

刈払機作業における作業規制に関する研究(I)

ハンドル部振動値の評価

伏見 知道*

Studies on the Operation Control of the Brush cutter during Clearing Work (I)

The evaluation of handle vibration

Tomomichi FUSHIMI*

Summary: Recently in Japan, the production of brush cutters has increased. About 80% of the brush cutters are used in various fields, such as agriculture, construction work and gardening other than forestry. Since 1976, the method for measuring the vibration of forestry hand machines and the values for every one third octave band have been published. And now, brush cutter usage have been decreased in the national forest, as shown in figure 2. Therefore, not only for the forestry worker but also for the users in other fields, the author discusses the vibration values of the brush cutter handle in regard to labour hygienic knowledge. The data used are the measured values of the vibration of the brush cutter published by the Japan Forestry Agency. The data employed are those of forty-nine brush cutters. The brush cutters studied include those of the electric type and three types with a gasoline engine: the shoulder type with an U-shape handle, the hand type and the knapsack type. The gasoline engine types are divided into four classes on the basis of the piston displacement, as shown in table 1. The results obtained are summarized as follows:

1 . Manufactured amount of brush cutter.

There are many kinds of engine displacement and weight among the brush cutters manufactured in Japan, as shown in figure 1, and the yearly consigned amount of brush cutters reaches about 650,000 in 1980.

2 . Vibration of the U-shape handle of the shoulder type of brush cutter.

- (i) In racing, at all three speeds of engine, 4,000rpm, 7,000rpm and 9,000rpm, the fundamental frequency is predominant and harmonic waves appear, but the predominant frequency components around 50 Hz which are lower than the fundamental frequency are not recognized. The vibration of the brush cutter handle is evaluated by ISO criteria of exposure. The considered frequency components

* 森林工学講座 Laboratory of Forest Engineering.

are from 63 Hz up to 125 Hz of the midfrequency of one third octave band. Consequently, the operator is allowed only a short time of exposure, as shown table 2.

(ii) During wood cutting, the main components of frequency and their levels are almost equal to that during racing. The levels of components which are lower than the fundamental frequency do not rise higher than their levels in racing, and then the levels do not exceed the safety limits. This is the difference in the vibration of the handle of the brush cutter in comparison with the vibration of the handle of the chainsaw during wood cutting.

(iii) Among four classes on the basis of piston displacement, during wood cutting at 7,000rpm of engine speed, the vibration value of the handle of the brush cutter increases with an increase in piston displacement, and the allowable time of the exposure decreases at the same time.

3. Vibration of the grip on the operating tube of the brush cutter of the hand type and the knapsack type.

The frequency components of the vibration of the handle of both types are similar to that of the shoulder type. But at 9,000rpm, the vibration value of the fundamental frequency of the rear grip is very great and exceeds the level of ISO criteria. Those types of brush cutter must be used under 8,000rpm of the engine speed during clearing work.

4. Vibration at grip on the operating tube of the hand type of the brush cutter with the electric motor.

The construction and the level of vibration components are different from that of a gasoline engine type, and the allowable time of exposure is longer than that of other brush cutters.

5. Operation control of the brush cutter during clearing work.

In order to protect brush cutter operator's health, a rotation system must be designed to distribute the periods of exposure to vibration throughout a day.

要 旨 わが国における刈払機の生産普及は目ざましいのだが、山林作業者は約10%にすぎず、大部分は他の分野の人達と推定されている。林業用手持機械（チェーンソーと刈払機）の振動値が公表されるようになって、国有林の刈払機保有台数は著しく減少している。刈払機の振動に関する認識は、チェーンソーその他産業諸分野における手持工具類の振動という、労働衛生的知識の1つとして、有意義と考えられる。そこで、刈払機ハンドル部振動値について、3分1オクターブ帯域毎に3直角方向の最大値を取り出し、ISOの暫定暴露限界に照らして考察している。刈払機の型式及びグリップ部様式別に、ガソリン機関付機については、排気量別の4階紙に区分して階級内平均値を求めている。今回の資料に基づく、刈払機ハンドル部の振動は、空転時及び木材切削時とも、機関回転数に対応する基本振動数帯で最も優勢で、さらに隣接する1～2帯減の成分が、ISO暴露限界に触れる。しかし、チェーンソーの場合のような「基本振動波から低い周波数帯（50Hzを中心とする）の成分のレベルが、木材切削時に空転時より上昇して、暴露限界に触れる」という現象が認められない。排気量階級間では、木材切削7,000rpmでは、排気量階級の上昇とともに、振動値が増す様子が認められる。U型ハンドルやセミループ式ハンドルの振動に比べると、長軸部を直接把持する形式では高回転数で振動値が大きく、ISO暴露限界を越え、この形式での防振の困難性がうかがわれる。電動モーター付機では、振動の周波数構成がガソリン機関付機と異なり、しかも振動値が小さい特性がうかがわれ、暴露許容時間も長くなっている。

刈払機作業における振動対策としては、時間規制のうち特に、連続暴露を避け間欠的暴露になるよう、時間配分を重視した作業仕組の工夫とその維持が必要である。

I はじめに

わが国における山林地の下刈りあるいは地ごしらえ用機械の開発は、藤林誠（東大）によって昭和23年に着手され、昭和31年によりやく実用化に達したのであるが、一方、雑草類を主対象とする草刈機が田中修吾（共立農機）により開発され、国産品普及の端緒が拓かれた。今日では、大小多数の国内メーカーにより、各種の刈払機が製作

され、昭和54年の国内出荷は65万台¹⁾に達している。

現在、刈払機は、小型原動機によって駆動される刃部（丸鋸、切込刃またはその他の特殊刃）によって、雑草や灌木類を刈払うために製作された携帯用機械に対する一般的用語になっている。民有林関係で保有する刈払機は、統計資料²⁾によると昭和56年3月現在25万台であるが、刈払機使用者全体の概要を整理分類した資料その他³⁾によると、林業用に使用している者は、全体の約10%に過ぎず、同じく約10%が芝草刈やレクリエーション等の家庭用に使用する者で、残る約80%がその他の職業における使用者である。すなわち、刈払機の大多数は、林業以外の、農業、造園、建設業その他施設管理作業等の広い分野で使用されているのである。

刈払機は手持携帯型機械ということで、作業者の労働負担や振動伝播の抑制をめざし、より一層の小型軽量と高性能化が進められている。そして今日、図-1 刈払機重量と機関排気量の関係に示すように、排気量15mlの極く小型のものを始め、20mlないし30ml級の刈払機も多数開発されている。これらのうち、山林作業用の主流は排気量30mlないし50ml級のものであり、農地の草刈用には30ml級以下のもの、更に20ml未満のものは芝刈用あるいは芝刈後の複雑な部分の刈残り分の手直し用に当てられている。

刈払機をはじめ、チェーンソーや、建設現場でも使用が目立つく岩機、その他手持電動工具類は、手持振動機械の1種として、使用者の手腕に対する有害振動成分の有無について注意する必要がある。振動に対する人体各部の反応については、早くから認識されているところであるが、振動周波数5 Hz~20Hzでは手腕を含めた身体各部の共振周波数に関連しており、更に周波数が増し63Hzに及ぶ範囲では、末梢神経や骨・関節への影響が目立ち、100Hz前後では神経刺激が増し血管収縮反応が起りやすく、125Hzでは同時に筋緊張を強める最適周波数範囲にあるとされている。近年、30Hz~50Hzの振動刺激実験によって、血管壁のカテコールアミン（アドレナリン類の総称）に対する感受性が増すことと併行して、同時に存在する寒冷及び騒音の刺激が神経中枢に働きかけ、血液中のカテコールアミンの分泌を増大させるに至ることが明らかに⁴⁾され、これらの相乗作用により、血管収縮が誘発促進され血行不全を起すに至ると判断されている。チェーンソーや刈払機等手持振動工具作業者に生ずる「白ろう指」発生の原因⁴⁾⁵⁾⁶⁾は、このような機構によるものと考えられるようになってきている。この機構に関する大橋ら⁴⁾の説明図に筆者の補足を加えて図-2に示す。

チェーンソーの振動対策に続いて、昭和50年3月に刈払機の安全化無公害化に関する報告書⁷⁾が提出され、防振・防音及び安全の諸対策が指示されている。その後昭和51年から、農業機械安全鑑定が始まり、チェーンソー及び刈払機の振動・騒音の測定と、林野庁による測定値の公表が継続されるようになった。そして今日、刈払機に関する防振機構も工夫されているのだが、図-3に示すように林野庁管下での刈払機保有台数は年々漸減し、高知営林局及

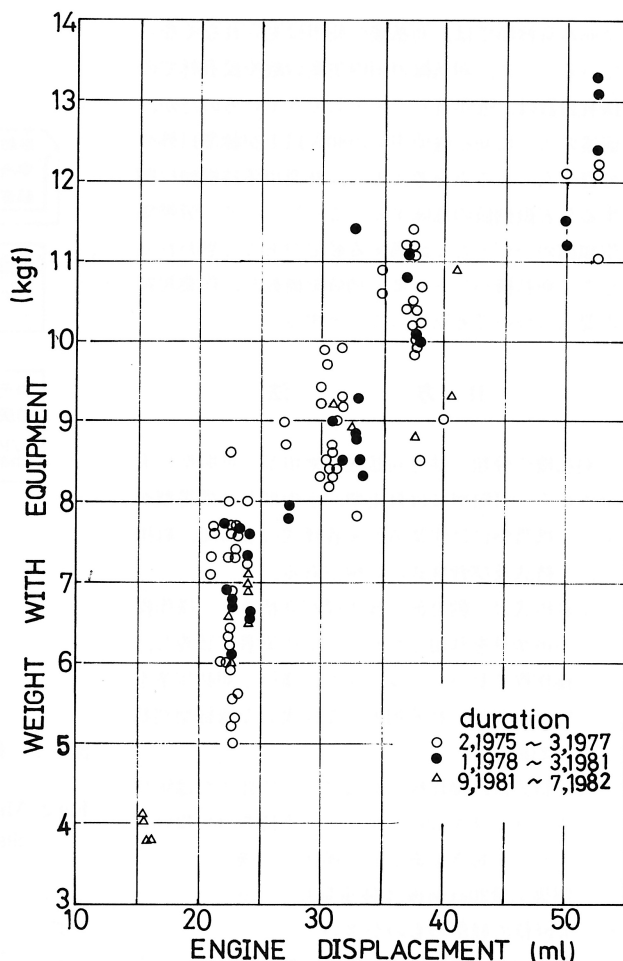


図-1. 刈払機の機関排気量と重量の関係

Fig.1 The relation between engine displacement and total weight with equipment of brush cutter.

