

木材の木口切削におけるバイアス角の影響(II)*

— 被削母材切削加工面の精粗(削り肌)の変化と切屑の変形様相について —

杉 山 滋・熊 本 直 樹**

長崎大学教育学部工業技術教室

(昭和63年10月31日受理)

Effects of the Inclination Angle of the Knife upon the Roughness
of the Workpiece Cutting-Surface and the Deformation of the Chip
in the Transverse-Plane (90° - 90°) Cutting of Wood*

Shigeru SUGIYAMA and Naoki KUMAMOTO**

Department of Technology, Faculty of Education,
Nagasaki University, Nagasaki 852

(Received Oct. 31, 1988)

Abstract

This report clarifies the effects of the inclination angle (i) of the knife upon the roughness of the workpiece cutting-surface and the deformation of the chip in the 90° - 90° cutting (edge perpendicular, moving perpendicular to the grain direction) of wood. Air-dried specimens of different wood species having a wide range of specific gravity (γ_w) were used in this study, and were cut by feeding a knife, which was set on the experimental apparatus (Fig. 2). The deformation of the chip and the roughness of the workpiece cutting-surface were observed relatively and estimated sensuously. The results of them were shown (Table 1 and Figs. 3-5), and the effects of i and the workpiece conditions (γ_w , the wood species and the orientation of the annual rings to the cutting direction on the workpiece cutting-surface) upon them are discussed.

* 本研究を「学校教育における木材加工(木工・工作を含む)指導のための技術的基礎研究(第4報) Technical and Fundamental Studies on Education of Wood Working in Technical Education Lessons of School, IV.」とする。上記の研究(第3報)および標記の研究(I)は、長崎大学教育学部自然科学研究報告, 第38号, 37~52 (1987)に掲載。

** 昭和60年度工業技術科専攻卒業生, 現在 長崎県佐世保市立大野中学校

1. 緒 言

木材の三次元切削については、これまでに、縦切削^{1)~5), 7)}、横切削^{2)~4), 6), 8)}および木口切削^{9), 9)~11)}を対象とした研究のほか、単板切削との関連で縦切削¹²⁾や横切削^{13)~15)}を対象とした研究、振動切削との関連で縦切削¹⁶⁾、横切削¹⁶⁾および木口切削¹⁶⁾を対象とした研究、鋸歯による切削との関連で縦切削¹⁷⁾を対象とした研究、傾斜送り二次元切削との関連で縦切削¹⁸⁾や横切削¹⁸⁾を対象とした研究、および引き切り切削との関連で三次元切削理論^{19), 20)}、縦切削^{21)~23)}および横切削^{21), 23)}を対象とした研究がある。これら既往の研究から明らかなように、三次元切削で縦切削や横切削をとりあげた研究は極めて多い。しかしながら、木口切削については二次元切削によって詳細に追究した例^{24)~27)}はあるが、三次元切削によって詳細に論じた例は比較的乏しい。

そこで既報¹¹⁾にひき続き、ここでは、木材の三次元切削、とくに木口面をとりあげ、その三次元切削に関する基礎資料の収集を目的として、多くの樹種による木口切削を行い、被削母材の切削加工面の精粗（即ち、切削面の削り肌）および切屑の変形様相に及ぼすバイアス角の影響について検討する。即ち、比較的広範囲の気乾容積重をもつ樹種多数を用いて、切削方向に対する切削面（木口面）の年輪走向を考慮しながら木口切削を行い、切削加工面の精粗と切屑の変形様相を観察し、それらの相対評価を行い、バイアス角の変化に伴うそれらの変形のしかたの分類を試みた。

なお、木口切削では、切削加工面が平滑に仕上げられることが最終目的であるから、切削加工面の精粗の詳細な観察がその基礎となるが、切削条件の適否、切削操作のしかたなどによる切削の様子（切削現象）を知るうえでも、また、切削加工面の精粗との関係を論じるうえでも、切屑の変形様相の詳細な観察も必要となってくる。切削加工面の精粗や切屑の変形様相を判断する場合、木材の構成要素に起因する細胞内腔等の“組織粗さ”のほか、切削工具の切れ味や切削条件等の加工方法に起因する“加工粗さ”が混在することを考慮しなければならない。したがって、木口の三次元切削機構を解明するには、組織粗さと加工粗さを考慮した顕微鏡下の詳細な観察がその基礎となるが、これらについては、この研究の結果に基づき、つぎの機会に計画している。

木口面のみならず、木材表面の評価は、本来、人間の感覚（視覚、触覚等）によって判断されるものである。複雑な木口の三次元切削機構を解明するには、まず、切削現象を大雑把に篩い分けを行う必要がある。そののち、焦点を絞っての詳細な解明がつぎの段階として必要となる。この研究は、その第1段階であり、最も単純な感覚的评价によって木口の三次元切削の分類を試みている。

2. 実 験 方 法

木口の三次元切削の模式図を図1に示す。切削方向（Y軸方向）に垂直な方向（X軸方向）を基準として、鉋刃の切れ刃線（X'軸方向）を斜交させる場合が三次元切削であり、その交差角度をバイアス角*i*という。*i*=0°の場合は二次元切削となる。手鉋による木口切削の場合では、*i*は概ね0~45°の範囲となる。図1より明らかなように、木口切削は被削

材の切削面（木口面）と被削材の繊維走向とが垂直となる場合であるが、切削面の年輪走向と切削方向との関係により、種々の木口切削の場合が考えられる。

供試鉋刃は、この研究のために試作した特殊実験用鉋刃（兼房刃物工業㈱製で全鋼鉋刃）で、材質は高速度鋼SKH2、垂直刃先角 β_n は25°である。同鉋刃を、垂直逃げ角 α_n が1°；即ち、垂直すくい角 γ_n が64°（垂直切削角 θ_n は26°）一定となるように、切削実験装置鉋刃送り台上的鉋刃取付け台に固定した。鉋刃取付け台に固定された鉋刃によって試験片を切削する様子および木口の三次元切削を行うための実験装置を図2に示す。

切削実験は、既報¹¹⁾と同様であり、実験装置本体に片持梁式試験片固定装置①に固定させた試験片（被削材）⑦に向って鉋刃②を移動させることによって行われる。鉋刃②は、鉋刃取付け台③に表刃方式で固定され、それらは実験装置の鉋刃送り台④上に固定されている。③の下部に取付けられたバイアス角設定装置⑤によって、鉋刃切れ刃に所定のバイアス角 i を与えることができる。切削実験のたびに、切削面が所定の年輪走向になるように予め調整した試験片を、前記の方法により片持梁式試験片固定装置に固定し、その切削面（木口面）を微小な切込量でならし切削を行って切削実験を行い得るような切削基準面を作成した。のちに、ダイヤルゲージ⑥にて正確に調べながら送り台④を上昇させ、鉋刃に所定の切込量 t_n を与え、切削実験を開始した。鉋刃の移動は、送り台④によって行われるが、④はネジ送り方式で移動し、鉋刃に一定の切削速度を与える。この研究では、138.7 mm/minの切削速度を採用した。

切削実験は、一枚刃の平鉋による木口の荒削りを対象とし、つぎの条件を設定した。裏刃、刃口押えおよび屑返しは作用させず

に、切込量 t_n を0.1 mm一定とし、バイアス角 i を0～60°の範囲で15°間隔おきの5段階に変化させた。なお、木口の三次元切削では、切削方向に対する切削面（木口面）の年輪走向のちがいが種々の切削現象に影響を及ぼすことが考えられる。この研究では、既報¹¹⁾と同様に、用意した50種の供試材を、切削方向に対する切削面の年輪走向によってA₁、B_{1(a)}、C_{1(a)}、D_{1(a)}、E_(a)およびA₁₁、

