

# 製材用鋸齒の切味

齋 藤 美 鶯<sup>(1)</sup>  
枝 松 信 之<sup>(2)</sup>  
大 平 裕<sup>(3)</sup>

## 1. ま え が き

製材技術の主流をなすものは鋸による挽材に関する技術と考えられ、その内容を大別すれば、鋸齒に関する問題と鋸身に関する問題にわけうる。後者は鋸の種類によつて取扱いを異にしなければならないが、前者は基本的には製材用鋸に関して共通的に取扱いうる。この報告は鋸齒に関する問題のうち、その切味について検討を加えたものである。

いわゆる鋸齒の切味といわれるものは鋸齒の性能として直接挽材作業に影響する最も重要な要素で、この概念は一般通念としては明らかなようではあるが、これを明確に定義づけることはかなり困難である。すなわち、切味の良否が挽材能率や消費動力あるいは挽肌に影響することは経験的にも知られているが、鋸による挽材の機構がきわめて複雑なため鋸齒の切味の本質を把握することは簡単ではない。一般に、刃物の切味はその材料によつて受ける切削抵抗の大きさであらわされるのが普通であるが、製材用鋸による挽材はその切削速度が非常に速く、かつ切削力の瞬間的な変化がはなはだしく、金属切削ないしは切削速度のおそい場合には木材についても行われているような直接的な精密な切削力測定方法<sup>25)</sup>の適用は方法論的に相当困難である<sup>30)</sup>とともに精密な測定結果も実用的な意義に乏しいと考えられる。そこで筆者らは、挽材条件と鋸齒の切味との関係を求めるために、切味を示す指標として挽材所要動力あるいは挽材能率を測定することとした。

このような挽材条件と切味という概念に包含されるものとの関係については、種々の目的から行われた実験例があるが、その実験が実際の挽材作業条件のままで行われ、鋸齒の性能としての切味を論ずるには普遍性に乏しかつたり、あるいは切削速度そのほかの条件が実際の挽材とはかなりかけはなれた模型的なもので、実用性を考慮する場合に相当疑問があるような場合が多い。筆者らはこの実験を行うに当つて、はじめに述べたような意味での製材用鋸齒の切味についてできるだけ普遍的な結論をうることを目的とし、実験条件の決定について十分な注意を払つた。

なお、既往に行われたこのような鋸齒切削についての実験例を測定方法別に列挙すれば、次のとおりである。

- (1) 水晶圧電気法による円鋸の水平、垂直2分力の測定<sup>26)</sup>
- (2) スプリングバランスによる帯鋸の主切削力の測定<sup>13)</sup> 35)
- (3) 模型的な pendulum dynamometer による鋸齒の切削エネルギーの測定<sup>16)</sup> 27)
- (4) 円鋸軸トルクの測定<sup>34)</sup>

- (5) 定荷重送り方式による帯鋸または円鋸の挽材所要動力あるいは材の送り速度の測定<sup>7)~9) 11) 23)~33)</sup>
- (6) 定速送り方式による帯鋸または円鋸の挽材所要動力の測定<sup>1) 4)~6) 12) 14) 15) 22) 23)</sup>
- (7) 実際の製材作業状態における挽材能率の測定<sup>2) 3) 10) 13) 17) 21)</sup>

## 2. 挽材試験方法

### 2.1 挽材所要動力測定による挽材試験

#### 2.1.1 挽材所要動力の測定

挽材所要動力の測定には図示三相交流電力計を用いた。すなわち、Fig. 1 のように送り速度 4.9 mm/sec のチャート上に自記させたグラフより、挽材中の動力の線図が一定値に達した範囲において、挽材中の動力  $W_1$  および空転中の動力  $W_0$  を読み、 $(W_1 - W_0)$  を挽材所要動力  $W$  として求めた。これらの測定値は電動機で消費される動力であり、これをもつてただちに機械的出力とすることはできないので、あらかじめ制動試験によつて求めた電動機特性により較正を行つた。なお、鋸速度を変化させた場合の切味は、次式から求められる鋸歯の主切削力と考えられる切削方向の切削力の値により比較した。

$$F = 102 \cdot \frac{W}{S}$$

F: 切削力 (kg),    W: 較正した挽材所要動力 (KW),

S: 鋸速度 (m/sec)

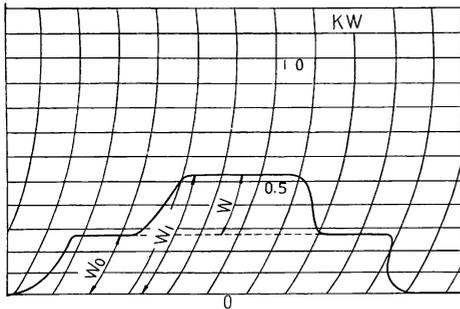


Fig. 1 挽材所要動力測定線図  
Record of power demand of saw.

この挽材試験を行うに当つては挽材中の動力がほぼ一定値を示す(チャートに自記される曲線がほぼ基線と平行になる)とともに、とり上げた挽材条件の差異のみができるだけ明確に動力にあらわれるように挽材方法を決定した。すなわち、鋸歯の強度、鋸身の材との摩擦、鋸屑の排除などの因子の影響を除くかあるいは一定にするため、予備実験の結果にもとづいて挽材方法を 2.1.2 に述べるように決定し、5回の挽材の平均値をもつて挽材所要動力の値とした。

#### 2.1.2 挽材方法

##### (1) 供試鋸

Table 1 に示すような2種の円鋸を供試鋸とし、鋸身仕上げは水平仕上げのみとし、腰入れは行わな

Table 1. 挽材所要動力測定による挽材試験に用いた鋸  
Saws for tests on power demand of saws.

鋸種 Saw-plate	鋸径 Dia. of saw (in)	鋸厚 Blade thickness		歯数 Number of teeth	ロックウエル C 硬度 Rockwell C-hardness	アサリ Set	歯高 Height of tooth (mm)
		BWG	mm				
A	12	11	3.02	4	56	なし None	17
B	10	16	1.66	2	52	振分け Spring	10

かった。

鋸厚を比較的大にしたのは、できるだけ鋸歯の強度的因子の影響を少なくし、挽材所要動力のあらわれ方を大きくしようとしたものであり、歯数を少なくしたのは、材の送り速度をあまり大きくしないで鋸歯の切込深さを大きくしうるようにするとともに、鋸歯条件を均一にするのを容易にしようとしたものである。歯先の研磨はグラインダーまたは手やすり仕上げの後、油砥でできるだけ精密に仕上げた。なお、歯型は Fig. 2 に例示したように歯室が挽幅に対して無限大のものとした。

## (2) 挽材装置

Phot. 1 に示すように、ナイフグラインダーの送り装置を改造して材の送り装置とし、1.20~6.25  $m/min$  の定速送りで挽材を行った。鋸軸用に2馬力、送り用には1馬力の電動機を用い、平ベルト伝導とし、鋸速度を一定にした実験の場合は鋸軸の回転を3,190 RPM とした。すなわち、この場合は鋸径 10 in および 12 in のとき鋸速度はそれぞれ 8,347  $ft/min$  および 10,017  $ft/min$  となる。

鋸と送材台の関係は Fig. 3 のとおりで、鋸軸下部での縦挽きを実施した。供試材の歩出しは、あらかじめ調整した定規により送材台を基準として行い、挽材によつて生ずる挽板の厚さを1.7~3.0 mm の範囲で一定にし、その鋸との摩擦が一定になるように注意した。材の送り方向と鋸面との関係は、アサリをつけた鋸(B)での挽材の場合は平行としたが、アサリなしの鋸(A)での挽材の場合は $0.8^\circ$ の逃げをとり、母材と鋸身との摩擦<sup>7) 23)</sup>を避けた。

## (3) 供試材

含水率の影響についての実験の場合以外は気乾状態(含水率17~19%)のスギ、アカマツ、ブナおよびナラの無欠点心材を供試材とし、これらはそれぞれ同一板子より採材した。

挽材長(供試材の長さ)はすべて500 mm としたが、挽幅(供試材の厚さ)は実験条件によつて適当に定め、挽面が柾目となるように縦挽きを行った。挽材を柾目挽きとしたのは、鋸歯が春材部および秋材部を切削する割合を常に一定にするため、その切削方向はすべて木表より木裏へ向うようにした。

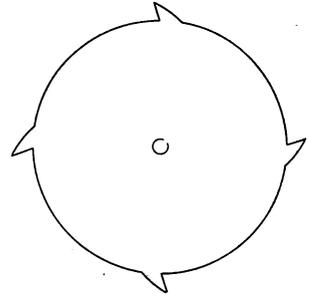
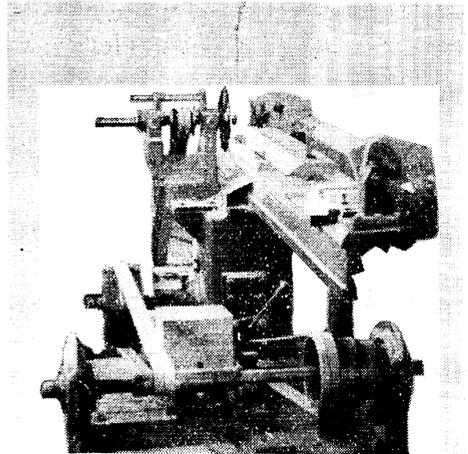


Fig. 2 供試歯型の一例  
Tooth style for test.



Phot. 1 所要動力測定用挽材試験装置  
Experimental sawing equipment for tests on power demand of a saw.

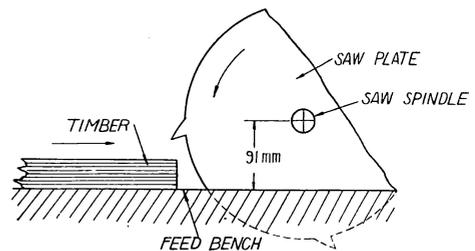


Fig. 3 挽材所要動力測定実験における  
鋸と送材台の関係  
Position of saw teeth to timber when  
sawing to obtain power demand  
of saws.

## 2.2 挽材能率測定による挽材試験

実際の挽材作業においては、材の送りを定速にしないで鋸の挽材許容限度まで材を送るのが普通であつて、材を早く送りうるとき、すなわち挽材能率がよいとき切味がよいともいわれる。この場合にいう切味とは、たとえば円鋸についていえば、挽材にともなう切削熱および切削抵抗が主要因子となる鋸の挫屈限界<sup>21)</sup>により決定されるもので、単に鋸歯だけでなく鋸身の力学的性状の変化が問題となる。このような意味の切味によつてははじめに述べたような鋸歯だけについての普遍的な性質を論ずることは適切ではないように考えられるが、鋸歯条件の一つであるアサリは鋸身との関連性がきわめて密接であつて、鋸歯についての考察のみではその性能を充分把握しえないので、挽材能率試験を若干試みることにした。なお、この場合挽材の続行にともなう切味低下の状況と歯先状態の変化についても測定を行った。

供試鋸として直径 10 in、厚さ 18 BWG (実測平均 1.25 mm) の水平仕上げのみした円鋸 5 種 (ロックウエル C 硬度平均 50) を用いた。歯数は 2 枚、振分けアサリとしたが、それぞれの供試鋸の主要な差異点はアサリ条件である。歯型は Fig. 2 に例示したものと同様で、歯先の仕上げ研磨は油砥でいねいに行つた。

供試材としては、秋田スギの無欠点心材を用い、年輪幅を指標としてできるだけ材質の均質なものを選んだ。その平均含水率は 17%、平均年輪幅は 1.57 mm である。

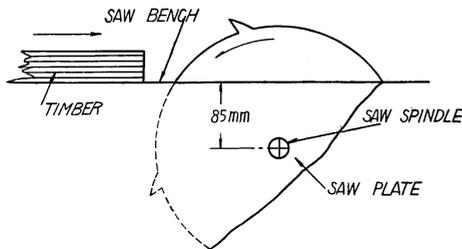


Fig. 4 挽材能率測定実験における鋸と昇降盤テーブルの関係

Position of saw teeth to timber when sawing by hand feed.

