

平成 29 年度環境省委託業務

平成 29 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
委託業務報告書

平成 30 年 3 月

一般財団法人日本環境衛生センター

調査概要

調査の目的と内容

中小規模（特に 100t/日未満）の廃棄物処理施設（中小廃棄物処理施設）を有する主に中小規模の自治体では、先導的な廃棄物処理技術に関する蓄積ノウハウが少なく、また、地理的制約等から広域化・集約化が困難な面もあり、バイオマスを始めとした廃棄物エネルギーが十分に有効利用されていない。

また、現在の廃棄物発電の主流である廃熱ボイラ+蒸気タービン方式は、100t/日未満の施設では効率が低下する課題があり、中小廃棄物処理施設では、発電などの余熱利用が十分に行われていない状況である。我が国全体として廃棄物エネルギー利用を促進するためには、施設数で約半数を占める中小廃棄物処理施設におけるエネルギー利用の向上が不可欠である。

そこで、中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収促進の観点から、現状の技術動向や課題を整理し、中小自治体の地域特性に応じて適用できる処理技術の検討・調査を行った。併せて、廃棄物系バイオマス（食品廃棄物等）活用ロードマップの進捗状況を評価するとともに、バイオプラスチック等のバイオマス関連技術の動向を調査した。

調査結果

中小廃棄物処理施設における今後のエネルギー回収方策を検討するため、その背景となる中小自治体のごみ処理の現状を統計データから整理するとともに、多様な処理方法の選択や、広域化の進展等の特徴を抽出した。

エネルギー回収技術については、現状の技術導入状況を統計データから整理するとともに、特に着目すべき技術等について情報収集、ヒアリング等を行い、技術情報として取りまとめた。

今後のエネルギー回収方策の導入に向けては、ごみ量・ごみ質の変化に応じた処理規模を踏まえて技術と処理体制を選択肢、単独または近隣等との連携によるエネルギー回収システムを模索していくことが重要と考えられた。

本業務の実施にあたっては、一般社団法人 廃棄物資源循環学会の協力を得て実施した。

Research Description

Research Purpose and Content

Local governments, mainly small ones, with small- and medium-sized (especially less than 100 tons/day) waste treatment facilities (“small and medium waste treatment facilities”) do not make effective use of waste energy, including biomass energy, because they do not have much accumulated know-how on advanced waste treatment technologies, and it is difficult to offer wide-ranging and integrated services owing to geographical limitations and other reasons.

A waste-heat boiler and steam turbine system, which is now the mainstream of waste power generation, suffers from efficiency degradation caused when the system is introduced into a facility with a capacity of less than 100 tons per day, so waste-heat utilization, such as electric power generation, is now not sufficient in small and medium waste treatment facilities. For the Japanese national government to promote the use of waste energy across the country, it is necessary to achieve improvements and progress in waste energy utilization in small and medium waste treatment facilities, which represent about half of all waste treatment facilities.

From the viewpoint of promoting waste energy recovery in small and medium waste treatment facilities, we collated the current technological trends and challenges, and studied and researched the management technologies that can be applied according to the regional characteristics of small local governments. In addition, we made an appraisal of the progress of the road map for utilization of waste biomass (food waste, etc.) and researched the trends in biomass technologies such as bioplastics.

Research Results

To consider measures for future energy recovery in small and medium waste treatment facilities, we prepared statistical data to understand the background: the current situation of waste management by small local governments. Then, we extracted the characteristics such as the availability of various management methods and the degree of progress of service area expansion.

For energy recovery technologies, we prepared statistical data to clarify the current situation of technology introduction, and conducted information gathering and hearings on notable technologies and other important topics. The results were organized as technical information.

For implementation of measures for future energy recovery, we concluded that it is important to select technologies and a management system in consideration of the management scale based on changes in the volume and quality of waste, and seek an energy recovery system that works alone or together with its neighboring areas.

目 次

I.	中小廃棄物処理施設における処理実態の把握・解析等	1
1.	ごみ処理の現状	1
2.	エネルギー回収の現状	13
3.	中小廃棄物処理施設におけるごみ処理及びエネルギー回収の特徴と論点	20
II.	中小廃棄物処理施設における各種処理方策に係るヒアリング等	21
1.	各種処理方策に係る先進事例等	21
2.	中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理システム化等評価・検証事業のヒアリング	57
III.	各自治体の地域特性に応じた処理方策の取りまとめ等	60
1.	技術概要と適用にあたっての考え方	60
2.	地域特性等に応じた処理方策の考え方	65
IV.	廃棄物系バイオマス活用ロードマップの進捗状況の評価等	87
1.	廃棄物系バイオマス活動ロードマップの進捗状況	87
2.	中小廃棄物処理施設のエネルギー回収と廃棄物系バイオマスの利活用	90
3.	バイオマスプラスチック等の動向	92
V.	中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収促進に係る説明会の実施	94
1.	目的	94
2.	開催概要	94
VI.	検討会の設置・運営	101
1.	検討会の設置・運営	101
2.	ワーキンググループの設置・運営	103

参考資料 1 学術論文の検索結果リスト

参考資料 2 説明会記録記事

I. 中小廃棄物処理施設における処理実態の把握・解析等

全国の 100t/日未満の中小廃棄物処理施設における処理実態（発電の有無、発電能力、中間処理方法、処理能力、設置年数等）の把握・解析を行い、今後の廃棄物エネルギー回収に向けた中小廃棄物処理施設に係る処理方策のあり方を検討するにあたっての論点を整理した。

検討にあたっては、全国の市町村の都市規模を以下のように分類し、各々の特性を見ることとした。

- [都市規模区分] 大規模市町村： 人口 50 万人以上
- 中規模市町村： 人口 10 万人以上、50 万人未満
- 小規模市町村： 人口 10 万人未満

1. ごみ処理の現状

ごみ処理の現状を概観するにあたって、平成 17 年度及び平成 27 年度の環境省一般廃棄物処理実態調査のデータを活用し、直近の状況及び過去 10 年間の変化の状況を検討した。

(1) 処理対象ごみ

1) ごみ量

ごみ排出量については、過去 10 年間で、各都市規模において 15～18%の減量化が見られた。1 人 1 日当たりの排出量で見ると、大規模・中規模で 16～22%の減量率であるのに対し、小規模では 5%程度となっている。

小規模市町村では、もともとの平成 17 年度時点で排出量が低いレベルであったためごみ減少率も低率であったこと、ごみ総排出量の減少には人口減少の要素が大きかったことが伺える。

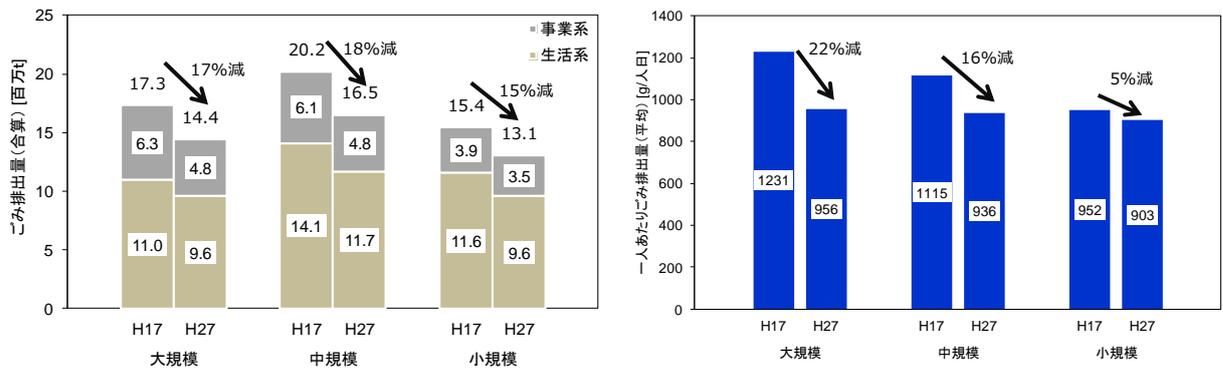


図 I-1 都市規模別のごみ排出量の変化
(左：総排出量、右：1 人 1 日あたりの排出量)

ごみ量の変化に影響する人口及び年齢構成の変化について、都市規模別にまとめた。(次図) 人口については、中規模・小規模では高齢層を除いて、減少している。特に小規模は全体で 13%と減少率が高い。

高齢層の割合は、平成 27 年度は、大規模、中規模、小規模それぞれ 24%(18%)、26%(19%)、30%(23%)となっている。※括弧内の数値は H17 年度

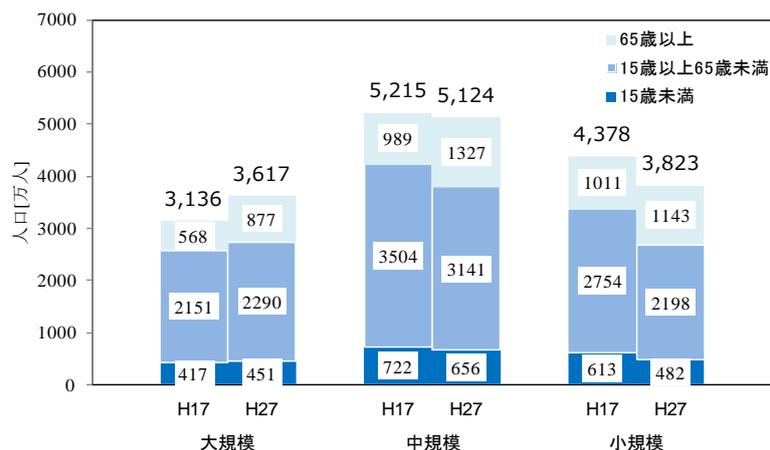


図 I-2 都市規模別の人口・年齢構成の変化

(注) 人口減少や市町村合併により、都市規模区分にも一部変化が見られる。

- ・人口減少により、中規模⇒小規模に9自治体が移行(87万人)
- ・市町村合併等により、中規模⇒大規模に3自治体が移行(160万人)、小規模⇒中規模に6自治体が移行(74万人)

2) ごみ質(焼却ごみ質)

大規模及び小規模市町村におけるごみ質の変化について、H17年度及びH27年度の焼却施設における低位発熱量を確認した。なお低位発熱量の値は、一般廃棄物処理実態調査において実測値として報告された値を使用した。

結果は下図のとおりであり、大規模・小規模ともに発熱量に大きな変化は認められなかった。

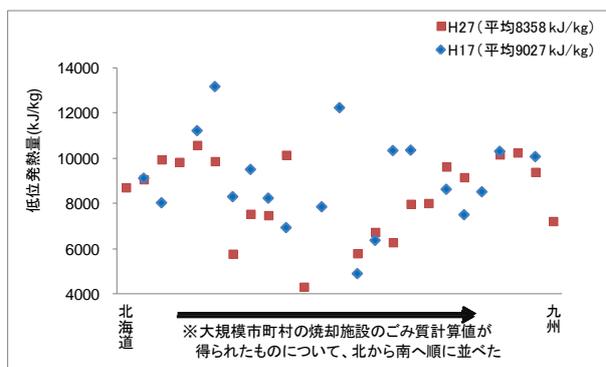


図 I-3 ごみ質の分布図(大規模市町村)

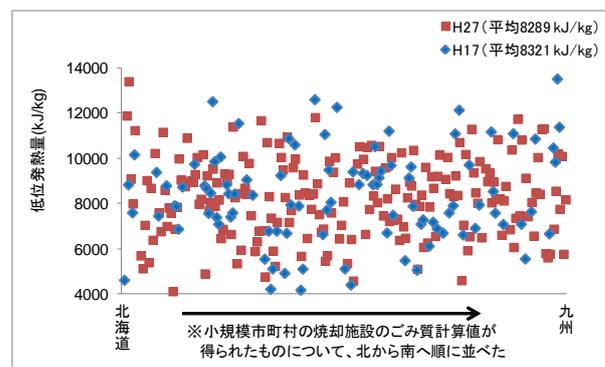


図 I-4 ごみ質の分布(小規模市町村)

低位発熱量の他、ごみ組成についても確認したところ、厨芥類の組成比率について、どの都市規模でも平均14%程度(乾ベース)で、全体的な傾向として差異は認められなかった。

なお、ごみ質の変化に影響する要素として、ごみ分別区分数の推移を次図にまとめた。

平成17年度と比べると、平成27年度は全体的に分別数が増加している。H27年度の最大分別区分数は、38区分(小規模市町村)となっている。最も分別区分数の多い自治体では、生ごみ処

理機での堆肥化を推奨しているほか、剪定枝、プラ製品、食用油、木製品も分別しており、これらの分別が焼却ごみの削減に寄与している。

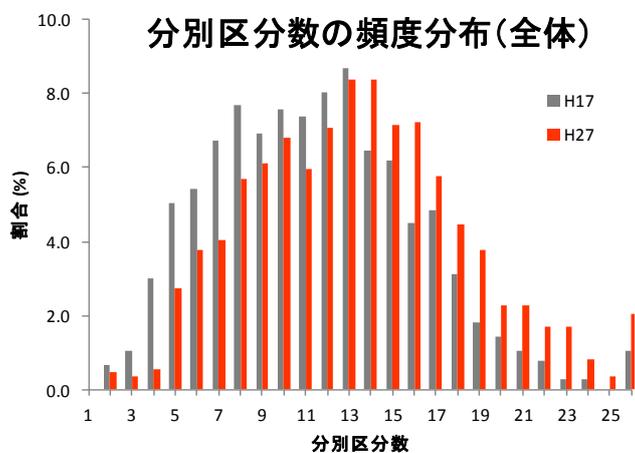


図 I - 5 過去 10 年間の分部区分数の変化

※区分数 26 以上は合計値を示す。

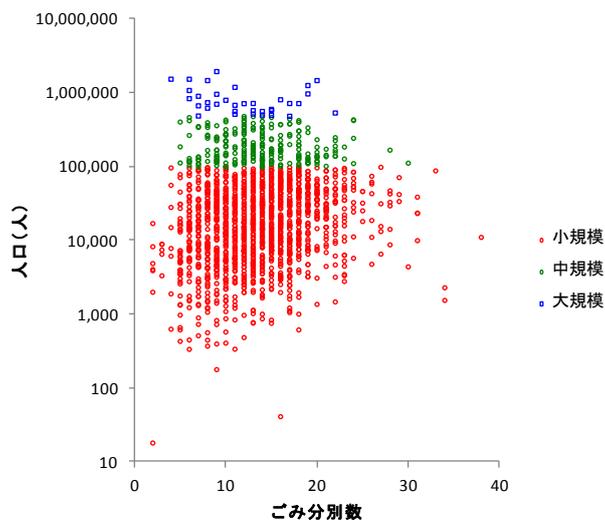


図 I - 6 都市規模別のごみ分別区分数の分布 (平成 27 年度)

(2) 処理方法

1) 処理方法

都市規模ごとのごみ処理方法の状況について、平成 17 年度と平成 27 年度との比較を行った。

結果としては、小規模市町村の直接焼却率は、他の都市規模と比較して低めとなっていること、過去 10 年間で各規模別市町村とも、処理全体に占める直接焼却率の割合は高まっていること、小規模市町村では、その他の処理方法として、資源化等処理や燃料化処理の割合がより高くなっており、焼却以外を含めた多様な処理方法を選択する傾向が伺えることなどが見られた。

① 全体的な傾向

いずれの都市規模においても、処理量全体は減少している中で、直接焼却割合は増加している。

直接焼却割合については、大規模>中規模>小規模の順に小さくなり、小規模市町村では 76% 程度となっている。

直接焼却以外の処理方法については、中規模・小規模市町村では、ごみ燃料化処理が 1~3% 程度あり、小規模市町村では堆肥化が 1% を占めている。メタン化処理（図中下線）も中規模・小規模市町村において一定の処理割合を占めている。

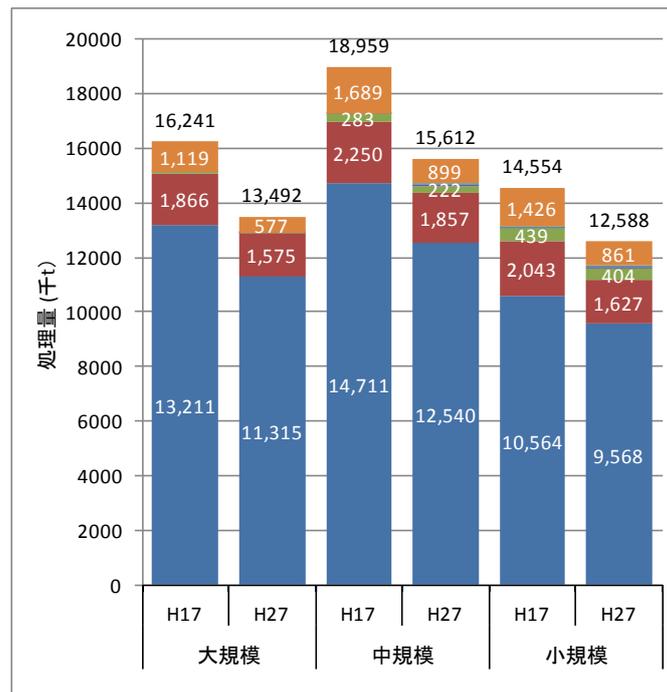


図 I-7 都市規模別の中間処理量

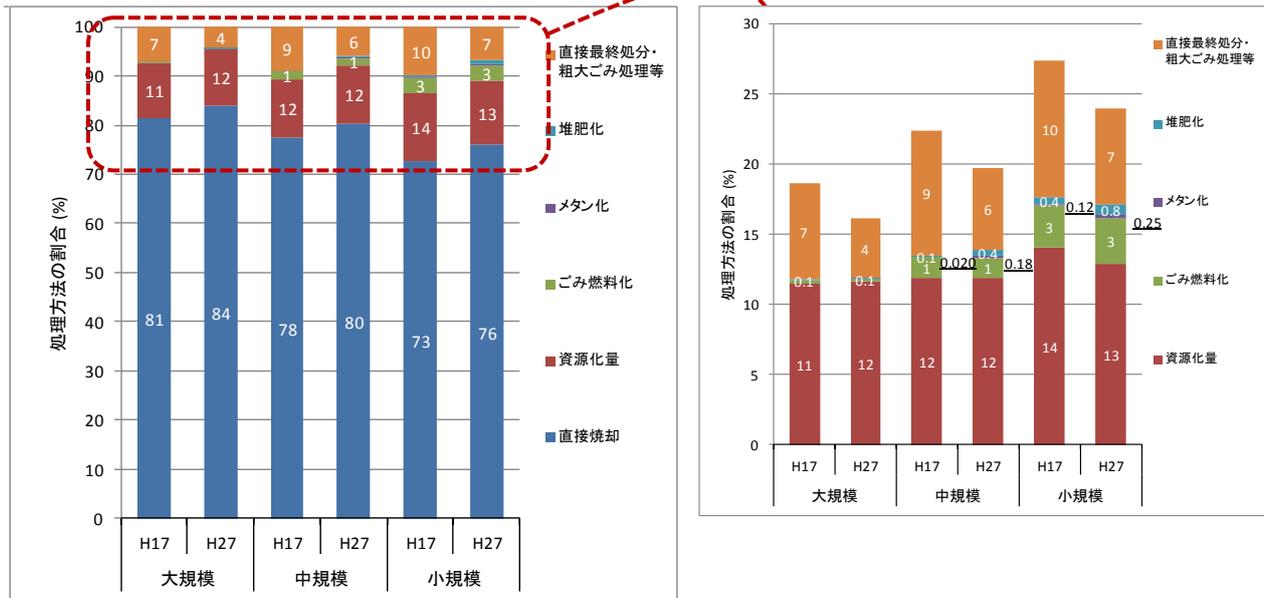


図 I - 8 都市規模別の中間処理方法の割合

②小規模市町村の処理方法

直接焼却割合は、人口規模が小さくなる毎に小さくなり、2万人未満の市町村では7割程度となっている。

資源化等処理は、人口規模が小さくなるごとに、割合が大きくなる傾向が伺える。

ごみ燃料化は、7万人未満で占める割合がやや大きくなっている。

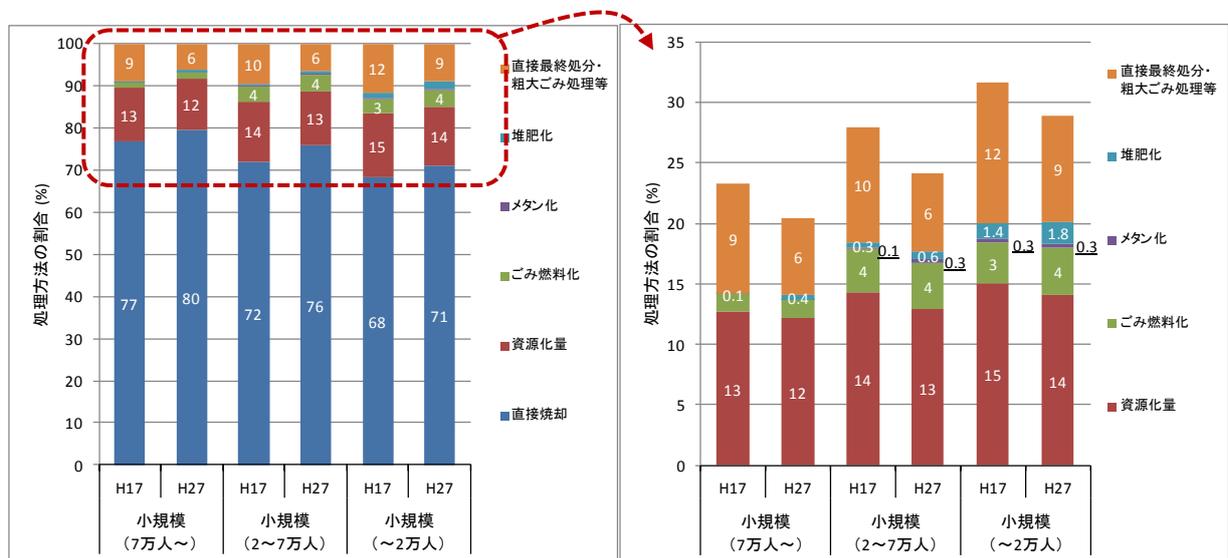


図 I - 9 小規模市町村における規模別の処理方法割合

③【関連指標】産業特性

ごみ処理方法に関連性があると考えられるその他の指標として、産業特性を概観した。

市町村規模が小規模になるほど畑地の割合が高くなっており、小規模になるほど堆肥化処理の割合が高くなることと符合している。農業（ビニルハウス等）等との連携等も検討できる余地が

ある。

個別の市町村の土地利用状況や地場産業の状況を確認し、エネルギー利用先の検討に資することも重要と考えられる。

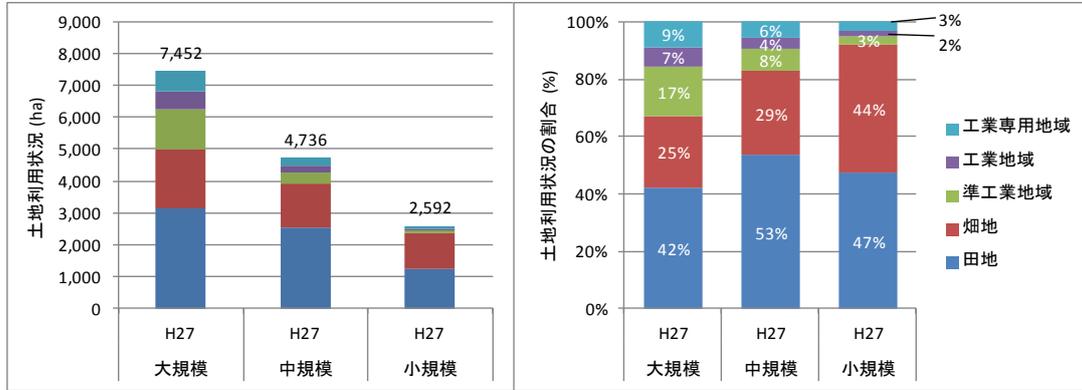


図 I - 1 0 都市規模別の産業系の土地利用状況
(左：土地利用面積（市町村平均）、右：土地利用割合)

2) 処理施設の状況

中小規模の焼却施設、燃料化施設（いずれも 100t/日未満）について、施設規模、処理方式等の基礎情報を整理し、中小廃棄物処理施設の現状を概観した。

①焼却施設

ア. 規模別・処理方式別施設数

100t/日未満の焼却施設における施設規模の分布を下図に整理した。施設数では、50t/日未満の施設が全体の 6 割を占めるとともに、0~10t/日の施設が最多となっている。

処理方式については、ストーカ炉が最も多く全体の 7 割を占め、特に 50t/日未満では 8 割となっている（残りは固定床式、その他等）。また 50t/日以上では、ストーカ炉 6 割に対し、流動床炉が 3 割を占める。

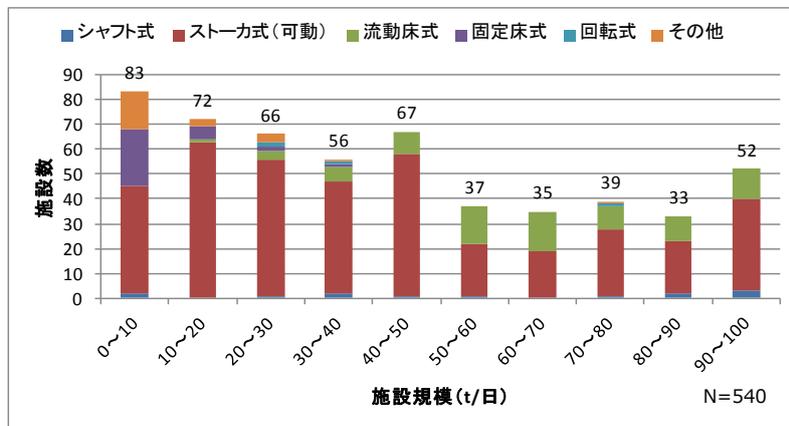


図 I - 1 1 100t/日未満の焼却施設における施設規模・処理方式の状況（平成 27 年度）

イ. 運転方式別施設数

100t/日未満の焼却施設における運転方式の分布を下図に整理した。施設数では、50t/日未満ではバッチ式が8割を占め、50t/日以上では全連と准連が9割を占めている。全連、准連は、ほぼ均等に分布しているが、70t/日未満では准連が全連を上回り、70t/日以上では全連が上回る。

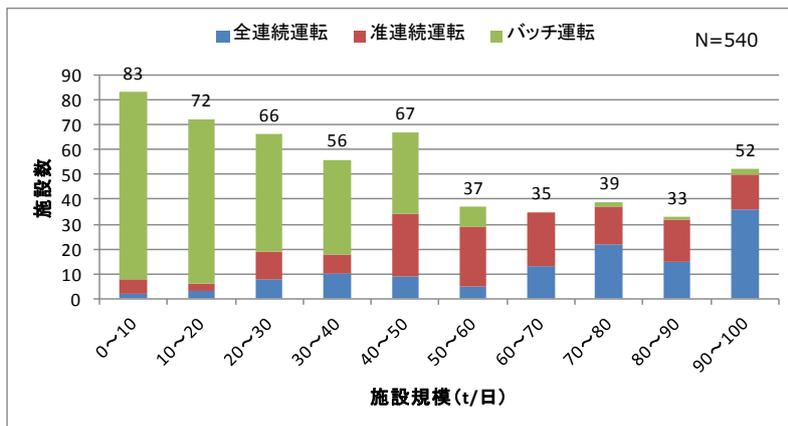


図 I-1-2 100t/日未満の焼却施設における運転方式の状況 (平成 27 年度)

ウ. 設置時期別・規模別施設数

100t/日未満の焼却施設における設置時期別の施設数の分布を下図に整理した。1991~2000年に設置された施設(稼働18~27年目)が5割を占める。各年代を通して施設規模の内訳に大きな差異はなく、どの年代も50t/日未満が概ね6割前後となっている。

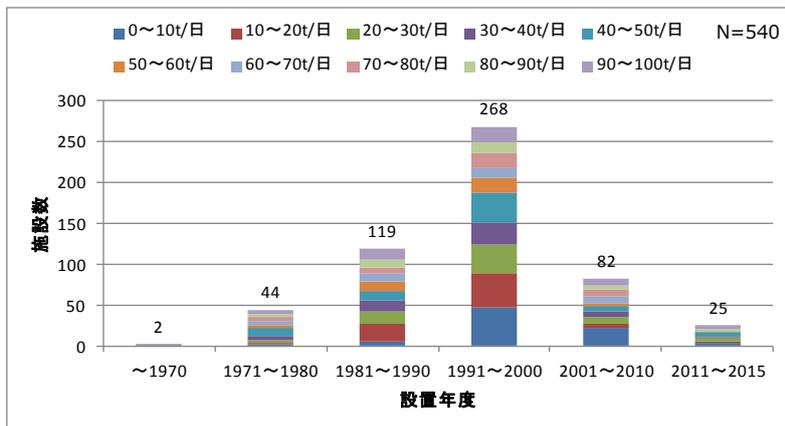


図 I-1-3 100t/日未満の焼却施設における設置規模別施設数の状況 (平成 27 年度)

②燃料化施設等

②-1 メタン化施設

ア. 規模別・処理方式別施設数

100t/日未満のメタン化施設における施設規模別・処理方式別の施設数の分布を下図に整理した。燃料化施設として報告されているメタン化施設は合計 6 施設であり、このうち 2 施設が乾式、4 施設が湿式の施設となっている。

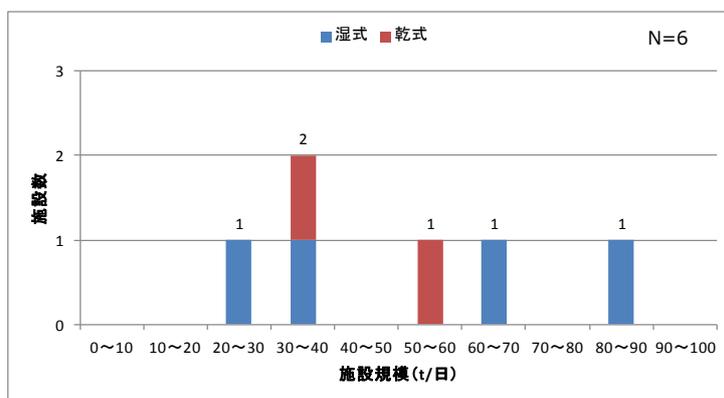


図 I-14 100t/日未満のメタン化施設における施設規模・処理方式の状況（平成 27 年度）

イ. 設置時期別・規模別施設数

100t/日未満のメタン化施設における設置時期別の施設数の分布を下図に整理した。稼働中のメタン化施設の設置年度は全て 2001 年度以降であり、年次を追って増加傾向にある。設置年代による施設規模の内訳に特に傾向はみられない。

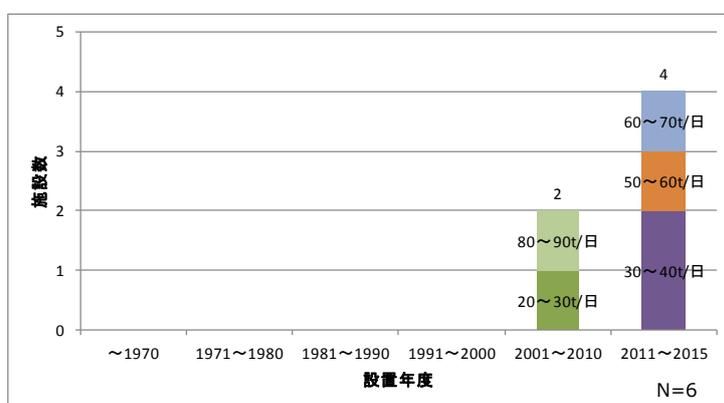


図 I-15 100t/日未満のメタン化施設における設置時期別施設数の状況（平成 27 年度）

〔参考〕 燃料化施設として報告されているメタン化施設

- 砂川地区保健衛生組合クリーンプラザくるくる（2003 年～ 22t/日）
- 稚内市バイオエネルギーセンター（2012 年～ 34t/日）
- 南但広域行政事務組合南但クリーンセンター（2013 年～ 36t/日）
- 防府市クリーンセンター（2014 年～ 51.5t/日）
- 長岡市バイオガス発電センター（2013 年～ 65t/日）
- 日田市バイオマス資源化センター（2006 年～ 80t/日）

②-2 メタン化施設以外の燃料化施設

ア. 規模別・施設の種別別施設数

100t/日未満のメタン化施設以外の燃料化施設における施設規模別の施設数の分布を下図に整理した。メタン化施設以外の燃料化を行う 52 施設のうち、RPF や BDF 化は 10t/日未満の 8 施設 (15%) であり、残りの 44 施設 (85%) は RDF 化施設となっている。100t/日以上燃料化施設は 10 施設 (全て RDF 施設) であり、100t/日未満の燃料化施設は、全体の 8 割となっている。

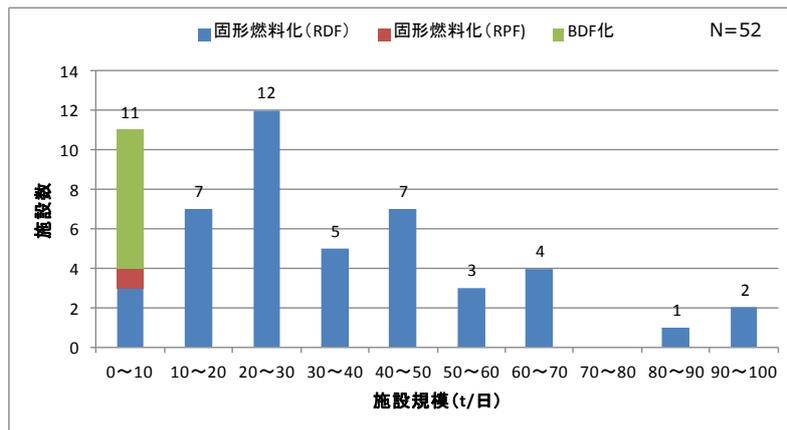


図 I-16 100t/日未満の燃料化施設における規模別施設数の状況 (平成 27 年度)

イ. 設置時期別・規模別施設数

100t/日未満のメタン化施設以外の燃料化施設における設置時期別の施設数の分布を下図に整理した。稼働中の施設の設置年度は、2001~2010 年度が最も多く約 5 割を占め、続いて 1991~2000 年度設置の施設が多い状況である。

設置年代による施設規模の内訳に特に大きな傾向はみられないが、比較的規模の大きい 50t/日以上施設は 2001~2010 年度に整備され、2011 年度以降は見られない。

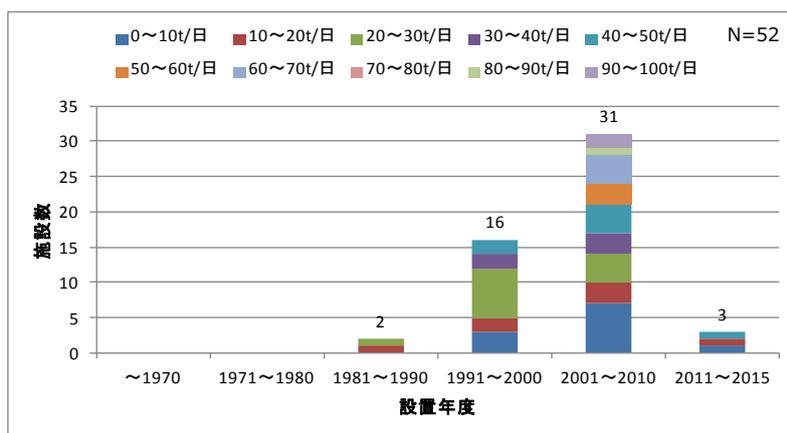


図 I-17 100t/日未満の燃料化施設における設置時期別施設数の状況 (平成 27 年度)

(3) 処理体制

小規模市町村の処理体制の特性を見るため、都市規模別の処理体制の状況や広域化の状況を概観した。

1) 自己処理、組合処理等の割合

都市規模別の自己処理^{注1)}、組合処理^{注2)}、委託処理^{注3)}の状況を推計した結果を下図に示す。

小規模市町村では、自己処理 2 割、組合処理 7 割、委託処理 1 割と想定され、ここ 10 年で特に変化はない。

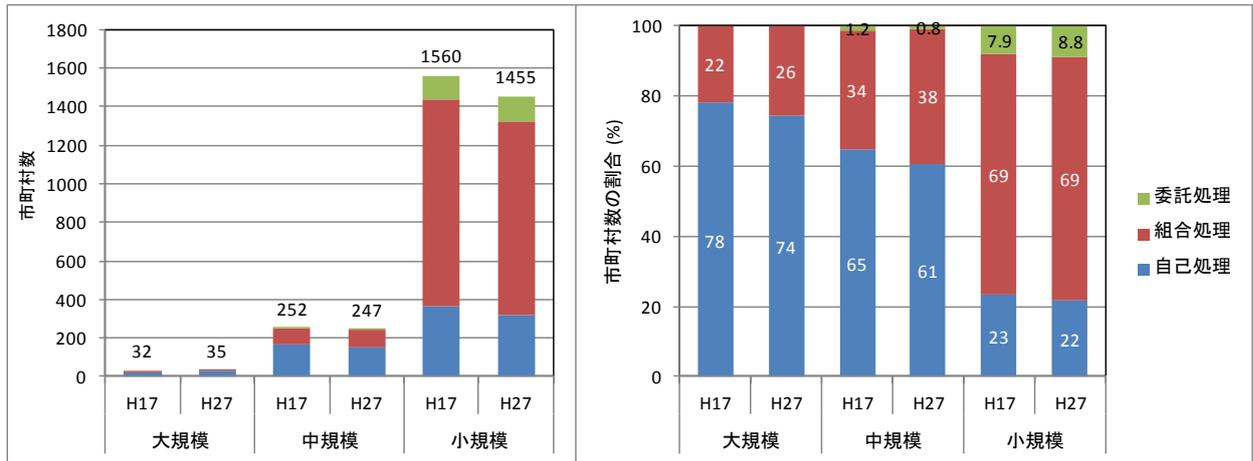


図 I-18 都市規模別の処理体制の状況
(左：処理体制別の市町村数、右：処理体制の割合)

- 注 1) 自己処理：自ら処理施設（焼却施設等）を維持運営し、直接処理を行っている市町村を自己処理とした。
 注 2) 組合処理：自らの処理施設（焼却施設等）を保有しない市町村で、組合負担金の計上がある市町村を、組合処理を行っている市町村とした
 注 3) 委託処理：自己処理、組合処理のいずれにも当てはまらない市町村を委託処理とした。

2) 広域化の状況

小規模市町村の広域化の進行状況を把握するため、過去 10 年間の広域化の進展状況（広域処理への移行状況）を調査した。結果、大規模で 1 市、中規模で 7 市、小規模で 66 市町村の広域化事例が確認された。

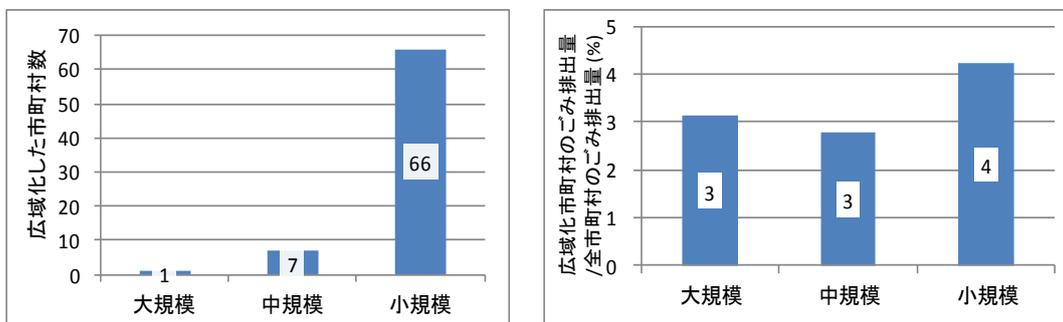


図 I-19 過去 10 年間に広域処理に移行された市町村数
(左：市町村数、右：全市町村の処理量に占める割合)

- 注) 広域化した市町村：可燃ごみ処理において、平成 17 年度時点で自己処理又は委託処理、平成 27 年度時点で組合処理を行っている市町村を、広域化した市町村として集計した。

(4) 処理コスト

平成 17 年度と平成 27 年度のごみ処理量当たりのコストを比較し、小規模市町村の状況を考察した。検討の結果、小規模市町村は、財政規模が小さくかつ厳しい財政運営を進めている中で、ごみ処理量当たりの処理コストが上昇する状況にあることが伺えた。

1) ごみ処理量当たりの処理コスト

ごみ処理量当たりの処理コストとして、年度の建設改良費、処理及び維持管理費等を年間ごみ処理量で除して算出し、都市規模間、年度間の比較を行った。

いずれの都市規模においても処理コストの増加が見られ、特に小規模市町村では増加幅が大きく、3 割の増加となっている。

建築関係の労務単価や資材単価等は、平成 17 年度から平成 27 年度にかけて上昇しており、全体的にコスト高になる傾向にあることに加えて、ごみ量の減少が進んでいること等が処理コストの原単位を押し上げる要因となっていることが推察される。

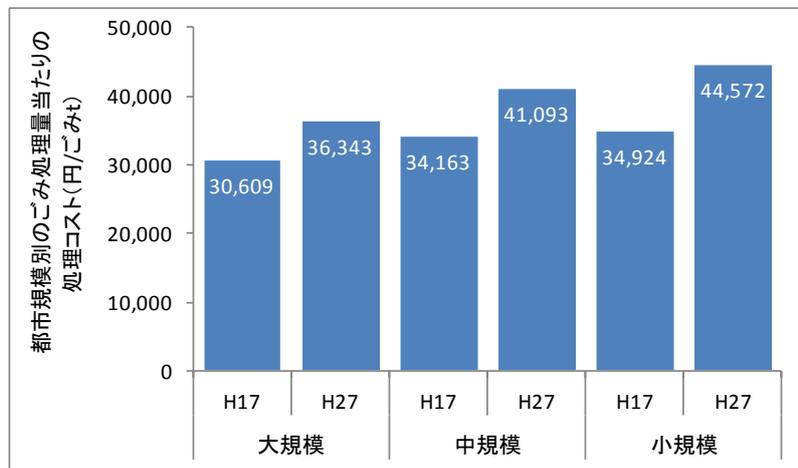
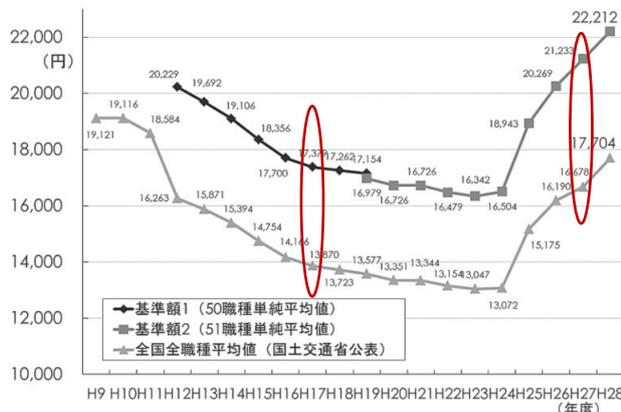


図 I-20 都市規模別のごみ処理量当たりの処理コスト（試算）

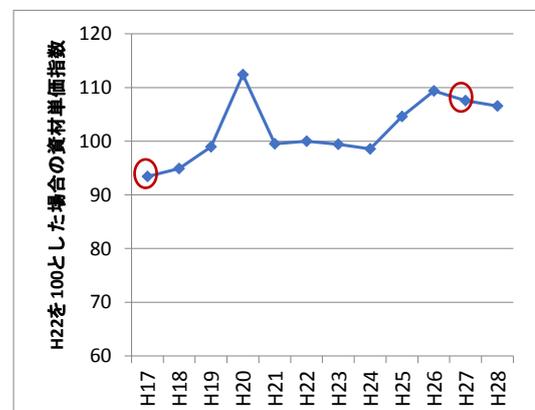
【関連指標】 労務単価、資材単価等の推移

参考までに建築関係の労務単価、資材単価の推移を示すグラフを以下に示す。

いずれも H17 年度と H27 年度とを比較すると、コスト上昇の傾向が伺える。



公共工事設計労務単価の推移（建築コスト管理システム研究所）



建築資材単価指数の推移（経済調査会）

処理コストの内訳をみると、小規模市町村は組合負担金や委託費（収集運搬、中間処理、最終処分等に係る委託費）の割合が高く、自己処理分は3割程度となっている。

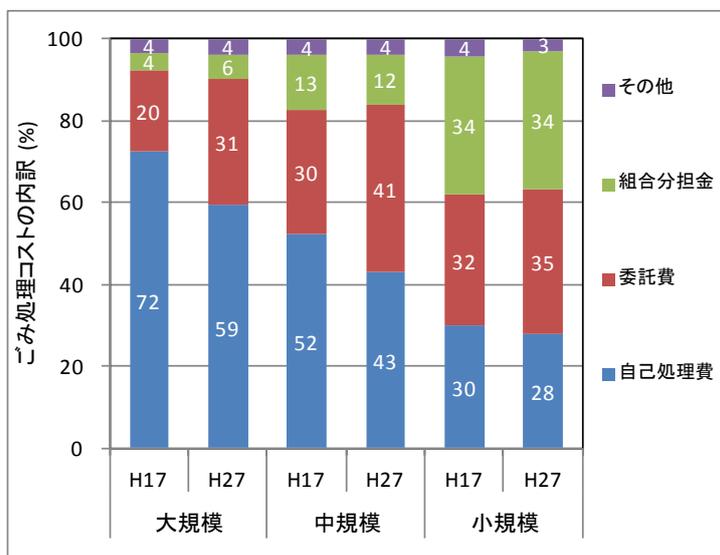
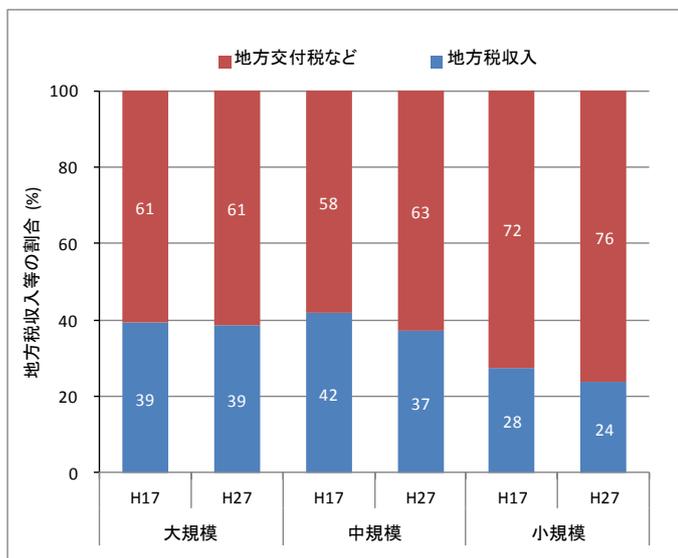


図 I - 2 1 処理体制に着目したごみ処理コストの内訳

【関連指標】都市規模別の財政規模状況

都市規模別の財政規模を概観するため、市町村の総歳入額と地方税収入額を下図に示した。

小規模市町村の地方税収入の割合は3割程度であり、残りの7割を地方交付税や国庫支出金等の外部資金で運営しており、厳しい財政状況が伺える。



都市規模別の財政規模状況

2. エネルギー回収の現状

中小廃棄物処理施設のエネルギー回収の現状を概観するにあたって、平成 17 年度及び平成 27 年度の環境省一般廃棄物処理実態調査のデータを活用し、直近の状況及び過去 10 年間の変化の状況を検討した。

