

新ごみ処理施設 処理方式について

1. 目的及び検討方法

本書では、大牟田・荒尾清掃施設組合一般廃棄物処理施設整備基本計画策定にあたり、我が国において採用実績のある処理方式について整理したうえで、新ごみ処理施設に相当と考えられる処理方式の方向性を示すことを目的とする。

第1段階として、「日本の廃棄物処理令和元年度版（令和3年3月 環境省環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課）」において整理されているごみ処理方式（可燃ごみ）（表1参照）について、各処理方式の概要を示し、大区分である焼却、資源化及び燃料化について他都市導入実績及び生成物の処理面から評価して1方式に絞り込む。

第2段階として、中区分にあたる処理方式について、安定性、エネルギー回収性能、経済性及び他都市導入実績等から比較検討し、各処理方式を総合評価するものとする。また、同規模の建設実績を有するプラントメーカーを対象としたアンケート結果も参考にするものとする。

表1 「日本の廃棄物処理」に整理される処理方式

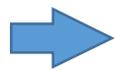
大区分	中区分
焼却方式	ストーカ式、流動床式、ガス化熔融方式
資源化	ごみ堆肥化、ごみ飼料化
燃料化	メタンガス化、固形燃料化、BDF（バイオディーゼル燃料）

第一段階	大区分 (焼却、資源化、燃料化)	<ul style="list-style-type: none"> ・他都市導入実績 ・生成物の処理面
------	---------------------	--

↓ 検討の結果、1方式に絞り込み

第二段階	中区分 (大区分の下位に属する各処理方式)	<ul style="list-style-type: none"> ・安全、安心な運転 ・エネルギーの活用 ・環境保全性 ・経済性
------	--------------------------	--

プラントメーカー
アンケート結果



↓ 中区分について比較評価

処理方式決定

図1 処理方式選定フロー

2. ごみ処理方式（大区分）の検討（第一段階）

(1) 各処理方式の概要

表 2 に各処理方式の一般的な概要及び処理原理を示す。

表 2-1 処理方式の概要（ストーカ式）

焼却（ストーカ式）	
処 理 概 要	<p>ストーカ炉はごみの移送と攪拌の機能を有する火格子床面と耐火物で覆われた炉壁から成る。火格子下部から燃焼用空気を供給し火格子上で乾燥→燃焼→後燃焼の過程を経て燃焼させ、さらに未燃ガスは二次燃焼室入口に送り込まれた二次空気により燃焼させる。投入されたごみは、排ガスおよび焼却灰となって炉より排出される。</p>
概 要 図	
採 用 実 績	<p>1) 熊本県菊池環境保全組合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方式：ストーカ方式 ・施設規模：160t/日（80t/24h×2 炉） ・2021 年 4 月より供用開始 ・余熱利用：蒸気タービン発電 <p>2) 久留米市</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方式：ストーカ方式 ・処理規模：163t/日（81.5t/24h×2 炉） ・2018 年 4 月より供用開始 ・余熱利用：蒸気タービン発電

表 2-2 処理方式の概要（流動床式焼却）

焼却（流動床式焼却炉）	
処理概要	<p>流動床炉は塔状の炉内において砂を押し込み空気で流動攪拌させ、投入されたごみを浮遊燃焼、さらにフリーボード部で未燃ガスを燃焼させる方式である。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。灰の大部分は飛灰として炉外される。不燃物及び砂は炉底より取り出され分離後、砂は炉内に戻される。</p>
概要図	
採用実績	<p>1) 東京都八王子市</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方式：流動床式焼却炉 ・施設規模：160t/日（80t/24h×2 炉） ・2022 年 10 月より供用開始 ・熱利用：蒸気タービン発電（約 4,400kW）

