

処理方式について

1. 処理方式について

可燃ごみの処理方式としては、大きく分類して焼却方式とガス化溶融方式があり、それぞれの方式は、図1のとおり分類されます。

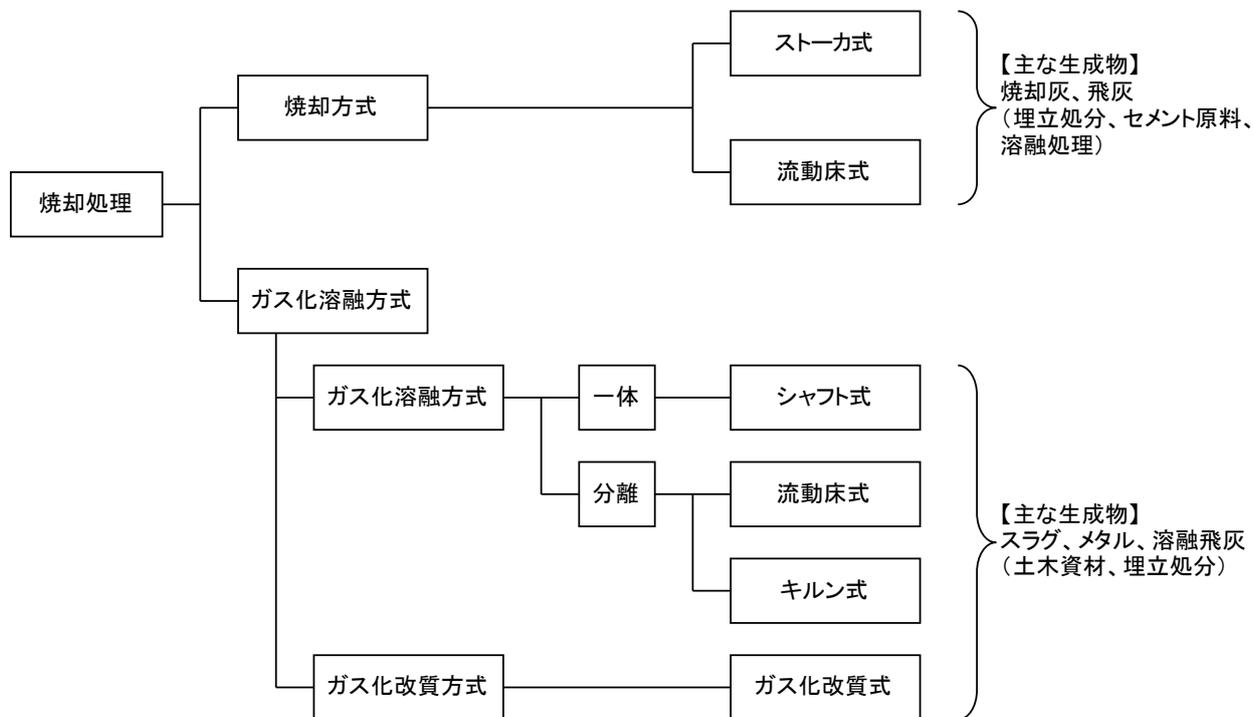


図1 処理方式の分類

2. 焼却方式の概要

焼却方式は可燃物が自燃することを利用した処理技術です。焼却方式は古くから採用されている最も一般的な可燃ごみ処理方式であり、ごみを燃焼し、排ガス及び焼却残さを処理するもので、その方式はストーカ式、流動床式に大別できます。

