

中小企業庁長官賞

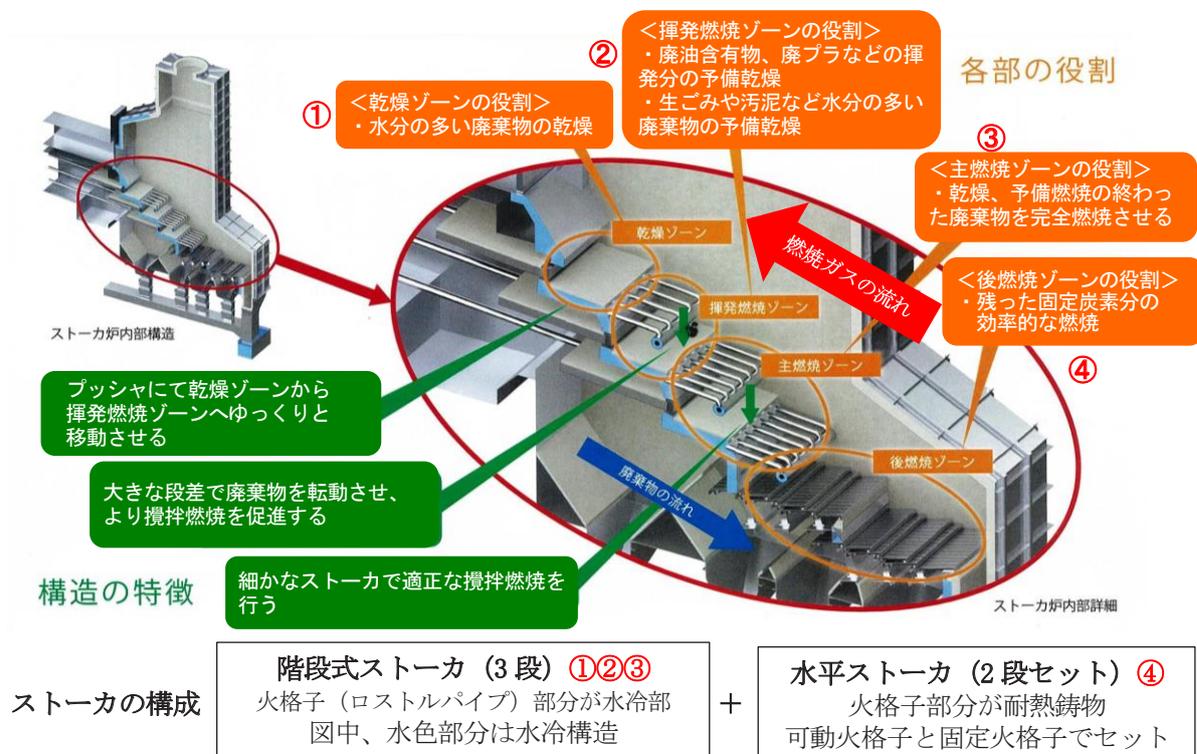
「多種廃棄物対応焼却炉 (AIS 型焼却炉)」

株式会社アクトリー

1. 装置の詳細説明

本装置は、階段式ストーカと水平ストーカを組み合わせることにより、熱量・性状の異なる多種多様な産業廃棄物及び一般廃棄物について、発電に適した安定燃焼焼却処理を可能とした焼却炉、アクトリー(A)インテリジェント(I)ストーカ(S)炉である。

前段の階段式ストーカでは、まず含水率の高い廃棄物の乾燥を行い（乾燥ゾーン）、次にプラスチック等の高負荷燃焼を行った（揮発燃焼ゾーン）後、安定燃焼を行う（主燃焼ゾーン）。なお、階段式ストーカは水冷ロストル構造の採用によりクリンカの発生を抑制し、且つストーカ部の長寿命化を図っている。また、後段の水平ストーカでは、独自に開発した「アクセラブレス」により最適な燃焼空気を供給し、固定炭素の効率的な燃焼を行う（図表 1）。



図表 1 本装置の特徴

産業廃棄物は発熱量変化が大きく形状等が様々であるため、従来、廃棄物の種類等によりストーカ式のほか、キルン式や流動床式などそれぞれの焼却物に効果的な方式を採用し焼却処理する必要があった。