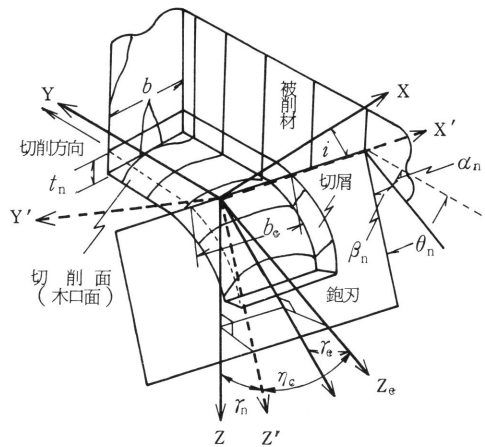


図1 木口の三次元切削の模式図

YおよびX：被削材の切削面（木口面）上における切削方向に平行および垂直な方向；Z：切削面に垂直な方向；X'およびZ'：鉋刃すくい面上における切れ刃線に平行および垂直な方向；Y'：鉋刃すくい面に垂直な方向；Z_e：切屑流出方向；i：バイアス角； η_e ：切屑流出角； γ_n および γ_e ：垂直すくい角および有効すくい角； α_n 、 β_n および θ_n ：垂直逃げ角、垂直刃先角および垂直切削角； t_n ：切込量；bおよび b_c ：被削材幅および切れ刃線切削幅

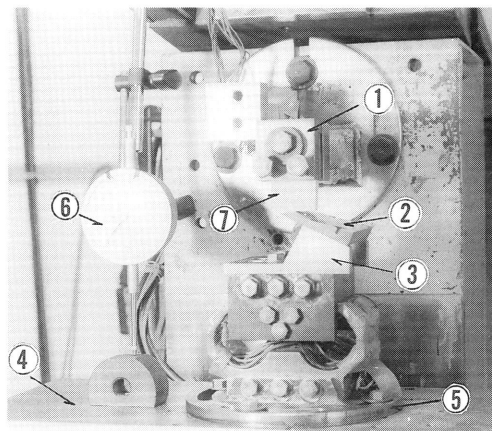


図2 切削実験装置と木口切削の様子

①：片持梁式試験片固定装置；②：鉋刃；③：鉋刃取付け台；④：鉋刃送り台；⑤：バイアス角設定装置；⑥：ダイヤルゲージ；⑦：試験片（被削材）

$B_{II(a)}$, $C_{II(a)}$, $D_{II(a)}$, $E_{(b)}$ の10通りの場合に分け、それぞれの場合について実験を行った(既報の図2¹¹⁾参照)。

本研究で用いた供試材は気乾状態に調湿した50種であり、本邦産材21種と外国産材29種(それらは、南洋材が18種、北米材が5種、ソ連材が2種、中南米材が2種、台湾・オーストラリヤ材が2種)であった。また、これら供試材50種は、針葉樹材が17種(本邦産材が8種、外国産材が9種)。広葉樹材が33種(本邦産材は散孔材6種、環孔材6種、放射孔材1種の計13種、および外国産材は散孔材16種、環孔材4種の計20種)であった。いずれの材も、既報¹¹⁾で用いた材と同じ材であった(供試材の種類(樹種名)、気乾容積重、含水率、平均年輪幅、晩材率および年輪接触角は既報の表2¹¹⁾を参照)。

この研究では、被削母材切削加工面の精粗と切屑の変形様相をとりあげ、バイアス角 i の影響を明らかにする。切削実験では、切削方向に対する切削面の年輪走向の種々の場合について、 i を変化させた実験を3回ずつ行い、それぞれの実験のたびに、切削直後の切

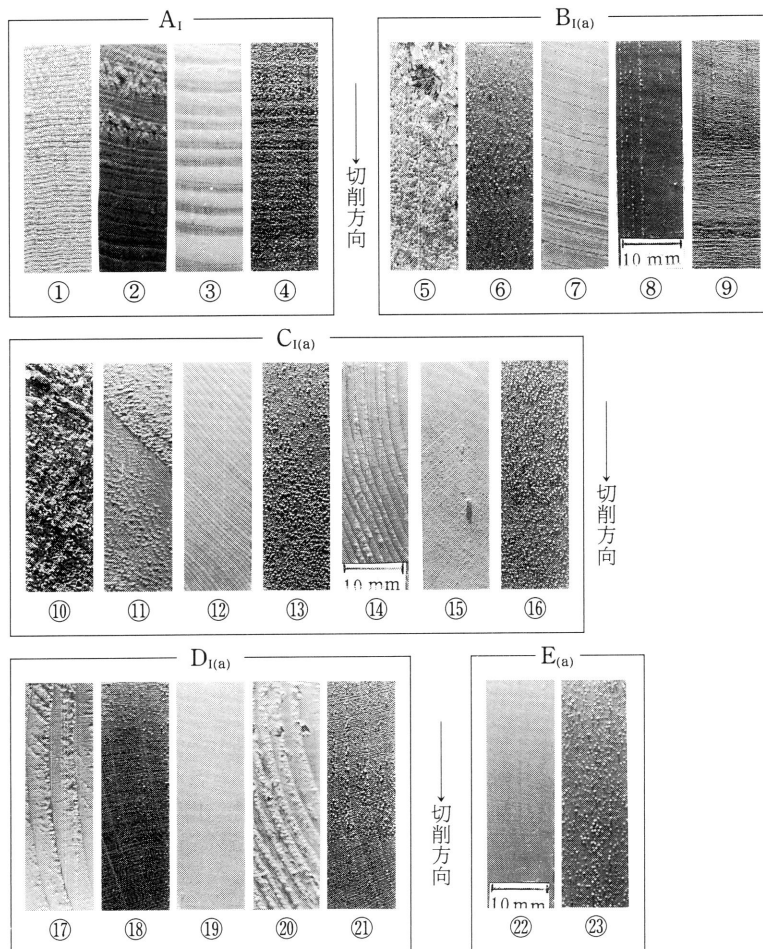


図3(a) 種々の樹種における被削母材切削加工面の精粗

(バイアス角 $i=0^\circ$ の場合)

$A_1 \sim E_{(a)}$: 切削面区分(既報の図2¹¹⁾参照); ①~⑳: 樹種番号(表1参照)

削加工面（即ち、削ったのちの被削母材）と切屑の採取を行った。採取した被削母材から切削加工面を写真撮影し、その拡大写真から切削加工面の凹凸の程度を感覚（巨視）的に相対評価することとし、また、採取した切屑からは、その破断の様子を直接に肉眼観察し、切削加工面の場合と同様に、感覚（巨視）的に相対評価を行った。

3. 実験結果および考察

気乾容積重 γ_v の比較的広い範囲にわたる樹種50種を用いて、バイアス角 $i=0^\circ$ （二次元切削）の場合で木口切削したときの被削母材の切削加工面の精粗（切削加工面の凹凸の程度）を図3(a), (b)に示す。同図は、切削方向に対する切削面の年輪走向の種々の場合について、切削加工面の精粗を示している。図より明らかなように、 $i=0^\circ$ の場合では、切削加工面は良好な平滑面から著しく劣悪な粗面まで種々の場合がある。

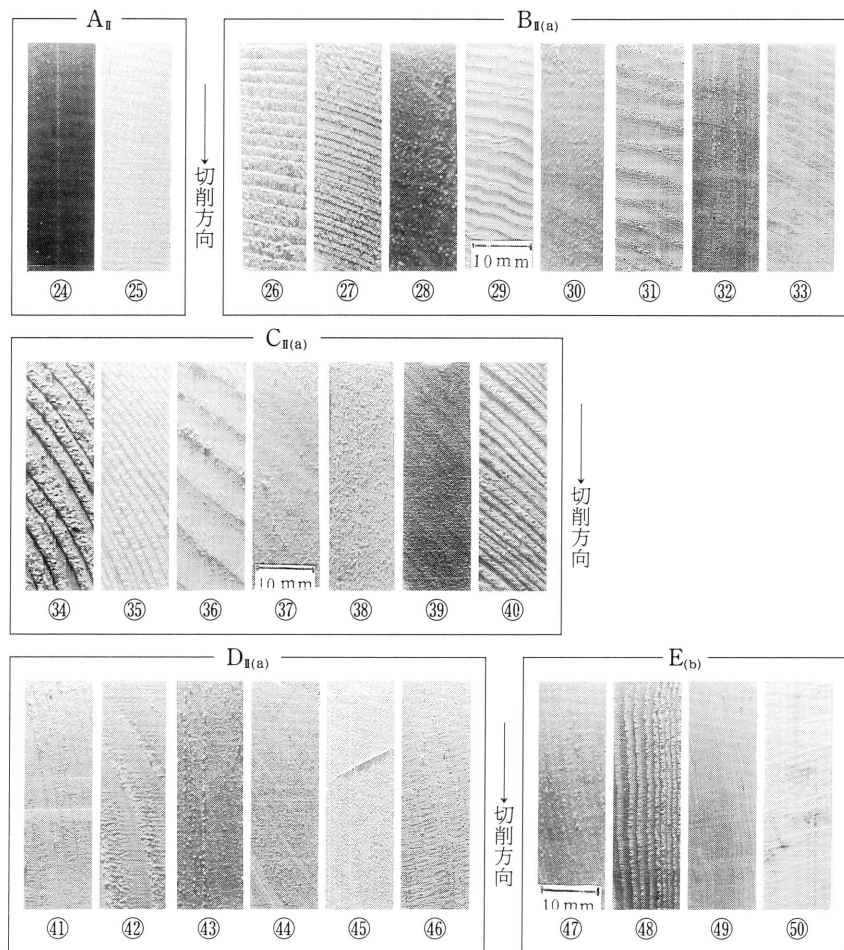


図3(b) 種々の樹種における被削母材切削加工面の精粗

(バイアス角 $i=0^\circ$ の場合)

