

糸鋸盤による木材および木質材料の鋸断加工*¹

杉山 滋・中島伸一郎*²・一ノ瀬浩敏*³

長崎大学教育学部工業技術教室
(昭和58年10月31日受理)

Sawing of Solid Woods and Wood Based Materials
with a Fret Saw Blade*¹

Shigeru SUGIYAMA, Shin-ichiro NAKASHIMA and Hirotoishi ICHINOSE

Department of Technology, Faculty of Education,
Nagasaki University, Nagasaki 852
(Received Oct. 31, 1983)

Abstract

In the sawing processes of solid woods and wood based materials with a fret saw blade, in order to make clear the sawing characteristics which are related to sawing-force components, saw-blade wear, machinability of the materials, sawing efficiency and so forth, a more fundamental research under the actual sawing conditions should be carried out. For that purpose, it is important and necessary to make clear the sawing-force components and the sawing phenomena. But few studies have dealt with the exact measurements of them, and so, the main objective of this study is to obtain quantitative information on them. In this study, the basic sawing tests of solid woods and wood based materials were performed, using an experimental apparatus designed for sawing with a fret saw blade. The main (F_p) and thrust (F_q) components of the sawing force were measured. And in addition to measurement of these components, the several sawing phenomena were observed and measured. Based on these results the sawing characteristics were discussed.

*¹ 本研究を「中学校技術科における木材加工領域の指導のための技術的基礎研究(第1報) Technical and Fundamental Studies on Education of Wood Working in Technical Education Lessons of Junior High School, I.」とする。

*² 昭和57年度工業技術教室専攻卒業生。現在、長崎県南松浦郡上五島町立上郷中学校

*³ 同上。現在、東京学芸大学大学院教育学研究科修士課程

1. 緒 言

中学校技術科木材加工領域の学習、とくに板材を中心とする木材加工の場合、教材として、一般に、ラワン類木材（主として、*Shorea* sp.）が多く使用されている。しかし、この種の外材は将来枯渇などに起因して生じる生産国の輸出制限が一層強化され、入手が困難となってくる。このような場合、未利用外材を含め、各種の改良木質材料などを教材として使用しなければならない事態が予想される。これらの木材および木質材料を教材として利用しようとする場合に、その加工性の難易が重要な問題となってくる。加工性の難易は木材および木質材料の種類やその材質によって、また、それらのほかに加工方向によっても異なり、大きな差が生じる。したがって、多くの樹種および木質材料の教材としての適否を判断するためには、それら材料と各種の加工性との関係をいろいろな立場から検討することが必要となるが、ある一つの立場から簡単にわかり易い形に整理しておくことは、木材加工領域の学習を指導するうえでも、また、教材材料の開発研究を進めるうえでも意味のあることと考えられる。このような主旨から、中学校技術科木材加工領域における木材加工を対象として、鋸断加工に着目してみた。

木材加工を行う機械（木工機械）の中で、鋸断加工を行う機械（木工機械の中で、それらは挽き材機械あるいは製材機械と呼ばれている）には、丸鋸盤、帯鋸盤、糸鋸盤などがあるが、中学校技術科木材加工領域の学習の中で、生徒に使用させても比較的安全であろうと思われる機械（ポータブル式の電動工具、例えばジグソーなどは木工機械から除く）は糸鋸盤であろう。糸鋸盤には自由に曲線挽きを行い得るという特徴がある。したがって、糸鋸盤による木材の鋸断加工を学習に取り入れることによって、生徒に創造性を発揮させるのみならず、機械のしくみや機械の安全な使用法を学習させ、しかも木材や木質材料の材料的特性と加工性との関連などを学習させることができるから、技術科木材加工領域の学習を行ううえでは糸鋸盤は好都合の機械と考えられる。したがって、中学校技術科木材加工領域における糸鋸盤を指導する教師あるいはそれを志向する者にとって、多くの木材および木質材料を用いた糸鋸盤による鋸断特性についての技術的・基礎的な知見を整理しておくことは、木材加工領域における安全教育を推進するうえでも、また、教材材料の開発研究、ならびに糸鋸盤や新しい教材材料を用いた実践的研究を進めるうえで重要であると考えられる。

従来、糸鋸盤はその機械の構造や挽き材能率などからみて比較的小規模の挽き材機械に属するため、糸鋸盤の利用の仕方も、家具木工における部材の二次加工や工芸的な利用が中心となる場合が多いようである（小学校教育における図工学習では、部品の加工や工芸的利用に糸鋸盤が用いられている）。したがって、糸鋸盤による鋸断特性に関する基礎的資料などは若干公表されている¹⁾程度で、極めて乏しいのが実情である。そのため、糸鋸盤による鋸断作業は作業者の経験や勘に基づくところが多い。加工材料の側から鋸断特性を考える場合、丸鋸盤や帯鋸盤の場合を糸鋸盤にあてはめて考えても大きく誤ることは少ないと考えられるが、前記したように、中学生の鋸断作業を対象とした技術科木材加工領域の学習の場合には、機械のしくみや機械の安全な使用法を学習させるなどの安全教育を推進する立場から、糸鋸盤を主対象とした木材および木質材料の鋸断特性や適正な鋸断作業条件などの究明が是非とも必要となってくる。

そこでこの研究では、実用機械としての糸鋸盤を用いて、これを種々の測定に便利なように改良し、糸鋸盤による鋸断実験装置を試作した。同装置を用いて、この研究では糸鋸盤による木材および木質材料の鋸断特性、とくに、木材のくり抜き加工を対象として繊維走行と送材方向のなす角の影響（実験Ⅰ）、送材速度の影響（実験Ⅱ）、内外産の主要樹種多数を用いてそれらの材質（とくに、気乾容積重）の影響（実験Ⅲ）および各種の改良木質材料を用いてそれらの気乾容積重の影響（実験Ⅳ）の検討を行い、これらの基礎実験から、安全教育や教材材料の開発研究などを進めるうえでの知見を得ようと試みた。

2. 糸鋸盤および糸鋸歯について（概説）

2.1 糸鋸盤について

糸鋸盤は、鋸幅の小さい直線状の糸鋸歯を取り付け、これを直線状に往復運動させ材料の鋸断を行う機械であり、“直線挽き”はもちろん、鋸幅の小さいことを利用して“曲線挽き”をも行うことができ、しかも、鋸歯を交換することにより木材の鋸断のみならず、プラスチックや金属材料などの鋸断も行い得るのが特徴である。したがって、現在では、糸鋸盤は工業用としても、各種の工芸用としても、さらに学校教材としても広く利用されている。糸鋸盤は非常に多くの型があるが、往復運動機構から糸鋸盤を大別すると、図1に示すタイプ^{*4}に分類される²⁾。すなわち、(a)

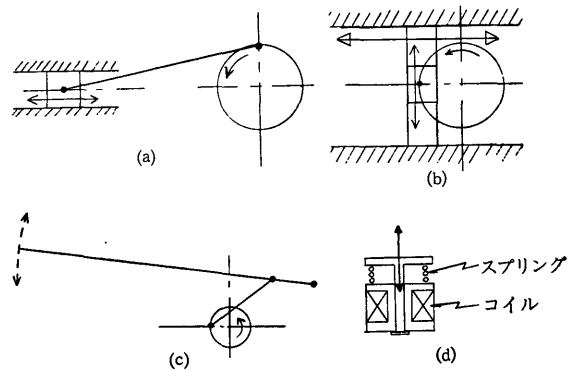


図1 糸鋸盤の鋸歯の運動機構

(a) 回転体をクランクシャフトからコンロッドを廻してピストン運動に変える機械、(b) 回転体をクランクシャフトからスライダを廻して上下動に変える機械、(c) 回転体をクランクシャフトからコンロッドを利用して弧運動に変える機械、(d) 電気的な磁力応用により直動運動させる機械。

*4 これら糸鋸歯の往復運動機構の中で、直動運動が得られる機械は、(a)、(b)、(d)である。(a)、(b)はアーム固定式と呼ばれる機械で、下部に糸鋸歯運動機構（上下運動部）を、上部にスプリングなどにより糸鋸身に緊張力を与える機構（吊上部）を、それぞれ備えた機械であり、一般に広く利用されている。とくに、運動機構から考えて信頼性の高い機械は(b)であり、鋸断能力（アーム（桿）の奥行の大きさ、ストローク（上下動）の大きさ、挽き材の厚さ、モータの馬力などで決定される）も大きい工業用の大型機械に用いられている。それに対して、(a)は小型機械で、従来、学校教材用として、また、日曜大工などに用いられ親しまれている機械である（近年では、学校教材用として(b)が用いられるようになってきた）。一方、(c)は両桿式と呼ばれる機械であり、従来はこのタイプが主であったが、現在では極少数しか製造されていないが、未だに実用機械として活躍している機械である。また、(d)は古くから製造されていた機械であるが、コンパクト化した磁力には限度があり、鋸断能力も低いため現在では製造されていない（なお、外国では、このタイプにインバータなどを利用して無段変速できる簡易型機械も試作されている）。