表 2-3 処理方式の概要（流動床式ガス化溶融）

焼却（流動床式ガス化溶融炉）	
処 理 概 要	<p>流動床式ガス化溶融炉は、ガス化設備と溶融炉が別々になった分離型の溶融設備であり、ガス化炉に流動床炉を用いたものである。流動床炉に供給されたごみは、数百度の環境で熱分解され、発生した熱分解ガスは溶融炉に導かれ、灰分を溶融する。</p> <p>炉下からは、流動砂と不燃の金属などが取り出され、分離されたのち、砂は炉内に戻される。</p>
概 要 図	
採 用 実 績	<p>1) 山形広域環境事務組合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方式：流動床式ガス化溶融炉 ・施設規模：150t/日（75t/24h×2 炉） ・2018年11月より供用開始 ・余熱利用：蒸気タービン発電

表 2-4 処理方式の概要（シャフト式ガス化溶融）

焼却（シャフト式ガス化溶融炉）	
処理概要	<p>ごみ、コークス、石灰石を溶鉱炉上の豎型炉（シャフト炉）上部から供給し、下部羽口から酸素濃度を富化された空気を吹き込み燃焼させる方式である。ごみは炉上部で乾燥され炉下部に下がるに従い、熱分解の過程を経て、熱分解ガスは後段へ排出される。炉の下部では、コークスとごみの燃焼熱にて灰が溶融され金属類を含むスラグとなって排出される。消石灰は、灰分溶融の調整剤として投入される。</p>
概要図	
採用事例	<p>1) 広島中央環境組合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方式：シャフト炉式ガス化溶融 ・施設規模：95t/日×3 炉 ・2020 年 10 月より供用開始 ・余熱利用：蒸気タービン発電 <p>2) 千葉市</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方式：シャフト炉式ガス化要求炉 ・施設規模：195t/日×3 炉 ・2026 年 4 月より供用開始 ・余熱利用：蒸気タービン発電

表 2-5 処理方式の概要（炭化）

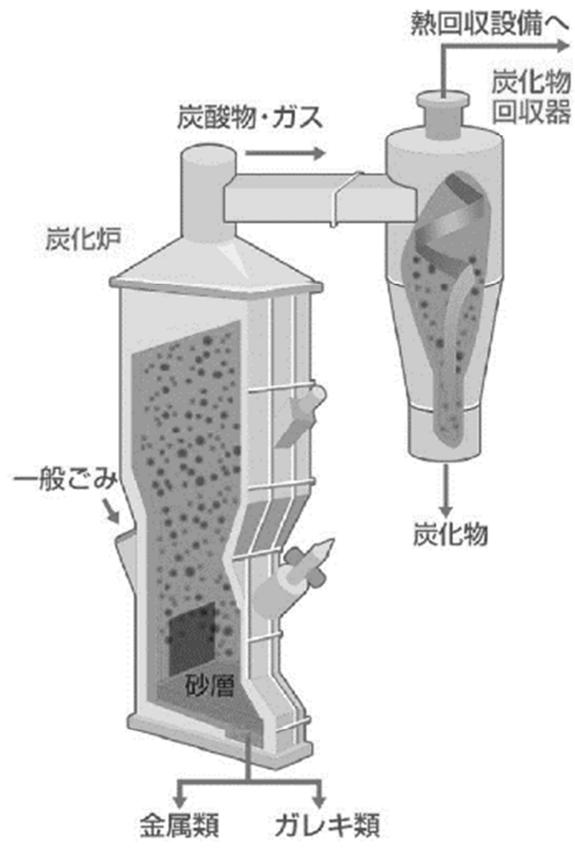
焼却（炭化）	
処理概要	<p>炭化炉は、流動床式炭化炉とキルン式炭化炉の2方式の実績がある。ここでは流動床式炭化炉について説明する。</p> <p>前処理設備で破碎され、炭化炉に投入された廃棄物は、流動床炉内で450℃～600℃に保たれた砂層で熱分解され、炭酸物とガスが後段の炭化回収器にて炭化処理される。炭化の際に発生する熱分解ガスは、後段で完全燃焼させる。また、廃棄物に混入されている不燃物（鉄、アルミ類、ガレキなど）は砂層内で分離され、炭化炉の下部から取り出される。</p>
概要図	 <p style="text-align: center;">流動床式炭化炉</p>
採用事例	<p>1) 長崎県西海市</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方式：間接外熱キルン炭化方式 ・処理規模：15t/日×2系列 ・2015年供用開始 ・余熱利用：炭化処理へ利用

