

処理方式の検討

一般ごみ等の処理方式として、基本構想で焼却処理方式の採用を決定しました。ここでは、焼却処理方式の種類ごとに特徴を取りまとめ、比較・検討することで、具体的な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、可燃物をガス化し、場合によって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。

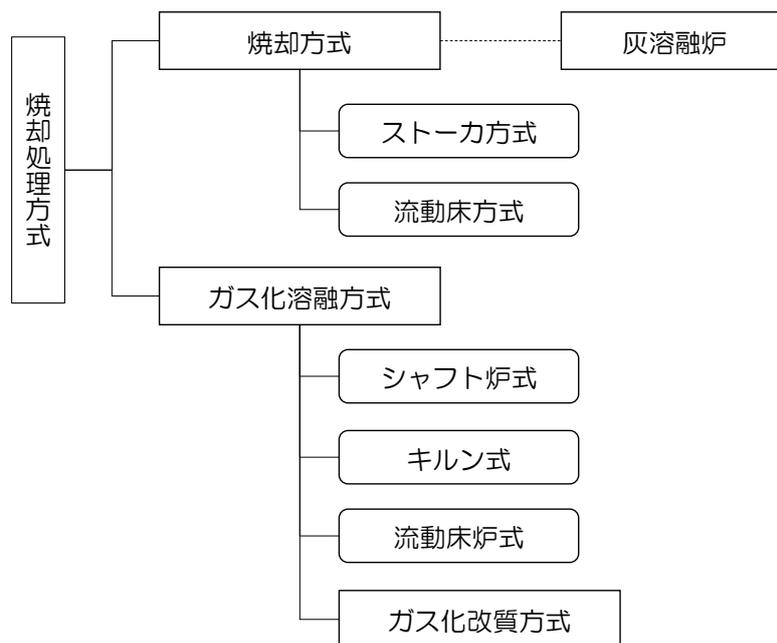


図1 焼却処理方式の分類

表1 焼却処理方式の概要

項目	ストーカ方式	流動床方式	灰溶融炉	
模式図				
概要	<p>基本の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からなっている。種類によってストーカ段が多段のものもある。 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500℃～600℃に暖め、空気により流動化させる。高温で流動した炉内に破碎したごみを投入し、短時間(数十秒)で燃焼させる。ごみの破碎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る。また、焼却灰はストーカ方式に比べて多く排出される。</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	流動床炉式ガス化溶融方式	ガス化改質方式
模式図				
概要	<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、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>ごみを破碎した後、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、金属等を回収したのち、残りのカーボンと熱分解ガスを高温燃焼炉(最高1,400℃)で燃焼させることで、灰分を溶融してスラグして排出する。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、熱分解をガス化炉で行い、飛灰と分解ガスを後段の溶融炉に送り、1,300℃以上で燃焼して灰分をスラグ化する。 副生成物として、キルン式と同様、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させて高温にし、タールや有害物の発生を防止するとともに、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、回収することも可能である。</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、表2に示すとおり、稼働実績、経済性、安定運転の確実性、本市での導入実績を基に、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。

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	○	従来からあるごみの中間処理の代表的な方式であり、稼働実績も多くあることから、比較対象とする。
流動床方式	○	
焼却方式+灰溶融炉	×	<p>焼却灰をスラグ化し最終処分量を減らすという利点があるが、焼却方式より建設費及び運転・維持管理費が高いこと、また本市の場合、朝日環境センターで焼却灰のスラグ化が可能であり、灰溶融炉を付加するメリットがないことから比較対象としないこととする。</p> <p>(運転・維持管理費が高いこと、スラグの有効利用が出来ないことなどから、建設したものの灰溶融設備を停止している自治体が複数ある※¹)。</p>
ガス化溶融方式		
シャフト炉式	○	安定的な運転が可能で稼働実績※ ² も多いことから、比較対象とする。
キルン式	×	<p>最近の採用実績※³が少なく(1件)、全国の稼働実績※²も少ないこと、事故があったことや下記に示す課題があることなどから、比較対象としない。</p> <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱分解の速度制御が難しい。 ・放散熱量が多く、間接加熱のため熱ロスが大きい。
流動床炉式	○	本市(朝日環境センター)で既に導入している方式であり、最近の導入実績※ ³ や全国の稼働実績※ ² も相当数あることから、比較対象とする。
ガス化改質方式	×	<p>最近の採用実績※³がなく(0件)、全国の稼働実績※²も少ないこと、事故があったことや下記に示す課題があることなどから、比較対象としない。</p> <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機器構成が複雑であり、自己消費電力が増加する。 ・ガスの改質のための助燃剤(酸素含有ガス等)使用量が多い。 ・ガス冷却水を大量に要する。このため、排水も多い。 ・回収した塩や金属水酸化物の資源化ルートを確保する必要がある。