2.2 糸鋸歯について*5

糸鋸歯の種類はおおよそ100種以上にも及ぶが、その形状は大半が帯状の鋸歯である（特殊な形状として、棒材や帯鋼をスパイラル状にした鋸歯もある）。鋸歯の材質としては合金工具鋼（SKS2）や炭素工具鋼（SK5）が用いられ、前者は金工用糸鋸歯に、また、後者は木工およびプラスチック用糸鋸歯に用いられる（図2(a)）。糸鋸歯の大きさは、その長さ、幅および厚さで表す。長さは150～155mmが一般用であり、200～300mmの特殊用もある。厚さは0.4、0.45、0.5mmが一般用で、0.7、0.9、1.4、1.5、1.7mmの特殊用もある。幅は厚さにより限定され、1.3、1.8、2.2mmが一般用である（図2(b)、(c)参照）。

糸鋸歯の歯型は、角度やそれを構成する辺の大きさなどを用いて表すべきであるが、図2(a)～(c)に示すように、歯型の特徴を表現する言葉で表す方法が用いられるたり、歯型が山の形に似

ているところから、歯数には“山の数”で表すのが一般的のようである。通常、糸鋸歯の歯型には、歯振（アサリ）の付いているものとそうでないものがある。また、木工用糸

木工・金工・プラスチック兼用（大歯振付き）

木工用（中目）

木工用（トビ目）

プラスチック用（並目）

木工（合板、ダンボール）用（二ツ山）

金工用（スリ目）

金工用（小歯振付き）

図2(a) 各種の糸鋸歯の歯型の特徴

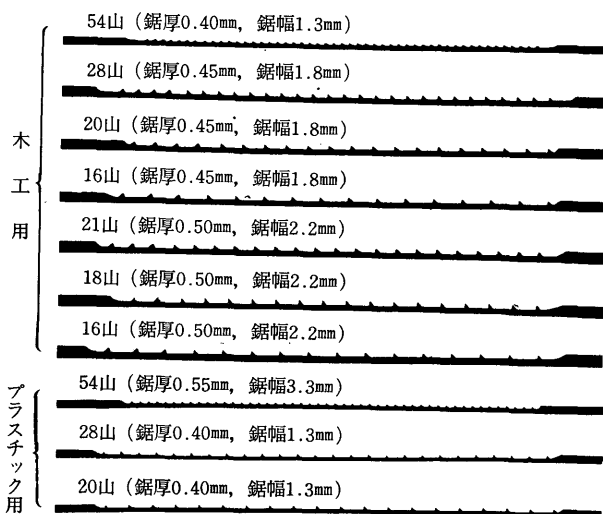


図2(b) 各種の糸鋸歯の歯型の特徴

*5 多種類の糸鋸歯を選定するための根拠となる基準は極めて難しい。それは、使用する糸鋸盤の機種や作業者の経験や熟練の程度によって異なるが、鋸断材料の形質（とくに、材質や厚さ）によっても異なる²⁾。一般には、後者の基準としてつぎのようにされているようである。すなわち、厚い材料や硬い材料の鋸断には、鋸歯の焼付きを少なくし、切れ味を良好にする目的で鋸歯の山数が少なく、歯振の付いた鋸歯を選ぶ（ただし、鋸断面の様相、すなわち挽き肌はあまり良好ではない）。切れ味が劣っても挽き肌を良好にするためや薄い材料の鋸断には、山数が多く、歯振の小さい鋸歯を選ぶ。なお、歯型の選定基準を明確にすることも今後の検討課題である。

鋸歯には、鋸断材料下面の“ばり”を除去する目的で、2～7山程度の“返し歯”が付けられているのが特徴である。

3. 鋸断実験装置 および実験方法

この研究では、糸鋸盤による木材および木質材料の鋸断性の検討を4つの実験、すなわち木材のくり抜き加工を対象として繊維走行と送材方向のなす角の影響（実験Ⅰ）、送材速度の影響（実験Ⅱ）、内外産の主要樹種多数を用いてそれらの材種（とくに、気乾容積重）の影響（実験Ⅲ）および各種の改良木質材料を用いてそれらの気乾容積重の影響（実験Ⅳ）に分けて行うが、いずれの実験においても実用機械としての糸鋸盤とその他の実験装置の一部を用いて上記の各実験ができるように改良し、糸鋸盤による鋸断実験装置を試作した。すなわ

ち、図3～5に示すように、鋸断実験装置は糸鋸盤と試験片送り装置とから構成されている。使用した糸鋸盤は、駆動機構が図1(a)に示すタイプのもので、固定アーム・スタンド型のもので、鋸断能力はテーブル水平使用の場合で厚さ方向50mm（木材の場合に限る）、奥行700mmであり、ストローク（上下動）は20mm、モータ回転数は1,125rpmである。実験に際しては、テーブル、ガイドローラ付き安全板押えを取りはずし、さらに、上部吊上円筒を標準位置から90°ずらして使用した。これに伴う鋸断中の試験片や固定アームの振動を防ぐため、試験片押え板（図3の②）や固定アーム左右振れ止め押え板を使用した。

一方、試験片送り装置は4尺旋盤（主軸センタ、心押軸センタ間の距離の最大が4尺である旋盤）を用い、別途に装備した3馬力の無段変速機によって同旋盤の親ねじを駆動させ、それにより旋盤の往復台に別途に固定された定盤に取り付けられた試験片（八角形弾性リング荷重装置を介して固定されている）を移動させ、糸鋸盤へ送り込む方式を採って

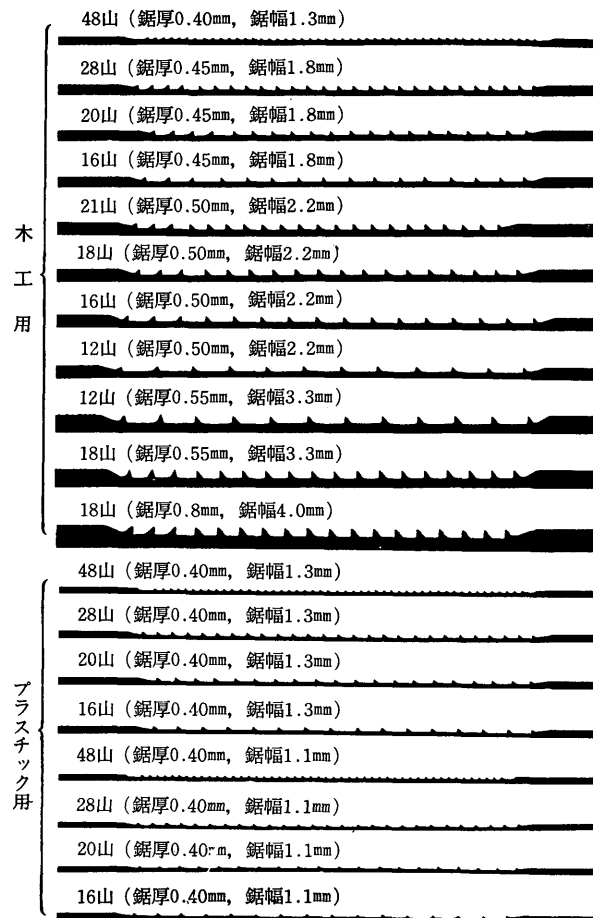


図2(c) 各種の糸鋸歯の歯型の特徴

いる*6。この場合、試験片に加わる鋸断力 (F) は、八角形弾性リング荷重装置に貼付されたストレーンゲージにより、同リングの微小変位として電氣的に動ひずみ測定器によって増幅され、それらは記録計に出力される。なお、 F は、図 6 に示すように、主分力 (挽き材方向の分力で、挽き材力とも呼ばれている) (F_p) と背分力 (送材方向の分力で、送材力とも呼ばれている) (F_q) とに分解さ

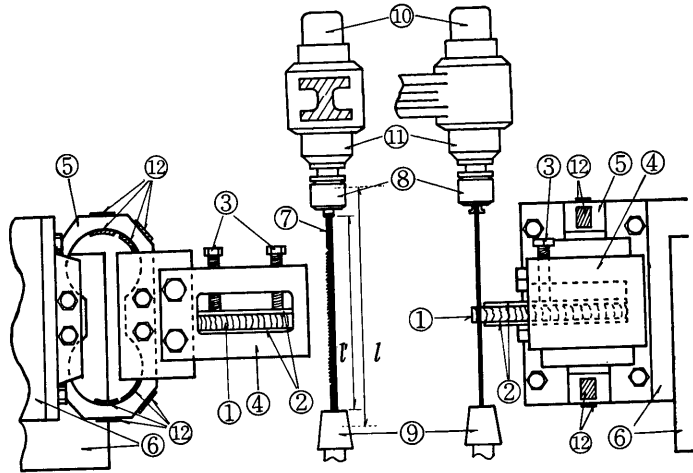


図3 糸鋸盤による鋸断実験装置 (模式図)

