

製材用鋸歯の挽材作用と鋸屑の性質

斎 藤 美 鶯⁽¹⁾
枝 松 信 之⁽²⁾
大 平 裕⁽³⁾

1. ま え が き

木材を鋸で挽くのは、材料を分離するのが目的であるが、必然的に、いわゆる鋸屑が生産される。すなわち、鋸歯の挽材作用は、鋸歯によつて木材繊維を切断し、鋸屑として分離する作用と分離された鋸屑を排出する作用からなりたっている。分離生成された鋸屑の性質は挽材条件に左右され、その性質は鋸歯の鋸屑排出作用に大きな影響をあたえるものと考えられる。したがつて、挽材によつて生じた個々の木材切削片およびその集団である鋸屑の基礎的な性質を知ることは、鋸歯による挽材機構解明上きわめて必要なことである。

筆者らは、このような観点から、製材用鋸歯の挽材作用に影響する鋸屑の諸性質について検討を加え、その結果にもとづいて、鋸歯による挽材機構についての考察を行った。

2. 鋸 屑 の 容 積

木材が鋸屑になつた場合、その容積は原材積より大きくなる。この鋸屑の容積についての性質は鋸歯による鋸屑排出作用に関連し、挽材機構を考える際に明らかでなければならない重要な性質である。しかし、鋸屑のような粒体の容積はその測定法によつて異なるから、最も測定誤差の小さい測定操作についての約束を定めておかねばならない。

筆者らは、簡便な鋸屑容積測定法を定め、この方法によつて鋸屑条件とその容積との関係を求めた。

2.1 鋸屑容積測定法

できるだけ簡便で、しかも測定偏差の小さい鋸屑容積測定法をえたいと考え、数種の方法を比較検討してみた。

供試材料としては、36 in 自動送材車付帯鋸機械で、鋸厚 21BWG、振分けアサリの鋸を用いて、スギ材を挽材した場合にえられた鋸屑を用いた。すなわち、この鋸屑を室内で充分乾燥し、含水率 15% 内外とし、10、20 および 30 メツシユの 3 種の篩によつて、10~20 メツシユおよび 20~30 メツシユの 2 つのグループに分け、これらを供試鋸屑とした。

容積測定は測定容器を用いることとしたが、この場合問題になるのは容器に材料をつめこむ方法およびつめこみ量であつて、測定容器としては、内径 36mm、高さ 270mm、容量 200cc のガラス製メスリンダーを用い次の 3 種の鋸屑つめこみ方法をこころみた。

A法：——メスリンダーの上端より約 15cm の高さから漏斗を通じて材料を自然落下させて入れる。

(1) 場長 (2) 木材部木材加工科製材研究室長 (3) 木材部木材加工科加工研究室員

B法：—A法により材料を入れたメスシリンダーを手で約2cm上下させ、下向運動の際はメスシリンダーの自重で木製台上に落下するようにし、この運動を50回くりかえしてつめこみ終りとする。

C法：—A法により材料を入れたメスシリンダーを水平往復運動をする振盪器（運動回数毎分約100回、運動距離6cm）にとりつけ、前後動を所定時間（3分または5分）あたえてつめこみ終りとする。

つめこみ量は、いずれの場合も、A法により入れたときの量を50cc内外、100cc内外および150cc内外の3種類とした。

所定のつめこみ終了後は、メスシリンダーの目盛りにより1ccまでの容積(V)を読みとり、ただちに感量1mgの天秤で重量(G)を測定し、比較値としては容積重(G/V)を求めた。なお、同一測定条件につき10回ずつこころみたが、測定操作はすべて同一人の手によつて実施した。

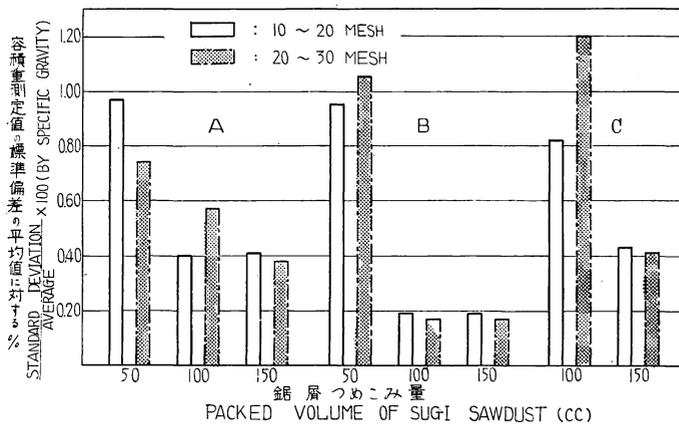


Fig. 1 鋸屑容積測定法の比較

Comparison of measuring methods of sawdust volume.

(A: lightly packed, B: oscillated up and down, C: oscillated side to side)

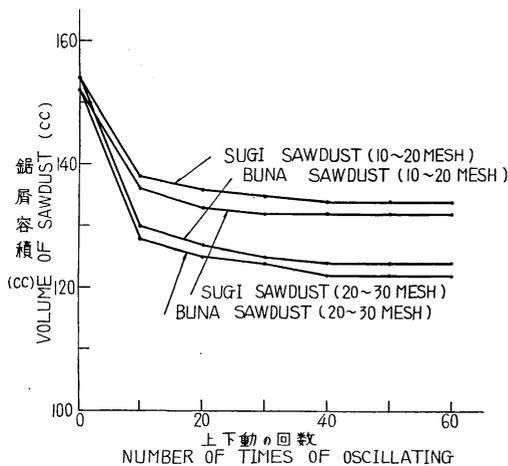


Fig. 2 測定法 B におけるメスシリンダー上下動回数の影響

Relation of number of times of oscillating up and down to the sawdust volume.

このようにして各種測定法を実施した結果を比較してみると Fig. 1 のとおりである。Fig. 1 によれば、標準偏差の平均値に対する割合が最も小さいのは、B法のつめこみ量100ccまたは150ccの場合である。すなわち、比較した鋸屑容積測定法のうちではこれらの方法が最も測定誤差が少なくよいものと考えられる。なお、B法において、上下動回数を50回としたのは、Fig. 2 にスギおよびブ

ナの鋸屑についての結果を例示したように、最小限度50回程で鋸屑容積は一定になると考えられたからである。

えられた方法は測定操作の約束を正しく守つて行うときは、材料分量の差異や測定者の手の差異による誤差は一般に小さいようで、このことは粉末容積の測定についても報告されている¹²⁾。上下動をあたえるにも、機械的に一定の操作をさせることは容易に考えられる¹¹⁾が、きわめて簡便で、しかも偏差の小さい値がえられるこの方法は鋸屑容積測定法として充分であると考えられるので、今後の実験はB法でつめこみ量150cc内外の場合の方法を採用することとした。なお、この報告における鋸屑容積の測定

はすべて同一測定者によつて行い、3回以上の測定の平均値を求めた。

2.2 鋸屑の含水率とその容積

木材の一定量が鋸屑になつた場合にしめる容積を、鋸屑の含水率 $u\%$ のときの容積 (V_u cc) とその全乾重量 (G_0 gr) との比であらわし、これを含水率 $u\%$ のときの鋸屑の比容積 (V_u/G_0) と称することにすれば、鋸屑の比容積は同一木材の一定量が鋸屑になつた場合の容積を比較する指標となりうる。

鋸屑容積測定法比較試験の場合とほぼ同様の挽材条件で生産された含水率約 23% のスギ鋸屑を篩別し、 a (10~20 メツシュ)、 b (20~30 メツシュ)、 c (30~35 メツシュ) および d (35 メツシュ以下) の4グループにわけ、各グループにつき、含水率が繊維飽和点に近い場合 (約 23%)、気乾状態の場合 (約 15%) および全乾状態に近い場合 (約 2%) の比容積を求めた結果は、Fig. 3 のごとく示される。

スギ材の気乾比重 (含水率 15%) を 0.40 とし、含水率 15% のときの大きさにもとづく体積の平均収縮率を 0.36% とすれば³⁾、鋸屑の場合と同様の意味におけるスギ材の含水率と比容積の関係は Fig. 3 に示すごとくなり、鋸屑の比容積は、含水率の変化による木材の収縮と同様な傾向を示すことを知りうる。

同一含水率における鋸屑とその原木材の比容積の比を膨容比と称することにすれば、膨容比は、木材が鋸屑になつたときに、その容積が膨脹する率を示すもので、鋸歯の歯室における鋸屑収容を考える場合に重要である。Fig. 3 の値から算出した供試鋸屑の各含水率における膨容比は Table 1 のごとくなる。

Table 1 によれば、スギ鋸屑の膨容比は、含水率による差異はあまり大きくなく、その変化も一定の傾向はみられず、切削片の大小にもとづく差異の方が明瞭にあらわれている。なお、鋸屑の膨容比の値は鋸屑容積測定法によつて異なることは当然考えられるが、Table 1 の結果は他の実験結果³⁾ とほぼ一致している。

以上の実験は、スギの繊維飽和点以下における場合について行つたものであるが、当场において、スギおよびブナ鋸屑について行つた既往の調査結果¹⁷⁾にもとづき、繊維飽和点以上の鋸屑の比容積について検

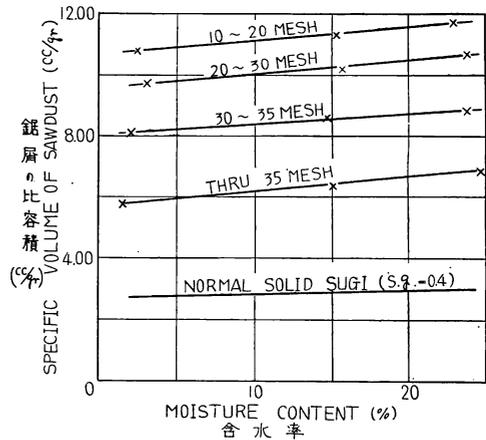


Fig. 3 スギ鋸屑の含水率と比容積の関係
Relation of moisture content to specific volume of SUGI sawdust.

