

未来博士工房 成果報告会

熱音響現象を利用した発電に関する研究

Power generation method using thermoacoustic phenomenon

電気エネルギー環境工房

電気工学科 3年

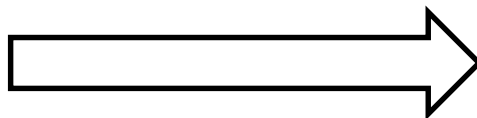
中村祐貴

研究背景・・・熱音響現象を利用した発電

☆工場からの廃熱の利用



熱音響現象の利用



熱エネルギーから
音響エネルギーへ変換



音響エネルギーから
電気エネルギーへ変換

廃熱を利用するため、環境問題に有効である。

研究目的・・・

熱音響発電の問題点・・・

☆熱音響現象の発生する温度は、500～700℃であるが、工場の廃熱は100～300℃、家庭では100℃以下と低い。

☆家庭レベルで実現するには、装置が大きく、コストもかかり、現実的ではない。

本研究の目的・・・

熱音響発電を家庭レベルで実現する

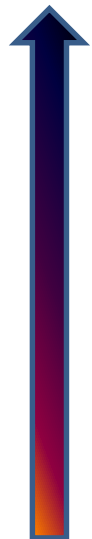
☆100℃以下で動作させる。

☆手で持てるコンパクトな大きさにする。

☆数百円の低コストで実現する。

熱音響現象の発生原理①

低温度
(室温15度)

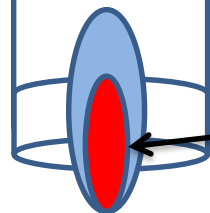


高温度
(数百度)

ステンレス
メッシュ



円筒管
(音響管)

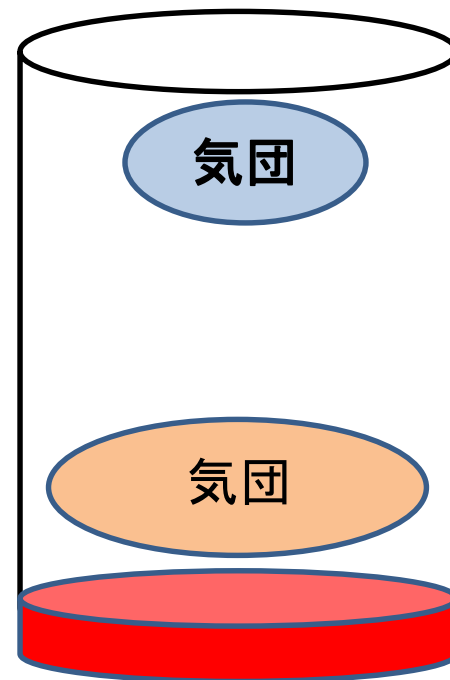


バーナー

低温度
(室温15度)

