

スタックの材質組み合わせによる熱音響効果向上に関する検討

Study on the thermoacoustic effect improvement by material combination of stack

同志社大¹, 滋賀県立大² ○大中 健士¹, 坂本 眞一², 渡辺 好章¹

Doshisha Univ.¹, Univ. of Shiga Pref.², ○Takeshi Onaka¹, Shin-ichi Sakamoto², Yoshiaki Watanabe¹

E-mail: dum0341@mail4.doshisha.ac.jp, ssakamot@mail.doshisha.ac.jp

1. はじめに

熱音響現象を利用した熱音響システムは、中低温排熱の有効利用ができるシステムである^[1]。熱音響現象を実現するにはキーデバイスとしてスタックと呼ばれる細い流路を多数有するデバイスを使用する。スタック両端に形成される温度差によって熱音響現象が実現する。このとき、スタック高温端面全体に様な温度分布を与えることで熱音響効果が向上することが知られている。しかし、熱交換器は音波の透過性が要求されるため、スタック高温端面全体に均一な熱入力を行うことが難しくスタック半径方向に温度勾配が形成し、熱音響効果の低下が発生する。ここでは、スタック半径方向の温度勾配による熱音響効果低下を防ぐ方法としてスタックの材質を組み合わせることを提案する。一般に用いられているハニカムセラミックスの熱伝導率は低く熱伝導が困難な素材である。一方、スタック素材を組み合わせることで熱伝導率が異なる材質を組み合わせることで、スタック半径方向の温度勾配を軽減することが可能であると考えられる。本報告では、スタック材質を組み合わせたシステムにおけるスタック半径方向・軸方向の温度勾配と熱音響効果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。内径 42 mm、全長 2000 mm の直管型熱音響システムを用いた。システム左端から 500 mm の位置に、厚さ 50 mm、流路半径 0.55 mm (600cell/inch²) のスタックを設置した。外部からの熱伝導を模擬する熱交換器を作製し、電熱ヒーター (45 W) を用いて外部から熱入力とした。ラウドスピーカーを用いてシステム全体で 1 波長共鳴する 170 Hz の音波を入力し、システム右端に形成される音圧が実効値 1000 Pa となるようにスピーカーの入力を調節した。その状態で音圧センサを用いてシステム内音圧を測定し、測定した音圧から数値計算よりシステム内の音響インテンシティ分布を算出した^[2]。スタックはハニカムセラミックス様のスタックを基準とし、ハニカムセラミックスの中心に内径 10 mm の空洞を開け、空洞内に内径 0.55 mm のステンレスや銅の細管を挿入したスタックを作成した。それぞれのスタックにおいてスタック高温端に熱入力を行う前後のスタック部における音響インテンシティ増加量について比較を行った。

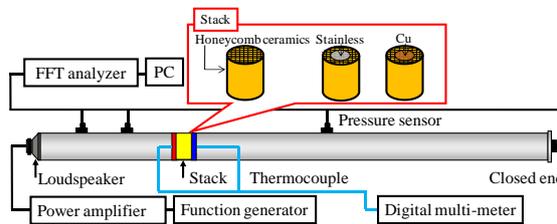


Fig. 1 Measurements system.

3. 実験結果・考察

熱入力を行った場合のハニカムセラミックス一様、ステンレス、銅におけるスタック円周部と中心部の温度差は、8.4 °C、4.9 °C、13.4 °C となり、スタックにステンレスを組み合わせることでスタック半径方向の温度勾配が減少することを確認した。Fig. 2 にスタック軸方向の温度勾配を示す。Fig. 2 より組み合わせる材質が銅の場合、スタック軸方向の温度勾配が形成されていない。また、ハニカムセラミックス、銅、ステンレスでのスタック部における音響インテンシティ増加量は 64 W/m²、67 W/m²、43 W/m² となり、スタックに銅を組み合わせることで、音響インテンシティ増加量が減少した。ハニカムセラミックス、ステンレス、銅それぞれの熱伝導率は 1.93 W/mK、20.9 W/mK、398 W/mK である。以上より、ハニカムセラミックスより熱伝導率の高い素材を組み合わせることで熱音響効果は向上を確認できた。しかし、銅などの熱伝導率が大きすぎるとスタック両端の温度勾配が形成できず熱音響効果の低下を招くことが分かった。

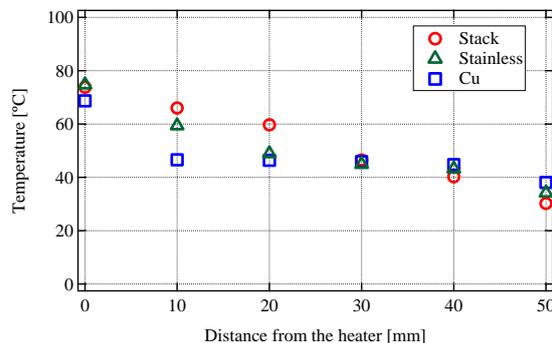


Fig. 2 Temperature gradient within the stack.

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援助を受けた。ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] 富永昭, “熱音響工学の基礎”, 内田老鶴圃, 1998.
[2] Y. Ueda and C. Kato., J. Acoust. Soc. Am. 124, 2008.