

AI 技術を活用した ごみ焼却施設の安定運転

Hitz 日立造船株式会社
Hitachi Zosen

環境事業本部
〒140-0013 東京都品川区南大井 6-26-3
大森ベルポート D 館 15 階
TEL 03-6404-0854
FAX 03-6404-0839

1. はじめに

近年のごみ焼却施設建設工事においては、20 年間程度の施設運営を含めた総合評価方式が主流となっている。プラントメーカーには、廃棄物を衛生的に減容化する設備の納入はもちろんのこと、長期間に亘って安定・安全に操業する技術が求められている。また、イレギュラーに発生する災害ごみや、今後急激に減少していくと予想される労働人口などにも対応した施設運営を行っていくことも求められている。このような背景の下、プラントメーカー各社は施設の省人化、安定化に向けた AI 技術の開発に鋭意取り組んでいる。

当社では、

①ごみバンカ & ごみクレーン 3D システム

② AI 技術を活用した燃焼状態予測システムを開発した。本稿ではこれらのシステムについて紹介する。

2. 実証施設

本開発にあたっては、東京二十三区清掃一部事務組合様の協力の下、杉並清掃工場にて実証試験・運用を行った。杉並清掃工場の施設概要を表 1 に示す。

3. ごみバンカ & ごみクレーン 3D システム

清掃工場に搬入されるごみには、ちゅう芥、紙や剪定枝、プラスチックごみなどが含まれて

いる。石炭など単一燃料の燃焼とは異なり、多種多様な組成の異なるごみを燃焼するため、炉内の状況は常時変化する。安定した運転を行うためには可能な限りごみの均質化をすることが望ましく、そのためには焼却前にバンカ内のごみを十分に攪拌し炉内へ投入する必要がある。従来、ごみの攪拌はクレーン操作員の技量に左右され、十分に攪拌ができていないかどうかを裏付けるものがなかったが、当社では、搬入車両情報やごみクレーン情報を基に、バンカ内のごみ情報（搬入日、攪拌具合）を三次元管理し、ごみピット内のごみを焼却炉へ投入するのに適した状態まで攪拌・混合されているかを判定するための独自の指標を攪拌度として数値化し、

表 1 杉並清掃工場の施設概要

受入れ方式	バンカ & クレーン方式
炉形式	全連続燃焼式・ ストーカ式焼却炉
ごみ処理能力	300 t/日 × 2 炉 (合計 600 t/日)
ごみ低位発熱量	10.2 MJ/kg (基準)
排ガス処理設備	ろ過式集じん器 + 湿式洗煙塔 + 触媒脱硝装置
ボイラ	最大 63.21 t/h・炉 (4MPa、400℃)
発電設備	蒸気タービン発電機 (24,200 kW)

バンカ内のごみの攪拌度を可視化する「ごみバンカ & ごみクレーン 3D システム」(以下、3D システム)を開発した。図 1 に 3D システムのイメージ図を示す。

この 3D システムには、「攪拌度優先投入」と「AI 自動運転」の 2 つの機能が装備されている。

「攪拌度優先投入」機能は、最も高いごみピットレベルのごみを投入するのではなく、攪拌度の高いごみを優先的に投入する。優先的に均質化されたごみを焼却炉に投入することで、焼却炉の安定運転につなげることができる。

「AI 自動運転」機能は、搬入の有無によって異なる AI アルゴリズムを使い分け、クレーン 1 台で最適な攪拌・積上げ方法を策定する機能となっている。

昼間のごみ搬入が繁忙な時間帯では、燃焼状態に影響を及ぼす異質ごみ(剪定ごみ、破碎ごみ)がバンカ内に投入された場合、図 2 に示

すようにごみバンカ上方に設置された監視カメラにより異質ごみを検知する。その位置情報をごみクレーン制御システムに送信し、優先的に異質ごみのバラマキ運転を行うことで燃焼の悪化を未然に防止する。

ごみ搬入のない夜間のごみクレーン自動運転では、翌日に焼却炉へ投入するごみを確保するため、表面のみではなく深さ方向にも一定以上の攪拌度までごみを均質化する。十分に攪拌されたごみが所定量確保できた時点で攪拌作業を休止する。

3D システムを運用することによって、攪拌度が低く均質化のできていないごみを深さ方向にも見分けることが可能となる。攪拌度の高いごみの優先的な投入は、燃焼状態の安定化に大きく寄与することができる。また、所定の攪拌度を有するごみ量が十分に確保できた段階でクレーンを休止させることで、クレーン運転による消費電力を低減することができる。