本装置は、前記のとおり 2 種類のストーカを組み合わせることで、発熱量変化の大きい産業廃棄物処理においても燃焼室の負荷変動を低減することが可能となり、発電効率を改善している。その結果、階段式ストーカ単体の処理と比較して、売電収入 30%増加、燃料費（助燃油）40%削減が期待できる。また、多種多様な廃棄物を一括処理できるため、ランニングコストは 30%程度の削減が見込まれる。なお、各種排ガスはいずれも規制基準値を大きく下回り、熱灼減量は 5 分の 1 の約 2%まで低減している。1 基で多種の産業廃棄物処理可能な事業性重視のシステムである。図表 2 に本装置の特記事項を記載する。

（1）装置の構成

1) 乾燥ゾーン：階段式ストーカ

投入プッシャ（給じん装置）により投入された混合廃棄物は、乾燥ゾーンに投入される。水分の多い廃棄物はこのゾーンで乾燥される。階段式ストーカは水冷ロストル構造のため、液体がストーカ設備の内部に流れ出すことはない。また投入後、瞬間的に熱で融け出す廃プラスチックや繊維くず等がストーカの動きに障害を与えることもないという特徴がある。

2) 揮発燃焼ゾーン：階段式ストーカ

乾燥ゾーンからプッシャにより押し出された廃棄物は、下段に落下する際に攪拌される。乾燥した廃棄物は揮発燃焼ゾーンで燃焼速度の速いものは爆発的に燃焼する。酸素濃度が低くなりやすいので、強制的に燃焼空気を送り込む機構を持つ。水冷ロストル構造により過度の温度上昇を抑制し、クリンカの発生を抑制する。

3) 主燃焼ゾーン：階段式ストーカ

乾燥・予備燃焼が終了した焼却物を安定燃焼させる。燃焼速度が平均的な廃棄物は、このゾーンで燃焼する。

4) 後燃焼ゾーン：水平ストーカ（2 段）

一般廃棄物焼却炉で用いられる水平ストーカ方式を採用している。燃焼速度の遅い固定炭素分等は、このゾーンで燃焼する。上部には、耐火キャスタブルが配置されており、反射炉の原理により蓄熱された反射熱によってストーカ上の焼却物は高温に維持されている。後燃焼ゾーンはクリンカが発生しやすいため、適宜燃焼空気を送風し、適切な酸素濃度を維持し、クリンカの発生を防止している。

5) インテリジェントストーカ

階段式ストーカ及び水平ストーカに採用している。プッシャの押し出し速度、押し出し幅、動作時間等は、自動燃焼制御システム（ACC：Automatic Combustion Control）が適用され、人的労力を極力減らすことを考慮し、経験の少ない運転員でも熟練の運転が可能となるシステムである。

図表 2 本装置の特記事項

本装置特記事項		備考
■	中間処理業者様のニーズをフィードバック	納入実績国内トップ
	少量多品種に対応（低発熱量～高発熱量）	高利益率の焼却事業
	設備の取扱いが簡単	少人数対応
	最低限の前処理（前処理コスト削減）	1.5 m×1.5 m の投入口
	少ない助燃油使用量	立上げ立下げ時以外は不要
	安定燃焼による高い発電効率	売電による収入確保
	低メンテナンスコスト	稼働日数最大 330 日を確保 （一般廃棄物炉 280 日）
	無事故、高安全性の確保	遠隔操作可能
	低濃度 PCB 処理設備許可	全国 3 箇所に許可施設設置
■	産廃・一廃対応の炉構造	長年の技術蓄積
	水冷ロストル+耐熱鋳物ストーカ	
	多くの処理困難物と言われるものにも対応	受入品目 30～50 %UP
	雑缶処理室・ドラム缶処理室併設可能	追加オプション
	水冷構造+耐火キャスターのハイブリット	クリンカ付着防止・蓄熱 連続運転時間 120%UP

