

周波数の差異による木材への強力超音波の放射について*

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は、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。そこで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、薬剤などを使用すると人体や公害などの観点から多くの問題があり、適切であるとは言えず、その他の防除法も積極的な防除法ではないため、これらの影響が少ないものが望まれる。また、輸入木材など加工された木材中に潜んでいる害虫を駆除する際に、木材自体の特性や形状を大きく損なわずに駆除することが望ましい。そこで著者らは超音波を利用し、食害虫の駆除を検討している。食害を行う害虫は40～50で30分の加熱を行うことで駆除できると言われている。[1]

今回は木材中に伝播する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て、異なる周波数の振動エネルギーが木材に対してどのような影響があるのかを検討したので報告する。

2 超音波放射用ホーン

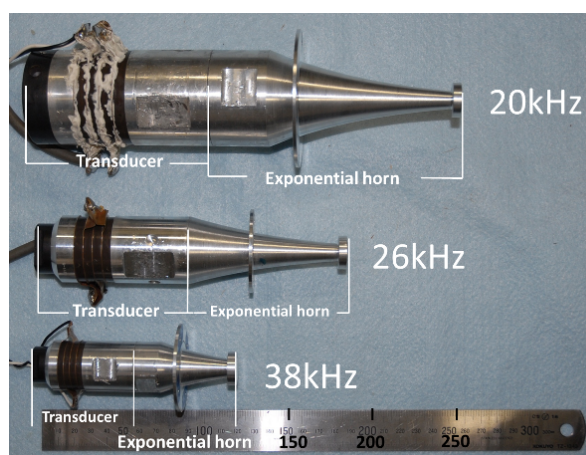


Fig. 1 Ultrasound source for frequencies at 20kHz, 26kHz and 38kHz

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、振動子(ボルト締めランジュバ

ン型振動子)から放射されるエネルギーを集中させる超音波ホーンを用いた。使用した音源(エクスポネンシャルホーン)をFig.1に示す。今回使用した周波数は3つで駆動周波数は、20kHz、26kHz、38kHzとし、木材に密着する部分の駆動直径を20mmで統一し、振幅解析を行いエクスポネンシャルホーンを設計した。このホーンを使用し、ホーン先端を木材に圧着し強力超音波を放射し続け、木材の温度を測定した。

3 実験方法

まず前述のエクスポネンシャルホーンの振幅分布を光学的測定法であるフォトニックセンサーを用いて測定し、そこから各ホーンの振動速度を算出した結果をFig.2に示す。この図から各ホーンの振動速度を設定した。次にホーンに荷重を加えることにより振動エネルギーが伝搬しやすい[2]ので各ホーンの自重に荷重を加え、重さを統一した。これらにより、木材にかかる力や振動速度、圧着面積を等しくした。

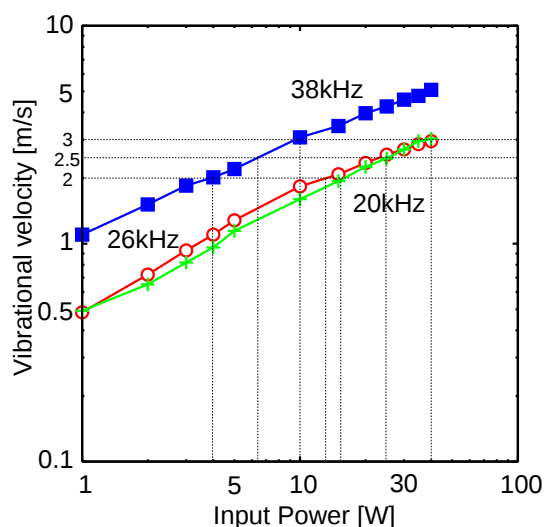


Fig. 2 Characteristics of Input power vs, Vibration velocity at 20kHz, 26kHz and 38kHz

ホーンを木材に圧着し、温度の測定は表面温度をサーモグラフィー(NEC R300)で行い、内部温度は熱電対(K Type)を使用した。実験のブロック図をFig.3に示す。

* About radiation of the strong ultrasonic wave to the wood by the difference in frequency by Masahiko Mori and Tetsuro Otsuka(College of Indust.Tech.Nihon University)

