

卒業論文要旨

バイオジェット燃料を用いた模型ジェットエンジン性能の計測

Measurement Test of a Model Jet Engine Using Biojet Fuel

システム工学群

航空エンジン超音速流研究室 1210152 増田 圭志

1. 緒言

航空需要は世界的に増加傾向であるが、二酸化炭素排出量に対する規制は厳しくなる一方であり、航空業界にとって二酸化炭素排出量の削減は重要な取組の一つである。

その課題を達成する方法として、飛行経路を見直しルート短縮するといった運航技術の改善や、新型の機材などを導入するといった新技術の導入などとともに、カーボンニュートラルの考えに基づきバイオジェット燃料(BJF:Bio Jet Fuel)といった代替燃料の活用が重要な選択肢の一つと考えられている。

そこで、本研究ではケロシン系ジェットエンジン用燃料のJET A-1とBJFの混合燃料を用いて模型ジェットエンジンを運転し、推力や燃料流量、排気ガス温度等の主なエンジン性能データを取得し、燃料性能の詳細を検証する。

使用するBJFは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO:New Energy and Industrial Technology Development Organization)が進めているバイオジェット燃料生産技術開発事業/一貫製造プロセスに関するパイロットスケール試験の研究開発事業⁽¹⁾で製造された木質バイオマス由来のものである。

2. 試験装置

試験装置にはJetCat社製の模型飛行機用小型ジェットエンジンP160SXを使用した。図1に試験装置の仕様を、表1にその性能を示す。



Fig.1 Testing equipment (JetCat P160SX)

試験装置は図1の左がインテーク側、右がテイルパイプ側となっており、図1に見られるチューブは燃料供給用と、インテークパイプ内とテイルパイプ内の総圧及び壁面静圧を測定するためのものである。

インテーク側に見られる球状のものは整流デバイスのICD (Inflow Control Device) である。

Table 1 Engine specifications.

Mass	1.59kg
Size	φ112×320mm
Maximum thrust	160N
Maximum rotational speed	125,000rpm
Maximum exhaust temperature	750°C

3. 試験方法

本研究のエンジン運転試験は屋外で行った。燃料の混合比JET A-1:BJFは100:0(A), 90:10(B), 50:50(C), 0:100(D)とした。また、混合した燃料に対しタービンオイル(shell 社製AEROSHELL TURBINE OIL 500)を20:1で混合して使用した。なお、混合比はいずれも体積比である。

エンジンの回転数は最高回転数に対し25, 50, 60, 70, 75, 80, 85, 90%とした。25%はアイドリング状態である。エンジン始動後は暖機運転として25%の状態を240秒間保持した後に60秒間エンジン性能データの計測を行った。その後は各回転数に到達してから45秒後に60秒間計測を行った。このサイクルを1サイクルとし、3回実施した(図2参照)。この計測を各混合比で行った。

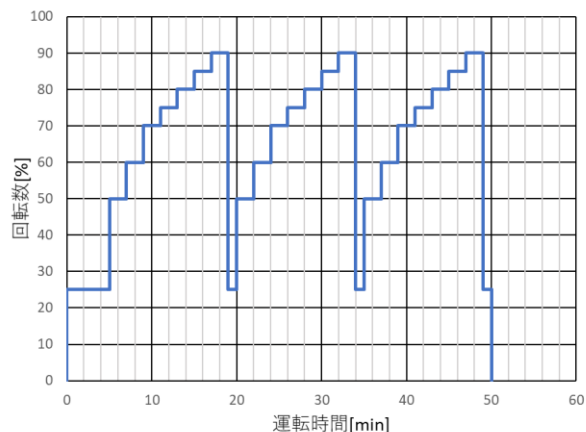


Fig. 2 Engine rotational speed setting

計測したパラメータは回転数、燃料流量、推力、インテーク静温、テイルパイプ全温、気温、大気圧、インテークパイプ内とテイルパイプ内の総圧及び壁面静圧である。これらのパラメータのサンプリング周波数は5Hzである。取得したデータは標準大気状態での値に修正⁽²⁾をして比較する。

回転数の測定には回転速度計(アトセンス社製TSM-200WA)、燃料流量の測定にはタービン式燃料流量計(BELI-TECHNICS社製IR-OPFLOW 100-10/B)、推力の測定にはビーム型ロードセル(共和電業社製LUB-30KB)、温度の測定にはK型熱電対(日本サーモ社製K型熱電対)、大気圧の測定には基盤取付型圧力センサ(Amphenol All Sensors社製BARO-A-4V)、インテークとテイルパイプの総圧及び壁面静圧は基盤取付型圧力センサ(Honeywell社製ASCX05DN, SSCSNBN005PGAA5, SSCSNBN015PGAA5)を用いた。また、試験中の気象データはウェザーステーション(DaVIS社製Vantage VUE)及びウェザーステーションデータロガー(DaVIS社製6250JP)を用いて観測した。

4. 試験結果と考察

表 2 に試験中の気象データ、表 3 に各混合比の燃料密度を示す。

エンジン性能データは、計測点を基にそれぞれの混合比で近似曲線とその近似式を求め、混合比 A と比較する。ただし、回転数は 90% とする。

図 3 に修正推力と修正回転数の結果を示す。混合比の違いによる推力の差はほぼ見られなかった。推力の差が最も大きかった混合比 D では、混合比 A より約 0.28% 小さかった。

図 4 に修正燃料流量と修正回転数の結果を示す。混合比 B と混合比 C では混合比 A とほぼ差は見られなかった。混合比 D では混合比 A より約 3.7% 大きかった。

