

処理方式の検討（案）

一般ごみ等の処理方式として、基本構想で焼却処理方式を採用することが決定されました。ここでは、焼却処理方式の種類及び特徴を取りまとめ、比較することで、焼却処理方式を決定することを目的とします。

1. 焼却対象ごみの処理方式の種類

焼却処理施設として採用されている方式は「図1 焼却処理方式の分類」に示すとおりです。大きく分類すると、従来から採用されてきた焼却方式と比較的新しい処理技術のガス化溶融方式に分類されます。

どちらの方式もごみの減量化・無害化を主な目的としています。焼却方式では、ごみを焼却することにより、焼却灰と飛灰が排出されます。また、焼却方式に別途灰溶融炉を設置し、灰を溶融する方式もあります。

一方、ガス化溶融方式では、助燃剤等を用いて焼却より更に高温でごみを溶融することにより、スラグや溶融飛灰等が排出されます。

各処理方式の概要は「表1 焼却処理方式の概要」に示すとおりです。

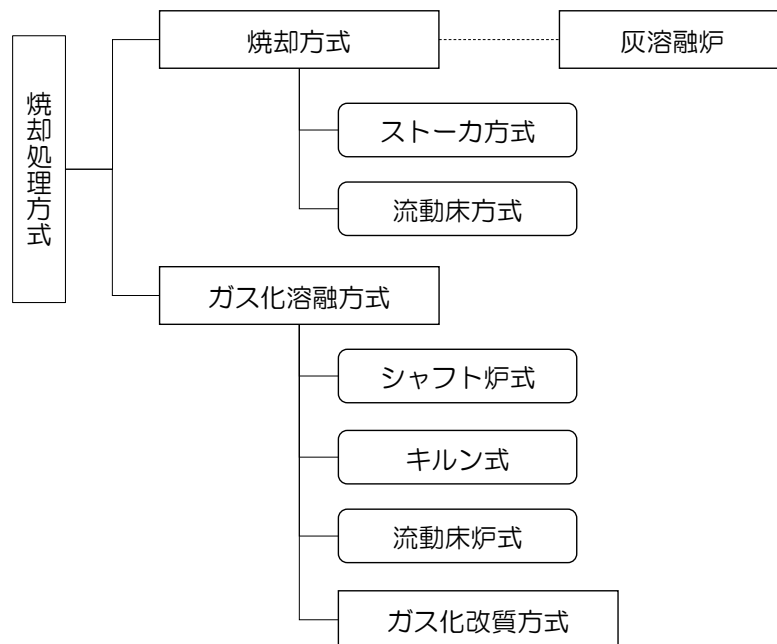
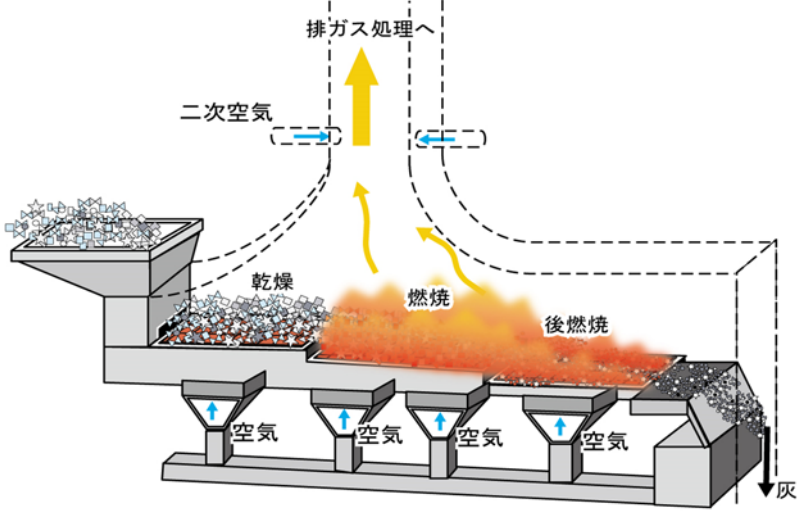
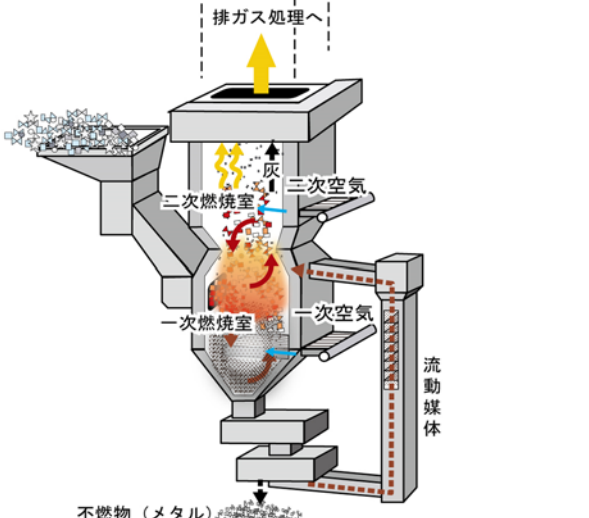
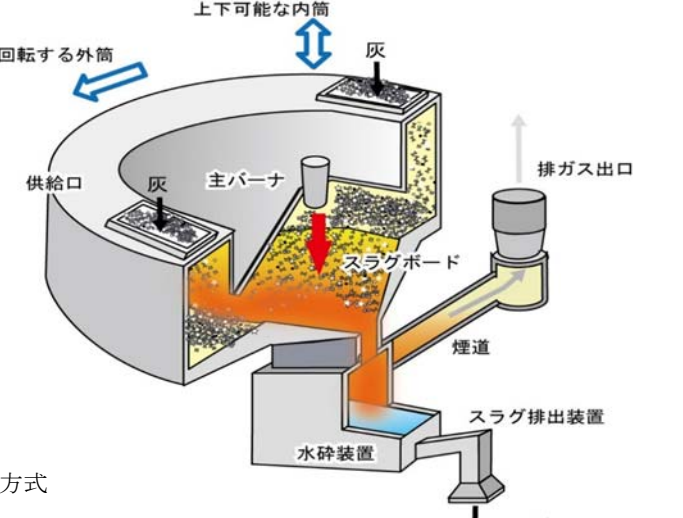
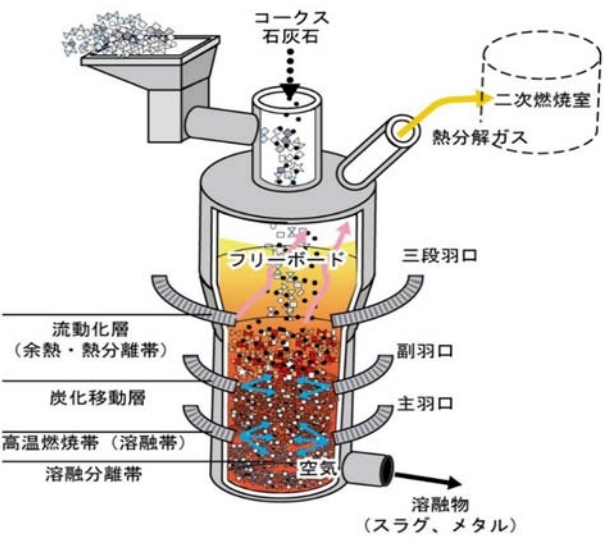
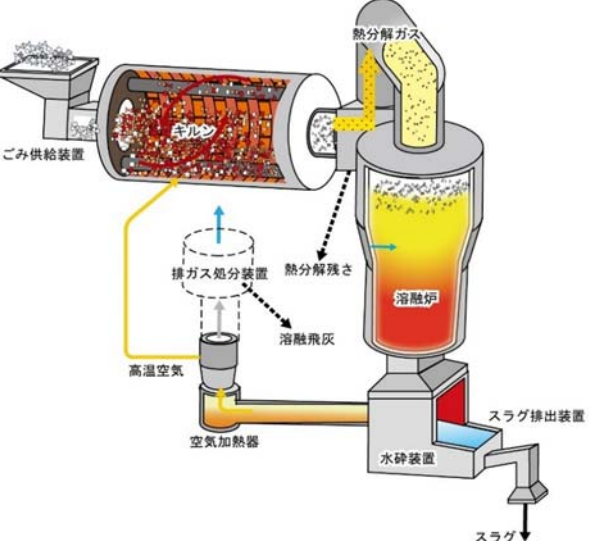
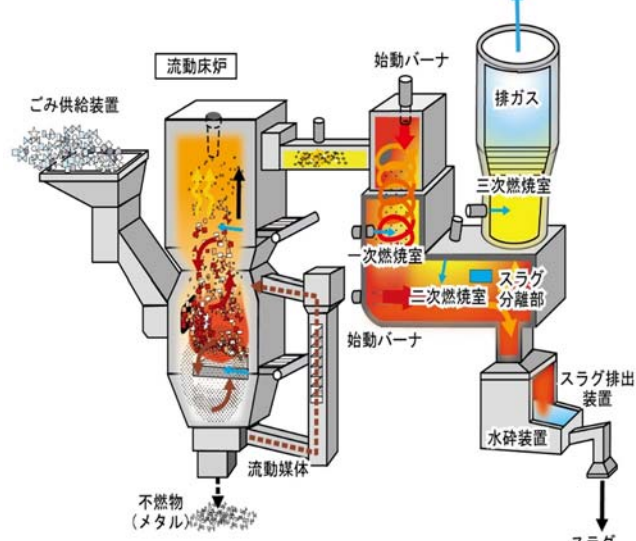
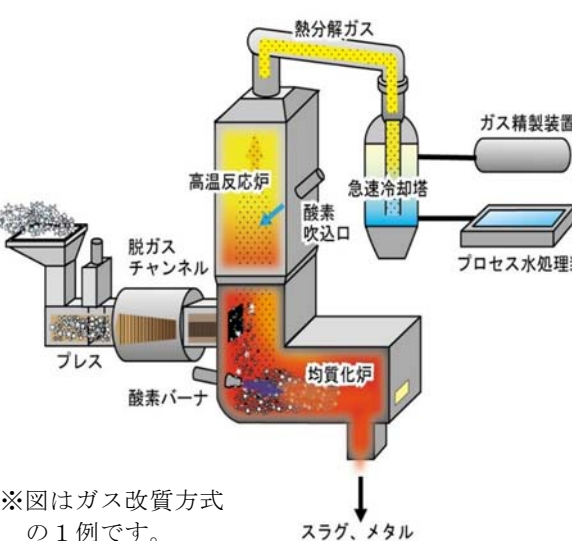


