

プラント統合運用システム MaiDAS[®]の 海外大型ごみ焼却炉への適用による省人化達成

Achievement of Labor Savings through the Application of MaiDAS[®] to Large-Scale Overseas Waste to Energy Plant



日野 壮貴*¹
Soki Hino

智葉 大介*²
Daisuke Chiba

鈴木 俊太郎*³
Shuntaro Suzuki

大丸 卓一郎*⁴
Takuichiro Daimaru

鯨崎 佑介*⁵
Yusuke Kujirasaki

新保 裕哉*⁶
Yuya Shimbo

ごみ焼却炉におけるプラント運転の安定化と手動操作削減による省人化を目的に、三菱重工グループはプラント統合運用システム MaiDAS[®]の主要機能である自動運転システム Navigator と運転監視・予兆検知機能を海外の大型ごみ焼却炉に導入した。遠隔分析と現地調整を経て、2024年10月に対象ごみ焼却施設の4炉全てで運用を開始した。適用後は94%の高い適用率(全運転時間における MaiDAS[®]適用運転時間の比率)を維持し、手動操作を約76%削減するとともに、主蒸気流量及び排ガス濃度を運転員と同等以上の性能で制御できることを確認した。これにより2025年1月から運転員1名/シフト削減による運転体制を実現し、省人化を達成した。

1. はじめに

三菱重工グループは、プラント統合運用システム MaiDAS[®]を活用したプラント運転の安定化とこれによる事業収益の向上を通じて、お客様への付加価値の創出に取り組んでいる。今回は、そのうちの、省人化の実現を目標に取り組んだ。

ごみ焼却炉向けに開発した MaiDAS[®]の主要機能の一つである自動運転システム Navigator を図1に示す⁽¹⁾。Navigator は、AIによる燃焼火炎画像評価、主蒸気流量予測、ソフトセンサを用いたDCS(Distributed Control System)と連携した高度な自動燃焼制御を実現する。

2024年6月より海外大型ごみ焼却炉において長期適用検証運転を開始した⁽²⁾。複数大型炉それぞれの運転状態を踏まえ、全体最適となるよう統合的に制御するために、高度な燃焼制御が可能な Navigator と、各炉の状態を常時評価して状況変化の予兆を検知する機能を導入した。これにより、2025年1月から運転員1名/シフトの省人化運用を開始し、安定運用を継続している。本報では、これらの適用事例について報告する。

*1 三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社 海外事業部 海外事業運営部

*2 三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社 エンジニアリング統括部 デジタルイノベーション・開発部 グループ長

*3 三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社 海外事業部 海外事業運営部 主席 技術士(衛生工学部門)

*4 三菱重工工業株式会社 総合研究所 エコシステム研究推進部 主席研究員 技術士(機械部門)