び熊本営林局では、刈払機の使用は見られなくなっている。一方、刈払機の国内生産台数や民有林での保有台数は、近年著しく増大してきているのだが、前述のように刈払機使用者の80%以上が林業以外の分野の人である点を考えると、林業用手持機械に関する公表振動値の意味するところについて、労働衛生知識の一つとして認識する必要があると思われる。そこで刈払機ハンドル部振動値を概観し、作業規制の要点について考察することとする。

II 方 法

刈払機の種類：動力刈払機は乗用型と可搬型に大別される。可搬型には自走型、手押型及び携帯型がある。携帯型には作業者の装着様式によって、肩掛式、手持式及び背負式の3種がある。

(i)肩掛式は、動力部と操作桿が直結され、操作桿の吊金具を利用したバンドで作業者に装着し、操作桿のUハンドルで左右に操作し刈払作業を行うもので、林業用として代表的な携帯型刈払機である。

(ii)手持式は、操作桿に直接グリップ部または腕付きグリップを設け、主として手持ち（肩掛けゴムバンド付きもある）で操作し、機関排気量20ml前後、本体重量4.0～5.0 kgf位の軽量のものが多い。

(iii)背負式は、動力部を背負い、操作桿を手持ち、両者をフレキシブル軸で連結している。手持式と同様のグリップ部を設けたものと、副操作桿を工夫した2軸形とがある。

(iv)電動機は、電動モーター付機で、エンジン付機の手持式と同様の長軸上グリップ部を把握し操作する。

携帯型刈払機のこれら形式区分に対応して、供試資料を区分し、ハンドルグリップ部の振動値を考察するとともに、最も機種が多い肩掛式のU形ハンドル付き機について、排気量の違いとハンドル部振動値の変化についても考察している。この場合、図-1の刈払機械機関排気量と装備重量を参照し、機関排気量により表-1のように、4つの機関排気量階級に分類している。なお、刈払機ハン

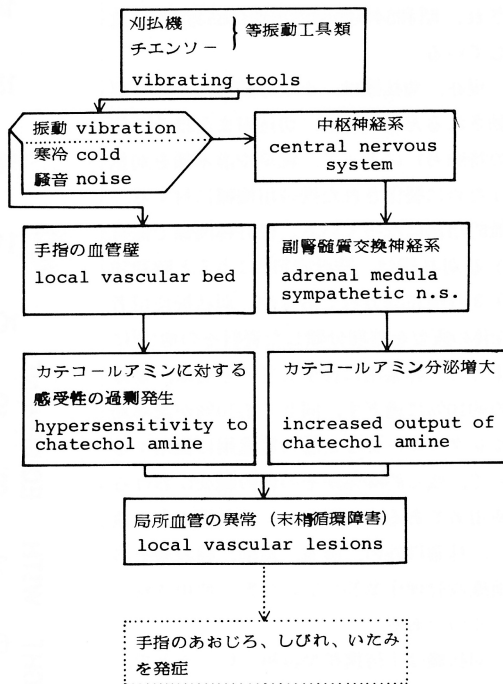


図-2. 振動による末梢循環障害「白ろう病」発生メカニズム (東・大橋ら原図⁴⁾)

Fig.2 Mechanism of occurrence of the white finger disease induced by vibration.

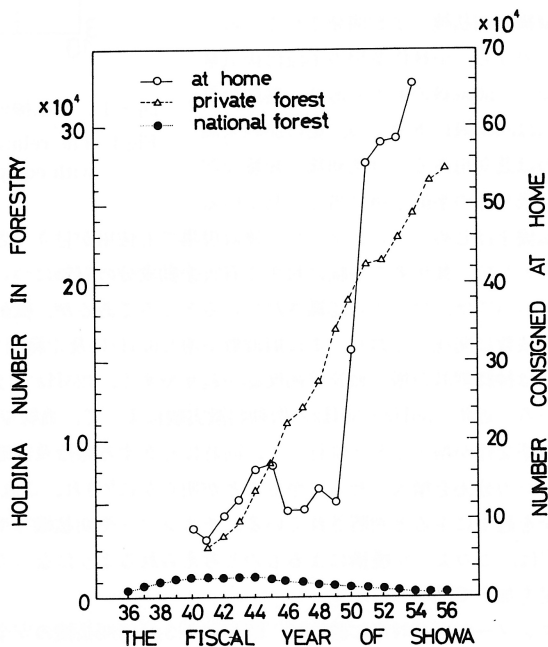


図-3. 刈払機の林業関係保有台数の推移

Fig.3 Change of brush cutter in holding in forestry.

ドル部の防振機構⁸⁾⁹⁾として、長軸部外筒操作桿に、防振ゴムを多重に組み合わせた機構の取付金具によってハンドルを固定したり、握り部分にも防振ゴムを介在させる他、エンジン本体と、長軸部外筒との結合に当たっても、防振ゴムを介入させ振動伝播の抑制を図っているのだが、今回は防振機構の評価には触れない。

3 直角方局最大振動加速度値の抽出：解析に使用した刈払機の資料は、最近の林野庁公表資料¹⁰⁾のうちの49機種種の例である。また振動値は、空転時については4,000rpm, 7,000rpm及び9,000rpmのもの、更に木材切削時7,000rpmを主に、6,000rpm及び8,000rpmについても、それぞれ3分

の1オクターブ帯域ごとに、前後・左右・上下の3直角方向の最大値を取り出し、1分析表とし、考察資料とする。

総合値の算出合成：3分の1オクターブ帯域ごとに得た3直角方向中最大値を、デシベル値〔振動加速度レベル dB=20log(a/aneb)〕に換算した後、合成により総合値（デシベルdB）を求め、再び加速度値に換算し直している。

表-1. 資料とした刈払機の種類

Table1. The classified table of the brush cutter employed data.

携 帯 形 式 等 Type of brush cutter	排気量階級 class of piston displacement	供試機数 Number of brush cutter
肩掛式Uハンドル付 Shoulder type with an U shape handle	A (20~25ml)	12
	B (30~35ml)	14
	C (35~40ml)	9
	D (50~55ml)	6
手 持 式 Hand type	22.5~24.1ml	3
背 負 式 Knapsack type	32.5ml	2
電 動 手 持 式 Hand type with an electric motor		3
合 計 total		49

III 結果と考察

刈払機の型式、排気量及びハンドルの特徴別に、空転時と木材切削時について、ハンドルグリップ部の振動値をまとめ、振動特性とISO暴露基準に基づく、作業時間の規制について考察する。

1. 肩掛式刈払機のU形ハンドル部

排気量階級別に、U形ハンドル部のうち右手グリップ部の振動加速度の3分の1オクターブ分析結果について、階級内平均値を算出し、考察する。

(i) 空転時回転数と振動特性

排気量階級A (20~25ml)の空転時振動加速度分析結果の、3直角方向中最高レベルの平均値の変化を図-4に示す。空転4,000rpmでは、基本振動周波数帯63Hzの高いレベルのほかに、第2及び第3高調波成分が認められるけれども、ISO許容限界に触れるのは基本振動波帯のレベルだけである。したがってこの階級の、空転4,000rpmに対する連続暴露の許容時間は、1労働日中平均30分以内となる。次に空転7,000rpmでは、基本振動周波数帯125Hzのほか、第2高調波成分が区別できるが、そのレベルは低い。階級内平均レベルが、許容限界に触れる周波数帯は、基本振動周波数帯のほか、80Hz帯と100Hz帯だけであるが、機種によっては16Hz帯あるいは63Hz帯で許容限界に抵触する例があり、連続暴露の許容時間は1労働日中平均60分以内である。更に、空転9,000rpmでは、基本振動周波数帯160Hzのほか、第2高調波成分が区別できるが、そのレベルは低い。階級内平均レベルが許容限界に触れる周波数帯は、基本振動周波数帯のほか、125Hz帯だけであるが、機種によっては16Hz帯あるいは100Hz帯で許容限界に触れる例があり、連続暴露の許容時間は、1労働日中平均60分ないし30分である。

排気量階級B (30~35ml)の空転時振動加速度分析結果の、3直角方向中最高レベルの平均値の変化を図-4に示す。空転4,000rpmでは、基本振動周波数帯63Hzのほか、第2及び第3高調波成分が区別できるが、これらのレベルは低く、階級内平均レベルが許容限界に解れるのは基本振動周波数帯だけであり、連続暴露の許容時間は、1労働日中平均1~4時間であるが、機種別にみれば、60分以内に限られる例もある。次に、空転