Table 1. スギ鋸屑の含水率 (u) と膨容比 (S)
Relation of moisture content (u) to sawdust-solid volume ratio (S)
(material, SUGI).

a (10~20 mesh)		b (20~30 mesh)		c (30~35 mesh)		d (through 35 mesh)	
u	S	u	S	u	S	u	S
23.0	3.98	24.0	3.61	23.9	3.00	24.8	2.35
15.3	3.89	15.7	3.53	14.7	2.99	15.1	2.21
2.3	3.95	3.1	3.55	2.0	2.96	1.6	2.10

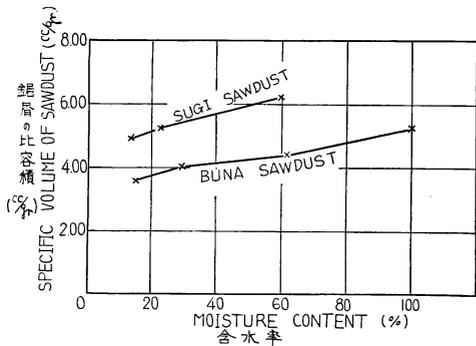


Fig. 4 スギおよびブナ鋸屑の含水率と比容積の関係
Relation of moisture content to specific volume of SUGI and BUNA sawdust.

は、含水率の変化によりその構成分子である木材切削片に起る膨脹収縮により比容積の変化が生じ、繊維飽和点以上では、木材切削片の湿潤度の差にもづく摩擦抵抗の差異⁹⁾により比容積の差異を生ずるのであると推察されるが、鋸屑の比容積に対する含水率の影響は、切削片の大きさの影響に比べるとはるかに小さいと思われ、このことは膨脹比についても同様である。

2.3 切削片の大きさと鋸屑容積

篩はそれ自身誤差があるうに、篩の目は2方向しか管理しえないから、厳格な大小の区別はなしがたいが、2.2 で述べた供試材料 *a, b, c* および *d* は肉眼的にも区別がつくほどの差があるから、この鋸屑は *a, b, c, d* の順に切削片の大きさの平均値が小さくなっているものとして取り扱うこととする。

2.2 の測定結果より、切削片の大きさと鋸屑比容積の関係を図示すれば、Fig. 5 のごとくなり、鋸屑の比容積はその切削片の大きさに比例することがわかる。この関係は、2.2 でもふれたように、含水率の影響よりずっと大きいものと考えられる。繊維飽和点以下の鋸屑比容積の含水率による変化が、2.2 で考察したごとく、木材の膨脹収縮によつて起るものであるならば、その変化も直接的には切削片の大きさの

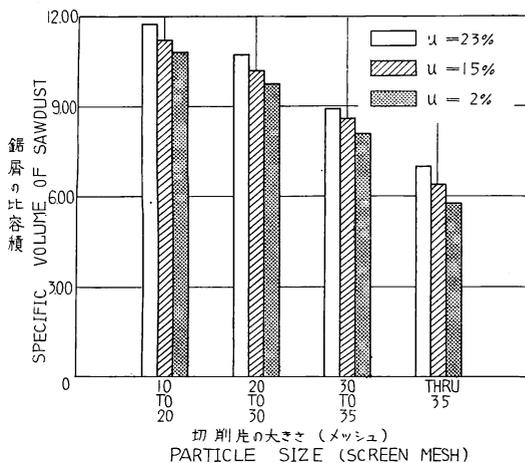


Fig. 5 スギの切削片大きさと鋸屑比容積
Relation of particle size to specific volume of SUGI sawdust.

討を加えてみる。材料は帯鋸で挽材したときに生じたままの篩別しないものであり、容積測定法も前述の場合と異なるが、鋸屑含水率とその比容積の関係を求めると、Fig. 4 のごとくなり、スギ、ブナともに繊維飽和点以上でもその比容積は前述の場合と同様に増加傾向を示している。木材の容積は繊維飽和点以上では膨脹収縮を起さないから、このように鋸屑の比容積が繊維飽和点以上でも含水率とともに増加するのであれば、そのときの膨脹比は含水率とともに漸増するであろう。

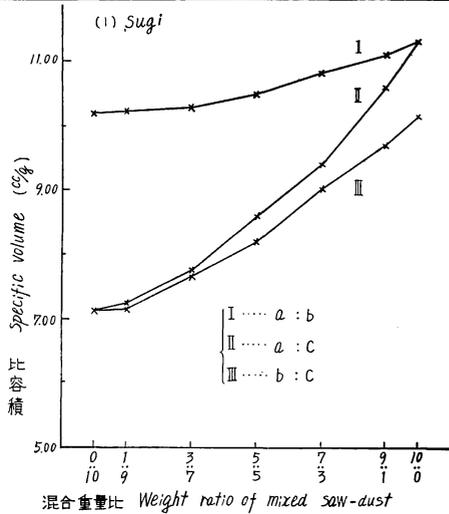
これらの結果から、鋸屑は、繊維飽和点以下では、

変化にもづくものといえよう。したがって、繊維飽和点以下の場合、含水率が異なっても、切削片の大きさが等しいならば、その膨脹比はほとんど等しいと考えられ、Table 1 はこのことを示すものである。

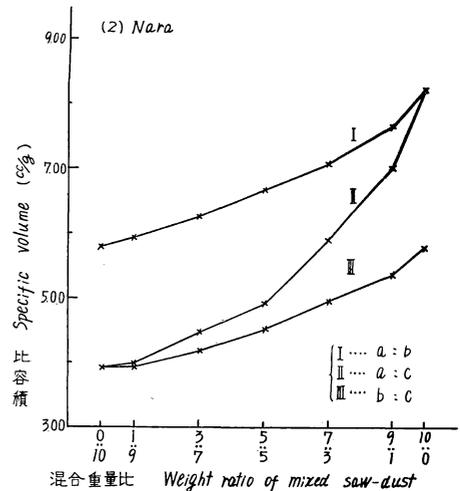
上に述べたのは比較的小範囲に篩別区分されたものについての測定結果であるが、実際の挽材により生ずる鋸屑は、この程度の篩別区分のものが数種類混合しているのが普通である。そこで、篩別大きさの異なる鋸屑が混合している場合、その混合比によつて鋸屑の比容積がどのように変化するかを調べてみた。供試材料は Table 2 のとおりで、樹種別にこれらの篩別区分を2種ずつ組み合わ

Table 2. 供試鋸屑
Material for the test on mixed sawdust.

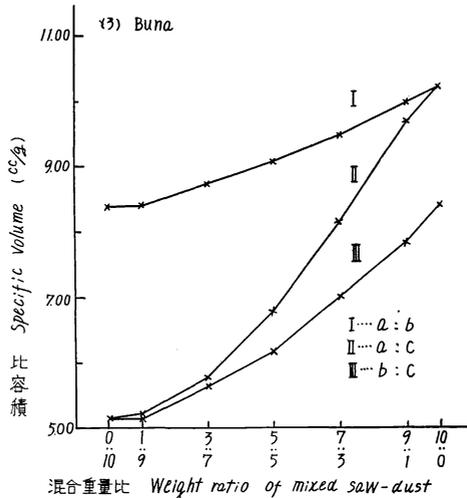
樹種 Material	挽材条件 Sawing conditions	篩別区分 (メッシュ範囲) Screen mesh			
		a	b	c	
スギ SUGI	36 in. 帯鋸機械で挽材 Produced by 36 in. band resaw	10 to 20	20 to 30	through 30	
ナラ NARA					42 in. 帯鋸機械で挽材 Produced by 42 in. band mill
ブナ BUNA					10 in. 円鋸昇降盤で挽材 Produced by 10 in. circular ripsaw



(1) スギ鋸屑の場合
SUGI sawdust.



(2) ナラ鋸屑の場合
NARA sawdust.



(3) ブナ鋸屑の場合
BUNA sawdust.

Fig. 6 鋸屑篩別大きさの混合比と比容積の関係
Relation of weight ratio of mixed sawdust to specific volume.

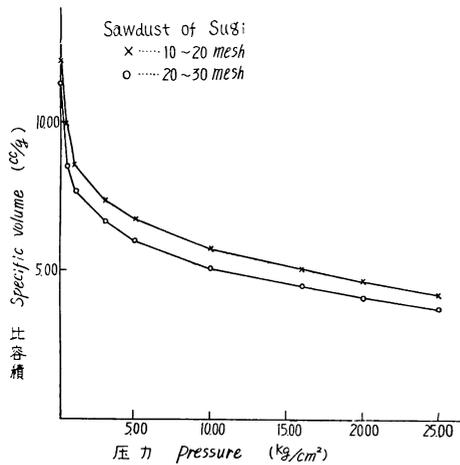


Fig. 7 圧力とスギ鋸屑の比容積の関係
Pressure-volume relationships of
SUGI sawdust.