鋸軸の回転 3,225 RPM の円鋸昇降盤により、挽材長 300 mm、挽幅 30 mm の供試材を挽面が径目になるように縦挽きした。挽材は、挽材によつて生ずる挽板の厚さが約 5 mm になるように昇降盤用定規を使用し、挽曲りを生じない限度での最大の手送りとすることを基準として、すべて同一人により実施した。この場合の鋸と昇降盤テーブルの関係は Fig. 4 のとおりである。

挽材能率は、挽材ごとにストップウォッチで挽材所要時間 (送り時間) を測定し、切味が低下するま

での総平均値によつてあらわすことにした。後に詳述するように、挽材所要時間はほぼ一定範囲にあり、切味低下の現象は急に生ずるので、切味低下の時期を判断するのは容易であり、それまでの挽材所要時間の平均値から挽材能率を求めることは妥当であると考えられる。

## 3. 歯角条件と切味

筆者らは特定作業に対する適正歯型を求めめるため、実際の挽材試験を行つたことがあり<sup>17) 19) 21)</sup>、その他にも試験方法はそれぞれ異なるが、これに類する試験結果がかなりみられる<sup>5) 13) 14) 32)~34)</sup>。しかし、これらはいずれも歯型条件を主要条件とはするが、特定作業に対する鋸条件の総合試験結果であると考えられ、本邦産木材について、鋸歯の切味に対する歯角の影響を系統的に検討した結果はほとんどみられないので、歯角条件と鋸歯の切味についての一般的な関係を求めめるため、挽材所要動力測定による挽材試験を行つた。

## 3.1 実験条件

## 3.1.1 鋸条条件

供試鋸としては Table 1 の鋸種 A を用い、Table 2 に示すような歯角条件で3種類の挽材実験を行った。

実験 No. 3 の場合は歯角条件により異なる鋸を用いたが、No. 1 および 2 の場合はそれぞれ同一の鋸を用い、研磨により歯角条件を順次変化させることとした。

Table 2. 歯角条件 ( $\alpha$ :歯端角,  $\beta$ :歯喉角,  $\gamma$ :歯背角)  
Tooth angle for the test.  
( $\alpha$ : Sharpness angle,  $\beta$ : Hook angle,  $\gamma$ : Clearance angle)

実験 No. Test No.	歯角 Tooth angle (in degrees)	挽材 No. Sawing No.								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	$\alpha$	70	60	50	40	30	—	—	—	—
	$\beta$	0	10	20	30	40	—	—	—	—
	$\gamma$	constant (20)							—	
2	$\alpha$	70	60	50	40	30	20	—	—	—
	$\beta$	constant (20)							—	
	$\gamma$	0	10	20	30	40	50	—	—	
3	$\alpha$	constant (50)								
	$\beta$	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	
	$\gamma$	0	10	20	30	40	50	60	70	

## 3.1.2 挽材方法

Table 3 に示す供試材を

用いた。

材の送り速度はすべて 3.87 m/min とし (鋸歯の平均切込深さは約 0.26 mm となる), 挽材により生ずる挽板の厚さは 1.70 mm になるようにした。なお, 挽材により鋸歯に樹脂が付着した場合はそのつどこれを除去するように注意した。

Table 3. 歯角についての実験の供試材  
Material for the test on tooth angle.

供試材 Material	平均年輪幅 Average width of annual rings (mm)	含水率 Moisture content (%)	挽幅 Depth of timber cut (mm)
スギ SUGI ( <i>Cryptomeria japonica</i> )	1.49	17	30.0
アカマツ AKAMATU ( <i>Pinus densiflora</i> )	1.82	17	30.0
ブナ BUNA ( <i>Fagus crenata</i> )	1.25	19	20.0*
ナラ NARA ( <i>Quercus crispula</i> )	1.32	17	15.5

\*: 実験 No. 3 の場合のみ 25 mm とした。  
25 mm at test No. 3.

## 3.2 実験結果

歯角条件と挽材所要動力の関係は Fig. 5, 6 および 7 のとおりで, これらの結果から次のことがわか

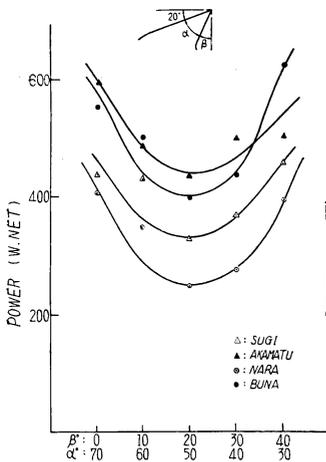


Fig. 5 歯背角一定(20°)の場合の歯角と挽材所要動力の関係

Relation of tooth angle to power required by a saw employed at constant clearance angle of 20°.

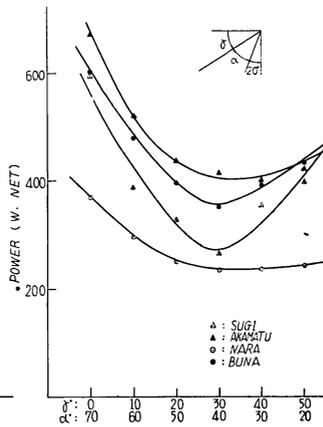


Fig. 6 歯喉角一定(20°)の場合の歯角と挽材所要動力の関係

Relation of tooth angle to power required by a saw employed at constant hook angle of 20°.

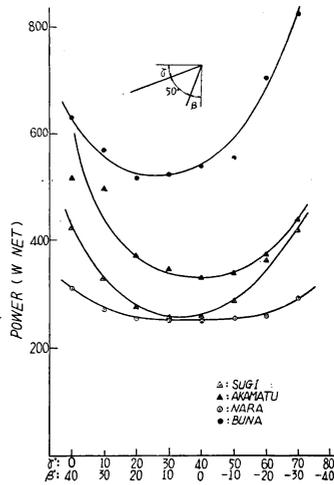


Fig. 7 歯端角一定(50°)の場合の歯角と挽材所要動力の関係

Relation of tooth angle to power required by a saw employed at constant sharpness angle of 50°.

る。

(1) 歯背角一定(20°)のとき、いずれの樹種も歯喉角20°前後(したがって、歯端角は50°前後)で挽材所要動力は最低である。

(2) 歯喉角一定(20°)のとき、樹種により多少異なるが、歯背角30°~40°(したがって、歯端角40°~30°)で挽材所要動力は低い。

(3) 歯端角一定(50°)のとき、樹種によりかなり異なるが、歯背角20°~40°(したがって、歯喉角20°~0°)で挽材所要動力は低い。

(4) アカマツおよびナラはスギおよびブナに比べ、やや大きな歯背角のとき、挽材所要動力の最低値がえられる。

### 3.3 実験結果の考察

互に相関連する鋸歯角の3要素のすべての組合せについて試験することは、実験技術的に不可能に近いし、実際的にはあまり意味がないので、代表的な木材について3種の実験を行つて歯角条件と切味との関係について考察しようとしたわけであるが、この実験は鋸歯の強度、鋸屑排出作用、摩耗性などの因子の影響を除きうるようにして行つたものであるから、これらの結果をただちに実際の挽材に適用することはできない。しかし、狭義の鋸歯のみに注目するとき、一つの歯角要素が一定であれば、ほかの2要素の組合せの変化により切味は変化し、挽材所要動力は一つの最小値を有する曲線としてえられることは一般的傾向のようである。とくに歯背角の影響は注目すべきで、従来一般に、切味決定の第一要因は歯喉角であると考えられていたようであるが、鋸歯の切味はすべての歯角要素の関連において考えられねばならないと思われる。

アカマツおよびナラが、ほかの2樹種に比べ、歯背角の大きいとき切味がよいのは、実験中にもみられたように、歯先部に樹脂状の付着物が生ずるためと考えられ、このことはほかの同様な挽材加工性をもつ樹種にもあてはまるであろう<sup>19)</sup>。

前述したように、この実験結果は、鋸歯の切味という性能に対する歯角条件の直接的な影響のみを求めようとしたものであるから、実際の挽材作用にこの実験結果を適用するには、鋸歯のつよさ、寿命などの性能もあわせ考えられねばならない。

#### 4. アサリ条件と切味

アサリは鋸歯の先をひろげて、鋸身面に対して逃げをとり、歯先部の側面切削を円滑に行わせると同時に鋸身と挽材面の摩擦を避けさせることにより挽材を能率的に行うことを目的とするものである。したがって、アサリ条件と切味の関係を求めるには、アサリ条件であるアサリの出とアサリの逃げ角を明確にして実験を行うとともに、すでに述べたように、鋸歯のみでなく、鋸身との関連において考察することが必要であると考えられる。

アサリに関しての既往の研究結果<sup>14) 20)</sup>も、このような観点からいえば普遍性に乏しいと考えられるので、筆者らはアサリ条件を明確にして挽材所要動力測定による挽材試験（実験Ⅰ）および挽材能率測定による挽材試験（実験Ⅱ）を行い、鋸歯のアサリと切味との関係を明らかにしようとした。

Table 4. アサリについての実験Ⅰにおける鋸歯条件  
Specifications of saw teeth for Test No. I on setting.

鋸 No. Saw No.	目打ち台 の角度 Angle of setting anvil (degrees)	鋸歯 No. Saw tooth No.	歯端角 Sharpness angle (degrees)	アサリの 逃げ角 Side clearance angle (degrees)	供試アサリの出 Setting dimension for test (mm)						
					1	2	3	4	5	6	7
I	10	1	47.0	6.5	0.44	0.41	0.37	0.31	0.21	0.10	—
		2	48.0	7.5	0.42	0.39	0.35	0.31	0.20	0.11	—
II	15	1	47.0	10.0	0.81	0.69	0.55	0.40	0.29	0.19	0.10
		2	49.0	11.0	0.82	0.70	0.56	0.41	0.31	0.18	0.10
III	18	1	47.5	13.5	0.86	0.71	0.55	0.39	0.27	0.20	0.10
		2	48.0	14.0	0.83	0.71	0.54	0.38	0.28	0.21	0.09
IV	25	1	48.0	17.0	0.89	0.77	0.62	0.47	0.26	0.18	0.08
		2	48.0	17.0	0.88	0.75	0.63	0.45	0.27	0.18	0.09
V	35	1	50.0	20.0	0.63	0.51	0.35	0.31	0.19	0.09	—
		2	49.0	19.0	0.61	0.51	0.35	0.30	0.17	0.07	—
VI	35	1	47.0	26.0	0.82	0.72	0.55	0.35	0.25	0.10	—
		2	46.0	26.0	0.81	0.71	0.54	0.33	0.24	0.10	—

注 1) 歯喉角=10° 2) アサリの逃げ角は歯喉側で測定。

Note. 1) Angle of hook=10° 2) Side clearance angle is at the front of tooth.

