613 ポリエチレンフィルムの溶解・燃焼挙動

Melting and burning behavior of a piece of polyethylene film

正 池田 光優 (徳山高専)

○松村 泰裕 (徳山高専)

正 三上 真人 (山口大)

正 小嶋 直哉 (山口大)

Mitsumasa IKEDA, Tokuyama College of Technology, 3538, Takajo, Kume, Shunan, Yamaguchi

Yasuhiro MATSUMURA, Tokuyama College of Technology

Masato MIKAMI, Yamaguchi University

Naoya KOJIMA, Yamaguchi University

Key Words: Refuse Combustion, Polyethylene Film Combustion, Melting, Ignition

1. はじめに

現在の我々の暮らしになくはならないプラスチック製品を始めとした石油製品は、その廃棄物処理が大きな問題となっている。廃棄物の最終処理方法には、プラスチック製品の腐敗などによる悪臭や土壌汚染といったものやダイオキシン発生などの大気汚染といった環境破壊が問題となっている。このため廃棄物処理に関する環境保全に対する対策は急務である。理想的にはプラスチック製品を再利用し、最終処理を行わないようにすることが望ましいが、材料として再利用を考えるマテリアルリサイクルには未だ多くの経費がかかる。

一方、焼却処理も排出ガスによる大気汚染や地球の温暖化の助長といった環境破壊が問題となっているが、その燃焼熱を熱エネルギーとして有効に利用するサーマルリサイクルを行えば有効である。有機ポリマーであるプラスチックは 30-45MJ/kg の発熱量を持つ⁽¹⁾ために、現在では多くの廃棄物燃焼装置が開発されている⁽²⁻⁵⁾。しかしプラスチック材の基本的な溶解、変形、またそれに続く燃焼挙動を詳細に調査した報告はほとんどなく、炉の製作も試行錯誤的に行っているものが多い。そこで本研究では、廃棄物燃焼の基本データとして、プラスチック片の溶解・燃焼挙動を詳細に観察することを目標とし、その第一段階として分子構造が比較的簡単なポリエチレンフィルムの溶解・燃焼挙動を調査することを目的とした。

2. 実験装置および方法

本研究では、高温炉にポリエチレンフィルム片を挿入し、高温雰囲気での試料の溶解・燃焼挙動を調査した。高温炉として炉内最高温度 1273K(1000℃)のセラミックファイバーヒーターを使用した。高温部の炉内形状は円筒形であり、内径は 90mm、高さは 185mm である。ヒーターは炉の下側から 45mm の位置から 140mm の位置まで炉の内壁の外側に円周上に配置してある。炉の上部には直径 120mm、厚さ 40mm の石英ガラスを設置し、内部からの放熱をある程度防ぐと共に、

Fig.1 Film holding system

に、上方から内部の様子を観察できるようにした。ポリエチレンフィルムは炉の下側から挿入する。炉の下部は、ステンレス板によって炉の下側に取り付けた挿入装置と隔離しており、炉の加熱時は挿入準備しているフィルムを予熱しないようにしている。挿入装置は直径 12.7mm のステンレス棒を炉内に押し上げ、フィルムを挿入する形式とした。ポリエチレンフィルムは、ステンレス棒の先端に図 1 に示すような懸垂線を設置し、その上に置いて炉内に挿入される。炉内には下側から 92.5mm の位置に K 型熱電対を挿入しており、この位置にポリエチレンフィルムを挿入する。実験には、厚さ 0.03mm のポリエチレンフィルムを使用し、一辺 50mm の正形状に成型したものを炉内に挿入した。ポリエチレンの一般的な性状を表 1 に示す⁽⁶⁾。ポリエチレンフィルムの溶解・燃焼挙動は以下の手順で観察した。まず高温炉の炉内温度が設定温度になるまで加熱を行う。炉内温度が設定温度になったら、ポリエチレンフィルムを挿入する。このとき挿入直前から 300 万画素の CCD カメラにて炉の上方から炉内の様子を撮影した。今回の実験では炉内温度を 500K から 1000K まで 50 K 毎の炉内温度に対してフィルムの挙動を観察したが、炉内温度が 500K の場合でもフィルム挿入後 5 分以上では、フィルム形状の変化は現れなかった。このため撮影時間はフィルム挿入後 5 分間とした。ポリエチレンフィルムの溶解時間は、フィルムを挿入し、懸垂線上で液滴になるまでの時間とした。また着火時間はポリエチレンフィルムが着火するまでの時間とした。実験は周囲温度 283±5K の室温、周囲圧力 1013±10hPa の大気圧下で行った。

