

長期間の無介入運転を実現する 焼却炉自動運転システム



JFE エンジニアリング 株式会社

環境本部 開発センター DX 推進部
〒230-8611 横浜市鶴見区末広町2-1
TEL 045-505-7761
FAX 045-505-7281

1. はじめに

廃棄物処理施設では、施設の建設に加え建設後の運営を民間で行うPFI（Private Finance Initiative）方式の採用や、既に稼動している施設において長期包括運営方式へと運営と運転領域の民営化が進んでいる。このような運営事業の拡大に加えて労働力不足もあり、ベテラン運転員の確保が難しくなっている。当社はこの状況への対応に、IoT、AI、データ分析技術を総合的に活用した運営事業の自動化及び最適化を進めている。焼却炉の運転については、無人運転を目標として技術開発を進めており、2020年に焼却炉自動運転AIシステム「BRA-ING（ブレイング）」をごみ焼却施設へ導入した。今回、新たな操作自動化機能を追加して自動化の範囲を拡大し、2023年夏季に岩国市サンライズクリーンセンターにてBRA-INGを含めた操作自動化機能の実証試験を行った。本稿ではその運転結果を報告する。

2. 操作自動化機能の概要

運転中のごみ焼却施設にて、中央制御室の制御端末から実施する操作（以下、介入操作）は燃焼制御及び焼却量制御並びに排ガス処理制御に係るものがある。各制御における操作自動化機能、並びに操作自動化機能が無い場合の介入操作回数のおおよその割合を表1に示す。

今回の実証試験において、介入操作をゼロに

表1 操作自動化機能及び介入操作回数割合

	操作自動化機能	介入操作回数割合
① 燃焼制御	BRA-ING	85%
② 焼却量制御	蒸気量SV値制御	10%
③ 排ガス処理制御	薬剤緊急噴霧制御	5%

するため、焼却量制御及び排ガス処理制御について運転操作自動化機能を追加した。図1に制御イメージ、図2に制御概要を示す。

2.1 焼却炉自動運転AIシステム【BRA-ING】

焼却炉の燃焼状態は、通常は自動燃焼制御装置（Automatic Combustion Controller、以下ACC）により安定に維持されるが、ごみ質の大幅な変動等により、ACCのみで安定な燃焼状態を維持できない場合、介入操作によりACC制御範囲へ復帰させる。燃焼制御に関する介入操作を自動化するBRA-INGは、運転員のノウハウや経験をプログラム化した自動介入モデルを搭載し、運転員と同等の判断と操作を自動で行うことができる。新システムを当社のACCと監視制御装置に組み合わせることで、焼却炉の自動運転が可能となる。

2.2 蒸気量SV値自動制御

ごみ焼却施設では、蒸気発生量の安定性を保ちながら年間の操業計画に基づいて日毎のごみ焼却量を管理している。一方、ACCはボイラでの蒸気発生量及び焼却量の双方を同時に高水準で制御することはできない。そこで、ACC

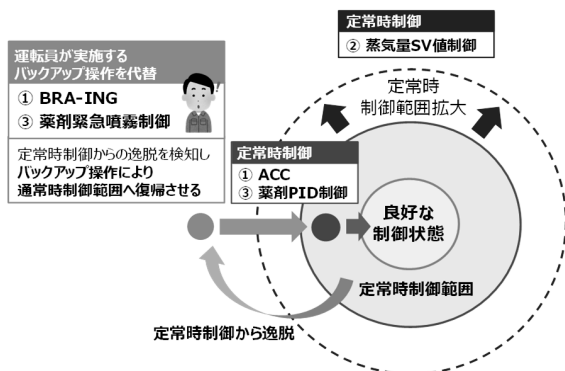


図1 自動制御技術の制御イメージ

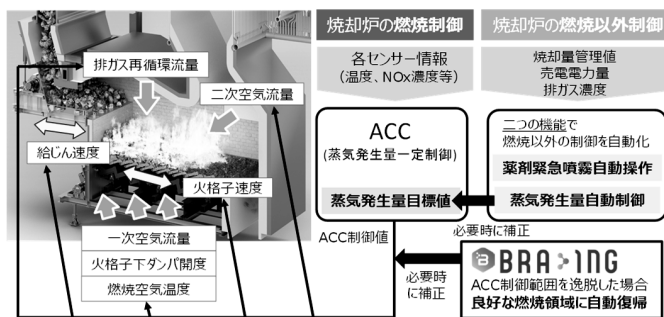


図2 自動制御技術の制御概要

にて蒸気発生量を一定制御するモードで運転している場合には、必要に応じて運転員がACCの目標蒸気発生量(蒸気量SV値)を増減してごみ焼却量を調整している。

本機能は、当日の目標焼却量と焼却量実績値を比較して蒸気量SV値を自動で調整する。売電電力が低下して買電リスクが高まった場合において、運転員が一時的に発電量を増加させるために蒸気量SV値を調整することがあり、本機能ではその操作を自動で行う。

