

第3章 ごみ処理技術の動向調査

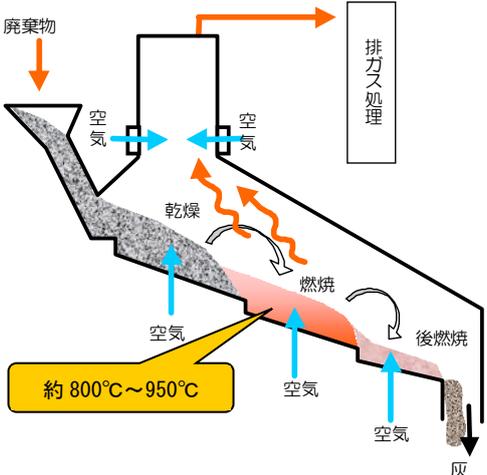
1 可燃ごみの処理技術

可燃ごみの処理方法としては、焼却処理や溶融処理のように、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。

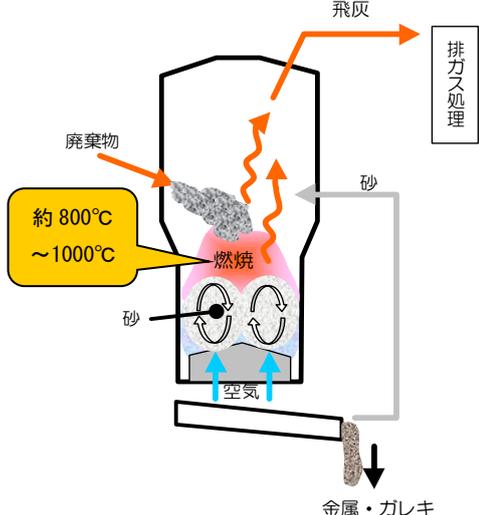
可燃ごみ処理技術の分類と特徴（破碎は除く）を下表に整理しました。次頁以降に各処理方式の概要を示します。

表 3-1 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	熱 処 理	焼却	ストーカ式	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼熱 (発電等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 焼却灰 ・ 飛灰 	
		流動床式					
		ガス化 溶融	シャフト式	<ul style="list-style-type: none"> ごみをコークスと石灰石と共に投入し、約1,500℃以上で熱分解及び溶融する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼熱 (発電等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ スラッグ ・ メタル 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 飛灰
			流動床式	<ul style="list-style-type: none"> 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℃でごみを溶融する。 			
	原 燃 料 化 処 理	炭化		<ul style="list-style-type: none"> 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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 可燃性ガス ・ 炭化物 	<ul style="list-style-type: none"> ・ メタル ・ 飛灰
		亜臨界水処理		<ul style="list-style-type: none"> 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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオ燃料 ・ 有機肥料 	
		メタン発酵等		<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 可燃性ガス ・ 堆肥 ・ メタンガス 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消化液 ・ 不適物
		飼料化		<ul style="list-style-type: none"> 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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 飼料 	
		堆肥化		<ul style="list-style-type: none"> 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。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 堆肥 	

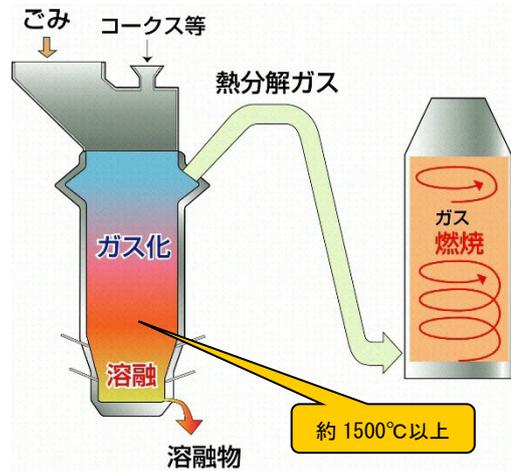
処理方式	ストーカ式焼却方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> 「ストーカ」とは、火格子(ボイラなどで石炭など固形燃料を燃焼させるときに燃焼室の底部におく“すのこ”)に燃料を供給する装置のことである。ストーカ式焼却炉では、階段状に配置された火格子段が前後に駆動することで、上段の火格子段が、下段の火格子にごみを供給するとともに、ごみが完全に燃焼するよう攪拌する役割を果たしている。 焼却炉としての歴史は最も古く、1963年大阪市において初の連続燃焼式ストーカ炉が整備された。それまでのごみ焼却炉は、固定火格子の小型焼却炉をいくつも並べたものであり、燃焼設備は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。 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。
原理	<ul style="list-style-type: none"> 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。 燃焼温度は、約 800℃～950℃ 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。 焼却灰発生量は、ごみあたり約 8%である。 キレートを含む搬出飛灰量は、ごみあたり約 4%である。 
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 空気とごみとの接触面積が小さく、燃焼のための空気比^{※1}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。 <p>※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)</p>
エネルギー回収性	<p>【ごみ発電】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> 大阪府／兵庫県 豊中市伊丹市クリーンランド(525t/日) 千葉県 船橋市(北部清掃工場)(381t/日) 大阪府 東大阪都市清掃施設組合(400t/日) 大阪府 四條畷市交野市清掃施設組合(125t/日) など

※ 焼却灰発生量・飛灰発生量・施設整備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。

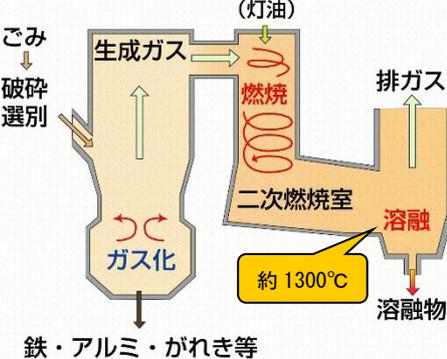
処理方式	流動床式焼却方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> 元々は下水汚泥などの処理施設として実績があったが、1975年頃からごみ処理分野にも導入された。立ち上げ・立ち下げが早いこと、焼却灰の見た目の性状がきれいなことから、1980年頃以降、ほぼ20～30%のシェアを確保してきた。 焼却が瞬時に行われるために、ごみの性状によっては焼却状態の安定性に欠ける面があり、ダイオキシン類問題が注目されるようになってからは新規整備が大きく減少した。 近年は、技術開発が進み、最新の排ガス処理設備を備えた流動床式焼却施設も新たに整備されているが、実績件数としてはまだ少ない。
原理	<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> 燃焼温度は、約800℃～1,000℃ 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。 焼却灰発生量は、ごみあたり約3%である。 キレートを含む搬出飛灰量は、ごみあたり約9%である。 
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 炉内に可動部がない。 起動時間・停止時間が短い。 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。 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。) 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。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 捕集灰が多く、集じん機の負担が大きい。 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。 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。 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。
エネルギー回収性	<p>【ごみ発電】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> 千葉県 佐倉市酒々井町清掃組合 (100t/日) 神奈川県 平塚市(環境事業センター) (315t/日) 広島県 廿日市市 (150t/日) (2018年度供用開始予定) など

※ 焼却灰発生量・飛灰発生量・施設整備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。

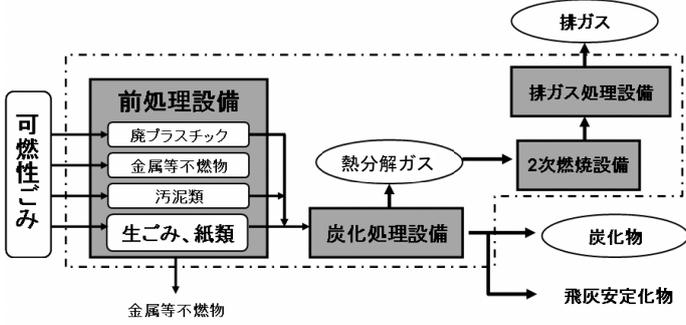
処理方式	シャフト式ガス化溶融方式
概要 ※流動床式ガス化溶融と同じ	<ul style="list-style-type: none"> 1993年頃から整備され始め、1997年頃から増加した。ダイオキシン類対策に優れていること、スラグの再生利用による最終処分量の低減などの利点が期待され、「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」（1997年1月）制定前後から多くのメーカーが技術開発に取り組み始め、多くの自治体で導入された。 2005年までは灰溶融機能を備えていることが補助金交付の要件となっていたため、ガス化溶融方式も増加傾向であったが、現在はその要件がなくなっているため、減少傾向である。
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"> 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。 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） 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。 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。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 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、CO₂排出量も多くなる。 溶融飛灰には重金属が濃縮される。
エネルギー回収性	<p>【ごみ発電】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> 佐賀県 佐賀県西部広域環境組合（205t/日） 埼玉県 東埼玉資源環境組合（第2工場）（297t/日） 千葉県 成田市（成田富里いずみ清掃工場）（212t/日） 島根県 松江市（エコクリーン松江）（255t/日） など