鋸屑容積を測定した。測定結果より求めた鋸屑に対する圧力と比容積の関係の一例を示せば Fig. 7 のごとくである。鋸屑に圧力を加えると、比容積が減少するのは当然であるが、鋸屑の篩別大きさにもとづく比容積の差は、実験における程度の圧力の範囲ではほぼ一定のようである。すなわち、この報告における鋸屑容積測定法による鋸屑比容積の比較により圧力が加わった場合の比容積をも判断してよいと考えられる。

2.4 挽材作用と鋸屑の容積

鋸による挽材作用は、鋸歯によって木材繊維を切断し、鋸屑として分離する作用と分離された鋸屑を外側へ排出する作用とにわけて考えられるが、後者は歯室の鋸屑収容力に関係する。したがって、歯先がある切込深さの切削抵抗に耐えても、それに対する歯室の鋸屑収容力が不足するときは、鋸歯の鋸屑排出作用は円滑に行われず、鋸身の発熱、撓曲りの原因となる。これらの関係は、齋藤らがイス製材用帯鋸の歯型について行った挽材試験結果¹⁹⁾からもうかがえることである。すなわち、挽材能率は歯距の減少ともなつて増大するが、ある限度をこえると、歯室の鋸屑収容力の減少が鋸屑排出作用の円滑をさまたげる結果、かえつて挽材能率が低下するという結果がえられている。

歯室が収容しうる木材の実容積（鋸屑の原材積）は、鋸歯1枚が挽幅の長さだけ木材を切削するとき生ずる木材切削片の集団である鋸屑の容積とその鋸歯の鋸屑収容に有効な歯室容積との関係によつて決定されるわけである。鋸歯の切削によつて生産される鋸屑の容積は、鋸屑の大きさが一定でも挽幅によつて変化するとともに、前述したとおり、鋸屑の原材積が一定でも切削片の大きさが異なれば変化するから、鋸屑収容に有効な歯室容積が一定であつてもその収容しうる木材の実容積は鋸屑の状態により異なることとなる。主要な製材作業である縦挽きの場合、切削片の大きさは繊維方向の長さ、すなわち鋸歯の切込深さにより決定され、これ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^{21), 22)}。したがって、鋸および鋸速度の条件が一定であれば、切削片の大きさは材の送り速度によつて決まり、材の最大送り速度は、切削抵抗と切削熱の影響を考えない場合、挽幅および切削片の大きさにもとづく鋸屑の容積と歯室の鋸屑収容力との相関関係により決定されると考えられる。

以上の関係を Fig. 8 に示すトマツ帯鋸製材における挽幅の影響についての試験結果²¹⁾から考察して

せ、重量比による混合比を変化させてその比容積を測定した結果は Fig. 6 (1)~(3) のとおりである。

これらの結果より、大きさの異なる鋸屑が混合している場合、その比容積の値は、混合前の2種の鋸屑の比容積の値の間にあり、篩別大きさの大きいものの混合割合が増すほど大きくなるのがわかる。

以上の実験の鋸屑容積測定においては、鋸屑に対してほとんど圧力を加えていないが、鋸歯の鋸屑排出作用を観察すると、鋸屑は歯室内である程度圧縮されるのではないかと思われる^{13) 14) 16) 21)}。そこで、鋸屑が圧力を受けた場合の切削片大きさと鋸屑容積の関係を求めてみた。内径 13.4cm、容量 2,003cm³ の搾油用鉄製円筒容器に自然落下によりスギ鋸屑をつめ、手動 1ton プレスにより鋸屑に圧力を加え、圧力に対する

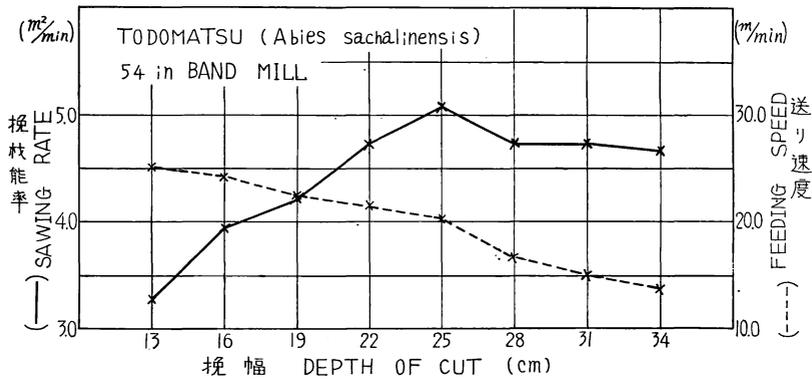


Fig. 8 挽幅と挽材能率および送り速度の関係
Relation of depth of cut to sawing rate and feeding speed.

みる。この試験においては、Fig. 8 における供試鋸歯と歯角、歯距、歯高などの歯型要素が全く同様で、鋸屑収容に有効な歯室容積³⁾⁴⁾²¹⁾のみ大きな供試鋸歯についての挽材試験も行われたが、各挽幅における最大送り速度は Fig. 8 の場合より大であつた。これは、Fig. 8 の挽材において、最大送り速度の限度は鋸屑収容力が主要な決定因子になつていることを示すものと考えられる。このような状態で挽材された結果を示す Fig. 8 において、材の送り速度は挽幅の増大にともない漸減し、挽材能率（単位送り時間当りの挽面積）は、挽幅 13~25cm では、ほぼ直線的に上昇している。これは、挽幅が大きくなると、歯室の鋸屑収容力の関係から、鋸屑の切込深さを小さくするため、送り速度を低下せしめざるをえなくなり、したがつて、切込深さにより規制される切削片の大きさは小さくなるため鋸屑の比容積は減少し、挽幅増大の比率ほど送り速度を低下せしめないでも歯室は鋸屑を収容するという結果を示すものと考えられる。さらに、28 cm 以上の挽幅では、挽材能率が低下の傾向にあるが、この場合生ずる切削片の大きさはきわめて小となり、鋸屑が歯室から挽面と鋸身の間に逃げる³⁾²¹⁾可能性が多くなるために起る現象ではないかと推察される。

3. 木材に対する鋸歯の切削方向と鋸屑

鋸による挽材の対象となる木材は異方質な材料である。したがつて、木材に対する鋸歯の切削方向によつて挽材機構が異なり、鋸屑生成の様相が変化すると考えられる。筆者らは、木材の異方性の中で挽材作用に最も大きな影響をあたえると思われる繊維方向および年輪層と鋸歯の切削方向との関係を種々変化させて挽材実験を行い、その際えられる切削片の大きさ、形状を調べ、その結果にもつぎ、鋸屑生成の状態につき考察をこころみた。切削片の大きさ、形状は Fig. 9 における l , m および s によつてあらわしうが、 s は計算切込深さとはほぼ一致すると考えられる¹⁸⁾ので、切込深さを一定にした挽材条件で実験し、 l および m の測定のみを行つた。

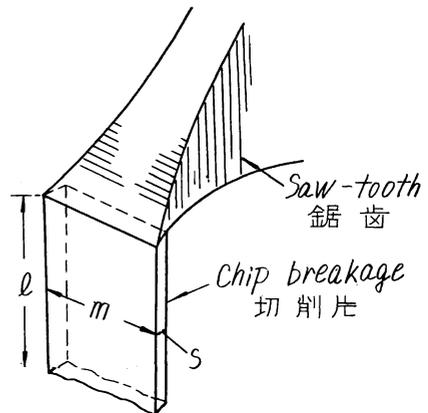


Fig. 9 切削片の寸度因子
Dimension factors of chip breakage.

3.1 実験方法

3.1.1 挽材条件

使用した鋸は、厚さ 19BWG、幅 5in の帯鋸で、その歯型は Fig. 10 に示すものとし、その歯型要素は Table 3 のとおりである。



Fig. 10 供試歯型
Tooth style for test.

Table 3. 供試歯型要素
Saw tooth for the test.

歯距 Pitch	歯高 Height of tooth	歯端角 Sharpness angle	歯喉角 Hook angle	アサリ Set	
				種類 Kind	アサリ幅 Setting spread
31 mm	10 mm	39°	25°	撥型 Swage	2.11 mm

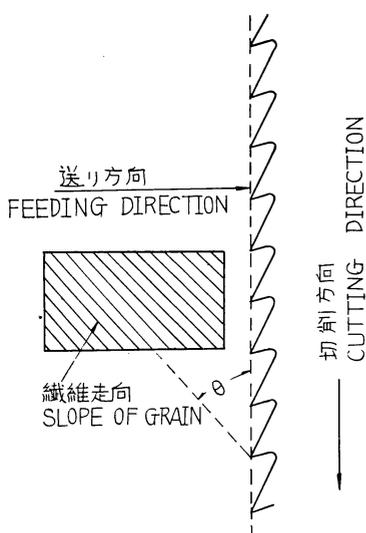


Fig. 11 縦挽き
Ripsawing.