(1) 焼却施設

1) 設置年度別のエネルギー回収施設数

① 熱利用施設（発電以外）

平成 27 年度時点で稼働している焼却施設のうち、発電以外の熱利用を実施している施設の設置年度別の割合を下図に示す。

発電以外の熱利用を実施している施設の割合は、近年設置された施設ほど熱利用している割合が高く、2011～2015 年度の施設では 6 割に達している。

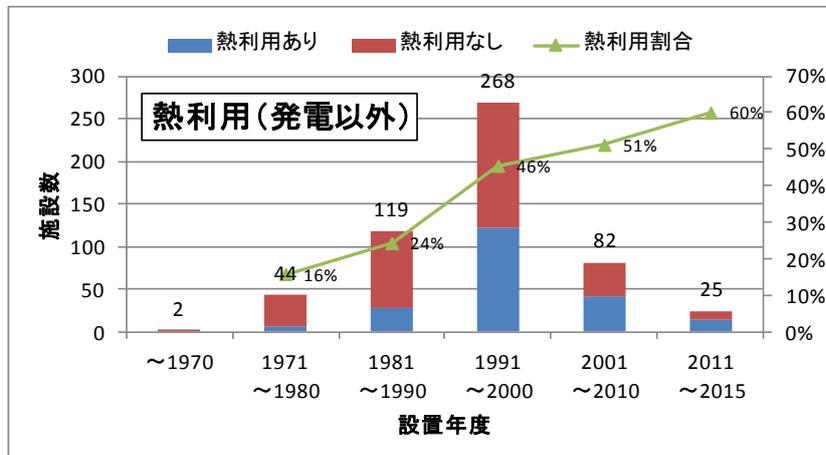


図 I-2 2 100t/日未満の焼却施設における設置年度別の熱利用施設の状況（平成 27 年度）

なお、上記の「熱利用あり」の施設規模別の内訳は下図のとおりであり、設置年度に関わらず、どの規模の施設もほぼ一定割合となっている。

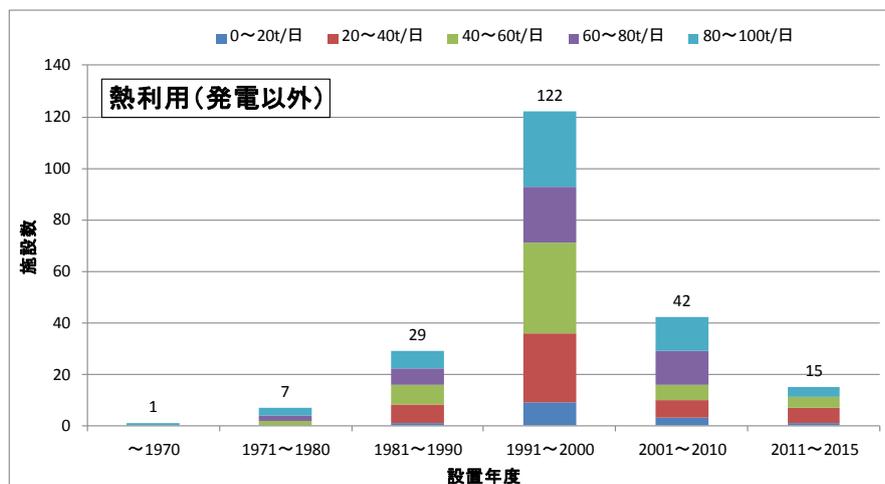


図 I-2 3 100t/日未満の焼却施設における設置年度別の熱利用施設の施設規模内訳（平成 27 年度）

②発電施設

平成 27 年度時点で稼働又は稼働予定として報告されている焼却施設のうち、設置年度別の発電施設の割合を下図に示す。

発電以外の熱利用施設と同様に、発電施設についても、近年設置又は設置予定の施設ほど発電実施の割合が高く、2011～2020 年度の施設では 3 割弱に達している。

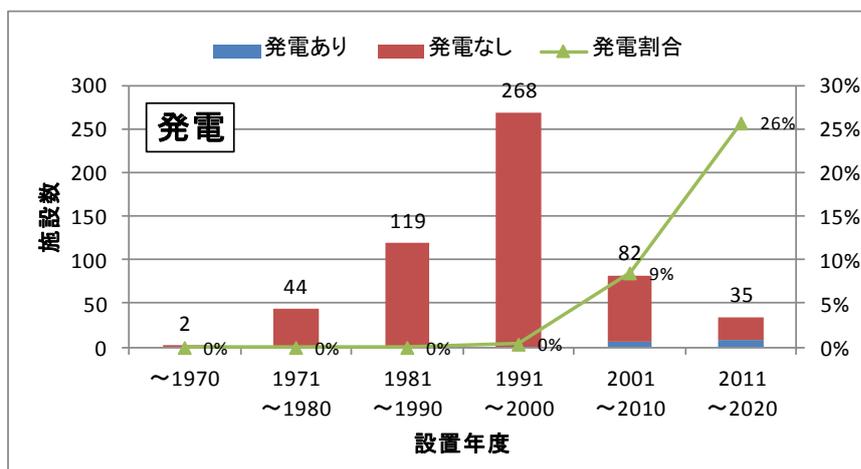


図 I - 2 4 100t/日未満の焼却施設における設置年度別の発電施設の状況（平成 27 年度）

なお、上記の「発電あり」の施設規模別の内訳は下図のとおりであり、100t/日未満の発電施設は 17 施設稼働又は稼働予定としており、40～50t/日の施設が 2 施設^{注)}あるほかは、全て 70t/日以上以上の施設となっている。

注) いずれも高効率蒸気タービン発電以外の小規模発電技術を導入

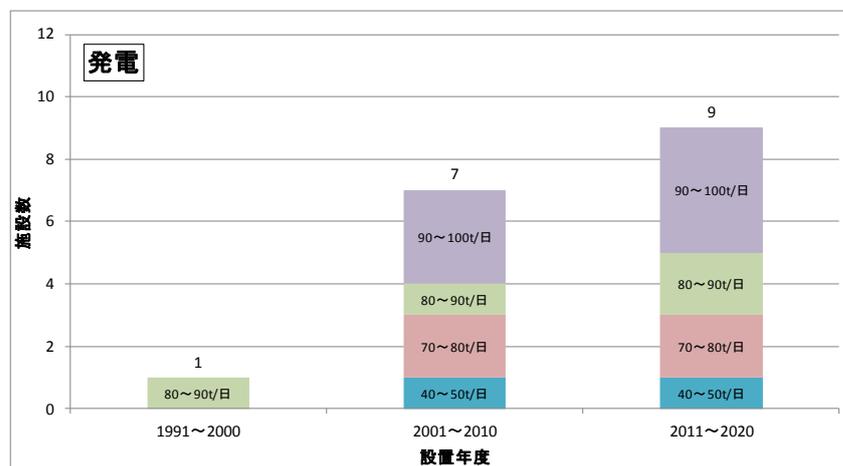


図 I - 2 5 100t/日未満の焼却施設における設置年度別の発電施設の施設規模内訳（平成 27 年度）

上記で整理された 100t/日未満の焼却施設における発電施設の諸元の一覧を次表に示す。

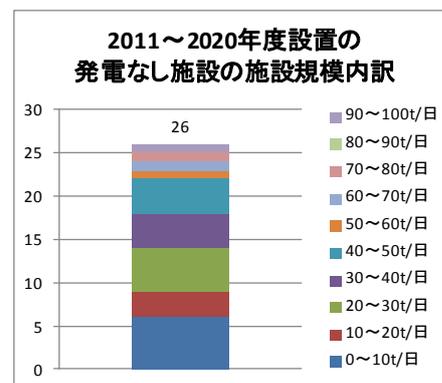
表 I-1 100t/日未満の焼却施設における発電施設一覧

自治体名	施設名	施設規模 (t/日)	発電能力 (kW)	発電効率 (%)	発電方式 ^{注1)} (ボイラ蒸気条件)	稼働 年度	処理方式
福島県田村広域行政組合	田村西部環境センター	40	100	2.0	スクルー式小型蒸気発電機	2006	ストーカ式
兵庫県丹波市	丹波市クリーンセンター	46	72	0.73	バイナリー発電機	2015	ストーカ式
長崎県北松北部環境組合	北松北部クリーンセンター	70	870	6.01	蒸気タービン発電機 (2.9MPa×300℃)	2004	シャフト式
栃木県小山広域保健衛生組合	小山広域保健衛生組合中央清掃センター70t焼却炉	70	1300	12.02	蒸気タービン発電機 (3MPa×320℃)	2016	ストーカ式
京都府乙訓環境衛生組合	75t/日ごみ処理施設	75×3炉の内の1炉	1200	10.15	蒸気タービン発電機 (2.5MPa×270℃)	2002	ストーカ式
滋賀県近江八幡市	近江八幡市新一般廃棄物処理施設	76	980	12.1	蒸気タービン発電機	2016	ストーカ式
三重県亀山市	亀山市総合環境センター	80	1250	13	蒸気タービン発電機 (3.8MPa×450℃)	2000	シャフト式
高知県安芸広域市町村圏事務組合	安芸広域メルトセンター	80	1700	12.7	蒸気タービン発電機 (3MP×300℃)	2006	シャフト式
北海道中・北空知廃棄物処理広域連合	中・北空知エネクリーン	85	1770	13	蒸気タービン発電機 (1.9MPa×248℃)	2012	ストーカ式
兵庫県にしはりま環境事務組合	にしはりまクリーンセンター(熱回収施設)	89	870	8.9	蒸気タービン発電機 (3MPa×300℃)	2013	ストーカ式
長野県南信州広域連合	南信州広域連合桐林クリーンセンター	93	780	6	蒸気タービン発電機 (2.9MPa×350℃)	2003	流動床式
新潟県村上市	村上市ごみ処理場(エコパークむらかみ)	94	1370	16.8	蒸気タービン発電機 (3MPa×300℃)	2015	ストーカ式
秋田県横手市	クリーンプラザよこて	95	1670	12	蒸気タービン発電機 (4MPa×400℃)	2015	ストーカ式
三重県鳥羽志勢広域連合	やまだエコセンター高効率ごみ発電施設	95	1210	12.7	蒸気タービン発電機 (300℃×2.45MPa)	2014	シャフト式
徳島県阿南市	エコパーク阿南	96	1420	12	蒸気タービン発電機 (3MPa×260℃)	2013	ストーカ式
岐阜県中津川市	中津川市環境センター	98	940	9.8	蒸気タービン発電機 (2.94MPa×300℃)	2004	流動床式
島根県浜田地区広域行政組合	エコクリーンセンター	98	1800	14	蒸気タービン発電機 (3MP×300℃)	2006	シャフト式

注1) 発電方式、ボイラ蒸気条件は、メーカー資料等より

〔参考：直近年度の発電無し施設の施設規模〕

- ・ 直近年度（2011～2020年度）に設置の施設のうち、約7割を占める発電無しの施設について、施設規模の内訳を確認したところ、右図のとおりであった。
- ・ 施設数26施設に対し、70t/日以上以上の施設は2施設であり、残り24施設（約9割）は70t/日未満の施設となっている。
- ・ 70t/日以上以上の施設における発電導入が進んでいる状況が伺える。



2) ごみ処理量当たりのエネルギー回収量

100t/日未満の焼却施設におけるごみ処理量当たりのエネルギー回収量（熱量換算）を下図に整理した。

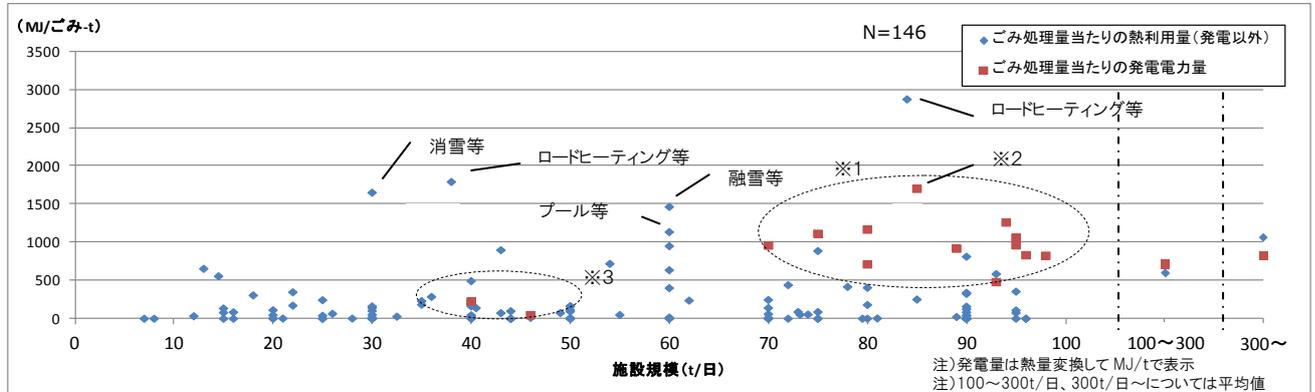


図 I - 2 6 100t/日未満の焼却施設におけるエネルギー回収状況

注) 環境省一般廃棄物処理実態調査データから、熱利用又は発電の実績状況が確認された施設を集計対象とした。

①発電

ア) 70t/日以上の特徴

70t/日以上の特徴では、発電ありの施設が増えてきており、概ね 1,000MJ/ごみ t 程度のエネルギー回収を達成している。(図中※1)

1 施設ほど、1,500MJ/ごみ t を超えるエネルギー回収を行っている施設（北海道中・北空知エネクリーン：1,700MJ/ごみ t）がある（図中※2）。3つの組合が各々生ごみをメタン化処理した後、残る可燃ごみを集約して焼却処理している広域連合施設であり、ごみ質が 16,000kJ/kg 程度の高質ごみを対象に高効率でのエネルギー回収を達成している。

イ) 70t/日未満の施設の特徴

70t/日未満の 2 施設では、スクリー式蒸気発電、バイナリー発電といった小型の発電方式により、概ね 50~200MJ/ごみ t 程度のエネルギー回収を行っている（図中※3）。

②熱利用

蒸気や温水等の熱利用については、概ね数十~1,000MJ/ごみ t の範囲となっているが、一部 1,500MJ/ごみ t を超える施設も散見される。

1,500MJ/ごみ t を超える施設について熱利用用途をヒアリングしたところ、ロードヒーティング等の融雪に関わる利用用途との回答が得られ、いずれも北陸・東北以北の施設であることから、地域特性による熱需要への対応施設と判断された。

なお、上図の右端には、100~300t/日及び 300t/日以上の特徴におけるごみ処理量当たりのエネルギー回収量の平均値を示した。100t/日を超える施設においても、概ね 1,000MJ/ごみ t 程度のエネルギー回収が平均的なところとなっている。

(2) メタン化施設

1) 設置年度別の発電施設数

燃料化施設として報告されているメタン化施設 6 施設の設置年度別の発電有無の状況を下図に示した。いずれも発電機を有する施設であり、発電導入率は 100% である。

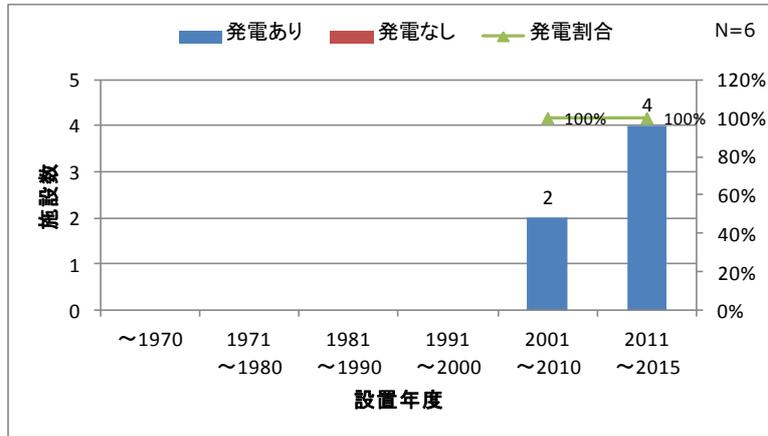


図 I-27 メタン化施設の設置年度別の発電有無の状況（平成 27 年度）

2) ごみ処理量当たりの発電量

メタン化施設 6 施設のごみ処理量当たりの発電量の状況を下図に整理した。

最も高い発電量が報告されている施設は、1,700MJ/ごみ t となっている。またその他の施設においても 800~1000MJ/ごみ t 程度を達成している施設があり、50t/日未満の小規模施設においても、70t/日以上以上の蒸気タービン発電施設と同等のエネルギー回収を達成している。

なお 6 施設のうち、焼却等を含めた処理規模が 100t/日規模未満の自治体の施設は 3 施設（下図 A, B, C）である。

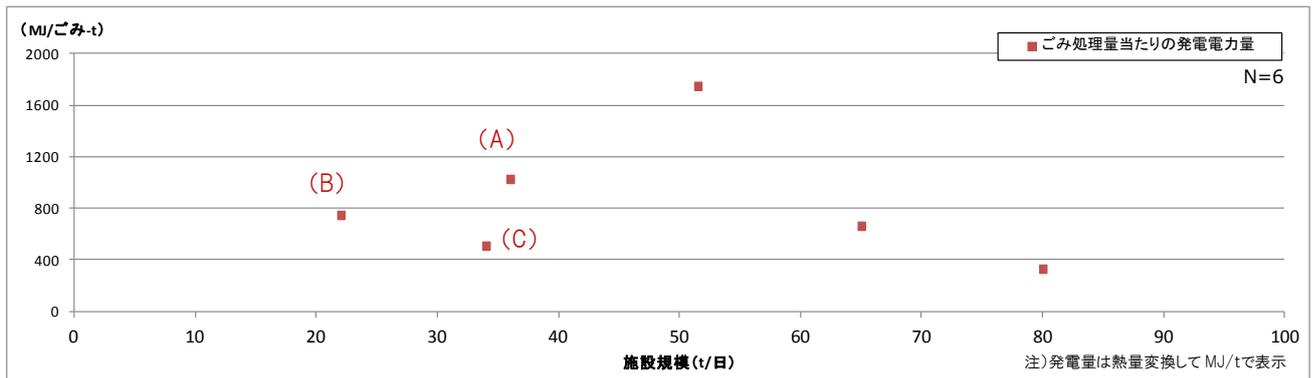


図 I-28 メタン化施設のエネルギー回収状況（平成 27 年度）

*参考：図中 (A) ~ (C) 施設の発電方式

	施設名	稼働年	日処理量	発電方式
(A)	南但広域行政事務組合 南但クリーンセンター	2013 年	36t/日	ガスエンジンによるバイオガス発電
(B)	砂川地区保健衛生組合 クリーンプラザくるくる	2003 年	22t/日	マイクロガスタービン発電
(C)	稚内市バイオエネルギーセンター	2012 年	34t/日	ガスエンジンによるバイオガス発電

(3) その他の燃料化施設

1) 設置年度別・用途別の施設数

メタン化施設以外の燃料化施設の設置年度別の燃料利用用途の状況を下図に示す。

全体として、燃料用途の施設が発電用途の施設を上回っているが、燃料用途の施設には BDF 化施設、RPF 化施設のすべてが含まれており、それらを除く RDF 化施設では、発電用途と燃料用途はほぼ同数程度となっている。設置年代による燃料用途の大きな変化は見られない。

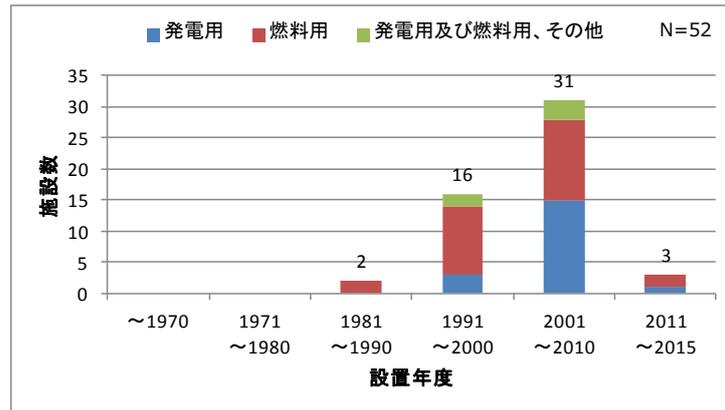


図 I-29 燃料化施設の設置年度別の燃料利用用途の状況（平成 27 年度）

(4) 焼却+メタン化等との複合システム

エネルギー回収のうち発電に着目し、100t/日未満の焼却発電、焼却+バイオガス発電、焼却発電+バイオガス発電の各施設（システム）におけるごみ処理量（焼却又は燃料化（メタン化））当たりの発電量（熱量換算）を次図に整理した。

概ね数百~1,000MJ/ごみ t 程度の範囲となっているが、焼却発電+バイオガス発電等で、1,500MJ/ごみ t 程度を超える処理システムが見られた。

1,500 MJ/ごみ t 程度のエネルギー回収を行っている施設は、バイオガス発電 3 施設と焼却発電 1 施設の複合システムとなっている。

1,800MJ/ごみ t 程度のエネルギー回収を行っている施設では、可燃ごみを機械選別して乾式メタン発酵設備と熱回収設備でそれぞれ処理し、乾式メタン発酵設備で発生するガスを用いて独立過熱器でバイオガスを燃焼させ、4MPa×365℃のボイラ蒸気を 4MPa×415℃に昇温させ発電を行っており、高効率でのエネルギー回収を達成している。

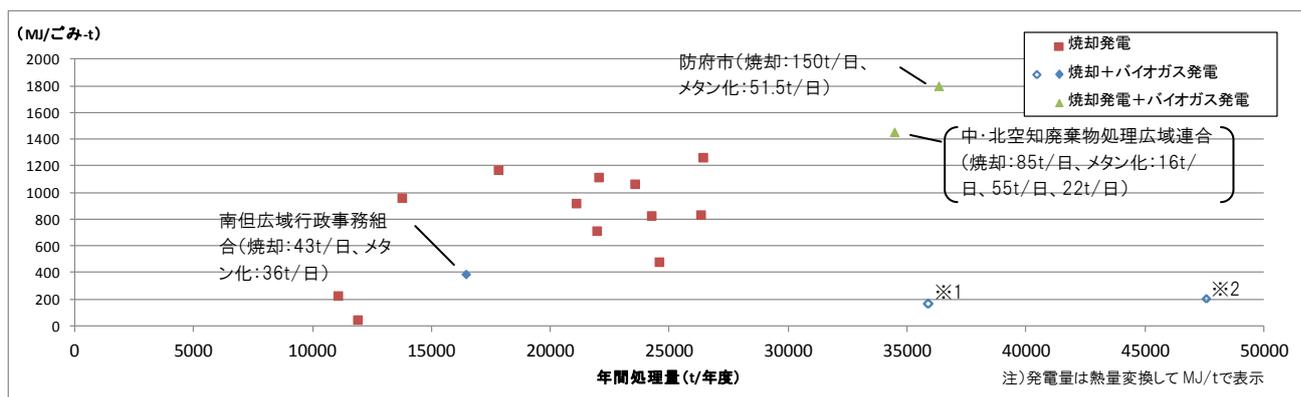


図 I-30 燃料化施設の設置年度別の燃料利用用途の状況 (平成 27 年度)

注) 環境省一般廃棄物処理実態調査データから、熱利用又は発電の実績状況が確認された施設を集計対象とした。

なお、一部の発電量が報告されていない施設については、別途公表資料から発電量を引用して試算した。

※1 焼却 90t/日、メタン化 80t/日： 焼却施設に発電はなく、メタン化の処理対象物に家畜糞尿や農業集落排水汚泥等を含む

※2 焼却 150t/日、160t/日、メタン化 65t/日： 焼却 2 施設が 20～30 年稼働の施設であり発電無し

3. 中小廃棄物処理施設におけるごみ処理及びエネルギー回収の特徴と論点

前項1. 及び2. から、小規模市町村のごみ処理及びエネルギー回収の特徴と、今後のエネルギー回収方策検討にあたっての論点を整理した。

(1) 小規模市町村のごみ処理の特徴

1) ごみ処理方法

大・中規模市町村と比較すると、中間処理において焼却以外の占める割合が大きく、資源化や燃料化等を含め処理方法が比較的多岐にわたっている。

⇒ [論点] エネルギー回収の検討にあたって、幅広い処理技術の選択肢から、どのように各市町村の特性に応じて検討し、選択していくかが重要。

2) ごみ処理体制

大・中規模市町村と比較して広域処理への移行率が高く、平成27年度で7割の市町村が組合組織で処理を行っている。

⇒ [論点] エネルギー回収の検討にあたって、技術の適用条件（最低規模要件）等を踏まえつつ、さらなる広域処理と処理規模の拡大が可能かどうか等を検討することが重要。

3) 処理コスト

大・中規模市町村と比較して、処理コストの原単位が高くなる傾向にある。

⇒ [論点] エネルギー回収の検討にあたって、技術の導入・維持管理コストにも留意するなど、どのように市町村のコスト負担に十分に配慮するかが重要。

(2) 中小施設におけるエネルギー回収の特徴

➤ 70t/日以上施設では、ボイラ・タービンによる高効率発電の導入が促進。

(一部、維持管理コストへの懸念から導入見送りの事例有り)

➤ 10～20t/日～70t/日の施設では、小型発電、メタン化によるバイオガス発電、燃料化などの様々な選択肢があるが、各々次の要因が関わるものと想定。

◆ 小型発電＝ボイラ・タービンによる高効率発電よりも低コスト、省スペース等

◆ メタン化によるバイオガス発電＝発酵対象ごみの分別方法、発酵残渣の処理方法、発酵対象外のごみの処理方法等により導入方法が異なる。

FIT 制度の活用により、小規模施設でも売電収入を確保。(焼却施設併設のコンバインド方式)

◆ 燃料化＝燃料の受入先を含め、民間事業者の存在が重要。

➤ 10～20t/日未満施設では、熱利用以外のエネルギー回収は行われていない。

➤ メタン化技術については、回収ガスのメタン高濃度化や機械選別の高効率化など、高度化に向けた技術実証が進められている。

➤ ガス化、バイオガスの都市ガス利用等についても、今後の高度化に向けた技術実証や実装が進められている。

➤ 熱利用は、寒冷地での融雪等、熱の大口需要がある場合に利用率が向上している。

⇒ [論点] エネルギー回収の検討にあたって、施設規模のほか、地域特性等の要因にも配慮して技術を選択する考え方を整理することが重要。

II. 中小廃棄物処理施設における各種処理方策に係るヒアリング等

前項 I. で整理した論点を踏まえ、今後の中小廃棄物処理施設における処理方策等について、文献調査や自治体、プラントメーカー等に対するヒアリングを行った。

また、別途実施されている「中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理システム化等評価・検証事業」の採択事業者等に対してヒアリング等を行った。

1. 各種処理方策に係る先進事例等

(1) 自治体ヒアリング

中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収のうち、特に発電導入の経緯や課題を確認するため、100t/日未満の発電導入施設及び近年設置された70t/日以上で発電無しの施設に対し、ヒアリング調査を行った。

1) ヒアリング先

- ・ 70t/日以上での焼却発電施設（17 施設） 下図※1
- ・ 70t/日未満の焼却発電施設（2 施設） 下図※2
- ・ 70t/日以上での焼却施設（近年設置で発電無し）（2 施設）
- ・ 100t/日未満のバイオガス発電施設（3 施設） 下図※3

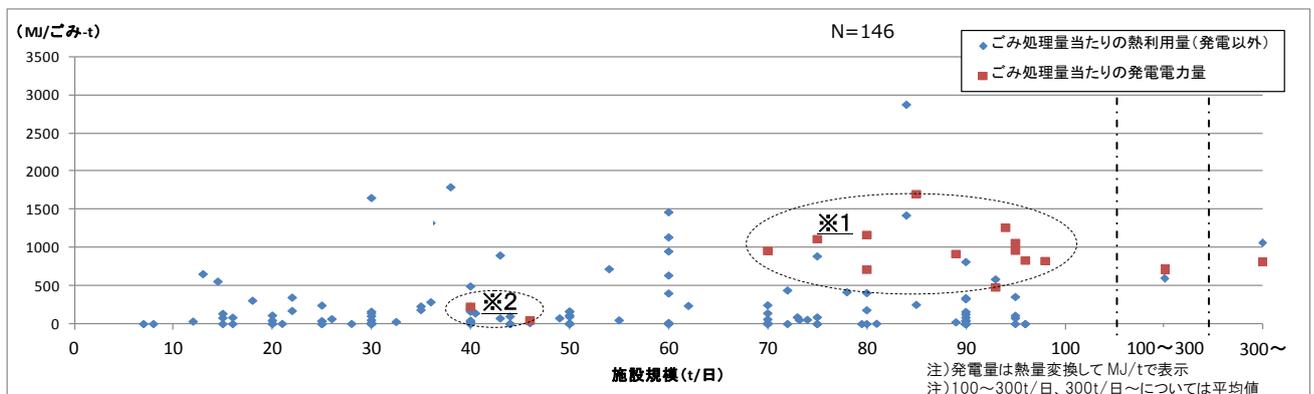


図 II-1 自治体ヒアリング対象施設のエネルギー回収状況（焼却発電）

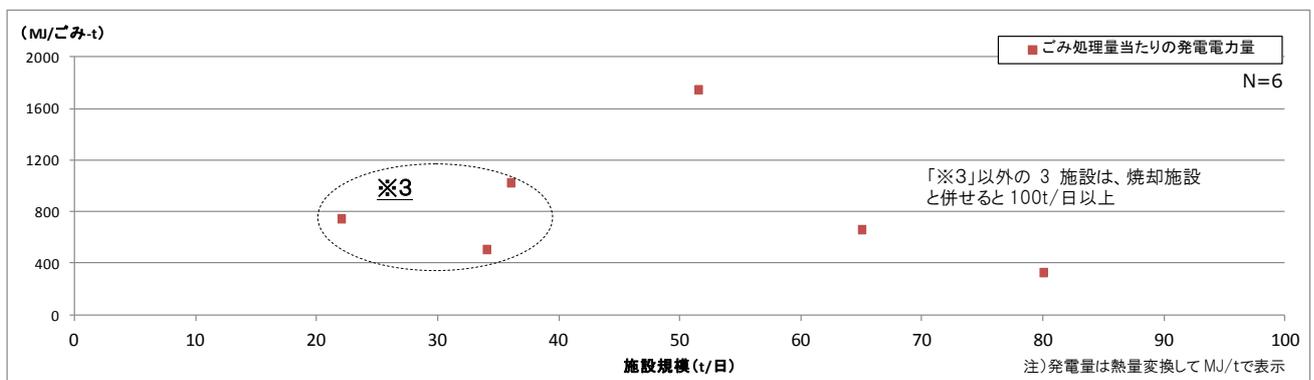


図 II-2 自治体ヒアリング対象施設のエネルギー回収状況（バイオガス発電）

2) ヒアリング結果

自治体ヒアリングの結果概要を下表に示す。

いずれの自治体も、維持管理コストの抑制やCO2削減効果を期待して発電技術を導入しており、中小規模の施設であっても、エネルギー回収による諸効果が認識されていることが確認された。

技術上の課題として挙げられている安定稼働や稼働率の確保については、追加ヒアリングの結果、ごみ量の減少による影響との回答があり、今後のごみ量変化を踏まえたエネルギー回収を考える必要があると考えられた。

一部施設では、維持管理コストへの懸念から70t/日以上であってもボイラタービンによる高効率発電の導入を見送っており、コストへの配慮も重要と考えられた。

表Ⅱ-1 自治体ヒアリング結果概要

発電技術	蒸気タービンによる高効率発電	小型発電	バイオガス発電	備考
1) 発電導入の契機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 交付金対象 ・ 維持管理コスト削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 交付金対象 ・ 維持管理コスト削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 交付金対象 ・ CO2削減方策 ・ 焼却発電代替え 	
2) 発電方式選定・決定要因	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入コスト抑制 ・ 維持管理コスト抑制 ・ CO2削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 維持管理コスト抑制 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入コスト抑制 ・ 維持管理コスト抑制 ・ CO2削減 	
3) 発電施設運営上の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 安定稼働、稼働率の確保 ・ 維持管理コストの負担（ボイラ、発電機、電気主任技術者） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大きな課題なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 稼働率の確保 ・ 維持管理コストの負担（発電機） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気タービンでは課題なしとする施設も一定あり ・ 安定稼働、稼働率確保については、ごみ量減の影響との回答を得た。
4) 発電導入なしの要因等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 維持管理コスト（発電機の維持管理、BT主任技術者の確保）への懸念から発電導入を見送った。 			

(2) 技術ヒアリング等

メタンガス化技術を含む中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収に関連する技術開発の現状と方向性について全体像を網羅的に把握することにより、今後の取り組み方針検討に向けた基礎資料を整備することを目的として、後述VI. で設置する WG メンバーによる知見、既存文献、情報等の収集、整理を行った。

1) WG メンバーからの提供情報

WG 会議において、WG メンバーから情報提供を求めた。この結果は下表のとおりであった。いずれも、システム化技術（総合プラント等）であり、既往技術の発展、進化に関連するものであった。

このうち、小型発電（唐津市）とメタンガス化（秋田バイオ月発電所）については、ヒアリングによる情報収集を行った。

表Ⅱ-2 WG メンバー情報の概要

分類	事業主体	技術概要
高効率発電	(株)市原ニューエナジー	産廃、一廃を扱う焼却炉（96t/日・炉）での高効率発電事例（1950kW）
	中・北空知環境テクノロジー(株)（中・北空知廃棄物処理広域連合）	メタンガス化対象以外の一廃を 85t/日（42.5t/日×2炉）での高効率発電事例（1770kW）
小型発電	唐津市	小規模ごみ焼却施設（50t/日×3炉）基幹改修におけるマイクロガスタービンの設置（275kW・炉） マイクロガスタービン：小型蒸気タービン発電機（ラジアル型単式衝動タービン+減速機直結発電機）、発電効率：2.39%（基準ごみ）
メタンガス化	(株)アルフォ/城南島第2飼料化センター	食品廃棄物を油温減圧乾燥工程前で一定量の固液分離を行い、分離液をメタン発酵し、ガスエンジンで発電するシステム（30t/日、5400kWh）。
	(株)アースクリエイティブ	50kg/日クラスのメタン発酵+発電システムのパイロット機
	(株)ナチュラルエナジージャパン/秋田バイオガス発電所	生ごみ（食品残渣）の無希釈二相循環式メタン発酵システム(WTM システム（50t/日）により発電（730kW）
	恵庭市	生ごみ（18t/日）、し尿・浄化槽汚泥（15t/日）+下水道汚泥をメタン発酵、バイオガスは発電及び蒸気利用
燃料化	(株)エコマスター（三豊市）	生物学的処理の一方式であるトンネルコンポストの実用機
	(株)グリーンコール西海（西海市）	炭化燃料化方式の実用機（30t/日）

事業主体欄の（ ）内は処理委託元自治体

2) 文献調査

①検索対象とした情報源

検索を行った情報源は、以下のとおりである。

○学術誌・機関誌・会議要旨・等（検索エンジンによる）

国内学会誌

国内商業雑誌（資源環境対策、環境技術会誌、環境技術等）

国内解説誌・一般情報誌（日本機械学会誌・環境コミュニケーション等）

会議論文・要旨集

英文学術雑誌（Waste Management, Resource-Efficient Technologies 等）

学術成果リポジトリ（大学関係）等

○関連団体刊行物・ウェブサイト

廃棄物資源循環学会、全国都市清掃会議、廃棄物・3R研究財団

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、国立環境研究所、エネルギー総合工学研究所 等

○英文資料

海外データベース（IPPC BAT reference、UENP document 等）

i-CIPEC 及び SWAPI 等の国際会議講演集

○その他一般検索による、関係ウェブサイト、プラントメーカ情報、自治体等の実施例の情報

②検索結果

○文献リスト及び情報の傾向

各キーワードを適宜組み合わせ、1次スクリーニングを行った。その際、新規技術の検索が主眼であるので、内容を俯瞰、適宜削除を繰り返し、文献リストを作成した（参考資料参照）。その際大まかな情報の傾向を把握し、整頓の際に利用した。

3) 注目すべき技術

収集された情報等をもとに基礎情報として有益と考えられる技術について各分類（技術の範囲：総合・要素、技術の熟度：発展・新規）ごとに現状や課題、適用条件などを整理。

【文献中に検索されたやや新規な技術の例】

流動床式ガス化溶融炉（総合？／発展）

流動床式ガス化燃焼炉（総合？／発展）

超高温可溶化技術（要素／発展）

オゾンによる余剰汚泥の高効率可溶化（要素／発展）

重曹を用いた乾式法（要素／発展）

廃プラスチック油化処理技術

一般廃棄物からのバイオエタノール製造技術 等

3) ファクトシートの取りまとめ

WG メンバーからの情報とこれに基づくヒアリング及び検索結果等を踏まえ、以下の技術について主に設計施工を行ったプラントメーカーから情報提供を得てファクトシートとして整理を行った。

【小規模ごみ焼却施設におけるごみ発電技術】

- ①唐津市（小型蒸気発電機、発電効率：2.39%、三井造船環境エンジニアリング株式会社）
- ②大和郡山市（小型蒸気発電機、発電効率：3.16%、三井造船環境エンジニアリング株式会社）
- ③丹波市（バイナリー発電機、発電効率：0.54%、熱回収率：15.6%、株式会社川崎技研）
- ④横手市（高効率発電（47.5 t/日×2 炉、1670kW）、発電効率：19.6%、荏原環境プラント株式会社）

【メタンガス化施設と発電事例】

- ⑤秋田バイオガス発電所（日立造船株式会社）
- ⑥中・北空知廃棄物処理広域連合（高質ごみ対応ごみ焼却施設（42.5 t/日×2 炉）、発電効率：13%、日立造船株式会社）

【燃料化】

- ⑦トンネルコンポスト（株式会社エコマスター、情報提供は復建調査設計株式会社）
- ⑧西海市（炭化燃料化、川崎重工株式会社）

【新技術】

- ⑨流動床ガス化技術（株式会社神鋼環境ソリューション）

【参考事例（大規模施設）】

- ⑩鹿児島市（バイオガスの都市ガス利用、川崎重工株式会社）

<評価・検証事業で実施される技術>

第 1 回検討会で報告された評価・検証事業における取組み技術は、以下のとおりであった。これらについては、報告資料及びそれぞれのプラントメーカーに対するヒアリングにより、必要な技術情報を収集しファクトシートとして整理した。

- ①タクマ（メタンガス化関連技術）
- ②大原鉄工所（メタンガス化関連技術）
- ③クボタ環境サービス（メタンガス化関連技術）
- ④神鋼環境ソリューション（流動ガス化）（既出）

ファクトシートとして取りまとめた事項は次のとおり。

表Ⅱ-3 ファクトシートとして整理した事例等

1	小規模ごみ焼却施設における発電システム（唐津市）	三井造船環境エンジニアリング（株）
2	小型発電システムの導入（大和郡山市）	三井造船環境エンジニアリング（株）
3	バイナリー発電機の実装（丹波市）	株式会社川崎技研
4	全連続燃焼ストーカ炉と自然循環式廃熱ボイラ（横手市）	荏原環境プラント株式会社
5	無希釈二相循環式メタン発酵システム（秋田バイオマス発電）	日立造船株式会社
6	ボイラ・タービン発電（中・北空知地域）	日立造船株式会社
7	トンネルコンポスト方式（三豊市）	ATZWANGER（アツワンガー）
8	間接外熱キルン炭化方式（西海市）	川崎重工株式会社
9	バイオガスの都市ガス利用事例（鹿児島市）	川崎重工株式会社
10	縦型乾式メタン発酵方式（株式会社富士クリーン）	栗田工業株式会社
11	流動床ガス化技術	（株）神鋼環境ソリューション
12	メタンガス化+焼却コンバインドシステムの改良	株式会社クボタ
13	CO ₂ 分離膜を適用した高効率バイオガス発電システム及びコンバインドシステム	株式会社タクマ
14	機械選別を用いたメタン発酵処理システムの改良	株式会社大原鉄工所

表Ⅱ-4 ファクトシートとして整理を行った情報

【概要】：技術の概要と狙い（新規性）、実装施設／テストプラント等の現状を整理する

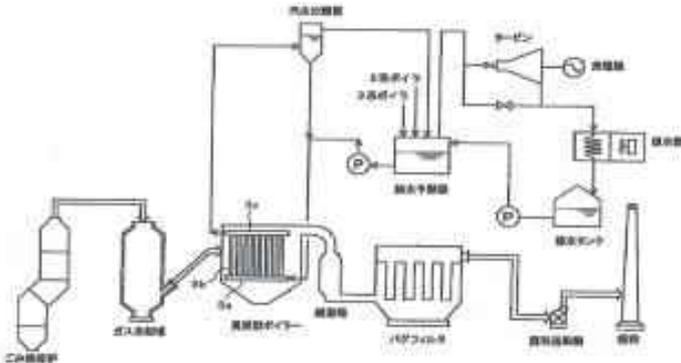
①技術名	新規技術であれば技術名称、既存技術であればシステムの特徴等を簡潔に記載
②開発者／実施者	技術開発の場合は開発者、既存の技術であれば実施者（実態に即して）
③技術開発／採用の狙い	小型施設での実施のための着目・優位点、施設に特有の状況等の特記事項があれば記載
④技術の概要	新規技術であればその概要を含め、施設全体での位置づけ等を記載
⑤実用化の度合い （研究段階、実用化段階等）	実施設であれば竣工（予定）時期、その他プラント等稼働状況
⑥国内ベンダー	システム、発電機等のメーカー（海外製であれば国内販売代理店 等）
⑦実施設の状況（施設名）	施設（処理）規模、炉規模（炉数）、炉形式、ガス処理等その他施設、発電施設規模（規格） 等

【パフォーマンス】：他施設へ適用・導入する際に必要となる情報を抽出する

①処理対象ごみ種類	一般廃棄物の分別項目 ほか受け入れている種類を記載 基本的にはエネルギー回収に関するものでよいが、施設全体も関連するものは記載
②ごみ質（実績／計画）	発熱量について実績か計画かを選択 低質、高質（測定値の幅の記載法統一）（環整 95 号のうち） メタンガス化については TS、VS/TS 有機物比についても記載
③環境性能（特に温暖化ガス）	CO ₂ データについては、排出量又は改善分とする単位は、基本的には

	kg-CO ₂ /t・ごみとする その他環境負荷に関する特記事項があれば記載
④処理・エネルギー回収能力 (稼働率含む)	炉等の処理能力 (t/day×系列) 再掲 発電能力 (kWh/day or year)、エネルギー回収率、熱回収率等について、各系列、計算式を可能な限り統一する 備考として稼働率等を特記事項
⑤ユーティリティ (電気、水道、ガス、薬品等) ならびに 管理上の特記事項	出来るだけ実績値であるものとした
⑥コスト (イニシャル・ランニング・メンテナンス)	<ul style="list-style-type: none"> ・回収システムの建設費 (施設全体の場合は全体と記載) ・オーバーホール等長期メンテナンス情報があれば記載
⑦要求される人的要件	特に発電設備関連については重要

ファクトシート 1 (唐津市)

1. 概要	①技術名 小規模ごみ焼却施設における発電	
	②開発者/実施者 三井造船環境エンジニアリング株式会社	
	③技術開発/採用の狙い <ul style="list-style-type: none"> ・「清掃センター長寿命化事業基幹的設備改良工事」において、配置の許す範囲において小型ボイラと小型発電機を組み合わせた小規模蒸気発電システムを構築し、小規模施設においても発電が可能であることを狙いとした（技術の概要参照） ・当初、バイナリー発電を検討。投資の割にエネルギーの回収量（発電量）が少ないことなどから見送り、これまで温水回収されていた余熱利用設備をボイラーに変更 	
	④技術の概要 <ul style="list-style-type: none"> ・貫流型ボイラ伝面 250m²未満のボイラ（二級ボイラー技士にて運転可能）を計画。また、貫流型ボイラは保有水量が少ないため立上げが速やか（1時間程度）であり、<u>間欠焼却施設においても発電の可能性が期待できる</u> ・施設に配置できるコンパクトな設備：従来のボイラの輻射冷却室の代わりに既設のガス冷却室を代用してコンパクト化を実現 ・電事法の規制緩和に適合する設備： 発電機仕様(300kW未満)とタービン出口蒸気の再利用というプロセスの採用により達成。それによりボイラー・タービン主任技術者不要、工事計画書の提出が不要となり小規模施設での運用が容易になる。(発電出力 300kw未満 最高使用圧力 2MPa未満 最高使用温度 250℃未満 労安ボイラからの蒸気供給) 	
		
	<p>システム概要</p> <p>小型蒸気発電機（ラジアルタービン） 注）タービン入口熱量に対する発電量</p>	
	⑤実用化の度合い（研究段階、実用化段階等） <ul style="list-style-type: none"> ・平成 29 年度の試運転により実用化検証済み、3 炉順次実装中（工期：平成 26 年 8 月～31 年 3 月） 	
⑥国内ベンダー <ul style="list-style-type: none"> ・ボイラ：三井造船環境エンジニアリング株式会社 ・発電機：三井造船マシナリー・サービス株式会社 		
⑦実施設の状況（唐津市清掃センター※） <ul style="list-style-type: none"> ・施設規模：150t/day（50t/day×3 炉）<u>常用：2 炉運転</u> ・炉形式：全連続運転式焼却炉（流動床式） ・ガス冷却：水噴射式+廃熱ボイラー（多管式 貫流形）除塵方式：槌打方式 ・発電設備：小型蒸気発電機（ラジアルタービン）最大 275kW（発電端 220kW） 		

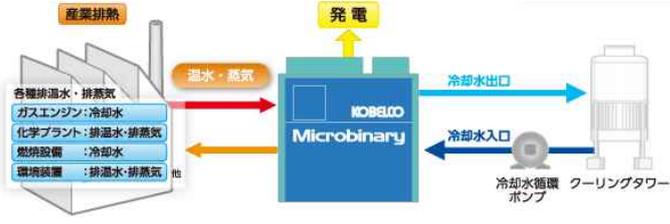
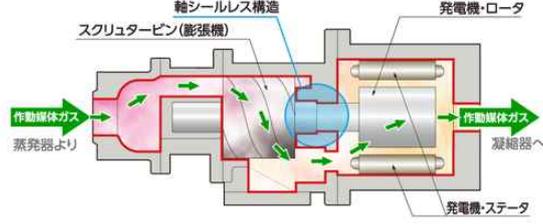
2. パ フ ォ ー マ ン ス	①処理対象ごみ種類 ・一般廃棄物可燃ごみ（もえるごみ）、破碎可燃物 備考：収集・持込みごみ含む。ペットボトル・資源・不燃物は分別収集
	②ごみ質（計画） ・低位発熱量：低質 1400 基準 1900 高質 2200 (kcal/kg)
	③環境性能（特に温暖化ガス） ・改良前=82.6 kg-CO ₂ /t-ごみ 改良後=47.6 kg-CO ₂ /t-ごみ ・基幹改良を通じた総削減率：42.6%以上（発電単体分：30%以上） ・排ガス中窒素酸化物濃度：
	④処理・エネルギー回収能力 ・150t/day（50t/day×3 炉）ただし常用 2 炉運転（100t/day） ・発電能力：220 kW×1 基 備考：定格を守るため余剰蒸気は排出している
	⑤ユーティリティならびに管理上の特記事項 ・特記事項なし
	⑥コスト（イニシャル・ランニング・メンテナンス） ボイラ 3 基+タービン+計電設備+付帯設備 ・イニシャル：約 6 億円（機材+工事） ・維持管理費：約 14,000 千円/年（点検、） 備考：上記は概算。またボイラ 1 基での概算を見積もり依頼中（1 基導入） ・工事全体：1,305,000,000 円（税抜）
	⑦要求される人的要件 ・二級ボイラー技士
3. 暫 定 評 価	①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し ・CO ₂ 削減としては効果があるが、発電効率としては 2.39%程度に留まる。 備考：40%以上の CO ₂ 削減を達成、環境省の二酸化炭素排出抑制対策事業費交付金(先進的設備導入推進事業)の事業採択を受け工事を実施 ・利得電力（計算）220kW×24h×365（仮）×17 円/kWh=30,835（千円/年）のコスト削減（17 円/kWh として試算）すべて施設内で消費（利得電力計算については要確認）
	②技術の熟度 ・実用段階（唐津市清掃センター） 平成 28 年 12 月より、ボイラ 1 基による半負荷運転を実施 平成 29 年 11 月より、ボイラ 2 基による全負荷運転を実施中（3 基目建設予定）
	③社会への実装可能性 ・実装済：小規模（設置スペース、規制緩和対象、人的要因等）ごみ焼却施設での発電が可能
	④実装に向けた課題 ・特になし
	⑤実装可能時期 or 開発計画 ・実装済（工期：平成 26 年 8 月～31 年 3 月）特許申請中

