

性能可変型スターリングエンジンの構築と性能評価

中木村雅史

工学系技術支援室 装置開発技術系

概要

昨年度教育用に開発された V 型スターリングエンジンは、以前までの平行ピストン型スターリングエンジンに比べ、コンパクトでシンプルな構造であり、様々な場において教育装置として使用された。しかし、エンジンの性能に関する評価は全く行われておらず、その点では装置として改良の余地があると考えられていた。今回、V 型エンジンにさらに改良を加えて、各種パラメータ（作動流体量・ピストンの位相遅れ角）を簡単に変えられる改良版 V 型スターリングエンジンを開発し、実際にそのパラメータが、エンジン性能にどのように影響するのかを調査した。今後、実際にものづくり実習の場で活用することで、エンジンの動作原理についてより深いレベルの教育効果が期待できる。

具体的な実験方法を以下に述べる。

1) 作動流体量の変化

長さの違う連結チューブを 4 種類（120mm,240mm,500mm,1000mm）用意することで、作動流体量の変化が回転数にどのような変化を及ぼすのかを調べた。結果、作動流体量が大きくなるにつれて回転数が減少した。

2) ピストンの位相遅れ角

加熱シリンダの下に傾きを持たせた台座を設置することで、高温側ピストンと低温側ピストンの位相遅れ角を変化させた（ 80° および 85° ）。エンジンの回転持続時間を計測したところ、 90° から離れるほど、時間が短くなるという結果が得られた。

1. 教育用 V 型スターリングエンジンの紹介

基礎となる V 型スターリングエンジンの外観を図 1 に示す。装置全体のサイズは $46 \times 137 \times 140$ (mm)、重量は 300g、ピストンのボア径は 10mm、ストロークは 10mm となっている。

作動流体は空気で、ガスライターの炎により加熱部に熱を供給してシャフトが回る仕組みとなっている。



図1 V型スターリングエンジン

2. 作動流体量の変更および性能評価

作動流体量の変化がどの程度エンジン性能に影響するかを調べた。実験方法としては、長さの異なるシリコンチューブを用意し（図2）、それぞれの場合での回転数を計測した。結果を図3に示す。実験によりチューブが長くなるほど、回転数が下がることが明らかとなった。気体の移動距離が長くなることで、移動に伴う摩擦損失が大きくなることが原因の一つとして考えられる。

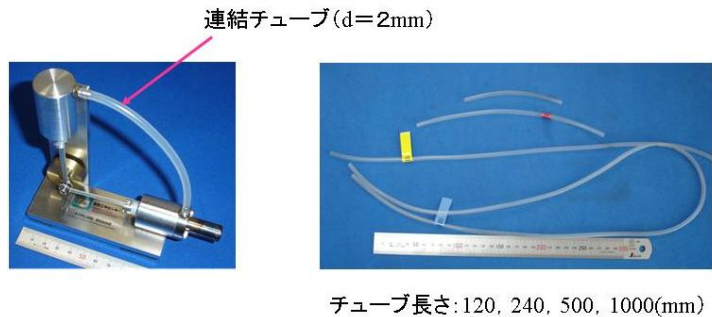


図2 各種連結チューブ

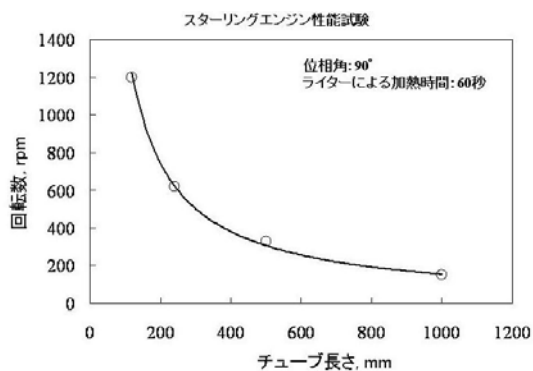


図3 チューブ長さと回転数の関係

3. 位相遅れ角の変更および性能評価

次に、位相遅れ角の変化が性能に及ぼす影響について調べた。本来、位相遅れ角は90°で設計されているが、角度変更治具（図4）を作製し85°、80°に角度を変更して、エンジンの回転持続時間をそれぞれについて計測した。結果を図5に示す。これにより、90°から離れるにつれて、回転持続時間が短くなることが分かった。

