

## チェーンソー作業における作業規制に関する研究 (II)

伏見 知道 \*

### Studies on the Operation Control of the Chainsaw during the Felling and Bucking Work(II)

Tomomichi FUSHIMI

**Summary :** It has passed long time since it has attracted the Japanese public attention that chainsaw vibration induced the white finger disease. Now, so many workmen using the vibrating tools except the chainsaw have suffered from vibration syndrom too.

This study dealt with the vibration of chainsaw's handle during timber cutting, in order to clarify the safety limit for the operation control during chainsaw working. Author, at first, introduced the mechanism of occurrence of vibration syndrom reported by medical studies (fig.1), and evaluated the handle's vibration of chainsaw during timber cutting on the basis of the data calculated from the publication of Forestry Agency. Continued from the previous study<sup>2)</sup>, it was proved that, during cutting, the lower frequency components than the fundamental wave were clearly rised to higher than their levels at the same racing speed of engine, and the levels of the rised components exceeded the safty limits. Those facts were opvious whether the engine of chainsaw was reciprocatory type or rotary type, whether the handle system was anti-vibration type or not, and regardless of the displacement of engine. Then, the vibration control criterion of chainsaw's handle was considered again, namely, the frequency components have to be considered from 12.5 Hz of mid-frequency of 1/3 octave band, up to 200Hz (maximum 315 Hz). And the overall value is limited to 30m/sec<sup>2</sup> (26~22m/sec<sup>2</sup> in future) of accelertion for 2.0 hr regularly-interrupted exposure cumulated in working day. The time of an interrupted exposure must be less than 1/4 hr.

**要 旨** チェンソー振動による白ろう病(レイノー症候群)と同様の障害が、さく岩機・モーター付回転工具類・寒冷地の郵便配達用バイク等によっても現われている。医家の「チェーンソーの振動に触れぬことが最善だが、使用

\* 森林工学研究室 Laloratory of Forest Engineering

を止めるわけにいかぬ」との見解と同じく、使用者の安全作業を守る立場から、障害の発生要因、暴露限界に関し、医家見解に基づく判断をまとめるとともに、最近の小型チェンソーの振動分析例を検討し、前報(2)木材切削時振動特性の普遍性を確かめ、厳しい作業時間規制の必要性を再確認した。また規制基準(2)も再検討し、周波数帯域別値は変更しないが、総合値を低くし2時間暴露に対し、当面30m/sec<sup>2</sup>程度、将来は26m/sec<sup>2</sup>(~20m/sec<sup>2</sup>)を目標とするとともに、1連続暴露15分以内の周期的断続暴露が有効不可欠であることに、チェンソー作業の規制方向について、あらためて見解をまとめた。

## I はじめに

チェンソーの普及に伴って、圧縮空気工具により発生したレイノー現象が現われ、「白ろう病」として、社会の注目を浴びてきた。

振動障害防止を目的とする作業規制のためのチェンソーの評価は、機械自体の振動発生と伝播の減衰性能、切削性能、騒音減衰性能および作業強度等、個別解析も必要とし、最終的に「作業者の労働衛生的安全」という立場からの総合的評価に到達するものでなければならない。したがって「手腕に対する振動の安全限界」に関する認識(8)に立って、現諸案を尊重し、厳しい時間規制を基本にした作業仕組を守りつつ、許容基準および防振対策を確立するよう努力しなければならない。

そこで、筆者は振動障害あるいは振動病に関する医学成果を認識しつつ、公表振動値(9)を中心に、最近のチェンソーを評価し、木材切削時ハンドル部振動特性に関する前報(2)の普遍性を確かめるとともに、チェンソー作業における振動規制の論拠、総合値および暴露が断続的でなければならぬ点について考察した。なお、貴重な資料を御恵与下さった愛媛大学医学部恒川謙吾先生および信州大学医学部大橋俊夫先生に深甚の謝意を表す。

## II チェンソーによる白ろう病

振動工具による白指現象や障害は、わが国でも最初は圧縮空気工具の例(12)であった。現在は、さく岩機、グラインダー等モーター利用工具、チェンソー、鉄道のタイタンパーおよび寒冷地の郵便配達用バイク(5)による例も現われている。愛媛県の昭和54年2月末現在、振動障害認定者総数435名中、チェンソー52名(県外作業者を含む)、建設関係13名、鋳物工場4名、鉄工所25名、石材関係4名、その他大多数は鉱山関係さく岩機である。障害の初発年代は広範囲にあり、一般に、箸や煙草が指間から脱落しても気付かぬ異常から、次第に蒼白(レイノー現象)その他の症状を訴えるようになるのである。振動障害の病態は臨床的観点から、単なる局所障害でなく、生体に働く振動・騒音・寒冷や、作業時の緊張・姿勢などが関与したところの、中枢神経を介した自律神経・内分泌系の障害により、血中カテコールアミンの増加に伴う循環器疾患であり、全身疾患である(13, 17, 18, 31)と考えられている。ところが一方には、振動工具を使用しても全く発症しない人もあり、工具使用だけが原因なのか、他の因子が関与するのか、あるいは基礎に他の何かがあるのかといった点は、まだ不明のようである。

このような中で、土生・堀(6)は「チェンソーによる振動障害(白ろう病)の予防は、原因の除去、すなわちチェンソーの使用を禁止することであるけれども、現実に使用を禁止することはほとんど不可能であるので、医家としては、チェンソー使用という立場で、予防治療を研究しなければならない」と言っている。昨今、生理的実験に基づく、発生機構に関する研究もあらわれ、素因に関する示唆等発生機構解明の手がかりが出てきているように思われる。これらの成果が完成する日の近いことを期待している。

なお、振動障害(白ろう病、レイノー現象 Raynaud's phenomenon)とレイノー氏病(Raynaud's disease)との病態については、表現が明確を欠くとしつつ(27)も、一般に出現する蒼白発作は同一現象であっても、発生機序が相違し、治療予防法も異なるものと考えられている(6, 27)。すなわち、表一に示すように、明らかな基礎的疾患および原因によって2次的に生ずる血管痙縮の場合は、これをその要因(たとえばさく岩機の振動)に基づく、または、それに伴うレイノー現象とし、Allen およびBrownの診断基準に見られるように、血管運動障害が2次的に起っていると考えられるような、基礎となる器質的疾患を欠く場合に、レイノー氏病と診断(6, 27)されている。

表一 白ろう病とレイノー氏病の病態 (土生・堀<sup>1)</sup>より)  
Raynaud's phenomenon (white finger disease) and Raynaud's disease.<sup>1)</sup>

病 態	白 ろ う 病	病 態	レイノー氏病
白ろう病の呼称	vegetative neuritis		レイノー氏病 (Raynaud 1862) は血管運動神経の過敏によるもので、原因はなお不明であるが、脳の自律神経中枢 (脳幹、脊髄) の異常を考えるものが多い。女性、特に若年 (20才前後) に多発する。
dead finger (死指)	(植物性神経症)		Allen and Brown の診断基準
dead hand (死手)	white finger (白指)		(1) 寒冷、感情刺激により、四肢末端に黄色発作が起こる。
traumatic vasospastic disease of hand	pneumatic hammer disease		(2) 両側対称性におかされる。
(手の外傷性血管痙攣病)	pseudo Raynaud's disease		(3) 壊死はないが、あっても皮膚に限局し、軽微である。
Raynaud's Phenomenon of occupational origin	(偽レイノー氏病)		(4) 末梢動脈の閉塞や器質的变化が全くみられない。
(職業性レイノー氏現象)	occupational Raynaud's syndrome		(5) 少なくとも2年間の疾病経過を有すること。
vibration syndrome	(職業性レイノー症候群)		
(振動症候群)	vibration disease		
	(振動症)		
	白ろう病		