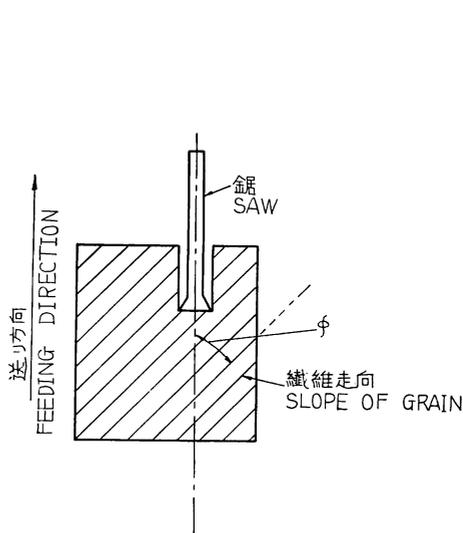


Fig. 12 横挽き
Cross-cutting.

供試材としては、平均含水率 17%、平均年輪幅 2.84 mm のスギ心材を用い、鋸速度 3,166 m/min の 42 in 帯鋸機械で挽材した。材の送りは、ナイフグラインダーの送り装置を利用し、5.94 m/min の定速とし、挽幅 4cm、歩出し距離 1cm とした。この挽材条件より算出すれば、鋸歯の切込深さは 0.06 mm である。

3.1.2 切削方向

切削方向の条件を定めるのに、木材の繊維方向と鋸の関係から次のごとく大別した。

- (i) 縦挽きの場合、すなわち Fig. 11 に示すように繊維方向が鋸面と平行で、歯端線となす角 (θ) が変化する場合。
- (ii) 横挽きの場合、すなわち Fig. 12 に示すように繊維方向が鋸の歯端線と直角で、鋸面となす角

(ϕ) が変化する場合。

(i) および (ii) を年輪層と鋸の関係から、さらに次のごとく分類した。

(i)—a. 柁目挽きの場合、すなわち年輪層が鋸面と直角の場合。

(i)—b. 板目挽きの場合、すなわち年輪層が鋸面と平行の場合。

(ii)—a. 年輪層が鋸の歯端線と直角の場合、すなわち挽材時の材の上面が板目の場合。

(ii)—b. 年輪層が鋸の歯端線と平行の場合、すなわち挽材時の材の上面が柁目の場合。

(i)—a および (i)—b の場合は θ を 0° から 180° まで 15° ずつ変化せしめ、(ii)—a および (ii)—b の場合は ϕ を 0° から 90° まで 15° ずつ変化せしめて挽材し、繊維方向は、柁目面では年輪層により、板目面では材面にインクをつける方法¹⁰⁾ により判断した。なお、(i)—a および (ii)—a の場合、木表から木裏へ向つて切削することとした。

3.1.3 切削片の測定

上に述べたように、切削方向を種々変化させて挽材し、それぞれの場合に生ずる鋸屑を採集して調べてみると、同一挽材条件の鋸屑の中にも大きささまざまな切削片を含んでいるが、大部分の切削片は、肉眼的にみて同じような形状、大きさを示している。このような切削片を各条件に対する供試切削片とした。

供試切削片を投影検査器で 20 倍に拡大し、その繊維方向、年輪、片縁の状況、長さなどから Fig. 9 に示す l 方向と m 方向を判定区分し、 l および m を $1/20\text{ mm}$ 副尺つきノギスで測定した。この場合、 s は一定であるから、($l \times m$) をもつて切削片の大きさを示しうるわけである。なお、この測定は、各切削方向の条件について、50~100 個の切削片につき行い、その平均値を求めた。

3.2 実験結果

3.2.1 切削片の大きさ

縦挽きの場合の θ および横挽きの場合の ϕ と切削片の大きさ ($l \times m$) の関係はそれぞれ Fig. 13 および

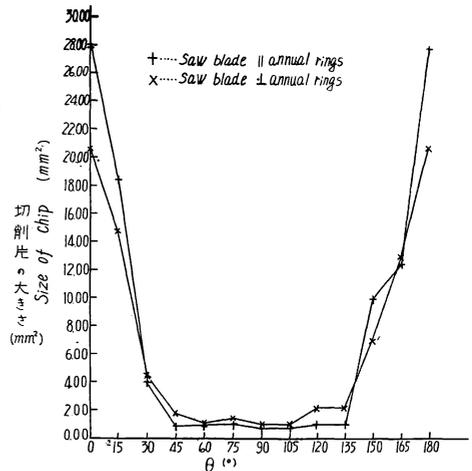


Fig. 13 縦挽きにおける θ と切削片大きさの関係
(\times : 柁目挽き, $+$: 板目挽き)
Relation of θ in rip sawing (Fig. 11) to chip size ($l \times m$ illustrated in Fig. 9).

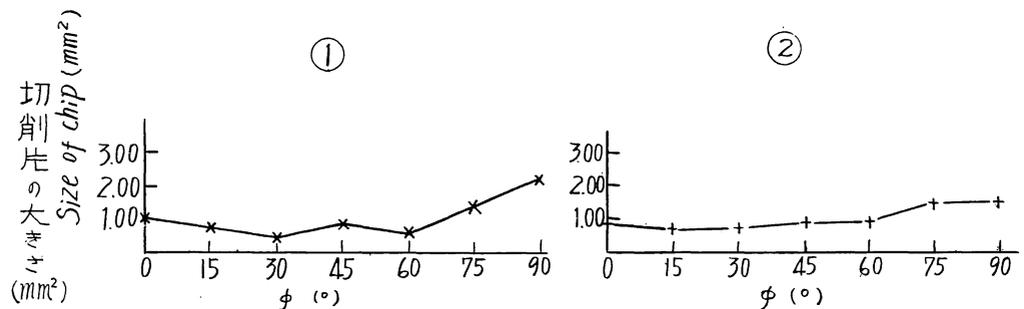


Fig. 14 横挽きにおける ϕ と切削片大きさの関係
(①: 試験材の上面板目の場合, ②: 試験材の上面柁目の場合)
Relation of ϕ in cross-cutting (Fig. 12) to chip size ($l \times m$).
(①: annual layers \perp tooth point line, ②: annual layers // tooth point line.)

Fig. 14 ①, ② のとおりである。

Fig. 13 に示す縦挽きの場合、 $\theta=45^\circ\sim 135^\circ$ では、切削片の大きさはあまり変化しないが、 45° 未満あるいは 135° をこえると急激に上昇し、いわゆるリボン状の切削片¹⁶⁾ となることおよび $45^\circ\sim 135^\circ$ では板目挽きより柁目挽きの方がやや大きい傾向にあることがわかる。

Fig. 14 に示す横挽きの場合、 ϕ の差異にともなう切削片大きさの変化はあまりなく、だいたい縦挽きにおける $\theta=45^\circ\sim 135^\circ$ の場合と大差ないようである。

3.2.2 切削片の寸度因子と大きさ

この実験において切削片の大きさ、形状を決定する因子は、Fig. 9 に示す l および m である。各実験条件ごとに求めた l および m の平均値を示せば、縦挽きの場合は Table 4、横挽きの場合は Table 5 のとおりである。

Table 4 によれば、縦挽きの場合、 θ の変化によつて、 m の値は大した差異を生ぜず、その平均値は、柁目挽きおよび板目挽きの場合、それぞれ 1.78 mm および 1.46 mm で、平均アサリ幅に対してそれぞれ 0.84 および 0.69 となる。したがつて、切削片の大きさを決定するものは l の大きさで、 l は $\theta=45^\circ\sim 135^\circ$ ではあまり差がないが、 θ が 45° 未満あるいは 135° をこえると急増の傾向を示しているので、切削片の大きさ ($l\times m$) は前述のようになる。

Table 4. 縦挽きの場合の l, m の値
 l and m (Fig. 9) in ripsawing.

θ°	柁目挽き Saw blade \perp annual rings		板目挽き Saw blade \parallel annual rings	
	l (mm)	m (mm)	l (mm)	m (mm)
0	10.20	1.90	14.24	1.85
15	7.43	1.76	8.65	1.64
30	2.75	1.70	3.76	1.15
45	0.88	1.66	0.66	1.24
60	0.73	1.54	0.73	1.36
75	0.86	1.67	0.75	1.50
90	0.63	1.49	0.62	1.29
105	0.66	1.44	0.65	1.33
120	1.01	2.05	0.66	1.44
135	1.06	1.98	0.64	1.54
150	3.27	2.15	5.31	1.59
165	6.01	1.87	7.64	1.31
180	10.20	1.90	14.24	1.85

Table 5. 横挽きの場合の l, m の値
 l and m (Fig. 9) in cross-cutting.

