

## 処理方式の検討方法について

## 0. ごみ処理方式選定の流れ

ごみ処理方式の選定フローを図 1 に示す。ごみ処理方式（特に可燃ごみ処理技術）を抽出し、評価・選定の検討対象とする処理方式を絞り込む。その後、評価項目の設定及び評価・選定を行う。今回の第 1 回委員会では、「1. ごみ処理方式の抽出」、「2. 検討対象とするごみ処理方式の絞り込み」、「3. ごみ処理方式の評価項目の設定」について協議したい。「4. ごみ処理方式の評価・選定」は第 2 回委員会において協議する。

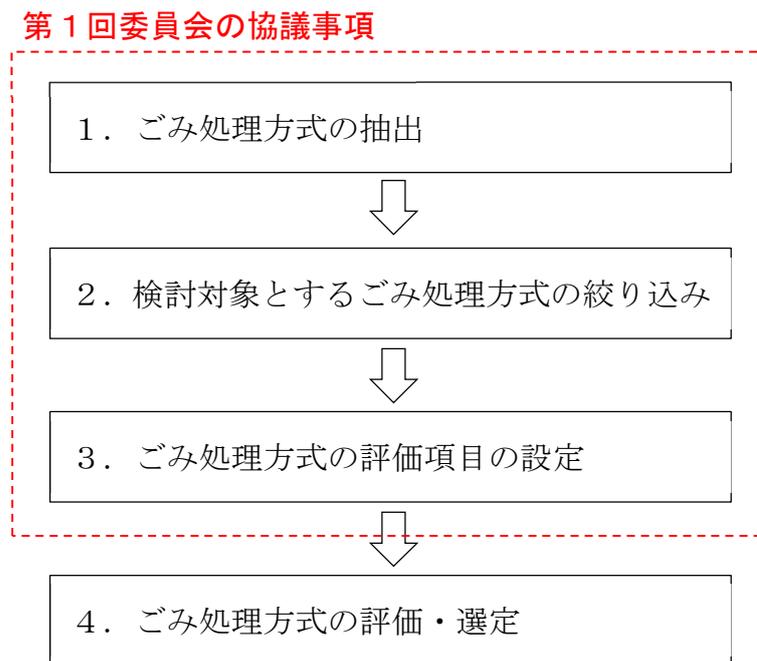


図 1 ごみ処理方式選定フロー

## 1. ごみ処理方式の抽出

ごみ処理方式及び機種を表 1 に示す。本委員会では可燃ごみ処理方式について検討する。主な処理方式として焼却、ガス化溶融・改質、メタンガス化、固形燃料（RDF）化、炭化、好気性発酵乾燥方式、堆肥化がある。焼却及びガス化溶融・改質方式ではストーカ式、流動床式、キルン式、シャフト式といった機種によってその特徴が異なる。なお、本市の環境衛生センターは焼却方式（ストーカ式）である。

各ごみ処理方式の概要を表 2～表 11 に示す。

表 1 ごみ処理方式

方式	機種
焼却	ストーカ式
	流動床式
ガス化溶融・改質	キルン式
	流動床式
	シャフト式
メタンガス化	
固形燃料（RDF）化	
炭化	
好気性発酵乾燥方式	
堆肥化	