A_{II}~E_{II(b)}: 切削面区分 (既報の図2¹¹⁾参照); ②④~⑤⑩: 樹種番号 (表1参照)

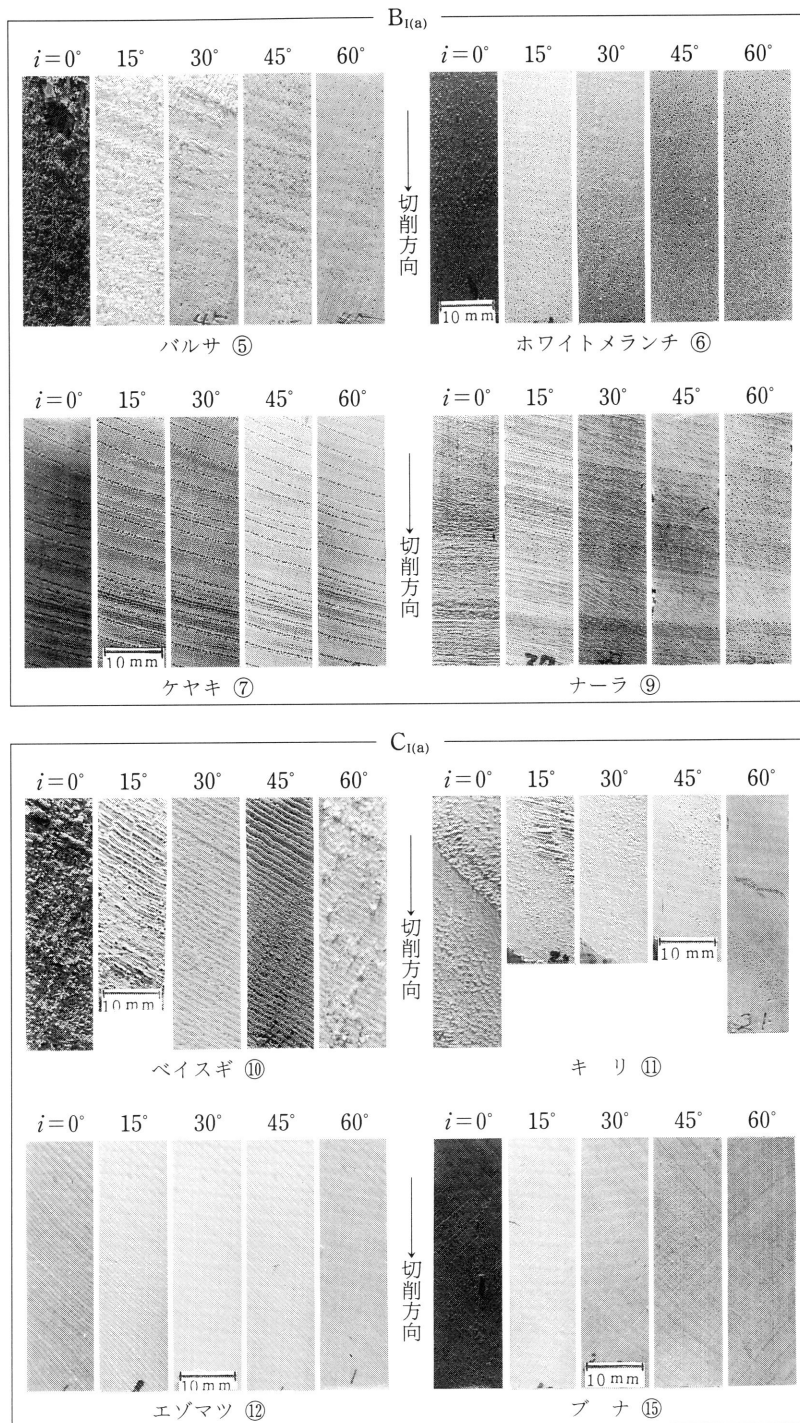


図 4 (a) バイアス角 i の変化に伴う種々の樹種における被削母材切削加工面の精粗 (切削面区分 $B_{I(a)}$ と $C_{I(a)}$ の場合)

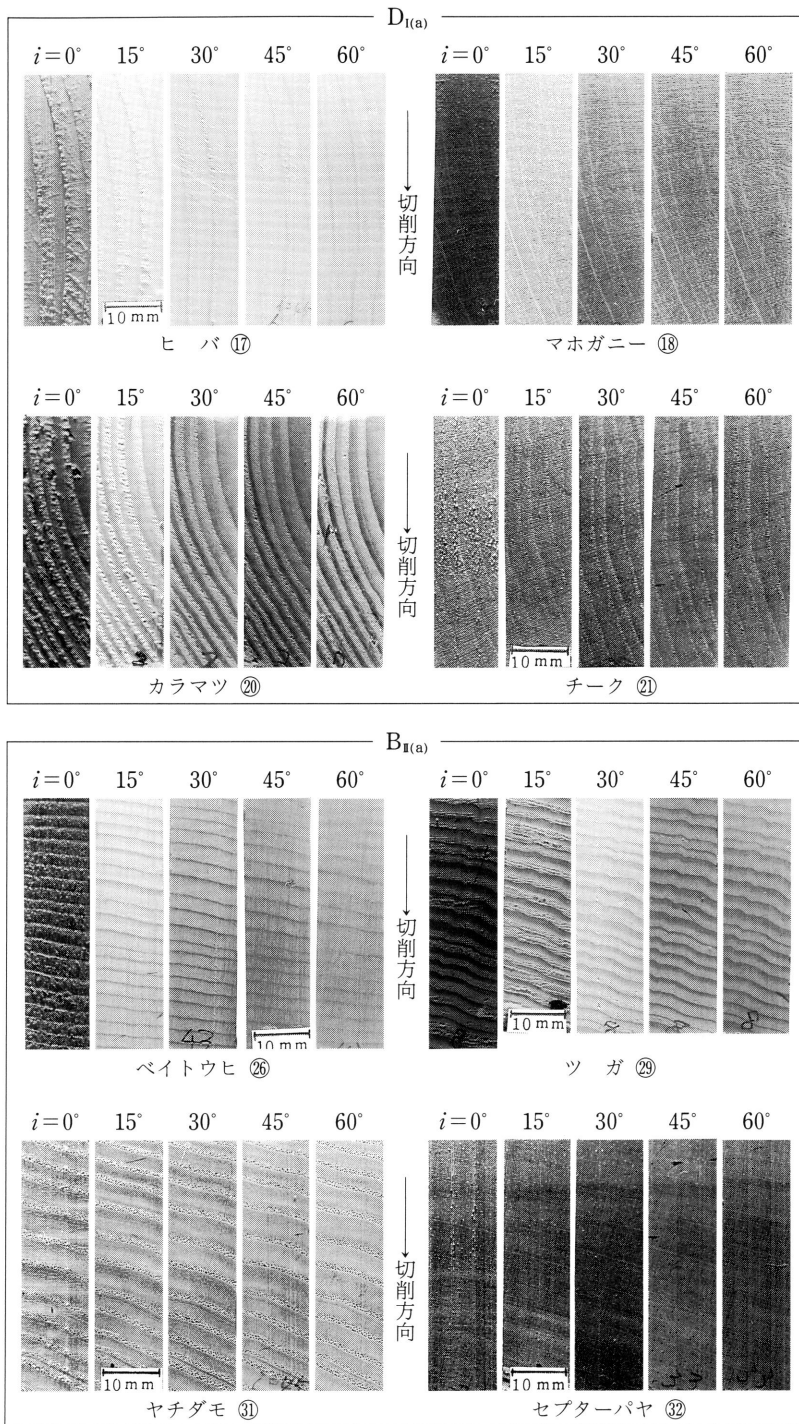


図 4 (b) バイアス角 i の変化に伴う種々の樹種における被削母材切削加工面の精粗 (切削面区分 $D_{I(a)}$ と $B_{II(a)}$ の場合)

