

AI を活用した燃焼制御システム 「ICS (Intelligent Control System)」



プロジェクトセンター 環境技術1部
〒660-0806 兵庫県尼崎市金楽寺町2丁目2-33
TEL 06-6483-2640
FAX 06-6483-2764

1. はじめに

これからのごみ処理施設は、少子高齢化・労働人口減少にともなう人材不足に対応しつつ、従来通り適切なごみ処理を継続しなければならない。当社は施設運転の更なる自動化に取り組むことによって、この課題の解決を目指している。これらの取り組みの一つとして、熟練運転員と同様に、燃焼の異常とその異常を回避するために必要な手動操作を、運転データや焼却炉内の燃焼状況をもとに予測する AI を活用した燃焼制御システム『ICS (Intelligent Control System) (以下 ICS)』を開発した^{1) 2)}。

2. AI を活用した自動燃焼制御の概要

ごみ焼却炉は通常、自動燃焼制御（以下、ACC: Automatic Combustion Control）によって安定した燃焼を維持している。しかし、焼却炉へ投入されるごみの性状が急激に変化する

と、ACC だけでは安定した燃焼状態を維持することが難しく、一時的に運転員による手動操作が必要となる。この時熟練運転員は、焼却炉内温度や供給している空気量などのプラントの複数の運転データや焼却炉内の燃焼状況を自己の経験と照らし合わせ、この先発生する可能性のある不安定な燃焼状態（以下、異常）を予測し、それを回避するために必要と考えられる手動操作を行っている。

そこで、熟練運転員と同様に運転データや燃焼状況から、この先発生する可能性のある燃焼の異常とそれに対応する必要な操作を AI で予測するシステム『ICS (Intelligent Control System)』を開発し（図1）、ごみ焼却炉特有の燃焼変動の自動安定化を図っている。

燃焼状況の変動は、炉内温度などの運転データに反映されるよりも早いタイミングで燃焼画像（燃え方）に反映されるため、熟練運転員は

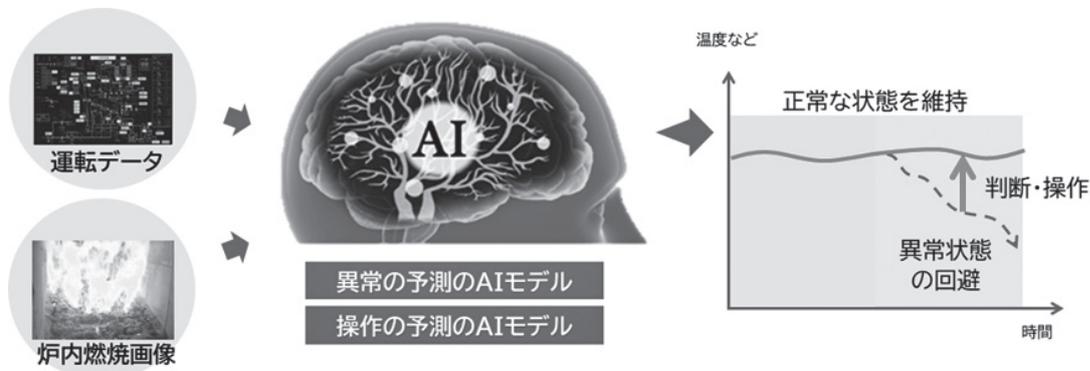


図1 AI を活用した燃焼制御システム『ICS (Intelligent Control System)』

炉内燃焼画像を監視することで素早く燃焼変動を把握し、安定燃焼を維持する操作を行っている。当社の ICS は、炉内温度などの運転データに加え、炉内燃焼画像を活用することによって、熟練運転員と同様に早いタイミングで燃焼の変動をとらえ、安定した燃焼状態を維持する機能を有している。

3. ICS の自動学習機能による運転状況の変化への対応

ごみ焼却炉の長期的な操業においては、焼却されるごみの質と量が一定ではないため、運転状況の季節的・経年的な変化が起こり、当初の ICS の予測が現状に適さないものになってしまう恐れがある。そこで、このような運転状況の変化に対しても予測性能を維持するための学習機能を実装している。この機能は、直近やある特定期間のデータを学習することで、ICS の各種パラメータを自動で最適化する機能である。この機能によって、ICS が現状の運転状況に応じた予測性能を維持することが可能となり、長期的な操業においても安定運転が可能となる。

4. 実証試験

4.1 施設概要

ICS からの予測結果と自動燃焼制御を組み合わせた運転（以下、ICS 自動運転）の実証試験を諏訪湖周クリーンセンターにて実施している。諏訪湖周クリーンセンターは 2 炉構成であ

るため、1 号炉で ICS 自動運転を実施し、2 号炉では従来通りの ACC と運転員の手動操作に基づく運転を実施することにより、ICS 自動運転の性能を評価した。

4.2 評価方法

ICS 自動運転の性能は「手動操作の削減率」と「焼却炉の燃焼安定性」の 2 指標で評価した。

1) 手動操作の削減率

ICS 自動運転の省力化効果を評価するため、焼却炉における運転員の手動操作の削減率を 1 号炉と 2 号炉を比較し評価した。なお ICS 自動運転を実施する前に、1 号炉と 2 号炉の手動操作回数は同等であることを確認している。

