

508 音波を利用した熱移動に関する基礎的研究

Basic study of thermo transfer device using a thermoacoustical phenomenon

○学 宋 明宣 (室蘭工大院)

正 斉 当 建一 (室蘭工大)

正 松本 大樹 (室蘭工大)

Myonson SON, Muroran Institute of Technology, 27-1 Mizumoto-cho Muroran-shi Hokkaido
Ken-ichi SAITOH, Hiroki MATSUMOTO

Key Words: Thermoacoustics Phenomenon, Resonance-Tube-Type Cooling Device, Stack

1 緒言

熱音響現象は閉止管内の音響定在波を利用して熱エネルギーを取り出す装置である。音波は空気粒子を振動させるが、ある検査体積を考えると、それは断熱的に収縮膨張を繰り返すことになる。この熱音響現象を利用した装置に共鳴管型冷凍機がある。この冷凍機は、音響振動源（スピーカー等）、音響管、音響管に挿入するスタックから構成され、小型軽量、構造の単純さ、摺動部がないなどの理由により高い信頼性能を持つと言う利点がある。

本研究では、試作した共鳴管型冷凍機の熱移動の確認を行い、管内のスタック近傍のことで、共鳴管の外部への熱移動の可能性を探ることを目的としている。

2 実験装置及び実験方法

2.1 実験装置 実験装置を図1に示す。実験装置は、音源であるダイナミックスピーカー、全長 500mm の銅管（外径 35.92mm、内径 32.12mm）からなり、銅管の一端にはスピーカーを配置し、他端を閉止したものである。管内には、図2のような格子状の空間を有するセラミック製のスタックを挿入する。スピーカーはシグナルジェネレーターから出力された正弦波により駆動され、管内に定在波を発生させる。温度計測は、スタック両端に設置したK型熱伝対を用いて15秒間隔で行われる。スピーカーへの入力電力は15Wで一定とした。なお本実験で用いる閉止管の共鳴周波数は実験で求めた所、156Hz（1次）、498Hz（2次）となっていたが、温度変化が顕著に表れる156Hz（1次）の共鳴周波数を用いて実験を行った。

実験においては、スタックからの距離に応じた温度変化を測定する。測定点は10mm間隔として、スタック端面から30mmまでとする。

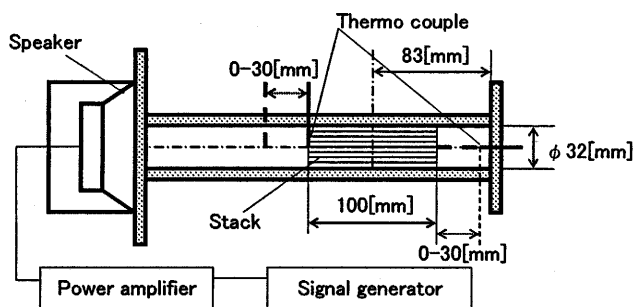


Fig.1 Experimental apparatus.

2.2 スタック形状 スタックには、図2に示すような格子状の流路を持つセラミック（日本ガイシ製）を用いる。スタックには3.5mil/400cpsで長さ100mmのものを用いる。ここで、1milは1/100inchの壁厚、1cpsは1インチ平方あたりの流路数が1のことである。今回用いるスタックの場合は、3.5mil/400cpsであるので、壁厚が3.5milで1インチ平方に400個の流路が格子状に存在している。

3 実験結果及び考察

初期温度を T_I として、低温側の温度を T_L 、高温側の温度を T_H とする。音響管内に定在波を発生させると、音響管のスピーカー側が初期温度 (T_I) より低下し、スタックの閉止端側が初期温度より上昇する。以下の実験結果は初期温度からの変化量である温度差によって示すことになる。

図3にスタック両端の初期温度からの温度差を示す。スタック両端の温度差は約60秒後にはほぼ一定となり、閉止側の温度は約12K上昇し、スピーカー側の温度は約17K低下していることがわかる。その結果、スタック両端では約29Kの温度差を生じている。音波による熱移動が確認できる。

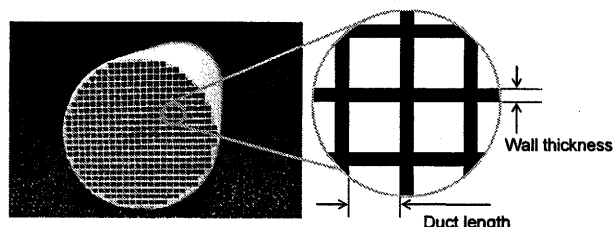


Fig.2 A photograph of a stack.

