

木材切削工具の切れ味測定と切れ味評価(IX)*

三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋ならびに二枚刃台鉋による
三次元削りにおける切れ味, および二次元仕込み台を用いた
二枚刃台鉋による三次元削りにおける切れ味(1)
——二次元仕込み鉋と比較した三次元仕込み鉋の新調時の切れ味——

杉 山 滋

長崎大学教育学部工業技術教室
(平成3年2月28日受理)

Studies on Quantification of Sensuous Sharpness and Mechanical Sharpness of Wood Cutting Tools. IX*

Effects of Sharpness of Knife Cutting-Edge and Adjustment of Plane on Chip
Deformation and Surface Quality of Workpiece in Oblique Cutting of
Wood against Grain with Various Japanese Hand Planes

Shigeru SUGIYAMA

Department of Technology, Faculty of Education,
Nagasaki University, Nagasaki 852
(Received Feb. 28, 1991)

Abstract

Japanese hand plane is one of the basic tools used by junior high school students for woodworking. The invention of the Japanese hand plane with a cap iron was the most important advance in the history of woodworking tools in the last one hundred years. It has seemingly a very simple mechanism, but it demands a lot of skill to adjust the each part of the plane. Therefore, it is one of the difficult tools for a general amateur, a junior high school student, a junior high school teacher, and an unskilled woodworker. In this study, in order to make clear the effect of the inclination angle

* 本研究の一部は, 昭和63年度文部省科学研究費補助金 一般研究C (研究代表者 杉山 滋; 課題番号 63560175; 研究課題 木材切削工具の切れ味評価法(感覚切れ味と機械切れ味の定量化)に関する研究)によった。なお, 本研究を「学校教育における木材加工(木工・工作を含む)学習指導のための技術的基礎研究(第13報) Technical and Fundamental Studies on Education of Wood Working in Technical Education Lessons of School, XIII.」とする。上記の研究(第12報)および標記の研究(VIII)は, 長崎大学教育学部自然科学研究報告 第45号 135~164 (1991)に掲載。

of the knife on the sharpness of the plane, and in order to find the optimum condition for planing, the planing tests with various Japanese hand planes were performed. Chip deformation and surface quality were observed and estimated in planing of wood against the diagonal grain and with the interlocked grain, and characteristics and sharpness of various planes used in this study are discussed.

1. 緒 言

台鉋だいがんな (または、平鉋ひらがんなとも呼ばれている)は、長い材長の角材や広い材面の板材の平面ひらめんを平滑に仕上げるための道具であるが、長い材長にわたって、あるいは広い面全体にわたって平滑で光沢のある鉋削面を得るためには、台鉋そのものの十分な調整のみならず、優れた鉋削技能が必要不可欠となる。台鉋の調整が不十分であったり、また、そのような調整の不十分な台鉋を用い、しかも鉋削についての技能や知識が充分でない作業者による鉋削にいたっては、作業時間、作業労力、作業経費の浪費をもたらすのみならず、ひいては台鉋の損耗、被削材料の損壊をももたらす。また、優れた技能をもった作業者による鉋削であっても、台鉋の調整が充分でなければ、満足し得る鉋削面は得られないし、さらに、これとは逆に、台鉋が高価でその調整が充分であっても、十分な技能をもたない作業者による鉋削では、満足し得る鉋削面は得られないばかりか、台鉋の損耗をもたらす。

長い材長の角材や広い材面の板材を鉋削材面の繊維走向に平行に鉋削する場合（即ち、平削りする場合で縦削りの場合）には、鉋削の進行につれて、鉋削材面と被削材の繊維走向との交差角度に変化が起り得る。即ち、鉋削材面と被削材の繊維走向との交差角度が鉋削方向に対して平行角度であっても、鉋削の進行につれて順目角度や逆目角度に変化する可能性がある。とくに、逆目角度における逆目削りではその逆目角度も種々の大きさに変化するから、鉋削材面に生じる逆目ぼれの程度も種々異なる。このような逆目削りにおいて発生する逆目ぼれは、鉋削面の評価を著しく低下させるものであるから、逆目ぼれの発生を防止するために、鉋そのものや鉋削の仕方に種々の工夫が凝されている。例えば、鉋が、一枚刃台鉋の場合には、鉋刃に刃押え（すくい面マイクロベベル）が設定され、二枚刃台鉋の場合には、鉋刃に裏金が装着されているが、これらはいずれも逆目ぼれの発生を防止するために先人が工夫した鉋そのものへの工夫の代表的な例であるが、逆目ぼれの発生の防止効果を充分発揮するためには、一枚刃台鉋の場合には刃押え角度や刃押え長さ、二枚刃台鉋の場合には裏金先端2段研ぎ角やその2段研ぎ長さおよび裏金設置距離が適正な大きさであることが望まれる。これらの一枚刃台鉋および二枚刃台鉋のいずれの場合も、鉋台の刃口押えや屑返しを利用することによっても逆目ぼれの発生をより一層防止する効果があるから、刃口距離や屑返し角度が適正な大きさであることが望まれる。また、鉋台への鉋刃の仕込みが二次元仕込みの一枚刃台鉋および二枚刃台鉋（鉋刃切れ刃線が鉋台長手方向に直交するように鉋台に仕込まれている鉋）では、鉋台を一定角度だけ鉋削方向に斜めに傾斜させながら鉋削する、いわゆる三次元削りにより逆目ぼれの発生を防止することができるが、この場合には、鉋の傾斜角度の大きさが適正であることが要求される。

この研究では、これまでに殆ど着手されていない一枚刃台鉋および二枚刃台鉋による三次元削りについての検討を行う。三次元削りは、前記したように、二次元仕込み鉋により

行い得るが、鉋台の傾斜角を大きく設定することにより、鉋刃切れ刃線に対する実際の削り幅が狭くなるため、この鉋とは別に三次元仕込み鉋（鉋刃切れ刃線が鉋台長手方向に斜交するように鉋台に仕込まれている鉋で、斜め台鉋または斜め刃鉋とも呼ばれているが、本報では三次元仕込み台を用いての一枚刃台鉋および二枚刃台鉋を、三次元仕込み鉋と呼ぶ）により通常の鉋削方法（即ち、鉋削方向と鉋台長手方向とを平行にして鉋を移動させる方法）で行い得る。この研究では、長い材長の角材や広い材面の縦削りを直接の対象として三次元削りを行い、鉋削面の精粗や切屑の性状などの変化から三次元縦削りについての基礎的知見を得ることを目的とした。即ち、鉋削面と被削材繊維走向との交差角度が平行、順目、逆目の変化がある板材を鉋削実験のための被削材とし、主として逆目削りとなる場合の三次元削りにおける諸因子の影響について明らかにする。なお、この研究では、とりまとめを2編に分け、本報では、三次元削りについての概要とそれについての鉋削実

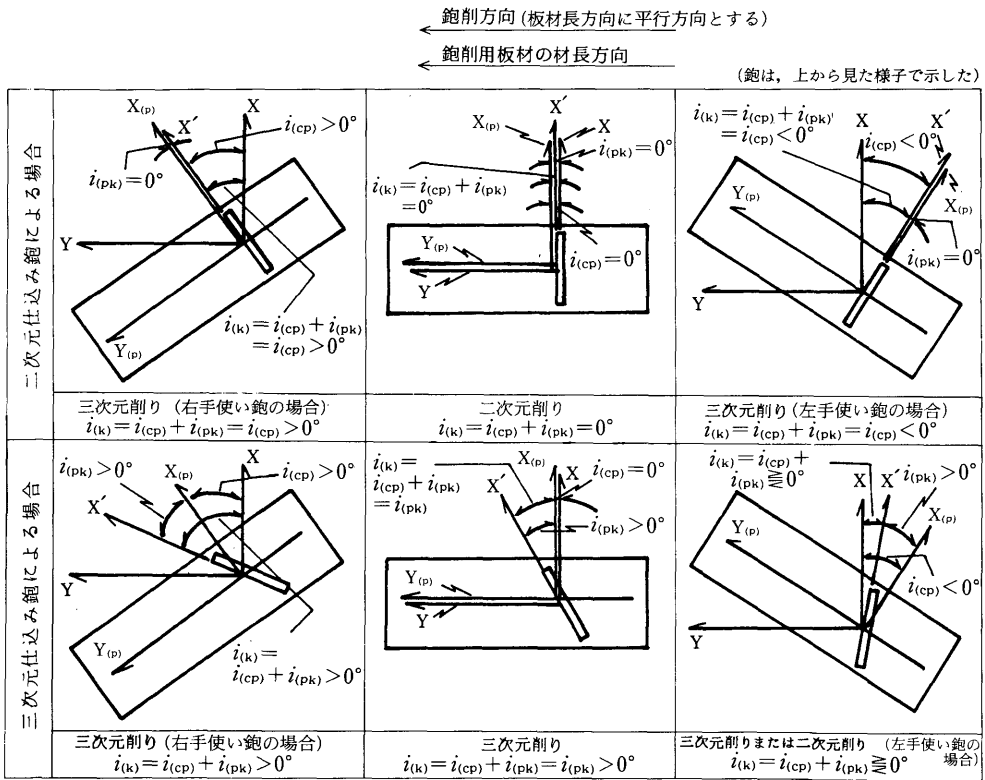


図1 二次元仕込み鉋と三次元仕込み鉋による三次元削りにおけるバイアス角の変化

— 鉋削方向が鉋削用板材の材長方向に平行の場合 —

(図は、鉋を上から見た図であるが、鉋は下端面を表現している)

Y方向およびX方向：鉋削面上における鉋削方向に平行方向および垂直方向；X'方向：鉋刃切れ刃線に平行方向；Y_(p)およびX_(p)：鉋の台長方向に平行方向および垂直方向；i_(cp)：X方向とX_(p)方向（あるいは、Y方向とY_(p)方向）との交差角度（鉋傾斜角と呼ぶ）で、X方向を基準として反時計廻りの角度をi_(cp)>0°とする；i_(pk)：X'方向とX_(p)方向との交差角度（鉋刃傾斜角と呼ぶ）で、X_(p)方向を基準として反時計廻りの角度をi_(pk)>0°とする；i_(k) (i_(cp)+i_(pk))：X方向とX'方向との交差角度（バイアス角と呼ぶ）で、X方向を基準として反時計廻りの角度をi_(k)>0°とする；図示したような三次元仕込みの鉋では、i_(cp)>0°となる場合は鉋を右手使いにした場合であり、左手使いをした場合はi_(cp)<0°となる。i_(cp)=0°の場合は右手使いの場合も左手使いの場合も区別が必要がない。

