

## 自動枝払い機による作業 (II)

林内における騒音の伝播と評価

伏見 知道\*・渡部 桂\*\*・江崎 次夫\*\*\*

### Pruning Operation by Sachs Tree Pruning Machine (II)

Propagation and evaluation of noise in forest

Tomomichi FUSHIMI, Katsura WATANABE and Tsugio EZAKI

**Summary:** With Sachs tree pruning machine (T.P.M.) the noise levels were measured at the level equivalent to the operator's ear when he is pruning in forest, engine revolution at the time being 4000 and 7500 rpm (racing) in order to clarify the nature of the propagated noise of T. P. M. and also to make evaluation of noise in term NR number and in tolerance criterion of ISO ('67) and other's with respect to conservation of operator's hearing.

When T. P. M. was set to trunk at 1.3m height from ground level the noise levels of T. P. M. at 4000 and 7500 rpm engine speed were within the range of 95-103 dB-A and 95-107 dB-A respectively.

The propagated noise has sharp directivity by the influence of trunk set the T. P. M. in the neighbourhood, but the difference of noise levels based on directivity between every directions become small according to increase of distance propagated. When the T. P. M. is climbing the propagated noise show such damped oscillation that the high and low levels appear alternately and their difference of levels become small by degree.

The inverse square rule on propagation of sound from a point source applied approximately to the noise of T. P. M. in each direction, because there were influence of topography, trunk and crown.

When the T. P. M. is climbing, at just under the machine the noise reflected by the crown of climbing tree was added to the propagated noise. The inverse square rule with respect to oblique distance from T. P. M. to operator was recognized in attenuation of noise propagated against to each direction with climbing, and also the attenuation by crown was clearly recognized.

The sharp attenuation of high frequency components according to increase of distance propagated was cleared by frequency analysis in every situation of operator.

N numbers at 7500 rpm and 4000 rpm engine speed were 105 and 95 respectively at 0.5m distance, but at 3m distance from tree set T. P. M. N numbers were 90 and 75 respectively. And then, according to the tolerance criterions of ISO ('67) and other's, the operator is only permitted the continuous exposure of about 40 minutes per a day at 0.5m distance, but at 3m distance is permitted 480 minutes per a day.

Based on the results above mentioned, the author proposed the work criterion of T. P. M.; namely, with respect to conservation of operator's hearing, the pruning by T. P. M. work at 6000 rpm engine speed in racing and the operator must shunt by 3m distance directly after the start of T. P. M.. To make a permanent threshold shift less than bases of tolerance criterion, operator must always use the ear plugs.

\* 森林工学講座 助教授

\*\* 附属演習林 講師

\*\*\* 附属演習林 助手

**要 旨** チェンソーの応用機種の一つである自動枝払い機の騒音の林内伝播につき考察し、作業者の聴力保護の観点から評価を試みた。

自動枝払い機の伝播騒音は機械が一定位置にある時は、取付け木の影響を受け機械に近い位置で著しい指向性を示す。距離がへだたると林木による反射干渉の結果、方向による差が少なくなる。機械が旋回上昇する時は、連続的に指向方向を移動し、上昇に伴い強弱の振幅が次第に小さくなる減衰波形を示す。

機械定位置での各方向の伝播には、一般小型機械同様、点音源とみなした逆二乗則による減衰が認められ、地形、樹幹および樹冠の影響がうかがわれる。

機械上昇時真下では、発進後、上部樹冠による反射の影響が加わる。上昇に伴う各方向の伝播では、機械と作業者を結ぶ斜距離に関する逆二乗減衰則に従い、樹冠による減衰の助長が認められる。

周波数分析結果では 0.5m から 3m へ距たる間に、高周波成分が著しく減衰することを示した。

分析結果による騒音評価では、機械取付け位置で 7500 rpm で NR 数 105、4000 rpm で NR 数 95 であるが、3m 離れるとそれぞれ  $N=90$ 、 $N=75$  になる。さらに ISO ('67) および産業衛生協会による許容濃度等の勧告によると、機械取付け位置では 1 日 40 分程度の連続暴露が認められるにすぎないが、3m 点では一日 480 分が許される。

以上の結果、次の作業基準を提案した。「作業者の聴力を保護する観点から 6000 rpm で作業し、始動停止時以外は、直ちに 3m 退避すること。なお永久的聴力損失をより少なくするために、耳栓を常用することが必要である。」

## ま え が き

自動枝払い機は単気筒 2 サイクルガソリンエンジンを原動機とするチェンソー応用機械の一種である。その騒音はチェンソー同様に著しいので、その騒音を測定分析し、作業者に対する許容基準に基づく評価を試みるとともに、騒音に対し作業者の聴力を保護する立場から、作業基準につき提言した。

## 実 験 方 法

供試機：SACHS—KS30 1 台（本機の諸元は別報<sup>1)</sup> 参照）

供試機の位置：作業開始時取付け高さ（地上 1.3 m）に固定した場合と、樹上 8 m まで上昇する間の移動位置とした。

場所：林外緩斜地（機械位置から 13 m で急上昇斜面、反対側 10~13 m で沢沿いにスギ林、地表は裸地で一部に苗畑）

林内緩斜地〔岩屋小屋林道入口付近のスギ林内、取付け木を中心とした 30m×30m の林分内の成立本数は 206 本（2,289 本、1 ha）、地形縦断面図を図—8 の 1 部に示す。〕

