

## AI・データ分析による廃棄物処理施設の自動運転技術

こじま ひろし

(J F E エンジニアリング株式会社) ○小嶋 浩史

## 1. 緒言

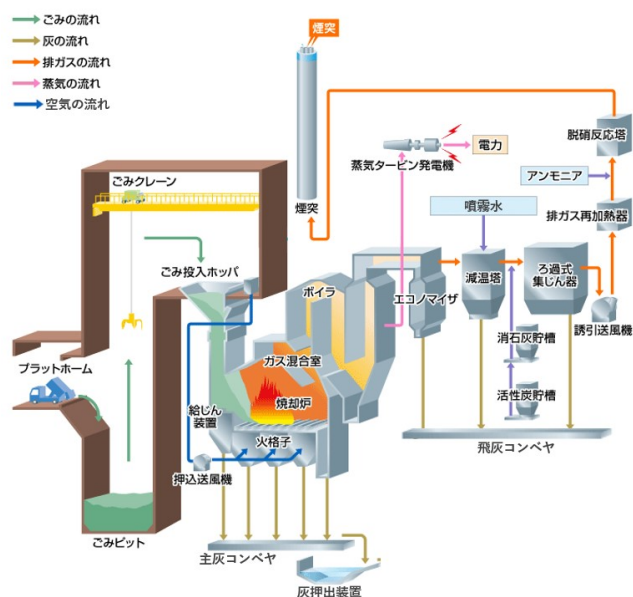
全国の地方自治体が管理している一般廃棄物処理施設は、全国に約1,100工場が稼働中で、年間約4300万 ton のごみを各施設の環境管理基準に基づき安定な処理をしている。

昨今、少子高齢化、労働力不足が進んでいる社会背景の中、これら一般廃棄物処理施設では、建設後の運營業務を民間事業者へ委託する DBO (Design Build Operate) 方式や長期包括運営方式等の採用が主体となっている。このため、施設内の廃棄物焼却炉を安定・安心に運転するベテラン運転員の不足が顕在化し、運営サービスの向上を図る上での課題となりつつある。当社は、この課題の解決に向けて運営施設の無人化、つまり全自動運転を目標として、自動化・高度化の取り組みを進めている。

本稿では、この取り組みの1つである廃棄物処理施設の焼却炉の運転操作を全自動化する技術(以下、自動運転システム)である、焼却炉自動運転 AI システム「BRA-ING®」(ブレイング) ※1 の概要と導入により得られている効果を紹介する。

## 2. 自動運転システムの概要

第1図に一般廃棄物処理施設の全体図を示す。主要装置である焼却炉の多くには、自動燃焼制御装置 (Automatic Combustion Control: 以下 ACC) という、ごみの燃焼を自動制御する装置が適用されており、焼却炉に投入するごみ質の変動があっても、ACC の制御により自動で安定なごみの燃焼状態が維持されている。しかしながら、ごみピットでのごみの攪拌が十分にできない場合に、焼却炉へ投入するごみ質が大きく変動してしまうことがある。ごみ質の変動が大きくなると、ACC のみでは安定な燃焼状態を維持することが困難となり、運転員は監視制御装置 (Distributed Control System: 以下 DCS) の監視画面の各種プロセスデータと工業用監視カメラ (Industrial TeleVision: 以下 ITV) のモニタ映像か



第1図：一般廃棄物処理施設の全体図

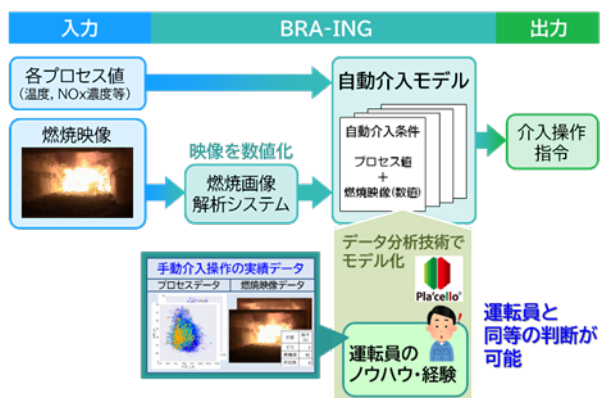
ら燃焼状態を確認し、ACC の制御可能な燃焼状態へ復帰させる操作 (以下、介入操作) を行っている。自動運転システムは、この運転員が行っている介入操作を自動化する技術である。

第2図に自動運転システム導入前後における廃棄物焼却炉の運転イメージを示す。従来の運転では、運転員が DCS のプロセス値や警報と ITV の燃焼映像を常に監視し、焼却炉内の燃焼変動に対する手動介入操作を行っていた。これに対し、自動運転システムが運転員に代わり介入操作を行なうことで、運転員の監視操作業務が不要となる。



