同軸型熱音響システムにおける局所的な断面積変化が共鳴モード制御に与える影響

The effect of the change of a cross-section area on resonance mode control in a coaxial type thermoacoustic system

○武山 幸浩[1]、坂本 眞一[2]、白木 一希[1]、黒木 大地[1]、渡辺 好章[1] (1. 同志社大、2. 滋賀県立大)
○Yukihiro Takeyama[1], Shin-ichi Sakamoto[2], Kazuki Shiraki[1], Daichi Kuroki[1], Yoshiaki Watanabe[1]
(1.Doshisha Univ., 2.The Univ. of Shiga Prefecture.)
E-mail: sakamoto.s@e.usp.ac.jp

1. はじめに

熱音響システムにおいて進行波音波は定在波音波に比べ，熱輸送能力が優れている．矢崎らはループ管を用いることで，進行波音波を励起する熱音響システムを開発した[1]．しかし，ループ管は小型化が困難である欠点を有する．そこで，小型化が容易な同軸型の研究が行われている[2]．同軸型は環状流路から内管へ音波が伝搬することで進行波音波の励起が可能となる．先行研究では，効率低下の要因となる二次モードを抑制するため，同軸型の外管を局所的に拡大する手法を提案した．この手法を用いることで，二次モードの発生を抑制することができ，管内音圧を上昇すること確認した．そこで本報告では，断面積変化が二次モードの発生に与える影響を検討する．断面積を変更し，境界条件を制御することで，共鳴モードを制御することができると考える．

2. 実験系

実験系を Fig. 1 に示す．外管は両端閉端で内径 42 mm，全長 2100 mm，内管は両端開端で外径 27 mm，肉厚 1 mm のステンレス管を用いた．スタックは長さ 50 mm，流路半径 0.65 mm のハニカムセラミックスを用い，外管左端より 1700 mm の位置に設置した．断面積を変更するため，管中央を内径 x_{ID} = 42, 60, 80, 100 mm と変更した．この位置は，基本モードは節，二次モードは腹となる音圧分布が形成される．すべての条件で PM 高温端に電気ヒータによって熱入力を行い，PM 両端の温度が定常状態になったことを確認したのち，外管壁面に固定した圧力センサ(PCB 社製)で環状流路内の音圧を測定した．

3. 実験結果，考察

各条件において基本モードを基準とした二次モードの音圧レベルを Fig. 2 に示す．x_{ID} が大きくなるに伴い，基本モードに比べて二次モードが小さくなっていることが分かる．この結果より，管中央付近を局所的に拡大することで断面積変化部において音響インピーダンス差が生じ，二次モードが励振しにくい境界条件に制御することができたと考える．次に，x_{ID} を変更したときに管内に形成される音圧値を観測した．その結果，x_{ID} = 80 mm で音圧が最大となり，二次モードを抑制したにも関わらず，それ以降は音圧が減少した．この要因を検討するために PM 高温端に形成される粘性境界層の厚みを算出した．音圧が減少した x_{ID} = 100 mm では粘性境界層の厚みは 0.63 mm となり，流路半径 0.65 mm に近づき，流路を塞ぐ結果となっている．二次モードを過度に抑制したことで，二次モードでの熱変換が行われなくなり，PM 高温端の温度が上昇したと考えられる．これにより，PM 流路内にエネルギー変換を行える領域が小さくなったため，音圧が減少したと考えた．

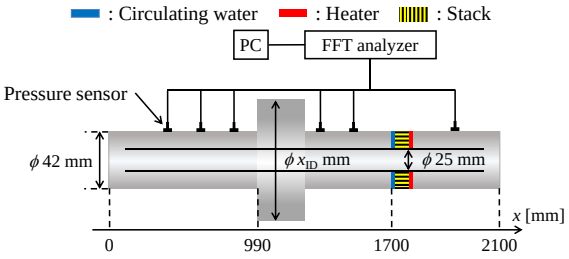

Fig. 1 Experimental setup.

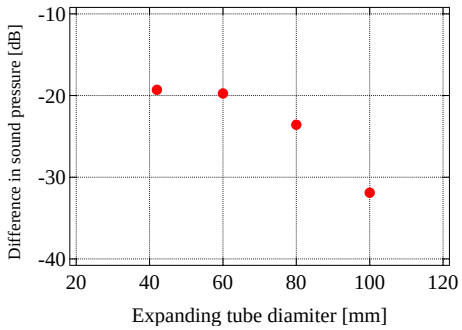

Fig. 2 Relationship between the expanded tube diameter and the difference in sound pressure.

参考文献

[1] T. Yazaki *et al.*, Phys. Rev. Lett., Vol.81, No.15, pp.3128-3131, 1998.
[2] Y. Takeyama, *et al.*, Jpn. J. Appl Phys. Vol. 57 No. 7S1 07LE14.

© 2019年 応用物理学会