測定位置：自動枝払い機作業では、機械の取付け発進時と作業後降下停止時に限って、作業者が機械に密接していなければならない。そこで取付木の中心から 0.5 m の距離で直立する作業者の耳の高さ 1.55 m を基準とし、以下同じ高さで、木を中心とする周囲 4~8 方向に、それぞれ 0.5m、3.0m、5.0m、7.5m、10.0m および 15.0m ごとに、測定位置を設けた。方向の記号は、マフラに正対した点を基準とし、便宜上基準測線上には障害木が入らないように選んだ。

測定回転数：4000 rpm と 7500 rpm

騒音は、指示騒音計（SM—5844）で騒音レベル（dB—A および C）を読み、データレコーダ（R—400）に記録し、反復再生し、一部については直接、分析機（SA—56A）で分析した。さらに分析結果をオクターブバンドレベルに合成した後、ISO ('61) の提案になる NRN および ISO ('67) の改訂案等により騒音評価を試みた。

## 結果および考察

### 1. 作業者の位置における騒音

#### (1) 林外における騒音の伝播

林外緩斜地において、樹木取付け時と同じ高さに静置し、騒音レベルを測定した結果を図-1に示す。0.5 m でマフラに正対した①の方向で最大 102 dB-A (107 dB-C) 内外に達するが、他の方向では 97.5 dB-A (102.5 dB-C) 内外で、④の方向が最小である。これは木に取りつけた状態を仮定してセットしたので、等距離の点でもマフラから④方向が最も遠く、また林内と違って取付け木の影がないなどの結果、林内とはおもむきを異にする。

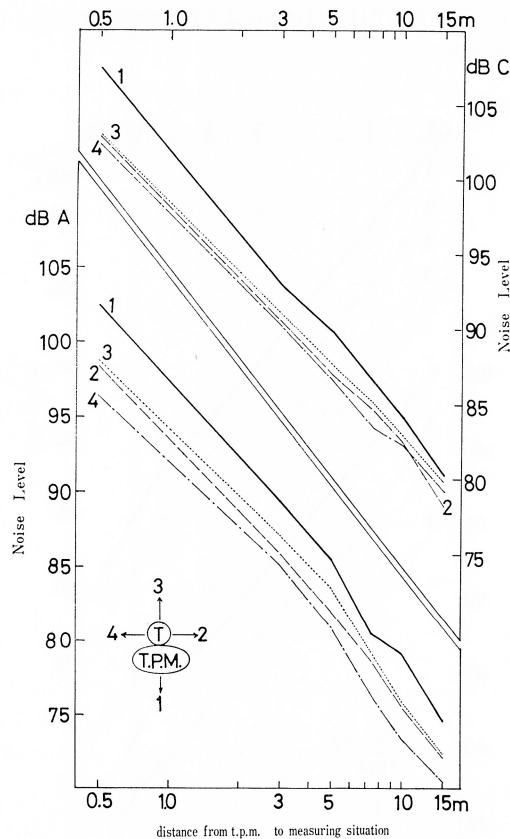


Fig. 1. The relation between noise level of tree pruning machine and change of distance in four directions at open area

一般に小型機械の騒音の伝播については、波長に比べて半径の小さい球形音源すなわち点音源とみなした逆二乗則による騒音減衰が常に考慮される。今音源から観測点までの距離を  $r$  とすれば、自由空間ではほぼ球面状に、野外などでは半球面状に拡散すると考えられる。したがって、音の強さは  $r^2$  に逆比例し  $r_0$  を基準として音の強さのレベル (音圧レベル) は  $20 \log_{10} r/r_0$  だけ減衰する。すなわち音の強さのレベル  $IL$  は

$$IL = 10 \log w/w_0 - 20 \log r/r_0$$

となり、簡単には  $r/r_0 = 2$  で 6 dB 減衰することになる。

自動枝払い機の騒音も近似的に点音源と見なすと、この理論式より求めた線にはほぼ平行して減衰するはずであり、図-1の結果は、ほぼ一致した傾向を示している。完全に一致しない理由としては、①地形が完全に平坦ではない。

②左右の山地斜面あるいは森林による反射ないしは減衰。③風の影響。④地表状態。⑤伝播途中における高周波成分の減衰。⑥基本的には、厳密には点音源とみなし得ない。などが考えられる。

なお、どの方向でも 5~10 m 付近で、やや減衰の割合が低下し、15 m では再びその割合が増す傾向を示すが、これはマフラ排気孔が斜下約 24° 方向に向いた小突出円筒になっているため、指向性を持った音波の地表による反射の影響が、前記諸因子のほかに重なっているものと推定される。

(2) 林内における騒音の伝播

(i) 自動枝払い機を①方向に固定

林内の作業者の位置における騒音レベルの変化を、機械取付け木を中心とした4方向で、各距離ごとに測定した結果を図一2に示す。0.5 m の①方向が 105.6 dB-A (109.8 dB-C) と高く、エンジン部と反対の③方向で 94.6 dB-A (100.7 dB-C) と最も低い。①方向では取付け木による反射強調があるが、③方向では遮音と、マフラ位置から最も遠いなどのためこの差が出ている。