験の概要を解説し、さらに、二次元仕込み鉋および三次元仕込み鉋の使用開始当初（主に、新規購入時）における鉋の切れ味およびそれらの鉋の調整後の切れ味（その鉋本来の切れ味）を明らかにする。なお、次報では、それぞれの鉋本来の切れ味を基準として、三次元削りにおける鉋の切れ味に及ぼす鉋についての諸因子の影響を明らかにする。

2. 鉋と三次元削りについて

2.1 二次元仕込み鉋と三次元仕込み鉋による三次元削り

長い材長の角材や広い材面の板材を平滑に仕上げることを目的とした鉋が台鉋（平鉋とも呼ばれている）であるが、この台鉋を鉋台長手方向（台長方向）と鉋刃切れ刃線との交差の仕方から分けると、つぎの2通りの場合に大別される。即ち、台鉋は、鉋刃切れ刃線が鉋台長手方向に直交するように鉋台に仕込まれている鉋（これを二次元仕込み鉋という）と、鉋刃切れ刃線が鉋台長手方向に斜交するように鉋台に仕込まれている鉋（これを三次元仕込み鉋という）とに分けられる（図1および図2参照）。鉋の鉋台長手方向を鉋削方向（鉋移動方向）に平行にして鉋削する場合、即ち鉋台をその長手方向に平行に引いて鉋削する場合では、前者の鉋の場合には鉋刃切れ刃線と鉋削方向（鉋移動方向）とが直交する、いわゆる二次元削りとなるが、後者の鉋の場合には鉋刃切れ刃線と鉋削方向とが斜交する、

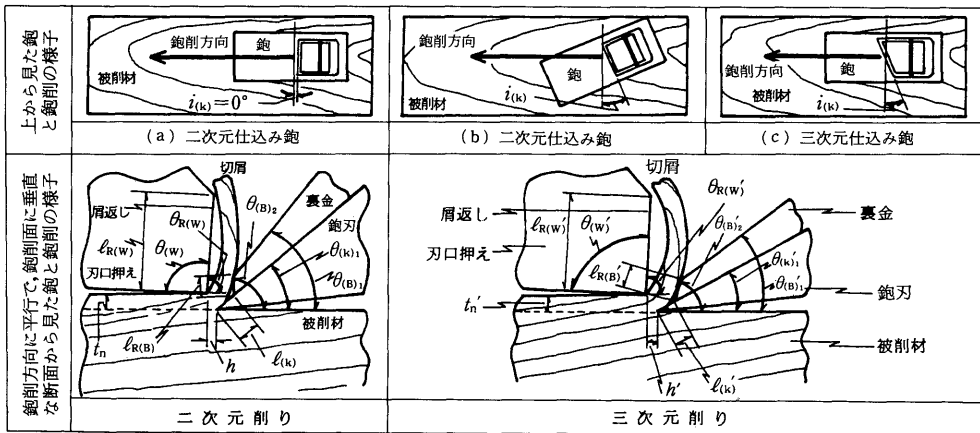


図2 二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋による二次元削りならびに三次元削り、および三次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋による三次元削りの概要
(二次元削りから三次元削りに変化する場合の諸角度と長さの変化の比較)

i_k : パイアス角 ($i_k = 0^\circ$ の場合が二次元削り, $0^\circ < |i_k| < 90^\circ$ の場合が三次元削り); t_n および t'_n : 二次元削りおよび三次元削りにおける鉋刃の出 (切込量); h および h' : 二次元削りおよび三次元削りにおける水平刃口押え距離; $\theta_{(k)}$ および $\theta'_{(k)}$: 鉋刃の垂直切削角および傾斜切削角; $\theta_{(B)}$ および $\theta'_{(B)}$: 裏金先端1段研ぎ面を基準とした裏金の垂直作用角および傾斜作用角; $\theta_{(B)_2}$ および $\theta'_{(B)_2}$: 裏金先端2段研ぎ面を基準とした裏金の垂直作用角および傾斜作用角; $\ell_{R(B)}$ および $\ell'_{R(B)}$: 裏金先端垂直作用長さおよび傾斜作用長さ; $\ell_{(k)}$ および $\ell'_{(k)}$: 裏金垂直設置距離および傾斜設置距離, $\theta_{(w)}$ および $\theta'_{(w)}$: 垂直刃口押え角および傾斜刃口押え角; $\theta_{R(w)} (=180^\circ - \theta_{(w)})$ および $\theta'_{R(w)} (=180^\circ - \theta'_{(w)})$: 垂直屑返し角および傾斜屑返し角; $\ell_{R(w)}$ および $\ell'_{R(w)}$: 垂直屑返し長さおよび傾斜屑返し長さ

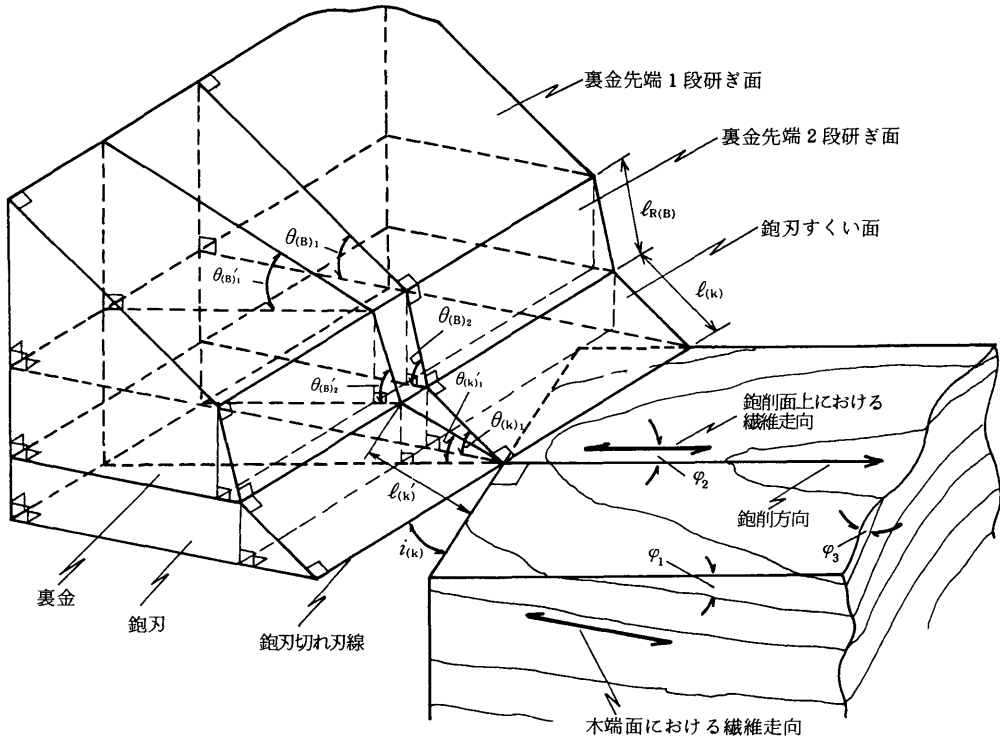


図5 鉋刃の垂直切削角 $\theta_{(k)1}$ と傾斜切削角 $\theta_{(k)1}'$ および裏金先端2段研ぎ面を基準とした裏金の垂直作用角 $\theta_{(B)2}$ と傾斜作用角 $\theta_{(B)2}'$

—図は、煩雑さを防ぐため、鉋刃の垂直逃げ角 $\alpha_{(k)}=0^\circ$ として図解している—

$\theta_{(k)1}$ および $\theta_{(k)1}'$: 鉋刃の垂直切削角および傾斜切削角; $\theta_{(B)2}$ および $\theta_{(B)2}'$: 裏金先端2段研ぎ面を基準とした裏金の垂直作用角および傾斜作用角; $\theta_{(B)1}$ および $\theta_{(B)1}'$: 裏金先端1段研ぎ面を基準とした裏金の垂直作用角および傾斜作用角; $l_{R(B)}$: 裏金先端垂直作用長さ (裏金垂直ランド長さ); $l_{(k)}$ および $l_{(k)1}'$: 裏金垂直設置距離および裏金傾斜設置距離; $i_{(k)}$: バイアス角; φ_1 : 繊維傾斜角; φ_2 : 木理斜交角; φ_3 : 年輪接触角

いわゆる三次元削りとなる。

二次元仕込み鉋の場合でも、その鉋台長手方向を鉋削方向（鉋移動方向）にある角度だけ傾斜させて鉋削する場合、即ち鉋台を斜め一定の角度だけ傾斜させながら鉋削すると、鉋刃切れ刃線と鉋削方向とが斜交し、三次元削りとなる。鉋削方向（鉋移動方向）に対して、それと平行位置関係から鉋台長手方向を傾斜させる角度を鉋傾斜角、また、鉋削方向と垂直位置関係から鉋刃切れ刃線を傾斜させる角度を鉋刃傾斜角（バイアス角）と、それぞれ呼ぶ。

2.2 二枚刃台鉋と一枚刃台鉋による三次元削り

台鉋により三次元削りを行う場合、鉋刃に裏金を作用させる場合と裏金を作用させない場合とがある。裏金を作用させる場合が二枚刃台鉋の場合であり、鉋刃は直刃に研磨されているが、裏金を作用させない場合は一枚刃台鉋の場合であり、鉋刃は直刃に研磨されている場合のほか、刃押し刃（すくい面にマイクロベベルを設定した鉋刃）に研磨されている場合とがある。

