

処理方式の比較検討（可燃ごみ処理施設）

【資料4－2】

近年の建設実績を勘案して、3つの処理方式（焼却2方式、ハイブリッド方式）を検討対象として比較検討した結果を以下に示す。

処理方式の概要のほか、計画施設規模を条件として、1．技術の安定性、2．処理の経済性、3．環境保全性、4．社会情勢への適合、5．環境融和性、の5項目で整理・評価している。

比較項目	焼却処理方式 （ストーカ式）	焼却処理方式 （流動床式）	ハイブリッド方式 （メタンガス化施設＋焼却施設）
1．技術の安定性	○	○	△
(1)-1 稼働実績※ （平成 29(2017)年度現在：環境省データより）	・全国で約 790 施設が整備されている。 ・ <u>100t/日未満の施設は全国で約 330 施設が稼働。</u>	・全国で約 190 施設が整備されている。 ・ <u>100t/日未満の施設は全国で約 60 施設が稼働。</u>	・全国で 4 施設が稼働している。建設中が 3 施設ある。 ・ <u>100t/日未満の施設は全国で 3 施設が稼働（滋賀県内には無し）。</u>
	・小型から大型まで豊富な実績がある。	・同左	・ <u>交付率の嵩上げが見込め、採用を検討する自治体もある。</u>
(1)-2 最近の受注実績 （平成 25(2013)年度以降、施設規模が 100t/日未満を主体に記載）	【稼働中施設】 ・滋賀県近江八幡市（76 t/日（38 t×2 炉）、全連、2016 年 8 月稼働開始、DBO（運営 20 年間））、大栄 J V、発電状況等（発電効率 12％、発電出力 980kW、白煙防止、 <u>プラント排水クロスド</u> ） ・新潟県糸魚川市（48t/日（24 t×2 炉）、全連、2020 年 4 月稼働開始、DBO（運営 20 年間））、エスエヌ環境テクノロジー ・福井県南越清掃組合（84t/日（44 t×2 炉）、全連、2021 年 4 月稼働開始、DBO（運営 20 年間））、タクマ、発電状況等（発電効率 12％以上、発電出力 1,350kW、白煙防止、 <u>プラント排水クロスド</u> ） 【建設中施設】 ・滋賀県守山市（71 t/日（35.5 t×2 炉）、全連、2021 年 10 月稼働予定、DBO（運営 20 年間））、協和エクシオ、発電状況等（発電効率 10％以上、発電出力 1,400kW、白煙防止（不明）、 <u>プラント排水場内利用後・余剰分下水放流</u> ） ・福井県若狭広域行政事務組合（70t/日（35 t×2 炉）、全連、2023 年 4 月稼働予定、DBO（運営 20 年間））、J F E、発電状況等（発電効率 19％以上、発電出力 1,460kW、白煙防止、 <u>プラント排水場内利用後・余剰分下水放流</u> ）	【稼働中施設】 ・秋田県北秋田市（50t/日（25t×2 炉）、 <u>准連</u> 、2018 年 4 月稼働開始、一般廃棄物可燃ごみとし尿汚泥の混焼処理、荏原環境プラント ・広島県廿日市市（150t/日（75t×2 炉）、全連（流動床式ガス化燃焼炉）、2019 年 4 月稼働開始、DBO（運営 20 年間）、神鋼環境ソリューション 【建設中施設】 ・東京都八王子市（160t/日（80t×2 炉）、全連（流動床式ガス化燃焼炉）、2022 年 3 月稼働予定、一般廃棄物可燃ごみと側溝汚泥の混焼処理、DBO（運営 20.5 年間）、神鋼環境ソリューション	【稼働中施設】 ・兵庫県南但広域行政事務組合（バイオマス設備 36t/24hr（高温乾式メタン発酵方式）＋全連ストーカ 43t/日、2013 年 4 月稼働開始）、タクマ、発電状況等（バイオマス設備（発電効率 37％、発電出力 382kW）、焼却施設（熱回収率 