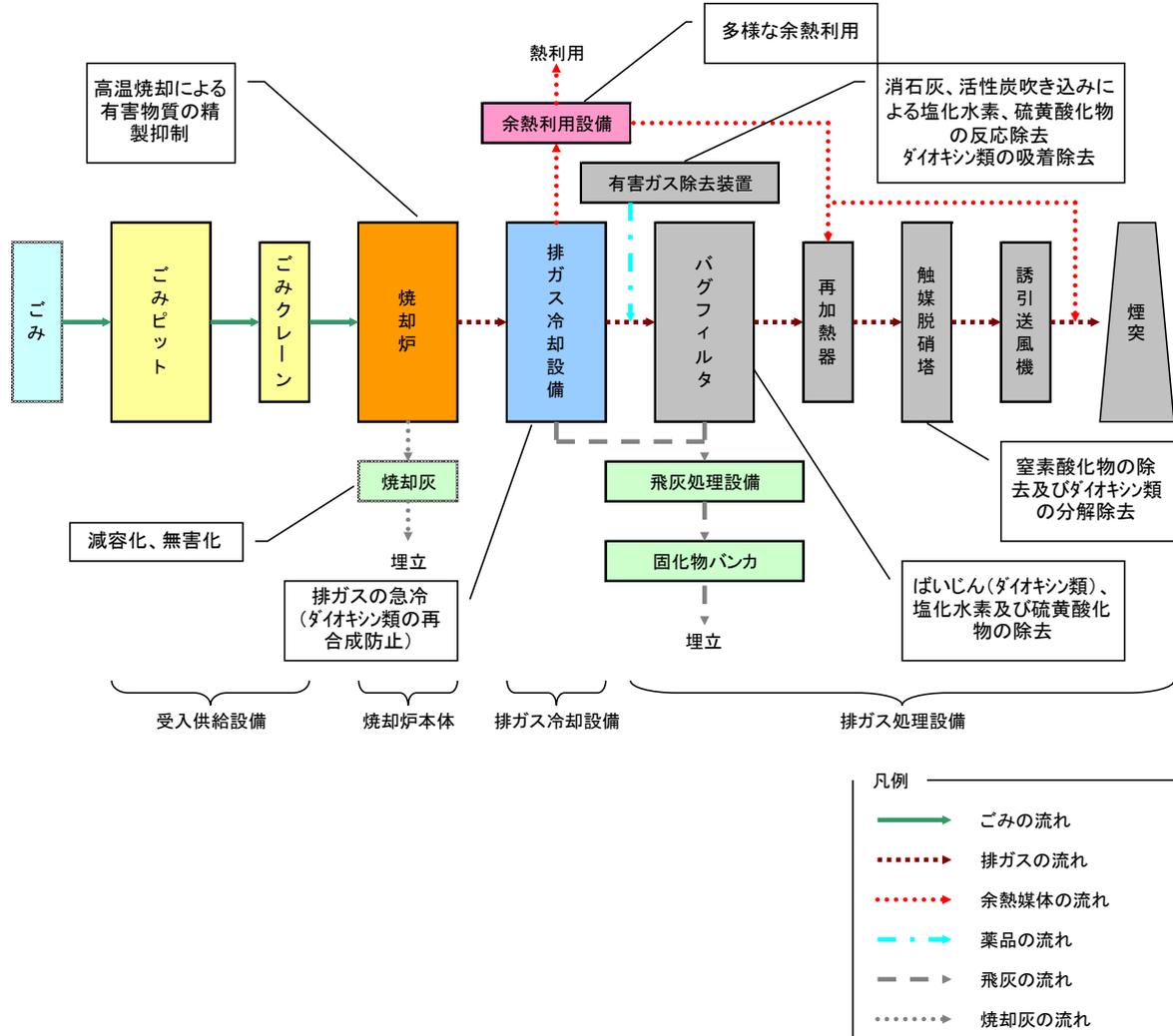


図2 焼却施設の一般的なフロー（例）

表 1 焼却方式別の特徴比較

区 分		ストーカ式	流動床式
概略フロー(例)			
概略構造図(例)			
処理システム		<p>①ストーカを機械的に駆動し、投入したごみを乾燥、燃焼、後燃焼工程に順次移送し(1~2h)燃焼させる方法。ごみは移送中に攪拌反転され表面から効率よく燃焼される。</p> <p>②焼却灰は不燃物とともにストーカ末端より灰押出機(水中)に落下し、冷却後にコンベヤ等で排出される。</p> <p>③燃焼ガス中に含まれるダスト(飛灰)は、ガス冷却室や集じん設備で回収される。</p>	<p>①熱砂の流動層に破碎したごみを投入して、乾燥、燃焼、後燃焼をほぼ同時に行う方式。</p> <p>②ごみは流動層内で攪拌され瞬時(長くて十数秒)燃焼される。</p> <p>③灰は燃焼ガスと共に炉上部より排出されガス冷却室や集じん設備で飛灰として回収される。</p> <p>④不燃物は流動砂と共に炉下部より排出分離され、砂は再び炉下部に返送される。</p>
運転条件	燃焼温度	850~950℃	800~950℃
	低位発熱量	3,200~14,000kJ/kg程度 3,200kJ/kg以下の場合、助燃(燃料等)が必要。	
処理対象ごみ	一廃処理対象ごみ	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃ごみ ・破碎処理後の可燃ごみ(約800mm以下) 	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃ごみ ・破碎処理後の可燃ごみ(約150mm以下)
	処理不適物	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄類等の金属(磁選機により資源回収可能) ・不燃物(埋立) 	
安定稼働性		歴史も古く、技術的にもほぼ確立された方式であり、近年、重大なトラブルは生じていない。	歴史も古く、技術的にもほぼ確立された方式である。近年、炉頂型流動床炉のダイオキシン濃度が問題になったが、流動床炉全体としては技術的にすでに解決している。
資源回収	熱回収	比較的安定した熱回収が可能であり、余熱としての利用の他、発電への利用も可能である。	
	回収金属の利用性	焼却残さより選別を行うことで鉄の有効利用が可能であるが酸化されているため、価値は多少下がる。	
最終処分物		焼却処理後に燃え残った不燃物は埋立処分する必要があるため、最終処分が必要なものは不燃物と飛灰固化物となる。	

3. ガス化溶融方式の概要

1990年代後半から、これまでの焼却施設に代わる次世代型技術として脚光を浴びるようになったのがガス化溶融方式です。ガス化溶融方式は、ごみの燃焼エネルギーや副資材等を用いて焼却処理から溶融処理（スラグ化）までを1つのプロセス内を行うことが可能な施設です。

ガス化改質方式は、ガス化溶融方式と同様ですが、排ガスを改質したうえで、精製ガス等を回収し、有効利用を図る点がガス化溶融方式と異なっています。いずれの方式も焼却方式と比べると歴史が浅い技術となります。