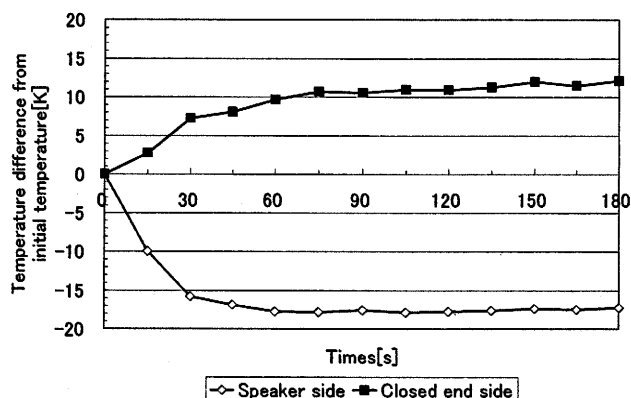


Fig.3 Time series of the temperature difference at the both side of the stack in the sound tube.

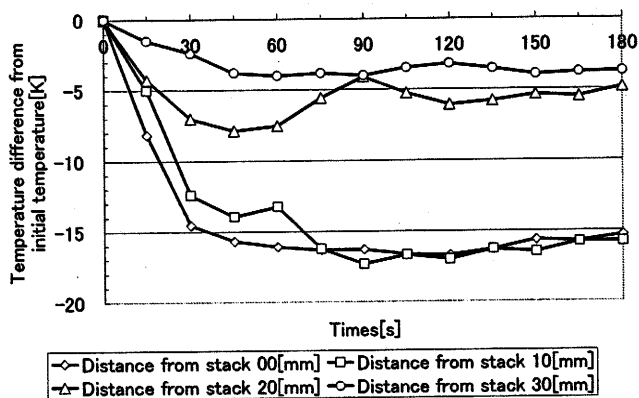


Fig.4 Time series of the temperature difference by the side of speaker in the sound tube.

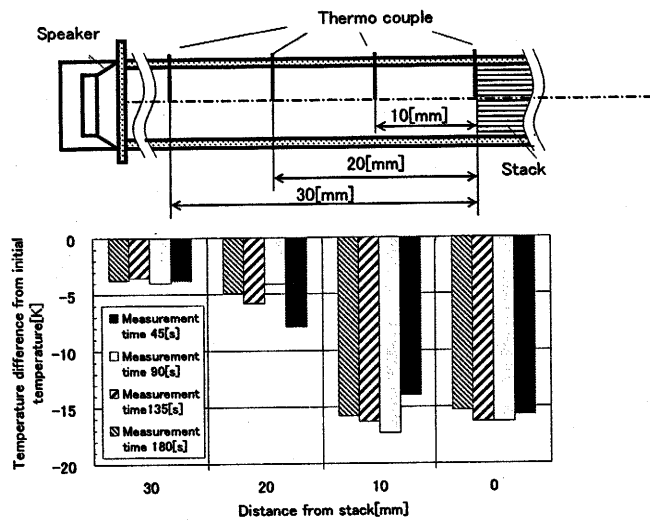


Fig.5 Temperature difference distribution by the side of speaker in the sound tube.