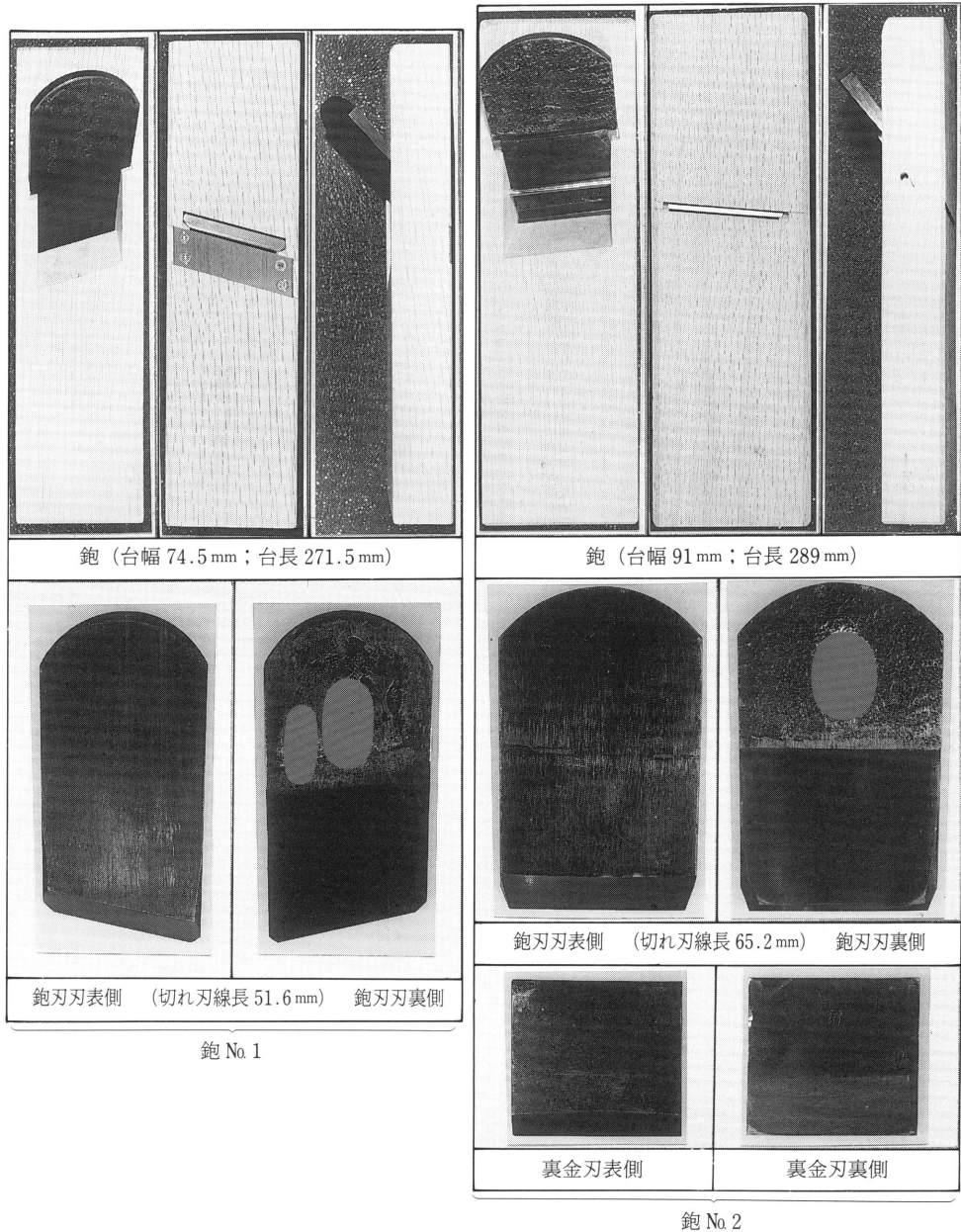


図 6 供試鉋 — 鉋 No. 1 および鉋 No. 2 —

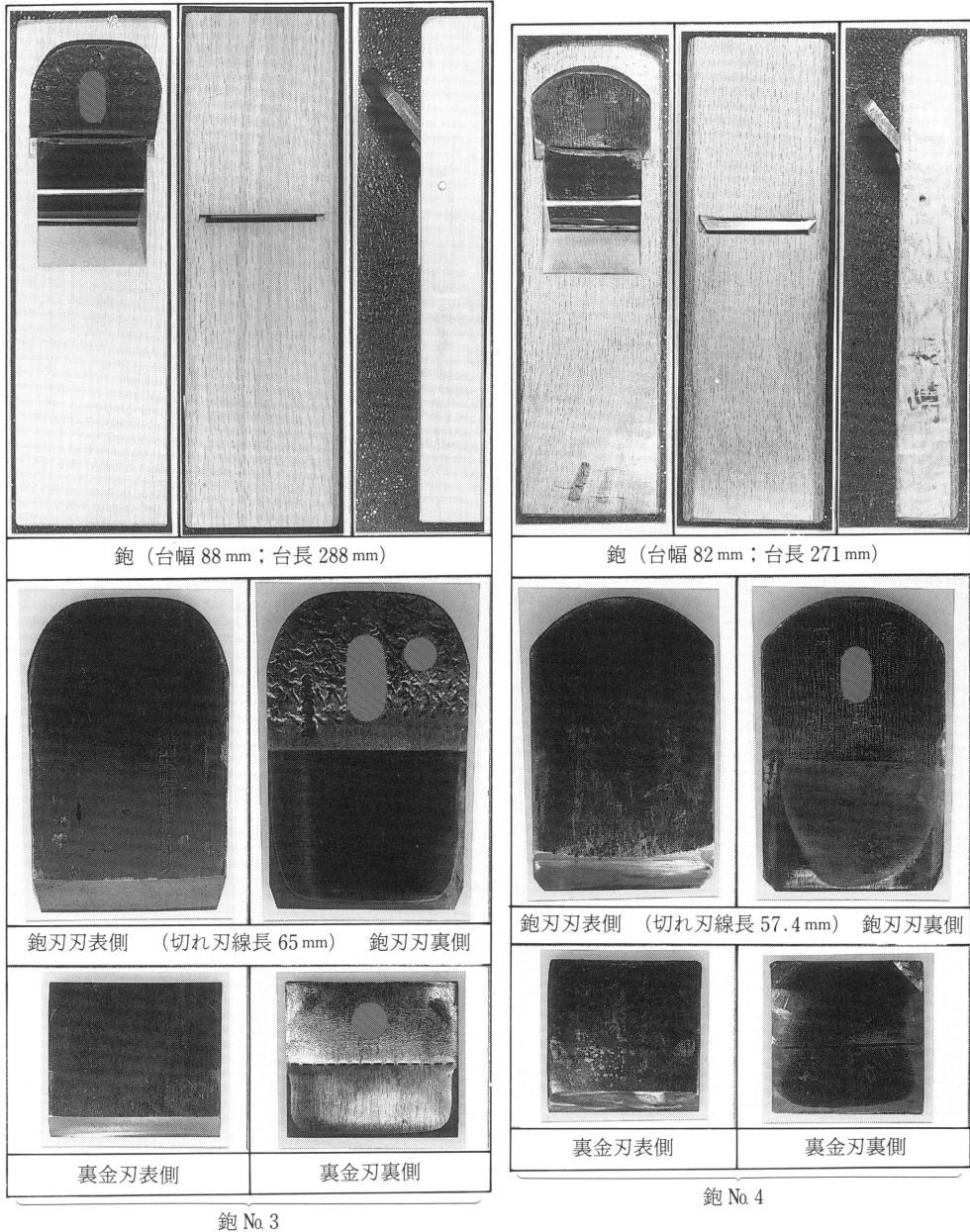


図 7 供試匏 — 匏 No. 3 および匏 No. 4 —

このような鉋刃が鉋台に仕込まれる場合には、二次元仕込みの場合と三次元仕込みの場合とがある。二次元仕込みの場合を例にとり、二枚刃台鉋による二次元削りの模式図を図3に、また、直刃および刃押え刃による一枚刃台鉋による二次元削りの模式図を図4に、それぞれ示す。

2.3 三次元削りにおける鉋刃および鉋台に係わる諸角度と長さ（または距離）の変化

二次元仕込み鉋および三次元仕込み鉋のいずれの場合もバイアス角をつけて三次元削りを行う場合、鉋刃や裏金などの角度や長さ（または、距離）が二次元削りの場合と異なる（詳細は、前報¹⁾参照）。裏金を作用させた鉋刃による三次元削りにおける鉋刃や裏金などの角度や長さ（または、距離）が二次元削りにおけるそれらとの違いの一例を、図5に示した。

図5により明らかなように、二次元削りの場合には、鉋刃切れ刃線に垂直な鉋刃断面（即ち、鉋刃の垂直断面）を基準とした場合であり、鉋刃や裏金などの角度や長さ（または、距離）には垂直角や垂直長さ（または、垂直距離）であることが表示されるが、三次元削りの場合には、鉋削方向を含む鉋刃の傾斜断面を基準とした場合であるから、鉋刃や裏金などの角度や長さ（または、距離）には傾斜角や傾斜長さ（または、傾斜距離）であることが表示されて、二次元削りの場合の角度や長さ（または、距離）と区別している（それら両者の角度や長さ（または、距離）の関係は、前報¹⁾参照）。

3. 実 験

3.1 供試鉋

この研究では、供試鉋として4丁の台鉋（一枚刃台鉋1丁、二枚刃台鉋3丁）を用いて、三次元削りの鉋削実験を行う。一枚刃台鉋（便宜上、鉋No.1として表示する）は、刃押え刃であり三次元仕込み鉋である。二枚刃台鉋は、三次元仕込み鉋1丁（便宜上、鉋No.2として表示する）と二次元仕込み鉋2丁（そのうちの新調鉋を鉋No.3、継続使用中で筆者によって調整された鉋を鉋No.4として表示する）である。それらの供試鉋を図6および図7に示す。三次元仕込み鉋（鉋No.1および鉋No.2）は、いずれも新調鉋である。また、鉋No.1の下端面の刃口押えには真鍮口貼りが施こされている（図8）。

