

ごみ焼却施設最適運営に向けた 遠隔監視・運転支援システム導入への取り組み

Introduction of Remote Monitoring and Operation Support Systems
aiming at Optimal Management of Waste to Energy plants



江草 知通^{*1}
Tomomichi Egusa

寺沢 良則^{*2}
Yoshinori Terasawa

鈴木 航^{*3}
Wataru Suzuki

増山 政次^{*4}
Seiji Masuyama

林 慶一^{*5}
Keiichi Hayashi

田村 仁志^{*6}
Hitoshi Tamura

三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)(以下、MHIECまたは当社は、都市ごみ・下水汚泥などの廃棄物処理施設の開発、設計・製作、据付及びアフターサービス・運転管理を行っている。当社は、社内外の多種多様な情報をAI(Artificial Intelligence)・IoT(Internet of Things)により一元管理し、社内外を問わず、適切に活用していくことを基本戦略としている。また、2018年度から横浜市におけるごみ焼却施設(横浜市資源循環局 都筑工場)の運転・発電データにAI・IoT技術を活用し、横浜市と情報を共有するための共同研究を進めている。本報では、当社の遠隔監視・運転支援システムの現状とその高度化に関する取り組み状況、そして、それらも活用した横浜市との共同研究の概要について述べる。

1. はじめに

当社は、主に一般廃棄物(都市ごみ)焼却施設、民間向け産業廃棄物処理施設、下水汚泥の脱水・乾燥や焼却施設などの新規建設工事、基幹改良・長寿命化工事を手掛けている。また、DBO(Design Build Operate: 公設民営)案件の運営・維持管理業務、既設工場のO&M(Operation & Maintenance)など、国内外の事業計画からアフターサービス・運転管理まで一貫した総合エンジニアリングを担っている。

近年、ごみ焼却施設のニーズとして、施設の安定稼働とコスト削減の両立がより求められることが多くなっている。また、ごみ焼却施設の運営形態が地方自治体による運営から、民間を活用したDBOへと移行するケースが増加している。さらに、ベテラン運転員(オペレーター)不足が進んでおり、これまでのように各現場での運転・管理だけではなく、遠隔からの支援が重要な課題となっている。

このような中、当社では、ごみ焼却施設のエンジニアリングや調達、建設だけでなく、その後の長期間の運営まで請け負う案件が増加している。複数の焼却施設の運転状況をMHIEC本社(横浜市)で一元管理すべく、遠隔監視・運転支援システムを構築し、各施設の運転データを集約・分析し、得られたノウハウを水平展開することによって、運営の高度化・効率化を図っている。

また、当社は横浜市と、ごみ焼却施設、市庁舎との間でごみ焼却施設の運転データのネットワークを構築し、蓄積したデータについてAI・IoT技術を活用して分析を行い、より高度な“ごみ焼

*1 三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)エンジニアリング統括部 技術開発部 主席 技術士(上下水道部門、総合技術監理部門)

*2 三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)エンジニアリング統括部 技術開発部 主席

*3 三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)エンジニアリング統括部 技術開発部 主席 技術士(情報工学部門、総合技術監理部門)

*4 三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)エンジニアリング統括部 設計部 グループ長 技術士(衛生工学部門)

*5 三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)国内事業部 SPC 運営推進部 グループ長

*6 成長推進室 主席チーム統括

却工場の安定運転”を目指す“公民連携によるごみ焼却工場への AI・IoT 技術の導入”に関する共同研究を実施している。

本報では、当社の遠隔監視・運転支援システムの現状とその高度化に関する取組み状況、そして、それらも活用した横浜市との共同研究の概要について述べる。

2. 遠隔監視・運転支援システムの概要と基本機能

遠隔監視・運転支援システムのうち、まず、前者の“遠隔監視システム”について、その基本構成を図1に示す。このシステムは、当社初の DBO 案件となる、2005 年に納入したガス化溶融ごみ処理施設の遠隔監視を起点として運用を開始した。その後、納入したごみ処理施設でも標準的に同システムを導入し、現在国内8施設と接続して運用している。各施設では、プラントデータを継続的に収集して、AI を活用した支援強化に取り組んでいる。本システムの基本機能を以下①、②に示す(図2)。

