

## チェーンソー作業における作業規制に関する研究(VI)

### 2 気筒型機と含水状態の影響

伏見 知道\*

#### Studies on the Operation Control of the Chain Saw during the Felling and Bucking Work

The twin-cylinder saw and the influence of moisture content

Tomomichi FUSHIMI\*

**Summary:** In order to clarify the operational standard of bucking by means of chain-saw, concentrating on the moisture content of the bucking wood, the author discussed the difference of bucking efficiency and vibration exposure in the handle of a chain-saw for some engine speeds in cross cutting and the pushing degree of a chain-saw against the bucking wood.

A chain-saw, CS-601TVLA, with a horizontally opposed twin-cylinder engine was used in this study as the previous report<sup>1)</sup>. The cut wood was a log of fir felled in the Ehime University Forest, and the dry basis moisture content of the undried wood was about 120%, and that of the air dried wood was about 50%. The results obtained were as follows:

1. The cross cutting speed ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) of the chain-saw tested increased linearly with the increase of the dry basis moisture content of the bucking wood (Figure2). When an operator pressed a chain-saw against the bucking wood ("pressed cutting"), the cross cutting speed was over double of the cutting speed when the chain-saw was not pressed against bucking wood ("nonpressed cutting").

The optimal engine speed for the bucking was obtained from the parabolic regression curve between the cross cutting speed ( $\text{cm}^2$  per second) and the engine speed ( $\text{rpm}/1,000$ ). The range of the optimal engine speed was 7,000 rpm to 7,400 rpm for the pressed cutting, and those speeds which corresponded to the range of the speed showed the maximum corrected shaft horsepower.

2. The times for cutting undried wood were 1.1 and 1.9 seconds per  $\text{dm}^2$  respectively in the pressed or in the nonpressed cutting. While the times for cutting air dried wood were 1.8 and 4.0 seconds per  $\text{dm}^2$ , respectively, in the pressed or in the nonpressed cutting. The relation between the cutting time (second per  $\text{dm}^2$ ) and the engine speed ( $\text{rpm}/1,000$ ) was also shown

---

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

by a regression curve.

3. The vector resultants (R) of each acceleration (X,Y,Z) in three directions of the handle  $R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$  also changed in a parabola with the change in the engine speed, and the minimum resultants in cutting undried wood were smaller than that in cutting air dried wood.

4. The vibration quantity (Ve) received from a chain-saw handle by an operator's hand per a unit area (1 dm<sup>2</sup>) of the cut wood was written as follows:  $Ve = Sv / Gw$ , where Sv = seconds which the hand was exposed to the vibration and Gw = a vector resultant (R) of acceleration in cutting. The total quantity of the vibration from the handles of a chain-saw to an operator's hand decreased with an engine speed of 7,700-8,000 rpm in the pressed cutting. The total exposed quantity was less in cutting undried wood than in cutting air dried wood.

5. The author evaluated each value for one-third of an octave band analyzed from the vibration of the chain-saw tested on the basis of the ISO draft proposed for hand-arm vibration in 1980. The chain-saw tested belonged to A or B of the divided small zones A,B and C of the ISO draft 1980 for hand-arm vibration with a sprocket speed of 8,000-9,000 rpm, both in the pressed and in the nonpressed cutting of undried wood.

An operator with the tested twin-cylinder chain-saw is permitted longer exposure time in cutting undried wood than in cutting air dried wood, and is able to maintain high efficiency in bucking work.

**要 旨** 初期の水平対向2気筒型チェーンソーCS601TVLAによる、造材時の切削能率や振動加速度に及ぼす、木材含水比の影響を観察し、前報<sup>1)</sup>に続いて、労働安全上有効なチェーンソー作業条件について考察を深めた。

1. 単純平行切削時の切削速度 (cm<sup>2</sup>/s) は切削木の含水比に比例し、圧着切削速度は自重切削速度の約2倍である。圧着切削時最適機関回転数7,000rpm~7,400rpmは、修正軸出力最大値周辺の回転数に相当する。

2. 単位面積切削所要時間 (s/dm<sup>2</sup>) は、切削木の含水比が高い程短い。自重切削時には、高回転数の高含水比材で1.9秒で、低含水比材の2分1以下になる。圧着切削時には、高含水比の材で1.1秒で、低含水比の材の約60%である。

3. 切削時振動加速度は、高含水比材切削のほとんどの場合に小さい。ベクトル合成総合値では、高含水比材切削のいずれも、下に突の放物線に帰帰し、更に周波数帯域別の合成値では、前ハンドルの、特に300Hz帯以下で小さいのだが、後ハンドルでは特に圧着切削の上下方向で著しく増大している。

4. 単位面積切削当り振動暴露量は、高含水比材の切削時7,700rpm~8,000rpmで少なく、低含水比材の切削時にやゝ多い。

5. 国際標準化機構 (ISO) の手腕系振動の暴露基準1980年案でみると、高含水比材の切削時に、自重及び圧着切削とも、規制が緩やかになる。モミの高含水比材の切削は1日約4時間が可能である。

結局、供試チェーンソーによる造材作業では、高含水比材すなわち生材で、しかも軽い圧着で8,000rpmを保つよう切削すると、作業状態はより良好になる。

## I は じ め に

チェーンソーその他手持振動工具類による手腕への傷害発生は、伝播振動と騒音、更に環境因

子である気温、すなわち寒冷によって著しく影響されることが指摘されている。振動に対する人体の反応は、周波数、暴露の強さと期間及び総量に依存する。現在の1日当り振動工具使用制限値を越えた、特に休息や休憩はないけれど振動を受けない仕事と組み合わせるといふこともしないような、チェーンソーの専用的使用が、振動傷害発生に結びついてゆくのである。

チェーンソー作業では、一般にチェーンソーを木にある程度押しつけ切削する。強い押しつけは、筋肉の緊張と振動伝播の増大だけでなく切削抵抗も増し、能率の低下をもたらす。そこで、チェーンソーを押しつけず切削することが、受振側の防振対策の指針の1つになっている。実際に適正に目立てされたソーチェーンを装着していれば、チェーンソーを押しつけなくても、自重で切削が進む。ソーチェーンの磨耗が進むにつれ強く押しつけないと切削できなくなる。だが、筆者の例<sup>1)</sup>では、同じ目立状態、同一回転数では、チェーンソーの自重による切削は、軽い圧着による切削に比べ、約2倍の時間が必要である。

したがって同一作業に対し、振動が低く暴露時間も短く、能率もよいといったチェーンソー作業条件を明示することが大切である。

作業条件の改善については辻ら<sup>2)</sup>の報告もあるが、不明確な点もある。そこで、前報<sup>1)3)</sup>に続いて2気筒型チェーンソーにより、同一切削木の含水状態の違いが、種々の切削条件における手腕の振動暴露にどのような影響を与えるかについて考察を試みたので報告する。なお、モミは本学演習林から提供され、実験は門田成生・加藤光司両君に、更に井上章二助手には資料整理に協力を得たので謝意を表する。

## II 実験方法

1. 供試機：水平対向2気筒型で主要諸元を表-1に示す。ソーチェーンの張り3.0%，1連続切削終了ごとに軽く目立てした。

表-1 供試チェーンソーの主要諸元  
Table. 1 Specification of a chain saw used

項目		型式	CS601TVLA	
寸	法		418×258×299 (mm)	
重	量		本体 6.8 (kg)	
エ	ン	ジ	ン	空冷2サイクル, 水平対向2気筒型
				61.0 (30.5×2) (ml)
				ダイヤフラム式気化器 (ウォルプロ)
				CDI方式同時着火
燃	料		混合比 25:1	
鋸	断	部	72LPチェーン (ドライブリング70)	
			オレゴンローラーノーズバー50 (cm)	

