

## 処理方式について

### 1 焼却施設

#### (1)処理方式選定上の前提条件

本市の焼却施設は、周辺市町村に同等規模の施設が無く、施設が稼働停止となるトラブルが生じた際に周辺の自治体にごみ処理を委託することが難しいため、安定稼働が極めて重要です。

そのため、処理方式の選定にあたっては、過去10年以内に供用開始していること若しくは将来に供用開始予定としている施設があること、かつ施設規模200トン/日以上で採用されている方式であることを前提条件とします。

なお、「基本構想」にも掲げているとおり、松森工場で導入した灰溶融炉（平成24年廃止）については、現に運転中に事故が発生しているなど、安心・安全なごみ処理体制の確保に大きな課題を残すとともに、焼却炉の運転とは別に維持管理が必要で、特に電気を多大に消費するために極めて不採算であった経緯を踏まえ、新工場の焼却施設においては、灰溶融炉を設置しないこととします。

#### (2)処理方式の概要と実績

処理方式の種類を図4-1-1に、前提条件に基づく実績を以下に示します。

前提条件を満たす処理方式は、①ストーカ炉【A案】、②シャフト式直接溶融炉【B案】、⑤流動床式ガス化溶融炉【C案】の3方式です。

なお一部の自治体では、別途バイオガス化施設を併設する例があります。

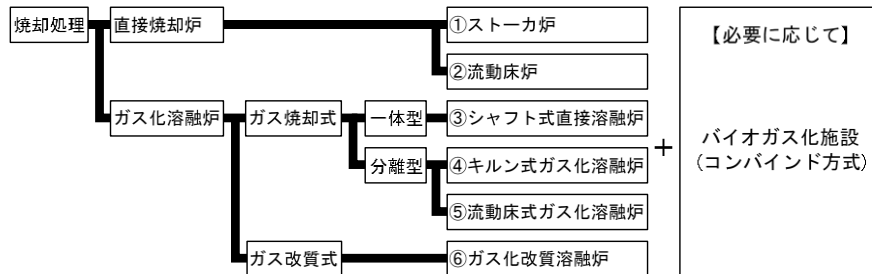


図 処理方式の種類

表 他都市における処理方式ごとの実績（過去10年以降かつ施設規模200トン/日以上）

項目	供用開始年度											合計	プラントメーカー受注件数
	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6以降		
①ストーカ炉	4	3	4	4	1	3	6	4	4	2	25	60	8社（JFE14件、日造14件、タクマ10件、川重10件、三菱5件、日鉄3件、荏原2件、神鋼2件）
②流動床炉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
③シャフト式直接溶融炉	0	2	2	0	1	0	1	1	0	0	4	11	2社（日鉄10件、JFE1件）
④キルン式ガス化溶融炉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
⑤流動床式ガス化溶融炉	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	2社（神鋼2件、三菱1件）
⑥ガス化改質溶融炉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
合計	4	6	6	6	2	3	7	5	4	2	29	74	
うち、バイオガス化施設併設	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	3社（日造1件、タクマ1件、川重1件）

