

論文

チェーンソーの騒音

騒音計による作業時騒音の簡易評価法と騒音規制基準

伏見 知道 \*

The Noise of the Chainsaw

A simple method of evaluation of chainsaw noise by means  
of sound level meter readings and the chainsaw noise  
control criterion in bucking operation

Tomomichi FUSHIMI

**Summary :** The noise of the chainsaw cause the hearing damage to the operator and also increase the strain of nerve or the pulse-rate, furthermore, cause the contraction response to the blood-vessel-ending of the operator, consequently, the affection of the chainsaw vibration<sup>1)</sup> to the operator are increased.

The author, therefore, has been interested not only in the vibration<sup>1)</sup> but also in the noise of chainsaw. The author measured, following the preceding report, the overall noise levels of some recent chainsaws of foreign make at the point of the operator's right ear when he is bucking timber, engine revolution at the time being 2000—9000 rpm (in racing) and cross cutting timber (6000 rpm), and conducted frequency analysis, in order to clarify the nature of the noise of the chainsaw in operation, and also to make evaluation of noise in terms of Noise Rating Number with respect to conservation of hearing, speech, communication and annoyance. And then, by means of the above and other data of the chainsaw noise, the author investigated the correlation between sound level meter readings by "A" network and the NR Numbers and showed the simple method of evaluation of chainsaw noise and also the new noise control criterion about the chainsaw noise in operation. The results obtained are summarized as follows:

I. Overall noise level and frequency analysis : Noise level of chainsaw at 6000~9000 rpm engine speed in racing were within the range of 95.5~108.3 phon (=94.8~107.3 dB A), the muffler of test chainsaw was remarkable improvement upon the chainsaw muffler heretofore in the silencing effect and the change of the noise level between with muffler of current use and without muffler were 7.8~12.8dB C. The silencing effect of the lead valve type muffler attached to the 'McCulloch CP70' chainsaw was good at high engine speed (7000 rpm<) and the frequency characteristics of the sound pressure level proved the good silencing effect of this muffler in the high frequency band. And the 'Stihl 041 AV' chainsaw showed the similar silencing effect. And then the volume of the muffler attached to the 'husqvarna 65' chainsaw was the greatest of all test machines and the effect of silencing was outstanding in comparison with the preceding one of the 'Stihl Falcon' chainsaw that showed ideal characteristics to the control base curve of NR number 95, namely the sound

\* 森林工学講座 助教授

spectrum of the 'Husqvarna 65' chainsaw showed ideal characteristics in close proximity to the control base curve of NR number 90. The increase of overall noise level of this chainsaw in cross cutting timber was 5~6 dB C. The following opinion, consequently, were cleared: (1) Both the chainsaw engine and the chainsaw muffler must be small, light and powerful. (2) Eut the muffler ought to be made larger in volume than that of current use. (3) Increasing volume, the muffler ought to be facilitated that the muffler has the structure which attempted to the increase of silencing effect, for example, the resonance chamber or the repeated mechanism of friction and expansion. And also, it is necessary to tax ones ingenuity with the special silencing effect of such device as the lead valve.

II. Simple method of evaluation of chainsaw noise in operation: The change of NR number (with respect to conservation of hearing) between in racing and in bucking operation were 5 units. In order to evaluation of chainsaw noise without the frequency analysis, the following equation was found between NRN and sound level meter reading by "A",  $NRN = dB A - 3$  (1). Substituting Eq. (1) into Eq. (2), NRN (every 5 units) are obtained as follows:  $NRN$  (every 5 units) =  $10x + y$  (2) Case I  $0 \leq y \leq 5$   $NRN$  (every 5 units) =  $10x + 5$  (3), Case II  $5 < y < 10$   $NRN$  (every 5 units) =  $10(x + 1)$  (4). According to NRN (every 5 units) and to the values in the table 3, the safety cycle in the chainsaw operation can be easily decided.

III. Noise control criterion in chainsaw operation: The author pertinently set the noise control criterion of NRN 90 in racing (6000 rpm) and of NRN 95 in cross cutting timber (6000 rpm), and then calculated the attenuation of the noise to keep the frequency characteristics of the sound pressure level below the base line.

**要 旨** 最近の2, 3のチェーンソーの騒音レベルの測定, 周波数分析を行ない, NR数による騒音評価を試みたうえ, チェーンソー騒音の簡易評価法を明らかにするとともに, 作業時騒音の制御基準を検討した。

I 作業者の位置における騒音レベルと騒音分析: 騒音レベルの総合値は, 空転 6000~9000rpm で 95.5~108.3ホン (=dB-C)(94.8~107.3dB-A) であり, これらチェーンソーのマフラの性能は, 従来よりすぐれている。マッカラ CP70型は, リードマフラによる減衰量が 7.8~10.0dB-Cで, 高回転数におけるレベルが比較的 low,  $\frac{1}{3}$ オクターブ分析結果における周波数特性は, 高周波域において消音効果がすぐれていることを示した。スチール 041AV型は, マフラによる減衰量が 10.0~10.8dB-Cである。ハスクバーナ65型は, マフラによる減衰量が 10.5~12.8dB-Cと既往供試機中最大で, 各種チェーンソー空転時排気音制御 6000rpm の減衰量最高 16dBと比べると, 現用マフラとして限界に近い性能を示すといえよう。 $\frac{1}{3}$ オクターブバンド上の NR数90に対する必要減衰量も僅かであり, 海岸松鋸断時騒音レベルは 5~6 dB-C増加する。これらの結果と前報を合せ考察すると, 軽量小型を要するチェーンソー用マフラといえども, ある程度大形化し, 共鳴室や膨張・摩擦の反復消音構造などの採用を容易にするとともに, リード弁のような特殊効果構造を工夫する必要があると認められる。

II チェーンソー騒音の簡便な評価法: チェーンソー騒音に対する作業者の聴力保護のための評価指数 (NR数) は, 空転時に対し実作業時の増加量は 5単位以内である。チェーンソー騒音の分析結果なしに, 指示騒音計A特性の読みから  $NR数 = dB - A - 3$  (1)により NR数を求めることができる。式(1)を  $NR数 = 10x + y$  (2)とし,  $0 \leq y \leq 5$  なら  $NR数 = 10x + 5$  (3),  $5 < y < 10$  なら,  $NR数 = 10(x + 1)$  (4) によって, 5単位刻みの NR数を求めることが出来る。かくして, 現場での, チェーンソー騒音に対する安全な作業サイクルの判定を容易にした。

III チェーンソー作業時の騒音規制基準: 上の結果から, チェーンソー作業における騒音規制基準として, 空転 6000rpm で NR数=90, 実作業時 (鋸断中 6000rpm) NR数=95が, 作業者の聴力保護の立場から適切であることを明らかにし, チェーンソー騒音規制の方途を示した。

## I ま え が き

産業活動に伴う騒音は, 一般の公害の一つとして, 近時広く注目され, 法による規制の対象となっている。チェーンソーの騒音は, 作業現場が公衆から遠隔の地にあることが多く, 一般の公害の一因としてのウエイトは低いと思われる。しかし, 森林作業者自身に対しては, 難聴障害発生の原因となるのみならず, 騒音により神経の



緊張を生じ、脈拍数の増加、心電図の変化(95ホン=95dB-C<)さらには末梢血管の収縮反応(70dB-A<)があらわれ、チェンソーの振動による作業者への影響を強調するにいたるものである<sup>1)</sup>。それ故、筆者はチェンソーの振動軽減と同時に、騒音規制について関心を持っている。

先に、内外のチェンソー10機種につき、騒音レベルを測定、周波数分析により騒音評価指数(Noise Rating Number)による評価を行ない、チェンソー騒音の規制基準について言及した。その後、より軽量で強力なチェンソーが開発され、マフラにも改良のあとがみられるので、2、3の機種騒音の評価を試み、チェンソー騒音の簡易評価法を示すとともに、規制基準を再検討し、騒音規制の方途を明らかにした。

