

ごみ焼却施設最適運営に向けた高度自動運転システムの開発

三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社

1. はじめに

近年、ごみ焼却施設のニーズとして、CO₂ 排出抑制の観点から施設の安定稼働とコスト削減の両立が求められている。また、ごみ焼却施設では、ベテラン運転員不足の懸念、感染症のパンデミック等の対応などについて、各現場主体の運転・管理だけではなく、遠隔または自動運転による支援が一層重要となっている。当社ではこうした背景を踏まえ、AI遠隔監視・運転支援システム及び自動運転システムを構築し、施設の操業安定化・省人化に取り組んでいる。本稿では、当社のAI遠隔監視・運転支援システムでの焼却炉自動運転とピットクレーン自動運転に関してIクリーンセンター(施設規模91t/日・炉×2炉)で実施した検証結果について報告する。

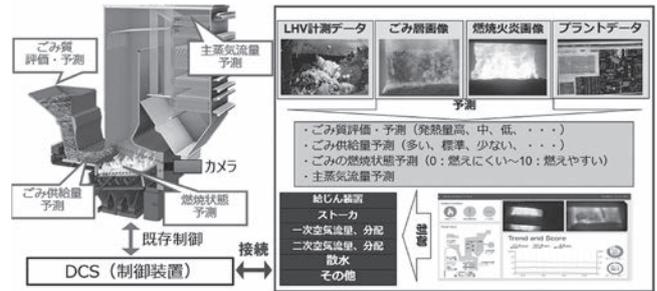


図-2 MaiDAS® Navigatorの機能

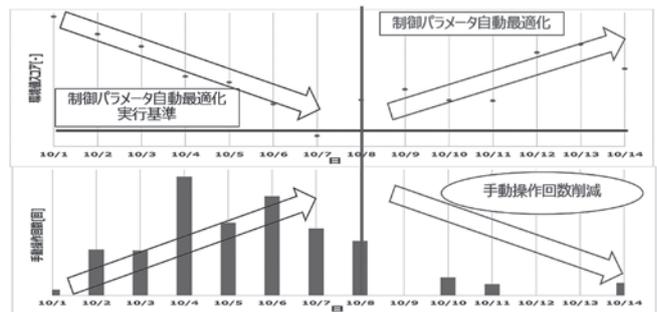


図-3 パラメータ自動最適化による手動操作介入回数削減(環境値スコア:CO、NOx濃度などの運転データをもとに算出される数値で値が大きいほど良好な運転状態であることを示す。)



図-1 AI運転監視・支援システム MaiDAS®

2. AI運転監視・支援システムの概要

当社ではクラウド上に実装したAIモデルを活用してシステム全体の高度化を進めており、機械学習、特に深層学習などのAI技術、更にIoTなどネットワーク技術を融合した次世代型のAI遠隔監視・運用支援システムであるMaiDAS®(図-1)を構築している。

この中で、MaiDAS® Navigator(図-2)は、ごみ質、ごみ供給状況を特殊計測データ(LHV計測、ごみ層画像、燃焼火炎画像)とプラントデータを活用して従来の燃焼制御を高度化し、手動操作を自動化する燃焼制御・運転支援サブシステムである。

3. MaiDAS® Navigatorによる高度自動運転

当社はIクリーンセンターにてMaiDAS Navigatorを用い2021年10月から2年以上に亘って高度自動運転について検証しており、手動操作介入の回数を大幅に削減している。その様な中、季節的な大きなごみ質の変動による月ごとの手動操作介入回数の増減が長期データの分析により判明し、都度パラメータ調整を行う必要があった。

そこで図-3に示す通り、多数目的最適化理論に基づいた自動運転制御パラメータ自動最適化手法を構築することで季節的な大きなごみ質の変動による手動操作介入回数の増加を抑制できた。図-4に制御パラメータ自動最適化手法実装前後での手動操作介入削減率月平均を示した。最適化実装後は直近での大きな落込み無く削減率月平均は90%程度となり、

