

チェーンソー造材時の諸条件と切削面積 速度に関する二三の知見

伏見 知道* ・加藤 光司* ・竹崎 宏和**

A few remarks on the relation between the conditions and the cross cutting speed in the bucking work by means of a chain saw

Tomomichi FUSHIMI*, Koji KATO* and Hirokazu TAKEZAKI**

Summary :The author generalized the conditions that influenced the cross cutting speed of a chain saw and the results obtained were summarized as follows:

1. The cross cutting speed (cm^2/s) reached a maximum value at the engine speed which corresponded to the range of the engine speed showed the maximum shaft horsepower in the pressed cutting, and in the nonpressed cutting, the cross cutting speed increased with the increase of engine speed.
2. The cross cutting speed increased with the tensity of 1.5% rather than with the tensity of 3.0% in the range of engine speed from 7,000rpm to 8,000rpm in the pressed cutting. But in nonpressed cutting, the influence of the tensity of the saw chain to the cross cutting speed was not identified.
3. The inverse proportional relation was recognized between the maximum cutting speed and the maximum cutting width of a fir log.
4. The cross cutting speed of the chain saw increased linearly with an increase of the dry basis moisture content of the bucking fir log within the same range of cutting width.
5. Under most conditions of the engine speed, the cross cutting speed became faster with the twin cylinder engine type than with the single cylinder engine type of a chain saw, as shown in Fig. 3. But the differences of both types were few.

要 旨 チェーンソーの玉切り切削速度に影響する諸条件を総括的に考察し、得られた結果を要約すると次のようである。

1. 切削速度 (cm^2/s) は、圧着切削では、最大軸馬力を示すエンジン速度の範囲に対応したエンジン速度で、最大値を示した、そして自重切削では、エンジン速度の増加とともに増大した。
2. 切削速度は、圧着切削時7000~8000rpmで、ソーチェーン緊張度 3.0%時より 1.5%の時

* 森林工学研究室 Laboratory of Forest Engineering

** 森林工学研究室 (現在 エヒメ合板工業株式会社)

に増大している。しかし自重切削では、切削速度に及ぼすソーチェーン緊張度の影響は明らかでない。

3. モミ丸太の最大挽き幅と最大切削速度の間には、反比例の様子が認められる。
4. 最大挽き幅が同じ範囲の造材丸太の、含水比と切削速度の間には、比例の様子がうかがわれる。
5. 機関速度の諸条件下で、2気筒型機は単気筒型機より、切削速度が大きい。しかし両者の違いは比較的わずかである。

I は じ め に

チェーンソーによる振動障害が、わが国の一般社会にクローズアップ（1965, NHK, 現代の映像「白ろうの指」放映）された直後、すなわち昭和41年から43年にかけて、国庫補助による連絡試験として、チェーンソー能率的作業技術に関する試験が、秋田、富山、石川、岐阜、兵庫、鳥取、島根、高知、福岡、熊本の諸県で実施され、一般的報告^{1) 2)}も見られる。その頃また、K. H. ピーストによるチェーンソーによる木材切断に関する諸条件についての詳報が紹介³⁾された。以来20余年経た現在、チェーンソー用エンジンや防振装置の改良・開発が進み、作業時間規制の指導と相まって、林業関係でのチェーンソー作業に伴う振動障害の訴えが、著しく減少した。しかし建設業その他一般産業の各分野に、携帯型動力工具類が存在し、振動障害発症例が注視されているのと同様に、林業分野のチェーンソー作業においても、労働安全上、十分注意が必要なことは言うまでもない。

チェーンソー用の水平対向2気筒型エンジンが開発されて、チェーンソー作業の2時間規制内での、ハンドル部振動に対する安全が確保できる見通しがついた。しかしそこでも、十分注意した最適状態で、能率よく切削作業を行ない、無用の振動暴露を受けないよう注意することが、作業規制の存在を有意義にするうえで重要なことは当然である。筆者が「単位時間当り振動暴露量」をできるだけ少なくする切削条件を考えてきたのも、上述の趣旨からにはほかならない。

チェーンソーによる造材作業の能率的実行を目指した諸条件について、筆者は木材切削速度について、含水比の影響、チェーンソーのエンジン回転数及び自重切削か圧着切削かといった点から若干の考察⁴⁾を試みてきた。今回は、その後の実験結果を加えた玉切り試験結果のうち、水平対向2気筒型機を中心に整理し総括的考察を試み、若干の知見がえられたので報告する。