手指に激しい振動をうけることが原因で、本態はなお不明であるが、末梢血管運動神経の侵襲により、出現する血行障害によるものと考えられ、手指血管の痙攣 (攣縮) 発作がおり、発作的に蒼白となり、しびれ感、知覚鈍麻、不快感、疼痛などがあらわれる。この症状はとくに寒冷にふれるとおこりやすくなる。

### III 手持振動工具による振動障害発生要因

手持振動工具の使用等により生ずる障害の発生要因には、振動・騒音・環境条件としての寒冷・持続性筋緊張等の因子のほか、作業者固有の素因についても関心が持たれている。これら発生要因と考えられる因子と障害の関係につき、医家の見解の定性的要約を次に示す。

#### (1) 振 動

振動による手および足(26)のレイノー現象に関する臨床症状のうち、自覚症状として蒼白発作、しびれ感、痛み、冷感、振動感および諸関節の痛みが、また他覚症状として圧痛、硬結、運動障害、知覚障害、筋萎縮があげられ、諸症状の発生には、次のような生体内のあらゆる機能が関与する(6)と判断されている。

- I) 末梢循環機能障害 (蒼白発作・レイノー現象)
- II) 末梢神経機能障害 (しびれ感・痛み・知覚障害)
- III) 運動神経機能障害 (筋萎縮)
- IV) 自律神経機能障害 (冷感・手掌発汗異常・振動感)
- V) 中枢神経機能障害 (重症例にみられる、いわゆる不定愁訴的症状)

そしてこれら振動障害の中心に位置するものとして自律神経(28)が考えられている。

的場ら(13)は、振動刺激が、生体末梢の受容器で感受されると、血管収縮神経の求心性インパルスは、神経繊維を中枢へと伝導されてゆき、その過程でフィードバック機構が働いて、適当な情報量に選択され、大脳視床下部の交換神経中枢へ到達する。また、同時に騒音刺激も伝達される結果、大脳は疲労状態に達し、フィードバック機能が弱まり、受容器から入る求心性インパルスは相対的に入力過剰となり、交換神経中枢は興奮状態となって血管収縮を起す。この際、振動による血管壁・神経末梢・生化学的調節の障害が存在すると、末梢循環障害が生ずると推論している。

また、大橋・東ら(18)は、的場らの報告を参照し、生理学的成果を根拠に、振動病に見られる末梢血管障害、特に「白ろう」が身体局所にだけ発生する理由について図-1の推論を示している。すなわち、振動工具使用の際、振動・騒音・寒冷がストレスラーとして働き、中枢神経を介して副腎髄質のカテコールアミン(C.A.、アドレナリン類の総称)の分泌を増し、交換神経系の高進、つまり血管平滑筋の収縮準備状態が作られる。一方では、振動刺激を受けた局所細動脈の平滑筋には、カテコールアミンに対する極めて顕著な過敏性が起っているため、ここに局所的な動脈収縮一循環不全が惹き起され、その長期間に及ぶ反覆が「白ろう指」を発生させると考えている。C.A.過敏性は、振動負荷中に低下し、負荷解除後顕著に増加した後、漸次回復に向かうもので、この実験結果は、「振動病患者の大多数において、振動工具使用中はむしろ手のしびれ感が軽快し、使用後に増大する」という自覚症状をうまく説明している。振動に対する血管平滑筋のC.A.過敏性の発現機構については、血管壁の神経末梢受容器の感受性の変化、Ca拮抗剤の拮抗作用によるC.A.過敏性の抑制等、今後究明しなければならない問題点ということである。なお、蒼白発作の持続性については、慢性実験によりN.A.過敏性の発現と固定化を確かめる必要がある(19)が、岩橋(7)は交換神経接合繊維を切断し、その支配下動脈の感受性を高進させた状態ではN.A.過敏性が6ヶ月以上持続している実験例から、振動刺激が交換神経接合繊維に何らかの変形を与えるならば、血管壁は持続的過敏性を持つに至るものと推論していて、障害発生と器質的変化の関係に示唆を与えている。

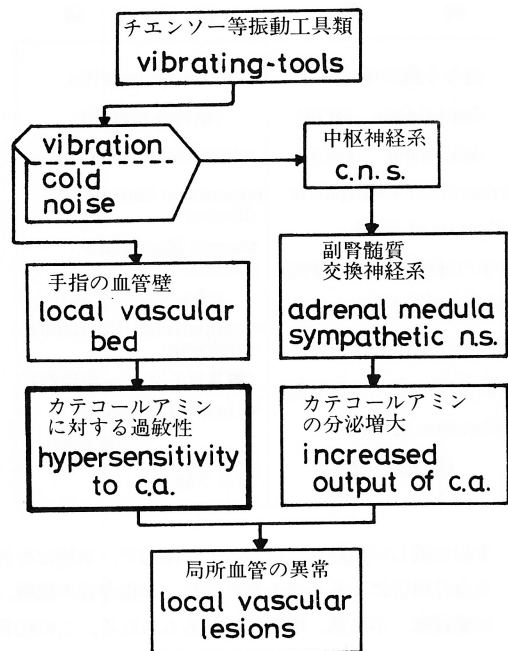


図-1 振動病の末梢循環障害「白ろう病」発生のメカニズム(東・大橋ら<sup>18)</sup>原因)  
Mechanism of occurrence of the white finger disease induced by vibration. (18)

## (2) 騒音

騒音が自律神経系に影響を及ぼすこと(22)はよく知られ、特に交換神経を緊張し、血中アドレナリンを増し、循環・呼吸等に影響を及ぼすのであるが、騒音がストレスとして脳下垂体・副腎系を刺激するとも言われる。的場ら(13)は前項記述のように、騒音は大脳縁辺部を興奮させるのであり、この部分に自律神経高位中枢、温度調節や睡眠の中枢が存在するため、この部分の興奮は、遠心性血管収縮神経の興奮をもたらし、血管収縮に至ると推論している。この意味で、騒音は振動障害の有力助長因子と言えよう。

## (3) 寒冷

的場ら(13)は、寒冷が振動障害形成に対する三大ストレスラーの1つと考え、大橋・東ら(18)もこれを参照している。岩橋ら(7)は、家兔の動脈のN.A.に対する過敏性が37℃に比べ27℃で増大し、更に17℃では一端増大した感受性が減退することを報告し、ある程度の低温によっても、血管収縮をおこしやすい状況がつけられることを推論している。土生・堀(6)は蒼白発作の発生に関与する寒冷は、手指だけでは十分でなく、むしろ全身的寒さを感じた時に出現し易いとし「全身寒冷」をあげている。

## (4) 持続性筋緊張

振動障害の主症状、蒼白発作について、土生・堀(6)は、振動・寒冷・持続性筋緊張等が関与するとし、蒼白が作業中よりも寒冷時単車運行中に多発する傾向にあることから、単車ハンドル保持の状態(持続性筋緊張)および筋

緊張性振動反射が加わることにより、蒼白発作が多く見られると臨床的に述べている。

(5) 皮膚温の変動性と素因

振動刺激負荷前後における皮膚温の上昇と回復状態から、Hettingerは対象者判別用の皮膚温指数を提案し、これを参照して木村ら(9)は、振動と皮膚温変動を報告している。Andreva-Galaninaら(23)は、寒暖に伴う手指皮膚温の差が、正常者平均2.36℃に対し、振動病第I期から第II期では9.81℃から16.1℃と大きくなると報告している。岡田ら(23)は、チェーンソー作業者の指尖血流量が、対照者のそれより低い値である点に注目し、更に蒼白現象の有無判別も可能と報告している。また那須(17)は、血流変化は100Hzの振動で効果的に現われる反射性血管収縮によるものであるとし、更に、振動刺激による皮膚温の低下率と回復速度の観測結果から、振動工具使用による蒼白現象有症者は、一般に皮膚温低下率が大きく回復も遅延する傾向にあるのに対し、振動工具を長年使用したにもかかわらず症状が軽微な例では、振動刺激による皮膚温低下率は非常に小さく、かつ速やかに回復する傾向を示した、一方、正常対照群（健康な振動工具非使用者）でも、皮膚温がよく低下する例とそうでない例があると述べている。