表 2-6 処理方式の概要（ハイブリッド方式）

メタンガス化（ハイブリッド方式）	
処理概要	<p>ハイブリッド方式とは、メタン発酵により得られるバイオガスを回収するバイオガス化施設と、発酵残渣や発酵に不適なごみ（プラスチックなど）を焼却処理する焼却施設を併設した方式である。回収したバイオガスを使用しガスエンジン発電を行うとともに、ごみ焼却発電を行うことが可能である。</p>
概要図	
採用事例	<p>1) 東京都町田市</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 焼却施設（ストーカ方式）：129t/日×2 炉 ・ バイオガス化施設（乾式高温メタン発酵方式）：25t/日×2 基 ・ 2022 年 1 月供用開始予定 ・ 余熱利用：蒸気タービン発電 <p>2) 鹿児島市</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 焼却施設（ストーカ方式）：110t/日×2 炉 ・ バイオガス化施設（乾式メタン発酵施設）：30t/日×2 基 ・ 2022 年 1 月供用開始予定 ・ 余熱利用：蒸気タービン発電

表 2-7 処理方式の概要 (RDF 化)

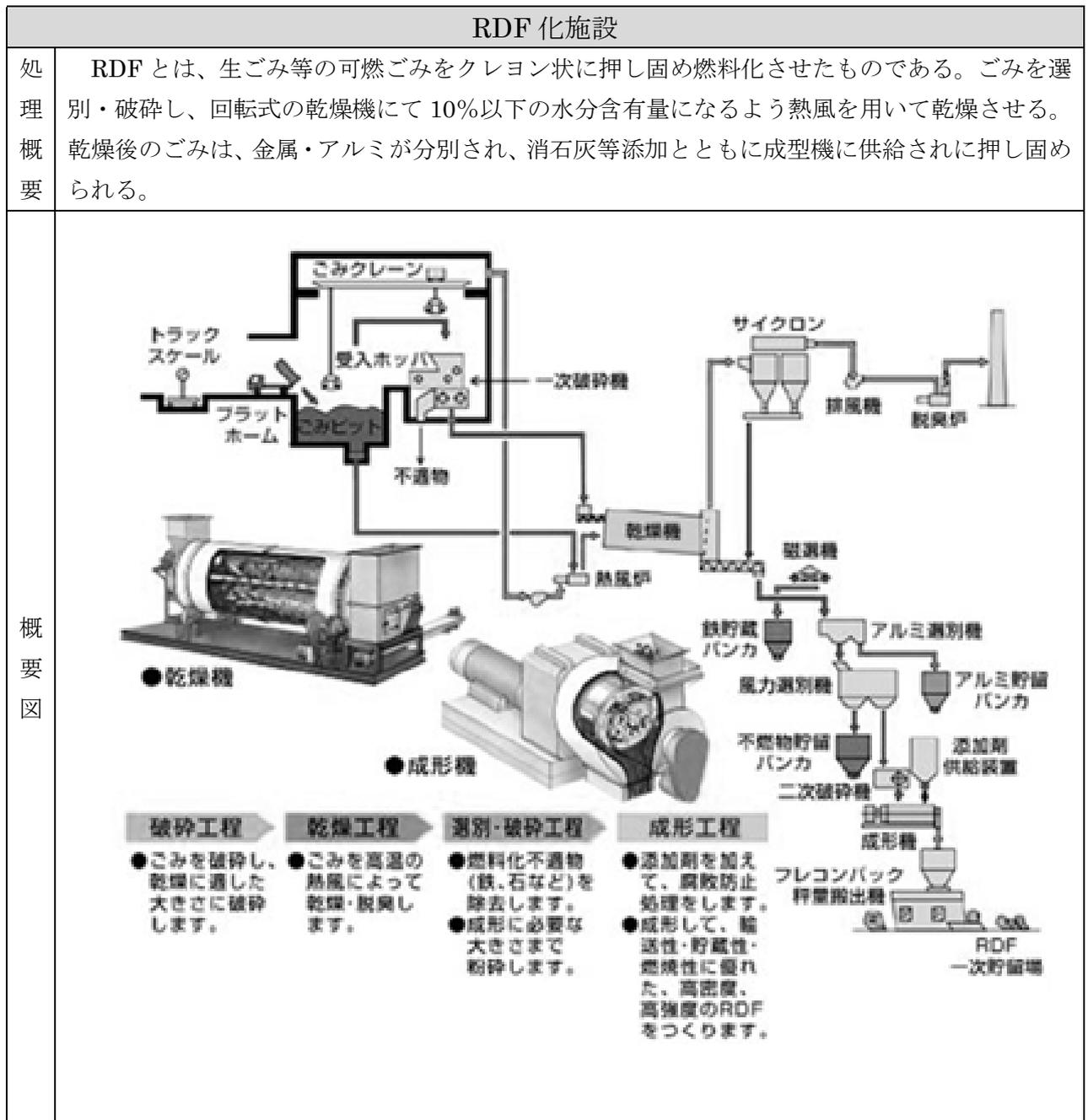


表 2-8 処理方式の概要（堆肥化）