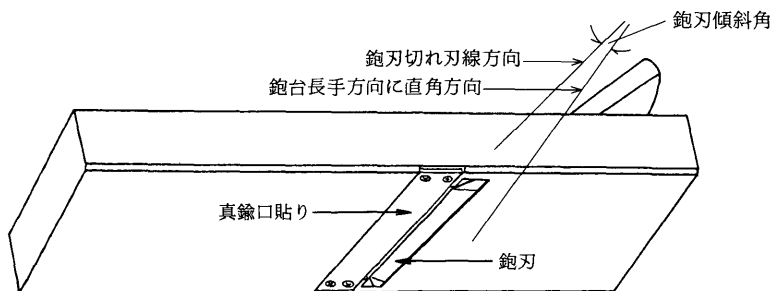


図8 鉋刃傾斜角 — 供試鉋 No.1 の場合を例として —

表 1 供試鉋の諸元 (実験 I) (新調鉋であり、鉋刃はメーカー研磨のままの状態)

鉋についての特徴など

	供 試 鉋			
	鉋 No.1	鉋 No.2	鉋 No.3	鉋 No.4
鉋 種 別	一枚刃台鉋	二枚刃台鉋	二枚刃台鉋	二枚刃台鉋
裏 金 の 作 用	作用なし	作用	作用	作用
鉋 刃 ・ 鉋 台	三次元 仕込み	三次元 仕込み	二次元 仕込み	二次元 仕込み
刃 口 押 え	真鍮口貼り	木製鉋台の 一部	木製鉋台の 一部	木製鉋台の 一部
刃 口 の 開 き	使用台	半包み台	半包み台	使用台
鉋 刃 傾 斜 角	15°	5°	0°	0°
鉋 台 の 処 理	普通台	油台	油台	普通台
定 価 ^{*1} (購 入 価 格)	9,800円 (7,800円)	23,400円 (16,300円)	18,300円 (12,800円)	— (8,000円)
鉋 重 量	850 g	1,380 g	1,285 g	1,030 g
鉋 の 主 な 用 途	準不燃材, ボード類, 堅木などの 木口面や側 面を鉋削す ために用 いる	本職用鉋 上仕工鉋	本職用鉋 上仕工鉋	本職用鉋 または 一般向き鉋 荒仕工鉋

鉋刃についての諸元

	刃 幅	供 試 鉋			
		鉋 No.1	鉋 No.2	鉋 No.3	鉋 No.4
鉋 刃 寸 法	59.4 mm	71.5 mm	70.8 mm	65.8 mm	
	切れ刃線長	51.6 mm	65.2 mm	65.0 mm	57.4 mm
鉋 刃 角 度 ^{**}	鉋刃先端1段研ぎ刃先角 $\beta_{(B_1)}$ または $\beta_{(B_1')}$	29°	24°	24°	21°
	鉋刃先端2段研ぎ刃先角 $\beta_{(B_2)}$ または $\beta_{(B_2')}$	傾 37°	傾 —	垂 —	垂 —
	鉋刃逃げ角 $\alpha_{(A)}$ または $\alpha_{(A')}$	斜 13°	斜 15°	直 15°	直 18°
	鉋刃先端1段研ぎ切削角 $\theta_{(B_1)}$ または $\theta_{(B_1')}$	角 42°	角 39°	角 39°	角 39°
	鉋刃先端2段研ぎ切削角 $\theta_{(B_2)}$ または $\theta_{(B_2')}$	50°	—	—	—
鉋刃刃押し長さ ^{**}	鉋刃刃押し長さ $l_{(R_1)}$ または $l_{(R_1')}$	傾斜距離 0.45 mm	—	—	—
	鉋刃刃押し長さ $l_{(R_2)}$ または $l_{(R_2')}$	傾斜距離 8°	—	—	—
鉋刃の鋭利性 ^{**3}	視覚判断	○	◎	◎	◎
	触覚判断	△	◎	◎	◎

(注)^{*1} 鉋の価格は、平成2年7月現在の場合で記入した。

^{**2} 鉋刃の角度や長さ、および裏金の角度や長さ、さらには、鉋台刃口、屑返しの場合や長さなどは、鉋削方向とそれに直交方向を基準として測定された場合には垂直角度および垂直長さ（または、垂直距離）を意味し（それらはダッシュの付されていない記号で表示した）、鉋削方向とそれに斜交方向を基準として測定された場合には傾斜角度および傾斜長さ（または、傾斜距離を意味する（それらはダッシュの付された記号で表示し、前者と区別した）（図2および図5参照）。例えば、 $\beta_{(B_1)}$ の場合は垂直角であり、裏金先端垂直1段研ぎ角を、また、 $\beta_{(B_1')}$ の場合は傾斜角であり、裏金先端傾斜1段研ぎ角を、それぞれ意味する。

^{**3} 鉋刃の鋭利性の評価は、感覚的判断(視覚判断と触覚判断に分ける。いずれも筆者による)により5段階の相対評価を行った。即ち、鋭利性が著しく良好の場合には◎、良好の場合には○、不良ではないが比較的良好に近い場合には△、良好とはいえない場合には×、著しく不良の場合には××で表示することとした。

裏金についての諸元

	供 試 鉋				
	鉋 No.1	鉋 No.2	鉋 No.3	鉋 No.4	
裏金の角度と長さ ^{**2}	裏金先端1段研ぎ角 $\beta_{(B_1)}$ または $\beta_{(B_1')}$	傾斜角 裏金の作用なし	20°	28°	24°
	裏金先端2段研ぎ角 $\beta_{(B_2)}$ または $\beta_{(B_2')}$		72°	73°	60°
	裏金先端1段研ぎ面を基準とした作用角 $\theta_{(B_1)}$ または $\theta_{(B_1')}$		59°	67°	63°
	裏金先端2段研ぎ面を基準とした作用角 $\theta_{(B_2)}$ または $\theta_{(B_2')}$		111°	112°	99°
	裏金作用長さ $l_{(R_1)}$ または $l_{(R_1')}$		傾斜距離 0.20 mm	垂直距離 0.20 mm	垂直距離 0.50 mm

鉋台についての諸元

	供 試 鉋				
	鉋 No.1	鉋 No.2	鉋 No.3	鉋 No.4	
鉋 台 寸 法 (幅×厚さ×長さ)	74.5×35.0 ×271.5	91.0×36.5 ×289.0	88.0×36.8 ×288.0	82.0×36.0 ×271.0	
鉋台刃口 ^{**2}	最大開き	傾斜距離 10.0 mm	傾斜距離 5.0 mm	垂直距離 4.5 mm	
	刃口距離 h または h'	1.6 mm	0.5 mm	0.5 mm	
鉋 台 刃 口 の 包 み	使用台	半包み台	半包み台	使用台	
鉋台下端面の仕立て (接地仕立ての型)	刃口押えから台尻にかけて全面接触に近いが、2点接地型	刃口押え-台尻間の中央部でのすきが小さいが、2点接地型	狂い修正前は台頭側刃口と台尻の2点接地型であった	2点接地型	
鉋台の不陸 (鉋台下端面のすき (目測値))	台頭部	0.04 mm	0.12 mm	狂い修正前 0.13 狂い修正後 0.10	
	刃口押えと台尻との中間部	0~0.02 mm	0.04 mm	狂い修正前 0.07 狂い修正後 0.06	
鉋 台 の 処 理	普通台 (メーカーは準油台)	油台	油台	普通台	
鉋台の材質(下端面の材質)	シラカシ三方梔台(板目面木表側)	同 左	シラカシ四方梔台(造桎目面木表側)	シラカシ三方梔台(板目面木表側)	
屑返し寸法 ^{**2}	屑返し角 $\theta_{(W)}$ または $\theta_{(W')}$	1段角 100° 2段角 90°	86°	83°	77°
	屑返し長さ $l_{(W)}$ または $l_{(W')}$	傾斜角 1段長さ 8 mm 2段長さ 1.85 mm	傾斜角 8.5 mm	垂直角 6.0 mm	垂直角 5.0 mm
刃 口 押 え 角 ^{**2} $\theta_{(W)}$ または $\theta_{(W')}$	1段角 80° 2段角 90°	94°	97°	103°	
鉋 刃 傾 斜 角 $i_{(B_1)}$	15°	5°	0°	0°	

表 2 鉋削実験の概要(1) —実験の目的と実験の概要— (実験 I, 実験II-1~実験II-3)

