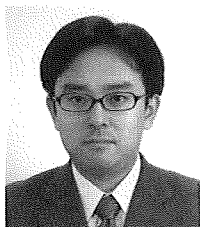


未活用エネルギーを利用した熱音響発電システムに向けた基礎研究

Basic study for thermoacoustic power generation system using unutilized energy

1091010



研究代表者

滋賀県立大学 工学部 准教授

坂本 眞一

共同研究者

同志社大学 生命医科学部 教授

渡辺 好章

【研究の目的】

地球温暖化を肌を感じるようになり、また、エネルギー資源の枯渇も日々の生活を直撃している。これからの未来において、地球環境の保護とエネルギー資源の有効利用は、日本だけでなく、地球全体の喫緊の課題である。われわれは、日々の生活を便利で快適にするのと引き換えに、更なる環境破壊を知らず知らずに加速している。コンピューターやサーバーなどに代表される電子機器からの廃熱は、高速化、高性能化や小型化により、今後上昇し続けると予想されており、現状のところ、発生する廃熱を放熱するために、さらなるエネルギー（電気）を投入している。人間を快適にするはずの機械が人類の未来をゆっくりと破壊している。これら上記の課題を解決し、人間と機械の調和を促進することはこれからの人類において必ず必要となる。『未活用エネルギーを利用した熱音響発電システム』はそのすべてを解決する可能性を持っており、重要な課題と考える。

【研究の内容、成果】

概要

熱エネルギーと音エネルギーを相互エネルギー変換することが可能な熱音響現象を利用した冷却システムの実用化に向けて研究を進めて

いる。このシステムは、新たなエネルギーを投入することなく、廃熱を駆動エネルギー源として活用することが可能なため、新しいシステムとなる可能性を秘めている。熱音響冷却システムについては、現在、世界各地で精力的に実用化に向けた研究が進められている[1-2]。我々の実験において、室温から約40℃の温度低下に成功している[3-5]。このシステム内に発生する音波は、全長と共鳴し、音圧、粒子変位が非常に大きくなる。この音波を利用することで、圧電素子や磁気誘導を用いた発電システムを構築することが可能であると考えられる。

熱音響現象を利用した発電システムは、構造がシンプルで、エネルギー源に廃熱の利用が可能である大きなアドバンテージを持つ。熱音響発電システムの実用化が実現可能となれば、従来の発電技術では使用不可能な場所や、これまでは見過ごされていた価値の低い廃熱による発電が可能になると考えられる。そこで、本報告では熱音響システムに、電気音響変換の基礎的な装置であるスピーカーを接続し、本システムでの発電の可能性について考察を行った。

測定

熱音響発電システムの検討には、これまでに熱音響冷却システムとして用いているシステムのヒートポンプを取り外したものを利用した。本実験で用いた実験系を Fig. 1 に示す。ルー

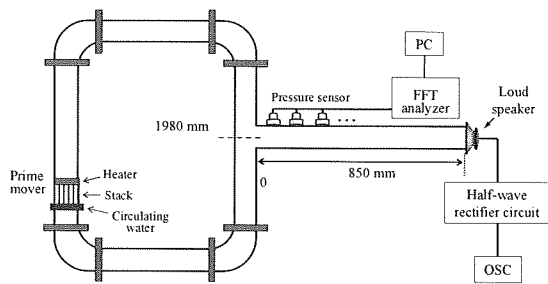


Fig. 1 Diagram of measurement system; a prototype of thermoacoustic power generation system

ブ管部分の全長を 3, 300 mm, 直管部分の全長を 850 mm, 管内作業流体は大気圧空気とした。Fig. 1 に示すように、直管部分はヒーターから 1, 980 mm の位置とし、直管の右端にコーン形フルレンジのスピーカーを取り付けた。スタックには流路半径 0.45 mm, 長さ 50 mm のハニカムセラミックスを用いた。スタック上方に設置したエレクトリックヒーターより 330 W の熱エネルギーの供給を行った。プライムムーバー上端の温度変化を K 型熱電対にて測定した。システム内に発生する音波の測定には PCB 社製圧力センサを用いた。2 センサパワー法によって、上記センサの測定値より、インテンシティ、音圧、粒子速度、ならびに音圧と粒子速度の位相差を算出した [6]。熱エネルギー供給開始と同時に音圧と温度の測定を開始し、測定時間は 600 秒とした。スピーカーのインピーダンスはループ管の自励発振周波数である 100 Hz において 50 Ω である。スピーカーに整流回路を接続し、電圧の測定を行った。

測定結果ならびに考察

ループ管内の音場を Fig. 2 に示す。また、直管部分の音場を Fig. 3 に示す。Fig. 2 より、ループ管内は一波長共鳴しており、スピーカーや直管を取り付けた影響を受けず、これまでと同様に非常に大きな音圧が発生していることが確認された。音圧の腹で約 7 kPa であった。Fig. 3 より、直管内では 4 分 1 波長共鳴して

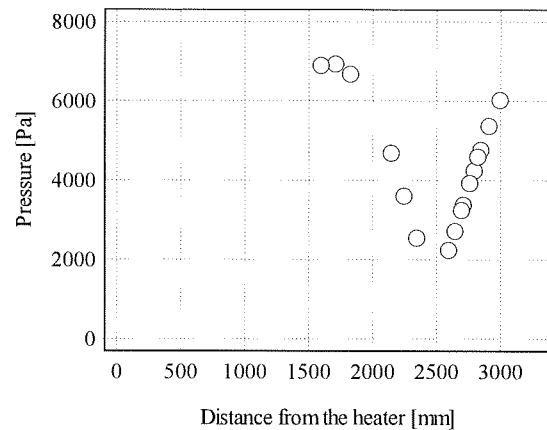


Fig. 2 Sound pressure distribution in a prototype of thermoacoustic power generation system

