

ごみの過供給検知技術を用いた燃焼空気量制御技術の高度化

Advanced Developments in Municipal Waste Combustion by Air Control Using Waste Oversupply Detection



工藤貴洋*
Takahiro Kudo



福川宙季**
Hiroki Fukukawa



砂田浩志*
Hiroshi Sunada



藤田 淳*
Jun Fujita
技術士（衛生工学部門）



伊藤 正***
Tadashi Ito

燃焼安定化のためにはごみの定量的な供給が必要だが、不均一な性状のごみを定量的に供給することは難しい。当社はこの問題を解決するために、クレーン自動化によるごみ攪拌性能向上に取り組んできた。それに加えて今回、ごみが焼却炉に入る前に、AIによる画像認識を用いてごみの過供給を検知し、燃焼空気量を制御するフィードフォワード制御により燃焼安定化を図った。

AIによる画像認識を用いることでごみの過供給を検知することができ、本検知技術を用いた燃焼空気量制御を用いることで、CO濃度ピーク回数を45%低減することができた。

In municipal waste treatment, waste must be fed into incinerators at a certain rate in order to stabilize combustion, but this is difficult to do when waste is of non-uniform properties. To overcome the problem, the authors have been improving waste stirring performance with a “Fully Automatic Refuse Crane”. In addition, image recognition by AI is applied to detect any oversupply of waste before entering the incinerator, and feedforward-control is used to control the amount of air supply to stabilize combustion. Applying the above technologies reduced the number of CO concentration peaks by 45%.

Key Words :

流動床式ガス化燃焼炉
画像認識
AI
燃焼空気量制御

Fluidized-bed gasification and combustion furnace
Image recognition
Artificial intelligence
Combustion air control

【セールスポイント】

- ・燃焼安定化
- ・CO発生抑制

まえがき

廃棄物燃焼設備において、燃焼安定化のためにはごみの定量的な供給が必要である。一方、搬入されるごみの性状は不均一であり、これを定量的に供給することは難しい。当社はこの問題を解決するために、クレーン自動化によるごみ攪拌性能向上に取り組んできたが¹⁾、それに加えてさらなる改善の方法

を模索してきた。今回、新たなアプローチとして、燃焼空気量の制御に着目し、ごみが焼却炉に入る前に人工知能（AI：Artificial intelligence）による画像認識を用いてごみの過供給を検知し、フィードフォワード制御により燃焼安定化を実現する技術を開発した。本稿では、当社が建設した流動床式ガス化燃焼炉の施設に導入したごみの過供給検知技術

*環境エンジニアリング事業本部 環境プラント事業部 プロポーザル部 設備改善推進室

**技術開発センター 技術開発部 基盤技術室

***環境エンジニアリング事業本部 環境プラント事業部 プロポーザル部

(ODT：Oversupply Detection Technology) と燃焼空気量制御技術の概要および運転結果について報告する。

1. 過供給検知技術を用いた燃焼空気量制御の概要

1.1 過供給検知手法

図1にごみの過供給検知装置の概略図を示す。試験対象の流動床式ガス化燃焼炉(表1)は、給じんコンベヤ(エプロンコンベヤ)からシール機を介して、焼却炉にごみを供給する。今回開発した過供給検知装置は、給じんコンベヤのヘッド部にカメラを設置し、コンベヤからシール機へ落下する直前のごみを撮影する(図2)。撮影した画像から、AIによりごみ領域を認識し、そのごみ領域のピクセル数をごみ量として出力する。

ごみ領域の判断には、画像認識AI技術の1つであるセマンティックセグメンテーション(以下、セグメンテーションと記載)を採用した。セグメンテーションとは、画像に写る対象物をピクセル単位で識別するディープラーニングのアルゴリズムのことである。あらかじめごみ領域を示した教師データを作成し、教師あり機械学習を行うことで、セグメンテーションモデルを構築することができる。画像内