2. 機関回転数：主として6,000rpm から9,000rpm の4段階、回転計 DET200を使用し、実験後スペクトル分析で確かめた。

3. 供試木材：モミの同一木を順次切削し、切削円板ごとに最大・最小径と断面積を計測し、切削時含水比 [(生材重量-絶乾材重量)÷(絶乾材重量)×100] を求めた。円板の径(挽幅)は26cm~43cm, 含水比は104.3%~120.0% (高含水比材=生材) と20%~50% (低含水比材=乾材) である。円板ごとに切削所要時間を求めた。

4. 切削方法：切削中回転数を上記4段階に区分するほか、チェーンソーの圧着度合により自重切削と圧着切削に区分した。

1) 自重切削：チェーンソーを押しつけない。切削中回転数は、DET200とスロットルの調節によって、所定の値を保つ。

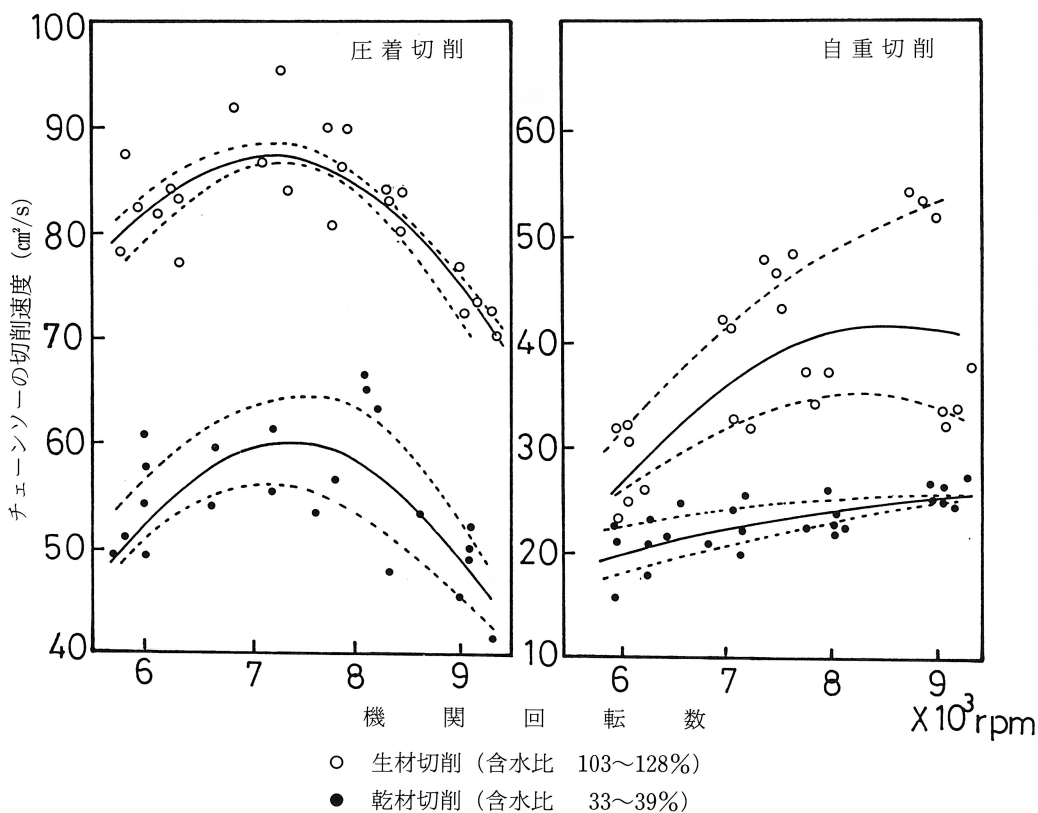
2) 圧着切削：チェーンソーはフルスロットルのまゝ、DET200と切削木に対する押しつけの加減により、切削中回転数を所定の値に保つ。

5. 振動加速度測定：ハンドル上部に、超小型の3直角方向検出器V92をステンレス小片に固定し、ホースバンドで取りつけ、検出した振動加速度をチャージ増幅器VM27を経て、データレコーダR400の磁気テープに記録した。MTの記録を再生し、SA35でスペクトル分析し、回転数を確かめ、更にSA56Aで加速度の総合値と3分1オクターブ帯域別値を求め高速度レベルレコーダLR04に記録し、各値をデジタイザーで読み取り合成値を算出した。

6. チェーンソーの操作ならびに木材切削は前報の実験以来協力してきた同人物によった。

### III 結果と考察

チェーンソーの条件を一様に保っても、供試木の条件たとえば、含水比の変化、節の有無大小、挽幅や年輪密度等が著しく違う場合は、切削抵抗に影響し、切削所要時間や振動・騒音の値が変



図一1 木材含水比別のチェーンソー切削速度の変化 (CS601TVLAによる)

Fig.1 The change of speed in cutting wood with difference of dry basis moisture content and a chainsaw engine speed. (examples of a twin-cylinder chainsaw CS601TVLA)

わってくる<sup>4)</sup>。そこで今回は、前回同様モミ材の、特に含水比の高い生材状態と含水比の低い乾燥状態に注意し、切削中回転数6,000rpmから9,000rpmの一連続実験ごとに整理した結果について比較考察する。

## 1. 造材切削速度と含水比

木材切削中機関回転数と1切削ごとの平均切削速度 (cm<sup>2</sup>/秒) の変化を考察する。切削方法の違い別に、乾材と生材の切削速度の変化の例を図-1に示す。自重切削では、概括的に含水比が増すほど、また切削中機関回転数が上昇するほど、切削速度が増す様子を示すが、高回転数では増加傾向が鈍化している。これに対し圧着切削では、含水比が増すと、同一機関回転数付近では、切削速度が増すのだが、機関回転数の変化に対しては、切削速度は、低及び高回転数で低く、中間回転数で高い。圧着切削では、諸条件の違いに伴う切削速度の相違が明確に認められ、生材切削は乾材生削に比べ、切削速度がかなり早い。これらの結果は、切削速度を $Y$  (cm<sup>2</sup>/秒)、切削中機関回転数を $X$  (rpm/1,000)として次式で示すことができ、図中に実線で示している。ただし、自重切削の乾材では、前報<sup>3)</sup>のように直線回帰が考えられる例も見うけられる。

自重切削

$$\text{生材} \quad Y = -2.292X^2 + 39.452X - 128.280$$

$$\text{乾材} \quad Y = -0.187X^2 + 4.579X - 0.983$$

$$(\text{または} \quad Y = 1.780X + 9.321)$$

圧着切削

$$\text{生材} \quad Y = -3.768X^2 + 54.295X - 107.805$$

$$\text{乾材} \quad Y = -4.800X^2 + 60.669X - 164.302$$

このように測点の分布を放物線回帰と仮定した考察を反復し、各回帰式の極値として求めた平均最大切削速度 ( $y_{\max}$ ) と切削木の含水比 ( $X_w$ ) との関係を図-2に示す。これらの間には、圧着切削と自重切削の別に、それぞれ高い相関が認められ、次の直線式で示される。

$$\text{自重切削} \quad y_{\max} = 0.2615X_w + 11.609$$

$$r = 0.902$$

$$\text{圧着切削} \quad y_{\max} = 0.3526X_w + 45.956$$

$$r = 0.991$$

これらの結果では、モミ材の乾燥状態 (含水比20%) の平均最大切削速度に対し、生状態 (含水比100%以上) のそれは、自重切削で2倍以上、圧着切削では1.5倍以上である。また、同一含水比のモミ材の切削速度を切削方法で比べると、圧着切削が自重切削に比べ2.5倍~3.0倍程高い。なお、切削方法の1条件として、極大切削速度を示す時のチェーンソー機関回転数 (これを最適機関回転数と仮称) を見てみる (表-4参照)。本供試機での最適機関回転数は、共通的なある範囲に限定されているのだが、自重切削では8,000rpmから9,000rpmでかなり広域で変動しているのに対し、圧着切削では7,000rpm~7,400rpmとや、低速ながらかなり集中限定されるという特性を示している。この圧着切削での集中限定域は、供試機エンジンの修正軸出力最大値<sup>5)</sup>周辺の回転数に相当している。

