

# バッチ式焼却炉の非定常ごみ燃焼モデルの開発 Development of Unsteady State Combustion Model of Solid Waste for Batch Furnace

鈴木悠司 ( Yuji Suzuki )

論文要旨：小型のバッチ式焼却炉は PCBs やダイオキシン類等有害化学物質を高濃度で排出していると考えられ、その使用の廃止が進んでいる。しかしながら、小型炉は地方の地域社会では今でも利便性が高く、小型炉においても有害ガスの生成を抑制する燃焼技術の改善が求められている。近年では焼却炉内の熱流体解析 (CFD) が広くおこなわれており、炉の設計条件の改善に役立っている。しかし、これらは連続式の都市ごみ焼却炉を対象としたものがほとんどである。

本論文ではごみ燃焼とガスの流れのモデルを含むバッチ式焼却炉の非定常ごみ燃焼モデルを提案する。そのため、まず小型のバッチ式焼却炉を用いて、都市ごみの代表的成分である紙とプラスチックを試料とした燃焼実験をおこない、炉内の流速分布、温度分布、生成ガス濃度を測定した。そして同じ炉に対しての非定常モデルを作成し、モデルを用いた解析結果と実験結果との比較をおこなった。

キーワード：バッチ式焼却炉、炉内状況、熱流体解析、非定常モデル、燃焼実験

Abstract : A small batch type of furnace is stopping operation because it emits harmful gas of chlorinated organic compounds, such as PCBs and Dioxins, in a high concentration. However, the small batch furnace is still very useful for a small or isolated community, so the combustion efficiency of the small batch furnace should be improved to reduce the generated harmful gas. The computational fluid dynamics (CFD) often contributes to the design of furnace, but it has been applied for the continuous type of municipal refuse incinerator.

In this paper, an unsteady state combustion model of the small batch furnace, which includes solid waste combustion and gas flow models, was proposed. Experiments on combustion of paper and plastic waste in the small batch furnace were conducted, then gas velocity, temperature, and concentration were measured. Moreover, the measured variables were compared with the simulation results which were computed from the developed unsteady state model

Key words : Batch Furnace, State of Furnace, Computational Fluid Dynamics, Unsteady State Model, Combustion Experiment

## 1. 対象とするバッチ式焼却炉

実験で使用し、モデルの対象となるバッチ式焼却炉は図 1 に示すように、主燃焼室と再燃焼室からなる。主燃焼室と再燃焼室下段部には灯油バーナが取り付けられており、出力を 0% ~ 100% まで 5% 刻みで変化させることができる。側面には熱電対を差し込む穴を設け、主燃焼室、再燃焼室および試料近傍の温度を測定できるようにした。また、排ガスサンプリング口を主燃焼室と再燃焼室の出口に設けた。

## 2. バッチ式焼却炉による燃焼実験

バッチ式焼却炉の特性を調べ、モデルを作成するために、都市ごみの代表的成分である紙とプラスチックを実験試料として、バッチ式焼却炉による燃焼実験をおこない、炉内温度と生成ガス濃度を測定した。以下に実験により得られた知見をまとめる。

