

平成 30 年度環境省委託業務

平成 30 年度中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理
システム化等評価事業（機械選別を用いたメタン発酵処理
システムによる中小規模廃棄物処理施設での再資源化・エ
ネルギー化方法の評価・検証）委託業務
成果報告書

平成 31 年 3 月
株式会社 大原鉄工所

概要

はじめに

我が国の焼却施設において発電施設数、総発電電力量及び発電効率は年々増加傾向であり、一般可燃ごみのエネルギー利用が進んでいる。しかし、その多くは一日の処理量が100t以上の施設であり、100t未満／日の焼却施設の内30t未満／日の施設では発電されていない。また処理量が30t～50t／日施設では発電実施割合が1.6%、50t～100t／日の施設では8.4%であり、中小規模の焼却施設ではほとんど発電されていないことが分かる。

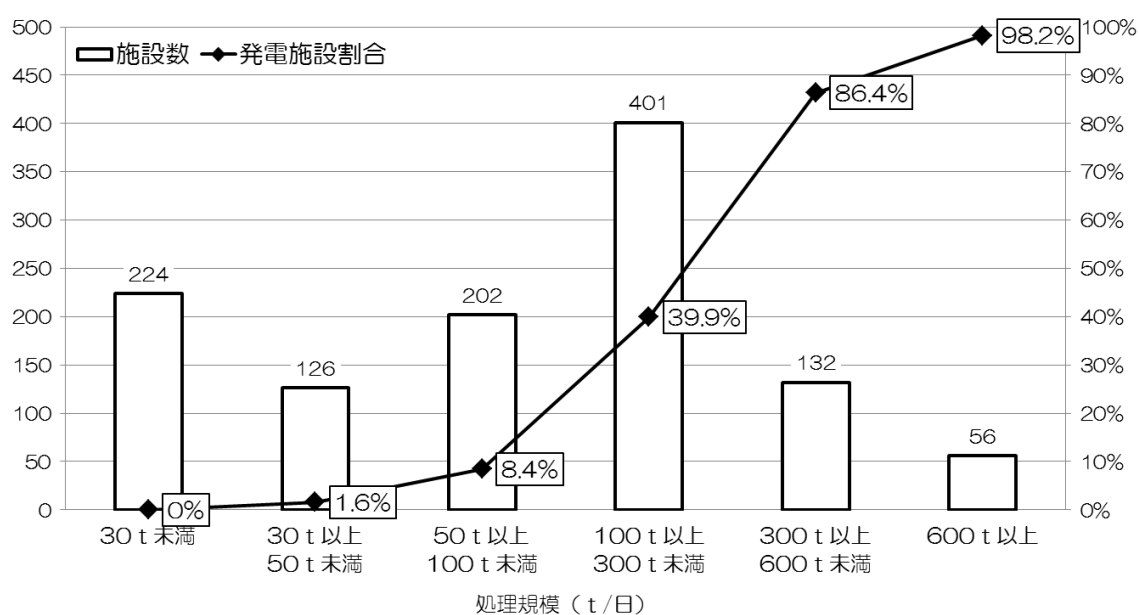


図1 日本の焼却施設における発電実状況¹

これは現在廃棄物発電として主流となっている蒸気タービン方式では施設規模が小さくなるほど効率が低下することが原因として挙げられる。また、紙類・プラスチック類の資源化が進むことにより高含水率の生ごみの割合が高くなることで、一般可燃ごみの発熱量低下も懸念されている。

よって、本委託業務では処理量が100t未満／日の焼却施設において、一般可燃ごみを機械選別して得られた主にちゅう芥・紙類（ティッシュペーパー等）からなる“発酵適物”のメタン発酵処理による再資源化・エネルギー化方法について評価・検証を

¹環境省廃棄物処理技術情報 一般廃棄物処理実態調査結果 処理状況 日本の廃棄物処理 2015 年度版

行い、機械選別検討、発酵不適物有効利用検討、発酵適物有効利用検討、発酵残渣有効利用・処理方法検討、バイオガス有効利用検討及び総合評価（水平展開調査）の各検討項目を実施した。

機械選別検討は平成 30 年 4 月から平成 31 年 1 月の間（平成 30 年 9 月を除き）毎月約 1 t 程度の実ごみ（一般可燃ごみ）による機械選別試験を実施し、各月の選別割合、一般可燃ごみ及び選別物の組成分析データを取得した。

発酵不適物有効利用検討は、機械選別試験で得られた発酵不適物（大型物・中間物）を原料として加熱圧縮成形による燃料化試験を実施し、燃料化物の熱量及び塩素濃度について確認した。また、利用試験（燃焼試験）として、得られた燃料化物をボイラに投入することでハンドリング性の確認を行った。

発酵適物有効利用検討は、機械選別試験で得られた発酵適物の連続メタン発酵試験を実施し、バイオガス発生量、バイオガス性状、有機物分解率及びメタン発酵の安定性について評価・確認を実施した。また、発酵適物輸送時のハンドリング性の調査の為、バキューム車及びバキュームダンパーでの吸引・排出試験を行った。

発酵残渣有効利用・処理方法検討は、メタン発酵試験により得られた発酵残渣の脱水試験を実施し、発酵残渣の凝集性及び脱水性について確認した。また、この時得られた脱水ケーキの含水率・発熱量・塩素濃度について分析を実施した。さらに発酵残渣及び脱水試験により得られた脱水ケーキ・脱離液は植物育成試験による肥料効果の確認を行った。

バイオガス有効利用検討は、各試験より得られたデータを基に、処理量別（30 t／日、60 t／日、100 t／日）の発生バイオガス量、バイオガスを発電に供した場合の発電量及び排熱回収量を試算し、施設運転の為の電力使用量やメタン発酵槽必要加温熱量との比較を実施した。

総合評価（水平展開調査）は、焼却施設に対して本システムを導入した場合の費用対効果及び CO₂ 削減量について規模別で検討を行った。検討の結果、本システムを導入し発酵適物の可搬性を活用することで、下水処理場等の資源化設備の共有化を図ることが可能であり、CO₂ 削減・施設建設費用削減に寄与できる。

Summary

In incineration plants in Japan, the number of power generation facilities, total power generation and power generation efficiency have been on the increase, making effective use of general combustible waste as energy source. However, most incineration plants that generate electricity are those having daily throughputs of 100 tons or more, and those with daily throughputs of less than 30 tons do not generate electrical power. In addition, the power

generation execution rate is 1.6% for plants with daily throughputs of 30-50 tons and 8.4% for plants with daily throughputs of 50-100 tons, showing that most of the small and medium-sized incineration plants do not generate electricity.

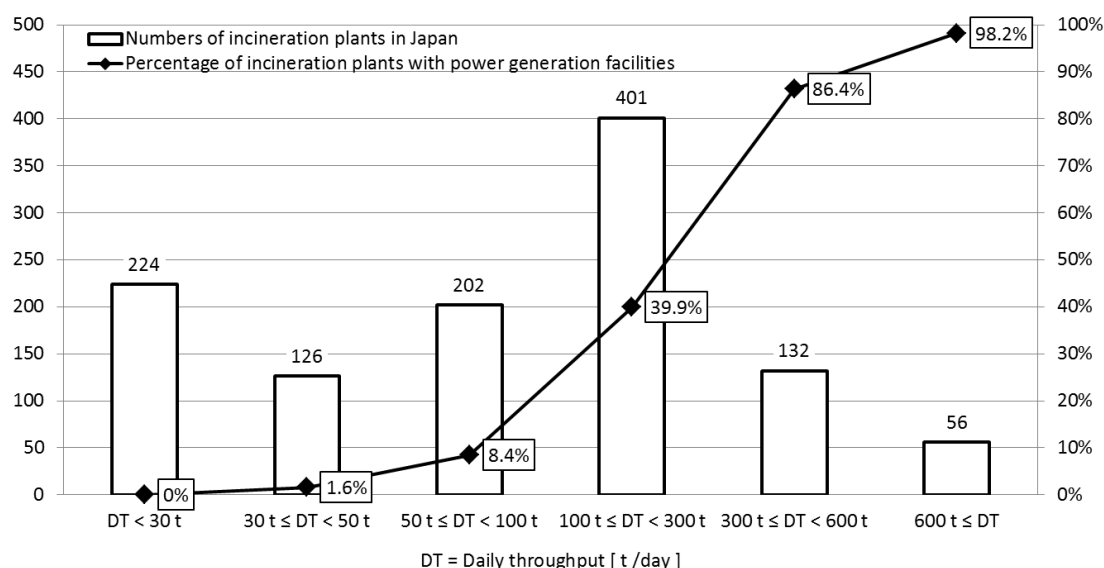


Figure 1 Power generation in incineration plants in Japan

This is due to the fact that the efficiency decreases as the facility scale becomes smaller in the steam turbine system, which is widely used in waste-to-energy facilities today. Also, with enhanced recycling of papers and plastics, the proportion of food waste with a high moisture content increases, resulting in a decrease in the calorific value of general combustible waste.

In this commissioned business, we evaluated and verified the recycling/energy conversion by methane fermentation of "fermentable materials" mainly consisting of kitchen waste and papers (tissues, etc.) obtained by mechanical sorting of general combustible waste in an incineration plant where the daily throughput is less than 100 tons. We examined the following: mechanical sorting, utilization of non-fermentable materials, utilization of fermentable materials, utilization and treatment of fermentation residues, and utilization of biogas. In addition, we looked into horizontal development for each evaluation item in the comprehensive evaluation.

We examined mechanical sorting by conducting mechanical sorting test every month from April 2018 to January 2019 (except September 2018) using about 1 ton of actual waste (general combustible waste) per month. For each month, we analyzed the following: composition of general combustible waste, mass percentage of each mechanically-sorted material, and composition of selected portions of the mechanically-sorted materials.

In the study of utilization of non-fermentable materials, we used non-fermentable materials (medium to large-sized materials) obtained from the mechanical sorting test. In the study, we conducted waste-to-fuel conversion tests by heat compression molding of the non-fermentable materials; we measured heat quantity and chlorine level of the fuel products. Moreover, in a utilization test (combustion test), we checked the handleability of the obtained fuel products by putting them into a boiler.

In the study of utilization of fermentable materials, we conducted a continuous methane fermentation test using the fermentable materials obtained from the mechanical sorting test. We evaluated and confirmed the amount of biogas generation, the property of the biogas, the decomposition rate of organic matter, and the stability of the methane fermentation. In addition, in order to examine the handleability of the fermentable materials during transport, we tested suction and discharge processes using a vacuum tanker and a tipping vacuum tanker.

In order to examine the utilization and treatment of fermentation residue, we conducted a dehydration test of the fermentation residue obtained from the methane fermentation test, and confirmed the flocculation characteristic and the dewaterability of the fermentation residue. We also analyzed the moisture content, calorific value, and chlorine level of the obtained dewatered cake. Furthermore, we carried out plant growth test on the fermentation residue, the dewatered cake and supernatant obtained from the dehydration test, and confirmed the fertilizer effect.

In the study of utilization of biogas, we calculated biogas generation per input amount (30 t/day, 60 t/day, and 100 t/day) based on the data obtained from each test. Then we estimated the amount of power generation and waste

heat recovery supposing that the produced biogas is used for power generation; we compared them to the power consumption required for facility operation and the heating calorie required for the methane fermenter respectively.

In the comprehensive evaluation (study of horizontal development), we evaluated cost-effectiveness and carbon dioxide (CO₂) reduction when introducing this system to the incineration plants of different capacities. The evaluation found that introducing this system and taking advantage of transportability of fermentable materials would enable shared use of sewage treatment plants and recycling facilities, contribute to CO₂ reduction, and reduce facility construction cost.

目次

概要.....	2
はじめに	2
Summary.....	3
1. 業務概要	9
1.1 事業目的	9
1.2 事業の全体像	10
1.2.2 本システムの導入イメージ	12
1.3 事業の実施体制、役割	14
1.4 実証試験地の概要	16
1.4.1 平取町の概要	16
1.4.2 平取町外 2 町衛生施設組合清掃センターの概要	16
1.5 目標設定	17
1.6 事業スケジュール	19
2. 委託事業実施状況	21
2.1 機械選別検討	21
2.1.1 機械選別試験	21
2.2 発酵不適物有効利用検討	38
2.2.1 燃料化試験	38
2.2.2 利用試験（燃焼試験）	44
2.3 発酵適物有効利用検討	52
2.3.1 メタン発酵試験	52
2.3.2 輸送試験	68
2.4 発酵残渣有効利用・処理方法検討	79
2.4.1 脱水試験	79
2.4.2 肥料評価試験	93
2.5 バイオガス有効利用検討	99
2.6 総合評価（水平展開調査）	101
2.7 有識者等外部委員会の開催	104
2.8 共同実施者との連絡調整	106
2.9 平成 30 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	110
2.10 撤去工事	111
3. 二酸化炭素削減効果	114
3.1 検討ケースの設定	114

3.1.1	検討ケースの考え方	114
3.1.2	検討ケースの設定	115
3.1.3	マテリアルバランスフロー	116
3.1.4	建設費の算定	121
3.1.5	維持管理費の算定	130
3.1.6	建設費用と維持管理費のまとめ	135
3.2	CO ₂ 排出量の検討	137
3.2.1	CO ₂ 排出量等の算定の諸条件	137
3.2.2	CO ₂ 排出量に関連する電力・燃料使用量の整理	137
3.2.3	CO ₂ 排出量のまとめ	138
3.3	機械選別施設導入評価	139
3.3.1	建設費・維持管理費からみた評価	139
3.3.2	CO ₂ 排出量からみた評価	140
3.3.3	試算事例	141
4.	水平展開（横展開）の可能性	148
4.1	平取町への機械選別施設導入時の有効性の検討	148
4.1.1	有効性の検討フロー	148
4.1.2	平取町外 2 町衛生施設組合の基礎データ	149
4.1.3	既存施設に機械選別施設を導入した場合の有効性の検討	154
4.1.4	生ごみ分別方式と機械選別方式の比較	164
4.2	機械選別施設の導入による平取町周辺自治体の広域化・集約化	172
4.2.1	広域圏の確認と、自治体内のごみ量・施設稼働年数の把握	173
4.2.2	施設間距離の確認	175
4.2.3	近隣発酵適物処理施設の設置状況	176
4.2.4	広域化の検討パターン	177
4.2.5	建設費の算出	177
4.2.6	維持管理費の設定	181
4.2.7	広域化パターン別の建設維持管理費のまとめ	184
4.2.8	CO ₂ 排出量の見込み	185
4.2.9	広域化検討結果のまとめ	187
4.3	本実証実験目標値との比較	190
4.4	水平展開及び本実証事業終了時の出口戦略	193
5.	全体まとめ	196
5.1	マテリアルバランス	196
5.2	全体まとめ	199

1. 業務概要

1.1 事業目的

図 1.1-1 に日本の焼却施設における余剰熱利用の状況を示す。日本の焼却施設における余剰熱利用は、規模が小さくなるほど実施されておらず、余剰熱利用ありの割合は 30 t 未満の施設においては 18.8 %程度となる。これは、現在の主流である廃熱ボイラー+蒸気タービン方式では施設規模が小さくなるほど効率が低下するためである。また、資源化による紙類・プラスチック類の分別回収が進むことにより、高含水率の生ごみの割合が高くなり、一般可燃ごみの発熱量の低下が懸念されている。

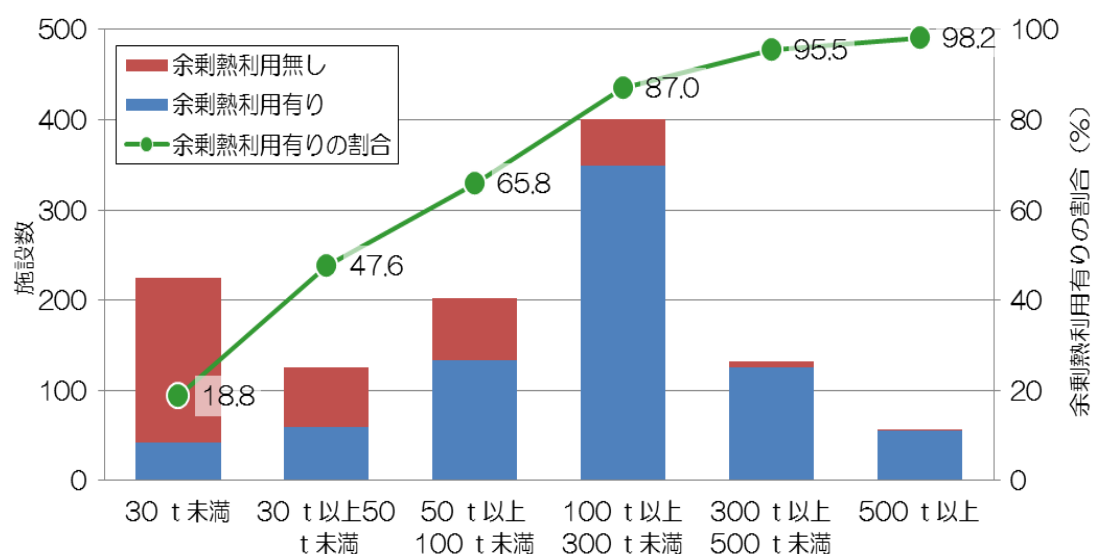


図 1.1-1 日本の焼却施設における余剰熱利用の状況²

このような背景から、環境省では「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り組みを進めている。

図 1.1-2 に、日本の焼却施設における稼働年数の状況を示す。一般的に焼却施設の耐用年数とされている 20 年以上が経過した施設割合は、規模ごとに分類した場合、48.1 %から 63.6 %となり、半数以上の施設が更新を控えている状態である。

² 環境省廃棄物処理技術情報 一般廃棄物処理実態調査結果 処理状況 日本の廃棄物処理 2015 年度版

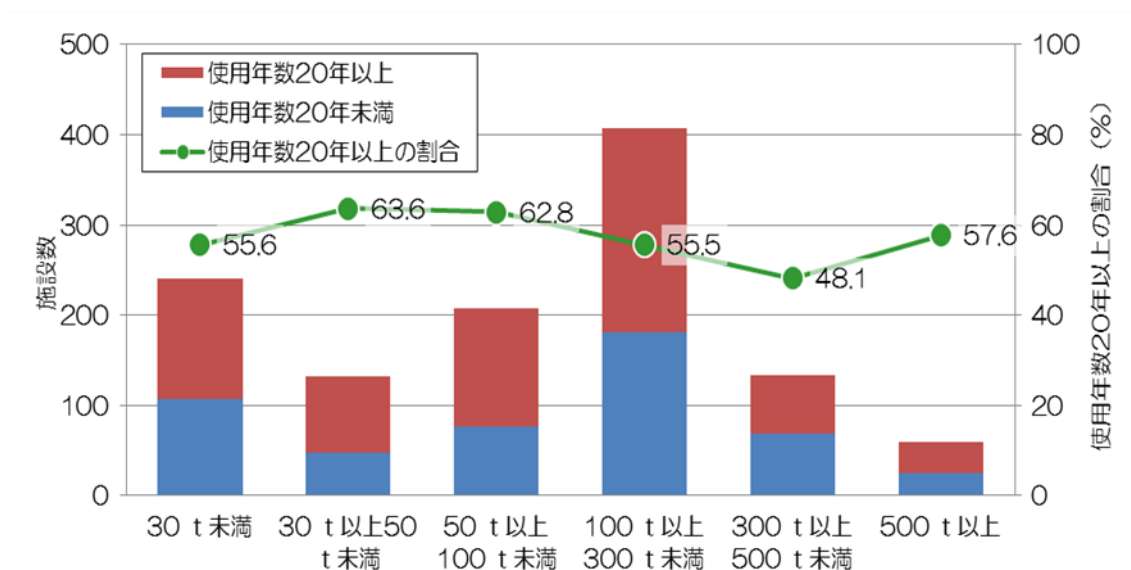


図 1.1-2 日本の焼却施設における稼働年数の状況³

既存の焼却施設の有効利用や長寿命化・延命化が急務となっている一方で、国及び地方公共団体の財政状況が厳しく、焼却施設の整備が追い付かないのが現状である。環境省では「廃棄物処理施設整備計画」において、地域において安定的かつ効率的な廃棄物処理システムの構築を進めていく必要性を示している。

上記の課題から、本事業では一般可燃ごみ中に 40 %程度⁴含まれている高含水率のちゅう芥類に着目し、一般可燃ごみの減容化及び発熱量の向上等を実施する方法を検討する。一般可燃ごみに含まれるちゅう芥類・紙類を機械選別することで焼却ごみ量の削減を図り、焼却対象ごみの発熱量を向上させるとともに、機械選別したちゅう芥類等をメタン発酵してエネルギー利活用するシステムの評価・検証事業を行う。

また、本業務により、中小規模の一般廃棄物処理施設における廃棄物エネルギーの有効利用を促進し、エネルギー起源の CO₂ 削減を図ることとする。

1.2 事業の全体像

前項の 1.1 で記述した目的を達成するために、図 1.2-1 に本事業における検討項目を示す。

³ 環境省廃棄物処理技術情報 一般廃棄物処理実態調査結果 施設整備状況 施設整備状況 焼却施設

⁴ 筒井 敬治 日本におけるごみ問題とその対策 経済政策研究 第2号

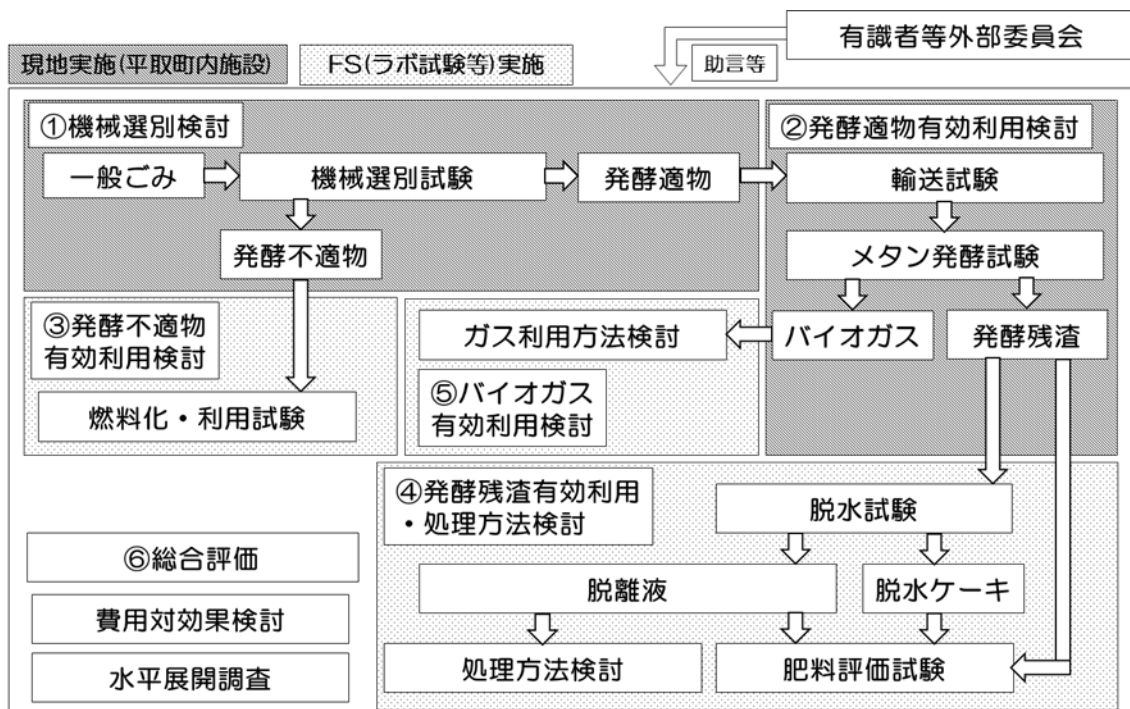


図 1.2-1 本事業における検討項目

本事業では、大きく 6 項の検討項目によって構成される。なお、①機械選別検討、②発酵適物有効利用検討（メタン発酵試験および輸送試験）、④発酵残渣有効利用検討・処理方法検討（脱水試験）については、本実証試験サイトである平取町施設内で行ったものであり、③発酵不適物有効利用検討は各メーカーの試験装置にて実施し、⑤バイオガス有効利用検討は机上検討を実施した。

図 1.2-2 に本事業におけるシステム（機械選別+メタン発酵）について示す。本システムは、回収された一般可燃ごみを機械選別により発酵適物（ちゅう芥類・紙類【新聞紙・ティッシュペーパー】）と発酵不適物（プラスチック類・紙類【コート紙等】）に分類することが出来る。機械選別の特長としては、粒度選別機と破碎選別機を組み合わせた二段階選別により、精度の高い選別を行うことが可能となり、紙類についてはある程度の発酵適物と発酵不適物への振り分けが可能となる。

分別された発酵適物は、磨り潰された流動性の高い状態であり、十分なバイオガスが得られることから、メタン発酵施設において良質な原料となる。したがって、流動移送（ポンプ・バキューム車）による高効率な輸送性を確保するとともに、メタン発酵の工程を経て、バイオガスと発酵残渣となり、それぞれ熱・電気利用・堆肥利用が出来る。なお、発酵適物は既存施設での混合メタン発酵処理を検討することが出来るため、本システムでは現在主流である湿式・中温メタン発酵方式を採用する。

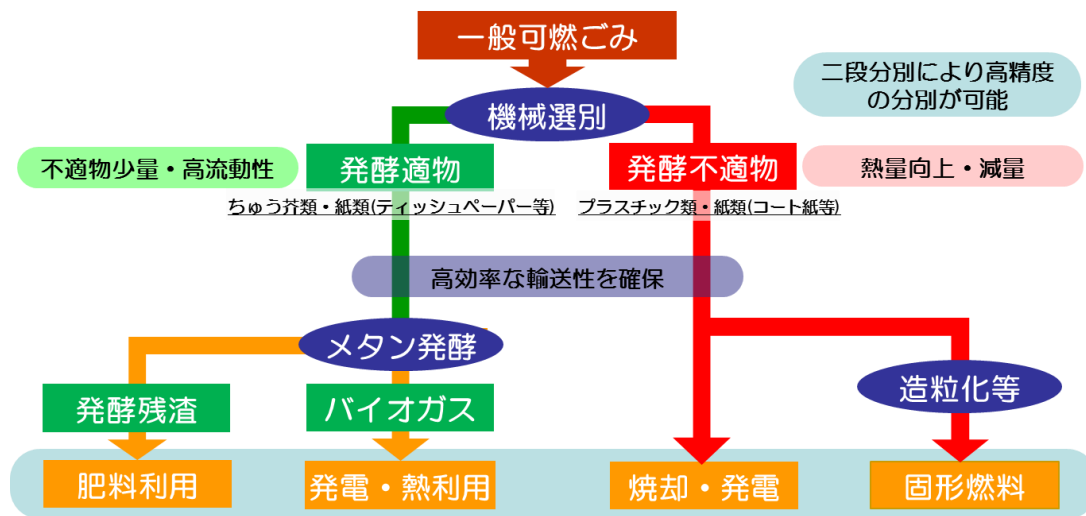


図 1.2-2 本事業におけるシステム（機械選別+メタン発酵）

また、発酵不適物の選別前の一般可燃ごみと比較して熱量の向上及び減量化がなされ、焼却量の減量による施設規模縮小や低水分化による焼却施設の延命・補助燃料費等の削減が可能となる。さらに、熱量向上と減量により輸送効率が向上することによって、広域化による高効率発電や固形化燃料による利用が可能となる。

1.2.2 本システムの導入イメージ

図 1.2-3 に、本システムの導入イメージ（単純施設）を示す。単独施設でかつ既存のメタン発酵が最小限となること。②焼却処理施設及びメタン発酵設備ともに既設利用であり、既往の設備を生かせること等があり、中小規模の施設においても比較的容易に導入が可能と判断している。

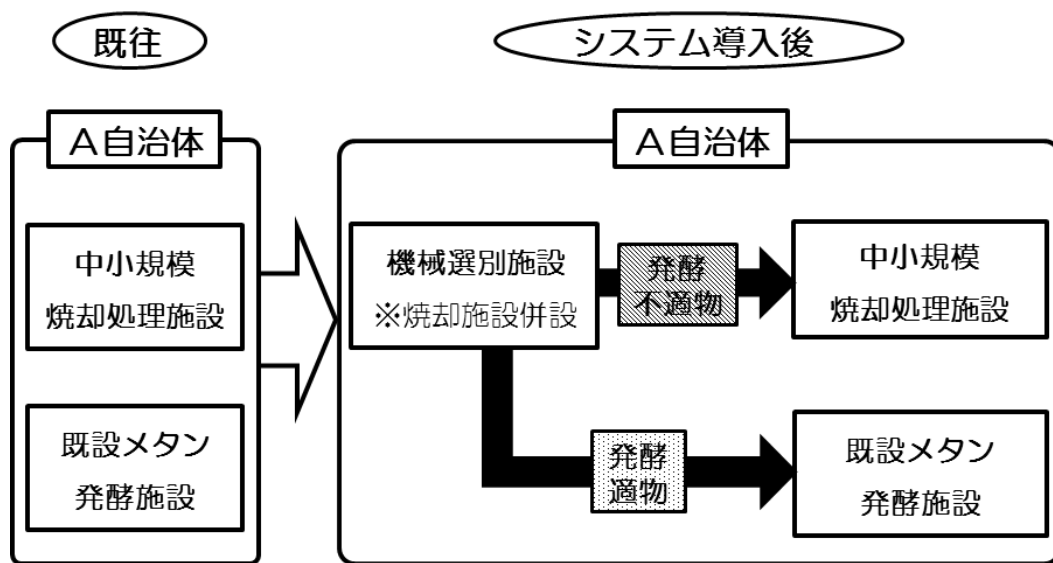


図 1.2-3 本システムの導入イメージ（単独施設）

図 1.2-4 に本システムの導入イメージ（複数の施設の集約化）を示す。中小規模の施設の内、最も小さい規模の C 自治体施設では、A 自治体において発酵不適物を、B 自治体においては発酵適物を集約して処理する。これは本システムの特長の一つである高効率な輸送性を最大限に利用した方法であり、①集約化によりスケールメリットが得られる。②規模拡大により高効率発電や燃料化等の選択が可能となる。

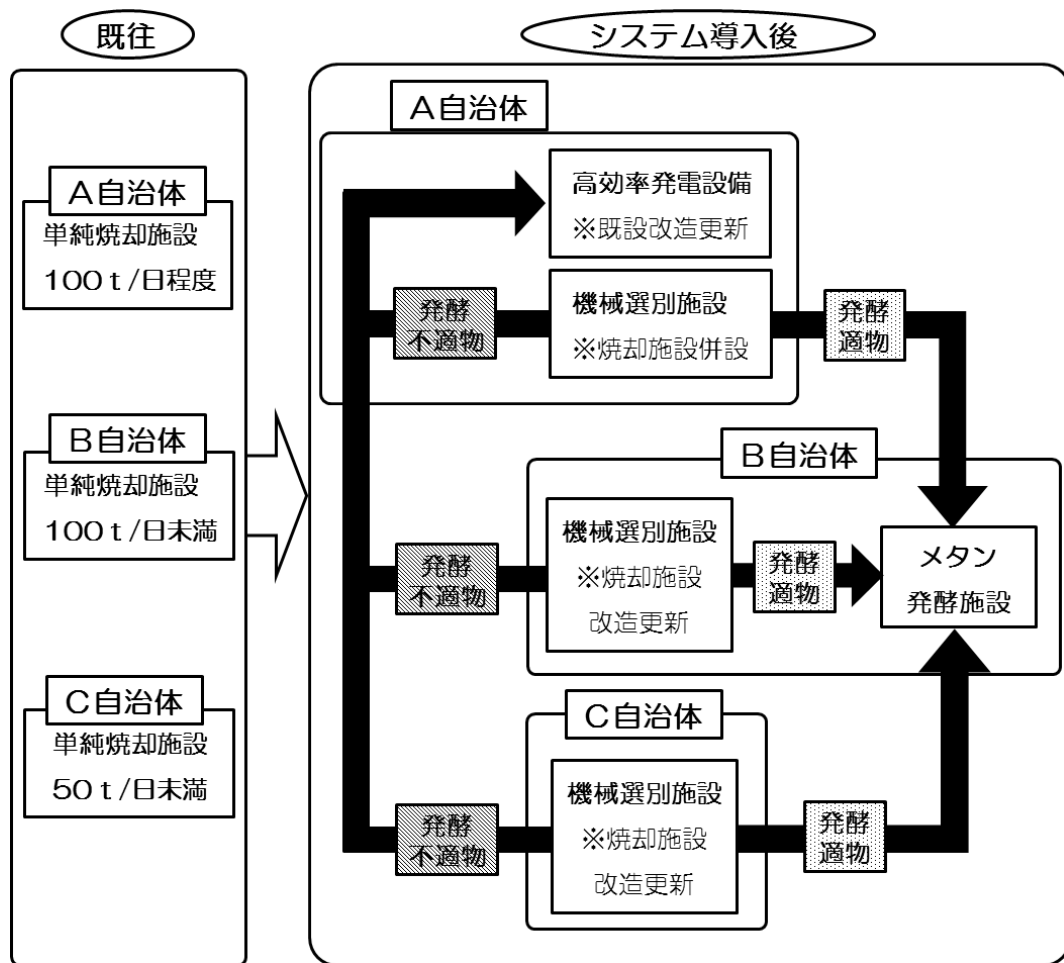


図 1.2-4 本システムの導入イメージ（集約化）

1.3 事業の実施体制、役割

図 1.3-1 に本事業の実施体制を示す。実施構成員は、本システムを共同にて開発してきた株式会社大原鉄工所（代表事業者）及び、国立大学法人長岡技術科学大学、本システムに関して高い関心を示し、本システムの想定する対象条件を満たす北海道平取町、廃棄物・環境及び上下水道のコンサルティング業務にて数多くの実績を有する株式会社NJSの計4者から構成され、産学官の連携により事業目標を達成する。また、有識者及び施設の管理者等で構成される有識者等外部委員会を設置し、多様な観点からの指摘・助言を反映させることにより、事業を深化していく。

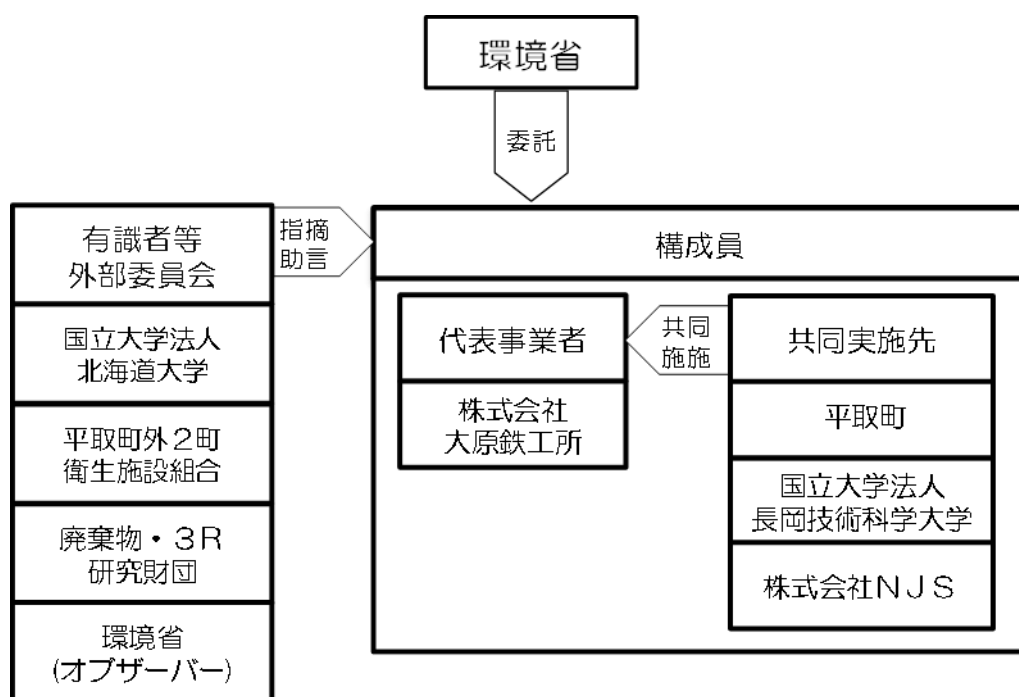


図 1.3-1 本事業の実施体制

表 1.3-1 に各構成員の分担業務を示す。代表事業者である株式会社大原鉄工所は、環境関連機器・プラントの製造販売及び雪上車等の製造販売を主たる事業としている。本事業では、各検討項目における試験、有識者等外部委員会を主な担当として定めた。株式会社 NJS は、廃棄物・環境および上下水道の環境分野を中心としたコンサルティング業務を行っている。水平展開におけるノウハウを事業に反映していくため、総合評価および水平展開を主担当として定めた。さらに平取町および国立大学法人長岡技術科学大学は共同実施者として各検討項目を主担当とともに実施した。

表 1.3-1 各構成員の分担業務

	◆ 株式会社 大原鉄工所	平取町	国立大学法人 長岡技術科学大学	株式会社 NJS
(1) 機械選別試験	◎	○		
(2) 発酵不適物有効利用検討	◎			
(3) 発酵適物有効利用検討	◎		○	
(4) 発酵残渣有効利用・処理方法 検討	◎			
(5) バイオガス有効利用検討	◎			
(6) 総合評価（水平展開）	○	○	○	◎
(7) 有識者等外部委員会	◎	○	○	○
(12) 撤去工事	◎			

1.4 実証試験地の概要

1.4.1 平取町の概要

北海道平取町は、日高地方の西端部に位置し、総面積は 743.09 km²、人口は 5057 人（平成 31 年 1 月現在）である。町内には沙流川が流れており、日本最大の野生すずらん群生地が観光名所である。産業は農業を中心としており、飼育作物や稲、野菜の順に作付面積が多く、面積総計は 4440 ha に及んでいる⁵。特にトマト栽培では、北海道一の生産量を誇っている。平取町のホームページによると、平均気温は 7.7℃ほどを推移し、最高気温は 31.0℃であり、最低気温はマイナス 25℃度ほどになる。太平洋の気圧の影響を受け、夏場になると雨の日が続くことがあるが、冬場の降雪量は北海道内でも少なく、降雪日数は 40 日程度である。

1.4.2 平取町外 2 町衛生施設組合清掃センターの概要

表 1.4-1 に平取町外 2 町衛生施設組合清掃センター（以下、清掃センター）の施設概要を示す。

表 1.4-1 平取町外 2 町衛生施設組合清掃センターの概要

施設概要	
組合構成	平取町、日高町、むかわ町
所在地	北海道沙流郡平取町字小平39番地2
敷地面積	6430m ²
施設規模	20t／8h×2炉（計40t／8h）
着工	平成2年7月
竣工	平成4年3月

⁵ 平取町公式 HP http://www.town.biratori.hokkaido.jp/guide/guide_history/（2019 年 3 月 2 日）

清掃センターは平取町を含む3町（平取町、日高町、むかわ町）の広域施設であり、第一工場（焼却施設）、第二工場（破碎施設）、第三工場（リサイクル施設）、資源ごみ処理施設、一般廃棄物最終処分場の施設がある。第一工場である一般可燃ごみ焼却施設は1992年に稼働し、使用年数は約25年を経過している。施設規模は40t×2炉（ストーカー方式、余剰熱利用なし）である。なお、平成30年度の6月より焼却施設の基幹改修工事が実施され、工事期間中は一切の焼却処理が行えなかったため、直接搬入の一部規制がなされた。また、この工事により電気集塵機からバグフィルターへの更新が行われた。

収集体制として、家庭ごみはパッカー車6台、平ボディ車3台で委託により収集を行っている。ごみ分別は10品目に分別されており、ちゅう芥類は一般可燃ごみ（もえるごみ）として収集されている⁶。

このように、処理規模、熱利用の有無・使用経過年数の点において、本事業のターゲットとした条件に該当する。また、地理的特性から夏季及び冬季において幅広い条件下での試験が実施可能であることから、水平展開を実施する上で有効な知見が得られる。

1.5 目標設定

平成30年度実施した検討項目は、(1)から(12)中の全11項目である。各検討項目に対する目標設定は表1.5-1の通りである。なお、(7)(8)(9)(10)(11)(12)は、会議の開催や資料作成、撤去作業に係る検討項目であるため、目標値として設定していない。

表 1.5-1 本事業における検討項目ごとの目標設定

(1) 機械選別検討	目標
①機械選別試験	・発酵適物の回収率（ちゅう芥類、紙類（ティッシュペーパー等））：80%（平均値）以上 ・発酵適物の VTS（有機物比率）：80%（平均）以上 ・発酵不適物の低位発熱量：収集ごみに対して1.3倍以上 ・異物の混入割合：プラ類の混入割合3%以下

⁶ 平取町外2町衛生施設公式HP <http://www.biratorieisei-hokkaido.jp/>（2019年2月20日）

(2) 発酵不適物有効利用検討	目標
①燃料化試験	・ 固形燃料化物の低位発熱量：19 MJ/kg 以上 ・ 固形燃料化物の塩素濃度：1 % 以下
②利用試験（燃焼試験）	・ 固形燃料化物のハンドリング性（輸送性・炉内装入状況）調査
(3) 発酵適物有効利用検討	目標
①メタン発酵試験	・ 発酵適物投入 VS（有機物濃度）あたりのバイオガス発生量：0.6 Nm³/kg-VS（平均値）以上 ・ 発酵適物 VS 分解率 65 %（平均値）以上
②輸送試験	・ バキューム車等による発酵適物輸送濃度：TS（固形物濃度）10 % 以上 ・ 吸引可能濃度、搬入出時のハンドリング性等の確認
(4) 発酵残渣有効利用・処理方法検討	目標
①脱水試験	・ 発酵残渣の凝集性および脱水性を把握。脱水ケーキの焼却処理を想定し含水率・発熱量・塩素濃度について確認
②肥料評価試験	・ 肥料取締法の基準値を満たす。 ・ 消化液、脱水ケーキ、脱離液の肥料効果を明らかにする
(5) バイオガス有効利用検討	目標
	・ バイオガスの有効な利用方法について検討
(6) 総合評価（水平展開調査）	目標
	・ CO₂を 1t 削減するのに必要なコスト：8.2 万/t-CO₂ 以下 ・ 導入後の温室効果ガス排出量：843 t-CO₂/年未満 ※平取町導入ケースに対して ・ 従来方式からの CO₂排出削減：17.5 % 以上（廃棄物 1 t あたり）

1.6 事業スケジュール

表 1.6-1 に本年度の事業スケジュールを示す。平成 30 年 9 月 6 日の北海道胆振東部地震による影響により、当初の試験スケジュールからの変更はあったが、本事業における検討項目を完遂することが出来た。

表 1.6-1 本事業の試験スケジュール

年度													
検討項目	内容	H30年 4	5	6	7	8	9	10	11	12	H31年 1	2	3
機械選別検討	機械選別試験												
発酵不適物有効利用検討	燃料化試験												
	利用試験（燃焼試験）												
発酵適物有効利用検討	輸送試験												
	メタン発酵試験												
発酵残渣有効利用・ 処理方法検討	脱水試験												
	肥料評価試験												
バイオガス有効利用検討	ガス利用方法検討												
総合評価	費用対効果検討												
	水平展開調査												
撤去工事	実証施設撤去工事												
有識者等外部委員会													

9/6 北海道胆振東部地震

2. 委託事業実施状況

2.1 機械選別検討

2.1.1 機械選別試験

平成 29 年度の委託事業において、平取町外 2 町衛生施設組合内に設置した機械選別試験装置を用いて、同清掃センターへ収集運搬される一般可燃ごみ（以下、可燃ごみ）の機械選別試験を行った。

平成 30 年度において、ちゅう芥類の回収量を増加させるため機械選別試験装置の粒度選別機シャフト間隔を 50×50 mm から 50×100 mm に改良を行い、選別割合の変化を確認した。また、機械選別試験により得た選別物について、発酵適物（ちゅう芥類・紙類・ティッシュペーパー等）は、発酵適物有効利用検討におけるメタン発酵試験及び輸送試験へ供した。さらに、発酵不適物（ビニール類・紙類・コート紙等）は発酵不適物有効利用検討における燃料化試験及び利用試験（燃焼試験）へ供した。

本試験は平成 30 年 4 月～平成 31 年 1 月の間、毎月可燃ごみ約 1 t を受け入れて試験を実施し、機械選別した時の選別割合及び選別物の組成調査を目的とした（平成 30 年 9 月 6 日に発生した北海道胆振東部地震の影響により平成 30 年 9 月の試験は未実施）。また、発酵適物中のちゅう芥類回収率（平均値）80%以上、発酵適物中の異物混入率（平均値）3%以下を目標値とする。さらに発酵適物中の有機物比率（VTS）平均値で 80%以上とした。また、中間物、大型物と発酵不適物の混合時の低位発熱量は可燃ごみの 1.3 倍（平均値）を目標値とした。図 2.1-1 に、試験フローを示す。

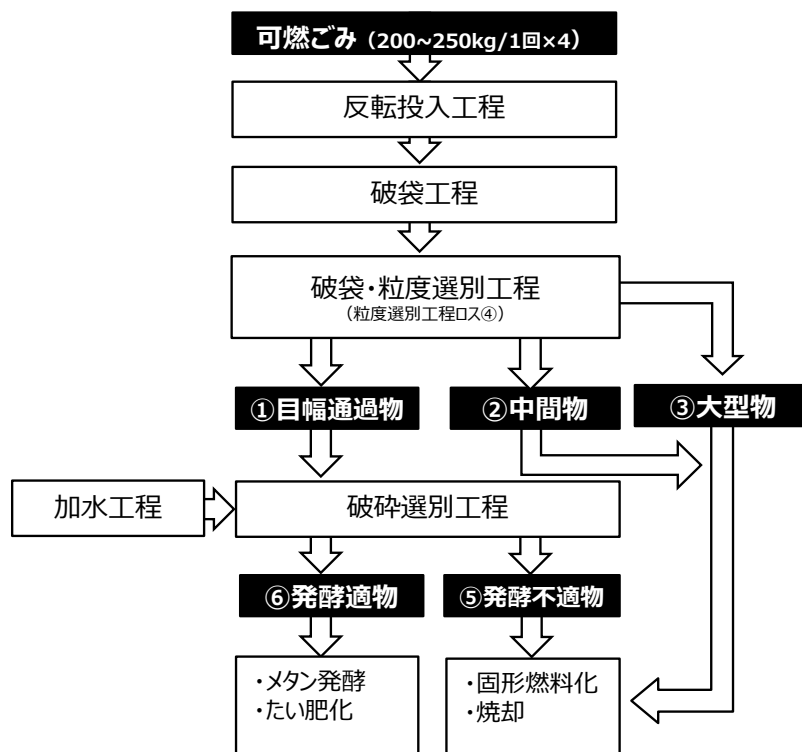


図 2.1-1 試験フロー

(1) サンプル性状

図 2.1-2 に、機械選別試験に使用した可燃ごみの組成を示す。

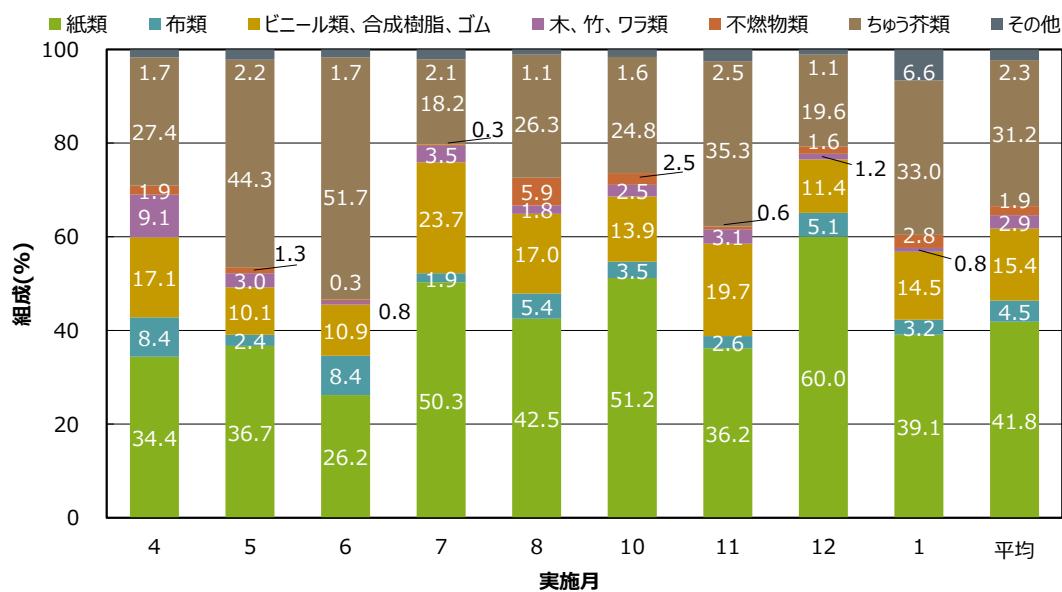


図 2.1-2 可燃ごみの組成

可燃ごみ中の組成は、紙類、ビニール類、ちゅう芥類が大半を占めており、実施月により組成の変動が確認された。特に6月では、ちゅう芥類が最大51.7%を占めており、7月では、最小18.2%となった。さらに1月では、紙類が最大60.0%を占めており、6月では、最小26.2%となった。

表 2.1-1 に機械選別に使用した可燃ごみの性状を示す。

表 2.1-1 可燃ごみの性状

	単位	4月	5月	6月	7月	8月	10月	11月	12月	1月	平均	相関係数
含水率	%	41.1	60.1	67.2	60.0	49.5	49.4	49.1	40.9	48.9	51.8	-
低位発熱量	MJ/kg	8.6	6.3	5.3	6.4	8.7	8.7	9.0	9.4	8.2	7.8	-0.9
炭素	%	24.9	19.7	17.6	25.0	25.3	25.2	27.1	27.0	23.0	23.9	-0.8
塩素	%	0.15	0.11	0.07	0.08	0.15	0.11	0.10	0.09	0.09	0.11	-0.5

含水率と低位発熱量の相関係数を確認したところ低位発熱量と炭素は、水分が高くなるにつれ、値が低下傾向になった。

図 2.1-3 に可燃ごみの受入写真を示す。



図 2.1-3 可燃ごみ受入風景

(2)試験条件

・機械選別試験について

可燃ごみ 200～250 kg を 1 回の試験量として、破袋機にてごみ袋を破袋、粒度選別機にて、目幅通過物、中間物と大型物に選別した。なお、目幅通過物は直接破碎選別機に投入される為、その湿潤重量は可燃ごみから中間物及び大型物を減算し算出した（系外に排出されるごみを粒度選別工程ロスとした）。さらに目幅通過物は破碎選別機で発酵適物と発酵不適物に選別される。なお、発酵適物も目幅通過物同様に算出値となる。それぞれの湿潤重量から選別割合を求めた。また、破碎選別機に関して、負荷

電流値を計測し、一定の負荷以上の時に自動で加水が行われる制御となっている。表 2.1-2 に、試験条件を記載する。図 2.1-4 に機械選別試験装置一覧を示す。

表 2.1-2 試験条件

			試験月									合計
			4月	5月	6月	7月	8月	10月	11月	12月	1月	-
受入工程												
一般可燃ごみ量		kg	982	953	1035	997	1043	1208	1035	1117	1019	9389
試験量		kg	約200~250 kg×4回									-
粒度選別工程												
条件	分析検体 可燃ごみ	検体	3	2	2	2	3	2	2	2	2	20
	分析検体 中間物	検体	3	2	2	2	3	2	2	2	3	21
	分析検体 大型物	検体	3	2	1	2	3	2	2	2	3	20
	分析検体 発酵不適物	検体	3	2	2	2	3	2	2	2	3	21
	傾斜角度	°	20 25 30	30								-
	選別目幅	mm	50×100									-
	回転数	min ⁻¹	178									-
破碎選別工程												
条件	スクリーン開口	mm	15									-
条件	回転数	min ⁻¹	521									-
分析工程												
対象	可燃ごみ、選別物分析項目	-	組成（紙類、布類、ビニール類、ちゅう芥類、木類、不燃物類、その他）、水分（可燃分、灰分）、炭素、塩素、低位発熱量									

機械選別試験装置建屋内	破袋機
	
ロールスクリーン 平成29年度目幅50×50mm	ロールスクリーン 平成30年度目幅50×100mm
	
破碎選別機	破碎選別機内部
	

図 2.1-4 機械選別試験装置一覧

・ごみ組成分析・性状分析と方法

可燃ごみ及び各選別ごみ（中間物、大型物、発酵不適物）は、環整 95 号に則り組成分析を実施し、紙類、布類、ビニール類、ちゅう芥類、不燃物類、その他に分類した。また、発酵適物中の異物混入量は発酵適物 20~40 g 中からビニール類と不燃物類をピンセットにて選別し、混入割合を算出した。また、発酵適物の VTS は、発酵適物の固形分濃度と強熱減量より算出した。

水分量と低位発熱量を測定し、各選別ごみの性状について確認した。これは各選別物が可燃ごみと比較して、水分量が低下し低位発熱量向上の効果確認の為である。炭素は、可燃ごみと選別物を計測しサンプル中の炭素の推移を確認した。また、固形燃料としての利用検討の為に、塩素濃度を測定した。

(3)試験結果

・選別割合

可燃ごみの重量から各選別物の選別割合を算出した。表 2.1-3 に、月別の機械選別割合を示す。

表 2.1-3 月別機械選別割合平均値（湿潤重量比）

	単位	4月	5月	6月	7月	8月	10月	11月	12月	1月	平均	最大	最少	相関係数
粒度選別工程	①目幅通過物	61.6	75.7	74.8	71.8	71.3	62.1	73.5	67.3	70.0	69.8	75.7	61.6	-
	②中間物	10.2	13.0	15.0	12.6	12.5	20.6	14.0	21.8	21.0	15.6	21.8	10.2	-0.2
	③大型物	26.5	10.7	8.6	10.8	13.5	13.7	10.1	9.0	5.6	12.1	26.5	5.6	-0.6
	④粒度選別工程ロス	1.7	0.6	1.6	4.8	2.7	3.6	2.4	1.9	3.4	2.5	4.8	0.6	-0.2
破碎選別工程	⑤発酵不適物	19.7	25.2	35.0	31.5	32.1	39.1	31.3	32.0	37.1	31.4	39.1	19.7	0.1
	⑥発酵適物	45.3	56.0	41.2	43.1	44.0	26.7	42.2	36.1	32.9	40.9	56.0	26.7	0.5
	⑦加水	3.4	5.5	1.4	2.8	4.8	3.7	0.0	0.8	0.0	2.5	5.5	0.0	-0.1
合計 (②+③+④+⑤+⑥)		103.4	105.5	101.4	102.8	104.8	103.7	100.0	100.8	100.0	102.5	-	-	-

目幅通過物の選別割合は粒度選別機の見幅を調整することで、昨年度実施の 37.0 % から本試験では平均値 69.8 % となり、可燃ごみ中から目幅通過物として約 1.9 倍回収が可能となった。さらに、発酵適物の選別割合は、26.3 % から平均値で 40.9 % となり、可燃ごみ中から発酵適物として約 1.6 倍程度回収が可能となった。一方、目幅通過物が増加することで、中間物、大型物、粒度選別工程ロスは低下傾向にあり、発酵適物の回収量は増加傾向にある。図 2.1-5 に試験風景を示す。



図 2.1-5 試験風景

・中間物の組成分析結果

中間物の組成は、主に紙類、ビニール類とちゅう芥類を含有していた。中間物中のちゅう芥類は、中間物の選別割合が 15.6 %であるため全ちゅう芥量に占める割合としては小さい。また、中間物として回収されるちゅう芥類は、粒度選別機の見幅を通過できないサイズの野菜や果物であり、未破袋の収集袋内に含まれているものである。図 2.1-6 に、中間物の組成分析結果を示す。図 2.1-7 に、中間物の一例を示す。

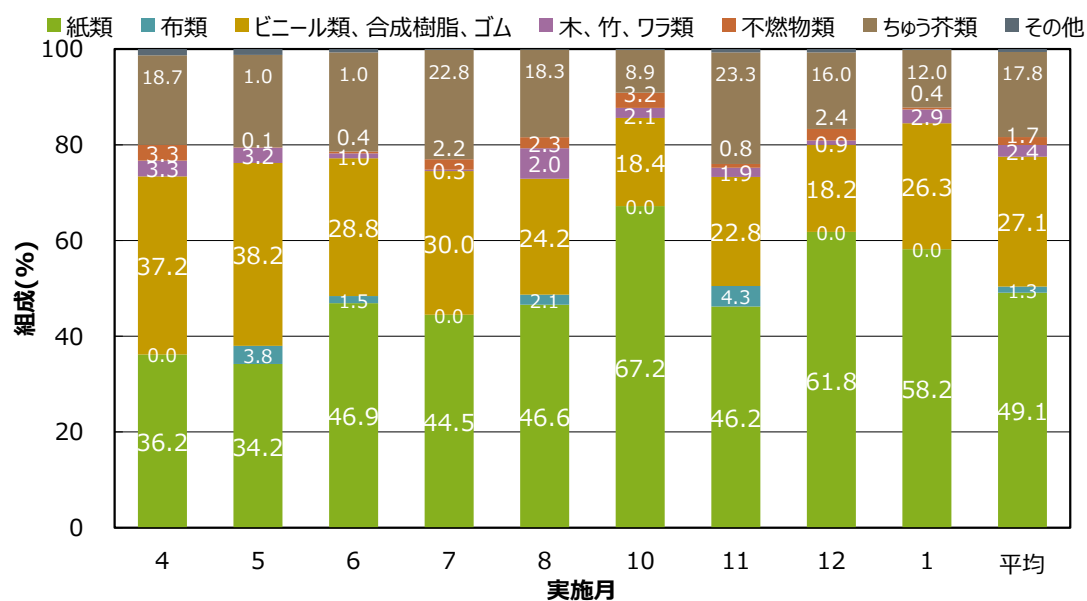


図 2.1-6 中間物の組成（湿潤重量比）

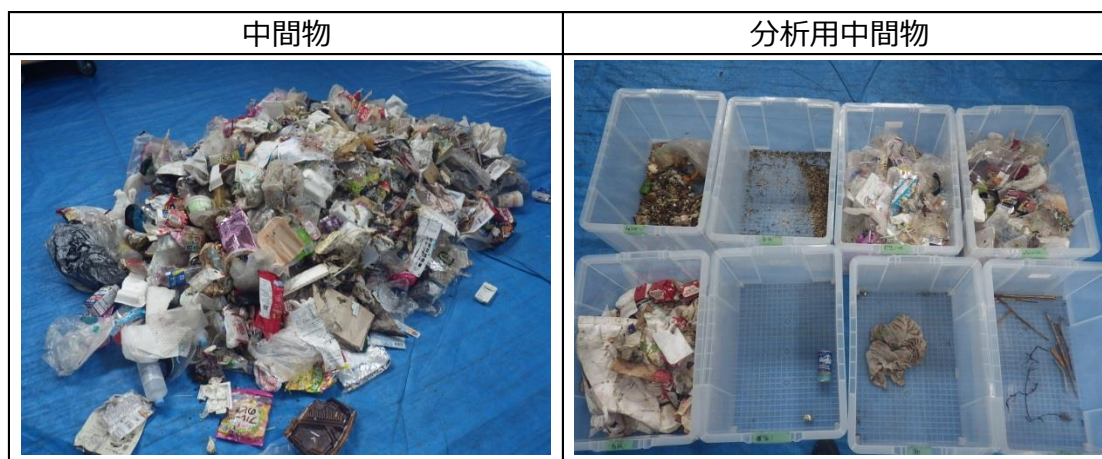


図 2.1-7 中間物の外観

・大型物の組成分析結果

大型物の組成は、主に紙類、布類、ビニール類が含有されており、布類の多くは、大型物として回収された。これにより、後段の破碎選別工程にて、機器への布類の絡み付きを防止することができている。図 2.1-8 に、大型物の組成分析結果を示す。図 2.1-9 に、大型物の一例を示す。