- ①：試験片，②：試験片押え板，③：試験片固定用ボルト，
④：試験片保持装置，⑤：鋸断力の2分力測定用八角形弾性リング荷重装置，⑥：2分力測定用八角形弾性リング荷重装置固定定盤，⑦：糸鋸歯，⑧：上部歯止め金具，⑨：下部歯止め金具，⑩：鋸身緊張ノブ，⑪：上部吊上円筒，⑫：ストレーンゲージ， l ：糸鋸長， l' ：上部歯止め金具と下部歯止め金具間の距離

れ、それぞれが八角形弾性リング荷重装置から別々に測定される(八角形弾性リング荷重装置による2分力の測定については既報³⁾参照)。記録紙上に描かれた鋸断長さに相当する鋸断力の波形から、その中央部における種々の波形の極大高さを1/20mm精度で読み取り、それを予め行った八角形弾性リングの変位と荷重の較正結果にあてはめて荷重に変換し、試験片の厚さで除して単位鋸断厚さ当りの鋸断力(主分力 (F_p)、背分力 (F_q))とした。

糸鋸盤による鋸断実験では、鋸断力などに影響を及ぼす因子の一つに鋸身緊張力がある。いずれの実験においても、糸鋸身に一定の緊張力*7を与えた。

*6 鋸断実験装置を用いての実験のあらましを説明すると、以下のとおりである(図3参照)。試験片①は鋸断中の振動を防ぐため試験片押え板②に挟着させ、同押え板とともに鋸断力の2分力測定用八角形弾性リング荷重装置⑤の試験片保持装置の中に固定されている。八角形弾性リング荷重装置⑤は試験片送り装置の固定定盤⑥(旋盤の往復台上に固定された定盤)に固定され、無段変速機の駆動により所定の送り量だけねじ送り方式で糸鋸歯⑦に向って前進する。糸鋸歯⑦の鋸身の両端はアーム先端の上部歯止め金具⑧とモータ上部にある下部歯止め金具⑨によってそれぞれ固定されるが、その際、鋸身緊張ノブ⑩によって糸鋸身に一定の緊張力を与えて固定する。糸鋸歯⑦は、モータの回転により往復運動(この場合は直動運動)に変換され、送り込まれてくる試験片を一定幅の小片に鋸断する。

*7 鋸身に一定の緊張力を与える方法として、つぎの方法を考案した。供試糸鋸の鋸身の一側面の中央部にストレーンゲージを貼付し、バイスに鋸身の一先端を固定し、他の先端に既知荷重を吊し、鋸身の長さ方向の伸びと荷重の関係を予め調べた。つぎに、同鋸身を糸鋸盤に取り付ける。この場合、下部歯止め金具により鋸身の一端を固定しておき、他端は鋸身緊張ノブを下降させて上部歯止め金具により固定する。この鋸身緊張ノブの下降の程度により緊張力が異なるから、下降の程度(便宜上、下部歯止め金具と上部歯止め金具間の距離(l'))(図3参照)の大きさをういた)と緊張力による鋸身の伸び(ストレーンゲージにより計測される)の関係を明らかにする。これにより、 l' を一定の間隔に保てば、一定の緊張力が鋸身に与えられることを数回の実験により確めた。以降、 l' を一定(すなわち、緊張力を一定)に保つように注意を払った。

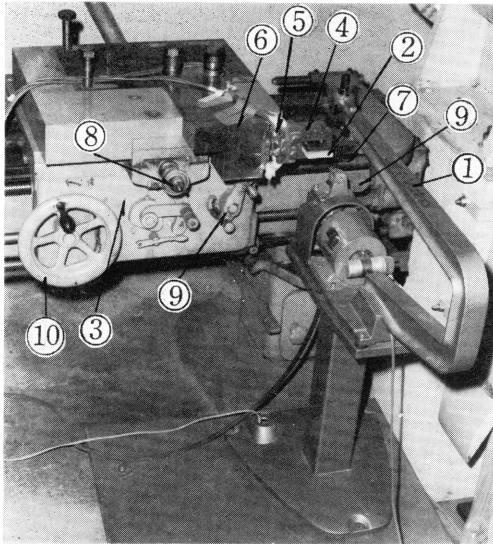


図4 糸鋸盤と試験片送り装置

- ①：固定アーム（棒），②：試験片，
- ③：試験片送り装置，④：試験片保持装置，⑤：2分力測定用八角形弾性リング荷重装置，⑥：2分力測定用八角形弾性リング荷重装置固定定盤，⑦：試験片送り装置移動のための親ねじ，⑧：試験片前後調整ハンドル，⑨：試験片送り装置瞬間停止装置，⑩：試験片送り装置移動のためのハンドル

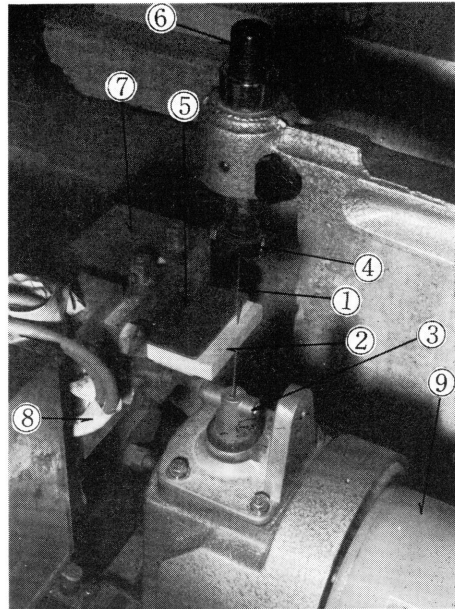


図5 鋸断力の2分力測定用八角形弾性リング荷重装置と鋸断実験の方法

- ①：糸鋸歯，②：試験片，③：下部歯止め金具，④：上部歯止め金具，⑤：試験片押え板，⑥：鋸身緊張ノブ，⑦：試験片保持装置，⑧：2分力測定用八角形弾性リング荷重装置，⑨：モータ

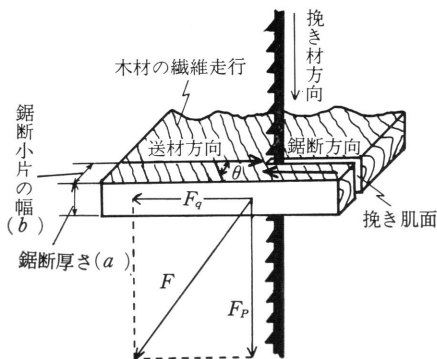


図6 試験片に加わる鋸断力 (F) の2分力 (F_p, F_q)

θ ：木材の繊維走行と送材方向のなす角，
 F_p ：主分力（挽き材力）， F_q ：背分力（送材力）， F ：鋸断力（ $= (F_p^2 + F_q^2)^{1/2}$ ）

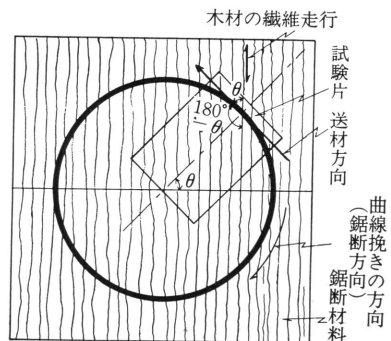


図7 糸鋸盤による曲線挽きにおける鋸断材料の繊維走行と鋸断材料の送材方向（鋸断方向）(θ)との関係（実験Ⅰ）

供試材の種類、供試糸鋸歯および鋸断条件は、実験の種類によって異なる。実験Ⅰでは、糸鋸盤による曲線挽き、とくに図7に示すようなくり抜き加工を対象として、木材の繊維走行と送材方向*8のなす角(θ)の影響を調べる。これを実験的に行うには、図8に示すように、まさ目木取りの板材から、 $\theta=0^\circ$ から 180°

まで 10° 間隔おきに変化する試験片を各種用意し、それぞれの試験片を直線挽きした。なお、鋸断母材側(または、鋸断小片側)からみれば、 $\theta=0^\circ$ は縦挽き(または、縦挽き)を、 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ は順目の斜め挽き(または、逆目の斜め挽き)を、 $\theta=90^\circ$ は横挽き(または、横挽き)を、 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ は逆目の斜め挽き(または、順目の斜め挽き)を、 $\theta=180^\circ$ は縦挽き(または、縦挽き)を、それぞれ意味する。実験Ⅱでは、図9に示すように、鋸断母材側の θ が 170° (鋸断小片側では 10°)一定の試験片を用い、送材速度(f)の影響を調べる。実験Ⅰ、Ⅱにおける供試材の種類とその形質を表1に要約して示す。さらに、実験Ⅲでは、内外産主要樹種50種(それらの種類と形質は表2に示す)を、また、実験Ⅳでは、各種の改良木質材料(それらの種類と形質は表3に示す)をそれぞれ用い、それらの材料の材質と鋸断性との関係、とくに気乾容積重(r_u)に着目し、 r_u と鋸断性との一般的な関係を明らかにしようとした。なお、実験ⅢおよびⅣの鋸断方向はつぎのようにした。実験Ⅲでは、縦挽き(図9において、 $\theta=0^\circ$)および横挽き