なお、製材用鋸歯のアサリとしては、撥型アサリと振分けアサリがあり、アサリ出し方法およびアサリ歯の形態は異なるが、その挽材における機能は同様で、主要なアサリ条件であるアサリの出およびアサリの逃げ角と鋸歯の切味の定性的な関係はまったく同様であると考えられるので、この実験の場合は、振分けアサリ歯についての挽材試験のみを行った。

4.1 実験 I

4.1.1 実験条件

供試鋸としては、Table 1 の鋸種 B を用い、Table 4 に示すように、投影検査器により歯喉側から測定したアサリ of 逃げ角が異なる 6 種の鋸でアサリの出を変化させて挽材試験を行った。

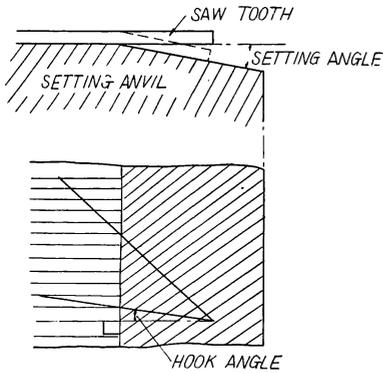


Fig. 8 目打ち方法  
Setting method.

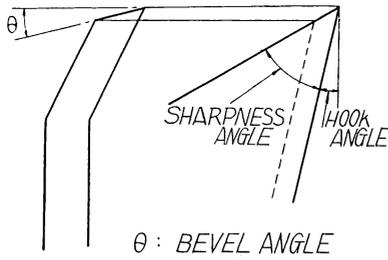


Fig. 9 研ぎ角  
Bevel angle.

アサリ出しは Table 4 に示す目打ち合を用い、歯先部分がつぶれるのを防ぐため、ハンマーで打つ歯先部分に厚鉄板を当てがいながら、Fig. 8 のように目打ちした。もちろん、振分けアサリであるから、2 枚の歯は反対方向に曲げられているわけである。アサリの出は、歯先を順次研磨することにより変化させ、仕上げ研磨を油砥で行い、マイクロメーターでその寸度を測定した。

供試材としては、含水率 17% のスギ (平均年輪幅 1.89 mm) およびナラ (平均年輪幅 1.28 mm) を用い、材の送り速度はそれぞれ 3.87 m/min および 2.11 m/min とした。挽幅はいずれも 30 mm とし、挽材によつて生ずる挽板の厚さは常に 3.0 mm になるようにアサリの出によつて歩出しをかげんした。

振分けアサリの場合、側面切削を軽快にするため、Fig. 9 に示すように歯先の研磨によりアサリの切尖を鋭利にすることがある。上述の実験条件では Fig. 9 の研ぎ角 ( $\theta$ ) をすべて  $0^\circ$  としたのであるが、この角の切味に対する影響についても若干の挽材試験を試みた。この実験はアサリの逃げ角  $20^\circ$ 、アサリの出 0.98 mm の鋸歯を用い、ほかの条件は上

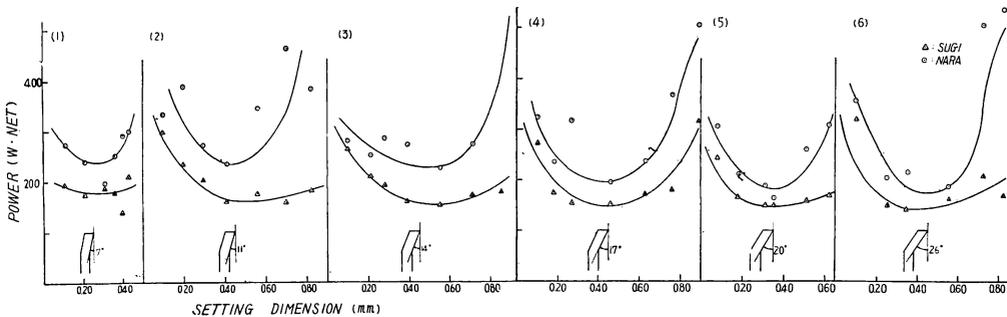


Fig. 10 アサリ条件と挽材所要動力の関係  
Relation of setting conditions to power required by a saw.

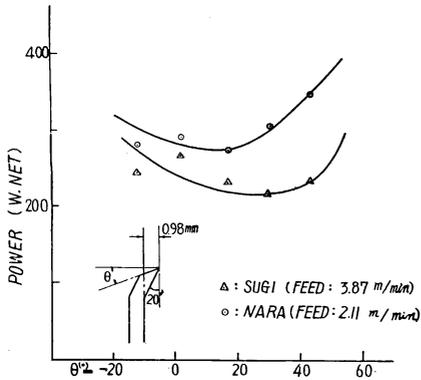


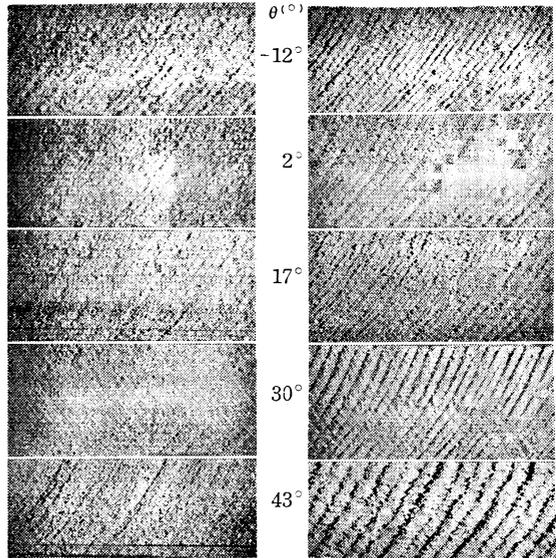
Fig. 11 研ぎ角 (θ) と挽材所要動力の関係  
Relation of bevel angle (θ) to power required by a saw.

述の実験条件とまったく同一とし、歯喉側の研磨により研ぎ角のみ順次変化させて行った。

4. 1. 2 実験結果

アサリの逃げ角およびアサリの出と挽材所要動力の関係は Fig. 10 (1)~(6), 研ぎ角と挽材所要動力の関係は Fig. 11 に示すとおりである。なお、研ぎ角の変化と挽肌の関係は、Phot. 2 に示される。これらの結果から次のことがわかる。

- (1) アサリの出が過小でも過大でも挽材所要動力は大きく、スギ、ナラともに、だいたい0.3~0.5mmのとき、挽材所要動力は小さい。
- (2) アサリの逃げ角が大きいほど最低の挽材所要動力は漸減するようであるが、挽肌は観念的にも考えられるようにならなくなった。



Phot. 2 研ぎ角 (θ) と挽肌 (Fig. 11 参照)  
Effect of bevel angle (θ) on the sawed surface (see Fig. 11).

Table 5. アサリについての実験 II における鋸歯条件  
Specifications of saw teeth for Test No. II on setting.

鋸 No. Saw No.	I		II		III		IV		V	
鋸 歯 No. Saw tooth No.	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
歯 端 角 Sharpness angle (degrees)	58	50	50	50	51	50	56	53	47	48
歯 喉 角 Angle of hook (degrees)	14	13	13	13	15	15	10	9	14	15
アサリの逃げ角 Side clearance angle (degrees)	23	17	13	15	12	8	7	7	4	5
アサリの出 Setting dimension (mm)	0.82	0.69	0.32	0.36	0.21	0.18	0.17	0.17	0.12	0.14

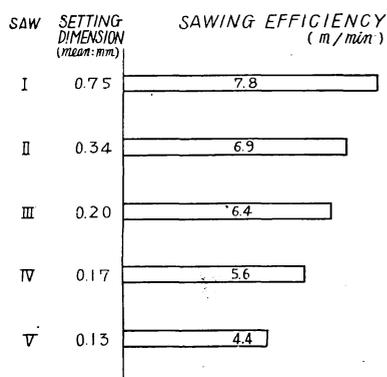
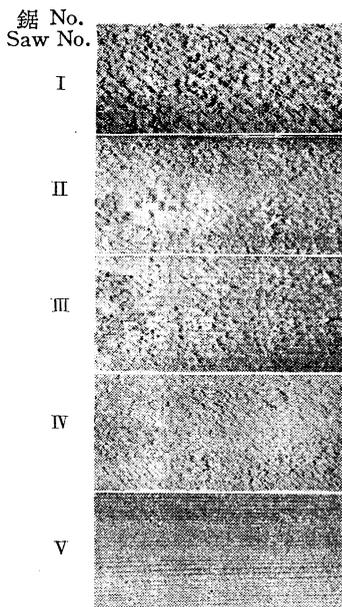


Fig. 12 アサリ条件と挽材能率の関係

Effect of set on sawing efficiency.



Phot. 3 アサリ条件と挽肌 (Table 5 および Fig. 12 参照) Effect of setting conditions on the sawed surface. (see Table 5 and Fig. 12)

(3) この実験の範囲では、アサリ条件と切味の関係についての傾向は、樹種による差異はないようである。

(4) 研ぎ角を 0° 以上にする事は、挽材の抵抗を軽減するものと考えられるが、過大であるとかえつて挽材所要動力は増す。

(5) 最低の挽材所要動力を示す研ぎ角は、樹種によつて異なり、スギの場合 20°~30°、ナラの場合 5°~15° であつた。

(6) 研ぎ角と挽肌の関係は、挽材所要動力が低い場合に挽肌良好である。

#### 4.2 実験 II

##### 4.2.1 実験条件

2.2 において述べたように、鋸厚 18 BWG の円鋸 5 種を用い、挽材能率測定による挽材試験を実施した。その鋸歯条件は Table 5 に示すとおりである。

アサリ出し方法は実験 I の場合と同様であるが、一般のアサリ出し方法<sup>20)</sup>にならつて、歯端からだいたい一定の距離のところから折り曲げることにしたので、アサリの出は目打ち台の角度を変えることによつて変化させた。したがつて、Table 5 に示すように、アサリの出の大きさによつてアサリの逃げ角が異なつてゐるわけである。

##### 4.2.2 実験結果

アサリ条件と挽材能率(平均送り速度)の関係は Fig. 12 に示すとおりである。なお、アサリ条件と挽肌の関係は Phot. 3 に示される。これらの結果から次のことがわかる。

- (1) 実験の範囲では、アサリの大きいほど挽材能率はよい。
- (2) アサリの小さいほど挽肌はよい。

#### 4.3 実験 I および II の結果についての考察

(1) アサリの出が過小なときは鋸と挽材面との摩擦抵抗が増大し、過大なときは歯先の挽材仕事量が增大するため、ともに挽材所要動力が大きくなるものと考えられる。

(2) 実験の範囲では、アサリの逃げ角(歯喉側における)が大きいほど側面切削の抵抗が小さくなるようで、このような傾向は撥型アサリ歯についての実験結果<sup>41)</sup>においても同様である。しかし、鋸の材質の点からも逃げ角のとりうる範囲はおのずから限定されるし、さらに、挽肌や後述する鋸歯の寿命の点をも考慮して適当なアサリの逃げ角の大きさは決定されなければならない。

(3) 材の最大送り速度は鋸の挫屈限度に規制され、鋸の挫屈は、鋸歯の受ける切削抵抗と挽材によつて鋸に生ずる熱によつて起ると考えられる。さらに、この熱は、歯先の切削により生ずるものと鋸身の挽