ファクトシート 2 (大和郡山市)

1 . 概要	①技術名 小型発電システムの導入
	②実施者 三井造船環境エンジニアリング(株)
	③技術採用の狙い ・CO ₂ 20%以上削減、1/2 の交付金対象とする。
	④技術の概要 ・既存ボイラ(労基ボイラ)が設置されていたが発電は行われておらず、その余剰蒸気を利用して発電することとした。 ・発電容量は、ボイラも電気事業法の適用を受けず、ボイラ・タービン主任技術者が不要な 300 kW未満とした。 ・発電機は神戸製鋼所製のパッケージ型スクリー式発電機 (SteamStar) を採用。
	<p style="text-align: center;">主な延命化工事の内容</p>
	⑤実用化の度合い (研究段階、実用化段階等) ・平成 27 年～29 年度の延命化工事で実施済み
	⑥国内ベンダー ・発電機：(株)神戸製鋼所
	⑦実施設の状況 (大和郡山市清掃センター) ・施設規模：60 t / 24h × 3 炉 (180 t / 日) ・炉形式：流動床式焼却炉 ・排ガス冷却：廃熱ボイラ ・排ガス処理：バグフィルタ、乾式脱塩、低温触媒 ・竣工：昭和 60 年 11 月 20 日
2 . パフ	①処理対象ごみ種類 ・収集・持込みごみ ・破砕可燃物

オー マン ス	②ごみ質 (実績、計画) 低質 : 4,609 kJ/kg 基準 : 6,620 kJ/kg 高質 : 11,732 kJ/kg
	③環境性能 (特に温暖化ガス) ・改良前 = 106 kg-CO ₂ /t-ごみ ・改良後 = 67 kg-CO ₂ /t-ごみ ・目標削減率 : 20%以上 実績 : 30%以上 (発電分)
	④処理能力 ・60 t / 24 h × 3 炉 ・145 kW × 3 基 常用 2 基 (290 kW)
	⑤ユーティリティ (電気、水道、ガス、薬品等) ・特記事項なし
	⑥コスト (イニシャル and/or ランニング) ・発電機 3 基 + 復水器 1 基 購入費としておおよそ 180,000 千円程度 (発注条件による)
	⑦要求される人的要件 ・特になし
	3 . 暫定 評価
	②技術の熟度 ・発電機としては実績が増えている。
	③社会への実装可能性 ・余剰蒸気がある施設において、更に発電量増が見込める。
	④実装に向けた課題 ・実施済み
	⑤実装可能時期 or 開発計画 ・特記事項なし

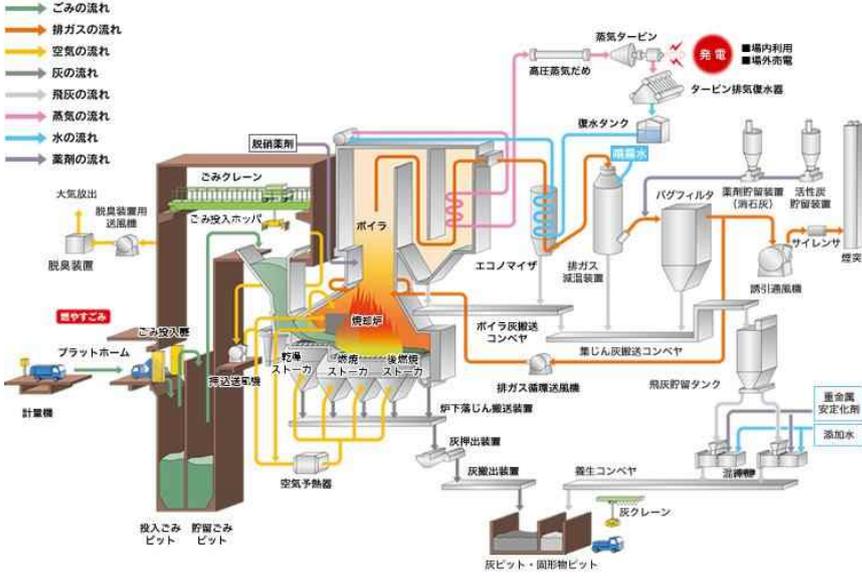
ファクトシート3（丹波市）

1. 概要	①技術名 バイナリー発電の実装	
	②開発者／実施者 株式会社川崎技研	
	③技術開発／採用の狙い ・年間を通じて発生する温水を利用する方式により小規模焼却施設での高効率発電を可能とする	
	④技術の概要 ・低温熱源（温水・蒸気）を用いて水よりも沸点の低い作動媒体を蒸発させ、その蒸気でタービンを回し発電 ・半密閉スクリュータービン方式の高効率・小型バイナリー発電システムにより長期の安定運転が可能 ・同発電機は一旦緊急停止した場合でも、再起動後の立ち上がりが早い。起動1時間ほどで通常の性能にて運用できる。	
	 <p style="text-align: center;">バイナリー発電設備システム概要</p>	 <p style="text-align: center;">半密閉スクリュータービン方式発電機の構造</p>
	⑤実用化の度合い（研究段階、実用化段階等） ・実用化済（竣工：平成27年3月）	
	⑥国内ベンダー ・バイナリー発電システム：株式会社神戸製鋼所	
⑦実施状況（丹波市クリーンセンター※） ・施設規模：46t/day（23t/day×2炉） ・炉形式：連続運転式焼却炉（ストーカ式） ・排ガス処理：有害ガス除去方式（活性炭混合消石灰吹き込み）、無触媒脱硝方式 ・加熱空気を回収、温水として再利用 ・発電設備：温水熱源マイクロバイナリー発電設備 72kW（発電端ベース）（定格出力） ・設計・施工：川崎技研・日本国土開発特定建設工事共同企業体		
2. パ フ ォ ー マ ン ス	①処理対象ごみ種類 ・一般廃棄物可燃ごみ（燃やすごみ） 備考：プラスチック系、資源・不燃物は分別収集	
	②ごみ質（実績） 低位発熱量：8,710～11,120 kJ/kg（平成27年度）	
	③環境性能（特に温暖化ガス） ・150,000kWh/年（バイナリー発電量）×0.000509t-CO ₂ /kWh（関西電力27年度実績実排出係数）= 76.35 t-CO ₂ /年 （備考：平成27年度の施設総CO ₂ 排出量：7,343t-CO ₂ /年） ・排ガス中窒素酸化物濃度：設計時自主規制値を80ppm以下とし、運転設定60ppm以下で運用、概ね	

	<p>50～55ppm（法規制 100ppm 以下）。</p> <p>備考：窒素酸化物濃度管理の為の工夫として、温度管理（炉内水噴霧）、一炉運転への切り替え等の対策をとることがある。</p>
	<p>④処理・エネルギー回収能力</p> <ul style="list-style-type: none"> ・46t/day（23t/day×2 炉） ・バイナリー発電量：約 600kWh/day（直近半年程度）1 炉運転でも同じ ・エネルギー回収率 0.4～0.5%（発電のみ） ・熱回収率（温水）：10.8%（ごみ発熱量比）⇒バイナリー発電へ ・熱回収率（燃焼空気予熱）：4.8% 計 15.6%（常時 10%以上） <p>備考：550～600kWh/day（6 か月間実績）運転開始から概ねブレなし。発電量変動の要因はごみ質（夏＝ごみカロリー低の傾向（発電量が上がりやすい）冬＝ごみカロリー高の傾向（発電量が下がる））。ピット内貯留ごみの焼却量で調整可能</p>
	<p>⑤ユーティリティならびに管理上の特記事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運転管理年報による。 <p>休炉スケジュールへの対応：年三回全炉休止時期を設置。（正月、年次点検時期、3 月年度末～4 月初頭の数日間）また 2 炉中、ピット残ごみ量の兼ね合いで、1 炉休炉させることもある。その際もバイナリー発電機は順調に発電する。</p>
	<p>⑥コスト（イニシャル・ランニング・メンテナンス）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・49 億 4000 万円（計上、クリーンセンター施設建設費含む総額） ・バイナリー発電機に関するコストは、7,000 万円強～8,000 万円以内（発電機本体が約 4,000 万円、関連補機や配管設置接続で約 3,000 万円～） ・年次点検費用：年間 100 万ほど計上。補修費：現時点で不明。設置 10 年目にオーバーホール（状態によっては上記本体金額に近い費用がかかるかもしれない） ・薬品：年間 40～50 万程度（尿素、消石灰＝活性炭混合） <p>備考：補修等維持管理で苦勞する点については、現時点では思いつくことはない。これから年数が経ちあらためてわかることも。</p>
	<p>⑦要求される人的要件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特になし（特段必要資格の要件はない）
3. 暫定評価	<p>①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し</p> <p>エネルギー回収率 0.4～0.5%（バイナリー発電のみ）で 150,000kWh/年 以上 2,500（千円/年）のコスト削減（17 円/kWh として試算）すべて施設内で消費</p>
	<p>②技術の熟度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実装済、焼却施設で年間を通じて発生する温水を有効活用するため技術としては成熟している。
	<p>③社会への実装可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実装済
	<p>④実装に向けた課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特になし
	<p>⑤実装可能時期 or 開発計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実装済（竣工：平成 27 年 3 月）

※クリーンパーク丹波：焼却・熱回収施設ほかりサイクル施設及び管理・啓発施設を同敷地内に整備

ファクトシート4（横手市）

<p>1. 概要</p>	<p>①技術名 全連続燃焼ストーカ炉と自然循環式廃熱ボイラ</p>
	<p>②開発者実施者 荏原環境プラント株式会社</p>
	<p>③技術開発採用の狙い</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボイラの高圧高圧化による発電効率の向上
	<p>④技術の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・4MPa×400℃の蒸気条件を採用し、排ガス再循環（EGR）の導入による低空気比1.2～1.3での安定した運転による低NOx比ならびにボイラ効率、発電効率の向上 <p>高い技術により安全で効率的な処理を可能にしたシステムです。 [熱回収施設]処理フロー</p> 
	<p>⑤実用化の度合い（研究段階、実用化段階等）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実用化済
	<p>⑥国内ベンダー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・荏原環境プラント株式会社
	<p>⑦実施設の状況（クリーンプラザよこて※）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建設期間 2013年6月～2016年3月31日 ・運営期間 2016年4月1日～2036年3月31日（20年間）DBO方式 ・施設規模：95t/日（47.5t×日×2炉） ・炉形式：全連続燃焼ストーカ炉 ・排ガス冷却：自然循環式廃熱ボイラ ・排ガス処理：バグフィルタ、乾式有害ガス除去装置 ・発電設備：抽気復水タービン 定格出力1670kW ・発電機出力：1670±9.1kW
<p>2. パフ</p>	<p>①処理対象ごみ種類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一般廃棄物可燃ごみ

オー マン ス	②ごみ質（実績、計画）
	—
	③環境性能（特に温暖化ガス）
	・CO 平均：10ppm/5ppm（1号/2号）
	・NOx 平均：58ppm/47ppm（1号/2号）
	④処理能力
	・95t/日（47.5t×日×2炉）
⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等）	
—	
⑥コスト（イニシャル and/or ランニング）	
—	
⑦要求される人的要件	
・特になし	
3. 暫定 評価	①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し
	・あり
	②技術の熟度
	・実施済
	③社会への実装可能性（実施済）
	・100t/日以下の小規模施設であっても発電機出力：1670±9.1kW（変動係数 0.0055）と安定
④実装に向けた課題	
・特になし	
⑤実装可能時期 or 開発計画	
実装済	

※横手市の既存の3つの清掃工場を1つに統合する施設として、可燃ごみを適正に処理する熱回収施設と、資源ごみ等を適正に処理するリサイクルセンターを同敷地内に整備

ファクトシート5（秋田バイオマス発電）

1. 概要	①技術名 無希釈二相循環式メタン発酵システム
	②事業者 ナチュラルエナジージャパン
	③技術開発の狙い 比較的分解率の高い生ごみを処理対象とし、省エネ・省スペースと処理安定性の高いシステムを構築すべく自社開発したシステム。発酵槽滞留日数を18日とすることでコンパクトな施設とし、エネルギー消費が少なくアンモニア阻害に強い中温メタン発酵システムとしている。加水を行わないため、水処理を行う場合も処理水量が最小となる。
	④技術の概要（WTMシステム） 前処理設備からの選別生ごみに対し、発酵後の消化液を返送・水分調整することで無希釈処理でありながら湿式メタン発酵としている。高温可溶化と中温メタン発酵とを組み合わせた2相式メタン発酵により、高いVS分解率とアンモニア耐性とを併せ持つシステムとなる。加えて、高温可溶化で加える熱エネルギーをメタン発酵槽の保温エネルギーに利用できるため、メタン発酵槽での加温をあまり必要としない省エネシステムとなっている。また、外部から希釈水を加えない無希釈処理のため、水処理を必要とする場合も処理水量が最小となる。
	<p>生ごみの無希釈二相循環式メタン発酵システム</p>
⑤実用化の度合い（研究段階、実用化段階等） ・2017年8月下旬より本稼働	
⑥国内ベンダー ・日立造船グループ	
⑦実施設の状況（秋田バイオマス発電所） 施設規模等：SRC地上2F、地下1F、延床面積約1,470㎡	
2. パフォーマンス	①処理対象ごみ種類 ・事業系食品廃棄物（一般廃棄物、産業廃棄物）
	②ごみ質（実績、計画） 計画：TS23%、VS20.7% 実績：TS17～20%、VS16～19%

ス	③環境性能（特に温暖化ガス） ・CO2削減量は2,544トン/年（標準世帯約500世帯分）
	④処理能力 1日当たり50トン（25トン/日・系列×2系列） 発電能力：730kW（定格出力）（365kW×2基） 発電量：523万kWh/年 （一般家庭1600世帯分）
	⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等） ・現在データ蓄積中
	⑥コスト（イニシャル and/or ランニング） ・総事業費30億円
	⑦要求される人的要件 ・6人
	3. 暫定評価
①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し ・処理量当たりのバイオガス回収量は概ね当初見込み通りであり、さらなる向上のためには、より高濃度で分解性の良い原料を受け入れる必要がある。ただし、効率の良い原料は負荷も高くなるため量的な制約を受けるので処理単価との兼ね合いで受け入れ対象を調整する必要がある（廃棄物処理費が下がらない工夫が必要）。	
②技術の熟度 ・メタン発酵に関するソフト部分は概ね完成済み。特に産廃受け入れ時の様々な原料に対応した前処理システムの構築が不十分である。	
③社会への実装可能性 ・食品循環資源の再生利用および天候や時間帯に左右されない安定的な地域電源であり、効率等が規模にあまり影響を受けないので中小規模向けには有効な廃棄物からのエネルギー手段と考える。	
④実装に向けた課題 ・小規模だと建設コスト及びランニングコストが高くなりがちであり、特にランニングに関する公的支援があれば施設建設が進む可能性がある。また、規模を大きくするためには、収集エリアの拡大や食品加工工場等の大量排出事業者からのごみ受け入れが必要となるが、食品リサイクル法による減量化・削減対策を既に講じている工場が多く、収集対象となり難い。	
⑤実装可能時期 or 開発計画 2017年6月竣工 2017年8月下旬本稼働	

ファクトシート6（中・北空知地域）

1. 概要	①技術名 炉形式：全連続式ストーカ炉(水冷火格子採用) 排ガス冷却方式：廃熱ボイラ 排ガス処理方式：ろ過式集じん器＋高効率無触媒脱硝 発電設備：蒸気タービン発電(1,770kW)
	②開発者 ー（既存の技術）
	③技術開発の狙い ー（既存の技術）
	④技術の概要 ごみの焼却により発生する燃焼ガスをボイラで熱回収して、ボイラで吸収した熱によって蒸気を発生させ、その蒸気を工場内で利用した後、余剰蒸気は蒸気タービンに送り、発電して所内の電力を賄った後、余剰分を電力会社へ送電します。 発電後の復水は循環再利用します。
	⑤実用化の度合い（研究段階、実用化段階等） 実用化段階です。
	⑥国内ベンダー 日立造船㈱
	⑦実施の状況（中・北空知エネクリーン） 2013年3月竣工。現在も稼働中です。
2. パフ オー マン ス	①処理対象ごみ種類 厨芥ごみはメタンガス化施設(広域連合とは別組織の3組合)で別途処理されるため、厨芥類をほとんど含まず、プラスチックと紙類が主体となります。
	②ごみ質（実績、計画） 計画 9,200~13,810~16,750kJ/kg 実績 14,767 kJ/kg(平成 25 年 4~9 月（6 点）の平均)
	③環境性能（特に温暖化ガス） 発電端効率 13%（交付要件 12%）をクリアしており、温室効果ガス排出抑制の一端を担った施設となっています。
	④処理能力 85 t/日(42.5 t/日×2 炉)
	⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等） 電気、水道、A 重油、薬品を使用
	⑥コスト（イニシャル and/or ランニング） 契約金額：43 億 8668 万円（税抜き）。うち機械設備費 36 億 5900 万円

	<p>⑦要求される人的要件</p> <p>機器取扱いに必要な資格</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄物処理施設技術管理者(ごみ処理施設) ・ ボイラ・タービン主任技術者 ・ 電気主任技術者 ・ クレーン運転士（吊上げ荷重 5 t 以上、要資格） ・ 危険物取扱主任者 他
<p>3. 暫定 評価</p>	<p>①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し</p> <p>発電端効率 13%（交付要件 12%）をクリアしており、温室効果ガス排出抑制の一端を担った施設となっています。</p> <p>②技術の熟度</p> <p>実用化段階</p> <p>③社会への実装可能性</p> <p>実用化段階</p> <p>④実装に向けた課題</p> <p>実用化段階</p> <p>⑤実装可能時期 or 開発計画</p> <p>実用化段階</p>

ファクトシート7（三豊市）

1. 概要	①技術名：トンネルコンポスト方式（固形燃料（RPF）および堆肥の製造）
	②開発者：ATZWANGER（アツワンガー）
	③技術開発の狙い： <ul style="list-style-type: none"> ・温室効果ガス排出量の排出抑制
	④技術の概要： <ul style="list-style-type: none"> ・家庭系及び事業系一般廃棄物のうち燃やせるごみを好氣的な環境で発酵させ乾燥させる。 ・乾燥後は、固形燃料化原料として利用可能となる。 ・施設からの臭気は生物脱臭槽により適切に脱臭し、施設外への流出を防ぐ。 ・施設内で利用した水は、バイオトンネル内で発酵用として再利用することにより、施設外へ排出しない。
	
⑤実用化の度合い（研究段階、実用化段階等）： <p>平成 29 年 4 月より施設稼働開始</p>	
⑥国内ベンダー <p>株式会社エコマスター</p>	
⑦実施の状況：（バイオマス資源化センターみとよ） <p>平成 29 年 4 月より施設稼働開始</p>	
2. パフォーマンス	①処理対象ごみ種類 <p>家庭系及び事業系一般廃棄物の燃やせるごみ</p>
	②ごみ質（実績、計画） <p>※別添参照</p>
	③環境性能（特に温暖化ガス） <ul style="list-style-type: none"> ・CO₂ 排出量：1,851.6t-CO₂/年 ※CO₂ 排出量の削減効果は処理方式が焼却処理の場合に比べ約 6,500t-CO₂/年程度となる。 ・生物脱臭槽による臭気の適正な処理。 ・施設内における排水の再利用。
	④処理能力 <p>43.3t/日</p>
	⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等） <ul style="list-style-type: none"> ・消費電力：31,598kWh/基（バイオトンネル1基）

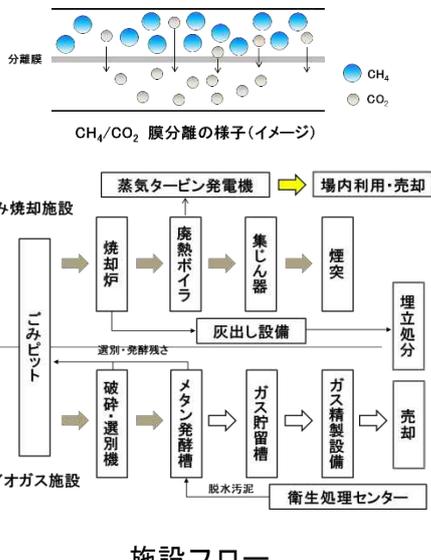
	<ul style="list-style-type: none"> ・水道：4,919m³/年
	<p>⑥コスト（イニシャル and/or ランニング）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・イニシャル：1,606 百万円 （建物・プラント・用地など） ・ランニング：ごみ処理委託費 24.8 円/kg（民設民営のため施設整備費の減価償却費を含む）× 計画ごみ処理数量 10,780t/年=267 百万/年
	<p>⑦要求される人的要件</p> <p>特になし</p>
3. 暫定 評価	<p>①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し</p> <p>パフォーマンス「③環境性能（特に温暖化ガス）」 参照</p>
	<p>②技術の熟度</p> <p>平成 29 年 4 月より施設稼働開始</p>
	<p>③社会への実装可能性</p> <p>平成 29 年 4 月より施設稼働開始</p>
	<p>④実装に向けた課題</p> <p>平成 29 年 4 月より施設稼働開始</p>
	<p>⑤実装可能時期 or 開発計画</p> <p>平成 29 年 4 月より施設稼働開始</p>

ファクトシート 8 (西海市)

1. 概要	①技術名 間接外熱キルン炭化方式 (炭化燃料の発電利用まで含めたトータルシステム)
	②開発者実施者 株式会社グリーンコール西海
	③技術開発採用の狙い ・小規模ごみ処理事業でのエネルギー回収事業
	④技術の概要 (一般廃棄物炭化燃料製造施設) ・処理方式: 間接外熱キルン炭化方式 ・燃焼ガス冷却方式: 水噴射式 ・通風設備: 平衡通風方式 ・排水処理設備: クローズド方式 ・炭化物処理設備: 脱塩・造粒方式 ・施設規模: 30t/d (15t/d×24時間×2系列)
	⑤実用化の度合い (研究段階、実用化段階等) ・実用化済
	⑥国内ベンダー ・電源開発株式会社 ・川崎重工業株式会社 ・ダイヤソルト(株)崎戸工場 (炭化燃料の利用)
⑦実施設の状況 (西海市炭化センター) ・設計建設: 平成24年11月5日～平成27年6月30日 ・運営: 平成27年7月7日～平成42年3月31日 (DBO方式)	
2. パフ	①処理対象ごみ種類 ・一般廃棄物、下水、し尿汚泥

オー マン ス	②ごみ質（実績）（2015.7-2016.9） 発熱量：4500～8000kJ/kg
	③環境性能（特に温暖化ガス） ・排ガス量としてストーカー炉より 20%減（CO, NO _x ）
	④処理能力(2015.7-2016.9) ・施設規模：30t/d（15t/d×24時間×2系列） ・ごみ搬入量 600t/m ・炭化物搬出量 100t/m（炭化物搬出量／ごみ搬入量＝17%程度） ・炭化燃料製造量：約 22,000 t（運営期間合計）
	⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等） —
	⑥コスト（イニシャル and/or ランニング） ランニング・所内消費電力量原単位として 2015年度 481kWh/ごみ t 2016年度 442kWh/ごみ t（10%改善） 初年度は確認点検・整備を多くし片炉運転期間が多かったため
	⑦要求される人的要件 ・特になし
3. 暫定 評価	①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し ・2015年度から2016年度にかけ10.6%のエネルギー回収（小規模ストーカー炉より優位） ・民間発電施設にて燃料使用量の3%混合
	②技術の熟度 ・実装開始
	③社会への実装可能性 実装開始 ・小規模ごみ処理事業でのエネルギー回収・温暖化防止対策の事業として焼却施設としてのみでなく炭化燃料の利用先である発電施設も含めたトータルシステムとして有用
	④（実装）普及に向けた課題 ・炭化燃料の利用先確保が前提であるが制度面での支援も不可欠
	⑤実装可能時期 or 開発計画 実装開始

ファクトシート9（鹿児島市）

1.	①技術名	バイオガスの都市ガス利用のための膜分離技術
	②開発者	川崎重工業株式会社
	③技術開発採用の狙い	バイオガスの精製により都市ガス事業者への売却を可能にする
	④技術の概要	<p>都市ガス事業者へ売却の際、事業者にて受入基準が設定されており、その基準を満足するよう精製する。バイオガス中の CH₄ と CO₂ は直径の差が大きく、膜による分離が可能のため、バイオガス精製技術として「膜分離」を適用</p>  <p style="text-align: center;">CH₄/CO₂ 膜分離の様子(イメージ)</p> <p style="text-align: center;">施設フロー</p>
	⑤実用化の度合い（研究段階、実用化段階等）	計画
⑥国内ベンダー	川崎重工業株式会社	
⑦実施設の状況（鹿児島市新南部清掃工場）	<p>平成 34 年 1 月 1 日～平成 54 年 3 月 31 日（約 20 年間）（DBO 方式）</p> <p>ごみ焼却施設：ストーカ式</p> <p>燃焼ガス冷却施設：排熱ボイラ方式</p> <p>排ガス処理設備：ろ過式集塵器</p> <p>バイオガス施設：乾式メタン発酵方式</p> <p>発生したバイオガスは都市ガス事業者に売却</p> <p>発酵残さは焼却処理</p>	
2.	①処理対象ごみ種類	もやせるごみ、し尿施設からの脱水汚泥、可燃性災害廃棄物
	②ごみ質（バイオガス施設）	

マン ス	燃やせるごみ（生ごみ・紙ごみ） TS : 43.4% VS/TS : 84.8% 脱水汚泥（し尿汚泥） TS : 16.7% VS/TS : 72.6%
	③環境性能（特に温暖化ガス） ばいじん : 0.02g/m ³ N 塩化水素 : 50ppm 硫黄酸化物 : 40ppm 窒素酸化物 : 100ppm ダイオキシン類 : 0.1ng-TEQ/m ³ N 一酸化炭素 : 30ppm 水銀 : 0.03ng/m ³ N
	④処理能力 ごみ焼却施設 : 220t/日（110t/日×2 炉） バイオガス施設 : 60t/日（30/日×2 基）
	⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等） 電気 : 敷地内取り合い位置より引き込み プラント用水 : 原則として工業用水 燃料 : 原則として灯油等の汎用性の高いものとする
	⑥コスト（イニシャル and/or ランニング） 施設整備費 ごみ焼却施設 : 約 126 億円 バイオガス施設 : 約 38 億円
	⑦要求される人的要件 特になし
3. 暫定 評価	①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し 都市ガス売却により発電機等がないことからランニングコスト低減を図る
	②技術の熟度 実装計画済
	③社会への実装可能性 実装計画済
	④実装に向けた課題 小規模化
	⑤実装可能時期 or 開発計画 実装計画済

ファクトシート10 (株式会社富士クリーン)

1. 概要	①技術名 KURITA DRANCO PROCESS® (縦型乾式メタン発酵方式)
	②実施者 栗田工業株式会社
	③技術採用の狙い
	<ul style="list-style-type: none"> 排水処理が不要で、既施設の重油及び電力使用量の低減が可能であること。 廃棄物処理だけでなく、エネルギー生産を実現することで、企業としてのCSRを向上。
	<p>④技術の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> 一般廃棄物や産業廃棄物といった多様な廃棄物を適正な前処理を行い、メタン発酵でバイオガスを回収し、ボイラ燃料として利用する他、ガス発電による電力。 一般廃棄物及び動植物性残渣は、高効率選別装置にて機械選別。 発酵槽は、円筒縦型で重力による自然降下式であるため発酵槽内に沈殿物の滞留がないため、オーバーホールはほぼ不要。 発酵後の残渣は含水率75%と水分が低く、脱水せずに直接焼却が可能。
	<p style="text-align: center;">株式会社富士クリーン バイオマスプラント フローシート</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 株式会社富士クリーンの事業は、NEDOの「バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証」にて実施するもので、FIT制度を活用しないことを要件としている。
	⑤実用化の度合い (研究段階、実用化段階等)
	<ul style="list-style-type: none"> 実用化済み
	⑥国内ベンダー
	<ul style="list-style-type: none"> 栗田工業株式会社
	⑦実施設の状況 (株式会社富士クリーン)
	<ul style="list-style-type: none"> 本稼働：2018年10月
2. パフ	①処理対象ごみ種類
	<ul style="list-style-type: none"> 一般廃棄物、動植物性残渣、事業系紙ごみ (禁忌品)、下水汚泥、排水処理汚泥 (固形)、

オー マン ス	排水（液状）、家畜ふん尿、他
	②ごみ質（計画）（株式会社富士クリーン バイオマスプラント） ・搬入物 : TS 52.3%、VS 26.7% ・メタン投入物 : TS 41.9%、VS 31.5%
	③環境性能（特に温暖化ガス）（株式会社富士クリーン バイオマスプラント） ・CO ₂ 削減量：約 10,000ton/年（ボイラ燃料としての重油削減及びバイオガス発電による）
	④処理能力（株式会社富士クリーン バイオマスプラント） ・処理規模 : 79.8 ton/日（日平均）内、メタン発酵能力：56.9 ton/日（日平均） ・発酵槽方式 : 縦型乾式メタン発酵槽（約 3,000 m ³ ） ・発酵残渣量 : 51.6ton/日（日平均）（含水率 75%、既設焼却施設にて焼却処理） ・バイオガス発生量 : 9,490Nm ³ /日（メタン濃度 55%） ・バイオガス利用 : 蒸気ボイラ（500kg/時×2基）、ガス発電装置（370kW×2基）
	⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等）（株式会社富士クリーン バイオマスプラント） ・電気、水道、LPG、薬品類、油脂類
	⑥コスト（イニシャル and/or ランニング）（株式会社富士クリーン バイオマスプラント） ・5か年の NEDO 事業費として約 38 億円（イニシャル、ランニング、試験研究費用含む）
	⑦要求される人的要件 ・特になし
3 . 暫定 評価	①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し（株式会社富士クリーン バイオマスプラント） ・ボイラ燃料としての重油削減及びバイオガス発電により CO ₂ 削減量は約 10,000ton/年（香川県全体の CO ₂ 発生量の 0.1%を削減）
	②技術の熟度 ・実施済み
	③社会への実装可能性 ・焼却施設との組み合わせや単独設置等によりエネルギー回収量の増加が見込まれる。
	④実装（普及）に向けた課題 ・効率的な発酵残渣処理・利用
	⑤実装可能時期 or 開発計画 ・特になし

ファクトシート 1 1 (流動床式ガス化技術)

1. 概要	①技術名：流動床式ガス化技術
	②開発者：(株) 神鋼環境ソリューション
	③技術開発の狙い： <ul style="list-style-type: none"> ・ 難溶性有機物やプラスチック等非可溶性有機物の発酵に依存しないガス化
	④技術の概要： <ul style="list-style-type: none"> ・ 中小規模でも高い発電効率が期待できるガスエンジンの利用のための発酵に依存しないガス化 ・ メタン発酵不適物からのエネルギー回収が可能となる
	<p style="text-align: center;">提案プロセス</p>
⑤実用化の度合い（研究段階、実用化段階等）： <p>ガス化ではなく完全燃焼させる燃焼形式での採用は進んでいる ガスエンジンへの適用については研究段階である</p>	
⑥国内ベンダー (株) 神鋼環境ソリューション	
⑦実施設の状況： —	
2. パフォーマンス	①処理対象ごみ種類 難溶性有機物やプラスチック等非可溶性有機物に適用可能
	②ごみ質（実績、計画） —
	③環境性能（特に温暖化ガス） —
	④処理能力

	<p>・100t/日（特に70t/日）以下の施設</p>
	<p>⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等）</p> <p>—</p>
	<p>⑥コスト（イニシャル and/or ランニング）</p> <p>—</p>
	<p>⑦要求される人的要件</p> <p>—</p>
3. 暫定評価	<p>①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し</p> <p>現在焼却処理されている発酵不適物からのエネルギー回収が可能となる</p>
	<p>②技術の熟度</p> <p>焼却とメタン発酵の組合せプロセスは既に実機があり、メタン発酵ガスを使ったガスエンジンの稼働実績もある。ガス化ガスとメタンガスの混合ガスについてのプロセスを提案。</p>
	<p>③社会への実装可能性</p> <p>都市ごみ以外（下水汚泥、木質バイオマス、食品廃棄物）への適用拡大も期待できる。</p>
	<p>④実装に向けた課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガス洗浄等の処理、ガスエンジンへの適用性に関する要素技術検討 ・実ガスでの実証試験を踏まえたプロセスの実現性・経済性評価が必要
	<p>⑤実装可能時期 or 開発計画</p> <p>—</p>

ファクトシート 1 2 (メタンガス化+焼却コンバインドシステムの改良)

1. 概要	①技術名	メタンガス化+焼却コンバインドシステムの中小廃棄物処理施設への適用性向上
	②開発者	株式会社クボタ
	③技術開発の狙い	再生可能エネルギー回収量を増加させるとともに設備費維持運営費を低廉化する
	④技術の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・混合ごみからの発酵対象物分別率を向上させ、メタン発酵処理量を増加させることで、バイオガス回収量を増加させる。 ・構成機器の消費エネルギーを低減させる。 ・焼却対象物を減少させる。
	⑤実用化の度合い (研究段階、実用化段階等)	実証段階
	⑥国内ベンダー	クボタグループ
⑦実施設の状況	—	
2. パフォーマンス	①処理対象ごみ種類	一般廃棄物可燃ごみ
	②ごみ質 (バイオガス施設)	—
	③環境性能 (特に温暖化ガス)	—

	—
	④処理能力 —
	⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等） —
	⑥コスト（イニシャル and/or ランニング） —
	⑦要求される人的要件 —
3. 暫定 評価	①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し 発酵適物分別率向上により再生可能エネルギーの回収率が向上する。
	②技術の熟度 システム構成機器は実装実績のあるものが多い。
	③社会への実装可能性 実績豊富なストーカー式焼却炉プロセスとメタン発酵プロセスとの組合せシステムであり、早期の実装が期待できる。
	④実装に向けた課題 システム評価。
	⑤実装可能時期 or 開発計画 —

ファクトシート 13

(CO₂分離膜を適用した高効率バイオガス発電システム及びコンバインドシステム)

1. 概要	①技術名	CO ₂ 分離膜を適用した高効率バイオガス発電システム及びコンバインドシステム
	②開発者	株式会社タクマ
	③技術開発の狙い	バイオガス発電システムの発電効率向上とコンバインドシステムの導入促進
	④技術の概要	<ul style="list-style-type: none"> CO₂分離膜を適用してバイオガスのメタン濃度を高めることで、ガスエンジン発電機の発電効率向上によるCO₂の削減と売電収入の増加、国内製の汎用ガスエンジンの適用による安定したメンテナンスを可能とする。《システムⅠ》 分離回収したCO₂を併設する焼却施設から排出される主灰・飛灰に固定化して、CO₂の大気排出を抑制すると共に、灰の炭酸化により重金属の溶出を抑制し、薬剤費用の削減を図る。《システムⅡ》 ガスエンジンの排ガスを焼却炉内へ吹込むことで、排ガス再循環技術（EGR）と同様の効果により、焼却炉とガスエンジンの排ガスを同時に脱硝し、薬剤費用の削減を図る。また EGRと同様の効果により低空気比燃焼を実現し、誘引通風機などの消費電力を低減する。《システムⅢ》
<p>The diagram illustrates the overall process flow. It starts with a メタン発酵槽 (Methanogenesis tank) which produces バイオガス = CH₄ : 50~55% + CO₂ : 45~50%. This gas passes through a 脱硫装置 (Desulfurization unit), a ガスホルダ (Gas holder), and a シロキサン除去装置 (Siloxane removal unit). The cleaned gas then enters a CO₂分離膜 (CO₂ separation membrane) unit, which is labeled with メタン濃度の向上 (Increase in methane concentration). The membrane separates CH₄ : 90%程度まで向上 (Increase in methane concentration up to 90% level) and CO₂. The separated CH₄ is used in システムⅠ ガスエンジン (System I Gas engine), which achieves メタン濃度向上による・発電効率の向上・汎用国内製品の採用 (Increase in methane concentration leading to improved power generation efficiency and adoption of general domestic products). The separated CO₂ is used in システムⅡ 焼却主灰・飛灰 (System II Incineration ash/fly ash), where it is fixed into 分離CO₂の灰への固定化 (Fixation of separated CO₂ into ash), resulting in CO₂の大気排出抑制・重金属溶出抑制 (Reduction of CO₂ atmospheric emissions and heavy metal leaching). The CO₂ is also used in システムⅢ 併設焼却炉 (System III Co-located incinerator), where it is used for ガスエンジン排ガスの利用 (Use of gas engine exhaust gas), leading to 併設焼却炉でのガスエンジン排ガスの有効利用・低空気比燃焼による排ガス量減少⇒省電力化・ガスエンジン・焼却炉の排ガス中NOxの効率的な同時脱硝 (Effective use of gas engine exhaust gas in the co-located incinerator, reduction of exhaust gas volume due to low air ratio combustion leading to power saving, and efficient simultaneous denitrification of NOx in the exhaust gas of the gas engine and incinerator).</p>		
⑤実用化の度合い（研究段階、実用化段階等）	研究段階	

	⑥国内ベンダー 株式会社タクマ
	⑦実施設の状況 —
2. パフ オー マン ス	①処理対象ごみ種類 一般廃棄物
	②ごみ質（バイオガス施設） —
	③環境性能（特に温暖化ガス） —
	④処理能力 —
	⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等） —
	⑥コスト（イニシャル and/or ランニング） —
	⑦要求される人的要件 —
3. 暫定 評価	①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し —
	②技術の熟度 —
	③社会への実装可能性 —
	④実装に向けた課題 —
	⑤実装可能時期 or 開発計画 —

ファクトシート14（機械選別を用いたメタン発酵処理システムの改良）

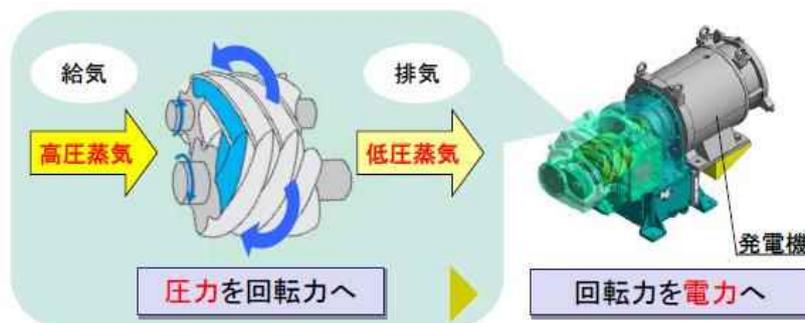
1. 概要	①技術名 機械選別を用いたメタン発酵処理システムによる中小規模廃棄物処理施設での再資源化・エネルギー化方法の評価・検証
	②開発者 株式会社大原鉄工所
	③技術開発の狙い <ul style="list-style-type: none"> ・生ごみ分別収集を行わずに、機械選別+メタン発酵による一般可燃ごみのエネルギー化 ・他メタン発酵施設での混合処理を見越した、メタン発酵好適物の高効率輸送 ・高精度な選別によるメタン発酵残渣の肥料利用 ・選別されたメタン発酵不適物の燃料化 ・メタン発酵好適物及び不適物の他施設での共同処理による効率化
	④技術の概要 <p>生ごみを含む一般可燃ごみを機械選別することにより、メタン発酵好適物とメタン発酵不適物に選別を行う。この時メタン発酵好適物は異物が少なくスラリー状で回収することが可能であり、高効率な輸送性を確保することが出来る。よってメタン発酵によるエネルギー化と共に他施設との混合メタン発酵の可能性が高く、効率的な処理が可能となる。さらにメタン発酵残渣の肥料利用の可能性も高い。</p> <p>またメタン発酵不適物は生ごみ等が選別されており、発熱量が向上することから燃料化を見込むことが出来る。</p>
	⑤実用化の度合い（研究段階、実用化段階等） 研究段階
	⑥国内ベンダー 株式会社大原鉄工所
⑦実施設の状況 —	

2. パフ オー マン ス	①処理対象ごみ種類 生ごみを含む一般可燃ごみ
	②ごみ質（バイオガス施設） —
	③環境性能（特に温暖化ガス） —
	④処理能力 —
	⑤ユーティリティ（電気、水道、ガス、薬品等） —
	⑥コスト（イニシャル and/or ランニング） —
	⑦要求される人的要件 —
3. 暫定 評価	①エネルギー回収効果向上に向けた効果の見通し ・ 焼却量削減による焼却施設のランニングコスト削減 ・ メタン発酵好適物のバイオガス化によるエネルギー回収 ・ メタン発酵不適物の燃料化利用によるエネルギー回収
	②技術の熟度 ・ 機械選別設備についてはメタン発酵前処理機として実装済み、一般可燃ごみ対象として実用化段階であるが、さらなる選別精度の向上を目指す。 ・ メタン発酵設備については実用化段階 ・ 発酵残渣の肥料利用、メタン発酵不適物の燃料化については研究段階
	③社会への実装可能性 ・ 中小廃棄物処理施設でのエネルギー化・焼却量の削減が可能であり、さらに既設利用や集約処理等他施設との連携も考えられ、各地域において最適なシステムの構築が出来る。
	④実装に向けた課題 ・ 既存焼却施設への導入方法検討 ・ 機械選別試験 ・ メタン発酵試験 ・ 経済性評価
	⑤実装可能時期 or 開発計画 —

【参考】 技術概要資料

◎スクリーュー式小型蒸気発電機

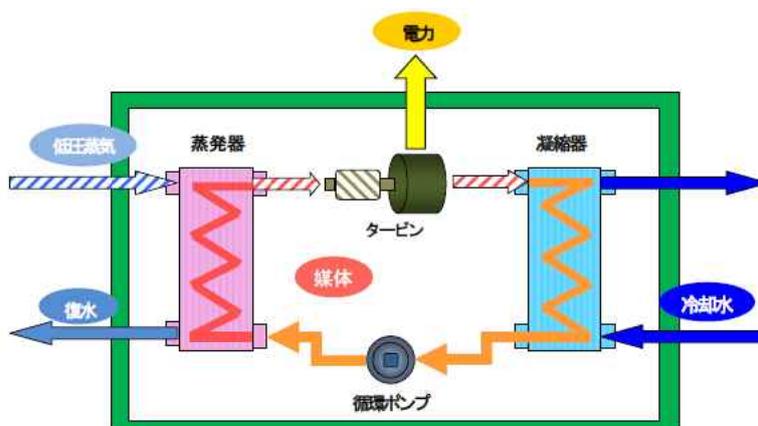
- ・ スクリーュー式小型蒸気発電機は、少量の低圧蒸気で発電が可能であることから、低圧・少量の蒸気が得られる焼却炉の規模（概ね 10t-DS/日以上の中規模処理場）の蒸気発電に適する。
- ・ 減圧機能を持たせつつ発電を行うものであり、ボイラーで発生させた蒸気を減圧弁で減圧してからプロセスに利用しているようなケースに適している。
- ・ 本発電機の原理は、容積型のスクリーュー膨張機を採用し、入口と出口の蒸気の圧力差を回転力に変え、さらに発電機により電力に変換される。



スクリーュー式小型蒸気発電機の原理

◎バイナリー発電機

- ・ バイナリー発電とは、加熱源より沸点の低い作動媒体を加熱・蒸発させて、蒸発した作動媒体でタービンを回し発電する方式である。
- ・ 加熱源系統と媒体系統の 2 つの熱サイクルを利用して発電することからバイナリー発電と呼ばれている。
- ・ 低沸点の作動媒体（例：代替フロンなど）を使用するため、100℃前後の蒸気から発電が可能である。
- ・ バイナリー発電機では、作動媒体をポンプにより蒸発器に供給し、蒸発器で加熱源のエネルギーにより蒸発させた作動媒体でタービンを回す。その後、作動媒体は、凝縮器で冷却水により液化され作動媒体ポンプへ戻る。このサイクルの繰り返しにより発電を行う。



バイナリー発電機の概略フロー

以上、国土技術政策総合研究所資料「下水道バイオマスからの電力創造システム導入ガイドライン(案)」(2015年9月)より

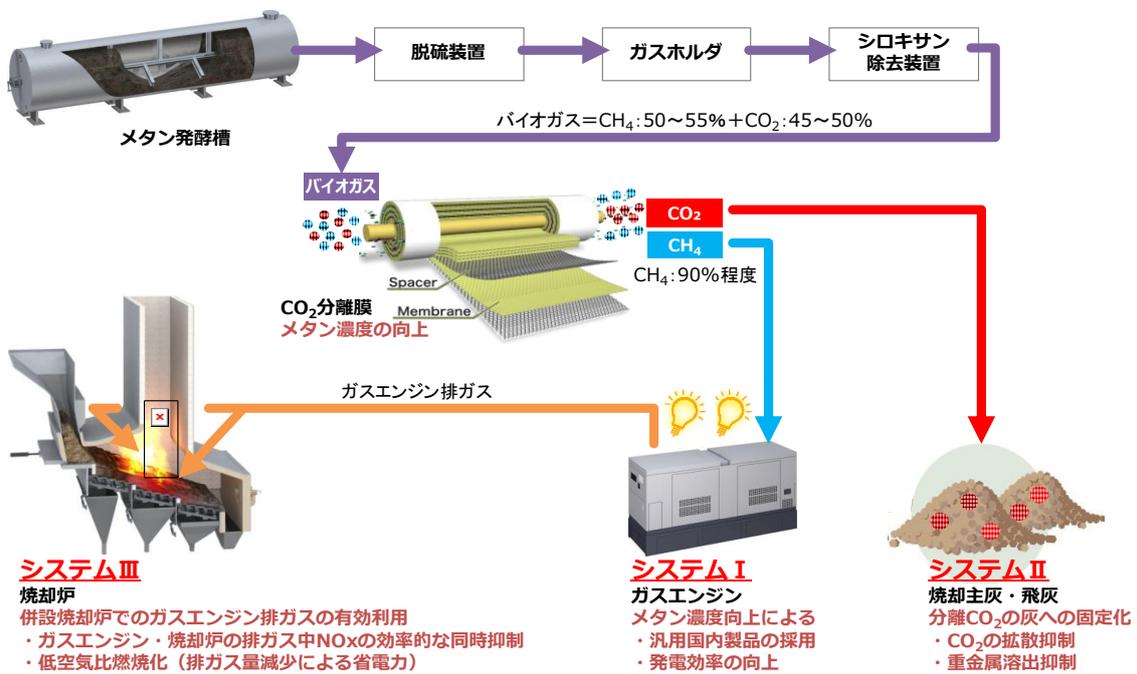
2. 中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理システム化等評価・検証事業のヒアリング

(1) ヒアリング開催概要

日時 平成29年9月28日(木) 13時00分～16時00分
 場所 田中田村町ビル 5F会議室5A

(2) ヒアリング内容

①CO₂分離膜を適用した次世代低炭素型高効率バイオガス発電システムおよびコンバインドシステム
 (株式会社タクマ、株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ、南但広域行政事務組合)



図Ⅱ-3 CO₂分離膜を適用した次世代低炭素型高効率バイオガス発電システム
 およびコンバインドシステムの検証事業概要

(ヒアリング資料より)

②メタンガス化+焼却コンバインドシステムの中小廃棄物処理施設への適用性向上

(株式会社クボタ <連携機関> 南丹市、京丹波町、船井郡衛生管理組合、バイオマス利用研究会)