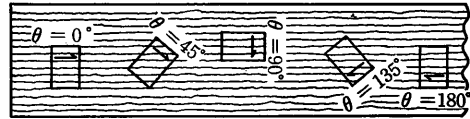


図8 まさ目木取りの板材からの試験片の採取方法(実験Ⅰ)

矢印は送材方向を、 θ は木材の繊維走行と送材方向のなす角を示す。

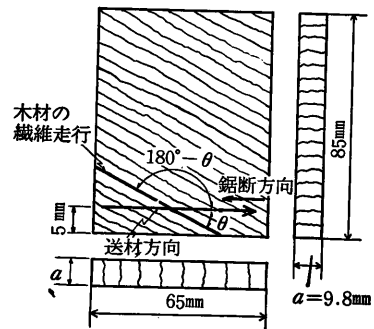


図9 試験片の寸法と形状(実験Ⅰ、Ⅱ)

θ : 木材の繊維走行と送材方向のなす角、 a : 鋸断厚さ(板厚)

表1 供試材の種類およびその形質(実験Ⅰ、Ⅱ)

	実験Ⅰ	実験Ⅱ
樹種	ベイツガ (<i>Tsuga heterophylla</i>)	
木取り	まさ目木取りの板材で、図7に示すような曲線挽きを対象とした。	まさ目木取りの板材で、図9に示すような鋸断小片側が逆目挽き、鋸断母材側が順目挽きとなる鋸断を対象とした。
木材の繊維走行と送材方向のなす角(θ)	$0^\circ \sim 170^\circ$ (10° 間隔おきに変化させた)	170°
容積重(r_u)	0.43 g/cm ³	0.47 g/cm ³
平均年輪幅(R)	0.53 mm	2.43 mm
晩材率(L)	37.1 %	35.2 %
板厚(a)	10.5 mm	9.8 mm
含水率(u)	12.7 %	12.1 %

*8 鋸断方向と送材方向は互に逆方向の関係にあるが、一般に、前者はジグソー、手挽き糸鋸および回し挽き鋸の場合に、後者は糸鋸盤の場合に用いられる。この研究では、挽き材しようとする板(あるいは、ボード)面内における方向を鋸断方向と呼ぶこととする。

(図9において、 $\theta = 90^\circ$)を対象とした。実験IVでは、配向性ボードではないパーティクルボードやファイバーボード(インシュレーションボード、セミハードボードおよびハードボード)は面内等方性と考えられるから、鋸断方向はボード面内の任意の一方方向(すなわち、 θ は任意の方向)としたが、合板はプライ数が多いものは面内等方性に近くと考えられるが、プライ数の少ないものほど異方性が現れると考えられるから、面内異方性の程度も調べる目的で、合板を構成する表・裏面の単板の繊維走行を基準として、図

表2 供試材の種類およびその形質(実験III)

樹種	r_u (u)	ϕ_3 ϕ_2	R (L)	樹種	r_u (u)	ϕ_3 ϕ_2	R (L)
バルサ (<i>Ochroma lagopus</i>)	0.16 (9.2)	64	— (—)	ケヤキ (<i>Zelkova serrata</i>)	0.56 (11.1)	16	— (—)
スギ (<i>Cryptomeria japonica</i>)	0.34 (11.6)	55	3.2 (47.8)	ニヤトー (<i>Palaquium</i> sp.)	0.56 (11.1)	27	— (—)
ベイスギ (<i>Thuja plicata</i>)	0.34 (9.2)	34	1.1 (14.2)	ブナ (<i>Fagus crenata</i>)	0.62 (11.6)	40	1.6 (6.5)
キリ (<i>Paulownia tomentosa</i>)	0.37 (11.0)	46	— (—)	ク リ (<i>Castanea crenata</i>)	0.62 (11.8)	63	— (—)
ペイトウヒ (<i>Picea</i> sp.)	0.40 (11.8)	10	2.3 (17.7)	アカマツ (<i>Pinus densiflora</i>)	0.62 (12.3)	5	4.2 (31.4)
ベイマツ (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	0.41 (11.2)	9	— (—)	メルサワ (<i>Anisoptera</i> sp.)	0.62 (11.5)	54	— (—)
トドマツ (<i>Abies sachalinensis</i>)	0.42 (12.4)	40	1.1 (18.2)	マトア (<i>Pometia pinnata</i>)	0.62 (12.0)	86	— (—)
ヒバ (<i>Thujopsis dolabrata</i> var. <i>hondae</i>)	0.42 (12.1)	73	3.6 (2.3)	バクチカン (<i>Parashorea malaanonan</i>)	0.63 (11.2)	75	— (—)
ベニマツ (<i>Pinus koraiensis</i>)	0.42 (11.7)	15	1.1 (14.3)	ブラックウォールナット (<i>Juglans nigra</i>)	0.63 (10.9)	20	4.9 (37.6)
カツラ (<i>Cercidiphyllum japonicum</i>)	0.43 (11.3)	77	2.2 (13.4)	カボール (<i>Dryobalanops</i> sp.)	0.63 (11.5)	42	— (—)
ライトレッドメランチ (<i>Shorea</i> sp. (<i>Rubroshorea</i>))	0.44 (11.6)	20	— (—)	カラマツ (<i>Larix leptolepis</i>)	0.63 (12.1)	65	2.0 (29.7)
エゾマツ (<i>Picea jezoensis</i>)	0.45 (11.6)	40	0.6 (17.5)	イエローメランチ (<i>Shorea</i> sp. (<i>Richetioides</i>))	0.65 (12.3)	67	— (—)
アガチス (<i>Agathis</i> sp.)	0.46 (11.6)	9	1.4 (33.0)	グークレッドメランチ (<i>Shorea</i> sp. (<i>Rubroshorea</i>))	0.65 (12.4)	49	0.8 (8.0)
シナノキ (<i>Tilia japonica</i>)	0.48 (10.7)	90	2.3 (49.2)	ジョコン (<i>Dactyloctenium stenostachys</i>)	0.68 (11.0)	70	— (—)
カメレ (<i>Eucalyptus deglupta</i>)	0.48 (11.7)	56	— (—)	ラミン (<i>Gonystylus bancanus</i>)	0.68 (11.2)	4	— (—)
ヒノキ (<i>Chamaecyparis obtusa</i>)	0.49 (11.5)	57	1.4 (11.0)	ヤチグモ (<i>Fraxinus mandshurica</i>)	0.68 (12.3)	15	— (—)
セン (<i>Kalopanax pictus</i>)	0.49 (11.5)	80	1.2 (80.0)	セプターマヤ (<i>Pseudosindora palustris</i>)	0.72 (12.2)	13	— (—)
ベイツガ (<i>Tsuga heterophylla</i>)	0.50 (12.5)	88	1.2 (47.5)	チーク (<i>Tectona grandis</i>)	0.73 (10.4)	69	— (—)
ホワイトメランチ (<i>Shorea</i> sp. (<i>Anthoshorea</i>))	0.51 (11.5)	13	— (—)	ローズウッド (<i>Dalbergia</i> sp.)	0.74 (9.4)	45	— (—)
タイワンヒノキ (<i>Chamaecyparis taiwanensis</i>)	0.51 (12.0)	84	0.6 (17.0)	ミズナラ (<i>Quercus crispula</i>)	0.74 (11.7)	70	— (—)
ホオノキ (<i>Magnolia obovata</i>)	0.51 (11.4)	0	3.1 (11.2)	マカンバ (<i>Betula maximowicziana</i>)	0.76 (11.9)	25	2.5 (8.0)
マホガニー (<i>Swietenia</i> sp.)	0.51 (12.0)	68	— (—)	ソ連カラマツ (<i>Larix gmelinii</i>)	0.79 (12.5)	40	1.4 (23.9)
トチノキ (<i>Aesculus turbinata</i>)	0.52 (12.4)	60	— (—)	アピトン (<i>Dipterocarpus</i> sp.)	0.79 (12.5)	40	1.4 (23.9)
ツガ (<i>Tsuga sieboldii</i>)	0.54 (12.3)	15	2.0 (38.3)	シラカシ (<i>Quercus myrsinaefolia</i>)	0.86 (10.3)	9	— (—)
ラジアータマツ (<i>Pinus radiata</i>)	0.56 (12.0)	36	5.4 (24.4)	ナーラ (<i>Pterocarpus indicus</i>)	0.96 (10.8)	14	— (—)

(注) r_u :容積重(g/cm^3), (u):含水率(%), ϕ_3 :木口面における年輪と縦挽きにおける鋸断面との交差角度($^\circ$), ϕ_2 :木口面における年輪と横挽きにおける挽き材方向との交差角度($^\circ$), R :平均年輪幅(mm), (L):晩材率(%), —(—)は早材, 晩材が不明瞭な場合で測定不能を意味する。

10に示すように鋸断方向（すなわち，送材方向）と繊維走行のなす角（ θ ）を 0° ， 30° ， 60° および 90° の4段階に変化させた。

実験Ⅰ～Ⅳいずれにおいても，糸鋸歯には木工・プラスチック・金工兼用歯（材質は合金工具鋼 SKS2）で，長さ150mm，幅1.8mm，厚さ0.50mm（実験Ⅰ）および0.55mm

