（家庭ごみ排出量約 2 割削減や新たな資源分別の可能性検証）及び公開勉強会等の開催（視聴者数百人、訪問者数約百人）によるマインドセットの変容に向けた全国的な機運の向上
2 有機物循環 モデルの構築	事業に参加した家庭や事業者、農家に生ごみ分別排出及びバイオガスプラントで生成された液肥やガス利用が受容され、持続可能なモデル構築
3 資源や有機 物循環のシス テムモデル化と FS 検討	バイオガスプラントの本格稼働に伴い、エネルギー収支および事業採算性のあう持続可能なシナリオの提示、里山（京北）と市街地をつないで資源・価値を循環させるモデルの確立

(5) 事業スケジュール

下表のスケジュールで事業を実施した。

表 2 事業スケジュール

実施項目		内容	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
(1)①3R拠点モデルの検討	京北めぐる市	各月第4土曜に開催 (厳冬期を除く)	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	ニュースレター	2回発行									●		●
	アップサイクルにまつわるセミナーやWSの開催	アップサイクル作品を企画するクリエイターWS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
(1)②住民教育プログラム開発・実践	めぐる教育（4年生の授業）	4年生18名にWS形式の授業実施 壁新聞の展示							●	●	●	●	
	3Dビコ水力教育	ワークショップ実施				●							
	(1)③発信	京都めぐるSDGs問答	毎月第4土曜に開催	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
(2)①家庭分別排出実証 ②脱炭素型農業研究会の実施・液肥等利活用実証	超小型バイオガスプラント	6月まで運転、7月以降本格プラントへスムーズな移行図る	●	●	●								
	SDGs農業研究会	2回実施							●		●		
	液肥の利用促進	マニュアル作成 ブランドの立ち上げ支援											●
	液肥散布実証	農業用水路からの流し込み等								●			
	農業用ハウスでの熱利用	農産物のニーズ把握											●
(3)①京北と市街地をつなぐプラットフォームの構築・連携及び循環システムモデルの試	「出張めぐる市」実施			●									
(3)②脱炭素要素技術の統合展開	3Dビコ水力発電の設置										●		
(3)③フィージビリティ検討										●	●	●	

2 委託業務実施状況

（1）脱炭素社会を見据えた家庭ごみ3R拠点モデルの構想及び実証

①3R拠点モデル「京北・資源めぐるステーション」の検討

ア 概要

住民のマインドセットを「多くのごみが資源になり得る」と変えることで、地域において脱炭素化廃棄物処理システムへの転換に向けた機運を醸成することを目指し、生ごみや各種資源類の地域内循環・管理拠点を京北地域にて構想・実証した。

家庭内に退蔵している衣類や趣味の道具、日用品等を資源として回収し、活用できる拠点を京都里山SDGsラボ「ことす」に設置することで、多くの住民の方が足を運ぶことができるコミュニケーションの場として、参加型フリーマーケット「京北めぐる市」や資源回収「アップサイクルギャラリー」等の企画を創出し、持続可能な形に構築した。

拠点の意義としては、物質循環を図る上での人々の接点を作り出し、物質の価値の転換を見える化し、交流の場とすることである。住民にその意義が伝わり、価値あるものに育っていくように普及啓発や運用を行うことに留意した。

また、住民にその意義を広く周知するため、京北地域住民に全戸配布するニュースレター（A4・4ページ・折り込み、フルカラー、各2,500部）を2回発行した。

イ 参加型フリーマーケット「めぐる市」の開催

・方法

家に眠っているものと、欲しい人をつなげ、“物と価値と想い”を循環させるフリーマーケットを核とした場を「京北めぐる市」として毎月第四土曜に京都里山 SDGs ラボことす（以下、ことす）において開催した。ことすの各ラボを活用したワークショップをはじめ、地域住民によるブース出店や関係企業の企業ブース、地元食材を利用したランチメニューの提供、教室や廊下を活用した展示、生物多様性を伝えるいきもの調査会等を実施した。

毎月第四土曜日を「京北めぐる市」開催日に定め、ことすをメイン会場に 2023 年 4 月 22 日、5 月 27 日、6 月 24 日、7 月 22 日、8 月 26 日、9 月 23 日、10 月 21 日、11 月 25 日、12 月 23 日に開催した。2024 年 1 月 27 日及び 2 月 24 日は厳冬期のため現地での開催を中止し、オンライン配信イベントのみ実施した。

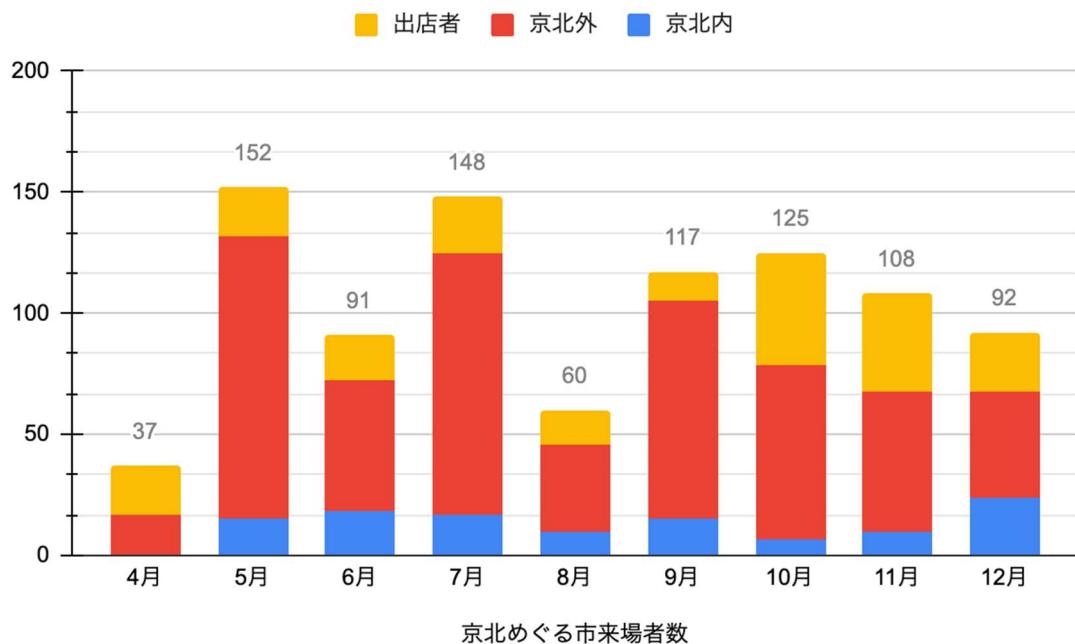


図 4 京北めぐる市開催ちらし（2023 年 3 月～12 月分）

・結果

京北めぐる市には、2023年4月～12月でおよそ1,000人が来場した。

表3 2023年度京北めぐる市来場者数



・企画のこだわり 地域の活性化

前年度に引き続き地域住民の積極的な参加を促すため、地元商店の出店や特産品の販売、木工教室、コンサート、クリスマス抽選会等の企画を実施した。また、地域外からの参加者を促すため、いきもの調査会を実施しガサガサ体験（網でガサガサして川のいきものをみつける）やジビエ体験等の地域ならではの魅力を伝える体験イベントを実施した。この体験イベントには市街地からの多くの参加者も集まり、彼らに体験イベントだけでなく、地域の特産品や手作り品、地域グルメを販売することで地域を活性化することにも繋がった。



図5 京北めぐる市の様子

ウ 資源回収拠点としての機能整備

・コンセプト

「アップサイクルの聖地」づくりをテーマに、地域内の資源循環拠点機能に加え、地域内外の産業規模での資源循環事業プログラムの開発や事業マッチングを促進するプログラムを開発した。資源循環事業では、多量の回収品が當時ストックされる物流倉庫ではなく「多様な資源やアップサイクル品が回収・アーカイブ」される素材バンクとしての拠点施設運用を実施した。こと：ファクトリー事業では、企業やクリエイター・職人等への意識啓発と、資源循環事業で回収された資源をアップサイクルし、商品としてデザイン・開発した。これらにより地域内や福祉分野における新しい産業の創出（雇用等）を模索した。

・企画① 資源回収と利用

これまで、毎月のめぐる市や常設回収にて、家庭内に退蔵している洋服・和服・マンガ本・釣具・料理器具・楽器等を回収してきた。回収品目はそれぞれ循環利用がなされており、洋服は整理整頓して105号室に設置し、どなたでも持ち込み・引き取り可能な状態になっている。またマンガ本は、サイレントルームやリシンクホールなど館内様々な場所に設置され、ことすを訪れた方々が自由に楽しめるようになっており、新たなコミュニケーションを生んでいる。これらは定期的に追加や整理、場所変更等のメンテナンスを行っており、持続可能な体制づくりをトライ＆エラーで行っている。



図 6 資源回収の実施

・企画② こと：ファクトリー

今年度は「モノづくり→消費→廃棄」に社会構造から「廃棄ロス」を削減していく「ことづくり」の推進に力を入れ、アップサイクルの制作プロセスを学び、実践する WS を行った。WS では、こと：ファクトリーに展示されている素材や参加者自身が興味、関心のある素材を持ち寄って作品を制作しており、足りない素材などは地域の企業へ足を運び「廃棄ロス」を目指した作品作りに力を入れることができた。また WS だけでなく実際の廃棄現場の見学なども行い、廃棄される背景にも視点を向けた。

また、専門家のアドバイスを受けアップサイクルに関連した事業や作品制作を行う際の思考プロセスをまとめたテキスト（ことす思考テキスト）の作成にも取り組み、WSではこのテキストを使用し、アップサイクル作品の企画書を制作する際の指南書として活用した。テキストはアップサイクルの事例集としても活用できるように制作されており、今後も隨時アップデートできる仕組みを予定している。



図 7 工場見学の実施



図 8 ワークショップの実施

表 4 実施状況

こと：ファクトリーセミナー開催数・参加者数（累計）	9回39名
アップサイクルクリエイターWS開催数・参加者数（累計）	4回21名
クリエイター登録数	19名
アップサイクル作品（案、試作含む）	15案

・企画③ アップサイクル製品の常設展示

R3年度に実施した「ことすアップサイクルコレクション」（京都市内外の自治体・大学・企業・団体・個人等から収集した「アップサイクル」をテーマにした品々の展示会）

の一部を、リシンクホールの壁面に常設展示した。壁面什器も地元杉材をベースに、廃シートベルトと廃リベットをアップサイクルし制作した。全国のアップサイクル事例をアーカイブすることで、資源循環に関する情報収集と、資源循環を促す商品開発の基礎データを蓄積し市民に公開することで、チャレンジの創発を促している。



図 9 アップサイクル製品の常設展示

エ ニュースレター「めぐレター」の発行

住民に本事業の意義が伝わり、価値あるものに育つよう広く周知するため、京北地域住民に全戸配布するニュースレター（A4・4ページ、フルカラー、各2,500部）を2回発行した。



図 10 めぐレタ一

②住民教育プログラム開発・実践

・概要

本事業を通じて挑戦・達成したいこと、それにより自分たちの暮らしがどうなるかなどを、住民有志と語り合い、「自分ごと」や「地域ごと」にしていくための場を持ち、今後も継続・拡大できる形を作った。有機資源循環のみならず、プラスチック分別や、プラスチック代替化（びんや紙類、木材の利活用を含む）、バイオマスプラスチックの導入などを含む、総合的な住民理解にもつなげた。地元の小中学校及び住民組織との連携を強め、多世代に渡り、一人でも多くの住民を巻き込むように工夫した。

ア 小中学校との連携

・方法

小中学生への展開を試み、教育プログラム化を目指す。1) 各児童が「ごみ」というものを自分自身で捉え直し、ごみ削減の意義・方法、分別方法を体得し、他者（家族、学校の他学年、地域など）に伝えることができるようになること、2) 紙ごみや生ごみを資源として考えられるようになることを目的とする。

京北小中学校 4 年生 17 名の児童に、京北ふるさと未来科（総合学習）の時間を使って、前半はインタラクティブなスタイル（ワークショップ形式：双方向、体験型、主体的な学習の要素を持つ）でごみの授業を提供し、後半は生徒たちによる調べ学習から壁新聞づくりを実践した。

・授業の内容

今年度の 4 年生には、合計 24 時間のごみの授業を提供した。その内容は、以下の通りである。（日付と内容については 表 5）

- 1) ごみとは何か、ごみゼロの可能性について知り、考える
- 2) 小学生にとって身近な紙ごみをテーマに、工作と班活動でリサイクルのルールを知る
ワークショップ
- 3) 本事業全体のテーマでもある生ごみについて知る + 調べ学習
- 4) プラスチックごみの削減方法を考える
- 5) 衣類のごみについて考える
- 6) スマホなどの小型家電ごみについて考える
- 7) これまでの学習を振り返り、自分が気になるテーマを 1 つだけ選び、グループで調べてまとめ、発表する
- 8) 自分の学んできたことを他者に伝える壁新聞作り
- 9) 他者（教頭先生）への直接のはたらきかけ
- 10) 9) を活かしての壁新聞ねり直し
- 11) お互いの新聞を読み合い、壁新聞の再度のねり直し