2.3 薬剤緊急噴霧制御

ごみ焼却施設では、排ガス中の有害物質を抑制するために薬剤を噴霧し、煙突での排出基準濃度を下回るように制御をしている。この薬剤噴霧量は既存のPID制御にて自動調整されるが、有害物質の濃度が急上昇した場合には、運転員が一時的に薬剤噴霧量を増加させ有害物質濃度の上昇を抑制する。

本機能は、煙突での有害物質の濃度から薬剤(アンモニア及び消石灰)噴霧量を緊急的に増加させる操作を自動で行う。従来のPID制御と組み合わせることで薬剤制御を全自動化することができる。

3. 実証試験概要

3.1 試験施設

実証試験を実施した岩国市の清掃工場「サンライズクリーンセンター」の施設概要を表2に

示す。本施設はストーカ式のごみ焼却発電施設である。

表2 サンライズクリーンセンター施設概要

所在地	山口県岩国市
炉形式	ストーカ炉
ごみ処理能力	80t/d × 2炉
発電設備	蒸気タービン発電機 (3,900kW)
排ガス処理設備	ろ過式集塵機+乾式排ガス処理装置+触媒脱硝装置

3.2 試験期間

2023年7月1日～2023年10月3日(95日間)

3.3 評価指標

各制御に対して表3に示す指標で評価する。また、評価は“試験期間の運転データ”と自動化機能導入前の“2021年度での同期間の運転データ”との比較により実施する。

4. 試験結果

実証期間中の操炉状況及び各評価指標を表5【◎】に示す。操作自動化機能の導入により、95日間の試験期間のうち、無介入自動運転は延べ92日間であり、無介入連続運転日数は59日であった。8/29、8/31、9/1に介入操作があったが、いずれもトラブル対応操作であり、“制御状態を改善する目的で実施した手動介入操作”については、試験期間中はすべて操作自動化機能で代替できていた。

表3 操作自動化機能及び介入操作回数割

	操作自動化機能
◎ 全体	「介入操作の実施回数」により自動運転が達成された期間を評価
① 燃焼制御	「良好な燃焼状態 ^{※1} を維持できた時間の割合」により安定性を評価
② 焼却量制御	「日毎及び試験期間全体での焼却量偏差 ^{※2} 」により制御性を評価
③ 排ガス処理制御	「煙突での有害物質濃度最大値及び薬剤使用量」により制御性を評価

※1 表4に示す a 及び b の双方の条件に合致する状態を指す

※2 焼却量偏差 = (焼却量実績 - 目標焼却量) / 目標焼却量

表4 良好な燃焼状態の定義 (AND 条件)

a	発生蒸気量の偏差が設定値に対して - 8% 以上 (PV - SV) / SV ≥ - 8%
b	炉出口温度の平均値に対して - 50℃ 以上

燃焼制御の評価指標である、良好な燃焼状態の維持割合を表5【①】に示す。試験期間中で良好な燃焼状態の維持割合は99.8%であり、ACC及びBRA-INGにより温度及び蒸気量の大幅な低下が無い安定した燃焼状態を長期間維持できた。介入操作回数及び良好な燃焼状態の維持割合の推移を図3に示す。

焼却量制御の評価指標である、日毎の焼却量偏差の絶対値を表5【②-1】に、期間全体での焼却量偏差を表5【②-2】に示す。日毎及び期間全体の焼却量偏差は共に運転員の手動操作時の値よりも小さく、良好に制御できていた。特に、期間全体での焼却量偏差は0.38%と非常に小さく、操作自動化機能により長期間の焼却量制御が可能といえる。