材面との摩擦により生ずるものにとわけられる。実験 I においては、鋸の挫屈限度にかなり遠いと思われる程度の挽材条件としたので、えられた挽材所要動力測定値は鋸歯の受ける切削抵抗と鋸身の摩擦抵抗の影響のみを示すものと考えられるが、実験 II における挽材能率測定値は、鋸の挫屈要素の総合的な影響を示すものとみるべきである。アサリの出が大きくなると歯先のなす仕事量は大きくなるから、鋸歯の受ける切削抵抗と歯先に発生する切削熱は大きくなるが、鋸身と挽材面の摩擦は軽減されると考えられ、実験 II においては、アサリが大きいほど挽材能率がよいから、この場合鋸の挫屈に対する材の送り限度を差異づける最大要素は鋸身と挽材面の摩擦であつたと想像される。もちろん、切削抵抗や切削熱は挽材条件により異なるし、鋸の挫屈限界も鋸厚、鋸速度、鋸身仕上げ法などにより異なるわけであるから、アサリの挽材能率におよぼす影響は簡単には断定できないし、実際の挽材においては、挽材能率のみでなく、挽材所要動力、挽肌あかさ、挽減りなども考慮すべきである。実験 I および II の結果とこれらの点を考え合わせると、一般に、アサリの出は  $0.3\sim 0.5\text{ mm}$  のとき、挽材に対して良好な影響を示すと推察される。

(4) 研ぎ角は過小であると側面切削の抵抗が大きくなり、過大であるとアサリの切先の強度が低下するため、いずれも挽材所要動力が大きくなるものと考えられる。したがって、軟材と硬材ではその切削抵抗の値が異なるから、最低の挽材所要動力を示す研ぎ角の大きさは異なり、挽肌は円滑な挽材を行いうる場合に良好となるようである。

## 5. 木材の含水率の影響

鋸歯の切味についての既述の挽材試験では供試材として気乾材のみを取り扱つたが、木材の被削材としての性質としては、含水率の影響はきわめて重要であるとともに、実際の挽材作業においても相当関係が深いものである。含水率の挽材におよぼす影響については、すでに実際的な挽材作業による試験結果<sup>2) 13)</sup> や比較的低含水率のものについての実験結果<sup>9) 9)</sup> があるが、いずれも特定作業についてのもので、普遍性に乏しいと考えられるので、若干の挽材試験を実施し、含水率と挽材所要動力の関係を求めた。

### 5.1 実験条件

供試鋸としては Table 1. の鋸種 B を用い、Table 6. に示すような鋸歯条件の 2 種の鋸で挽材試験を行つた。

Table 6. 含水率の影響についての実験における鋸歯条件  
Specifications of saw teeth for the test on the effect of moisture content.

鋸 No. Saw No.	アサリの出 Setting dimension (mm)	歯端角 Sharpness angle (degrees)	歯喉角 Angle of hook (degrees)	目打ち台の角度 Angle of setting anvil (degrees)
I	0.40	50°	10°	15°
II	0.60			

供試材としては、スギ(平均年輪幅  $1.49\text{ mm}$ )、アカマツ(平均年輪幅  $1.82\text{ mm}$ ) およびナラ(平均年輪幅  $1.32\text{ mm}$ ) を用い、送り速度は前 2 者の場合  $5.00\text{ m/min}$ 、後者の場合  $2.11\text{ m/min}$  とした。挽幅はすべて  $30\text{ mm}$  とし、挽材によつて生ずる挽板の厚さは常に  $2.5\text{ mm}$  となるようにした。

気乾以下の含水率の材は電気乾燥器により、気乾以上の含水率の材は水槽に浸漬することによりえたも

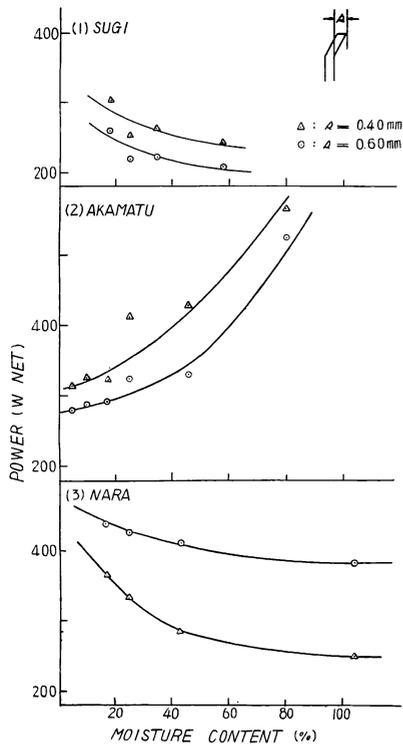


Fig. 13 木材の含水率と挽材所要動力の関係  
Relation of moisture content in wood to power required by a saw.

ので、含水率の値は実験直後の挽板について測定した平均含水率である。

### 5.2 実験結果および考察

材の含水率と挽材所要動力の関係は Fig. 13 (1)~(3) に示すとおりであるが、ナラの場合は、含水率 10% 前後以下では発熱がはなはだしく挽材できなかった。これらの実験結果から次のことが考えられる。

(1) スギおよびナラの場合、含水率の増大にともない挽材所要動力は低下し、実験の範囲では繊維飽和点以上でもこの傾向は続くようである。なお、この場合、鋸面と挽材面の間に鋸屑は付着しなかった。

(2) アカマツの場合、含水率の増大にともない挽材所要動力も上昇し、実験範囲では繊維飽和点以上でもこの傾向はつづいた。これは、含水率の増加にともない挽材面に付着する鋸屑が多くなり、鋸面との摩擦がはなはだしくなるためのようで、この傾向は樹脂の多い木材にあらわれる現象のように考えられる。なお、鋸屑の付着はアサリの大きさに関係があると考えられる<sup>3)</sup>ので、供試鋸のほかにアサリの出 0.20 mm の鋸による挽材も試みたが、含水率 25% 以上では発熱がはなはだしく、挽材できなかった。

(3) 供試アサリの範囲では、含水率に関係なく、スギおよびアカマツではアサリの大きい鋸歯の挽材抵抗が小さく、

ナラではその逆であった。これは、一般に、硬材に対しては軟材よりアサリを小さくするのが適当であるといわれている<sup>20)</sup>のと同じく考えられる。

## 6. 鋸歯の切込深さの影響

鋸および被削材の条件が一定の場合、鋸歯の切削性に影響する基本的な因子は材の送り速度および鋸速度であつて、これらは鋸歯の切削仕事量をあらわす切込深さを決定する要因となる。すなわち、鋸歯の切込深さの大きさは鋸歯の歯距および材の送り速度に比例し、鋸速度に反比例するから、歯距が一定(円鋸においては、さらに鋸径および切削位置も一定)の場合、鋸歯の切込深さは送り速度および鋸速度により決定される。切込深さの大きさが鋸歯の切削性に大きな影響をおよぼすことは、これらに関する既往の実験結果<sup>1) 5) 14) 15) 16) 26) 31) 34)</sup>からも明らかであるが、これらの2要因が単に切込深さの大きさを決定するのみであるのか、あるいは切込深さが一定であつても、これを決定する条件が異なれば、鋸歯の切削性に差異を生ずるものかは明確でない。

筆者らは材の送り速度および鋸速度に関連する鋸歯の切込深さと切削性の関係について検討を加えるため、挽材所要動力測定による挽材試験を行った。

## 6.1 実験 I—送り速度の影響

## 6.1.1 実験条件

供試鋸としては、Table 1 の鋸種 B を用い、Table 7 に示すような鋸歯条件の 3 種の鋸で挽材実験を行った。なお、アサリ出しは、目打ち合角度  $15^\circ$  のものを用い、普通の方法で実施した。

Table 7. 送り速度の影響についての実験 I における鋸歯条件  
Specifications of saw teeth for Test No. I on feeding speed.

鋸 No. Saw No.	アサリの出 Setting dimension (mm)	歯端角 Sharpness angle	歯喉角 Angle of hook
I	0.25	$50^\circ$	$10^\circ$
II	0.44		
III	0.63		

供試材としては含水率 17% のスギ (平均年輪幅  $1.31\text{mm}$ ) およびナラ (平均年輪幅  $1.32\text{mm}$ ) を用い、挽幅はそれぞれ  $30\text{mm}$  および  $15\text{mm}$  とし、挽材によつて生ずる挽板の厚さは常に  $3.0\text{mm}$  になるように、アサリの出によつて歩出しをかげんした。

送り速度は、送り装置の電動機および中間軸のプーリーを変えることにより、 $1.20\sim 5.00\text{m/min}$  の範囲で 6 段階

に変化させ、鋸速度は一定 ( $42.4\text{m/sec}$ ) にした。

## 6.1.2 実験結果および考察

材の送り速度と挽材所要動力の関係は Fig. 14 (1)~(3) に示すとおりで、これらの結果から次のことがわかる。

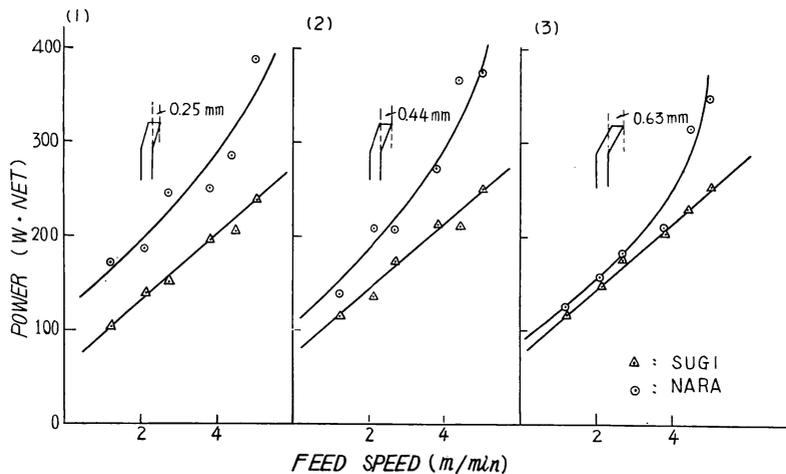


Fig. 14 送り速度と挽材所要動力の関係 (実験 I)

Relation of feed speed to power required by a 16 BWG saw. (Test No. 1)

(1) 挽材所要動力は送り速度に比例して、ほぼ直線的に増大し、この直線を延長すると 0 点をとおらない。これは Endersby も推定しているように、挽材所要動力は 0 点にごく近い送り速度で急増するものと想像される。

(2) ナラでは送り速度が増大すると、所要動力の増加率が増す傾向にある。この現象は一般的に鋸歯が overload になったときに起る現象と考えられ、このような状態になると、鋸歯の強度的因子が考慮され

ねばならないであろう。したがって、鋸齒の強度的因子の影響を無視しうる場合は、送り速度およびそれに比例して決定される鋸齒の切込深さと挽材所要動力（挽材抵抗）の関係はまったく直線的であると解してよいであろう。

(3) 挽肌は観念的にも考えられるように、送り速度の増大とともに悪くなり、とくに上述の overload の状態の場合に顕著に不良であつた。

## 6.2 実験 II—送り速度および鋸速度の影響

### 6.2.1 実験条件

上述の実験 I においてみられた overload の現象をなくするため、厚い鋸で挽材実験を行つた。すなわち、Table 1 の鋸種 A を4枚（各樹種につき1枚）用い、齒角は、齒端角 50°、齒喉角 20° とし、一つの鋸速度条件の挽材実験が終るごとに油砥研磨をくりかえした。

供試材としては Table 8 に示す4樹種の気乾状態の心材を用いた。

Table 8. 切込深さについての実験 II の供試材  
Materials for Test No. II on tooth bite.

