

新世代ストーカ式ごみ焼却プラントの自動燃焼制御

Automatic Combustion Control System for a New-generation Stoker-type Waste Incineration Plant

辻本進一, 藤川博之, 秋山 仁, ○松田吉司
株式会社タクマ

Shinichi Tujimoto, Hiroyuki Fujikawa, Jin Akiyama, Yoshiji Matsuda
TAKUMA CO., LTD.

Abstract

We developed Automatic Combustion Control System “Advanced-fuzzy control system” which can handle stable combustion in “a new-generation stoker-type waste incineration plant” characterized by the low air ratio, which aims reducing the environmental burden and lowering the initial and running cost.

As new technologies for Automatic Combustion Control System “Advanced-fuzzy control system”, calculating the heat input of the incinerator by estimating the LHV of MSW, sensing of burning center point and burnout point, and measuring oxygen concentration in real time by using laser-type oxygen analyzer are raised.

“Advanced-fuzzy control system” includes the control system that uses these new measurement technologies and the fuzzy control with multivariable control theory in the conventional automatic combustion control.

This introduced into the system this time and the good result was obtained.

Key Words : stoker-type MSW incinerator, automatic combustion control, low air ratio combustion, stable combustion, reducing environmental burden

1 はじめに

近年ごみ処理プラントではさらなる有害物質の発生抑制、サーマルリサイクルの推進による環境負荷低減や低コスト化などニーズが多様化かつ高度化しており、我々はそのニーズに応えるべく新世代ストーカ式ごみ焼却プラントを開発した。この新世代ストーカ式ごみ焼却プラントの特徴である低空気比 1.3(従来燃焼方式では 1.7~2.0)での精密燃焼に対応した燃焼制御を実現する為に、我々は以下の3項目を応用した制御システムとファジィ推論制御を従来の自動燃焼制御¹⁾に取込んだアドバンス・ファジィ(登録商標)制御を開発した。

- (1) ごみ投入ホッパごみレベル計を用いたごみ質推定による供給熱量制御²⁾
- (2) 走査型放射温度計を用いた燃焼中心・燃え切り点制御
- (3) レーザ式酸素濃度計を用いた炉出口ガス酸素濃度リアルタイム計測による二次空気量制御³⁾

この開発した制御を実機に導入し、良好な結果が得られたので報告する。

2 新たに導入した各制御の概要

2.1 ごみ質推定による供給熱量制御

従来の燃焼制御はボイラ蒸発量が一定となるようにごみ送り量と燃焼空気量を調整するフィードバック制御が中心であるが、周知のとおりごみは雑多であるためごみの性状変動に対する制御の遅れは不可避であった。我々はさらなる燃焼安定化を目的とし、ごみの性状変動を予測し、ごみの性状に合わせてごみ送り量と空気供給量をフィードフォワード制御する手法を開発した。

Fig. 2.1 にごみ質推定と供給熱量演算のシステム概要を示す。ごみ投入ホッパ上部に走査型レーザ距離計を設置してホッパ内のごみの表面形状を連続測定し、ホッパ内のごみ容積およびその変化量を把握する。ごみ投入時の容積変化量とクレーンつかみ重量とからごみの比重を演算し、比重とごみ発熱量との相関データをもとに投入したごみの

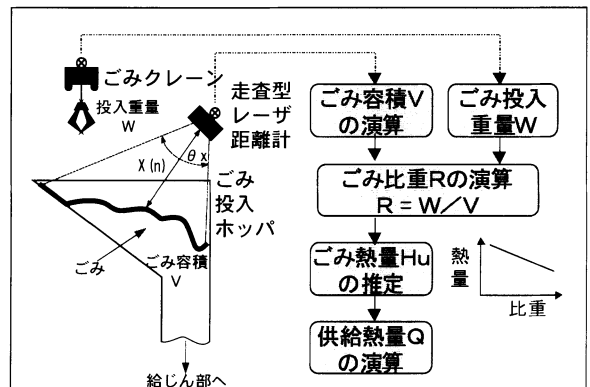


Fig. 2.1 ごみ質推定・供給ごみ熱量演算方法

ごみ発熱量との相関データをもとに投入したごみの

発熱量を推定するとともに、ごみの投入履歴と容積変化量から炉内に供給されているごみの重量と発熱量を予測して炉への供給熱量を求める。この供給熱量が一定となるようにストーカ装置および給じん装置の駆動速度を制御するとともに、予測した発熱量に応じた適正な空気供給量、分配となるように制御を行う。