※現施設は焼却（ストーカ式）方式である。

表 2 処理方式の概要（ストーカ式焼却炉）

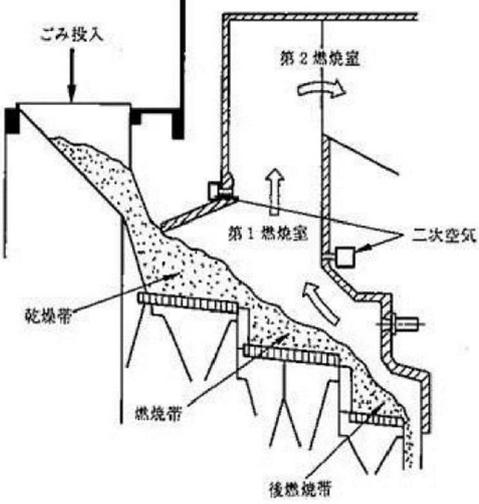
方式	ストーカ式焼却炉
<p>概要</p>	<p>ストーカ式燃焼装置は、稼働する火格子（揺動式、階段式、回転式等）上でごみを移動させながら、火格子下部から空気を送入し、燃焼させる装置をいう。</p> <p>一般にストーカ式燃焼装置は、燃焼に先立ちごみの十分な乾燥を行う乾燥帯・乾燥したごみが乾留されながら炎を発生し、高温化で活発な酸化反応が進む燃焼帯及び燃焼灰中の未燃分の燃え切りを図る後燃焼帯から構成されているが、形式によっては、このような明確な区分を設けずに同様な効果を得ている場合もある。</p> 
<p>メリット</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ストーカ炉は、長い歴史を経て技術的にも成熟しており、稼働実績及び信頼性が最も高い。</li> <li>• 燃焼が安定しており、自動運転化がしやすい。</li> <li>• ごみの前処理が不要である。</li> <li>• 低負荷燃焼限界が低い。</li> </ul>
<p>デメリット</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 焼却炉から排出される鉄は酸化しており、資源としては価値が低くなるが、近年は売却可能である。また、アルミは溶融してしまうために回収できない。</li> </ul>

表3 処理方式の概要（流動床式焼却炉）

方式	流動床式焼却炉	
概要	<p>流動床炉は、塔状で炉下部に充填した砂を空気により流動させて流動層を形成する。投入されたごみは、加熱状態の流動砂と攪拌されて短時間に、乾燥→着火→燃焼する。灰の大部分は、燃焼ガスに随伴して集じん装置で捕集される。</p>	
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ストーカ式程ではないが、稼働実績は多い。</li> <li>• 燃焼速度が速く、燃焼効率が高い。</li> <li>• 助燃材無しで処理できるごみの発熱量の下限が低い。</li> <li>• 焼却炉から排出される鉄は酸化度が低く、資源としての価値がストーカ炉に比べて高い。</li> </ul>	
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 近年の建設実績が少ない。</li> <li>• ごみの前処理（粗破碎）が必要であり、破碎機の刃の交換頻度が高く、ごみ詰まり等のリスクがある。</li> <li>• 瞬時燃焼を行うため、炉温度、炉内圧、ごみの量・質によって変動しやすく、ごみ供給、空気供給の制御に留意が必要。</li> <li>• 飛灰の割合が70%程度と多く、灰資源化に際して除塩等の前処理が必要となる。</li> </ul>	

表 4 処理方式の概要（キルン炉式溶融炉）

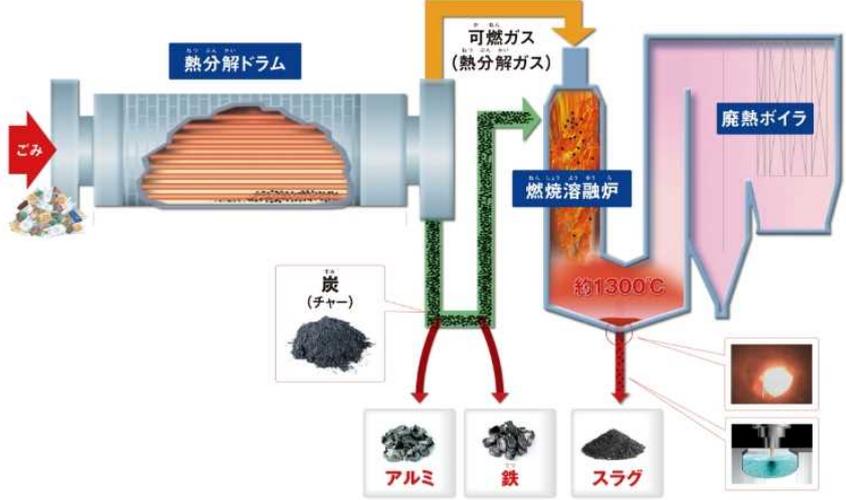
方式	キルン炉式溶融炉
<p>概要</p>	<p>投入したごみを熱分解ドラムで熱分解と炭（チャー）に分解する。チャーからアルミと鉄を回収した後溶融炉にて高温で燃焼し、スラグ化する。溶融炉で発生した燃焼ガスは廃熱ボイラで回収し発電することが可能である。ごみの滞留時間が1～2時間と長い特徴がある。</p>  <p>出典：株式会社タクマホームページ</p>
<p>メリット</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 焼却方式よりも排ガス量が少ない。</li> <li>• 鉄、アルミ、スラグといった有価物を回収することができる。</li> <li>• 長い時間をかけて熱分解するため、ごみ質変動の影響を受けにくい。</li> <li>• 低位発熱量が自己熱溶融の範囲なら、外部燃料なしで発電可能である。</li> </ul>
<p>デメリット</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 前処理（粗破碎）が必要である。</li> <li>• 熱分解の速度制御が難しい。</li> <li>• 可燃ガスが発生するため、発火防止対策に留意が必要である。</li> <li>• 保守は特別な技術が必要、維持管理費は焼却炉より高額である。</li> </ul>