排ガス処理制御の評価指標である、アンモニア使用量を表5【③-1】に、煙突NOx濃度の瞬時値の管理値超過時間を表5【③-2】に示す。本施設では設計時の想定に比べてHCl発生量が少なく消石灰の緊急噴霧操作をすることが無いため、アンモニアに対して評価した。煙突NOx濃度の瞬時値が50ppm(1h平均値に対する管理値)を超過する頻度は十分低く抑えられていることから、アンモニア噴霧量は、運転員の操作と同等に制御されていると判断できる。一方、操作自動化機能が無い状態に比べて、ごみ重量あたりの使用量は増加したが、これはごみ発熱量やごみ投入量の差から入熱量が上昇したと考えられ、その影響によりNOxの発生量が増加したためと考えられる。また、全体使用

表5 実証試験期間中の操炉状況及び各評価指標

	ACC+操作自動化機能	ACCのみ
期間	2023/07/01~10/03	2021/07/01~08/24 2021/09/08~10/03
日数 [day]	95	83
ごみ低位発熱量 [MJ/kg]	9.1	8.1
ごみ投入量 [t/day]	64.7	63.6
炉出口O ₂ 濃度 [%-dry]	3.9	3.9
介入操作回数 【◎】 [回/day]	0.06	44.4
良好な燃焼状態の維持割合 【①】 [%]	99.8	98.4
日毎の焼却量偏差(絶対値) 【②-1】 [%]	1.39	1.78
期間全体での焼却量偏差 【②-2】 [%]	0.38	1.00
ごみ重量あたりのアンモニア使用量 ^{※3} 【③-1】 [-]	1.17	1.00
煙突NOx濃度(瞬時値)の50ppm超過時間 【③-2】 [分/day]	7.5	6.0

※3 操作自動化機能の導入前(2021年)の数値を1として比較した

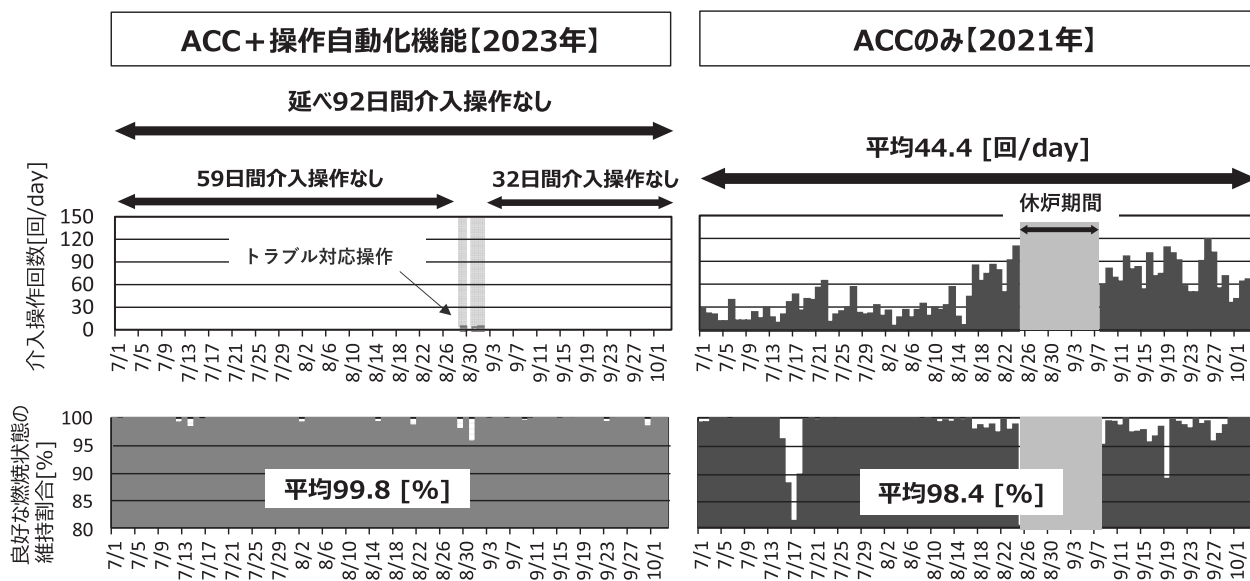


図3 実証試験期間中の介入操作回数及び良好な燃焼状態の維持割合

量に対するシステムで使用したアンモニア量は1割未満であったことから、自動化機能での薬剤噴霧量は適切であったといえる。

5. おわりに

ACC及び操作自動化機能により、実証期間95日間のうち延べ92日間の長期間にわたり介入操作の無い安定操炉を実現でき、また59日

間の連続無介入運転を達成した。これにより、長期間無介入で運転を継続できる技術を確認し、人員の省力化に大きく貢献することを確認した。

今後、更なる技術開発を進めごみ焼却施設の無人化及び運営全体の最適化を実現する所存である。