

1. 装置の詳細説明

本装置は、AI、データ分析技術を活用することにより、運転員が行う手動介入操作と同等の操作を自動的に実施する機能を備えたストーカ式の廃棄物焼却装置である。

一般的なストーカ式焼却炉には、自動燃焼制御装置 (Auto Combustion Controller: 以下 ACC) が適用されており、通常は ACC により安定した燃焼状態が保たれている。しかし、大きさ・形状・材質等が様々なごみが投入される焼却炉では、ごみ質の変動に対して、ACC では安定した燃焼状態を維持できず、運転員が常時燃焼状態を監視し、燃焼安定化のために介入操作 (以下、手動介入操作) を行う必要があった。

「AI・データ分析技術を導入した全自動一般廃棄物焼却装置」(以下、新型装置) は、複数のプロセスデータとごみの燃焼状態から、手動介入操作の内容をプログラム化した「自動運転システム」を従来の ACC と組み合わせて燃焼制御をする廃棄物焼却装置である。新型装置では、焼却炉の全自動運転が可能であり、手動介入操作が不要となった。図 1 に新型装置の燃焼制御イメージを、図 2 に燃焼制御の概要図を示す。

新型装置における自動運転システムの制御対象は以下の 4 項目であり、制御対象毎に動作条件を設定している。

- ・ 給じん速度 (ごみの供給量)
- ・ 火格子速度 (ごみの供給量、ごみの燃焼位置)
- ・ 一次空気流量 (ごみ燃焼用の空気量)
- ・ 二次空気流量 (燃焼管理温度調整用の空気量)

新型装置では、AI 技術を活用し、燃焼状態の良否を運転員の考えに近い形で数値化できる AI 燃焼画像解析システムを導入している。この画像データとプロセスデータを組み合わせた結果を基に、燃焼状態を見て運転員が行う介入操作を、全自動で代替できる。

従来装置では、運転員が各々の経験に基づき手動介入操作をするため、判断基準にばらつきがあり、操作の遅れ等もあった。一方、新型装置では、一定の動作条件で確実に自動介入操作が実施されるため、燃焼の安定性が向上する。これにより、以下の効果が実現できている。

- ・ 発電電力量の向上。
- ・ 燃焼管理温度低下時に増加する CO 濃度の低減。
- ・ 燃焼管理温度上昇時に増加する NOx 濃度を低減させる薬剤として噴霧する、アンモニアガス消費量の削減。