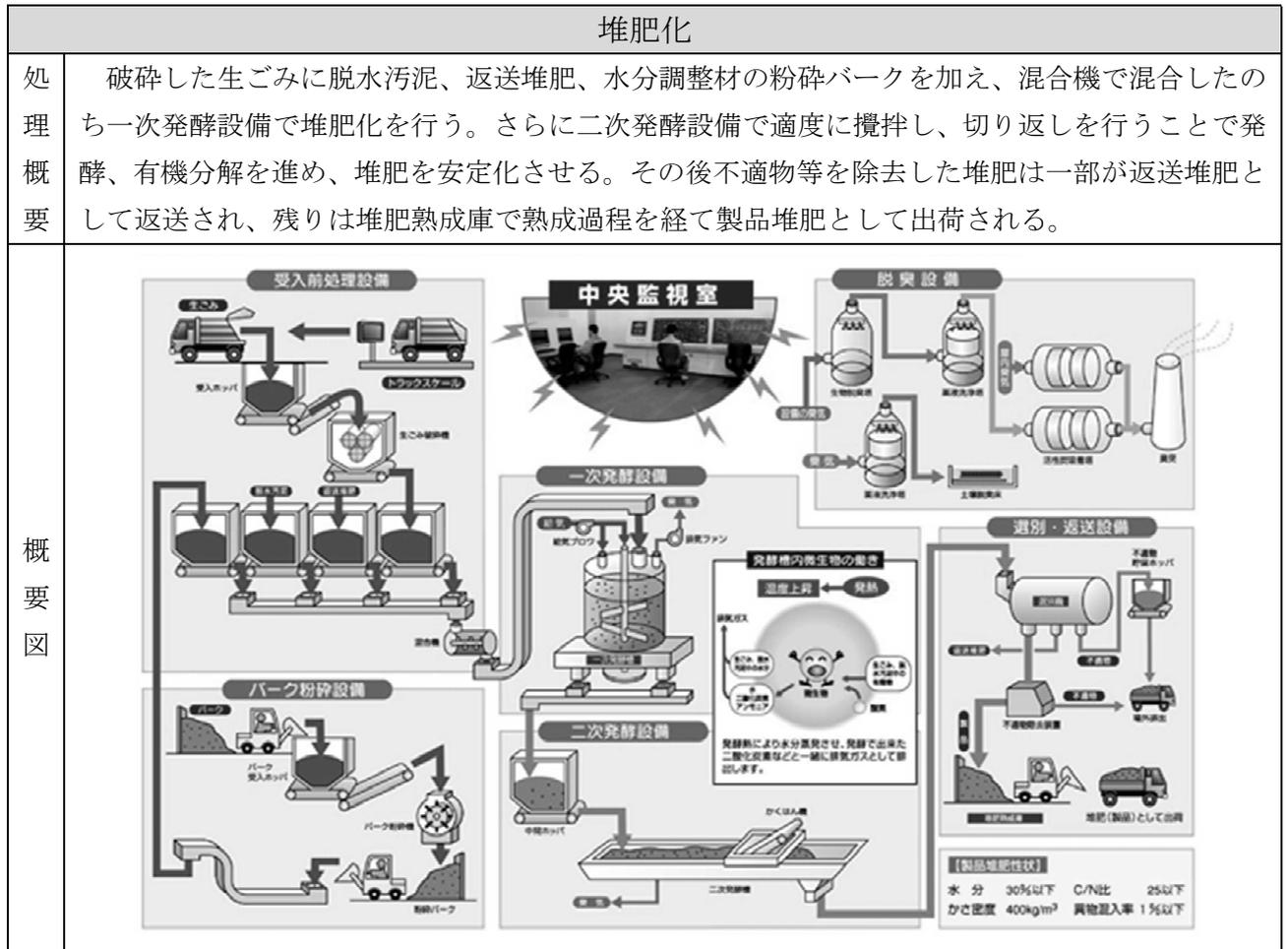


表 2-9 処理方式の概要（BDF）

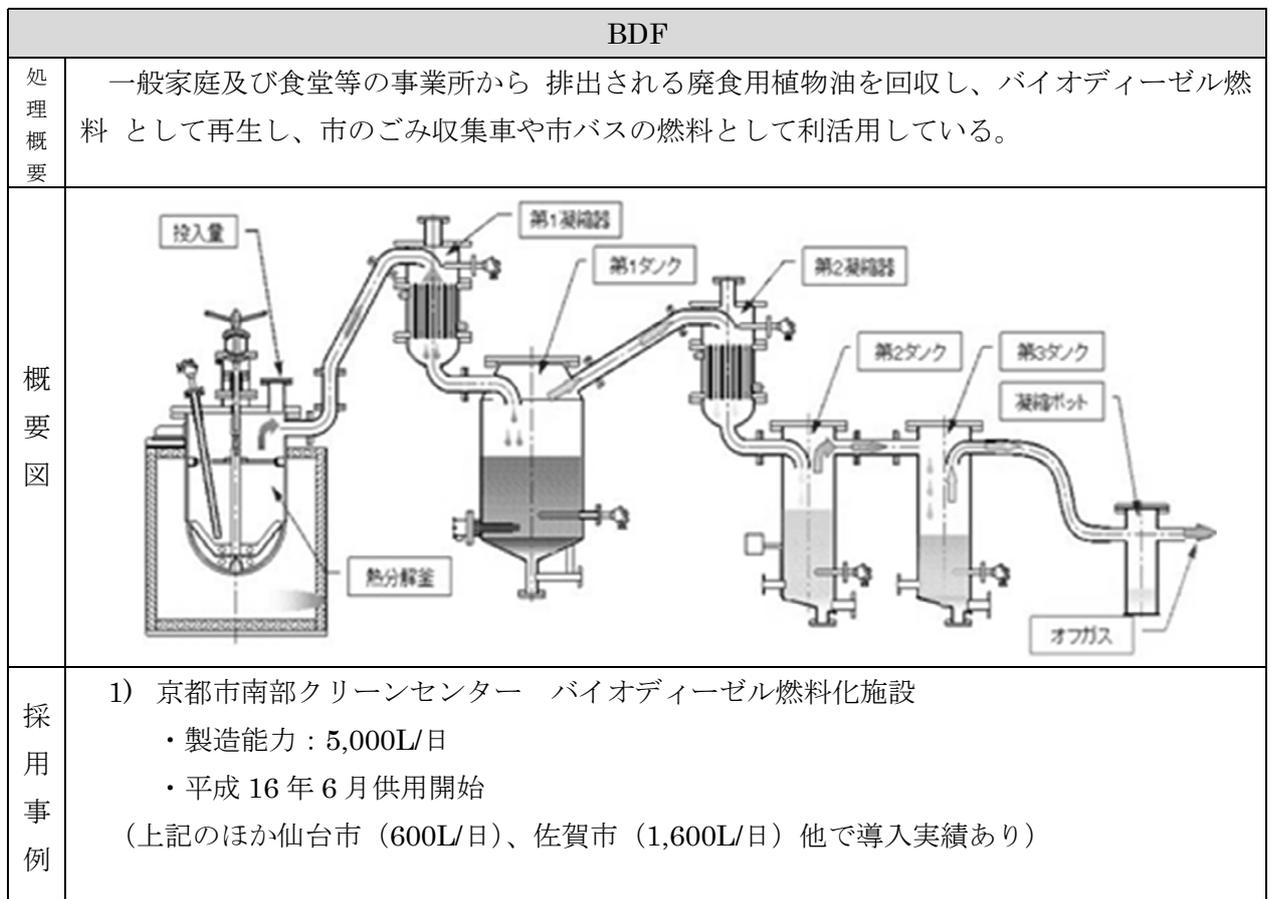


表 2-10 処理方式の概要（飼料化）

飼料化	
処理概要	<p>生ごみを短時間で脱水・乾燥することにより、良質な飼料材に再生する。廃食用油により加熱する方式（天ぷら方式）もある。</p>
概要図	<p>The diagram illustrates the feed production process. It starts with a '食品残渣投入' (Food waste input) into a '粉砕・分別機' (Crushing/separation machine). The material then moves through a '貯留サークルフィーダ' (Storage circular feeder) into a '貯留タンク' (Storage tank). From there, it passes through a '計量タンク' (Weighing tank) equipped with 'ロードセル式計量' (Load cell weighing) and an 'FCフロー' (FC flow) meter. The