

平成 31 年度環境省委託業務

平成 31 年度中小廃棄物処理施設における
先導的廃棄物処理システム化等評価・検証事業

メタンガス化＋焼却コンバインドシステムの
中小廃棄物処理施設への適用性向上

成果報告書

令和 2 年 3 月

株式会社クボタ

概 要

1. 改良型コンバインドシステムの概要

メタンガス化設備と焼却炉で構成されるコンバインドシステム（以降、コンバインドシステム）は、生ごみや湿った紙ごみ等の湿潤廃棄物をメタン発酵処理することで再生可能エネルギーであるバイオガスを回収し、プラスチックや木質等の低含水率廃棄物を焼却処理するシステムである。焼却に適していない湿潤廃棄物からバイオガスを回収できるため、エネルギー回収率が向上し、CO₂排出量削減に貢献可能である。特に、中小廃棄物処理施設（処理能力 100t/日未満）においては焼却炉でのエネルギー回収が困難なため、有効な手段である。一方、現状のコンバインドシステムはそのコスト、設置スペースが課題となっており、導入が円滑に進んでいない。

本委託業務は現状の課題について、高効率前処理技術、縦型発酵槽技術、低含水率脱水技術により解決を試みる改良型コンバインドシステム（以降、改良型）の有効性を評価・検証するものである。改良型の特徴を図1に示す。

改良型はし尿・下水汚泥等の湿潤廃棄物を同一施設で処理することで、公共インフラ整備合理化による廃棄物処理コスト低減も志向するものがある。

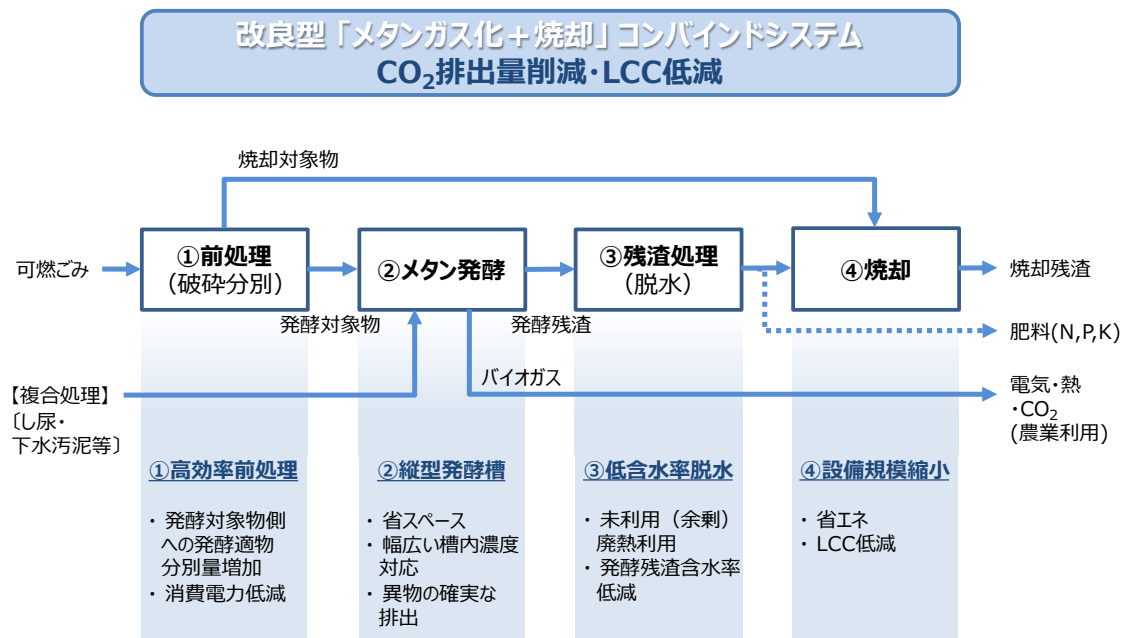


図1 改良型コンバインドシステムの特徴

2. 業務と結果の概要

本委託業務は、株式会社クボタが、南丹市および京丹波町で構成する船井郡衛生管理組合、南丹市、京丹波町と連携し、バイオマス利用研究会のアドバイス、学識経験者からの評価を得ながら実施したものである。本委託業務の主要実施事項と結果を以下に示す。

(1) 評価検証試験

ア. 実証プラント

前処理（破碎分別）、メタン発酵処理、発酵残渣処理（脱水）の一連の技術の評価検証が行える実証プラントを建設し試験を行った。



メタン発酵処理設備

イ. 試験対象

試験対象は、実証プラント周辺地区より発生する可燃ごみ（家庭系、事業系）である。また、複合処理では、これに下水処理施設などから発生する脱水汚泥を加えた。

搬入可燃ごみは、環境省指定の標準ごみと比べると、生ごみが少なく、紙ごみや紙オムツが多いという特徴があった。

ウ. 前処理試験（破碎分別）

提案する前処理方式により、様々なごみの混じった可燃ごみから、発酵に適した生ごみや紙ごみの多くを分別回収できた。可燃ごみの性状によって回収率は大きく異なるが、生ごみでは概ね 100%、紙ごみでは平均 60%程度が回収された。

エ. メタン発酵処理試験

提案する縦型発酵槽を用いてメタン発酵処理を行った。

ごみ単独処理、ごみ+脱水汚泥の複合処理の両系とも計画定格負荷以上で安定処理を継続できることが確認できた（表 1）。発酵槽への投入ごみ重量当りのガス発生量は、投入ごみの TS と正の相関があり、本実験のごみ単独系でのガス発生量は 280m³N/ton であった。

また、発酵槽内の TS 濃度は 5~12%程度と広範囲だったが、従来の技術と異なる独自の混合機構と残渣引抜機構が計画通り機能し、安定運転に寄与した。

表1 メタン発酵処理試験の結果

	ごみ単独	ごみ+汚泥複合
発酵対象物	ごみ 100%	ごみ 70%+脱水汚泥 30%
希釈	通常は無希釈 (ごみの TS を 40%以下に 調整する希釈のみ実施)	2 倍希釈
滞留日数	40 日以下	40 日(希釈込 20 日)以下
ガス発生量	280 m ³ N/ton 程度	220 m ³ N/ton 程度
TS	5~12%程度	5.5~7%程度
アンモニア濃度	適正範囲	適正範囲

オ. 発酵残渣処理試験 (脱水)

加温や薬剤添加の制御により含水率を調整することができ、60%以下にすることもできた。

発酵残渣の処理は、処分または再利用先の条件によってシステム全体で最適となる方法が異なるため、ケースごとに最適な処理条件を選択することが必要である。

(2) 付加的技術の調査検討

汚泥複合処理、バイオガスの高度利用、発酵残渣の有効利用について調査検討した。

このうち発酵残渣の有効利用については、発酵残渣の分析と植害試験を行い、肥料として利用が可能な成分であることを確認した。一方で、ごみ由来のため、実際の利用については、利用先の理解、協力を得ることが不可欠である。

(3) 最適システムの検討

評価検証試験と付加的技術の調査検討の成果を反映し、最適システムの検討を行った。

まず、最適システムの評価に影響が大きい、ごみ性状、ごみ量、汚泥複合の有無の違いから、試算する複数のケースを設定した(表2)。このうちケース A-2 は環境省指定の標準条件である。次に、それぞれについて、改良型コンバインド処理をした場合の施設規模を試算した。

最後に各ケースのライフサイクルコストと CO₂ 排出量を試算した。

表2 最適システムの検討ケースと設計施設能力

ケース	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	備考
設定条件						
対象自治体	標準自治体			連携自治体		
ごみ性状(%)						
生ごみ	35			20		
紙ごみ	25			40		
その他ごみ (うちプラスチック)	40 (15)			40 (20)		
ごみ量(ton/日)	30	50	70	30	30	280 日/年
汚泥量(ton/日)	0	0	0	0	3	280 日/年
焼却単独システム						
焼却処理能力(ton/日)	30	50	70	30	33	280 日/年
コンバインドシステム						
焼却処理能力(ton/日)	16.5	27.5	38.5	18.7	20.6	280 日/年
メタン処理能力(ton/日)	15.2	25.3	35.4	13.8	16.1	365 日/年

図2に交付率の優遇とFIT売電収入を含めた自治体にとっての実質ライフサイクルコストを示す。検討した全てのケースで焼却単独システムよりも改良型コンバインドシステムが有利である結果となった。環境省指定のケースA-2における低減効果は約46百万円/年(8%)と試算された。

図3にバイオガス発電による削減効果を含んだ実質CO₂排出量を示す。検討した全てのケースで、焼却単独システムよりも改良型コンバインドシステムの方が排出量の少ない結果となった。ケースA-2における削減効果は約1940ton-CO₂/年(25%)と試算された。

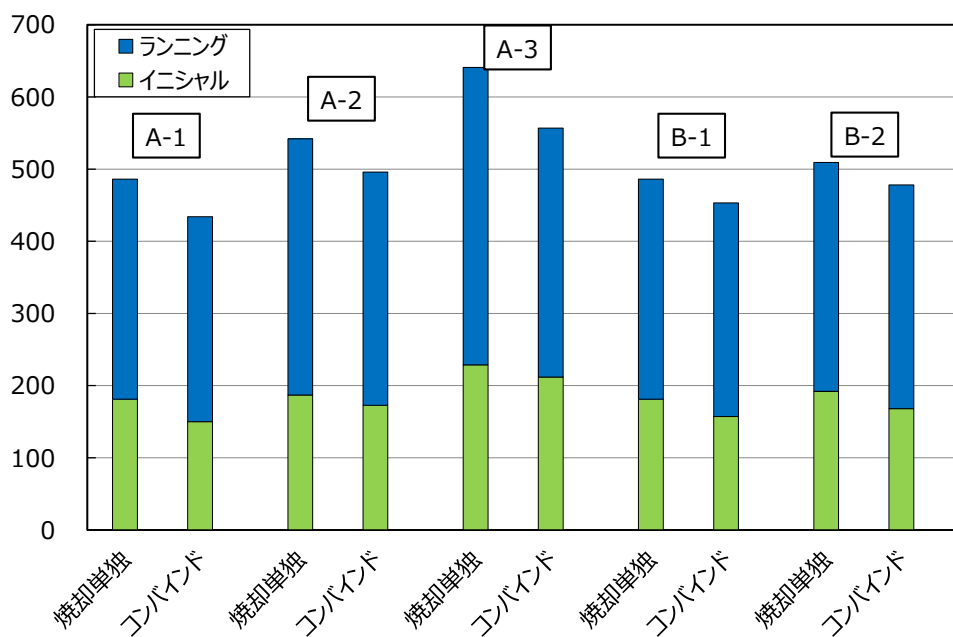


図2 自治体負担の実質ライフサイクルコストの比較 (試算) [百万円/年]

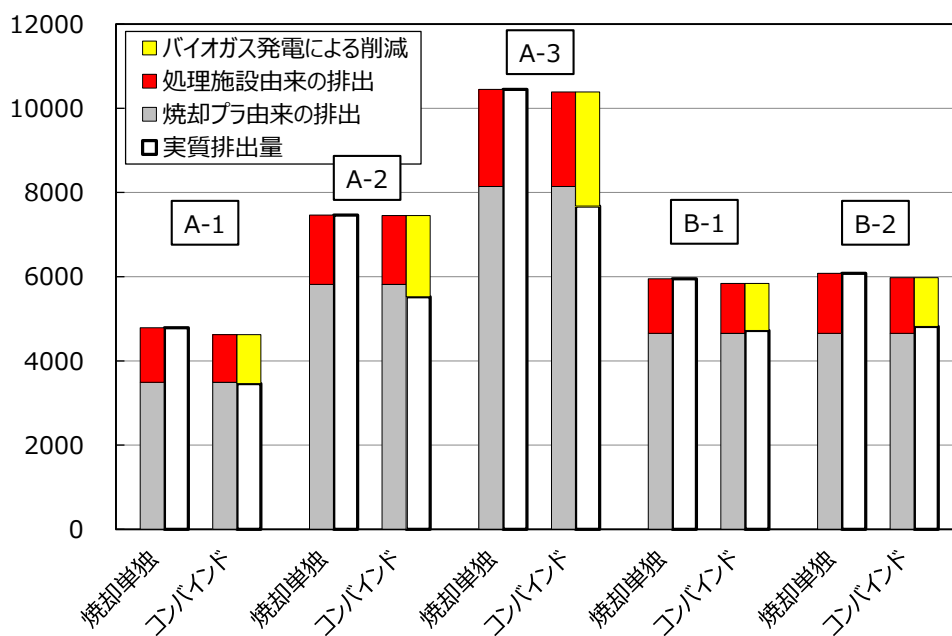


図3 実質CO₂排出量の比較 (試算) [ton-CO₂/年]

Summary

1. Overview of Improved Combined Treatment System

This is a combined treatment system that contains a methane fermentation system and an incinerator (below, “combined system”). This combined system can treat both wet waste, such as kitchen waste and wet paper, with a methane fermentation process that produces renewable energy biogas, and relatively dry waste, such as plastics and wood waste with an incinerator. The wet waste is not suitable for incineration but can produce biogas through methane fermentation. This combined system can recover biogas from wet waste that is unsuitable for an incinerator, and this allows for improved energy recovery and reductions in CO₂ emissions. This makes the combined system an especially effective means of treatment, since there are difficulties in energy recovery with small and medium-size waste incinerators (with a treatment capacity under 100t/day). However, installation of the combined system has not proceeded smoothly due to issues in life cycle costs and the large installation area required.

The scope of work involved in these contracted duties is to evaluate and verify the performance of the improved combined system. The improved combined system illustrated in Figure 1 consists of high-performance pre-treatment technology, vertical fermentation tank technology and high-performance dewatering technology to resolve the aforementioned issues the combined system currently faces.

The improved combined system can also treat wet waste, such as human waste, and sewage sludge, thereby integrating public waste treatment facilities and permitting reductions in the life-cycle cost of waste treatment.

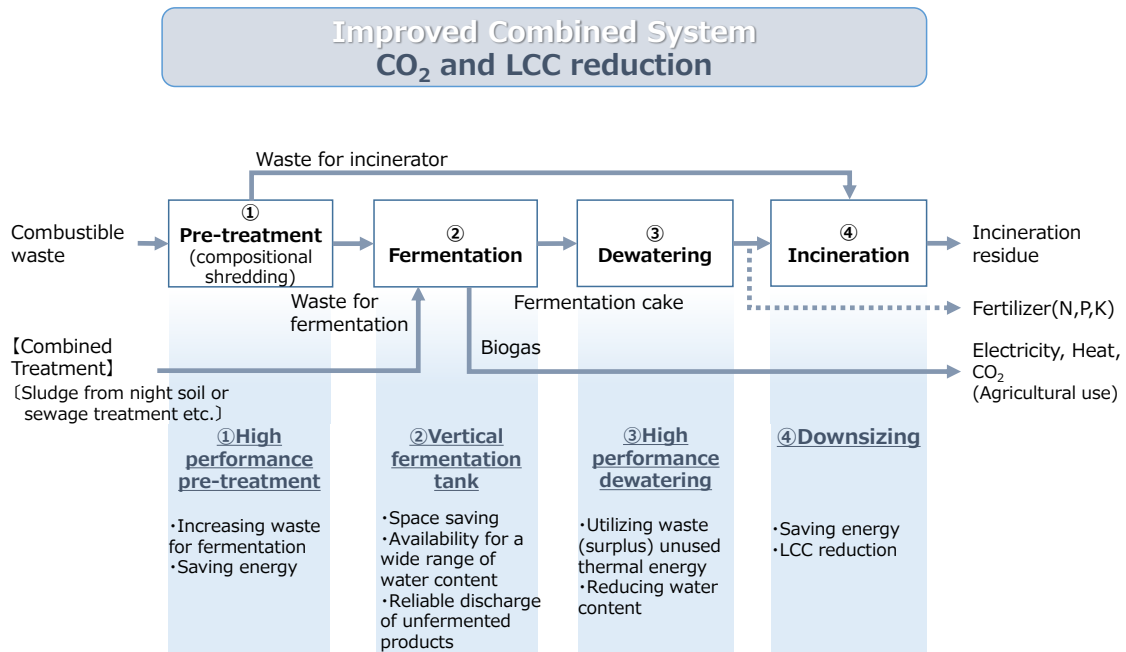


Figure 1. Features of the Improved Combined System

2. Overview of duties and results

Kubota Corporation carried out the work with the cooperation of Funaieikan (managed the treatment of waste governed by Nantan city and Kyotamba town), Nantan city and Kyotamba town. Advice was provided by the Society of Biomass Utilization, and academics carried out an assessment of the project. The primary aspects of the work and the results are as indicated below.

(1) Evaluation test

i. Demonstration Plant

Plant construction was made to conduct the evaluation of the pre-treatment (compositional shredding), methane fermentation and fermentation residue treatment (dewatering) technologies.



Methane fermentation tank

ii. Feed material

Combustible wastes were collected from private households and business establishments of the surrounding area as feed materials. Furthermore, dewatered sludge from the wastewater treatment plants were added in combined treatment tests.

Most of the collected combustible waste had less kitchen waste and comprised more paper waste and used paper diapers than the standard waste designated by the Ministry of the Environment (below “MOE”).

iii. Pre-treatment test (compositional shredding)

With the proposed pretreatment system, most of the kitchen and paper wastes suitable for fermentation could be separated and collected from mixed combustible waste. Although the recovery rate varies greatly depending on the nature of combustible waste, approximately 100% was recovered for kitchen waste and about 60% on average for paper waste.

iv. Methane fermentation test

A methane fermentation test using the proposed vertical fermenter was conducted.

It was confirmed that the waste-alone treatment and the combined-treatment of waste and dewatered sludge could both be treated continuously and with stability at the planned load capacity or more (Table 1). Gas production per input waste amount was positively correlated with the TS concentration of the waste. The gas production of the waste-alone was about 280m³N/ton.

In addition, the TS concentration in the fermenter was rather high in the range of 5% to 12%. However the unique mixing mechanism and residue extraction mechanism, which differs from the conventional technology, worked as planned, contributing to stable operations.

Table 1. Key results of the fermentation test

	Waste alone	Combined treatment
Feed material	100% waste	70% waste + 30% dewatered sludge
Dilution	usually none (only dilution to adjust TS of waste to 40% or less)	two times
Retention	40 days or less	40 days (20 days with dilution) or less
Gas production	280 m ³ N/ton approx.	220 m ³ N/ton approx.
TS	5-12% approx.	5.5-7% approx.
Ammonium concentration	cleared	cleared

v. Treatment of fermentation residue (dewatering)

The water content of the residue could be adjusted by heating the dewatering machine and controlling the addition of flocculants into the residue, and could be reduced to 60% or less.

The appropriate treatment of the fermentation residue should be different depending on the disposal or reuse conditions. Therefore, it is important to select optimal dehydration conditions for each cases.

(2) Investigation on value-added technology

Investigations were made on sludge combined treatment, advanced application of biogas, and effective use of fermentation residues.

Among these, regarding the effective use of fermentation residues, the fermentation residue was analyzed and a phytotoxicity test was conducted to confirm that it was a component that could be used as a fertilizer. On the other hand, for the actual use of fertilizers, it is essential to obtain understanding and cooperation from end users due to the origin of the waste.

(3) Evaluation of optimal system

An evaluation of an optimal system was made based on the results of the evaluation test and the investigation into value-added technology.

Firstly, multiple cases were set for trial calculation owing to the differences in waste properties (target municipality), waste amount, and presence or absence of sludge complex, which all greatly affect the evaluation of an optimal system (Table 2). Case A-2 is the standard condition specified by MOE. Next, for each case, the facility scale when the improved combined system was performed was estimated.

Finally, the life cycle costs (LCC) and CO₂ emissions of each case were estimated.

Table 2. Examination cases of optimal system and estimated facility capacity

Case	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	Remarks
Setting conditions						
Target municipalities	Standard			Concerned		
Waste composition (%)						
Kitchen	35			20		
Paper	25			40		
Others	40			40		
(Plastic)	(15)			(20)		
Waste amount (tons/day)	30	50	70	30	30	280 days/year
Sludge amount (tons/day)	0	0	0	0	3	280 days/year
Incineration only system						
Incineration (tons/day)	30	50	70	30	33	280 days/year
Improved combined system						
Incineration (tons/day)	16.5	27.5	38.5	18.7	20.6	280 days/year
Fermentation (tons/day)	15.2	25.3	35.4	13.8	16.1	365 days/year

Figure 2 shows the net life cycle costs for municipalities including the preferential grant rate and FIT electricity sales revenue. In all cases considered, the improved combined system resulted in an advantage over the incineration only system. The reduction effect in case A-2 specified by MOE was estimated to be about 46 million yen/year (8%).

Figure 3 also shows the net CO₂ emissions including the reduction effect of biogas power generation. In all cases considered, the improved combined system resulted in lower CO₂ emissions than the incineration only system. The reduction

effect in case A-2 was estimated to be about 1940 tons-CO₂/year (25%).

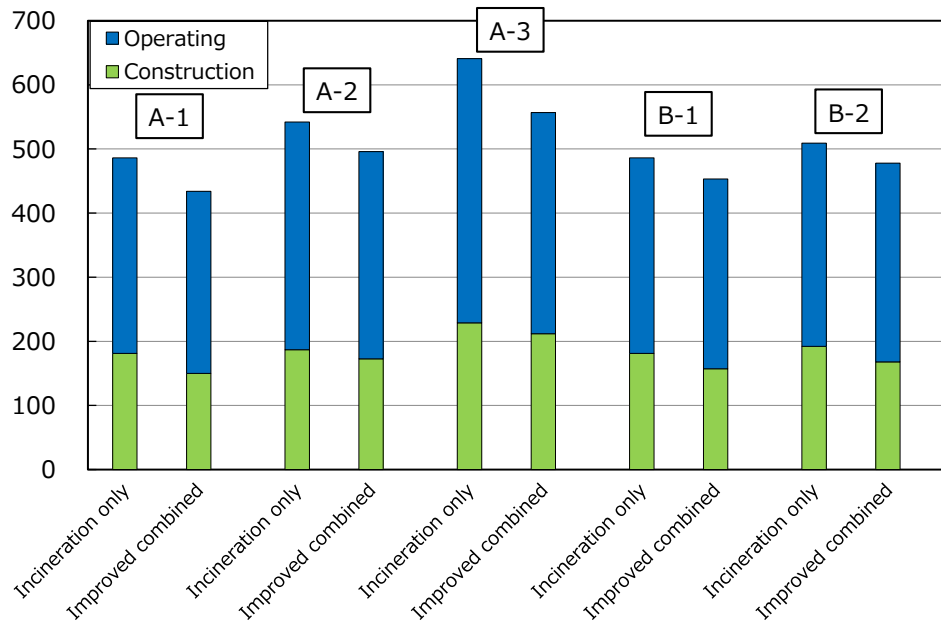


Figure 2. Comparison of net life-cycle costs for municipality (estimated) [millions of yen/year]

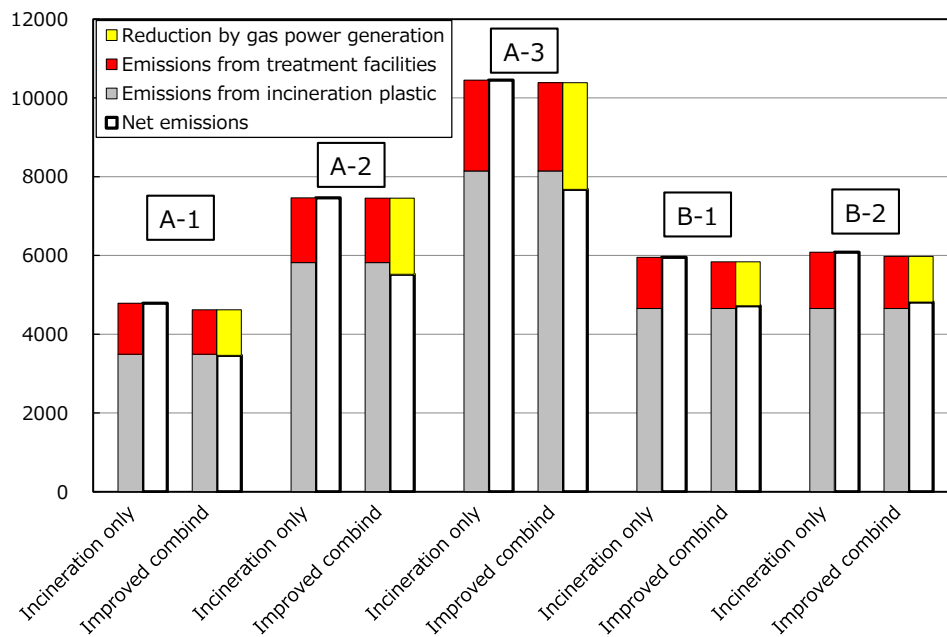


Figure 3. Comparison of net CO₂ emissions (estimated) [ton-CO₂/year]

目 次

第1章 業務概要	
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	4
第2章 委託業務実施状況	
1. 全体概要	8
2. 評価検証試験	
1) 実証プラント	10
2) 試験概要	17
3) 試験対象	19
4) 前処理試験	29
5) メタン発酵処理試験	42
6) 発酵残渣処理試験	56
7) 物質収支	61
8) まとめ	63
3. 付加的技術の調査検討	
1) 概要	64
2) 汚泥複合処理	65
3) バイオガス高度利用	67
4) 発酵残渣の有効利用	73
5) まとめ	81
4. 最適システムの検討	
1) 概要	82
2) 最適システムの検討ケース	83
3) 処理施設能力の試算	85
4) ライフサイクルコストの試算	86
5) CO ₂ 排出削減量の試算	92
6) まとめ	94
5. 実証プラントの撤去	95
6. 評価検討会開催、各種打合せ等対応	96

7. 平成 31 年度中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収 方策等に係る検討調査委託業務ヒアリング等への協力	1 0 1
8. 平成 31 年度中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理シス テム化等評価・検証事業審査等委員会への出席	1 0 1
9. 二酸化炭素排出量削減効果	1 0 2
10. 事業終了後の横展開の可能性および出口戦略	1 0 4

第 3 章 全体まとめ

1. 本年度事業のまとめ	1 0 8
2. 目標達成評価	1 1 2

第1章 業務概要

1. 業務目的

環境省では、令和12年度に温室効果ガス排出量を平成25年度比で26.0%減の水準にする目標を踏まえ、「廃棄物の減量その他その適正な処理に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための基本的な方針」を平成28年1月に変更し、廃棄物エネルギー利用の観点での目標値を設定するとともに、エネルギー源としての廃棄物の有効利用、廃棄物エネルギーの地域での利活用等の取組を進めている。

しかし、中小廃棄物処理施設（特に100t/日未満）については、現時点では多くが発電設備を持たない焼却処理施設となっており、廃棄物エネルギーの有効活用（CO₂排出量削減）は十分に行われていない。

また、焼却処理にメタンガス化処理を組合せたコンバインドシステムを導入することで、廃棄物エネルギーの有効活用が可能となり、実績も数件できているが、現状のシステムには課題もあり、今後改善していく必要がある。

メタンガス化の導入に対する課題として、例えば、①入口において、ごみの分別又は選別が必要、②出口における残渣の処理等が必要、③導入に伴う追加的な整備費・運営費を上回る収入等の増加メリット（エネルギー効率増、メタンガス有効利用による収入増）、④発酵槽、ガスホルダ等関連設備の設置スペースの確保があり、こうした課題を克服することが求められている。

本業務では、中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー有効活用とCO₂排出量削減の促進のため、「メタンガス化+焼却コンバインドシステム」の改良（高効率エネルギー回収、使用エネルギー削減、必要設置スペース削減、ライフサイクルコスト削減等）を目指し、必要な試験・検討等を行う。

2. 事業の全体像

本事業は、中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー有効活用と CO₂ 排出量削減の促進のため、「メタンガス化+焼却コンバインドシステム」の改良（高効率エネルギー回収、使用エネルギー削減、必要設置スペース削減、ライフサイクルコスト削減等）を目指すものである。

