

二酸化炭素雰囲気における Mg-Al 燃焼波長 Wavelength of Burning for Mg-Al in Carbon Dioxide Atmosphere

○原 秀樹¹, 牛島正道², 村松旦典², 桑原卓雄²
*Hideki Hara¹, Masamichi Ushijima², Akinori Muramatsui², Takuo Kuwahara²

Abstract: Ducted rocket is proposed as the new propulsion machinery for Mars exploration. Mars atmosphere is carbon dioxide (CO₂). Ducted rocket engine uses Mars atmosphere as an oxidizer. The object of this study is to show the combustion behavior of Mg-Al in secondary combustor, by to measure wavelength of burning for magnalium (Mg-Al) in CO₂. The wavelength of Mg-Al and magnesium (Mg) in CO₂ were measured. Mg-Al and Mg had the common peak of 647 nm, but aluminum (Al) did not have this peak. Mg-Al and Al had the common peak of 547 nm, however Mg did not have this peak.

1. 研究背景

近年、宇宙開発への関心が高まるに伴い、地球から近い火星は、将来的に人類が進出・移住する可能性が十分考えられる。それに伴い、火星のより詳細な環境を知るために、現在新しい火星探査方法の研究が進められている^[1-2]。火星の大気成分の約 95% は二酸化炭素 (CO₂) であり、この CO₂ を酸化剤として利用できる推進機関を用いれば効率的に火星探査装置を輸送することができる。この推進機関の一つとしてラムジェットエンジンの一種であるダクテッドロケットが考えられる。Fig. 1 に火星用ダクテッドロケットの概略図を示す。ダクテッドロケットは、大気を酸化剤として用いることで固体ロケットよりも大きな比推力を得ることができ^[3]、火星大気圏内を超音速で飛行し、目的地まで迅速に火星探査装置を輸送することができ、効率的に火星探査を進めることができる。このダクテッドロケットの燃料として CO₂ と反応して熱量を発生させるマグナリウム合金(Mg-Al)が考えられる。

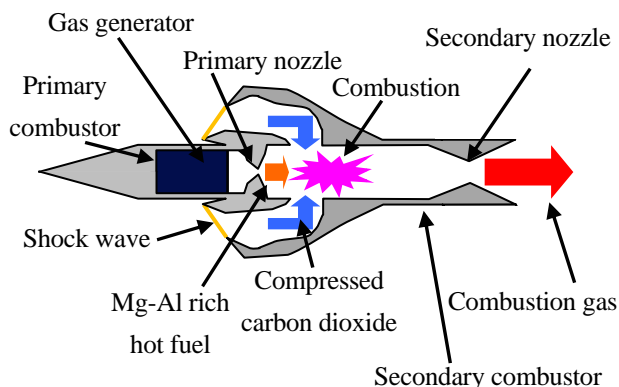


Figure 1 Structure of ducted rocket in the Mars

Fig. 1 より、火星用ダクテッドロケットは一次燃焼器から噴射した高温の Mg-Al を取込み口において圧縮され高圧の CO₂ で二次燃焼器内で燃焼させ、発生する燃焼ガスを二次ノズルから噴射することで推力を得る。ここで、二次燃焼器内の状態が Mg-Al の燃焼時間や燃焼効率などに与える影響である火星用ダクテッドロケットエンジンの燃焼特性^[4]は明らかにされている。

本研究では、燃焼特性以外として、二次燃焼器内の二次火炎を分光分析の観点から測定し、二次燃焼器内での Mg-Al と CO₂ の燃焼の様子である燃焼機構を明らかにする。そこで、本研究目的としては、二次燃焼器内の二次火炎の燃焼機構を明らかにするための比較値として、CO₂ 中における Mg-Al の燃焼の際に発生する Mg-Al 燃焼波長を測定する。

2. 実験方法・装置

Fig. 2 に実験装置の概略図を示す。

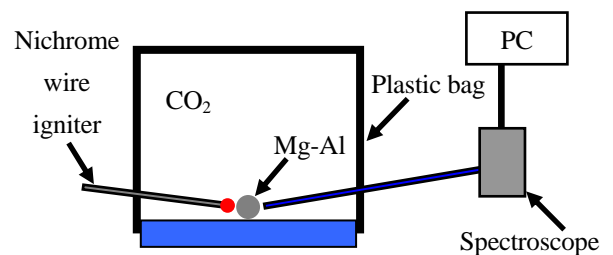


Figure 2 Experimental Apparatus

Fig. 2 は分光器、ニクロム線着火器、Mg-Al (平均粒子径: 28 μm, 質量: 約 10 mg)、可変容器で構成されている。Fig. 2 を用いて、CO₂ 中でニクロム線着火器を用いて Mg-Al を着火・燃焼させ、Mg-Al 燃焼の際に発生する波長を分光器を用いて測定する。この際、Mg-Al

との比較のためにマグネシウム(Mg) (平均粒子径: 30 μm , 質量: 10 mg) の CO_2 中での燃焼波長も測定する。可変容器内の CO_2 濃度は 100 %, 雰囲気圧力は大気圧 (1 atm) で実験を行う。

