

バイオエタノール燃料の吸熱分解特性とサルファ・コーキング

著者	飯島 明日香, 小川 大輔, 森下 海怜, 上野 雄登, 中田 大将, 東野 和幸
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	2015
ページ	29-32
発行年	2016-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009154

バイオエタノール燃料の吸熱分解特性とサルファ・コーキング

飯島 明日香（航空宇宙総合工学コース 博士後期2年）
小川 大輔（航空宇宙総合工学コース 博士前期1年）
森下 海怜（航空宇宙システム工学コース 学部4年）
上野 雄登（航空宇宙システム工学コース 学部4年）
○中田 大将（航空宇宙機システム研究センター 助教）
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

バイオエタノールはカーボンニュートラル燃料であり環境親和性が高いことから自動車、航空機燃料としての利用が進んでいる。本学では再使用型ロケットでの利用を想定し、その適合性を調べるため、基礎研究を実施してきた。2014年度から再生冷却溝での高温・高圧環境を想定した流通実験を行い、残留硫黄分による管路への影響（サルファ・アタック）および熱分解によるコーキング、吸熱特性について調べている。ここでは2015年度に行われた一連の試験結果について述べる。

2. 試験装置

図1に高温・高圧流通試験装置の概要を示す。右端のタンクで予備加温されたエタノールは2つの3.4 kW電気炉と12 kWのイメージ炉（反射炉）を経て最大で920 Kまで加熱され、サンプリングボトルに回収される。ライン圧は最大で9.2 MPaである。

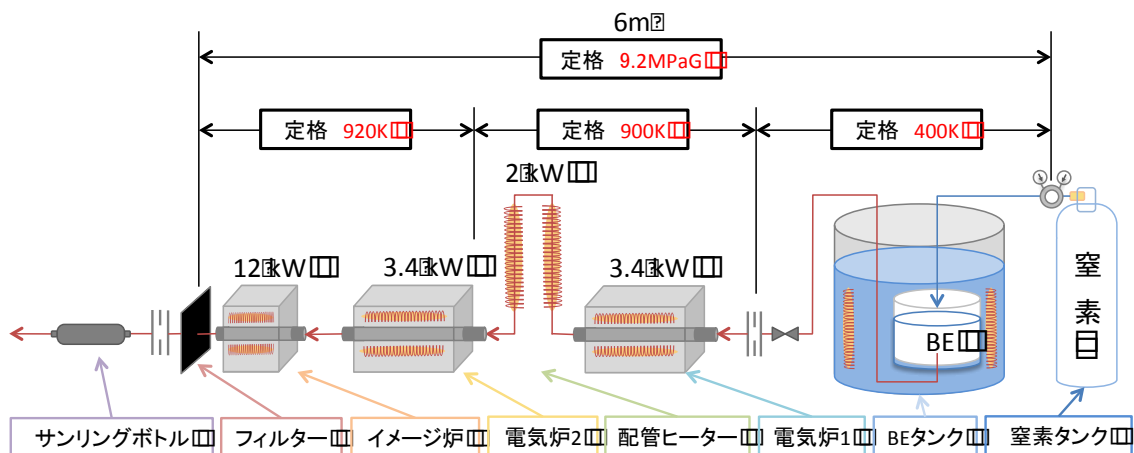


図1 高温高圧流通試験装置

イメージ炉内にはロケット再生冷却路を想定した無酸素銅（SMC）やインコネル配管を納め、管路内面の変化をEPMA装置や硬度計等で分析する。

3. サルファ・コーキング特性[1]

表 1 に試験条件を示す。SMC およびインコネルのそれぞれに対し、イメージ炉の設定温度を変えて試験した。試験番号 I004 では黒色粉末による管路の閉塞が起こった。

表 1 試験条件

試験 番号	壁面 材料	試験 時間	圧力	BE 流量	イメージ炉 壁面設定温	イメージ炉 壁面温度結果	試験目的
		s	MPa	g/s	K	K	
S000	SMC	-			900	480~699	blank
S001		2000	7	5	900	480~700	nominal
S002		2000	7	5	900	590~800	BE 温度影響
S003		2000	7	5	750	470~590	壁面温度影響
S004		2000	7	5	600	500~760	壁面温度影響
S005		2000	7	5	750	570~600	硫黄濃度加速試験
I000	Inconel600	-			900	500~760	blank
I002		2000	7	5	750	470~590	壁面温度影響
I003		2000	7	5	900	500~760	nominal
I004		10000	7	5	600~900	480~800	繰り返し試験
I005		2000	7	5	600	540~590	壁面温度影響