本事業の提案システムの概略フローと各適用技術のポイントを図 1-2-1 に示す。

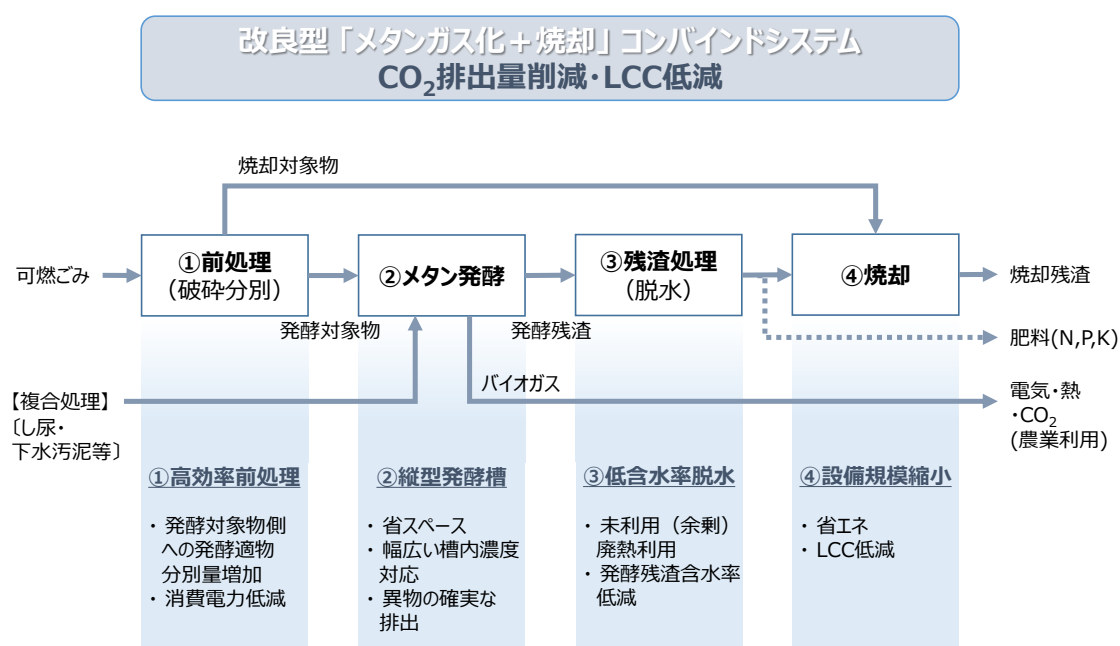


図 1-2-1 提案システムの概略フローと各適用技術のポイント

3. 事業実施主体、実施体制、役割分担

本委託業務は、株式会社クボタが実施主体となって全ての業務を実施した。

ただし、連携自治体と評価検討会などにより緊密に連携しながら進めた。また、必要に応じて環境省担当官と打合せを行った。

実施体制と役割分担を図 1-3-1 に示す。

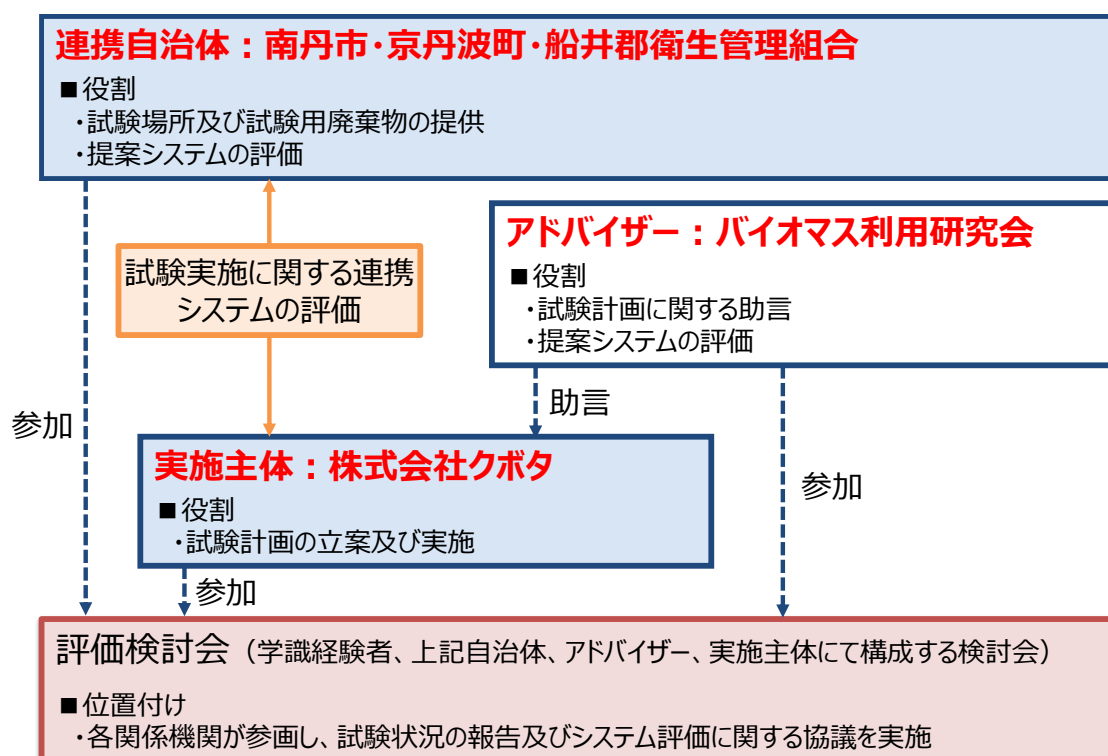


図 1-3-1 事業の実施体制と役割分担

4. 目標設定

本技術開発（実証研究）事業の目標を表 1-4-1 に示す。

また、評価検討会開催や各種打合せ等対応、ヒアリング等への対応も業務として行った。

実施状況詳細は第 2 章に示す。

5. 事業スケジュール

事業スケジュールは、表 1-5-1 に示す期初計画を基本として実施した。実験や会議の時期は状況により調整したが、最終的に全ての予定を完了した。

実施状況詳細は第 2 章に示す。

表 1-4-1 本事業の目標 (1/2)

	項目	現状 (期初)	最終目標	本年度の目標
0	全体目標	中小廃棄物処理施設の多くは焼却単独処理が採用されており、廃棄物エネルギーは有効活用されていない	焼却単独処理に比べてCO ₂ 排出削減とLCC低減が可能なコンバインドシステムを確立する。	改良するメタンガス化+焼却コンバインドシステムを構成する主要要素技術について評価検証試験を行うとともに、付加的技術の調査検討を進め、CO ₂ 排出削減とLCC低減が可能な最適システムを提案する。
1	評価検証試験 (全体まとめ)	<ul style="list-style-type: none"> ・実証プラントを建設 ・評価検証試験を開始し、メタン発酵は定格運転に到達 ・脱水固形物含水率 : 60%以下 	各要素技術の基本性能やごみ質による影響を確認し、提案システムを完成させる。	<p>前処理 :</p> <ul style="list-style-type: none"> ・組成毎の分別率の把握、元のごみ質による違いの確認 <p>メタン発酵処理 :</p> <ul style="list-style-type: none"> ・定格で安定運転が継続できることの確認 ・発酵対象物性状とバイオガス量の相関の確認 (ごみ単独でTS40%以上のとき : 210m³N/t-発酵ごみ以上) ・汚泥複合処理の影響の確認 ・投入機能、混合機能、残渣引抜機能の機能確認 <p>発酵残渣処理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処分・再利用先による適切な処理方法のまとめ ・加温等による脱水性能の確認 <p>(事業全体のまとめ等の業務は本項に含める)</p>

表 1-4-1 本事業の目標 (2/2)

	項 目	現状（期初）	最終目標	本年度の目標
2	付加的技術の調査検討	<ul style="list-style-type: none"> ・汚泥複合処理、バイオガス高度利用で机上試算を行い、効果を確認 ・発酵残渣が肥料として有効利用できる可能性を確認 	有望技術について性能を明確にし、実施に適用した場合の効果を試算	汚泥複合処理： 評価検証試験での技術検証と各種調査により効果を試算 バイオガス高度利用： 評価検証試験でのガス性状把握と各種調査により効果を試算 発酵残渣の有効利用： 評価検証試験での発酵残渣等の分析と各種調査により有効利用の可能性を検討
3	最適システムの検討	標準自治体ケース、連携自治体ケースの仮条件でのFS試算を実施	中小廃棄物処理施設向けの最適システムの決定	中小廃棄物処理施設の標準的な標準自治体ケースおよび連携自治体の現状や計画を考慮した連携自治体ケースで事業性評価(FS)検討を実施

表 1-5-1 本事業の工程表（期初計画）

	項 目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1	評価検証試験 （全体まとめ）	メタン発酵処理											
		前処理・発酵残渣処理等個別試験（適宜）											
		全体まとめ（適宜）									全体まとめ		
2	付加的技術の調査 検討	技術調査・検討（適宜）											
3	最適システムの 検討	情報更新（適宜）											
										最終まとめ			
4	実証プラントの 撤去												
5	その他	関係者 打合せ （以降 随時）						評価検 討会			評価検 討会	審査等 委員会	報告書

第2章 委託業務実施状況

1. 全体概要

改良するメタンガス化＋焼却コンバインドシステムについて、その主要要素技術（焼却技術は除く）の評価検証ができる実証プラント（実証実験施設）にて、自治体の可燃ごみを用いた評価検証試験（実証実験）を行った。

本年度（平成31年度）事業の実施内容を平成29年度及び平成30年度事業を含む事業全体のつながりの中で図2-1-1に示した。

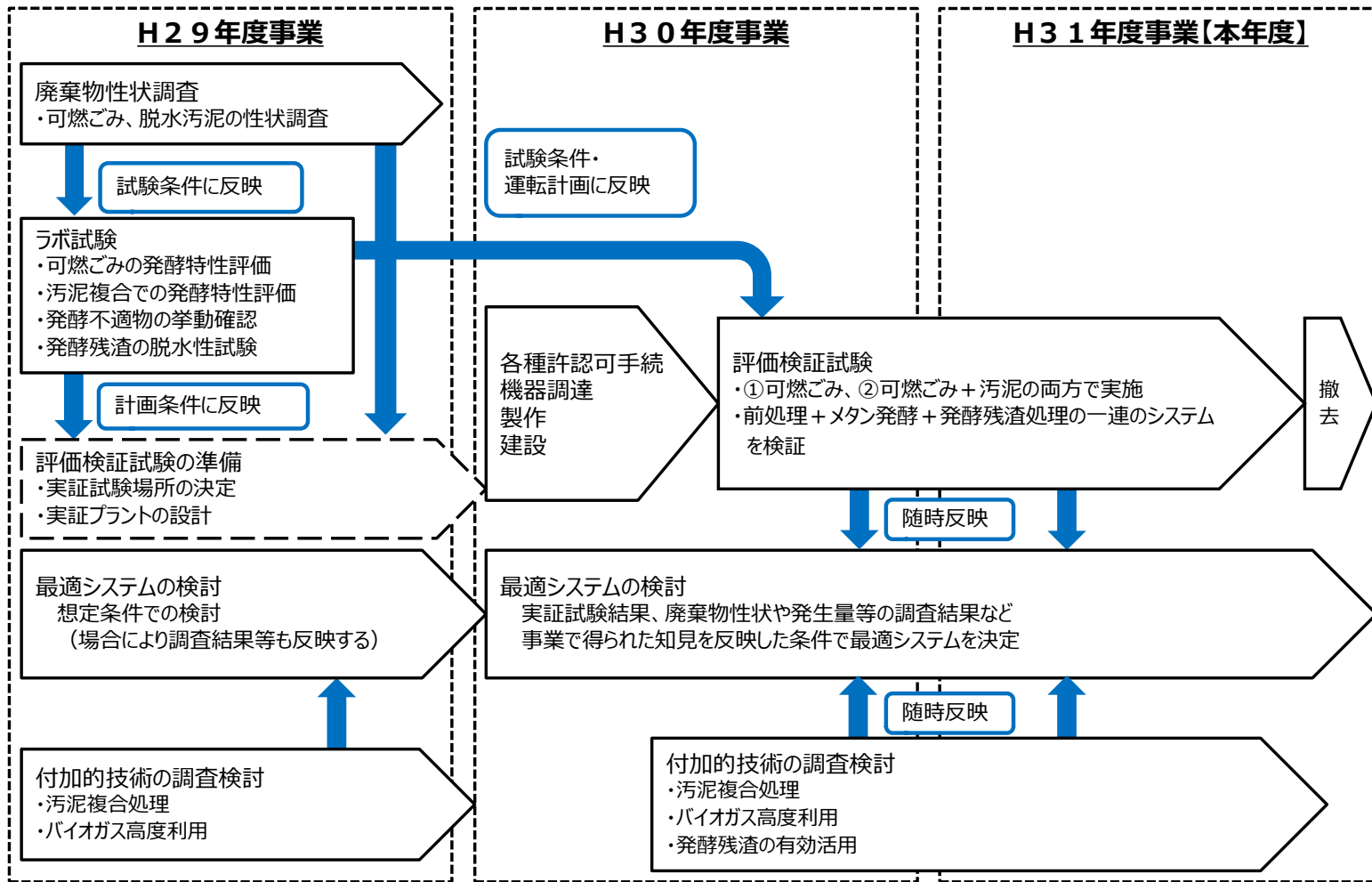


図 2-1-1 本事業の実施内容

2. 評価検証試験

コンバインドシステムを構成する主要要素技術である、前処理（破碎分別）、メタン発酵処理、発酵残渣処理（脱水）の一連の技術の評価検証が行える実証プラントにて、主要要素技術の評価検証試験を行った。

1) 実証プラント

実証プラントは平成 30 年度事業で京都府南丹市八木町に整備した。

概略処理フローを図 2-2-1-1、主要設備の仕様や定格運転時における処理量などを表 2-2-1-1、各設備等の写真を写真 2-2-1-1～2-2-1-9 に示した。また、詳細処理フローを別紙「フローシート」、設備配置を別紙「配置図」に示した。

メタン発酵処理については、各条件の試験確認に数カ月を要するため、発酵槽は 2 系列として事業期間を有効活用できるようにしている。また、有効容量は 3 m³ としてソフト面（発酵特性）だけでなく、ハード面（槽内混合、発酵不適物の引抜き等）の検証も可能なように工夫した。

前処理と発酵残渣処理については、処理能力は小さいが実機と同じ機能を持つ装置を用いて試験を行った。

また、既設廃棄物処理施設とは離れた場所に設置されるため、処理対象とする可燃ごみや処理後の発酵不適物等を一時貯留する倉庫棟（ごみヤード）や執務室・分析室なども設けた。なお、焼却処理設備は設けていない。

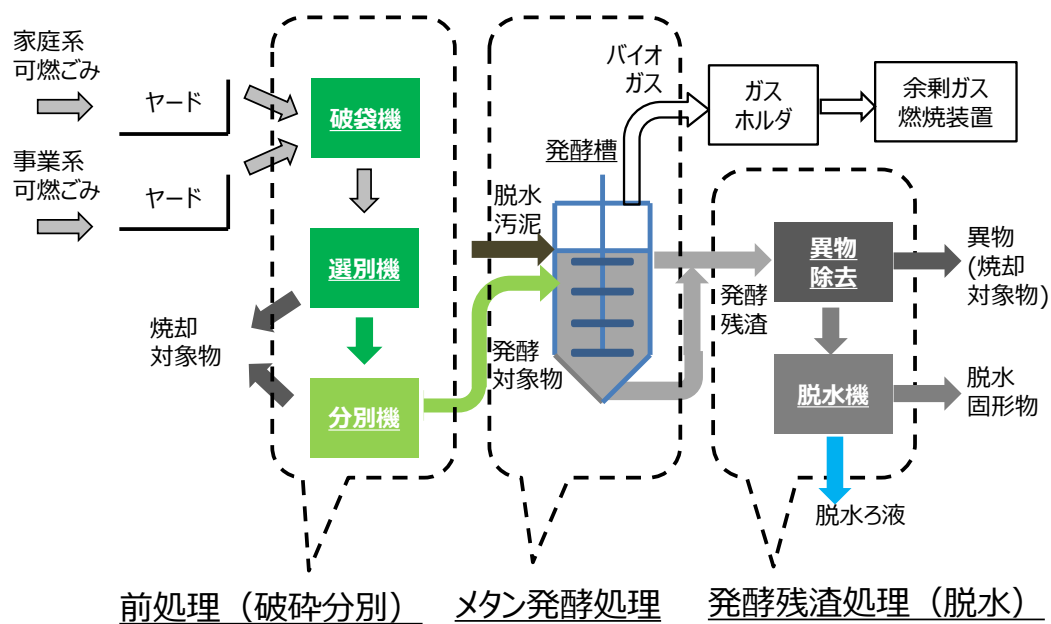


図 2-2-1-1 実証プラントの概略処理フロー

表 2-2-1-1 実証プラントの主な仕様と定格処理量

項目	仕様・定格処理量	備考
前処理量	300 kg/日	連携自治体の発生量比より下記の混合処理を基本とする 家庭系可燃ごみ 50%+事業系可燃ごみ 50%
発酵槽容量	3 m ³ ×2 系列	2 系列並列運転できるものとする (下記例) ・可燃ごみ単独 ・可燃ごみ+脱水汚泥 (複合処理)
発酵処理量	75 kg/日/系列	
発酵槽滞留時間	40 日	無希釈 (無加水) の発酵対象物に対する日数
ガス発生量	15.75 m ³ N/日/系列	メタン濃度 50%換算値 想定ごみ質の可燃ごみ単独時の目標値

※定格処理量やガス発生量は元のごみ質により変動する。数値は平成 29 年度事業で調査した連携自治体の平均的な廃棄物性状の場合の計画値



写真 2-2-1-1 施設外観 正面



写真 2-2-1-2 施設外観 裏面



写真 2-2-1-3 施設内全体



写真 2-2-1-4 作業棟



写真 2-2-1-5 前処理設備



写真 2-2-1-6 メタン発酵設備



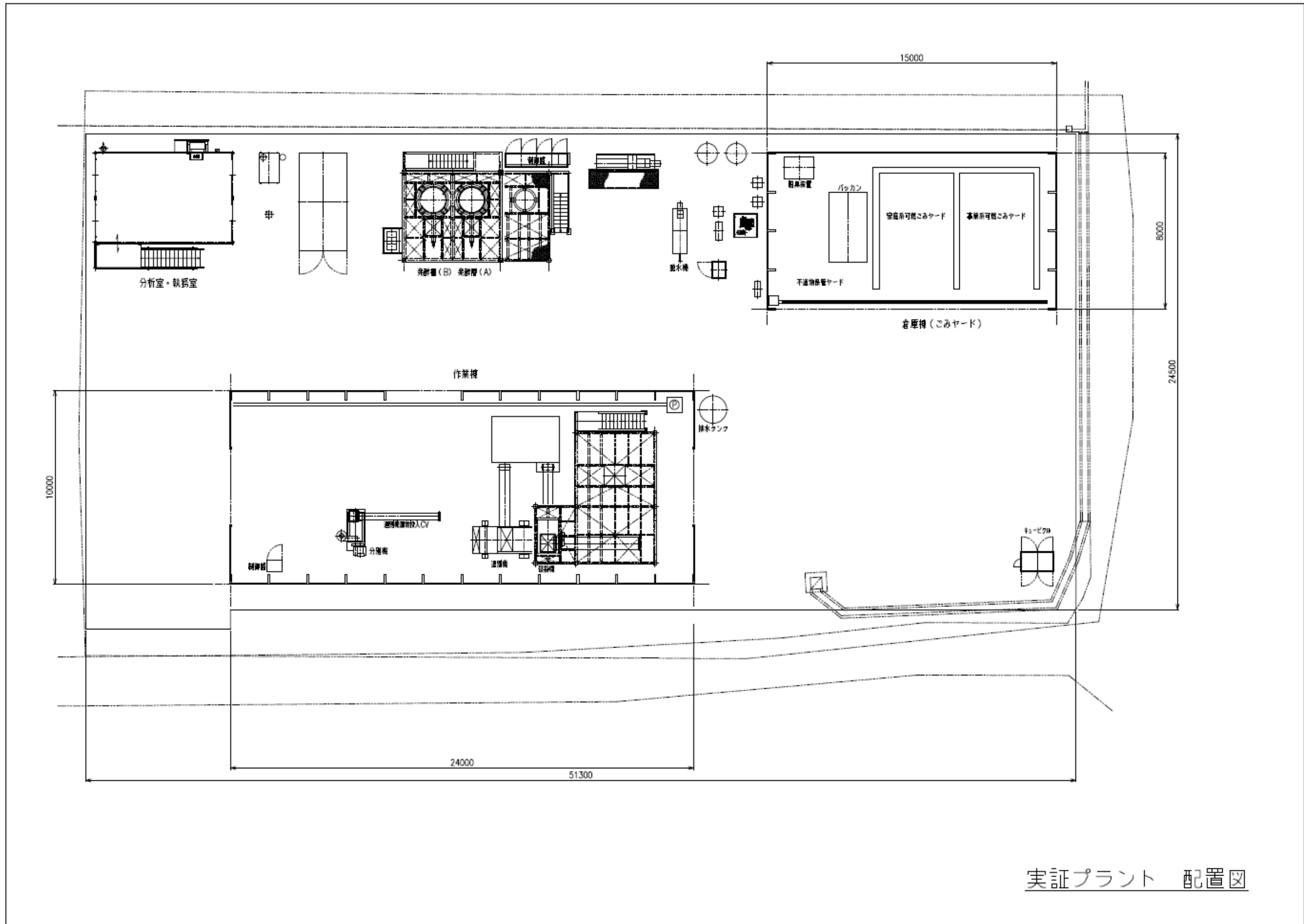
写真 2-2-1-7 発酵残渣処理設備



写真 2-2-1-8 倉庫棟(ごみヤード)



写真 2-2-1-9 執務室・分析室



実証プラント 配置図

2) 試験概要

1) の実証プラントにて、平成 30 年度事業に引き続き、主要要素技術の評価検証試験を行った。

処理対象は、連携自治体である船井郡衛生管理組合（南丹市、京丹波町で構成）の可燃ごみおよび脱水汚泥とし、種汚泥の馴養期間（平成 30 年度事業）を経て本運転を行った。

運転は、平日の昼間は有人、夜間及び休日（土曜・日曜・祝日・夏季休暇・年末年始休暇等）は無人を基本とした。連続投入試験を行った期間などは、計画的に休日昼間も有人としたが、夜間・休日に有人対応が必要となるような異常は発生しなかった。なお、前処理及び発酵残渣処理の機器運転は有人時に行った。

分析は、可燃ごみ、複合処理で用いる脱水汚泥、バイオガス、発酵残渣について、各要素技術の評価を行うために必要な項目を実施した。なお、日常の維持管理における必須項目（アンモニア濃度や有機酸濃度）は、ごみ投入量の判断などに直結する場合があるため、できるだけ現場分析を行い、頻度の低いものや現場分析が困難なものは外注分析とした。

平成 30 年度事業を含む評価検証試験全体の主な日程は下記の通りである。

<主要日程>

平成 30 年

11 月 7 日 八木バイオエコロジーセンターより脱水発酵残渣を頂き搬入
希釈溶解して発酵槽に投入し無負荷馴養を開始

11 月 8 日 1 回目の可燃ごみ（家庭系・事業系）搬入
（以降、原則木曜日に搬入を実施）
前処理試験を開始

11 月 20 日 発酵槽への発酵対象物負荷投入を開始
（以降、順次負荷率を増加）

平成 31 年・令和元年

1 月 24 日 発酵槽のうち 1 系列（汚泥複合系）への脱水汚泥負荷投入を開始
（以降、順次汚泥比率を増加）

2 月 1 日 発酵処理が計法定格負荷（100%）に到達

2 月 26 日 汚泥複合系の汚泥比率が計画値（ごみ 70%+汚泥 30%）に到達

5 月 20 日 汚泥複合系で休日（土日祝日）の発酵槽への連続投入試験を実施
（～6 月 21 日）

8月26日 汚泥複合系で120%負荷運転を開始
9月9日 汚泥複合系で140%負荷運転を開始
10月28日 汚泥複合系をごみ単独系に切替え、120%負荷運転を開始
11月20日 ごみ単独系で140%負荷運転を開始
令和2年
2月14日 全ての試験を終了
2月17日 撤去工事を開始

以下、3)～8)に平成30年度事業成果の一部も含めた詳細を示す。

3) 試験対象

(1) 試験対象と分析方法

本評価検証試験の対象は、平成 29 年度事業で決定した通り、連携自治体である船井郡衛生管理組合（南丹市、京丹波町で構成）の管内から発生する可燃ごみ及び脱水汚泥である。

可燃ごみは、家庭系及び事業系の一般廃棄物のうち「可燃ごみ」として収集されている混合ごみで、本施設（南丹市八木町）の近傍地区にて収集されたものの一部をパッカー車にて搬入して頂いた。

脱水汚泥は、連携自治体内の水処理施設にて発生するものを採取させて頂いた。

試験対象及び分析項目を表 2-2-3-1 にまとめた。また、搬入状況や試験対象の外観を写真 2-2-3-1～2-2-3-7 に示した。

表 2-2-3-1 試験対象と分析項目

試験対象		分析項目	備考
可燃ごみ	A 家庭系可燃ごみ	○物理的組成及び組成毎の含水率 ・生ごみ（厨芥類） ・紙ごみ（紙類） ・その他ごみ（おむつ類、布類、合成樹脂等） ○TS（固形物量） ○VS（有機物濃度） ○元素組成（炭素、水素、窒素、硫黄、塩素） ○低位発熱量	本施設への搬入は通常週 1 回
	B 事業系可燃ごみ ※A, B の発生量比は概ね 50% ずつのため、試験に用いる比率も原則 50% ずつとした		
脱水汚泥	C 京都中部クリーンセンター（し尿・浄化槽汚泥処理施設）の脱水汚泥	○TS（固形物量） ○VS（有機物濃度） ○元素組成（炭素、水素、窒素、硫黄、塩素） ○低位発熱量	本施設への搬入は通常週 1 回
	D 南丹浄化センター（下水処理施設）の脱水汚泥		

* 可燃ごみの分析には縮分法を用い、できるだけ対象が均一になるように工夫した
 (写真 2-2-3-4～2-2-3-5 参照)



写真 2-2-3-1 可燃ごみの搬入



写真 2-2-3-2 家庭系可燃ごみ



写真 2-2-3-3 事業系可燃ごみ



写真 2-2-3-4 縮分法①



写真 2-2-3-5 縮分法②



写真 2-2-3-6 京都中部污泥



写真 2-2-3-7 南丹浄化汚泥

(2) 可燃ごみの性状

平成 29 年度事業での調査による連携自治体全体の可燃ごみの分析結果を表 2-2-3-2、実証プラントに搬入された可燃ごみ（施設近傍地区から発生）の分析結果を表 2-2-3-3 に示した。また、それらの主要部分の抜粋を環境省指定の標準ごみ質（標準自治体ごみ質）と併せて表 2-2-3-4 に示した。

また、主な種類組成の外観（例）を写真 2-2-3-8 に示した。

表 2-2-3-2 連携自治体全体の可燃ごみ分析結果（平成 29 年度事業調査）

種別	A 家庭系可燃ごみ					B 事業系可燃ごみ					C 家庭系 ビニール類	混合可燃ごみ					
	0.533					0.467					-	1.00					
発生比率	0.533					0.467					-	1.00					
試料番号	①	④	⑦	⑧	A家庭系可燃平均 (①、④、⑦、⑧)	②	⑤	⑥	⑨	B事業系可燃平均 (②、⑤、⑥、⑨)	③	可燃ごみ平均 (A,B加重平均)					
試料採取日	2017/10/5	2017/11/28	2018/1/22	2018/1/22	-	2017/10/5	2017/11/28	2017/11/28	2018/1/22	-	2017/10/5	-					
収集地区	南丹市八木				-	南丹市八木				-	京丹波町	-					
湿物基準 種類組成	生ごみ	厨芥類	有機物系	%wet	27.65	34.98	14.88	16.07	23.40	0.19	7.95	31.46	3.07	10.67	0.00	17.45	
			卵殻、貝、骨等	%wet	1.91	2.71	0.00	0.42	1.26	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.71
			計	%wet	29.56	37.69	14.88	16.49	24.66	0.19	8.30	31.46	3.07	10.76	0.00	18.16	
	紙ごみ	紙類	ティッシュ系	%wet	9.38	9.56	12.25	4.48	8.92	1.48	10.06	4.44	1.53	4.38	0.00	6.80	
			上質紙系	%wet	6.13	1.68	3.76	1.42	3.25	10.09	0.72	1.64	8.06	5.13	0.56	4.13	
			新聞・広告系	%wet	7.98	2.82	14.33	35.00	15.03	1.59	0.50	0.87	1.42	1.10	0.00	8.52	
			厚紙系	%wet	7.24	6.19	23.12	28.74	16.32	39.88	16.33	34.00	44.81	33.76	8.04	24.47	
		計	%wet	30.73	20.25	53.46	69.64	43.52	53.04	27.61	40.95	55.82	44.36	8.60	43.91		
	その他ごみ	おむつ類	%wet	18.20	14.53	0.00	0.00	8.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.36	
			繊維・布類	%wet	6.59	6.79	3.49	7.13	6.00	0.35	2.14	2.77	10.19	3.86	1.17	5.00	
		合成樹脂 (ビニール類)	薄物系	%wet	6.91	4.63	22.55	2.67	9.19	32.31	41.80	9.62	26.79	27.63	51.59	17.81	
			硬質系	%wet	0.96	0.42	0.42	0.08	0.47	8.76	16.80	9.96	3.23	9.69	38.16	4.78	
			小計	%wet	7.87	5.05	22.97	2.75	9.66	41.07	58.60	19.58	30.02	37.32	89.75	22.59	
		ゴム・皮革類	%wet	0.17	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02		
		木・竹・わら類	%wet	2.00	15.58	3.91	1.13	5.66	4.70	3.35	5.24	0.90	3.55	0.00	4.67		
不燃物類		金属類	%wet	0.14	0.11	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.03		
		ガラス・陶器類	%wet	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		その他	%wet	1.67	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22		
		小計	%wet	1.81	0.11	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.26		
その他(5mm以下)	%wet	3.07	0.00	1.29	2.86	1.81	0.64	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	1.04				
	計	%wet	39.71	42.06	31.66	13.87	31.83	46.77	64.09	27.59	41.11	44.89	91.40	37.93			
	合計	%wet	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00				
乾物基準 種類組成	生ごみ	厨芥類	有機物系	%dry	12.70	30.69	10.24	6.79	15.11	0.08	4.47	17.21	1.24	5.75	0.00	10.73	
			卵殻、貝、骨等	%dry	2.53	3.23	0.00	0.58	1.59	0.00	0.38	0.00	0.10	0.00	0.89		
			計	%dry	15.23	33.92	10.24	7.37	16.69	0.08	4.85	17.21	1.24	5.85	0.00	11.62	
	紙ごみ	紙類	ティッシュ系	%dry	11.49	8.93	11.25	3.26	8.73	1.42	8.34	4.90	1.24	3.98	0.00	6.51	
			上質紙系	%dry	9.45	2.47	3.60	1.57	4.27	9.38	0.79	2.04	7.47	4.92	0.42	4.58	
			新聞・広告系	%dry	11.34	3.37	15.30	42.36	18.09	1.71	0.39	0.98	1.33	1.10	0.00	10.15	
			厚紙系	%dry	11.83	8.22	26.26	31.01	19.33	39.70	17.93	41.19	45.82	36.16	7.19	27.20	
		計	%dry	44.11	22.99	56.41	78.20	50.43	52.21	27.45	49.11	55.86	46.16	7.61	48.43		
	その他ごみ	おむつ類	%dry	6.33	9.07	0.00	0.00	3.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05		
			繊維・布類	%dry	13.10	11.64	3.43	8.86	9.26	0.41	2.62	3.88	10.97	4.47	1.20	7.02	
		合成樹脂 (ビニール類)	薄物系	%dry	9.73	6.18	23.62	2.49	10.51	32.89	42.95	10.77	27.95	28.64	51.45	18.98	
			硬質系	%dry	1.70	0.76	0.45	0.12	0.76	19.90	9.96	19.90	13.39	3.32	11.64	39.24	
			小計	%dry	11.43	6.94	24.07	2.61	11.26	42.85	62.85	24.16	31.27	40.28	90.69	24.83	
		ゴム・皮革類	%dry	0.31	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04		
		木・竹・わら類	%dry	2.38	15.30	4.50	1.04	5.81	3.75	2.23	5.64	0.66	3.07	0.00	4.53		
不燃物類		金属類	%dry	0.19	0.14	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.04		
		ガラス・陶器類	%dry	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		その他	%dry	3.12	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42		
		小計	%dry	3.31	0.14	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.46		
その他(5mm以下)	%dry	3.80	0.00	1.35	1.92	1.77	0.69	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	1.02				
	計	%dry	40.66	43.09	33.35	14.43	32.88	47.71	67.70	33.68	42.90	48.00	92.39	39.95			
	合計	%dry	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00				
種類組成別 含水率	生ごみ	%	74.51	50.14	69.72	69.48	65.96	62.50	54.91	63.49	64.10	61.25	-	63.76			
	紙ごみ	%	28.99	37.06	53.56	23.27	35.72	16.28	23.17	19.95	10.99	17.60	15.78	27.25			
	その他ごみ	%	49.35	43.24	53.64	28.92	43.79	13.25	18.38	18.53	7.18	14.34	3.82	30.02			
三成分	水分	%	50.53	44.59	55.99	31.67	45.70	14.95	22.74	33.25	11.05	20.50	4.85	33.92			
	灰分	%	5.68	3.44	2.97	5.89	4.50	3.96	3.58	5.07	6.60	4.80	3.35	4.64			
	可燃分	%	43.79	51.97	41.04	62.44	49.81	81.09	73.68	61.68	82.35	74.70	91.80	61.44			
元素組成 (乾物基準)	C	%dry	49.71	51.99	61.97	47.93	52.90	58.23	52.60	45.87	49.21	51.48	72.64	52.24			
	H	%dry	7.67	6.93	7.73	7.30	7.41	8.43	6.49	6.83	7.44	7.30	5.80	7.36			
	N	%dry	1.61	0.61	0.46	1.37	1.01	0.39	0.29	0.37	1.59	0.66	0.71	0.85			
	T-S	%dry	0.06	0.05	0.04	0.41	0.14	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04	0.02	0.09			
	T-Cl	%dry	0.10	0.16	0.05	0.11	0.11	0.06	0.12	0.09	0.04	0.08	0.11	0.09			
	C/N比	-	31	85	135	35	52	149	181	124	31	78	102	62			
CODCr	mg/kg	410,000	990,000	340,000	560,000	575,000	650,000	860,000	710,000	540,000	690,000	900,000	629,000				
発熱量	低位発熱量	計算	kJ/kg	6,978	8,669	6,325	10,967	8,235	14,898	13,307	10,783	15,233	13,555	17,171	10,722		
		実測	kJ/kg	7,083	10,118	7,698	14,195	9,774	18,670	16,870	12,311	17,887	16,435	31,257	12,887		