第2図：廃棄物焼却炉の運転イメージ

第3図に本システムの概念図を示す。自動運転システムの主に2つの機能がある。1つは、運転員が



第3図：本システムの概念図

焼却炉の運転時に、各プロセスデータを監視し、燃焼改善が必要と判断した際に行ってきた介入操作のデータから、機械学習によりこれらの操作内容をモデル化した、“自動介入モデル”。もう1つは、AI技術を活用し、ITV モニタ映像から燃焼の良し悪しの状態を数値化する“燃焼画像解析システム”である。

#### (1) 自動介入モデル

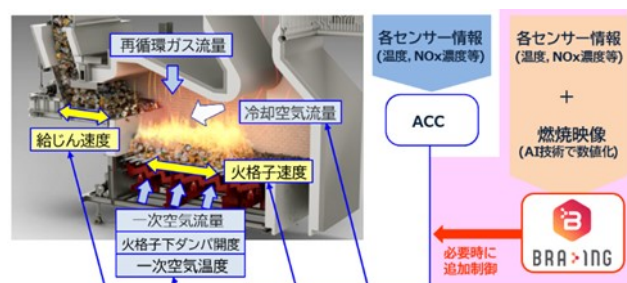
運転員が介入操作を行なう操作項目は複数ある。自動介入モデルはこれらの操作が実施されたプロセスデータの値やタイミング、介入操作を行う際に複数の操作項目の中から操作する項目、及び操作量、そして、介入操作からACCに戻す条件等を分析した結果から得られている。本モデルにより運転員が経験により習得してきた介入操作がプログラム化できている。なお、モデルの作成迄には、長期間に渡るさまざまなデータから介入操作の開始と終了時の判断と介入開始時の操作量に関する分析を行っている。

#### (2) 燃焼画像解析システム

廃棄物焼却炉の運転員は、さまざまなプロセスデータと同様に、燃焼炉内を監視するカメラ映像をITV モニタで監視し、燃焼状態の良し悪しを判断している。燃焼画像解析システムは、AI 画像解析技術を活用し、運転員が常に監視している焼却炉内のごみの燃焼状態の良し悪しを運転員に代わり判断する機能を有している。ここで言う判断とは、燃焼状態の良し悪しを数値化することであり、その数値はプロセスデータと同様に自動介入モデルに取り入れて自動操作の判断に活用している。

#### (3) 自動操作項目

第4図に自動操作項目を示す。焼却炉の運転操作は、ごみを焼却炉に供給する給じん装置、燃焼する速度を調整する火格子、燃焼空気や燃焼温度を制御する各種空気量など、BRA-ING は運転員が介入操作を行なうすべての項目を自動で操作する。



第4図：自動操作項目

#### (4) 自動運転システムの経緯

自動介入モデルと燃焼画像解析システムで構成している自動運転システムは2018年10月に当社が運営をしている一般廃棄物処理施設へ導入を開始し、システムの調整と機能の強化を行い、2019年2月には本格的に自動運転の活用を開始した。自動運転システムを活用した運転で、良好な結果が得られたこともあり、2019年度末には4施設へ導入を拡大し、継続的に運転確認を行いながら技術強化と商品化を進めてきた。そして2020年7月には商品名「BRA-ING」として、商品リリースしている。商品化後も導入を拡大しており2021年度末には8施設での活用となる。

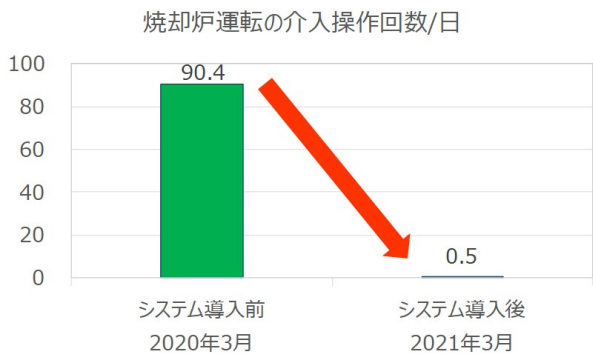
### 3. 導入効果

#### 3.1 手動介入操作回数

従来の自動運転システムをBRA-ING(以下新システム)へ更新した施設における運転結果は、何れも2週間以上に渡り“完全自動運転(手動介入操作ゼロの運転)”を達成している。ここでは、新システムを導入した施設の運転で得られた効果を紹介する。