振動刺激による皮膚温の変動は、振動による血管の収縮、それに伴う血流量の変化の結果として現われるものである。したがって、皮膚温の変動については、上述のように、(I)障害の発生進行に伴い、2次的に変動が増大するところの症状の1つとしての面と、(II)振動刺激に対する皮膚温の変動性が大きい小さいかという、発生要因に対応する要素、すなわち、素因の1指標としての面、という二面を考慮する必要があるように思われる。なお、振動障害発生要因の1つとしての素因については(20)、白ろう指出現に関する局所の微小循環動態の異常という点についてだけでも、微小循環血管系における個体差があるはず、しかも成人であるため、循環系にはさまざまな程度の病的変化が生じていること等があり、振動障害に対する素因については、十分考える必要があると判断される。

IV チェンソーハンドル部  
振動加速度値の分布

近時、チェーンソーも小型軽量で、防振性能の高い機種が普及してきた。そこで、公表資料(24)の、木材切前時ハンドル部振動加速度の3分1オクターブ分析結果中、最大値の分布について見てみよう。

チェーンソー装備重量と振動加速度最大値の分布を図-2に示す。両者の相関は全く認められないが、装備重量の小さい機種には、振動値が比較的低い機種も認められる。次に、機関排気量と振動加速度最大値の分布を図-3に示す。両者の相関も認められないが、公表年別に概観すると、昭和

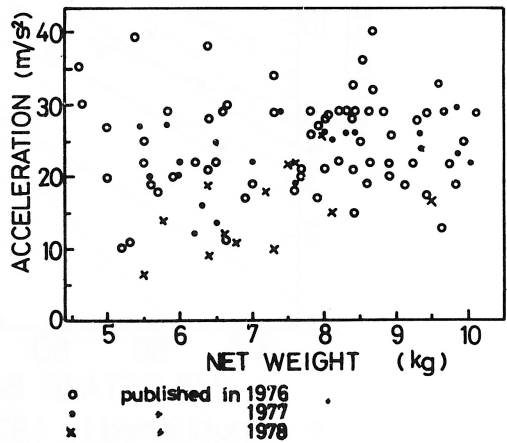


図-2 チェンソーの装備重量とハンドル部振動加速度 (公表最大値)

Relation of the handle's vibration values that published from Forestry Agency to the weight of chainsaw.

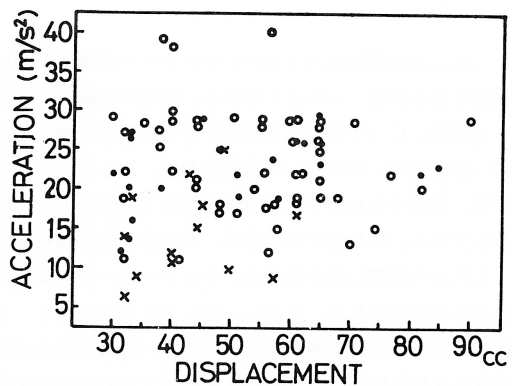
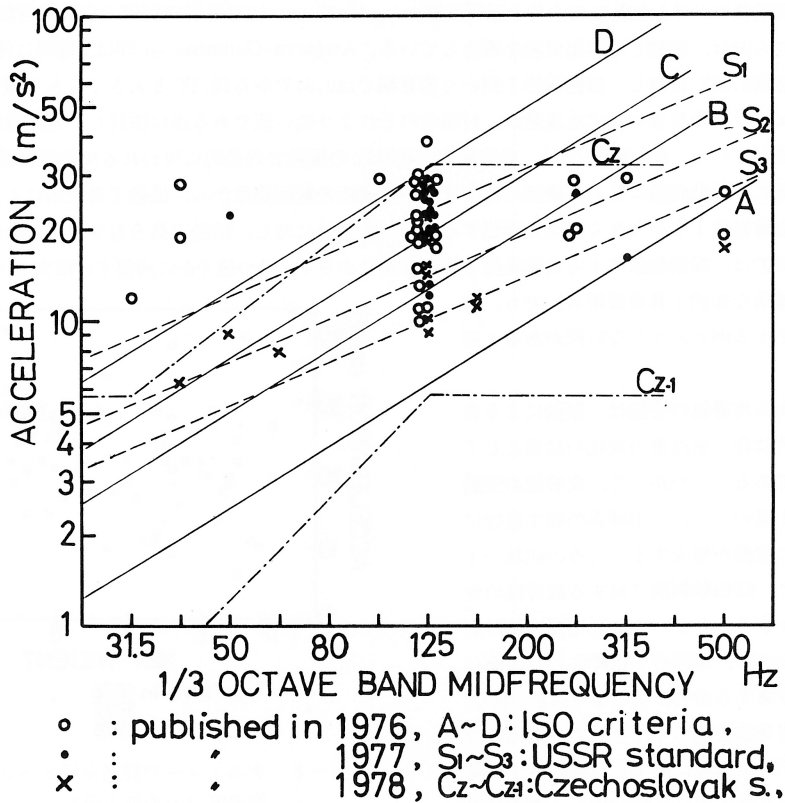


図-3 チェンソーの排気量とハンドル部振動加速度 (公表最大値)

Relation of handle's vibration values that published from Forestry Agency to the displacement of engine.

51年には主として15~30m/sec<sup>2</sup>の間に分布し、それを越える機種も認められる。昭和52年公表値では15~30m/sec<sup>2</sup>の範囲にとどまり、昭和53年に加えられた機種は、同一排気量でも、振動値が一層低い機種を含むに至っている。



図一4 3分1オクターブ分析におけるチェーンソーハンドル部振動加速度最大値の分布と暴露限界（公表値使用）  
 Distribution of maximum values of chainsaw handle's vibration.  
 Key as in Fig 2.

これら木材鋸断時の3分の1オクターブ帯域中振動加速度最大値と、対応する「手腕に関する振動の暴露限界」の関係を見ると図一4のようである。図中の実線は、ISO から示された暫定的暴露限界で、A（4~8時間）、B（1~4時間）、C（2分1~1時間）、D（2分1時間）暴露限界を示す。また破線のUSSR 基準規則は、S<sub>1</sub>（40分）、S<sub>2</sub>（80分）、S<sub>3</sub>（160分）の限界である。さらに一点鎖線Czはチェコスロバキアの基準を示す。昭和52年公表値までは、B線すなわち1日8労働時間中1時間ないし4時間の連続または間欠的暴露が許される範囲に多くの値が分布している。昭和53年公表値は、B以下なかにはC線より低い値を示す機種も見られる。

これらの結果に関する限り、チェーンソーハンドル部振動加速度値が、許容限界に対しても、かなりの域に達しているように思われる。しかし、決してそうではなく、ここで次の点に注意する必要がある。「許容限界は、全帯域中の最大値について適用するのではなく、各帯域ごとの最大値について、帯域別に適用されるものである」すなわち、分析された各帯域の三方向加速度値のうち最大値を取りあげ、その帯域中心周波数と同帯域の許容限界値と比較し、評価するのである。図一4に示すように、許容限界値は低周波数帯で低く（厳しい値）、高周波数帯で高くなるのが一般であり、全帯域中の最大値だけを検討すればよいとは限らない。特にチェーンソーは木材切削時に低周波数帯の値が高くなっていくからである。全帯域中最大値と実際に許容限界を指示するに至る帯域別最大値との関係については、木材切削時振動の項で述べる。