図1 焼却処理方式の分類

表1 焼却処理方式の概要

項目	ストーカ方式	流動床方式	灰溶融方式	
<p>模式図</p> 	<p>流動床方式</p> 	<p>灰溶融方式</p>  <p>※図は灰溶融方式の1例です。</p>		
<p>概要</p>	<p>ごみを乾燥させるための乾燥段、燃焼するための燃焼段、未燃焼分を完全に燃焼させるための後燃焼段の3段になっている。種類によってストーカ段が2段階のものもある。 副生成物として炉下から焼却主灰、バグフィルタで捕集される焼却飛灰が排出される。</p>	<p>炉内に流動砂が入っており、この砂を650℃～800℃に暖め、この砂を風圧により流動化させる。高温で流動した炉内に破砕したごみを投入し、短時間(数十秒)で燃焼させる。ごみの破砕サイズは炉によって異なるが約10cm～30cm程度である。 副生成物として炉底からは可燃ごみ中の不燃物や鉄、アルミ等が流動砂と一緒に排出され、焼却飛灰が多く排出される。</p>	<p>ストーカ炉や流動床炉の焼却主灰や焼却飛灰を高温で溶融処理する。 副生成物として溶融スラグ及び溶融飛灰が発生する。 溶融スラグは路盤材等として有効利用される。</p>	
項目	シャフト炉式ガス化溶融方式	キルン式ガス化溶融方式	流動床式ガス化溶融方式	ガス化改質方式
<p>模式図</p> 	<p>キルン式ガス化溶融方式</p> 	<p>流動床式ガス化溶融方式</p> 	<p>ガス化改質方式</p>  <p>※図はガス改質方式の1例です。</p>	
<p>概要</p>	<p>高炉の原理を応用したごみの溶融方式であり、炉の上部から順次、乾燥、熱分解、燃焼、溶融され、熱分解ガスは、二次燃焼により完全燃焼し、排ガス処理装置を通して排出される。 熱源としてコークス等を利用する。 副生成物として溶融スラグ、溶融メタル、溶融飛灰が排出される。</p>	<p>ごみを破砕した後、還元雰囲気中の円筒型のキルン(ドラム)内で450℃程度まで加熱し、熱分解ガスと残さに分ける。残さから、有価物を回収し、残りのカーボン、灰分(25%)、熱分解ガス(75%)を高温燃焼炉(最高1400℃)で燃焼し、灰分は溶解して溶融スラグとなって排出される。また、副生成物として溶融飛灰も排出される。</p>	<p>ごみの乾燥、熱分解を流動床方式の焼却炉で行い、飛灰と分解ガスを後段の溶融炉に送り1300℃以上で燃焼して灰分をスラグ化する。 副生成物として、流動床方式と同様、炉底排出の不燃物から鉄、アルミ等が回収可能であり、そのほか、溶融スラグと溶融飛灰が排出される。</p>	<p>ごみを熱分解し、熱分解ガスの一部を燃焼して高温にし、タールや有害物の発生を防止し、ガスに含まれるベンゼン核等の高分子をCOやH2を主成分とするガスに改質する。 溶融飛灰を、混合塩、金属水酸化物、硫黄等に分離し、回収可能である。</p>