ϕ°	試験材の上面板目 Annual layers \perp tooth point line		試験材の上面柁目 Annual layers \parallel tooth point line	
	l (mm)	m (mm)	l (mm)	m (mm)
0	0.63	1.49	0.62	1.29
15	0.59	1.05	0.57	1.11
30	0.59	0.81	0.55	1.21
45	0.63	1.23	0.64	1.33
60	0.47	0.96	0.53	1.65
75	0.66	1.79	0.72	2.01
90	0.98	2.18	0.61	2.42

Table 5 によれば、横挽きの場合、 l 、 m の傾向は縦挽きにおける $\theta = 45^\circ \sim 135^\circ$ の場合と大差ないが、平均的にみて、いずれも縦挽きの場合よりやや小さい値を示しているようである。したがって、切削片の大きさも縦挽きの方がやや大である。

3.3 縦挽きにおける切削方向と鋸屑の生成

この実験のような実際の挽材における鋸歯の挽材作用はきわめて複雑であるが、ここにえられた切削片の性質が示す傾向から、製材作業の主要部分をしめる縦挽きの場合の鋸歯の挽材作用について考察してみる。

帯鋸による縦挽きの場合、鋸歯の切削角はきわめて大きく、かつ挽溝を形成する切削のため、鉋刃の場合⁹⁾と異なり、切削方向の先割れはあまり生じないものと想像され、切削片は圧縮にもとづく剪断作用によつて生ずるものと考えられる。すなわち、Fig. 15 に示すように、歯先により木材が圧縮される時、木材の繊維方向に剪断応力を生じ、切削力が圧縮強さに達したときに繊維方向に沿つて迂りを生じ、歯先の進行にともなう切削方向の分離線と合して一つの切削片を生ずる。

圧縮を受ける木材の繊維方向と力の方向が傾斜している場合、荷重方向と繊維方向のなす角（この実験における θ ）が 90° より 0° （あるいは 180° ）まで変化するにつれて、圧縮強さは増大するが、 $40^\circ \sim 50^\circ$ 以上（あるいは $130^\circ \sim 140^\circ$ 以下）では著しく低い¹³⁾¹⁴⁾。一方、切削方向の切削力は、 θ が 0° より 90° まで変化するとき、 θ の増加にともなつて増大することが報告されており⁹⁾²⁵⁾、さらに、當場木材加工研究室における実験結果¹⁵⁾によれば、 θ が 90° より 180° まで変化する、いわゆる逆目切削の場合は、 θ の増加にともなつて切削方向の切削力は低下することが明らかで、切削方向の切削力は、 θ が $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲で 90° を頂点としたほぼ左右対称の曲線を描くものと考えられる。これらの結果は、すべて鋸の切削速度とは比較にならない小さな切削（荷重）速度による実験にもとづくものであるが、圧縮強さおよび切削力についての傾向は高速度切削の場合にもあてはめて類推してよいと考えると、 θ と鋸屑発生との関係は次のごとく説明される。

上に述べた θ に関する圧縮強さと切削力との関係を図示すれば、Fig. 16 のとおりで、圧縮強さと切削力の曲線が交わる点 M および N の間に θ があるとき、切削片は圧縮にもとづく剪断作用により生じ、その大きさは比較的小さくほぼ一ようであるが、 θ が M 点より小または N 点より

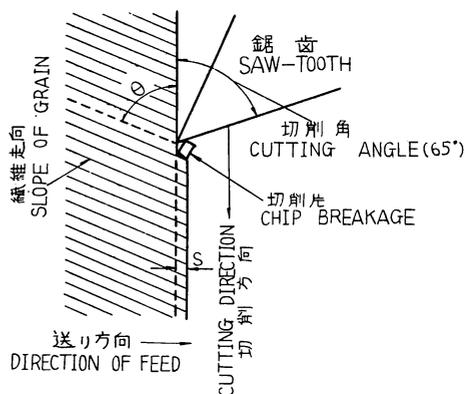


Fig. 15 鋸歯による切削片の生成
Chip formation with a saw tooth.

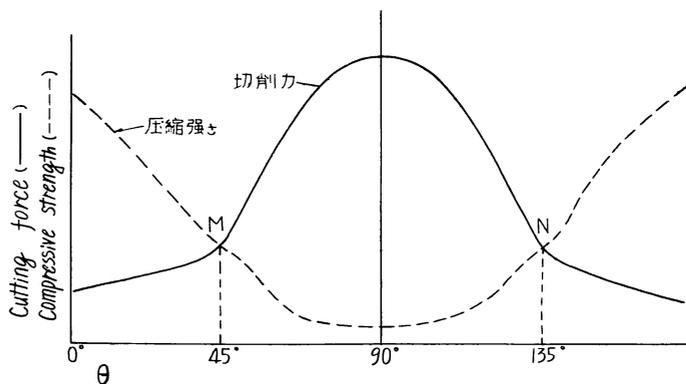


Fig. 16 繊維傾斜角 (θ) と圧縮強さおよび切削力との関係
Relation of slope of grain (θ) to compressive strength and cutting force in rip sawing.

大となると、切削片は剪断作用によつて生ぜず、片持梁として曲げモーメントを受けて曲げられ、切削片の応力が破壊点に達したとき、破壊されるが、 θ の減少または増大にともなつて、切削力は低下し、一方曲げ破壊係数は増大する¹³⁾ から、切削片は曲げによる塑性変形を受けるのみで、切削片は分断されないで、連続的に出てくるにいたる。したがつて、 θ が M 点以下または N 点以上になると、切削片の形状は急変して大きさを増す。この実験で求められた結果によれば、M 点および N 点の θ の値は、それぞれ 45° および 135° で、繊維傾斜と圧縮応力の関係における変異点と考えられる $\theta=40^\circ\sim 50^\circ$ (あるいは $130^\circ\sim 140^\circ$) とほぼ一致している。

4. 挽材条件と鋸屑

挽材条件によつて生産される鋸屑の性質は異なるから、鋸屑性質の挽材作用に対する影響を知るとともに、挽材条件と生産される鋸屑性質との関係を知ることが必要である。すでに、3. においてその一つの挽材条件である木材に対する切削方向についての考察がなされたが、実際の挽材については、その他種々の挽材条件が考えられなければならない。その主要なもの、鋸齒の切込深さを決定する条件である鋸齒の歯距、送り速度および鋸速度あるいはその他の鋸条件および材料条件であるが、切込深さを決定する条件についてはすでにふれ、あるいは筆者らが実験的にたしかめた^{21), 18), 22)} ように、歯距および送り速度に比例し、鋸速度に反比例する切込深さの大きさと鋸屑の大きさが同様の傾向を示すという観念論と実態に差がないようであるから、ここでは、主として鋸および材料についての 2, 3 の条件と鋸屑性質との関係を実験的に調べ、種々の挽材条件に対する鋸屑の影響を考察するための資料を求めた。

なお、挽材により生産される鋸屑の実質量を知るため、これらの挽材条件と挽減りとの関係をも求めた。

4.1 実験方法

4.1.1 挽材条件

42 in 帯鋸機械の鋸速度、材の送り速度を 3. と同一にし、挽幅 3 cm、挽材長 30 cm、歩出し距離 1 cm で縦挽きを実施した。

Table 6. 供試鋸のアサリ条件
Setting conditions for the test.

供試鋸 Saws for test		アサリ条件 Setting conditions				
No.	鋸厚 Blade thickness	種類 Kind	アサリ幅 Setting spread (mm)			
			平均 Average	最大 Max.	最小 Min.	
1	19 BWG	なし None	1.11	—	—	
2			撥型 Swage	1.66	1.81	1.38
3		1.83		2.03	1.44	
4		2.28		2.47	2.06	
5		振分け Spring		1.29	1.47	1.11
6				1.79	2.03	1.45
7			2.18	2.43	1.86	
8	23 BWG	なし None	0.66	—	—	
9			撥型 Swage	1.12	1.22	0.98
10		1.33		1.50	1.03	
11		1.79		1.99	1.40	
12		振分け Spring		1.13	1.39	0.94
13				1.38	1.65	1.14
14			1.74	1.95	1.47	

挽材に供した材料はスギおよびナラで、平均含水率はそれぞれ 20% および 17% で、平均年輪幅はそれぞれ 1.26 mm および 1.43 mm であった。

木取りは柁目挽きおよび板目挽きの 2 種とし、繊維方向が帯鋸歯端線に直角な縦挽きとした。

供試鋸は、鋸厚 19 および 23 BWG の 2 種の帯鋸で、いずれも鋸幅 5in のものである。そのアサリ条件は Table 6 に示すとおりで、アサリの大きさは Fig. 17 におけるアサリ幅 (b) であらわすことにした。

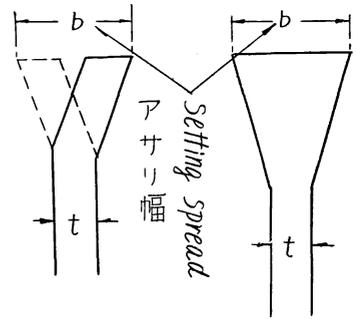


Fig. 17 アサリ幅
Setting spread.