Fig. 2.2 に計測画面例を示す。ホッパ内のごみ表面形状、投入毎のごみの移動状態をリアルタイムで表示している。また投入毎のごみの比重(\propto 発熱量)の変動を表示し、異常値に対し警報を出すようにしている。

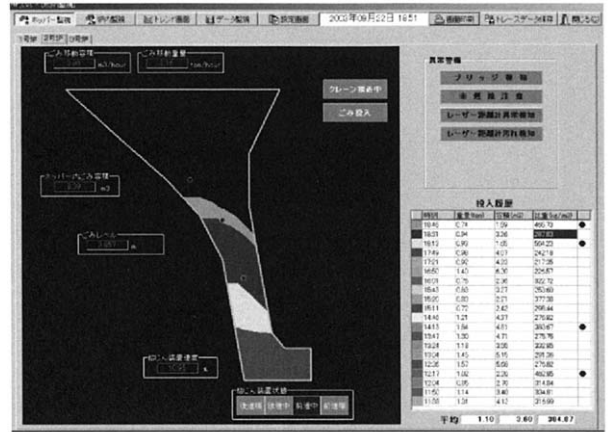


Fig. 2.2 ごみ質推定・供給ごみ熱量演算検出例

2.2 燃焼中心・燃え切り点制御

ストーカ上の燃焼位置を一定に保ち、焼却灰の仕上がりを安定させるとともに燃焼室上部での二次空気による攪拌混合を最適な状態として安定した完全燃焼を行うことを目的に、燃焼位置の検出・制御する手法を開発した。

Fig. 2.3 に燃焼中心位置および燃え切り点の検出方法の概要を示す。炉上部に走査型赤外線放射温度計を設置してごみ流れ方向のごみ表面温度分布を計測し、得られた温度分布から最高温度となる位置を燃焼中心位置、温度偏差が最大となる位置を燃え切り点として検出する。検出された燃焼中心位置、燃え切り点が予め設定した最適な位置となるようにストーカ装置の駆動速度および燃焼空気量、分配を制御する。

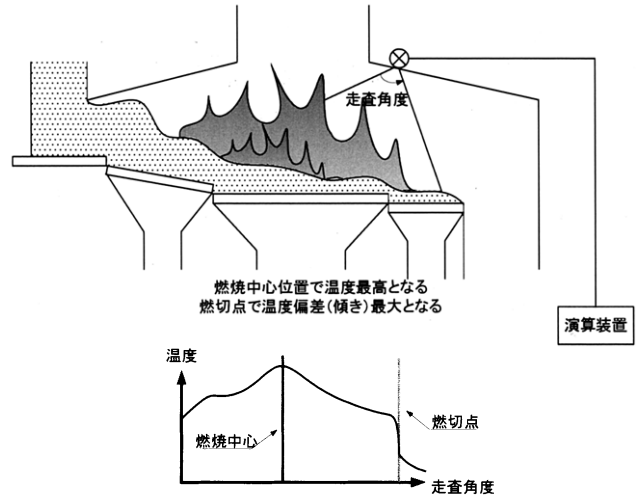


Fig. 2.3 燃焼中心・燃え切り点検出方法

Fig. 2.4 に計測画面例を示す。運転中の2炉の炉内監視ITV画像とストーカ上のごみ表面分布を同時にリアルタイムで表示しており、左側太線(30度付近)が燃焼中心位置、右側細線(40度付近)が燃え切り点を示している。

Fig. 2.5 に自動燃焼制御の燃焼ストーカ速度制御を燃焼中心制御のみとして操作した際の結果を示す。燃焼中心位置は平均してFig. 2.4の操作角度の33度付近、変動幅は ± 7.5 度程度であった。これは燃焼中心が平均して燃焼ストーカ(8段構成で全長3085mm)の6段目上にあり、中心位置変動も燃焼ストーカの5段目~6段目(変動幅 ± 350 mm)となり、燃焼中心制御が可能であることがわかる。また、その時のボイラ蒸発量変動も既存の自動燃焼制御で操作の場合と遜色がなかった。

