



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	木材切削機構の研究（第1報）：切削方向の分類及び鋸刃に近い条件における切削
Author(s)	土肥, 修; Doi, Osamu; 金内, 忠彦 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 65, 1-17
Issue Date	1972-12-16
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/41104">https://hdl.handle.net/2115/41104</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	65_1-18.pdf



# 木材切削機構の研究 (第1報)

— 切削方向の分類及び鋸刃に近い条件における切削 —

土肥 修 金内忠彦 横山正夫

高津幹雄\* 佐藤滋記\*\*

(昭和47年4月28日受理)

## Studies on Wood Cutting Mechanism (Paper I)

— Classification of Cutting Directions, and  
Cutting adjacent to Sawing —

Osamu DOI Tadahiko KANAUCHI Masao YOKOYAMA  
Mikio TAKATSU Shigeki SATO

### Abstract

The mechanism of chip formation in wood cutting differs from that of homogeneous isotropic materials and is so complicated that the wood cutting mechanism still remains unelucidated.

The authors treated a lumber as a polar anisotropic cylinder from a general point of view. In cases where any two axes of three geometrical ones of a lumber, namely radial ( $r$ ), tangential ( $\theta$ ) and longitudinal ( $z$ ), coincide with cutting and depth directions, cutting and depth directions are represented by combining  $r$ ,  $\theta$  and  $z$ , employing the sign + or - for  $r$ ,  $z$  to distinguish the direction of wood growth. The authors carried out cutting experiments with a cutting tool adjacent to a saw tooth for the sixteen combinations of cutting and depth directions.

From the results of the experiments concerning principal factors related to the cutting force and cutting energy, the following conclusions were obtained.

(1) The differences of cutting forces with regard to + and - in cutting and depth directions and also with regard to south and north parts of a lumber are not clearly observed.

(2) The cutting force is considered approximately as a linear function of the cutting tool width.

(3) There is no effect of cutting speed on cutting force in a range from 0.6 to 12.2 m/s.

(4) From the experiments using various shapes of test pieces, it is evident that the cutting force and energy are affected remarkably by patterns of wood fiber deformation.

---

\* 住友ゴム工業(株) 研究部

\*\* 新日本製鉄(株) 工作本部

## 目 次

1. 緒 言 .....	2
2. 切削方向及び切込方向の分類 .....	2
3. 実 験 .....	3
3-1 被削材及び切削条件 .....	3
3-2 実験装置及び方法 .....	5
4. 切 削 抵 抗 .....	5
4-1 切削方向, 切込方向の影響 .....	5
4-1-1 エゾマツの場合 .....	5
4-1-2 他の材種の場合 .....	8
4-2 被削材形状の影響 .....	9
4-2-1 エゾマツの場合 .....	9
4-2-2 他の材種の場合 .....	10
4-3 刃 幅 の 影 響 .....	12
4-3-1 エゾマツの場合 .....	12
4-3-2 他の材種の場合 .....	12
4-4 切削速度の影響 .....	15
5. 結 論 .....	17
6. 参 考 文 献 .....	17

## 1. 緒 言

均質等方性体の切削の問題は既に多くの先人により種々の角度から検討されているが、木材、複合材料及び強く圧延された金属等異方性を有する物質については、十分な検討がなされていない。木材切削に関する従来の研究も切削機構及び切削力算定式<sup>1)~3)</sup>など、ある程度の解析は行なわれているが、切削方向及び樹種は限られており、異方性体である木材の特徴を考慮した一般的取扱いがなされていない。

本研究では先ず木材の強い方向性と組織の不均一性を考慮し、切削の方向及び方位について、一般的な分類を示し、次に鋸による製材作業を考慮して、鋸刃に近い工具を採用し、5種類の樹種及び5種類の形状の異なる被削材(木材)を切削し、切削力と切削エネルギーを測定し、更に鉛について同様の実験を行ない、木材切削の特徴を検討した。

## 2. 切削方向及び切込方向の分類

従来、木材の切削方向は木口面、柃目面、板目面に分け、それぞれの面内で刃の進行方向につき、繊維に直角と平行の二つに分類しているが<sup>1)~3)</sup>、これは古来の経験的 분류で、例えば木裏面と木表面及び末口と元口を区別し、木材切削の特徴を正確に表示したい場合にはなお不十分である。

切削機構及び切削抵抗が木材においては、切削方向と切込方向の組合せによってかなり大幅に相違することが考えられるので、著者等は木材原木を一般的に極異方性円筒と考え、切削及び切込の方向をそれぞれ原木円筒の三主軸方向、すなわち半径方向 $r$ 、接線方向 $\theta$ 、軸方向 $z$ によって表わし、半径方向 $r$ と軸方向 $z$ については生長の方向性を示すものとして $\pm$ の符号を採用して、 $+$ は生長の方向を示すこととした。その他木材の代表的な特徴である繊維細胞の組織の粗

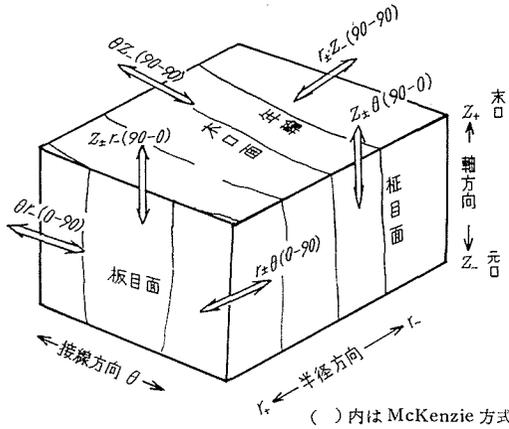


図1 切削方向と切込方向

を基準にして、刃幅方向と切削方向で表わし、その方向に対して平行、直角を0, 90としている。したがって、切削方向の半径方向と接線方向の区別、原木の元口と末口の区別、さらに切込方向の木裏、木表の表示が出来ない欠点がある。

製材作業を著者等の分類で示すと次のような対応となる。

縦挽き	$r_{\pm}z_{\pm}$	$\theta z_{\pm}$	Ordinary Sawing (O)
長手挽き	$z_{\pm}r_{\pm}$	$z_{\pm}\theta$	Longitudinal Sawing (L)
横挽き	$\theta r_{\pm}$	$r_{\pm}\theta$	Cross Sawing (C)

製材、木工などの切削作業では作業方法や木材の部位によって、一般的にはこれ等の中間方向の場合が多い。また方位については、木口面を立木の方位によって東西南北に区分するが、市販の原木など、その立木の方位を判定出来ない場合は、木口面を観察し、最も生長が早く、年輪幅の大きい方位を南とする。

本実験に供した被削材は南と北の辺材を選定した。

### 3. 実験

#### 3-1 被削材及び切削条件

切削実験に用いた樹種はエゾマツ、トドマツ、イタヤ、ラワン、ホウで原木径は20~100 cmである。比較のため均質等方性体の例として鉛を採用した。表2はJISに準じた方法で測定した各試料の機械的性質であるが、特に $r_{\pm}z_{\pm}$ 方向では厳密な意味のせん断強さは測定困難で、繊維の曲げの影響があると考えられる。但し、せん断試験における方向も切削の場合に準じ、せん断方向とせん断刃先線直角方向との組合せで表示する。

木材が繊維構造であるため、方向によるほか、被削材形状によっても切削力、切削機構が異なるので、被削材形状を図2のようにN, I, U, T, H型の5種類につき切削方向、切込方向を組合せ、刃側面、刃下面が切削力、切削機構に及ぼす影響を調べた。被削材の長さは20 mmに統一してある。