供試材 Material	平均年輪幅 Average width of annual rings (mm)	挽幅 Depth of timber cut (mm)
スギ SUGI ( <i>Cryptomeria japonica</i> )	1.82	28.0
アカマツ AKAMATU ( <i>Pinus densiflora</i> )	1.73	29.0
ブナ BUNA ( <i>Fagus crenata</i> )	2.28	22.5
ナラ NARA ( <i>Quercus crispula</i> )	1.23	20.5

材の送り速度は 2.04~6.25 m/min の範囲で 8段階に、鋸速度は 15.54~55.89 m/sec（空転時の実測値）の範囲で5段階に変化させ、挽材によつて生ずる挽板の厚さは 1.70 mm になるようにした。

この実験の場合は、鋸速度を変化させたので、挽材所要動力で鋸齒の切味（挽材抵抗）を比較することはできない。鋸齒の切味を示す値としては、2.1.1 で述べたように、挽材所要動力測定値から鋸齒の主切削力を算出した。

### 6.2.2 実験結果および考察

各鋸速度について求めた送り速度と切削力および挽材所要動力との関係は Fig. 15 (1)~(4)、さらにこれらの結果から求めた鋸齒の切込深さと切削力および挽材所要動力との関係は Fig. 16 (1)~(4) に示すとおりである。

(1) Fig. 15 から、各鋸速度における送り速度と切削力および挽材所要動力の関係は、実験 I の場合と同様に、直線的であるが、同一送り速度では、鋸速度が大きいほど切削力は小で、挽材所要動力は大となることがわかる。

(2) Fig. 16 の切削力と切込深さの関係は、同一鋸速度の場合、送りによつて決定される切込深さと切削力との関係がまったく直線的であることを示しているばかりでなく、鋸速度が異なる場合でも、切込深さに対する切削力の値はほぼ同じ関係直線上にあることを示しており、この傾向はいずれの樹種の場合も同

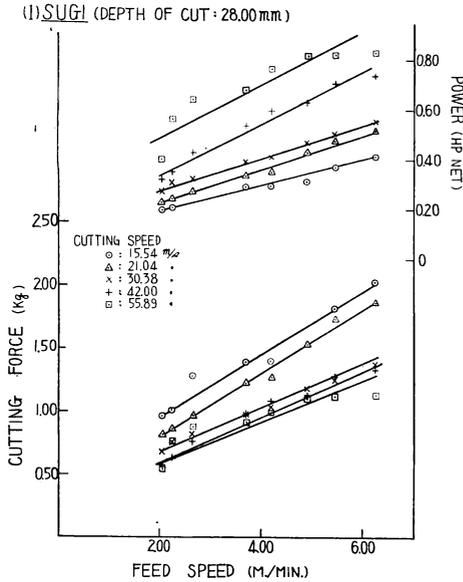


Fig. 15 (1) 送り速度と切削力および  
挽材所要動力の関係  
(実験II—供試材スギの場合)

Relation of feed speed to cutting force  
and power required by a 11 BWG saw.  
(Test No. II—material, SUGI)

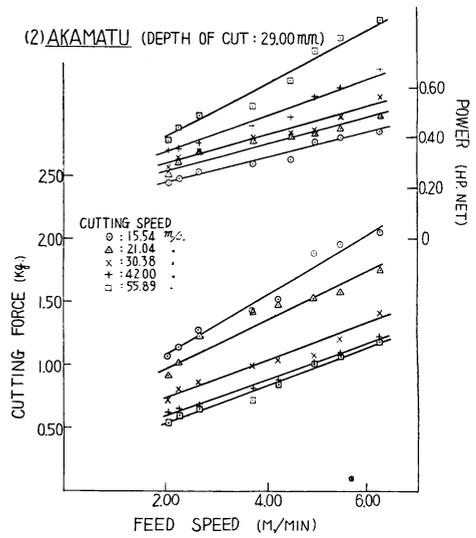


Fig. 15 (2) 送り速度と切削力および  
挽材所要動力の関係  
(実験II—供試材アカマツの場合)

Relation of feed speed to cutting force  
and power required by a 11 BWG saw.  
(Test No. II—material, AKAMATU)

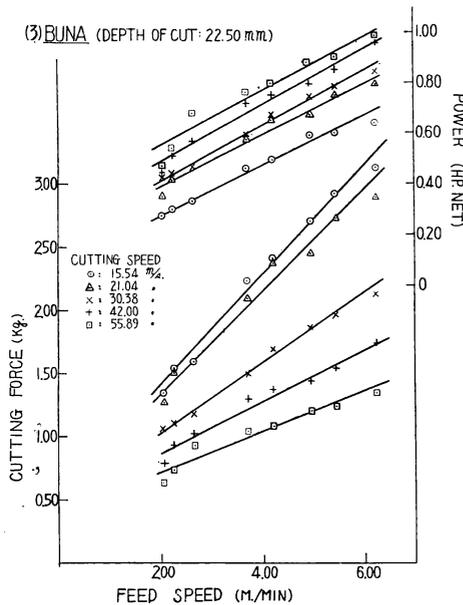


Fig. 15 (3) 送り速度と切削力および  
挽材所要動力の関係  
(実験II—供試材ブナの場合)

Relation of feed speed to cutting force  
and power required by a 11 BWG saw.  
(Test No. II—material, BUNA)

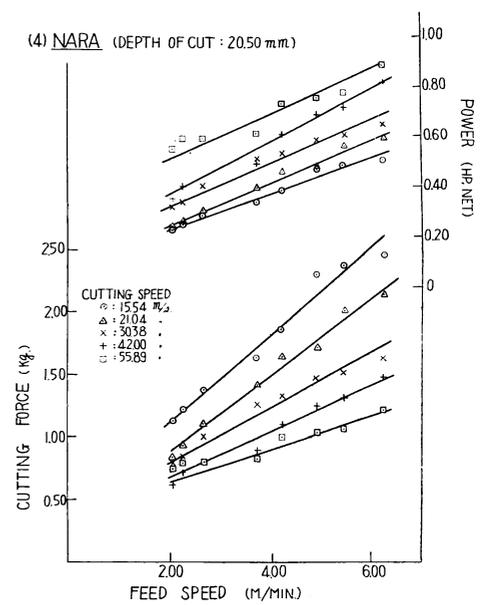


Fig. 15 (4) 送り速度と切削力および  
挽材所要動力の関係  
(実験II—供試材ナラの場合)

Relation of feed speed to cutting force  
and power required by a 11 BWG saw.  
(Test No. II—material, NARA)

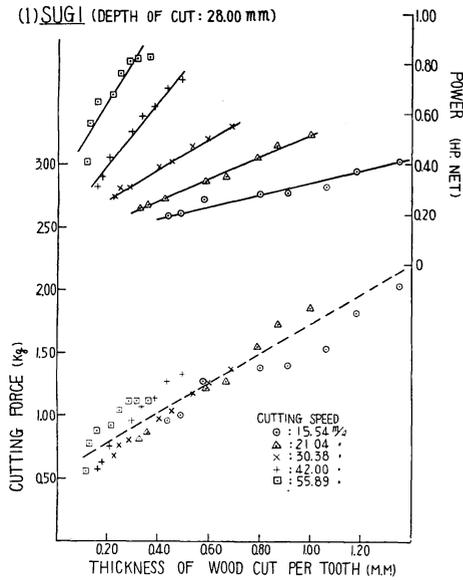


Fig. 16 (1) 鋸齒の切込深さと切削力および挽材所要動力の関係 (供試材スギの場合)

Relation of tooth bite to cutting force and power required by a saw (material, SUGI).

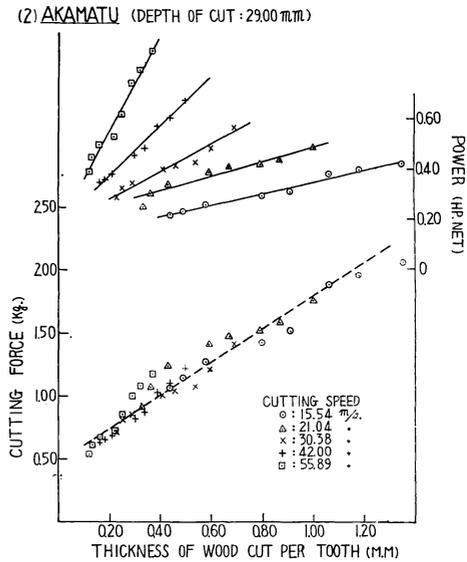


Fig. 16 (2) 鋸齒の切込深さと切削力および挽材所要動力の関係 (供試材アカマツの場合)

Relation of tooth bite to cutting force and power required by a saw (material, AKAMATU).

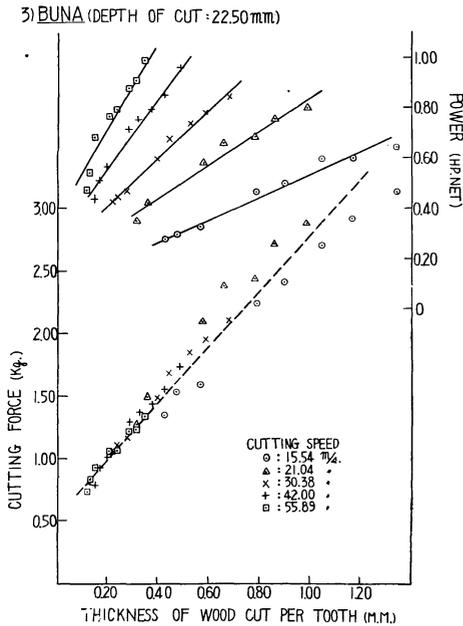


Fig. 16 (3) 鋸齒の切込深さと切削力および挽材所要動力の関係 (供試材ブナの場合)

Relation of tooth bite to cutting force and power required by a saw (material, BUNA).

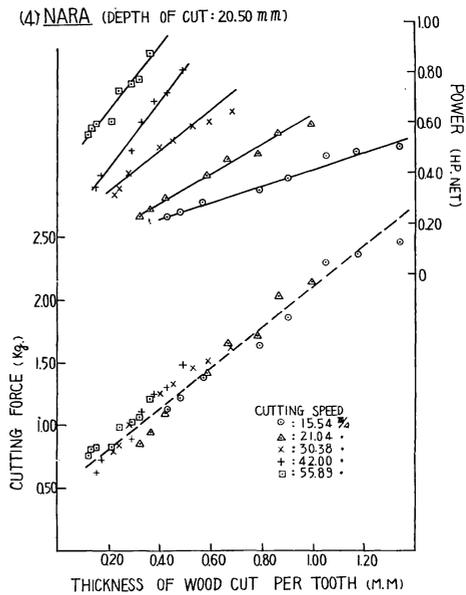


Fig. 16 (4) 鋸齒の切込深さと切削力および挽材所要動力の関係 (供試材ナラの場合)

Relation of tooth bite to cutting force and power required by a saw (material, NARA).