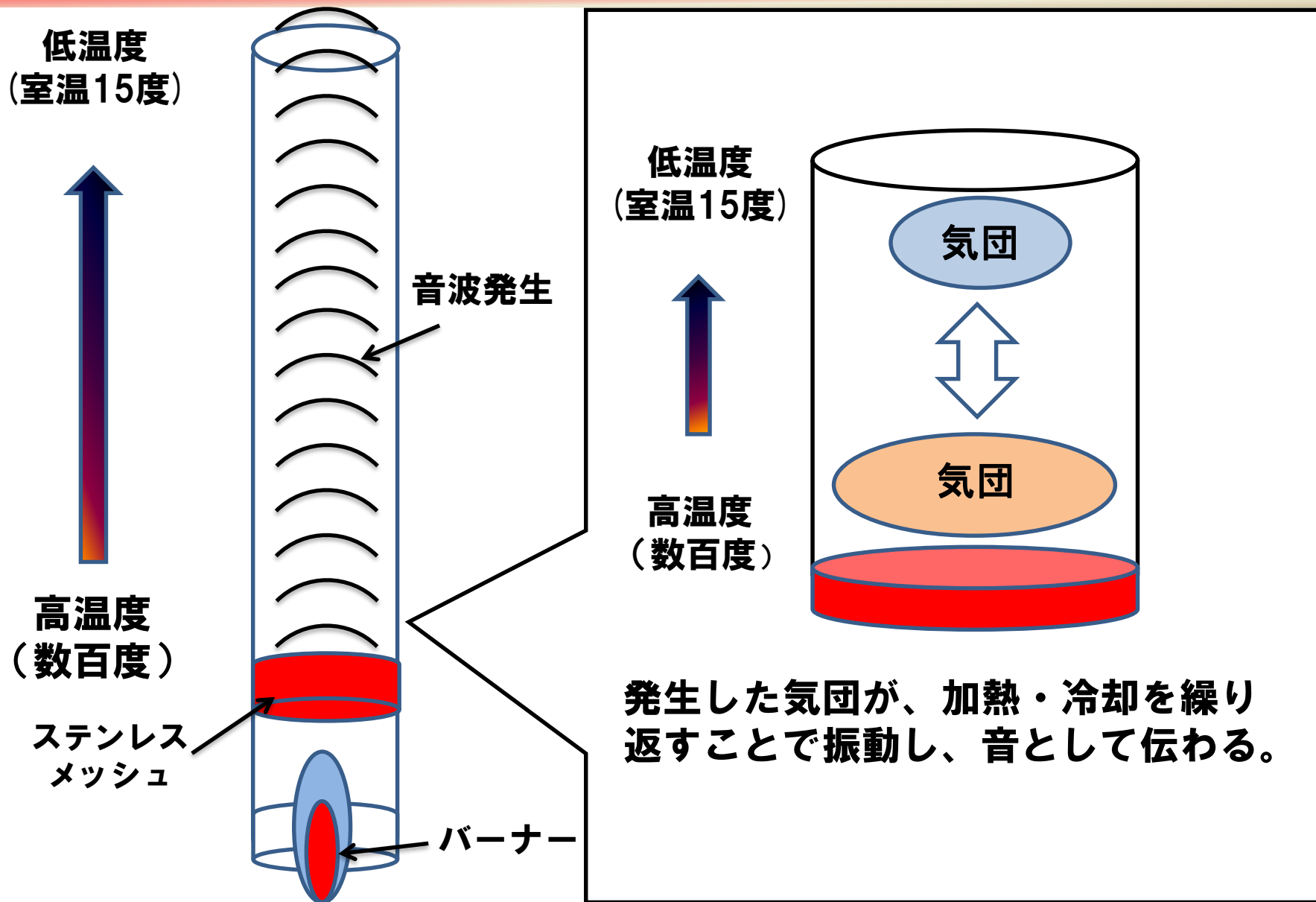


高温度
(数百度)



発生原理図

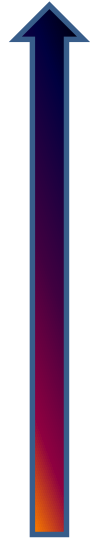
熱音響現象の発生原理②



発生原理図

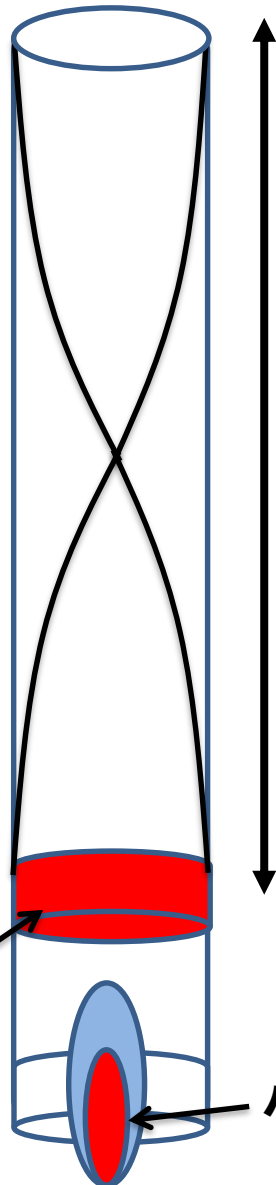
熱音響現象の発生原理③

低温度
(室温15度)



高温度
(数百度)