表3 供試材の種類およびその形質（実験Ⅳ）

改良木質材料	容積重 γ_w (g/cm^3)	含水率 u (%)	a (mm)
5 プライ普通合板($\theta=0^\circ$)	0.56	9.63	8.60
5 プライ普通合板($\theta=30^\circ$)	0.56	9.63	8.60
5 プライ普通合板($\theta=60^\circ$)	0.56	9.63	8.60
5 プライ普通合板($\theta=90^\circ$)	0.56	9.63	8.60
インシュレーションボード(A)	0.29	8.14	11.40
インシュレーションボード(B)	0.33	9.23	12.40
セミハードボード	0.53	9.20	9.20
S 1 S ハードボード	0.98	8.83	3.35
単層パーティクルボード	0.62	9.93	21.20
三層パーティクルボード	0.73	11.40	15.65

(注) a : 鋸断厚さ(板厚, 図6参照), θ : 合板の表・裏面における繊維走行と送材方向のなす角(図10参照), 普通合板はⅡ類合板であり, それを構成する単板の樹種はレッドメランチである。

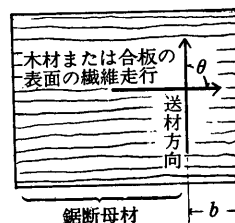


図10 木材および合板の各試験片の採取基準としての表面の繊維走行と送材方向のなす角（ θ ）
(実験Ⅲ, Ⅳ)

b : 鋸断小片の幅

表4 供試糸鋸歯の諸元（実験Ⅰ～Ⅳ）

種類(材質)	実験Ⅰ		実験Ⅱ～Ⅳ	
	木工・プラスチック・金工兼用歯(合金工具鋼SKS2)			
歯 距(p)	1.66 mm	1.78 mm		
歯 高(h)	0.90 mm	0.80 mm		
歯 底(d)	0.46 mm	0.55 mm		
鋸 厚(t)	0.50 mm	0.55 mm		
鋸 幅(w)	1.80 mm	1.80 mm		
鋸 長(l)	150 mm	150 mm		
歯室容積(V)	0.57 mm ³	0.65 mm ³		
歯振(アサリ)幅(k)	振り分け型 0.70 mm	振り分け型 0.85 mm		
歯振の出(s)	0.10 mm	0.15 mm		
歯振の逃げ角(ξ)	6°	6°		
歯振の研ぎ角(δ)	8°	10°		
歯背角(α)	37°	42°		
歯端角(β)	53°	48°		
歯喉角(γ)	0°	0°		

- (注) 1. 糸鋸歯の歯型要素については, 図11参照。
2. 歯振の逃げ角は歯背側から測定した。
3. 鋸歯の歯型の諸角度と距離(長さ)は20~50倍の万能投影機下で測定した。

(実験Ⅱ～Ⅳ)，山数50山(実験Ⅰ)および53山(実験Ⅱ～Ⅳ)のものを使用した。それらの鋸歯はいずれも歯振が付けられているが、返し歯は付けられていない。各実験ごとにそれらの鋸歯の諸元を表4(歯型要素の名称は図11参照)に、また、それらの鋸歯を用いての鋸断条件を表5にそれぞれ要約して示す。

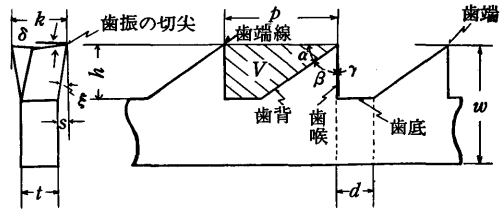


図11 糸鋸歯の歯型要素

α : 歯背角, β : 歯端角, γ : 歯喉角, p : 歯距,
 h : 歯高, d : 歯底, V : 歯室, t : 鋸厚, w : 鋸幅,
 k : 歯振(アサリ)幅, s : 歯振の出(= $\frac{k-t}{2}$), ξ : 歯振の逃げ角, δ : 歯振の研ぎ角

表5 鋸断条件(実験Ⅰ～Ⅳ)

	実験Ⅰ	実験Ⅱ	実験Ⅲ	実験Ⅳ
木材および木質材料の繊維走行と送材方向のなす角(θ)	0°~170° (10°間隔おきに) 変化させた	170°	0°(縦挽き) 90°(横挽き)	普通合板の場合 (0°, 30°, 60°, 90°) その他のボード類の場合 (θ の影響は現れない と判断し, θ は任意 の角度とした)
挽き材速度(v)	562.5 mm/sec			
送材速度(f)	2.15 mm/sec	2.15~84.23mm/sec (6段階に変化させた)	2.15 mm/sec	
鋸身緊張力(T)	10.5 kgf	8.0 kgf		
鋸断小片の幅(b)	5.0 mm			

4. 実験結果および考察

4.1 木材の鋸断性(実験Ⅰ～Ⅲ)

【1】木材の繊維走行と送材方向のなす角【 θ 】の影響

糸鋸盤で円形のくり抜き曲線挽きを行う場合、まず考えなければならないことの一つに、鋸断方向と木材の繊維走行のなす角(θ)が0°から360°まで変化することに伴う鋸断力の大きさの相異があげられる。この鋸断力の大きさの相異を明確にするため、実験では図8に示すような鋸断小片側の θ が0°から170°まで10°間隔おきに变化する試験片を作成し、直線挽きを行った*9。 θ と鋸断力の2分力(主分力(F_p), 背分力(F_q))との関係を

*9 $\theta=180^\circ$ の鋸断の場合は $\theta=0^\circ$ の場合とはほぼ同程度の鋸断力の大きさを示すと考えられ、また、 $\theta=180^\circ$ から360°までの鋸断における鋸断力は $\theta=180^\circ$ から0°までの鋸断における鋸断力とはほぼ同様の傾向を示すと考えられるから、 $180^\circ \leq \theta < 360^\circ$ の試験片による実験は行わなかった。なお、 $\theta=0^\circ$ は縦挽きを、 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ は順目の斜め挽きを、 $\theta=90^\circ$ は横挽きを、および $90^\circ < \theta < 180^\circ$ は逆目の斜め挽きをそれぞれ意味するが、これらの θ に伴う鋸断力の2分力はいずれもデータのバラツキも加わって著しい変動様相を示す。この研究では、平均値を用いて、2分力の θ に伴う傾向を判断した。

図12に示す。 F_p , F_q いずれの分力も $\theta = 0^\circ$ および 170° 付近で極大値を示した。それらは θ の増加に伴い $0^\circ < \theta < 90^\circ$ では減少傾向を, $\theta = 90^\circ$ 付近で最小値を, $90^\circ < \theta \leq 170^\circ$ では増加傾向をそれぞれ示した。 θ に伴うこれら分力の傾向の相異は F_p よりも F_q の場合に顕著に現れる。とくに, F_p では, $\theta = 0^\circ$ および 170° 付近の値が $\theta = 90^\circ$ 付近のそれの約1.3~1.5倍の大きさであるのに対して, F_q では約1.6~1.8倍の大きさとなっている。

上記のように, 糸鋸盤による曲線挽きでは, 丸鋸盤による鋸断⁴⁾と同様に, 縦挽きおよびその付近の順目・逆目挽きにおける鋸断力は横挽きおよびその付近の順目・逆目挽きにおけるそれよりも著しく大きくなることが判明した。これら鋸断加工における θ に伴う主分力・背分力の傾向は同一樹種(ベイツガ材)の鉋削加工における繊維傾斜角(木材の繊維走行と切削方向のなす角)(θ)に伴う主分力, 背分力の傾向⁵⁾と全く逆の様相を呈している。すなわち, 鉋削加工では, 主分力, 背分力いずれも $\theta = 0^\circ$ (縦切削)で極小値を示し, θ の増加に伴い $0^\circ < \theta < 90^\circ$ (順目切削)で増加傾向を, $\theta = 90^\circ$ (木口切削)付近で最大値を, $90^\circ < \theta < 180^\circ$ (逆目切削)で減少傾向をそれぞれ示す。また, 鉋削加工では, θ に伴うこれらの様相の変化は背分力よりも主分力の方が顕著である(主分力の方が背分力よりも著しく大きくなる)。

鋸歯による鋸断力は“前面切削”と“側面切削”を合せたものとして測定されるが, 鋸断力を大きく支配するのは前面切削であると考えられる⁴⁾。前面切削は鋸歯の一つ一つが鉋刃のような切削とみなされるから, θ に伴う鋸断力の傾向が鉋削加工のそれと異なるのは, つぎのように解釈される。すなわち, 糸鋸盤による鋸断力の変化は“鋸歯の前面切削”で考えた場合に, $\theta = 0^\circ$ (縦挽き)の場合は鉋削加工の木口切削の現象と同様に考えられるが, $\theta = 90^\circ$ (横挽き)の場合は鉋削加工の横切削の現象と同様に考えられる。したがって, この両現象を考えた場合, 木口切削における切削力は横切削のそれよりも極めて大きいから, 図12に示すように, θ に伴う鋸断力の大きさに変化が生じるのは当然のことである。