出典：環境省 一般廃棄物処理事業実態調査、自治体ホームページを基に作成

(3)各処理方式の特徴等

ストーカ炉、シャフト式ガス化溶融炉、流動床式ガス化溶融炉の特徴を以下に示します。

表 抽出した処理方式の特徴

式	概略図	主な特徴や特色など
<p>【A案】 ストーカ炉</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>概略図に示す乾燥、燃焼、後燃焼といった3段の階段式のほか、回転式、縦型等による燃焼過程を経て、ごみを完全燃焼させる。</li> <li>上げが完了して安定燃焼に移行した後は、ごみの保有熱だけで安定燃焼を継続することが可能。</li> <li>焼却残さとして、がれき分、主灰（燃え残りの灰）、ばいじん処理物（フィルターで捕集され薬剤処理された飛灰）が排出される。</li> <li>焼却灰を資源化するには灰溶融炉等の設備を別途設置する必要がある。資源化を行わない場合、他の方式と比較して埋立処分量は多くなる。</li> <li>技術改良が進み安定稼働に定評があり、全国的に導入事例が多い。</li> </ul>
<p>【B案】 シャフト式直接溶融炉</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみをコークス（石炭を加工したもの）などと一緒に炉の頂部から投入して堆積層を形成し、下部から上昇してくる高温の排ガスを利用して熱分解する。</li> <li>熱分解した揮発性ガスは後段の燃焼室で燃焼し、溶融炉の下部では炭化物やコークスを熱源に1,500℃程度の高温下で灰分を溶融・排出する。</li> <li>焼却残さとして、ばいじん処理物（フィルターで捕集され、薬剤処理された飛灰）が排出される。</li> <li>シャフト炉から排出された溶融メタルやスラグは資源化が可能であり、埋立処分量の抑制に資する。</li> <li>一般的に、溶融処理を行う分、建設費や維持管理費は直接焼却方式と比較して高くなる傾向がある。</li> </ul>
<p>【C案】 流動床式ガス化溶融炉</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>充填した砂に空気を吹き込んで流動状態にしたガス化炉にごみを投入し、熱分解した揮発性ガスと炭化物を溶融炉に誘導して1,350℃程度の旋回流を作り出し、灰分を溶融する。</li> <li>ガス化炉にごみを投入する前処理として、投入するごみを予め破碎機で破碎する必要がある。</li> <li>焼却残さとして、不燃物とばいじん処理物（フィルターで捕集され、薬剤処理された飛灰）が排出される。</li> <li>ガス化炉や溶融炉から排出された金属類やスラグは資源化が可能であり、埋立処分量の抑制に資する。</li> <li>一般的に、溶融処理を行う分、建設費や維持管理費は直接焼却方式と比較して高くなる傾向がある。</li> </ul>

#### (4)処理方式の評価

##### 1)本市の要求事項

基本構想や建替検討委員会での検討を踏まえ、本市の要求事項を以下の①～⑦に示します。

##### ① 安定的な処理

他の自治体では不燃ごみとされているガラス類やせとものなども含めて、焼却対象となるごみの安定処理が可能な処理方式を選定する必要があります。

##### ② ごみ質変動への対応

本市は、令和5年4月より製品プラスチックの資源化を開始しており、ごみの持つカロリー（低位発熱量）は減少傾向が見込まれるなど、中長期的な視点でごみ質が変動（更なるカロリーの低下）した場合においても、追従することが可能な処理方式を選定する必要があります。

##### ③ 温室効果ガス排出量の削減

本市は、「杜の都環境プラン（仙台市環境基本計画）」にて「脱炭素都市づくり」を分野別環境施策に掲げており、また「基本構想」においても、検討課題として「脱炭素に資する取り組み」を掲げていることから、温室効果ガス排出量の削減についても評価を行います。

##### ④ 最終処分量の削減

本市石積埋立処分場の残余容量は少なくとも40年程度は見込まれることから、新たな処分先の確保は喫緊の課題ではありませんが、限られた残余容量の有効利用のため、最終処分量の削減についても評価を行います。

##### ⑤ 建設予定地への配置

新工場の建設予定地は、一部に河川保全区域が含まれるなどの制約があるとともに、現工場の稼働を継続させつつ、建設予定地に配置可能な処理方式を選定する必要があります。

##### ⑥ 経済性

焼却施設は、建設費や維持管理費の負担が非常に大きいものとなっていることから、できるだけ経済性の高い処理方式を選定する必要があります。

##### ⑦ 競争性

多数のプラントメーカーが製造するなど競争性を阻害しない処理方式を選定する必要があります。

##### 2)評価結果

比較評価した結果は次表のとおりであり、処理方式は総合的に評価が最も高いストーカ炉とします。なお、ストーカ炉において評価が低かった項目「最終処分量の削減」については、焼却残さ中の金属回収等の取り組みにより、最終処分量の削減や資源の有効活用を図ります。

表 処理方式の評価結果(1/2)