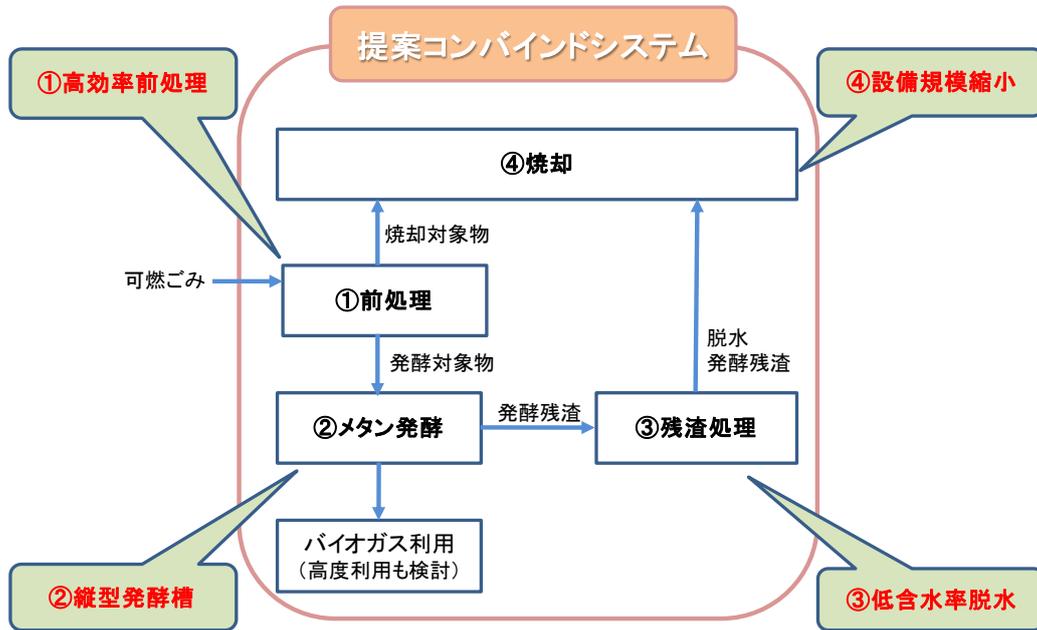


図 II-4 メタンガス化+焼却コンバインドシステムの中小廃棄物処理施設への適用性向上に係る
検証事業概要
(ヒアリング資料より)

③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

(株式会社 大原鉄工所、平取町、国立学校法人 長岡技術科学大学、株式会社 NJS)

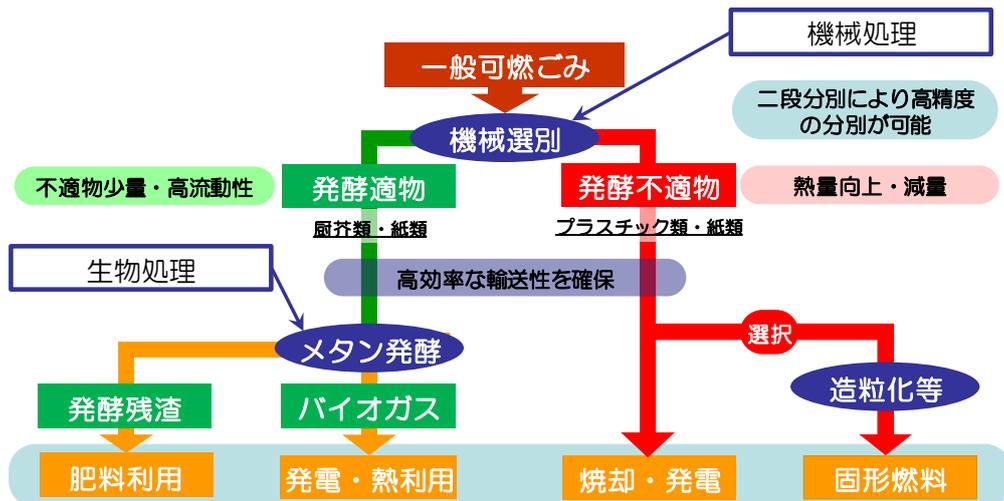
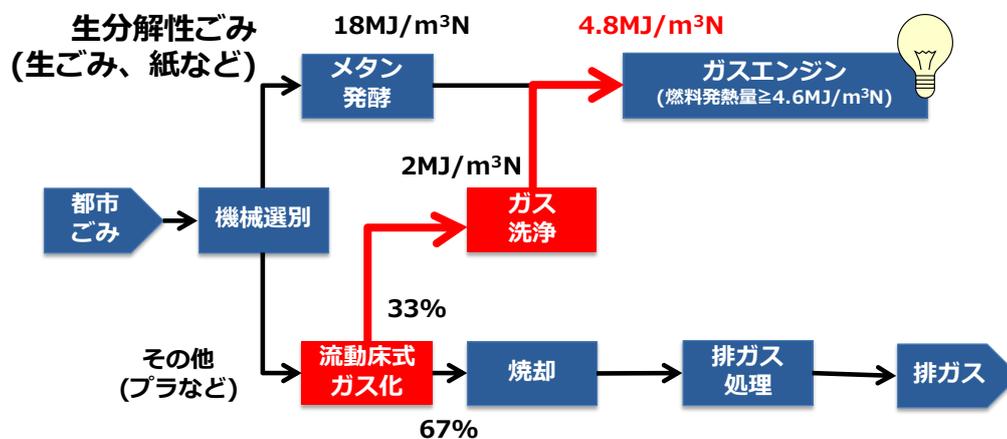


図 II-5 機械選別を用いたメタン発酵処理システムによる中小規模廃棄物処理施設での
再資源化・エネルギー化方法の評価・検証概要
(ヒアリング資料より)

④流動床ガス化とメタン発酵のコンバインドプロセスの要素技術検証

(株式会社神鋼環境ソリューション)



図Ⅱ-6 流動床ガス化とメタン発酵のコンバインドプロセスの要素技術検証の概要
(ヒアリング資料より)

III. 各自治体の地域特性に応じた処理方策の取りまとめ等

前項Ⅰ. 及びⅡ. から得られた知見を基に、最新の知見を集約・整理して、各自治体の地域特性に応じて適用できる処理方策のとりまとめを行った。

取りまとめにあたっては、現行の中小廃棄物処理施設における先進的取組事例のほか、今後適用が期待される技術等についても整理し、基礎情報として取りまとめた。

1. 技術概要と適用にあたっての考え方

【要約】

1. 中小規模のごみ処理施設におけるエネルギー回収先進事例の要素技術として、①発電システム、②メタンガス化、③燃料化が確認された。また、新技術として④ガス化に関する情報が得られた。

2. 発電システムについて

100t/日近い規模では B&T 発電の高効率化に向けた技術が確立されつつあり、50t/日前後の規模では、バイナリ発電機、スクリュー発電機、ラジアル型発電機といった小型発電機のごみ焼却施設への適用事例がみられた。これらの中には、間欠運転時においても短い時間で立ち上がりができるものも確認された。

3. メタンガス化について

メタンガス化については、民間事業も確認された。当該技術が信頼性が確保され事業収支的に民間でも取り組める程度に成熟しつつあることが示唆された。一方で健全なメタンガス化事業を維持していくためには家庭系、事業系とも生ごみ分別が重要であることも示唆された。

またメタンガスの精製により、より多様な利用用途を模索し事業価値を高める試みも確認されており、今後、市民の協力による分別や機械選別に関する先進事例及びメタンガスの多様な用途開発に係る動向の調査、分析を行うことが有効と考えられる。

4. 燃料化について

機械的・生物学的処理技術への展開と炭化技術の実用化が進展している。いずれも安定稼働性に関する情報を得ていくことが有効と考えられる。

5. ガス化について

技術開発段階であるが、中小規模のごみ処理施設におけるエネルギー回収技術の重要な柱になり得ると考えられ、引き続き、開発動向に注目するとともに海外での先進事例等についても情報収集を行っていくこととする。

(1) 技術の体系的整理

本調査において得られた情報から、中小ごみ処理施設におけるエネルギー回収技術のうち、実用化済みを整理すると、下図のとおりとなった。

ごみのエネルギー回収技術は、エネルギーを直接電気に転換する「直接発電」と、原・燃料に転換する「原・燃料化」に区分できると考えられた。

直接発電は、ごみエネルギーを蒸気等を介して電気に転換するものであり、大型のごみ焼却施設では一般的なエネルギー回収方法である。中小施設では、設置費や維持管理費が発生する電気量から得られる便益に見合わないことから採用されてこなかったが、本調査では、より多くの電気を発生させるための高効率発電型及び得られる電気量は少ないものの設置費や維持管理費を低減させる低コスト発電型が確認できた。

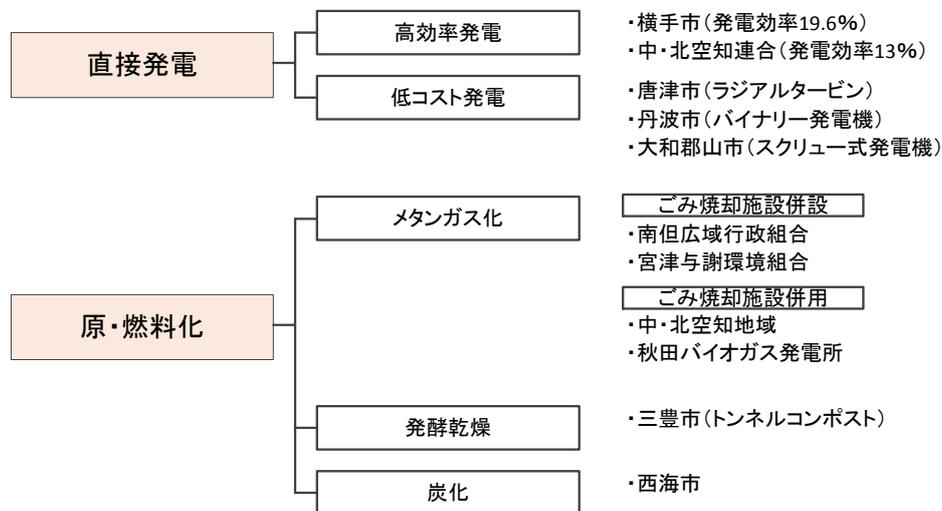
高効率発電は、大型施設と同様にボイラ材質の高級化等により蒸気の高圧高温化を図る等により達成できるものでありより小規模な施設への導入事例が進んでいる。

低コスト発電では、エネルギー回収率は高くないが、関係法令等の適用を受けない規格のボイラや発電機とすることにより維持管理やコストの低減が可能であること、またボイラや発電機の機種によっては間欠運転への対応性も高いことから、中小施設でも導入しやすいという特徴がある。一方、単独ではエネルギー回収率が高くないことから、エネルギー回収率の向上を図るためにはメタンガス化等の他の技術との組み合わせも有効ではないかと考えられる技術である。

原・燃料化は、ごみのエネルギーをメタンガス、乾燥残渣及び炭に転換するものであり、これらの生成物の利用用途は発電、助燃、燃料等と多様である。またエネルギーの貯留が可能である。

メタンガス化では、発酵対象物以外の可燃ごみ発酵残渣については焼却処理を行うことが一般的であるが、メタンガス化施設をごみ焼却施設に併設する方式とごみ焼却施設は別に設置する方式が確認された。また発生したメタンガスの利用用途は発電、都市ガス化、補助燃料等と多様化してきていることが分かった。

発酵乾燥は、ごみの持つ水分を好気発酵により生じた熱で蒸発乾燥させ、得られた乾燥残渣を固形燃料等の原料として利用していくものである。また、炭化は、炭化炉でごみの炭化を行い、燃料品質向上のため水洗による脱塩化を行い脱水、成型により炭化燃料を得るものである。



図Ⅲ-1 本調査で得られた中小ごみ処理施設におけるエネルギー回収技術の体系

(2) 計画ごみ質に応じた技術の適用性

中小施設におけるエネルギー回収技術について適用可能な計画ごみ質を検討した。計画ごみ質の類型については、まず生ごみ分別を行うか（生ごみ分別型）、行わないか（生ごみ混合型）で大別した。ついで生ごみ分別型については分別された生ごみと残りの高質可燃ごみに区分した。生ごみ混合型は、生ごみが相対的に多い低カロリー型と紙類やプラスチック類が相対的に多い高カロリー型に区分した。検討結果を下表に示す。

直接発電のうち高効率発電は、投入カロリーが高い方が有利であることから、高カロリー型及び生ごみ分別を行っている場合は生ごみ以外の可燃ごみへの適応性が高い。また、低カロリー型のごみ質に対しても一定の範囲であれば適用可能と考えられる。一方、自燃が困難となる低質な生ごみのみに対しては適用困難と考えられる。

低コスト発電は、投入カロリーを一度水噴射等により投入エネルギー量を低減させたうえで熱回収を行う、電気事業法等の関係法令の適用除外となる小規模なボイラや発電機を用いることからエネルギー回収量の投入カロリー依存性は低い。このため低カロリー型のごみ質でも比較的適合性が高い。一方、高カロリー型や生ごみ以外の可燃ごみに対してはロスするエネルギーが多くなり適合性が低下する。

原・燃料化のうちメタンガス化は生ごみや相対的に生ごみが多い低カロリー型への適合性は高い。一方、生ごみ以外の可燃ごみには発酵成分が少なくまた物理的障害も生じやすいことから適合困難といえる。同様の理由で高カロリー型のごみ質に対しても適合性は制約的であると考えられる。

発酵乾燥については、基本的には生ごみへの適用性は高いと考えられるが、その他のごみ質に対しては、好気発酵により得られる乾燥用カロリーの不足等が生じる可能性を含めて適用については留意が必要ではないかと考えられる。

炭化については、高効率発電と同様のごみ質適用性を有すると考えられる。

表Ⅲ-1 中小施設におけるエネルギー回収技術と適用可能な計画ごみ質の関係

区分	要素技術	生成物	利用用途	計画ごみ質特性への適用性			
				生ごみ分別型		生ごみ混合型	
				生ごみ	高質可燃ごみ	低カロリー型	高カロリー型
直接発電	高効率発電	電気	売電、自家利用	△	◎	○	◎
	低コスト発電	電気	自家利用	△	○	◎	○
原・燃料化	メタンガス化	バイオガス	発電燃料→売電、自家利用	◎	△	◎	○
			都市ガス原料				
			リパワリング用燃料				
	発酵乾燥	乾燥物	固形燃料原料、堆肥原料	◎	○	○	○
炭化	炭	発電所、熱需要施設	△	◎	○	◎	

◎: 適用可能

○: 条件によっては適用可能

△: 適用困難

(3) 技術の組み合わせ

エネルギー回収技術については、複合的な組み合わせが有効となることが考えられる。ここでは、組み合わせ可能性について検討を行った。

検討結果を次表に示す。ほとんどの技術で組み合わせの可能性が考えられた。組み合わせは、基本的には、つぎの3つのパターンとなった。

①高カロリーごみと低カロリーごみに適した技術の組み合わせ

低カロリーなごみは低コスト発電、メタンガス化、発酵乾燥によりエネルギー回収が可能である。高カロリーなごみは高効率発電、炭化との適合性が高い。このため、生ごみ分別又は機械選別によりそれぞれからエネルギー回収を行うことが考えられる。また、メタンガス化や発酵乾燥からの発酵残渣等は炭化によりカスケード的なエネルギー回収ができる可能性が考えられた。

②高カロリーごみに適した技術の組み合わせ

炭化物は、高効率発電により効率的なエネルギー回収ができる可能性がある。

③低カロリーごみに適した技術の組み合わせ

メタンガス化は規模によっては低コスト発電との組み合わせが有効と考えられた。また発酵残渣を好気発酵プロセスである発酵乾燥で原・燃料化することも有効と考えられた。

表Ⅲ-2 エネルギー回収技術の複合的な組み合わせの可能性

	高カロリーなごみへの適合性が良好		低カロリーなごみからのエネルギー回収が可能		
	高効率発電	炭化	低コスト発電	メタンガス化	発酵乾燥
高効率発電		炭化物を利用した高効率発電の可能性あり	蒸気利用のカスケード化の可能性あり	生ごみ分別や機械選別により組み合わせ可能	生ごみ分別や機械選別により組み合わせ可能
炭化			—	発酵残渣物炭化の可能性あり	発酵物炭化の可能性あり
低コスト発電				生ごみ分別や機械選別により組み合わせ可能	—
メタンガス化					メタンガス化発酵残渣を発酵乾燥プロセス原料にできる可能性あり
発酵乾燥					

(4) 今後の課題

1) 中小ごみ処理施設におけるエネルギー回収技術に係る情報の充実

本調査において得られた情報から、中小ごみ処理施設におけるエネルギー回収技術について、稼働後の状況をさらに確認し、以下の事項を確認していくことが望ましいと考えられた。

- ・稼働状況（処理量、稼働時間、環境保全状況、トラブル等）
- ・エネルギー回収状況（エネルギー回収量、エネルギー回収率、温暖化防止効果等）
- ・コスト情報（ランニングコスト、補修費等）
- ・システム改善に向けた課題等（分別システム、分別協力度等）

2) エネルギー回収と併せて利用可能な生成物等の情報整理

本調査では、エネルギー回収に注目した情報の収集、整理を行ったが、エネルギーと併せて回収される生成物等の利活用についても留意し、エネルギー及び生成物等双方の観点から、各技術の特徴を整理していくことが望ましいと考えられた。

3) 都市特性やごみ質特性とのマッチングを踏まえた処理モデルの検討

本調査では主に稼働実績のある技術を中心に情報収集を行ってきたが、それぞれの技術は都市特性やこれに起因するごみ質特性との整合性についても考慮が必要であることが示唆された。これを踏まえ、中小都市の処理モデルを設定のうえ、中小都市の特性に応じた導入のメリット、地球温暖化防止対策効果等を検討していくことが望まれる。

2. 地域特性等に応じた処理方策の考え方

(1) 多様な処理方法の選択の考え方について

前項 I. において、小規模市町村においては、大・中規模市町村と比較して直接焼却率が低く、燃料化、資源化を含めた焼却以外の処理を選択している市町村が多いことが分かった。

小規模市町村では、大・中規模市町村と比較して多分別収集を行う市町村の割合が大きいことも、多様な処理方法が選択されていることに影響していると考えられる。

ここでは、焼却による熱回収を始めとしたエネルギー回収技術を小規模市町村が選択するにあたって、どのような条件や考え方で、どのような技術が選ばれ得るのか、先行事例を基に検討した。

次の表は、本業務において情報収集整理を行っている小規模市町村を念頭にしたエネルギー回収技術の各メニューについて、導入事例、特徴と、これに対する市町村の特徴、地域特性等を整理したものである。

中小施設におけるエネルギー回収先進導入事例の特徴整理

技術の選択肢			導入事例	特徴等					備考
				施設規模	運転方式	対象ごみ	処理コスト	地域特性	
焼却	小型発電	スクリー式	田村広域(40t/日) 大和郡山市(180t/日)	70t/日未満 適用可			小型ボイラ、 BT主任不要		
		ラジアルタービン	唐津市(150t/日)	(70t/日未満 適用可能性)	貫流ボイラに より迅速な立 上げ		小型ボイラ、 BT主任不要		
		バイナリー	丹波市(46t/日)	70t/日未満 適用可			ボイラ不要		
	ボイラ・タービン		横手市(95t/日) 他	70t/日以上					発電効率10 ~15%以上
	温水(又は蒸気)利用		日高中部衛生施設組合(38t/日)他	10~20/日 未満適用可				熱需要の存在 (融雪等)	
メタン化	バイオガス発電		秋田バイオガス発電(50t/日)	70t/日未満 適用可		事業系生ご みを対象	発酵残渣の 農業利用		
			大木町(41.4t/日)他			家庭系生ご み分別	発酵残渣の 農業利用		
	バイオガス発電+焼却		南但広域行政事務組合 (焼却と併せて40~50t/日程度)						FIT売電
	バイオガス発電 +広域焼却発電		中・北空知広域連合 他 (焼却:85t/日、メタン化:16,55,22t/日)			家庭系生ご み分別	発酵残渣の 農業利用		
固形 燃料化	トンネルコンポスト		三豊市(民設民営43.3t/日)	70t/日未満 適用可			燃料需要 (製紙工場)		
	炭化燃料化		西海市(30t/日)				燃料需要 (製塩工場 等)		
ガス化			技術実証中						








下記 1) 2) 3) 4) 5) 6)

1) 施設規模について

施設規模については、70t/日以上でのボイラ・タービンによる高効率発電の実現のほか、10～20t/日～70t/日クラスでの小型発電やバイオガス発電の可能性など様々な選択肢があるが、10～20t/日を下回る場合には、熱利用以外の選択肢は難しいことが想定される。

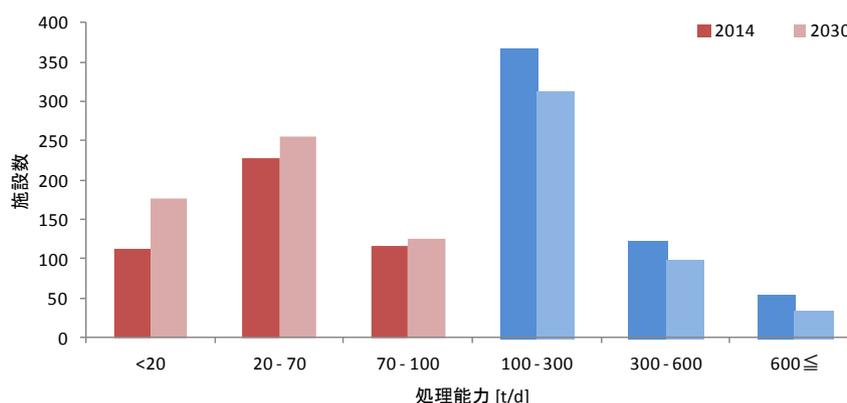
現状実績を踏まえた処理規模に応じた技術の主な選択肢としては、大まかに次のように整理される。

○70t/日以上	: ボイラ・タービン発電（軸流タービン）を中心に、バイオガス発電、小型発電（ラジアルタービン、スクリュータービン）も可能
○10～20t/日～70t/日	: 小型ボイラ・タービン発電（スクリュータービン、ラジアルタービン） 小型バイナリー発電 バイオガス発電（堆肥利用や焼却とのコンバインド） 固形燃料化（トンネルコンポスト、炭化燃料化）
○10～20t/日未満	: 温水（又は蒸気）利用

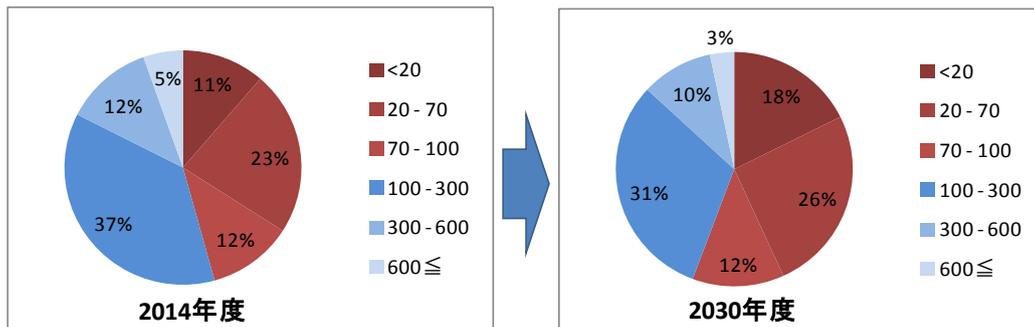
参考に、今後の人口減少によって現状の施設規模がどの程度の影響を受けるか、現状（平成26年度時点）の施設数はそのままとし、単純に将来的な人口の変化に伴う処理規模に応じた施設規模がどのようになるかを推計した（下図）。

推計の結果、100t/日以上の施設が減少する一方、100t/日未満の施設が増加する傾向が顕著に認められ、2030年度時点の施設規模別割合は63%（2014年度：46%）に達するものと試算された。

特に、20t/日以下及び20～70t/日未満の施設数の増加が著しく、今後の広域処理のさらなる推進など、この規模におけるエネルギー回収方策をどのように考え、導入につなげていくかが重要と考えられた。



図Ⅲ-2 施設規模別の将来施設数の推計 (N=1,181)



図Ⅲ-3 将来の施設規模別割合の推計 (N=1,181)

注) 推計方法

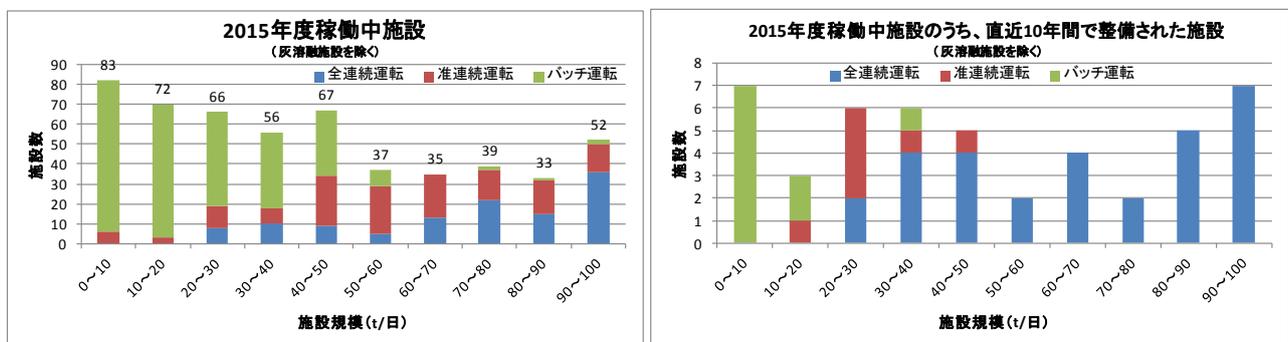
- ・環境省「一般廃棄物処理事業実態調査」2014年度施設整備状況データより、焼却施設の処理量、施設規模の将来値を推計して算出した。
- ・将来の処理量は、各市町村の将来人口推計(国立社会保障・人口問題研究所の推計による)に基づく人口変化に応じて年間処理量が増減するものと設定した。
- ・将来の施設規模は、減少した処理量を基に、年間280日稼働での平均日処理量を調整稼働率0.96で除して算出した。但し稼働35年後の更新を想定し、2030年度の時点で更新時期に達しない施設は、2014年度の施設規模そのままとした。広域化・集約化による影響は考慮していない。
- ・2014年時点で年間処理量ゼロの施設(廃止・休止等)は評価から除いた。
- ・福島県内の施設については、2030年以降の人口推計データがないため、集計から除いた。

2) 運転方式について

中小施設における運転方式については、2015年度時点で下図のようになっており、施設全体では70t/日を超えると全連が多数、70t/日未満では准連又はバッチ式が多くを占める一方で、近年整備された施設では、バッチ式は20t/日未満がほとんどで、20t/日以上では全連又は准連がほとんどを占めている。

現在注目されている貫流ボイラとラジアルタービン発電の組み合わせは、設備の立上げ下げが従来よりも迅速に可能であるというメリットがあり、全連が難しい准連施設での適用などが期待される。

運転方式の選定にあたっては、運転員(地元雇用者等)の勤務形態とも関連が深いことから、地域の実情に応じた選択をすることも想定される。



図Ⅲ-4 焼却施設の運転方式の状況

(左図: 2015年度稼働施設 (N=540)、右図: 2015年度稼働施設のうち直近10年の整備施設 (N=48))

3) 対象ごみについて

焼却又は固形燃料化によるエネルギー回収方策では、可燃ごみ全般を処理対象とできる一方で、メタン化処理では発酵に適したごみ（紙、厨芥類等）を対象とする必要がある。

メタン化施設の先行事例では、事業系生ごみを対象としたり、市民の協力により家庭系生ごみの分別収集を行ったりすることで、メタン化に適したごみを確保している。（焼却とのコンバインド施設では、機械選別を用いることにより、分別収集を行わずにメタン化処理を可能としている。）

焼却とのコンバインドを行わないメタン化によるエネルギー回収方策については、分別収集方策とセットで考えることで、実現可能性を確保していく必要がある。

前項1. の表Ⅲ-1で整理したごみ質に応じた処理技術の選択の考え方も含めて検討していく必要がある。

4) 処理コストについて

70t/日以上 of ボイラ・タービン施設では、一定の売電も可能となってきたが、70t/日未満ではまだ難しいことから、より低コストに導入可能な小型発電が選択されている。また、FIT 制度によるバイオガス発電の高価買取を利用して、焼却発電の代替としてメタン化処理によるバイオガス発電（焼却とのコンバインド）も導入されてきている。

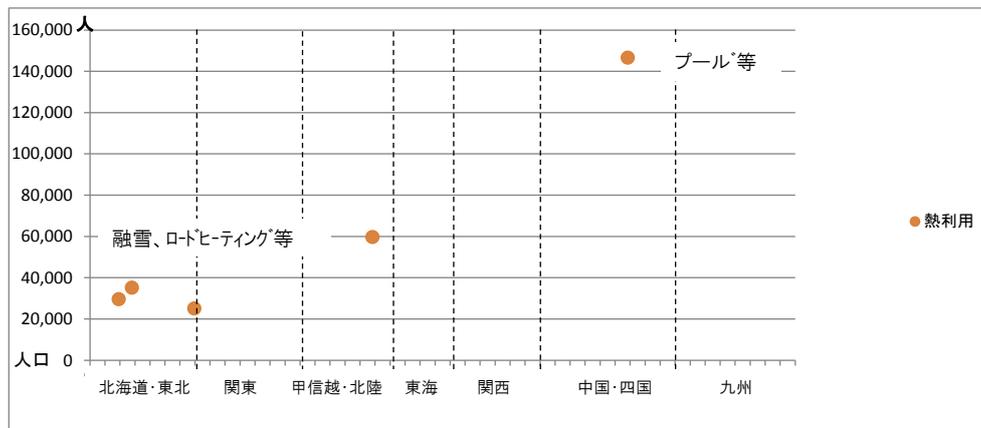
小規模市町村によるエネルギー回収技術の選択にあたっては、検討時点での最新の技術開発状況をもとに、費用対効果を検討して進めることが重要である。

5) 施設立地環境や産業需要等の地域特性について

① 熱利用について

特に蒸気や温水等の熱利用については、供給先の確保ができないために回収した熱を有効に使うことができない施設が多数あると想定される。

現状で、ごみ量当たりの熱利用量が大きい施設は、主に北海道・東北や北陸の施設で、融雪やロードヒーティング等に使用されており（下図）、施設の立地に応じた熱需要を確保することが重要と考えられる。



図Ⅲ-5 ごみ量当たり1,000GJ以上の熱利用が確認された施設の地域分布

② 農業との連携について

メタン化施設の導入によってバイオガス発電を行おうとする場合は、メタン発酵残渣の処置を適切に行う必要がある。現状、メタン発酵残渣を農業利用している例は数例（北海道及び九州）に留まっており、地域の堆肥需要等と連携を密にすることが、メタン化処理によるエネルギー回収促進に重要である。

③民間事業者との連携について

燃料化施設の場合は、生成した燃料を外部に供給し、有効利用できる供給先を確保する必要がある。

近年の先進事例として挙げられた三豊市のトンネルコンポストや、西海市の炭化燃料化は、いずれも地元の民間事業者（燃料需要）との連携により事業化が実現できたケースであり、地域に意欲的な民間事業者の存在があるかどうか、技術の導入検討時に留意することが重要である。

6) CO₂削減等の技術導入メリットについて

70t/日以上 of ボイラ・タービン施設では、発電効率 10～15%以上を達成し、所内消費電力を賄いつつ一定程度の外部電力供給を達成している。

70t/日未満の施設では、所内消費以上のエネルギーを回収することは難しく、現状で売電を行っているのは、メタン化+焼却のコンバインド方式を取り入れている施設のみである。

中小施設におけるエネルギー回収方策の導入に伴うエネルギーの所内消費及び外部供給により、どの程度の CO₂削減等が可能か、技術の特性に応じて評価検討することが重要である。

(2) 高齢化によるごみ処理への影響について

今後の小規模市町村のごみ処理・エネルギー回収を考える上で重要な要素と考えられる高齢化の問題について、高齢化の進行がごみ量・ごみ質にどのような影響を与えるかについて、既存の統計データをもとに検討した。

使用した統計データは以下のとおりである。

- ・ごみ量、ごみ質 … 環境省「一般廃棄物処理実態調査（平成 17 年度及び平成 27 年度実績）」
- ・総人口、高齢者人口 … 総務省「国勢調査（平成 17 年、平成 27 年）」

高齢化の進行については、平成 17 年と平成 27 年の各市町村の高齢化率（高齢者人口（65 歳以上）÷総人口）の増加または減少（ Δ ）を、「高齢化率の変化（pt）」として算出し、指標とした。

ごみ量の変化については、平成 17 年度と平成 27 年度の各市町村のごみ総排出量（t/年）を各人口で除した 1 人当たりのごみ総排出量（g/人日）の変化率（%）を算出し、指標とした。

ごみ質の変化については、平成 17 年度と平成 27 年度の各市町村が有するごみ焼却施設のごみ組成比（%）と低位発熱量（kJ/kg）の各変化率（pt、%）を算出し、指標とした。

必要に応じて、平成 27 年度時点の高齢化率（%）とごみ総排出量（g/人日）、ごみ組成比（%）、低位発熱量（kJ/kg）の関係も確認した。

なお、高齢化の進行によるごみ量・ごみ質への影響については、地域差（都市型、農山村型等のライフスタイルの影響等）があることも考えられる。

地域差を考慮するための補助的な指標として、以下の指標を活用した。

- ・都市規模の差 … 人口（大都市 50 万人以上、中都市 10～50 万人、小都市 7～10 万人・2～7 万人・2 万人未満）
- ・地理的な環境の差 … 山間部、平野部の割合を示す指標として、総面積当たりの可住地面積割合（%）
- ・都市化の進行度 … 可住地面積当たりの人口密度（人/km²）の変化

地域差の考慮にあたって活用した統計データは以下のとおり。

- ・総面積、可住地面積 … 総務省「統計で見る市町村のすがた（平成 27 年）」

検討の結果、高齢化の進行とごみ量・ごみ質との関係性は確認できなかったが、過去 10 年間で、ごく小規模（2 万人未満）の市町村ではごみ量に大きな変化がないこと、ごみ組成の種類によって組成比の変化に違いがあり（プラスチック類の割合がやや上昇）、全体として高質化していることが伺えた。

今後、高齢化がさらに加速することを踏まえ、小規模市町村のごみ量・ごみ質の変化に留意していく必要がある。

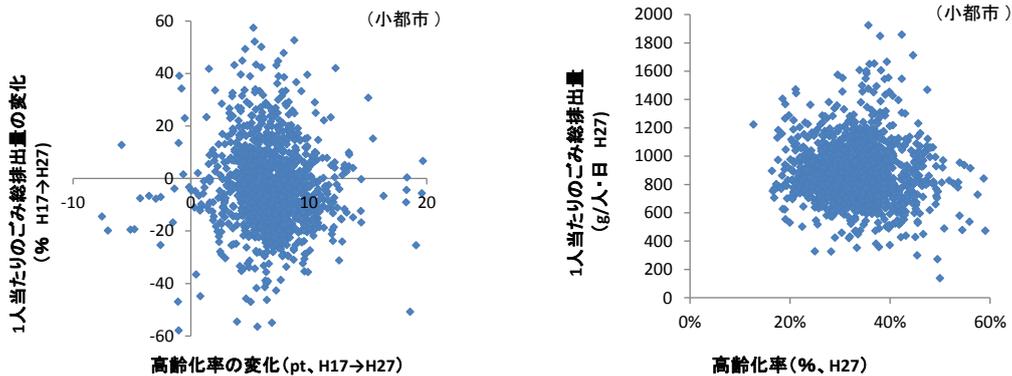
以下、検討結果を示す。

1) 高齢化の進行とごみ量の変化について

①全国（小都市）

平成17年度から平成27年度における全国の小規模市町村の高齢化の進行とごみ量の変化との関係について下図に示す。

1人当たりのごみ総排出量について、高齢化率の変化との関係は確認できないが、全国市町村の多く（約7割程度）が減少傾向（グラフ縦軸下半分）に位置している状況が確認された。



図Ⅲ-6 ごみ総排出量と高齢化との関係

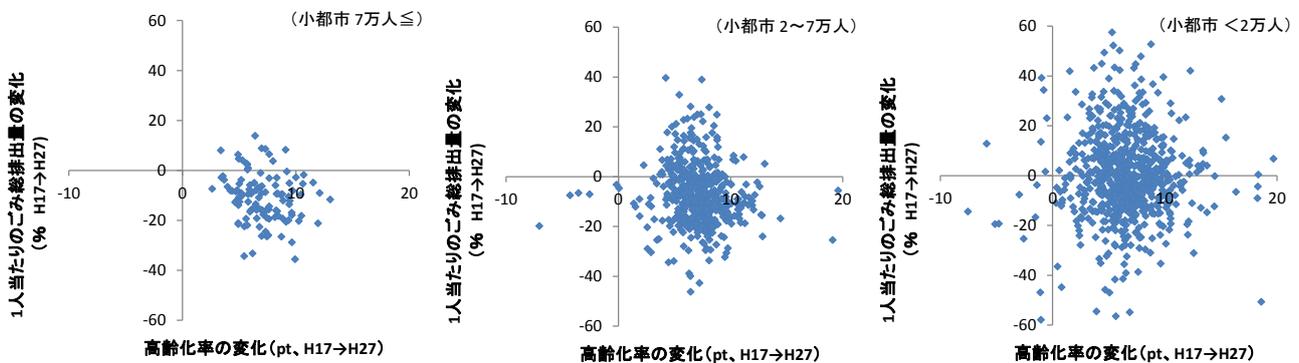
（左：平成17年度から平成27年度の変化、右：平成27年度時点）

注）平成17年度と平成27年度双方の総人口データが得られた小規模市町村（N=1,346）を集計し、中央付近を表示

②都市規模別

前項①の平成17年度から平成27年度における全国市町村の高齢化の進行とごみ量の変化との関係について、都市規模別にしたものを下図に示す。

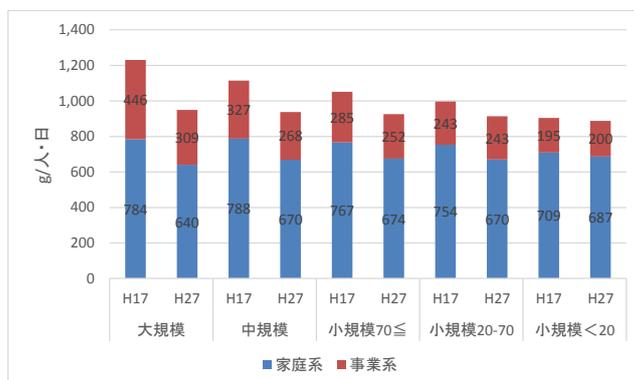
どの都市規模においても高齢化の進行とごみ量との関係は確認できないが、都市規模が小さくなるほど1人当たりのごみ総排出量が増加する市町村が増えている状況がうかがえる。



図Ⅲ-7 ごみ総排出量と高齢化との関係（都市規模別）

注）平成17年度と平成27年度双方の総人口データが得られた小規模市町村（N=1,346）を集計し、中央付近を表示

なお、都市規模が小さくなるほど、1人当たりのごみ総排出量が増加する市町村が増える状況については、家庭系ごみの排出量原単位が10年前の時点で既に低いレベルであったことなどが要因の一つとして推察される。(下図)



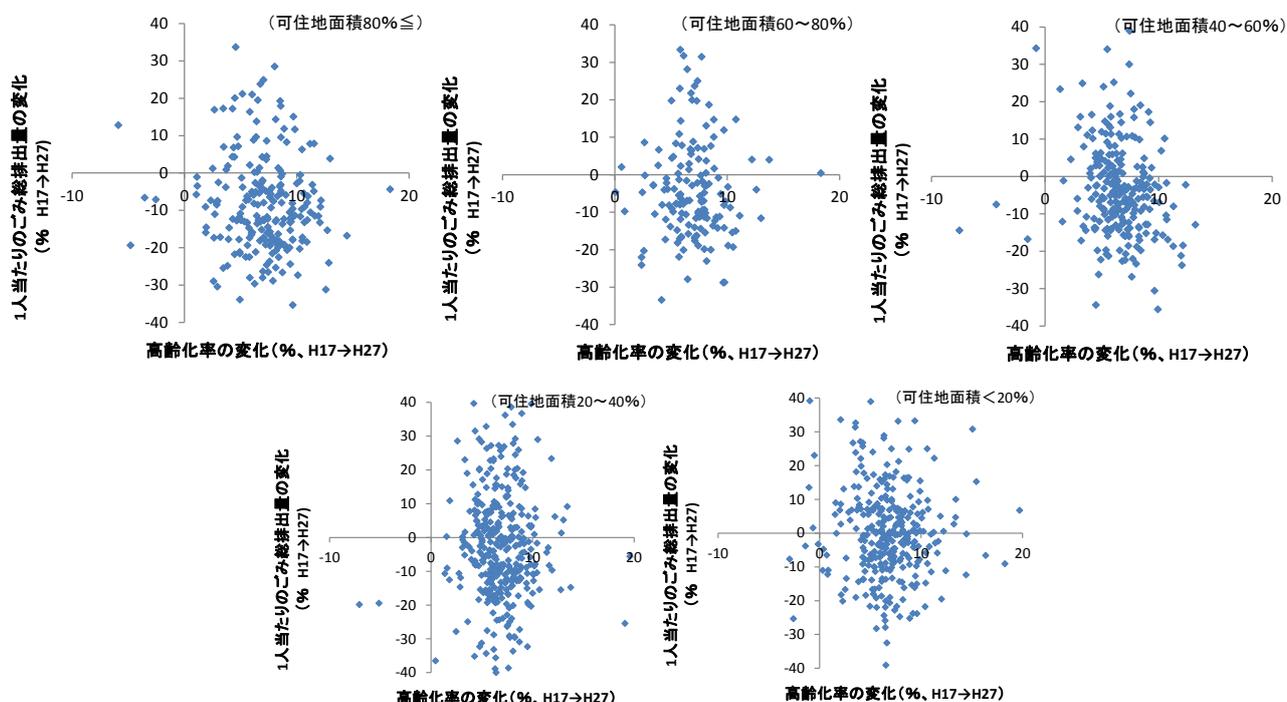
図Ⅲ-8 1人当たりのごみ総排出量原単位の変化(都市規模別・家庭系事業系別)

③その他の地域特性別

地理的な環境の差や、都市化の進行度等の地域特性を考慮して、高齢化とごみ量との関係を検討した。

結果は次図のとおりであり、どの地域特性区分においても、高齢化とごみ量との関係は確認できないが、可住地面積が小さい市町村や、人口密度が減少している市町村(いずれも山野部の過疎化地域と想定)において、高齢化率の変化のバラつきがやや大きい様子がうかがえ、過疎化地域では特に高齢化の進行が著しい都市があることが示唆された。

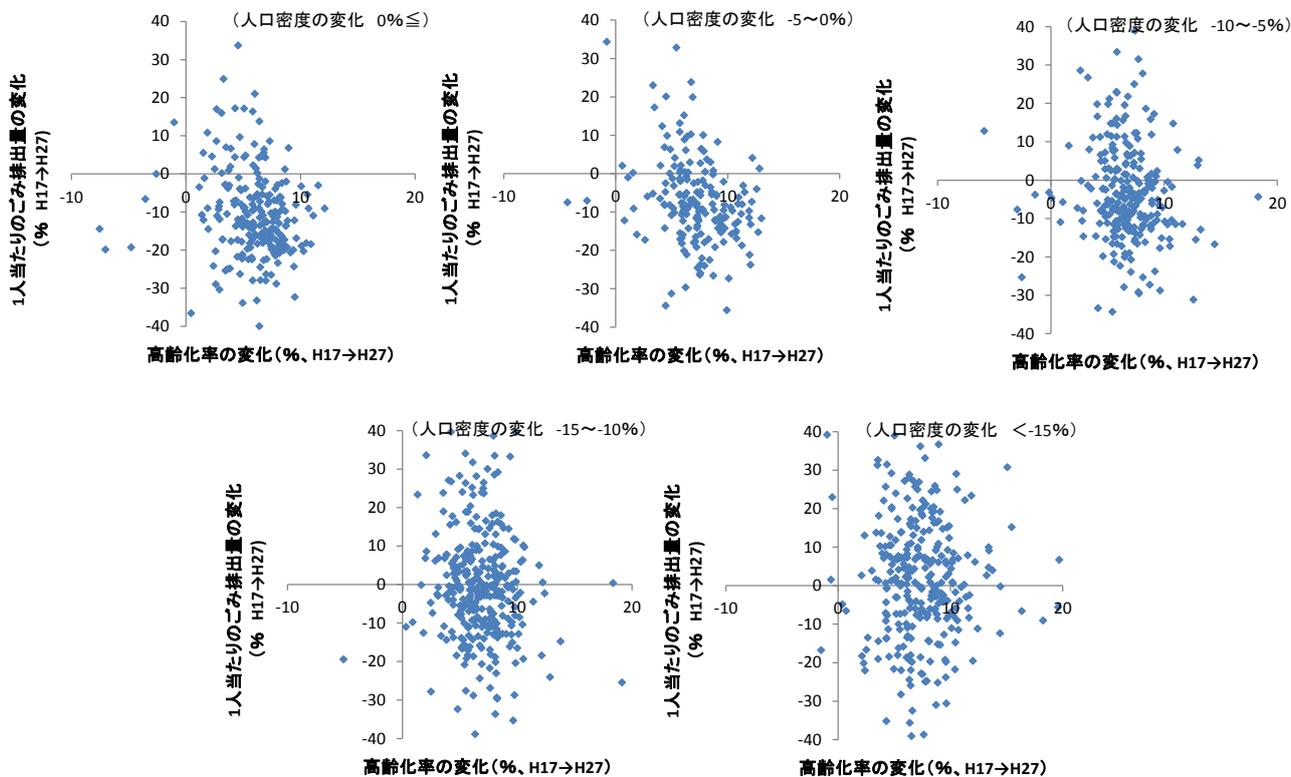
ア. 地理的な環境の差に応じた高齢化の進行とごみ量との関係



図Ⅲ-9 ごみ総排出量と高齢化との関係(地理的な環境別)