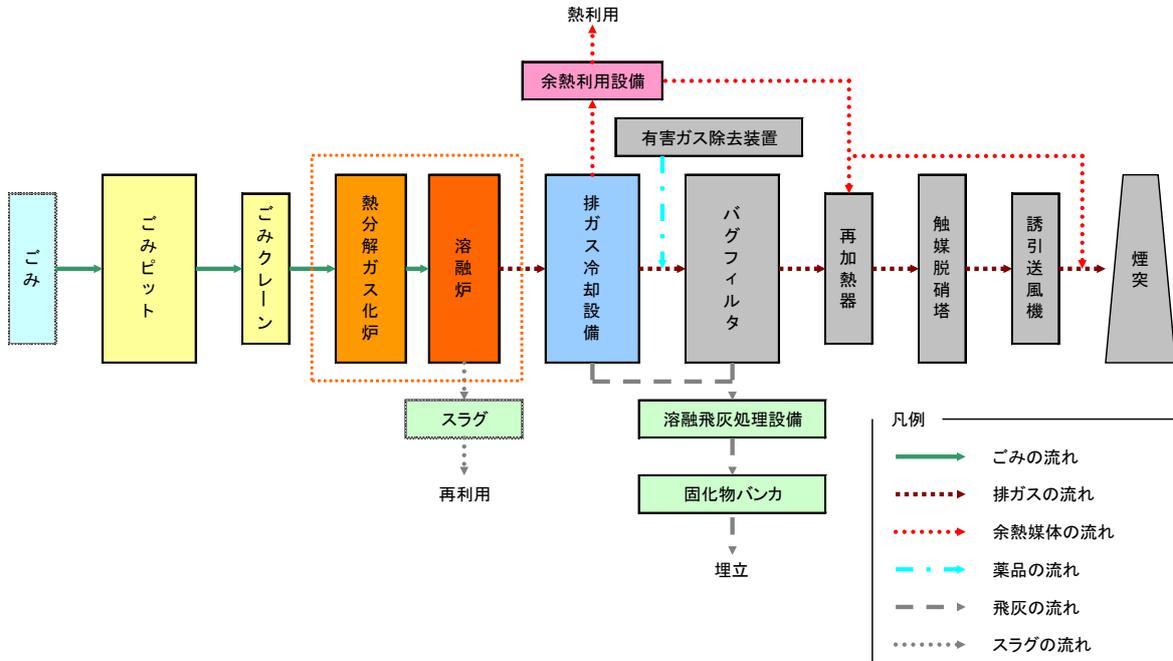


図3 ガス化溶融方式の一般的なフロー（例）

表2 ガス化溶解方式、ガス化改質方式別の特徴比較

区分	一体型		分離型		ガス化改質式
	シャフト式		流動床式	キルン式	
概略フロー (例)					
概略構造図 (例)					
処理システム	<p>①ごみをシャフト炉等の溶融炉(2次燃焼室含む)でワンプロセス(一工程)でガス化溶解を行う方式。 ②熱分解したガスは、後段の燃焼室において完全燃焼させる。 ③スラグは冷却水にて急冷し、磁選機にてスラグ・メタルに分離され、各々資源化される。 ④排ガスに含まれるダスト(飛灰)は、集じん設備にて溶融飛灰として捕集される。</p>		<p>①ごみを流動床式の熱分解炉においてガス化させ、施回溶融炉等(2次燃焼室含む)の2つのプロセスで溶解させる方式。 ②熱分解炉にて、鉄やアルミ等の資源物が回収できる。 ③燃焼溶融炉において、ガスとカーボンの燃焼により、灰分を溶解する。 ④排ガスに含まれるダスト(飛灰)は、集じん設備にて溶融飛灰として捕集される。</p>	<p>①ごみをロータリーキルンにおいてガス化させ、溶融炉等(2次燃焼室含む)の2つのプロセスで溶解させる方式。 ②熱分解炉にて、鉄やアルミ等の資源物が回収できる。 ③燃焼溶融炉においてガスとカーボンの燃焼により、灰分を溶解する。 ④排ガスに含まれるダスト(飛灰)は、集じん設備にて溶融飛灰として捕集される。</p>	<p>①ごみを圧縮し加熱してガス化し、炭化物に酸素を吹き込み高温で溶解する。ガスは高温で改質し、ガス精製装置を通しガスとして回収する方式。 ②回収したガスを冷却・洗浄することで飛灰が発生しない。 ③生成するスラグは冷却水にて急冷し、磁選機にてスラグ・メタルに分離され、各々資源化される。</p>
運転条件	燃焼温度/熱分解温度	850~950℃/300~1,000℃	850~950℃/450~650℃	850~950℃/450~650℃	1,100~1,200℃(ガス改質温度として)
	溶融温度	1,700~1,800℃	1,300~1,500℃	1,300~1,500℃	1,700~1,800℃
	低位発熱量	3,200~14,000kJ/kg程度	6,000~9,200kJ/kg以上	6,000~9,200kJ/kg以上	4,000kJ/kg以上
処理対象ごみ	一廃処理対象ごみ	<ul style="list-style-type: none"> 可燃ごみ 破碎処理後の可燃ごみ(約700mm以下) 破碎処理後の不燃ごみ(有害性のものを除く) 	<ul style="list-style-type: none"> 可燃ごみ 破碎処理後の可燃ごみ(約150mm以下) 	<ul style="list-style-type: none"> 可燃ごみ 破碎処理後の可燃ごみ(約150mm以下) 	<ul style="list-style-type: none"> 可燃ごみ 破碎処理後の可燃ごみ(約700mm以下) 破碎処理後の不燃ごみ(有害性のものを除く)
	処理不適物	<ul style="list-style-type: none"> 家庭から排出される一般廃棄物については基本的に溶融処理可能(溶融不適物無し) 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄類等の金属(磁選機により資源回収可能) 不燃物(埋立) 多量の高含水率汚泥 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄類等の金属(磁選機により資源回収可能) 不燃物(埋立) 多量の高含水率汚泥 	<ul style="list-style-type: none"> 家庭から排出される一般廃棄物については基本的に溶融処理可能(溶融不適物無し)
安定稼働性	ガス化溶融炉では唯一、比較的長期的稼働実績があり、これまで重大なトラブルは発生していない。	自治体向けとしては、中部上北広域事業組合中部上北清掃センターが最も稼働実績が長く約10年が経過している。今のところ重大なトラブルは報告されていない。	自治体向けとしては、八女西部広域事務組合の施設が最も稼働期間が長く約10年が経過している。今のところ重大なトラブルは報告されていない。	千葉市に建設された産廃用施設が最も稼働実績が長く、産業廃棄物処理事業の開始から約10年が経過している。自治体向けとしては、下北地域広域行政事務組合が最も稼働実績が長く約7年が経過している。今のところ重大なトラブルは報告されていない。	
最終処分物	可燃ごみに混入している不燃物は溶融処理されるため、最終処分が必要なものは飛灰固化物のみとなる。	熱分解後に残った不燃物は埋立処分する必要があるため、最終処分が必要なものは不燃物と飛灰固化物となる。	熱分解後に残った不燃物は埋立処分する必要があるため、最終処分が必要なものは不燃物と飛灰固化物となる。	不燃物は溶融され、飛灰は発生しないことから、最終処分は不要とされている。ただし、水処理設備から発生する硫黄、塩類、重金属類等が安定して引き取られた場合に限る。	
資源回収	熱回収	比較的安定したエネルギー回収(発電)が可能であるが、コークスというエネルギー源が必ず必要であり、これに依存する形となる。	ごみの低位発熱量が自己熱溶融が可能なレベルであれば、外部燃料がいらない上に発電も可能であり、エネルギー回収(効率)は良い。反面、自己熱溶融限界以下となると、エネルギー回収(発電)も助燃燃料というエネルギー源に依存する形となる。	ごみの低位発熱量が自己熱溶融が可能なレベルであれば、外部燃料がいらない上に発電も可能であり、エネルギー回収(効率)は良い。反面、自己熱溶融限界以下となると、エネルギー回収(発電)も助燃燃料というエネルギー源に依存する形となる。	ごみの低位発熱量が自己熱溶融が可能なレベルであれば、ガスエンジン等を利用して比較的安定した発電電力を得ることが可能である。反面、自己熱溶融限界以下となると、エネルギー回収(発電)の効率低下もしくは発電の停止となる。
	回収金属の利用性	溶融後の金属類は溶融メタルとして合金化されるため、リサイクル用途は限られる。	アルミ・鉄はガス化炉から未酸化で排出されるのでリサイクルとしての用途は広い。	アルミ・鉄はガス化炉から未酸化で排出されるのでリサイクルとしての用途は広い。	溶融後の金属類は溶融メタルとして合金化されるため、リサイクル用途は限られる。
	スラグの利用性	現時点ではほぼ全量有効利用されている。また、他の方式よりは品質が良いとされている。	現時点ではほぼ全量有効利用されている。	現時点ではほぼ全量有効利用されている。	現時点ではほぼ全量有効利用されている。
	その他	-	-	-	排ガス処理システムで回収された金属・塩等は、非鉄金属精錬所やソーダー工場等にてリサイクル可能である(ただし、現時点では受注業者の関連会社での対応が主なリサイクル先)。

