

鎖鋸による切削 (第1報)*

棟 徹夫

土肥 修**

横山正夫**

(昭和41年10月29日受理)

Cutting Behaviors of Saw Chain (Part 1)

by Tetuo TO, Osamu DOI and Masao YOKOYAMA

Abstract

Nowadays chain sawing machines have been prevailed throughout of the world not only in forestry but also in lumbering, civil engineering and so on. Nevertheless, as cutter of saw chain is of peculiar shape and presents complicated cutting mechanism, investigation about saw chain has scarcely been developed.

The purpose of this research was to measure the cutting force and investigate the cutting mechanism as the first step for the synthetic study about chain sawing machine and saw chain.

The experiment consisted of three parts.

Experiment (1) was the measuring of cutting force while the chain sawing machine being driven and wood specimen being cut through.

Experiment (2) was that in order to know the situation of cutting in single cutter, cutting force was measured using the cutter which was restricted from rotation itself being fixed to the measuring apparatus.

Experiment (3) was that in order to observe the rotation of cutter, cutting force in single cutter of the actual saw chain was measured and scene of the cutter motion was taken in photogragh.

This report gives us the summary of cutting characteristics of saw chain which was made clear though the experiments and we can recognize that many problems for further discussion exist in saw chain.

They are summarized as follows:

(a) As the relation between cutting and chip formation is special the problem of chip formation and number of cutter which will take part in actual cutting must be investigated.

(b) The research for the reason based on the suitable chain tension is expected by means of cutting force theory.

(c) The problem about rotation of chain link which causes the vibration and changing

* 日本機械学会北海道支部第11回講演会発表、前刷 p. 137 (昭41. 9. 30)

** 北海道大学工学部

of cutting force is very important, and the study of tooth shape also must be examined. Moreover, it is previous question that we grasp the relation between cutting force and the change of the rake angle caused by inclination of cutter. For this purpose, the experiment with isotropic substance must be considered.

3) S. V. Serensen: Proc. Int. Conf. on Auger Effects, Warsaw (1950).

4) N. Thompson, N. J. Wadsworth: Phil. Mag., 25 (1950), 114.

5) C. E. Feltner: Trans. ASME, 83 (1961), 173~177.

6) A. Fishenden, O. A. Saunders: A Handbook of Chain Saw Transfer, Oxford Univ. Press, London.

鎖鋸盤 (Chain Saw) は一言でいえば、鎖のリンクに Cutter を備えた endless の鎖鋸が原動機で駆動され、案内板 (Guide Bar) の外周を回転しながら切削を行なう鋸盤である。林業界では一時自動鋸とも呼ばれ、動力鋸 (Power Saw) ともいわれている。なお、動力鋸とは林業用として使われる可搬式の木材鋸断用機械の総称であり、広義では復動鋸 (往復運動型鋸: Reciprocating Saw) や刈払機なども含まれるが、狭義では鎖鋸盤のことをさすことが多い^{1),2)}。

ところで、数ある林業機械中、この機械ほど世界各国を通じて使用されているものではなく、伐採作業は勿論、貯木場や製材工場での原木の玉切りや造林作業、土木作業などにも使われ、その実用範囲は日とともに広がっている。しかしながら、鎖鋸の鋸刃が他に類似を見ない独得なものであり、切削時の複雑な挙動のため、問題点が多いのにも拘らず現在まで、鎖鋸の研究はほとんどなされていない。外国の例を見ても、試験所やメーカーによる性能試験や比較試験であり、又その詳細の報告は意外に少ない。

この種の知識は、Randel³⁾, McKenzie⁴⁾, Oehrli⁵⁾, 山脇⁶⁾らによって深められたが、最近 S. C. Gambrell, Jr. と E. F. Byars⁷⁾が、性能試験の域を脱した鋸刃の特性についての研究を手がけている。筆者らは機械工学的見地から、鎖鋸および鎖鋸盤に関する総合的な研究の第1歩として、切削力の測定および切削機構の研究をはじめた。第1報は、実験の過程で明らかにされた鎖鋸の切削に関する特性であるが、鋸の特殊性から種々の問題が提起された。

2. 鎖鋸盤および鎖鋸

2.1 鎖鋸盤の形式

鎖鋸盤には固定式と携帯式とがあり、現在広く使われているのは後者である。原動機の種類によりガソリン式 (Gasoline Chain Saw), 電動式 (Motor Chain Saw), および空気式 (Pneumatic Chain Saw) に大別される^{1),2),3)}。ガソリン式は 2 cycle gasoline engine によって鋸刃を駆動する形式で、伐木造材用に広く使用されている。しかしこの形式では、piston の圧縮、爆発行程でひき起される騒音と振動が大きく、騒音は操作者の付近で 110~120 phone にも達する有害音であり、振動は案内板および鎖鋸部その他と共に共振し、支持部を保持する作業者の手に直接与える振動も著しく、いわゆる“白ろう病”的問題を提起している。電動式は電動機で駆動するもので、製材工場やそれに付属する土場で広く使用され、定置式の Deck Saw などもこの型に入る。空気式は圧縮空気で駆動するもので、貯木池の中で原木を玉切りする時機械

が水に濡れても差支えない点に特徴があるが、わが国ではあまり使われていない。

鎖鋸の駆動には、駆動 sprocket に直接滑り clutch で連結されるダイレクトドライブ(Direct Drive)と、歯車列を通して操作されるギヤドライブ(Gear Drive)がある。

2.2 鎖鋸の種類

鋸刃には、大別してチッパー・チェン(Chipper Chain)とクロスカット・チェン(Crosscut Chain)の2つがあるが^{1),8),9)}鋸断しやすく目立てしやすいなどの点から主として前者が使用されている。Chipper Type(鉋形)といわれるものは、普通切刃リンク(Cutter Link), デプスゲージ(Depth Gage), 駆動リンク(Drive Link), 結合板(Connecting Link, Side Link)および結合ピン(Connecting Pin)を1組の単位として、所要数だけ endless に連結させている。

Depth Gage は過大な送りをふせぎ、切込みを一定におさえるためのもので、切刃と一緒にになったものと別々の link になっているものとがあるが、普通は前者が多い。材質は特殊工具鋼を硬く熱処理したもので、鋸断する木材の硬軟に応じ、目立によって刃先角(Front Bevel Angle, Top Plate Angle)および、上刃(Top Plate)と Depth Gage 上端との間隔(Depth Gage Clearance, Depth Gage Setting)をかえている。

Fig. 1. に Chipper Type の鋸刃についての説明略図を示した。

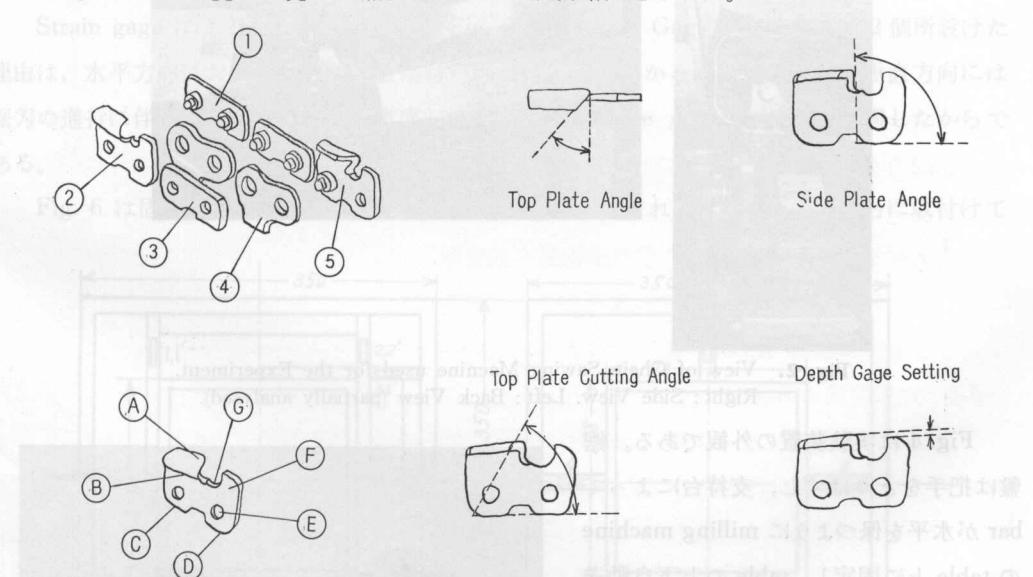


Fig. 1. Filing Angles and Nomenclature of Chipper Chain.