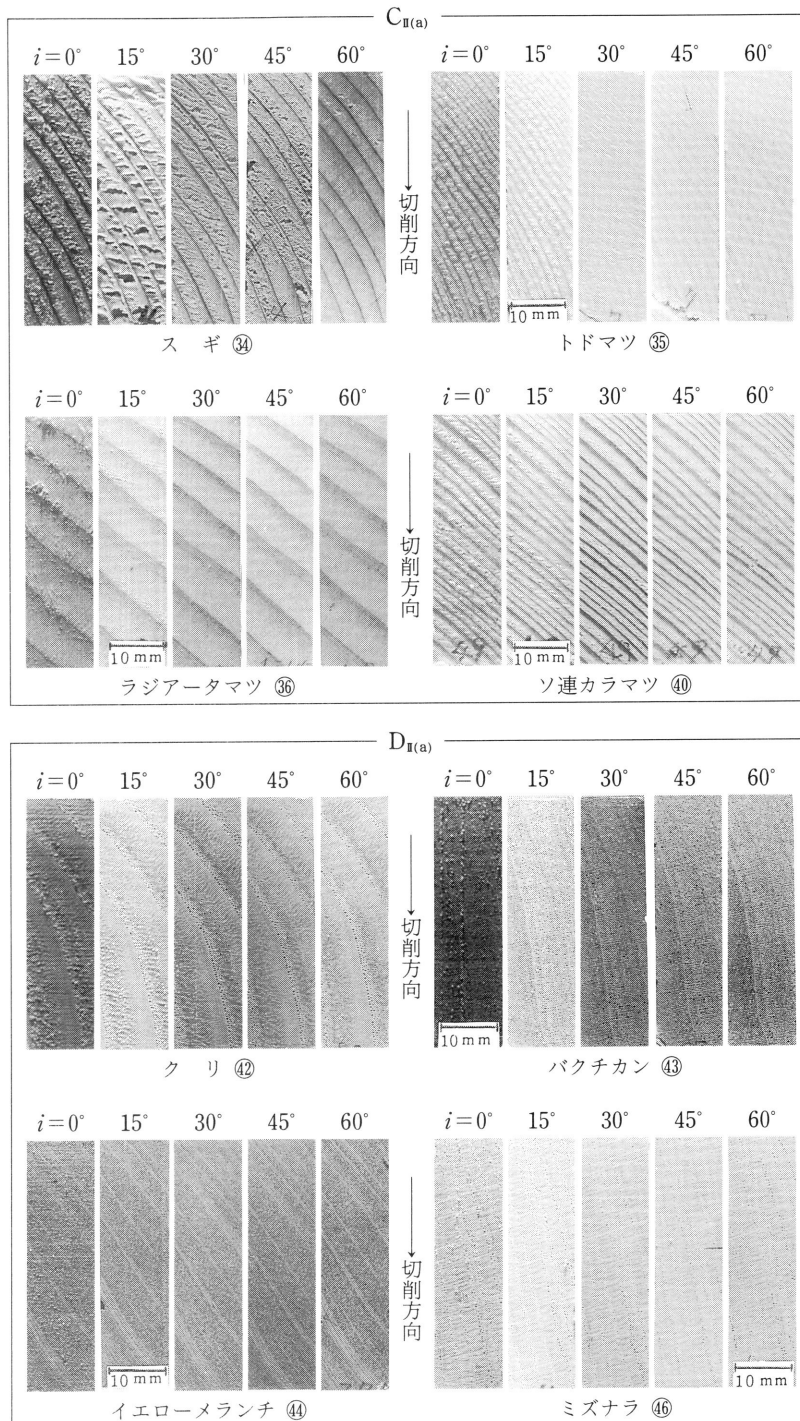


図 4 (c) バイアス角 i の変化に伴う種々の樹種における被削母材切削加工面の精粗 (切削面区分 $C_{II(a)}$ と $D_{II(a)}$ の場合)

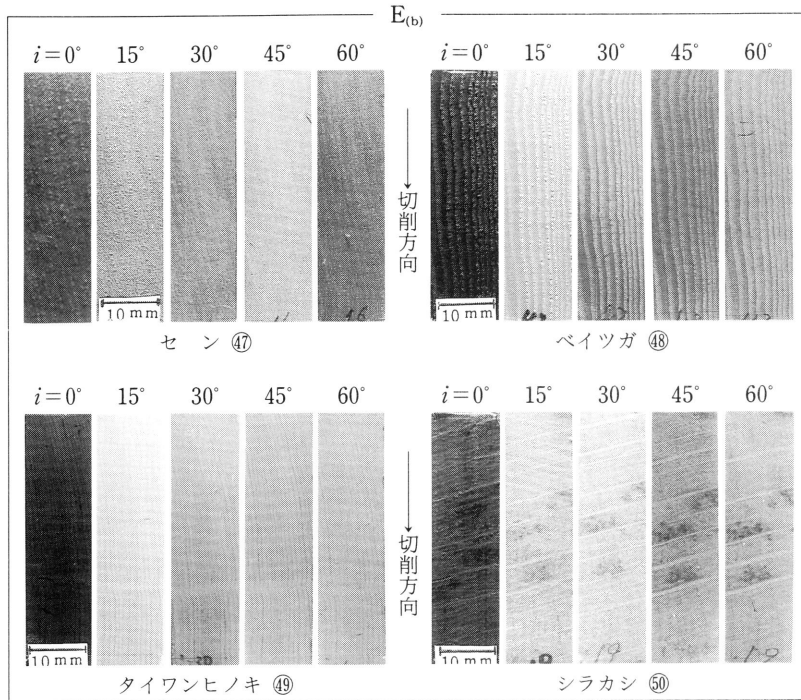


図 4 (d) バイアス角 i の変化に伴う種々の樹種における被削母材切削加工面の精粗 (切削面区分 $E_{(b)}$ の場合)

切削加工面の精粗に及ぼす切削方向に対する切削面の年輪走向の影響や r_u の大きさの影響などは、感覚(巨視)的に切削加工面の精粗を相対評価する限りにおいては、顕著に現れていない。いずれの切削面の場合も、また、 r_u の大小に拘らず、早材・晩材の硬度差が著しい針葉樹材、例えば、ベイスギ、スギ、カラマツ、ソ連カラマツでは、その早材部分がえぐり取られている様子が観察される。また、 r_u の極めて小さい軟葉樹材パルサでは、軟かい被削母材のいたるところでえぐり取られて粗面を呈している様子が観察される。従来、切削方向が年輪走向に対して接線方向、半径方向(向辺方向、向心方向)であるかによって木口面の切削性が異なることが報じられてきた。一般に、針葉樹材で早材・晩材の硬度差の著しい材では、向辺方向の切削において木材組織が硬い晩材から急に軟かい早材に移行するから、晩材部分が早材部分に撓み、晩材の切削が困難となり、晩材が切削される時には早材もえぐり取られ、劣悪な切屑および粗悪な切削加工面を形成し易いことが論じられた。しかし、 $i \neq 0^\circ$ (三次元切削) の場合は勿論、 $i = 0^\circ$ の場合においても、同心円弧状の年輪走向と鉋刃切れ刃線との交差角度が切削の進行とともに刻々と変化するから、速度切削角の変化¹¹⁾や年輪接触角(切削方向と年輪走向との交差角度)および切れ刃線傾斜角(切削方向と切れ刃線との交差角度)¹¹⁾などとの関連で被削母材の切削加工面の精粗や切屑の変形様相などの木口面の切削性を微視的に(顕微鏡下で)観察し、論じることが必要となる(これについては、今後の検討課題としたい)。

