

# ごみ直接溶融炉のモデリングと解析 Modeling and Analysis of Waste Melting Furnace

徳岡準人(Hayato Tokuoka)

論文趣旨：ガス化溶融炉は、ダイオキシン類等の有害物質の発生を抑制でき、最終処分量を削減できるため、次世代型ごみ処理施設として注目されている。このプロセスが従来の焼却処理にかわり定着するには、炉内のごみの反応状態を数学モデルにより解析し有効な炉の設計や運転条件に関する情報を得ることは重要である。

本論文では、ごみの直接溶融炉内にごみが投入されてから水分の乾燥、揮発分の熱分解、固定炭素分の燃焼、残渣の溶融という一連の反応を含むモデル化を行い、そのモデルを用いた解析により、ガス成分、温度、熱量等のパラメータの炉内での分布の推測を行った。モデルは固相と気相の物質・熱収支式を基礎式とし、熱分解と燃焼の反応速度と高温条件下のガス成分間の化学平衡を考慮している。ごみは粒子として扱われ層に分けたモデル化により、ごみの表面から反応が進行する様子を表現した。モデルを用いて、運転条件の変化が炉内状態に与える影響について評価を行った。

キーワード：ガス化溶融、炉内分布、プロセスのモデリングと解析、固相粒子、都市ごみ処理、一次元解析

Abstract : Gasification melting furnace is expected to be the waste disposal process in the next generation, for it can reduce the emission of harmful gas such as Dioxins and amount of final disposal. To substitute conventional solid waste incineration processes with this process, it is important to get information about reasonable construction and operating condition by analysis distributed from numerical modeling based on reaction process of solid waste.

In this paper, the model for waste melting furnace including the process of dry of water, vaporization of pyrolysis, combustion of fixed carbon and melting of ash is developed and numerical simulation is conducted by using the model, which can predict the distributions of gas generation by the reactions, temperature, heat and other parameters in the furnace. The model consists of material and heat balance equations for solid and gas phases, and reaction rate for pyrolysis and combustion, chemical equilibrium reactions between gas compositions are taken into account. In the model, waste being treated as particles with some layers, the process of reaction from surface is expressed. Analysis by using the model, the state inside the furnace is evaluated according to the change of operating conditions.

Key words : Gasification melting, Distributions in the furnace, Process modeling and analysis, Solid particle, Municipal waste treatment, One dimensional distributed system

## 1 対象炉の原理

解析対象は熱源に高濃度酸素とLPGを用いるシャフト炉型の直接溶融炉である。ごみは処理の安定化のために破碎・圧縮の前処理後炉上部から供給され、上昇してくるガスから熱を与えられて、水分の蒸発、揮発分の熱分解、さらに固定炭素分の燃焼、灰分の溶融という一連の反応をともし降下する。圧縮の前処理によりごみ粒子は表面から徐々に反応が進行し、炉底に到達した時点で、粒子内に適度な水分を保つことにより炉内は反応に適度な温度に保たれる。

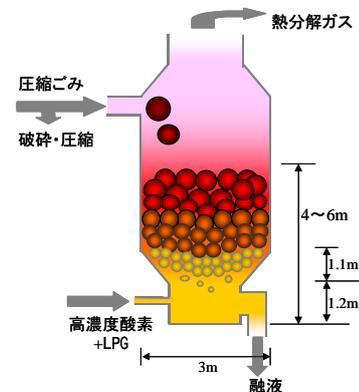


図1 対象としたごみ直接溶融炉

## 2 モデルの概要

ごみの反応は、水分の蒸発、揮発分の熱分解、表面燃焼、溶融を考慮する。解析では以下の仮定およびモデルを用いた。

- ・水分の蒸発 ごみ温度が 100 = 一定で進行
  - ・熱分解 体積反応モデル
  - ・表面燃焼 未反応核モデル、気相成分は化学平衡
  - ・溶融 固相温度 1300 = 一定のもとで進行
- モデルでは図 2 に示す物質および熱の移動を考慮した。