表 2-2-3-3 実証プラント搬入可燃ごみの分析結果

種別	家庭系可燃ごみ							事業系可燃ごみ							混合可燃ごみ(現地で混合し作成)					
	2018/11/29	2019/1/24	2019/6/13	2019/8/29	2020/1/21	平均	2018/11/29	2019/1/24	2019/6/13	2019/8/29	2020/1/20	平均	2019/1/17	2019/6/13	2019/11/14	平均				
試料採取日	南丹市八木							南丹市八木							南丹市八木					
収集地区	南丹市八木							南丹市八木							南丹市八木					
湿物基準 種類組成	生ごみ	厨芥類	有機物系	%wet	30.28	34.17	19.11	27.37	56.69	33.52	2.74	36.69	3.97	31.71	19.92	19.01	18.18	17.97	32.87	23.01
			卵殻、貝、骨等	%wet	1.25	0.79	0.27	2.22	1.33	1.17	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.03	2.46	0.76	0.00	1.07
		計	%wet	31.53	34.96	19.38	29.59	58.02	34.70	2.74	36.83	3.97	31.71	19.92	19.03	20.64	18.73	32.87	24.08	
	紙ごみ	紙類	ティッシュ系	%wet	12.91	8.80	6.60	8.99	10.57	9.57	7.48	2.74	12.99	1.20	2.45	5.37	7.80	9.16	7.97	8.31
			上質紙系	%wet	8.84	3.10	7.29	10.43	1.38	6.21	11.22	2.57	38.33	24.37	7.49	16.80	4.95	17.32	37.60	19.96
			新聞・広告系	%wet	10.15	7.93	14.97	1.24	0.00	6.86	10.48	0.00	2.08	0.00	0.00	2.51	9.93	3.23	0.00	4.39
			厚紙系	%wet	14.22	6.59	5.24	11.98	5.54	8.71	12.88	10.72	13.94	16.79	24.72	15.81	13.33	8.51	2.48	8.11
			計	%wet	46.12	26.42	34.10	32.64	17.49	31.35	42.06	16.03	67.34	42.36	34.66	40.49	36.01	38.22	48.05	40.76
	その他ごみ	おむつ類	%wet	6.67	18.52	21.48	13.33	11.95	14.39	7.37	35.12	14.33	5.24	30.19	18.45	23.65	27.97	2.79	18.14	
		繊維・布類	%wet	0.78	12.64	10.12	6.01	1.91	6.29	9.12	0.00	0.00	0.00	1.82	0.97	1.48	1.94	1.46		
		合成樹脂 (ビニール類)	薄物系	%wet	6.57	2.73	3.63	4.18	4.23	4.27	31.13	6.55	9.88	16.36	11.69	15.12	6.77	10.75	7.76	8.43
			硬質系	%wet	1.02	4.61	0.1	0.15	0.16	1.21	2.49	5.05	2.03	2.70	3.19	3.09	11.16	0.90	0.27	4.11
			小計	%wet	7.59	7.34	3.73	4.33	4.39	5.48	33.62	11.60	11.91	19.06	14.88	18.21	17.93	11.65	8.03	12.54
		ゴム・皮革類	%wet	0.00	0.00	0.00	0.00	3.92	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.06	0.15	
		木・竹・わら類	%wet	1.27	0.12	8.21	14.10	2.26	5.19	1.29	0.52	2.45	0.53	0.35	1.03	0.42	1.82	6.27	2.84	
		不燃物類	金属類	%wet	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.04	
			ガラス・陶器類	%wet	0.00	0.00	2.97	0.00	0.00	0.59	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	
			その他	%wet	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		小計	%wet	0.00	0.00	2.98	0.00	0.06	0.61	1.04	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.13	0.00	0.04		
	その他(5mm以下)	%wet	6.04	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	2.76	0.00	0.00	1.10	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00		
	計	%wet	22.35	38.62	46.52	37.77	24.49	33.95	55.20	47.24	28.69	25.93	45.42	40.50	43.35	43.05	19.09	35.16		
	合計	%wet	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.10	100.00	100.00	100.00	100.02	100.00	100.00	100.01	100.00		
乾物基準 種類組成	生ごみ	厨芥類	有機物系	%dry	17.22	23.70	14.63	14.37	39.62	21.91	2.96	22.29	1.90	23.11	4.94	11.04	7.26	9.80	19.72	12.26
			卵殻、貝、骨等	%dry	1.77	1.20	0.26	3.46	2.50	1.84	0.00	0.34	0.00	0.00	0.07	2.93	1.09	0.00	1.34	
		計	%dry	18.99	24.90	14.89	17.83	42.12	23.75	2.96	22.63	1.90	23.11	4.94	11.11	10.19	10.89	19.72	13.60	
	紙ごみ	紙類	ティッシュ系	%dry	13.08	7.93	5.97	7.84	10.96	9.16	7.65	4.29	14.81	1.59	3.13	6.29	6.87	12.67	9.49	9.68
			上質紙系	%dry	12.49	4.44	9.55	13.16	2.18	8.36	12.08	3.48	42.55	26.22	10.69	19.00	6.93	21.12	44.52	24.19
			新聞・広告系	%dry	12.15	7.24	17.71	1.65	0.00	7.75	11.60	0.00	2.71	0.00	0.00	2.86	12.96	5.57	0.00	6.18
			厚紙系	%dry	21.06	8.63	6.76	17.84	9.23	12.70	6.96	17.62	18.45	14.91	36.90	18.97	18.54	14.15	4.72	12.47
		計	%dry	58.78	28.24	39.99	40.49	22.37	37.97	38.29	25.39	78.52	42.72	50.72	47.13	45.30	53.51	58.73	52.51	
	その他ごみ	おむつ類	%dry	3.21	10.11	14.00	12.16	6.79	9.25	2.39	28.55	2.12	5.75	20.36	11.83	15.53	14.38	2.15	10.69	
		繊維・布類	%dry	1.48	25.28	14.28	11.13	4.04	11.24	13.04	0.00	0.00	0.00	2.61	1.33	2.95	4.61	2.96		
		合成樹脂 (ビニール類)	薄物系	%dry	8.98	4.33	5.05	5.71	8.91	6.60	34.13	12.37	12.22	22.40	18.03	19.83	10.14	14.42	10.54	11.70
			硬質系	%dry	2.39	6.94	0.16	0.30	0.51	2.06	3.57	10.18	2.85	4.01	5.46	5.21	16.31	1.30	0.63	6.08
			小計	%dry	11.37	11.27	5.21	6.01	9.42	8.66	37.70	22.55	15.07	26.41	23.49	25.04	26.45	15.72	11.17	17.78
		ゴム・皮革類	%dry	0.00	0.00	0.00	0.00	11.86	2.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.16	0.26	
		木・竹・わら類	%dry	1.06	0.20	6.92	12.38	3.27	4.77	1.17	0.88	2.39	0.45	0.49	1.08	0.57	2.26	3.46	2.10	
		不燃物類	金属類	%dry	0.00	0.00	0.02	0.00	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.10	
			ガラス・陶器類	%dry	0.00	0.00	4.69	0.00	0.00	0.94	1.60	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	
			その他	%dry	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		小計	%dry	0.00	0.00	4.71	0.00	0.13	0.97	1.60	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.29	0.00	0.10		
	その他(5mm以下)	%dry	5.11	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	2.85	0.00	0.00	1.56	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00		
	計	%dry	22.23	46.86	45.12	41.68	35.51	38.28	58.75	51.98	19.58	34.17	44.34	41.76	44.51	35.60	21.55	33.89		
	合計	%dry	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		
種類組成別	生ごみ	%	76.15	68.63	51.40	71.63	76.76	68.91	29.92	75.40	67.31	61.33	86.69	64.13	71.01	73.92	76.40	73.78		
含水率	紙ごみ	%	49.55	52.93	25.84	41.64	59.04	45.80	40.95	36.72	20.23	46.47	21.5	33.17	26.17	37.15	51.89	38.40		
	その他ごみ	%	60.63	46.53	38.68	48.04	53.56	49.49	30.95	56.03	53.30	30.00	47.64	43.58	39.74	62.89	55.57	52.73		
三成分	水分	%	60.41	55.95	36.76	52.93	67.98	54.81	35.14	60.05	31.59	46.93	46.36	44.01	41.31	55.12	60.65	52.36		
	灰分	%	2.95	2.06	6.74	3.73	4.25	3.95	4.83	2.95	3.54	3.38	3.86	3.71	5.87	3.01	2.82	3.90		
	可燃分	%	36.64	41.99	56.50	43.34	27.77	41.25	60.03	37.00	64.87	49.69	49.78	52.27	52.82	41.87	36.53	43.74		
元素組成 (乾物基準)	C	%dry	42.74	56.78	52.76	42.59	48.53	48.68	52.37	50.81	44.31	56.07	44.89	49.69	54.52	23.91	19.07	32.5		
	H	%dry	5.71	7.83	7.64	6.14	7.06	6.88	7.35	7.38	6.76	8.99	7.51	7.60	7.87	3.65	2.59	4.70		
	N	%dry	0.74	0.68	0.38	1.24	0.46	0.70	0.39	0.40	0.17	0.75	0.19	0.38	0.22	0.40	0.15	0.26		
	T-S	%dry	0.11	0.02	0.05	0.11	0.04	0.07	0.03	0.08	0.04	0.14	0.05	0.07	0.03	0.05	0.02	0.03		
	T-Cl	%dry	0.33	0.11	0.10	0.38	0.31	0.25	0.17	0.43	0.14	0.13	0.05	0.18	0.07	0.07	0.34	0.16		
	T-P	%dry	0.12	-	-	-	-	0.12	0.02	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-		
	C/N比	-	58	84	139	34	106	84	134	127	261	75	236	167	248	60	127	127		
CODCr	mg/kg	320,000	300,000	-	-	-	310,000	280,000	290,000	-	-	-	285,000	300,000	-	-	-			
発熱量	低位発熱量	計算	kJ/kg	5,383	6,505	9,720	6,836	3,525	6,394	10,427	5,463	11,428	8,179	8,213	8,742	8,912	6,501	5,358	6,924	
		実測	kJ/kg	6,241	9,565	12,512	6,421	5,542	8,056	14,835	6,928	11,591	10,779	8,004	10,427	12,964	8,925	5,312	9,067	

表 2-2-3-4 可燃ごみの分析結果（抜粋）

項目		単位	家庭系ごみ (平均値)		事業系ごみ (平均値)		混合ごみ※1 (平均値)		混合 ごみ
			実証 搬入	H29 調査	実証 搬入	H29 調査	実証 搬入	H29 調査	環境省 標準
種類 組成 (湿 基準)	生ごみ	%	34.7	24.7	19.0	10.8	24.1	18.2	35
	紙ごみ	%	31.4	43.5	40.5	44.4	40.8	43.9	25
	その他ごみ	%	34.0	31.8	40.5	44.9	35.2	37.9	40
	(うちプラ)	%	(5.5)	(9.7)	(18.2)	(37.3)	(12.5)	(22.6)	(15)
	(うちオムツ)	%	(14.4)	(8.2)	(18.5)	(0.0)	(18.1)	(4.4)	(※2)
三成分	水分	%	54.8	45.7	44.0	20.5	52.4	33.9	-
	灰分	%	4.0	4.5	3.7	4.8	3.9	4.6	-
	可燃分(VS)	%	41.3	49.8	52.3	74.7	43.7	61.4	-
元素組成 C/N 比		-	84	52	167	78	127	62	-
低位発熱量(実測)		kJ/kg	8100	9800	10400	16400	9100	12900	-

※1) 実証搬入は家庭系と事業系の現地作成等量混合物の実測値、H29 調査は加重平均値

※2) 環境省の指定はないが平均で 6~7%程度とのデータがある

* 端数処理の関係で種類組成や三成分の合計が 100%にならないところがある



写真 2-2-3-8 主な種類組成分の外観 (例)

連携自治体の混合ごみ質を環境省指定の標準ごみ質と比較すると、下記のような傾向があった。

【生ごみ】

- ・平成 29 年度調査の地域全体（以下、地域全体）が約 18%wet、実証プラント搬入ごみ（以下、実証搬入）が約 24%wet であり、環境省指定の標準ごみ質（以下、環境省標準）の 35%wet と比べると少ない。

【紙ごみ】

- ・地域全体が約 44%wet、実証搬入が約 41%wet であり、環境省標準の 25%wet と比べると多い。

【その他ごみ】

- ・その他ごみ全体では、地域全体が約 38%wet、実証搬入が約 35%wet であり、環境省標準の 40%wet に比較的近い。
- ・プラスチックは、地域全体では約 23%で環境省標準よりやや多い。
- ・紙オムツは、地域全体では約 4.4%wet だったが、実証搬入では約 18%wet と全国平均 6～7%wet 程度と比べかなり多い。実証搬入では事業系ごみの収集経路に介護施設が含まれることが一因と考えられる。

【三成分等】

- ・水分（含水率）は、地域全体の約 34%wet に対し実証搬入は約 52%wet とかなり高い。実証搬入では水分の多い紙オムツが多いことによる影響が大きいと考えられる。（三成分等は環境省標準では指定されていない）

(3) 脱水汚泥の性状

実証プラントへ搬入された京都中部クリーンセンターおよび南丹浄化センターの脱水汚泥の分析結果を平成 29 年度調査結果と併せて表 2-2-3-5 にまとめた。

脱水汚泥性状と(2)の可燃ごみ性状の比較、また複合処理したときに考えられる影響は下記の通りである。なお、実際に複合処理するごみは前処理後の発酵対象ごみであり、元の可燃ごみとは性状は異なる。

- ・水分（含水率）は可燃ごみより大幅に高く、TS、VS（可燃分）は大幅に低い
⇒ 単位重量当りバイオガス発生ポテンシャルは可燃ごみより小さい
- ・C/N 比は可燃ごみに比べ大幅に低い（相対的に窒素分が多い）
⇒ 複合処理時は全体の C/N 比を下げ、発酵槽内のアンモニア濃度を高める影響がある

表 2-2-3-5 脱水汚泥の分析結果

施設名称		京都中部クリーンセンター			南丹浄化センター			混合脱水汚泥 (50%ずつ混合時の 単純平均値)			
施設種別		し尿・浄化槽汚泥処理施設			下水処理施設						
施設処理方式		膜分離高負荷 脱窒素＋高度処理			硝化脱窒 ＋急速濾過法						
調査年度		実証搬入 詳細分析	実証搬入 現場分析	H29年度 詳細分析	実証搬入 詳細分析	実証搬入 現場分析	H29年度 詳細分析	実証搬入 詳細分析	実証搬入 現場分析	H29年度 詳細分析	
TS	%	21.7	19.2	17.5	21.6	21.2	16.9	21.7	20.2	17.2	
含水率(水分)	%	78.3	80.8	82.5	78.4	78.8	83.1	78.4	79.8	82.8	
VTS	%/TS	72.0	73.3	72.7	90.6	94.3	88.2	81.3	83.8	80.5	
VS(可燃分)	%	15.6	14.0	12.7	19.6	19.9	14.9	17.6	16.9	13.8	
灰分	%	6.1	5.2	4.8	2.0	1.3	2.0	4.0	3.3	3.4	
元素組成 (乾物 基準)	C	%-dry	37.3	-	38.9	46.8	-	47.1	42.1	-	43.0
	H	%-dry	5.35	-	5.62	6.88	-	7.18	6.12	-	6.40
	N	%-dry	5.94	-	6.00	5.68	-	6.65	5.81	-	6.33
	T-S	%-dry	0.86	-	1.07	0.53	-	0.69	0.70	-	0.88
	T-Cl	%-dry	0.10	-	0.14	0.03	-	0.05	0.07	-	0.10
	C/N	-	6.3	-	6.5	8.2	-	7.1	7.2	-	6.8
GODCr	mg/kg-wet	141,000	-	120,000	285,000	-	260,000	213,000	-	190,000	
低位発熱量	kJ/kg-dry	16,000	-	16,010	19,860	-	19,610	17,930	-	17,810	
	kJ/kg-wet	1,489	-	730	2,310	-	1,227	1,900	-	979	

4) 前処理試験

(1) 概 要

前処理では、可燃ごみを破砕し、発酵に適した発酵対象物と発酵に適さない焼却対象物に分別できるかの評価検証（組成毎の分別率や全体の回収率確認など）を行った。

なお、破砕後の可燃ごみは組成毎に分けるのが困難であり、また水分の移行もあるため正確な分別率を検証するのは困難であるが、全体収支から推定するなど工夫して行った。

(2) 試験設備

設備は破袋機、選別機、分別機、コンベアなどから構成している。

試験設備の概要を表 2-2-4-1、外観を写真 2-2-4-1～2-2-4-2 に示す。

なお、平成 30 年度事業を含む評価検証試験の間、設備の細かな仕様の改良や運転方法の調整などを適宜行った。

表 2-2-4-1 前処理設備の仕様

項 目	仕 様
破袋機	一軸回転式
選別機	振動篩式
分別機	横軸回転式破砕分別機



写真 2-2-4-1 破袋機＋選別機



写真 2-2-4-2 分別機

(3) 試験対象と分析項目

前処理試験の対象は、2. 3) に示した家庭系及び事業系の可燃ごみを通常 50% ずつ混ぜた「混合ごみ」である。

混合ごみおよび図 2-2-4-1 の前処理フローによって各箇所へ分かれた選別物に対し、表 2-2-4-2 に示す分析を行った。

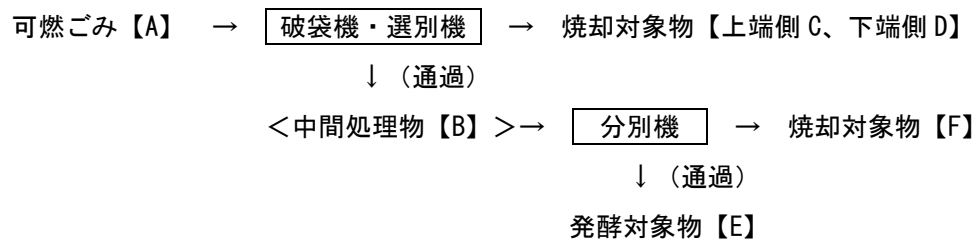


図 2-2-4-1 提案前処理試験フローと分析対象

表 2-2-4-2 前処理試験の分析対象と分析項目

	分析対象	分析項目
前 処 理 試 験 試 料	<ul style="list-style-type: none"> ・混合ごみ【A】 (家庭系、事業系可燃ごみの混合物) ・各箇所への選別物【B~F】 	<ul style="list-style-type: none"> ○重量 ○物理的組成及び組成毎の含水率 <ul style="list-style-type: none"> ・生ごみ（厨芥類） ・紙ごみ（紙類） ・その他ごみ（おむつ類、布類、合成樹脂等） ※組成判別困難な試料は除く ○TS（固形物量） ○VS（有機物濃度） ○元素組成（炭素、水素、窒素、硫黄、塩素） ○低位発熱量

(4) 試験方法

前処理試験の手順を下記に示す。

- ① 倉庫棟（ごみヤード）に保管しているごみ袋に入った状態の家庭系及び事業系の可燃ごみを概ね同じ重量になるように採取する。
- ② 採取したごみ袋から内容物を全て取り出し、全体をよく攪拌して混合ごみを作成する。3kg 程度ずつになるように新しいごみ袋に分け入れる。一部は分析用試料(A)として分けておく。
- ③ ②で作成したごみ袋入りの混合ごみを破袋機→選別機で処理する。
- ④ 選別機の通過物 B、上端側非通過物 C（焼却対象物）、下端側非通過物 D（焼却対象物）を別々に回収し計量する。
- ⑤ ④の選別機通過物 B（一部は分析用に残す）を分別機で処理する。
- ⑥ 分別機の通過物 E（発酵対象物）および非通過物 F（焼却対象物）を別々に回収し計量する。
- ⑦ 各箇所への選別物および②で作成した混合ごみ試料を分析する。

(5) 試験結果

前処理試験による各箇所への選別物の詳細分析結果（外注分析）を平成 30 年度事業の結果も含めて表 2-2-4-3～2-2-4-5 に示す。また、各箇所への選別物の見掛け性状（例）を写真 2-2-4-3～2-2-4-10 に示す。

ここで、発酵対象物（分別機の通過物）は、写真 2-2-4-9 から分かるように種類組成に分けるのが困難なため組成分析は行っておらず、発酵対象物への組成ごとの回収率を求めるには他のデータから差引計算する必要がある。また、選別機の下端側非通過物は非常に少量のため詳細分析は行っていないが大半はその他ごみである。なお、元の混合ごみも各箇所への選別物も不均一なためサンプリングによる分析誤差が大きいことには注意が必要である。

試験期間の後半では、前処理全体の最適化のための改良・調整によって、選別機での軽量物の除外は少量の粗大物（例を写真 2-2-4-7 に示す）を除き行わない設定にしている。そのため、表 2-2-4-5 の試験時は選別機の上端側非通過物は無かった。

各箇所の選別物の水分、可燃分、発熱量を見ると、水分の多いものが発酵対象物に分けられ、水分が少なく発熱量の多いものが焼却対象物に分けられていることがわかる。また、C/N 比を見ると発酵対象物の方が小さくなっており、窒素分の多い生ごみが発酵対象側に分けられたことがわかる。

表 2-2-4-3 前処理試験の結果（平成 30 年度事業）

処理				混合ごみ	選別機 (Aを処理)			分別機 (Bを処理)		
選別箇所 (システム上の扱い)					通過	上端側 非通過 (焼却対象)	下端側 非通過	通過	非通過 (焼却対象)	
番号					A	B	C	D	E	F
重量比				100	93.0	6.5	0.5	65.4	27.6	
湿物基準 種類組成	生ごみ	厨芥類	有機物系	%wet	18.18	30.04	0.62	-	-	0.00
			卵殻、貝、骨等	%wet	2.46	2.00	0.00	-	-	0.00
		計	%wet	20.64	32.04	0.62	0.00	-	0.00	
	紙ごみ	紙類	ティッシュ系	%wet	7.80	12.61	0.66	-	-	10.27
			上質紙系	%wet	4.95	12.94	4.98	-	-	14.43
			新聞・広告系	%wet	9.93	6.41	38.81	-	-	10.02
			厚紙系	%wet	13.33	8.17	5.07	-	-	11.64
		計	%wet	36.01	40.13	49.52	0.00	-	46.36	
	その他ごみ	おむつ類		%wet	23.65	17.90	14.74	-	-	22.35
			繊維・布類	%wet	0.97	0.63	0.00	-	-	0.00
		合成樹脂 (ビニール類)	薄物系	%wet	6.77	3.82	26.68	-	-	28.31
			硬質系	%wet	11.16	2.41	8.44	-	-	2.98
		小計	%wet	17.93	6.23	35.12	-	-	31.29	
		ゴム・皮革類	%wet	0.38	0.00	0.00	-	-	0.00	
		木・竹・わら類	%wet	0.42	0.83	0.00	-	-	0.00	
		不燃物類	金属類	%wet	0.00	0.14	0.00	-	-	0.00
			ガラス・陶器類	%wet	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
			その他	%wet	0.00	2.10	0.00	-	-	0.00
			小計	%wet	0.00	2.24	0.00	-	-	0.00
		その他(5mm以下)	%wet	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	
計	%wet	43.35	27.83	49.86	100.00	-	53.64			
合計				%wet	100.00	100.00	100.00	100.00	-	100.00
乾物基準 種類組成	生ごみ	厨芥類	有機物系	%dry	7.26	12.76	0.06	-	-	0.00
			卵殻、貝、骨等	%dry	2.93	3.15	0.00	-	-	0.00
		計	%dry	10.19	15.91	0.06	0.00	-	0.00	
	紙ごみ	紙類	ティッシュ系	%dry	6.87	13.04	0.61	-	-	9.42
			上質紙系	%dry	6.93	20.02	5.23	-	-	13.66
			新聞・広告系	%dry	12.96	10.77	38.21	-	-	9.54
			厚紙系	%dry	18.54	13.04	5.12	-	-	12.94
	計	%dry	45.30	56.87	49.17	0.00	-	45.56		
	その他ごみ	おむつ類		%dry	15.53	9.02	12.55	-	-	20.51
			繊維・布類	%dry	1.33	1.14	0.00	-	-	0.00
		合成樹脂 (ビニール類)	薄物系	%dry	10.14	6.89	29.24	-	-	30.41
			硬質系	%dry	16.31	4.53	8.98	-	-	3.52
		小計	%dry	26.45	11.42	38.22	-	-	33.93	
		ゴム・皮革類	%dry	0.63	0.00	0.00	-	-	0.00	
		木・竹・わら類	%dry	0.57	1.16	0.00	-	-	0.00	
		不燃物類	金属類	%dry	0.00	0.30	0.00	-	-	0.00
			ガラス・陶器類	%dry	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
			その他	%dry	0.00	4.18	0.00	-	-	0.00
			小計	%dry	0.00	4.48	0.00	-	-	0.00
		その他(5mm以下)	%dry	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	
計	%dry	44.51	27.22	50.77	100.00	-	54.44			
合計				%dry	100.00	100.00	100.00	100.00	-	100.00
種類組成 別含水率	生ごみ	%	71.01	77.71	91.60	-	-	-	-	
	紙ごみ	%	26.17	36.43	14.55	-	-	-	19.41	
	その他ごみ	%	39.74	56.12	12.36	-	-	-	16.67	
三成分	水分	%	41.31	55.14	13.98	-	-	67.07	18.00	
	灰分	%	5.87	5.52	6.21	-	-	5.01	5.17	
	可燃分	%	52.82	39.34	79.86	-	-	27.92	76.83	
元素組成 (乾物 基準)	C	%dry	54.52	49.30	67.53	-	-	38.1	58.59	
	H	%dry	7.87	7.33	11.24	-	-	4.95	8.87	
	N	%dry	0.22	0.25	0.16	-	-	1.22	0.39	
	T-S	%dry	0.03	0.04	0.00	-	-	0.17	0.02	
	T-Cl	%dry	0.07	0.39	0.00	-	-	1.05	0.50	
	C/N比	-	248	197	422	-	-	31.2	150	
発熱量	低位発熱量	計算	kJ/kg	8,912	6,024	14,693	-	-	3,575	14,019
		実測	kJ/kg	12,964	8,456	25,166	-	-	3,017	20,834

表 2-2-4-4 前処理試験の結果 (平成 31 年度事業①)

処理				混合ごみ	選別機 (Aを処理)			分別機 (Bを処理)		
					通過	上端側 非通過 (焼却対象)	下端側 非通過	通過 (発酵対象)	非通過 (焼却対象)	
選別箇所 (システム上の扱い)										
番号				A	B	C	D	E	F	
重量比				100	86.4	13.3	0.3	55.7	30.7	
湿物基準 種類組成	生ごみ	厨芥類	有機物系	%wet	17.97	6.07	0.00	-	-	0.00
			卵殻、貝、骨等	%wet	0.76	0.27	0.00	-	-	0.00
		計	%wet	18.73	6.34	0.00	0.00	-	0.00	
	紙ごみ	紙類	ティッシュ系	%wet	9.16	12.95	2.14	-	-	9.73
			上質紙系	%wet	17.32	45.45	23.46	-	-	46.56
			新聞・広告系	%wet	3.23	1.89	7.73	-	-	4.10
			厚紙系	%wet	8.51	10.58	34.78	-	-	5.50
	計	%wet	38.22	70.87	68.11	0.00	-	65.89		
	その他ごみ	おむつ類		%wet	27.97	8.90	0.00	-	-	11.87
			繊維・布類	%wet	1.48	2.66	4.70	-	-	1.63
		合成樹脂 (ビニール類)	薄物系	%wet	10.75	6.67	25.41	-	-	18.99
			硬質系	%wet	0.90	0.62	1.28	-	-	1.28
		小計	%wet	11.65	7.29	26.69	-	-	20.27	
		ゴム・皮革類	%wet	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	
		木・竹・わら類	%wet	1.82	3.35	0.50	-	-	0.34	
		不燃物類	金属類	%wet	0.13	0.59	0.00	-	-	0.00
			ガラス・陶器類	%wet	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
			その他	%wet	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
	小計	%wet	0.13	0.59	0.00	-	-	0.00		
	その他(5mm以下)	%wet	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00		
計	%wet	43.05	22.79	31.89	100.00	-	34.11			
合計				%wet	100.00	100.00	100.00	100.00	-	100.00
乾物基準 種類組成	生ごみ	厨芥類	有機物系	%dry	9.80	3.30	0.00	-	-	0.00
			卵殻、貝、骨等	%dry	1.09	0.33	0.00	-	-	0.00
		計	%dry	10.89	3.63	0.00	0.00	-	0.00	
	紙ごみ	紙類	ティッシュ系	%dry	12.67	13.50	2.39	-	-	9.01
			上質紙系	%dry	21.12	46.01	22.80	-	-	45.40
			新聞・広告系	%dry	5.57	1.97	7.49	-	-	4.43
			厚紙系	%dry	14.15	13.05	32.85	-	-	5.67
	計	%dry	53.51	74.53	65.53	0.00	-	64.51		
	その他ごみ	おむつ類		%dry	14.38	3.89	0.00	-	-	10.91
			繊維・布類	%dry	2.95	3.53	5.20	-	-	1.70
		合成樹脂 (ビニール類)	薄物系	%dry	14.42	9.19	27.65	-	-	21.01
			硬質系	%dry	1.30	0.94	1.21	-	-	1.56
		小計	%dry	15.72	10.13	28.86	-	-	22.57	
		ゴム・皮革類	%dry	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	
		木・竹・わら類	%dry	2.26	3.37	0.41	-	-	0.31	
		不燃物類	金属類	%dry	0.29	0.92	0.00	-	-	0.00
			ガラス・陶器類	%dry	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
			その他	%dry	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00
	小計	%dry	0.29	0.92	0.00	-	-	0.00		
	その他(5mm以下)	%dry	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00		
計	%dry	35.60	21.84	34.47	100.00	-	35.49			
合計				%dry	100.00	100.00	100.00	100.00	-	100.00
種類組成 別含水率	生ごみ			%	73.92	63.55	-	-	-	-
	紙ごみ			%	37.15	33.14	14.60	-	-	21.65
	その他ごみ			%	62.89	39.07	4.04	-	-	16.73
三成分	水分			%	55.12	36.42	11.23	-	47.74	19.97
	灰分			%	3.01	4.27	5.3	-	4.86	4.83
	可燃分			%	41.87	59.31	83.47	-	47.40	75.2
元素組成 (乾物 基準)	C			%dry	53.27	44.85	57.68	-	40.4	52.78
	H			%dry	8.14	6.94	8.97	-	5.82	7.74
	N			%dry	0.90	0.50	0.76	-	0.85	0.43
	T-S			%dry	0.12	0.05	0.03	-	0.13	0.07
	T-Cl			%dry	0.16	0.13	0.04	-	0.35	0.78
	C/N比			-	59	90	76	-	48	123
	発熱量									
低位発熱量	計算		kJ/kg	6.501	10.256	15.442	-	7.732	13.663	
	実測		kJ/kg	8.925	10.733	22.533	-	6.551	17.770	