12) まとめ、今後も続けていきたいことを宣言



図 11 授業の様子

初年度は、新型コロナウイルス感染拡大の影響で、実施直前に授業の全てをオンラインに切り替えることとなり、現場での参加型、双方向型、体験型の学びを深めることに課題を残した。翻って昨年度は、授業時間数が 10 時間から 35 時間になったことに加え、自由な班活動、見学などの課外授業も可能となり、ごみについて十分に探求できた。今年度当初は、専門知識を持つゲストティーチャーが今後入らなくなることを踏まえた 10 時間の授業計画を目指そうと、新しい 4 年担任と前年度までの 4 年担任とで議論し、昨年度の 35 時間の授業を受けた生徒たちに反応がよかったテーマ（紙ごみ、生ごみ、プラごみ、洋服ごみ、電化製品のごみ）に絞ることなどを考えた。また子どもも主導の授業を目指し、担任のみで対応が可能な調べ学習（新聞づくり）に多くの時間を割くこととした。しかしながら、今年度の担任にとって初めての分野でありまでも負担が大きいこと、また次年度以降もゲストティーチャーとして学校に入れることができが分かり、24 時間の授業プログラムに変更し、ゲストティーチャー主導で進めた。

表 5 授業の実施内容の概要

	日付		めあて
第 1 回	11 月 9 日 (木) 3 時間目	ごみ とは なに か	ごみってなんだろう？① ごみのイメージを出し合おう
第 2 回	11 月 14 日 (火) 3, 4 時間目		ごみってなんだろう？② ごみをいろいろな方向から見てみよう
第 3 回	11 月 27 日 (月) 3 時間目	紙ごみ	ごみってなんだろう？③ わたしが出すごみは本当にごみなの？
第 4 回	12 月 1 日 (金) 3, 4 時間目		紙ごみを考える① 紙ごみの分別と紙の 3R を知ろう
第 5 回	12 月 7 日 (木) 3 時間目		紙ごみを考える② アップサイクルノートを作ろう！

第6回	12月7日(木) 4時間目	生ごみ	生ごみを知る+調べ学習 生ごみをもやすのはもったいない
第7回	12月14日(木) 3, 4時間目	プラごみ	プラごみを考える プラスチックの特徴を知ろう 減らし方を考えよう
第8回	12月20日(水) 3時間目	洋服ごみ	洋服ごみについて ようふくについて考えよう
第9回	12月20日(水) 4時間目	小型家電 ごみ	小型家電ごみについて 電化せいひんについて考えよう
第10回	1月18日(金) 3, 4時間目	調べ 学習	これまでを振り返り、一番興味があるテーマを選ぶ テーマ別(グループ)になって調べ学習
第11回	1月23日(火) 4時間目		テーマ別調べ学習つづき
第12回	1月25日(木) 3時間目		テーマ別調べ学習発表 調べたことを整理し、まとめと考えを発表し合おう
第13回	2月2日(金) 3, 4時間目	新聞 づくり	グループ別壁新聞づくり 調べたことを周りの人に伝えよう
第14回	2月8日(木) 3, 4時間目	他者への 直接のは たらきか け	教頭先生への提案 ごみ減量が不得意な先生に今日からできる簡単な取組を提案しよう。先生からのフィードバックを新聞づくりに活かそう
第15回	担任	新聞 づくり	新聞づくりの続き
第16回	2月21日(水) 3, 4時間目		新聞を読み合い、フィードバックをし合う 他のグループの新聞を読み、コメントを付けよう。 自分のグループにもらったコメントを読んで新聞をブラッシュアップしよう。
第17回	2月29日(木) 3時間目	まとめ	学年のまとめとごみ減量の取組宣言 前期で学習した山川からのつながりを振り返ろう。 自分がこれからも続けていきたい取組を発表しよう。
	その後		学期中は学内で掲載 春休みに入ってからはことすに掲示予定



図 12 調べ学習の様子

・授業を終えて

今年度は、教材（ワークシート）は、昨年度の経験を活かし、見通しを持って準備することができた。ただし、授業時間が昨年度から 10 時間以上減ったこともあり、やや駆け足になる場面や、端折ったテーマもあり、生徒の理解が充分追いついていなかった部分があることは否めず、思いが十分に伝えられなかつたのではないかという感覚が残っている。

また、ゲストティーチャーなしでも進められる授業を検討した結果、タブレットでの調べ学習に半分の時間を割くことにしたが、インターネット上から適切な情報を選びだし、それらをまとめていく作業は 4 年生には難易度が高いと感じた。タブレットでの調べ学習については、今後もより良い方法を考え、試していきたい。

専門性が高いゲストティーチャーの授業には、パッションがある。パッションがあると子どもたちはよく聞いてくれるが、誰もが提供できる授業ではない。一方で、ごみを減らすことの意義や方法については、より多くの児童・生徒に伝えていきたいことであり、汎用性の高いプログラムを考え、提供していく必要がある。常にこの 2 つのジレンマを抱えているが、長期記憶につながるワークショップ形式（双方向、体験型、主体的な学習の要素を持つ）の「子ども主体」の授業スタイルは大変有効である。また、「京北ふるさと未来科（総合学習）」でのごみの授業は、これから時代を生きる子どもたちが自分たち自身で様々なことを発見、探求、発信できるようになるために非常に重要な位置付けである。

これらの点を大切に考え、引き続きより良い授業を求め、粘り強く検討と挑戦を進めていく。



図 13 新聞づくりの様子

イ 3D ピコ水力教育

・方法

教育用小水力発電機を作成するワークショップを通じ、設置場所や活用方法を話し合うことで、再生可能エネルギーの典型例と言える小水力発電の導入の敷居を下げ、自ら中長期的に維持する動きに繋げることを目指した。時々議論を行いながら、教育用水車を組み立て、発電し、エネルギーを作ることの大変さ面白さを学ぶ内容とした。再生プラスチックを使い、キーホルダーを作りリサイクルを学ぶプログラムも用意した。使用済みの植木鉢を回収して再生したプラスチックを活用し、キーホルダーを自身で作成することで、世界に一つのお土産として持ち帰ってもらい、プラスチックリサイクルの重要性の学びを記憶に残してもらうことを目指した。

・結果

2023年7月22日京北めぐる市サマフェスイベントの一環として、小さな水車を使ったワークショップを実施した。今回は授業形式にて以下の2パートに分けワークショップを実施した。①再生可能エネルギーの授業。その後のピコ水力発電水車組み立て、発電実験体験。水力発電で得た電気の使い道について絵にかいてもらい、皆で発表しあった。②プラスチックのリサイクルの重要性を学ぶ授業を受けた後に再生プラスチックからキーホルダーの作成を体験してもらい、アップサイクルフィラメントがどのような過程でつくられ、3Dプリンターでどのような作品の生まれ変わらかを動画を交えて理解してもらった。今回はピコ水力発電水車の組立を3人1組だったものを1人1組でできるようにすることで、参加者が水力発電水車とより向き合えるような環境を作ることができた。参加者は真剣な眼差しで、考えながら組み立てていた。発電体験時には、水道の蛇口の水の勢いを使用し、実際に光るライトを見ながら、なぜライトに電気がつくのか、なぜ水車を手で回さずに水の力を使って電気を作るのか、講師の話を熱心に聞いていた。また、恐竜などの複雑な形をした3Dプリンター作品やアサガオの鉢からできている材料や作品も触り、参加者を楽しませることができた。子供だけでなく親御さんも参加して頂いた為、住民との議論は深まりどうすれば再生可能エネルギーを導入できるかの議論は尽きなかった。



図 14 ワークショップの様子

③全市や全国のモデルとして発信

ア 概要

京北地域における地域循環共生圏構築に向けた取組を、プロセスから、持続可能な産官連携事業モデル事例としての絵姿を含めてウェブサイト等から発信すると同時に、類似の悩みや展望を持つ、多くの関係者と情報共有し、ともに問題解決に向けて取り組むと同時に、機運を高めていくことを目的に、11回（1回2時間程度）、勉強会をハイブリッド（オンライン及びオンサイト）で開催した。講師（計41名）には、講演に加えて前後の質疑対応や準備のため3時間程度参加してもらい謝金及び旅費（現地参加者向け）を支給した。また、研修プログラム化して提供した。これらには、地元の取り組み紹介も行うこととし、地元講師（計15名）には、講演に加えて前後の質疑対応や準備のため1時間程度参加してもらい謝金を支給した。

イ 開催内容：SDGs 問答

毎月第4土曜日14～16時に、こことを発信拠点として、「京北めぐるSDGs問答」と銘打ったオンライントーク企画を実施した。宇宙飛行士の山崎直子さんや高台寺の後藤典生住職など全国的に有名な方をゲストとしてお招きすると同時に、地元の方にも講師として登壇していただくことで、地域の魅力や課題の発信にも繋がった。ライブ配信・アーカイブ動画の視聴者数もおよそ100～2,000回と増加傾向にある。また、閲覧した視聴者からの問い合わせも増えており、一定の発進効果が出ていると考えられる。



図 15 SDGs 問答サムネイル（4月～12月）

ウ 開催内容：研修プログラム

いくつかのグループを受け入れ、本取組の目的や全体像を紹介すると同時に、バイオガス化施設の見学や、地域住民との交流等を行った。

例えば、京都大学大学院地球環境学舎の修士1回生（約50名）向けの野外実習を受け入れた際の実施概要は次の通りである。生ごみの分別やバイオガス化施設への関心は高く、質問が相次いだ。留学生が多いため、日英バイリンガルでの解説を行ったが、地元の方とは、言語の壁を超えた交流が実現した。好評のため次年度以降も継続予定である。

◆6月12日（月）

19:00-20:00 あうる京北にて事前説明「京北の歴史と現状、課題などについて」

◆6月13日（火）

9:45-11:45 バス①芋の植え付け⇒30分程度 山国神社、加茂神社 歴史探索

バス②30分程度 山国神社、加茂神社 歴史探索⇒クロモジ商品製造作業

12:00-12:15 バス移動

12:15-13:15 京都里山 SDGs ラボ「ことす」地産地消の昼食 & ことす見学

13:20-14:35 京都市立京都京北小中学校 清掃体験+英語クラスへの参加

14:40-15:00 ことす&ウッディ京北 自由散策

15:00-15:15 バス移動

15:15-15:45 山国運動公園 バイオガス化プラント見学

15:45-16:00 バス移動 実習終了→あうる京北に移動

16:00-17:15 あうる京北 グループ発表準備

17:15-17:45 あうる京北 グループ発表（ポスター形式）

18:00-20:00 あうる京北 地産地消のBBQ ※地元の方とも交流する



図 16 研修にて、京北の本事業の関連施設や関係者と交流する様子

他の研修としては、修学旅行生、企業や地方自治体行政職員らの数名から数十名のグループを受け入れ、数時間から終日のプログラムを企画から提供まで行った。対象者に応じたプログラムのメニューが構築できたと同時に、今後の人的ネットワークにつながる出会いもあり、また、地元への還元にも繋がり、今後の事業の自走化に資するものとなった。

（2）有機物循環モデル構築への拠点実証

①バイオガスプラントを用いた家庭向け生ごみ分別排出実証

ア 概要

地域住民に生ごみを資源として循環させるバイオガス化の技術について理解を深め身近に感じてもらう機会をつくるため、「京北・資源めぐるステーション（仮）」に設置した、日量十数kg程度を処理できる超小型バイオガスプラント（太陽熱温水器やガス検知器等も付帯）を用いて、協力家庭が持ち込む生ごみを受け入れた。この実証は、生ごみの処理に関する試験研究として京都市に許可を得た上で行い、処理後に得られる消化液は液肥として希望者に配布した。京北地域内の本格バイオガスプラント（日量約1t）の稼働後は、生ごみ分別行動のスムーズな移行を図った。

イ 超小型バイオガスプラントの運用

地域住民に生ごみを資源として循環させるバイオガス化の技術について理解を深め身近に感じてもらう機会をつくるため、前年度に続き、超小型バイオガスプラントを運用した。協力家庭が持ち込む生ごみを受け入れ、処理後に得られる消化液は液肥として希望者が自由に持ち帰られるようにした。

本格バイオガスプラントが稼働することから、超小型バイオガスプラントの運用は6月末に終了した。



図17 超小型バイオガスプラント

ウ 本格バイオガスプラントへの移行

本格バイオガスプラントが稼働し、協力家庭から生ごみを分別収集し、メタン発酵処理を経て、液体肥料にリサイクルする取り組みが始まった。回収拠点は9か所用意され、生ごみを保管する回収ボックスのとなりに、排出者が液肥を持ち帰ることができるよう、配布用タンクが設置された。液肥の使い方を周知することで、協力率向上を図った。

液肥の使い方を示す資料として、マニュアルを作成し、回収拠点に掲示するとともに、持ち帰れるようにした。

家庭からの回収にあたっては、行政や地域のグループ（町内会など）との連携が重要であり、本事業では、短時間ながらも連携体制を一定構築することができた。



図 17 生ごみ回収・液肥配布拠点に掲示したマニュアル



図 18 液肥配布拠点

京北地域のご家庭のみなさまへ
液肥(肥料)の利用について

平素は、生ごみの分別排出にご協力をお願いします。誠にありがとうございます。

回収した生ごみは、山梨の京北運動公園北側の敷地にあるバイオガス化施設において、約2週間程度メンタル発酵させた後、液肥(肥料)が生成されます。

この液肥ですが、市街地と里山(京北)とを「資源が巡る」ことをイメージし、「京北めぐる液肥」と名付け、京都府へは特殊肥料として届出し、登録して頂いています。

京北地域の農業だけでなく、住民の皆さんへも家庭菜園等で役立てていただけるよう、液肥の使い方や特徴についてご紹介させて頂きます。

①液肥ができるまで

家庭ごみと事業者の生ごみを投入（食品残差）

メタン発酵処理

液体肥料

肥料として利用

農産物の消費

この肥料は、人が口にしている食べ物が原料なので、安心・安全にお使い頂けます。

同時に生成されるメタンガスは、発酵槽を温めるための温水に利用されています。

化成肥料の価格が高騰しているなか、お得に入手できる肥料としてご利用ください。

②提供する液肥の成分

肥料成分	京北めぐる液肥 (2023年8月測定)	(参考)市販の液肥 「ハイポネックス原液」を 水で500倍に薄めた場合
窒素	0.14% うち即効性の窒素は約0.07% ※	0.01%
リン	0.04%	0.02%
カリウム	0.06%	0.01%

