

## チェーンソーの騒音 (Ⅲ)

聴力保護具の使用による聴力保護度の評価と騒音規制基準

伏見 知道\*・江崎 次夫\*\*

## The Noise of the Chainsaw (Ⅲ)

The calculating method of the protection provided by the hearing protector worn and the noise control criterion.

Tomomichi FUSHIMI and Tsugio EZAKI

**Summary:** In the previous studies<sup>1)2)</sup>, authors set the control criterion to the chainsaw noise at the point of the operator's right ear when bucking timber by the Noise Rating Number. Now, authors set again the noise control criterion by the overall level and the spectrum level on the basis of NR-curve and the sound pressure level of chainsaw noise. On the other, authors show the calculating method of the protection provided by the hearing protector worn and calculated the protection provided by some protector worn in noise environment generated by timber cutting chainsaw. Resultant sound level at ear canal become below 90 dB(A) by the only good earmuff worn, the chainsaw operator wearing the good earmuff is permitted the 8 hours per a day. Both insert type and muff type hearing protectors have distinct advantages and disadvantages, so that the control noise criterion of chainsaw must gives an object for the reduction of noise source.

**要旨** 先に、チェーンソー騒音の規制基準をNR数によって示したが、ここにNR曲線と音圧レベルをもとに、総合値とスペクトルレベルの両面から規制基準を再検討した。また、チェーンソー騒音に対する聴力保護具の保護効果算定方法を示し、種々評価を試みたが、保護具装着者の98%の人々の耳管内で90dB(A)以下で、1日8時間暴露が許されるのは、良質耳覆使用時に限られた。聴力保護具の使用に伴う不利点がある以上、チェーンソーの消音の工夫が必要であり、規制基準はこの場合のチェーンソーの騒音源の消音対策の目標として役立つであろう。

## 1 はじめに

チェーンソー騒音は、現在の国際的許容基準に対して、著しく高いレベルにあるため、何らかの対策をほどこさない限り、作業者に難聴障害を生ずるおそれが多い。そこで、チェーンソー騒音をある水準以下に抑える努力が必要であり、当面の目標として規制基準<sup>1)2)</sup>を示したが、なかなか実現は容易でなく、騒音環境で安全に作業するためには聴

\* 森林工学講座助教授

\*\* 附属演習林助手

力保護具の使用が必要である。ここに、チェンソー騒音の規制基準をNR数と音圧レベルを根拠に再提示するとともに、各種聴力保護具の装着によるチェンソー騒音に対する保護効果の算定方法を示し評価を試みた結果、チェンソー作業における騒音規制の限界を明らかにすることができたので、ここに報告する。

## 2 チェンソー騒音の聴力保護上の評価

日本産業衛生協会は、聴力保護の立場から騒音許容基準を勧告<sup>3)</sup>している。すなわち、騒音が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(P.T.S.)を1KHz以下の周波数で10dB以下、2KHzで15dB以下、3KHz以上の周波数で20dB以下にとどめることが期待できる基準として、

$$OBLP(480) = 10 \log_{10} \frac{(f^2 + 10.1 \times 1000^2)(f^2 \times 5000^2)^2}{f^2} - 72$$

なる式を示している。

また、1日の騒音暴露が断続的なときは、騒音の実効休止時間を除いた暴露時間の合計を連続暴露の場合と等価な暴露時間とみなして、適用する許容基準として、次式の曲線を示している。ただしTは暴露時間である。

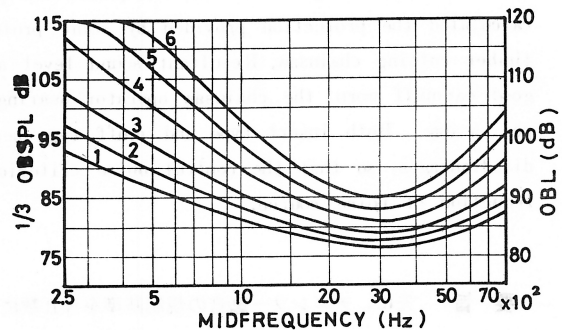
$$OBLP(T) = 77 + \frac{\log_{10} 480 - 0.76}{\log_{10} T - 0.79} (OBLP(480) - 77)$$