※ スラグ発生量・メタル発生量・飛灰発生量・施設整備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。

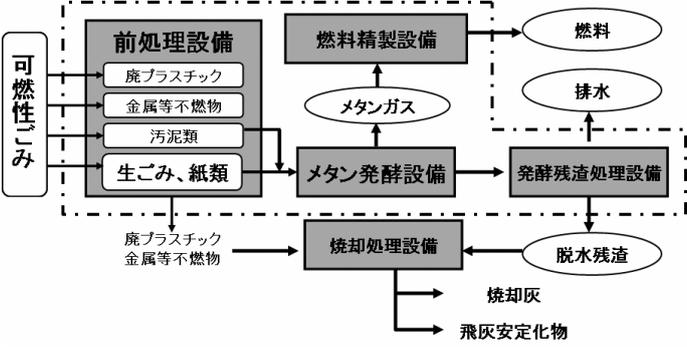
処理方式	流動床式ガス化溶融方式	
概要 ※シャフト式ガス化溶融と同じ	<ul style="list-style-type: none"> 1993年頃から整備され始め、1997年頃から増加した。ダイオキシン類対策に優れていること、スラグの再生利用による最終処分量の低減などの利点が期待され、「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止ガイドライン」（1997年1月）が制定前後から多くのメーカーが技術開発に取り組み始め、多くの自治体で導入された。 2005年までは灰溶融機能を備えていることが補助金交付の要件となっていたため、ガス化溶融方式も増加傾向であったが、現在はその要件がなくなっているため、減少傾向である。 	
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"> 溶融温度は、約1,300℃ スラグ発生量は、ごみあたり約3%である。 メタル発生量は、ごみあたり約0.5%である。 キレートを含む搬出飛灰量は、ごみあたり約4%である。 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。 	
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチック類・汚泥類等、処理可能。 灰分のスラグ化によって、最終処分量を小さくできる。 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。 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。 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) 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。 	
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 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、CO₂排出量も多くなる。 	
エネルギー回収性	<p>【ごみ発電】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。 	
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> 栃木県 芳賀地区広域行政事務組合 (143t/日) 山形県 甲府・峡東地域ごみ処理施設事務組合 (369t/日) など 	

※ スラグ発生量・メタル発生量・飛灰発生量・施設整備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"> 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。 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。
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"> 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CO₂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。
処理対象廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> 有機性廃棄物の処理のみが可能である。 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。
資源化	<ul style="list-style-type: none"> 熱回収による発電等の余熱利用が可能である。 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。 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。 利用用途によっては脱塩処理が必要となる。 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。
処分物	<ul style="list-style-type: none"> がれき・金属類等の不燃物、飛灰が発生する。
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> 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。 新潟県糸魚川地域広域行政組合（70t/日） 岐阜県恵那市（42t/日） 北海道名寄地区衛生施設組合（20t/日） 愛知県渥美町・田原町・赤羽根町（60t/日） 鹿児島県屋久島広域連合（14t/日）

処理方式	亜臨界 ^{*1} 水方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。
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"> 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。 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。 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。 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。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 災害廃棄物の受入は困難。 金属など不適物の分別回収徹底が必要。 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。 ボイラや亜臨界水の安全管理に特段の配慮が必要。
エネルギー回収性	<p>【エネルギー】</p> <ul style="list-style-type: none"> 処理残渣の発酵によりバイオ燃料の抽出が可能。 <p>【有機肥料】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> 北海道白老町(ecoリサイクルセンターしらおい) (37.6t/日) 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

※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"> 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。 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。
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"> 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CO₂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。
処理対象廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> 有機性廃棄物の処理のみが可能である。 排出時の分別精度が求められる。 発酵不適物の除去が必要となる。 前処理により、約30mm以下にする必要がある。 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。
資源化	<ul style="list-style-type: none"> 生ごみ1t当たり100～200m³/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。 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。 ガスエンジン等による小規模な発電となる。
処分物	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 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。
導入自治体（家庭系生ごみを含む）	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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） 北海道砂川保健衛生組合（家庭系・事業系生ごみ22t/日） 北海道中空知衛生組合（家庭系・事業系生ごみ55t/日） 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） 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）

処理方式	飼料化方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。
原理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 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。 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。 <p><油温減圧乾燥方式></p> <pre> graph LR A[受入] --> B[破碎] B --> C[油圧減圧式乾燥] C --> D[油分分離] D --> E[搾油] E --> F[破碎] F --> G[選別] G --> H[冷却] H --> I[製品] </pre>
公害防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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CO₂発生量の削減が可能となる。
処理対象廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有機性廃棄物の処理のみが可能である。 ・ 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。
資源化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 堆肥化処理のような熟成用の設備や期間が不要である。 ・ 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。 ・ 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。 ・ 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。
処分物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 分別不適物、処理不適物が発生する。
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 三造有機リサイクル㈱（札幌生ごみリサイクルセンター）（50t/日） ・ 長崎漁港水産加工団地共同組合（20t/日）

処理方式	堆肥化方式
概要	<ul style="list-style-type: none"> 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。
原理	<ul style="list-style-type: none"> 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。 <pre> graph LR A[受入] --> B[破袋選別] B --> C[磁気選別] C --> D[発酵] D --> E[熟成] E --> F[選別] F --> G[製品] D --> H[脱臭] H --> I[大気] D --> J[残渣] J --> K[製品] L[水分調整] --> D </pre>
公害防止	<ul style="list-style-type: none"> 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 CO₂ 発生量の削減が可能となる。
処理対象廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> 有機性廃棄物の処理のみが可能である。 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。
資源化	<ul style="list-style-type: none"> 有機性廃棄物を有機肥料として土壤に還元できる。 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。 数週間から数ヶ月の熟成期間が必要となる。 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。
処分物	<ul style="list-style-type: none"> 分別不適物、処理不適物が発生する。
導入自治体	<ul style="list-style-type: none"> 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。 山形県長井市 (9t/日) 北海道西天北五町衛生施設組合 (8t/日) 岐阜県海津市 (1t/日) 北海道鹿追町 (3t/日) 香川県三豊市 (71.9t/日) ※トンネルコンポスト

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。

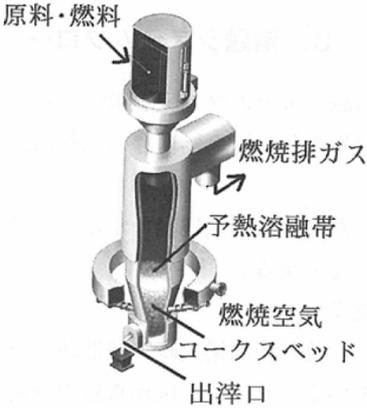
焼却灰の処理技術の原理・特徴等を下表に整理しました。次頁以降に各処理方式の概要を示します。

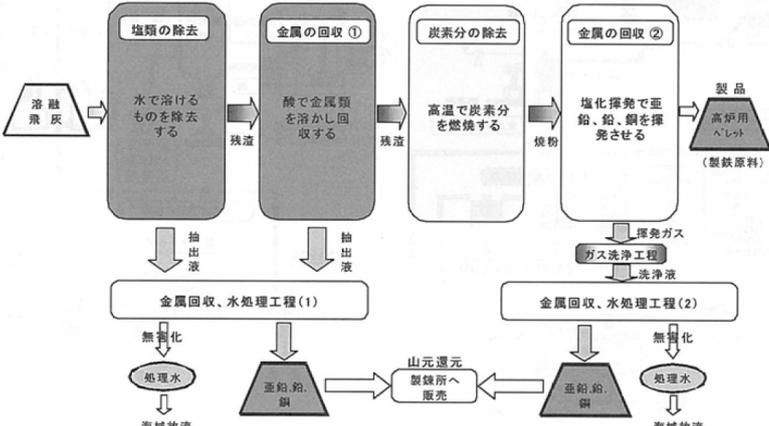
表 3-2 焼却灰資源化技術の分類と特徴

	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	焼成
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 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。
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"> ・ 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。 ・ 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。 ・ 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。 <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"> ・ 溶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、施設整備費で約 70%、維持管理費で約 60%といわれている。） ・ CO₂排出量も溶融に比べて低減できる。 ・ 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。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処理業者が少なく（2社）、かつ、遠方である。 ・ 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。
事例	<ul style="list-style-type: none"> ・ ツネイシカムテックス(株)埼玉工場（処理能力：90,000 t/年） ・ 三重中央開発(株)（処理能力：84,000 t/年）