※全窒素の濃度は0.14%という分析結果でした。このうち即効性が期待できる窒素肥料成分（アンモニア態窒素）であると考えられることから約0.07%と推定しています。

京北めぐる液肥は工業製品ではないため成分調整や濃縮を行っていませんが、植物の成長に必要な養分(窒素・リン・カリウム)が入っています。

たとえば、市販の液体肥料「ハイポネックス原液」は高濃度の肥料ですが、水で500倍に薄めて使用する場合、窒素は0.01%に薄まります。京北めぐる液肥についても水で数倍に薄めれば、同程度の濃度になり、使用感は市販の液肥と変わりません。

③液肥の使い方

●鉢(直径20cm)での使用例

- 「回あたり約20g(ペットボトルのキャップ3杯)を水500mlに薄めて、水やりの代わりに散布します。
- 1週間に1回散布します。

ペットボトルのキャップ3杯を自安

●家庭菜園(露地)での使用例

- 液肥をそのままか、水で2倍に薄めて、じょうろ等で株元にまきます。
- その後は10日おきなど、苗の状態をみながら追加でまいてください。

●プロ向け 煙やハウスで使用する場合

- 液肥の適切な使い方は、土の状態によって変わります。
- 使用に際しては下記の問合せ先にご相談ください。

※散布方法は自安として記載しています。
植物の状態をみながら、散布の量や頻度をご自身で調節してください。

留意事項

液肥がかかると跡が残ります

液肥には固形分も少しあります

- 液肥には色がついています。収穫する葉野菜や、花などに液肥がかかると、跡が残ることがあります。
- じょうろで撒く場合は、ハスの実(じょうろの実)を外してください。ハスの実が詰まることがあります。
- 液肥をまくときは直接かけないよう注意し、株元に散布するようにしてください。

カブの葉に残った液肥の跡

じょうろのハスの実を外して散布するようす

【液肥の配布場所】

- 生ごみ回収拠点7か所(各10L)
- バイオガス化施設、こども正門横※

※設置準備中・10月以降順次設置します

【液肥に関する問合せ先】

- 一般社団法人びっくりエコ研究所
担当 上田
メール u-yumi@kino-eco.or.jp

図 19 家庭向け液肥の使い方マニュアル

②脱炭素型農業研究会の実施及び液肥等の利活用実証

ア 概要

脱炭素社会の構築と SDGs の概念を取り入れた農業やまちづくりについて地域住民が必要性を理解し主体的に取り組むことを目的に、資源循環や再生可能エネルギー利用などテーマに、活発な意見交換を含めた研究会（「京北 SDGs 農業研究会」）を 2 回実施した。参加者は広く募り、関心のある農家や地域住民に集まつてもらった。専門家 5 名を講師に招き、前後の準備及び指導評価を含めて各回約 3 時間従事して頂くこととし、受託者の内規に基づき謝金を支給した。

本格バイオガスプラントの稼働に伴い生成される液肥の利活用を進めるため、液肥の使い方マニュアルを作成し、公開・配布できるようにした。また、液肥を使って栽培した米や野菜について、各農家が個別に PR するのではなく、共通のブランドとして発信していくことが重要だと考えられた。先行事例を参考に、京北版のブランドの立ち上げを支援するため、運用方法を検討した。

液肥の効率的な散布方法の確立が重要であることから、一つの方法として、勾配を利用して農業用水路の上流から下流にかけて液肥を散布する実証を行い、肥料散布効果を確認する。また、畑作物に液肥を散布する際に、灌水チューブで散布できれば汎用性が高まるが、液肥のなかの固形物が穴に詰まるという問題があった。そこで、本格バイオガスプラントで生産する液肥が灌水チューブでの利用に適しているか実証した。

本格バイオガスプラントからはガスや熱も得られることから、農業用ハウスでのオンライン利用により、どのような農産物が生産に適し、かつホテル等の生ごみ排出者からニーズ（農作物や農業体験等）があるかを調べ、農業関係者に提案した。

イ 京北 SDGs 農業研究会の開催

11月5日の「京北ふるさとまつり」に出店し、液肥を配布するとともに、利用方法などに関する相談を受け付けた。講師には、京都農業の研究所（株）松原圭佑氏を招き、液肥の使い方に関する相談ができる場を設けた。ペットボトル 80 本、20L タンク 20 個、合計 440L 相当を希望者に配布した。プランターで栽培している方にはペットボトルのサイズでの配布でも問題ないが、家庭菜園をしている方には 20L で配布したほうが喜ばれた。

1月12日には、京北地域におけるバイオガス液肥利用の普及をテーマに座談会を開催した。（有）山国さきがけセンターを会場とし、埼玉県小川町の農家で液肥利用者である桑原衛氏と、京都大学名誉教授で京都農業の研究所（株）の間藤徹氏をゲストに招いた。



図 20 液肥相談会の様子（11月5日）



図 21 座談会の様子（1月12日）

ウ 液肥の使い方マニュアルの作成

液肥の利活用を進めるため、液肥の使い方マニュアルを作成し、公開・配布できるようにした。液肥に限らず肥料全般に共通することとして、農地のもとの地質やこれまでの使い方、土壤に残る肥料成分の量、作物の種類によって、適切な使い方は変わってくると考えられた。そこで、液肥を使うにあたっての考え方を示すこととした。

「①液肥ができるまで」、「②提供する液肥の成分について」は家庭向けの液肥マニュアルと共に、「③土壤の状態を把握しましょう」では、土壤分析を実施することにより、農地の化学的状態や地力について把握することを促している。「④田んぼの散布」では、コストのかからない流し込みによる水田での散布方法を、「⑤弁当肥として液肥を利用する」では、苗づくりに液肥を使う方法を、「⑥畑への散布方法」では動画で液肥方法を示している。

③土壤の状態を把握しましょう

土壤分析を行い、土壤状態を把握した上で施肥設計をしましょう。

【土壤分析の仕方】

- 表面の土壤は避け、深さ10cm~20cmの土壤をよく混ぜて採取します。
- 1ヵ所100g程度、5地点の土壤を採取し、よく混ぜて約500gの標本を作ります。
- 鋸びのついた道具は避けください。
- 袋に入れて、分析会社に送ります。
- 時間がたつと結果が変わりますので、新鮮な検体を送ります。
- 分析項目にもよりますが、5,000円~10,000円程度です。
- 結果を見て施肥量を計算します。

※圃場の5ヵ所からサンプルをとる

分析会社の例:(株)生科研
<https://n-seikaken.co.jp/>

④田んぼの散布

土壤分析の結果、肥料成分が過剰に土壤に残っていない場合、1反当たり5t~6tを施肥します。散布車で均等に散布することが一般的ですが、コストがかかららない流し込みを実証中です。

肥料成分が田んぼ全体に均等に分散するか、土壤分析を行っています。




①一度水を田んぼに入れ、水が田んぼにいきわたる時間を把握します。
 ②反当たり5~6tのタンクを水口に設置します。
 ③水と同時に、液肥を流し込みます。用意した液肥の量が一定に流れるように調整します。
 ④流し込みでは、水口に液肥成分が濃くなるため、液肥がなくなってからも水で押し流し、液肥が均等になるようにします。

⑤弁当肥として液肥を利用する

液肥は苗の育成に有効です。また、定植の1週間~1日前に施肥することで定植後の生育が良くなります。




⑥畑への散布方法

畑に元肥として散布する方法や追肥として散布する方法があります。

特にバイオガス液肥は、肥料成分が少ないことや効果性があることから、肥料を必要最低限散布することができます。

そのため、虫を減らす効果があり、有機栽培にも有効です。

ただし、有機認証をされる方は事前に相談してください。



留意事項

液肥がかかると跡が残ります

液肥には固形分も少しあります



液肥には色がついています。収穫する葉野菜や、花などに液肥がかかると、跡が残ることがあります。

液肥をまくときは直接かけないよう注意し、株元に散布するようにしてください。

液肥には少し固形分も含まれています。

じょうろでまく場合は、ハスの実(じょうろの先)を外してください。ハスの実が詰まることがあります。

固形分は少量ですが、堆肥のように、後から効果のある緩効性肥料として期待できます。



カブの葉に残った液肥の跡

【液肥の配布場所】

- 生ごみ回収施設7ヵ所(各10L)
- バイオガス化施設・ごとす正門横



じょうろのハスの実を外して

【液肥に関する問い合わせ先】

一般社団法人じっくりエコ研究所
 担当 上田
 メール u-yumi@kino-eco.or.jp

図 22 農家向け液肥の使い方マニュアル (一部)

25

エ 京北版のブランド立ち上げ支援

液肥を使って栽培した米や野菜について、各農家が個別にPRするのではなく、共通のブランドとして発信していくことが重要だと考えられる。そこで、液肥を活用した循環のしくみ自体のブランド化やPRを目指すこととした。このしくみが自走するよう、この取り組みに賛同する企業・団体が参加できるプラットフォームをつくり、賛同した企業・団体が食品リサイクルや農産物の購入、液肥の利用を積極的におこない、食の循環と農産物の安心安全を目指すことを提案した。持続可能な事業とするための組織形成にあたっては、生産（液肥利用・農業生産）、消費（生ごみ排出・農産物利用）、ロジ（プラント管理・運搬）に分かれて進めつつ、全体の連携を図ることで、実現可能性を高められると考えられた。

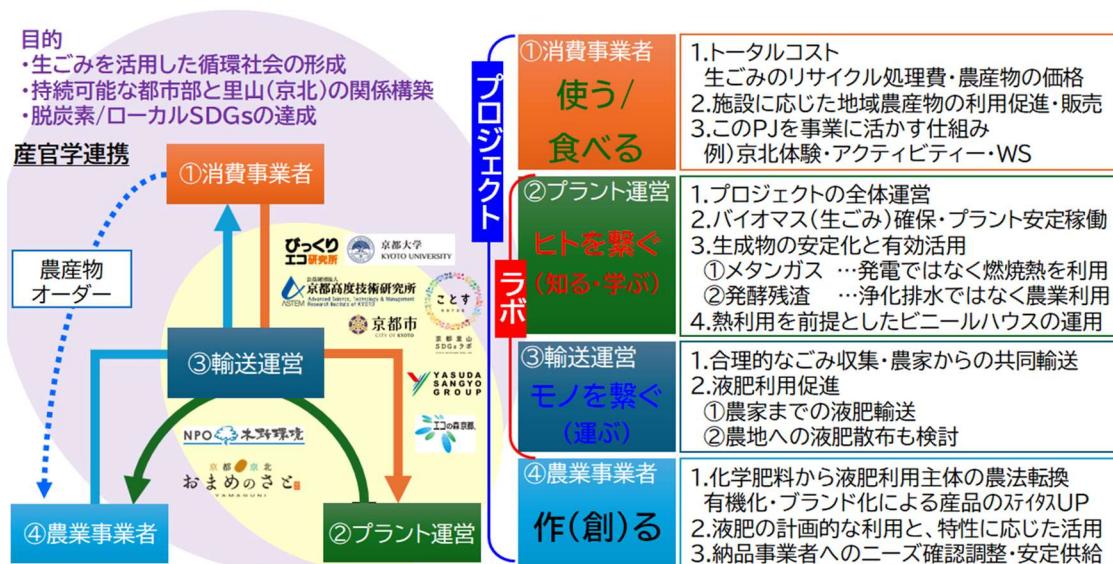


図 23 しくみのブランド化（イメージ）

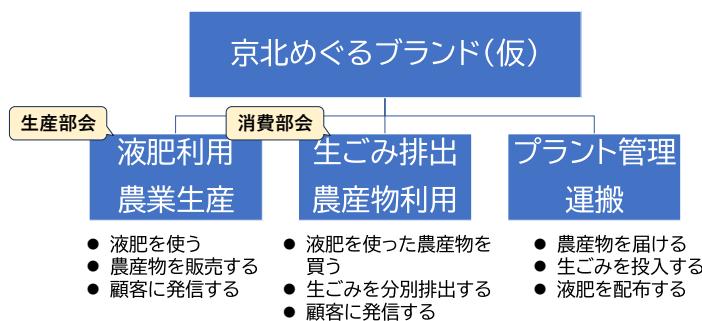


図 24 3 部会の構成（イメージ）

オ 効率的な液肥散布方法の実証

液肥の効率的な散布方法を確立するために、①トラクターを用いる液肥散布、②流しこみ、③ローリー車からの直接散布を実施した。なお、灌水チューブによる液肥利用は、液肥中の固形分が多いことから、難しいことがわかった。

・ トラクターを用いる液肥散布

京都大学農学研究科大土井先生の協力のもと、トラクターに取付可能な散布機械を使って散布した。農地のそばに 1t タンクを置き、事前に液肥をためておいた。

1 反の水田に 4t の液肥を 20 分で散布することができた。また、液肥を均一に散布することができた。トラクターの操縦とホースの取り回しには 3 人が必要であった。この方法であれば、多くの農家が所有するトラクターを活用できるため、初期投資を低くすることができます。



図 25 液肥散布実証の様子

表 6 散布前後の土壤分析結果

	pH	EC (mS/cm)	アンモニア態窒素 (mg/100g)	硝酸態 窒素 (mg/100g)	有効態 リン酸 (mg/100g)	交換性 加里 (mg/100g)
液肥散布前	5.9	0.04	0.60	0.47	14	31
散布後 1 週間	5.8	0.11	0.93	3.90	15	39

