

K-14

キシリトールを添加したマイクロクリスタリンワックスの着火特性について Ignition Characteristics of Microcrystalline-wax with adding Xylitol

高橋仁人¹, ○尾崎瑠菜¹, 高橋賢一²Yoshito Takahashi¹, *Ruka Ozaki¹, Kenichi Takahashi²

Abstract: In recent years, demand for small satellites has been increasing in the space industry, and small rockets are attracting attention as part of this trend. Thus, the number of launches is expected to increase. The use of petroleum-based components as rocket fuel for small rockets places a burden on the environment around the launch site. In this study, we conducted an ignition experiment to investigate the possibility of using biomass as a substitute for a part of the solid fuel of hybrid rockets. The experiment involved a test piece of wax-based solid fuel with adding biomass. As a result, it was found that adding biomass to a part of the wax-based solid fuel did not affect combustion. Based on these results, further ignition experiments should be conducted in the future.

1. 研究背景

近年小型衛星の需要が高まっており、その影響から小型ロケットが注目されている^[1]。中でも特にハイブリッドロケットが注目を浴びている。ハイブリッドロケットとは液体もしくは気体の酸化剤を固体燃料に噴射し、燃焼させることで推進力を得る方式のロケットのことである。ハイブリッドロケットの利点として、安価で安全な打ち上げシステムの構築ができることが挙げられる。しかし、高推力を出すことが難しいことが欠点として問題となっている。その要因の一つは燃料後退速度が低いことである。そこで、低融点固体燃料である WAX を用いることで燃料後退速度の向上を目指している。しかし、WAX は石油から精製されており、今後ハイブリッドロケットの打ち上げが活発化した際に、射場周辺の環境負荷の増大につながる可能性があると考えられる^[2]。そこで低環境負荷であるバイオマスを固体燃料の一部に代替することができるか検討する。本研究でキシリトールを選択した理由は3つある。1つ目は植物性廃棄物から製造でき低環境負荷である。2つ目は安価かつ容易に入手可能である。3つ目は糖アルコールであるキシリトールは糖と比較して化学的、生物学的に安定している。以上を踏まえたうえで固体燃料の一部をバイオマスであるキシリトールで代替することが可能であるか検討する。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 実験に用いた供試体

本実験で用いた供試体を Figure 1 に示す。なお、キシリトールの添加量は NASA-CEA による理論計算で比推力、特性排気速度が最大値を示す添加量である 20 mass%, 30 mass%, 40 mass%, 50 mass% を選択した。

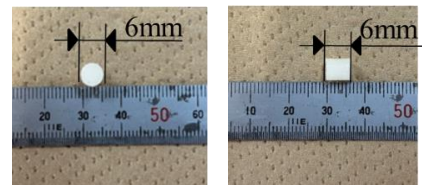


Figure 1 Test-Piece (Xylitol 20 mass%)

2.2 実験装置概略図

本実験の実験装置概略図を Figure 2 に示す。

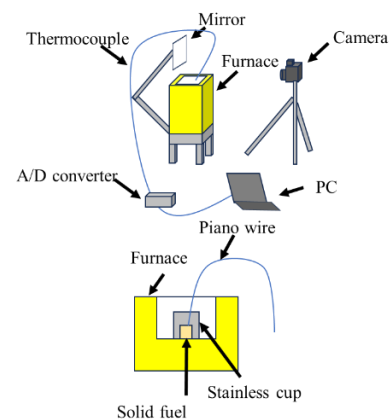


Figure 2 Schematic diagram of experimental apparatus

2.3 実験方法

- ① 電気炉（炉）内に設置したカップ内の温度が 450℃ 付近に安定するまで待機する。
- ② 炉内の温度が安定した後カメラによる録画を開始し、供試体をカップ内に投入する。鏡に反射させた炉内の様子を録画する。
- ③ 燃焼終了後に録画を停止する。カップ内に残渣が残っている場合には、十分に冷却したのちに残渣を回収する。

3. 実験結果

1 : 日大理工・学部・航宇 2 : 日大理工・教員・航宇

キシリトールの添加量を 0 mass%, 20 mass%, 30 mass%, 40 mass%, 50 mass%の計5種類の供試体を用いて着火試験を行い, その様子を録画した動画から熔融時間, 着火遅れ時間, 燃焼時間を測定した. ここでの熔融時間, 着火遅れ時間, 燃焼時間とは供試体がカップに着地してから熔融するまでの時間, 着地してから着火するまでの時間, 着火してから消失するまでの時間のことである.

