K7-51

AP/HTPB 系コンポジット推進薬燃焼時の Al 粒子の集塊特性

Agglomeration characteristics of aluminum particles in combusting AP/HTPB composite propellants

○井上拓磨[1]，砂坂龍次[1]，中村政之[1]，髙橋賢一[2]
*Takuma Inoue[1]，Ryuji Sunasaka[1]，Masayuki Nakamura[1]，Kenichi Takahashi[2]

Abstract: Aluminum (Al) particles are generally used as an ingredient in solid rocket propellant. Al particles concentrate on the burning surface when composite propellants burn. We made AP/HTPB composite propellants, burnt and observed these. As a result, the burning rate was almost constant. Because composite propellants were mixed inhomogeneously, the burning rate and agglomeration of Al particles diameter somewhat varied.

1.　背景

一般的に、固体ロケットにはコンポジット推進薬が使用されている. コンポジット推進薬は, 酸化剤と燃料が物理的に混合されている不均質系の推進薬である.

Al 粒子は燃焼熱が非常に高く, 推進性能向上のために一般的にコンポジット推進薬に添加されている.

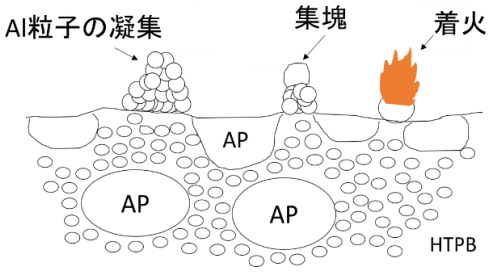

図 1　コンポジット推進薬燃焼時の概念図

図 1 のように推進薬が燃焼すると燃焼表面に Al 粒子が出現して凝集し, 燃焼表面近傍には温度分布があるため Al 粒子が溶けて集塊し着火する. 集塊が大きくなりすぎると燃焼時間が長くなるため燃焼を完全に終わらせることができず, 燃焼効率が低下し推進性能を十分に引き出せない.

以上から Al 粒子の集塊特性を知ることは重要であり, 燃焼表面で Al 粒子が凝集したときの大きさ, 形を調べる必要がある.

2.　実験方法及び実験装置

実験方法は以下の通りである.

Ⅰ. 表 1 の組成比でコンポジット推進薬を製作する.

Ⅱ. 推進薬の燃焼実験を行ってハイスピードカメラで燃焼表面付近を撮影する.

Ⅲ. 得られた動画から燃焼速度を測定し、集塊の大きさを測定する.

表 1 の組成比は実用化されている HⅡ の SRBA の組成比を参考とした.

表 1　コンポジット推進薬の製作に使用した材料

	含有量（%）	粒径（μm）	役割
AP	14（7，7）	50, 200	酸化剤
HTPB	68		燃料
Al	18	30	金属燃料

推進薬は表 1 の材料を混ぜ合わせ円筒状に圧縮成形した.

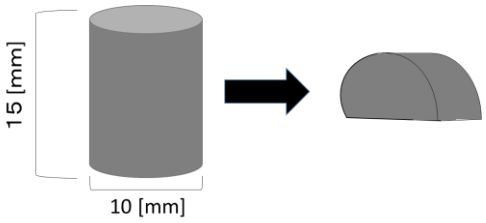

図 2　コンポジット推進薬

図 2 のように半円筒状に推進薬を製作し、燃焼実験を行った.

1：日大理工・学部・航宇　2：日大理工・教員・航宇

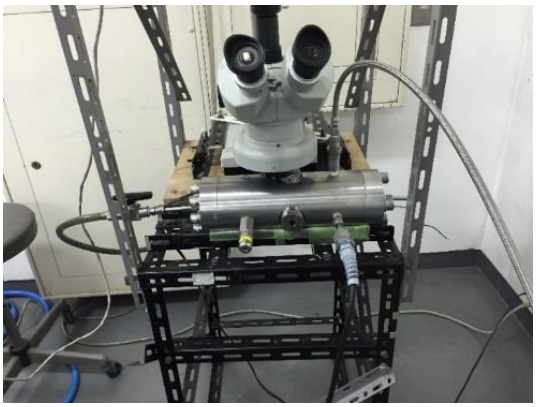

図 3　燃焼実験装置

図 3 に示す燃焼実験装置で推進薬を燃焼させ凝集過程を顕微鏡（70 倍）で観察した. 図 4 のように得られた動画から燃焼表面上における Al 粒子の凝集形状を測定する.

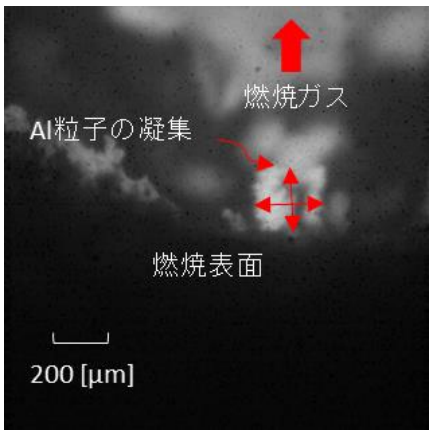

図 4 凝集した Al 粒子

実験条件は以下の通りである. 燃焼実験時の気象条件は、室温 294 K、湿度 50 %、大気圧 1001 hPa であった.

3.　実験結果及び考察

図 5 に各動画の燃焼速度を示す.

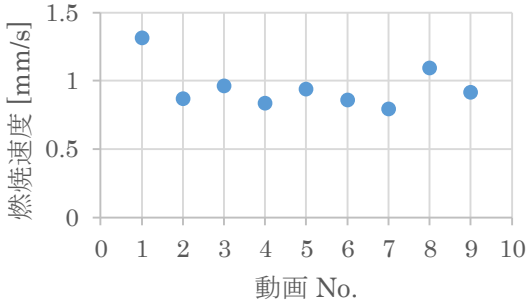

図 5　各動画の燃焼速度

燃焼速度は 0.8～1.0 mm/s になった.

次に燃焼速度と凝集の高さの関係を調べるために図 6 にそれらの関係をグラフ化した.

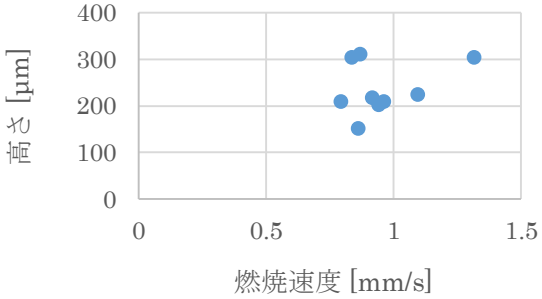

図 6 燃焼速度と集塊の高さ

高さのばらつきはコンポジット推進薬の不均質性のためである. 高さは 150～300 μm あたりに収まっている.

4.　結論

・本研究の組成比で燃焼速度は 0.8～1.0 mm/s となった。

・コンポジット推進薬が不均質に混合されているため燃焼速度や粒子径にばらつきが出たが, 高さはおよそ 150～300 μm となった.

5.　参考文献

[1] プロペラントハンドブック編集委員, 火薬学会プロペラント専門部会, 2005.

[2] 久保田浪之介, 火薬学の基礎, 日刊工業新聞社, 2013.