ループ管型熱音響冷却システムにおける Heat Phase Adjuster の設置位置検討

Sutdy of installation position of Heat Phase Adjuster in loop-tube type thermoacoustic cooling system.

○白木一希 [1, a]，坂本 眞一 [2, b]，倉田 侑弥 [1]，渡辺 好章 [1]（1. 同志社大，2. 滋賀県立大）

○Kazuki Shiraki[1], Shin-ichi Sakamoto[2], Yuya Kurata[1], Yoshiaki Watanabe[1] (1. Doshisha Univ., 2. Shiga Pref. Univ.)

E-mail: a) ctwb0360@mail4.doshisha.ac.jp, b) sakamoto.s@e.usp.ac.jp

1　はじめに

熱音響冷却システムを用いると，産業排熱などの熱エネルギーから音エネルギー（仕事流）が生成され，その音波が熱輸送を行うことによって冷却が実現される．我々は熱音響冷却システムの実用化に向けて，エネルギー変換効率の改善手法の一つである Heat Phase Adjuster (HPA) を提案している．HPA は音響管に局所的に高温領域を付加し，境界条件を追加することで音場制御を行う手法である．これまで，熱音響エンジンにおいて，HPA の設置位置や熱入力量を適切に設定することで Prime Mover (PM)内のエネルギー生成量ΔI が増加すること，ならびに，HPA を用いた熱音響冷却システムにおいて，Heat Pump (HP)内の熱輸送量を増加させることが可能なことをすでに報告している．[1]しかし，先行研究では，HP 内の熱輸送量が増加しているにもかかわらず，HP の冷却点の温度が低下しなかった．その要因として HPA からの熱拡散が HP の冷却点に影響を及ぼしていることが考えられた．[1]そこで本報告では，HPA の周辺温度の実測値から，HPA の熱拡散が HP に影響しない距離に HPA を設置し，冷却を行った．

2　実験方法

実験系を Fig. 1 に示す．内径 42 mm，全長 3300 mm のループ管型熱音響冷却システムで測定を行った．PM スタックは，長さ 50 mm，流路半径 0.45 mm のものを，HP スタックは，長さ 50 mm，流路半径 0.35 mm のものをそれぞれ用いた．PM 高温端には電気ヒータで 330W 入力し，PM 低温端及び HP 常温端には 20℃一定とした水を循環させた．PM 高温端から 850 mm 離れた位置を x = 0 とし x 座標を設定する．

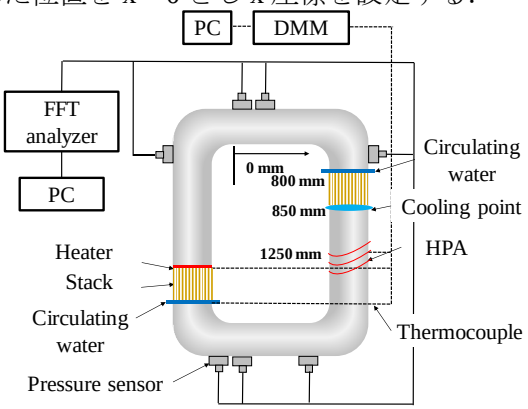

Fig. 1 Experimental setup.

HP および HPA の設置位置は Fig. 1 に示した通りである．HP の幅は 50 mm，HPA の幅は 30 mm とした．HPA の熱入力量 Q_{HPA} は 40 -160 W の範囲で 40 W 刻みで変化させ，測定を行った．測定は，PM へ熱入力を開始し，自励振動が安定するのを確認後 HPA への熱入力を開始した．K 型熱電対を用いて，スタック両端温度および HPA 周辺温度を測定した．管内の音圧は，水晶型圧力センサ（PCB 社製）を用いて測定し，管内の音場を算出した．算出した音場から HP 内の熱流の平均値 Q_{total} を算出した[2].

3　実験結果

すべての条件で，2 波長共鳴で発振後，HPA 駆動によって 1 波長共鳴に変化し，安定発振が確認できた．各 Q_{HPA} における HP 内の平均熱流 Q_{total}，冷却温度 T_C を Table 1 に示す．この時，Q_{total} は HP 内を循環水から冷却点へ向かう向きを正と定義している．ここで，比較のために先行研究の結果を Table 2 に示す．先行研究では HPA の設置位置が x = 1150 mm であることを除き本実験系と同様の条件で実験を行った．先行研究では，Q_{total} の増加に T_C の低下が伴わなかったが，本実験では Q_{total} の増加に伴い T_C が低下していることが確認できた．これらの結果，HPA の熱拡散の影響が HP の冷却点に影響しないように HPA の設置位置を調整することで，HP 内の熱輸送量増加に伴った冷却点温度の低下が実現できることが実験的に示された．

参考文献

[1] 白木一希 他，信学技報，US2019-7(to be published) .
[2] K. Kuroda, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., 51 07GE01, 2012.

Table 1 Relationship of Q_{HPA} and Q_{total}, T_C in this study.

Q_{HPA} [W]	40	80	120	160
Q_{total} [W/m²]	-339	-1430	-2730	-2980
T_C [°C]	11.2	0.7	-2.3	-2.6

Table 2 Relationship of Q_{HPA} and Q_{total}, T_C in previous study.

Q_{HPA} [W]	40	80	120	160
Q_{total} [W/m²]	-815	-1929	-2313	-2542
T_C [°C]	8.3	2.6	4.4	5.5