II 方 法

本報告に使用した資料は、昭和58年12月から昭和62年1月の間に実施した試験結果のうち、木材条件の揃ったものに限った

- 1) 使用チェーンソー：水平対向2気筒型機のA型（排気量61cc）とT型（排気量65cc）、単気筒型機のS型（排気量64.2cc）。
- 2) 切削木：本学演習林から伐倒提供されたモミ丸太。切削後に直径、面積、含水比を計測した。
- 3) 切削時条件：
 - (1) チェーン緊張度が3kg牽引時中央空隙率で3.0%、2.0%及び1.5%
 - (2) 切削中回転数は6,000rpm、7,000rpm、8,000rpm及び9,000rpm。回転数はデジタルエンジンタコメーターDET-200で確認し調節した。
 - (3) 自重降下切削はハンドルを押し下げないで、自重だけで切削降下させ、スロットルトリ

ガで回転数を調節する。

(4) 圧着降下切削はフルスロットルのまゝ、ハンドルを押し下げる程度により回転数を調節する。

Ⅲ 結果と考察

チェーンソーで丸太を玉切り切削する場合、一般的には、漸次変化する挽幅に対応して、チェーンソーの送り速度（圧着度合で加減）を適切に制御して、エンジンの回転速度を一定に保つ必要がある。チェーンソーの送り速度を早くしすぎると回転数が低下し、極端な回転数の低下は、能率の低下だけでなく、不必要な反力を受けるうえ、手腕の緊張度が増し、振動の伝播量も増すことになるから好ましくない。手腕への振動伝播を抑制する目的で、チェーンソーの自重による降下切削が指導されている。この場合は、回転数が最適状態を維持するようにスロットルレバーを調節すればよいのだが、切削速度が遅く同一丸太の切断所要時間が長くなるのが普通である。したがって作業者の労働安全の立場からみると、切削速度が早く、反力や振動伝播が少ないうゑ有害振動成分も含まない作業条件を明確にすることが望まれる。そこで切削面積速度に関係する諸条件について考察を進める。

1. 木材の切削抵抗

チェーンソーの切削速度は、切削木の切削抵抗と作業者のチェーンソー操作能力の優劣によって影響される。木材の切削抵抗は、1) 木材の条件によって変化する部分、2) ソーチェーンの条件により変化する部分とにより影響されるけれども、更に、3) チェーンソーの操作条件の影響が加わった総合の結果として、木材の切削速度を左右するに至る。

木材の切削抵抗は一般に、木材の比重が大きいかほど大きい、すなわち比重に比例する、しかし例外的樹種も多い⁵⁾ということである。また切削抵抗に及ぼす含水率の影響については、気乾、全乾、飽水状態の順に切削抵抗が低下するという結果⁶⁾と、含水率が増すとともに切削抵抗が低下するという結果⁷⁾が出されているが、後者の場合でも含水率 1.5%と 8.0%における切削抵抗の差はわずかであるとしている。これらの他に、木材の切削抵抗に影響を及ぼす因子については、木材の温度が高いほど、また刃物の振動数が大きくなると切削抵抗が低くなること、更に切込み量が厚くなるに従って切削抵抗が増すことが報告⁵⁾されている。ソーチェーンによる木材切削抵抗についても、木材の比重にほぼ比例すると報告⁷⁾されているのであるが、寺尾⁸⁾によると、その他にソーチェーンの切刃の形態により異なり、スプルース材に対しては、チップ型で切削抵抗が大きく次にセミチゼル型、チゼル型の順で小さくなること、及び樹種による材質の相違が大きく影響することが確かめられている。この点は、ソーチェーン目立ての標準として、広葉樹（堅い材）と針葉樹（軟い、年輪構成明瞭な材）とで、異なる角度が示されている点と整合する。

2. チェーンソーの条件と切削面積速度

1) 切削操作

チェーンソー鋸断の基本形のうち単純平行切り（普通切り）における、チェーンソーの条件と切削面積速度の変化について考察を進めるに先立ち、チェーンソーの一般的操作に伴う切削面積速度の変化について述べる。

チェーンソー作業者は、伐倒時は当然であるが、一般に玉切り造材時にも、チェーンソーをある程度木に押しつけて切削を行う。押しつける力のいかんによって切削中回転数が変化する。チェーンソーをフルスロットルの状態で、押しつけ力を調節して回転数を一定とし、単純平行切削で玉切りする時（圧着切削）の切削面積速度の変化を図-1に示す。既報⁹⁾と同様に、切削面