処理方式	熔融
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 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。 ・ 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"> ◆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」 ◆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」
原理	<p>【メルテック㈱の例】</p> <ol style="list-style-type: none"> (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。 (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。 (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。 (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。 (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。 (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。 (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。 <div style="text-align: right;">  <p>熔融炉（メルテック㈱の例）</p> </div>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 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。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 飛灰の搬入が制限される場合がある。
事例	<ul style="list-style-type: none"> ・ メルテック㈱ ・ 中部リサイクル㈱

処理方式	山元還元
概要	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。
原理	<p>【光和精鋳株の例】・・・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（光和精鋳株の例）</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 金属類含有量の多いものほど受け入れられやすい。 塩濃度の高い溶融飛灰であっても、確実に処理できる。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。
事例	<ul style="list-style-type: none"> 光和精鋳株 三池精錬株 三菱マテリアル株

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。破袋のみを行う破袋機や、破袋に加え除袋を行う破除袋機があり、缶・びんなど内容物がある程度均質で硬質な場合は破除袋機が採用されることがあります。

破袋処理設備の設置要否は、袋の内容物や後段の選別処理との関係（後段で破碎処理を行う前に手選別ラインを組み込むかどうか）を考慮して、検討を行う必要があります。破袋工程と手選別ラインを序盤に組み込まなければ、破碎工程に異物又は不適物が混入するリスクが高まり、発火及び爆発等のリスクを見込むこととなります。一方、破碎処理前に異物又は不適物の除去を行うことを重視すれば、破袋後に手選別を行うことが一つの解決手段として考えられますが、手選別人員を考慮する必要があります。ただし、近年では破袋工程においてもリチウムイオン電池に起因する火災事故も生じていることにも留意が必要です。

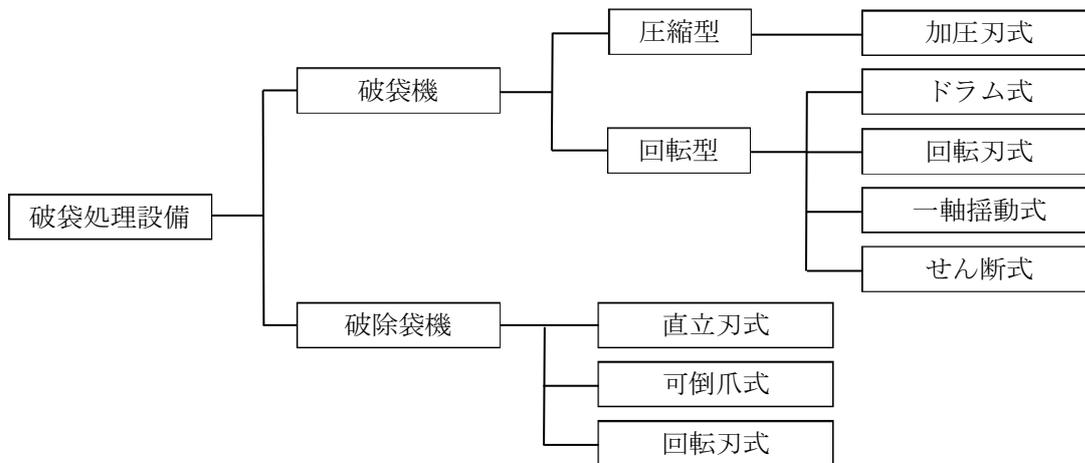


図 3-1 破袋処理設備の種類

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 3-3 破袋処理設備の種類 (1/2)

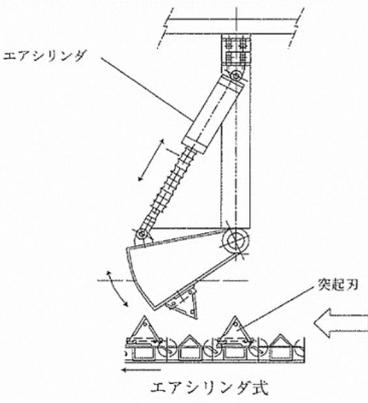
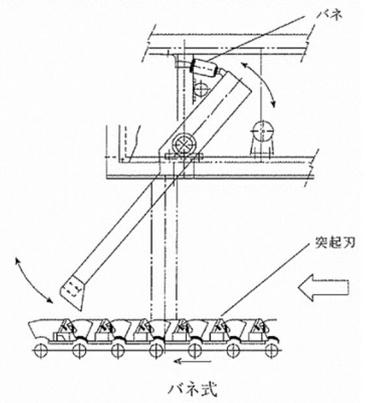
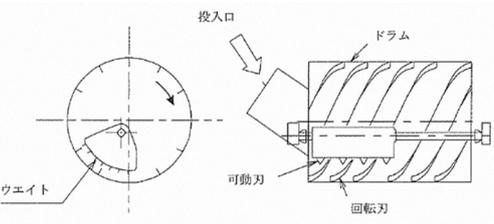
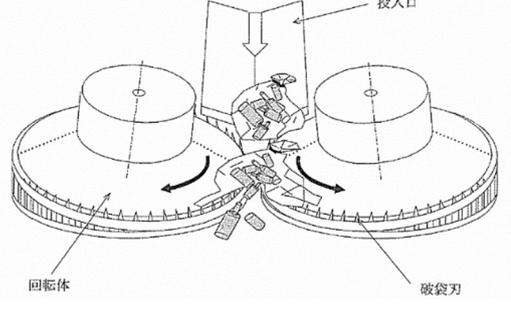
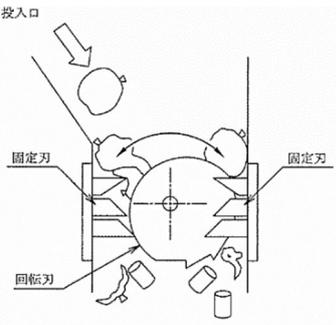
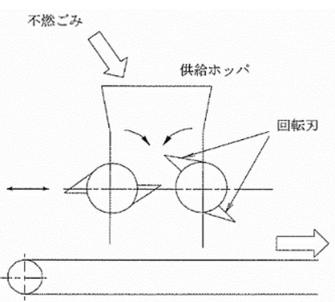
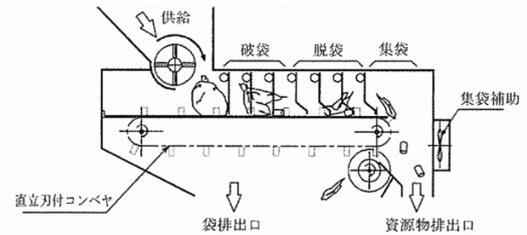
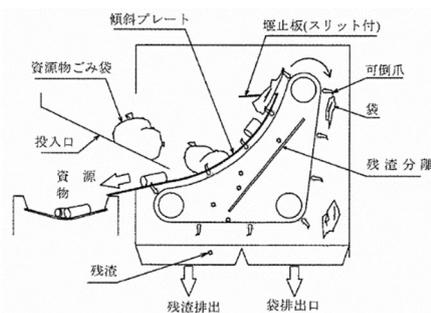
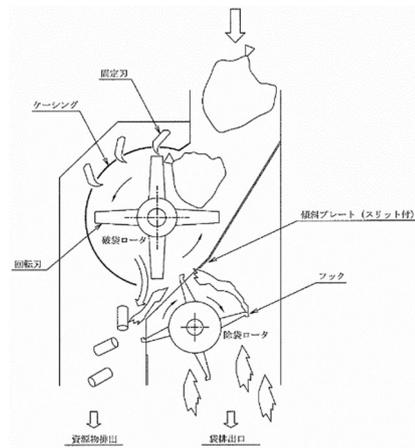
破袋機		
方式	加圧刃式	
概要	<p>上方の破断刃で内容物を破損しない程度に加圧して、加圧刃とコンベヤ上の突起刃とで破袋する。加圧方式はエアシリンダ式とバネ式がある。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>エアシリンダ式</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>バネ式</p> </div> </div>	
方式	ドラム式	回転刃式
概要	<p>進行方向に下向きの傾斜を持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> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>ドラム式</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>回転刃式</p> </div> </div>	
方式	一軸揺動式	せん断式
概要	<p>回転軸外周に数枚の回転刃を有し、正転・逆転を繰り返して固定刃との間で袋を噛み合わせて破袋を行うものである。</p> <div style="text-align: center;">  <p>一軸揺動式</p> </div>	<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> <div style="text-align: center;">  <p>せん断式</p> </div>

表 3-4 破袋処理設備の種類 (2/2)