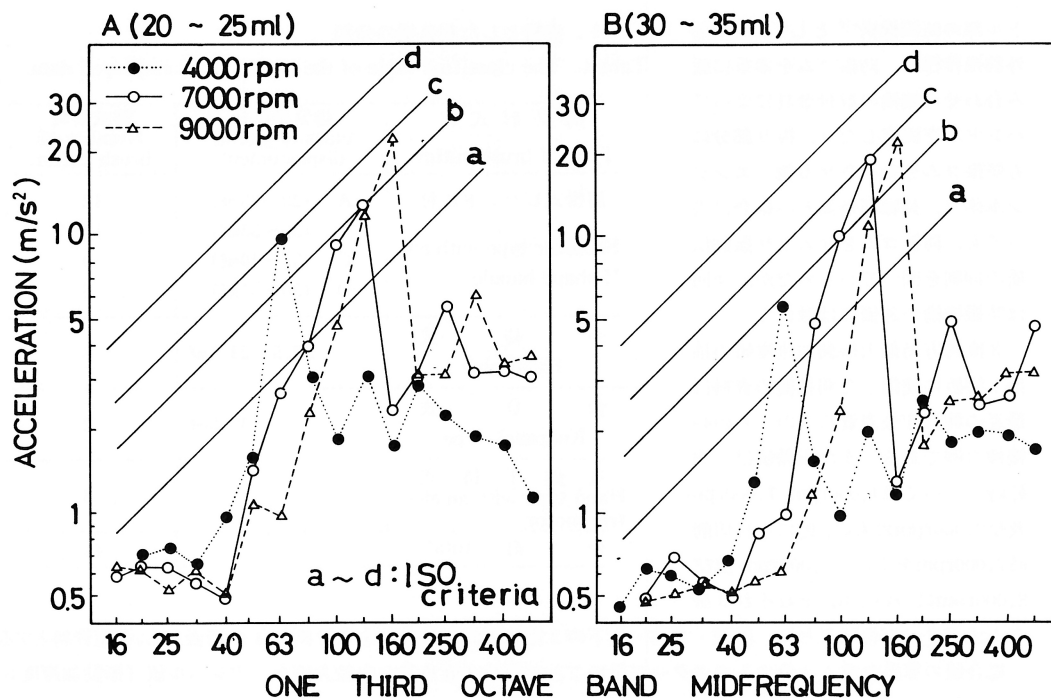


図-4. 刈払機の機関排気量階級と3分の1オクターブ帯域中3方向の最大加速度の変化(空転時, U形ハンドル)
 Fig.4. The class of engine displacement and the changes of the maximum acceleration value of three directions every one third octave band at U shape handle of brush cutter in racing.

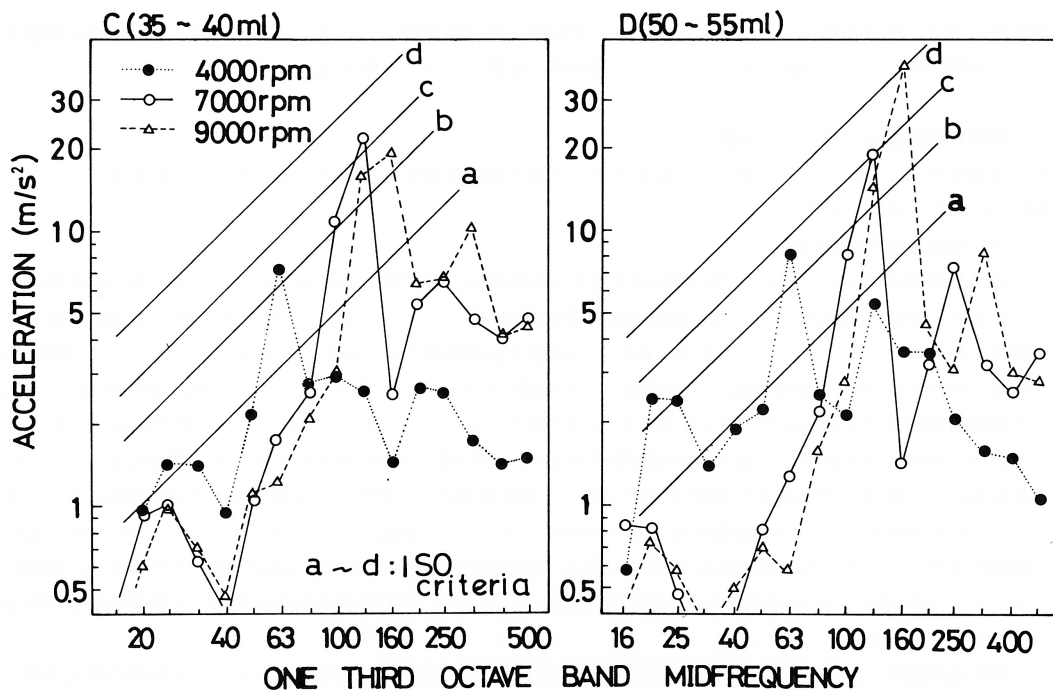


図-5. 刈払機の機関排気量階級と3分の1オクターブ帯域中3方向の最大加速度の変化(空転時, U形ハンドル)
 Fig.5. The class of engine displacement and the changes of the maximum acceleration value of three directions every one third octave band at U shape handle of brush cutter in racing.

7,000rpmでは、基本振動周波数帯125Hzのほか、第2及び第3高調波が認められ、それらのレベルは低く、許容限界に触れるのは基本振動周波数帯のほか80Hz帯及び100Hz帯であり、連続暴露の許容限界は、1労働日中平均30分～60分であるが、機種別にみれば許容限界を全くはずれる例がある。更に空転9,000rpmでは、基本振動周波数帯160Hzのほかには、高調波は明瞭でない。階級内平均レベルが、許容限界に触れるのは、基本振動周波数帯と125Hz帯であり、連続暴露の許容時間は、1労働日中平均30分～60分であるが、機種別にみれば30分以内の暴露時間の例もある。

排気量階級C(35～40ml)の空転時振動加速度分析結果の、3直角方向中最高レベルの平均値の変化を図5に示す。空転4,000rpmでは、基本振動周波数帯63Hzが支配的で、階級内平均レベルが許容限界に触れるのは、基本振動周波数帯と25Hz帯で、連続暴露の許容時間は1労働日中平均30分～60分であるが、機種によっては20Hz帯、31.5Hz帯、50Hz帯あるいは80Hz帯でも許容限界に触れ、許容時間が30分以内の例もある。次に、空転7,000rpmでは、基本振動周波数帯125Hzのほか第2高調波が区別できるのだが、階級内平均レベルが許容限界に触れるのは、基本振動周波数帯と100Hz帯で、機種によっては20Hz帯あるいは25Hz帯でも許容限界に触れる。連続暴露の許容時間の平均は、1労働日中30分以内である。更に空転9,000rpmでは、基本振動周波数帯160Hzのほか、第2高調波も区別できるものの、階級内平均レベルが許容限界に触れるのは、基本振動周波数帯のほか、125Hz帯と16Hz帯であり、連続暴露の許容時間は1労働日中平均30分～60分である。しかし機種によっては25Hz帯で許容限界に触れ、許容時間30分以内の例もある。

排気量階級D(50～55ml)の空転時振動加速度分析結果の、3直角方向中最高レベルの平均値の変化を図5に示す。空転4,000rpmでは、基本振動周波数帯63Hzのほか第2高調波が明らかであるが、階級内平均レベルが許容限界に触れるのは、基本振動周波数帯のほか20Hz帯、25Hz帯及び63Hz帯であるが、機種別では31.5Hz帯、40Hz帯、50Hz帯あるいは125Hz帯でも許容限界に触れる。これらの結果、連続暴露の許容時間は、1労働日中30分～1時間である。空転7,000rpmでは、基本振動周波数帯125Hzのほか第2高調波が明らかであるが、階級内平均レベルが許容限界に触れるのは、基本振動周波数帯のほか、16Hz帯と100Hz帯であり、機種によっては20Hz帯でも許容限界に触れる。これらの結果、連続暴露の許容時間は、1労働日中平均30分だが、機種によっては30分ないし60分の例がある。空転9,000rpmでは、基本振動周波数帯160Hzのほかには、第2高調波が明らかだが、階級内平均レベルが許容限界に触れるのは、基本振動周波数帯と125Hz帯だけであり、連続暴露の許容時間は、1労働日中平均30分以内となるものの、機種によっては許容限界からはずれている。

空転時の考察をまとめてみると、U形ハンドルの右手グリップ部における平均振動値の特性は、排気量階級のいかんにかかわらず、基本振動波が最も優勢で、その他に1～2の高調波が明らかに識別できる場合が多いけれども、それらのレベルはいずれも許容限界に対して低い。すなわち振動周波数帯の主要成分は、4,000rpmでは基本振動波だけ、7,000rpmでは基本振動波と100Hz帯及び80Hz帯、9,000rpmでは基本振動波と125Hz帯及び100Hz帯である。したがって、50Hz前後の中周波数帯域には優勢な成分が認められないので、基本振動波帯とこれに続く低周波数側の1～2帯域が示す優勢なレベルによって、暴露許容時間が支配されている。

各排気量階級の平均レベルは、すべて限度内に入っているけれども、ISOの基準による連続暴露の許容時間はいずれも極めて短い。

(ii) 木材切削時の振動特性

排気量階級別に木材切削時同一回転数における3分の1オクターブ分析結果から、各周波数帯域ごとの3直角方向最大値の平均値と偏差を求め、同一回転数の空転時分析結果から求めた同様平均値と比較し、木材切削に伴う振動特性を考察する。

