

K-31

グルコースを混合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 the mixture of the microcrystalline wax and glucose

○丸岡美友¹, 大園 悠暉¹, 小見寺晃貴¹, 高橋晶世², 高橋賢一²*Miyu Maruoka¹, Yuki Ozono¹, Kouki Omidera¹, Akiyo Takahashi², Kenichi Takahashi²

Abstract: In the space industry in recent years, the demand for small satellites is increasing. Under these circumstances, small rockets are attracting attention. As a result, the number of rocket launches is expected to increase. At that time, the petroleum-based components used as fuel for the rocket impose a burden on the environment near the launch site. Therefore, in this study, to examine whether a part of the fuel of the hybrid rocket can be replaced with biomass, a specimen in which a part of the WAX fuel is replaced with biomass is prepared and ignition experiments are conducted. As a result, it was found that even if biomass replaces a part of WAX fuel, it does not interfere with combustion. Based on this result, it will be necessary to discover more efficient biomass in the future.

1. 研究背景

^[1]近年小型衛星の需要が高まっている。その影響により国内で主流の大型ロケットより、小型ロケットが注目を浴びている。その中でも特にハイブリッドロケットが注目を集めている。ハイブリッドロケットとは固体もしくは液体の酸化剤を燃料に噴射し、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。一般的に酸化剤には液体酸素や亜酸化窒素が用いられ、燃料には末端水酸基ポリブタジエンやパラフィンワックスが用いられる。^[1]またこのハイブリッドロケットの特徴として、安価で安全な打ち上げシステムの構築が出来上がることが挙げられる。また欠点として高推力を出すことが難しく、一つの要因として燃料後退速度が低いことが挙げられる。そこで、燃料後退速度の改善のため融点が高い WAX を燃料として用いることで問題の改善を目指している。^[2]しかしこの WAX 燃料は石油から精製されており、今後小型ロケットの打ち上げが活発化した際に、打ち上げ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。そこで低環境負荷である植物由来のバイオマス燃料の一部に代替することできるか検討する。先行研究としてバイオマスにセルロースを用いた研究が行われており、セルロースは WAX 燃料の一部代替が可能であると結論づけられている。そこで我々はさらなる選択肢としてグルコースを選定し、バイオマスとして活用出来るのか研究を行う。我々がグルコースを選んだ理由は二つある。一つ目の理由は、グルコースの原料が果物や植物といった農作物であり、枯渇する可能性が極めて低いことである。二つ目の理由は、入手が容易なことである。以上を踏まえたうえで燃料の一部をバイオマスであるグルコースで代替することが可能であるのか検討する。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 実験に用いた試供体

本実験で用いた供試体を Fig.2.1 に示す。

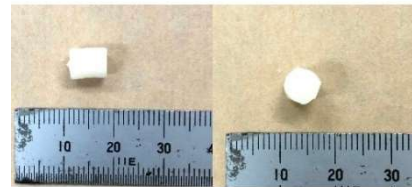


Fig.2.1 Test-piece (glucose10mass%)

2.2 実験装置概略図

本実験の実験装置概略図を Fig.2.2 に示す。

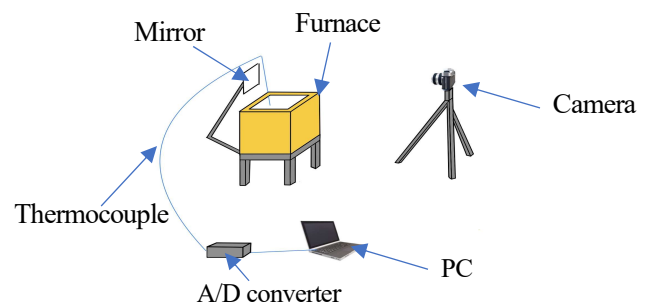


Fig2.2 Schematic diagram of the experiment

2.3 実験方法

- ①電気炉に電源を入れ、設定温度を 500°C~525°Cの間設定する。その後温度が上昇した所でステンレスカップを設置する。
- ②電気炉内に設置したカップの温度が 450°Cに安定し、電気炉内の温度が 470°Cに安定するまで待機する。
- ③電気炉内の温度が 470°Cに安定したらカメラの録画を開始し、供試体をピアノ線の先端に付け、ステンレスカ

ップ内に投入する. この時カメラでは, 電気炉内の様子を鏡に反射させて録画する.

④燃焼が終了後はカメラの録画を停止する. またカップの内部に残渣が残っている場合は, 十分に冷却してから残渣を回収する.

