

再生冷却システムに用いる熱分解吸熱反応燃料に関する研究

著者	東野 和幸, 棚次 亘弘, 杉岡 正敏, 湊 亮二郎, 笹山 容資, 磯田 浩志
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2009
ページ	31-33
発行年	2010-06
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008733

再生冷却システムに用いる熱分解吸熱反応燃料に関する研究

著者	東野 和幸, 棚次 亘弘, 杉岡 正敏, 湊 亮二郎, 笹山 容資, 磯田 浩志
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2009
ページ	31-33
発行年	2010-06
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008733

再生冷却システムに用いる熱分解吸熱反応燃料に関する研究

東野 和幸(航空宇宙機システム研究センター 教授)

棚次 亘弘(航空宇宙機システム研究センター特任教授)

杉岡 正敏(航空宇宙機システム研究センター特任教授)

湊 亮二郎(航空宇宙機システム研究センター助教)

○ 笹山 容資(航空宇宙システム工学専攻)

磯田 浩志(航空宇宙システム工学専攻)

1. 緒言

現在、極超音速機や完全再使用型宇宙輸送機の研究開発が行なわれており、これらの機体には空気吸い込み式エンジンの搭載が考えられている。超音速、極超音速での飛行は飛行体の表面や、エンジンに高い熱負荷がかかるため、飛行体やエンジンの冷却システムが不可欠である。この冷却システムの有力な候補として燃料を冷却剤として利用する再生冷却システムがある。

再生冷却システムの冷却剤として燃料を利用する際は燃料としての燃焼性能、冷媒としての冷却性能、飛行体形状への影響を十分に勘案したうえで飛行体システムを総合的に評価する必要がある。再生冷却システムに利用できる燃料の候補として液体水素 (Liquid Hydrogen : LH₂) や熱分解吸熱反応燃料 (Endothermic Fuel : EF) と呼ばれる炭化水素系燃料が挙げられている。

LH₂は比推力性能が高いことや約 20Kという極低温燃料であるため冷却能力に優れていることが利点で既にLH₂を利用する再生冷却システムがロケットエンジン等で実証されている実績を有している。しかし、極低温を維持するために必要な断熱材による重量増加や、低密度のためタンクの容量が大きくなってしまった欠点を有する。

一方、EFは、現在使用されている炭化水素系のジェット燃料等の常温燃料であり、約 700K以上の高温環境下で熱分解吸熱反応が起こることで冷却性能が向上する。また、密度がLH₂と比較し、大きいため燃料タンクの小型化が可能となる。しかし、EFを用いた再生冷却システムは未だ実証はされていない。その理由として、冷却性能 (吸熱量、化学反応を伴う熱伝達率、熱分解後のガス組成) や、燃焼性能の多くの特性が明らかになっていないことが挙げられる。

本研究では EF の熱分解吸熱反応による吸熱量を測定することで再生冷却システムの構築に必要な冷却性能を評価することを目的とし、吸熱量の測定は検討し試作した流動加熱試験装置を用いて実施した。

2. 供試液

本研究ではEFの吸熱量を測定するために最適な供試液としてメチルシクロヘキサン (Methylcyclohexane : MCH : C₆H₁₁CH₄) を採用した。MCHはEFの代表的な燃料として挙げられており、現在ジェット燃料として利用されているJP-7の主成分の一つでもある。また、人体に対して影響が少なく、実験を安全に実施することができる。なお、使用するMCHは関東化学の純度 98 %以上の製品を用いる。

3. 実験装置

本研究で使用する実験装置の概略を図1に示す。また加熱管の概略を図2に示す。また、Table.1に装置の諸元を示す。実験装置は3種の加熱機器によって熱分解温度以上まで加熱するよう設計した。上流側のシリコンオイルと投げ込みヒーターを用いた加熱器によって液相から気相へ相変化させ、次ぎのマイクロケーブルエアヒーター（以下エアヒーター）を用いた加熱器によって、熱分解直前の温度まで加熱する。そして、電気炉を用いて熱分解する温度以上まで加熱し、昇温させる。