4. 可燃ごみの処理技術の動向

ごみ処理施設における処理方式別の採用状況は、平成 11 年度までは焼却処理方式のストーカ式と流動床式が可燃ごみ処理の大半を占めていました。これは、国庫補助事業費としてごみ処理施設を建設する場合にはごみ処理施設が生活環境の保全上最低限満たすべき技術上の基準として、廃棄物処理法に基づき構造及び維持管理に関する基準を定めた『ごみ処理施設構造指針』に準拠し建設されたためです。

一方、平成 11 年度以降は、円滑かつ高度な廃棄物処理を推進することが強く求められているとともに、新技術の導入が速やかに行えるよう配慮する必要があることに鑑み、関係法令等において定められた事項に加えてごみ処理施設が備えるべき性能に関する事項とその確認の方法を示す『ごみ処理施設性能指針』によりごみ処理施設が建設されるようになったため、次に示すとおりごみ処理方式が多様化しています。

表 3 平成 11 年度から平成 24 年度までの処理方式別受注実績

(単位：施設)

年度	ごみ焼却施設							
	焼却処理方式				ガス化溶融等処理方式			
	ストーカ炉		流動床炉		ガス化溶融処理方式			ガス化改質方式
	ストーカ炉	内、灰溶融炉有り	流動床炉	内、灰溶融炉有り	シャフト炉式	キルン式	流動床式	
H11	18	(13)	2	(1)	3	0	3	0
H12	21	(16)	3	(3)	12	8	11	0
H13	11	(1)	1	(1)	6	2	4	2
H14	6	(5)	1	(0)	1	0	0	4
H15	6	(4)	0	(0)	5	2	4	0
H16	6	(5)	0	(0)	2	0	6	0
H17	4	(3)	0	(0)	2	1	3	0
小計	72	(47)	7	(5)	31	13	31	6
比率	45.0%	(29.4%)	4.4%	(3.1%)	19.4%	8.1%	19.4%	3.8%
H18	5	(1)	0	(0)	3	0	5	0
H19	6	(4)	0	(0)	2	1	0	0
H20	4	(2)	0	(0)	1	0	0	0
H21	3	(1)	0	(0)	0	0	1	0
H22	11	(2)	1	(0)	1	0	2	0
H23	10	(0)	0	(0)	2	0	2	0
H24	17	(0)	0	(0)	3	0	0	0
H25	9	(0)	0	(0)	0	0	1	0
H26	24	(1)	0	(0)	0	0	1	0
H27	13	(0)	0	(0)	2	0	0	0
小計	102	(11)	1	(0)	14	1	12	0
比率	78.4%	(8.5%)	0.8%	(0.0%)	10.8%	0.8%	9.2%	0.0%
合計	174	58	8	5	45	14	43	6
備考	(ストーカ炉)	—	(流動床炉)	—	(ガス化シャフト炉)	(ガス化キルン式)	(ガス化流動床式)	(ガス化改質)