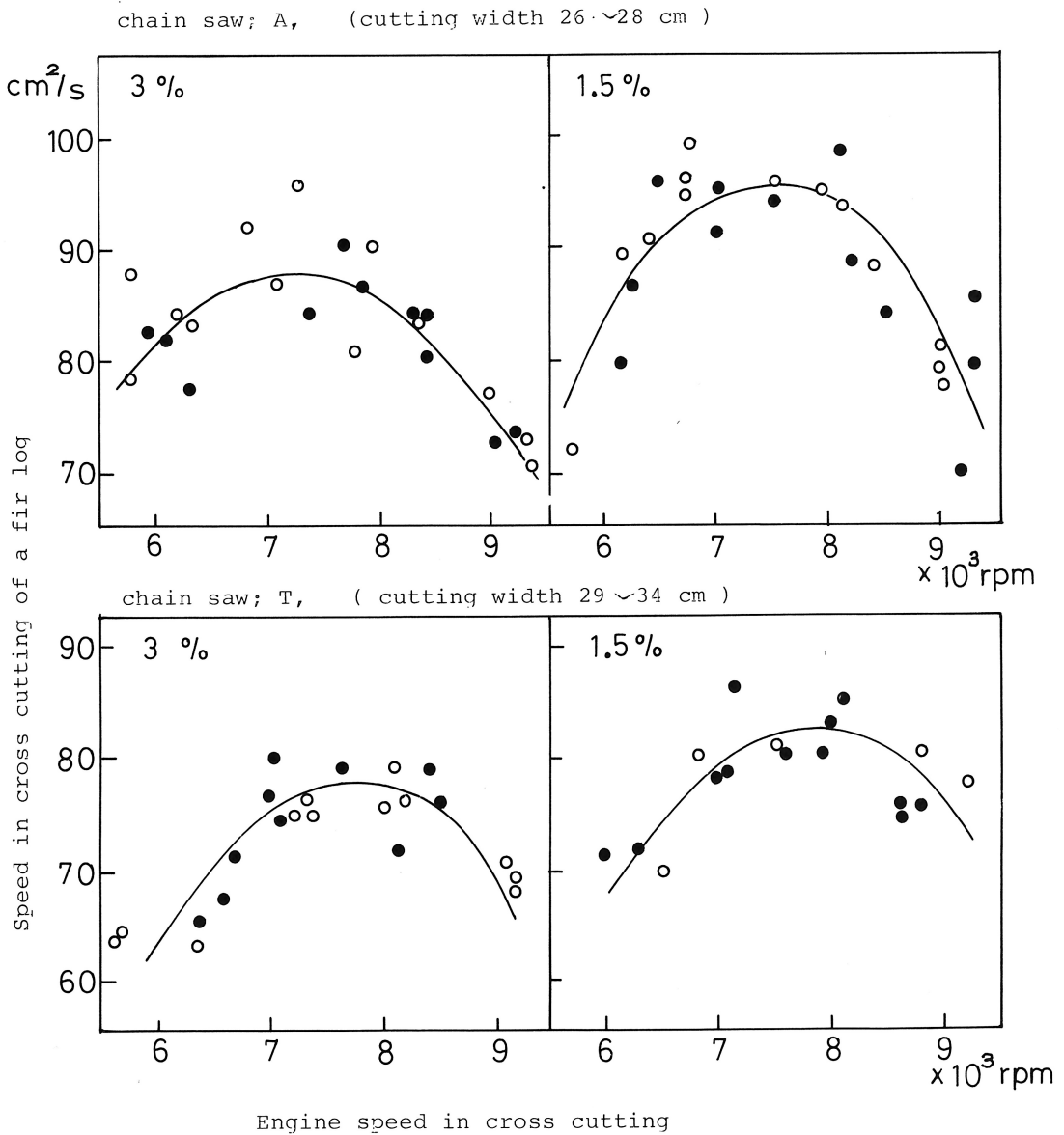


図-1 高含水比モミ材の圧着切削における切削速度とソーチェーン緊張度の違い

Fig.1 The change of cutting speed and the tension of a saw chain, examples on the pressed cut of a fir log contained high moisture.

積速度は6000rpmから徐々に増大し7800rpm前後で最大になり、以後徐々に減少してゆき、上方に突出した放物線に回帰する状況が認められる。この場合、エンジンの最大トルクを示す回転数附近で最大切削面積速度を示すのが一般であり、切削ごとにかかなりの変化を示すものの、全般的にみるとおおよそ $30\text{cm}^2/\text{s}$ の変動幅が認められる。なおここに用いた含水率の高い生材の切削の例では、1秒間に 70cm^2 以上 90cm^2 程度、場合によっては 100cm^2 近くに達している。一方、

チェーンソーを木に押しつけず、自重だけによる単純平行切削で玉切りした時（自重切削）の切削面積速度を図-2に示す。この場合の切削面積速度は、切削中回転数が6000rpmから9000rpmに増すに伴い漸増し、平均約7 cm²/sの変化を示す。そこには直線回帰の様子が認められ、最大値を示す回転数は明示しにくい。前報⁸⁾では、自重切削時に緩い曲線回帰が考えられる資料を示したが、その後の結果はむしろ、直線回帰が妥当と思われる状況である。自重切削の場合も、諸