注) 平成17年度と平成27年度双方の総人口データが得られた小規模市町村(N=1,346)を集計し、中央付近を表示

イ. 都市化の進行度に応じた高齢化の進行とごみ量との関係



図Ⅲ-10 ごみ総排出量と高齢化との関係（都市化の進行度別）

注）平成17年度と平成27年度双方の総人口データが得られた小規模市町村（N=1,346）を集計し、中央付近を表示

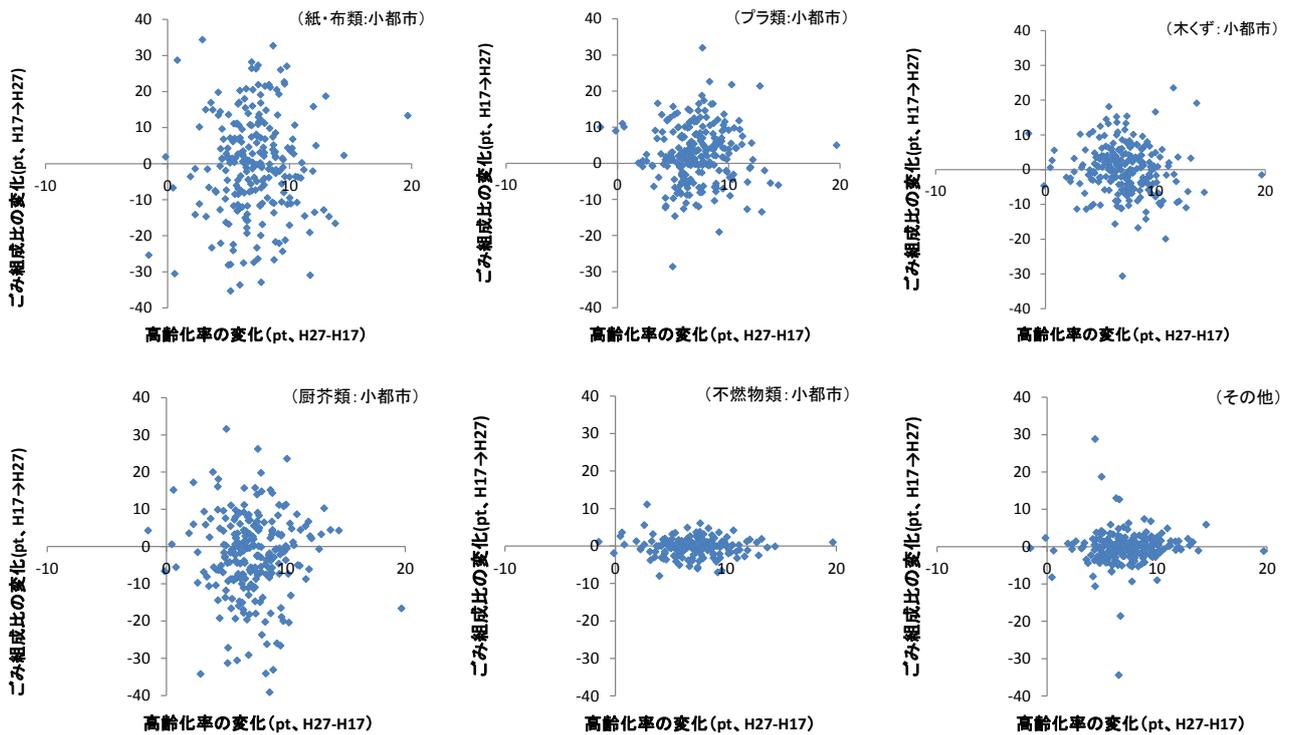
2) 高齢化の進行とごみ質の変化について

①全国（小都市）

平成17年度から平成27年度における全国の小規模市町村の高齢化の進行とごみ質の変化との関係について下図に整理した。

ごみ組成について、高齢化率の変化との関係は確認できないが、低位発熱量はほとんどの市町村で上昇（高質化）していること、ごみ組成は種類によって変化状況に差があり、プラスチック類のみ増加している市町村の割合が高いことがうかがえた。

ア. ごみ組成



図Ⅲ-11 ごみ質（ごみ組成）と高齢化との関係

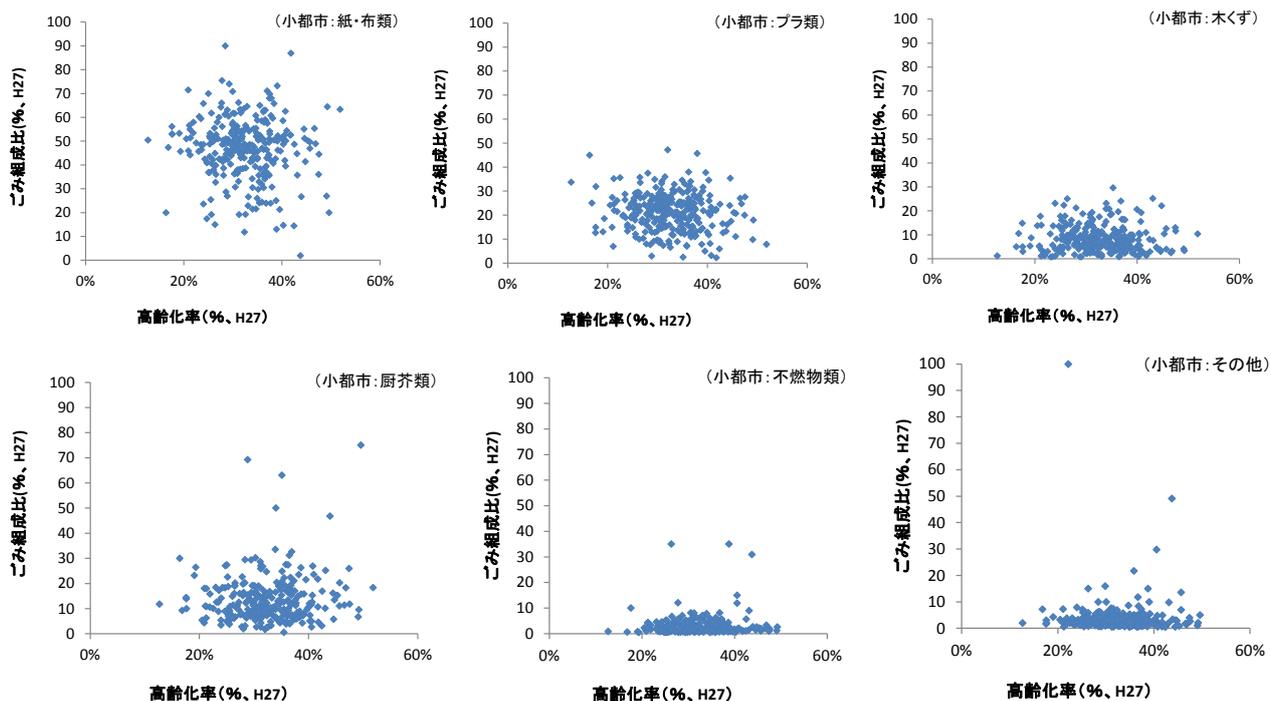
注）平成17年度と平成27年度双方のごみ組成データが得られた小規模市町村（N=419）を集計し、中央付近を表示

各項目の組成比の増減の分布をカウントすると下表のとおりとなり、ややプラ類において増加の割合が高い数値となっており、高質化の要因となっている可能性がうかがえた。

表Ⅲ-3 高齢化率増の市町村におけるごみ組成比の増減割合（N=419）

	紙・布	プラ類	木くず	厨芥類	不燃物類	その他
高齢化率増・組成比増の市町村割合	47%	61%	55%	43%	34%	42%
高齢化率増・組成比減の市町村割合	53%	38%	44%	56%	55%	50%

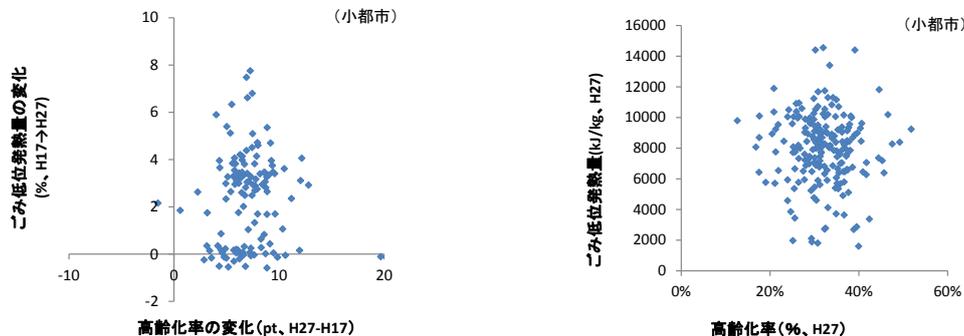
参考に平成27年度時点の高齢化率とごみ低位発熱量の関係は、下図のとおりであった。



図Ⅲ-12 ごみ質（ごみ組成）と高齢化との関係（平成27年度時点）

注）平成27年度のごみ組成データが得られた小規模市町村（N=419）を集計し、中央付近を表示

イ. 低位発熱量



図Ⅲ-13 ごみ質（低位発熱量）と高齢化との関係

（左：平成17年度から平成27年度への変化、右：平成27年度時点）

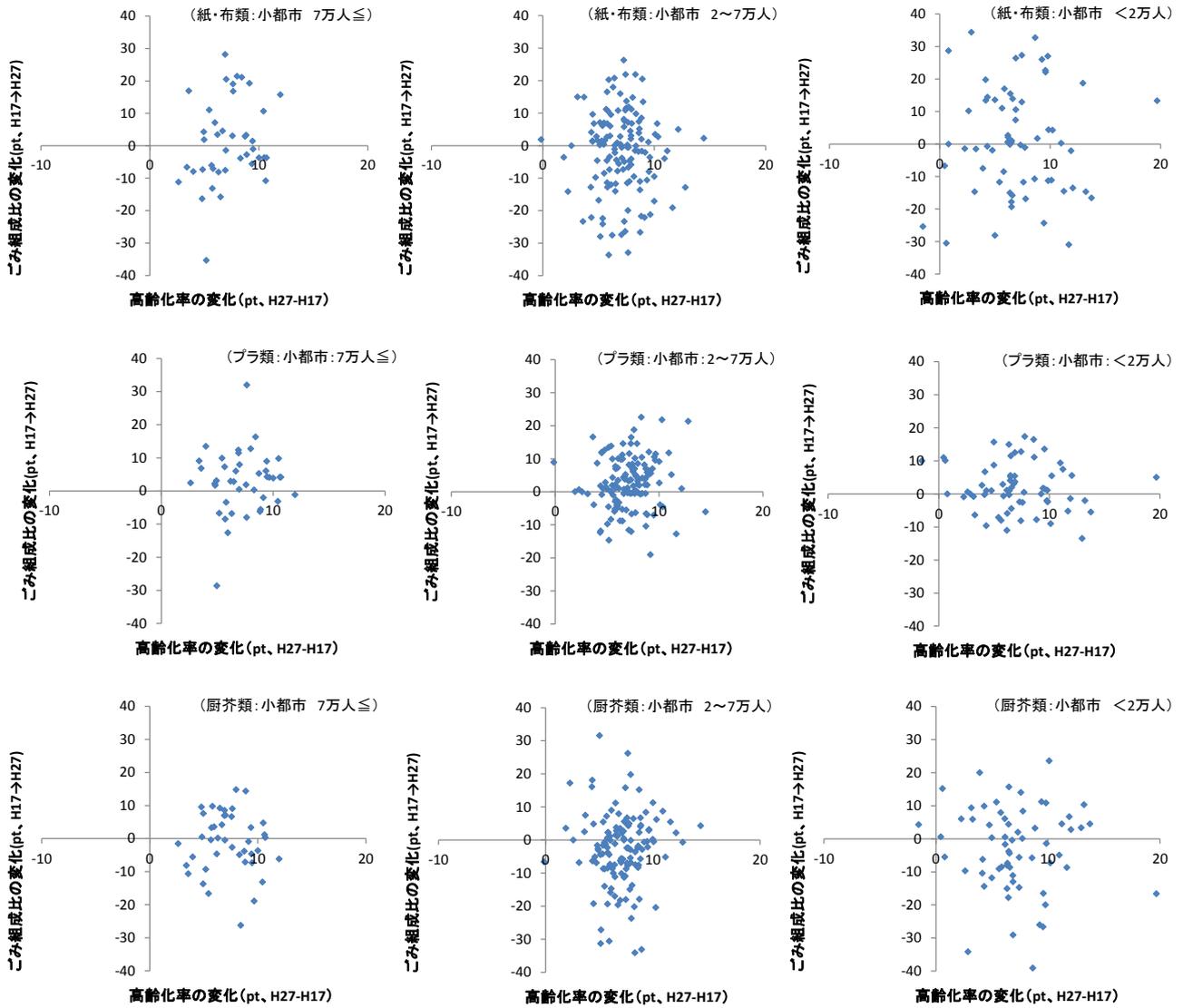
注）平成17年度と平成27年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=382）を集計し、中央付近を表示

②都市規模別

前項①の平成17年度から平成27年度における全国の小規模市町村の高齢化の進行とごみ質（紙・布類、プラスチック類、厨芥類）の変化との関係について、都市規模別に整理したものを下図に示す。

どの都市規模においても高齢化の進行とごみ質との関係は確認できないが、2万人未満の都市規模では高齢化率の変化のバラつきがやや大きい様子がうかがえ、ごく小規模の市町村では特に高齢化の進行が著しい都市があることが示唆された。

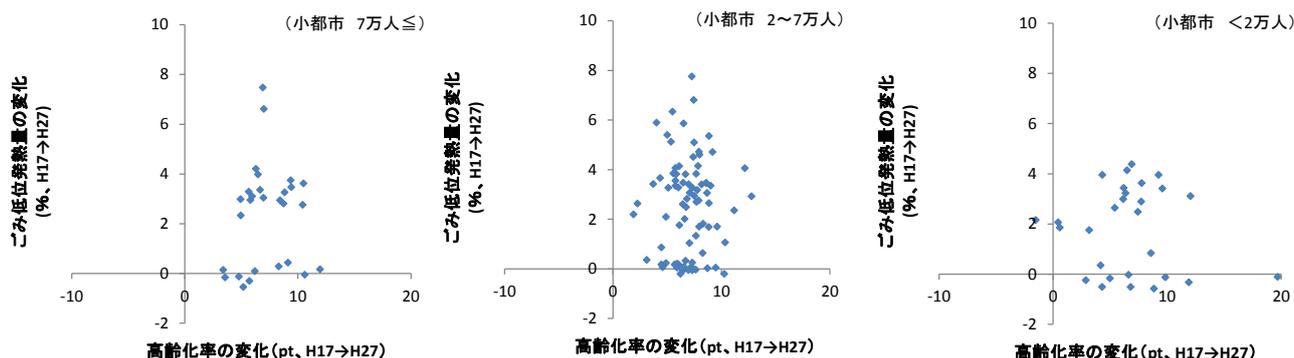
ア. ごみ組成



図Ⅲ-14 ごみ質（ごみ組成）と高齢化との関係（都市規模別）

注）平成17年度と平成27年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=419）を集計し、中央付近を表示

イ. 低位発熱量



図Ⅲ-15 ごみ質（低位発熱量）と高齢化との関係（都市規模別）

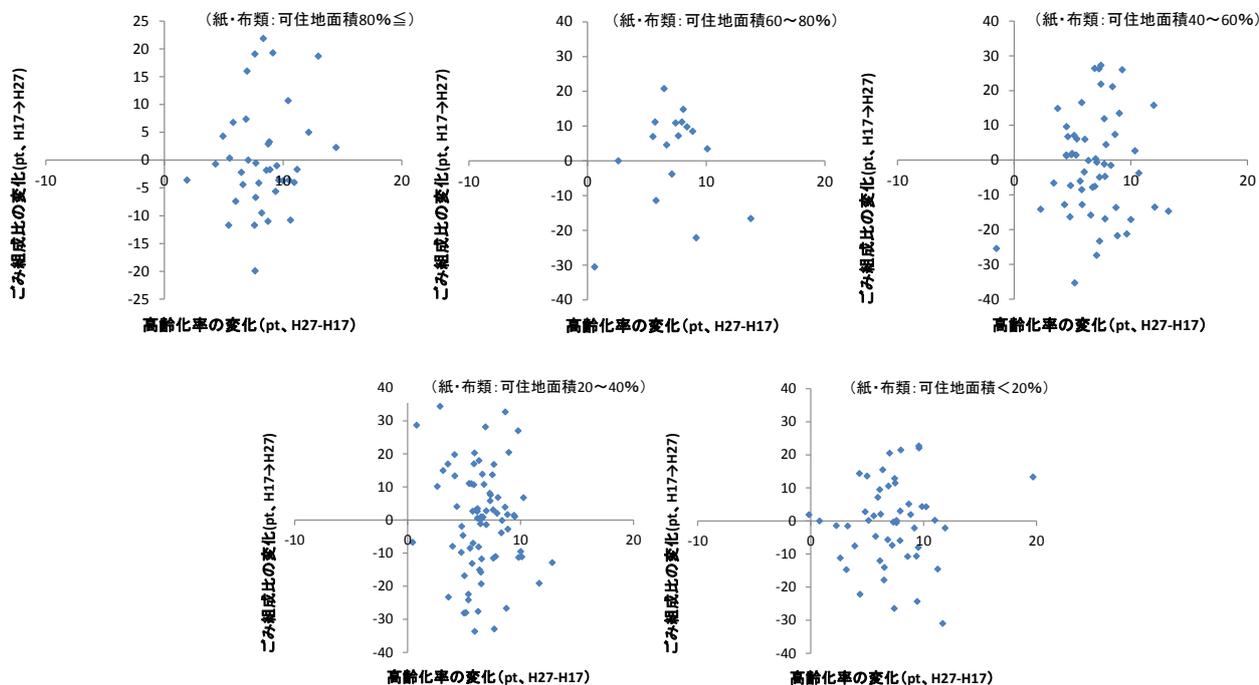
注）平成17年度と平成27年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=382）を集計し、中央付近を表示

3) その他の地域特性格

地理的な環境の差（総面積に占める可住地面積の割合）や、都市化の進行度（人口密度の変化）等の地域特性を考慮して、高齢化とごみ質との関係を検討した。結果は下図のとおりであり、どの地域特性区分においても、高齢化とごみ質との関係は明確でなかった。

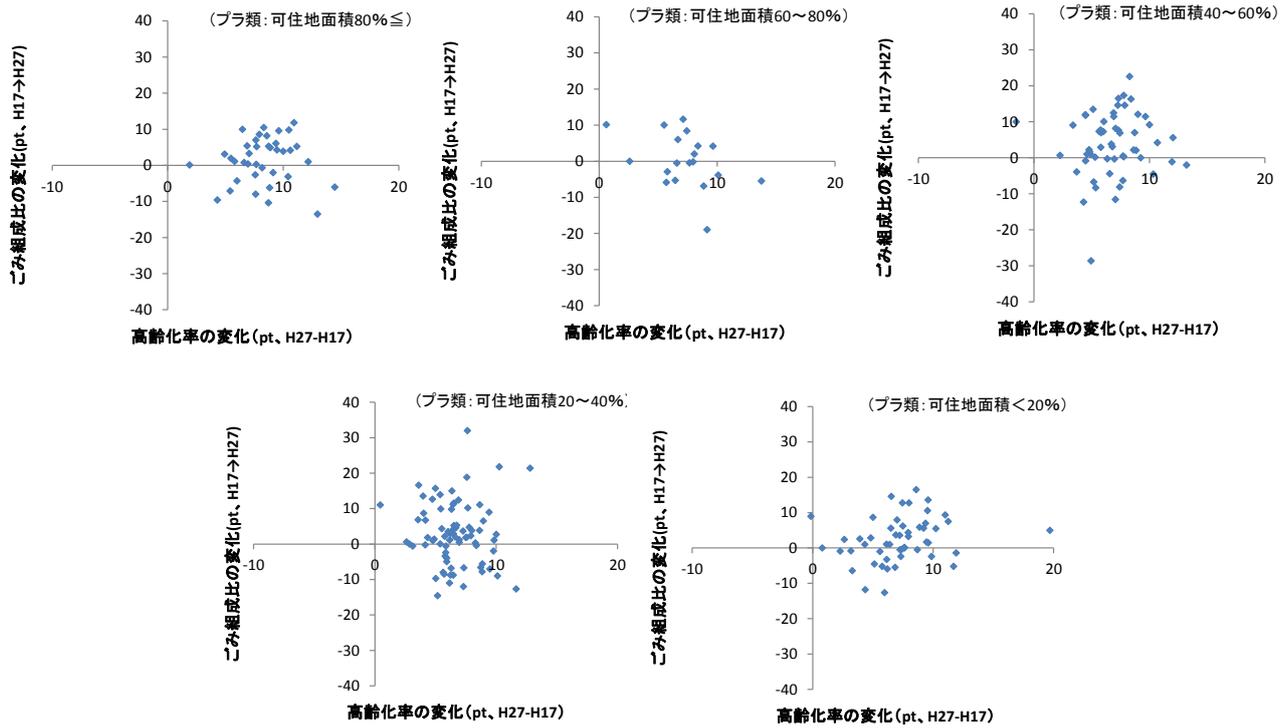
①ごみ組成

ア. 地理的な環境の差に応じた高齢化の進行と低位発熱量の変化



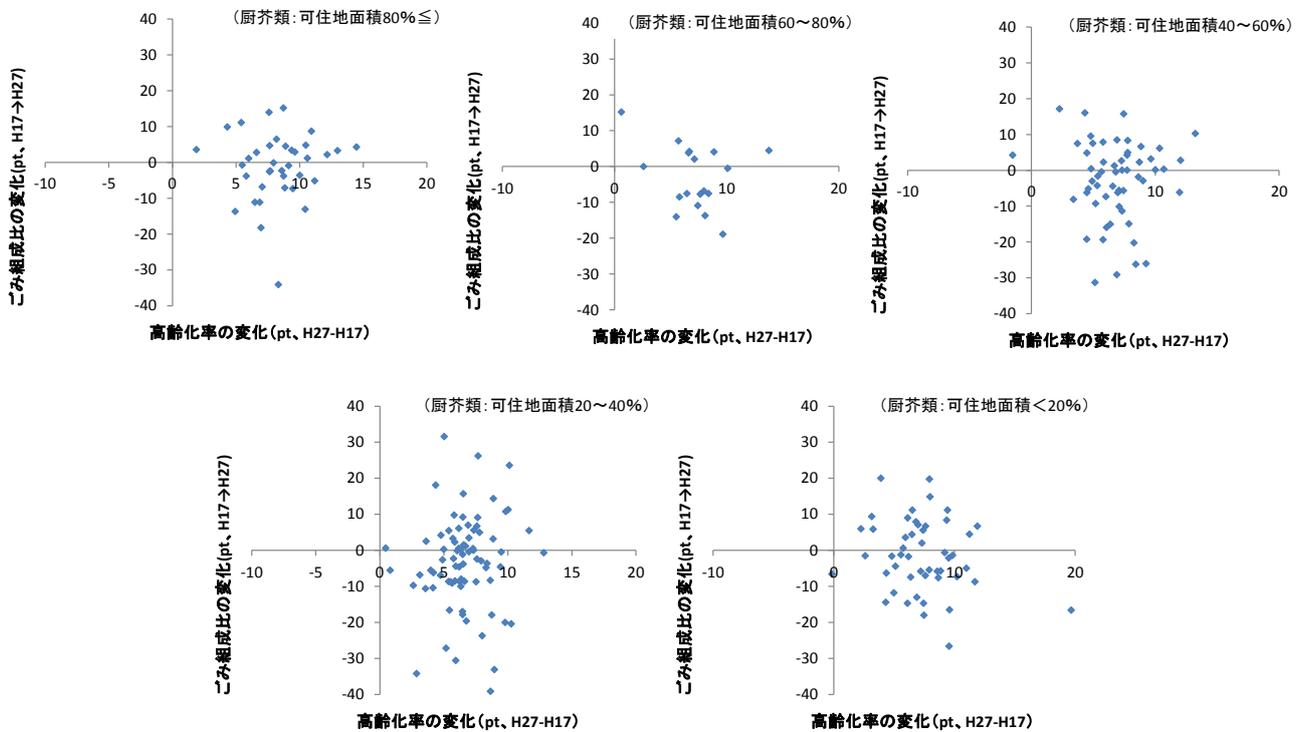
図Ⅲ-16 ごみ質（ごみ組成）と高齢化との関係（地理的な環境別）【紙・布類】

注）平成17年度と平成27年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=419）を集計し、中央付近を表示



図Ⅲ-17 ごみ質（ごみ組成）と高齢化との関係（地理的な環境別）【プラスチック類】

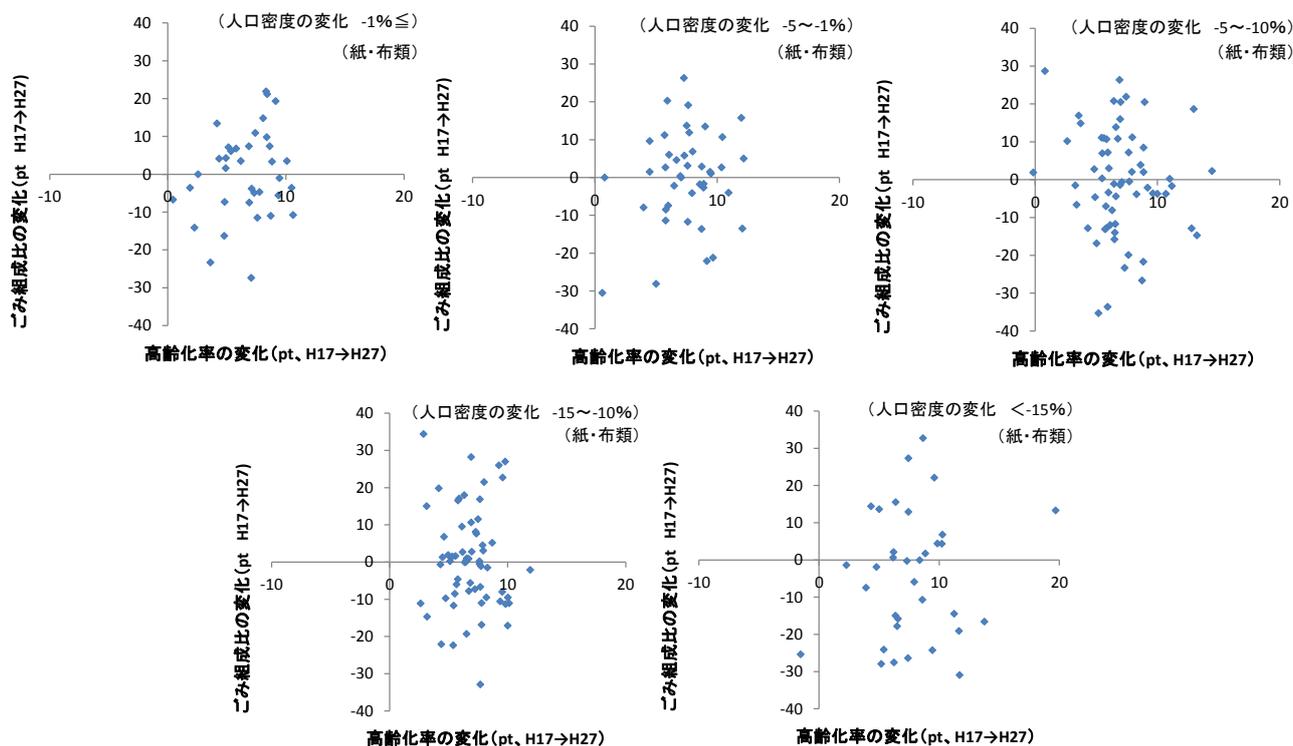
注）平成17年度と平成27年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=419）を集計し、中央付近を表示



図Ⅲ-18 ごみ質（ごみ組成）と高齢化との関係（地理的な環境別）【厨芥類】

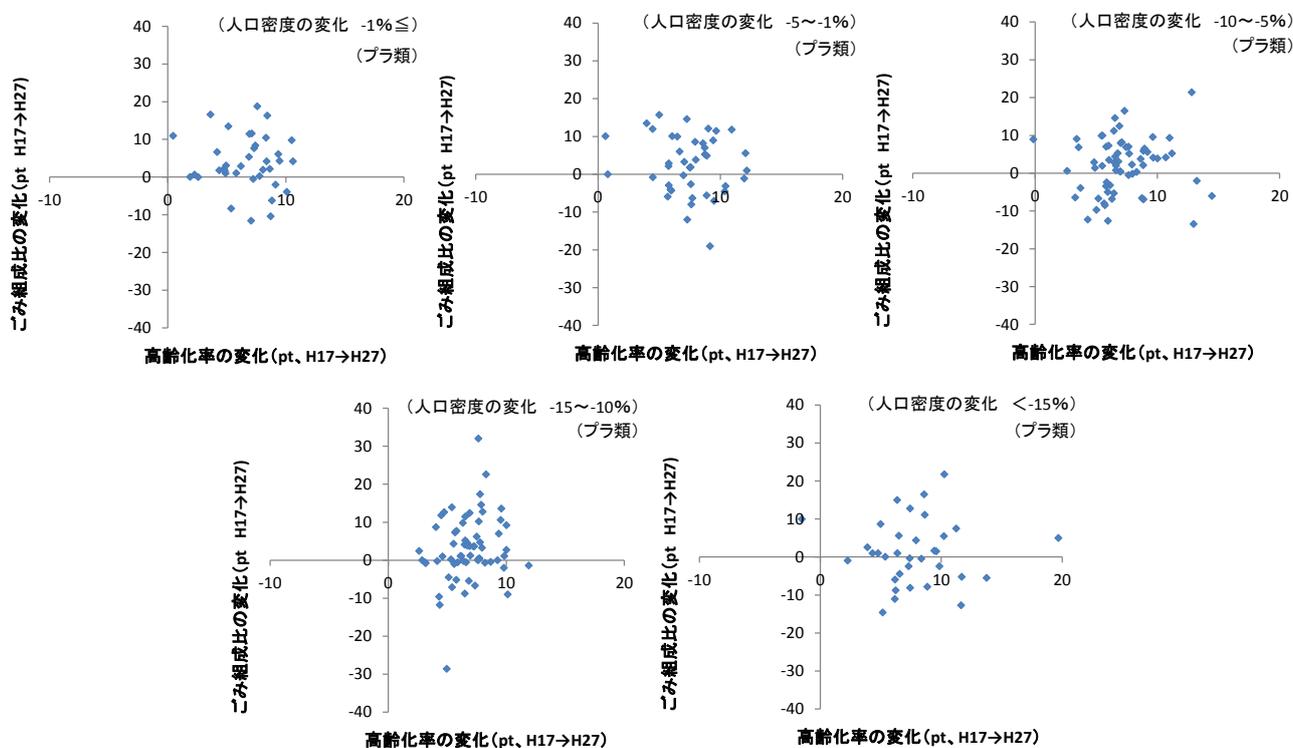
注）平成17年度と平成27年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=419）を集計し、中央付近を表示

イ. 都市化の進行度に応じた高齢化の進行と低位発熱量の変化



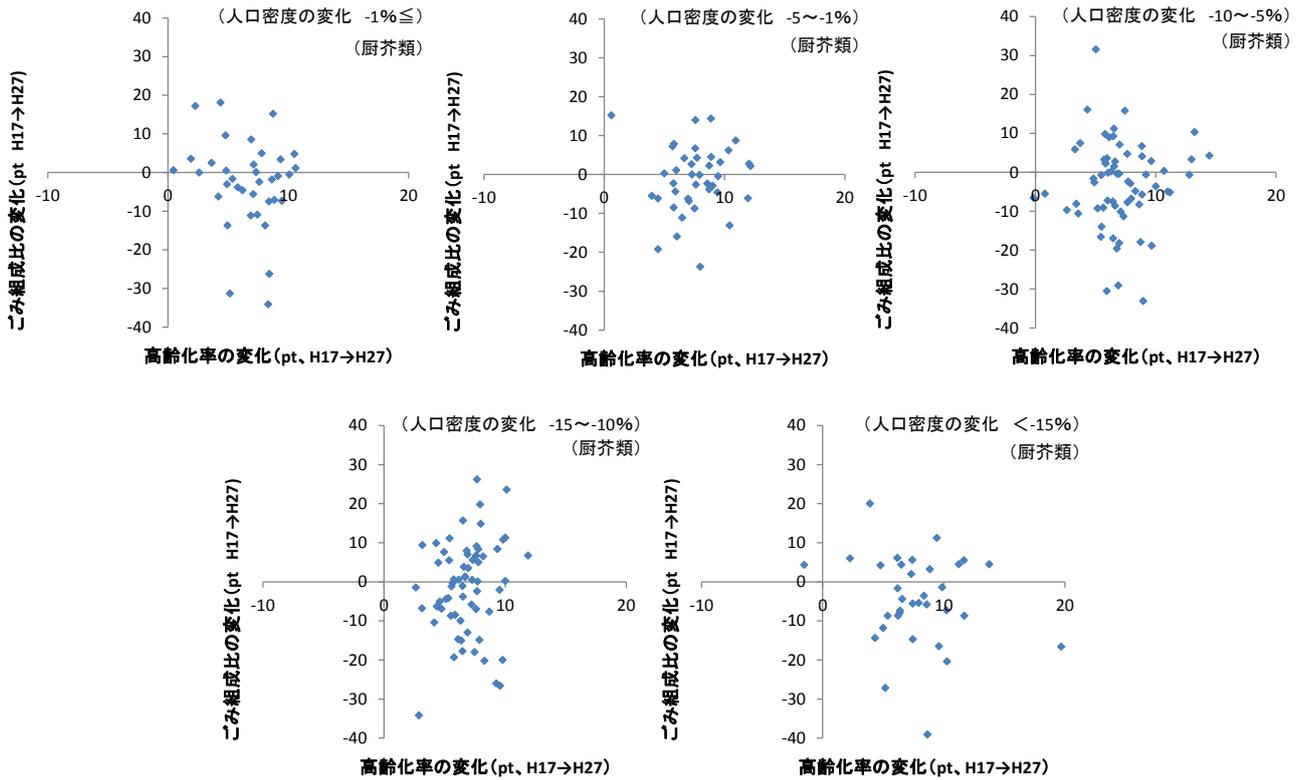
図Ⅲ-19 ごみ質（ごみ組成）と高齢化との関係（都市化の進行度別）【紙・布類】

注）平成17年度と平成27年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=419）を集計し、中央付近を表示



図Ⅲ-20 ごみ質（ごみ組成）と高齢化との関係（都市化の進行度別）【プラスチック類】

注）平成17年度と平成27年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=419）を集計し、中央付近を表示

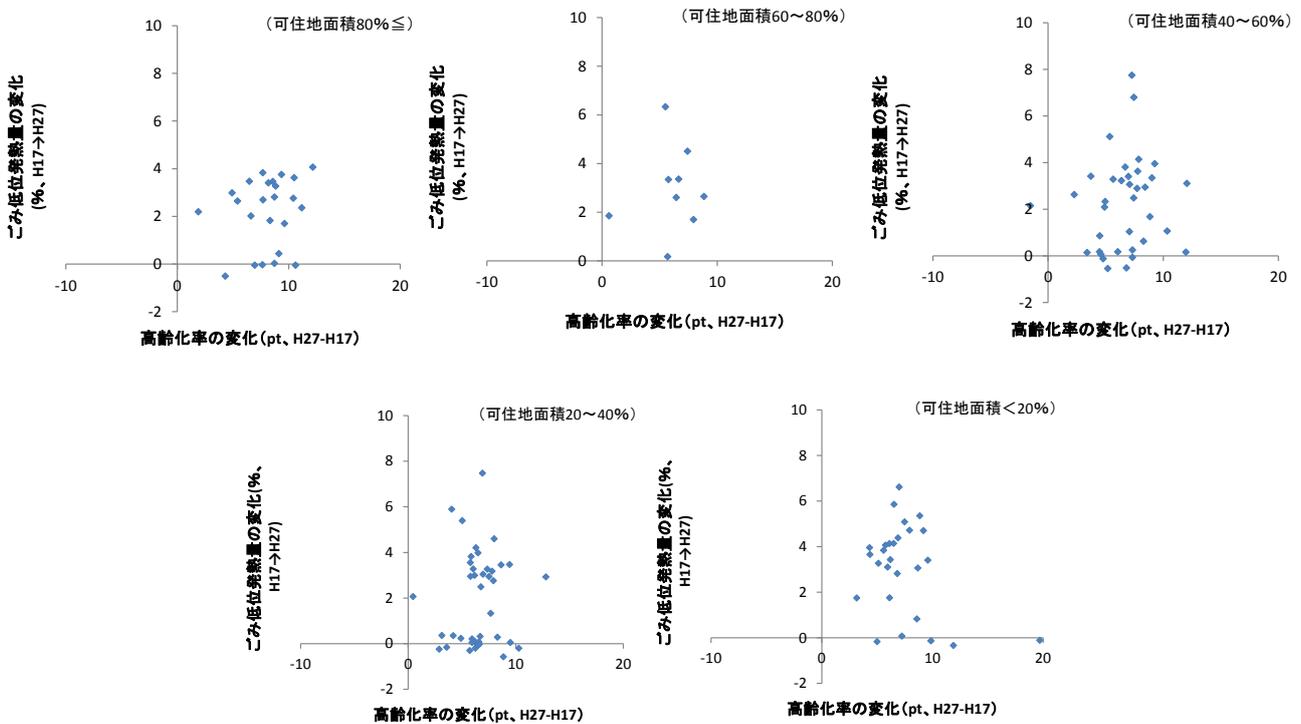


図Ⅲ-21 ごみ質（ごみ組成）と高齢化との関係（都市化の進行度別）【厨芥類】

注）平成17年度と平成27年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=419）を集計し、中央付近を表示

②低位発熱量

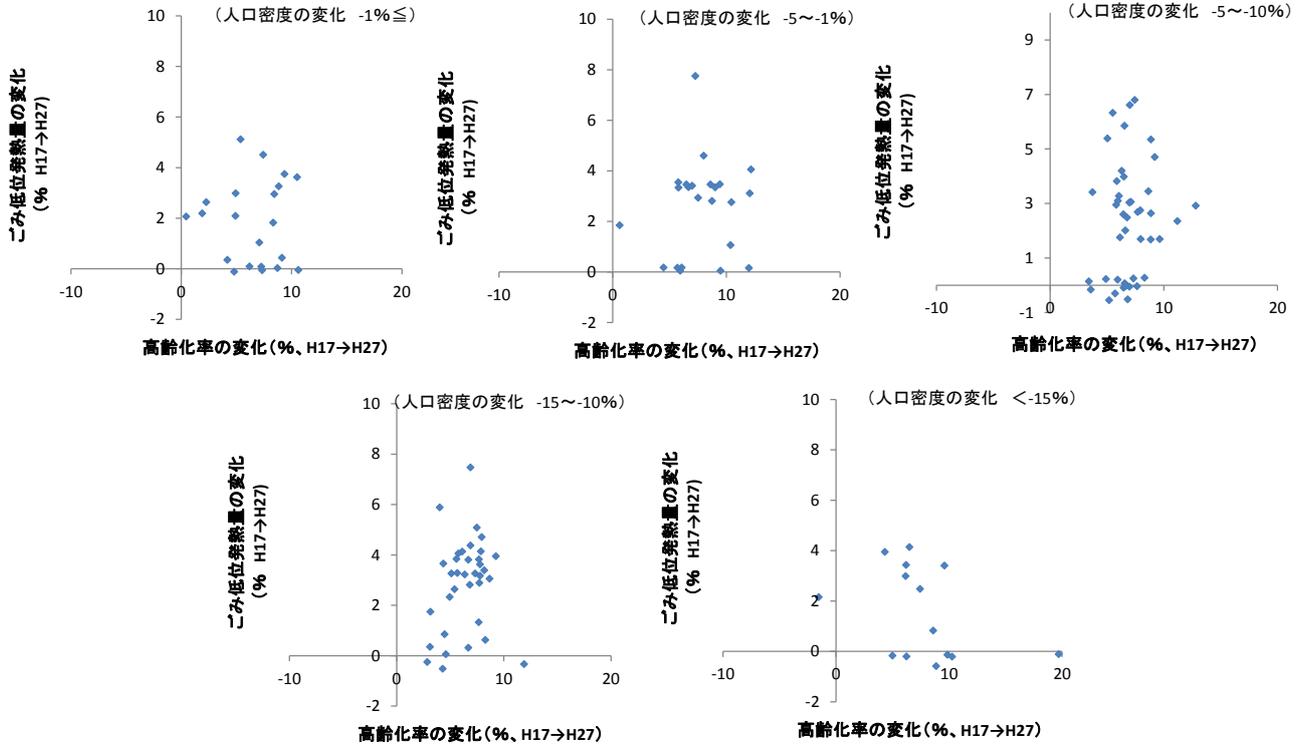
ア. 地理的な環境の差に応じた高齢化の進行と低位発熱量の変化



図Ⅲ-2 2 ごみ質（低位発熱量）と高齢化との関係（地理的な環境別）

注）平成 17 年度と平成 27 年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=382）を集計し、中央付近を表示

イ．都市化の進行度に応じた高齢化の進行と低位発熱量の変化



図Ⅲ-2 3 ごみ質（低位発熱量）と高齢化との関係（都市化の進行度別）

注）平成 17 年度と平成 27 年度双方の低位発熱量データが得られた小規模市町村（N=382）を集計し、中央付近を表示

【参考】今後の高齢化の進行見通し（内閣府「H28 高齢化社会白書」より）

本業務においては、現時点での高齢化の進行によるごみ量・ごみ質への影響は確認されなかったが、高齢化の進行は今後さらに加速すると考えられていることから（下図）、高齢化によるごみ処理への影響について、継続して検討していくことが重要と考えられる。

図1-1-4 高齢化の推移と将来推計



資料：2010年までは総務省「国勢調査」、2015年は総務省「人口推計（平成27年国勢調査人口速報集計による人口を基準とした平成27年10月1日現在確定値）」、2020年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果
 (注) 1950年～2010年の総数は年齢不詳を含む。高齢化率の算出には分母から年齢不詳を除いている。

(3) 今後の取りまとめ等に向けた考え方

前項までの検討結果を改めて整理するとともに、今後の中小廃棄物処理施設におけるごみ処理及びエネルギー回収を考えていくにあたっての着眼点を整理し、次年度以降の検討事項（案）と検討の取りまとめイメージの案を、次頁、次々頁に取りまとめた。

平成29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の調査検討結果概要と、今後の検討事項(案)

		現状					今後																																							
ごみ処理	■ 中小処理施設(100t/日未満)の特徴 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">施設数</th> <th colspan="3">施設規模</th> <th rowspan="2">処理方式</th> <th rowspan="2">運転方式</th> <th rowspan="2">近年の動向</th> </tr> <tr> <th>10~20t/日未満</th> <th>20~70t/日</th> <th>70t/日以上</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>焼却</td> <td>550</td> <td>3割</td> <td>5割</td> <td>2割</td> <td>・ストーク式: 7割 ・流動床式: 2割 ・その他: 1割</td> <td>・20t/日未満: バッチ式9割 ・20~70t/日: 全連・准連各5割 ・70t/日以上: 全連6割、准連4割</td> <td>・継続的に導入。 ・50t/日未満の小規模施設も一定数導入。</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">燃料化</td> <td>メタン化</td> <td>6</td> <td>※</td> <td>8割</td> <td>2割</td> <td>・湿式: 4施設 ・乾式: 2施設</td> <td>—</td> <td>・施設数が増加傾向</td> </tr> <tr> <td>メタン化以外</td> <td>52</td> <td>3割</td> <td>6割</td> <td>1割</td> <td>・RDF: 9割 ・BDF: 1割</td> <td>—</td> <td>・施設数が減少傾向</td> </tr> </tbody> </table> <p>※堆肥化施設でのメタン化等是有り</p>								施設数	施設規模			処理方式	運転方式	近年の動向	10~20t/日未満	20~70t/日	70t/日以上	焼却	550	3割	5割	2割	・ストーク式: 7割 ・流動床式: 2割 ・その他: 1割	・20t/日未満: バッチ式9割 ・20~70t/日: 全連・准連各5割 ・70t/日以上: 全連6割、准連4割	・継続的に導入。 ・50t/日未満の小規模施設も一定数導入。	燃料化	メタン化	6	※	8割	2割	・湿式: 4施設 ・乾式: 2施設	—	・施設数が増加傾向	メタン化以外	52	3割	6割	1割	・RDF: 9割 ・BDF: 1割	—	・施設数が減少傾向	【今後のごみ処理の着眼点】 <ul style="list-style-type: none"> ●ごみ量の変化に伴う処理体制の選択。 ①単独でのごみ処理体制の維持 ②近隣市町村や民間との連携・広域化による処理規模の確保又は分担処理 ●ごみ処理方法の選択にあたっては、以下の点を考慮。 ①ごみ量・ごみ質の変化(高齢化等) ②分別収集区分の見直し可能性 ③近隣市町村のごみ処理状況や、周辺の民間処理業者や需要家等の情報収集 ④処理コストの抑制 		
		施設数	施設規模			処理方式	運転方式			近年の動向																																				
			10~20t/日未満	20~70t/日	70t/日以上																																									
	焼却	550	3割	5割	2割	・ストーク式: 7割 ・流動床式: 2割 ・その他: 1割	・20t/日未満: バッチ式9割 ・20~70t/日: 全連・准連各5割 ・70t/日以上: 全連6割、准連4割	・継続的に導入。 ・50t/日未満の小規模施設も一定数導入。																																						
燃料化	メタン化	6	※	8割	2割	・湿式: 4施設 ・乾式: 2施設	—	・施設数が増加傾向																																						
	メタン化以外	52	3割	6割	1割	・RDF: 9割 ・BDF: 1割	—	・施設数が減少傾向																																						
■ ごみ処理の特徴 <p>①処理対象ごみ : 排出量原単位が比較的小さい(H27平均: 903g/人日)。また多分別区分(20~25区分以上)の市町村の割合が大きい。 : 高齢化の進行によるごみ質の変化の可能性 : 人口減少に伴い、今後さらにごみ量減少(処理規模、施設規模の縮小)の可能性。</p> <p>②処理方法 : 焼却処理以外の割合(資源化、燃料化等)の割合が高い。</p> <p>③処理体制 : 組合処理や委託処理等の広域処理体制の割合が高い。</p> <p>④処理コスト : 大・中規模と比較して、ごみ処理費原単位が高い(H27平均: 46千円/ごみt)一方、自己財源(地方税収入割合)は小さい。</p>							+																																							
■ ポイント <ul style="list-style-type: none"> ◎大・中規模自治体と比較して、多様な分別方法、処理方法、処理体制の選択肢を有している。 ◎ごみ量・ごみ質の変化の影響に配慮が必要。 ◎処理コスト抑制の観点が重要。 							+																																							
エネルギー回収	■ 中小処理施設(100t/日未満)の特徴 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">熱利用施設数 (中小施設全体に占める割合)</th> <th colspan="2">発電施設数 (中小施設全体に占める割合)</th> <th colspan="2">エネルギー回収状況</th> <th rowspan="2">近年の動向</th> </tr> <tr> <th>233</th> <th>42%</th> <th>17</th> <th>3%</th> <th colspan="2">・ボイラタービン発電: 500~1300MJ/ごみt ・小型発電: 50~200MJ/ごみt ・熱利用: ~3,000MJ/ごみt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">燃料化</td> <td>メタン化</td> <td>6</td> <td>100%</td> <td colspan="2">・バイオガス発電: 500~1,000MJ/生ごみt (ガスエンジン又はガスタービン)</td> <td colspan="2">・施設数が増加傾向</td> </tr> <tr> <td>メタン化以外</td> <td>52</td> <td>100%</td> <td colspan="2">・発電用: 4割 ・燃料用: 5割</td> <td colspan="2">・施設数が減少傾向</td> </tr> <tr> <td>焼却+メタン化発電システム</td> <td colspan="3">・焼却とメタン化の分担処理を行い、各々で発電を実施する事例</td> <td colspan="2">・ボイラタービン発電+バイオガス発電: 1500MJ/ごみt</td> <td colspan="2">・大~中規模施設(100t/日超)で焼却発電+バイオガス発電のコンバインド方式の導入事例増</td> </tr> </tbody> </table>								熱利用施設数 (中小施設全体に占める割合)		発電施設数 (中小施設全体に占める割合)		エネルギー回収状況		近年の動向	233	42%	17	3%	・ボイラタービン発電: 500~1300MJ/ごみt ・小型発電: 50~200MJ/ごみt ・熱利用: ~3,000MJ/ごみt		燃料化	メタン化	6	100%	・バイオガス発電: 500~1,000MJ/生ごみt (ガスエンジン又はガスタービン)		・施設数が増加傾向		メタン化以外	52	100%	・発電用: 4割 ・燃料用: 5割		・施設数が減少傾向		焼却+メタン化発電システム	・焼却とメタン化の分担処理を行い、各々で発電を実施する事例			・ボイラタービン発電+バイオガス発電: 1500MJ/ごみt		・大~中規模施設(100t/日超)で焼却発電+バイオガス発電のコンバインド方式の導入事例増		+	
		熱利用施設数 (中小施設全体に占める割合)		発電施設数 (中小施設全体に占める割合)		エネルギー回収状況			近年の動向																																					
		233	42%	17	3%	・ボイラタービン発電: 500~1300MJ/ごみt ・小型発電: 50~200MJ/ごみt ・熱利用: ~3,000MJ/ごみt																																								
	燃料化	メタン化	6	100%	・バイオガス発電: 500~1,000MJ/生ごみt (ガスエンジン又はガスタービン)		・施設数が増加傾向																																							
メタン化以外		52	100%	・発電用: 4割 ・燃料用: 5割		・施設数が減少傾向																																								
焼却+メタン化発電システム	・焼却とメタン化の分担処理を行い、各々で発電を実施する事例			・ボイラタービン発電+バイオガス発電: 1500MJ/ごみt		・大~中規模施設(100t/日超)で焼却発電+バイオガス発電のコンバインド方式の導入事例増																																								
■ 注目技術等 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>①ごみ発電</th> <th>“高効率発電” (ボイラタービン発電) “低コスト発電” (小型発電)</th> <th>例)ボイラタービン(70t/日~) 例)ラジアルタービン(150t/日、220kW)、バイナリー(46t/日、72kW)、スクルー式(40t/日、100kW)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>②メタン化</td> <td>“メタンガス化単独発電” “ごみ焼却施設併設” “ごみ焼却施設併用”</td> <td>例)ガスエンジン(34生ごみt/日、200kW)、マイクロガスタービン(22生ごみt/日、120kW) 例)ガスエンジン(36生ごみt/日、382kW) 例)焼却発電(85t/日、1770kW)+バイオガス発電(16~55生ごみt/日、94~400kW)</td> </tr> <tr> <td>③燃料化</td> <td>“堆肥・燃料製造” “炭化物製造”</td> <td>例)トンネルコンポスト(43.3t/日) 例)間接外熱キルン炭化方式(30t/日)</td> </tr> <tr> <td>④ガス化</td> <td></td> <td>例)流動床式ガス化炉からの可燃性ガスを活用したガスエンジン発電(メタンガスと混合して燃料利用)</td> </tr> <tr> <td>⑤その他</td> <td>“新たな燃料利用等”</td> <td>例)バイオガスの都市ガス利用(メタン化施設: 60生ごみt/日)</td> </tr> </tbody> </table>							①ごみ発電	“高効率発電” (ボイラタービン発電) “低コスト発電” (小型発電)	例)ボイラタービン(70t/日~) 例)ラジアルタービン(150t/日、220kW)、バイナリー(46t/日、72kW)、スクルー式(40t/日、100kW)	②メタン化	“メタンガス化単独発電” “ごみ焼却施設併設” “ごみ焼却施設併用”	例)ガスエンジン(34生ごみt/日、200kW)、マイクロガスタービン(22生ごみt/日、120kW) 例)ガスエンジン(36生ごみt/日、382kW) 例)焼却発電(85t/日、1770kW)+バイオガス発電(16~55生ごみt/日、94~400kW)	③燃料化	“堆肥・燃料製造” “炭化物製造”	例)トンネルコンポスト(43.3t/日) 例)間接外熱キルン炭化方式(30t/日)	④ガス化		例)流動床式ガス化炉からの可燃性ガスを活用したガスエンジン発電(メタンガスと混合して燃料利用)	⑤その他	“新たな燃料利用等”	例)バイオガスの都市ガス利用(メタン化施設: 60生ごみt/日)	+																								
①ごみ発電	“高効率発電” (ボイラタービン発電) “低コスト発電” (小型発電)	例)ボイラタービン(70t/日~) 例)ラジアルタービン(150t/日、220kW)、バイナリー(46t/日、72kW)、スクルー式(40t/日、100kW)																																												
②メタン化	“メタンガス化単独発電” “ごみ焼却施設併設” “ごみ焼却施設併用”	例)ガスエンジン(34生ごみt/日、200kW)、マイクロガスタービン(22生ごみt/日、120kW) 例)ガスエンジン(36生ごみt/日、382kW) 例)焼却発電(85t/日、1770kW)+バイオガス発電(16~55生ごみt/日、94~400kW)																																												
③燃料化	“堆肥・燃料製造” “炭化物製造”	例)トンネルコンポスト(43.3t/日) 例)間接外熱キルン炭化方式(30t/日)																																												
④ガス化		例)流動床式ガス化炉からの可燃性ガスを活用したガスエンジン発電(メタンガスと混合して燃料利用)																																												
⑤その他	“新たな燃料利用等”	例)バイオガスの都市ガス利用(メタン化施設: 60生ごみt/日)																																												
■ ポイント <ul style="list-style-type: none"> ◎70t/日以上の施設では、ボイラタービンによる高効率発電の導入が促進。(一部、維持管理コストへの懸念から導入見送りの事例有り) ◎10~20t/日~70t/日の施設では、小型発電、メタン化によるバイオガス発電、燃料化などの様々な選択肢があるが、各々次の要因が関わるものと想定。 <ul style="list-style-type: none"> ◆小型発電=ボイラタービンによる高効率発電よりも低コスト、省スペース等 ◆メタン化によるバイオガス発電=発酵対象ごみの分別方法、発酵残渣の処理方法、発酵対象外のごみの処理方法等により導入方法が異なる。 FIT制度の活用により、小規模施設でも売電収入を確保。(焼却施設併設のコンバインド方式) ◆燃料化=燃料の受入先を含め、民間事業者の存在が重要。 ◎10~20t/日未満の施設では、熱利用以外のエネルギー回収は行われていない。 ◎メタン化技術については、回収ガスのメタン高濃度化や機械選別の高効率化など、高度化に向けた技術実証が進められている。 ◎ガス化、バイオガスの都市ガス利用等についても、今後の高度化に向けた技術実証や実装が進められている。 ◎熱利用は、寒冷地での融雪等、熱の大口需要がある場合に利用率が向上している。 							+																																							
★平成30年度の検討事項(案) <ol style="list-style-type: none"> 1. 中小廃棄物処理施設のエネルギー回収技術の体系化(適用条件の整理等) 2. 中小自治体のごみ処理・エネルギー回収システムのモデル化(事例の整理等) 3. 中小自治体の特性に応じたエネルギー回収方策導入マニュアルの構成検討、素案作成 																																														