全帯域中最大値は、使用者が機種選択にあたり、参考資料として役立つものである。

## V チェンソーハンドル部振動の木材切削に伴う変化

筆者は先に(2, 3), チェンソーの機関が、往復動型か回転機械型かにかかわらず、木材切削時に、基本振動数より低い周波数帯域成分が増大し、許容限界に抵触するに至るため、作業に際しては、厳しい時間規制に従わねばならない現状であることを明らかにした。

今回測定した排気量30cc級チェンソーの空転時ハンドル部振動分析例を図-5に示す。回転数に対応した基本振動波成分が、全体の支配的成分として優勢である。また、基本波の高調波成分を含む高周波数帯域では、回転数の

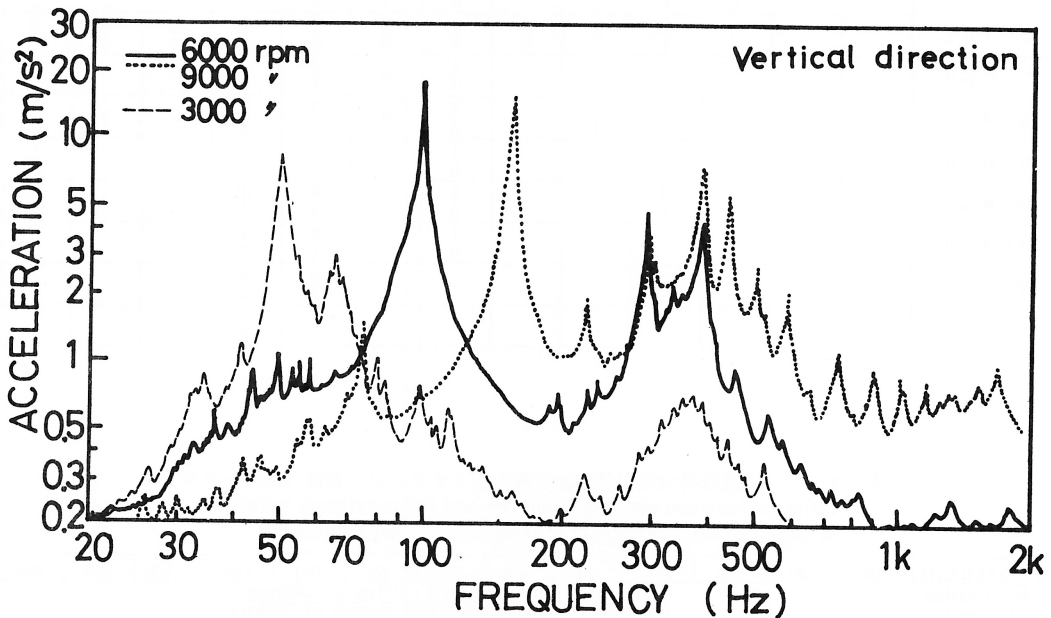


図-5 チェンソー小型機のハンドル部振動加速度分析例 (排気量33cc)  
An example of analysis of vibration at front handle of a chainsaw with displacement 33 cc during non-cutting.

上昇に伴って、存在が明確になるけれども著しく弱い。これに対し、基本振動数より低い周波数帯域には目立つ成分がない。以上は、既報の排気量70~80cc級の分析例と同様である。総合値は、ピストン方向に一致する前後方向で、上下方向よりかなり高い。

次に、3分1オクターブ分析資料(24)により、排気量が比較的少ない機種の手柄部振動の木材切削に伴う変化をみってみる。表-2は帯域別直角方向の加速度最大値別に、機数分布を調べたもので、分母は空転7000rpmの機数、分子は木材切削7000rpm時機数を示す。100Hz~125Hzでは空転時と木材切削時でレベルの上下が一定しないが、25Hz~80Hzでは、切削時に明らかにレベルが上昇する機種が多い。

表-2 周波数帯域別振動加速度最大値とチェンソー台数 (前ハンドル)  
Relation between chainsaw number and the maximum values  
of acceleration every band of frequency, at back handle.

1 / 3 O.B.C.Hz	16	20	25	315	40	50	63	80	100	125	160	200	250
Acceleration m/sec <sup>2</sup>	chainsaw number during cutting at 7000rpm												
	chainsaw number during non-cutting at 7000rpm												
$1 \geq \alpha$	$\frac{20}{0}$	$\frac{26}{31}$	$\frac{11}{24}$	$\frac{5}{22}$	$\frac{5}{22}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{2}{18}$	$\frac{2}{14}$	$\frac{0}{1}$	0	$\frac{6}{13}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{2}{2}$
$1 < \alpha \leq 2$		$\frac{6}{2}$	$\frac{16}{7}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{13}{4}$	$\frac{9}{9}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{4}{13}$	$\frac{0}{1}$	0	$\frac{15}{13}$	$\frac{13}{12}$	$\frac{6}{7}$
$2 < \alpha \leq 3$		$\frac{6}{0}$	$\frac{16}{0}$	$\frac{10}{2}$	$\frac{13}{4}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{0}{5}$	0	$\frac{15}{6}$	$\frac{13}{5}$	$\frac{6}{5}$
$3 < \alpha \leq 4$			$\frac{0}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{6}{1}$	$\frac{7}{0}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{10}{0}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{8}{4}$
$4 < \alpha \leq 5$				$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{6}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{5}$
$5 < \alpha \leq 6$			$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{1}$	0	0	$\frac{1}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{0}$	0	0	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{2}$
$6 < \alpha \leq 7$				$\frac{1}{1}$	0	$\frac{1}{0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{2}{0}$
$7 < \alpha \leq 8$							$\frac{1}{0}$	0	$\frac{6}{1}$	$\frac{0}{1}$	0	0	$\frac{2}{2}$
$8 < \alpha \leq 9$					$\frac{2}{1}$		$\frac{2}{0}$	0	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$
$9 < \alpha \leq 10$							$\frac{1}{0}$			$\frac{2}{2}$			$\frac{1}{0}$
$10 < \alpha \leq 15$				$\frac{0}{1}$			$\frac{1}{0}$		$\frac{0}{4}$	$\frac{10}{7}$			$\frac{1}{3}$
$15 < \alpha \leq 20$							$\frac{1}{0}$		$\frac{0}{1}$	$\frac{4}{7}$			
$20 < \alpha \leq 25$									$\frac{0}{1}$	$\frac{8}{3}$			$\frac{1}{1}$
$\alpha > 25$										$\frac{3}{9}$			

表-2 周波数帯域別振動加速度最大値とチェンソー台数 (後ハンドル)  
Relation between chainsaw number and the maximum values  
of acceleration every band of frequency, at back handle.