15.3％）、白煙防止、 <u>プラント排水クロスド</u> ） ・山口県防府市（バイオガス化施設（高効率原燃料回収施設）51.5t/日（25.75t/日×2 槽）＋全連ストーカ 150t/日（75t×2 炉）、2014 年 4 月稼働開始）、川崎重工業、発電状況等（発電効率 23.5％、発電出力（最大）3,600kW））、 <u>プラント排水場内再利用・下水道放流</u> ） ・京都府宮津与謝環境組合（バイオマス設備 20.6t/24hr（乾式メタン発酵方式）＋全連ストーカ 30t/日、2020 年 7 月稼働、DBO（運営 20 年間））、タクマ、発電状況等（ <u>メタンガス化施設：270kW</u> ） 【建設中施設】 ・鹿児島市（バイオガス化施設 60.0t/日（30.0t/日×2 基）＋全連ストーカ 220t/日（110t×2 炉）、2022 年 1 月稼働開始予定）、川崎重工業、発電状況等（発電効率不明、発電出力（最大）4,710kW）） 【事業者選定段階】 ・湖北広域行政事務センター（バイオガス化施設（50 t/日）＋焼却施設（145 t/日）、及びリサイクル施設（22 t/日）、汚泥再生処理センター49 k L/日の併設）、2025 年度中供用開始予定、BTO（運営 20 年間）、事業用地約 3.5ha
(2) 処理安定性	・ <u>運転管理は完全マニュアル化</u> 、近年は IoT 技術の活用もあり。	・ <u>同左</u>	・実績が少なく <u>運転管理マニュアルが完全には未確立と思われる。</u>
	・豊富な運転実績を有しており、 <u>運転管理はマニュアル化され容易</u> である。	・ <u>同左</u>	・破砕選別機、発電システム、発酵残渣拔出等の工程を <u>ごみ質に馴致させるまで時間を要する。</u>
	・設計・施工技術及び運転管理技術とも成熟しており、 <u>稼働の安定性については、特段の問題はない。</u>	・ <u>同左</u>	・ <u>実稼働開始から当初 1 年間は馴致までのトラブル発生の事例あり。現在は安定稼働しているが今後の安定性は未知数である。</u>
	・最も普及している方式で <u>安定した稼働実績が多くある。</u>	・ <u>多くの稼働実績があり安定性に関する問題はない。</u>	・ <u>長期的な安定稼働については、実績がない。</u>
	・ <u>緩速燃焼であり、短時間の負荷変動に対しても安定的な状態が維持できる。（長期的変動については高質ごみと低質ごみの範囲であれば対応可能である。）</u>	・ <u>瞬時燃焼であり、ごみ質が急変すると、炉内温度が急低下する等の不安定性が発現する。（長期的変動については高質ごみと低質ごみの範囲であれば対応可能である。）</u>	・ <u>ごみ質が急変すると直接焼却物と発酵処理物の比率の変動等の不安定性が発現する可能性あり。（長期的変動に対して比率が変動すると処理能力の不均衡生じる可能性あり）</u>
	・ <u>緩速燃焼による安定性はストーカ式の大きな特徴。</u>	・ <u>瞬時燃焼からより緩やかな燃焼制御を行う技術も導入。</u>	・ <u>長期的な組成変動への対応について、実績に乏しい。</u>
(3) 処理施設の構成 （基数等）	・焼却炉×2 基による構成が基本となり安定化をはかる。	・同左	・メタン発酵設備×1 基 ＋ 焼却炉×1 炉（又は 2 炉）
			・ <u>焼却炉 1 炉構成の場合は、2 炉構成に比べて故障・補修等により処理の安定性は低下する。</u> ・また、 <u>2 炉構成を選定する場合</u> 、処理の安定化は向上するが、 <u>施設全体の処理規模や施設面積が単純焼却方式に比べてより大きくなる。</u>

