熱分解吸熱反応燃料による吸熱量の測定に関する研究：研究成果報告

熱分解吸熱反応燃料による吸熱量の測定に関する研究 ： 研究成果報告

著者	棚次　亘弘，東野　和幸，湊　亮二郎，高橋　将人，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	2007
ページ	49-54
発行年	2008-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008696

熱分解吸熱反応燃料による吸熱量の測定に関する研究 ー 研究成果報告

棚次 亘弘（航空宇宙機システム研究センター長 教育研究等支援機構 教授）
東野 和幸（航空宇宙機システム研究センター 教育研究等支援機構 教授）
湊 亮二郎（機械システム工学科 助教）
高橋 将人（機械システム工学専攻 航空宇宙機システム研究室）
○ 磯田 浩志（航空宇宙システム工学専攻 航空宇宙機システム研究室）

1. 研究概要・目的

次世代の完全再使用型宇宙往還機には空気吸込み式エンジンの搭載が計画されており，その燃料として液体水素の利用が注目されている．液体水素は約 20 K の極低温燃料であること，比熱が大きいことから冷却としての能力に優れている．しかし，極低温，低密度であるがゆえに貯蔵・運搬など取扱に難点がある．

一方，熱分解吸熱反応燃料（Endothermic Fuel ; EF）と呼ばれる炭化水素系燃料は常温燃料でありながら，700 K 以上の高温環境下で熱分解吸熱反応を示すことが知られている．この熱分解吸熱反応を有する EF を冷媒として利用する再生冷却システムは重要な基盤技術として位置づけられている．しかし，1)炭化水素の熱分解機構の多くが未解明であり，吸熱量の定量的な評価が困難であること，2)熱分解反応によって炭素が析出し燃料供給や吸熱伝熱特性に悪影響を及ぼすことなどが問題として挙げられる[1].

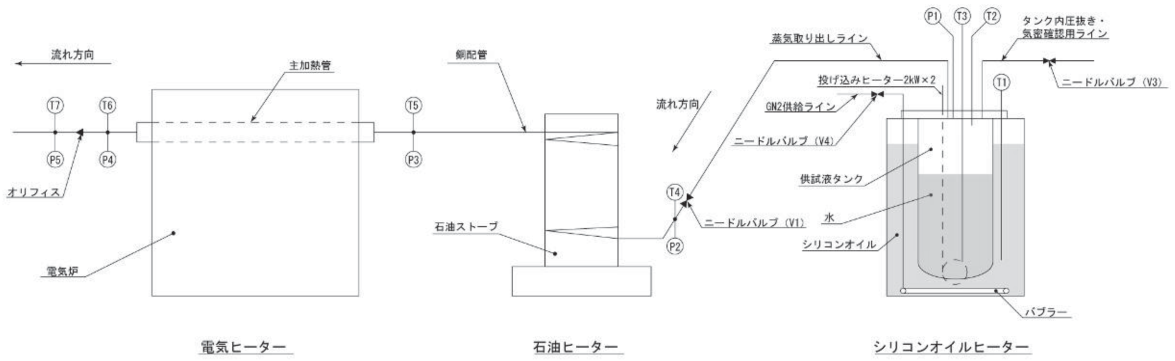
本研究では Ni 触媒のもと約 500 K で熱分解が起こるメタノールを供試液とし[2]，その定量的な吸熱量を測定できる装置を設計・製作する．そこでまず，メタノールを使用する前に水を用いて実験を行い，得られたデータからメタノールに熱分解がないとした場合の推算を行う．

2. 実験装置

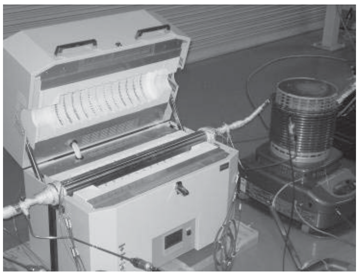
図 2-1（a）に示す概略図では，上流側からシリコンオイルヒーター，石油ヒーター，電気炉となっている．シリコンオイルヒーター内のシリコンオイルタンクに投入している投げ込みヒーター（八光製 BAB1220）は，シーケンサ（キーエンス製 KV-1000）によって設定温度に対して ON/OFF 制御を行う．また石油ヒーターは，CORONA 製 GH-B170F（暖房出力 17.4 kW）の石油ストーブと銅配管（石油ストーブ周りの長さ 12260 mm，入口直線部 300 mm，出口直線部 320 mm，計 12880 mm）から構成されている．次に電気ヒーターは光洋サーモシステム製 KTF-050N1 を用いている．また図 2-2 に示す主加熱管は，半径方向に熱電対（チノー製 K 型シース熱電対）を挿入することにより，主加熱管の外側と内側の温度をそれぞれ軸方向に 5 点ずつ計測できるようになっている．また，その下流に設置したオリフィスによってチョークさせることによりチョーク流量を求める．