1 / 3 O.B.C.Hz	16	20	25	315	40	50	63	80	100	125	160	200	250
Acceleration m/sec <sup>2</sup>	chainsaw number during cutting at 7000rpm												
	chainsaw number during non-cutting at 7000rpm												
$1 \geq \alpha$	$\frac{17}{20}$	$\frac{9}{30}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{0}{17}$	$\frac{0}{19}$	$\frac{0}{26}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{2}{1}$
$1 < \alpha \leq 2$		$\frac{17}{2}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{0}{8}$	$\frac{0}{5}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{0}{2}$	0	$\frac{8}{19}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{4}{2}$
$2 < \alpha \leq 3$		$\frac{4}{1}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{12}{4}$	$\frac{7}{5}$	0	$\frac{9}{5}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{5}{9}$
$3 < \alpha \leq 4$		0	$\frac{10}{1}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{7}{0}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{4}{6}$
$4 < \alpha \leq 5$		$\frac{3}{0}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{7}{0}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{3}$
$5 < \alpha \leq 6$			$\frac{4}{0}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{4}{2}$
$6 < \alpha \leq 7$			$\frac{1}{0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{7}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{4}{3}$
$7 < \alpha \leq 8$			$\frac{1}{0}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{6}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{3}$
$8 < \alpha \leq 9$			$\frac{1}{0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{6}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{1}$			
$9 < \alpha \leq 10$				$\frac{1}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{0}{2}$		$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$
$10 < \alpha \leq 15$				$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{1}{0}$		$\frac{3}{3}$	$\frac{9}{7}$	$\frac{1}{0}$		$\frac{3}{1}$
$15 < \alpha \leq 20$					$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$		$\frac{1}{1}$	$\frac{9}{4}$		$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{3}$
$20 < \alpha \leq 25$						$\frac{1}{0}$				$\frac{3}{2}$			
$\alpha > 25$									$\frac{0}{1}$	$\frac{4}{11}$			$\frac{2}{0}$



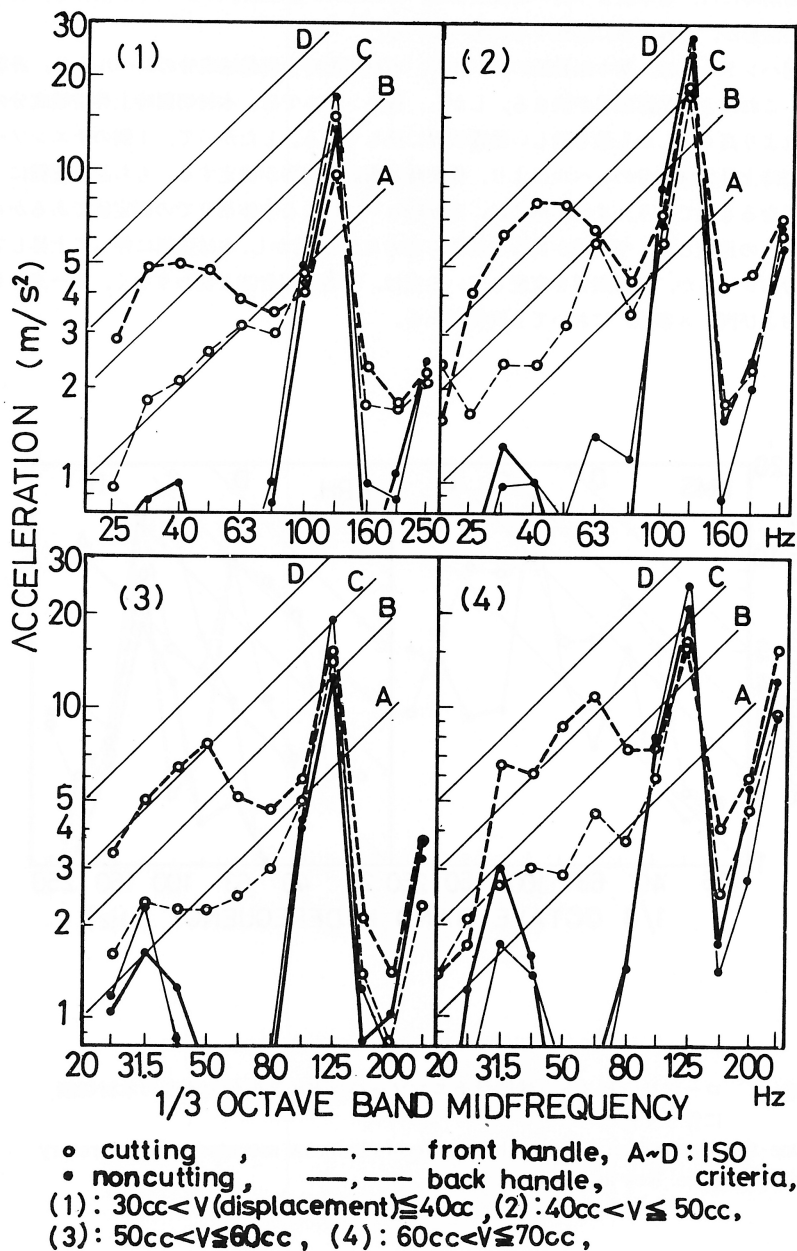


図-6 チェンソーのハンドル部振動加速度の排気量別平均値における木材切削に伴う変化 (公表値使用)

Changes of acceleration of chainsaw handle between during cutting and during non-cutting. (Traced the mean values calculated from the data which published by Forestry Agency.)

また、図-6は、排気量階級ごと、前後ハンドル別に、3分1オクターブ帯域ごとの三直角方向測定値のうちの最大値を、空転7000rpm時および木材切削7000rpm時別に集計・平均値を求め、図示してある。どの排気量階級においても、木材切削時には、基本波より低い周波数帯域、特に80Hz帯域以下のレベルが上昇し、40~60Hz帯域を中心とする凸形波形が、許容限界に抵触するに至っている。

また、本例の前ハンドルでは、基本振動波のレベルが、木材切削時上昇帯域成分のレベルより、許容基準に対し高位にあるため、これにより暴露限界が決まる。しかし、後ハンドルでは、木材切削時上昇帯域成分のレベルが、前ハンドルのそれより高く、しかも最も厳しい暴露限界に達している。したがって、1個のチエンソーでは、後ハンドルの木材切削時上昇帯域成分のレベルにより、作業時暴露許容限界が決定する。もち論、機種により帯域別レベルの変化量が異なるものであり、また本例では、空転時ロープによる本体吊りでの測定値であるから、筆者の空転時手持ち測定値との比較とは、やゝ趣が異なる部分も認められる。しかし、木材切削に伴って上昇してくる100Hz以下の周波数成分のレベルが、暴露限界を支配している点は、筆者の報告(2)と変わりなく、ロータリピストン機関付機等(図-7および図-8参照)においても同様である。