## II 実 験 方 法

供試機は、スチールニューサンダ 041AV型(西独、本機重量5.6kg、排気量61cc)、マッカラーCP70型(米国、本機重量 6.1kg、排気量70cc)およびハスクバーナ65型(スウェーデン、本機重量 6.2kg、排気量65cc)である。ただし、ハスクバーナ65型のマフラは、排気孔が矩形で下方にある現用型(I)とI型に先立って使われた、排気孔が丸形で上方にあるもの(II)の二通りがある。

各供試機のマフラつきと、マフラ取りはずし時の、玉切り姿勢にある作業者の右耳の位置における騒音レベル(dB-CとdB-A)[本文中、特にことわりのない場合はdB-Cである]を指示騒音計(SM-5844)で読みデータレコーダ(R-400)に記録し、反復再生し分析機(SA-56A)で分析するとともに、結果をオクターブバンドレベル(O.B.L.)に合成した後、ISO(61)の提案になるNR数によって騒音評価を行なった。

## III チェンソー騒音レベルと分析結果

### 1. 作業者の位置の騒音レベル

玉切り作業の姿勢にある作業者の右耳の位置において測定したチェンソー騒音レベルを図-1に示す。

騒音レベルの表示は、「騒音レベル測定法<sup>2)</sup>」によると、音の大きさに関係なく、A特性で測ることになっている(各方面の研究の結果、A特性で測るほうが、やかましきの感じとの対応がよい)。つまり、わが国のホンはdB-Aであり、本来のLoudness level(phon)とは異なる。そこで本測定では、AとCの両特性の値を求めている。各機種ともdB-CはdB-Aより1dB以上大きく、とくに低回転数でその差が大きかった。図-1では、前報<sup>3)</sup>と比較するため、従来どおり85ホン以上はC特性によった値を用いている。

機関回転数 2500~9000 rpm の間における騒音レベルの変化は、いずれも回転数の上昇に伴い連続的に変化し、近似的に一次の比例関係にあると思われる。

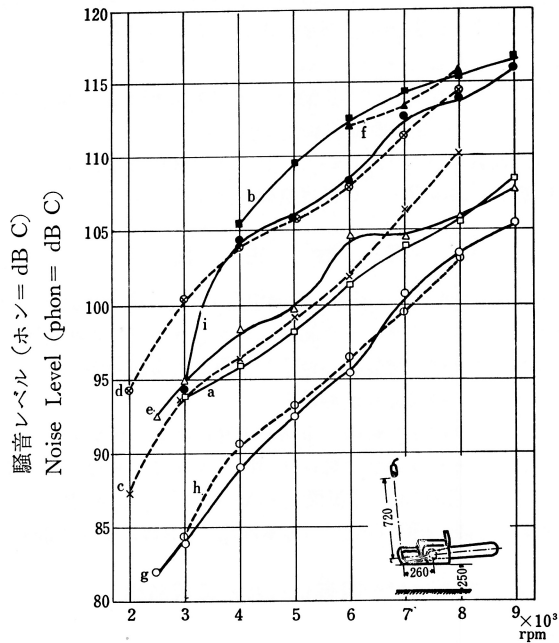
供試三機種の現用マフラ装着時騒音レベルは 6000~9000 rpm において、95.5~104.6ホン(94.8dB-A~102.8dB-A)および 105.5~108.5ホン(105.0dB-A~106.7dB-A)の範囲に分布する。マッカラー CP70型およびスチール 041AV型の騒音レベルは、前報<sup>3)4)</sup>にて最も注目したスチール・ファルコンII型(特殊マフラつき)の騒音レベルに接近している。これら二機種の間では 3000~6000rpm で CP70型の方が 041AV型よりやや高いが、7000rpm 以上では、ともにファルコンII型よりも消音効果を発揮し2~4dB低い。ハスクバーナ65型は、マフラI型およびII型いずれも類似値を示し、ともに前記二機種より消音効果がまさり、ファルコンII型の騒音レベルよりも 3000rpm で 10dB、6000rpm で 6dB さらに 8~9000rpm では約2dB低い。

これら現マフラ装着時の騒音レベルを、それぞれのマフラ取りはずし時騒音レベルと比べてみる。マフラなしの騒音レベルは 6000rpmでマッカラー CP70型とスチール 041AV型が、112dB に達するのに対し、ハスクバーナ65型では、107dB とやや低い。7000~8000rpm では、112.5~114.0dB および 113.5~115.5dB と三機種とも接近している。これらの値から、現用マフラの消音効果が、6000 rpm で 7.8~12.8dB、8000 rpm で 6.5~10.7dB の範囲にあり、チェンソーマフラとしては、かなりよい性能を示しているといえよう。

以上騒音レベルの検討から、スチール041AV型は、ファルコンII型より小型で、しかも性能がやや向上していること、またマッカラー CP70型はリード弁型マフラによって、従来とはみちがえる効果を示すことがわかった。とくにハスクバーナ65型の性能がすぐれ、ファルコンIIをも、はるかに引きはなしている点が注目される。

### 2. 作業者の位置の騒音の分析

木材の玉切り作業姿勢にある作業者の右耳の位置における、チェンソー騒音を $\frac{1}{3}$ オクターブ分析した結果につき述べる。



	エンジン	マフラー	エンジン	マフラー
a	スチール 041 AV	(現用マフラーつき)	Stihl 041 AV	(with current using muffler)
b	スチール 041 AV	(マフラーなし)	スチール 041 AV	(without muffler)
c	スチールファルコン	(特殊マフラーつき)	Stihl Falcon	(with special muffler)
d	スチールファルコン	(マフラーなし)	スチールファルコン	(without muffler)
e	マッカラー CP-70	(現用マフラーつき)	McCulloch CP-70	(with current using muffler)
f	マッカラー CP-70	(マフラーなし)	マッカラー CP-70	(without muffler)
g	ハスクバーナ 65	(現用マフラー I 型につき)	Husqvrna 65	(wrth current using muffler-I)
h	ハスクバーナ 65	(II 型マフラーつき)	ハスクバーナ 65	(with muffler II)
i	ハスクバーナ 65	(マフラーなし)	ハスクバーナ 65	(without muffler)

図-1. チェンソーの騒音レベル (作業者の右耳の位置において)

Fig. 1. The noise level of the chainsaw (at the level equivalent to the operator's right ear when he is bucking wood)

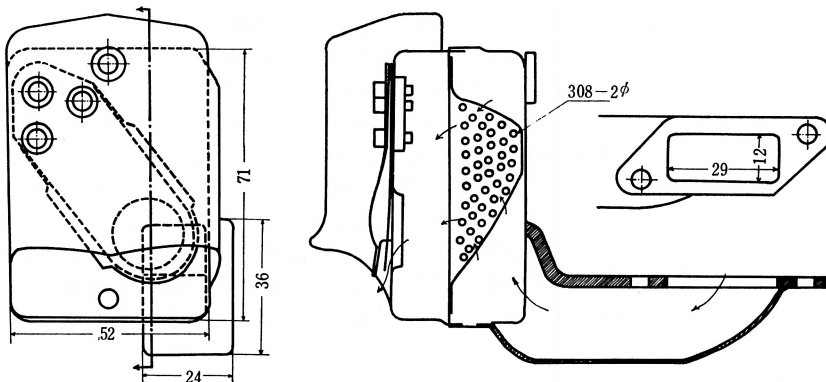
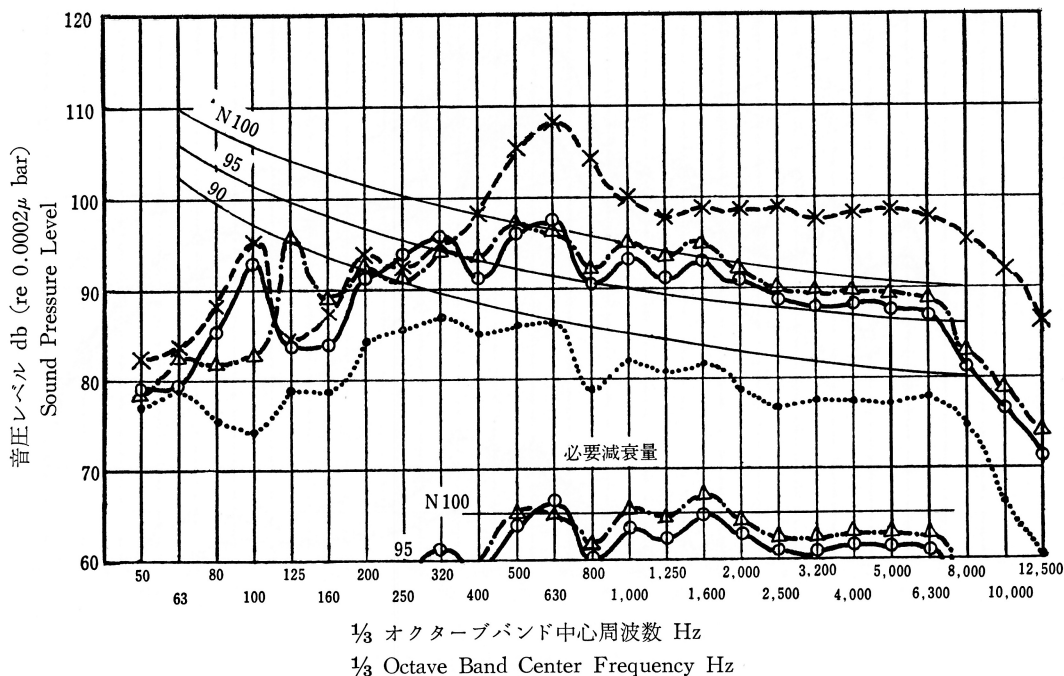