様である。このことは、鋸齒の切削力の値は鋸速度および送り速度に関係なく、切込深さの大きさに直線的に比例することを示すものである。すなわち、この実験条件の範囲では、切削力を直接規制するものは切込深さであつて、切込深さが一定であれば、これを決定する鋸速度および送り速度の条件が異なつても鋸齒の切削力には差異を生じないと考えられる。

(3) Fig. 16 の挽材所要動力は、送り速度との関係からも当然考えられるように、同一切込深さでは鋸速度が大きいほど大である。

(4) これらの傾向は、鋸の強度的因子を無視しうる場合のことであつて、実際には実験 I においてみられたように、切込深さの増大によつて overload の現象が起つたり、同一切込深さでも、それを決定する条件の差異により切削熱の発生状態が異なるものと想像される。これらは鋸齒のつよさおよび鋸身の問題に関連するが、少な

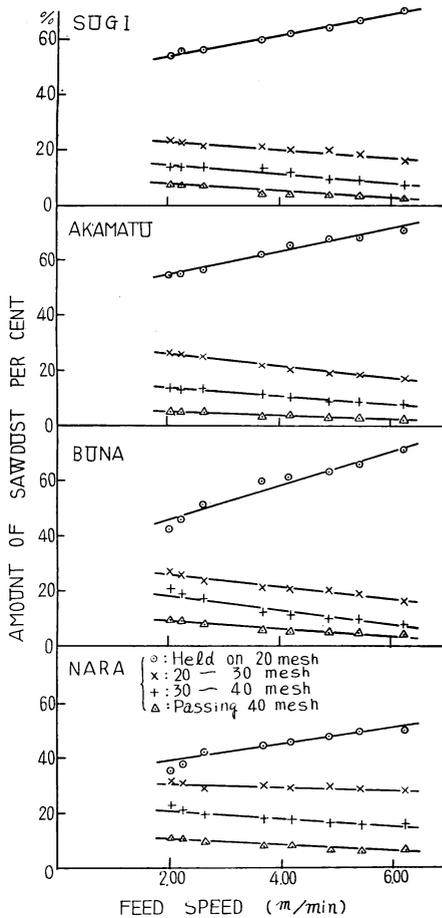


Fig. 17 送り速度と鋸屑組成の關係  
Relation of feed speed to composition of sawdust.

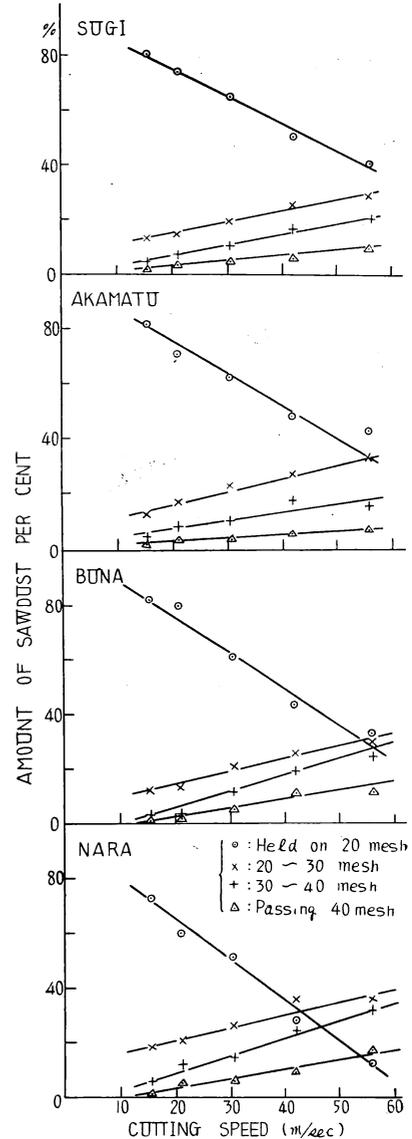


Fig. 18 鋸速度と鋸屑組成の關係  
Relation of cutting speed to composition of sawdust.

くとも、これらの問題を無視しうる場合には、上述の実験結果からえられた結論があてはまるものと考えられる。

(4) 上述の平均切込深さの計算は、実測送り速度と無負荷時の鋸速度から求めたもので、挽材による負荷を受ければ、電動機のスリップを増し、鋸速度は減少する。しかし、実験に用いた鋸軸駆動用2馬力電動機について行つた制動試験の結果によれば、実験における最大負荷時の回転数の減少は約3%程度で、あまり影響はないと考えられる。Fig. 15 および 16 にみられる測定値のばらつきは、むしろ実験機械および供試鋸の精度、供試材のさけがたい不均質性、消費動力測定上の誤差などにもとづくものと想像される。

### 6.3 実験 III—送り速度および鋸速度と鋸屑の関係

#### 6.3.1 実験方法

実験 II における挽材によつて生ずる鋸屑を調べ、鋸歯の切込深さと鋸屑大きさの相関関係を求めようとしたが、鋸屑は一定条件の挽材においても、種々の大きさのものの集合体であるから、これを篩別分析して鋸屑組成を求めることとした。すなわち、実験 II における各条件の挽材によつて生ずる鋸屑を全部採集し、20、30 および 40 mesh の3種の篩で4グループに篩別し、それぞれの重量を測定して鋸屑組成の重量%を求めた。各挽材条件別に求めたこの値を送り速度別および鋸速度別に平均し、これらの値を、送り速度あるいは鋸速度の変化にもとづき鋸歯の切込深さの大きさが変ることによつて示される平均的な鋸屑の性質をあらわすものと考えた。

#### 6.3.2 実験結果および考察

送り速度および鋸速度と挽材によつて生ずる鋸屑の重量組成%の関係は、それぞれ Fig. 17 および 18 に示すとおりで、樹種により多少傾向は異なるが、いずれも鋸屑篩別重量%は送り速度、あるいは鋸速度と直線的な関係にある。これは、送り速度あるいは鋸速度の変化による鋸屑生成状態の変化は、その切込深さの差異のみにもとづくもので、根本的な切削破壊機構の変化にもとづくものでないことを示すものと判断される。このことは、上に述べた鋸歯の切込深さと切削力の関係を裏づける一つの事実であると考えられる。なお、鋸屑篩別重量比の性質が樹種により多少異なるのは、各樹種の材質の差異にもとづいて切削破壊形態が多少異なるためと解される。

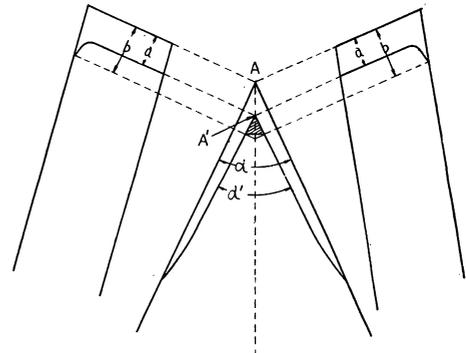
## 7. 鋸歯の切味の変化

挽材をつづけていると、鋸歯の切味は低下し、切味を更新するため歯先を研磨しなければならなくなる。この鋸歯の切味が変化し、挽材能率が低下するまでの挽材時間または挽材量は鋸歯の寿命という概念であらわされるが、鋸歯の寿命が実際の挽材作業においてきわめて重要な問題であることはいうまでもない。この問題の具体的な技術的目標は、鋸歯の切味という性能をできるだけ維持し、適当な方法で更新するための条件をみいだすことにあるが、そのためには鋸歯の切味変化の実態を明らかにすることが根本問題と考えられる。筆者らは、挽材による鋸歯切味の変化とそれにもなう鋸歯先状態の変化を観察するため、挽材能率測定による挽材試験を実施した。

### 7.1 実験方法

2.2 およびアサリと切味についての実験 II (4.2) において述べた実験条件で、明らかに切味(最大送り速度)が低下するまで挽材をつづけ、挽材ごとに(1回の挽材長 300 mm)挽材所要時間を測定する

とともに、20~100 回挽材するごとに鋸歯先の摩耗量を調べた。歯先摩耗量は、読取り顕微鏡により、Fig. 19 に示すように、歯先前縁の摩耗量  $a$  およびアサリ切先の摩耗量  $b$  を、各歯について、歯喉側および歯背側から測定した。なお、試験実施前および切味低下後の鋸歯先の profile を投影検査器で 120 倍に写しとり、歯先部の状態を観察した。



A: 挽材前の歯端 Original edge  
A': 挽材後の歯端 Dull edge

Fig. 19 挽材による鋸歯先の摩耗 Wearing of cutting edge by sawing.

## 7.2 実験結果

### (1) 挽材による切味の変化

各供試鋸 (Table 5) の挽材にともなう切味 (挽材所要時間) の変化は Fig. 20 のとおりである。

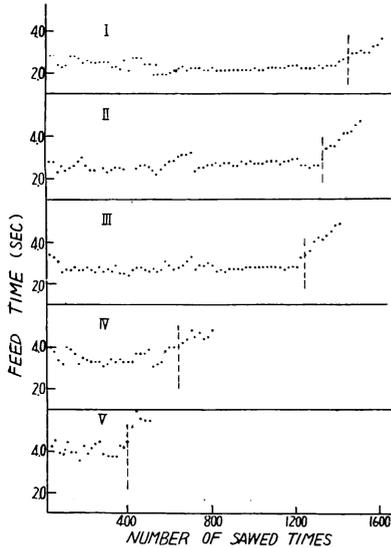


Fig. 20 挽材所要時間の変化  
Variation of feed time for ripping.

Fig. 20 における各点は 20 回の挽材の平均挽材所要時間、点線は明らかな切味の低下が始まった時期を示すもので、いずれの鋸の場合も、切味低下の現象は急に生じ、それまではだいたい挽材所要時間に変化がなく、切味低下が始まるまでの挽材量は、アサリの出が大きいほど大であった。

### (2) 挽材による歯先摩耗量の変化

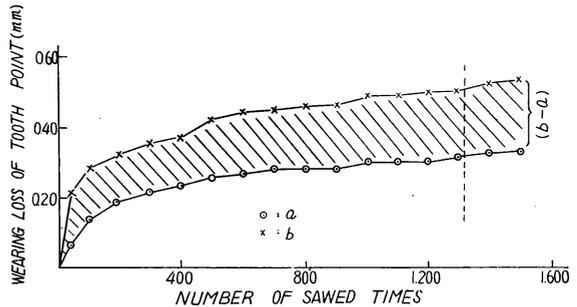


Fig. 21 挽材にともなう歯先摩耗量の変化  
Relation of number of sawed times to wear of cutting edge.

Fig. 21 は挽材にともなう歯先摩耗量の変化を示す一例で、点線は明らかに切味低下が始まった時期を示すものである。同様にして、供試鋸歯の歯喉側および歯背側について求めた結果は、いずれも Fig. 21 と同様な傾向を示し、Fig. 21 でもみられるように、歯先は挽材のはじめに急激に摩耗し、その後摩耗量は漸増する。図において斜線で示される摩耗幅  $(b-a)$  はアサリ切先の丸味を示すものと考えられるが、この値も挽材とともに漸増する。

### (3) 切味低下後の歯先摩耗状態

切味低下後に測定した歯先の摩耗量は Table 9 のとおりで、 $a$  の値を歯背側と歯喉側について比較すると、だいたい等しく、歯端は摩耗にともなうて歯端角のほぼ二等分線上を移動するものと考えられ、また、 $(b-a)$  の値はどの鋸歯においても大差なく、 $0.20\text{ mm}$  前後であることがわかる。さらに、切味低下

後の歯端角およびアサリの出を挽材前のそれらと比較すると、Table 10 のとおりで、歯端角には挽材に影響すると思われるほどの変化はなく、アサリの出はその大きさが大きいほど摩耗減少量が大きであった。なお、歯端角は、歯端より約 1mm までの部分について、投影検査器で拡大測定したものである。

Table 9. 切味低下後の鋸歯先の摩耗量  
Wearing loss of tooth point to dull the edge of saw tooth.

