

資料 2 第 1 回委員会において選定された各焼却方式の評価について（修正版）

1 各焼却方式における評価項目ごとの特徴等について

各焼却方式の比較項目と特徴（評価の観点）は表 1 に示すとおりである。

◆表 1 焼却方式の比較項目と比較評価の観点

項 目		特徴（評価の観点）
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 （施設の発注実績）	近年の自治体発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評価する。
安定性	燃焼特性	・ 定期点検等以外の連続した安定運転に支障がないか評価する。 ・ ごみ質、量の変動に対して、所定の能力を維持できるか評価する。
	処理対象物への対応	受け入れる焼却対象物の制約（サイズ、発熱量、水分量等）の程度により評価する（補助燃料の必要性、前処理の必要性など）。
	低負荷運転への対応	将来的な人口減少や 3 R の浸透等により処理対象物が減少した時の安定的な適正処理の可能性を評価する。
循環型社会 貢献	資源物の回収量	焼却残渣の安定的で確実な有効利用の可能性により評価する。
	最終処分率	最終処分場の長期利用（土地の枯渇）の観点から最終処分率で評価する。
脱炭素社会 貢献	燃料使用量	枯渇資源保全の観点から、燃料の使用量により評価する。
	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、発電効率及びエネルギー生産効率で評価する。
	施設運転に伴う 二酸化炭素排出量	地球温暖化防止の観点から、CO <sub>2</sub> 発生量を評価する（ごみ焼却由来は除く）。
経済性	建設工事費	それぞれの費用を、相対的に評価する。
	維持管理費 定期点検補修費	
	運転管理費	
	用役費	
制約等	災害廃棄物の制約	通常時とは異なる災害廃棄物の受け入れに関する制約があるか評価する。
	建築面積	本組合の特殊事情を考慮しつつ、施設配置の困難性を評価する。

※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（注：外部取出熱量＝回収した熱量から所内使用量を差し引き、外部に供給した熱量）。

エネルギー生産効率＝ [外部取出熱量（電力＋蒸気）] ÷（ごみ熱量）

## 2 焼却方式の評価方法

- ① 6つの大項目、大項目の下に中項目を設定。
- ② 中項目ごとに焼却施設の特徴を整理したうえで、大項目ごとに「◎」(特に優れる)、「○」(やや優れる)、「△」(標準的)の三段階評価を実施。
- ③ 評価結果を数値化。(◎=5、○=3、△=1)
- ④ 大項目ごとに重みづけ(倍率)を設定。
- ⑤ 大項目ごと数値化された評価結果に重みづけ(倍率)を乗じ、合計点を総合評価結果とした。

## 3 各焼却方式の評価結果について

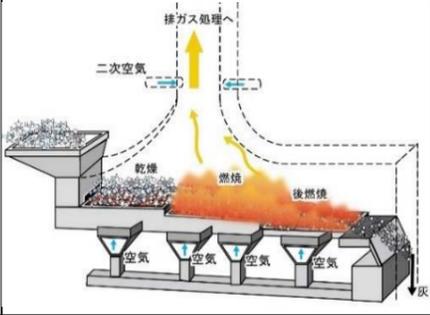
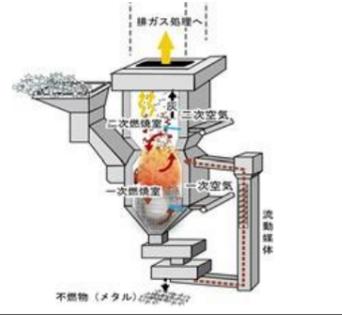
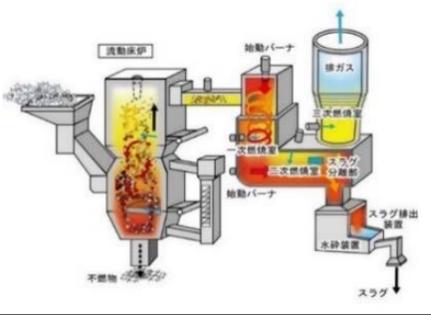
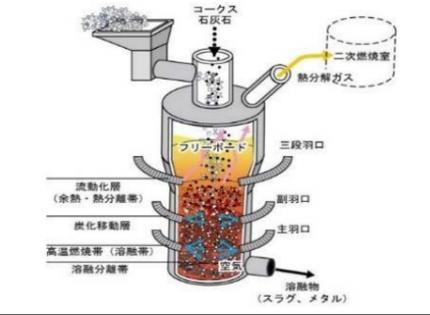
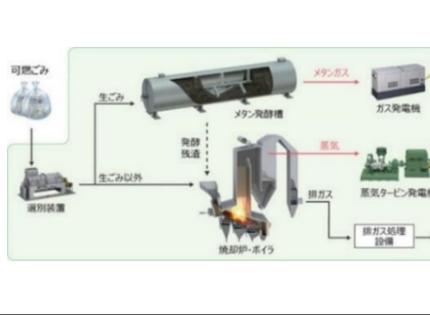
各焼却方式を比較評価した結果を表2に示す。また、評価結果を取りまとめて、表3に示す。