ステンレス
メッシュ



バーナー

発生する音波は、音響管内で半波長共振となる。

長手方向が、半波長となる周波数の音波が発生する。

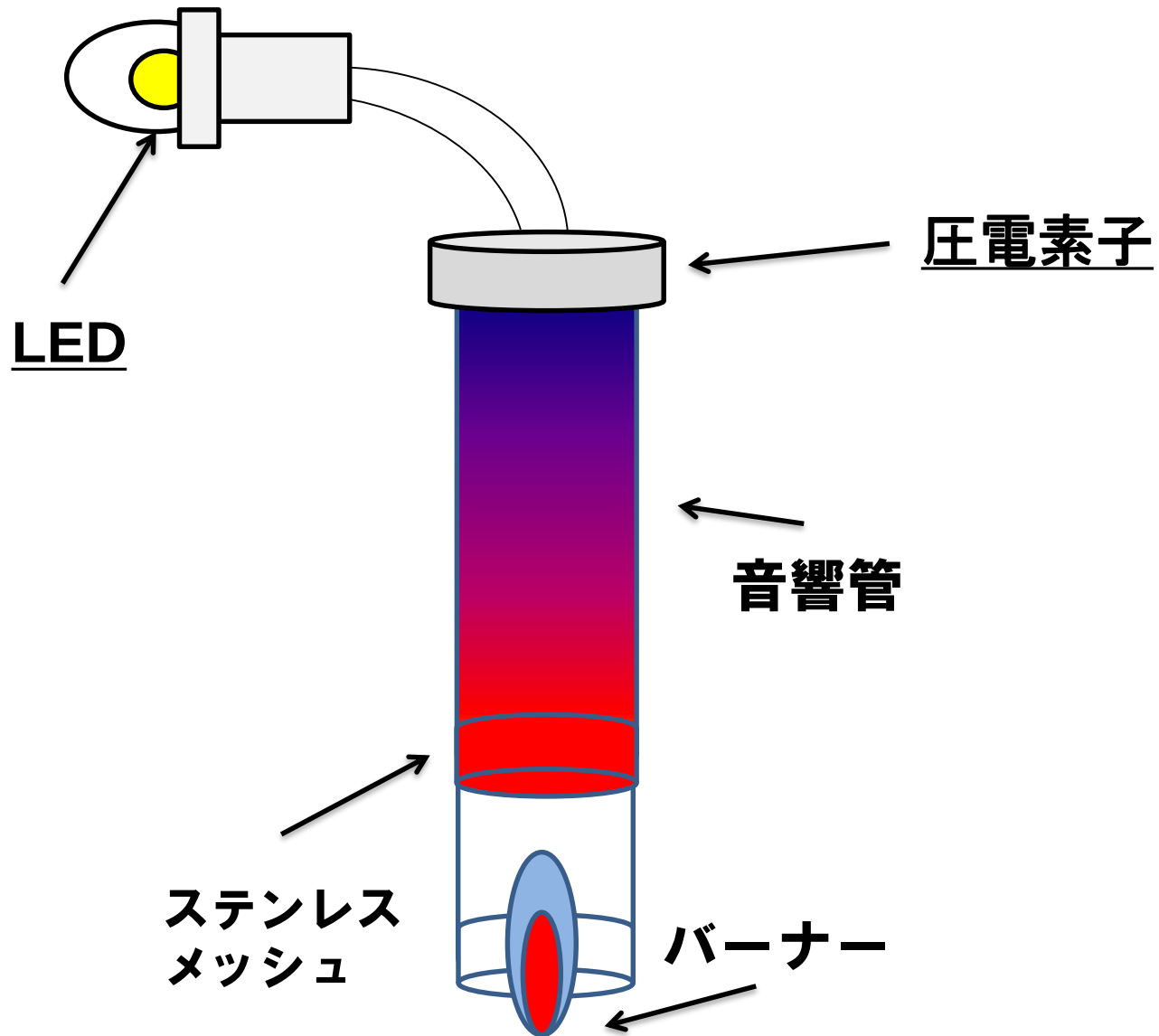
$$l = \frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore f = \frac{v}{2l}$$

