

ごみ焼却炉動特性解析とシミュレータへの適応

高野 治*、辻本 進一**、佐野泰久**、五郎丸剛志***

* (株)タクマ 情報システム部

** (株)タクマ 電気計装部

*** 福岡大学 工学部 電気工学教室

概 要

ごみ焼却炉内の動特性解析は、ごみ質（組成、発熱量、水分量）の変化や炉内へのごみ投入量といった不確定な要素のため十分なされていない。そこでストーカ上を単位ごみ量（火格子の段数）当たりに分割し個々に乾燥及び燃焼過程による吸熱・発熱反応を演算するストーカモデルと燃焼室内の物質・熱収支を演算する燃焼室モデルとにより構成された燃焼モデルによってごみ焼却炉の動特性解析を行い実プラントとの整合性を確認した。また、燃焼モデルを運転訓練シミュレータに適応した。

1. 研究目的

近年のごみ焼却プラントにおいて廃熱ボイラによる安定した熱回収とともに、平成9年1月に公布されたダイオキシンのガイドラインにみられるように排ガス中の有害物質の抑制が求められている。

一方、ごみ焼却炉の動特性解析は、ごみ質（組成・発熱量・水分量）や炉内へのごみ投入量といった大きな外乱やむだ時間をもっているため十分なされていない。

そこで、火格子上を単位ごみ量（火格子の段数）を一つの固まりとみなし個々に乾燥及び燃焼過程による吸熱・発熱反応を演算するストーカモデルと燃焼室内の物質・熱収支を演算する燃焼室モデルにより構成された燃焼モデルによりごみ焼却炉の動特性解析を行い、さらに実プラントとの整合性を確認したので報告する。

また、燃焼モデルの運転訓練用シミュレータへの適応についても述べる。

2. 燃焼モデル

ストーカ式ごみ焼却炉の場合図1に示すように投入ホッパ内のごみは、給じん装置によって炉内に送り出される。また、投入されたごみは、ストーカの往復運動によ

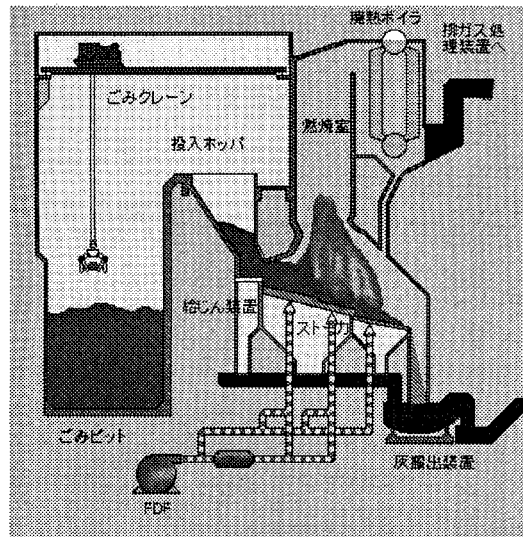


図1 ごみ焼却炉概略図

り乾燥・燃焼・後燃焼ストーカ上を順次移動する間に炉内からの輻射熱とストーカ下からの一次空気とにより乾燥及び燃焼を始め、やがて灰になり搬出される。

燃焼モデルは、図2に示すように給じん装置、乾燥・燃焼・後燃焼ストーカ、燃焼室、ボイラといった各機器毎のモデルにより構成している。また、モデル化に際して設定した仮定は以下に示すものとする。

- ① 燃焼室及びボイラモデルは、物質・熱収支に基づいた完全混合型モデルとする。
- ② 各ストーカモデルは、火格子上をゴミ単位量（火格子の段数）あたりに分割し物質・熱収支に基づいたモデルとする。
- ③ ゴみは、可燃分・水分・灰分から構成されるものとする。
- ④ ゴみ燃焼は、着火温度以上の条件により開始する。
- ⑤ ゴみ燃焼量は、ストーカ上の水分量に反比例し可燃分量に比例するものとする。