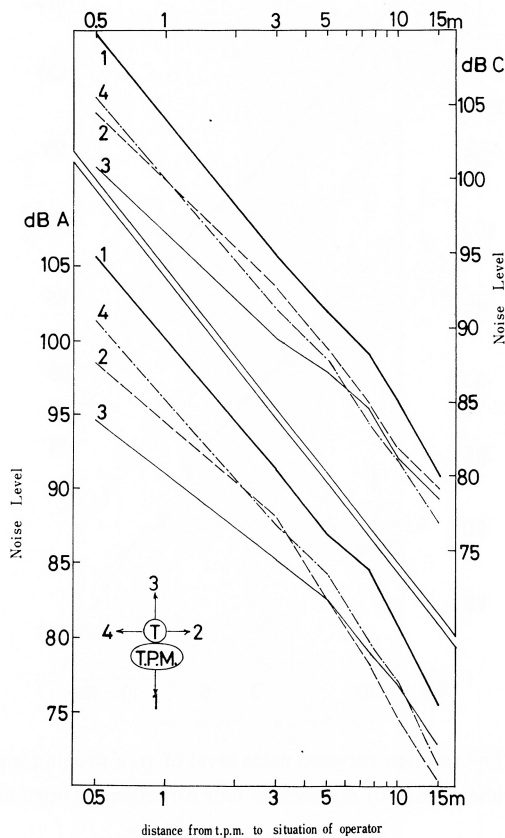


Fig. 2. The relation between noise level of tree pruning machine and change of distance in four direction in forest

距離による変化には、逆二乗則による減衰傾向が見られ、特に①の方向で明確である。部分的な変動は、②~④の方向に見られる変化とともに、林内の樹木および地形の変化、あるいは風などの影響が大きいためと考えられる。地表面あるいは、樹木による音の減衰についての報告<sup>2)3)</sup>によると、もちろん樹木の条件、音源や観測点の相対位置にも関係するが、丈が 45 cm の草の上では 10 dB/100m、松杉では 250 Hz~6300 Hz 成分にわたり 25 dB 以上/100m の減衰量がある。本結果では逆二乗減衰則の線に比べると 3~10m 付近でいずれもやや大きく、①と④の方

向では 15 m ではほぼ理論値に近く、この測定状況（距離および測定高さ付近まで枝がなく樹幹だけ）では、特に樹木による減衰の効果をうかがうことができない。

②および③の方向の距離の増加に伴う①方向の値に対する減衰量は、0.5 m から幾らか少なくなり、15 m でやや差が増すが、0.5 m での差に比べると小さい。これは、自動枝払い機が①方向に固定されているから③方向 0.5 m では木の遮音効果が大きい、距離が増すにつれその影響がうすれ、②、④方向の値に近似してくることを示している。他方、③方向は林地の上り勾配が次第に増すため、地形的影響を受け 10 m 付近からややレベルが増大するものと考えられる。

(ii) 自動枝払い機の旋回と騒音の伝播

作業者が①方向に位置し、自動枝打ち機が A, B, C, D と巡回移動した時の作業者の位置における騒音を測定した結果を図-3 に示す。0.5 m では、A の位置に対し C 位置では 9 dB-C 減衰し、取付け木による遮者の影響が、図-2 の機械①方向固定における③方向での減衰量とはほぼ等しいことを示している。B および D の位置では、測定位置に対する相対的關係が類似しているためか、A および C の中間値でほぼ等しいレベルを示し、マフラ排気孔の方向の違いの影響はほとんど認められない。

機械の各固定位置での距離の変化に伴う伝播の差を見ると、図-2 と同様、逆二乗則に近似した減衰がみられる。ただ、5 m 点での値が、C, B, D とともに減衰が少なく、3 者類似の値を示すのが目立つ。特に C 位置では、5 m 以上の測定位置とも、B 位置での値に類似し、これは、自動枝払い機が、B, C の位置では排気孔が上昇斜面側であり、C 位置では、特に傾斜が強く地形による反射の影響が著しくなることを証している。

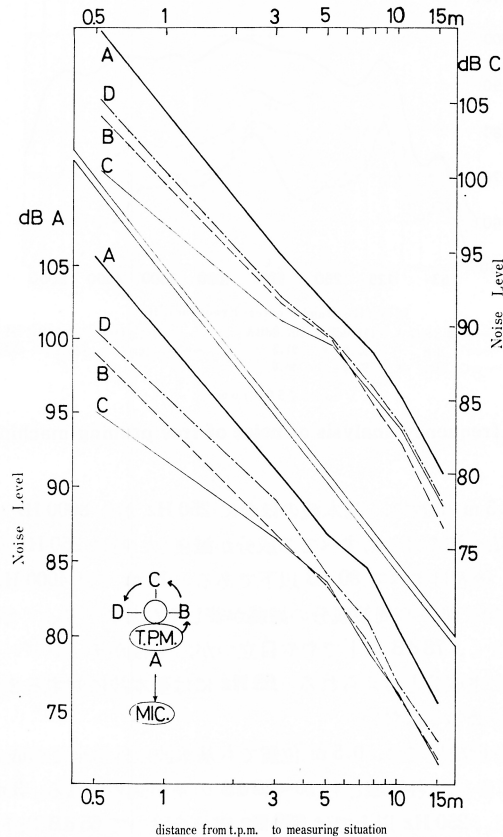


Fig. 3. The relation between noise level with change of situation of tree pruning machine and change of distance in A direction