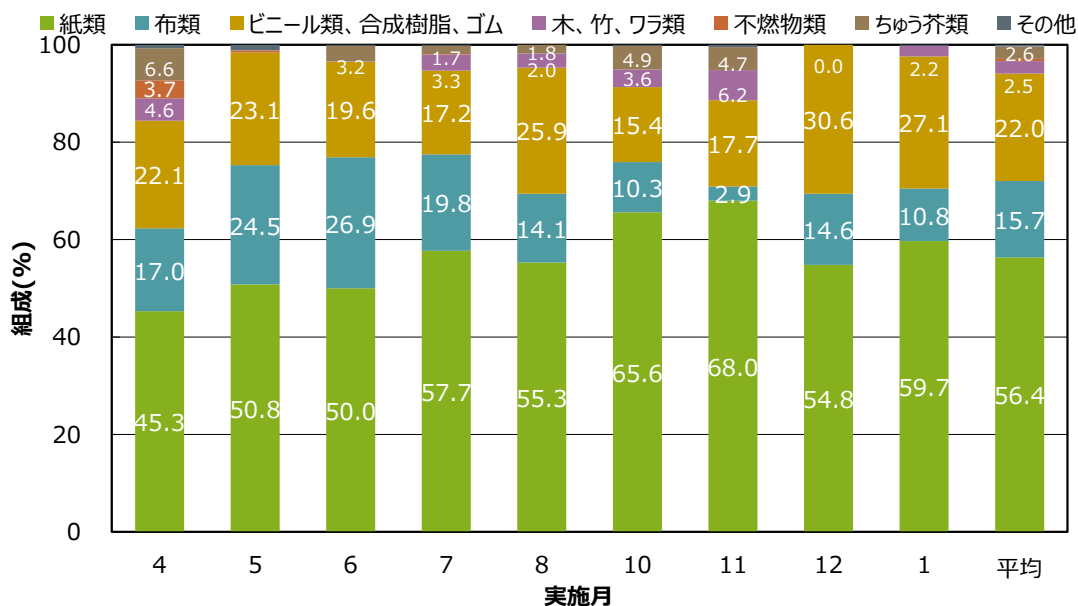


図 2.1-8 大型物の組成（湿潤重量比）

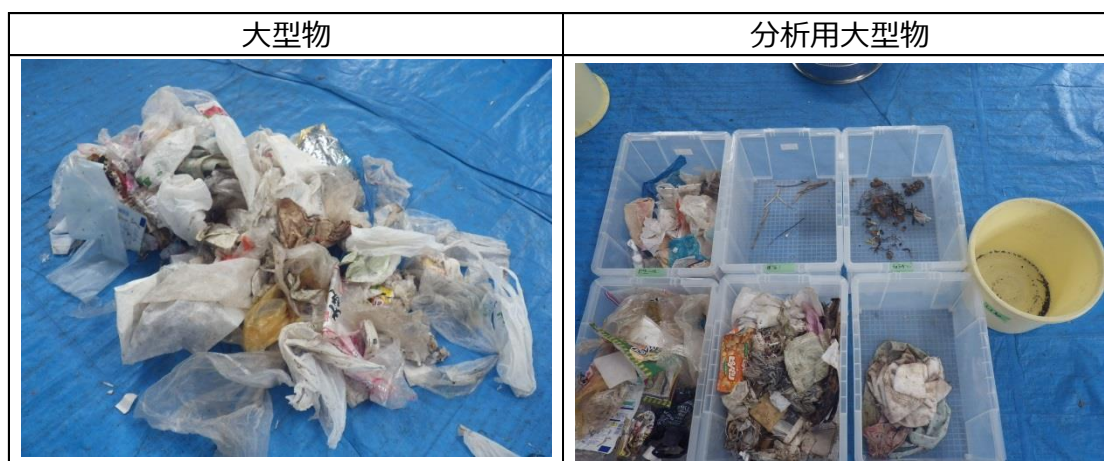


図 2.1-9 大型物の外観

・発酵不適物の組成分析結果

発酵不適物の組成は、その他の含有割合が約 50 % 占めており、主に繊維質の玉状になって排出されていた（環整 95 号より、その他の計測項目はふるい目 5 mm 以下のごみ）。またビニール類も含まれており、これは粒度選別機で選別が不可能な細かいビニール類であり、破碎選別機にて選別されていることが分かる。図 2.1-10 に、発酵不適物の組成分析結果を示す。図 2.1-11 に発酵不適物の一例を示す。

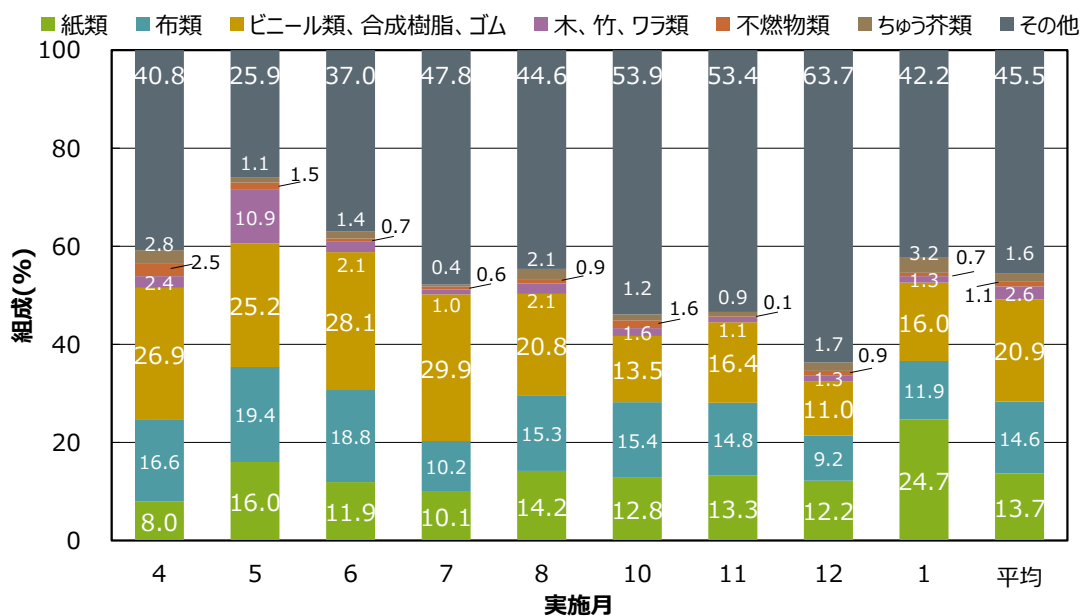


図 2.1-10 発酵不適物の状態（湿潤重量比）

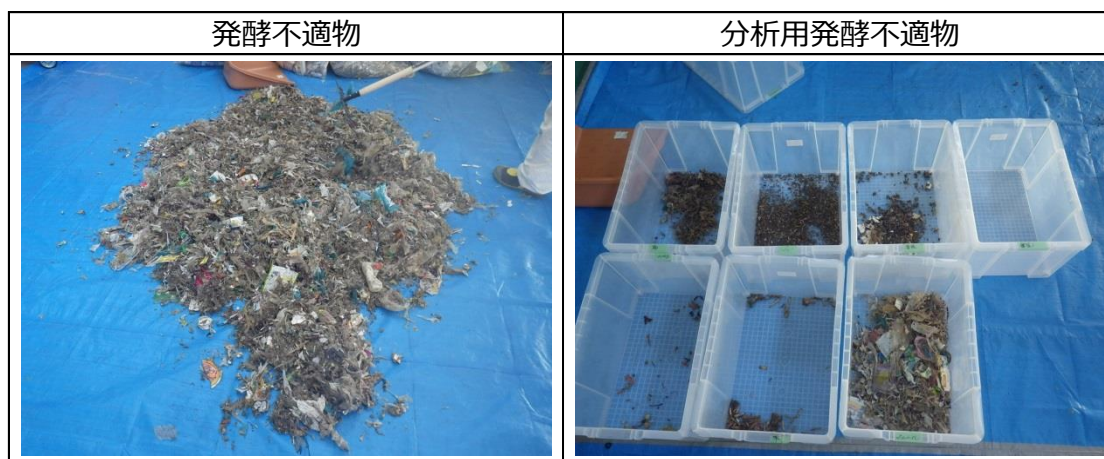


図 2.1-11 発酵不適物組成

・発酵適物中のちゅう芥類の回収率

図 2.1-12 に、発酵適物中のちゅう芥類の回収率を示す。表 2.1-4 に、可燃ごみ中のちゅう芥類の組成を示す。

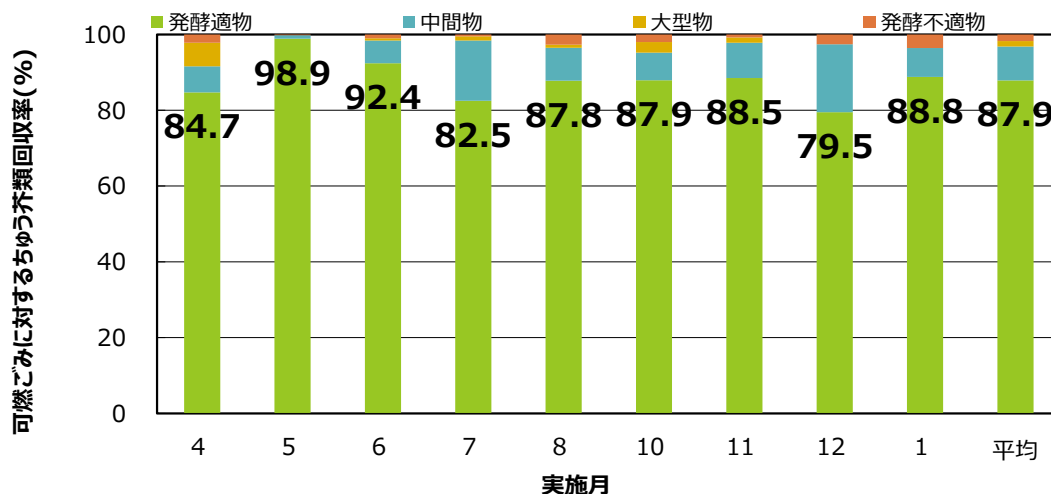


図 2.1-12 発酵適物中のちゅう芥類回収率（湿潤重量比）

表 2.1-4 可燃ごみ中のちゅう芥類の組成

	単位	4月	5月	6月	7月	8月	10月	11月	12月	1月	平均
ちゅう芥類	%	27.4	44.3	51.7	18.2	26.3	24.8	35.3	19.6	33.0	31.2

$$\text{ちゅう芥類回収率} = \frac{\text{可燃ごみ中ちゅう芥類の回収率} - (\text{中間物、大型物、発酵不適物中ちゅう芥類の回収量})}{\text{可燃ごみ中ちゅう芥類回収量}} \times 100$$

図 2.1-12 と表 2.1-4 から、発酵適物中のちゅう芥類の回収率と可燃ごみ中のちゅう芥類の組成の相関係数を算出した結果 $r=0.8$ となった。これにより、可燃ごみ中のちゅう芥類の組成が増加することで、発酵適物中のちゅう芥類の回収率が増加する傾向にあることが推察できる。7 月と 12 月のちゅう芥類の回収率が低く算出されている理由として、可燃ごみ中のちゅう芥類の組成が 18.2 %、19.6 % と低いためである。

また、発酵適物中のちゅう芥類は平均で 87.9 % となっており、目標であった 80 % 以上を達成した。図 2.1-12 に発酵適物を示す。

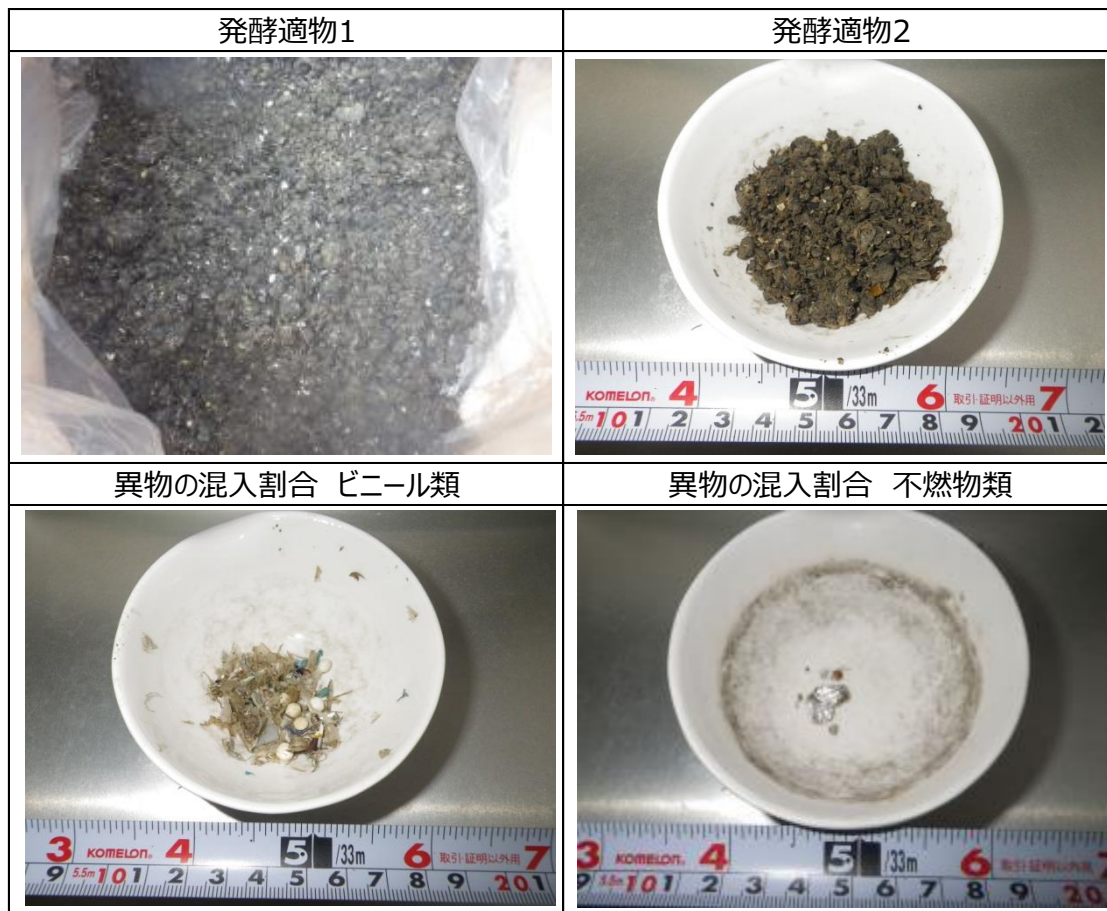


図 2.1-13 発酵適物中の異物混入状態

- ・発酵適物中の異物混入割合および有機物比率

図 2.1-14 に異物混入割合を示す。

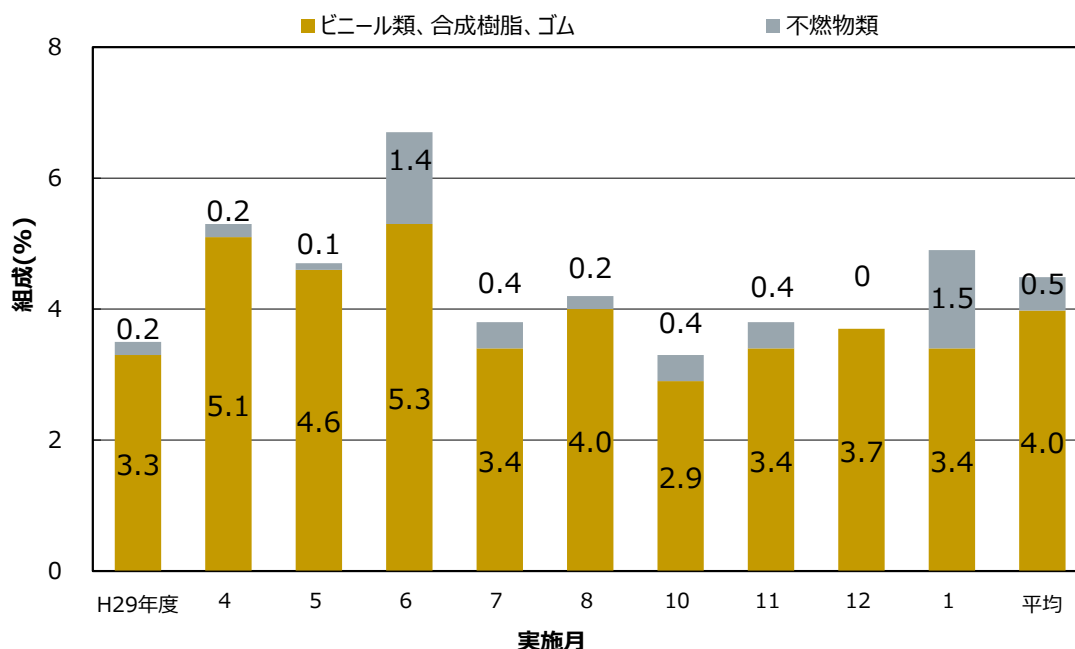


図 2.1-14 発酵適物中の異物混入割合

発酵適物中の異物混入割合を算出した結果、平均で 4.5 %の異物が混入することを確認した。これは、目標値である 3 %以下を達成していないが、後述するメタン発酵試験結果では、安定したメタン発酵が行われており、本試験結果の異物量でも問題ないことを確認した。廃棄物のエネルギー化の観点では、ちゅう芥類の回収率を向上させた方がメリットを得ることができる。しかし、プラント設計においては、配管などの閉塞の原因となるため、発酵適物中の異物除去については留意する必要がある。

表 2.1-5 に発酵適物の有機物比率 (VTS) を示す。発酵適物中の有機物割合について 4 月から計測し、平均 80.0 %と目標を達成した。しかし、最少 76.3 %、最大 85.8 %となり実施月によりばらつきが確認された。

表 2.1-5 発酵適物の有機物比率

	単位	4月	5月	6月	7月	8月	10月	11月	12月	1月	平均
VTS	%	85.8	76.3	79.4	76.8	79.4	79.3	77.5	82.9	82.2	80.0

・ごみの含水率および低位発熱量の変化

図 2.1-15 に、可燃ごみと選別ごみ各種の含水率の変化、図 2.1-16 に、可燃ごみと選別ごみ各種の低位発熱量の変化を示す。

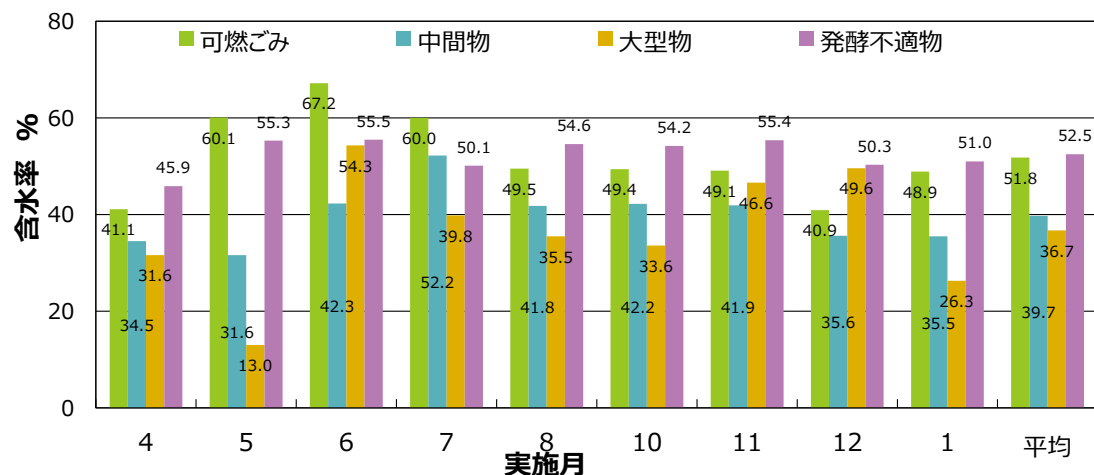


図 2.1-15 水分の月平均値

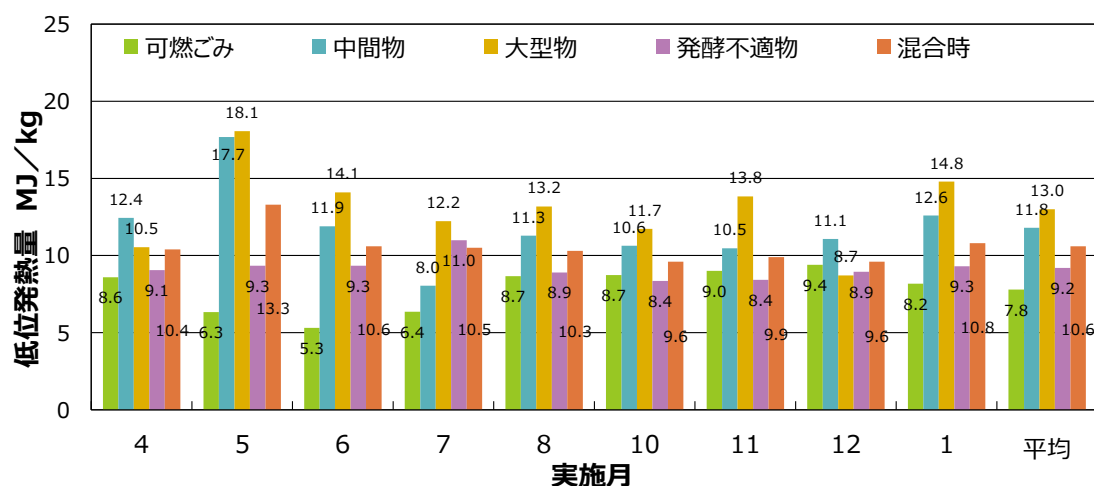


図 2.1-16 低位発熱量の月平均値

図 2.1-15 より、中間物、大型物は、可燃ごみより水分が低下する傾向であるが、12月のサンプルは大型物も水分が高くなっているため、低位発熱量は低下した。

図 2.1-16 より、基本的に選別されたごみは、可燃ごみより低位発熱量が高くなっているが、10、11、12月の発酵不適物および12月の大型物に関して、可燃ごみより低位発熱量が低下している。しかし、全ての系で混合時は可燃ごみより低位発熱量が高くなっていることが分かった。可燃ごみの低位発熱量に対して、平均値は混合時 1.36 倍となり、目標値 1.3 倍を上回る結果となった。また、中間物や大型物は、1.51、1.67

倍となり、可燃ごみを先に粒度選別機で選別することで、低位発熱量の高いごみを得ることができた。

・炭素の分析結果

図 2.1-17 に、可燃ごみと選別ごみの炭素を示す。

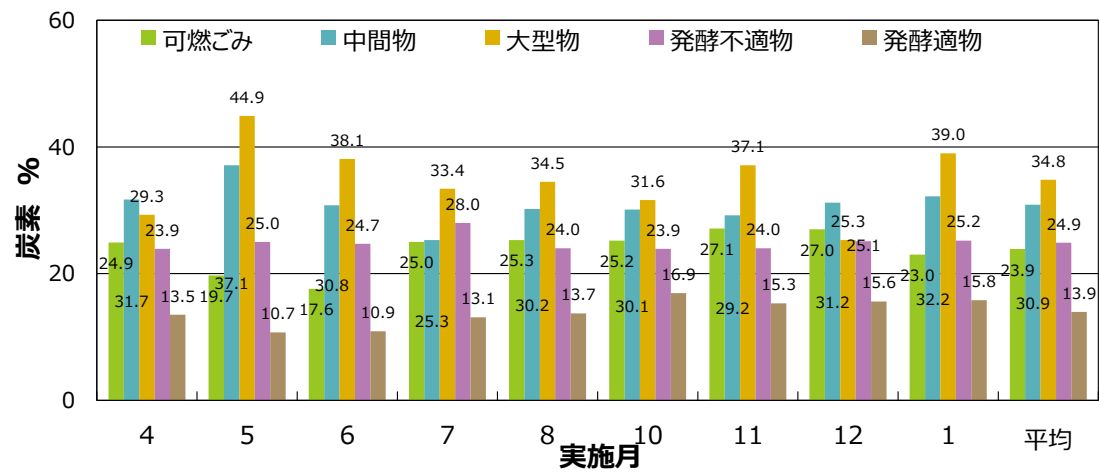


図 2.1-17 炭素の月平均値

図 2.1-17 より、炭素は全試験を通して、一定の割合で含まれていることが分かる。表 2.1-6 より、可燃ごみと選別ごみ各種の変動係数は、0.1~0.2 となっており、数値のばらつきはなく、炭素は全試験を通して、一定量含まれていることが分かる。

表 2.1-6 各種ごみ可燃分に対する変動係数

		単位	変動係数
炭素	可燃ごみ	%	0.1
	中間物		0.1
	大型物		0.2
	発酵不適物		0.05
	発酵適物		0.1

・塩素の分析結果

各種塩素は固形燃料化を行うことを想定し、測定した。図 2.1-18 に、塩素の月別平均値を示す。

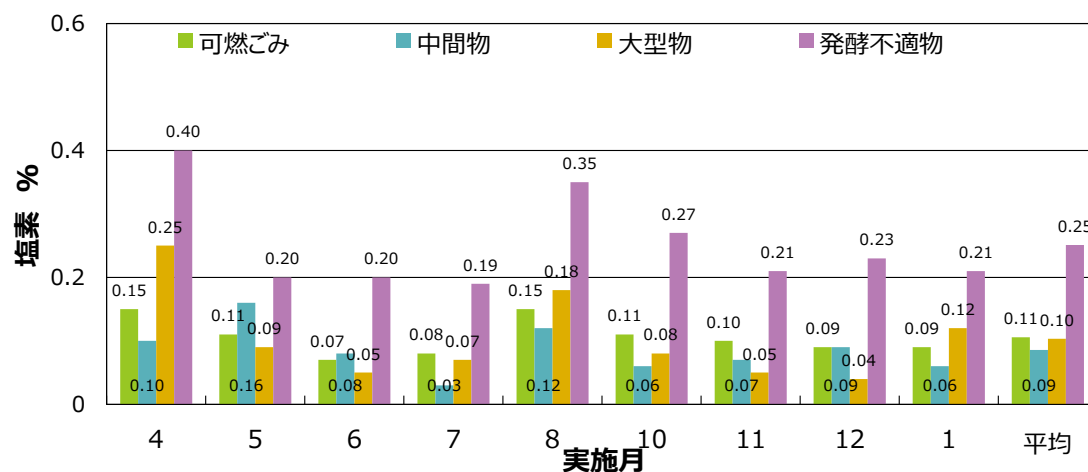


図 2.1-18 塩素の月平均値

ごみ固形燃料（RDF）をボイラーにて燃焼させる際に懸念される事項として、塩素濃度が挙げられる。一般的に、RDF には塩素が 1.0~2.0 %含まれており⁷、この範囲では、影響がないとされている。今回の計測結果では、すべての系において RDF と比べ低い値であった。

主に、塩素源として塩化ビニル樹脂などであり、食品用ラップなどの包装用フィルム、金属や紙などのコーティング剤などが挙げられる。

(4)まとめ

機械選別割合に関して、粒度選別機の日幅を変更したことにより、目幅通過物 69.8 %、中間物 15.6 %、大型物 12.1 %、粒度選別機ロス 2.5 %、発酵適物 40.9 %（加水 2.5 %を含む）、発酵不適物 31.4 %となった。さらに、発酵適物の選別割合は平成 29 年度と比較して、1.6 倍となった。

発酵適物中のちゅう芥類の回収率に関して、可燃ごみに対して 87.9 %のちゅう芥類を回収可能となった。中でも、可燃ごみ中のちゅう芥類の割合により回収率が変動することが明らかとなった。さらに、設定された目標値としての回収率 80%以上を達成した。

⁷ 環境展望、廃棄物固形燃料化(RDF、RPF)、
<http://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=71>

可燃ごみと選別ごみの水分と低位発熱量の変化に関して、平均で 1.36 倍の混合時サンプルが回収可能となり、中間物は 1.51 倍、大型物は 1.67 倍となった。さらに、設定された目標値である低位発熱量は 1.3 倍以上を達成した。

異物混入割合に関して、平均で 4.5 %の異物が混入することが明らかとなった。設定された目標値 3%以下を達成できていないが、後段のメタン発酵には影響は見受けられない。また発酵適物の VTS は平均値で 80.0 %となり、目標を達成した。

2.2 発酵不適物有効利用検討

2.2.1 燃料化試験

2.1.1 機械選別試験で得られたサンプル(中間物・大型物・破砕選別後の発酵不適物)を原料として加熱圧縮成型を行い、固形燃料化し熱量、塩素濃度を確認および有効利用について検討を行った。本試験では夏季(10月)及び冬季(12月)の2回実施⁸、気温や対象物性状の変化による影響を確認した⁹。

また、中間物、大型物と破砕選別後の発酵不適物の混合と破砕を行い、フラフ燃料を作成し、燃焼試験も実施した。図 2.2-1 に燃料化試験フローを示す。

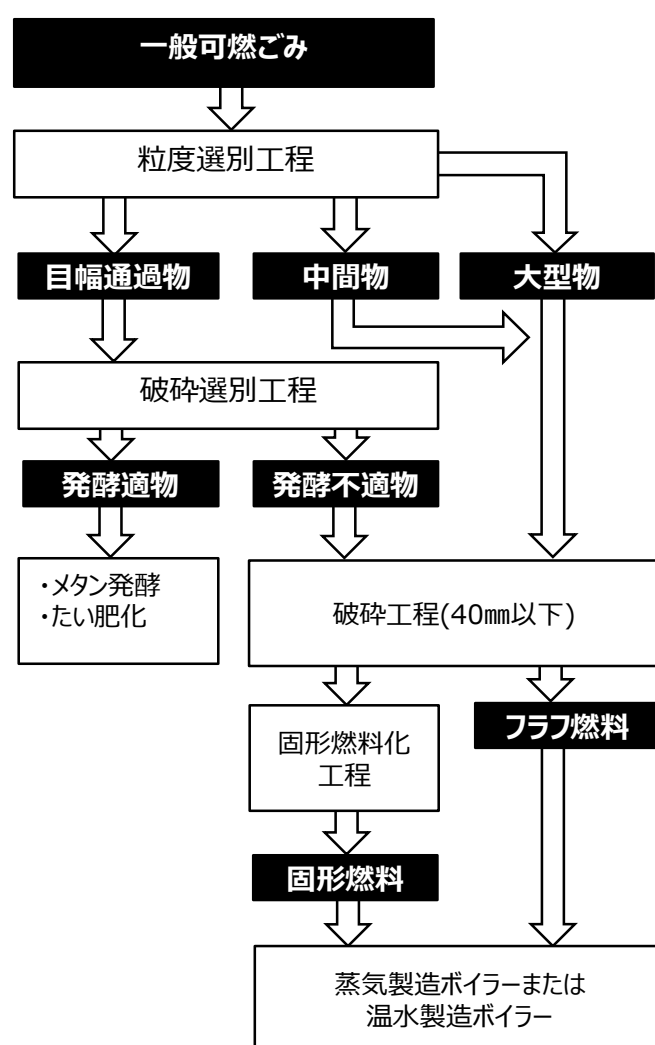


図 2.2-1 燃料化試験フロー

⁸ 夏季に実施予定だったが、平成 30 年 9 月 6 日に発生した北海道胆振東部地震の影響のため試験が行えず、保管サンプルが腐敗したため、試験日程の変更を行い、10 月のサンプルを使用して試験を行った。

⁹ 10 月サンプルは、密封保管し 12 月サンプルと同時に試験を行った。

(1) サンプルの性状

表 2.2-1 に、試験に使用したサンプルの性状を示す。

表 2.2-1 10・12 月各サンプルの分析結果

	10月			12月		
項目	発生合計 重量	割合	水分	発生合計 重量	割合	水分
単位	kg	%	%	kg	%	%
中間物	249.4	28.2	42.2	279.9	34.8	35.6
大型物	165.7	18.8	33.6	118.6	14.7	49.6
発酵不適物	467.7	53.0	54.2	405.9	50.5	50.3
合計	882.8	100	—	804.4	100	—

10 月と 12 月のサンプルの水分を比較すると、中間物（10 月）は中間物（12 月）より高く、大型物（12 月）は大型物（10 月）より高くなった。破碎選別後の発酵不適物（10 月）は破碎選別後の発酵不適物（12 月）より高くなった。

(2) 試験条件

表 2.2-2、2.2-3 に、燃料化試験に使用した機器を示す。

表 2.2-2 破碎機仕様

破碎機	仕様
	名称：低速1軸回転式破碎機 型番：SC-15 定格電力：11 k w 処理能力：400 kg/h (軟質・硬質・紙屑：RPF母材)

表 2.2-3 成型機仕様

成型機	仕様
	名称：1 軸式圧縮熔融型成型機 型番：MS-7.5A 定格電力：7.5 k w 処理能力：400 kg/h (軟質プラスチック+紙屑)

・固形燃料の製造

表 2.2-1 の割合で混合し、固形燃料およびフラフサンプルを作成したが、発酵不適物の水分値は3種の燃料化対象物の中でも高く、50%を超えた。発酵不適物は、固形燃料化に必要なプラスチック類の含有率が高く、水分を除けば固形燃料化に適した素材であり、乾燥工程を入れることで水分を除外できる。

また、成型機に関して、混合物を作成し成型機に投入したが機器に詰りが発生した。詰りの原因について、ヒーターの空間部の詰りで供給動作に支障をきたしている事が原因であった。この対策として、空間部にスクリーンを設置して空間部を無くし、抵抗を避けるためにヒーター差込み部を削り空間断面を大きくすることも併せて行った。乾燥機を使用すれば問題ないが、今回はその処置がとれないため、燃料化素材に関して、含水率の高い発酵不適物を除外して実施した。

また、成型機の改造を行い、ヒーター部分を6箇所から2箇所に変更し、成型部（溶融部）の長さを短くし実施した。

・フラフ燃料の製造

中間物、大型物及び破碎選別後の発酵不適物を破碎機にて破碎しフラフ燃料を作成した。破碎機からの分離物は、布類・紙類が多く、破碎により容器・包装材から排出された水分が加水（含浸）している状態で含水率が高くなっていた。

(3)試験結果

・固形燃料の製造

表 2.2-4 に、固形燃料の混合割合、表 2.2-5 に、固形燃料の性状分析結果を示す。

表 2.2-4 混合割合

項目	単位	10月		12月	
		発生重量	割合	発生重量	割合
		kg	%	kg	%
大型物	%	165.7	39.9	118.6	29.6
中間物		249.4	60.1	279.9	70.4
合計		415.1	100	398.5	100

固形燃料の製造に使用した 10 月及び 12 月の燃料素材サンプルと表 2.2-4 の割合で成型し、固形燃料の発熱量及び灰分の分析結果から一般的なごみ固形燃料（RDF）¹⁰に近い燃料である。水分は、成型機内での脱水効果もあり、固形燃料化した場合に低下している。また、塩素濃度は、脱水により濃縮する傾向があることを確認した。

表 2.2-5 に、性状分析結果、図 2.2-1 に、試験風景を示す。固形燃料の性状から吸湿効果のある紙屑の含有量が多い中間物を多く配合した場合（12 月）、低位発熱量が低くなった。逆に少ない大型物の配合比率が高い場合（10 月）は、成型機での脱水効果が発現され、ボイラー燃料に適した低位発熱量となった。塩素濃度は、10 月が 1.6 % となっているが、今回燃焼試験で採用するボイラーでは操業に支障の無い範囲である。しかし、中間物、大型物や発酵不適物にビニール類が多く含有され、それにより塩素分を含む塩化ビニル樹脂も含有されている。可燃ごみの収集に関して、塩化ビニル樹脂を含むごみを入れないように注意喚起をすることも必要である。ならびに、固形燃料の塩素濃度を低下させるためには、パークチップまたは下水汚泥と混合¹¹させることも必要である。

表 2.2-5 固形燃料の性状分析結果

項目	単位	10月			12月		
		①大型物	②中間物	固形燃料 ①：② 3：7	①大型物	②中間物	固形燃料 ①：② 4：6
低位発熱量	MJ/kg	9.6	11.8	19.9	14.9	9.9	15.9
水分	%	44.1	35.1	3.5	23.8	38.4	13.8
灰分		11.78	7.12	8.4	5.4	6.62	8.53
塩素		0.18	0.84	1.6	0.01	0.10	0.84

¹⁰ 環境展望台、環境技術解説 廃棄物固形燃料化(RDF、RPF)<http://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=71>

¹¹ 日刊建設新聞社 CO-PRESS. COM、
注目集める 家庭ゴミ固形燃料「RDF」自治体の発電所など多用途に
施設建設から販売まで国内唯一の専業会社
<http://www.co-press.com/interview4/int-75danno.html>

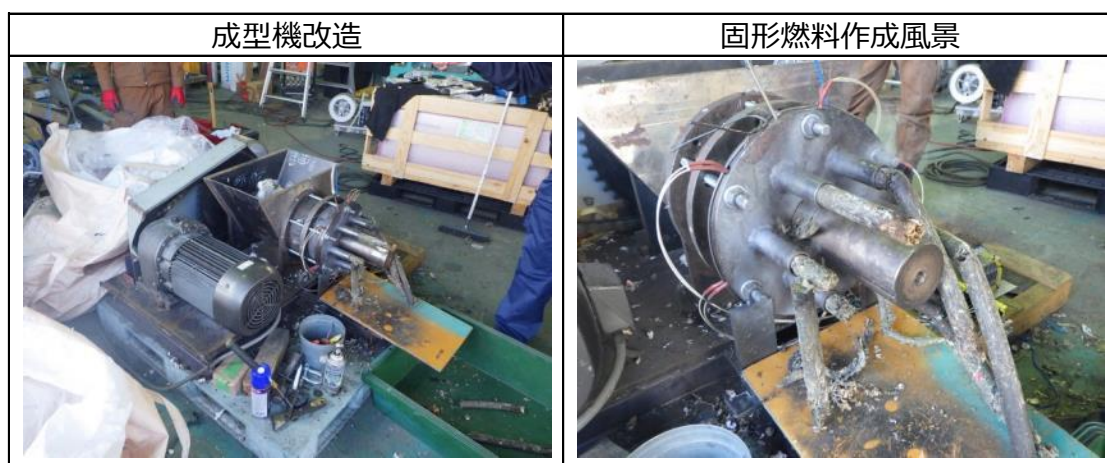


図 2.2-1 試験風景

・フラフ燃料の製造

表 2.2-6 に、フラフ燃料の配合比を示す。フラフ燃料の製造は実施項目としては挙げられていないが、破碎選別後の発酵不適物の活用の観点から実施した。

表 2.2-6 素材の配合比および水分

項目	単位	フラフ燃料の配合費	
		割合	水分
大型物	%	20	40.3
中間物		30	38.7
発酵不適物		50	52.4
合計		100	-

流動床式蒸気製造ボイラーは含水率の高い燃料に対応できるため、破碎選別後の発酵不適物が燃焼可能と判断し、機械選別後の燃料化対象物 3 種を発生割合（10 月と 12 月の加重平均値）にて配合した物を燃料とした。フラフ燃料の低位発熱量は、燃焼試験時の水分値を使用した。表 2.2-7 に、フラフ燃料の性状分析結果を示す。

10 月と 12 月のフラフサンプルは混合し、フラフ燃料としたこの時の熱量は、可燃ごみの低発熱量 7.8 MJ/kg に対して、1.3 倍となっている。

表 2.2-7 フラフ燃料の性状分析結果

項目	単位	10月サンプル	12月サンプル	フラフ燃料
低位発熱量	MJ／k g	9.6	11.8	10.7
水分	%	-	-	41.7
灰分		11.78	7.12	9.45
塩素		0.18	0.84	0.51

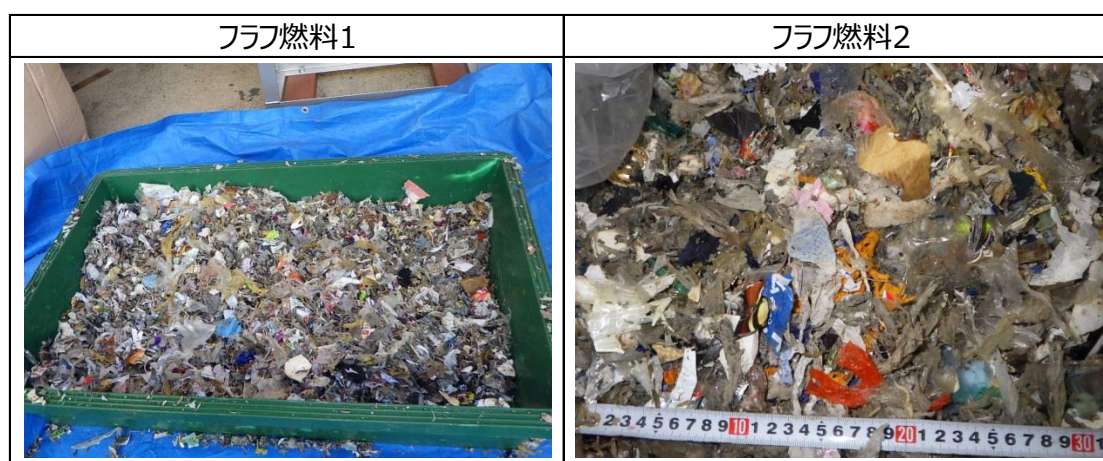


図 2.2-2 フラフサンプル

(4)まとめ

低位発熱量について、破碎選別後の発酵不適物を除いて作成した 10 月の固形燃料の低位発熱量は、19.9 MJ／kg、12 月の固形燃料の低位発熱量は、15.9 MJ／kg となり、10 月のみ目標値を上回った。塩素について、発酵不適物を除いて作成した 10 月の固形燃料の塩素は 1.6 %、12 月の固形燃料の塩素は 0.84 %となった。(フラフサンプルについて、低位発熱量は 10.7 MJ／kg、塩素は 0.51 %となった。)

発酵不適物は、破碎された状態では水分が高く成型機にて試験を行ったが成型することができなかった。これは、成型前に乾燥工程を入れることで水分を低下でき、固形燃料として活用できる。

また、固形燃料にバークチップや下水汚泥と混合することで、塩素濃度を低下させることができる。

2.2.2 利用試験（燃焼試験）

2.2.1 燃料化試験で得た固形燃料化物を温水ボイラーに投入し、固形燃料化物のハドリング性（輸送性・炉内挿入状況）などの調査を行った。

試験は燃料化試験と同様に夏季（10月）及び冬季（12月）の2回実施¹²、気温や対象物性状の変化による影響を確認した¹³。

(1) サンプルの性状

サンプルの性状は、表 2.2-5 固形燃料の性状分析結果、表 2.2-7 フラフ燃料の性状分析結果にて示す通りである。

(2) 試験条件

・ 固形燃料燃焼試験

表 2.2-8 に、試験機の仕様、図 2.2-3 に試験設備を示す。試験設備は、燃料供給装置と燃焼室ボイラーで構成されている。燃焼炉は 1 次燃焼室と 2 次燃焼室の 2 段燃焼方式で構成しており、特徴として 2 次燃焼室がサイクロン式の燃焼を行っている。温水は炉体内に設けられている水管で暖められ、温水タンクと循環して、タンク温度を 80℃ に保つように運用されている。本試験は、北海道にて実施し、当日の平均気温は、-0.5℃ であった。図 2.2-4 に、燃焼試験風景を示す。

表 2.2-8 2 段燃焼式温水製造ボイラー

項目	概 要
試験場所	北海道江別市 A 社 工場内設置の温水ボイラー
燃焼方式	2 段燃焼式温水製造ボイラー
燃焼能力	250000 kcal/h の温水製造ボイラー 燃料消費 40 kg/h の燃料を消費
燃料性状	10 月及び 12 月の発酵不適物（大型物と中間物）から製造した固形燃料で燃焼 形状：Φ28mm、長さ 70mm 以下に熔融圧縮成型 10 月採取サンプルから製造した固形燃料 重量 34 kg（大型物：中間物 = 4：6） 12 月採取サンプルから製造した固形燃料 重量 47 kg（大型物：中間物 = 3：7）
特徴	燃焼室が 2 段階で構成。1 次燃焼室では固形燃料のガス化、2 次燃焼室でガスの燃焼を行う方式 1 次燃焼室及び 2 次燃焼室にて水管を埋設し、炉内熱を炉壁の伝熱により回収して温水を製造

¹² 夏季に実施予定だが、地震の影響のため試験が行えず、保管サンプルが腐敗したため、試験日程の変更を行い、10 月のサンプルを使用して試験を行った。

¹³ 10 月サンプルは、密封保管し 12 月サンプルと同時に試験を行った。

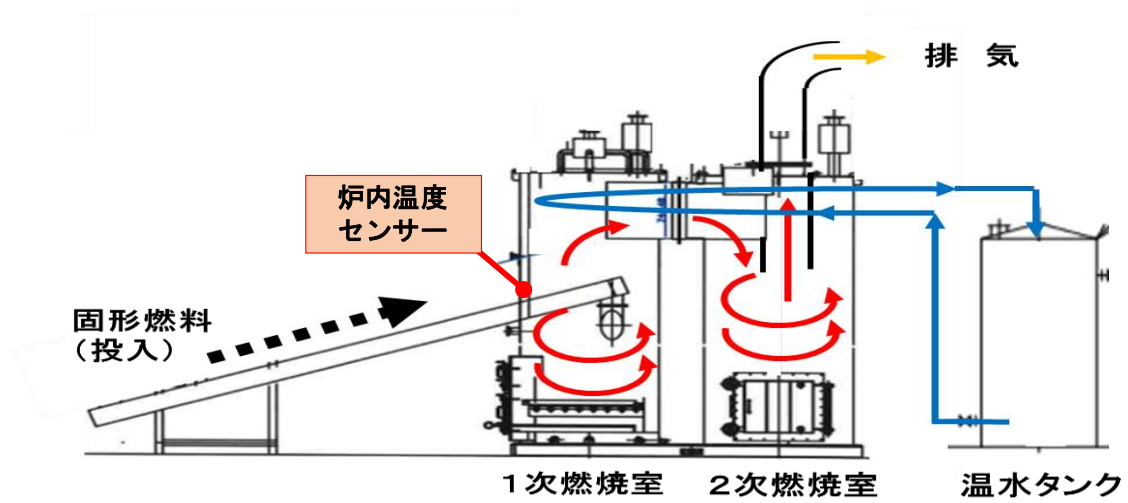


図 2.2-3 2 段燃焼式温水製造ボイラーの構成



図 2.2-4 固形燃料燃焼試験風景

・フラフ燃料燃焼試験

表 2.2-9 に試験機の仕様、図 2.2-5 に今回使用した流動床炉式蒸気ボイラーの構成を示す。ホッパーに投入された燃料は、供給フィーダーにより燃焼炉内へ投入される。燃焼炉では砂が充填され、炉下部より余熱空気を吹込み、砂をバブリングして赤砂（熱媒体）となって存在している。この状態の中に燃料を投入し、ガス化燃焼を行っている。燃焼したガスは、サイクロンで細かな灰を除塵して蒸気ボイラーに送り、熱交換後してバグフィルターにて集塵処理して煙突より排気される。図 2.2-6 に、燃焼試験風景を示す。

表 2.2-9 流動床式蒸気製造ボイラー

項目	概 要
試験場所	長崎県佐世保市 B社 試験装置
燃焼方式	流動床炉式蒸気製造ボイラー
燃焼能力	75 kg/h 蒸気製造 250000 kcal /h 温水製造ボイラー
燃料性状	フラフ燃料（40 mmに破碎した発酵不適物） 重量 144.6 kg、体積 446.4 L、嵩比重 0.31、平均水分 41.7 %
特徴	砂を暖めて熱媒体にして燃料をガス化して燃焼する。 投入燃料が自燃できる物であれば、水分が高くても燃料として使用できる。

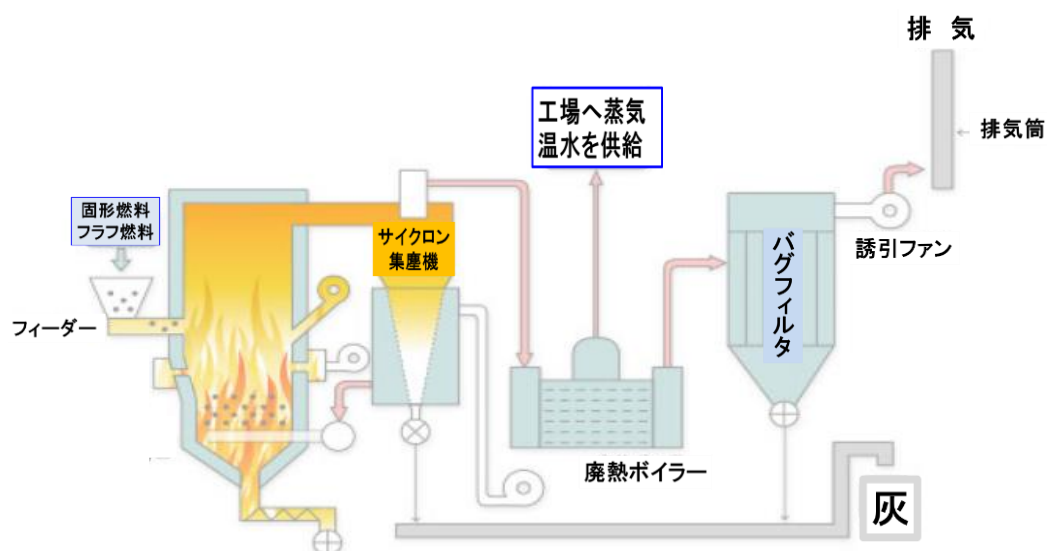


図 2.2-5 流動床式蒸気製造ボイラーの構成



図 2.2-6 フラフ燃料燃焼試験風景

(3)試験結果

・固形燃料燃焼試験

最初に 12 月サンプルより燃焼試験を開始し、サンプル量は 47 kg を炉に投入した。次に、445 °C を超えたため、19 kg を投入し、炎が小さくなり炉内温度が下り始め、開始から 5 分後には 308 °C を記録（137 °C 低下）した。そのため、開始 15 分後に燃料 19 kg、20 分後に燃料 10 kg を投入し、温度上昇を確認した。さらに開始 24 分後に燃料 9 kg を投入し、448 °C になり、初期温度を超え順調に昇温した。結果、試験開始から 27 分後にサンプルがなくなったので燃焼試験を終了した。終了時点での炉内温度は 570 °C、製造温水の温度は 49 °C、温水タンクは 21 °C から 35 °C へ上昇した。図 2.2-7 に、固形燃料の燃焼試験結果を示す。

12 月サンプルは水分値が 13.8 % と高く、投入直後に吸熱により炉内温度の低下が確認されたが、自燃することが確認されたので、燃料の投入間隔を短くすることにより、燃焼をスムーズに行えた。燃焼当初は黒煙も確認されたが、安定的な燃焼が行え、終了直前の煙突も薄い白煙（水蒸気）であった。次に 10 月サンプルより燃焼試験を開始

し、サンプルは 34 kg を炉に投入した。12 月のサンプルでの知見より燃料の投入を 4 ～5 分間隔で約 8 kg の条件で行い、炉内温度 373 ℃より燃焼試験を開始した。結果、燃焼もスムーズに行え、試験開始から 17 分後に燃料がなくなったので燃焼試験を終了した。終了時点での炉内温度は 610 ℃、温水温度は 73 ℃、温水タンクは 43 ℃から 56 ℃へ上昇した。

試験が終了したので燃焼室内の燃焼灰を観察した。1 次燃焼室及び 2 次燃焼室の灰は白色で完全燃焼していた。また、1 次燃焼室の灰は、粗粒状の形状が残る灰であった。さらに、2 次燃焼室の灰は、殆どが微粒状の灰であった。また燃料をいれ温度が一定になることを確認する必要があったが、燃料が足りず確認は行えなかった。

気温に関して、燃焼試験は屋外の実施であり、平均気温－0.5 ℃となっていたが問題なく燃焼試験を行うことができた（気温よりサンプルの性状による影響が大きい）。

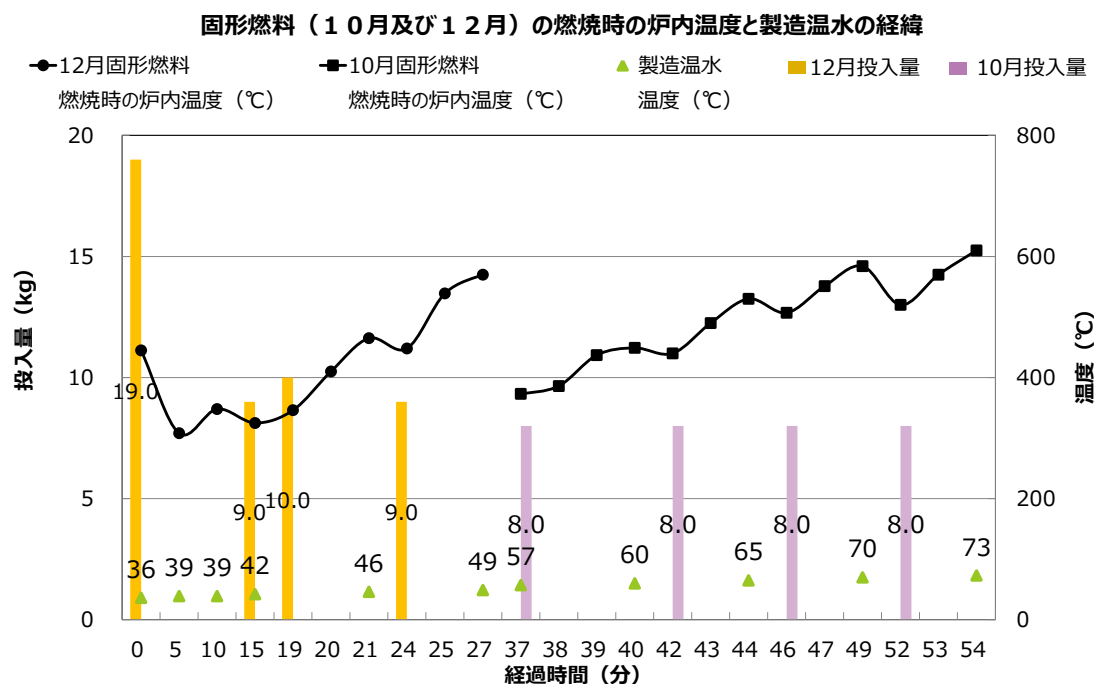


図 2.2-7 固形燃料の燃焼試験結果

・固形燃料化試験結果から作成エネルギーの試算

固形燃料の発熱量 19 MJ/kg から実規模の固形燃料化施設を建設した際の投入エネルギーと製造エネルギーの比較を行った。最初に、条件として、発酵不適物（中間物、大型物、破碎選別された発酵不適物）の発生量をケース①17 t／日、ケース②35 t／日、ケース③60 t／日とした。次に、使用機器は、サンプルを破碎するための破碎機、サンプルを乾燥させる乾燥機、サンプルを成型するための成形機とし、主なエネルギー

の使用機器を上記 3 機とした。また、試算に使用するランニングコストは、1 日の電気代金および灯油代として、使用されるエネルギーを算出した。

表 2.2-10 に、使用する主要機器について示す。また、表 2.2-11 に、設備の使用されるエネルギー割合と製造されるエネルギーの比較を示す。

表 2.2-10 使用主要機器

機器名	処理能力		ケース①	ケース②	ケース③
破碎機	2.2 t / 日	式	1	2	4
乾燥機	12 t / 日		2	3	5
成型機	450kg / h		3	6	10

表 2.2-11 使用されるエネルギーの割合

		単位	ケース①	ケース②	ケース③	式
総電気量	A	kWh/日	1240	2400	4200	
総灯油量	B	L/日	700	1050	1750	
電気量から試算値	C	MJ/日	4464	8640	15120	$A \times 3.6$
灯油量から試算値	D	MJ/日	26740	40110	66850	$B \times 38.2$
固形燃料量	E	t/日	17	35	60	
固形燃料 低位発熱量	F	MJ/kg	19	19	19	
1日の生産熱量	G	MJ/日	205200	410400	684000	$E \times 1000 \times F$
生産熱量に対する 使用熱量の割合	H	%	15.2	11.9	12.0	$(C+D) / G \times 100$

すべてのケースにおいて、1 日の生産熱量に対する使用熱量の割合は 15.2%以下となっている。

・フラフ燃焼試験

昇温開始から 27 分後、砂温度 (炉内の熱媒体温度) が温度の 660 °C に達したため、フラフ燃料を 42 kg / h から投入を開始した。しかし、最初に投入開始から 40 分後砂温度が維持出来ないため、投入量を徐々に増やした。変更後、投入量は 69 kg / h、砂温度が 677 °C 付近で安定し自燃 (燃料が自ら燃焼) を開始した。この時点より、炉出口温度は 465 °C、炉内フリーボード (流動床の砂層上部、未燃物やガスが燃える空間)

の温度は 600 °C であった。次に、投入開始から 1 時間 25 分後、炉内温度が上昇しないため投入量を 76 kg/h まで増やした。変更後の砂温度は 695 °C 、炉出口温度は 534 °C 、炉内フリーボード温度は 788 °C まで上昇した。そして、投入開始から 1 時間 40 分後、更に炉内温度を上げるため投入量を 97 kg/h に増やした。変更後、砂温度は 746 °C、炉出口温度は 633 °C、炉内フリーボード温度は 788 °C に上昇した。最終的に燃焼開始から 2 時間 16 分後、フラフが無くなったため燃焼テストを終了した。また、自動停止直前の砂温度は 715 °C、炉出口温度は 699 °C 、炉内フリーボード温度は 840 °C まで上昇していた。

試験全般で燃焼状況を確認したが、良好な状態であり、本試験に使用したフラフ燃料は、蒸気ボイラーの燃料に使用できることが明らかとなった。 図 2.2-8 に、フラフ燃焼試験結果を示す（投入はバッチ式であり、経過時間によって投入速度を変更している）。

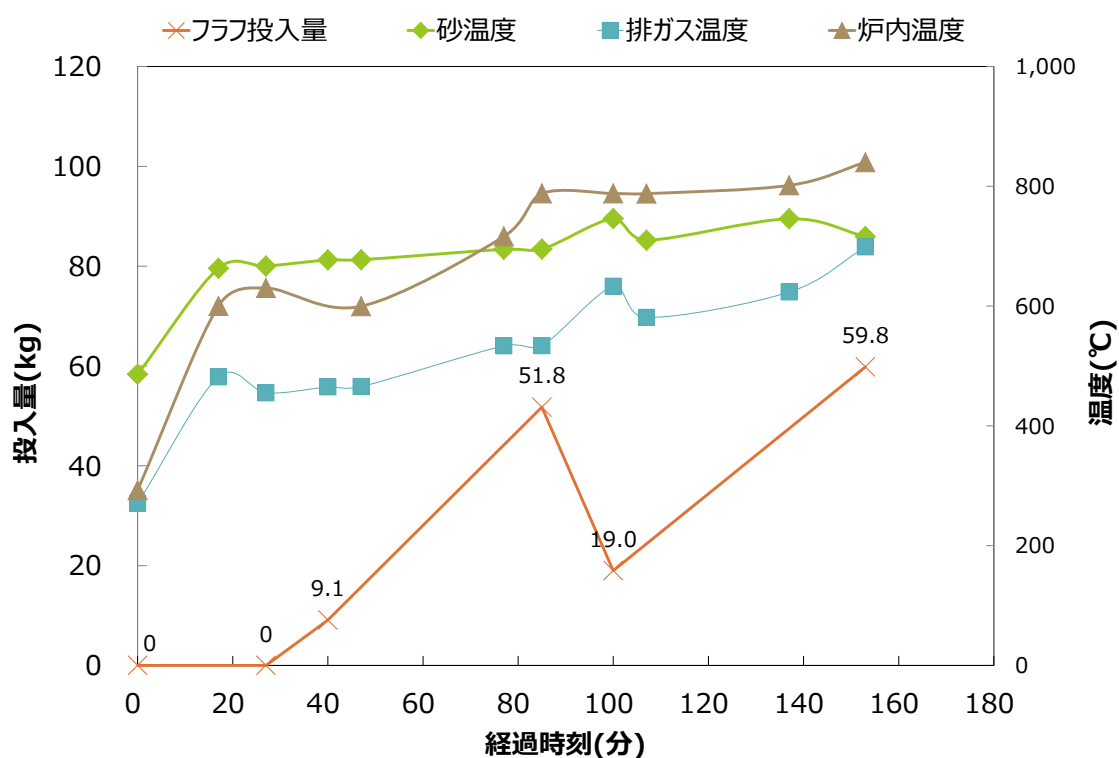


図 2.2-8 フラフ燃料の燃焼試験結果

(4)まとめ

・固形燃料燃焼試験

固形燃料の燃焼状況は、燃料の投入間隔を短くしてからは良好な状態を保ち、燃焼温度も投入間隔を短くしてからは、10 月サンプルで 18 °C/min、12 月サンプルで 20 °C/min となり、燃料供給のタイミングもあるが、同じような昇温推移を示した。この際、製造温水温度は、両サンプル共に 0.6~0.7 °C/min の昇温速度で安定的に温められていた。また、燃焼状況から固形燃料の含水率の影響を受けることを確認したため、燃焼を安定的に行うには、固形燃料の含水率を極力低下させることが望ましい。

燃焼灰は白色であり、未燃物の確認はできず、燃焼的には良好な状態であった。また、テスト終了後の燃焼炉本体内面には付着はなく、接続ダクトにも付着や堆積物はなく良好な状態であったため、温水製造ボイラーの燃料に活用できることが確認できた。ハンドリング性について、問題なく炉へ定量供給が可能であり、外気温の影響はなく、燃焼試験を行うことができた（気温よりサンプルの性状による影響が大きい）。

・フラフ燃焼試験

試験全般で燃焼状況を確認したが、良好な状態であり、本試験に使用したフラフ燃料は、蒸気ボイラーの燃料に使用できることが明らかとなった。

2.3 発酵適物有効利用検討

2.3.1 メタン発酵試験

平成 29 年度において構築したメタン発酵試験装置（有効容量：1m³）を用いて、一般可燃ごみの機械選別試験により得られた発酵適物の連続メタン発酵試験を年間（5 月立上げ～1 月下旬迄）通して実施した。本試験のシステムフローを図 2.3-1 に示す。連続メタン発酵試験には、発酵適物を機械選別試験の度に希釈し、TS10 %に調整したサンプル（以下、投入物）を使用した。投入物は原料調整槽に保管し、発酵槽への投入はポンプにより自動で実施した。消化液は設計滞留日数（25 日）に到達後週 1 回採取したサンプルを分析した。

