

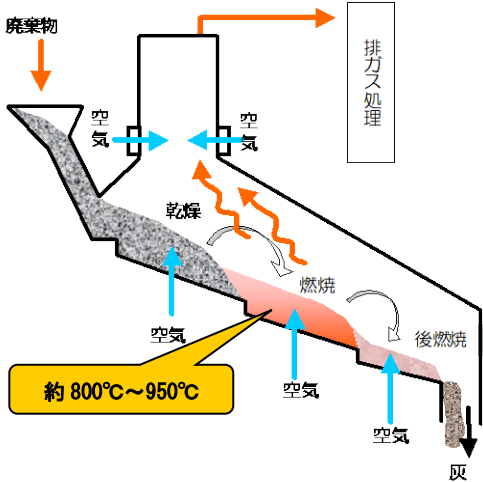
1 可燃ごみの処理技術

可燃ごみの処理方法としては、焼却処理や熔融処理のように、衛生上、減容・減量及びエネルギー利用の観点から熱処理を行うことが一般的な方法となっています。そのほかにも炭化、堆肥化、メタン発酵など資源化もしくはエネルギー効率を考慮して焼却処理との組み合わせ処理を行っているものもあります。将来的な技術として亜臨界水処理のような特殊な処理方法も開発されています。

可燃ごみ処理技術の分類と特徴（破碎は除く）を次表に整理しました。次頁以降に各処理方式の概要を示します。

表 1 可燃ごみ処理技術の分類と特徴（破碎は除く）

処理方式		種類 (形式)	原理・特徴	回収 エネルギー	主な生成物	主な残渣	
可燃 ごみ 処理	焼却	ストーカ式	<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみを850℃以上の高温に加熱し、水分を蒸発させ、可燃分を焼却する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃焼熱 (発電等)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 焼却灰</li> <li>・ 飛灰</li> </ul>	
		流動床式					
	ガス化 熔融	シャフト式	<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみをコークスと石灰石と共に投入し、約1,500℃以上で熱分解及び熔融する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃焼熱 (発電等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スラッグ</li> <li>・ メタル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 飛灰</li> </ul>	
		流動床式	<ul style="list-style-type: none"> <li>流動床を低酸素雰囲気中で450～600℃の温度で運転し、廃棄物を部分燃焼させ、部分燃焼で得られた熱を受けた廃棄物が熱分解し、発生する可燃性ガスの燃焼熱により、約1,300℃でごみを熔融する。</li> </ul>				
	焼却+メタン発酵方式		<ul style="list-style-type: none"> <li>メタン発酵処理での処理不適物を助燃剤等とした通常のごみ処理施設とのコンバインド型。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃焼熱 (発電等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 可燃性ガス</li> <li>・ 堆肥</li> <li>・ メタンガス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 焼却灰</li> <li>・ 飛灰</li> </ul>	
	原 燃料 化 処 理	炭化		<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみを400～1,000℃で間接加熱し、炭分、灰分、不燃分、可燃性ガスに分解する。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 可燃性ガス</li> <li>・ 炭化物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メタル</li> <li>・ 飛灰</li> </ul>
		亜臨界水処理		<ul style="list-style-type: none"> <li>180℃～300℃の高温・高圧水（非蒸気状態）で、種々の物質を溶かすことができる亜臨界水により、ごみを加水分解する。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バイオ燃料</li> <li>・ 有機肥料</li> </ul>	
		メタン発酵等		<ul style="list-style-type: none"> <li>生ごみを堆肥化、メタン発酵させることにより、堆肥としての利用、メタンガスを用いた発電等を行う。</li> <li>生ごみ以外のごみについての処理方式を検討する必要がある。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 可燃性ガス</li> <li>・ 堆肥</li> <li>・ メタンガス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 消化液</li> <li>・ 不適物</li> </ul>
		飼料化		<ul style="list-style-type: none"> <li>有機性廃棄物を高温発酵させることにより、家畜やペット類の飼料等として再利用する。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 飼料</li> </ul>	
		堆肥化		<ul style="list-style-type: none"> <li>生ごみ等を微生物の働きによって分解(発酵)するなどして堆肥を生成する。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 堆肥</li> </ul>	

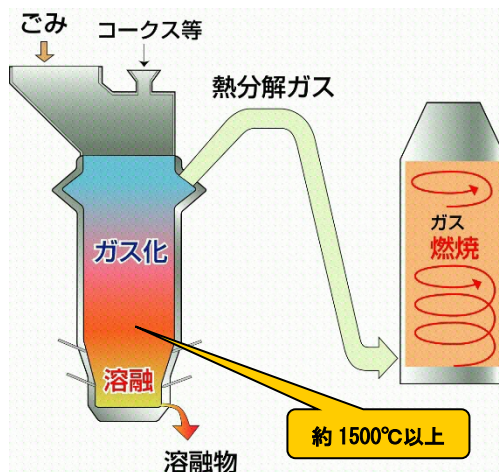
処理方式	ストーカ式焼却方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>「ストーカ」とは、火格子(ボイラなどで石炭など固形燃料を燃焼させるときに燃焼室の底部におく“すのこ”)に燃料を供給する装置のことである。ストーカ式焼却炉では、階段状に配置された火格子段が前後に駆動することで、上段の火格子段が、下段の火格子にごみを供給するとともに、ごみが完全に燃焼するよう攪拌する役割を果たしている。</li> <li>焼却炉としての歴史は最も古く、1963年大阪市において初の連続燃焼式ストーカ炉が整備された。それまでのごみ焼却炉は、固定火格子の小型焼却炉をいくつも並べたものであり、燃焼設備は非効率的で焼却能力も小さく、投入装置や灰処理装置も手動のため作業環境も悪く、工場周辺の住民は悪臭と黒煙、降灰に悩まされていた。</li> <li>さらに 1965 年に発電機付き連続燃焼式ストーカ炉が整備された後、大きく技術開発が進み、1980 年頃には技術的に安定した。</li> </ul>
原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>ストーカ式焼却方式は、階段状の火格子に分かれた炉で燃焼させる方式である。ごみは、大きく分けて、乾燥・燃焼・後燃焼の順に3段階で効率よく完全燃焼される。なお、機種によって火格子の段数や形状、駆動方式などは様々であるが、基本的な機能は同じで、ごみを乾燥→燃焼→後燃焼のプロセスがとれる炉構造となっている。</li> <li>燃焼温度は、約 800℃～950℃</li> <li>補助燃料なしで処理できる低位発熱量は、約 3,780kJ/kg 以上である。</li> <li>焼却灰発生量は、ごみあたり約 8%である。</li> <li>キレートを含む搬出飛灰量は、ごみあたり約 4%である。</li> </ul> 
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>金属等不燃物類は、一般的な都市ごみに混入する程度であれば特に問題ない。</li> <li>排ガス・排水・飛灰ともに、ダイオキシン類の公害防止条件を達成可能である。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>空気とごみとの接触面積が小さく、燃焼のための空気比<sup>※1</sup>は 1.6～2.5 となる。なお、燃焼に必要な空気量の増加に伴い、排ガス量が多くなる。近年では、1.3～1.5 程度の低空気比燃焼が可能となっている。</li> <li>※1 空気比：廃棄物を完全燃焼させるために理論上必要となる空気量(理論空気量)と、実際に必要となる空気量の比。(必要空気量÷理論空気量)</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設費： 平均 約 4,180 万円/規模 t</li> <li>定期整備補修費： 平均 約 69.9 万円/年/規模 t</li> <li>運転・管理委託費： 平均 約 70.2 万円/年/規模 t</li> <li>薬剤・用水・燃料・電気代： 平均 約 2,290.2 円/処理 t</li> </ul>
エネルギー回収性	<p>【ごみ発電】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>マス燃焼(長い時間をかけて燃焼が進行する)のため蒸気量の変動が少なく安定的な発電が行える。</li> </ul>
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> <li>大阪府／兵庫県 豊中市伊丹市クリーンランド (525t/日)</li> <li>千葉県 船橋市(北部清掃工場) (381t/日)</li> <li>大阪府 東大阪都市清掃施設組合 (400t/日)</li> <li>大阪府 四條畷市交野市清掃施設組合 (125t/日) など</li> </ul>

※ 焼却灰発生量・飛灰発生量・建設費及び維持管理費については、研究論文「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」(2012年3月 北海道大学 松藤敏彦)の調査結果より引用。焼却方式については、同調査では、内訳がストーカ式：86%、流動床式：13%であった。調査結果では、ストーカと流動床を一括りとした値として掲載されていたため、表中では、ストーカ式焼却方式と流動床式焼却方式は、経済性において同値とした。

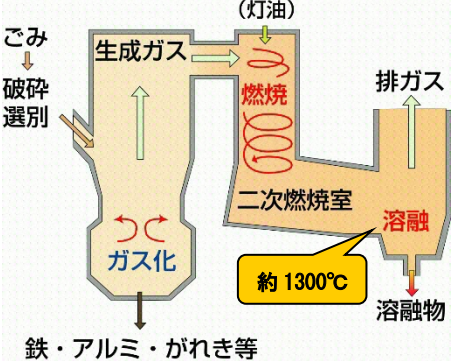
処理方式	流動床式焼却方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>元々は下水汚泥などの処理施設として実績があったが、1975年頃からごみ処理分野にも導入された。立ち上げ・立ち下げが早いこと、焼却灰の見た目の性状がきれいなことから、1980年頃以降、ほぼ20～30%のシェアを確保してきた。</li> <li>焼却が瞬時に行われるために、ごみの性状によっては焼却状態の安定性に欠ける面があり、ダイオキシン類問題が注目されるようになってからは新規整備が大きく減少した。</li> <li>近年は、技術開発が進み、最新の排ガス処理設備を備えた流動床式焼却施設も新たに整備されているが、実績件数としてはまだ少ない。</li> </ul>
原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>流動床式焼却方式は、炉内に流動媒体(流動砂)が入っており、この砂を650～800℃の高温に熱し、この砂を風圧(約15～25kPa)により流動化させる。ごみを破碎した上で投入し、高温の流動砂に接触させることによって、ごみは短時間で燃焼される。汚泥焼却にもよく使用されている。</li> <li>燃焼温度は、約800℃～1,000℃</li> <li>補助燃料なしで処理できる低位発熱量は、約3,780kJ/kg以上である。</li> <li>焼却灰発生量は、ごみあたり約3%である。</li> <li>キレートを含む搬出飛灰量は、ごみあたり約9%である。</li> </ul> 
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>炉内に可動部がない。</li> <li>起動時間・停止時間が短い。</li> <li>空気とごみとの接触面積が大きく燃焼効率が高いため、燃焼のための空気比が1.5～2.0程度で運転可能となる。近年では、1.3～1.5程度の低空気比燃焼が可能となっている。</li> <li>プラスチックは、湿ベースで上限約50%まで混入可能。(流動砂によりプラスチックが分散され燃焼するため。)</li> <li>排ガス・排水・飛灰ともに、ダイオキシン類の公害防止条件を達成可能。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>捕集灰が多く、集じん機の負担が大きい。</li> <li>破碎機により、ごみサイズを約10～30cm以下にする必要がある。</li> <li>プラスチックが多くなりすぎる場合は、プラスチックが塊となって、流動障害が起こる恐れもあるため、要検討。</li> <li>金属等不燃物類について、炉底部より不燃物と同時に抜き出す流動媒体(砂)は、不燃物の量の約10～20倍で設計するので、不燃物が多くなると抜きだしにくくなる。その他、砂分級機の能力の低下、流動砂の循環量の増加による熱損失の増加が考えられる。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設費：平均 約 4,180 万円/規模 t</li> <li>定期整備補修費：平均 約 69.9 万円/年/規模 t</li> <li>運転・管理委託費：平均 約 70.2 万円/年/規模 t</li> <li>薬剤・用水・燃料・電気代：平均 約 2,290.2 円/処理 t</li> </ul>
エネルギー回収性	<p>【ごみ発電】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>瞬時燃焼のため蒸気量の変動があり、発電が安定しない可能性がある。</li> </ul>
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> <li>千葉県 佐倉市酒々井町清掃組合 (100t/日)</li> <li>神奈川県 平塚市(環境事業センター) (315t/日)</li> <li>広島県 廿日市市 (150t/日) (2018年度供用開始予定) など</li> </ul>

※ 焼却灰発生量・飛灰発生量・建設費及び維持管理費については、研究論文「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」(2012年3月 北海道大学 松藤敏彦)の調査結果より引用。焼却方式については、同調査では、内訳がストーカ式：86%、流動床式：13%であった。調査結果では、ストーカと流動床を一括りとした値として掲載されていたため、表中では、ストーカ式焼却方式と流動床式焼却方式は、経済性において同値とした。