表1 試験対象施設概要

処理方式	流動床式ガス化燃焼炉
処理能力	46ton/24h×3炉
排ガス冷却方式	ボイラ+水噴射式
排ガス処理方式	バグフィルタ+脱硝反応塔

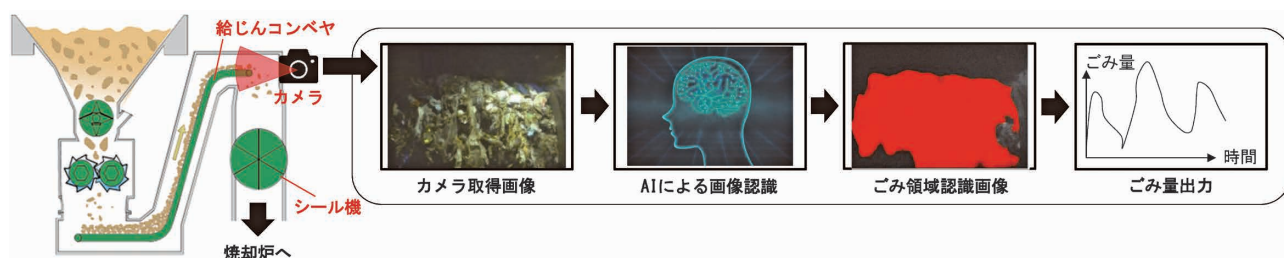


図1 ごみの過供給検知手法の概要



図2 カメラ設置状況

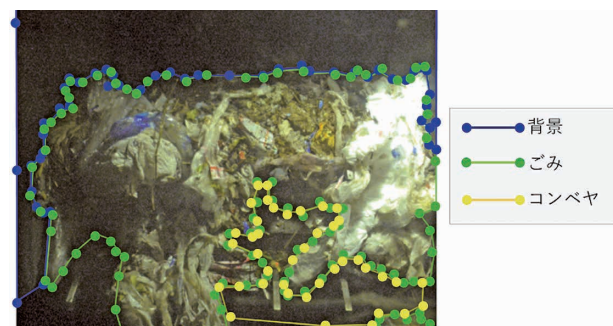


図3 教師データ作成の一例

の「ごみ」「コンベヤ」「背景」を認識クラスに設定し、教師データ約500枚を作成した(図3)。カメラで撮影する位置では、カメラ前方の窓への粉塵の付着や、照明強度やカメラ設置位置の変化等、教師データで使用した画像の撮影環境から大きく変化した場合に、ごみ領域検出精度の悪化が懸念される。これに対しては、モデルの学習フェーズでData Augmentationと呼ばれる教師データの増し手法を適用した。教師データの画像に対して輝度変換・ぼかし・平行移動・スケール変換等の処理を施した画像を新たに作成し、教師データとして増し学習することで、各種変動が起きても頑強にセグメンテーションできることが期待できる。

ごみ量の計測結果に対して、閾値判定によりごみの過供給を判断し、分散制御システム(DCS：Distributed Control System)へ過供給検知信号を発報する。

ごみ量と炉出口O₂濃度の関係を図4に示す。ごみ量の一次的な増加の後、炉出口O₂濃度の低下が見られた。ごみ量の増加が2回見られるが、それぞれ一定の間隔の後、炉出口O₂濃度の低下が見られる。炉内に供給されるごみ量が増加し、ごみの過供給が生じることで燃焼空気が消費されるために炉出口O₂濃度が低下したと考えられ、本過供給検知装置を用いることでごみの過供給を燃焼する前に検知できることが示唆された。

1.2 過供給検知技術を用いた燃焼空気量制御

流動床炉はストーカ炉と比べて燃焼速度が速い特性を持つ。発電量制御が容易、緊急時の炉の停止を安全に行うことができるなどの利点があるが、ごみ

の過供給が生じた場合、特に低空気比運転時は炉内O₂濃度不足となりCOピークが発生しやすい傾向がある。今回開発したシステムでは、過供給検知装置でごみの過供給を事前に検知し、適切なタイミングで燃焼空気を制御することで、燃焼安定化の実現を目指した。

ODTを用いた燃焼空気量制御の一例を図5に示す。ごみ量の増加を検知した後、適切なタイミングで二次空気量を増加させることにより、炉出口O₂濃度の低下を抑え、COピークの発生を抑制することができた。