・流し込み

水田のそばに 1t タンクを置き、事前にためておいた液肥を、農業用水と合わせて水田に流し込む方法を検討した。水尻を閉め、用水路の水とともに液肥を少しづつ混ぜながら散布した。0.5 反の農地に 3 時間かけて 2t の液肥を流し込んだ。散布後、土壤を採取し、腐植を確認した結果、2.0~2.2 の範囲であり、水口から遠いほど数値は高まる結果となつた。



図 26 液肥散布実証の様子

表 7 散布前後の土壤分析結果

	pH	EC (mS/cm)	アンモニア態窒素 (mg/100g)	硝酸態 窒素 (mg/100g)	有効態 リン酸 (mg/100g)	交換性 加里 (mg/100g)	腐植 (g/100g)
液肥散布前	6.1	0.06	0.78	0.51	19	28	-
散布後 1 週間 水口	5.9	0.08	0.81	2.70	17	19	2.0
散布後 1 週間 中央	6.1	0.09	0.89	1.60	21	29	2.1
散布後 1 週間 水口の対角	6.1	0.09	0.75	2.20	23	41	2.2

- ・ローリー車からの直接散布

液肥を運搬するローリー車から直接散布する方法も実施した。散布作業は2人ででき、1台で運搬できる3.5tを20分間かけて散布できた。この方法は、まきむらの影響が少ない、秋まきを想定している。



図 27 液肥散布実証の様子

- ・液肥中の固形分

液肥をざるで濾したところ、未分解の固形分が多く含まれていることがわかった。こうした固形分は、堆肥のような、緩効性肥料としての役割が期待できるが、灌水チューブ等では目詰まりを起こすと考えられた。



図 28 液肥を濾過した際の固形分

力 農産物のニーズ把握

本格バイオガスプラントに併設する温室（間口 3.7m×奥行き 7.0m×高さ 2.25m）では展示栽培を実施し、そこでは京北地域ではめずらしいものや、季節を選ばず温室だからこそ栽培できるものとして、熱帯ハーブ（パクチー、パクチーファラン、ホーリーバジル等）、熱帯果樹（フィンガーライム、バナナ、コーヒーノキ、ドラゴンフルーツ等）、花卉（ハイビスカス等）、果菜類（なす、トマト）、ジャトロファ、液肥水耕栽培のサニーレタスを栽培している。このようにバイオガスプラントからはガスや熱も得られることから、農業用ハウスでのオンライン利用により生産できる農産物のうち、ホテル等の生ごみ排出者からどのようなニーズがあるかを調べた。

その結果、熱帯果樹であるフィンガーライムが挙がった。フィンガーライムはホテルのバー等でカクテルに使用でき、見た目が魅力的で、流通も少ない。また、熱帯果樹であるため、ハウス栽培ならではのくだものである。

また、ホテル等で京北をテーマにした朝食を提供する際に、少量であっても香りがよくワンポイントになる、みつばなどのセリ科野菜が求められるという意見も出た。

（3）資源や有機物循環のシステムモデル化とフィージビリティ検討

①京北と市街地をつなぐプラットフォームの構築・連携及び循環システムモデルの試行

ア 概要

自然共生型に加え、食品リサイクルループやエネルギーの自立等による脱炭素型農業により、農業の SDGs ブランド化を目指すと同時に、京北地域の農家と市街地の小売・レストラン等をつなぐプラットフォームの構築・連携を検討した。社会課題解決・SDGs 達成に向けて、関与者をつなぎ、関係性（物語）を描きつつ、名物料理による地域おこしや、その食品リサイクルループによる流通、市街地の拠点（動物園や公園、商業施設等）と京北地域の人や資源をつなぐプロジェクト等、循環システムモデルのスキームを構築した。

イ 出前イベントの実施

2023 年 6 月 10 日・11 日に京都薬科大学で開催された第 25 回日本医薬品情報学会学術大会で、出張京北めぐる市として出店した。本事業の紹介や京北産食材の弁当の提供を通して、里山と市街地のつながりを深める機会とした。



図 29 出前イベントの様子と、提供した京北 SDGs 弁当



図 30 京北 SDGs 弁当に関する説明



図 31 本実証に関する取り組み紹介パネル

②脱炭素要素技術の統合展開

ア 概要

今後の脱炭素展開につながる要素技術として、ピコ水力発電等の導入ノウハウを、実践的に獲得するため、大がかりな水路の工事が不要で、設置可能な3Dピコ水力発電を活用し、水力発電の実現可能性機会を提供した。

イ 目的

再生エネルギー導入の一環として、簡単に農業用水路に設置できる3Dピコ水力発電機を設置し実証検証を行ってきた。今回はこの結果を水平展開し、適用可能性をさらに広げるため農業用水路以外の河川への適応を初めて試み、小水力発電の実現可能性機会の幅広い提供に向けて実証検証を行った。

ウ 方法

地産地消のエネルギーを24時間365日生み出すことができ、将来的に自分達で保守・維持も可能な水力発電システム「3Dプリンターを活用したピコ水力」を農業用水路に設置し、イベントを通じ、エネルギー自立にむけた理解について、土地改良区や地域の人々の参画を進め、導入から設置までを共に実施した。防犯カメラおよび人感センサーを設置し、防犯対策のシステム構築を行った。また、バイオガスプラントで消費する水の供給の実現可能性の有無を確認するため、水中ポンプを活用した検証を行った。

エ 結果

7月に現地の農業用水路を活用した実証実験を行い、最適な形状の羽根、水車の構造の改善を行った。農業用水路を活用した実証実験と並行して、京北運動公園近くのバイオガスプラントの隣にある河川にて測量を行い、最適な水車設置場所およびその設置条件の検討を約1か月行った。設置見込みができた後、京北・左京山間部土木みどり事務所様と、京北六ヶ土地改良区様のご協力により実施検証を行うことができたが、農業用水路の利用と比較して、調整から設置まで時間がかかる事が分かった。

1月の4日間、ピコ水力発電を京北運動公園近くのバイオガスプラントの隣にある河川に設置した。ピコ水力発電の設置はこれまでの農業用水路での実証検証結果を水平展開して行った。本水力発電装置は、水嵩を高め、位置エネルギーを増やすことで発電効率を高めている。今回の検証においては、装置側面に原状復帰可能な遮水機構を設けて水嵩を上げよう試みた。河川の流量は11L/sであった。ピコ水力発電の発電について、水嵩が十分に上がらず、水車回転したものの継続的な発電の実現は困難だった。これは、河川の水路幅が広く、水の流量が少ないこと、水の流量に対して遮水機構から漏れ出す水の量が多かったことが主な原因として挙げられる。

ピコ水力発電の充電先のバッテリーを用いて人感センサーライト・防犯カメラへの電力

供給による活用を検討した。人感センサーライトにおいては、夜間における人感センサーの作動を確認した。防犯カメラにおいては、終日水力発電装置の撮影を行った。

水力発電装置の充電先であるバッテリーより水中ポンプへの電力供給による活用を検討した。ポンプの定格出力は 150W、消費電力は 340W であり、水の供給量は 2L/s であった。水 1t を供給する際に、水中ポンプを 14 分間作動する必要があることが分かった。水力発電装置の発電量よりも消費電力は大きいが、バッテリーと組み合わせることで電力供給が可能であることを確認した。



図 32 ピコ水力発電機の設置構想および河川への装置設置前後の様子



図 33 人感センサーライト・防犯カメラ・水中ポンプ設置の様子

水嵩を高めることによる河川への影響を調査した。水力発電装置を常設するにあたり、河川の水位上昇が懸念点として挙げられる。本検証に置いて、装置設置位置より 33m 上流地点において、水位は設置前後で変化がないことを確認した。



図 34 発電試験実施中の河川の様子

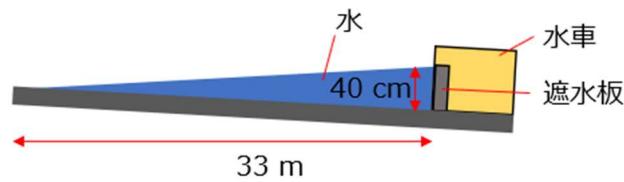


図 35 河川概要図

オ 今後の展開

ピコ水力発電機を河川に常設するにあたり、課題となる項目として堆積の問題が挙げられる。今回の検証では水嵩を高めることによる河川への影響は限定的であることが分かったが、雨天が続いた際など長期での運用を行った際の影響についても引き続き調査を進める必要がある。また、ユーザによっては設置希望の場所が指定される事もある為、水量が多少あり川幅がある場合についても、発電機構の工夫により発電できるポテンシャルを高め 3D ピコ水力発電装置の設置の候補先の選択制を高める検討を進めたい。

③フィージビリティ検討

ア 概要

本事業の調査にて得られた知見・データを活かし、地域内外の生ごみ賦存量や質、分別レベルの向上可能性、その他の有機系廃棄物の発生量・フロー等も踏まえて、現状のバイオガス化施設整備上の課題に留意しつつ、本格バイオガスプラントの能力にあわせて、持続可能な地域事業モデルに関するFSを行った。現状のフローや処理経費、環境負荷を推定し、地域住民にもわかる形で整理すると同時に、将来の継続性や脱炭素社会における役割などを示した。液肥利用が重要となることから、窒素循環にも着目した。

イ 方法

公益財団法人京都高度技術研究所が環境省委託事業として実施した「PHA系バイオプラスチックのライフサイクル実証と用途展開システム解析事業」におけるバイオガス化実証施設をモデルケースとして、事業性、二酸化炭素排出量削減効果の試算及び窒素循環に対する考察を行った。以下にモデルケースにしたバイオガス化実証施設の概要を記載する。

・バイオガス化施設のフロー

バイオガス化施設の処理対象は、京北地域の家庭からの生ごみと事業所等（レストラン、宿泊施設等）からの生ごみとし、ほぼ完全に生ごみを分別された状態で搬入するものを想定する。

また、バイオガス化施設は、イニシャルコスト低減のためにコンパクト化し、受入設備は本格的な選別設備を設置せず、発酵残渣（消化液）は、全量利用する方向で考え、バイオガスは給湯器での利用を行うものとして、京北運動公園内に設置された実証施設をモデルとした。

実証施設のフロー図は次のとおりである。

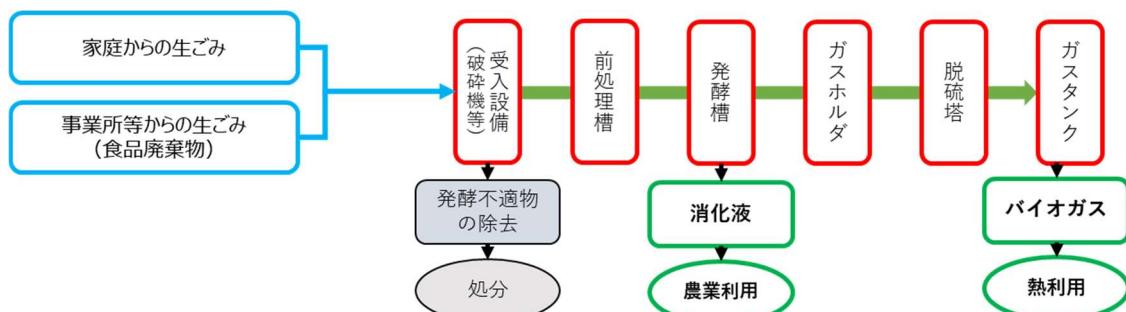


図 36 バイオガス化実証施設の処理フロー

・バイオガス化施設の処理能力

バイオガス化施設の処理能力は、実証施設の1t/日規模で、処理対象物の内訳は次のように想定した。

表 8 バイオガス化実証施設処理対象物量の内訳

地 域	ごみ種別	回収量設定	設定根拠
京北地域	家庭系生ごみ	0.1~0.2 t/日	1拠点10kg/日×10拠点程度を目安に始め徐々に増やしていくことを想定※
	事業系生ごみ	0.9~0.8 t/日	京北地域内のレストラン、宿泊施設、コンビニ、スーパー等から回収することを想定
市街地	事業系生ごみ		市街地のホテル、コンビニ、スーパー等から回収することを想定