この基準を3分1オクターブバンド図にまとめると図-1のようになる。この許容基準を騒音レベルで示すと、1日8時間労働に対しては、騒音計のA特性で測定した90ホンにおおむね相当する〔表示値をA特性補正し合成すると約95dB(A)になるが、原則としては周波数分析により検討すると附記されている。〕

この許容基準によって、供試チェンソーの騒音の周波数分析結果を検討すると、許容基準内に入るのは、Hq.65および180S型、Stihl 041 AV型の空転6000rpm以下で、6000rpmでは1日合計30分以内の暴露が許されるにすぎない。9000rpmでは、供試全機種の騒音の2KHz付近成分のレベルが高いため、許容限界を超える。木材切削時は、切削中6000rpmであっても、2K~4KHz成分のレベルが許容限界を超える。

この結果は、現状ではチェンソー作業において、許容基準の前提になっている永久的聴力損失をまぬがれるために、聴力保護具の常用が絶対に必要であることを示している。

各種聴力保護具による保護度については別項で算定評価しているが、聴力保護具の単独使用によって、作業者の耳管内の騒音レベルが、上記許容限度90dB(A)以下になるのは、良質耳覆による以外にはない。聴力保護具に対する依存の度を少なくするためには、チェンソー自体の騒音を許容基準に近づけ、ついに基準内にまで低下させるよう規制することが必要である。



allowable exposure time (min/day)	1	2	3	4	5	6
	O.A. 99.7 dB(C) (95 dB(A))	O.A. 103.2 " (97.6 ")	O.A. 108.7 " (102.0 ")	O.A. 117.3 " (109.4 ")	O.A. 120.6 " (113.5 ")	O.A. 122.0 " (116.3 ")
	480 min/day	240 "	120 "	60 "	40 "	30 "

Fig. 1 Japanese Industrial Sanitary society noise criteria curves.

## 3 チェンソー作業時騒音の規制基準

一般騒音に対し、難聴障害防止のためのISO規制基準NR数85に準じ、チェンソー作業時騒音の規制基準として、玉切りの姿勢にある作業者の右耳の位置において、空転時6000rpmでNR95を提案<sup>1)</sup>し、第2目標とし

てNR 90を取りあげた<sup>2)</sup>

しかるときは、木材切削によるNR数の増し量は5以内と考えられるから<sup>2)</sup>、チェーンソーの実作業時騒音に対する規制基準NR数は、空転時NR 95に対し木材切削時NR 95～100、空転時NR 90に対しては木材切削時NR 90～95となる。

チェーンソー騒音が、これら規制基準内にあるためには、玉切り姿勢にある作業者の右耳の位置で次のレベル内になければならない。まず、チェーンソーの空転6000rpm時騒音の、作業者の右耳の位置における周波数別レベルの分布を見ると図-2のとおりである。基本波100Hz帯が突出するものの、一般にNR 90のレベルより低く、200Hz帯以上の周波数帯でNR 90のレベルを超える。

そこで空転6000rpmにおけるNR曲線に基づく騒音の規制基準を考える場合は、図-2における最高レベルのうち、当該NR曲線より低い値はこれを取りあげることとし、NR曲線を超える周波数帯は当該NR曲線のレベル値を取ることとし、NR90または100に相当する総合値を、デシベル合成により求めてみると次のようになる。

NR 90に対しては、63Hzが86dB、80Hzが86dB、100Hzが96dB、125Hzが86dB、160Hzが89dBとし、200Hz以上の周波数帯ではNR 90の各レベルを取るものとすると、総合値は101.4 dB (C)

[≒100 dB (A)]である。また、NR 95

に対しては、前記の値のうち200Hzに92dBを入れ、250Hz以上の周波数帯ではNR 95の各レベルを取るものとすると、総合値は104 dB (C) [≒102 dB (A)]となる。