このような $i = 0^\circ$ における切削加工面の精粗も、 i の増加とともにその様相を異にしてくる。 i の増加に伴う加工面の精粗の変化の例を図 4 (a)~(d) に示す。図より明らかなよう

に、切削加工面には極めて種々の場合があり複雑であるが、これらの切削加工面をつぎのような4段階に分けた巨視的な相対評価を行ってみた。切削加工面は、大雑把に、凹凸が極めて大きく著しく劣悪な粗面(××)、凹凸が大きく粗面(×)、凹凸が比較的大きくやや粗面(△)、凹凸が比較的小さく良好な平滑面(○)、にそれぞれ分けられる。これらの相対評価の結果を用いると、 i の増加に伴う切削加工面の精粗の変化は、4つのタイプに分類される。即ち、切削加工面の凹凸が、 i の増加にも拘らずいずれの i の場合も劣悪になる場合(タイプ[I])、 i の増加に伴い次第に良好になる場合(タイプ[II])、 $i=0^\circ$ の場合のみ劣悪になり、 $i \neq 0^\circ$ の場合ではいずれの i の場合も良好となる場合(タイプ[III])、および i の増加に殆ど影響をうけずいずれの i の場合も $i=0^\circ$ の場合と同様に良好となる場合(タイプ[IV])、にそれぞれ分類される。

切削加工面の精粗の巨視的な相対評価の結果と、 i の増加に伴う切削加工面の精粗の変化のしかた(タイプ分けの結果)を表1にまとめて示す。タイプ[I]に属する材は、広葉樹材のバルサ、早材・晩材の硬度差の著しい針葉樹材のベイスギ、スギ、カラマツ、ソ連カラマツであり、これらの材の木口切削では、 $i=0^\circ$ における劣悪な切削性が i を増加させた場合においても殆ど変化が現れない。これらの材の木口切削では、刃先角などの切削条件を検討しなければ、良好で満足し得る切削加工面は得られない。なお、タイプ[IV]に属する材は、 $i \neq 0^\circ$ で切削する必要はなく、 $i=0^\circ$ で充分良好な切削加工面が得られる。

つぎに、切屑の変形様相、即ち、切屑の破断の程度と i の変化に伴うその変化のしかたを調べ、被削母材の切削加工面との関係を検討してみた。 i の増加に伴う切屑の変形様相を図5(a)~(c)に示す。切屑の変形(切屑の破断の程度)を大別すると、切削面に相当する切屑の全体にわたって破断が著しく、切屑の原形をとどめないような著しく破断されている場合(××)、全体にわたって破断は著しいが、切屑は不連続に破断されている場合(×)、切屑の一部が破断されている場合(△)、切屑全体にわたって破断が少なく連続帯状の切屑を呈する場合(○)、にそれぞれ分けられるが、いずれに分類できるか明瞭に区別できない場合も多い。これらの巨視的な相対評価を用い、 i の増加に伴う切屑の変形のしかたを分類すると、概ね4つのタイプが考えられる。即ち、切屑の破断の程度が、 i の増加にも拘らずいずれの i の場合も劣悪になる場合(タイプ[I])、 i の増加に伴い次第に良好となる場合(タイプ[II])、 $i=0^\circ$ の場合のみ劣悪となり他の i の場合にはいずれも良好となる場合(タイプ[III])、および i の増加に殆ど影響をうけずいずれの i の場合も良好となる場合(タイプ[IV])、にそれぞれ分類される。

切屑の変形様相の巨視的な相対評価の結果と、 i の増加に伴う切屑の変形のしかた(タイプ分けの結果)を表1にまとめて示した。表1より明らかなように、多くの樹種の場合で、 i の増加に伴う切削加工面の精粗の変化のタイプと、切屑の変形のタイプとは一致する場合が多かった。一致しない場合においても、比較的近いタイプを示した。例えば、切削加工面の精粗の変化がタイプ[II]に属する樹種は、 A_I ではベイマツ、 $B_{I(a)}$ ではナーラ、 $C_{I(a)}$ ではキリおよびカメレレ、 $D_{I(a)}$ ではヒバ、 $B_{II(a)}$ ではベニマツ、ライトレッドメランチ、ツガおよびニヤトー、 $C_{II(a)}$ ではトドマツおよびラジアータマツ、 $D_{II(a)}$ ではカツラおよびクリ、 $E_{(b)}$ ではセンおよびベイツガとなっているが、このうちベイマツ、キリ、カメレレ、ヒバ、ツガ、トドマツ、ラジアータマツおよびベイツガは切屑の変形様相もタイプ[II]に属する。切屑がタイプ[II]に属しなかったナーラ、ベニマツ、ライトレッドメランチ、ニヤ

表1 バイアス角*i*の変化に伴う切削加工面の精粗と切屑の変形様相

切削面 区分	樹種区分	樹種番号 樹種名	加工面の凹凸の程度と区分					切屑の変形の程度と区分						
			<i>i</i> (°)					加工面 の区分	<i>i</i> (°)					
			0	15	30	45	60		0	15	30	45	60	
A _I	針(外)	① ベイマツ	××	×	×	△	○	(II)	××	×	×	○	○	(II)
	針(外)	② アガチス	×	○	○	○	○	(III)	×	○	○	○	△	(III)
	針(内)	③ アカマツ	△	○	○	○	○	(III)	△	○	○	○	○	(III)
	広(外)(散)	④ アビトン	○	○	○	○	○	(IV)	○	○	○	○	○	(IV)
B _{I(a)}	広(外)(散)	⑤ バルサ	××	×	×	×	△	(I)	××	××	××	×	△	(I)
	広(外)(散)	⑥ ホワイトメランチ	×	○	○	○	○	(III)	○	○	○	○	○	(IV)
	広(内)(環)	⑦ ケヤキ	○	○	○	○	○	(IV)	○	○	○	○	○	(IV)
	広(外)(散)	⑧ ブラックウォールナット	○	○	○	○	○	(IV)	○	○	○	○	○	(IV)
C _{I(a)}	広(外)(環)	⑨ ナーラ	×	×	△	○	○	(II)	△	○	○	○	○	(III)
	針(外)	⑩ ベイスギ	××	××	×	×	××	(I)	××	××	××	××	××	(I)
	広(内)(環)	⑪ キリ	××	××	×	△	○	(II)	×	×	×	○	○	(II)
	針(内)	⑫ エゾマツ	△	○	○	○	○	(III)	△	○	○	△	○	(III)
	広(外)(散)	⑬ カメレレ	×	×	○	○	○	(II)	△	△	○	○	○	(II)
	針(内)	⑭ ヒノキ	×	○	○	○	○	(III)	×	○	○	○	△	(III)
	広(内)(散)	⑮ ブナ	○	○	○	○	○	(IV)	○	○	○	○	○	(IV)
	広(外)(散)	⑯ ダークレッドメランチ	△	○	○	○	○	(III)	○	○	○	○	○	(IV)
	針(内)	⑰ ヒバ	×	×	△	△	○	(II)	×	△	△	○	○	(II)
	D _{I(a)}	広(外)(環)	⑱ マホガニー	○	○	○	○	○	(IV)	△	○	○	○	○
広(内)(散)		⑲ トチノキ	○	○	○	○	○	(IV)	○	○	○	○	○	(IV)
針(内)		⑳ カラマツ	××	××	×	×	×	(I)	××	××	××	×	×	(I)
広(外)(環)		㉑ チーク	×	○	○	○	○	(III)	△	○	○	○	○	(III)
E _{I(a)}	広(内)(散)	㉒ シナノキ	○	○	○	○	○	(IV)	○	○	○	○	○	(IV)
	広(外)(散)	㉓ マトア	△	○	○	○	○	(III)	○	○	○	○	○	(IV)
A _{II}	広(内)(散)	㉔ ホオノキ	○	○	○	○	○	(IV)	○	○	○	○	○	(IV)
	広(外)(散)	㉕ ラミン	△	○	○	○	○	(III)	○	○	○	○	○	(IV)
B _{II(a)}	針(外)	㉖ ベイトウヒ	×	○	○	○	○	(III)	××	○	○	○	○	(III)
	針(外)	㉗ ペニマツ	×	△	○	○	○	(II)	××	○	○	○	○	(III)
	広(外)(散)	㉘ ライトレッドメランチ	×	△	△	○	○	(II)	×	○	○	○	○	(III)
	針(内)	㉙ ツガ	×	×	△	○	○	(II)	×	×	○	○	○	(II)
	広(外)(散)	㉚ ニヤトー	×	△	△	○	○	(II)	△	△	○	○	○	(III)
	広(内)(環)	㉛ ヤチダモ	×	○	○	○	○	(III)	○	○	○	○	○	(IV)
	広(外)(散)	㉜ セブターバヤ	△	○	○	○	○	(III)	△	○	○	○	○	(III)
	広(内)(散)	㉝ マカンバ	○	○	○	○	○	(IV)	○	○	○	○	○	(IV)
C _{II(a)}	針(内)	㉞ スギ	××	××	×	×	△	(I)	××	××	××	×	×	(I)
	針(内)	㉞ トドマツ	×	×	×	△	○	(II)	××	×	×	△	△	(II)
	針(外)	㉞ ラジアータマツ	××	△	○	○	○	(II)	×	△	○	○	○	(II)
	広(外)(散)	㉞ メルサワ	×	○	○	○	○	(III)	○	○	○	○	○	(IV)
	広(外)(散)	㉞ カポール	×	○	○	○	○	(III)	△	○	○	○	○	(III)
	広(外)(環)	㉞ ローズウッド	△	○	○	○	○	(III)	○	○	○	△	△	(IV)
	針(外)	㉞ ソ連カラマツ	××	×	×	△	△	(I)	××	×	×	××	×	(I)
D _{II(a)}	広(内)(散)	㉞ カツラ	×	△	△	○	○	(II)	△	○	○	○	○	(III)
	広(内)(環)	㉞ クリ	×	△	○	○	○	(II)	△	○	○	○	○	(III)
	広(外)(散)	㉞ パクチカン	×	○	○	○	○	(III)	○	○	○	○	○	(IV)
	広(外)(散)	㉞ イエローメランチ	△	○	○	○	○	(III)	○	○	○	○	○	(IV)
	広(外)(散)	㉞ ジョンコン	△	○	○	○	○	(III)	×	○	○	○	△	(III)
	広(内)(環)	㉞ ミズナラ	○	○	○	○	○	(IV)	△	○	○	○	○	(III)
E _{I(b)}	広(内)(環)	㉞ セン	×	△	△	△	○	(II)	△	○	○	○	○	(III)
	針(外)	㉞ ベイツガ	×	△	△	△	○	(II)	△	△	○	○	○	(II)
	針(外)	㉞ タイワンヒノキ	○	○	○	○	○	(IV)	○	○	○	○	○	(IV)
	広(内)(放)	㉞ シラカシ	○	○	○	○	○	(IV)	○	○	○	○	○	(IV)