発酵槽から出た消化液及びバイオガスをそれぞれ分析し、メタン発酵の安定性、発酵性能を評価した。具体的には安定性の確認として、水素イオン濃度（以下、pH）、遊離アンモニア（以下、NH₃-N）濃度、揮発性脂肪酸（以下、VFA）濃度を分析し、発酵評価として有機物（以下、VS）分解率、投入 VS 当たりの発生ガス量、メタンガス濃度を分析した。安定性の確認及び発酵評価の確認のため、管理目標を下記の値に設定した。pH が 7.0～8.0 以内、NH₃-N 濃度の平均値 200 mg/L 未満、VFA 濃度 400 mg-Ace./L 未満とした。最終目標として、VS 分解率 65 %以上、バイオガス発生量（平均値）0.6 Nm³/kg-VS 以上と定めた。

また、メタン発酵試験装置から引き抜いた消化液は、貯留して 2.4.1 脱水試験に用いた。本試験で得られたバイオガスは余剰ガス燃焼装置にて焼却した。

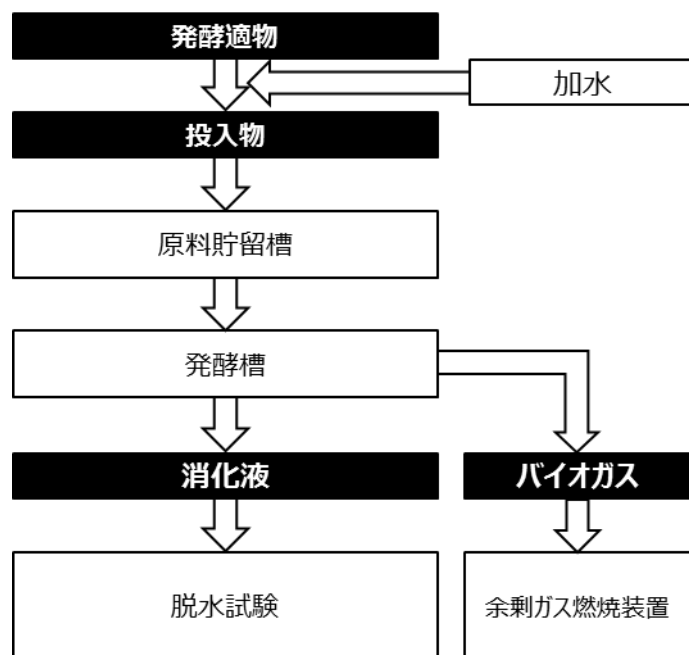


図 2.3-1 メタン発酵試験のフロー

(1) サンプル性状

ここでは、メタン発酵装置に投入する発酵適物を TS10 % に調整したサンプルを投入物とする。投入物は機械選別試験毎に発酵適物を年間平均 4.4 倍希釈して作製した。発酵適物、投入物は機械選別試験の度に採取したサンプルを分析した。

発酵適物、投入物の固形物 (TS) 及び有機物 (VS) 濃度を図 2.3-2 に示す。発酵適物は年間を通じて変動があるものの、投入物には大きな影響がないことがわかる。使用した種汚泥 (畜糞尿消化汚泥) 及び発酵適物、投入物の性状を表 2.3-1 に示す。投入物を作製後、4~5 °C に保った室内の原料貯留槽に保管した。発酵槽への投入はポンプにより自動で投入した。消化液は馴致期間 (滞留日数 50~30 日) に週 2 回、設計滞留日数 (25 日) に達してからは週 1 回採取したサンプルを分析した。

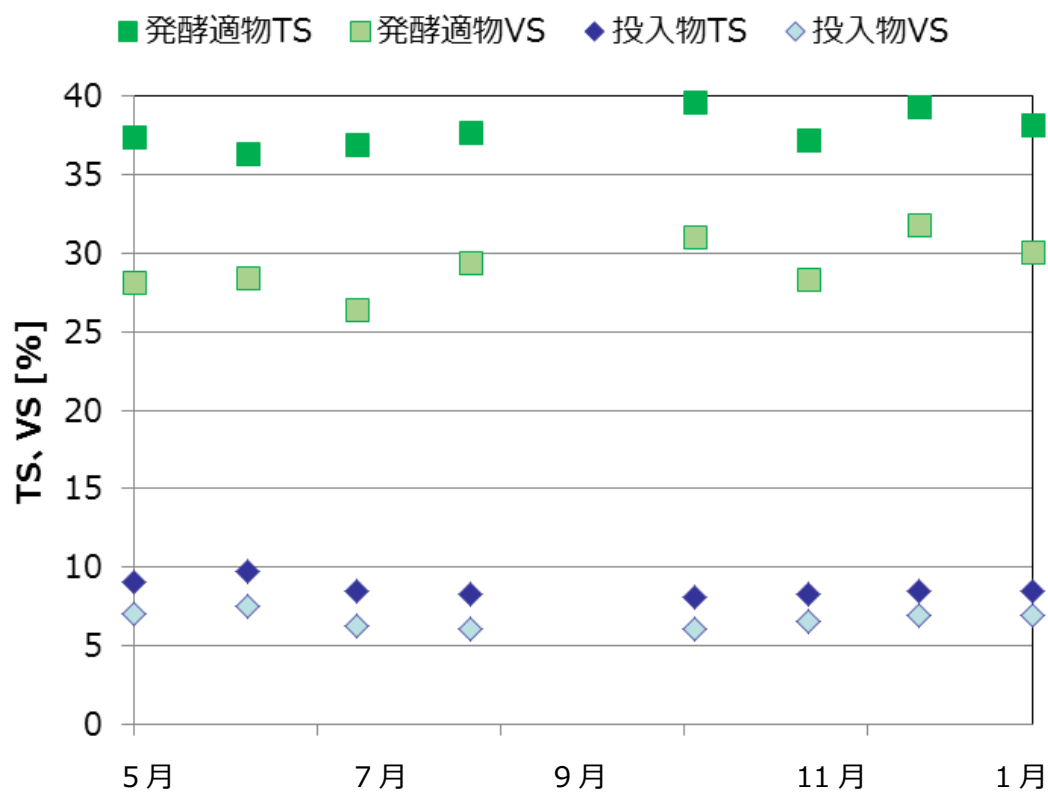


図 2.3-2 発酵適物及び投入物の TS、VS の推移

表 2.3-1 使用したサンプルの性状

		種汚泥	発酵適物	投入物
項目	単位	平均	平均	平均
TS	%	8.0	37.9	8.4
VS	%	3.8	29.4	6.4
pH	-	2.4	-	5.8
T-N	mg/L	3652	-	1201
T-P	mg/L	-	-	201
TOC	g/kg	17.8	-	29.2

(2)条件及び滞留日数について

・試験条件

表 2.3-2 に示すように、今回は維持管理が比較的容易に行える中温湿式のメタン発酵を実施した。嫌気性細菌はメタン発酵に欠かさない存在であり、過去のいくつかの報告によると嫌気性細菌にとって微量金属が必須であることが分かっている。李ら¹⁴は最も重要な元素として鉄、ニッケル、コバルトを挙げているため、鉄添加量は李らの報告を、ニッケル添加量、コバルト添加量は平成 29 年度の本事業の結果を踏まえて決定した。

表 2.3-2 試験条件

項目		条件
使用種汚泥	—	畜糞尿消化汚泥
発酵方式	—	湿式
発酵温度	℃	38±1
滞留日数	日	25
投入TS濃度	%	10
VS負荷	kg-VS/m ³ /日	2.9
Fe添加量	mg/kg-TS	2500
Ni添加量	mg/kg-TS	50
Co添加量	mg/kg-TS	50

¹⁴李玉友、西村修（2007）、「メタン発酵法による廃棄物系バイオマスの循環利用」、混相流、Vol.21,No.1、pp.29-38

・装置条件

平成 29 年度に構築したメタン発酵試験装置を用いてメタン発酵試験を実施した。
表 2.3-3 に本試験の装置条件を、図 2.3-3 に発酵槽の外観を示す。

表 2.3-3 装置条件

項目		条件
発酵槽有効容量	m ³	1.0
発酵槽の外形	-	直方体型
攪拌方式	-	横型パドル式
回転数	min ⁻¹	1.16



図 2.3-3 発酵槽の外観

・ 滞留日数

図 2.3-4 に示すように発酵槽への投入を段階的に増やした。試験期間中、北海道胆振東部地震の影響で約一か月半（9／6～10／24）設備を停止した。再度装置に不具合がないことを確認した上で、再度立ち上げ直し試験を続行した。

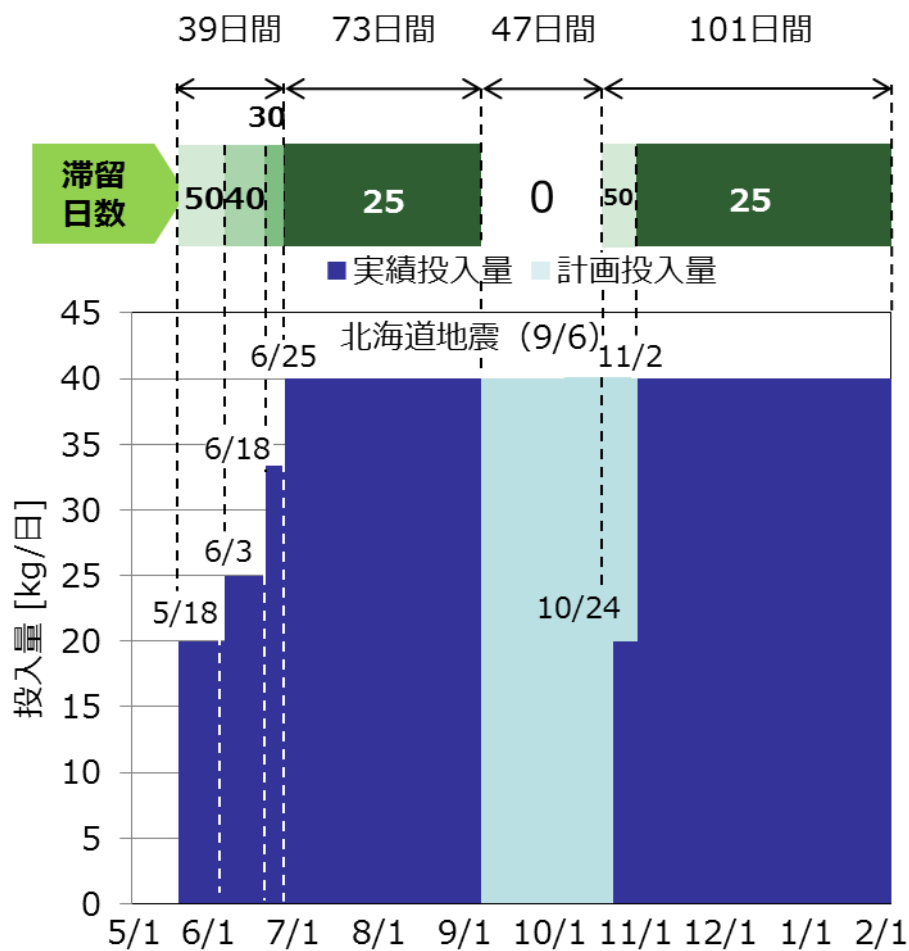


図 2.3-4 滞留日数及び投入量

(3)試験結果

本試験は年間を通して実施（5月立上げ～1月下旬迄）した内容を報告する。但し、システムの評価期間として、設計滞留日数に達して種汚泥や地震、配管の詰まりなどの影響がなくなった最終の槽内1回転を性能評価期間と定めた。

・水素イオン濃度（pH）

図 2.3-5 に示すように消化液の pH は馴致期間においては変動が大きいが、設計滞留日数では長期間にわたり pH 7.7～7.9 の間で安定し、性能評価期間では平均 pH 7.9 だった。また、生ごみメタン発酵における pH は 7.2～8.0 という報告¹⁵もある。試験期間の長期に渡り非常に pH が安定したため、メタン発酵は問題なく進行していると判断した。

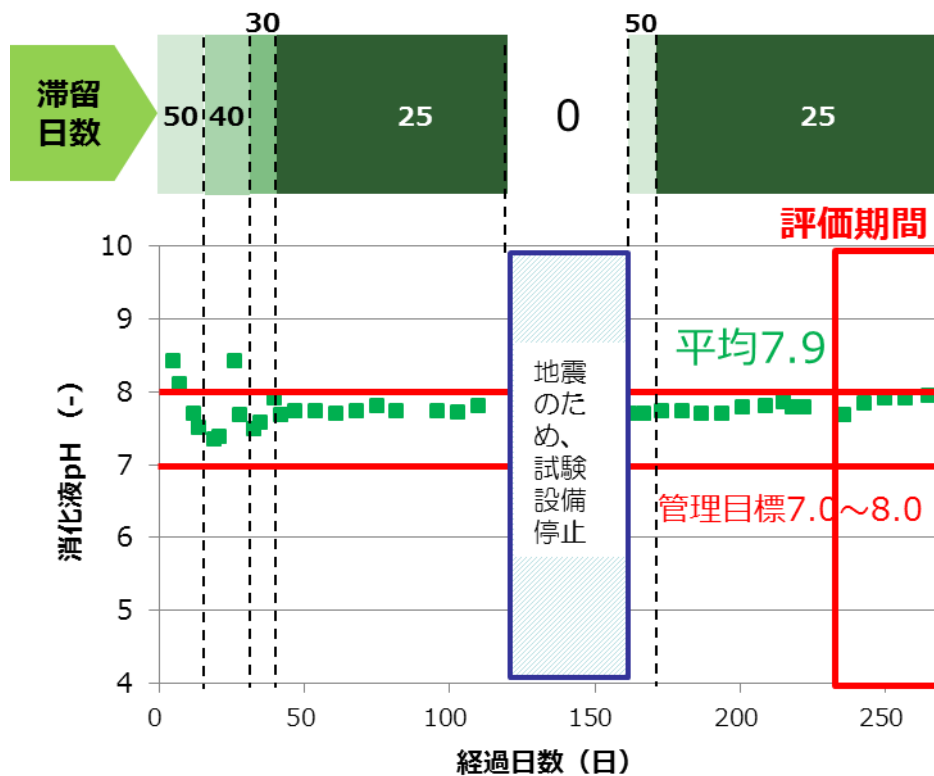


図 2.3-5 消化液 pH の推移

¹⁵ (財) 廃棄物研究財団メタン発酵研究会、「メタン発酵情報資料集 2006」

・アンモニア濃度

図 2.3-6 に消化液のアンモニア性窒素濃度（以下、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ）及び遊離性アンモニア（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）濃度を示す。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度を分析した報告は少ないが、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度と比べて極めて毒性が高い¹⁶ため、本試験では $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度を管理目標として設定した。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は Anthonisen ら¹⁷の計算式を用いて $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度、発酵温度（=T）、pH から算出した。

$$\text{NH}_3 - \text{N}(\text{mg/L}) = \frac{\text{NH}_4^+ - \text{N}(\text{mg/L})}{\exp\left(\frac{6344}{273 + T}\right) + 10^{\text{pH}}}$$

設計滞留日数の全期間で $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の管理目標である 200 mg-N/L を下回っている。

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が経過日数 110 日ごろまで徐々に減少している理由として種汚泥の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が高いことが影響していると考える。投入物と種汚泥の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度を直接比べられないが、種汚泥の全窒素（以下、T-N）は投入物の 3 倍以上あり、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度においても同程度の差があると推察する。そのため槽内回転数が増し、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が高い種汚泥の占める割合が減少することで消化液の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度も右肩下がりに変化したものと推測する。

図 2.3-6 中にある経過 210 日から 230 日にかけての投入配管が詰まり期間とは、発酵適物がホース配管の中に沈降・蓄積し流れが悪くなり、閉塞・解消を繰り返していた期間を指す。この期間中には規定量を投入できていない日もあり、詰まりが解消後に投入出来ていない量をまとめて投入した。そのため不規則な投入量により、閉塞時は一時的に $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度ともに増加したが、閉塞の解消により投入量が安定したことでどちらのアンモニア濃度も減少したと考察する。スケールアップする際には沈降性が高い特性を考慮した対策が必要である。

性能評価期間中では $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が 590～678 mg-N/L、 $\text{NH}_3\text{-N}$ の濃度が 63～82 mg-N/L で推移し、他の期間より比べて安定した。

¹⁶ McCar ty, P. L. and McKi nney, R. E.: Salt toxicity in anaerobic digestion（嫌気性消化における塩の毒性）, I. Water Poll. Control Fed., 33, pp. 399-415, 1961.

¹⁷ Anthonisen, A.C., R.C. Loehr, T.B.S. Prakasam, and E.G. Srinath (1976) Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid（アンモニアと亜硝酸による硝化の阻害）, *Journal of Water Pollution Control Federation*, 48 (5), 835-852.

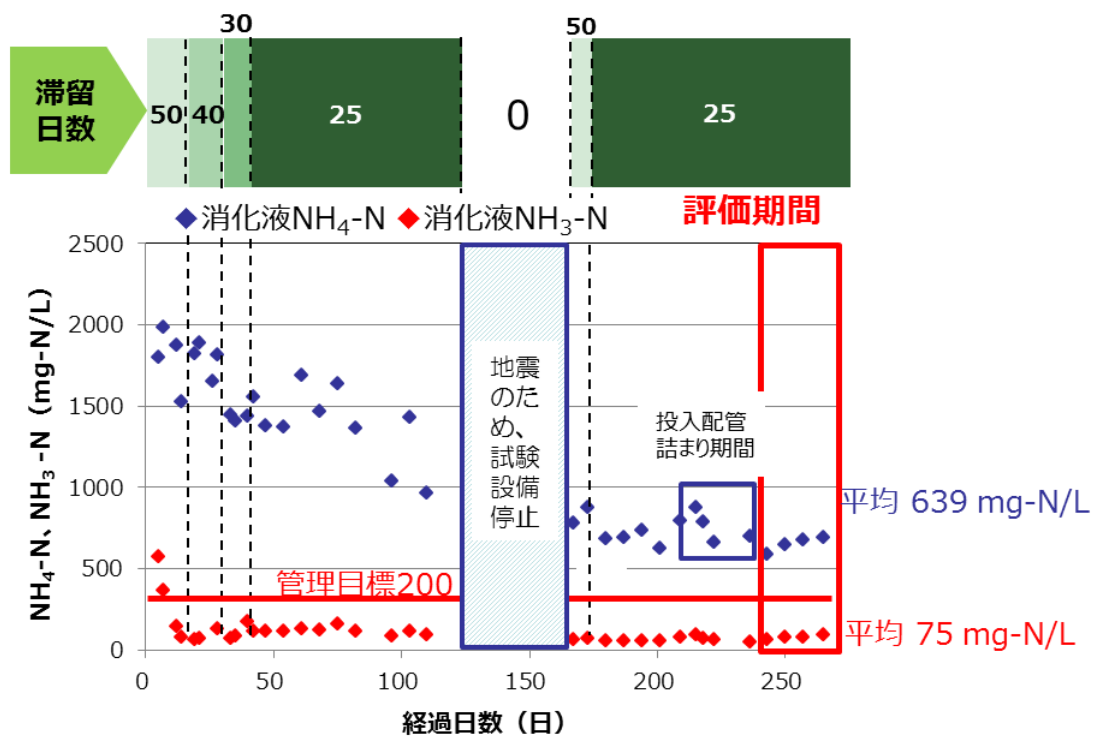


図 2.3-6 消化液の NH₄⁺-N 濃度及び NH₃-N 濃度

・揮発性脂肪酸（VFA）

図 2.3-7 に示すように、VFA 濃度はすべての期間において管理目標である 400 mg-Ace./L を大幅に下回った。馴致期間中に急激に上昇したが、これは負荷変動によるもので、設定滞留日数に達し負荷が安定することで VFA 濃度も安定したと推測する。しかし、先述の通り配管の詰まり期間中も馴致期間と似た不規則的な投入量になり、微生物が対応しきれずに VFA 濃度が上昇したと考察する。NH₄⁺-N 濃度などと同様に閉塞解消後の安定投入により VFA の値も減少したと考察する。性能評価期間では 100～147 mg-Ace./L で推移し、平均 124 mg-Ace./L だった。

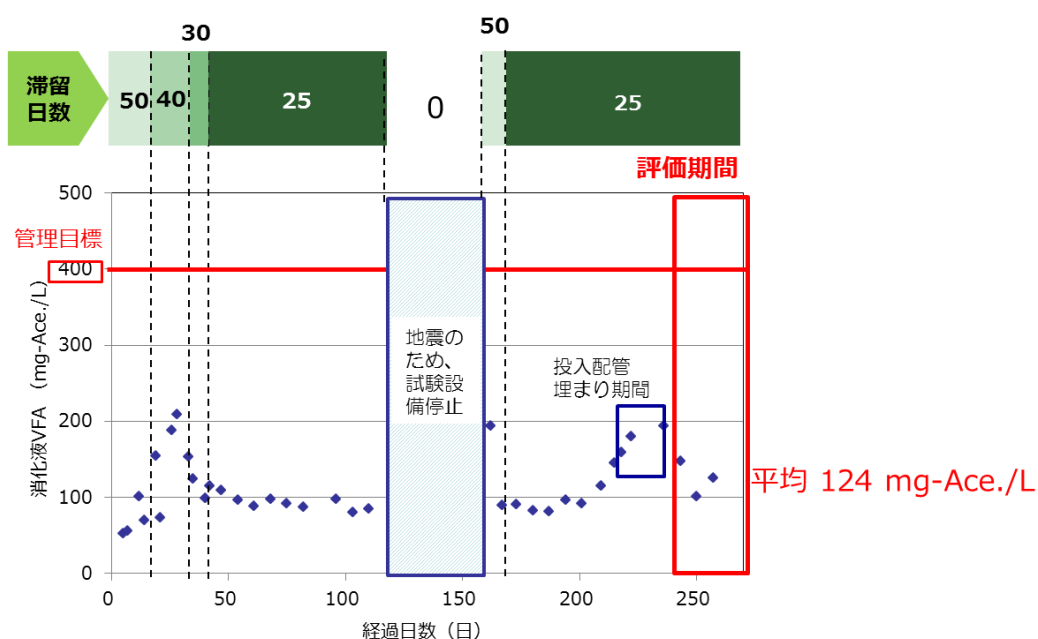


図 2.3-7 消化液の VFA 濃度

上記の pH、NH₃-N 濃度、VFA 濃度の結果から閉塞による一時的な阻害が起こっていたものの、滞留日数 25 日になってからはメタン発酵反応が問題なく安定的に進行していることと判断できる。また、機械選別試験で懸念された粒度選別機の日幅変更による異物混入率増加の影響は見受けられなかった。

・有機物（VS）分解率

投入物及び消化液の VS の比較を図 2.3-8 に、VS 分解率を図 2.3-9 に示す。VS 分解率は下記の計算式を用いて算出した。

$$\text{算出式：VS 分解率}[\%] = \left(1 - \frac{\text{引抜 VS 量}}{\text{投入 VS 量}}\right) \times 100$$

馴致期間、設計滞留日数の初期にかけて VS 分解率が高くなっている理由として $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ などと同様に種汚泥の性状に左右されたと推定する。一般的に槽内が 2、3 回転するまで種汚泥の影響を受けると言われている。そのため、種汚泥の分解率の悪さに追従して消化液として伸び悩んだと推察する。現に地震発生以前では槽内回転数が増加するにつれて消化液の VS が投入物の VS に連動する傾向が見て取れる。地震後においては比較的安定して推移しているが、上記の分析項目同様、不規則な投入量の影響で VS 分解率も変動した。

性能評価期間中では 91.3～93.5 %（平均 92.4 %）であり、最終目標を大きく超えている。理由としては直方体型の発酵槽を使用しているため、局所的に攪拌が出来ずに未分解のものが槽内滞留したためと推測する。そのため、多少の誤差をはらんでいると考察できる。

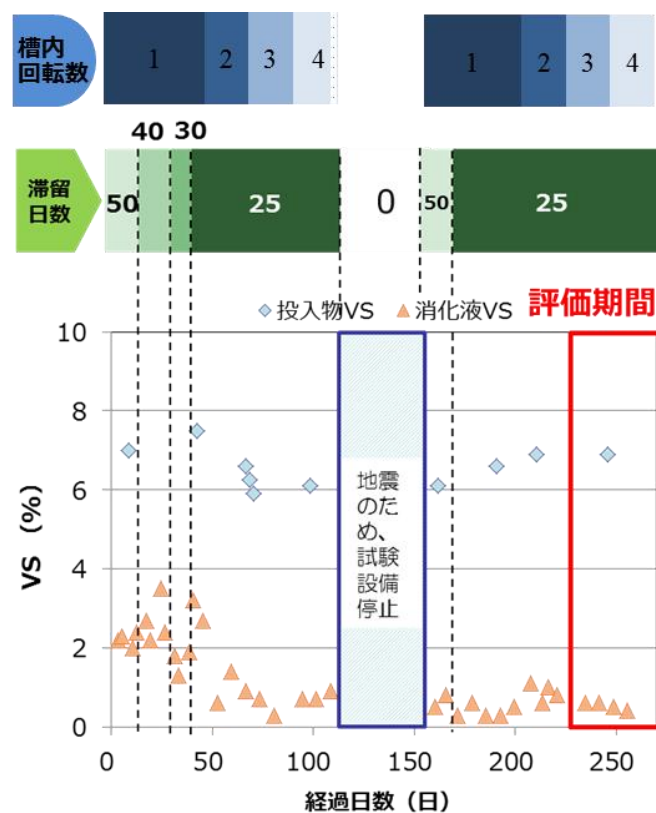


図 2.3-8 投入物及び消化液の VS 濃度の比較

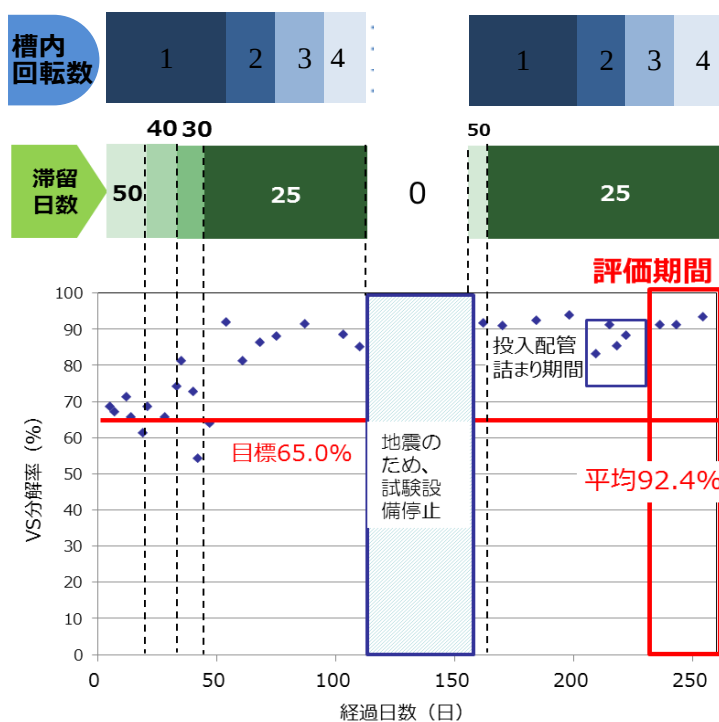


図 2.3-9 投入物の VS 分解率

- ・ 累積発生ガス量と累積投入量の関係

投入量当たりの発生ガス量を図 2.3-10 に示す。

滞留日数が 25 日になった直後、バイオガス解放弁によりガス量データの計測ができなかった。そのため、この期間は評価期間から除外している。また、設計滞留日数が 5 か月以上ある中の 1 週間ほどの短い期間のため大勢には影響しない。

滞留日数 25 日の地震前後においては投入配管詰まり期間以外、評価期間のグラフの傾きに大きな変化がない。投入配管の詰まり期間は、上記の通り $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、VFA 濃度が上昇しているため、一時的に発酵阻害が発生していたと推定した。そのため短期的にガス発生量が減少したが、その他の設計滞留日数期間では問題なくガスが発生し、発酵性能に問題ないことを確認した。

また、性能評価期間内の投入物当たりの発生ガス量は平均 $56.9 \text{ Nm}^3/\text{t}$ -投入だった。

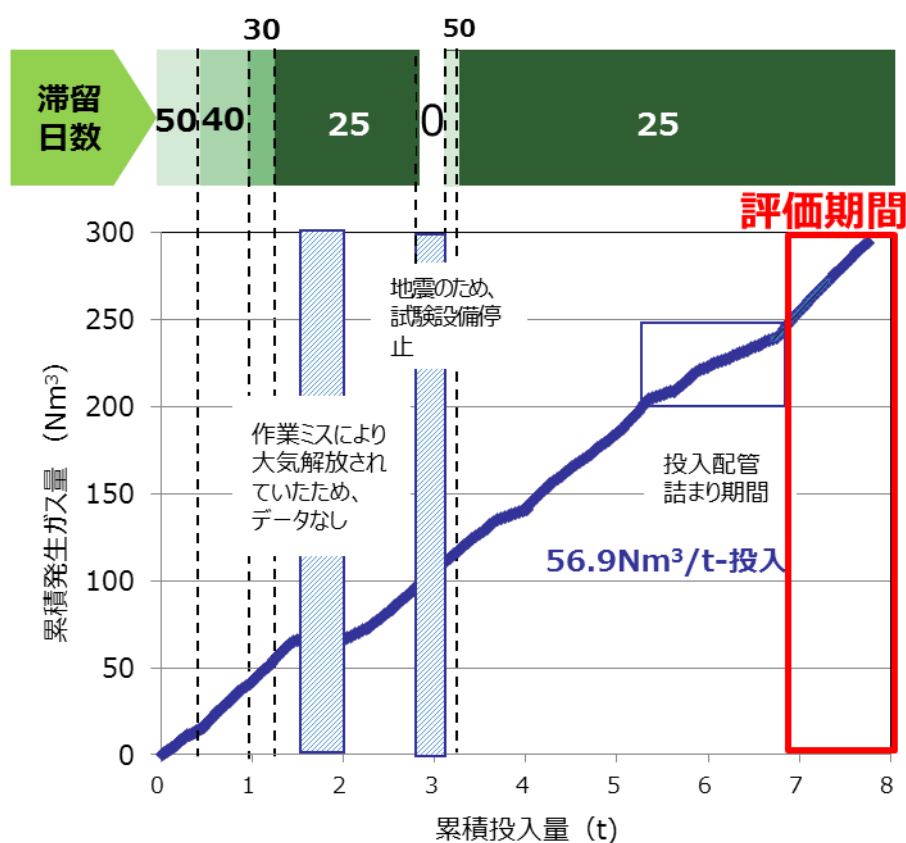


図 2.3-10 累積発生ガス量と累積投入量の関係

- ・累積発生ガス量及び累積メタンガス量と累積 VS 量の関係

投入 VS あたりの発生ガス量及びメタンガス量を図 2.3-11 に示す。

こちら滞留日数 25 日の地震前後では配管の閉塞期間以外は発生ガス量の傾きは変わっていない。性能評価期間での発生ガス量は平均 $0.80 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ -投入 VS で、目標を大きく上回った。この結果は非常に高い VS 分解率に起因するものだと推測する。

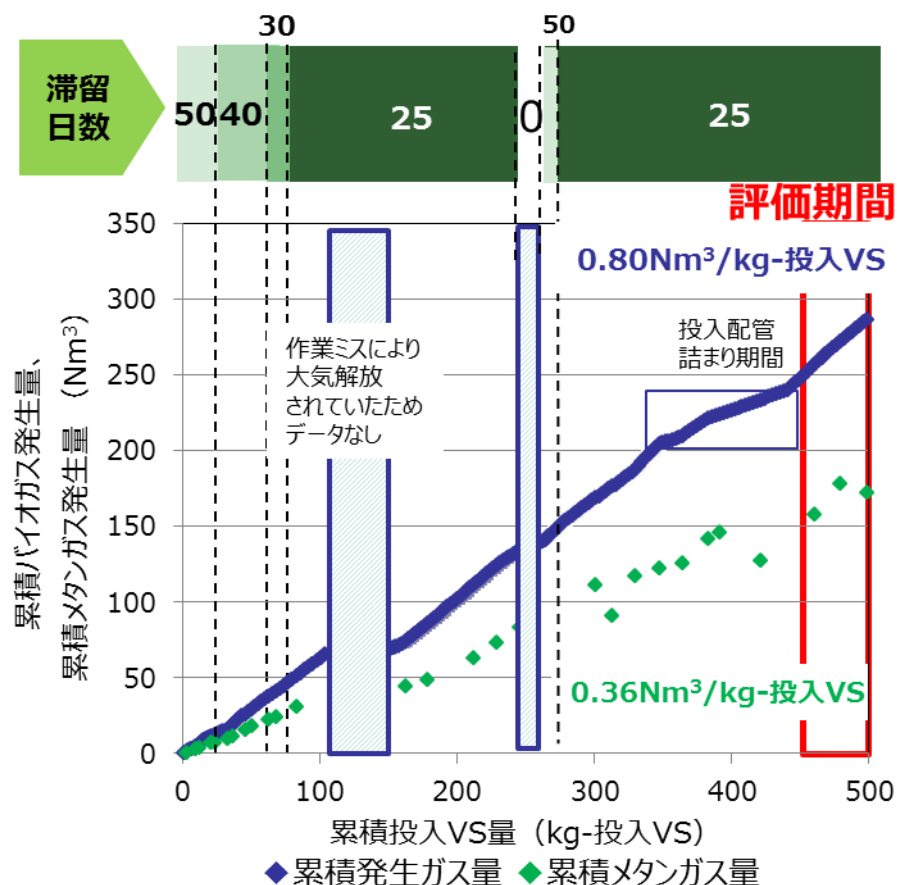


図 2.3-11 累積発生ガス量及び累積メタンガス量と累積投入 VS 量の関係

・メタンガス濃度

図 2.3-12 に示すように設計滞留日数になってからメタンガス濃度は非常に安定している。しかし、配管閉塞期間を含む地震後の期間はばらつきが大きい。設計滞留日数の期間では 50～66 % の間に収まった。特に性能評価期間では 60.0～65.5 % で推移し、平均 62.3 % のメタンガス濃度であった。生ごみ単独の場合は 56～58 % という報告¹⁸もあり、今回の結果が高いことがわかる。変動幅は多少大きい。バイオガスの利用方法として検討している発電機においては、問題なく発電できる範囲である。

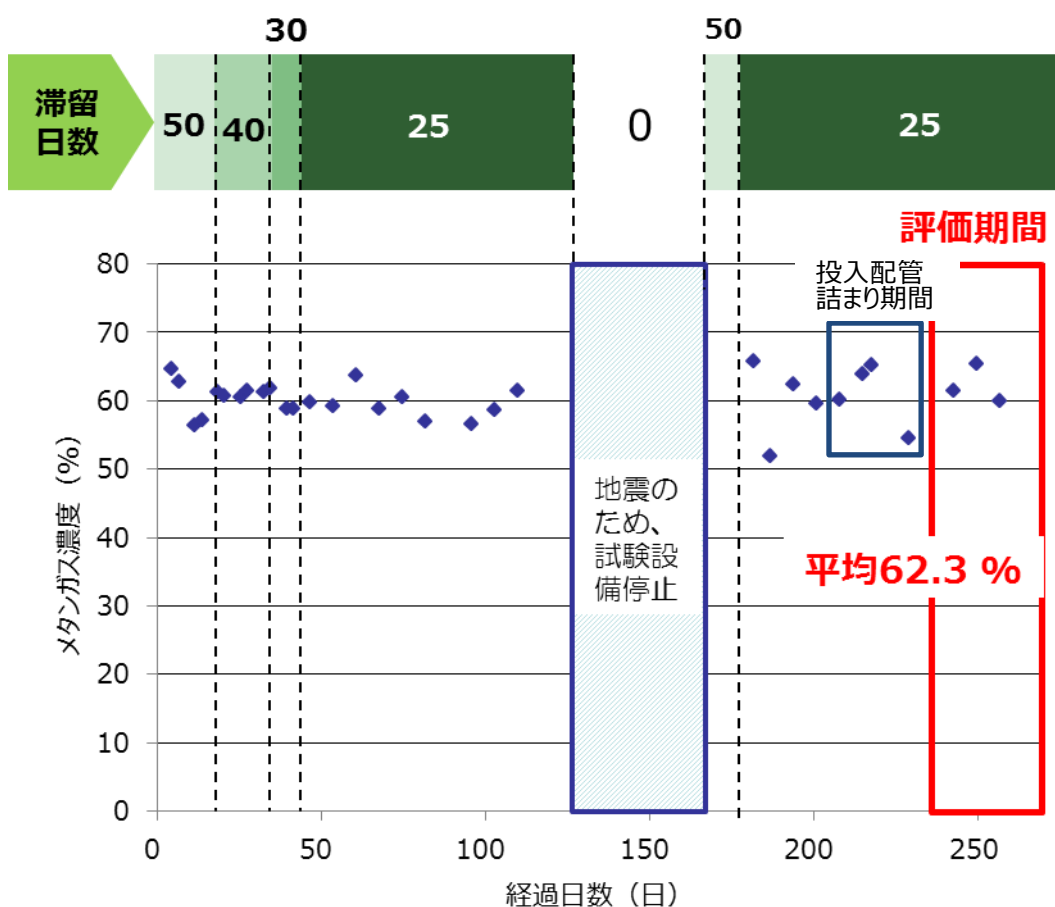


図 2.3-12 メタンガス濃度

上記の結果より安定してガスが発生することを確認した。発酵適物の投入重量当たりのガス発生量は生ごみ単独と比べると少ない。しかし、表 2.3-4 に示すように今回得られた発酵適物の主な組成としてちゅう芥に加え、発酵対象物となる紙が入っていることがわかる。

¹⁸野池達也 (2009)、「メタン発酵」、技法堂出版

表 2.3-4 発酵適物の組成割合

		平均	最大	最小
発酵適物 組成割合* (%)	紙	29.6	53.1	6.0
	ちゅう芥	66.1	89.1	43.2
	ビニール	3.6	3.7	3.4
	不燃	0.8	1.5	0.0

*ちゅう芥の回収量から算出し、布類、木類、その他を 0 として計算した。

そこで、1 日当たりのガス発生量は重量が少ない生ごみ単独よりもちゅう芥と紙を含んだ重量の多い発酵適物の方が増加すると考えた。そのため、紙ごみ増加による発生ガス量の変化を確認するために、表 2.3-5 の値と下記の計算式を用いて紙ごみ由来の発生ガス量の増加率を計算した。その結果、紙ごみ増加により 30.5 %のガスが増加したと算出された。

紙ごみ発生ガス量＝発生ガス量×VS₁×投入量－（生ごみ単独発生ガス量×VS₂×投入量×ちゅう芥含有率）

$$\text{紙ごみ増加による発生ガス増加率(\%)} = \frac{\text{紙ごみ発生ガス量(t/日)}}{\text{発生ガス量(t/日)}} \times 100$$

表 2.3-5 紙ごみ増加による発生ガス増加率の使用値

項目	単位	使用値	出典
発生ガス量	Nm ³ /kg-投入 VS	0.8	メタン発酵試験結果
VS ₁	%	6.9	投入物分析結果
投入量	t/日	40	メタン発酵試験条件
生ごみ単独発生ガス量	Nm ³ /kg-投入 VS	0.65	参考文献 ¹⁹
VS ₂	%	8.8	参考文献 ²⁰
ちゅう芥含有率	%	67.1	機械選別試験結果

¹⁹奥村ら（2001）、生ごみとし尿汚泥の高濃度メタン発酵に及ぼす滞留時間と発酵温度の影響、環境工学研究論文週・第 38 巻、Vol.38

²⁰奥村ら（2001）、生ごみとし尿汚泥の高濃度メタン発酵に及ぼす滞留時間と発酵温度の影響、環境工学研究論文週・第 38 巻、Vol.38

(4)まとめ

表 2.3-6 にメタン発酵試験における分析項目とその結果を示す。設計滞留日数の期間は地震や配管閉塞などのトラブルがあったものの、期間全体でみれば安定した分析結果であった。メタン発酵の安定性の管理項目においては pH 7.0～8.0 以内の目標に対し、評価期間で平均 7.9、NH₃-N 濃度 200 mg-N/L に対して平均 85 mg-N/L、VFA 濃度の 400 mg-Ace./L に対して平均 124 mg- Ace./L であった。管理項目の全ての目標を達成し、メタン発酵の安定性を確認した。

最終目標の発酵適物投入 VS あたりのバイオガス発生量 0.6 Nm³/kg-VS（平均値）以上に対し性能評価期間で平均値 0.8 Nm³/kg-VS、VS 分解率 65 %以上（平均値）に対し性能評価期間で平均 92.4 %とどちらも目標をはるかに上回った。

また、機械選別試験で懸念された粒度選別機の日幅変更による異物混入率増加による影響は見受けられなかったが、発酵適物の沈降性が高いためプラント設計時は投入物が蓄積しないような配慮が必要である。

表 2.3-6 分析項目の結果

	項目	単位	管理目標及び 最終目標	平均	最大	最小	判定
消化液	TS	%	-	1.0	1.2	0.8	-
	VS	%	-	0.5	0.6	0.4	-
	pH	-	7.0～8.0	7.9	7.9	7.8	達成
	T-N	mg-N/L	-	1048	1100	1005	-
	NH ₄ -N	mg-N/L	-	639	678	590	-
	NH ₃ -N	mg-N/L	200以下	75	82	63	達成
	T-P	mg-P/L	-	117	152	97	-
	TOC	g/kg	-	2.3	3.0	1.9	-
	VFA	mg-Ace./L	400以下	124	147	100	達成
	VS分解率	%	65%	92.4	93.5	91.3	達成
バイオガス	投入物当たりの発生ガス量	Nm ³ /t-投入	-	56.9	57.8	56.0	-
	投入VS当たりの発生ガス量	Nm ³ /kg-VS	0.60	0.80	0.86	0.75	達成
	メタンガス濃度	%	50～60	62.3	65.5	60.0	達成
	二酸化炭素	%	-	37.7	40.0	34.5	-
	硫化水素	ppm	-	7.0	9.0	5.0	-

2.3.2 輸送試験

本検討項目では、1.2.2 で述べた既存施設の有効活用や施設の集約・統合化を想定し、機械選別によって得られる発酵適物の輸送について検討した。

平成 29 年度の事業において輸送車両の机上検討を実施した結果、脱着式コンテナ車およびバキュームダンパー車を有効な輸送車両として評価した。脱着式コンテナ車は、輸送物の積載および荷卸しといった作業が容易なことから、既に多様な産業廃棄物や臭気を伴う家畜糞尿の輸送等実績がある車両である。発酵適物の輸送にも適していると推測できるため、試験車両とはしなかった。

バキュームダンパー車は、ホースを用いた吸引および圧送排出の他、ダンプアップによる排出が可能である。主な用途は、下水汚泥や食品残渣、建築廃材等の運搬に利用されている。吸引および排出におけるハンドリング性が容易であれば、発酵適物の輸送車両として十分検討が出来るため、試験車両とした。また、し尿運搬等を専門とし、全国的に普及しているバキューム車を試験車両とした。

吸引車の特徴として、ホースを用いた吸引および排出が可能であれば、発酵適物を原料槽への搬入が容易となり、臭気の拡散を防ぐ等のメリットが想定できる。

試験車両の仕様は表 2.3-7 および表 2.3-8 に示す通りである。輸送試験は夏季(8 月)および冬季(2 月)の 2 回行い、ハンドリング性、気温や発酵適物の性状変化による輸送への影響を確認した。また、湿式によるメタン発酵施設への輸送を想定していることから発酵適物の輸送濃度を TS10 %以上に目標値を設定した。

表 2.3-7 バキューム車試験車両概要

	■バキューム車 試験車両	
	毎分排気量	: 2890 L/min
	最大積載量	: 6200 kg
	ホース径	: 3インチ 25 m
	主な用途	: し尿運搬

表 2.3-8 バキュームダンパー車試験車両概要

	■ バキュームダンパー試験車両 風量 : 40 m³/min 最大積載量 : 9470 kg 傾斜角度 : 最大50度 (ダンプアップ排出による最大傾斜角度) ホース径 : 3インチ 25 m 主な用途 : 汚泥、食品残渣、廃材等運搬
---	--

試験に使用したサンプルを図 2.3-13 に示す。機械選別試験によって得た発酵適物を水で希釈し、各濃度別のサンプルを作成した。輸送試験方法は両車両ともにホースを用いた吸引・圧送排出を実施した。低濃度のサンプルから吸引・排出試験を行い、試験車両の性能の限界等によって、あるいは吸引・排出に長時間を要する等、実用的と判断されない場合は吸引・排出の限界濃度と定め試験を中止とした。なお TS5 %から TS30 %未満については、200 kg のサンプルを生成し試験を行ったが、TS 30 %以上については 100 kg のサンプルにて吸引および排出試験を実施した。

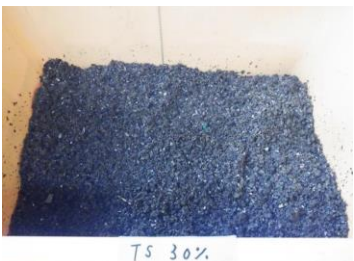
TS5 %	TS10 %	TS15 %
		
TS20 %	TS30 %	TS37 % (原料)
		

図 2.3-13 発酵適物の希釈サンプル (8 月)

(1)輸送試験

・8月実施試験

図 2.3-14 にバキューム車の輸送試験結果、図 2.3-15 にバキュームダンパー車の輸送試験結果を示す。

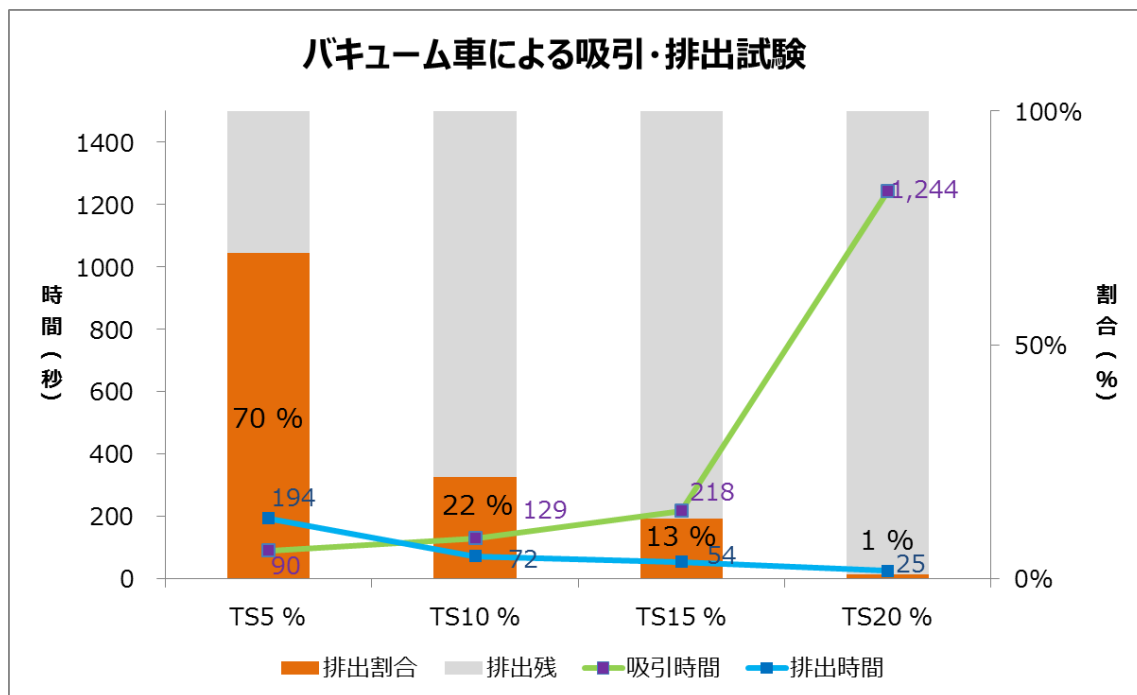


図 2.3-14 8月実施バキューム車試験結果

8月の試験では、バキューム車の吸引試験の限界濃度をTS10%とした。サンプルの吸引に多くの時間が掛かり、また圧送排出の排出割合も22%であり、タンク内に多くの残留物が残るため、実用的ではないと判断できる。

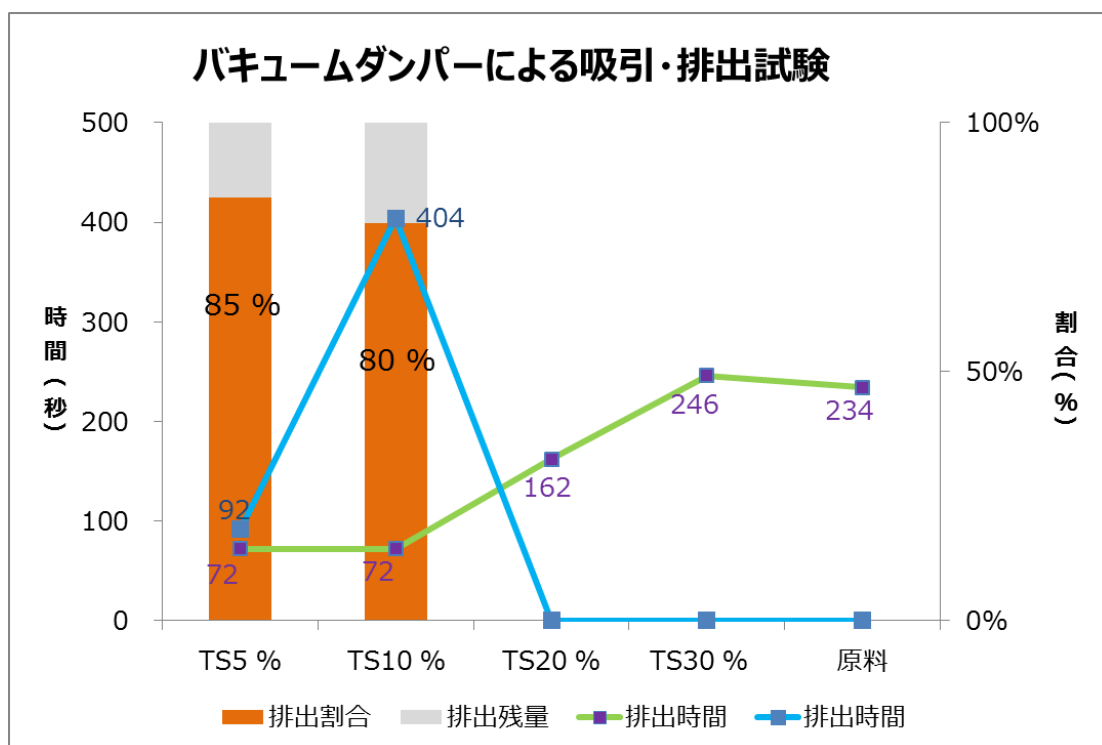


図 2.3-15 8月実施バキュームダンパー車試験結果

バキュームダンパー車は原料（TS37 %）まで吸引を行うことが出来たが、圧送排出による試験限界濃度を TS10 %としている。これは、排出時間に多くの時間が掛かったことや、TS10 %程度の濃度であれば、普段はダンプアップにて排出するという理由から、TS20 %以降の排出試験は実施していない。

吸引後のタンク内の確認では、TS20 %においてタンク内にサンプルが付着していることを確認した。粘度計による測定においても、TS20 %以上では流動性がなく測定不可能であることを確認している。試験日当日は 28℃であったが、夏季における高気温の状態では、発酵適物の性状に影響し、TS 濃度が高濃度になるにつれて流動性がないことを確認した。

・2月実施試験

2月の試験では、8月の試験において、両車両とも設定した目標値を達成出来なかったことから、目標最小値である TS10 %を確認試験として実施し、比較することとした。また、バキュームダンパー車における 8 月の圧送排出試験での考察より、2 月試験では原料の吸引およびダンプアップ排出試験を実施した。

図 2.3-16 に 2 月試験のサンプルを示す。当日の氷点下 6℃の気温条件から、事前にサンプルを生成することが困難であった。原料はメタン発酵試験装置にて冷蔵保管していたものを使用した。

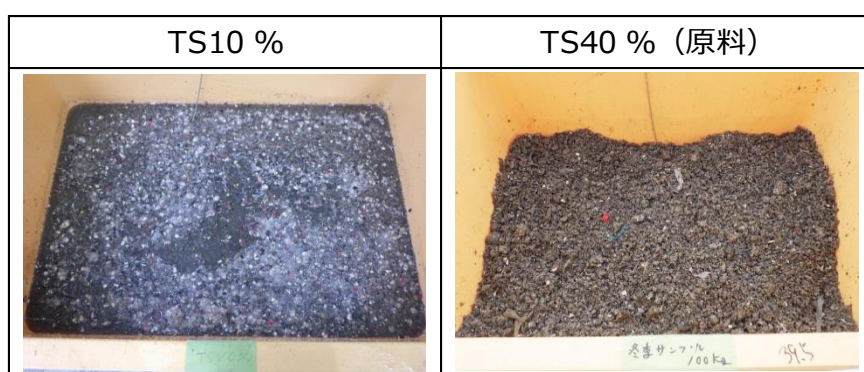


図 2.3-16 発酵適物の希釈サンプル (2月)

図 2.3-17 にバキューム車の比較、図 2.3-18 にバキュームダンパー車の 2 月実施の試験結果と 8 月試験との比較を示す。

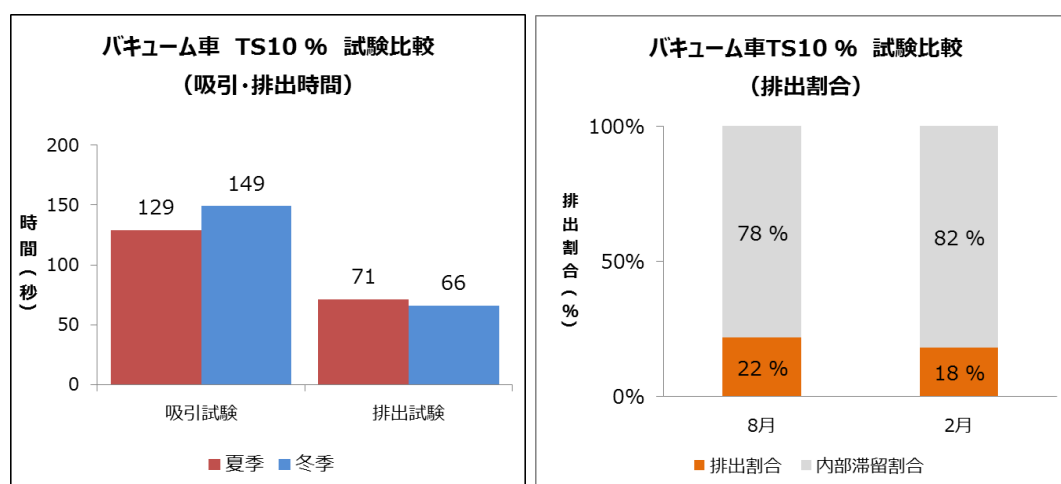


図 2.3-17 バキューム車 TS10 %試験 8月・2月試験比較

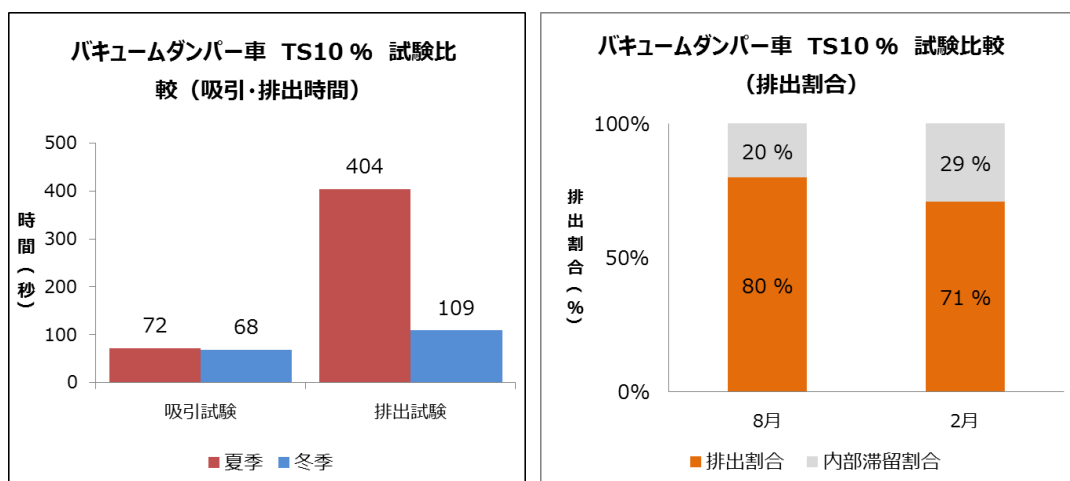


図 2.3-18 バキュームダンパー車 TS10 %試験 8月・2月試験比較

バキューム車の吸引・排出および排出量の割合については、8月の試験結果と比較して、若干の差異はあるものの大きな変化は見られなかった。一方のバキュームダンパー車では、吸引時の変化は見られなかったものの、排出試験での試験条件を変えたところ短時間で作業を行うことが出来た。条件の変更は、排出時のタンク傾斜角度を20度と設定した（8月試験時では傾斜角度10度に統一）。圧送排出時にタンクの傾斜角度をつけることによって、ある程度の自然流下が行われ排出時間が短縮されたと推測している。なお、排出割合の減少は、ホースやタンク内での凍結によるものが影響していると推測している。

・バキュームダンパー車でのダンプアップ排出試験

表 2.3-7 にダンプアップ排出試験の試験結果を示す。まず、吸引試験では 8 月実施時の方が短時間の結果となった。これは、サンプルの TS40 % と 8 月に比べ含水率が少ないこと、凍結によってサンプルが固化したことにより、ホース内での摩擦や詰りによって吸引機能が低下したことが要因である。

原料のダンプアップ排出では、約 9 割の排出を確認することが出来た。排出後の 1 割の残渣を確認すると図 2.3-19 のとおり排出残渣に凍結箇所を確認した。水分を含む固形物は吸引時および輸送時に凍結するため、ダンプアップ排出においても残渣が出る。また、寒冷地における収集ルートではタンク内の凍結を避けるために、液分を回収した後に固形分を回収するようにルートを工夫している。含水率の低い原料では、輸送中の凍結により内部滞留が起こることが予想されるが、内部滞留した原料については、水洗いもしくはタンク内にてスコップで排出することが可能であるため、排出作業時間は短時間で処理することが可能である。圧送排出ではなく、ダンプアップ排出が有効であることを確認した。

表 2.3-9 ダンプアップ排出試験結果

ダンプアップ排出の様子	原料（TS40 %）吸引・ダンプアップによる排出試験	
	試料	100 kg
	吸引時間（秒）	171秒 (8月実施：117秒)
	排出時間（秒）	146秒
	排出割合（%）	90 %
	※ダンプアップは傾斜角度50度による排出	

		
内部滞留物の凍結	スコップによる排出	水洗いによる排出（処理場）

図 2.3-19 発酵適物の凍結と排出作業の様子

以上のことから、気温の変化による性状物変化の評価においては、冬季の低気温において発酵適物の吸引時・輸送時に影響することを確認出来た。

(2)平取モデルでの評価

8月および2月の試験結果に基づき、平取町外2町衛生施設組合をモデルとした試算を行い、実用性について考察を行う。表 2.3-10 に試算条件を示す。

表 2.3-10 輸送検討 平取モデルでの試算条件

試算条件	参照値
①処理対象	26.1 t/日
②機械選別における発酵適物選別割合	40.9 %
③発酵適物原料 (TS)	38.4 %

①処理対象については、平取町外2町衛生施設組合の年間処理量を稼働日数で割った値を試算値とした。②機械選別における発酵適物の選別割合および③発酵適物原料については、2.1.1 機械選別試験での試験データ平均値を参照した。なお、輸送に必要な車両台数については、試験車両容量とサンプルの比重を反映しており、輸送時間については両車両ともに1 kgあたりの吸引・排出時間を算出した後、希釈後の総量あたりでどれくらいの時間を要するかを試算した。図 2.3-20 に本試験の試験車両容量から希釈濃度ごとに必要とされる車両台数を示す。希釈を要する分、低濃度のTSの輸送については車両台数が増えることが明らかである。原料輸送が可能なバキュームダンプカーにおいては、2台の容量で輸送が可能となる。