※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日に環境省宛に処理を要求または意見表示)

※2:一般廃棄物処理実態調査結果(環境省)の平成27年度における各処理方式の施設数はストーカ方式(730施設)、流動床方式(146施設)、シャフト炉式ガス化溶融施設(46施設)、流動床炉式ガス化溶融施設(34施設)、キルン炉式ガス化溶融施設(9施設)、ガス化改質施設(3施設)となっている。(参考資料1参照)

※3:一般廃棄物処理実態調査結果(環境省)の平成27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方法及び評価項目

焼却処理方式の評価方法は、評価対象とした各方式において、施設整備基本方針として示した7項目についての特徴を整理し、「◎」、「○」、「△」の三段階で評価を行います。

各項目における評価の観点は、「表3 焼却処理方式の比較評価の観点」に示すとおりですが、評価は本市（朝日環境センター）で導入している流動床炉式ガス化熔融方式を基準とし、各項目においてそれより優れるものを「◎」、同等のものを「○」、劣るものを「△」としました。

最終的に7項目の評価結果を鑑み、総合評価に優れるものを、新施設の焼却方式とします。

なお、焼却方式（ストーカ式、流動床式）の焼却灰については、既存の朝日環境センターで熔融スラグ化することを前提としており、費用については運転管理費で評価しています。

各焼却処理方式の比較結果は「表4 焼却処理方式の比較結果」に示すとおりです。

表3 焼却処理方式の比較評価の観点

項 目		焼却方式
安全・安心	安全性	安全に運転・停止するシステムに関する不安要素（事故・トラブル発生の危険性、作業の安全性、フールプルーフ・フェイルセーフシステム※1の成熟度等）がないか、またはその対策がなされているかを評価する。
	信頼性（施設の稼働実績）	最近の受注実績があるものは、他自治体から相対的に信頼があると判断する。
安定性	燃焼特性	<ul style="list-style-type: none"> ・定期点検等以外の連続した安定運転に支障がないか。 ・ごみ質、量の変動に対して、所定の能力を維持できるか。
	処理対象物への対応	受入る焼却対象物に制約（サイズ、発熱量、水分量等）がないかを制約の程度により判断する（補助燃料の必要性、前処理の必要性など）。
経済性	建設工事費	それぞれの費用を、流動床炉ガス化熔融方式を標準として相対評価する。焼却方式（ストーカ方式及び流動床方式）は、主灰を朝日環境センターで熔融するなどして資源化を図ることとして評価する。
	運 用 役 費	
	定期整備補修費	
	運 転 ・ 管 理 費 委託費	
循環型社会貢献	燃料使用量	資源保護の観点から、燃料の使用量により評価する。
	資源物の回収量	資源物として回収可能な量により評価する。
	発電効率・エネルギー生産効率※2	発電量が多く外部へのエネルギー供給量が多ければ、社会全体として化石燃料の削減につながるため、発電効率並びにエネルギー生産効率で評価する。
環境配慮	公害防止対応	環境保全の観点から、公害防止基準等への対応について判断する。
	最終処分量	最終処分地の長期利用（土地の枯渇）の観点から最終処分量で判断する。
	二酸化炭素排出量	地球温暖化防止の観点からCO2発生量を評価する（ごみ焼却由来は除く）。
地域性	地域性	地域に開かれた施設として啓発機能、地域還元機能などを備えるにあたり、処理方式による制約等がないか評価する。
災害対策	施設の強靭性	耐震性確保や津波・浸水対策を講じることに對して、処理方式による差があるかを評価する。
	受入廃棄物の制約	通常時とは異なる災害廃棄物の受入に関する制約があるか。
	東日本大震災での稼働実績	東日本大震災での稼働実績により災害ごみ処理の信頼性を判断する。