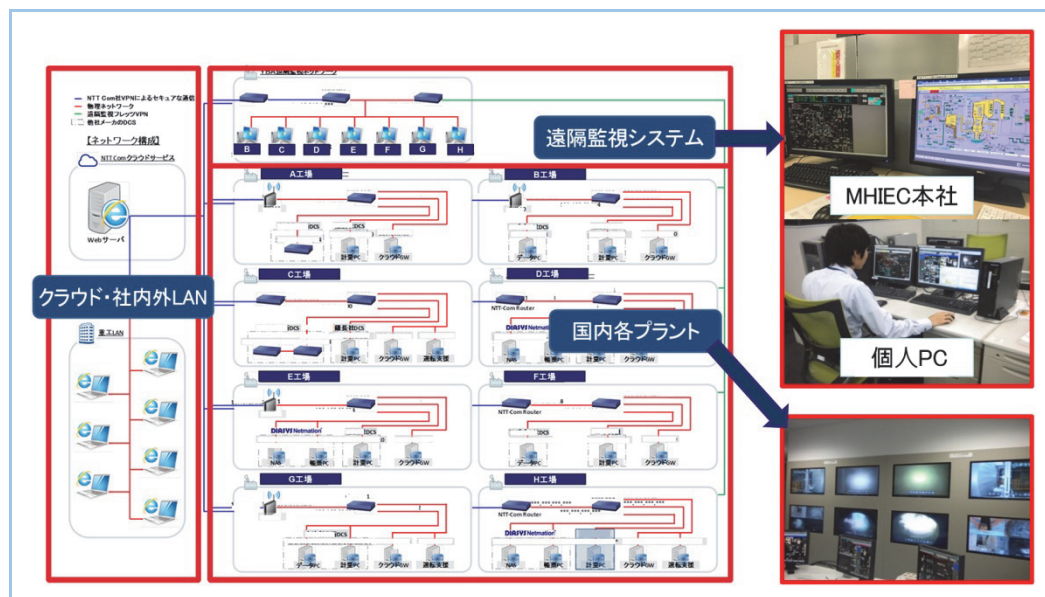


図1 遠隔監視システムの基本構成

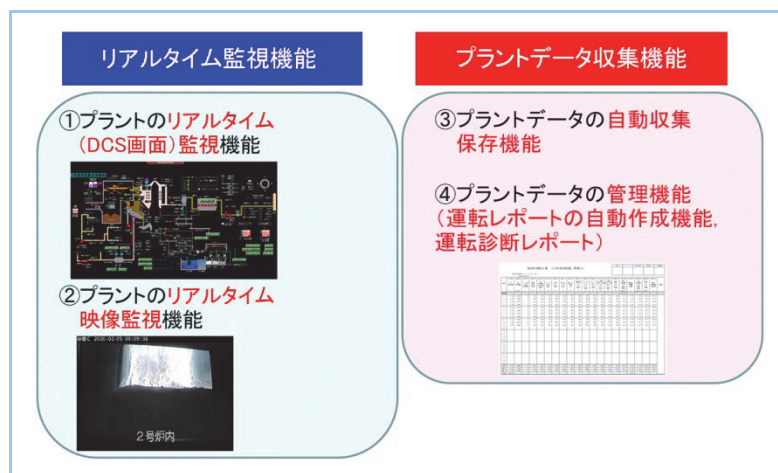


図2 遠隔監視システムの基本機能

① リアルタイム監視機能

現地における DCS(Distributed Control System:分散制御システム)画面及び映像をリアルタイムで遠隔監視。

② プラントデータ収集機能

現地からのプラントデータを収集してデータベース化し、運転レポートを自動作成。また、後者の“運転支援システム”では、図3に示す通り、各工場施設を制御する DCS よりアラ

ームが通知された場合、アラームデータを保存すると同時に、様々な運転ノウハウを蓄積した運転支援システムデータベースを基にしてトラブル原因を導き出すことができる。必要に応じて現場指示計の撮影を行い、これらを数値化してデータを取り込みながら、原因と対策方法を明示し、より迅速な対応が図れるようになっている。これらにより、経験の浅い運転員でもベテラン運転と同等で質の高いプラント運転を速やかに習得でき、プラント運転の高品質化・均質化に繋がっている。