(注) 切削面区分：切削面(木口面)上の年輪走向と切削方向の交差角度より区分(A_I~E_{II(b)})、既報の図2¹⁾参照；
 樹種区分：針は針葉樹材，広は広葉樹材，(内)は本邦産材，(外)は外国産材，(散)は散孔材，(環)は環孔材，
 (放)は放射孔材；加工面の凹凸の程度：××は凹凸が著しく大きく加工面は劣悪な粗面，×は凹凸が大きく加工面は粗面，△は凹凸が比較的大きく加工面はやや粗面，○は凹凸が比較的小さく加工面は良好で平滑面；切屑の変形の程度：××は切屑の全体にわたって破壊が極めて著しい(粉状または棒状の切屑となる場合が多い)，×は切屑の全体にわたって破壊が著しく不連続に寸断されている，△は切屑の一部が破壊，○は切屑の全体にわたって破壊が少なく連続帯状の切屑を呈する；*i*の増加に伴う加工面または切屑の区分：加工面または切屑が，*i*の増加にも拘らずいずれの*i*の場合も劣悪になる場合を〔I〕，*i*の増加に伴い次第に良好になる場合を〔II〕，*i*=0°の場合のみ劣悪であり他の*i*ではいずれも良好となる場合を〔III〕，*i*の増加に殆ど影響をうけずいずれの*i*の場合も良好となる場合を〔IV〕とする。