一方, 鋸断面の形成に関係するのは“鋸歯の側面切削”と考えられる。挽き肌の評価⁶⁾に関係するいくつかの項目のうち, 比較的肉眼で明瞭に観察される“ばり”, “けば立ち”, “目ぼれ”をこの研究ではとりあげた。それらの観察結果はつぎのとおりである。鋸断面

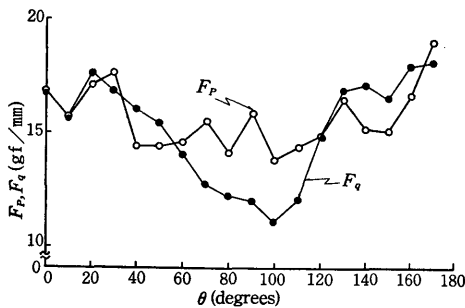


図12 木材の繊維走行と送材方向のなす角(θ)と鋸断力の2分力(主分力(F_p), 背分力(F_q))との関係(実験I)

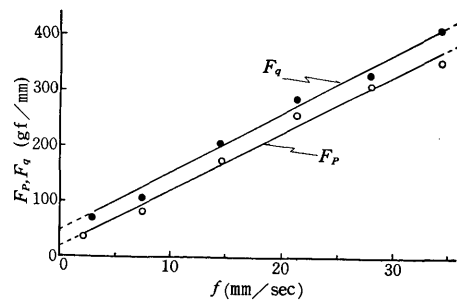


図13 送材速度(f)と鋸断力の2分力(主分力(F_p), 背分力(F_q))との関係(実験II)

下縁部のぼりは、いずれの θ の場合でも生じるが、とくに、 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ （逆目挽き）では θ の増加に伴いぼりの発生が著しくなる。鋸断面の様相（挽き肌）は、 $\theta = 0^\circ$ および 170° 付近（縦挽き）でけば立ちが生じ、 $\theta = 90^\circ$ 付近（横挽き）では早材層と晩材層の硬度差に起因して、軟らかい早材層のみが耖り取られて凹凸（目ぼれ）が生じるが、 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ （順目挽き）および $90^\circ < \theta < 170^\circ$ （逆目挽き）による挽き肌の差は明瞭に現れないようである。一般に、糸鋸歯による側面切削では、縦挽きの場合には鉋削加工の横切削の現象、横挽きの場合には木口切削の現象が起っている。したがって、縦挽きの挽き肌は木材の縦断面（この研究の場合はまさ目面）であるから、歯振の切尖が揃っていないかたり、鋭利な角度に仕上がっていない場合には、けば立ちが目立って多くなる。横挽きの場合には鋸歯の側面切削は木口切削であるから、鋸歯の歯振の切尖が摩耗したり、または切削角の大きい鋸歯や逃げ角の小さすぎる鋸歯を使用すると、耖れ型の切削機構を呈するから、とくに軟らかい早材部は耖り取られやすく、著しく大きい凹みを生じさせることになる。

以上のように、糸鋸盤による鋸断加工における鋸断面のぼり、けば立ち、面粗さなどは、のちの加工工程として鉋削、ヤスリ掛け（研削）を伴うことになるから、加工工程の短縮のためにも、挽き肌は可能な限りよくする必要がある。したがって、糸鋸盤の使い方を指導するに当たっては、歯振や返し歯の有無を含めた歯型の使い分けが必要となってくる。また、それと同時に、 θ の変化に伴う鋸断力の大きさの変化を一定に保つことが安定した鋸断作業につながるから、鋸断力の大きい場合には送材速度を小さく（すなわち、作業効率を落す）、絶えず材料に一定の鋸断力が作用するようにすれば、安全で安定した鋸断作業を行い得る。したがって、是非とも鋸断力と送材速度の関係を明確にする必要がある。

【2】送材速度（ f ）の影響

送材速度（ f ）を種々変化させて、鋸断力（主分力（ F_p ）、背分力（ F_q ））を測定した結果を図13に示す。同図より明らかなように、 F_p 、 F_q （gf/mm）いずれの分力も f （mm/sec）の増加に伴い直線的な増加傾向を示した。それらの関係を実験式で表すと、

$$\left. \begin{aligned} F_p &= 10.26f + 16.55 & (r \geq 0.99, D.F. = 106) \\ F_q &= 10.70f + 42.73 & (r \geq 0.99, D.F. = 106) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ただし、 r は相関係数、 $D.F.$ は自由度である。(1)式より明らかなように、 $F_q > F_p$ であり、また、 f の増加に伴う F_p 、 F_q の増加の程度はほぼ同程度と考えられる。一般に、鋸歯の切込み深さ（ t_n ）⁶⁾ は、鋸歯の歯距（ p ）、挽き材速度（鋸速度）（ v ）および f を用いると、

$$t_n = f \cdot p / v \quad (2)$$

である。この実験（実験Ⅱ）では、 p 、 v は一定であるから f を大きくすれば比例的に t_n は大きくなる。したがって、鉋削加工における切込量と切削力の関係⁷⁾と同様に、鋸断力も f の増加（すなわち、 t_n の増加）に伴い直線的に増加する。

鋸歯の鋸断作用には、特徴的でまた重要な機能の一つに鋸断された鋸屑の収容と排出がある。これらを明確にするためには、高速度カメラによる観察結果を待たなければならないが、ここでは鋸断された鋸屑を採取し、その投影断面積^{*10}（ A ）を測定し、鋸屑の収容と排出について考えてみる。測定結果を図14に示す。 f の増加に伴い A は指数関数的に増

*10 採取した鋸屑を50～100倍の万能投影機により拡大し、スクリーン上に投影された鋸屑の断面積（概ね長方形に近似できる）を測定した。便宜上、これを鋸屑の投影断面積と呼ぶ。

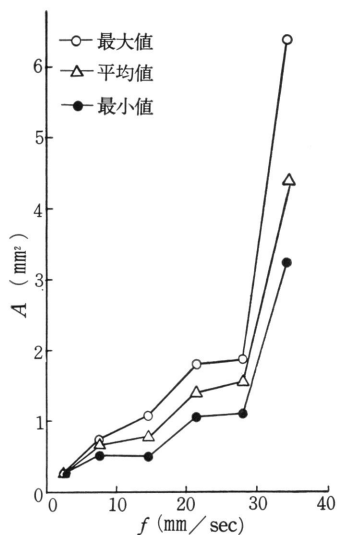


図14 送材速度 (f) と鋸屑の投影断面積 (A) との関係 (実験Ⅱ)

加する傾向を示した。鋸屑の収容はもちろん歯室である。この実験 (実験Ⅱ) における鋸の歯室容積 (V) は、表4に示したように、 $V=0.65\text{mm}^3$ である。測定の対象とならなかった鋸屑の他の一辺の寸法

を仮りに 0.1mm とした場合に、鋸屑の最大容積は 0.6mm^3 にも達する。したがって、 f を増加させれば、 t_n が増加し、それに伴って鋸屑の寸法も大きくなるから、 V の大きさから考えて材の外に排出されるまでの間に鋸身と材の間に鋸屑が逃げる量は多くなる。このような場合に、鋸の歯振による鋸身の逃げの効果は減少し、側面摩擦が増加し、その結果、鋸身の発熱などを起す。 f をさらに増加させれば、鋸断面の様相、すなわち挽き肌は著しく悪化し、極限の状態では鋸身の切断を来すと推察される。

一方、鋸断面は f の増加に伴い次第に悪化する。その一例を図15に示す。図より明らかなように、 f の増加に伴いけは立ち高く大きく、また、鋸断面下縁部のぼりは長く太く、さらに、晩材層は切断残りとなって盛り上がり、逆に早材層は耚り取られて凹むなどの様相が著しくなる。とくに、順目挽きよりも逆目挽きの方がその様相が顕著に現れる。