破除袋機		
方式	直立刃式	
概要	<p>高速で運転される直立刃付きのコンベヤと、上方より吊るされたバネ付破袋針の間を押し通すことにより破袋するものである。</p> <p>袋の内容物は機器前方の排出シュートより排出し、破袋後の袋は排出シュート部に設置した集袋補助ファンの風力とコンベヤ上の直立刃により機器後方に搬送して排出される。</p>	
方式	可倒爪式	回転刃式
概要	<p>傾斜プレートに複数刻まれたスリット間を移動する可倒爪でごみ袋を引っ掛けて上方に移動させ、堰止板で内容物の進行を遮ることにより、袋を引きちぎり破袋するものである。</p> <p>破袋後の袋は可倒爪に引っ掛けて堰止板のスリットを通過させ分離する。爪が可倒して噛み込み負荷を逃がし、資源物を自重により傾斜プレート上面を滑らせてサイドに配置したコンベヤへ排出させる。また、スリットの間隙から落下した残渣と除袋した袋を分離する機能を持つ。</p>	<p>ごみ袋を、回転する破袋ロータの回転刃でケーシング内を強制的に搬送し、ケーシングのスリットから突出した固定刃により破袋するものである。</p> <p>破袋後の袋は、高速で回転する除袋ロータのフックに引っ掛けて傾斜プレートのスリットにより取り出し、分離する。</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。破碎設備は、想定される処理対象物に応じて選定される必要があります。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。

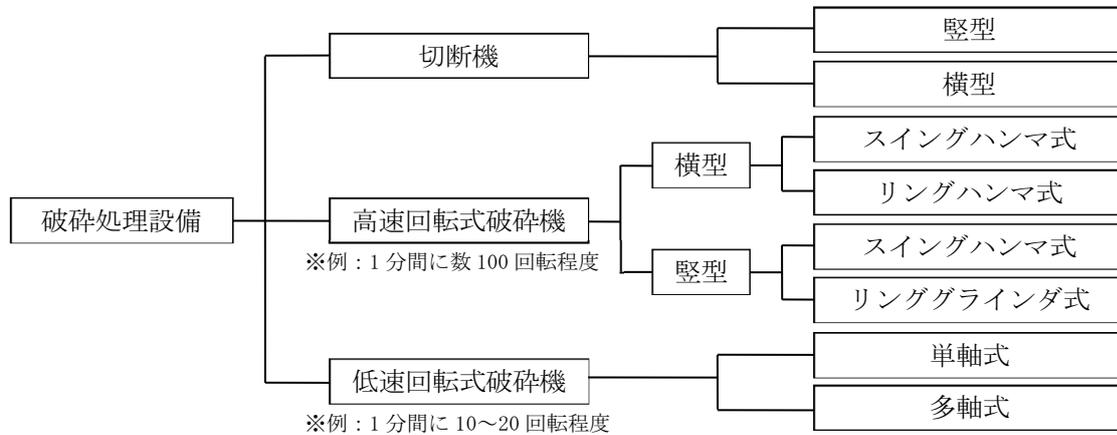


図 3-2 破碎処理設備の種類

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

【破碎基準】

破碎処理設備は、「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版 (全国都市清掃会議)」に示される、可燃性粗大ごみ及び不燃性粗大ごみにおける破碎機の破碎基準を満たすものとします。

表 3-5 破碎性能

処理対象ごみ	機種	破碎寸法
可燃性粗大ごみ	剪断式破碎機	400mm 以下 (重量割合で 85%以上)
不燃性粗大ごみ	低速回転式破碎機	400mm 以下 (重量割合で 85%以上)
	高速回転式破碎機	150mm 以下 (重量割合で 85%以上)

【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 3-6 主な騒音対策・振動対策・粉じん対策の例

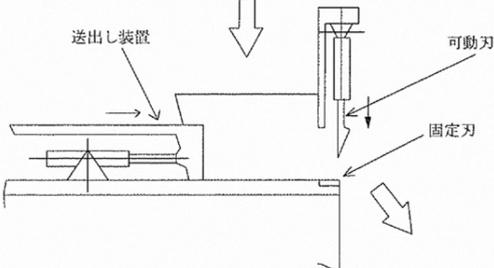
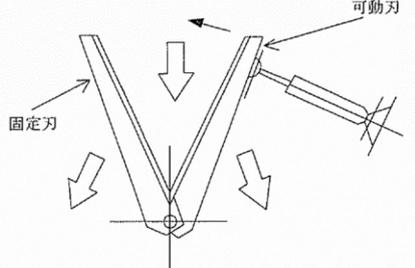
	対策内容
騒音	<ul style="list-style-type: none"> 低騒音タイプの機器を選択する。 吸音材を使用して室内音圧レベルの低下を図る。 壁体の遮音性により必要な透過損失が得られるようにする。 など
振動	<ul style="list-style-type: none"> 設置予定地の地質調査を綿密に行い、地耐力に基づいた十分な機械基礎を設計する。 破碎機と機械基礎の間に防振装置(スプリングや緩衝ゴム等)を設ける。 建屋基礎と破碎機基礎とはそれぞれ独立させる。 など
粉じん	<ul style="list-style-type: none"> 集じんフード・集じん器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

ア 可燃性粗大ごみ破碎機

可燃性粗大ごみは、不燃性粗大ごみとは別に専用の破碎機を用いることで、破碎後の選別設備が不要となり、可燃残渣をごみピットに直送することが可能となります。新ごみ処理施設においては、破碎前に粗大ごみの手選別・解体作業を実施し、可燃性粗大ごみ及び不燃性粗大ごみを選別した後に、各破碎機にて処理する方針とします。可燃性粗大ごみの破碎機としては、「切断式破碎機（縦型）」を採用し、焼却施設に設置します。

なお、バッチ運転式であるため、大容量処理の際には複数系列設置する等の配慮が必要となりますが、新ごみ処理施設の想定規模では1系列での設置実績もあることから、可燃性粗大ごみ破碎機の基数は1基とします。

表 3-7 可燃性粗大ごみ破碎機の種類

		切断機	
型式		縦型	横型
概要		<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>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み合わせた構造になっており、粗大ごみの複数個所を同時にせん断することができる。</p> 
処理対象ごみ	可燃粗大	○	○
	不燃粗大	△	△
	不燃ごみ	×	×
	プラ類	×	×
	備考	<ul style="list-style-type: none"> 繊維製品、マットレス、タタミ、木材等の破碎に適する。 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左。
	メリット	<ul style="list-style-type: none"> 基礎、据付は簡単である。 粉じん、騒音、振動が少ない。 爆発の危険はほとんどない。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左。
	デメリット	—	<ul style="list-style-type: none"> 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。

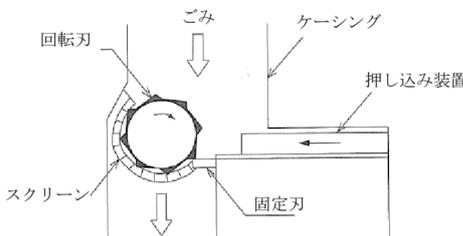
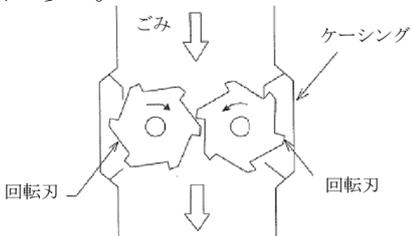
イ 低速回転式破砕機（不燃性粗大ごみ）

低速回転式破砕機は、回転軸により単軸式と多軸式に分類され、低速回転する回転刃と固定刃の間での剪断作用により破砕を行うものです。一般的には、軟質物や延性物など比較的幅広いごみに適用できますが、刃に引っかからないものや、非常に硬いごみ（コンクリート類、がれき、鋳物塊など）の破砕は困難です。

不燃性粗大ごみには、資源物や不燃物の混合物が多く含まれるため、破砕後に選別設備が必要となります。また、選別設備での選別性能を高めるため、金属塊やコンクリート塊の処理が可能な高速回転式破砕機が必要となります。

爆発事故等のリスクを考慮すると、高速回転式破砕機の前段に低速回転式破砕機を設置することが望ましいとされていますが、機器点数が増加します。また、近年のリチウムイオン電池に起因する火災は、低速回転式破砕機で圧力を加えた際にも生じるとされています。したがって、前段の選別設備等と併せて最適な方式を検討する必要があり、事業方式によってリスク分担の考え方も異なることから、低速回転式破砕機の設置有無は指定しません。

表 3-8 低速回転式破砕機（不燃性粗大ごみ）の種類

		低速回転式破砕機	
型式		単軸式	多軸式
概要		<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砕を行う。軟質物・延性物の細破砕処理に使用される場合が多い。</p> 	<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砕する。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砕する。粗大ごみの粗破砕に使用される場合が多い。</p> 
処理対象ごみ	可燃粗大	○	○
	不燃粗大	△	△
	不燃ごみ	△	△
	プラ類	○	○
	備考	・ 軟質物、延性物の処理に適している。	・ 可燃性粗大の処理に適している。
メリット		<ul style="list-style-type: none"> ・ 騒音・振動が少ない。 ・ 連続処理が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 騒音・振動が少ない。 ・ 連続処理が可能。 ・ 油圧モータ式の場合、処理物に応じて破砕力が調整可能。 ・ 高速回転式破砕機に比べ爆発の危険性が少ない。
デメリット		<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高速回転式破砕機ほどではないが、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。