※1 フールプルーフシステム：誤動作・故障等による事故が起こらないようにするためのシステム
フェイルセーフシステム：事故が起こった場合にも安全を維持するシステム

※2 エネルギー生産効率：焼却するごみが持っているエネルギーの内、どの程度のエネルギーを外部に供給できるかを示す値。

$$\text{エネルギー生産効率} = \frac{\text{外部取出熱量（電力+蒸気）}}{\text{ごみ熱量}}$$

表4 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				
方針1 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。
	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)。
	評価	◎ 安全に運転されており、採用実績が最も多く相対的な信頼性が最も高い。	△ 安全に運転されているが、採用実績が少なく相対的に信頼性がやや劣る。	◎ 安全に運転されており、採用実績もある程度あり相対的に信頼性がある。
方針2 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、安定した処理が可能。	・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 ・助燃剤(コークス)を使用することにより、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。	・通常の可燃ごみの場合、補助燃料は不要。	・助燃剤(コークス)を使用するため、質の変動に関する制約は殆どない。
	評価	○ 安定的な運転に問題はない。	○ 安定的な運転に問題はない。	○ 安定的な運転に問題はない。
方針3 経済性 ※2)	規模当たり建設工事費	1.0	1.0	1.2
	処理量当たり用役費	1.0	1.0	2.7
	規模当たり定期整備補修費	1.0	1.0	1.9
	規模当たり運転・管理費	1.0(※3)	1.2(※3)	1.7(※3)
	評価	◎ 建設費、維持管理費ともに、経済的であると判断できる。	◎ 建設費、維持管理費ともに、経済的であると判断できる。	○ 流動床炉式ガス化溶融炉に比べ、建設費は若干劣り、維持管理費は同程度で、全体的に同程度の評価となる。
方針4 循環型社会貢献	燃料使用量	・燃料の使用量は最も少ない	・燃料の使用量は最も少ない	・コークスを常時使用する
	資源物の回収量	・焼却の前処理及び焼却灰からの金属回収、並びに焼却灰の資源化(セメント化、朝日環境センターでのスラッグ化など)が可能。	・ストーカ方式と同様 ただし、焼却灰量が少ない分、資源化量としてはストーカ方式に劣る。	・スラッグ、溶融メタルの回収が可能。 ・資源化量はストーカ方式と同程度か、より多くが期待できる。
	発電効率・エネルギー生産効率※4)	・発電効率に違いはないが、エネルギー生産効率はガス化溶融方式に比べて高い。	・ストーカ方式と同様	・発電効率に違いはないが、エネルギー生産効率は各方式の中で最も劣る(自己消費量が多い)。
	評価	◎ 使用燃料が少なく、資源物回収量が多く、エネルギー生産効率も良い。	○ ストーカ方式に比べると資源物の回収量が劣る。	△ 資源物回収量は多いが、使用燃料が多く、エネルギー生産効率が低い。
方針5 環境配慮	公害防止対応	・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
	最終処分量	焼却灰を朝日環境センターで溶融することにより、最終処分量を抑えることが出来る(飛灰分のみ最終処分)。	ストーカ方式より、飛灰量が多いため、最終処分量が多くなる。	溶融スラッグの有効利用を行うことにより、最終処分量を低く抑えることが出来る。
	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が、二酸化炭素量はストーカ方式より多い	・施設立ち上げ立ち下げ時の燃料使用以外にも、助燃剤としてコークスを常時使用するため、二酸化炭素排出量は最も多い。
	評価	◎ 最終処分量が少なく、CO ₂ 発生量も優れる。	○ 最終処分量は多いが、CO ₂ 発生量はガス化溶融方式より優れる。	△ 最終処分量は少ないが、CO ₂ 発生量は各方式で最も多い。
方針6 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
	評価	○	○	○
方針7 災害対策	施設の強靭性	・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
	受入廃棄物の制約	・受入れの制約は少ない。	・受入れは可能だが、廃棄物のサイズをある程度小さくする必要がある。	・受入廃棄物の制約は最も少ない。
	東日本大震災での稼働実績 ※5	既設炉(4施設)、仮設炉(13施設)共にあり。	既設炉(1施設)での利用あり。	既設炉(1施設)、仮設炉(1施設)共にあり(休止炉(1施設)の利用もあり)。
	評価	◎ 制約が少なく稼働実績がある。	○ 受入れは可能だが、制約があり稼働実績が乏しい。	◎ 制約が少なく稼働実績がある。
総合評価	◎ 各項目で、高い評価となっている。	○ 安定性に優れているが、信頼性や災害対策で劣る。	○ 安定性に優れているが、経済性に劣る。	○ 採用実績、経済性が他方式に比べやや劣る。

※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・管理委託費に焼却主灰は朝日環境センターで全量処理するものと仮定し、朝日環境センターでの焼却主灰の処理費及び、その他の残さ(焼却飛灰、溶融飛灰、焼鉄)を処理・処分するものとして費用を計上した値
 焼却飛灰・溶融飛灰の処分費は近年の実績単価の31,000円/tを、焼鉄の処理費は近年の実績単価の20,000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＝[外部取出熱量(電力+蒸気)]÷(ごみ熱量)、焼却するごみが持っているエネルギーの内、どの程度のエネルギーを外部に供給できるかを示す値。
 ※5：第24回廃棄物資源循環学会研究発表会「災害廃棄物の焼却処理」ほか