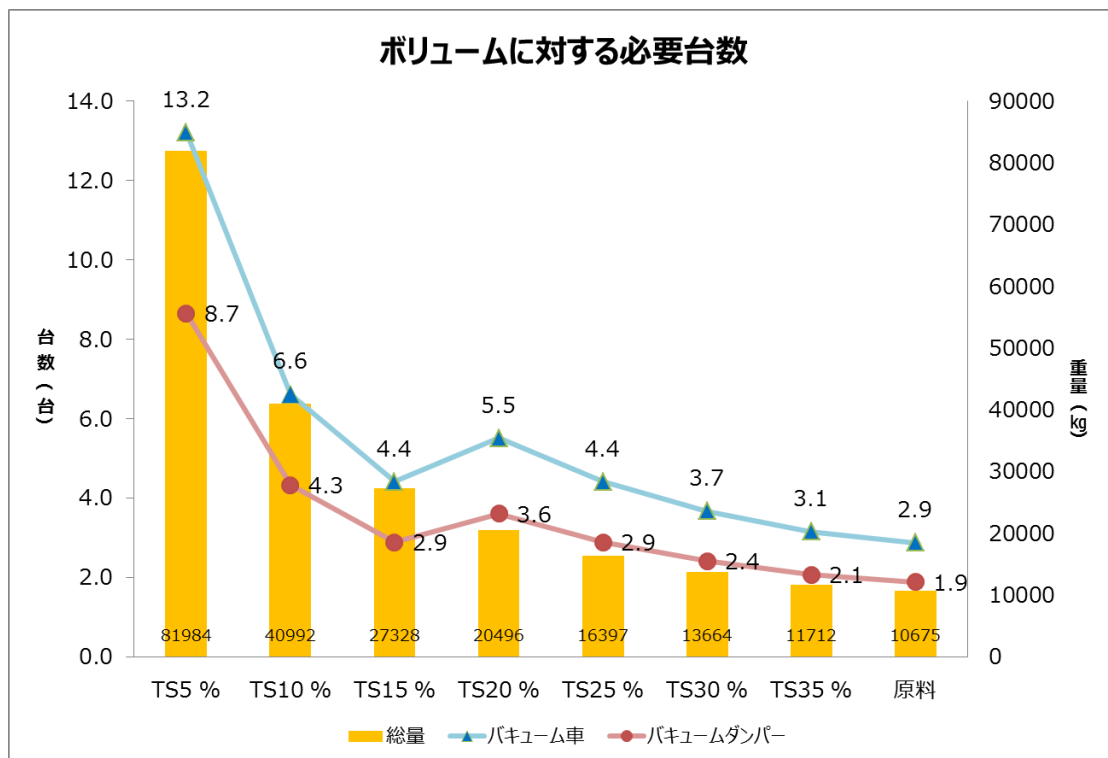


図 2.3-20 平取モデル日量ボリュームあたりの必要車両台数

図 2.3-21 にバキューム車の試算結果を図 2.3-22 にバキュームダンパーの試算結果を示す。バキューム車については、輸送車両としての利用が不可であることが容易に断定出来る。本検討の指標となる目標値と比較した場合、吸引および排出作業時間を約 11 時間程度要し、約 80 %の排出残渣が発生する。

バキュームダンパー車は TS10 %の作業時間を約 10 時間と試算した。圧送排出における割合は最大で 80 %であったため、約 20 %の排出残渣が発生する試算となった。一方原料の吸引および排出時間では、作業時間は 7.8 時間となった。必要車両容量は 2 台であるため、2 台体制で作業を行うことが出来れば、1 台当たり約 3.9 時間の作業量で行うことが可能である。なお、バキュームダンパー車におけるダンプアップ排出方法では、タンクの傾斜が高くなるにつれて排出量は増加されることから、大幅に作業時間は減少すると考えられる。

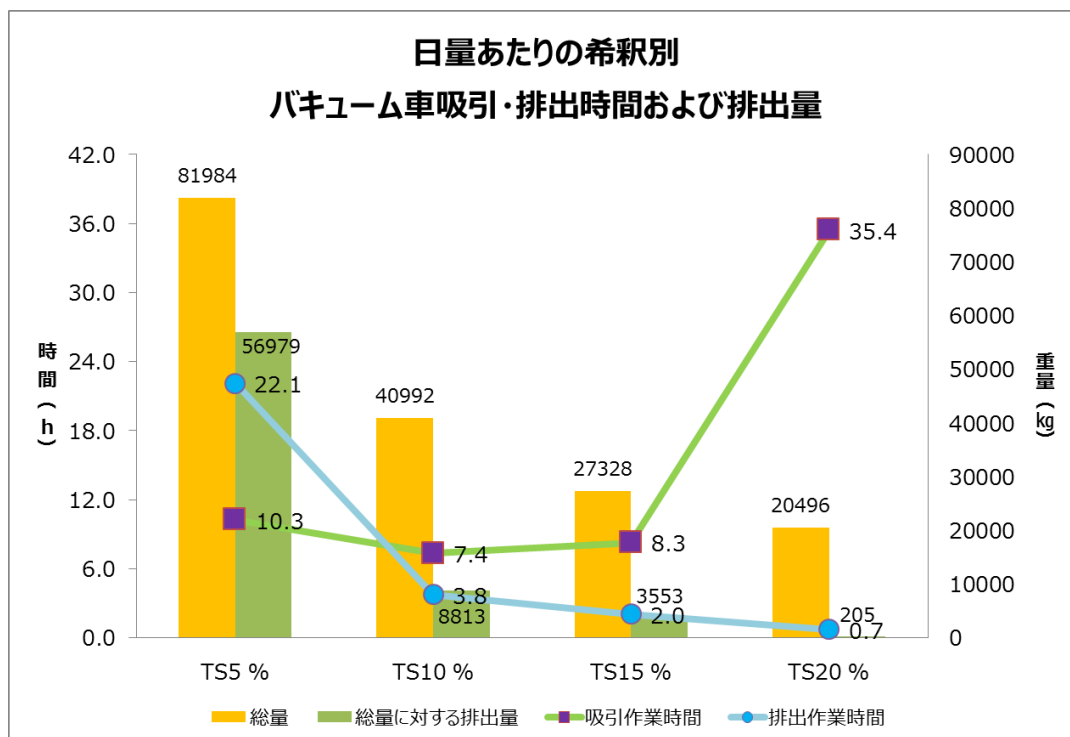


図 2.3-21 平取町モデルバキューム車試算結果

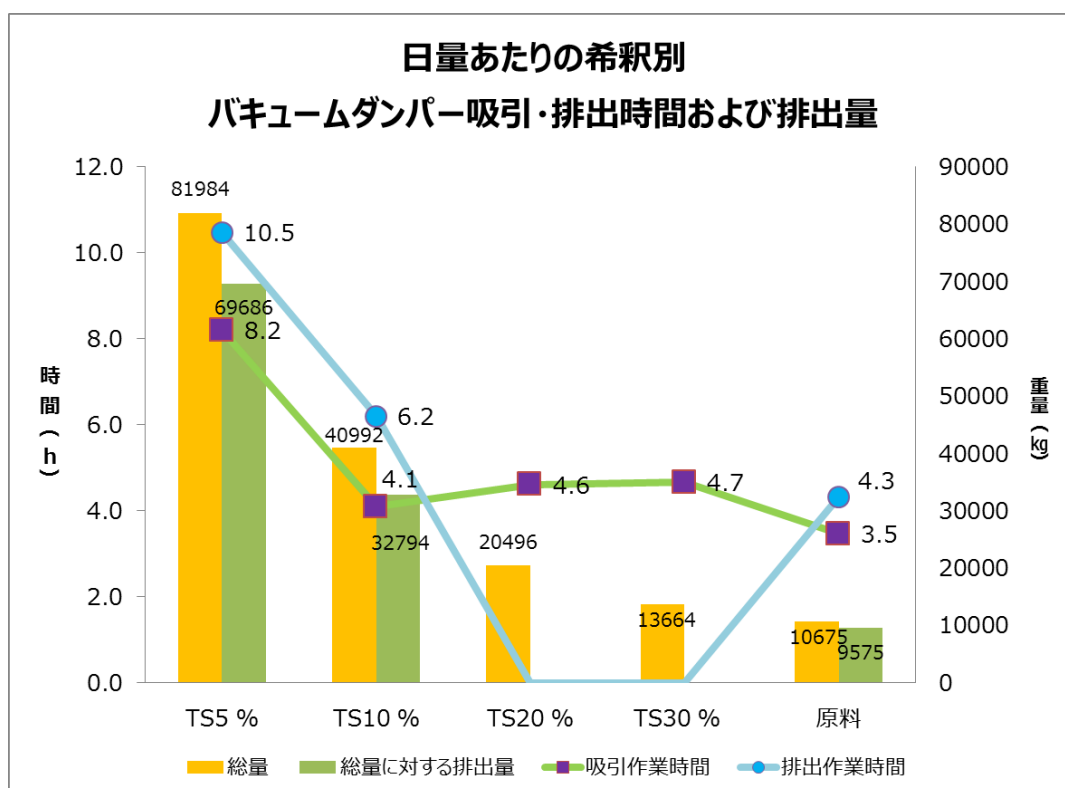


図 2.3-22 平取町モデルバキュームダンパー車試算結果

(3)まとめ

試験結果および試算結果から、バキューム車の発酵適物の輸送は不可能と判断できる。一方バキュームダンパー車では、ダンプアップによる排出方法であれば、輸送車両として実用化が可能と判断している。よって、最終目標値である TS10 %以上という評価では、バキュームダンパー車の原料の吸引およびダンプアップ排出であれば目標を達成できるという結果となった。また、季節による気温や発酵適物の性状変化では、夏季には流動性が低くなる傾向にあり、冬季では凍結によって作業効率に影響が出ることを確認できた。

ハンドリング性の評価では、両車両ともに最大の特徴であるホースでの吸引・排出作業においては、低評価と判断できる。例えば、吸引時においては、吸引ホースの周辺でしかサンプルを吸引すること出来ないため、作業者が出向かなければならない。人的な作業工数の増加が顕著であるため、吸引作業効率を向上させるための施設側の改修も必要になってくる。またホースでの発酵適物の排出が困難であることから、圧送排出におけるメリット（原料槽への圧送搬入、臭気等の拡散低減）を発揮することが出来ない結果となった。

以上のことから、図 2.3-23 の脱着式コンテナ車²¹および密閉型の防臭に優れたコンテナ車²²といった車両を用いて原料を輸送し、ダンプアップにて排出を行った方が高効率であるといえる。コンテナには大容量の積載が可能なものや用途に合わせたコンテナが豊富であり、清掃やメンテナンスのしやすさからも、発酵適物の輸送に最も有力と判断できる。

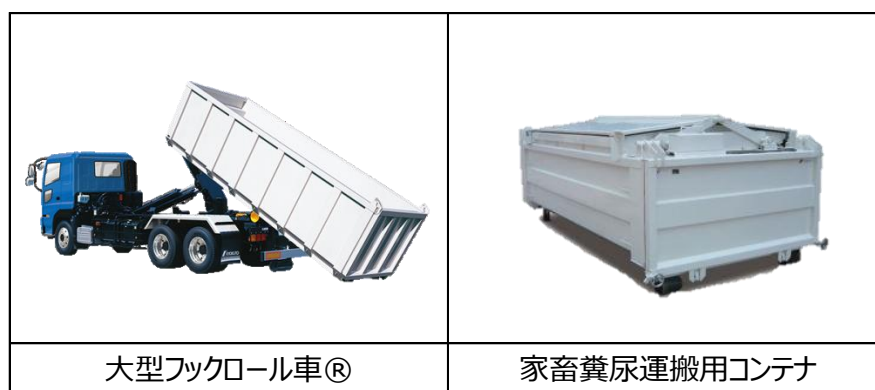


図 2.3-23 コンテナ車一覧

²¹ 極東開発工業株式会社 大型フックロール車®

(http://www.kyokuto.com/product/buturyu_dachaku_01.html (2019 年 3 月 12 日))

²² 極東開発工業株式会社 コンテナバリエーション

(http://www.kyokuto.com/product/buturyu_dachaku_03.html (2019 年 3 月 12 日))

2.4 発酵残渣有効利用・処理方法検討

2.4.1 脱水試験

メタン発酵試験により得られた発酵残渣である消化液の凝集性及び脱水性を把握することを目的として無薬注及び薬注の2種類の脱水試験を実施した。無薬注脱水試験で得られた脱離液及び脱水ケーキは堆肥化の可能性を探るために2.4.2 肥料評価試験を実施した。薬注脱水試験の排出物は適正処理をするために脱離液は水処理性能を、脱水ケーキは焼却処理性能を確認した。脱離液の水処理性能として、化学的酸素要求量（以下、 COD_{cr} ）、生物的酸素要求量（以下、 BOD ）、総アルカリ度について分析した。脱水ケーキの焼却性能として含水率・低位発熱量・塩素濃度について分析した。図2.4-1に本試験のフローを示す。

また、本試験はスクリープレス脱水機にて夏季（9月）及び冬季（1月）の2回実施し、気温や対象物性状の変化による影響を確認した。さらに、デカンタ型遠心脱水機での脱水試験を実施した。

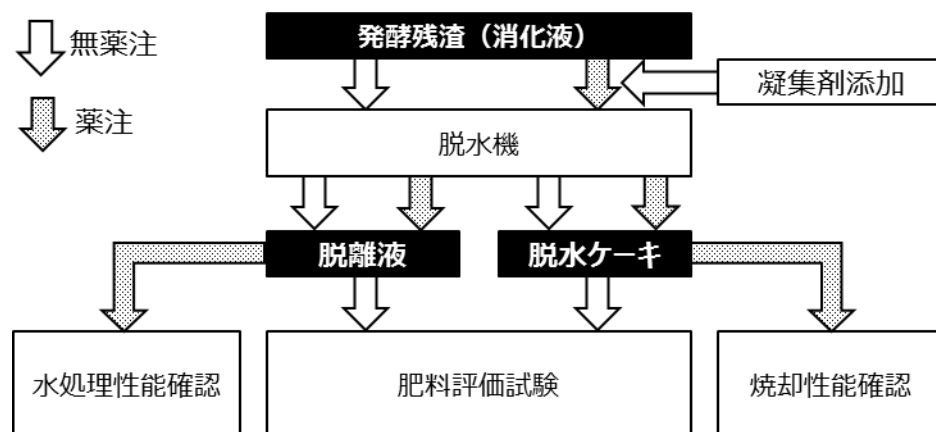


図 2.4-1 脱水試験のシステムフロー

(1) スクリープレスの試験条件

図2.4-2に示すように脱水機をトラックの荷台に設置した脱水機で9月、1月共に試験を行った。2回のそれぞれの脱水試験の条件を表2.4-1に示す。



図 2.4-2 試験機外観

表 2.4-1 試験条件

項目	単位	9月4日	1月11日
脱水方式	-	スクリープレス	
試験機の型番	-	SHX-200×1500L型	
出力	kW	3.7	
ドラム直径	mm	200	
ドラム長	mm	1500	
ストレーナー寸法	mm	1.5Φ×4.5P	
気温	℃	23.6	-4.8
凝集剤の種類	-	ポリアクリル酸エステル	
凝集剤添加率	kg/kg-TS	128.8	129.3

(2)スクリープレスのサンプル性状

無薬注脱水試験で使用した消化液性状を表 2.4-2 に、薬注脱水試験で使用した消化液性状を表 2.4-3 に示す。脱水試験で用いた消化液はメタン発酵試験から得られた消化液を 1m³溜め、試験実施まで屋外で保管したサンプルを使用した。冬季の消化液は氷点下の屋外に保管していたため凍結した。そのため、解凍したサンプルを試験に用いた。実際に脱水機を導入する場合は、一般的に温度管理された屋内に設置するため、解凍作業は不要である。

表 2.4-2 無薬注脱水試験の消化液性状

				消化液
TS	%	スクリーンプレス 無薬注	9月実施	3.6
			1月実施	4.1
VS	%		9月実施	2.7
			1月実施	3.2
SS	mg/L		9月実施	26109
			1月実施	18871
pH	-		9月実施	7.8
			1月実施	7.5

表 2.4-3 薬注脱水試験の消化液性状

				消化液
TS	%	スクリーンプレス 薬注	9月実施	3.4
			1月実施	3.6
VS	%		9月実施	2.4
			1月実施	2.5
SS	mg／L		9月実施	24426
			1月実施	16260
pH	-		9月実施	7.8
			1月実施	7.5

(3) スクリーンプレスの試験結果

・スクリーンプレスの脱水性能

薬注、無薬注脱水試験の9月実施及び1月実施のマテリアルバランスをそれぞれ図 2.4-3、図 2.4-4、図 2.4-5、図 2.4-6 に示す。薬注と無薬注のサンプル性状及び脱水性能を表 2.4-4、表 2.4-5、表 2.4-6、表 2.4-7 に示す。

脱水試験の脱水性能を評価するため、下記の計算式を用いて排出割合を算出した。

$$\text{排出割合(\%)} = \frac{\text{脱離液 or 脱水ケーキ(kg/h)}}{\text{消化液(kg/h)} + \text{凝集剤(kg/h)}} \times 100$$

無薬注脱離液の排出割合は9月実施で94.6%、1月実施で94.2%となった。同様に薬注脱水試験の排出割合を比較すると9月実施で95.0%、1月実施で95.3%となった。一般的に温度が下がると脱水性も低下するが、排出割合に関しては季節間や消化液性状での影響は見受けられなかった。

脱離液の固形分（TS）を比べても無薬注の9月実施で1.7%、1月実施で1.8%、薬注脱水脱離液は9月実施分で0.4%、1月実施分で0.6%と季節間などの差は見受けられない。

次に脱水ケーキのTSを比較する。無薬注脱水ケーキのTSは9月実施で36.3%、1月実施で41.8%、薬注脱水ケーキは9月実施で45.0%、1月実施で46.8%となった。9月の脱水ケーキの平均TSの方が1月より無薬注では15.2%、薬注では4.0%増加した。増加の理由として低い外気温度による脱水性の低下よりも、消化液のSS分増加による脱水性の向上の影響の方が大きく寄与したと推測する。

また今後の水平展開として脱水ケーキを輸送することを視野にいれると廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下、廃掃法）の規定を満たす必要がある。廃掃法には汚泥を運搬する際には含水率が85%以下でなければならないと定められているが、無薬注、薬注の脱水ケーキは共にこれを満たしており、輸送を問題なく行える。

2018年9月実施：無薬注テスト

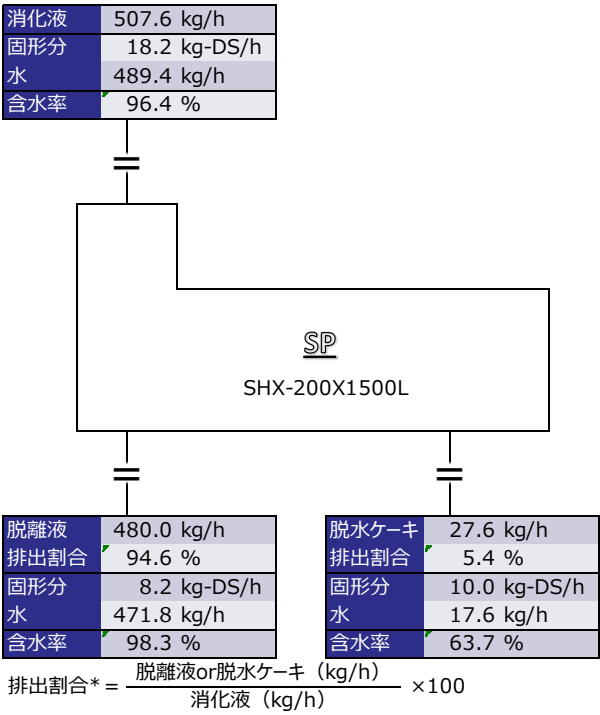


図 2.4-3 スクリュープレス 9 月実施無薬注脱水試験 マテリアルバランス

2019年1月実施：無薬注テスト

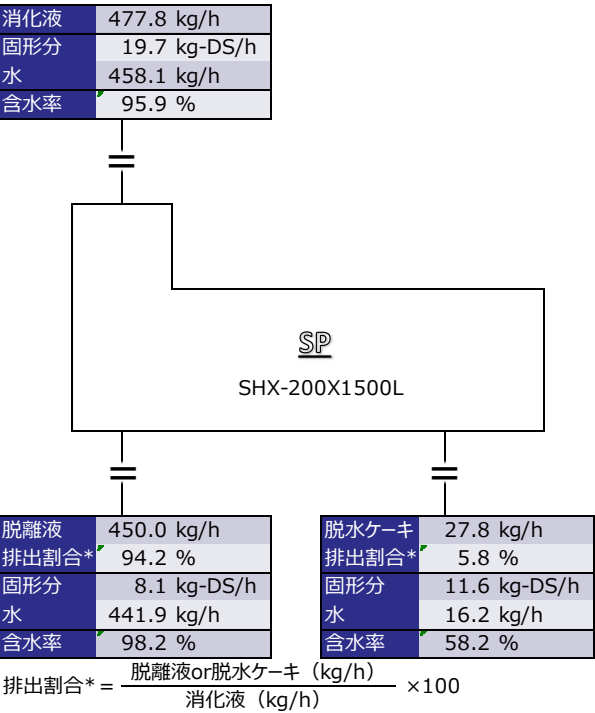


図 2.4-4 スクリュープレス 1 月実施無薬注脱水試験 マテリアルバランス

2018年9月実施：薬注テスト

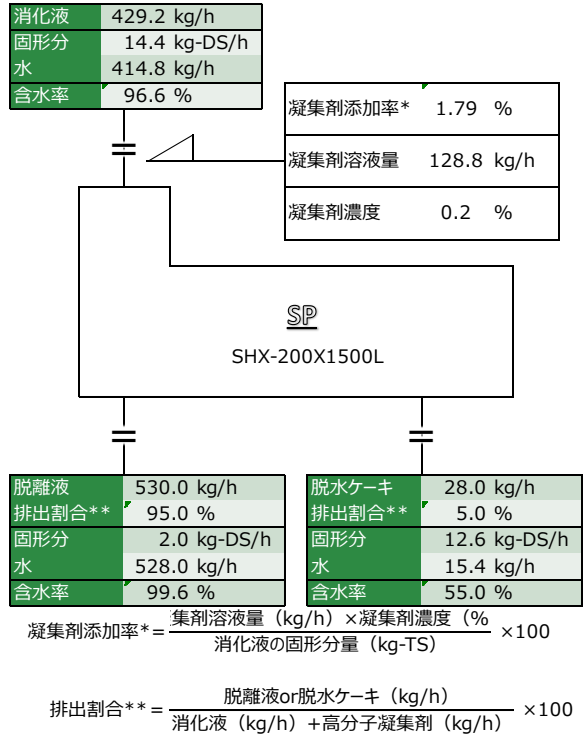


図 2.4-5 スクリュープレス 9 月実施薬注脱水試験 マテリアルバランス

2019年1月実施：薬注テスト

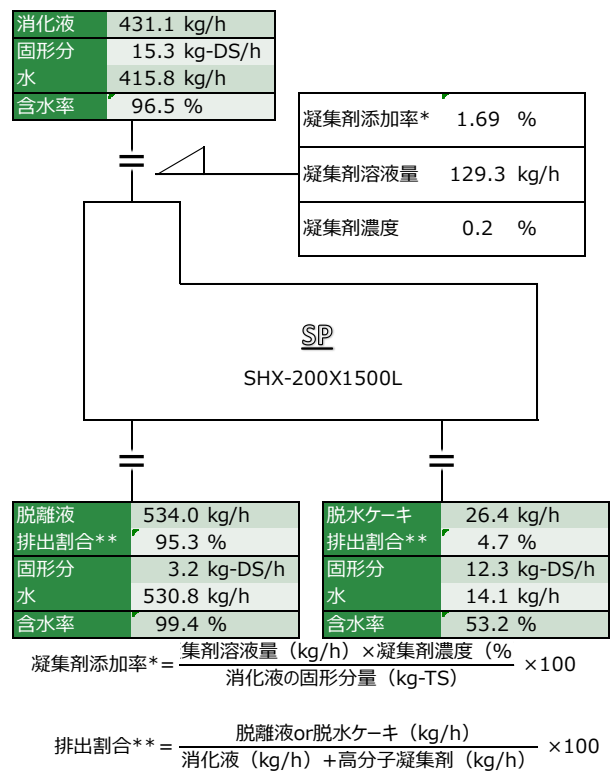


図 2.4-6 スクリュープレス 1 月実施薬注脱水試験 マテリアルバランス

表 2.4-4 スクリュープレス無薬注脱水試験の性状

				消化液	脱離液	脱水ケーキ
TS	%	スクリュー プレス 無薬注	9月実施	3.6	1.7	36.3
			1月実施	4.1	1.8	41.8
VS	%		9月実施	2.7	0.9	26.3
			1月実施	3.2	1.0	30.3
SS	mg／L		9月実施	26109	11000	-
			1月実施	18871	10900	-
pH	-		9月実施	7.8	7.9	-
			1月実施	7.5	8.0	-

表 2.4-5 スクリュープレス無薬注脱水試験の脱水性能

				消化液	脱離液	脱水ケーキ
重量	kg/h	スクリュー プレス 無薬注	9月実施	507.6	480.0	27.6
			1月実施	477.8	450.0	27.8
排出割合	%		9月実施	-	94.6	5.4
			1月実施	-	94.2	5.8
固形分量	kg-TS／h		9月実施	18.2	8.2	10
			1月実施	19.7	8.1	11.6
水分量	kg／h		9月実施	489.4	471.8	17.6
			1月実施	458.1	441.9	16.2
含水率	%		9月実施	96.4	98.3	63.7
			1月実施	95.9	98.2	58.2

表 2.4-6 スクリュープレス薬注脱水試験の性状

				消化液	脱離液	脱水ケーキ
TS	%	スクルー プレス 薬注	9月実施	3.4	0.4	45.0
			1月実施	3.6	0.6	46.8
VS	%		9月実施	2.4	0.2	31.7
			1月実施	2.5	0.3	32.9
SS	mg／L		9月実施	26109	420	-
			1月実施	16260	400	-
pH	-		9月実施	7.8	8.0	-
			1月実施	7.5	7.9	-

表 2.4-7 スクリュープレス薬注脱水試験の結果

			消化液	脱離液	脱水ケーキ	
重量	kg/h	スクリー プレス 薬注	9月実施	429.2	530.0	28.0
			供給 = 消化液 429.2 + 凝集剤 * 128.8 = 558.0			
			1月実施	431.1	534.0	26.4
			供給 = 消化液 431.1 + 凝集剤 * 129.3 = 560.4			
排出割合	%		9月実施	-	95.0	5.0
			1月実施	-	95.3	4.7
固形分量	kg-TS/h		9月実施	14.4	2.0	12.6
			1月実施	15.3	3.2	12.3
水分量	kg/h		9月実施	414.8	528.0	15.4
			1月実施	415.8	530.8	14.1
含水率	%		9月実施	96.6	99.6	55.0
			1月実施	96.5	99.4	53.2

*完全に溶解した状態の凝集剤の量 (kg/h) を指す。

・薬注の水処理性能

表 2.4-8 に消化液、脱離液の水処理特性を示す。消化液のまま水処理をした場合と、脱水し脱離液を水処理した場合を比較するために下記のように低減率を算出した。ここで指す低減率とは、脱水前後（消化液と脱離液）において各項目の濃度差の割合をいう。低減率が大きいほど水処理への負荷が低減することを示す。

$$\text{低減率(\%)} = \left(1 - \frac{\text{脱離液の各項目の濃度}}{\text{消化液の各項目の濃度}}\right) \times 100$$

低減率の季節間の差はなく、最も低減した項目は SS で 98 %も消化液と比べて脱離液の濃度が減少した。その他に汚濁の指標となる化学的酸素要求量（COD_{cr}）及び生物的酸素要求量（BOD）はそれぞれ 83 %、48 %低減し、脱水により水処理側の負荷が低下することを確認した。

表 2.4-8 スクリュープレス薬注脱水 水処理特性

				消化液	脱離液	低減率 (%)
SS	mg/L	スクリー プレス 薬注	9月実施	24436	420	98
			1月実施	16260	400	98
pH	-		9月実施	7.8	8	-
			1月実施	7.5	7.9	-
T-N	mg/L		9月実施	1422	1114	22
			1月実施	1400	1098	22
NH ₄ -N	mg/L		9月実施	981	400	59
			1月実施	1005	390	61
T-P	mg/L		9月実施	245	233	5
			1月実施	122	114	7
COD _{cr}	mg/L		9月実施	-	-	-
			1月実施	25394	4374	83
BOD	mg/L		9月実施	650	340	48
			1月実施	3000	1600	47
TOC	g/kg		9月実施	9.7	1.5	85
			1月実施	9.9	1.6	84
総アルカリ度	mg/L		9月実施	-	-	-
			1月実施	5100	2800	45

・脱水ケーキの焼却性能

表 2.4-9 に薬注脱水ケーキの焼却性能を示す。本試験のような生ごみメタン発酵由来の脱水ケーキの文献値が少ないため、下水脱水汚泥と比較する。

焼却特性を知る上で含水率は非常に重要な項目である。国土技術政策総合研究所の資料²³によると下水脱水汚泥の含水率は平均 84.7 %である。今回得られた脱水ケーキの含水率の平均は 54.1 %のため脱水率は非常によい。この理由としては、今回の消化液に繊維質が多く含まれているためであると推察する。

焼却性能で最も重要な項目の一つは熱量である。既出の資料によると下水脱水汚泥の低位発熱量は平均 15.8 MJ/kg²⁴であり、今回得られた脱水ケーキは平均 6.0MJ/kg だった。下水汚泥と比べて低位発熱量が低い理由としては今回のメタン発酵は有機物（VS）分解率が一般的な下水汚泥の 50 %と比べるとかなり高い²⁵。得られた脱水ケーキが下水汚泥より含水率は低い、もともと消化液に含まれている熱量が下水消化汚泥に比べて少ないので、排出した脱水ケーキの熱量も低いと推察する。

また、焼却時に懸念される事項として塩素濃度が挙げられる。一般的に廃棄物固形燃料（RDF）²⁶には塩素が 1～2 %含まれており、得られた脱水ケーキは 0.7 %だった。今回のサンプルを RDF 化した際に改めて測定する必要があるが、塩素に関しては一般的な RDF と比べて低い。本サンプルの塩素源としては、食品用ラップなどの包装用フィルム、金属や紙などのコーティング剤などと推測する²⁷。これらが発酵適物に含まれているが、メタン発酵では分解できず消化液に混入したと推測する。実際のプラントを建てる際には、住民の分別協力や選別機の導入などの除去方法の検討が必要である。

²³国土技術政策総合研究所 低コスト下水汚泥燃焼化技術導入ガイドライン(案) 国総研資料 第 803 号 (2014)

²⁴国土技術政策総合研究所 低コスト下水汚泥燃焼化技術導入ガイドライン(案) 国総研資料 第 803 号 (2014)

²⁵下水道新技術推進機構 下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受入マニュアルの概要 月刊下水道 Vol.34 No.13(2010)

²⁶環境展望台、環境技術解説 廃棄物固形燃料化（RDF、RPF）

<http://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=71>（2019 年 3 月 15 日参照）

²⁷ 日本プラスチック工業連盟、◆主なプラスチックの特性と用途、
http://www.jpif.gr.jp/2hello/conts/youto_c.htm（2019 年 3 月 18 日）

表 2.4-9 スクリュープレス薬注脱水ケーキの焼却性能

				脱水ケーキ	
含水率	%	スクリュー プレス 薬注	9月実施	55.0	
			1月実施	53.2	
低位発熱量	MJ/kg-wet		9月実施	5.4	
			1月実施	6.5	
塩素濃度	%wet		9月実施	0.7	
			1月実施	0.7	

(4)遠心脱水の試験条件

遠心脱水機の外観は図 2.4-7 の通りである。試験は表 2.4-10 に示すような条件で脱水機メーカーの工場内にて実施した。

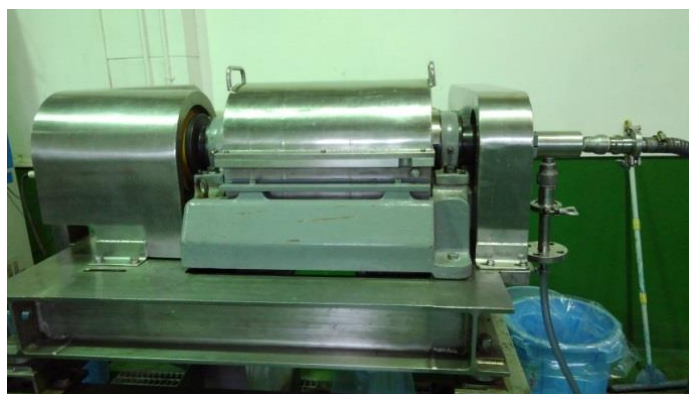


図 2.4-7 遠心脱水機の外観

表 2.4-10 試験条件

項目	単位	2月6日
脱水方式	-	デカンタ型遠心脱水
試験機の型番	-	PM0006
駆動部出力	kW	3.7
差速部主出力	kW	1.5
回転数	min ⁻¹	4950
遠心力	G	2100
差速	min ⁻¹	10
ダム	No.	3
気温	℃	5.8
凝集剤の種類	-	強力チオン系
凝集剤添加率*	kg/kg-TS	0.00853

*凝集剤添加率は対象物の固形分に対する凝集剤原液（もしくは粉体）の添加率である

(5) サンプル性状

遠心脱水試験で使用した消化液性状を表 2.4-11 に示す。スクリープレス同様、メタン発酵試験から得られた消化液を 1m³溜め、試験実施まで屋外で保管した。試験機の配管が細く且つ消化液の沈降物が配管内で閉塞するため、沈降性が非常に良い固形物（貝殻や石など）を除去したものをを用いて試験した。

一般的に固形物は脱水性向上に関与するが、今回のような硬質物や浮遊物が含まれていると配管の詰まりの原因になりかねない。このことから、遠心脱水機を導入する際は前段に破砕機やスクリーンなどの固形物を除去する仕組みが必要である。

表 2.4-11 遠心脱水 薬注脱水試験の消化液性状

			消化液
TS	%	遠心脱水 薬注	4.7
VS	%		3.2
SS	mg/L		27000
pH	-		7.4

(6) 試験結果

遠心脱水のマテリアルバランスを図 2.4-8 に示す。またサンプル性状および脱水性能を表 2.4-12、表 2.4-13 に示す。

得られた脱離液の含水率が 99.1 % と非常に高く、脱水ケーキの含水率においては 67.2 % とスクリープレス同様に廃掃法で定める 85 % を下回っており、輸送にも問題ない。

2019年2月実施：デカンタ型遠心分離

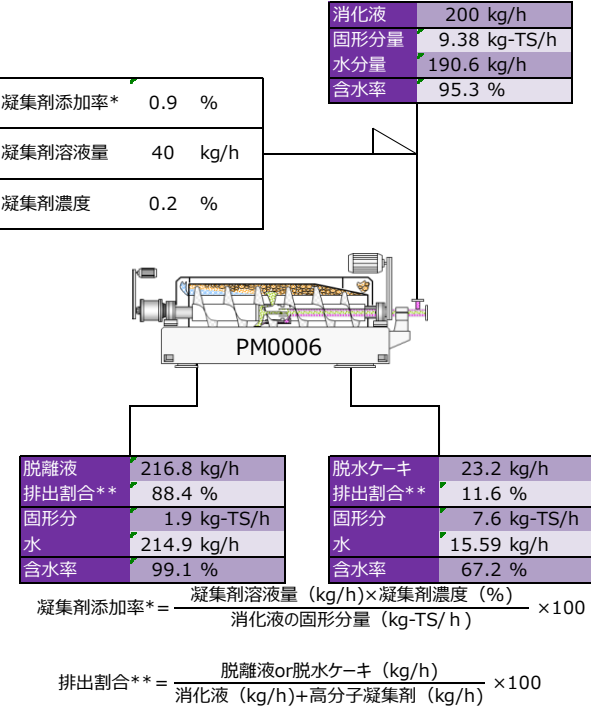


図 2.4-8 遠心脱水のマテリアルバランス

表 2.4-12 遠心脱水試験の性状

			消化液	脱離液	脱水ケーキ
TS	%	遠心脱水 薬注	4.7	1.0	32.8
VS	%		3.2	0.6	24.0
SS	mg/L		27000	13692	-
pH	-		7.4	8.1	-

表 2.4-13 遠心脱水試験の脱水性能

			消化液	脱離液	脱水ケーキ
重量	kg/h	遠心脱水 薬注	200	216.8	23.2
			供給 = 消化液200.0+凝集剤40.0 = 240.0		
排出割合	%		-	88.4	11.6
固形分量	kg-TS/h		9.4	1.9	7.6
水分量	kg/h		190.6	214.9	15.6
含水率	%		95.3	99.1	67.2

・薬注遠心脱水試験の水処理性能

表 2.4-14 に消化液、脱離液の水処理特性を示す。消化液のまま水処理をした場合と、脱水し脱離液を水処理した場合を比較するためにスクリープレス同様、低減率を算出した。

汚濁の指標となる COD_{cr} 及び BOD はそれぞれ 75 %、47 %低減し、脱水による水処理の負荷低下に有効である。

表 2.4-14 遠心脱水試験の水処理性能

			消化液	脱離液	低減率 (%)
SS	mg/L	遠心脱水 薬注	27000	13692	49
pH	-		7.4	8.1	-
T-N	mg/L		1600	488	70
NH ₄ -N	mg/L		1055	518	51
T-P	mg/L		196	23	88
COD	mg/L		44609	11340	75
BOD	mg/L		8300	4400	47
TOC	g/kg		18.8	4400	85
総アルカリ度	mg/L		5200	2600	50

・脱水ケーキの焼却性能

表 2.4-15 に薬注脱水ケーキの焼却性能を示す。

先述の資料²⁸によると下水脱水汚泥の含水率は平均 84.7 %であり、得られた脱水ケーキは 67.2 %である。遠心脱水においても下水脱水汚泥の含水率より低く、繊維分が多く含まれていることに起因すると推測する。

下水脱水汚泥の低位発熱量は平均 15.8 MJ/kg である²⁹。スクリープレス同様下水汚泥と比較すると、消化液に含まれる熱量が低いため得られた脱水ケーキの熱量も低いと考察する。

塩素濃度に関しては、一般的な RDF の塩素濃度³⁰ (1～2 %) より低いため、塩素濃度が高い固形燃料と混合させて燃料化する利用方法がある。

²⁸国土技術政策総合研究所 低コスト下水汚泥焼却化技術導入ガイドライン(案) 国総研資料 第 803 号 (2014)

²⁹国土技術[政策総合研究所 低コスト下水汚泥焼却化技術導入ガイドライン(案) 国総研資料 第 803 号 (2014)

³⁰環境展望台、環境技術解説 廃棄物固形燃料化 (RDF、RPF)
<http://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=71>

表 2.4-15 遠心脱水薬注脱水試験の焼却性能

			脱水ケーキ
含水率	%	遠心脱水 薬注	67.2
低位発熱量	MJ/kg-wet		1.5
塩素濃度	%-wet		0.4

(7)まとめ

スクリープレスによる脱水試験では季節性や消化液性状の変化による凝集性及び脱水性を確認した。排出割合は9月及び1月の気温や対象物性状の変化による影響は見受けられなかった。しかし、脱水ケーキのTSベースではSS分の増加により、無薬注で15%、薬注で4%の脱水性の向上が確認できた。

脱離液に関して、スクリープレスではCOD_{cr}で83%、BODで48%が、遠心脱水においてはCOD_{cr}で75%、BODで47%の水処理の負荷低減が見込める。

また、スクリープレス、遠心脱水ともに脱水ケーキの焼却処理を想定した分析を完了した。両脱水方式の脱水ケーキにおいて、含水率は下水汚泥より低い、低位発熱量は下水汚泥よりも低くなった。しかし、塩素濃度に関しては両方式ともにRDFと比較して低いことを確認した。

2.4.2 肥料評価試験

メタン発酵試験で得られた消化液と脱水試験の無薬注脱水にて得られた脱離液と脱水ケーキを用い、肥料取締法に基づく植害試験を実施した。また、それぞれの肥料成分分析を行い、肥料としての有効性について検証した。

本試験は、夏季（10月）及び冬季（2月）の2回実施し、肥料成分分析においては、気温や対象物性状の変化による影響を確認した。

(1) サンプル性状

9月と2月に実施した消化液、脱水試験によって得られた脱離液、脱水ケーキを用いて、10月および2月に植害試験と肥料成分分析を実施した。表 2.4-16 に試験に使用した消化液、脱離液、脱水ケーキの各サンプル性状を示す。

表 2.4-16 サンプル性状（無薬注脱水試験結果）

				消化液	脱離液	脱水ケーキ
TS	%	スクルー プレス 無薬注	9月実施	3.6	1.7	36.3
			1月実施	4.1	1.8	41.8
VS	%		9月実施	2.7	0.9	26.3
			1月実施	3.2	1.0	30.3
SS	mg／L		9月実施	26109	11000	-
			1月実施	18871	10900	-
pH	-		9月実施	7.8	7.9	-
			1月実施	7.5	8.0	-

(2) 試験方法

植害試験は、専門機関にて依頼し、植物に対する害に関する栽培試験の方法（昭和59年4月18日付け59農蚕第1943号農林水産省農蚕園芸局長通知に則り実施した³¹（植害試験は、15~25℃の温度域で試験を行うため、栽培環境の比較を行うことはできない）。脱水ケーキの試料には、ビニール片やプラスチック片などの肥料とされない夾雑物等が含まれていたため、調製を行い事前に夾雑物等を分離し分析試料として調製した。

調製方法は、試料を1日半風乾し、ミルを用いて軽く粉砕した後に、ふるい（JIS Z8801）で目開き2mmを通過させた。通過した試料を更にミルで粉砕をし、ふるいで目開き1mmを通過させたものを分析用のサンプルとした。

添加量について各サンプルを試験区とし、1ポットあたり T-N を 100 mg となるよう

³¹独立行政法人農林水産省消費安全技術センター(FAMIC)、植物に対する害に関する栽培試験の方法(章)、http://www.famic.go.jp/ffis/fert/sub2_7.html

に添加し、添加量を 2、3、4 倍と変化させる（標準区と同じ試薬を同量添加）
 対照区は、1 ポットあたり T-N を 100 mg となるように乾燥菌体肥料を添加する（標準区と同じ試薬を同量添加）。最後に、標準区は T-N、T-P、T-K の薬品を一定量添加する。また、植害試験にて生育させた植物はコマツナとした。

(3)試験結果

・植害試験結果

表 2.4-17、表 2.4-18 に、消化液、脱離液と脱水ケーキの試験結果を示す。生体重指数は標準区を 100 とし、サンプルの生体重指数を算出した。図 2.4-9、2.4-10、2.4-11、2.4-12 に、植害試験時の写真を示す。

表 2.4-17 植害試験 10 月

		異常症状	試験項目	発芽および生育調査成績			
				基準区	2倍区	3倍区	4倍区
1 0 月	消化液	無	生体重指数	146	153	142	137
			発芽率	95	90	90	95
	脱離液	無	生体重指数	154	172	166	132
			発芽率	95	100	95	90
	脱水ケーキ	無	生体重指数	115	117	131	145
			発芽率	93	93	100	93
	乾燥菌体 肥料	-	生体重指数	112	116	127	140
			発芽率	98	95	98	100
	標準区	-	生体重指数	100	-	-	-
			発芽率	95	-	-	-
	植害試験結果						
	消化液	生体重量は、添加量を増加させることで、増加がみられる（4倍量を除いて）。対照区、標準区と比較して同等以上					
	脱離液	生体重量は、添加量を増加させることで、増加がみられる。（4倍量を除いて）。対照区、標準区と比較して同等以上					
	脱水 ケーキ	生体重量は、添加量を増加させることで、増加がみられる。対照区、標準区と比較して同等以上					



図 2.4-9 発芽状態（上段：サンプル、下段：乾燥菌体肥料、左下：標準）



図 2.4-10 生育状況（上段：サンプル、下段：乾燥菌体肥料、左下：標準）

表 2.4-18 植害試験 2 月

		異常症状	試験項目	発芽および生育調査成績			
				基準区	2倍区	3倍区	4倍区
2 月	消化液	無	生体重指数	127	136	137	128
			発芽率	98	98	100	98
	脱離液	無	生体重指数	128	133	129	128
			発芽率	100	98	100	98
	脱水ケーキ	無	生体重指数	108	113	116	116
			発芽率	98	100	100	100
	乾燥菌体 肥料	-	生体重指数	121	127	139	142
			発芽率	95	98	100	100
	標準区	-	生体重指数	100	-	-	-
			発芽率	100	-	-	-
植害試験結果							
消化液		生体重量は、3倍まで増加がみられ、4倍を除いて対照肥料と比較して高い。各区標準区と比較して、同等以上の成績					
脱離液		生体重量は、2倍まで増加がみられ、基準、2倍では対照肥料と比較して高く、3倍以上でやや低下した。各区標準区と比較して、同等以上の成績					
脱水 ケーキ		生体重量は、3倍まで増加がみられるが、対照肥料と比較して下回ったが、各区標準区と比較して、同等以上の成績					

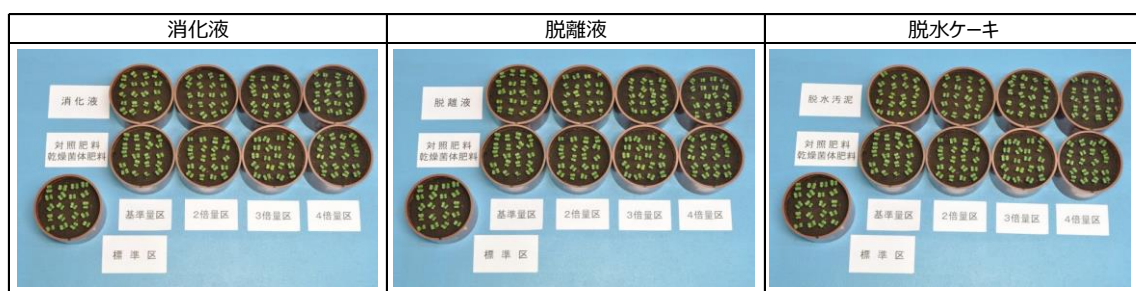


図 2.4-11 発芽状態（上段：サンプル、下段：乾燥菌体肥料、左下：標準）



図 2.4-12 生育状況（上段：サンプル、下段：乾燥菌体肥料、左下：標準）

・肥料成分分析結果

表 2.4-19、2.4-20 に、10 月および 2 月の肥料成分分析結果を示す。

表 2.4-19 肥料成分分析結果 10 月実施

		10月		
分析項目	単位	消化液	脱離液	脱水ケーキ
水分	%	-	-	26.91
pH	-	7.3	7.6	8.2
窒素全量	%	0.20	0.16	1.85
アンモニア性窒素	%	0.11	0.10	0.11
硝酸性窒素	%	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満
りん酸全量	%	0.05	0.03	1.13
加里全量	%	0.09	0.09	0.27
石灰全量	%	0.18	0.12	7.05
苦土全量	%	0.03	0.02	0.54
有機炭素	%	0.80	0.48	25.7
炭素窒素比	-	4.0	3.0	14
塩分	%	0.20	0.16	0.53
比重	-	1.01	1.01	0.24

表 2.4-20 肥料成分分析結果 2 月実施

		2月		
分析項目	単位	消化液	脱離液	脱水ケーキ
水分	%	97.33	98.04	6.81
pH	-	6.9	7.2	8.3
窒素全量	%	0.15	0.12	2.35
アンモニア性窒素	%	0.05	0.05	0.05
硝酸性窒素	%	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満
りん酸全量	%	0.04	0.03	1.21
加里全量	%	0.07	0.08	0.29
石灰全量	%	0.13	0.11	9.85
苦土全量	%	0.02	0.02	0.47
有機炭素	%	0.77	0.47	35.2
炭素窒素比	-	5.1	3.9	15
塩分	%	0.17	0.18	0.72
比重	-	1.00	0.98	0.26

表 2.4-21 に、10 月に対する 2 月の成分結果（比較結果）を記載する。

表 2.4-21 成分比較結果

		倍率（2月/10月）		
分析項目	単位	消化液	脱離液	脱水ケーキ
水分	-	-	-	-
pH	-	0.95	0.95	1.01
窒素全量	-	0.75	0.75	1.27
アンモニア性窒素	-	0.45	0.50	0.45
硝酸性窒素	-	-	-	-
りん酸全量	-	0.80	1.00	1.07
加里全量	-	0.78	0.89	1.07
石灰全量	-	0.72	0.92	1.40
苦土全量	-	0.67	1.00	0.87
有機炭素	-	0.96	0.98	1.37
炭素窒素比	-	1.28	1.30	1.07
塩分	-	0.85	1.13	1.36
比重	-	0.99	0.97	1.08

炭素窒素比に関して、2 月分析分がすべての系で高くなり、アンモニア性窒素に関しては、10 月の全ての系で 2 月の半分ほどの濃度であった。結果として、2 月と 10 月で消化液、脱離液、脱水ケーキの成分分析結果に変化が確認された。

(4)まとめ

肥料成分分析を実施し、肥料取締法における検査項目の植害試験を実施し、全てのサンプルにおいて有害物によると考えられる植物の生育上の異常症状は見られなかった。よって、消化液、脱離液と脱水ケーキそれぞれの成分分析結果に違いは出るものの肥料取締法の基準は満たしており、肥料として効果があることを確認した。

2.5 バイオガス有効利用検討

バイオガス有効利用検討ではバイオガスを発電に供した場合、ボイラー等の燃料利用により熱利用に供した場合、そのまま売ガスした場合それぞれについて検討を行った。さらに機械選別試験及びメタン発酵試験にて得られたデータより処理量別（30 t／日、60 t／日、100 t／日）での発生バイオガス量、発電量及び排熱回収量を試算し、施設運転の為に電力使用量やメタン発酵槽必要加温熱量との比較を実施した。

(1)利用方法検討

バイオガスのそれぞれの利用方法における 1Nm^3 当たりの価値について検討を行った。

FIT 134.9 円／ Nm^3 ³²

熱利用 64.6 円／ Nm^3 （軽油の熱量および単価から算出） ³³

売ガス 2.1 円／ Nm^3 （新潟県長岡市の事例データ参考） ³⁴

(2)処理量別での試算

・試算条件

実処理規模はそれぞれ 21 t／日、42 t／日、74 t／日とする。

発酵適物の選別割合は 40.9 % とし、発酵適物の TS37.9 %、VS29.4 %（2.3.1 メタン発酵試験の設計滞留日数 25 日期間平均時）とする。

バイオガス発生量は $640\text{ Nm}^3/\text{t-VS}$ （滞留日数 25 日平均）もしくは $800\text{ Nm}^3/\text{t-VS}$ （性能評価期間）とし、メタン濃度は 60 %、メタンガス 100 % 時の熱量は $35.8\text{ MJ}/\text{Nm}^3$ とする。

バイオガス発電における発電効率は 32 %、排熱回収効率は 48 % とする

(3)試算結果

図 2.5-1 に試算結果を記載する。加温必要熱量と総使用電力は概算である。

³² $39\text{ 円/kWh} \div \text{単位ガス消費量 } \text{Nm}^3/\text{kW}$

単位ガス消費量 $\text{Nm}^3/\text{kW} = \text{定格消費ガス量} \div \text{定格発電出力}$

定格消費ガス量 $= 14.45\text{ Nm}^3/\text{h}$ （ガスカロリー $35.8\text{ MJ}/\text{Nm}^3$ 時）

定格発電出力 50 kW 単位ガス消費量 Nm^3/kW

³³ バイオガス中のメタン熱量 $35.8\text{ MJ}/\text{Nm}^3 \times 60\% \div \text{軽油熱量 } 38.2\text{ MJ/L}$

$= 0.56\text{ L}/\text{Nm}^3$ 、 $0.56\text{ Nm}^3/\text{L} \times \text{軽油単価 } 115.3\text{ 円}/\text{L}$

³⁴ 新潟県長岡市の買取価格 $19.5\text{ 円}/\text{m}^3$ (0.834 MPaG 時) をノルマル換算し算出

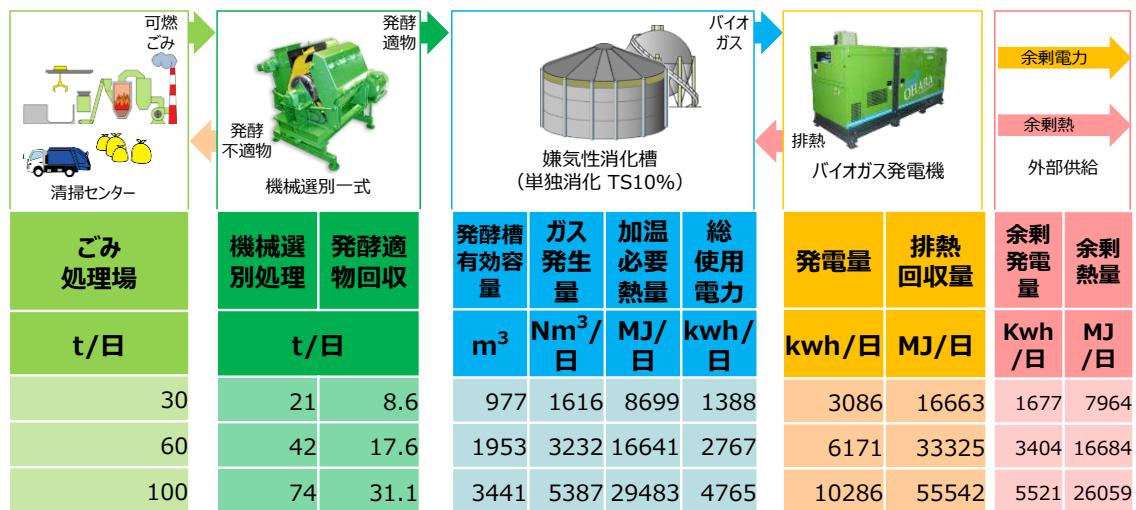


図 2.5-1 バイオガス有効利用検討

(4)まとめ

FIT 制度を活用し売電を行ったケースでは、バイオガスの価値は 134.9 円/Nm³ となる。また、バイオガス中のメタンを熱利用するケースでは（軽油の熱量と比較し算出）、64.6 円/Nm³ となる。次に、新潟県長岡市の事例においてバイオガスの買取価格ベースで 2.1 円/Nm³ となっている（近隣のガス会社に販売しており、買取企業が近隣に隣接していることが重要になる）。

上記より、バイオガスは現時点においては FIT 制度を活用することが最もメリットがあることが明らかである。

今回試算を行った処理規模において比較を行い、バイオガス発電とその排熱回収によって、施設必要電力及び消化槽加温熱量を全て賄うことが可能であり、且つ発電量の約 55 %、回収熱量の約 50 %は余剰となり外部供給可能であることを明らかにした。

2.6 総合評価（水平展開調査）

平取町の焼却施設に試験的に導入した可燃ごみから発酵適物を選別・回収する機械選別施設の導入効果を以下の手順で、評価する。

- ① 可燃ごみから発酵適物を選別・回収する機械選別装置の実証試験結果より、選別率・発酵適物の性状等の整理
- ② 平取町の焼却施設に機械選別施設を本格導入した際の運営・維持管理費、CO₂排出量削減効果の評価
- ③ 平取町周辺自治体のゴミ処理の広域化・集約化効果の評価
- ④ 一般的な中小規模自治体へ機械式選別施設を導入した際の有効性について、運営・維持管理費、CO₂排出量削減効果からの評価

今回実証試験結果より得られた機械選別装置の性能のうち、本事業における総合評価に用いる数値について整理し、表 2.6-1～表 2.6-5 に示した。

(1)選別能力・ごみ発熱量

機械選別装置は、収集可燃物から発酵適物を 40 %分別し、回収することが可能であることが実証された。また、発酵不適物は、ちゅう芥類等の水分が高いごみが分別回収されたことにより、発熱量は約 1.3 倍となることがわかった。

表 2.6-1 選別能力・ごみ発熱量

項目	結果	*採用値	目標
発酵適物の選別割合	収集可燃ごみ量の平均 40.9 %	40 %	—
ちゅう芥類の回収率	87.9 %	-	80 %
異物の混入率	4.5 %	-	3 %
発酵不適物の低位発熱量	10.6 MJ/kg（1.36 倍）	1.3 倍	収集ごみに対して 1.3 倍以上 （新設の場合のごみ質の設定）

*採用値：今後の検討の際に用いる数値として設定したもの

(2)発酵適物のメタン発酵試験結果

発酵適物のメタン発酵試験結果より、累積投入量（VS）あたりの発生ガス量は 0.7 Nm³/kg-投入 VS、メタンガス濃度は 60 %前後の値が得られている。また、発電効率、大原鉄工所のバイオガス発電機実績より 32 %とした。

表 2.6-2 発酵適物のメタン発酵試験結果

項目	結果	*採用値	備考等
発生ガス量	0.5～0.8 Nm ³ /kg-投入 VS	0.7	実証試験値より設定
発電効率	(設定値)	32 %	バイオガス発電機実績
メタンガス濃度	51.8～65.8 %	60 %	実証試験値より設定

*採用値：今後の検討の際に用いる数値として設定したもの

(3)肥料試験結果

発酵適物の発酵後の汚泥を肥料として利用した場合の植害試験結果は、表 2.6-3 の通りであり、消化液（発酵残渣）、脱水脱離液及び脱水ケーキは、肥料として使用可能であることが明らかになった。

表 2.6-3 肥料試験結果

項目	発芽率	有害性・異常性	評価
消化液	90 %以上	見受けられない	消化液、脱離液、脱水ケーキは、肥料として使用可能であることが明らかになった。
脱離液	90 %以上	見受けられない	
脱水ケーキ	90 %以上	見受けられない	

(4)機械選別施設の建設費

実証試験を行った規模の機械選別施設を既設の焼却炉に導入する場合の建設費を表 2.6-4 に示す。

表 2.6-4 実証試験を行った規模の機械選別施設の導入費用

項目	(単位)	費用	備考等
機械選別施設建設費	(千円)	591,150	処理能力：5t/h
土木建築	(千円)	172,250	建屋は ALC とした
機械電気	(千円)	418,900	大原鉄工所より

(5)機械選別施設の維持管理費

機械選別施設の維持管理費について、実証試験結果より表 2.6-5 に示す。この費用は、6,080 t/年（平均日処理量 16.7 t、240 日稼働とした場合には、25.2 t/日）を分別処理した場合のメーカーヒアリング値による。今回実証試験を行った平取町における各費用の条件は以下のとおりである。

- ・人件費：施設の運転人員・2 名、人件費単価・4,000 千円／人
- ・電力費：電力消費量・108,100 kWh／年、電力費単価・22.2 円／kWh（基本料金含む）
- ・薬品費：脱臭剤、油類を加算（単価はメーカーヒアリング値）
- ・機器補修費：機械電気設備費の 1.6 %

表 2.6-5 機械選別施設の維持管理費

項目		(単位)	費用	備考等
維持管理費		(千円/年)	17,600	
	人件費	(千円/年)	8,000	2 名(4,000 千円/人)
	電力費	(千円/年)	2,400	大原鉄工所より
	薬品その他	(千円/年)	200	大原鉄工所より
	機器補修費	(千円/年)	7,000	機械電気の 1.6%

具体の検討や評価結果については、3.二酸化炭素削減効果および 4.水平展開（横展開）の可能性にて述べる。

2.7 有識者等外部委員会の開催

本事業では、有識者および共同実施者等で構成される有識者等外部委員会を設置した。多様な観点からの指摘・助言を反映させることにより、事業を深化していくことを目標として、全3回（東京1回、北海道2回）の有識者等外部委員会を開催した。各回の委員会の詳細については、以下の表の通りである。

(1)第1回有識者等外部委員会

表 2.7-1 第1回有識者等外部委員会

委員会の様子	概要
	日時 平成30年11月2日（金） 場所 びらとりふれあいセンター 出席者 計19名 内容 実証試験設備見学 各検討項目の中間報告

第1回有識者等外部委員会では、構成員の自己紹介から始まり、平成29年度の事業において構築した試験実証設備（機械選別試験装置およびメタン発酵試験装置）の見学を行った。また、本事業の検討項目の進捗状況の共有を行い、各検討項目の結果について意見交換が行われた。

(2)第2回有識者等外部委員会

表 2.7-2 第2回有識者等外部委員会

委員会の様子	概要
	日時 平成31年2月1日（金） 場所 ビジョンセンター浜松町 出席者 計20名 内容 各検討項目の進捗報告

第2回有識者等外部委員会では、検討項目の進捗状況の報告を行った。試験結果や水平展開における検討結果等の報告を受け、具体的内容に踏み込んだ協議が行われた。

(3)第3回有識者等外部委員会

表 2.7-3 第3回有識者等外部委員会

委員会の様子	概要
	日時 平成31年3月6日（水） 場所 びらとりふれあいセンター 出席者 計19名 内容 各検討項目の最終報告

第3回有識者等外部委員会では、各検討項目の最終報告が行われ、主に水平展開に関する協議が行われた。有識者等外部委員より、基礎データに基づいた検証が行えていること、今回の最終報告を踏まえた上で環境省が推進している「地域循環共生圏」構想と本システムが適合するため、次に繋がる成果として評価を受けた。