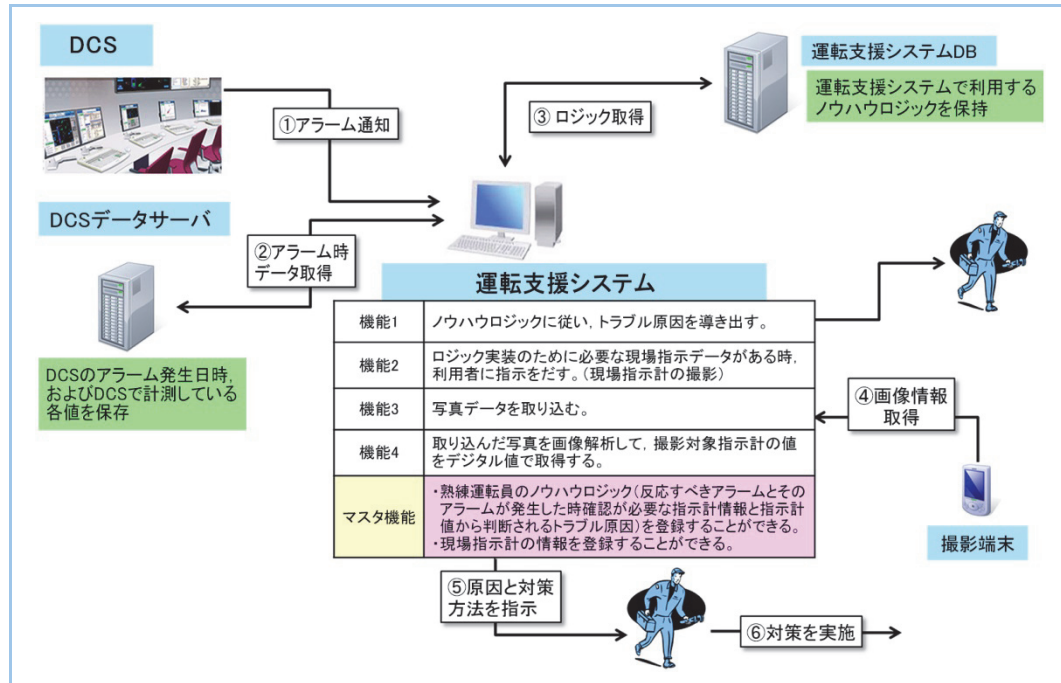


図3 運転支援システムの構成

3. 高度自動化運転に向けた取組み

当社は、ごみ焼却施設の高度自動化運転(機器寿命に配慮して性能最大化を図った自動化運転)やオペレーターの属人的要素を排除した(誰でも間違いなく、安全に高品質で均質な運転・メンテナンスができる)運転管理に向けた ICT 高度化による製品力強化を目指し、現地からの取得データをリアルタイムで分かりやすく見える化・分析するツール(Visualizer™)を開発した。

また、Visualizer™ で機械学習による運用モデルを構築することでプロセスデータ(蒸気発生量、ごみ発熱量など)の AI 予測が可能となる。この予測したデータを基に提示した運転ガイダンス(運転操作の情報提供)をオペレーターが確認・操作し、その検証結果を自動運転(オペレーターの操作介入をゼロに近づけること)に活用することにより、安定性と経済性を両立できるごみ焼却施設の高度自動化運転の実現と効率的な運営・運転管理に向けて取り組んでいる(図4)。

3.1 Visualizer™ によるデータ分析機能

(1) プラントデータの見える化(図4①)

大量の取得データについて、数年におよぶマクロな表示から数秒といったマイクロな表示まで、簡単なマウス操作のみで自在にズームイン・ズームアウトすることで、スケーラブルな“見える化”を実現。

(2) データ分析(相関把握など)(図4②)

取得したデータ項目の統計処理により、相関関係の把握や特徴量の抽出を自動的に実施。

3.2 高度自動化運転に向けた取組み

(1) AI 予測(蒸気発生量予測、ごみ発熱量予測など)(図4③)

自動制御の高度化を目論み、蒸気発生量、ごみ発熱量(LHV:低位発熱量)及び短時間高濃度 CO 発生有無予測などの AI 予測モデルを構築した。蒸気発生量やごみ発熱量といった