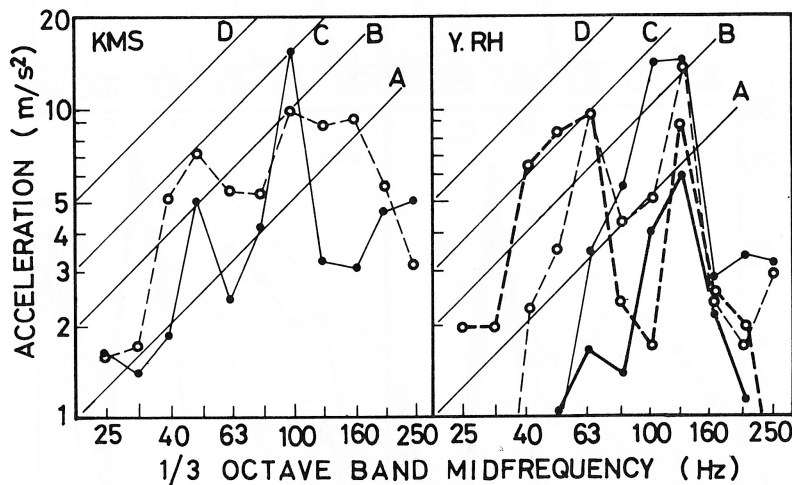
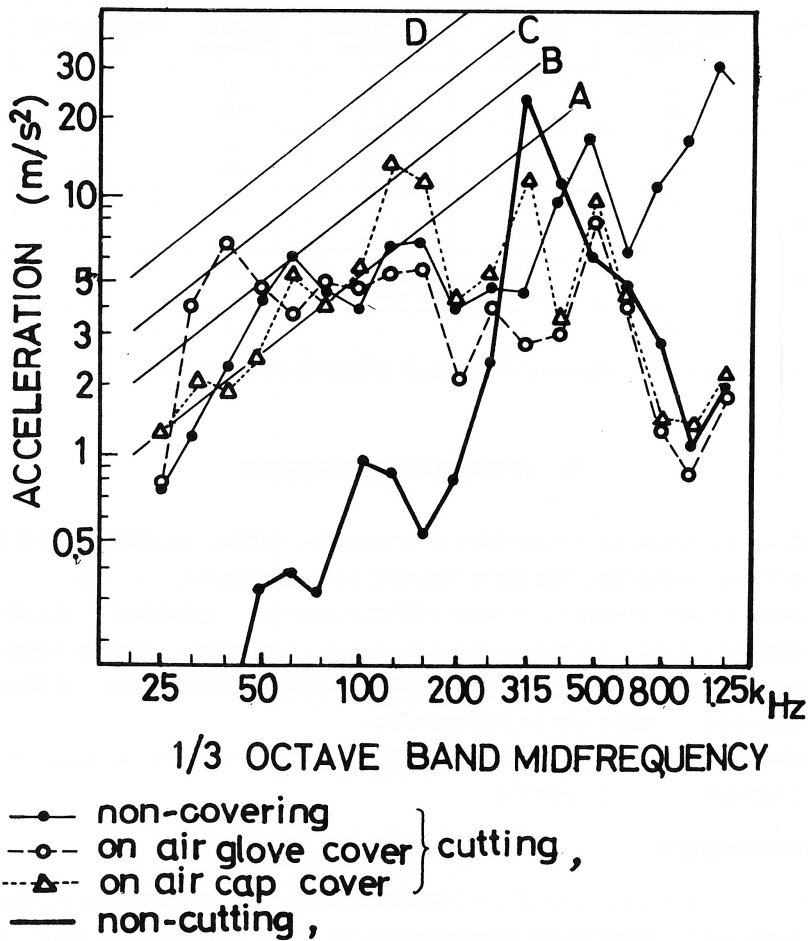


図-7 ロータリピストン機関付チエンソーハンドル部振動加速度の木材切削に伴う変化

One-third octave analysis on the handle of chainsaw mounted with the rotary piston engine. Key as in Fig. 6.

なお、空気クッション等によるハンドル部防振効果については既に前告(4)したが、電動式鋸の1例を図-8に示し、木材切削に伴う変化について述べる。空気クッションによつては、主として630Hz帯域以上の周波数域で減衰効果が明確である点、防振ゴムクッションによる効果と似ている。木材切削時は、160Hz帯以下の周波数帯域でレベルが上昇し、暴露限界に抵触する点は、内燃機式鋸と同様である。防振形ハンドルに、空気クッション被覆を利用すると、加重効果が認められるが、空気室は、小さく独立分散させたエア・キャップ型が、より有効である。



図一八 空気袋類被覆によるハンドル部振動の減衰  
 Insulation of vibration at electro-chainsaw's handle by the air cushions  
 of handle cover.

## VI 木材切削時振動の暴露許容時間

ISO の手腕系振動の暴露限界によって、前項チェンソーの前後ハンドル部振動値を評価し、許容時間別チェンソー台数分布を表一三にまとめた。木材切削7000rpm 時、連続30分以上暴露が可能な機種は前ハンドルで19台、後ハンドルで4台、機械全体としては3台となる。20台（約60%）が30分以内、9台は限界外になっている。したがって、小型機においても、現在のISO 暫定暴露限界に照らしてみると、障害をまぬがれるためには、やはり、断続暴露を原則とした厳しい作業規制の実施が必要であることが明白である。

表一 3 手腕に対する振動の暴露限界とチェーンソー台数分布  
 Distributions of chainsaw number to ISO criteria for hand-arm vibration.

ISO '74 criteria	Front handle		Back handle		Chainsaw (total handles)	
	non cutting 7000rpm	cutting 7000rpm	non cutting 7000rpm	cutting 7000rpm	non cutting 7000rpm	cutting 7000rpm
within 1/2 hr	9 (8)	11 (10)	13 (7)	19 (10)	14 (10)	20 (11)
1/2 ~ 1 hr	7 (4)	9 (4)	5 (2)	4 (4)	5 (2)	3 (3)
1 ~ 4 hr	10 (5)	10 (5)	8 (6)	0	5 (3)	0
4 ~ 8 hr	0	0	2 (1)	0	0	0
out	6	2	4	9	8	9

( ) : number of the chainsaw with engine displacement under 50cc.

## Ⅶ 作業規制のための暴露限界

チェーンソー作業における振動障害の原因を防止するための対策が、(Ⅰ)機械、(Ⅱ)広範囲に考えた作業環境、(Ⅲ)作業仕組、(Ⅳ)安全衛生教育、(Ⅴ)健康診断、(Ⅵ)健康管理の諸分野に分け、適宜実施されてきている。

作業規制の根拠および障害防止対策が、どの段階で妥当であるのかという定量的判断は、障害発生機構が明確にならないと、合理的に決定することができないであろう。したがって現段階では、作業規制の根拠も不十分であるわけだが、現存の暴露基準諸案、現場観察および基礎的研究成果を基に、問題点を認識し、作業規制が常に安全側にあるよう、点検・修正し、完成を目指さなければならない。

そこで、暴露限界の現情およびその根拠とすべき諸要素について考察したうえで、先に提示した「チェーンソーハンドルの振動の規制基準」について、再考する。

### (1) 振動源対策と暴露限界

振動源対策として、昭和42年から3G以下という基準が示され、先づ国有林従業員を中心に、次いで昭和51年頃から民有林作業者を含めた、振動暴露時間の規制指導が実施されてきた。振動障害を防ぐために、有害な振動に対する暴露限界を明確にしなければならぬが、手腕の振動について、ある1つの暴露限界を選択することは、過去において意見の一致を見にくい分野であり、1974年に一応、国際的合意を得た暫定案がISOから示されるに至った。

表一 4 最近10年間に公表された手腕の振動暴露限界  
 Some criteria for hand-arm exposure to vibration published in previous ten years.

1/3 octave band center frequency Hz	Allowable acceleration value(cm/s <sup>2</sup> ) to exposure time in working day									
	Lyarskii		Louda		von Gierke		B.S.I.		ISO '74	
	8 hr	2/3hr	8 hr	1/2hr	8 hr	1/2hr	5~8hr	1/2~2½hr	4~8hr	1~1/2hr
4	130	—	—	—	60	600	100	1,000	—	—
8	260	728	100	1,000	60	600	100	1,000	140	420
16	500	1,400	100	1,000	60	600	100	1,000	140	420
31.5	703	1,968	100	1,000	120	1,200	200	2,000	270	810
63	989	2,769	316	3,160	240	2,400	400	4,000	570	1,620
125	1,413	3,956	563	5,630	1,480	4,800	800	8,000	1,070	3,210
250	1,884	5,375	563	5,630	960	9,600	1,600	16,000	2,130	6,390
500	2,826	7,912	563	5,630	1,920	19,200	3,200	32,000	4,250	12,750
1,000	3,957	11,080	—	—	3,840	38,400	6,400	64,000	8,500	25,500

最近10年間に示された手腕に対する振動の、主要な暴露限界を表一4に示す。USSRは1955年、臨時公衆衛生規則(29)で暴露基準を示し、Andreva-Galaninaは、先の提案の改正を示すに至ったが、1966年労働衛生職業病研究所のLyarskii (10)が、作業者の手に振動が伝わる工具や機械類を使う作業に対する衛生基準や規則を発表している。1967年チエコスロバキヤのLouda (11)は、8～500Hzに対する限界と短時間または規則的間欠暴露に対する修正係数を示し、1968年スウェーデンのAxelsson (1)は、チエンソー振動の危険査定1限界を提案、日本の三輪(14)は1967/68年に、振動に対する感覚的不快レベルを提案した。USAのvon Gierke (5)は1971年、三輪とLoudaの妥協を考え、速度表示とLoudaの修正因子を用い、ISOに提案し、British Standard Institute (8)も1974、連続5時間ないし8時間の断続暴露に対する限界をまとめている。