(3) 林内における伝播騒音の分析

自動枝払い機を①方向に固定し、①方向における作業者の位置の騒音を分析した結果を図-4に示す。

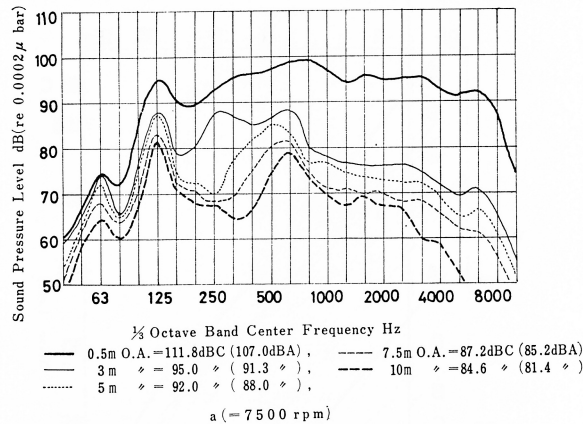
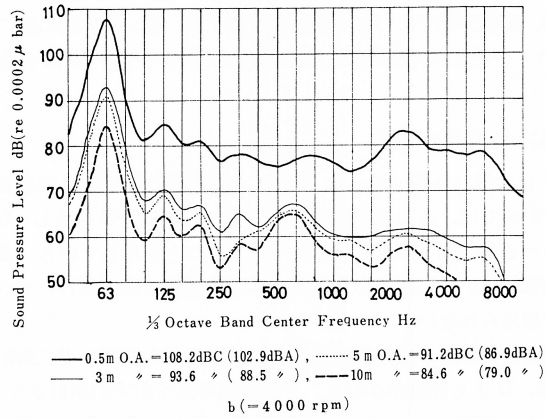


Fig. 4. The frequency analysis of noise of tree pruning machine in forest

エンジン回転数 7500 rpm, 0.5 m 位置で、基本波のほかにも 250 Hz から 8000 Hz にわたり 90 dB を越える強い成分がある。3 m 以上離れると基本波をはじめすべての成分が減衰し、特に 250 Hz を中心とする成分および 1000 Hz 以上の成分の減衰が著しく、後者はすべて 80 dB 以下である。10 m では 4000 Hz 以上が 60 dB 以下と一層弱くなり、騒音源からの距離の増加に伴い高周波成分の減衰が著しくなることをよく示している。630 Hz を中心とする波形は距離による減衰が少なく、78 dB 以上でやや目立つが、本機がチェーンソーの応用機種である点から、チェーンソー同様の帯域が排気音の主成分と考えられる。63 Hz には基本波に対する 2 分の 1 の低調波成分が認められ、距離による減衰は他成分ほど著しくはない。

エンジン 4000 rpm における分析結果では、0.5 m 位置でも基本波以外の全ての成分がかなり弱く、80 dB 内外であって、7500 rpm の値に比べると、各帯域とも 10~20 dB の差が認められる。3 m 以上離れると、0.5 m でのレベルから平均 10 dB 以上減衰し、250 Hz 以上では 630 Hz 成分を除いて 65 dB 以下である。3 m と 10 m との間のレベルの差は 0.5 m と 3 m とのレベルの差に比べるとはなはだわずかである。両回転数とも距離の増加に伴う高周波成分の減衰が著しいが、その主たる減衰が 0.5 から 3 m の間に生ずることをよく示している。630 Hz を中心とする排気音の主成分は、3 m から 10 m にかけての減衰がわずかである。

自動枝払い機の騒音の解析は、改めて行なう予定であるので、分析結果の検討は以上にとどめる。

(4) 樹木上昇に伴う林内の騒音伝播

(i) 作業者が幹の根元にいる時

自動枝払い機の上昇に伴う騒音の変化のうち、作業者が取付け木の根元定位置にいるときの伝播騒音の変化を図一5に示す。本機取付け高さ 130 cm で、作業者の耳の位置が 155 cm であるから、0.4~0.5 m 上昇した時最大値を示し、以後次第に減衰してゆく。自動枝払い機は樹幹をらせん状に旋回上昇するから、エンジン部が作業者側にくる時(①方向)樹幹の反射をうけ最大となり、樹幹裏側(③方向)にくる時幹の遮音効果のため最小になる。1周ごとにこの関係を繰り返すが、各周回ごとの方向間の差は、上昇当初約 10 dB、1 m 上昇で約 4 dB、1.5 m 上昇で約 2 dB、2 m 上昇で約 1 dB となり、全体としては、機械の上昇に伴い次第に振幅が小さくなる場所の減衰波形を示すに至る。