【3】木材の材種【とくに、気乾容積重 (r_v)】の影響

表2に示すような気乾容積重 (r_v) の範囲が 0.16 (バルサ) $\sim 0.96\text{g/cm}^3$ (ナール) ま

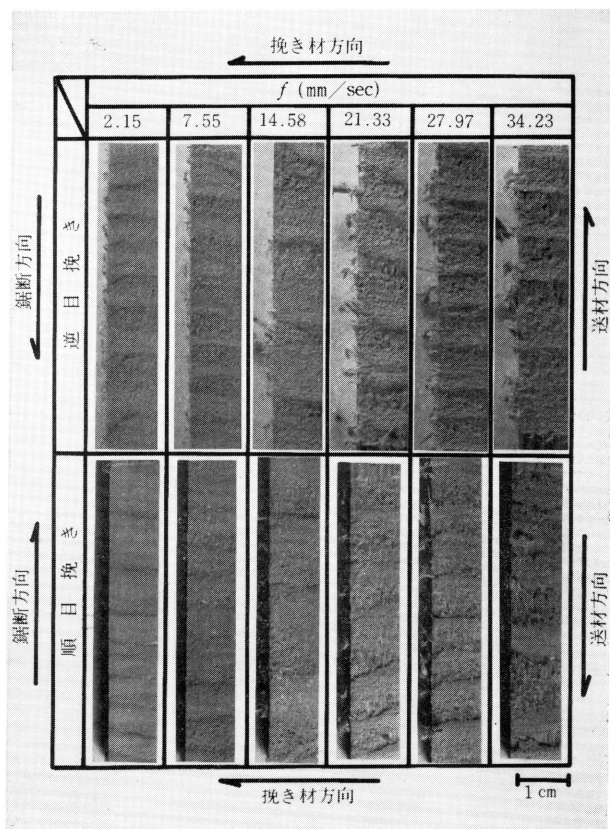


図15 送材速度 (f) の変化に伴う挽き肌の様相 (実験Ⅱ)
鋸断小片側の逆目挽きの場合とその反対側の鋸断母材側の順目挽きの場合とを比較して示した。

で種々異なる主要樹種50種を用い、木材の繊維走行と送材方向のなす角 (θ) が 0° (縦挽き) および 90° (横挽き) の両場合について鋸断実験を行った*11。測定された鋸断力の2分力 (主分力 (F_p), 背分力 (F_q)) を r_u との関係でとり纏め、それらの結果を図16 ($\theta=0^\circ$, すなわち縦挽きの場合) および図17 ($\theta=90^\circ$, すなわち横挽きの場合) に示す。図から明らかなように、 $\theta=0^\circ$, 90° いずれの場合も2分力 F_p , F_q (gf/mm) は r_u (g/cm³) の増加に伴い直線的な増加傾向を示し、つぎの実験式で表現し得た。

$\theta=0^\circ$ の場合

$$\left. \begin{aligned} F_p &= 78.16 r_u \\ &- 6.43 \\ F_q &= 80.49 r_u \\ &+ 29.40 \end{aligned} \right\} (3)$$

$\theta=90^\circ$ の場合

$$\left. \begin{aligned} F_p &= 43.87 r_u \\ &+ 3.78 \\ F_q &= 59.86 r_u \\ &+ 13.38 \end{aligned} \right\} (4)$$

以上のように、鋸断力 (F_p , F_q) は r_u の大きい材の方が、また、横挽きよりも縦挽きの方が、さらに F_p よりも F_q の方が大きい値を示すことが r_u の広い範囲にわたって判明した。なお、 $\theta=0^\circ$, 90° いずれの場合も r_u の増加に伴い鋸断面の様相、すなわち挽き肌は良好になる傾向が観察された。鋸断力と r_u とが(3), (4)式で表現できるとい

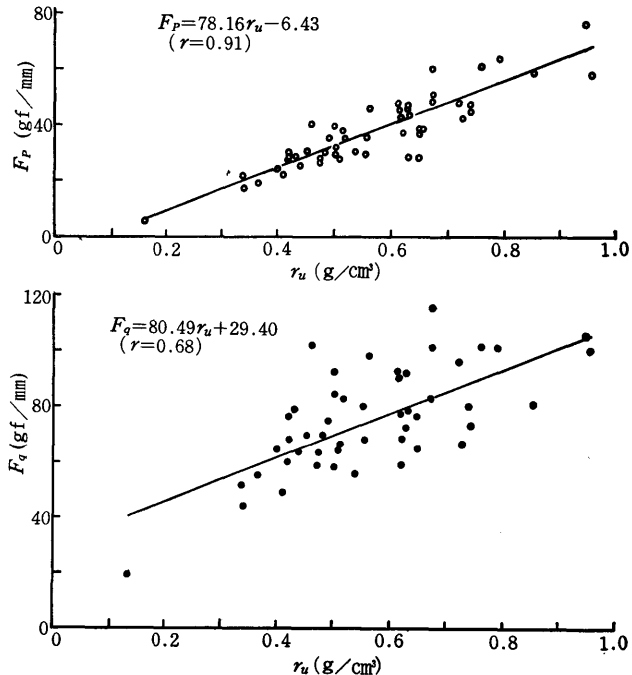


図16 気乾容積重 (r_u) と鋸断力の2分力 (主分力 (F_p), 背分力 (F_q)) との関係 (木材の繊維走行と送材方向のなす角 (θ) が 0° (すなわち、縦挽き) の場合) (実験Ⅲ)

r : 相関係数

*11 実験に先だち、縦挽きにおける鋸断面の木理の相異、ならびに横挽きにおける木口面の年輪様相と挽き材方向との関係が鋸断性 (鋸断力や鋸断面の精粗など) に及ぼす影響を調べた。表2に示すように、縦挽きの場合、木口面における年輪と鋸断面 (挽き肌の現れる面) とのなす角 (φ_3) は、例えば、 0° (鋸断面が板目)、 45° (鋸断面が追まさ目) および 90° (鋸断面がまさ目) のように、種々の場合があるが (まさ目以外の場合には、鋸断面が木表側か木裏側かの両場合がある)、鋸断力を容積重 (r_u) との関係でとり纏めた場合、 φ_3 の影響は明確に現れなかった。また、横挽きの場合、木口面の年輪と挽き材方向のなす角 (φ_2) (φ_2 と φ_3 とは同じ角度となる) が 90° の場合には挽き材方向は問題にはならないが、 $\varphi_2 < 90^\circ$ の場合には挽き材方向が木裏側から木表側 (向心挽き) とその逆の木表側から木裏側 (向心挽き) とがあり、挽き材方向をいずれの方向にするかによって、鋸断面の様相、すなわち挽き肌の形成に大きな影響を及ぼす。しかし、鋸断力にはいずれの φ_2 の場合も影響を及ぼさなかった。したがって、この実験 (実験Ⅲ) では、縦挽き、横挽きいずれも鋸断力に着目し、それと r_u との関係をわかり易い形に整理するため、 φ_2 , φ_3 の影響を無視した。なお、横挽きにおける挽き肌に及ぼす φ_2 の影響についての検討は別の研究に譲ることとし、この実験では $\varphi_2 < 90^\circ$ の横挽きは向心挽きとした。

うことは、極めて特殊な樹種（例えば、樹脂の多い材、シリカなどを含む材）を除いて平均的に考えれば、容積重を知ることによっておおよそその材の鋸断力を推定できることを意味するもので、これらの関係は未利用材などにおける鋸断性を判断するうえでの一つの指標となるものである。つきには、これらの関係が改良木質材料にもあてはめられるかどうかの検討が必要となる。

4.2 改良木質材料の鋸断性（実験Ⅳ）

表3に示すような改良木質材料を用いて、鋸断実験

を行った。すなわち、面内等方性と考えられるファイバーボード、パーティクルボードはボード材面に対して鋸断方向を任意の一方方向としたが、面内異方性と考えられる合板は表・裏面の単板の繊維走行を基準として鋸断方向を平行（図10における $\theta=0^\circ$ ）、斜交（ $\theta=30^\circ, 60^\circ$ ）および直交（ $\theta=90^\circ$ ）させた。測定された鋸断力の2分力（主分力（ F_p ）、

表6 各種の木質材料の鋸断力の2分力（主分力（ F_p ）、背分力（ F_q ））（実験Ⅳ）

改良木質材料	F_p (gf/mm)	F_q (gf/mm)
5 プライ普通合板($\theta=0^\circ$)	35.55	60.55
5 プライ普通合板($\theta=30^\circ$)	36.81	71.58
5 プライ普通合板($\theta=60^\circ$)	36.18	65.74
5 プライ普通合板($\theta=90^\circ$)	34.48	61.20
インシュレーションボード(A)	10.24	41.60
インシュレーションボード(B)	8.41	16.50
セミハードボード	21.37	56.81
S 1 S ハードボード	52.85	65.51
単層パーティクルボード	40.16	62.11
三層パーティクルボード	42.65	62.03

(注) θ : 合板の表・裏面の繊維走行と送材方向のなす角
(図10参照)

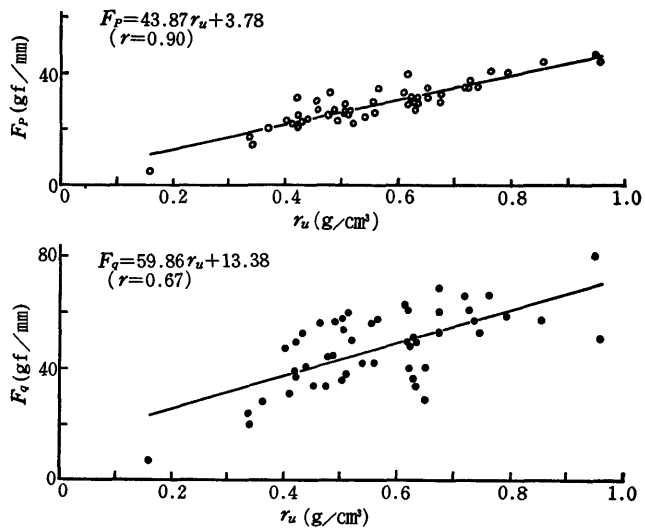


図17 気乾容積重（ r_u ）と鋸断力の2分力（主分力（ F_p ）、背分力（ F_q ））との関係（木材の繊維走行と送材方向のなす角（ θ ）が 90° （すなわち、横挽き）の場合）（実験Ⅲ）

r : 相関係数

背分力（ F_q ））を表6に要約して示す。同表から判断できるように、合板の鋸断方向は、鋸断力の大きさには影響を及ぼさないようである。鋸断力の大きさのみから判断すれば、合板は面内等方性に近い鋸断性を示すと考えられる。なお、合板のプライ数が増加すれば、この傾向はより一層著しくなると考えられる。いま、一つの試みとして、各種の木質材料の気乾容積重（ r_u ）と鋸断力との関係を調べてみた。図18に示すように、鋸断力の2分力（主分力（ F_p ）、背分力（ F_q ））（gf/mm）はいずれも r_u （ g/cm^3 ）の増加に伴い直