4.1.2 測定方法

14 種類のアサリ条件と樹種および木取りの条件を組み合わせた 56 条件の挽材を 10 回ずつ行い、生じた鋸屑をできるだけ全部採集し、各挽材条件につき 200 cc (メスシリンダーによる自然落下つめこみ量) 以上をえた。

えられた鋸屑および挽材後の試験片により次の事項を調べ、その挽材条件との関連性を検討した。

(1) 鋸屑の膨容比

実験時の含水率における鋸屑の比容積を求め、同時に原木材についても供試材ごとに、 $3 \times 10 \times 1$ cm の試験片から、鋸屑の場合と同様の意味の比容積を求め、両者の比容積の比である鋸屑の膨容比を算出した。

(2) 切削片大きさの比率

供試鋸屑を篩別して、 a (20 メッシュ以上)、 b (20~30 メッシュ)、 c (30~35 メッシュ)、 d (35 メッシュ以下) の 4 グループにわけ、各グループの重量 % を求めた。

(3) 挽減り量

Fig. 18 に示すように、1つのアサリ条件で 10 回挽材し、挽材前の試験片の幅 L と挽材後の挽板を重ねた厚さ L' の差 R より 1 回の挽材当りの挽減り量を求めた。 L および L' は Fig. 18 における ①、②、③ の 3 位置を 1/20mm 副尺つきノスギにより測定したが、 L' を測定するさいには重ね板の上に 1kg の分銅 2 個をおき、一定重量を加えた状態とした。なお、アサリ幅と挽減り量の関係を知るため、(挽減

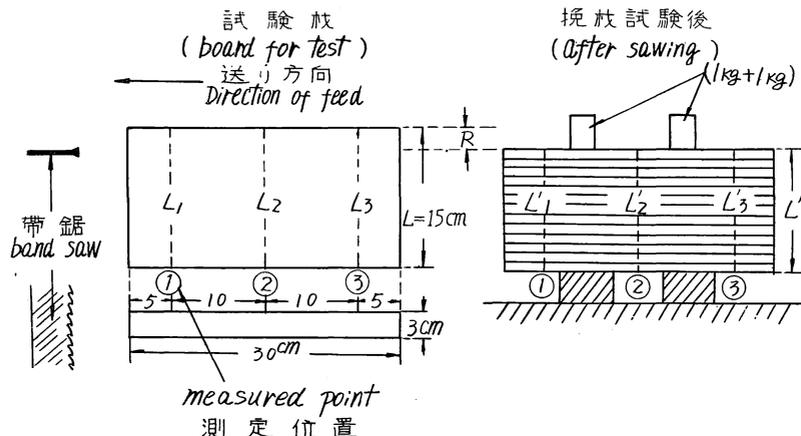
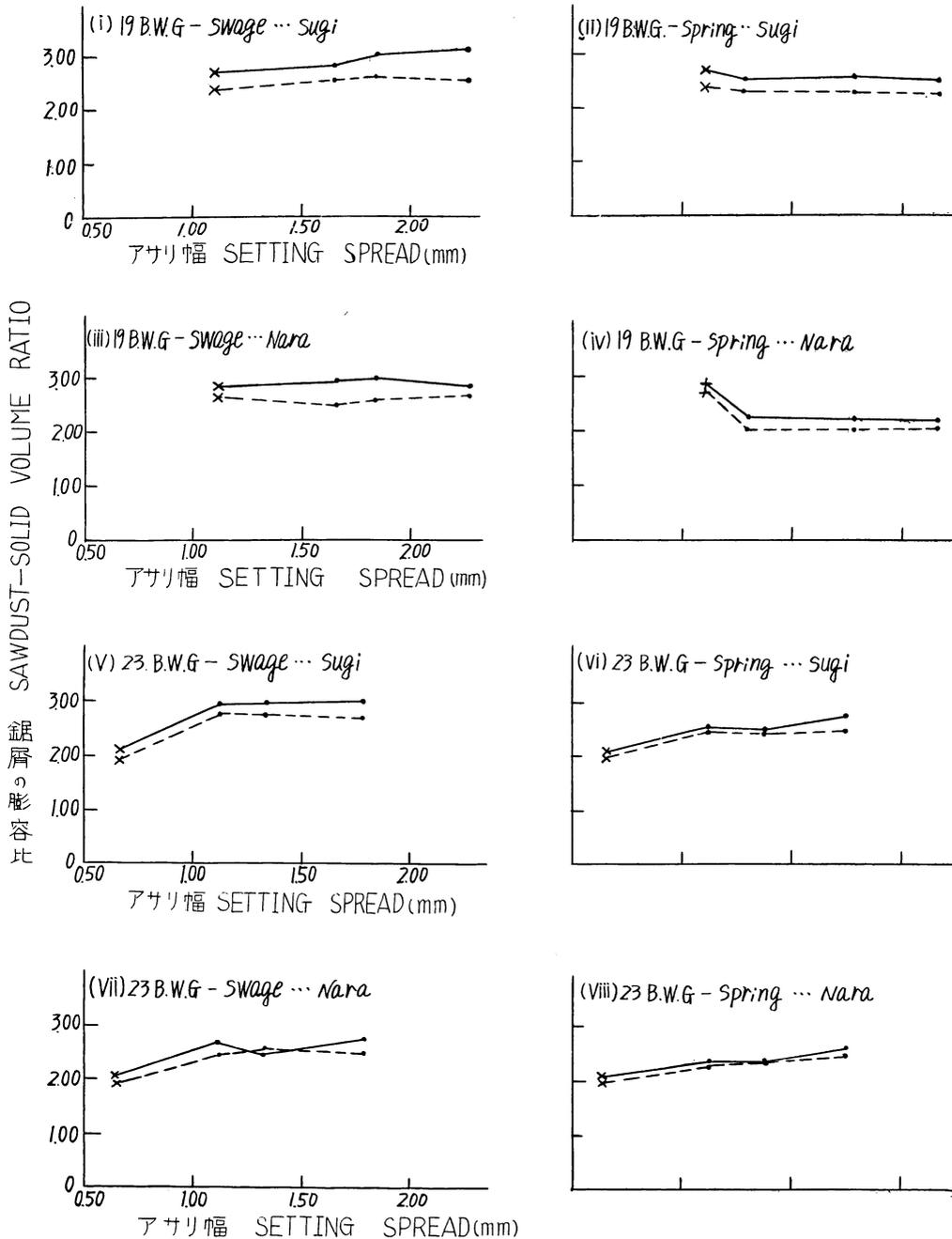


Fig. 18 挽減り量の測定
Measuring method of kerf width.



— : 柁目挽き Saw blade ⊥ annual rings.
 - - - : 板目挽き Saw blade // annual rings.
 × : アサリなし None set.

Fig. 19 アサリ幅と鋸屑膨容比の関係
 Relation of setting spread to sawdust-solid volume ratio.

Table 7. 供試鋸屑の樹種別膨容比
Sawdust-solid volume ratio.

膨容比 Sawdust-solid volume ratio 樹種 Material	最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Average
ス ギ SUGI	2.98	2.32	2.65
ナ ラ NARA	2.90	2.27	2.52

り量)/(平均アサリ幅)を算出し、これを挽減り率と称することにした。

4.2 実験結果

4.2.1 鋸屑の膨容比

供試鋸屑の膨容比の最大、最小および平均値を、樹種別に示せば、Table 7 のとおりである。

平均アサリ幅と鋸屑膨容比の関係は Fig. 19 に示すとおりで、この程度のアサリの大きさの差異は膨容比にあまり影響せず、また、両者の間に一定の傾向は認められない。そこで、アサリの大きさ以外の各挽材条件と鋸屑膨容比の関係を表示すれば、Table 8 のとおりである。Table 8 から、アサリの大きさ以外の各挽材条件について膨容比を比較してみると次のようになる。

- (1) アサリの種類(撥型アサリと振分けアサリ)については、撥型アサリの方が大。
- (2) 鋸厚(19 BWG と 23 BWG)については、撥型アサリの場合、19 BWG の方が大で、振分けアサリの場合、23 BWG の方が大。
- (3) 樹種(スギとナラ)については、スギの方が大。
- (4) 木取り法(柎目挽きと板目挽き)については、柎目挽きの方が大。

4.2.2 切削片大きさの比率

Table 8 の場合と同様に、挽材条件と鋸屑篩別区分の重量 % の関係を表示すれば、Table 9 のとおりである。

Table 8. 各挽材条件における鋸屑膨容比の平均値
Sawdust-solid volume ratio in different sawing conditions.

鋸 厚 Blade thickness	アサリ種類 Set	木取り法*1 Converting method	樹 種*2 Material	膨 容 比 Sawdust-solid volume ratio
19 BWG	撥 型 Swage	A	S	2.98
			N	2.90
		B	S	2.70
			N	2.59
	振分け Spring	A	S	2.57
			N	2.37
		B	S	2.32
			N	2.27
23 BWG	撥 型 Swage	A	S	2.88
			N	2.63
		B	S	2.60
			N	2.50
	振分け Spring	A	S	2.63
			N	2.48
		B	S	2.53
			N	2.44

*1: A: 柎目挽き Saw blade ⊥ annual rings, B: 板目挽き Saw blade // annual rings.

*2: S: スギ SUGI, N: ナラ NARA.

Table 9. 挽材条件別の鋸屑篩別区分重量 %
Sawdust particle size distribution in different sawing conditions.