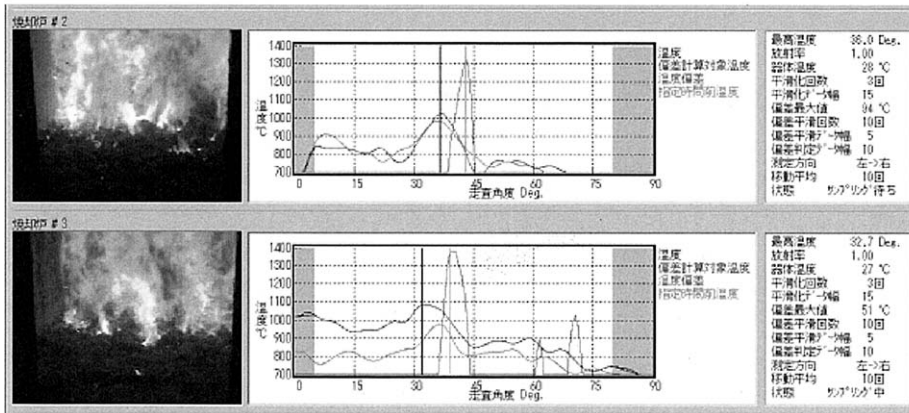


Fig. 2.4 燃焼中心・燃え切り点検出例(計測画面)

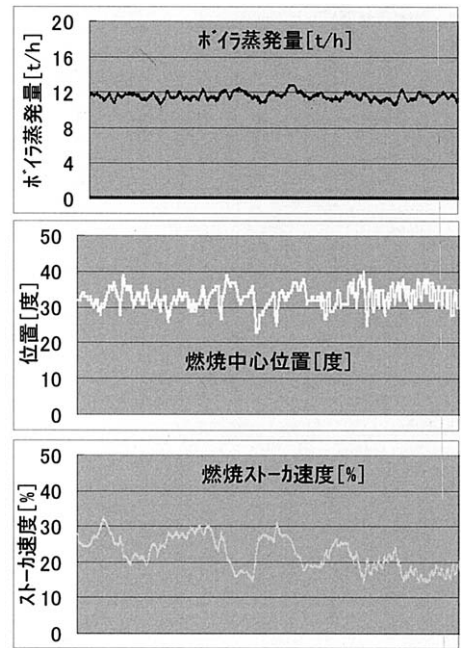


Fig. 2.5 燃焼中心制御実施結果

2. 3 二次空気リアルタイム制御

排ガス中の未燃を安定的に完全燃焼するために、排ガスの酸素濃度が一定となるように二次空気量を制御しているが、従来用いている吸引式の酸素濃度計は排ガス処理後の煙道よりサンプルガスを引き抜き、分析計まで吸引した後、前処理を経て分析計に導入されるため検出が遅れ、結果として二次空気の制御が遅れることが不可避であった。低空気比でも安定的に完全燃焼するために、我々はレーザ式酸素濃度計を用いて酸素濃度をリアルタイム計測し、遅れを最小限とした二次空気量制御方法を開発した。

Fig. 2. 6にレーザ式酸素濃度計の概要を示す。レーザ式酸素濃度計は特定波長の光が吸収媒体(ガス)を通過する際の入射光と透過光の強度差(減衰量)が吸収媒体濃度と光路長に比例する(Lambert-Beer則)事を利用したもので、プローブの挿入やガスの吸引が不要である為、高温かつダストを含む燃焼室出口排ガスの酸素濃度をリアルタイム計測できる事が特徴である。

Fig. 2. 7に二次空気量制御の例を示す。レーザ式酸素濃度計と吸引式酸素濃度計の測定値は同じ挙動を示し、レーザ式酸素濃度計により酸素濃度を検出できることがわかる。なお両者の測定値の絶対値の差は測定位置の違いと、レーザ式酸素濃度計の測定値がwet gasベースであるのに対し吸引式酸素濃度計の測定値がdry gasベースであることによる。そしてレーザ式酸素計の方が細かい変動を検出できており、かつレーザ式酸素濃度計のほうが約2分応答が速い。急激な燃焼変動により酸素濃度が下がったときでも、レーザ式酸素濃度計により素早く変動を検出して二次空気量を増やすことができるため、CO濃度のピークを抑制できる。

