

令和5年度 第1回 高島市ごみ処理施設建設検討委員会

処理方式の検討

ごみ焼却施設の処理方式について、従前に検討を重ねてきた経緯があり、令和元年度の高島市ごみ処理施設建設検討委員会により「ストーカ式焼却炉」が選定されています。

処理技術としての汎用性や実績の多さ、競争性が働きやすい処理方式であるかなど様々な観点からの審議を経て、選定された経緯があります。

建設候補地が変わることによる影響もないため、「ストーカ式焼却炉」を選定することを考えています。

1. 処理方式別の特徴

都市ごみ処理に採用されている可燃ごみ処理技術のうち主なものの原理・特徴等は表1-1のとおりです。

表1-1 可燃ごみ処理方式の特徴

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	・燃焼熱 ・(発電など)		・焼却灰 ・飛灰
			流動床式			
		ガス化 溶融	シャフト式	・燃焼熱 ・(発電など)	・スラグ ・メタル	・飛灰
			流動床式			
	原燃料化処理	炭化		・ごみを500℃程度で間接加熱し、炭分、灰分、不燃分、可燃性ガスに分解する。	・可燃性ガス ・炭化物	・メタル ・飛灰
		亜臨界水処理		・180℃～300℃の高温・高圧水で、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。	・バイオ燃料 ・有機肥料	
		堆肥化 メタン発酵等		・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。	・可燃性ガス ・堆肥 ・メタンガス	・消化液 ・不適物

※詳細については個々の開発企業により異なるため、全てが上表のとおりとは限らない。

2. 各処理方式の設置状況

可燃ごみの処理方式別実績（10 年間）を表 2 - 1 のようになっています。

近年は、ストーカ方式が実績の大半を占めており、ここ 10 年間で 8 割程度を占めています。
次いでガス化溶融シャフト式、流動床式となっています。

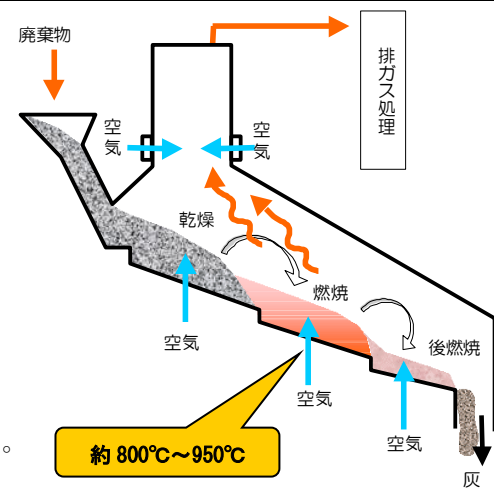
表 2 - 1 処理方式別実績（10 年間）

年度	ストーカ式	流動床式	ガス化溶融 シャフト式	ガス化溶融 流動床式	炭化	メタン化	亜臨界水	その他	合計
2022	8	1	0	0	0	0	0	0	9
2021	10	0	1	0	0	2	0	1	14
2020	18	1	1	0	0	1	0	1	22
2019	13	1	0	0	0	1	0	1	16
2018	16	2	1	1	0	0	0	1	21
2017	18	1	0	1	0	0	0	0	20
2016	16	0	2	1	0	0	0	0	19
2015	16	0	2	1	1	0	0	1	21
2014	9	1	2	1	0	1	0	1	15
2013	7	1	1	0	0	1	0	0	10
合計	131	8	10	5	1	6	0	6	167
比率	78.4%	4.8%	6.0%	3.0%	0.6%	3.6%	0.0%	3.6%	

3. 主要な可燃ごみ処理方式

可燃ごみ処理のうち、主要な処理技術について、その特徴を表3-1～表3-7に示す。

表3-1 ストーカ式焼却方式の特徴

処理方式	ストーカ式焼却方式
概要	・「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、昭和38(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。 ・さらに昭和40(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、昭和55(1980)年頃には技術的に安定した。
原理	・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10%である。 ・セメント・キレート^{注)}を含む搬出飛灰量は、ごみあたり約3%である。 
メリット	・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	・空気とごみとの接触面積が小さいため、燃焼のための空気比は1.6～2.5となる。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。 ※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)
エネルギー回収性	・熱利用によるエネルギー回収実績は多数あり、安定的な燃焼が行えることから、エネルギー回収性能は十分である。
近年の導入自治体(例)	大阪府 高槻市(第三工場) 150 t/日 滋賀県 大津市(北部クリーンセンター) 175 t/日など