## (2) 暴露限界のための要素

振動暴露限界諸案は、振動数・量ともかなりの幅がある。果して何を根拠にどの範囲の量を取るのが妥当なのであろうか、これは暴露限界に対する基本的問題であることは言うまでもない。筆者は第2の点を注視したい。すなわち、「振動を構成する周波数成分のある帯域成分のレベルが、限界に達しているならば、他の周波数成分が全て著しく弱くても、この振動はその限界に達する振動として、その範囲内の有害性が評価される」これに対し「多くの周波数帯域で、振動量が限界に近く有勢であるが、限界内にある場合は、その限界内で安全な振動と評価される」ただし「この場合は、振動の総合値はかなり大きな値になるのであるが、最大限に大きくても、有害ではない」のであろうか。ソ連では、(30)振動病をひきおこす振動速度スペクトルの特性を調べ、無害な振動スペクトルを比較し、両者の間に介在するような「振動スペクトルの許容限界レベル」を示している。これは、筆者の第2の注視点が危険に過ぎぬことを意味しているのかもしれない。

筆者は、このような疑問を抱きながらも、ソ連案を素直に了承する立場から(i)周波数帯域別振動加速度値と、(ii)指定帯域内最大限の総合値によって評価すべきであるとし、「チエンソーハンドル部振動の規制基準」(2)を提示している。

暴露限界要素として、更に“暴露時間”がある。基本的には連続時間で、非連続の場合は規則的間欠暴露の実暴露時間合計について、ある比率が示されている場合が多い。そこで、第3の点として、振動刺激が定期反復される場合、ストレスが残留蓄積されない間隔、あるいは、積算時間の限界、筋緊張の影響といったことがあげられる。

ここに、暴露限界に必要な、周波数、振動量（総合値、帯域別値）、時間について、諸資料をもとに考察してみる。

### (i) 周波数範囲

手腕系振動の暴露限界には4～1000Hzの周波数が含まれている。生体の振動伝達について、現在可能な方法による近似的計測値は、いずれもほぼ一致し大差なく、共振振動数は全身振動3～8Hz、頭や眼20Hzと言われる。振動はスペクトルのそれぞれの周波数成分の強さに応じて、さまざまな程度の血管・知覚および筋の障害を起こす(30)のであり、Andreva Galaninaは25～30Hz以上の周波数の振動で、血管反応がおこり、100～250Hzで最も有害な影響（血管収縮）がみられるとも言う。大橋・東ら(18)によると、10Hz以下の振動刺激は障害の誘因にならず、振動に対する細動脈の反応は30Hzでほぼ一定値に増大し、50Hzかけても持続されるものであり、チエンソー使用者の手甲に伝達される振動は50～60Hzにピークがある。那須(17)によれば、振動による反射性血管収縮は100Hzで最も効果的である。更に、三浦(15)によると、Streeterは振動刺激の触覚変化が、480Hzでは有意に小さく、30Hz、60Hzおよび100Hzで大きいと報告している。最近のチエンソーは、前述の如く、木材切削時も、基本振動数より高い周波数での振動量がかなり小さいのが普通である。

### (ii) 振動量

振動の測定表示が、最も簡便で論理的な方法は加速度によるものであるとの考えもあり、暴露限界も加速度表示が多いが、ソ連では振動速度による表示が行なわれている。実験報告では、変位振幅一定、たとえば0.3mmないし0.5mmなど、周波数を二三変えた程度で、連続的に数帯域の検討例はないようである。いま、正弦波振動負荷実験における変位振幅を加速度振幅に直すと、変位0.5mm、30Hzで $17.8\text{m/s}^2$ 、同じく40Hzで $31.6\text{m/s}^2$ 、50Hzでは $49.3\text{m/s}^2$ 、また変位0.3mm、30Hzでは $10.7\text{m/s}^2$ 、50Hzでは $29.6\text{m/s}^2$ となる。大橋ら(18)は約1Gおよび3Gで、また岩橋ら(7)は10Gで、50Hz前後の振動刺激を負荷することにより、細動脈壁平滑筋のC.A.過敏性の発現を実証し、振動障害の自覚症状としてのしびれ感発生機構を推論（図一1）しているのであるが、大橋らの結果(18)では、

振動刺激後の血管の最大反応量は、変位振幅が増すと増大し、周波数の増加によっては30Hzから50Hzへわずかに上昇するにすぎない。このことは、変位振幅が、加速度振幅より有意義かの疑問は別として、とにかく3G基準あるいはそれ以下の振動量でも問題であることを示している。諸提案を見ると、50~60Hzを含む63Hzオクターブ帯域で、2.4~9.9m/sec<sup>2</sup>、また125Hz帯域で4.8~14.1m/sec<sup>2</sup>で、これらの中でISOの値は比較的大きく、緩い限界値となっているが、3Gを帯域別の値と考えると、諸基準案は著しく厳しい。

総合値については、前報(2)で、暴露限界ごとに全帯域の合成値を考えたが、振動分析例や文献(18)から考えると過大に思われ、問題がある。この場合、三浦(16)やUSSR(10, 30)の振動限度等が参考になるであろう。8~250Hzまでの振動スペクトル許容レベルから概算した総合値を表一5に示した。

表一5 振動スペクトル許容レベルの合成値  
Synthesis of allowable levels on the vibration spectrum.

Exposure hour	0 ~ 1 / 2	~ 2 / 3	~ 1.0	~ 1 1/3	~ 2 2/3	~ 4.0	~ 5 1/3	~ 8.0
The synthesized value of vibration levels from 10Hz to 250Hz on spectrum								
ISO'74	110m/s <sup>2</sup>	73m/s <sup>2</sup>		50m/s <sup>2</sup>			24.5m/s <sup>2</sup>	
USSR'66	75m/s <sup>2</sup>		54m/s <sup>2</sup>		39m/s <sup>2</sup>	28m/s <sup>2</sup>		

MIURA, T. 6000rpm --- 16.4m/s<sup>2</sup>, 7000rpm --- 21.7m/s<sup>2</sup>, 8000rpm --- 26.3m/s<sup>2</sup>,

### (iii) 暴露時間

振動暴露時間は重要であるが、チェンソー使用時間(年数)と蒼白発作の発生として触れる例が多い。しかし、時間は聞き取り推定が主となり、正確は期し難い。三浦(15)によると、昭和45年の2時間規制以後、白ろう指の初発は少ないが、しびれの発生はその後も増加しており、内外医家の報告には、チェンソー使用1000時間以上1400時間位で、白ろう等が発症するとの見解が多く、年間使用時では200時間以下で白ろう指7.7%、210時間以上では白ろう指40.7%で両群間の差が大きい等、暴露時間を考慮した報告が多いとし、三浦も振動暴露の年数より時間が、規制上重要であることを肯定しているようである。わが国の「1日2時間以内、月40時間以内」を、仮りに年10月すなわち200日間使用すると年400時間になる。愛媛県の1調査例に、チェンソー使用89日以下76%、同150日以上8%の民有林で、チェンソー專業化が低い割りに、障害自覚症状の発生率が高い例があるのであるが、年使用100日内外1日3時間以上の使用者に発生率が高かった。

