廃棄物固体低質燃料の高温空気燃焼における着火・燃焼に関する微小重力研究

Ignition and Combustion Studies of Solid Waste Fuels in High Temperature Environments using Microgravity Technique

○学 風岡 邦英 (法大院) 学 加藤 淳也 (法大院)

学 今宮 邦昭 (法大院) 正 岡島 敏 (法大工)

Kunihide KAZAOKA Junya KATO Kuniaki IMAMIYA Satoshi OKAJIMA

Faculty of Engineering, Hosei University, Kajino-cho 3-7-2, Koganei-city Tokyo

Key Words : Ignition behavior, Waste fuel, Microgravity, Flame development, High temperature

1. はじめに

科学・技術の急速な進歩によって便利で快適な生活が送れるようになった現在、環境負荷の増大や資源・エネルギーの枯渇という地球規模での問題が深刻化している。特に、大量生産、大量消費によって産み出される大量な廃棄物の処理においては、分別やリサイクルなどを行っているが、焼却処分に頼るところが極めて大きいため、環境負荷に影響を及ぼしており、廃棄物燃焼の改善を実現させて、高効率化、環境負荷低減化を図ることが必要不可欠である。

この事を念頭において、本研究は廃棄物固体低質燃料の最適燃焼条件の把握をし、その有効利用を成し遂げるために、従来の研究の継続として、 1500°C から 1100°C の高温空気を用いてその燃焼特性、特に、着火現象について微小重力環境を利用して調べたものである。

2. 実験装置及び方法

本研究では、多成分・不均質な廃棄物固体低質燃料の複雑な着火現象を調べるために、対称性空間、即ち微小重力環境を用いてその実験が行われ、その実現には北海道砂川町にある(株)日本地下無重力実験センター(JAMIC)の落下施設(微小重力環境の実現:自由落下距離490m、自由落下時間10秒間)が使用される。

Fig.1に実験装置の概略図を示す。基本的には従来のものと同じであるが、本研究においては 900°C 以上における高温領域での着火現象を把握することを目的としているため、カンタルA1線型電気炉が用いられる。また、炉内温度は炉壁部を除いてほぼ一様である。廃棄物固体低質燃料として化学成分が極めて類似している錦鯉の餌(C:52%、 O_2 :29%、H:7%、 N_2 ・S・Cl・その他:12%、これを模擬ごみAという)が用いられ、この模擬ごみAは、微細

Fig. 1 Experimental assembly

にすりつぶして少量の水を混ぜて練り、治具を用いて直径3.0mmの球状に成形して、直径0.3mmのシリカ線の先端に付けて乾燥させて用いる。また、実験は酸素濃度21%、大気圧下で行い、燃焼観測には8mmビデオカメラが用いられる。

3. 実験結果

3-1. 燃焼写真

Time→

Fig. 2 Photographs of solid waste fuels burning under microgravity at 1050°C ($D_0=3\text{mm}$)

Time→

Fig. 3 Photographs of solid waste fuels burning under normal gravity at 1050°C ($D_0=3\text{mm}$)

Figs.2 及び 3 に、微小重力及び通常重力環境下での高温空気領域における固体低質燃料の着火及び燃焼の様子を示す。これらの写真から、着火は激しい輝炎を伴って起こり、その後は拡散火炎を形成し、くすぶり燃焼(表面燃焼)を経て燃焼は完結する。また微小重力下では火炎周囲に燃料から飛び出る数多くの微粒子(飛散粒子)が確認され、その飛散粒子は火炎を著しく変形させる。これは燃料内部にある若干の空気や水分が火炎の発生によって急速に加熱されて膨張し、その作用によって燃料から突出され、それに伴って周りの微粒子も同時に突出されるものと考えられる。

3-2. 燃焼の開始(着火)

Fig.4 は、雰囲気温度に対する着火遅れを示したもので、Fig.5 は、その両対数プロットである。この図から雰囲気温度の増大は着火遅れ時間を急激に減少させ、着火遅れ τ と温度 T は、

$$\tau \sim T^{-4} \quad (1)$$

の関係にあることがわかる。また Fig.5 より、微小重力及び通常重力環境下における着火遅れ時間はほぼ一致するといえる。微小重力環境下での熱伝達についての表示を Fig.6 に示す。これは、放射熱伝達 q_R と微小重力下 ($10^{-5}g$) での対流熱伝達 q_c を計算したものである。この結果、放射熱伝達に比べて対流熱伝達は極めて小さく、対流熱伝達は着火にはほとんど影響を与えないといつてよい。

3-3. 火炎形状

いま火炎形状の変化を検討するために、燃焼初期においては燃料分解ガスの先端がほぼ火炎面と考えられるので、火炎直径を D_f 、燃料分解ガス密度を ρ 、質量燃焼速度を dm_f/dt とすると、 $d/dt \{ \pi \rho (d_f^3 - d_0^3) / 6 \} = dm_f/dt$ (2) が成立する。 D_f/D_0 の燃焼時間に対する変化を Fig.7 に示す。この図から、このような簡単な仮定によっても燃焼初期の火炎形状をよく説明することができる。

4. まとめ

- (1) 着火遅れ τ と雰囲気温度 T の関係は $\tau \sim T^{-4}$ である。
- (2) 高温空気中での廃棄物固体低質燃料の着火遅れを支配する主因子は放射熱伝達である。
- (3) 燃焼初期における火炎形状は、発生可燃ガスの挙動によって決定することができる。

Fig. 4 Ignition delay

Fig. 5 Log scale of ignition delay

Fig. 6 Heat transfer under microgravity ($10^{-5}g$)

Fig. 7 Flame to particle diameter ratio

5. 参考文献

- (1) 岡島・他2名、第16回日本マイクロ重力ティ
応用学会、JASMA vol.17、p. 7 (2001)。
- (2) HiCOT (高温空気燃焼制御基盤研究プロジェクト、NEDO)、
2000年第3WG委員会資料、(株. 神戸製鋼所)。