木材切削時7,000rpmにおける分析結果を、排気量階級別に図6の(A)～(D)に示す。木材切削時振動は、空転時振動の主要成分の構成及びレベルと著しい相違は認められない。排気量階級Aでは、木材切削時に、周波数帯80Hz、100Hz及び125Hzで許容限界に触れる。木材切削時にレベルが上昇する周波数成分は、40Hz、160Hz、200Hz、315Hz及び400Hz帯だが、許容限界に触れやすい低周波数帯での上昇は認められない。排気量階級Bでは、80Hz帯、100Hz帯及び125Hz帯で許容限界に触れる。木材切削時に上昇する帯域は31.5Hz、40Hz、160Hz、200Hz、315Hz及び400Hz帯だが、許容限界に触れる帯域はない。排気量階級Cでは、木材切削時に100Hz帯と125Hz帯のレベルが、空転時より低下しているけれども、なお許容限界に触れている。その他の低周波

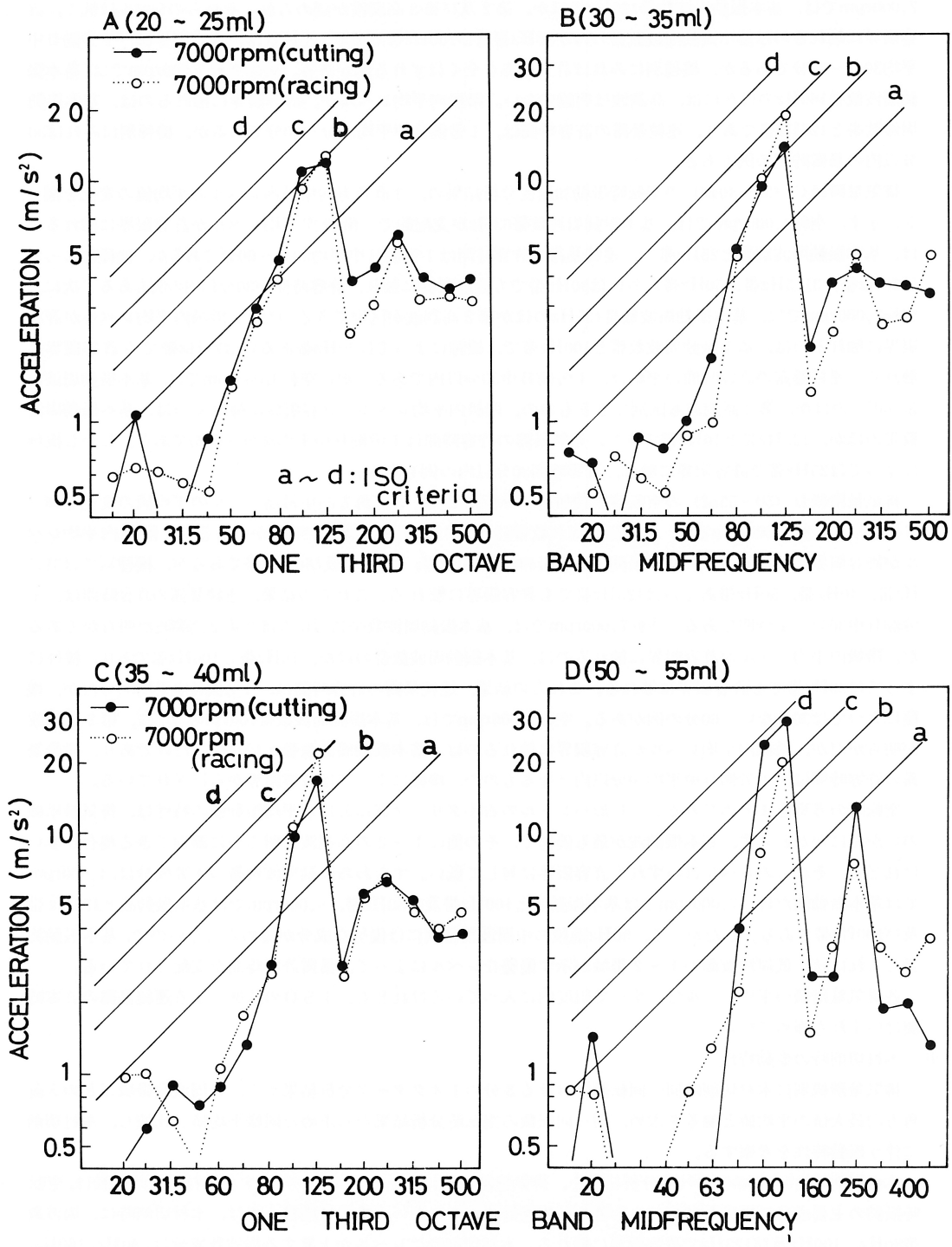


図-6.刈払機の機関排気量階級と3分の1オクターブ帯域中3方向の最大加速度の変化
(木材切削時7,000rpm, U形ハンドル)

Fig.6. The class of engine displacement and the changes of the maximum acceleration value of three directions every one third octave band at U shape handle of brush cutter. (wood cutting speed 7,000rpm)

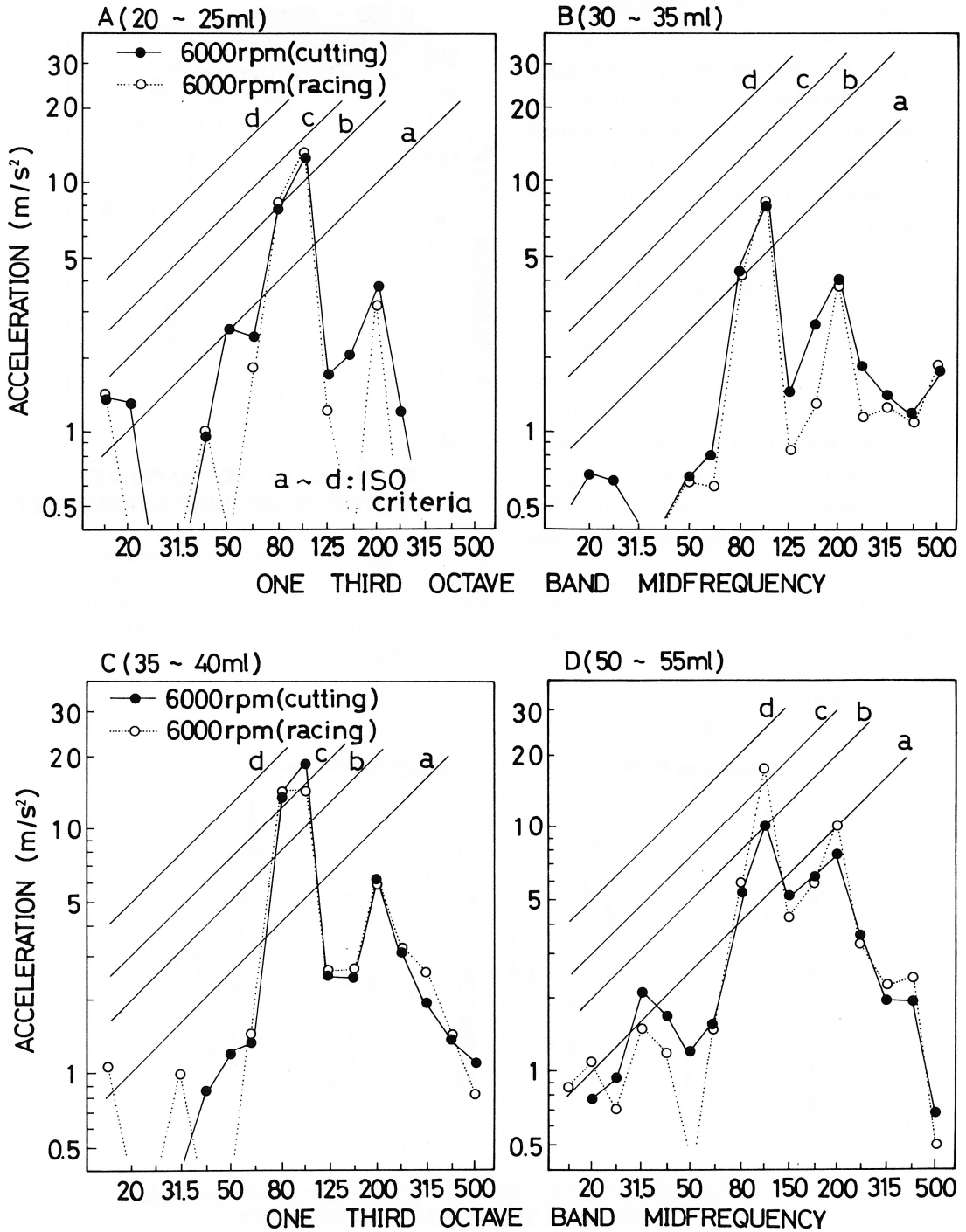


図-7. 刈払機の機関排気量階級と3分の1オクターブ帯域中3方向の最大加速度の変化
(木材切削時6,000rpm, U形ハンドル)

Fig.7. The class of engine displacement and the changes of the maximum acceleration value of three directions every one third octave band at U shape handle of brush cutter. (wood cutting speed 6,000rpm)

数帯では、空転時に比べ、木材切削時に、それらのレベルの上下がいくらか認められるけれども、いずれも許容限界に触れない。排気量階級Dでは木材切削時に、20Hz帯、100Hz帯、125Hz帯及び250Hz帯のレベルが上昇し、250Hz帯を除く帯域で許容限界に触れているけれども、許容時間の長短を支配するのは100Hz帯と125Hz帯のレベルである。