- (1) Pre-Set Tie Strap (2) Right Hand Cutter (3) Tie Strap (4) Drive Link (5) Left Hand Cutter
- (A) Top Plate (B) Side Plate (C) Neel (D) Toe (E) Rivet Hole (F) Depth Gage (G) Gullet

3. 実験

3.1 実験装置および測定法

使用した鎖鋸盤は丸源製電動式9c型 SMB120 スーパーで、その諸元を Table 1. に示す。実

験の性質上、支障となる切削以外の騒音や振動の要素をできるだけ排除するため、電動式を選んだ。

鎖鋸は米国 Oregon 社製 Chipper Chain 9 AC で、その諸元は Table. 2 に示す通りである。使用鎖鋸盤の外観を Fig. 2 に、鎖鋸の外観を Fig. 3 に示す。Chain oil には SAE 10W—30# Cactus Motor Oil を使用した。

Table 1. Data of Equiped Chain Sawing machine.

Bar	丸源製クリトン型 510 mm
Motor	3 相交流 200 V (4 極) 出力 1.5 KW
Type of Driving	Direct Drive
No. of Revolution	1470 rpm. (50 cycle)
Chain Speed	230 m/min (50 cycle)
Capacity of Oil Tank	250 cc

Table 2. Data of Equiped Saw Chain Cutter.

Front Rake Angle	31°30'
Tool Angle	50°
Relief Angle	8°30'
Side Relief Angle	3°
Top Plate Angle	35°
Side Plate Angle	90°
Top Plate Cutting Angle	60°
Pitch	1/2" (12.7 mm)
Depth Gage Setting	1.0 mm

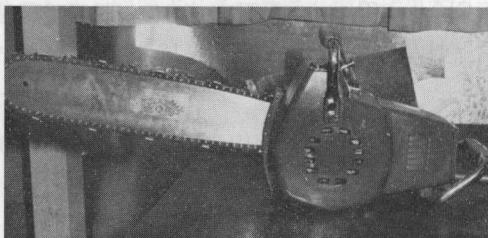
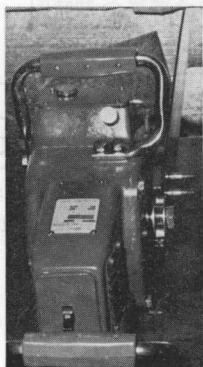


Fig. 2. View of Chain Sawing Macnine used for the Experiment.
Right : Side View. Left : Back View (partially analysed).

Fig. 4 は実験装置の外観である。鋸盤は把手をとりはずし、支持台によって bar が水平を保つように milling machine の table 上に固定し、table の上下自動送りによって鋸断送り運動を与えた。被削材は bar に直角に、2 個の保持鉗 (軟鋼製) にボルト締めされ、外鉗との連結部に貼った strain gage を介して、図の左側の鉗部から水平 (主) 分力と垂直 (送り) 分力を、右側から横分力を測定した。

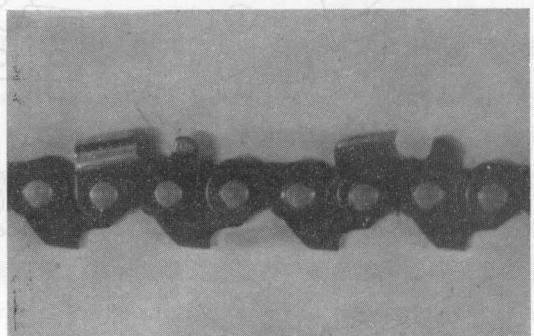


Fig. 3. View of Saw Chain.

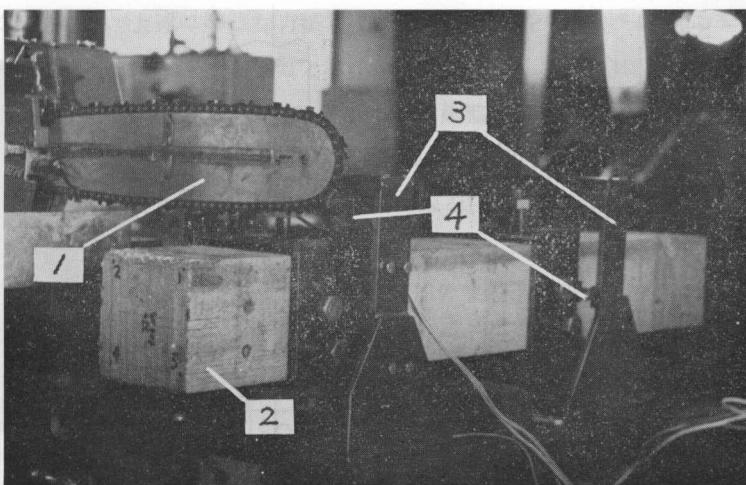


Fig. 4. General view of Equipment for the experiment.

1 Bar of Chain Sawing Machine.

2 Specimen of Wood.

3 Measuring Equipment.

4 Gage Position.

Strain gage による歪検出部の構造を Fig. 5 に示した。Gage 部をそれぞれ 2 個所設けた理由は、水平方向においては同時に被削材の両端に鋸刃のかかることを考慮し、垂直方向には鋸刃の進行に伴う切刃位置の移動を考慮して、その average がとれるように配慮したからである。

Fig. 6 は固定單一刃の測定装置の構造および外観で、これを shaper の刃物台に取付けて

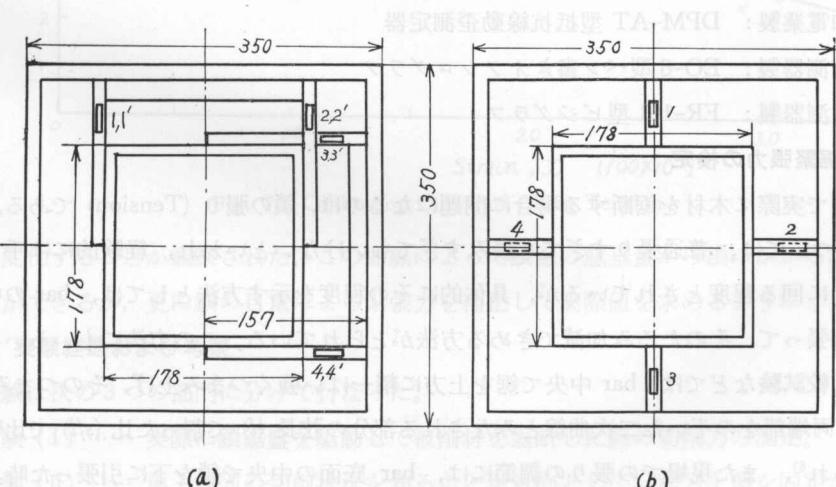


Fig. 5. Schematic Diagram of Measuring Apparatus. Number shows the Position of Gage.