この実験では被削材長さが小さいため、切削温度を考慮する必要はなく、使用工具は焼入れ焼もどしたS45Cとし、帯鋸、丸鋸などによる切削を想定して、すくい角25度、逃げ角10度

表1 切削方向と切込方向の組合せ

切込方向 \ 切削方向	半径方向 $r_{\pm}$	接線方向 $\theta$	軸方向 $z_{\pm}$
半径方向 $r_{\pm}$		$r_{\pm}\theta$	$r_{\pm}z_{\pm}$
接線方向 $\theta$	$\theta r_{\pm}$		$\theta z_{\pm}$
軸方向 $z_{\pm}$	$z_{\pm}r_{\pm}$	$z_{\pm}\theta$	

密、年輪幅を考慮するため東西南北の方位の区別をもつけた。切削方向、切込方向の組合せを作れば表1のように合計16通りがある。

McKenzie<sup>2)</sup>が木材2次元切削の切屑生成過程を説明するために用いた分類法と著者等の分類法との関係は図1のようになる(( )内はMcKenzie方式)。

前者の分類法は繊維方向

表2 被削材の機械的性質

樹 種	強 さ (kg/mm <sup>2</sup> )		方 向		
			$r$	$\theta$	$z$
エゾマツ 水分 11~20%	引 張 り	北 南	0.38	0.27	9.50
		南 北	0.34	0.34	10.85
	圧 縮	北 南	0.40	0.38	4.20
		南 北	0.44	0.44	4.00
せん断	南	0.33 ( $r+\theta$ )	0.83 ( $z+\theta$ )	4.04 ( $r+z+$ )	
曲 げ	北 南	—	—	23.9	
	南 北	—	—	26.2	
トドマツ (南材) 水分 10~12%	圧 縮	縮 断	0.63	0.60	5.48
	せん断		0.80 ( $r+\theta$ )	1.24 ( $z+\theta$ )	5.99 ( $r+z+$ )
イタヤ (南材) 水分 10~12%	引 張 り		1.66	0.82	9.58
	圧 縮		2.20	1.60	5.90
	せん断		1.07 ( $r+\theta$ )	0.98 ( $z+\theta$ )	4.95 ( $r+z+$ )
ホウ (南材)	圧 縮	縮 断	1.02	1.07	5.40
	せん断		0.78 ( $r+\theta$ )	1.30 ( $z+\theta$ )	3.26 ( $r+z+$ )
ラワン (南材) 水分 10%	引 張 り		0.53	0.46	4.07
	せん断		0.51 ( $r+\theta$ )	0.98 ( $z+\theta$ )	—

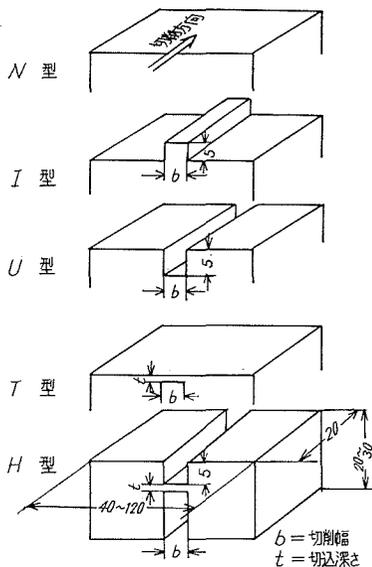


図2 被削材形状及び寸法

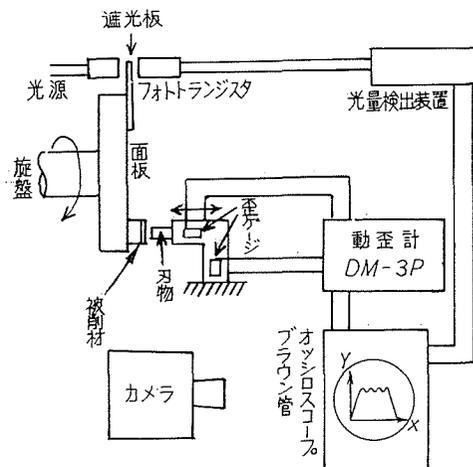


図3 実験装置

を採用、刃幅は2, 4, 8, 16 mm とし、切削速度は0.6~12.2 m/s の範囲に変化した。

### 3-2 実験装置及び方法

図3のように被削材を旋盤の面板に取付けて回転させ、所定の切削速度に達した時、刃物台に固定された工具により、所定の切込深さで切削するが、被削材切削軌跡は直径320 mm の円弧を描く。切削力は切物台に固定された検出器(歪ゲージ応用)により2成分(主切削力、背分力)の歪を応答周波数4000 Hz の動歪計DM-3 P(共和電業)に導いて検出するとともに、切削長さ(刃先の変位)はフォトランジスタを組込んだ光量検出装置により検出し、それぞれブラウン管オシロスコープの縦軸、横軸に入れる。この装置により、切削中の工具の移動量に対応する主切削力と背分力の変化が記録され、主切削力一切削長さ曲線を積分すれば、被削材長さ20 mm の切削に要する切削エネルギー( $E$ )が求まり、主切削力一切削長さ曲線の極大点 $P_1, P_2 \dots$ の相加平均値を最大主切削力 $P_{max}$ とし、切削終了時(被削材末端)に生じる被削材の割れに相当する部分を除去した定常切削過程の平均値をもって平均主切削力 $P_{mean}$ とする。

## 4. 切削抵抗

### 4-1 切削方向、切込方向の影響(刃幅4 mm, 切削速度3.5 m/s)

#### 4-1-1 エゾマツの場合

N型被削材に対し著者等の分類に従った切削方向及び切込方向の全組合せについて行なった結果が図4, 図5である。切込深さ、すくい角、刃幅等の切削条件は各方向とも同一である。図4, 図5から、切込方向及び方位より切削方向が主切削力、切削エネルギーに及ぼす影響が大きく、平均主切削力、切削エネルギーが大きい順に( $r_{\pm}z_{\pm}, \theta z_{\pm}$ ), ( $r_{\pm}\theta, \theta r_{\pm}$ ), ( $z_{\pm}r_{\pm}, z_{\pm}\theta$ )の3グループに大別出来るが、これは前記の製材作業の分類のO, C, L(略記号)に相当する。これ等各グループの違いは刃先に対する繊維の配列構成が異なり、各グループにおいて切屑生成機構が相異なるためと考えられる。

切削方向及び切込方向の+と-による差違を調べるため、図4, 図6の南材と北材について、平均主切削力、最大主切削力を平均値で比較すると表3のようになる。切込方向を同一にしたN, I型の切削方向 $r_+$ と $r_-$ 及び $z_+$ と $z_-$ の差違は10%前後認められるが、これについては

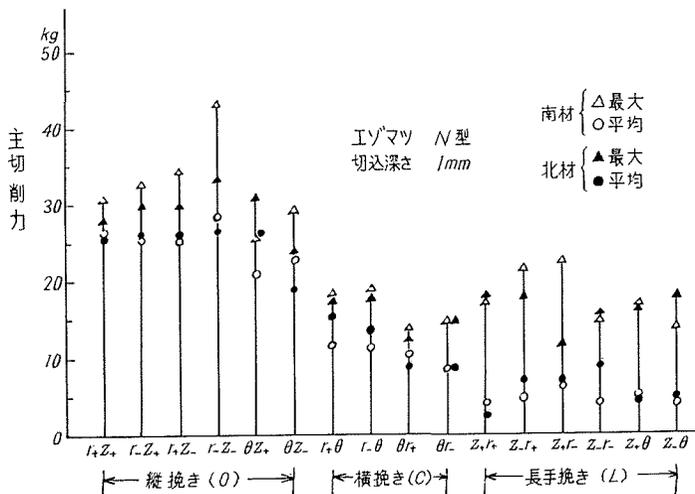


図4 主切削力と切削方向、切込方向及び方位の関係(1)