鋸厚 Blade thickness	アサリの 種 Set	樹種*1 Material	木取り法*2 Converting method	重量 % Percent by weight			
				a (on 20 mesh)	b (20~30 mesh)	c (30~35 mesh)	d (thru.35 mesh)
19 BWG	撥型 Swage	S	A	12	18	23	47
			B	9	19	27	45
		N	A	10	17	26	47
	振分け Spring	S	A	5	9	20	66
			B	7	19	31	43
		N	A	10	20	28	42
23 BWG	撥型 Swage	S	A	8	14	26	52
			B	4	7	17	72
		N	A	5	13	24	58
	振分け Spring	S	A	5	13	28	54
			B	9	14	23	54
		N	A	4	6	16	74
	S	A	9	11	28	52	
		B	9	18	28	45	
	N	A	9	14	26	51	
			B	5	8	20	67

*1, *2 : Table 8 の脚注参照 See footnote of Table 8

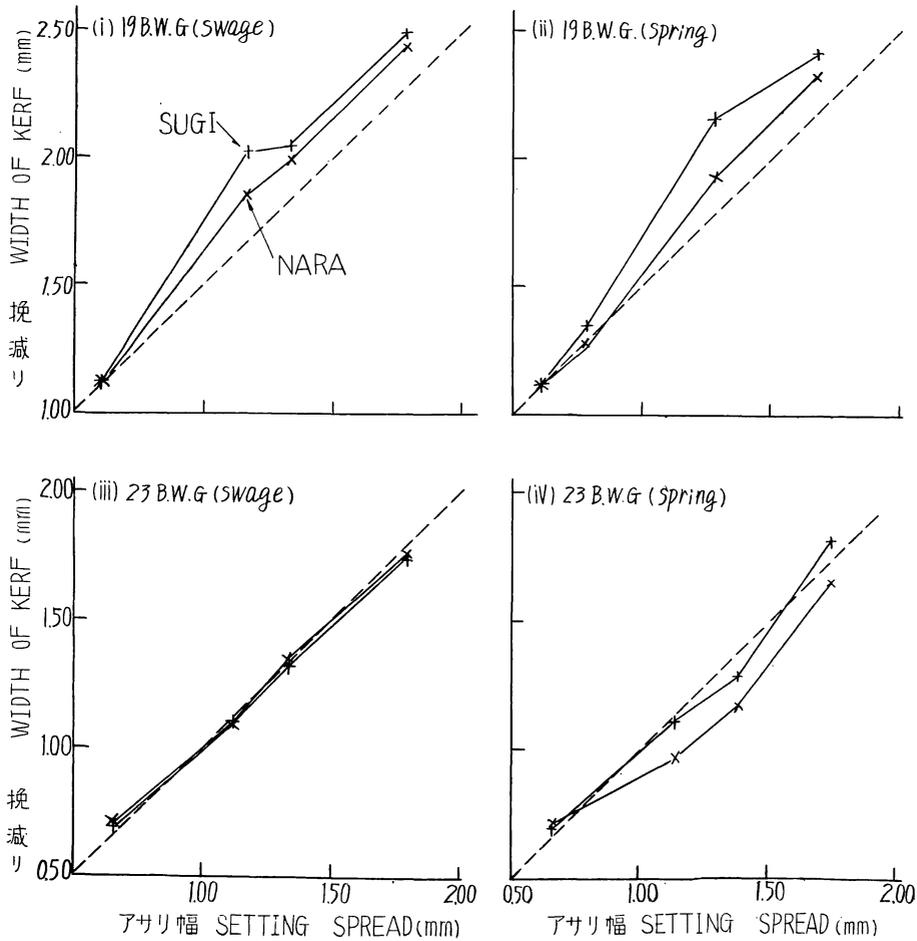


Fig. 20 アサリ条件と挽減り量の関係 Relation of setting conditions to kerf width.

Table 10. 挽 減 り 率
 Kerf width ratio ($\frac{\text{Kerf width}}{\text{Average of setting spread}}$).

鋸 厚 Blade thickness	アサリの種類 Kind of set	平均アサリ幅 Average of setting spread (mm)	挽 減 り 率 Kerf width ratio		
			スギ SUGI	ナラ NARA	平均 Average
19 BWG	なし None	1.11	1.01	1.01	1.01
		1.66	1.22	1.11	1.17
	撥型 Swage	1.83	1.11	1.09	1.10
		2.28	1.09	1.07	1.08
	振分け Spring	1.29	1.05	0.98	1.02
		1.79	1.21	1.08	1.15
		2.18	1.15	1.07	1.09
23 BWG	なし None	0.66	1.06	1.09	1.08
		1.12	0.98	0.97	0.98
	撥型 Swage	1.33	0.99	1.01	1.00
		1.79	0.96	0.98	0.97
	振分け Spring	1.13	0.99	0.86	0.93
		1.38	0.93	0.86	0.89
		1.74	1.05	0.95	1.00

4.2.3 挽減り

アサリ条件と挽減り量の関係は Fig. 20 に示すとおりである。この場合、柁目挽きと板目挽きの挽減り量の差はほとんどないので、両者の平均値をその樹種についての挽減り量とした。これらの測定値から挽減り率を算出表示すれば、Table 10 のとおりである。

前述したように、挽減り量は3位置で測定したが、その測定位置と挽減り量の関係は、Fig. 21 のようになった。なお、挽減り量にきわめて関係が深いと思われる鋸歯の左右のフレについて考察するため、供試鋸を適当な緊張力で空転させた場合の歯先のフレの量を読み取り顕微鏡で測定した結果、いずれの場合もフレの最大幅はアサリの最大幅よりも大きく、その差は最大アサリ幅の 10~40% を示し、この傾向は 19BWG の方が 23BWG の場合より顕著であった。

4.3 実験結果についての考察

4.3.1 挽材条件と鋸屑膨容比

すでに述べたように、鋸屑の膨容比の大きさは切片片の大きさに左右されるが、実験結果によれば、アサリの大きさは膨容比にあまり関係がないから、この実験のような挽材条件の範囲では、アサリの大きさは切片片の大きさにあまり影響しないと考

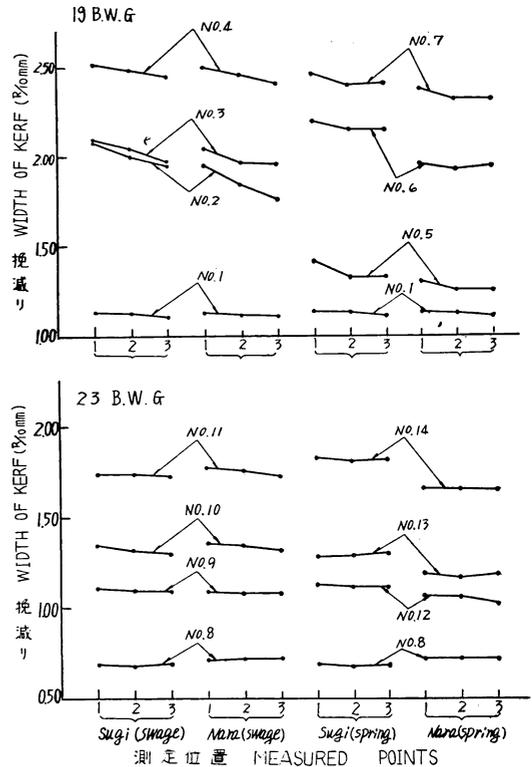


Fig. 21 測定位置と挽減り量の関係
 Relation of measured points to kerf width.

られ、むしろアサリの種類、鋸厚、樹種、木取り法などの影響の方が比較的明瞭である。しかし、実験の範囲では、挽材条件による膨容比の差異はあまり大きくなく、膨容比の値は 2.3~3.0 で、平均値は 2.6 である。これは、篩別区分の比率をみれば首肯しうること、篩別区分 d が 42~74% をしめ、さらに $(c+d)$ がすべて 70% 以上を示している (Table 9) から、いずれも篩別区分 c および d の大きさの鋸屑が膨容比についての決定因子と考えられ、スギについての c および d の鋸屑の膨容比の値は、それぞれ 3.0 および 2.2 である (Table 1) から、前述のような実験結果がえられたものと思われる。

以上の諸結果から考えて、一般的な縦挽き製材において生ずる鋸屑の性質に影響をおよぼす最大因子となる挽材条件は、鋸歯の切込深さを決定する送り、鋸速度、歯距などの条件と前述した木材に対する切削方向の条件であるといえる。

4.3.2 挽材条件と挽減り

挽材によつて生産される鋸屑の量を知るため、挽材条件と挽減り量の関係を実験的に求めたのであるが、測定結果より次のことが考えられる。

(1) 平均アサリ幅が大きくなるにつれ、挽減り量は比例的に大きくなる。これは他の実験²⁴⁾においても示されており、挽減りに対する決定的な因子はアサリの大きさであるといえる。

(2) 空転時の鋸のフレは、帯鋸の場合でもかなり大きいようであるが、鋸身が材中にはいつてゆくに、木材の圧力により、ある程度そのフレは防止されると考えられる。すなわち、Fig. 21 によれば、鋸の材中への進行につれて挽減り量は減少する。この傾向が 19BWG の鋸の場合の方が顕著なのは、空転時におけるフレが大であつたためである。鋸のフレが挽減りに影響することは、円鋸においてはしばしば経験されるところで、この場合については、実験的にもたしかめられている⁷⁾²⁰⁾²³⁾。

(3) 19BWG の鋸の方が挽減り率が大であることも、(2) で述べた理由によるものであり、ナラよりもスギの方が挽減り量の大きい傾向にあるのは、ナラの方が挽材中の鋸のフレどめ作用が大であることが大きな原因であろう。