3.1 添加量ごとの各時間変化

キシリトールの添加量に伴う, 各時間の変化の結果を Figure 3, Figure 4, Figure 5 に示す. また, 熔融する前に着火した供試体の数を Table 1 に示す. 着火試験を行った回数は 0 mass%~40 mass%が 6 回で 50 mass%が 2 回である.

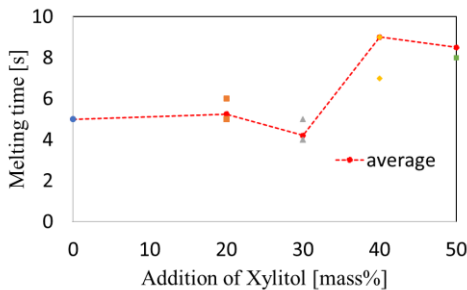


Figure 3 Results of Melting time

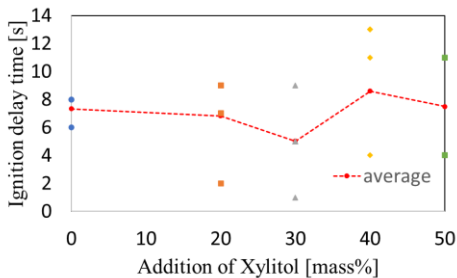


Figure 4 Results of Ignition delay time

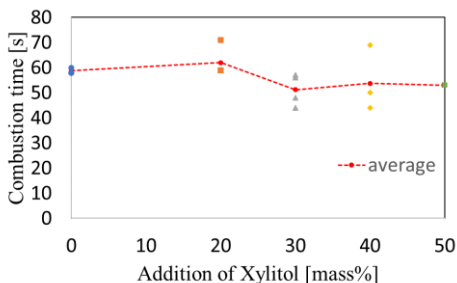


Figure 5 Results of Combustion time

Table 1 a test piece of wax-based fuel with adding Xylitol

キシリトール添加量	0 mass%	20 mass%	30 mass%	40 mass%	50 mass%
熔融前に着火した供試体の数	0	1	2	3	1

4. 結果・考察

Figure 3 より, 熔融時間は添加量が 30 mass%を境に延びていた. これはキシリトールの融点が 93-97°C, WAX が 103°Cでほぼ差がなく, WAX の潜熱が 190 J/g^[3], キシリトールが 229 J/g^[4] でやや高く, キシリトールの添加量が増加するごとに完全に熔融するのに必要な熱量が増えるためだと考えられる. Figure 5 より燃焼時間はほぼ変化していなかった. これより燃焼時間では WAX の影響が大きいと考えられる. また Figure 4 から着火遅れ時間にばらつきが生じた. これは供試体が完全に熔融する前に着火したものと熔融後に着火したものがあることを示している. Table 1 からわかるように, 熔融する前に着火した供試体の数はキシリトールの添加量が増加するほどに増えていた. これは WAX と比較してキシリトールの引火点が低く, キシリトールの添加量が増えるごとにキシリトールの一部が先に熔融, 着火する割合が大きくなると考えられる. したがって, 本報告の範囲内では熔融時間と着火遅れ時間が延びる前の 30 mass%までは WAX のキシリトール添加による一部代替が可能であると考えられる.

5. 結論

本報告の範囲では, 30 mass%までは WAX のキシリトールによる一部代替が可能であると考えられる.

6. 参考文献

- [1] 田原弘一, 小林充宜, 川上天誠, 多川真登, 高田恭子, 池田知行: 「大阪工業大学・超小型月探査機プロイテレス 3 動力飛行用シリンドリカル型ホールスラストの研究開発」, 日本航空宇宙学会誌, 67(2), 53-58, 2019
- [2] 臼井雄太郎, 那賀川一郎: 「ハイブリッドロケットにおける WAX 燃料の成型特性」, 平成 27 年度宇宙輸送シンポジウム: 講演収録, 2016-01
- [3] JAVIER TORRESOLA : “SOLIDIFICATION PROPERTIES OF CERTAIN WAXES AND PARAFFINES”, Massachusetts Institute of Technology, pp15, 1998.
- [4] 能村貴宏: 「第三世代「ガラス化利用型」潜熱蓄熱技術の創成」, 科学研究費助成事業 研究成果報告書, 2016-06