表 5 処理方式の概要（流動床式ガス化溶融炉）

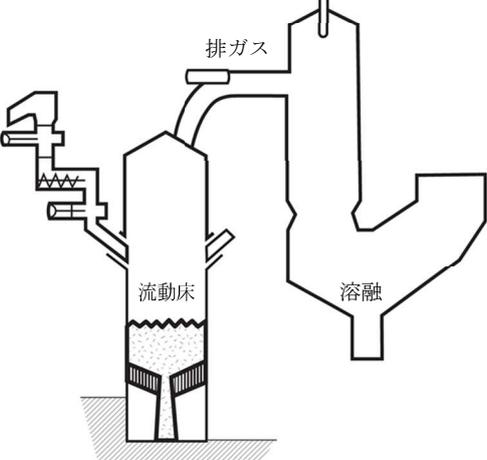
方式	流動床式ガス化溶融炉	
概要	<p>流動床式燃焼装置は、流動用押し込み空気により流動層を形成している高温流動媒体の中で、ごみの乾燥・ガス化・燃焼を行うもので流動層を保持する散気装置、炉底から流動媒体とともに不燃物を取り出す不燃物抜出装置、取出した流動媒体中に混在する不燃物を選別する不燃物選別装置、流動媒体を炉内に返送する流動媒体循環装置から主に構成されている。流動床式焼却炉は定常状態において、しゃく熱状態にあるけい砂等の流動媒体の攪拌と保有熱によって、ごみの乾燥・ガス化・燃焼の過程を短時間に行う特徴を有している。</p>	
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 従来方式（焼却方式）より排ガス量が少ない。</li> <li>• 熱分解炉の出口残渣中から未酸化の鉄・アルミ等の回収は可能である。</li> <li>• 一定以上の発熱量のごみを処理する場合、ごみの燃焼熱のみで溶融が可能である。</li> <li>• 溶融炉出口のダイオキシン類濃度を低減できるため、排出ガス処理設備の負担が小さい。</li> </ul>	
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ごみの前処理（粗破碎）が必要である。</li> <li>• 定量供給による熱分解炉の安定運動の確保に配慮が必要である。</li> <li>• 自己熱溶融限度が高く、低質ごみ時や低負担時には助燃材が必要となる。</li> <li>• ガスの漏えい対策は施されているが、可燃性ガスの発生を伴う。</li> </ul>	

表6 処理方式の概要（シャフト式ガス化溶融炉）

方式	シャフト式ガス化溶融炉	
概要	<p>炉の上部からごみとコークス、石灰石を供給する。炉内は上部から乾燥・予熱帯、熱分解帯、燃焼・溶融帯に区分される。乾燥・予熱帯ではごみが加熱され水分が蒸発する。熱分解帯では有機物のガス化が起こり、発生ガスは炉上部から排出され、別置きで燃焼室で完全燃焼される。ガス化した後の残渣はコークスとともに燃焼・溶融帯へ下降し、炉下部から供給される空気（一部酸素富化したものを使う場合もある）により燃焼し、1,500℃以上の高温で完全に溶融される。溶融物は水で急冷することにより砂状の溶融スラグと粒状の溶融メタルになる。溶融メタルは磁選機で分離回収できる。</p>	
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ガス化溶融方式の中では最も長い歴史と多くの納入実績を持つ。</li> <li>• コークスを用いる機種は、多様なごみ質に対応できる。</li> <li>• システム全体が簡潔である。</li> <li>• 投入ごみの全てを溶融し、スラグとメタルに分離回収して利用できる。</li> </ul>	
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• いずれの機種もコークス、酸素、LPG等の副資材を必要とし、ランニングコストが高い傾向にあるが、技術革新により副資材の使用量は削減されている。</li> <li>• コークスやLPGを使用するため二酸化炭素の排出量他方式より多い。</li> <li>• ガスの漏えい対策は施されているが、可燃性ガスの発生を伴う。</li> </ul>	