被削材によって年輪幅、繊維細胞の大きさ、水分等が相異なることがあり、それ等に起因すると考えられる切削力のバラツキが既に±5%程度までであることを考慮すれば、断定は困難である。

N, I 型とも同一切削方向において、切込方向  $z_+$  と  $z_-$ ,  $r_+$  と  $r_-$  との間に明確な差はみられない。

図8はN, I型の切削力変動率  $(P_{max}-P_{mean})/P_{mean}$  を示す。 $z_{\pm}\theta$ ,  $z_{\pm}r_{\pm}$  では切削力、切削エネルギーが最も小さいにも拘わらず、変動率が大きく、反対に  $r_{\pm}z_{\pm}$ ,  $\theta z_{\pm}$  では切削力は大きいが変動率は小さくなる。変動率が大きいことは切屑生成が断続的で、割れ長さが大きいことを示す。 $r_{\pm}z_{\pm}$ ,  $\theta z_{\pm}$  の変動率は0に近いが、いわゆる金属切削の流れ型とは異なり、切込方向に割れ(下割れ)が生じる。木材切削における割れの形態を図9に示す。各切削方向とも主切削力一切削長さ曲線中、横軸の実切削長さは被削材長さとは一致せず、N型被削材の場合、 $r_{\pm}\theta$ ,  $\theta r_{\pm}$ ,  $r_{\pm}z_{\pm}$ ,  $\theta z_{\pm}$  では実切削長さが被削材より長く、 $z_{\pm}\theta$ ,  $z_{\pm}r_{\pm}$  では逆に短い。この原因は各方向とも

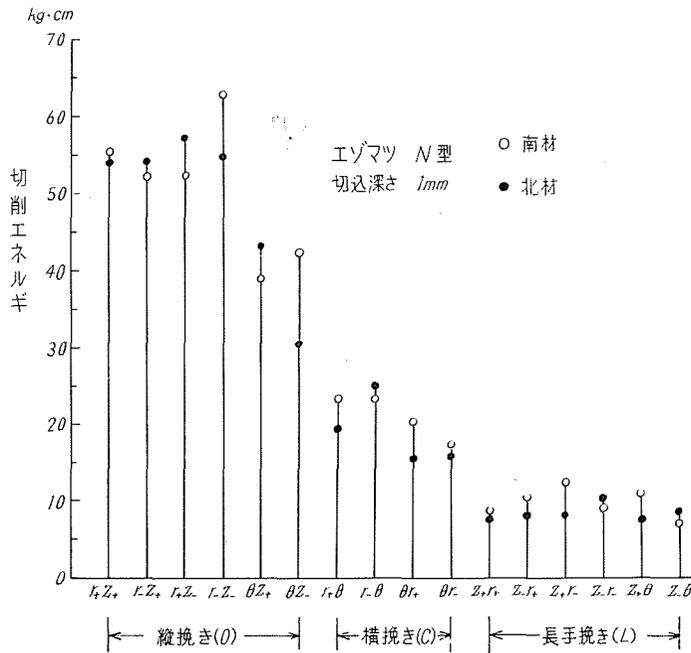


図5 切削エネルギーと切削方向、切込方向及び方位の関係(1)

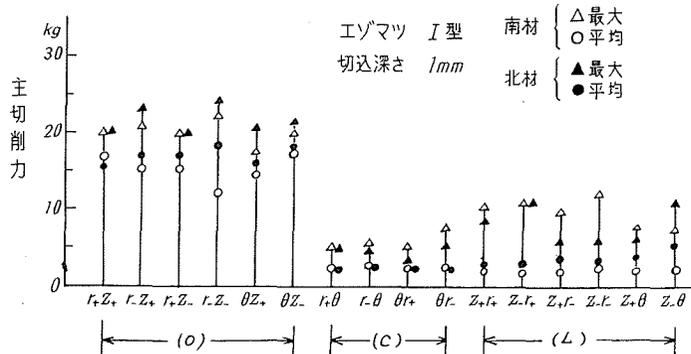


図6 主切削力と切削方向、切込方向及び方位の関係(2)

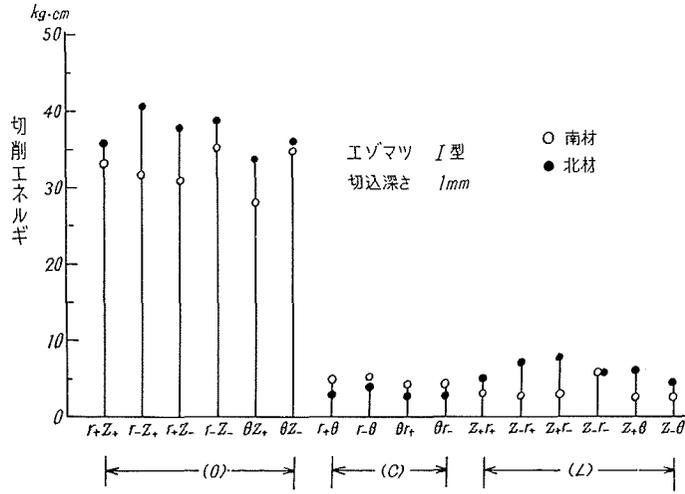


図7 切削エネルギーと切削方向、切込方向及び方位の関係 (2)

表3 切削方向と切込方向 ( $r_{\pm}$ ,  $z_{\pm}$  の + と -) の相違

方 向			$r_{+}$		$r_{-}$		$z_{+}$		$z_{-}$	
			$r_{+}z_{\pm}$ $r_{+}\theta$	$z_{\pm}r_{-}$	$r_{-}z_{\pm}$ $r_{-}\theta$	$z_{\pm}r_{-}$	$z_{+}r_{\pm}$ $z_{+}\theta$	$r_{\pm}z_{+}$	$z_{-}r_{\pm}$ $z_{-}\theta$	$r_{\pm}z_{-}$
N 型	平 均		21.4	5.0	22.4	6.6	5.0	25.8	5.6	26.2
	最 大		26.6	—	29.4	—	17.4	—	16.9	—
I 型	平 均		11.4	2.5	11.3	2.8	2.9	16.1	3.2	15.7
	最 大		15.0	—	16.7	—	8.4	—	9.7	—

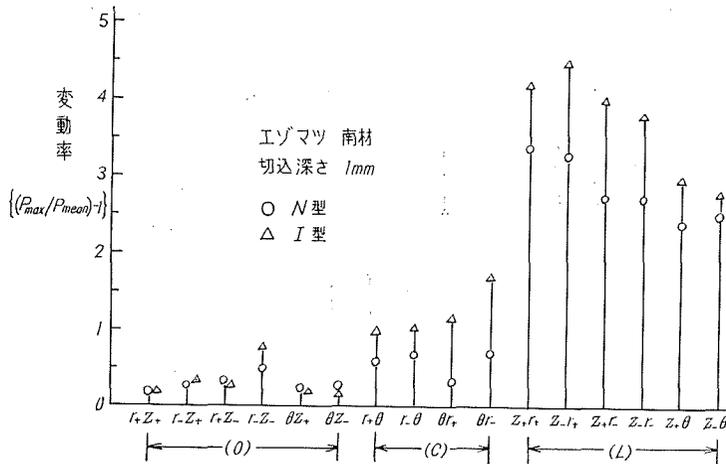


図8 主切削力の変動率

割れが生じるため、その割れの長さは樹種、切込深さ、すくい角等により変化し、切込深さが小さくなると実切削長さと被削材長さとは一致してくると考えられる。

木材は一応極異方性体とみなせるが、均質でなく、東西南北の方位で、年輪幅及び細胞密度が相異し、一般的には特に南と北の差がある。供試エゾマツでは年輪幅が南の方位で平均2.0, 北では1.4 mmの程度で、同一方位の年輪幅バラツキは小さかった。