線的な増加傾向を示し、次の関係で表し得た。

$$\left. \begin{aligned} F_p &= 67.61 r_u \\ &- 6.79 \\ F_q &= 53.92 r_u \\ &+ 25.53 \end{aligned} \right\} (5)$$

(5)式の関係、(3)および(4)式の関係と比較した場合、木質材料の鋸断における F_p は木材の縦挽き($\theta=0^\circ$)における F_p と、また、木質材料の鋸断における F_q は木材の横挽き($\theta=90^\circ$)における F_q と、それぞれ同程度の大きさと考えられる(統計的方法を用いて判断した)。したがって、木質材料の鋸断においては、木材の鋸断(縦挽きと横挽きの両場合)に類似していることになる。

糸鋸盤による安全作業を進めるうえでは、鋸断力は大きい場合を想定した方がより安全に作業が進められると考えられるから、この意味において、木質材料の鋸断力は木材の縦挽きのそれと同様に取り扱った方がよいと考えられる。また、木質材料の容積重を測定すれば、その木質材料の鋸断性は容積重に相当する木材の鋸断性に類似すると考えてよいようである。

合板、パーティクルボード、ファイバーボードなどの木質材料は、中学校や小学校の教材として利用されているが、その用い方にあたっては加工性のみならず木質材料の物理的・機械的性質を知ることが要求される。とくに、これらの材料を加工する場合には、のみ彫り、錐もみ、ヤスリ掛け、鋸挽きなどが中心となってくるから(材料の製造工程や表面性状から考えて、鉋削加工は極めて稀れである)、鋸挽きのみでなく、それぞれの加工性についての基礎研究が必要となってくる。この実験では、木質材料の鋸挽きをとりあげたが、中学校技術科では、機械領域の中で動くおもちゃのしくみを理解させるために透明プラスチック材料(例えば、アクリル、セルロイド、フェノライト)など、電気領域ではベークライトなど、金工領域では軟鉄、硬鉄、真鍮、ブリキ、トタンなど、工業高等学校建築科では木毛セメント板、パーティクルセメント板、パルプセメント板、石膏ボード、アスベストなどを用いての学習も進められるから、これらの材料の糸鋸盤による鋸断性や鋸歯の摩耗性などについての検討および本研究との関連についての検討が是非とも必要となってくるが、それらは今後の課題とした。

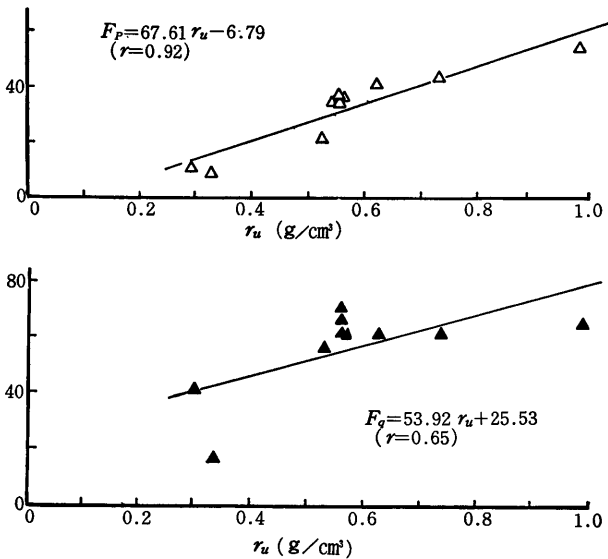


図18 改良木質材料の気乾容積重(r_u)と鋸断力の2成分(主成分(F_p), 背成分(F_q))との関係(実験IV)

r : 相関係数

5. 結 言

糸鋸盤による鋸断実験を行い、木材の繊維走行と送材方向のなす角(θ)の影響、送材速度(f)の影響、木材の材種、とくに気乾容積重(r_u)の影響および改良木質材料の気乾容積重(r_u)の影響の検討を行った。その結果、糸鋸盤による木材および木質材料の鋸

断性についての多くの基礎的知見を得た。以下では、これらの知見に基づき、中学校技術科木材加工領域における安全教育や教材材料の開発研究を推進するための技術的な知見をとり纏める。

1) 安全で正確な鋸断作業を推進するためには、鋸断力を小さい値で、しかも鋸断のはじめから終りまで一定に保つ必要がある。糸鋸盤では曲線挽きを行う場合が多いから、木材の繊維走行と鋸断方向の交差角度 (θ) の変化には充分留意しなければならない。とくに、縦挽き ($\theta=0^\circ$) の場合は横挽き ($\theta=90^\circ$) の場合よりも鋸断力が1.3~1.8倍大きくなるから、送材速度 (f) の加減によって鋸断力をできる限り一定に保つよう留意する。

2) 送材速度 (f) を大きくすると、鋸歯の切込み深さが増加し、それに伴って鋸断力も増加し、鋸断面の様相、すなわち挽き肌も悪化してくる。 f を著しく大きくすると、鋸身と鋸断面との摩擦が大きくなり、鋸身の切断を来す危険性がある。したがって、木材の容積重の大きさや θ との組合せを充分に認知し、正しい f を用いることが望まれる。

3) 未利用材などを木材加工領域で利用しようとする場合、その材の容積重を測定すれば、同材の鋸断性はそれと同等の容積重をもつ既知の木材の鋸断性とほぼ同様である。

4) 利用しようとする木材の容積重は小さい方が鋸断加工は良好であり、鋸断時間も短くなる(すなわち、 f を大きくすることができる)。

5) 容積重の大きい木材を利用しなければならないような場合、挽き材速度は変えられない場合が多いから、送材速度を小さく(すなわち、鋸断時間を長く)する必要がある。なお、鋸断面の様相、すなわち挽き肌は容積重の大きい材の方が良好となる。

6) 合板やファイバーボード、パーティクルボードなどの木質材料はボード面内では、鋸断性から判断して、殆ど方向性を示さない面内等方性と考えられる。それら材料の鋸断性は、その容積重を測定すれば、容積重に相当する木材の鋸断性(縦挽きの場合)にはほぼ類似している。また、木質材料は木材と同様に、容積重の小さい方が鋸断加工が良好であり、鋸断時間も短くなる。しかし、それらの厚さに比例して鋸断時間を長くする。

7) 鋸断力の背分力 (F_q) (送材力) は主分力 (F_p) (挽き材力) とほぼ同程度かそれ以上の大きさ(木材の鋸断の場合は $F_q > F_p$, 木質材料の場合は $F_q < F_p$) であるから、 F_q による鋸身の座屈を誘起させないようにするためには(糸鋸身に座屈が起ると、挽き曲りや鋸身の切断を来す)、鋸身の緊張力を適度に強く一定に保つよう留意しなければならない。

謝 辞

本研究を行うにあたり、糸鋸歯および糸鋸盤についての貴重な資料の提供や有意義な御助言を賜った旭工機株式会社開発部 伊藤静夫氏に深甚なる謝意を表します。

文 献

- 1) 鈴木龍太郎：糸鋸による挽材に関する研究，木材工業，14，17~22 (1959)
- 2) 私 信，旭工機(株) (昭和57年7月9日)
- 3) 杉山 滋：木材の Thick-Slicing におけるプレッシャバーの影響——被削材の変形，工具切れ

- 刃面に加わる切削抵抗およびプレッシャバー 接触面に加わる圧縮力の変化——，長崎大学教育学部自然科学研究報告，第32号，145～167（1981）
- 4) 福井 尚：丸ノコによる挽材加工(2)，木材工業，**20**，590～595（1965）
 - 5) 杉山 滋，菅 都子，中島明子，徳山祐治：木材切削における繊維傾斜角の影響——切削現象の変化，工具すくい面に働く応力分布およびすくい面の摩擦係数——，長崎大学教育学部自然科学研究報告，第30号，97～121（1979）
 - 6) 斎藤美鶴：挽材加工面，木材工業，**18**，207～210（1963）
 - 7) 例えば，杉山 滋：単板切削における工具-切屑接触境界面に働く応力および摩擦に関する基礎的研究（第1報）——分割工具による木材の切削抵抗測定法——，木材学会誌，**22**，472～479（1977）