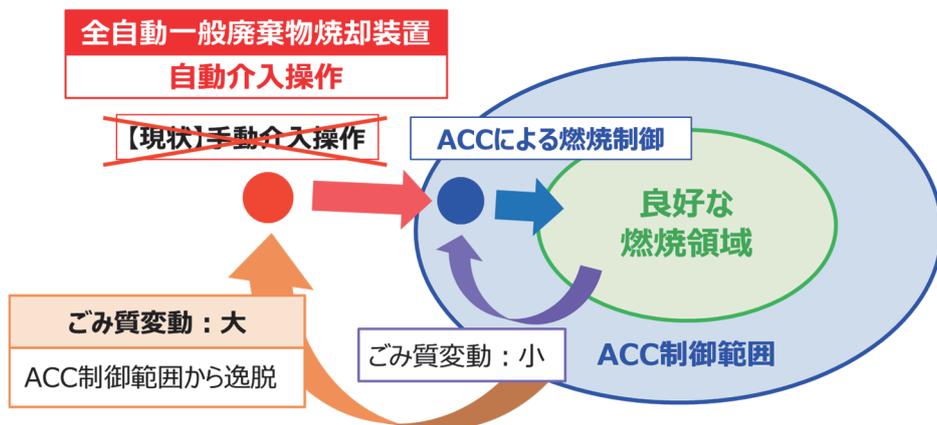


図1 AI・データ分析技術を導入した全自動一般廃棄物焼却装置による燃焼制御イメージ

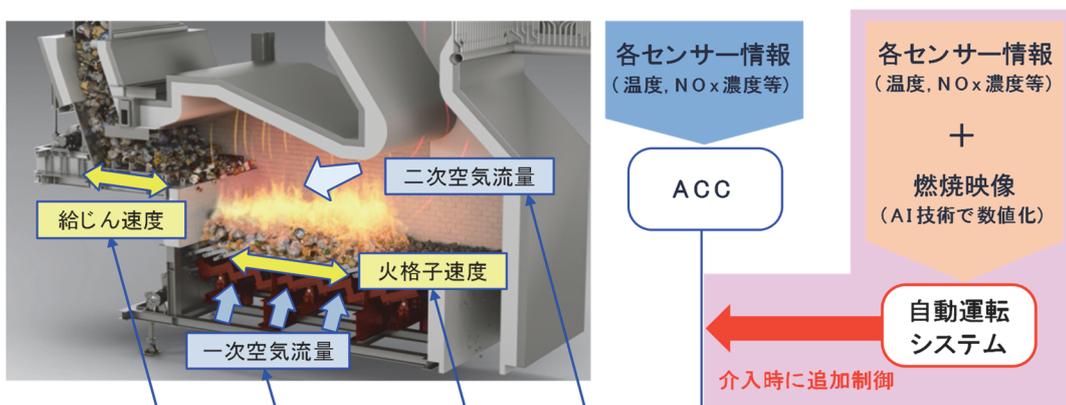


図2 AI・データ分析技術を導入した全自動一般廃棄物焼却装置の概要

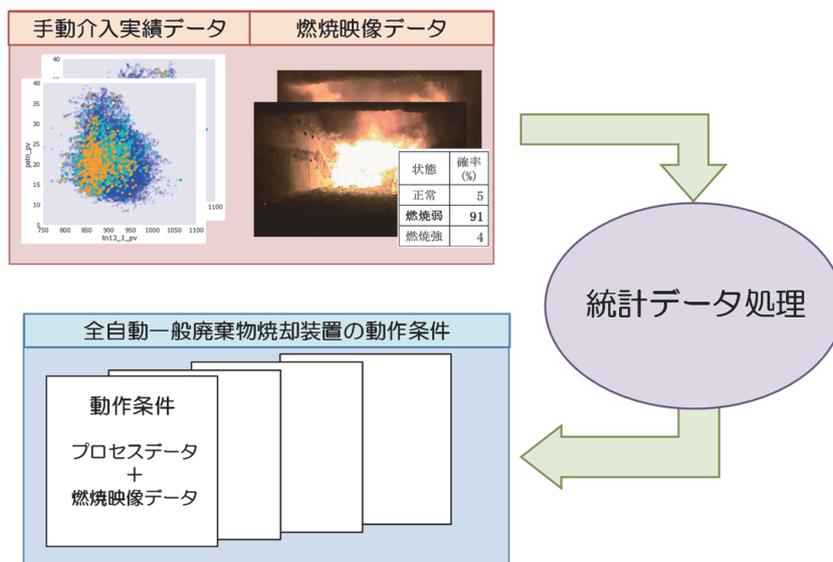


図3 全自動一般廃棄物焼却装置の動作条件算出イメージ

2. 開発経緯

(1) 開発経緯

- ・開発の主旨：一般廃棄物処理施設のストーカ式焼却炉において、介入操作を自動化し、安定した燃焼状態の維持と環境負荷の低減を両立する。
- ・開発の目標：ストーカ式焼却炉において、新型装置が安定した燃焼状態を自動で維持する（介入操作回数ゼロでの運転）。

2014年～ 複数の運営施設で焼却炉運転データを収集・分析実施（現在も継続中）。

2016～18年度 AI 燃焼画像解析システムの開発と自動運転プログラムを搭載する新型焼却装置を1号機に向けて実証。

2018年10月 第1号機の運転開始。調整運転の後、性能を確認。

2019年4月～ 第1号機の実運用開始。

(2) 技術導入

AI 画像解析技術を活用し、燃焼状態を数値化する燃焼画像解析システムを構築した。本AI 機能では、入力された燃焼画像を、分類器に入力し、その燃焼画像がどの分類にどの程度の確率を有するかを判定して数値化する。この分類器は、過去の燃焼画像で学習し精度を高めることで運転員と同様な判断ができる。図4、図5に燃焼画像解析システムによる数値化の例を示す。

a) 燃焼状態が正常の場合（“正常” 確率90%）



- ・燃焼映像は1分毎にクラウドサーバへ保存される。
- ・保存された画像に対し、右記の数値化を 実施する。

- ・燃焼映像の数値化（確率の形で数値化）
⇒ 燃切点の位置や、火炎の大小等で燃焼状態の安定性を数値化している
⇒ “正常” 以外の確率が高い場合は不安定な燃焼状態と判断する

図4 燃焼画像システムによる数値化例（正常な場合）

b) 燃焼状態が不安定な場合（“火炎前” [激しく燃焼している状態] 確率87%）



図5 燃焼画像システムによる数値化例（燃焼状態が不安定な場合）

この燃焼状態の数値化データは、関連するプロセスデータと組み合わせて、主として給じん装置と火格子の速度調整をしている。

3. 独創性

前述のとおり、ごみ焼却炉ではごみ質の急激な変動によって、図1に示す“ACC制御範囲”を逸脱することがあるため、安定した燃焼状態を維持するために手動介入操作が必要であった。手動介入操作実績データの分析により、“ACC制御範囲”を実質的に数値化することができ、これを自動運転システムの動作条件へ応用することで、新型装置では全自動運転が可能となった。

新型装置では、運転員と同様にプロセスデータ及び燃焼映像を組み合わせる形で、動作条件及び制御内容を定量化している。本取組みは、ストーカ式焼却炉の燃焼制御において、ほかに例が無い。