結局、木材切削時7,000rpmでは、排気量階級A及びBで、80Hz帯、100Hz帯及び125Hz帯のレベルが、また排気量階級Cでは100Hz帯及び125Hz帯のレベルが、それぞれ木材切削時に上昇し、ISO許容限界に触れるため、連続暴露の許容時間は、1労働日中平均30分~60分である。排気量階級Dでは、20Hz帯、100Hz帯及び125Hz帯の平均レベルが許容限界に触れるが、他の3階級と同様に100Hz帯及び125Hz帯のレベルに支配され、連続暴露の許容時間は、30分以内となっている。

木材切削6,000rpmにおける分析結果を、排気量階級別に図-7の(A)~(D)に示す。各排気量階級とも、基本振動周波数帯100Hzと80Hz帯のレベルが暴露限界を越え、許容時間を支配している。なお、低周波数帯の振動成分のうち、

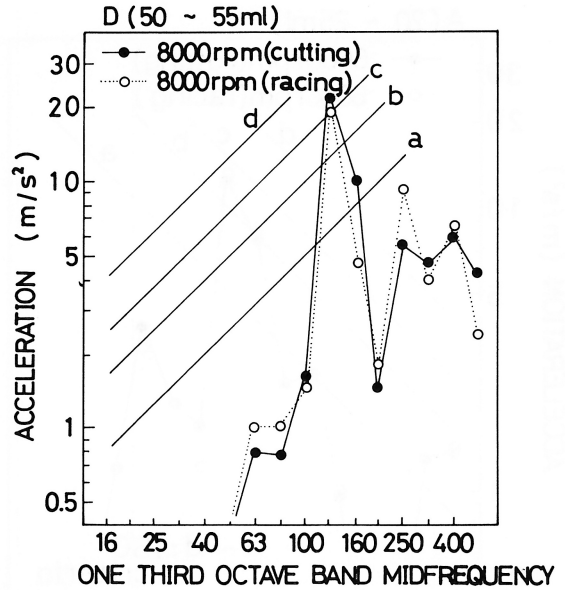


図-8. 刈払機U形ハンドルの木材切削時振動加速度 (8,000rpm)

Fig.8. The vibration acceleration at U shape handle of brush cutter with wood cutting (cutting speed 8,000rpm).

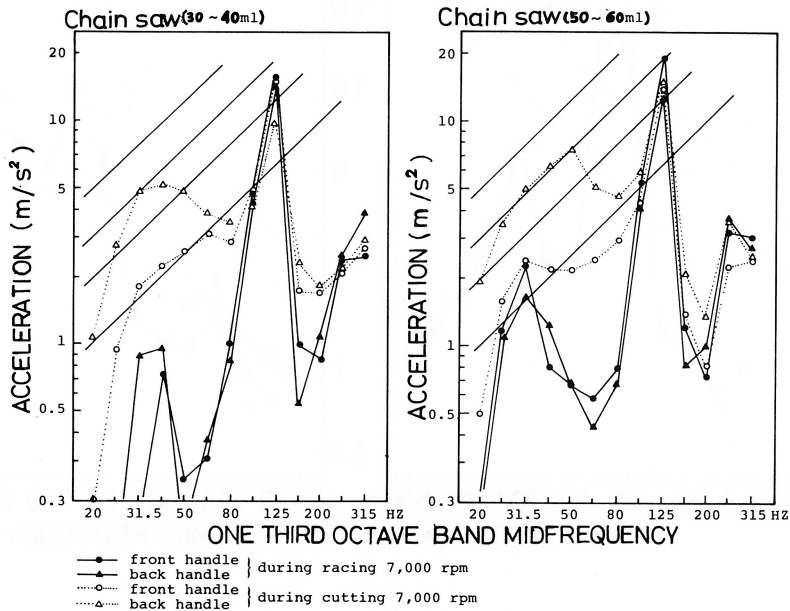


図-9. チェンソーのハンドル部振動加速度の三方向中最大値の木材切削に伴う変化

(公表値の排気量別平均値を使用)

Fig.9. Changes of acceleration of chain saw handle between during cutting and during non-cutting. (Traced the mean values calculated from the data which published by Forestry Agency in Japan)

排気量階級Aでは16Hz帯と20Hz帯で、また排気量階級Dでは31.5Hz帯でレベルがやや高くなっているけれども、許容時間に影響を与えるものではない。排気量階級B及びCでは、低周波数帯のレベルは、暴露限界に対して全く問題にならない。結局、木材切削時6,000rpmにおける連続暴露の許容時間は、排気量階級Cに関する30分以内から、階級Bに関する1時間～4時間まで、様々になっている。

木材切削時8,000rpmの例が、排気量階級Dに含まれるので、分析結果を図-8に示す。基本振動周波数帯125Hzと160Hz帯のレベルが許容限界を越え、連続暴露の許容時間は1労働日中30分以内となっている。

以上のように、木材切削時振動は、排気量階級の違い及び切削時回転数の違いにかかわらず、切削時回転数に対応する基本振動周波数帯と、これに接続する低周波数側の1～2帯域成分のレベルによって、連続暴露の許容時間が支配されている。刈払機ハンドル部の振動に関するこれらの資料では、図-9に示すような、チェンソーハンドル部の木材切削時⁹⁾振動におけるような低周波数帯でのレベルの上昇と許容基準に対する抵触が、全く認められない点で、特徴が認められる。

(iii) 排気量階級と振動特性

刈払機ハンドル部振動値の特性を、排気量階級に区分して考察した結果に基づき、基本振動周波数帯を含む主要成分から低帯域にかけて分布する成分のうち、許容限界判定の対象になるレベルを示す周波数帯域の値について、排気量階級間の変化を見てみる。空転時の結果を、図-10排気量階級と主要帯域内振動レベルの変化、

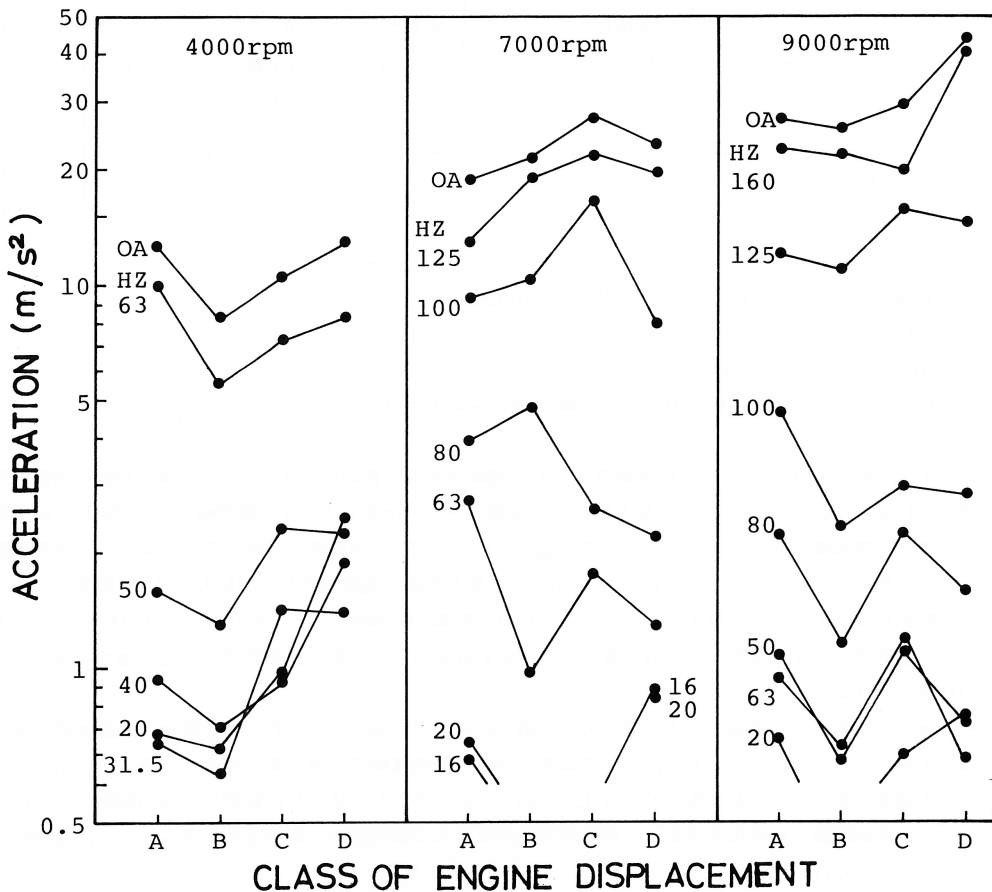


図-10. 刈払機の排気量階級と主要帯域内振動値及び総合値の変化

Fig.10. Class of engine displacement and the change of acceleration value on main frequency band and overall value at U shape handle of brush cutter.