		供 試 鉋		実験の目的および実験の概要	
		鉋番号	鉋の特 徴		
実 験 I		鉋 No. 1	三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋 鉋刃：刃押え刃 裏金：作用なし 刃口押え：真鍮口貼り 刃口の開き：使用台 鉋刃傾斜角：15°	実験の目的 ：新調鉋の切れ味調査； 実験の概要 ：新調時のままの状態（鉋刃，裏金および鉋台を修正しないで，購入時のままの状態）で，それぞれに特色のある鉋の切れ味（ただし，鉋刃を一定の状態に仕込んだ鉋としての切れ味）を調べる。したがって，これらの特色ある鉋の新調時における切れ味を，一枚刃台鉋では設定された刃押え，鉋刃傾斜角との関連で，また，二枚刃台鉋では装着されている裏金や，鉋台に設定された刃口距離，刃口の押え，刃口の包みとの関連で，調べる。それぞれの鉋の切れ味を相対比較することにより，二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋による二次元削りと三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋および二枚刃台鉋による三次元削りにおける鉋の切れ味の違いを明らかにする。切れ味調査のための鉋削実験は，いずれの鉋の場合も，鉋削用板材の材長方向に対して鉋の台長方向を平行に行行った。裏金を装着する二枚刃台鉋では，三次元仕込み鉋(鉋No.2)および二次元仕込み鉋(鉋No.3)のいずれの鉋の場合も，裏金の鉋刃への設定（即ち，裏金垂直設置距離） $l_{(k)}$ を一定値に保って鉋削実験を行うこととした。なお，新調鉋の切れ味を調べることが主な目的であるから，切れ味を著しく低下させる因子が鉋台の狂いであると判断される場合に限って，切れ味調査を遂行するために，筆者がその不良箇所を必要最小限度に修正して，鉋削実験を進め，鉋の切れ味を調査した。	
		鉋 No. 2	三次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋 鉋刃：直刃 裏金：作用あり 刃口の開き：半包み 鉋刃傾斜角：5°		
		鉋 No. 3	二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋 鉋刃：直刃 裏金：作用あり 刃口の開き：半包み 鉋刃傾斜角：0°		
実 験 II		実験 II-1	鉋 No. 1	三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋 鉋刃傾斜刃押え長さ $l_{(k)}$ を一定とし，鉋刃傾斜刃押え角 $\beta_{R(k)}$ を7段階に変化させる。	実験の目的 ：三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋による三次元削りにおける切れ味調査(刃押えの影響)； 実験の概要 ：三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋のすくい面を一定とし，その鉋を用いて三次元削りを行い，鉋の切れ味，とくに三次元削りによる刃押えの影響を明らかにする。実験 I で用いた新調鉋の鉋刃を用い，実験 I と同じ鉋刃先端1段研ぎ傾斜刃先角 $\beta_{(k)1}$ ，鉋刃先端2段研ぎ傾斜刃先角 $\beta_{(k)2}$ を保って，鉋刃傾斜刃押え長さ $l_{(k)}$ を一定とし，主として鉋刃傾斜刃押え角 $\beta_{R(k)}$ のみを変化させ，そのような $\beta_{R(k)}$ をもつ各種の一枚刃台鉋による三次元削りにおける切れ味を明らかにする。鉋削実験は，鉋刃傾斜角 $i_{(pk)}=15^\circ$ ，鉋傾斜角 $i_{(cp)}=0^\circ$ ，即ちバイアス角 $i_{(k)}=15^\circ$ 一定に行行った。
		実験 II-2	鉋 No. 2	二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋 鉋刃，裏金の角度等は新調時のままの大きさを保って筆者調整を行い，裏金垂直設置距離 $l_{(k)}$ を5段階に変化させる。	実験の目的 ：三次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋による三次元削りにおける切れ味調査(裏金の影響)； 実験の概要 ：三次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋の裏金の作用を変化させ，その鉋を用いて三次元削りを行い，鉋の切れ味，とくに三次元削りによる裏金の作用の影響を明らかにする。実験 I で用いた新調鉋の鉋刃および裏金を用い，実験 I と同じ鉋刃傾斜刃先角 $\beta_{(k)1}$ および裏金先端1段研ぎ面を基準とした裏金の傾斜先端角 $\beta_{(B)1}$ ，裏金先端2段研ぎ面を基準とした裏金の傾斜先端角 $\beta_{(B)2}$ ，裏金先端傾斜2段研ぎ角 $\beta_{R(B)}$ ，裏金先端傾斜作用長さ $l_{(R(B))}$ を保って，主として裏金傾斜設置距離 $l_{(k)}$ のみを変化させ，そのような $l_{(k)}$ を設定した各種の二枚刃台鉋による三次元削りにおける切れ味を明らかにする。鉋削実験は，鉋刃傾斜角 $i_{(pk)}=5^\circ$ ，鉋傾斜角 $i_{(cp)}=0^\circ$ ，即ちバイアス角 $i_{(k)}=5^\circ$ 一定に行行った。
		実験 II-3	① 鉋 No. 3	二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋 鉋刃：直刃 裏金：作用あり 刃口の開き：半包み台 鉋刃傾斜角：0°	実験の目的 ：二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋による三次元削りにおける切れ味調査(鉋傾斜角の影響)； 実験の概要 ：二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋の鉋台傾斜角を変化させ，その鉋を用いて三次元削りを行い，鉋の切れ味，とくに三次元削りによるバイアス角の影響を明らかにする。実験 II-3-①では，実験 I で用いた新調鉋の鉋刃および裏金を用い，実験 I と同じ鉋刃垂直刃先角 $\beta_{(k)}$ ，および裏金1段研ぎ面を基準とした裏金の垂直先端角 $\beta_{(B)1}$ ，裏金先端2段研ぎ面を基準とした裏金の垂直先端角 $\beta_{(B)2}$ ，裏金先端垂直2段研ぎ角 $\beta_{R(B)}$ ，裏金垂直設置距離 $l_{(k)}$ を一定に保って，主としてバイアス角 $i_{(k)}$ のみを変化させ，そのような $i_{(k)}$ を設定した各種の二枚刃台鉋による三次元削りにおける切れ味を明らかにする。鉋削実験は，鉋刃傾斜角 $i_{(pk)}=0^\circ$ ，鉋傾斜角 $i_{(cp)}=0^\circ\sim 45^\circ$ ，即ちバイアス角 $i_{(k)}=0^\circ\sim 45^\circ$ に変化させて行行った ($i_{(k)}=0^\circ$ の場合は二次元削りとなる)。 なお，実験 II-3-①は，二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋の鉋台刃口が半包みとなっている場合(半包み台の場合)であり，用いる鉋も実験 I と同じ鉋No.3である。実験 II-3-②は，二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋の鉋台刃口が10 mm 前後に開いている使用状態の刃口の場合(使用台の場合)であり，用いる鉋は実験 I ~実験 II-2 とは異なった別個の使用継続中の鉋，即ち新調鉋ではなく，比較的長期間使用している鉋で，刃口の開きが使用台となったものであるが，上記の実験 II-3-①に準じて鉋削実験を行行った。
② 鉋 No. 4	二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋 鉋刃：直刃 裏金：作用あり 刃口の開き：使用台 鉋刃傾斜角：0°				

表3 鉋削実験の概要(2) — 供試鉋と鉋削変化因子 — (実験I)

実験の種類	実 験 I					
	実験 I-1 新調時の鉋(新調鉋)の切れ味調査実験			実験 I-2 筆者による調整後の鉋(調整鉋)の切れ味調査実験		
	鉋 No. 1	鉋 No. 2	鉋 No. 3	鉋 No. 1	鉋 No. 2	鉋 No. 3
供 試 鉋	一枚刃台鉋：刃口押え：真鍮口貼り；刃口の開き：使用台；鉋刃・鉋台：三次元仕込み；鉋刃傾斜角：15°	二枚刃台鉋：刃口の開き：半包み台；鉋刃・鉋台：三次元仕込み；鉋刃傾斜角：5°	二枚刃台鉋：刃口の開き：半包み台；鉋刃・鉋台：二次元仕込み；鉋刃傾斜角：0°	新調鉋と同条件(実験I-1と同条件)によって鉋削。ただし、実験I-1において明らかにした切れ味不良をもたらす箇所は、筆者が適正に調整した。主な調整箇所と、それに伴う鉋削実験の実施状況を下記に示した。		
鉋についての条件、鉋削についての条件および鉋についての調整箇所	<ul style="list-style-type: none"> $i_{(cp)}=0^\circ$, $i_{(pk)}=15^\circ$, 即ち $i_{(k)}=15^\circ$ で、裏金作用なしですくい面に刃口押えを設定した鉋刃による三次元削りを行う。 鉋刃および鉋台に係わる諸条件は、新調時のままとする(表1参照)。 	<ul style="list-style-type: none"> $i_{(cp)}=0^\circ$, $i_{(pk)}=5^\circ$, 即ち $i_{(k)}=5^\circ$ で、裏金作用させた直刃鉋刃による三次元削りを行う。 裏金の作用条件のうち、裏金傾斜設置距離 $l_{(k)}$ は0.3mm一定とする。その他の裏金に係わる条件は新調時のままとする(表1参照)。 鉋刃および鉋台に係わる諸条件は、新調時のままとする(表1参照)。 	<ul style="list-style-type: none"> $i_{(cp)}=0^\circ$, $i_{(pk)}=0^\circ$, 即ち $i_{(k)}=0^\circ$ で、裏金を作用させた直刃鉋刃による二次元削りを行う。 裏金の作用条件のうち、裏金垂直設置距離 $l_{(k)}$ は0.3mm一定とする。その他の裏金に係わる条件は新調時のままとする(表1参照)。 鉋刃および鉋台に係わる諸条件は、新調時のままとする(表1参照)。 <p>(注) 新調鉋では、台下面が不良のため、鉋刃の出を大きくしなければ鉋削できない。鉋刃の出を大きくして鉋削を続けると、鉋刃の欠損をもたらしたすけへの鉋削実験に著しい支障をきたすので、この鉋による実験I-1は中断させることとした。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 鉋台下面は、刃口押えと台尻で接触する2点接地型鉋台に仕立てられているが、鉋台下面の不陸の大きさを若干修正した。即ち、刃口押え-台尻間でのすきを大きく、また、台頭部でのすきを大きくした。 鉋刃を、新調時のままの角度を保持して研磨した(筆者による)。——調整1回目(刃研磨：筆者による)による鉋削実験を実施—— 鉋刃を、新調時のままの角度を保持して研磨した(筆者による)。——調整2回目(刃研磨：筆者による)による鉋削実験を実施—— 同上2回目研磨を行った(筆者による)。——調整2回目(刃研磨：筆者による)による鉋削実験を実施—— 筆者による2回目研磨ののちに、メーカーに再研磨を依頼した。——調整3回目(刃研磨：メーカーによる)による鉋削実験を実施—— メーカー研磨ののちに、再度研磨した(筆者による)。——調整4回目(刃研磨：筆者による)による鉋削実験を実施—— 	<ul style="list-style-type: none"> 鉋台下面は、適正な2点接地型鉋台に仕立てられている。鉋台に、鉋刃を仕込む際に、鉋溝が比較的狭く掘られているため、鉋刃を無理に出すと、台割れの危険が起りうる。そこで、鉋刃の仕込みのかたさを緩めるため、鉋溝を広げた。 鉋刃を、新調時のままの角度を保持して研磨した(筆者による)。——調整1回目(台修正)による鉋削実験を実施—— 鉋刃を、新調時のままの角度を保持して研磨した(筆者による)。——調整2回目(刃研磨：筆者による)による鉋削実験を実施した—— 同上2回目研磨を行った(筆者による)。——調整3回目(刃研磨：筆者による)による鉋削実験を実施した—— 	<ul style="list-style-type: none"> 鉋刃の仕込みのかたさを緩めるため、鉋溝を広げた。 鉋台下面の狂い(刃口と台頭間の刃口寄り部分と、台尻との2点で接触している)を修正した(表5参照)。修正後は、刃口押えと台尻で接触する2点接地型鉋台となった。——調整1回目(台修正)による鉋削実験を実施—— 鉋刃を、新調時のままの角度を保持して研磨した(筆者による)。——調整2回目(刃研磨：筆者による)による鉋削実験を実施した—— 同上2回目研磨を行った(筆者による)。——調整3回目(刃研磨：筆者による)による鉋削実験を実施した——
	・ 鉋削についての条件は、表6参照。					
被削材とその鉋削面	ヒノキ板目板(鉋削面は板目面木表側、同一鉋削面上において、鉋削方向が被削材の繊維走向に対して順目方向、平行方向および逆目方向の3方向となる)、およびホワイトセラヤ桎目板(鉋削面は正桎目面であり、交錯木理材の影響が顕著に現れ、同一鉋削面上において、鉋削方向が被削材の繊維走向に対して順目方向、平行方向および逆目方向の3方向となる)					