比較項目	焼却処理方式 (ストーカ式)	焼却処理方式 (流動床式)	ハイブリッド方式 (メタンガス化施設＋焼却施設)
2. 処理の経済性	○	(評価対象外)	△
(1) 交付要件等への適合 ①-1 循環型社会形成推進交付金要件（100 t / 日以下） ＜エネルギー回収率＞ 11.5%以上 ⇒1/3 17.0%以上 ⇒1/2 ※ハイブリッド方式は交付率1/2（バイオガスの熱利用率（ごみトン原単位）350kWh/ごみ t 相当以上に限る）	・全連（24h/日運転）の場合、 <u>小規模ごみ焼却施設（70t/日炉程度）でも発電は可能であるが、余熱利用条件、排水処理条件によっては、蒸気タービンによる発電効率が低くなる場合がある。</u> ・F I T制度の適用可。 ・エネルギー回収率：17.0%達成は設計条件設定、並びにプラントメーカーの技術力により達成は可能。 ◇アンケート結果では、4 社回答中 1 社が 1/2 交付要件の 17.0%を達成する見込みである。【△】	・同左（ <u>ストーカ式との差異は基本的にはない</u> ） ・F I T制度の適用可。 ・同左（ <u>ストーカ式との差異は基本的にはない</u> ） ◇アンケート結果（提案無し）。【－】	・ <u>メタン発酵設備から発生するバイオガスを燃料とする発電システムにより電気への転換が可能。この電気は FIT 制度により高額（39 円/kWh）で売電可能。</u> ・焼却施設では全連でも脱離液による排ガスの冷却を行うため、発電はやや非効率である。この電気はF I T制度により <u>バイオマス比率分は比較的高額（17 円/kWh）売電可能。</u> ・熱利用率：バイオガス発電で 350kWh/ごみ t 相当以上の達成が補助金対象（1/2）の条件であり、達成は可能の見通し。 ◇アンケート結果では、1 社（1 社回答中の 1 社）が所定の熱利用率を達成の見込み。【○】
①-2 二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金要件（100 t / 日以下） ＜エネルギー回収率＞ 11.5%以上 ⇒1/2	（補助金要件の対象） ◇アンケート結果では、4 社回答中 4 社が 1/2 交付要件の 11.5%を達成の見込み。【○】	（補助金要件の対象） ◇アンケート結果（提案無し）。【－】	（補助金要件の対象外） ――
②価格競争性	・応募参加条件により、 <u>比較的多くのメーカーが入札参加可能</u> である。（3 社 ～最大 8 社程度） ・入札により健全な価格競争が期待できる。 ◇アンケート結果では、同技術保有の 10 社中の少なくとも 3 社が参加の可能性あり。【○】	・近年、採用メーカー数が減少しており <u>入札参加数是不確実</u> である。（最大で 2 社程度） ・採用メーカーが少なく、流動床式のみを参加条件とすると価格競争性が失われる。 ◇アンケート結果では、同技術保有の 2 社中のいずれも同処理方式での参加意向はない。【×】	・応募参加条件により、 <u>複数社の入札参加が可能</u> である。（1 社から最大 3 社程度） ・参加条件を広く設定すれば一定の価格競争性が確保できるが、条件を絞込むと価格競争性が失われる。 ◇アンケート結果では、10 社中の 1 社が参加の可能性あり。【△】
③想定事業費（現時点での見積額）	◇アンケート結果による、5 社平均値は以下の通り。【○】 1）建設費（5 社平均値）：10,240 百万円 （参考(5 社回答より)：8,400～11,500 百万円） 2）維持管理・運営費（3 社平均値）：11,074 百万円／20 年間 （参考(3 社回答より)：9,281～13,860 百万円／20 年間、売電収入控除後） 3） <u>上記合計：21,090 百万円／20 年間</u> （参考(3 社回答より)：18,391～25,060 百万円／20 年間、売電収入控除後）	――	◇アンケート結果による、1 社回答値は以下の通り。【○】 1）建設費（1 社値）：14,300 百万円 2）維持管理・運営費（1 社値）：14,160 百万円／20 年間 （参考：売電収入 1,382 百万円／20 年間 を控除後の額） 3） <u>上記合計（平均値）：28,460 百万円／20 年間</u> （売電収入を控除後の額）
3. 環境保全性	○	○	○
(1) 公害防止	・特に近年のストーカ式では高度な燃焼制御が達成できており、これにより以下のメリットを得ることができる。 ✓ ダイオキシン類濃度の安定的な低減。 ✓ 窒素酸化物濃度の安定的な低減。 ・ただし、燃焼空気量の抑制による排ガス量の低減は臭気対策にとっては不利になる点には留意が必要である。	・流動用空気の吹き込みが必要であり、瞬時燃焼であるため、ストーカ式と比較し燃焼制御はやや苦手である。 ・流動砂による炉室内環境の悪化が他の居室に及ぶことがあり、建築構造においての工夫が必要となる。	・焼却処理方式に比べると、メタン発酵プロセスに発電プロセスを付加することになるため、以下のような更なる環境配慮が求められる。 ✓ ごみの破碎、選別工程における臭気対策。 ✓ 発電設備における窒素酸化物対策、騒音対策。
(2) 地球温暖化防止 (二酸化炭素排出量)	・焼却による二酸化炭素排出量はごみに由来するものが圧倒的に多く、削減にはごみ分別の徹底のほか、発電によりバイオマスを電気に転換することが肝要。また、施設内動力の省エネ化も有効である。処理方式に由来して増減するものは助燃材程度であり、 <u>処理方式での差異は小さい。</u>	・全連、准連方式とも <u>プラント動力量がストーカ方式より大きいので電気使用に伴う二酸化炭素排出量は多くなる。</u> ・ごみ質によっては定常的に助燃材が必要となる場合がある。	・ <u>メタン発酵により生じるバイオガスを電気に転換する等によりカーボンフリーのエネルギーを製造できる点が大きなメリット</u> となる。 ・ごみ焼却炉由来の二酸化炭素排出量は、焼却処理方式と同等。
(3) 環境影響評価	・生活環境影響調査の対象施設である（一般的な施設内容であり、従来の調査指針に従い調査を行うこととなる）。	・生活環境影響調査の対象施設である（一般的な施設内容であり、従来の調査指針に従い調査を行うこととなる）。	・生活環境影響調査の対象施設である（比較的に新規の施設内容であるため、従来の焼却施設部分の影響要因のほか、メタン発酵施設部分を考慮して調査を行うこととなる）。