さらにNR 100に対しては、前記の値のうち、200Hzに92dB、250Hzに94dB、315Hzに96dBを入れ、400Hz以上の周波数帯ではNR 100の各レベルを取るものとすると、総合値は107.3 dB (C) [≒105 dB (A)]となる。

結局、チェーンソー騒音規制基準として、空転6000rpmにおいて、NR 90または95を考えると、上記周波数レベルの制約のもとに、総合値が100～102 dB (A)、単純目標としては100 dB (A) (ホン)が、一応の限界値を示すことになる。

#### 4 聴力保護具の使用によるチェーンソー騒音の減衰

騒音に対する聴力保護具には、耳栓と耳覆があり、その性能にはかなりの差がある。保護具の使用により、実際に聴力が保護される度合を評価し、チェーンソー作業現場に適応した聴力保護具の選択と、保護具装着作業時の騒音暴露時間の規制を検討することが大切である。ここに、Walker および Martin<sup>4)</sup>の方法をもとに、チェーンソー騒音に対する聴力保護具の保護度評価方法を示し、チェーンソー作業者にとって有効な聴力保護具とその保護度を明らかにした。

##### (1) 聴力保護具による保護度評価方法

聴力保護具による保護度を評価するためには、① 対象となる騒音の周波数特性に対する騒音レベル、すなわちオクターブバンドレベル。② 聴力保護具の周波数特性に対する騒音減衰量 (dB) の平均値と標準偏差。③ 聴

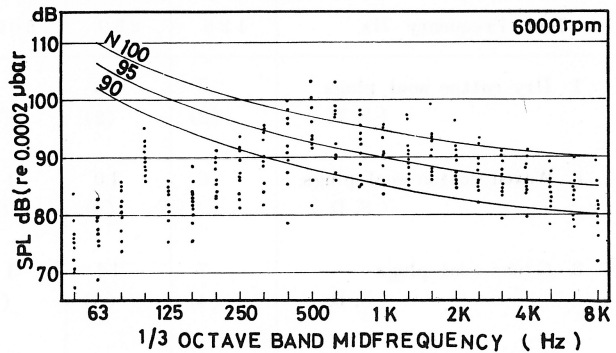


Fig.2 The distribution of the sound pressure levels of chainsaw noise at the situation of operator's ear.

力保全障害危険基準，すなわち，ISOはじめわが国でも示されている1日480分暴露に対し90dB(A)なる許容基準，以上の三項の資料が必要である

聴力保護具の種々の試験周波数における減衰特性の平均値と標準偏差の例<sup>4)</sup>を示すと，表-1のようである。耳栓あるいは耳覆の単独使用によって適当な保護が得られないときは耳栓と耳覆を一緒に用いるとよい。しかし，その場合，それぞれの高い方の効果からさらに，6dB以上減衰量を増すことはなさそうである。

Table 1 Typical mean and standard deviations(S.D.) attenuation characteristics, in dB of different type of hearing protection.

Test Frequency Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Dry cotton wool plugs (S. D.)	2 (2)	3 (2)	4 (3)	8 (3)	12 (6)	12 (4)	9 (5)
2. Waxed cotton wool plugs (S. D.)	6 (7)	10 (9)	12 (9)	16 (8)	27 (11)	32 (9)	26 (9)
3. Glass wool plugs (S. D.)	7 (4)	11 (5)	13 (4)	17 (7)	29 (6)	35 (7)	31 (8)
4. Personalised earmould plugs (S. D.)	15 (7)	15 (8)	16 (5)	17 (5)	30 (5)	41 (5)	28 (7)
5. V-51R type plugs (S. D.)	21 (7)	21 (9)	22 (9)	37 (7)	32 (5)	32 (8)	33 (9)
6. Foam seal muffs (S. D.)	8 (6)	14 (5)	24 (6)	34 (8)	36 (7)	43 (8)	31 (8)
7. Fluied seal muffs (S. D.)	13 (6)	20 (6)	33 (6)	35 (6)	38 (7)	47 (8)	41 (8)
8. Flying helmet (S. D.)	14 (4)	17 (5)	29 (4)	32 (5)	48 (7)	59 (9)	54 (9)

保護具によって与えられる減衰度を計算するためには，保護を受けるべき人々の割合を保護の程度に応じて決めねばならないが，標準偏差によって表-2のように，84%あるいは98%の人々が十分に保護される量<sup>4)</sup>が示される。

Table 2 Typical performance of V-51R type plugs. The assumed protection is the sound attenuation given to about (a) 84% and (b) 98% of persons.