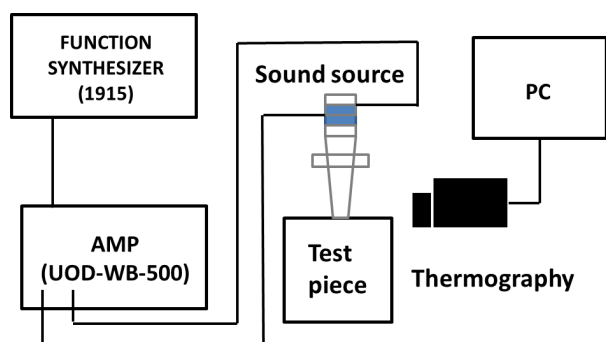


Fig. 3 Block diagram for this experiment

4 使用した木材

今回実験で使用した木材を Fig.4 に示す。Fig.4 の A=角材、B=板材、C=丸材である。木材は異方性の強い材料であり、多孔質であるため非常に水分を含みやすく、その物性や材料としての特性は含水率に大きく依存することが多い。Table.1 に表記した物理定数 [3] は木材のおおよその値である。初期含水率 180%としているが実験時は伐採されてから時間が経過しているため十分に乾燥されたものである。実際に害虫が木材に侵入したときの経路の温度伝搬を確認するために加害された木材 (Fig.4 B,C) も使用した。

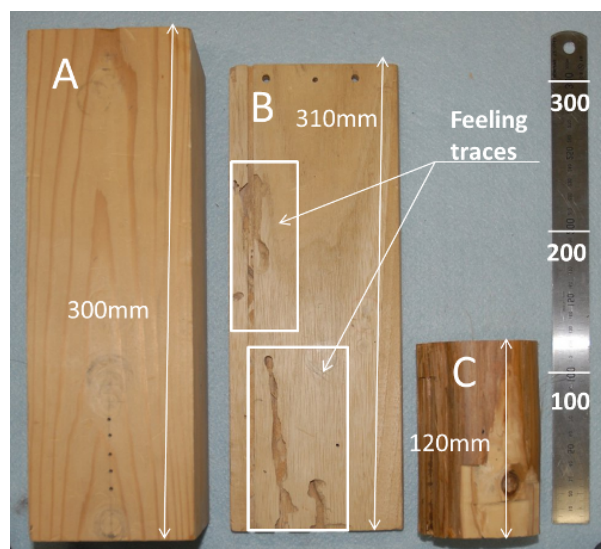


Fig. 4 Test piece(A=Cedar,B=Board,C=Log)

Table 1 Wood physical constant

Young's modulus [Pa]	1.3×10^{10}
Density [kg/m ³]	0.3
Sound velocity [m/s]	2100
Initial moisture content [%]	180

5 木材表面の温度測定

5.1 角材の場合

Fig.4 の杉角材に対する強力超音波の放射を行った。Fig.5 (A)にあるように 98mm の木材に同図 (B) のように木材端にホーンを圧着し、9 分間の測定を行った。各ホーンに 7kg の荷重を設定し、振動速度 2m/s として実験を行った結果 Fig.6 を得た。温度分布が一番広範囲に及んでいるものが 26kHz である。20kHz と 38kHz では伝搬範囲が弱く温度も低いことがわかる。同振動速度では 26kHz が最も伝搬効率が良い。

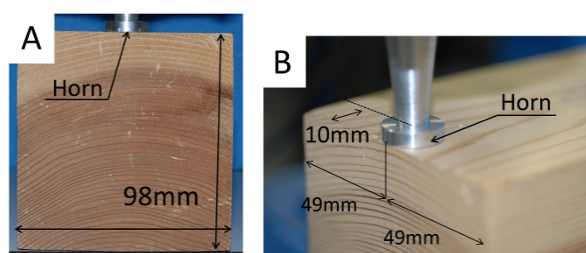


Fig. 5 Test piece

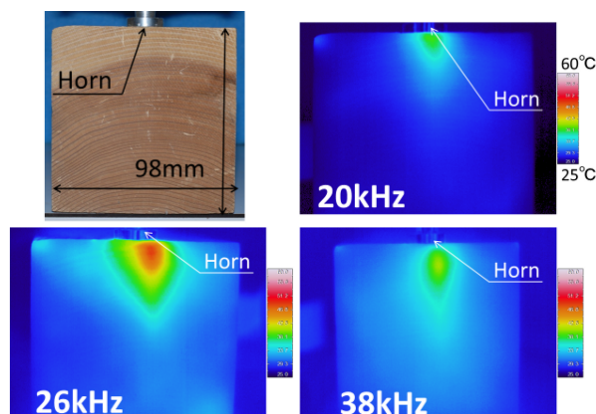


Fig. 6 Temperature distribution

Fig.7 は木目が縦に入ってる場合、木目方向に温度が伝搬されていることが結果より確認され

たが、20kHz では効果が弱いことも今回の結果より示された。26kHz と 38kHz では木材の年輪（硬い層）部分では温度が伝搬しずらくなっており、間の層に温度が伝搬されており、それによって木目に沿って伝搬しているのだと予想される。縦に木目が入ってる状態でも同振動速度の場合 26kHz が最も伝搬されていることが確認できた。