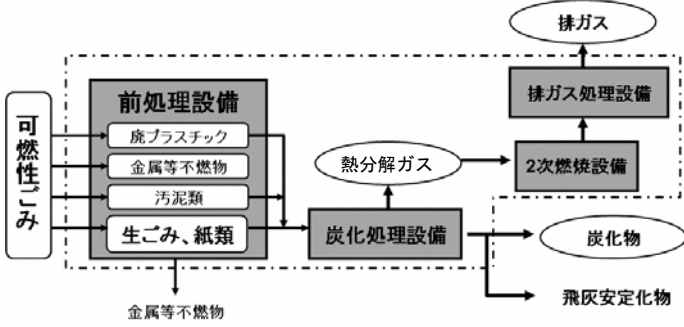
処理方式	シャフト式ガス化溶融方式
概要 ※流動床式ガス化溶融と同じ	<ul style="list-style-type: none"> <li>1993年頃から整備され始め、1997年頃から増加した。ダイオキシン類対策に優れていること、スラグの再生利用による最終処分量の低減などの利点が期待され、「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」（1997年1月）制定前後から多くのメーカーが技術開発に取り組み始め、多くの自治体で導入された。</li> <li>2005年までは灰溶融機能を備えていることが補助金交付の要件となっていたため、ガス化溶融方式も増加傾向であったが、現在はその要件がなくなっているため、減少傾向である。</li> </ul>
原理	<p>シャフト式ガス化溶融方式は、製鉄業の高炉の原理を応用し、ごみをコークスと石灰石と共に投入し、炉内で熱分解及び溶融する処理方式である。縦型シャフト炉内は乾燥帯、熱分解帯、燃焼・溶融帯に分かれ、乾燥帯で廃棄物中の水分が蒸発し、廃棄物の温度が上昇するにしたがい熱分解が起こり、可燃性ガスが発生する。可燃性ガスは、炉頂部から排出されて燃焼室で二次燃焼される。熱分解残渣の灰分等はコークスが形成する燃焼・溶融帯に下降し、羽口から供給される純酸素により燃焼して溶融する。最後に炉底より、スラグとメタルが排出される。</p> <p>※コークス式のほか、高濃度の酸素を用いる酸素方式、プラズマを用いるプラズマ方式がある。</p> <p>溶融温度は、約1,500℃以上</p> <p>スラグ発生量は、ごみあたり約9%である。</p> <p>メタル発生量は、ごみあたり約1.3%である。</p> <p>キレートを含む搬出飛灰量は、ごみあたり約4%である。</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>金属・不燃分・灰分のメタル化及びスラグ化によって、最終処分量を小さくできる。</li> <li>排ガス量は、低空気比運転が可能なることから従来型焼却技術に比べ、少ない。（空気比1.3程度）</li> <li>廃プラスチック類・金属等不燃物類・汚泥類等、全て処理可能。</li> <li>排ガス・排水・飛灰ともに、ダイオキシン類の公害防止条件を達成可能であり、特にダイオキシン類対策に優れている。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>常に補助燃料としてコークス等の投入を要するため、燃料費が嵩み、CO<sub>2</sub>排出量も多くなる。</li> <li>溶融飛灰には重金属が濃縮される。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設費：平均 約 5,110 万円/規模 t</li> <li>定期整備補修費：平均 約 124.0 万円/年/規模 t</li> <li>運転・管理委託費：平均 約 164.6 万円/年/規模 t</li> <li>薬剤・用水・燃料・電気代：平均 約 7,867.1 円/処理 t</li> </ul>
エネルギー回収性	<p>【ごみ発電】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コークスを使用する場合、ごみ処理量当りの発電量は、他の方式に比べ高い。</li> </ul>
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> <li>佐賀県 佐賀県西部広域環境組合（205t/日）</li> <li>埼玉県 東埼玉資源環境組合（第2工場）（297t/日）</li> <li>千葉県 成田市（成田富里いずみ清掃工場）（212t/日）</li> <li>島根県 松江市（エコクリーン松江）（255t/日） など</li> </ul>



※ スラグ発生量・メタル発生量・飛灰発生量・建設費及び維持管理費については、研究論文「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」（2012年3月 北海道大学 松藤敏彦）の調査結果より引用。

処理方式	流動床式ガス化溶融方式	
概要 ※シャフト式ガス化溶融と同じ	<ul style="list-style-type: none"> <li>1993年頃から整備され始め、1997年頃から増加した。ダイオキシン類対策に優れていること、スラグの再生利用による最終処分量の低減などの利点が期待され、「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止ガイドライン」（1997年1月）が制定前後から多くのメーカーが技術開発に取り組み始め、多くの自治体で導入された。</li> <li>2005年までは灰溶融機能を備えていることが補助金交付の要件となっていたため、ガス化溶融方式も増加傾向であったが、現在はその要件がなくなっているため、減少傾向である。</li> </ul>	
原理	<p>流動床式ガス化溶融方式は、流動床を低酸素雰囲気中で450～600℃の温度で運転し、廃棄物を部分燃焼させ、さらに、部分燃焼で得られた熱を受けた廃棄物が熱分解し、発生する可燃性ガスを燃焼させる熱で、ごみを溶融する技術である。</p> <p>大部分の可燃性のガスと未燃固形物等は、溶融炉に送られる。溶融炉では、可燃性ガスと未燃固形物を高温燃焼させ、灰分を溶融しスラグ化する。</p> <p>このシステムの特徴は、流動床内の直接加熱により、熱分解に必要な熱を供給するため、加熱用の空気が別途生成される必要がないことである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>溶融温度は、約1,300℃</li> <li>スラグ発生量は、ごみあたり約3%である。</li> <li>メタル発生量は、ごみあたり約0.5%である。</li> <li>キレートを含む搬出飛灰量は、ごみあたり約4%である。</li> <li>自己熱での溶融可能限界は、約7,100kJ～7,600kJとされるが、実際の稼働状況では、約9,200kJ。</li> </ul>	 <p>約1300℃</p> <p>鉄・アルミ・がれき等</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃プラスチック類・汚泥類等、処理可能。</li> <li>灰分のスラグ化によって、最終処分量を小さくできる。</li> <li>流動床において廃棄物中の不燃物や金属を分離排出することができる。</li> <li>流動床内の直接加熱により熱分解に必要な熱を供給するため、加熱用の空気の生成が不要である。</li> <li>排ガス量は、低空気比運転が可能なことから従来型焼却技術に比べ、少ない。（空気比1.3程度）</li> <li>排ガス・排水・飛灰ともに、ダイオキシン類の公害防止条件を達成可能であり、特にダイオキシン類対策に優れている。</li> </ul>	
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみの自己熱での溶融が困難な場合、補助燃料として灯油等の投入を要するため、燃料費が嵩み、CO<sub>2</sub>排出量も多くなる。</li> </ul>	
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設費：平均 約 4,170 万円/規模 t</li> <li>定期整備補修費：平均 約 187.7 万円/年/規模 t</li> <li>運転・管理委託費：平均 約 137.3 万円/年/規模 t</li> <li>薬剤・用水・燃料・電気代：平均 約 4,450.2 円/処理 t</li> </ul>	
エネルギー回収性	<p>【ごみ発電】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ごみ処理量当りの発電量は、コークスを使用するシャフト式に比べ小さいが、飛散ロスが少ないこと、排ガス量が少ないことから、自己消費電力は少ないため、総合的なエネルギー効率はよい。</li> </ul>	
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> <li>栃木県 芳賀地区広域行政事務組合（143t/日）</li> <li>山形県 甲府・峡東地域ごみ処理施設事務組合（369t/日） など</li> </ul>	

※ スラグ発生量・メタル発生量・飛灰発生量・建設費及び維持管理費については、研究論文「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」（2012年3月 北海道大学 松藤敏彦）の調査結果より引用。

処理方式	炭化方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>田原市、恵那市、広陵町などで導入されている手法であり、基本的な構造としては、ロータリーキルン方式や流動床方式である。</li> <li>炭化炉及び2次燃焼室の間に炭化物回収器を設置し、その後に炭化物生成ラインを別途設置するような形となる。炭化炉では約400～600℃で炭化物とガスを精製し、その炭化物を回収・造粒する。また、発生ガスは2次燃焼室にて約850℃で燃焼させる。別途製造ラインが必要となるため、必然的に機器点数も増え、メンテナンスに係る労力が必要となる。また、炭化物の引取先を確保することが必要となる。</li> </ul>
原理	<p>投入されたごみは、破碎及び磁選機により鉄分が除去され、乾燥炉へ供給される。供給されたごみは、乾燥炉で水分が調整され、炭化炉に供給される。</p> <p>炭化炉に供給されたごみは、400～600℃の無酸素状態で熱分解（還元）され、熱分解残渣（チャー）と熱分解ガスとなる。このとき、がれきや金属等の不燃物が発生する。</p> <p>金属類は方式によって還元または未酸化状態で回収される。</p> <p>熱分解残渣（チャー）は、脱塩素工程を経て炭化物として回収され、熱分解ガスは、再度加熱され、炭化炉の熱源として使用された後、排ガス処理を行い、施設外へ排出される。</p> <p>木質チップ等の処理が主体で実用化されてきたが、都市ごみを処理対象物として処理することが出来る。</p> 
公害防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の公害防止設備を用いた排ガス処理・排水処理・悪臭対策等を適切に実施することにより、排ガス・排水・騒音・振動・悪臭等の公害の発生防止は可能である。</li> <li>焼却処理時よりもCO<sub>2</sub>発生量の削減が可能となる。発生した炭を化石代替エネルギーとして利用することにより、更に抑制効果がある。</li> </ul>
処理対象廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> <li>有機性廃棄物の処理のみが可能である。</li> <li>排出時の高い分別精度は必要としない。生ごみ以外の異物（割り箸等）の混入があっても処理することが可能であるが、単一廃棄物で安定した処理が行える。</li> </ul>
資源化	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱回収による発電等の余熱利用が可能である。</li> <li>炭化物の利用用途として、土壌改良資材、水質浄化材、融雪材、脱臭材等が考えられる。</li> <li>処理対象廃棄物の性状により、炭化物の質にばらつきが生じた場合、有効利用することが困難となる。</li> <li>利用用途によっては脱塩処理が必要となる。</li> <li>炭化物の利用先の確保が必要となる。利用先を確保できない場合、焼却等の処理が必要となる。</li> </ul>
処分物	<ul style="list-style-type: none"> <li>がれき・金属類等の不燃物、飛灰が発生する。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設費：約4,000～8,000万円/規模t</li> <li>維持管理費：約11,000円/処理t</li> </ul>
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> <li>家庭系生ごみ・汚泥を対象とした施設の実績は少ない。木質チップ等の処理では実績がある。</li> <li>新潟県糸魚川地域広域行政組合（70t/日）</li> <li>岐阜県恵那市（42t/日）</li> <li>北海道名寄地区衛生施設組合（20t/日）</li> <li>愛知県渥美町・田原町・赤羽根町（60t/日）</li> <li>鹿児島県屋久島広域連合（14t/日）</li> </ul>

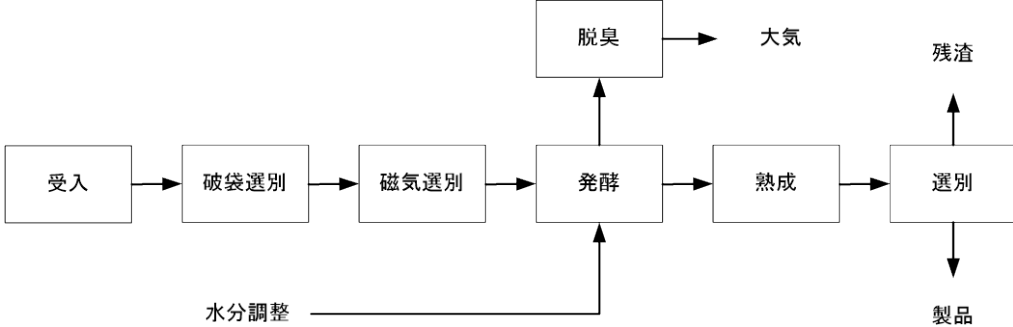
処理方式	亜臨界 <sup>*1</sup> 水方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>水の臨界点近傍（亜臨界域）における性質を利用したものであり、物質を焼却せずに分解する方法である。亜臨界水の生成には、高温高压ボイラを利用する。亜臨界水処理設備にごみを投入し、飽和水蒸気を導入し、亜臨界域を作り出す。そして、攪拌することでごみが分解される。処理対象としては、鉄・陶磁器類や硬質プラスチックを除く様々なごみが分解でき、滅菌作用があることから医療用廃棄物の処理も可能である。</li> <li>分解残渣は成型し固形燃料として利用できるが、炭化物と同様に塩素分の問題から助燃剤への利用が無難とされている。</li> </ul>
原理	<p>亜臨界水の加水分解能を用いて、ごみ処理を行う技術である。</p> <p>亜臨界水の生成には、高压ボイラを活用する。</p> <p>亜臨界水は、150℃～373℃の高温・高压水（非蒸気状態）で、種々の物質を溶かすことができる。特に、イオン積が常温の約1,000倍あり、かつ誘電率が有機溶媒並みに低く樹脂等の有機物との馴染みがよいため、高い加水分解能を有している。このため、生ごみや廃木材、紙くず、動物の糞尿、下水汚泥、廃油などの処理が可能である。有機性廃棄物および、プラスチック等の固形廃棄物は、搬入された後に破碎する。その後、亜臨界水処理工程において、ごみを分解する。</p> <p>産業廃棄物処理においては、低糖類やアミノ酸等の工業材料が取り出されている事例もある。</p> <p>反応温度は、約180～300℃</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>排ガス・排水ともに、ダイオキシン類の公害防止条件を達成可能。</li> <li>ごみの焼却を伴わないため、ダイオキシン類の発生が少ない。</li> <li>処理残渣は発生するが、エネルギーや有機肥料として再利用可能。</li> <li>処理残渣にはごみ臭がなく、特有の臭いはあるが、鼻を突くような悪臭ではない。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>前処理として、廃プラスチック類をφ10mm程度まで破碎する必要がある。</li> <li>処理後の容積が処理前の約12.5%、重量は処理前の約50%と大きい。</li> <li>災害廃棄物の受入は困難。</li> <li>金属など不適物の分別回収徹底が必要。</li> <li>一般廃棄物に関しては、特定の品目に対する実績しかない。</li> <li>ボイラや亜臨界水の安全管理に特段の配慮が必要。</li> </ul>
エネルギー回収性	<p>【エネルギー】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>処理残渣の発酵によりバイオ燃料の抽出が可能。</li> </ul> <p>【有機肥料】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>亜臨界水処理後に発生する残渣は、メタン発酵等の処理を行い有機肥料として再利用が可能である。ただし、塩素分において課題はある。</li> </ul>
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> <li>北海道白老町(ecoリサイクルセンターしらおい) (37.6t/日)</li> <li>長崎県長崎市(西部下水処理場) ※ただし、下水汚泥と食品廃棄物が対象</li> </ul>