3. 実験及び解析

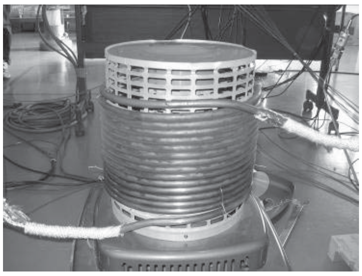
3.1 実験概要



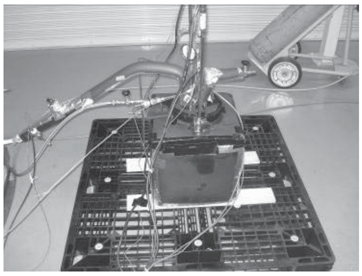
（a）　実験装置概略



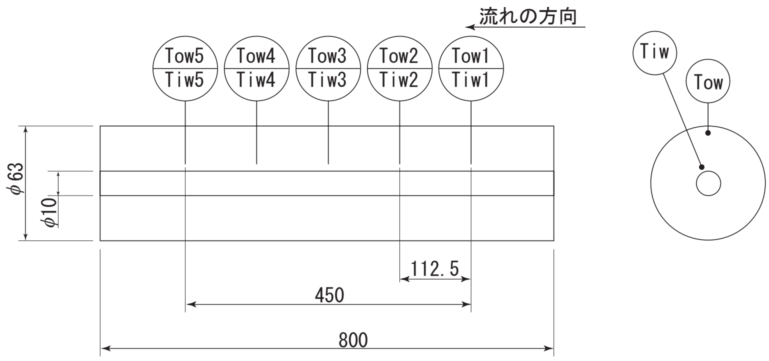
（b）電気ヒーター



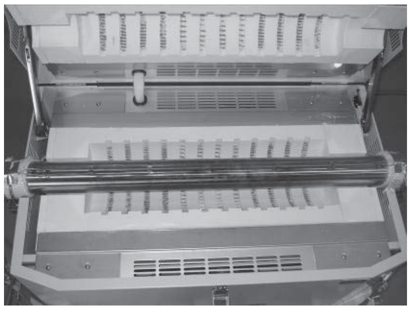
（c）石油ヒーター



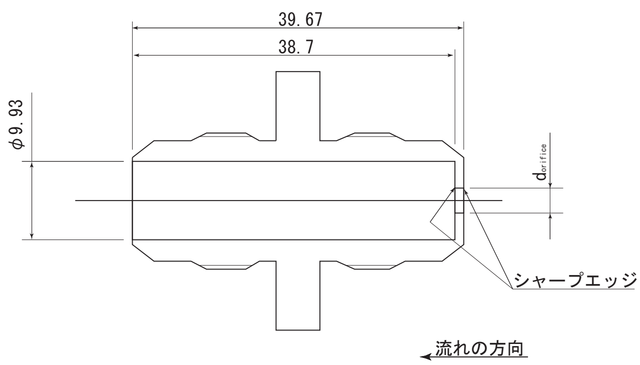
（d）シリコンオイルヒーター



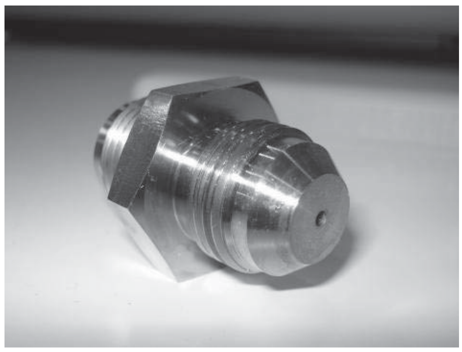
（e）主加熱管概略図



（f）主加熱管写真



（g）オリフィス概略図



（h）オリフィス写真

図 2-1　実験装置

表 3-1　実験条件

	条件	目的
No.1	オリフィス径　公称値 2.00 mm（実測値 2.00 mm），電気炉設定温度 450℃	電気炉設定温度の下限値を見つけ，そのときの主加熱管入口・出口温度の関係を求める.
No.2	オリフィス径　公称値 2.00 mm（実測値 2.00 mm），電気炉設定温度 500℃	電気炉の設定温度を 500℃とした場合での，流体に流入する熱量を評価するために，主加熱管入口出口温度・圧力，主加熱管壁内温度等の測定を行なう.
No.3	オリフィス径　公称値 2.00 mm（実測値 2.00 mm），電気炉設定温度 550℃	電気炉の設定温度を 550℃とした場合での，流体に流入する熱量を評価するために，主加熱管入口出口温度・圧力，主加熱管壁内温度等の測定を行なう.
No.4	オリフィス径　公称値 2.00 mm（実測値 2.00 mm），電気炉設定温度 600℃	電気炉の設定温度を 600℃とした場合での，流体に流入する熱量を評価するために，主加熱管入口出口温度・圧力，主加熱管壁内温度等の測定を行なう.
No.5	オリフィス径　公称値 3.00 mm（実測値 2.99 mm），電気炉設定温度 600℃	オリフィス径を 3 mm とし，電気炉の設定温度 600℃とし，オリフィス径 2 mm の場合との比較を行なう.
No.6	オリフィス径　公称値 4.00 mm（実測値 3.99 mm），電気炉設定温度 600℃	オリフィス径を 4 mm とし，電気炉の設定温度 600℃とし，オリフィス径 2 mm の場合との比較を行なう.