次年度以降の検討の取りまとめイメージ案



IV. 廃棄物系バイオマス活用ロードマップの進捗状況の評価等

廃棄物系バイオマスのうち食品廃棄物等について、既存の調査結果等を整理することにより再生利用等の実態（発生量、再生利用量及び最終処分量等）を把握し、そのうえで廃棄物系バイオマス活用ロードマップの進捗状況の評価を行った。また、バイオマスプラスチック等のバイオマス関連の最新の知見等を収集するなど、今後の廃棄物系バイオマス利活用に向けた技術の調査検討を行った。

1. 廃棄物系バイオマス活動ロードマップの進捗状況

平成 25 年に公表された「廃棄物系バイオマス活用ロードマップ」の直近年度における進捗評価を行った。

廃棄物系バイオマスの利活用は、特にメタン化施設の導入等の面で中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収と密接に関連することから、今後の調査検討においては、中小廃棄物処理施設のエネルギー回収方策検討との連携性を念頭に、調査検討を進めるものとした。

(1) ロードマップ進捗評価の概要

昨年度評価結果は下表のとおり、再生利用率は全体としてほぼ横ばいの状況であり、ロードマップに示された再生利用率（40%）に対する達成度は 6 割程度（25.4%）となっている。

今年度も、昨年度までの評価方法に則り、直近年度（平成 26 年度実績）における進捗評価を行った。

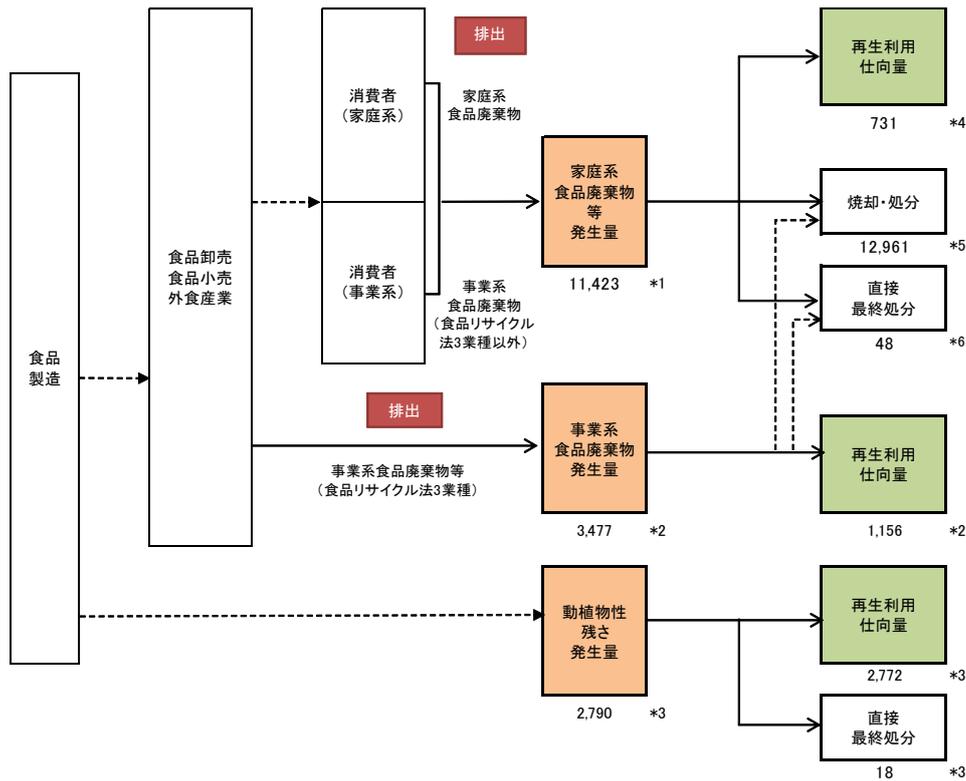
表IV-1 食品廃棄物再生利用状況の推移

（平成 28 年度廃棄物系バイオマス利活用導入促進事業委託業務報告書より）

項目		実績(年度)					
		2009	2010	2011	2012	2013	
家庭系食品廃棄物等	発生量	千t	11,865	11,298	12,060	12,086	11,767
	再生利用仕向量	千t	728	746	796	761	753
事業系食品廃棄物	発生量	千t	3,823	3,707	3,373	3,359	3,333
	再生利用仕向量	千t	1,018	962	1,058	1,129	1,086
動植物性残渣(産廃)	発生量	千t	3,001	3,027	2,838	2,642	2,700
	再生利用仕向量	千t	2,988	3,015	2,826	2,628	2,687
再生利用率	家庭系食品廃棄物等		6.1%	6.6%	6.6%	6.3%	6.4%
	事業系食品廃棄物		26.6%	26.0%	31.4%	33.6%	32.6%
	動植物性残渣(産廃)		99.6%	99.6%	99.6%	99.5%	99.5%
	計		25.3%	26.2%	25.6%	25.0%	25.4%

直近年度（平成 26 年度実績）における進捗評価結果を以下に示す。

昨年度までの集計方法に則って整理した家庭系食品廃棄物等、事業系食品廃棄物、動植物性残渣（産廃）の平成 26 年度実績に係る処理フローは次のとおりである。



*1 環境省『廃棄物等循環利用量実態調査(平成26年度実績)』における一般廃棄物(厨芥類)発生量から、食品リサイクル法3業種(食品卸売、食品小売、外食産業)からの発生量相当分を除く。
 *2 農水省『食品廃棄物等の発生量及び再生利用等の内訳(平成26年度実績)』における実績値について、従来からの算定方法により整理。
 *3 環境省『廃棄物等循環利用量実態調査(平成26年度実績)』における動植物性残さの量を評価指標として従来より使用。
 *4 家庭系食品廃棄物等発生量に、環境省『廃棄物等循環利用量実態調査(平成26年度実績)』における一般廃棄物(厨芥類)の再生利用仕向量の割合(「直接再生利用+再資源化施設搬入量」÷「一般廃棄物(厨芥類)発生量」)を乗じて算出。
 *5 環境省『廃棄物等循環利用量実態調査(平成26年度実績)』における一般廃棄物(厨芥類)発生量から、再生利用仕向量及び直接最終処分量を除いて算出。
 *6 環境省『廃棄物等循環利用量実態調査(平成26年度実績)』より
 注) 端数調整の関係で、合計が合わない箇所がある。

図IV-1 食品廃棄物等の処理フロー推計(平成26年度)

平成26年度実績の進捗評価結果は下表のとおり。

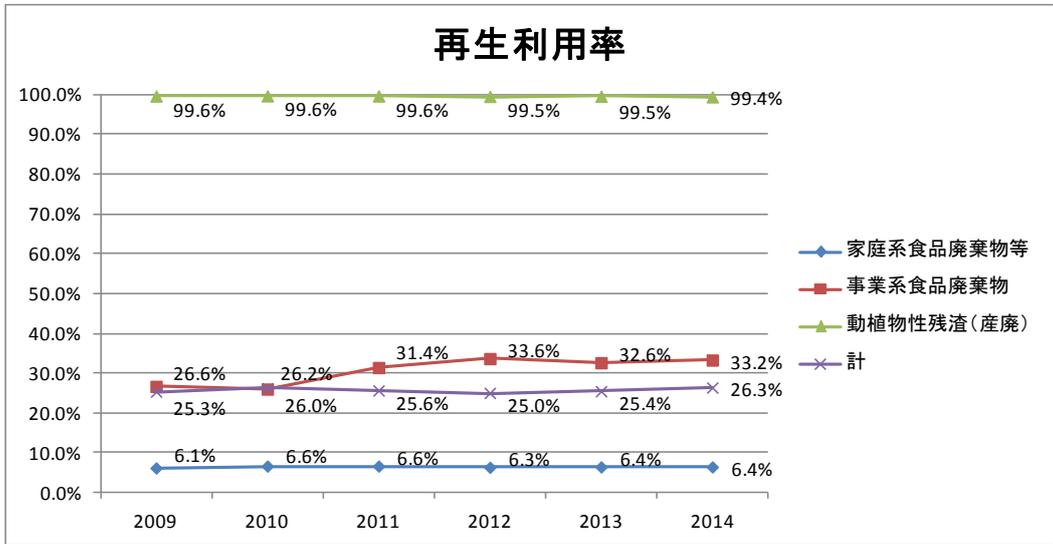
再生利用率は全体としてほぼ横ばいの状況であり、ロードマップに示された再生利用率(40%)に対する達成度は7割程度(26.3%)となっている。

表IV-2 食品廃棄物再生利用状況の推移(平成21~26年度)

項目		実績(年度)						
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	
家庭系食品廃棄物等	発生量	千t	11,865	11,298	12,060	12,086	11,767	11,423
	再生利用仕向量	千t	728	746	796	761	753	731
事業系食品廃棄物	発生量	千t	3,823	3,707	3,373	3,359	3,333	3,477
	再生利用仕向量	千t	1,018	962	1,058	1,129	1,086	1,156
動植物性残渣(産廃)	発生量	千t	3,001	3,027	2,838	2,642	2,700	2,790
	再生利用仕向量	千t	2,988	3,015	2,826	2,628	2,687	2,772
発生量計		千t	18,689	18,032	18,271	18,087	17,800	17,690
再生利用仕向量計		千t	4,734	4,723	4,680	4,518	4,526	4,659
再生利用率	家庭系食品廃棄物等	%	6.1%	6.6%	6.6%	6.3%	6.4%	6.4%
	事業系食品廃棄物	%	26.6%	26.0%	31.4%	33.6%	32.6%	33.2%
	動植物性残渣(産廃)	%	99.6%	99.6%	99.6%	99.5%	99.5%	99.4%
	計	%	25.3%	26.2%	25.6%	25.0%	25.4%	26.3%



図IV-2 食品廃棄物再生利用状況の推移（平成 21～26 年度）



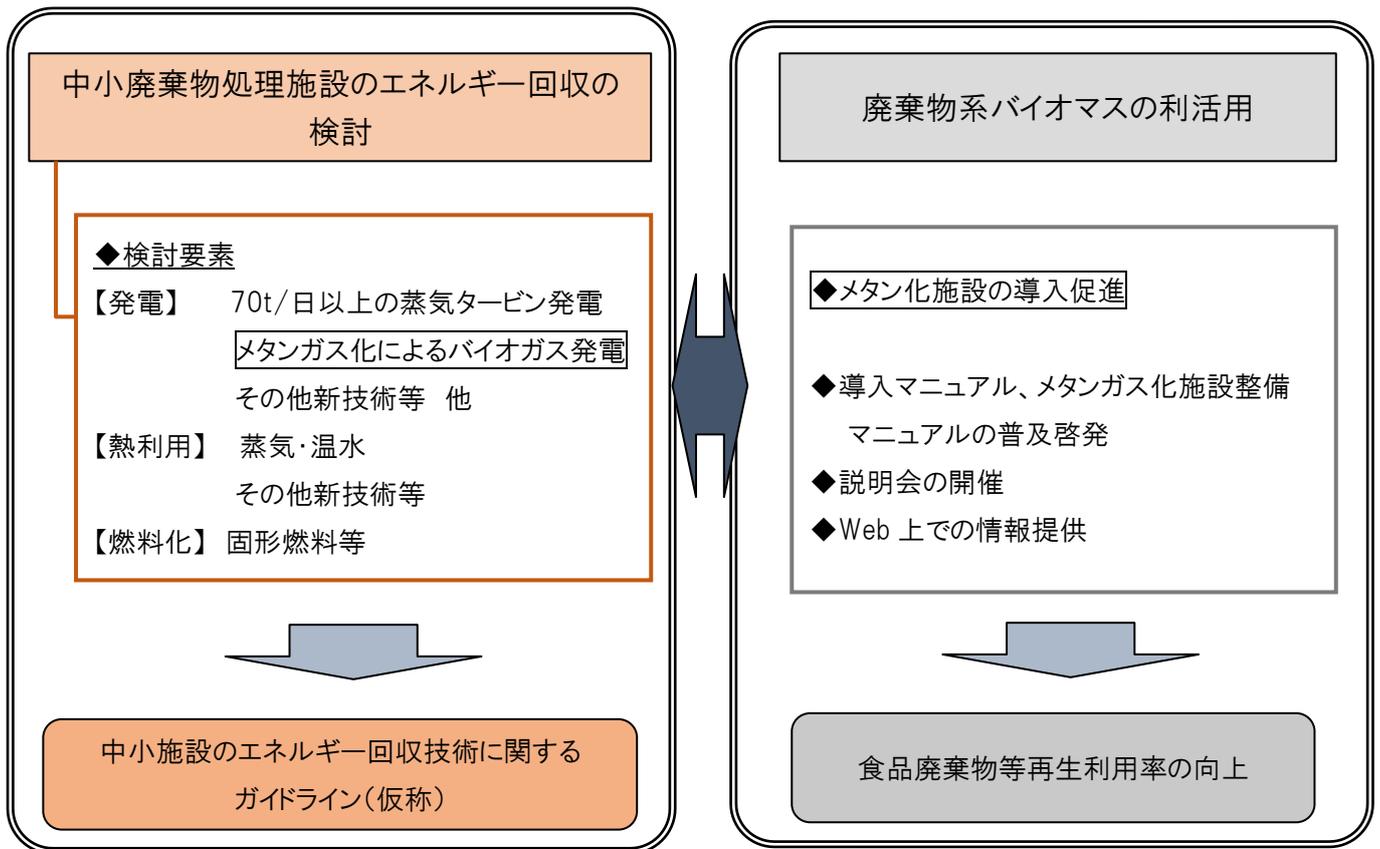
図IV-3 食品廃棄物再生利用率の推移（平成 21～26 年度）

2. 中小廃棄物処理施設のエネルギー回収と廃棄物系バイオマスの利活用

家庭系食品廃棄物等の再生利用率の向上には、メタン化施設の導入拡大が重要な要素となる。将来的な家庭系食品廃棄物等の再生利用率を検討するには、これまでのメタン化施設の導入実績の推移とともに、今後のメタン化施設の導入促進に係る技術動向を加味していく必要がある。

本年度からの中小廃棄物処理施設のエネルギー回収技術検討の動向も踏まえつつ、今後のメタン化施設導入の見通し等を検討していくことが重要であることから、中小廃棄物処理施設のエネルギー回収と廃棄物系バイオマスの利活用促進との関連を下図に整理した。

特にメタン化施設の導入等の面で中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収と密接に関連することから、今後の調査検討においては、両施策の連携性を念頭に調査検討を進める。



図IV-4 中小廃棄物処理施設のエネルギー回収と廃棄物系バイオマスの利活用との関連

【メタン化導入加速に向けた関連施策の展開（例）】

（これまで）

- 2005年～ 循環型社会形成推進交付金（2分の1補助）
- 2008年～ メタンガス化（生ごみメタン）施設整備マニュアル
- 2010年～ バイオガス化施設発注仕様書作成の手引き
- 2012年～ FIT制度（メタンガス発電 39円/kWh）
- 2013年～ 廃掃法施設整備計画（地域特性を踏まえた廃棄物系バイオマス利活用施設の整備推進）

2015年～ 基幹改良マニュアル改訂（メタンコンバインド追加）

2016年1月～ 廃掃法基本方針変更（地域特性に応じた廃棄物系バイオマス再生利用等推進）

2017年3月 メタンガス化施設整備マニュアル

2017年3月 廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル

（今後）

2017年～ 中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理システム化等評価・検証事業
（メタン化導入によるエネルギー回収増強、事業性向上に向けた先導的技術評価検証
等支援）

2017年～ 廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアルの周知・徹底

2017年～ メタンガス化施設整備マニュアルの周知・徹底

2017年～ 中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収方策の促進検討
（マニュアル等として整備予定）

3. バイオマスプラスチック等の動向

(1) バイオマスプラスチックの市場動向

バイオマスプラスチック製品（樹脂）の国内流通量は以下のとおりである。

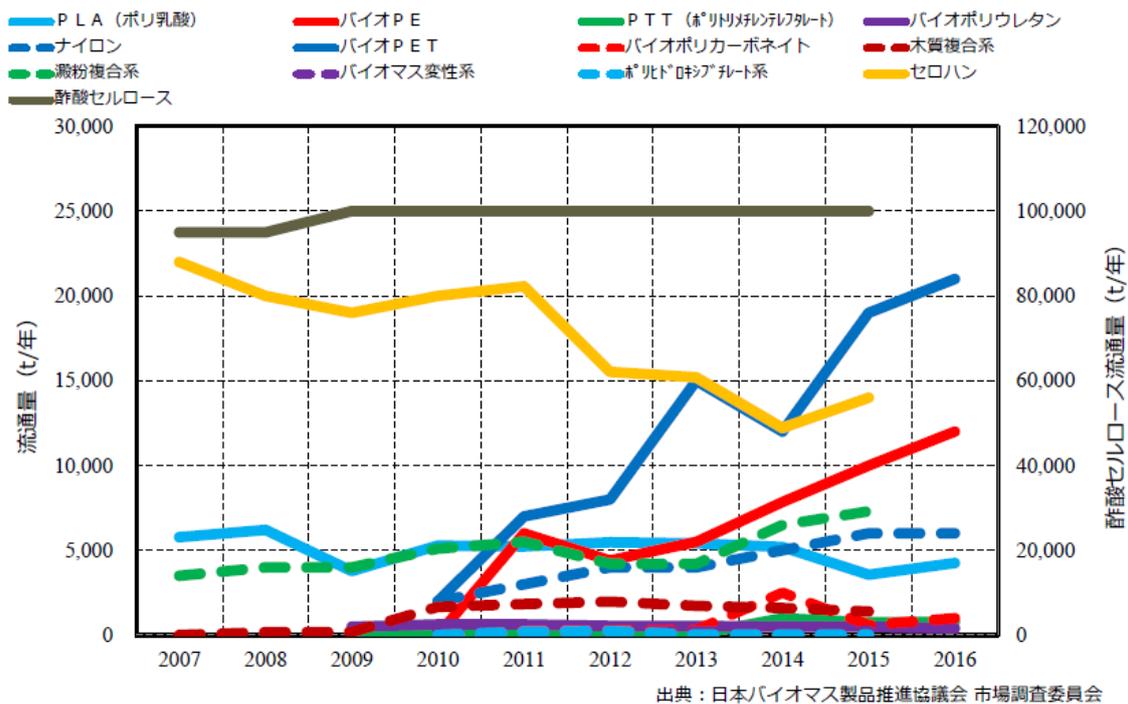
2010 年から飲料ボトルに採用されたバイオ PET、2011 年からレジ袋に採用されたバイオ PE は大手メーカ、スーパーが採用したことで市場規模が一気に膨らみ、直近も増加の一途である。また、ポリヒドロキシブチレート（PHB）系樹脂(微生物系)は PP と同程度の硬度があり生分解性であることから、近年徐々に増加している。

一方、PLA（ポリ乳酸）は、サラダ容器、農業用マルチフィルム等を対象に安定した需要を維持しているものの、少ない水準にとどまっている。PLA の低沸点特性に着目した 3D プリント用インキ等、今後の需要開拓が期待される。セロハン（セルロース）は価格面を含め需要そのものが減少していると考えられる。

参考に主なバイオマスプラスチックの種類と特徴を下表に示す。

バイオマス製品の市場規模調査（2009年～）

バイオマス製品国内市場規模の推移



図IV-5 バイオマス製品の市場規模動向

(一社) 日本有機資源協会提供

表IV-2 主なバイオマスプラスチックの種類、精製方法と特徴

区分	名称	生成方法等	特徴、主な用途
化学合成系	PLA (ポリ乳酸)	とうもろこしなどの植物澱粉を原料として、乳酸発酵による乳酸の重合により生成される。1) でんぷん → グルコース → 乳酸 → PLA	透明性、弾力性に優れている。生分解性が高く、生ごみ袋等として利用されている。
	バイオPE (ポリエチレン)	サトウキビの搾汁から砂糖を精製した残液部(廃糖蜜)から作られるバイオエタノールを原料として、従来工程のエチレン重合→ポリエチレン(ポリマー)が生成される。2) サトウキビ廃糖蜜→エタノール→エチレン→ポリマー	化粧品容器、包装用フィルム、生活雑貨、袋
	バイオPET (ポリエチレンテレフタート)	主にサトウキビのエチレン・グリコールを原料に生成される。3) サトウキビ廃糖蜜→エタノール→エチレン→モノエチレングリコール→PET	PETボトル、PETシート(食品包材)、ポリエステル繊維(自動車内装材、衣服)、PETフィルム
	PBS (ポリブチレンサクシネート)	コハク酸の縮重合により合成される。この原料のコハク酸を植物でんぷんや古紙から抽出したセルロースを出発物質とする。1) でんぷん/セルロース→グルコース→コハク酸+1,4ブタンジオール→PBS	引張強伸度、耐衝撃性、フィルム成形能に優れている。軟質の樹脂で、生分解性が高いため、農業用マルチフィルムなどの農業資材として多く使われている。
天然系	でんぷん系	植物でんぷんのエステル化、エーテル化、グラフト重合等により生成される。1) でんぷん(とうもろこし等)→エステル化等→でんぷん樹脂	熱安定性、耐水性に優れている。生分解性が高く、生ごみ袋等として利用されている。
	酢酸セルロース(CA)系	木材、綿などのセルロースのエステル化及び生成したエステルの加水分解の2段階反応を経て生成される。1) 木材、綿(セルロース)→エステル化→酢酸セルロース	透明性、耐衝撃性、フィルム成形能に優れている。酢化度に応じて包装用途、射出成形用途、繊維、塗料等として利用されている。
微生物系	PHA (ポリヒドロキシアルカノエート)	グルコースを炭素源として、微生物の体内で掲載される。1) 植物性バイオマス→グルコース・植物油→(微生物体内培養)→PHA	硬質プラスチックで、生分解性、鋼性、耐水性、ガスバリア性に優れている。一方で、結晶性が高い為衝撃に弱く、単体では、フィルムやシート成型品には不向きである。

1) バイオマスプラスチックQ&A((社)日本有機資源協会)より作成

2) バイオマスプラスチックの最新動向(2012年8月、(株)カナエ)より作成

3) DNPグループCSR報告書2012

(平成 28 年度廃棄物系バイオマス利活用導入促進事業委託業務報告書)

(2) バイオマスプラスチック (バイオ PE) ごみ収集袋の利用状況

平成 28 年度廃棄物系バイオマス利活用導入促進事業委託業務報告書によると、「国内のバイオ PE 製ごみ収集袋の流通量は年間 150 t 程度と想定され、国内ごみ収集袋流通量(年間約 26 万 t 程度)の 0.06%程度に過ぎない。」としている。

(一社)日本有機資源協会によると、ごみ袋、レジ袋に関連する新規バイオマスマーク取得申請は年間5~6件程度であり、フィルム、インキ、接着剤であったり、バイオマス濃度を増加したものがあ。従って、バイオマスプラスチック(バイオPE)ごみ収集袋の流通量は微増していると想定される。なお、(一社)日本有機資源協会によると、レジ袋に関してはバイオマス化が進んでいるということである。

今後のバイオマスプラスチックごみ収集袋の普及に関しては、自治体が温暖化対策としての導入に注目していないことを受け、グリーン購入法でバイオマスプラスチックを入れることも一つの方法と考えられる。

V. 中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収促進に係る説明会の実施

市町村等の担当者を対象とする説明会を3ヵ所で開催した。

説明会の内容については、中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギーの回収促進について普及啓発を行うことを趣旨として検討し、講師については、同分野に関して豊富な知見を有する学術団体と連携を図り、環境省担当官と協議の上、決定した。説明会において環境省担当官等が資料を用いて説明を行う場合の資料作成に協力した。

1. 目的

100t/日未満の中小廃棄物処理施設の多くでは、発電やメタン発酵等の廃棄物エネルギーの回収が行われていないことから、温暖化対策の観点から更なる技術的対応が必要とされている。そこで、環境省では、中小廃棄物処理施設による廃棄物エネルギー回収システムの普及加速化に向けた取組等を進めているところである。

このたび、市町村等の担当者等を対象にして、環境省による取組や市町村等の廃棄物系バイオマス等の利活用事例の紹介等を通じて、廃棄物エネルギー回収システムに係る普及啓発を図るための説明会を開催する。市町村等の担当者をはじめ廃棄物処理関係者にはぜひご来場いただき、活発な議論を通して、より良いシステムの構築を図る。

2. 開催概要

(1) 説明会の構成

説明会は3地区（関西、九州、関東）で開催した。各地区とも多数の参加者で盛況であった。自治体の参加者も昨年より増加しており、第1回に参加した自治体のマップを資料1に示した。ほぼ関西地区全域から参加されている。

表V-1 説明会開催概要

回	時期	会場	参加者数	プログラム構成
第1回 (関西)	平成29年 12月5日	京都キャンパスプラザ	90名 内自治体：43団体	第1部：総論 廃棄物分野におけるエネルギー回収の必要性和現状
第2回 (九州)	平成30年 1月17日	九州大学西新プラザ	75名 内自治体：36団体	第2部：事例報告
第3回 (関東)	平成30年 2月20日	川崎市産業振興会館	138名 内自治体：48団体	先導的な廃棄物処理に係る事例報告 第3部：事例報告 他のエネルギー回収技術の動向・事例報告

(2) プログラム構成

3会場全体でのプログラム構成を下表に示す。

表V-2 説明会プログラム概要

区分	テーマ・演題	演者	講演のポイント
総論	環境省における廃棄物エネルギーの回収の考え方について	環境省	国の考え方を説明
	廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアルなどの紹介	本事業受注事業者	昨年作成したマニュアルの紹介
事例報告	先導的な廃棄物処理に係る事例報告	自治体（南但広域、南丹市、京都市）	現在稼働中の設備の紹介
		事業者（タクマ、大原鉄工所、クボタ、神鋼環境ソリューション）	現在開発中のプラント構想と実証試験結果の紹介
事例報告	他のエネルギー回収技術の動向事例	自治体（日田市、鹿児島市）	先進的な自治体稼働設備の紹介
		事業者（日立造船、市川環境、川崎技研、東京ガス、三井造船環境エンジニアリング）	バイオマスのエネルギー化設備で先進事例の紹介

各会場のプログラムの詳細は次のとおりである。

平成29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説明会(関西地区)

2017-10-23

環境省

廃棄物資源循環学会

〔趣旨〕 100t /日未満の中小廃棄物処理施設の多くでは、発電やメタン発酵等の廃棄物エネルギーの回収が行われていないことから、温暖化対策の観点から更なる技術的対応が必要とされている。そこで、環境省では、中小廃棄物処理施設による廃棄物エネルギー回収システムの普及加速化に向けた取組等を進めているところである。

このたび、市町村等の担当者等を対象にして、環境省による取組や市町村等の廃棄物系バイオマス等の利活用事例の紹介等を通じて、廃棄物エネルギー回収システムに係る普及啓発を図るための説明会を開催する。市町村等の担当者をはじめ廃棄物処理関係者にはぜひご来場いただき、活発な議論を通して、より良いシステムの構築を図りたい。

〔主催〕 環境省、廃棄物資源循環学会

〔日時〕 2017年12月5日(火) 13:00~16:30 (受付は12:30より開始)

〔会場〕 キャンパスプラザ京都 第3講義室(京都市下京区西洞院通小路下る東塩小路町939)

地図:<http://www.consortium.or.jp/about-cp-kyoto/access> 075-353-9111

〔交通〕 JR京都駅より徒歩5分

〔定員〕 100名(事前申込み制)、自治体関係者を優先

〔会費〕 説明会:無料 説明会後に意見交換会を予定

〔参加申込み〕 学会ホームページ(http://jsmcwm.or.jp/?page_id=) から申込みください

〔プログラム〕

- 13:00~13:10 開会の挨拶 廃棄物資源循環学会 理事 高岡昌輝(京都大学)
- 第1部 廃棄物分野におけるエネルギー回収の必要性と現状 座長 高岡昌輝(京都大学)
- 13:10~13:35 環境省における廃棄物エネルギー回収の考え方
平松 寛章(環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課)
- 13:35~14:00 廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアルの紹介 伊藤恵治((一財)日本環境衛生センター)
- 第2部 先導的な廃棄物処理に係る事例報告(自治体等) 座長 中村一夫((公財)京都高度技術研究所)
- 14:00~14:25 一般廃棄物(生ごみ・紙ごみ)によるメタン発酵及び発電 足立武彦(南但広域行政事務組合)
- 14:25~14:50 南丹市における先導的バイオマス利活用の現状と取組み 渡部春幸(南丹市)
- 14:50~15:15 事例紹介(プラント計画) 京都市の取組み 元部弥(京都市環境局)
- 15:15~15:30 休憩
- 第3部 他のエネルギー回収技術の動向・事例 座長 友田啓二郎((株)東和テクノロジー)
- 15:30~15:55 日立造船の取組み(秋田バイオガス発電所) 芝田賢二(日立造船㈱環境事業本部)
- 15:55~16:20 市川環境エンジニアリングの取組み(バイオエナジー(株)の事例紹介)
中新田直生(㈱市川環境エンジニアリング)
- 16:20~16:30 閉会の挨拶 環境省

平成29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説明会(九州地区)

2017-10-25

環境省

廃棄物資源循環学会

[趣旨] 100t /日未満の中小廃棄物処理施設の多くでは、発電やメタン発酵等の廃棄物エネルギーの回収が行われていないことから、温暖化対策の観点から更なる技術的対応が必要とされている。そこで、環境省では、中小廃棄物処理施設による廃棄物エネルギー回収システムの普及加速化に向けた取組等を進めているところである。

このたび、市町村等の担当者等を対象にして、環境省による取組や市町村等の廃棄物系バイオマス等の利活用事例の紹介等を通じて、廃棄物エネルギー回収システムに係る普及啓発を図るための説明会を開催する。市町村等の担当者をはじめ廃棄物処理関係者にはぜひご来場いただき、活発な議論を通して、より良いシステムの構築を図りたい。

[主催] 環境省、廃棄物資源循環学会

[日時] 2018年1月17日(水) 13:00~16:15 (受付は12:30より開始)

[会場] 九州大学西新プラザ 大会議室A、B (福岡市早良区西新2-16-23)

地図: <http://nishijinplaza.kyushu-u.ac.jp/access.html>

[交通] 地下鉄、「西新」駅下車、⑦番出口より徒歩約10分

[定員] 100名(事前申込み制)、自治体関係者を優先

[会費] 説明会:無料 説明会後に意見交換会を予定

[参加申込み] 学会ホームページ (http://jsmcwm.or.jp/?page_id=...) から申込みください

[プログラム]

- 13:00~13:10 開会の挨拶 廃棄物資源循環学会 会長 島岡隆行(九州大学)
- 第1部 廃棄物分野におけるエネルギー回収の必要性と現状 座長 島岡隆行(九州大学)
- 13:10~13:35 環境省における廃棄物エネルギー回収の考え方
平松 寛章(環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課)
- 13:35~14:00 廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアルの紹介 伊藤恵治((一財)日本環境衛生センター)
- 第2部 先導的な廃棄物処理に係る事例報告(各事業者) 座長 長田守弘(新日鉄住金エンジニアリング㈱)
- 14:00~14:20 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 高橋倫広((株)大原鉄工所)
- 14:20~14:40 流動床ガス化とメタン発酵のコンバインドプロセスの要素技術検証
細田博之((株)神鋼環境ソリューション)
- 14:40~14:50 休憩
- 第3部 他のエネルギー回収技術の動向・事例 座長 中山裕文(九州大学)
- 14:50~15:15 日田市における再生可能エネルギーの活用について~バイオマス発電の取組み
江田徳浩(日田市)
- 15:15~15:40 ごみ焼却施設におけるバイナリー発電設備の運転事例紹介
國信雅昭((株)川崎技研)
- 15:40~16:05 鹿児島市新南部清掃工場(ごみ焼却施設・バイオガス施設)整備について
鷲尾健郎(鹿児島市)
- 16:05~16:15 閉会の挨拶 環境省

平成29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説明会(関東地区)

2017-12-19

環境省

廃棄物資源循環学会

〔趣旨〕 100t /日未満の中小廃棄物処理施設の多くでは、発電やメタン発酵等の廃棄物エネルギーの回収が行われていないことから、温暖化対策の観点から更なる技術的対応が必要とされている。そこで、環境省では、中小廃棄物処理施設による廃棄物エネルギー回収システムの普及加速化に向けた取組等を進めているところである。

このたび、市町村等の担当者等を対象にして、環境省による取組や市町村等の廃棄物系バイオマス等の活用事例の紹介等を通じて、廃棄物エネルギー回収システムに係る普及啓発を図るための説明会を開催する。市町村等の担当者をはじめ廃棄物処理関係者にはぜひご来場いただき、活発な議論を通して、より良いシステムの構築を図りたい。

〔主催〕 環境省、廃棄物資源循環学会

〔日時〕 2018年2月20日(火) 13:30~18:00 (受付は13:10より開始)

〔会場〕 川崎市産業振興会館大ホール (神奈川県川崎市幸区堀川町66番地20)

地図：<http://www.kawasaki-net.ne.jp/kaikan/access.html>

〔交通〕 JR川崎駅西口より徒歩8分、京急川崎駅より徒歩7分

〔定員〕 150名(事前申込み制)、自治体関係者を優先

〔会費〕 説明会：無料 説明会後に意見交換会を予定

〔参加申込み〕 学会ホームページ (http://jsmcm.or.jp/?page_id=...) から申込みください

〔プログラム〕

- 13:30~13:40 開会の挨拶 廃棄物資源循環学会 理事 酒井伸一(京都大学)
- 第1部 廃棄物分野におけるエネルギー回収の必要性と現状 座長 酒井伸一(京都大学)
- 13:40~14:05 環境省における廃棄物エネルギー回収の考え方
瀬川恵子(環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課長)
- 14:05~14:30 廃棄物系バイオマス活用導入マニュアルの紹介 伊藤恵治((一財)日本環境衛生センター)
- 第2部 先導的な廃棄物処理に係る事例報告(各事業者) 座長 中村一夫((公財)京都高度技術研究所)
- 14:30~14:50 CO₂分離膜を適用した次世代低炭素型高効率バイオガス発電システム及びコンバインドシステム 加藤考太郎((株)タクマ)
- 14:50~15:10 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 高橋倫広((株)大原鉄工所)
- 15:10~15:30 メタンガス化+焼却コンバインドシステムの中小廃棄物処理施設への適用性検討 村木謙吾((株)クボタ)
- 15:30~15:50 流動床ガス化とメタン発酵のコンバインドプロセスの要素技術検証 細田博之((株)神鋼環境ソリューション)
- 15:50~16:00 休憩
- 第3部 他のエネルギー回収技術の動向・事例 座長 友田啓二郎((株)東和テクノロジー)
- 16:00~16:25 膜分離方式を用いたバイオガス精製システム開発の紹介 小山俊彦(東京ガス株)
- 16:25~16:50 小規模ごみ焼却施設における発電設備の運転事例紹介 松島泰生(三井造船環境エンジニアリング株)
- 第4部 パネルディスカッション
- 16:50~17:50 コーディネーター：酒井伸一(京都大学) パネラー：上記講演者
- 17:50~18:00 閉会の挨拶 瀬川恵子(環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課長)
- 18:30~20:00 意見交換会 ラ・リビエール <https://www.hotpepper.jp/strJ000207986/>

(3) アンケート結果

参加申込者の中から自治体関係者にアンケートを発信し、回答を得た。

この回答を基に、パネルディスカッションを進めた。

アンケートの回収率を下表に示す。

3 か所で 117 名に発信し回収は 29 件で回収率は 25%であった。関心は示された。

開催場所	発信数	回答数	回収率 (%)
京都	41	7	17
福岡	28	5	18
川崎	48	17	35
計	117	29	25

質問事項と主な回答を以下に列記する。

<アンケートの質問事項と主な回答>

- ① 中小施設におけるエネルギー回収に関する取組みの現状
 - ・まだ取組み自体が非常に少ない
 - ・設備設置は、福岡市、岡谷市、町田市、小山広域
 - ・計画中は、若狭広域、天山地区、有明生活、福岡市、岡谷市、東金市、柏崎市、野田市、
 - ・温水利用は、高島市、柏崎市、八王子市、
- ② 廃棄物系バイオマスに係る導入マニュアルや施設整備マニュアルの利活用の状況
 - ・柳川市、町田市、柏崎市、三重県などで活用回答あり
 - ・柳川市は新ごみ焼却炉の建設に利用
- ③ 中小施設におけるエネルギー回収導入に際しての課題と問題点
 - ・回答の関心は、まず設備導入の経済性（費用対効果）であり、不安あり
- ④ 国等に期待する支援体制や要望
 - ・国庫補助の強化につきる。地域事情に合わせた手厚い支援を希望している。
 - ・先進事例、成功事例などの技術的支援

今後必要と考えられる技術開発要素

- ・廃棄物エネルギーを一般家庭へ供給できる仕組みづくり
- ・小規模の焼却施設でも効率的に安定的な発電が可能な設備
- ・計画地近辺に供給施設がない場合の利活用技術
- ・高効率発電技術
- ・焼却灰などの灰を活用したエネルギー回収技術
- ・バイナリー発電のような低温発電技術の効率化、低コスト化
- ・スマートグリッドなどの受給バランス技術
- ・メタン発酵時に発生する液肥などの有効利用技術

- ・バイオマス発電で、発酵不適物（衣類、雑誌等）が混入した場合のシステム保守技術
 - ・ボイラー以外の発電技術
 - ・高温高圧ボイラ、低空気比燃焼、低温エコノマイザ
 - ・エネルギー回収効率向上とメンテナンスコストの低減
 - ・におい問題の解決
- ⑤ その他 今後の検討に必要な情報やご意見を自由にお書きください
- ・中小エネルギー回収施設の事例集がほしい。
 - ・発電と熱利用の最適化システム

（４）開催結果の広報

開催内容を記録記事にまとめた。

今後、廃棄物資源循環学会誌平成 30 年 No3 号（6 月刊行予定）に掲載予定。

また、関西地区での説明会記事が環境産業新聞社ウエイトマネジメント 12 月 5 日号に掲載された。

各会場の記録記事を参考資料として巻末に示す。

VI. 検討会の設置・運営

1. 検討会の設置・運営

本業務の実施にあたって、学識経験者、地方公共団体及び廃棄物処理関係団体関係者等を含む検討会を設置し、調査・検討について必要な助言を受けた。検討会委員は10名程度、開催回数は3回程度とし、原則として東京23区内で開催した。

(1) 検討会委員

表VI-1 検討会委員名簿

氏名	所属・役職
荒井 喜久雄	(公社) 全国都市清掃会議 技術指導部長
岡庭 良安	(一社) 地域環境資源センター地域環境資源研究所バイオマスチームリーダー
倉持 秀敏	(国研) 国立環境研究所 基盤技術・物質管理研究室 室長
酒井 伸一【座長】	京都大学環境安全保健機構附属環境科学センター センター長、教授
高岡 昌輝	京都大学大学院地球環境学堂兼工学研究科 教授
中村 一夫	(公財) 京都高度技術研究所バイオマスエネルギー研究企画部長
平田 幸三	萩・長門清掃一部事務組合 事務局長
保延 和義	(一社) 日本環境衛生施設工業会 技術委員会 委員長
和田野 喜一	宮津与謝環境組合 事務局長

(オブザーバ)

小林 拓朗	(国研) 国立環境研究所 国際廃棄物管理技術研究室 主任研究員
矢野 順也	京都大学環境安全保健機構附属環境科学センター 助教

(2) 検討会開催経過

検討会は、平成28年9月、12月及び平成29年1月の3回に渡って開催した。

各検討会の開催経過は下表のとおりである。

表VI-2 検討会開催経過

検討会	検討内容
第1回検討会	<ul style="list-style-type: none"> ○検討会について ○実施計画について <ul style="list-style-type: none"> ①調査概要とスケジュールについて ②中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収方策等の調査検討について ③廃棄物系バイオマス利活用ロードマップの進捗評価について ④説明会について

	○中小廃棄物処理施設における先導的廃棄物処理システム化等評価・検証事業」の採択事業者等ヒアリング
第2回検討会	○中間報告について ①中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収方策等の調査検討について ②廃棄物系バイオマス利活用ロードマップの進捗評価について ③説明会について
第3回検討会	○調査報告について ①中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収方策等の調査検討について ②説明会について

第1回検討会

日時 平成29年9月28日(木) 13時00分～16時00分

場所 田中田村町ビル 5F会議室5A

第2回検討会

日時 平成29年12月5日(火) 9時30分～10時50分

場所 キャンパスプラザ京都 2階第1会議室

第3回検討会

日時 平成30年3月9日(金) 13時30分～15時30分

場所 航空会館 B101会議室

2. ワーキンググループの設置・運営

検討会を通して委員から指摘された主な事項と、これに対する対応（本業務への反映等）の経過を以下に示す。

（1）目的

廃棄物管理分野においては、3Rのうち、発生抑制、再利用といった2Rをさらに重点的に進化させていく資源循環システムの構築が求められる。また、平成28年に発効したパリ協定を踏まえより一層の地球温暖化対策のための施策を講じていくことが必要とされている。

これらの背景のもと、廃棄物管理体系の中でも2Rの適用が遅れている家庭から排出される生ごみについては、環境省により家庭を中心に発生する廃棄物系バイオマスの利活用を促進するための調査や政策設計が進められてきた。また、エネルギー回収が進んでいない100t未満の中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収方策についても技術的検討がはじめられたところである。

廃棄物系バイオマスは、基本的にカーボンフリーであり再生可能なエネルギー源としての活用が可能であることから、生ごみ等の廃棄物系バイオマスの利活用と地球温暖化対策は、今後の廃棄物管理分野における両輪として進展させることが有効であると考えられる。

本タスクチームは、上記の認識のもと、当面、2Rの適用が遅れている生ごみを中心とした廃棄物系バイオマスを対象に資源循環システムの適用を推進していくための慣行、技術について検討を行うとともに、100t未満の中小廃棄物処理施設におけるエネルギー回収方策に関する調査、検討を行うことにより、廃棄物系バイオマスの資源効率に優れ地球温暖化対策に貢献できるシステムの議論を重ねていくことを目的とする。