表7 処理方式の概要（メタンガス化（ハイブリッド）施設）

方式	ごみメタン化（ハイブリッド）施設
概要	<p>メタン発酵とは、酸素のない環境のもとで嫌気性微生物の働きによって有機物を分解させ、メタンガスや二酸化炭素を発生させるものである。</p> <p>不適物には、重金属、薬品類等の有害物及びビニール等の夾雑物がある。重金属や夾雑物は、生物分解されることなく、メタン発酵槽内の硝化汚泥中に移行する。</p> <p>処理対象のごみは、発酵残渣の用途、予想される異物の種類、混入率などにより、必要に応じて金属やプラスチック等の発酵不適物を除去する選別を行う。</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• メタンガス化システムの導入により、焼却量を減らすことができ、GHG排出量を抑制することができる。</li> <li>• 発酵残渣は肥料として活用できる。周囲に農地があるケースでは、この肥料を活用している事例が多く存在する。また、都市部では発酵残渣を焼却施設で燃料利用するなど、残渣を再生利用することで、地産地消・循環型社会の形成にも寄与する。</li> <li>• 小規模の焼却施設で発電できなかった地域でも、可燃ごみや生ごみからバイオガスを回収できる。これによって発電やガスの回収が可能になり、温暖化対策にも繋がる。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 発酵残渣が利活用できない場合は、処理が必要</li> <li>• 焼却施設に比べてメタンガス化施設の稼働事例が少ない。</li> <li>• メタンガス化システムによっては、全量を焼却する場合と比較して建設費や維持管理費が高くなる場合がある。</li> </ul>

表 8 処理方式の概要（ごみ固形燃料化施設）

方式	ごみ固形燃料化（RDF化）施設
<p>概要</p>	<div data-bbox="590 280 1316 638" data-label="Diagram"> </div> <p>RDFとは、Refuse Derived Fuelの略号で、ごみを破碎、乾燥、選別、固形化し、有効利用が可能な固形燃料にしたものをいう。ここで言うRDFはブリケット状に成形したRDF-5に相当するものである。ごみ固形燃料化施設は、ごみを処理する側面とごみを加工して燃料を製造する側面の二つの役割がある。ごみ処理としては、製造されたRDFを適正に利用し、その際発生した燃焼残渣を適正に処理してはじめてごみ処理が完了したことになる。したがって、ごみ固形燃料化方式によるごみ処理を適正に実施するためには、利用先と緊密な調整を行った上でRDFの利用方法及び利用先における燃焼残渣の処理方法を確立することが必要である。</p>
<p>メリット</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造工程で、水分除去・圧縮・成形が行われるため、容量が大幅に削減され、運搬等が容易になる。さらに、もとの廃棄物と比較して腐敗性が少なくなるため、臭気が抑えられる。</li> <li>製造工程において乾燥により水分を減少させるため、焼却時の熱効率が高くなる。このため、廃棄物をそのまま焼却し熱回収するよりも、効率的な熱回収が可能になる。</li> <li>高温による完全燃焼を行いやすいため、適正な設備で燃焼管理を行えば、ダイオキシン類の排出抑制対策にも資すると考えられている。</li> </ul>
<p>デメリット</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般廃棄物を原料とする場合は、塩素が含まれている点に注意しなければならない。塩素は、RDFを燃焼する際にダイオキシン類を発生させたり、装置を腐食させたりする原因となる。</li> <li>RDFは褐炭並の発熱量を持つため、消防法で指定可燃物の取扱いを受けており、爆発や火災対策に留意する必要がある。</li> </ul>