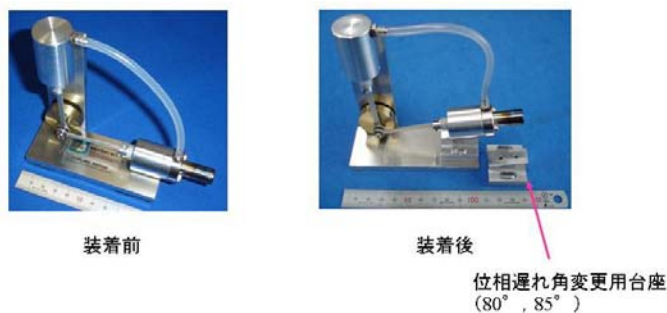


図4 角度変更用治具

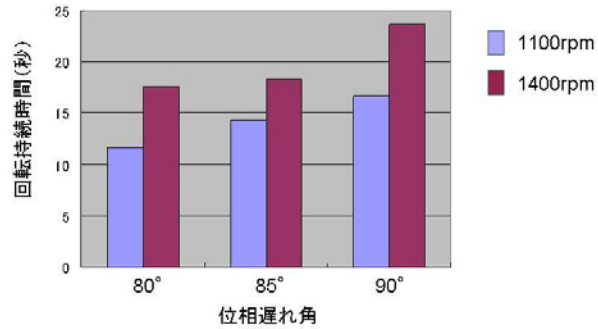


図5 位相遅れ角と回転持続時間の関係

4. 実際の実習の様子

今年度秋に開催された学内向けものづくり公開講座において、製作したスターリングエンジンをを使って同様の実験を行い、性能評価を行った（図6）。最後に考察とディスカッションの時間を設けて、指導員を交えて結果に対する議論を行った。これにより、単にエンジンを組み立てて動作確認する従来の講座よりも、さらに深い部分での教育効果が得られたと考えられる。

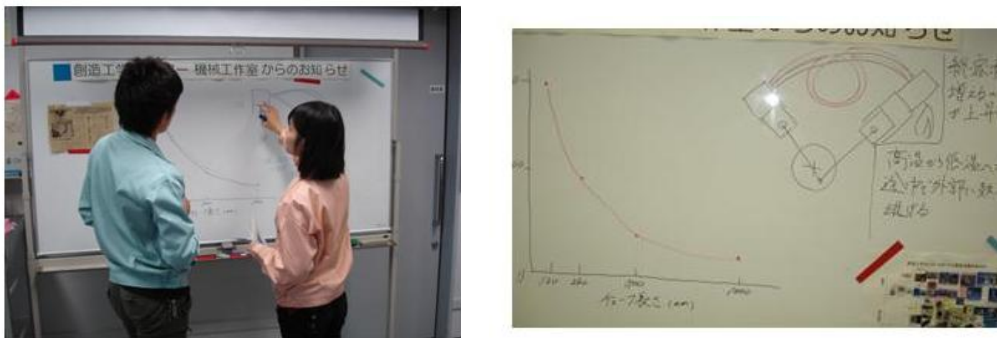


図6 ディスカッションの様子

5. まとめ

本報告のまとめは以下のとおりである。

- ・従来の装置を改良し、チューブ長さや位相遅れ角を変えることのできる性能可変型エンジンを製作し、性能評価を行った。
- ・各種パラメータの違いが、性能に与える影響を考察するプロセスを通じて、よりスターリングエンジンの理解が深まる実習を提供できた。