表4 鉋削実験の概要(3) — 供試鉋と鉋削についての条件 — (実験II-1～実験II-3)

実験の種類	実 験 II			
	実 験 II-1	実 験 II-2	実 験 II-3	
			実験 II-3-①	実験 II-3-②
供 試 鉋	鉋 No 1	鉋 No 2	鉋 No 3	鉋 No 4
	一枚刃台鉋；刃口押え：真鍮口貼り；刃口の開き：使用台；鉋刃・鉋台：三次元仕込み	二枚刃台鉋；刃口の開き：半包み台；鉋刃・鉋台：三次元仕込み	二枚刃台鉋；刃口の開き：半包み台；鉋刃・鉋台：二次元仕込み	二枚刃台鉋；刃口の開き：使用台；鉋刃・鉋台：二次元仕込み
鉋削の変化因子と固定因子	<p>変化因子</p> <p>裏金の作用なしで、鉋刃刃口押えの影響を明らかにする。即ち、$\beta_{R(k)}$を変化させる。ただし、$\ell_{R(k)}=0.40\text{ mm}$一定とする。$\beta_{R(k)}$の変化は、つぎのとおりとする。</p> $\beta_{R(k)} = \begin{cases} 0^\circ \cdots \begin{cases} \text{直刃, この場合に} \\ \text{限り, } \ell_{R(k)}=0\text{ mm} \\ \text{とする} \end{cases} \\ 8^\circ \\ 14^\circ \\ 20^\circ \\ 30^\circ \cdots \begin{cases} \text{すくい面刃押え刃,} \\ \ell_{R(k)}=0.40\text{ mm と} \\ \text{する} \end{cases} \\ 40^\circ \\ 50^\circ \end{cases}$ <p>固定因子 (新調時のままの条件)</p> <p>$i_{(cp)}=0^\circ$; $i_{(pk)}=15^\circ$; 即ち $i_{(k)}=15^\circ$ 一定とする。その他の角度 $\beta_{(k)1}=29^\circ$, $\beta_{(k)2}=37^\circ$, $\beta_{R(k)}=8^\circ$ も一定とする。 (ただし、鉋刃研磨は筆者による)</p>	<p>変化因子</p> <p>裏金を作用させて、裏金設置距離 $\ell_{(k)}$ の影響を明らかにする。$\ell_{(k)}$を変化させる。$\ell_{(k)}$の変化は、つぎのとおりとする。</p> $\ell_{(k)} = \begin{cases} 0.1\text{ mm} \\ 0.3\text{ mm} \\ 0.5\text{ mm} \cdots \text{裏金作用の場合} \\ 0.7\text{ mm} \\ 1.5\text{ mm} \\ 20.0\text{ mm} \cdots \text{裏金作用なしを意味する} \end{cases}$ <p>固定条件 (新調時のままの条件)</p> <p>$i_{(cp)}=0^\circ$, $i_{(pk)}=5^\circ$; 即ち $i_{(k)}=5^\circ$ 一定とする。その他の角度 $\beta_{(B)2}=72^\circ$; $\beta_{R(B)}=52^\circ$ および長さ $\ell_{R(B)}=0.20\text{ mm}$ も一定とする。 (ただし、鉋刃研磨は筆者による)</p>	<p>変化因子</p> <p>裏金を作用させて、パイアス角 $i_{(k)}$ の影響を明らかにする。$i_{(k)}$の変化は、つぎのとおりとする。ただし、この場合、$i_{(k)}=i_{(cp)}$となる。</p> $i_{(k)} = \begin{cases} 0^\circ \cdots \text{二次元削りの場合} \\ 5^\circ \\ 10^\circ \\ 20^\circ \cdots \text{三次元削りの場合} \\ 30^\circ \\ 45^\circ \end{cases}$ <p>固定因子</p> <p>$\ell_{(k)}=0.3\text{ mm}$ 一定とする。また、$i_{(pk)}=0^\circ$ とする。その他の角度、長さは、新調時(鉋No 3の場合)または継続使用時(鉋No 4の場合)のままの条件を用いる。ただし、鉋刃研磨は筆者による。</p> $\left. \begin{array}{l} \beta_{(B)2}=73^\circ \\ \beta_{R(B)}=45^\circ \\ \ell_{R(B)}=0.20\text{ mm} \end{array} \right\} \text{一定}$ $\left. \begin{array}{l} \beta_{(B)2}=60^\circ \\ \beta_{R(B)}=36^\circ \\ \ell_{R(B)}=0.50\text{ mm} \end{array} \right\} \text{一定}$	
被 削 材	無節材を用いる。被削材がヒノキの場合には、鉋削面にはヒノキ板目面(木表側)を選び鉋削の対象としたが、同材の同一面上には鉋削方向に対して、被削材の繊維走向が順目方向、平行方向および逆目方向の3方向が混在した。また、被削材には、ホワイトセラヤをもちいたが、同材の場合には、鉋削面には柾目面を選び鉋削の対象とした。したがって、ホワイトセラヤ柾目面は、交錯木理の影響が顕著に現れるから、同一材面の鉋削の場合でも鉋削方向に対して、被削材の繊維走向が順目方向、平行方向および逆目方向の3方向が混在することになる。			

(注) 表に記載のない鉋についての条件は、新調鉋のままとする(表1参照); 鉋削についての条件は、いずれの実験の場合も表6にしたがって行うこととした。表中の記号については、図1～図5参照; 供試鉋は、図6～図8参照。

これら供試鉋の諸元を表 1 に示した。なお、供試鉋の鉋台下端面の^{ふろく}不陸、即ち下端面の“すき”の大きさは、後記の表 5 参照。

3.2 実験の概要

この研究における鉋削実験の概要を、表 2 および表 3 に示す。表 2 に示すように、この研究では、新調鉋（新規購入時の鉋をいう）3 丁を用いての切れ味調査実験（実験 I）および鉋 4 丁を用いての三次元削りにおける切れ味調査実験（実験 II）とを行う。

実験 I は、表 3 に示すように、供試鉋のうち、新調時の鉋（新調鉋）の切れ味を調査する実験（実験 I-1）と、供試鉋 4 丁の鉋本来の切れ味を調査するための実験（実験 I-2）に分けて行った。なお、鉋本来の切れ味を調査するための実験（実験 I-2）では、実験 I-1 において鉋の切れ味不良をもたらす鉋の箇所を可能な限り全て調整し、調整後の鉋を用いて行った。また、実験 II は、表 2 に示すように、三次元削りを行う場合、切れ味に影響を及ぼすと考えられる因子のうち、いくつかをとりあげ、その因子の影響を調査するための実験で、3 つの実験（実験 II-1～実験 II-3）に分けて行った。なお、実験 II-3 は、同種の二次元仕込み台を用いた二枚刃鉋 2 丁を用いて行う。即ち、水平刃口距離および刃口の包みがそれぞれ異なった鉋（鉋 No. 3 および鉋 No. 4）を用い、同じ実験条件を異なる鉋で繰返し行うこととなる（鉋 No. 3 を用いる場合を実験 II-3-①とし、鉋 No. 4 を用いる場合を実験 II-3-②とした）。

3.3 実験条件と実験方法

- (1) 鉋削実験（実験 I～実験 II）は、表 3 および表 4 に示す条件によって行った。
- (2) 実験 II-1 における鉋 No. 1 の鉋刃すくい面に、刃押えを設定するため、直刃状鉋刃から

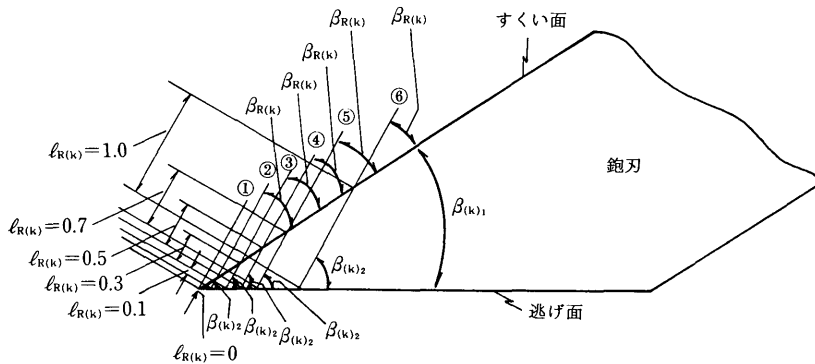


図 9 鉋刃すくい面に刃押え（マイクロベベル）を設定するための直刃状鉋刃からの研磨過程例（二次元仕込み鉋刃の場合）
（ $\beta_{R(k)}$ を一定として、 $l_{R(k)}$ を変化させるための研磨の場合）

$\beta_{R(k)}$ ：鉋刃垂直刃押え角（鉋刃垂直先端 2 段研ぎ角），研磨過程②～⑥いずれの場合も $\beta_{R(k)}=40.0^\circ$ とする； $l_{R(k)}$ ：鉋刃垂直刃押え長さ（鉋刃すくい面垂直マイクロベベル長さ），研磨過程②の場合は $l_{R(k)}=0.1$ mm，③の場合は $l_{R(k)}=0.3$ mm，④の場合は $l_{R(k)}=0.5$ mm，⑤の場合は $l_{R(k)}=0.7$ mm，⑥の場合は $l_{R(k)}=1.0$ mm とする；①の場合は $l_{R(k)}=0$ mm の場合であり直刃の場合を意味する。 $\beta_{(k)1}$ ：鉋刃刃押えを有しない直刃状鉋刃の垂直刃先角； $\beta_{(k)2}$ ：鉋刃刃押えを有する鉋刃の垂直刃先角（鉋刃すくい面垂直マイクロベベル角）， $\beta_{(k)2}=\beta_{R(k)}+\beta_{(k)1}$ であるから，研磨過程②～⑥いずれの場合も $\beta_{(k)2}=40.0+\beta_{(k)1}$ となる。

