室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

熱分解吸熱性燃料の触媒脱水素反応特性に関する研究：特にメチルシクロヘキサンについて

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター 公開日: 2016-04-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 塚野, 徹 , 飯島, 明日香, 杉岡, 正敏, 東野, 和幸 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008808

熱分解吸熱性燃料の触媒脱水素反応特性に関する研究−特にメチルシクロヘキサンについて

○ 塚野 徹 （航空宇宙システム工学専攻 D2）
飯島 明日香 （機械航空創造系学科 4 年）
杉岡 正敏 （航空宇宙機システム研究センター 特任教授）
東野 和幸 （航空宇宙機システム研究センター 教授）

1. はじめに

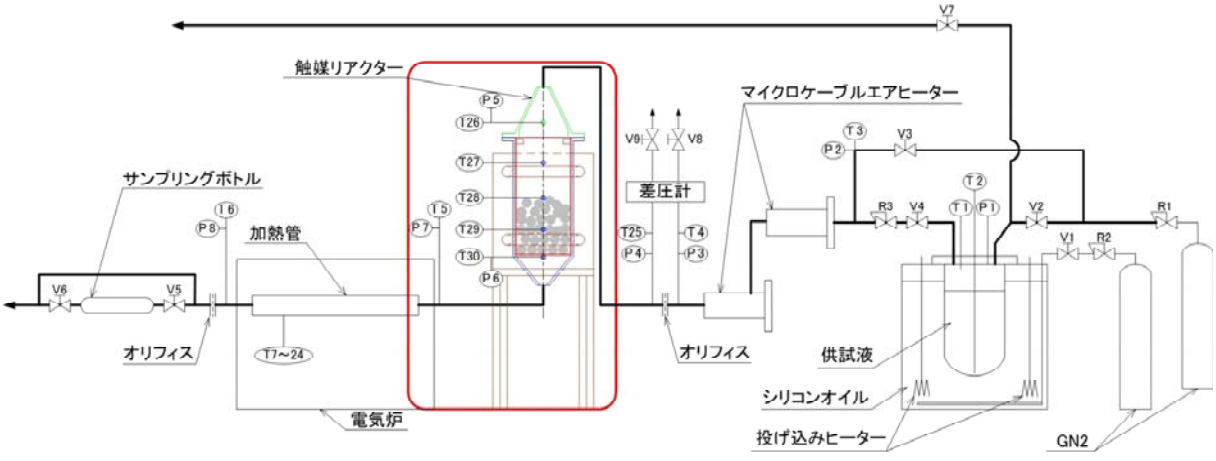
次世代の航空宇宙輸送システムにおいて，超・極超音速飛翔体は機体表面やエンジンへの熱負荷が課題となる．そこで，この課題を解決する手段の一つとして燃料を冷媒とした再生冷却システムが考えられる．極超音速機の燃料には，液体水素が候補に挙げられている．一方，炭化水素系燃料は液体水素に比べ，単位質量あたりの発熱量，比熱および熱伝導率が小さいが，密度は液体水素の 10 倍程度あり，推進剤タンクの小型化が可能である．また，炭化水素化合物には熱分解によって吸熱反応を示すものがあり，このような炭化水素系燃料は熱分解吸熱性燃料（Endothermic Fuel，EF）と呼ばれ，これを再生冷却に用いることで冷却能力の向上が見込める [1]．

これまでに行った準静的環境における基礎実験で，炭化水素系燃料の主成分の一つであるメチルシクロヘキサン（Methylcyclohexane，MCH）に対して白金担持触媒（Pt/Al_2O_3，粒状）を使用することで，分解開始温度を下げ，比較的吸熱量の大きな脱水素反応を促進させることが分かっている [2]．本研究では，Pt/Al_2O_3 を用いた MCH の加熱流通実験を行い，反応温度に対する吸熱量などの熱分解吸熱特性を検証した．

2. 実験装置と実験条件

2．1 実験装置

実験には，本学航空宇宙機システム研究センター・白老エンジン実験場にある動的環境下加熱流通装置を用いた．図1に装置概要と外観写真を示す．今年度は動的環境下で触媒を用いた反応を検証するため，これまでの実験装置に触媒を充填した触媒リアクターを新たに設置した（図 1（a）の赤枠で囲まれた箇所）．密閉したタンク内に供試流体である MCH を封入し，外部からシリコンオイルを介して電機ヒー



（a） 装置概要

(b)　外観写真

図1　動的環境下加熱流通装置

ター(2 kW×2)で加熱する．更に2基のエアヒーター(3 kW×2)を用いて供試流体を段階的に実験温度まで昇温し，触媒リアクター内に流通させ，触媒と供試流体を接触させることで分解反応を起こさせる．また，触媒リアクターの温度を設定温度で安定させるために触媒リアクターと上流配管の外部にシースヒーター(触媒リアクター部:400 W×3，配管部:200 W×2)を取り付け，実験直前まで予熱する．流量は触媒リアクター上流に配置したオリフィス(φ2)によるチョーク流量から算出した結果，平均流量で約 1.3 g/s であった．