平成11年度から平成17年度においては、焼却処理方式のストーカ式（灰溶融炉を併設する施設を含む）が45.0%と最も多くなっています。次いで、ガス化溶融処理方式のシャフト式と流動床式が19.4%、ガス化溶融処理方式のキルン式が8.1%、焼却処理方式の流動床式が4.4%、ガス化溶融処理方式のガス化改質が3.8%となっています。

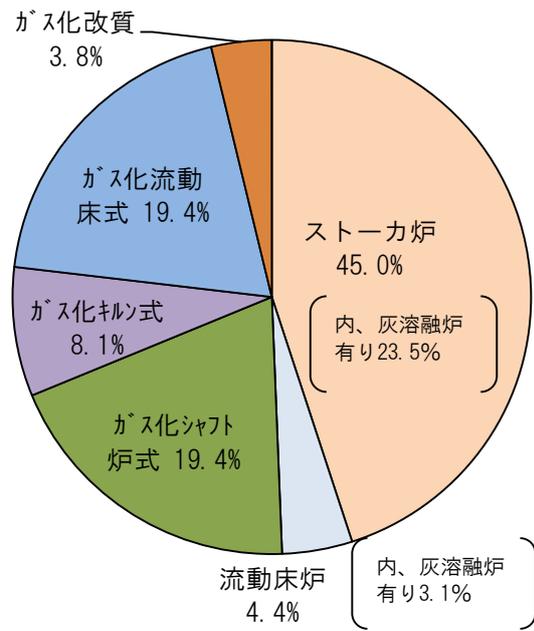


図4 平成11年度から平成17年度までの処理方式別受注実績の比率

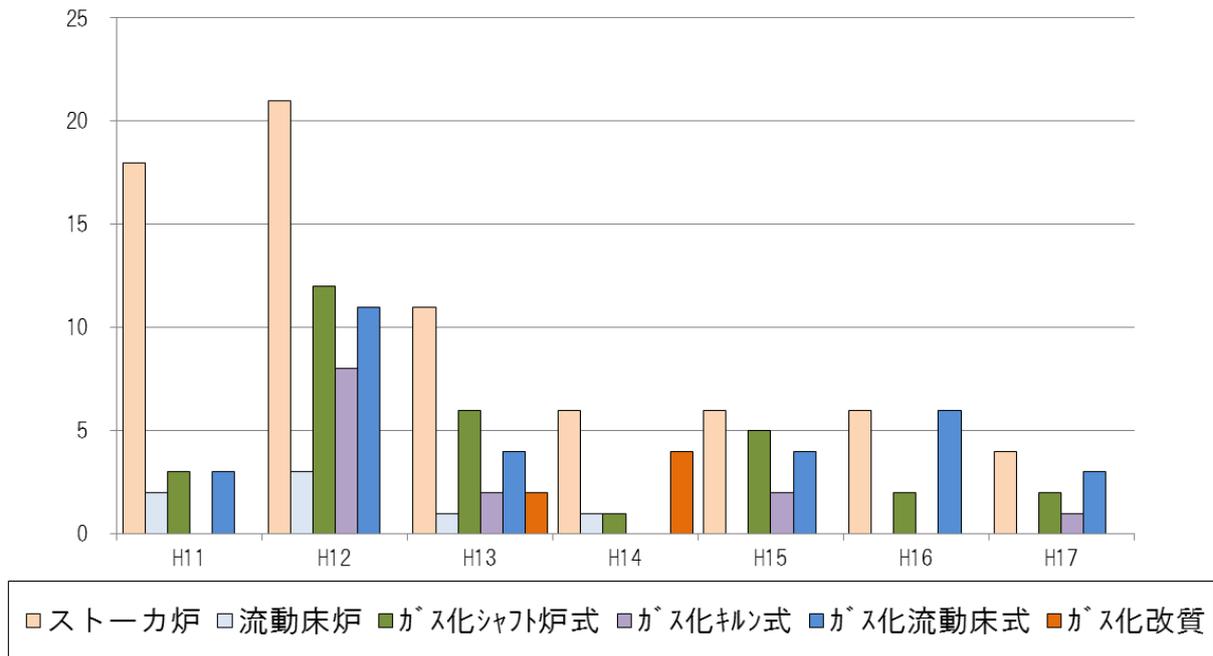


図5 平成11年度から平成17年度までの処理方式別受注実績の推移

平成 18 年度から平成 27 年度においては、焼却処理方式のストーカ式（灰溶融炉を併設する施設を含む）が 78.5%となっています。

次いで、ガス化溶融処理方式のシャフト式が 10.8%、ガス化溶融処理方式の流動床式が 9.2%とその他の方式に比べて多くなっています。

焼却処理方式の流動床式は、ガス化溶融処理方式へ移行し、この期間における採用実績は 0.8%となっています。

また、平成 20 年度以降、ガス化溶融処理方式のキルン式は採用されていません。

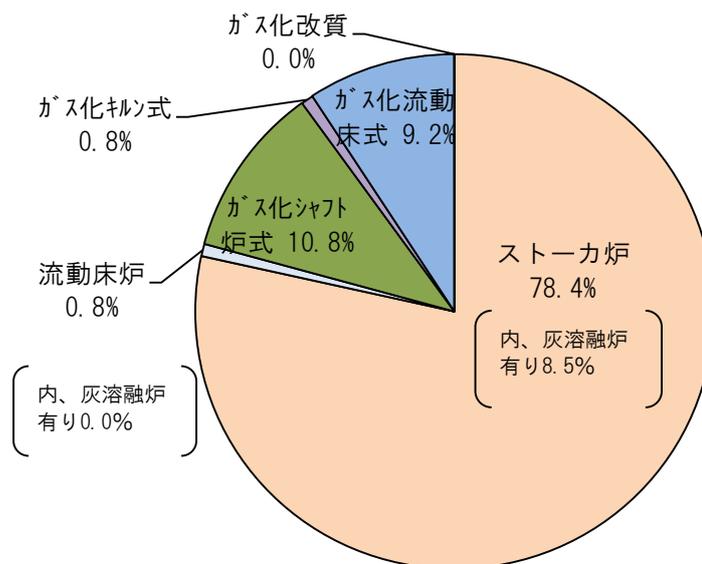


図 6 平成 18 年度から平成 27 年度までの処理方式別受注実績の比率

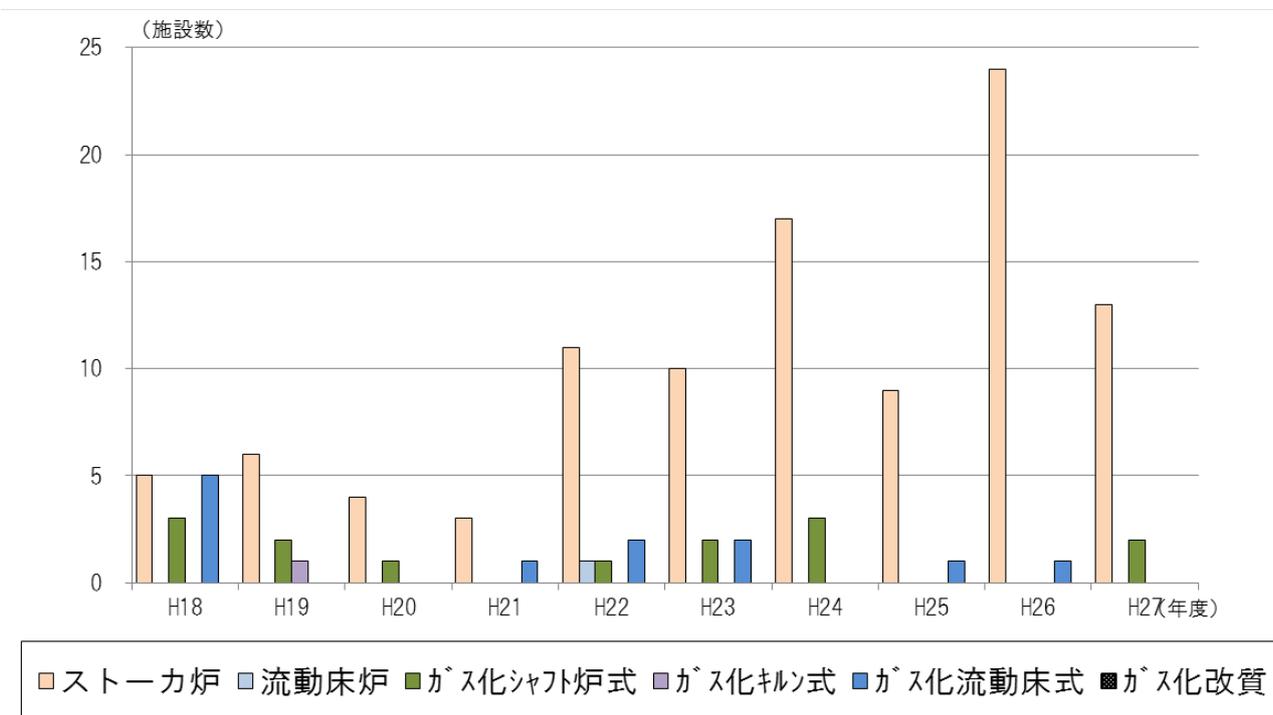


図 7 平成 18 年度から平成 27 年度までの処理方式別受注実績の推移

5. 焼却残渣資源化に関する技術