主要な指標を過去に蓄積したビッグデータ(各種プロセスデータ(PV:Process Variable)と火炎画像データ(ITV:Industrial Television))から予測した蒸気発生量の予測データをダッシュボード画面などにリアルタイム表示している。蒸気発生量の予測では、図5に示す通り、3分後を予測した場合でも、実測値に対して高い精度を確保でき、追従性も良好であることを確認した。蒸気発生量予測のほか、低位ごみ発熱量などについても良好な追従性が得られているが、高度自動化運転の実現に向けて、さらなる予測精度向上を目指している。

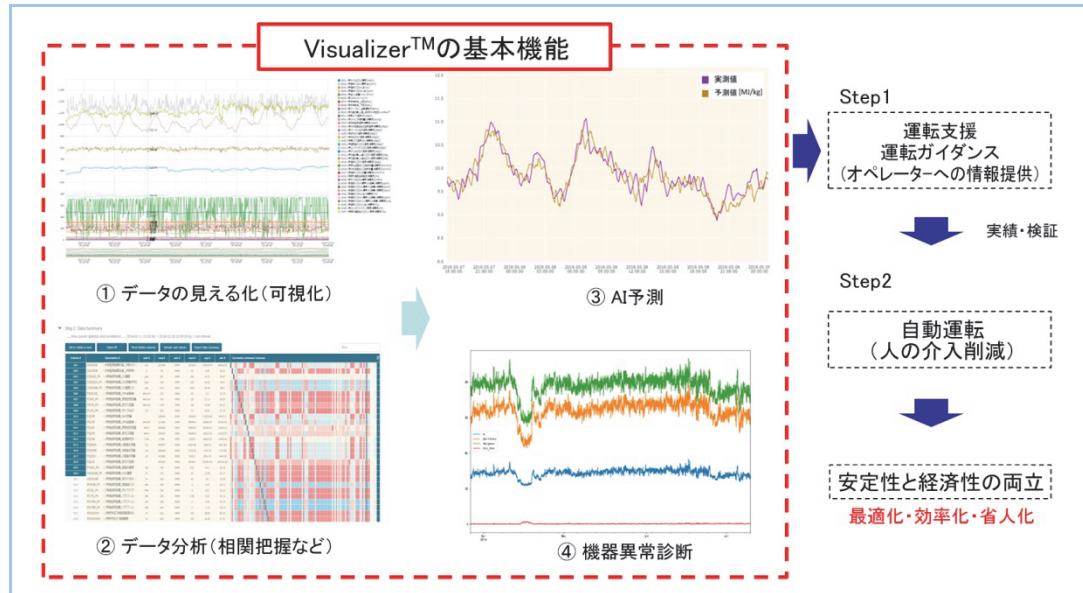


図4 高度自動化運転に向けた取組み

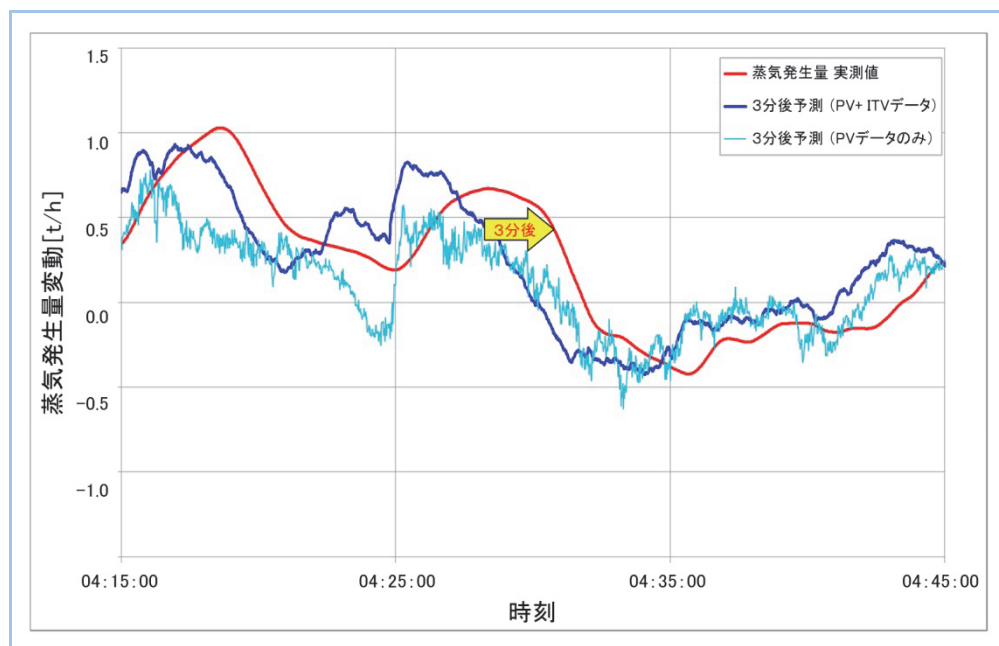


図5 蒸気発生量の予測結果

(2) 機器異常診断(図4④)

対象機器電流値他のプロセスデータを基に、k-NN 法(k nearest neighbor algorithm)を用いた機器異常度を算出して機器の異常を診断している。k-NN 法は、教師あり学習の分類アルゴリズムの一つで、新たに取得したデータの正常・異常を、これまで取得したk個のデータとの距離から多数決で分類する手法である。

(3) 高度自動化運転に向けた取組み

まず Step1として、図6に示す通り、AI により予測したプロセスデータ(蒸気発生量等)を基に、“推奨設定値”が表示された運転ガイダンス(オペレーターへの情報提供)を構築する。運

