

資料 1 焼却方式の絞り込みについて

1 可燃ごみ焼却方式の概要

可燃ごみを処理する施設のうち、本事業で活用を予定している環境省の循環型社会形成推進交付金制度においては、対象事業を次の 2 つとしている。

- ① エネルギー回収型廃棄物処理施設
- ② 有機性廃棄物リサイクル施設

出典：「循環型社会形成推進交付金交付要綱」（令和 5 年度、環境省）

このうち、エネルギー回収型廃棄物処理施設については、ごみ焼却施設の他、6 つの小区分に分類されている（図表 1-1-1）。

出典：「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版」（平成 29 年 5 月、全国都市清掃会議）

これらの施設の違いは、扱えるごみ種類及び生成物（有価性あり）・残渣等である。現在の本組合において「燃えるごみ」を構成するごみ種類の全てを扱える施設は、ごみ焼却施設、ガス化熔融施設等であり、一方で、限定的であるものは、厨芥類のみを扱うごみメタン化施設、ごみ高速堆肥化施設である。

各焼却方式の概要は図表 1-1-2 に示す。

◆図表 1-1-1 各方式において扱えるごみ種類及び生成物等

区 分	小 区 分	扱えるごみ種類				生成物(有価性あり)・残渣等 ※余熱・排水系を除く
		厨芥類	紙	プラスチック類	不燃物	
エネルギー回収型 廃棄物処理施設	ごみ焼却施設	○	○	○	△	生成物：- 残渣等：焼却灰・飛灰・不燃物
	ガス化熔融施設	○	○	○	○	生成物：スラグ 残渣等：熔融飛灰・不燃物
	ガス化改質施設	○	○	○	○	生成物：生成ガス・スラグ等 残渣等：不燃物
	炭化施設	○	○	○	△	生成物：炭化物 残渣等：不燃物・飛灰
	ごみ固形燃料化 施設	○	○	○	△	生成物：固形燃料 残渣等：不燃物
	ごみメタン化 施設	○	△	×	×	生成物：バイオガス・脱離液、有機汚泥 残渣等：(不燃物)
有機性廃棄物 リサイクル施設	ごみ高速堆肥化 施設	○	△	×	×	生成物：堆肥 残渣等：(不燃物)