・バイオガス化実証施設の設備平面図及び設備外観

バイオガス化実証施設の設備平面図及び設備外観は次のとおりである。

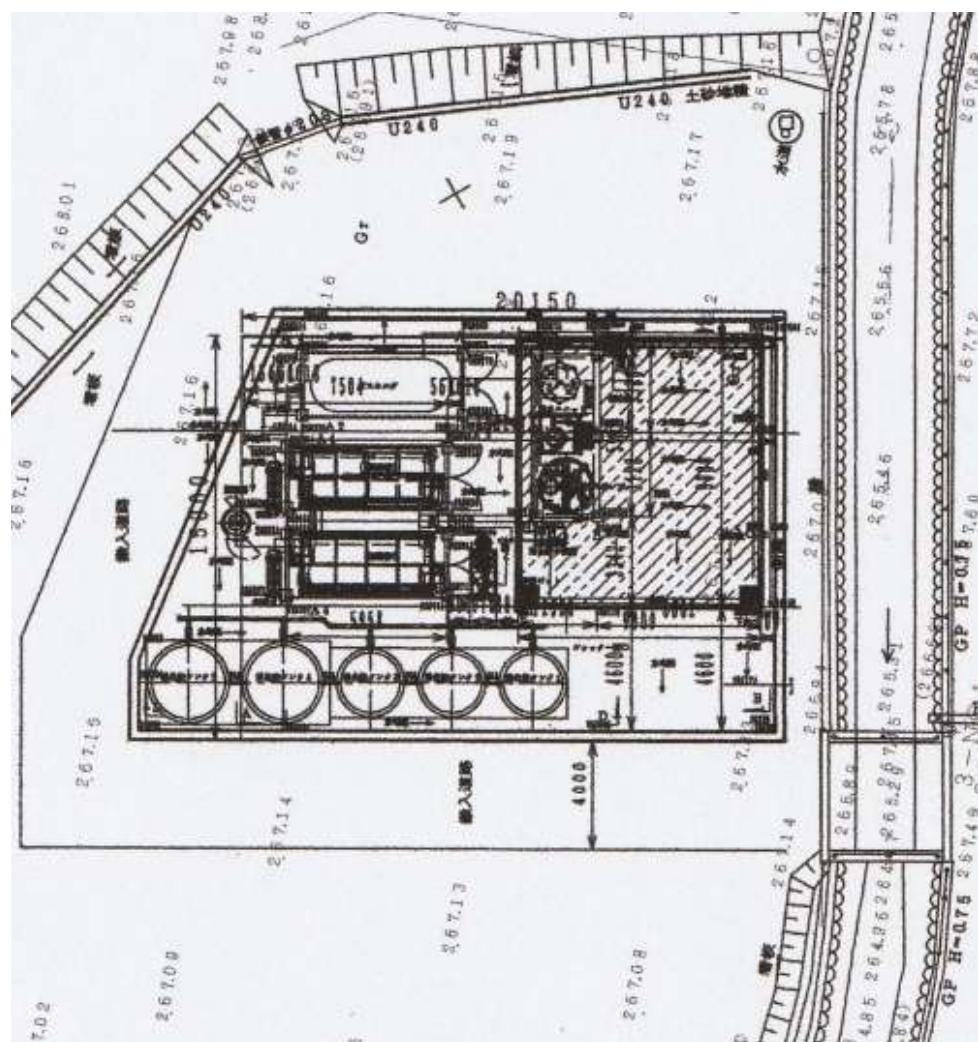


図 37 バイオガス化実証施設の設備平面図



図 38 バイオガス化実証施設の設備外観

・消化液の利用

バイオガス化施設から生成される消化液は、液肥の需要量または、需要時期など当該地域と調整を行った結果、常時利用全量を液肥として直接利用することが可能と判断されたため、全量を液肥として直接利用することとした。

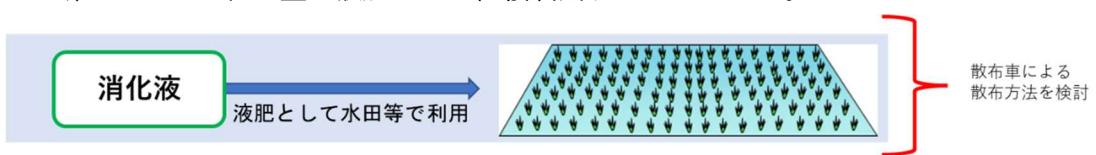


図 40 消化液を全量液肥として利用

・バイオガスの利用

1 t/日規模のバイオガス化施設においては、発生ガス量が少なく、発生供給熱量を満たすガスエンジンがないため、バイオガスをガス給湯器により全て温水に変換し、発酵槽等の機器加熱に利用するとともに、ビニールハウスの加温に利用する。

なお、設備稼働電力については、商用電力の買電により供給するが、当該地域で導入するソーラーシェアリングからの部分供給を今後検討する。

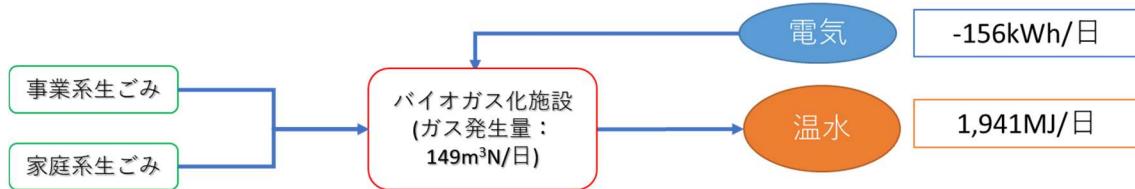


図 39 バイオガスの利用フロー

・バイオガス化実証施設の物質収支・エネルギー収支

バイオガス化実証施設の定格運転時の物質収支・エネルギー収支は次のとおりである。

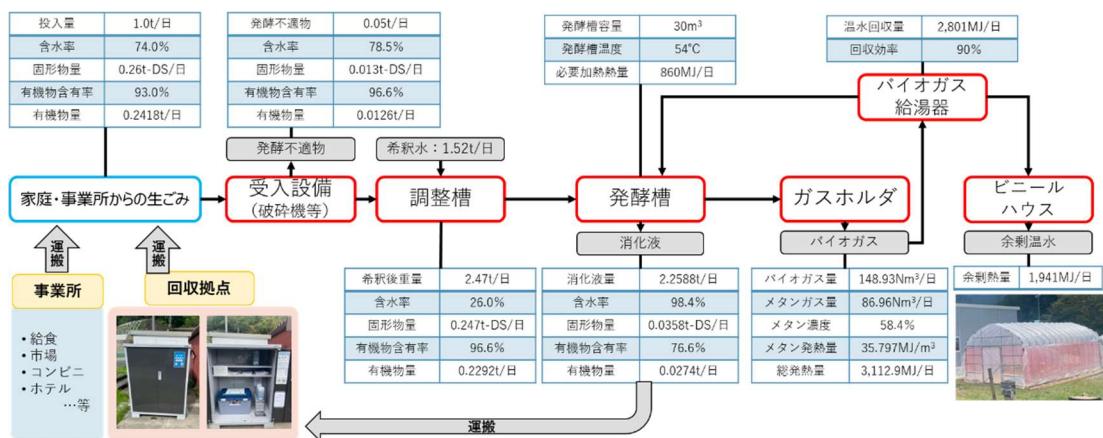


図 40 バイオガス化実証施設の定格運転時における物質収支・エネルギー収支

・バイオガス化実証施設からの温水による温室仕様の検討

バイオガス化実証施設の余剰温水による供給熱量で整備が可能な温室仕様を検討する。

温室仕様の検討にあたっては、次の条件を設定した。

- ① 温室目標設定温度を 10°C、当該地域に近い園部観測所の気温データより最低気温を -4.8°C とし、温度差 14.8°C を加温するものとした。
- ② 温室表面積 1 m²あたりの必要熱量 (kJ/h · m²) は、熱貫流率 (W · m² · °C) × 温度差 (°C) ÷ 1,000 × 3,600 とした。
- ③ 热貫流率は外張りのみの値 (9.5 W · m² · °C) とした。

以上により、試算した温室仕様は次のとおりである。

表 9 バイオガス化実証施設の排熱により整備可能な温室仕様

項目	単位	基準	備考
バイオガス化施設余剰熱量	MJ/日	1,941	計算値
蒸気⇒温水への熱交換損失	%	5%	想定値
温水による供給熱量	MJ/日	1,844	想定値
	kJ/h	76,831	
	kcal/h	18,351	
温室目標設定温度	°C	10	設定値（マンゴーを例に冬場の最低必要温度）
設置場所最低気温	°C	-4.8	園部観測所2020年測定値
最大温度差	°C	14.8	
熱貫流率（放熱係数）	W・m ² ・°C	9.5	外張りのみの定数値
温室表面積1m ² あたり必要熱量	kJ/h・m ²	506.16	熱貫流率（W・m ² ・°C）×温度差（°C）÷1,000×3,600
加温可能温室表面積	m ²	152	温水による供給熱量÷温室表面積1m ² あたり必要熱量
加温可能温室仕様 （間口）	m	5	
	m	9	
	m	4.5	
加温可能温室表面積	m ²	144	

ウ 結果

・事業コスト試算条件

事業コストを試算した。試算条件は次に示すとおりである。

表 10 事業コスト試算条件

項目			単位	番号	数値	計算根拠
A 施設条件	バイオガス化施設	施設整備費用	千円	A1	40,000	プラントの整備費用
		処理量	t/日	A2	1,0	設定値
		年間投入日数	日	A3	260	設定値
		年間処理能力	t/年	A4	260	$A4=A2 \times A3$
		処理能力1t/日あたりイニシャルコスト	千円/t	A5	40,000	$A5=A1 \div A2$
		バイオガス発生量	m ³ /N/日	A6	149.93	メーカー提示データ
	処理対象物	生ごみ搬入想定量（家庭系）	t/年	A7	26	0.1t/日×A3
		生ごみ搬入想定量（事業系）	t/年	A8	234	0.9t/日×A3
B 維持管理条件		施設搬入量合計	t/年	A9	260	$A6+A7$
		バイオガス化施設発酵不適物	t/年	A10	13	施設搬入量の5%
		年間保守・薬品・施設管理費用	千円/年	B1	3,000	メーカー見積（運転操作指示含む）の94%
		薬品消費量	千円/年	B2	0	年間保守・薬品・施設管理費用に含む
		設備補修費	千円/年	B3	0	故障時対応として、試算費用に含ます。
		投入作業人件費(収集費用含まず)	千円/年	B4	3,900	作業員1,500円/時×2人×5時間×260日（遠隔監視からの指示による設備操作含む）
		液肥散布人件費	千円/年	B5	1,334	作業員2,500円/時×3人×8時間×消化液年間発生量÷(4t/反×5反)
	消費電力	消費電力量	kWh/年	B6	53,588	設備機器の年間消費電力量
C 有価物生産量		電気料金単価	円/kWh	B7	17.0	R5年4月～12月の日消費電力当たり料金
		電気料金	千円/年	B8	911	$B6 \times B7$
		床洗浄・希釈水	千円/年	B9	381	R5年4月～12月の日平均水道料金単価733円/m ³ ×年間想定水道使用量(740m ³)
		残渣処理費	円/t	B10	30,000	運搬費別
		残渣処理費用	千円/年	B11	390	$A10 \times B10$
		年間ランニングコスト	千円/年	B12	9,916	$B1+B2+B3+B4+B5+B8+B9+B11$
	C堆肥	消化液	t/年	C1	445	$(A9-A10) \times 1.8$
		液肥利用率	%	C2	100%	
D 电力	堆肥（液肥）合計	t/年	C3	445	$C1 \times C2$	
		発電量	kWh/年	D1	0	発電なし
		自己消費分（発電量のうち）	kWh/年	D2	0	発電なし
		売電量	kWh/年	D3	0	発電なし
	E 熱	回収熱量	MJ/年	E1	691,998	エネルギー収支計算より
		自己消費（回収熱量のうち）	MJ/年	E2	223,701	メーカー提示データ
		余剰排熱量	MJ/年	E3	468,297	$E1-E2$
		灯油ボイラ熱回収効率	%	E4	97%	ミツラ燃料炊き蒸気ボイラ
G 収入単価		灯油ボイラ燃焼熱量	MJ/年	E5	482,780	$E3 \div E4$
		灯油熱量	MJ/L	E6	36.7	灯油の単位発熱量
		代替灯油量	L/年	E7	13,155	$E5 \div E6$
		液肥単価	円/t	G1	2,000	
		売電単価	円/kWh	G2	0	
		代替灯油相当単価	円/L	G3	0.00	2022年1月24日京都府灯油価格（2,036円/18L） ガソリン・灯油価格情報NAVI
		家庭系生ごみ処理単価	円/t	G4	0	
		事業系生ごみ処理単価（収集費用含まず）	円/t	G5	45,000	資源化処理単価
H 収入		液肥売却収入	千円/年	H1	889	$C3 \times G1$
		売電収入	千円/年	H2	0	$D3 \times G2$
		代替灯油相当費用	千円/年	H3	0	$E7 \times G3$
		家庭系生ごみ処理費収入	千円/年	H4	0	$A7 \times G4$
		事業系生ごみ処理費収入	千円/年	H5	10,530	$A8 \times G5$
		収入合計	千円/年	H6	11,419	$H1+H2+H3+H4+H5$
I 施設整備費償還		施設整備費	千円	I1	40,000	A1
		補助対象事業費	千円	I2	40,000	$I1 \times 100\%$
		補助率	%	I3	50%	
		補助額	千円	I4	20,000	$I2 \times I3$
		自己財源	千円	I5	2,000	$(I1-I4) \times 10\%$
		借入額	千円	I6	18,000	$I1-I4-I5$
		借り入れ金利	%	I7	0.750%	地方公共団体金融機関固定金利貸付期間14年超15年以内据置期間無し

・事業コスト試算結果

事業コストの試算結果は、次の通りで、バイオガス化実証施設をモデルにした試算では、人件費を最小化し、事業系生ごみ処理費及び消化液の液肥売却費を徴収することで、9年目には事業収支が黒字に転じるものと予想される。

表 11 事業コスト試算結果

項目		初年度 (プラント準備)	2年目以降	15年間累積
支出	自己資金	2,000千円/年		
	ランニングコスト		9,916千円/年	148,737千円/年
	借入返済額		1,273千円/年	21,099千円/年
	支出合計	2,000千円/年	11,189千円/年	169,836千円/年
収入	事業系生ごみ処理費		10,530千円/年	157,950千円/年
	液肥売却収入		889千円/年	13,335千円/年
	収入合計		11,419千円/年	171,285千円/年
事業収支		-2,000千円/年	230千円/年	1,449千円/年

注) ランニングコストは、年間保守費、薬品・消耗品他費用、設備補修費、人件費、電力料金、水道料金、残渣処理費とした。

④窒素循環に対する考察

我が国の窒素循環を土地系を中心に模式的に示すと次のとおりで、原料等の輸入によって窒素が国内に流入し、それぞれの活動によって土地系で変換・消費された後、水環境、大気環境へと放出される。

窒素の蓄積量は、生活系への蓄積量が著しく増加し、また土地系への蓄積も大きくなっているとされており、これらは、排水による閉鎖性水域での富栄養化や硝酸性窒素等による地下水汚染、さらに、一酸化二窒素としての大気放出による地球温暖化の問題が顕在化している。

