

多段熱音響機関の応用

Applications of Multi-stage Thermoacoustic Engines

○東海大工¹ ○長谷川 真也¹

Tokai Univ.¹, °Shinya Hasegawa¹

E-mail: s.hasegawa@tokai-u.jp

近年、化石燃料の消費低減や温室効果ガス排出の低減を目的とし、今まで十分に利用されてこなかった未利用熱の有効活用が求められている。未利用熱の中でも 300°C 以下の比較的低温の廃熱は潜在的に多く存在している。この低温廃熱を有効に利用する技術の開発は、持続可能な社会を実現するうえで重要な課題である。低温廃熱を有効利用する技術のひとつとして、熱音響現象を利用した種々のデバイスは有望であると考えられる。

熱音響現象自体は古くから研究が行われているが、「高効率な熱機関」としての可能性が示されたのは、1998 年の矢崎らの進行波型熱音響機関の実証からである^[1]。1999 年には Backhaus らによって進行波型熱音響機関の熱効率は 725°C で 30% に達することが示された^[2]。その後も様々な応用研究が行われ、2011 年には Tijani により、600°C で熱効率 30% に達する進行波型熱音響機関が報告されている^[3]。ただし 2010 年以前は、進行波型熱音響機関の動作域は比較的高温であることが多く、低温廃熱の有効利用という面では、適用が困難であった。

2010 年代に入り、琵琶らは複数の熱音響コアを利用する進行波型多段熱音響機関を用いることで、動作温度を 100°C 以下まで低減することに成功した^[4]。Kees de Blok も四つの熱音響コアをループ内に対象に配置した進行波型多段熱音響機関を用いることで、100°C 以下の低温動作を実現している^[5]。著者らも進行波型多段熱音響機関を応用し、進行波型多段熱音響機関によって動作する進行波型熱音響冷凍機（熱駆動のクーラー）を構築している^[6]。この装置では 300°C 以下の温度で -100°C 以下の冷凍を実現している。

進行波型多段熱音響機関は、低温動作だけではなく、分散廃熱の回生や廃熱の多段階利用にも活用することができる。著者らは 8 個の熱音響コアを伝達マトリクスから得たインピーダンスによりマッチングすることで直列接続し、入力音響パワーを 100 倍以上に増幅した^[7]。このデバイスは本質的に無数のコアを連結可能であるという性質を有するために、分散廃熱の回生を集約して回生することや、廃熱の多段階利用に利用することが可能である。講演では以上のように進行波型多段熱音響機関に関する最新の研究紹介に加え、進行波型多段熱音響機関を用いた実際の廃熱回生システムを紹介する。

References

- [1] T. Yazaki, A. Iwata, T. Maekawa, A. Tominaga, Phys. Rev. Lett., 81, 3128- 3131 (1998).
- [2] S. Backhaus, G. W. Swift, Nature, 399, 335-338 (1999).
- [3] M. E. H. Tijani, S. Spoelstra, Journal of Applied Physics, 110, 093519 (2011).
- [3] T. Biwa, D. Hasegawa, T. Yazaki, Appl. Phys. Lett., 97, 034102 (2010).
- [4] K. de Blok, FEDSM-ICNMM2010-30527, 73-79 (2010)
- [5] E. M. Sharify, S. Hasegawa, Applied Thermal Engineering, 113, 791-795 (2017).
- [6] M. Senga, S. Hasegawa, Journal of Applied Physics, 119, 204906 (2016).