

重畳音波による熱音響現象促進効果 -スタック設置位置が仕事流生成量に与える影響-

Enhancement of thermoacoustic phenomenon by superimposing sound waves

-Effect of installation position of the stack on work flow generation-

同志社大学¹, 滋賀県立大² ○(M1)平松 康斗¹, 坂本 真一², 川島 裕斗¹, 渡辺 好章¹

Doshisha Univ.¹, Univ. of Shiga Pref.² ○Koto Hiramatsu, Shin-ichi Sakamoto, Yuto Kawashima, Yoshiaki Watanabe

E-mail: ctwf0309@mail4.doshisha.ac.jp

1.はじめに

熱音響現象^[1]とは、熱と音波の相互エネルギー変換現象である。この現象を利用することで、工場廃熱等の未利用熱エネルギーを駆動源とする冷却システムの実現が可能となる。その一方で、システムの実用化のためにはエネルギー変換効率の向上や低温度化が求められている。我々はシステム実用化に向けて、エネルギー変換効率改善を目指し、自励振動しているシステムに外部から音波を重畳する手法を提案している。これまで、定在波型熱音響システムにおいて、外部から音波を重畳することにより、熱交換可能な面積が増大し、熱音響変換現象が促進することが報告されている^[2]。しかし、その検討は特定の共鳴モードについて行われており、他の共鳴モードについての検討はなされていない。そこで本報告では、スタック位置を変更し、外部音波重畳が仕事流生成量に与える影響について検討を行った。

2.実験方法

実験系を Fig. 1 に示す。全長 2000 mm、内径 42 mm の右端閉端のステンレス管を用いた。システム左端にラウドスピーカ(TOA 社, TU-750)を設置し、スピーカ振動面の位置を $x=0$ [mm] とする軸座標を設定する。プライムムーバスタック(PM)は長さ 50 mm、流路半径 0.55 mm のハニカムセラミックスを用いた。PM 高温端の位置は $x=650, 750, 850, 950, 1050, 1150, 1250, 1350, 1450, 1550, 1650$ mm とした。各条件において、PM 高温端に電気ヒータを設置し、300 W の熱量を入力し、スタック両端に温度差を与えた。PM 低温端は循環水で 20°C に保った。PM 両端の温度を K 型熱電対で測定し、PM 両端の温度が定常状態に到達したとき、管壁面に固定した水晶型圧力センサ(PCB 社)で音圧を測定した。測定

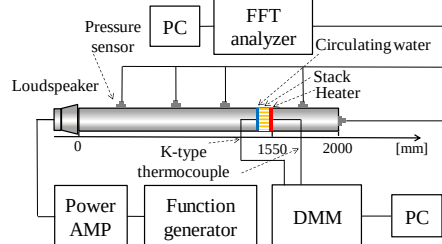


Fig. 1 Experimental setup.

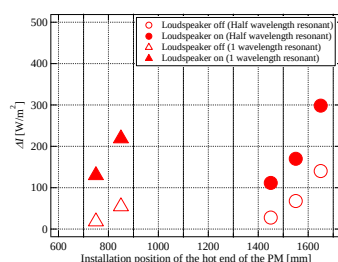


Fig. 2 Relations of installation of the PM and ΔI .

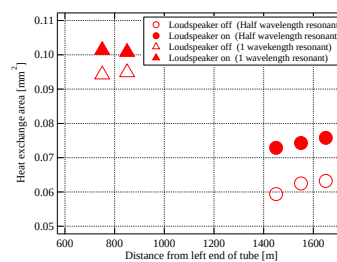


Fig. 3 Change of heat exchange area.

した音圧値から伝達マトリクス法を用いて管内の仕事流を算出した。各条件において、ラウドスピーカの入力周波数は自励振動時の共鳴周波数とし、500 Pa を入力した。各 PM 設置条件での PM の仕事流生成量 ΔI [W/m²] の変化を比較検討した。

3.実験結果・考察

各 PM 設置条件におけるラウドスピーカ入力前後での仕事流生成流の変化を Figure 2 に示す。PM 設置位置が 750, 850 mm では 1 波長共鳴, 1450, 1550, 1650 mm のでは半波長共鳴の音波で発振を観測した。しかし、それ以外の位置では発振は観測されなかった。また、共鳴モードに関わらず、自励振動しているシステムにラウドスピーカから音波を入力することで仕事流生成が増幅されることを確認した。そしてその増幅量はどちらの共鳴モードにおいても音圧の腹に近づくにつれて大きくなっていることが確認された。

次に、各 PM 設置条件におけるラウドスピーカ入力前後での熱交換面積の変化を Figure 3 に示す。この図からも、共鳴モードに関わらず、ラウドスピーカによって外部から音波を重畳することで熱交換面積が増大していることが確認された。これらの結果より、スタック両端に温度差を与えることにより発生する共鳴モードに同じ共鳴モードの音波を外部から入力することにより熱交換面積が増大し、熱交換が促進することが示唆された。

参考文献

- [1] 富永昭, “熱音響工学の基礎”, 内田老鶴圃, 1998.
- [2] 倉田侑弥 他, 日本伝熱シンポジウム講演論文集, 56 (2019) K1425.