*5 三菱重工工業株式会社 総合研究所 燃焼研究部

*6 三菱重工工業株式会社 総合研究所 制御システム研究部

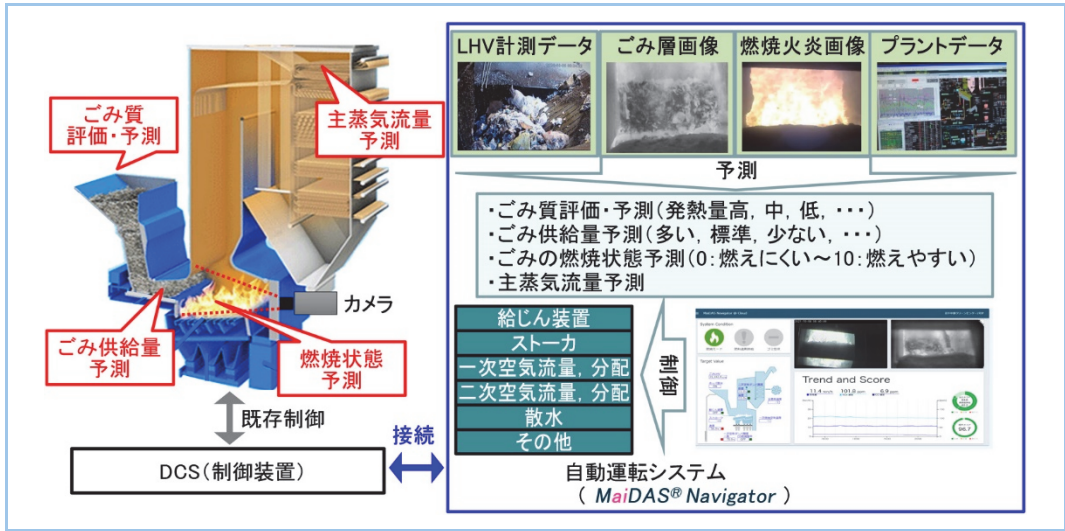


図1 MaiDAS® Navigator の機能

2. MaiDAS® の導入

2.1 MaiDAS® の開発と適用の流れ

MaiDAS®の開発及び適用の流れを表 1 に示す。国内の小型ごみ焼却炉(以下、小型炉)において MaiDAS®の開発と実装実績を確立した後、その成果を展開する形で、2024 年に処理能力 1050 トン/日の世界最大級の海外の大型ごみ焼却炉(以下、大型炉)へと適用を行った。

本施設は 4 炉で構成されており、4 炉同時運転時には、複数炉の状態が同時に悪化した場合、複数名による手動介入が必要となるため、省人化におけるボトルネックとなっていた。さらに、一般ごみに加えて産業廃棄物の搬入が発生する場合があります、ピットレベルの変動も大きいことから、ごみ質の変動幅が極めて大きいという特性を有する。このため、自動制御の導入難易度が高い運転条件であると考えられていた。

表1 MaiDAS®の適用と開発の流れ



2.2 手動操作削減における課題

対象とした海外大型ごみ焼却炉における運転員の手動操作内訳を図 2 に示す。本施設では、ごみ供給量・ごみ質変動に伴う給じん装置への手動介入が 70%、燃焼状態変化時の空気系統への介入が 20%を占め、手動操作の削減には両操作の自動化が不可欠であった。

このため、本取組みでは手動操作回数の削減と省人化を目的に、状況変化の予兆を常時監視・評価して検知する機能を導入した。図 3 にその運転監視・予兆検知機能を示す。本機能により、4 炉の運転状態を監視・評価して、Navigator の制御範囲を超える異常予兆を検知し運転員へ通知可能となった。これにより、運転員は異常兆候を事前に把握し、状況が悪化する前に先手で対応することが可能となった。従来は状態悪化後に複数炉で大規模な手動介入が必要となる

ースがあったが、予兆検知による事前対応によって複数炉同時の本格的介入を回避し、手動介入の総量削減と安定運転維持に大きく寄与した。

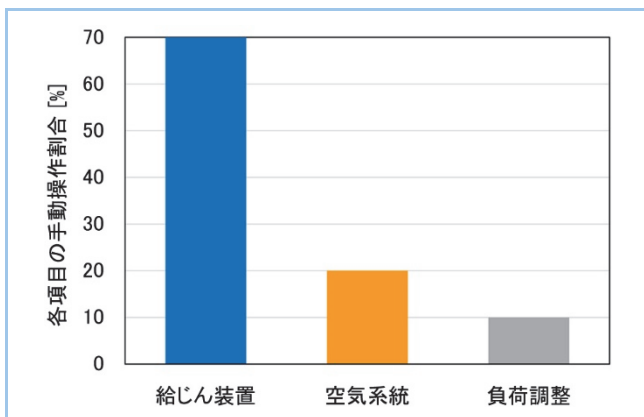


図2 運転員手動操作の内訳
(2024年3月15日～3月21日)

