

ステレオ画像処理を用いた都市ごみ焼却炉における高度ごみ供給管理システムの開発
Development of an Advanced Waste Feeding Management System
in Municipal Refuse Incinerator by Using Stereo Image Processing Technique

伊藤大輔 (Daisuke Ito)

論文要旨：都市ごみ焼却炉燃焼排ガス中の有害成分の極小化や高効率熱回収に対する社会的要請が強まる中、焼却炉に対しより精度の高い効率的かつ安定な燃焼技術が求められている。焼却炉において安定燃焼を乱す原因のひとつに、ごみ発熱量の時間変化がある。従来型のフィードバック制御ではごみ質変動への対応に限界があるため、より精度の高い燃焼制御を実現するためには燃焼室へ送られるごみの発熱量や供給量についてリアルタイムに把握し、燃焼を制御する必要がある。

本論文ではごみホッパ内でのごみの圧密と移動を定式化し、燃焼室への供給ごみ質について推定するモデルを考案した。計算に必要となるホッパ内のごみ体積をステレオ画像処理により計測する手法を確立し、また、ごみの見かけ密度と発熱量の関係、ごみの圧密特性について明らかにした。その上で、実際に燃焼室に供給されているごみの密度、体積、発熱量、ホッパ内での滞留時間などを連続的に計算し、その評価を行った。供給ごみの発熱量計算値と実測値に相関を得ることができた。

キーワード：都市ごみ焼却炉、ごみホッパ、燃焼制御、安定燃焼、ごみ供給、ステレオ画像処理、ごみ発熱量、ごみ圧密、フィードフォワード制御

Abstract: The variation of lower calorific value (LHV) of municipal solid waste (MSW) disturbs stable combustion of MSW in a furnace. To make the combustion more stable, we should grasp the quality of wastes fed to the furnace on real time and control the combustion predictively. The purpose of this study is to develop an advanced waste feeding management system in municipal refuse incinerator by using stereo image processing technique. The author firstly proposed a model that formulates compaction and movement of wastes in the hopper and estimates the quality of fed wastes. Then the technique of measuring the volume of wastes in the hopper by using stereo image processing was established. And the relationship between apparent density and LHV of MSW, and compaction characteristics of MSW were clarified. Furthermore, the author calculated density, volume, weight, calorific value of fed wastes, and retention time in the hopper continuously using above developed technique and the simulation results were evaluated. Key words: Municipal Refuse Incinerator, hopper, combustion control, stable combustion, feed of solid wastes, stereo image processing, calorific value of wastes, compaction, feedforward control

1. モデルの概要

ごみホッパに投入されたごみは、ホッパ内でしばらく滞留した後に燃焼室に供給される。本モデルでは、ホッパに一回で投入されるごみを一つのごみ層とし、このごみ層ごとに体積、重量、密度、発熱量などを設定して、ごみホッパ内のごみ層の圧密と移動を表現した。モデルの概要を図1に示す。

ごみの挙動をごみの投入・圧密時とごみの供給時の2つに分けて考えた。ごみの投入時に投入ごみの重量とホッパ内ごみの見かけ体積増加量から投入ごみの体積と密度、さらにごみの投入に伴うホッパ内の各ごみ層の圧密状態を計算する。各ごみ層のごみ発熱量は圧密前の密度

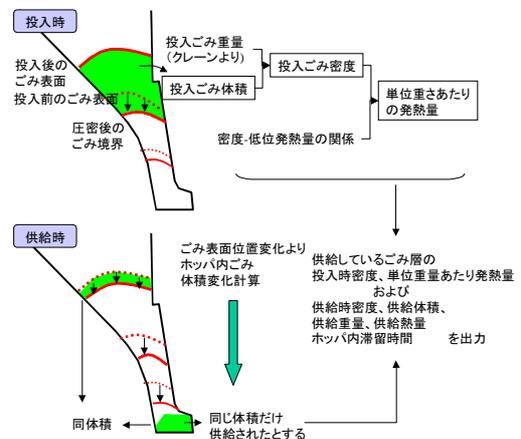


図1 ごみの圧密供給モデルの概要

と関連付けて計算される。ごみ供給時にはホッパ内のごみ見かけ体積減少量から各ごみ層の移動体積を推定し、各ごみ層の圧密状態を考慮合わせて燃焼室へ供給されたごみの体積、重量、発熱量などを計算する。

本モデルを用いて計算を行うためには、ごみの密度と低位発熱量の関係、ごみの圧密特性、ホッパ内のごみ体積を知らなければならない。これらについて以下2,3,4で述べる。