(a) For Horizontal and Vertical Component.

(b) For Lateral Component.

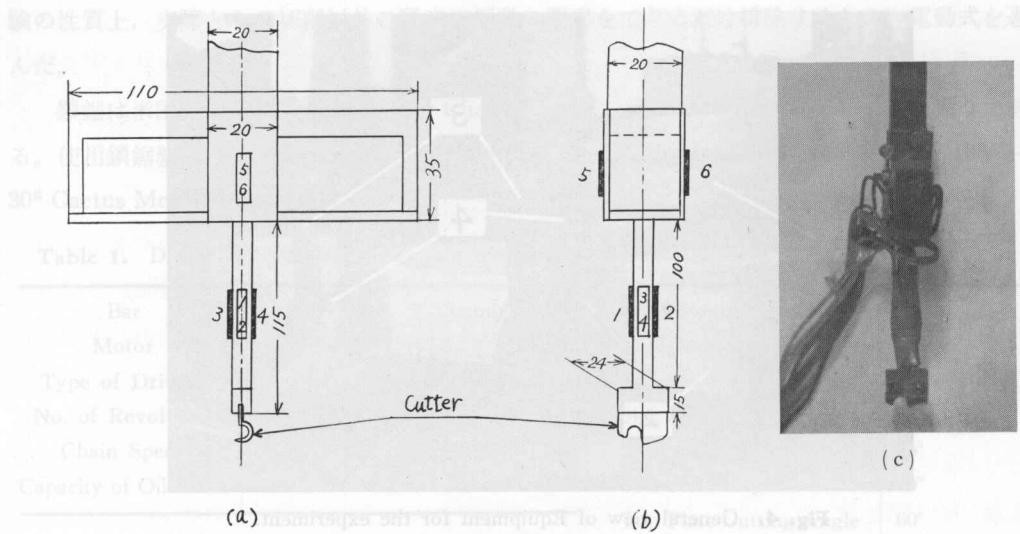


Fig. 6. Schematic Diagram and Photograph of Measuring Attachment of Fixing Single Cutter. Number shows the Position of Gage.
 (a) Elevation (b) Side Elevation (c) View of Side Elevation.

被削材表面を水平に切削し、水平、垂直および横分力を測定した。

更に単刃による切削挙動を知るために、鎖鋸が bar の上を回転しないように固定し、table の前後送りによって固定された鎖鋸を bar とともに水平に移動し、鋸刃 1 個による切削を行なって切削力を測定し、かつ写真撮影によって刃の挙動を観察した。

切削力の測定に用いた主要測定器類は次の通りである。

共和電業製： DPM-AT 型抵抗線動歪測定器

渡辺測器製： EO-6 型ペン書きオツシログラフ

三栄測器製： FR-101 型ビジグラフ

3.2 鎖鋸緊張力の検定

鎖鋸盤で実際に木材を鋸断する場合に問題になるのは、鎖の張り (Tension) である。鎖の tension については、普通張りすぎても緩みすぎてもいけないといわれ、経験的には手で空回しした時楽に回る程度とされているが、具体的にその程度を示す方法としては、bar の中央で鎖を強く引張って、そのたるみ加減で求めめる方法がとられている。この方法にもいろいろあるが、性能比較試験などでは、bar 中央で鋸を上方に精一ぱい強くつまみ上げ、そのつまみ量 (s) を、bar の両端部をのぞいた二次曲線とみなされる部分の弦長 (l) で割った比 (s/l) で比較する方法がとられ⁶⁾、また現場での張りの調節には、bar 底面の中央で鎖を下に引張った時、side link あるいは cutter 下側から bar rail までの隙間を適当な長さにして調節する方法¹⁰⁾もある。ただし、このいずれの場合にも、実際に鎖の各 link にかかる tension の値は定量的に指定されていない。

本実験においては、上述に準じた方法で tension の調節をしながら、その緊張力を実測する方法により検定を行なった。検定装置としては、鎖鋸の link と同型に加工した小片(軟鋼製)に strain gage を貼りつけ、それを link に連結し、鎖鋸盤の調節 screw によって鎖に適宜緊張力を与えた後、bar 底面の中央で鎖に 2 kg の重錘を釣り下げ、bar rail と side link 下側との距離を測り、その長さと歪との関係を求めて較正曲線を得た。測定小片は bar の上部と下部にそれぞれ移動し、おのおので 3 回ずつ計 6 回の測定を行なった。

Fig. 7 に緊張力検定の較正曲線を示す。直線部分は最小自乗法により $y = -1.29x + 6.46$ を得たが、直線部分を越えて緊張力が減少すると、鎖の緩みが急激に増大し、懸垂量が 2 次曲

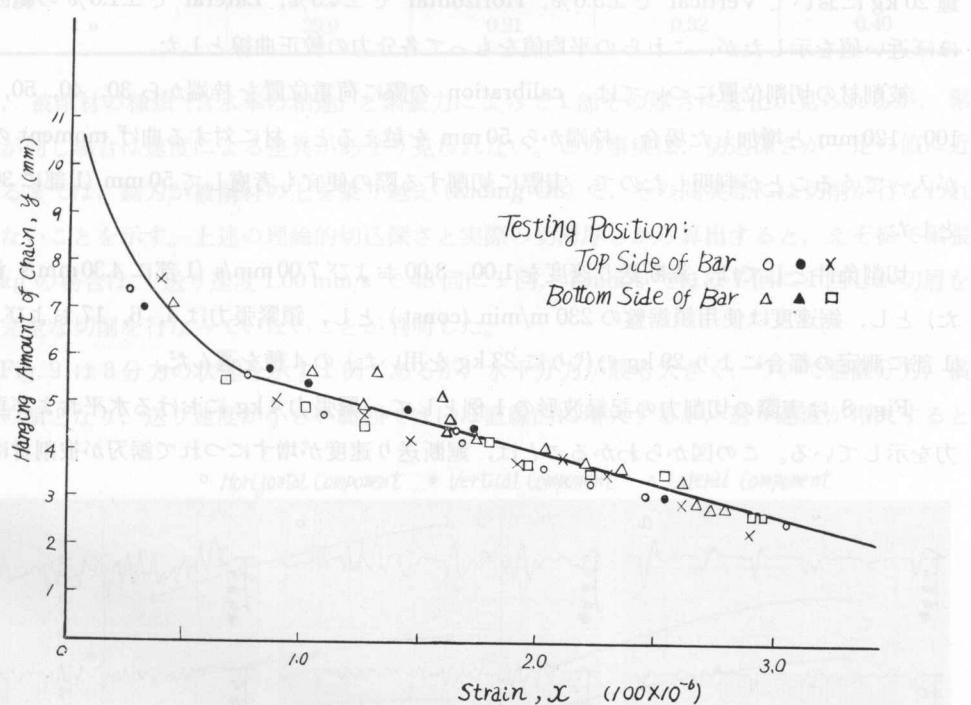


Fig. 7. Calibration Curve of Chain Tension

線的に変化することが観察された。この曲線によって鎖鋸の懸垂量から鎖にかかる緊張力を知ることができるが、更に鎖の自重による緊張力を補正して実際値を求めるようにした。