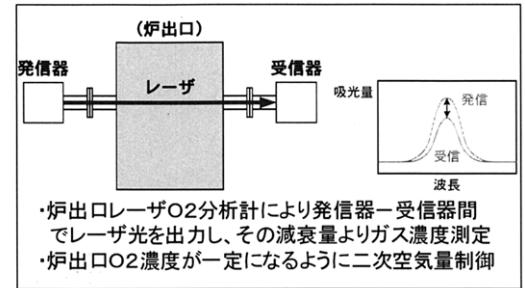


Fig. 2. 6 レーザ式酸素濃度計

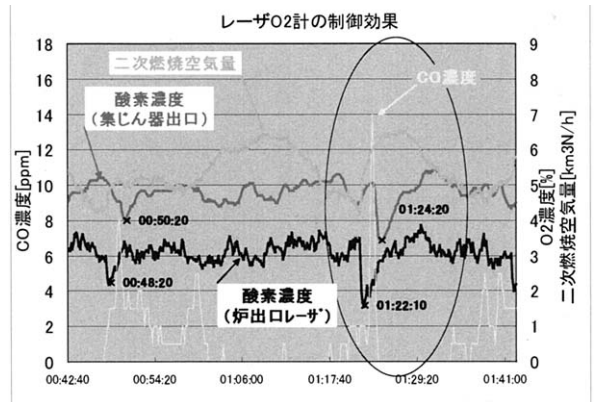


Fig. 2. 7 二次空気リアルタイム制御例

3 制御比較試験

前述の新たな制御システムを導入した(A)アドバンスト・ファジー(登録商標)制御と(B)従来の自動燃焼制御(通常ACC制御)にて同じ焼却炉を操業し比較した結果をFig. 3に示す⁴⁾。

ボイラ蒸発量の変動幅が±5%以内に収まる時間割合は(B)が81.3%であるのに対し(A)は92.9%と高く、従来のACC制御に比べて安定している。また炉出口O₂濃度、排ガスCO濃度、燃焼ガス温度、燃え切り点の標準偏差はいずれも(A)の方が小さく、燃焼をさらに安定させることができた。

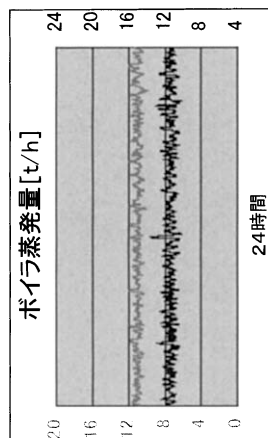
4 おわりに

新世代ストーカ式ごみ焼却プラントの低空気比での精密燃焼に対応するために開発したアドバンスト・ファジー制御は従来の制御に比べ、さらに安定した燃焼が可能であることを実稼働プラントにおいて確認することができた。またアドバンスト・ファジー制御で新たに追加した制御項目の個々の効果として以下を得られた。

- (1) 供給ごみ熱量演算・ごみ質推定により炉内供給ごみ熱量を一定とすることによりボイラ蒸発量(∞燃焼量)の変動を抑制し、安定燃焼を実現できた。
- (2) 走査型赤外線放射温度計を用いた燃焼中心・燃え切り点制御により燃焼位置を安定させることができた。
- (3) レーザ式酸素濃度計により燃焼室出口排ガスの酸素濃度をリアルタイム検出し、二次空気量制御に用いることにより、二次空気量制御の遅れを最小限とし、燃焼変動時のCO濃度ピークを抑制できた。