2. 焼却処理方式の選定

(1) 比較対象とする焼却処理方式

比較検討の対象とする焼却処理方式は、焼却方式の「ストーカ方式」及び「流動床方式」、ガス化溶融方式の「シャフト炉式」及び「流動床炉式」とします。

比較検討の対象とした理由は、「表2 比較対象処理施設の選定理由」のとおりです。

表2 比較対象とする焼却処理方式の選定理由

焼却処理方式	比較検討の適否	理由
焼却方式		
ストーカ方式	○	ごみ処理技術の代表的な方式であることから、選定対象とする。
流動床方式	○	
焼却方式+灰溶融炉	×	灰溶融施設を建設したものの維持費や溶融スラグの再生利用等に係る経費を鑑み、施設を停止し、今後も継続的な使用の見通しが立っていない自治体等が複数 ^{※1} ある状況から、選定対象としない。
ガス化溶融方式		
シャフト炉式	○	ガス化溶融方式の中でも主要な方式であることから、選定対象とする。
キルン炉式	×	事故事例もあり、一般廃棄物の処理施設として、採用されることがほとんどない方式である(1件 ^{※2})ことから、選定対象としない。
流動床炉式	○	ガス化溶融方式の中でも主要な方式であることから、選定対象とする。
ガス化改質方式	×	一般廃棄物の処理施設として、採用されることがほとんどない方式である(0件 ^{※2})ことから、選定対象としない。

※1 「溶融固化施設の運営及び維持管理並びに溶融スラグの利用について」(会計検査院から平成26年9月30日に環境省宛に処置を要求又は意見表示)

※2 一般廃棄物処理実態調査結果(環境省)の平成26年度調査結果に基づく平成23年度から平成27年度の供用開始施設数

(2) 焼却処理方式の評価項目

焼却処理方式の評価項目は、施設整備の基本方針として示した7項目を踏まえ、「表3 焼却処理方式の評価項目」に示すとおりとします。

表3 焼却処理方式の評価項目

施設整備基本方針		評価項目
方針1	安全・安心に配慮した施設	<ul style="list-style-type: none">・施設の安全性・信頼性（施設の稼働実績）
方針2	安定的にごみ処理できる施設	<ul style="list-style-type: none">・燃焼特性・処理対象物の量・質への変化への対応
方針3	経済性に優れた施設	<ul style="list-style-type: none">・建設費・用役費・定期整備修繕費・運営費
方針4	循環型社会形成へ貢献できる施設	<ul style="list-style-type: none">・燃料使用量・発電効率・エネルギー生産効率
方針5	環境に優しい施設	<ul style="list-style-type: none">・公害防止基準への配慮・最終処分量・施設運転に伴う二酸化炭素排出量（ごみ焼却由来分を除く）・景観への配慮（建物高さ）
方針6	地域に開かれた施設	<ul style="list-style-type: none">・地域対応（環境啓発、市民交流の憩いの場）
方針7	災害発生時に対応できる施設	<ul style="list-style-type: none">・災害時対応