3・3 実験経過および考察

実験は次の 3 つの部門に分けて行なった。

- 実験 (I) …… 実際に鎖鋸盤を駆動して被削材を鋸断した際の切削力の測定。
- 実験 (II) …… 単 1 鋸刃の切削状況を知ることを目的として、鋸刃 1 個を固定測定装置にとりつけ、刃の回転運動を拘束した状態での切削力の測定。
- 実験 (III) …… 実際の鎖鋸において生ずる刃の回転の影響を見る目的で、鎖鋸中の特定の单 1 刃による切削力の測定。

3.3.1 実験 (I) について

被削材としては、えぞ松 (Yezo Spruce) 角材 (148 mm × 148 mm, 含水率 16.0% および 12.0%) と、とど松 (White Fir) 角材 (108 mm × 108 mm, および 45 mm × 45 mm, 含水率各 23.7% および 14.5%) を使用した。

切削力の calibration には、次のような考慮を払った。すなわち、被削材の横断面寸法は切削方向にも送り方向にも一定長さであるから、さきに示した測定装置 (Fig. 5) と関連して、被削材端面の荷重点を Fig. 4 の外観図に見られるように、保持枠周辺から等距離の 5 点とし、荷重は 5, 10, 15, および 20 kg の 4 種の重錘を用いた。これら 5 つの較正曲線の誤差は、重錘 20 kg において Vertical で ±5.6%, Horizontal で ±4.5%, Lateral で ±1.0% の範囲で、ほぼ近い値を示したが、これらの平均値をもって各分力の較正曲線とした。

被削材の切削位置については、calibration の際に荷重位置を枠端から 30, 40, 50, 70, 100, 120 mm と増加した場合、枠端から 50 mm を越えると、材に対する曲げ moment の影響が入ってくることが判明したので、実際に切削する際の便宜も考慮して 50 mm (1 部に 30 mm) とした。

切削条件としては、鋸断送り速度を 1.00, 3.00 および 7.00 mm/s (1 部に 4.30 mm/s も加えた) とし、鋸速度は使用鎖鋸盤の 230 m/min (const.) とし、鎖緊張力は 4, 6, 17 および 29 kg (1 部に 測定の都合により 29 kg の代りに 23 kg を用いた) の 4 種を選んだ。

Fig. 8 は実際の切削力の記録波形の 1 例として、緊張力 4 kg における水平および垂直分力を示している。この図からわかるることは、鋸断送り速度が増すにつれて鋸刃が被削材に切り

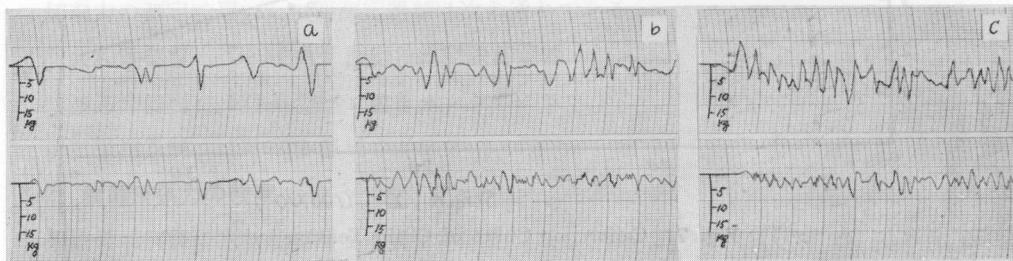


Fig. 8. Pen-writing Oscillograph Recording in Actual Cutting with Chain Tension of 4 kg. Specimen of White Fir. Moisture Content, 23.7%.

Top: Horizontal Component Bottom: Vertical Component

(a) Feeding Speed, 1.00 mm/s. (b) Feeding Speed, 3.00 mm/s.

(c) Feeding Speed, 7.00 mm/s.

込む cycle が多くなり、実際に切削する歯数が送り速度によって変化することである。この現象は、鎖鋸による切削の 1 つの特徴である。この際の 1 刃の理論的切込深さは、切削速度 u 、送り速度 v および鋸刃 pitch p から式 $\delta = (v/u) \cdot p$ で計算されるが、送り速度 1.00, 3.00 および 7.00 mm/s の場合、 δ はそれぞれ 0.013, 0.039 および 0.091 mm と算出される。

実際に切屑として生成されたものの厚さを micrometer で測定すると、Table. 3 のように

Table 3. Thickness of Chip in Actual Cutting. (mm)

Sort of Specimen	Chain Tension (kg)	Feeding Speed (mm/s)		
		1.00	3.00	7.00
Yezo Spruces (148×148)	4.0	0.62	0.65	0.62
	"	0.64	0.63	0.55
	17.0	0.58	0.61	0.72
	29.0	0.54	0.52	0.59
White Fir (108×108)	4.0	0.45	0.51	0.49
	"	0.39	0.52	0.47
	17.0	0.49	0.48	0.49
	29.0	0.21	0.32	0.40

なり、被削材の種類(含水率の相違)と緊張力によって1部その厚さに変化が見られるが、緊張力が同じ場合は速度による差異があまり見られない。この事実は、切込深さが一定の値に近くなるまでは、鋸刃が被削材の上を乗り越え(Riding On)て、その間実際には切削が行なわれていないことを示す。上述の理論的切込深さと実際の切屑厚さから算出すると、えぞ松で緊張力4kgの場合は、送り速度1.00 mm/sで48回に1回、7mm/sではほぼ7回に1回しか切屑を出す完全な切削を行なっていないことが判明した。

Fig. 9 は3分力の状態を示す1例であるが、水平分力が最も大きく、ついで垂直分力、横分力の順となり、送り速度が小さい範囲ではほぼ直線的に増大するが、送り速度が増大すると

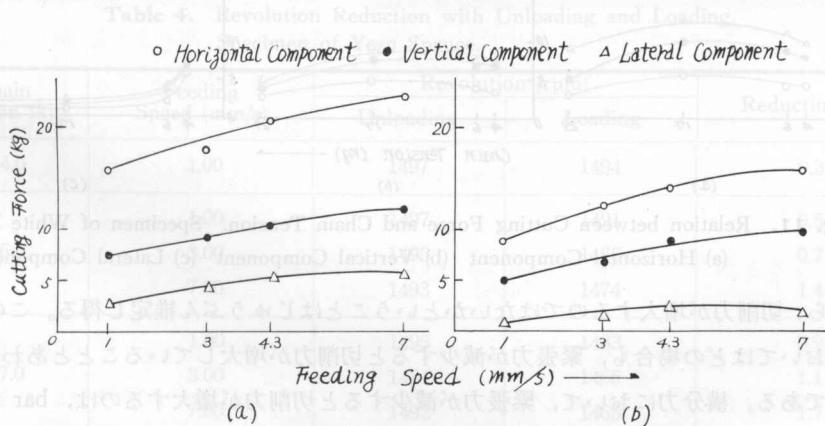


Fig. 9. Variation of 3-Components for Cutting Force. Specimen of Yezo Spruce. Moisture Content of 16.0%.

(a) Chain Tension of 6 kg (b) Chain Tension of 29 kg.

