

物体内での反応進行を考慮した固形廃棄物の燃焼解析  
Analysis of Solid Waste Combustion Considering Progress of Reaction inside the Object

谷口美希 (Miki Taniguchi)

論文要旨:都市ごみ焼却炉から排出される有機塩素化合物などの汚染物質は焼却炉内の燃焼状況に密接に関係しており、焼却炉における燃焼技術の改善が求められている。いままで焼却炉内の燃焼解析が多くおこなわれているが、気相燃焼を主におこなっているものが多い。しかし固体ごみの燃焼は、固相と気相の相互作用により燃焼が起こることを考えると、燃焼解析において重要なファクターであるといえる。

ごみの燃焼はごみがある大きさを有しているため、水分の蒸発や熱分解、表面燃焼といった現象が時間の経過に伴ってごみの表面から内部へと進行する。本論文ではごみ内部での反応進行がごみの燃焼を知る上で重要であると考え、まずごみ成分の熱分解・燃焼実験をおこなって反応進行に伴う重量・生成ガス変化を測定した。そして理論的な見地から燃焼モデルを作成し、実験結果とあわせてごみの燃焼反応についての詳細な知見を得ることを試みた。

キーワード: 固形廃棄物、燃焼反応、重量変化、生成ガス、燃焼モデル、燃焼実験

Abstract; Air pollutants emitted in municipal waste incinerator, such as, chlorinated organic compounds, are closely related to combustion behavior of waste in the furnace. Many analyses of combustion reaction in the furnace have been carried out and in the major purpose of the analyses is to express the gas phase combustion. However, solid waste combustion is an important factor as well as gas phase combustions, because interaction of solid phase and gas phase causes combustion.

On the combustion of solid waste, the reaction such as dry, pyrolysis, char combustion proceeds toward inside of the solid with time. In this paper, considering the important of combustion development, experiments of combustion and pyrolysis of solid sample were conducted and then the weight loss and flow rate of produced gas were measured on line. Moreover, by using a combustion model, details on solid combustion are shown.

Key words : Solid Waste, Combustion Reaction, Weight loss, Production Gas, Combustion Model, Combustion Experiment

### 1. 燃焼過程

燃焼過程は予熱期間、恒率乾燥期間、減率乾燥・炎燃焼期間、表面燃焼期間の4つの過程に分かれる。

予熱期間: 物質温度が上昇していく

恒率乾燥期間: 水分が物質表面から蒸発し、物体に与えられる熱量はすべて蒸発に費やされる。

減率乾燥・炎燃焼期間: 蒸発面が物質内部へと進行し、乾燥した部分と乾燥していない部分が生じる。乾燥した部分は急速に温度上昇し、熱分解をはじめめる。熱分解成分が多くなると火炎をともなって燃焼がおこなわれる。

表面燃焼期間: 炎燃焼において揮発しなかった固定炭素分が酸素と反応し赤熱しながら燃焼する。

物質がある程度の大きさを持っているとき、これらの反応が物質内で分布をもっておこなっている。

### 2. ごみの熱分解・燃焼実験

都市ごみの代表的成分である紙、厨芥(動物性厨芥、植物性厨芥)、プラスチック類(PE、PVC)について電気炉を中心とした実験装置(図1)を用いて各成分の熱分解および燃焼実

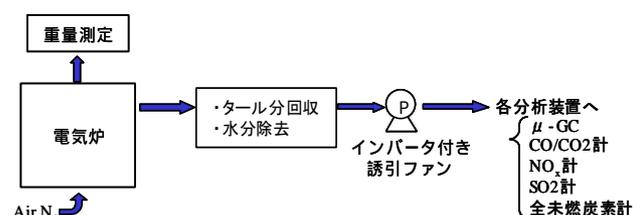


図1 実験装置図

験をおこない、熱分解・燃焼にともなう重量および生成ガスの変化を連続測定した。実験結果から各試料の熱分解・熱分解特性に関する知見を得た。また紙については、雰囲気温度、含水率、見かけ密度を変化し、これらの熱分解・燃焼反応進行への影響を調べた。