また、ストーカ上におけるゴミの物質収支と熱収支を式(1)、(2)に示す。燃焼室内の排ガスの熱収支を式(3)に示す。

$$\left. \begin{aligned} dB_i/dt &= B_{i-1}V_{i-1} - B_iV_i - Bc_i \\ dW_i/dt &= W_{i-1}V_{i-1} - W_iV_i - Wc_i \\ dA_i/dt &= A_{i-1}V_{i-1} - A_iV_i \\ G_i &= B_i + W_i + A_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

$$d(G_iC_iTg_i)/dt = V_{i-1}G_{i-1}C_{i-1}Tg_{i-1} - V_iG_iC_iTg_i - (Bc_iCb_i + Wc_iCw_i)Tg_i + Qeg_i + Qag_i - Qgs_i - Qw_i \dots\dots\dots(2)$$

$$d(GeTe)/dt = Qei + Qs - Qeo - Qeg - QL \dots\dots\dots(3)$$

i : ストーカモデルの分割のブロック番号	V : ゴみ速度係数	Qeg : 炉内からの輻射熱量
B : 可燃分量	Cg : ゴみ比熱	Qag : 一次空気とゴミとの接触熱量
W : 水分量	Cb : ゴみ可燃分比熱	Qgs : ゴみとストーカとの接触熱量
A : 灰分量	Cw : 水の比熱	Qw : 水分蒸発による潜熱
G : ゴみ量	Ge : 炉内の熱容量	Qei : ストーカからの持込熱量
Bc : 燃焼ゴミ量	Tg : ゴみ温度	Qeo : 排ガス持出熱量
Wc : 水蒸気量	Te : 炉内温度	QL : 炉放熱熱量
		Qs : 二次空気持込量

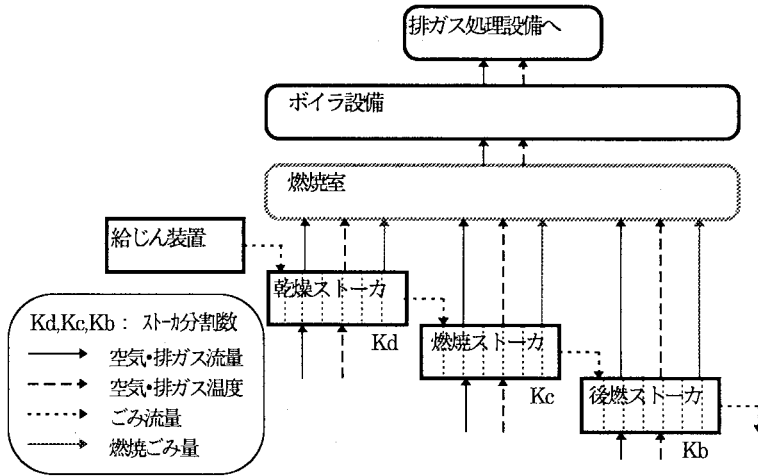


図2 燃焼モデル構造図

3. 試験方法

(1) 実プラントにおける過渡応答試験は、全連続式焼却炉（焼却量：55t/day）において定常状態（ボイラ蒸発量 8 t/h、O₂濃度10%）から以下に示すステップ応答試験を行った。

- 燃焼空気流量に対するボイラ蒸発量のステップ応答

- 全ストーカ速度に対するボイラ蒸発量のステップ応答

(2) 燃焼モデルによる過渡応答試験は、(1)と同一操作量（一次空気流量、各ストーカ速度）を燃焼モデルの入力としシミュレーションすることで実プラントデータと比較した。また、ストーカモデルの分割数を当初の1 (model 3)から5 (model 2)、10 (model 1) と増やし

た場合についての比較を行い最適な分割数を模索した。

4. 試験結果

実プラントと燃焼モデルとの比較を図3に示す。まず、燃焼空気流量に対するボイラ蒸発量のステップ応答試験では、燃焼モデルは、分割数に関わらずほぼ実プラントを模擬していることがわかる。