その傾斜がゆるやかになる傾向が見られた。図示した切削力の値は、変動する切削力の最大値である。

緊張力の変化が切削力におよぼす影響の1例をFig. 10およびFig. 11に示す。この場合、切削力の変化は、水平および垂直分力では緊張力がある範囲を越えるまでは、あまり大きな変

化は見られないが、緊張力が著しく大になる (29 kg) と、明らかに切削力は減少した。しかしこの実験では、含水率が減少すると Fig. 10 従って Fig. 11 に示すものと、その変化が逆になる結果が 1 部に生じ、このままでは、緊張力がある範囲内に於ける緊張力と切削力との定量的な関係は確定できない。その原因が測定の誤差によるものか、または木材の持つ特性に帰因するもののかは、今後の実験によって確認したい。ただ定性的に見て、緊張力が減少すると、鎖鋸

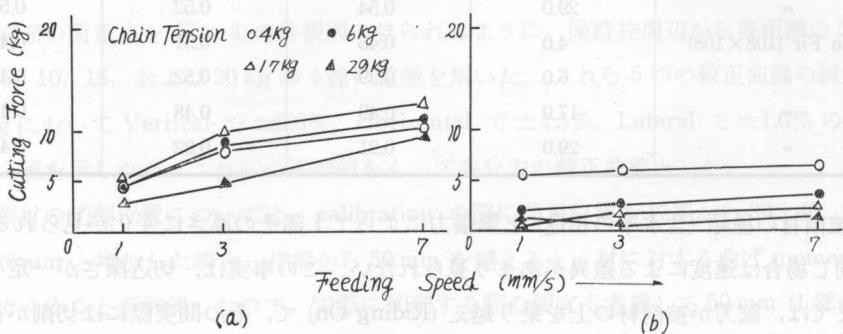


Fig. 10. Variation of Cutting Force for Different Chain Tension.
Specimen of White Fir.
(a) Horizontal Component (b) Lateral Component

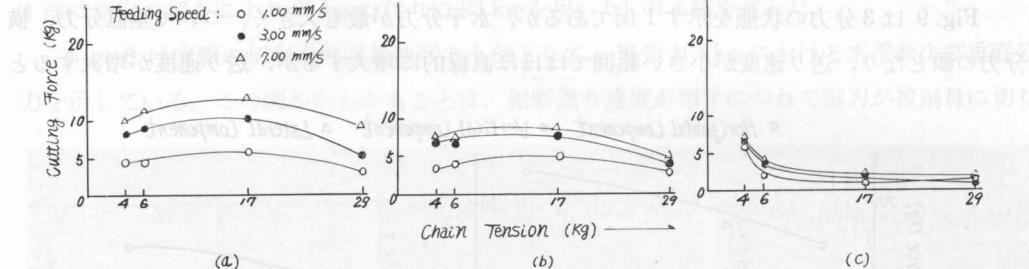


Fig. 11. Relation between Cutting Force and Chain Tension. Specimen of White Fir.
(a) Horizontal Component (b) Vertical Component (c) Lateral Component

の特性から、切削力が増大するのではないかということはじゅうぶん推定し得る。このことは、横分力においてはどの場合も、緊張力が減少すると切削力が増大していることとあわせ考えられることである。横分力において、緊張力が減少すると切削力が増大するのは、bar rail の溝における tang の逃げが影響する結果と考えられる。

なお実験で注目されるべきことは、切削力が明らかに低下した緊張力 29 kg の場合、運転に際して摩擦のため、bar rail と link の間に火花や oil の発煙を生じ、又 motor が過熱するなど、実用に適しない状態となったことである。

Fig. 11 は Fig. 10 の data から導き出されたもので、送り速度を一定にした場合の切削力の変化であるが、これによると、緊張力が増大する時切削力は送り速度に関係なく近接した値をとり、横分力は全体として、送り速度にはほとんど影響されず近接した値をとっている。

切削力が全体として、含水率が減少するほど増大することは、木材の性質から当然考えられることで、この変化を水平分力について表わしたのが Fig. 12 である。

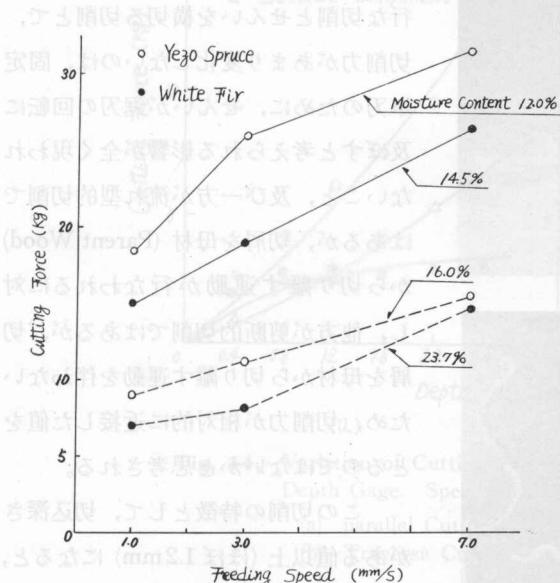


Fig. 12. Variation of Cutting Force according to Moisture Content. Chain Tension of 4 kg.

次に切削中の電動機の回転数を測定し、それを Table. 4 に示したが、本実験ではあまり変化はなかった。

3.3.2 実験 (II) について

刃そのものの切削状況を知る目的で、Fig. 6 のような単刃固定装置に鎖鋸の刃 1 個を取りつけ、刃の回転を拘束した状態で被削材を切削した。被削材は実験 (I) と同材を用い、切削方向はせんいに平行とせんいを横切る方向の 2 種とし、刃は通常のものと depth gage を除いたものとを使用した。

Fig. 13 はせんいに平行に切削している状況およびその際の切屑形状である。実際の鎖鋸盤による切削はほと

Table 4. Revolution Reduction with Unloading and Loading.
Specimen of Yezo Spruce.

Chain Tension (kg)	Feeding Speed (mm/s)	Revolution (rpm)		Reduction (%)
		Unloading	Loading	
4.0	1.00	1497	1494	0.3
	1.00	1497	1491	0.5
	3.00	1495	1485	0.7
6.0	7.00	1493	1474	1.4
	1.00	1495	1483	0.9
	3.00	1481	1465	1.1
17.0	7.00	1492	1465	1.7

んどがせんいを横切って鋸断する場合である。Fig. 14 および Fig. 15 にその際の切削力の状況を示した。前者は通常の鋸刃で切削した場合、後者は depth gage を除いた鋸刃を使用した場合である。水平分力について見るに、せんいを横切る切削においては、前者と後者はあまり変わらないが、せんいに平行に切削した場合、前者は後者より明らかに大きな値を示した。これは、せんいに平行な場合 depth gage が切屑の流出に抵抗を与えることが考えられ、又水平分力と垂直分力を比較すると、depth gage の垂直分力におよぼす影響が水平分力に比べて小さ

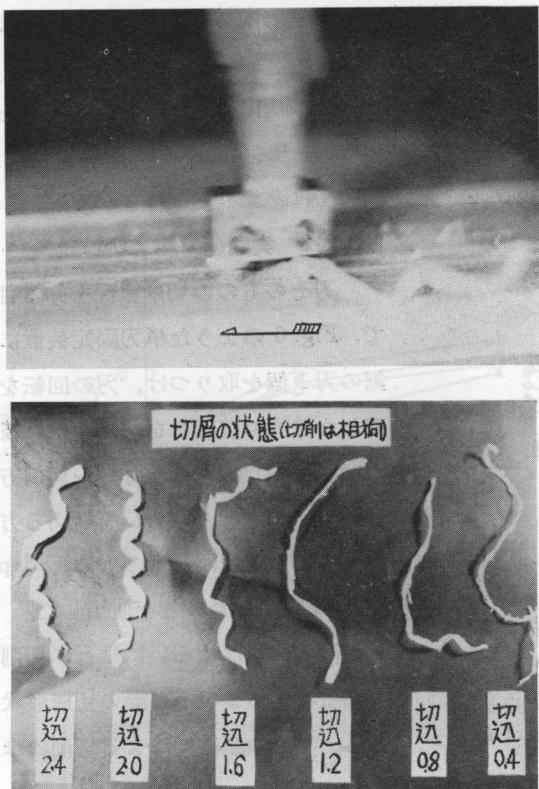


Fig. 13. Top: Scene of Cutting Action of Single Cutter fixed to Measuring Attachment shown in Fig. 6, in Farallel Cutting to Fiber of Specimen. Specimen of Yezo Spruce.
Bottom: Shape of Chip with Different Depth of Cut. (mm)