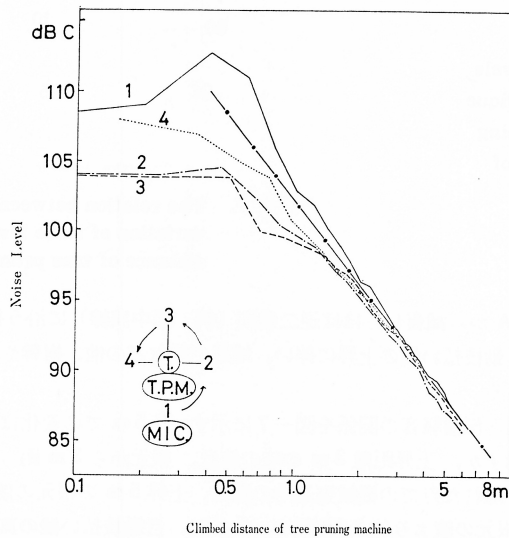


Fig. 5. The relation between direction and change of noise level with in crease of climbed distance of tree pruning machine

図一5の中に、上昇高 0.4 m で 110 dB を基準とする逆二乗減衰則による線を引くと、各方向ともほぼこの直線に沿って減衰し、木の根元の作業者の位置では、機械の上昇距離に対し逆二乗則に従って減衰する様相が明らかである。もっとも、上昇距離 1.5 m 付近までは著しく「逆二乗則」から離れるがこれは樹幹の反射の影響によるものである。

(ii) 作業者の位置が移動した時

機械の上昇位置と定位置にある作業者との間の距離は、モデル的には直角をはさむ一辺長 (a) が一定の直角三角形における垂線 (H) の変化に対する斜辺 (r) の関係になる。

すなわち  $r = \sqrt{a^2 + H^2}$  であるから

$$IL = 10 \log w/w_0 - 20 \log \frac{\sqrt{a^2 + H^2}}{r_0}$$

となり、この場合も機械と作業者との間の斜距離の変化に対する逆二乗則に従った、伝播騒音の減衰がみられるはずである。

作業者が、機械取付け位置から遠ざかった時の、自動枝払い機の上昇に伴う斜距離 (H) の変化と伝播騒音の変化を図一6に示す。作業者の位置 a = 3 m, 5 m, 7.5 m および 10 m の場合、それぞれ 91.5 dB-A, 85.0 dB-A,

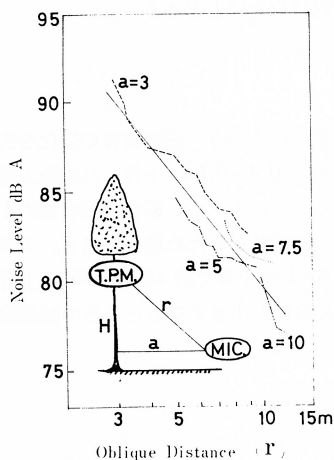


Fig. 6. Changes of noise levels with changes of Oblique distance from climbing t. p. m. to situation of operator

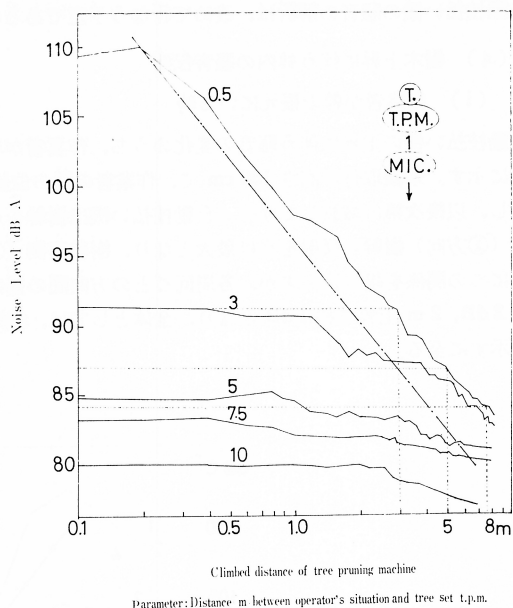


Fig. 7. The relation between operator's situation and variation of noise level with increase of climbed distance of tree pruning machine

83.5 dB-A および 80.2 dB-A から減衰し、ほぼ逆二乗則 (例 図中実線) に沿う様子が認められる。各測定値の変化が直線的でないのは、自動枝払い機の上昇に伴い、地形や風などの他、樹幹や樹冠の影響が複雑に加わるため、不規則に変動する結果である。

次に自動枝払い機の上昇距離と伝播騒音の関係を図-7 に示す。0.5 m での変化は自動枝払い機の真下の機械上昇に伴う伝播騒音の変化を示すが、上昇距離 3 m の時の値は、根元から 3 m 距った所で機械発進時の値にほぼ一致している。しかし、5 m 離れた点での機械発進時の値は、上昇 5 m の根元の値より 2 dB 低く、同様に 7.5 m 離れた点では上昇 7.5 m の根元の値より約 1 dB 低い。これは、自動枝払い機の真下では、障害となる枝が切り払われてなく、機械の上方未だ切り落されない樹冠により反射された騒音もそのまま伝播されるなど、距離による減衰効果を相殺する因子が働くのに対し、木から遠ざかるときは、中間の樹幹および樹冠による減衰が加わるためである。3 m では枝がほとんどなく幹だけのため両者の差がごくわずかでこの影響が明らかでないが、特に 3 m 以上離れた場合は、この減衰助長因子の影響があきらかにあらわれることを示している。