また、全ストーカ速度に対するボイラ蒸発量のステップ応答では、まず model 3 は、実プラントデータよりストーカ速度変化に対してむだ時間なくボイラ蒸発量が変化している。これは、ストーカモデルが完全混合型モデルとなり、ごみ分布が均一になり燃焼ゾーンでのごみ量が正確に把握できていないためである。

一方、model 1 と model 2 は、実プラントデータとはほぼ一致したむだ時間を持っていることからストーカを分割することによって、実プラントと同様のごみ分布を模擬していることがわかる。また、分割数を5から10にしてもほとんど解析結果に差があらわれていないのは、ストーカ式ごみ焼却炉では火格子の往復運動によりごみ移送を行うため実際の火格子の段数（5段）より分割数を増やしても精度が上がらないためと考えられる。しかし、model 1 及び model 2 でも実プラントデータとは完全には一致していないこれは、燃焼モデルが実プラントにおける過渡応答試験中の平均ごみカロリーをモデルの入力としているのに対し実プラントでは刻々と変化していることやごみ移送の持つ外乱等の要因が考えられる。

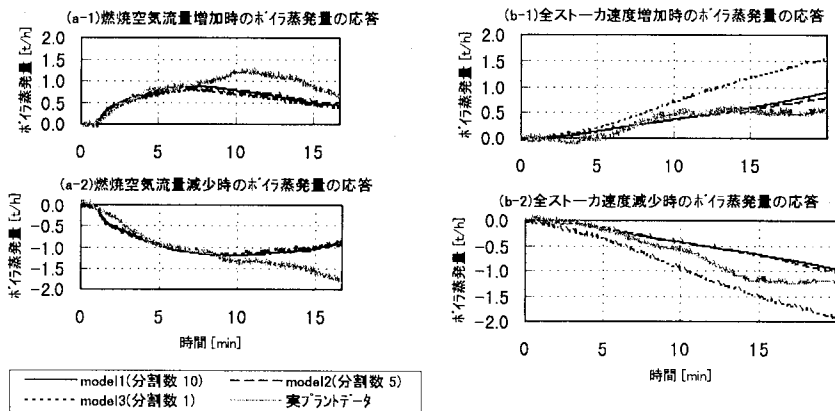


図3 実プラントと燃焼モデルとの比較

5. シミュレータへの適応

プロセスモデル（ボイラ系・通風系）と燃焼モデルを組み合わせ運転訓練シミュレータへ適応した例について紹介する。運転訓練シミュレータの場合は、ホップブリッジやプラント立上げ・下げといった非定常状態の訓練を行うためシミュレータ側においてその状態を模擬する必要がある。例としてホップブリッジ時シミュレーション結果を図4に示す。ホップブリッジが発生すると発生直後は、出力値に変化は見られないが炉内ごみ量の減少とともにボイラ蒸発量と燃焼室温度が下がり O_2 濃度が上昇することをあらわしている。これは、一般にストーカ式ごみ焼却炉の特性を定性的に模擬していることからこの燃焼モデルが運転訓練シミュレータにおいても十分

な精度をもっていることが確認できた。

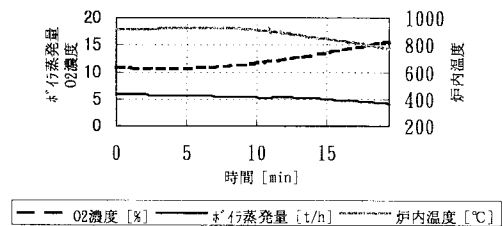


図4 ホップブリッジ時の応答

6. 最後に

今回開発した燃焼モデルは、ストーカ上を火格子の段数に分割することでモデルの精度を上げることに成功し

た。また、運転訓練シミュレータとして必要な非定常状態における挙動についても十分な精度を確認できた。今後の課題としては、ごみ組成による排ガス組成を含めたモデル開発を行う予定である。