3. 結果・考察

Fig. 3 に CO_2 中における Mg-Al の燃焼の際に発生する波長と波長の強度の関係, Fig. 4 に CO_2 中における Mg の燃焼の際に発生する波長と波長の強度の関係をそれぞれ示す。また, CO_2 中におけるアルミニウム(Al) の燃焼の際に発生する波長と波長の強度の関係^[5]は明らかにされている。

Fig. 3, Fig. 4 より Mg-Al 及び Mg において, 波長 499 nm, 518 nm, 589 nm, 647 nm, 670 nm, 767 nm, 770 nm において共通のピーク値が存在することが明らかである。しかし, Al の場合は波長 647 nm においてピーク値が存在しない。このことから, Mg-Al の波長 647 nm におけるピーク値は Mg の燃焼による波長だと考えられる。また, Fig. 3, Fig. 4 より Mg-Al は波長 547 nm においてピーク値が存在するが, Mg は波長 547 nm においてピーク値が存在しないことが明らかである。そして, Al の場合は波長 547 nm においてピーク値が存在する。このことから, Mg-Al の波長 547 nm におけるピーク値は Al の燃焼による波長だと考えられる。

これらのことから, この二つの波長のピーク値が二

次燃焼器内の二次火炎から確認することができれば, 二次火炎が Mg-Al 中の Mg, Al と CO_2 との燃焼によるものと明確にすることができ, 燃焼の詳細な様子である燃焼機構を明らかにすることができる可能性が考えられる。

4. まとめ

Mg-Al の波長 647 nm において Mg との共通のピーク値が確認でき, Mg-Al の波長 547 nm において Al との共通のピーク値が確認できた。

5. 参考文献

- [1] 湯浅三郎, 磯田浩, 日本航空宇宙学会誌, 第 36 巻 409 号, pp.66-72 (1988).
- [2] Ushijima, M., Hara, H., Muramatsu, A., and Kuwahara, T., "The operating characteristics of a ducted rocket in Mars atmosphere", AIAA paper 2010-6999.
- [3] 久保田浪之介, 桑原卓雄, ラムジェット工学 (1996).
- [4] Hara, H., Ushijima, M., Muramatsu, A., and Kuwahara, T., "Combustion Characteristics of Ducted Rocket Engine in the Mars", AIAA paper 2011-5866.
- [5] Nick Glumac, Herman Krier, Tim Bazyn, Ryan Eyer, "Temperature Measurements of Aluminum Particles Burning in Carbon Dioxide", Combustion Science and Technology, Vol. 177, pp485-511, 2005.

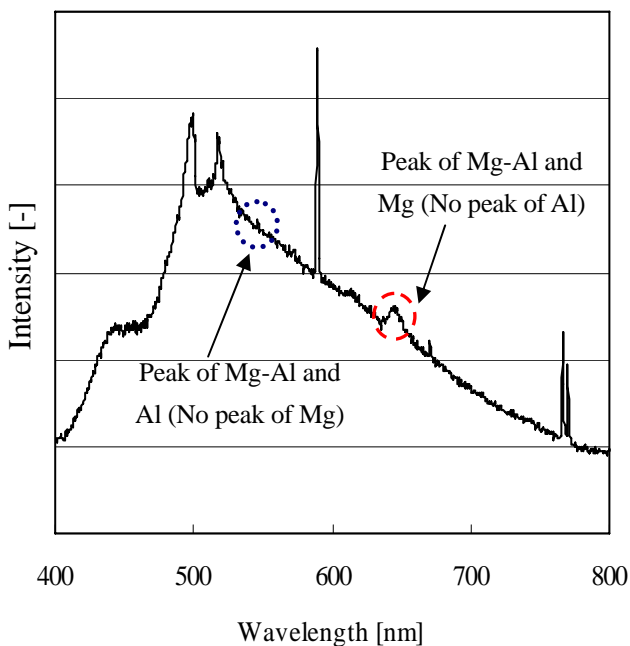


Figure 3 Wavelength of Mg-Al

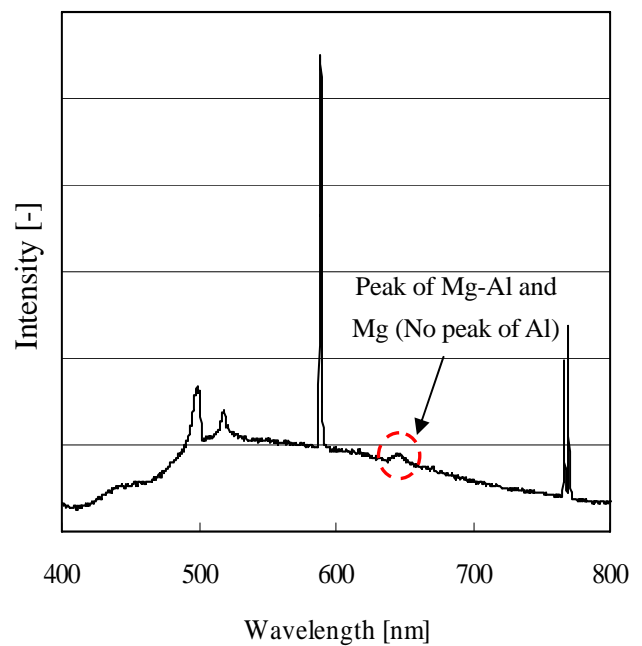


Figure 4 Wavelength of Mg