暴露時間は、連続時間で考えてよいのか、あるいは、分割時間として考えるべきかの問題がある。振動負荷様式を分割すると連続負荷の場合より、著しくN.A.過敏性の発現が減少すると大橋(21)は報告している。この点は、「USSRの基準による1単位暴露は操作中の小休止を含め15~20分以内」が合理的で、現行の「1連続暴露10分間、同休止時間との交互間欠暴露」という操作規制が、振動刺激による血管反応を抑制するうえで、きわめて有効であることを示しているようである。大橋の成果から概算すると、少なくとも1連続15分以下の交互断続的暴露とする必要がある。

### (3) ハンドル部振動の規制限界

以上の周波数、振動量および暴露時間の考察を基に、筆者は改めてチェンソーハンドル部振動の規制限界を次のように考えたい。すなわち「チェンソーハンドル部振動のスペクトルには315Hzを越える優勢成分を含んではならない。一般的には10Hzから200Hzまたは250Hzまでの周波数帯域を考え、帯域別許容レベルと、帯域内全成分の総合値を考える。総合値あるいは周波数帯域別レベルのうち、最も厳しい限界に抵触する値によって、規制限度が決まる。振動暴露は、必ず1連続15分以内、同程度休止時間との交互断続式としなければならぬ。それぞれの振動量については、振動刺激によるC.A.過敏性の発現が、追加重複されず、しかも1労働日8時間内に消退する限度を目途とし、総合値については、当面、1/2時間暴露に対し70m/sec<sup>2</sup>、1 1/2時間暴露に対し40m/sec<sup>2</sup>、2.0時間暴

露に対し $30\text{m/sec}^2$ とし、将来はそれぞれ、 $40\text{m/sec}^2$ 、 $30\text{m/sec}^2$ および $26$ 、 $(22)\text{m/sec}^2$ を目標に改善する。この内容を表-6に示す。

表-6 チェンソー作業におけるハンドル部振動の規制標準  
Standard for vibration control of handles during chainsaw working.

Range of frequency	Allowable values of acceleration ( $\text{m/sec}^2$ )		
	1/2hr	1 1/2 hr	4hr
Over all (10Hz ~ 250Hz) for the present (in future)	70 $\text{m/sec}^2$ (40 $\text{m/sec}^2$ )	40 $\text{m/sec}^2$ (30 $\text{m/sec}^2$ )	30 $\text{m/sec}^2$ (26, (22) $\text{m/sec}^2$ )
1/30.B.C.F.			
12.5 Hz	3.7	2.0	0.8
16	3.7	2.0	0.8
20	4.8	2.5	1.0
25	6.0	3.1	1.3
31.5	7.6	3.9	1.6
40	9.5	4.9	2.1
50	12.0	6.2	2.6
63	15.1	7.8	3.3
80	19.0	9.8	4.0
100	25.1	12.6	5.0
125	31.6	15.9	6.3
160	39.8	19.9	7.9

## む す び

チェンソーの振動による、いわゆる白ろう病が、医家の報告により、振動工具使用あるいは振動に接するという明白な原因により発生するレイノー症候群であることおよび生理学的に示された白ろう指発生機構に関する推論を認識した。次いで、小型機種を中心とした公表値を、ISOの手腕に対する振動の暫定暴露限界により検討し、その安全性を評価したが、既報同様、木材切削時成分が増大し限界に抵触するため、いずれも厳しい結果になっている。そこで、暴露規制の諸要因を勘案しつつ、前報チェンソーハンドル部振動の規制限界を修正し、総合値について当面の限界と将来目標を、また、連続暴露よりは断続的暴露が原則として守られねばならないことを示した。医家による生理学的論拠が確立され、チェンソー作業の安全な規制が確立できる日の早からんことを願ってやまない。

## 文 献

- (1) Axlsson, S.A. : Analysis of vibrations in power saws. Studia Forestalia Suecica No.59. Royal College of Forestry, Stockholm, 1968.
- (2) 伏見知道：チェンソー作業における作業規制に関する研究. 愛媛大演報13：1～113, 1976
- (3) 伏見知道・青野忠勝：チェンソーの木材鋸断振動(IX)ロータリ・ピストン機関付機の防振対策. 愛媛大演報15：1～10, 1978
- (4) 伏見知道：チェンソーの木材鋸断振動(VIII) 空気袋によるハンドル被覆効果. 愛媛大演報14：9～15, 1977
- (5) von Gierke, H.E. : Guide for the evaluation of human exposure to hand transmitted vibration, Draft document prepared for ISO Technical Committee 108, Working group 7, 54, 1971

- (6) 土生久作・堀浩：白ろう病の治療と予防。東京，金原出版，1～174，1977
- (7) 岩橋寛治：振動病におけるレイノー現象の病態生理；自律神経**16(3)**，126～129，1979
- (8) KEIGHLEY, G.D. : Safe Working Limits of Vibration Level for Continuous and Interrupted Exposure. The Vibrations Syndrome, London, 85～90, 1974
- (9) 木村菊二・阿久津綾子・三浦豊彦：振動による手背皮膚温の変動。労働科学**38(5)**，268～277，1962
- (10) Lyarskii, P. : Sanitary standards and regulations for work with tools machines and equipment creating vibrations transmitted to the hands of workers. Institute of Labour Hygiene, USSR Academy of Medical Sciences, 1966
- (11) LOUDA, L. : The Czeckoslovakian hygiene regulation on protection against vibration, Work Environment Health, **7(1)**，51～56, 1967
- (12) 村越久男：圧搾空気使用機に因る身体的障害に就いて，臨床医学**26(4)**，506～508，1938
- (13) 的場恒孝：振動工具による振動障害の治療，労働の科学**29(12)**，38～42，1974
- (14) Miwa, T. : Evaluation method for vibration effect. Part 3: Part 4 : Ind. Health 5; 213～220, 6 : (1～10), 1967, 1968
- (15) 三浦豊彦：手腕系への振動の曝露年数，曝露時間と振動障害発生の関係（第1報），労働科学，**54(6)**，299，1978
- (16) Miura, T., etal : On thr Occupational hazards by vibrating tools (Rep. III). Reports of the Institute for Science of Labour. **52** : 12～23, 1957
- (17) 那須吉郎：振動刺激が人体に与える生理的影響。日災医誌**25(8)**：406～415，1977
- (18) 大橋俊夫・東健彦・坂口正雄・宮沢崇子・河合康明：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
- (19) 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
- (20) 大橋俊夫：振動障害の素因に関する所見（私信），1979
- (21) 大橋俊夫・東健彦・坂口正雄：振動病における局所的な末梢循環障害の発生機構。第19回日本脈管学会抄録集，1978
- (22) 岡田晃・中村円生：騒音・振動・衝撃の影響と対策，東京，人間と技術社，244～247，1970
- (23) 岡田晃・中村円生：同上，266～269，1970
- (24) 林野庁：林業用手持機械の振動測定試験結果，No.11，No.12，1978
- (25) 坂田英治・大都京子：神経耳科学的立場からみた中枢神経障害，日災医誌**25(8)**：431～438，1977
- (26) 鈴木幸夫：白ろう病シンポジウム，日災医14回総会，松山，1966。（四国医学会誌）
- (27) 高松誠・的場恒孝：振動病の診断と治療。東京，南江堂，1976
- (28) 恒川謙吾：Raynaud 症候群。外科治療**30(4)**：406～418，1974
- (29) 恒川謙吾：第31回日本自律神経学会総会，振動病シンポジウム，松山，1978
- (30) 渡部真也：ソ連で新たに提案された局所振動の恕限度について，産業医学**8(8)**：26，1966
- (31) 渡部真也・伊藤史子（監訳）：産業における振動，東京，労働科学研究所。147～153，1974
- (32) 山田信也・鈴木秀吉・前田勝義・竹内康浩：一側手冷却負荷時の振動障害者の末梢循環について，労働科学**53(1)**：31～41，1977

(1979年8月30日 受理)