2. 開発経緯

(1) 開発経緯

2013 年 4 月	顧客より、産業廃棄物・一般廃棄物両方が同時に処理可能で、且つ発電に適した安定燃焼を確保できる過去にない焼却炉の開発要望が高まる
2013 年 10 月	自社所有試験用焼却設備にて、試験用ストーカ設置 炉内温度分布、酸素濃度他測定実施・流体シミュレーション解析実施
2014 年 4 月	燃焼空気供給ノズル（自社開発）の口径・吹出し方向・圧の改良
2014 年 6 月	燃焼空気均一化のための他社に例のない「アクセラブレス」の設計開発（鋳物設計製作）
2015 年 1 月	自社試験用焼却炉にて、耐久性、炉内温度分布、酸素濃度他測定実施 第 1 号機設計開始。その後、据付工事開始 本システムに適合した、自動燃焼制御システム（ACC）開発
2016 年 3 月	第 1 号機納入
2016 年 4 月	ACC プログラム改善

(2) 共同開発

無し

(3) 技術導入

無し

3. 独創性

本装置は長年の経験を持つ産業廃棄物焼却処理設備メーカーが試験を重ね生み出した「アクセラブレス」を搭載した、類似の形式が見受けられないストーカ炉である。

水平ストーカは、一般廃棄物焼却炉に広く用いられている歴史のある技術である。しかし、廃プラスチック等の高発熱量の産業廃棄物に対しては、前処理を行ってもストーカ部の寿命が短いというリスクがあった。当初、階段ストーカ（水冷ロストル方式）と水平耐熱鋳物ストーカをそのまま組み合わせて多種の廃棄物で試験したが、特に水平耐熱鋳物ストーカ部分で、大きなクリンカが発生し、両方式のストーカの動きを阻害した（図表3）。

そこで、各種の測定機器を用い、各部位の炉内温度、酸素濃度測定、更に流体シミュレーションを行い、試験炉内を測定・観測したほか、階段ストーカ部分の燃焼空気吹き込み用ノズルの口径、吹き込み方向をシミュレーション（シミュレーションソフト使用）し、それらの均一化を図った。

水平耐熱鋳物ストーカ部分には、燃焼空気を従来のストーカ間の隙間のみならず、前方へも噴き出すようにした「アクセラブレス」（図表4）を搭載し、燃焼空気との攪拌効果を高め燃焼を促進している。

当社ではこの「アクセラブレス」を用い、酸素濃度の偏りが30%以内になるような燃焼空気供給方法について研究開発を進めた。燃焼空気の供給にあたり、炉内に燃焼空気を入れすぎると炉内温度が低下するため、吹き出し量を考慮しているほか、水平耐熱鋳物ストーカ部分上部の炉体構造は、反射炉の原理を取り入れ、炉体耐火物の反射熱を利用して温度低下を防いだ。また、耐熱鋳物内部に燃焼空気を通すため、構成する部品部材への熱負担が少なくなり、従来製品より概ね30%以上高い耐久性、消耗部品の減少を実現している。なお、燃え殻の耐熱鋳物ストーカ間への侵入を防ぐため、燃え残りの量を30%程度削減する効果があることも分かった。

後段に水平ストーカを配置しても、前段の階段式ストーカ（水冷ロストル採用）により高発熱量の廃棄物の熱負荷は低減されているので、高発熱量に弱いというリスクは低減され、耐熱鋳鋼製「アクセラブレス」の採用が可能となった。また、クリンカ障害による運転停止も無くなり、年330日以上運転日数確保も可能となった。

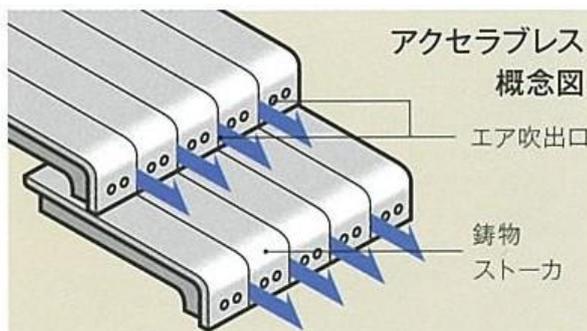
4. 特許の有無

次のとおり、特許1件を出願中。

公開番号：特開2019-086248 / 名称：焼却炉



図表3 クリンカ



図表4 アクセラブレス概念図

5. 性能

従来の産業廃棄物焼却炉の欠点である負荷変動を減少させ、混合産業廃棄物の一定負荷運転を実現すると同時に、余裕を持った排ガス規制値のクリアを実現した。

(1) 排ガスに係る性能

排ガス分析結果を図表 5 に示すとおり、法規制値を大幅にクリアしている。なお、窒素酸化物低減目的の特別な脱硝設備は設けておらず、ダイオキシン類は、炉内及び排ガス処理装置内のガスの流れをシミュレーションし、ショートパスを抑制し、分解及び再合成を防止している。