λ : 音波長、 v は音速、 l は音響管の長手方向長さ、 f は周波数

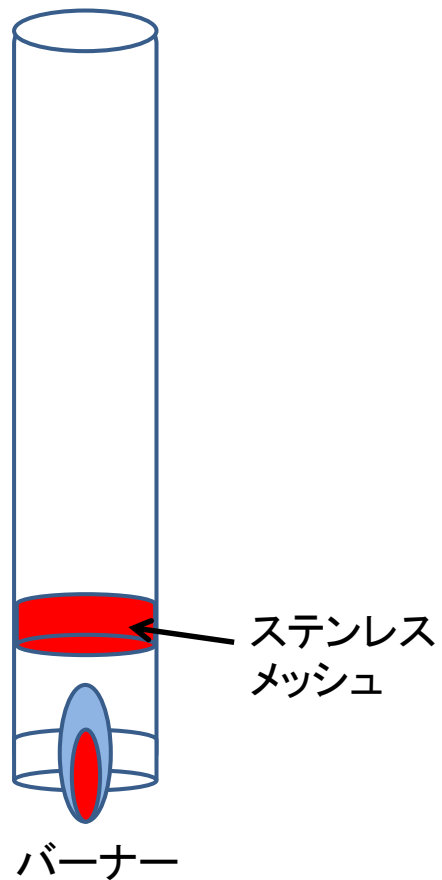
発生原理図

熱音響現象を利用した発電の一例



発電原理の一例

熱音響現象の確認実験・・・実験方法



実験装置概要図



加熱の様子

熱音響現象の確認実験・・・実験結果



アクリル管の外観

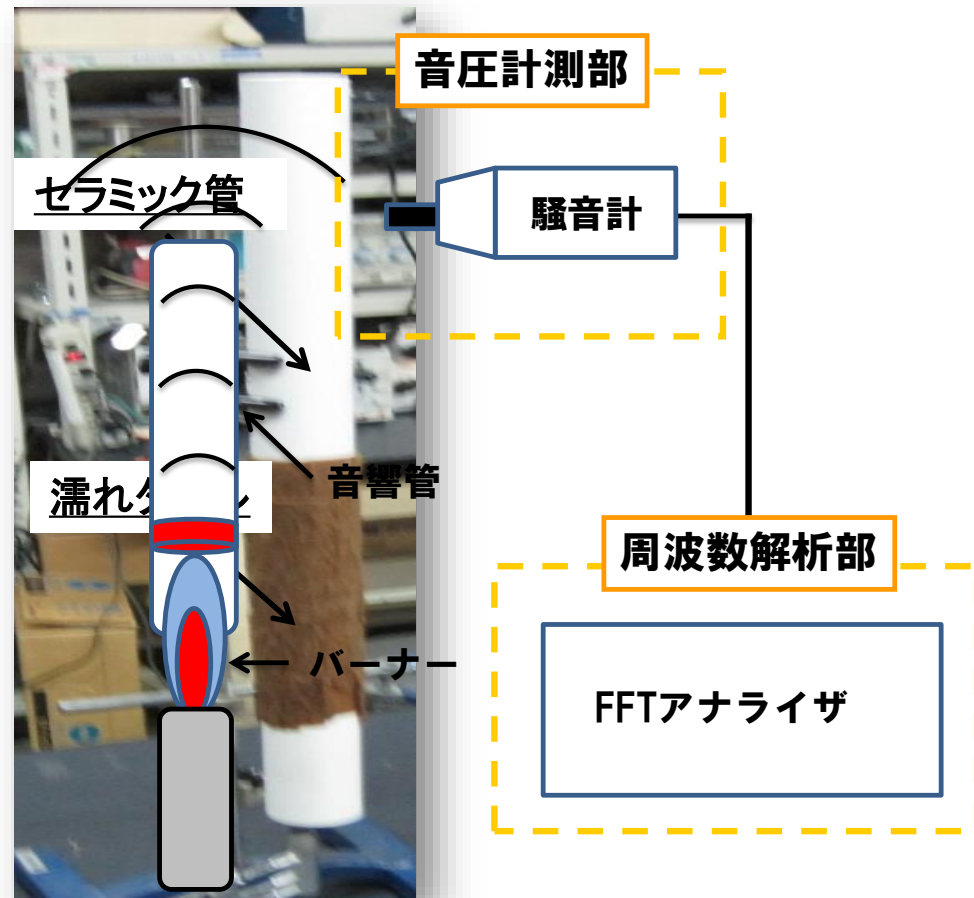


アクリル管の溶融部
(ステンレス収納部)

☆音の発生は確認できた。

☆アクリル管が加熱時に外壁が溶融(耐熱85℃～135℃)した。

熱音響現象の確認実験・・・実験装置の改良



実験装置(音波計測装置)のブロック線図

- ☆高温加熱に耐えられるようにセラミックス管(耐熱2000℃)に変更。
- ☆効率良く音が発生するように、濡れタオルを管の下部に配置。
- ☆発生した音の周波数の測定。