比較項目	焼却処理方式 (ストーカ式)	焼却処理方式 (流動床式)	ハイブリッド方式 (メタンガス化施設＋焼却施設)
4. 社会情勢への適合	△	△	○
(1) プラスチック類のリサイクル	・現在、可燃ごみと一緒に焼却施設に搬入しているプラスチック類（組成割合は湿ごみベースで可燃ごみ中の 30%前後あり）については、焼却対象ごみとして取り扱うために、マテリアルリサイクルでなく、焼却後の熱回収によるサーマルリサイクルのみが可能となる。	・現在、可燃ごみと一緒に焼却施設に搬入しているプラスチック類（組成割合は湿ごみベースで可燃ごみ中の 30%前後あり）については、焼却対象ごみとして取り扱うために、マテリアルリサイクルでなく、焼却後の熱回収によるサーマルリサイクルのみが可能となる。	・現在、可燃ごみと一緒に焼却施設に搬入しているプラスチック類（組成割合は湿ごみベースで可燃ごみ中の 30%前後あり）を将来的に分別回収して焼却処理を行わずにマテリアルリサイクルに回す場合は、よりリサイクル率の向上につながる。（なお、プラ類を分別回収する場合は、次項 5. の地球温暖化ガス排出量については、プラ類専用の収集車両の活動に伴う負荷が考えられる）
			・ただし、将来的にプラスチック類を分別回収しない場合は、焼却処理方式と同様に、処理工程の後段の焼却施設にて処理するために熱回収によるサーマルリサイクルとなる。
(2) その他のリサイクルに関する事項	・焼却処理によるマテリアルリサイクルはないため、焼却残渣（焼却主灰・焼却飛灰）の再資源化により実現可能となる。	・焼却処理によるマテリアルリサイクルはないため、焼却残渣（焼却主灰・焼却飛灰）の再資源化により実現可能となる。 (ストーカ式に比べて、灰の多くは飛灰となるために、焼却残渣のセメント原料化等の際の前処理（脱塩）量も多くなる傾向がある)	・生ごみと可燃ごみを一緒に収集し、機械選別後、乾式メタン発酵を行い、回収されたバイオガスを発電設備で有効利用している事例が多い。また、発酵後の消化液を液肥として有効利用している事例もある。
		・焼却残渣から鉄の選別回収は可能であるが、酸化されているためその価値は低い。	・給食センター等からの分別された生ごみ（厨芥類）を受け入れする場合には、選別工程を経ずにメタン発酵設備に投入して処理が可能である。
5. 環境融和性	△	△	○
(1) 温室効果ガスの排出抑制	・ハイブリッド方式に比べて、焼却対象量がやや多いため、発生する二酸化炭素等の温室効果ガスの発生量はやや多い。	・ハイブリッド方式に比べて、焼却対象量がやや多いため、発生する二酸化炭素等の温室効果ガスの発生量はやや多い。	・焼却処理方式に比べて、焼却対象量を約 15%程度削減できる。 ・ただし、合成樹脂類（プラスチック類）を分別収集せずに焼却処理する場合は、後段の焼却炉で焼却することとなり、可燃ごみ全量を焼却処理する場合に比べて、温室効果ガスの発生量は、1 年当たり約 5 %～7 %の低減量であり、大幅な削減とはならない。 ・施設の稼働期間を 20 年間で設定した場合、20 年間の温室効果ガスの削減量は、スギ人工森林面積の約 1,900 h a （1 年間の同ガス吸収量）に相当する。
	注）補足検討資料を参照。	注）補足検討資料を参照。（ストーカ式に含めて表記）	注）補足検討資料を参照。
(2) 景観特性（処理施設の外観）等	・処理施設の構成はシンプルであり、流動床炉に比べて工場棟（焼却炉を格納する建屋）の高さはやや低く、外観としての圧迫感は少ない。	・処理施設の構成はシンプルであるが、ストーカに比べて工場棟（焼却炉を格納する建屋）の高さはやや高く、外観としての圧迫感が生じる場合がある。	・焼却方式に比べると処理施設の構成は前処理施設（発酵不適物の選別設備）及びメタン発酵設備（縦型と横型がある）の分、設備数が多くなりやや複雑となる。 ・その他、焼却施設棟（焼却炉を格納する建屋）の高さはストーカ式、流動床式により、違いがある。