表9 処理方式の概要（炭化炉）

方式	炭化炉
<p>概要</p>	<p>炭化施設の処理対象物として、一般の焼却対象ごみばかりでなく、①粗大、不燃ごみ処理後の可燃物、②ごみ固形燃料、③廃プラスチック、④埋立て処分場の掘り起こしごみ、⑤下水汚泥及びし尿汚泥等の混合処理が可能である。</p> <p>前処理として粗破碎したごみを投入し低酸素状態で加熱され炭化状態となる。炭化状態となる際に可燃ガスが発生する。炭化物は鉄、非鉄金属、その他不適物などの残渣と共にキルン出口で回収される。一般的には1時間程度の滞留時間で炭化されるため、炭化物の性状は安定している。</p>
<p>メリット</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 焼却方式やガス化溶融方式と比較して排ガス量が少ない。</li> <li>• 発生した炭を燃焼剤として活用することができる。</li> </ul>
<p>デメリット</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 実稼働施設が他の方式と比較して少ない。</li> <li>• 炭化物の利用用途によっては脱塩処理が必要となる。</li> </ul>

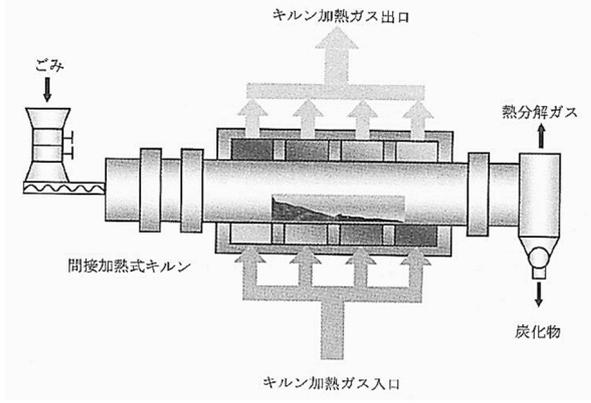


表 10 処理方式の概要（好気性発酵乾燥方式）

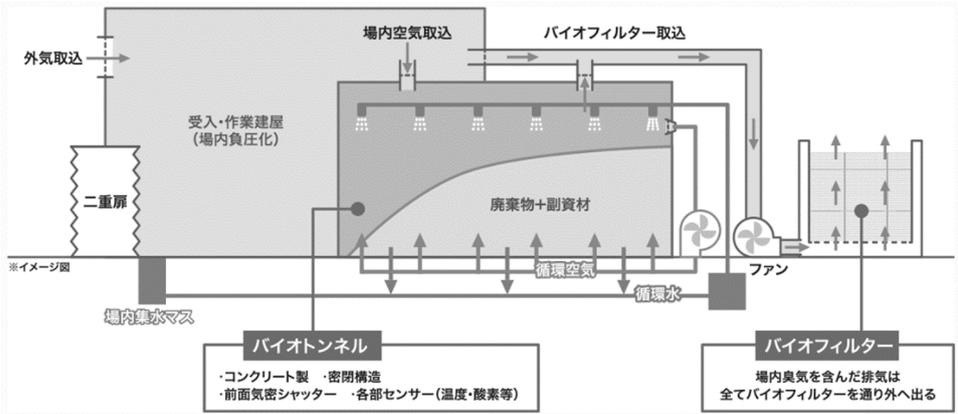
方式	好気性発酵乾燥方式
概要	<p>好気性発酵乾燥方式とは、生ごみや紙、プラスチック等が混在したごみを密閉発酵槽「バイオトンネル」で発酵させ、発酵する際の熱と通気を利用して乾燥処理を行う方式である。異物を取り除いた紙及びプラスチックなどが固形燃料の原料として利用される。</p>  <p>出典：株式会社エコマスターホームページ</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 残渣等の発生が少なく、資源化効率が高い。</li> <li>• 施設・設備等を負圧化した建物の中に入れ、建物内の空気をバイオフィルター処理することにより臭気を大幅に抑制することができる。</li> <li>• 処理水が発生しない。</li> <li>• 発酵という極めてシンプルな作用を乾燥処理に用いるため、化石燃料の使用を抑制し、CO<sub>2</sub>の排出を抑制している。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 固形燃料の長期的かつ安定的な引取先の確保が必要である。</li> <li>• 可燃性災害廃棄物の処理が不可能である。</li> </ul>