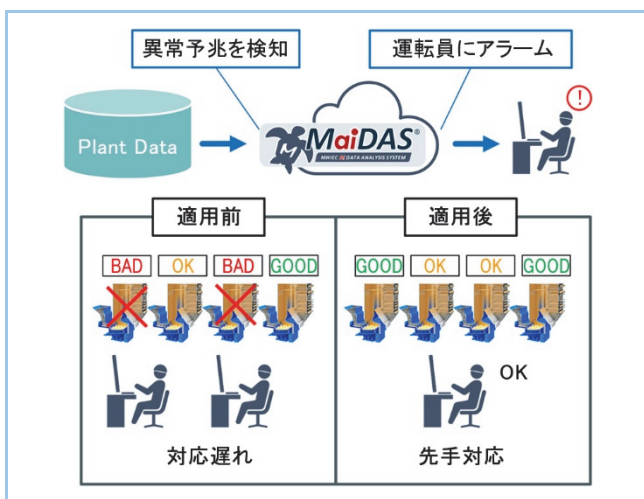


図3 運転監視・予兆検知機能

2.3 MaiDAS[®]導入フロー

MaiDAS[®]の導入は次の手順で実施した。まず、プラント運転データの収集・分析を行い、国内小型炉での適用実績を踏まえて、蒸発量設定値に応じたパラメータ調整を遠隔で実施した。続いて、海外大型炉現地においてシステムの動作検証及び追加調整を行い、本格運用へ移行した。これにより、従来必要としていた現地検証作業にかかる費用と期間を大幅に短縮できた。

3. 手動操作の自動化

3.1 MaiDAS[®]の適用

2024年10月上旬に対象4炉全てでMaiDAS[®]の導入を完了し、プラント全体での運用を開始した。図4にプラント全体におけるMaiDAS[®]適用率の推移(全運転時間におけるMaiDAS[®]適用時間。但し休炉や特殊試験等の時間は除外)を示す。2024年の適用率は94%であり、運転員の手動操作の大部分がMaiDAS[®]の自動制御に置換された。これにより、2025年1月1日から運転員1名/シフトの省人化を達成した。

省人化後の2025年1月～11月の適用率は96%と高水準を維持し、MaiDAS[®]が継続的かつ安定的に使用されていることを確認した。

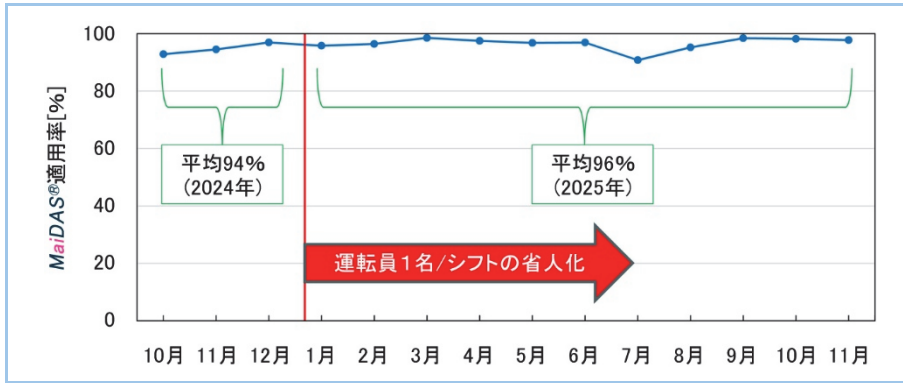


図4 MaiDAS®の4炉平均適用率の推移
(休炉や特殊試験等の場合は除外して算出)

3.2 手動操作回数の削減

MaiDAS®適用前(2024年3月15日～3月21日)と4炉適用後(2024年10月7日～2025年9月30日)の手動操作回数の内訳を図5に示す。適用後は全体の手動操作回数が76%削減され、給じん装置で77%、空気系統で86%削減した。省人化の課題であった手動操作が自動制御により有効に置換されたことを確認した。