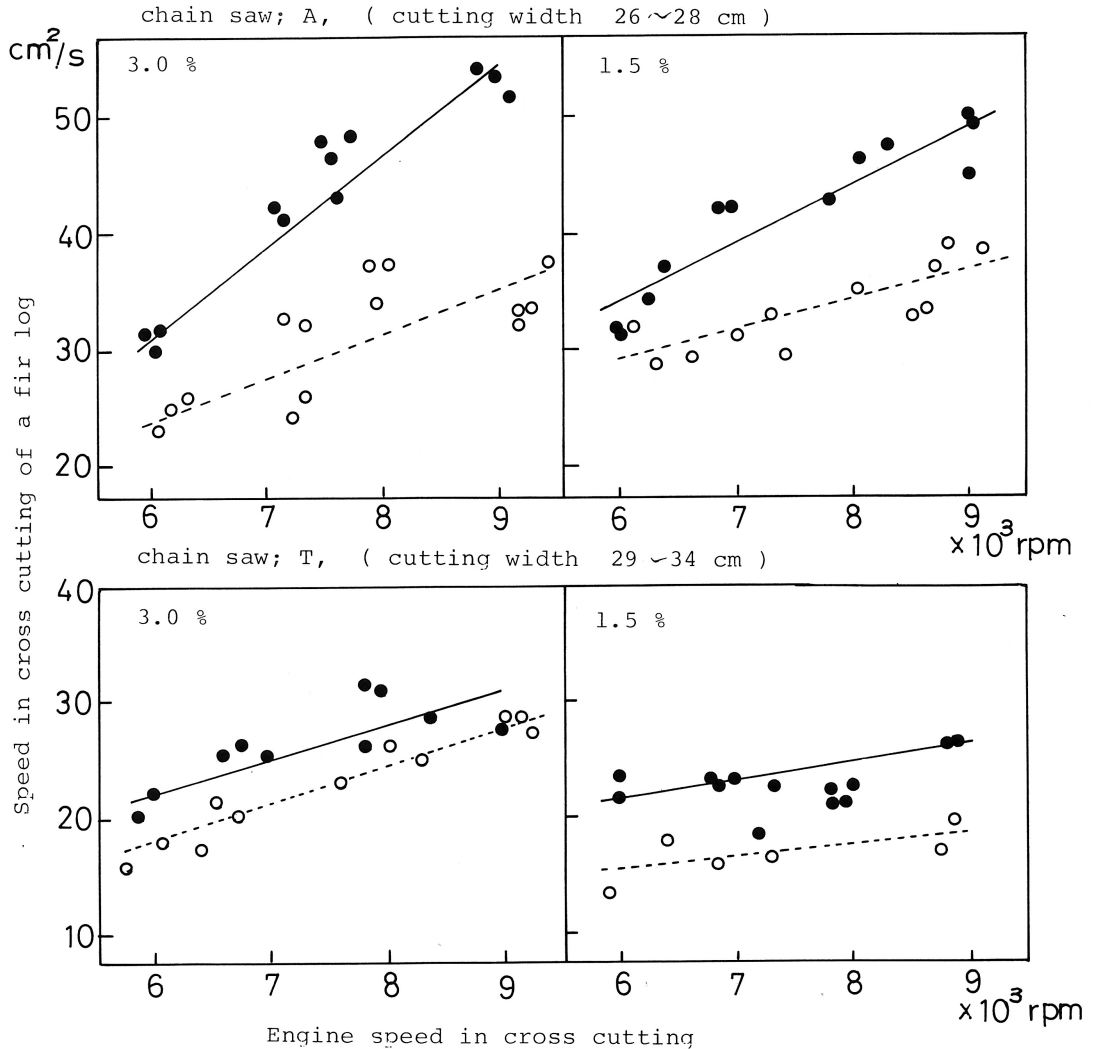


図-2 高含水比モミ材の自重切削における切削速度とソーチェーン緊張度の違い

Fig.2 The change of cutting speed and the tension of a saw chain, examples on the nonpressed cut of a fir log contained high moisture