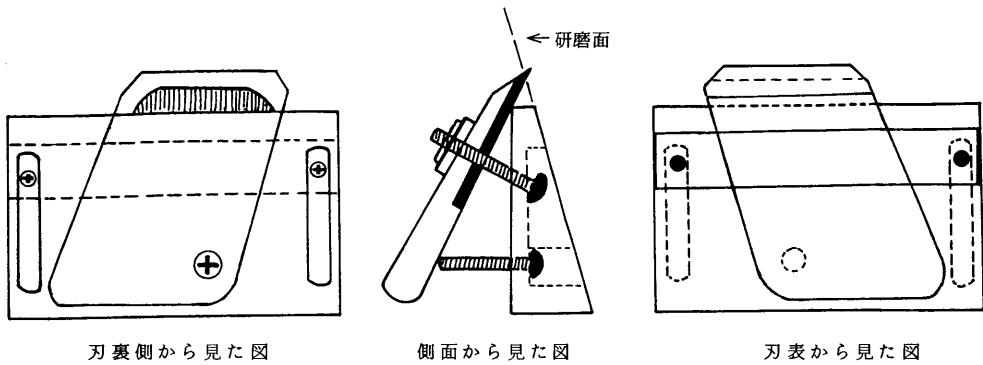
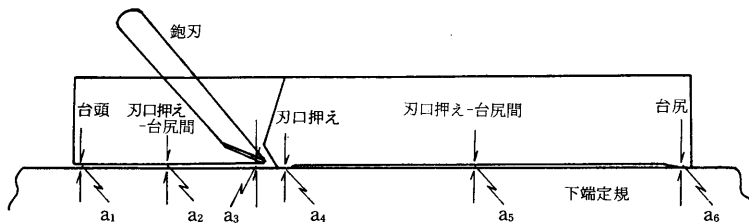


図10 鉋刃すくい面に刃押え（マイクロベベル）を設定するための研磨補助治具（三次元仕込み鉋の場合）（実験II-1）

表5 供試鉋の下端面形状（鉋台の不陸）（実験I，実験II-1～実験II-3）

		鉋台の下端面と下端定規間のすき間（“すき”の大きさ）(mm)						備 考	
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆		
実験 I-1	鉋 No.1	0.04	0.06	0.11	0	0~0.02	0	←新調時のままの状態 ←下端面のみ筆者調整 (実験 I-2)	
	鉋 No.2	0.12	0.15	0.14	0	0.04	0		
	鉋 No.3	0.13	0.14	0	0.13	0.07	0		
0.10		0.05	0.07	0	0.06	0			
実験 II	-1	鉋 No.1	0.11	0.11	0.11	0	0.06		0
	-2	鉋 No.2	新調時と同じ（実験 I の鉋 No.2 に同じ）						
		鉋 No.3	0.10	0.05	0.07	0	0.06	0	
	-3	鉋 No.4	0.55	0.14	0.15	0	0.15	0	

(注) 1. すき間（“すき”の大きさ）は、シックネスゲージで0.01mm精度で測定した。
 2. 表中の数字は、台幅中央部での測定例である。
 3. a₁~a₆は下記の測定位置を表している。



所定の角度および長さを満たすための研磨過程の例を図9に、また、研磨補助治具を図10に、それぞれ示した。

- (3) 供試鉋の下端面形状（鉋台の不陸，即ち下端面の“すき”の大きさ）を実験の種別ごとに分けてとりまとめ、その結果を表5に示した。
- (4) 鉋削実験は、いずれの実験においても、また、いずれの供試鉋による実験においても、表6に示す条件によって行った。

表 6 鉋削条件 (実験 I, 実験 II-1 ~ 実験 II-3)

鉋削実験者	筆 者	
鉋押し付け圧力	全ての実験条件下で可能な限り一定に保った。	鉋削用の板材料の削り長さを500~700 mm程度と比較的小さくすることによって、同板材の鉋削は、長さ方向については一回の鉋削動作で完了するから、鉋押し付け圧力、鉋削姿勢、鉋削速度も一定に保つことができる。
鉋削姿勢		
鉋削速度		
鉋刃の出	可能な限り最小限の厚さの切屑を鉋削し得る刃の出を保つ。0.03~0.06 mm程度	
繊維走向に対する鉋削方向 (鉋削の方式)	繊維走向に平行、または極めて小さい角度の順目あるいは逆目の縦削り	

表 7 供試材 (鉋削用被削材) の種類 —無節材— (実験 I, 実験 II-1 ~ 実験 II-3)

樹 種	ヒノキ (<i>Chamaecyparis obtusa</i>)	ホワイトセイヤ (<i>Parashorea malaanonan</i> Merr.)	スギ (<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don)
産 地	熊本県	マレーシアカリマンタン島サバ州	高知県
含 水 率	10.8%	10.7%	10.5%
比 重	0.45	0.45	0.37
平均年輪幅	3.4 mm		2.3 mm
晩 材 率	23.2%		9.8%
鉋削面・鉋削方向	板目面(木表側)で順目方向、平行方向および逆目方向の3方向	正柾目面(交錯木理につき順目および逆目の両方向)	正板目面(木表側)で順目方向、平行方向および逆目方向
繊維傾斜角 φ_1	0° (平行) ~ -3° (順目角度) および 0° (平行) ~ 3° (逆目角度)	0° (平行)	0° (平行) ~ -3° (順目角度) および 0° (平行) ~ 7° (逆目角度)
木理斜交角 φ_2	0°	2°	0°
年輪接触角 φ_3	0°	90°	0°
鉋削用被削材 (試験材) 寸法 (長さ×幅×厚さ)	同一材の心・辺材部から採取 670×105×15 mm	同一材の心材部から採取 670×88×46 mm	同一材の心材部から採取 930×64×38 mm

(注) 鉋削基準面の作成：それぞれの樹種の同一原木から、上記の被削材(試験材)寸法に製材したのち、材面に現れた狂いおよび鋸断に基づくおが目を自動一面鉋盤で鉋削し、鉋削実験に使用する材面に限っては、その材面に現れた回転割りに基づくナイフマークを別個の二枚刃台鉋(中仕工鉋に調整。鉋刃研磨、鉋台調整は筆者による)で鉋削した。この鉋による鉋削面を、本実験(実験 I, 実験 II-1 ~ 実験 II-3)における鉋削の基準面とした。

3.4 供試材

この研究では、ある一定の鉋削長さの中で、鉋削面と被削材繊維走向との交差角度(即ち、繊維傾斜角 φ_1) が順目角度 ($\varphi_1 < 0^\circ$ の場合)、平行角度 ($\varphi_1 = 0^\circ$ の場合) および逆目角度 ($\varphi_1 > 0^\circ$ の場合) に変化するような板目板を選び(ヒノキとスギを用いた)、それら板材の木表側を鉋削面とした。ヒノキとスギの板材による鉋削実験と比較するために、交錯木理材のホワイトセイヤをも供試材として加え、同材の柾目面を鉋削面とした(表 7)。供試材のうち、ヒノキとホワイトセイヤの場合を例にとり、鉋削材料としての寸法・形状を模式図にして、図 11 に示した。

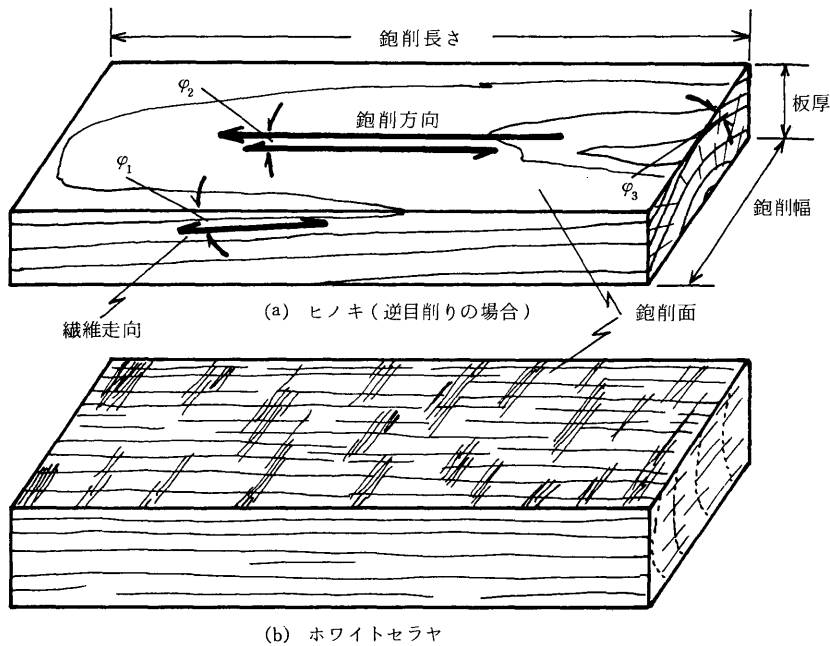


図11 供試材（鉋削実験用被削材）の寸法と形状の例（実験Ⅰ，実験Ⅱ-1～実験Ⅱ-3）

φ_1 ：被削材の繊維走向と鉋削面との交差角度（繊維傾斜角）で、 $\varphi_1=0^\circ$ の場合は鉋削面と被削材の繊維走向とが平行な場合（鉋削は、平行削りの場合となる）を、 $\varphi_1>0^\circ$ の場合は鉋削面と被削材の繊維走向とが逆目角度の場合（鉋削は、逆目削りの場合となる）を、また、 $\varphi_1<0^\circ$ の場合は鉋削面と被削材の繊維走向とが順目角度の場合（鉋削は、順目削りの場合となる）を、それぞれ意味する。
 φ_2 ：鉋削面上における被削材の繊維走向と鉋削方向との交差角度（木理斜交角）； φ_3 ：鉋削面と鉋削方向とに垂直な木口断面における被削材の年輪走向と鉋削面との交差角度（年輪接触角）