項目		A案	B案	C案
処理方式		ストーカ炉	シャフト式直接溶融炉	流動床式ガス化溶融炉
焼却処理の特徴		ごみ自身が保有する発熱量だけで焼却の継続が可能	高い溶融温度による焼却残さの削減	高い溶融温度による焼却残さの削減
本市の要求事項に基づく評価	安定的な処理	○ 理論的には必ずしも不燃物混じりのごみの処理が得意な方式ではないが、本市の他の焼却施設も含め豊富な運転実績があり、多くの施設で大きな問題が無く処理できている点から、安定的に処理が可能と判断する。	○ シャフト炉式の最大のメリットは、コークス（石炭）との混焼による不燃物を含めた溶融処理であり、焼却対象ごみも問題なく処理可能である。	△ 対象となるごみを炉に投入する際、事前に粗破碎する必要がある。不燃物が含まれる場合、破碎機出口やガス化炉の給じん装置で詰りが発生する恐れがある。
	ごみ質変動への対応	○ ストーカ炉の特徴として、ごみ質変動への適応力が高く、低位発熱量が減少した場合も対応が可能。また、低位発熱量が想定以上に減少した場合において、他の方式では更なる助燃燃料が必要となる状況でも自然で対応できる可能性があるなど、他の方式と比較して優位性がある。	△ 低位発熱量が減少した場合も対応が可能だが、コークス（石炭）の投入量が増加する。	△ 低位発熱量が減少した場合も対応が可能だが、助燃燃料の使用量が増加する。
	温室効果ガス排出量の削減	△ ごみの焼却に係る温室効果ガスについては、現施設と同程度の温発生量となる。	× コークス（石炭）を常時必要とすることから、温室効果ガスの発生量はA案・C案との比較では最も多くなる。	× 助燃剤の使用がA案より多くなることから、温室効果ガスの発生量はB案に次いで多くなる。
	最終処分量の削減	× 他の方式と比較して最終処分量は最も多くなる。	○ 焼却対象となるごみに不燃物が含まれていても、1,500℃の高温で溶融することが可能であることから、他の方式と比較して最終処分量は最も少なくなる。	△ 一般的にはB案同様に少ないが、焼却対象となるごみに不燃物が含まれる場合は、不燃物を粉碎して溶融するなどの特別な処理をしない限り、B案よりもやや多くなる傾向がある。

表 処理方式の評価結果(2/2)

項目		A案	B案	C案
処理方式		ストーカ炉	シャフト式直接溶融炉	流動床式ガス化溶融炉
	建設予定地への配置	○ 近年の導入事例等を踏まえ、配置は可能と判断する。	○ 近年の導入事例等を踏まえ、配置は可能と判断する。	○ 近年の導入事例は少ないが、上記選定条件以外の施設整備状況や炉の構造等を踏まえ、配置は可能と判断する。
	経済性	○ 850℃程度で自燃させる方法であり、シンプルな構造と長い開発・改善の歴史から最も安価な処理方式として定評がある。 建設費及び維持管理費ともに、過去の実績等から見て3案の中で最も経済性が高いと考えられる。	× 副資材としてコークス(石炭)や石灰石を必要とするとともに、高温(1,500℃程度)への耐久性も必要であることなどから、A案やC案と比べて建設費及び維持管理費は高くなる傾向にある。 また、将来的なごみ質変動に対応する場合において、コークス(石炭)の投入量を増加させる必要があり、総じてA案・C案との比較では経済性は低いと判断する。	△ ごみ処理に助燃燃料が一定程度必要であり、機器点数も多く高温(1,350℃程度)への耐久性も必要であることから、A案と比べて維持管理費が高くなる傾向にあると想定される。 また、将来的なごみ質変動に対応する場合において、助燃燃料の使用量増加が想定されるため、B案と同様に経済性は低いと判断する。
	競争性	○ 過去10年はもとより、整備予定の施設についても受注実績のあるプラントメーカーが8社と最も多い。	× 過去10年と整備予定の施設を合わせても受注実績のあるプラントメーカーは2社であり、かつほぼ1社独占の状況にある。	× 過去10年と整備予定の施設を合わせても受注実績のあるプラントメーカーは2社であり、かつ実績も3件で少ない。
	総合評価	他の方式と比較すると、最終処分量が多い点は本市の要求事項に合致しないものの、安定稼働性、経済性、競争性等、他の方式に比べてメリットが多く、新今泉焼却施設へ導入すべき方式としては、最も適合性の高い処理方式と考えられる。	最大のメリットは最終処分量の削減であると考えられる。一方、温室効果ガスの排出量が多い、経済性が低く競争性の確保が難しいといった課題がある。 本市のごみ処理の現状や、今後更なる削減を求められる温室効果ガス排出量などの課題等を踏まえ、新今泉焼却施設への導入は見送る。	B案と同様に最終処分量の削減に資する方式であるが、本市の不燃物交じりのごみへの対応に課題があること、稼働実績が少なく競争性や安定稼働についての課題が認められることなどから、新今泉焼却施設への導入は見送る。
		○：5 △：1 ×：1	○：3 △：1 ×：3	○：1 △：4 ×：2