このように、チェーンソー造材時の切削速度は、同一木材の含水比にほぼ比例し、最適機関回転数もある範囲に限定されてくることが推察される。そこで、含水比の高い生材状態のうちに切削中回転数を適切に選択しながら、切削処理を実施するよう心掛けるならば、作業能率もよく作業者の振動・騒音の暴露時間も短くすることができるであろう。なお後藤<sup>6)</sup>によると、伐倒作業時にはチェーンソーの最大出力を示す回転数前後で使用される頻度が高いという。筆者の上記の結果でも、最適機関回転数は最大出力を発揮する回転数の周辺にあるようである。したがって、

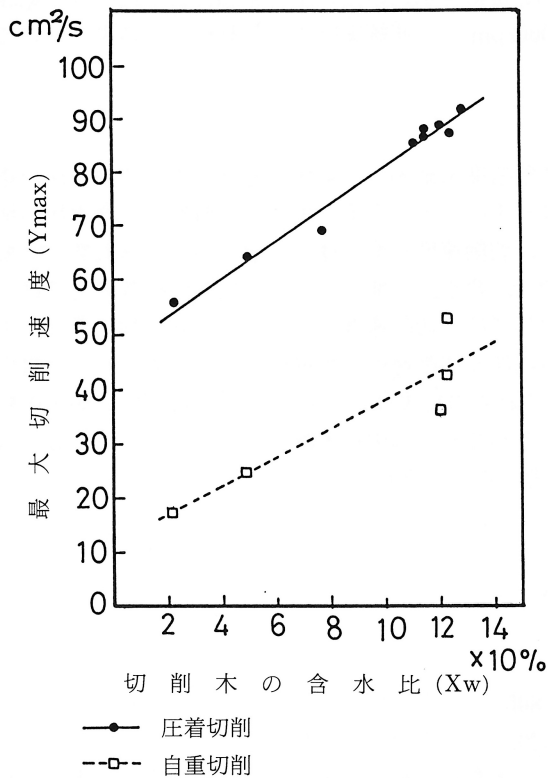


図-2 木材含水比とチェーンソーの最大切削速度の関係

Fig.2 The relation between the dry basis moisture content of a wood and the maximum cutting speed of a chainsaw CS601TVLA.

に沿って減少している。高含水比の所では低含水比の所に比べ、単位面積切削所要時間は約2分の1以下に減少し、相違が明らかである。また、圧着切削を見ると、乾材では6,000rpmの1.8~2.0秒/dm<sup>2</sup>から9,000rpmの2.0~2.2秒/dm<sup>2</sup>へ、また生材では6,000rpmの1.2~1.3秒/dm<sup>2</sup>から9,000rpmの1.3~1.5秒/dm<sup>2</sup>へと、両者ほぼ同様の曲線沿いに変化している。圧着切削所要時間は、生材の場合には乾材の場合の約60%で、差がほぼ一定している。これらの結果から、切削中機関回転数を $\mathcal{X}$  (rpm/1,000)、単位面積切削所要時間 $S_v$  (秒/dm<sup>2</sup>)とし、回帰式を求めると次のようになる。

自重切削

$$\text{生材} \quad S_v = 0.182\mathcal{X}^2 - 3.199\mathcal{X} + 15.925$$

$$\text{乾材} \quad S_v = 0.103\mathcal{X}^2 - 1.665\mathcal{X} + 10.672$$

圧着切削

$$\text{生材} \quad S_v = 0.095\mathcal{X}^2 - 1.366\mathcal{X} + 6.040$$

$$(\text{昭58年の例} \quad S_v = 0.06\mathcal{X}^2 - 0.74\mathcal{X} + 3.76)$$

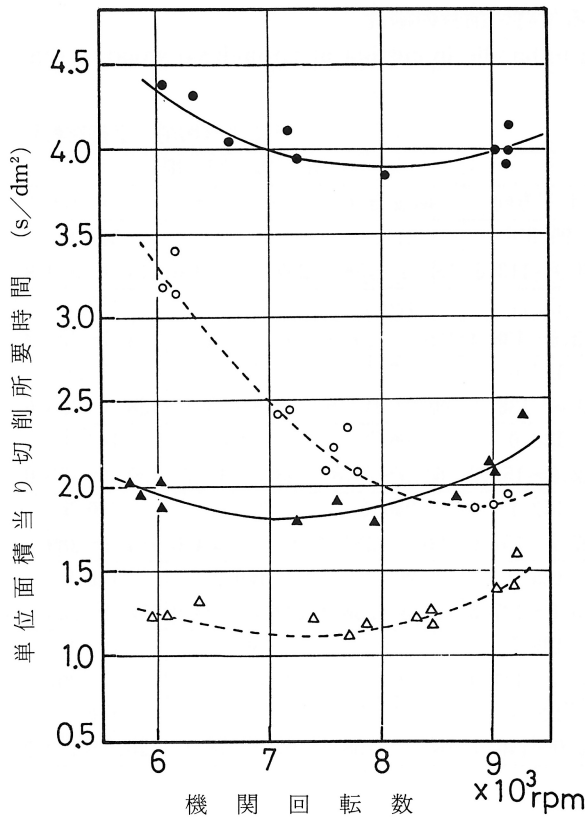
$$\text{乾材} \quad S_v = 0.119\mathcal{X}^2 - 1.692\mathcal{X} + 7.805$$

切削作業が、チェーンソーの最適機関回転数域により一層集中して行えるよう訓練が必要であり、そのために簡易な回転計DET-200や、後藤<sup>5)</sup>のいうチェーンソー用使用時間計のような器具の開発活用も望まれよう。

## 2. 単位面積切削所要時間と含水比

同じ太さの木材を切削する場合の所要時間を比較することを前提にして、単位面積として1 dm<sup>2</sup> (日本家屋用主要柱材の断面積程度)を取りあげ、単位面積切削所要時間( $S_v$ 秒)を求めている。作業者の受振量に注目しながら、チェーンソーの切削能率を感覚的に考察するため、今回は、切削所要時間に対する木材の含水比の影響を重視している。前報<sup>1)</sup>同様に、前ハンドル計測時の値を中心にしたが、今回の結果のうち圧着切削では、前・後ハンドル計測時の差はほとんどなかった。

モミ材の乾燥状態(含水比約50%)と生材状態(含水比約120%)を、自重切削及び圧着切削した場合の結果をまとめ図-3に示す。自重切削を見ると、乾材では6,000rpmの4.3秒/dm<sup>2</sup>から9,000rpmの4.0秒/dm<sup>2</sup>程度へと、緩やかな曲線沿いに減少している。これに対し生材では6,000rpmの3.2~3.4秒/dm<sup>2</sup>から9,000rpmの1.8~1.9秒/dm<sup>2</sup>へ、やゝ急な曲線



乾材切削，生材切削  
 含水比：約 50%，約 120%  
 自重切削：—●—，---○---  
 圧着切削：—▲—，---△---

図-3 木材含水比の違いと切削所要時間の変化 (CS601TVLAの例)

Fig.3 The time required for cross cutting a unit area of wood (second/dm<sup>2</sup>) and the difference of dry basis moisture content of wood. (examples of a twin cylinder chainsaw CS601TVLA)

次に圧着切削時を見ると，前ハンドルの総合値は，6,000及び7,000rpmでは，空転時に比し，いずれの切削時にも増大するのに対し，8,000rpm以上では切削により減少する例が多いのだが，前後及び左右方向では乾材切削時に，一方，上下方向では生材切削時に大きい。圧着切削時の後ハンドルの総合値は，左右方向の高回転数で切削時に空転時より低い例があるが，他のすべての場合に切削時に空転時よりかなり増大し，かつ乾材切削時に生材切削時より大きい場合が多い。

#### (2) 3分1オクターブ帯域値の変化

3分1オクターブ帯域別加速度値の，空転時に対する切削時の変動量を求めた図-4から，木材含水比の相違による振動値変動の様子をみてる。前項で明らかなように，切削時に空転時に比べて増加変動が比較的大きい上下方向のうち，切削中回転数8,000rpmの例を，前・後ハンドルの自重及び圧着切削別に示している。前ハンドルでは自重及び圧着切削ともに，上下方向では，