注)生成物・残渣等の欄の( )は、処理対象物の分別方法や精度により有無となるもの

◆図表 1-1-2 焼却方式の概要

概要	処理工程	処理対象物	単独施設での可燃ごみ処理	処理残渣	発電方法	近年(H25~R4)の発注実績	備考
<p>ごみ焼却施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>可燃ごみは、有酸素化で熱を与えることにより乾燥、熱分解しながら燃焼する。</li> <li>焼却灰は、セメント原料として利用、あるいは溶融処理によりスラグ化される。</li> </ul>		可燃ごみ	○	炉下灰(主灰) 集塵機捕集灰(飛灰)	蒸気発電 ボイラにより蒸気を発生させ蒸気タービンで発電機を回して発電する。	ストーカ式 134件 ※回転式、堅型を含む 流動床式 4件 合計 138件	ごみ焼却施設には、ストーカ式(回転式、縦型を含む)、流動床式がある。
<p>ガス化溶融施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>可燃ごみは、低空気比で熱分解・ガス化され、可燃性ガスにより熱分解残渣(チャー)を高温燃焼溶融する。</li> <li>ガス化と燃焼溶融を別々の炉で行う場合と一体の炉で行う場合がある。</li> </ul>		可燃ごみ	○	溶融スラグ 集塵機捕集灰(溶融飛灰)	蒸気発電 ボイラにより蒸気を発生させ蒸気タービンで発電機を回して発電する。	シャフト式 7件 流動床式 5件 キルン式 0件 合計 12件	ガス化溶融施設には、シャフト式、流動床式及びキルン式がある。 既存施設は、キルン式ガス化溶融施設である。
<p>ガス化改質施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>可燃ごみは、熱分解された後、発生ガスを改質してガスエンジン等の燃料として利用する。</li> <li>発生ガスは高温に維持されると共に、熱分解炭素は酸素との反応により溶融される。</li> </ul>		可燃ごみ	○	溶融スラグ 集塵機捕集灰(溶融飛灰)	ガス発電 ガスエンジンあるいはガスタービンで発電機を回して発電する。	0件	日本では、サーモセレクト方式と称され稼働実績はあるが、近年の発注実績はない。 排ガスは改質・精製され、平時は排ガスが出ない。
<p>炭化施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>可燃ごみは、低温あるいは高温にて炭化され、発生したガスは、燃焼して熱回収等を行う。</li> <li>高温炭化処理の場合、揮発成分が低下し、炭化物の熱量は低下する。</li> </ul>		可燃ごみ	○	炭化物 集塵機捕集灰(飛灰)	蒸気発電 炭化物専焼炉を設置し、発電用の燃料に利用。	0件	炭化物専焼炉の燃料化や既存火力発電所などでの石炭代替え燃料としての利用も可能。 日本では、長崎県内の自治体(西海市)が採用し稼働している。