## (5) バイオガス化施設（コンバインド方式）の特徴

焼却施設と組み合わせるコンバインド方式のバイオガス化施設の特徴を以下に示します。

表 バイオガス化施設（コンバインド方式）の特徴

方式	概略図	特徴
焼却炉（※） ＋ バイオガス化施設 （コンバインド方式）		<ul style="list-style-type: none"> <li>・生ごみの分別収集が不要である。</li> <li>・焼却施設のごみピットのごみをピックアップし、破砕・選別して生ごみや紙類などを分離し、嫌気性微生物の発酵作用によりバイオガス（メタンガスと二酸化炭素の混合ガス）を生成・回収する。</li> <li>・国内で稼働しているバイオガス化施設においては、発生させたメタンガスは、隣接する都市ガス製造工場への原料としての供給や、ガスタービンによる発電などに利用されている。このため、温室効果ガスの削減にも大きく寄与する。</li> <li>・残さとして、生ごみや紙類の選別残さ、発酵残さが排出される。コンバインド方式の場合は焼却施設のごみピットに戻して焼却処理することが可能。</li> <li>・メタン発酵槽から発生する臭気への対策が必要。</li> </ul>

※コンバインド方式のバイオガス化施設は、処理方式を選ばずに併設が可能です。上記はストーカ炉との併設時を想定した模式図となっています。

## (6) バイオガス化施設（コンバインド方式）の評価

### 1) 本市の要求事項

本市の要求事項は、「4.0 本市の要求事項」と同様とします。

### 2) 評価結果

本市の要求事項を基に評価した結果を次表に示します。

バイオガス化施設を導入した場合、建設予定地への配置は困難であり、隣接用地の買収等が必要となります。また、生ごみ等の機械選別時にリチウムイオン電池の混入などによる火災が発生し長期間の稼働停止の恐れがあること、建設予定地の周辺の状況から、都市ガス原料などバイオガスの利用先が見込めないこと、施設の建設・維持管理費用が増加すること、及び競争性の確保が難しいことなど様々な課題があることから、新工場においては、バイオガス化施設を設置しません。