条件により変動が現われるのであるが、1秒間に 20cm^2 前後から 40cm^2 以上への変化は、圧着切削の場合に比べるといずれもかなり低い値である。

2) ソーチェーン緊張度

ソーチェーンの緊張度と切削面積速度 (cm^2/s) の関係について、先づ、既報の結果を見てみよう。辻井¹⁾は、チェーンの張りが、弱から中、更に強くなるほど、鋸断面積速度が小さくなり明瞭な違いを示している。桑原等は第1報²⁾では「手持ち平行切り」では各直径(11cm~31cm)階を通じて、チェーンの張りが強い順に鋸断性能 (cm^2/s) が大きく、これに対し「架台切り」では「手持ち平行切り」と逆の関係を示した、と報告している。桑原等の第2報²⁾では、「架台切り」により、チェーンの張りりと鋸断の関係を考察しているのだが、同一回転数で比較するとチェーンの張りが緩やかなところの切断速度がすぐれている、ただしあまり緩くなると逆に、切断速度が低下し強く張った状態に類似する、としている。更にピースト³⁾によると、「切断成績 ($\text{cm}^2/\text{分}$) は、所要出力と同じくチェーンを強く張った方が大きい。これはより締ったチェーンは、より均一な切削をすることで合理的である」と説明し、更に「チェーンの緩い所で、切断成績がや \times 向上している結果も出ていることについては、理由が説明しにくい」と報告している。チェーンを締めると、案内板やスプロケット歯とチェーンの間に生ずる摩擦抵抗が増し、所要出力が増大する、逆にチェーンが著しく緩むと回転が不安定になり、所要出力がや \times 増す。したがって、チェーンソーとして最も効果的な作業条件ということになると、切削速度はや \times 低下するけれども、ソーチェーン緊張度が比較的緩いところであるとしている。

著者はこれまでに、ソーチェーン緊張度を3段階に設定し、反復実験を試みた。ソーチェーン牽引間隙率の中間段階である2.0%の測定値群では時に著しく大きな値で推移したり、逆に低くばらばらの値で変化の様相もうかがえないといった、変動域が著しく偏った結果が重なり、統一的评价が困難であった。そこで今回は、これらを除外し、ソーチェーン間隙率3.0%と1.5%における結果について比較考察する。

機種Aによる挽幅26~28cmモミ材の切削結果と、機種Tによる挽幅29~34cmモミ材の切削結果を、切削方法別に図-1及び図-2に示す。圧着切削における結果の図-1では、機種Aによる挽幅の比較的狭い群であるが、切削面積速度は6000rpmと9000rpm附近では比較的接近し、ソーチェーン緊張度の違いの影響は明らかでない。中間の7000rpmから8000rpmの範囲では相違がや \times 増し平均最大 $8\text{cm}^2/\text{s}$ を示し、ソーチェーン緊張度の強い1.5%の群で切削面積速度が大きい場合が多くなっている。これに対し機種Tによる、や \times 広い挽幅中程度の群の切削例では、全回転数域にわたって平均的に $3\sim 5\text{cm}^2/\text{s}$ と、ほぼ同じような相違を保ちつゝ、ソーチェーン緊張度の強い1.5%の群で、切削面積速度が上位を示している。これらに対し、自重切削時を図-2で見ると、同一回転数における変動域がかなり大きいものの、回転数の増加に伴い切削速度が漸増する様相がうかがわれる。機種Aでは、6000rpmないし7000rpmでソーチェーン緊張度の緩い3.0%の場合に切削面積速度が低い値にまで分布し、逆に8000rpmないし9000rpmではソーチェーン緊張度の緩い3.0%の場合に切削面積速度が高い値にまで拡がっている。これに対し、機種Tでの切削面積速度は、6000rpmではほとんど相違がなく、回転数の上昇とともに、ソーチェーン緊張度の緩い3.0%の群の値がや \times 大きい方に偏って分布する様相を示すにすぎない。以上の自重切削における結果は、ソーチェーン緊張度の3.0%と1.5%の違いが切削面積速度に与える影響は認めにくいことを示している。

3) 機関型式

単気筒型機と2気筒型機による切削面積速度の例を図-3に示す。小挽幅材の圧着切削例では、8000rpm附近から低い回転数に向うほど、2気筒型機の切削面積速度の方が比較的大きく、 $5\text{cm}^2/\text{s}$ 以上の差を示す例が増しているけれども、8000rpmを越え9000rpmに向うと、切削速度