material is then transported by 'NFVフライトベヤ' (NFV flight pans) to a '乾燥機' (Dryer) where it is mixed in a '混合槽' (Mixer). After drying, it goes through a '冷却機' (Cooling machine) and a 'スクリュウコンベヤ' (Screw conveyor) to a '製品タンク' (Product tank) with a '製品サークルフィーダ' (Product circular feeder) for '製品出荷' (Product shipment). A '振動ふるい機' (Vibration sifter) is also part of the system. The diagram includes a 'close or Esc Key' label in the top right corner.</p>
採用事例	<p>2) 札幌市（札幌飼料化リサイクルセンター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・飼料化方式：68t/日 ・平成 10 年 1 月 供用開始 ・余熱利用：生ごみ分離液からバイオガス回収・発電（3,000kWh/日）

(2) 他都市における導入実績

「環境省 一般廃棄物処理実態調査 令和元年度調査結果」を基に、過去 10 年間の各方式別の導入実績数及びその割合を表 3 に示す。なお、施設規模は新ごみ処理施設の施設規模と同程度の 100～200t/日の案件を抽出した。

表 3 から、過去 10 年間の同程度の規模では、資源化方式及び燃料化方式の導入実績はゼロであり、すべて焼却方式となっている。

表 3 他都市の処理方式別導入実績

処理方式	施設数 (件)	割合 (%)
焼却	49	100
ストーカ式	34	69
ストーカ式+メタン発酵	2	4
流動床式焼却	3	6
流動床式ガス化溶融	6	12
シャフト式ガス化溶融	4	8
炭化	0	0
資源化 (堆肥化、飼料化)	0	0
燃料化 (メタン化、RDF化、BDF)	0	0
合計	49	100

※「環境省一般廃棄物処理実態調査 (令和元年度調査結果)」より整理

※2011年度以降の建設実績。建設中を含む

※処理能力100～200t/日

(3) ごみ処理方式 (大区分) の比較検討結果

ごみ処理方式 (大区分) について、前項の他都市導入実績に加え、生成物の処理面を表 4 のとおり比較検討した。その結果、過去 10 年間の同規模ではすべての案件で採用されており、処理対象物の範囲や生成物の処理面でも支障のない「焼却方式」が適当と考えられる。