※1 亜臨界：高温高压化における物質の状態で、固体・液体・気体とは異なる性状をしめす場合がある。水の場合は高い分解能力を示す。

処理方式	メタン発酵方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>京都市等で導入が進められている技術である。回収するメタンガスは発電等に活用でき、また発酵後残渣および廃液は肥料等にも利用できる。ただし、肥料への利用についてはごみ質変動の影響を受けやすく、塩分の残留等課題点も多い。また、発酵過程においては、多少の加温が必要となる。</li> <li>基本的には、単体での整備による可燃ごみの処理は難しく、メタン発酵処理での処理不適物を助燃剤等とした通常の焼却施設とのコンバインド型による整備が必要となる。また、処理後の排水の処理も課題となる。</li> </ul>
原理	<p>①固形又は高分子有機物から低分子有機物に分解する可溶化・加水分解、②低分子有機物から有機酸・アルコール類等を生成する酸生成、③有機酸等から酢酸・水素等を生成する酢酸生成、④酢酸・水素等からメタン・二酸化炭素を生成するメタン生成の4つの段階から、有機物を分解する。</p> <p>処理対象物中の固形物濃度に応じて、湿式（固形分6～10%）・乾式（固形分25～40%）に区分される。</p>
公害防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の公害防止設備を用いた排ガス処理・排水処理・悪臭対策等を適切に実施することにより、排ガス・排水・騒音・振動・悪臭等の公害の発生防止は可能である。</li> <li>焼却処理時よりもCO<sub>2</sub>発生量の削減が可能となる。発生したメタンガスを化石代替エネルギーとして利用することにより、更に抑制効果がある。</li> </ul>
処理対象廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> <li>有機性廃棄物の処理のみが可能である。</li> <li>排出時の分別精度が求められる。</li> <li>発酵不適物の除去が必要となる。</li> <li>前処理により、約30mm以下にする必要がある。</li> <li>飼料化や肥料化に比べ、生ごみの品質が低くても処理が可能である。</li> </ul>
資源化	<ul style="list-style-type: none"> <li>生ごみ1t当たり100～200m<sup>3</sup>/日程度のバイオガスが得られ、脱硫、脱アンモニア後に発電・温水等に利用することが可能となる。</li> <li>回収したメタンガスを利用するためには、一定量以上の回収量とその供給先を確保、安定供給、受給バランスに考慮する必要がある。</li> <li>ガスエンジン等による小規模な発電となる。</li> </ul>
処分物	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理対象廃棄物量に対して、約1/13～1/4の発酵残渣と、約2/3～1/1の発酵処理水が発生する。</li> <li>発酵処理水、発酵残渣から液肥・堆肥を生成する場合、安定的な品質と利用先の確保が必要となる。利用先を確保できない場合、焼却等の処理が必要となる。</li> <li>分別不適物、発酵処理不適物、発酵残渣（資源化されない場合）が発生する。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>メタン化施設を整備した場合においても、分別不適物・発酵処理不適物・発酵残渣を処理するためには焼却施設を整備する必要がある。</li> <li>【参考】：メタン化施設のみを整備する場合</li> <li>建設費：約3,000万円/規模t</li> <li>維持管理費：約11,000円/処理t（人件費除く）</li> </ul>
導入自治体（家庭系生ごみを含む）	<ul style="list-style-type: none"> <li>近年、分別収集した家庭系生ごみ・汚泥を対象とした施設の整備が見受けられる。</li> <li>新潟県上越市（家庭系生ごみ8t/日、し尿70k1/日、浄化槽汚泥170k1/日）</li> <li>北海道砂川保健衛生組合（家庭系・事業系生ごみ22t/日）</li> <li>北海道中空知衛生組合（家庭系・事業系生ごみ55t/日）</li> <li>カンポリサイクルプラザ(株)（家庭系生ごみ・食品廃棄物等50t/日）</li> <li>大分県日田市（家庭系・事業系生ごみ24t/日、豚ふん尿・農集排汚泥56t/日）</li> </ul>



処理方式	飼料化方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 有機性廃棄物を高温発酵させることにより、家畜やペット類の飼料等として再利用することができる。</li> </ul>
原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 有機性廃棄物を破碎・乾燥、殺菌（発酵）、油脂分調整等をして粉状にした飼料を作る技術。処理工程により、発酵・乾燥方式、油温減圧方式乾燥方式等がある。</li> <li>①発酵・乾燥方式 微生物によって有機物を発酵・分解しつつ安定化（中熟状態）し、外部熱源等で乾燥させる。</li> <li>②油温減圧乾燥方式 有機物に油を加えて加熱煮して、有機物中の水分を蒸発させ、油を分離して乾燥飼料を得る。いわゆるてんぷらの原理を用いたもので、加熱煮と乾燥（有機物中の水分蒸発）を同時に行う点に特徴がある。</li> </ul> <p>&lt;油温減圧乾燥方式&gt;</p> <pre> graph LR     A[受入] --&gt; B[破碎]     B --&gt; C[油温減圧式乾燥]     C --&gt; D[油分分離]     D --&gt; E[搾油]     D --&gt; F[冷却]     E --&gt; G[破碎]     G --&gt; H[選別]     H --&gt; I[冷却]     I --&gt; J[製品]     F --&gt; J   </pre>
公害防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既存の公害防止設備を用いた排ガス処理・排水処理・悪臭対策等を適切に実施することにより、排ガス・排水・騒音・振動・悪臭等の公害の発生防止は可能である。焼却処理時よりも CO<sub>2</sub> 発生量の削減が可能となる。</li> </ul>
処理対象廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 有機性廃棄物の処理のみが可能である。</li> <li>・ 家畜に餌として与えるため、排出時の高い分別精度が必要となる。</li> </ul>
資源化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 堆肥化処理のような熟成用の設備や期間が不要である。</li> <li>・ 家畜等の食用となることから、分別の徹底などによる品質及び信頼性の確保、さらに生成物の需要と安定供給の確保が必要である。利用先を確保できない場合、焼却等の処理が必要となる。</li> <li>・ 生ごみ等の変質を防ぐ必要があり、発生場所付近での処理が原則となる。</li> <li>・ 食品製造業者、処理業者、畜産農家等の連携が不可欠となる。特に食用廃油の確保が重要となる。</li> </ul>
処分物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 分別不適物、処理不適物が発生する。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 飼料化施設を整備した場合においても、分別不適物・処理不適物を処理するためには焼却施設を整備する必要がある。</li> <li>【参考】：飼料化施設のみを整備する場合</li> <li>・ 建設費：約 3,000 万円/規模 t</li> <li>・ 維持管理費：5,000 円/処理 t（人件費除く）</li> </ul>
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 家庭系生ごみ・汚泥を対象とした施設の実績は少ない。汚泥等の単一廃棄物では実績がある。</li> <li>・ 三造有機リサイクル(株)（札幌生ごみリサイクルセンター）（50t/日）</li> <li>・ 長崎漁港水産加工団地共同組合（20t/日）</li> </ul>

処理方式	堆肥化方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>生ごみ等を微生物の働きによって分解(発酵)するなどして堆肥を生成する技術である。古くから有機性廃棄物の処理法としても広く用いられている。</li> </ul>
原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>微生物の働きを利用して、好気的条件下で有機性廃棄物を分解する。好気性条件下の確保については、主に機械化による強制発酵方式が用いられている。</li> </ul> 
公害防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の公害防止設備を用いた排ガス処理・排水処理・悪臭対策等を適切に実施することにより、排ガス・排水・騒音・振動・悪臭等の公害の発生防止は可能である。</li> <li>焼却処理時よりも CO<sub>2</sub> 発生量の削減が可能となる。</li> </ul>
処理対象廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> <li>有機性廃棄物の処理のみが可能である。</li> <li>排出時の分別精度が必要となる。廃棄物に極力不適物を混入させないことが必要であり、特に家庭から排出される生ごみには、不適物の除去が不可欠である。</li> </ul>
資源化	<ul style="list-style-type: none"> <li>有機性廃棄物を有機肥料として土壤に還元できる。</li> <li>製品の利用先の確保が必要である。利用先を確保できない場合、焼却等の処理が必要となる。</li> <li>数週間から数ヶ月の熟成期間が必要となる。</li> <li>需要に季節変動があり、変動に対応できる供給体制が必要となる。</li> </ul>
処分物	<ul style="list-style-type: none"> <li>分別不適物、処理不適物が発生する。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆肥化施設を整備した場合においても、分別不適物・処理不適物を処理するためには焼却施設を整備する必要がある。</li> <li>【参考】：堆肥化施設のみを整備した場合</li> <li>建設費：約 2,000～5,000 万円/規模 t</li> <li>維持管理費：約 10,000 円/処理 t</li> </ul>
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> <li>分別収集した家庭系生ごみ・汚泥を対象とした施設の実績はあるが、規模の大きな施設の実績が少ない。家畜糞尿が中心となって実用されてきた。</li> <li>山形県長井市 (9t/日)</li> <li>北海道西天北五町衛生施設組合 (8t/日)</li> <li>岐阜県海津市 (1t/日)</li> <li>北海道鹿追町 (3t/日)</li> <li>香川県三豊市 (71.9t/日) ※トンネルコンポスト</li> </ul>

## 2 焼却灰の処理(資源化)技術

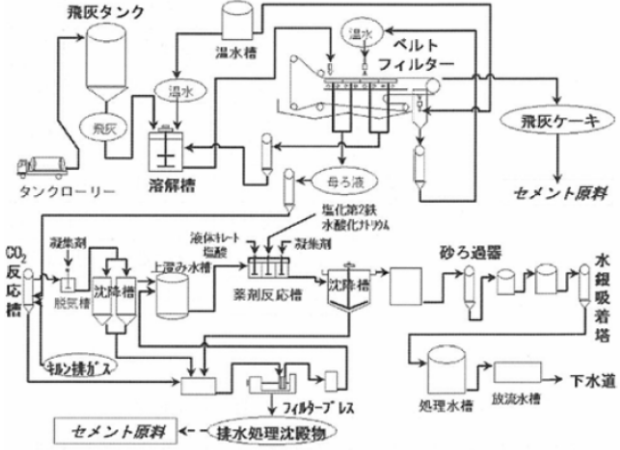
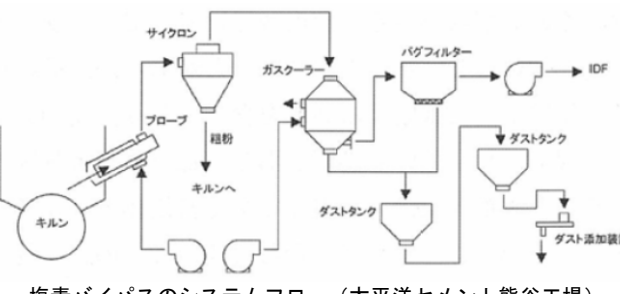
焼却灰（主灰及び飛灰）の処理については、最終処分場での埋立処分が一般的ですが、地域事情によっては最終処分場を建設できないことや資源化を推進する観点などから、焼却灰を再生活用する方法を採用している地域もあります。

焼却灰の処理技術の原理・特徴等を次表に整理しました。次頁以降に各処理方式の概要を示します。

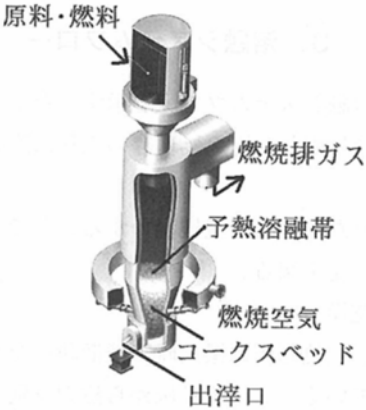
表 2 焼却灰資源化技術の分類と特徴

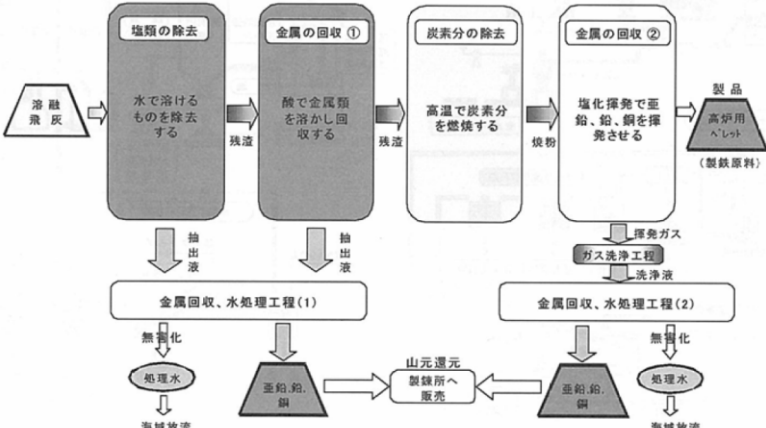
	種類 (形式)	原理・特徴	主な生成物
焼却灰資源化処理	普通ポルトランドセメント原料化	・ 主灰及び飛灰を、普通ポルトランドセメントの原料として活用する。	・ 普通ポルトランドセメント
	焼成	・ 主灰及び飛灰を、1,000℃～1,100℃の温度で焼成することで重金属類を揮散させ、ダイオキシン類を分解し、土木資材を製造する。	・ 人工砂
	熔融	・ 主灰及び飛灰中の有機物を、1,200℃以上の高温で燃焼・ガス化させ、無機物を熔融しスラグ・メタルを回収する。	・ スラグ ・ メタル
	山元還元	・ 飛灰及び熔融飛灰等に対して、水洗、酸抽出、アルカリ抽出等を行い、塩類除去、重金属成分を回収する。	・ 銅、鉛、亜鉛等