1) 主燃焼室の炉内温度は場所により 600 近く差が生じ、バーナ出力変化に対しても各部で 100 前

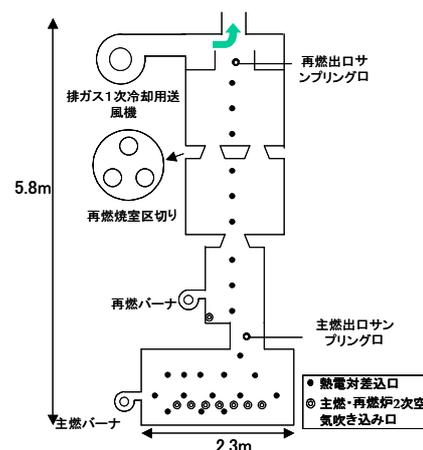


図 1 バッチ式焼却炉

後の差が生じる。

2) 新聞紙について、炉内温度や含水率によってCOの生成に違いが生じるが、これは試料内部の昇温速度の影響によるものと考えられる。

3) プラスチックについて、炉内温度を上げるとCO濃度が上昇する。これは炉内温度の上昇により、気相での炭化水素の酸化反応が促進されたためと考えられる。

4) 再燃焼室での燃焼により、主燃焼室出口で100ppmから300ppm近くあったCO濃度は60ppmにまで低下する。

### 3. モデルの概要

炉内解析では、質量保存式、運動方程式、エネルギー方程式、化学種の保存式を解く。熱発生源である放射、燃焼の計算は、放射熱線法および平衡計算を用いる。

ごみの燃焼解析では、反応は水分の蒸発、熱分解、表面燃焼に分かれる。それぞれ以下の仮定およびモデルを用いた。

- ・水分の蒸発：ごみの温度が100 一定のもとで進行
- ・熱分解：体積反応モデル
- ・表面燃焼：未反応核モデル

熱分解、表面燃焼によって生成したガスは気相に移行し、燃焼を平衡計算により求める。またそのときの発熱によって炉内温度が上昇する。

ごみ解析ではごみの1次元モデルを直接法により解き、炉内解析では繰り返し計算法で解く。

### 4. 解析結果とまとめ

モデルを用いて標準的な新聞紙 500g 程度を燃焼させたときの炉内とごみ燃焼を解析した。図2に示す温度分布とガス濃度分布は、主燃焼室に関してバーナ点火後60秒たったときの結果である。炉内に新聞紙の燃焼による温度上昇が見られ、揮発分から生成したCH<sub>4</sub>が見られる。CO濃度はバーナによるところが大きく、新聞紙の燃焼による生成を見ることができない。新聞紙の燃焼はこの後1000秒近くまで続いた。新聞紙は時間をかけて緩やかに反応が進行し、主燃焼室出口でのCOの計算結果は最初から最後までプランク値とあまり変わらなかった。

また、PEを試料としたときも同様に解析をおこなったが、炉内温度を上げるとCOの生成が増大し、実験で得られた知見をシミュレーションで確認することができた。PEは99%が揮発分であり、反応はほとんど熱分解である。そのため新聞紙に比べて炭化水素の発生が顕著であるため気相の燃焼反応が促進されて炉内温度が上昇した。

本研究のモデルを用いた解析と実際にバッチ式焼却炉を用いた実験により以下の成果が得られた。

- 1) 燃焼ガスの挙動を時間単位で確認するため時間ステップを刻んだモデルを作成した。
- 2) 流体解析や放射解析、平衡計算など、炉内の多様な熱移動をモデルに取り込んだ。
- 3) 新聞紙とプラスチックの燃焼性ガスの成分を特定し、ごみの燃焼を解析することができた。

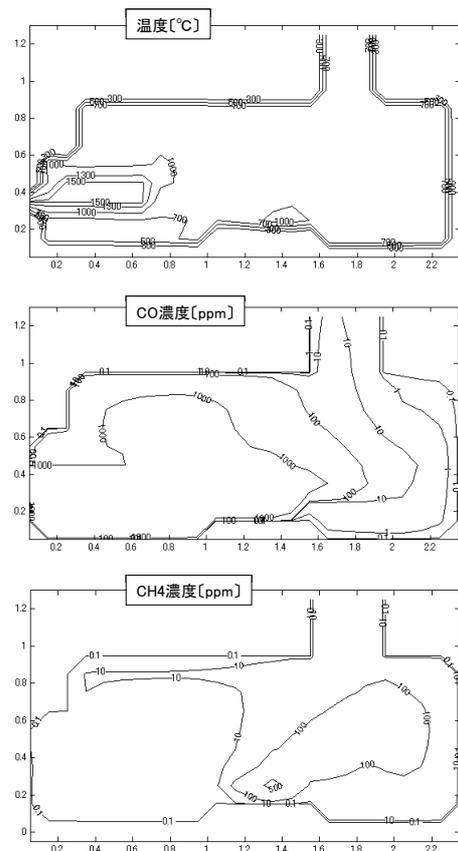


図2 新聞紙の燃焼時の炉内解析結果