表-2. 刈払機ハンドル部振動の算出総合値と許容時間

Table.2 allowable time and over-all value of acceleration calculated from the maximum values of three directions every one-third octave band at U shape handle of the shoulder type brush cutter.

class of piston displacement			A	B	C	D
			20~25mℓ	30~35mℓ	35~40mℓ	50~55mℓ
racing	4,000rpm	V A L (d B)	61.80	58.48	60.50	62.24
		α (m/S ²)	12.30	8.39	10.59	12.94
		t (hour)	0.5	1.0~4.0	0.5~1.0	0.5~1.0
	7,000rpm	V A L	65.48	66.60	68.60	67.27
		α	18.79	21.38	26.91	23.09
		t	0.5~1.0	0.5~1.0	0.5	0.5~1.0
	9,000rpm	V A L	68.77	68.20	69.40	72.97
		α	27.45	25.70	29.51	44.51
		t	0.5	0.5~1.0	0.5~1.0	0.5~1.0
cutting	6,000rpm	V A L (d B)	64.14	60.86	67.77	64.60
		α (m/S ²)	16.10	11.04	24.46	16.98
		t (hour)	0.5~1.0	1.0~4.0	0.5	0.5~1.0
	7,000rpm	V A L	65.82	65.80	67.38	71.97
		α	19.54	19.50	23.39	39.81
		t	0.5~1.0	0.5~1.0	0.5~1.0	0.5
	8,000rpm	V A L	—	—	—	68.45
		α	—	—	—	26.45
		t	—	—	—	0.5

V A L : Vibration acceleration level [=20log(α / α ref.)]

α : Vibration acceleration (m/s²)

t : Allowable time to exposure (hour)

note : During cutting, used the different brush cutter every cutting speed.

に示す。空転4,000rpmでは、各周波数帯域とも、階級Bが最も低い値を示し、各周波数帯域間に類似の傾向が認められる。空転7,000rpmでは、基本振動周波数帯及び100Hz帯では、排気量階級Cまで漸増し、最大値を示すに至り、排気量階級Dではむしろ低い値となっているのだが、その他の帯域を含めて見ても、排気量階級間に一定の傾向はうかがえない。空転9,000rpmでは、基本振動周波数帯及び125Hz帯では、排気量の大きい階級で振動値がほぼ大きくなる様子にあり、他方、125Hz未満の帯域別レベルの変化では、100Hz帯から50Hz帯の間で、階級間にかなり類似した独自の様相がうかがわれるものの、排気量階級間で一定の増加傾向といったものは認められない。

3分の1オクターブ帯域ごとと3直角方向の最大値を基に、算出合成された総合値を、振動加速度値と振動加速度レベルとで求めるとともに、ISO基準に基づく連続暴露の許容時間を併せて、表-2に示した。空転時の振動値の変化は、各基本振動波の変化に対応した変化を示し、排気量階級間で一樣の傾向を示すに至っていない。各回転数での変化を見ると、排気量階級Bにおける振動値が、許容基準に照らしても、比較的安定域に入っていると言える。

次に木材切削時振動について、比較的資料数の多い切削時7,000rpmの例によって、排気量階級間の特徴を考察してみる。木材切削例は、それぞれ異なる機種によるもので、同一機種によって切削時回転数を変化させて行ったものではないので、切削回転数間での考察は参考にとどめる。

排気量階級AとBでは、木材切削時に許容限界に触れる周波数帯、すなわち100Hz帯と125Hz帯の階級内平

均レベルが、ほぼ同様に低く、表-2の総合値のレベルに対応しており、同表に示すISO基準に基づく連続暴露の許容時間は30分～1時間である。次に、排気量階級Cでの100Hz帯と125Hz帯の階級内平均レベルは、上記2階級のそれよりやや上昇し、総合値も大きくなっているのだが、連続暴露の許容時間は表-2に示すように、上記2階級におけると同様30分～1時間になっている。更に、排気量階級Dでは、100Hz帯と125Hz帯の階級内平均レベルが、他の排気量階級のそれより上昇し、したがって総合値もかなり高く、連続暴露の許容時間は30分以内になっている。結局、木材切削時は、排気量階級の増大に伴い、主要振動波成分の平均レベルが上昇して、ついには、許容時間にも影響するに至る様子が認められる。

2. 手持式刈払機の長軸グリップ部

手持式刈払機は、排気量20ml前後の軽量のものが多いので、長軸操作桿に直接グリップ部が設けられている。そのうち、前部グリップ部に小形のループ形グリップを装着したものや、半ループ形グリップを付した、片持形グリップ装着機種の場合について、グリップ部振動加速度分析値の3方向中最大値の平均レベルの変化を図-11に示す。

前部グリップ部（半ループ状）の空転時振動は、4,000rpmでは、基本振動周波数帯63Hz、50Hz帯及び40Hz帯のレベルが、7,000rpmでは基本振動周波数帯125Hz、100Hz帯及び25Hz帯のレベルが、更に9,000rpmでは、基本振動周波数帯160Hz、125Hz帯及び25Hz帯のレベルが、それぞれ高く、ISOの許容限界に触れている。また、後部の操作桿把握形グリップ部の空転時振動は、4,000rpmでは、基本振動周波数帯63Hzと第2高調波、7,000rpmでは基本振動周波数帯125Hzと100Hz帯、9,000rpmでは基本振動周波数帯160Hz、125Hz帯及び80Hz帯のレベルが、それぞれISOの許容限界に触れている。後グリップ部では、9,000rpmで、著しく高いレベルの成分があるのに対し、前グリップ部では、主要成分のレベルが比較的 low であり、半ループ形グリップの効果の検討が望まれよう。ISO許容限界に対しては、前グリップ部で、1労働日中連続1時～4時の暴露が許される域に入っているのに対し、後グリップ部では、9,000rpmでは限界外であるので、これを除くと、1労働日中30分～1時間の連続暴露が許される域に入っていて、機関回転数を8,000rpm以下にとどめ作業を実施するよう心掛けることが必要である。

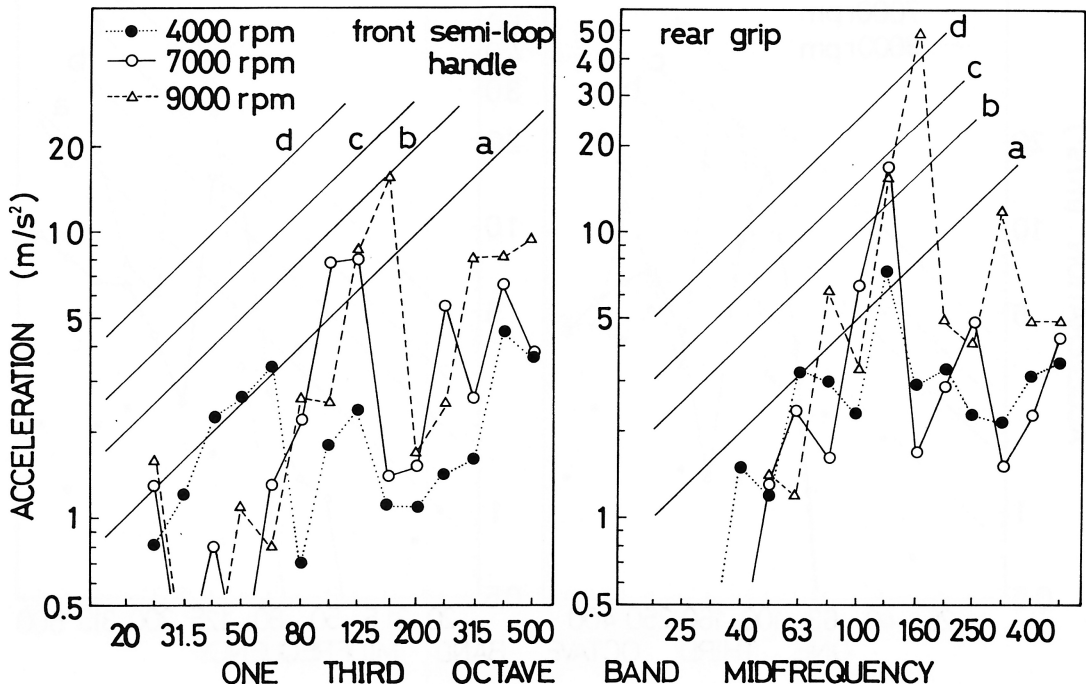


図-11. 手持式刈払機のグリップ部の3分の1オクターブ帯域中3方向の最大加速度の空転時変化

Fig.11. The change of the maximum acceleration value of three directions every one third octave band at grips of the hand type of brush cutter in racing.

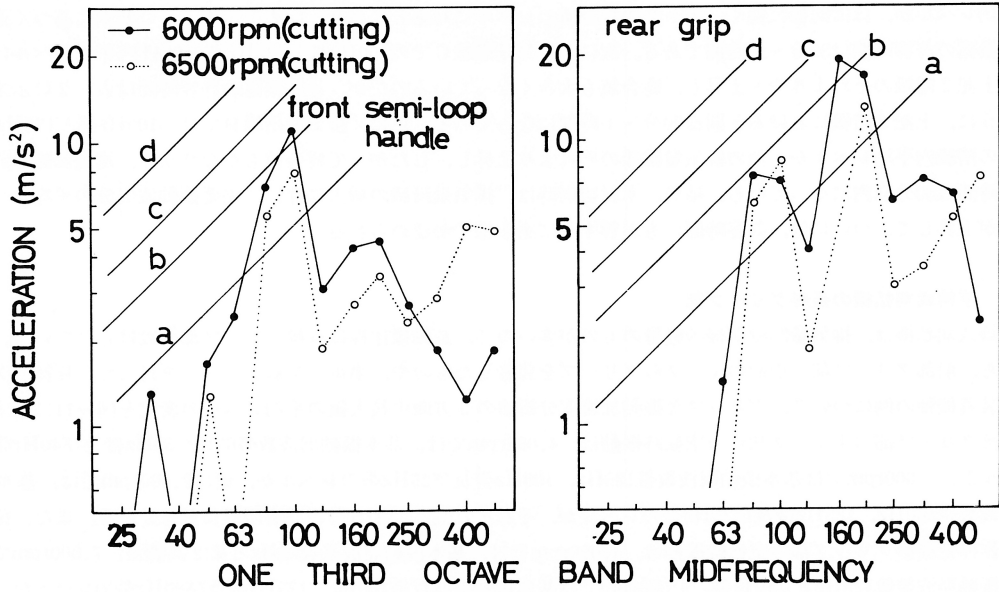


図-12. 手持式刈払機のグリップ部の3分の1オクターブ帯域中3方向の最大加速度の木材切削時変化
 Fig.12. The change of the maximum acceleration value of three directions every one third octave band at grips of the hand type of brush cutter in wood cutting.