※ 焼却灰資源化処理方式の受入条件は、民間事業者によって異なる。

処理方式	普通ポルトランドセメント原料化
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>普通ポルトランドセメントの原料として、焼却施設からの主灰及び飛灰を活用するものである。主灰には異物除去、飛灰には塩素除去の前処理を行った上で、セメント原料の一部として使用する。</li> <li>セメントの製造工程で、塩素量増加に伴うキルン閉塞の防止や、セメント製品中の塩素量低下を目的として、塩素バイパス技術により塩素を抽気する。</li> <li>普通ポルトランドセメントは JIS 規格品であり、一般の土木資材として流通している。</li> </ul>
原理	<p>【太平洋セメント(株)熊谷工場の例】</p> <p>◆灰水洗技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>主灰処理：主灰に含まれる金属や異物を、大塊除去装置、磁力選別機、ふるい装置などを用いて除去する。</li> <li>飛灰処理：飛灰に含まれる塩素を水洗により脱塩する。なお、飛灰中のダイオキシン類は、セメント製造プロセスの高温焼成工程（1,450℃）で安全に分解処理される。</li> </ul> <p>◆塩素バイパス技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>セメント製造プロセスから塩素を取り除く技術。セメント（最終製品）中の塩素が過剰とならないように、原燃料中の塩素量を管理し、セメント製造プロセスから塩素を抽気しバイパスするシステムである。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント製品は一般土木資材であり、既存の流通ルートでの販路が確保できる。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>焼却灰の受入を行っているセメント工場があることが前提になる。</li> <li>焼却灰の受入量は、セメント原料中の3%程度が上限となる。</li> <li>飛灰単独の受け入れは困難である。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>主灰：約 25,000～約 32,000 円/t</li> <li>飛灰：約 30,000～約 63,000 円/t</li> </ul> <p>※出典：「民間施設を活用したごみ焼却灰のリサイクルに関する調査研究報告書(その2)」(2010年4月、財団法人クリーンジャパンセンター)</p>
事例	<ul style="list-style-type: none"> <li>太平洋セメント(株) (熊谷工場、藤原工場、大分工場)</li> <li>山口エコテック(株) (宇部興産宇部工場、トクヤマ徳山製造所)</li> <li>住友大阪セメント(株) (赤穂工場)</li> </ul> <p>※出典：「民間施設を活用したごみ焼却灰のリサイクルに関する調査研究報告書(その2)」(2010年4月、財団法人クリーンジャパンセンター)</p>

処理方式	焼成
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 焼却灰を 1,000℃～1,100℃の温度で焼成（固体粉末の集合体を融点よりも低い温度で加熱すると、粉末が固まって緻密な物体になる現象）することで、重金属類を揮散させ、ダイオキシン類を分解し、土木資材（人工砂等）を製造する。</li> <li>・ 人工砂は、国土交通省のNETIS への登録や公的機関での認証を受けている。</li> </ul>
原理	<p>【ツネイシカムテックス(株)埼玉工場の例】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 焼却灰に不溶化剤を約 10%混合し、ロータリーキルン内で 1,000℃～1,100℃で焼成する。</li> <li>・ 焼成工程において重金属類を選択的にガス側（二次燃焼室）に揮散させ、中和、吸着、集じんを行う。また、ダイオキシン類を分解する。</li> <li>・ 焼成後の焼成物を冷却後粉碎し、水、セメント、安定剤を加えて造粒し、人工砂を製造する。</li> </ul> <p style="text-align: center;">人工砂製造フロー（ツネイシカムテックス(株)埼玉工場の例）</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 熔融に比べて必要エネルギーが安く安価である。（プラズマ方式に比べ、建設費で約 70%、維持管理費で約 60%といわれている。）</li> <li>・ CO<sub>2</sub>排出量も熔融に比べて低減できる。</li> <li>・ 製造する資材（人工砂）は、用途範囲が広く、市場性があるとされている。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処理業者が少なく（2社）、かつ、遠方である。</li> <li>・ 焼成技術の認知度が低く、処理・リサイクルの安全性についても認知度が低い。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 主灰：約 20,000 円/t</li> </ul> <p>※出典：「民間施設を活用したごみ焼却灰のリサイクルに関する調査研究報告書(その2)」(2010年4月、財団法人クリーンジャパンセンター)</p>
事例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ツネイシカムテックス(株)埼玉工場（処理能力：90,000 t/年）</li> <li>・ 三重中央開発(株)（処理能力：84,000 t/年）</li> </ul>

処理方式	熔融
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1, 200℃以上の高温条件下で焼却灰中の有機物を燃焼・ガス化させ、無機物を熔融してスラグ・メタルを回収する。</li> <li>・ 重金属は熔融飛灰に揮散させ、熔融スラグ中の重金属類の含有量を低下させる。</li> <li>・ 熔融スラグに関しては、以下の JIS が定められている。 <ul style="list-style-type: none"> <li>◆2006年7月：(JIS A 5032) 「一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を熔融固化した道路用スラグ」</li> <li>◆2006年7月：(JIS A 5032) 「一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を熔融固化したコンクリート用スラグ骨材」</li> </ul> </li> </ul>
原理	<p>【メルテック㈱の例】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 受入 搬入された焼却灰を攪拌混合し、熔融原料成分を均一化させる。</li> <li>(2) 選別乾燥 搬入された焼却灰から磁力選別及びふるいにより熔融不適物を除去し、その後乾燥させる。</li> <li>(3) 成型 効率よく熔融するため粘結材を使用し、熔融原料形状の均一化を図る目的で、卵型に固形化（ブリケット）する。</li> <li>(4) 混合調整 熔融原料のブリケット、燃料のコークス、副資材の石灰石等を必要な割合で混合し、熔融炉に定量供給する。</li> <li>(5) 熔融 供給されたブリケットをコークスベッド上部で乾燥・予熱し、高温帯で熔融させる。液化した熔融物は滴下し、炉外に連続出滓する。</li> <li>(6) 徐冷 出滓された熔融物は、鉄製の型枠（モールド）に連続的に投入され、モールド内で熔融スラグと熔融メタルに分離させる。空冷で時間をかけて冷却することで、熔融メタルは底に、上部に結晶化された熔融スラグが生成される。</li> <li>(7) 破碎 生成した熔融スラグ及びメタルを破碎し、それぞれの製品として回収する。</li> </ol> <div style="text-align: right;">  <p>原料・燃料 燃焼排ガス 予熱熔融帯 燃焼空気 コークスベッド 出滓口 熔融炉（メルテック㈱の例）</p> </div>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 民間で熔融処理を行うため、高度な運転技術やスラグの利用ノウハウが蓄積しやすい。</li> <li>・ 高温で処理するため、無害化処理についての安心感がある。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設備投資及び高温処理のため燃料コストがかかり、処理料金が割高となる。</li> <li>・ 飛灰の搬入が制限される場合がある。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 主灰：約 38,000～約 48,000 円/t</li> <li>・ 飛灰：約 38,000～約 46,000 円/t</li> </ul> <p>※出典：「民間施設を活用したごみ焼却灰のリサイクルに関する調査研究報告書(その2)」(2010年4月、財団法人クリーンジャパンセンター)</p>
事例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メルテック㈱</li> <li>・ 中部リサイクル㈱</li> </ul>

処理方式	山元還元
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 飛灰・溶融飛灰等に対して、水洗、酸抽出、アルカリ抽出等を行い、塩類の除去、銅、亜鉛、鉛などの重金属成分を回収する。</li> <li>・ 回収した重金属成分は、精錬所へリサイクル原料として販売する。</li> </ul>
原理	<p>【光和精鋅株の例】・・・現在は受け入れを休止している。</p> <p>(1) 塩類の除去 飛灰を水の入った抽出槽に投入し、水に溶けやすいアルカリ塩類を洗浄し、フィルタープレスにて脱水ろ過する。</p> <p>(2) 金属の回収①（酸抽出） 脱水した残渣を、塩酸を用いて一定の pH で酸抽出処理を行い、残渣中に含まれている亜鉛・鉛・銅などの金属成分を抽出する。 このろ液を pH 調整し、遠心分離機・フィルタープレス等の分離・回収工程を経て金属成分を回収する。（精錬所へ販売）</p> <p>(3) 炭素分の除去（流動床炉における焙焼） 酸抽出後の残渣は、シリカ・アルミナ・炭素等を主成分としているが、0. 数%程度の金属成分が残留している。この残渣を流動床炉にて高温で炭素分を燃焼させ、製鉄ダスト類と混焼（焙焼）する。</p> <p>(4) 金属の回収②（塩化揮発ペレット法） 焙焼後、塩化剤・鉄鉱石等を加え、製鉄用高炉ペレット原料として成分調整を行い造粒する。これを、ロータリーキルンにて塩化揮発焼成（1, 250℃）して高炉用ペレットを製造する。併せて、亜鉛・鉛・銅を揮発させガス回収する。</p>  <p style="text-align: center;">飛灰資源化概念図（光和精鋅株の例）</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 金属類含有量の多いものほど受け入れられやすい。</li> <li>・ 塩濃度の高い溶融飛灰であっても、確実に処理できる。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 金属類含有量の少ない主灰・飛灰については、精錬の効率が悪いため、不適である。</li> <li>・ 受入先が遠方である場合もあり、出来るだけ濃縮して搬送することが望ましい。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 飛灰：約 35,000～約 46,000 円/t</li> <li>・ 溶融飛灰：約 25,000 円/t</li> </ul> <p>※出典：「民間施設を活用したごみ焼却灰のリサイクルに関する調査研究報告書(その2)」(2010年4月、財団法人クリーンジャパンセンター)</p>
事例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 光和精鋅株</li> <li>・ 三池精錬株</li> <li>・ 三菱マテリアル株</li> </ul>

### 3 破碎選別施設の処理技術

破碎選別施設の処理技術としては、破袋、破碎、選別、再生等の方法を受け入れするごみの内容に応じ、様々な設備を組み合わせて施設を構築することが通常であり、地域のごみ処理事情に応じて千差万別です。

ここでは、それらの処理技術のうち、主たるものについて概要を説明します。

#### (1) 破袋処理設備

破袋処理設備の種類を下図に示します。また、それぞれの特徴を次頁の表に示します。

破袋処理設備は、収集されたごみを効率的に選別するために設けるものです。そのため、袋の内容物や後段の選別処理との関係を考慮して、選定を行う必要があります。

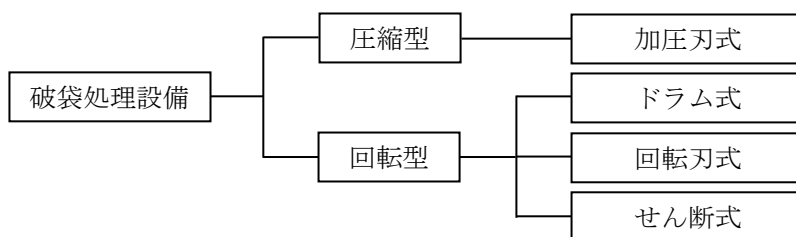


図 1 破袋処理設備の種類

出典：「ごみ処理施設整備計画・設計要領」 2017 改訂版 (公社)全国都市清掃会議



表 3 破袋処理設備の種類

破 袋 機				
方式	加圧刃式	ドラム式	回転刃式	せん断式
概要図				
概要	<p>上方の破断刃で内容物を破損しない程度に加圧して、加圧刃とコンベヤ上の突起刃とで破袋する。加圧方式はエアシリンダ式とバネ式がある。</p>	<p>進行方向に下向きの傾斜を持たせた回転ドラム内面にブレードやスパイクを設け、回転力と処理物の自重またはドラム内の破袋刃等の作用を利用して袋を引き裂いたり、ほぐしを行う。ドラム軸心に貫通する回転または固定スクレーパを持つもの、ドラム軸心と異なる位置に偏心した破袋ウェイトをもち、異物混入時やごみ量の多いときはウェイトが回転して噛み込みを回避しながら連続的に破袋を行うものまである。</p>	<p>左右に相対する回転体の外周に、破袋刃が設けられており、投入口にごみ袋が投入されると、袋に噛み込んだ刃が袋自体を左右に引っ張り広げることにより破袋を行う。</p>	<p>適当な間隙を有する周速の異なる 2 個の回転せん断刃を相対して回転させ、せん断力と両者の速度差を利用して袋を引きちぎるもので、回転刃間に鉄パイプ等の障害物を噛み込んだ場合は自動的に間隙が広がるか、逆転して回転刃の損傷を防ぐなどの過負荷防止装置が考慮されている。</p>

## (2) 破碎処理設備

破碎処理設備の種類を下図に示します。また、それぞれの特徴を次々頁以降の表に示します。これらの処理設備から、想定される処理対象物に応じて、破碎設備を選定する必要があります。また、破碎設備で処理できるサイズより大きいごみを処理する必要がある場合、前処理として重機等で粗破碎を行う必要があります。

