

強力超音波による木材の加熱 -内部温度の検討- *

日大生産工(院) ○森雅彦 日大生産工 大塚哲郎

1 はじめに

食害虫によってもたらされる被害 [1] は、火災や、地震、台風などのように瞬間的に大きい被害ではないため、あまり関心を引くことがないので気づきにくい、これらの被害は潜在的に非常に大きいものである。この被害を軽減させるため食害虫を駆除をする必要があるが、薬などを使用すると人体に影響があるものが多く、適切であるとは言えない。

そこで、著者らは木材に伝搬する超音波振動エネルギーが熱エネルギーに変換されることを利用し、食害虫の駆除を検討している。

今回は、駆除に用いる超音波ホーンの先端面積を変化させることにより、木材の表面と内部温度分布を測定し、効果的な加熱方法を検討したので報告する。

2 超音波放射用ホーン

本実験では、木材中に強力超音波を集中的に放射させるため、フランジ付きエクスポネンシャルホーンを設計した。Fig.1 に設計した2種類のホーンを示す。

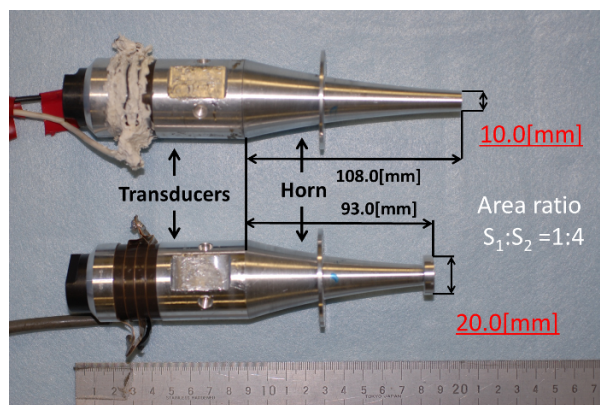


Fig. 1 Horns

ホーン先端直径を 10[mm] と 20[mm] で、駆動面積 1:4 とし、設計は COMSOL 社製 Multiphysics を用いて周波数 26[kHz] で振幅分布の解析を行い、ジュラルミンから旋盤加工した。以後、10[mm] と 20[mm] のホーンを S_1 と S_2 と表記する。

3 実験方法

ホーンの先端を Fig.2 のように木材に密着させ、超音波を放射させて、表面の温度分布をサーモグラフィー (TVS) で測定し、合わせて内部温度を熱電対 (K タイプ) で測定した。ホーン先端の振幅分布は光学的測定法であるフォトニックスensorを用いて測定し、そこから各ホーンの入力電力における振動速度を算出し、振動速度を約 0.5[m/s] 一定とした。このときの電力は S_1 と S_2 のどちらも 25[W] である。また、ホーンに荷重をかけるとエネルギーが伝播しやすいため [3]、ホーンに単位面積当たりの圧力が等しくなるよう荷重を加えて実験を行った。

なお実験の測定時間は、超音波を照射してからの 9 分間と、照射を止めてから 3 分間を測定した。

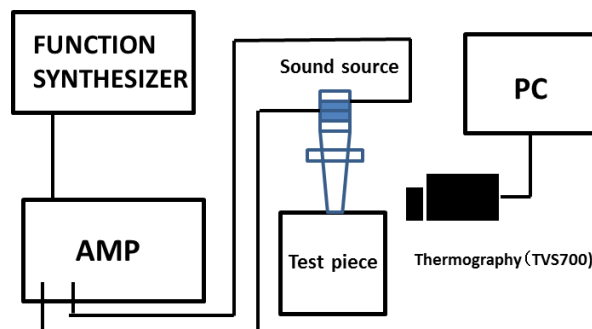


Fig. 2 Block diagram

4 表面温度とホーン直下の内部温度

実験に使用した木材を Fig.3 に示す。木材は杉角材を使用し、密度 $\rho=0.3[g/cm^3]$ 、ヤング率 $E=1.3 \times 10^{10}[Pa]$ である。木材に直径 2[mm]、深さ 30[mm] の穴を 5 つあけ、その穴に熱電対 (K タイプ) を挿入し、9 分間超音波を照射して測定を行った。



Fig. 3 Square timber cedar

* Ultrasonically assisted heat transfer in square timber cedar
by Masahiko Mori and Tetsuro OTSUKA (College of Indust.Tech.Nihon University)

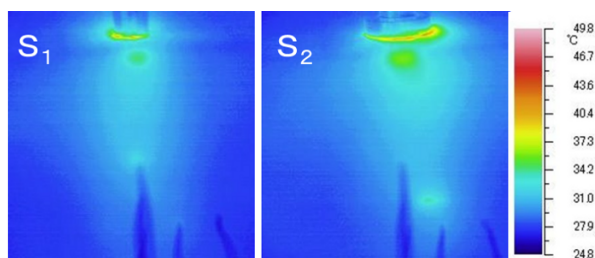


Fig. 4 Temperature distribution

Fig.4 は表面をサーモグラフィー (TVS700) で測定した結果で、測定開始から 9 分後の様子である。 S_1 より S_2 が温度分布が全体に広がっていることがわかる。