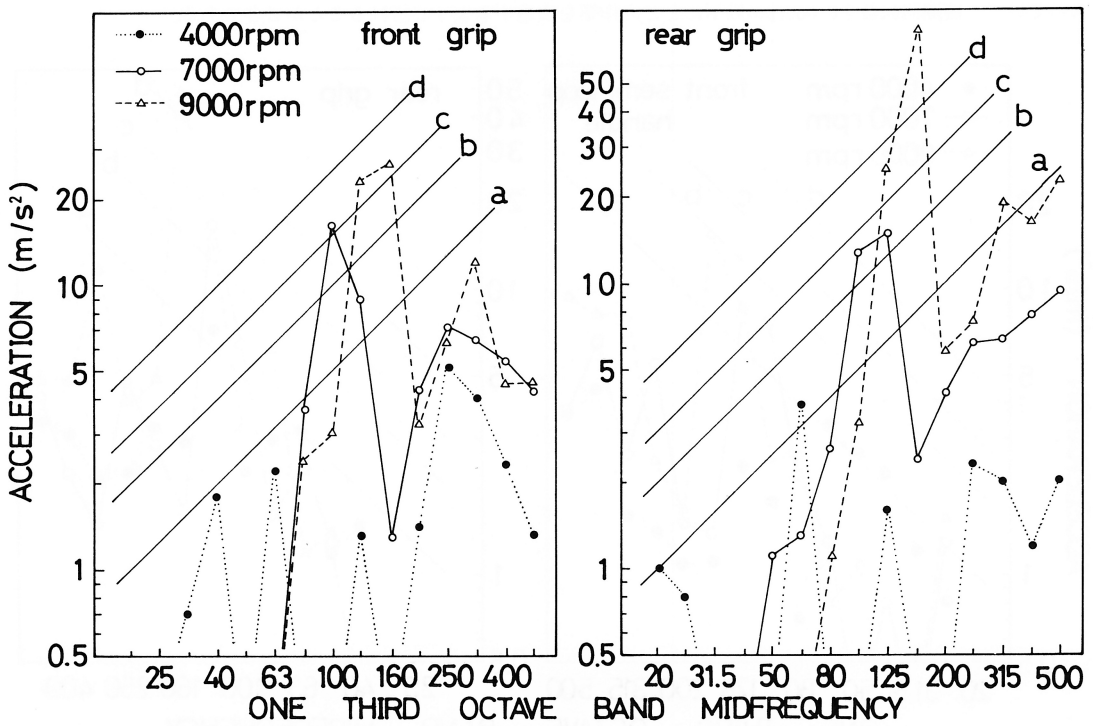


図-13. 背負式刈払機のグリップ部の3分の1オクターブ帯域中3方向の最大加速度の空転時変化
 Fig.13. The change of the maximum acceleration value of three directions every one third octave band at grips of the knapsack type of brush cutter in racing.

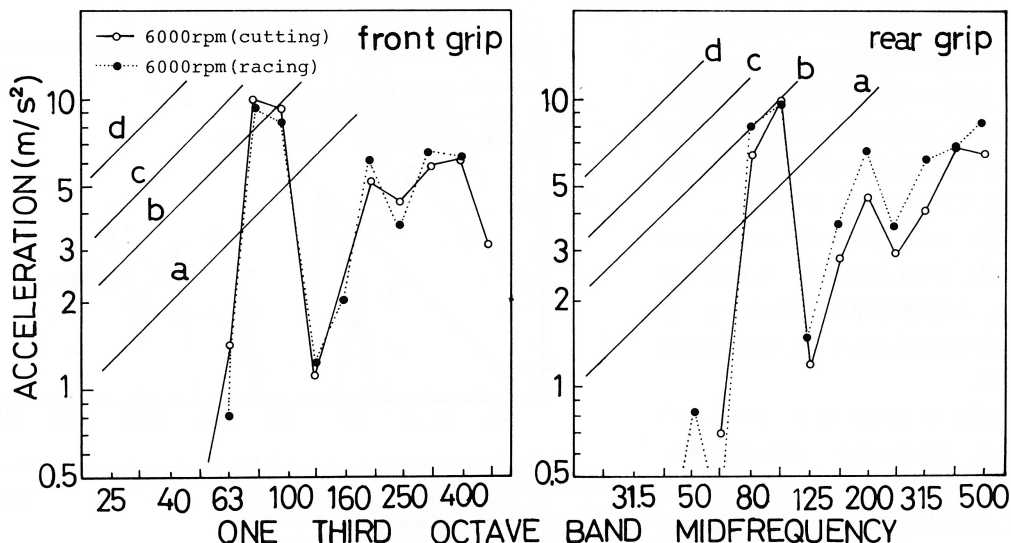


図-14. 背負式刈払機のグリップ部の3分の1オクターブ帯域中3方向の最大加速度の木材切削時変化
 Fig.14. The change of the maximum acceleration value of three directions every one third octave band at grips of the knapsack type of brush cutter in wood cutting.

木材切削時は、6,000rpmと6,500rpmの例があり、図-12に示す。6,000rpmの例は6,500rpmの例に比べ、前後グリップ部とも振動値のレベルが低く、許容時間も長くなっている。先に述べた肩掛式U形ハンドルでの例と同様に、63Hz帯以下で、許容限界に触れるレベルを示す周波数成分は認められない。

3. 背負式刈払機の長軸グリップ部

背負式刈払機では、エンジンとフレキシブルシャフトで連結された長軸操作桿に、直接グリップ部が設けられていて、手持式刈払機のハンドルグリップ部と同形式である。この前後グリップ部における空転時振動加速度分析値の3方向中最大値の平均レベルの変化を図-13に示す。いずれも、前記の他形式刈払機の例と同様に、基本振動周波数帯と隣接帯域の加速度レベルが支配的である。特に、後グリップ部の9,000rpmで高いレベルを示す点は、手持式刈払機の後グリップ部と同様であり、空転時9,000rpmまで上昇させないことが肝要である。木材切削時6,000rpmでは図-14に示すように、他の形式例と同様、空転時同一回転数における周波数構成及びレベルとほとんど変わらず、ISO暴露限界によると、1労働日中30分～1時間の連続暴露が許される域にある。

4. 電動刈払機の長軸グリップ部

電動刈払機は、長軸操作桿に直接設けたグリップ部を把持し作業する形式である。ここに取りあげた資料は、それぞれ条件が異なるものだが、図-15に示すように、いずれもがソリンエンジン付機と比べると、周波数構成が異なり、高レベルの主要成分が明らかでない。空転時低周波数帯で許容限界に触れる例があるのは、例外的であって、多くの場合、ISO許容限界に対して、1労働日中1時～4時間連続暴露が許される範囲にある。また、木材切削時のレベルは、許容限界に対し、一層長時間の暴露が許される範囲に位置している。

5. 振動と作業規制

刈払機ハンドル部振動について、ISO暴露基準に照らした連続暴露の許容時間については、刈払機型式別に述べてきたとおりで、既に提示されている刈払機作業の時間規制に従って、作業時間の配分を実施する必要がある。

最初で触れた、振動刺激による血管壁のカテコールアミン（アドレナリン類）超過過敏性の発現については、大橋ら⁵⁾によると、周波数10Hz以下の振動では現われないが、周波数が増すとともに著しくなり、30Hz以上50Hzではほぼ一定値に達するもので、その反応は振動刺激停止後約1～2時間で最大値となり、5～6時間で消失するのだ

が、振動刺激時間が長いほど発現が著しく、その後の回復にも時間がかかるという。大橋らの実験条件である周波数30Hz及び50Hz、振動変位500 μ m及び300 μ mの値を、振動加速度 $a=(2\pi f)^2d(\text{cm}/\text{sec}^2)$ に換算してみると次のようである。

30Hz $a=17.8(\text{m}/\text{sec}^2)$, $10.6(\text{m}/\text{sec}^2)$

50Hz $a=49.3(\text{m}/\text{sec}^2)$, $29.6(\text{m}/\text{sec}^2)$

更に、この実験結果が100Hzまでも一定レベルで延長されるものと見なして計算すれば、

100Hz $a=197(\text{m}/\text{sec}^2)$, $118(\text{m}/\text{sec}^2)$

である。これらの値は、現在の刈払機やチェーンソーのハンドル部振動に比べると著しく大きい。果して、もっと振動変位の小さい振動条件ではどうなのか、あるいは数々の周波数成分が複合暴露する条件での反応はさだかでないが、現状の刈払機やチェーンソーのハンドル部における振動が、ISO暴露限界を超える有害成分を発生していることも事実であるから、やはり振動暴露に対する時間規制が必要であることには変わりはないと判断できよう。

振動に対する連続暴露と間欠的暴露の労働衛生的相違について、ここに、大橋ら⁵⁾による血管壁におけるノルアドレナリンに対する敏感度の過剰の発現消退の経過に関する図-16を引用して述べる。この図は、血管壁に総量一定時間の振動刺激を与える場合に、「振動負荷と休憩(無負荷)」の組み合わせを、回数多くわければ多くするほど、ひき起こされるカテコールアミン(アドレナリン類)に対する敏感性の過剰の程度と、持続時間が減弱されることを示している。これは「手持振動工具使用に関する時間規制」について、実験的根拠を与えているものである。