3. 実験結果

本実験ではグルコースの添加量を 0 mass%, 10 mass%, 20 mass%の計 3 種類の試供体を製作し着火実験を行い, その様子を録画した. その動画より, 供試体の熔融時間, 着火遅れ時間, 燃焼時間を測定する. ここでの熔融時間とはステンレスカップに着地してから熔融するまでの時間であり, 着火遅れ時間とは熔融してから着火するまでの時間であり, 燃焼時間とは着火してから消失するまでの時間のことである.

3.1 熔融時間とグルコース添加量変化

着火実験より得たグルコース添加量変化に伴う熔融時間の結果を Fig 3.1 に示す.

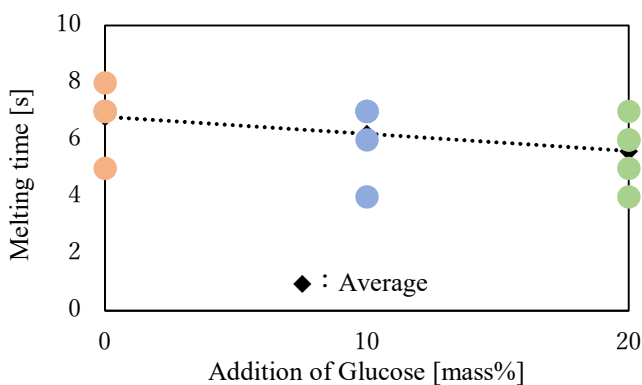


Fig 3.1 Results of melting time

3.2 着火遅れ時間とグルコース添加量変化

着火実験より得たグルコース添加量変化に伴う着火遅れ時間の結果を Fig 3.2 に示す.

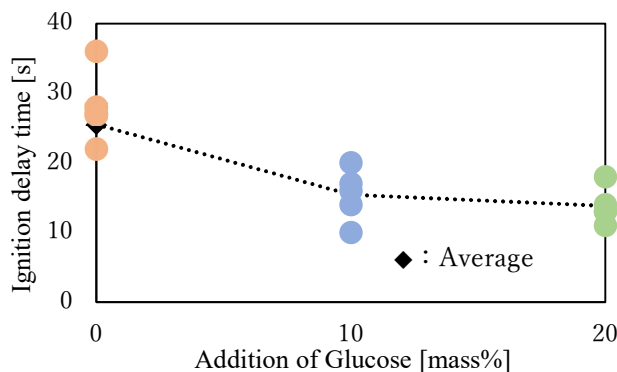


Fig 3.2 Results of ignition delay time.

3.3 燃焼時間とグルコース添加量変化

着火実験より得たグルコース添加量変化に伴う燃焼時間の結果を Fig 3.3 に示す.

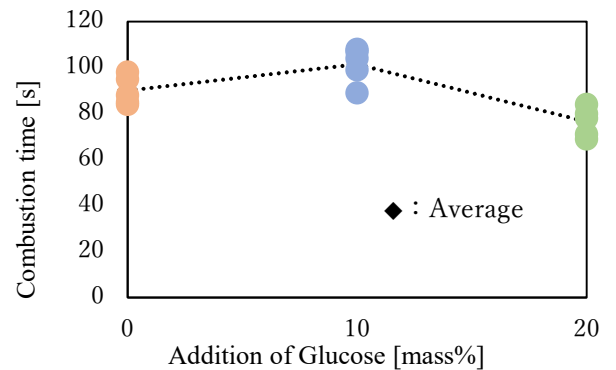


Fig 3.3 Results of combustion time.

4. 結果・考察

Fig 3.1 より, グルコースの添加量が増加しても時間変化があまりなかった. Fig3.2 より, グルコースの添加量が増加すると, 着火遅れ時間が短縮した. この原因として, 発火点の違いによるものと考えられる. [3]ここでは, 発火点の温度の上下関係と引火点の上下関係が同じようになることを考慮し, 引火点で議論する. 本実験で用いた WAX の引火点は 310°C, それに対しグルコースの引火点は 286°Cとなる. よって 0mass%と比較して, 引火点の低いグルコースの添加量が増加したことにより着火が早くなったと考えられる. Fig3.3 より, 添加量が 0mass%から 10mass%に増加すると, 燃焼時間も増加した. しかし 10mass%から 20mass%に添加量が増加すると燃焼時間が減少する結果となった.

5. 結論

本研究の範囲では, グルコースによる WAX 燃料の一部代替が可能であると言える.

参考文献

- [1] 渡辺三樹生, 中山久広, 永田晴紀, 戸谷剛, 工藤勲, 伊藤献一, 大和田陽一:小型衛星のハイブリッドロケットの打ち上げ機の開発, 日本マイクログラビティ応用学会誌, Vol.19, No.2, 2002
- [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] 北島祥江, 西村勇介:セルロースを混合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, 日本大学理工学部航空宇宙工学科・令和2年度卒業研究論文,2020