(2) 熱灼減量（燃え残り）に係る性能

燃え殻の分析結果を図表 6 に示す。設備完成直後の性能試験時は耐火キャスターの乾燥状況により変動するが、法規制値は十分クリアしている。近年の測定値（図表 7）は耐火キャスターが十分に乾燥しているため、さらに良好な値である。

図表 5 排ガス分析結果

測定項目	計量の結果	単位	法規制値	備考
ばいじん	0.001 未満	g/Nm ³	0.08 以下	O ₂ 12%換算値
硫黄酸化物	0.8	K 値	1.75 以下	1号機設置場所
窒素酸化物	66	ppm	250 以下	O ₂ 12%換算値
塩化水素	110	mg/Nm ³	700 以下	O ₂ 12%換算値
ダイオキシン類	0.0031	ng-TEQ/Nm ³	1 以下	O ₂ 12%換算値
一酸化炭素	25	ppm	100 以下	O ₂ 12%換算値

図表 6 燃え殻の分析結果（2016年性能試験時）

計量対象	単位	分析結果	法規制値	判定
熱灼減量	%	4.8	10	OK
ダイオキシン類	ng-TEQ/g	0.061	3	OK
アルキル水銀化合物	mg/L	0.0005 未満	検出されない	OK
水銀又はその化合物	mg/L	0.0005 未満	0.005 以下	OK
カドミウム又はその化合物	mg/L	0.001 未満	0.3 以下	OK
鉛又はその化合物	mg/L	0.007	0.3 以下	OK
六価クロム化合物	mg/L	0.01 未満	1.5 以下	OK
ひ素又はその化合物	mg/L	0.005 未満	0.3 以下	OK
セレン又はその化合物	mg/L	0.002 未満	0.3 以下	OK
1,4-ジオキサン	mg/L	0.05 未満	0.5 以下	OK

図表 7 燃え殻の灼熱減量（2021年）

計量対象	単位	分析結果	法規制値	判定
熱灼減量	%	2.2	10	OK

(3) 発電効率

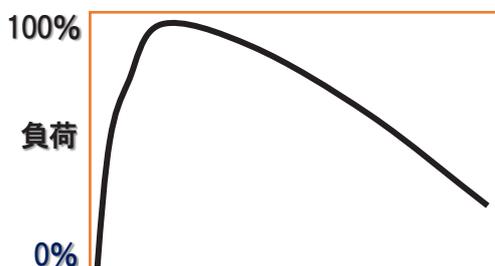
発電効率を大きく低下させる負荷変動を少なくすることで高い発電効率を実現した。

一般廃棄物と異なり、産業廃棄物は多業種の排出事業者から搬入されるため、廃棄物の熱量の違いにより、燃焼室負荷が時間により変化する。負荷変動は、発電効率に大きく影響するため、一定の負荷で運転することが必要となる。なお、負荷が半分になると発電量がゼロになる場合もある(図表8)。一部の産業廃棄物焼却炉に採用されているバッチ式等は、負荷変動が大きく、発電効率が悪い(図表9)。そのため、補助燃料(化石燃料)による追い炊き、コントロールの難しい複数基の並列運転などが必要だった。