Frequency Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
mean attenuation, dB	21	21	22	37	32	32	33
Standard deviation, dB	7	9	9	7	5	8	9
Assumed protection, dB							
(a) 84%	14	12	13	30	27	24	24
(b) 98%	7	3	4	23	22	16	15



次に、チェーンソー騒音に対し、聴力保護具を使用する場合を例に（表-3）、保護効果の算定評価法を述べる。

Table 3 Calculation of protection provided by earmuffs worn in noise environment generated by timber cutting chainsaw.

Octave band centre frequency Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. measured noise spectra dB	94.4	96.4	106.0	99.0	99.0	101.0	95.0
2. Assumed protection dB (a) 84% (b) 98%	2 0	9 4	18 12	26 18	29 22	35 27	23 15
3. Resultant sound level at ear canal dB (a) (b)	92.4 94.4	87.4 92.4	88 94	73 81	70 77	66 74	72 80
4. Noise Rating Number (a) (b)	NR ≒ 90, (86) NR ≒ 95, (92)						
5. A weighted corrections	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1
6. A weighted octave band sound level at ear canal dB (a) (b)	76.4 78.4	78.4 83.4	85 91	73 81	71 78	67 75	71 79
7. Arbitrary intensity units (a) (b)	0.4 0.63	0.63 2.0	3.16 12.6	0.20 1.26	0.13 0.63	0.050 0.32	0.13 0.79
8. Total value of arbitrary intensity units (a) (b)	84% = 4.70 ≒ 5.01 → 87 dB (A) 98% = 18.23 ≒ 20.1 → 93 dB (A)						

表-3の第1列は、作業者の耳の位置で測定された、あるチェーンソーによる木材切削時騒音のオクターブバンド騒音レベルを示す。

第2列は、1対の耳覆によって提供される仮定された保護度を、表-2の例のように、84%と98%の信頼限度で与える。

第3列は、対象となるチェーンソー騒音のオクターブバンド騒音レベルから、第2列に示された仮定された保護量を差し引いて得られる。この値は、聴力保護具装着者の耳管内における、仮定されたオクターブバンド騒音レベルを与える。この値のうち500Hz、1000Hzおよび2000Hzに対するものをNR数に照らして見れば、聴力保護具による保護効果の度合をNR数によって評価することが出来る。このNR数を第4列に示す。

だが、ここに得られた仮定された騒音レベルを、現在の障害危険基準、いわゆる90dB(A)と比較するためには、第3列に得たオクターブバンド騒音レベルdB(C)を、聴感補正のA特性による値に変換する必要がある。そこで、聴感補正曲線のAおよびC特性の標準的レスポンス(dB)から、A特性値を得るための修正値が表-4のように得られ、第5列は、この値を与えるものである。

Table 4 A weighting corrections

Octave band centre frequency Hz	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A weighting correction dB	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1

第6列は、耳覆装着者の耳管におけるA特性のオクターブバンド騒音レベルで、第3列の値から第5列の値を減じて得られる。

第7列は、オクターブバンドレベルの数字をある1つの数字に合成するため、表-5に与えられているようなある1つの任意の直線的強さの単位に変換したものである。それらの合計から、再び表によって変換され、1つの合成値dB(A)が、第8列に得られる。

第8列の合成値を得るには、一般的なデシベル合成法もある。すなわち、第6列の任意2個のデシベル値の差に対する補正量を表-6から求め、大きい方のデシベル値に加えると、2個のデシベル値の和が得られる。これを繰り返すことにより、1つの合成値が得られる。