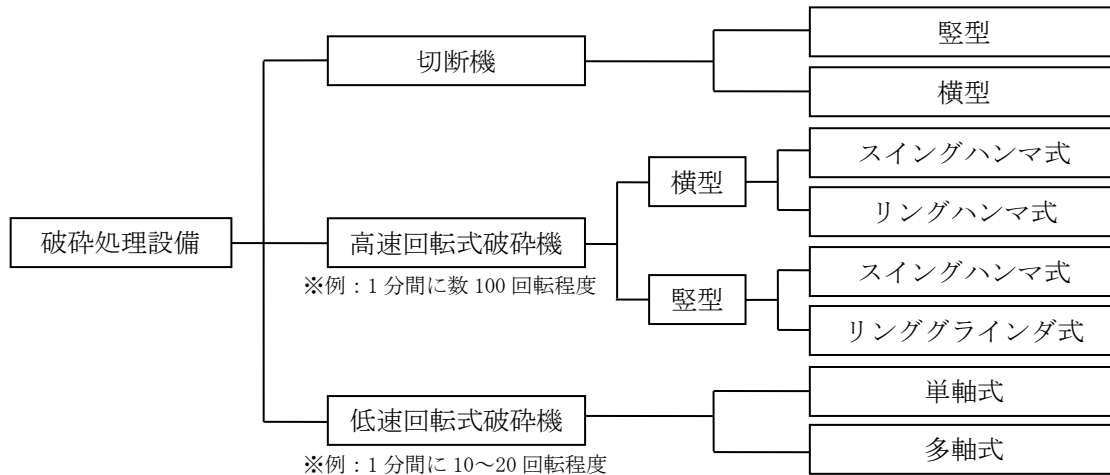


図 2 破碎処理設備の種類

出典：「ごみ処理施設整備計画・設計要領」 2017 改訂版 (公社)全国都市清掃会議

### 【騒音・振動・粉じん対策】

破碎の際には騒音・振動・粉じんが発生するため、騒音対策・振動対策・粉じん対策が必要です。騒音対策・振動対策・粉じん対策の一例を以下に示します。

表 4 主な騒音対策・振動対策・粉じん対策の例

	対策内容
騒音	<ul style="list-style-type: none"> <li>低騒音タイプの機器を選択する。</li> <li>吸音材を使用して室内音圧レベルの低下を図る。</li> <li>壁体の遮音性により必要な透過損失が得られるようにする。 など</li> </ul>
振動	<ul style="list-style-type: none"> <li>設置予定地の地質調査を綿密に行い、地耐力に基づいた十分な機械基礎を設計する。</li> <li>破碎機と機械基礎の間に防振装置(スプリングや緩衝ゴム等)を設ける。</li> <li>建屋基礎と破碎機基礎とはそれぞれ独立させる。 など</li> </ul>
粉じん	<ul style="list-style-type: none"> <li>集じんフード・集じん器を設けること。</li> <li>発じんを防止するための散水設備を設けること。</li> <li>防じんカバーを設けること。 など</li> </ul>

## 【引火・爆発対策】

破砕機の種類によっては高速で駆動するものもあり、金属物との衝撃で発生する火花によって、可燃物に引火したり、爆発性危険物がごみ中に混在していると爆発を起こしたりする危険性があります。一般的には、ガスボンベ、スプレー缶、アルミニウム粉末、有機溶剤(シンナー等)、使い捨てライター、ガソリン、灯油などが、引火性・爆発性危険物とされます。

未然の防止として、搬入されるごみに危険物が混入しないよう啓発を行うことが重要ですが、啓発を行ったとしても、完全に混入を防ぐことは困難であるため、危険物の混入や、破砕工程上での引火・爆発を前提とした対策が求められます。

以下に、引火対策・爆発対策の一例を示します。

表 5 主な引火対策・爆発対策の例

	対策内容
危険物が投入されないようにするための予防	<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみを破砕機に投入する前に、プラットホーム上に一度ごみを積降ろして、作業者の目視確認および手選別により、危険物を除去する。</li> <li>ダンピングボックス式供給装置上に積降ろして、作業者の目視確認および手選別により、危険物を除去する。</li> <li>破砕機への供給コンベヤ上で、目視やX線により確認し、危険物を除去する。</li> <li>高速回転破砕機の前に、低速回転破砕機を設置し、前処理・粗破砕を行う。 など</li> </ul>
危険物が投入された場合の引火・爆発予防	<ul style="list-style-type: none"> <li>破砕機内部への希釈空気の吹き込みや、運転による機内換気機能を破砕機に持たせるなど、機内の可燃性ガスの濃度を薄め、爆発限界外に保持する方法。</li> <li>破砕機内部に不活性ガス(蒸気等)を吹き込むことにより酸素濃度を低くし、可燃性ガスの爆発限界外保持する方法 など</li> </ul>
引火・爆発が発生してしまった場合の対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>粉じん対策を兼ねた消火散水装置、消火器、消火栓等を効率よく設ける。</li> <li>引火を速やかに発見できるように、搬送コンベヤ上等の適切な箇所に炎検知器等を設ける。</li> <li>搬送コンベヤ上で引火した場合に速やかに消火活動を行えるよう、適切な箇所に点検口を設ける。</li> <li>爆風圧をすみやかに逃がすための爆風の逃がし口を破砕機等に設ける。逃がし口の面積は広くとるようにする。</li> <li>破砕機本体から出た爆風を破砕機室外へ逃がすため、建屋側にも逃がし口を設ける。 など</li> </ul>

表 6 破碎設備の種類 (1/4)

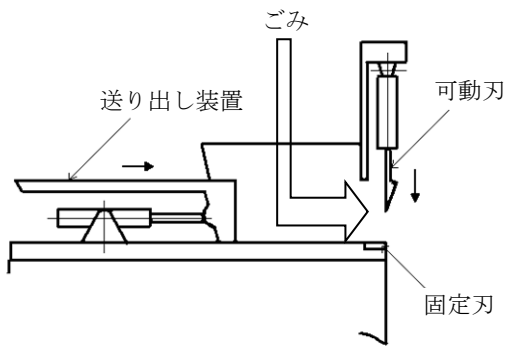
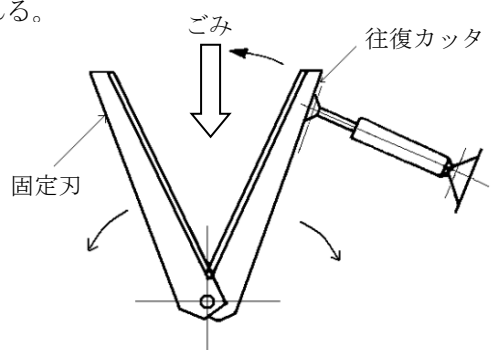
機種	型式	原理	処理対象ごみ				備考	メリット	デメリット
			可燃粗大	不燃粗大	不燃	プラ類			
切断機	縦型	<p>固定刃と油圧駆動による可動刃により、圧縮せん断破碎する。切断物の跳ね返り防止のためのカバーを付ける場合もある。長尺物等の焼却処理の前処理として使用される。</p> 	○	△	×	×	<p>繊維製品、マットレス、タタミ、木材等の破碎に適する。</p> <p>スプリング入りマットレス、スチール入りタイヤ、金属塊、コンクリート塊等の固いものには不適當である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎、据付は簡単である。</li> <li>粉じん、騒音、振動が少ない。</li> <li>爆発の危険はほとんどない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バッチ運転式であるため、大容量の施設には不向きである。</li> </ul>
	横型	<p>数本の固定刃と油圧駆動される同数の往復カッタを交互に組合せた構造になっており、粗大ごみを同時に複数にせん断することができる。破碎粒度は、大きく不揃いであるため粗破碎に使用される。</p> 	○	△	×	×	<p>繊維製品、マットレス、タタミ、木材等の破碎に適する。</p> <p>スプリング入りマットレス、スチール入りタイヤ、金属塊、コンクリート塊等の固いものには不適當である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎、据付は簡単である。</li> <li>粉じん、騒音、振動が少ない。</li> <li>爆発の危険はほとんどない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>斜めに配置されている刃と刃の間より細長いものが素通りすることがあるため、粗大ごみの供給に留意する必要がある。</li> </ul>

表 6 破碎設備の種類 (2/4)

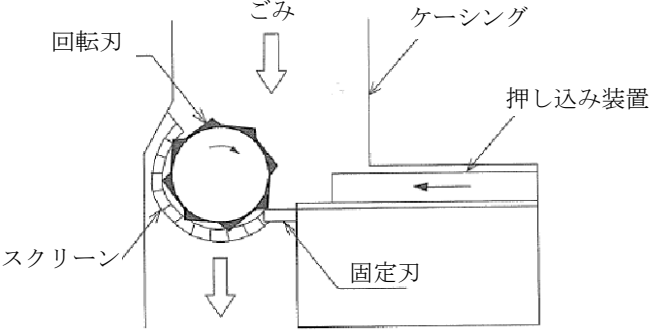
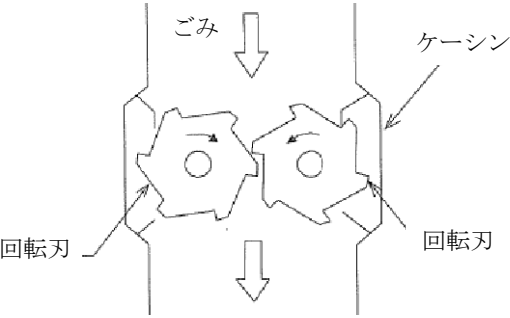
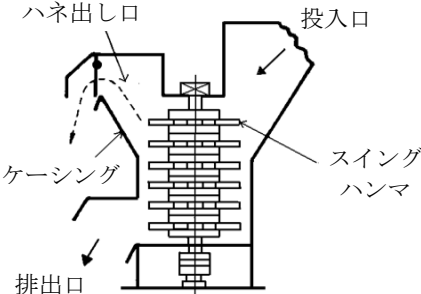
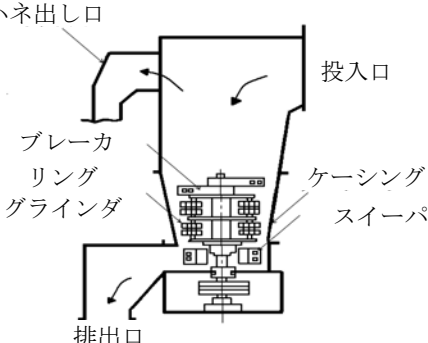
機種	型式	原理	処理対象ごみ					備考	メリット	デメリット
			可燃粗大	不燃粗大	不燃	プラ類				
低速回転破碎機	単軸式	<p>回転軸外周面に何枚かの刃があり、固定刃との間でのせん断作用により破碎を行う。軟質物・延性物の細破碎処理に使用する場合が多い。</p> 	○	△	△	○	軟質物、延性物の処理に適している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>騒音・振動が少ない。</li> <li>連続処理が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>多量の処理や不特定なごみ質の処理には適さない場合がある。</li> </ul>	
	多軸式	<p>外周に刃のある2つの回転軸の回転数に差をつけることによりせん断力を発生させ破碎する。定格負荷以上のものが投入されると逆回転、正回転を繰り返すことにより破碎する。粗大ごみの粗破碎に使用される場合が多い。</p> 	○	△	△	○	可燃性粗大の処理に適している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>騒音・振動が少ない。</li> <li>連続処理が可能。</li> <li>油圧モータ式の場合、処理物に応じて破碎力が調整可能。</li> <li>高速回転破碎機に比べ爆発の危険性が少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高速回転破碎機ほどではないが、爆発・引火・粉じん・騒音・振動についての配慮を検討する必要がある。</li> </ul>	

表 6 破碎設備の種類 (3/4)

機種	型式	原理	処理対象ごみ				備考	メリット	デメリット		
			可燃粗	不燃粗	不燃	プラ類					
高速回転破碎機	横型	スイングハンマ式	<p>2～4 個のスイングハンマを外周に取付けたロータを回転させ、ごみに衝撃を与えると同時に固定刃（カッターバー）によりせん断する。破碎粒度は大きい。</p>		○	○	○	△	<p>固くて脆いもの、ある程度の大きさの金属塊・コンクリート塊を破碎可能。</p> <p>延性プラスチック、タイヤ、布等は不向き。テープ・フィルム状プラスチック、針金等は巻きつくため不適當である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>軸が水平で、両端に軸受があり構造が簡単で安定し、メンテナンスが容易である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>消費動力が大きい。</li> <li>爆発・引火・粉じん・騒音・振動についての配慮が必要。</li> <li>特に、破碎抵抗が大きく、振動が大きい。</li> </ul>
	縦型	リングハンマ式	<p>外周にリング状のハンマを取付けたロータを回転させ、衝撃力とリングハンマとアンビル（固定側の金床部分）によるせん断力とグレートバーとの間でのすりつぶしにより、ごみを破碎する。破碎粒度は大きい。</p>		○	○	○	△			

表 6 破碎設備の種類 (4/4)

機種	型式	原理	処理対象ごみ				備考	メリット	デメリット
			可燃粗	不燃粗	不燃	プラ類			
高速回転破碎機	縦型	<p>縦軸と一体のロータの先端にスイングハンマを取り付け、縦軸を高速回転させて遠心力により開き出すハンマの衝撃・せん断作用によりごみを破碎する。破碎されたごみは下部より排出され、破碎されないものは上部はねだし出口より排出する。破碎粒度は小さい。</p> 	○	○	○	△	<p>横型スイングハンマ式、リングハンマ式と同様</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>消費動力が小さい。</li> <li>横型と比べ振動は小さい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>爆発・引火・粉じん・騒音・振動についての配慮が必要。</li> <li>軸が垂直で下部軸受が機内にあるため、メンテナンスがしにくい。</li> <li>ハンマの寿命が短い。</li> </ul>
	リンググラインダ式	<p>縦軸と一体のロータ先端に、一次破碎用のブレーカと二次破碎用のリング状のグラインダを取り付け、衝撃作用とすりつぶし効果も利用して破碎する。破碎粒度は大きい。</p> 	○	○	○	△	<p>横型と比べ振動は小さい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>爆発・引火・粉じん・騒音・振動についての配慮が必要。</li> <li>軸が垂直で下部軸受が機内にあるため、メンテナンスがしにくい。</li> <li>消費動力が大きい。</li> </ul>	