図-2-a. マッカラー CP-70 チェンソーのマフラー  
Fig. 2-a. Muffler of "McCulloch CP-70" Chainsaw



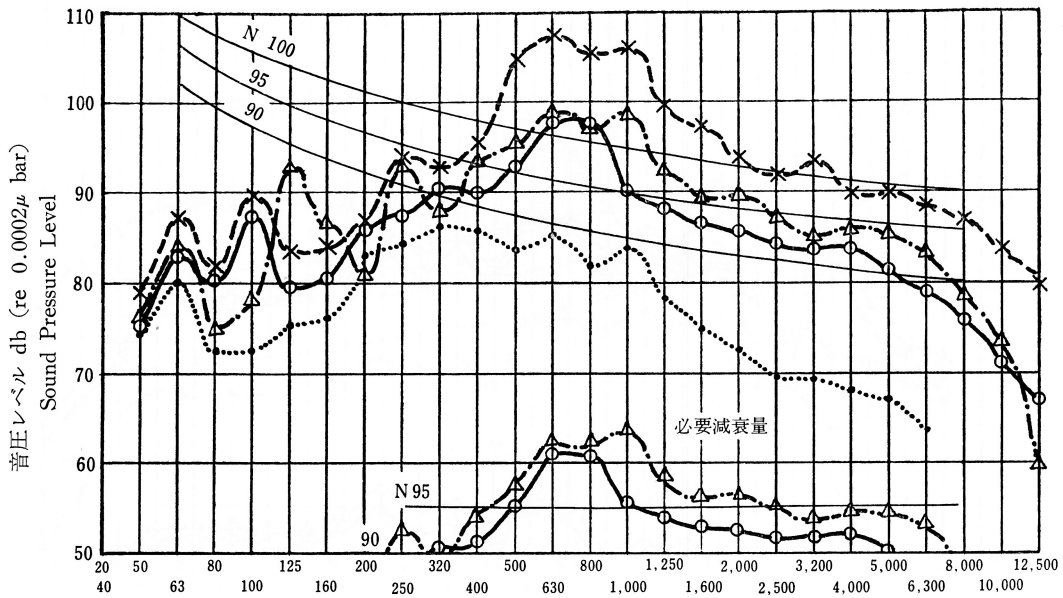
- 3000 rpm 現用マフラつき (O. A. 95.0 dB-C, 92.6 dB-A) with muffler of current use  
 ○ 6000 rpm " ( " 104.8 " 102.8 " ) "  
 △ 8000 rpm " ( " 106.3 " 105.0 " ) "  
 × 6000 rpm マフラなし ( " 112.6 " 112.0 " ) without muffler

図-2-b. マッカラー CP-70 型チェーンソーの騒音分析と必要減衰量

Fig. 2-b. The frequency analysis of 'McCulloch CP-70' chainsaw noise and the required attenuation of noise

i) マッカラー CP70 型: 図-2a にマッカラー CP70 型チェーンソーマフラの構造を示す。角型容器内に径 2 mm の円孔多数を有する変形板を入れ、摩擦面積の増大を図った膨張摩擦型で、さらに円形排気孔前方に薄板バネ製リード弁を配置し、摩擦干渉による消音効果を高めたもので、重量 227g である。図-2b. に騒音分析結果と、NR 数 90, 95 および 100 の線および NR 曲線を上廻った必要減衰量周波数特性を示す。毎秒の機関排気回数に対応した基本振動波のほか、2 サイクル機関特有の機関燃焼音で代表される 500~800Hz の騒音支配成分がみられる。6000rpm と 8000rpm でこの成分は、他の周波数成分に比し、特に目だつほどではない。6000rpm と 8000rpm の間では、総合レベル (O. A.) で 1.5dB の差、分析結果でも、基本波の違い以外はごく近接し、NR 数 95 に対する必要減衰量は、その周波数特性が 320~6300Hz にわたるが、最大 6.0~6.7dB である。さらに、6000 rpm で現マフラつきとマフラなしを比べると、O. A. で 7.8dB 減衰、分析結果ではマフラなし時に明らかにみられる 500~800Hz の騒音支配成分ならびに、それ以上の高周波成分が、マフラ装備により 10dB 前後減衰している。結局、このリード弁型マフラは、高周波成分に対する消音効果および機関の高回転数時における全体的消音効果がすぐれていることを実証している。

ii) スチール 041AV 型: 図-3. にスチール 041AV 型チェーンソーの騒音分析結果を示す。6000rpm と 8000rpm の O. A. は 102dB と 105.6dB で、マッカラー CP70 型のそれより 2.8~0.7dB 低い。しかし、両回転数間での差は、3.6dB でやや大きい。500~800Hz の騒音支配成分は、明らかなピークを示し、NR 数 95 に対する必要減衰量は、その周波数特性が 500~1000 Hz あるいは 500~2000Hz とマッカラー CP70 型に比べ周波数範囲が狭く、6~8 dB である。また、フルコン II 型の 6000rpm と比べると (図-4. 参照) 1250Hz 以上の周波数成分に対する減衰効果が明らかだが、500~800Hz の騒音支配成分の消音効果がやや劣る。しかし、マッカラー CP70 型に比べると、NR 数 95 に対する 1250~6300Hz の周波数成分の必要減衰量が全くない点がややまざる。6000 rpm におけるマフラ装備とマフラなし時を比べると、O. A. で 10.5dB 減衰、分析結果では 500~800Hz の騒音支