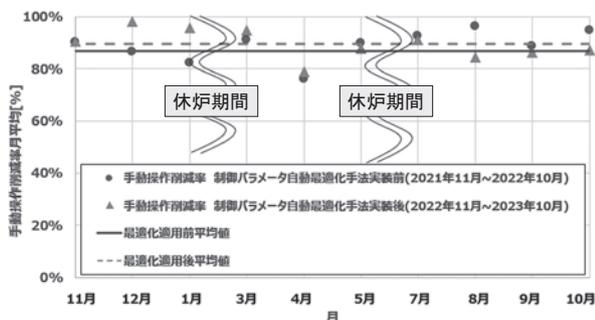


図-4 手動操作削減率月平均

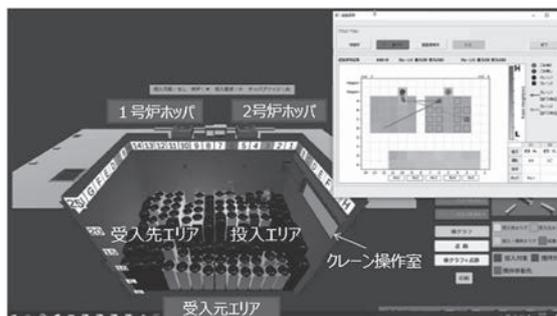


図-6 ピットクレーン高度自動運転システム

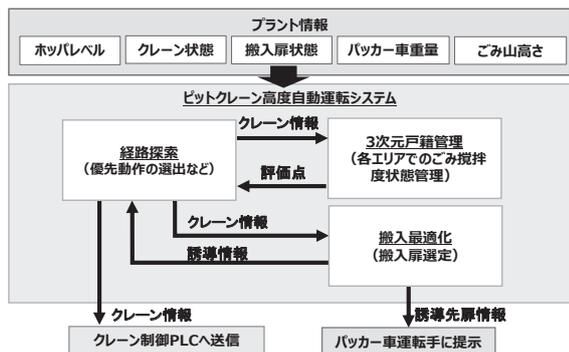


図-5 システム処理概要

2年間にわたり継続的に運転員の手動操作介入回数を大幅に削減できた。

4. ピットクレーン高度自動運転

ピットクレーン高度自動運転システム処理の概要を図-5に示した。プラント情報を与条件として、搬入最適化・経路探索・ピットごみ3次元戸籍管理の各機能が連動することで、時々刻々と変化するプラント運用ニーズを自動最適化し、ごみ搬入から焼却炉へのごみ投入迄の運用の省人化、ごみピットの安定操業、焼却炉燃焼の安定化が可能となる。経路探索では、1台及び2台のごみクレーンが行う受入・攪拌・ホッパ投入の動作を自動化。ピットクレーン高度自動運転システム(図-6)にクレーン制御情報を送信しピット内のごみ山高さ、戸籍管理システムの計算状況、ホッパ投入要求の有無、およびクレーンの運転状態を監視することが可能となる。3次元戸籍管理は、ピット内を座標に区切り、ごみ質を評価して数値化し、専用DBで管理する機能である。搬入最適化では経路探索と連携し、パッカー車の誘導先を計算する。本システムを用いてクレーン2台同時運転にて1週間にわたるごみ受入検証を行った結果、いずれの日も受入元エリアが許容値の限界を超えることなくごみ受入自動運転が可能であった(図-7)。この時の手動介入率は

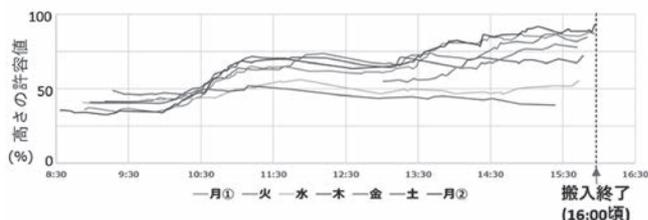


図-7 ごみ受入元エリアのごみ山高さ推移

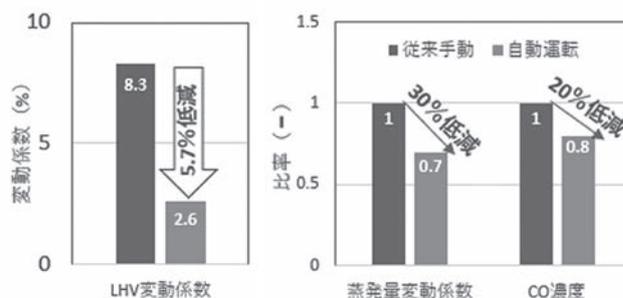


図-8 LHV変動と蒸発量及びCO濃度変動

9.7%となった。また、合わせて行った自動攪拌検証では、手動運転に比べてLHV変動係数¹⁾が5.7%低減し、更に、ごみ質安定化により燃焼安定性が向上し、蒸発量変動係数は30%、CO濃度は20%低減できることを確認した(図-8)。

5. まとめ

MaiDAS® Navigatorに制御パラメータ自動最適化手法を実装することにより、年間を通じて安定した自動運転を可能とし、手動操作介入回数を大幅に削減できる見込みを得た。また、ピットクレーン高度自動運転システムを導入することで、「ごみ搬入から焼却炉へのごみ投入迄の運用の省人化」・「ごみピットの安定操業」・「焼却炉燃焼の安定化」が可能であることを確認した。

今後とも上記技術を更に進化させて、プラント安定化・省人化等のお客様のニーズに応える製品・サービスを提供していきたい。

1)変動係数:標準偏差/平均値×100(%)