

高感度センサーによる燃焼制御システム

Combustion Control System Using by Advanced Sensor

黒田 学	基盤技術研究所 計測制御研究部 制御システムチーム 主任研究員	Manabu Kuroda
土井 茂行	環境技術部 燃焼機器設計室 統括スタッフ	Shigeyuki Doi
島本 拓幸	基盤技術研究所 計測制御研究部 制御システムチーム	Hiroyuki Shimamoto
藤井 聡	基盤技術研究所 計測制御研究部 制御システムチーム 主任研究員	Satoshi Fujii

ストーカ式ごみ焼却炉において、ダイオキシン抑制の観点からガス混合室温度の更なる高温安定が求められている。燃焼排ガス温度計測に従来使用している熱電対よりも応答が速い放射温度計を適用し、新たに燃焼制御系を設計した。燃焼状態の変化を迅速に検知し、適切に操作することを特徴としている。実際の工場における燃焼試験の結果、ガス混合室温度の高温安定化効果を確認した。

For reducing dioxins emission from stoker-type incinerator...

近年、ごみ焼却炉から排出される有害物質、特にダイオキシン類に対する関心が高まっており、「ダイオキシン類発生防止等ガイドライン」や「ダイオキシン対策特別措置法」の施行により、排ガスのみならず主灰や飛灰も含めた、工場から排出されるすべてのダイオキシン類排出低減が求められている。

そのなかで、燃焼過程におけるダイオキシン類低減対策として、性状の異なるごみでも安定に燃焼させる、すなわち、ガス混合室の高温安定化技術が重要となっている。以前開発したハイブリッド ACC (自動燃焼制御)¹⁾では、ごみ燃焼状態変化に対して最も速く応答に現れる、ボイラ蒸発量を安定化させる方式により、ガス混合室の高温安定化を実現している。しかし、更なるダイオキシン低減要求に応えるためには、従来対処できなかった高速の燃焼状態変化に対応することで、ガス混合室を高度に高温安定化する制御システムが必要である。

その問題に対して、排ガス中 CO₂ の熱放射エネルギーを検知する放射温度計に注目した。現在、排ガス温度の検知器は保護管付き熱電対が主流だが、保護管は熱電対の耐久性を高める反面、熱伝導に

2. 放射温度計の原理と特性²⁾

すべての物体は、その表面から熱放射エネルギーを電磁波の形で放射している。そして、各物体の熱放射エネルギーの波長分布と各波長における強さは温度と一定の関係にある(プランクの法則)。本研究では、燃焼排ガスに多く含まれる CO₂ が吸収する波長帯(約 4.3 μm)の熱放射エネルギーの強さをバンドパスフィルターにより抽出する方式で、排ガス温度を算出する放射温度計を適用している。詳細仕様は [Fig. 1](#)。

Field of view	約 20mm (< 600mm)
Device for detection	Thermopile
Spectral range	About 4.3 μm (CO ₂ absorption)
90% response time	1 ~ 10sec (variable)
Accuracy	1% (600 ~ 1500 °C)

4.1 制御系の構成

従来の燃焼制御方法¹⁾では Fig.5(a)に示すように、長期燃焼安定を目的として、炉内燃焼モデルに基づき、燃焼負荷やごみ質を入力とした基準値演算 Fr を実施する。CO や NOx の短期的な燃焼変動に対しては、主にボイラ蒸発量を指標にしたファジィ制御 Fc1 により補正量を算出、基準値へ積算して操作指令値としている。

放射温度計の計測値を適用するメリットは、短期的な燃焼変動に対して、従来指標であるボイラ蒸発量よりも迅速に検知できることである。そのため、以下の2種類の放射温度計適用制御系を設計し、燃焼空気量、冷却空気量、乾燥・燃焼火格子速度の操作端へ適用した。

一つ目は Fig.5(b)に示すように、従来制御系に放射温度計の温度差分値を入力としたファジィ補正 Fc2 を追加する構成である。燃焼状態変化を温度の上昇・下降という定性的な傾向より迅速に検知、対処することで、制御性能向上を狙う。

温度計測値に対しては、高応答性を維持しながらノイズの少ない信号を抽出するために、一次遅れフィルターを設置した。また、温度差分の間隔についても調整を実施した。

二つ目は Fig.5(c)に示すように、従来のボイラ蒸発量に基づく補正 Fc1 に代えて、放射温度計によるガス混合室温度基準値に基づくファジィ補正 Fc3 を適用し、前述の放射温度計の温度差分値を入力としたファジィ補正 Fc2 を追加する構成である。ファジィ補正 Fc3 のガス混合室温度基準値は、焼却負荷、ごみの発熱量、ガス混合室温度、ボイラ蒸発量より所定時間ごとに算出、更新される。直接温度を追従させる方式によって、ガス混合室温度の高度安定化を狙う。

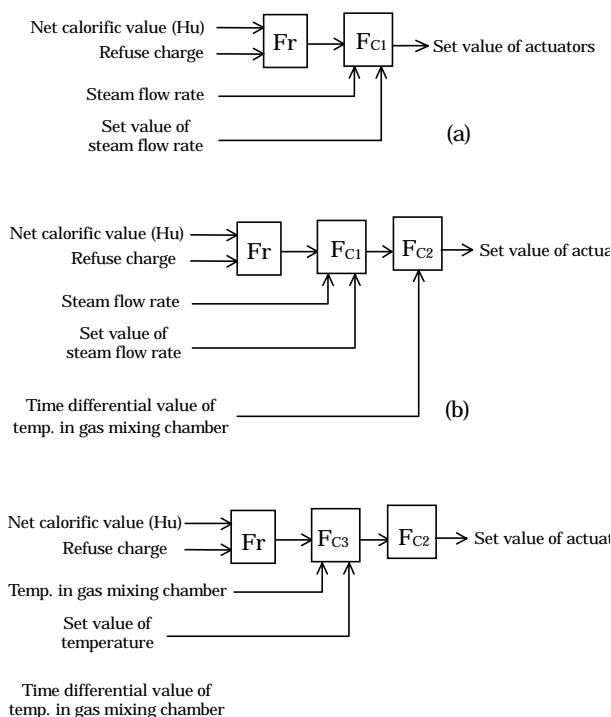


Fig.5 Block diagram of controller

4.2 制御試験 1 (温度差分補正)

従来の制御系 (Fig.5(a)), および放射温度計による温度差分補正を追加した制御系 (Fig.5(b)), それぞれの4時間操業データを Fig.6 と Fig.7 に、炉内燃焼の安定度に関する主要項目の比較を Table 2 に示す。両者の比較より、次の放射温度計による温度差分補正による効果が確認できた。

- (1) ガス混合室温度は平均値レベルで従来通りの高温を維持しながら、ばらつき(標準偏差)が抑制されている。
- (2) ボイラ蒸発量は、設定値へ精度良く追従して行く。ごみ質の変化による蒸発量の落ち込みは見られない。
- (3) O₂濃度についても、ばらつきが抑制されている。
放射温度計で従来より速く、燃焼状態の変化を検知し、