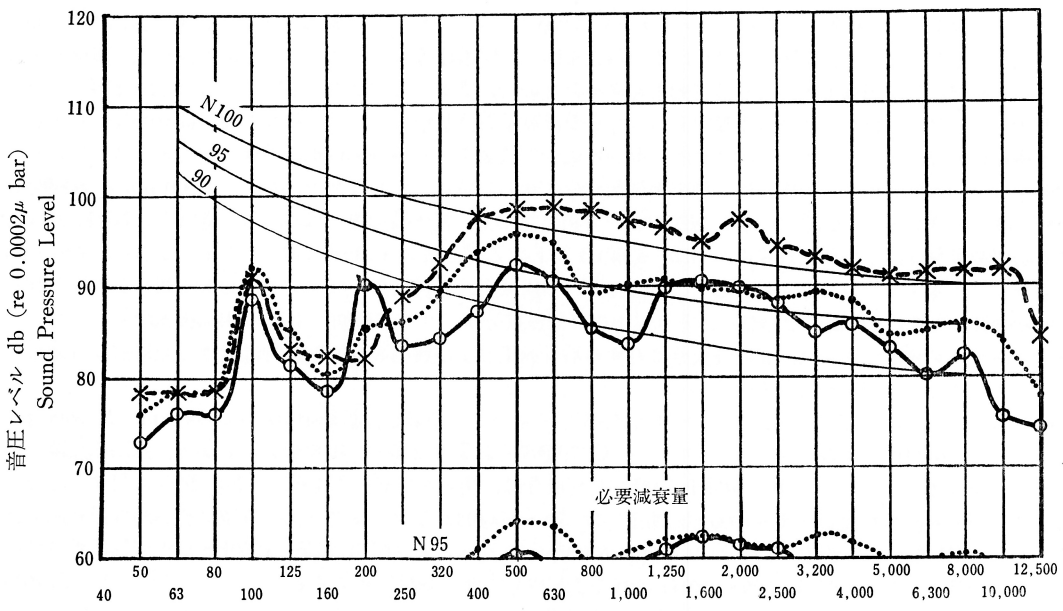


1/3 オクターブバンド中心周数 Hz  
 1/3 Octave Band Center Frequency Hz

- 3000 rpm 現用マフラつき (O. A. 94.0 dB-C, 88.8dB-A) with muffler of current use
- 6000 " " ( " 102.0 " , 99.4 " ) "
- △ 8000 " " ( " 105.6 " , 104.1 " ) "
- × 6000 " マフラなし ( " 112.5 " , 112.0 " ) without muffler

図-3. スチール 041 AV型チェンソーの騒音分析と必要減衰量

Fig.-3. The frequency analysis of 'Stihl 041 AV' chainsaw noise and the required attenuation of noise



1/3 オクターブバンド中心周波数 Hz  
 1/3 Octave Band Center Frequency Hz

- × マフラなし (O. A. 108.0 dB-C) without muffler
- 現用マフラつき(I) ( " 105.0 " ) with muffler of current use (type I)
- 特殊マフラつき(II) ( " 102.0 " ) with special muffler (type II)

図-4. スチールファルコン型チェンソーの騒音分析と必要減衰量 (6000 rpm)

Fig.4. The frequency analysis of 'Stihl Falcon' chainsaw noise and the required attenuation of noise

配成分以上の高周波数成分において、ほぼ一様に 10dB 内外の減衰を示している。

iii) ハスクバーナ65型：図-5 a . にハスクバーナ65型チェンソーのマフラ (II) の構造を示す。これは、やや偏平な円形排気孔が上方についているが、現用マフラ (I型) は下方に矩形 (22mm×8mm) の排気孔がある。排気が作業者顔面へ迂回するのを避けるため、II型を改良したもので、図-1. に明らかなように、性能にはほとんど差がない。いずれも長方形、ウリ形縦断面を持ち、重量 407g の大形マフラであるが、チェンソー本体が軽量化している現在、全体として著しい重量負担となるものではない。シリンダーより排出される排気は、マフラ入口に直結する小ウリ形膨張室に拡散し、再び小孔から迂回路を経て排出される。この間摩擦膨張を反復することにより、速さと圧力を著しく減じ消音されるのであるが、その消音特性は抜群である。図-5 b . にハスクバーナ65型の騒音分析結果を示す。I型とII型のO.A. の差は僅かにすぎないから、I型 (現マフラつき) の分析結果を記す。O.A. は 6000rpm で 95.5dB, 8000 rpm で 103.5 dB で、前二機種のもそれより 2.5~5.3dB

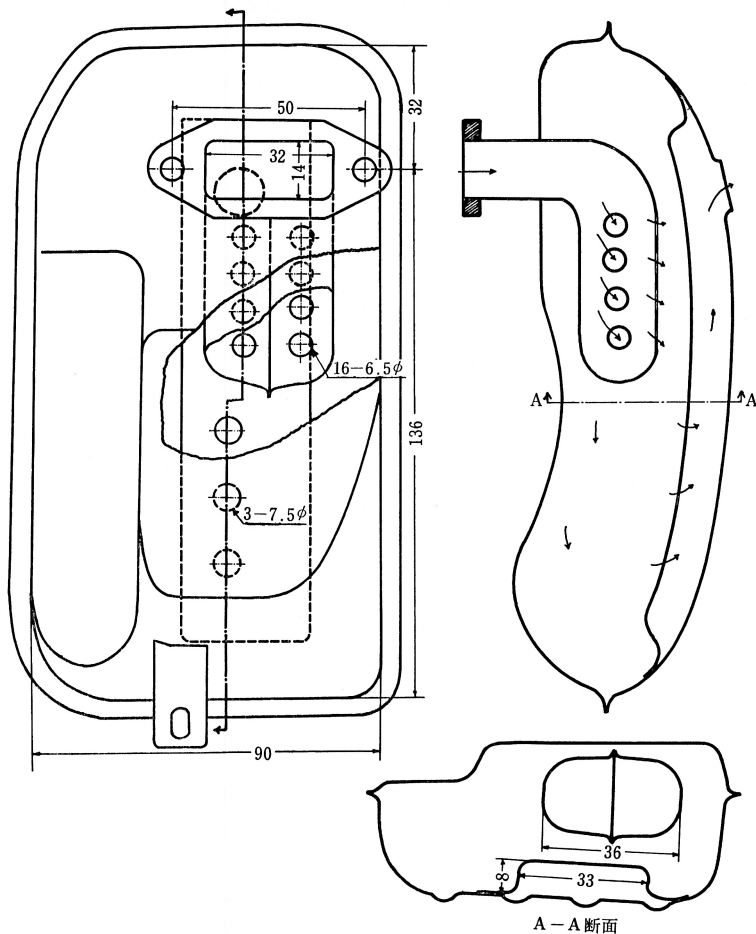
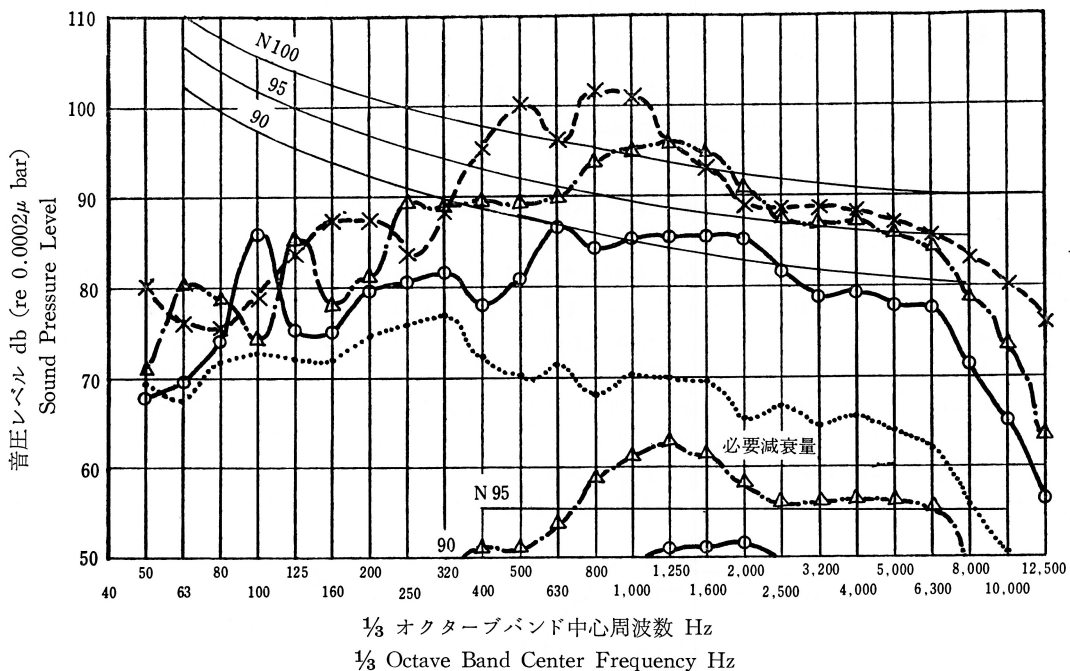