ウ 高速回転式破砕機（不燃性粗大ごみ）

高速回転式破砕機は、ロータ軸の設置方向により、横型と縦型に分類され、高速回転するロータに、ハンマ状のものを取り付け、これとケーシングに固定した衝突壁やバーとの間で、ごみを衝撃、せん断又はすりつぶし作用により破砕するものです。低速回転式破砕機では処理が不向きなコンクリート類、がれき、鋳物塊などの破砕も可能であり、大容量処理にも適しています。

爆発事故等のリスクを考慮すると、高速回転式破砕機は縦型が望ましいとされていますが、横型の方が対応可能な範囲が広いというメリットもあります。したがって、前段の選別設備等と併せて最適な方式を検討する必要があり、事業方式によってリスク分担の考え方も異なることから、高速回転式破砕機の形式は指定しません。

表 3-9 高速回転式破砕機（不燃性粗大ごみ）の種類（1/2）

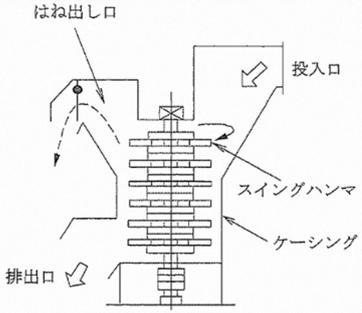
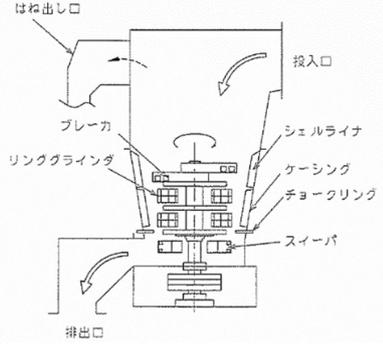
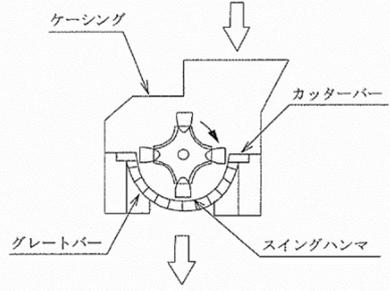
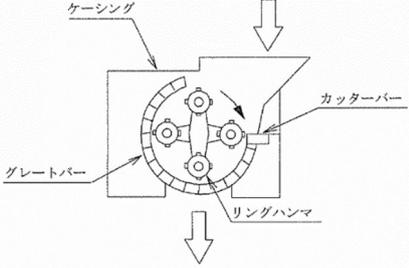
		高速回転式破砕機（縦型）	
型式		スイングハンマ式	リンググライнда式
概要		<p>縦軸と一体のロータの先端にスイングハンマを取り付け、縦軸を高速回転させて遠心力により開き出すハンマの衝撃・せん断作用によりごみを破砕する。破砕されたごみは下部より排出され、破砕されないものは上部はねだし出口より排出する。破砕粒度は小さい。</p> 	<p>縦軸と一体のロータ先端に、一次破砕用のブレーカと二次破砕用のリング状のグライндаを取り付け、衝撃作用とすりつぶし効果も利用して破砕する。破砕粒度は大きい。</p> 
処理対象ごみ	可燃粗大	○	○
	不燃粗大	○	○
	不燃ごみ	○	○
	プラ類	△	△
	備考	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左。
メリット		<ul style="list-style-type: none"> 消費動力が小さい。 横型と比べ振動は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> 横型と比べ振動は小さい。
デメリット		<ul style="list-style-type: none"> 爆発・引火・粉じん・騒音・振動についての配慮が必要。 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。 ハンマの寿命が短い。 	<ul style="list-style-type: none"> 爆発・引火・粉じん・騒音・振動についての配慮が必要。 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。 消費動力が大きい。

表 3-10 高速回転式破砕機（不燃性粗大ごみ）の種類（2/2）

		高速回転式破砕機（横型）	
型式		スイングハンマ式	リンググラインダ式
概要		<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。破砕粒度は大きい。</p> 	<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、ごみを破砕する。破砕粒度は大きい。</p> 
処理対象ごみ	可燃粗大	○	○
	不燃粗大	○	○
	不燃ごみ	○	○
	プラ類	△	△
	備考	<ul style="list-style-type: none"> 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砕可能。 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向きである。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左。
メリット		<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> スイングハンマ式と同様、メンテナンスが容易である。 ハンマ全周が摩耗対象で寿命が長い。
デメリット		<ul style="list-style-type: none"> 消費動力が大きい。 爆発・引火・粉じん・騒音・振動についての配慮が必要。 特に、破砕抵抗が大きく、振動が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> 消費動力が大きい。 爆発・引火・粉じん・騒音・振動についての配慮が必要。

(3) 機械処理設備

各種ごみの破碎処理物からの資源物回収や、不純物除去を行う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。

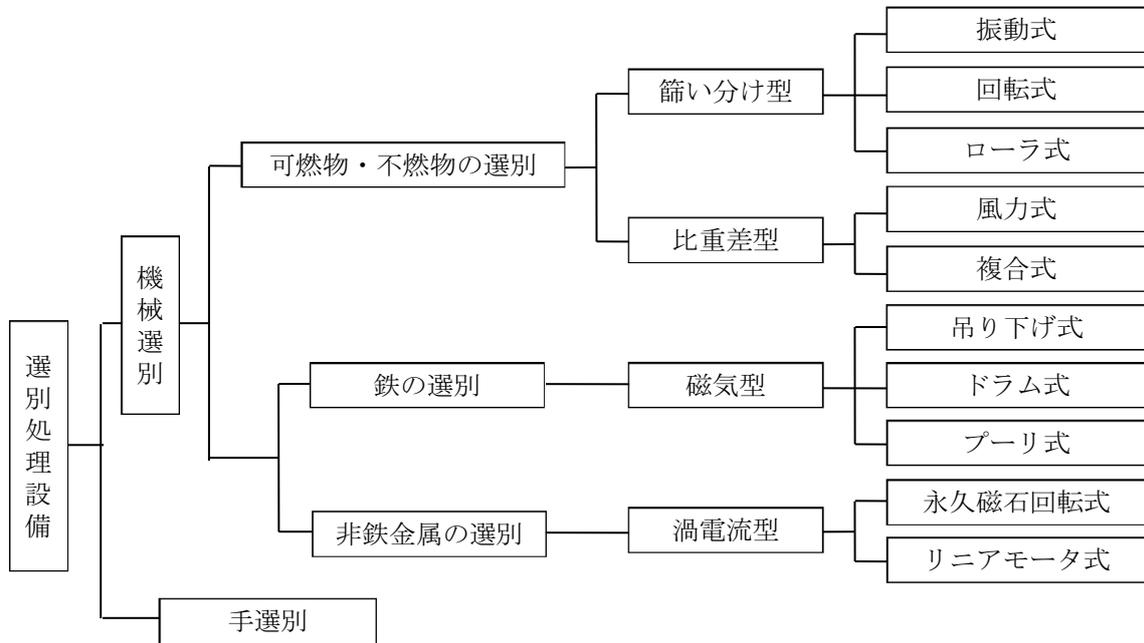


図 3-3 選別処理設備の種類

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

【選別基準】

可能な限りの資源回収を図ることを念頭に、破碎ごみからの選別対象は、可燃物、不燃物、鉄類、アルミの4種選別方式とします。なお、選別性能は、「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版 (全国都市清掃会議)」で示されている、破碎後の各処理物の選別基準を満たすものとします。

表 3-11 選別基準

回収物	純度		回収率	
鉄	95%以上	保証値	85%~90%	参考値
アルミ類	85%以上	保証値	55%~60%	参考値
不燃物	75%~85%	参考値	75%~80%	参考値
可燃物	75%~80%	参考値	60%~70%	参考値