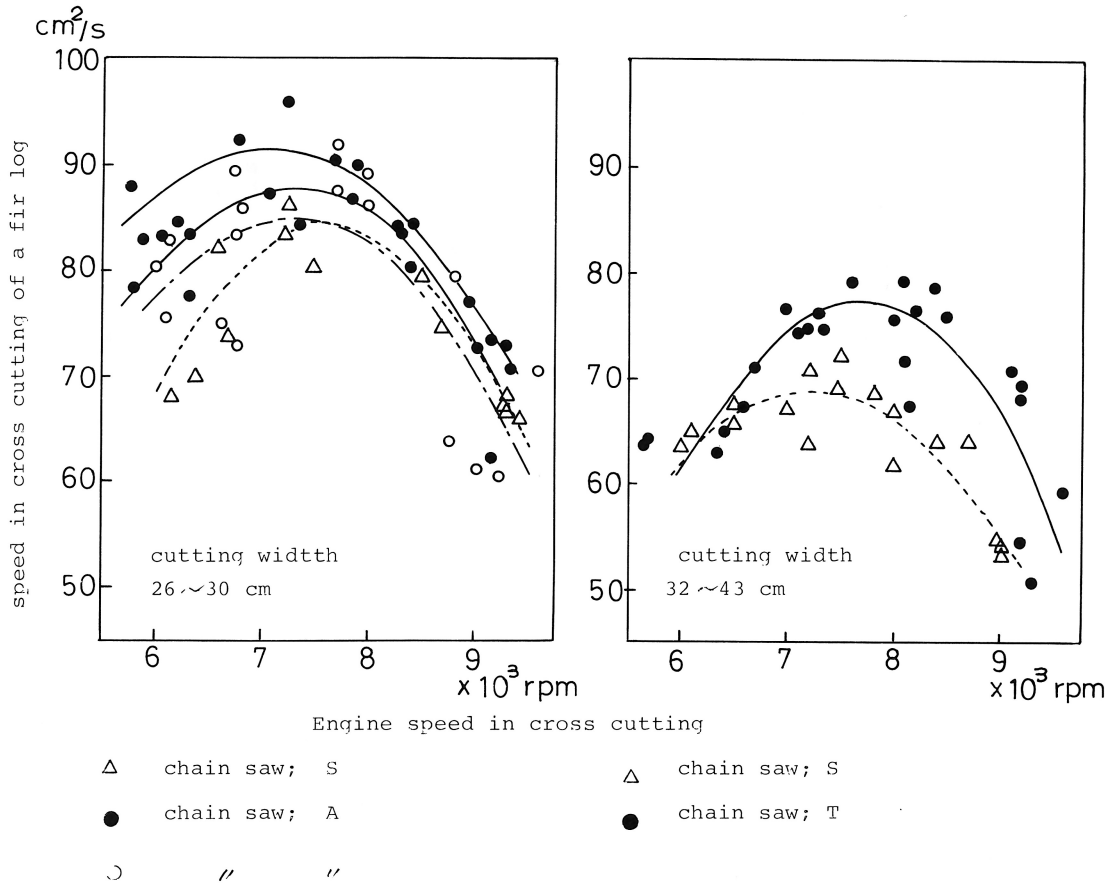


図-3 チェーンソー型式の違いと切削面積速度

Fig.3 The change of cutting speed between single cylinder saw and twin cylinder saw

の違いが明確でなく2気筒型機Aが低い値の例も多い。一方、中挽幅材の圧着切削の例では、切削面積速度は、6000rpmから7000rpmまではほとんど一団になっているのに対し、7000rpmを越え8000rpmから9000rpmでは2気筒型機の値が上位に分布し、平均的に $5 \text{ cm}^2/\text{s}$ 以上の相違を示している。

3. 木材の条件と切削面積速度

1) 鋸断時挽幅

木材の切削抵抗に、挽幅の大小が影響し、切削速度も変化する。すなわち、帯のこの最大送り速度(ひき材能率) ($f: \text{m}/\text{min}$) を求めたHarrisの公式⁹⁾

$$f = (a \cdot c) / (300 p \cdot d)$$

があるが、これによると、 a は歯室面積 (mm^2)、 c はのこ速度 (m/min)、 p はピッチ (cm) であるが、この3者は使用する帯のこの条件で定まるので、ひき材の能率(のこの最大送り速度) (m/min) は挽き幅 ($d: \text{cm}$) に対し反比例的関係を示すことになる。

