

廃棄物燃焼排ガス中成分に及ぼす廃棄物組成と燃焼条件の影響

金沢大学工学部土木建設工学科

三輪 貴史

金沢大学工学部自然科学研究科

畑 光彦

金沢大学工学部自然科学研究科

正会員 古内 正美

1. はじめに

日本のごみ排出量は一般廃棄物で年間 0.5 億トン、産業廃棄物で年間 4 億トンに上る。直接リサイクルできない廃棄物は、焼却、熔融、炭化といった熱処理を行う。熔融や炭化は廃棄物中の有害物質を分解し、燃料として廃棄物を再資源化できる利点があるが、処理に必要なエネルギーとコストが高く、実際には減容化、無害化のための焼却処理が 70%以上を占めるのが現状である。

廃棄物の焼却処理は日本では古くから行われている中間処理技術である。腐敗性有機物、病原性細菌、有害有機化学物質を無害化、無機化でき、生じた熱を回収し発電や熱供給を行う技術も進んでいる。一方で、ダイオキシン類等大気汚染物質の発生抑制や燃料残渣の再資源化等環境負荷の低減が課題となっている。

現在の焼却技術は、場所と時間により変化する種々雑多な廃棄物処理に対応してきた現場技術者の勘と経験に支えられている。しかし、これらの知見が体系化されておらず、予測方法も確立されていないことや、現在より高度な制御を必要とする将来の要求に応えられないことが懸念されている。

本研究の目的は、廃棄物の組成と燃焼条件から燃焼状態と排ガス組成をより詳細に明らかにすることである。廃棄物の燃焼状態の検討については 1 個粒子の燃焼試験、数値解析によるシミュレーションと、実機の運転データなどが報告されている¹⁾が、もともと均一でない廃棄物の燃焼状態をマクロに評価するだけでは限界がある。

本研究では、不均一な廃棄物の燃焼状態も評価できる廃棄物熱処理シミュレーター実験装置を開発し、これを利用して廃棄物の燃焼状態が、燃焼過程と排ガス中成分におよぼす影響を基礎的に検討する。この過程で、燃焼起源排ガス中に多量に含まれ、健康影響から注目度の高いナノ粒子を分級捕集し、PAHs を分析する。

2. 実験装置と実験方法

(1) 実験装置

本研究で製作する廃棄物燃焼シミュレーターの固定層燃焼炉部分の概略を図 1 に示す。実際の焼却炉内での廃棄物の混合状態の影響を基礎的に検討するため、石英ガラス管 (φ50mm, 長さ 300mm) と管状炉 (いすゞ, EPKR-17K)、エアポンプを組み合わせた固定層燃焼炉を製作した。石英管は管状炉内に設置され、最大約 50°C/min で最高 1000°C まで加熱することができる。複数の成分を混合したモデル廃棄物を、石英管内に設置したワイヤーメッシュ上に充填し、底面からフィルタで粒子を取り除いた空気を流通し管状炉で加熱することにより燃焼させる。

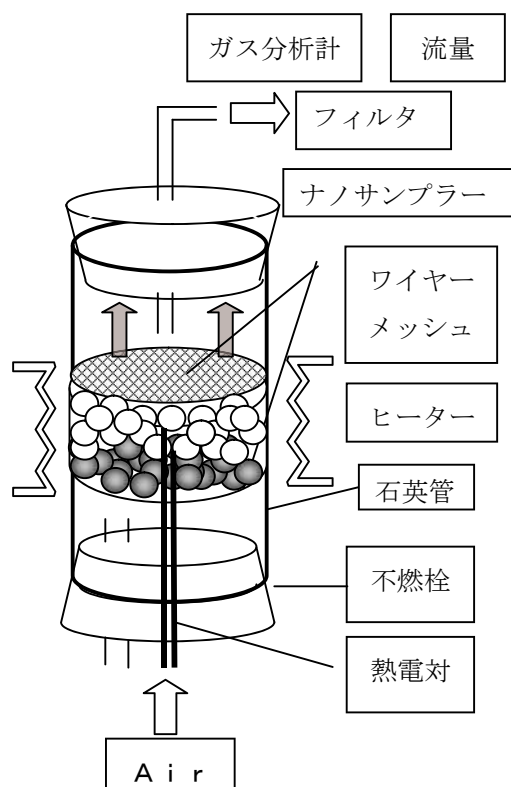


図1 固定層燃焼炉の概略図

充填層内の燃焼状態を評価するため、充填層の中央部には 4 本の熱電対を充填層底面からそれぞれ 5, 15, 25, 35mm の位置に差し込み、垂直方向の温度分布を測定できる。

上部から排出される燃焼排ガスは、5成分ガス分析計(柴田科学, PG-200)で O_2 , CO_2 , CO , NO , SO_2 の濃度を測定するほか、乾式流量計(シナガワ, DC-2)で排ガス発生量の経時変化も測定した。粒子状成分はフィルタ上への全量捕集のほか、ナノ粒子サンプラーによるナノ粒子の分級捕集を行い、排出粒子中の多環芳香族炭化水素(PAHs)成分を高速液体クロマトグラフィーで分析した。