鋸 No. Saw No.	鋸歯 No. Saw tooth No.	歯背側での測定値 Measured at back of saw tooth (mm)			歯喉側での測定値 Measured at front of saw tooth (mm)		
		a	b	(b-a)	a	b	(b-a)
I	1	0.38	0.57	0.19	0.37	0.56	0.19
	2	0.36	0.58	0.22	0.38	0.58	0.20
II	1	0.37	0.60	0.23	0.29	0.46	0.17
	2	0.26	0.47	0.21	0.30	0.47	0.17
III	1	0.27	0.44	0.17	0.26	0.43	0.17
	2	0.26	0.46	0.20	0.28	0.48	0.20
IV	1	0.23	0.43	0.20	0.24	0.44	0.20
	2	0.31	0.53	0.22	0.31	0.52	0.21
V	1	0.27	0.50	0.23	0.26	0.44	0.18
	2	0.28	0.48	0.20	0.32	0.50	0.18

Table 10. 挽材前と切味低下後の鋸歯先形態の比較  
Comparison of saw tooth dimensions between original and dull edge.

鋸 No. Saw No.	鋸歯 No. Saw tooth No.	アサリの逃げ角 Side clearance angle (degrees)	挽材前の歯 Original edge		切味低下後の歯 Dull edge	
			歯端角 Sharpness angle $\alpha$ (degrees)	アサリの出 Setting dimension (mm)	歯端角 Sharpness angle $\alpha'$ (degrees)	アサリの出 Setting dimension (mm)
I	1	23	58	0.82	57	0.58
	2	17	50	0.69	49	0.51
II	1	13	50	0.32	49	0.21
	2	15	50	0.36	48	0.23
III	1	12	51	0.21	50	0.12
	2	8	50	0.18	48	0.11
IV	1	7	56	0.17	59	0.12
	2	7	53	0.17	57	0.11
V	1	4	47	0.12	50	0.09
	2	5	48	0.14	51	0.10

### 7.3 実験結果の考察

(1) すでに述べたように、この挽材試験の場合は、鋸の挫屈限度が切味(材の送り速度)を決定するもので、鋸の挫屈は、鋸歯の受ける切削抵抗と歯先の切削および鋸身と材の摩擦によつて生ずる熱とが原因になると考えられる。切味が急変するまではほぼ一定の挽材速度を保ちうるのは、歯先の摩耗がある範囲まで進んでも、上述の挫屈原因にあまり影響しないことを示すもので、鋸歯の profile が常にはじめと類似した形状を維持していることから考えて、切味低下の原因はアサリ条件の摩耗変化にあると推察される。

(2) アサリ条件の変化は、アサリの出の減少とアサリ切尖の摩耗幅( $b-a$ )の増大により示されるが、切味低下後におけるアサリの出の減少割合に比べ、切味低下の程度がはなはだしすぎることもおよび摩耗幅がほぼ一定値になつたとき、切味が低下していることから、切味低下の主要原因はアサリ切尖の摩耗幅の増大にあると考察される。すなわち、摩耗幅がほぼ一定値に達したとき、アサリ切尖の受ける側面切削の抵抗とそれともなつて生ずる熱は急増し、送り速度を減じなければ、挽曲りを生ずるに至るものと考えられる。

(3) 切味低下を生ずる原因と考えられる一定摩耗幅に達する遅速の差は、アサリの逃げ角の大きさによると考えられ、この遅速は、鋸歯1枚の切味低下するまでの切削長(挽材長でなく、鋸歯1枚が切味低下するまで材を切削した総走行距離)で比較するのが妥当であろう。すなわち、前述した一定摩耗幅に達するまでの歯先の切削長が鋸歯の寿命をあらわすものとして、供試鋸歯のアサリの逃げ角と寿命の関係を求めると、Fig. 22 のとおりで、鋸歯の寿命の点からいえば、アサリの逃げ角(歯喉側における)は約 $10^\circ$ が良好と考えられ、これは、帯鋸の撥型アサリ歯による実際的な挽材試験結果<sup>4)</sup>とほぼ一致している。

(4) 鋸歯の切味低下は、アサリ切尖の摩耗幅が漸増して一定値に達したとき生ずるから、その研磨は、 $(b-a)=0$ になるようにするのが寿命を高めることとなる。また、摩耗過程から考えて、研磨のアラサが摩耗の進行に大きな影響をもつてであろうと想像されるから、歯先研磨作業においてこの点が留意されるべきであろう。

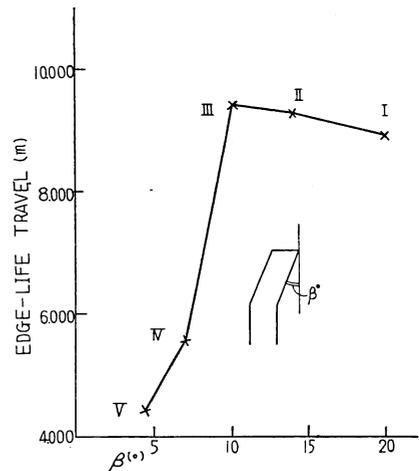


Fig. 22 アサリの逃げ角( $\beta$ )と切味低下を起すまでの鋸歯の切削長の関係  
Relation of side clearance angle ( $\beta$ ) to edge-life travel.

## 8. 摘 要

主要な挽材条件と鋸歯の切味との関係をみいだすため、挽材試験を行い、次のような結果をえた。なお、切味を示す指標としては挽材所要動力あるいは挽材能率を測定した。

### (1) 歯角条件と切味

a) 歯角条件と挽材所要動力の関係は、一つの最小値を有する曲線としてえられ、この最小値は、歯背角一定のときの歯喉角は約 $20^\circ$ 、歯喉角一定のときの歯背角は $30^\circ\sim 40^\circ$ 、歯端角一定のときの歯背角は $20^\circ\sim 40^\circ$ であった。

b) アカマツのように挽材によつて樹脂が歯先に付着する材料では、ほかの樹種にくらべ、大きな歯背角のとき切味がよい。

c) 実際の挽材作業にこの実験結果を適用するには鋸歯の強度的因子をも考慮しなければならない。

#### (2) アサリ条件と切味

アサリ条件と切味の関係を求めるには、アサリ条件であるアサリの出とアサリの逃げ角を明確にして実験を行うとともに、アサリの機能からいつて、鋸歯のみでなく、鋸身との関連において考察することが必要と考えられるので、定速送りによる挽材所要動力測定実験と手送りによる挽材能率測定実験をあわせ行つた。

a) アサリの出が過小でも過大でも挽材所要動力は大となり、 $0.3\sim 0.5\text{mm}$ のとき切味良好である。

b) アサリの逃げ角が大きいほど切味はよいが挽肌は不良となる。

c) アサリ歯の研ぎ角は、軟材では  $20^\circ\sim 30^\circ$ 、硬材では  $5^\circ\sim 15^\circ$  のとき切味よく、その場合に挽肌も良好であつた。

d) アサリ条件に関しては鋸歯の受ける挽材抵抗だけでなく、挽面と鋸身の摩擦や挽減りの問題を総合的に考慮しなければならない。

#### (3) 木材の含水率の影響

含水率の程度が気乾状態以下～生材の範囲の供試材について挽材実験を行つた。

a) スギ、ナラの場合は、含水率の増大にともない挽材所要動力は低下した。

b) アカマツの場合は、含水率の増大にともない挽材所要動力も上昇した。これは、挽材面に鋸屑が付着するため、この傾向は樹脂の多い木材にあらわれる現象と考えられる。

#### (4) 鋸歯の切込深さの影響

材の送り速度および鋸速度に関連する鋸歯の切込深さと切削性の関係について検討するため挽材実験を行つた。

a) 鋸歯が overload でない場合、鋸歯の切削力の値は、送り速度および鋸速度に関係なく、鋸歯の切込深さの大きさに直線的に比例する。すなわち、鋸歯の切削力を直接規制するものは切込深さであつて、切込深さが一定であれば、これを決定する送り速度および鋸速度の条件が異なつても、鋸歯の切削力には差異を生じない。

b) 切込深さ一定の場合、鋸速度が大きいほど挽材所要動力は大となるばかりでなく、同一送り速度の場合について比較しても同様の傾向がみられる。

c) 挽材実験によつて生ずる鋸屑の篩別重量 % は、送り速度あるいは鋸速度と直線的な関係にある。これは、鋸屑生成状態の変化がその切込深さの差異のみにもとづくものであることを示し、上述の関係を裏づける一つの事実と考えられる。

#### (5) 鋸歯の切味の変化

挽材による鋸歯切味の変化とそれにもなう鋸歯先状態の変化を観察するため、挽材実験を行つた。

a) 切味(挽材能率)低下の現象は一定量挽材したとき急に生じ、その時期を明確に知りえた。

b) 切味低下はアサリ切先の摩耗幅が一定値になつたとき生ずる。

c) アサリ切先の摩耗幅が一定値に達する遅速(寿命)は、歯角条件一定のとき、アサリの逃げ角(歯喉側における)の大きさにより決り、約  $10^\circ$  のとき鋸歯の寿命に関する性能はよいと考えられる。

## 文 献

- 1) ANDREWS, G. W.: Sawing wood with circular headsaws, Forest Products Journal, 5, 3, (1955) p. 186~192
- 2) 枝松信之: 製材に関する研究 (I) トドマツ凍結材に於ける含水率, 節の量, 平均年輪幅と鋸断能率との関係, 演習林(東大), 7, (1949) p. 81~91
- 3) 同 上: 同 上 (II) トドマツ帯鋸製材に於ける挽幅が鋸断に及ぼす影響, 演習林(東大), 7, (1949) p. 91~96
- 4) 枝松信之・大平 裕: 帯鋸のアサリ歯仕上げ法の研究 (III) 撥型アサリ歯のシェーパー仕上げ, 林業試験場研究報告, 93, (1957) p. 51~68
- 5) ENDERSBY, H. J.: The Performance of Circular Plate Ripsaws, Forest Products Research Bulletin (London), 27, (1953) p. 1~20
- 6) 福井 尚: 木工丸鋸に於ける謂ゆる縦挽き横挽き用鋸の差異について, 61 回林学会講演集, (1952) p. 218~220
- 7) 同 上: 勾配研磨鋸の勾配の度合が鋸断作用に与える影響 (I) 勾配の度合と側面摩擦, 木材学会誌, 2, 2, (1956) p. 60~64
- 8) 林大九郎: 昇降盤に於ける円鋸切削に関する二三の実験, 木材工業, 7, 7, (1952) p. 311~313
- 9) 同 上: 木材の含水率と切削加工との関係 (I) 昇降盤に於ける鋸断について, 木材学会誌, 2, 2, (1956) p. 76~78
- 10) 片岡哲蔵: 円鋸製材に於ける薄鋸の使用に就て, 林業試験報告, 39, (1944) p. 112~126
- 11) 加藤福松・二瓶政雄: 木材及び人工繊維板の鋸断切削加工について, 工芸研究, 6, (1955) p. 9~24
- 12) 北原覚一・桜井良一: 繊維板の切削に関する研究 (I) まる鋸による鋸断について, 62 回林学会講演集, (1953) p. 244~245
- 13) 北村義重: 大割帯鋸の歯型に関する試験成績 (I) 針葉樹用歯型, 北海道林業試験場時報, 48, (1943) p. 1~94
- 14) KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe II Band, (1955) p. 604~681
- 15) 表 越夫・満久崇磨: 鋸断動力に関する研究 (I), 昭和 14 年度林学会講演集, (1939) p. 484~487
- 16) REINEKE, L. H.: Sawteeth in Action, Forest Products Research Society (Madison), 4, (1950) p. 35~52
- 17) 林業試験場釜淵試験地: サワグルミ材に対する帯鋸歯型, 釜淵試験地抄報, 18, (1943)
- 18) 同 上: 帯鋸の切削所要力に就て, 釜淵試験地抄報, 42, (1943)
- 19) 同 上: 鋸歯へ樹脂の附着する場合の対策, 釜淵試験地抄報, 44, (1943)
- 20) 林業試験場: 木材工業便覧, (1953) p. 135~189
- 21) 斎藤美鷲・片岡哲蔵: イス製材用帯鋸の歯型に就て, 林業試験場彙報, 44, (1938) p. 1~11
- 22) 斎藤美鷲・福井 尚: 円鋸の切削に関する研究 (I) 挽幅と切削動力との関係に就て, 林学会誌, 32, 4, (1950) p. 152
- 23) 同 上: 同 上 (II) 側面摩擦に関する実験, 59 回林学会講演集, (1951) p. 257~258
- 24) 斎藤美鷲・仁賀定三: 円鋸の挫屈 (I) および (II), 木材工業, 9, 87 および 88, (1954) p. 277~281 および p. 317~322
- 25) 精機学会: 精密工作便覧 (I), (1952) p. 50