◆表3 評価結果のまとめ

大項目	重みづけ	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)
安心・安全	2	◎	△	○	○	△
		5	1	3	3	1
安定性	1	○	○	△	○	○
		3	3	1	3	3
循環型社 会貢献	2	○	○	○	○	△
		3	3	3	3	1
脱炭素社 会貢献	2	○	○	△	△	◎
		3	3	1	1	5
経済性	1	◎	◎	○	△	△
		5	5	3	1	1
制約等	2	◎	◎	△	○	△
		5	5	1	3	1
合計		40	32	20	24	20

※合計の計算方法：大項目に付した評価(数値化)に重みづけを乗じ、縦に合計する。

◆表2(1) 焼却方式の比較結果(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)
概要図						
大項目	中項目					
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。	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 (施設の自治体発注実績)	実績(H25~R4) 100t/日以上 発注件数 90件(84.9%)	実績(H25~R4) 100t/日以上 発注件数 1件(0.9%)	実績(H25~R4) 100t/日以上 発注件数 5件(4.7%)	実績(H25~R4) 100t/日以上 発注件数 7件(6.6%)	実績(H25~R4) 100t/日以上 発注件数 3件(2.8%)
	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、採用実績が少ない。	○ 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。	○ 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。	△ 現在は安全に運転されているが、初期トラブルの発生がみられ、安定的な稼働に至るまでに経験と工夫が必要。
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。 <b>瞬時燃焼であるが、安定した燃焼コントロール技術が確立している。</b>	連続した安定運転が可能。 複合システム(ガス化+燃焼)であり安定燃焼のために高度な運転管理が必要。	連続した安定運転が可能。 <b>立ち上げ、立ち下げ時には高度な操炉技術が必要。</b>	燃焼特性については、焼却施設(ストーカ式)と同等。
	処理対象物への対応	通常の可燃ごみの場合、比較のごみ質を選ばない(サイズ、熱量)。	前処理によるごみ質の均一化が必要。流動砂層により汚泥等の混焼には有利。	低質ごみに対しては、助燃が必要となる場合がある。	<b>助燃材</b> を使用するため、ごみ質の変動に関する制約は <b>少ない</b> 。	<b>プラスチック選別により水分の多い生ごみ中心のごみ質となっても、ピット内での積み分けや焼却炉とメタン発酵ラインの稼働率調整により対応可能。</b>