## 2. 自動枝払い機作業時の聴力保護のための騒音評価

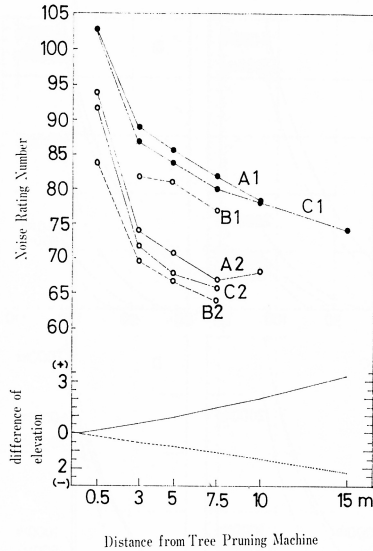
騒音の評価には「不快感」「会話妨害」「聴力保護」があり、種々の提案がある。自動枝払い機の作業時騒音につき、従来行なって来た ISO ('61) 提案の NR 数による評価を試みた上、ISO ('67) 提案による評価につき述べる。

### (1) NR 数による評価

林内各測定位置で、伝播騒音を 3 分の 1 オクターブバンド周波数分析した結果を、オクターブバンド値に合成し、オクターブバンドレベル値に対する NR 数の表から各バンドの NR 数を判定し、5 単位刻みの NR 数を決定する。その中の中心周波数 500 Hz, 1000 Hz および 2000 Hz に対する NR 数中最大のものをもって、当該騒音の聴力保護に関する騒音評価数とする。1 単位刻みの NR 数を林内測定位置および測定地の地形に関する値とあわせて示したのが図-8 である。繰り上げて 5 単位刻みにすると、関係がはっきりしないものが生ずるのでこの表示により検討した。

0.5 m 位置すなわち作業者の機械操作位置で、機械回転数 7500 rpm の時 NR 数は 105 で最大であるが、3 m 離れると NR = 90, 6 m 以上離れると機械および作業者とも、峯側にいたとしても、連続暴露時の許容基準 NR





1 : engine revolution 7500 rpm  
 2 : " 4000 rpm  
 A : situation of T.P.M. and Microphone, both at down-grade side  
 B : " { T.P.M. down-grade side  
 " Mic. up-grade side  
 C : " both at up-grade side

Fig. 8. The relation between NR Number of noise of tree pruning machine and distance in forest

N=85 以下になるものと考えられる。また、A、B、C の差にみられるように、取付け木に対しエンジン部と反対側でやや低くなるが、取付け木の近くでは、機械が木の周を回るから、その意義は少ない。むしろ、騒音の影響を緩和するためには、やや離れた木のかげに入る方が有効である。

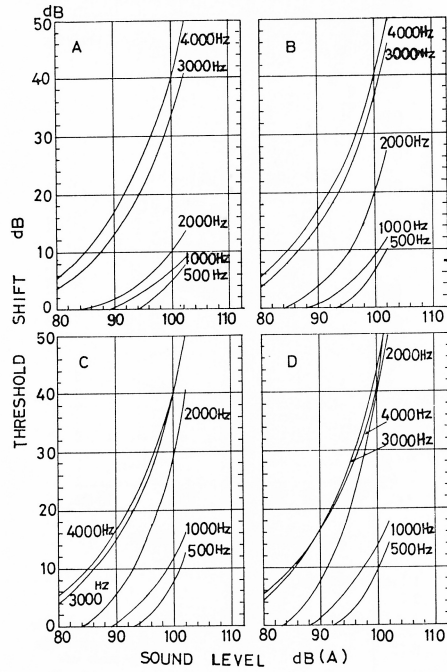
今、機械の回転数 4000 rpm で作業するとすれば、図中 A~B の 2 に示すような結果になる。すなわち、作業者の機械操作位置で NRN=95 であるが、3 m 離れると NRN=75 で十分安全な値になる。

本機械の切削装置はチェーンソーであり、チェーンソー一般に示される結果から、切削能力に対する常用回転数は 6000~7000 rpm であるが、今、6000 rpm で作業するとすれば、作業者が直接機械を操作する時以外は、直ちに 2~3m 離れ、できれば木のかげに立てば、作業効率も低下させず、聴力保護にも安全であることが明らかである。チェーンソーによる伐木造材作業と異なる、上昇に伴う減衰を考慮しても、機械の調製・作業操作時にはかなり高い騒音にさらされ、その繰り返し数も大きいから、6000 rpm 作業で 3 m の退避を心がけることは、聴力保護上きわめて適切な処置と考える。

## (2) ISO (1967) の提案による評価

これは、A 特性による騒音レベルの測定のみによって、聴力保護を目的とした広帯域騒音の評価を行なうものである。騒音暴露の影響は、平均騒音レベル (A 特性)、1 作業日あたりの暴露時間および勤務年数によって評価される。まず、500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz および 4000 Hz の周波数に対して、聴取者の耳の位置付近で測定された騒音レベル (dB-A) と、1 日 8 時間連続的に暴露される人々の 50% に対する騒音性聴力損失 (中央値 dB) との関係を図-9 から求める。この図は暴露年数 10, 20, 30, および 40 年の 4 種に対して与えられている。