エネルギー回収型廃棄物処理施設における処理方式別の資源化方式を次に示します。

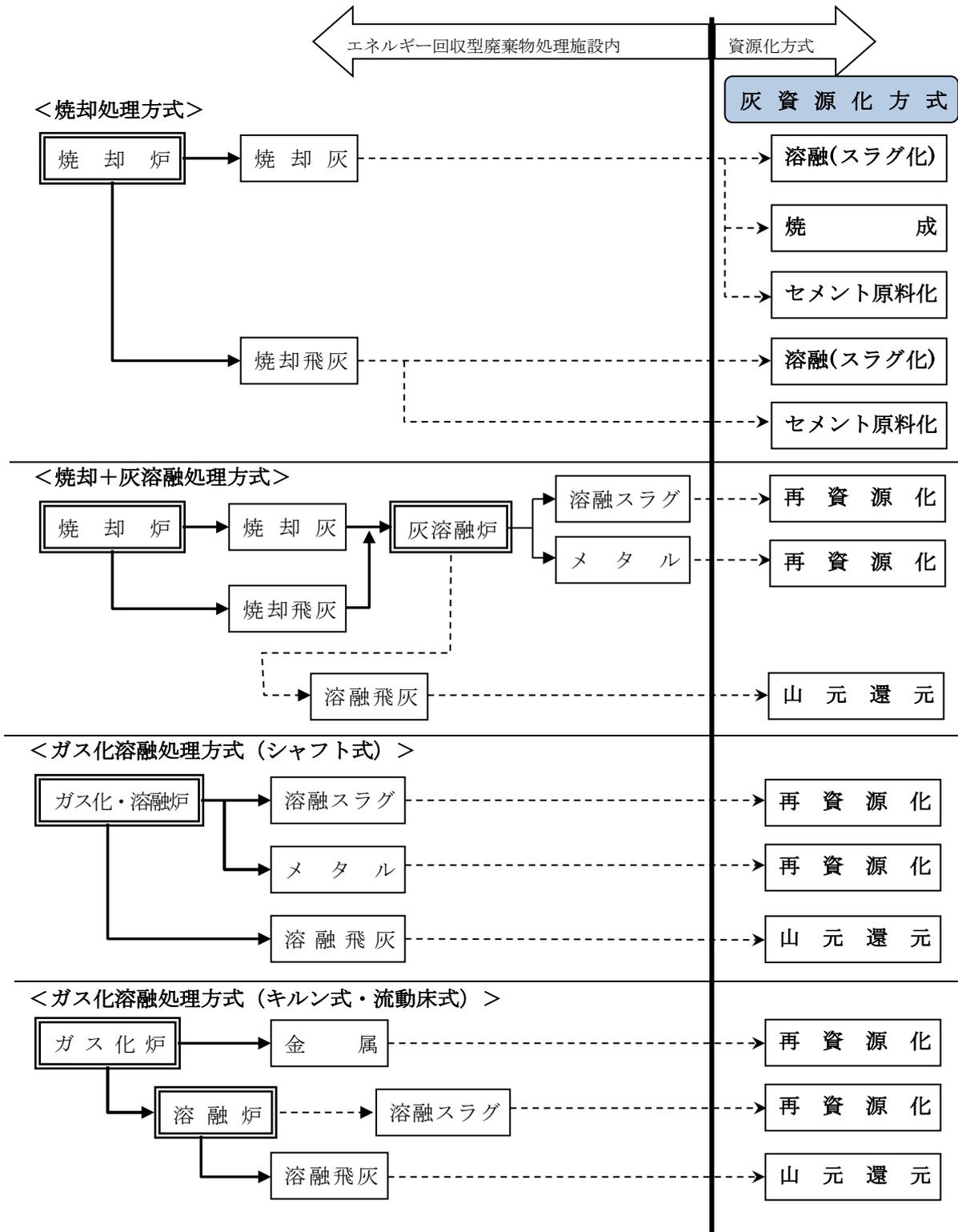


図8 エネルギー回収型廃棄物処理施設の処理方式別資源化方式

焼却残渣資源化方式として実績がある溶融（スラグ化）、焼成、セメント原料化、エコセメント化、及び山元還元の概要を次に示します。

表 4 焼却残渣資源化方式

焼却残渣資源化方式	概要
溶融（スラグ化）	溶融（スラグ化）は、燃料や電気等のエネルギーを利用して、焼却灰等を約 1,200℃以上の高温で、無機物を溶融してスラグに変換させる技術である。
焼成	<p>焼成とは、一般に焼結を目的とした加熱処理のことを指す。焼結は、固体粉末の集合体を融点よりも低い温度で加熱すると固まって焼結体と呼ばれる緻密な物質になる現象をいう。</p> <p>焼却灰を約 1,000～1,100℃で熱処理し、塩素・重金属を揮散させることによって得られた焼成灰は、上層路盤工に使用される他、粒度調整砕石や再生粒度調整砕石、セメントと混合して人工砂を製造し、下層路盤材等に利用される。</p>
セメント原料化	<p>セメント原料化は、焼却灰や焼却飛灰をセメントの原料として利用するものである。一般的に「セメント」とは「ポルトランドセメント」を指している。セメントの主成分である酸化カルシウム（CaO）、二酸化けい素（SiO₂）、酸化アルミニウム（Al₂O₃）酸化第二鉄（FeO₃）を含む石灰石、粘土、けい石、酸化鉄原料などが使用されている。焼却灰もセメントの主成分を含むため、セメント原料として利用することができる。