（2）メンバーの構成

昨年度において一般社団法人廃棄物資源循環学会内に設置された「バイオマス資源循環システム検討タスクチーム」メンバーを中心とし、必要に応じてオブザーバ等の参加を得るものとした。

- ① 検討会委員（オブザーバとして参加）
- ② ワーキンググループメンバー
 - ・共同座長：学会長及び学会副会長
 - ・有識者
 - ・行政代表メンバー：全国都市清掃会議からの推薦
 - ・プラントメーカーメンバー
 - ・コンサルタントメンバー

表VI-3 ワーキンググループ名簿

【有識者・行政】

所 属	氏 名	備考
京都大学環境安全保健機構附属環境科学センター長、教授	酒井 伸一	
京都大学大学院地球環境学堂資源循環科学論分野 教授	高岡 昌輝	
(公財) 京都高度技術研究所 バイオマスエネルギー研究部 部長	中村 一夫	
(一社) 廃棄物資源循環学会 会長	島岡 隆行	座長
(一社) 廃棄物資源循環学会 副会長	長田 守弘	座長
(一社) 廃棄物資源循環学会 副会長	吉岡 敏明	
京都大学 環境安全保健機構附属環境科学センター 助教	矢野 順也	
(公社) 全国都市清掃会議 技術指導部長	荒井 喜久雄	

【プラントメーカー】

所 属	氏 名	備考
川崎重工業(株) プラント・環境カンパニー 環境プラント総括部 環境プラント部 基幹職	竹田 航哉	
クボタ環境サービス(株) 水処理営業部 兼 水処理プラント部 担当部長	岩尾 充	
JFEエンジニアリング(株) 都市環境本部 戦略技術チーム 課長	森下 桂樹	
(株) 神鋼環境ソリューション 環境プラント技術本部 技術統括部 次長	秩父 薫雅	
新日鉄住金エンジニアリング(株) 環境ソリューション事業部 事業企画室 シニアマネージャー	小野 義広	
水ing(株) 技術・開発本部 設計・技術統括 副統括	石川 康誠	
(株) タクマ プロジェクトセンター 環境技術1部2課 課長	増田 孝弘	
日立造船(株) 環境事業本部 水処理設計部 エンジニアリング統括	小林 英正	
日立造船(株) 環境事業本部 環境プラント計画部 部長代理	嶋崎 伸吾	
(株) 川崎技研 技術本部 プラント計画部 部長	高木 修一	
三井造船環境エンジニアリング(株) 技術開発部 主管	松島 泰生	
荏原環境プラント(株) 営業本部 プロジェクト営業部	原 靖彦	
栗田工業(株) プラント事業本部プラント第一部門 主任技師	石橋 保	

【コンサルタント】

所 属	氏 名	備考
(株) エックス都市研究所 環境エンジニアリング事業本部 主任研究員	秦 三和子	
(株) エイト日本技術開発 東京支社 都市環境・資源・マネジメン ト部 資源循環グループ プロジェクトマネージャー	中尾 晴彦	
(株) 建設技術研究所 東京本社 地球環境センター グループリーダー	萬條 和広	
パシフィックコンサルタンツ(株) 環境創造事業本部 資源循環マネジメント部 環境 FLESS 室 室長補佐	中尾 剛	
八千代エンジニアリング(株) 総合事業本部環境施設部第一課 主幹	國安 弘幸	
国際航業(株) 技術サービス本部 環境保全部 副部長 兼 資源循環推進グループ長	葛畑 秀亮	
復建調査設計(株) 環境部 新エネ・資源循環課 課長	井上 陽仁	
(株) 東洋設計 技術本部企画室 グループリーダー	西嶋 真幸	

(株) 日水コン 事業統括本部環境・資源部技術第二課 課長	河添 智	
(株) 三菱総合研究所 環境・エネルギー事業本部 サステナビリティグループ 主席研究員	古木 二郎	

4. 環境省

所 属	氏 名	備考
環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課 課長補佐	工藤 喜史	
環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課 課長補佐	平松 寛章	
環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課 主査	田中 吉隆	
環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課	川上 大二	

5. 事務局

所 属	氏 名	備考
(一社) 廃棄物資源循環学会 事務局長	早田 輝信	
(一社) 廃棄物資源循環学会 事務局	松田 裕子	
(一社) 廃棄物資源循環学会 事務局	友田 啓二郎	
(一社) 廃棄物資源循環学会 事務局	毛利 紫乃	
(一社) 廃棄物資源循環学会 事務局	中田 直美	
(一社) 廃棄物資源循環学会 事務局	佐伯 亜由美	
(一財) 日本環境衛生センター 部長	伊藤 恵治	
(一財) 日本環境衛生センター 課長	溝田 健一	
(一財) 日本環境衛生センター 主任	庄司 貴	
(一財) 日本環境衛生センター	丸山 友紀	

(3) ワーキンググループの開催経過

【第1回】

日 時	平成 29 年 9 月 28 日(木) 16 時 20 分～17 時 50 分
開催場所	田中田村町ビル（新橋会議室）5 F 会議室 5 A 東京都港区新橋 2-12-15
内 容	1. 委員紹介及び座長選任 2. 平成 29 年度の進め方 3. 各委員からの関連情報の提供について

【第2回】

日 時	平成 29 年 12 月 5 日(火) 11 時 00 分 ～12 時 00 分
開催場所	キャンパスプラザ京都 2 階第 1 会議室 京都市下京区西洞院通塩小路下る東塩小路町 9 3 9
内 容	1. 中間報告について 2. 今後の課題等

参考資料 1 学術論文の検索結果リスト

検索にあたっては以下のキーワードを適宜組み合わせで行った。

対象・関連語	概念	技術
廃棄物 処理 技術 焼却 ごみ処理場 一般廃棄物 最新次世代型 ごみ 市民意識 受け入れ 等	エネルギー回収 ごみ発電 熱回収 エネルギー再生 低炭素 再生可能エネルギー 等	メタンガス化 ガス化 ガス化熔融 燃料化 流動床 メタン発酵 炭化 燃料化 分別 選別 等

検索エンジン CiNii キーワードの組み合わせによる検索結果の傾向（スクリーニング作業）

キーワード		年代報数	備考：
エネルギー回収・技術・廃棄物 ※リスト添付	109 報	1974-1 報 1980-10 報 1990-18 報 2000-42 報 2010-38 報	半数ほどが関連文献とみられる 一廃汚泥の科技庁による特集が組まれている
エネルギー再生・廃棄物	14 報	1995-9 報 2000-3 報 2010-2 報	畜産・コジェネレーション・消化ガス運転実績 ファンド等意識調査・食品残差
ガス化 廃棄物	952 報		2 割ほどが関連文献とみられる
メタン ごみ 発電	53 報	1993-1 報 2000-23 報 2010-49 報	「ごみ」名称は市民、自治体系が引っかけやすい またごみ、と廃棄物を併記しないものは抜け落ちるので組み合わせは可能な限り行う
ガス化 ごみ	383 報		上記同

リスト例（Key エネルギー回収・技術・廃棄物）：

著者名 論文名 雑誌名 出版者名

1. 青木 勇, 次世代型流動床式焼却炉における高効率エネルギー回収に向けた取組み（特集 廃棄物処理システムの最新技術動向），都市清掃 = Journal of Japan Waste Management Association, 全国都市清掃会議
2. 岡本 哲志, 大竹 正寿, 津田 謹郎, 原田 達也, 須和部 益通, 谷野 真史, 鈴木 正史, 新規な微生物固定化接触材を利用したメタン発酵装置の開発，静岡県工業技術研究所研究報告，静岡県工業技術研究所企画調整部
3. 鈴木 昌治, 特別講演 食品廃棄物からのクリーンエネルギー回収型発酵技術の開発（日本醤油技術センター通信 第 84 回醤油研究発表会プログラム(平成 29 年 6 月東京大会)），醤油の研究と技術，日本醤油研究所

4. 松本 信行, 触媒を用いた水熱ガス化処理による有機廃水からの燃料ガスの創出, 紙パ技協誌, 紙パ
ルプ技術協会
5. 鈴木 保菜実, 秋月 真一, 城尾 弘美, 小山 光彦, フェルナンデス ポランコ フェルナンド, ムニョス ト
ーレ ラウル, 戸田 龍樹, 異なる水蒸気爆砕条件で処理した難分解性水草のメタン生成能の評価, 廃
棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
6. 大泉 雅伸, 臼井 肇, 泉谷 亨, 黒木 洋志, 平敷 勇, 古川 誠司, オゾンによる余剰汚泥の高効率可溶化技
術とその応用, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
7. 砂田 浩志, 井上 尚子, 伊藤 正, 木下 民法, 次世代型流動床式燃焼炉における低空気比運転, 廃棄物資
源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
8. 荒木 浩太朗, 中尾 彰文, 山本 祐吾, 吉田 登, GHG削減を最大とする下水汚泥燃料の産業などへの配
分に関する研究, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
9. 谷垣 信宏, 坂田 和昭, 高効率発電に関するガス化技術の動向 (特集 廃棄物の熱処理とエネルギー回
収を取り巻く動向について), 廃棄物資源循環学会誌 = Material cycles and waste management
research, 廃棄物資源循環学会
10. 古林 通孝, 辻 勝久, 田熊 昌夫, 国外の廃棄物焼却炉における高効率発電のための焼却技術 (特集 廃
棄物の熱処理とエネルギー回収を取り巻く動向について), 廃棄物資源循環学会誌 = Material cycles
and waste management research, 廃棄物資源循環学会
11. 宇野 晋, 高効率発電のための廃棄物処理技術の動向 (特集 廃棄物の熱処理とエネルギー回収を取り
巻く動向について), 廃棄物資源循環学会誌 = Material cycles and waste management research,
廃棄物資源循環学会
12. 横山 唯史, 高岡 昌輝, 高効率ごみ発電技術の普及に対する交付金制度の役割 (特集 廃棄物の熱処理
とエネルギー回収を取り巻く動向について), 廃棄物資源循環学会誌 = Material cycles and waste
management research, 廃棄物資源循環学会
13. 中村 浩平, 高効率ごみ発電施設からエネルギー回収型廃棄物処理施設へ, 清掃技報, 東京二十三区
清掃一部事務組合総務部
14. 富山 茂男, 家山 一夫, 山田 一男, 木田 建次, 都市域廃棄物からのバイオマス二段階原燃料化システム
実証研究, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
15. 中村 真人, 山岡 賢, 相原 秀基, 柚山 義人, 折立 文子, メタン発酵槽内に蓄積する物質の成分的特徴,
農村工学研究所技報, 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所
16. 奥田 拓也, 吉田 登, 金子 泰純, 山本 祐吾, 小川 宏樹, 清掃工場への乾式メタン発酵導入によるエネ
ルギー回収可能量の基礎的検討—和歌山県を対象として—, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集,
一般社団法人 廃棄物資源循環学会
17. 中山 伸吾, 長尾 竜二, 浅岡 幸基, 大迫 政浩, 川本 克也, 低炭素社会実現のための複合型廃棄物処理シ
ステム導入に関する調査研究, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循
環学会
18. 中・北空知廃棄物処理広域連合, 高カロリーごみに対応した都市ごみ焼却施設 (特集 ごみ焼却とエ
ネルギー回収の技術動向), 都市清掃 = Journal of Japan Waste Management Association, 全国都
市清掃会議

19. 川本 克也, ガス化改質を核とした廃棄物の処理とエネルギー回収技術の動向 (特集 ごみ焼却とエネルギー回収の技術動向), 都市清掃 = Journal of Japan Waste Management Association, 全国都市清掃会議
20. 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課, 廃棄物処理におけるごみ発電の方向性について (特集 ごみ焼却とエネルギー回収の技術動向), 都市清掃 = Journal of Japan Waste Management Association, 全国都市清掃会議
21. 稲森 悠平, 鈴木 理恵, 稲森 隆平, 特論 バイオマスからの水素・メタン発酵クリーンエネルギー回収技術 (特集 廃棄物処理施設の維持管理体系(理論と実際)・施設編(その2)) -- (有機性廃棄物資源化施設), 環境技術会誌, 日本廃棄物処理施設技術管理者協議会
22. 山脇 隆, 海外の廃棄物事情 ドイツ・フランスの廃プラのエネルギー回収の方向性を見る, 環境技術会誌, 日本廃棄物処理施設技術管理者協議会
23. 富山 茂男, 林 俊介, 竹田 昌弘, 家山 一夫, 山田 一男, 木田 建次, 一般廃棄物からのバイオエタノール製造におけるエネルギーおよびコスト試算, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
24. 張 其武, 齋藤 文良, 混合粉碎と低温加熱による廃棄物処理とエネルギー回収 (特集 持続社会を支える粉体技術の創成), ケミカルエンジニアリング, 化学工業社
25. 川本 克也, 廃棄物焼却処理とエネルギー回収技術 : 現状と将来像 (焼却炉技術と関連機器), 産業と環境, 産業と環境
26. 松本 崇, 海外の廃棄物事情 米国における廃棄物処理及び廃棄物エネルギー回収(Waste to Energy)の現状について, 環境技術会誌, 廃棄物処理施設技術管理協会
27. 加茂 徹, 未利用資源からの電力・エネルギー回収, 廃棄物資源循環学会誌 = Material cycles and waste management research,
28. 齋藤 耕平, 中村 明靖, 志田 洋介, 幡本 将史, 若山 樹, 今田 美郎, 小笠原 渉, 山口 隆司, セルロース系バイオマスからの資源回収技術の評価, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
29. 古林 通孝, 臼谷 彰浩, 濱 利雄, 杉村 枝里子, 重曹の脱塩・脱硫性能の推定, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
30. 増井 芽, 村田 豊, 田中 努, 神原 信志, 励起アンモニアによる低温無触媒脱硝法の開発, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
31. 大平 辰朗, 未利用バイオマス資源から得られる有用成分, におい・かおり環境学会誌, 社団法人 におい・かおり環境協会
32. 時 秀樹, 畠田 裕久, 道満 善弘, 佐藤 学, O-403 ソース製造廃棄物を用いたバイオガス発電のエネルギー回収利用試験(セッション4:技術3:バイオリファイナリー・生物化学的変換, 研究発表, (口頭発表)), バイオマス科学会議発表論文集, 一般社団法人日本エネルギー学会
33. 矢野 順也, 平井 康宏, 酒井 伸一, 出口 晋吾, 中村 一夫, 堀 寛明, 都市ごみ中の厨芥類および紙類の利用システムによる温室効果ガスの削減効果, 廃棄物資源循環学会論文誌 = Journal of the Japan Society of Material Cycles and Waste Management, Japan Society of Material Cycles and Waste Management

34. 中山 伸吾,川本 克也, 廃棄物等からのエネルギー回収技術と将来展望に関する調査研究, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
35. 矢野 順也,平井 康宏,酒井 伸一,出口 晋吾,中村 一夫,堀 寛明, 都市ごみ中の厨芥類および紙類の利用システムによる温室効果ガスの削減効果, 廃棄物資源循環学会論文誌 = Journal of the Japan Society of Material Cycles and Waste Management, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
36. 福井 久智, 次世代の材料・技術 廃棄物系バイオマスからのエネルギー回収技術--嫌気性消化システムの設計手法, 土木技術, 土木技術社
37. ロジオノフ ミハイル,中田 俊彦,古林 敬頭, 217 エネルギー回収を考慮したロシアの一般廃棄物処理システムの最適設計と性能評価(廃棄物発電・バイオマス発電,熱利用技術), 環境工学総合シンポジウム講演論文集, 一般社団法人日本機械学会
38. 福井 久智, 有機性廃棄物からのバイオマスエネルギー回収技術, 電力土木 = Electric power civil engineering, 電力土木技術協会
39. 山澤 哲,上野 嘉之,下山 武文, 廃棄物系バイオマスを原料とする微生物燃料電池の研究開発--実用化に向けた基礎的検討, 鹿島技術研究所年報, 鹿島技術研究所
40. 岡島 いづみ,佐古 猛, 二段式亜臨界水中燃焼法とバイオマス廃棄物のエネルギー回収への利用 (特集 超臨界流体--ここまでの技術開発・応用性), 工業材料, 日刊工業出版プロダクション
41. 山口 隆司, 廃水や廃棄物からのメタン・エネルギー回収技術の現状と課題, 財団法人環境地質科学研究所研究年報, 環境地質科学研究所
42. 張 会均,松藤 敏彦, 異なる堆肥施設における物質収支, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
43. 黄 仁姫,川本 克也, バイオマス・プラスチック系廃棄物の熱分解・ガス化反応における生成物の物質収支および基礎特性, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
44. 佐々木 康成,森 豊,富内 芳昌, 担体充填型高速メタン発酵による下水汚泥からのエネルギー回収技術の開発, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 廃棄物学会
45. ユ ヤ,佐藤 茂夫, ミャンマーにおける地域バイオマスからのエネルギー回収の可能性評価, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
46. 稲森 悠平,李 東烈,徐 開欽,蛭江 美孝,Chu Chun Feng, 水素・メタン二段発酵による食品廃棄物からのエネルギー回収技術の開発, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
47. 二條 久男,西嶋 真幸,深澤 愛, 「先進型高効率乾式メタン発酵システム実験事業」(第2報) —実験事業の概要及び実験システムの運転状況, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
48. 矢野 順也,出口 晋吾,平井 康宏,酒井 伸一, 廃木材利用システムのシナリオ比較, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
49. 佐々木 康成,森 豊,富内 芳昌,丸山 茂,清水 康次,水田 健太郎, 担体充填型高速メタン発酵による下水汚泥からのエネルギー回収技術の開発, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
50. 小野 透, 製鉄業における温室効果ガス削減に向けた取り組み, 紙パ技協誌, JAPAN TECHNICAL

ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY

51. 松永 康平,井原 貴行,松岡 慶, 流動床ガス化技術による廃棄物からのエネルギー回収, エバラ時報, 荏原製作所
52. 橋本 治,三橋 博巳, 廃棄物の有効利用と適正処理について(2): 不燃ごみのサーマルリサイクル, 環境の管理: 日本環境管理学会誌 = Journal of RIEMAM, 日本環境管理学会
53. 戸敷 浩介,劉 庭秀,セロナ ケビン ロイ, 開発途上国の大都市における一般廃棄物の適正処理方法に関する研究—モンゴル国ウランバートル市を事例として—, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
54. 鹿島 裕之,東城 清秀,渡邊 兼五, 水素発酵に用いる嫌気性マイクロフローラの優占化手法の検討, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 一般社団法人 廃棄物資源循環学会
55. 岡島 いづみ,佐古 猛,隅倉 光博, 3-43 二段式水熱酸化によるバイオマス廃棄物の分解・熱エネルギー回収技術((11)水熱反応 1,Session 3 バイオマス等,研究発表(口頭発表)), 日本エネルギー学会大会講演要旨集, 一般社団法人日本エネルギー学会
56. 澤原 大道, 下水汚泥消化工程からのエネルギー回収 (特集/汚泥・有機性廃棄物の減量化・資源化技術), 用水と廃水, 産業用水調査会
57. Hitz 日立造船(株), Hitz 日立造船(株) 廃棄物処理施設におけるエネルギー回収技術 (特集 循環型社会へ向けた施設整備の'強化書' 多様化する技術を集約 プラントメーカーの技術集), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
58. タクマ, (株)タクマ タクマの高効率エネルギー回収システム (特集 循環型社会へ向けた施設整備の'強化書' 多様化する技術を集約 プラントメーカーの技術集), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
59. 極東開発工業(株), 極東開発工業(株) 交付金制度に対応するエネルギー回収施設 (特集 循環型社会へ向けた施設整備の'強化書' 多様化する技術を集約 プラントメーカーの技術集), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
60. 荏原製作所, (株)荏原製作所 地域にあった施設提案を—エネルギー回収としてのストーカ/流動床ガス化炉 (特集 循環型社会へ向けた施設整備の'強化書' 多様化する技術を集約 プラントメーカーの技術集), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
61. 雨森 司端利, メンテ研コーナー メタン発酵法による食品廃棄物系バイオマスエネルギー回収事業の現状と課題, 技術と経済, 科学技術と経済の会
62. 姫野 修司,沼田 博次,小松 俊哉,藤田 昌一, 熱分解モデルによる熱分解ガス化溶解処理における熱分解温度が残渣量, 残渣発熱量に与える影響, 廃棄物学会論文誌, Japan Society of Material Cycles and Waste Management
63. 本多 宏明,鈴木 昌治,牧 恒雄, バイオマスからのクリーンエネルギー回収型エタノール発酵システムの開発—食品廃棄物の固体エタノール発酵技術の開発, 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 廃棄物学会
64. 佐古 猛,松永 健吾,相馬 弘幸, 家畜排泄物の超臨界水中燃焼・エネルギー回収技術 (第 14 回廃棄物学会研究発表会), 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 廃棄物学会
65. 橋本 治,三橋 博巳, 都市廃棄物のエネルギー有効利用に関する研究: 焼却施設によるエネルギー収支と経済性評価, 環境の管理: 日本環境管理学会誌 = Journal of RIEMAM, 日本環境管理学会

66. 奥野 芳男,李 玉友,佐々木 宏,関 廣二,上垣内 郁夫, 生ごみと汚泥を混合処理する高温高濃度メタン発酵における汚泥比率の影響, 廃棄物学会論文誌, Japan Society of Material Cycles and Waste Management
67. 明石 哲夫,勝呂 洋次,平岡 英伸,灰溶融炉排ガスの高温除塵技術(第13回廃棄物学会研究発表会 講演論文集2)--(焼却灰溶融), 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 廃棄物学会
68. 浜嶋 光洋,三村 良平,下平 和佳子, 厨芥を主体とする生ごみのメタン発酵処理技術(北見市実証試験の報告)(第13回廃棄物学会研究発表会)--(メタン発酵), 廃棄物学会研究発表会講演論文集, 廃棄物学会
69. 竹野 勝彦, メビウスシステム 生ごみとし尿系汚泥の高速メタン発酵処理技術(特集 ニューアース2002--地球環境技術展)--(廃棄物・排水からのエネルギー回収技術), 産業機械, 日本産業機械工業会
70. 荏原製作所, 廃棄物・排水からのエネルギー回収技術(特集 ニューアース2002--地球環境技術展), 産業機械, 日本産業機械工業会
71. 山本 哲也,田仲 弘之,柴田 敏行, 畜産ふん尿等農業廃棄物のリサイクル及び処理プラント(農村領域特集), Kubota technical report, クボタ技術企画室
72. 茂木 幹夫,荘野 幹範, 廃棄物のガス化溶融によるエネルギー回収と炭化燃料化技術(特集 循環社会形成のためのエネルギー回収技術), 粉体と工業, 粉体と工業社
73. 折田 寛彦, 廃棄物処理への燃焼技術の関わり合いの現状と将来展望 エネルギー回収技術の現状と高効率発電, 燃焼研究, 日本燃焼学会事務局
74. 石関 幸一, 廃棄物焼却でのエネルギー回収, 環境技術, 環境技術学会
75. 桂 健治, 食品廃棄物の資源化技術の紹介--メタン発酵によるエネルギー回収, 神鋼パンテック技報, 神鋼パンテック技術開発本部
76. 小谷 康久,吉田 登,金子 泰純, 和歌山県における適用可能な産業廃棄物からのエネルギー回収技術の評価, 廃棄物学会研究発表会講演論文集 = Proceedings of the Annual Conference of the Japan Society of Waste Management Experts, 廃棄物学会
77. 日本包装技術協会 ISOTC122 国内対策委員会, 最新情報 欧州における包装廃棄物関係技術報告書の抄訳(1)CR 1460:1994(包装-使用済み包装からのエネルギー回収), 包装技術, 日本包装技術協会
78. 土井 知之, リネッサシステム 有機性廃棄物のメタン発酵処理技術(特別企画/注目集める混合廃棄物メタン発酵処理技術), 資源環境対策, 環境コミュニケーションズ
79. 日本包装技術協会 ISOTC122 国内対策委員会, 最新情報 欧州における包装廃棄物関係規格案の抄訳(5)prEN 261-237(包装--正味発熱量の最低仕様を含む、エネルギー回収の形で回収し得る包装に対する要求事項), 包装技術, 日本包装技術協会
80. 近藤 元博,浜井 満彦,山口 正隆,森 滋勝,劉 貴慶, 産業廃棄物のエネルギーリサイクルに関する研究-RDFの活用によるエネルギー回収,環境負荷特性の評価-, 自動車技術会論文集, 自動車技術会
81. クリーンで迅速な有機性廃棄物・廃水処理技術を目指して--メタン発酵を用いたエネルギー回収型処理, NIRE ニュース, 資源環境技術総合研究所総務部
82. 近藤 元博,浜井 満彦,山口 正隆, 廃棄物固形燃料によるエネルギー回収、環境負荷特性の評価, トヨタ技術, トヨタ自動車

83. 谷川 昇, 新処理技術の展開, 廃棄物学会誌, Japan Society of Material Cycles and Waste Management
84. ノルウェー、廃棄物からのエネルギー回収プラントを建設, 新エネルギー海外情報, 新エネルギー・産業技術総合開発機構企画部
85. 下田 吉之, 山岸 源, 水野 稔, 40286 リサイクルを考慮した一般廃棄物からのエネルギー回収可能性評価に関する研究: 大阪市における一般廃棄物組成の推定(エネルギー利用システム), 学術講演梗概集. D-1, 環境工学 I, 室内音響・音環境, 騒音・固体音, 環境振動, 光・色, 給排水・水環境, 都市設備・環境管理, 環境心理生理, 環境設計, 電磁環境, 一般社団法人日本建築学会
86. 李玉友, 高濃度 高負荷メタン発酵エネルギー回収システム, ISS 産業科学システムズ主催『有機性廃棄物のメタン発酵エネルギー回収技術』講習会テキスト,
87. 乙間 末広, 森 保文, 麻生 知宣, 鮫島 良二, 高効率化ゴミ発電におけるエネルギー回収と CO₂ 排出量削減効果の推定, 廃棄物学会論文誌, Japan Society of Material Cycles and Waste Management
88. 鍋島 淑郎, RDF(ごみ燃料)の技術評価, 廃棄物学会誌, Japan Society of Material Cycles and Waste Management
89. 原田 吉明, 山崎 健一, 触媒湿式酸化法による汚泥処理適用研究, 廃棄物学会論文誌, Japan Society of Material Cycles and Waste Management
90. 原田 裕昭, 廃棄物の熱分解・熔融・有価物回収システム (ゴミ焼却技術によるエネルギー回収<特集>), 燃料及燃焼, 燃料及燃焼社
91. 折田 寛彦, 海外におけるごみ発電の状況, とくにボイラの状況を中心にして, 廃棄物学会誌, Japan Society of Material Cycles and Waste Management
92. 石井 昇, 都市ごみの固形燃料化技術, 廃棄物学会誌, Japan Society of Material Cycles and Waste Management
93. 山崎 仲道, 水熱プロセスによる廃棄物からの資源・エネルギー回収技術 (環境技術の諸問題<特集>), ケミカルエンジニアリング, 化学工業社
94. 株式会社クボタ, 小特集 廃棄物処理の効率化とリサイクル技術 地域密着型高効率ごみエネルギー回収システム, 環境技術, 環境技術学会
95. 石川島播磨重工業株式会社, 小特集 廃棄物処理の効率化とリサイクル技術 高効率エネルギー回収焼却炉 内部熔融型灰溶融装置による焼却灰の減容化と無害化:—内部熔融型灰溶融装置による焼却灰の減容化と無害化—, 環境技術, 環境技術学会
96. 川口 一, 旋回流型流動燃焼と高効率エネルギー回収 (新しい熱利用技術--未利用エネルギーの活用に向けて)--(流動層燃焼と産業廃棄物のエネルギー利用), 省エネルギー, 省エネルギーセンター
97. 鍋島 淑郎, 排ガス処理 海外における排ガス規制の動向, 廃棄物学会誌, Japan Society of Material Cycles and Waste Management
98. 中津川 直樹, 掘越 弘毅, 特殊環境メタン生成細菌に関する研究 新規菌の探索・分離・同定とその培養特性:新規菌の探索・分離・同定とその培養特性, 化学工学論文集, The Society of Chemical Engineers, Japan
99. 一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー回収利用に関する調査報告--焼却・発電を中心として(科学技術庁・資源調査会「熱回収小委員会」報告)-9完-, 都市と廃棄物, 環境産業新聞社

- 100.一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー-回収利用に関する調査報告--焼却・発電を中心として-8-(科学技術庁・資源調査会「熱回収小委員会」報告), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
- 101.一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー-回収利用に関する調査報告--焼却・発電を中心として-7-(科学技術庁・資源調査会「熱回収小委員会」報告), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
- 102.一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー-回収利用に関する調査報告--焼却・発電を中心として-6-(科学技術庁・資源調査会「熱回収小委員会」報告), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
- 103.一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー-回収利用に関する調査報告--焼却・発電を中心として-5-(科学技術庁・資源調査会「熱回収小委員会」報告), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
- 104.村松 国宏, 廃棄物からのエネルギー回収の現状, 油化学, Japan Oil Chemists' Society
- 105.一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー-回収利用に関する調査報告--焼却・発電を中心として-4-(科学技術庁・資源調査会「熱回収小委員会」報告), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
- 106.一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー-回収利用に関する調査報告--焼却・発電を中心として-3-(科学技術庁・資源調査会「熱回収小委員会」報告), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
- 107.一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー-回収利用に関する調査報告--焼却・発電を中心として-2-(科学技術庁・資源調査会「熱回収小委員会」報告), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
- 108.一般廃棄物・下水汚泥からのエネルギー-回収利用に関する調査報告--焼却・発電を中心として-1-(科学技術庁・資源調査会「熱回収小委員会」報告), 都市と廃棄物, 環境産業新聞社
- 109.熊野谿 従, 米国におけるエネルギー回収システムとしての固形廃棄物処理(都市における災害・公害の防除に関する研究(特集-3-)), 生産研究, 東京大学生産技術研究所

中小施設への導入エネルギー回収システムの評価

1. Fernández-González J.M., Grindlay A.L., Serrano-Bernardo F., Rodríguez-Rojas M.I., Zamorano M. (2017) Economic and environmental review of Waste-to-Energy systems for municipal solid waste management in medium and small municipalities, *Waste Manag.*, 67, 360-374.

熱分解・ガス化施設との連携（発酵残渣のガス化または熱分解、難分解性バイオマスや混合都市ごみの熱分解後の凝縮水のメタン発酵、Syngas のメタン発酵など）

2. Cao Y. and Pawłowski A. (2012) Sewage sludge-to-energy approaches based on anaerobic digestion and pyrolysis: Brief overview and energy efficiency assessment, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1657-1665.
3. Torri C., Fabbri D. (2014) Biochar enables anaerobic digestion of aqueous phase from intermediate pyrolysis of biomass, *Bioresour. Technol.*, 172, 335-341.
4. Monlau F et al., (2015) A new concept for enhancing energy recovery from agricultural residues by coupling anaerobic digestion and pyrolysis process, *Applied Energy*, 148, 32-38.
5. Hübner T and Mumme J (2015) Integration of pyrolysis and anaerobic digestion – Use of aqueous liquor from digestate pyrolysis for biogas production, *Bioresour. Technol.*, 183, 86-92.
6. Li H et al. (2015) Feasibility study on combining anaerobic digestion and biomass gasification to increase the production of biomethane, *Energy Convers. Manag.*, 100, 212–219.
7. Righi S. (2016) Life Cycle Assessment of high ligno-cellulosic biomass pyrolysis coupled with anaerobic digestion, *Bioresour. Technology*, 212, 245-253.
8. Monlau, F. (2016) Toward a functional integration of anaerobic digestion and pyrolysis for a sustainable resource management. Comparison between solid-digestate and its derived pyrochar as soil amendment, *Applied Energy*, 169, 652-662.
9. Fabbri D. (2016) Linking pyrolysis and anaerobic digestion (Py-AD) for the conversion of lignocellulosic biomass, *Current Opinion Biotechnol.*, 38, 167-173.
10. Ramachandriya KD et al. (2016) Critical factors affecting the integration of biomass gasification and syngas fermentation technology. *AIMS Bioeng*, 3, 188–210.
11. Ho S et al. (2017) High-efficiency removal of lead from wastewater by biochar derived from anaerobic digestion sludge, *Bioresour. Technol.*, 246, 142–149.
12. Salman CA et al. (2017) Enhancing biomethane production by integrating pyrolysis and anaerobic digestion processes, *Applied Energy*, 204, 1074-1083.
13. Salman CA (2017) Predictive Modelling and Simulation of Integrated Pyrolysis and Anaerobic Digestion Process, *Energy Procedia*, 105, 850-857.
14. Feng Q and Lin Y. (2017) Integrated processes of anaerobic digestion and pyrolysis for higher bioenergy recovery from lignocellulosic biomass: A brief review, *Renew. Sustain. Energy Reviews*, 77, 1272-1287.
15. Li X. et al. (2017) Effect of anaerobic digestion on sequential pyrolysis kinetics of organic solid wastes using thermogravimetric analysis and distributed activation energy model, *Bioresour. Technol.*, 227, 297-307.

16. Fagbohunge M.O. (2017) The challenges of anaerobic digestion and the role of biochar in optimizing anaerobic digestion, *Waste Manag.*, 61, 236-249.
17. Yao et al. (2017) Anaerobic digestion and gasification hybrid system for potential energy recovery from yard waste and woody biomass, *Energy*, 124, 133-145.
18. Kan X. et al. (2017) Energy performance of an integrated bio-and-thermal hybrid system for lignocellulosic biomass waste treatment, *Bioresour. Technol.*, 228, 77-88.
19. Ho S.H. et al. (2017) High-efficiency removal of lead from wastewater by biochar derived from anaerobic digestion sludge, *Bioresour. Technol.*, 246, 142-149.
20. Schwede S. et al. (2017) Biological Syngas Methanation via Immobilized Methanogenic Archaea on Biochar, *Energy Procedia*, 105, 823-829
21. Guanyi Chen G. (2017) Air gasification of biogas-derived digestate in a downdraft fixed bed gasifier, *Waste Manag.*, 69, 162-169.
22. Phillips JR (2017) Syngas Fermentation: A Microbial Conversion Process of Gaseous Substrates to Various Products, *Fermentation*, 3, 28.
23. Sawatdeenarunat C. (2018) Decentralized biorefinery for lignocellulosic biomass: Integrating anaerobic digestion with thermochemical conversion, *Bioresour. Technol.*, 250, 140-147.
24. Angenent L.T. et al. (2018) Integrating electrochemical, biological, physical, and thermochemical process units to expand the applicability of anaerobic digestion, *Bioresour. Technol.*, 247, 1085-1094.
25. Yang Y. et al., (2018) Slow pyrolysis of organic fraction of municipal solid waste (OFMSW): Characterisation of products and screening of the aqueous liquid product for anaerobic digestion, *Applies Energy*, 213, 158-168.
26. Grimalt-Alemany, A et al. (2018) Syngas biomethanation: state-of-the-art review and perspectives, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 12, 139-158.

焼却施設との連携 (焼却主灰によるバイオガスからの CO₂ と H₂S 除去)

27. Mostbauer P., Lombardi L., Olivieri T., Lenz S. (2014) Pilot scale evaluation of the BABIU process – upgrading of landfill gas or biogas with the use of MSWI bottom ash, *Waste Manag.*, 34, 125-133.

その他施設との連携

28. Wang W., Xie L., Luo G., Zhou Q., Angelidaki I. (2013) Performance and microbial community analysis of the anaerobic reactor with coke oven gas biomethanation and in situ biogas upgrading, *Bioresour. Technol.*, 146, 234-239. (コークス炉とメタン発酵との連携, コークス炉ガスを発酵槽で混合発酵)
29. Ellersdorfer M., Weiß C. (2014) Integration of biogas plants in the building materials industry, *Renew. Energy*, 61, 125-131. (セメント工場とメタン発酵との連携, 熱融通および発酵液由来アンモニアを脱硝剤として再利用)

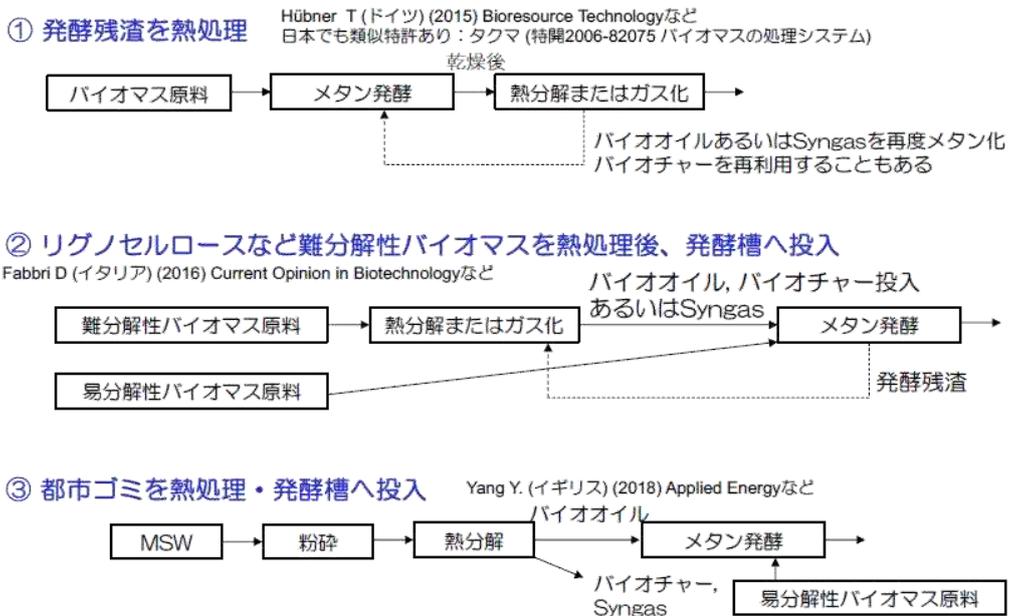
稼働率安定化

30. Carnevale, E., Molari, G., Vittuari, M. (2017) Used Cooking Oils in the Biogas Chain: A Technical and Economic Assessment, *Energies*, 10, 192. (廃油脂をバイオガス生成量安定化のためのストック原料として利用する戦略)

既往研究の分類 - システム、投入原料について

システム	運用内容	投入原料	文献
発酵残渣熱処理	残渣の熱分解	農業残渣	Monlau et al. 2015
	残渣熱分解後の液分を発酵槽へ返送	牛ふん尿+とうもろこし	Hubner et al. 2015
	残渣熱分解+バイオチャーを土壤改良剤に利用	家畜ふん尿+農業残渣+資源化作物	Monlau et al. 2016
	残渣の熱分解	生ゴミ、下水汚泥、牛ふん尿、蒸留かす	Li et al. 2017
	残渣と木質バイオマスの混合ガス化	汚泥と庭塵芥	Yao et al. 2017
	残渣のガス化	農業残渣	Kan et al. 2017
	残渣のガス化	家畜ふん尿と藁	Chen et al. 2017
	残渣の熱分解+バイオチャーを排水中の鉛吸着剤に利用	下水汚泥	Ho et al. 2017
残渣の水熱炭化	資源化作物(ナビアグラス)	Sawatdeenarunat et al. 2017	
熱処理後発酵槽投入	熱分解により生じた液分、バイオチャーをメタン発酵	資源化作物(とうもろこしの茎)を熱分解、易分解バイオマスは直接発酵槽	Torri and Febbri. 2014
	熱分解により生じた液分、Syngas、バイオチャーを全てメタン発酵するシステムを示す	リグノセルロースバイオマスを熱分解、易分解バイオマスは直接発酵槽	Febbri and Torri. 2016 (総説)
	熱分解により生じた液分、Syngas、バイオチャーを全てメタン発酵	資源化作物(とうもろこしの茎)	Righi et al. 2016
	バイオチャーのみ発酵槽へ投入	可燃ごみだけ熱分解、有機性廃棄物はそのまま発酵槽へ	Salman et al. 2017
	バイオチャーを微生物の棲家とする流動床としてSyngasを発酵	可燃ごみだけ熱分解、有機性廃棄物はそのまま発酵槽へ	Schwede et al. 2017
	バイオチャーのみ発酵槽へ投入	可燃ごみ選別後発酵不適物だけ熱分解、発酵適物は発酵槽へ	Salman et al. 2017
熱分解液分をメタン発酵	可燃ごみを一括して熱分解し、バイオチャー以外の液分を発酵槽へ	Yang et al. 2017	
その他	ガス発酵	可燃ごみをガス化、ガス化後のガスを発酵槽へ送るシステムを示す	Phillips et al. 2017 (総説)
	Syngas由来の水素を精製+バイオリクターでバイオガスと混合してガス発酵+高濃度メタンの燃料利用	可燃ごみ選別後発酵不適物だけ熱分解、発酵適物は発酵槽へ	Li et al. 2015

提唱されているラボ、ベンチスケールシステムの分類 (日本ですでにある熱融通以外のシステム)



参考資料 2 説明会記録記事

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説明会（関西地区）

開催報告

1. 開催概要

環境省と（一社）廃棄物資源循環学会の主催で「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説明会」（関西地区）が2017（平成29）年12月5日（火）、キャンパスプラザ京都で開催された。

100トン/日未満の中小規模の廃棄物処理施設の多くで、発電やメタン発酵等のエネルギー回収が行われていない。そのため、特に温暖化対策の観点から更なる技術的対応が必要であり、環境省では廃棄物エネルギー回収システムの普及加速化に向けて取り組んでいる。本説明会は、こうした取り組みや市町村等の廃棄物利活用事例を市町村等の廃棄物処理担当者らを対象に紹介しシステムの普及啓発を図ることを目的として企画された。

当日は会場が満席となる100名を超える参加者があり、本テーマに対する関心の高さが伺えた。説明会は3部構成で行われ、学会理事である京都大学の高岡昌輝先生の開会挨拶で始まった。挨拶の中で、今回の説明会は今年度計画されている全3回のうちの最初の催しであり、関西地域ではメタン発酵を利用したエネルギー回収施設の事例が多くあることから、こうした事例を参考にして今後の普及につなげていただきたいとのコメントがあった。

開会挨拶に引き続き高岡理事が第1部の座長をつとめ、環境省環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課の平松寛章氏の中小規模の処理施設におけるエネルギー回収の現状やエネルギー回収技術の推進方策についての紹介が始まった。第2部では座長の（公財）京都高度技術研究所の中村一夫氏から、先導的な取り組みをしている自治体の紹介があり、続いて自治体から現在、取り組んでいる事例について報告があった。第3部では（株）東和テクノロジーの友田啓二郎氏が座長となり、第3部の狙いを説明するとともに民間事業者からバイオマス資源を利用した事業についての報告があった。以下に各講演の概要をまとめる。



写真1 開会挨拶の様子

2. 講演内容

(1) 第1部 廃棄物分野におけるエネルギー回収の必要性と現状 (座長：高岡 昌輝氏)

環境省における廃棄物エネルギーの回収の考え方について

環境省 平松 寛章氏

環境省では循環型社会、低炭素社会、自然共生社会の構築に向けて、統合的な取り組みを推進している。2015年度の廃棄物分野における温室効果ガス排出量は約3,800万トン程度と国内総排出量の2.9%に相当する。廃棄物分野からの排出量は、これまでの



の取り組みで着実に減少してきているものの、さらなる低減に向けて3Rのより一層の推進と廃棄物エネルギーの回収を進めていく必要がある。一般廃棄物処理における熱回収状況を見ると、発電施設数は近年増加傾向にあり2015年度は全体の3割程度となっている。一方、日量100トン未満の中小規模ではほとんど発電されておらず、エネルギーが無駄になっている（補記：2011年以降に整備された施設では、発電を行う施設は26%まで増加）。このため、特に中小規模を対象にテコ入れを行っているところである。

具体的な推進方策として、市町村等に対する「財政的支援」と「技術的支援」がある。特に技術的支援については、初期費用に集中するが、収集運搬・中間処理・最終処分の各工程で支援策を充実させている。民間事業者も活用できる支援メニューもあることから、関心があれば問い合わせしていただきたい。

今回のテーマでもある中小規模を対象とした取り組みとして「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」を2017年度から実施している。これは、自治体と先導的な技術を有する企業がタイアップして評価を行い、成果や技術的知見を広く水平展開していくことを目指している。なお今年度、採択された事業全4件のうち、3件はメタン発酵関連の技術である。

また、市町村における地球温暖化対策の取り組みを支援するために各種マニュアルを整備しているとともに、廃棄物系バイオマス利活用に関する情報提供サイトも運用している。情報提供サイトは、2年前から取り組んでおり、現在もご意見をいただきながらブラッシュアップしていることから引き続きお願いしたい。（812字）

廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル等の紹介

（一財）日本環境衛生センター 伊藤 恵治氏

環境省では、廃棄物系バイオマスの利活用導入促進に向けて、平成 28 年度に 2 つのマニュアルを整備した。「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル」(以下、導入マニュアル)は基本構想策定の手引きとして、もう 1 つの「メタンガス化施設整備マニ



ュアル(改訂版)(以下、整備マニュアル)は、施設計画の検討用として位置付けている。両マニュアルを活用し、発注準備等を行う段階で全国都市清掃会議が発行している「ごみ処理施設整備の計画・設計要領」を確認することで適切な施設整備が可能となる。

導入マニュアルは、計画条件の設定→現状把握→利活用案の設定→利活用システムの検討→利活用システムの評価と計画策定という流れで構成されている。計画条件の設定～利活用案の設定では、地域の特性に合わせたメタンガス化の方向性を検討し、バイオマス資源の賦存量や将来の利活用可能量の算定と併せて資源化物質等の需要量を推計する。また、次の利活用システムの検討では、処理対象物の性状やごみ収集区分等を考慮して処理方式を選定する。最終の利活用システムの評価と計画策定では、エネルギー回収効果や温室効果ガス削減量といった分析を行うとともに、役割分担や事業実施までのスケジュールを明確にしてバイオマス利活用計画を策定する。

続いて活用する整備マニュアルは、全 5 章で構成されている。第 1 章ではマニュアルの位置づけや検討手順を示している。第 2 章は基本的事項の確認として、処理フローやマテリアルフローについて例示している。続く第 3 章では、計画条件の調査としてメタンガス化+焼却方式(コンバインド方式)における敷地面積の増加等(全量焼却に比べて 2~3 割増程度)について紹介している。第 4 章はメタン発酵設備として完全混合型と押出流れ型の構造例のほかシステムを構成する各設備の説明をし、最終の第 5 章で運転管理上の留意点として、コンバインド方式における定期点検中の運転等についても整理している。(811 字)



写真 2 会場内の様子

(2) 第 2 部 先進的な廃棄物処理に係る事例報告(自治体等)
(座長: 中村 一夫氏)

一般廃棄物(生ごみ・紙ごみ)によるメタン発酵及び発電

南但広域行政事務組合 足立 武彦氏

南但広域行政事務組合は養父市と朝来市で構成している。構成自治体の人口は 5 万 5 千人程度(平成 29 年 10 月末現在)である。熱回収設備とバイオマス設備(メタン発酵設備)それぞれ 1 系列からなる南但クリーンセンターは 2013(平成 25)年 4 月に供用を開始し、これまで約 4 年半稼働してきている。



本方式を選定した理由としては、焼却するごみの量を減らすことができる点や南但地域の施設規模でも発電が可能となることに加えて、ごみの資源化・減量化が進めやすくなることや交付金交付率が高く財政的にもメリットがあることが大きかった。

現在、施設の運転状況は順調である。主要設備の現状と課題ならびにその対策を整理すると以下のようになる。

(機械選別) 発酵処理物の回収率はほぼ設計どおりであり、また住民の分別意識が高いため、不燃物の混入等による大きなトラブルは発生していない。ただし、砂状物の含有のため各部材の摩耗が想定以上となっており、スクリーンの板厚増加や内部へのライン取り付けを実施した。