表 2-2-4-5 前処理試験の結果 (平成 31 年度事業②)

処理				混合ごみ	選別機 (Aを処理)			分別機 (Bを処理)		
選別箇所 (システム上の扱い)					通過	上端側 非通過 (焼却対象)	下端側 非通過	通過 (発酵対象)	非通過 (焼却対象)	
番号										A
重量比				100	99.2	0	0.8	86.2	13.0	
湿物基準 種類組成	生ごみ	厨芥類	有機物系	%wet	32.87	24.93	-	-	-	0.25
			卵殻、貝、骨等	%wet	0.00	1.66	-	-	-	0.00
		計	%wet	32.87	26.59	-	0.00	-	0.25	
	紙ごみ	紙類	ティッシュ系	%wet	7.97	14.07	-	-	-	3.28
			上質紙系	%wet	37.60	34.11	-	-	-	26.50
			新聞・広告系	%wet	0.00	3.18	-	-	-	13.92
			厚紙系	%wet	2.48	6.34	-	-	-	12.48
	計	%wet	48.05	57.70	-	0.00	-	56.18		
	その他ごみ	おむつ類		%wet	2.79	2.84	-	-	-	5.67
			繊維・布類	%wet	1.94	1.92	-	-	-	3.33
		合成樹脂 (ビニール類)	薄物系	%wet	7.76	4.95	-	-	-	31.68
			硬質系	%wet	0.27	0.00	-	-	-	0.94
		小計	%wet	8.03	4.95	-	-	-	32.62	
		ゴム・皮革類	%wet	0.06	0.36	-	-	-	0.70	
		木・竹・わら類	%wet	6.27	5.47	-	-	-	1.24	
		不燃物類	金属類	%wet	0.00	0.17	-	-	-	0.00
			ガラス・陶器類	%wet	0.00	0.00	-	-	-	0.00
			その他	%wet	0.00	0.00	-	-	-	0.00
			小計	%wet	0.00	0.17	-	-	-	0.00
	その他(5mm以下)	%wet	0.00	0.00	-	-	-	0.00		
計	%wet	19.09	15.71	-	100.00	-	43.56			
合計				%wet	100.01	100.00	-	100.00	-	99.99
乾物基準 種類組成	生ごみ	厨芥類	有機物系	%dry	19.72	20.04	-	-	-	0.18
			卵殻、貝、骨等	%dry	0.00	1.15	-	-	-	0.00
		計	%dry	19.72	21.19	-	0.00	-	0.18	
	紙ごみ	紙類	ティッシュ系	%dry	9.49	15.10	-	-	-	3.26
			上質紙系	%dry	44.52	34.90	-	-	-	26.16
			新聞・広告系	%dry	0.00	4.03	-	-	-	14.02
			厚紙系	%dry	4.72	8.44	-	-	-	12.75
	計	%dry	58.73	62.47	-	0.00	-	56.19		
	その他ごみ	おむつ類		%dry	2.15	2.72	-	-	-	5.44
			繊維・布類	%dry	4.61	3.00	-	-	-	2.96
		合成樹脂 (ビニール類)	薄物系	%dry	10.54	6.91	-	-	-	32.02
			硬質系	%dry	0.63	0.00	-	-	-	1.15
		小計	%dry	11.17	6.91	-	-	-	33.17	
		ゴム・皮革類	%dry	0.16	0.70	-	-	-	0.85	
		木・竹・わら類	%dry	3.46	2.72	-	-	-	1.21	
		不燃物類	金属類	%dry	0.00	0.29	-	-	-	0.00
			ガラス・陶器類	%dry	0.00	0.00	-	-	-	0.00
			その他	%dry	0.00	0.00	-	-	-	0.00
			小計	%dry	0.00	0.29	-	-	-	0.00
	その他(5mm以下)	%dry	0.00	0.00	-	-	-	0.00		
計	%dry	21.55	16.34	-	100.00	-	43.63			
合計				%dry	100.00	100.00	-	100.00	-	100.00
種類組成 別含水率	生ごみ			%	76.40	59.22	-	-	-	40.00
	紙ごみ			%	51.89	44.60	-	-	-	17.7
	その他ごみ			%	55.57	46.78	-	-	-	17.58
三成分	水分			%	60.65	48.83	-	-	55.55	17.70
	灰分			%	2.82	4.08	-	-	5.07	3.88
	可燃分			%	36.53	47.09	-	-	39.38	78.42
元素組成 (乾物 基準)	C			%dry	48.47	46.10	-	-	43.9	58.13
	H			%dry	6.58	6.56	-	-	7.03	9.05
	N			%dry	0.39	0.39	-	-	1.22	0.33
	T-S			%dry	0.06	0.04	-	-	0.15	0.06
	T-Cl			%dry	0.87	0.61	-	-	1.62	0.56
	C/N比			-	124	118	-	-	36.0	176
発熱量	低位発熱量	計算	kJ/kg	5,358	7,644	-	-	6,024	14,329	
		実測	kJ/kg	5,312	7,171	-	-	5,951	15,204	



写真 2-2-4-3
搬入可燃ごみ
(右奥 : 家庭系、
左奥、右前 : 事業系)



写真 2-2-4-4
A: 混合ごみ



写真 2-2-4-5
B: 選別機の通過物
(→分別機へ)



写真 2-2-4-6
C:選別機の上端側非通過物
(焼却対象物)
<改良調整前>



写真 2-2-4-7
C:選別機の上端側非通過物
(焼却対象物)[少量]
<改良調整後>



写真 2-2-4-8
D:選別機の下端側非通過物
(焼却対象物)[少量]



写真 2-2-4-9
E: 分別機の通過物
(発酵対象物)



写真 2-2-4-10
F: 分別機の不通過物
(焼却対象物)

表 2-2-4-3～2-2-4-5 の詳細分析試験および現場での簡易分析(生ごみ、紙ごみ、その他ごみの3種類に分類) 試験の結果より計算した組成毎の発酵対象物への回収率の結果を表 2-2-4-6 に示す。

なお、組成毎の元の量(100%)として混合ごみの一点の値を用いると誤差が大きくなるため、選別機で選別された通過物、上端側非通過物、下端側非通過物の三点の合計値を100%として計算を行った結果である。

表 2-2-4-6 発酵対象物への回収率

項目	提案型 〈破袋機+選別機 +分別機〉		(参考) 従来型 〈二軸破碎機 +分別機〉	目標値
	H31 年度〈改良調整後〉	H30 年度	H30 年度	
生ごみ (%)	88~100	94~100	100	100
紙ごみ (%)	58~ 87	46~ 62	63	60 以上
その他ごみ (%)	38~ 83	32~ 59	77	-
全体 (%)	56~ 86	50~ 66	77	-

本年度の改良調整後の結果では、生ごみと紙ごみの回収率は、元のごみ性状などによるばらつきが大きい概ね目標値を達成できた。

一方、その他ごみは、基本的には発酵不適物で発酵対象物には入れたくないものであるが、本試験では想定よりは高めだった。ただし、改良調整後のその他ごみ回収率が高い発酵対象物でも後段のメタン発酵処理は支障なく（次項 5）参照）、適切な前処理になっていると言える。

なお、その他ごみの回収率が高くなった一因として、3）試験対象で示したように本試験の搬入ごみに紙オムツが多いことが挙げられる。模擬の使用済紙オムツを用いた実験では、内側の吸水し重くなった部分（パルプ、吸水ポリマー、汚物など）が発酵対象物側に分別され、外側の不織布は焼却対象物側に分別されることが確認できている。吸水の多い使用済紙オムツでは、湿重量では内側が大半を占めるため、発酵対象物への回収率は 90%程度と非常に高い。よって、搬入ごみ中の紙オムツ比率が上がるとその他ごみの回収率も上がることになる。なお、紙オムツ中のパルプや汚物については発酵適物に当たるので、発酵対象物側に回収されること自体は問題なくバイオガスも発生する。

(6) 発酵対象物作成用運転

(3)～(5)に示した組成分析を行う前処理試験とは別に、次項 5)メタン発酵処理試験に供給する発酵対象物を作るための前処理試験は日常的に行った。

その場合、(4)の手順②に示した混合ごみを作成する作業は行わず、家庭系および事業系ごみのごみ袋を積算で等量になるように順次破袋機に投入した。また、発酵対象物への回収率を把握するための重量測定のみ行った。

①発酵対象物の回収率と性状

試験期間中の発酵対象物への回収率（全体）は、平成 30 年度が平均 55%（33%～73%）、平成 31 年度が平均 63%（45%～86%）であった。この回収率は毎回測定しているものなので、組成分析まで行った表 2-2-4-6 の結果より広い範囲に分散している。

また、回収された発酵対象物の分析結果（外注分析分）を表 2-2-4-7 に示す。

性状の変動幅が大きいのが平均で本年度（平成 31 年度）と昨年度（平成 30 年度）を比較すると、既に述べたように本年度の方が紙ごみの回収率が高くなったため、水分が低く、TS、VS、COD_{Cr}、低位発熱量が高くなっている。また、相対的に生ごみの比率が減少したため窒素含有率が減り C/N 比は増加している。

表 2-2-4-7 発酵対象物の分析結果

項目	単位	H31 年度<改良調整後>	H30 年度
水分	%	54 (27~70)	65 (50~74)
TS	%	46 (30~73)	35 (26~50)
VS	%	42 (27~63)	31 (23~45)
COD _{Cr}	g/kg	417 (300~610)	321 (170~490)
C	%dry	42 (39~47)	42 (38~44)
N	%dry	1.0 (0.4~2.3)	1.2 (0.5~2.3)
C/N	-	51 (20~119)	41 (19~82)
低位発熱量	kJ/kg-wet	5650 (3040~9670)	3940 (2860~6320)

* カッコ外は平均値、カッコ内は範囲

②設備の安定稼働

試験期間の約 1 年 3 ヶ月の間、前処理設備の各装置に大きなトラブルは見られなかった。なお、回転部や突起部などへのビニール類や繊維・布類等の巻きつきなどは完全には避けられないため、装置内の定期清掃は必要である。

③消費電力量

実証試験機（破袋機＋選別機＋分別機）における処理量当りの消費電力量は目標の 15kWh/ton を下回った。

一般的に実証試験機よりも規模が大きく定格運転時間の長い実施の方が電力使用効率は上がるため、15kWh/ton は十分に達成できると考えられる。

④排出・収集も含めた最適システムの検討（参考）

本試験を通じ、ゴミ袋によって生ゴミや紙ゴミばかりのものや逆に全く入っていないものもあることが分かった。特に事業系では偏りが大きい。これらは、搬入時に分別できていれば機械選別を大幅に効率化できると考えられる。

地域内の全ての可燃ゴミを分別排出、分別収集をするのは難しい面があるが、本事業で提案する前処理技術の分別能力や異物に強いメタン発酵技術（次項5）参照）を適切に組み合わせることで、システム全体でコストや環境負荷を最小化することも検討の余地があると考えられる。

排出・収集も含めた最適システムの例を図 2-2-4-2 に示す。

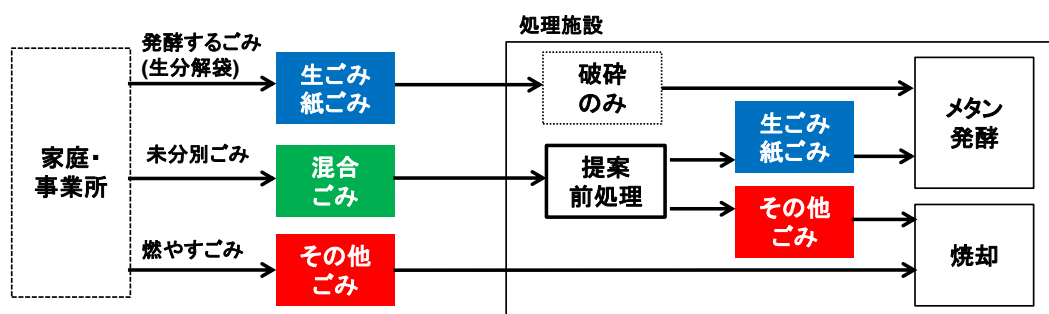


図 2-2-4-2 排出・収集も含めた最適システムの例

(7) まとめ

提案方式での前処理試験の結果をまとめた。

- ・提案する機械選別方式により、様々なゴミの混じった混合可燃ゴミから、発酵に適した生ゴミと紙ゴミの多くを発酵対象物として分別回収できた。回収率は、生ゴミが概ね 100%、紙ゴミが概ね 60%以上であり目標を達成した。
- ・紙ゴミ回収率を増やすことで、その他ゴミ（主に発酵不適物）の回収率も増えるが、後段のメタン発酵処理には支障がない発酵対象物が回収できた。なお、実証プラントへの搬入ゴミは紙オムツ比率が高く、その他ゴミの回収率を高める一因になっていた。
- ・実施設では、提案する前処理技術を活かしつつ、地域の実情に合わせて排出・収集も含めたシステム全体でコストや環境負荷を最小化する検討も有効と考えられる。

5) メタン発酵処理試験

(1) 概 要

メタン発酵処理により、前処理した発酵対象物及び脱水汚泥（脱水汚泥を混合する場合を複合処理と称する）が適切に発酵しバイオガスとして回収できるかの評価検証を行った。

バイオガス発生量（メタン 50%換算）については、発酵対象物の性状と発生量の相関を確認し、ごみ単独処理の場合は TS40%以上のときに 210 m³N/t-発酵ごみを達成できるかの確認を行った。

また、発酵対象物に混入している発酵不適物（プラ類、金属等）の抜き出しが問題なく行えることを確認した。

(2) 試験設備

設備は、独自の縦型発酵槽（発酵対象物の投入、槽内の混合（攪拌）、発酵残渣の引抜、加温等の機構を含む）、ガスホルダ、余剰ガス燃焼装置、ボイラなどから構成している。本試験規模では必要ガスを確保できないため発電機は設けていない。また、実施設においては発酵槽の加温はバイオガス発電機の廃熱を利用するが、本試験では灯油ボイラで代用している。

試験設備の概要を表 2-2-5-1、発酵槽の概略図を図 2-2-5-1 に示す。

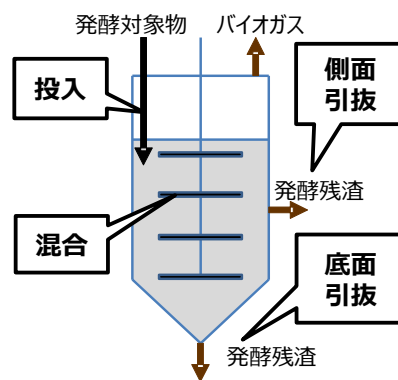


図 2-2-5-1 縦型発酵槽の概略図

表 2-2-5-1 メタン発酵処理設備の仕様

項 目		仕 様
発酵槽	形 状	円筒縦型
	系列数	2 系列
	有効容量	3 m ³
	混合機構	緩速攪拌式
	加温機構	温水循環式
ガスホルダ	メンブレン式(コンテナ内設置)、10 m ³	
余剰ガス燃焼装置	強制通風式	
ボイラ	灯油ボイラ	

(3) 試験対象

メタン発酵試験の対象は、2. 4) に示した混合ごみを前処理して得られた発酵対象物及び2. 3) に示した脱水汚泥である。

発酵対象の概要を表 2-2-5-2 に示す。

表 2-2-5-2 発酵対象物

発酵対象		備 考
可燃ごみ	家庭系及び事業系の混合可燃ごみを前処理分別した発酵対象物	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭系、事業系ともに実証プラント（南丹市八木町）の近傍より発生する可燃ごみ ・前処理での混合比は連携自治体の発生量比に従い原則 50%ずつ ・性状は表 2-2-4-7 を参照
脱水汚泥	京都中部クリーンセンターの脱水汚泥	<ul style="list-style-type: none"> ・し尿浄化槽汚泥処理施設である京都中部クリーンセンターと下水処理施設である南丹浄化センターの脱水汚泥を対象とした ・性状は表 2-2-3-5 を参照 ・混合比は原則 50%ずつ
	南丹浄化センターの脱水汚泥	

(4) 発酵条件

発酵の基本的な条件を表 2-2-5-3 に示す。

表 2-2-5-3 発酵試験条件

項 目		ごみ単独	汚泥複合
発酵対象 比率 (wet%)	混合ごみ由来発酵対象物	100	70※
	脱水汚泥	0	30※
	計	100	100
発酵温度 (°C)		55	55

※脱水汚泥の混合率は、馴養期間は脱水汚泥がない条件から開始し、その後徐々に比率を高めて最終的に 30%とした

発酵槽への発酵対象物の投入は、通常は平日の昼間のみとしたが、一部期間は休日も含めた毎日連続投入を行った。なお、発酵槽内の混合、発生ガスの燃焼処理などは、夜間・休日も自動で連続運転を行った。

(5) 種汚泥

発酵処理の立上げ（平成 30 年度事業）に用いた種汚泥は、近傍の「八木バイオエコロジーセンター」のメタン発酵処理施設の脱水発酵残渣を頂き、希釈溶解したものである。希釈後の発酵槽へ投入した TS 濃度は約 4 %であった。

なお、八木バイオエコロジーセンターは、家畜ふん尿や食品廃棄物を中温発酵されている施設であり、本試験とは発酵対象、発酵温度域ともに異なるが、事前のラボ試験で立上げ方法を検討し、確立した方法を適用した。

(6) 評価指標

メタン発酵処理の状況（発酵特性）把握は、表 2-2-5-4 に示した項目を分析・評価することで行った。

バイオガスの発生量は、ガス流量計により連続測定し、メタン濃度 50%、標準状態（0℃、1 気圧）に換算した量で評価した。本報告書で示すバイオガス発生量は全てこの換算量で示したものである。

他の指標は、投入または引抜サンプルを個々の分析方法に従い分析した。

表 2-2-5-4 発酵特性の評価指標

項目	概要	備考	
発酵対象物	TS (固形物量) [%]	乾燥 (水分蒸発) 後に残る固形物量の割合 TS (%) = 100 - 含水率 (%)	
	VS (有機物濃度) [%]	強熱により失われる量の割合。有機物量の目安	
	COD _{Cr} [mg/kg] (化学的酸素要求量)	VS と同様に有機物量の目安	
	元素組成 [%] (C、H、N ほか)	炭素 C と窒素 N の比率 (C/N) は、発酵槽内アンモニア濃度に影響	
	低位発熱量 [kJ/kg]	ごみが持つ熱量の指標	
バイオガス	発生量 [m ³ N/ton]	発酵槽への投入重量当りで評価したバイオガスの発生量。メタン濃度 50%、標準状態 (0°C、1 気圧) 換算値で評価	目標値 210m ³ N/t @TS40%
	メタン濃度 [%]	発酵対象によるが、可燃ごみの場合は一般的には 50%~60%程度。	
発酵槽内 (発酵残渣)	滞留時間 [日]	発酵対象物が発酵槽内で滞留する日数 (例: 発酵槽 3m ³ に 75kg/日投入 = 40 日)	
	TS (固形物量) [%]	乾燥 (水分蒸発) 後に残る固形物量の割合 TS (%) = 100 - 含水率 (%)	
	VS (有機物濃度) [%]	強熱により失われる量の割合。有機物量の目安	
	COD _{Cr} [mg/L] (化学的酸素要求量)	VS と同様に有機物量の目安	
	元素組成 [%] (C、H、N ほか)		
	アンモニア濃度 [mg-NH ₄ -N/L]	発酵の健全性の確認指標の一つ。適正範囲を外れる場合は希釈等により制御する必要がある。	
	有機酸濃度 [mg/L]	発酵の健全性の確認指標の一つ。高濃度とならないように発酵条件を制御する必要がある。	酢酸、プロピオン酸等
	pH (水素イオン濃度) [-]	発酵の健全性の確認指標の一つ。有機酸濃度等の変化を簡便に推測するのに役立つ	

(7) 試験結果

本年度の目標に挙げられた、①発酵対象物の性状とバイオガス量の相関の確認、②汚泥複合処理の影響の確認、③投入機能・混合機能・残渣引抜機能の機能確認、④定格で安定運転が可能であることの確認、の項目に合わせて以下に試験結果を示す。

①発酵対象物性状とバイオガス量の相関の確認

ごみ単独処理での、週毎（月曜日～日曜日）の発酵対象物 TS 濃度と発酵対象物当りバイオガス発生量の関係を図 2-2-5-2 に示す。

なお、発酵対象物の投入からそれに由来するガスが発生するまでには時間差があるため週毎の投入ごみと発生ガスは厳密には対応しないが、土曜日以降投入がなければ日曜日の夜にはガス発生量は少なくなることから、ここでは概ね対応しているものとした結果である（年末年始など長期に発酵対象物を投入しない期間は除く）。

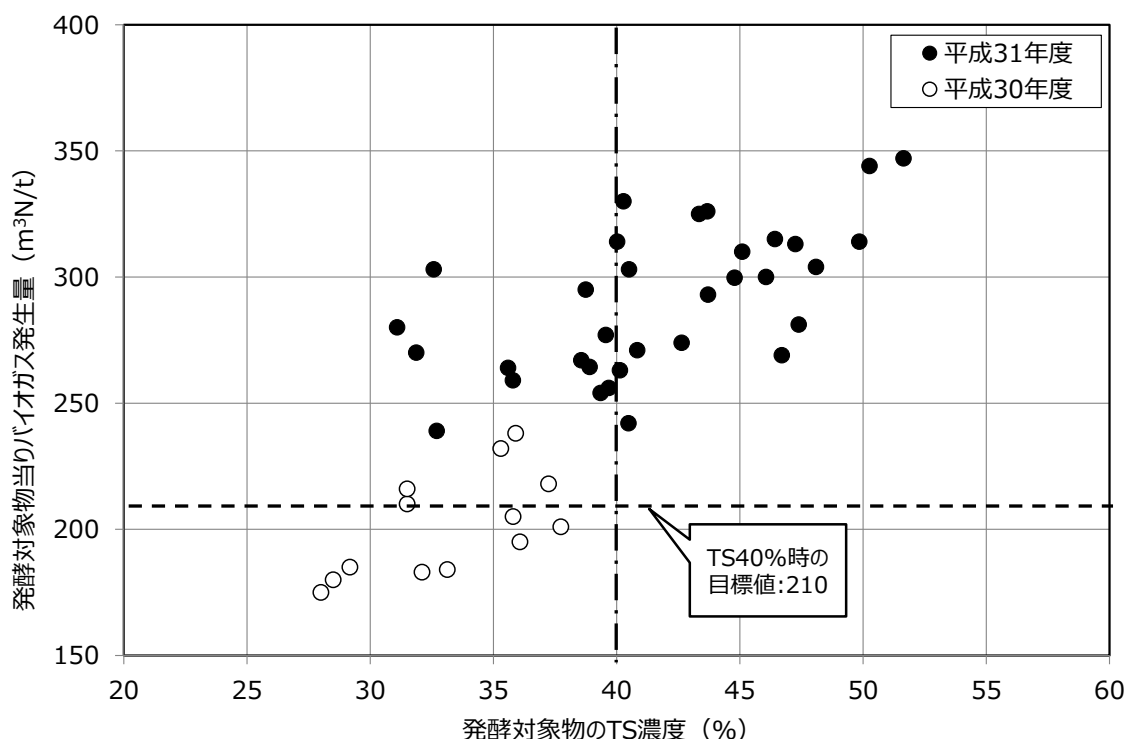


図 2-2-5-2 発酵対象物の TS 濃度とバイオガス発生量の関係（週毎）

これより、発酵対象物 TS 濃度とバイオガス発生量には、ばらつきが大きいものの正の相関があることが分かる。ばらつきが大きい理由については、前述したガス発生時間差によるずれや TS には発酵しないプラスチック類、木材、無機物などの発酵不適物も含まれることなどが挙げられる。

また、図では本年度（平成 31 年度）と昨年度（平成 30 年度）のデータに分けて示しているが、両者の比較から、本年度は 4）で示したように前処理の改良・調整により発酵対象物の TS 濃度が増加したことで発酵対象物当りガス発生量を増加させられたことが分かる。紙ごみの回収率を高めることで発酵対象物量が増え、かつ重量当りバイオガス発生量も増えるため、総ガス発生量（回収エネルギー量）を大幅に増やすことができる。焼却側でエネルギー回収ができない場合は、前処理での紙ごみ回収率を高めることが重要となる。

なお、TS 濃度 40%のときにバイオガス発生量が $210\text{m}^3\text{N}/\text{ton}$ という数値目標は達成できると考えられる。

②汚泥複合処理の影響の確認

ごみ単独処理とごみ＋脱水汚泥複合処理を並列で行った期間のバイオガス発生量（積算値）を図 2-2-5-3 に示す。また、表 2-2-5-5 には、図の試験期間における発酵特性の評価指標の結果をまとめた。

本試験においては、通常は土曜日、日曜日は発酵槽への負荷（発酵対象物）投入を行っていないが、汚泥複合処理系の一部期間において土日（休日）連続投入試験も行った。土日投入ありと土日投入なしのときの日単位のバイオガス発生量の比較を図 2-2-5-4 に示す。

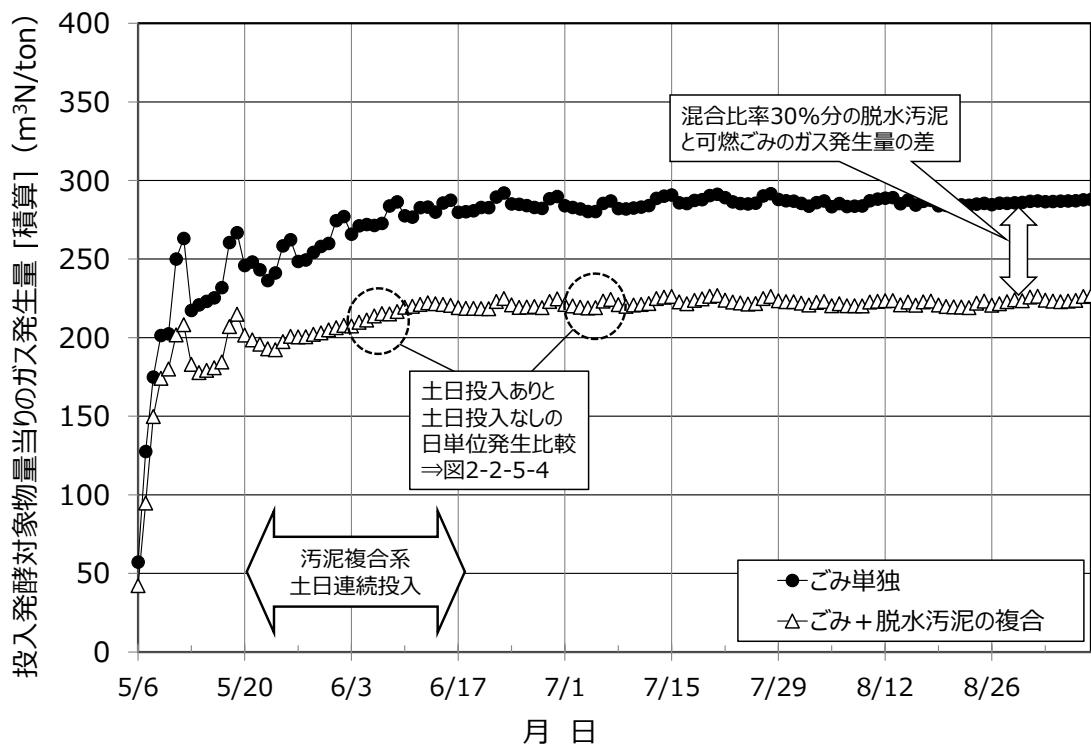


図 2-2-5-3 ごみ単独と汚泥複合のバイオガス発生量

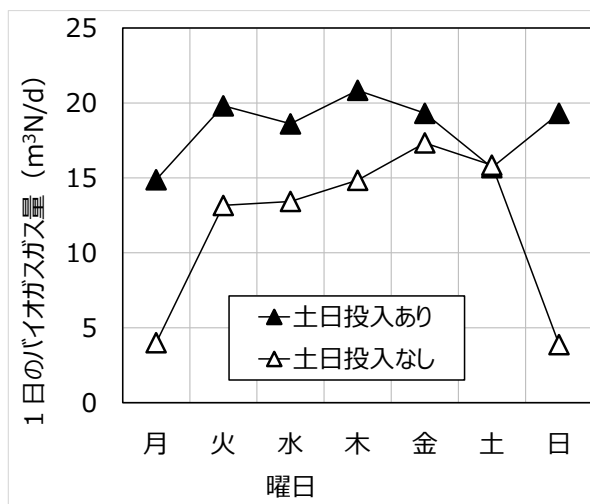


図 2-2-5-4 土日投入の有無による日単位のバイオガス発生量

表 2-2-5-5 ごみ単独と汚泥複合の発酵特性の違い

項目	ごみ単独	ごみ+汚泥複合	備考
発酵対象物	ごみ 100%	ごみ 70%+脱水汚泥 30%	
希釈	通常は無希釈 (発酵対象物 TS を 40%以下 に調整する希釈のみ実施)	2 倍希釈	
滞留日数	40 日以下	40 日(希釈込 20 日)以下	設計定格 40 日
ガス発生量	280 m ³ N/ton 程度	220 m ³ N/ton 程度	積算値
メタン濃度	54%程度	53%程度	ガス成分の詳細は 表 2-3-3-3 参照
TS	5~12%程度	5.5~7%程度	
VS	3.5~8%程度	4~5%程度	
COD _{Cr}	44~80g/L	51~53g/L	外注分析のため データ数は少ない
アンモニア 濃度	適正範囲を維持 (1100~1700mg/L 程度)	適正範囲を維持 (1100~1700mg/L 程度)	希釈により調整
有機酸濃度	適正範囲を維持	適正範囲を維持	
pH	適正範囲を維持	適正範囲を維持	
栄養剤添加	必要	不要	微量必須元素
ハード面の 機能	トラブルなく機能維持	トラブルなく機能維持	