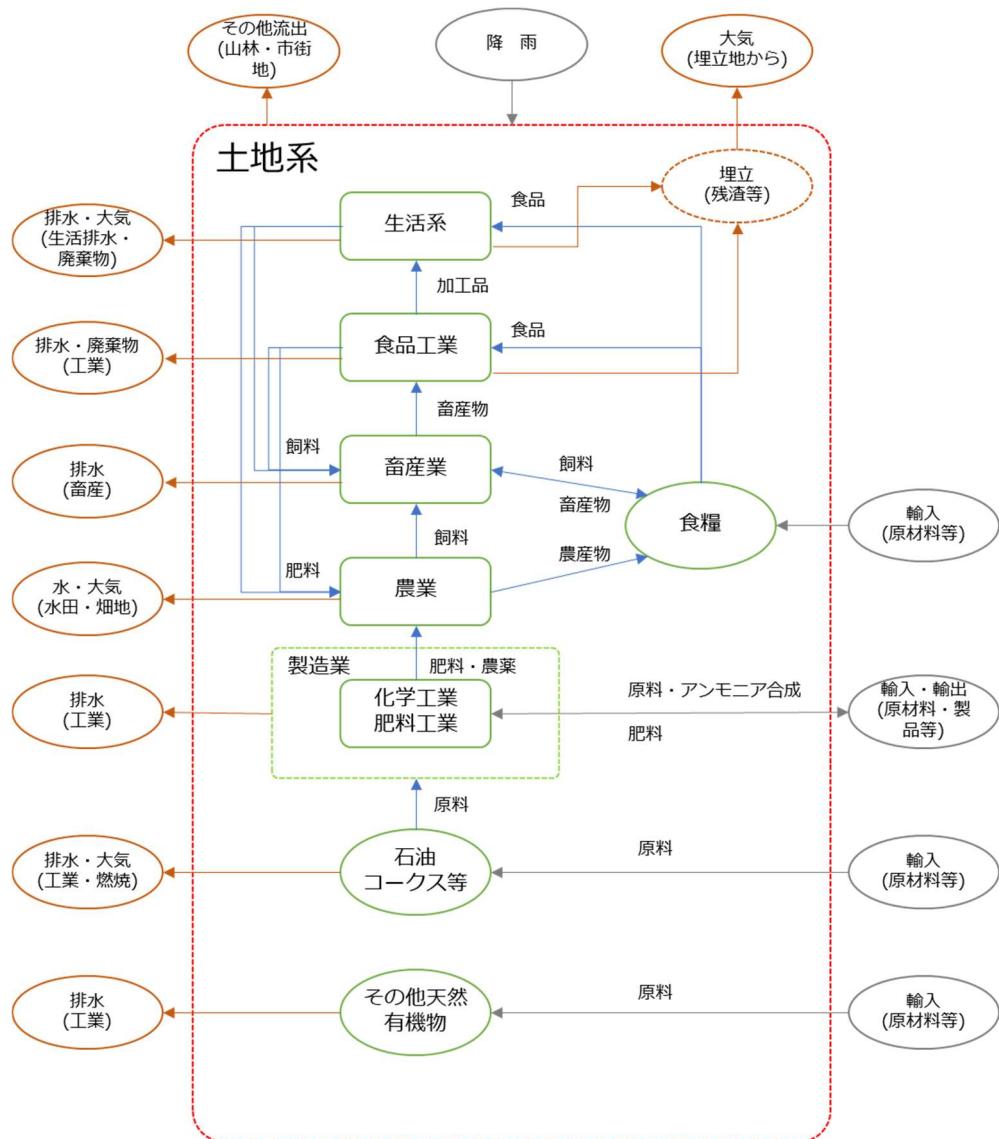


図 41 我が国の窒素循環模式図

(資料:「硝酸性窒素等地域総合対策ガイドライン-技術・資料編- 令和3年3月 環境省
水・大気環境局 土壌環境課 地下水・地盤環境室」より図8.2を加工)

「農業を中心とした窒素循環においては、本来、生態系のプロセスによって大気から固定された窒素量と有機体窒素が土壤微生物の分解により窒素ガスとして大気中に戻された量はほぼ均衡されている。しかし、化学肥料の出現と施用、工業生産物の散逸・廃棄といった人間活動により、土壤環境に多量の窒素が蓄積されている。」（出典：「化学肥料に関する知識 BSI 生物化学研究所 FileNo.11 肥料と生態系の窒素循環」）とあるように、化学肥料の大量生産と施用が窒素循環に支障を及ぼす可能性が高いことが示唆されている。

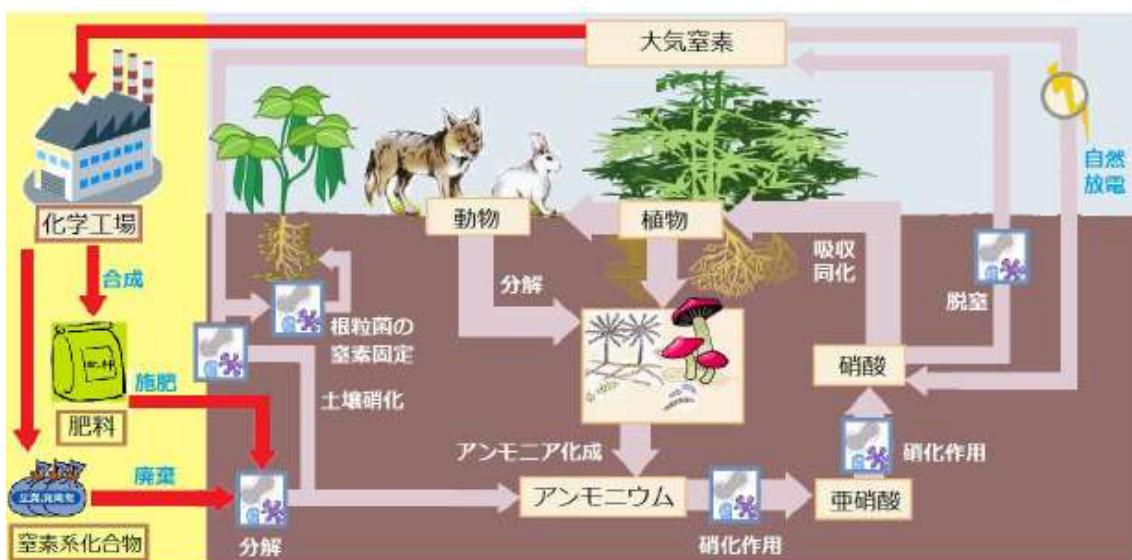


図 42 化学肥料と窒素計化合物を含む地球生態系の窒素循環

（資料：「化学肥料に関する知識 BSI 生物化学研究所 FileNo.11 肥料と生態系の窒素循環」 <https://bsikagaku.jp/f-knowledge.html>）

一般に、植物による肥料中の窒素吸収率は、施肥量の 30~50% と言われており、植物に吸収されず、土壤に蓄積した窒素は、前述した窒素循環の模式図に示すとおり、水環境、大気環境へと流出し、水域へ流出した窒素は、海域の富栄養化、地下水の硝酸汚染、大気に放出された窒素は、酸性雨や地球温暖化の問題を引き起こす要因になっている。

地球温室効果ガスのひとつである一酸化二窒素について、耕地において、化学肥料と有機肥料による施肥を行った場合排出係数を次に示した。

施肥による地球温室効果ガス（一酸化二窒素）の排出は、化学肥料による場合で大きくなることが多く、有機肥料の積極的使用が地球温暖化に対して効果的であることが推測される。

表 12 施肥による一酸化二窒素の排出係数

(単位: t-N₂O/ha)

区分	化学肥料の施肥による排出係数	有機肥料の施肥による排出係数
野菜	0.0021	0.0023
水稻	0.00030	0.00016
果樹	0.0014	0.0011
茶樹	0.0210	0.0075
ばれいしょ	0.00120	0.00077
飼料作物	0.0010	0.0010
麦	0.00100	0.00055
そば	0.00040	0.00018
豆類	0.00030	0.00061
かんしょ	0.00060	0.00086
桑	0.0016	0
たばこ	0.0015	0.0011
工芸作物	0.00220	0.00038

バイオガス化施設により、生活系生ごみ及び事業系生ごみをバイオガス化し、消化液の全量を肥料として利用する本事業モデルにおいては、現状の窒素循環に対して、次の効果が得られるものと考察される。

- ・ 従来、生活系・事業系の生ごみを焼却処理することにより一酸化二窒素が排出されていたが、バイオガス化処理により処理過程では一酸化二窒素の排出がなくなる。
- ・ バイオガス化処理により得られる消化液は、有機肥料であり、消化液を液肥として利用することにより、化学肥料の代替が行われ、一酸化二窒素の排出抑制を図ることができる。
- ・ 本事業モデルにおいては、区域内で、生ごみの排出、バイオガス化処理、消化液（液肥）の全量農業利用、収穫農作物の区域内消費といった区域内での地産地消ループを行うこととしており、窒素循環を区域内でできるだけ完結することができる。

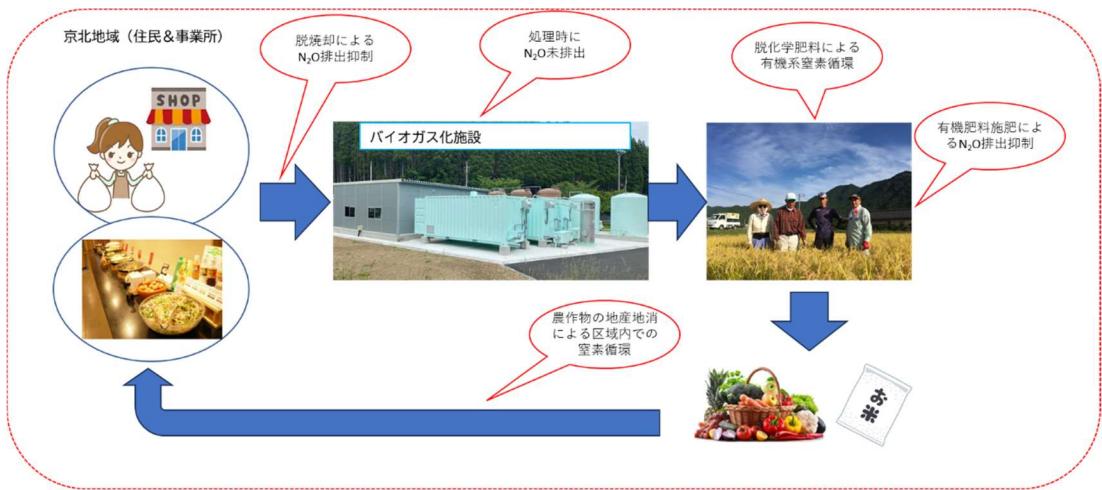


図 43 本事業における窒素循環模式図

(4) 二酸化炭素排出量削減効果

本事業における二酸化炭素排出量の削減効果について試算する。

・バイオガス化施設の導入による二酸化炭素削減効果

バイオガス化施設の導入による CO₂ 削減効果は、「バイオガス化施設導入によるもの」、「バイオガス化施設の余剰温水での温室加温によるもの」、「バイオガス化施設の排ガスでの温室 CO₂ 富加によるもの」に分けられる。

➤ バイオガス化施設の導入によるもの

バイオガス化施設の導入による CO₂ 削減効果を比較するフロー図は次に示すとおりである。

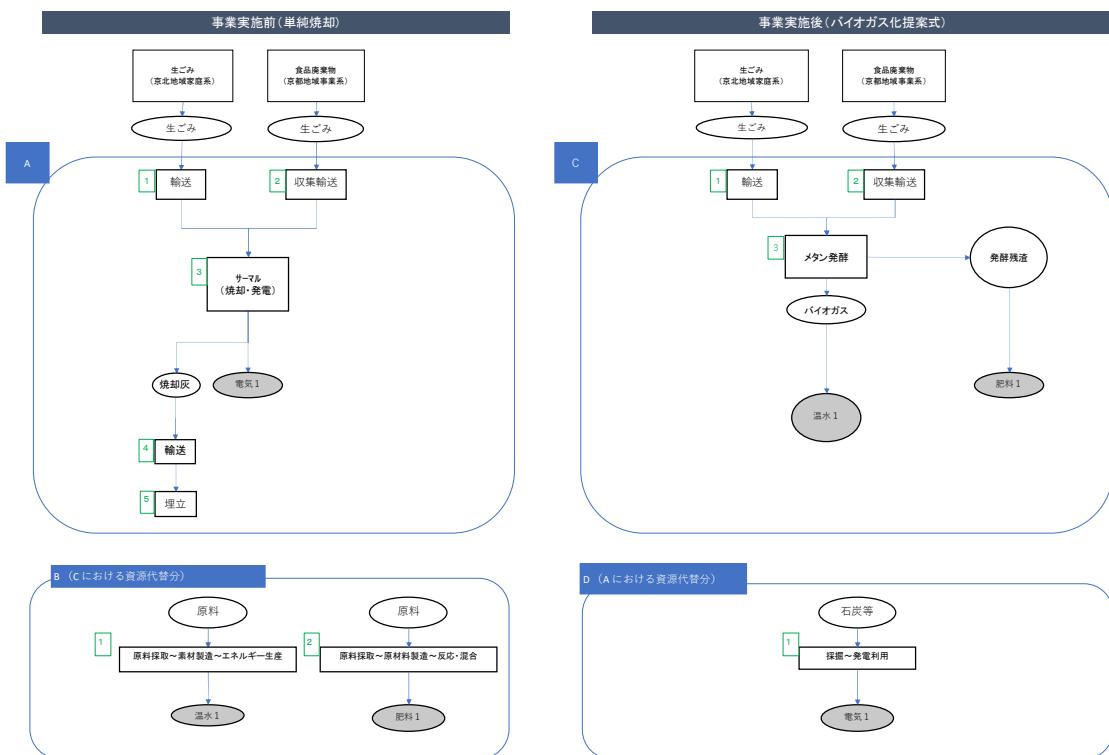


図 44 バイオガス化施設導入前後のバウンダリーフロー図

✧ バイオガス化施設導入による CO₂ 削減効果

前述のバウンダリーフロー図におけるそれぞれの 1 t/日 規模のバイオガス化施設導入による CO₂ 削減効果算出結果はつぎのとおりであり、年間の CO₂ 削減量は 334 t -CO₂ /年となる。