2.8 共同実施者との連絡調整

本業務では、共同実施者である平取町、国立大学法人長岡技術科学大学、株式会社 NJS において、各検討項目の進捗状況の方向性および水平展開調査について計 7 回（東京 5 回、北海道 1 回、新潟 1 回）の打ち合わせを実施した。開催の詳細については、以下の通りである。

(1) 第 1 回共同実施者との連絡調整

表 2.8-1 第 1 回共同実施者との連絡調整

会議の様子	概要
	日時 平成30年4月17日（火） 場所 株式会社 NJS 出席者 株式会社 大原鉄工所 2名 株式会社 NJS 5名 内容 今年度の業務内容の確認 スケジュールについて

本年度の業務内容の役割分担について確認し、水平展開に係る進め方や検討方法について協議した。また、平成 30 年度の事業スケジュールについて確認した。

(2) 第 2 回共同実施者との連絡調整

表 2.8-2 第 2 回共同実施者との連絡調整

会議の様子	概要
	日時 平成30年9月3日（月） 場所 株式会社 NJS 出席者 株式会社 大原鉄工所 1名 株式会社 NJS 6名 内容 作業内容の確認

試験結果の進捗報告を行い、事業の進め方や検討方法について再確認した。特に水平展開調査に向けて、施設規模の選定やコストの算定方法について協議を行った。

(3)第3回共同実施者との連絡調整

表 2.8-3 第3回共同実施者との連絡調整

会議の様子	概要
	日時 平成30年12月7日（金） 場所 株式会社 大原鉄工所 出席者 株式会社 大原鉄工所 2名 株式会社 NJS 4名 内容 水平展開に係る協議 モデルケース（平取町案）について

水平展開調査に係る進捗状況を確認し、モデルケース（平取町案）の検討を開始するための検討内容の整理を実施した。

(4)第4回共同実施者との連絡調整

表 2.8-4 第4回共同実施者との連絡調整

会議の様子	概要
	日時 平成30年12月18日（火） 場所 平取町リサイクルセンター 出席者 平取町外2町衛生施設組合 2名 平取町役場 1名 株式会社 大原鉄工所 2名 株式会社 NJS 5名 内容 モデルケース（平取町案）について

モデルケース（平取町）の検討項目や試算値等について、平取町外2町衛生施設組合関係者にヒアリングを実施した。また、施設配置検討について実際の資料を確認しながら、協議を行った。

(5)第5回共同実施者との連絡調整

表 2.8-5 第5回共同実施者との連絡調整

会議の様子	概要
	日時 平成31年1月9日（水） 場所 株式会社 NJS 出席者 株式会社 大原鉄工所 2名 株式会社 NJS 7名 内容 モデルケース（平取町案）、配置案について

平取町外2町衛生施設組合でのヒアリングを踏まえて、衛生施設組合における配置案の検討とモデルケース（平取町）の試算値について確認を実施した。水平展開に係るケースごとの概算事業費等の確認も行った。

(6)第6回共同実施者との連絡調整

表 2.8-6 第6回共同実施者との連絡調整

会議の様子	概要
	日時 平成31年2月26日（火） 場所 株式会社 NJS 出席者 株式会社 大原鉄工所 1名 株式会社 NJS 6名 内容 総合評価の検討 成果報告書

第2回有識者等外部委員会での有識者からの意見を踏まえて、総合評価にかかる算定条件について再確認を実施した。第3回有識者等外部委員会に向けての報告内容、スケジュールについて共有を図った。

(7)第 7 回共同実施者との連絡調整

表 2.8-7 第 7 回共同実施者との連絡調整

会議の様子	概要
	日時 平成31年3月13日（水） 場所 株式会社 NJS 出席者 株式会社 大原鉄工所 1名 株式会社 NJS 3名 北海道大学 1名 内容 総合評価の検討 成果報告書 審査委員会

総合評価（水平展開）に係る成果報告書および審査委員会の取りまとめについて、協議を行った。

2.9 平成 30 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

下記に本年度において参加した検討会および説明会を記載する。

(1)「平成 30 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法等に係る検討調査委託業務」検討会

表 2.9-1 検討調査委託業務ヒアリング等への協力（1 回目）

実施日	平成 30 年 11 月 1 日（木）
実施場所	航空会館 201 会議室（東京都港区新橋）
主催者	一般社団法人 日本環境衛生センター
発表内容	「機械選別を用いたメタン発酵処理システムによる中小規模廃棄物処理施設での再資源化・エネルギー化方法の評価・検証」事業説明
参加者	株式会社 大原鉄工所：高橋（発表者）、八木

(2)「平成 30 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法等に係る説明会」

表 2.9-2 検討調査委託業務ヒアリング等への協力（2 回目）

実施日	平成 31 年 3 月 19 日（火）
実施場所	TKP 新橋カンファレンスセンター ホール 1A（東京都港区西新橋）
主催者	環境省、廃棄物資源循環学会
発表内容	「機械選別を用いたメタン発酵処理システムによる中小規模廃棄物処理施設での再資源化、エネルギー化方法の評価・検証」事業
出席者	株式会社 大原鉄工所：高橋

2.10 撤去工事

本業務では、平成 29 年度に構築した機械選別機器およびメタン発酵設備の撤去工事を行うものである。予定していた検討項目（試験および作業）の終了に伴い、工期を平成 31 年度 2 月 12 日から 2 月 22 日と定めた。工事の作業内容を表 2.10-1 に示す。撤去作業風景を図 2.10-1 から図 2.10-3 に示す。2 月 22 日に現場代理人、平取町衛生施設組合および撤去工事業者 3 者にて完了検査を行い、撤去工事を終えたことを報告する。

表 2.10-1 撤去工事作業工程

			2月																						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土
①	撤去工事前掃除																								
		建屋およびメタン発酵装置清掃						●	→																
②	撤去工事	電気配線撤去												●	→										
		配管撤去工事												●	→										
		機械設備、メタン発酵設備解体														●	→								
		積込作業																●	→						
		配車手配																	●	→					
		細部修復作業																			●	→			
		建屋設備撤去、修復作業																			●	→			
		完了検査、立ち合い																						●	



図 2.10-1 撤去工事前風景

配線撤去	配管撤去	配線撤去
		
破袋機撤去	移送コンベア撤去	粒度選別機撤去
		
傾斜コンベア撤去	破碎選別機撤去	スクルーフィーダー 2 撤去
		
メタン発酵コンテナ撤去	ガスバックユニット撤去	壁面修繕工事
		

図 2.10-2 撤去工事作業風景

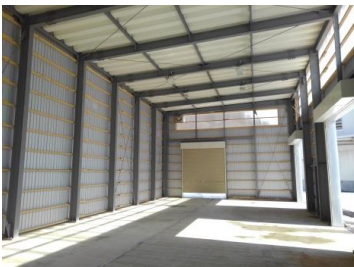
撤去後写真（外観）	撤去後（建屋内）	完了検査
		

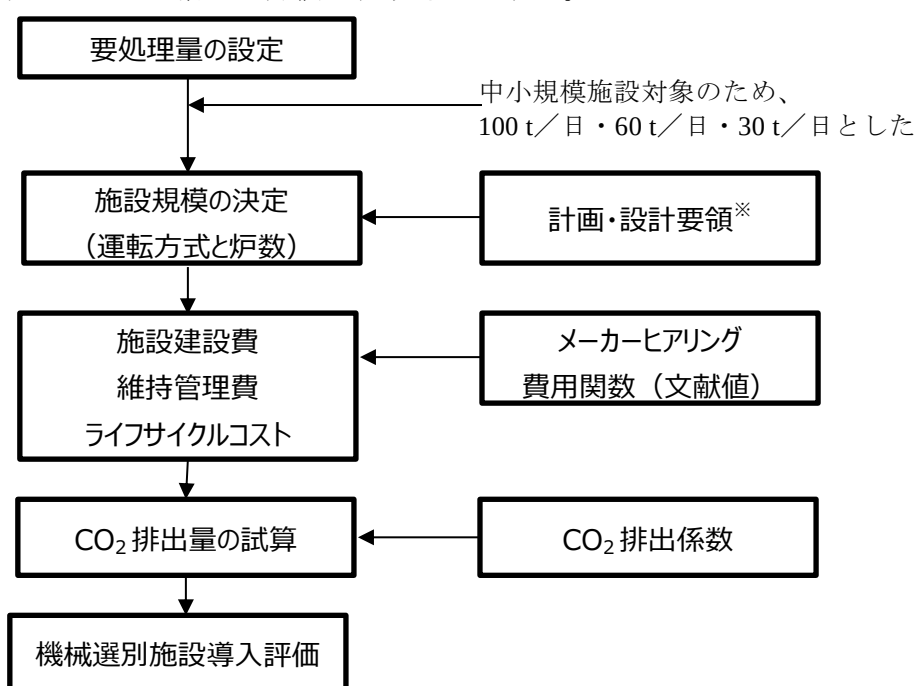
図 2.10-3 撤去工事後風景

3. 二酸化炭素削減効果

二酸化炭素削減効果については、焼却炉を新設する際に、機械選別施設を導入しない場合とした場合の二酸化炭素排出量を算定し、機械選別施設導入時の二酸化炭素削減量を算定する。合わせて別途算定した導入時のコストより二酸化炭素削減にかかるコストを算出する。また、今年度当初に掲げていた目標に対する達成の有無を評価するものとする。

3.1 検討ケースの設定

新設中小規模焼却施設に機械選別施設を導入した場合の二酸化炭素削減効果について、以下のフローに沿って評価を行うものとする。

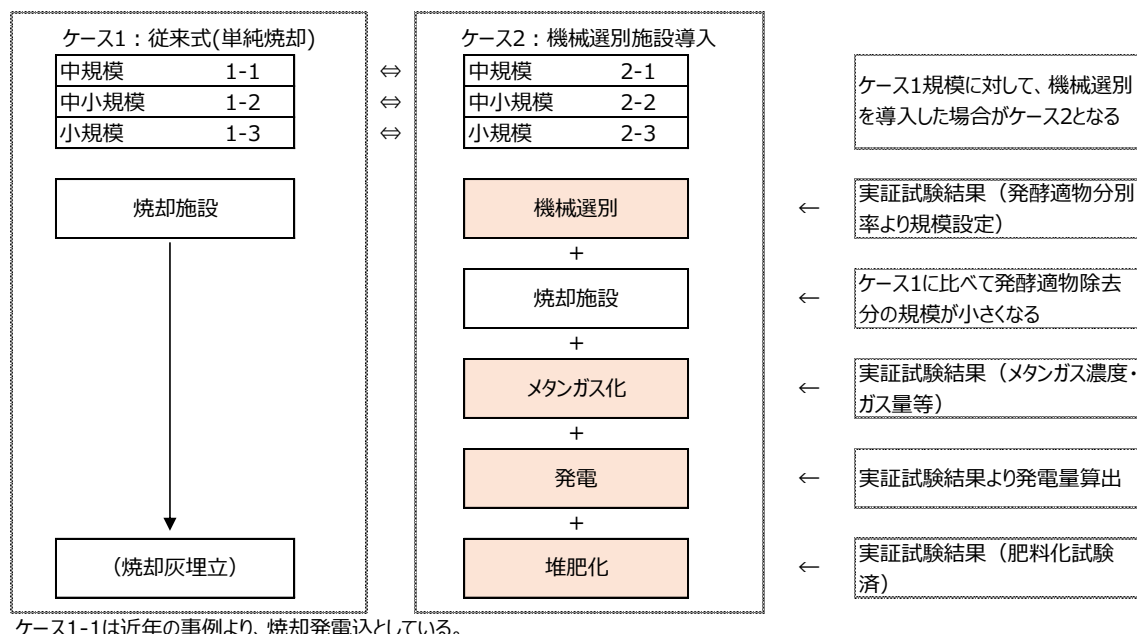


※ごみ処理施設整備の計画・設計要領-2017 改訂版-((公社)全国都市清掃会議)

図 3.1-1 検討フロー

3.1.1 検討ケースの考え方

本検討においては、単純焼却を行った場合（ケース 1）と機械選別施設を導入し発酵適物を分別・回収した後、メタン発酵・ガス発電を行った場合（ケース 2）について、建設費・維持管理費及び CO₂ 排出量について試算し、機械選別施設の有効性について評価するものである。ケースを図 3.1-2 に示し、各ケースの処理量を表 3.1-1 に示す。



ケース1-1は近年の事例より、焼却発電込としている。

図 3.1-2 検討ケースの考え方

表 3.1-1 処理量と施設規模の関係

対象ごみ量の設定			(単位)	ケース1			ケース2		
				ケース1-1	ケース1-2	ケース1-3	ケース2-1	ケース2-2	ケース2-3
条 件	施設規模		(t/日)	100	60	30	64	36	18
	運転時間		(h/日)	24	16	8	16	8	8
	可燃物量	365日平均	(t/日)	74	42	21	74	42	21
	日平均処理量 (365日)	発酵不適物	(t/日)	74	42	21	44	25	13
		発酵適物	(t/日)	-	-	-	30	17	8
施設稼働日		(日)	280	280	280	280	280	280	
	稼働日数あたり 処理量	機械選別	(t/日)	-	-	-	96	55	27
		発酵不適物	(t/日)	96	55	27	57	33	17
		発酵適物	(t/日)	-	-	-	39	22	10

3.1.2 検討ケースの設定

検討ケースの考え方に従い、中小規模施設として、ごみ焼却施設規模を 100 t/日・60 t/日・30 t/日の 3 つの規模を設定し、施設規模別の機械選別施設導入による効果を検討する。

ごみ焼却施設規模の考え方は、「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 年改訂版：公益社団法人 全国都市清掃会議」（以下、「設計要領」）を参照する。設計要領によると 100 t/日・60 t/日・30 t/日の施設規模となる焼却施設の実際のごみ焼却量は、施設稼働の調整率が入るため、365 日平均焼却量として 74 t/日・42 t/日・21 t/日となる。

本検討では、稼働日数を 280 日/年とする。280 日/年は、設計要領より算出され

る稼働日数よりも大きく、稼働日あたりの焼却量は、それぞれ 97 t／日・55 t／日・27 t／日と計算される。なお、機械選別施設を導入した場合は、実証試験結果より可燃ごみの 40 %を発酵適物として選別・回収できるものとする。

表 3.1-2 検討ケースにおける焼却量および機械分別量

施設規模等	単純焼却	今回提案式 (機械選別施設導入)
中規模施設	ケース 1-1 ごみ焼却量：74 t／日 (365 日平均処理量) (焼却規模 100 t／日)	ケース 2-1 機械選別量：74 t／日 ごみ焼却量：44 t／日 (焼却規模 64 t／日) 発酵適物量：30 t／日(選別量の 40 %)
中小規模施設	ケース 1-2 ごみ焼却量：42 t／日 (365 日平均処理量) (焼却規模 60 t／日)	ケース 2-2 機械選別量：42 t／日 ごみ焼却量：25 t／日 (焼却規模 36 t／日) 発酵適物量：17 t／日(選別量の 40 %)
小規模施設	ケース 1-3 ごみ焼却量：21 t／日 (365 日平均処理量) (焼却規模 30 t／日)	ケース 2-3 機械選別量：21 t／日 ごみ焼却量：13 t／日 (焼却規模 18 t／日) 発酵適物量：8 t／日(選別量の 40 %)

3.1.3 マテリアルバランスフロー

ケース 2（機械選別施設を導入する場合）について、実証試験により得られた前提条件より作成したマテリアルバランスを表 3.1-3 および図 3.1-4 から図 3.1-6 に示す。図 3.1-3 にはマテリアルバランスフローのイメージを示す。

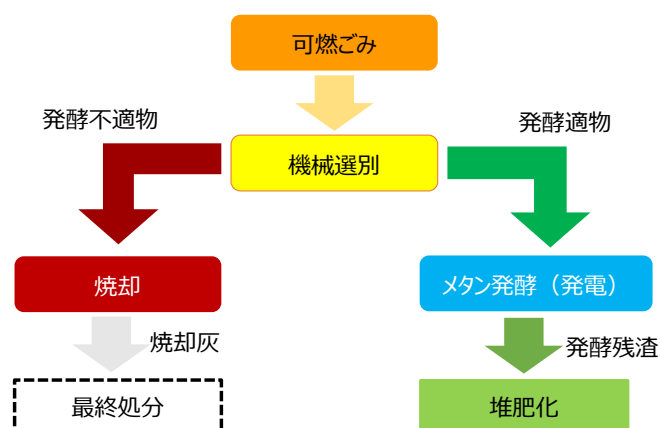


図 3.1-3 焼却施設に機械式選別施設を導入した場合のイメージ

表 3.1-3 マテリアルバランスフロー

項目			ケース			式等	備考	
			2-1	2-2	2-3			
想定規模			t/日	100	60	30	(1)	設定
一般可燃ごみ		処理量	t/年	27,010	15,330	7,665	(2)	設定
		(日平均処理量)	t/日	74.0	42.0	21.0	= (2)/365	365日平均換算
機械選別	投入ごみ	稼働日数	日/年	280.0	280.0	280.0	(3)	設定
		投入ごみ量	t/日	96.5	54.8	27.4	(4) = (2)/(3)	稼働日数あたり
		固形物濃度	%	51.8	51.8	51.8	(5)	平取町実測値 (平均)
		固形物量	Dst/日	50.0	28.4	14.2	(6) = (4)*(5)/100	
	粒度選別機	投入量	t/日	96.5	54.8	27.4	(7) = (4)	
		大型物除去率	%	28	28	28	(8)	実証試験より
		大型物量 (発酵不適物)	t / 日	27.0	15.3	7.7	(9) = (7)*(8)/100	
	破碎選別機	投入量	t / 日	69.5	39.5	19.7	(10) = (7)* (1-(8)/100)	
		発酵不適物除去率	%	45.8	45.8	45.8	(11)	実証試験より設定
		加水率	%	2.5	2.5	2.5	(12)	実証試験より設定
		加水量	m ³ /日	2.41	1.37	0.69	(13) = (4)*(12)/100	
	発酵不適物	破碎後不適物量	t / 日	31.8	18.1	9.0	(14) = (10)*(11)/100	
		不適物量	t / 日	58.8	33.4	16.7	(15) = (9)+(14)	
		365日平均換算	t / 日	45.1	25.6	12.8	(16) = (15)*(3)/365	
	発酵物貯留槽	発酵物量	t / 日	40.1	22.8	11.4	(17) = (10)*(1-(11)/100) +(13)	
		かさ比重	-	0.6	0.6	0.6	(18)	実証試験より
		必要体積	m ³ /日	66.8	38.0	19.0	(19) = (17)/(18)	
	メタン発酵	発酵適物	365日平均換算	t / 日	30.8	17.5	8.7	(20) = (17)*(3)/365
固形物濃度			%	37.9	37.9	37.9	(21)	実証試験より設定
加水量			m ³ /日	85.9	48.8	24.3	(22) = (20)*(21)/100/(10/100)-(20)	TS10 % ・実証試験より設定
メタン発酵槽		投入量	m ³ /日	116.7	66.3	33.0	(23) = (20)+(22)	
		固形物濃度	%	10	10	10	(24)	設定
		固形物量	Dst/日	11.7	6.6	3.3	(25) = (23)*(24)/100	
		有機物濃度(VS/TS)	%	77.0	77.0	77.0	(26)	実証試験より設定
メタン発酵ガス		固形物あたりメタンガス発生量	Nm ³ /Dst	640	640	640	(27)	実証試験より設定
		ガス発生量	Nm ³ /日	7,469	4,243	2,112	(28) = (25)*(27)	実証試験より設定
		メタン濃度	%	60	60	60	(29)	実証試験より設定
ガス発電機		発電効率	%	32	32	32	(30)	大原鉄工所発電機効率
		メタンガス発熱量	MJ/Nm ³	35.8	35.8	35.8	(31)	化学便覧より
		発電量	kWh/日	14,260	8,102	4,033	(32) = (28)*(29)/100*(31)/3.6*(30)/100	
		発電規模	kW	60	60	60	(33)	大原鉄工所発電機能力
		基数	基	10	6	3	(34) = (32)/(33)	発電量より算出
発酵残渣		汚泥量	m ³ /日	116.7	66.3	33.0	(35) = (23)	
		固形物濃度	%	5.6	5.6	5.6	(36)	実証試験より設定
		固形物量	Dst/日	6.5	3.7	1.8	(37) = (35)*(36)/100	
		水量	m ³ /日	110.2	62.6	31.2	(38) = (35)-(37)	

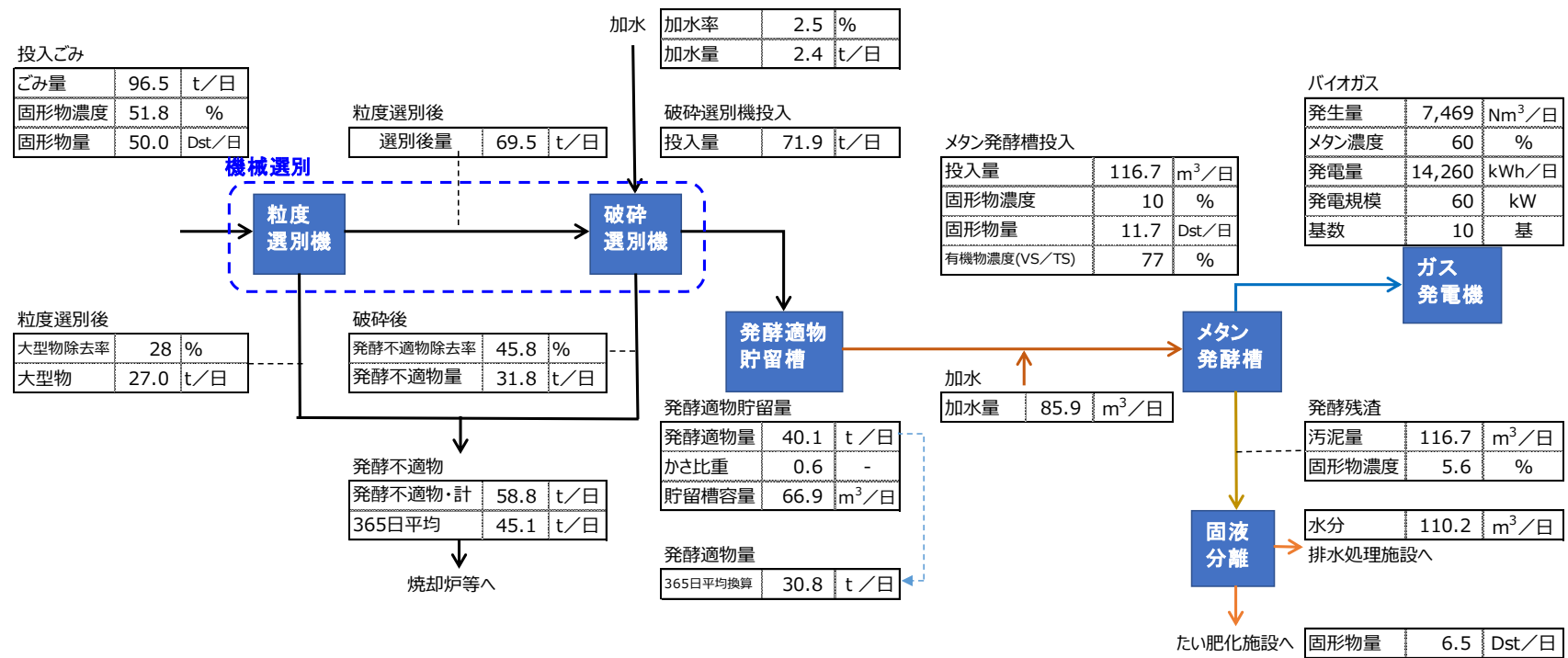


図 3.1-4 マテリアルバランスフロー（ケース 2-1・100 t/日規模）

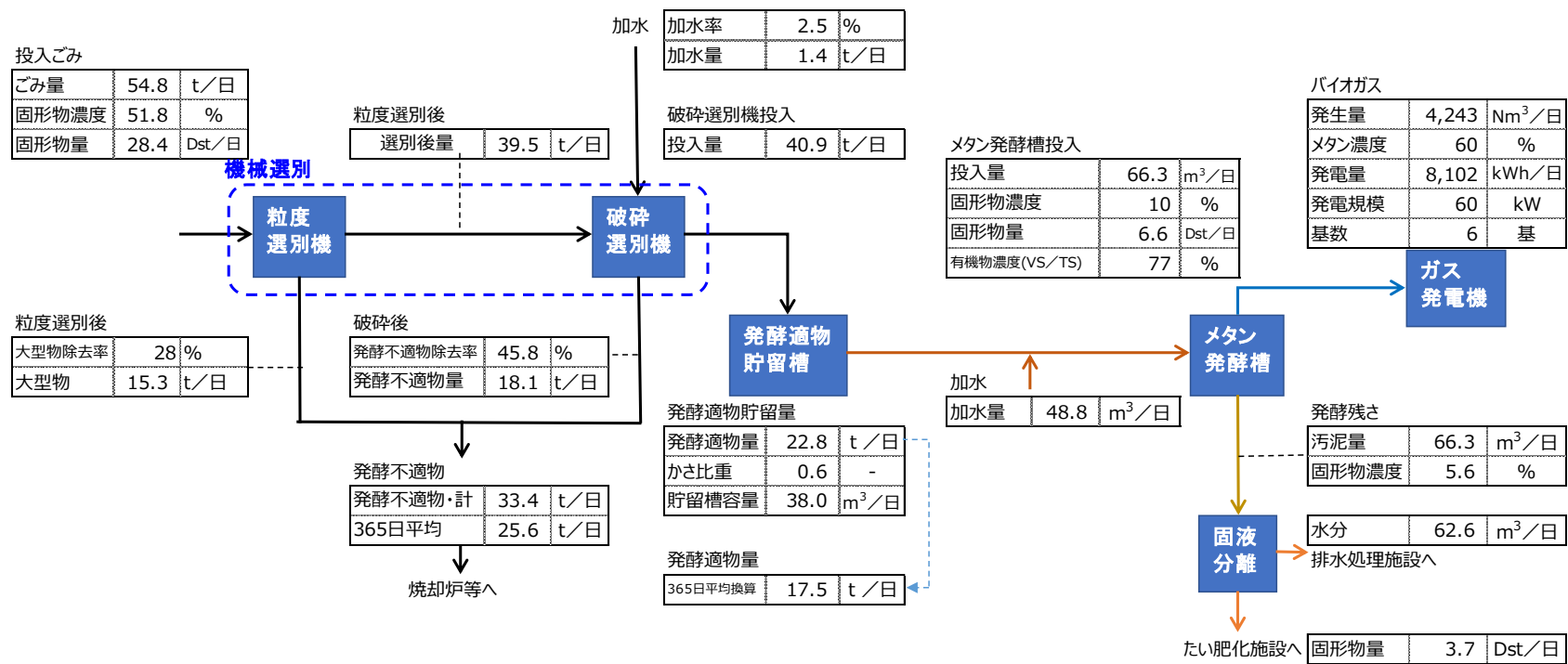


図 3.1-5 マテリアルバランスフロー（ケース 2-2・60 t/日規模）

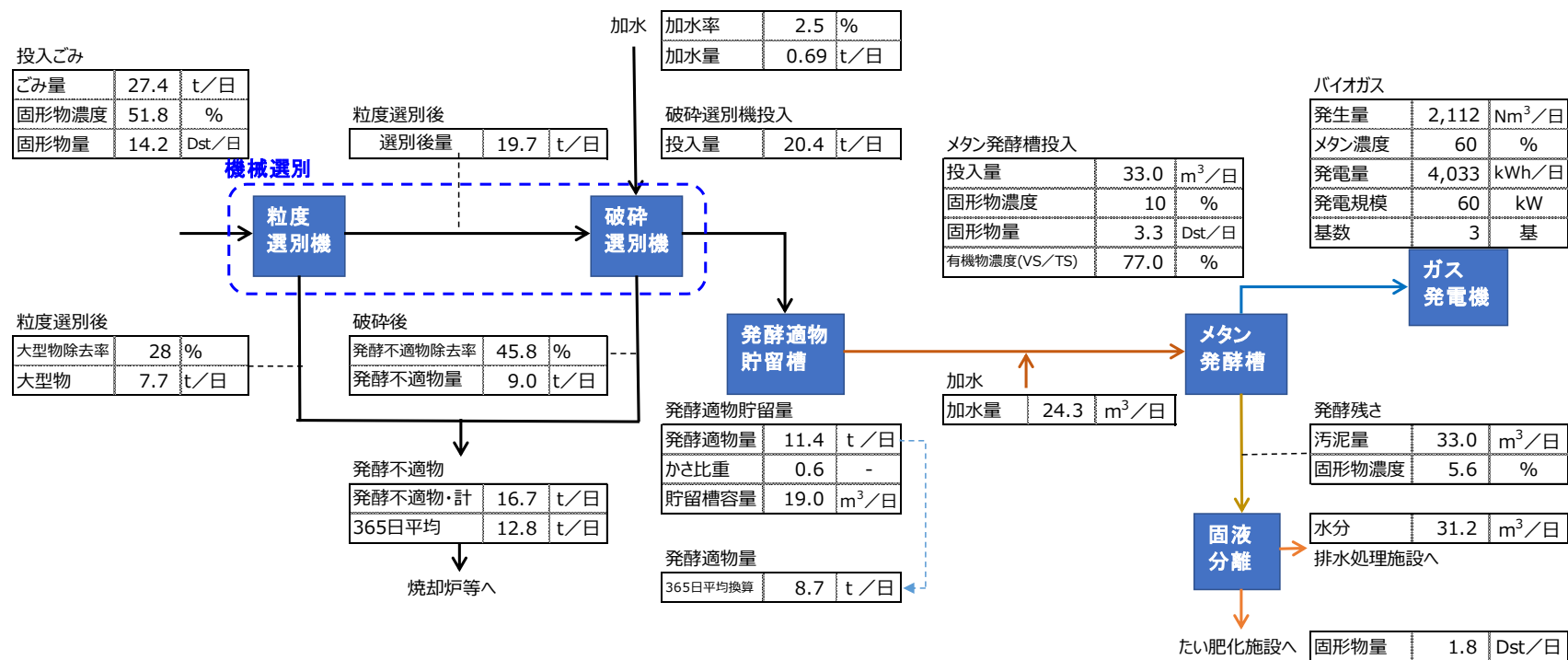


図 3.1-6 マテリアルバランスフロー（ケース 2-3・30 t/日規模）

3.1.4 建設費の算定

(1)建設費・費用関数等の設定

検討に使用する資料・費用関数等は以下の通りである。

表 3.1-4 施設建設費検討に用いる資料・費用関数

項目	費用関数	資料
建設費用		
焼却施設規模の算定		ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 年改訂版
運転方式		ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止ガイドライン
ごみ質		ごみ処理施設の計画・設計要領 H11.8
焼却施設建設費	Y (百万円) = $718.27X^{0.5702}$ X : 施設規模 (t/日)	メーカーヒアリング・焼却施設建設費から費用関数を作成した。
機械選別施設建設費		大原鉄工所より
メタン発酵施設建設費		大原鉄工所より
発電設備建設費	Y (百万円)= $19.979X^{0.373}$ X : 発電規模 (kW)	大原鉄工所より
排水処理設備建設費	Y (千円)= $5356.2X+42785$ X : 排水処理量 (m ³ /日)	大原鉄工所より
堆肥化施設建設費		他都市事例調査より、堆肥化施設の費用を算出した。
維持管理費		
全ての設備 (処分場除く)		メーカーヒアリング
電力料金	17 円/kWh	東京電力単価より設定 (使用量とした)
埋立処分費	30 千円/t	一般廃棄物処理実態調査 H28 年単価

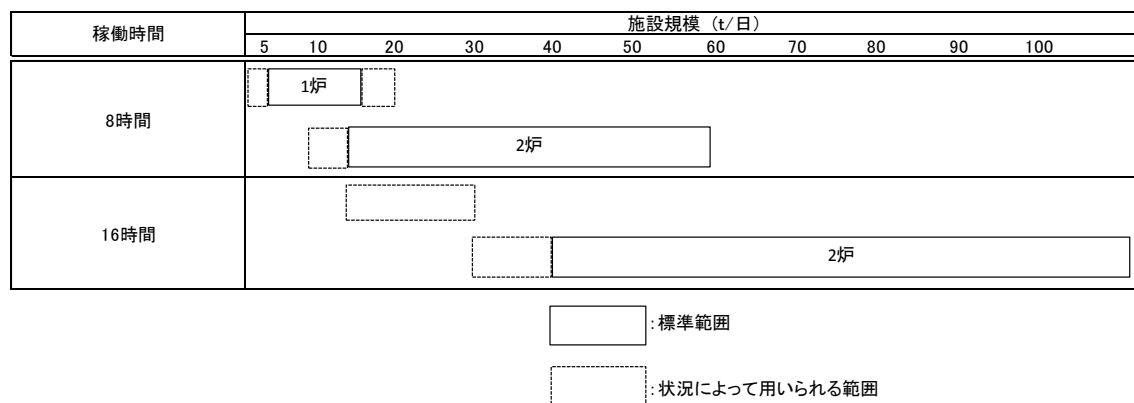
(2)焼却施設の運転方式と炉数の算定

メーカーヒアリングにあたり、施設規模の考え方は、前述のとおり「設計要領」を参照した。

「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止ガイドライン」(ごみ処理に係るダイオキシン削減対策検討会、1997 年 1 月、以下「ガイドライン」) では、原則として新たに建設されるごみ焼却施設は、連続運転式ごみ焼却施設とすることを定めており、施設規模は、ごみ処理の効率性、発電効率、経済性から考えて最低でも 1 施設約 100 t/日

(24 時間稼働) 以上とすべきとされている。

一方で、施設規模が 100 t/日より小さくなる場合は、ガイドラインではできる限り連続運転とすることと示されているものの、施設の効率的な運転の観点から、「設計要領」にて、図 3.1-7 の通り稼働時間の目安が示されている。ヒアリングにあたっては、この図を参考として施設規模と炉数の関係を図 3.1-75 の通り設定した。



(出典：設計要領、P487 図 4.1.4-2 間欠運転式施設の規模と炉数の関係)

図 3.1-7 間欠運転式施設の規模と炉数の関係

表 3.1-5 各ケースにおける焼却施設規模の範囲と運転方式および炉数

ケース	焼却施設規模の範囲	運転方式と炉数
ケース 1-1	80 t/日以上	連続運転式 2 炉
ケース 1-2・2-1	60 t/日～80 t/日	間欠運転式 (16 h) 2 炉
ケース 1-3・2-2・2-3	15 t/日～60 t/日	間欠運転式 (8 h) 2 炉

(3)焼却施設規模の算定

ケース 1-1、1-2、1-3 の焼却施設規模は前述のとおり 100 t/日、60 t/日、30 t/日である。ケース 2-2、2-2、2-3 に対し、焼却施設規模および炉数と炉あたりの焼却処理能力を設定する。

施設規模は以下の式により設定する。

施設規模=計画日平均焼却処理量／実質稼働率／調整稼働率
より

計画日平均焼却処理量＝施設規模／（実質稼働率／調整稼働率）

各ケースに対する施設規模と炉数の設定および計画日平均焼却処理量の算定結果を示す。

表 3.1-6 焼却施設規模の算定（ケース 1・単純焼却）

ケース	施設規模・及び算出式	日処理量
ケース 1-1	・ 100 t／日施設（50 t／24h×2 炉） ・ 全連続式運転 ・ 実質稼働率：76.7 %＝280 日／365 日 - 年間停止日数の内訳： 30 日（補修整備期間）+点検期間 15 日×2 回+全停止期間 7 日+ 起動に要する日数 3 日×3 回+停止に要する日数 3 日×3 回＝85 日 ・ 調整稼働率：96 % ・ 計画日平均処理量：100 t／日＝$X(t／日) \div 0.767 \div 0.96$	74 t／日 （日平均） 96 t／日 （280 日として）
ケース 1-2	・ 60 t／日施設（30 t／16 h×2 炉） ・ 間欠運転（16 時間） ・ 実質稼働率：69.3 %＝253 日／365 日 - 年間停止日数の内訳： 土日、年末・年始及び施設補修日とする）、日曜日・土曜日（104 日）+年末年始 3 日+施設補修日 5 日＝112 日 ・ 調整稼働率：時間延長により対応するため、考慮しない。 ・ 計画日平均処理量：60 t／日＝$X(t／日) \div 0.693$	42 t／日 （日平均） 55 t／日 （280 日として）
ケース 1-3	・ 30 t／日施設（15 t／8 h×2 炉） ・ 間欠運転（8 時間） ・ 実質稼働率：69.3 %＝253 日／365 日 - 年間停止日数の内訳： 土日、年末・年始及び施設補修日とする）、日曜日・土曜日（104 日）+年末年始 3 日+施設補修日 5 日＝112 日 ・ 調整稼働率：時間延長により対応するため、考慮しない。 ・ 計画日平均処理量：30 t／日＝$X(t／日) \div 0.693$	21 t／日 （日平均） 27 t／日 （280 日として）

表 3.1-7 焼却施設規模の算定（ケース 2・機械選別施設導入後）

ケース	処理量・必要施設規模の算定	施設規模・日処理量
ケース 2-1	・ 日平均処理量：44 t／日（ケース 1-1 の 6 割） ・ 実質稼働率は、ケース 1-2 に準ずる（69.3%）。 ・ 施設規模：44 t／日 $\div 0.693 = 64 t／日$（32 t／16 h×2 炉） ・ 64 t／日より、間欠運転（16 時間）とする。 ・ 調整稼働率：時間延長により対応するため、考慮しない。	施設規模：64 t／日 44 t／日 （日平均） 57 t／日 （280 日として）
ケース 2-2	・ 日平均処理量：25 t／日（ケース 1-2 の 6 割） ・ 実質稼働率は、ケース 1-3 に準ずる（69.3 %）。 ・ 施設規模：25 t／日 $\div 0.693 = 36 t／日$（18 t／8 h×2 炉） ・ 36 t／日より、間欠運転（8 時間）とする。 ・ 調整稼働率：時間延長により対応するため、考慮しない。	施設規模：36 t／日 25 t／日 （日平均） 33 t／日 （280 日として）
ケース 2-3	・ 日平均処理量：13 t／日（ケース 1-3 の 6 割） ・ 実質稼働率は、ケース 1-3 に準ずる（69.3 %）。 ・ 施設規模：13 t／日 $\div 0.693 = 18 t／日$（t／8 h×2 炉） ・ 18 t／日より、間欠運転（8 時間）とする。 ・ 調整稼働率：時間延長により対応するため、考慮しない。	施設規模：18 t／日 13 t／日 （日平均） 17 t／日 （280 日として）

(4)発酵適物を選別・回収した場合のごみの発熱量

炉の設計の基本となる基準ごみの発熱量の設定は、全国のごみ質分析結果が記載されている旧ごみ処理施設整備の計画・設計要領（H11.8）より、基準ごみの発熱量を 9,000 kJ/kg として設定した³⁵。またごみの低質：高質の比率は、「設計要領」において、低質：高質の比の範囲 1：2～2.5 が”常識的な”範囲とされていることから、基準ごみを中心として、高質／低質が 2.0 となる範囲（6,000～12,000）を設定した。機械選別後の発熱量は、今回実証試験結果より、選別前と比較して 1.3 倍（基準ごみ：9,000→12,000）とした。

表 3.1-8 発熱量の設定

項目	単純焼却 (ケース 1-1～1-3)	今回提案型 (ケース 2-1～2-3)	備考
発熱量 (kJ/kg)	6,000-12,000 (基準：9,000)	8,000-16,000 (基準：12,000)	単純焼却の約 1.3 倍とした。

出典：旧・ごみ処理施設整備の計画・設計要領(H11.8、(社)全国都市清掃会議)P36 より基準ごみを設定した(8,760⇒9,000)

(5)焼却施設建設費

規模別の焼却施設の建設費について、メーカーヒアリングを実施した。メーカーヒアリングは、4 社問い合わせ、1 社より回答が得られた。本ケースでは、単純焼却となるケース 1-1（100 t/日規模）のみ、発電を設けている。結果を表 3.1-9 に示す。

メーカーヒアリングの結果、施設規模 t あたりの単価は、1.1 億円～2.9 億円となっている。直近の熱回収施設（ごみ焼却施設）の落札動向のまとめを調査すると（平成 29 年度）、100 t/日以上以上の施設の平均額が、80,315 千円/t、49 t 以下が 156,200 千円/t となっている³⁶。環境省循環型社会形成推進交付金サイトの廃棄物処理施設の入札・契約データベース（熱回収施設）（平成 23 年 5 月）³⁷の予定価格と契約金額では、1.2 倍ほどの開きがあることから、これを平成 29 年度実績に当てはめると、96,400 千円/t、187,400 千円/t となる。特に、30 t/日以下の施設については、今回ヒアリング結果と、実際の入札額に、大きな差が生じたことから、廃棄物処理施設整備事業データブック 2015（環境産業新聞社）³⁸の 100 t/日未満の個別施設の最近三年間（2009-2011）の入札結果から、焼却施設建設費について、補正を試みた（表 3.1-10、図 3.1-8）。

³⁵ 「ごみ処理施設整備の計画・設計要領」（H11.8、(社)全国都市清掃会議）

³⁶ 「都市と廃棄物」2018 年 7 月号（(株)環境産業新聞社）

³⁷ 「廃棄物処理施設の入札・契約データベース（熱回収施設）」（環境省、2011 年 5 月）

³⁸ 「廃棄物処理施設整備事業データブック 2015」（環境産業新聞社）

今回メーカーヒアリングと、入札結果の費用関数を比較すると、特に小規模施設での差が著しい。本検討では、実勢に即すため、18 t/日のメーカーヒアリング単価（2.9 億円）と、実績ベースの 18 t/日単価（74,831 千円/t）の間である、184,616 千円/t を採用し、メーカーヒアリング値単価とともに、費用関数を作成し、各数値を補正した。

補正後に採用した焼却施設建設費を、表 3.1-11 および図 3.1-9 に示す。なお、近年は特に小規模施設の新焼却施設建設事例が少ないことから、実際の採用時には、メーカーヒアリング等による対応を行うことが望ましい。

表 3.1-9 メーカーヒアリングによる焼却施設建設費

（単位：百万円）

ケース	1-1	2-1	1-2	2-2	1-3	2-3
施設規模	100 t/日	64 t/日	60 t/日	36 t/日	30 t/日	18 t/日
土木・建築費	3,800	2,300	2,200	2,600	2,300	2,200
機械・電気	7,700	5,000	4,800	3,600	3,300	3,100
合計	11,500	7,300	7,000	6,200	5,600	5,300
単価（千円/t）	115,000	114,100	116,700	172,200	186,700	294,400

表 3.1-10 最近 3 年間の熱回収施設建設費（2009～2011：100 t/日未満）

年度	規模 (t/日)	事業費 (千円)	単価 (千円/t)	見積想定額 (千円/t)	デフレーター 考慮（千円/年）
2009	99	8,266,650	83,502	100,200	113,226
2010	85	4,606,014	54,188	65,000	73,450
2011	63	3,260,250	51,750	62,100	68,931
2011	44	2,677,500	60,852	73,000	81,030
2010	43	1,543,500	35,895	43,100	48,703
2010	26	2,026,500	77,942	93,500	105,655

※資料：廃棄物処理施設整備事業データブック2015（環境産業新聞社）

※見積想定額：環境省「廃棄物の入札・契約データベース」より、
予定価格と入札額の比を調査（1.2倍）し、見積額とした。

※デフレーター：建設工事費デフレーター（国土交通省、
平成23年度（2011）基準）、土木II環境衛生より

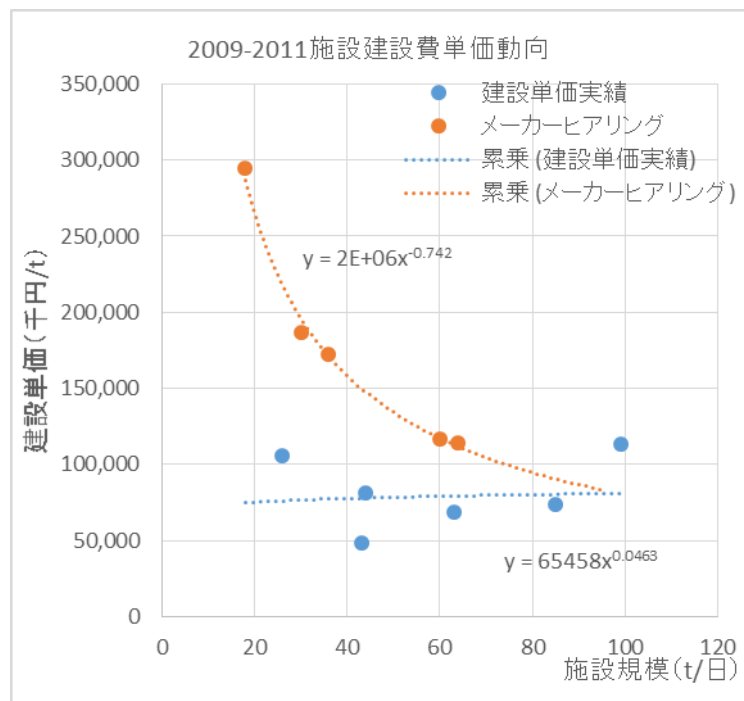


図 3.1-8 メーカーヒアリング結果と建設単価実績の比較

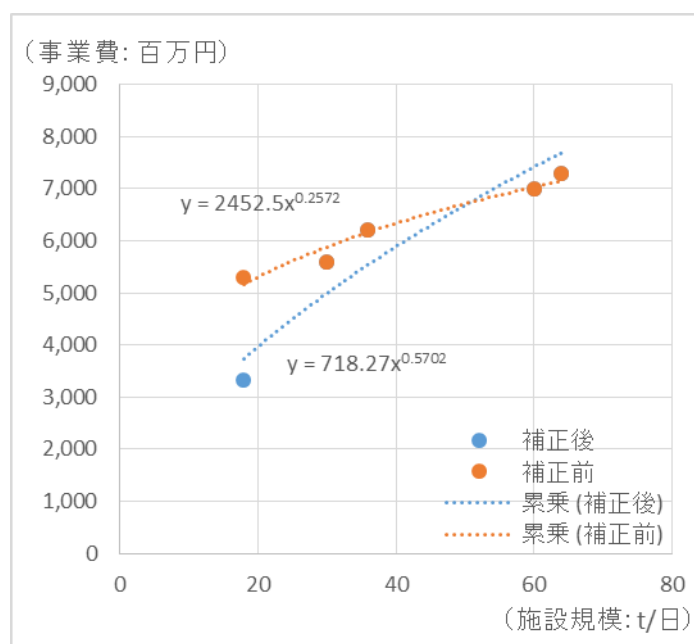


図 3.1-9 焼却施設建設費の補正

表 3.1-11 焼却施設建設費の補正結果

(単位：百万円)

ケース	1-1	2-1	1-2	2-2	1-3	2-3
施設規模	100 t/日	64 t/日	60 t/日	36 t/日	30 t/日	18 t/日
建設費	9,924	7,694	7,416	5,542	4,995	3,323
単価 (千円/t)	99,240	120,200	123,600	154,000	166,500	184,600

※メーカーヒアリング結果・実績から推定した建設費

注) 特に小規模施設については、条件により単価が大きく変動する可能性がある

(6)メタン発酵施設及び発電設備の概算費

メタン発酵施設の概算費用は、今回実証実験で得られた発酵適物量の見込みから、大原鉄工所により費用を算出した。

バイオガス発電設備については、ガス量より大原鉄工所による発電機の建設費および維持管理費の費用関数を作成した。表 3.1-12 に諸元および費用関数を示す。

表 3.1-12 発電設備概算事業費の検討

項目		ケース2-1	ケース2-2	ケース2-3	備考
1日当たりガス発生量	Nm ³ /日	5,583	3,174	1,587	※(28)
稼働日数	日/年	330	330	330	
メタン濃度	%	60	60	60	実証試験より
発熱量	MJ/日	119,932	68,170	34,085	発熱量：35.8MJ/Nm ³
発電効率	%	32	32	32	設定値
発電量	kWh/日	10,661	6,060	3,030	
うち自家消費分	kWh/日	246	133	66	$y = 465.61x^{0.6304}$
発電規模トータル	kW	445	253	127	
発電規模	kW	450	270	150	60kW/台、または30kW/台
基数	基	8	5	3	
建設費	百万円	424	294	195	$y = 19.979x^{0.373}$
維持管理費	千円/年	24,700	17,380	11,291	$y = 3.1215x^{0.6222}$
発電電力量 (自家消費差し引く)	kWh/日	10,415	5,927	2,964	

※表 3.1-3 より

大原鉄工所実績によるバイオガス発電施設の建設費より近似曲線を設定した。図 3.1-10 に設定した近似曲線による費用関を示す。

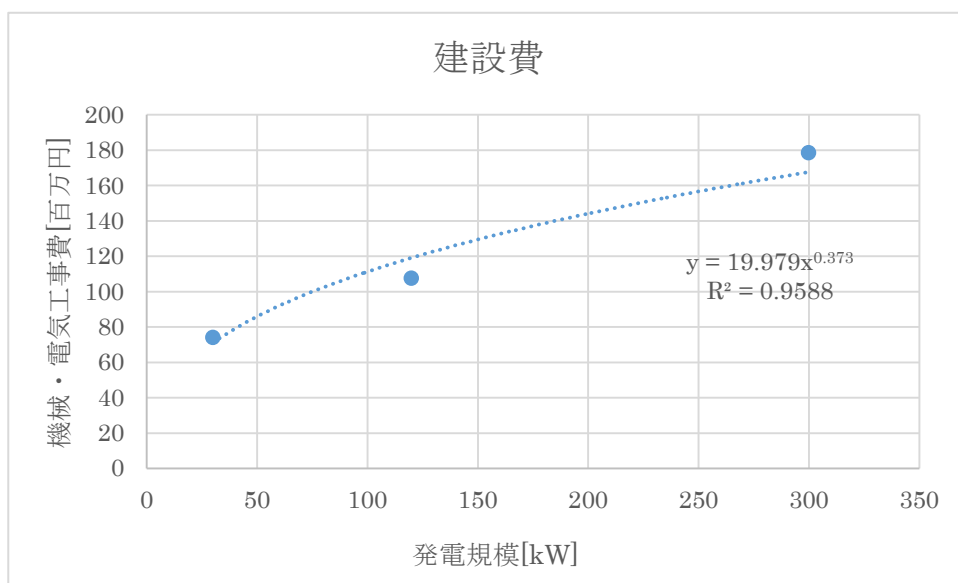


図 3.1-10 発電設備概算建設費の算出

(7)排水処理設備の概算費用

排水処理設備の概算費用は、大原鉄工所による設置実績値より、近似曲線(図 3.1-11)を求め算出した。

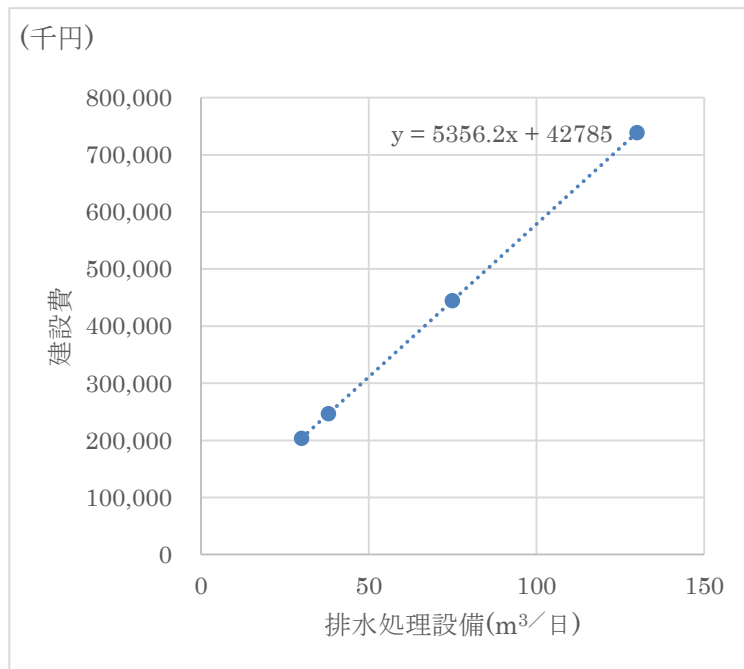


図 3.1-11 排水処理設備概算建設費の算出

(8)堆肥化施設の概算費用

堆肥化施設の概算費用は、今回検討での汚泥発生量が少ないこと(1.8~6.3 m³/日)

から、機械設備を最小限とした、平積み・切り返しによるシステムを採用することとした。建設事例について、有用な費用関数等がないことから、F 県 S 市が行ったヒアリング結果（超高温好気発酵システム）の建設事例（30 t／日）より、建設単価・処理単価を算出し、計上した。

表 3.1-13 堆肥化施設の費用

堆肥化施設	費用根拠	単価
建設費	785百万円÷30t/日	26.167百万円/t
維持管理費	102.8百万円/年÷30t/日	3.427百万円/ t /年

(9)施設建設費のまとめ

施設の建設費を表 3.1-14 および図 3.1-12 に示す。

ケース 1 は、単純な焼却施設とし、ケース 2 には、機械選別施設および発酵施設、ガス発電施設が焼却施設に加わる。ケース 2 の場合、焼却施設規模の縮小分だけ、焼却施設の建設費が下がるが、機械選別施設等の設置費用が上乗せされる。

なお、中規模（100 t／日）は、近年発電を行う事例が増えているため、ケース 1-1 は発電設備込となり、ケース 1-2, 1-3 は発電設備を持たない施設となる。

中規模（100 t／日）クラスは、ケース 2 の建設費が高額であり、中小規模（60 t／日）、小規模（30 t／日）クラスでは、ケース 2 の方が安価となっており、機械選別施設を適用するケース 2 の場合は、4.8 %安価となっている。

表 3.1-14 建設費のまとめ

項 目	(単位)	ケース1			ケース2			備考・条件等
		ケース1-1	ケース1-2	ケース1-3	ケース2-1	ケース2-2	ケース2-3	
焼却施設規模		100	60	30	64	36	18	
焼却量	(t／日)	96.5	54.8	27.4	60.0	34.0	17.0	※(4)
発酵適物	(t／日)	-	-	-	39.0	22.2	11.1	※(15)
メタン発酵脱水ケーキ	(t／日)				6.3	3.6	1.8	※(37)
メタン発酵残渣液分	(t／日)				107.0	60.8	30.4	※(38)
焼却施設建設費	(百万円)	9,924	7,416	4,995	7,694	5,542	3,323	メーカーヒアリング値を補正した。
機械選別施設	(百万円)				1,062	570	570	
土木建築	(百万円)	-	-	-	345	172	172	大原鉄工所より
機械電気	(百万円)	-	-	-	718	398	398	大原鉄工所より
メタン発酵施設	(百万円)				987	650	417	大原鉄工所より
土木建築	(百万円)	-	-	-	246	175	93	
機械電気	(百万円)	-	-	-	741	476	323	
排水処理設備	(百万円)				616	368	206	大原鉄工所より
土木建築	(百万円)	-	-	-				
機械電気	(百万円)	-	-	-	616	368	206	
発電設備	(百万円)				424	294	195	大原鉄工所より
土木建築	(百万円)	-	-	-				
機械電気	(百万円)	-	-	-	424	294	195	
堆肥化設備	(百万円)				165	94	47	S市下水道汚泥堆肥化事業導入可能市調査より、メーカーヒアリング結果採用
土木建築	(百万円)	-	-	-				
機械電気	(百万円)	-	-	-				
建設費合計	(百万円)	9,924	7,416	4,995	10,948	7,519	4,757	
建設費(年価)	(千円／年)	661,601	494,423	333,005	729,884	501,251	317,141	15年間の供用とした。

※表 3.1-3 より

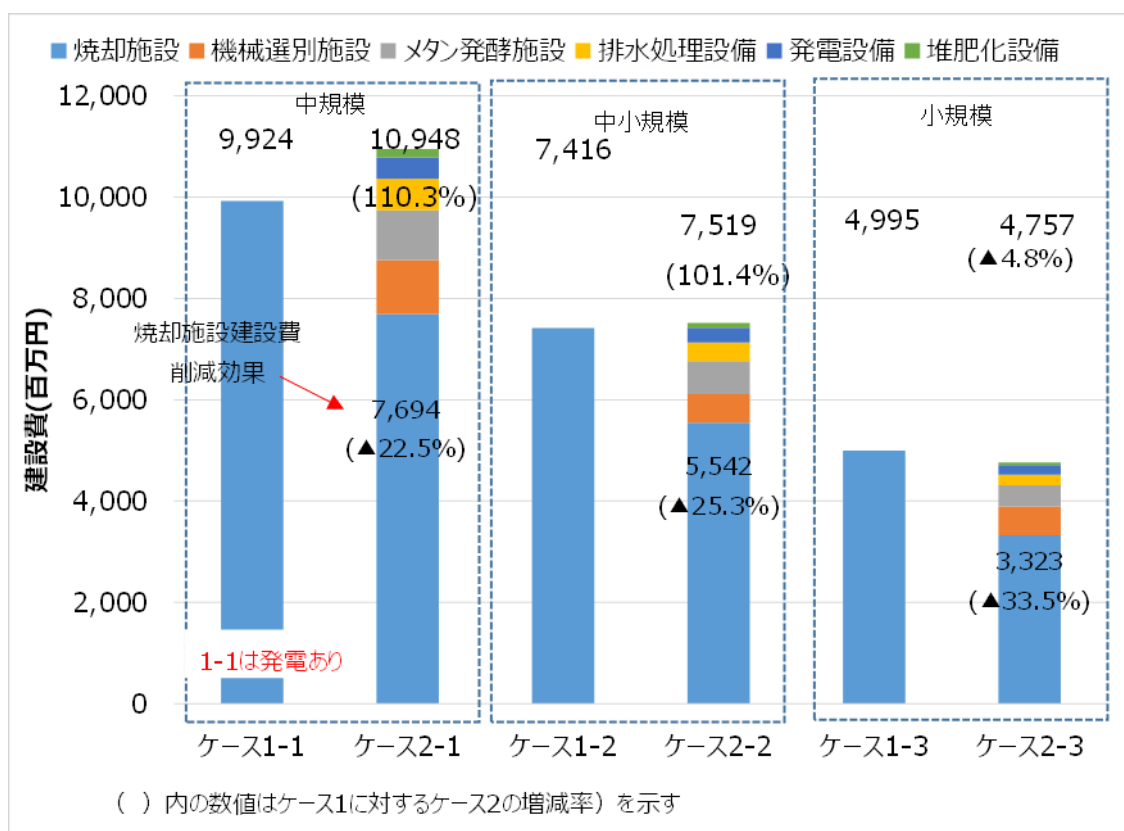


図 3.1-12 規模別建設費の算出結果

3.1.5 維持管理費の算定

(1)維持管理費および費用関数等の設定

維持管理費の算定にあたり使用した費用関数等は以下の通りである。

焼却施設・メタン発酵施設・ガス発電設備の維持管理費については、メーカーヒアリングにより整理した。堆肥化施設の維持管理費については他都市調査事例を用い、算出した。

埋立処分費は、焼却灰・飛灰量を焼却量の7%として見込み、環境省一般廃棄物処理実態調査に示される、埋立に関する維持管理費と、全国の埋立量から埋立処分に関する費用を算出し、今回費用として見込んだ。

表 3.1-15 施設維持管理費検討に用いた資料・費用関数

項目	費用関数	資料
焼却施設		メーカーヒアリング
機械選別施設		大原鉄工所より
メタン発酵施設		大原鉄工所より
排水処理設備	$Y(\text{百万円/年}) = 0.4216x^{0.6079}$ $X: \text{処理量}(\text{千 m}^3/\text{日})$	下水道流域別総合計画策定指針※
発電設備	$Y(\text{千円/年}) = 3.1215x^{0.6222}$ $X: \text{年間ガス消費量}(\text{Nm}^3/\text{年})$	メーカーヒアリングより費用関数作成
堆肥化		他都市事例調査より、堆肥化施設の費用を算出した。
電力料金	17 円/kWh	電気使用量を見込んだ(東京電力参考)
水道料金	240 円/m ³	設定値
埋立処分費	30 千円/t	一般廃棄物処理実態調査 H28 年単価

※流域別下水道総合計画設計指針³⁹における OD 法費用関数(濃縮+脱水を含む) からバイオソリッド利活用計画策定マニュアル⁴⁰による重力濃縮+ベルトプレス脱水の費用関数を引いたもの

(2)焼却施設・機械選別施設・メタン発酵施設・発電設備の維持管理費の算出

各項目の維持管理費は、メーカーヒアリングにより設定した。なお、電力費は、東京電力の電力費用を参考として、使用料金（17 円/kWh）として、各設備の維持管理費を統一している。

・排水処理設備

費用の算定には、(社)日本下水道協会「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」（平成 20 年 9 月、以下「流総指針」）⁴維持管理費費用関数より OD 法の費用関数を用いた。ただし、流総指針の費用関数には汚泥処理も含まれるため、バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル（以下「バイオソリッド利活用マニュアル」）⁵の重力濃縮およびベルトプレス脱水設備の維持管理費を差し引いて費用関数を作成した。