3.1 スピーカー側の温度変化 図4にスピーカー側のスタック断面からの距離に対応した温度変化を示す。スタックからの温度計測点までの距離が0mm(スタック端面)と10mmの時は初期温度から約15K低下している。距離が20mm, 30mmになると温度は約5K低下する。約10mmまではスタック端面の場合と大きく違いが出ないが、距離が20mmとなると、温度低下は約1/3に落ちてしまうことを示している。全体を見ると、多少ばらつきはあるものの、いずれも約60秒でほぼ一定の温度になっている。図5は横軸を温度測定点の距離として、45秒, 90秒, 135秒, 180秒のときの温度差を抽出し比較している。スタックからの距離が0mmと10mmではほぼ同じ温度変化, 20mmと30mmではほぼ同じ温度変化がおきている。

3.2 閉止端側の温度変化 図7に閉止端側のスタック断面からの距離に対応した温度変化を示す。180秒後の温度差は、スタックから温度計測点までの距離が0mm(スタック端面)では約10Kまで上昇し、30mmになると約5Kの上昇にとどまる。時間的な推移を見ると、全体に緩やかに右肩上がりの温度変化を示している。図7は図5と同じように、横軸を温度測定点の距離とし、一定時間ごとの温度差を抽出し比較している。スタック端面からの距離が長くなると、それに応じて温度上昇が落ちていくように見受けられる。これは、スタック端面から30mmまでの温度測定点の温度変化はスタック端面からの距離の2乗で減少する傾向があり、スタック端面の加熱による自然対流によって過熱されていると考えられる。

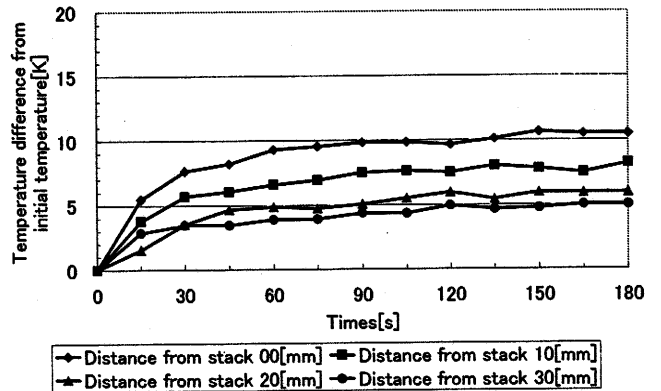


Fig.6 Time series of the temperature difference by the side of closed end in the sound tube.

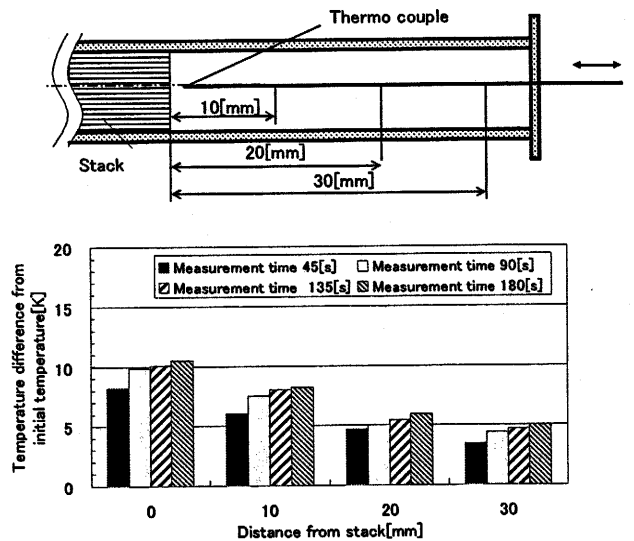


Fig.7 Temperature difference distribution by the side of closed end in the sound tube.

4 結言

試作した共鳴管型冷凍機を用いての、管内の温度分布測定を行った結果、次のことが明らかとなった。

1. セラミック製のスタックを用いた共鳴管型冷凍機を試作し、15Wの音源入力を用いて、29Kの温度差を得ることができた。
2. 温度差はスタックの両端面間で最大となる。
3. 管内中央の温度分布は、スピーカー側スタック端面で最も低くなり、閉止端側スタック端面で最も高くなる。

5 参考文献

- (1) 富永昭, 熱音響工学の基礎 内田老鶴圃, 1998
- (2) 琵琶哲志, 熱音響工学の基礎, 熱音響現象とそのエネルギー変換機構, No.01-19, p1-5, 2001.