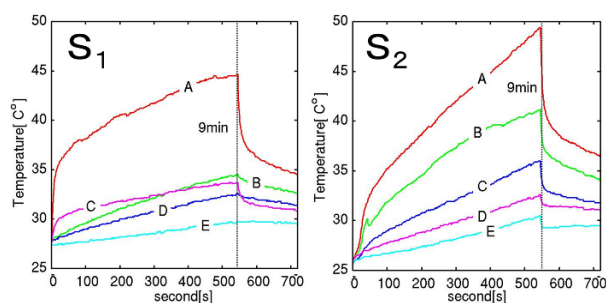


Fig. 5 Internal Temperature

内部の温度 (Fig.5) は熱電対により 12 分間測定したときのグラフで、 S_1 では A 点のみ著しく高く、 S_2 では A 点と B 点で温度が高い結果となった。

5 表面温度と内部温度

前述の実験ではホーン直下の温度を測定したが、次に離れた点における温度の差異を測定した。測定図を Fig.6 に示す。

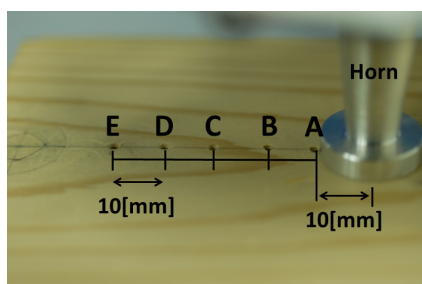


Fig. 6 Square timber cedar

ホーンの中心から穴までの距離を 10[mm] とし、穴と穴の距離を 10[mm] としている。サーモグラフィーの結果では、Fig.7 を見ると、表面の温度分布は S_2 は S_1 より Fig.8 は測定時の内部温度のグラフであるが、測定開始から 9 分後では S_2 の温度が A 点 B 点で高温であるのに対し、 S_1 では A 点のみ高温である。

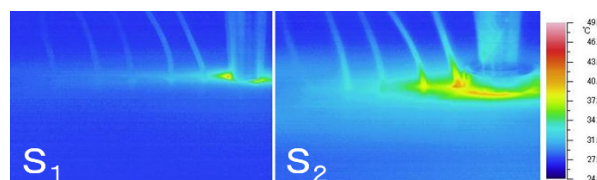


Fig. 7 Temperature distribution

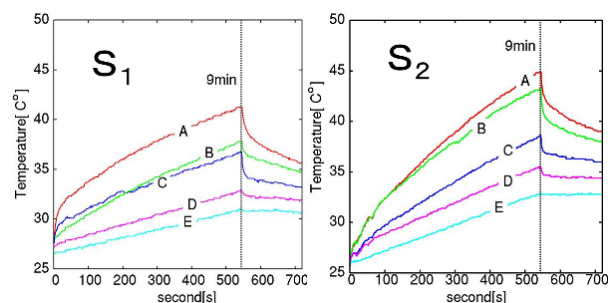


Fig. 8 Internal Temperature

6 まとめ

害虫駆除を目的とする上で温度測定は大変重要である。表面温度はサーモグラフィーで可視化することにより視覚的にもわかりやすいが、内部は可視化することはできないため熱電対を用いた測定を行った。駆動面積を変化させた場合の表面温度と内部温度は、ホーン直下では両ホーンともに内部温度が高温になる傾向があるが S_1 は直下から A 点のみ高温となったが S_2 では B 点まで効果が期待できた。表面温度は温度に差はないものの S_2 の伝播が広域であった。ホーンから離れた穴に対しては、 S_2 は S_1 より高温にすることができ、広域の伝播が可能である。また、表面温度は直下の測定時と同様に S_2 が広域であった。、以上のことから駆動面積を変化させると、木材の温度分布に影響を与え、加熱範囲を変化させることができる。

今回の研究および以前の研究結果から、超音波を 9 分間照射しているが、照射し続けることや、圧力のかけ方 [3] により木材の形状を維持できなくなるといふデメリットが生じるため、最適な温度上昇と圧力を検討する必要がある。

参考文献

- [1] 有害生物防除事典 谷川 力, 富岡 康浩, 池尻 幸雄, 白井 英男, 吉良 誠 pp62-67
- [2] 森、大塚:2011 年度日本音響学会秋季研究発表会 2-P-20
- [3] 鈴木、大塚:2009 年度日本音響学会秋季研究発表会 1-Q-10