表 3.1-16 排水処理施設の維持管理費算出（費用関数作成用）

Q ₁ : 日最大処理水量(千 m ³ /d)		1	2.5	5	備考
OD法全体	維持管理費(百万円/年)	31	54	83	汚泥処理含む
重力濃縮	計画投入汚泥量(m ³ /日)	17	43	85	1%換算
	維持管理費(百万円/年)	0	0	0	
汚泥脱水	計画投入汚泥量(m ³ /日)	14	36	72	1%換算
	年間処理汚泥量(m ³ /年)	4,000	9,900	19,800	計画量×(日平均/日最大:0.75)とする
	維持管理費(百万円/年)	5	9	14	
水処理だけ	補修費(百万円/年)	2	4	5	更新費/1.8×2%
(差額)	維持管理費(百万円/年)	28	49	75	

³⁹ 「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」（社）日本下水道協会 2008 年 9 月

⁴⁰ 「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」（社）日本下水道協会 2004 年 3 月

・堆肥化設備の維持管理費

維持管理費は、S 市事例による調査値を用いた。費用内容は、電力・機器補修費等を分けていないため、S 市事例において調査を行った際のメーカーヒアリング結果より、維持管理費に占める電力費・機器修繕費より比率を算出し、維持管理費の全体から振り分けた。

電力費：費用関数結果の 29.1 %、機器補修費：47.3 %、薬品その他：23.6 %

・埋立処分費

埋立処分費は、一般廃棄物処理実態調査より、最終処分に係る経費（建設改良費・処理費・委託費）と各年度の最終処分量から、t あたり最終処分費用を算出し、平成 28 年度実績を用いて設定した。

一般廃棄物処理実態調査による最終処分費用の推移について、表 3.1-17 に示す。最終処分費用は、年々上昇傾向にあることから、今回は直近の結果（平成 28 年度）を用いることとした。

最終処分量：全国の廃棄物最終処分量（災害廃棄物の埋立量は除く）

処分場工事費：処分場の建設費・改造工事費（修繕は含まない）

処理費：人件費を除く埋立地の維持管理費

委託費：施設運転の委託、収集運搬の委託等、廃棄物処理に関し委託契約を結んだ事業者への委託費

（今回資料には、人件費・処分場までの運搬費用（収集運搬費）は原則として含めていないが、一部委託業務で、運転委託・運搬委託として一部対象となっている可能性がある）

表 3.1-17 埋立処分費用の推移

年度	最終 処分量 (千t/年)	処分場 工事費 (百万円/年)	処理費 (百万円/年)	委託費 (百万円/年)	費用計 (百万円/年)	t単価 (千円/t)
H19	6,349	23,966	31,756	52,948	108,670	17
H20	5,531	17,096	34,624	46,911	98,631	18
H21	5,072	19,356	33,288	44,140	96,784	19
H22	4,837	24,031	36,714	43,036	103,781	21
H23	4,821	23,323	34,693	42,675	100,691	21
H24	4,648	23,799	32,751	45,968	102,518	22
H25	4,538	23,482	34,490	52,514	110,486	24
H26	4,302	28,326	35,362	52,110	115,798	27
H27	4,165	41,310	33,666	50,573	125,549	30
H28	3,980	38,139	32,458	50,642	121,239	30

※人件費・収集運搬費を除く

(3)維持管理費のまとめ

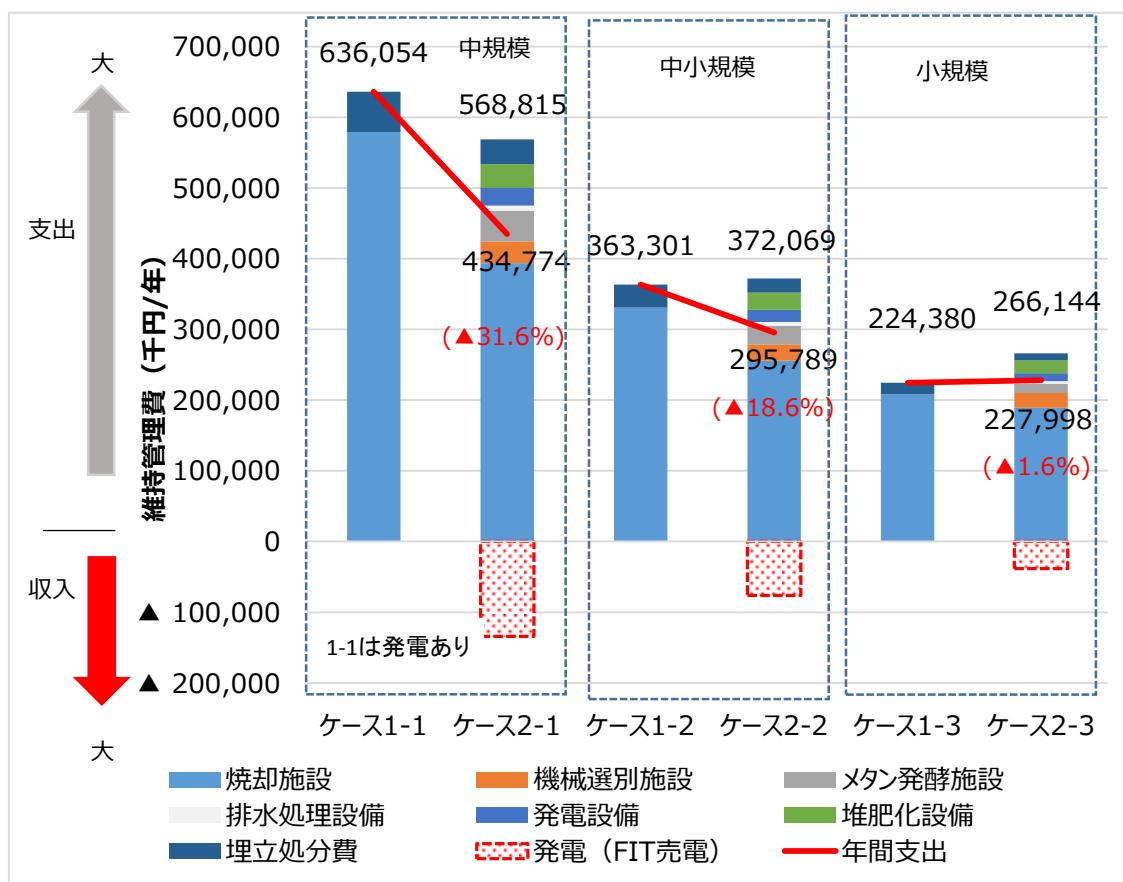
施設の維持管理費のまとめを表 3.1-18 および図 3.1-13 に示す。ごみ t あたり処理単価を見ると、中規模（可燃物量 100 t／日）および中小規模（可燃物量 60 t／日）の施設では、ケース 2 の機械選別施設導入の場合の維持管理費が単純焼却と比べて安価となり、小規模（30 t／日）の施設では、ケース 2 の機械選別施設導入の場合の維持管理費のほうが高いという結果が出ている。

なお、ケース 2 の機械選別施設導入の場合については、発電した電力は売電するものとした。売電は、固定価格買取制度（FIT）にて、バイオマス由来のメタン発酵ガス（39 円／kWh）として売却するものとした。なお、ケース 1 の単純焼却の場合も発電を行うが、全て場内利用とするため、売電は行わない。

表 3.1-18 維持管理費のまとめ

項 目	(単位)	ケース1			ケース2			備考・条件等
		ケース1-1	ケース1-2	ケース1-3	ケース2-1	ケース2-2	ケース2-3	
焼却施設規模	(t／日)	100	60	30	64	36	18	
焼却量	(t／日)	96.5	54.8	27.4	60.0	34.0	17.0	※(4)
発酵適物量	(t／日)	-	-	-	39.0	22.2	11.1	※(15)
焼却施設	(千円／年)	579,312	331,079	208,269	393,527	255,940	189,229	
人件費	(千円／年)	144,000	90,000	36,000	90,000	36,000	36,000	=人員数×6,000千円(受付計量・プラットホーム人員除く)
電力	(千円／年)	2,312	42,279	33,269	49,827	37,740	31,229	メーカーヒアリング値
燃料	(千円／年)	500	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	メーカーヒアリング値
薬品その他	(千円／年)	82,500	48,800	29,000	63,700	42,200	22,000	メーカーヒアリング値
機器補修費	(千円／年)	350,000	140,000	100,000	180,000	130,000	90,000	メーカーヒアリング値
機械選別施設	(千円／年)	-	-	-	30,900	22,800	20,900	
人件費	(千円／年)	-	-	-	12,000	12,000	12,000	2名見込む(実証実験より)
電力費	(千円／年)	-	-	-	5,600	3,600	1,700	
薬品その他	(千円／年)	-	-	-	300	200	200	
機器補修費	(千円／年)	-	-	-	13,000	7,000	7,000	
メタン発酵施設	(千円／年)	-	-	-	43,600	26,500	13,200	
人件費	(千円／年)	-	-	-	-	-	-	焼却施設人員と兼ねる
電力費	(千円／年)	-	-	-	21,800	12,400	6,300	大原鉄工所より
薬品その他	(千円／年)	-	-	-	9,600	4,800	1,700	大原鉄工所より
水道（希釈用）	(千円／年)	-	-	-	5,200	4,300	2,200	大原鉄工所より
機器補修費	(千円／年)	-	-	-	7,000	5,000	3,000	設備費の約1%
排水処理設備	(千円／年)	-	-	-	7,220	5,121	3,360	
人件費	(千円／年)	-	-	-	-	-	-	焼却施設人員と兼ねる
電力費	(千円／年)	-	-	-	1,182	806	504	
薬品その他	(千円／年)	-	-	-	6,038	4,315	2,856	
機器補修費	(千円／年)	-	-	-	-	-	-	
発電設備	(千円／年)	-	-	-	24,700	17,380	11,291	
人件費	(千円／年)	-	-	-	-	-	-	焼却施設人員と兼ねる
電力費	(千円／年)	-	-	-	-	-	-	発電により対応
薬品その他	(千円／年)	-	-	-	-	-	-	
機器補修費	(千円／年)	-	-	-	24,700	17,380	11,291	
堆肥化設備	(千円／年)	-	-	-	33,588	24,336	18,168	
人件費	(千円／年)	-	-	-	12,000	12,000	12,000	2名見込む
電力費	(千円／年)	-	-	-	6,282	3,590	1,795	S市事例調査より
薬品その他	(千円／年)	-	-	-	5,095	2,911	1,456	(内訳についてはメーカーヒアリング結果より)
機器補修費	(千円／年)	-	-	-	10,211	5,835	2,917	
埋立処分費	(千円／年)	56,742	32,222	16,111	35,280	19,992	9,996	焼却ごみ量の7%を見込み、処分費は一般廃棄物処理実態調査（30千円／t）値とした。
売電益	(千円／年)	-	-	-	134,041	76,280	38,147	39円／kWhとした。
年間維持管理費	(千円／年)	636,054	363,301	224,380	434,774	290,668	224,638	売電益を含む
ごみあたり単価	(円／t)	23,540	23,677	29,247	16,091	18,943	29,280	=年間維持管理費÷可燃物処理量（年間）
(増減率)	-	-	-	-	-31.6%	-20.0%	0.1%	ケース1に対するケース2の増減率

※表 3.1-3 より



※ () 内の数値はケース 1 に対するケース 2 の倍数

図 3.1-13 維持管理費のまとめ

3.1.6 建設費用と維持管理費のまとめ

施設規模別の建設費および維持管理費のまとめを表 3.1-19 および図 3.1-14 に示す。この結果、以下の事項が明らかになった。

- ① 中規模施設（可燃物量 100 t／日程度）のケース 1-1 と 2-1 を比較した結果、焼却施設の規模を抑えられる今回提案方式（2-1）のほうが、約 10 %安価となった。
- ② 中小規模施設（可燃物量 60 t／日）のケース 1-2 と 2-2 を比較した結果、発電による売却益を含めると、建設費と維持管理費（15 年）の合計で、今回提案方式（2-2）が約 7%安価となった。
- ③ 小規模施設（可燃物量 30 t／日）のケース 1-3 とケース 2-3 を比較した結果、今回提案方式（2-3）が約 2 %安価となった。

表 3.1-19 規模別建設費・維持管理費のまとめ

項 目	(単位)	ケース1			ケース2			備考・条件等
		ケース1-1	ケース1-2	ケース1-3	ケース2-1	ケース2-2	ケース2-3	
焼却施設規模		100	60	30	64	36	18	
焼却量	(t/日)	97	55	27	60	34	17	※(4)
発酵適物	(t/日)	-	-	-	39	22	11	※(15)
建設費	(百万円)	9,924	7,416	4,995	10,948	7,519	4,757	
焼却施設	(百万円)	9,924	7,416	4,995	7,694	5,542	3,323	メーカヒアリング・実績より作成
機械選別施設	(百万円)	-	-	-	1,062	570	570	大原鉄工所より
メタン発酵施設	(百万円)	-	-	-	987	650	417	大原鉄工所より
排水処理設備	(百万円)	-	-	-	616	368	206	大原鉄工所より
発電設備	(百万円)	-	-	-	424	294	195	大原鉄工所より
堆肥化設備	(百万円)	-	-	-	165	94	47	他都市事例より
維持管理費		636,054	363,301	224,380	568,815	372,069	266,144	
焼却施設	(千円/年)	579,312	331,079	208,269	393,527	255,940	189,229	メーカヒアリング値
機械選別施設	(千円/年)	-	-	-	30,900	22,800	20,900	大原鉄工所より
メタン発酵施設	(千円/年)	-	-	-	43,600	26,500	13,200	大原鉄工所より
排水処理設備	(千円/年)	-	-	-	7,220	5,121	3,360	マニュアル値※1
発電設備	(千円/年)	-	-	-	24,700	17,380	11,291	大原鉄工所より
堆肥化設備	(千円/年)	-	-	-	33,588	24,336	18,168	他都市事例より
埋立処分費	(千円/年)	56,742	32,222	16,111	35,280	19,992	9,996	一般廃棄物処理実態調査より
売電利益	(千円/年)	-	-	-	134,041	76,280	38,147	39円/kWhとした
建設費(年価)	(千円/年)	661,601	494,423	333,005	729,884	501,251	317,141	15年間の供用とした
事業費のまとめ	(千円/年)	1,297,655	857,724	557,385	1,164,658	797,039	545,139	売電費用込みとする
(増減率)	-	-	-	-	0.898	0.929	0.978	ケース1に対する増減率
ごみ処理単価	(円/t)	18,058	18,163	29,247	12,344	14,788	22,797	
(増減率)	-	-	-	-	-31.6%	-18.6%	-22.1%	ケース1に対する増減率

注) ケース1-1は、発電分を施設の電力費として供給するものとした

※1バイオリッド利活用基本計画策定マニュアル(H16.3 (社)日本下水道協会)より

※表 3.1-3 より

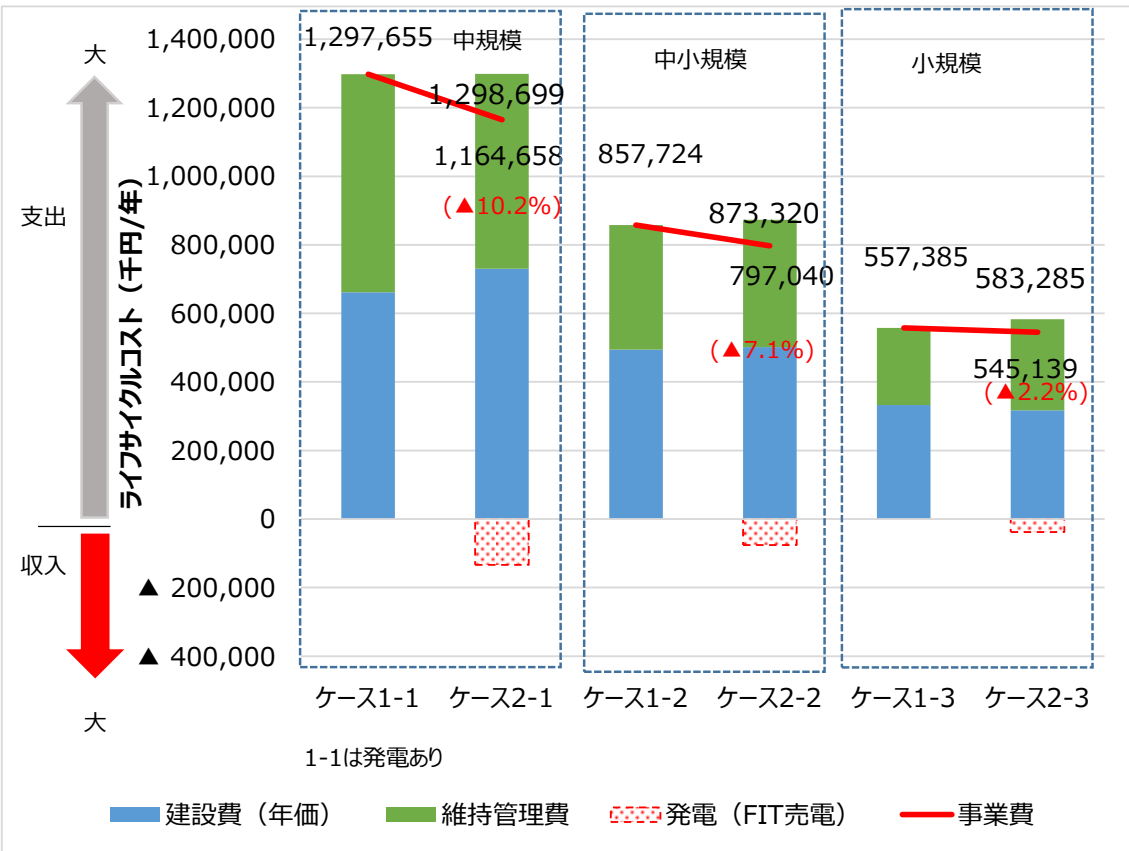


図 3.1-14 ライフサイクルコスト

3.2 CO₂排出量の検討

CO₂ 排出量は、各ケースの電力・重油・燃料等のエネルギー消費に伴う量、プラスチック焼却量から発生する量、発電による削減量を考慮し、変化について確認する。

3.2.1 CO₂排出量等の算定の諸条件

CO₂ 排出量の算定にあたり、条件は表 3.2-1 のとおりに設定する。

表 3.2-1 CO₂排出量算出係数等

項目	採用値
ごみ処理量	各ケースの処理量
ごみ組成	生ごみ：35 %、紙ごみ：25 %、プラスチック：15 %
プラ焼却に伴う CO ₂ 排出量	2.77 t-CO ₂ /t
電力係数	0.579 kg-CO ₂ /kWh

3.2.2 CO₂排出量に関連する電力・燃料使用量の整理

CO₂ 排出量に関連する電力・燃料使用量を表 3.2-2 に示す。

ケース 1-1 の焼却施設購入電力は焼却発電による電力を施設の運転に充当した電力量である。よって、焼却発電による電力は場内利用により消費されるため、売電は生じないものとする。

ケース 2 の発電設備(バイオガス発電)は自己消費電力量以上の発電量があるため、電力使用による CO₂ 排出量は 0 とし、売電量は発電量から発電設備の使用電力量を除いた量とした。

重油等燃料は、焼却施設の需要量を見込んだ。

表 3.2-2 CO₂排出量に関する用役量

項 目	(単位)	ケース1			ケース2			備考・条件等
		ケース1-1	ケース1-2	ケース1-3	ケース2-1	ケース2-2	ケース2-3	
焼却施設規模	(t/日)	100	60	30	64	36	18	
焼却量	(t/日)	96.5	54.8	27.4	60.0	34.0	17.0	※(4)
発酵適物	(t/日)	-	-	-	39.0	22.2	11.1	※(15)
電力量	(kWh/年)	136,000	2,487,000	1,957,000	4,980,078	3,418,611	2,442,257	
焼却施設	(kWh/年)	136,000	2,487,000	1,957,000	2,931,000	2,220,000	1,837,000	メーカーヒアリング値
機械選別施設	(kWh/年)	-	-	-	330,000	210,000	100,000	大原鉄工所より
メタン発酵施設	(kWh/年)	-	-	-	1,280,000	730,000	370,000	大原鉄工所より
排水処理設備	(kWh/年)	-	-	-	69,549	47,435	29,669	マニュアル値※
発電設備	(kWh/年)	-	-	-	0	0	0	発電による自家利用
堆肥化設備	(kWh/年)	-	-	-	369,529	211,176	105,588	
重油量(施設用)	(kl/年)	5	101	101	101	101	101	立上げ/立下げ回数を考慮した
発電量	(kWh/年)	5,496,800	-	-	3,518,130	1,999,800	999,900	
売電量	(kWh/年)	(場内利用)	-	-	3,436,950	1,955,910	978,120	

※バイオリサイクル活用基本計画策定マニュアル (H16.3 (社) 日本下水道協会)

※表 3.1-3 より

3.2.3 CO₂排出量のまとめ

CO₂排出量計算結果を表 3.2-3 に示す。

単純焼却（ケース 1-2、1-3）と今回提案方式（機械選別：ケース 2）を比較すると、中小規模と、小規模の施設においては、7～8 %程度の CO₂ 排出量削減効果が認められた。CO₂ 削減量は、中小規模で約 652 t-CO₂/年、小規模で約 313 t-CO₂/年となる（図 3.2-1）。なお、中規模施設においては、CO₂ 排出量は削減できず、約 968 t-CO₂/年の増加となった。

表 3.2-3 CO₂ 排出量算出結果

項 目	(単位)	ケース1			ケース2			備考・条件等
		ケース1-1	ケース1-2	ケース1-3	ケース2-1	ケース2-2	ケース2-3	
焼却施設規模	(t/日)	100	60	30	64	36	18	
焼却量	(t/日)	96.5	54.8	27.4	60.0	34.0	17.0	※(4)
発酵適物	(t/日)	-	-	-	39.0	22.2	11.1	※(15)
エネルギー消費に伴うCO ₂ 排出量		92	1,714	1,407	3,157	2,253	1,688	
電力由来	(t-CO ₂ /年)	79	1,440	1,133	2,883	1,979	1,414	0.579kg-CO ₂ /kWh
重油（施設用）由来	(t-CO ₂ /年)	13	274	274	274	274	274	2.71kg-CO ₂ /L
廃棄物焼却によるCO ₂ 排出量								
廃プラスチック由来	(t-CO ₂ /年)	11,227	6,375	3,188	11,227	6,375	3,188	2.77t-CO ₂ /t
CO ₂ 排出量合計	(t-CO ₂ /年)	11,319	8,089	4,595	14,384	8,628	4,876	
発電による削減量	(t-CO ₂ /年)	-	-	-	1,990	1,132	566	0.579kg-CO ₂ /kWh
CO ₂ 排出量計（削減考慮）	(t-CO ₂ /年)	11,319	8,089	4,595	12,394	7,496	4,310	
CO ₂ 削減量	(t-CO ₂ /年)	-	-	-	▲ 1,075	593	285	

電気事業者別排出係数（特定排出者の温室効果ガス排出量算定用）－平成29年度実績－ H30.12.27環境省・経済産業省公表

重油（A重油）原単位：温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 算定方法・排出係数一覧（2018年1月）

注）廃プラスチックは、今回実測調査（ケースAにおいてごみ量全体の15%）とした。

ケース1と、ケース2で、廃プラスチック量は変化しないものとした。

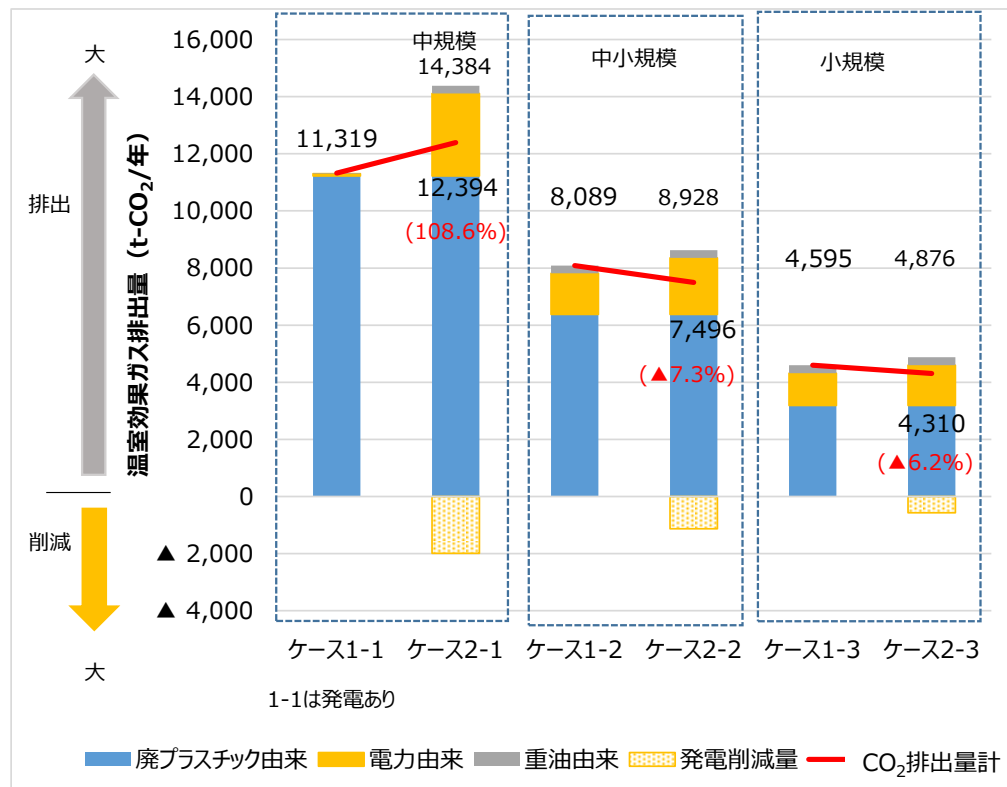


図 3.2-1 CO₂ 削減効果

3.3 機械選別施設導入評価

3.3.1 建設費・維持管理費からみた評価

各検討ケースの建設費および維持管理費を表 3.3-1 に示す。建設費および維持管理費に対する評価を以下に総括する。

- ① 施設建設費は、単純焼却と比較して、今回提案式（機械選別+発電等）を導入することにより、焼却施設の建設費が抑えられるが、その分、機械選別・発電・資源化（堆肥化）等の建設費用が必要となる。
- ② 施設建設費は、中規模（100 t／日）の場合、単純焼却+発電と、今回機械選別を導入し発電した場合と、ほぼ同額となった。したがって、焼却施設と発電設備／堆肥化（資源化）設備を同じ場所で実施可能な場合は、事業費はほぼ同等となる。なお、必要となる施設面積は、今回提案式（機械選別+発電等）が大きくなる。
- ③ 中小規模（60 t／日）と、小規模（30 t／日）の施設建設費は、単純焼却より今回提案式（機械選別+発電等）が、焼却施設の建設費が抑えられるため、安価となった。なお、特に小規模焼却施設について、近年の建設事例が少ないことから、実施時にメーカーヒアリングを行う等、費用を精査することが望ましい。
- ④ 発電による売電費用を除くと、中小規模（60 t／日）では2%維持管理費が高価となり、小規模（30 t／日）では、約19%維持管理費用が高価となった（中規模（100 t／日）では約10%の削減と試算された）。FIT制度を活用し売電を行った場合は、単純焼却と比較して、中規模で約30%、中小規模で18%の費用削減となり、小規模は約2%費用が増加すると試算された。
- ⑤ 建設費を含む、ライフサイクルコストでは、約10%、7%、2%（中規模・中小規模・小規模）の費用削減が可能であると試算された。

表 3.3-1 事業費・維持管理費のまとめ

項 目		(単位)	中規模 (100t/日)	中小規模 (60 t/日)	小規模 (30t/日)
建設費	単純焼却	(百万円)	9,924	7,416	4,995
	今回提案式	(百万円)	10,948	7,519	4,757
	(比率)	-	1.103	1.014	0.952
維持管理費	単純焼却	(千円/年)	636,054	363,301	224,380
	今回提案式	(千円/年)	568,815	372,069	266,144
	(比率)	-	0.894	1.024	1.186
	売電益	(千円/年)	134,041	76,280	38,147
	(売電込比率)	-	0.684	0.814	1.016
L C C	単純焼却	(千円/年)	1,297,655	857,724	557,385
	今回提案式	(千円/年)	1,164,658	797,040	545,139
	(比率)	-	0.898	0.930	0.979

※中規模（100t/日）は発電を含む費用となっている。

3.3.2 CO₂排出量からみた評価

施設建設費と、CO₂削減量から、CO₂を1t削減するのに必要な費用を算出した。算出結果を表 3.3-2 に示す。この結果を以下に総括する。

- ① CO₂排出量は、焼却施設側で発電（自家利用）を行う中規模（100 t/日）との場合、今回提案式において CO₂排出量が増加する（約 9 %）。
- ② 発電を行わない、中小規模（60 t/日）、小規模（30 t/日）の施設では、今回提案式において、焼却施設規模の低減（維持管理費の低減）、発電による CO₂排出量削減を考慮すると、6～8 %程度削減効果があることが確認された。
- ③ CO₂削減コストは、発電を含む中規模施設ではマイナス（CO₂排出量が増加するため）、中小規模（60 t/日）では、約 1.2 万円となっている。小規模施設（30 t/日）は、建設費用が抑えられることから CO₂削減に係る追加費用は発生しない。中小規模・小規模では、FIT による売電（39 円/kWh）を見込んでいるが、本計算上では、場内利用とした場合でも CO₂削減量に係る費用は有利となる。

表 3.3-2 CO₂削減コストの算出

項 目		(単位)	中規模 (100t/日)	中小規模 (60 t/日)	小規模 (30t/日)
事業費	単純焼却	(千円)	9,924	7,416	4,995
	今回提案式	(千円)	10,948	7,519	4,757
	事業費の差	(千円)	1,024	102	△ 238
	(単年あたり)	(千円/年)	68	7	△ 16
CO ₂ 排出量	単純焼却	(t-CO ₂ /年)	11,319	8,089	4,595
	今回提案式	(t-CO ₂ /年)	12,394	7,496	4,310
	削減量	(t-CO ₂ /年)	▲ 1,075	593	285
	(削減比率)	-	-	7.3%	6.2%
CO ₂ 削減コスト		(円/t-CO ₂)	-	11,514	△ 55,662

※中規模（100t/日）は発電を含む費用となっている。

注）施設は15年間稼働するものとし、事業費を15年で除した。

3.3.3 試算事例

環境省による他の中小規模導入事例と対比するため、中小規模施設（処理量 50 t/日）について、以下の試算を行った。

・算定条件

・検討対象

① 単純焼却

② 従来式（住民分別後焼却+メタン発酵+発電、汚泥処理は下水処理場による）

③ 提案式（機械選別+焼却+メタン発酵+発電、汚泥処理は下水処理場による）

・建設費・維持管理費：60 t/日規模を想定

・CO₂排出量：今回資料（60 t/日規模）をベースに、処理量を 50 t/日とした場合の CO₂排出量を算出する。

(1)建設費

建設費は、以下の条件で試算した。

①単純焼却

今回検討結果を用いる（ケース 2-1）

②従来式

可燃ごみに含まれる生ごみ量を、表 3.3-3 から、35%とし、表 3.3-3 に示す住民による分別率を 50%（先進都市事例：長岡市ごみ分別状況より）として、分別後焼却ごみ量及び施設整備規模を以下の通り算出した。

生ごみ分別量=42 t／日(365 日平均)×0.35(生ごみ)×0.5(分別回収率)≒7 t／日

焼却量=42 t／日-7 t／日(生ごみ量)=35 t／日

施設規模は、ごみ処理施設整備の計画・設計要領より、

施設規模：35(t／日)／(253／365)=50 t／日

焼却日数を 280 日として、45 t／日

従来式の建設費は、図 3-9 に示す費用関数より以下のとおりとする。

焼却施設の概算費用：6,700,000 千円

表 3.3-3 生ごみ分別率の設定（先進事例より）

項 目	燃やすごみ (t／年)	生ごみ (t／年)	計 (t／年)	生ごみ潜在量 (t／年)	回収率
平成25年度	51,941	13,075	65,016	22,756	57.5%
平成26年度	52,418	11,463	63,881	22,358	51.3%
平成27年度	52,845	11,047	63,892	22,362	49.4%
平成28年度	51,891	10,674	62,565	21,898	48.7%
平成29年度	52,074	9,994	62,068	21,724	46.0%
平均	-	-	-	-	50.6%

ごみ量：平成30年度環境衛生事業の概要(長岡市環境部)

潜在量：35%とする（環境省数値）

メタン発酵施設、発電設備は、今回検討結果等を参考として、費用関数から算出した。算出結果を、表 3.3-4 に示す。

表 3.3-4 単純焼却・従来式・提案式の建設費

項 目	(単位)	①単純焼却	②従来式	③提案式	備考等
ごみ処理量	(t／日)	55	55	55	
焼却量	(t／日)	55.0	45.4	34.0	
発酵適物	(t／日)	-	9.6	22.2	
建設費		7,416	7,440	6,874	
焼却施設	(百万円)	7,416	6,700	5,500	①・③は今回検討、②は費用関数より
機械選別施設	(百万円)	-	-	570	
メタン発酵施設	(百万円)	-	601	650	大原鉄工所より
発電設備	(百万円)	-	139	154	大原鉄工所より
排水設備	(百万円)	-	-	-	
堆肥化設備	(百万円)	-	-	-	

③提案式

今回検討結果（ケース 2-2）のうち、排水処理設備・堆肥化設備を除いた事業費とする。

(2)維持管理費

維持管理費は、以下の条件で試算した。

①単純焼却

今回検討結果を用いる（ケース 1-2）

②従来式

今回ヒアリング結果を用いて算出した。

- ・ 人件費：運転時間が③提案式と同様のため、提案式と同じ人数とした。
- ・ 電力費：③提案式の電力量より処理量あたりの電力量を算定し、従来式における処理量により算定した。
- ・ 燃料費：他の焼却施設と同様に、立上げ／立ち下げのみを原則として設定した。
- ・ 薬品その他：既設のヒアリング結果（18 t・30 t・36 t）より費用関数を作成した。
（図 3.3-1 参照）
- ・ 機器補修費：③提案式の建設費に対す補修費の割合（2 %）より 2 %と設定した。

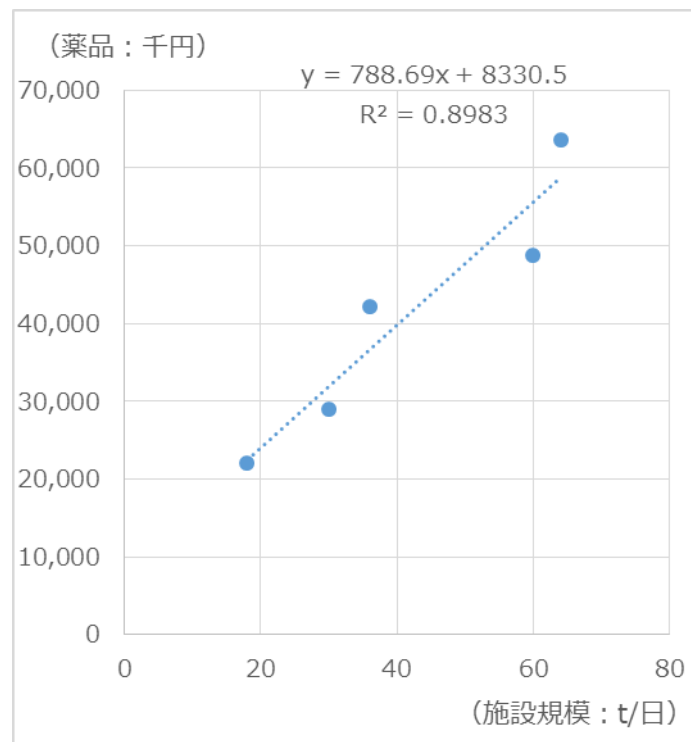


図 3.3-1 薬品費用（18 t・30 t・36 t）費用関数

③提案式

今回検討結果（ケース 2-2）を用いる。

以上より、単純焼却、従来式および提案式の維持管理費を表 3.3-5 に示す。

表 3.3-5 単純焼却・従来式・提案式の維持管理費

項 目	(単位)	①単純焼却	②従来式	③提案式	備考等
焼却施設規模	(t/日)	60	50	36	可燃ごみ
焼却量	(t/日)	55.0	45.0	33.0	稼働日数：280日とした
発酵適物	(t/日)	-	9.6	22.0	稼働日数：280日とした
焼却施設	(千円/年)	331,079	269,700	255,940	①③は今回検討より
人件費	(千円/年)	90,000	36,000	36,000	③と同様とした
電力	(千円/年)	42,279	41,900	37,740	新設事例より費用関数にて算出
燃料	(千円/年)	10,000	10,000	10,000	①と同様とした
薬品その他	(千円/年)	48,800	47,800	42,200	新設事例より費用関数にて算出
機器補修費	(千円/年)	140,000	134,000	130,000	①の施設整備に対する比とした
機械選別施設	(千円/年)	-	-	22,800	③は今回検討より
人件費	(千円/年)	-	-	12,000	
電力費	(千円/年)	-	-	3,600	
薬品その他	(千円/年)	-	-	200	
機器補修費	(千円/年)	-	-	7,000	
メタン発酵施設	(千円/年)	-	18,000	26,500	
人件費	(千円/年)	-	0	0	
電力費	(千円/年)	-	7,500	12,400	大原鉄工所より
薬品その他	(千円/年)	-	4,800	4,800	大原鉄工所より
水道（希釈用）	(千円/年)	-	700	4,300	大原鉄工所より
機器補修費	(千円/年)	-	5,000	5,000	大原鉄工所より
発電設備	(千円/年)	-	9,040	17,380	
人件費	(千円/年)	-	0	0	
電力費	(千円/年)	-	0	0	
薬品その他	(千円/年)	-	0	0	
機器補修費	(千円/年)	-	9,040	17,380	大原鉄工所より
維持管理費合計	(千円/年)	331,079	296,740	322,620	
建設費（年価）	(千円/年)	494,423	496,027	458,277	
ライフサイクルコスト	(千円/年)	825,502	792,767	780,897	
(売電考慮)	(千円/年)	-	765,753	704,617	FITによる売電とした

(3)CO₂ 排出量の算定

CO₂ 排出量は、今回検討にてメーカーヒアリング等で算出した、ケース 2（①単純焼却）、ケース 5（③提案式）を用いるとともに、メーカーヒアリング値を元に算出した、電力量・燃料等から、②従来式の CO₂ 発生量を算出した。

表 3.3-6 CO₂ 排出量に係る用役量の設定 (60 t/日規模)

用役量の算出	(単位)	①単純焼却	②従来式	③提案式	出典他
焼却施設規模	(t/日)	60	50	36	
焼却量	(t/日)	55	45	33	稼働日(280日)平均
発酵適物	(t/日)	-	10	22	稼働日(280日)平均
電力量	(kWh/年)	2,487,000	2,903,350	3,160,000	
焼却施設電力量	(kWh/年)	2,487,000	2,463,350	2,220,000	
機械選別施設	(kWh/年)	-	-	210,000	
メタン発酵施設	(kWh/年)	-	440,000	730,000	
発電設備	(kWh/年)	-	0	0	発電による場内利用のため発生量なし
重油量(施設用)	(kL/年)	101	101	101	立上げ/立下げ回数を考慮した
発電量	(kWh/年)	-	699,270	1,999,800	②・③の売電量は、自家処理量を除く
売電量	(kWh/年)	-	692,670	1,955,910	

表 3.3-7 CO₂ 排出量のまとめ (60 t/日規模)

用役量の算出	(単位)	①単純焼却	②従来式	③提案式	出典他
焼却施設規模	(t/日)	60	50	36	
焼却量	(t/日)	55	45	33	稼働日(280日)平均
発酵適物	(t/日)	-	10	22	稼働日(280日)平均
エネルギー由来CO ₂ 排出量	(t-CO ₂ /年)	1,714	1,955	2,104	
電力由来	(t-CO ₂ /年)	1,440	1,681	1,830	0.579kg-CO ₂ /kWh
重油(施設用)由来	(t-CO ₂ /年)	274	274	274	2.71kg-CO ₂ /L
廃棄物焼却によるCO ₂ 排出量					
廃プラスチック由来	(t-CO ₂ /年)	6,399	6,399	6,399	2.77t-CO ₂ /t
CO ₂ 排出量合計	(t-CO ₂ /年)	8,113	8,354	8,503	
売電による削減量	(t-CO ₂ /年)	-	401	1,132	0.579kg-CO ₂ /kWh
CO ₂ 排出量計(売電考慮)	(t-CO ₂ /年)	8,113	7,953	7,371	
CO ₂ 削減量	(t-CO ₂ /年)	-	160	742	②、③は①に対する削減量

重油(A重油) 原単位: 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 算定方法・排出係数一覧(2018年1月)

注) 廃プラスチックは、今回実測調査(ケースAにおいてごみ量全体の15%)とした。

①～③で、廃プラスチック量は変化しないものとした。

表 3.3-8 CO₂ 排出量にかかる用役量の設定(焼却量を 50 t/日とした場合)

用役量の算出	(単位)	①単純焼却	②従来式	③提案式	出典他
ごみ処理量	(t/日)	50.0	50.0	50.0	
焼却量	(t/日)	50.0	41.3	30.0	稼働日(280日)平均
発酵適物	(t/日)	-	8.7	20.0	稼働日(280日)平均
電力量	(kWh/年)	2,261,000	2,639,000	2,873,000	
焼却施設電力量	(kWh/年)	2,261,000	2,239,000	2,018,000	55t/日の90.9%とした
機械選別施設	(kWh/年)	-	-	191,000	55t/日の90.9%とした
メタン発酵施設	(kWh/年)	-	400,000	664,000	55t/日の90.9%とした
発電設備	(kWh/年)	-	0	0	
重油量(施設用)	(kL/年)	101	101	101	
発電量	(kWh/年)	-		1,818,000	55t/日の90.9%とした
売電量	(kWh/年)	-	630,000	1,778,000	55t/日の90.9%とした

表 3.3-9 CO₂削減結果の算出（焼却量を 50 t／日とした場合）

用役量の算出	(単位)	①単純焼却	②従来式	③提案式	出典他
焼却施設規模	(t／日)	50	50	50	
焼却量	(t／日)	50	41	30	稼働日（280日）平均
発酵適物	(t／日)	-	9	20	稼働日（280日）平均
エネルギー由来CO ₂ 排出量	(t-CO ₂ ／年)	1,583	1,437	908	
電力由来	(t-CO ₂ ／年)	1,309	1,528	1,663	
電力由来（発電考慮）	(t-CO ₂ ／年)	1,309	1,163	634	0.579kg-CO ₂ ／kWh
重油（施設用）由来	(t-CO ₂ ／年)	274	274	274	2.71kg-CO ₂ ／L
廃棄物焼却によるCO ₂ 排出量					
廃プラスチック由来	(t-CO ₂ ／年)	5,817	5,817	5,817	2.77t-CO ₂ ／t
CO ₂ 排出量合計	(t-CO ₂ ／年)	7,400	7,619	7,754	
売電による削減量	(t-CO ₂ ／年)	-	365	1,029	0.579kg-CO ₂ ／kWh
CO ₂ 排出量計（売電考慮）	(t-CO ₂ ／年)	7,400	7,254	6,725	
CO ₂ 削減量	(t-CO ₂ ／年)	-	146	675	②、③は①に対する削減量

重油（A重油）原単位：温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 算定方法・排出係数一覧（2018年1月）

注）廃プラスチックは、今回実測調査（ケースAにおいてごみ量全体の15%）とした。

①～③で、廃プラスチック量は変化しないものとした。

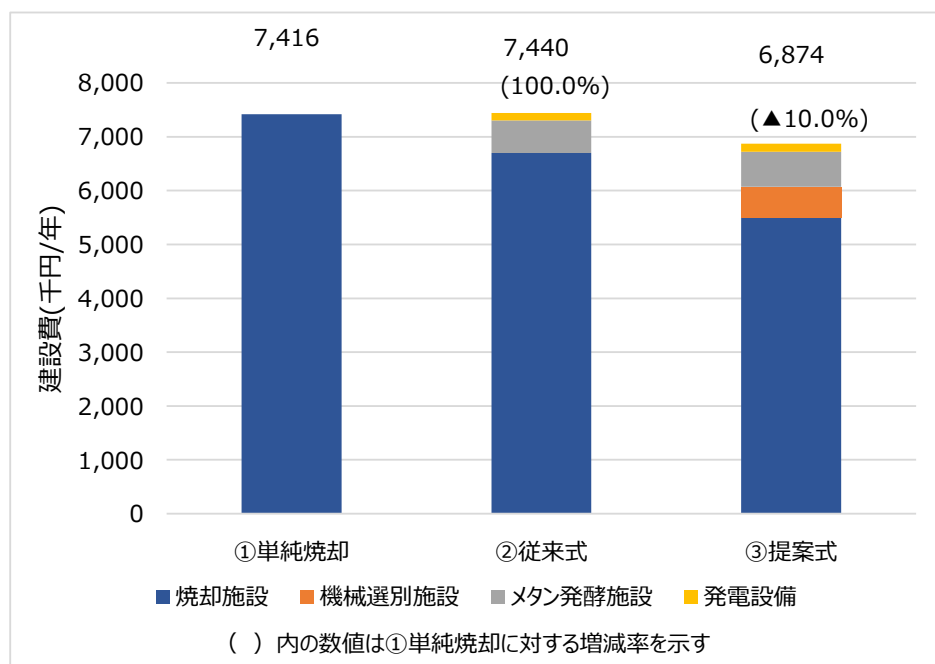


図 3.3-2 建設費のまとめ

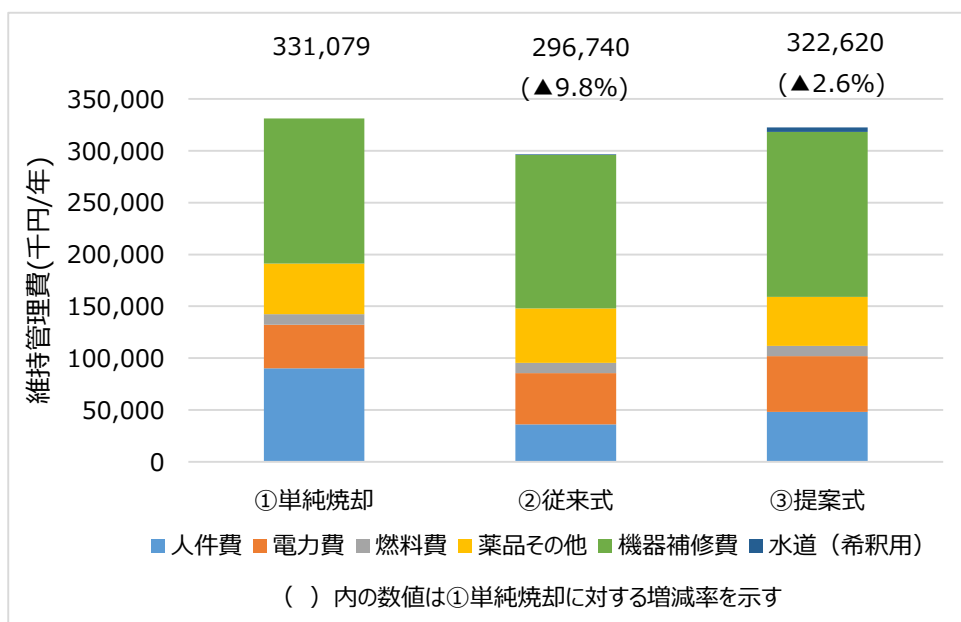


図 3.3-3 維持管理費のまとめ

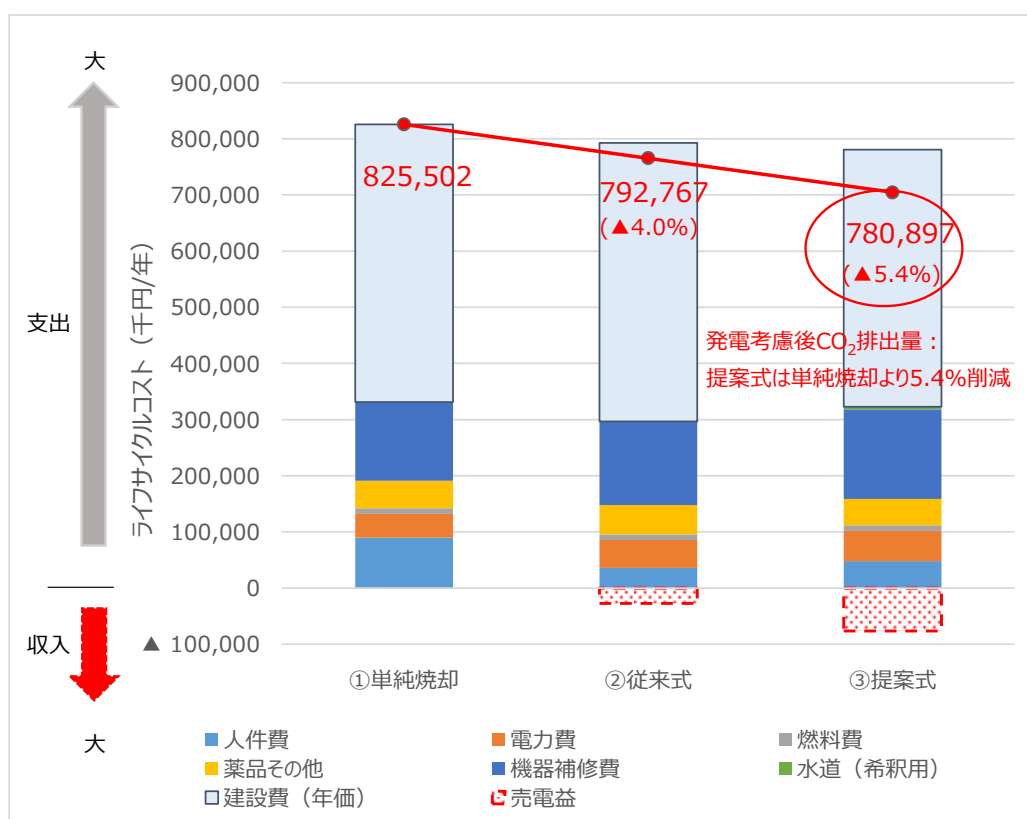


図 3.3-4 ライフサイクルコスト

4. 水平展開（横展開）の可能性

4.1 平取町への機械選別施設導入時の有効性の検討

4.1.1 有効性の検討フロー

平取町の焼却施設に試験的に機械選別施設を導入して、可燃ごみから発酵適物を分別回収する施設能力と発酵適物及び発酵不適物の性状試験を実施した。この結果を踏まえ、既存施設に機械選別施設を導入した場合の維持管理費、CO₂排出量削減効果試算結果により、本施設の有効性について評価する。

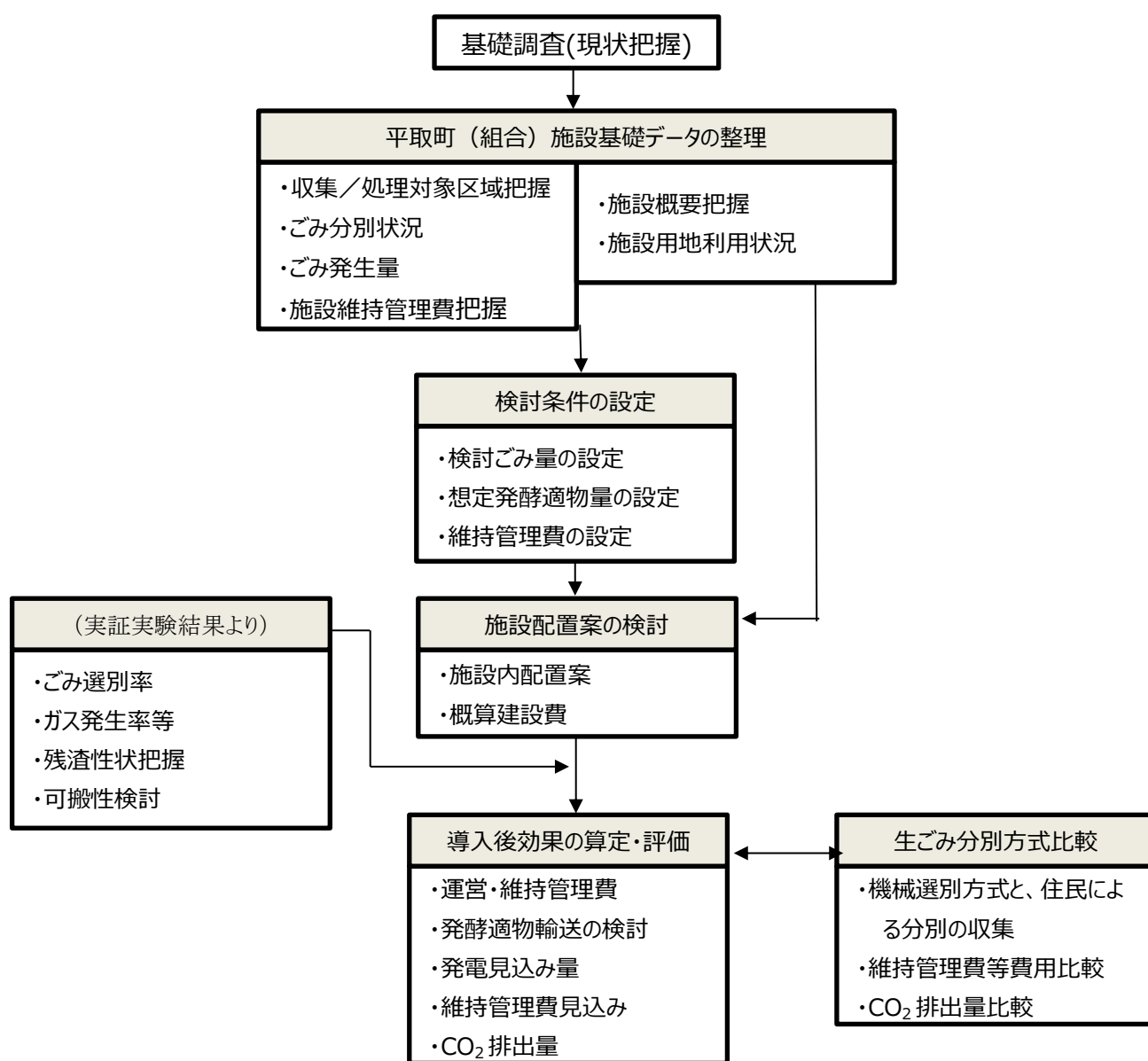


図 4.1-1 検討フロー

4.1.2 平取町外 2 町衛生施設組合の基礎データ

(1)施設配置

平取町は、平取町外 2 町衛生施設組合にて、一般廃棄物を広域処理している。組合施設は、平取町の道道 80 号線沿いにあり、沙流川水系のアベツ川から道道 80 号線沿いを流れる支流との間に立地している。

この組合のごみ処理施設は、同一敷地内に集約されているが、第 1 工場から第 3 工場に分かれており、第 1 工場が可燃物を焼却する施設、第 2 工場が燃えないごみや大型ごみを処理する破碎・選別施設、第 3 工場が資源ごみを処理する施設となっている。

平取町外 2 町衛生施設組合の位置を図 4.1-2 に示し、工場配置を図 4.1-3 に示す。なお、組合の収集エリアが広域であることから、日高最終処分場クリーンセンターには、可燃ごみ中継施設が設けられており、この施設を経由して第 1 工場へ搬入されている可燃ごみもある。

組合からの焼却灰の一部は、日高管区内 7 町により、(旧) 日高・胆振東部地区ごみ処理広域化基本計画 (平成 10 年度策定) に基づき建設された日高中部環境センター溶融処理施設にてスラグ化され、平取町一般廃棄物最終処分場に搬入されている。

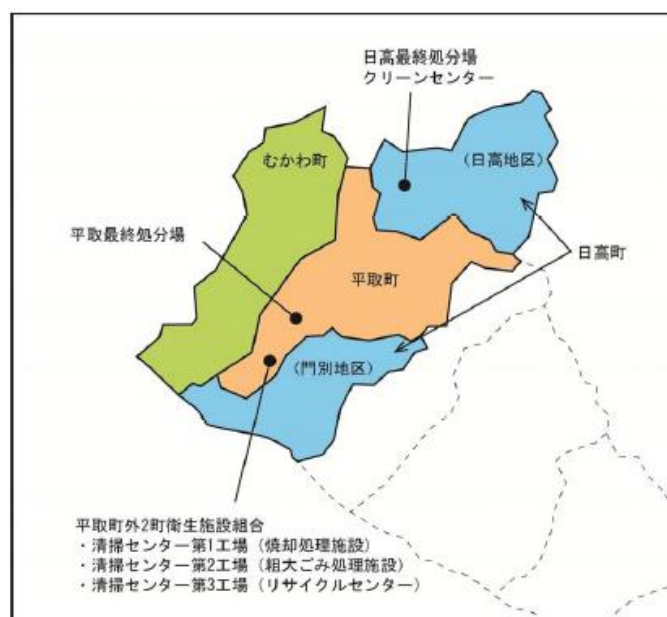


図 4.1-2 平取町外 2 町衛生施設組合位置図

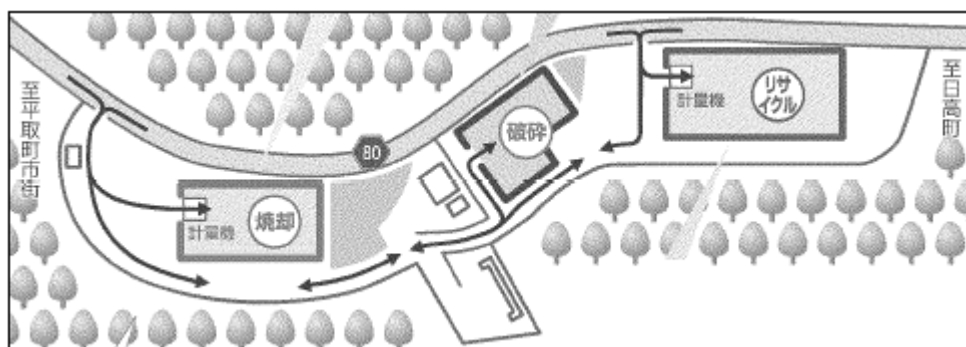


図 4.1-3 第 1・第 2・第 3 工場の概略配置図

(2)ごみ分別とごみ処理フロー

組合が設定しているごみの分別区分を表 4.1-1 に示し、ごみ処理フローを図 4.1-4 に示す。

表 4.1-1 平取町のごみ分別状況

項 目	品 目 等
もえるごみ	生ごみ、木・紙類、ゴム・皮革、繊維類（汚れ）、食品容器（汚れ）、その他（ビデオテープ等）
もえないごみ	金属類、ガラス類、陶磁器、プラスチック類、乾電池、小型電化製品、缶類（資源化物以外）
資源ごみ	紙パック、新聞、雑誌、ダンボール
	その他紙類
	容器包装プラスチック
	白色トレイ・発泡スチロール
	空きびん
	空き缶
	ペットボトル
大型ごみ	台所用品、家具・建具、家電製品・オーディオ機器、スポーツ・レジャー用品・楽器、寝具・敷物、その他
持ち込みごみ	古着・古布
拠点回収	小型電化製品・充電式電池
専門業者	家電4品目、使用済みパソコン（家庭から発生する）、携帯電話

(3)ごみ処理の実績

当組合の過去 5 年間の可燃ごみの処理の実績を表 4.1-3 に整理し、過去 3 年間の維持管理費用を表 4.1-4 に整理した。この表が示すように可燃ごみ処理量は減少傾向を示している。

維持管理費については、平成 29～30 年度にかけて、排ガス処理設備の設備更新（電気集塵機からバグフィルターへ更新）を実施した。その結果、平成 30 年度の維持管理費が過去の年度と比較して上昇している。なお、維持管理費用に影響を与える灰溶融施設への焼却灰の搬入比率は、平成 29 年で約 31 %となっている。

表 4.1-3 組合焼却処理量の推移

項目／年度	(単位)	H25	H26	H27	H28	H29	H29比率
直接焼却	(t／年)	6,481	6,329	6,530	6,300	6,080	96.6%
破碎可燃物	(t／年)	208	223	254	214	213	3.4%
搬入合計	(t／年)	6,254	6,191	6,383	6,048	6,293	-
平取町	(t／年)	1,263	1,194	1,265	1,230	1,220	19.4%
日高町	(t／年)	3,104	3,038	3,133	3,038	3,105	49.3%
むかわ町	(t／年)	1,887	1,959	1,985	1,779	1,968	31.3%
焼却灰	(t／年)	664	623	658	676	702	-
直接埋立量	(t／年)	265	604	559	321	482	68.7%
溶融施設搬入量	(t／年)	399	19	98	355	220	31.3%
(焼却灰発生率)	-	10.6%	10.1%	10.3%	11.2%	11.2%	
溶融残渣(スラグ量)	(t／年)	303	38	94	88	136	
(平均焼却量)	(t／日)	17.8	17.3	17.9	17.3	16.7	
(稼働日平均)	(t／日)	27.0	26.4	27.2	26.2	25.2	

資料：ごみ処理基本計画（H26）、組合HPより

※1平均焼却量：直接焼却量に対する焼却量(破碎可燃物を除く)