切込が深くなると横刃による切削 (Planing) が関与しはじめ、そのため横分力が増大すると考えられる。

これは、実験 (I) の挽き目 (Kerf) を観察すると、上刃によって切削された部分は、せんいが引き切られる (Servance) ので割合きれいな面を呈しているが、側壁は横刃がせんいを引きづり (Dragging) ながら引きちぎるために、粗い面を呈しており、横刃の切削が加わることによって切削力が増大することが考えられる。垂直分力が一定値をとる傾向は、この実験の条件として、外力による垂直方向への抵抗がほとんどないで、当然といえよう。

Fig. 16 は、せんいを横切る切削による被削面の状況である。この場合は単1刃のため、前にも述べたように切屑は母材から切り離されておらず、実際の切削では、この刃と対称の形状をした後続の刃によって切屑として分離される。切屑の形状は、せんいに平行な切削によっ

いことも判明した。

同種の鋸刃に於いて、せんいに平行な切削とせんいを横切る切削とで、切削力があまり変化しないのは、固定单刃のために、せんいが鋸刃の回転に及ぼすと考えられる影響が全く現われないこと、及び一方が流れ型的切削ではあるが、切屑を母材 (Parent Wood) から切り離す運動が行なわれるに対し、他方が剪断的切削ではあるが、切屑を母材から切り離す運動を伴わないため、切削力が相対的に近接した値をとるのではないかと思われる。

この切削の特徴として、切込深さがある値以上 (ほぼ 1.2 mm) になると、横分力が急激に増大するとともに、垂直分力が一定値に近づく傾向がある。

これは、鋸刃の切刃形状によるものと思われる。Fig. 1 に示すように、切刃には上刃 (Top Plate Edge) と横刃 (Side Plate Edge) の 2 種類があるので、切込深さが小さいうちは、上刃による切削 (Shearing) が主であるが、

切刃形状と木材せんいの関係から、上刃によって切削された部分は、せんいが引き切られる (Servance) ので割合きれいな面を呈しているが、側壁は横刃がせんいを引きづり (Dragging) ながら引きちぎるために、粗い面を呈しており、横刃の切削が加わることによって切削力が増大することが考えられる。垂直分力が一定値をとる傾向は、この実験の条件として、外力による垂直方向への抵抗がほとんどないで、当然といえよう。

Fig. 16 は、せんいを横切る切削による被削面の状況である。この場合は単1刃のため、前にも述べたように切屑は母材から切り離されておらず、実際の切削では、この刃と対称の形狀をした後続の刃によって切屑として分離される。切屑の形狀は、せんいに平行な切削によっ

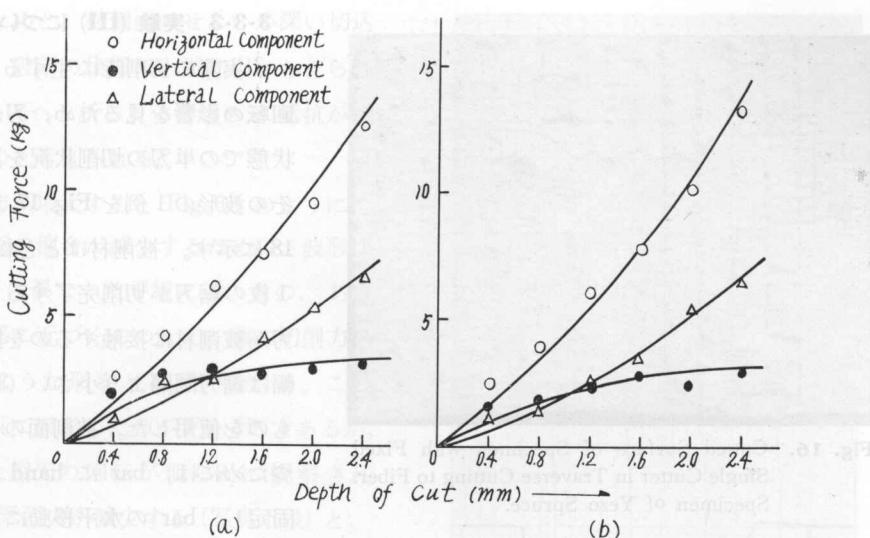


Fig. 14. Variation of Cutting Force of Fixed Single Cutter with Depth Gage. Specimen of Yezo Spruce.

(a) parallel Cutting to Fiber.

(b)

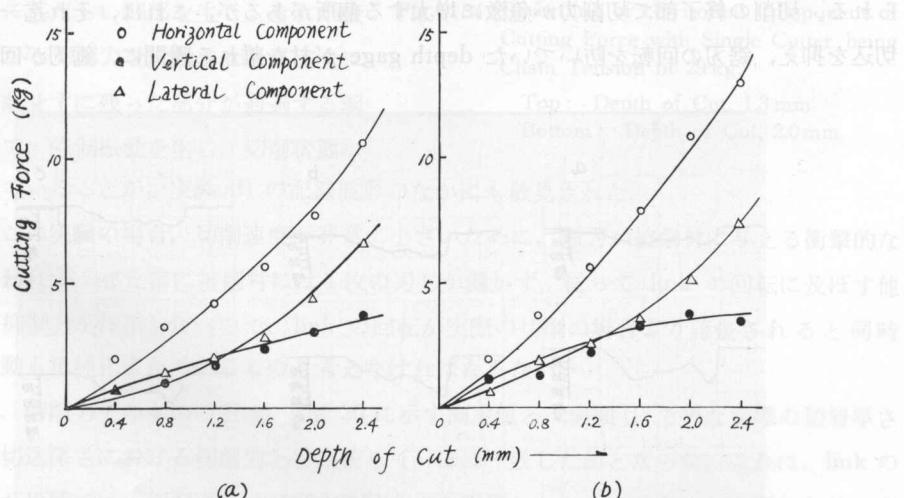


Fig. 15. Variation of Cutting Force of Fixed Single Cutter without Depth Gage. Specimen of Yezo Spruce.

(a) Parallel Cutting to Fiber. (b) Traverse Cutting to Fiber.