(3) 焼却処理方式別の焼却残さの処理方法

1) 焼却方式

焼却方式で発生する残さは主灰及び飛灰であり、埋立処分を行うことが一般的です。また、埋立処分量を削減するため、灰の有効利用（資源化）方法も確立されており、一般的な方法は「表4 灰の有効利用方法」に示すとおりです。

本市では朝日環境センターがガス化溶融方式の処理施設であるため、主灰の一部を溶融スラグ化し、埋立処分量の削減が可能となっています。

なお、本市においては、新施設に流動床方式を採用した場合、飛灰の発生量が多くなるため、埋立処分量の増加が見込まれます。

表4 灰の有効利用方法

有効利用方法	概 要
スラグ化 (外部灰溶融)	燃料や電気などのエネルギーを利用して、焼却灰などを約1,200℃以上の高温で、無機物を溶融してスラグに変換させる技術。
焼成 (焙焼・焼結)	焼却灰を約1,000～1,100℃で熱処理し、塩素・重金属を揮散させることにより焼成灰とする。 焼成灰は、上層路盤工に使用される他、粒度調整砕石や再生粒度調整砕石、セメントと混合して人工砂を製造し、下層路盤材などに利用される。
セメント原料化	セメントの主成分は、酸化カルシウム (CaO)、二酸化けい素 (SiO ₂)、酸化アルミニウム (Al ₂ O ₃)、酸化第二鉄 (FeO ₃) を含む石灰石、粘土、けい石、酸化鉄原料などであるが、焼却灰もセメントの主成分を含むため、セメント原料として利用することができる。
エコセメント化	エコセメントとは、都市ごみを焼却した際に発生する焼却灰をエコセメントクリンカの原料に用い、製品1トンにつき廃棄物を500kg以上使用して作られるセメントをいう。 エコセメントは、平成14年7月にJIS化 (JIS R 5214) され、灰中に含まれる重金属類を塩化揮発法により除去・回収することから、焼却飛灰もそのままエコセメントに利用することができる。
固形化	焼却灰に含まれる不純物 (鉄分、クリンカ、未燃物) を除去した後、砂、セメント及び薬剤と混合することにより、焼却灰を無害化・固型化する コンクリート固型化した焼却灰は、再生路盤材として再利用される。
粒度分別 エージング処理	焼却灰中に重金属類など有害成分が比較的細かい灰に偏在している性質を利用する。成分を均質化 (エージング) し、約5mm以上の粗粒のもの (粒度分別) を埋戻し材などに使用するもので、焼却灰の最も安価な資源化手法あり、欧州では焼却灰の資源化として実用化されている。

2) ガス化溶融方式

ガス化溶融方式の場合、残さとしてスラグ、メタル、溶融飛灰が発生します。

スラグは路盤材等に有効利用が可能であり、メタルはカウンターウェイト等に有効利用が可能です。

なお、朝日環境センターでは、メタルの発生はなく、未酸化鉄及び未酸化アルミを回収しています。

溶融飛灰は、埋立処分を行うことが一般的ですが、「表5 溶融飛灰の有効利用方法」のとおり、山元還元による資源化も可能です。

表5 溶融飛灰の有効利用方法

有効利用方法	概要
山元還元	溶融飛灰から非鉄金属を回収し、再利用する技術である。 溶融飛灰中には、鉛、カドミウム、亜鉛、銅などの非鉄金属が含まれており、これを非鉄金属の原料として、精錬所の非鉄精錬技術で鉛、亜鉛などの単一物質に還元、回収するものである。 廃棄物を埋立処分せずに、山元（鉱山や精錬所）に戻し、有価金属として再生利用する（還元）することから、山元還元と呼ばれている。

