

# ループ管方式熱音響冷却システムの実用化に向けて -局所的な断面積の拡大が冷却能力に与える影響について-

## For Practical Realization of Loop-tube Type Thermoacoustic Cooling system -The Effect of Expanding of Cross-section Area on Cooling Capacity-

同志社大学<sup>1</sup>, 滋賀県立大学<sup>2</sup> ○井上学<sup>1</sup>, 坂本真一<sup>2</sup>, 中野陽介<sup>1</sup>, 渡辺好章<sup>1</sup>  
Doshisha Univ.<sup>1</sup>, University of Shiga Prefecture<sup>2</sup>, ○Manabu Inoue<sup>1</sup>, Shin-ichi Sakamoto<sup>2</sup>,  
Yosuke Nakano<sup>1</sup>, Yoshiaki Watanabe<sup>1</sup>

E-mail: dmm1011@mail4.doshisha.ac.jp<sup>1</sup>, ssakamot@mail.doshisha.ac.jp<sup>2</sup>

### 1. はじめに

熱音響現象<sup>[1]</sup>とは熱エネルギーと音エネルギーの相互変換作用である。この現象を利用することにより、排熱などの未利用エネルギーを駆動源とする冷却システムが実現可能となるが、エネルギー変換効率が低いため実用例は多くない。過去の報告より Phase Adjuster<sup>[2]</sup> (PA)をシステム内に設置することにより、共鳴モードを基本周波数に制御した時、冷却能力が向上することが分かっている。しかし、内径を局所的に縮小するため、PA 設置部において粘性によるエネルギーの散逸が生じる。そこで我々は内径を局所的に拡大する Expanding Phase Adjuster (EPA)を提案する。EPA をシステムに設置することにより共鳴モードを基本周波数に制御した時、更なる冷却能力が得られると考えた。今回、EPA 設置時と PA 設置時のそれぞれの場合における冷却能力を比較し、検討を行う。

### 2. 実験方法

エネルギーの散逸が少ない共鳴モード制御が可能である EPA 設置時と PA 設置時のループ管方式熱音響冷却システムの冷却能力を比較する。Figure 1 に示すようにループ管方式熱音響冷却システムを対象とし、全長 3300 mm、内径 42 mm のステンレス製円筒管を用いて構成した。作業流体は空気 1 気圧とした。プライムムーバは、スタック両端に温度勾配を形成するため電気ヒータ、スタック、循環水で周囲温度に保った低温熱交換器によって構成した。スタックは、流路半径 0.45 mm、長さ 50 mm のハニカムセラミックスを用いた。ヒートポンプについては、スタック上端に低温熱交換器を設置した。ヒートポンプに用いたスタックは流路半径 0.35 mm、長さ 50 mm のハニカムセラミックスを用いた。PA は内径 26 mm、長さ 45 mm とし、電気ヒータを基準として時計回りに 1125 mm の位置に設置した。この設置位置は共鳴モードを 1 波長に制御する位置である。EPA の内径は 70 mm、長さは 50 mm とした。設置位置は共鳴モードを 1 波長にするため、電気ヒータから 450 mm とした。この時、EPA と PA をそれぞれ設置したシステムの冷却能力を比較するため、K 型熱電対を用いて冷却点の温度を測定した。また、システム内の音場について検討を行うために PCB 社製水晶型圧力センサを用い、システム内の音圧を測定し、数値解析<sup>[3]</sup>を用いてシステム内の音響インテンシティ流を導出した。

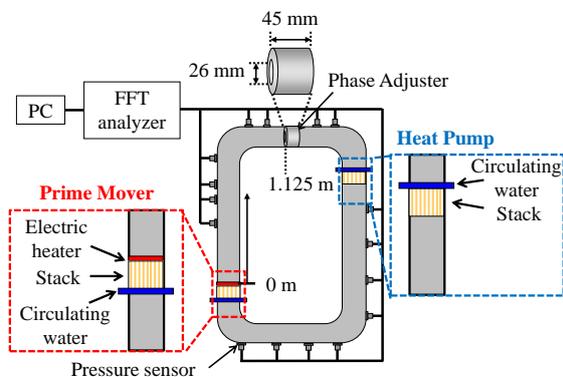


Fig. 1 Experimental setup of the loop-tube type thermoacoustic system.

### 3. 実験結果

ループ管方式熱音響冷却システムにおいて、EPA 設置時が 5.6 °C であるのに対し、PA 設置時は 4 °C となり、PA 設置時の方が低温となった。Figure 2 にシステム内で共鳴する音波における 3 次モードの音響インテンシティ流を示す。横軸は電気ヒータからの距離、縦軸は音響インテンシティ流を表わす。Fig. 2 から音響インテンシティ流は EPA, PA 設置時共に負となっているため音響エネルギーはシステム内を反時計回りに流れることが確認された。この結果から、3 次モードの音響エネルギーはヒートポンプスタックにおいて低温熱交換器側から冷却点に向かって熱を輸送するため、冷却の妨げとなると考えられる。EPA 設置時は 3 次モードの音響インテンシティ変換量  $\Delta I_{HP}$  が大きいため、冷却部の温度が PA 設置時に比べ低下しないと考える。

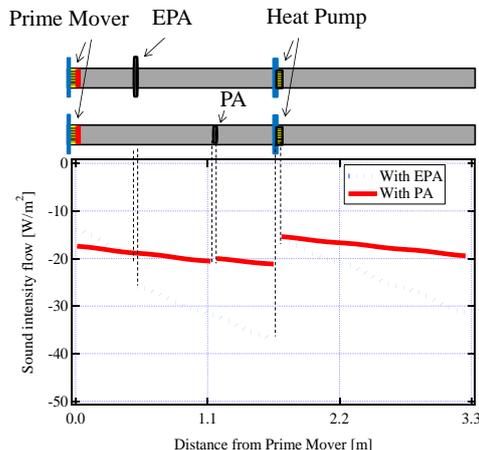


Fig. 2 Sound intensity flow of third mode in the loop-tube type thermoacoustic cooling system.

### 4. まとめ

ループ管方式熱音響冷却システムにおいて更なる冷却能力を得るため、エネルギーの散逸が少ない共鳴モード制御が可能である Expanding Phase Adjuster (EPA) の設置を提案した。EPA 設置時はヒートポンプにおいて熱流が PA 設置時に比べ大きいため、EPA の最適条件を求めることにより、更なる冷却能力の向上が期待される。

### 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。

### 文献

- [1] A.Tominaga, "Fundamental Thermoacoustics", Uchida Roukakuho Publishing, 1998.
- [2] S. Komiya, S. Sakamoto, T. Ishino, A. Sakaguchi, and Y. Watanabe, "A loop-tube-type thermoacoustic cooling system for a practical use -To control the sound field in the loop tube by applying phase adjuster-", IEICE Technical Report. Ultrasonics, vol. 108, no. 410, pp. 75-80, 2009.
- [3] K. Kuroda, S. Sakamoto, K. Shibata, Y. Nakano, T. Tsuchiya and Y. Watanabe, "Fundamental Study for the Solution of Thermoacoustic Phenomenon Using Numerical Calculation: Relationship between the Stack Installation Position and Heat Flow", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 51 pp. 07GE01(2012).