<p>ごみ固形燃料化施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>可燃ごみは、破碎選別後に乾燥し、円柱状に固形化する。</li> <li>乾燥工程と成形工程が逆となる方式もある。</li> <li>保管設備では発生するガスや熱による火災等の対策が必要となる。</li> </ul>		可燃ごみ	○	不燃物残渣	蒸気発電 固形燃料専焼炉を設置し、ボイラにより蒸気を発生させ、蒸気タービンで発電機を回して発電する	0件	国内外で普及した技術であるが、日本の場合は、生ごみを含む可燃物を処理対象とすることから、保存期間中のRDFの発熱対策が必要であり、さらにこの利用のためには、固形燃料(RDF)発電所が必要である。
<p>ごみメタン化施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>厨芥類を酸素のない環境で嫌気性微生物により有機物を分解させ、メタンガスや二酸化炭素を発生させる。</li> <li>発酵残渣は、堆肥するか、あるいは焼却等により処理する。</li> </ul>		厨芥類 (ハイブリッド方式の場合は、可燃ごみ全般を処理することが可能)	×	処理残渣 処理排水	ガス発電 ガスエンジンあるいはガスタービンで発電機を回して発電する。	4件 焼却炉を併設したハイブリッド方式による実績数	分別細分化による場合は、生ごみをメタン化施設、その他を他の焼却施設等で処理する。細分化しない場合は、ハイブリッド方式(メタン化施設+焼却炉)を採用する。
<p>ごみ高速堆肥化施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>厨芥類や紙類を微生物の発酵過程を利用して堆肥化する。</li> <li>プラスチック類や不燃物が混入すると、製品の質が悪化するため、分別徹底が不可欠である。</li> </ul>		厨芥類	×	処理残渣	なし	0件 小型施設において数件の実績あり	生ごみを堆肥化する技術であり、通常は、単独での整備は行わない。

※近年(H25~R4)の発注実績(規模条件なし)は、「工業新報」工業新報社等を基に取りまとめたものである。

## 2 本組合の特殊事情

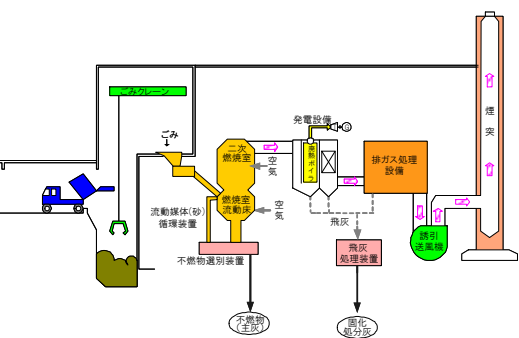
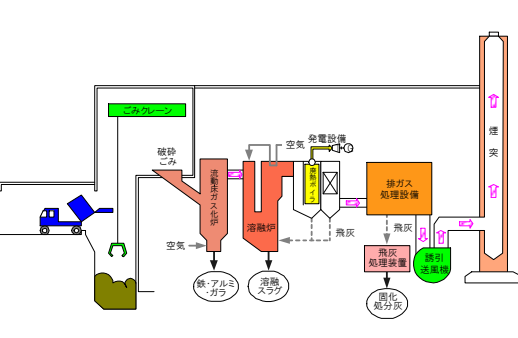
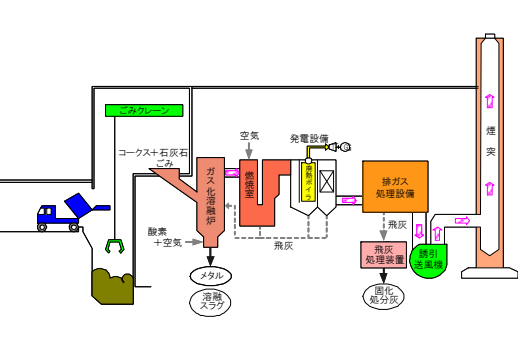
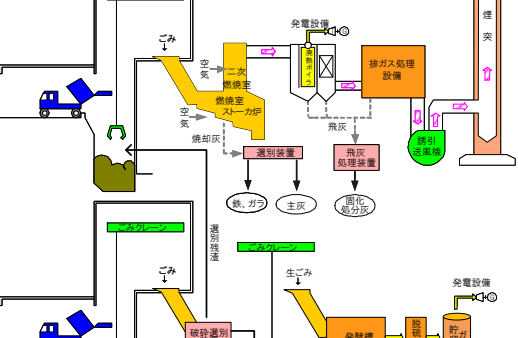
本組合においては、現在のガス化溶融施設の南側用地を活用して新廃棄物処理施設を建設することから、敷地の制約あり、複数の施設、複合施設の建設は困難であると考えられる。