(昭59年の例)

$$S_v = 0.12X^2 - 1.64X + 7.66$$

前報<sup>1)</sup>では，自重切削については直線式が適用したが，今回は曲線式が適合することが多かった。前報で，昭和58年と昭和59年の実験値の間に相違がみられることについて，含水比の影響を推定していたが，供試材が同一モミ丸太の部分の気乾貯蔵して2年にわたって切削に供していたため，この間の含水比の変化に基づくものであったことを，今回の結果が裏付けている。

### 3. 振動加速度

#### 1) 空転時に対する木材切削時の変化

##### (1) 総合値の変化

供試機のハンドル部振動加速度総合値の空転時に対する木材切削時の割合を，供試モミの生材と乾材の別に，表-2及び表-3に示す。

自重切削時の総合値は，前ハンドルでは，前後方向で乾材切削時に，生材切削時及び空転時より増大しているが，左右方向では生材及び乾材切削時とも空転時より減少する例が多い。これに対し，上下方向では，乾材切削時に空転時より減少する例が多いが，乾材切削時はすべて生材切削時より小さい値を示す。後ハンドルの自重切削時総合値は，空転時に比べると，生材切削時の前後及び左右方向で減少する例があるが，上下方向では含水比の多少にかかわらず切削により総合値が増大し，乾材切削時は生材切削時にほぼ等しいか，それ以上に増大している。

表一2 ハンドル部加速度の空転時に対する生材切削時の割合

Table. 2 The ratio of the acceleration in handle in cutting of an undried wood to that in racing.

(CS601TVLA) (モミ生材切削/手持空転)

切削中回転数	自重切削			圧着切削		
	前後方向	左右方向	上下方向	前後方向	左右方向	上下方向
前ハンドル 6,000rpm	90.6% 82.4~98.8	62.9% 48.6~88.6	95.5% 90.9~113.6	211.8 188.2~258.8	314.3 257.1~400.0	306.8 215.9~340.9
7,000	101.3 96.0~109.3	83.1 67.7~100.0	122.7 113.6~136.4	126.7 109.3~160.0	107.7 100.0~138.5	153.4 113.6~227.2
8,000	88.6 79.5~102.3	75.0 61.8~92.6	117.0 90.4~138.3	97.7 90.9~104.5	70.6 58.8~73.5	151.1 138.3~159.6
9,000	76.9 69.2~78.5	43.3 40.9~46.7	146.0 142.0~155.0	66.2 61.5~70.8	40.0 33.3~41.7	142.0 130.0~150.0
後ハンドル 6,000	104.0 88.0~120.0	107.7 92.3~223.1	142.1 107.9~157.9	240.0 200.0~320.0	230.8 161.5~384.6	210.5 184.2~289.5
7,000	98.2 94.5~116.4	103.8 84.6~115.4	125.0 105.0~127.5	207.3 181.8~236.4	169.2 123.1~200.0	175.0 150.0~200.0
8,000	65.1 60.5~69.8	73.7 57.9~78.9	139.5 104.7~174.4	151.2 127.9~186.0	89.5 78.9~105.3	250.0 232.6~267.4
9,000	120.9 87.1~145.0	67.7 57.3~78.1	126.7 80.0~140.0	209.7 183.8~258.1	72.9 67.7~78.1	146.7 120.0~173.3

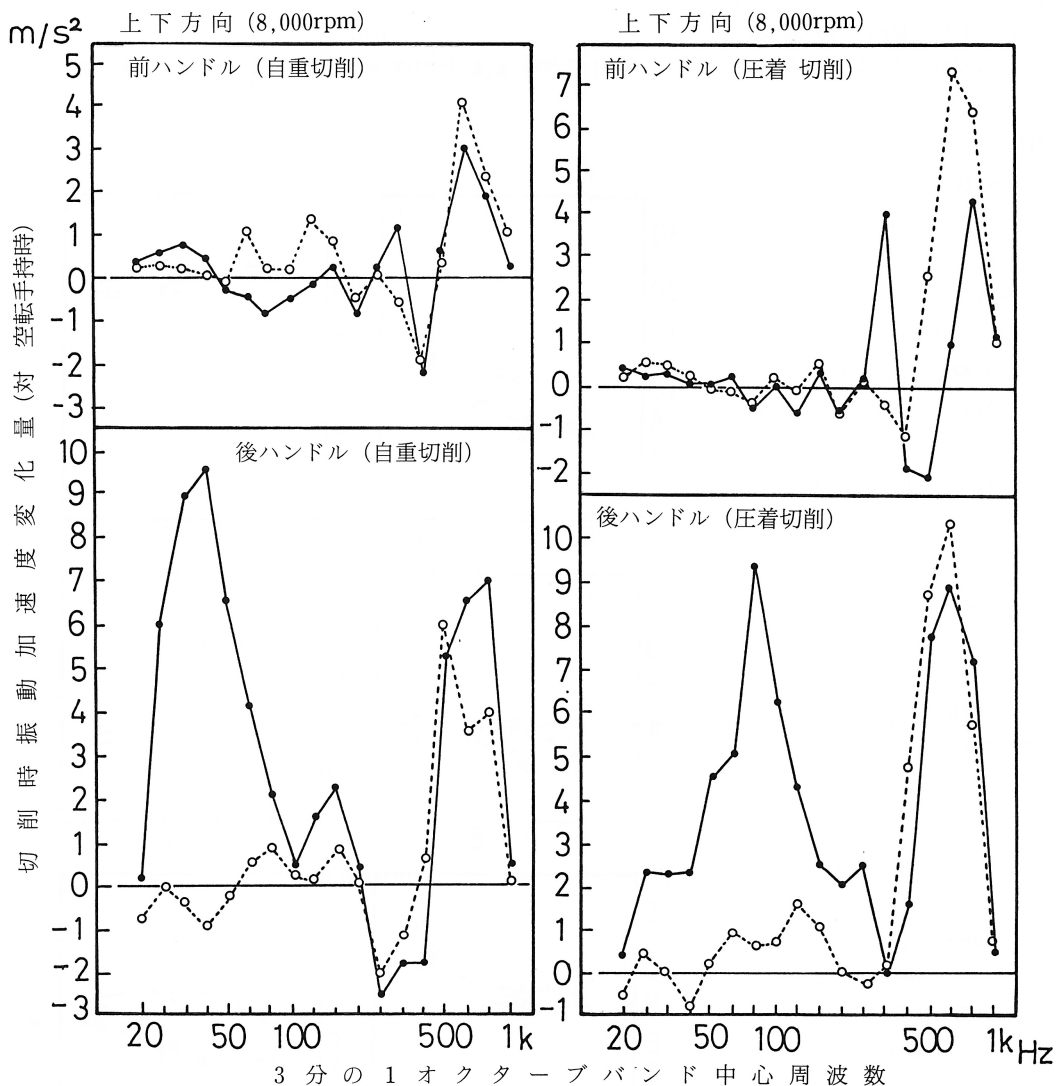
表一3 ハンドル部加速度の空転時に対する乾材切削時の割合

Table. 3 The ratio of the acceleration in handle in cutting of a dried wood to that in racing.

