

空き瓶パルスジェットエンジンの燃焼時間と温度に関する研究

Relationship Between Combustion Time and Ambient Temperature of Bottle Pulse Jet Engine

北向 輪光

指導教員 廣瀬 裕介

サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 流体研究室

パルスジェットエンジンはタービンを有さない最も単純なジェットエンジンである。本研究ではパルスジェットエンジンの燃焼を空き瓶にて再現し、エンジン周囲の温度と燃焼時間の関係を調査した。その結果、エンジン周囲の温度を低くすると燃焼時間の増加が認められた。

キーワード：パルスジェット, パルス燃焼, 燃焼時間

1. 緒言

現代では熱処理油浴の加熱や給湯器、フライ揚げ機などにパルスジェットエンジンが使用されている。タービンやコンプレッサを有さないため、非常に単純な構造^[1]であり、空き瓶さえあれば製作することができる。また空き瓶を用いることにより、内部の燃焼の状況を確認しやすいという利点もある。そのため、こどもたちに向けた理科教室などでも実演されていることがある。この空き瓶を用いたパルスジェットエンジンは、さまざまなパラメータを振ることにより燃焼時間が変化する。このような変化がわかりやすく、対象実験が行いやすいエンジンの実験を通してこどもたちが科学に興味を持つ一助にしたく、本研究を開始した。

先行研究では、燃料の混合比や空気の封入量による燃焼時間の延長を試みてきた。その結果、燃料量、空気注入回数、燃料の種類は燃焼時間に影響を及ぼさないこと、穴径が大きく影響することが判明している^[2]。そこで本研究では、これまであまり重要視されてこなかったエンジン周囲の温度に着目し、周囲の温度と燃焼時間の関係性を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2-1. 理論

パルスジェットエンジンはエンジン内部の燃料と

空気の混合気が燃焼し、エンジン内部の混合気を排気することでエンジン内部が負圧となり、エンジン外部の空気を吸入、エンジン内部で混合気が生成され燃焼するサイクルを繰り返すことで動作する。

2-2. 使用機材

今回は製造の簡略化のために、市販のジャム瓶を利用した（石塚硝子株式会社、T63 ジャム 300）。加熱する実験にはヒーターエンジニア製のマントルヒーター（型番：MS-E-3）を用いた。冷却には EYELE 東京理化工機のチラー（型番：CA-111）を用いた。

2-3. 実験方法

本研究では、温度と空き瓶パルスジェットエンジンの燃焼時間の関係を調べるために、空き瓶パルスジェットエンジンを加熱、冷却した。また従来の方法のパルスジェットエンジンと比較するために

本実験では、空き瓶の穴径を 13mm で実験を行い、空き瓶は容積 250ml のものを用いた。使用する燃料はエタノール 5ml で、スポイトを用いて空き瓶内に投入し、実験を行う。本実験では、以下の 5 パターンの実験を行った。

- ・常温環境で運転した場合
- ・40°Cに加熱して運転した場合
- ・50°Cに加熱して運転した場合
- ・15°Cに冷却して運転した場合

・0℃に冷却して運転した場合

実験手順を以下に記す。

2-3-1. 常温環境における実験手順

1. スポイトを用いてエタノールを空き瓶に注入する。
2. 空気入れを用いて空き瓶に空気を注入し、空気とエタノールの混合気を作る。
3. カメラの録画を開始する。
4. 火のついたマッチを空き瓶開口部に差し込み、空き瓶内部でパルス燃焼を発生させる。
5. 加熱または冷却する温度を変更し、1 から 6 の手順を繰り返す

2-3-2. 加熱、冷却環境における実験手順

1. マントルヒータまたはチラーを用いて、空き瓶周囲の温度を目標温度まで加熱または冷却
2. 目標温度に到達後、3 分間加熱または冷却
3. スポイトを用いてエタノールを空き瓶に注入する。
4. 空気入れを用いて空き瓶に空気を注入し、空気とエタノールの混合気を作る。
5. カメラの録画を開始する。
6. 火のついたマッチを空き瓶開口部に差し込み、空き瓶内部でパルス燃焼を発生させる。
7. 加熱または冷却する温度を変更し、1 から 6 の手順を繰り返す

3. 実験結果

表 1 に室温 (24.5℃)、40℃と 50℃に加熱した際、15℃と 0℃に冷却した際のそれぞれの実験結果の平均値を示す。実験回数はいずれも 10 回ずつである。なお、表中にある「×」はエンジンとして動作しなかったことを示す。

4. 考察

40℃、50℃まで加熱して実験した際に、エンジンとして 1 度も稼働しなかったのはエタノールが蒸発しすぎてしまったことで、エタノールと空気の混合気がパルス燃焼に適切な混合比とならなかったと考えられる。

0℃まで冷却して実験した際に、室温と比較してエンジンとしての稼働率が低下し、稼働時間も短くなったのは、エタノールがあまり蒸発せずに混合気がパルス燃焼に適切な混合比とならなかったと考えられる。

15℃に冷却した際がもっとも燃焼時間が長く、稼働率も 90%で安定している。これは、この時にエタノールと空気の混合比がもっとも燃焼に適した状態となったことが考えられる。

5. 結言

パルスジェットエンジンの性能は周囲温度に大きく左右されることが判明した。特に、温度が上昇すると適切な混合比が保てず、エンジンがまったく稼働しなくなることが新たに確認された。

6. 今後の展望

今回の実験から、温度は燃焼時間とエンジンの稼働率に大きな影響を及ぼすことがわかった。しかし、各温度の時の混合気がどのようになっているのかはまったく不明である。そのため、シミュレーションなどを用いて、燃焼時の瓶内部の様子を明らかにする予定である。

参考文献

- [1] パルス燃焼の技術と応用 富永肇、長谷部宏之 著 燃料協会誌特集号 p404 1991 年 3 月 22 日受理
 [2] サレジオ工業高等専門学校, 機械電子工学科, 流体研究室, 卒業論文, 空き瓶パルスジェットエンジンの燃焼時間延長に関する研究, 梅澤拓実, 2024 年



図 1 燃焼前の様子



図 2 燃焼中の様子

表 1 各環境における平均燃焼時間と着火率

	室温	加熱		冷却	
温度 [℃]	24.5	40	50	15	0
平均燃焼時間 [秒]	2.5	×	×	3.9	1.7
着火率 [%]	90	0	0	90	50