

K-34

コーンスターチ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 Cornstarch

小川友樹¹, 野口純¹, ○渡辺有香¹, 高橋晶世², 坂野文菜², 高橋賢一²
 Tomoki Ogawa¹, Jun Noguchi¹, *Yuka Watanabe¹, Akiyo Takahashi², Banno Ayana², Kenichi Takahashi²

Abstract : In recent years, the space industry has seen a growing demand for small satellites. Under these circumstances, small rockets are attracting attention, and the number of rocket launches is expected to increase. In such cases, petroleum-based components used as a rocket fuel impose a burden on the environment near the launch site. Therefore, in this study, in order to examine whether biomass can replace some of the fuel for hybrid rockets, we prepared a test piece in which biomass was added to a part of the WAX-based fuel and conducted ignition experiments. As a result, it was found that adding biomass to a part of the WAX-based fuel did not interfere with combustion. Based on these results, more efficient biomass needs to be found in the future.

1. 研究背景

近年, 小型人工衛星の需要が高まっており, それに伴って小型ロケットが注目を浴びている^[1]. 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気体もしくは液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特徴として, 安価で安全な打ち上げシステムの構築が可能であることが挙げられる. 高推力を出すことが難しいことが欠点として挙げられ, その要因として燃料後退速度が低いことが分かっている^[1]. そこで, マイクロクリスタリンワックス (WAX) を燃料として用いることで燃料後退速度の問題改善を目指している^[2]. しかし, 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, 資源の枯渇と二酸化炭素の排出による環境負荷の増大につながる可能性がある^[2]. 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と代替することができるか検討する. 我々はコーンスターチに着目し, バイオマスとして活用可能であるかを調査する. コーンスターチを選定した理由として, 全世界で生産されるデンプンの約 80 %がコーンスターチであり, 入手が容易であることに加え, 低価格で安定していること, 製造過程での廃棄物が非常に少ないことが挙げられる.

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 2.1 に示す. 供試体は WAX (NIPPON SEIRO CO., LTD., Hi-Mic-2095) を溶かしたものに, コーンスターチ (FUJIFILM WAKO PURE CHEMICAL CO., LTD., 193-09925) を混ぜ, シリコン製の型に流し込み, 室温で自然冷却し製作した.

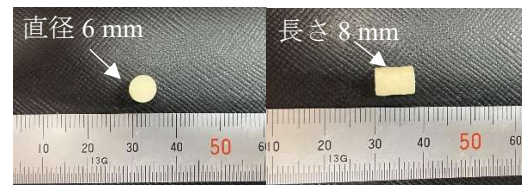


Figure 2.1. Test-Piece (Cornstarch 10 mass%)

2.2 実験装置概略図

実験で用いた実験装置の概略図を Figure 2.2 に示す.

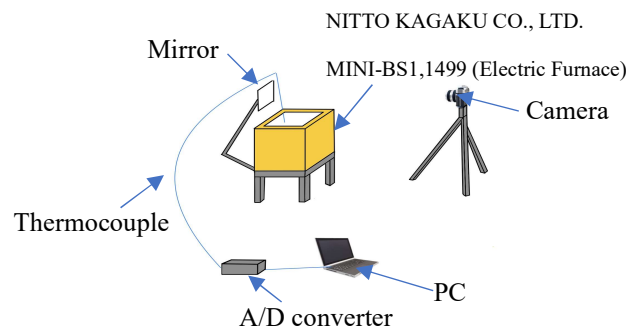


Figure 2.2. Schematic Diagram of Experimental Apparatus

1 : 日大理工・学部・航宇 2 : 日大理工・教員・航宇

2.3 実験方法

- ① 電気炉内 (炉) に設置したカップ内の温度が 450 °C 付近に安定し, 炉内の温度が 420 °C 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撮影・録画 (FHD, 60 fps) を開始し, 供試体をカップ内に投入する. なお, 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し, カップ内に残渣が残っている場合, 十分に冷却した後に残渣を回収する.

3. 実験結果

NASA-CEA^[3]の結果より, コーンスターチの添加量を 0 mass%, 10 mass%, 20 mass% の計 3 種類の供試体を用いて各 4 回, 着火実験を行った. その様子を録画したものから熔融時間, 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, 着火してから消炎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

コーンスターチの添加量の変化に伴う, 各時間の結果を Figure 3.1, Figure 3.2, Figure 3.3 に示す.

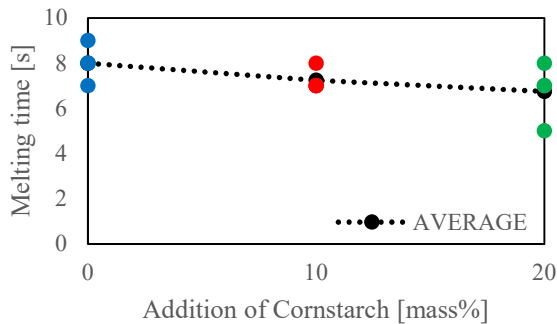


Figure 3.1. Results of Melting Time

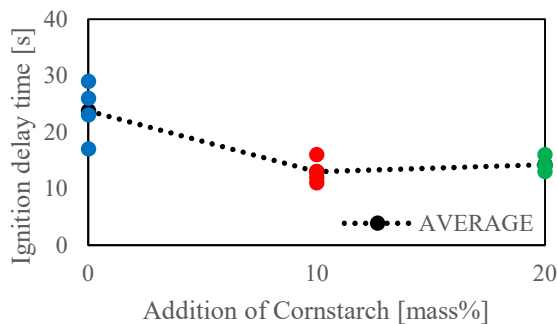


Figure 3.2. Results of Ignition Delay Time

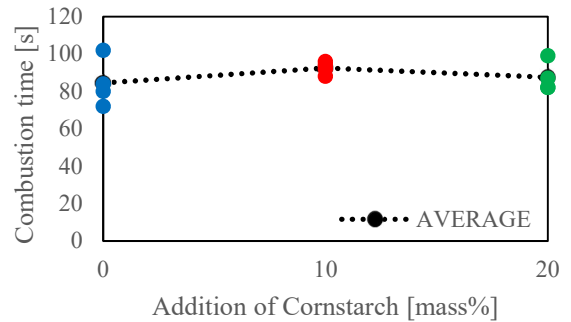


Figure 3.3. Results of Combustion Time

4. 結果・考察

Figure 3.1 より, 熔融時間は添加量が増加するにしたがって短縮している. 理由として, 使用した WAX とコーンスターチの熔融温度が 101 °C と 256 °C であり, WAX 含有量が減少することで相対的に WAX の方が先に熔融しきっていると考えられる. そのため WAX の方が先に熔融, 着火し, 熔融時間と着火遅れ時間が短縮すると考えられる. また, Figure 3.2 より, 10 mass%, 20 mass% は WAX 単体と比較して着火遅れ時間が 5 s ほど短縮する. Figure 3.3 より, 燃焼時間は添加量を増加させても変化がほとんど見られなかった. このことから, 燃焼時間はコーンスターチが支配的なものであり, その影響ではないかと推測する.

5. 結論

本報告の範囲では WAX 単体と比較して, 著しい性能低下がみられなかったため, WAX 燃料のコーンスターチ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] 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] 白井雄太郎, 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] S. Gordon and B. J. McBride: "Computer Program for Calculation of Complex Chemical Equilibrium Compositions and Applications", NASA Reference Publication 1311, 1996.