(CS601TVLA) (モミ乾材切削/手持空転)

切削中回転数	自重切削			圧着切削		
	前後方向	左右方向	上下方向	前後方向	左右方向	上下方向
前ハンドル 6,000rpm	117.3 111.1~123.5	111.1 85.7~130.2	86.7 82.2~94.4	395.1 246.9~419.8	349.2 317.5~381.0	288.9 166.7~377.8
7,000	107.1 95.2~119.0	80.0 77.1~91.4	62.5 58.3~71.7	285.7 261.9~381.0	457.1 342.9~571.4	166.7 125.0~200.0
8,000	119.6 97.8~130.4	61.2 58.8~70.6	82.5 77.2~96.5	103.3 86.9~130.4	117.6 105.9~141.2	87.7 78.9~105.3
9,000	109.2 100.0~123.1	72.9 65.6~75.0	106.6 98.4~114.8	84.6 69.2~107.7	81.3 66.7~87.5	98.4 90.2~106.6
後ハンドル 6,000rpm	140.0 136.0~160.0	161.5 138.5~169.2	289.5 236.8~355.3	440.0 320.0~520.0	261.5 230.8~276.9	447.4 394.7~526.3
7,000	130.9 118.2~145.5	115.4 107.7~130.8	275.0 225.0~300.0	254.5 236.4~272.7	153.8 138.5~184.6	275.0 250.0~400.0
8,000	95.3 93.0~107.0	68.4 57.9~84.2	232.6 209.3~290.7	174.4 151.2~186.0	94.7 89.5~105.3	244.2 232.6~267.4
9,000	138.7 119.4~145.2	62.5 57.3~83.3	133.3 120.0~153.3	258.1 225.8~290.3	72.9 67.7~83.3	146.7 126.7~160.0





---○--- 生材切削 (含水比 約120%), —●— 乾材切削 (含水比 約50%)  
 図一 木材切削時振動加速度の3分の1オクターブ分析結果における木材含水比の影響

Fig.4 The influence of the dry basis moisture content to the results of one-third octave analysis of acceleration in handles during cutting of wood.

総合値が生材切削時に乾材切削時より大きかったことと概観的には対応しているが、3分1オクターブ帯域別にみると、圧着切削の前ハンドルを除き、低周波数帯では、乾材切削時の値が増大している。乾材切削時の加速度値増大の度合は、後ハンドルで大きく、この場合自重切削では63 Hz帯以下で集中的に増大するのに対し、圧着切削では50 Hz帯から125 Hz帯にかけて増大していて、両切削方法による違いがうかがわれる。前・後両ハンドルとも、乾材あるいは生材切削の別なく、400 Hz帯ないし500 Hz帯から800 Hzの帯域で切削に伴う明瞭な増大が認められるが、その中では、乾材切削時に比べ、生材切削時により大きい値を示す例が多いようである。

## 2) 機関回転数と木材含水比の影響

### (1) 方向別総合値の変化

自重切削時の加速度総合値に対する切削中機関回転数及び含水比の影響を図-5で見てみよう。

前ハンドルでは、前後及び上下方向で $10\text{m/S}^2$ 前後に分布し、回転数が高くなるとともに、総合値が上昇傾向を示すが、左右方向では $6\text{m/S}^2$ 内外に分布し、回転数の増加に伴う変化は緩慢である。各方向とも生材切削と乾材切削との変化傾向がほぼ同様であるが、上下方向では生材切削時に高い値を、逆に左右及び前後方向では乾材切削時に高い値を示している。一方、後ハンドルでは、上下及び左右方向で $10\text{m/S}^2$ 程度以上の値が多く、しかも変動幅が大きいのに対し、前後方向では $10\text{m/S}^2$ 以下で変動幅も比較的小さく、回転数による変化も少ない。後ハンドルでは3方向とも、生材切削時に乾材切削時より明らかに低い値の場合が多いが、 $9,000\text{rpm}$ での値は、両切削法でかなり接近している。結局、自重切削時は、前ハンドルの上下方向を除く他のすべてのハンドルの位置と方向で、生材切削時の総合値が小さいことが明らかである。

圧着切削時の加速度総合値に対する切削中機関回転数及び含水比の影響を図-6に見てみる。前ハンドルでの総合値は、機関回転数の増加とともに低い値に推移している。上下方向では、生材切削と乾材切削の値の変化が交叉し、高回転数で生材切削の値が大きくなる。しかし左右及び前

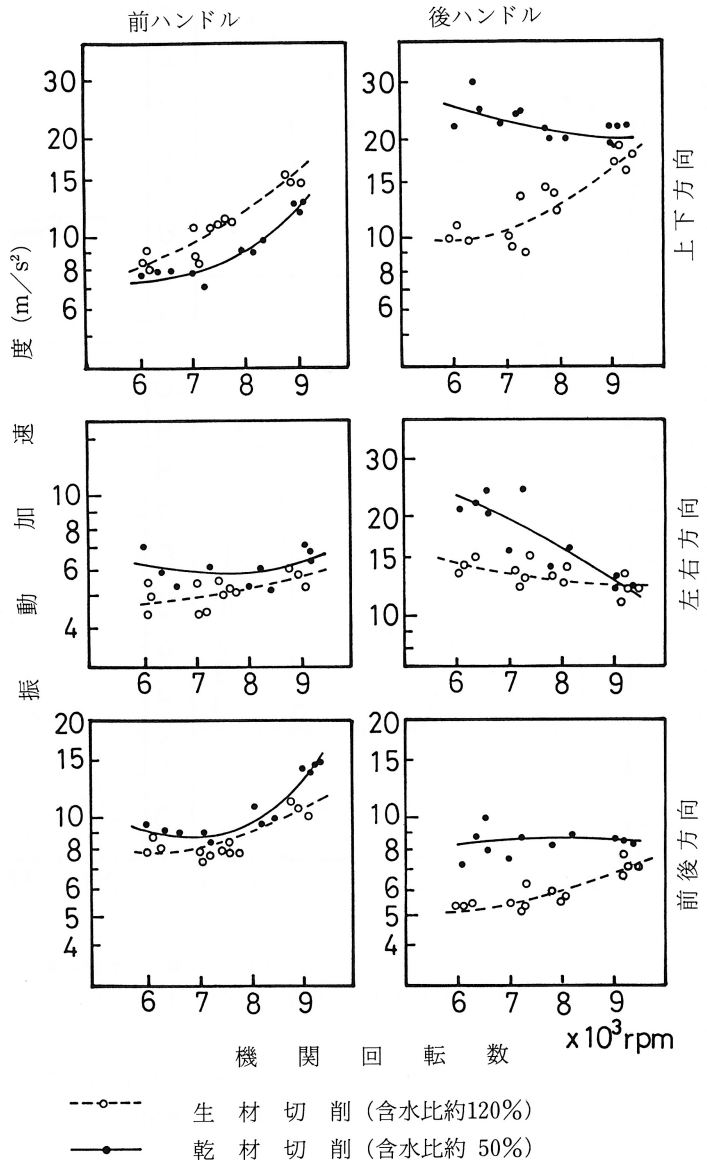


図-5 チェーンソーの自重切削時のハンドル部振動と木材含水比の変化

Fig.5 The change of vibration acceleration in the handles of a twin-cylinder chainsaw CS601T-VLA and the dry basis moisture content of wood during nonpressed cutting.

後方向では、生材切削で値が常に小さく、9,000rpmでは10 m/S<sup>2</sup>程度になる。これらは、自重切削時と似た傾向である。後ハンドルでは、前ハンドルとほぼ同様の、回転数の増加に伴う総合値の減少傾向を示すけれども、前ハンドルよりやゝ値が大きい。ただ上下方向の生材切削だけが、逆に増加の様相を示し、9,000rpmでやゝ大きく乾材切削に近い値になっている。左右方向では、生材切削と乾材切削との値の差が、低回転数では不明であるが、8,000~9,000rpmで、やゝ差が現われ生材切削時に小さい。前後方向では、生材切削時の総合値が明らかに小さい。

(2) 合成値の変化

前・後ハンドルの測定位置別に、3直角方向別の値の変化をまとめて考察するためには、ベクトル合成値によるのがよい。そこで、前報<sup>1)</sup>同様に合成値の算出結果を図-7に示し、切削方法別に、含水比の影響を見てみる。前ハンドルの自重切削では、含水比の影響がまったく認められない。しかし前ハンドルの圧着切削時及び後ハンドルの自重及び圧着切削では、8,000rpm及び9,000rpmで、生材及び乾材切削時とも、値が低く類似してきている。これらの結果を、合成値 $Y$  (m/S<sup>2</sup>) 回転数 $X$  (rpm/1,000)として回帰式を求めると次のようになる。