次に年輪幅に南と北で差があることを考慮し、図4, N型について、16通りの切削方向及び切込方向の平均主切削力の平均値を比較すると、南材で13.9 kg, 北材で14.4 kg, 図6, I型については南材で7.5 kg, 北材で8.2 kgとなるが、いずれも±5%程度のバラツキがある。この場合、年輪幅では南は北より30%程度大きい、表2のように機械的性質(引張り強さ、圧縮強さ等)にも±10%前後の変動が認められることを考慮すると北材が南材より切削力が大きいと断定することもできない。

4-1-2 他の材種の場合

前述したように、エゾマツの切削力、切削エネルギー及び主切削力一切削長さ曲線に3つの異なるグループが存在するので、樹種ごとに、それ等各グループから切削方向と切込方向の組合せの一例を取り出し、鉛と比較したのが図10である。同一切削方向でも樹種によって切削力、切削エネルギーが異なり、イタヤが各切削方向とも最も大きな値を示すが、トドマツ、ラワン、ホウの比較では切削方向によって、最大主切削力と平均主切削力の順位が入れ変る。これは生育地により、年輪の有無(北洋材、南洋材)、繊維細胞の大きさと針葉樹と広葉樹などの組織構造が切削力の変動に影響しているためである。

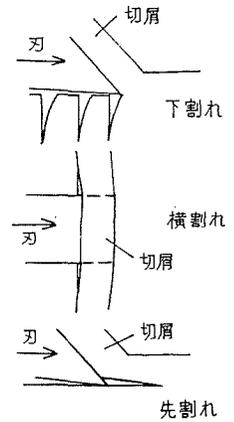


図9 割れの型態

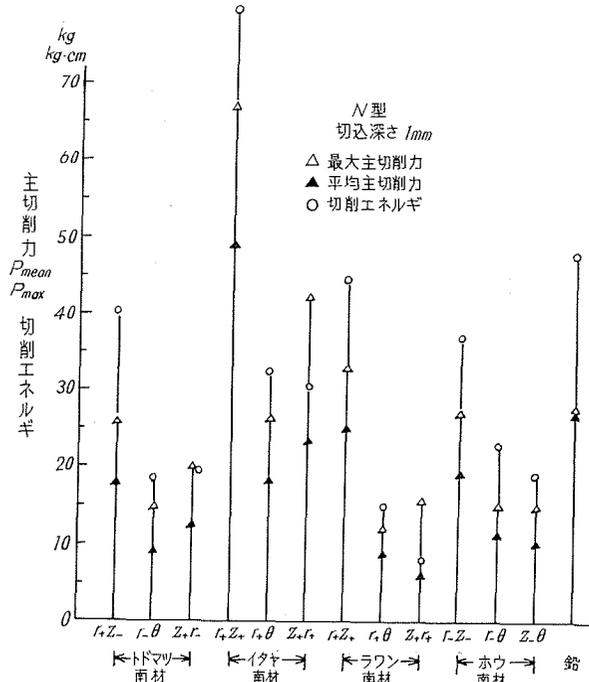


図10 主切削力、切削エネルギーと材種の関係

次に各樹種の平均主切削力について、3方向の変動を調べるため、次の式で計算される標準偏差sで比較する。

$$s = \left\{ \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (P_{i(\text{mean})} - \bar{P})^2 \right\}^{1/2}$$

$P_{i(\text{mean})}$ : 平均主切削力 kg

$\bar{P}$ :  $P_{i(\text{mean})}$  の平均値 kg

表4はその結果である。方向による平均主切削力の変動はイタヤが最も大きく、トドマツ、ホウではその変動は小さい。表4は切込深さを変えた場合の標準偏差sは年輪の影響で表4のような傾

表4 平均主切削力標準偏差

樹種	エゾマツ	トドマツ	イタヤ	ラワン	ホウ
標準偏差 (kg)	8.8	3.7	13.4	8.1	3.9

向になるとかぎらない。一般に  $s$  の小さいものほど等方性体の切削に近くなる。

4-2 被削材形状の影響 (刃幅 4 mm, 切削速度 3.5 m/s)

4-2-1 エゾマツの場合

木材は繊維細胞から構成されるため、被削材形状によって、切削力、切削機構は変化すると考えられる。切屑生成過程の形態を左右する基本的な要因を知る手がかりとして、図2のN, I, U, T, H型それぞれの切削を行ない、切削力、主切削力一切削長さ曲線の比較から、被削材の刃側面、刃下面の影響を検討する。

図11, 図12は切込深さ1 mm, 2 mm, エゾマツ各型の切削の結果である。等方性材料の切削ではU型とN型, T型とH型の切削力, 切削エネルギーはほぼ等しいが, エゾマツの  $r-z$ ,  $r-\theta$ ,  $z-\theta$  3方向ともU型とN型, T型とH型とでその差が見られ, いずれもN型よりU型が, T型よりH型が大きく, この差は  $r-\theta$  の場合特に大きい。切削機構も両型の間で大きな変化があり, N型は刃先の圧入と共に刃幅方向に割れ(横割れ図27)が進展し, 繊維強度が大きいいため横割れした部分の  $z$  方向の繊維を刃側縁で切断出来ず, 刃先すくい面上に押し上げられ, 曲げ変形の後には破壊分離される。U型

は溝切削を行なうため, 刃幅方向の割れ(横割れ)は拘束され, 刃先刃側縁で繊維をせん断する。T型とH型の場合もU型とN型の関係と似ており, 切屑の生成過程に発生する割れの形態及び挙動が切削力, 切削エネルギーに大きな影響を与える。 $r-z$  と  $z-\theta$  ではU型とN型, T型とH型との切屑生成過程に本質的な相異はなく, 切屑の形状も似ており, 切削軌跡幅と刃幅とはほぼ一致する。 $r-z$  各型の切屑形状は  $r$  方向に連続的につながったものでなく,  $z-\theta$  面で分離した細かな小片になる。 $z-\theta$  は各型とも  $r-z$  の形状と異なって, 一定間隔(先割れ長さ)で折れ曲った形状を示す。

切削力, 切削エネルギーについて, 各型の関係は被削材形状からI型とT型の和はN型に, I型とHの和はU型に近い値を示すと考えられるが, それ等の和はN型; U型とは一致しない。

被削材刃側面, 刃下面の影響を調べるため, エゾマツについて, I型; T型のN型に対する

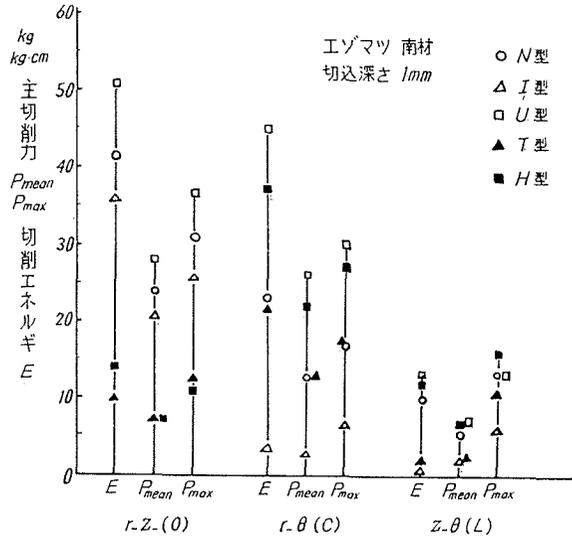


図11 切削力, 切削エネルギーと被削材形状の関係(1)