それらの事情を踏まえ、採用を検討していく施設の絞り込みを行う必要がある。

## 3 1、2を踏まえたごみ焼却方式の絞り込み（案）

前項に示した可燃ごみ焼却方式の概要と本組合の特殊事情を踏まえた焼却方式の絞り込み案は、図表 1-1-3 に示すとおりである。

◆図表 1-1-3(1) 焼却方式の絞り込み(案)

区分	焼却施設(ストーカ式)	焼却施設(流動床式)	ガス化溶融施設(流動床式)	ガス化溶融施設(シャフト式)	メタン化施設+焼却施設(ストーカ式)
システム概要					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみを機械で可動する火格子(ストーカ)上で移動させながら焼却する焼却炉で、乾燥、燃焼、後燃焼の各ストーカを有する。</li> <li>投入ごみは、火格子上で乾燥⇒熱分解⇒燃焼へと緩慢に反応が進む。</li> <li>燃焼室から出た燃焼排ガスは、二次燃焼室で 850℃以上の温度で完全燃焼しダイオキシン類の発生を抑制する。</li> <li>焼却灰は、薬剤処理等を行った飛灰とともに埋立処分する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>炉内の流動砂(珪砂)を加熱空気流動させた流動床を形成させる。</li> <li>投入ごみは、流動床上で短時間に燃焼(瞬間燃焼)させる。</li> <li>同左。</li> <li>灰の大半は飛灰として排出され、薬剤処理等を行ったうえで埋立処分する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>流動床型のガス化炉と、分離された溶融炉で構成する。</li> <li>ごみは全量を破碎し、ガス化炉底部で瞬時のうちに乾燥・一部燃焼・熱分解し、熱分解ガスとチャー(炭化物)となる。この後、鉄等は選別回収する。</li> <li>熱分解ガスとチャーは、溶融炉へ投入され 1,300℃程度の高温で燃焼溶融し、ダイオキシン類を分解し発生抑制する。</li> <li>溶融炉ではチャーを燃焼溶融し、溶融物は水砕されてスラグと少量のメタルに分離する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>縦型筒状のシャフト炉にてガス化と溶融を一体的に処理する。</li> <li>ごみは炉頂部より副資材(コークス・石灰石)とともに投入され、上段の乾燥帯で乾燥、中段の熱分解帯で熱分解、下段の燃焼溶融帯で 1,700℃以上の高温で燃焼溶融を完了する。</li> <li>熱分解ガス(一部のチャーやダストを含有する)は、別置燃焼室で高温完全燃焼し、ダイオキシン類を分解し発生抑制する。</li> <li>ガス化溶融炉の底部より排出する溶融物は水砕されてスラグとメタルに分離する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみを破碎・選別し、生ごみと選別残渣に分け、生ごみは発酵槽に供給し、ガスを発生させる。</li> <li>発生させたガスは、ガスエンジン発電機で発電する。</li> <li>選別残渣はその他の可燃ごみ焼却炉内に投入する。</li> <li>炉内に投入されたごみは、焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> </ul>
	<p>実績(H25~R4) 100t/日以上 発注件数 91 件 代表施設 ・厚木愛甲環境施設組合(神奈川県) 226t/日 ・西知多医療厚生組合(愛知県) 185t/日 ・尾張北部環境組合(愛知県) 194t/日</p>	<p>実績(H25~R4) 100t/日以上 発注件数 1 件 代表施設 ・廿日市市(広島県) 150t/日</p>	<p>実績(H25~R4) 100t/日以上 発注件数 5 件 代表施設 ・仙南地域広域行政事務組合(宮城県) 200t/日 ・山形広域環境事務組合/立谷川(山形県) 150t/日 ・山形広域環境事務組合/川口(山形県) 150t/日</p>	<p>実績(H25~R4) 100t/日以上 発注件数 7 件 代表施設 ・東部知多衛生組合(愛知県) 200t/日 ・浜松市(静岡県) 399t/日 ・豊橋市(愛知県) 417t/日</p>	<p>実績(H25~R4) 100t/日以上 発注件数 3 件 代表施設 ・鹿児島市(鹿児島県) 220t/日+60t/日 ・町田市(東京都) 258t/日+50t/日</p>
処理技術の実績	<ul style="list-style-type: none"> <li>長い実績があり、完成域にある技術である。</li> <li>稼働実績は豊富である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下水汚泥などの処理技術として開発が進み、短時間の起動・停止により間欠運転施設で多くの採用例があった。</li> <li>瞬間燃焼による不安定さからダイオキシン類発生抑制に不利であることなどから近年の採用実績は少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>流動床式のガス化炉は、従来の流動床式焼却炉の転用技術で、溶融炉は汚泥溶融炉の転用技術である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガス化溶融炉は製鉄所の高炉技術を基にしている。</li> <li>ガス化溶融方式の中では最も歴史が古く、豊富な実績を有する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> <li>高効率発電を目途に、近年、採用数が増えている。</li> </ul>
ごみ質変動の追従性	<ul style="list-style-type: none"> <li>短期的なごみ質の変動へも高い追従性を示す。</li> <li>ごみの破碎は不要である。異物の混入についてもストーカを隙間なく設置することで対応できるようになっている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>瞬間燃焼特性を示し、短期的なごみ質変動への追従性は比較的低い。</li> <li>ごみの全量破碎が安定燃焼に有効であるが、その場合、前処理工程において異物混入の配慮が不可欠であるなど多様なごみ形状への対応性は比較的低い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガス化炉では瞬間燃焼特性を示し、溶融炉へのチャーなどの供給も成り行きであり、短期的なごみ質変動への追従性は比較的低い。</li> <li>同左。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガス化溶融炉内でのごみの滞留時間は 1 時間~3 時間程度であり、ごみ質変動への追従性は極めて高い。</li> <li>コークスにより、多様なごみへの対応を可能とし、炉に投入できればごみを選ばない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> <li>メタン化処理と焼却処理を区分するため、選別装置を設置しており、異物の混入がトラブルの原因となる可能性がある。</li> </ul>