(2) 実験試料と実験条件

本研究に用いるモデル廃棄物には、一般廃棄物に組成が近いとされる²⁾動物飼料(スマック, SM1072)と、モデル廃木材としてベイマツおよび天然ゴム古木を用いた。燃料試料の成分を表1に示す。

加熱温度は実際に運転している焼却炉の燃焼温度に近い600℃、加熱速度は20℃/minに設定する。供給するガスは空気であり、流量は0.5L/minとした。

3. 実験結果および考察

実験結果の一例として、動物飼料単体9.7gを厚さ約20mmに充填し燃焼させたときの層内温度及び石英管の温度と燃焼排ガス量の経時変化を図2に示す。

加熱開始後約20minで、温度は400℃に達したところで燃焼が開始され、排ガス量が増えると同時に、発熱により試料内部温度が外壁温度を超えていることがわかる。ガス分析計からは、燃焼と連動して CO_2 , CO , NO , SO_2 の発生と O_2 の消費が確認され、これによって物質収支を測定することができた。このとき発生水分量は約7gと理論排ガス組成とほぼ一致していたが、水分濃度が高すぎ凝縮水による障害が懸念されたため、ナノ粒子サンプラーによる粒子捕集のためにLyyrinenら³⁾のディーゼル排ガス用希釈装置を参考に、排ガス希釈装置を設計・製作した。

燃焼排ガス中水分の少ないベイマツおよび天然ゴム古木を燃焼させた際の排ガス中粒子をナノ粒子サンプラーで分級捕集した結果を図3に示す。排出粒子は2.5 μm 以下がほとんどを占めており、充填量により排出量が異なる。図は省略するが、粒子充填量により排ガス組成および粒子中PAHs成分が異なる結果が得られているため、粒子の生成量と組成が燃焼状態に依存していることがわかる。

表1 燃料の組成

成分 wt%	C	H	N	S	水分
動物飼料	44	6.8	4.4	1.6	4
ベイマツ	47	0.3	0.2	4.7	11
天然ゴム	44	0.1	1.1	4.8	9.7

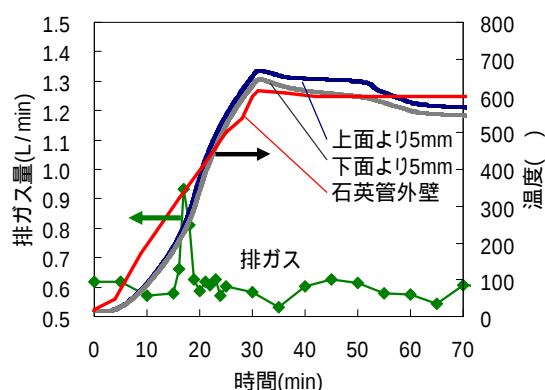


図2 動物飼料燃焼時の温度・排ガス量の経時変化

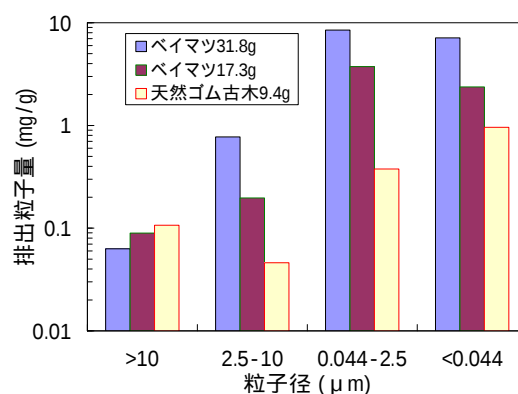


図3 廃木材燃焼時の発生粒子量の粒子径依存性

4. まとめ

本研究では、廃棄物燃焼排ガス中成分に及ぼす廃棄物組成と燃焼条件の影響を調査するため、廃棄物燃焼シミュレーターを製作し、第一段階として各種廃棄物単体を燃焼させ、排ガス及び排出粒子の特性を測定した。燃焼状態の違いが生成するガス、粒子の組成に影響を与えることが実験的に確認できたため、今後燃料組成と燃焼条件を変化させたときの燃焼状態を測定し、最適な燃焼方法を検討する。

謝辞：本研究は科学研究費補助金 17310044:基盤研究(B)「シミュレーターを用いた廃棄物ガス化燃焼特性解析と高効率廃棄物熱処理システムの構築」の一環として行われた。ここに記して謝辞とする。

参考文献

- 1) Suyari et al., *KOBE STEEL ENGINEERING REPORTS*, 51, 3, pp.64-68, 2001
- 2) Yang et al., *Fuel*, 83, pp.1553-1562, 2004
- 3) Lyyrinen et al., *Aerosol Science and Technology*, 38, pp.12-23, 2004