生材切削 (含水比 約120%)

自重切削

前ハンドル  $Y = 0.77X^2 - 9.31X + 40.64$

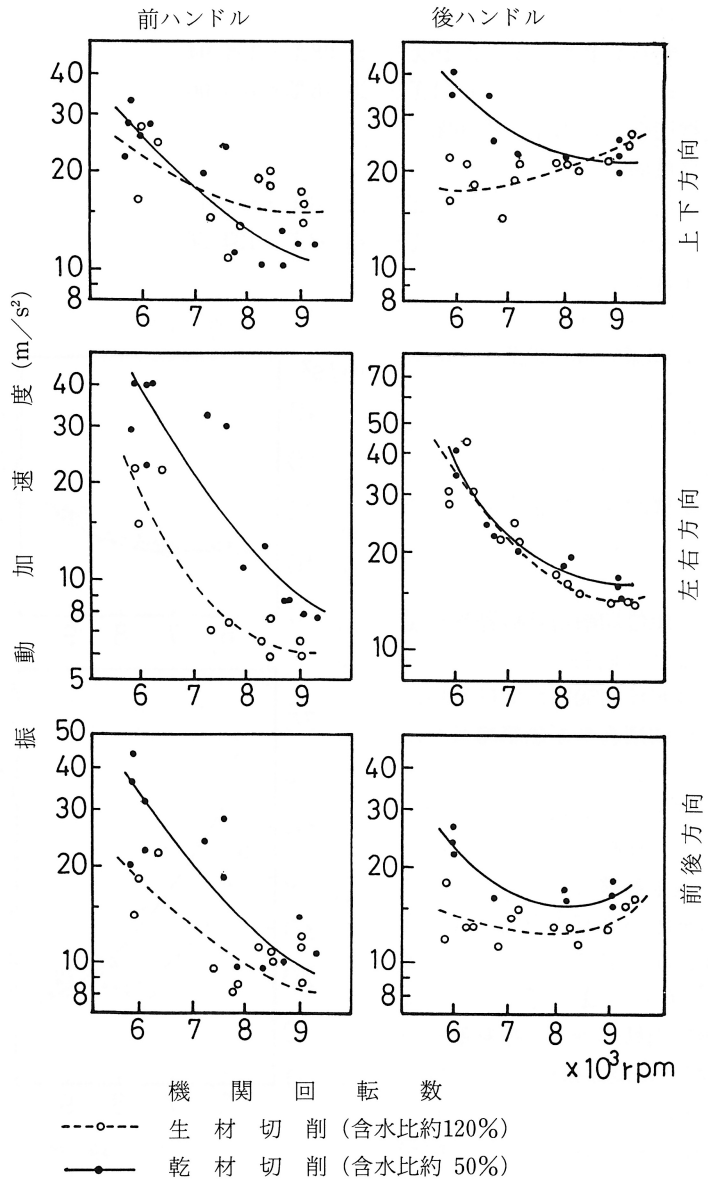


図-6 チェーンソーの圧着切削時のハンドル部振動と木材含水比の変化

Fig.6 The change of vibration acceleration in the handles of a twin cylinder chainsaw CS601-TVLA and the dry basis moisture content of wood during pressed cutting.

後ハンドル  $y = 0.57x^2 - 7.36x + 41.60$

圧着切削

前ハンドル  $y = 3.15x^2 - 52.08x + 234.04$

後ハンドル  $y = 1.71x^2 - 28.16x + 145.66$

乾材切削（含水比 約50%）

自重切削

前ハンドル  $y = 1.54x^2 - 21.58x + 88.41$

後ハンドル  $y = 1.28x^2 - 23.58x + 134.36$

圧着切削

前ハンドル  $y =$

$1.90x^2 - 40.28x + 226.57$

後ハンドル  $y =$

$5.74x^2 - 95.65x + 427.49$

なお、回帰式から、最小値を示す機関回転数を求めると表-4のとおりである。

#### 4. 単位切削当り振動暴露量

筆者は前報<sup>1)</sup>で、モミ乾材（含水比約50%）切削時の、単位切削当り振動暴露量を、チェーンソーの水平対向2気筒型と水平単気筒型との例について比較した。単位切削当り振動暴露量( $V_e$ )<sup>4)</sup>は、切削時振動の3直角方向別加速度 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ のベクトル合成値<sup>7)8)</sup> ( $G_w = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ )と、単位面積切削当り振動暴露時間(=単位面積切削所要時間) ( $S_v$ )との相乗積  $V_e = G_w \times S_v$ である。今回、前報と同じ水平対向2気筒型チェーンソーにより、同じモミ生材(含水比約120%)を切削する場合の、単位切削当り振動暴露量を求め、前報<sup>1)</sup>の乾材切削時の値とともに図-8に示している。単位切削当り振動暴露量は、どの場合も、生材切削時に乾材切削時より少ない。生材切削時の機関回転数を $X$  (rpm/1,000)、単位

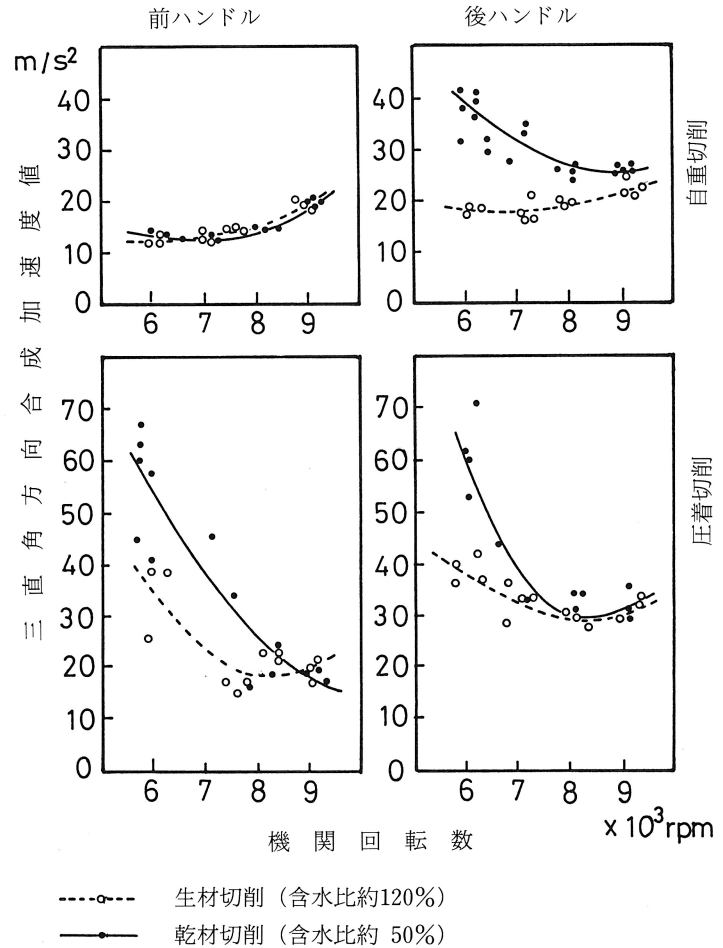


図-7 チェーンソーの切削方法及び木材含水比の違いと振動加速度合成値の変化

Fig.7 The change of resultant value combined three orthogonal directions of vibration accelerations in handles of a twin-cylinder chainsaw CS60-1TVLA and difference of the dry basis moisture content of a cutting wood.