2．2 実験条件

表1に実験条件を示す．流通時間は過去の実験から安定して供試流体が流れる時間を参考にした．また，実験温度は過去に行った準静的環境の実験において，Pt/Al_2O_3 によって脱水素反応が促進された温度とした [2]．触媒リアクター内には Pt/Al_2O_3 または Al_2O_3 を充填した．Al_2O_3 は Pt/Al_2O_3 の担体で，炭化水素化合物に不活性であることから，白金の触媒効果のみを確認するために使用した．

表 1　実験条件

供試流体	MCH	
質量流量	1.3 g/s	
流通時間	120 sec	
実験温度	423～723 K	
使用触媒	Pt/Al_2O_3 (0.5Wt%)	Al_2O_3
触媒質量	300 g	

3．実験結果

吸熱量は触媒前後の供試流体の比エンタルピーの変化量として式(1)より算出した．比エンタルピーは実験で得られた温度と圧力から NIST Thermophysical Properties of Hydrocarbon Mixtures Database (SUPERTRAPP)を用いて算出した．ただし，反応後の供試流体の成分の割合は不明であるため，出入口の比エンタルピーは MCH の値を使用した．入口ガス温度に対する式(1)で算出した触媒前後における MCH の比エンタルピーの変化量を 2 種類の触媒 Al_2O_3 および Pt/Al_2O_3 について図 2 に示す．

$$Q_{CR} = h(T_{OUT}) - h(T_{IN}) \quad (1)$$

記号

Q_{CR} [J/kg] : 比エンタルピーの変化量, h [J/kg] : 比エンタルピー, T [K] : 流体温度

添え字

IN : リアクター入口, *OUT* : リアクター出口

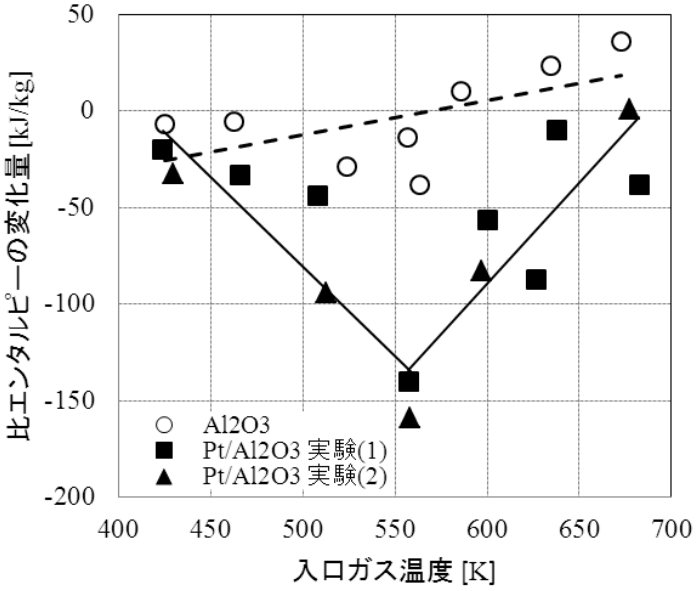


図 2　入口温度に対する比エンタルピーの変化量の関係

このグラフにおいて負の値は触媒の前後で供試流体の比エンタルピーが減少し, 吸熱を示している. 担体である Al_2O_3 を用いた場合では, 比エンタルピーの変化量は温度上昇に伴い増加傾向ではあるが, その値は微小であり, 熱分解反応は起きていないといえる. 一方, Pt/Al_2O_3 を用いた場合では, 約 560 K で比エンタルピーの変化量が最小値を示しており, この時の吸熱量は約 150 kJ/kg であった. Al_2O_3 の場合に比べて Pt/Al_2O_3 の場合では, 比エンタルピーの変化が大きくなる温度が存在し, これは白金の触媒効果であると考えられる.

これまでに行った基礎実験では, 523 ～ 623 K の温度範囲で比較的吸熱量が大きくなる脱水素反応が促進されており [2], 本実験の吸熱量が大きくなる温度と一致している. 更にトルエンも検知されていることから判断して, この吸熱は脱水素反応による吸熱であると言える.

4. まとめ

本研究では, 炭化水素系燃料の主要成分の一つである MCH の熱分解吸熱特性を実験的に解明した. 白金担持触媒を用いた加熱流通実験を行い, 触媒効果の確認と吸熱量を評価した.

その結果として, 脱水素反応が促進される温度範囲と吸熱量が増大する温度範囲が一致することを確認できた. また反応後の流体からトルエンが検知されたことから得られた吸熱は脱水素反応であることを示した. 特に, 供試流体温度が約 560 K の時に吸熱量は最大となり, その吸熱量は約 150 kJ/kg であった. これらのことから触媒を利用することで炭化水素系燃料の熱分解吸熱能力を向上させることができると言える.

参考文献

1) 小野文衛, 竹腰正雄, 斎藤俊仁, 植田修一:有機ハイドライドの推進剤としての可能性について, 第 52 回宇宙科学技術連合講演会講演集(2008), pp.577-582.
2) 前田大輔, 笹山容資, 杉岡正敏, 東野和幸:空気吸込式エンジン冷却システムに用いる熱分解吸熱反応燃料に関する実験的研究(金属の触媒効果について), 第 55 回宇宙科学技術連合講演会講演集(2011).