今回玉切り切削した丸太の最大径の範囲と切削面積速度 (cm^2/s) の関係をもてみる。図-4

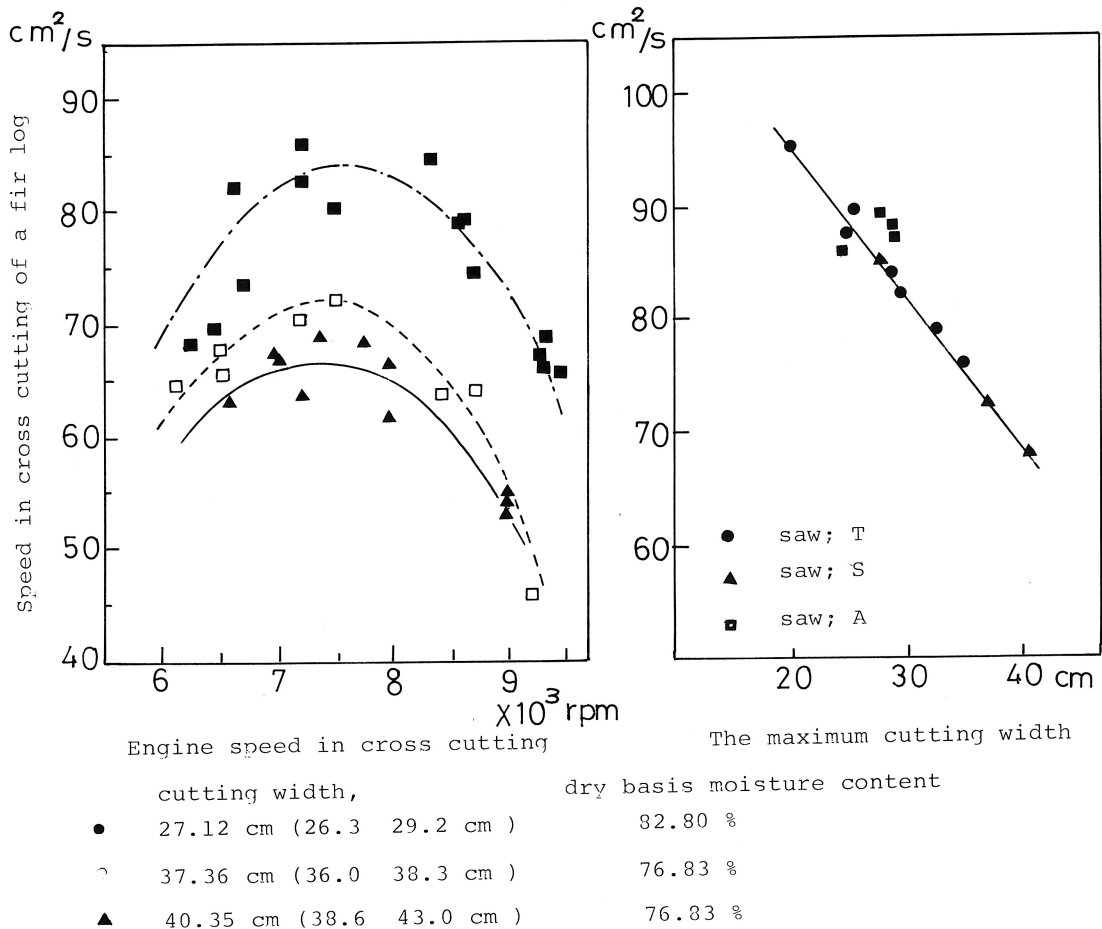


図-4 丸太の最大挽幅と切削面積速度 (圧着切削の例)

Fig.4 The relation between the maximum cutting speed and the maximum width of a fir log in the pressed cutting.

の左は、圧着切削時の切削面積速度と回転数の変化との関係に対する挽幅の影響を示すものである。含水比が80%内外ではほぼ様な湿状態のモミ丸太を切削した場合であるが、平均的最大挽幅の増大とともに、切削面積速度が低下する様子がうかがえる。そこで挽幅帯域別の各切削群ごとに、回帰曲線を求め極値として示される切削面積速度 (cm^2/s) を、最大挽幅の平均値に対応する最大切削面積速度として、図-4の右にプロットしてみた。丸太の最大挽幅の平均値 (1回の回帰計算こどの値: x) は、おおよそ20cmから40cmの範囲であるが、これらに対応する切削面積速度の最大値 (y) は、挽幅の増大とともに減少し、次式

$$y = -1.298x + 121.213 \quad (r = 0.953)$$

のような、反比例の関係を示している。なお、自重切削については資料を示さなかったが、最大トルクを示す回転数附近である8000rpmの切削面積速度を用いて検討してみた結果は、次式

$$y = -0.451x + 39.998 \quad (r = 0.806)$$

のような、前記に比べると傾斜が緩いけれども、ほぼ同様の反比例関係がうかがえる。

2) 鋸断時含水比

木材含水比の違いが、チェーンソーの切削面積速度に及ぼす関係については、前報⁴⁾と同様に、圧着切削では放物線回帰としての1回帰計算ごとに最大値と対応木材含水比を、また自重切削では最大トルクを示す回転数附近ということで8000rpmにおける値とその木材含水比を取って図-5に示した。前報⁴⁾では、挽幅27~31cmの材の圧着切削について次式を

$$y_{max} = 0.353x_w + 45.956$$

(r = 0.991)

また、挽幅25~31cmの材の自重切削結果から次式を

$$y_{max} = 0.262x_w + 11.609$$

(r = 0.902)