注) 重金属を安定化するための薬剤

表 3-2 流動床式焼却方式の特徴

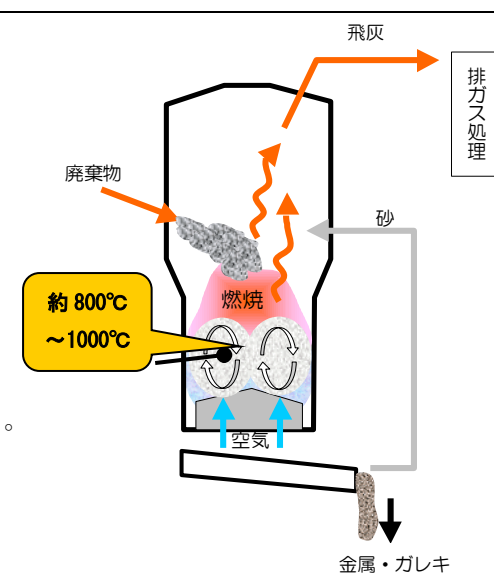
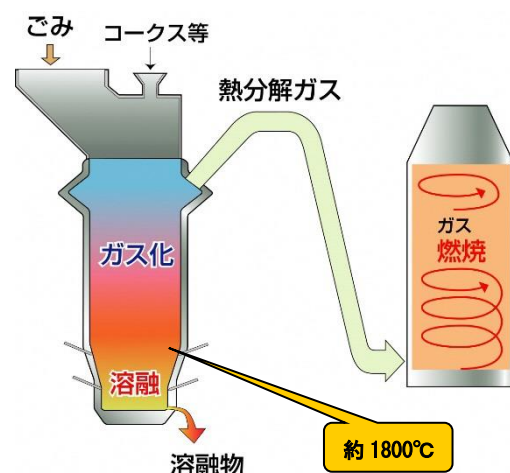
処理方式	流動床式焼却方式
概要	- 元々は下水汚泥などの処理施設として実績があったが、昭和 50(1975)年頃からごみ処理分野にも導入された。立ち上げ・立ち下げが早いこと、焼却灰の見た目の性状がきれいなことから、昭和 55(1980)年頃以降、ほぼ 20～30%のシェアを確保してきた。 - 焼却が瞬時に行われるために、ごみの性状によっては燃焼状態の安定性に欠ける面があり、ダイオキシン類問題が注目されるようになってからは新規整備が大きく減少した。 - 近年は、技術開発が進み、最新の排ガス処理設備を備えた流動床式焼却施設も新たに整備されているが、実績件数としてはまだ少ない。
原理	- 流動床式では、炉内に流動媒体(流動砂)が入っており、この砂を 650～800℃の高温に暖め、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。 - 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。 - セメント・キレートを含む搬出飛灰量は、ごみあたり約 8%である。 
メリット	- 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	- 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、プラスチックが固まりとなって、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だす流動媒体(砂)は、不燃物の量の 10～20 倍位で設計するので、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	【ごみ発電】 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。
近年の導入自治体(例)	東京都 八王子市 (館クリーンセンター) : 160 t/日 広島県 廿日市市 (はつかいちエネルギークリーンセンター) : 150 t/日など

表 3-3 シャフト式ガス化溶融方式の特徴

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	- 平成 5 (1993) 年頃から整備され始め、平成 9 (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」(平成 9 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。 - 平成 17 (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	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^注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。熱分解残さ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。 ※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。 ・ 溶融温度は、約 1,800℃ ・ スラグ発生量は、ごみあたり約 9% である。 ・ メタル発生量は、ごみあたり約 1.3% である。 ・ セメント・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	- 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	- 常に補助燃料としてコークス等の投入を要するため、燃料費が高み、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	【ごみ発電】 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。
近年の導入自治体(例)	愛知県 名古屋市(北名古屋工場)：660 t/日 愛知県 東部知多衛生組合(東部知多クリーンセンター)：200 t/日など

注) 灰黒色・多孔質の固体燃料

表 3-4 流動床式ガス化溶融方式の特徴

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	- 平成 5 (1993) 年頃から整備され始め、平成 9 (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」(平成 9 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。 - 平成 17 (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	流動床式ガス化溶融方式は、流動床を低酸素雰囲気中で 500～600℃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。 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。 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。 - 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。 - セメント・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、7,100kJ～7,600kJ 程度とされるが、実際の稼働状況では、約 9,200kJ 程度。
メリット	- 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	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	【ごみ発電】 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いよい。
近年の導入自治体(例)	神奈川県 相模原市(南清掃工場)：525 t / 日 山梨県 甲府・峡東地域ごみ処理施設事務組合(甲府・峡東クリーンセンター)：369 t / 日 など