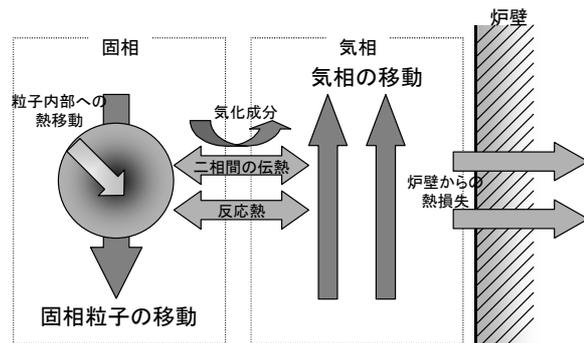


図 2 物質と熱の移動

ごみを固相、ガスを気相とし、それぞれに対する基礎式である物質・熱収支式を差分化し解くことにより諸変数の炉内分布を求めた。ごみ粒子は半径方向に 4 層に分けて解析したため 10 式の非線形連立方程式を解くことにより解析を行った。

## 3 解析結果とまとめ

以上のモデルを用いて標準的な運転条件での炉内状態の解析を行った。充填高さは約 4.2m であった。乾燥と熱分解は充填高さ 4m から溶融が起こっている 1m 付近まで比較的ゆっくりと進行する。一方、表面燃焼と溶融は充填高さ 1m から 1.8m 付近の狭い範囲で起こる。炉上部から乾燥、熱分解、燃焼、溶融と順に進行するモデル

では炉底部分が非常に高温となるため現実的ではない。本研究では固相粒子を層に分けたモデルにより、炉底にごみが到達した時点でのごみ粒子内部の湿潤状態を考慮することができ、炉底部の気相温度は報告されている値(約 1700 )と同程度となった。また炉頂で得られるガス組成の計算値もデータとよくあい、モデルの妥当性が検証された。

本研究のモデルを用いた解析により以下の成果が得られた。

- (1)実稼動時の条件設定で計算した結果、炉頂・炉底の温度及び排出ガス濃度などが実測値と良く一致し、妥当なモデルであることを検証した。
- (2)ごみを多層にわけてモデル化することにより、圧縮ごみ内部の反応過程が明らかとなり、温度、水分等の分布、径の変化まで詳細に表現することができた。
- (3)径の大きさ、含水率の前処理条件を変え、炉内状態に与える影響を推測した。
- (4)ごみ質に応じた高濃度酸素と LPG の供給条件について考察した。

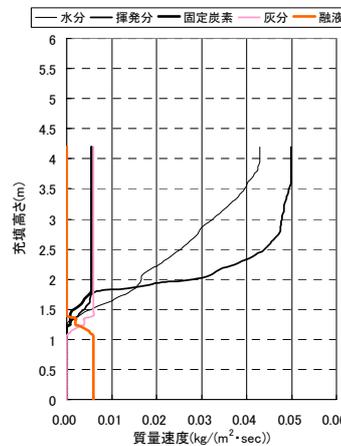


図 3 ごみの反応状態

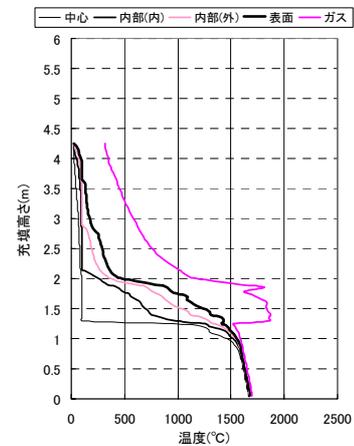


図 4 炉内温度分布

表 1 ガス組成

生成ガス組成	データ値	計算値
H <sub>2</sub> (vol%)	24.78	25.02
CO (vol%)	30.30	31.61
CO <sub>2</sub> (vol%)	37.63	28.24
CH <sub>4</sub> (vol%)	2.64	4.14
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (vol%)	0.84	2.24
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (vol%)	0.23	0.17
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> (vol%)	0.19	0.07
N <sub>2</sub> (vol%)	1.80	4.37
O <sub>2</sub> (vol%)	0.23	0.00
Ar (vol%)	0.17	1.55
タール・その他(vol%)	1.19	2.60
平均分子量(kg/kg-mole)	27.71	27.01
高位発熱量(kcal/Nm <sup>3</sup> )	2486	2600
低位発熱量(kcal/Nm <sup>3</sup> )	2316	2442