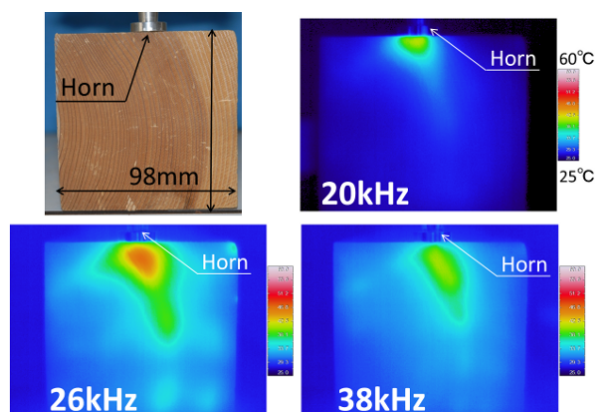


Fig. 7 Temperature distribution

5.2 板材の場合

次に実際に加害された板材に対しての実験を行った。杉角材に比べ荷重をかけなくとも温度が伝搬しやすいため今回はホーンの重量は 5kg とし、振動速度を 2m/s に設定し、強力超音波を 3 分間放射した。Fig.8 は害虫によって加害された

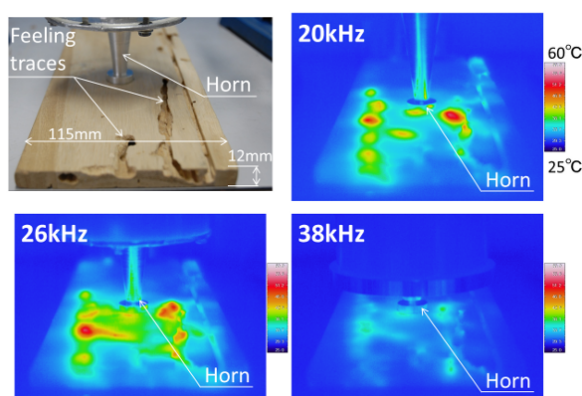


Fig. 8 Temperature distribution

面に対し放射したもので、加害された痕や傷のある箇所温度が上昇していることが確認できる。それぞれの周波数で見ると 38kHz のみが伝搬が弱く、温度上昇もあまり見られない。加害さ

れた面に対しての放射は 20kHz と 26kHz で伝搬効率が良い。

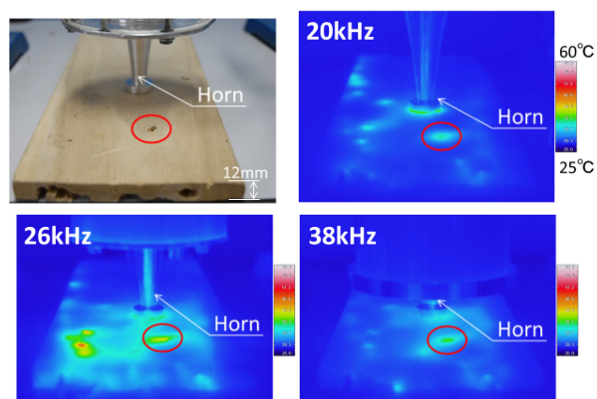


Fig. 9 Temperature distribution

Fig.9 は加害された痕の裏面に対しての結果である。赤丸には傷がありその部分で発熱が起きている。また、裏面測定時は木材の内部に加害された痕や傷があり、その部分の温度変化が顕著に表れていることが今回確認できた。これにより木材内部の探傷が行える可能性も示された。

5.3 丸材の場合

害虫によって加害されている丸材に対しての強力超音波の放射を行った。条件はホーンの重量を 5kg とし、振動速度を 2.5m/s、測定時間は 9 分間である。

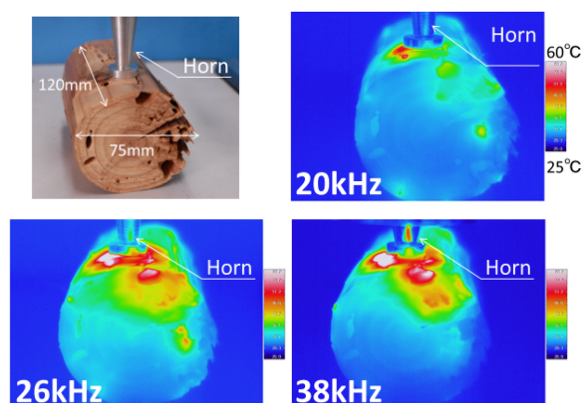


Fig. 10 Temperature distribution

Fig.10 はホーンに近い面の結果である。それぞれの周波数で比較すると、26kHz と 38kHz では分布は似ており、ホーン付近の温度が高い。しかし、20kHz では 26kHz と 38kHz よりも伝搬が