表 13 バイオガス化施設 (1t/日) 導入による CO₂削減効果算出表

i 事業実施前(現状)

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位			排出量 (CO ₂ e-kg/t)	
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値		
A	1	輸送	A001	ごみ1tあたり輸送量(c)	30.0	tkm	A002	1tkmあたりのCO ₂ 排出量(d)	0.367	kg-CO ₂ /tkm	11.0
	2	収集輸送	A003	ごみ1tあたり輸送量(c)	61.0	tkm	A004	1tkmあたりのCO ₂ 排出量(d)	0.367	kg-CO ₂ /tkm	22.4
	3	サーマル (焼却・発電)	A006	ごみ1t当たりの電気使用量(b)	125	kWh/ごみt	A008	1kWh当たりのCO ₂ 排出係数(c)	0.579	kg-CO ₂ /kWh	72.4
			A007	ごみ1t当たりの燃料使用量(c)	3	L/ごみt	A009	A重油1L当たりのCO ₂ 排出係数(e)	2.71	kg-CO ₂ /L	8.1
	4	輸送	A010	ごみ1tあたり輸送量(d)	2.5	tkm	A011	1tkmあたりのCO ₂ 排出量(e)	0.101	kg-CO ₂ /tkm	0.3
	5	埋立	A012	ごみ1tあたり焼却灰搬出量(a)	100	kg/ごみt	A013	埋立時の1kg当たりのCO ₂ 排出量(b)	0.0379	kg-CO ₂ /t	3.8
合計										117.9	

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位			排出量 (CO ₂ e-kg/t)	
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値		
B	1	原油採取～素 材製造～エネ ルギー生産	B001	ごみ1t当たりの温水回収量(a)	9.00	m ³ /ごみt	B002	温水1kg当たりのCO ₂ 排出量(b)	0.1656	kg-CO ₂ /kg	1.5
	2	原油採取～素 材製造～反 応・混合	B003	ごみ1t当たりの肥料生 成量(a)	2,259	kg/ごみt	B004	肥料製造1kg当たりの CO ₂ 排出量(b)	0.5890	kg-CO ₂ /kg	1,330.4
	合計									1,331.9	

ii 事業実施後

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位			排出量 (CO ₂ e-kg/t)	
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値		
C	1	輸送	C001	生ごみ1tあたり輸送量(c)	3.0	tkm	C002	1tkmあたりのCO ₂ 排出量(d)	0.367	kg-CO ₂ /tkm	1.1
	2	収集・輸送	C003	ごみ1tあたり輸送量(c)	3.0	tkm	C004	1tkmあたりのCO ₂ 排出量(d)	0.367	kg-CO ₂ /tkm	1.1
	3	メタン発酵	C006	ごみ1t当たりの電気消費量(b)	156.0	kWh/ごみt	C007	1kWh当たりのCO ₂ 排出係数(c)	0.579	kg-CO ₂ /kWh	90.3
	合計									92.5	

カテゴリ	NO	プロセス	活動量				排出原単位			排出量 (CO ₂ e-kg/t)	
			参照番号	項目名	数値	単位	参照番号	原単位名	数値		
D	1	採掘～発電利 用	D001	ごみ1t当たりの発電量 (a)	124.30	kWh/ごみt	D002	1kWh当たりのCO ₂ 排出係数(b)	0.579	kg-CO ₂ /kWh	72.0
	合計									72.0	

表 14 バイオガス化施設導入による CO₂削減効果算出結果まとめ

i 1t当たりの削減量

カテゴリ	項目	排出量 (CO ₂ e-kg/t)
A	現状(ベースライン)の排出量	117.9
B	事業実施時の代替分	1,331.9
C	事業実施時の排出量	92.5
D	現状(ベースライン)の代替分	72.0
	CO ₂ 削減効果(A+B)-(C+D)	1,285.4

ii 年間削減量

年間処理量(想定)	項目	処理量(t)
	年間処理量(想定)	260
カテゴリ	項目	排出量 (CO ₂ t/年間)
A	現状(ベースライン)の排出量	31
B	事業実施時の代替分	346
C	事業実施時の排出量	24
D	現状(ベースライン)の代替分	19
	CO ₂ 削減効果(A+B)-(C+D)	334

➤ バイオガス化施設の温水での温室加温によるもの

バイオガス化施設の余剰蒸気または温水で温室加温を行う場合に、従来設備で消費するエネルギーから代替されることによる CO₂削減効果を算出する。

✧ 1t/日規模のバイオガス化施設からの温室加温の場合

算出結果は、次のとおりで、年間の CO₂削減量は 44t-CO₂/年となる。

表 15 バイオガス化施設からの余剰排熱

排熱利用量	1,941 MJ/日
排熱利用量(時間あたり)	81 MJ/h

表 16 施設園芸用温風暖房でのエネルギー消費量

発熱量	327 MJ/h
LPG消費量	6.48 kg/h
消費電力	1.100 kW
台数	0.25 基
発熱量	81 MJ/h
LPG消費量	1.61 kg/h
消費電力	0.273 kW

表 17 従来設備で消費されるエネルギー

稼働日数	365 日
LPG消費量	14,077.67 kg/年
消費電力	2,389.728 kWh/年

表 18 従来設備からのエネルギー代替による CO₂削減効果

エネルギー種別	年間エネルギー消費量			排出係数		年間CO ₂ 削減量		年間CO ₂ 削減原単位	
	導入前	導入後	単位						
商用電力	2,390	0	kWh/年	0.579	kgCO ₂ /kWh	1384	kgCO ₂ /年	1,383.7	kgCO ₂ /年/式
都市ガス	0.00	0.00	Nm ³ /年	2.23	kgCO ₂ /Nm ³	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
一般炭	0.00	0.00	kg/年	2.33	kgCO ₂ /kg	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
LPG(重量ベース)	14,077.67	0.00	kg/年	3.00	kgCO ₂ /kg	42233	kgCO ₂ /年	42,233.0	kgCO ₂ /年/式
LPG(体積ベース)	0.00	0.00	m ³ /年	6.55	kgCO ₂ /m ³	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
LNG	0.00	0.00	kg/年	2.70	kgCO ₂ /kg	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
灯油	0.00	0.00	L/年	2.49	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
A重油	0.00	0.00	L/年	2.71	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
C重油	0.00	0.00	L/年	3.00	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
ガソリン	0.00	0.00	L/年	2.32	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
軽油	0.00	0.00	L/年	2.58	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
ジェット燃料	0.00	0.00	L/年	2.46	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
水素	0.00	0.00	Nm ³ /年	0.00	kgCO ₂ /Nm ³	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
その他1	0.00	0.00	●/年	0.00	kgCO ₂ /●	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
その他2	0.00	0.00	■/年	0.00	kgCO ₂ /■	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
削減原単位[kgCO ₂ /年/式]						43,616.7	kgCO ₂ /年/式		

注)「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック 補助事業申請者向けハード対策事業計算ファイル」により算定

➤ バイオガス化施設の排ガスでの温室 CO₂富加によるもの

温室への CO₂富加は、温室作物の収量増加に効果的であるとされている。そこで、ここでは、市場で流通している光合成促進装置の設備仕様をもとに、本事業で加温可能な温室面積における CO₂富加をバイオガス化施設からの排ガスで代替した場合の消費エネルギー削減量から CO₂削減効果を算出する。

✧ 1t/日規模のバイオガス化施設からの温室 CO₂富加の場合

算出結果は、次のとおりで、年間の CO₂削減量は 2t-CO₂/年となる。

表 19 バイオガス化施設による加温可能な温室面積

温室面積	45 m ²
------	-------------------

表 20 光合成促進装置の設備仕様

CO ₂ 発生量	4.29 kg/h
供給面積	530 m ²
LPG消費量	1.70 kg/h
消費電力	0.160 kW

注)ネポンCG-205S1

表 21 光合成促進装置の稼働率及び消費エネルギー

稼働率	8.5%
LPG消費量	0.14 kg/h
消費電力	0.01 kW

表 22 従来設備で消費されるエネルギー

稼働日数	365 日
LPG消費量	632.21 kg/年
消費電力	59.502 kWh/年

注)稼働時間は昼間12時間とする。

表 23 従来設備からのエネルギー代替による CO₂削減効果

エネルギー種別	年間エネルギー消費量			排出係数		年間CO ₂ 削減量		年間CO ₂ 削減原単位	
	導入前	導入後	単位						
商用電力	60	0	kWh/年	0.579	kgCO ₂ /kWh	34	kgCO ₂ /年	34.5	kgCO ₂ /年/式
都市ガス	0.00	0.00	Nm ³ /年	2.23	kgCO ₂ /Nm ³	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
一般炭	0.00	0.00	kg/年	2.33	kgCO ₂ /kg	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
LPG(重量ベース)	632.21	0.00	kg/年	3.00	kgCO ₂ /kg	1897	kgCO ₂ /年	1,896.6	kgCO ₂ /年/式
LPG(体積ベース)	0.00	0.00	m ³ /年	6.55	kgCO ₂ /m ³	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
LNG	0.00	0.00	kg/年	2.70	kgCO ₂ /kg	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
灯油	0.00	0.00	L/年	2.49	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
A重油	0.00	0.00	L/年	2.71	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
C重油	0.00	0.00	L/年	3.00	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
ガソリン	0.00	0.00	L/年	2.32	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
軽油	0.00	0.00	L/年	2.58	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
ジェット燃料	0.00	0.00	L/年	2.46	kgCO ₂ /L	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
水素	0.00	0.00	Nm ³ /年	0.00	kgCO ₂ /Nm ³	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
その他1	0.00	0.00	●/年	0.00	kgCO ₂ /●	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
その他2	0.00	0.00	■/年	0.00	kgCO ₂ /■	0	kgCO ₂ /年	0.0	kgCO ₂ /年/式
削減原単位[kgCO ₂ /年/式]						1,931.1	kgCO ₂ /年/式		

注)「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック 補助事業申請者向けハード対策事業計算ファイル」により算定

➤ バイオガス化施設の導入による CO₂削減効果まとめ

本事業によるバイオガス化施設の導入による CO₂削減効果は、380t-CO₂/年となる。

表 24 バイオガス化施設の導入による CO₂削減効果まとめ (1t/日規模)

項目	CO ₂ 削減量 (CO ₂ -t/年間)
バイオガス化施設の導入	334
バイオガス化施設による温室加温	44
バイオガス化施設による温室CO ₂ 富加	2
合計	380

（5）事業終了後の横展開の可能性

・横展開の可能性及び課題の概要

生ごみの回収、液肥の農業利用は、全国各地で展開できるポテンシャルがあると考えている。それにあたっての共通課題も明らかになってきた。ここでは、まずその概要を述べると共に、以降で、各側面から掘り下げる。

家庭からの回収にあたっては、行政や地域のグループ（町内会など）との連携が重要であり、本事業では、短時間ながらも連携体制を一定構築することができた。

事業者からの回収にあたっては、手間や費用の負担が増えることよりも、資源循環によることによるメリットを大きくすること、そのために取り組み自体をブランド化することが重要であることがわかつてきた。

液肥利用にあたっては、全量をスムーズに消費できるよう、協力的な農家をみつけること、1年を通して液肥を消費できるような用途をみつけること、液肥を貯留できること、一般の方による液肥利用も多くすることで、受容性や理解を高めることがポイントとなりそうである。

持続可能な事業とするための組織形成にあたっては、生産（液肥利用・農業生産）、消費（生ごみ排出・農産物利用）、ロジ（プラント管理・運搬）に分かれて進めつつ、全体の連携を図ることで、実現可能性を高めることが重要である。

これらは、今後、様々な場面で発信し、解決へのヒントを得ると同時に、本事業の自走化を目指す中で、実践的に解決を試みたい。

・本事業の定量的評価

～とくに京北地域（地方）と京都市街地（都市域）との間の物流にかかる環境負荷の評価～

京北地域（里山）と京都市街地との間の物流にかかる環境負荷の評価にあたり、京北地域内で消費する場合は、京都市街地で消費する場合に比べて、運搬時の CO₂ の排出量は約 5% で済む。京北での栽培野菜を市街地へ運搬する物流に関しては、栽培野菜を京北地域だけで消費することが難しいという観点から、需要の大きい市街地へ運搬することはやむを得ないと考えており、その中で、低炭素型農業による農作物という環境価値を付加することで、一般的な農業地域から人口が集中している市街地への物流に比べて優位性があると考えられる。

仮に、バイオガス化施設から排出される CO₂ 分で消化液（肥料）を生成したとすると約 93 CO₂ -kg の排出量となるが、バイオガス化施設で生成する肥料分の化学肥料を製造する時の CO₂ 排出量は約 1,330 CO₂ -kg となり、バイオガス化施設で肥料を生成すると CO₂ の排出量は 7% に削減される。

したがって、市街地への運搬時に増加する CO₂ 排出量は、農作物の栽培時に使用する肥料による CO₂ 排出量と比べると相対比に大きな差はないと考えることができる。