表 バイオガス化施設（コンバインド方式）の評価結果

施設の特徴	混合収集したごみから生ごみや紙類などのバイオマス資源を選別して活用	
安定的な処理	△	稼働に必要なバイオマス資源については、不燃物混じりのごみから機械選別して生ごみや紙類を選別することは可能である。 一方で、機械選別時にリチウムイオン電池の混入などによる火災が発生し、焼却施設部分も含めて処理が一時的にできなくなったという事例もあり、安定処理上のリスクも存在する。
ごみ質変動への対応	○	長期的に低位発熱量が減少する可能性について、主にプラスチックごみの含有率減少に起因するケースが想定されるが、その場合においてもバイオガス化施設の稼働に必要な生ごみや紙類などのバイオマス資源については確保が難しくなるといった課題は無い。
温室効果ガス発生量の削減	△	バイオガス化施設は、発生したバイオガスを有効利用することによって、温室効果ガス発生抑制など高い環境性能を発揮することを目的としている。 一方、既に高効率発電を実施している焼却施設へ併設した場合、発生したガスを単に発電燃料として使用する場合など、利用方法によっては必ずしも上記の目的を達成できないことも想定される。
最終処分量の削減	△	コンバインド方式のバイオガス化施設は発酵残さがごみピットに返送されるため、最終処分量の削減にはそれほど寄与しない。
建設予定地への配置	×	他都市の導入事例等から、バイオガス化施設単体で、最低でも 5,000 m <sup>2</sup> 程度の建築面積が必要と見込まれる。そのため、建設予定地への配置は極めて難しい。
経済性	△	導入事例が少ないことから、経済性・費用対効果について定量的な分析をすることが難しいものの、バイオガス化施設が増設となるため建設費や維持管理費は焼却施設単体より高くなると想定される。 また、売電量の増加や FIT/FIP 制度に基づく売電単価の上昇、循環型社会形成推進交付金の優遇措置などは、経済性の確保に一定の寄与をすることが見込まれるが、施設の建設及び維持管理費用を賄うほどの収入増にはつながらないことが想定される。
競争性の確保	△	過去 10 年と整備予定の施設を合わせても受注実績のあるプラントメーカーは 3 社であり、かつ実績も 3 件で少ないことから、焼却施設単体での発注と比較すると、競争性は限定的である。
総合評価	新工場においてコンバインド方式のバイオガス化施設を併設した場合、発生したバイオガスの具体的な活用先が現時点では定まらないことから、本来の目的である高い環境性能を発揮することが難しいと想定される。 また施設建設に必要な面積を建設予定地内に配置することが極めて難しいこと、安定性や経済性についても一定の課題があることから、新今泉焼却施設への導入は見送るべきであると判断する。	

## 2 粗大ごみ処理施設

### (1)処理方式の種類と特徴

破碎機は、せん断力、衝撃力、及び擦り潰し力などの利用した設備であり、構造により破碎特性が異なります。その種類と特徴を以下に示します。

表 破碎機の種類と特徴

種類		可燃性 粗大ごみ	不燃性 粗大ごみ	不燃物	プラス チック類	特徴
切断機	縦型・ 横型	○	△	×	×	金属塊などは、切断刃の破損の原因になるため、延性物や軟質物の破碎に適している。
高速回転 破碎機	横型	○	○	○	△	固くてもろいものやある程度の大きさの金属塊の破碎が可能である。
	縦型					
低速回転 破碎機	単軸	△	△	△	○	プラスチックや紙等の軟質物の破碎に適している。
	多軸	○	△	△	○	軟質物、延性物など比較的広い範囲のごみの破碎に適用できるが、表面がなめらかで刃が掛からないものや、非常に硬いものは、破碎が困難である。

○：適 △：一部不適 ×：不適

出典：ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版 一部加除

### (2)可燃性破碎機の構成

新工場の粗大ごみ処理施設においても、現工場と同様に、作業効率の向上や混雑回避等の観点から、切断機（縦型）を2基設置し、可燃性残さは、焼却施設のごみピットに移送します。

また、粗大ごみ処理施設のバックアップや災害廃棄物の処理期間の短縮を目的とし、焼却施設のごみピット横に松森工場（焼却施設）と同様、低速回転破碎機を設置します。

### (3)不燃性破碎機の構成

新工場の粗大ごみ処理施設においては、葛岡工場の粗大ごみ処理施設と同様に、不燃性の破碎に有利な高速回転破碎機を設置します。

なお、高速回転破碎機を設置する場合、防爆対策及び処理の安定性並びに、設備配置及びメンテナンス性を考慮して低速回転破碎機を併用することも考えられますが、本計画では低速回転破碎機の併用については限定せず、事業者提案により選定します。