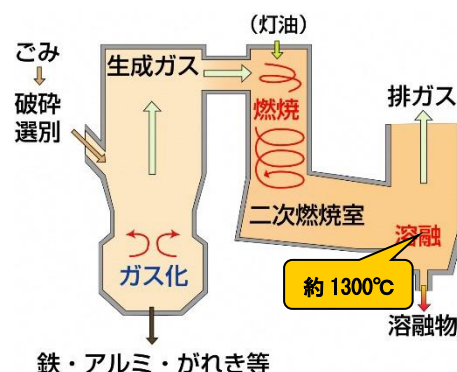


表 3-5 炭化方式の特徴

処理方式	炭化方式
概要	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。燃焼炉及び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。燃焼炉では500～600℃程度で炭化物とガスを精製し、その炭化物を回収、脱塩し造粒する。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	施設に搬入されたごみは、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、乾燥炉において水分が調整され、ロータリーキルン式等の炭化炉に供給される。なお、炭化炉に供給されたごみは、約500℃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、金属類等の不燃物は、未酸化状態で回収される。熱分解残渣は、脱塩素工程を経て炭化燃料として回収され、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、排ガス処理を行って、施設外へ排出される。都市ごみ全体を処理対象物として処理することが出来る。 炭化温度は、約500℃ 必要なごみの発熱量が7,100kJ～7,600kJ程度とされるが、実際の稼働状況では、約9,200kJ程度。 セメント・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	- 炭としての資源回収が可能。 - 排ガス・排水ともに、ダイキソ類の公害防止条件を達成可能。
デメリット	- 前処理として、ごみの破碎が必要。 - 別途、炭の製造ラインが必要となるため、必然的に機器点数も増え、メンテナンスが難しくなる。 - 炭化物の引取り先を確保することが前提条件となる。 - 炭を処分しなければならない場合、処理後の容積が処理前の約11.5%、重量は処理前の約23～44%と大きい。（炭利用の場合は、容積約1.3%、重量3～4%）
エネルギー回収性	【燃料】 - 炭としての資源回収が可能。（発熱量16,720kJ程度） - ただし、品質維持のため炭化物の脱塩素処理が必要。
近年の導入自治体(例)	愛知県田原市(田原サイクルセンター炭生館) : 60 t/日 北海道名寄地区衛生事務組合(名寄地区炭化センター) : 20 t/日 糸魚川市(糸魚川清掃センター) : 70 t/日 恵那市(エコセンター恵那) : 42 t/日 広陵町(クリーンセンター広陵) : 35 t/日 屋久島広域連合(屋久島クリーンサポートセンター) : 14 t/日

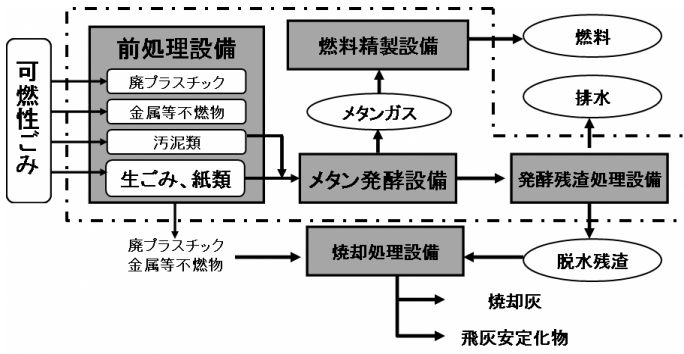
表 3 - 6 亜臨界水方式の特徴

処理方式	亜臨界 ^{注)} 水方式
概要	- 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。 - 分解残渣は成形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	亜臨界水の加水分解反応を用いて、ごみ処理を行う技術である。 亜臨界水の生成には、高温高压ボイラを活用する。 亜臨界水は、150℃～300℃の高温・高压水で、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、かつ誘電点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。 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。 反応温度は、約 180～300℃
メリット	- 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、特有のにおいはあるが、鼻を突くような悪臭ではない。
デメリット	- 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。 - ボイラー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	【エネルギー】 - 処理残渣の発酵によりバイオ燃料の抽出が可能。 【有機肥料】 - 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。
近年の導入自治体(例)	北海道白老町(eco リサイクルセンターしらおい) : 37.6 t / 日 【令和元年度廃止】 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

注) 高温高压化における物質の状態が固体・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。

表 3-7 乾式メタン発酵処理方式の特徴

処理方式	乾式メタン発酵処理方式
概要	- 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材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	- 固形物濃度 25～40%程度の有機性廃棄物を嫌気性発酵させ、メタンガスを回収する。 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 つの段階を経て、有機物を分解する。 - 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。 - 反応温度は、中温（約 35℃）または高温（約 55℃） 
メリット	- 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。
デメリット	- 乾式では前処理として、ごみを破碎が必要。 - 基本的には、単体での整備による可燃性ごみの処理は難しく、処理不適物を助燃材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。 - 処理後残渣の容積が処理前の約 21%、重量は処理前の約 80%と大きい。 - 災害廃棄物の受入は困難。 - 基本的に有機性廃棄物のみを処理対象とするため、金属など不適物の分別回収徹底が必要。
エネルギー回収性	【エネルギー】 - 食品残渣 1 t 当たり、約 200m³/日のバイオガスが得られる。 - メタン含有量 60%で熱量約 24,000kJ/m³ 【肥料】 - 発酵後残渣および廃液は肥料等にも利用できる。 - ただし、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。
近年の導入自治体(例)	京都府 宮津与謝環境組合（宮津与謝クリーンセンター）：30 t/日 鹿児島県 鹿児島市（南部清掃工場）：60 t/日など