熱音響現象の確認実験・・・実験結果



熱音響現象の確認実験・・・実験結果



アクリル管の外観



セラミック管の外観

表1 周波数と音響管の長さの関係

	アクリル 250[mm]	セラミック 550[mm]
理論値	680[Hz]	309[Hz]
計測値	600[Hz]	300[Hz]

熱音響管の小型化の検討・・・小型音響管の試作

☆音響管を試験管に変更

⇒安く入手でき、取り扱いやすい。

☆ステンレスメッシュからステンレスウールに変更

⇒熱源を熱しやすくするため、よりメッシュが細かく通気性が良いウールを採用し、熱音響現象を発生しやすくした。

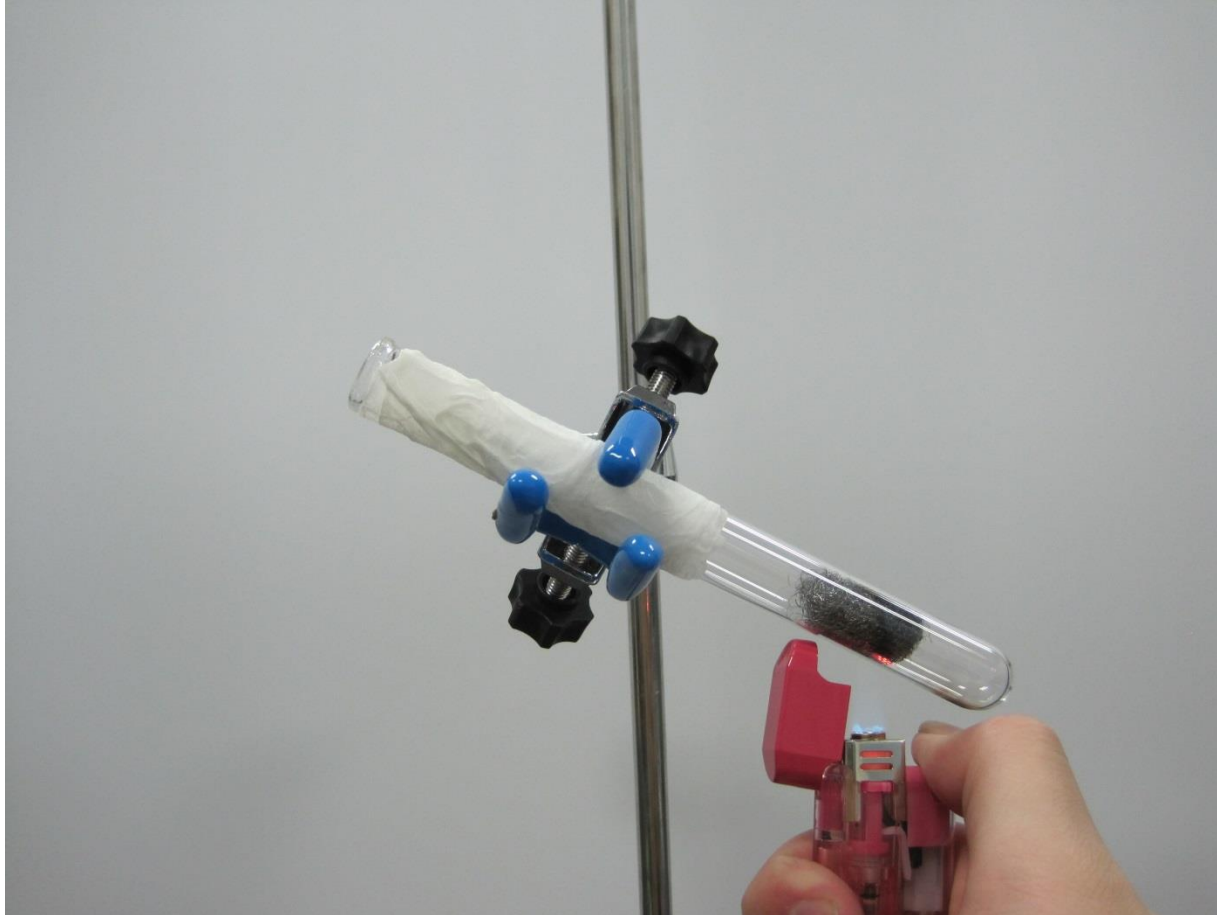


上記の構成で全体で約100円の低コスト