3. 実験結果

まず炉内の温度を変化させて、ポリエチレンフィルムを投入してからフィルムが溶解するまでの時間、着火するまでの時間をそれぞれ計測した。得られた結果を図 2 に示す。図中のプロットは、△がフィルムの溶解時間、○がフィルムの着火時間をそれぞれ示している。今回の実験では炉内温度は 500K から 50K 毎に変化させたが、炉内温度が 600K 以下の場合では、ポリエチレンフィルムは溶解するものの、液滴に

Table 1 Polyethylene Specification

Heating value [kJ/kg]	46.3
Melting point [K]	410
Ignition temperature [K]	623
Heat capacity [kJ/kgK]	2.31
Specific gravity [-]	0.91-0.965

なるまでには至らなかった。この温度範囲のデータは参考値としてプロットした。炉内温度が 500K の場合ではポリエチレンフィルムが変形するだけで液体になることはなかった。炉内温度が 550K の場合では、フィルムは溶解し始めたが、液滴にはならなかった。このような状態が 600K の場合において観測された。しかしながら炉内温度の上昇に伴って、懸垂線の中央に溶解したポリエチレンが集まるようになっていた。ポリエチレンが液滴になったのは 650K 以上の範囲であり、燃焼したのは炉内温度が 700K 以上の場合であった。しかしながら炉内温度 650K 以上の場合では、溶解している最中に溶解したポリエチレンが懸垂線から落下することが度々あり、従来の微小液滴を懸垂する方法では液滴を保持することが困難であった。今回の実験では同じ炉内温度で液滴が落下せず燃焼するまで実験を行った結果を示している。また今回の実験では表 1 で示した着火温度より着火温度が高くなっているのは、懸垂線からの熱損失などによるものであると考えられる。懸垂線を細くすると、今回の試験フィルムではその質量を支えきれなくなることが予想される。これらのことから液滴の保持方法に関しては今後の課題としたい。さて、ポリエチレンが溶解するまでの時間は炉内温度が 700K 以上の場合では炉内温度の増加に対する溶解時間の減少傾向は緩やかなものとなっている。一方着火するまでの時間の炉内温度に対する傾向は溶解するまでの時間の傾向より減少割合が大きくなっており、炉内温度が高くなるとポリエチレンが溶解してから着火するまでの時間が短くなっている。溶解するまでの時間と着火するまでの時間の差が大きい場合（炉内温度 700K や 750K の場合）、ポリエチレンは溶解してからしばらくたって着火していた。炉内温度が 800K や 850K の場合では図 3 に示すように、ポリエチレンが溶解した後、煙のようなものが発生し、その後着火した。炉内温度が 900K 以上になると前述した煙のようなものの発生量は減少し、溶解するとすぐに着火が行われていた。炉内温度が 1000K の場合ではポリエチレンフィルムを炉内に挿入するとすぐに溶解し、それとほぼ同時に着火が起こった。このときは、図 4 に示すように燃焼時に発生するすすが観測されたが、前述した煙のようなものは見られなかった。以上のことから炉内温度に対する、ポリエチレンフィルムの溶解・着火の様子が確かめられた。

4. 最後に

本研究では、廃棄物燃焼の基礎データの構築の一つとして、廃プラスチックの溶解・燃焼挙動を調査することを目標とした。今回はその第一段階として、ポリエチレンフィルムの溶解・燃焼挙動を観察した。実験は雰囲気温度を変化させて行い、ポリエチレンフィルムの溶解・燃焼挙動に及ぼす雰囲気温度の影響の一部を示すことが出来た。次の段階としては、ポリエチレンフィルムの溶解特性や燃焼特性のより詳細な調査や、溶解・燃焼挙動に及ぼすプラスチックの性状の影響について調査していく予定である。

参考文献

- (1) D.S. Duval, W. A. Ruber, EPA-600/2-77-288, P.21 (1977)
- (2) 機械工学便覧 C8 編, 環境装置
- (3) 石田他, 日立造船技法, Vol.52, No.2 (1996)
- (4) 志垣政信編著, 絵とき廃棄物の焼却技術, オーム社(1995)
- (5) 廃プラスチック類の熱分解油化の事例 -技術及びその経済性-, (社) プラスチック処理促進協会資料 (1995-3)
- (6) 本田尚士他, 環境圏の新しい燃焼工学, フジテクノシステム, P.1013 (1999)

Fig.2 Melting time and ignition time

(a) Melting

(b) Occurrence of droplet

(c) Ignition

Fig.3 Melting and ignition behavior at 850 K

Fig.4 Combustion behavior at 950 K