燃焼状態が悪化した場合の各装置の介入操作は、一定の動作条件で確実に自動操作が実施されるため、燃焼安定性が向上する。これにより、発電量の増加や薬剤使用量の低減が実現された。また、図6に示すように、燃焼管理温度の分布面積が20%低減されている。特に、燃焼管理温度の低下が抑制されたことからCO発生抑制とともにダイオキシンの発生リスクも低下していることを確認できる。

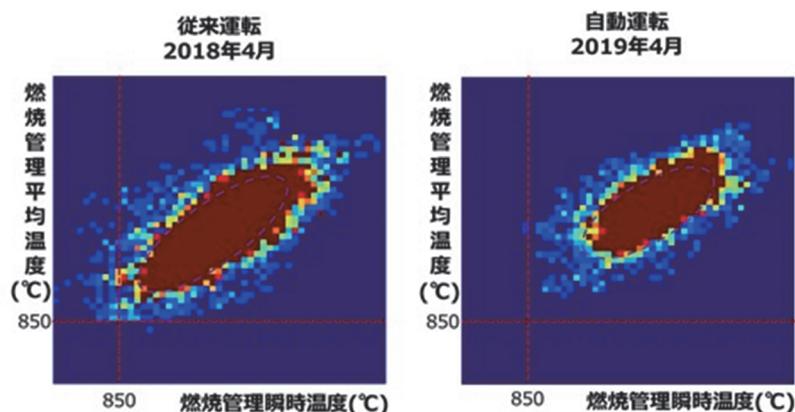


図6 燃焼管理温度の分布（新潟市新田清掃センター）

4. 特許の有無

次のとおり、特許を1件出願中。

出願番号：特願 2019-123411 / 名称：自動燃焼制御方法および自動燃焼制御装置

5. 性能

表1に、第1号機である新潟市新田清掃センターにおける、従来装置と新型装置の1か月間の運転結果及び新型装置の環境負荷低減効果を示す。新型装置は従来装置と比べ、発電電力量4%向上、CO濃度約52%低減、NO_x濃度を管理する薬剤であるアンモニアガスの噴霧量が約30%減少を実現した。なお、下記データは監視制御装置（DCS）で作成している運転帳票のデータである。

このように新型装置は、焼却炉の安定した自動運転と環境負荷低減の両立が可能である。

表1 従来装置と新型装置の1か月間の運転結果及び新型装置の環境負荷低減効果

	従来装置 (2018年7月)	新型装置 (2019年7月)	環境負荷低減効果
煙突CO濃度 (1か月の平均値 ^{※1})	2.7 ppm	1.3 ppm	約52%低減
煙突NOx濃度 (1か月の平均値 ^{※1})	41.4 ppm	41.3 ppm	— ^{※2}
アンモニアガス使用量 (1か月の積算値)	266Nm ³	185Nm ³	約30%低減
	従来装置 (2018年)	新型装置 (2019年)	環境負荷低減効果
ごみ1tあたりの 発電電力量 (1年の平均値)	482.7 kW/t	503.4 kW/t	約4%向上

※1：1時間毎の平均値より算出

※2：煙突NOx濃度はアンモニアガスの噴霧量で制御しているため大きな低減は無く、参考値。アンモニアガス使用量の削減により環境負荷が低減される。

6. 経済性

表2に、従来装置と新型装置の経済性比較を示す。新型装置では、前章で整理した環境負荷低減効果に加えて、運転員による燃焼の監視や手動介入操作が不要となるため、人件費も削減できる。また、燃焼改善操作の品質が向上することや、燃焼管理温度が安定化することで熱変動が小さくなるため、焼却炉ボイラでの蒸発量の発生が安定するとともに、焼却炉の耐火物の劣化も中長期的に抑えられ、修繕費用の低減が見込める。

表2 従来装置と新型装置の経済性比較

	従来装置	新型装置
イニシャルコスト	100	105
装置費用	100	110
設置費用	100	100
ランニングコスト	100	70
人件費	100	60
修繕費	100	80
薬剤費	100	80
システム維持費	100	110
売電電力	100	104
総合 [※]	100	70

※運営期間全体でイニシャルコストとランニングコストを総合的に評価

年間ランニングコストを 30%削減できる効果のみでも、イニシャルコストの増加分を 2 年で回収できる見込みである。

7. 将来性

新型装置は、ストーカ式焼却炉の手動介入操作を自動化する機能を有する「自動運転システム」を組み合わせることにより、ストーカ式焼却炉の全自動運転を可能とするものである。このため、ACC の制御方式を変更することなく本装置を追加することができる。

今後、当社が新規に建設する施設への適用にとどまらず、当社が建設した既存で稼働している焼却炉にも本装置の機能を付加できる。さらに、ACC は各社が独自の装置を有しているが手動介入操作による燃焼安定化は必須であること、手動介入操作を代替する自動運転システムは ACC から独立していることから、新型装置は自社が建設した焼却炉以外にも軽微な変更で適用可能と思われる。

以上から、新型装置は、国内外問わず、ACC を有するストーカ式焼却炉へ広く適用できると考えている。