転指標ガイダンス画面に表示された推奨設定値をオペレーターが確認・操作し、ごみ焼却施設の安定運転を実証する。Step2として、実証した運転ガイダンス(運転指針)をごみ焼却施設の自動制御に反映させることで、オペレーターの操作介入削減が可能となる。これにより、将来的には高度自動化運転が可能となり、機器寿命を確保しつつ安定運転及び発電電力量の向上、さらには維持管理費の低減等が実現可能となる。

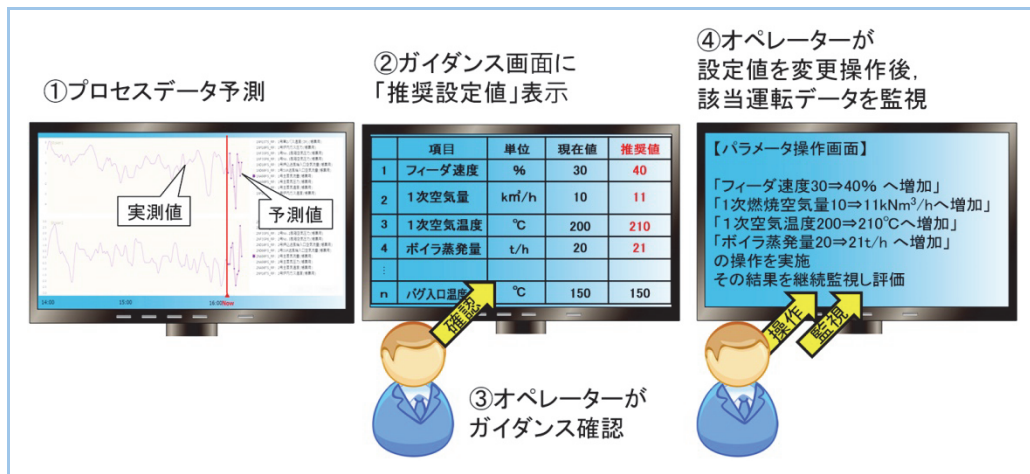


図6 運転ガイダンスの導入イメージ

4. 横浜市との共同研究概要

当社は横浜市と共同で、“AI・IoT 関連技術を活用した横浜市ごみ焼却工場の情報共有化研究”を進めており、当社内に設置している遠隔監視・運転支援センター(図7)でリアルタイムに監視している。また、AI・IoT 関連技術を活用したごみ焼却施設の情報共有化で運転の最適化を図り、ごみ焼却施設の安定運転と運転コストの低減を目論んでいる。



図7 遠隔監視・運転支援センター

4.1 都筑工場-市庁舎-MHIEC 間でのネットワーク構築

横浜市のごみ焼却施設(都筑工場)の各運転データ、発電データや画像データ等をリアルタイムで取得するために、市庁舎、都筑工場及び当社の3拠点で遠隔監視網を構築(図8)した。この共同研究では、遠隔監視により見える化を図るとともに、蓄積したビッグデータについてAI技術を活用して分析を行い、より高度な“ごみ焼却施設の安定運転”を目指している。