さらに、施肥後の N₂O については、化学肥料による施肥では、野菜で 0.021 t -N₂O/ha

(6.258t-CO₂/ha) の排出があるが、消化液を肥料として使用した場合には、バイオマス由来の N のため、N₂O は排出されない。畑・水田への施肥による温室効果ガスの排出も考慮に入れると、物流による温室効果ガスの増加を軽減できると考えられる。

・1トンのメタン発酵処理がもつ全国的な波及効果

日量 1 トンという処理能力は、京北地域の家庭・事業者から排出される生ごみのほか、地域の外の市街地の生ごみも受け入れができる規模である。1年間で生産される液肥はおよそ 15ha の田畠で消費する量に相当し、地域の専業農家 1 軒と連携すれば全量使えるような規模である。肥料の供給という点では、供給能力はさらに拡大できる余地はある。

一方で、水田利用を中心にはすれば、液肥を貯留する必要がある。しかし、貯留槽の建設にかかる費用が大きな負担となる。様々な地域への展開可能性を考えれば、廃校のプールなど、遊休施設を活用することも一案と考えられる。

しかし、京北地域がそうであったように、地域の多くの方との合意形成を得るために時間かけて実績を重ねる必要がある。こうした点を考慮すると、日量 1 トンという規模はパイロット版の導入としての役割を果たすのに適した規模であると評価できる。

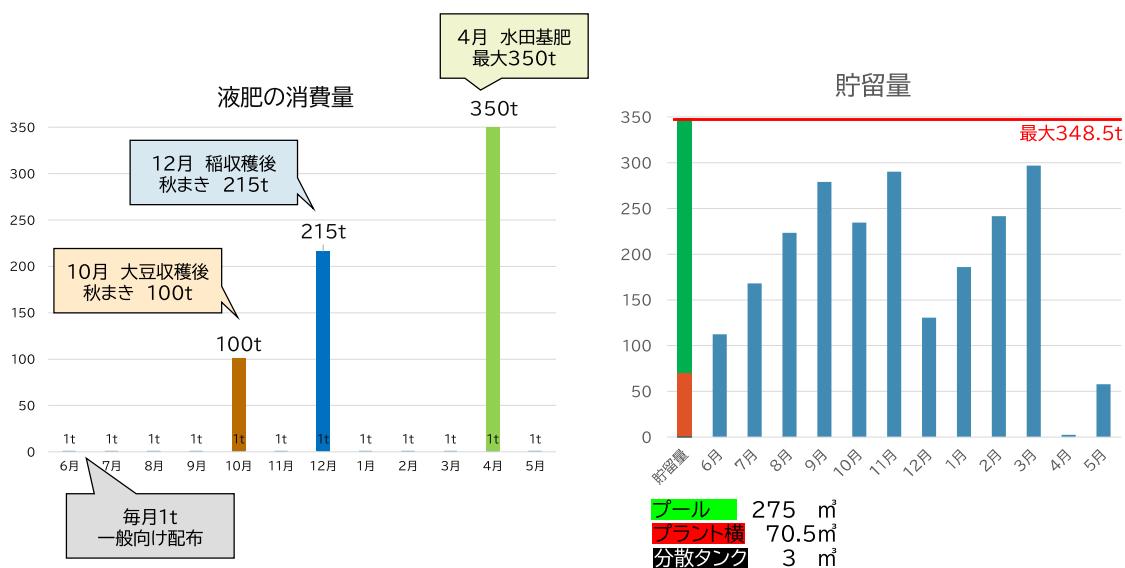


図 45 液肥の散布と貯留の計画例（稲・大豆中心に散布し貯留量が多い場合）

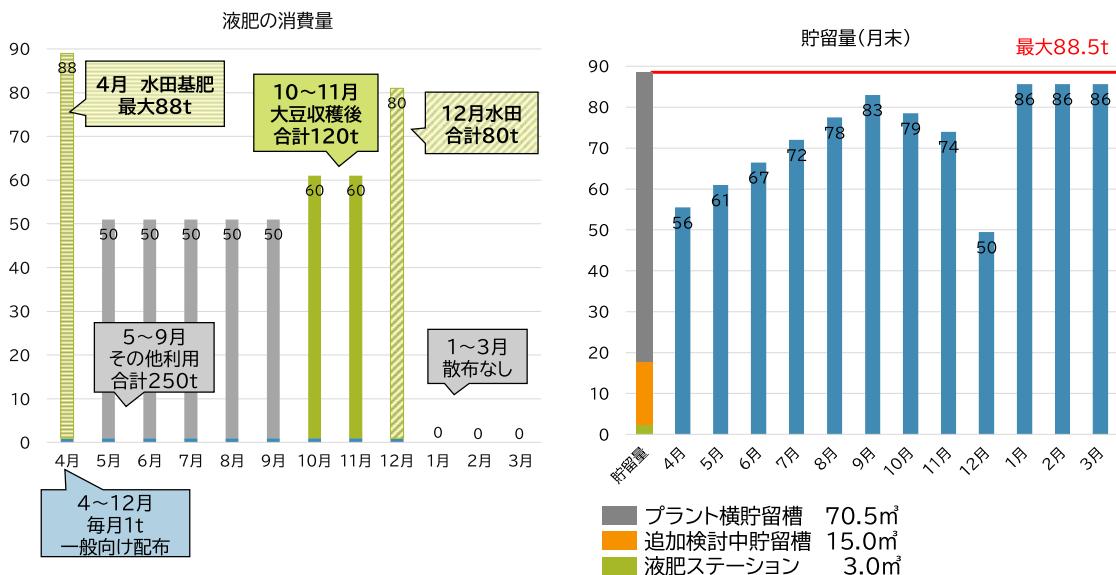


図 46 液肥の散布と貯留の計画例（1年を通して散布し貯留量を抑えた場合）

（6）令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業（生ごみバイオガス化施設のオンライン利用による脱炭素型農業を核とした里山・都市循環）検討会の開催

業務の円滑な実施のため、令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業（生ごみバイオガス化施設のオンライン利用による脱炭素型農業を核とした里山・都市循環）検討会を設置し、1回開催した。各回の検討会の詳細については、以下のとおりである。なお、開催は現地・オンラインのハイブリッド開催とした。

第5回 検討会

日 時：令和5年7月21日（金）9:00～12:00

場 所：京都里山 SDGs ラボ「ことす」内リシンクホール及びオンライン会議

内 容：①事業概要、計画及び進捗説明、②今後の事業計画・見通し

提案・助言：拠点の活用方法、地域内で協力しあえる仕組み、里山と都市部が連携した資源循環のあり方について、グループ別の討議をおこない、様々なステークホルダーをまきこんだ資源循環の実現に向けご助言・ご提案を頂いた。

表 25 第5回検討会の参加者

氏名	所属・役職
間藤 徹	京都大学・名誉教授
田中 章仁	自治振興会会长
岡本 祥二	京北宇津地区自治会長
由里 保	京北黒田地区自治会長
田中 正則	京北周山地区自治会長
中田 義弘	京北細野地区自治会長 代理
河原林 勝	京北山国地区自治会長
佐伯 芳成	京北弓削地区自治会長
水口 紀久夫	（有）山国さきがけセンター・代表取締役 代理
田中 利朗	京北山国地域ごみ減量推進会議・会員
大島 伸二	京都市立京北病院・事務管理者／統括事務長
覗渕 八重子	北桑会 高齢者総合福祉施設 しゅうざん・施設長
百瀬 則子	（公財）Save Earth Foundation
西村 邦宏	京都市産業観光局京北・左京山間部農林業振興センター・所長
大沼 康宏	京都市 環境政策局 循環型社会推進部（※田中 良平 委員（京都市環境政策局 循環型社会推進部・部長）代理
小泉 哲	京都市右京区京北出張所・所長
日垣 淳 北垣 芳彦	環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課 課長補佐 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課 係長

後藤 勇喜 則竹 愛弘	環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課 環境専門員 環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課 環境専門員
事務局	藤田 稔 (株)リコー 斎藤 啓 (株)リコー 尾崎 大輔 (株)リコー 大関 はるか (有)ひのでやエコライフ研究所 渡邊 翔太 (一社)びっくりエコ研究所／安田産業(株) 光本 年男 (一社)びっくりエコ研究所／JT 青野 肇 (一社)びっくりエコ研究所／(株)エックス都市研究所 中嶋 勇喜 (一社)びっくりエコ研究所／(株)エックス都市研究所 丸谷 一耕 (一社)びっくりエコ研究所／NPO法人木野環境 上田 祐未 (一社)びっくりエコ研究所／NPO法人木野環境 梶谷 彰宏 (一社)びっくりエコ研究所 浅利 美鈴 (一社)びっくりエコ研究所／京都大学 長田 守弘 公益財団法人京都高度技術研究所 (A S T E M)

(7) 「令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業 審査等委員会」への出席

環境省が実施する「令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業 審査等委員会」へ出席し、業務報告を行った。

日時：令和6年1月31日（水）15：00～15：35

場所：オンライン会議

内容：本事業内容についての審査等委員会への業務報告

(8) 令和5年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO₂対策普及促進方策検討委託業務ヒアリング等への協力

環境省が実施する「令和5年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO₂対策普及促進方策検討委託業務」ヒアリング等へ協力した。

(9) 共同実施者との打合せ

共同実施者とは、毎週月曜（祝日除く）9:00～9:30に、オンラインにて、進捗や予定について情報交換する機会を設けた。

3 全体まとめ

中山間地域や小規模自治体において、従来の焼却処理を基調とした廃棄物処理から転換し、持続可能なシステムを構築し、脱炭素化社会・地域循環共生圏への道筋を示すことが求められている。そこで、昨年度に引き続き、典型的な中山間地域である京都市京北地域をフィールドとして、バイオガス化処理と脱炭素型農業を核に、地域の様々な資源・エネルギーを活用する多角的なアプローチによる実証を行い、他地域へと普及・展開できるモデルの構築に取り組んだ。

「(1) 脱炭素社会を見据えた家庭ごみ 3R 抛点モデルの構想及び実証」においては、廃校である京都里山 SDGs ラボ「ことす」を拠点に、マンガ本や洋服などのリユースを促進する住民交流イベント「京北めぐる市」を毎月開催したり、ワークショップ、アップサイクル作品の展示イベント等を企画して、3Rへの理解を深める機会の創出に取り組んだ。

また、地域住民には脱炭素型の暮らしへの変革を自分ごと化するきっかけを作るため、小学 4 年生のクラスを対象とした連続授業を試行し、そのノウハウをもとにプログラムを作成した。

この他に、不要なプラスチックを持ち込んで 3D プリンターで水車などをつくるワークショップや、全戸配布するニュースレター、オンライン配信イベント「SDGs 問答」といった試みを通じて新たなコミュニケーションが生まれ、住民理解が順調に広がり、ごみ・資源に対するマインドセット変容の仕掛け・モデルが一定できた。

「(2) 有機物循環モデル構築への拠点実証」においては、本格バイオガスプラントの運用が始まったことから、小型バイオガスプラントの実演を 6 月に終了し、協力家庭による生ごみ分別行動のスムーズな移行を促した。液肥の使い方を周知することで、協力率の向上を図った。

京北地域の農家や住民を対象に、研究会を 2 回実施し、液肥の認知度を高めることと、地域のニーズに合った液肥散布計画を検討した。液肥の効率的な散布方法を確立するために、①トラクターを用いる液肥散布、②流しこみ、③ローリー車からの直接散布を実施した。いずれも大きな初期投資をかけずに実施可能であることを確認した。

液肥を使って栽培した米や野菜について、各農家が個別に PR するのではなく、共通のブランドとして発信していくことが重要だと考えられたことから、液肥を活用した循環のしくみ自体のブランド化や PR を目指すこととした。持続可能な事業とするための組織形成にあたっては、生産（液肥利用・農業生産）、消費（生ごみ排出・農産物利用）、ロジ（プラント管理・運搬）に分かれて進めつつ、全体の連携を図ることで、実現可能性を高められると考えられた。

生ごみの回収、液肥の農業利用を全国各地で横展開するにあたっての共通課題として、家庭からの回収にあたっては行政や地域のグループ（町内会など）と連携すること、事業者からの回収にあたっては資源循環に関わることによるメリットを大きくすること、そのため取り組み自体をブランド化がすることが重要であること、液肥利用にあたっては全量を

スムーズに消費できるよう、協力的な農家をみつけること、1年を通して液肥を消費できるような用途をみつけること、液肥を貯留できること、一般の方による液肥利用も多くすることで受容性や理解を高めること、持続する組織形成にあたっては生産、消費、ロジが連携することなどが重要であることが明らかになってきた。これらは、今後様々な場面で発信し、解決へのヒントを得ると同時に、本事業の自走化を目指す中で、実践的に解決を試みたい。

「(3) 資源や有機物循環のシステムモデル化とフィージビリティ検討」においては、里山と市街地を結ぶシステムモデルとして、今年度は出前イベントへの参加に取り組んだ。また、再生可能エネルギー導入の一環として、簡単に農業用水路に設置できる3Dピコ水力発電機を設置し、ノウハウを獲得した。

このようなシステムを構築し、里山及び市街地からの資源を活用して1t/日規模のバイオガス化施設を導入する場合、消化液は肥料として全量利用し、バイオガスはすべて温水に変換して発酵槽を加温する前提で、9年目に事業収支が黒字に転じると推定された。

本事業における二酸化炭素排出量削減効果の精度を高めた結果、バイオガス化施設の導入によるもの、バイオガス化施設の余剰温水での温室加温によるもの、バイオガス化施設の排ガスでの温室CO₂富加によるものがあり、1t/日規模の施設で380t-CO₂/年と推定された。