- 26) 関口八重吉・長谷川一郎：木材の切削に関する研究（Ⅲ）木工丸鋸の切削作用に就て，機械学会論文集，2，9，（1936）p. 520～528
- 27) SKOGLUND, C. · HVAMB, G.: The influence of tooth shape on the cutting forces in “counter” and “climb” ripsawing, Svenska Träforskningsinstitutet (Stockholm), Träteknik Medd. 37B, (1953) p. 1～9
- 28) 杉原彦一：帯鋸刃の目立仕上寸度と一つの挽材実験結果について，59回林学会講演集，（1951）p. 255～257
- 29) 同 上：挽材に於ける送り力と挽材抵抗について，林学会誌，34，1，（1952）p. 7～9
- 30) 同 上：帯鋸刃による挽材に関する研究（Ⅰ）送り力及び歯振量の挽材に及ぼす影響，木材研究，10，（1953）p. 1～21
- 31) 同 上：同 上（Ⅱ）歯端速度及び緊張量の影響について，木材工業，9，12，（1954）p. 576～581
- 32) 同 上：同 上（Ⅲ）歯喉角について，64回林学会講演集，（1955）p. 361～362
- 33) 同 上：帯鋸による製材に関する研究（Ⅳ）歯背角及びピッチについて，木材学会誌，2，1，（1956）p. 1～4
- 34) TELFORD, C. J.: Energy requirements for insert-point circular headsaws, Forest Products Research Society (Madison), 3, (1949) p. 161～174
- 35) 田中重芳：小帯鋸の取扱に就て，機械学会論文集，5，21，（1939）p. IV—21～25

**Wood Cutting Research with Mechanical Saw Teeth.**

Yoshio SAITO, Nobuyuki EDAMATSU and Yutaka ÔHIRA

## (Résumé)

This report describes tests on rip sawing with mechanical saw teeth. The tests were undertaken to provide information on the factors affecting saw teeth cutting.

The effect of the variation of these factors was assessed in terms of the power demand, cutting force, sawing efficiency, quality of sawn finish and the rate of blunting of the teeth.

**General Method**

## 1. Test on power demand of a saw

The tests were carried out on a gear-feed sawing equipment (Phot. 1) with circular saws, which were run at a spindle speed of 3190 r. p. m., except in special circumstances, and conformed to the specifications in Table 1 and the tooth style as illustrated in Fig. 2.

The power input to a 2-h. p. electric motor driving the saw spindle was recorded by a wattmeter suitable for 3-phase a. c. circuits (Fig. 1). The net power required by the saws to cut timber was expressed by correcting the wattmeter reading with the data obtained from the brake test.

With one exception, air-dried timber was used at a moisture content of 17~19 per cent. The strips of wood removed by each saw cut at right angles to their annual rings had the length of 500 mm and the uniform thickness of 1.7~3.0 mm.

The position of saw teeth to the sample is shown in Fig. 3.

## 2. Test on sawing efficiency

The test was carried out on a hand-feed sawbench with the circular saws, which were run at a spindle speed of 3225 r. p. m. and conformed to the following general specification:—diameter—10 in, thickness—18 B. W. G., number of teeth—2, set—spring. Although the sawbench was equipped with a rise and fall table, it was used with the table 85 mm above the centre of the saw spindle as illustrated in Fig. 4.

Successive saw cuts were made with most efficient and satisfactory hand-feeding by the same operator, and sawing efficiency was determined by measuring the feed speed to cut timber.

Air-dried SUGI (*Cryptomeria japonica*), 300 mm long, was used. The strips of wood removed by each saw cut at right angles to their annual rings had the depth of cut of 30 mm, and the uniform thickness of 5 mm by the fence.

**Effect of Tooth Angle on Power**

Conditions of the test

Saw :—A in Table 1

Feed speed :—3.87 m/min

Material and depth of cut :—Table 3

Tooth angle :—Table 2

Rim speed :—10017 ft/min

Thickness of strips :—1.70 mm

Relations of tooth angle to the power required by a saw are shown in Fig. 5~7.

The features revealed are:

- 1) These graphs show the parabola indicating the critical tooth angle.
- 2) When cutting at a constant clearance angle of  $20^\circ$  (Fig. 5), the saw teeth seem to have the best cutting performance for ripping at a hook angle of  $20^\circ$ .
- 3) When cutting at a constant hook angle of  $20^\circ$  (Fig. 6) or sharpness angle of  $50^\circ$  (Fig. 7), the power demand of a saw seems to be of little value at clearance angles of  $20^\circ\sim 40^\circ$ . It has been noticed that the bigger clearance angle would be preferable for cutting resinous timbers such as AKAMATU.

### Effect of Set on Power and Sawing Efficiency

Conditions of the test

- 1) Test No. I (Test on power demand of a saw)

Saw:—B in Table 1

Specifications of saw teeth:—Table 4

Material and feed speed:—SUGI:  $3.87\text{ m/min}$ , NARA:  $2.11\text{ m/min}$

Depth of cut:— $30\text{ mm}$                       Thickness of strips:— $3.0\text{ mm}$

- 2) Test No. II (Test on sawing efficiency)

Specification of saw teeth:—Table 5

Results are:

- 1) Relations of setting dimension and side clearance angle at the front of a saw tooth to the power demand of the saws are shown in Fig. 10 (1)~(6).
- 2) Relations of front bevel angle ( $\theta$  illustrated in Fig. 9) to the power demand of the saws and the sawn surface are shown in Fig. 11 and Phot. 2.
- 3) Relation of setting dimension to the sawing efficiency is shown in Fig. 6. Better sawn surface was obtained at smaller setting dimension as shown in Phot. 3.
- 4) From these results and on a point of practical operation, it is considered that a suitable side clearance angle is  $10^\circ\sim 15^\circ$ , a setting dimension  $0.3\sim 0.5\text{ mm}$ , and a front bevel angle  $20^\circ\sim 30^\circ$  for softwoods and  $5^\circ\sim 15^\circ$  for hardwoods.

### Effect of Moisture Content on Power

Conditions of the test

Saw:—B in Table 1

Specifications of saw teeth:—Table 6

Material and feed speed:—SUGI and AKAMATU:  $5.00\text{ m/min}$ , NARA:  $2.11\text{ m/min}$

Depth of cut:— $30\text{ mm}$

Thickness of strips:— $2.5\text{ mm}$

Results are:

- 1) Relations of moisture content in timbers to the power demand of the saws are shown in Fig. 13 (1)~(3).
- 2) The saws required less power as the moisture content in SUGI or NARA increased.
- 3) It has been noticed in the case of AKAMATU (*Pinus densiflora*) that the power demand of the saws increased with moisture content, the reason doubtless being that a great amount of sawdust adhered to the teeth because of its resinous property.

### Effect of Tooth Bite on Cutting Force and Power

Conditions of the test

1) Test No. I (Effect of feed speed)

Saw:—B in Table 1

Specifications of saw teeth:—Table 7

Material and depth of cut:—SUGI: 30 mm, NARA: 15 mm

Thickness of strips:—3.0 mm

Feed speed:—1.20~5.00 m/min

2) Test No. II and III (Effect of feed and cutting speed)

Saw:—A in Table 1

Tooth angle:—Sharpness angle: 50°, Hook angle: 20°

Material:—Table 8

Thickness of strips:—1.70 mm

Feed speed:—2.04~6.25 m/min

Rim speed:—15.54~55.89 m/sec

Results are:

1) Relations of the feed speed proportional to the thickness of the wood cut per tooth to power demand of the saws are shown in Fig. 14 (1)~(3) (Test No. I). It should be noticed that overload conditions occurred in NARA (*Quercus crispula*) with the increase in the feed speed, and under such conditions the sawn surface was very rough.

2) Relations of the feed speed and the thickness of the wood cut per tooth varied by changing the feed and cutting speed to the power demand and the cutting force of the saws, which was calculated from the net power required by the saws to cut timber, are shown in Fig. 15 (1)~(4) and Fig. 16 (1)~(4) (Test No. II). These results show that the cutting force of a saw tooth is linearly proportional to the thickness of the wood cut without regard to the feed and cutting speed before the overload conditions are reached, and the power demand of the saws increases with the cutting speed at a fixed tooth bite or feed speed.

3) An attempt was made to correlate particle size of the sawdust and the tooth bite (Test No. III). The composition of the sawdust produced at the different feed and cutting speed in Test No. II was determined by sieving on 20-, 30- and 40-mesh screens. The composition of the sawdust was linearly proportional to the feed and cutting speed as shown in Fig. 17 and 18. That may be considered to be one fact verifying that the relation of cutting force to the tooth bite is linear.

### Blunting of Saw Tooth

Conditions of the test

Same as Test No. II on the effect of set

Results are:

1) Variations of the handfeeding time employed with the successive saw cuts are shown in Fig. 20. These figures show that the feed speed for efficient cutting is constant before a critical stage of blunting is reached, but a decrease in feeding speed occurs suddenly.

2) After every cut of linear 6~30 *m*, edge wear of a saw tooth, *a* and *b* in Fig. 19, was measured by a screw comparator. Amount of the edge wear increased with the successive saw cuts as shown in Fig. 21.

3) Results of the measurements on such saw teeth as blunting occurred (Table 9) show that the rate of edge blunting, (*b-a*) in Fig. 19 and 21, is almost equal at every saw tooth, and the displacement of a tooth point with blunting advances on the equally divided line of the sharpness angle.

4) Comparison of the sharpness angle and setting dimension between the original and dull edge is shown in Table 10.

5) Relation of the side clearance angle of set to the edge-life travel is shown in Fig. 22. From this result, it is considered that the tooth life depends largely on the side clearance angle at the same cutting conditions, and its suitable angle is approximately 10°.