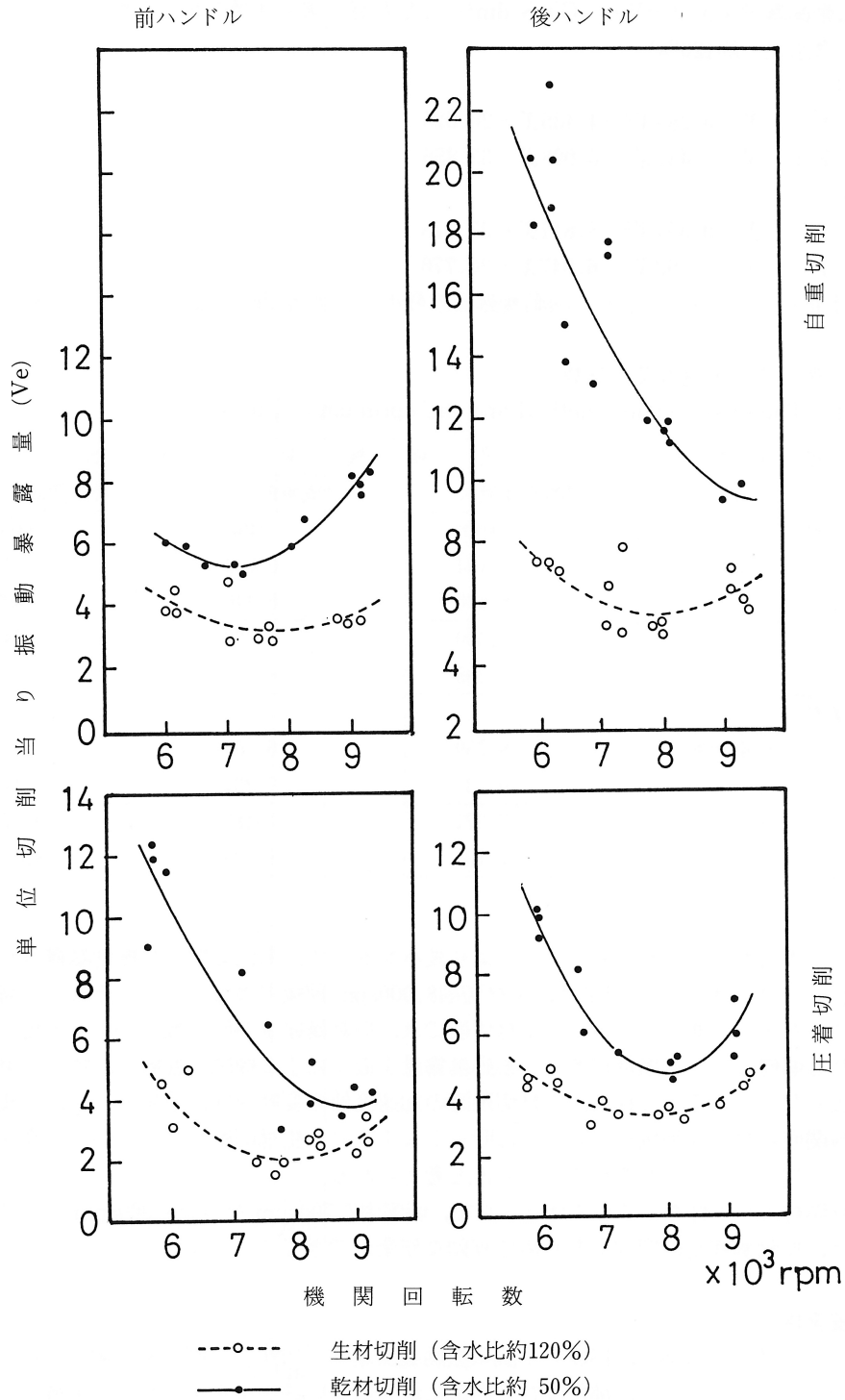


図-8 木材含水比及び切削条件の違いと作業者の振動暴露量の変化  
 Fig.8 The change of vibration quantity exposed from the tested chainsaw handle to an operator's hand and the difference of the dry basis moisture content and cutting condition.

切削当り振動暴露量を $Y (=Ve)$  ( $G \times S/dm^2$ ) とした時、次の回帰式がえられる。

生材切削 (含水比 約120%)

自重切削

$$\text{前ハンドル } Y = 0.283X^2 - 4.435X + 20.625$$

$$\text{後ハンドル } Y = 0.437X^2 - 6.998X + 33.856$$

圧着切削

$$\text{前ハンドル } Y = 0.554X^2 - 8.811X + 37.278$$

$$\text{後ハンドル } Y = 0.392X^2 - 6.047X + 26.770$$

これらの回帰式から、単位切削当り振動暴露量の最小を示す機関回転数を求めると、表-4のと

表-4 切削方法と最適機関回転数

Table. 4 The cross-cutting method and the optimum engine speed

切 削 方 法	最 適 機 関 回 転 数		
	切削速度最大	合成値最小	暴露量最小
モミ生材	rpm	rpm	rpm
自重切削	8,164	6,032	7,840
	8,606	6,440	8,007
圧着切削	7,300	8,260	7,949
	7,205	8,236	7,721
モミ乾材			
自重切削	8,750	6,994	7,102
	9,238	9,231	10,413
圧着切削	7,377	10,583	9,470
	7,104	8,329	8,021

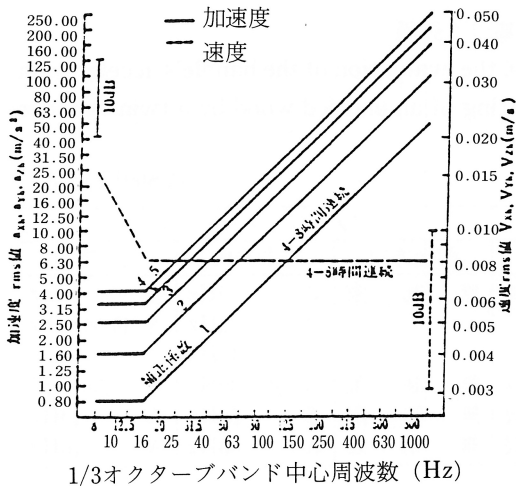
おりである。両切削方法とも、前ハンドルより後ハンドルで、単位切削当り振動暴露量が大いだが、前・後ハンドルを合わせた総量は、生材切削8,000rpm前後で最も少なく、それから高低回転数に移るにしたがって増大している。乾材切削では、振動暴露量の回転数に対する変化が、生材切削時よりも偏倚している場合が多く、振動暴露量を最小にする機関回転数も、特に自重切削時に変動が広がっている。これは、乾材切削時の加速度値の変動傾向の結果として、合成値を最小にする機関回転数の変動域が、表-4に明らかなように、生材切削時に比べかなり高回転数域にまで広がっていることが影響しているものと考えられる。

結局、乾燥材より生材を、フルスロットルで、切削中7,700rpmないし8,000rpmで切削するよう努めれば、振動暴露量の抑制上きわめて有効な作業ができることになる。

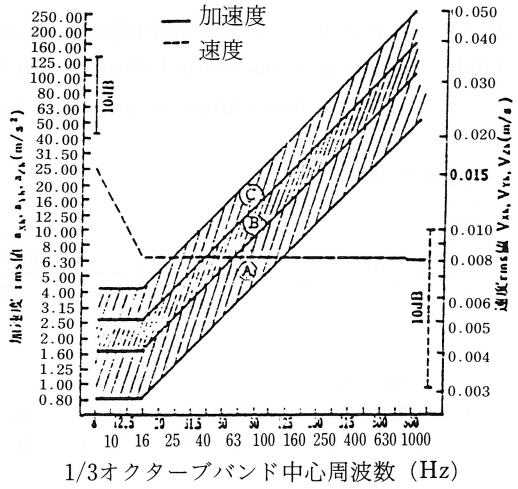
## 5. 労働安全性

供試チェーンソーの振動の、ISOの手腕系振動暴露基準(1980)<sup>9)</sup>(図-9参照)に示された3小帯域区分に従う評価のうち、部位及び方向別に最も厳しい評価を示すに至る小帯域と、小帯域に達している成分の3分の1オクターブ中心周波数を、各切削別にまとめると、手持ち空転時の例は表-5に、また生材切削時の例は表-6のようになる。

手持ち空転時は、前ハンドルでは前後方向の100Hz以下でISO基準に触れる場合が多いが、いづれも小帯域Aに入る。これに対し後ハンドルでは、前後方向以外、とくに上下方向では低い周



(1979年度版)



(1980年度版)

1/3オクターブ暴露基準

図一 9 ISO 基準案の内、手に伝わる振動曝露の評価

Fig.9 ISO draft for hand-arm vibration

(1979, and 1980 draft).