ごみ単独、ごみ+汚泥複合ともに、安定した発酵を行うことができた。
以下、主な発酵特性評価指標の状況を示す。

(a) バイオガス発生

バイオガス量は、前処理の改良・調整による発酵対象物の変化もあり徐々に増加傾向にあるが、期間中の積算（全発生ガス量÷全投入発酵対象物量）値として、ごみ単独で 280m³N/ton、汚泥複合（ごみ 70%+脱水汚泥 30%）では 220m³N/ton 程度であった。なお、期間の初期においてガス量が非常に少なく、また不安定になっているのは連休明けでガス発生のほとんどない状態から積算を開始しているためである。

ごみ単独と汚泥複合のガス量の差は、ごみ（前処理後の発酵対象物）と脱水汚泥

の重量当りのガス発生量の差によるもので、重量当りの有機物量の違いや分解率の違いに起因している。差分から脱水汚泥由来のガス発生量を試算すると次の計算通り $80\text{m}^3\text{N}/\text{ton}$ 程度となる。

○脱水汚泥由来のガス発生量試算

- ・ごみ 100%+脱水汚泥 0%のガス発生量：280
- ・ごみ 70%+脱水汚泥 20%のガス発生量：220
- ・脱水汚泥 30%分の寄与（試算）： $24 = 220 - 280 \times 0.7$
- ・脱水汚泥 100%のガス発生量（試算）： $80 = 24 \div 0.3$

脱水汚泥からのガス発生量は相対的には少ないが、現在未回収の保有エネルギーを回収できることは価値がある。なお、汚泥複合処理の意義などについての詳細は、第2章3. 2) で検討を行う。

(b) アンモニア濃度

ごみ単独処理では概ね無希釈運転（発酵対象物の TS が 40%を超える場合は 40%以下にする希釈のみ実施）で適正範囲である $2000\text{mg}/\text{L}$ 以下を維持した。

一方、汚泥複合処理では2倍希釈運転で適正範囲を維持した。2倍希釈時に最大 $1700\text{mg}/\text{L}$ 程度であり、無希釈であれば適正範囲を超過する可能性が非常に高い。なお、汚泥複合でアンモニア濃度が高くなる原因は、汚泥の C/N 比がごみに比べて低い（相対的に窒素分が多い）ためである（第2章2. 3）参照）。

(c) TS 濃度

ごみ単独、汚泥複合の両系を合せて考えると、いわゆる湿式から乾式にまたがる 5%~12%程度までの範囲で変動があったが、順調な発酵を継続できた。なお、平成 30 年度事業の種汚泥からの立上げ初期は 4%程度とさらに低い TS 濃度であったが、問題なく運転ができた。

(d) 休日連続負荷投入

本試験の通常運転である平日のみ負荷投入に対し、休日（土日）も連続負荷投入すると、図 2-2-5-4 のように日々のガスの出方が異なった。平日のみ投入では日曜日~翌月曜日にガス量が大きく減少するが連続投入では毎日概ね安定して発生した。なお、全体的に土日投入なしが少ないのは投入ごみ質の差によるものである。

このように日々のガスの出方は異なるが、長期的には両方とも安定した発酵を継続でき全く問題は生じなかった。また、夏季休暇のような連休時に 5 日間程度負荷

投入がなくても問題はなかった。

よって、実施設での発酵対象物投入の作業日は、設備効率上は連続投入が望ましいものの、運営管理体制によってある程度は柔軟に設定することが可能である。

③投入・混合・残渣引抜の機能確認

提案する縦型発酵槽は、独自の投入、混合、残渣引抜の機構を持っており、様々な性状の発酵対象物や運転条件に対応できるのが特長である。(図 2-2-5-1 (再掲))

以下、各機構の機能確認の結果を示す。

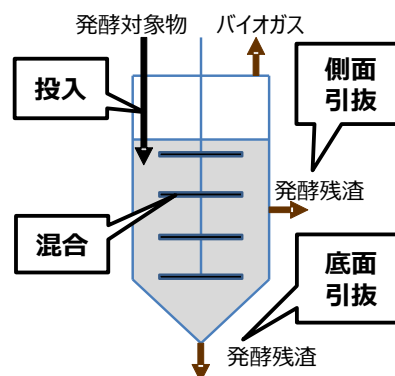


図 2-2-5-1 縦型発酵槽の概略図

(a) 投入機構

前段で前処理した異物(発酵不適物)を含む発酵対象ごみ、脱水汚泥および希積水を計画通りに密閉された発酵槽内に投入できた。投入物の閉塞やガス漏れなどのトラブルは生

じなかった。

(b) 混合機構

前項②で示したように幅広い濃度の発酵槽内を低動力(実施設規模設計値で 25W/m³-槽容量未満)で適切に混合(攪拌)し、安定した発酵を維持できた。

発酵槽内の濃度に合わせて混合機構の回転速度や動き方を工夫することで、発酵不良を起こすことなく必要十分な混合を行うことのできるノウハウを得た。

(c) 残渣引抜機構

提案技術では、側面と底面の両方の引抜き機構と、(b)の混合機構を併せることで、どのような異物も蓄積しない機能を持たせているが、計画通りの機能を発揮した。具体的には下記の通りである。

写真 2-2-5-1~2-2-5-3 は、発酵槽の側面から引き抜いた発酵残渣とその残渣を篩にかけて分画したものの写真である。10mm 程度以上の画分にはビニール等の比較的薄いプラ類などが多く含まれ、2mm 程度以上の画分には繊維状のものが多く含まれていた。なお、繊維状のものについては、紙ごみの中で分解性の比較的低い厚紙などの未分解分と考えられる。

一方、写真 2-2-5-4~2-2-5-6 は、発酵槽の底面から引き抜いた発酵残渣とその残渣を篩にかけて分画したものの写真である。10mm 程度以上の画分には硬質のプラ類などが多く含まれ、2mm 程度以上の画分には砂類、卵殻、貝殻類などが多く含

まれていた。

混合ごみの場合、前処理で発酵不適物（異物）を完全に除去することは難しく、様々な異物が発酵対象物の一部として発酵槽へ混入することは避けられない。そのため、発酵槽内に異物が蓄積しないように排出できることが非常に重要である。



写真 2-2-5-1
側面引抜発酵残渣



写真 2-2-5-2
側面引抜発酵残渣中の
≧約 10mm 画分



写真 2-2-5-3
側面引抜発酵残渣中の
≧約 2mm 画分



写真 2-2-5-4
底面引抜発酵残渣

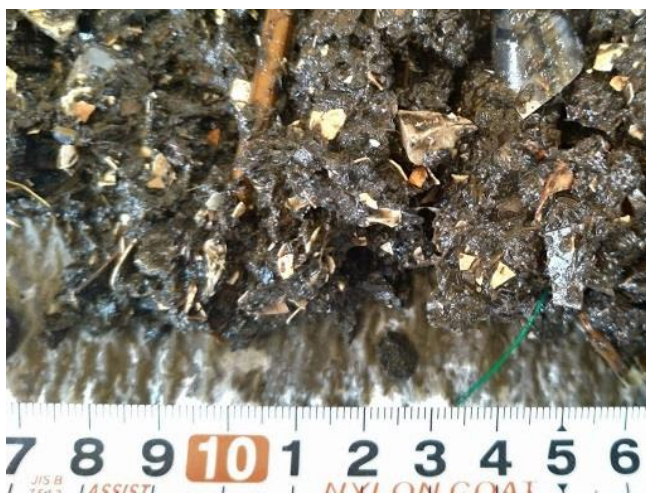


写真 2-2-5-5
底面引抜発酵残渣中の
≧約 10mm 画分

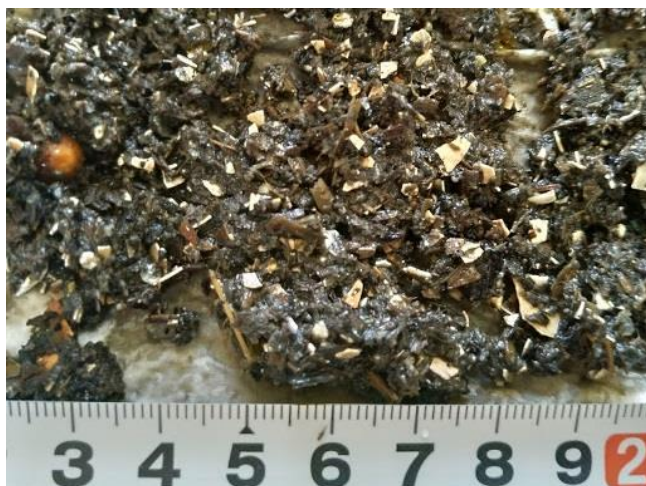


写真 2-2-5-6
底面引抜発酵残渣中の
≧約 2mm 画分

(d) 試験終了後の槽内確認

発酵試験終了後に発酵液を全て引抜き、発酵槽内の状態を確認した。
槽底部への異物の蓄積、槽本体や混合機構の摩耗や腐食などは見られなかった。

④定格での安定運転継続の確認

平成 30 年度事業で定格運転に達してから試験を終了するまでの約 1 年間、同じ発酵槽で条件を変えながら連続運転した結果を図 2-2-5-5 に示す。

期間中、汚泥複合有無・希釈率の変更、負荷の変更（定格→最大で定格の 1.4 倍）、前処理の改良によるごみ質の変化などがあり、またそれに伴う槽内 TS 濃度の変化もあったが、安定した発酵、バイオガス発生を継続できた。

負荷については、滞留日数基準で計画負荷の最大 140%まで確認試験を行い問題ないことを確認した。混合ごみ発酵の場合は、発酵対象物の TS(VS)濃度が高いため、負荷限界は滞留日数ではなく TS(VS)の容積負荷になる場合が多いが、実施設で本試験よりも発酵対象物の TS(VS)が高くて余力のある計画負荷になっている。なお、実施設の設計では、計画ごみ質に応じて TS(VS)負荷も考慮して設計を行う。

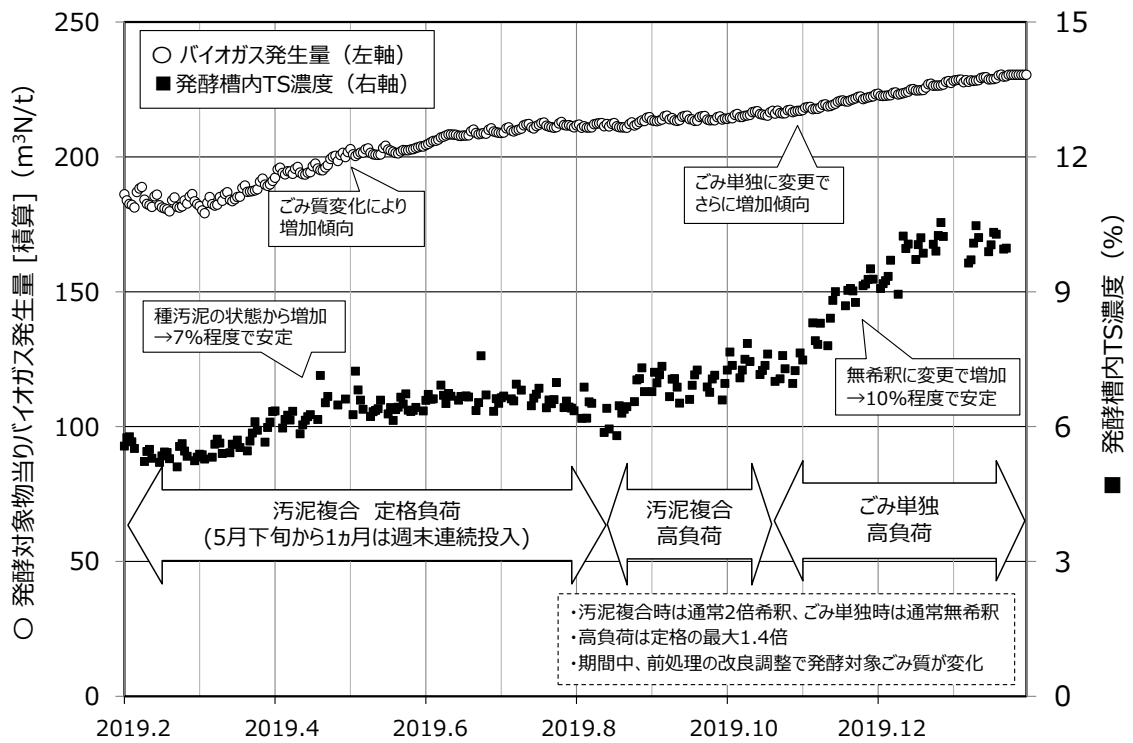


図 2-2-5-5 評価検証試験期間の連続運転データ

(8) まとめ

提案方式でのメタン発酵処理試験の結果をまとめた。

- ・提案の縦型発酵槽技術により、混合ごみ由来の発酵対象物を長期間安定して発酵処理できた。
- ・従来技術と異なる独自の混合機構と残渣引抜機構が計画通り機能し、幅広い条件での安定運転に寄与した。
- ・紙ごみの回収率を高めることで発酵対象物量が増え、かつ重量当りバイオガス発生量も増えるため、総ガス発生量（回収エネルギー量）を大幅に増やすことができる。焼却側でエネルギー回収ができない場合は、前処理での紙ごみ回収率を高めることが重要である。
- ・ごみ単独だけでなく、脱水汚泥との複合処理でも安定した発酵を行うことができた。地域の状況に合わせ、ごみだけでなく汚泥も一緒に処理することが可能である。

6) 発酵残渣処理試験

(1) 概 要

発酵残渣の処理について、処分先もしくは再利用先の条件によって適した性状（含水率、発熱量、ハンドリング性等）、処理方法を整理した。

また、提案の発酵残渣処理技術の脱水性能については、加温の効果や発酵残渣性状の違いによる影響などを確認した。

以下、詳細を示す。

(2) 処理・処分先に応じた適切な性状の整理

発酵残渣は、その処分先もしくは再利用先によって適切な性状が異なるため、適切な処理方法・処理条件も異なると考えられる。平成 30 年度事業の調査検討、関係者との協議の中で、現実的に考えられるケースを整理した。

本年度、一部修正したものを表 2-2-6-1 に示す。

本事業の基本となるメタン発酵＋焼却（エネルギー回収なし）コンバインドシステム（ケース①）では、自治体毎に異なるごみ質などの条件を考慮し、焼却物全体の発熱量（補助燃料や冷却等の必要性）やコストを総合的に判断する必要がある。なお、脱水固形物のハンドリング性については、本事業で想定している含水率の範囲（60%～70%程度）では大きな問題はないと判断している。

コンバインドシステムでも焼却側にエネルギー回収がある場合（ケース②）は、単純に脱水固形物の含水率が低いほど優位と考えられる。本事業は焼却側でのエネルギー回収が難しい中小廃棄物処理施設を対象とするため検討範囲外とする。

外部委託処分の場合（ケース③）は、運搬・処分のコストが重量・容積に依存することから、含水率が低いほど優位である。また、委託先がエネルギー回収を行っている場合は、処分単価も異なってくる可能性があり、さらに優位になると考えられる。本ケースは、運搬や処分の単価に大きく依存するため、個別のケースに応じた判断が必要である。

発酵残渣中の異物を除去し、脱水処理を行って脱水固形物を肥料利用できる場合（ケース④）は、肥料としての使い易さが重要であり、後段での乾燥やペレット化等の処理方法も含めた検討が必要である。肥料利用できるかは地域事情等によるが、コスト削減、資源循環利用の点ではかなり優位になると考えられる。

発酵残渣中の異物のみ除去し、脱水をしない発酵残渣として液肥利用ができる場合（ケース⑤）は、脱水処理自体が必要なくなり、処理・処分のコストもなくなるため、ケース④よりさらに優位になると考えられる。

なお、ケース④と⑤の実現可能性については、第2章3. 4)で検討を行っている。

表 2-2-6-1 発酵残渣の処分・再利用先のケース検討

番号	メタン発酵側の処理【形態】	処分・再利用先とその方法	各ケースのメリット、含水率・発熱量・ハンドリング性等の重要性に関する考察
①		エネルギー回収なし自施設での焼却	<ul style="list-style-type: none"> ・基本（標準）ケースで汎用性が高い ・適正含水率は焼却物全体の発熱量や全体コストの総合的判断が必要 ・ハンドリング性は、含水率 60～70%程度では、運搬や他のごみとの混焼が困難になるような性状にはならない（②、③も同様）
②	（異物除去） ↓ 脱水処理	エネルギー回収あり自施設での焼却	<ul style="list-style-type: none"> ・本事業の対象である中小規模施設ではあまり想定していないケース ・含水率が低いほどエネルギー回収には優位で、CO₂排出削減、コスト面でも優位
③	【脱水固形物】	外部委託焼却（他自治体、民間事業者）	<ul style="list-style-type: none"> ・含水率が低い（重量・容積が減る）ほど運搬・処分コストで大きなメリットが想定 ・処分先がエネルギー回収ありの場合、②と同様に含水率が低いほど優位 ・脱水にかかる追加コストとの比較は処分先の具体的条件による
④	異物除去 ↓ 脱水処理 【脱水固形物】	肥料として有効利用	<ul style="list-style-type: none"> ・適用できるかは地域事情によるが、脱水固形物の処分に必要なエネルギー・コスト削減のほか、資源循環利用の点でも優位と思われるケース ・含水率等は、使い易さが重要であり後段での乾燥やペレット化等も含めた検討が必要 ・異物（発酵不適物）混入の許容度は低い ・肥料利用可能性を検討（第2章3. 4）参照）
⑤	異物除去 【発酵残渣】	肥料(液肥)として有効利用	<ul style="list-style-type: none"> ・脱水処理設備、脱水固形物及び脱 waters の処理・処分のコストがなくなるなど、④よりさらに優位だが適用できる地域が限定されると思われるケース

(3) 試験対象

5) のメタン発酵処理試験で発酵槽内の側面および底面から引き抜いた発酵残渣の混合物（余剰発酵液、表 2-2-5-5 参照）を試験対象とした。

(4) 試験方法

脱水試験の概略フローを図 2-2-6-1 に示す。

脱水機は提案の間接加温機能を持った機種である。なお、提案技術では加温熱源はバイオガス発電機の廃熱を利用するため燃料コストは不要だが、本試験では発電機がないため灯油ボイラで代用している。

試験手順は下記の通りである。

- ①発酵槽の側面および底面から引き抜いた発酵残渣を脱水前処理機（異物除去機）に通し、異物を除去する。以後、この状態を「異物除去後発酵残渣」とする。
- ②異物除去後発酵残渣は脱水試験ができる量が貯まるまで貯留槽に一時貯留しておく。
- ③異物除去後発酵残渣を脱水機（加温、薬注機能付き）にかけ、「脱水固形物」と「脱水ろ液」を得る。
- ④異物除去後発酵残渣、脱水固形物、脱水ろ液を分析する。

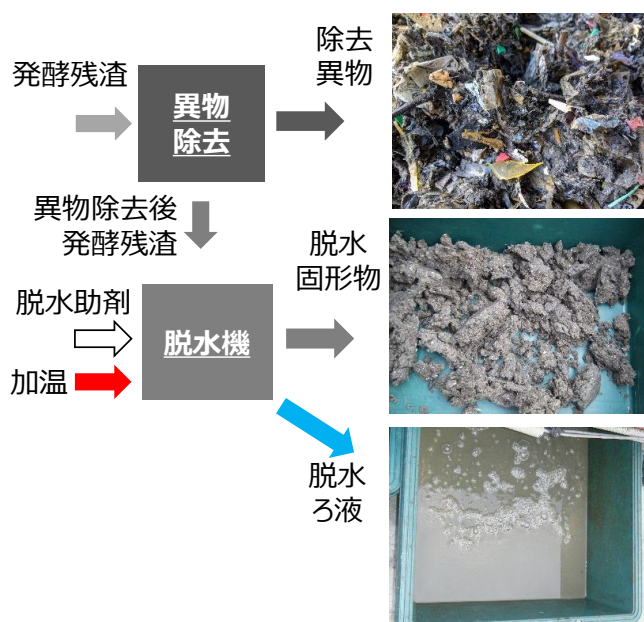


図 2-2-6-1 脱水試験の概略フロー

(5) 試験結果

メタン発酵が安定運転期にあるごみ単独処理およびごみ＋脱水汚泥複合処理の発酵残渣に対し、加温や薬剤添加の条件を変えたときの脱水処理結果を表 2-2-6-2 に示す。また、異なる性状（種汚泥の影響度など）の発酵残渣に対し同様の脱水条件で行った脱水試験の結果を表 2-2-6-3 に示す。

表 2-2-6-2 各種脱水条件における脱水固形物の含水率

加温の有無	なし	あり	あり
ポリ鉄添加の有無	あり	なし	あり
ごみ単独処理	57 %	53 %	47 %
汚泥複合処理	64 %	62 %	59 %

* 高分子凝集剤は全ての条件で添加

表 2-2-6-3 各種発酵残渣に対する脱水固形物の含水率

対象発酵残渣	種汚泥の影響	含水率	備考
安定発酵期の ごみ単独残渣	なし	47 %	
安定発酵期の 汚泥複合残渣	なし	59 %	
立上げ後期の 混合残渣	小さい	57 %	2019.3 の発酵残渣 (H30 事業) (ごみ単独＋汚泥複合の混合発酵残渣)
立上げ初期の 混合残渣	大きい	68 %	2018.12～2019.1 の発酵残渣 (H30 事業) (ごみ単独＋汚泥複合の混合発酵残渣)
<参考> 種汚泥	-	(約 80%)	種汚泥である八木バイオの脱水残渣 (脱水条件は異なる)

* 脱水条件は全て加温あり、ポリ鉄あり、高分子凝集剤あり

表 2-2-6-2 より、加温と薬剤添加を制御することで含水率をある程度は調整でき、必要があれば60%以下にすることも可能であることが確認できた。

また、同じ脱水条件でのごみ単独処理と汚泥複合処理の発酵残渣の含水率を比べると、汚泥複合の方が高めになることが分かる。表 2-2-6-3 では、種汚泥の影響が小さくなるほど含水率は低下しやすいことが分かるが、これらを合わせて考えると、ごみ由来の未分解繊維分が相対的に多くなるほど脱水性が良くなると考えられる。

なお、ここまでの結果は、脱水固形物は焼却処分するものとして異物除去機能を後段の脱水処理に支障のない程度の標準仕様とした場合のものである。その場合、脱水固形物中にはプラスチック片や紙オムツ由来と思われる吸水ポリマーの粒など細かな異物が見られる。吸水ポリマーについては、発酵残渣中でも自重の数十倍の水を吸収する能力があり、脱水固形物全体の含水率を高める影響を及ぼしていると考えられる。

一方、発酵残渣の肥料利用を意図した仕様で異物除去を行った場合は、目視で確認できるプラスチック片などの混入はほとんど無くすることが可能である。ただし、発酵残渣処理全体の処理効率は低下する。

(6) まとめ

提案方式での発酵残渣処理試験の結果をまとめた。

- ・提案の発酵残渣処理（脱水）技術により、メタン発酵槽から引抜かれる異物混じりの発酵残渣を脱水処理することができた。
- ・加温と薬剤添加の制御により含水率をある程度は調整可能で、必要があれば60%以下とすることもできる。
- ・発酵残渣は処分または再利用先により適切な性状（含水率、異物混入許容度等）が異なるため、ケース毎のニーズに合わせ、コスト、手間等を全体最適化できる処理方法・処理条件を選択することが必要である。

7) 物質収支

評価検証試験のデータをもとに、定格運転時における、前処理、メタン発酵処理、発酵残渣処理の一連の物質収支を試算した。

図 2-2-7-1 はごみ単独処理、図 2-2-7-2 は汚泥複合処理の場合で、メタン発酵への投入負荷量を定格の 75kg/d に揃えたときの実重量で示している。なお、処理対象となる可燃ごみ性状の変動が大きいことや発酵処理は滞留時間が 40 日と長くタイムラグが大きいことなどから正確な物質収支を把握することは難しいため、一部推定を含む平均的な値で示したものである。

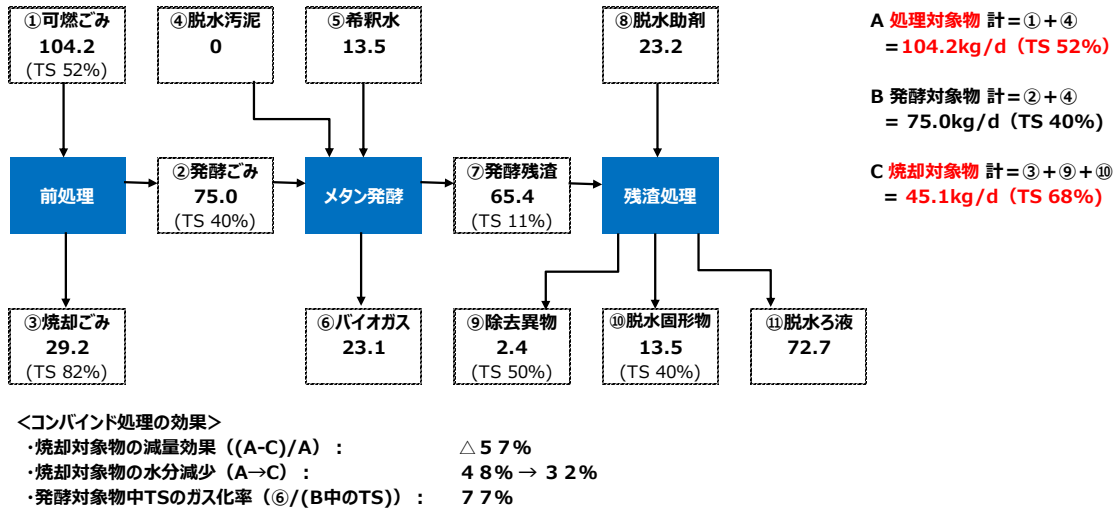


図 2-2-7-1 評価検証試験の物質収支 (ごみ単独処理)

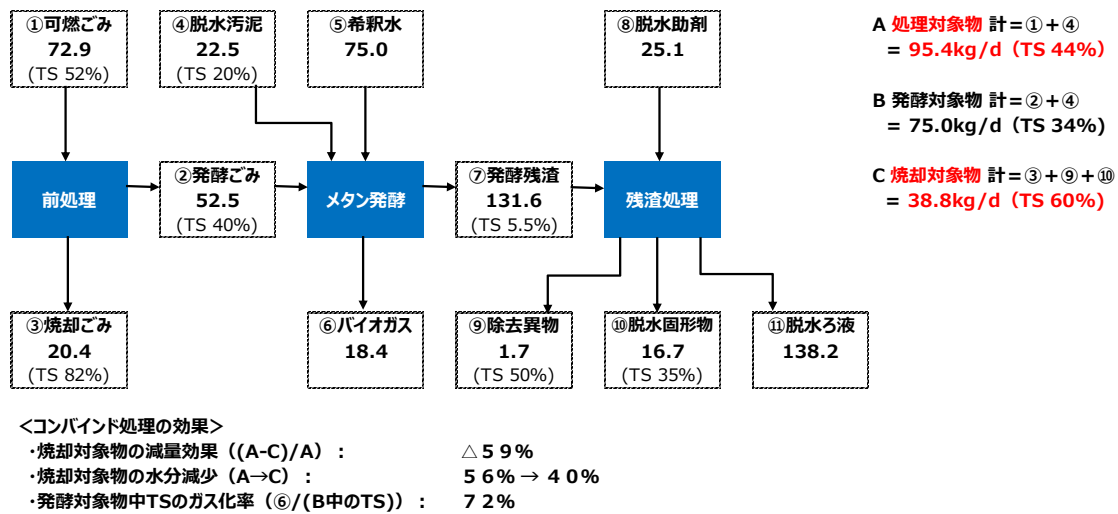


図 2-2-7-2 評価検証試験の物質収支（污泥複合処理）

これより、ごみ単独でも污泥複合でも、メタン発酵処理を組み合わせたコンバインド処理を採用にすることにより、焼却対象物の重量を低減し、また含水率も低減（熱量を増加）できることがわかる。なお、前述のように評価検証試験条件では紙オムツが多いことから減量効果はかなり高くなっている。最適システムの検討においては、ごみ性状に合わせた補正を行う必要がある。

また、発酵対象物中の TS のガス化率は 70%を超えており、発酵対象物とした固形物の多くをバイオガス化し（実施設においては）エネルギー回収することが可能であることが分かる。

なお、ごみ単独の場合は希釈水が少なく、発酵残渣量は発酵対象物量よりも少なくなるが、污泥複合（脱水汚泥 30%混合）では発酵対象物と等量の希釈水が必要なため脱水ろ液量が多くなることに注意が必要である。ただし、実施設においては、脱水ろ液は排水処理後に希釈水として循環利用するので、系外へ出る排水が大きく増加することはない。

8) まとめ

評価検証試験の結果を次にまとめた。

(1) 前処理

提案する前処理方式により、様々な組成のごみの混じった可燃ごみから、発酵に適した生ごみや紙ごみの多くを分別回収できた。可燃ごみの性状によって回収率は大きく異なるが、生ごみでは概ね 100%、紙ごみでは平均 60%程度が回収された。

(2) メタン発酵処理

提案する縦型発酵槽を用いてメタン発酵処理を行った。

ごみ単独処理、ごみ+脱水汚泥の複合処理の両系とも計画定格負荷以上で安定処理を継続できることが確認できた。発酵槽への投入ごみ重量当りのガス発生量は、投入ごみの TS と正の相関があり、本実験のごみ単独系でのガス発生量は 280 m³N/ton であった。