	低負荷運転への対応	メーカーにより若干異なるが、どのタイプでも量的低負荷に対しては80%程度までは対応可能。熱低負荷に対しては助燃材で対応。	投入物の均一化と比熱の高い流動砂により、量的低負荷に対しては、ストーカ炉以上に対応できると思われる。熱低負荷に対しては、助燃材で対応。	量的低負荷に対しては対応可能。熱低負荷に対しては、溶融エネルギー確保のため大量の助燃材で対応。	量的低負荷に対しては、 <b>助燃材</b> の使用により対応可能。熱低負荷に対しては助燃材で対応。	焼却炉側は、焼却施設(ストーカ式)と同等。
	評価	○ 安定的な運転に問題はない。	○ 前処理に留意することにより、安定的な運転は可能。	△ 自己熱溶融限界が他方式より高いが、安定的な運転は可能。	○ 安定的な運転に問題はないが、 <b>助燃材</b> 投入量により安定性を維持する方式である。	○ ごみ組成の変動などに対応することにより安定的な運転は可能。
循環型社会貢献	資源物の回収量	焼却灰からの金属回収及び焼却灰の資源化(セメント化など)が可能であるが、地域特性上、資源化施設が近隣に少ない。 飛灰については、資源化施設が近隣にない。	残渣のほとんどは飛灰であり、資源化施設が近隣にない。 炉下に排出されるボトムアッシュ(不燃物)からは、金属類等の回収が可能であるが、脱硫、脱塩用の媒体も多く排出されるため、選別等が必要となる。	ガス化段階での鉄・アルミ回収等が可能のため、ストーカ方式と比べると酸化が進んでおらず良質な金属の回収が可能。 スラグについては、地域特性上、有効利用先の確保・維持が困難である。現有施設のスラグも利活用先の確保・維持が困難となっている。	溶融メタルは再利用できる可能性がある。 スラグについては、地域特性上、有効利用先の確保・維持が困難である。現有施設のスラグも利活用先の確保・維持が困難となっている。	焼却灰については、焼却施設(ストーカ式)と同等。 <b>希釈水を含む発酵残渣については、地域特性上、下水道放流が出来ないことから、焼却炉で処理することが必要。</b>
	最終処分率※1 (焼却残渣量÷焼却量)	実績(R3) <b>焼却灰+飛灰:最小8.1%~最大14.8%</b>	実績(R3) <b>不燃物等+飛灰:最小7.3%~最大12.8%</b>	実績(R3) <b>飛灰:最小3.2%~最大6.6%</b> <b>溶融スラグ:最小2.8%~最大8.2%</b>	実績(R3) <b>飛灰:最小1.9%~最大4.6%</b> <b>溶融スラグ:最小5.1%~最大10.0%</b>	実績(R3) <b>焼却灰+飛灰:最小10.5%~最大11.8%</b>
	評価	○ 地域特性上、焼却灰の資源化にはコストがかかる。 最終処分量は比較的多い。	○ 地域特性上、焼却残渣のほとんどを占める飛灰の資源化が困難であり、最終処分をすることとなる。最終処分場でのトラブル防止が必要。	○ 地域特性上、スラグの有効利用は困難。 スラグ以外の最終処分量は比較的小さい。	○ 地域特性上、スラグの有効利用は困難。 スラグ以外の最終処分量は比較的小さい。	△ 地域特性上、焼却灰の資源化にはコストがかかる。希釈水を含む発酵残渣も再利用は困難。 最終処分量は比較的多い。