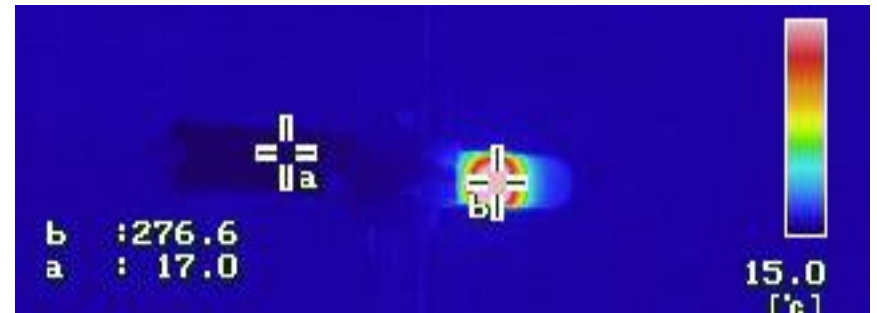
小型化した音響管の外観

熱音響管の小型化・・・音の発生



小型化した熱音響管での実験の様子

熱音響管の小型化・・・音の発生

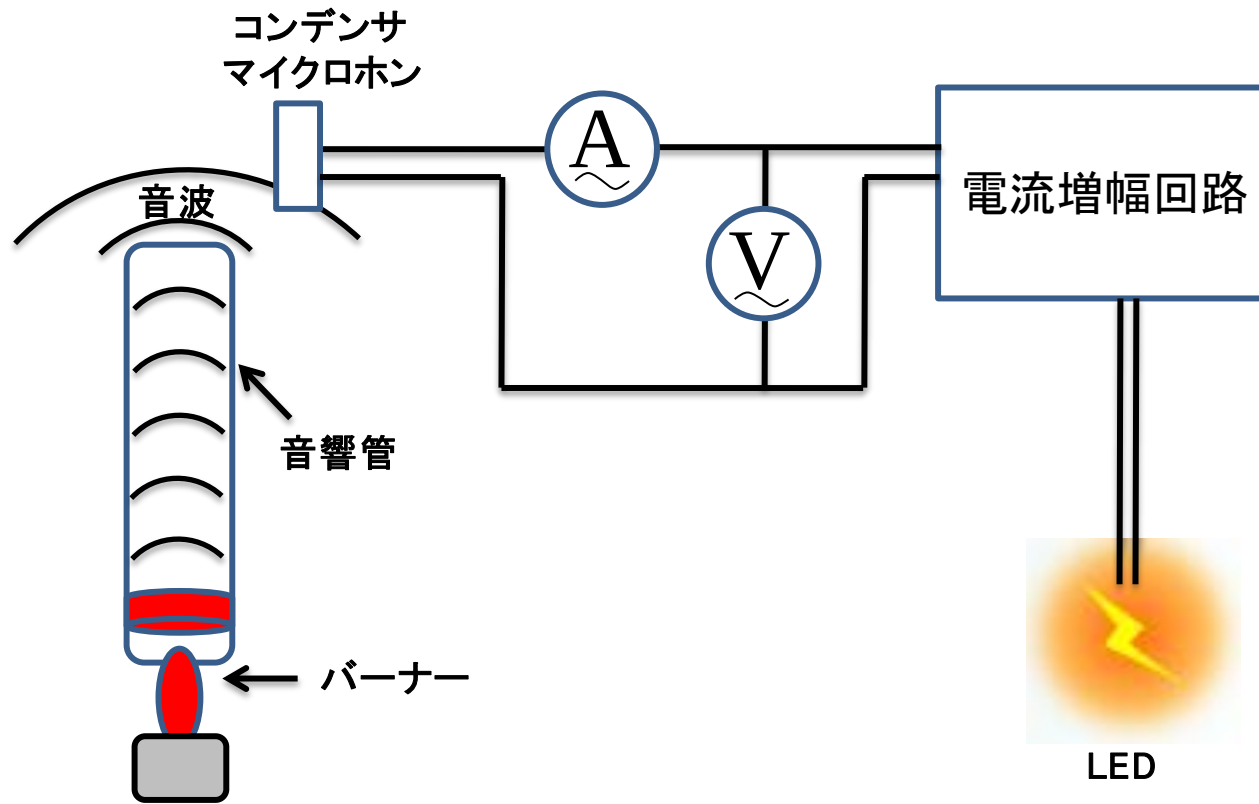


音波発生時の音響管内の温度分布

☆市販ライターによる加熱でも音波が発生した。

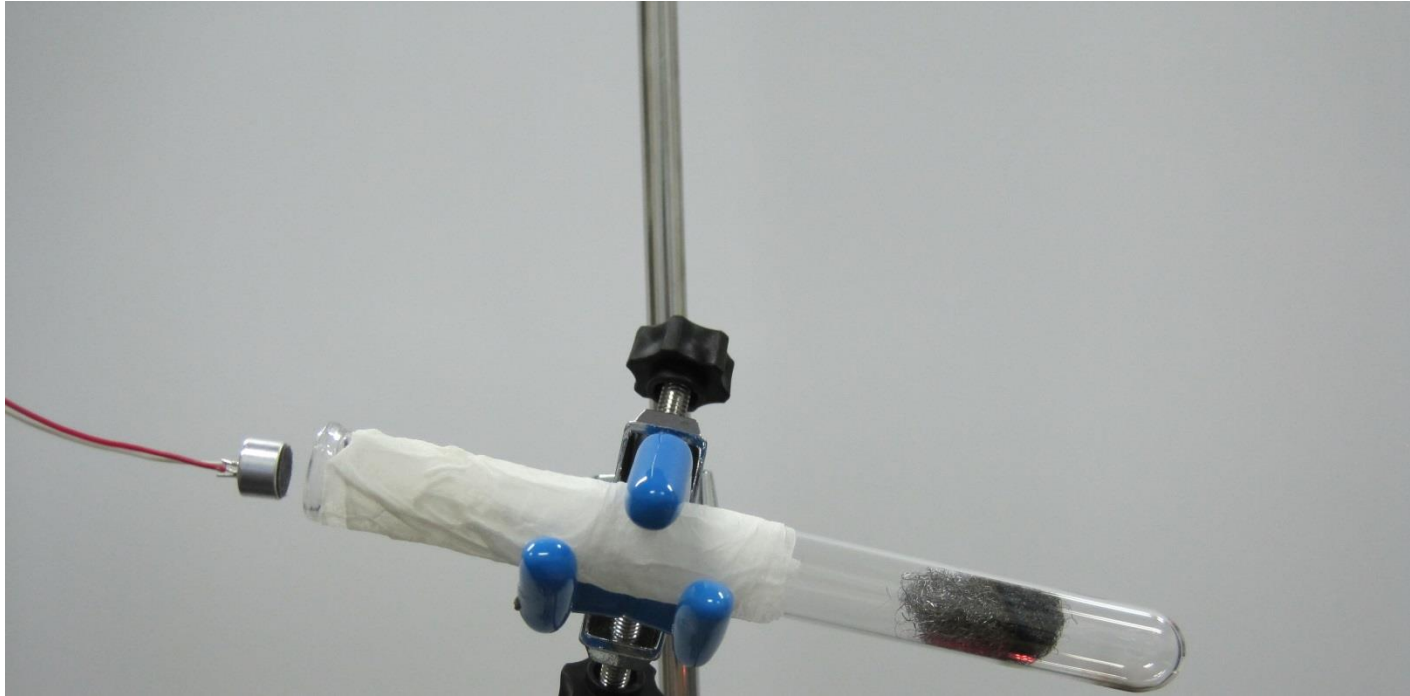
☆音波発生時の温度は約280℃と比較的低い温度であった。

熱音響管の小型化の検討・・・発電実験



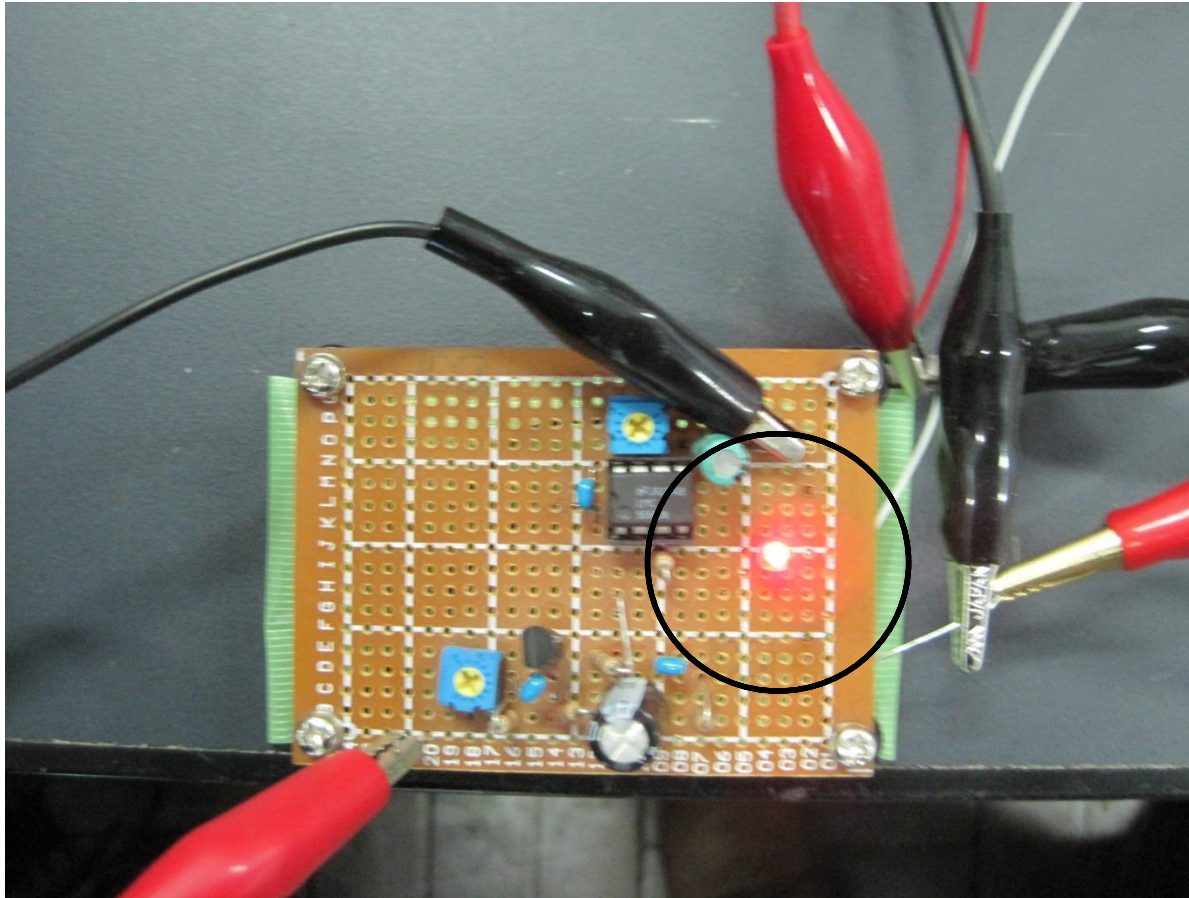
熱音響発電確認装置

