

マグナリウム粉末の添加によるWAX系固体燃料の着火特性について

Ignition characteristics of WAX solid fuel with added magnalium powder

○和田愛加¹, 森竹颯汰¹, 小林泰成¹, 高橋晶世², 高橋賢一²

*Aika Wada¹, Sota Moritake¹, Taisei Kobayashi¹, Akiyo Takahashi², Kenichi Takahashi²

Abstract: It was confirmed that Mg-Al added to the WAX solid fuel was ignited. Last year's research did not sufficiently confirm the ignition of Mg-Al powder. In this study, ignition experiments of Al, Mg, and Mg-Al powder were performed, and the residue was analyzed by SEM and XRD.

1. 研究背景

ハイブリッドロケットエンジンとは、一般的に液体の酸化剤と固体の燃料を推進剤とする化学ロケットの一種である。Figure 1のように酸化剤と固体燃料を別々に搭載し、接触しても反応し難いので、爆発の危険性が低く、再着火や推力制御も可能である。しかし、ハイブリッドロケットエンジンは現在運用されている化学ロケットと比べ、推力が低い実用化された例が少ない。その原因として、燃料後退速度が低いことや燃焼効率が低い点が挙げられる。

本研究では、固体燃料に金属粉末を添加することで燃料後退速度の向上を図っている。昨年の研究ではマグナリウム (Mg-Al) 粉末を使用し、燃料後退速度の向上を図った。Mg-Al 粉末を使用した理由として、燃焼熱が高いが着火しにくいアルミニウム (Al) 粉末、着火性が良いが Al 粉末に比べ密度が低いマグネシウム (Mg) 粉末のそれぞれの短所を補うためである。〔1〕燃焼試験では、高い燃料後退速度が得られる可能性が見られたが、Mg-Al 粉末の着火の確認が不十分であった。そのため本研究では、Mg-Al 粉末の着火の確認を目的として、Mg-Al 粉末、Al 粉末、Mg 粉末、マイクロクリスタリン WAX に Mg-Al 粉末を添加させた試料の着火試験を行った。それぞれの燃焼後の成分評価のため SEM, XRD を用いて残渣の評価を行った。

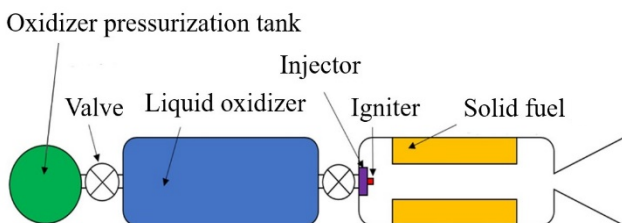


Figure 1. Conceptual diagram of hybrid rocket engine.

2. 実験装置及び実験方法

2.1 金属粉末を固体燃料に添加しない着火試験

1: 日大理工・学部・航宇 2: 日大理工・教員・航宇

Figure 2 に実験装置の概略図を示す。電気炉内の温度を目標値 (550℃) で安定させ、WAX 固体燃料を電気炉内へ投入し電気炉内で WAX 固体燃料を着火させた。その WAX 固体燃料の燃焼火炎中へ金属粉末を接着した石英棒を投入し、その火炎によって金属粉末を着火させた。

燃焼の様子をハイスピードモード (1000 fps) に設定したカメラで撮影した。

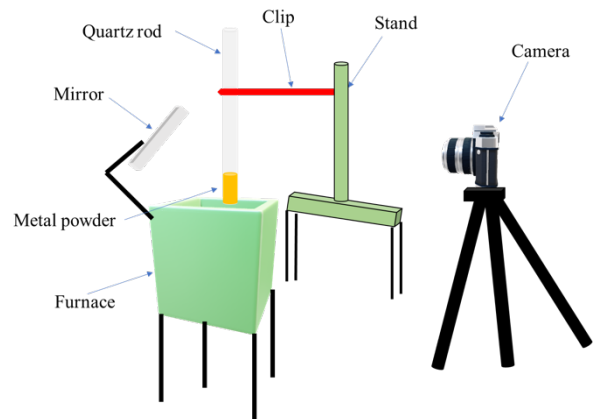


Figure 2. Schematic diagram of the experimental setup

2.2 金属粉末を固体燃料に添加した着火試験

電気炉内の温度を目標値 (550℃) で安定させ、電気炉内に Mg-Al 粉末を添加した WAX 固体燃料 (20, 25, 30 mass%) を挿入し着火させた。燃焼の様子をハイスピードモード (1000 fps) に設定したカメラで撮影した。Figure 2 より、石英棒を取り除いて実験を行った。

2.3 SEM を用いた画像解析

SEM とは走査電子顕微鏡のことで、光学顕微鏡では観察不可能な微小な表面構造を鮮明に解析することが出来る。さらに焦点深度が深い像が得られることから凹凸の激しい資料の表面構造を拡大して三次元的な画像で観察できる装置である。