◆表2(2) 焼却方式の比較結果(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)	
脱炭素 社会 貢献	燃料使用量	燃料の使用量は少ない。炉の立ち上げ、立ち下げ時に助燃が必要。	燃料の使用量は最も少ない。短期間(1-2日間程度)の休炉であれば助燃は不要。	流動床炉は焼却施設(流動床式)と同様。加えて溶融炉でも <b>低質時及び立ち上げ立ち下げ時に助燃が必要。</b>	<b>助燃材</b> を常時使用する。	燃料使用量については、焼却施設(ストーカ式)と同等。発生したメタンガスを焼却施設の二次燃焼用として利用することも可能。	
	発電効率・エネルギー生産効率	発電効率は他方式と同等。エネルギー生産効率はガス化溶融施設に比べて高い。	ストーカ方式と同様。	発電効率は他方式と同等。エネルギー生産効率は焼却施設に比べて低い(自己消費量が多い)。	発電効率は他方式と同等。エネルギー生産効率は各方式の中で最も低い(自己消費量が多い)。	ガスエンジンによる発電・熱回収によりエネルギー生産効率を高めることが可能。	
	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、ごみ質(低質)によって助燃材の使用が必要であり、二酸化炭素排出量は多い。	施設立ち上げ立ち下げ時の燃料使用以外にも、 <b>助燃材</b> を常時使用するため、二酸化炭素排出量は最も多い。	焼却時の二酸化炭素排出量は、焼却施設(ストーカ式)と同等。メタン発酵により生じるバイオガスを電気に転換する等によりカーボンフリーのエネルギーを製造できる点が大きなメリット。	
	評価	○ 二酸化炭素排出量は少ない。	○ 二酸化炭素排出量は少ない。	△ 二酸化炭素排出量は多い。	△ 二酸化炭素排出量は最も多い。	◎ 二酸化炭素排出量は最も少ない。	
経済性 数値は 相対比 較のため の参考 値である ※2	建設工事費	100	100	99.8	122.2	140※4	
	維持 管理 費	定期点検補修費	100	100	268.5	177.3	120※4
		運転管理費	100	100	195.7	234.7	
		用役費※3	100	100	194.3	343.5	
評価	◎ 建設工事費、維持管理費ともに、経済的であると判断できる。	◎ 建設工事費、維持管理費ともに、経済的であると判断できる。	○ 建設工事費は焼却施設と同程度であるが、維持管理費は焼却施設より高価。焼却施設に比べ腐食・摩耗が激しく、メンテナンス性が良くない。	△ 建設工事費、運転管理費、用役費は高額で、全体的にコスト高となる。焼却施設に比べ腐食・摩耗が激しく、メンテナンス性が良くない。	△ メタン化施設1施設+焼却施設1炉の構成となるため、全量焼却の場合の2炉構成と比較すると高額となる。維持管理費は公開された情報が得られていない。		
制約等	災害廃棄物の制約	受入廃棄物の制約は少ない。	受け入れは可能だが、廃棄物のサイズをある程度小さくする必要がある。	受け入れは可能だが、廃棄物のサイズをある程度小さくする必要がある。ごみ質の変動には運転に注意が必要。	受入廃棄物の制約は最も少ない。	受け入れは可能だが、ごみ質の変動には運転に注意が必要。	
	建築面積※2	100	100	160.2	160.2	148.7※5	
	評価	◎ 災害廃棄物の受け入れ等は可能。建築面積が最も小さく、施設配置が容易である。	◎ 災害廃棄物の受け入れ等は可能。建築面積は、ストーカ式と同等、施設配置が容易である。	△ ごみ質の変動に注意が必要である。ガス化炉と溶融炉の2つの炉から構成されるため、建築面積が広くなる。	○ 受入廃棄物の変動やごみ質の変動に対しては、優れた対応性がある。ガス化炉と溶融炉の2つの炉から構成されるため、建築面積が広くなる。	△ 災害廃棄物の受け入れに関しては、ごみ質の調整が必要。メタン化施設1施設+焼却施設1炉の構成となるため、建築面積が広くなる。また、バイオガスを精製・貯留するための設備(建築面積に含まれない)を配置する敷地も必要。	

※1 令和3年度一般廃棄物処理実態調査結果(環境省)を基にした施設別平均値。(1自治体に複数施設がある場合等、1施設の焼却残査量が把握できない施設を除外した。)

※2 建設工事費、定期点検補修費、運転管理費、用役費、建築面積については、一般廃棄物全連続式焼却施設の物質収支・エネルギー収支・コスト分析(北海道大学)の平均値。焼却施設(ストーカ式と流動床式)を一括りとした値として掲載されていたため、今回の比較において、ストーカ式と流動床式は、同値とした。また、建築面積については、ガス化溶融施設(流動床式とシャフト式)を一括りとした値として掲載されていたため、今回の比較において、流動床式とシャフト式は、同値とした。なお、本比較結果においては、各焼却方式を相対的に評価することから、**焼却方式(ストーカ式)を100とした場合の相対比較を示す。**

※3 薬品費・用水費・燃料費・電気代の合計。

※4 メタン化施設+焼却施設(ストーカ式)の建設工事費、維持管理費については、「先行事業事例」を基に計算した。

※5 メタン化施設+焼却施設(ストーカ式)の建築面積については、「メタンガス化施設整備マニュアル(改訂版)平成29年3月/環境省」を基に計算した。