表 11 処理方式の概要（堆肥化）

方式	堆肥化
概要	<p>生ごみ等を微生物の働きによって分解（発酵）し、堆肥を生成する方式である。発酵は好氣的条件下で行われる。前処理設備としてプラスチックや金属類等を取り除くための選別設備を設ける必要がある。堆肥化の品質向上のために粉碎もみ殻、おがくず、バーク等を原料に添加することがある。発酵設備として豎型多段式、サイロ式、横型平面式等がある。</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 残渣等の発生が少なく、資源化効率が高い。</li> <li>• 排ガスが発生しない。</li> <li>• 処理水が発生しない。</li> <li>• 化石燃料の使用を抑制し、CO<sub>2</sub>の排出を抑制している。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 発酵まで数週間から数か月の熟成期間が必要である。</li> <li>• 生成堆肥の利用先の確保が必要である。</li> <li>• 堆肥の需要量は季節変動があり、その変動に対応できる供給体制が必要となる。</li> <li>• 生ごみ等の発酵物以外のごみを処理する設備は別途整備する必要がある。</li> </ul>

## 2. 検討対象とするごみ処理方式選定の絞り込み

ごみ処理施設整備に関する技術図書である「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版 公益社団法人全国都市清掃会議（以下、設計要領）」では、処理方式の絞り込みを行うにあたって「同規模施設の建設実績」、「分別区分の見直しの必要性」、「最終処分対象物」、「副生成物の資源化」、「同時に整備する施設」について検討することが望ましいとされている。本検討においても設計要領に示される同項目について検討し、処理方式の絞り込みを行う。

また、令和3年度の焼却処理量は11,613tであり、日平均値は32t/日（=11,613÷365）となる。ここでは、30t/日～70t/日（現施設の規模）の範囲を同規模施設として建設実績を調査した。

表12にごみ処理方式の絞り込み結果を示す。建設実績の有無、最終処分先や副生成物の受入先確保等の課題を踏まえて、「焼却」、「メタンガス化（ハイブリッド）」、「固形燃料（RDF）化」、「炭化」、「好気性発酵乾燥方式」の5方式を今後の検討対象としたいと考えている。

表12 ごみ処理方式の絞り込み

項目	焼却	ガス化溶融・改質	メタンガス化 (ハイブリッド)	固形燃料（RDF）化	炭化	好気性発酵乾燥方式	堆肥化
過去15年間における同規模施設の建設実績	28件（ストーカ26件、流動床2件）	0件	5件 (うち、ハイブリッド3件)	1件	1件	1件	0件
分別区分の見直し	分別変更の必要はない	分別変更の必要はない	分別変更の必要はない(生ごみを分別することで処理効率が上がる)	分別変更の必要はない	分別変更の必要はない	分別変更の必要はない	生ごみ、草等の堆肥化可能物を分別する必要がある。
最終処分対象物	焼却残渣(灰)の最終処分先を確保する必要がある。	溶融残渣の最終処分先を確保する必要がある。	焼却残渣(灰)の最終処分先を確保する必要がある。	基本的に埋立対象となる残渣は発生しない。	基本的に埋立対象となる残渣は発生しない。	基本的に埋立対象となる残渣は発生しない。	基本的に埋立対象となる残渣は発生しない。
副生成物の資源化	灰のリサイクル(セメント会社等)	スラグ利用	灰のリサイクル(セメント会社等)、ガス発電等	RDF受入施設(製紙工場等)	炭化物受入施設(発電所等)	処理後物受入施設(製紙工場等)	農地還元等
同時に整備する施設	不要	不要	不要	不要	不要	不要	生ごみ、草等以外の処理施設が必要である。
検討対象	最終処分先の確保に課題はあるが建設実績も多く、分別区分の見直しも必要ないことから <u>検討対象とする。</u>	最終処分先の確保、副生成物の受入先の確保に課題があり、建設実績もないことから検討対象としない。	最終処分先の確保に課題はあるが建設実績があり、メタンガスの有効利用によるCO <sub>2</sub> 削減の可能性もあることから <u>検討対象とする。</u>	副生成物の受入先に課題はあるが、埋立物が発生しないこと、建設実績があることから <u>検討対象とする。</u>	副生成物の受入先の確保に課題があるが、分別区分の見直しが不要であり、埋立物も発生せず、建設実績もあることから <u>検討対象とする。</u>	副生成物の受入先の確保に課題があるが、分別区分の見直しが不要であり、埋立物も発生せず、建設実績もあることから <u>検討対象とする。</u>	追加的に施設を整備する必要があることに加え、建設実績がないことから検討対象としない。