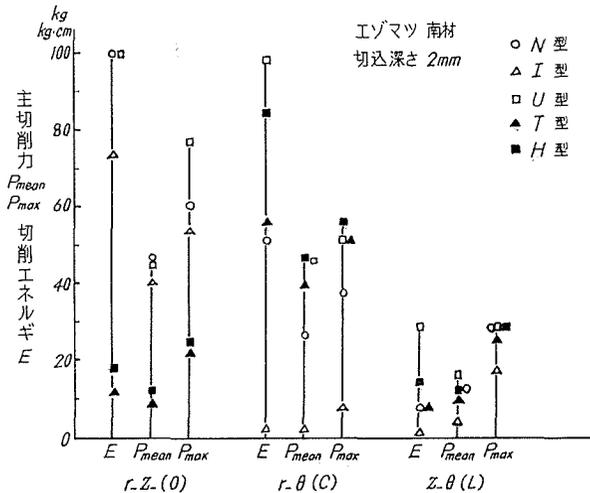


図12 切削力, 切削エネルギーと被削材形状の関係(2)

表5 切削エネルギー, 切削力の比

被 削 材		エ ゾ マ ツ			ホ ウ		鉛
切 込 深 さ (mm)		1.0		2.0	1.0		1.0
切 削		$r-z-$	$r-\theta$	$r-z-$	$r-z-$	$z-\theta$	
$p_s$	$e_s$	0.13	0.88	0.26	0.05	0.34	0.36
	$f_s$ mean	0.15	0.83	0.13	0.03	0.30	0.35
	$f_s$ max	0.16	0.67	0.11	0.12	0.03	0.32
$p_B$	$e_B$	0.76	0.11	0.88	0.67	0.27	0.51
	$f_B$ mean	0.71	0.16	0.78	0.71	0.0	0.54
	$f_B$ max	0.59	0.05	0.62	0.64	0.1	0.50

割合を次式で求め, 表5に示す。刃側面, 刃下面の影響をそれぞれ  $s, B$  の記号に付して区別する。

$$f_s = 1 - \frac{P_I}{P_N} \quad e_s = 1 - \frac{E_I}{E_N}$$

$$f_B = 1 - \frac{P_T}{P_N} \quad e_B = 1 - \frac{E_T}{E_N}$$

$P_N, P_I, P_T$ : 各型の最大主切削力 kg

$E_N, E_I, E_T$ : 各型の切削エネルギー kg·cm

表5から,  $r-z-$  の  $p_s$  と  $p_B$  を比較して  $p_B$  が大きい,  $r-\theta$  では反対に  $p_B$  より  $p_s$  が大きい。 $r-z-$  の  $p_B$  が大きいことは T 型の切削力, 切削エネルギーが小さいことになり, 切込方向の繊維を刃先で切断するエネルギーが大きいことを意味する。 $r-\theta$  の  $p_s$  が大きいのは, I 型の切削力, 切削エネルギーが小さく, 刃側縁で刃幅方向の繊維を破壊分離するエネルギーが大きいためである。

以上のことから, 木材切削では繊維の変形及び破壊が刃先のどの位置で起るかによって, 切削力, 切削エネルギーに与える影響は大きい。

#### 4-2-2 他の材種の場合

エゾマツと同様にイタヤ, ラワン, ホウについて調べたのが図13, 図14, 図15である。図16は等方性材料の1例としての鉛の結果である。

エゾマツの切込深さ1mmの場合, 被削材形状の比較から切削力, 切削エネルギーの大きい順は,  $r-z-$  (O) では U, N, I, H, T,  $r-\theta$  (C) では U, H, N, T, I,  $z-\theta$  (L) では U, H, N, T, I となる。但し, 方向により切削力, 切削エネルギーに近い値を示すものがあり, (O) では T と H, (C) では N と T, (L) では U と H が近い値を示す。以上の結果をイタヤ, ホウ, ラワンと比較すると, (O), (C) はほぼ同様な傾向を示すが, (L) になると, 各型の順位が入れ替るものがあり, 例えば H と N の順位が明確でない。鉛の場合も同様の比較をすると, N, U, I, H, T の順に小さくなるが, U 型と N 型, H 型と T 型の切削力, 切削エネルギーがほぼ等しくなる。鉛切削と木材切削は根本的に切削機構が異なり, 木材切削のように割れの現象はなく, 金属切削で説明されるように刃先すくい面上ある角度のせん断すべり変形によって切屑が生成され, 主切削力一切削長さ曲線の変動も小さい。したがって, 切屑形状も木材の3方向 (O, C, L) 切削の切屑形状と異なり, いわゆる流れ型を呈する。

次にエゾマツの  $p_s, p_B$  と同様にして求めたホウと鉛の  $p_s, p_B$  を表5に示す。切削方向  $r-z-$  のエゾマツとホウの近い値は繊維の変形破壊の機構が同じであることを示す。この場合, 割れと

共に、 $z$  方向繊維が刃先により  $r$  方向に曲げられる。ホウでは I 型と N 型の切削力、切削エネルギーの差が  $r-z$  より  $z-\theta$  の方が小さいので、 $p_s$  も小さくなる。 $(z-\theta)_N$  切削では  $(r-\theta)_N$  のような刃幅方向の割れは生じないが、エゾマツと同様に切削方向 ( $z$  方向) に割れ (先割れ) が進展する。I 型も同様な割れが生じ、I 型と N 型の切屑生成過程はよく似ている。

以上の各被削材の結果から、切削力、切削エネルギーの数値に、各方向とも樹種による違いがみられるが、割れの形、切屑の形状、主切削力一切削長さ曲線の波形等は樹種による相異が認められない。

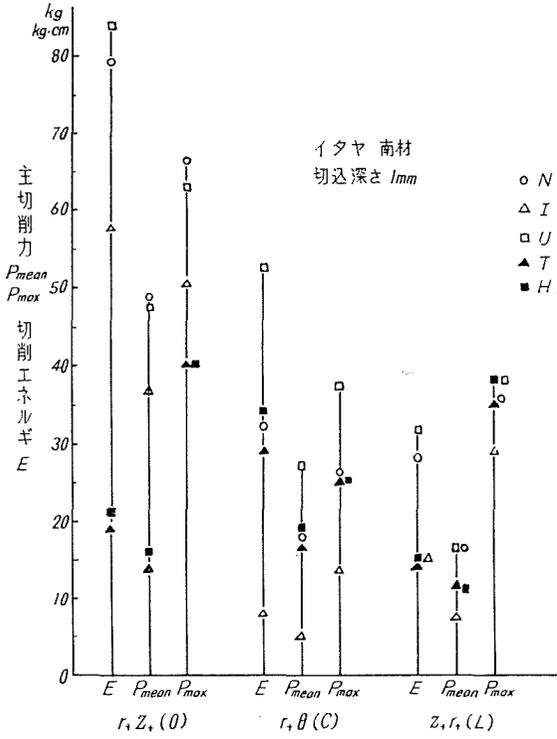


図13 切削力、切削エネルギーと被削材形状の関係 (3)