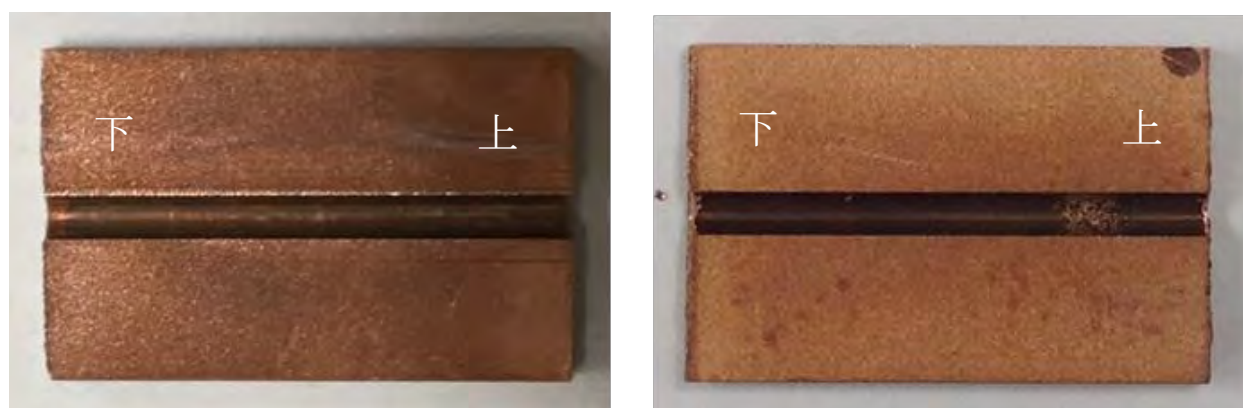


図 2 ブランクテストピース（左）と、試験番号 S001 終了後のテストピース断面（右）

図 2 に流通試験をしていないブランクテストピースと、流通試験後のテストピース断面の様子を示す。これらについて EPMA 分析を実施したところ、図 3 のように僅かな硫黄分の付着とコーキングが認められた。内面において黒ずんでいる箇所は C やクロム酸化物から成っていると考えられる。硬度計による検査では内面の硬度は約 7 % 程度低下しており、表面粗さはやや粗くなる（ブランクテストピースでは Ra 2 以下のものが、試験後は Ra10 以下程度となる）ことがわかった。