図 5 に修正排気ガス温度 (EGT: Exhaust Gas Temperature) と修正回転数の結果を示す。排気ガス温度はエンジン本体の破損や故障といった原因を引き起こす可能性が高い異常燃焼をしていないかを確認するために計測した。排気ガス温度は混合比の違いによる差はほぼ見られなかった。

混合比 D で燃料流量が増加したのはバイオジェット燃料のエネルギー密度がジェット燃料と比べて小さいからであると考えられる。多くの燃料供給が必要となり、バイオジェット燃料のみで運転した混合比 D の燃料流量が大きくなったのだと考える。

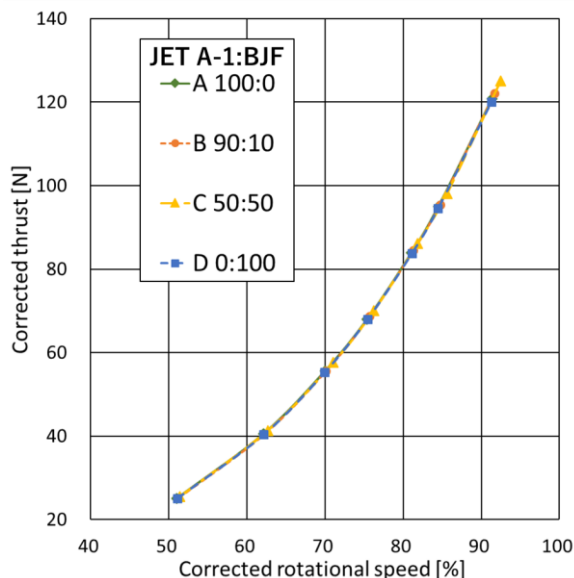


Fig.3 Comparison of thrust.

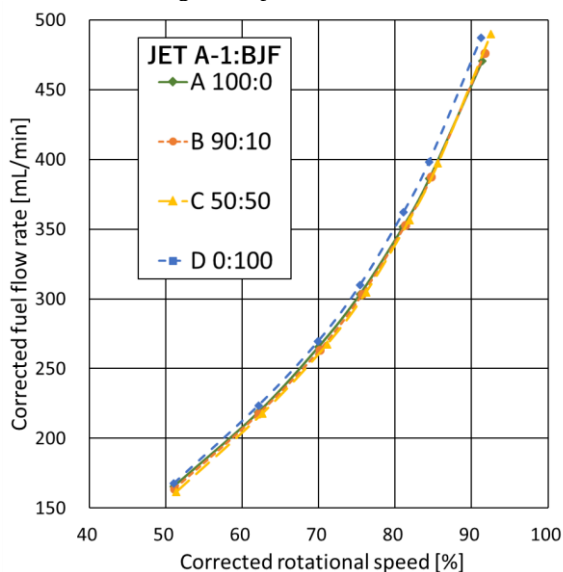


Fig.4 Comparison of fuel flow rate.

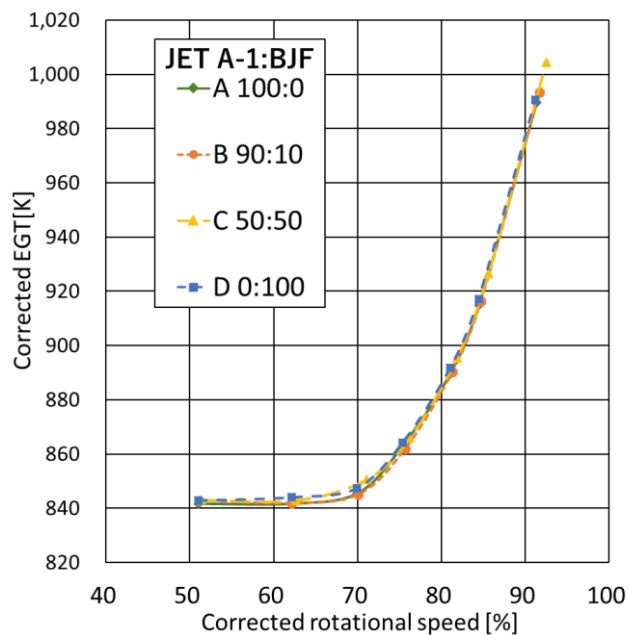


Fig.5 Comparison of EGT.

Table 2 Weather data.

	A	B	C	D
Humidity [%]	42.24	53.43	74.52	49.78
Atmospheric temperature [°C]	12.33	8.21	3.71	12.60
Atmospheric pressure [kPa]	102.08	102.21	102.37	102.18
Air density [kg/m ³]	1.246	1.266	1.288	1.246

Table 3 Fuel density.

	A	B	C	D
Fuel density [g/mL]	0.7985	0.7974	0.7836	0.7644

5. 結言

バイオジェット燃料を用いてエンジン性能データを取得することができた。

混合比の違いによる推力及び排気ガス温度に差はほぼ見られなかったが、燃料流量には差が見られた。

バイオジェット燃料のみで運転した混合比 D の燃料流量が大きくなったのは、バイオジェット燃料のエネルギー密度がジェット燃料に比べて小さいからであると考えられる。

今回のエンジン試験では、使用したバイオジェット燃料は代替燃料として有用であると言える。

謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP17005) のもと、JAXA からの再委託の結果得られたもので、謝意を表す。

文献

- (1) NEDO, "バイオジェット燃料生産技術開発" (最終閲覧日 2021 年 3 月 10 日)
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100127.html
- (2) 公益社団法人 日本ガスタービン学会,
“ガスタービン工学”, 2013 年