2. 過供給検知技術を用いた燃焼空気量制御の運転結果

ODTを用いた燃焼空気量制御の評価のために、従来制御時とODTを用いた制御時の煙突CO濃度が40 ppm以上となったピーク回数とその期間の空気比を比較した(表2)。CO濃度ピーク回数は従来制御時を1として比較した。なお、評価期間は24時間とした。

従来制御に比べて、ODTを用いた制御では、同程度の空気比において、CO濃度40 ppm以上となったピーク回数が45%低下しており、安定燃焼化を

表2 CO濃度ピーク回数と空気比

	従来制御	ODTを用いた制御
40 ppm以上のCO濃度ピーク回数[-]	1	0.55
空気比[-]	1.39	1.43

実現できることが分かる。

むすび

AIによる画像認識を用いることでごみの過供給を検知することができた。また、ごみの過供給検知技術を用いて燃焼空気量を制御することでCO濃度ピーク回数を45%低減できることを確認した。今後は、1年間の長期試験を行い、季節によるごみの変動に対しても適応する予定である。

本技術は、既設の焼却炉に対して大きな改造を伴わない。さらに汎用性の高いシステムを構成し、実証施設以外の施設への横展開を進めていく所存である。

[参考文献]

- 1) 福川宙季ほか：ごみクレーン動作計画自動化技術、第43回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集(2022)、p141-143

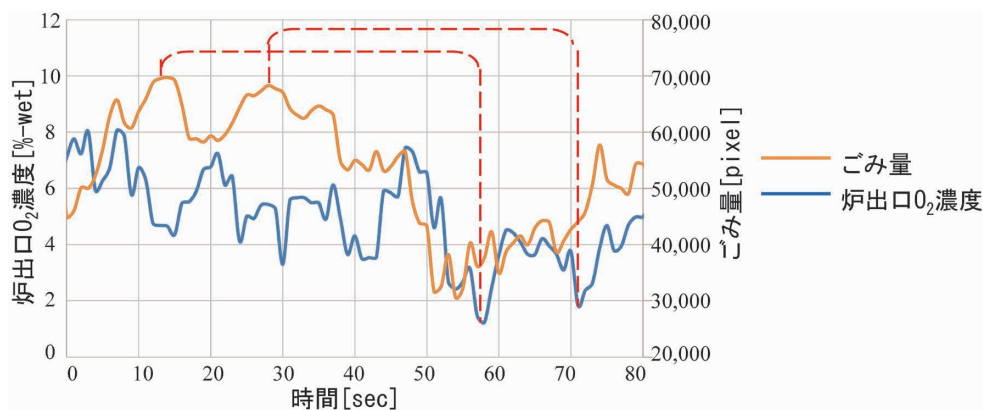


図4 ごみ量と炉出口O₂濃度の関係

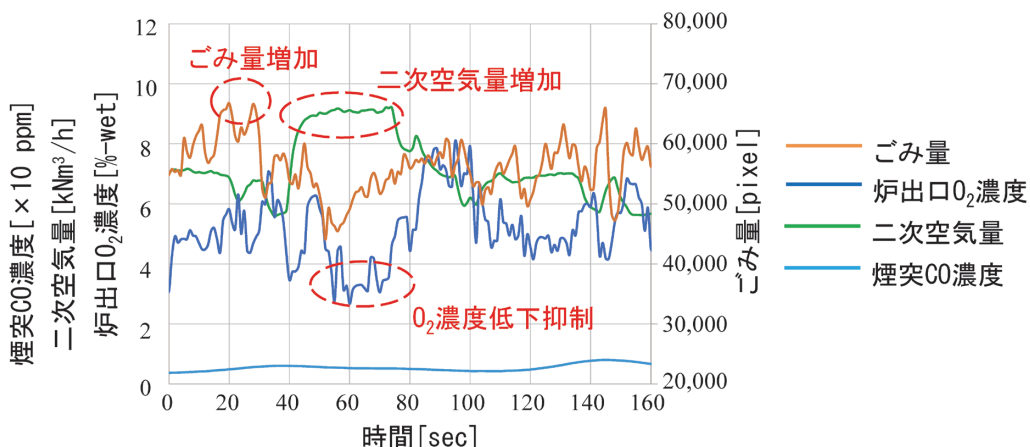


図5 燃焼空気量制御の一例