温室効果ガス排出量の処理方式比較（焼却処理方式とハイブリッド処理方式の比較）

		単位	2019 (R1)	2028 (R10)	2034 (R16)	2047 (R29)	備 考
Ⅰ 焼却処理方式【全連ストーカ炉のみ】			実績	稼働1年目	稼働7年目	稼働20年目	70t/日（35 t /日×2炉）
焼却処理量【全連ストーカ炉のみ】		t/年	15,864	16,950	17,459	18,560	①：推計結果（R1～R16）から年0.5%で増加で想定
うち合成樹脂類（プラスチック類）処理量[推定]		t/年	5,235	5,594	5,761	6,125	②＝①×33%：組成%はごみ質調査結果から設定。 将来のプラ類分別無しの場合。
温室効果ガス排出量	CH ₄ （メタン）	t/年	0.0151	0.0161	0.0166	0.0176	③＝①×0.00000095t-CH ₄ /t
	N ₂ O（一酸化二窒素）	t/年	0.8995	0.9611	0.9899	1.0524	④＝①×0.0000567t-N ₂ O/t
	CO ₂ （二酸化炭素）	t/年	14,501	15,494	15,959	16,966	⑤＝②×2.77t-CO ₂ /t
	CO ₂ 換算計	t-CO2/年	14,780	15,792	16,266	17,293	⑥＝③×21＋④×310＋⑤（地球温暖化係数によるCO2換算）
	（R1比）	%	100.0	106.8	110.1	117.0	

		単位	2019 (R1)	2028 (R10)	2034 (R16)	2047 (R29)	備 考
Ⅱ ハイブリッド方式【メタンガス化＋焼却】			実績	稼働1年目	稼働7年目	稼働20年目	メタン発酵設備（27t/日）＋焼却施設（64 t /日×1炉）
焼却処理量【メタンガス化を除く後段の全連ストーカ炉分】		t/年	15,864	14,238	14,665	15,591	①：HB処理のマデバウより上記Ⅰの焼却処理量×84%で設定
うち合成樹脂類（プラスチック類）処理量[推定]		t/年	5,235	5,314	5,473	5,819	②：基本的には上記Ⅰの場合と同じ（プラ類も前処理設備で選別回収して全量焼却のため）であるが、計算上ではプラ類の選別回収率＝95%と仮定して試算した。
温室効果ガス排出量	CH ₄ （メタン）	t/年	0.0151	0.0135	0.0139	0.0148	③＝①×0.00000095t-CH ₄ /t
	N ₂ O（一酸化二窒素）	t/年	0.8995	0.8073	0.8315	0.8840	④＝①×0.0000567t-N ₂ O/t
	CO ₂ （二酸化炭素）	t/年	14,501	14,719	15,161	16,118	⑤＝②×2.77t-CO ₂ /t
	CO ₂ 換算計	t-CO2/年	14,780	14,970	15,419	16,392	⑥＝③×21＋④×310＋⑤（地球温暖化係数によるCO2換算）
	（R1比）	%	100.0	101.3	104.3	110.9	

		単位	2019 (R1)	2028 (R10)	2034 (R16)	2047 (R29)	備 考
温室効果ガス排出量（差分）	CO2換算計（単年）	t-CO2/年	0	822	847	901	⑦＝Ⅰ⑥－Ⅱ⑥
	CO2換算計（20年間累計）	t-CO2/年	－	17,134		⑧＝平均値（R10～R29）×20	
	スギ人工林の面積換算	ha	－	1,947		⑨＝⑧÷8.8 注）36～40年生のスギ人工林1ヘクタール（1,000本の立木相当）が1年間に吸収する二酸化炭素の量を約8.8トンとして算定（林野庁森林整備部森林利用課・森林吸収源企画班の公表資料より）	

注 1）焼却処理量は過去実績（平成23年度から令和元年度までの9年間）に基づき、トレンド推計等により推計した値を示している。

注 2）温室効果ガス排出量の算出方法及び各種係数は、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver4.7 令和3年1月 環境省・経済産業省」による。