運転員が経験的に判断していた混ざり度合いを攪拌度という指標で「見える化」を実現する技術

ごみピットの下層まで攪拌度の「見える化」を実現

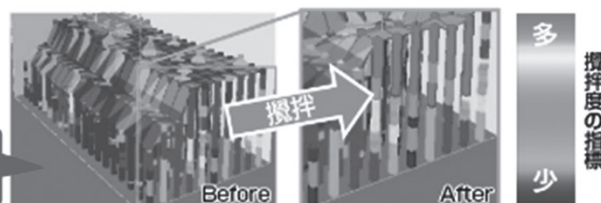


図 1 3D システムのイメージ

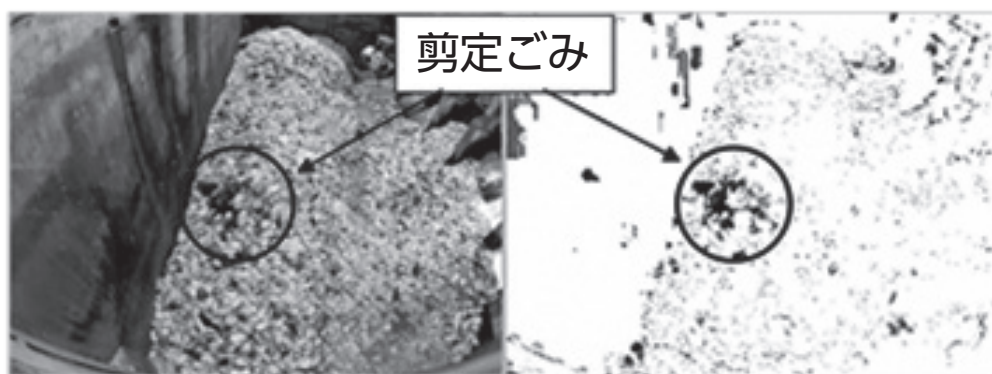


図 2 ごみバンカの監視カメラによる異質ごみ検出画像

4. AI 技術を活用した燃焼状態予測システム

清掃工場で安定した発電を行うには、安定した燃焼を継続することが必要となる。そのため、清掃工場には、燃焼状態の変化に応じて焼却炉へ供給するごみや空気の供給量を自動で調整する自動燃焼制御（以下、ACC：Automatic Combustion Control）が採用されている。供給されるごみ質の変動によって燃焼状況が悪化し、ACCの制御範囲を逸脱した場合には、施設の運転員が経験に基づき手動介入することがあるが、当社では、ACCのさらなる高度化に向けて、「正常維持モデル」と「異常回避モデル」という役割と特徴の異なる2つのAIモデルを開発した。これらのモデルは運転員の代わりに燃焼状態に応じてACCに自動介入するもので、クルマの自動運転に例えると、正常維持モデルは最適なハンドル操作と速度調整の役割を担い、異常回避モデルは将来の燃焼悪化を予測し、回避する緊急ブレーキの役割を果たしている。燃焼状態予測システムには、これら2つのAIモデルが組み込まれている。

燃焼制御モデルの概要を図3に示す。正常維持モデルでは、複数のセンサの挙動から燃焼状態を1分毎に判断する。必要に応じて、ストーカ上のごみ量が適正に保持できるように、ACCのごみ送り系の操作端に対して追加介入する。

異常回避モデルでは、複数のセンサの挙動から数分～数十分後に燃焼悪化に陥る確率を30秒毎に予測し、“燃焼悪化”と判断される状態にならないようACCのみ送り系や燃焼空気系の操作端に対して追加介入する仕組みとしている。なお、ここでの燃焼悪化の定義は、

①発生蒸気量の偏差が設定値に対して
 $-10\% \text{ 未満 } [(PV-SV) / SV < -10\%]$

②炉内温度が850℃未満

③バーナの使用

の3つとしている。

2019年度の実証試験および2020年度の運用試験において、AIモデルによりACCへ介入した試験データとACCのみの運転データの手動介入回数と燃焼悪化時間の推移を比較した結果をそれぞれ図4、図5に示す。ここでの手動介入とは、焼却炉のごみ送り系や燃焼空気系など計25種の操作端を指すが、ACC+AIモデルで運転することにより、手動介入回数および燃焼悪化時間が大幅に減少していることがわかる。特に、2019年度の1回目試験では17日間、2回目試験では19日間、手動介入を行うことなく安定運転することができ、2020年度には1ヵ月以上も燃焼悪化に陥ることなく安定操炉することができ、本AIモデルが有効に機能しているものと判断できた。