1 日 8 時間以下、連続的に (正規の休憩、食事時間を除いて)、広帯域騒音に暴露される場合は、このために 1 日 8 時間暴露の場合と同一の騒音性聴力損失をもたらすような騒音レベル、すなわち 1 日 8 時間の暴露に対応する等価騒音レベルを図-10 に示された 80, 85, 90 および 92 dB-A の等価騒音レベル曲線から求める。かくて得られた等価騒音レベルから図-9 を用いて、騒音性聴力損失を推定するのである。



A,B,C,D : exposed years 10,20,30,40 years respectively

Fig. 9. The relation between Sound level (dB-A) and middle value of threshold shift by noise

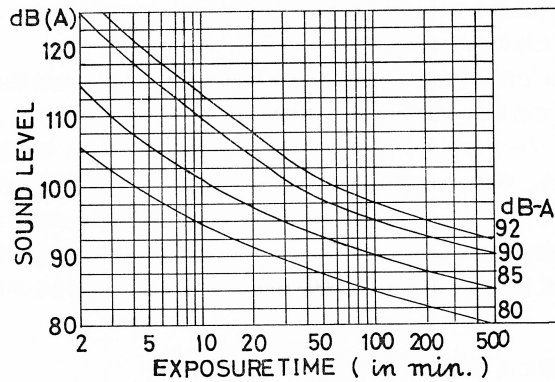


Fig. 10. Equivalent Sound level against one exposure time per a day

自動枝払い機の騒音の各帯域のレベル (dB-A) 値は表-1 のとおりである。作業者が機械の取付け位置にいるとき、林外では基本波以外の各帯域に高い成分が認められるが、林内の緩斜地では基本波のレベルがやや高いが、高い周波数帯域に移るにしたがい次第に低くなっていて、林内では高周波成分の減衰が著しいことを示している。林内で、機械が峯側にあり作業者も取付け位置の近くにいるときは、基本波以外の高い周波数のレベルが高く、上昇斜面による反射の影響が高周波域で強いことがわかる。

これらの騒音に1日8時間暴露されたとすると、図-9から、林外騒音に対しては、500 Hz から 4000 Hz の各帯域に対する騒音性聴力損失が10年暴露で4 dB, 6 dB, 9 dB, 27 dB, 26 dBであり、30年暴露で6 dB, 12 dB,

Table 1. Noise level of tree pruning machine in octave band

center frequency of octave band distance	noise level (dB-A)							
	125	250	500	1000	2000	3150	4000	8000 Hz
0.5 m	100.0	96.3	96.5	93.3	89.3	87.2	85.8	80.4
3.0	72.4	83.2	89.3	83.8	83.0	81.8	80.5	75.6
5.0	72.9	71.3	85.7	79.7	78.8	77.6	76.2	71.5
7.5	68.3	65.2	83.6	77.4	75.7	74.9	73.7	67.4
10.0	67.5	62.6	78.0	74.8	74.8	72.6	71.2	63.3

Situation of t. p. m. and microphone : both at down-grade side

34 dB, 34 dB, 25 dB 程度となる。林内の緩斜地下降側の騒音に対しては、500 Hz から 4000 Hz に対する各帯域に対する騒音性聴力損失は、10 年暴露で 2 dB, 2 dB, 2 dB, 10 dB, 12 dB 程度、30 年暴露で 4 dB, 5 dB, 6 dB, 13 dB, 12 dB となる。

実際には、自動枝払い機の作業は（機械の取付、エンジンスタート、上昇枝払い、降下、取りはずし移動）のサイクルを繰り返すものであり、0.5 m 位置で測定したようなレベルの騒音にさらされる時間は、1 回 8 時間作業のすべてではない。今回の調査例では 1 本の木に対する平均時間 4 分 54 秒のうち機械操作時間 29 秒であった。かりに 5 分作業時間中 30 秒間 0.5 m 位置での最大騒音レベルにさらされるものと考え、8 時間連続作業したとしても合計 48 分間最大騒音レベルに暴露されることになる。これに対し等価騒音レベルを求めると 500 Hz から 4000 Hz の各帯域に対し、89 dB, 86 dB, 82 dB, 80 dB, 80 dB となり、騒音性聴力損失は 10 年暴露で 3000 Hz で 4 dB, 4000 Hz で 6 dB 認められるにすぎない。30 年暴露でも両帯域に対し 5 dB と 6 dB で、聴力保護上問題は少ない。念のため日本産業衛生協会による許容濃度等の勧告<sup>4)</sup>（1969）を見ると表-2 のとおりである。この基準以下であれば、1 日 8 時間以内の暴露が常習的に 10 年以上続いた場合にも、永久的聴力損失を 1 KHz 以下の周波数で 10 dB 以下、2 KHz で 15 dB 以下、3 KHz 以上の周波数で 20 dB 以下にとどめることが期待できる。0.5 m 点では 1 日 40 分で前述の値とほぼ一致し、3 m 点では 1 日 480 分となり、許容基準内で安全であると言えよう。しかし、永久的聴力損失をより少なくするため、機械調整発進後の 3 m 退避と、常時耳栓を使用するよう心掛けることが望ましい。