2) 焼却炉の燃焼安定性

ICS 自動運転を実施している焼却炉の燃焼安定性を評価するため、ボイラ蒸発量変動係数と煙突 CO 濃度平均値を指標として使用した。

4.3 試験結果

1) 手動操作の削減率

3 週間以上にわたり、ICS 自動運転を実施している 1 号炉では焼却炉における手動操作がゼロとなり、手動操作の削減率 100% を達成した。

2) 焼却炉の燃焼安定性

試験期間中における、**図 2** に煙突 CO 濃度（1 時間移動平均）のトレンドを、**図 3** にボイラ蒸発量のトレンドを示す。特に煙突 CO 濃度は、ICS 自動運転を実施した 1 号炉の方がピークの発生頻度が少なくなっており、ボイラ蒸発量も 2 号炉と同様に安定していた。

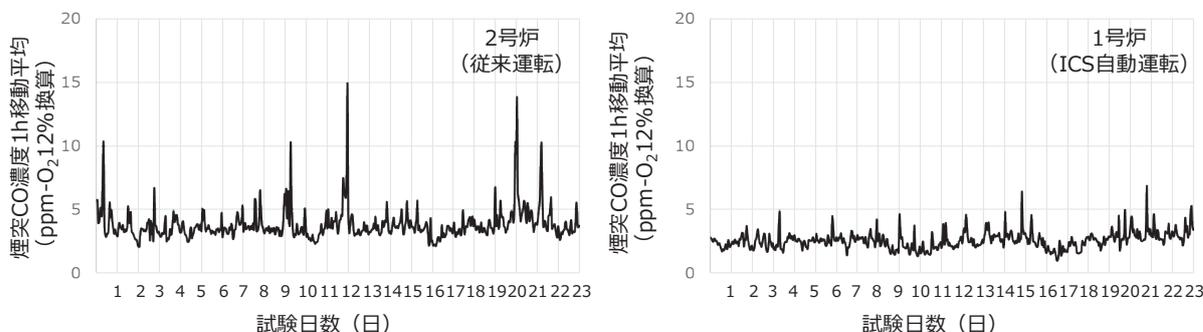


図 2 試験期間中の煙突 CO (1 時間移動平均) のトレンド

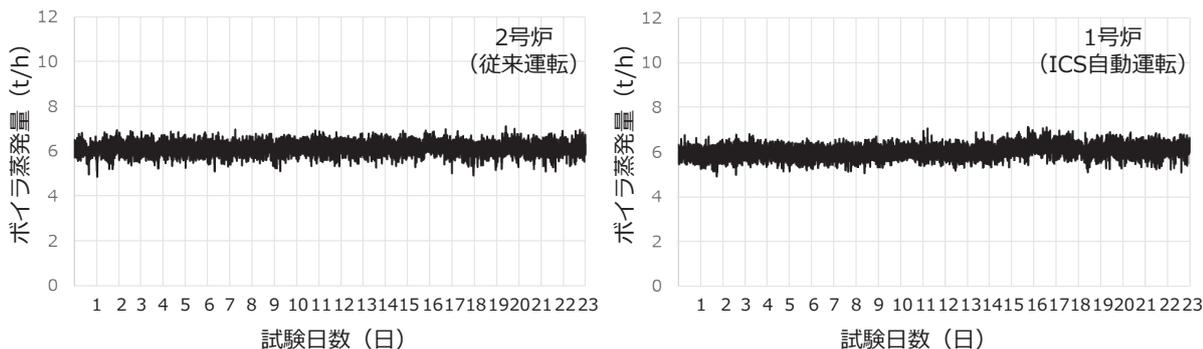


図3 試験期間中のボイラ蒸発量のトレンドグラフ

表1 試験期間中の焼却炉の運転状況

	単位	2号炉 (従来通りの運転)	1号炉 (ICS 自動運転)
ごみ処理量	t/日	51.1	49.9
ごみ低位発熱量	MJ/kg	9.1	9.3
CO 濃度平均値	ppm	4	3
ボイラ蒸発量変動係数*	-	1	0.97

※ 2号炉のボイラ蒸発量変動係数を1として計算し、評価を行った

また、期間中の運転条件および評価指標の数値を表1に示す。1号炉の方がCO濃度の平均値は低く、ボイラ蒸発量の変動係数が小さくなった。これらの結果から、ICS自動運転を実施した1号炉の燃焼安定性を示す評価指標は従来通り熟練運転員が操作した2号炉と比べても同等以上であった。

4.4 ICS 自動運転の長期性能確認

2020年10月からは2号炉においてもICS自動運転を導入し、1年間にわたり四季を通じた自動運転の性能確認を行った。

その結果、ICS自動運転を実施する以前と比較し、手動操作の削減率が99%以上となっていることを確認した。また焼却炉の燃焼安定性を示す指標についても、従来通り熟練運転員が操作した数値と同等以上であることを確認した。

5. おわりに

ICSからの予測結果と従来の自動制御を組み合わせた自動運転によって、3週間以上にわたる焼却炉での運転員の手動操作ゼロを確認し、

ICSの自動運転の燃焼安定性は、熟練運転員が操作した炉と比べ同等以上であった。またその後の1年間にわたる四季を通じた自動運転においても、手動操作の削減率99%以上と燃焼安定性を確認した。

今後AIをはじめとする様々な先端技術を活用し焼却炉の運転を含めた施設全体での更なる自動化を実現していく所存である。

謝辞

最後に、本実証試験に多大なるご協力を頂きました湖周行政事務組合をはじめ、関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 藤本祐希, 井藤宗親: ごみ処理施設におけるAIを活用した燃焼の自動安定化技術の開発(第一報), タクマ技報, Vol.28, No.1, pp.25-28 (2020)
- 2) 藤本祐希, 井藤宗親: ごみ処理施設におけるAIを活用した燃焼の自動安定化技術の開発(第二報), タクマ技報, Vol.28, No.2, pp.38-42 (2020)