Table 5 Values of arbitrary intensity units corresponding to sound pressure levels between 50 and 120 dB

dB	50	60	70	80	90	100	110	120
0	0.001	0.01	0.10	1.00	10	100	1000	10000
1	0.0013	0.013	0.13	1.26	12.6	126	1260	12600
2	0.0016	0.016	0.16	1.58	15.8	158	1580	15800
3	0.002	0.020	0.20	2.0	20	200	2000	20000
4	0.0025	0.025	0.25	2.51	25.1	251	2510	25100
5	0.0032	0.032	0.32	3.16	31.6	316	3160	31600
6	0.004	0.040	0.40	3.98	39.8	398	3980	39800
7	0.005	0.050	0.50	5.01	50.1	501	5010	50100
8	0.0063	0.063	0.63	6.31	63.1	631	6310	63100
9	0.008	0.079	0.79	7.94	79.4	794	7940	79400

Table 6 corrections for addition of two values in dB

$L_1 \sim L_2$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11~12	13~14	15~18	$19 \leq$
0	3	2.5	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
0.2	2.9	2.5	2.1	1.7	1.4	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3			
0.5	2.8	2.3	1.9	1.6	1.3	1.1	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3			
0.8	2.6	2.2	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3			

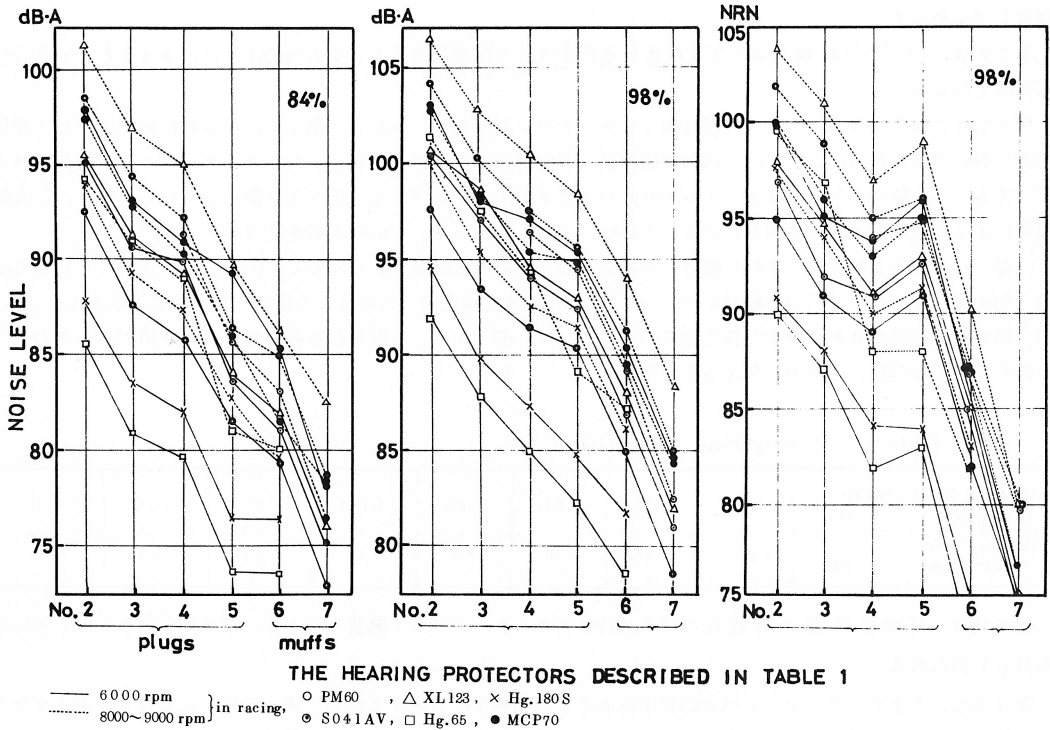


Fig. 3 The sound level [dB(A)] and the noise rating number (NRN) of some chainsaw's noise to that reduced in 84% and 98% persons wearing protectors described in Table 1.