2. ごみ見かけ密度と低位発熱量

既存のごみ分析データについて調査した結果、ごみの見かけ密度と低位発熱量の関係は一次式で近似できることが明らかになり（例を図2に示す）、この関係を用いて供給ごみの密度から発熱量を計算した。また、この関係は人口規模や地域によって分類された。

3. ごみの圧密特性

実験室実験および、パイロットテスト装置における実験によって、ごみは圧力がかかるとまずごみの空隙が詰まることにより、後にごみ自身が弾性的に変形することにより圧密され、ごみにかかる圧力と体積の関係は、圧密の前半部分では2次式で、後半部分では1次式で近似し得ることが明らかになった。

4. ごみホッパ内ごみ体積のステレオ計測

画像を用いたステレオ計測により、ホッパ内のごみ体積を計算した。ステレオビジョンシステム「DIGICLOPS」により得られたごみ表面の座標データをホッパを元に設定した座標系に座標変換し、欠落した面を補完して、ホッパとごみ表面で囲まれた部分の体積をごみ体積として計算した。計測結果例を図3に示す。また、体積計測にレーザー計測を行った場合を想定し、取得したごみの表面形状データから、ホッパ内のごみの分布についての知見を得た。

5. 実プラントへの供給ごみ推定システムの適用結果

実際に運転されている焼却炉にステレオカメラとパソコンを設置し、圧密・供給モデルを用いて実際に供給ごみデータを計算した。また、同時に炉内温度、燃えきり点や蒸発量など炉の燃焼状態に関する時系列データを取得し、計算した供給ごみの低位発熱量との比較を行った。供給ごみデータを連続的に計算することに成功し、供給ごみの単位重さあたりの低位発熱量の計算値と実測値に相関を見出すことができた。また圧密を考慮したことが妥当であることが示された。連続データの計算例および実測値との比較、相関を取った結果を図4、図5に示す。本システムで計算された供給ごみデータを用いてプラントの運転制御を行うことが本研究の第一の課題および発展である。

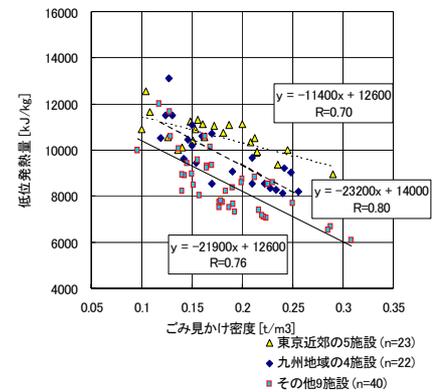


図2 ごみ密度と低位発熱量

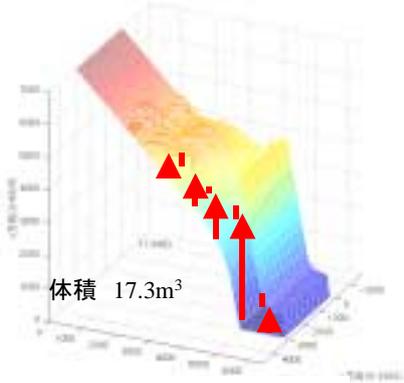


図3 体積計測結果例

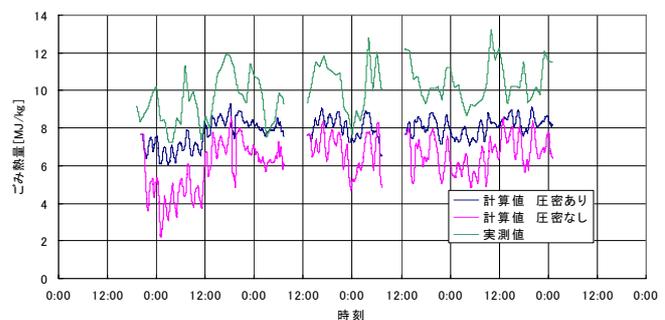


図4 供給ごみ熱量計算値と実測値の比較

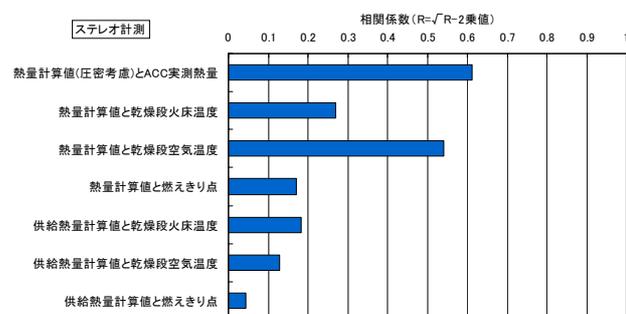


図5 供給ごみ熱量計算値と燃焼データの相関