本実験では水を供試液とし，条件を表 3-1 のように設定し行った. 流量についてはオリフィス（オリフィス径 4 mm，3 mm，2 mm）によってチョーク流量とし各々のヒーターによって目標の温度まで過熱した. さらに加熱管の内壁側・外壁側それぞれ 5 点に熱電対を挿し，その点の内壁側温度・外壁側温度を計測し，その温度差を確認した.

3.2 解析概要

水を用いた実験によって得られたデータをメタノールの場合の推算に用いるために，実験により得られる各値と解析的に求められる値を比較することで補正係数を求める. その補正係数をメタノールの場合に適用することで，メタノールの場合の推算とする.

4. 結果

4.1 実験結果

実験結果例として No.6 の実験について示す. 実験によって得られた解析値と数値解析値による補正係数を以下表 4-1 に示す.

4.2 メタノールの場合の推算結果

主加熱管における，熱伝達率，主加熱管内温度差について No.6 の実験結果を用いて推算を行なう．また各値を推算する際には，主加熱管の入口温度が 570 K であり，圧力が約 350 kPaA であることから，その温度・圧力での物性値を用いる．まず，熱伝達率についての推算結果を図 4-4 に示す．熱伝達率は解析値の約 80～120 %を示すことが分かる．そのためメタノールの推算には，この補正係数を用いる．

次に主加熱管内壁側外壁側温度差については，電気炉の設定温度の条件で同程度の温度差がつくという結果がえられた．このことから，主加熱管内の温度差を 5 K 以上にする場合，流量は約 1.2～3.2 g/s の範囲の流量をとることで成しえるといえる．