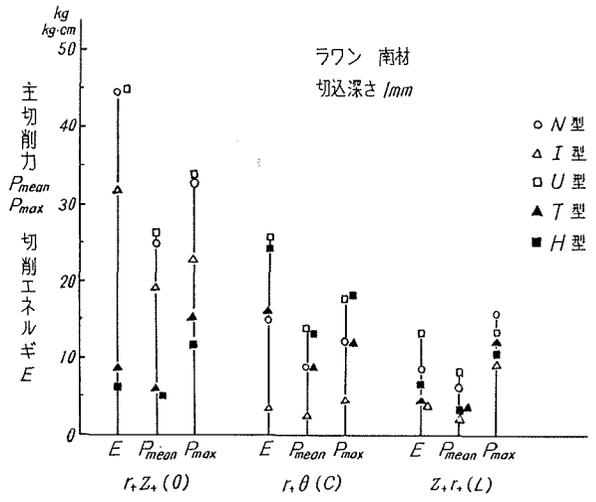


図14 切削力、切削エネルギーと被削材形状の関係 (4)

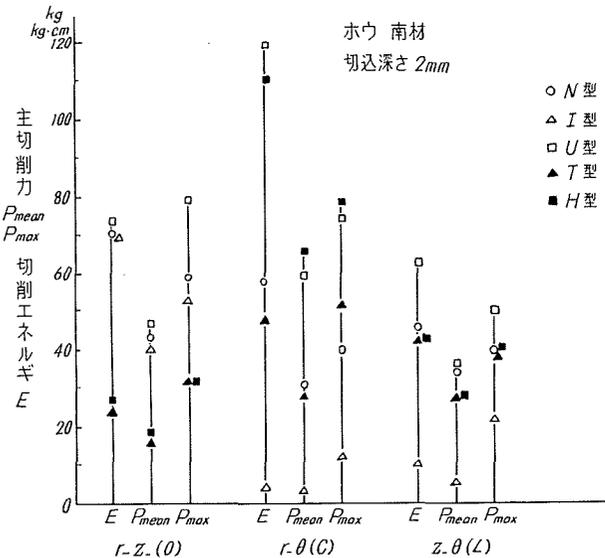


図15 切削力、切削エネルギーと被削材形状の関係 (5)

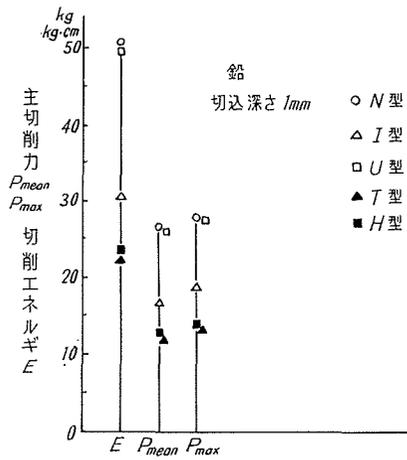


図16 切削力、切削エネルギーと被削材形状の関係 (6)

## 4-3 刃幅の影響 (切削速度 3.5 m/s)

## 4-3-1 エゾマツの場合

本実験では刃幅を 2, 4, 8, 16 mm に変化した。図 17 から  $r+z-$ ,  $r-\theta$ ,  $z+r-$  の各方向の主切削力は刃幅に対してほぼ直線的に増大しており、主切削力と刃幅の関係を次のように置くことができる。

$$P = Ax + B$$

$x$ : 刃幅  $A, B$ : 定数

実験結果から定数  $A, B$  を求めると、表 6 のようになる。 $A_{\max}, B_{\max}$  は最大主切削力に対する定数、 $A_{\text{mean}}, B_{\text{mean}}$  は平均主切削力に対する定数である。各方向のうち、 $r+z-$  の  $A_{\max}, A_{\text{mean}}$  が最も大きく、 $A_{\max}$  の値が 3 方向とも  $A_{\text{mean}}$  より大きい。なお、 $B$  の値には刃側面の摩擦力の影響が大きいと考えられる。

## 4-3-2 他の材種の場合

トドマツ、ホウについて、エゾマツと同様な切削条件で行なったのが図 19~22 である。切削

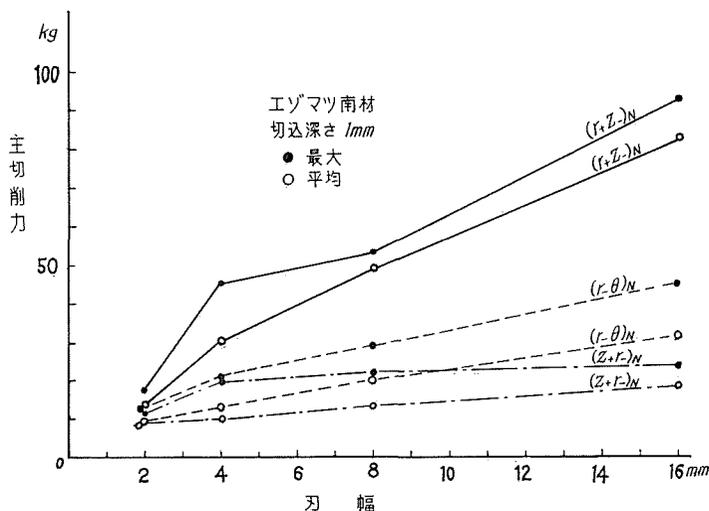


図 17 主切削力と刃幅の関係 (1)

表 6 切削力の定数  $A, B$  の数値

樹 種	切 削	$A_{\max}$ (kg/mm)	$A_{\text{mean}}$ (kg/mm)	$B_{\max}$ (kg)	$B_{\text{mean}}$ (kg)
エゾマツ南材 N 型	$r+z-$	0.49	0.45	15.0	9.5
	$r-\theta$	0.22	0.16	11.5	6.0
	$z+r-$	0.10	0.08	11.0	8.0
トドマツ南材 N 型	$r+z-$	0.65	0.47	2.0	1.0
	$r-\theta$	0.23	0.15	11.0	6.0
	$z+r-$	0.53	0.27	0	2.5
ホウ南材 N 型	$r+z-$	0.70	0.47	5	2.5
	$r-\theta$	0.18	0.13	12.0	6.5
	$z+r-$	0.75	0.60	1.0	1.0

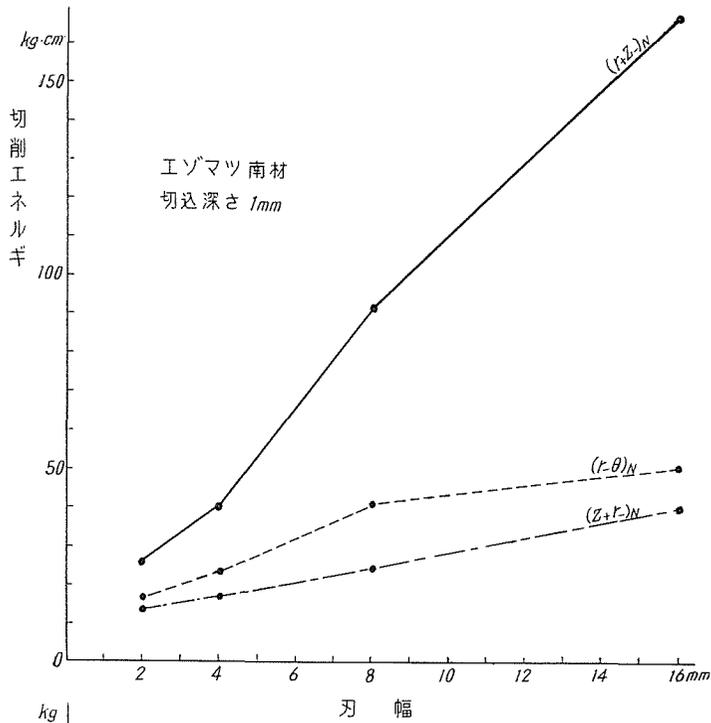


図18 切削エネルギーと刃幅の関係 (1)