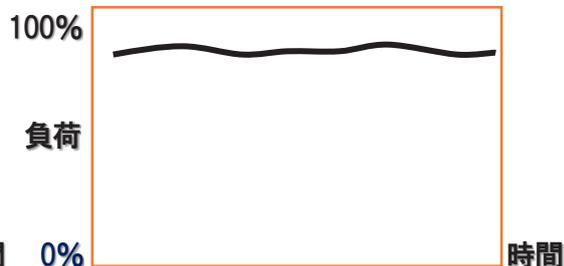
本装置は、それぞれの廃棄物の熱量に対応したストーカで燃焼させるため、負荷変動が少なく、この問題を解決した(図表10)。したがって、定常運転では補助燃料(化石燃料)の使用を伴わず、1基の設備で高効率な熱回収が可能である(図表11)。図表12に発電量測定値を示す。



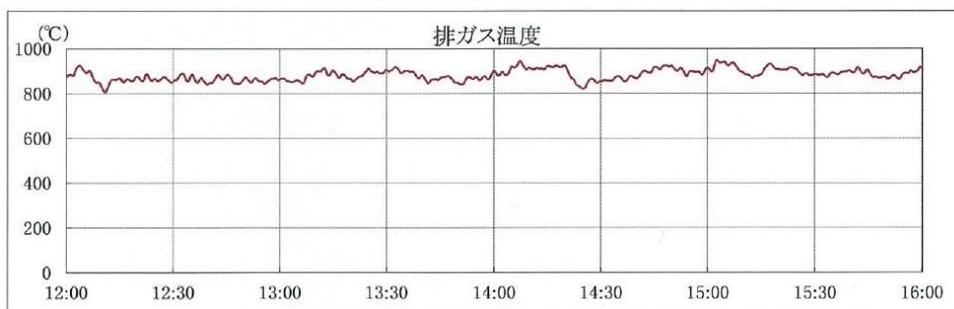
図表8 焼却負荷と発電量の関係



図表9 バッチ炉の負荷変動(概念図)



図表10 本装置の負荷変動(概念図)



図表11 第1号機性能試験時の負荷変動データ(補助燃料(化石燃料)未使用)

図表12 発電量測定値

測定項目	測定地点	単位	設計値	測定値	判定
最大発電量	発電機出口	kWh	1,950	1,950(平均1,932)	OK

(4) その他環境負荷に係る性能

図表 13 にばいじんの分析結果、図表 14 及び 15 に騒音・振動の測定値を示す。いずれも良好な数値が得られている。

(5) 耐久性・安全性

投入装置により乾燥ゾーンに投入される廃棄物は、強度が十分に保たれた水冷ロストル（火格子）上に落下するため、最も損傷の激しい部位の高耐久性が保たれている。燃焼が激しい部位には水冷壁を配置し、クリンカの発生防止や耐火キャストの長寿命化を図っている。

取扱いに注意が必要な危険廃棄物は、「多目的燃焼室」、「医療系廃棄物投入装置」、「ドラム缶燃焼室及び搬入装置」（いずれもオプション仕様）を併設することにより、最大限自動化し遠隔操作することで、作業者の安全を確保している。

(6) 運転操作性

自動燃焼制御システム（ACC：Automatic Combustion Control）の採用で、ごみクレーン操作者 1 名で全装置の操作ができる（図表 16）。

全ての運転データは PC 内に蓄積しており、特にストーカの作動情報を蓄積することで、より安定燃焼を実現するための学習機能を保持している。

また、ばい煙の自動測定装置が完備されており、これまで半年毎のばい煙測定で管理していたばいじん、硫黄酸化物、窒素酸化物、塩化水素、一酸化炭素、酸素、排出ガス量の濃度を、逐次グラフィックパネルに表示し、各濃度をリアルタイムで確認することができる。

図表 13 ばいじん分析結果

計量対象	単位	分析結果	法規制値	判定
ダイオキシン類	ng-TEQ/g	2.2	3	OK
アルキル水銀化合物	mg/L	0.0005 未満	検出されない	OK
水銀又はその化合物	mg/L	0.0005 未満	0.005 以下	OK
カドミウム又はその化合物	mg/L	0.001 未満	0.3 以下	OK
鉛又はその化合物	mg/L	0.007	0.3 以下	OK
六価クロム化合物	mg/L	0.01 未満	1.5 以下	OK
ひ素又はその化合物	mg/L	0.005 未満	0.3 以下	OK
セレン又はその化合物	mg/L	0.002 未満	0.3 以下	OK
1,4-ジオキサン	mg/L	0.05 未満	0.5 以下	OK