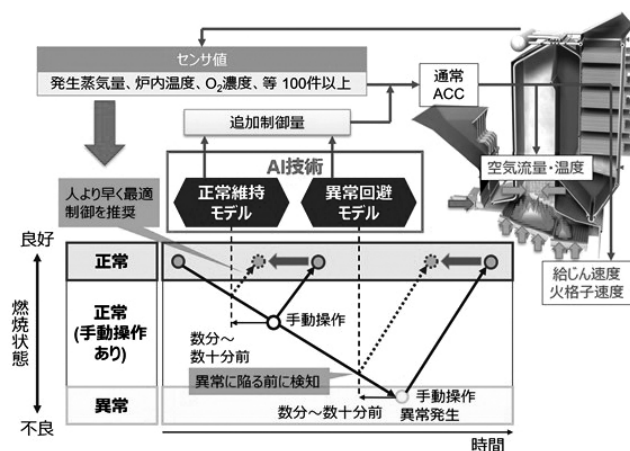


図3 燃焼制御モデルの概要

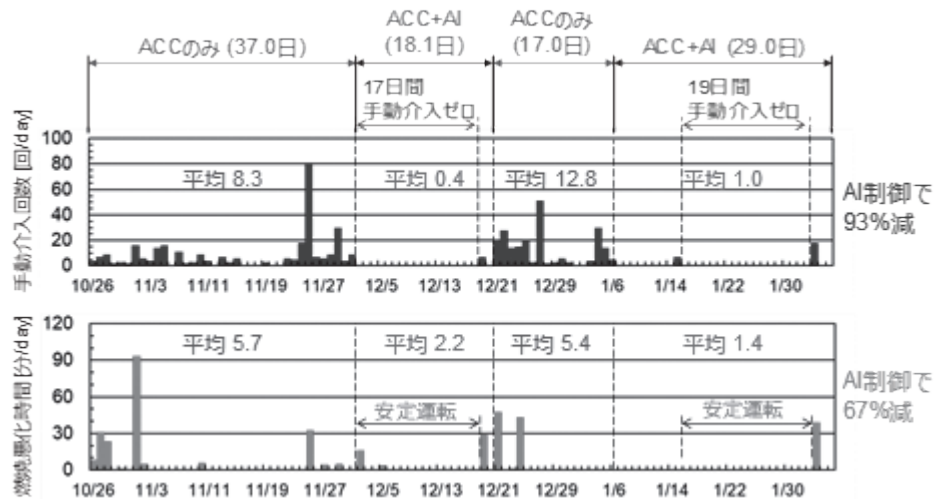


図4 2019年度の実証試験における
手動介入回数と燃焼悪化時間の推移

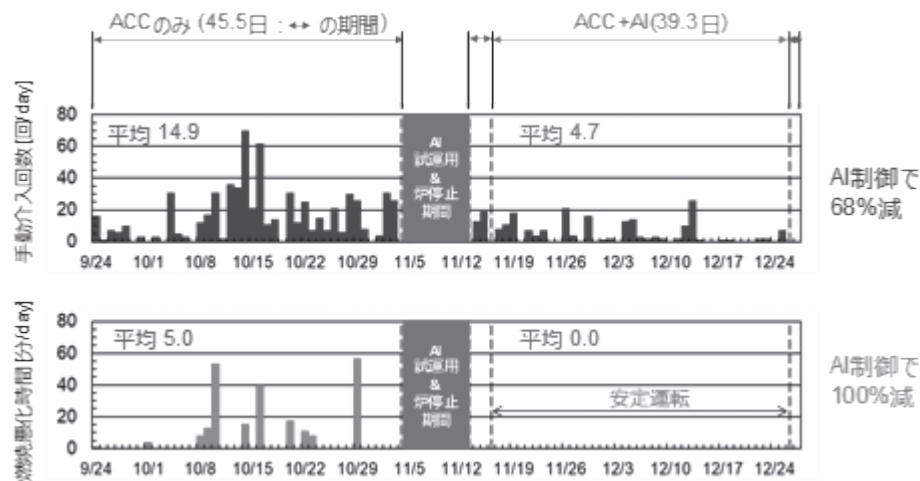


図5 2020年度の運用試験における
手動介入回数と燃焼悪化時間の推移

5. おわりに

今回紹介した2つの最新技術は、2022年までに国内5施設へ導入する予定で、2025年までに10施設以上への展開を目指している。

日立造船グループはリーディングカンパニーとして全世界に1,000以上のごみ焼却施設を納入しており、これからも「技術立社」を掲げる企業として環境・グリーンエネルギー事業の技術開発を進め、世界の安全・安心な社会の実現に貢献していく。

最後に、本研究において多大なご協力をいただきました東京二十三区清掃一部事務組合様に心よりお礼を申し上げます。