### 3. ごみ処理方式の評価項目の設定

ごみ処理方式の評価項目及び評価内容（案）を表 13 に示す。評価項目は施設整備基本方針の内容に関する項目を設定した。経済性だけではなく、安全性や環境保全、脱炭素、地域との共生といった観点から総合的な評価を行う。

表 13 ごみ処理方式の評価項目及び評価内容（案）

基本方針	評価項目	評価内容
安心・安全	稼働実績	同規模施設の建設実績を評価
	耐震性、浸水対策等	耐震、浸水対策内容について評価
	ごみ量・ごみ質への対応	ごみ量減少や、ごみ質の変化への対応を評価
	維持管理性	運転の難易度（運転技術の成熟度等）を評価
	災害廃棄物の受入	災害廃棄物の受入可能性を評価
環境保全	公害防止対策	排ガス対策、排水、騒音振動、悪臭対策を評価
	再資源化量	再資源化量及び本市全体のリサイクル率を評価
	最終処分量	最終処分量を評価
脱炭素	二酸化炭素排出量	二酸化炭素排出量を評価
地域との共生		地域還元（広場や会議室等の利用、熱利用等）方法を評価
経済性	建設費	施設建設費を評価
	維持管理費	稼働期間（20年）の維持管理費を評価
総合評価		上記項目を総合的に評価し、最適な処理方式を決定

(参考資料) 同規模施設の建設実績

■建設実績の抽出条件

1. 環境省一般廃棄物処理実態調査(令和2年度調査結果)を基に整理
2. 過去15年間(2008~2022年)に供用開始した施設を対象
3. 施設規模30~70t/日未満を対象

① 焼却(ストーカ)施設の建設実績

No.	都道府県	地方公共団体	供用開始年度	施設規模(t/日)
1	北海道	恵庭市	2020	56
2	北海道	岩内地方衛生組合	2018	30
3	北海道	遠軽地区広域組合	2017	32
4	宮城県	黒川地域行政事務組合	2018	50
5	秋田県	八郎湖周辺清掃事務組合	2008	60
6	福島県	相馬方部衛生組合	2012	43
7	新潟県	糸魚川市	2020	48
8	長野県	北アルプス広域連合	2018	40
9	長野県	岳北広域行政組合	2009	35
10	岐阜県	山県市	2010	36
11	滋賀県	野洲市	2016	43
12	京都府	宮津与謝環境組合	2020	30
13	兵庫県	丹波市	2015	46
14	兵庫県	南但広域行政事務組合	2013	43
15	奈良県	葛城市	2017	50
16	岡山県	赤磐市	2014	44
17	岡山県	美作市	2014	34
18	広島県	庄原市	2022	34
19	佐賀県	天山地区共同環境組合	2020	57
20	長崎県	五島市	2019	41
21	長崎県	東彼地区保健福祉組合	2018	46
22	長崎県	長与・時津環境施設組合	2015	54
23	熊本県	山鹿市	2019	46
24	鹿児島県	指宿広域市町村圏組合	2017	54
25	沖縄県	宮古島市	2016	63
26	沖縄県	金武地区消防衛生組合	2020	38.3

② 焼却(流動床)施設の建設実績

No.	都道府県	地方公共団体	供用開始年度	施設規模(t/日)
1	秋田県	北秋田市	2018	50
2	和歌山県	岩出市	2008	60

③ メタン発酵施設の建設実績(メタン化設備又は焼却設備が40～70t/日)

No.	都道府県	地方公共団体	供用開始年度	施設規模(t/日)
1	北海道	稚内市	2012	34
2	新潟県	長岡市	2013	65
3	京都府	京都市	2019	60 (ハイブリッド式:焼却 500t/d)
4	兵庫県	南但広域行政事務組合	2013	36 (ハイブリッド式:焼却 43t/d)
5	山口県	防府市	2014	51.5 (ハイブリッド式:焼却 150t/d)

④ 固形燃料(RDF)化施設の建設実績

No.	都道府県	地方公共団体	供用開始年度	施設規模(t/日)
1	石川県	輪島市穴水町環境衛生施設組合	2011	40

⑤ 炭化施設の建設実績

No.	都道府県	地方公共団体	供用開始年度	施設規模(t/日)
1	長崎県	西海市	2015	30

⑥ 好気性発酵乾燥施設の建設実績

No.	都道府県	地方公共団体	供用開始年度	施設規模(t/日)
1	香川県	三豊市	2017	43.3