※ 不燃物：選別純度の分析において10mmのふるい通過物はすべて不燃物とみなす。

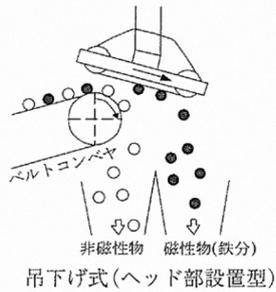
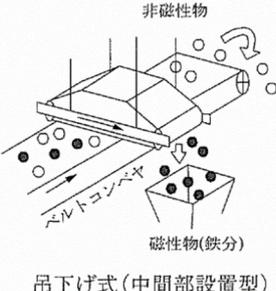
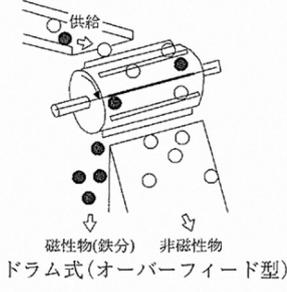
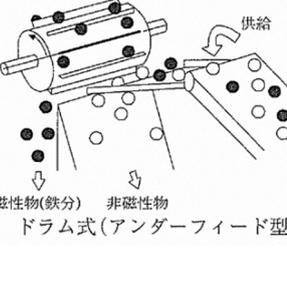
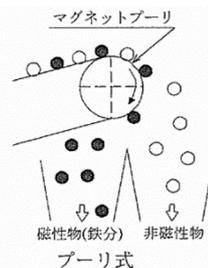
※ ごみ質は常に変動することから回収率については中が生じる。また、純度と回収率を併せて満足させることは極めて困難であり矛盾が多いため参考値としている。

ア 磁力選別機

磁力選別機は、永久磁石又は電磁石の磁力によって鉄類を吸着させて、選別するものです。主な方式には、ベルトコンベヤ上部に磁石を吊り下げ吸着する吊下げ式、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ドラム式、ベルトコンベヤの先端（ヘッドプーリ）に磁石を組み込んだプーリ式があります。

このうち磁力選別機は、ドラム式やプーリ式は缶類の選別には採用される場合がありますが、不燃ごみからの磁性物の回収率や純度が劣るとされています。

表 3-12 磁力選別機の種類

磁力選別機			
原理	磁力による鉄分の吸着選別を行うもの。		
使用目的	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。		
型式	吊下げ式	ドラム式	プーリ式
概要	<p>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>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>  	<p>ベルトコンベヤのヘッドプーリに磁石を組み込み、鉄などの磁性物を吸着選別する。</p> 

イ アルミ選別機

アルミ選別機は、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、選別を行うものです。主な方式には、永久磁石回転式とリニアモータ式がありますが、リニアモータ式は選別精度や維持管理の面で劣る側面があるとされています。

表 3-13 アルミ選別機の種類

アルミ選別機		
原理	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。	
使用目的	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。	
型式	永久磁石回転式	リニアモータ式
概要	<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こり、前方に推力を受けて飛び、選別が行われる。</p>	<p>アルミニウム片はリニ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。</p>

表 3-15 可燃不燃選別機の種類 (2/2)

可燃不燃選別機 (比重差型)	
原理	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。
使用目的	プラスチック、紙などの分離に多く使用される。
型式	風力式
概要	<p>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>
型式	複合式
概要	<p>[右図] 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> <p>[下図] 処理物の比重差と粒度、揺動を利用したもので、縦方向に円運動を行う揺動パドルの上で処理物が跳ね上がりを繰り返す、小粒物はパドルの孔より落下して選別機下部より排出される。比重の小さい物はパドル前方に運ばれ軽量物として、比重の大きい物はパドル後方に運ばれ重量物として選別される。</p>

(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。

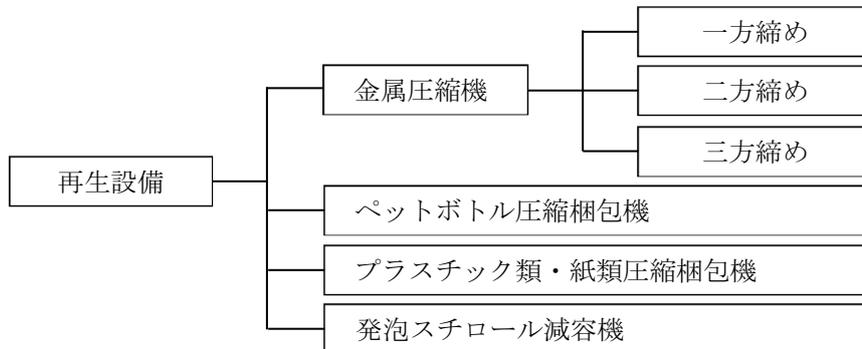
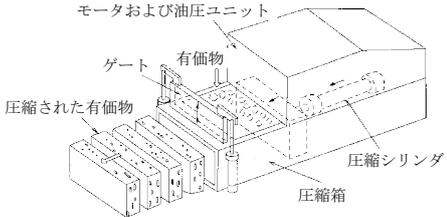
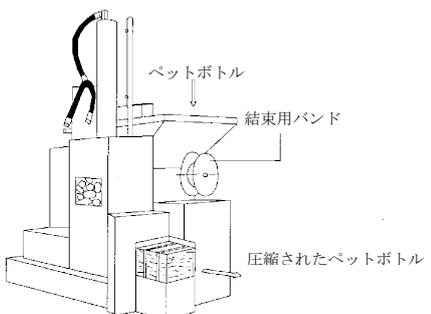
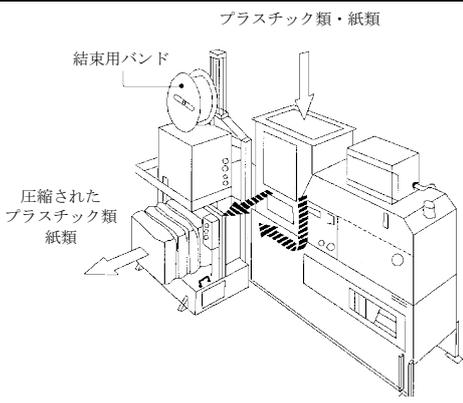


図 3-4 再生設備の種類

表 3-16 再生設備の種類

金属圧縮機	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 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。 金属類であれば、約1/7~1/10に減容できる。 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。 
ペットボトル圧縮梱包機	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 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。 ペットボトルを、約1/6~1/10に減容できる。 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。 
プラスチック類・紙類圧縮梱包機	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 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。 プラスチック類・紙類を、約1/3~1/10に減容できる。 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。 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。 

(5) 搬送設備

搬送設備は、コンベヤ、シュート等からなり、ごみを円滑に搬送するものです。搬送物の種類、形状、寸法を考慮し、飛散、ブリッジ、落下等が生じない構造とする必要があります。また、粉じん、騒音、振動をできるだけ外部に出さない配慮も必要です。

ア シュート

処理物はその特性が多様多様であるため、搬送中の挙動も多様です。畳や布団のように、破碎することにより堆積が増大する物もあるため、シュートの容積計画には特に注意が必要です。また、ブリッジが生じたときや、処理物が発火したときの対処のため、要部に点検口を設けることが必要です。

イ コンベヤ

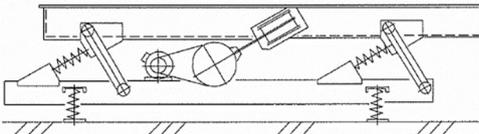
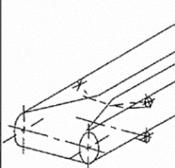
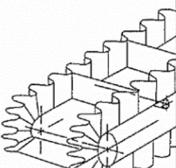
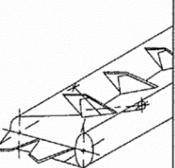
コンベヤには、振動コンベヤ、ベルトコンベヤ、エプロンコンベヤ、バケットエレベータ、ローラコンベヤ、スクリーコンベヤ、パイプコンベヤなど、搬送物に適した多くの形状・機能のものがああります。

コンベヤ幅、傾斜角度等の決定には搬送物の種類、搬送量、形状、寸法等を考慮するとともに、落下飛散防止や安全に対する配慮も必要です。特に高速回転式破碎機では、破碎処理物がハンマ等に打たれて出口から勢いよく飛び出してくることがあるため、機械的な強度を備えるか、配置上の工夫をする必要があります。

破袋機、低速回転式破碎機、高速回転式破碎機においては、処理対象物に力が加わることで発火することがあり、コンベヤのベルト材質を難燃性のものとする必要があります。また、出火時、防じんカバーを設けたコンベヤ上は、煙突効果により延焼を早める場合があります。消火活動を容易にするため、出火時には防じんカバーを簡単に取り外せる構造とするとともに、複数個所に点検口を設けるほか、火災検知器や消火散水設備を設置する必要があります。

ベルトコンベヤやバケットエレベータ等は、搬送ごみの一部がコンベヤ終端部で戻り方向に引き込まれることを予め考慮した構造とし、戻りごみの清掃のため、カバー・受け箱・清掃口などを設置する配慮が必要です。また、散水ノズルや各種検知器の清掃・点検時の作業性も考慮する必要があります。