て生ずる ribbon 状とは異なり、金属切削の裂断型に似た蛇腹状にわん曲した特殊な切屑であり、わん曲の度合は、含水率が減少するほどはげしい。

実験 (II) は始めに述べたように、鎖鋸の特徴とする link の回転を拘束しているので、実際の切削の場合には実現し得ない条件で、そのため切削力が極めて低い値を示していることを考慮しなければならない。

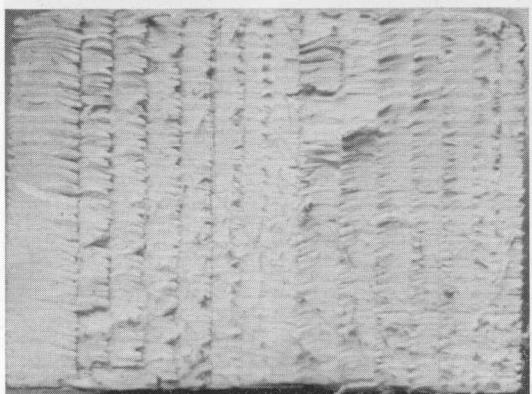


Fig. 16. Cutted Surface of Specimen with Fixed Single Cutter in Traverse Cutting to Fiber. Specimen of Yezo Spruce.

を研磨した。切削速度は 7 mm/s をとった。

Fig. 17 からは、切削が進むにつれて link が moment を受け回転し、鋸刃が切削方向を含む鉛直面内で傾斜してすくい角が変わり、そのために切削力が変動することが明らかに認められる。切削の終了部で切削力が急激に増大する個所があるが、これは、それ迄一定値以上の切入を抑え、鋸刃の回転を防いでいた depth gage が材を離れる瞬間に、鋸刃が回転して深く

3.3.3 実験 (III) について

実際の切削時に生ずる link 刃の回転の影響を見るため、刃が回転する状態での単刃の切削状況を記録した。その波形の 1 例を Fig. 17 および Fig. 18 に示す。被削材はとど松角材とし、1 枚の鋸刃が切削完了するまで後続の刃が被削材に接触するのを防ぐため、幅は鋸刃間隔より小さい (35~40 mm) ものを使用した。被削面の level を保つためには、bar に hand grinder を固定し、bar の水平移動によって表面

Fig. 13.

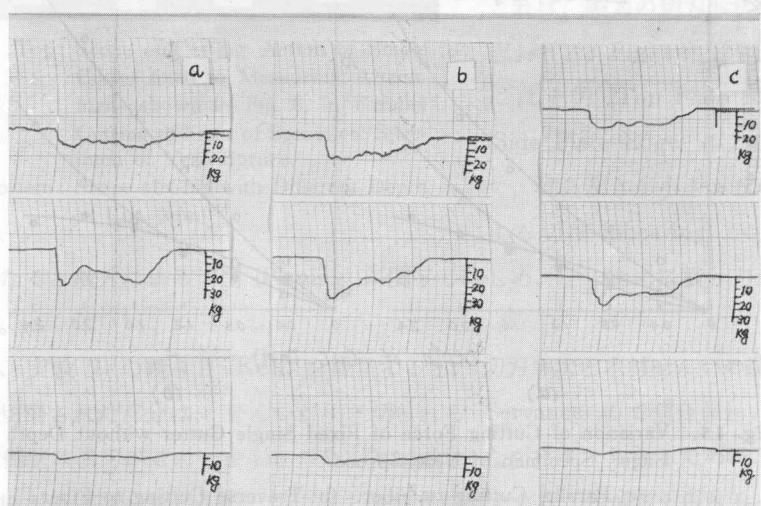


Fig. 17. Recording of Cutting Force with Single Cutter while Saw Chain being restricted from Revolution around the Bar.

- で、当然といえよう。
Top: Vertical Component Middle: Horizontal Component
Bottom: Lateral Component
- (a) Chain Tension of 4 kg. Depth of Cut, 2.0 mm.
 - (b) Chain Tension of 4 kg. Depth of Cut, 1.2 mm.
 - (c) Chain Tension of 6 kg. Depth of Cut, 0.5 mm.

喰い込むためと、材側面のせんいが深い切込みのまま、破断の状態で一挙に引きちぎられる(あるいはへし折られる)ために抵抗が増大するものと考えられる。

緊張力が増大すると Fig. 18 のように、link の回転の度合が減少するために、波形は Fig. 17 とは異なった平坦に近いもの、あるいは終了部に近づくにつれて、逆に切削力が減少するような形をとるようになる。この状態を写真に撮影したのが Fig. 19 であるが、上に述べた鋸刃の回転が明らかに観察される。特に緊張力が減少する(写真下段)と、甚だしい刃の傾きと強いせんいの破断状況が見られる。

こうした切削終了部のせんいの剥離は、被削材表面に甚だしい凹部を生じ、それが後続の刃にかかる切削力を変動させ、又完全に母材から剥離せずに残った部分が通過する鋸刃と接触して、強制振動を生じ、切削状態に変動を与えていることが、実験(I)の記録波形のなかにも散見された。

ただ、この実験の場合、切削速度が非常に小さいために、鋸刃が被削材に与える衝撃的な効果があらわれず、また常に被削材には1枚の刃しか働くかず、従って link の回転に及ぼす他の刃からの抑制力が作用しないので、link の回転が実際の切削の場合より誇張されると同時に、その挙動も単純化されているものと考えなければならない。

しかし、切削力そのものの値は、Fig. 20 に示す測定値と、実験(I)で得た実際の切屑厚さから求めた切込深さにおける切削力を比較して、ほぼ一致した値となった。これは、link の回転を許した状態では、切削速度は切削力にはあまり影響しないのではないかと思われる。また、実験(II)に比べ、切込深さが増大しても横分力が送り分力(垂直分力)を越えてないのは、横方向の link の回転がなんらかの影響を与えていたためと思われ、この場合、横分力は記録波形からも垂直分力に比べて著しく小さく、又その変化も大きくはない。この場合の切削力を実験(II)と比較すると、ほぼ 4:1 の値を示し、このような大幅な切削力の差を生ずる原因として、link の回転動作の影響のあることは明らかである。

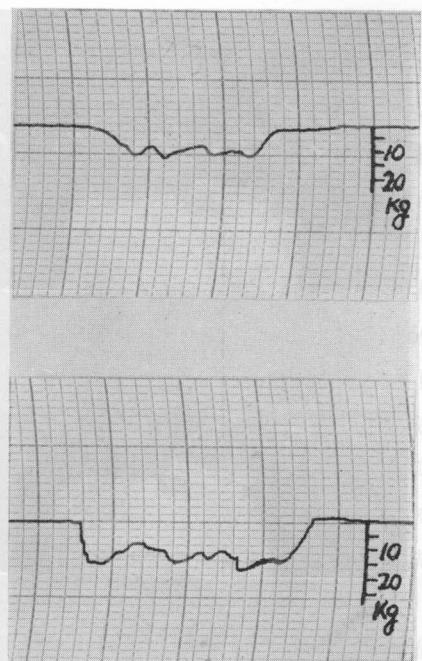


Fig. 18. Recording of Horizontal Component of Cutting Force with Single Cutter being Chain Tension of 29 kg.

Top: Depth of Cut, 1.3 mm.
Bottom: Depth of Cut, 2.0 mm.