(発酵) アンモニア阻害や有害物混入による微生物の死滅といった問題は生じていない。また、バイオガス回収量も交付金要件を上回っている。残渣の引抜きなどで砂や小さな金属類による配管閉塞を起こしたことがあり、配管ルートの変更や対策を実施した。

(発電) ガス発電機を 2 台とすることで利用率を高めている。また、電源を分割して FIT 制度を利用した売電を行い、維持管理費の削減を図っている。なお、バイオガス中のシロキサン等が想定していた量よりも多いため、微量有害除去装置の能力を向上させている。

コンバインド方式とすることで、本施設のような小規模施設でも高効率な発電が可能となり、また焼却ごみ量が減ることから CO₂ 排出抑制等の効果がある。(739 字)

南丹市における先進的なバイオマス利活用の現状と取組

南丹市農林商工部農政課 渡部 春幸氏

南丹市は園部町、八木町、日吉町、美山町が合併して平成 18 年に誕生した。現在人口は 3 万 3 千人程度であり、森・里・街がきらめくふるさとを目指している。市では平成 20 年 3 月に策定したバイオマスタウン構想にはじまり、環境基本計画に基づ



き環境政策を進めてきた。また、バイオマス産業都市構想(平成 27 年 7 月)やバイオマス利活用推進計画(平成 28 年 3 月)なども策定し、都市近郊型で地域消費型のバイオマス事業を推進している。利用するバイオマスは家畜排せつ物、食品廃棄物、下水汚泥、木

質バイオマスである。家畜排せつ物は、八木バイオエコロジーセンターにてバイオガス化発電を行っているが、家畜排せつ物を許容量限界まで受け入れており、今後の施設の在り方等を検討する段階にある。食品廃棄物のうち廃食用油の回収については、回収が一部地域に限られているため、参加地域の拡大や回収方法等を考えていく必要がある。また、下水汚泥は管理移管に伴い処理量が増加するため、対応を検討していくことになる。これらのバイオマスは利用率が50%超といずれも高いが、木質バイオマスは利用率が1桁と低く、川上・川下の利活用が課題と考えている。

バイオマス活用事業は自治体単独では難しい面もあるため、連携を図り取組みを強化している。例えば、バイオマス事業推進協議会（会長：南丹市長）は自治体、団体、大学、民間企業で構成されている。南丹市液肥利用協議会は地元の後押しがあって設立されたもので、京都大学もバックアップしてくれている。BDFの流通拡大会議は平成28年度から新たな取組みを展開している。また、経産省や3R研究団、環境省の支援事業により先進的なバイオマス活用技術の実用化によるバイオマス利用プロジェクトの実現を図っている。（737字）

事例紹介（プラント計画） 京都市の取組み

京都市環境政策局適正処理施設部施設建設課 元部 弥氏

京都市では開催都市となった COP3 を契機にバイオディーゼル燃料化事業、バイオガス化技術の実証研究、京都バイオサイクルプロジェクト、都市油田発掘プロジェクトといったバイオマス利活用に取り組んできてきた。こうした取り組みが焼却施設とバイオガス化施設からなる京都市南部クリーンセンター第二工場（仮称）（以下、新工場）の建替整備事業につながったと考えている。



バイオガス化技術の実証研究は平成10年度から開始し、平成11年6月に研究プラントを整備した。平成17年度に実施した家庭ごみの簡易選別の実証試験にて選別効果を確認した。また、平成20年度には家庭ごみの生ごみ分別収集・バイオガス化実験を行った。

新工場は焼却施設（250t/日×2炉）とバイオガス化施設（30t/日※発酵槽入口×2系列）、選別資源化施設、環境学習施設から成り、平成31年度の稼働を目指している。

発注仕様書では、生ごみ等をより効率よく選別するため発酵槽1系列あたり選別機を2系列以上設けることや、地元からの声を反映して選別機は密閉構造とすることを要件とした。また、臭気の発生が想定される設備は建屋内に収納し、室内を負圧に保つことなども要求した。さらにバイオガス化施設には、発酵不適物・発酵残渣の排出が可能であることや、市のバイオディーゼル燃料化施設で発生する廃グリセリン希釈液の処理が可能なものとした。加えてガス貯

留設備は屋外設置として、景観に配慮した囲いも設けることにすることや、電気の逼迫に対応できるようバイオガス発電で発電効率35%以上となることを求めた。

今後の課題としては、特に前処理設備である機械選別の安定稼働と最適化が重要なポイントとして考えている。試運転を通じてしっかりと仕上げていく所存である。（734字）

(3) 第3部 他のエネルギー回収技術の動向・事例

（座長：友田 啓二郎氏）

日立造船の取組み（秋田バイオガス発電所）

日立造船（株） 芝田 賢二氏

日立造船はバイオガス化システムとしてコンポガスシステム、WTMシステム、メビウスシステムを保有している。今回紹介するWTMシステムは、発酵液の循環による無希釈処理と、高温可溶化・酸発酵+中温メタン発酵の二相式発酵が特徴であり、コンパクトな設備でエネルギー消費量が少なく、安定した運転と高効率なエネルギー回収が可能となる。



秋田バイオガス発電所は日立造船のグループ会社である（株）ナチュラルエナジージャパンが秋田市の向浜工業団地内に建設した。ホテルや食品加工会社、学校・病院から排出される食品廃棄物を対象として、2つあるメタン発酵槽で処理する。処理規模は50t/日であり、発電出力は730kW（ガスエンジン：365kW×2機）でFIT認定を受けている。

受入れた原料は選別装置を経て可溶化槽へ送られた後、メタン発酵槽へ供給される。得られるバイオガスは日量7,500m³で、脱硫後にガスエンジンの燃料として利用される。ガスエンジン排ガスから熱回収し、加温用熱源として利用している。メタン発酵槽からの残渣は脱水設備にて汚泥と排水に分離し、汚泥は乾燥設備にて含水率30%程度まで乾燥した後、得られる乾燥汚泥は農地還元される。排水は自社製の幕分離装置にて処理した後、下水道放流している。

本事業による効果として、食品リサイクル法に基づく地域食品循環資源の有効活用や安定的な発電によるCO₂削減効果が挙げられる。また、施設建設時の経済波及効果に加えて、新規雇用の創出として10名程度を地元から雇用する計画である。さらに自治体のごみ処理費用の削減にも貢献できる。（671字）

市川環境エンジニアリングの取組み（バイオエナジー（株））

（株）市川環境エンジニアリング 中新田 直生氏

バイオエナジー（株）は、市川環境エンジニアリンググループがスーパーエコタウン事業者に選定されたことを受けて、2003年に設立した会社である。その後、各種許認可を取得



し2005年度から事業を行っている。首都圏から食品廃棄物を受け入れ、メタン発酵処理しバイオガス発電とガス製造をしている。先行事例がない計画当時は、事業としてハードルが高い等色々な意見があったが、これまで10年以上運営できているのは、システム計画時がポイントだったと考えているので紹介する。

受入れる原料に異物混入の懸念があったことから、アンモニア阻害を回避するため中温発酵を採用するとともに、安定運転を確保する観点で処理規模(100t/日)を選定した。バイオガス発電として、当初燃料電池(MCFC)もあったが諸事情により現在は無い。ただし、安定性やコスト面で非常に優れていたことから機会があれば採用したいと考えている。現在、売電はFIT制度を活用している。元々は余剰電力のみを売却していたが、2系統工事を行ってからは発電した電力のほぼ全量を売っている。また、発電に加えて、ガス精製し中圧管への注入もしている。これはバイオガスが計画以上に発生したためである。

バイオエナジー(株)は、食品廃棄物を処理し、電気やガスといったエネルギーを販売することで収益を得る事業であり、食品リサイクル法に対応した新しいエネルギービジネスの形と考える。なお、メタン発酵システムは、高含水率のごみを収集、処理することで従来は焼却施設で浪費されていたエネルギーを回収することになる点も評価に加えて欲しいと考えている。(671字)

第3部の講演終了後、環境省の平松氏から今回企画している説明会ではバイオガス化技術を中心としたラインナップとなるが、それ以外にも採用して欲しい技術というものを紹介していきたいとの挨拶をもって閉会した。

閉会後は場所を移して環境省の主催による情報交換会が開催された。本会には各講演者をはじめ、数多くの参加者がおり非常に盛況であった。



写真3 情報交換会の様子

中小規模を対象とした廃棄物エネルギーの回収は、地域特性に適した技術の導入が特に重要となってくる。そのため、今回のような説明会を通じて、幅広い情報や知見、実際の取組み事例を発信していくことが、普及加速化につながっていくものと考えられる。本報告には記載していないが各講演後の質疑も活発であった。こうした状況や情報交換会などの様子から、本説明会の意義を改めて認識するこ

とができた。

(企画運営委員 竹田 航哉)

平成29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関する説明会(九州地区) 開催報告

1. 開催概要

100t/日未満の中小廃棄物処理施設の多くでは、発電やメタン発酵等の廃棄物エネルギーの回収が行われていないことから、温暖化対策の観点から更なる技術的対応がなされている。環境省では、中小廃棄物処理施設による廃棄物エネルギー回収システムの普及加速化に向けた取組等を進めているところである。このたび、市町村等の担当者等を対象にして、環境省による取組や市町村等の廃棄物系バイオマス等の利活用事例の紹介等を通じて、廃棄物エネルギー回収システムに係る普及啓発を図るため、2018年1月17日(水)に「平成29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関する説明会(九州地区)」が九州大学西新プラザにて開催された。当日は、75名の参加者があった。

学会長の島岡教授の開会挨拶で始まり、3部構成で行われた。第1部は、島岡教授の座長のもと、「廃棄物分野におけるエネルギー回収の必要性と現状」と題し、2件の報告がなされた。環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課の平松寛章氏から「環境省における廃棄物エネルギー回収のあり方」の講演がなされ、(一財)日本環境衛生センターの伊藤恵治氏から「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアルの紹介」の講演がなされた。



写真1 開会の挨拶の様子

第2部は副会長の長田守弘氏の座長のもと、「先進的な廃棄物処理に係る事例報告(各事業者)」と題し、2件の報告がなされた。(株)大原鉄工所の高橋倫広氏から「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」の講演がなされ、(株)神鋼環境ソリューションの細田博之氏から「流動床ガス化とメタン発酵のコンバインドプロセスの要素技術検証」の講演がなされた。

第3部は九州大学の中山准教授の座長のもと、「他のエネルギー回収技術の動向・事例」と題し、3件の講演がなされた。日田市役所の江田徳浩氏から「日田市の取り組み」の講演がなされ、続いて(株)川崎技研の國信正昭氏から「ごみ焼却施設におけるバイナリー発電設備の運転事例紹介」、最後に鹿児島市役所の鷺尾健郎氏から「鹿児島市新南部清掃工場の取り組み」の講演がなされた。

以下に各講演の概要をまとめる。

2. 開催内容

(1) 第1部 廃棄物分野におけるエネルギー回収の必要性と現状(座長 島岡 隆行 氏)

「環境省における廃棄物エネルギー回収のあり方」

環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課 平松 寛章 氏

環境省では、循環型社会の形成のみならず、低炭素社会、自然共生社会を形成することで持続可能な社会を形成することを考えており、これらの構築に向けた統合的な取り組みを展開している。中小廃棄物処理施設における廃棄物エネルギー回収については、循環型社会の形成、廃棄物・リサイクル分野における地球温暖化対策を進めるといった観点から進めていきたいと考えている。廃棄物分野における温室効果ガス排出量としては、全体の2.9%を占めており、決して無視できるものではない。2015年7月に地球温暖化対策推進本部を開催し、「日本の約束草案」を決定した。2030年度に2013年度比26.0%減にするなどを謳っている。その後、COP21におけるパリ協定が採択されたことなどは周知の通りである。



廃棄物分野においては、ごみ焼却施設の発電効率の平均値を16%(平成24年度整備値から21%(平成29年度整備)に引き上げること、発電設備が設置された焼却施設で処理されたものの割合を66%(平成24年度から69%(平成29年度)に引き上げることなどが盛り込まれている。結果として、発電施設数、総発電電力量、発電効率は、それぞれ近年増加傾向を示している。ただし、100t未満の中小規模焼却施設ではほとんど発電されておらず、エネルギーが無駄になってしまっているというのが本日の説明会の開催契機となっている。もともと、2011年以降に整備された施設に関しては、発電を行う施設は26%まで増加しており、70t/日以上処理施設では焼却発電によるエネルギー回収が行われつつある。40t/日程度の処理施設でも、小規模のエネルギー回収が行われている施設もある。

市町村に対しては、財政的支援、技術的支援の双方を展開している。財政的支援としては、今後更新増大が見込まれる廃棄物処理施設の更新ニーズに備えて、循環型社会形成推進交付金等を活用し、「高効率エネルギー利用」及び「災害廃棄物処理体制の強化」の両方に資する包括的な取組を行う施設整備に対して、交付金1/2の交付対象を重点化するなどしている。「循環型社会形成の推進」、「災害時の廃棄物処理システムの強靱化」、「地球温暖化対策の強化」という3つの柱により対応している。

技術的支援としては、「廃棄物処理事業におけるエネルギー利活用・低炭素対策支援事業」、「中小廃棄物処理施設における先進的廃棄物処理システム化等評価事業」、「廃棄物発電の高度化支援事業」、「廃棄物埋立処分場等への太陽光発電導入促進事業」などがある。さらに、各種マニュアル等の整備を進めている。「廃棄物エネルギー利用高度化マニ

マニュアル」,「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル」,「メタンガス化施設整備マニュアル(改訂版)」,「廃棄物最終処分場等への太陽光発電の導入・運用ガイドライン」,「廃棄物最終処分場への太陽光発電導入事例集」がある。これらの周知説明会を学会の協力を得ながら進めているのが現状である。

講演「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル等の紹介」

(一財)日本環境衛生センター 伊藤 恵治 氏

環境省では、廃棄物系バイオマスの利活用導入促進に向けて、2017年3月に2つのマニュアルを策定した。1つは「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル」、もう1つは「メタンガス化施設整備マニュアル(改訂版)」であり、それぞれについて説明する。



「廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル」は、施設計画を検討するための「メタンガス化施設整備マニュアル」、施設の発注に至るまでの諸手続き等を行う上での「ごみ処理施設整備の計画・設計要領」とは異なり、廃棄物系バイオマスの利活用に係る“基本構想”を策定するための手引きとして位置づけられる。ここで扱うメタンガス化システムとは、廃棄物系バイオマスを収集し、嫌気条件下で微生物によって分解し、メタンガスと二酸化炭素を含む可燃性ガス(バイオガス)を生成し、燃料や発電・熱源として利用するシステムである。エネルギー回収だけでなく、環境負荷低減、地産地消・循環型社会の形成、費用削減効果を狙ったものである。その先進事例である防府市では、51.5t/日のメタンガス化システムの導入により、焼却処理量9.3%低下、発電端効率2.4ポイント向上、年間発電量12.8%増加、CO₂排出削減量1,839t-CO₂/年などの実績が得られている。

本マニュアルの構成としては、メタンガス化の方向性を含む「計画条件の設定」、廃棄物系バイオマス賦存量、利用量などの「現状把握」、需給バランスの検討など含む「利活用案の設定」、利活用システムの検討、「利活用システムの評価と計画策定」からなっている。

「計画条件の設定」では、都市規模別にメタンガス化の方向性を決める。例えば分別収集に困難が伴うと想定される大都市においては可燃ごみとして収集した後に機械選別を行うことなどが考えられる。「現状把握」では、賦存量、利用量の把握を行う際に、その設定根拠となる出典をとりまとめている。さらに資源化(電力・熱・ガス、肥料等)の特徴に応じた需要の範囲及び地域の産業構造等をもとにした需要量の推計を行う。

「利活用案の設定」では、バイオガス発生量、生成物量を立てるが、付属のEXCELシートを用いて簡単に算出できるようになっている。「利活用システムの検討」では、メタンガス化施設の検討にあたって、主に固形分濃度に応じて湿式、乾式のいずれかを選択し、分別収集を行うか、混合ごみ収集の機械選別を行うかの選択肢を想定している。生成物の利用方法についても、ガスの直接利用、発電の大きく2通りあり、前者はさらに都市ガス原料としての供給、都市ガス導管への直接注入、後者も場内利用、自営

線による供給などのオプションがある。さらに排水・残渣処理方法の検討なども含まれる。「利活用システムの評価と計画策定」では、環境負荷や利用効果の分析なども含まれる。

「メタンガス化施設整備マニュアル」については、大きく「基本事項の確認」、「計画条件の調査」、「構成設備」、「運転管理上の留意点」から構成されている。

「基本事項の確認」として、例えば「メタンガス化+焼却方式」を採用する場合には、可燃ごみの50%がメタンガス化、さらにこの60%が焼却炉にまわることを考慮すれば(50%+50%×60%)=80%が焼却炉に回ることになり、見かけ上130%程度のマスフローを考慮する必要がある点に注意が必要である。「計画条件の調査」としては、処理対象物の回収体制、必要となる敷地面積の目安などがある。「設備構成」としては、発酵槽の構造例などを掲載している。「運転管理上の留意点」としては、臭気対策、維持管理コストの抑制、季節変動への対応などがある。

環境省のウェブサイトにもポータルサイトがあるため、是非ともご覧いただきたい。

(2) 第2部「先進的な廃棄物処理に係る事例報告(各事業者)」(座長 長田 守弘 氏)

講演「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」

(株)大原鉄工所 高橋 倫広 氏

小規模施設の約6割で熱利用がなく、かつ6割が使用年数20年以上を経過している現状を踏まえ、小規模でも実施可能な高効率な技術の確立、合理性・長寿命化を考慮したシステムの確立が求められている。



本日紹介するのは、収集ごみの最大限の再資源化・減容化を目的とした機械選別を用いたメタン発酵システムである。まず破砕選別により発酵適物、発酵不適物に選別を行う。N市実証試験の結果を踏まえれば、発酵適物を既設下水処理場に送るが、汚泥単独と比較して2.0-2.6倍のガス量が確認されている。焼却処理施設およびメタン発酵設備ともに既設のものが利用可能であり、導入コストを最小限に抑えられるのが特徴である。また、高効率な輸送を最大限利用し、選別後の発酵適物を1箇所のメタン発酵施設に集約させればスケールメリットも得られる。

平取町において試験実施が予定されている。2017年度においては、メタン発酵基礎特性の確認を行っており、有機物分解率、ガス発生量、消化液性状、必要微量元素の必要量の算出などを行っている。発酵残渣については肥料としての評価であり、固形燃料化するなども検討している。一般可燃ごみは年間6383トン発生するが、メタン発酵槽を設置し、50kW×2の発電施設を確保している。輸送試験などについても行なって

いく予定である。一般可燃ごみ 50t/日処理施設における CO₂を試算した結果、従来システムの 12%削減に対し、本システムでは 20%削減が得られる。来年度からは費用対効果を算出する予定である。

講演「流動床ガス化とメタン発酵のコンバインドプロセスの要素技術検証」
(株)神鋼環境ソリューション 細田 博之 氏

中小処理施設では発電量が少ないことが指摘されている。蒸気タービンからガスエンジンに切り替えれば、発電効率を少し上げられるし、発酵不適物のエネルギーも電気に変えられるのでは？と考え、焼却炉ではなく流動床ガス化方式を採用し、ガス化ガスをメタン発酵ガスに混ぜて発電することを考えた。



具体的には、都市ごみを機械選別により、生分解性生ごみと発酵不適物に選別する。生ごみはメタン発酵し、18MJ/m³N のエネルギーを得る。発酵不適物を可燃性ガスに変換し、2.0MJ/m³N のエネルギーを得る。両者を混合し、ガスエンジンに 4.8MJ/m³N の燃料として供給する。ガス発熱量下限は 4.6MJ/m³N であるため、分配率 30%以上になると限界値を超える。超えないように分配率を考慮しながら運転管理し、発電効率を 1.5 倍程度に、CO₂を 24%程度削減することを見込んでいる。

技術的な課題を解決するために、流動床ガス化ガス処理試験、ごみ選別試験、ガスエンジン試験を行い、本プロセスの実現性・経済性評価を行う予定である。ガス処理試験では、実機の流動床ガスを用い、タール、塩化水素、アンモニアなどの阻害物質の処理性能を確認している。ごみ選別試験では、模擬ごみで基礎データを取得中である。ガスエンジン試験では、運転挙動の把握を行う。平成 31 年度には実証試験に移りたいと考えている。

(3) 第 3 部「他のエネルギー回収技術の動向・事例」(座長 中山 裕文 氏)

講演「日田市の取り組み」

日田市役所 江田 徳浩 氏

大分県日田市は、人口 67 千人程度、市域の 83%を森林が占め、水郷(すいきょう)ひたといわれている。九州北部豪雨の被害を受け、北西部の被害が大きかった、流木はバイオマス燃料として処理を進めるなどし、災害廃棄物処理は既に完了した。



平成 4 年からごみ分別を進めており、現在は 16 分別である。燃やすご

みをできるだけ減らしていく方針から、可燃ごみ中の生ごみに注目した。これまでも、おがくずの中に入れて堆肥化を進めてきたが、日田市内の農地で使いきれぬほどのはけ口がなく、堆肥化は現実的ではないと判断した。特に、養豚糞尿は水分が多くて堆肥化が難しかったため、ドイツに視察して先進事例を見るなどした上で、最終的にバイオマス資源化センターの建設を決定した。5 万人以上の自治体では生ごみの分別は珍しく、三和西造の焼酎かすの有効利用も視野に入れ、環境都市日本一を目指している。市内で発生する全家庭、全事業所の生ごみ、養豚糞尿をメタン発酵処理し、さらに堆肥、液肥としても利用することで資源循環を形成している。なお、本システムの導入により生ごみの分別収集は必要となる。同じステーションを 2 回往復するのを避けるため、2 分別式のパッカー車を導入した。バイオガスメタン濃度は約 60%、ガスエンジンを用いて 4500kWh/日発電をするが、液肥は 163t/日程度発生する。可燃ごみの減量効果としては、ごみ有料化でまず減量し、本システムによりかなりの減量化を達成できた。さらに、FIT を導入し、全量売電するようになった。

施設の安定稼働のポイント・意義としては、まず量の確保、安定供給、異物の混入を防ぐことであり、最終処分場の延命化ひいては資源循環型社会の構築ができる。日田市では、他にも民間の木質バイオマス発電、下水処理場のマイクロガスタービン発電などもあわせ、環境都市日本一を今後も目指していきたい。

講演「ごみ焼却施設におけるバイナリー発電設備の運転事例紹介」

(株)川崎技研 國信 正昭 氏

100t/日未満の中小廃棄物処理施設においては、焼却に伴う余熱利用は温水利用が一般的である。ただし、温水は年間を通して使用することが難しい側面があることから、バイナリー発電を導入した施設の事例を紹介する。



バイナリー発電とは、地熱、工場廃熱、余剰蒸気等、70~90℃程度の熱源を発電に用いるものである。本事例でのユニットの寸法は 2m 四方程度であり、外観的にはシンプルな構造である。最大発電端出力 72kW、媒体ガス HFC245fa、熱源温度 70~95℃、スクルータービンを採用している。なお、本事例は発電能力の 30%程度で運用している。

温水と作動媒体の熱交換で作動媒体を膨張させ、スクルータービンを回転させることで発電する。作動媒体の HFC245fa は、代替フロンとして開発されたもので、不燃・不活性ガス、沸点が低いのが特徴である。バイナリー発電設備は、電気事業法規制緩和対象の製品である。

丹波市クリーンセンターは、焼却施設、リサイクル施設、管理・啓発施設を有する施設である。燃焼室で 900~950℃ぐらいのものを 400℃程度に落とし、集じん装置で 170℃程度にする。燃焼ガスについては、白煙防止空気、温水、温水熱交換器へ送る。ごみ発熱量の 10.2%を温水回収して発電を行っている。長期安定稼働データ、短期安定稼働データのいざ

れも、安定的に推移している。1300～1800MJ/h 程度で推移している。20～30kW 程度で発電。1 炉運転では熱量が下がり、発電量も下がる。

講演「鹿児島市新南部清掃工場の取組み」

鹿児島市環境局 鷲尾 健郎 氏

鹿児島市では、老朽化が進んだ清掃工場に対し、生ごみ等からバイオガスを発生させる施設と併せて整備を進めた。人口は 60 万人程度、ごみ処理体制は、総排出量 21.6 万トンに対し、燃やせるごみは 17.8 万トン、北部工場は 530t/日、南部工場は 300t/日である。



検討の経過としては、一般廃棄物・脱水汚泥の賦存量が多いことから、バイオガス施設整備基本計画の策定を開始した。ごみを安全かつ安定的に処理する施設、周辺環境や自然環境に配慮し、循環型社会、低炭素社会に寄与する施設、ライフサイクルコストの低減を図り、経済的に優れた施設を整備基本方針とした。

処理能力は、ごみ焼却施設 220t/日、バイオガス施設 60t/日であり、メタン発酵槽を導入している。バイオガス施設では、生ごみ、紙ごみ、脱水汚泥を対象としている。当初は事業系ごみのみを対象としていたが、清掃工場とリサイクル施設を一体とする施設に変更したため、家庭ごみも処理対象に加えた。バイオガスの処理については、乾式メタン発酵方式を採用し、バイオガス精製を採用し、都市ガスとして事業者へ売却する。残渣は焼却処理し、ごみ焼却施設の発電等によりエネルギー回収を行う。

DBO 方式を採用した。留意事項としては、建設費が高騰していること、人手不足、入札参加者数が 1 社のみということ(本市でも 1 社のみであった)、モニタリング体制などである。

〔質疑応答〕

須恵町の職員から日田市に対し、「施設の耐用年数」に関する質問がなされた。「本事業の事業費が 9 億 5000 万円であったが、この当時としては格安である。その分、配管を露出させるなどをしたことにより、老朽化が進む要因になっている可能性がある。改修費が高騰している要因かも知れない」との回答がなされた。続いて、環境省の平松氏から川崎技研に対し、「イニシャルコストをペイするのは難しいか？自治体としてどういう風に導入が進められたのか？」に関する質問がなされた。「まず、補助金なしでは不可能であること(本事例では、バイナリー発電設備の能力の 30%程度しか使っていないことも大きい)、自治体としては、環境負荷の低減、環境教育的な役割を与えることが第一にあり、せつかくなので熱源の有効利用を図ったというのが導入経緯である」との回答がなされた。最後に、日田市に対し、「堆肥を農協が使ってくれないなどはあったか？」との質問がなされた。「バイオガス資源化センターでも堆肥ができて飛ぶよ

うに売れているのが実情である。窒素、リンの成分バランスがすごくいいとの評判であり、性状がいいので売れているのではないかと考えられる」との回答がなされた。

〔閉会挨拶〕

講演終了後、環境省の平松氏から本説明会参加に対する感謝の言葉とともに閉会の挨拶がなされた。環境省としては、以前から中小規模の施設の運営をどうするか？を念頭に置きながら環境施策を考えている。かつては広域化マニュアルを策定していたが、その



写真1 開会の挨拶の様子

狙いはダイオキシン類対策であり、大規模施設で安定的に運転することがまずある。実際には、市域を超えた処理体制の構築はなかなか難しく、集約化を進めても、なお残る中小施設は、非常に大きな課題であるということがまず背景にある。バイオガスは、平成 17 年度に交付金制度を導入し、高効率原燃料の回収施設の導入を進めている。特に液肥の処理には対応に苦慮しているはずであるが、生ごみを燃やしてしまうのは、あまりにも効率が悪く、メタン発酵などの技術開発が先行的に進められており、1 つの解になっていると思われる。バイナリー発電などもユニークな試みであり、来年度も予算を確保したいと考えていると挨拶がなされ、閉会した。(福岡大学 鈴木慎也)

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説明会 開催報告

1. 開催概要

(一社) 廃棄物資源循環学会では、2018年2月20日(火)に「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に係る説明会」を川崎市産業振興会館ホールにて開催した。

100t/日未満の中小廃棄物処理施設の多くは、廃棄物エネルギーの回収が行われていないことから、温暖化対策の観点で更なる技術的対応が必要とされ、環境省では中小廃棄物処理施設による廃棄物エネルギー回収システムの普及加速化に向けた取組等を進めている。本説明会は、市町村等の担当者を対象に、環境省の取組や廃棄物系バイオマスの利活用事例の紹介を通して、廃棄物エネルギー回収システムに係る普及啓発を図ることを目的として企画された。

当日は、会場がほぼ満席となる約170名の参加者があった。学会理事である京都大学の酒井先生の開会挨拶で始まり、4部構成で行われた。第1部は、環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課の瀬川課長から廃棄物エネルギーの回収の考え方について紹介された後、廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル等について説明があった。第2部は先進的な廃棄物に係る事例について、第3部は他のエネルギー回収技術の動向・事例について、各事業者から報告があった。第4部は酒井先生がコーディネータとなってパネルディスカッションを実施した。以下に各講演の概要をまとめる。

2. 講演内容

(1) 第1部 廃棄物分野におけるエネルギー回収の考え方 (座長：酒井 伸一氏)

廃棄物系バイオマス利活用の方向性の推進に向けた取組について

環境省 瀬川 恵子氏

環境省では、廃棄物エネルギー利活用の観点から、廃棄物処理施設を地域エネルギーセンターとして、また地域新電力の核としての可能性を追求した取組を行っている。廃棄物処理施設は、焼却する廃棄物があれば発電可能であるため、他の太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギーに比較して安定電源として期待できる。

一般廃棄物処理の熱回収状況を見ると、全国の焼却施設1,100くらいのうち発電設備を有する施設は348で、平成27年に初めて30%を超えた。総発電量が増加している一方、中小規模施設で発電を行うところはまだ少ない。廃棄物処理施設の更新・新設は、エネルギー回収設備を増加させるオポチュニティだと考え非常に注目している。

環境省では、温暖化対策を進める取組みとして3つの支援を行っている。1つは規制的支援で、廃棄物処理施設を更新・新設する際の補助金・交付金である。あとの2つは技術的支援で、技術的な内容をま

とめたマニュアルの作成・提示と、モデル事業の実施である。モデル事業では、より高効率に回収できる技術について、自治体とプラントメーカーあるいは企業が一体となった技術開発・実証を行う。

来年度、一般廃棄物処理施設の温暖化対策として計1,005億円の予算を計上している。全国からの要望に概ね応えられる額であるが、引き続き施設の長寿命化・広域化、民間活力の活用も推進していきたい。

最後に、廃棄物処理事業のエネルギー利活用・低炭素化対策支援事業を紹介する。既存の事業として、“廃棄物エネルギーの地域の利活用の計画策定”、“廃棄物処理施設の余熱等を利用した地域低炭素化モデル事業”がある。また、新規事業として2つあり、“廃棄物処理システムにおける低炭素・省CO₂対策普及促進事業”では廃棄物処理システムを収集運搬から最終処分まで一気通貫でみたときに、もっと温暖化対策・低炭素化が図られる将来的な技術の見込みなどを考えたいと思っている。もう1つは、“廃棄物発電電力を有効活用した収集運搬低炭素化モデル事業”で、廃棄物処理施設で発電した電気を蓄電池に蓄電してパッカー車の電力として使い、災害時にはパッカー車から各所への電気供給を行えるのではないかと考えている。これらの事業に関心があれば、ぜひ環境省に問い合わせさせていただきたい。



写真1 会場の様子

廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル等の紹介

(一財) 日本環境衛生センター 伊藤 恵治氏

廃棄物系バイオマス利活用導入マニュアル(以下、導入マニュアル)と、メタンガス化施設整備マニュアル(以下、施設整備マニュアル)について紹介する。これらのマニュアルは、自治体が廃棄物系バイオマスの利活用を考えた時の手引きとなるよう、平成29年3月に環境省が策定したものである。



メタンガス化システムとは、さまざまな形で収集してきたバイオマスをバイオガス化施設でバイオガスを発生させてエネルギー利活用を行い、残渣は地域の事情に応じて堆肥利用あるいは焼却処理等を行うシステムである。本システムのメリットは、焼却量が減るためCO₂

排出量が減る（環境負荷低減）こと、エネルギー回収ができること、残渣は地域の事情に応じ地産地消・循環型社会の形成に役立つこと、交付金のかさ上げ措置やFIT 売電による収入といった費用削減効果が得られることがある。

導入マニュアルの内容を紹介する。整理・検討の流れは、まず広域化に配慮した対象自治体を設定し、対象バイオマスとメタンガス化手法や、連携する社会インフラ施設および災害時の機能について設定する。その後、現状を把握した上で利活用案の設定とシステムを検討し、エネルギーや経済性、温室効果ガス削減等の評価を行い計画策定する。

「計画条件の設定」や「現状把握」では、資源化物の特徴に応じた需要量を推計することが重要である。「利活用案の設定」では、バイオガス発生量のほか発電電力量、利用可能熱量、発酵残渣量を算定する。「利活用システムの検討」では、バイオマスの性状に合わせて湿式か乾式かを選択する。以上を踏まえて、メタンガス化方法の選定および施設構成について検討する。最後の「利活用案の評価と計画決定」では、環境負荷、事業効果の分析を行い、循環型社会形成、地球温暖化の防止、経済性、地域への波及効果といった視点で評価する。エネルギー回収効果、温室効果ガス削減量等の事業評価を行って事業計画を策定する。

また、施設整備マニュアルは、目的、基本的事項の確認、計画条件の調査、構成設備、運転管理上の留意点、の構成となっている。「計画条件の調査」では、メタンガス化+焼却方式のマスフロー事例、規模別の必要敷地面積の目安を示しているので参考いただきたい。

(2) 第2部 先導的な廃棄物処理に係る事例報告（各事業者）（座長：中村 一夫氏）

CO₂分離膜を適用した次世代低炭素型高効率バイオガス発電システム及びコンバインドシステム

(株)タクマ 加藤 孝太郎氏

CO₂分離膜によりバイオガス中のメタン濃度を高めて高効率発電を行うシステムで、メタンガス化システムの導入促進を図る。

本システムは、3つのシステムで構成している。システムⅠは、CO₂分離膜を適用した高効率バイオガス発電システムで、メタン濃度が向上したバイオガスを供給することでガスエンジン（以下、GE）の発電効率の向上を図る。システムⅡは、分離回収したCO₂を灰に固定化するシステムで、CO₂の大気排出抑制と重金属溶出抑制を図る。システムⅢは、併設する焼却炉でのGE排ガスの有効利用システムで、排ガス再循環技術と同様の効果が期待でき、低空気比燃焼による排ガス量減少やGEおよび焼却炉の排ガス中NO_xの効率的な同時脱硝を図る。本事業ではシステムⅠをメインターゲットとしてシステム確立のための実証をする。

CO₂分離膜の原理は、膜内部のキャリア物質と選択的に反応する反応物質が膜内部を拡散し、透過側でCO₂が放散されるものである。CO₂



とキャリアの反応の際に発生する熱エネルギーで、CO₂放散に必要な熱エネルギーをまかなうことができるため、エネルギー消費が少なくCO₂を分離することができる。分離膜の性能であるCO₂の膜透過速度は、CO₂ガス分圧差、温度、湿度の影響を受ける。基礎試験で各ガス条件でのCO₂透過速度を測定し、その結果から膜面積による精製ガスのメタン濃度を求める。これにより、精製ガスのメタン濃度をシステム目標濃度90%となる膜面積を決定する。

実証装置は南但広域行政事務組合の施設内に設置し、同施設で発生するバイオガスの1/10程度を供給して試験を行う。実証装置は今年度中に制作し、来年度中に設置して試験を行う予定である。

CO₂の灰への固定化試験では、1tあたりのCO₂固定量は飛灰56.2kg、主灰30.2kgの結果となった。重金属の溶出抑制効果については、鉛溶出量が減少し、薬剤を添加しなくても溶出基準を満足する結果を得た。これは灰中の鉛が炭酸鉛となり不溶化されたものと考えている。

燃焼シミュレーションでは、従来燃焼、EGR、GEの3ケースと比較した。GEに排ガスを吹き込んだ場合、EGRと同様に炉出口のCOは低くなっており、NO_xも従来燃焼より低くEGRと同等の効果がある結果であった。今後、小型実験炉で模擬ガスを使用した試験を行い、シミュレーション結果の妥当性を確認する。

システム導入によるCO₂排出量とコストの削減効果について紹介する。CO₂排出量は単純焼却で7,486t-CO₂/年に対し、本システム全体で1,076t-CO₂/年の削減、10年を対象としたコストでは、単純焼却よりシステム全体で1億7400万円の削減効果を得られる。

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

(株)大原鉄工所 高橋 倫広氏

本システムは、二段選別による高精度な機械選別が特徴である。発酵適物は異物が少なく、細かくすりつぶされたスラリー状になるため、輸送がしやすい特徴がある。発酵不適物は焼却することもできるが、造粒化・燃料化の可能性も検討している。



本システムは、破袋機、粒度選別機、破砕選別機で構成され、発酵適物は中温湿式のメタン発酵を行う。メインである破袋選別機について説明する。高速回転するドラムハンマーにより、未破袋だった袋が破れてすりつぶされる。本機械で粒度選別に加えて比重選別も行われる。高速回転により遠心力が働き、水を含む重いもの（厨芥類や紙類）が外側のスクリーンに貼りついて、その上からハンマーが落ちるので、すりつぶされながらスクリーンを通ったものが発酵適物となる。逆に軽いもの、水を吸わないものは中で空回りしながら、発酵不適物として排出される。

単独施設の場合のシステム導入イメージは、中小規模の焼却施設と既存のメタン発酵設備がある場合、機械選別で発酵適物/不適物に分け、既存施設に輸送して処理を行う。機械選別のみを導入することで

対応できるため、コストを低減できると考えている。集約の場合の導入イメージは、各自治体に機械選別を導入して、発酵適物/不適物は集約する。発酵不適物は処理規模が最も大きな自治体に集約して高効率発電を行う。メタン発酵施設は新たに建設しなければならないが、規模拡大により効率的に処理できる。

実証試験は、共同研究者である北海道平取町で行う。既存の焼却施設は、処理量 40t/8h で余熱利用は行っていない。試験設備は、実機ベースの機械選別機を設置する予定である。発酵適物有効利用の検討では、輸送試験やメタン発酵試験を予定している。その他、燃料化、ガス利用方法、発酵残渣の有効利用は机上で検討を行う。

今年度は試験設備を構築し、メタン発酵の回分試験、水平展開調査を行っている。メタン発酵試験では、分解率、ガス発生率、消化液の正常、必須微量金属塩を把握しつつ、基本数値として設計する。水平展開については、焼却施設、下水処理施設、近隣のメタン発酵施設の有無など、他施設との連携も考慮した施設調査を行いデータベース化している。実証試験は来年度実施する。

処理規模 50t/日におけるCO₂排出量の試算では、単純焼却に比べて本システムの導入により15%削減の結果となった。施設集約、発酵不適物の燃料化によりさらなるCO₂削減効果が期待できる。

メタンガス化+焼却コンバインドシステムの中小廃棄物処理施設への適用性向上

(株)クボタ 村木 謙吾氏

中小廃棄物処理施設のエネルギー有効活用導入にあたり、CO₂削減、処理コスト低減、省設置スペース効果を目的に、前処理技術、低含水率脱水技術、縦型発酵槽の3つの適用技術を評価・実証する。



本システムは、高効率前処理、縦型発酵槽によるメタン発酵、発酵残渣の低含水率脱水、焼却炉で構成される。前処理と脱水により量を減らすことで、発酵槽と焼却炉の規模の縮小化、低コスト化を可能とする。60t/日規模の場合、単純焼却に比べてLCCを約30%削減、温室効果ガスの排出量を約2,700t-CO₂/年削減を目標としている。

平成29年度は要素技術の基礎評価と、それに必要な廃棄物性状の把握を行った。複合処理の検証するため、し尿、下水汚泥の性状把握も行った。また、発酵残渣の脱水性評価をラボレベルで実施した。なお、京都府の南丹市と京丹波町を対象とした。

廃棄物性状は、生ごみと紙ごみで約6割、それ以外は4割であったが、この割合は採取日によって場所によっても異なりばらつきが多いため、変動要因を踏まえ安定処理が可能な実証設備の設計を行う

導入効果のポイントは、少量のごみからエネルギーを回収できること、し尿汚泥、浄化槽汚泥、下水汚泥等との複合処理が可能であること、狭い用地での設置に対応できることで、100t/日以下の小規模にも有効な施設である。コンバインドシステムの課題に設置スペースが

あるが、改良型の発酵技術での実証を行う。

導入シナリオは、広域化の時に遠く紙ごみを運ばなくても良いよう、分散してメタン発酵施設を設置し、発酵残渣は集中して焼却を行う、分散メタン発酵+集中焼却の検討している。また、地域によっては残渣の有効利用を行う。

今年度は基礎調査と実証設計を行い、来年度以降に実証施設を建設し、実証評価検証を予定している。また、し尿・下水汚泥の処理も実施する予定である。

流動床ガス化とメタン発酵のコンバインドプロセスの要素技術検証

(株)神鋼環境ソリューション 細田 博之氏

100t/日以下の施設では、発電設備を備える施設が少ない。発電機には従来蒸気タービンが使われることが多いが、1,000kWeを下回ると効率が下がるため、小規模ではGEが効率面で優位になる。そこで、GEを活用できれば小規模施設でも高効率な発電が可能ではないかと考えている。



本プロセスは、都市ごみを機械選別して発酵適物をメタン発酵してメタンガスをGEで発電し、発酵不適物は焼却処理するがそのエネルギーも電気に変えるというものである。焼却炉は流動床ガス化炉とし、ガス化ガスの一部をメタン発酵のガスに混ぜてGEで発電するシステムである。流動床式のガス化とメタン発酵との組み合わせで発電効率があげられるのではないかと考えている。流動床ガス化炉は、ガス化溶解炉に使われている技術であり、流動床で空気不足にしてごみを可燃性のガスに変換する。

機種によって異なるが、燃料として4.6MJ/m³Nの熱量があればGE発電は可能である。50t/日炉、メタンガス生成量(190m³/ごみt:CH₄濃度56%)、その他前提条件によるが、メタンガスの熱量18MJ/m³N程度、ガス化ガスの熱量2MJ/m³N程度となり、メタンガスに混ぜられるガス化ガスの30%程度は可能だと考えている。

試算では、本システムにより発電効率が1.5倍となる効果が期待できる。CO₂削減効果では、単純焼却の水噴炉方式に比べると、10数%削減効果と、発電効果も加わった効果が見込まれる。

平成29年は、①流動床ガス化ガス処理試験、②ごみの選別試験、③GE特性試験、④プロセスの再検討を行っている。

①では、実ガスをを用いたタール、HCl、NH₃等の除去性能、および除塵、ガス処理試験を行っている。タールの一部を除去できていることが確認できたがまだ課題があり、来年度にむけて実施していく。

②では、実ゴミを模擬した試験を実施している。概ね発酵適物に50~60%、発酵不適物に40~50%の割合であった。この分別の割合もCO₂削減効果にも影響するので確認ながらプロセスの評価に活用していく予定である。

③は大学の協力により、ガス化ガスを模擬した実験を行い、混合ガスでのエンジンの動作性と、低発熱量ガスによるエンジン挙動の確認

などの評価を行っている。

ガス洗浄試験に課題があるので、検討しながら実機を見据えて検討していく予定である。

(3) 第3部 他のエネルギー回収技術の動向・事例 (座長：友田 啓二郎氏)

膜分離方式を用いたバイオガス生成システム開発の紹介

東京ガス(株) 小山 俊彦氏

バイオガスの膜分離方式を用いたガス分離について、平成25年から実施している横浜市との共同研究成果について紹介する。

膜分離方式によるバイオガス精製技術には実績や知見が少ないため、膜の選定から取り組んだ。横浜市北部汚泥資源化センター内に試験プラントを設置し、脱硫後のガスを用いて性能や耐久性、シロキサン等の微量物質の影響について試験した。試験装置は、オフガスをリサイクルする(装置A)/しない(装置B)の違いで並列に並べた。膜分離性能評価と目標値は、メタン濃度98%以上、回収率90%以上とした。平成26年から試験しているが、精製率、回収率とも低下しなかったため、加速試験を実施した。装置Aは2年程度で劣化した。装置Bは性能を維持しており現在も試験を行っている。

バイオガス膜分離装置は、ガス分離膜、気液分離器、冷却器、圧縮機等で構成されるが、圧縮機が最も大きく耐久性も含め、トータルエンジニアで検討が必要である。

精製ガスの利活用については、都市ガス機での利用と、都市ガス代替燃料として利用がある。

バイオガスエンジンと都市ガスエンジンの発電効率を比較すると、熱量が高いため、都市ガス機の方が発電効率は高くなる。都市ガス機の方がラインナップは多くて価格面で有利だが、膜分離装置が必要となるのでその動力も加えた比較が必要である。

都市ガス代替燃料については、長岡市(北陸ガス)や金沢市などで実績がある。東京ガスでは年間80万 m^3 購入実績がある。

膜分離システムの高度利用として分離 CO_2 の利活用があり、飛灰中の脱塩処理におけるセメント原料化やCCSなどが検討されている。

小規模ごみ焼却施設における発電設備の運転事例紹介

三井造船環境エンジニアリング(株) 松島 泰生氏

唐津市清掃センターの基幹改良工事の事例を紹介する。現有施設は平成9年3月に竣工し、50t/日 \times 2炉、炉形式は流動床である。施設の更新時期にあたり、現有施設の延命化において交付金を適応したいということで、当初バイナリー発電導入を検討したが効果的でなかった。バイナリー発電よりも廃熱ボイラーで発電したほうが良いと判断し、議会承認を得た。結果的には、40%以上



の CO_2 削減が可能となり、「先進的設備導入推進事業」(交付率1/2)の認定を受けた。

本工事の特長は3つある。一つ目は、貫流型ボイラーの採用により、2級ボイラー技工で運転可能であることである。二つ目は、冷却室をそのまま活用し、白防用の空気加熱器と予熱器を撤去して配置することでコンパクト化と工事期間を短縮できた。三つ目は、電気事業法対策で、平成24年の規制緩和により300kW未満はBT主任技術者の専任が不要となっており、今回250kWのためこの規制緩和対象となった。

ボイラーは、多管式貫流形の労基ボイラーで、伝熱面積238 m^2 /基 \times 3基である。蒸発量は、基準ごみ1基あたり2,575kg/hである。蒸気タービン発電機は、最大出力275kW(発電機では220kW)、ラジアル型タービンで、発電効率70%、チタン製で堅牢性に優れている。発電機本体は1m \times 1m \times 2mHで、設置スペースは3.5m \times 2.2m \times 2.72mHである。

2016年12月にボイラー1基による半負荷運転を開始し、昨年11月に2基目を設置して全負荷運転で5,000kWh程度の発電している。準運転時(8h停止)も、焼却再開後1時間以内に発電開始できることを確認している。

(4) 第4部 パネルディスカッション

酒井先生がコーディネータとなり、講演者がパネラーとしてパネルディスカッションが行われた。環境省の瀬川課長はご公務につき途中退席されたため、工藤課長補佐が登壇された。

活発な議論の中で各パネラーから様々な意見が出たが、ここでは紙面の都合上いくつかの意見やコメントのみを記す。

○論点1：先導的事例への自治体の関心について

・バイオマス利活用に積極的に関心は高い。実証結果が良ければ導入を検討するなど、新しい技術に対して関心が高い。

○論点2：エネルギー回収は一部にとどまった要因について

・廃棄物処理は熱処理に始まり、エネルギー回収や低炭素化はその後でできた要素である。今後、循環型社会に向けて、残渣の利用、消化液の液肥化など幅広い分野との接触が大切である。

パネルディスカッション終了後、環境省の工藤課長補佐からエネルギー回収の普及に向けて、環境省も情報発信・財政的支援をしていくとの挨拶をもって閉会した。



写真2 パネルディスカッションの様子