3. 比較結果

各焼却処理方式の比較結果は「表6 焼却処理方式の比較結果」に示すとおりです。

表6 焼却処理方式の比較結果

項目	焼却方式		ガス化溶融方式		
	ストーカ方式	流動床方式	シャフト炉式	流動床炉式	
概要図					
安全安心	安全性	・安全に運転・停止するシステムが確立している。	・安全に運転・停止するシステムが確立している。	・安全に運転・停止するシステムが確立している。 ・熱分解ガスが常時発生しているため、ガス漏れ等に対する配慮が必要（技術は確立している）。	・安全に運転・停止するシステムが確立している。 ・熱分解ガスが常時発生しているため、ガス漏れ等に対する配慮が必要（技術は確立している）。
	信頼性（施設の稼働実績）（※1）	・実績は最も多い ・30件	・最近の採用実績は少ない ・1件	・ガス化溶融方式では最も採用実績が多い ・8件	・実績はある。 ・4件
	評価				
安定性	燃焼特性	・連続した安定運転が可能 ・燃焼状態の変動が少なく、安定した処理が得られる。	・連続した安定運転が可能 ・瞬時燃焼であるが、前処理等により安定的に処理が可能。	・連続した安定運転が可能 ・乾燥・余熱帯、熱分解帯、溶融帯に順じ時間をかけて送られ、安定した処理が可能。	・連続した安定運転が可能 ・燃焼帯は流動床炉式と同様である。前処理等により安定した処理が可能。
	処理対象物への対応	・通常の可燃ごみの場合、補助燃料は不要（自燃限界は、約3,800kJ/kg以上）	・通常の可燃ごみの場合、補助燃料は不要	・質の変動に関する制約はほとんどない（元からコークスを入れる設計となっている）。	・自燃限界は6~7,000 kJ/kg以上といわれており、低質ごみに対しては、助燃が必要となる場合がある。
	評価				
経済性（※2）	規模当たり建設工事費	1.0	1.0	1.2	1.0
	用役費	1.0	1.0	2.7	1.7
	規模当たり定期整備補修費	1.0	1.0	1.9	3.3
	規模当たり運営費（※3）	1.0	0.9	1.3	1.1
	評価				
循環型社会貢献	燃料使用量（少ない順）	1 （燃料の使用量は最も少ない）	1 （燃料の使用量は最も少ない）	4 （コークスを使用する）	3 （シャフト炉より少ない）
	発電効率	・発電効率に違いはない	・発電効率に違いはない	・発電効率に違いはない	・発電効率に違いはない
	エネルギー生産効率（※2、4）	0.07	0.07	0.02	0.04
	評価				
環境配慮	公害防止への配慮	・方式による違いはない	・方式による違いはない	・方式による違いはない	・方式による違いはない
	残さ発生量（ごみ1t当たり）（※2）	焼却灰 0.10t 飛灰 0.03t	焼却灰 0.03t 飛灰 0.07t	溶融飛灰 0.04 t 溶融スラグ 0.09 t 溶融メタル 0.013t	溶融飛灰 0.04 t 溶融スラグ 0.03 t 溶融メタル 0.005t
	施設運転に伴う二酸化炭素排出量（ごみ焼却由来分を除く）	・助燃に必要な燃料使用がほとんどないため、施設立ち上げ立ち下げ時の燃料使用由来に限定されることから、二酸化炭素量は少ない	・助燃に必要な燃料使用がほとんどないため、施設立ち上げ立ち下げ時の燃料使用由来に限定されることから、二酸化炭素量は少ない	・施設立ち上げ立ち下げ時の燃料使用以外に、助燃剤としてコークスを使用するため、二酸化炭素排出量が多い。	・施設立ち上げ立ち下げ時の燃料使用以外に、コークスは使用しないが、助燃剤の使用が必要であり、二酸化炭素排出量が多い。
評価					
地域性	地域性	・方式による違いはない	・方式による違いはない	・方式による違いはない	・方式による違いはない
	評価				
災害対策	災害対策	・方式による違いはない	・方式による違いはない	・方式による違いはない	・方式による違いはない
	評価				

※1：実績は一般廃棄物処理実態調査結果（環境省）の平成26年度調査結果に基づく平成23年度から平成27年度の供用開始施設数

※2：値は「北海道大学廃棄物処理工学研究室平成23年度環境研究総合推進費補助金研究事業総合報告書」におけるデータ中央値を基にストーカの値を1とした数値
用役費は燃料費、電気代、薬品費、用水費の合計

※3：「北海道大学廃棄物処理工学研究室平成23年度環境研究総合推進費補助金研究事業総合報告書」における運転・管理委託費に残さの処分費を計上した値

残渣の処分費は彩の国における焼却灰の受入単価21,600円/tを基に、1tあたりの残さ発生量と稼働日数220日（川口市の平成27年度実績）から算定した費用を計上

※4：エネルギー生産効率＝（外部取り出し電力の熱量＋外部取り出し蒸気の熱量）／（ごみ熱量）