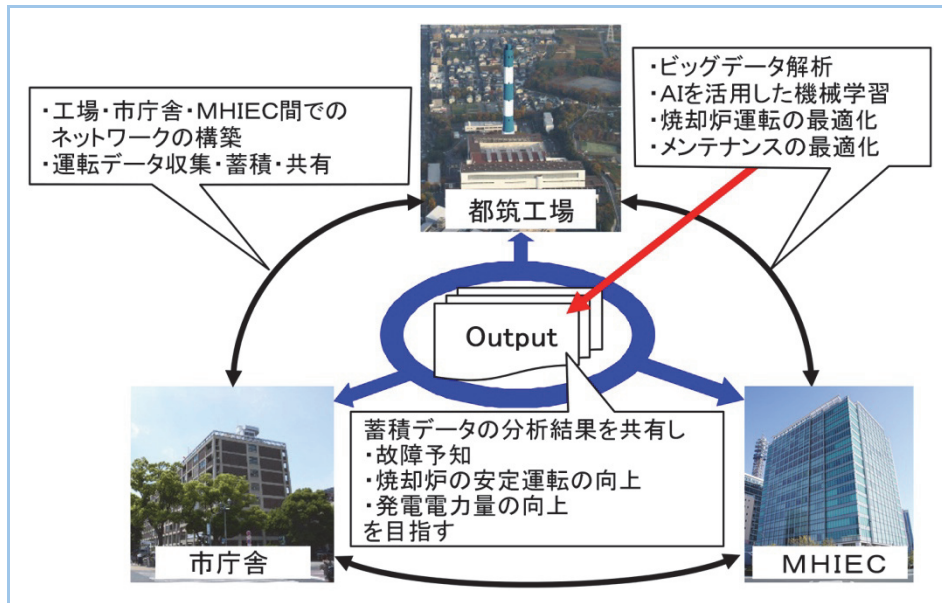


図8 横浜市とのネットワーク構築イメージ

4.2 AI 技術を活用した運転プロセス値予測による安定稼働

今回の研究では、IoT 技術により市庁舎及び当社でもリアルタイムで、ごみ焼却施設の運転状況確認と運転データの入手が可能となった。これにより、画像や運転データをビッグデータとして蓄積することで、様々な分析を行うことができる。これらのビッグデータについて AI 技術を活用して分析することで、図9に示す蒸気発生量やごみ発熱量などの予測が可能となり、ごみ焼却施設の安定稼働向上が図れる。最終的にはこれらの予測手法を制御に織り込み、自動運転につなげていく。

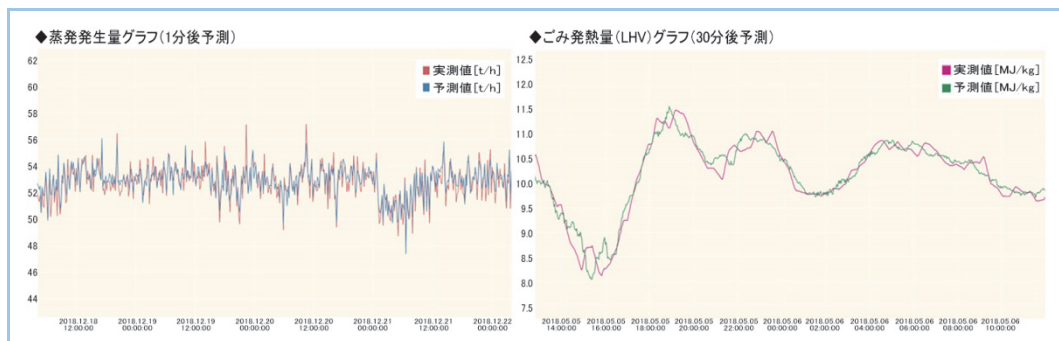


図9 蒸気発生量とごみ発熱量の予測結果

4.3 サイバーセキュリティシステムの導入

ごみ焼却施設の遠隔監視では、ネットワーク回線などを経由したサイバー攻撃のリスクを考慮しておく必要がある。そこで今回サイバー攻撃に対するリスクを低減する目的で、三菱重工業(株)とNTT が共同開発したサイバーセキュリティシステム“InterSePT®”を試験導入した。