この結果では、総量1時間の振動暴露を分割して、1回20分位の振動刺激とその後に20分位の休止を繰り返すようにすれば、血管壁の反応に対する影響はほとんど現われていない。すなわち、できるだけ小刻み間欠的に振動刺激を受ける

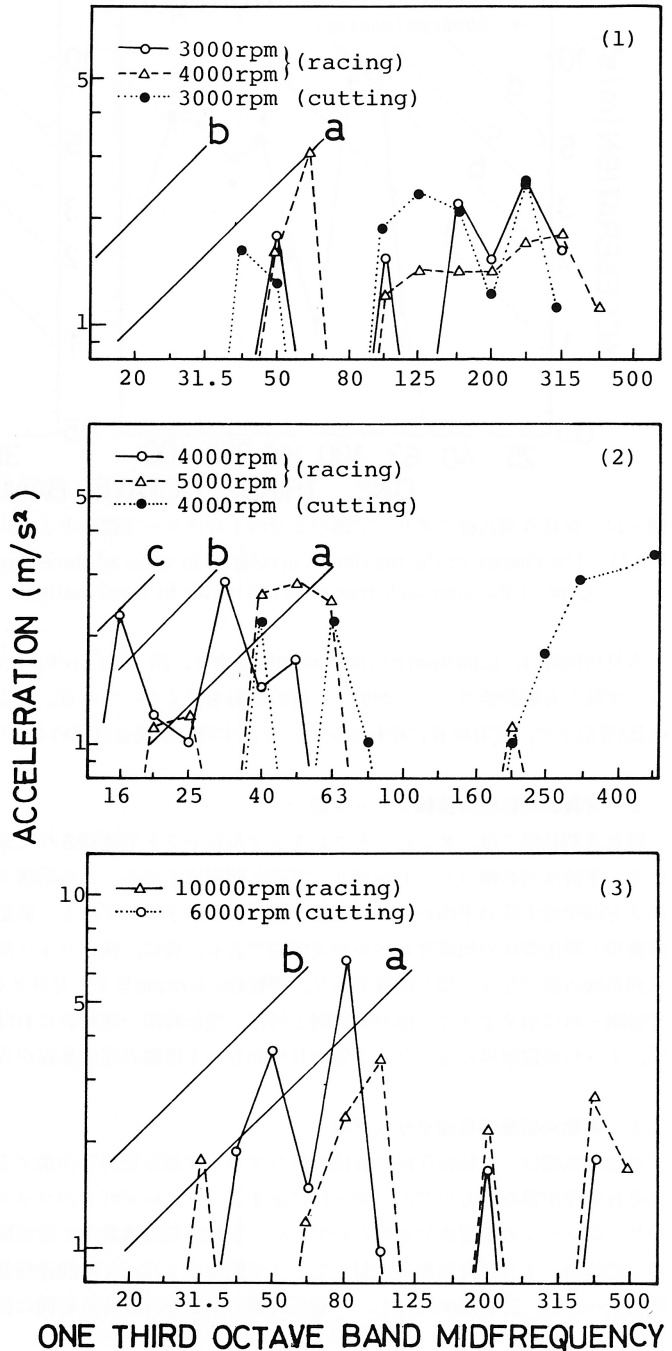


図-15. 電動式刈払機のグリップ部の3分の1オクターブ帯域中3方向の最大加速度の変化

Fig.15. The change of the maximum acceleration value of three directions every one third octave band at grip of the electro mrotor type of brush cutter.

よう工夫すれば有効ということである。

昭和44年から協定¹⁾されている連続操作時間制限は、チェンソーの場合は1回10分以内ということで、極めて妥当であることを示している。刈払機作業では1連続操作時間30分としているけれども、チェンソー作業と様子がやゝ異なるので、仮りに1回20分程度の繰り返しとするにしても、実際の山林地での作業においては、どのような組み合わせの作業仕組みにしたらよいか、工夫が必要である。また、農作業その他の分野での刈払機操作においても、間欠暴露になるよう、上記の結果を踏まえて、作業種類の組み合わせあるいは交替制等の工夫が必要である。

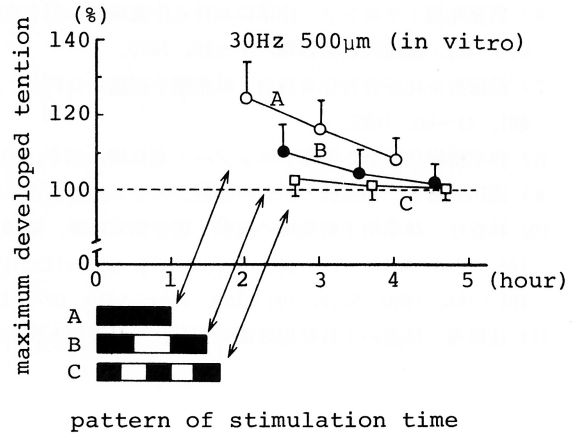
む す び

排気量20ml級から50ml級のガソリンエンジン付刈払機及び電動式刈払機のハンドル部振動加速度の一般的特性について、公表資料を用いて考察した。

刈払機のハンドルグリップ部には、それぞれ防振機構が工夫採用されていて、エンジン本体からの振動伝播は著しく抑制されていて、排気量50～55ml級の一部の運転条件を除き、他の排気量階級の全ての条件において、500Hz帯以下の成分に関するベクトル合成値は、3 G (29.4m/S²) 以下である。しかし周波数の3分の1オクターブ帯域別に求めた3直角方向中最大値の分布を、ISOの手腕に対する振動暴露限界に照らしてみると、エンジン回転数に対応する基本振動周波数帯と、それに接する1ないし2の低周波数帯の成分が、ISO限界に触れる。しかも、これら帯域の成分は、人体の手腕の血管収縮に強い関係を有するとされている。これらの結果は、空転時及び木材切削時と同様であるけれども、チェンソーハンドル部の振動のような、木材切削時にレベルが上昇しISO限界に触れる低周波数成分は、今回の刈払機資料については認められない。一方、刈払機エンジン排気量階級別にみたハンドル部振動値の変化には、一様の関係はうかがわれない。長軸桿を直接把持する形では、空転時特に高回転数で、振動が増すようであり、片持式半ループ形グリップを装着したものでは振動減衰効果がうかがわれる。

ガソリン機関付刈払機による作業は、回転数6,000rpm～7,000rpmを主体とし、空転時にも8,000rpmに達しないよう、また、林業用手持機械に関する時間規制を守り、できるだけ短い時間に区切った間断的暴露になるような組み合わせあるいは交替制による作業計画を立てることが肝要である。

最後に、資料の整理に当たって協力いただいた、当時の学生石元宗清君（現在：愛媛大学農学部附属演習林）に感謝の意を表す。



○●□: 平均値 (n=10). 幅は±SE を示す
 A: 60分刺激 B: 30分刺激 - (30分休憩) - 30分刺激
 C: 20分刺激 - (20分休憩) - 20分刺激 - (20分休憩) - 20分刺激

図-16. ノルアドレナリンに対する敏感度の過剰の発現消退の経過と振動負荷様式の関係 [大橋・東 原図⁵⁾]

Fig.16. Relation between the mode of loading vibration and the progress of occurrence or disappearance of hyperresponsiveness to nor-adrenalin. (OHASHI and HIGASHI⁵⁾)

引用文献

- 1) 林業機械化協会：刈払機の取り扱いと作業（林業機械シリーズNo.63），206pp，東京，1981。
- 2) 林業機械化協会：主な車輛機械の保有台数（国有林），昭和56年度林業機械器具現況表（民有林），林業機械便覧，208～215，1982。
- 3) 浅子吉一：民有林における林業機械稼働実態調査について(3)。機械化林業 354，17～22，1983。
- 4) 大橋俊夫・東健彦他3名：振動病における局所的な末梢循環障害の発生機序。心臓10(6)，577～584，1978。
- 5) 大橋俊夫・東健彦：振動による局所循環障害の発生機構。自律神経16(3)，120～125，1979。

- 6) 伏見知道：チェーンソー作業における作業規制に関する研究(I). 愛媛大学農学部演習林報告**13**, 1~119, 1976 : 同上(II). 愛媛大農演報**16**, 1~16, 1979.
- 7) 機械安全化無公害化委員会・林業用手持機器分科会：刈払機の安全化無公害化に関する報告書. 機械化林業 **261**, 41~60, 1975.
- 8) 林業機械化協会：防振チェーンソー・刈払機の紹介. 機械化林業**380**, 39~66, 1977.
- 9) 沼田営林署：刈払機の新しい訓練システム指導要領. 204pp, 前橋営林局, 1982.
- 10) 林野庁：林業用手持機械の振動・騒音測定結果. No**10**, 57~121, 1977 : No**11**, 107~136, 1978 : No**12**, 155~178, 1978 : No**13**, 163~168, 1978 : No**14**, 109~117, 1979 : No**15**, 143~163, 1979 : No**16**, 81~86, 1980 : No**17**, 151~168, 1980 : No**18**, 101~139, 1981 : No**19**, 67~84, 1981 : No**20**, 171~203, 1982 : No**21**, 87~104, 1982.
- 11) 辻隆道：林業の工具使用時間の短縮, 工具振動と振動障害対策, 川崎, 266pp, 136~137, 1982.

(1983年8月30日受理)