## (2) 聴力保護具装着によって減衰されたチェンソー騒音のレベルと評価

前項に示した方法によって、各種チェンソーの空転時 6000 rpm と 8~9000 rpm における騒音に対し、聴力保護具が示す保護効果を算出評価した。

保護具装着者の耳管内において、仮定された騒音レベルの変化を見ると図-3の左と中の図のとおりである。耳栓では84%限界では、良質のもので90dB(A)以下となるが98%限界では、ほとんどの場合90dB(A)以上にとどまる。耳覆の装着によって90dB(A)以下に減衰される場合が増し、良質の耳覆を装着した場合には、供試チェンソーの6000 rpm 以上の騒音に対して、ほぼ90dB(A)以下にほぼ98%の人々が保護されることになる。したがって、良質の耳覆を装着すれば、本例程度のチェンソー騒音に対し、1日8時間暴露の場合でも作業者の聴力を、許容基準内には保護することが可能であることを示している。

また、聴力保護具装着者の耳管内における騒音レベルのうち、500Hz、1000Hzおよび2000Hzのオクターブバンドレベルから、騒音評価指数(NR数)を求め、98%の人達に保護を与える限度の変化を図-3の右に示す。1日8時間の暴露が許されるNR85以下になるのは、良質の耳覆装着時である。耳栓の使用によっては、特に騒音レベルの低いチェンソーの場合を除くと、NR87以上、良質の耳栓の場合に大多数がNR95以下(提案しているチェンソー騒音規制基準)となる。したがって、耳栓単独使用の場合は、規制時間の判定により、作業時間の増加が可能であり、適当な耳栓と耳覆を組合せ使用する場合には、1日8時間連続暴露も許され得ることを示している。

もちろん、作業者はチェンソー騒音の発生現場では常に聴力保護具を装着していることが必要である。

## 5 規制基準に対する評価

先にNR数に基づいて規制基準を検討した。しかし、なおISO(1971)勧告<sup>5)</sup>は、レベルが変動する騒音まで含めた規格を示した。ここでは、先ず等価連続騒音レベル(dB(A))を求めている。いま、80dB(A)以上のある騒音のレベルを $L_i$ (dB(A))とし、これに1週間 $\Delta t_i$ 時間だけ暴露されるものとする、

$$E_i = \frac{\Delta t_i}{40} 10(L_i - 70)/10 \quad \text{となる。} \quad E_i \text{ は部分的騒音暴露指数である。}$$

いくつかのレベルの異なった騒音に、ある時間ずつ暴露されるときは、 $\sum E_i$ を求める。しかる時は、等価連続騒音レベル $L_{eq.}$ (dB(A))は次のようになる。 $\sum E_i$ は合成騒音暴露指数である。

$$L_{eq.} = 70 + 10 \log_{10} \sum E_i$$

一方、1週間40時間連続的に暴露される場合を基本として、500、1000および2000Hzの聴力損失の平均が25dB以上の場合を「聴力損失」と考え、総聴力損失からみた聴力障害の%と、これより騒音の低い職場における老人性難聴のみによる聴力障害の%との差を危険率(risk)と定義し、これが10~20%(暴露40年)位にとどまるレベルとして85~90dB(A)なる値を提案している。

この値は、日本産業衛生協会の勧告とほぼ同じものであるが、山本<sup>6)</sup>は騒音の断続暴露の影響を論ずるのに、不成立が定説になっている等音響エネルギー法則を根拠にしている点に疑問を示している。

しかし、 $L_{eq.}$ による方法は、騒音の総合値から、安全作業時間(許容暴露時間)を逆に推算し、一応の見当をつける場合に便利である。すなわち、前記規制基準の $L_i = 100$  dB(A)の騒音に暴露される場合、 $L_{eq.} = 90$ に相当する時間を逆算してみる。

$$\begin{aligned} L_{eq.} = 90 &= 70 + 10 \log_{10} \sum E_i \\ \frac{90 - 70}{10} &= \log_{10} \sum E_i, \quad \therefore \sum E_i = 100 \\ E_i &= \frac{\Delta t}{40} 10(L_i - 70)/10 = \frac{\Delta t}{40} 10(100 - 70)/10 = 100 \\ \therefore \Delta t &= \frac{100 \times 40}{10^3} = 4 \text{ (時間1週)} \end{aligned}$$