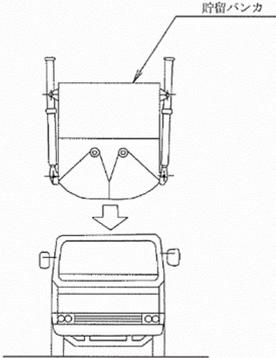
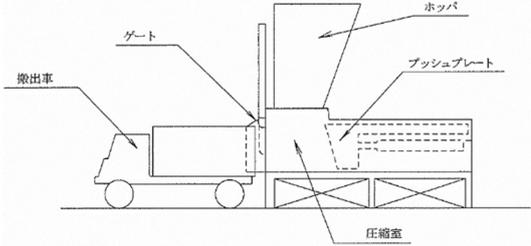
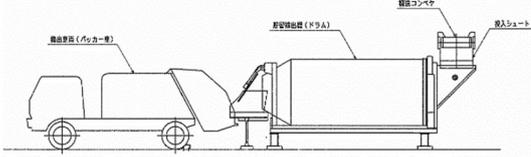
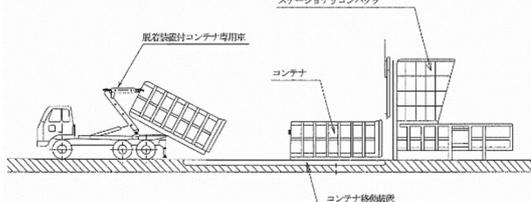
表 3-17 コンベヤの種類

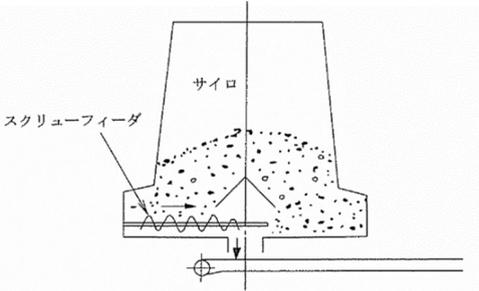
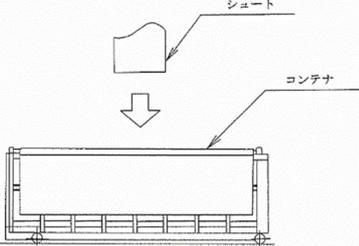
搬送設備 (コンベヤ)			
【振動コンベヤ】 	【ベルトコンベヤ・エプロンコンベヤ】		
	トラフコンベヤ 	特殊横棧付コンベヤ 	ヒレ付コンベヤ 

(6) 貯留・搬出設備

貯留・搬出設備は、破碎・選別されたごみ及び有価物を一時貯留するもので、貯留バンカ方式、ストックヤード方式、コンパクタ方式、ドラム貯留方式、コンパクタ・コンテナ方式、ピット及びサイロ方式等があります。

表 3-18 貯留・搬出設備の種類

貯留・搬出設備	
型式	貯留バンカ方式
概要	<p>貯留バンカは、一般には鋼板製溶接構造のものである。貯留容量は、搬出車両1台以上の容量とすることが望ましい。バンカ内でブリッジが発生しないよう、下部の傾斜角度、開口部寸法、扉とその開閉方式に配慮する必要がある。バンカに落下する際、及び搬出車への積み込み時に粉じんが発生しやすいため、バンカは専用室内に設ける（搬出車が入れる奥行が必要となる）、集じん用フードを設け集じんを行う、防じん用の散水装置を設ける等の工夫が必要となる。また、破碎設備内で発火したものがそのまま搬送され、バンカ内で火災の発生に至ることもあるため、火災対策として散水装置等の消火設備を設ける必要がある。</p>
	
型式	ストックヤード方式
概要	<p>一般にはコンクリート構造で、壁で仕切られた空間にごみを貯留するものである。同じ面積でも貯留バンカより大きな容量を貯留することができるが、搬出車に積み込むためのショベルローダーやフォークリフトが必要となる。（ショベルローダーによる床や壁の損傷防止を行う必要がある。）貯留バンカ方式と同様に、発じん防止と火災防止を行うことが望ましい。</p>
型式	コンパクタ方式
概要	<p>圧縮室付ステーションリコンパクタで、ホップ内に貯められた破碎物を適量ずつ圧縮減容した後、搬出車の荷台上へ押し出し搬送するものである。</p>
	
型式	ドラム貯留方式
概要	<p>破碎・選別された可燃物・不燃物等を一時貯留することができるとともに、貯留しながら搬出することができる、パッカー車を搬出車両として利用することが可能である。</p>
	
型式	コンパクタ・コンテナ方式
概要	<p>可燃物等の搬送効率を高めるため、コンテナに圧縮して詰め込み、脱着装置付きコンテナ専用車で搬送するものである。</p>
	
型式	ピット方式
概要	<p>コンクリート製のピットで、貯留量はかなり多く、長期間の貯留が可能である。搬出車への積み込みのため、クレーンが必要である。</p>

型式	サイロ方式	コンテナ方式
概要	<p>ピット方式と同様、貯留量はかなり多くとれる。定量排出する装置（スクリーフィーダ等）を設けたものもある。</p> 	<p>不燃物やカレット等、単位体積重量が大きい物の場合、圧縮せずに直接コンテナに積み込む方法である。コンテナへの落下時に粉じんが発生しやすいため、発じん防止の工夫をすることが望ましい。</p> 
型式	焼却施設のごみピット利用方式	
概要	<p>焼却施設と併設される施設では、可燃物を直接焼却施設のごみピットに排出する方式が多く採用されている。この排出方式には、コンベヤ方式や空気輸送方式等があり、排出物の性状、量及び立地条件等を考慮して決定する必要がある。</p>	

ア 破碎鉄貯留・搬出設備

破碎鉄は、現有施設と同様に、貯留バンカ方式とします。

イ 破碎アルミ貯留・搬出設備

破碎アルミも、破碎鉄と同様に、貯留バンカ方式とします。

ウ 破碎残渣貯留・搬出設備

破碎残渣は、貯留バンカ方式と、焼却施設のごみピット利用方式を検討します。

まず、貯留バンカ方式とした場合の、必要貯留容量と搬出回数を検討します。搬出回数は、10t 車想定で 12.1 回/日と想定されます。積込及び搬送・投入に要する時間を約 30 分と想定すると、1 日に可能な搬送回数は破碎工場の運転時間 5 時間の中で約 10 回となります。したがって、円滑に搬送を行うには、破碎残渣貯留バンカが約 2 基必要となります。

表 3-19 破碎残渣の必要貯留容量及び搬出回数検討

①貯留容量 (m ³ /日)	193.6	各ごみ種について、 破碎残渣の発生量×変動係数÷単位体積重量÷249 日で算出した貯留量の和 なお、破碎残渣の量は、将来ごみフローより破碎系及び資源系からの可燃物=5,638t/年と想定した。 ・破碎残渣 5,638t/年 (変動係数 1.29, 単位体積重量 0.15 [*]) ⇒ 194.7m ³ /日 ※他事例より
②貯留バンカ有効容量 (m ³)	16	10t 車積込用を想定、有効容量は容積の 80%と想定
③搬出回数 (回/日)	12.2	10t 車 16m ³ を想定、小数点以下第 2 位切り上げ

以下に、貯留バンカ方式と、焼却施設のごみピット利用方式を比較します。どちらの方式を採用するのが合理的か、焼却施設との位置関係にもよりますが、原則、現有施設と同様、焼却施設のごみピット利用方式とします。

表 3-20 破碎残渣の貯留及び搬出方法の検討

型式	貯留バンカ方式	焼却施設のごみピット利用方式
メリット	<ul style="list-style-type: none"> コンベヤ設置が不要。 搬送途中の落じんが少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> バンカ設置が不要。(ただし、緊急時用に1基は設置することが望ましい。)
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 10t ダンプ車2台と運転手2人が必要。 貯留バンカ2基の設置が必要。バンカ設置のため建築面積が大きくなる。(バンカ1基あたり約50m² 5.0m×10.0m) 	<ul style="list-style-type: none"> 搬送途中の落じんが少ないよう、搬送設備の種類(コンベヤ又は空気輸送)や、コンベヤ方式の場合は乗継ぎ部に注意が必要。 搬送設備での火災防止等に留意が必要。