表一 5 手持空転時のISO手腕系振動暴露基準に基づく評価

Table. 5 On the basis of the ISO standard 1980, the evaluation of the handle's acceleration for each one-third octave band in racing of a twin cylinder chainsaw.

(CS601TVLA)

rpm ×10 <sup>3</sup>	前 ハンドル			後 ハンドル		
	前後方向	左右方向	上下方向	前後方向	左右方向	上下方向
3	Ⓐ 50Hz	無 制 限	Ⓐ 50Hz	無 制 限	無 制 限	Ⓑ 12.5, 20Hz Ⓐ , 10, 16, 50Hz
6	Ⓐ 100Hz	Ⓐ 100Hz	無 制 限	無 制 限	Ⓐ 100Hz	Ⓐ 20Hz
7	無 制 限	無 制 限	無 制 限	無 制 限	無 制 限	Ⓑ 20, 25Hz
8	Ⓐ 31.5Hz	無 制 限	無 制 限	無 制 限	Ⓐ 250Hz	Ⓐ 12.5, 20Hz
9	Ⓐ 40Hz	無 制 限	無 制 限	無 制 限	Ⓐ 360Hz	Ⓐ 12.5, 40Hz

波数で、また左右方向では基本振動数帯あるいは第1高調波帯で、ISO基準に触れる場合があるが、いずれも小帯域AまたはBである。

含水比が100%を越える生材を切削する場合の例で、自重切削時は、前ハンドルで切削中8,000rpm以上ではISO基準に触れないが、7,000rpm以下では50Hz帯以下でISO基準の小帯域Aに入っている。一方、後ハンドルは、左右及び上下方向の100Hz帯未満でISO基準に触れ、切削中7,000rpm以上では小帯域Aに入っている。生材の圧着切削時は、前ハンドルは、6,000rpmの全方向で100Hz帯以下でISO基準に触れ小帯域AないしCに入るのに対し、7,000rpm以上では上下方向の16Hz帯以下でISO基準に触れ、小帯域AないしBに入る。一方後ハンドルでは、7,000rpm以下では基本振動数帯以下でISO基準に触れ、小帯域AないしCであるが、8,000rpm以上では左右及び上下方向の低周波数域でISO基準に触れ小帯域AないしBに入る。前報<sup>1)</sup>の、同一機種によるモ

表— 6 生材切削時のISO手腕系振動暴露基準に基づく評価

Table. 6 On the basis of the ISO standard 1980, the evaluation of the handle's acceleration for each one-third octave band in cutting of an undried wood by a twin-cylinder chainsaw.

(自重降下切削)

(CS601TVLA)

rpm x10 <sup>3</sup>	前 ハ ン ド ル			後 ハ ン ド ル		
	前後方向	左右方向	上下方向	前後方向	左右方向	上下方向
6	Ⓐ 50Hz	Ⓐ 50Hz	Ⓐ 50Hz	無 制 限	Ⓒ 50Hz Ⓑ 63Hz Ⓐ 40Hz	Ⓑ 8 Hz Ⓐ 10,50,63Hz
7	無 制 限	Ⓐ 25Hz	Ⓐ 25Hz	無 制 限	Ⓐ 50~80Hz	無 制 限
8	無 制 限	無 制 限	無 制 限	無 制 限	Ⓐ 25Hz	Ⓐ 10Hz
9	無 制 限	無 制 限	無 制 限	無 制 限	Ⓐ 80Hz	Ⓐ 10Hz

(圧着降下切削)

rpm x10 <sup>3</sup>	前 ハ ン ド ル			後 ハ ン ド ル		
	前後方向	左右方向	上下方向	前後方向	左右方向	上下方向
6	Ⓐ 80,100Hz	Ⓑ 100Hz Ⓐ 10,12.5,80Hz	Ⓒ 8~12.5Hz Ⓑ 16Hz Ⓐ 20,100Hz	Ⓐ 100Hz	Ⓒ 100Hz Ⓑ 63,80Hz Ⓐ 50Hz	Ⓒ 8Hz Ⓑ 10Hz Ⓐ 12.5,63,80Hz
7	無 制 限	無 制 限	Ⓑ 16Hz Ⓐ 10,12.5Hz	Ⓐ 100,125Hz	Ⓐ 63~125Hz	Ⓑ 10,12.5Hz
8	無 制 限	無 制 限	Ⓐ 8~12.5Hz	無 制 限	Ⓐ 50~80Hz 125Hz	Ⓑ 12.5Hz Ⓐ 8,10Hz
9	無 制 限	無 制 限	Ⓐ 12.5,16Hz	無 制 限	Ⓐ 31.5,63,80Hz	Ⓐ 10,31.5Hz

ミ乾材(含水比約50%)切削時の振動のISO基準による評価結果(20Hz帯未満の評価が欠けている)では、自重切削時は全て小帯域Cに入り、圧着切削時は、7,000rpm以下で小帯域C、8,000rpm以上では小帯域Bに入っていた。この乾材切削時に比べると、生材切削時は、自重切削の7,000rpm以上では小帯域Aにより、また圧着切削の8,000rpm及び9,000rpmでは、それぞれ小帯域B及びAにより評価される。

したがって、ISOの手腕系振動の暴露基準による限界を仮に許容時間とみなすと、供試水平対向2気筒型機をフルロットルで把持し、生材に軽く圧着し8,000rpm前後を保つように切削すれば、1日4時間前後の暴露が許されるし、切削能率もよい。一方自重切削であっても、ロットル調整で切削中8,000rpmから9,000rpmを保つようにすれば、1日4時間以上の暴露が許されることになるが、切削能率はかなり低下する。いずれにしろ同一樹種であれば、生材すなわち含水比の高いうちに切削する方が、含水比50%以下の乾材状態で切削するよりも、労働安全上明らかに有利である。

#### IV む す び

水平対向2気筒型チェーンソーによる、木材切削能率、ハンドル部振動及び作業者の労働安全性に対する、切削木の含水比の変化の影響について考察した。高含水比の生材では、低含水比の



乾材に比べ、切削速度が大きく、単位面積当り切削所要時間及び加速度合成値がともに小さく、振動暴露の総量を少なくしている。また生材切削では、上記各値の最小値を示すような最適機関回転数の限定域を示すことができるし、国際標準化機構（ISO）による評価も良好になっている。したがって供試チェーンソーでは、生材のうちに軽い圧着の8,000rpmで切削すれば、作業能率及び作業者の労働安全も、有効であることが明らかである。

## 引用文献

- 1) 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（V）玉切り能率と振動暴露，愛媛大農演報23，1～14，1985
- 2) 辻隆道・石井邦彦：チェーンソーの振動比較試験報告，林業機械の振動騒音の防止に関する研究—作業方法の改善に関する研究，農林省林試機械化部作業第1研究室資料No15，1～49，1970
- 3) 伏見知道・門田成生・小野尚久：チェーンソーの木材鋸断振動（XI）切削方法とハンドル部振動値，96回日林論，677～678，1985
- 4) 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，愛媛大農演報13，1～119，1976
- 5) 伏見知道・門田成生：チェーンソーの材鋸断振動（X）二気筒チェーンソーの例，愛媛大農演報22，13～22，1984
- 6) 後藤純一：伐木造材作業時におけるチェーンソーの使用回転数頻度について，92回日林論，461～462，1981
- 7) Axelsson S. A. :Analysis of Vibrations in Power Saws. Studia Forestalia Suecica Nr. 59 47p. Royal college of Forestry, Stockholm, 1968
- 8) 石井邦彦訳（Axelsson）：チェーンソーの振動分析，林材安全No247，13～16，1969
- 9) 三浦豊彦他：工具振動障害対策，労働科学研究所，川崎，133～135，1982

(1986年7月30日受理)