第5図は新システム導入前後で一日あたりの平均介入操作回数を整理した結果である。

本施設には2021年2月に新システムを導入し、2月後半に初期調整を完了、その後継続して活用をしている。



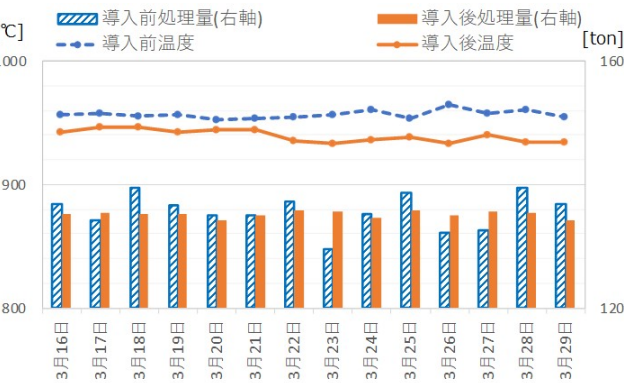
第 5 図：新システム導入前後の介入操作回数

今回、データの整理期間を、導入前は 2020 年 3 月、導入後は 2021 年 3 月の同じ 2 週間とした。

この結果から、運転員が安定燃焼のために行っていた介入操作がほぼなしで、焼却炉の運転ができています。

3.2 燃焼安定性

第 6 図に燃焼の安定評価として、燃焼管理温度とごみ処理量のデータを整理した結果を示す。これより、日々のごみ処理量が安定化していることが確認できている。



第 6 図：システム導入前の運転状況

表 1 に、第 6 図で 1 日の平均としていた燃焼管理温度を 10 分サンプリング値で標準偏差を整理した結果を示す。表 1 より燃焼管理温度の標準偏差が 22% 低減し、燃焼の安定性向上が確認できている。

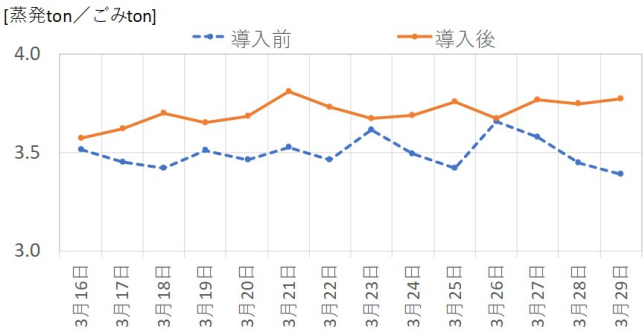
表 1. 燃焼管理温度の標準偏差

|                | ①導入前 | ②導入後 | 安定性評価<br>(①-②)÷① |
|----------------|------|------|------------------|
| 燃焼管理温度<br>標準偏差 | 16.9 | 13.2 | 22%              |

3.3 エネルギー回収効果

一般廃棄物処理施設の約 4 割弱は、ごみの燃焼で高温・高圧の蒸気をボイラで発生させ、この蒸気をタービン発電機に供給することで電気エネルギーを回収する発電設備を有している。このため、安定な燃焼を継続すれば同じごみ処理量において発生する蒸発量が増加すると、蒸気タービン発電機で発電する電力量も増加し、エネルギー回収効率の向上に寄与する。今回のシステム導入前後の運転期間では、焼却炉から発生する蒸発量をごみの処理量で割った値である、ごみ ton 当たりの蒸発量（以下；蒸発量原単位）で評価をした。

第 7 図に運転期間の 1 日平均の蒸発量原単位の推移を示す。この期間の平均蒸発量原単位は、システム導入前の 3.48[蒸気 ton/ごみ ton]に対し、導入後は 3.67[蒸気 ton/ごみ ton]となり、蒸発量原単位は 5.4%向上している。



第 7 図：1 日毎の蒸発量原単位推移

以上の結果から、新システムを既存の施設に導入したケースにおいても、運転員による焼却炉の介入操作がなくなり、より安定な運転ができていること、更に、エネルギー回収の向上にも繋がっていることが確認できている。また、今回、新システムの調整期間は 2 週間程度であり、従来の約半分の期間でこれらの結果が得られたことは、商品化時に行った技術改良の効果でもある。

4. 今後の展望

廃棄物処理施設の運営形態の変化と DX（デジタルトランスフォーメーション）による変革に伴い、一般廃棄物処理の建設や運営事業に係わるプラントメーカーは、最新の IoT、データ分析、AI 技術の活用を

加速している。当社は、本稿で紹介した、廃棄物焼却炉の自動運転に続いて、自動化の範囲を拡大し、運営事業全体の無人化を目指した開発を進めている。

くらしの礎を「創る」、「担う」「つなぐ」企業として、豊富な知見と最先端の技術で「グリーン」・「デジタル」をキーワードとして、循環型社会の形成及び環境保全へ貢献していく所存である。

#### 参考文献

- 1) 小嶋、鈴木：廃棄物資源循環学会誌  
第 32 巻第 2 号 特集「情報・センサー技術の  
活用による循環経済の推進」（2021. 3）

※ 1：「BRA-ING」及び「ブレイング」は、  
**JFE エンジニアリング(株)**の登録商標である。