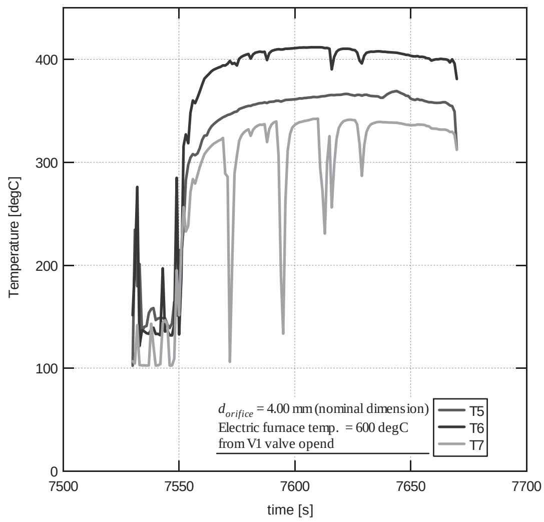


図 4-1　V1 を開き始めてからの主加熱管入口・出口，オリフィス出口温度

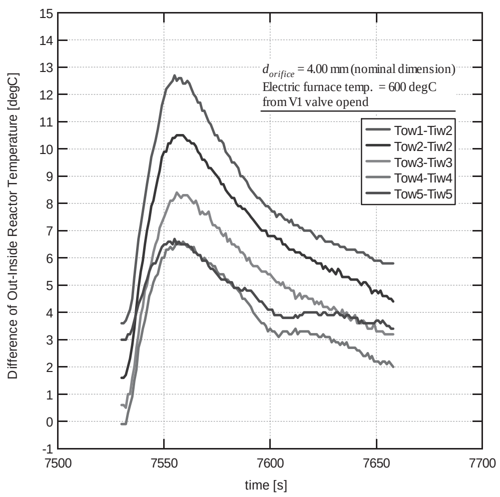


図 4-2　V1 を開き始めてからの主加熱管外・内側温度差

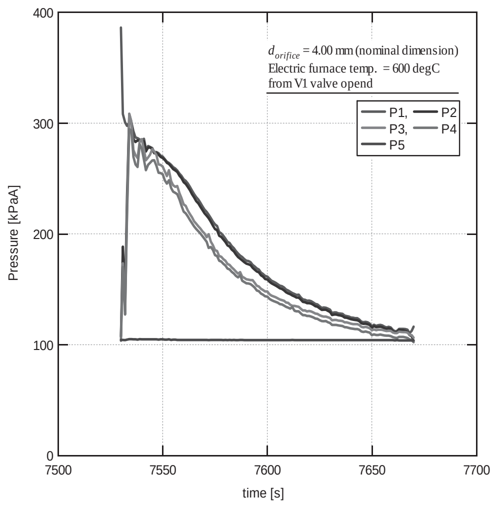


図 4-3　V1 を開き始めてからの各点の圧力

表 4-1　質量流量，主加熱管に伝わる熱量，熱伝達率，圧力損失の実験値，解析値及び補正係数

	質量流量 [g/s]	伝熱量 [W] (kJ/kg)	熱伝達率 [W/m2K]	出口温度 [℃] (K)	圧力損失 [kPa]		
					ΔP1	ΔP2	ΔP3
実験値	1.76	485.25 (275.77)	202.23	391.66 (664.81)	3.25	19.14	4.99
解析値	―	(103.4)	173.44	(778)	0.60	5.19	0.50
補正係数	―	2.67	1.17	0.85	5.44	3.69	9.90

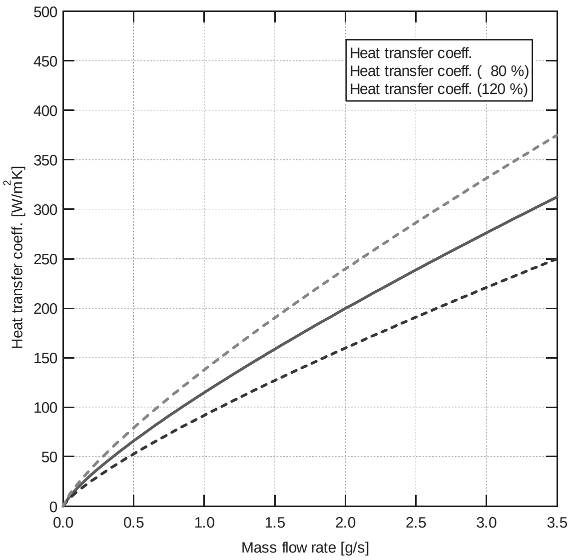


図 4-4　熱伝達率の推算結果

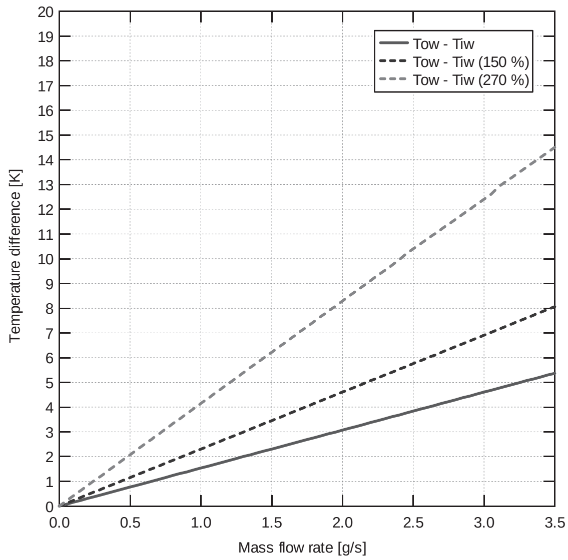


図 4-5　主加熱管内壁側外壁側温度差

5. まとめ

本研究では熱分解を伴う吸熱量を評価することに着目し，Ni 触媒を用いることで比較的低い温度で熱分解を起こすメタノールの利用を想定した．そこでまず加熱試験装置を製作し，水を用いて実験を行い，その実験装置の有用性の確認を行った．

その結果，数値解析値の約 80～120 %の範囲に含まれることがわかり，メタノールの場合でも有用であることが示された．今年度行ったのは水を用いて実験して得られた結果から推算されるメタノールの場合であるので，今後実際に流してその数値の整合性を検証･評価する必要がある．

謝辞

本研究の加熱試験装置の製作及び，加熱試験の実施に於きまして有限会社ネッツの中村秀一様，飯塚倫尋様と同社の従業員の皆様より，多大なるご協力とご尽力を賜りました．

ご支援，ご協力を頂きました全ての皆様に，深く感謝の意を表します．

参考文献

[1] L.S.Ianovski, V.A.Sosounov, Yu.M.ShinkHman, “THE APPLICATION OF ENDOTHERMIC FUEL FOR HIGH SPEED PLOPULSION SYSTEMS”, Aiaa paper, ISABE 97-7007, 1997.

[2] 高活性なメタノール分解触媒の開発，http://www.techno-qanda.net/dsweb/Get/Document-4941/420901.PDF