図-5-a. ハスクバーナ65 チェンソーのマフラ (II)  
Fig. 5-a. Muffler (II) of "Husqvarna 65" Chainsaw



- 3000 rpm 現用マフラつき (O. A. 84.0 dB-C, 79.0dB-A) with muffler of current use
- 6000 " " ( " 95.5 " , 94.8 " ) "
- △ 8000 " " ( " 103.5 " , 103.0 " ) "
- × 6000 " マフラなし ( " 108.3 " , 107.6 " ) without muffler

図5-b. ハスクバーナ65型チェーンソーの騒音分析と必要減衰量

Fig. 5-b. The frequency analysis of 'Husqvarna 65' chainsaw noise and the required attenuation of noise

あるいは 2.1~2.8dB 低いが、両回転数間の差は 8.0dB とやや大きい。分析結果では、基本波のほかに、騒音の主成分である排気音とエアクリーナを通した吸気音の成分を含む 800~1600Hz の波形が大きい点が特色である。この帯域はまた、エアクリーナ部のカバーによっても影響され、カバーを取り去ると 800~1000Hz 成分が 6 dB 前後減衰し、木材鋸断時の防塵を主目的とした本カバーの工夫が望まれる。NR 数95 に対する必要減衰量周波数特性は、8000rpm で 800~2000Hz の最大 7.5dB であり、スチール 041AV 型に近い内容である。6000 rpm では NR 数95 に対する必要量はなく、NR 数90 に対する必要減衰量周波数特性が 1000~2000Hz で最大 2.5dB である。この値は、前報<sup>4)</sup>のスチールファルコンII型およびその排気音制御時の結果にまさる、すぐれた消音効果を実証するものにほかならない。6000 rpm での現マフラ装着とマフラなし時を比べると、O.A. はマフラなしで 108.3dB、マフラつきで 95.5dB で 12.8dB の減衰である。分析結果では、ほぼ全周波数帯域にわたり著しい減衰効果を示し、特に騒音の主要成分である 500~800Hz を中心とした帯域では 15~20dB の減衰である。マフラなしでの機関自体の騒音が他機種のものに比し小さい上に、このようなすぐれた消音効果を持つマフラを装備した結果、常用状態で抜群の性能を示すに至ったものと考えられる。

### 3. チェンソー騒音の現用マフラによる消音限度

既に実験した各種チェーンソーの騒音レベルと機関排気量との関係を見ると、図-6. のとおりである。すなわち、6000rpm で 112±4 dB、7000rpm で 114.4±4 dB、8000rpm では 116.5±2 dB で、排気量の増加に伴う騒音レベルの変化は少なく、両者の間の相関は全くみられない。

これらチェーンソーのマフラなし時の騒音レベルに対する排気音制御(太いパイプで排気ガスを 5 m 遠方に逃がし、パイプ孔近くに吸音板を立て、マイクロホンに対し排気音を完全に遮断)による減衰は、6000rpm で 8.5~16.0dB、平均 12.3dB、7000rpm で 7.0~15.5dB、平均 11.4dB、8000rpm で 5.5~13.5dB、平均 10.5dB であり、チェーンソー騒音のマフラによる消音可能限度を示唆しているものといえよう。

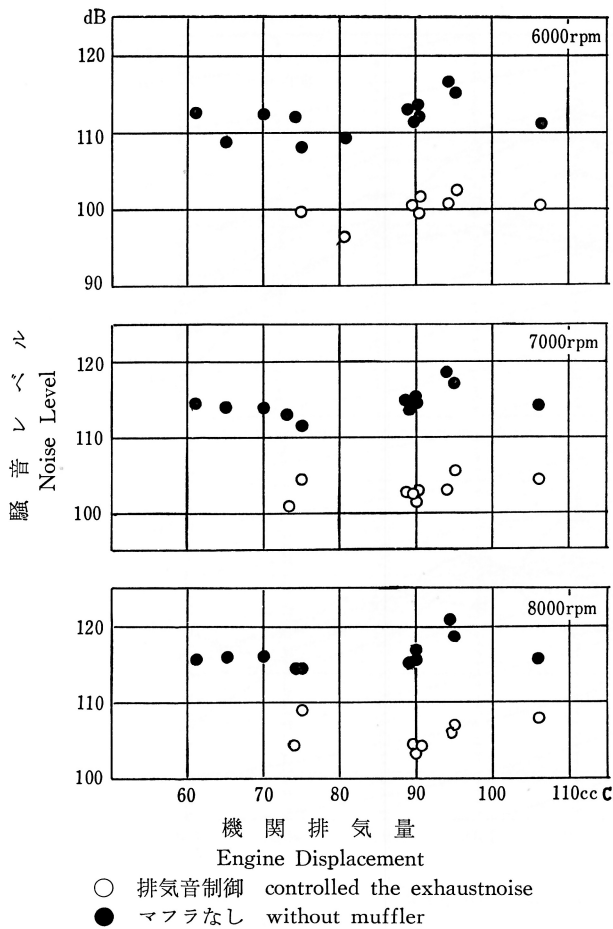


図-6. チェンソーの機関排気量と騒音レベル  
 Fig. 6. The relation between the noise level of chainsaw and engine displacement

#### IV 作業時チェンソー騒音の評価

騒音評価の国際規格として ISO の Technical Committee TC43 が1961年に示したものがあり、これまでの研究をもとにして、騒音の大きさ、周波数構成、暴露様式を考慮した評価法である<sup>5)</sup>。この基準は一日連続5時間以上、常習的に10年間その騒音に暴露されても、言語聴取に対する障害が平均的にみて無視しうる（5時間暴露後の 2KHz の TTS<sub>2</sub>—暴露後2分たってからの一時的聴力損失—が 12dB 以下という数値が採用されている）という推定に基づいている。ISO の提案後にも、Ward (1962), Plomp et al. (1963), Kryter (1963) などによる騒音の聴力に対する許容基準が示されてきているが、わが国産業医学会<sup>6)</sup>では1966年にISCの基準の採用を条件つきで決めている。さらに ISO では第2次の提案を 1967年に行なったが、ここでは前報との関連上主として第1次の提案について考えている。前報にチェンソー騒音の評価を示したが、チェンソー騒音は作業者の聴力保護を目的とした評価が最も重要である。このために、騒音をオクターブ分析し、結果をNR数 (Noise Rating Number) に相当する O.B.L. 値 (普通 NR 数の 5 単位刻みで示されていて 5 単位刻みの数で評価される) に照らし、中心周波数がそれぞれ 500Hz, 1000Hz および 2000Hz の三バンドの NR数のうち最高のものをとり、それぞれの騒音の NR数とし、規格に従った騒音評価を行なう。