表 4 「日本の廃棄物処理」に整理される処理方式

処理方式 (大区分)	他都市導入実績割合 (%)	処理対象物の範囲	生成物の処理面	総合評価
焼却方式	100	◎ すべての可燃ごみに対応可	◎ 埋立方式の他、セメント原料化等の再資源化可能	◎
資源化	0	△ 処理対象物は生ごみに限定	△ 生成する堆肥、飼料の引き取り先確保が必須	△
燃料化	0	○ RDF化では前処理が必要、BDFでは廃食用油に限定	△ 生成するRDF、BDF等の引き取り先確保が必須	△

3. ごみ処理方式（中区分）の検討（第二段階）

2項において絞り込んだ「焼却方式」に分類される各方式について、安定性、環境保全性能、エネルギー回収性能、経済性等から比較検討する。

表 5 に各処理方式の比較検討結果を示す。

各方式の比較検討の結果、現時点においては、安定性、エネルギー回収性能、経済性及び他都市導入実績等から、「ストーカ方式」、「シャフト式ガス化溶融方式」及び「ハイブリッド方式」が優位と考えられる。

また、同規模の建設実績を有するプラントメーカーへのアンケート結果は、回答のあった 8 社全社が「ストーカ方式」を推奨する結果となった。

こうしたことから、新ごみ処理施設の処理方式は「ストーカ方式」が適当と考えられる。

表5 各処理方式の比較検討結果

項目	ストーカ式焼却炉		流動床式焼却炉		流動床式ガス化溶融炉		シャフト式ガス化溶融炉		ハイブリッド方式	
処理概要	ストーカ炉は床面(火格子)を摺動させてごみを移送・攪拌しながら燃焼させる方式で炉下部から燃焼用空気を供給し火格子上で乾燥→燃焼→後燃焼の過程を経て燃焼させ、灰は後燃焼し炉底部より排出される。		流動床炉は塔状の炉内において熱した砂を空気で流動させ、投入されたごみを砂中で燃焼する一方、炉上部のフリーボード部で未燃分を燃焼させる方式である。灰の大部分は飛灰として炉外されるが、不燃物は炉底より排出される。		ガス化炉と溶融炉を組み合わせた方式である。流動床炉に供給されたごみは、500~600℃程度で熱分解され、発生した熱分解ガスを溶融炉で1300℃程度の高温燃焼と同時に灰分を溶融する。金属類はガス化炉より未酸化回収、溶融炉で溶融スラグが回収される。		溶鉱炉を応用した技術で、ごみ、コークス、石灰石を上部から供給し、下部羽口から酸素富化された空気を吹き込み燃焼させる方式である。ごみは炉上部で乾燥される一方、炉下部では、コークスとごみの燃焼熱にて灰が溶融され、溶融スラグとして排出される。		機械選別でメタン発酵に適したごみを発酵槽に投入しバイオガスを回収してガスエンジン等で発電を行う。一方、発酵残渣や発酵不適ごみを焼却処理する焼却炉を組み合わせる。	
導入実績 *表1参照	34件(69%)		3件(6%)		6件(12%)		4件(8%)		2件(4%)	
安定性	炉内の滞留時間が長いこと、燃焼が安定しており、長年の実績で技術は成熟している。		炉内の滞留時間が秒単位と短いこと、ごみ質変動に対する安定運転が難しい。		ガス化炉は流動床式だが比較的低温で運転するため流動床焼却に比べ安定する。		炉内の滞留時間が長いこととコークスで高温に保つため燃焼は安定している。		焼却炉にストーカ式を採用すれば燃焼安定している。メタン発酵槽は滞留時間が長く安定しているが稼働実績が少ないため技術的な成熟度低い。	