を示している。今回は更に、チェーンソーの機種、ソーチェーン緊張度の違いなどの条件が変化した場合の結果も含むものである。風乾材と生材の切削結果が主で、中間の含水比における資料が乏しいけれども、木材含水比が高い場合に、切削面積速度が大きい様子を示している。なお、時に風乾材(低含水比の材)での切削面積速度がかなり大きい例が散見されたが、今回の考察から除外している。この点については、始めに述べたように、資料⁵⁾⁶⁾によると木材切削抵抗は含水比が低下すると増大するのであるが、含水比10%程度以下では逆転して木材切削抵抗が減少することを示しているものの、含水比1.5%と8.0%における切削抵抗の差はわずかであると述べているからである。風乾状態の材の切削面積速度の変動域が一様でなく、時に著しく広域にわたることについては、木材切削における、木材組織や、切削作業者の違い等の影響も考えられるのであるが、今回は十分確かめることができなかつたので、次の機会に考えたい。

IV む す び

本報告では、チェーンソーによる造材切削時の、切削面積速度に影響する諸因子について概観的考察を試みた。モミ丸太の切削結果では、切削面積速度は木材含水比、挽き幅、ソーチェーン緊張度、圧着度合い及び切削中回転数に影響される。なお、低含水状態での様子に感じられる一部不明瞭な点については、明確化することの必要性がはっきりすれば、一つの問題提起になるかもしれない。適当な機会があれば、この点も含め樹種や材質の違いの影響についても考察したい。

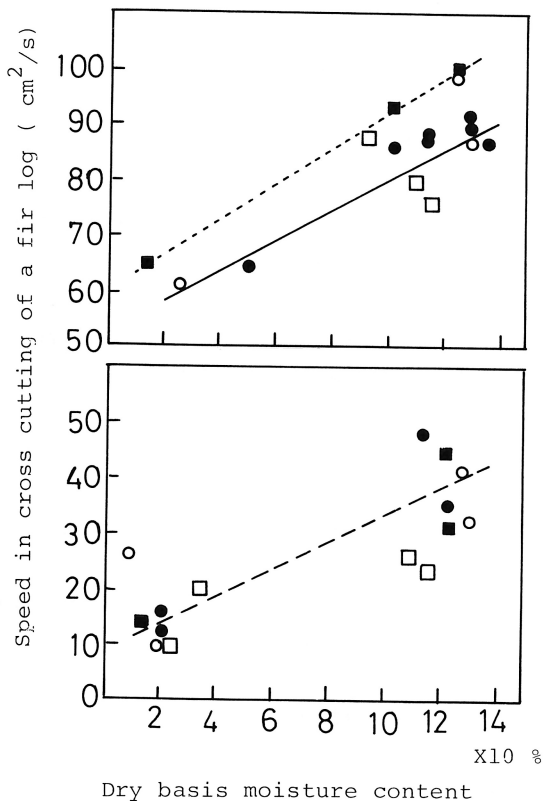


図-5 木材含水比と切削面積速度
Fig.5 The relation between the dry basis moisture content of a wood and the maximum cutting speed.

引用文献

- 1) 辻井辰雄・松永誠：チェーンソーのエンジンの回転速度と鋸断面積速度，機械化林業No. 180, 41～44, 1968
- 2) 桑原暁・田村輝夫：チェーンソー能率的作業技術に関する試験（第1報），（第2報）鳥取県林業試験場報告No.11, 34～59, 1968；No.12, 11～19, 1969
- 3) K. H. ピースト（林業試験場作業研究室抄訳）：チェーンソーのチェーン回転速度に関する研究，機械化林業No. 135, 65～94, 1965
- 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（Ⅵ）2気筒型機と含水状態の影響，愛媛大学農学部演習林報告，24, 11～27, 1986
- 5) 林業試験場：切削抵抗と含水率，木材工業ハンドブック，丸善，東京，334～339, 1982
- 6) 杉原彦一・野口昌巳：振子式木材切削試験器による木材切削に関する研究（第1報）刃先角と逃げ角の影響について（英文），木材研究，28, 31～49, 1962
- 7) 藤井禧雄・杉原彦一・古谷士郎：単一チェーンソー歯の木材切削性能試験（Ⅲ）その歯型と側面が切削エネルギーにおよぼす影響，日林誌，49（11），381～390, 1967
- 8) 寺尾日出男：ソーチェーンの木材鋸断時における切削抵抗特性に関する研究（1報～4報），農業機会学会誌，43（1）～（4），59～66，211～220，401～407，541～546，1968
- 9) 林業試験場：ひき材，木材工業ハンドブック，丸善，東京，301～302, 1982

（1987年7月29日受理）