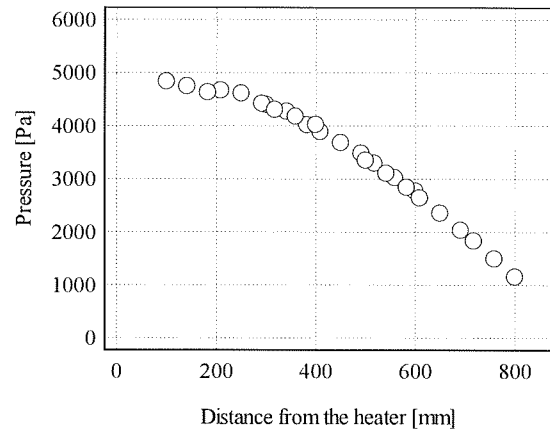


Fig. 3 Sound pressure distribution in a straight tube

おり、スピーカーを設置した位置では粒子速度の腹、音圧の節であることが確認された。ループ管との接続部付近が音圧の腹となり、約 5 kPa と非常に大きな音圧が発生していることが確認された。

スピーカーの出力電圧を Fig. 4 に示す。Fig. 4 の実線で示した電圧波形より、ピーク値で約 11 V の交流電圧が発生していることが確認できる。発生した電気エネルギーは熱音響発電システムの駆動条件に依存し、常に一定のパワーが得られるとは考えにくい。そこで将来的にはいったん充電し、その後の利用が最も実用には適していると考えられる。そこでスピーカーに整流回路を接続し、直流変換を試みた。整流された電圧を Fig. 4 に波線で示す。Fig.

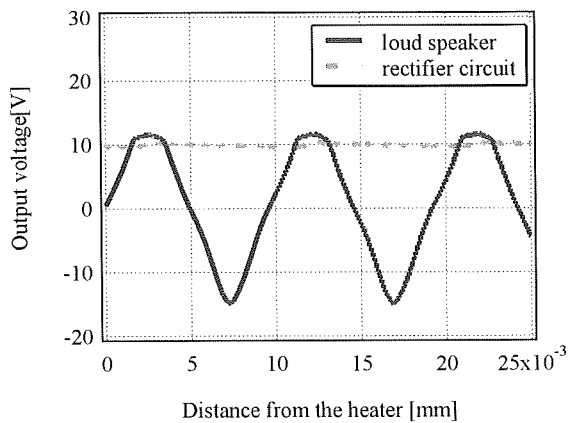


Fig. 4 Output voltage waveform in a prototype of thermoacoustic power generation system

4より、約10Vの直流電圧が発生していることが確認できる。また、回路の抵抗に流れる電流が約20mAであった。これらの結果より、本熱音響発電システムでは約200mWの電気エネルギーを生み出していると考えられる。

まとめ

熱音響システムにスピーカーを接続することにより、発電の可能性について考察を行った。その結果、約200mWの発電に成功し、熱音響発電システム実現への可能性を得た。

[今後の研究の方向、課題]

熱から音エネルギーへのエネルギー変換効率の上昇
熱音響システムに適した、音エネルギーを電気エネルギーへ変換するデバイスの開発
発電した電気エネルギーの充電方法についての検討

[参考文献]

- [1] S. Backhaus, and G. Swift: Nature, Vol. 399, pp. 335–338, May (1999)
- [2] T. Yazaki, T. Biwa, and A. Tominaga: Appl. Phys. Lett., vol. 80, No. 1, pp. 157–159, Jan (2002)
- [3] 坂本眞一, 渡辺好章: 日本音響学会講演論文集 (春季), pp. 1173–1176 (2006)
- [4] S. Sakamoto, T. Tsujimoto and Y. Watanabe: Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 43, No. 5 A, pp. 2751–2753 (2004)
- [5] 坂本眞一, 今村陽祐, 渡辺好章: USE 講演論文集 pp. 511–512 (2006)
- [6] T. Biwa, Y. Tashiro, H. Nomura, Y. Ueda, and T. Yazaki: J. Acoust. Soc. Am. 124 (3), pp. 1584–1590 (2008)

[成果の発表、論文等]

1. 北谷裕次, 坂本眞一, 小宮慎太郎, 渡辺好章: “太陽熱エネルギーを利用した熱音響発電の試み—熱音響システムの実用化に向けた基礎研究—”, 日本太陽エネルギー学会講演論文集, pp. 189–192, 日本太陽エネルギー学会2009年, 長崎 (2009) (2番目)
2. 北谷裕次, 坂本眞一, 堀田浩平, 渡辺好章: “熱音響現象を利用した熱から電気へのエネルギー変換の試み—熱音響発電システムの実用化に向けた研究—”, 平成21年 電気関係学会関西支部連合大会講演論文集, G 15–5, 電気学会関西支部連合大会, 大阪 (2009) (2番目)
3. 坂本眞一, 北谷裕次, 堀田浩平, 渡辺好章: “熱音響システムの実用化に向けて—熱音響発電システムについての基礎検討—”, 日本音響学会講演論文集, pp. 1499–1500, 日本音響学会2010年春季研究発表会, 東京 (2010) (1番目)