Table 2. Tolerance criterion of noise

center frequency of octave band Hz	tolerance level in octave band to exposure time dB/min					
	480	240	120	60	40	30
250	98 dB	102 dB	108 dB	118 dB	120 dB	120 dB
500	92	95	99	105	112	117
1,000	86	88	91	95	99	103
2,000	83	84	85	88	90	92
3,000	82	83	84	86	88	90
4,000	82	83	85	87	89	91
8,000	87	89	92	87	101	105

(3) 2 台 3 人組作業の場合の騒音

自動枝払い機 2 台を 3 人 1 組で操作し、交互に枝払いを行なう場合、1 日 100~120 本の作業が可能で、1 台 2 人 1 組の作業例 1 日 50~60 本とくらべて作業者が少なくても倍の作業が可能であることが報告されている。

一般に n 個の同じ大きさの音源から同時に騒音を発する場合の音の強さは

$$10 \log (I/I_0 \times n) = 10 \log I/I_0 + 10 \log n$$

となり、単一音源による騒音の大きさより  $10 \times \log n$  だけ増大する。すなわち

$$n = 2 \text{ なら } 10 \log 2 = 10 \times 0.301 \approx 3 \text{ (dB)}$$

$$n = 3 \quad 10 \log 3 = 10 \times 0.477 \approx 5 \text{ (〃)}$$

$$n = 4 \quad 10 \log 4 = 10 \times 0.602 \approx 6 \text{ (〃)}$$

$$n = 5 \quad 10 \log 5 = 10 \times 0.698 \approx 7 \text{ (〃)}$$

となるから、2台3人作業における騒音は、2台の機械に対し、作業者が同一位置条件にあり、伝達される騒音レベルが等しい場合には、1台の機械による騒音に3dBを加えたものになる。かりに2台が取付け位置で運転され、作業者が機械から0.5m位置に立つとすれば、最大108.6dB-Aの騒音に繰り返しさらされることになるが、現実にはこのように近接することはありえない。また、両音源から3m離れた位置では最大94.2dB-Aとなり、1日8時間暴露に対する許容基準90dB-Aより高いが、実際には機械が上昇し騒音は減衰するから、94.2dB-Aの騒音に1分程度暴露し、次にそれより低いレベルの騒音に数分暴露するという繰り返し暴露になり、許容限界を越えることにはならないであろう。

実作業においては、2台による交互作業であるから、2つの同じ大きさの騒音に同時に暴露される場合よりも、大きさの違う2つの騒音に同時に暴露される時間が多い。そこで異なる2個の騒音が加わる時の補正により評価する必要がある。ある位置で個々に測定された2つの騒音のレベル数の差が0~1dBなら3dBを、2~4dBなら2dBを、5~9dBなら1dBを大きい方の騒音レベルに加えて、機械に近い作業者の位置における騒音レベルとする。その差が10dB以上であれば大きい騒音レベルだけを考えればよい。かりに機械・作業者とも取り付け位置にあるとき、両機械の位置が3m離れていれば、騒音レベルの差は10dB以上となり、補正の必要はなくなる。2m以内に隣接すると考慮の必要があろうが、このような機械位置になることは、交互作業では比較的少なく、また、両機械から反対方向に少し退避すれば、騒音レベルの減衰効果が期待できる。

以上のように2台3人組作業における騒音の増加に対しても、極くわずかな場合に騒音レベルの補正による評価が問題になり、他は機械の上昇後3m退避を心掛ければ、それ程問題はないと考えられるが、詳しくは、2台作業に関する分析の機会を得て判定したい。

## む す び

自動枝払い機は樹幹を旋回上昇するので、騒音の伝播は樹幹の影響と相まって、連続的に方向を移す指向性を示すから、上昇に伴い強弱の振幅が次第に小さくなる減衰波形を示す。各方向ごとの伝播には、機械位置から作業位置までの直線距離に関して、ほぼ逆二乗減衰則に従う傾向が認められた。地表の傾斜、樹幹や樹冠による影響も認められるが、騒音の減衰あるいは反射強調に対する、これら因子の関係については、今回は明確に示し得なかった。

機械操作時、作業者の耳の位置での騒音レベルは102dB-Aに達し、1日40分程度の連続暴露（1分間の間欠暴露であれば40回）が許される程度であるから、作業者が交替でエンジンを操作することが望ましい。機械の上昇による減衰があるが、作業基準として「機械発進直後3m退避」を心掛けることが有効適切と考え提案する。なお、永久的聴力損失を許容基準の示す値より軽減するためには、耳栓の常用が必要である。

## 文 献

- 1) 伏見知道・渡部桂・江崎次夫：自動枝払い機による作業（I）。愛媛大演報 9:11~16,1972
- 2) P.H. Parkin and W. E. S choler : g. Sound & Vib. 2:353, 1965
- 3) T. F. M. Embleton : J. Acoust. Soc. Amer. 35:119, 1963
- 4) 日本産業衛生協会：許容濃度等の勧告。産業医学 11:6, 1969

(1971年12月25日受理)