“InterSePT®”は、重要な社会インフラなどの制御システム向けのサイバーセキュリティ技術である。これは未知のサイバー攻撃に対するリアルタイムな異常検知と対処を可能とし、安心・安全なシステム運用を実現するシステムである。現在、三菱重工業(株)が火力発電設備や化学プラントなどの民需分野への展開を行っているが、この適用検証の一つとして、今回、都筑工場に試験導入した。初期段階の試験は完了し、システムが適切に稼働することを確認している。今後、本格導入を想定し、さらなる機能強化を図り、システムの性能を検証していく予定である。

5. ごみ質安定化への取組み

MHIEC グループの重環オペレーション(株)では、公設公営のごみ処理施設のオペレーション業務においても機械学習を用いたごみ発熱量(LHV)の予測値からナレッジシステムを用いて運転ガイドランスを提示⁽¹⁾する“AI ハイブリットシステム®”，また、ごみ質を安定させるための“ごみピット攪拌支援システム”の構築にも取り組んでいる。ごみピット攪拌支援システムでは、ごみの攪拌状態について“攪拌回数”，“見掛比重”，“滞留時間”の三要素で定量的な評価を行い、ごみを効率よく攪拌・均質化してごみ焼却炉に供給して、ごみ発熱量のバラツキ(標準偏差)を小さくする手法を開発⁽²⁾⁽³⁾することで、ごみ焼却施設の安定燃焼に寄与している(図10)。

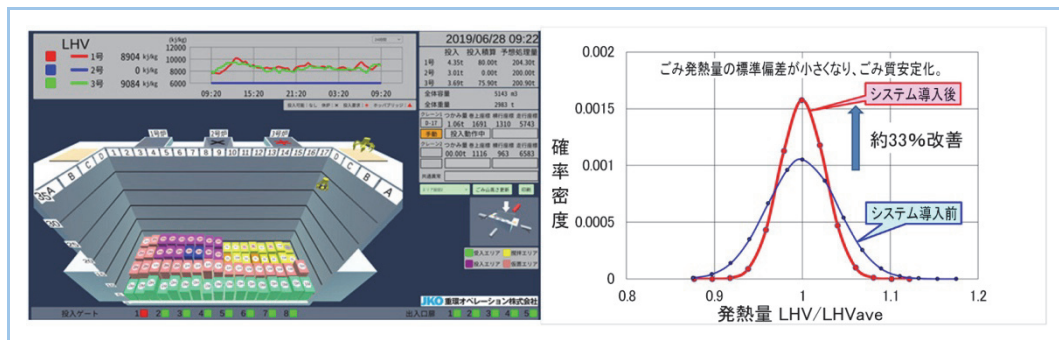


図10 ごみピット攪拌支援システムの概要

6. まとめ

ごみ焼却施設の高度自動化運転を目指し、現地から取得したデータをリアルタイムでわかり易く見える化・分析するツール(Visualizer™)を開発した。AI 技術を活用した高度自動化運転の実現により、機器寿命を確保しつつ安定運転及び発電電力量の向上、さらには維持管理費の低減等の実現が可能となる。

今後、ごみ焼却施設のほか、産業廃棄物施設、汚泥処理・焼却施設、バイオマス発電・汚泥再生設備等、他製品への展開も視野に入れて ICT 高度化に取り組んでいく。

InterSePT®は三菱重工(株)の日本における登録商標です。

AI ハイブリットシステム®は三菱重工環境・化学エンジニアリング(株)及び重環オペレーション(株)の日本における登録商標です。

参考文献

- (1) 加藤雄大ほか、現状把握・目的設定を経て最適化を行う共創プロセスでプラントのオペレーション事業を AI がサポート、三菱重工技報 Vol.55 No.4(2018)
- (2) 後藤善則ほか、ごみの攪拌・供給支援システムの開発、第41回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集 II-3-69(2020), p.211-213
- (3) 重環オペレーション(株)、ごみピット攪拌支援システム
<http://www.jko.co.jp/operation/index.html>