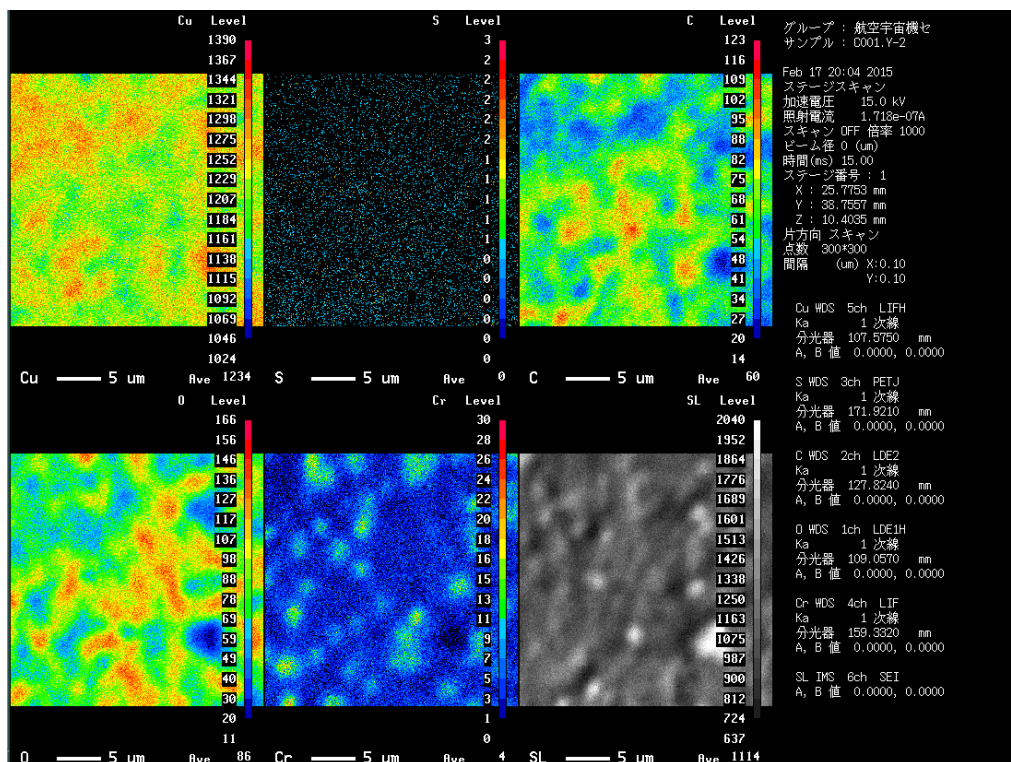


図3 S001 サンプルに対する EPMA 分析の結果

4. 熱分解吸熱特性について[3]

エタノールは約 500 K 以上で脱水素，クラッキング等の反応により熱分解し，この時理論上は 1000 kJ/kg 程度の比較的大きな熱量を吸収すると考えられる[2]．実際の再生冷却路では流速が速く，滞留時間が短いため理論上の数割程度の反応に留まると考えられる．高温高压流通試験装置を用い，反応管に投入した熱量（本装置では外部への熱損失はほぼ無視できると考えられる）とエタノール流通管入口・出口温度の差から，熱分解のために使われたエンタルピーを算出したところ，図4のようになった．この時の管内圧力は7 MPa，流量は1-2 g/s 程度である．単位重量あたりの加熱量と管路内での熱分解吸熱反応については概ね比例の関係にあることがわかる．A~H の試験条件の詳細については参考文献[3]を参照されたい．

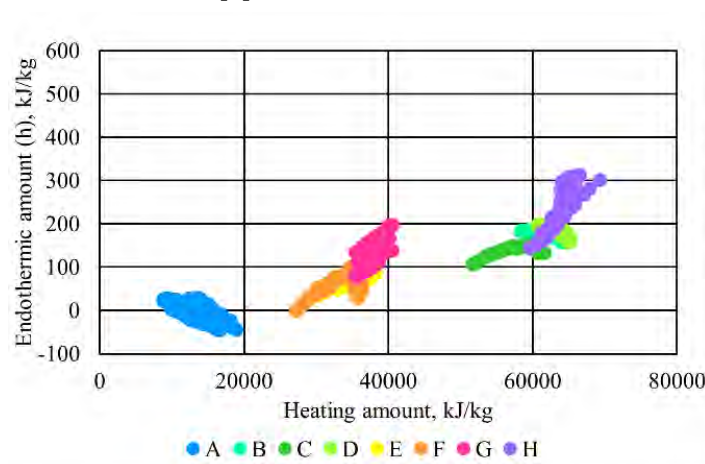


図4 単位重量あたり加熱量と吸熱量との関係

試験後の液体をガスクロマトグラフィにかけたところ、水素、エチレン、メタンなどが確認された。これらはいずれもエタノールの分解生成物である。このようにエタノールを再生冷却路で用いる際には化学的な吸熱効果が期待できるが、分解反応が進み過ぎるとコーキングの要因となるため、今後注意深いトレードオフスタディが必要である。

参考文献

[1] 小川大輔, 飯島明日香, 森下海怜, 中田大将, 東野和幸, 東伸幸, バイオエタノールロケットエンジンにおけるサルファアタック・コーキングの冷却特性に関する影響評価, 日本航空宇宙学会北部支部 2016 年講演会

[2] J. Li, A., Kazakov and Frederick L. Dryer, “Experimental and Numerical Studies of Ethanol Decomposition Reactions,” J. Phys. Chem. A 2004, 108, pp. 7671-7680.

[3] Asuka Iijima, Daisuke Nakata, Kazuyuki Higashino., “Study on Thermal Deomposition of Bioetanol at High Pressure Rocket Propellants, AIAA-2016, Propulsion and Energy 2016 July 25-27, Salt Lake City, Utah.