

並列ループ管熱音響システムにおける冷却性能向上に向けた検討

Study on parallel loop-tube thermoacoustic system to increase in cooling performance

同志社大¹, 滋賀県立大² ○中野 陽介¹, 坂本 真一², 井上 学¹, 渡辺 好章¹Doshisha Univ.¹, Univ. of Shiga Pref.², ○Yosuke Nakano¹, Shin-ichi Sakamoto², Inoue Manabu¹, Yoshiaki Watanabe¹E-mail: dum0331@mail4.doshisha.ac.jp, ssakamot@mail.doshisha.ac.jp

1. はじめに

熱音響システム^[1]とは、熱と音響パワーとの相互エネルギー変換を可能にするシステムである。駆動源が熱であることから工場廃熱や太陽熱などの熱エネルギーの有効活用が可能となる。システム内のスタックと呼ばれるデバイスに熱を入力し、温度勾配を形成することによりシステム内に音波が発生する。発生音波を用いて冷却システムへの応用が期待できる。しかし、駆動温度帯が高いことや冷却温度が低いことなどの欠点から、実用化には至っていない。以前の研究において、複数のスタックを直列に接続することで駆動温度が低下するという報告がある。しかし、複数の熱源が必要となるため、熱の伝搬損失が多いなどの欠点がある。そこで、一つの熱源で二つのスタックを駆動できる並列ループ管システムを考案した。このシステムにより駆動温度が低下することが確認された^[2]。本報告書では、熱音響冷却システムへの実用化に向けて、並列ループ管と通常のループ管システムの冷却性能の比較を行った。

2. 実験方法

並列ループ管システムの実験系を Fig. 1 に示す。Fig. 1 より、下部のループ管全長を 2.5 m、上部の半ループ管長を 1.25 m とした。前方の T 字型接続管にプライムムーバーとして 2 つのスタックを設置し、電熱ヒーターから 330 W の熱を入力した。ヒーターを始点とし、1.35 m の位置にヒートポンプとしてスタックを 1 つ設置した。プライムムーバー部のスタックは、厚さ 50 mm、流路半径 0.55 mm (600 cell / inch²) のハニカムセラミックスを 2 つ用いた。ヒートポンプ部のスタックは、厚さ 50 mm、流路半径 0.35 mm (1200 cell / inch²) のハニカムセラミックスを用いた。並列ループ管の下部のループ管長と等しい、全長 2.5 m の通常ループ管に同条件のスタックを設置し、冷却部の温度を比較した。ただし、通常ループ管のプライムムーバー部のスタックは 1 つである。また、ヒーターから 0.9 m の位置に冷却能力を向上させる Phase Adjuster (PA) を設置した。

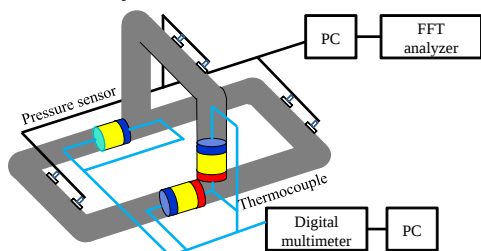


Fig. 1 Experimental system of parallel loop-tube thermoacoustic system

3. 実験結果と考察

並列ループ管システムおよび通常のループ管システムの冷却部温度における時間経過の結果を Fig. 2 に示す。並列ループ管および通常のループ管の最低冷却温度はそれぞれ、3.6 度と 5.4 度という結果となり、通常ループ管より冷却性能が向上したことを確認した。数値計算により、管内の音響インテンシティ流を計算すると、プライムムーバー部のスタック内で増幅される音響インテンシティ増幅量 ΔI_{PM} は、並列ループ管システムでは 1627 W/m²、通常のループ管では 1570 W/m² となった。このことから、並列ループ管システムの方が、プライムムーバーで生成されるエネルギーが高いため、冷却性能が向上したと考えられる。また、ヒートポンプ部での音響インテンシティ減衰量 ΔI_{HP} は、並列ループ管システムでは 491 W/m²、通常のループ管では 459 W/m² となった。このことから、並列ループ管の場合、音響パワーから熱へのエネルギー変換量が多いため冷却性能が向上したことが分かる。

今回の並列ループ管の形状は、接続部に T 字管を用い、非対称な位置に 2 つのプライムムーバーを設置しているため、生成されるエネルギー量は異なる。その結果、大きな冷却性能の向上は見られなかった。今後、Y 字管などを接続部に用いて構造を対称にすることで更なるエネルギー生成量の増加、また冷却性能の向上を目指す。

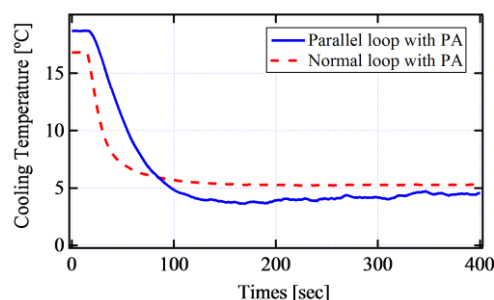


Fig. 2 Cooling temperature results.

謝辞

本研究の一部は日本技術振興会科研費若手研究 (A) (B) ,並びに挑戦的萌芽, 地域イノベーション戦略支援プログラムの補助を受けた。ここに謝意を表す。

- [1] 富永昭, “熱音響工学の基礎”, 内田老鶴圃, 1998.
- [2] 中野 陽介, 坂本 真一, 渡辺 好章, “熱音響エンジンの低温度駆動に向けた検討 —並列接続型ダブルスタックループ管が発振温度比に及ぼす影響—”, 電子情報通信学会講演論文集 pp. 35-38 (2012).