(4) 19BWG の場合、アサリの種類による挽減りの傾向の差異はあまりみられないが、23BWG の場合、撥型アサリより振分けアサリの方が挽減り量小で、その傾向はナラにおいて著しい。これは、歯先が材にしめつけられて、アサリがもとにもどるためと考えられる。

5. 摘 要

製材用鋸歯による挽材の機構解明上必要な資料をうるため、挽材作用と鋸屑の諸性質の関係を調べ、次のような結果と考察をえた。

1. 鋸屑の容積

(1) 鋸歯の鋸屑排出作用を考える場合に重要な鋸屑の容積についての性質を検討するため、まず、種類の鋸屑容積測定法を比較検討した結果、メスシリンダーで測る一定の方法を採用した。

(2) 鋸屑の容積は、その含水率および切削片の大きさに比例して変化するが、切削片大きさの影響の方がずつと大きい。

(3) (2) の傾向は、鋸屑に圧力を加えたときも同様で、また、大きさの異なる切削片が混合している鋸屑の場合、その容積は混合比率にしたがつて中間的な傾向を示す。

(4) 以上の結果にもとづき、実際的な帯鋸製材における挽幅と挽材能率の関係を説明しえた。

2. 木材に対する鋸歯の切削方向と鋸屑

(1) 繊維方向および年輪層と鋸歯の切削方向の関係を種々変化させて挽材実験を行い、鋸歯の切削方向と切削片の形状、大きさの関係を調べた。

(2) とくに、縦挽きにおける切削方向に対する繊維傾斜角と切削片大きさの関係が注目され、この場合、繊維傾斜角が 45° ~ 135° では切削片大きさにあまり差異がないが、この範囲をこえると、切削片はリボン状となり、急に大きくなる。

(3) (2) の結果にもとづき、縦挽きの場合の鋸屑生成の機構を考察しえた。

3. 挽材条件と鋸屑

(1) 鋸および材料に関する種々の挽材条件と鋸屑性質の関係を、帯鋸により実験的に調べ、種々の挽材条件に対する鋸屑の影響を考察するための資料を求めた。一般的な縦挽き製材において生ずる鋸屑の性質に影響をおよぼす最大因子となる挽材条件は、鋸歯の切込深さを決定する条件および前述の切削方向の条件であると考えられる。

(2) 生産される鋸屑の実質量を知るため、種々の挽材条件と挽減りの関係を実験的に求めた。

文 献

- 1) CHARDIN, A.: Peut-on scier tous les bois avec la même denture?, Revue Bois et Forêts des Tropiques (Paris), 33, (1954) p. 41~50
- 2) 枝松信之: 製材に関する研究(第2報) 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
- 3) ENDERSBY, H. J.: The performance of circular plate ripaws, Forest Products Research Bulletin (London), 27, (1953) p. 1~20
- 4) ENGLESON, T., HVAMB, G., THUNELL, B.: "Counter" and "climb" ripawing investigations, Svenska Träforskningsinstitutet, Träteknik Meddelande 53 B (Stockholm), (1954) p. 1~14
- 5) GABER, E.: Versuche über die Reibung von Nadelholz, Holz als Roh- und Werkstoff, 3, 4, (1940) p. 119~122
- 6) HARRIS, P.: Mechanics of sawing: band and circular saws, Forest Products Research Bulletin (London), 30, (1954) p. 1~30
- 7) 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
- 8) 平井信二・北原寛一: 木材理学, 朝倉書店(1953) p. 34
- 9) 木下直治: 木材の切削加工の研究(第1報), 木材工業, 3, 8, (1948) p. 20~25
- 10) KOEHLER, A.: Guide to determining slope of grain in lumber and veneer, Forest Products Laboratory Report (Madison), 1585, (1943) p. 1~25
- 11) 額綱理一郎: 一種の自働粉末容積測定器の紹介, 九大農学部学芸雑誌, 4, 2, (1930) p. 134~140
- 12) 同上: 組織粉末法を行う場合に於ける粉末の適量に就て, 同上, 4, 3, (1931) p. 227~243

- 13) KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes und Holzwerkstoffe (I Band), (1951) p. 746, p. 808
- 14) 森 三郎:すぎ及びひのき材の木目方向と応圧力との関係について, 林業試験場彙報, 29, (1930) p. 1~10
- 15) 中村源一・青山経雄:木材の削り加工性に関する研究, 林業試験場木材部加工研究室資料(未発表)
- 16) REINEKE, L. H.: Sawing rates, sawdust chambering, and spillage, Forest Products Journal, 6, 9, (1956) p. 348~354
- 17) 林業試験場釜淵試験地:鋸屑及其の容積測定に関する調査, 潤葉樹利用抄報, 25, (1943)
- 18) 齋藤美鷲:潤葉樹製材用帯鋸の歯型に就て(第1報), 昭和13年林学会大会講演集, (1939) p. 466~471
- 19) 齋藤美鷲・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
- 20) 齋藤美鷲・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
- 21) 齋藤美鷲・仁賀定三:瞬間撮影による鋸歯の挽材作用についての観察, 63回林学会大会講演集, (1954) p. 289~290
- 22) 齋藤美鷲・枝松信之・大平 裕:製材用鋸歯の切味, 林業試験場研究報告, 97, (1957) p. 33~60
- 23) 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
- 24) 杉原彦一:帯鋸刃による挽材に関する研究(第1報)送り力及び歯振量の挽材に及ぼす影響, 木材研究, 10, (1953) p. 1~16
- 25) 田中義信・津和秀夫:木材の切削に関する研究(第1報)木材の切削機構に就て, 精密機械, 14, 11~12, (1948) p. 167~172

Sawdust Properties Affecting Saw Teeth Cutting.

Yoshio SAITO, Nobuyuki EDAMATSU and Yutaka ÔHIRA

(Résumé)

The action of teeth on ordinary mechanical saws comprises chip formation and sawdust removal from the gullets. The properties of sawdust scraped off by the cutting point depend on the sawing conditions, and influence the action of saw teeth for conveying away the sawdust. Information about these properties is required in order to analyze the cutting action.

This report describes tests on the sawdust properties affecting saw teeth cutting.

Sawdust Volume.

1. Estimating method of sawdust volume.

The volume of sawdust varies somewhat with the relative coarseness of the sawdust. To choose an accurate and easy method of sawdust volume, various methods have been evaluated and compared. From results shown in Fig. 1 and 2, the sawdust volume in this report was estimated by the following method: about 150 cc sawdust is lightly packed in a messcylinder of 36 mm diameter, oscillated up and down 50 times, then sawdust volume (V_u) and oven-dry weight (G_0) is measured, and specific volume of sawdust (V_u/G_0) at moisture content $u\%$ is calculated.

2. Effect of moisture content on sawdust volume.

1) Relations of moisture content to the specific volume of sawdust are shown in Fig. 3 and 4.

2) Relation of moisture content to the sawdust-solid volume ratio (ratio of the specific volume for the sawdust and solid wood) is shown in Table 1.

3. Effect of particle size on sawdust volume.

1) Relation of the particle size in sawdust to the specific volume of sawdust is shown in Fig. 5. This figure shows that the effect of the particle size on the sawdust volume is larger than that of moisture content.

2) Relations of the weight ratio of the mixed sawdust as shown in Table 2 to the specific volume of sawdust are shown in Fig. 6 (1)~(3).

3) Pressure-volume relationships of sawdust are shown in Fig. 7.

4) Relation of the depth of cut to the sawing rate (Fig. 8) is explainable by the relationship between the particle size and sawdust volume.

Influence of Grain Direction on Chip Formation.

The test was carried out on a 42 in. bandmill with gear feed sawing equipment. Bandsaws were run at a cutting speed of 3,165 m/min. and conformed to the specifications in Table 3 and the tooth style as illustrated in Fig. 10. The particle size in sawdust produced at a constant feeding speed of 5.94 m/min. in ripsawing (Fig. 11) and cross-cutting (Fig. 12) was estimated by measuring its dimension factors, l and m illustrated in Fig. 9.

Relations of slope of grain (θ and ϕ) to the particle size ($l \times m$) in ripsawing and cross-cutting are shown in Fig. 13 and 14 respectively.

From results in Fig. 13, it was deduced that variation of the size of chip formed in ripsawing would depend on the strength properties of the wood in relation to the grain direction (Fig. 16); when θ was $45^\circ \sim 135^\circ$, a chip would be severed by shearing along the fibers, but when θ was below 45° or over 135° , the chip then would act as a cantilever which failed in bending when it reached a critical length.

Relation of Sawing Conditions to Sawdust Properties in Ripsawing.

Relations of some sawing conditions in ripsawing, except the tooth bite and the grain direction mentioned above, to the sawdust-solid volume ratio, particle size distribution in the sawdust and original solid volume of the sawdust (kerf width) were studied with a bandsaw.

The test was carried out on a 42 in. bandmill with the bandsaws as shown in Table 6.

- 1) The averages of sawdust-solid volume ratio are shown in Table 7.
- 2) Relations of the sawing conditions to the sawdust-solid volume ratio are shown in Table 8 and Fig. 19.
- 3) Particle size distribution in the sawdust is shown in Table 9.
- 4) Experimental data in relation to the width of kerf measured by the method as illustrated in Fig. 18 are shown in Table 10, Fig. 20 and 21.