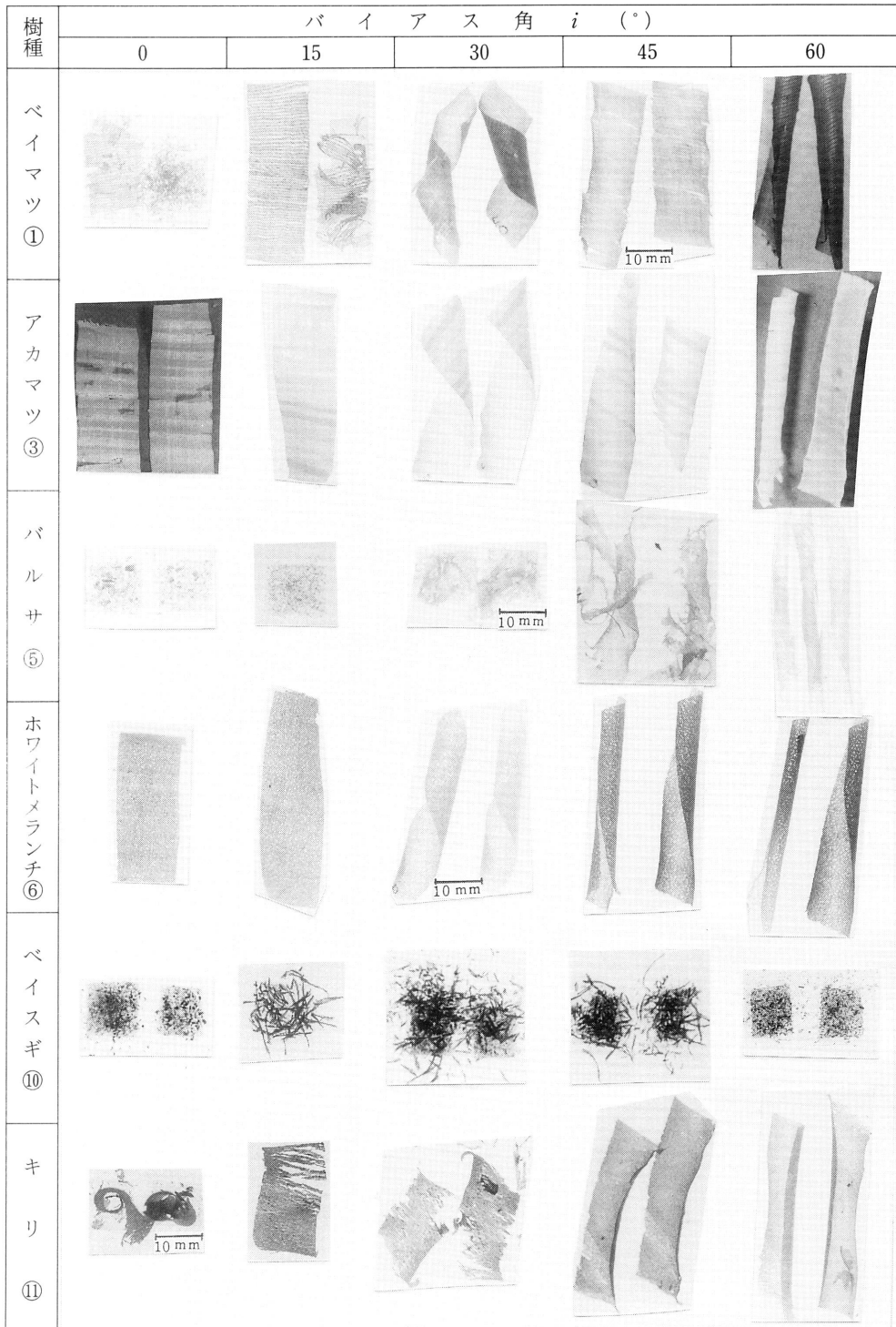


図 5 (a) バイアス角 i の変化に伴う種々の樹種における切屑の変形様相

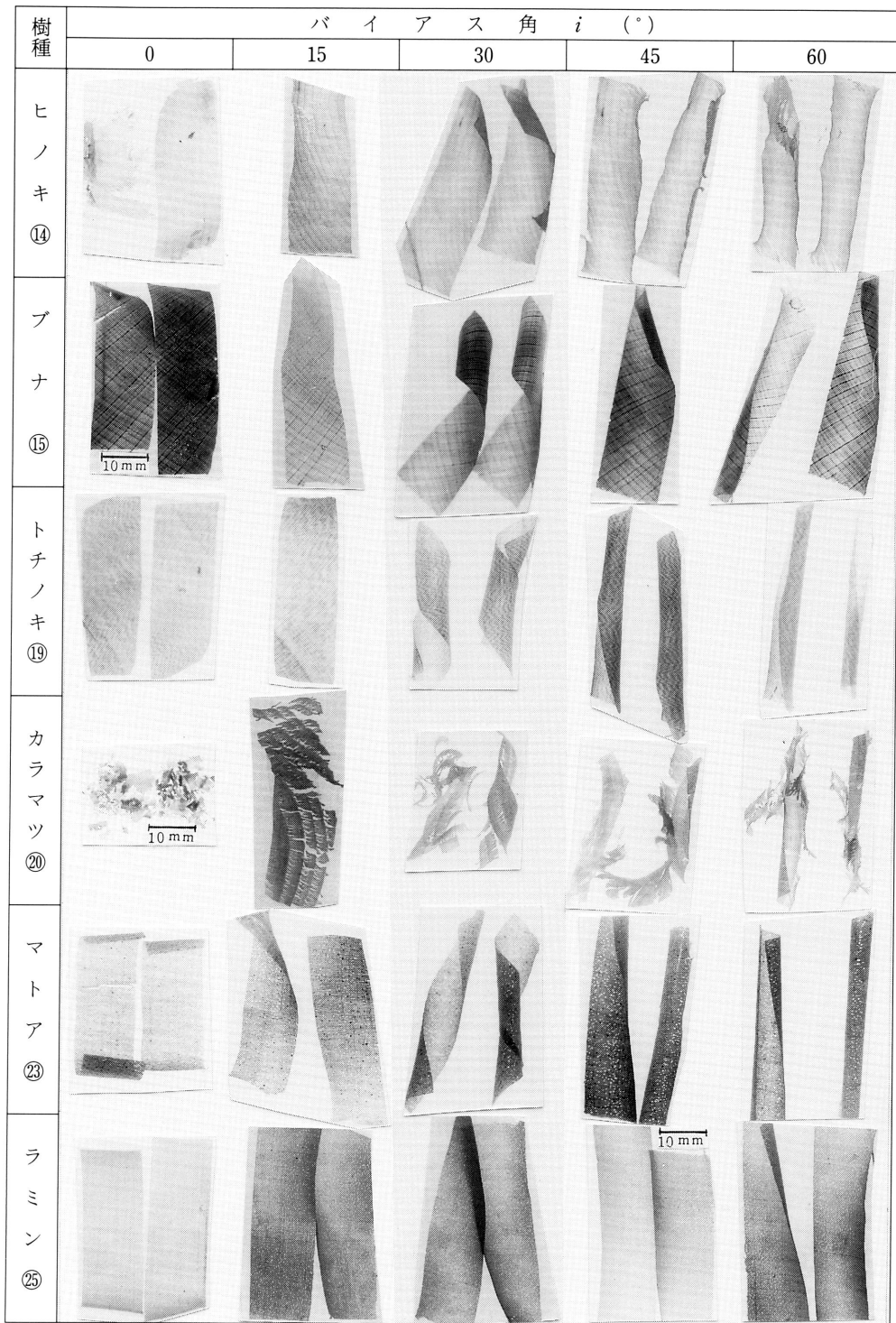
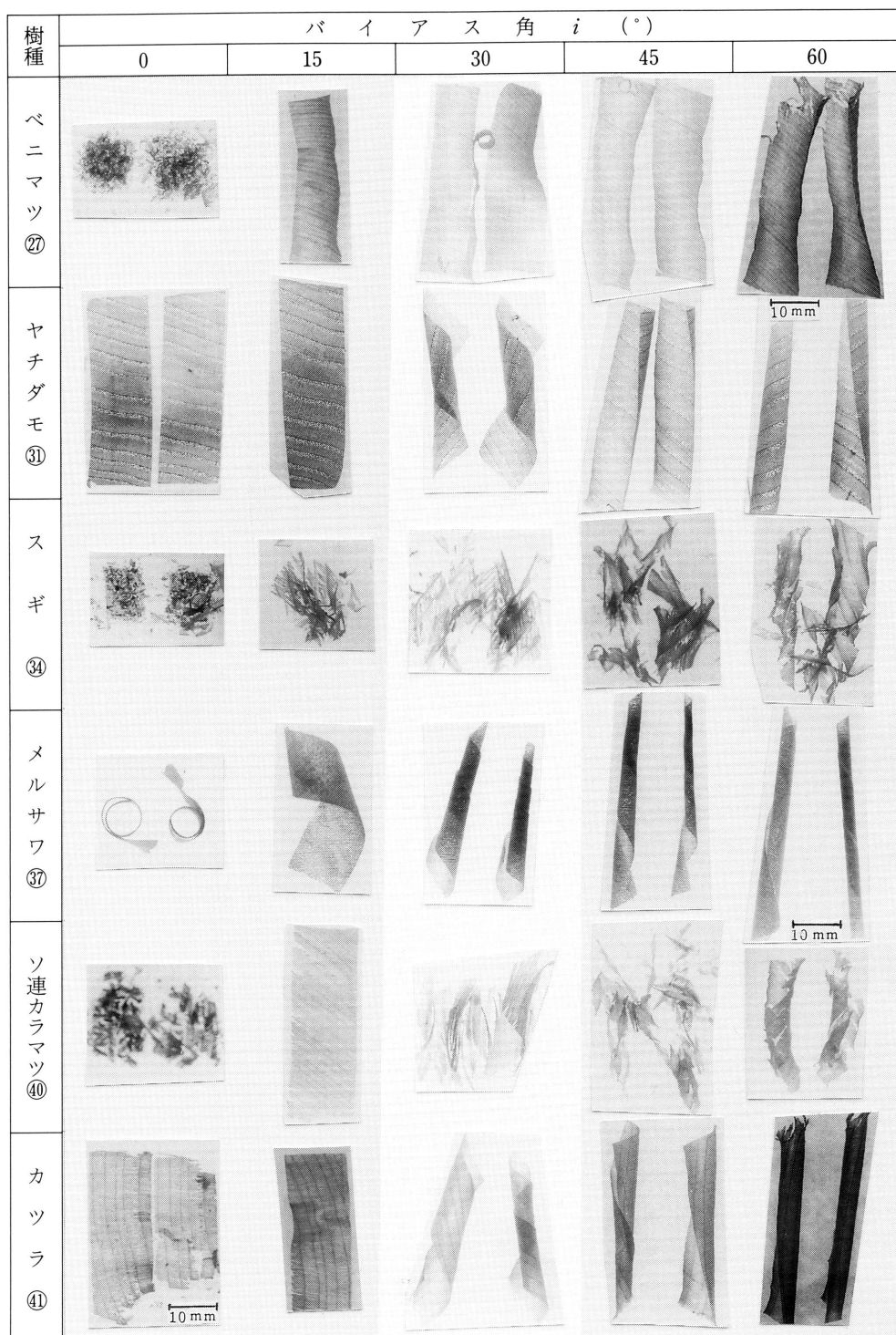