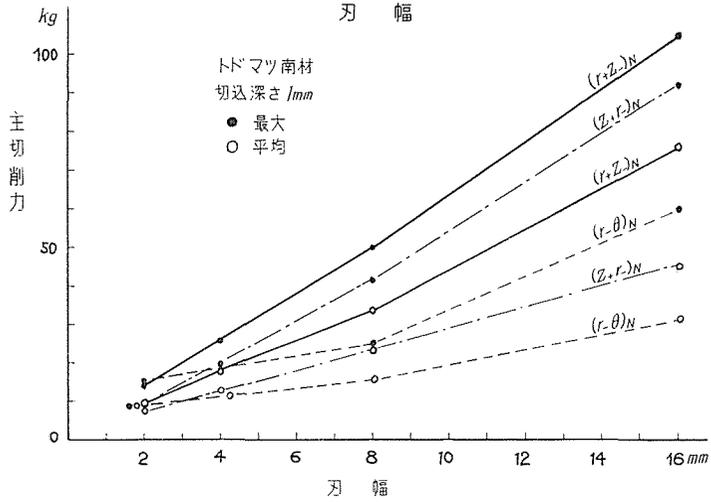


図19 主切削力と刃幅の関係 (2)

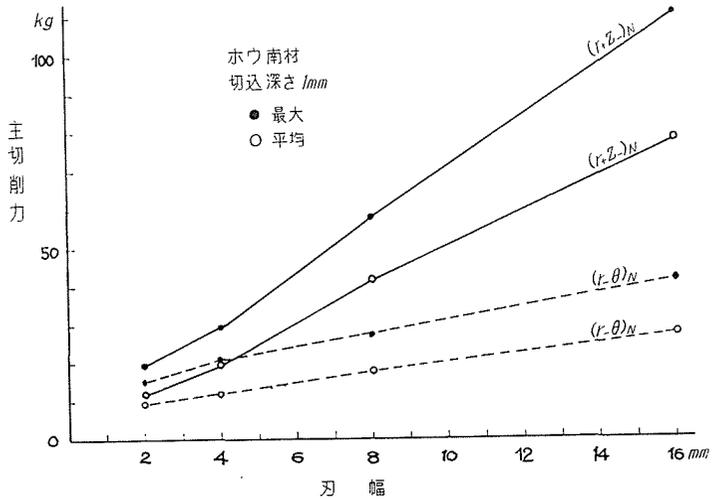


図20 主切削力と刃幅の関係 (3)

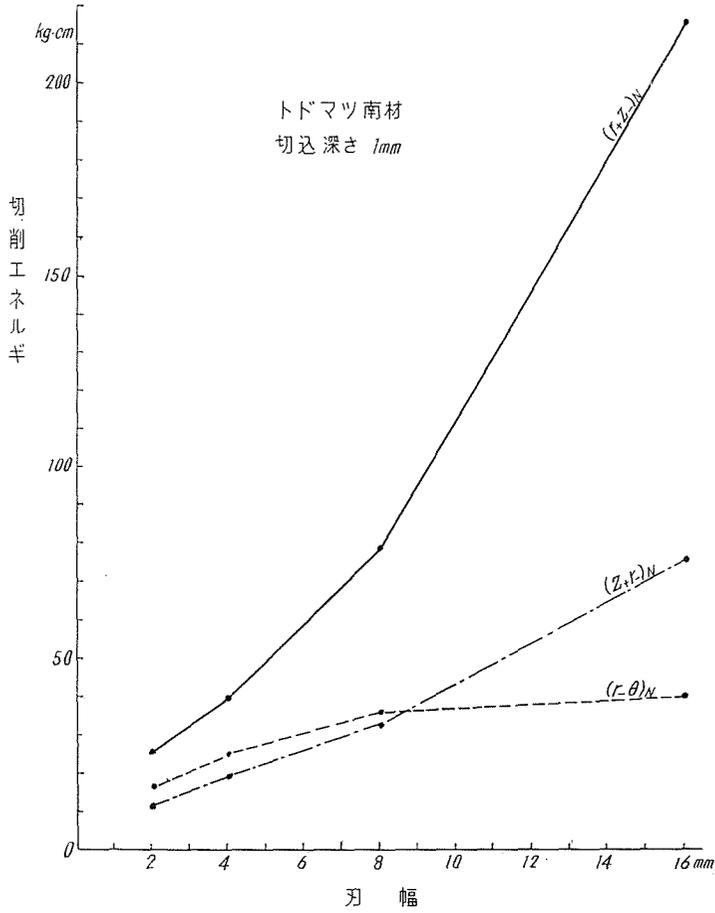
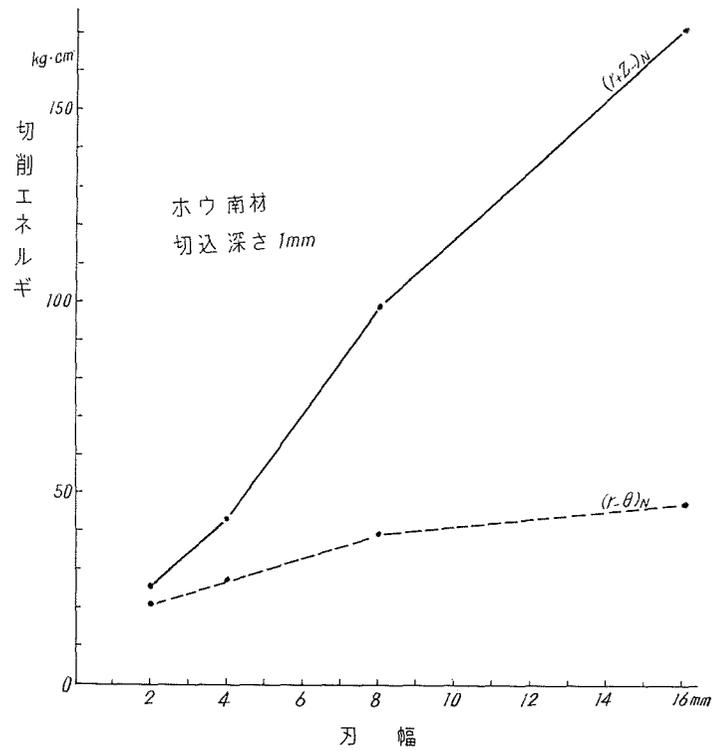


図 21 切削エネルギーと刃幅の関係 (2)

図 22 切削エネルギーと刃幅の関係 (3)



力は刃幅に対しほぼ直線的に増大する。表6からトドマツ、ホウの比較では両樹種とも  $A_{mean}$  より  $A_{max}$  が大きい。 $B_{max}$ ,  $B_{mean}$  について、いずれも  $r-\theta$  が大きいのは摩擦力が切削力に与える影響が大きいと認められる。

4-4 切削速度の影響 (刃幅 4 mm)

すでに発表されている研究の結果は必ずしも一致せず、切削力が速度に比例して、増大するもの<sup>4)</sup>、速度の影響はないとするもの<sup>5)</sup>、あるいは低下するもの<sup>6)</sup> など違った結論が出されている。

図23~26は著者等がエゾマツについて行なった実験で、各方向について切削速度を0.6 (36.0 m/min) から 12.2 m/s (732 m/min) まで変えた場合、切削力及びエネルギーと切削速度との関係を示す。図の各点は8~10点の測定平均値で示してある。 $(r-z)_N$ ,  $(r-\theta)_N$ ,  $(r-\theta)_I$ ,  $(z-\theta)_N$  のいずれも、本実験の速度範囲では顕著な変化は認められなかった。 $(r-\theta)_N$  の切削速度 (0.6~8.8 m/s) に対する切屑の変形形態は図27のようになり、図25に対応するI型被削材の主切削力一切削長