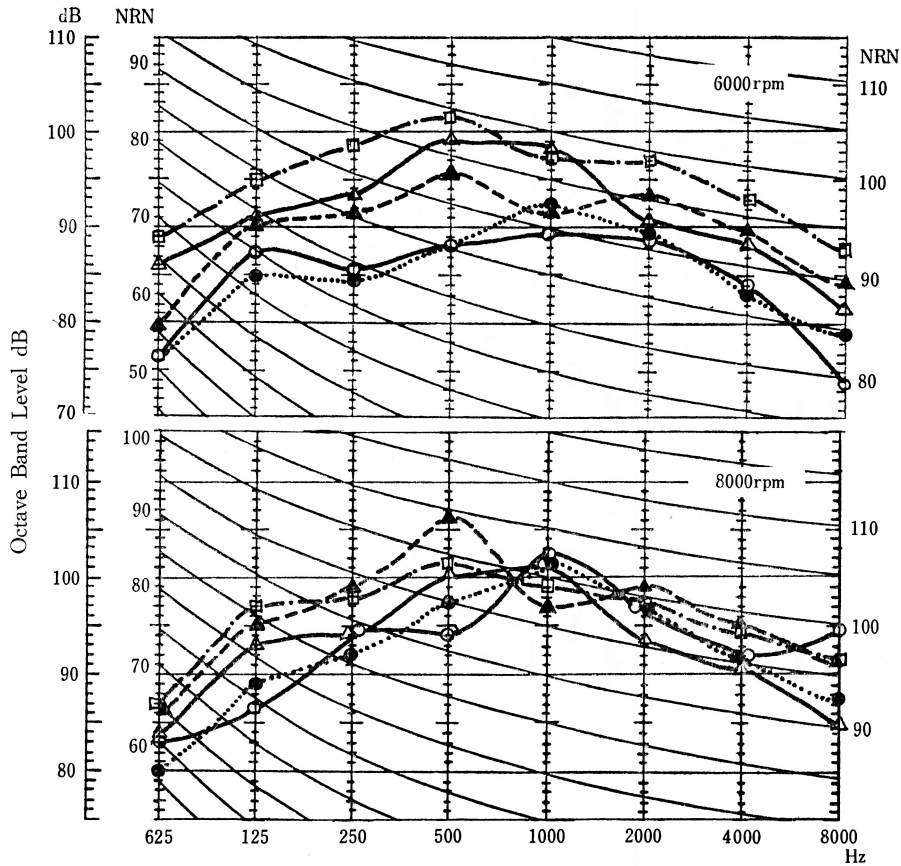
図-7に NR 数曲線と供試三機種種の四通りのマフラ状態における空転時騒音の O.B.L. ( $\frac{1}{3}$ オクターブ分析器による周波数分析結果から合成してえた値) とファルコン II 型のそれを示す。6000rpm では、スチール 041A

表-1. 供試チェンソーの現用マフラによる騒音減衰量

Table 1. attenuation of chainsaw noise by muffler of current use

機種 type of chainsaw	減衰量 attenuation of noise	
	6000 rpm	8000 rpm
McCulloch CP-70	7.8dB	6.5dB
Stihl 041-AV	10.5	9.6
Husqvarna 65 (I)	12.8	10.5
〃 (II)	12.8	10.7
Stihl Falcor (I)	3.0	—
〃 (II)	6.0	4.0

供試三機種と前報<sup>4)</sup>で消音効果がすぐれていたファルコン型の、現用マフラによる騒音減衰量を表-1にまとめてみる。供試三機種では、6000rpmで 7.8~12.8dB, 7000rpmで 10.0~12.3dB, 8000rpmで 10.0~10.5dBで、いずれも上記消音可能限度のほぼ平均値に近い。またマフラなしの騒音レベルも各機関回転数において上記の平均値である点、前報ファルコン II 型の例—6000rpmで 6.0dB, 7000rpmで 5.0dB, 8000rpmで 4.0dB—に比べても高い性能を示している。なかでも、ハスクバーナ 65 I 型は 6000rpmで 12.8dB, 7000rpmで 12.3dB, 8000rpmで 10.5dB とすぐれた性能を示した。これは、チェンソーマフラについての小形軽量なる概念から考えた場合、ほぼ限度に近い性能であると言えよう。



		NRN		
		6000 rpm	8000 rpm	
○	ハスクバーナ 65 (I)	Husqvarna 65 (I)	95	105
●	ハスクバーナ 65 (II)	95	105	
□	マッカーラー CP-70	McCulloch CP-70	100	100
△	スチール 041 AV	Stihl 041 AV	100	105
▲	スチールファルコン(特)	Stihl Falcon (Sp.)	95	105

図-7. チェンソーの騒音評価数 (空転時)

Fig. 7. The Noise Rating Number of the chainsaw

V型およびマッカーラー CP70 型が NR数100 であるのに対し、ハスクバーナ65型は、I・II型とも NR 数95で、ファルコンII型に等しいが、各バンドレベル値は、ファルコンII型よりかなり低い。8000rpm では、供試全機種が、ほぼファルコンII型より低いレベルにあり、NR数は大体105 で変りないが、マッカーラーCP70型は高回転数における高周波成分に対する消音効果がすぐれている結果NR数が100に止まっている。これらNR数によって示される騒音のもとで、作業者が永久に難聴を生じないための許容連続暴露時間を、ISOの規格に従って、チェーンソー別に示すと表-2 のようである。すなわち、永久的に難聴障害を起さないために許される 連続暴露時間は、NR数95で50分間、NR数100 で25分間さらに NR数105では15分間にすぎない。もしNR数90に低下すれば、許容連続暴露時間は120分間に増大する。

間欠的に広帯域の騒音にさらされるときに、永久的聴力保護のために必要な休止時間と NR数との関係を表-3 にみると、NR数 105 では、5 分に対し7分の休止、10分に対しては36分の休止が必要、12分ではほとんど無限大に近づき、15分で限度に達する。NR 数100では5分に対し4分の休止、15分に対し17分の休止であるが、



表-2. チェンソーの騒音評価指数と許容連続暴露時間

Table 2. The Noise Rating Number of chainssaw and the allowable on-time needed to conserve the hearing of operator

機種 type of chainsaw	N R 数 Noise Rating number			許容連続暴露時間 (分) allowable on-time (m)		
	3000 rpm	6000 rpm	8000 rpm	3000 rpm	6000 rpm	8000 rpm
Husqvarna 65 (I) (II) without muffler	75	95	105	1500<	50	15
	80	95	105	1500<	50	15
	105	105	115	15	15	7
McCulloch CP-70 without muffler	90	100	110	110	25	9
	—	110	115	—	9	7
Stihl 041 AV without muffler	90	100	105	110	25	15
	—	110	115	—	9	7
Stihl Falcon (II) without muffler	(90)	100	105	110	25	15
	(100)	105	110	25	15	9

表-3. NR 数に基づく間欠暴露時間と、ISO('61)による聴力保護のために必要な休止時間

Table 3. The relation between on-time and off-time based on NR number with respect to conservation of hearing

N R 数 Noise Rating Number	90		95						100			105		
	騒音に続けてさらされる時間(分) on-time (m)	10	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	5
要求される休止時間(分) off-time (m)	2.5	3	2.5	4	4	5	10	20	4	8	17	160	7	36
オン・オフ周期/日 on-off cycle/day	38	14	64	34	25	19	13	9	53	26	15	2	40	10

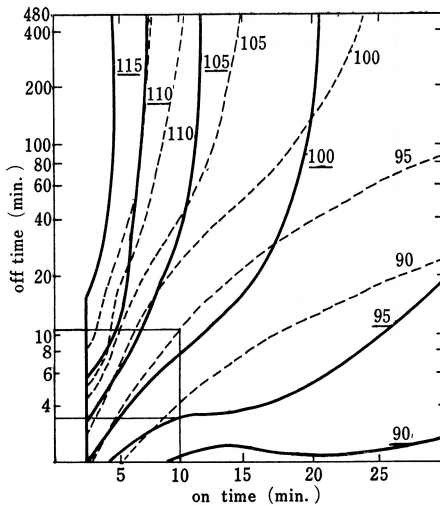
1日 480分作業：480 mimutes working/day

20分になると 160分の長い休止時間を必要とする。さらに、NR 数95 では10分に対し4分の休止、20分に対し5分の休止、30分に対し20分の休止が必要である。いま、チェンソー騒音の NR数が90に低下すれば、10分に対し2.5分の休止、30分に対し3分の休止で済み、一定時間内の反復可能回数を著しく増すことができる。

ISOの間欠騒音による一時的聴力損失 (TTS<sub>2</sub>) においては、オン・オフ周期が交互規則的に配列され、暴露のおわりはオンタイムが来ると仮定し、いずれのオンタイム直後においても 2KHz の許容 TTS<sub>2</sub> を 12dB とし、暴露等価法則<sup>7)</sup> を適用したと考えられる。これに対し、庄司ら<sup>8)</sup> のより広い適用性を備えた推定式を使い、TTS<sub>2</sub> 12 dB 以下という条件に則した計算によると 図-8 の破線が示す曲線となり、同図の実線が示す ISO の基準によると、低レベルの騒音については、騒音の影響を過少に評価する結果になることを示している。したがって前述の値も緩にすぎることになるが、産業医学会も間欠暴露については、さらに検討を要すとしているので、前報との関連上 ISO ('61) によって検討を進めている。

チェンソー空転時騒音の O.B.L. に対する、木材鋸断時 (鋸断中 6000rpm) 騒音の O.B.L. の増加量のうち、NR 数判定に必要なオクターブバンド中心周波数 500Hz, 1000Hz および 2000Hz の O.B.L. を表-4 に示す。これらレベルの変化は、チェンソーの種類、木材の種類、性質の違いなどに影響される<sup>9)</sup>。この例では 500Hz 成分で 1.8~7.5dB, 100Hz 成分で 3.6~9.0dB および 2000Hz で 1.9~5.1dB であり、騒音評価指数 (NR 数) は空転時の100に対し、木材鋸断時 100~105で、多くの条件で105以内であった。

マツカラー-CP70型の海岸松 (直径35cm) 鋸断時騒音レベルは 110.8dB で空転時より 6dB 増大し、NR 数は



Parameter : NR-Number; Solid line : ISO; broken line : Shoji et al.