</p> <p>また、ポルトランドセメント製造に要するエネルギー起因の二酸化炭素以外に、物質起因の二酸化炭素（主原料である石灰石の熱分解により発生:CaCO₃→CaO+CO₂）の排出が避けられないという特徴をもっている。</p> <p>セメント工場での廃棄物等の活用は、最終処分場の延命だけでなく、石灰石や化石起源エネルギー等の天然資源の節約につながることから、セメント産業ではかねてより廃タイヤや石炭灰等の他産業で発生した廃棄物・副産物を、原料・エネルギー・製品の一部として積極的に活用している。</p>
エコセメント化	<p>エコセメントとは、都市ごみを焼却した際に発生する焼却灰をエコセメントクリンカの原料に用い、製品 1 トンにつき廃棄物を 500kg 以上使用して作られるセメントをいう。エコセメントは、平成 14 年 7 月に JIS 化（JIS R 5214）され、塩素を塩化揮発法による重金属の除去・回収に利用していることから、焼却飛灰もそのままエコセメントに利用することができる。</p>
山元還元	<p>溶融飛灰から非鉄金属を回収し、再利用する技術である。溶融飛灰中には、鉛、カドミウム、亜鉛、銅等の非鉄金属が含まれており、これを非鉄金属の原料として、精錬所の非鉄精錬技術で鉛、亜鉛等の単一物質に還元、回収するものである。廃棄物を埋立処分せず、山元（鉱山や精錬所）に戻し、有価金属として再生利用する（還元）することから、山元還元と呼ばれている。</p>
固型化	<p>固型化とは、焼却灰に含まれる不純物（鉄分、クリンカ、未燃物）を除去した後、砂、セメント及び薬剤と混合することにより、焼却灰の無害化・固型化を図るものである。コンクリート固型化した焼却灰は、再生路盤材として再利用される。</p>