参考文献

- 1) 高野治 他、ごみ焼却プラントの自動化の変遷と課題、タクマ技報 Vol.2, No.2, pp.143-159, 1994
- 2) 辻本進一 他、焼却炉におけるごみ供給熱量制御(2002)、第14回環境システム計測制御研究発表会
- 3) 劉大偉 他、ごみ焼却炉燃焼場のレーザ計測技術とその応用(2003)、第14回廃棄物学会研究発表会
- 4) 秋山仁 他、新燃焼技術を用いたごみ焼却炉の運転実績、タクマ技報 Vol.11, No.2, pp.117-128, 2004

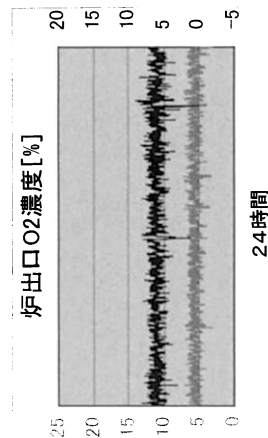


アドバンスド・フアジー制御
(蒸発量設定: 11.0t/h)

標準偏差 : 0.32t/h
 平均値 : 11.0t/h
 最大値 : 12.1t/h
 最小値 : 10.0t/h

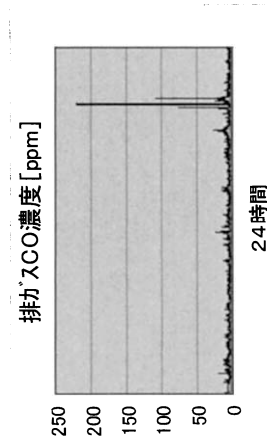
通常ACC制御
(蒸発量設定: 11.5t/h)

標準偏差 : 0.45t/h
 平均値 : 11.5t/h
 最大値 : 13.7t/h
 最小値 : 10.2t/h



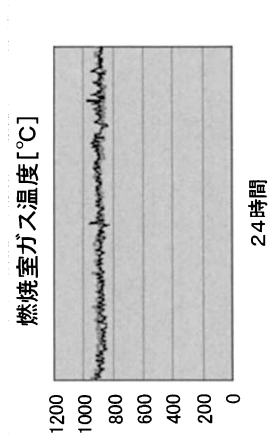
標準偏差 : 0.5%
 平均値 : 5.6%
 最大値 : 7.1%
 最小値 : 3.2%

標準偏差 : 0.7%
 平均値 : 6.1%
 最大値 : 9.0%
 最小値 : 0.0%



標準偏差 : 0.8ppm
 平均値 : 2.6ppm
 最大値 : 8.0ppm
 最小値 : 1.0ppm

標準偏差 : 9.3ppm
 平均値 : 6.4ppm
 最大値 : 220ppm
 最小値 : 3.0ppm

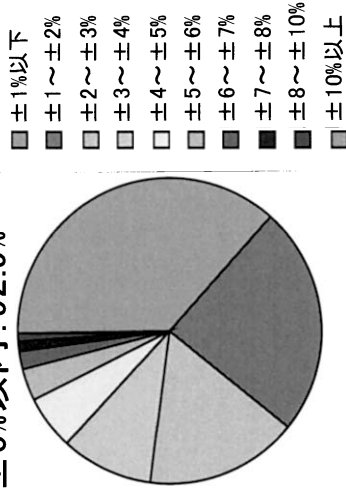


標準偏差 : 18°C
 平均値 : 894°C
 最大値 : 955°C
 最小値 : 848°C

標準偏差 : 20°C
 平均値 : 892°C
 最大値 : 976°C
 最小値 : 835°C

ボイラ蒸発量変動分布

±5%以内: 92.9%



ボイラ蒸発量変動分布

±5%以内: 81.3%

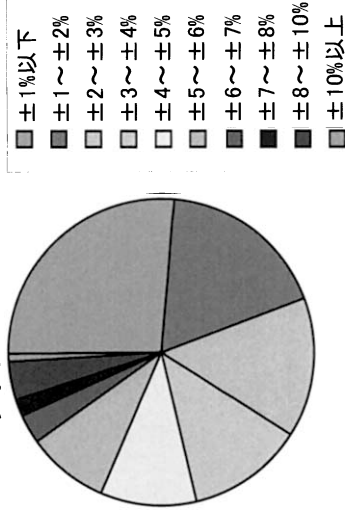


Fig. 3 制御比較結果