図 5 (b) バイアス角 i の変化に伴う種々の樹種における切屑の変形様相

図 5 (c) バイアス角 i の変化に伴う種々の樹種における切屑の変形様相

トー、カツラ、クリおよびセンは、タイプ〔II〕とは比較的近いタイプ〔III〕の切屑を呈した。

以上これまでに図・表で示したように、木材の木口面の三次元切削では樹種によってバイアス角 i の効果が異なることが判明した。今後、 i の変化に伴う木口の三次元切削機構を解明するには、切削面の木材組織との関係での微視的観察が必要となる。その場合の研究手法としては、木口の三次元切削現象を直接に微視的観察し得る方法を考案して研究することが望ましい。しかし、間接的な方法ではあるが、 i の変化に伴う切削後の被削母材切削加工面あるいは切屑のいずれかを用いての微視的観察によっても研究し得ることが、この研究によっても推察できる。この研究における木口の三次元切削の大雑把な篩い分けの結果をもとに、次報では、ある限定した立場から被削母材切削加工面と切屑の微視的観察の結果をとりまとめる。

4. 結 言

木材の木口面の三次元切削に関する基礎資料を収集することを目的として、気乾容積重の比較的広い範囲にわたる樹種50種を用い、切削方向に対する切削面（木口面）の年輪走向を考慮しながら木口切削を行い（図1、図2）、被削母材の切削加工面の精粗（切削加工面の凹凸の程度）および切屑の変形様相（切屑の破断の程度）に及ぼすバイアス角 i の影響について検討した。得られた主な結果は、つぎのように要約し得る。

(1) 軽軟な広葉樹材のバルサヤ、早材・晩材の硬度差の著しく、しかも晩材の発達した針葉樹材のベイスギ、スギ、カラマツ、ソ連カラマツは、 $i=0^\circ$ （二次元切削）の場合に切屑の破断が著しく、円滑な切屑の流出が行われず、切削加工面は著しく粗悪となるが、 i を増加させた場合（三次元切削の場合）もこれらの切削性は良好とならない（図3～図5、表1）。これらの材の木口切削では、刃先角などの切削条件を検討しなければならない。

(2) 切削方向に対する切削面の年輪走向の影響は、切削加工面には顕著に現れなかった。いずれの切削面の場合も、早材・晩材の硬度差の著しい材は早材部分がえぐり取られ、切屑は部分的または全体的に破断が著しく、切削加工面は粗悪面を呈する（図3、図4）。

(3) i の増加に伴う切削加工面の精粗および切屑の変形様相の変化には、4つのタイプが観察された。即ち、 i の増加にも拘らずいずれの i の場合も劣悪になる場合（タイプ〔I〕）、 i の増加に伴い次第に良好となる場合（タイプ〔II〕）、 $i=0^\circ$ の場合のみ劣悪になり、 $i \neq 0^\circ$ の場合ではいずれの i の場合も良好となる場合（タイプ〔III〕）、および i の増加に殆ど影響をうけず、いずれの i の場合も $i=0^\circ$ の場合と同様に良好となる場合（タイプ〔IV〕）、にそれぞれ分類できた（図4、図5、表1）。

(4) 多くの樹種の場合で、 i の増加に伴う切削加工面の精粗の変化のタイプと切屑の変形のタイプとは一致する場合が多かった。一致しない場合においても、比較的近いタイプを示した。例えば、切削加工面の精粗の変化がタイプ〔II〕に属する樹種は、切屑の変形もタイプ〔II〕に属する場合が多く、それ以外もタイプ〔II〕に比較的近いタイプ〔III〕に属した（表1）。

文 献

- 1) 井上裕之, 森 稔: 木材の三次元切削における切削性能—バイアス角が刃先摩耗におよぼす影響—, 木材学会誌, 27, 25~31 (1981).
- 2) 尾崎士郎, 福井 尚: 木材の三次元切削に関する研究 (第1報) 縦切削および横切削における切削力

- について, 木材学会誌, **28**, 284~294 (1982).
- 3) 尾崎士郎, 福井 尚: 同上 (第2報) 切屑流出角について, 木材学会誌, **31**, 43~46 (1985).
 - 4) 尾崎士郎, 福井 尚: 同上 (第3報) 縦切削および横切削における加工面あらさについて, 木材学会誌, **31**, 354~360 (1985).
 - 5) 杉山 滋: 木材の三次元縦切削における切削力と摩擦係数の変動, 木材学会誌, **30**, 819~826 (1984)
 - 6) 杉山 滋: 木材の三次元横切削における切削力および摩擦係数に及ぼすバイアス角の影響, 木材学会誌, **30**, 980~987.
 - 7) 杉山 滋, 柳 素美, 岩本絵美子: 木材の三次元切削におけるバイアス角の影響—縦切削における切屑の変形と被削材加工面の性状について一, 長崎大・教育・自然研報, No 36, 55~72 (1985).
 - 8) 杉山 滋, 岩本絵美子, 柳 素美: 木材の段欠き工作における際鉋による鉋削効果—柄差し, 相欠き仕口における段欠き部鉋削加工面の性状の変化—, 長崎大・教育・自然研報, No 37, 57~74 (1986).
 - 9) McKenzie, W. M.; Franz, N. C.: Aspects of Inclined or Oblique Wood Cutting, *For. Prod. Jour.*, **14**(12), 555 - 566 (1964).
 - 10) 尾崎士郎, 福井 尚: 木材の三次元切削に関する研究(V)—木口面の半径方向切削について—, 第32回日本木材学会大会要旨, p. 125 (1982).
 - 11) 杉山 滋, 熊本直樹: 木材の木口切削におけるバイアス角の影響—国内外産主要木材の木口切削における切削抵抗の変化—, 長崎大・教育・自然研報, No 38, 37~52 (1987).
 - 12) 木下紘幸: 木材の3次元切削 (第1報) たて切削において切削力におよぼすバイアス角, 切込み深さの影響, 木材学会誌, **26**, 241~247 (1980).
 - 13) 木下紘幸: 同上 (第2報) 横切削において切削力におよぼすバイアス角, 切込み深さの影響, 木材学会誌, **26**, 248~253 (1980).
 - 14) 小西千代治: スライサーによる厚単板切削に関する二, 三の試験, 木材工業, **30**, 72~74 (1975).
 - 15) Peters, C.; Mergen, A. F.; Panzer, H. R.: Thick Slicing of Wood: Effects of Wood and Knife Inclination Angle, *For. Prod. Jour.*, **22**(9), 84 - 91 (1972).
 - 16) 浜本和敏, 森 稔: 木材の低周波振動切削に関する基礎的研究 (第4報) 横振動切削における有効すくい角と切削力の関係, 木材学会誌, **18**, 387~392 (1972).
 - 17) 雨宮礼一, 青山経雄, 栃木紀郎: 単一のご歯の切削抵抗 (第1報) ばちあさりのご歯の切削抵抗, 木材学会誌, **27**, 290~295 (1981).
 - 18) 杉山 滋: 単板切削方式の切削力と摩擦係数に及ぼす影響, 木材工業, **40**, 113~119 (1985).
 - 19) 杉山 滋: 単板の引き切り三次元切削について, 木材工業, **40**, 573~578 (1985).
 - 20) 杉山 滋: 木材の引き切り切削における切削力とその測定法, 木材学会誌, **32**, 552~556 (1986).
 - 21) 杉山 滋, 長尾能博: 単板の引き切り切削における切削力の変化に及ぼすナイフ移動速度およびバイアス角の影響, 木材学会誌, **32**, 677~684 (1986).
 - 22) 杉山 滋: 木材の引き切り切削における引き切り速度の影響—縦送り二次元・三次元切削における被削材に加わる切削力の変化, 切屑の変形および被削材切削加工面の性状の変化について—, 長崎大・教育・自然研報, No 39, 107~122 (1988).
 - 23) 杉山 滋: 木材の引き切り切削におけるすくい面の摩擦係数, 木材学会誌, **34**, 266~270 (1988).
 - 24) Kivimaa, E.: Die Schnitkraft in der Holz-bearbeitung, *Holz als Roh-und Werkstoff*, **10**(3), 94 (1952).
 - 25) 中村源一, 青山経雄: 木材の削り抵抗について, 林業試験場研究報告, No 93, 69~87 (1957).
 - 26) McKenzie, W. M.: Fundamental aspects of the wood cutting process, Ph. D. Thesis. Univ. Mich., Ann Arbor., p. 161 (1961).
 - 27) Koch, P.: "Wood Machining Processes", Ronald Press, 1964, p. 88 - 110.