また、発酵槽内の TS 濃度は 5~12%程度と広範囲だったが、従来の技術と異なる独自の混合機構と残渣引抜機構が計画通り機能し、安定運転に寄与した。

(3) 発酵残渣処理試験

提案する発酵残渣処理（脱水）方式により、加温や薬剤添加の制御によって含水率を調整することができ、60%以下にすることもできた。

発酵残渣の処理は、処分または再利用先の条件によってシステム全体で最適となる方法が異なるため、ケースごとに最適な処理条件を選択することが必要である。

(4) システム全体

提案するメタンガス化+焼却コンバインドシステムのうち、メタンガス化部分の一連の技術（前処理（破碎分別）、メタン発酵処理、発酵残渣処理（脱水））の評価検証試験を 1 年以上継続して行い、各要素技術およびシステム全体として、計画通りの機能・性能を発揮できることが確認できた。

3. 付加的技術の調査検討

1) 概 要

CO₂ 排出削減に効果があると考えられる付加的技術（汚泥の複合処理、バイオガスの高度利用）について、評価検証試験で得られるデータ、自治体の廃棄物等のデータやメーカー資料などを用いて、引き続き調査・検討を行った。

また、発酵残渣の有効利用方策についての検討を進めるため、評価検証試験で得られる残渣や脱水ろ液の性状分析など情報収集を行った。

以下、2)～5)に詳細を示す。

2) 汚泥複合処理

(1) 検討の意義

下水処理施設やし尿・浄化槽汚泥処理施設から生じる汚泥は、様々な方法で処理・処分が行われており、それにかかるコストやCO₂排出量も様々であるが、中小規模の自治体では個々の施設規模が小さいことから、相対的にコストが高くCO₂排出量の抑制も難しい場合が多いと考えられる。

連携自治体においても、一部はコンポスト化で有効利用されているが、一部は脱水後に小規模汚泥専用炉で燃料を使用して焼却処理されている。

したがって、可燃ごみの処理施設にメタンガス化+焼却コンバインドシステムを採用する場合、含水率の高い脱水汚泥（または脱水前の濃縮汚泥）をメタン発酵で合わせて処理できれば、地域全体の廃棄物処理として効率化が図れる可能性が高いことから検討を行った。

(2) 汚泥複合による発酵処理の実現性

評価検証試験により、可燃ごみと脱水汚泥の複合処理は問題なく発酵が可能であることが確認できた（第2章2. 参照）。

本試験のごみ性状、脱水汚泥性状の場合は、汚泥混合の比率が30%までは2倍希釈で、希釈水込みの滞留日数が20日（すなわち無希釈での40日と同じ発酵槽容量）で対応可能なため現実的な条件と考えられる。

また、汚泥複合処理には、必須元素のバランス維持など、特性の異なるものを混合することによるメリットもある。実際に、汚泥複合の場合は栄養剤（微量必須元素）を添加しなくても安定発酵が可能であった。

(3) 汚泥複合処理によるCO₂排出量削減効果

連携自治体で現在行われている汚泥専用炉を用いた脱水汚泥の焼却処理に必要な燃料にかかるCO₂排出量とコストを表2-3-2-1に示す。なお、昨年度までは下水処理汚泥の一部も焼却されていたが、本年度からはし尿・浄化槽汚泥の処理汚泥のみの焼却に条件が変わったため期中実績から年間データを推計している。

表 2-3-2-1 脱水汚泥焼却用燃料にかかる CO₂ 排出量とコスト

項目	数量	備考
a 脱水汚泥処理量	959 ton/年	2019.4~12の実績×(12/9)
b 重油使用量	176 kL/年	2019.4~12の実績×(12/9)
c 処理量当り重油使用量	0.184 kL/ton	b ÷ a
d 処理量当り CO ₂ 排出量	0.499 ton-CO ₂ /ton	c × 2.71ton-CO ₂ /kL (A 重油排出係数)
e 年間 CO ₂ 排出量	477 ton-CO ₂ /年	b × 2.71ton-CO ₂ /kL (A 重油排出係数)
f 年間重油コスト	14.1 百万円/年	b × 80 千円/kL (単価)

これより、汚泥焼却用燃料に由来する年間 CO₂ 排出量は約 480ton、年間重油コストは約 14 百万円と大きく、これらの削減ができれば有意な効果が得られる。また、連携自治体へのヒアリングによれば、重油コスト以外にも小規模汚泥専用炉の維持補修には大きなコストがかかっており、その削減効果も大きいと考えられる。

さらに、メタン発酵により生じるバイオガスからのエネルギー回収について、投入量当りのガス発生量は可燃ごみに比べて少ないものの、現状未利用の脱水汚泥中のエネルギーを回収できることは価値があると考えられる。

なお、連携自治体の場合、可燃ごみ量は約 9000 ton/年のため、前処理後の発酵対象物量が少なめに見て半分の 4500ton/年としても、現在焼却している脱水汚泥量約 1000 ton/年は評価検証試験で確認した 30%以下となり、技術的には複合処理可能な量である。

(4) 最適システムの検討への反映方針

汚泥複合処理は技術的には問題なく可能である。コストと CO₂ 排出量の削減効果は地域ごとの現状の処理・処分状況にもよるため一概には言えないが、高い効果が見込まれる場合もあることから、ごみ単独処理だけでなく汚泥複合処理の選択も検討する価値が十分にあると考えられる。

したがって、最適システムの検討では、汚泥複合処理も検討ケースの一つに加えて試算を行うことにする。

なお、ごみ処理施設の新設時は、焼却単独処理ケースにおいても小規模の汚泥専用炉での焼却をやめて、ごみと脱水汚泥を合わせて焼却処理することも考えられ、専用炉よりもコストと CO₂ 排出量の両方で有利と見込まれる。よって、汚泥複合のコンバインドシステムの比較対象は、ごみ焼却炉+汚泥焼却炉ではなく、ごみ+汚泥混合焼却を行う焼却単独システムとする。

3) バイオガス高度利用

(1) 検討の意義

現在、下水汚泥や生ごみ等のメタンガス化施設において、バイオガスの用途については、一部ではガスの導管注入等も行われているものの、ほとんどの場合は施設内での熱利用、ガスエンジンによる発電利用に限られている。

本事業において、バイオガスの高度利用方法として、燃料電池（SOFC）や水素製造等を検討することは、廃棄物処理施設におけるCO₂排出削減技術のバリエーション増強による、計画策定時におけるコンバインドシステムの採用率向上に向けた一助となる可能性がある。

日本では、エネルギー安全保障及び地球温暖化対策の観点から、水素エネルギーの活用が期待されており、政府は「水素基本戦略」を策定し、戦略的な取り組みを進めている。バイオガスを原料とすれば、CO₂を排出しないとみなされる方法で水素を製造することが可能であり、その付加価値はさらに高まるものと考えられる。

なお、バイオガスの高度利用として、燃料電池（SOFC）での発電や水素製造の実証を行う事例はいくつか報告されているが、確認できている限り、いずれも一般廃棄物ではなく、下水汚泥や農業残渣由来のガスを利用したものである。

本事業では、評価検証試験を通じて一般廃棄物由来バイオガスの高度利用における特有の課題について、その有無を含めて確認を行う。

(2) バイオガス高度利用システム

バイオガス高度利用システムとして、燃料電池（SOFC）による発電システム及び水素製造システムのフローを図2-3-3-1の通り作成した。

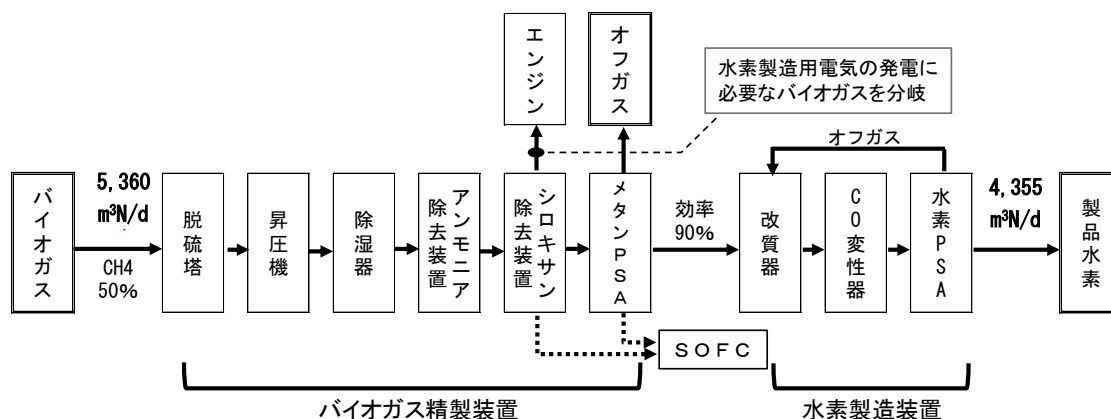


図 2-3-3-1 バイオガス高度利用システムフロー

システムを大きく分けると、バイオガス精製装置と水素製造装置に分かれる。燃料電池（SOFC）で発電する場合は、水素製造装置及びガスエンジンは不要である。

バイオガス精製装置についてはどちらのシステムにおいても必要になるが、燃料電池にバイオガスを導入する際、メタンの濃縮（二酸化炭素分離）を行うかどうかについては効率やコストの検証が必要である。なお、濃縮方法については、代表的な方式としてPSA方式と膜分離方式がある。両者の比較を表2-3-3-1に示すが、ここでは実績を考慮してPSA方式での試算を、回収効率90%として行った。

表 2-3-3-1 メタン濃縮方式の比較

	PSA	膜分離
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・確立された技術 ・ガス圧縮の圧力が低い（0.1～0.2MPa） 	<ul style="list-style-type: none"> ・構造がシンプル ・メタン回収率が高い（95%以上）
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・メタン回収率を高めるとコストが高い（回収率は70～95%程度） 	<ul style="list-style-type: none"> ・膜閉塞の可能性がある、対応コストが高い ・ガス圧縮の圧力が高い（0.9MPa）

(3) 導入による効果

バイオガスの高度利用技術を採用した場合のCO₂排出量削減効果について試算を行った。なお、本試算は第2章4. 最適システムの検討における標準自治体ケース(A-2)でのバイオガス発生量をベースに行ったものである。ただし、第2章4.とは異なりバイオガス利用部分のみの比較である。

a) 燃料電池（SOFC）発電

燃料電池の内、SOFC（固体酸化物型燃料電池）は、家庭用燃料電池（エネファーム）等で多く採用されているPEFC（固体高分子型燃料電池）と比較して、以下の優位性がある。

- ・発電効率が高い
- ・発生する熱量が高い
- ・不純物を取り除けば、バイオガスをそのまま燃料として使用できる

本検討では、バイオガスを燃料として発電を行う際のCO₂排出量削減効果について、ガスエンジンを使用する場合（発電効率39.5%）と燃料電池（SOFC）を使用する場合との比較を行った。

燃料電池（SOFC）の発電効率は、45～60%程度、場合によっては65%という報告

例もあるが、ここではバイオガスからの事例ということ considering、九州大学水素エネルギー国際研究センター等がベトナムで取り組んでいる実証データから、53%を採用した。

結果は表 2-3-3-2 にまとめるが、発電効率に比例した CO₂ 排出量削減効果が期待できる。なお、ここで評価しているのは発電による削減効果のみであり、高い発熱量を有効に利用することができれば、さらなる効果が期待できる。

b) バイオガスからの水素製造

一般的な水素製造方法として、天然ガスの改質による方法がある。日本政府が作成した「水素基本戦略」によると、欧州では天然ガス改質に係る CO₂ 排出量 (91g-CO₂/MJ-H₂) と比較して、60%以上 CO₂ 排出量を低減した水素をプレミアム水素と定義し、さらにその中でも再生可能エネルギー由来の水素をグリーン水素と定義して、その付加価値を評価する動きがある。

バイオガスから水素を製造し、その製造に係る電気をバイオガス発電によって賄えば、CO₂ フリーの付加価値が高い水素として扱われることが期待されるが、ここでは水素製造による CO₂ 排出量削減効果として、天然ガス改質時に発生する CO₂ 排出量で評価する。

なお、図 2-3-3-1 のフロー内に記載している、バイオガス 5,360 m³ N から水素を 4,355 m³ N 製造する試算に際しては、一部のバイオガスを、本システムを稼働させるための発電に供することも可能であるが、バイオガス全量を発電する場合との比較を行うため、水素を製造するために必要な電力は商用電源によるものとした。

さらに参考として、水素利用時まで考慮した CO₂ 排出量削減効果を評価するため、燃料電池車 (FCV) を使用する場合の削減量 (対ガソリン小型車) を試算した。また比較対象とするため、バイオガスを用いてガスエンジンで発電した電気をを用いて電気自動車 (EV) を使用する場合の削減量についても試算した。

なお、燃料電池車に関する評価に当たっては、「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック」(環境省) をベースに諸元を設定したが、電気自動車の電気消費率 (電費) については、日産自動車のウェブサイト内にある、電気自動車ランニングコストシミュレーターを参考にした。

表 2-3-3-2 CO₂ 排出量削減効果比較

方法	削減量	備考
① 水素製造 (天然ガス改質水素製造時 CO ₂ 排出量)	1,330t/年	0.983kg-CO ₂ /m ³ N-H ₂ 水素の運搬は考慮せず、水素製造に必要な電力は購入
② ガスエンジン発電	2,230t/年	バイオガスをガスエンジンに導入 発電効率を 39.5%に設定
③ 燃料電池 (SOFC) 発電	2,290t/年	バイオガスを SOFC に導入 発電効率を 53%に設定
④ 水素製造後 燃料電池車 (FCV) で利用	3,850t/年	小型車 (ガソリン車) との比較による、 水素製造に必要な電力は購入
⑤ ガスエンジン発電後 電気自動車 (EV) で利用	3,540t/年	小型車 (ガソリン車) との比較による、
⑥ 廃天ぷら油から水素化接触分解で 製造した BDF を普通自動車で利用	16,860t/年	小型車 (軽油車) との比較による、廃天 ぷら油は CO ₂ フリー、水素・BDF 製造に 必要な電力は購入

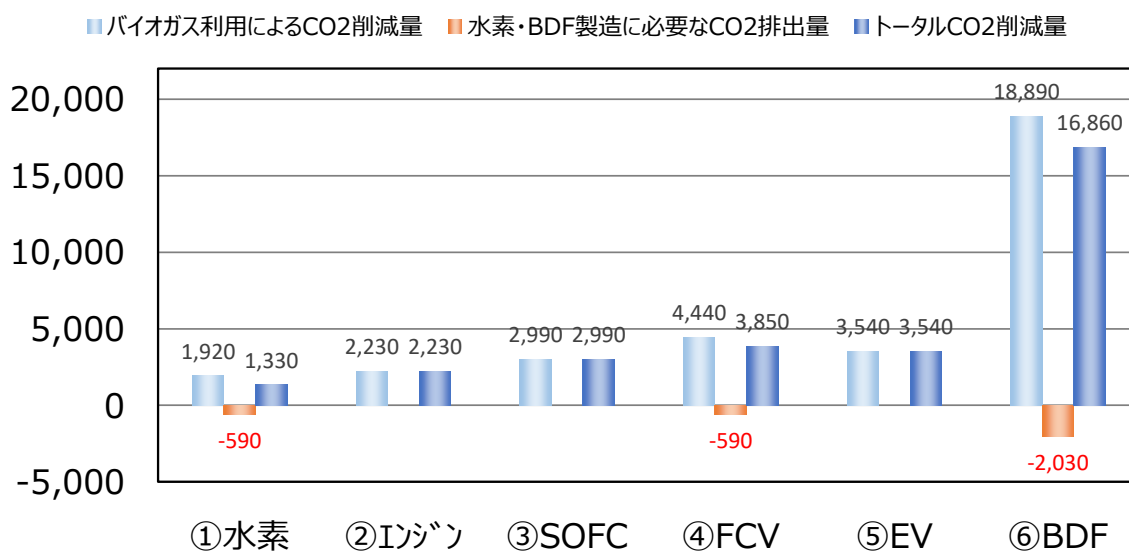


図 2-3-3-2 CO₂ 排出量削減効果比較 (ton-CO₂/年)

c) 考察

- ・本試算ではバイオガスからの水素製造に期待できるCO₂排出量削減効果(①)はエンジン発電(②)の6割程度となる。ただし、今後の技術開発による効率向上等により、さらなる上乘せも期待できる。また、水素には将来的に様々な利用方法が確立されることが予想され、付加価値の向上も期待できる。
- ・燃料電池(SOFC)によるバイオガス発電(③)は、現在は実証段階にあるが、その発電効率の高さから、大きな削減効果があると考えられる。
- ・水素を燃料電池車で使用するところまで評価すれば(④)、バイオガスにより発電した電力を電気自動車で使用する場合(⑤)を上回る削減効果が見込まれる。
- ・廃天ぷら油から水素化接触分解で製造したBDFを普通自動車で利用する場合(⑥)、さらに大きな削減効果が見込まれる。(廃天ぷら油はCO₂フリー燃料とみなす)
- ・上記のようにCO₂排出量削減の面では高い効果が見込まれるバイオガス高度利用方法も多いが、技術面やコスト面で課題が残っているものも多く一般的に普及しているとは言えない。
- ・よって、現時点でこれらの高度利用方法を標準仕様として採用するのは難しいが、実現した場合の効果の大きさから、今後の技術動向や地域の状況等に応じて検討すべきと考えられる。

(4) バイオガスの成分

バイオガスを有効利用するためには、例えば図2-3-3-1に示したように、用途により要求されるガス品質にするための精製処理が必要である。そのため、提案システムで生成するバイオガスの成分を把握しておく必要がある。

評価検証試験で実際に発生したバイオガスの成分分析結果を表2-3-3-3に示す。なお、表中の括弧内数値は分析結果の範囲を括弧外数値は中央値を示している。

表 2-3-3-3 バイオガスの分析結果

項目	単位	ごみ単独	汚泥複合	参考※
メタン	%	54 (49~59)	53 (52~57)	
硫化水素	ppm	10 (5.9~16)	4.5 (0.83~17)	500~2000
アンモニア	ppm	15 (1.2~660)	37 (0.2~170)	50~200
シロキサン (D3~D6の計)	ppm	0.10 (N.D. ~0.32)	0.27 (0.93~0.70)	20~50

※メタン化ガス整備マニュアル(改訂版)に記載の例

メタンの濃度は概ね 50%~60%程度で一般的なバイオガスと同程度であり、問題なく利用できる。

一方、硫化水素やシロキサン濃度は下水汚泥等を由来とするバイオガスに比べて大幅に低いことが確認できた。これは、脱水汚泥を複合処理している系でも同じ傾向であった。硫化水素やシロキサンは、バイオガスの用途によらず前段で精製処理が必要である（要求水準は用途により異なる）ことから、これらの濃度が低いことはライフサイクルコストの面で有利である。

以上より、ごみ単独及びごみ+脱水汚泥複合処理由来のバイオガスは、一般的なガスエンジンでも水素製造などの高度利用でも利用可能で、コスト面では下水汚泥由来のバイオガスよりも有利と考えられる。

(5) 最適システムの検討への反映方針

バイオガスの高度利用を図ることで、一般的なガスエンジンによる発電を上回るCO₂排出量削減効果が得られる可能性が示された。一方、こうした高度利用については技術面やコスト面で課題も残っており現時点で一般的に普及しているとは言えず、標準仕様として採用するのは難しいと考えられる。

したがって、最適システムの検討においては、ガス性状を考慮したうえで、一般的なガスエンジン発電をすゝとして試算を行うこととする。ただし、今後の技術動向や地域の状況によっては水素化等の高度利用も含めた検討をすべきである。

4) 発酵残渣の有効利用

(1) 検討の意義

メタン発酵後の発酵残渣は、窒素(N)やリン(P)、カリウム(K)などの肥料成分を含んでおり、肥料として緑農地還元できる可能性がある。地域で発生した生ごみや紙ごみ、汚泥等を、地域の農業に循環利用することで、循環型社会の構築にもつながる。

また、第2章2.6) 発酵残渣処理の(2)処理・処分先に応じた整理 で整理したように、基本ケースでは発酵残渣の脱水固形物は焼却処理、脱水ろ液は排水処理が必要であるが、これらが有効利用できて焼却処理や排水処理がなくなれば、システム全体として大きなコスト削減となる。

これらのことから、発酵残渣の有効利用について検討する意義は大きい。

(2) 発酵残渣の有効利用事例調査（平成30年度事業）

①調査対象候補自治体

発酵残渣の有効利用事例について、国土交通省および環境省のwebサイトから以下の条件を満たす自治体・組合を抽出し、調査対象候補として整理した。

整理した結果を表2-3-4-1に示す。

【抽出条件】

- ・下水、農漁業集落排水、し尿、浄化槽などの排水処理汚泥と、一般廃棄物（生ごみ等）の両方を合わせてメタン発酵を行っている。
- ・発酵残渣を肥料として利用するため肥料登録を行い、市民が利用している。

表 2-3-4-1 一般廃棄物を含む混合バイオマス由来発酵残渣の肥料利用事例

都道府県	市町村 組合	汚泥				一般廃棄物			産業 廃棄物
		下水	農集排	し尿	浄化槽	家庭系 生ごみ	事業系 生ごみ	その他	
北海道	稚内市	○				○	○	○ 紙ごみ	
北海道	西天北五町 衛生施設組合	○		○	○	○	○		
北海道	北広島市	○		○	○	○	○		
北海道	恵庭市	○		○	○	○			
石川県	珠洲市	○	○	○	○		○		
石川県	中能登町	○	○	○	○		○		○
栃木県	鹿沼市	○		○	○		○		
富山県	黒部市	○	○		○	○			○
長野県	浅麓環境施設組合			○	○	○	○		
大分県	日田市		○			○	○		○

②調査結果

候補とした自治体の一部を訪問しヒアリング調査を実施した。

a) 北海道稚内市

- ・ 分別生ごみ、下水汚泥、水産廃棄物、廃食用油に加え、別途回収した紙ごみも合わせてメタン発酵し、発酵残渣を膜分離活性汚泥法（MBR）により処理した際の引き抜き汚泥を脱水して、さらに乾燥機で乾燥させたものを市民に無料で配布している。
- ・ 需要がある5～9月のみ肥料を生産し、冬期は乾燥させず最終処分場に埋め立てる。需要期は全量利用されている。
- ・ MBR槽に投入する前に目幅2mmのバースクリーンと1mmのドラムスクリーンを追加設置し、異物を除去している。



写真 2-3-4-1 発酵残渣肥料

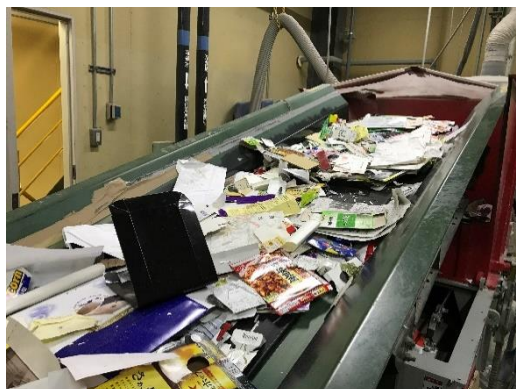


写真 2-3-4-2 紙ごみ（破碎前）

b) 大分県日田市

- ・ 分別生ごみ、焼酎粕、豚糞尿を合わせてメタン発酵している。当初は農集排汚泥も受け入れていたが、現在はし尿・浄化槽汚泥と一緒に別施設で肥料化している。
- ・ 発酵残渣の一部を加熱殺菌し液肥として利用しているほか、水処理引き抜き汚泥をさらに発酵させ、堆肥として利用している。
- ・ 水処理に発酵残渣を投入する前に目幅 2mm のスクリーンを追加設置し、異物を除去している。
- ・ 堆肥は 50 円/12kg 袋で販売。液肥は無償。堆肥は年 2 回配布に対して半年待ちぐらいになるほど人気であるが、液肥は市内 16 か所で自由に持ち帰れるものの需要は少ない。
- ・ 液肥の利用先について、市内の公園や植栽に使えないか担当部署に打診したが、散布する予算を確保できず実施していない。



写真 2-3-4-3 発酵残渣肥料



写真 2-3-4-4 発酵残渣液肥

③まとめ

事例調査の結果、生ごみ及び紙ごみ由来の発酵残渣でも肥料利用できている実績があることが分かった。ただし、本事業のように分別収集されていない混合可燃ごみ由来の発酵残渣については実績がない。

事業者側で注意されている点として異物の除去が挙げられており、混合ごみ由来では特に注意する必要があると考えられる。また、形態（乾物、堆肥、液肥）や季節による需要の高低にも注意が必要であり、利用先の確保が重要であることを確認できた。

いずれにせよ、肥料利用を前提として計画を進めるためには、利用可能な性状であることは当然として、あらかじめ具体的な利用先を確保しておくことが必要である。

(3) 発酵残渣の植害試験、成分分析

異物除去後の発酵残渣（スラリー状）およびこれを脱水処理した後の脱水固形物と脱水ろ液について、公益財団法人日本肥糧検定協会に委託して植害試験を行った。試験方法は「植物に対する害に関する栽培試験の方法」（農林水産省農蚕園芸局長通知）に則り行い、供試作物は「こまつな」、供試土壌は「黒ボク土」、対照肥料は「乾燥菌体肥料」である。また、肥効性成分および有害成分等の分析も併せて行った。

なお、肥料利用を前提とした場合の異物除去は、(2)の調査結果を参考に目視できるような異物（プラスチック片など）を含まないように処理方法を調整して行った。

結果を表 2-3-4-2～2-3-4-3 に示す。また、植害試験の状況（例）を写真 2-3-4-5 に示す。

表 2-3-4-2 発酵残渣等の植害試験、成分分析の結果（ごみ単独処理）

項目		発酵残渣 (異物除去後)	脱水固形物	脱水ろ液	備考
植害試験	生育上の異常	なし	なし	なし	基準～4 倍量区
	標準区(100)比の生体重指数	149	119	154	基準量区の値
	対照肥料(100)比の生体重指数	120	96	124	基準量区の値
肥効性	窒素 (as N) (%)	0.38	0.93	0.13	
	リン (as P ₂ O ₅) (%)	0.10	1.01	0.01	
	カリウム (as K ₂ O) (%)	0.19	0.17	0.11	
有害成分	ヒ素 (mg/kg-dry)	<1	2	<1	許容値：50
	カドミウム (mg/kg-dry)	<1	<1	<1	許容値：5
	全水銀 (mg/kg-dry)	<0.1	<0.1	<0.1	許容値：2
	ニッケル (mg/kg-dry)	72 ※	120 ※	75 ※	許容値：300
	全クロム (mg/kg-dry)	14	30	15	許容値：500
	鉛 (mg/kg-dry)	<5	7	<1	許容値：100
その他の項目	TS (%)	11.6	32.8	0.99	
	pH (-)	7.6	-	7.6	
	カルシウム (asCaO) (%)	1.15	6.49	0.02	
	マグネシウム (asMgO) (%)	0.06	0.27	0.01	
	塩分 (as NaCl) (%)	0.31	0.20	0.30	Cl 値より換算

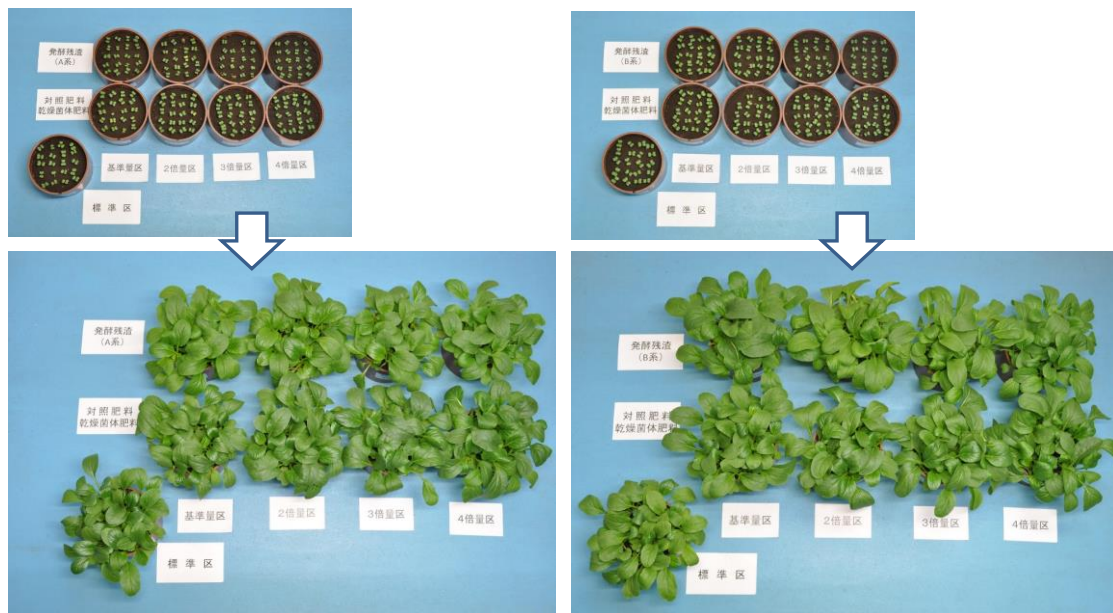
* 備考の許容値は肥料取締法の有害成分基準値を示す

※添加している栄養剤の影響が含まれる

表 2-3-4-3 発酵残渣等の植害試験、成分分析の結果（汚泥複合処理）

項 目		発酵残渣 (異物除去後)	脱水固形物	脱水ろ液	備 考
植害試験	生育上の異常	なし	なし	なし	基準～4 倍量区
	標準区(100)比の生体重指数	145	103	134	基準量区の値
	対照肥料(100)比の生体重指数	133	95	123	基準量区の値
肥効性	窒素 (as N) (%)	0.33	1.08	0.21	
	リン (as P ₂ O ₅) (%)	0.13	1.05	0.01	
	カリウム (as K ₂ O) (%)	0.09	0.10	0.07	
有害成分	ヒ素 (mg/kg-dry)	3	3	3	許容値：50
	カドミウム (mg/kg-dry)	<1	<1	<1	許容値：5
	全水銀 (mg/kg-dry)	0.1	0.2	<0.1	許容値：2
	ニッケル (mg/kg-dry)	3	31	3	許容値：300
	全クロム (mg/kg-dry)	43	38	23	許容値：500
	鉛 (mg/kg-dry)	<5	3	5	許容値：100
その他の項目	TS (%)	4.5	30	1.2	
	pH (-)	7.7	-	7.5	
	カルシウム (asCaO) (%)	0.51	3.31	0.06	
	マグネシウム (asMgO) (%)	0.03	0.17	0.01	
	塩分 (as NaCl) (%)	0.15	0.17	0.18	Cl 値より換算

