

# ループ管型熱音響システムにおける局所的な内径拡大が冷却能力に与える影響 ～薄膜を用いた質量流の抑制～

Effects of expanding inner diameter on cooling capacity in loop-tube type thermoacoustic system

～Suppression mass flow using a thin membrane～

同志社大<sup>1</sup>, 滋賀県立大<sup>2</sup> °多賀 一瑛<sup>1</sup>, 坂本 真一<sup>2</sup>, 井上 学<sup>1</sup>, 渡辺 好章<sup>1</sup>

Doshisha Univ.<sup>1</sup>, The Univ. of Shiga Prefecture<sup>2</sup>,

°Kazusa Taga<sup>1</sup>, Shin-ichi Sakamoto<sup>2</sup>, Manabu Inoue<sup>1</sup>, Yoshiaki Watanabe<sup>1</sup>

E-mail:sakamoto.s@e.usp.ac.jp

## 1. はじめに

熱音響現象とは、熱と音波の相互エネルギー変換作用である。この現象を利用することにより工場排熱や太陽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。このシステムは、プライムムーバ(PM)とヒートポンプ(HP)と呼ばれるエネルギー変換部を有する。各エネルギー変換部では、多数の細管からなるスタックが重要な役割を担っている。しかし、熱音響システムは入力エネルギーに対して冷却能力が低いという欠点があるため、実用例は少ない。過去の報告より Phase Adjuster (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<sup>[1]</sup>。しかし管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。そこで少ない散逸で共鳴モード制御を可能にするため管内径を局所的に拡大する Expanding Phase Adjuster (EPA)が提案された。これについて、PA 設置時と比べ、音響インテンシティの大幅な向上が確認されたが、冷却能力を上回ることが出来なかった。今回、この原因としてシステム内を流れる質量流の発生<sup>[2]</sup>に着目した。そこで EPA 設置時における質量流発生を確認し、薄膜の設置により質量流抑制を試みた。

## 2. 実験方法

実験で用いたシステムを Fig. 1 に示す。システムは全長 3300 mm、内径 42 mm のステンレス管を使用し、作業流体は空気 1 気圧とした。PM のスタックは電気ヒータと循環水で温度差を形成した。HP はスタック上端に循環水を設置した。各条件として EPA 設置位置は 450 mm、PA 設置位置は 1125 mm とした。薄膜の設置位置については、変位を小さくするために粒子速度の節付近である 1650 mm とした。入力電力は 330 W とし、PM の両端温度が定常状態に到達したとき、K 型熱電対を用いて PM、ヒータから 150 mm の管内の流体温度(T)、HP 冷却部の温度を測定した。

## 3. 実験結果

Table 1 に各条件における測定温度を示す。EPA 設置時における T は 128 °C となり、PA 設置時に

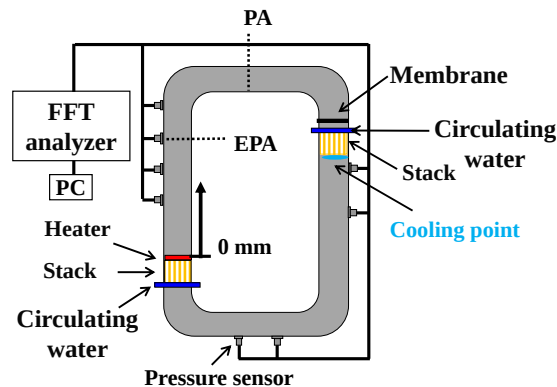


Fig. 1 Experimental setup of the loop-tube type thermoacoustic system.

Table 1 Measurement temperature

|     | Membrane | PM[°C] | HP[°C] | T [°C] |
|-----|----------|--------|--------|--------|
| PA  | Without  | 744    | -6.2   | 23.3   |
|     | With     | 764    | -5.1   | 21.7   |
| EPA | Without  | 404    | 6.0    | 128    |
|     | With     | 685    | -8.2   | 26.0   |

比べ非常に高い。従ってヒータから熱が質量流によって運ばれていることがわかる。一方、薄膜設置時における T は 26 °C となったため、質量流の発生が抑制されていることが確認できた。HP の冷却部温度については PA 設置時が -6.2 °C であるのに対し、EPA、薄膜設置時は -8.2 °C と最も低温となった。これらの結果から EPA 設置時には、薄膜を設置することによって質量流を抑制し、冷却能力の向上が確認出来た。

## 謝辞

本研究の一部は日本学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。

## 参考文献

- [1] S.Sakamoto, et al., "Effect of Inner Diameter Change of Phase Adjuster on Heat-to-Sound Energy Conversion Efficiency in Loop-Tube-Type Thermoacoustic Prime Mover", Japanese Journal of Applied Physics Vol. 47, No. 5, (2008), pp. 4223-4225.
- [2] Swift, G. W. et al., Acoustic Recovery of Lost Power in Pulse Tube Refrigerators, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 105 (1999), pp. 711-724.