### (3) 選別処理設備

各種ごみの破碎処理物から資源物を回収したり、不純物を除去したりするための選別処理設備の種類を以下の図及び次頁以降の表に示します。想定される処理対象物に応じて、選別方法を選定する必要があります。また、機械による選別では十分な機能を得られない場合には、手選別が必要となります。

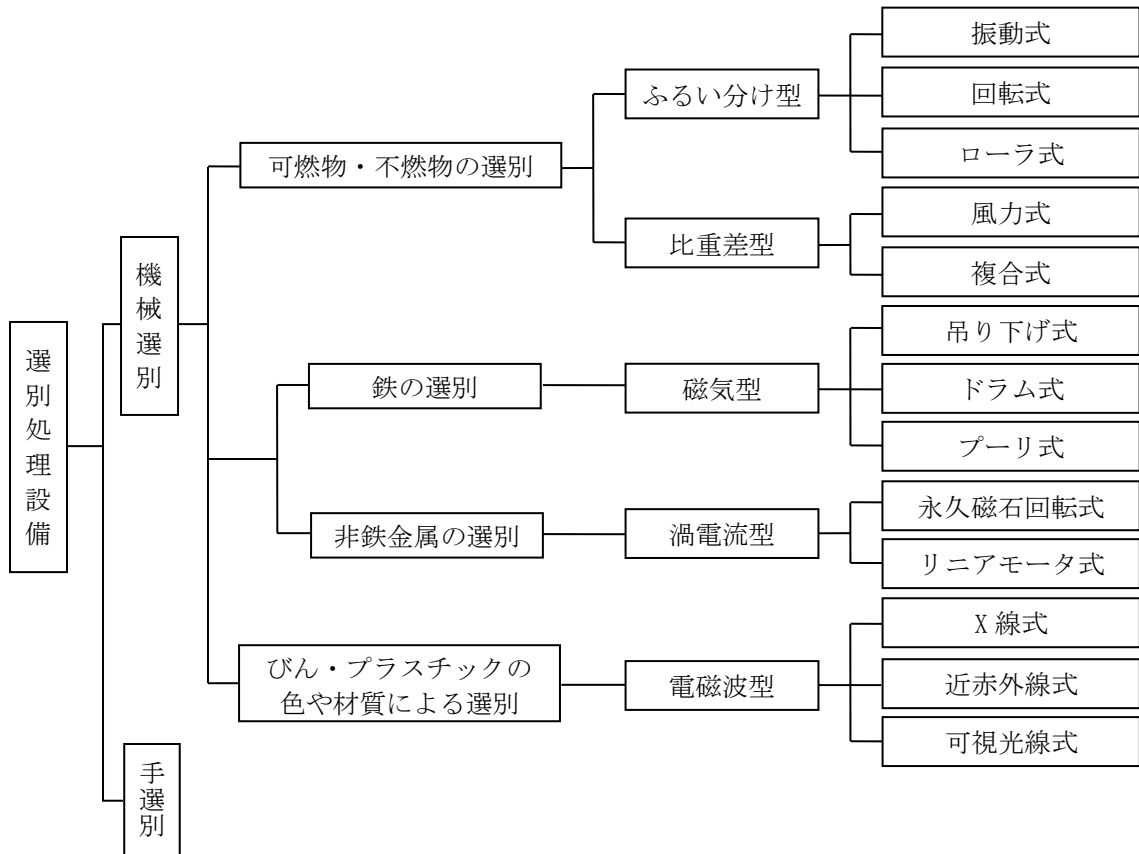


図 3 選別処理設備の種類

出典：「ごみ処理施設整備計画・設計要領」 2017 改訂版 (公社)全国都市清掃会議



表 7 選別処理設備の種類 (1/5)

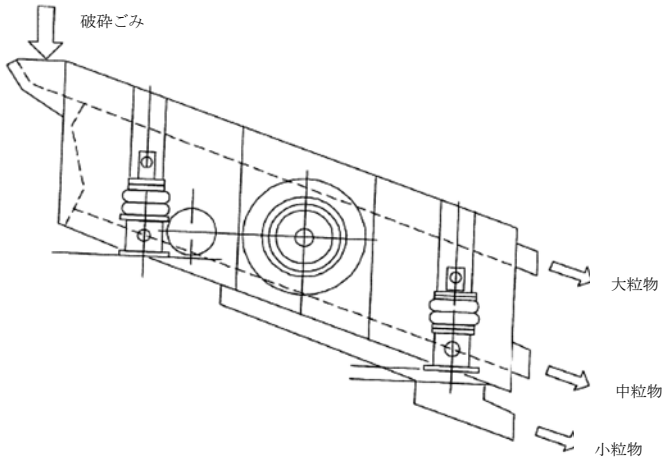
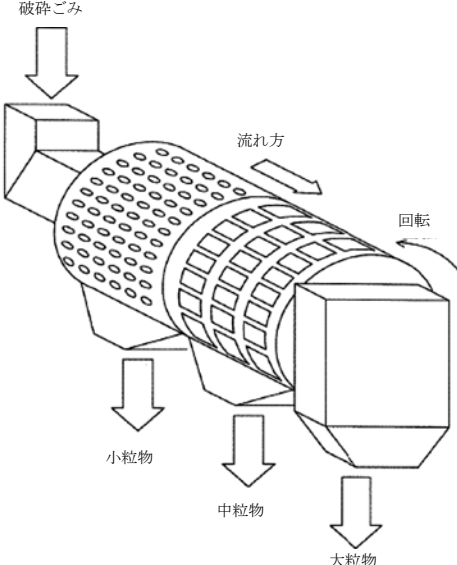
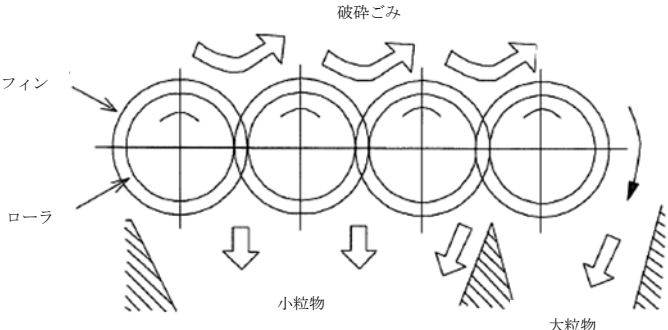
方式	原理	使用目的・備考
可燃物・不燃物等の選別  ふるい分け型  ※粒度による選別	<p>可燃物は比較的粗く、不燃物は比較的細かく破碎されることを利用し、粒度によるふるい分けを行うもの。</p>	<p>破碎物の粒度別分離と整粒のために使用する。一般的に選別制度が低いので、一次選別機として利用される。取扱いが簡便なことから広く活用されているが、粘着性処理物や針金等の絡みにより、ふるいの目詰まりが起きたり、排出が妨げられたりすることがある。</p>
	<p><b>【振動式】</b> 網またはバーを張ったふるいを振動させ、処理物に攪拌とほぐし効果を与えながら選別を行う。</p> 	<p><b>【回転式】</b> 回転する円筒の内部に処理物を供給して移動させ、回転力により攪拌とほぐし効果を与えながら選別を行う。 ドラム面にある穴は供給口側が小さく、排出口側は大きくなっているため、粒度によって選別が行える。</p> 
	<p><b>【ローラ式】</b> 複数の回転するローラの上の外周に多数の円盤状フィンを設け、そのフィンを各ローラ間で交差させることにより、スクリーン機能を持たせている。処理物はローラ上に供給され、各ローラの回転力によって移送される。ローラ間を通過する際に、処理物は反転・攪拌され、小粒子はスクリーン部から落下し、大粒子はそのまま末端から排出される。</p> 	

表 7 選別処理設備の種類 (2/5)

方式	原理	使用目的・備考
<p style="writing-mode: vertical-rl;">可燃物・不燃物等の選別</p> <p style="text-align: center;">比重差型</p> <p>※重さ・大きさによる選別</p>	<p>比重の差及び空気流に対する抵抗の差による選別を行うもの。</p> <p><b>【風力式】</b>            縦型は、ジグザグ形の風管内の下部から空気を吹き上げ、そこへ処理物を供給すると、軽量物または表面積が大きく抵抗力のあるものは上部へ、重量物は下部に落下する。            横型は、飛距離の差を利用するもので、一般的には縦型と比べて選別精度は劣る。</p>	<p>プラスチック、紙などの分離に多く使用される。</p> <p><b>【複合式】</b>            処理物の比重差と粒度、振動、風力を複合した作用により選別を行う。            粒度の細かい物質は、選別網に開けられた孔により落下して選別機下部より細粒物として分離される。            比重の大きな物質は、振動により傾斜した選別網上り重量物として選別され、その他は軽量物として排出される。</p>

表 7 選別処理設備の種類 (3/5)

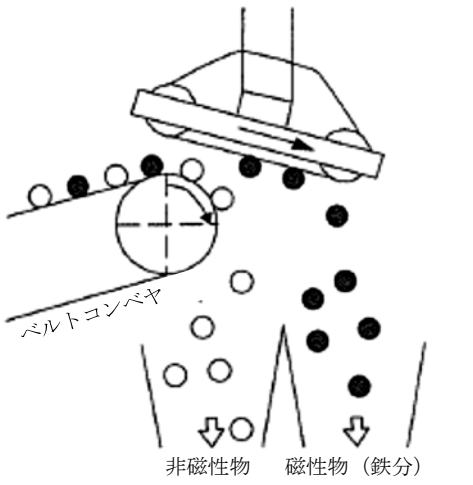
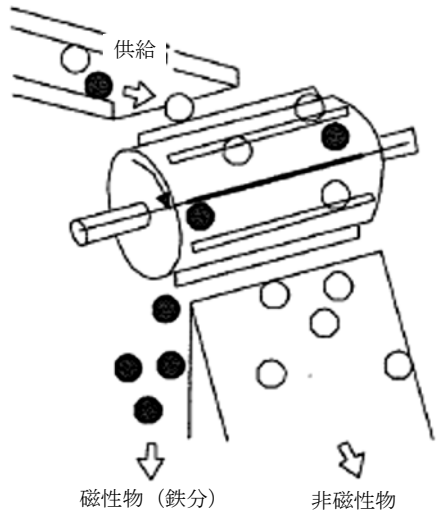
方式	原理	使用目的・備考
鉄の選別  磁気型	磁力による鉄分の吸着選別を行うもの。	鉄分の分離のために使用する。他の選別機と異なり、処理物のときほぐし作用がないため、選別率向上の方策として、コンベヤ上の処理物の層厚を薄くして、磁性物を吸着しやすくする配慮が必要である。
	<p>【吊下げ式】                      ベルトコンベヤ上部に磁石を吊り下げ、鉄などの磁性物を吸着選別する。非磁性物はベルトコンベヤの末端から落下する。</p> 	<p>【ドラム式】                      回転するドラムに磁石を組み込み、上部から処理物を落下させ、鉄などの磁性物を吸着選別する。</p> 

表 7 選別処理設備の種類 (4/5)