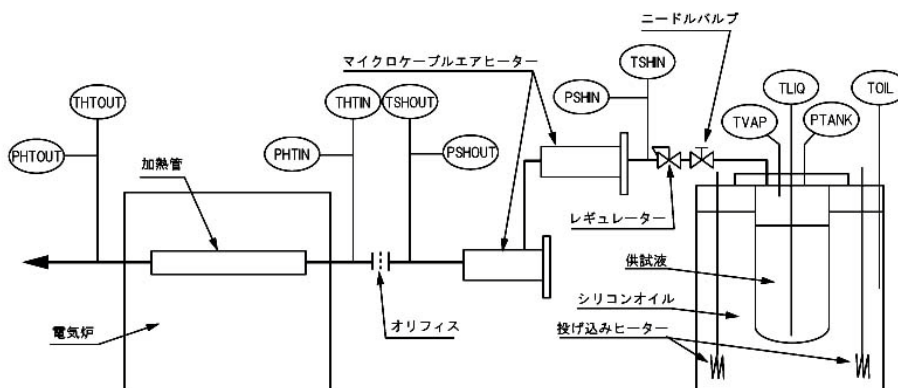


図1 実験装置概略

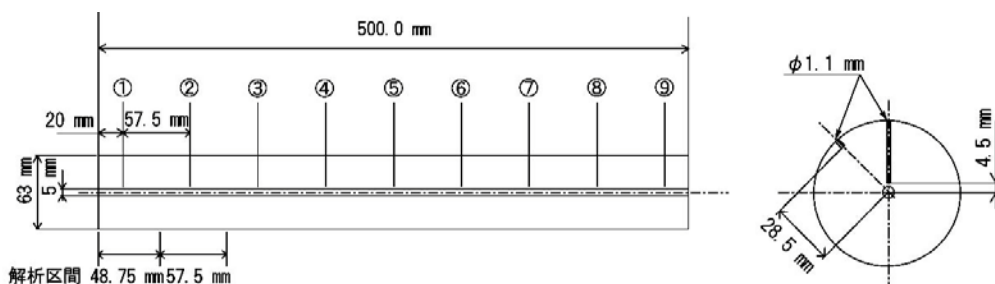


図2 加熱管

表1 実験装置機器の諸元

機器名	仕様
シリコンオイルタンク	330×330×350 mm (30L)
供試液タンク	φ110.3 H354 mm(MAX 2.5L)
投げ込みヒーター (八光製, BAB1220)	2 kW×2
マイクロケーブルエアヒーター (坂口電熱)	3 kW×2
電気炉 (光洋サーモシステム, KTF-050N1)	3.4 kW×1

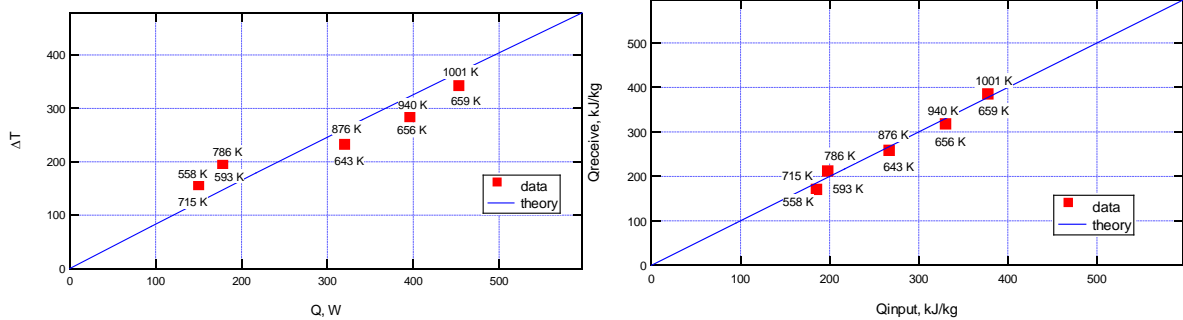
4. 試験結果概要

図3にN₂を用いた実験結果を示す。同図より、投入した熱量に対する温度上昇が、理論計算とほぼ一致し、投入熱量と受熱量の関係はエネルギー保存していることがわかる。

図4にMCHを用いた実験結果を示す。同図(a)は横軸が全投入熱量、縦軸がMCHの温度変化、

(b)は縦軸が熱容量であり、青線は熱分解反応が生じない場合の理論値である。

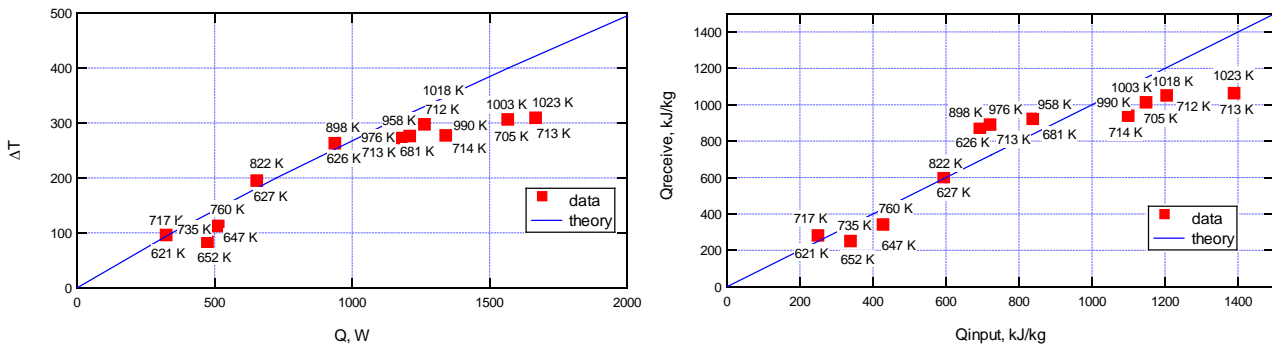
同図(a)より、本実験では全投入熱量が 1000W 以上の場合に理論値よりも温度変化が小さくなっていることが確認でき、全投入熱量 1600W の場合には理論値と実験値に 110K の差が生じている。これはMCHの熱分解吸熱反応により熱量が奪われたことが原因と考えられる。同図(b)より、MCHの受熱量は全投入熱量が 1000W 以上で理論値と実験値に差が生じており、全投入熱量 1400kJ/kg では 400kJ の差がある。これにより、MCHの熱分解吸熱反応によりMCHの等価的熱容量が約1.4倍増加したことがわかる。



(a) 温度上昇と全投入熱量の関係

(b) N_2 の受熱量と全投入熱量の関係

図3 N_2 を用いた実験結果



(a) 温度上昇と全投入熱量の関係

(b) MCHの受熱量と全投入熱量の関係

図4 MCHを用いた実験結果

5. 結言

本研究では、MCHの熱分解吸熱反応による吸熱量評価を目的として、低圧流動加熱実験を実施した。その結果、以下のことが判明した。

- ① 全投入熱量が 1000W 以上で理論値と実験値の温度上昇に差異が生じた。
- ② 全投入熱量が 1000kJ/kg 以上で理論値と実験値で受熱量に差異が生じた。

以上の結果より、MCHの熱分解吸熱反応が確認され、加熱管外壁温度 1249K の場合には熱分解吸熱反応が生じることで反応が生じない場合と比較して温度上昇を約 110K 低下でき、等価的熱容量を約 1.4 倍増加できることが判明した。