6. 焼却灰・飛灰資源化の委託

灰資源化業者の位置を次に示す。組合圏域においても焼却灰等の溶融処理を民間委託しています。なお、セメント工場については、現時点で受入可能と想定される工場を示します。

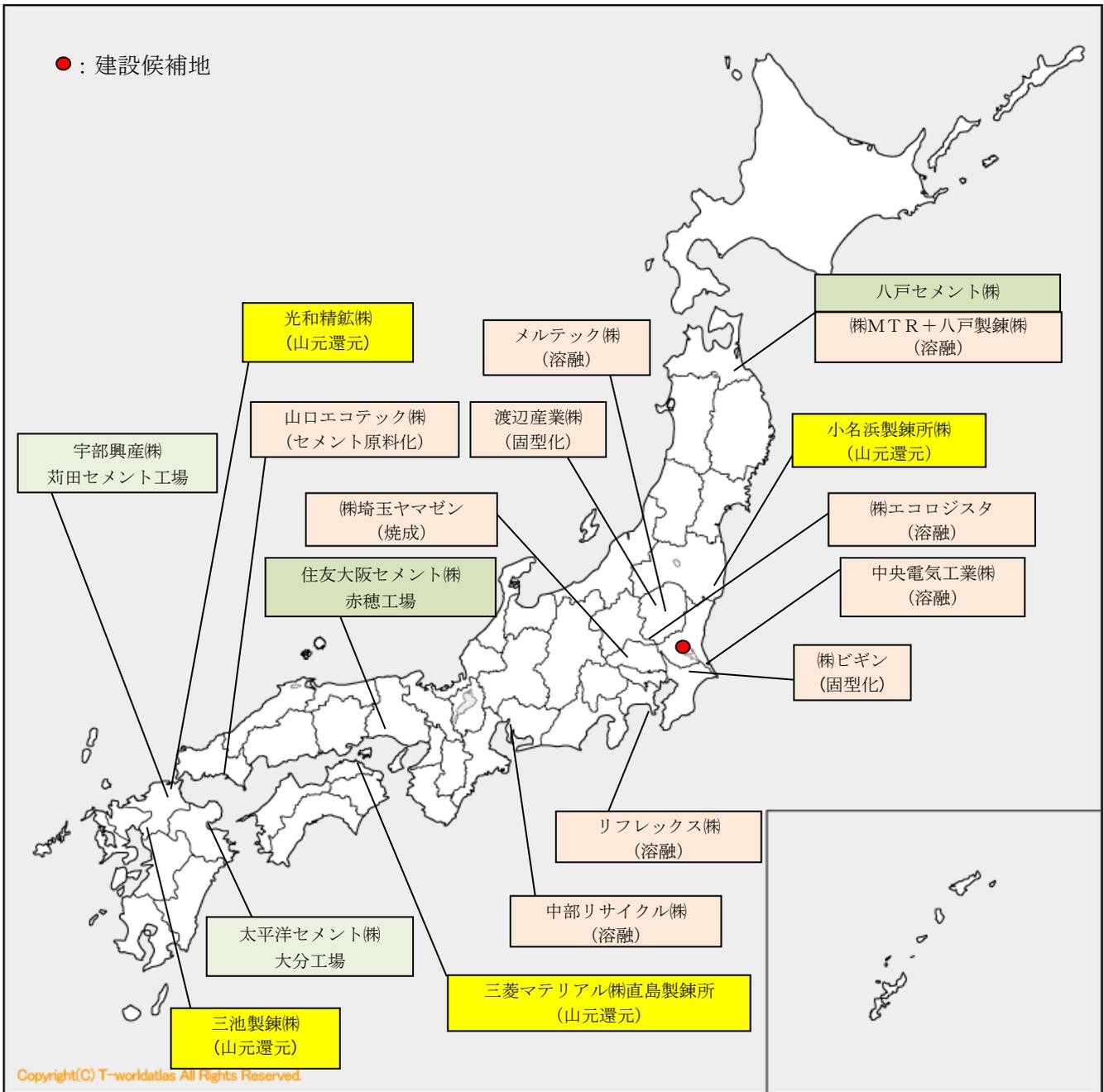


図9 民間の焼却灰・飛灰資源化施設位置図