(7) 集じん・脱臭設備

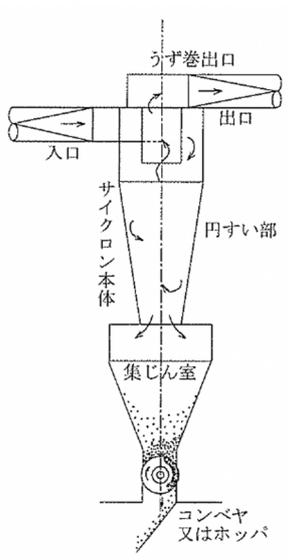
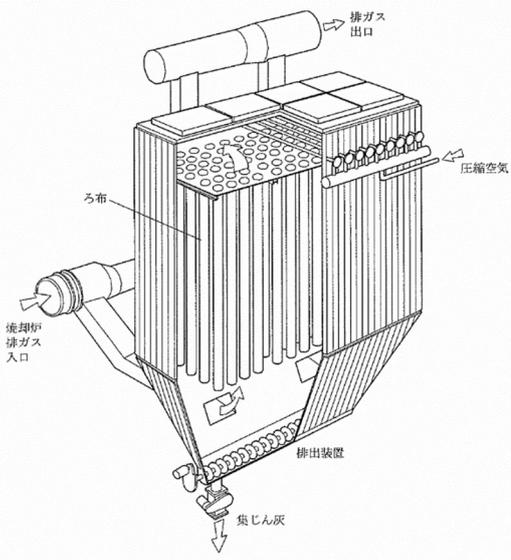
ごみの処理には直接的に関係する設備ではありませんが、その他の設備として、ここでは集じん・脱臭設備を取り扱います。破碎施設においては、粉じんの発生量が多くなりやすく、施設内環境対策として集じんや脱臭を行うことが一般的です。

集じん設備は、集じん率や維持管理性を考慮し、新ごみ処理施設ではサイクロン・バグフィルタ併用方式（サイクロンで大径の粉じんを集じん後、バグフィルタで小径の粉じんを集じんする方法）、脱臭設備は、通常は活性炭を利用したものが使用され、新ごみ処理施設でも活性炭方式を採用します。



図 3-5 集じん・脱臭設備の種類

表 3-21 集じん設備の種類

集じん設備		
型式	遠心力集じん器（サイクロン）	ろ過式集じん器（バグフィルタ）
概要	<p>遠心力を利用して、粉じんを含む排気に重力よりはるかに大きい加速度を与えると、粉じんと排気との分離速度が自重による沈降に比べて大きくなる性質を利用した集じん器である。</p> <p>集じん率は 75～85%であり、単独では集じん性能が高くない。</p> 	<p>ろ布（織布・不織布）表面に体積した粒子層で排気中の粉じんを捕集するものである。ろ布に粉じんが堆積することにより圧力損失が上昇した場合、払い落としを行い性能を維持する。</p> <p>集じん率は 90～99%と高いが、破碎施設では大径のダストも多く、単独だと目詰まりを起こしやすくなる。</p> 

(8) 防爆対策及びリチウム電池混入による火災等に対する安全対策

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、爆発性危険物の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。

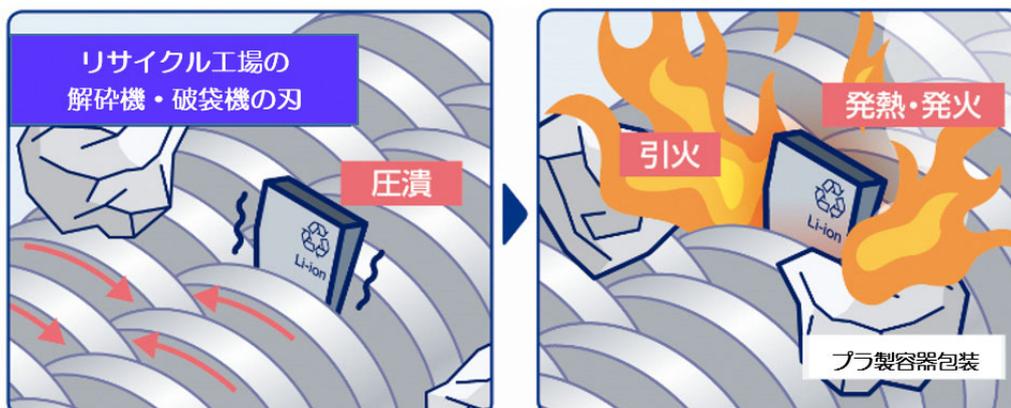
未然の防止として、搬入されるごみに危険物が混入しないよう啓発を行うことが重要ですが、啓発を行ったとしても、完全に混入を防ぐことは困難であるため、危険物の混入や、破砕工程上での引火・爆発を前提とした対策が必要となります。

以下に、引火対策・爆発対策の一例を示します。

表 3-22 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"> 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。 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。 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。 高速回転式破砕機の前に、低速回転式破砕機を設置し、前処理・粗破砕を行う。
危険物が投入された場合の引火・爆発予防	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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
引火・爆発が発生してしまった場合の対策	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 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。 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。 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。

【参考：リチウムイオン電池が押しつぶされ、ショート・発火するイメージ】



出典：公益社団法人日本容器包装リサイクル協会「リチウムイオン電池等の発火物が原因になる発煙・発火トラブル」より

【参考：リチウムイオン電池の発火原因（破碎工場での原因となりうるものを抜粋）】

- 電池や電池パックが破損すると、発熱、破裂、発火の原因になる。
- リチウムイオン二次電池が液漏れしたり、異臭がしたりする時は、直ちに火気より遠ざける必要がある。もれた電解液に引火し、破裂、発火の原因になる。
- 長い時間使用しない時は、電池を機器から取り出しておく必要がある。機器の漏れ電流により過放電に至る可能性があるため、機器から外して湿気の少ないところに保管するか、機器から取り外せない場合は完全に電源を切る必要がある。
- 電池をネックレスやヘアピン、コイン、鍵などの金属製品と一緒に持ち運んだり保管したりすると、電池のプラス極とマイナス極に鍵などの金属がふれ、ショートして大きな電流が流れ、発熱、破裂、発火、あるいはこれらの金属などが発熱するなどして危険である。
- 電池や電池パックに強い衝撃が加わると、リチウムイオン二次電池が変形したり、リチウムイオン二次電池に組み込まれている保護機構が壊れたりし、発熱、破裂、発火の原因になる。釘が刺さったり、ハンマで叩かれたり、踏みつけられたりすることで、変形、保護機構が破損する可能性があり、発熱、破裂、発火の原因になる。
- 熱により絶縁物が溶けたり、ガス排出弁や保護機構が損傷したりすると、発熱、破裂、発火の原因になる。
- 電池が火中に投入されると、破裂や発火し非常に危険である。また、電池が加熱されると、液漏れ、破裂、発火などが起こる場合がある。
- 電池が水、ジュースなどの液体で濡れると、リチウムイオン二次電池に組み込まれている保護回路が壊れ、発熱、破裂、発火の原因になる。

出典：一般社団法人電池工業会「リチウムイオン二次電池の安全で正しい使い方」より

【参考：ニッケル水素電池・ニカド電池の発火原因（破碎工場での原因となりうるものを抜粋）】

- 電池や電池パックが破損すると、発熱、破裂、発火の原因になる。
- 電池をネックレスやヘアピン、コイン、鍵などの金属製品と一緒に持ち運んだり保管したりすると、電池のプラス極とマイナス極に鍵などの金属がふれ、ショートして大きな電流が流れ、発熱、破裂、発火、あるいはこれらの金属などが発熱するなどして危険である。
- 電池の外装チューブに傷が付くと、ショート（短絡）状態となり易く、電池が液もれ、発熱、破裂する原因となる。
- 電池が火中に投入されると、破裂や発火し非常に危険である。また、電池が加熱されると、液漏れ、破裂、発火などが起こる場合がある。
- 電池が水、ジュースなどの液体で濡れると、ショートしたり、さびたりする。
- 電池や電池パックに強い衝撃が加わると、変形して内部ショートし、液漏れ、発熱、破裂の原因になる。
- 湿度が高いと電池に露（水分）がつき、ショートすることがある。

出典：一般社団法人電池工業会「ニッケル水素電池、ニカド電池の安全で正しい使い方」より

【参考：一次電池の発火原因（破碎工場での原因となりうるものを抜粋）】

- 電池が破損すると、発熱、破裂、発火の原因になる。
- 電池をネックレスやヘアピン、コイン、鍵などの金属製品と一緒に持ち運んだり保管したりすると、電池のプラス極とマイナス極に鍵などの金属がふれ、ショートして大きな電流が流れ、発熱、破裂、発火、あるいはこれらの金属などが発熱するなどして危険である。また、ボタン電池が9V形電池のプラス、マイナス端子部に挟まりショートすると、電池が充電または過放電され破裂や発火するなどして危険である。
- 電池が火中に投入されると、破裂や発火し非常に危険である。また、電池が加熱されると、液漏れ、破裂、発火などが起こる場合がある。
- ジュースなど液体で電池を濡らすとショートしたり、さびたりする。組み込まれている保護回路が壊れて発熱、破裂、発火する恐れがある。
- 電池や電池パックに強い衝撃が加わると、変形して内部ショートし、液漏れ、発熱、破裂の原因になる。
- 湿度が高いと電池に露（水分）がつき、ショートすることがある。

出典：一般社団法人電池工業会「一次電池（乾電池・ボタン電池・リチウム一次電池）の安全で正しい使い方」より