公害防止性能	燃焼が安定しており、未燃分やダイオキシン類の発生を抑制しやすい。		瞬時燃焼を行うため、有害物質濃度はごみ質変動の影響を受けやすいが、排ガス処理設備により対応が可能。		溶融炉で高温燃焼するため、未燃分やダイオキシン類の発生を抑制しやすい。		長い滞留時間と高温燃焼で未燃分やダイオキシン類の発生を抑制できる。		焼却炉にストーカ方式を採用すれば安定燃焼でダイオキシン類の発生を抑制できる。	
エネルギー回収性能	廃熱ボイラ+蒸気タービンで発電・熱供給が可能だがごみ質が低いと発電効率が低下。		廃熱ボイラ+蒸気タービンで発電・熱供給が可能だがごみ質が低いと発電効率が低下。		高温燃焼のため化石燃料で助燃した場合は発電量が増加するが発電効率は変わらない。		高温燃焼のためコークスを投入する分だけ発電量が増加するが発電効率は変わらない。		ごみ質が低い場合は、バイオガスを回収することにより、焼却方式よりも高効率でエネルギー回収が可能となる。	
資源化性能	生成した焼却灰や飛灰を再資源化しリサイクル率向上及び最終処分量減が可能。		生成した焼却飛灰を再資源化しリサイクル率向上及び最終処分量減が可能。		生成したスラグは土木資材等として再資源化しリサイクル率向上及び最終処分量減が可能。またガス化炉から回収した金属類が再資源化可能。		生成したスラグやメタルは土木資材等として再資源化しリサイクル率向上及び最終処分量減が可能。		生成した焼却灰や飛灰を再資源化しリサイクル率向上及び最終処分量減が可能。発酵残さる液の再資源化には課題がある。	
経済性	構造がシンプルで燃焼温度が低いこと、建設費及び維持補修費用が低い。		構造がシンプルで燃焼温度が低いこと、建設費及び維持補修費用が低い。		ガス化炉と溶融炉の2つの炉から構成され燃焼温度も高いこと、建設費及び維持補修費用が高い。		副資材供給設備が必要で燃焼温度も高いこと、建設費及び維持補修費用が高い。		メタン発酵槽と焼却炉、付帯設備が必要で機器点数が多いため建設費及び維持補修費用が高い。	
分別及び前処理	・前処理の必要はない。 ・プラスチック分別によるごみ質低下の影響は比較的小さい。 ・投入可能寸法が比較的大きく、災害ごみ受入制約は少ない。		・大型ごみは破碎処理が必要。 ・プラスチック分別によるごみ質低下の影響は比較的小さい。 ・災害ごみ受入可能であるが破碎処理により細かく砕く必要がある。		・前処理の破碎処理が必要。 ・ごみ質低下により助燃量が増える可能性あり。 ・災害ごみ受入可能であるが破碎処理により細かく砕く必要がある。		・前処理の必要はない。 ・ごみ質低下によりコークス量が増える可能性あり。 ・投入可能寸法が比較的大きく、災害ごみ受入制約は少ない。		・前処理の必要はない。 ・プラスチック分別によるごみ質低下の影響は比較的小さい。 ・投入可能寸法が比較的大きく、災害ごみ受入制約は少ない。(焼却炉がストーカの場合)	
総合評価	実績が最も多く安定性や経済性に優れ、分別区分変更への対応等にも優れており、新ごみ処理施設の処理方式に適している。		経済性に優れるものの、実績が少なく安定性や公害防止性能に劣るため、新ごみ処理施設の処理方式としての選定は難しいと考えられる。		資源化性能に優れるものの、近年の実績が少なく前処理が必要で経済性に劣るため、新ごみ処理施設の処理方式としての選定は難しいと考えられる。		溶融スラグの無償引き取りが可能なら最終処分コストと合わせ経済性評価が向上する可能性があり、安定性、公害防止性能、資源化性能に優れているため、処理方式として選定可能と考えられる。		高い交付率が見込めFIT制度利用により売電単価も高くなる可能性から経済性評価が向上する可能性があり、エネルギー回収性能、分別対応に優れているため、処理方式として選定可能と考えられる。	