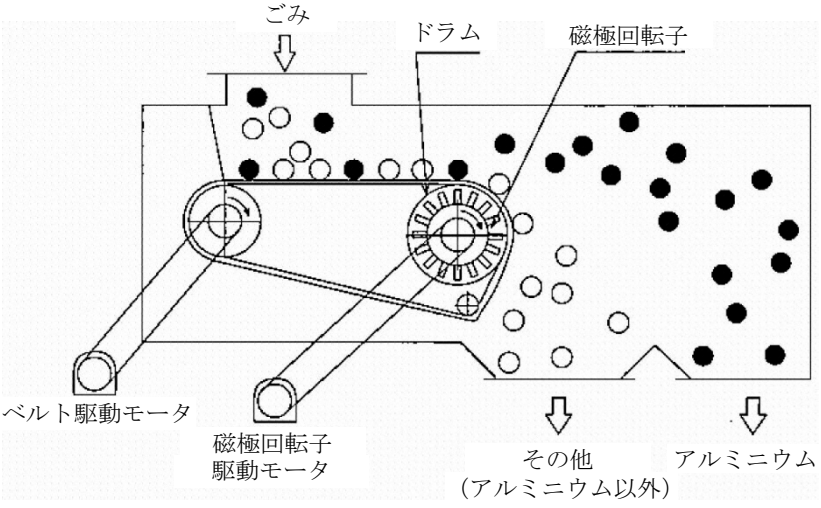
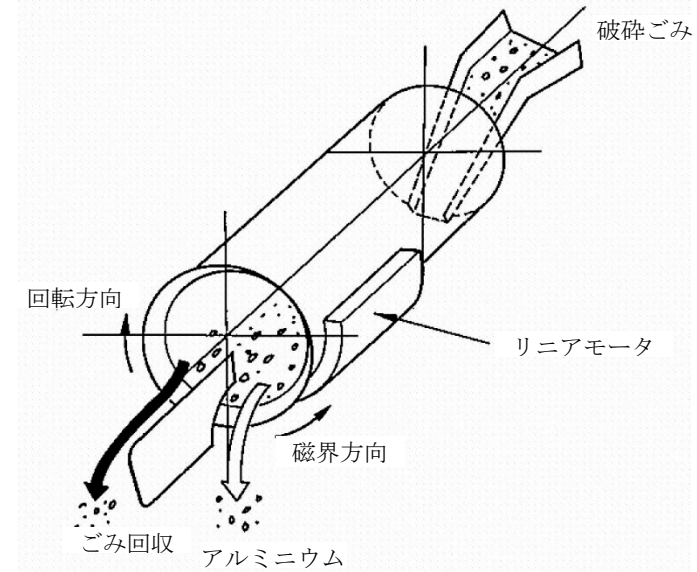
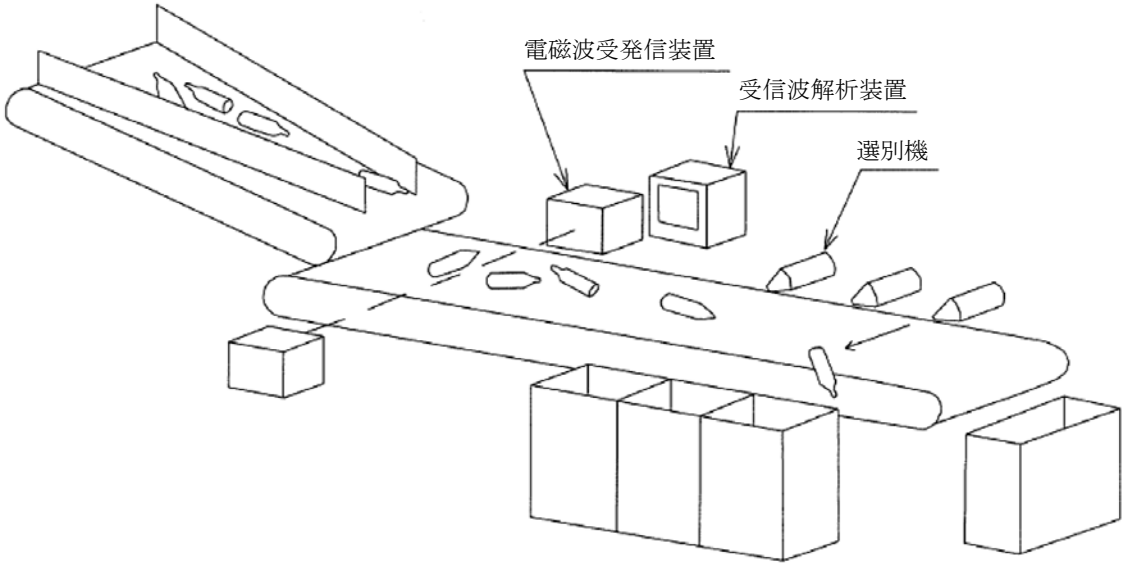
方式	原理	使用目的・備考
非鉄金属の選別  渦電流型  ※主にアルミニウムの選別	電磁的な誘導作用によって、アルミニウム内に渦電流を生じさせ、磁束との相互作用で偏向する力をアルミニウムに与えることによって、電磁的に感応しない他の物質から分離させ、選別を行うもの。	非鉄金属（主としてアルミニウム）の分離のために使用される。
	<p>【永久磁石回転式】</p> <p>N極とS極を交互に並べて形成した永久磁石をドラムに内蔵しており、これを高速回転させることにより、ドラム表面に強力な移動磁界を発生させる。この磁界の中にアルミニウムが通ると、アルミニウムに渦電流が起り、前方に推力を受けて飛び、選別が行われる。</p>  <p>ごみ ドラム 磁極回転子 ベルト駆動モータ 磁極回転子駆動モータ その他 (アルミニウム以外) アルミニウム</p>	<p>【リアモータ式】</p> <p>アルミニウム片はリアモータ上で発生した渦電流により誘導され、直線の推力を受け移動する。さらに振動式にすることによりほぐし効果が得られ、選別精度を向上させることができる。しかし、永久磁石回転式に比べ、選別精度や維持管理の面で劣ることから、採用は減りつつある。</p>  <p>回転方向 磁界方向 リニアモータ 破砕ごみ ごみ回収 アルミニウム</p>

表 7 選別処理設備の種類 (5/5)

方式	原理	使用目的
びん・プラスチックの色や材質による選別 電磁波型	電磁波を照射すると、類似の物質でもその構成分子の違いや表面色の違いにより異なった特性を示す点に着目し、材質や色・形状を判別し、エア等によって選別を行うもの。	【X線式】 PET（ペット樹脂）とPVC（ポリ塩化ビニル）等の分離のために使用される。 【近赤外線式】 プラスチック等の材質別分離のために使用される。 【可視光線式】 ガラス製容器等の色・形状選別のために使用される。
	<p>【X線式】                      PETとPVCは飲料ボトルなどの容器の材料として使われている。X線を照射するとそれぞれ透過率が異なることを利用し、選別を行う。</p> <p>【近赤外線式】                      プラスチックなどの有機化合物に赤外線を照射すると分子結合の違いによって、吸収される赤外線の波長が異なることを利用し、選別を行う。</p> <p>【可視光線式】                      ガラス製容器やプラスチック容器はカラフルに着色されていることが多い。光を照射すると、着色された色によって、透過する光の色が異なるため、物体を透過した透過光をCCDカメラで受光し、色を特定することができる。このことを利用し、選別を行う。</p>	
手選別	作業員の目視及び手作業による選別	取り出す資源化物の純度が、高いレベルにおいて求められる場合に、必要となる。選別場所としてのストックヤードやコンベヤを、併せて整備する必要がある。

#### (4) 再生設備

各種ごみの破碎処理物や資源ごみから資源物を回収した後、必要に応じて加工し、輸送や再利用を容易にするための設備が再生設備であり、対象とする資源物の内容に応じて、選定する必要があります。

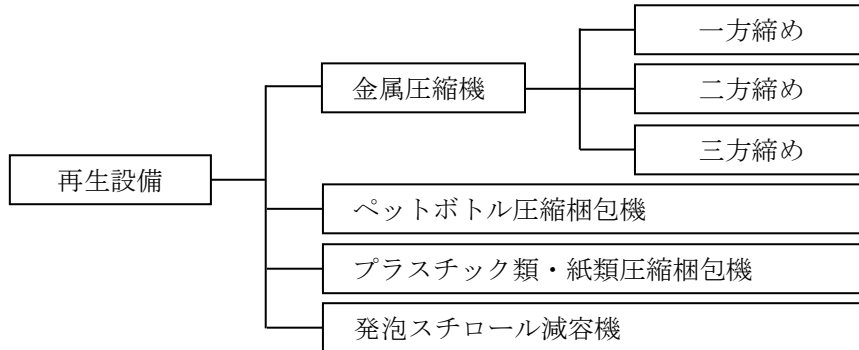
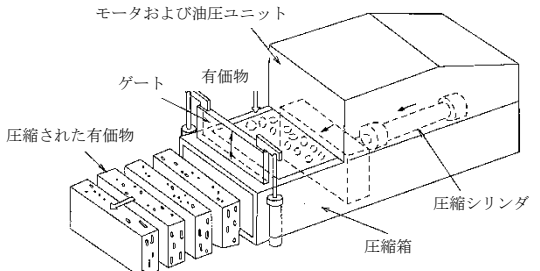
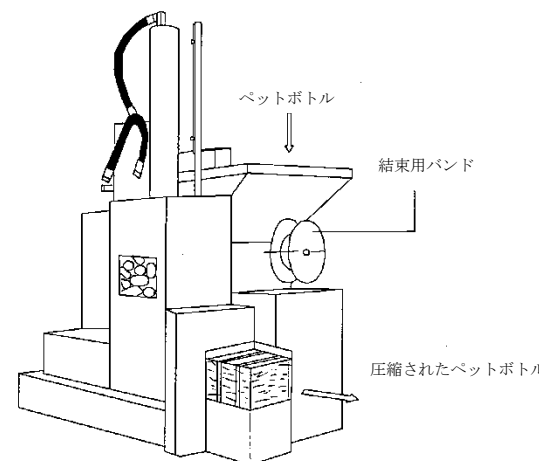
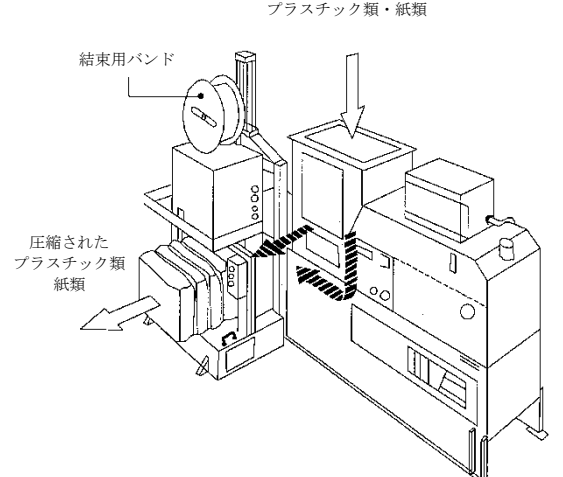


図 4 再生設備の種類

表 8 再生設備の種類

方式	金属圧縮機	ペットボトル圧縮梱包機	プラスチック類・紙類圧縮梱包機
概要図			
概要	<p>油圧式の圧縮シリンダ、圧縮箱、排出ゲートからなり、圧縮する向きに応じ、一方締め、二方締め、三方締めといった方式がある。</p>	<p>ペットボトルを圧縮箱に投入し、上方向からの締め固めを行う。圧縮されたペットボトルは、結束用バンドにより簡易梱包する。</p>	<p>プラスチック類や紙類を、圧縮箱に投入し、横一方向からの締め固めを行う。圧縮物は、結束用バンドや結束フィルム等により簡易梱包する。</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>金属類であれば、約 1/7～1/10 に減容できる。</li> <li>圧縮率は調整が可能であるが、圧縮方向が少ない場合には、あらかじめ成型品寸法に合わせたハンドリングが必要になる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペットボトルを、約 1/6～1/10 に減容できる。</li> <li>梱包物の寸法は、容器包装リサイクル協会が推奨しており、あらかじめ寸法に合わせたハンドリングが必要になる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラスチック類・紙類を、約 1/3～1/10 に減容できる。</li> <li>梱包物の寸法は、容器包装リサイクル協会が推奨しており、あらかじめ寸法に合わせたハンドリングが必要になる。</li> <li>フィルム巻き、袋詰めとすることで、臭気、荷こぼれ防止となるが、設置面積、維持管理費の増加となるため考慮が必要である。</li> </ul>

### (5) 集じん・脱臭設備

ごみの処理には直接的に関係する設備ではありませんが、その他の設備として、ここでは集じん・脱臭設備を取り扱います。

破碎選別施設においては、粉じんの発生量が多くなりやすく、施設内環境対策として集じんや脱臭を行うことが一般的です。選定にあたっては、施設の規模や内容を考慮して検討する必要があります。

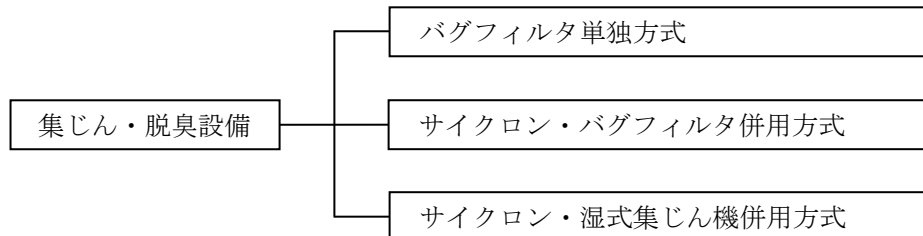


図 5 集じん・脱臭設備の種類



表 9 集じん・脱臭設備の種類

方式	バグフィルタ単独方式	サイクロン・バグフィルタ併用方式	サイクロン・湿式集じん機併用方式
概要図			
概要	バグフィルタのみで集じんを行う方式	サイクロンで大径の粉じんを集じん後、バグフィルタにて小径の粉じんを集じんする方法	サイクロンで大径の粉じんを集じん後、湿式の集じん機にて小径の粉じんを集じんする方法
保守性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フィルタ「ろ布」の目詰まりの点検と堆積したダストの頻繁な除去作業が必要。</li> <li>・バグフィルタ以外の機器は、それほど保守点検の必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バグフィルタ「ろ布」の目詰まりの点検が主で、ダストが堆積することは殆どない。</li> <li>・バグフィルタ以外の機器は、それほど保守点検の必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水槽底部に堆積したダストを定期的に取り除く必要があり、作業が複雑。</li> <li>・湿式のため污水处理が別途必要となる。</li> <li>・水を消費する。</li> </ul>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大径ダストを吸引すると「ろ布」に目詰まりを起し、また「ろ布」の間にダストが堆積するため集じん効率が低下する。</li> <li>・捕集したダストの払い落としは容易。</li> <li>・排風機の正圧が少なくすむ。</li> <li>・構成機器が少なく建設費が安い。</li> <li>・大径ダストの吸引の少ない破碎選別施設で採用が多い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サイクロンで大径ダストが除去されているため、バグフィルタの「ろ布」が目詰まりを起こしにくい。</li> <li>・捕集したダストの払い落としは容易。</li> <li>・構成機器が多く建設費が割高となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・吸引したダストを水面に衝突させる方式のため、軽量ダストの捕集が完全にできない場合がある。</li> <li>・捕集したダストは、水中から掻き上げるため完全には行えず、底部に残る。</li> <li>・污水处理設備等の付帯設備が必要になり、建設費が最も高い。</li> </ul>