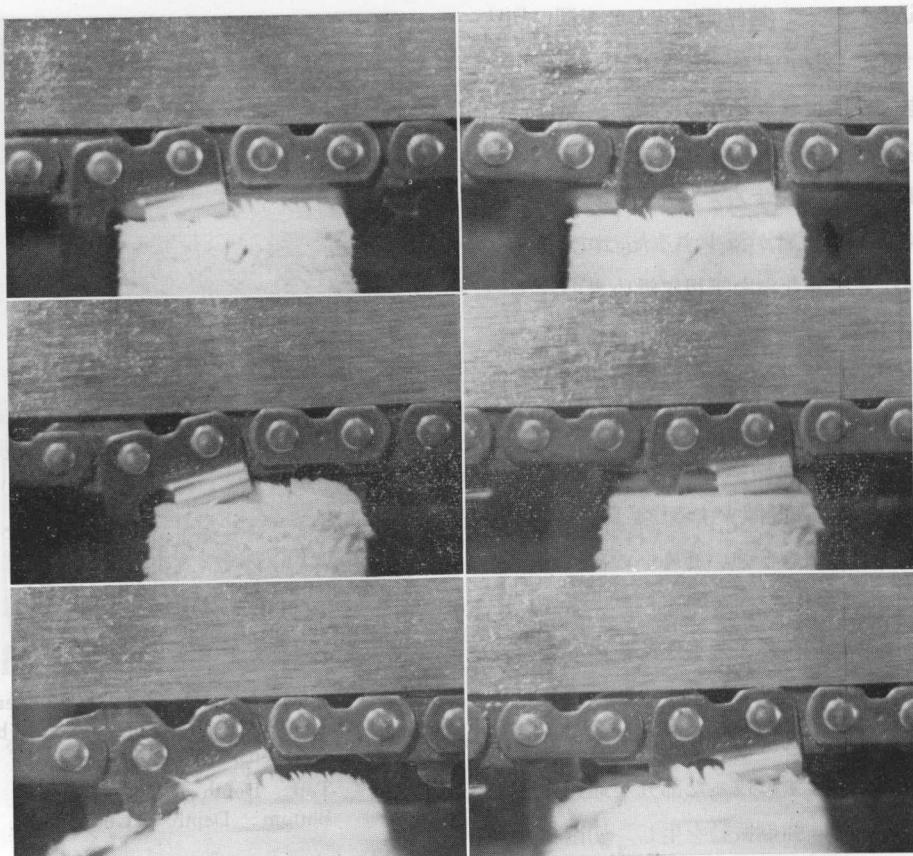


Fig. 19. Photograph of Single Cutter Motion while Saw Chain being restricted from revolution around the Bar.

Top: Chain Tension of 29 kg. Depth of Cut, 0.6 mm.

Middle: Chain Tension of 17 kg. Depth of Cut, 0.5 mm.

Bottom: Chain Tension of 4 kg. Depth of Cut, 0.5 mm.

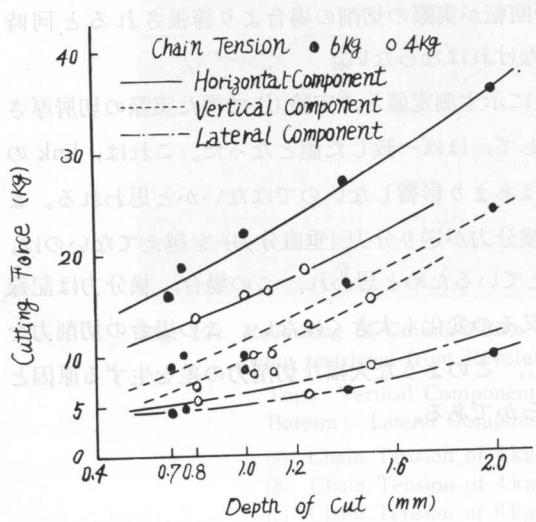


Fig. 20. Variation of Cutting Force with Single Cutter while Saw Chain being restricted from revolution around the Bar.

4. 結 言

以上の諸結果は、鎖鋸の切削時の特性を概略把握したに過ぎないが、被削材が木材という異方、不均一の材であるに拘らず、ほぼ一定の傾向を示す結果が得られたことから、本実験により基礎的な傾向は明らかにし得たものと信ずる。今後更に種々の角度から実験をすすめなければならないが、本実験の経過から得られた問題点と検討すべき点とを次にあげる。

(a) 理論的切込深さ $\delta = (v/u) \cdot p$ と実際に生成された切屑厚さから算出した鎖鋸刃の切削は、実際(I)に示したように、連続的なものではなく、送り速度が 1 mm/s の場合でほぼ 50 回に 1 回程度しか行なわれないことを示す。この現象は他の鋸盤(例えば Metal Saw)にも見られることであるが、鋸の必要刃数の問題など、根本的な問題につながる。又、一定切込で送られる鎖鋸が非常な高速で切削運動を行なうため、送り速度に対して 1 枚の刃の切込深さが非常に小さいものとなり、いわゆる riding on を生じ、一定の厚さになって初めて実際の切屑を生成して切削が行なわれる。このような鋸刃の挙動について、高速下の問題ではあるが、切屑生成に関する今後の問題として検討しなければならない。

(b) 鎖鋸盤を使用する場合、留意すべき鎖の張りの度合については、使用解説書その他ではある程度ゆるい方がよいとされている。実験の結果からは、傾向としては緊張力が減少すると切削力がやや上昇する点も見られたが、緊張力がある範囲内ではその値が互に近接しており、実際面では切削力の点から考えるよりも、鎖の摩耗を少なくし motor の負荷を減じ、鋸および鋸盤自身の損傷を防ぐことに重点が置かれているとすれば、緊張力がある程度小さい方がよいという根拠は肯定できる。しかし、切削の問題を考慮して、今後明らかにしなければならない。

(c) 鎖鋸の切削の特殊性として、link を兼ねる刃の回転の問題がある。刃にかかる抵抗によって 3 方向に複雑な回転・振動を行ない、そのため切削条件が変化して、切削力の変動や振動の問題が生ずる。拘束された link の回転運動に関連して刃形の研究も重要であり、上刃と横刃の形状の影響なども検討しなければならない。

更に切削に関しては、鋸刃の傾斜によるすくい角の変化(あるいは切削角の変化と考えてもよい)と切削力の変動との関連を把握することが先決である。この問題を解くには、異方体という木材の材質の面から入る要素¹¹⁾を除くために、等方体の材料を使用しての切削試験も考慮されねばならない。

終りに、本研究は筆者の一人(棟 徹夫)が内地研究員として北海道大学工学部機械工作学研究室において、土肥 修教授の指導のもとに行なったものであるが、実験に協力をおしまなかつた同学機械工作学講座ならびに機械設計学講座の各位、更に種々参考文献のお世話を願った北海道大学付属工業教員養成所渡辺治夫教授に対して深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) Peter Koch: Wood machine process, p. 273 Sawing, 6-4 Chain sawing. (1964).
- 2) 山脇三平: 林業機械入門, p. 51, チェンソー, (昭38), 明文書房.
- 3) W. C. Randel: Cutting characteristics of different power saw chain design, Michigan State College Agric. Exp. Station Bull. 35 (2), (1952).
- 4) W. H. McKenzie: Performance of gouge type power saw chain. Australian Timber Jour. 21 (10), (1955).
- 5) J. W. Oehrli: Dynamometer tests on cutting action of chain saw teeth. Forest Product Journal, 10 (1), (1960).
- 6) 山脇三平・平松 修・三村和男・猪内正男: チェンソーの性能試験, 林業試験場報告, 150号別刷, (1963).
- 7) S. S. Gambrell, Jr. & E. F. Byars: Cutting characteristics of chain saw teeth. Forest Product Journal, 16 (1), (1966).
- 8) Horztechnologishes Handbuch, Band III, Pag. 357 Kettefräsen.
- 9) Oregon Saw Chain: Omark International, Ltd.
- 10) マッカラン S. M. チェンソー取扱説明書, 新宮商行.
- 11) 北原覚一: 木材物理, p. 79, 木材の機械的性質, (昭41).