* 備考の許容値は肥料取締法の有害成分基準値を示す



例1 ごみ単独発酵残渣の植害試験

例2 汚泥複合発酵残渣の植害試験

写真 2-3-4-5 植害試験の結果（例）

ごみ単独処理の発酵残渣（表 2-3-4-2）については、異物除去後の発酵残渣、脱水固形物、脱水ろ液のいずれも植害試験で生育上の異常はなく、標準区との比較では肥効性が認められ、対照肥料との比較でも概ね同等以上の肥効性があることが確認できた。

なお、窒素とのバランスで見ると、元の発酵残渣中の比率に対し、脱水固形物ではリンが増加しカリウムが減少、逆に脱水ろ液はリンが減少しカリウムが増加している。これは各成分の存在形態の違いによるものである。

また、有害成分についても、全て肥料取締法の許容値を大きく下回り問題のないことが確認できた。なお、ニッケルについては、発酵処理において添加している栄養剤の影響でやや高くなっていると考えられる（栄養剤の添加はもう少し減らすことができる）。

これらのことから、ごみ単独処理から生じる発酵残渣は、性状面については十分に肥料利用可能であると判断できた。

汚泥複合処理の発酵残渣（表 2-3-4-3）についても、概ねごみ単独処理の発酵残渣と同様であり、性状面については十分に肥料利用可能であると判断できた。なお、汚泥複合系では栄養剤の添加を行っていないため、ニッケルはごみ単独系よりも少なくなっている。

(4) 最適システムの検討への反映方針

発酵残渣やその脱水固形物、脱水ろ液について植害試験や成分分析を行い、混合ごみや脱水汚泥由来であっても性状としては十分に肥料利用できることが確認できた。廃棄物処理コストの低減や地域資源の循環を考えると、発酵残渣の肥料利用は積極的に検討すべきであると考ええる。

一方で事例調査の結果からは、廃棄物由来の発酵残渣の肥料利用では、事前に具体的な利用先を確保しておくことが必要不可欠である。利用先を拡大するためには、食料以外の作物への利用や価格インセンティブ等も含め地域全体で上手く肥料利用できる仕組みづくりが欠かせないと考えられ、現時点では全国一律で利用を前提とした計画にするのは難しい。なお、連携自治体においては本事業以外にも地域循環共生を図る様々な取り組みを進められている。現時点で具体的方策は決まっていないが、引き続き本事業の実施主体も協力して実現を目指していきたい。

以上のことから、本事業での最適システムの検討においては、発酵残渣を脱水し脱水残渣は焼却処理する標準的なケースで試算を行うものとする。

5) まとめ

付加的技術の調査検討の成果と最適システムの検討への反映方法を表 2-3-5-1 にまとめた。

表 2-3-5-1 付加的技術の調査検討のまとめ

項目	汚泥複合処理	バイオガスの高度利用	発酵残渣の有効利用
調査検討結果のまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 脱水汚泥との複合処理でも安定発酵しバイオガスを得られる。 ・ 従来が汚泥専用炉での焼却の場合、LCC、CO₂排出量を抑制できる可能性が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 混合ごみ由来のバイオガスでは、硫化水素やシロキサン濃度が比較的低い。 ・ メタンガスから水素を製造し燃料電池車で利用するなどガスエンジン発電よりもCO₂排出量削減効果の大きな高度利用方法もある。ただし、技術面、コスト面での課題は残る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 肥効性や有害成分の点からは十分に肥料利用可能である。 ・ 実際の利用には心理的抵抗による難しさもあり、事前に具体的な利用先確保が不可欠である。
実施への適用について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域の状況に応じ、ごみ単独だけでなく汚泥との複合処理も選択できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 利用時に必要なガス精製のコスト、手間は比較的小さい。 ・ 当面の標準はガスエンジン発電と考えられるが、今後の技術動向や地域の状況に応じ水素化等の高度利用も検討の余地がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 当面の標準は脱水後に焼却処理と考えられるがLCCや資源循環の面から肥料利用を積極的に検討すべき。 ・ 食料以外の作物への利用や価格インセンティブ等も含め地域全体で肥料利用できる仕組みづくりが重要である。
本事業での最適システム検討への反映方法	汚泥複合処理を検討ケースの一つに含め試算	ガス性状を考慮したうえでガスエンジン発電するとして試算	発酵残渣を脱水し、脱水残渣は焼却処理するとして試算

4. 最適システムの検討

1) 概要

第2章2.～3.の試験や調査で得られた知見、結果をまとめ、

①中小廃棄物処理施設の標準的な標準自治体ケース

②連携自治体の現状や計画を考慮した連携自治体ケース

の2つのケース（細分後5ケース）で事業性評価（FS）（ライフサイクルコスト及び二酸化炭素排出量試算）を行った。①は環境省指定の表2-4-1-1の条件とする。

表 2-4-1-1 標準自治体の条件（環境省指定）

項目	条件
処理対象比率	
生ごみ	35%
紙ごみ	25%
その他ごみ （うちプラスチック）	40% (15%)
廃棄物量	14,000 トン/年
稼働日数	焼却 280 日/年

以下、2)～6)に詳細を示す。

2) 最適システムの検討ケース

平成 30 年度事業において、それまでの調査や評価検証試験の成果を踏まえ、評価検討会等での協議により最適システムの検討（CO₂ 排出量やライフサイクルコストの比較評価）に影響を及ぼすと考えられる主な要因をまとめた（表 2-4-2-1）。

表 2-4-2-1 最適システム検討に影響する主な要因

項目	主な影響要因	CO ₂ 排出量/LCC への影響（想定を含む）
ごみ性状	生ごみ、紙ごみ、その他ごみの比率	標準的な可燃ごみ質ではコンバインドが有利。 生ごみ、紙ごみが多いほどガス発生量は増加し優位性が増す。 境界条件があるかは要検討。
	含水率	標準的な可燃ごみ質ではコンバインドが有利。 含水率が低いほどガス発生量は増加し優位性は増す。 境界条件があるかは要検討。
ごみ量	施設規模	境界条件があるかは要検討 (30~70ton/日程度の範囲)
焼却施設の仕様	エネルギー回収の有無	焼却側エネルギー回収の有無によりメタン発酵側へ入れるべき対象は異なる。本事業は無いことが前提のため、発酵可能な有機物はメタン発酵側に入れるのが有利。
発酵残渣の処理・処分方法	脱水・排水処理の必要性	脱水せず（異物除去のみで）肥料利用できると最も有利。 脱水が必要でも、脱水ろ液が肥料利用できたり地域の下水処理施設で処理できたりすると有利。
汚泥複合ケース	汚泥のごみに対する比率	連携自治体ケースでは、脱水汚泥換算で 30%程度まで 2 倍希釈で対応でき現実的。
	汚泥の現状処理方法	個別検討必要（燃料使用焼却ならば効果大、既に有効利用時は効果なし）

本年度は、既に示した評価検証試験（第 2 章 2）や付加的技術の調査検討（第 2 章 3）の成果、環境省指定の標準自治体条件（表 2-4-1-1）を踏まえ、評価検討会で重要パラメータを抽出し、最適システムの検討を行うケースを決定した。

決定した検討ケース（A-1, A-2, A-3, B-1, B-2 の 5 種類）を表 2-4-2-2 に示す。

このうち、A-1、A-2、A-3 の比較でごみ量（施設規模）の影響、A-1 と B-1 の比較

でごみ性状（ごみ組成）の影響、B-1 と B-2 の比較で汚泥複合処理の影響を評価できる。なお、A-2 が環境省指定の標準自治体条件に相当する。

表 2-4-2-2 最適システムの検討ケース

ケース	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	備考
対象自治体	標準自治体			連携自治体		
ごみ性状(組成) [%]						・B は H29 年度調査実績等より設定 ・紙オムツ比率は その他ごみの内数として 10%と想定
生ごみ	35			20		
紙ごみ	25			40		
その他ごみ (うちプラスチック)	40 (15)			40 (20)		
ごみ量[ton/日] (カッコ内[ton/年])	30 (8400)	50 (14000)	70 (19600)	30 (8400)	30 (8400)	日量は 280 日平均
汚泥複合処理	ごみ単独 (複合なし)				汚泥 複合	し尿・浄化槽汚泥処理の脱水汚泥
脱水汚泥量[ton/日] (カッコ内[ton/年])	0 (0)				3 (840)	日量は 280 日平均

3) 処理施設能力の試算

表 2-4-2-2 に示した検討ケースのそれぞれについて、提案のコンバインドシステムを採用した場合の処理施設能力（必要施設規模）を試算した。

試算においては、評価検証試験において実証プラント搬入ごみ性状で得た設計数値に対し、検討ケースのごみ性状の違いを補正した設計数値を用いた。例えば、紙オムツの比率の違いを反映して、前処理におけるその他ごみの分別率や発酵槽への投入量当たりガス量を補正している。

また、焼却単独システムについては、ごみ量＝処理施設能力として余裕は見えていないため、コンバインドシステムも計算上の必要規模＝処理施設能力とした。なお、ここで言うメタン発酵施設の必要能力は、メタン発酵槽に投入する発酵対象物の量である。試算結果を表 2-4-3-1 に示す。

表 2-4-3-1 ケース毎の処理施設能力

ケース	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	備考
①焼却単独						
焼却[ton/日]	30	50	70	30	33	280 日/年 × 14or24hr/日
②コンバインド						
焼却[ton/日]	16.5	27.5	38.5	18.7	20.6	280 日/年 × 14or24hr/日
メタン発酵[ton/日]	15.2	25.3	35.4	13.8	16.1	365 日/年 × 24hr/日

* 焼却炉の炉数は焼却単独では 2 炉（例：A-1 では 15ton/日 × 2 炉）、コンバインドでは 1 炉（例：A-1 では 16.5ton/日 × 1 炉）とする

* 焼却炉の運転時間は A-1, B-1, B-2 は 14hr/日（准連）、A-2, A-3 は 24hr/日（連続）とする

これより、各要素がコンバインド処理施設の必要能力に与える影響は、以下の通り。

【ごみ量の影響（A-1～A-3）】

焼却単独と同様に必要能力はごみ量に単純比例する

【ごみ性状の影響（A-1 と B-1）】

生ごみが多く紙ごみが少ない A-1（標準自治体）の方が B-1（連携自治体）よりも焼却施設が小さく、メタン発酵施設は大きくなる

【汚泥複合の影響（B-1 と B-2）】

メタン発酵を経由することで焼却施設能力の増加幅が抑制（3.0ton/日増 → 1.9ton/日増）できる。

4) ライフサイクルコストの試算

表 2-4-2-2 の条件と表 2-4-3-1 の処理施設能力から、各ケースのライフサイクルコストを試算した。

(1) イニシャルコスト

焼却施設、メタン発酵施設（前処理、発酵残渣処理を含む）に分けて各ケースのイニシャルコスト（建設コスト）を試算した。試算条件は下記の通りである。

<試算条件>

- ・近年の標準的な仕様の処理施設とする。（ただし、用地費、造成費、搬出入道路、見学者対応施設などは含まない。）
- ・交付率は焼却単独では 1/3、コンバインドでは 1/2 とする。
- ・交付対象設備率は 80% とする。

試算結果を表 2-4-4-1 に示す。また、20 年間で均等割として 1 年当りのコストに換算したものを図 2-4-4-1 に示す。

表 2-4-4-1 ケース毎のイニシャルコスト [億円]

ケース	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	備考
①焼却単独						
焼却	49.4	51.0	62.4	49.4	52.3	
交付金	△13.2	△13.6	△16.6	△13.2	△13.9	交付率 1/3 交付対象設備率 80%
実質負担	36.2	37.4	45.8	36.2	38.4	自治体負担
②コンバインド						
焼却	31.1	32.0	39.2	33.4	35.4	
メタン発酵	18.9	25.7	31.4	19.0	20.6	
施設計	50.0	57.7	70.6	52.4	56.0	
交付金	△20.0	△23.1	28.2	21.0	22.4	交付率 1/2 交付対象設備率 80%
実質負担	30.0	34.6	42.4	31.4	33.6	自治体負担

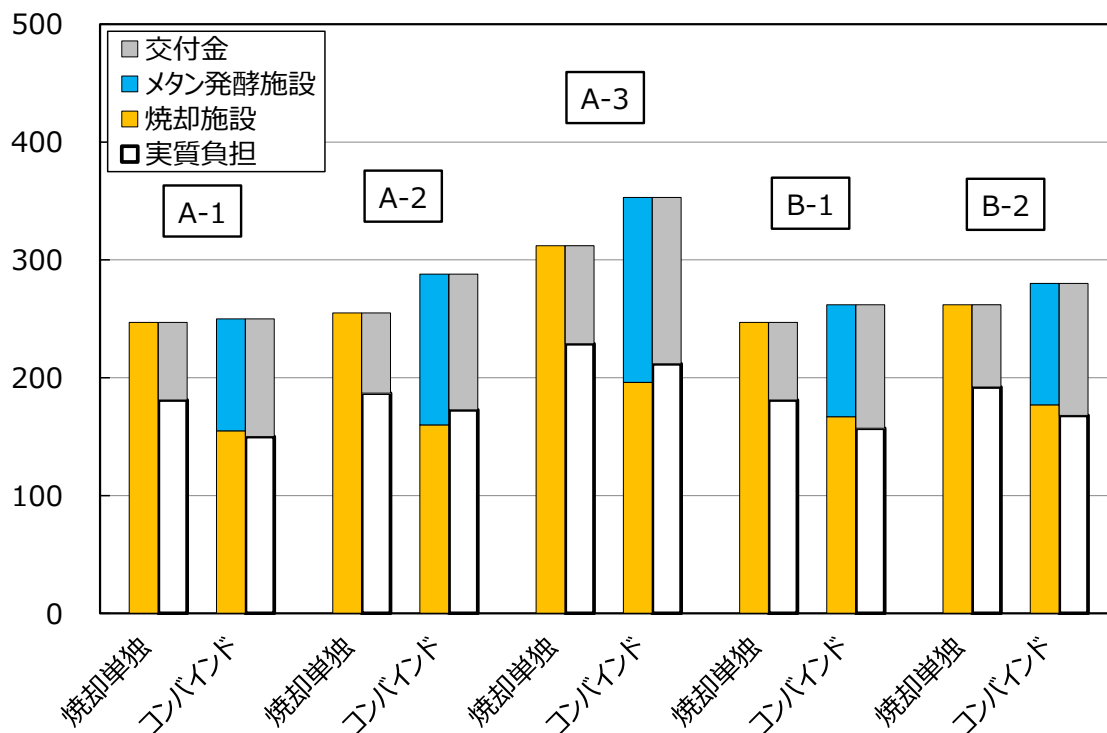


図 2-4-4-1 ケース毎の年間イニシャルコスト [百万円/年]

これより、コンバインド処理の効果は次の通り。

<コンバインド処理の効果>

- ・ 検討した全てのケースで総コストは焼却単独よりもコンバインドの方がやや高くなるが、交付率優遇の効果により自治体の実質負担は低くなる。（総コストが高くなる一因として発電関係設備が高いことが挙げられる。）
- ・ 標準自治体ケース（A-1）と連携自治体ケース（B-1）を比べると、標準自治体ケースの方がやや有利である。
- ・ 焼却施設コストは連続炉（A-2、A-3）に比べて、准連続炉（A-1、B-1、B-2）は割高である。（実際の運転時間は発注者側の判断となる）

(2) ランニングコスト

焼却施設、メタン発酵施設（前処理、発酵残渣処理を含む）に分けて各ケースの20年間のランニングコスト（運営コスト）を試算した。また、バイオガス発電により得られる売電収入も併せて試算した。試算条件は下記の通りである。

<試算条件>

- ・近年の標準的な仕様の処理施設とする。
- ・維持補修費、用役費、人件費などを含む。
- ・FIT 売電価格は 39 円/kWh とする。

試算結果を表 2-4-4-2 に示す。また、20 年間で均等割とした1年当りのコストを図 2-4-4-2 に示す。

表 2-4-4-2 ケース毎の 20 年間のランニングコスト [億円]

ケース	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	備考
①焼却単独						
焼却	60.9	71.0	82.5	60.9	63.4	
FIT 売電収入	0	0	0	0	0	39 円/kWh
実質負担	60.9	71.0	82.5	60.9	63.4	自治体負担
②コンバインド						
焼却	46.8	54.7	61.5	48.8	50.5	
メタン発酵	27.5	39.2	48.9	27.7	29.3	
施設計	74.3	93.9	110.4	76.5	79.8	
FIT 売電収入	△17.6	△29.4	△41.2	△17.2	△17.8	39 円/kWh
実質負担	56.7	64.5	69.2	59.3	62.0	自治体負担

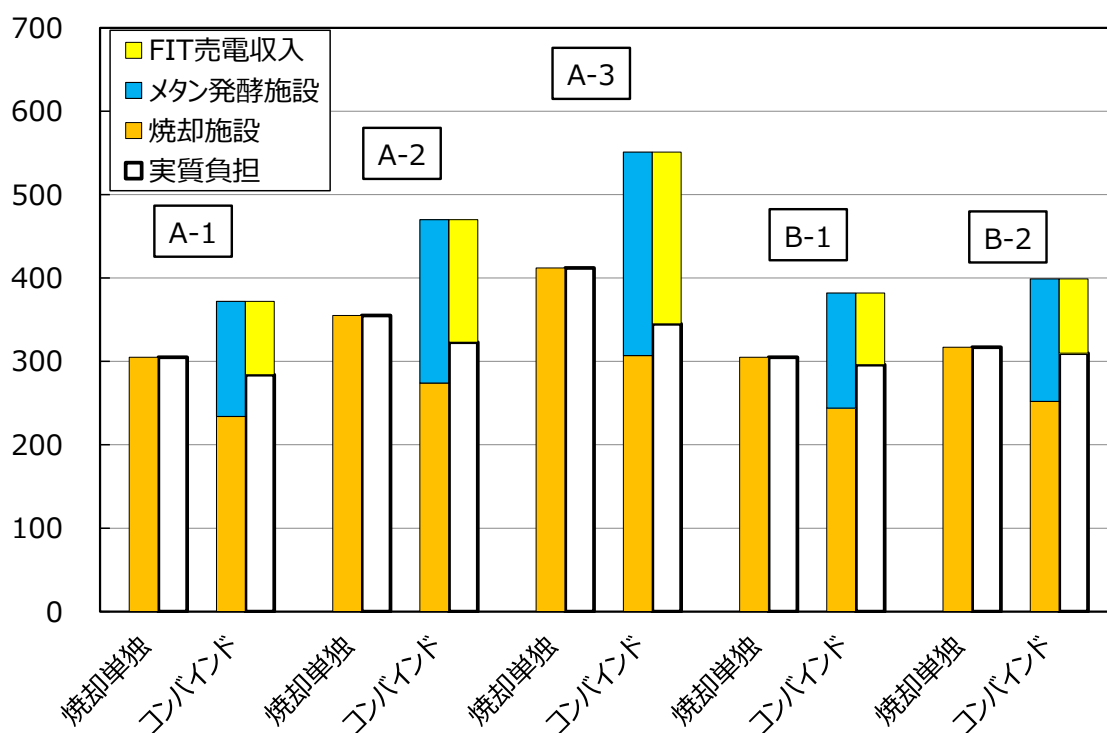


図 2-4-4-2 ケース毎の年間ランニングコスト [百万円/年]

これより、コンバインド処理の効果は次の通り。

<コンバインド処理の効果>

- ・検討した全てのケースで総コストは焼却単独よりもコンバインドの方が高くなるが、売電収入を含めた自治体の実質負担は低くなる。
- ・総コストが高くなる一因として発電関係設備の維持経費が高いことが挙げられるが、FIT 売電によりそれを超える収入が得られる形になる。
- ・標準自治体ケース（A-1）と連携自治体ケース（B-1）を比べると、標準自治体ケースの方がやや有利である。

(3) ライフサイクルコスト (LCC)

イニシャルコストとランニングコストを合わせた実質の自治体負担のライフサイクルコスト（1年当り）を図 2-4-4-3 および表 2-4-4-3 に示す。

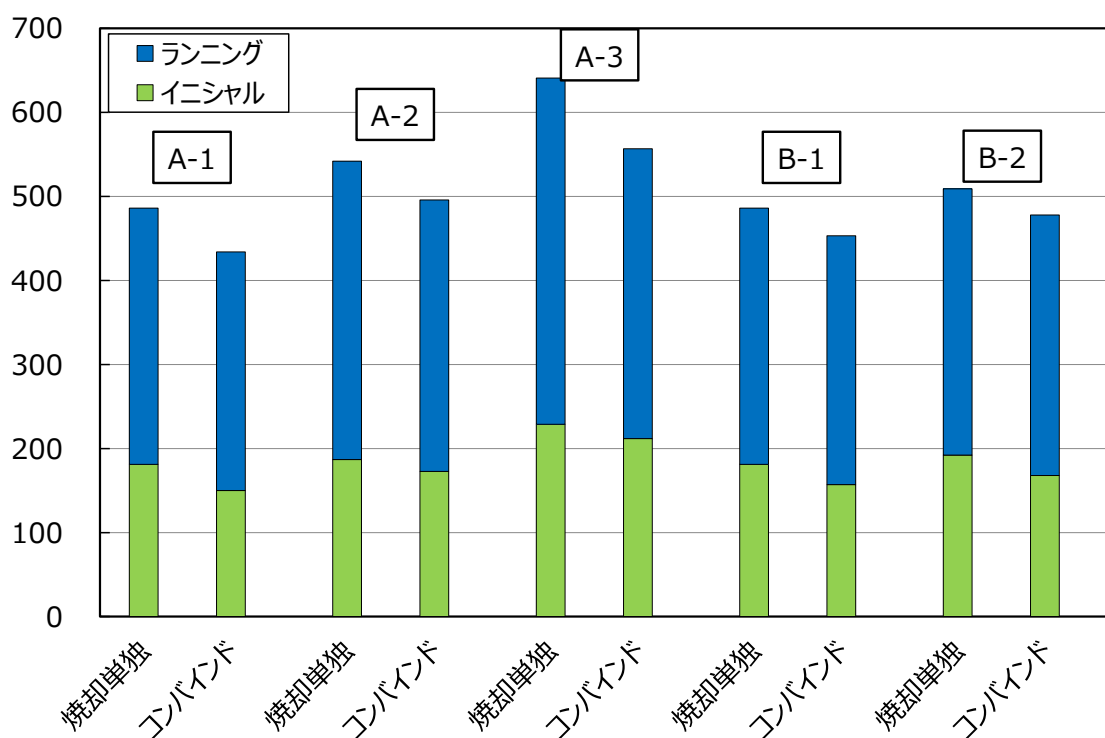


図 2-4-4-3 ケース毎の実質負担ライフサイクルコスト [百万円/年]

表 2-4-4-3 ケース毎の実質負担ライフサイクルコストの低減効果 [百万円/年]

ケース	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	備考
①焼却単独	486	542	641	486	509	
②コンバインド	434	496	557	453	478	
低減コスト	△52	△46	△84	△33	△31	②-①
低減率 [%]	△10	△8	△13	△6	△6	(②-①)÷①

これより、コンバインド処理の効果は次の通り。

<コンバインド処理の効果>

- ・ 検討した全てのケースにおいて、自治体の実質負担のライフサイクルコスト（LCC）は焼却単独よりもコンバインドの方が低くなる。
- ・ ごみ質の違いにより LCC は異なり、連携自治体ケース (B-1) は、標準自治体ケース (A-1) より低減効果はやや小さい。
- ・ 環境省指定の標準条件 (A-2) では、約 46 百万円/年（約 8%）の低減効果があると試算された。
- ・ 実際の施設の検討においては、個別の条件に合わせた精度の高い試算が必要であるが、今回の検討は幅広い条件で行っており、多くの中小廃棄物処理施設における自治体の実質負担 LCC は、提案型コンバインドシステムの採用により焼却単独システムに比べて低減できると考えられる。

5) CO₂排出削減量の試算

表 2-4-2-2 の条件と表 2-4-3-1 の処理施設能力から、各ケースの CO₂ 排出量を試算した。

処理施設（電力、燃料）由来の排出量およびバイオガス発電による削減量の試算は、環境省指定の「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック〈補助事業申請用〉」（下記 URL）の計算ツールを用いて行った。

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/biz_local/gbhojo.html。

なお、処理施設の仕様は近年の標準的なものとした。

また、焼却プラスチック由来の排出量は、環境省指定の排出係数である 2.77ton-CO₂/ton を用いた。

試算結果を図 2-4-5-1 および表 2-4-5-1 に示す。

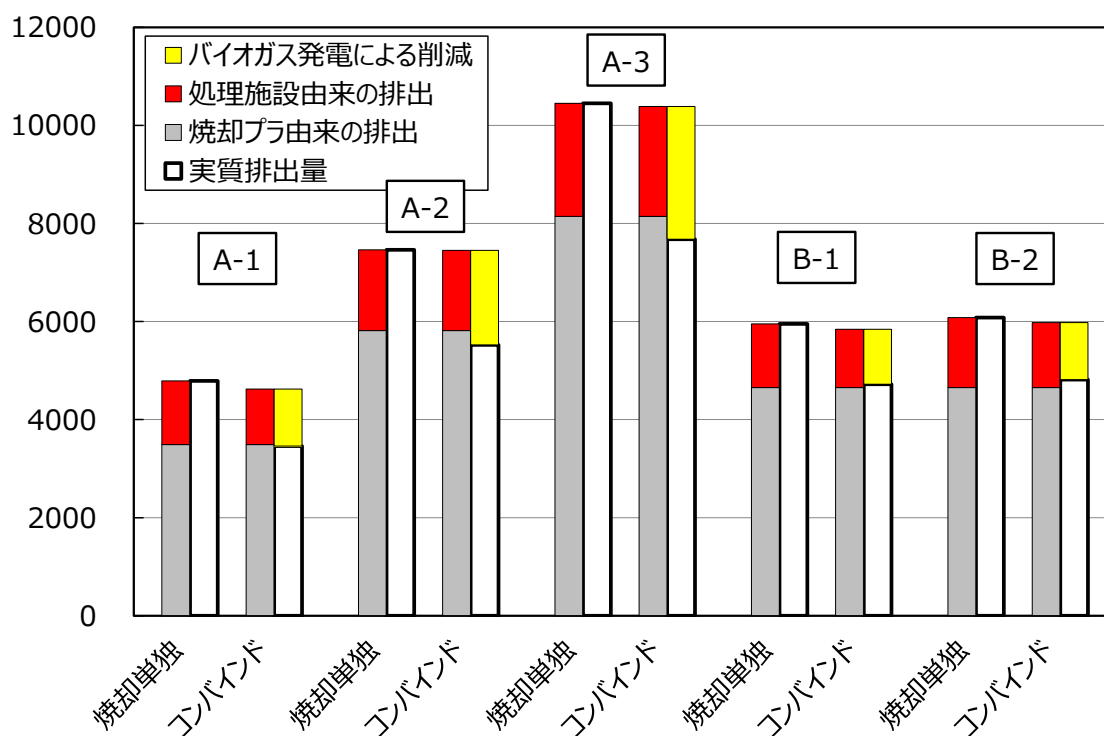


図 2-4-5-1 ケース毎の CO₂ 排出量 [ton-CO₂/年]

表 2-4-5-1 コンバインド処理による CO₂ 排出量削減効果

ケース	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	備 考
①焼却単独[t-CO ₂ /年]	4790	7470	10450	5950	6080	
②コンバインド[t-CO ₂ /年]	3460	5530	7680	4720	4820	
③削減量[t-CO ₂ /年]	△1330	△1940	△2770	△1230	△1260	②-①
削減率[%]	△27	△25	△26	△20	△20	(②-①)÷①
処理量当り削減量 [kg-CO ₂ /t-廃棄物]	△158	△139	△141	△146	△136	③÷年間処理量

これより、コンバインド処理の効果は次の通り。

<コンバインド処理の効果>

- ・ 検討した全てのケースで、バイオガス発電による削減を含めた実質の CO₂ 排出量は焼却単独よりもコンバインドの方が少なくなる。
- ・ ごみ質の違いにより、連携自治体ケース (B-1) は、標準自治体ケース (A-1) より削減効果はやや小さい。
- ・ 汚泥複合ケース (B-2) は複合なし (B-1) より処理量当りの削減量は小さいが、総削減量は大きい。
- ・ 処理施設由来の排出量は、バイオガス発電による削減量で概ね相殺できる。
- ・ 環境省指定の標準条件 (A-2) では、約 1940ton-CO₂/年 (約 25%) の削減効果があると試算された。
- ・ 実際の施設の検討においては、個別の条件に合わせた精度の高い試算が必要であるが、今回の検討は幅広い条件で行っており、多くの中小廃棄物処理施設における CO₂ 排出量は、提案型コンバインドシステムの採用により焼却単独システムに比べて削減できると考えられる。

6) まとめ

評価検証試験と付加的技術の調査検討の成果を反映し、中小廃棄物処理施設を想定して複数のケースで最適システムの検討を行った結果、次のことが分かった。

- ・検討した全てのケースにおいて、提案する「メタンガス化+焼却コンバインドシステム」は、焼却単独システムに比べて、ライフサイクルコストとCO₂排出量の両方で優位である。
- ・汚泥複合処理でも効果はある。現状の汚泥の処理・処分方法によるが、複合処理も含めてコンバインドシステムを検討する価値がある。
- ・環境省指定条件におけるコンバインドシステム採用の効果は、CO₂ 排出量削減が1940ton-CO₂/年(25%)程度、LCC 低減が46 百万円/年(8%)程度となった。
- ・実際の計画施設の具体的効果については、ごみ量、ごみ質など様々な条件により異なるため個別に試算を行う必要があるが、多くの中小廃棄物処理施設においては、焼却単独システムより提案型コンバインドシステムが優位な最適システムになる可能性が高い。

5. 実証プラントの撤去

評価検証試験終了後、本事業予算で整備したリース品、レンタル品などの解体、撤去を契約期間内に完了した。撤去工事の写真を写真 2-5-1～2-5-3 に示す。



写真 2-5-1 屋外処理設備撤去



写真 2-5-2 作業棟内処理設備撤去



写真 2-5-3 土木建築設備撤去

6. 評価検討会開催、各種打合せ等対応

1) 概 要

業務の円滑な実施のため、評価検討会（表 2-6-1）を設置し、業務実施期間内において、東京にて1回、連携自治体にて1回開催した。

事業主体にて、会議の開催・運営、委員の招へい、議事録の作成、会議資料の作成・印刷、会場借上（30人程度収容、半日）、会議費等その他外部委員会の開催に必要な事務を実施した。なお、評価検討会に使用する資料についても各回18部程度を用意し、当日配布した。