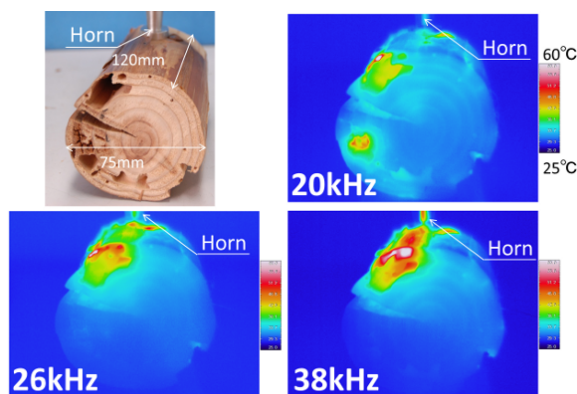


Fig. 11 Temperature distribution

弱く温度も低い。Fig.11 は Fig.10 の反対方向から見た結果である。今回伝搬が著しかったのは 38kHz で次いで 26kHz、そして 20kHz の順であった。Fig.10 と Fig.11 の結果からこの丸材に対しては 26kHz と 38kHz で伝搬効率が良かった。

6 木材内部の温度測定（角材）

前実験はすべて木材の表面の測定なので、害虫が木材内部に存在する場合、内部の温度がどのように変化しているのかを測定する必要があるため、熱電対を用いホーン直下の温度を測定した。各周波数で振動速度を 3m/s として 9 分間と放射を止めたときの 3 分間を合わせて測定した。

実験風景を Fig.12 に示す。Fig.12 (a) のようにホーンを木材端から 30mm 離し、同図 (b) のように熱電対挿入用に深さ 30mm、直径 2mm の穴を 10mm 間隔であけ、5 本の熱電対を挿入している。Fig.13 は Fig.12 の熱電対用にあけた穴の A 点における各周波数の温度上昇のグラフである。Fig.13 から内部においては、26kHz の温

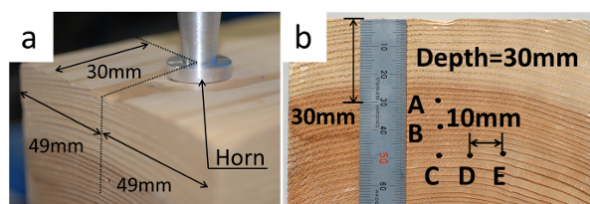


Fig. 12 Test piece

度が最も高く、熱が伝搬している。この内部の温度測定時の電力に着目すると、26kHz と 20kHz では 40W、38kHz は 10W で同振動速度となっており、20kHz ではより高い電力が必要であるが、

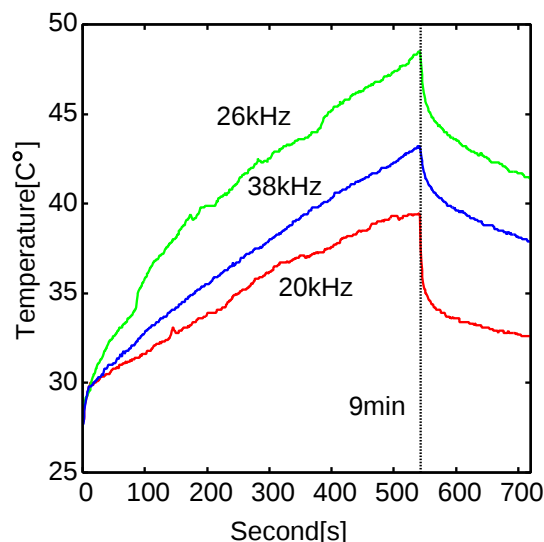


Fig. 13 Temperature rise inside the wood

38kHz では他の周波数と比べても低電力で木材内分が高温となっているため、38kHz では低電力による加熱の可能性が示された。

7 まとめ

強力超音波を木材中に放射することによって木材が発熱するが、音源の周波数を変化させたときの木材への影響は、今回の結果から、20kHz は他の周波数より電力を使用することにより効果が期待できる可能性があるが、問題点として、大電力かつ大型になってしまう。26kHz では、どの木材を使用しても発熱効率に優れており、内部温度の上昇も著しい。38kHz では低電力による発熱が可能であり、小型で低電力化が期待できる。

実際に害虫に対して実験を行う場合、どの位置に害虫がいるのか不明であるが、木材内部の傷を探知することができる点や、木材内部の温度は害虫を駆除することができる温度（40～50度）まで加熱することが可能となったので、この方法により害虫を駆除することは十分に可能である。

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 P62-67
- [2] 鈴木、大塚：2009 年度日本音響学会秋季研究発表会 1-Q-10
- [3] 日本木材学会編：木材の物理 P11