図-8. ISO('61)による間欠騒音の許容値

Fig. 8. The relation between intermittent noise and tolerance limit values depending on ISO('61)

105である。さらにスチール 041AV 型の海岸松鋸断時騒音レベルは 107dB で、空転時より 5 dB 増大し、NR 数は 105 である。ハスクバーナ 65 型の海岸松鋸断時騒音レベルは、101.5dB で、空転時より 6dB 増加し、O.B.L. では 500Hz で 90.3dB、1000Hz で 97.4dB、2000Hz で 94.6dB となり、NR 数は 100 である。木材鋸断条件の変化による O.B.L. の変動が、前例程度であるとすれば、ハスクバーナ 65 型では 500Hz 成分が 89.9~95.6 dB、1000Hz 成分が 93.0~98.4dB また 2000Hz 成分が 90.7~93.9dB で、NR 数は 95~100 となり、上記海岸松鋸断結果はこの範囲内にある。ハスクバーナ 65 型のマフラーは消音効果が大いだが、鋸断時には負荷の増大が大きく、空転時に対する木材鋸断時騒音レベルの増大割合が、他機種よりやや大きい。しかし、騒音レベルが上がって NR 数も小さく、チェーンソーとしての実用性を何ら減じていない。

これらの結果では、チェーンソーの騒音の NR 数は、木材鋸断時に空転時の値より 5 程度増大することが明らかである。したがって、供試機程度の性能のチェーンソーでは、空転時騒音評価結果から、木材鋸断時の概略の騒音評価が可能であり、その値は十分安全側にあるものである。かくして、NR 数が求めれば表-3 から空転時同様に木材鋸断時の騒音に対し、1 日 8 時間の作業時間内における“オン・オフ周期”(暴露時間と必要休止時間の繰り返し数)を求めることができる。

## V チェンソー騒音の簡易評価法

前述のように、騒音の評価法には、各種の提案があり、いずれも周波数分析を前提とし、ISO が推奨する NR 数による騒音評価法も例外ではない。ISO では、周波数分析のできない場合あるいは手早く簡便に騒音評価をしたい場合のための簡易な判定法として、騒音計の A 特性、fast response で測った値(騒音レベル“A”, dB-A)から 8 を引いた値を、概略の NR 数としてよい、すなわち  $\text{dB-A} - 8 = \text{NR}$  数なる関係を示している。

チェーンソーの騒音を分析し、規定に従って求めた NR 数と騒音レベル dB“A”の関係を示すと図-9 のとおりである。図中の白丸はチェーンソー騒音の NR 数を、普通示されている「5 単位刻みの NR 数に対する O.B.L. の値」によって求めたものである。黒丸はこれらの値を、1 単位刻みの NR 数で評価したものである。黒丸単独で白丸と矢印で結ばれていないものは、白丸と一致した値を示している。この結果は、測定値(黒丸の値)のほとんどが、 $\text{NR} = \text{dB-A} - 5$  の直線と  $\text{NR} = \text{dB-A}$  の直線の間分布し、平均的には dB-A よりほぼ 3 単位小さい関係を示している。騒音計に許されている誤差が小さいところで  $\pm 2\text{dB}$  である<sup>10)</sup>ことを考えれば、大部分のチェーンソー騒音では、騒音計の A 特性による騒音レベルから約 3 を差引いたものを、その騒音の NR 数とみてよいであろう。

表-4. 木材鋸断時チェーンソー騒音のオクターブバンドレベル  
Table 4. Octave band level of chainsaw in cross cutting timber

中心周波数 center frequency		オクターブバンドレベル octave band level			NRN	O.A. (dB C)	
		500 Hz	1000 Hz	2000 Hz			
Echo 80 型	空転 racing 6000 rpm		97.7	93.7	93.6	100	103.5
	角材鋸断 in cross cutting of square wood (6000 rpm)	a	+ 4.2	+ 5.2	+ 1.9	100	107.5
		b	+ 1.8	+ 3.6	+ 3.6	100	105.5
		d	+ 5.5	+ 9.0	+ 5.1	105	108.0
		e	+ 7.0	+ 7.9	+ 3.7	105	108.5
		g	+ 7.5	+ 7.0	+ 3.5	105	108.5
	丸太鋸断 in cross cutting of log (6000 rpm)	a	+ 4.9	+ 1.5	+ 3.0	105	107.5
		b	+ 3.8	+ 4.6	+ 1.3	100	106.5
		d	+ 5.4	+ 6.6	+ 6.0	105	108.5
		e	+ 8.0	+ 4.9	+ 5.5	105	110.0
		f	+ 6.4	+ 4.1	+ 5.5	105	109.0
	Husqvarna 65 空転 racing 6000 rpm			88.1	89.4	88.8	95
丸太鋸断 6000 rpm in cross cutting of log	c	+ 2.2	+ 8.0	+ 5.8	100	101.5	
McCulloch CP 70 空転 6000 rpm			101.6	97.1	96.8	100	104.8
丸太鋸断 6000 rpm in cross cutting of log	c	+ 5.4	+ 5.6	+ 6.2	105	110.8	
Stihl 041 AV 空転 6000 rpm			99.4	98.1	90.6	100	102.0
丸太鋸断 6000 rpm in cross cutting of log	c	+ 5.7	+ 5.1	+ 2.8	105	107.0	

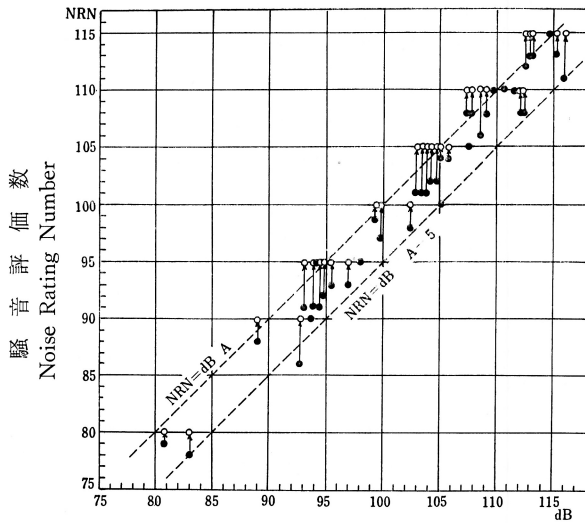
- a. ヒノキ japanese cypress;                      b. スギ Cryptomeria;  
c. 海岸松 maritimepine;                      d. ブナ beechtree;  
e. ケヤキ zelkova;                              f. カエデ Acer palmatum;  
g. ミズメ Betula carpinifolia