着火試験により得られた残渣を SEM によって表面構造を解析した。

3. 実験結果及び考察

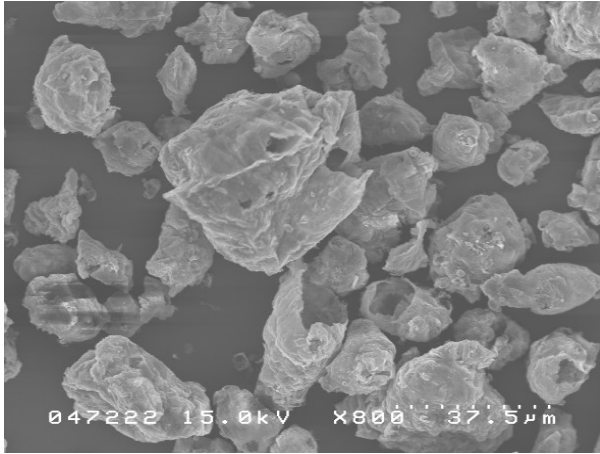


Figure 3. Mg-Al 20mass%

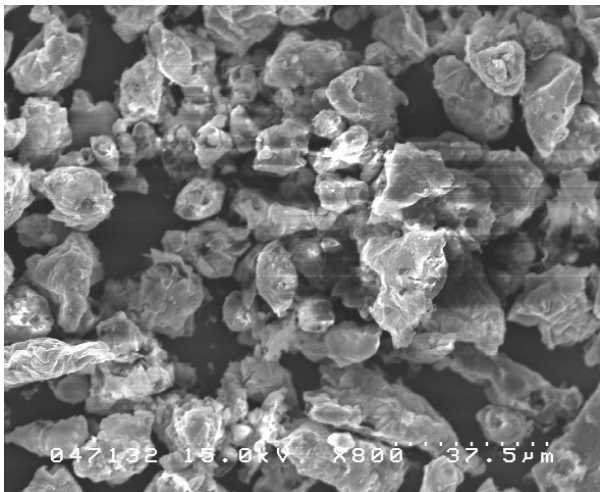


Figure 4. Mg-Al 25mass%

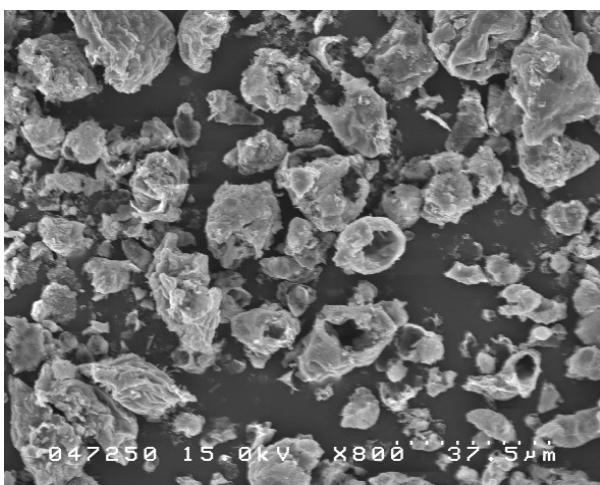


Figure 5. Mg-Al 30mass%

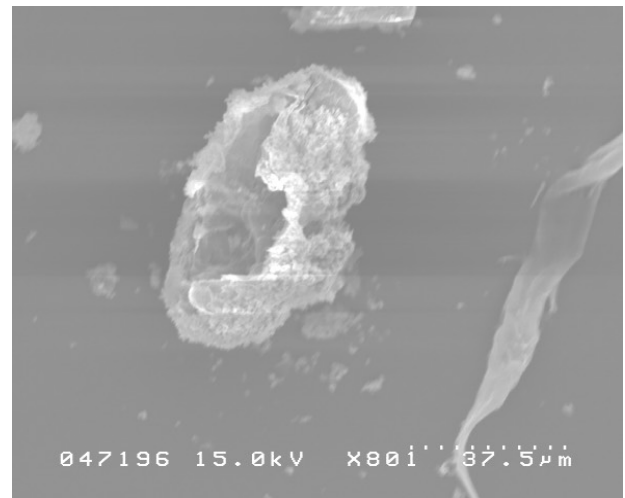


Figure 6. Mg

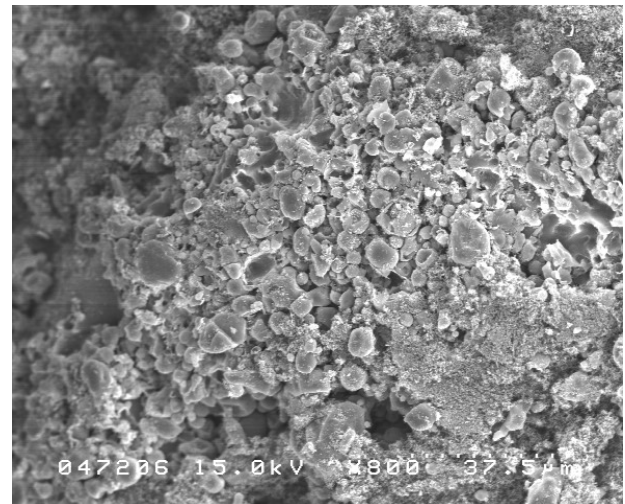


Figure 7. Al

Figured 3～7 より、燃焼試験後の残渣を比較すると Mg-Al の中に Mg や Al を単体で燃焼させた残渣と似た形のものが見受けられることから、Mg-Al を WAX に添加したときも燃焼していると考えられる。

4. 今後の課題

燃焼の様子を動画で観察し、SEM を用いて残渣から燃焼の確認を試みた。今後は、XRD を用いることで化学的視点から燃焼の確認を行う予定である。

参考文献

[1] 羽生 宏人：「マグナリウムの固体ロケット推進薬への転用」, 軽金属, 第 58 巻, 第 4 号, pp.162-166, 2008