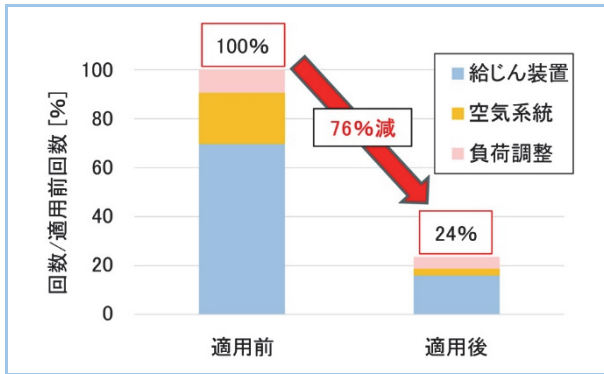


図5 MaiDAS®適用前後の手動操作回数の変化

4. MaiDAS®適用時の性能

対象のごみ焼却施設では、安定した発電量の確保のため主蒸気流量の変動抑制が求められ、CO及びNO_x等の排ガス成分は規制値以下の運転が必須である。図6にMaiDAS®適用前(2024年3月15日～3月21日)と適用後(2024年10月7日～2025年11月30日)の主蒸気流量偏差、CO濃度、NO_x濃度を示す。いずれも適用前と同等または改善し、MaiDAS®制御が運転員と同等以上の性能を有することを確認した。

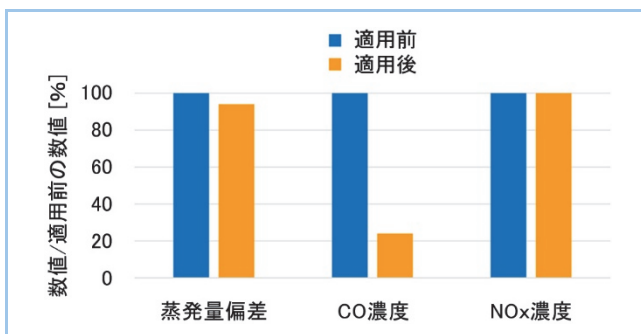


図6 MaiDAS®適用時の性能
(適用前:2024年3月15日～3月21日,
適用後:2024年10月7日～2025年11月30日)

5. 運用支援体制

MaiDAS[®]導入成功の背景には、現地の運転員が安心して自動制御へ移行できるよう配慮した遠隔支援体制の構築がある。図7にMaiDAS[®]の支援体制を示す。長期検証期間においては、ごみ質の急激な変動や運転改善に関する要望が随時発生したが、これらの情報をフィードバックフォームで体系的に収集し、遠隔監視下でのパラメータ調整及び運転方針の助言を継続的に実施した。さらに、調整内容と効果を月例報告書として定期共有し、現地が改善状況を常時把握できる状態を提供したことが、MaiDAS[®]運用への信頼醸成に大きく寄与した。この継続的な支援により、自動運転が受け入れられるようになり、省人化運用の定着につながった。

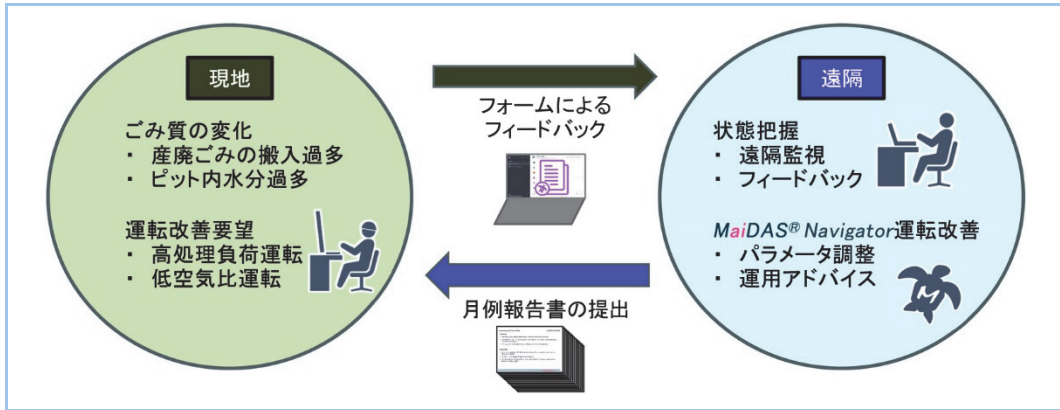


図7 MaiDAS[®]の支援体制

6. 緊急時のシミュレーション

省人化に関して現地で懸念されたのは、1 炉で機器故障等のトラブルが発生した場合にプラント全体の発電量を維持できるかである。ごみ焼却施設では総発電量が全炉合計の蒸発量にほぼ比例するため、1 炉の負荷が低下しても、他炉の負荷を適切に増加させれば全体の蒸発量を維持できる。例えば、4 炉のうち 1 炉が通常運転時の 55%まで負荷低下 (45%減)した場合でも、残り 3 炉をそれぞれ通常運転時の 115%まで負荷上げ (合計 45%増)することで、プラント全体の合計負荷をトラブル前と同等に維持できる。その結果、トラブル発生時でも総発電量の低下を回避することが可能である。