となり、1週に4時間以内の暴露であれば、1週40時間90dB(A)の騒音にさらされる場合と同様になることを示している。

しかし、この  $L_i = 100 \text{ dB(A)}$  なる騒音が、NR数95（一般騒音はNR数 $\div \text{dB(A)} - 5$ ）あるいは、NR数100（ $\div 97$ ）（チェーンソー騒音ではNR数 $\div \text{dB(A)} - 3$ ）に相当するときは、間欠騒音暴露に対する庄司らのきびしい基準によっても、15分の暴露に対し、21分または50分の休止を繰り返す必要があり、1日8時間中190分または100分程度の暴露が許されることになる。その場合は週40時間中16時間または8時間以上の暴露が許されることになり、NR数による評価はやや緩い結果を示す。

以上のように、前記チェーンソー騒音規制基準は、当然のことながらそれのみではなおかなり高いレベルにあるから、聴力保護具の常用が必要である。聴力保護具使用による規制基準騒音のNR数の変化をまとめると表7のとおりである。すなわち、NR90規制基準（96dB(A)）騒音に対しては、高性能耳栓を使用するだけで、使用者の98%の耳管内聴音レベルはNR85（91dB(A)）以下にすることが可能である。また、NR95規制基準（101dB(A)）騒音に対しては、高性能耳栓使用によって84%の人達にNR85（89dB(A)）以下とすることが可能であり、98%以上の人達にNR85とするには耳覆使用で可能となることが明らかである。

Table 7 chainsaw noise control criterion of NRN (dB(A))

Noise control criterion NRN	hearing protector	a good earmuffs with fluid seals	Foam seal muffs	V 51 R type plugs	personalised earmould plugs
	N90	(101 dB·C) (96 dB·A)	N 65 (77) N 70 (83)	N 75 (83) N 80 (86)	N 80 (80) N 86 (88)
N95	(104 dB·C) (101 dB·A)	N 70 (79) N 75 (85)	N 80 (85) N 85 (89)	N 85 (83) N 91 (92)	N 85 (89) N 90 (94)
N100	(107 dB·C) (105 dB·A)	N 75 (80) N 80 (86)	N 85 (86) N 88 (91)	N 90 (87) N100 (96)	N 90 (92) N 95 (98)

※ Row 1 : in 84% of persons wearing the hearing protectors

Row 2 : in 98% of persons wearing the hearing protectors

## ま と め

聴力保護具の使用による、チェーンソー作業者の聴力保護度の評価方法を示し、各種保護具によるチェーンソー騒音の減衰を評価した。良質の耳覆を使用すると、98%の人々に対し十分な保護を与え得る。すなわち、耳管内において90dB(A)以下となる結果、1日8時間の暴露による聴力障害は許容限界内にとどめ得ることが明らかである。耳栓単独使用の場合は、良質のものであっても、98%限界で95dB(A)内外が多いから、適宜暴露時間を規制する必要があるが、保護具を使用しない時より、許容暴露時間を増すことが出来る。また、良質の耳栓と耳覆を併用する時は、1日8時間の暴露も可能になる。

聴力保護具使用の利点にもかかわらず、不利点を考慮すると、チェーンソー騒音をある限度以下に下げることが必要であり、チェーンソー騒音の規制基準は、その目標として役立つであろう。

## 文 献

- 1) 荒牧利武・伏見知道・伊藤茂昭・青野忠勝：チェーンソーの騒音に関する研究(N)，愛媛大農学部紀要，14，3，83～84，1970。
- 2) 伏見知道：チェーンソーの騒音，愛媛大農学部演報。№8，30，1971。
- 3) 日本産業衛生協会許容濃度等委員会：産業医学，533～538，1969。
- 4) J. G. Walker and A. M. Martin: Hearing Conservation, Noise and Vibration Control for Industrialists. Paul Elek Science, London, 227～264, 1974.
- 5) ISO. R1999 Assessment of occupational noise exposure for hearing conservation purpose.
- 6) 山本剛夫：騒音の人体に対する影響と評価法。騒音・振動公害，土木学会関西支部，41～55，1971。

(1975年7月28日受理)