※2稼働日平均：240日とした。

表 4.1-4 維持管理費の整理

項 目	H27 (千円)	H28 (千円)	H29 (千円)	H30 (千円)	備考等
可燃物処理量	6,530	6,300	6,293	4,235	(単位はt/年)
軽油	337	337	337	263	車両用
灯油 (施設用)	1,068	1,068	534	492	焼却施設運転費用に係る
灯油 (暖房用)	23	307	73	100	施設暖房用
薬品	143	194	143	6,464	焼却施設用
電力	15,253	14,774	14,086	12,550	焼却施設運転に係る
人件費	11,396	11,766	11,996	6,997	施設3名分
修繕(補修)費	3,151	4,618	5,039	2,241	焼却施設に係る
合計	31,370	33,063	32,207	29,108	-
ごみあたり処理費	4,804	5,248	5,118	6,874	(単位は円/t)
溶融委託費	8,805	31,782	19,660	-	過去の平均値より
焼却関連費計	40,175	64,845	51,867	-	-
ごみあたり処理費	6,153	10,293	8,242	-	(単位は円/t)

資料：組合より

※平成30年度は、4月～11月の値である。

(排ガス処理設備の更新に伴い、維持管理費が上昇している)

(4)平取町外 2 町衛生施設組合の課題の整理

平取町を含む、平取町外 2 町衛生施設組合にて、ヒアリングを実施した結果、組合が抱えている課題として以下の回答を得た。

- ① 焼却量は、日平均で 17.2 t/日、稼働平均日平均で約 26 t/日 (240 日計算) となっており、焼却量に対して施設規模 40 t/日 (20 t/8 h×2 炉) が大きいことから、維持管理費用が割高になっている。
- ② 現在の焼却施設は、稼働から 28 年を迎えるところであり、老朽化が進んでいる。平成 29・30 年度で、排ガス処理設備の更新 (電気集塵機からバグフィルターに設備を更新) を実施したことから、今後最低 10 年程度は現有施設での運用を行う見込みとなっているが、次期施設にむけた検討が必要な時期になっている。
- ③ 設備更新前から、焼却施設の維持管理費が組合にとって負担となっていることが課題であるが、排ガス処理設備の更新に伴い電気使用量・薬品使用量等が (従前と比較してさらに) 上昇しており、維持管理費の低減が課題となっている。
- ④ 施設の運用費に加え、現在、焼却灰の一部を日高中部環境センターに搬入しているが、同施設の運用費用が非常に高額であり、処理委託費用が高額となっている。

4.1.3 既存施設に機械選別施設を導入した場合の有効性の検討

(1) 検討条件の設定

機械選別施設を導入した場合の検討に用いるごみ処理量は、組合の平成 29 年度ごみ処理量を参照することとした。また、実証試験結果から、収集可燃ごみの 40 %が機械選別後発酵適物として分別回収されるとした。焼却灰の発生量は、平成 29 年度の焼却灰発生率（11.2 %）及び直接埋立比率（68.7 %）、溶融施設搬入率（31.3 %）を用いることとした。検討に用いる数値を表 4.1-5 に示す。

表 4.1-5 検討に用いた資料および費用関数

項目	費用関数等	資料
焼却施設燃料費	1.3 L/t、89 円/L	実績より算出
焼却施設薬品費	1,529 円/t	実績より算出
焼却施設電力費	$Y(\text{kWh}/\text{日}) = 33.567x + 1193.9$ X：焼却量(t/日)	焼却施設実績より
	22.2 円/kWh	実績より単価を算出
溶融処理費	89,000 円/t	実績より単価を算出
埋立処分費	44 千円/t	平取町最終処分場建設単価より算出
人件費	4,000 千円/人	実績より
焼却施設修繕費	-	実績と同じとした
機械選別施設・維持管理費	-	実証実験結果より（、）参照
メタン発酵施設・発電設備・排水処理設備建設・維持管理費	-	3.1.4 建設費の算定および 3.1.5 維持管理費の算定項より
発酵適物車両運搬	-	燃費等は組合実績より、車両型式等は実証試験結果より

表 4.1-6 機械選別後に推定される発酵適物および不適物量（H29 ベース）

項目/年度	(単位)	H29	設定根拠・備考等
直接焼却	(t/年)	6,080	平成29年度搬入ごみ(破碎可燃物を除く)
発酵不適物	(t/年)	3,709	搬入ごみの60%と想定(実証試験結果より)
破碎可燃物	(t/年)	213	平成29年度破碎可燃物
焼却量合計	(t/年)	3,922	=発酵不適物+破碎可燃物
焼却灰	(t/年)	439	平成29年度発生率(11.2%より)
直接埋立	(t/年)	302	平成29年度搬入比率より
溶融施設	(t/年)	137	平成29年度搬入比率より

(2)処理フロー

メタン発酵後の発酵残渣について、堆肥化を行う可能性がある施設（堆肥化施設）があることから、処理フローは、機械選別後メタン発酵+発電を行い、排水処理後外部搬出（堆肥化）するものとした。

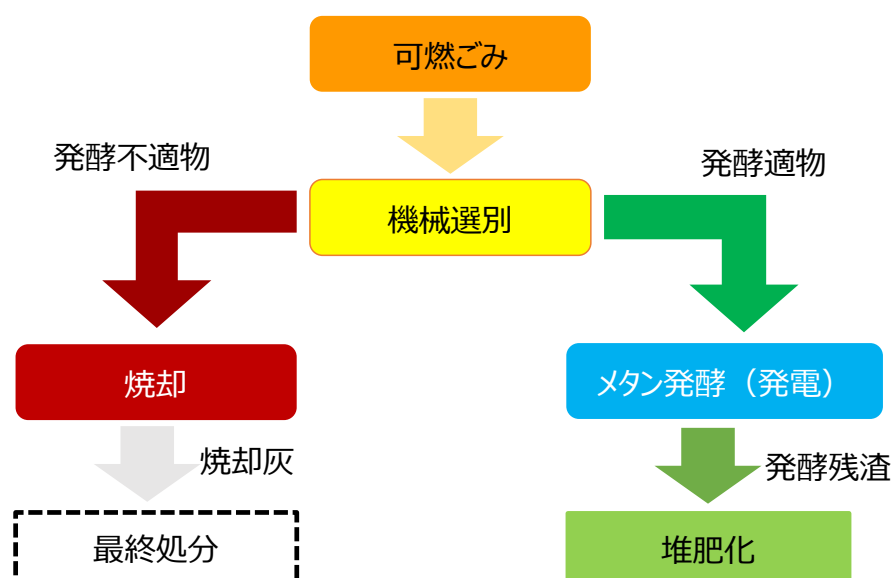


図 4.1-5 概略処理フロー

(3)運転・維持管理費の設定根拠

平成 29 から 30 年度にかけて、組合において排ガス処理設備の設備更新（電気集塵機からバグフィルターへ更新）を実施した。その結果、維持管理費が過去の年度と比較して上昇している。このため、維持管理費は、平成 29 年度の維持管理費を参考とし、平成 30 年度の上昇傾向を踏まえたかたちで、維持管理費を設定する。

表 4.1-7 現在の焼却施設の用役量および維持管理費

項目	(単位)	H29	原単位	設定根拠・備考等
焼却量	(t/年)	6,293	-	H29ごみ焼却量参考
灯油	(千円/年)	728	89 円/L	単価は実績より
	(L/年)	8,181	1.3 L/t	H30用役費単価より推定
薬品	(千円/年)	9,604	1,526 円/t	H30用役費単価より推定
電力	(千円/年)	15,500	22.2 円/kW	単価は実績より
	(kWh/年)	698,800	111 kW/t	H30電力量単価より推定

電力量：H29ベースの近似曲線値の1.08倍（H29とH30の原単位の比較より）とした。

焼却量の変更に伴う電力量の算定に用いた平成 29 年度の焼却施設の電力費等の運転実績を表 4.1-8 に示す。年間平均としては 1,742 kWh／日であり、休止日のみの平均では、1,082 kWh／日である。この実績をもとに日電力消費量と、焼却量の実績をプロットし求めた近似曲線を図 4.1-6 に示す。処理量に変化があった場合の電力消費量は、この近似曲線を用いて算出することとした。

表 4.1-8 平成 29 年度ごみ焼却量及び電力消費量

項 目	焼却量 (t／日)	電力量 (kWh／日)	
		全体	休止日
合計	6,293	-	-
平均	17.24	1,742	1,082
最大	52.19	3,043	1,709
最小	0.00	0	0
サンプル数	365	365	365
稼働日平均値	26.2	2,082	1,169
稼働日最小値	10.07	1,031	778
サンプル数	241	-	353

※休止日電力量の稼働日平均値は、定期修繕による
完全停止日（受電なし）を除いた値である。

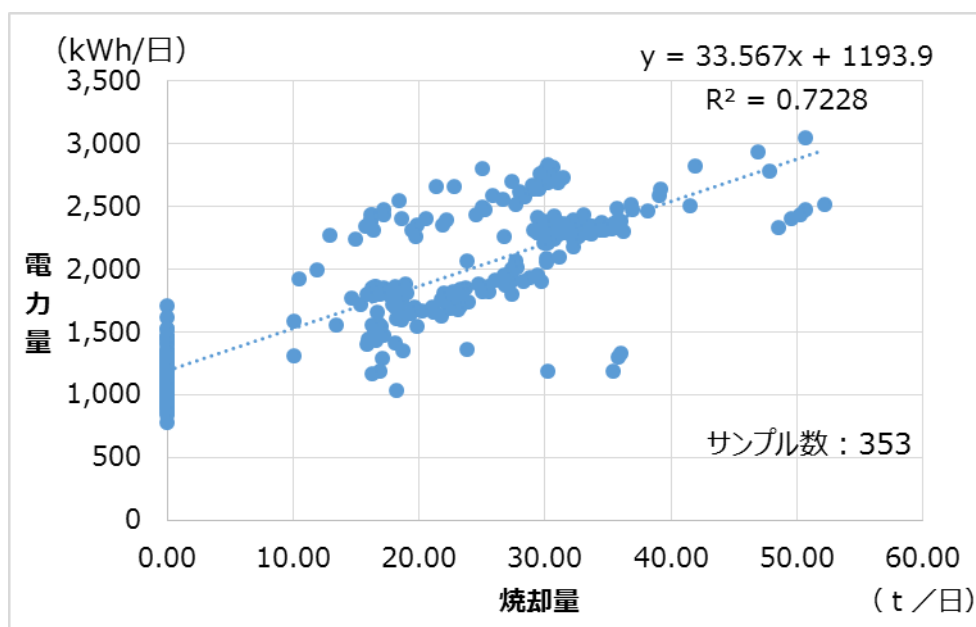


図 4.1-6 電力消費量とごみ焼却量（平成 29 年度）

(4)機械選別施設概略配置案

一般的に焼却施設は、受入ステージ（受入室）から、ごみピットへごみを投入し、クレーンでごみ質が均質となるように攪拌しながら一時貯留を行う。その後、クレーンで焼却ホッパーに投入し、焼却炉にて処理を行う。機械選別施設を導入した場合、搬入された可燃ごみを発酵適物と発酵不適物に選別し、発酵適物は回収し、発酵不適物は焼却処理するという前処理過程を経るため、ごみ受入ピット設備に隣接して、機械選別施設を設置できるスペースの有無、既存のごみ受け入れピットの活用の可否、クレーンの改造等の可能性について検討する必要がある。

検討の結果、組合の既存焼却施設では、ごみピットの周辺に機械選別施設の設置スペースの確保が困難であったことから、施設の駐車スペースを活用して、機械選別施設を設置することとして計画を行った。この計画においては、機械選別施設の建屋の新設、既存管理棟の改修工事、収集運搬車両の新しい導線の検討が必要となった。

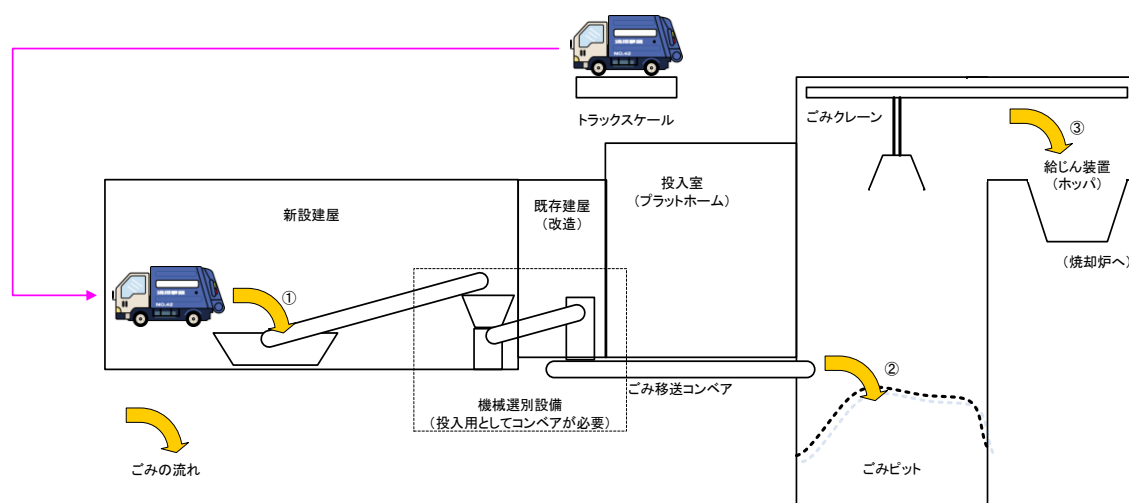


図 4.1-7 平取町焼却施設への機械選別施設配置（案）

今回、既存施設に機械選別施設を設置する場合として既存のごみピットとクレーンが共用できるかどうかについて検討を重ねたが、中小規模施設の場合、受け入れ室面積、ごみピット容量が限られていること、また、改造に時間を要することなどから、機械選別施設を焼却施設の一部の組み込むことは難しいと判断している。そのため、図 4.1-7 に示しているように機械選別施設を前処理用の別施設として建設し、選別した発酵不適物（焼却対象物）を焼却施設のごみピットまでコンベア移送するものと考えることが現実的であると判断した。

機械選別施設（能力 5 t/h）の設置には、最大で 600 m² 程度の面積が必要となること、ごみ収集車両の車両動線への影響について検討する必要がある。

(5)概算建設費の検討

機械選別を行う場合の建設費について検討した。設備は、機械選別施設及び可燃物一時仮置場、ごみ焼却施設（ごみピット）までの移送とした。機械選別施設の建設にかかる費用は、3.1.4 建設費の算定より設定した。なお、既存焼却施設は、機械選別施設とともに、今後更に 15 年間供用するものとする。

メタン発酵施設・発電設備・排水処理設備は、3.1.4 建設費の算定と同様の費用関数等により算出した。算出した建設費を表 4.1-9 に示す。

表 4.1-9 現有焼却施設に機械選別施設・発電設備を導入した場合の建設費

項 目	(単位)	平取町	備考・条件等
建設費計	(百万円)	1,328	
機械選別施設	(百万円)	591	
土木建築	(百万円)	172	共同実施者より
機械電気	(百万円)	419	共同実施者より
メタン発酵施設	(百万円)	401	
土木建築	(百万円)	80	共同実施者より
機械電気	(百万円)	321	共同実施者より
発電設備	(百万円)	154	共同実施者より
土木建築	(百万円)	0	
機械電気	(百万円)	154	
排水処理設備	(百万円)	182	共同実施者より
土木建築	(百万円)	0	
機械電気	(百万円)	0	

(6)維持管理費の検討

焼却処理施設の維持管理費は、現在の施設の維持管理費を用いて算出した。算出結果を表 4.1-10 に示す。

焼却施設のための維持管理費では、機械選別施設を導入した場合、今回実証試験結果より焼却量が約 4 割削減されるため、最終処分量、熔融処理費用が大きく削減され、全体としては約 25 %の費用削減が図れると推察された。なお、機械選別施設および発電設備に必要な維持管理費を表 4.1-11 に示し、発電設備による発電量を表 4.1-12 に示す。

表 4.1-10 現有焼却施設に機械選別施設を導入した場合の維持管理費

項目	(単位)	現状	機械選別	設定根拠・備考等
焼却量	(t/年)	6,293	3,922	発酵適物：40%と想定
灯油	(千円/年)	728	454	実績より、89円/Lとした。
薬品	(千円/年)	9,604	5,985	平成30年度の原単位より換算した。
電力費	(千円/年)	15,500	13,600	平成30年度の電力費と平成29年度の通年電力費を用いて試算した。
溶融処理費	(千円/年)	19,700	12,300	実績より、89,482円/tとして算出した。
埋立処分費	(千円/年)	21,222	13,288	平取最終処分場建設単価（44千円/t）より算出した。
人件費	(千円/年)	12,000	12,000	既設の人員より3名（4,000千円/人）とした。
修繕(補修費)	(千円/年)	5,118	5,118	実績と同等とする。
焼却工程費用計	(千円/年)	83,872	62,745	25.2% の削減効果
焼却量あたり単価	(円/t)	13,327	15,998	

表 4.1-11 現有焼却施設に機械選別施設・発電設備を導入した場合の維持管理費

項 目	(単位)	平取町	
焼却施設規模	(t/日)	40	既存施設
焼却量	(t/日)	10	365日平均
発酵適物量	(t/日)	7	365日平均
機械選別施設	(千円/年)	17,600	
人件費	(千円/年)	8,000	実証試験より、2名と想定した
電力費	(千円/年)	2,400	大原鉄工所より
薬品その他	(千円/年)	200	大原鉄工所より
機器補修費	(千円/年)	7,000	機械・電気費の1.6%
メタン発酵施設	(千円/年)	17,400	
人件費	(千円/年)		
電力費	(千円/年)	7,800	大原鉄工所より
薬品その他	(千円/年)	4,800	大原鉄工所より
水道（希釈用）	(千円/年)	1,800	大原鉄工所より
機器補修費	(千円/年)	3,000	機械・電気費の2%
排水処理設備	(千円/年)	3,970	
人件費	(千円/年)		
電力費	(千円/年)	610	
薬品その他	(千円/年)	3,360	
機器補修費	(千円/年)		
発電設備	(千円/年)	10,013	
人件費	(千円/年)		
電力費	(千円/年)		
薬品その他	(千円/年)		
機器補修費	(千円/年)	10,013	

表 4.1-12 現有焼却施設に機械選別施設・発電設備を導入した場合の発電量

項目		平取町	備考
1日当たり消化ガス発生量	Nm ³ /日	1,306	
稼働日数	日/年	330	
メタン濃度	%	60	
発熱量	MJ/日	28,051	
発電効率	%	32	
発電量	kWh/日	2,493	
うち自家消費分	kWh/日	45	$y = 465.61x^{0.6304}$
発電規模トータル	kW	104	
発電規模	kW	120	60kW設備とした
基数	基	2	
建設費	百万円	154	$y = 19.979x^{0.373}$
維持管理費	千円/年	10,002	$y = 3.1215x^{0.6222}$
発電電力量（自家消費差し引く）	kWh/日	2,451	

(7)発酵残渣の輸送

焼却施設の維持管理費は、焼却量の削減に伴い削減ができることがわかったが、メタン発酵後に発生する発酵残渣については、外部搬出による移動・処理（堆肥化等）が必要である。本検討では、投入先を特定しないが、事業費の算出にあたって以下の条件を設定し、費用を算出した。算出した費用を表 4.1-14 に示す。

・輸送費算出条件

- ① 輸送方法としては、発酵処理後の発酵残渣をホッパで一時貯留後、コンテナに貯留し、移送するものとする（実証実験における発酵適物の移送試験結果と同様）。
- ② コンテナは、5 日/週の搬出とし、移送距離は、一日の時間的な搬送距離を勘案し、32 km/片道（往復で 2～2.5 時間：今回は平取町営牧場を仮定）とする。
- ③ 車両（コンテナ）規模は、10 t とした。
- ④ 委託・共同処理先の施設においては、受入費用は発生しないものとした（資源物として扱う）。
- ⑥ 発酵残渣運搬用車両は、期間中 3 回の更新とする（償却期間を 7 年とする）。

表 4.1-13 メタン発酵後の発酵残渣の移送（車両・コンテナ費用）

項 目	(単位)	機械選別	備考・条件等
可燃物処理量	(t/年)	2,371	365日平均
発酵残渣量	(t/日)	1.5	365日平均
1日あたり運搬量	(t/日)	2.1	5日/週とした
運搬車両	(千円)	21,000	7年で更新とする
運搬車両	(千円)	15,000	5t車両1台とする
コンテナ	(千円)	6,000	2台とする

表 4.1-14 メタン発酵後の発酵残渣の移送に係る運転・維持管理費

項 目	(単位)	機械選別	備考・条件等
可燃物処理量	(t/年)	2,371	365日平均
発酵残渣	(t/日)	1.5	365日平均
1日あたり運搬量	(t/日)	2.1	5日/週とした
維持管理費	(千円/年)	5,090	
人件費	(千円/年)	4,000	1名とした。
税金・保険等	(千円/年)	500	一般的な事例より
燃料費（ガソリン）	(千円/年)	590	145円/Lとした
運搬距離	(km/日)	64	組合－平取町牧場間（往復）
搬送回数	(回/日)	1	
搬送距離	(km/日)	64	
	(km/年)	16,640	5日/週とした
年間燃料使用量	(L/年)	4,059	4km/Lとした。

(8)既存施設に機械選別施設・発電設備を導入した場合の費用のまとめ

以上より、既存の焼却施設に機械選別施設を導入した場合の結果についてまとめた。

- ① 検討の結果、維持管理費は、現状の維持管理費に対して約 44 %程度増となった。
発電による便益を勘案すると、現況と比較して 8.7 %の増加と試算された。
- ② 施設を今後さらに 15 年間供用するものとして、機械選別施設の導入費用及び運搬設備費を単年分として除した値を維持管理費に加えると、機械選別施設を導入した場合の費用は、現状（単純焼却）と比較して 2.5 倍（発電による便益込：2.2 倍）となる。
- ③ 検討では、既存の焼却施設に機械選別施設および発電設備を導入した場合を想定した。機械選別施設および発電設備を導入した場合、焼却処理量が減少するが、焼却施設を新設しないことから、新設した場合（3.二酸化炭素削減効果）の結果と比較して、建設費としては不利となった。
- ④ 組合施設の新設時に本システムを導入した場合は、現状の焼却量(17t/日)から、

3.二酸化炭素削減効果の小規模施設（30 t／日）規模に該当する。本組合規模での単独整備としては事業効果が少ないことから、周辺自治体との連携（広域化）による処理システムの構築が望ましい。

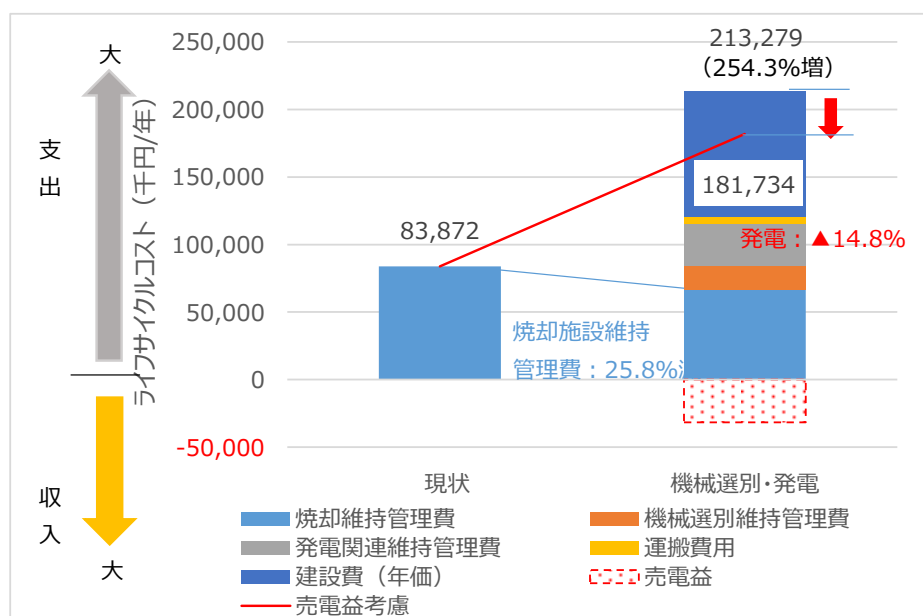


図 4.1-8 現有焼却施設に機械選別施設・発電設備を導入した場合の費用のまとめ

表 4.1-15 機械選別施設導入検討結果（事業費・維持管理費）

項 目		(単位)	現状	機械選別 発電
建設費	機械選別	(百万円)	-	591
	発電設備	(百万円)	-	737
	収集・運搬車両	(百万円)	-	63
	建設費 計	(百万円)	-	1,391
維持管理費	焼却施設	(千円/年)	83,872	66,495
	機械選別	(千円/年)	-	17,600
	発電設備	(千円/年)	-	31,383
	収集・運搬	(千円/年)	-	5,090
	維持管理費 計	(千円/年)	83,872	120,568
建設費年価		(千円/年)	-	92,711
ライフサイクルコスト		(千円/年)	83,872	213,279
発電による売電益		(千円/年)	-	31,544

※単年あたり事業費は、事業費について15年間供用として、建設費年価を15年間とした。

(9)CO₂の排出削減量

CO₂の排出削減量について、電力および燃料消費量を表 4.1-16 に示し、CO₂排出量の算定結果を表 4.1-17 および図 4.1-9 に示す。CO₂は、機械選別施設および発電設備の導入に伴い、現状より約 8 %増加するが、発電による CO₂排出量削減を考慮すると、約 7 %の削減となる。

表 4.1-16 CO₂排出量に係る用役量の整理

用役量の算出	(単位)	既設	機械選別
焼却施設規模	(t/日)	40	40
焼却量	(t/日)	17	10
発酵適物	(t/日)	-	7
電力量	(kWh/年)	698,800	1,138,500
焼却施設購入電力量	(kWh/年)	698,800	612,800
機械選別施設	(kWh/年)		120,000
メタン発酵施設	(kWh/年)	-	370,000
排水処理設備	(kWh/年)	-	35,700
発電設備	(kWh/年)	-	0
燃料（施設用）	(kL/年)	8	5
発電量	(kWh/年)		822,690
売電量	(kWh/年)		808,830

表 4.1-17 CO₂排出量のまとめ

用役量の算出	(単位)	既設	機械選別	備考
焼却施設規模	(t/日)	40	40	(施設規模)
焼却量	(t/日)	17	10	365日平均
発酵適物	(t/日)	-	7	365日平均
エネルギー利用に伴うCO ₂ 排出量	(t-CO ₂ /年)	425	672	
電力由来	(t-CO ₂ /年)	405	659	0.579kg-CO ₂ /kWh（北海道電力より）
燃料（施設用）由来	(t-CO ₂ /年)	20	13	2.49t-CO ₂ /L（軽油）
廃プラスチック由来CO ₂ ※	(t-CO ₂ /年)	2,615	2,615	焼却量の15%（設定値）
廃プラスチック由来	(t-CO ₂ /年)	2,615	2,615	2.77t-CO ₂ /t（設定値）
CO ₂ 排出量合計	(t-CO ₂ /年)	3,040	3,287	
売電による削減量	(t-CO ₂ /年)	-	468	
CO ₂ 排出量計（削減考慮）	(t-CO ₂ /年)	3,040	2,818	
CO ₂ 削減量	(t-CO ₂ /年)	-	221	
機械選別・発電事業費（年価）	(千円/年)	-	92,711	
CO ₂ t削減のための費用	(円/t-CO ₂)	-	418,913	

※廃棄物焼却によるCO₂排出量（廃プラスチック量は、発酵適物の選別前後で変化しないものとした）

資料：温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 算定方法・排出係数一覧（2018年1月）

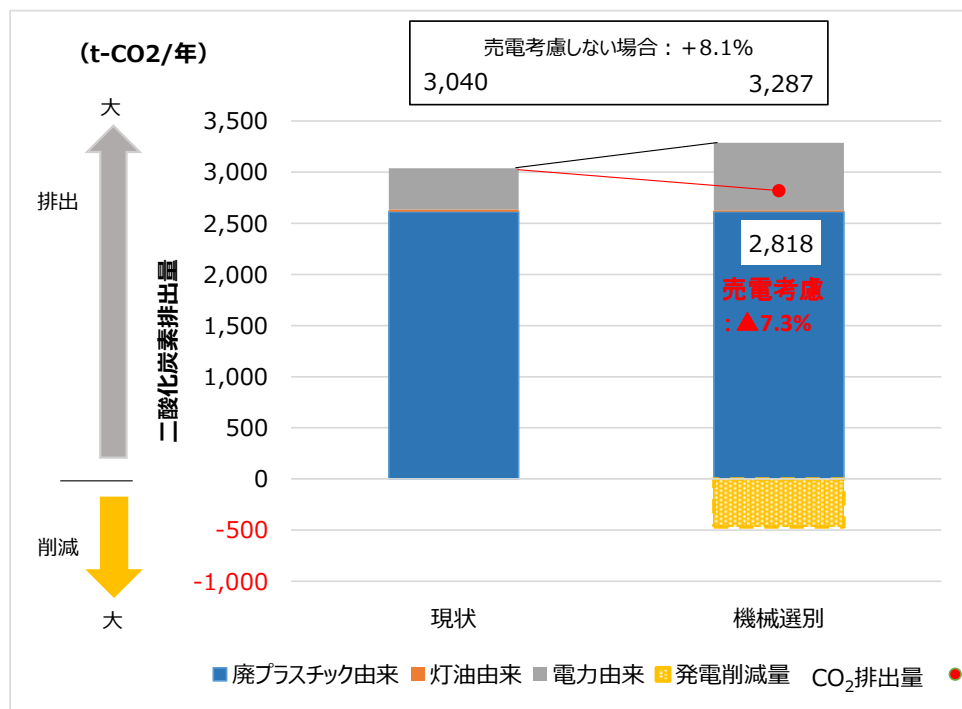


図 4.1-9 CO₂排出量のまとめ

4.1.4 生ごみ分別方式と機械選別方式の比較

(1)比較条件・検討フロー

可燃ごみと発酵適物（生ごみ）を分別する方法として、全国の複数の都市で、住民協力による生ごみの分別収集が行われている。今回導入を検討している機械選別方式が、生ごみ分別収集を行った場合と、費用面およびCO₂排出量面で比較してどのような効果があるかを検討する。

検討内容を表 4.1-18 に示す。住民による分別収集は、分別への協力度（生ごみ収集量、焼却量に差がある）による焼却施設への影響について確認するため、協力度が低い場合と高い場合について検討を行った。

処理フローを図 4.1-10 に示す。組合にて機械選別を行い、堆肥化施設へ移送した場合と、分別収集後堆肥化施設へ移送した場合とし、堆肥化施設は平取町内にあるものと仮定した。

表 4.1-18 機械選別と分別収集の検討

項 目	現状(ケース A)	機械選別 (ケース B)	分別収集(ケース C)
処理量	平成 29 年度焼却量 (6,293 t/年) (17 t/日 : 365 日)	平成 29 年度焼却量 (6,293 t/年) (17 t/日 : 365 日)	平成 29 年度焼却量から、下記分別量 を除く (協力度高 : 12 t/日 (4,347t/年)) (協力度低 : 14 t/日 (5,320t/年))
発酵適物	なし(全量焼却)	約 7 t/日 (焼却量 : 約 10 t/日)	協力度高 : 約 5 t/日 協力度低 : 約 3 t/日
必要設備	現状のまま (なし)	機械選別施設 発酵適物輸送設備 (車両)	分別収集車両 (外部搬出とする)
発酵適物 搬出先	なし	組合から 30 km(片道) (平取町牧場とする)	左記と同様とし、分別後生ごみは直 接外部へ搬出とする

注：分別収集は、住民協力度が高い事例については、可燃ごみに含まれる生ごみ（潜在量）の 80%を回収し、協力度が低い事例については、潜在量の 40%程度⁴¹とした。

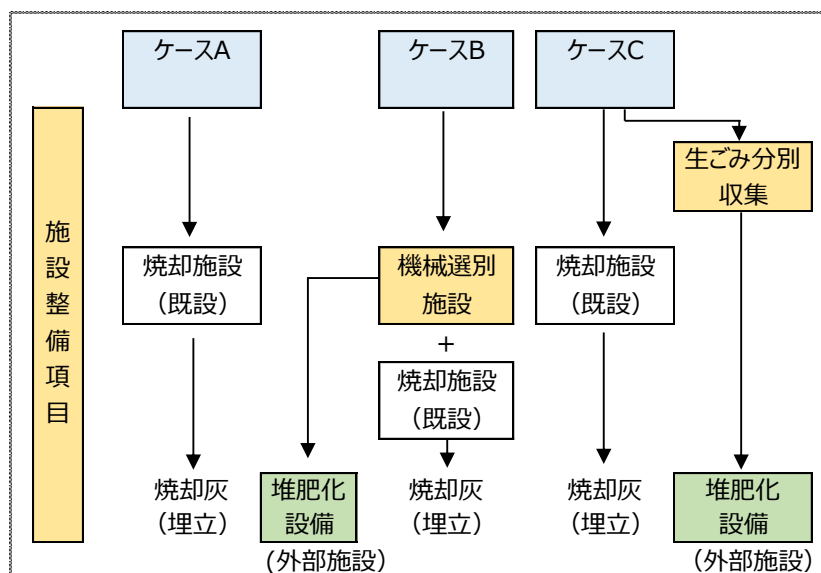


図 4.1-10 機械選別と生ごみ分別収集時の検討フロー

(2)分別収集による可燃ごみ減量化に伴う焼却施設維持管理費の変化

分別収集により、焼却ごみが減量化された場合の焼却施設維持管理費の変動は、3.1.5 維持管理費の算定と同様の方法で算出を行った。

機械選別を実施した場合と同様に、焼却ごみ量の減少から、約 9 %～17 %の維持管理費削減効果があると見込まれた。

⁴¹ 「焼却に頼らない廃棄物処理による最終処分量と温室効果ガス排出量の低減化の検討（第 40 回環境システム研究論文発表会講演集、2012 年 10 月）」

表 4.1-19 焼却施設の使用役量（住民協力度高）

項目	(単位)	H29	原単位	設定根拠・備考等
焼却量	(t/年)	4,347	-	H29ごみ焼却量参考
灯油	(千円/年)	503	89 円/L	単価は実績より
	(L/年)	5,651	1.3 L/t	H30用役費単価より推定
薬品	(千円/年)	6,634	1,526 円/t	H30用役費単価より推定
電力	(千円/年)	13,900	22.2 円/kWh	単価は実績より
	(kWh/年)	628,200	145 kW/t	H30電力量単価より推定

電力量：H29ベースの近似曲線値の1.08倍（H29とH30の原単位の比較より）とした。

表 4.1-20 焼却施設の使用役量（住民協力度低）

項目	(単位)	H29	原単位	設定根拠・備考等
焼却量	(t/年)	5,320	-	H29ごみ焼却量参考
灯油	(千円/年)	616	89 円/L	単価は実績より
	(L/年)	6,916	1.3 L/t	H30用役費単価より推定
薬品	(千円/年)	8,118	1,526 円/t	H30用役費単価より推定
電力	(千円/年)	14,700	22.2 円/kWh	単価は実績より
	(kWh/年)	663,500	125 kW/t	H30電力量単価より推定

電力量：H29ベースの近似曲線値の1.08倍（H29とH30の原単位の比較より）とした。

表 4.1-21 焼却施設維持管理費の算出結果

項目	(単位)	現状 ケースA	住民分別（ケースC）		設定根拠・備考等
			協力率80%	協力率40%	
焼却量	(t/年)	6,293	4,347	5,320	協力度により分別率を変化
灯油	(千円/年)	728	503	616	実績より
薬品	(千円/年)	9,604	6,634	8,118	実績原単位より
電力費	(千円/年)	15,500	13,900	14,700	実績（H29・H30）より
溶融処理費	(千円/年)	19,700	13,600	16,700	実績原単位より
埋立処分費	(千円/年)	21,222	14,740	17,996	平取最終処分場建設単価（44千円/t）より算出した。
人件費	(千円/年)	12,000	12,000	12,000	既設の人員より3名（4,000千円/人）とした。
修繕(補修費)	(千円/年)	5,118	5,118	5,118	実績と同等とする。
焼却工程費用計	(千円/年)	83,872	66,495	75,248	8.6%～17.4%の削減効果
焼却量あたり単価	(円/t)	13,327	15,297	14,144	

(3)分別収集に必要となる費用

分別収集に必要となる収集機材について算出を行う。なお、分別収集後の生ごみは、組合施設ではなく、資源化を行う施設へ直接搬入するものとした。算出は以下の通り行った。

- ・生ごみの収集は、2回／週行うものとした。
- ・車両台数は、現在組合内の可燃ごみの収集が2回／週行われており、同じ収集範囲を担当することから、可燃ごみの収集車両台数と同様6台とした。
- ・収集運搬距離は、平成29年度収集運搬車両走行距離から、可燃ごみに係る収集距離を算出し見込む。
- ・収集車両の検討にあたっては、組合が以前検討した際の資料を参考として、収集車両は平ボディ車（パワーゲート付）とし、収集用のコンテナ、各家庭に回収用バケツを配布するものとした。
- ・収集範囲は同じであるため、分別協力度の高い／低いにかかわらず、分別収集に関する収集費用は一定とした。

表 4.1-22 平成29年度車両運行状況

車 両	燃料 (L／年)	走行距離 (km／年)	燃費 (km／L)	車種等備考
1号車	7,929	32,498	4.10	パッカー車
2号車	8,225	32,451	3.95	パッカー車
3号車	7,985	32,674	4.09	パッカー車
5号車	8,050	32,613	4.05	パッカー車
6号車	7,591	32,484	4.28	パッカー車
7号車	6,116	28,787	4.71	平ボディ車
8号車	5,911	27,907	4.72	平ボディ車
10号車	5,930	27,802	4.69	平ボディ車
12号車	7,761	32,645	4.21	パッカー車
平成29年度計	65,498	279,861	4.27	-
パッカー車	47,541	195,365	4.11	-
可燃ごみ収集	35,656	146,524	-	収集日実績より
資源プラ収集	11,885	48,841	-	" (25%)
1回あたり可燃収集	17,828	146,524	8.22	生ごみ収集距離
平ボディ車平均燃費	-	-	4.71	

資料：平取町外2町衛生施設組合

平成29年度収集車月別燃料購入量及び走行距離数調書

表 4.1-23 分別収集車両及び機材費用

項 目	(単位)	収集車両	備考・条件等
分別収集量	(t/年)	1,946	365日平均
分別収集量	(t/日)	5	365日平均
1日あたり運搬量	(t/日)	7	5日/週とした
運搬車両	(千円)	30,000	7年で更新とする
運搬車両	(千円)	30,000	6台 (平ボディ車・パワーゲート付)
分別収集用機材	(千円)	50,753	
食品残渣回収コンテナ	(千円)	7,337	(トラック用)
食品残渣回収コンテナ	(千円)	5,336	(事業所用)
一般家庭用抗菌バケツ	(千円)	32,640	
防護ネット	(千円)	5,440	(バケツ保護用)

資料：平取町外2町衛生施設組合

表 4.1-24 分別収集のための維持管理費

項 目	(単位)	収集車両	備考・条件等
可燃物処理量	(t/年)	1,946	365日平均
発酵適物量	(t/日)	5	365日平均
1日あたり運搬量	(t/日)	7	5日/週とした
維持管理費	(千円/年)	31,510	
人件費	(千円/年)	24,000	運転1名・補助1名×3 (台)
税金・保険等	(千円/年)	3,000	一般的な事例より
燃料費 (ガソリン)	(千円/年)	4,510	145円/Lとした
搬送距離	(km/日)	93.9	1台 (収集日) あたり
	(km/年)	146,524	
年間燃料使用量	(L/年)	31,109	4.71km/Lとした。

※収集人件費は、可燃ごみ収集を減らす (2→1回/週) のため、3台分を見込み、
3台分は、収集回数減分の運転人員にて収集を行うものとした。

(4)機械選別と生ごみ分別収集の建設費・維持管理費の比較

平取町のごみ処理において、機械選別による発酵適物の回収を行った場合と、住民協力による生ごみ分別収集を行った場合とで、建設費および維持管理費を比較した。比較結果を表 4.1-25 および図 4.1-11 に示す。維持管理費は、生ごみの分別収集よりも機械選別がやや有利である。しかし、建設費を含めた単年度あたり費用は、機械選別施設の建設費が大きいことから、住民による生ごみ分別収集のほうが有利となる。

ただし、住民による分別は、住民の協力度により施設側の維持管理も大きく影響される。機械選別の導入は、施設処理量の推移を見通しやすく、施設規模の設定にあたっては、分別収集より適切な規模の選定を行うことができるという利点がある。

表 4.1-25 機械選別・生ごみ分別収集の建設費および維持管理費の比較

項 目		(単位)	ケースA 現状	ケースB 機械選別	ケースC(住民分別)	
					協力率80%	協力率40%
建設費	機械選別施設	(千円)	-	591,150	-	-
	運搬車両	(千円)	-	81,000	90,000	90,000
	建設費 計	(千円)	-	672,150	90,000	90,000
維持管理費	焼却施設施設	(千円/年)	83,872	62,745	66,495	75,248
	機械選別	(千円/年)	-	17,600	-	-
	収集・運搬	(千円/年)	-	5,160	31,510	31,510
	住民分別コスト	(千円/年)	-	-	154,517	77,258
	維持管理費 計	(千円/年)	83,872	85,505	252,522	184,016
	(増減率)	-	-	1.019	3.011	2.194
ライフサイクルコスト(15年)		(千円/年)	83,872	130,315	258,522	190,016
(増減率)		-	-	1.554	3.082	2.266

※ライフサイクルコスト算出の建設費は、15年間利用するものとして算出した。

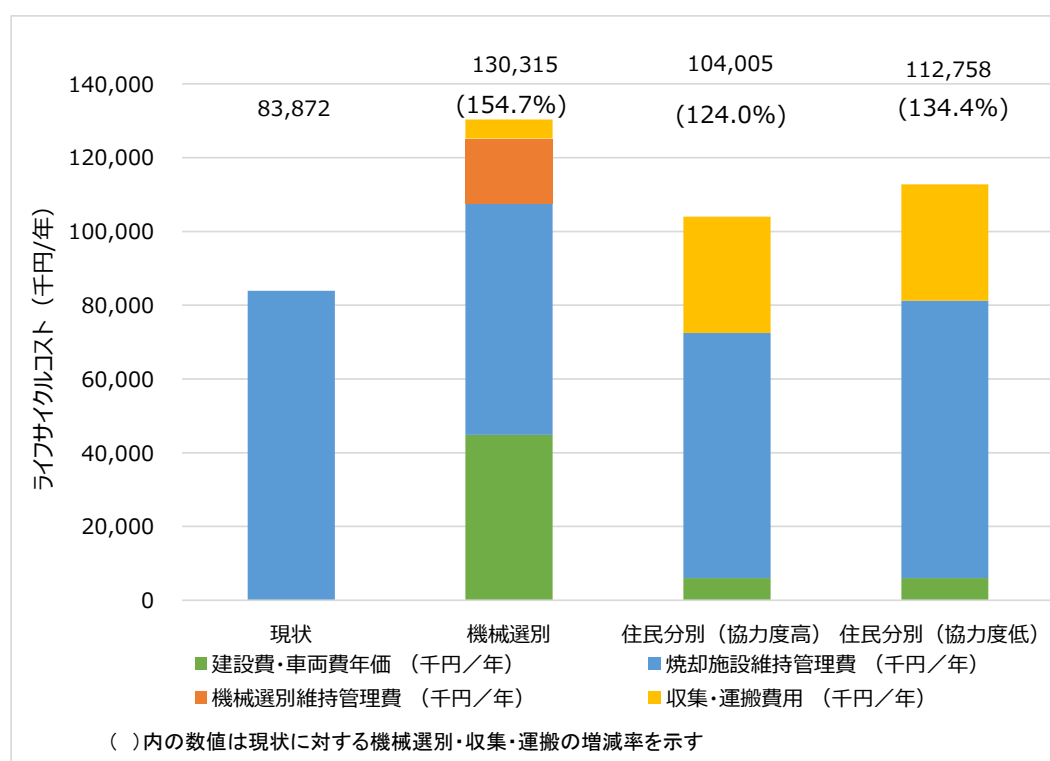


図 4.1-11 機械選別と生ごみ分別収集のライフサイクルコスト比較

(5)CO₂の排出量の比較

CO₂排出量の算定を行った。結果を表 4.1-26 および図 4.1-12 に示す。CO₂排出量としては、住民による生ごみ分別収集が機械選別と比較してやや有利と算出されたが、分別協力度が低くなると、現状の CO₂ 排出量 (単純焼却) よりも CO₂ が多くなる。

表 4.1-26 機械選別と生ごみ分別収集の CO₂ 排出量の比較

CO ₂ 排出量	(単位)	ケースA 現状	ケースB 機械選別	ケースC(住民分別)	
				協力率80%	協力率40%
焼却量	(t/年)	6,293	3,861	4,347	5,320
エネルギー由来CO ₂ 排出量	(t-CO ₂ /年)	425	448	450	473
電力由来	(t-CO ₂ /年)	405	424	364	384
燃料由来	(t-CO ₂ /年)	20	24	86	89
焼却施設	(t-CO ₂ /年)	20	13	14	17
収集・運搬	(t-CO ₂ /年)	0	11	72	72
廃棄物焼却によるCO ₂ 排出量					
廃プラスチック由来	(t-CO ₂ /年)	2615	2615	2615	2615
CO ₂ 排出量合計	(t-CO ₂ /年)	3,040	3,063	3,065	3,088

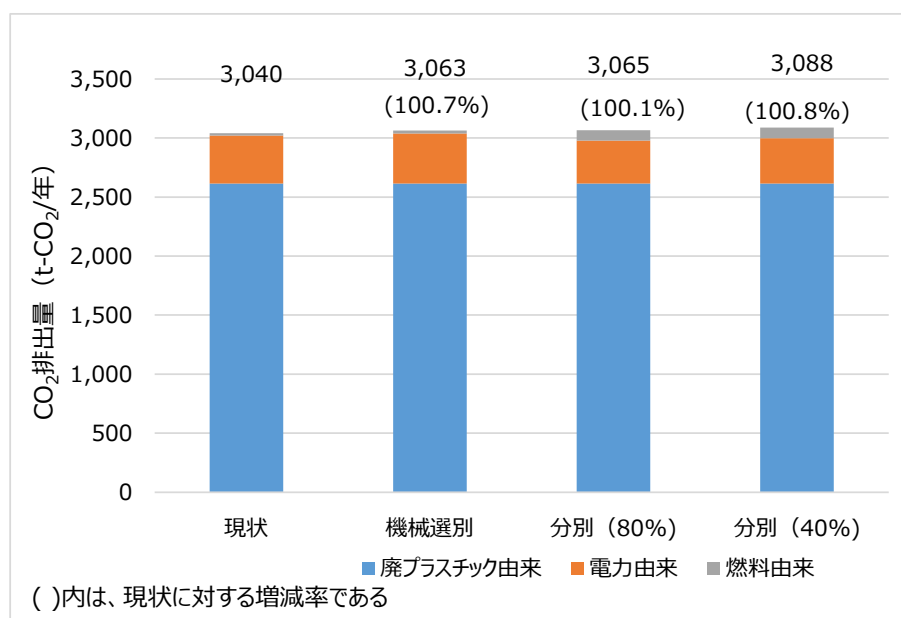


図 4.1-12 機械選別と生ごみ分別収集の CO₂ 排出量の比較

(6)住民分別コスト（負担）の検討

社会的コストとして、実際には出てこないが住民が分別するのに必要となるコストを、家事代行サービスの値を用いて試算を行った。

生ごみ分別時間を5分/日とし、家事代行サービスの一時間あたりの単価と、平取町の世帯数から試算を行った。平取町全体が生ごみ分別を行ったと仮定した場合、住民分別コストの想定額は年間1.9億円と試算される。今回は、住民による生ごみの分別回収率を、80%/40%としていることから、それぞれのケースの算出にあたっては、80%/40%の住民が協力するものとして、試算を行った。試算結果を表4.1-27および図4.1-13に示す。

結果として、住民協力度が高い場合は、最大で 1.5 億円を住民が負担する計算となる。今回の機械選別施設の導入は、一時的に自治体の負担が大きいが、住民の負担を大きく軽減でき、社会便益に寄与するシステムといえる。

表 4.1-27 住民負担（分別）コストの検討

項目	数値	単位	備考
家事代行サービス	2,500	円／h	①相場価格（ネットより）
生ごみ分別時間	5	分／日	②仮定
生ごみ分別単価	208	円／日・世帯	③＝①×②／60分
平取町・世帯数	2,540	世帯	④2019.2.実績
住民分別費用	193,146	千円／年	⑤＝③×④×365日

※家事代行サービス価格を家事にかかる対価として想定

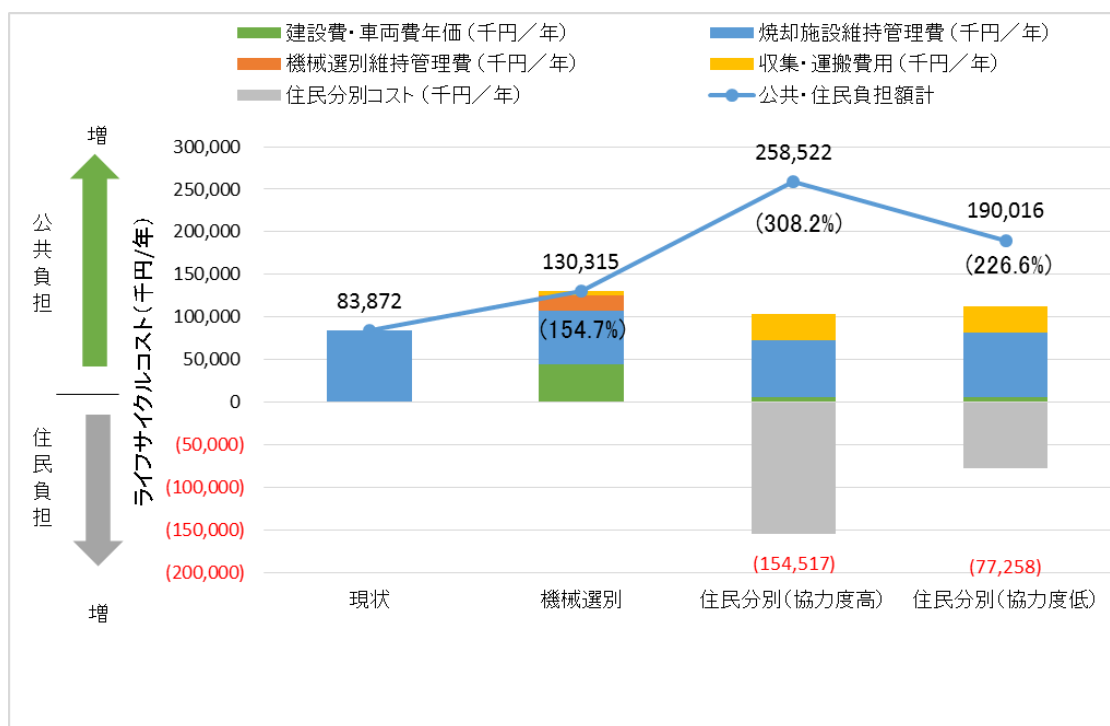


図 4.1-13 住民サービス対価を含む検討結果

(7)平取町における導入の評価

平取町に発酵適物の機械選別施設を導入する場合には、焼却施設の建屋内に設備を設置することが難しいため、現在の管理棟から門の間にある駐車スペースを利用して、施設建設を行わなくてはならない。敷地が広くないため、現在の管理棟を含めた既設焼却施設の建屋の改修も必要となる。これらの経費を合わせると、機械選別施設導入に伴う建設費は約 5.9 億円と試算された。

導入後の維持管理費は、発酵適物・生ごみの分別による焼却量の減少により、焼却施

設由来の維持管理費は約 26 %削減される。発酵適物を、発電利用する場合の発電設備を整備した場合の維持管理費は、発電による便益込でも約 6 %の増加となり、建設を含むライフサイクルコストとしては、現状と比較すると 2 倍以上となる。

次に、住民協力により生ごみ（発酵適物）を分別した場合、収集車両の整備に 0.6 億円が必要となり、生ごみ収集のための費用が発生することから、維持管理費用は現状の処理と比較して 12～23 %程度高くなると算定されたが、機械選別の場合は、1.3 %増にとどまった。ライフサイクルコストで比較すると、機械選別のほうが 1.6 倍と大きくなったが、分別収集は住民による収集への協力度により費用が増減する。このことから、機械選別は、住民による分別収集と比較して、発酵適物（資源化物）の安定的・計画的な供給能力に優れていると考えられる。

また、分別を行う住民の負担について、費用を試算したが、毎日ごみを分別することで、最大年間 1.5 億円程度の労働が平取町内で発生する。機械選別施設の導入により、住民の負担は大きく軽減される効果（社会便益）がある。

CO₂ 排出量を、現況と比較した結果は、機械選別の場合は、わずかに増加（0.7 %増）、分別収集の場合は、住民の分別協力度が高くなれば、ほぼ現状と同程度（0.1 %増）となり、住民の協力度が低いと、CO₂ 排出量はわずかに増加する（0.8 %増）結果となった。

4.2 機械選別施設の導入による平取町周辺自治体の広域化・集約化

平取町を含む、平取町外 2 町衛生施設組合に、機械選別施設を導入した場合について検討したが、既存焼却施設に機械選別施設を導入した場合、焼却量は減少するものの、選別施設の導入費用と維持管理費用がかかるため、焼却量減少に伴う事業費縮減のメリットがないことがわかった。このため、平取町周辺自治体の施設整備状況から、機械選別施設を導入することによる焼却施設の集約化・広域化により、地域のごみ処理費用の削減に繋がる可能性について、以下に検討する。

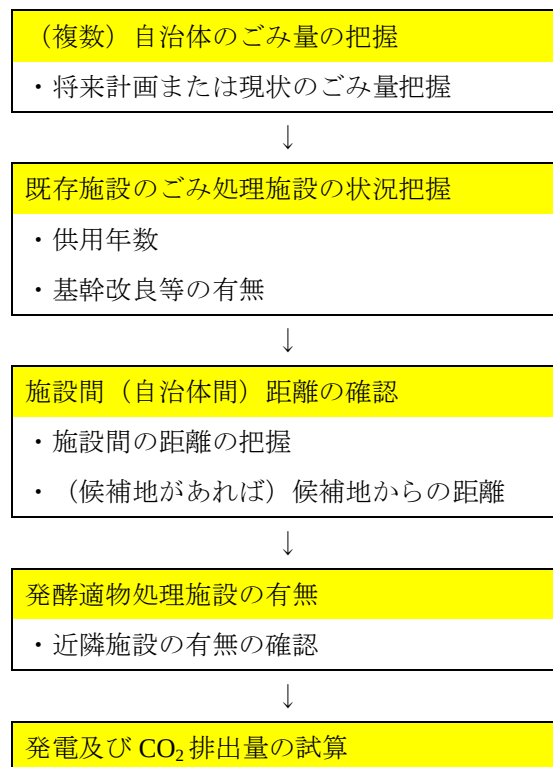


図 4.2-1 （ケーススタディ）平取町への導入検討

4.2.1 広域圏の確認と、自治体内のごみ量・施設稼働年数の把握

平取町を含む平取町外 2 町衛生施設組合は、焼却灰処理の広域化を図るため、平成 10 年度に、「日高・胆振東部地域ごみ処理広域化基本計画書（日高・胆振東部地域ごみ広域処理対策協議会）」を策定している。今回は、これと同じ地域について、広域化の概略検討を行った。

日高管内 7 町には、5 つのごみ焼却施設があり、最も稼働年数が少ない施設は、日高中部環境センターであり、稼働後 18 年が経過している。他の焼却施設は、稼働後 21～30 年を超えていることから、一般的な廃棄物処理施設としては、設備更新が必要な時期に来ていると判断される。

日高管内 7 町のごみ焼却施設の能力、平成 28 年度の焼却量、平成 31 年度時点の稼働年数を一般廃棄物処理実態調査（環境省）より調査し、調査結果を表 4.2-1 に示す。各施設のごみ焼却量は、ごみ処理能力に対して 30～70 %となっており、施設規模に対して、ごみ焼却量は少なくなっている。

このごみ処理量を対象に機械選別施設を導入した場合の発酵適物を 40 %、発酵不適物量を 60 %として表 4.2-2 に示した。



図 4.2-2 日高管内 7 町位置図

表 4.2-1 日高管内 7 町の焼却施設

No.	現有施設	焼却量 (t/日)	施設規模 (t/日)	稼働 年数
1	えりも町清掃センター	3.3	10	30
2	様似町クリーンセンター	2.8	10	23
3	浦河町グリーンプラザ	7.8	17	21
4	日高中部環境センター	26.9	38	18
5	平取町外 2 町衛生施設組合	17.2	40	28
-	合計	58.0	115	-

※出典：一般廃棄物処理実態調査（環境省：実績値はH28）

表 4.2-2 日高管内 7 町の可燃物処理量及び機械選別施設導入時の発酵適物／不適物量

項 目	(単位)	処理量	備考等
日高管内 7 町村ごみ焼却量			
年間発生量	(t/年)	21,195	平成28年度
日あたり	(t/日)	58	365日平均
機械選別発酵適物量	(t/日)	23	365日平均
発酵不適物量	(t/日)	35	365日平均
必要施設規模	(t/日)	50	設計要領に基づく規模
(機械選別しない場合)	(t/日)	80	設計要領に基づく規模

参考：ごみ処理施設の計画・設計要領（（公社）全国都市清掃会議）

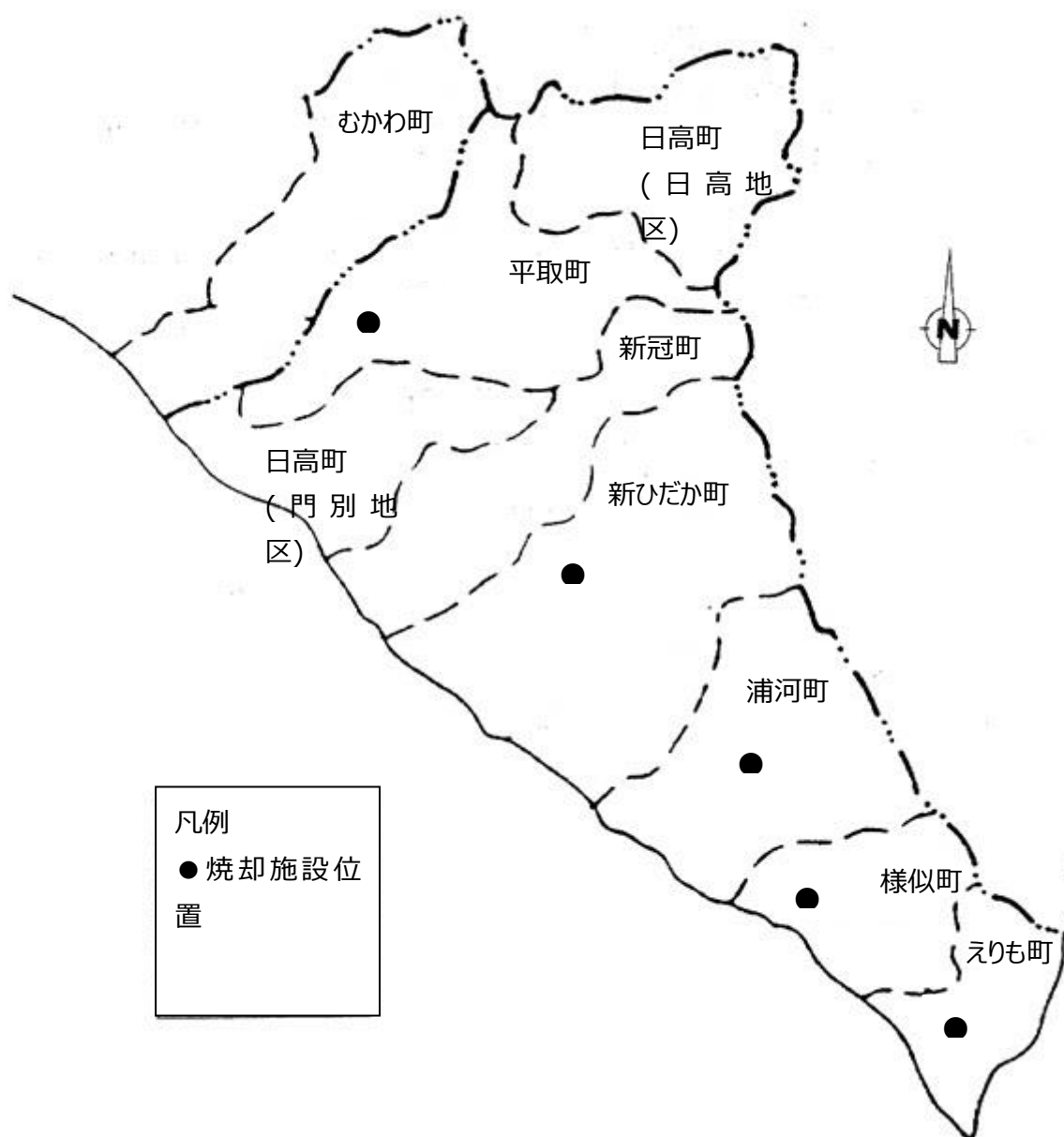
4.2.2 施設間距離の確認

ごみ焼却施設の広域化・集約化を検討するため、各施設間の距離について、表 4.2-3 に整理した。

広域内で最も遠い、えりも町清掃センターから、平取町外 2 町衛生施設組合までの距離は、137 km となっている。そのため、運搬に関する負荷の低減が大きな課題となる。各町から点在する施設へごみの運搬を考えた場合、その負荷をごみ量と距離を乗じたもので表した場合、表 4.2-3 に示すように、一番負荷が少ないのは、日高中部環境センターにて集約するのが最も効率的であることがわかる。