以下に実験により得られた知見をまとめる。

- 1) 熱分解条件ではすべてのガスがほぼ同じ挙動を示す。燃焼条件ではガスによって生成ガス量や挙動が変化する。CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、O<sub>2</sub>の4つのガスが同じ動きをし、また炎燃焼時におけるCOと全未燃炭素が同じような挙動をとる。
- 2) 燃焼は炎燃焼と表面燃焼にわけられるが、重量や生成ガスの変化はこれらの燃焼期間ではっきりとした違いがある。特に表面燃焼時のCOとCO<sub>2</sub>に特徴的な違いが見られる(図2)。
- 3) 600の燃焼雰囲気では生成するCOのほとんどが表面燃焼時に生成された。一方未燃分のほとんどは炎燃焼時に生成し、表面燃焼時には生成しない。
- 4) 燃焼条件では、雰囲気温度や見かけ密度、含水率によって、物質内部の昇温速度が変化する。特に含水率が高いほどその変化は大きくなる。温度上昇速度の変化によって反応速度が変化し、ガスの生成速度にも影響を与える。しかし炎燃焼時の炭素を含む成分の揮発は、含水率や見かけ密度によって生じる物質内部の昇温速度つまり反応速度の違いよりも、雰囲気温度すなわち物質が最終的に到達する密度の違いに大きく影響される。

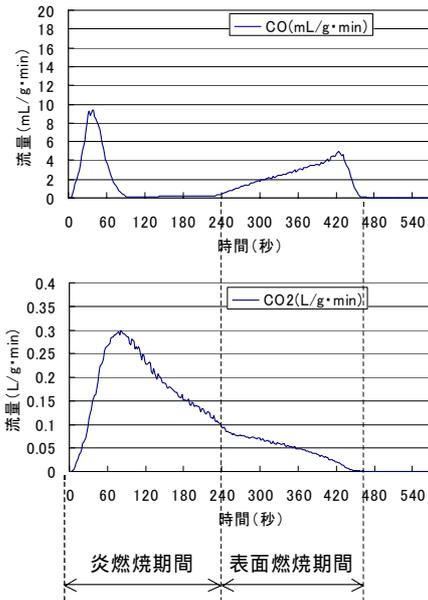


図2 燃焼時のCOとCO<sub>2</sub>の挙動

### 3. 燃焼反応モデル

ごみを球状と仮定して熱分解・燃焼に伴う反応の進行をあらゆるモデルを熱収支式をもとに作成し、反応に伴う重量変化と生成ガス変化、物質内部の温度分布の変化、反応率の変化を計算により求め、物質内部の様子を表現した。

計算結果の例を図3、図4に示す。実験結果と計算結果を比較した場合、計算結果のほうが重量がはやく減少しているが、計算により導出された火炎温度が実際よりも高くなったためと考えられる。また生成ガスについては固体から熱分解により生成したガスの二次熱分解がおこると考えられるが、それをモデルによって表現していないため、ガスの生成状況について定性的な考察のみをおこなった。

物質内の温度分布の結果から計算においても物質内の温度上昇が実験で与えた条件、特に水分によって大きく影響を受けていることが確かめられた。特に図4に示すように、炎燃焼終了後において表面温度が低下することから酸化状態が変化し図2に示したようなCOとCO<sub>2</sub>の挙動がおこると推測された。

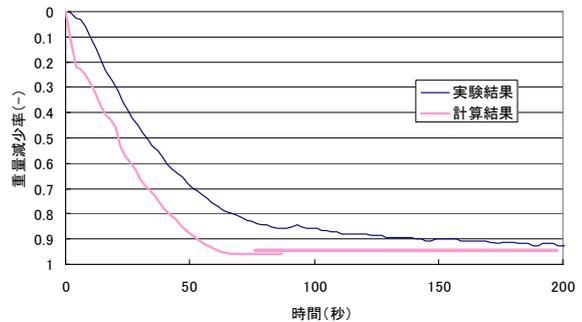


図3 計算結果1  
(燃焼時の重量変化)

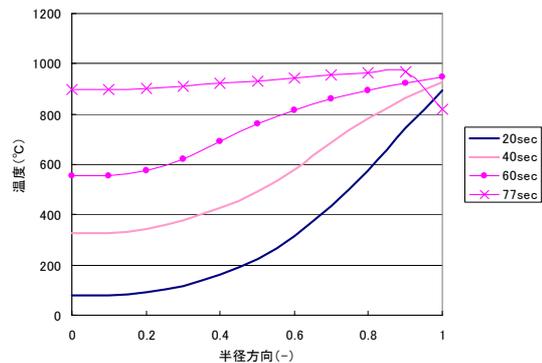


図4 計算結果2  
(燃焼時の物質内部温度分布)