熱音響管の小型化の検討・・・発電実験風景



発電実験風景

熱音響管の小型化の検討・・・発電実験結果



LED点灯の様子

☆電圧は0.88V、電流は200 μ A、電力は0.167mW発生した。

⇒非常に微小であるが、電力の発生が確認できた。

まとめ

熱音響現象を用いた発電を、家庭レベルで実現するために100℃以下で動作し、コンパクトかつ低コスト(数百円程度)の発電装置の開発の基礎検討を行った。

☆手で持てるサイズの熱音響管においても音波が発生した。

☆音波が発生した温度は、約280℃であり、工場廃熱温度(100～300℃)の範囲内であったが家庭の廃熱温度(100℃以下)に到達しなかった。

☆試作価格約百円であり、低コストを達成できた。

☆発生電力は0.17mWと非常に微小であった。

今後の予定

☆100℃以下での音波発生を目指す。

☆電力への変換効率を上げる。

御清聴ありがとうございました

補足

再生エネルギーについて

☆近年、再生エネルギーの需要が高まっている。

・太陽光発電・・・太陽のエネルギー



・地熱発電・・・地面の熱（火山など）



・風力発電・・・風のエネルギー



・潮流発電・・・潮の流れ



熱音響現象を利用した技術

☆スターリングエンジン



☆波動エンジンを用いた発電 (熱音響機関)



☆ループ管を用いた冷凍機



☆利点

- ・稼働部を持たないため、比較的簡単な構造である。
- ・外燃機関のため、太陽光や廃熱などのエネルギーが利用できる。
- ・エネルギー変換を利用すれば冷凍機も再現できる。