表 4.2-3 運搬負荷の検討

No.	現有施設	ごみ量(t/日)	区分	施設No.				
				1	2	3	4	5
1	えりも町清掃センター	3.3	施設間距離 (km)		36	54	80	137
			(距離*ごみ量(km・t))		119	178	264	452
2	様似町クリーンセンター	2.8	施設間距離 (km)	36		27	55	111
			(距離*ごみ量(km・t))	101		76	154	311
3	浦河町グリーンプラザ	7.8	施設間距離 (km)	54	27		34	86
			(距離*ごみ量(km・t))	421	211		265	671
4	日高中部環境センター	26.9	施設間距離 (km)	80	55	34		58
			(距離*ごみ量(km・t))	2,152	1,480	915		1,560
5	平取町外 2 町衛生施設組合	17.2	施設間距離 (km)	137	111	86	58	
			(距離*ごみ量(km・t))	2,356	1,909	1,479	998	
-	荷重計	58.0	(距離*ごみ量(km・t))	5,030	3,718	2,648	1,681	2,994



旧図面：（日高・胆振東部地域ごみ処理広域化基本計画書による）を元に調整

図 4.2-3 現状の焼却施設位置図

4.2.3 近隣発酵適物処理施設の設置状況

本事業の平成 29 年度成果結果より、発酵適物処理施設の設置状況を確認すると、日高管内 7 町のごみ処理施設近隣にメタン発酵を行っている施設（下水処理場・民間施設）は見られない。そのため、可燃ごみ処理の広域化・集約化を実施する場合には、発酵適物の有効利用施設の施設整備を行う必要がある。参考として、生ごみを受入れている近隣の先進事例の下水処理場（自治体）としては、北広島市下水処理センター（130 km 程度）、恵庭市下水処理センター（120 km 程度）がある。

4.2.4 広域化の検討パターン

上述より広域化の検討パターン例を表 4.2-4 に示す。検討パターンは、自治体との協議により慎重に設定する必要がある。今回は、現状の施設がある位置にて施設整備を行うこと、ごみ運搬距離上の視点から運搬ルートを最適化すること、今回検討を踏まえ、施設規模をできるだけ大きくすること（パターン A が望ましい）、を前提として、以下のように例を設定した。

表 4.2-4 広域化の検討パターン（例）

パターン		処理量	選定理由等
0	1 地点集約 (新ひだか町)	焼却量：58 t／日	・ 下記各案との比較のベースライン ・ 施設規模が 100 t／日に満たないため、発電を行わない。
A	1 地点集約 (新ひだか町)	ごみ量：58 t／日 焼却量：35 t／日 発酵適物：23 t／日 (平成 28 年度)	・ 広域構成自治体の中心に位置する。 ・ ごみの移動距離が最も少ない。 ・ 施設規模が最も大きくなる。 ・ 事業費は最も安価となる。
B	2 地点集約 (平取町・浦河町)	ごみ量：29 t／日×2 焼却量：17 t／日×2 発酵適物：12 t／日×2	・ 運搬距離を 60 km 程度に抑えられる。 ・ ごみの移動距離がパターン A の次に少ない。 ・ 新ひだか町のごみを按分する必要がある。
B'	上記の発電施設を 1 地点集約 (新ひだか町)	ごみ量割合は以下のとおり 平取町：29 t／日 浦河町：29 t／日 新ひだか町：23 t／日 (発酵適物)	・ ケース B の施設負担割合を分散する案 ・ 発電設備の集約化によるコスト削減 ・ 今回実証試験結果の活用(発酵適物の運搬)

4.2.5 建設費の算出

建設費は、3.1.4 建設費の算定における検討結果より表 4.2-5 に示す費用関数等を用い算出を行った。結果を表 4.2-6～表 4.2-8 および図 4.2-4 に示す。

表 4.2-5 建設事業費の算出に用いる算出方法等

項目	費用関数等	資料
焼却施設規模	パターン 0 : 84 t／日 パターン A : 50 t／日 パターン B : 25 t／日	ごみ処理施設整備の計画・設計要領より左記のように設定した。
焼却施設建設費	$Y(\text{百万円})=2452.5x^{0.2572}$ X : 施設規模 (t／日)	今回メーカーヒアリングより近似曲線を作成した。
機械選別施設建設費	570 百万円	パターン A・B とともに 1 系列とした。
メタン発酵施設建設費		大原鉄工所による
発電設備建設費	$Y(\text{百万円})=19.979X^{0.373}$ X : 発電規模 (kW)	実証試験結果よりガス量を想定し、発電設備の費用関数に当てはめる。
排水処理設備建設費	$Y(\text{千円})=5356.2X+42785$ X : 排水処理量 (m ³ ／日)	発酵残渣は脱水・排水処理を行う (液肥は見込まない)
堆肥化	-	堆肥化施設は地域性を勘案し、見込まない (民間堆肥化施設の活用を期待する)
車両輸送	10t 車両・コンテナ輸送	施設配置は、既存施設を基準とし、各自治体の焼却施設を中継基地として、集約施設まで運搬するものとした。 運搬にかかる車両費用等は、平取町検討結果をもとに作成した。

表 4.2-6 中継基地（現焼却施設）からの運搬車両の検討

パターンA

焼却場	運搬距離 (km片道)	運搬量 (t／日)	運搬 回数	走行距離 (km／日)	車両設定	コンテナ数
えりも町	80	4.6	0.5	80	10 t 車両×1	2
様似町	55	3.9	0.5	55	10 t 車両×1	2
浦河町	34	10.9	1	68	10 t 車両×1	2
新ひだか町	-	-	-	-	-	-
平取町（組合）	58	24.1	3	348	10t車両×2	5
合計	-	-	-	551	5	11

設定は以下の通り

運搬距離：現有施設から集約位置までの距離（片道）として設定した

運搬量：5日／週の運搬とした（日平均ごみ量×7／5）

運搬回数：距離とごみ量から設定した（運搬1日あたり）

走行距離：車両台数×運搬距離（往復）

コンテナ数：運搬中+1台とした

パターンB

焼却場	運搬距離 (km片道)	運搬量 (t/日)	運搬 回数	走行距離 (km/日)	車両設定	コンテナ数
えりも町	54	4.6	0.5	54	10 t 車両×1	2
様似町	27	3.9	0.5	27	10 t 車両×1	2
浦河町	-	-	-	-	-	-
新ひだか町	46	37.7	4	368	10t車両×2	6
平取町（組合）	-	-	-	-	-	-
合計	-	-	-	449	4	10

設定は以下の通り

運搬距離：現有施設から集約位置までの距離（片道）として設定した

運搬量：5日/週の運搬とした（日平均ごみ量×7/5）

運搬回数：距離とごみ量から設定した(運搬1日あたり)

走行距離：車両台数×運搬距離（往復）

コンテナ数：運搬中+1台とした

パターンB'

焼却場	運搬距離 (km片道)	運搬量 (t/日)	運搬 回数	走行距離 (km/日)	車両設定	コンテナ数
えりも町	-	-	-	-	-	-
様似町	-	-	-	-	-	-
浦河町	34	15.3	2	136	10 t 車両×1	3
新ひだか町	-	-	-	-	-	-
平取町（組合）	58	17.2	2	232	10 t 車両×1	3
合計	-	-	-	368	2	6

設定は以下の通り

運搬量：発酵適物とした（日平均ごみ量×0.4×7/5）

運搬回数：距離とごみ量から設定した(運搬1日あたり)

走行距離：車両台数×運搬距離（往復）

コンテナ数：運搬中+1台とした

表 4.2-7 中継基地（現焼却施設）運搬車両費用

項 目	(単位)	パターン			備考・条件等
		A	B	B'	
運搬車両数	(台)	5	4	6	7年で償却とする。
コンテナ数	(台)	11	10	16	7年で償却とする。
車両費用	(千円)	85,000	68,000	102,000	17,000千円/台
コンテナ費用	(t/日)	55,000	50,000	80,000	5,000千円/台

表 4.2-8 建設費の設定

項 目	(単位)	パターン			備考
		0	A	B	
焼却施設規模		84	50	25	(Bは×2施設である)
焼却量	(t/日)	58	35	17	365日平均
発酵適物	(t/日)	-	23	12	365日平均
建設費・車両費合計	(百万円)	9,405	9,313	6,398	
焼却施設建設費	(百万円)	8,985	6,684	4,502	費用関数
機械選別施設	(百万円)	-	570	570	大原鉄工所より
メタン発酵施設	(百万円)	-	817	507	費用関数
排水処理設備	(百万円)	-	484	256	費用関数
発電設備	(百万円)	-	339	209	費用関数
車両費	(百万円)	420	420	354	車両費の設定より

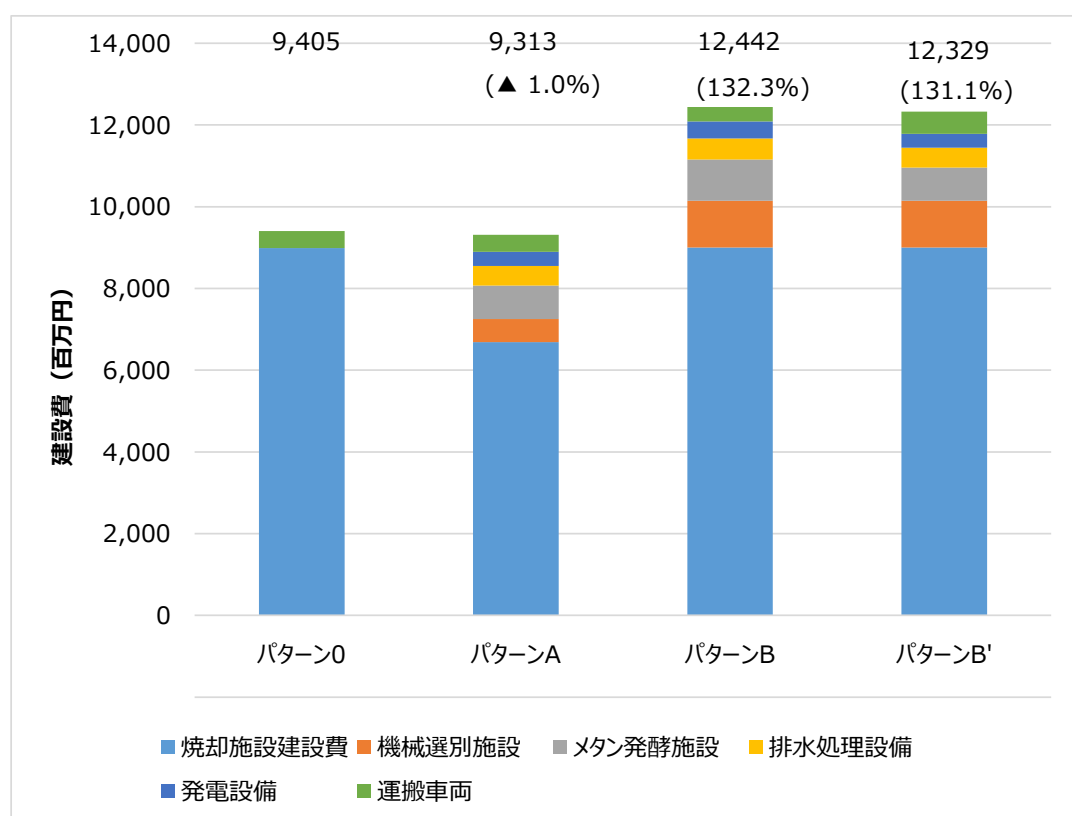


図 4.2-4 施設建設費

4.2.6 維持管理費の設定

維持管理費は、今回の検討を用いて表 4.2-9 に示す費用関数等を用い算出を行った。
結果を表 4.2-10、表 4.2-11 および図 4.2-5 に示す。

表 4.2-9 維持管理費の算出に用いる算出方法等

項目	費用関数等	資料
焼却施設 (人件費)	パターン A : 90,000 千円 パターン B : 36,000 千円	パターン A は 16 時間運転、パターン B は 8 時間運転とする。
焼却施設 (電力・薬品)	電力 : $Y=358.1x+23972$ 薬品 : $Y=788.69x+8330.5$	今回メーカーヒアリングより近似曲線を作成した。
焼却施設 (燃料)	10,000 千円/年	立ち下げ・立ち上げ時を考慮(パターン A・B とも間欠運転のため同じ)
焼却施設 (機器補修費)	建設費の比率から算出 (建設費の 2 %)	メーカーヒアリングより
機械選別施設	パターン A : ケース 2-1 パターン B : ケース 2-3	それぞれ同規模のため維持管理費は同様とする。
メタン発酵施設	電力 : $Y=336.85x+250.62$ 薬品 : $Y=171.71x+1387.3$ 水道 : $Y=62.345x+1447.8$ 機器補修費 : 建設費の 1 %	大原鉄工所試算額より近似曲線を作成した。
発電設備	実証試験結果利用	実証試験結果よりガス量を想定し、発電設備の費用関数に当てはめる。
排水処理設備	$Y(\text{千円})=0.4216x^{0.6079}$	費用関数より
埋立処分費	焼却量の 7 % × 44 千円/t	平取町最終処分場建設時の整備費用より算出
発酵適物輸送	別表の通り	ケース B' の場合に見込んだ
収集運搬距離	別表のとおり	各自治体の焼却施設を中継輸送のための集積場として、そこからの輸送距離を見込んだ。

表 4.2-10 車両運搬に伴う維持管理費の設定

項 目	(単位)	パターン			備考・条件等
		A	B	B'	
運搬距離	(km/年)	143,260	116,740	212,420	260日運搬とした
維持管理費	(千円/年)	27,693	22,232	34,700	
人件費	(千円/年)	20,000	16,000	24,000	1名/台とした。
税金・保険等	(千円/年)	2,500	2,000	3,000	500千円/台
燃料費 (ガソリン)	(千円/年)	5,193	4,232	7,700	145円/Lとした
年間燃料使用量	(L/年)	35,815	29,185	53,105	4km/Lとした。

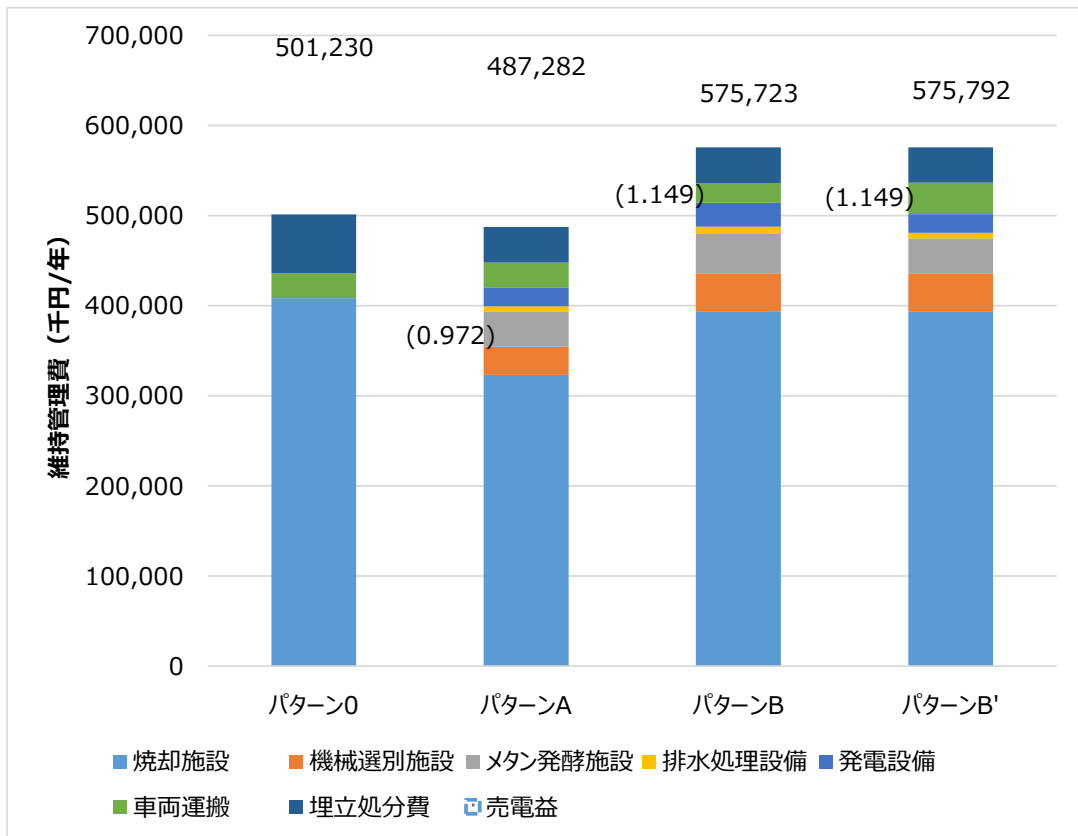


図 4.2-5 施設維持管理費

表 4.2-11 維持管理費の算出結果

項 目	(単位)	パターン			備考
		0	A	B	
焼却施設規模	(t/日)	84	50	25	(Bは×2施設である)
焼却量	(t/日)	58	35	17	365日平均
発酵適物量	(t/日)	-	23	12	365日平均
焼却施設	(千円/年)	408,333	323,342	196,972	検討結果より
人件費	(千円/年)	90,000	90,000	36,000	
電力	(千円/年)	54,052	41,877	32,925	
燃料	(千円/年)	10,000	10,000	10,000	
薬品その他	(千円/年)	74,580	47,765	28,048	
機器補修費	(千円/年)	179,700	133,700	90,000	
機械選別施設	(千円/年)		30,900	20,900	検討結果より
人件費	(千円/年)		12,000	12,000	
電力費	(千円/年)		5,600	1,700	
薬品その他	(千円/年)		300	200	
機器補修費	(千円/年)		13,000	7,000	
メタン発酵施設	(千円/年)		38,870	21,960	検討結果より
人件費	(千円/年)		-	-	
電力費	(千円/年)		17,100	8,700	
薬品その他	(千円/年)		9,970	5,680	
水道（希釈用）	(千円/年)		3,630	2,510	
機器補修費	(千円/年)		8,170	5,070	
排水処理設備	(千円/年)		6,140	3,970	検討結果より
人件費	(千円/年)		-	-	
電力費	(千円/年)		1,290	790	
薬品その他	(千円/年)		4,850	3,180	
機器補修費	(千円/年)		-	-	
発電設備	(千円/年)		20,990	13,270	検討結果より
人件費	(千円/年)		-	-	
電力費	(千円/年)		-	-	
薬品その他	(千円/年)		-	-	
機器補修費	(千円/年)		20,990	13,270	
車両運搬	(千円/年)	27,693	27,693	11,116	検討結果より
人件費	(千円/年)	20,000	20,000	8,000	
燃料費	(千円/年)	5,193	5,193	2,116	
薬品その他	(千円/年)	2,500	2,500	1,000	
埋立処分費	(千円/年)	65,204	39,347	19,674	平取町最終処分場参考
売電益	(千円/年)		-	-	
年間維持管理費	(千円/年)	501,230	487,282	287,862	
ごみあたり単価	(円/t)	23,676	38,143	46,392	
(増減率)	-	-	-	-	
建設費	(百万円)	9,405	9,313	6,398	
建設費年価	(千円/年)	1,128,221	1,108,162	714,387	
(増加率)	-	-	-	-	

注) 廃棄物処理施設の主要設備（機械・電気）は15年後に大規模改修するものとして、建設費を15年で除した。

4.2.7 広域化パターン別の建設維持管理費のまとめ

以上より建設・維持管理費をまとめ、表 4.2-12 および図 4.2-6 に示す。

表 4.2-12 建設・維持管理費のまとめ

項 目	(単位)	パターン			
		0	A	B	B'
施設整備費	(百万円)	9,405	9,313	12,442	12,329
焼却施設建設費	(百万円)	8,985	6,684	9,004	9,004
機械選別施設	(百万円)	-	570	1,140	1,140
メタン発酵施設	(百万円)	-	817	1,015	817
排水処理設備	(百万円)	-	484	511	484
発電設備	(百万円)	-	339	418	339
運搬車両	(百万円)	420	420	354	546
維持管理費	(千円/年)	501,230	487,282	575,723	575,792
焼却施設	(千円/年)	408,333	323,342	393,945	393,945
機械選別施設	(千円/年)	-	30,900	41,800	41,800
メタン発酵施設	(千円/年)	-	38,870	43,920	38,870
排水処理設備	(千円/年)	-	6,140	7,940	6,140
発電設備	(千円/年)	-	20,990	26,540	20,990
車両運搬	(千円/年)	27,693	27,693	22,232	34,700
埋立処分費	(千円/年)	65,204	39,347	39,347	39,347
建設費年価	(千円/年)	626,991	620,879	829,450	821,925
売電益	(千円/年)	-	95,315	91,995	95,315
ライフサイクルコスト	(千円/年)	1,128,221	1,012,846	1,313,179	1,302,402
増減率	-	-	0.898	1.164	1.154

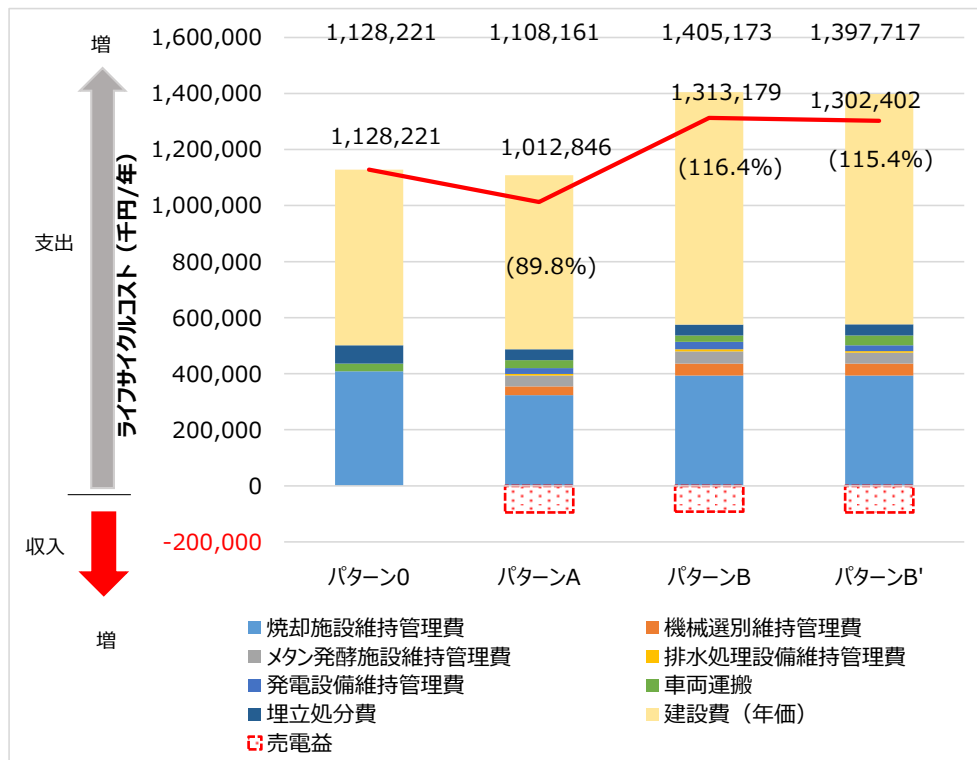


図 4.2-6 ライフサイクルコストの比較

4.2.8 CO₂ 排出量の見込み

CO₂ の排出量算定結果について、表 4.2-14 および図 4.2-7 に示す。

今回検討区域のごみを広域化することにより、単純焼却よりも CO₂ 排出量は 1 割程度削減することが可能である。

広域内の整備施設を 2 施設とした場合でも、発電を行うことができれば、CO₂ 排出量は、1 施設で整備した場合と同程度となることが分かった。

パターン B と B' では、発酵適物の輸送のための CO₂ 排出量は増加するが、発電関連設備を 1 施設にすることによる CO₂ 削減効果のほうがやや大きくなる結果となった。

表 4.2-13 CO₂排出量にかかる用役量のまとめ

項 目	(単位)	パターン				備考・条件等
		0	A	B	B'	
焼却施設規模	(t/日)	84	50	25	25	(Bは×2施設である)
焼却量	(t/日)	58	35	17	17	365日平均
発酵適物	(t/日)	-	39	22	10	365日平均
電力量	(kWh/年)	2,434,793	2,967,102	4,031,083	3,894,669	
焼却施設	(kWh/年)	2,434,793	1,886,351	2,966,171	2,966,171	
機械選別施設	(kWh/年)	-	252,252	210,000	100,000	
メタン発酵施設	(kWh/年)	-	770,270	783,784	770,270	
排水処理設備	(kWh/年)	-	58,228	71,128	58,228	
発電設備	(kWh/年)	-	0	0	0	発電による場内利用のため発生量なし
重油量（施設用）	(kL/年)	101	101	202	202	立上げ/立下げ回数を考慮した
燃料（車両用）	(kL/年)	36	36	29	53	
発電量	(kWh/年)	-	2,501,730	2,393,160	2,501,730	売電量は、自家処理量を除く
売電量	(kWh/年)	-	2,443,980	2,358,840	2,443,980	

表 4.2-14 CO₂排出量の試算結果

項 目	(単位)	パターン				備考・条件等
		0	A	B	B'	
焼却施設規模	(t/日)	84	50	25	25	(Bは×2施設である)
焼却量	(t/日)	58	35	17	17	365日平均
発酵適物	(t/日)	-	39	22	10	365日平均
エネルギー由来CO ₂ 排出量	(t-CO ₂ /年)	1,767	2,075	2,950	2,927	
電力由来	(t-CO ₂ /年)	1,410	1,718	2,334	2,255	0.579kg-CO ₂ /kWh
重油・燃料由来	(t-CO ₂ /年)	357	357	616	672	2.71kg-CO ₂ /L(重油)、2.32 (ガソリン)
廃棄物焼却によるCO ₂ 排出量						
廃プラスチック由来	(t-CO ₂ /年)	8,796	8,796	8,796	8,796	2.77t-CO ₂ /t
CO ₂ 排出量合計	(t-CO ₂ /年)	10,563	10,871	11,746	11,723	
売電による削減量	(t-CO ₂ /年)	-	1,415	1,366	1,415	0.579kg-CO ₂ /kWh
CO ₂ 排出量計（削減考慮）	(t-CO ₂ /年)	10,563	9,456	10,380	10,308	
CO ₂ 削減量	(t-CO ₂ /年)	-	1,107	183	255	
CO ₂ 削減率	-	-	10.5%	1.7%	2.4%	

電気事業者別排出係数（特定排出者の温室効果ガス排出量算定用）－平成29年度実績－ H30.12.27環境省・経済産業省公表

重油（A重油）原単位：温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 算定方法・排出係数一覧（2018年1月）

注）廃プラスチックは、今回実測調査（パターン0においてごみ量全体の15%）とした。

パターンA、Bで、廃プラスチック量は変化しないものとした。

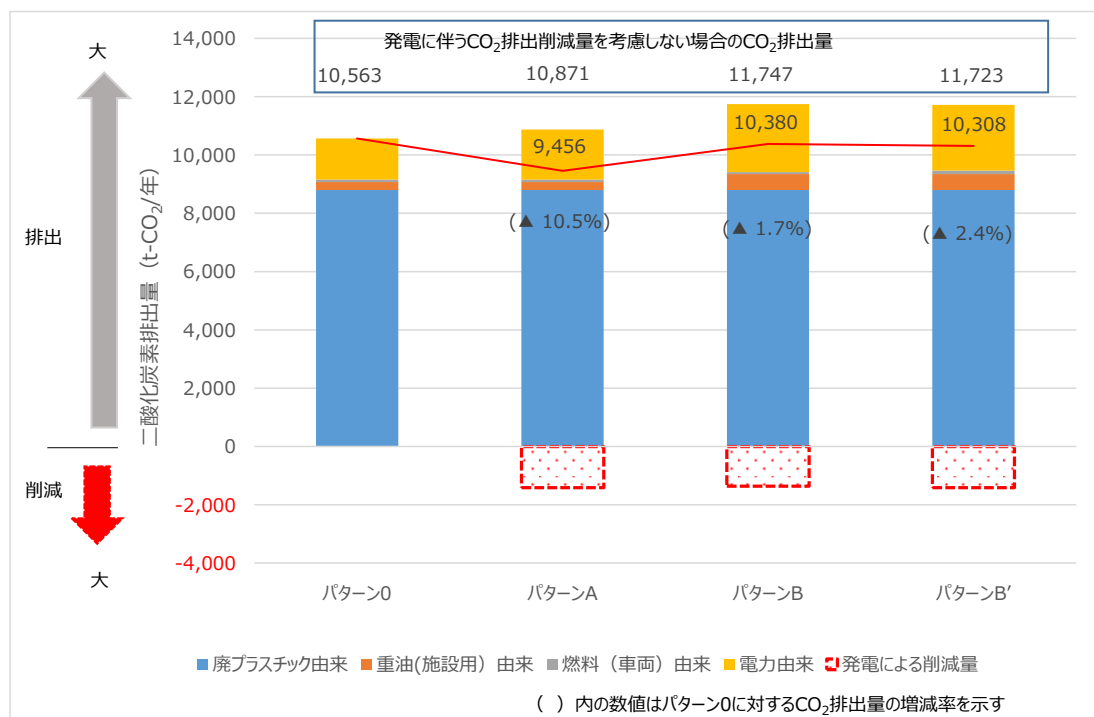


図 4.2-7 CO₂排出量のまとめ

4.2.9 広域化検討結果のまとめ

一般的に、広域化に向けた検討は、広域化計画の策定、事業可能性調査の実施、施設の基本計画、総合評価入札が必要であり、これらにかかる期間と、施設の建設期間を考慮すると、最短での施設稼働は7年後と想定される（集約のための検討期間を除く）。例えば、集約化の対象となる、日高中部環境センターおよび浦河町グリーンプラザはそれぞれ7年後には、稼働年数25年、稼働年数28年を迎えることから施設の更新を検討すべき時期にあると言える。検討スケジュール（案）を表4.2-15に示す。

仮に日高中部環境センターに、集約焼却施設を設置する場合は、施設規模として58t/日（将来ごみ量の予測による）の施設規模が必要と想定される。このように、当該地域においては、広域化を行っても、焼却施設単独で発電が可能な目安である、100t/日（焼却量：74t/日）が集まる可能性は少ないため、今回検討した機械選別によるバイオマス資源の有効利用化施設を導入した場合、CO₂排出量削減の観点からみて検討の対象となると考えられる。当初建設費用は、単純焼却と比較して約1.27倍となるが、発酵適物処理施設を下水道処理施設等と共同で設置し、発電による売電を考慮すれば、20年間の運用では費用の削減効果が期待できる。

なお、えりも町清掃センター、様似町クリーンセンター、浦河町グリーンプラザが処理している可燃ごみは、機械選別の有無にかかわらず、浦河町グリーンプラザ1か所での広域処理の可能性がある（日平均搬入量14t/日、施設稼働日平均処理量：18t

／日（5日／週とした。1時間程度の時間延長が必要となる）。また、浦河町グリーンプラザにごみを集約し、機械選別施設を導入した場合には、時間延長を行うことなく、ごみの焼却処理が可能となる（機械選別後のごみ処理量：約8t／日）と考えられる。

表 4.2-15 日高管区 7 町の集約のための検討スケジュール (案)

項目・年度		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
既設	様似町グリーンセンター 焼却施設																													23年稼働								30年予定
	えりも町清掃センター																													30年稼働								37年予定
	浦河町グリーンプラザ																													21年稼働								28年予定
	日高中部環境センター																													18年稼働								25年予定
	平取町他 2 町衛生施設組合清掃セン																													28年稼働								35年予定
計画・建設期間	広域化検討（FS）																																					
	（調整期間）																																					
	ごみ処理基本計画																																					
	基本計画・発注仕様書（要求水準書）																																					
	生活環境影響調査																																					
	総合評価（入札）																																					
	建設工事																																					

4.3 本実証実験目標値との比較

本実証実験実施時における CO₂ 排出量に係る削減目標との比較結果は、以下の通りである。なお、目標値について、以下の通り修正を行った。

- ・目標値 2（導入後の温室効果ガス排出量）について、当初既設焼却施設の CO₂ 排出量を、環境省による「廃棄物処理部門における温室効果ガス排出抑制等指針」の従来方式の目安と、平取町（平取町外 2 町衛生施設組合）の総ごみ量（7,700 t／年）としていた。

今回検討において、組合のごみ量を把握したことから、本事業の開始年次（当時の最新のごみ量データとして、平成 27 年度）を元に設定した。

修正した目標値との比較結果を、表 4.3-3 に示した。比較の結果は以下の通り整理される。

① 目標値 1（CO₂ 排出量あたりのコスト）について

当初のコストは超概算であり、範囲として機械選別施設、メタン発酵施設および水処理施設（簡易なもの）の建設費のみを計上しており、更に処理量を 100 t／日と想定していた。

また、CO₂ 排出の削減量については、当初、環境省「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック」の再生可能エネルギーの算定ツールを用いており、バイオガス発生量のみでの計算となっている。今回検討においてバイオガス発生量は実証試験から算定しており当初設定とは異なる。またエネルギー消費に伴う CO₂ 排出量は当初焼却炉における補助燃料および機械選別施設の電力量のみ概算量として積み上げており、焼却炉の電力消費量や他の施設のユーティリティ、処理に伴う CO₂ 排出量は積み上げていない。

よって目標設定時と同様にコストと CO₂ の範囲を以下の条件として比較する。

- ・コスト：機械選別施設、メタン発酵施設、水処理施設の建設費
- ・CO₂ 排出量：機械選別施設、焼却炉（廃プラスチック由来 CO₂ を除く）、ガス発電施設（発電による削減）

比較の結果を表 4.3-1 に示す。

表 4.3-1 目標 1 に対する対応

項目			事業開始当初	今回検討		備考
			100t/日処理	平取町	60t/日規模	
コスト	機械選別施設	百万円		591	570	
	メタン発酵施設	百万円		401	650	
	水処理施設	百万円		182	381	
	計	百万円	4,040	1,174	1,601	
	年価	百万円/年	269.3	78.2	106.7	15年
電力消費量	焼却炉	kWh/年	-	▲ 88,200	▲ 267,000	
	機械分別施設	kWh/年	-	120,000	210,000	当初は設備容量として150kW
	ガス発電	kWh/年	▲ 932,000	▲ 753,390	▲ 2,768,160	
	計	kWh/年		▲ 721,590	▲ 2,825,160	
CO ₂ 排出量		t-CO ₂ /年	▲ 573	▲ 418	▲ 1,636	0.58 kg-CO ₂ /kWh
処理量		t/年	36,500	6,293	10,080	当初は処理量100 t/日想定
CO ₂ 排出削減量		t-CO ₂ /t-廃棄物	0.09	0.07	0.16	
1t-CO ₂ 削減にかかるコスト		円/t-CO ₂	81,989	187,276	65,248	

※当初は環境省ツールによる計算を行っているため、機械分別施設の電力消費量は不明

目標 1 については、新設規模で効果の得られた 60 t/日程度の規模とし、先進都市で行われているように、下水道等、汚泥処理・排水処理を他施設で行う場合は、目標値に達する効果が発揮できると考えられる。

結果として 60 t/日規模のものは目標値を達成できた。

なお、実際には建設費と維持管理費を合わせたコストとし、水処理および堆肥化を外部で行うことを考慮し発電施設までをコストおよび CO₂ 排出量の範囲とすると、平取町規模および 60 t/日規模では CO₂ 排出削減にかかるコストとして、表 4.3-2 に示すとおりとなる。

表 4.3-2 1t-CO₂を削減するためのコスト（今回検証）

項目			今回検討		備考
			平取町	60t／日規模	
建設費	機械選別施設	百万円	591	570	
	メタン発酵施設	百万円	401	650	
	ガス発電施設	百万円	182	381	
	計	百万円	1,174	1,601	
	年価	千円／年	78,244	106,730	15 年
維持管理費	機械選別施設	千円／年	17,600	22,800	
	メタン発酵施設	千円／年	17,400	26,500	
	ガス発電施設	千円／年	10,013	17,519	
	計	千円／年	45,013	66,819	
	年間費用・計	千円／年	123,257	173,549	
電力消費量	焼却炉	kWh／年	▲ 88,200	▲ 267,000	削減分
	機械選別施設	kWh／年	120,000	210,000	
	ガス発電	kWh／年	▲ 753,390	▲ 2,768,160	
	計	kWh／年	▲ 721,590	▲ 2,825,160	
エネルギー消費に伴うCO ₂ 排出量		t-CO ₂ ／年	▲ 418	▲ 1,636	0.58 kg-CO ₂ ／kWh
処理に伴うCO ₂ 排出量	焼却処理量	t／年	4,015	9,240	
	廃プラ由来CO ₂	t-CO ₂ ／年	11,122	25,595	2.77 t-CO ₂ ／t
CO ₂ 排出量・計		t-CO ₂ ／年	▲ 418	▲ 1,636	廃プラ由来は導入前後で同じ量のため相殺
処理量		t／年	6,293	10,080	
CO ₂ 排出削減量		t-CO ₂ ／t-廃棄物	0.07	0.16	
1t-CO ₂ 削減にかかるコスト		円／t-CO ₂	295,014	106,096	

② 目標 2 について

導入後の温室効果ガス排出量は、廃プラスチック焼却に伴う CO₂ 排出量を除くと、焼却量の減少に伴う焼却からの CO₂ 削減、メタン発酵・発電に伴う CO₂ 削減により、平取町施設においては約 22 %の CO₂ 削減効果が認められる。また、廃プラスチック焼却量は、施設導入前後で変わらないことから、今回検討においては単純焼却の場合と提案方式を導入した場合で、相殺されると考えられる。

なお、今回実証実験では、廃プラスチックの減量化については対象としていないが、CO₂ 排出量削減には、廃プラスチックの削減が効果的である。

③ 目標 3 について

従来方式からの CO₂ 排出量は、今回の削減結果より目標を達成しているものとする。

以上より、CO₂ 削減に関する今回目標値との評価（案）を表 4.3-3 に示す。

表 4.3-3 今回実証実験目標値との評価（案）

総合評価	目標値	対応状況
1:CO ₂ を1t削減するのに必要なコスト	8.2 万円／t-CO ₂ 以下	6.5 万円／t-CO ₂ (中小規模：60 t／日) ※ライフサイクルコストは 10.6 万円／t-CO ₂
2:導入後の温室効果ガス排出量	3,633 t-CO ₂ ／年未満 (535.5 kg-CO ₂ ／焼却ごみ t)	2,849 t-CO ₂ ／年未満 (452.7 kg-CO ₂ ／ごみ t) (▲21.6 %)
3:従来方式からの CO ₂ 排出削減	17.5 %以上	21.6 %

目標 2 の計算式：廃棄物部門における温室効果ガス排出抑制等指針マニュアル（2012 年 3 月）より

焼却のみの一般廃棄物処理施設における CO₂ 排出量の目安： $Y = -240 \text{LOG}x + 920$ ⁴²

Y：目安（kg-CO₂／t-焼却ごみ） X：処理能力（t/日）

X=40 t／日（既設規模）、Y=535.5 kg-CO₂／t-焼却ごみ（計算式より）

焼却量：6,784 t／年（2015 年度実績）

4.4 水平展開及び本実証事業終了時の出口戦略

本実証試験結果より、機械選別施設による発酵適物（バイオマス資源）が定量的に選別可能であり、選別後の発酵適物の性状から、コンテナ車等の車両による運搬が十分可能であることが実証された。また、発酵適物の発酵試験結果より、メタンガスの発生量・発電可能量についても目安を得ることができた。

建設費、維持管理費および CO₂ 排出量の検討の結果、発酵適物を発電することで、単純焼却と比較して維持管理費の低減、CO₂ 排出量の低減を図る事ができ、目標値(CO₂ 排出削減量 17.5 %以上、CO₂ 排出量削減費用 8.5 万円／t-CO₂ 以下) を満足できた。

ただし、目標値を満足するためには、発酵適物資源化のための設備をすべて整備せずに、今回実証試験結果である発酵適物の可搬性を活用して、近隣の既設のバイオガス化施設等と連携を行うことが非常に重要となる。

平成 29 年度成果より、中小規模焼却施設を持つ自治体内で、メタン発酵施設を持つ下水処理場が 10 箇所（表 4.4-1）、バイオマスを資源化している汚泥再生処理センターが 5 箇所（表 4.4-2）、バイオマスを資源化している民間施設が 5 箇所（表 4.4-3）存在している。これらの施設では、施設の更新等に合わせ、機械選別施設の導入により、単純焼却より、CO₂ 排出量の削減を行うことができると考えられる。また、同一の組合内で、複数の中小規模焼却施設を持つ自治体（11 箇所・表 4.4-4）は、機械選別施設の導入により、焼却量の削減と焼却施設の統合を図ることができる可能性がある。

⁴²廃棄物部門における温室効果ガス排出抑制等指針マニュアル（2012 年 3 月）

以上より本実証試験の出口戦略としては、上記の合計 31 箇所について、更に検討を行っていく。

表 4.4-1 連携可能性下水処理場

No	区分	都道府県	市町村等団体名	施設名称	距離
1	焼却施設	栃木県	鹿沼市	環境クリーンセンター（ごみ処理施設）	隣接
	下水処理場	栃木県	鹿沼市	黒川終末処理場	
2	焼却施設	栃木県	壬生町	壬生町清掃センター焼却施設	約8km
	下水処理場	栃木県	壬生町	水処理センター	
3	焼却施設	新潟県	上越市	第2クリーンセンター	約7km
	下水処理場	新潟県	上越市	上越市下水道センター	
4	焼却施設	京都府	舞鶴市	舞鶴市清掃事務所（第二工場）	約4km
	下水処理場	京都府	舞鶴市	舞鶴市清掃事務所（第一工場）	
5	焼却施設	兵庫県	赤穂市	ごみ焼却場	約2km
	下水処理場	兵庫県	赤穂市	赤穂下水管理センター	
6	焼却施設	岡山県	備前市	グリーンセンター備前	約13km
	下水処理場	岡山県	備前市	備前浄化センター	
7	焼却施設	愛媛県	今治市	大島グリーンセンター焼却施設	約24km
	下水処理場	愛媛県	今治市	今治下水浄化センター	
8	焼却施設	大分県	中津市	中津市クリーンプラザ	約5km
	下水処理場	大分県	中津市	中津終末処理場	
9	焼却施設	大分県	日田市	日田市清掃センター	約8km
	下水処理場	大分県	日田市	日田市浄化センター	
10	焼却施設	沖縄県	名護市	名護市環境センター	約5km
	下水処理場	沖縄県	名護市	名護下水処理場	

資料：平成29年度成果

表 4.4-2 連携可能性民間施設

No	区分	都道府県	市町村等団体名	事業主体	施設名称	距離
1	焼却施設	北海道	遠軽町		遠軽町清掃センター	17km
	バイオマスプラント	北海道	遠軽町	(有) 社名渕みどり牧場	嫌気性発酵処理施設	
2	焼却施設	北海道	根室北部廃棄物処理広域連合	根室北部廃棄物処理広域連合	根室北部広域ごみ処理施設	22km
	バイオマスプラント	北海道	別海町	別海町	別海資源循環試験施設	
3	焼却施設	岩手県	葛巻町		葛巻町清掃センター	23km
	バイオマスプラント	岩手県	葛巻町	葛巻町	くずまき高原牧場（葛巻町バイオガスシステム施設）	
4	焼却施設	宮城県	栗原市		栗原市グリーンセンター可燃ごみ処理施設	2km
	バイオマスプラント	宮城県	栗原市	(株) ダスト栗原	ダスト栗原バイオマス発電所	
5	焼却施設	鳥取県	大山町		大山町名和グリーンセンター	2km
	バイオマスプラント	鳥取県	大山町	(有) 山水園	メタン発酵処理施設	

資料：平成29年度成果

表 4.4-3 連携可能性汚泥再生処理センター

No	区分	都道府県	市町村等団体名	施設名称	距離
1	焼却施設	北海道	大雪清掃組合	しらかば清掃センター	約5km
	汚泥再生C	北海道	美瑛町	美瑛町浄化センター	
2	焼却施設	新潟県	上越市	第2グリーンセンター	約2km
	汚泥再生C	新潟県	上越市	汚泥リサイクルパーク	
3	焼却施設	長野県	小諸市	グリーンヒルこもろ	約6km
	汚泥再生C	長野県	浅麓環境施設組合	汚泥再生処理センター	
4	焼却施設	愛知県	田原市	田原リサイクルセンター炭生館	約16km
	汚泥再生C	愛知県	田原市	し尿処理施設	
5	焼却施設	長崎県	新上五島町	新上五島町グリーンセンター・ごみ焼却施設	隣接
	汚泥再生C	長崎県	新上五島町	新上五島町グリーンセンター汚泥再生処理センター	

資料：平成29年度成果

表 4.4-4 統合可能性焼却施設

No.	都道府県	組合名称	施設名	稼働年	稼働年数	規模(t/日)	処理量(t/日)	稼働率	組合処理量(t/日)	機械選別後(t/日)
1	福島県	田村広域行政組合	田村東部環境センター	1996	21	30	16.8	55.9%	47.1	28.2
	福島県		田村西部環境センター	2006	11	40	30.3	75.7%		
2	福島県	南会津地方環境衛生組合	西部グリーンセンター	1995	22	25	10.4	41.7%	26.3	15.8
	福島県		東部グリーンセンター	1992	25	40	15.8	39.6%		
3	埼玉県	久喜宮代衛生組合	菖蒲清掃センター焼却施設	1989	28	30	15.5	51.7%	67.0	40.2
	埼玉県		久喜宮代清掃センター75t/24hごみ処理施設(1号炉)	1975	42	75	22.6	30.1%		
	埼玉県		久喜宮代清掃センター75t/24hごみ処理施設(2号炉)	1980	37	75	28.9	38.5%		
4	埼玉県	志木地区衛生組合	新座環境センター東工場	1979	38	90	67.6	75.2%	131.6	79.0
	埼玉県		新座環境センター西工場	1994	23	90	64.0	71.1%		
5	千葉県	佐倉市、酒々井町清掃組合	酒々井リサイクル文化センター焼却処理施設(C系)	1990	27	100	34.6	34.6%	85.9	51.6
	千葉県		酒々井リサイクル文化センター焼却処理施設(D系)	2005	12	100	51.3	51.3%		
6	新潟県	燕・弥彦総合事務組合	燕・弥彦総合事務組合環境センター(流動床炉)	1995	22	78	34.7	44.5%	72.1	43.2
	新潟県		燕・弥彦総合事務組合・環境センター(ストーカ炉)	1984	33	80	37.4	46.7%		
7	長野県	上田地域広域連合	上田地域広域連合東部グリーンセンター	1993	24	30	11.3	37.7%	28.8	17.3
	長野県		上田地域広域連合丸子グリーンセンター	1992	25	40	17.5	43.8%		
8	兵庫県	小野加東加西環境施設事務組合	ごみ焼却処理施設3号炉	1998	19	75	52.9	70.5%	81.3	48.8
	兵庫県		ごみ焼却処理施設1、2号炉	1989	28	90	28.5	31.6%		
9	熊本県	有明広域行政事務組合	グリーンパークファイブ	2006	11	50	29.8	59.7%	66.2	39.7
	熊本県		東部環境センター	1999	18	70	36.3	51.9%		
10	熊本県	宇城広域連合	宇土清掃センターごみ処理施設	1997	20	52	28.2	54.3%	75.0	45.0
	熊本県		宇城グリーンセンターごみ処理施設	1998	19	95	46.8	49.3%		
11	熊本県	天草広域連合	松島地区清掃センター	1996	21	34	20.6	60.6%	65.2	39.1
	熊本県		本渡地区清掃センター	2000	17	93	44.6	47.9%		

資料：平成29年度成果

5. 全体まとめ

5.1 マテリアルバランス

本検討項目に基づき、マテリアルバランスを算出した。算出条件は以下の通りである。

図 5.1-1、5.1-2、5.1-3 に、マテリアルバランスを示す。

- ・実処理規模 21 t/日、42 t/日、74 t/日（2.5 バイオガス有効利用検討と同様）
- ・発酵適物の選別割合 40.9 %、発酵適物 TS 37.9 %、VS 29.4 %（2.3.1 メタン発酵試験の設計滞留日数 25 日期間平均時）、希釈時 TS10 %。
- ・バイオガス発生量 640 Nm³/t-VS（滞留日数 25 日平均）メタン濃度 60 %、メタンガス 100 %時の熱量は 35.8 MJ/Nm³、バイオガス発電における発電効率 32 %、排熱回収効率 48 %

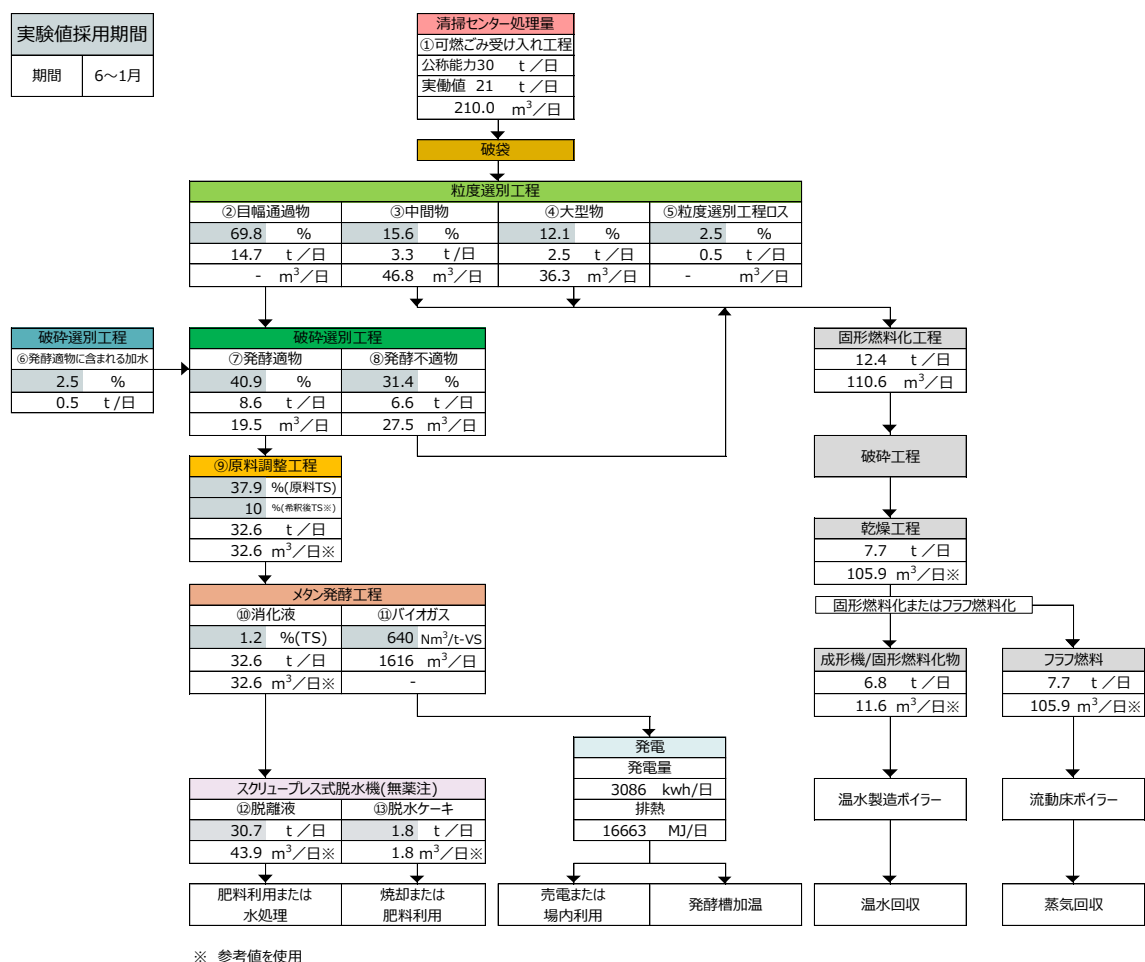


図 5.1-1 公称処理能力 30t/日マテリアルバランス

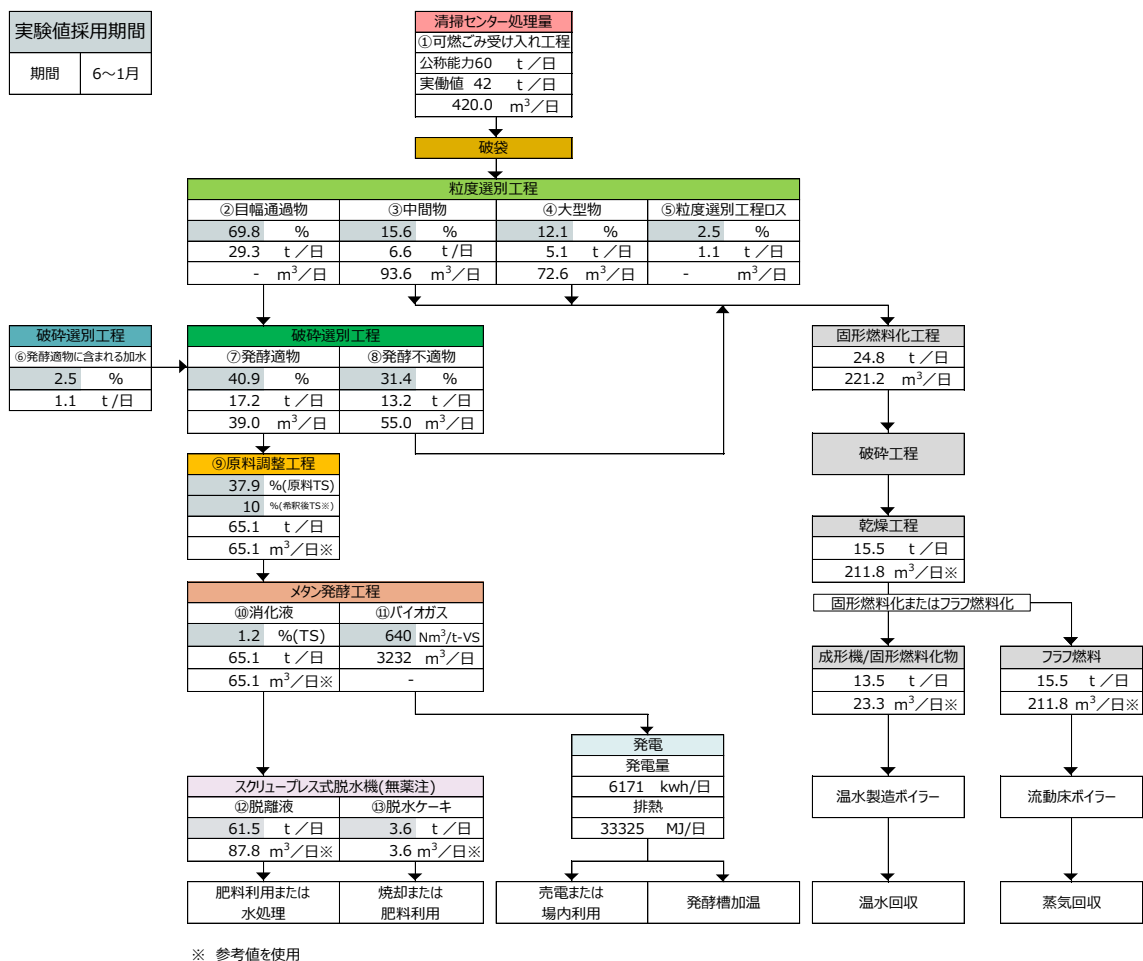


図 5.1-2 公称処理能力 60t/日マテリアルバランス

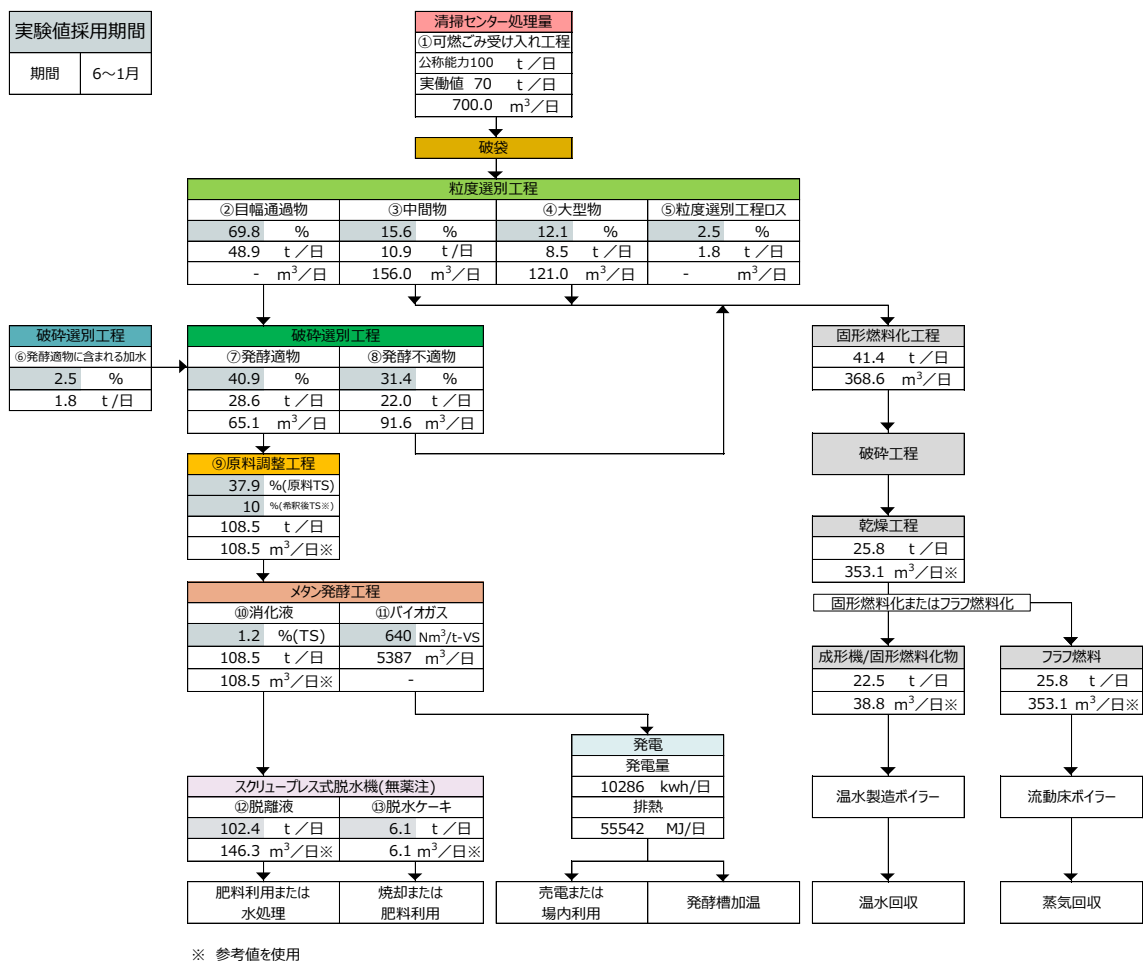


図 5.1-3 公称処理能力 100t／日マテリアルバランス

5.2 全体まとめ

本実証事業により本システムのベースとなる機械選別及びメタン発酵については、その選別状況及び発酵状況について長期的なスパンで確認し、具体的なシステム構築・事業計画のための基礎データを取得することが出来た。

また、他施設との連携を見据えた発酵適物の輸送や発酵残渣の肥料価値の確認、また発酵不適物の燃料化について実証試験を行い、それぞれの可能性や有効利用方法に目途を付けることが出来た。

さらに総合評価として、本システムと単純焼却施設との比較検討を行い、ライフサイクルコストにおいて本システムの有用性を示している。但し、本比較検討は FIT による売電を前提としている点や規模が小さくなるにつれてメリットを得にくい点が懸念される。

よって、その地域毎の特色を生かし、機械選別及びメタン発酵のベースシステムに加えて、他施設との連携によるシステムコストの低減や消化液の肥料利用、また発酵不適物の燃料化等を組み合わせる等、長期的な事業継続が可能なシステムとして構築していく必要がある。

今後の展開としては、平成 29 年度実証事業の成果として調査した、連携可能性が高い下水処理場、汚泥再生処理センター、民間メタン発酵施設や統合可能性の高い焼却施設に対して本システムの適用可能性について更に検討を行っていくものとする。