また、評価検討会以外にも、業務の円滑な実施のため、第2章2.～5.の業務について連携自治体や環境省担当官等と適宜必要な打合せを行った。

以下に詳細を示す。

表 2-6-1 評価検討会名簿

NO	氏 名	所属・役職
1	中島しのぶ	南丹市 市民部 市民環境課 課長
2	平井 幹人	南丹市 市民部 市民環境課 係長
3	渡邊 春幸	南丹市 農林商工部 農業推進課
4	山森 英二	京丹波町 農林振興課 課長
5	吉田 聡	京丹波町 農林振興課 係長
6	森 雅彦	船井郡衛生管理組合 事務局長 兼 総務課長
7	小寺 博	船井郡衛生管理組合 事業課 課長
8	赤松 史光	大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 燃烧工学講座 教授
9	中塚 記章	大阪大学大学院 工学研究科 助教 附属オープンイノベーション教育研究センター
10	宮川 勉	公益財団法人京都高度技術研究所（バイオマス利用研究会事務局） バイオマスエネルギー研究企画部 主任研究員
11	(オプザ-バ) 中村 一夫	公益財団法人京都高度技術研究所 未来プロジェクト推進室 資源循環研究企画部長
12	黒瀬 将一	(株)クボタ 環境事業部
13	長谷川哲宏	(株)クボタ 水環境開発第三部 兼 環境事業部
14	田中 恒久	(株)クボタ 水環境開発第三部
15		環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課

2) 評価検討会

(1) 第1回評価検討会

日時： 令和元年10月4日(金) 14:00～16:00

場所： 南丹市内(「氷室の郷」会議室)

出席者：

大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 燃焼工学講座

赤松教授

大阪大学大学院 工学研究科 附属オープンイノベーション教育研究センター

中塚助教

船井郡衛生管理組合

太田管理者

(京丹波町長)

船井郡衛生管理組合

西村副管理者

(南丹市長)

船井郡衛生管理組合

前田副管理者

船井郡衛生管理組合

森事務局長

船井郡衛生管理組合 事業課

小寺課長

南丹市 市民部 市民環境課

中島課長

南丹市 市民部 市民環境課

平井係長

南丹市 農林商工部 農業推進課

渡邊(座長代理)

京丹波町

中尾参事

京丹波町 農林振興課

吉田係長

(公財)八木町農業公社

中川事務局長

(公財)八木町農業公社 八木バイオエコロジーセンター

清水施設長

環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課

田中課長補佐

大築環境専門員

株式会社クボタ

黒瀬、長谷川、田中

品部、佐藤、吉野

内容：

①昨年度第2回評価検討会議事録確認

②事業実施状況報告

③総合討議

(2) 第2回評価検討会

日時： 令和2年2月13日（木）15:00～17:00

場所： 東京都内（株式会社クボタ東京本社）

出席者：

公益財団法人京都高度技術研究所 バイオマスエネルギー研究企画部

宮川主任研究員（座長）

大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 燃焼工学講座

赤松教授

大阪大学大学院 工学研究科 附属オープンイノベーション教育研究センター

中塚助教

船井郡衛生管理組合

森事務局長

船井郡衛生管理組合 事業課

小寺課長

南丹市 市民部 市民環境課

足立主査

南丹市 農林商工部 農業推進課

渡邊

京丹波町 農林振興課

山森課長

京丹波町 農林振興課

吉田係長

環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課

田中課長補佐

大築環境専門員

株式会社クボタ

黒瀬、長谷川、田中、工藤
品部、佐藤、吉野、村井、
田辺

内容：

①第1回評価検討会議事録確認

②事業実施状況報告

③総合討議

3) 各種打合せ対応

実証実験（評価検証試験）を円滑に進めるに当たり、定期的に関係者（船井郡衛生管理組合、南丹市、京丹波町、八木バイオエコロジーセンター等）との連絡会議を行った。

なお、連絡会議以外にも、必要に応じて適宜連絡・調整を行った。

(1) 第1回連絡会議

日時： 令和元年5月27日（月）9:30～11:00

場所： 南丹市内（船井郡衛生管理組合 会議室）

出席者：

船井郡衛生管理組合	小寺課長、辻課長補佐、西山課長補佐
南丹市	足立主査、渡邊
京丹波町	吉田係長
八木バイオエコロジーセンター	清水施設長
㈱クボタ	長谷川、吉野、田中、村井

内容：

- ①昨年度第2回評価検討会および第4回連絡会議議事録確認
- ②実証実験状況報告、今後の予定
- ③他地域のごみ調査について
- ④発酵残渣の有効利用に関するヒアリング調査について ほか

(2) 第2回連絡会議

日時： 令和元年8月29日（木）9:30～11:00

場所： 南丹市内（船井郡衛生管理組合 会議室）

出席者：

船井郡衛生管理組合	森事務局長、小寺課長
南丹市	平井係長、渡邊
京丹波町	吉田係長
㈱クボタ	長谷川、田中、村井

内容：

- ①第1回連絡会議議事録確認
- ②実証実験状況報告、今後の予定
- ③第1回評価検討会の報告事項について
- ④食品工場へのヒアリング依頼について ほか

(3) 第3回連絡会議

日時： 令和2年1月28日（火）13:30～15:30

場所： 南丹市内（船井郡衛生管理組合 会議室）

出席者：

船井郡衛生管理組合	小寺課長
南丹市	渡邊
京丹波町	吉田係長
(株)クボタ	黒瀬、長谷川、田中

内容：

- ①第1回評価検討会および第2回連絡会議議事録確認
- ②実証実験状況報告、今後の予定
- ③第2回評価検討会の報告事項について ほか

7. 平成 31 年度中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収方策等に係る検討調査委託業務ヒアリング等への協力

環境省が別途実施した「平成 31 年度中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収方策等に係る検討調査委託業務」に係るヒアリング（1 回、東京都）に協力した。

日程：令和元年 12 月 4 日（水）

場所：東京都内（航空会館）

内容：本事業内容についての委員への説明、ヒアリング

8. 平成 31 年度中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理システム化等評価・検証事業審査等委員会への出席

環境省が実施する「平成 31 年度中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理システム化等評価・検証事業 審査等委員会」（1 回、環境省）へ出席し、業務報告を行った。

日程：令和 2 年 2 月 26 日（水）

場所：東京都内（環境省）

内容：本事業内容についての審査等委員会への業務報告

9. 二酸化炭素排出量削減効果

提案するコンバインドシステムの採用による各種条件での二酸化炭素排出量削減効果は、第2章4. 5) に示した。

ここでは、環境省指定条件（ケース A-2）における提案コンバインドシステムと焼却単独システムの比較評価を再掲した。

表 2-9-1 環境省指定のごみ質等条件と処理量試算

項 目	環境省指定ケース
廃棄物量 (ton/年)	14000
稼働日数 (日/年)	焼却 280 ・ メタン 365
処理対象比率 (%)	
生ごみ	35
紙ごみ	25
その他ごみ	40
(うちプラスチック)	(15)
処理施設 (ton/日)	
焼却単独	焼却 50
コンバインド	焼却 27.5 ・ メタン 25.3

表 2-9-1 の条件における CO₂ 排出量削減効果を図 2-9-1 に示す。

システム全体の年間排出量では、提案コンバインドは焼却単独よりも約 1940ton-CO₂(25%)の削減となる。また、排出が不可避であるプラスチック焼却由来の排出量を除けば、処理施設由来の排出量以上にバイオガス発電による削減量が大きくなっており、提案コンバインドを採用する価値は非常に高いと考えられる。

なお、CO₂ 排出量削減効果は一連のシステムとして発揮されるもので各要素技術の貢献に分解し数値化するのは難しいが、従来型コンバインドとの比較で言えば、前処理技術は消費電力削減と紙ごみ分別率増加によるガス量増加、メタン発酵処理は適正混合によるガス量増加、発酵残渣処理は含水率低下による焼却量減少（焼却側の施設由来排出量削減）等による貢献が大きい。

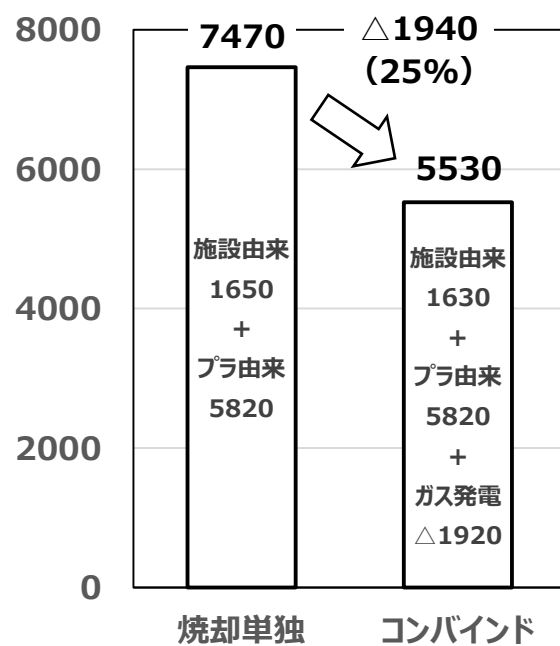


図 2-9-1 環境省指定条件の CO₂ 排出量削減効果 [ton-CO₂/年]

10. 事業終了後の横展開の可能性および出口戦略

本事業終了後は下記のような活動を進めて提案するメタンガス化+焼却コンバインドシステムの普及向上に努め、中小廃棄物処理施設における二酸化炭素排出量削減に貢献していく。

(1) 提案システムのさらなる改良による優位性向上

本委託事業によって、提案する前処理（破砕分別）、メタン発酵処理、発酵残渣処理（脱水）の各要素技術及び一連のコンバインドシステムは一通り完成させることができ、多くの中小廃棄物処理施設において、焼却単独システムよりも優位な最適システムになるものと考えられる。

しかし、本事業終了後も実施主体が独自に継続して提案システムの改良を進めることで、CO₂ 排出量削減とライフサイクルコスト低減の両方でさらに優位性を高めていきたい。

(2) 連携自治体への採用提案

連携自治体である船井郡衛生管理組合では、現在、地域で発生する種々の廃棄物の処理の在り方について様々な検討が行われており、今後、基本計画の策定が行われる予定である。

この基本計画の策定作業に対し、本事業の成果を提供することで、提案コンバインドシステムを採用して頂き、1号機とすることを旨とする。

(3) 京都府下自治体との連携

船井郡衛生管理組合、南丹市、京丹波町が主導する形で、バイオマス利活用推進協議会の活動が行われている。この協議会は、先進技術を用いた低炭素地域循環圏構築に関する検討及び情報共有を目的としており、京都府下の多くの自治体等が参加している。

本協議会と連携し、廃棄物処理における低炭素化技術として、提案システムの認知度を向上することにより、その普及促進を図る。

(4) 地域の状況に合った多様なモデルの提案

本事業で検討したのは、中小規模の自治体が単独で、「可燃ごみのみ」または「可燃ごみと脱水汚泥の複合」でのコンバインド処理を行いエネルギー回収するケースである。

しかし、国、環境省において地域循環共生圏という構想が示されていることから、

今後はさらに視野を広げて地域の中で多様な廃棄物を有効に活用する形も考えていく必要がある。

実際にある地域に適した形は、その地域の様々な実情によって、基本的なコンバインドシステムのほか、一部の処理について隣接自治体と広域連携したり、多様な廃棄物系バイオマスを一体処理したり、さらに地域の産業と連携したりと多様なケースが考えられる。

今後、実施主体が中心となり、各地域の状況に合った最適なモデルを提案することで本事業成果の幅広い展開を図っていく。下記にいくつかの例を示した。

<例1>ごみ処理施設更新時の一括導入モデル（基本ケース）

中小規模の廃棄物処理計画を策定する自治体や組合に対し、焼却単独システムの導入に代え、二酸化炭素削減効果と自治体負担コスト低減効果を訴求点とし、メタンガス化+焼却コンバインドシステムの一括導入を提案する（図2-10-1）。

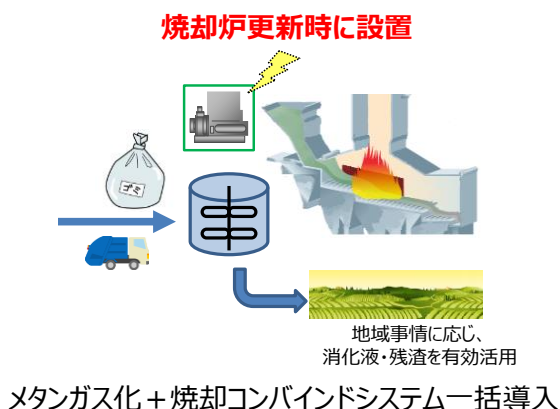
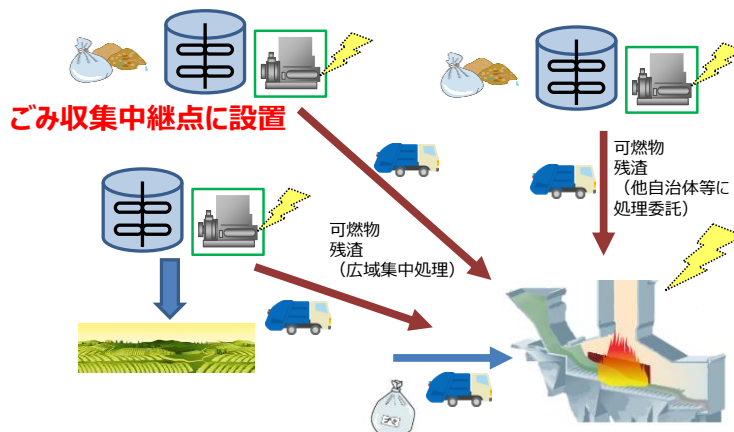


図2-10-1 提案コンバインドシステム一括導入のイメージ

<例2>広域化計画時の分散メタン発酵+集中焼却モデル

小規模の自治体や組合に対し、ごみ収集中継点等へのメタンガス化設備のみの導入を提案し、広域処理設備に大規模な発電付焼却炉を導入するモデルを提案する（図2-10-2）。生ごみや湿った紙ごみ等の湿潤系の廃棄物をメタンガス化設備で処理し、プラスチックや木質等の焼却発電に適した低含水率廃棄物を広域処理設備で処理する。メタンガス化設備のみを導入する自治体や組合にとっては、広域処理設備までのごみ輸送量（コスト）の減少、再生可能エネルギーの地産、地元での雇用維持等の効果が見込まれる。



分散メタンガス化+集中焼却イメージ

図 2-10-2 メタンガス化設備分散導入+集中焼却のイメージ

<例 3> 本事業成果を核とした地域循環共生圏モデル

廃棄物系バイオマスは、本事業で検討した可燃ごみ、汚泥以外にも、食品廃棄物、家畜ふん尿など様々なものが存在するが、これまでは個別に処理施設が設けられ処理されてきた。今後はこれらのインフラの合理化が強く求められると予想されるが、中小自治体においては個々のバイオマス量は相対的に少ないことから、個別処理のまま合理化を図ることは難しく、一体的な処理が不可欠である。

また、地域で発生するバイオマスからエネルギーや資源を得て、その地域内で循環利用することが強く求められているが、そのためには廃棄物処理以外の地域の産業との連携が不可欠である。

本事業で提案するメタンガス化+焼却コンバインドシステムを核としつつ、その他の技術（乾燥、たい肥化等）を組み合わせたり、地域の産業（農業、畜産業等）との連携を図ったりすることで、地域全体のメリットを最大化し、地域循環共生圏が実現できると考えられる。

連携自治体における地域循環共生モデルのイメージを図 2-10-3 に示した。

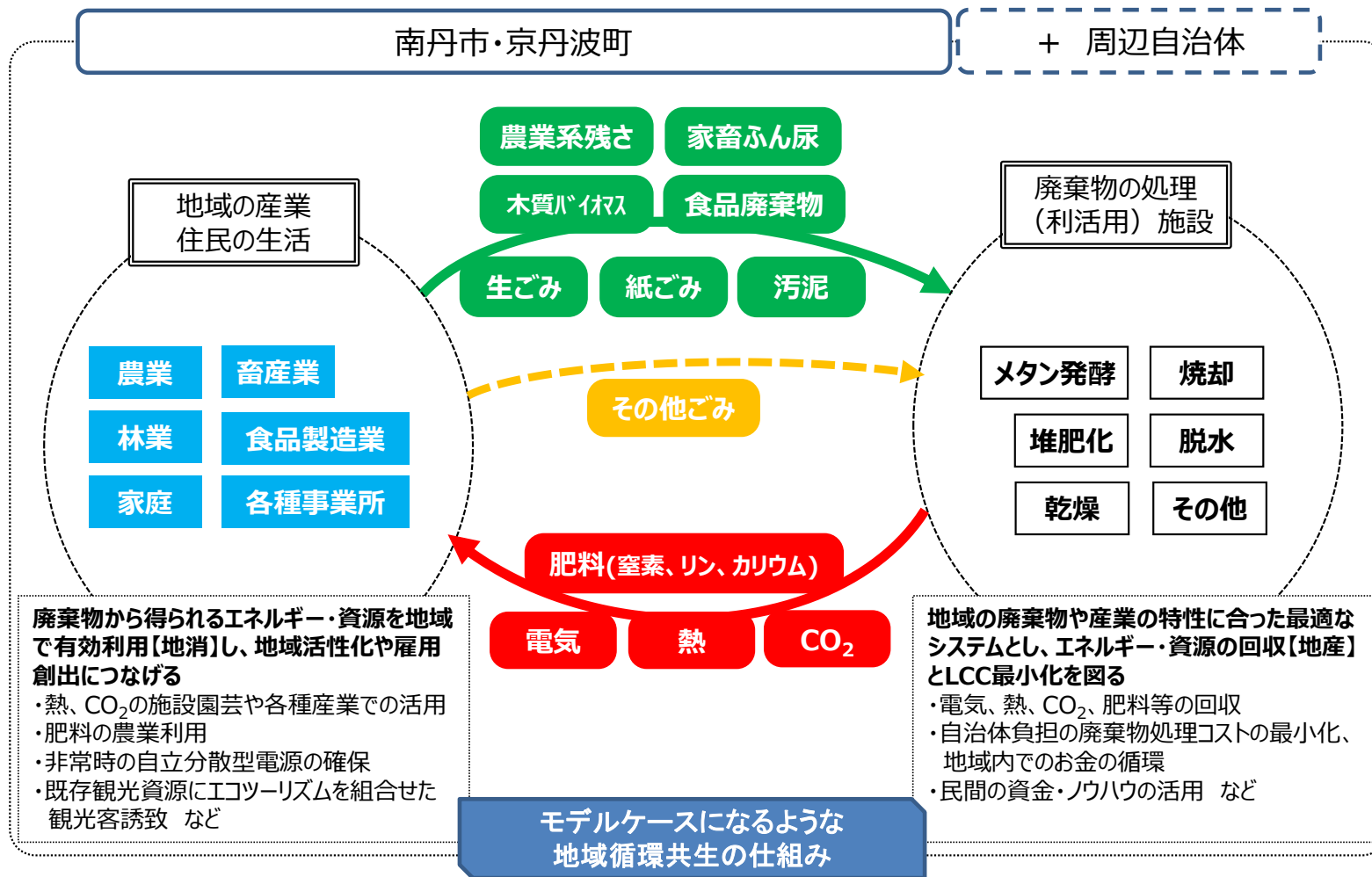


図 2-10-3 本事業成果を核とした地域循環共生モデルイメージ（連携自治体の例）

第3章 全体まとめ

1. 本年度事業のまとめ

1) 評価検証試験

(1) 前処理試験（破碎分別）

提案する前処理方式により、様々なごみの混じった可燃ごみから、発酵に適した生ごみや紙ごみの多くを分別回収できた。可燃ごみの性状によって回収率は大きく異なるが、生ごみでは概ね100%、紙ごみでは平均60%程度が回収された。

(2) メタン発酵処理試験

提案する縦型発酵槽を用いてメタン発酵処理を行った。

ごみ単独処理、ごみ+脱水汚泥の複合処理の両系とも計画定格負荷以上で安定処理を継続できることが確認できた。発酵槽への投入ごみ重量当りのガス発生量は、投入ごみのTSと正の相関があり、本実験のごみ単独系でのガス発生量は280 m³N/tonであった。

また、発酵槽内のTS濃度は5~12%程度と広範囲だったが、従来の技術と異なる独自の混合機構と残渣引抜機構が計画通り機能し、安定運転に寄与した。

(3) 発酵残渣処理試験（脱水）

加温や薬剤添加の制御により含水率を調整することができ、60%以下にすることもできた。

発酵残渣の処理は、処分または再利用先の条件によってシステム全体で最適となる方法が異なるため、ケースごとに最適な処理条件を選択することが必要である。

(4) システム全体

提案するメタンガス化+焼却コンバインドシステムのうち、メタンガス化部分の一連の技術（前処理（破碎分別）、メタン発酵処理、発酵残渣処理（脱水））の評価検証試験を1年以上継続して行い、各要素技術およびシステム全体として、計画通りの機能・性能を発揮できることが確認できた。

2) 付加的技術の調査検討

汚泥複合処理、バイオガスの高度利用、発酵残渣の有効利用について調査検討した。

汚泥複合処理は、試験で安定発酵できることを確認した。また、コストやCO₂排出量の削減になる場合があることから地域の状況により選択を検討すべき技術である。

バイオガスの高度利用は、試験で混合ごみ由来のバイオガス性状を確認するとともに、各種高度利用のCO₂排出量削減効果を試算した。

発酵残渣の有効利用は、発酵残渣の分析と植害試験を行い、肥料として利用が可能な成分であることを確認した。一方で、ごみ由来のため、実際の利用については、利用先の理解、協力を得ることが不可欠である。

3) 最適システムの検討

評価検証試験と付加的技術の調査検討の成果を反映し、最適システムの検討を行った。

まず、最適システムの評価に影響が大きい、ごみ性状、ごみ量、汚泥複合の有無の違いから、試算する複数のケースを設定した(表 3-1-1)。このうちケース A-2 は環境省指定の標準条件である。次に、それぞれについて、改良型コンバインド処理をした場合の施設規模を試算した。

最後に各ケースのライフサイクルコストとCO₂排出量を試算した。

表 3-1-1 最適システムの検討ケースと設計施設能力

ケース	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	備考
設定条件						
対象自治体	標準自治体			連携自治体		
ごみ性状 (%)						
生ごみ	35			20		
紙ごみ	25			40		
その他ごみ (うちプラスチック)	40 (15)			40 (20)		
ごみ量 (ton/日)	30	50	70	30	30	280 日/年
汚泥量 (ton/日)	0	0	0	0	3	280 日/年
焼却単独システム						
焼却処理能力 (ton/日)	30	50	70	30	33	280 日/年
コンバインドシステム						
焼却処理能力 (ton/日)	16.5	27.5	38.5	18.7	20.6	280 日/年
メタン処理能力 (ton/日)	15.2	25.3	35.4	13.8	16.1	365 日/年

図 3-1-1 に交付率の優遇と FIT 売電収入を含めた自治体にとっての実質ライフサイクルコストを示す。検討した全てのケースで焼却単独システムよりも改良型コンバインドシステムが有利である結果となった。環境省指定のケース A-2 における低減効果は約 46 百万円/年 (8%) と試算された。

図 3-1-2 にバイオガス発電による削減効果を含んだ実質 CO₂ 排出量を示す。検討した全てのケースで、焼却単独システムよりも改良型コンバインドシステムの方が排出量の少ない結果となった。ケース A-2 における削減効果は約 1940ton-CO₂/年 (25%) と試算された。

実際の計画施設の具体的効果については、ごみ量、ごみ質など様々な条件により異なるため個別に試算を行う必要があるが、多くの中小廃棄物処理施設においては、焼却単独システムより提案型コンバインドシステムが優位な最適システムになる可能性が高い。

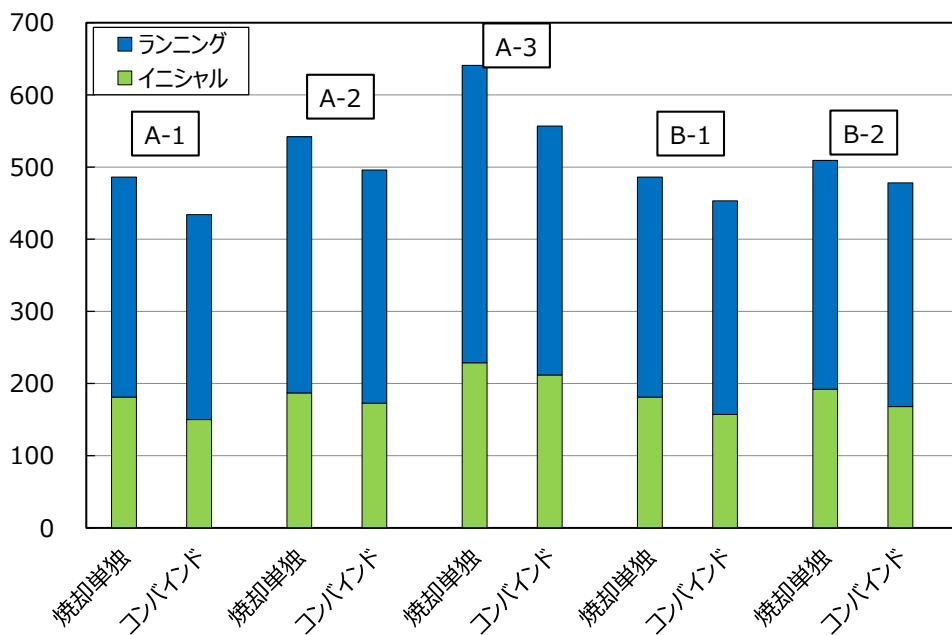


図 3-1-1 自治体負担の実質ライフサイクルコストの比較（試算）[百万円/年]

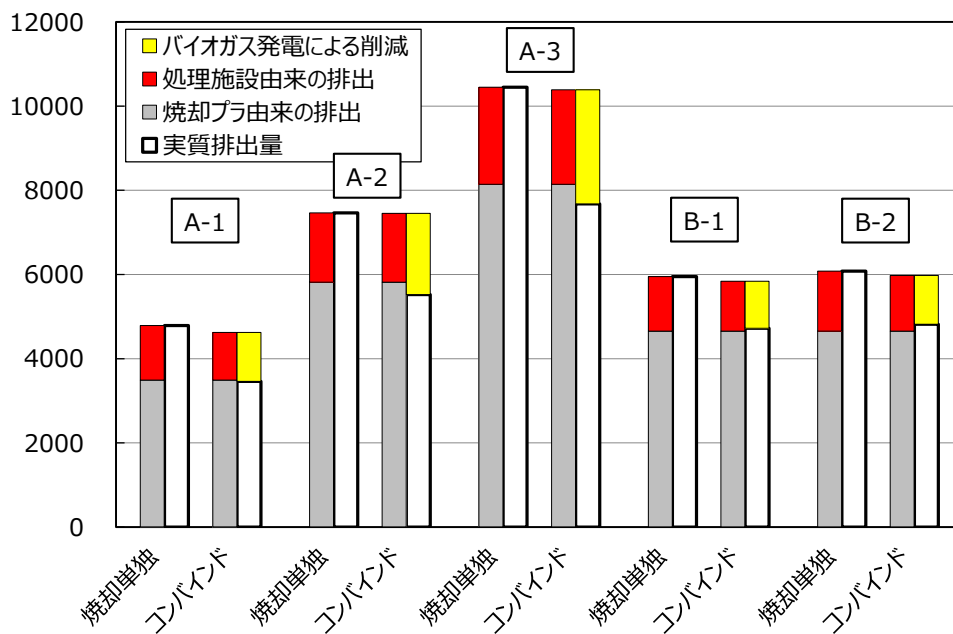


図 3-1-2 実質 CO₂ 排出量の比較（試算）[ton-CO₂/年]

2. 目標達成評価

本年度の事業目標に対する達成評価を表 3-2-1 にまとめた。

期初に掲げた目標は全て達成することができた。

表 3-2-1 事業目標達成評価 (1/2)

項目	本年度目標	達成状況	評価
1 評価検証 試験	前処理： ・組成毎の分別率の把握、元のごみ質による違いの確認	【第2章2. 4）参照】 ・組成毎分別率等を確認	達成
	メタン発酵処理： ・定格で安定運転が継続できることの確認 ・発酵対象物性状とバイオガス量の相関の確認 （ごみ単独で TS40%以上のとき： 210m ³ N/t-発酵ごみ以上） ・汚泥複合処理の影響の確認 ・投入機能、混合機能、残渣引抜機能の機能確認	【第2章2. 5）参照】 ・定格以上で約1年間の安定運転継続を確認 ・発酵対象物 TS とバイオガス量の正の相関を確認 （目標ガス量を達成） ・ガス量や必要希釈率の違いを確認 ・各機能が約1年間計画通り機能することを確認	達成
	発酵残渣処理 ・処分・再利用先による適切な処理方法のまとめ ・加温等による脱水性能の確認	【第2章2. 6）参照】 ・昨年度まとめの確認と有効利用のための異物除去検討 ・加温や薬剤添加の違いによる脱水性能を確認	達成

表 3-2-1 事業目標達成評価 (2/2)

項目	本年度目標	達成状況	評価
2 付加的 技術の 調査検討	汚泥複合処理： 評価検証試験での技術検証と各種 調査により効果を試算	【第2章3，2）参照】 技術的に可能であることを 試験確認、汚泥専用炉から 変更する効果を試算	達成
	バイオガス高度利用： 評価検証試験でのガス性状把握と 各種調査により効果を試算	【第2章3，3）参照】 ガス性状の試験確認と高度 利用による効果を試算	達成
	発酵残渣の有効利用： 評価検証試験での発酵残渣等の分 析と各種調査により有効利用の可 能性を検討	【第2章3，4）参照】 植害試験や分析により利用 可能なことを確認。利用先 確保は地域全体での取組 みが必要	達成
3 最適 システム の検討	中小廃棄物処理施設の標準的な標準 自治体ケースおよび連携自治体の現 状や計画を考慮した連携自治体ケー スで事業性評価 (FS) 検討を実施	【第2章4，参照】 両ケースでFS (LCC) 及びCO ₂ 排出量試算を行い、コンバ インドシステムが優位であ ることを確認	達成
4 実証 プラント の撤去	本事業予算で整備したリース品、レ ンタル品等の解体、撤去を完了	【第2章5，参照】 解体、撤去工事を完了	達成
5 評価検討 会開催等	業務の円滑な実施のため評価検討会 を設置し開催。その他必要な打合せ を実施 ◇東京及び連携自治体で1回以上	【第2章6，参照】 評価検討会を東京及び連 携自治体で各1回開催。 また、連携自治体などと適 宜打合せを実施	達成
6 ヒアリン グ等への 協力	環境省が別途実施するヒアリング等 に協力	【第2章7，参照】 環境省から依頼を受けた ヒアリング1回に協力	達成