図表 14 騒音測定値（工業専用地域）

測定項目	測定地点 (南側敷地境界)	単位	第 4 種 区域	測定値	判定
				施設稼働時	
騒音	昼間(8:00~18:00)	dB(A)	70	58	OK
	朝夕(6:00~8:00, 18:00~22:00)			58	
	夜間(22:00~6:00)			57	

図表 15 振動測定値（工業専用地域）

測定項目	測定地点 (南側敷地境界)	単位	第2種 区域	測定値	判定
				施設稼働時	
振動	昼間(8:00~19:00)	dB(A)	65	38	OK
	夜間(19:00~6:00)			>30	



図表 16 ごみクレーン操作室

(7) 維持管理性等

PC内に蓄積されたユーティリティの使用量を集計することで、ランニングコストの解析を容易に行うことができるほか、エラー情報も蓄積することで解析により予防保全の基本データとして利用している。

維持管理・設備長寿命化について、先ず本装置の当社発行のマニュアルを順守することにより、定期点検や部品の定期交換時期等を決定する。過剰なメンテナンスを防止するため、フィードバックされた運転データとの比較検討を行い、逐次、最適なメンテナンス間隔を決定する。

6. 経済性

図表 17 に従来装置（水平ストーカ（後燃焼）の無い階段式ストーカ炉）との経済性比較を示す。

本装置は従来装置と比べインシヤルコストが増加するが、ランニングコストの優位性により総合的に経済性が優れている。具体的には 20%程度装置価格が増加するが、負荷量が増えるために収益は増すと考えられ、安定運転が発電効率の増加に寄与するため、約 4 年程度で回収が可能である。

なお、本経済性比較には表れないが、インシヤルコストの低減に繋がるものとして、1 基で多種の廃棄物が処理できる特長が挙げられる。本装置を導入すること異なる処理方式の焼却炉を複数導入する必要が無く、トータルでのインシヤルコストの大幅な節約ができる。また、営業面においては、売上金額には表れないが、受入品目が増えることにより外注費用が抑制可能で粗利が向上する。

図表 17 従来装置と本装置の経済性比較表

	従来装置	本装置	
イニシャルコスト	100	110	
装置費用	100	120	
設置費用	100	100	パッケージ化にて費用削減
ランニングコスト	100	70	
電気代			
消費電力	100	70	自己発電により設備運転可能
売電収入	100	130	安定運転が可能
人件費	100	80	ACC 採用
燃料費	100	60	助燃油として
薬品代	100	100	
メンテナンス費用	100	70	鋳物他長寿命化
省エネルギー	100	120	発電能力に起因
省資源	100	120	発電能力に起因
省スペース	100	105	

7. 将来性

将来性については、本装置単独ではなく、施設周辺に至るシステムで考える必要があり、以下のような展開が可能である。

(1) 脱炭素社会への提案

自然条件に影響を受ける太陽光発電や風力発電とは異なり、安定したエネルギーを 24 時間発生させることができる廃棄物発電は、エネルギー（熱・電気）を供給することができる。マルチベネフィットが注目されている現在、一定の負荷で多種の廃棄物を 1 基の焼却炉で処理できる本装置はエネルギー供給源として最適である。協働するシステムを構築することによりオープンイノベーションを展開し広く社会に貢献できる。

(2) 地域貢献（災害時の対応）

本装置は SDGs の 17 項目中、6 項目に貢献することが可能である。特に目標 11「住み続けられるまちづくりを」においては、本装置をはじめとした廃棄物処理施設が単独で水や温水、電力、トイレ（廃水処理）といったユーティリティを保持しているため、災害時に避難場所を提供することが可能であり、地域住民支援に大きく貢献する。

また、周辺環境に配慮した設備設計を志向している。具体的には地域（産業）に調和したデザインを採用し、環境教育や啓発活動を行うレイアウトとしたほか、見学者コースを設定したり、親しみやすいデザインにして近隣住民に広く開放したりしている。また、建設例としては臨海地区における津波待避所として、展望台も設置している。

(3) 海外展開について

取扱いが容易で発電効率も高い本装置は、海外にも展開可能であると考えられる。