このため、本取組みでは負荷低下時に他炉の負荷を MaiDAS[®]で迅速に引き上げる制御の応答性を評価した。図8に示すとおり、蒸発量設定値を増加させた際の負荷到達時間は適用後に 22%短縮し、MaiDAS[®]が緊急時においても運転員と同等以上の対応能力を有することを確認した。また、本結果は対象ごみ焼却施設の運転・保守責任者から高く評価され、省人化運用に対する理解と信頼の醸成に寄与した。

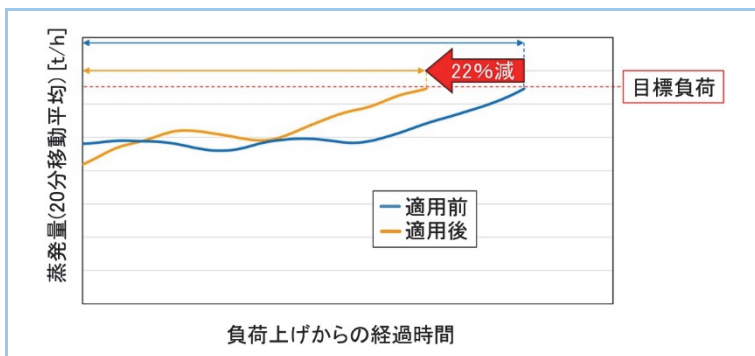


図8 MaiDAS[®]適用時の負荷上げ試験
(適用前:2024年3月23日, 適用後:2024年10月9日)

厳しい運転条件下にある海外大型炉への適用を達成し、実運用へ移行したことにより、MaiDAS[®]が炉規模や施設条件に依存せず汎用的に適用できる見通しが得られた。今後は小型炉から大型炉まで、全ての炉へ MaiDAS[®]を展開・適用していくことが可能となる。

7. まとめ

本取組みでは、プラント統合運用システム MaiDAS[®]を海外大型ごみ焼却炉に適用し、以下の成果を得た。

- (1) 自動運転システム Navigator と運転監視・予兆検知機能の導入により、給じん装置及び空気系統への運転員介入を大幅に低減し、複数炉運転においても安定した操炉が可能となった。
- (2) 適用後は 94～96% の高い適用率を維持し、手動操作回数は約 76% 削減されるなど、省力化と運転安定化の両立を達成した。
- (3) 主蒸気流量変動や排ガス濃度は適用前と同等または改善し、自動制御が運転員と同等以上の性能を有することを確認した。
- (4) 負荷変動時の応答性向上により、緊急時の操炉能力も確保できることを示した。
- (5) 遠隔支援を含む運用体制の確立は当該ごみ焼却施設の信頼向上にも寄与し、2025 年 1 月からの運転員 1 名/シフト運用が成立し、省人化目標を達成した。
- (6) 厳しい運転条件下にある海外大型炉での適用に成功したことは、自動化技術の有効性を示すとともに、今後は炉規模や施設条件に左右されることなく汎用的に展開可能となる。

三菱重工グループは、これらの知見を基に、社会的要請とお客様のニーズに応える製品・サービスの提供に継続して取り組んでいく所存である。

MaiDAS[®]は日本における三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社の登録商標(商標登録第 6333918 号)です。

参考文献

- (1) 寺沢他, ごみ焼却施設の持続可能性を支援する AI 遠隔監視・運転支援システム MaiDAS[®], 三菱重工技報 第 59 巻 第 2 号, (2022)
- (2) 日野他, ごみ焼却炉遠隔監視・運転支援システムの海外大型ごみ焼却炉への適用(その 2), 第 47 回全国都市清掃研究事例発表会, (2026)