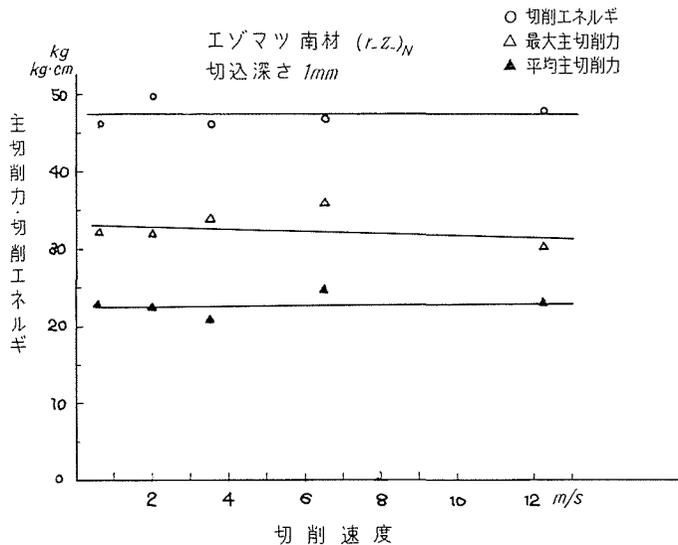


図23 切削力、切削エネルギーと切削速度の関係 (1)

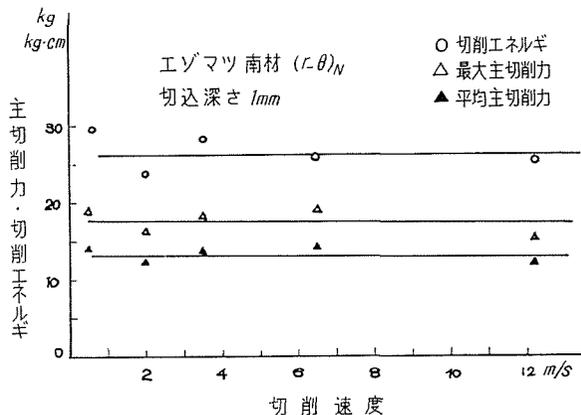


図24 切削力、切削エネルギーと切削速度の関係 (2)

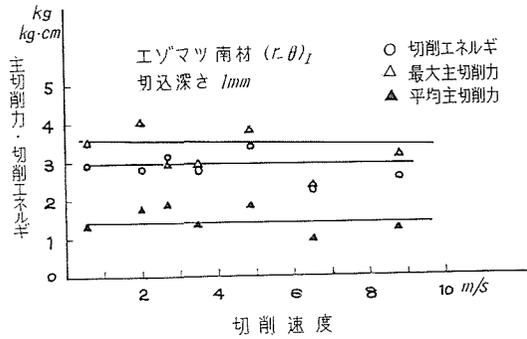


図 25 切削力、切削エネルギーと切削速度の関係 (3)

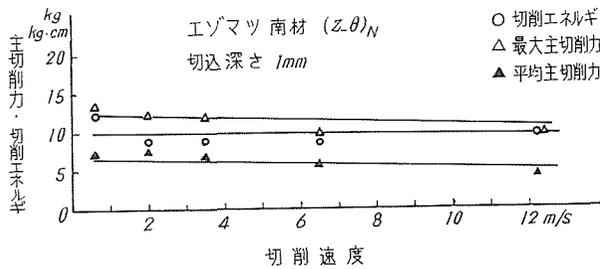


図 26 切削力、切削エネルギーと切削速度の関係 (4)

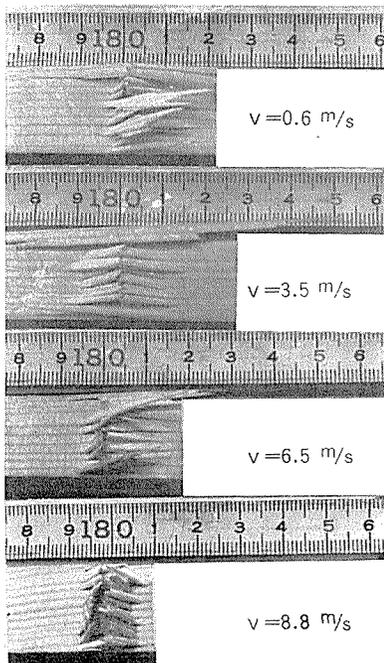


図 27 ( $r-\theta$ )<sub>N</sub> 切削における切削速度  $v$  の影響

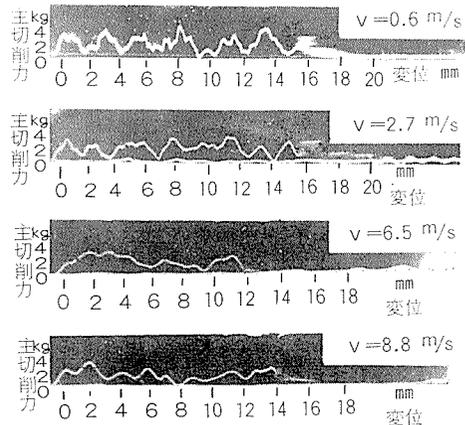


図 28 ( $r-\theta$ )<sub>I</sub> 切削の主切削力—切削長さ曲線 (切削速度の影響)

さ曲線を図28に示す。図27から、切削速度の増大とともに切屑生成時の横割れ長さが幾分小さくなって衝撃の影響が強くなる傾向が認められる。

## 5. 結 論

エゾマツ、トドマツ、イタヤ、ホウ及び鉛について行なった切削実験の結果を要約して、次の結論が得られた。

(1) 著者等が分類した切削方向と切込方向の組合せを作ると、切削力、切削機構の異なる3グループ ( $r_{\pm}z_{\pm}$ ,  $0z_{\pm}$ ), ( $r_{\pm}0$ ,  $0r_{\pm}$ ), ( $z_{\pm}r_{\pm}$ ,  $z_{\pm}0$ ) に分けられ、それぞれ製材作業の分類表示の縦挽き(O)、横挽き(C)、長手挽き(L)に相当することが判明した。

(2) 切込深さ1mmの場合、各樹種についての上記3グループ間の切削力の標準偏差は、その樹種の異方性の度合を表わす数値と考えられるが、その数値を大きい順に配列すると、イタヤ、エゾマツ、ラワン、ホウ、トドマツの順になる。

(3) 切削方向及び切込方向について、木材の生長方向を区別する  $r_{+}$  と  $r_{-}$ 、 $z_{+}$  と  $z_{-}$  の違いによって切削力、切削エネルギーの差は認められなかった。

(4) 東西南北に分割作製した南材と北材の被削材について行なった実験から、方位の影響があるとは断定出来なかった。

(5) 被削材の異なる N, I, U, T, H 各型について切削実験を行なった結果、切屑の生成過程に大きな差違がみられ、切削力にも大きな違いがあることが認められた。

(6) 切削力、切削エネルギーと刃幅の関係はほぼ直線的である。

(7) エゾマツについて行なった切削速度0.6~12.2 m/sの範囲の切削実験では、切削力、切削エネルギーに及ぼす切削速度の影響はほとんど認められなかった。

## 6. 参 考 文 献

- 1) Voight: Holzmarkt, 42 (1925).
- 2) W. M. McKenzie: For. Prod. Jour, 12, No. 6 (1962-2), 187.
- 3) 木下直治: 木材工業, 3, 1948, 20.
- 4) W. M. McKenzie: For. Prod. Jour (1960-9), 447.
- 5) Franz N. C.: An Analysis of the Wood Cuting Process, the University of Michigan Press 1958.
- 6) Wolktr. K. T. S.: The For. Prod. Res. Lab. 22 (1957), 371.