前述のように、ISO では概略の判定の場合、騒音レベル dB-A から 8 を引くといっており、産業騒音の検討結果<sup>11)</sup> では dB-A から 5 を引いた値を NR 数とみることを示されていて、チェーンソー騒音についての結果と異なる。産業騒音の例<sup>11)</sup> では、騒音が問題となっている場所での例が中心であり、また騒音レベルが大きい (60dB-A~110dB-A) か、レベルが比較的低くても高周波成分の優勢なものを主とし、騒音一般を代表していないため、ISO との相違を生じたと考えられる。チェーンソー騒音では、常に騒音源に密接した状態の測定値が問題になり、前例<sup>11)</sup> より高い方に騒音レベルが分布し (80dB-A~115dB-A)、多量の高周波成分を含む結果、NR 数も大きく、騒音一般の水準から著しく偏ったものだけを取りあげた形となる結果、このような違いが生じたと考えられる。

上の結果から、チェーンソー騒音の指示騒音計の A 特性による読みから、次式により、

$$\text{NR数} = \text{dB-A} - 3 \quad (1)$$

簡便にチェーンソー騒音の評価が可能であることがわかった。さらに実用的に (5 単位刻みで) 騒音評価指数を求め、作業サイクルを判定するには次の手順による。すなわち、(1) 式でえた値を次の (2) 式で置きかえる。



A 特性のよみ

“A” weighting meter reading (dB-A)

- 1単位刻みによる評価 evaluation in every 1 unit of NRN
- 5単位刻みによる評価 evaluation in every 5 units of NRN

図-9. チェンソーの騒音 (A特性のよみ) と聴力保護のための NRN

Fig. 9. “A” meter reading of chainsaw noise and NR number with respect to Conservation of Hearing

$$\text{NR数} = 10x + y \quad (2)$$

$x$  は10以上の桁の数,  $y$  は1の桁の数を示す。いま,  $0 \leq y \leq 5$  なら  $\text{NR数} = 10x + 5$  (3)

また,  $5 < y < 10$  なら  $\text{NR数} = 10(x + 1)$  (4)

によって, 5単位刻みの NR 数を求めることができる。

また, 指示騒音計のA特性の読みから, 直接, 5単位刻みの騒音評価指数 (NR 数) を求めることもできる。すなわち, dB-A の読みの1の桁の数が3~7であれば, NR数の1の桁は5で10の桁以上は dB-A の読みと一致, たとえば, dB-A が 93~97 であれば, NR 数は95と判定する。また dB-A の読みの1の桁が7より大きいか3未満であれば, NR数は, dB-A 値に最も近く, 大きい方の5単位刻みのNRN値に等しい。たとえばdB-A が 98~102であれば, NR数は 100~105 と判定するのである (図-8 参照)。このようにするとほとんどの場合, 5単位刻みの評価数と一致する。

以上のいずれかによって, 指示された5単位刻みの NR数を簡便に求め, それに基づいて, 規定された聴力保護の見地からの騒音に対する許容オン・オフタイム周期表 (表-3) を用い, 適正なチェンソー作業時間を見いだすことができる。

## VI チェンソー作業時騒音規制基準

前報<sup>4)</sup>において, チェンソー騒音の規制基準として, 作業者の耳の位置においてNR数 95を提案している。これは供試10機種種の空転 6000rpm における排気騒音規制時の NR数が, ほとんど 95であるばかりでなく, スチールファルコン型に特殊マフラを装着した時の空転 6000rpm においても, NR 数95であって, その分析結果に $\frac{1}{3}$ オクターブバンド用 NR数曲線を適用した場合の必要減衰量もきわめて少なく, 周波数特性も僅かであるなどの点から, チェンソー騒音規制の基準として, NR 数95が近き将来の可能性をみこんだ妥当な値であると判断されたためである。

今回特に注目した ハスクバーナ65型は, 図-7 に示すように, I型空転 6000rpm で, NR数95であるが, スチールファルコンII型のそれと比べると, 全体の音圧レベルが著しく低い。また $\frac{1}{3}$ オクターブバンド用 NR数曲

線を適用すると、図-4に示すように、ファルコンII型は NR数95 に対する必要減衰量を検討する必要があるのに対し、ハスクバーナ65型(図-5)ではその必要がなく、NR数90 に対する必要減衰量を検討すればよい。しかもその最大値は約 3 dB にすぎない。したがって、先の規制基準設定に際しての考えを布えんとすると、チェンソーの無負荷 6000rpm における騒音規制の目標としてNR数90を考慮することが出来る。

また、木材鋸断時については、前項で明らかにしたように、空転時に対する NR数の増加は 5 以内と考えられるから、空転時NR数100に対し、木材鋸断時NR数100~105、空転時NR数95に対し、木材鋸断時95~100となる。さらに、チェンソー騒音を上記の規制目標 NR数90にまで規制しえた時には、実作業時の NR数は95となることが考えられ、作業時間と必要休止時間とのサイクルは大いに改善される。したがって、チェンソー作業において目標とする騒音の規制基準を、空転時NR数 90、実作業時 NR数 95に設定することが望ましいと考え提案する。ハスクバーナ65型の存在は、この値が、架空のものでないことを示唆している。

## Ⅶ む す び

最近の2, 3のチェンソーの騒音レベルを測定分析し、騒音評価を試みた。この結果、マッカーラーCP70型は、リード弁マフラによる減衰量が大きく、高回転数において全体レベルが低いうえ、周波数特性的には高周波成分での消音効果がすぐれていることがわかった。また、スチール 041AV 型も、すぐれた消音効果を示したが、ハスクバーナ65型は、供試機中最も高い消音効果を示したばかりでなく、前報で特記したファルコンII型よりも、全体のレベルが一層低かった。これらの結果から、軽量小型を要求されるチェンソー用マフラといえども、ある程度の容積拡大をはかり、消音構造の採用を容易にするとともに、リード弁マフラ(マッカーラーの他にホームライトも採用)のような特殊構造的工夫を施す必要があることを強調することができる。

チェンソー作業における騒音評価を空転時と実作業時とについて試み、空転時騒音分析結果の O.B.L. に対し、実作業(木材鋸断)時の増し量を考慮することによって、概略の実作業騒音評価指数を知ることができることを示した。さらに、チェンソー騒音の指示騒音計による A特性の読みを取り、比例的に  $NR数 = dB - A - 3$  によって、NR 数を判定することができることを明らかにするとともに、ここにえた NR数(1単位刻み)からあるいは直接 A特性の読みから、簡便に 5単位刻みの NR数(一般に用いられる)を求め、安全な作業サイクルを判定する簡便法を明らかにした。

また、チェンソー作業において、目標とすべき、騒音規制基準として、空転(6000 rpm)時 NR数90、実作業時(木材鋸断中6000rpm) NR数95が望ましいと考え、新たに提案した。

以上により、チェンソー作業における騒音の評価を検討し、作業者の聴力保護の見地から考慮すべき、チェンソー作業時の騒音規制の方途を明らかにした。

## 文 献

- 1) 伏見知道：伐木造材作業におけるチェンソーの振動によって作業者に生ずる職業性レイノー現象様症状(白ろう病)とチェンソーの振動レベル・愛媛大学農学部演習林報告, 6, 19~30, 1968
- 2) JIS Z 8731-1957「騒音レベル測定法」
- 3) 荒牧・伏見・伊藤・青野：チェンソーの騒音に関する研究(II)。愛媛大学農学部紀要, 14(3), 341~351, 1970
- 4) 荒牧・伏見・伊藤・青野：チェンソーの騒音に関する研究(IV)。愛媛大学農学部紀要, 14(3), 367~390, 1970
- 5) 伊藤毅：聴力保護、会話伝達およびやかましさに関する騒音評価指数の国際規格について、産業環境工学, No. 25, 26~31, およびNo. 26, 20~23, 1963
- 6) 日本産業衛生協会：産業医学。8. 390~394. 1966
- 7) Ward, W. D., Glorig, A. O Sklar, D. L.: J. Acoust. Soc. Amer. 31, 791~794, 1959
- 8) 庄司光, 他4名：日本音響学会講演論文集。Nov., 267~268, 1967
- 9) 荒牧・伏見・伊藤・青野：愛媛大学農学部紀要。14(3), 353~365, 1970
- 10) JIS C 1502-1957「指示騒音計」
- 11) 富永洋志夫：労働科学。41(11), 549~554, 1965

(1970年12月8日受理)