◆図表 1-1-3(2) 焼却方式の絞込み (案)

区分	焼却施設(ストーカ式)	焼却施設(流動床式)	ガス化熔融施設(流動床式)	ガス化熔融施設(シャフト式)	メタン化施設+焼却施設(ストーカ式)
排ガス処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃焼排ガスはボイラ及び減温塔にて速やかに 200℃以下まで冷却し、ダイオキシン類の再合成を防止する。</li> <li>・ 燃焼排ガス処理は、消石灰+活性炭の薬剤噴霧とバグフィルターの組み合わせ(乾式法)が一般的であるが、湿式洗浄装置、触媒反応塔を追加する場合がある。</li> <li>・ 燃焼空気比は、水冷壁や水冷火格子の導入により高温燃焼に耐える技術の開発・導入が進み、排ガス循環により低燃焼空気比が実現されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左。</li> <li>・ 同左。</li> <li>・ 同左。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左。</li> <li>・ 同左。</li> <li>・ 燃焼空気比は 1.3 程度で、煙突からの排ガス量は従来型の焼却処理に比べて少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 石灰石を炉内に投入することによりガス化熔融炉内で「炉内脱塩」及び「炉内脱硫」効果が生じ、燃焼排ガス中の塩化水素や硫酸化物濃度は低く、排ガス処理負荷は小さい。</li> <li>・ 同左。</li> <li>・ 燃焼空気比は 1.5 程度であり、煙突からの排ガス量は従来型の焼却処理に比べて少ない。(コークスを使用するため、地球温暖化対策上の批判もある。)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> <li>・ 同左。</li> <li>・ 焼却施設(ストーカ式)と同じ。厨芥類のメタン化によりガス量は焼却施設(ストーカ式)に比較して少ない。</li> </ul>
発電機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 熱回収は、ボイラにおいて高温・高圧蒸気として行い、蒸気タービンでの廃棄物発電の他、プロセス利用、場内温水熱利用、場外温水供給熱源として利用される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左。ガス化炉の加熱に熱分解ガスの一部や燃焼排ガスの余熱を利用するため、発電効率は他方式に比べてやや低い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メタン化施設で回収したガスによりガス発電ができる。</li> <li>・ 焼却工程での熱回収は、焼却施設(ストーカー)と同じ。</li> </ul>
残渣処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 焼却灰は水により冷却され灰ピットに貯留後、クレーンによりダンプトラックに積み込み、処分場へ搬出する。</li> <li>・ 焼却灰には、鉄等の金属類やガラ等の不燃物が混じる。これらは、資源化を促進する場合は、選別・回収する。</li> <li>・ 飛灰等は、薬剤処理等を行ったうえで灰ピット(あるいはバンカ)に貯留後、ダンプトラックに積み込み、処分場へ搬出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 炉下から砂を排出し、篩選別により不燃物を回収する。</li> <li>・ 不燃物に含まれる金属類は、資源化できる。</li> <li>・ 飛灰等は、薬剤処理等を行ったうえで灰ピット(あるいはバンカ)に貯留後、ダンプトラックに積み込み、処分場へ搬出する。</li> <li>・ ほとんどが飛灰となるため、排ガス処理で投入した消石灰量も多くなり、埋立物中のカルシウム分、塩分は多くなる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ チャーにはガラや金属類が含まれており、熔融炉に投入する前段で金属類を分離回収する。</li> <li>・ 熔融物は水砕されてスラグとメタルに分離する。スラグの再利用には粒度選別等を行う必要がある。</li> <li>・ 飛灰は、ストーカ方式と同様に無害化処理を行うが、ストーカ方式に比べ高い重金属類の含有率を示す傾向にある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 熔融物は水砕されてスラグとメタルに分離する。スラグは重金属の含有量が低く、比較して良質である。また、再利用には粒度選別等を行う必要がある。</li> <li>・ 同左。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> <li>・ 焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> <li>・ 焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> </ul>
(参考/リサイクル性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 焼却灰、飛灰は、普通ポルトランドセメントの原料として確実に再利用できる。(ただし、埋立処分に比べコスト高である。)</li> <li>・ 金属類は製鉄原料として利用できるが、焼却熱で酸化されるため引取単価が劣る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左。(セメント原料に再利用する場合、飛灰においてコスト高である。)</li> <li>・ 同左。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スラグは、アスファルト骨材や埋め戻し材等の砂代替材、コンクリート二次製品の砂代替材、最終処分場の覆土材として再利用できる。(公共事業での利用体制構築が不可欠。)</li> <li>・ 熔融飛灰は、山元還元できる。なお、エコセメント、普通ポルトランドセメントの原料として再利用できる。</li> <li>・ メタルはほとんどでない。</li> <li>・ 金属類は、未酸化であり、製鉄原料、アルミ原料として再利用できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同左。</li> <li>・ 同左。</li> <li>・ メタルは、製鉄原料、非鉄精錬の還元材、建設機械等のカウンターウェイト充填材として利用できる。</li> <li>・ 金属類はでない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> <li>・ 金属類は焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> </ul>
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機器点数は最も少ない。</li> <li>・ 従来から採用する自治体は多く、現運転職員が運営管理に問題なく従事できる。</li> <li>・ 燃焼制御方法の自動化や各種装置の方式更新に伴う維持管理手法の革新があるため、新技術に対応する知識及び技術習得と、十分な運転教育訓練期間が必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機器点数はストーカ式に比べ多い。</li> <li>・ 従来からの運転職員を配置する場合は、十分な運転教育期間が必要である。</li> <li>・ 同左。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ガス化炉と熔融炉が一体であること等から機器数はストーカ方式と大差無い。</li> <li>・ 同左。</li> <li>・ 同左。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ガス化炉と熔融炉が一体であること等から機器数はストーカ方式と大差無い。</li> <li>・ 同左。</li> <li>・ 熔融物の出滓作業があり、作業にあたっては耐火服を着用する等、作業安全上特段の配慮が必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機器点数は多い。(最も人員数が多い)</li> <li>・ 焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> <li>・ 焼却施設(ストーカ式)と同じ。</li> </ul>