#### 4 ごみ処理施設の処理方式検討

##### (1) 検討対象とする処理方式の整理

前頁までのごみ処理技術について、整理いたします。

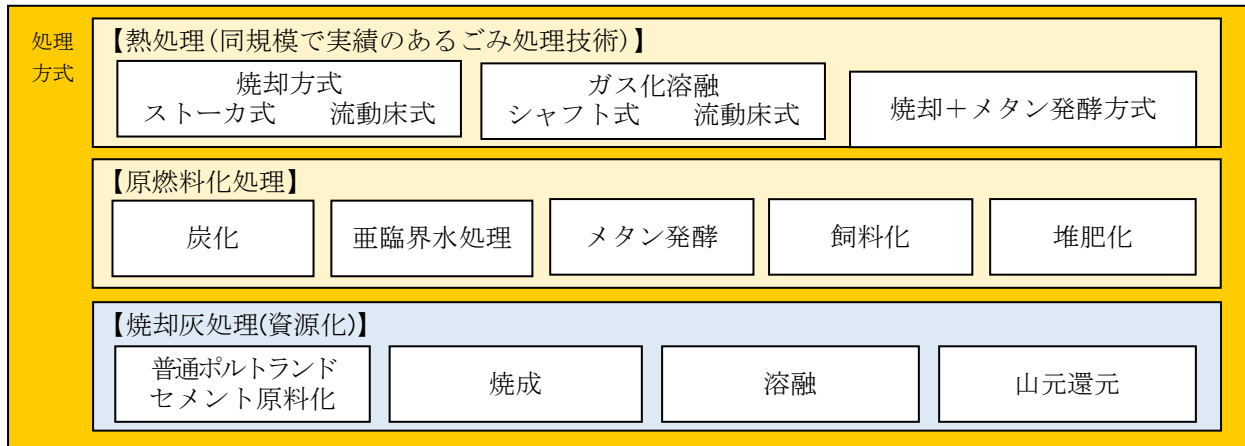


表 10 ごみ処理施設の処理方式別の検討

原理・特徴		熱処理方式	原燃料化処理	焼却灰処理方式
理念1：環境保全に配慮し地球温暖化防止に貢献する施設		<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみを高温により燃焼または溶融する方式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ごみを熱または微生物の働きにより分解する方式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱処理方式により発生した灰を処理する方式</li> </ul>
排ガス中の有害物質	◎ 有害物質除去装置、ろ過式集じん器(バグフィルタ)等により、法規制値より厳しい公害防止条件に対応可能。	◎ 有害物質除去装置、ろ過式集じん器(バグフィルタ)等により、法規制値より厳しい公害防止条件に対応可能。	◎ 有害物質除去装置、ろ過式集じん器(バグフィルタ)等により、法規制値より厳しい公害防止条件に対応可能。	◎ 有害物質除去装置、ろ過式集じん器(バグフィルタ)等により、法規制値より厳しい公害防止条件に対応可能。
排ガス量	○ 排ガス量は、ごみ中の可燃分の量に応じて、燃焼に伴い発生する。	◎ ごみ中の可燃分のうち、固形燃料や有機肥料等の資源物となる部分は、排ガスは発生しない。資源物とならない部分(処理残渣)については、熱処理が必要となり、その分は排ガスが発生する。	△ 燃料の燃焼に応じて、排ガスが発生する。	△ 燃料の燃焼に応じて、排ガスが発生する。
排水・悪臭	◎ 排水は処理設備により基準値を遵守した上で排出するため、公害の発生はない。悪臭は、稼働時にごみピットの悪臭空気を燃焼空気として使用し、酸化脱臭することにより対応可能。(休炉時は脱臭装置にて対応。)	○ 処理において排水が発生するが、熱処理方式と同様に排水処理設備において対応可能。悪臭については、常時脱臭装置を稼働させることにより対応する必要がある。	◎ 対象物には有機分はほとんど残っておらず、悪臭の発生は小さい。	◎ 対象物には有機分はほとんど残っておらず、悪臭の発生は小さい。
最終処分量の減量化	△ ガス化溶融方式であれば、スラグ・メタル化することにより最終処分量は小さくなるが、焼却方式の場合は主灰及び飛灰処理物の最終処分は必要となる。(より小さくするには、灰資源化方式を併用する必要がある。)	○ 本市の新ごみ処理施設から発生する最終処分量としては小さくなる。(処理残渣の焼却時には、その分の最終処分量が発生するため、ゼロにはならない。)ただし、固形燃料の利用先において焼却残渣の発生はある。	◎ 焼却のみあれば最終処分することとなる焼却灰を、有効利用可能な形態とすることにより、最終処分量は大きく減少する。	◎ 焼却のみあれば最終処分することとなる焼却灰を、有効利用可能な形態とすることにより、最終処分量は大きく減少する。
処理工程でのエネルギー回収の有無、及び省エネルギー	○ 蒸気、温水での熱回収が可能であり、また発電も可能である。(ただし、コストメリットも含む効率的な熱回収のためには、ごみ量が多く100t/日以上である必要がある。)	△ 処理工程でのエネルギー回収はできない。(ただし、資源物として燃料を回収することは可能であり、小規模施設でも一定のエネルギー回収が可能であるという利点がある。)	× 処理のためにエネルギーを投入する必要がある。エネルギー有効利用や省エネルギーの観点からはデメリットがある。	× 処理のためにエネルギーを投入する必要がある。エネルギー有効利用や省エネルギーの観点からはデメリットがある。
資源回収の有無	△ 焼却方式の場合、回収できる資源物はない。ガス化溶融の場合はスラグ・メタルを回収可能である。スラグは路盤材	○ 処理方式に応じた資源物の回収が可能。(炭化物等の固形燃料、バイオ燃料、可燃性ガス、有機肥料、飼料等)	○ 処理方式に応じた資源物の回収が可能。(セメント原料、スラグ、人口砂、金属資源等)	○ 処理方式に応じた資源物の回収が可能。(セメント原料、スラグ、人口砂、金属資源等)

		熱処理方式	原燃料化処理	焼却灰処理方式
		やコンクリート用骨材等で使用可能であり、メタルは金属資源として再生利用可能。		
	エネルギー・回収資源の利用先確保の容易さ	○ 余熱利用設備の整備により、利用先確保は比較的容易。ガス化熔融方式の場合、スラグは安定的な利用先確保が必要となるが、公共事業で優先的に使用することにより一定の確保は可能。	△ 資源物の安定的確保に課題がある。メタン発酵+バイオガス発電設備を整備する場合は施設内で完結するが、燃料や肥料を製造する方式の場合は、安定的に利用可能な事業者を、継続的に確保する必要がある。	△ 製造される資源物（セメント原料、スラグ、人口砂、金属資源等）の公共事業で優先的に使用することにより一定の確保は可能。
	温室効果ガス	△ CO <sub>2</sub> は、ごみ中の可燃分の量に応じて、燃焼に伴い発生する。	○ 本市の新ごみ処理施設から発生するCO <sub>2</sub> 排出量は小さくなる。（処理残渣の焼却時には、その分のCO <sub>2</sub> が発生するため、ゼロにはならない。）ただし、固形燃料の利用先においてはCO <sub>2</sub> が発生する。	× 燃料の燃焼に応じて、CO <sub>2</sub> が発生する。
	建築面積	○ 熱処理施設のための整備となるため、コンパクトな施設となる。	△ 原燃料化処理施設の他、処理残渣の熱処理施設が必要となるため、施設の面積は大きくなる。（残渣処理を外部委託することも考えられるが、本市の規模では委託先の確保も困難。）	△ 焼却施設に加えて灰資源化施設を整備することとなるため、施設の面積は大きくなる。（本市では熱処理施設の整備を行い、灰資源化は外部委託する場合はこの限りではない。）
理念2：安全・安心・安定的な処理が確保できる施設	ごみ質変動への対応	◎ 処理方式によって差はあるが、基本的に幅広いごみ質に対応可能。ただし、焼却+メタン発酵方式は、収集時の分別精度が高く求められる。	△ 対応可能なごみ種・ごみ質には制限があり、収集時の分別精度が高く求められる（基本的には有機性廃棄物のみを処理対象とするため、金属等の不適物混入は望ましくない）ほか、処理前の破碎等処理が必要となるものもある。	－（処理対象はごみではない）
	ごみ量変動への対応	◎ ごみピット及び運転管理によって対応は可能。	○ 基本的には熱処理方式と同様ではあるが、微生物を利用する処理方式の場合は、一定量を処理し続ける必要がある。	－（処理対象はごみではない）
	事故・緊急停止時の安全性・危機管理	◎ 緊急停止時には施設が安全に自動停止するシステムを備えている。爆発を起こしうる可燃性ガスの取り扱いもない。	○ 基本的には熱処理方式と同様ではあるが、処理不適物の混入が多い場合、機器内でのトラブルが生じやすい。また、可燃性ガスを製造する処理方式の場合、取扱いには配慮が必要。	◎ 緊急停止時には施設が安全に自動停止するシステムを備えている。
	維持管理性	◎ 施設全体の機器の自動運転が可能であり、省力化が可能。	△ 整備実績が少ないことにより、維持管理のためのノウハウの蓄積が必要となる。	◎ 施設全体の機器の自動運転が可能であり、省力化が可能。
	他都市実績	◎ 最も多い。	△ 事例は少ない。特定の処理方式を限定した場合には、対応可能なプラントメーカーが少なくなるため、競争性が働きにくくなることにも留意が必要となる。	○ 自治体において焼却施設と灰熔融施設を併設する事例は、近年では非常に少ない。外部委託であれば、焼却灰のセメント原料化は、広く行われている。
理念3：災害廃棄物等処理への対応ができる施設	災害廃棄物処理への対応可能性	◎ 処理対象廃棄物が広範であり、災害時の災害廃棄物の処理対応が可能である。	△ 対応可能なごみ種には制限が多いため、災害廃棄物の処理には適さない。	－（処理対象はごみではない）
	災害時のエネルギー供給	◎ 本市の規模であれば熱回収・発電により、災害時のエネルギー供給可能量が可能。	◎ バイオガス発電であれば、熱処理方式と同様に災害時のエネルギー供給が可能。燃料を製造する方式では、利用先の施設が稼働していれば有効利用可能。	× 処理のためにエネルギーを投入する必要がある。

## 5 破砕選別施設の処理方式

### (1) 破砕選別の民間委託可否の検討

破砕選別施設については、市が施設整備を行う場合と、全量を民間委託する場合の比較を行います。なお、比較の前提とする施設規模は、大きくなる方（プラスチック製容器包装を分別する場合）とします。

表 11 破砕選別の民間委託可否の検討

	市が施設整備	全量民間委託	評価
処理の継続性	◎	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>資源物の売却価格相場（特に金属）は変動も大きく、全量民間委託する場合には価格変動は委託費に大きく影響する。また、委託した民間事業者の倒産等により処理継続が困難となった場合、処理継続のために他の民間事業者を探す必要が生じる。</li> </ul>
災害時・緊急時への対応	◎	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>災害時や緊急時の対応として、災害廃棄物処理のためには市で施設整備する場合の方が、対応能力が高い。（ごみ処理施設の前処理として災害廃棄物を破砕する必要がある場合には、市で破砕選別施設を保有しておく必要がある。）</li> </ul>
社会環境の変化への対応	◎	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>法改正や新たなごみ施策等、社会環境に変化が生じた場合、市が保有する施設であれば柔軟な対応が可能である。</li> </ul>
建設用地の確保	○	◎	<ul style="list-style-type: none"> <li>全量民間委託の場合は市が用地を確保する必要がない。ただし、旧大久保清掃工場跡地及び隣地に建設は可能である。</li> </ul>
経済性	○	◎	<p>■建設費</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全量民間委託の場合、市が建設費を負担する必要がない。（民間側で新たに施設を整備する必要がある場合は、処理単価に上乘せとなる。）</li> <li>市が施設整備を行う場合、建設費は約71億円*（税抜き）と想定される。ただし、うち1/3に当たる23.6億円は交付金により賄い、また残り起債金額のうち1/2に当たる23.7億円は交付税措置を受けられるため、<u>市負担分としては約24億円（税抜き）</u>となる。 ※処理対象物が同様の他事例から約1.4億円/規模tと想定した。より具体的には、今年度実施するメーカーアンケートにおいて概算建設費を把握する。</li> </ul> <p>■運転・維持管理費</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全量民間委託の場合、委託費は約109億円/40年*（税抜き）と想定される。 ※処理委託費は以下のとおり試算した。<u>ただし処理単価は、既に民間側で施設整備済である場合の他事例を参考としており、新たに施設整備を必要とする場合は処理単価に上乘せとなるため、この限りではない。</u></li> </ul> <p>びん・缶・ペットボトル            処理費23,000円/t, 処理量2,640t/年 → 24.3億円/40年            プラスチック製容器包装            処理費35,000円/t, 処理量2,541t/年 → 35.6億円/40年</p>

	市が 施設 整備	全量 民間 委託	評価
			<p>燃やせないごみ            処理費25,000円/t, 処理量4,042t/年 → 40.4億円/40年            粗大ごみ            処理費35,000円/t, 処理量 643t/年 → 9.0億円/40年</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>市が施設整備を行う場合、運営費（運転・維持管理委託費）は約102億円/40年※（税抜き）と想定される。</li> </ul> <p>※処理対象物が同様の他事例から約500万円/年/規模tと想定した。より具体的には、今年度実施するメーカーアンケートにおいて概算運営費を把握する。</p> <p>■収集運搬費</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>いずれの場合も同額と想定した。ただし、<u>市外の民間事業者に処理委託する場合は、一旦市の施設に集約したごみを別途運搬する必要が生じる。</u></li> </ul>