4. 実験結果および考察

この研究では、まず最初に、三次元削りのための台鉋、即ち三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋（鉋No.1）および二枚刃台鉋（鉋No.2）における鉋新調時の切れ味、および通常の二次元削りのための台鉋、即ち二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋（鉋No.3）における鉋新調時の切れ味を明らかにし、新調鉋の切れ味を低下させる鉋自体に係わる調整必要箇所を明らかにする（実験Ⅰ-1）。さらに、これら新調鉋3丁以外に、比較のために、長期間使用継続されている通常の二次元削りのための台鉋、即ち二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋（鉋No.4）を加えて、切れ味を低下させる鉋自体に係わる調整必要箇所を可能な限り全て修正した鉋、いわゆる調整鉋における切れ味（即ち、その鉋本来のもつ切れ味）を明らかにする（実験Ⅰ-2）。ついで、通常の二次元削りのための台鉋、即ち二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋（鉋No.3および鉋No.4）による二次元削りにおける鉋の切れ味と比較しながら、三次元削りのための台鉋、即ち三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋（鉋No.1）および二枚刃台鉋（鉋No.2）による三次元削りにおける鉋の切れ味を明らかにする（実験Ⅱ-1および実験Ⅱ-2）。さらに、通常の二次元削りのための台鉋、即ち二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋（鉋No.3および鉋No.4）による三次元削りを行い、その切れ味に及ぼすバイアス角の影響、鉋自体の相異（二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋同士—鉋No.3および鉋

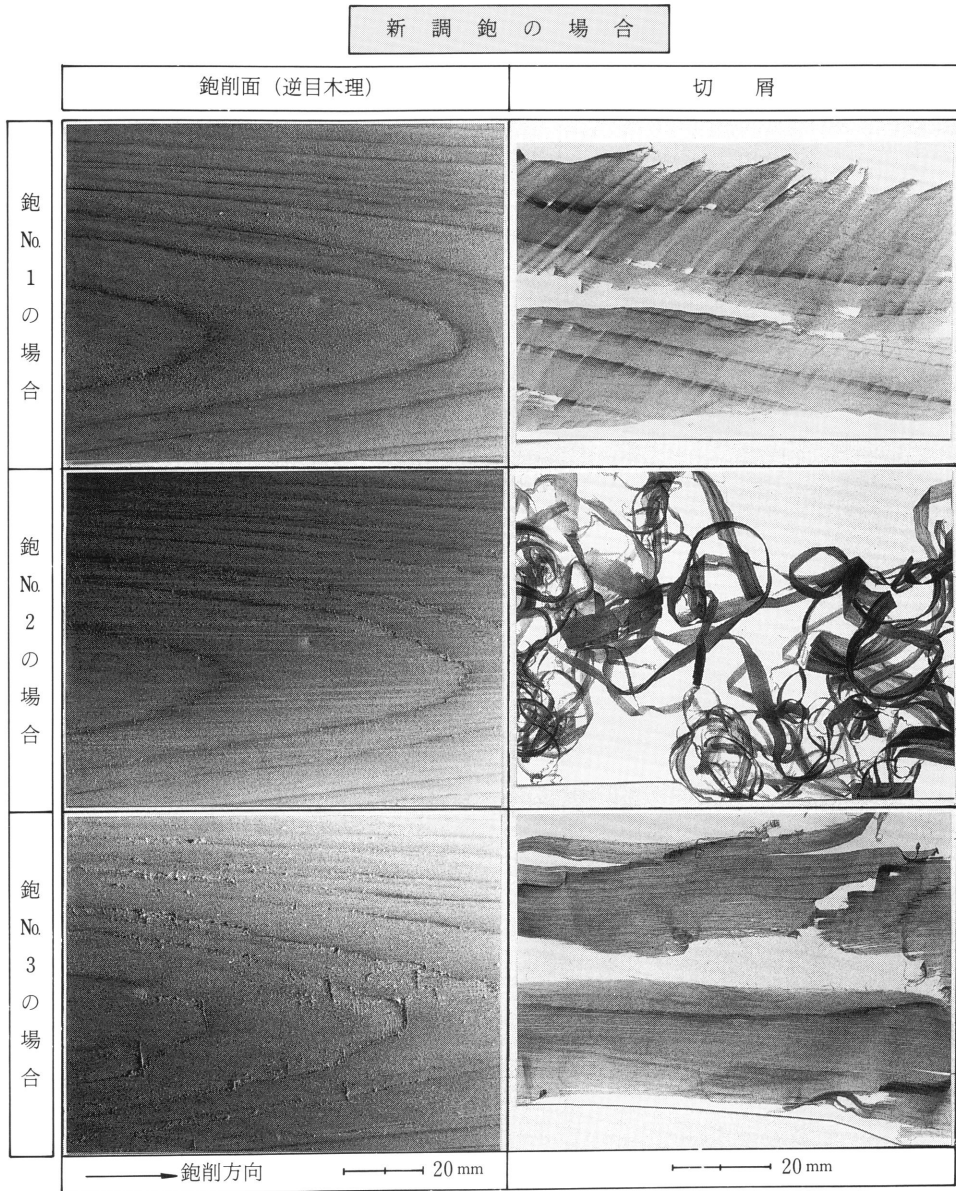


図12 (a) 鉋削面の精粗と切屑の性状 —ヒノキの場合— (実験 I-1)

No. 4 —,さらには二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋と,三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋および二枚刃台鉋—鉋No. 3, 鉋No. 4による鉋削と, 鉋No. 1, 鉋No. 2による鉋削—の相異)などの影響を明らかにする (実験 II-3)。これら実験のうち, 実験 I-1および実験 I-2は本報でとりまとめを行い, 実験 II-1～実験 II-3は次報でとりまとめを行う。なお, いずれの実験においても, 鉋の切れ味の良否の判断は, 鉋削実験直後に採取された鉋削面と切屑 (いずれも異なる部位を3～5箇所写真撮影した) とから感覚的判断 (鉋削後の鉋削面と切屑とを用いて視覚判断および触覚判断) により相対比較によって行った。

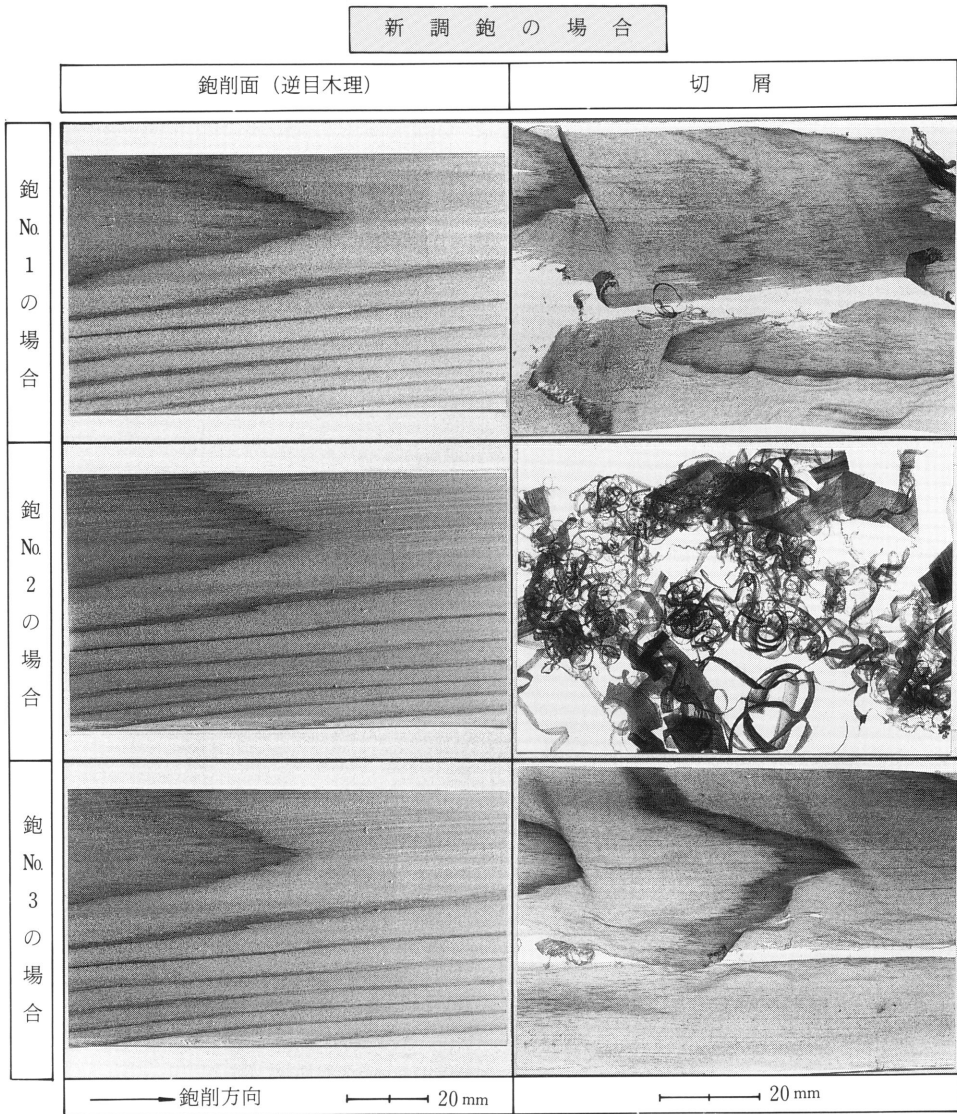


図12 (b) 鉋削面の精粗と切屑の性状 —スギの場合— (実験 I-1)

はじめに、三次元削りのための台鉋、即ち三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋 (鉋No. 1) および二枚刃台鉋 (鉋No. 2) における鉋新調時の切れ味、および通常の二次元削りのための台鉋、即ち三次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋 (鉋No. 3) における鉋新調時の鉋削実験 (実験 I-1) の結果について述べる。鉋削面の評価にあたっては、所定の鉋削長さの全体にわたって行ったが、本文中では、鉋削面の図示にあたっては、鉋削実験後に採取された鉋削面のうち、最も粗悪な鉋削面が予想される逆目角度の部位 (ヒノキの場合には、所定長さのうちの鉋削材のはじめに近い部位、スギの場合には所定長さのうちの鉋削材の終了に近い部位) を図示することとした。なお、ホワイトセラヤの場合には、鉋削面が柾目面であるから順目層と逆目層とが交錯するから、所定

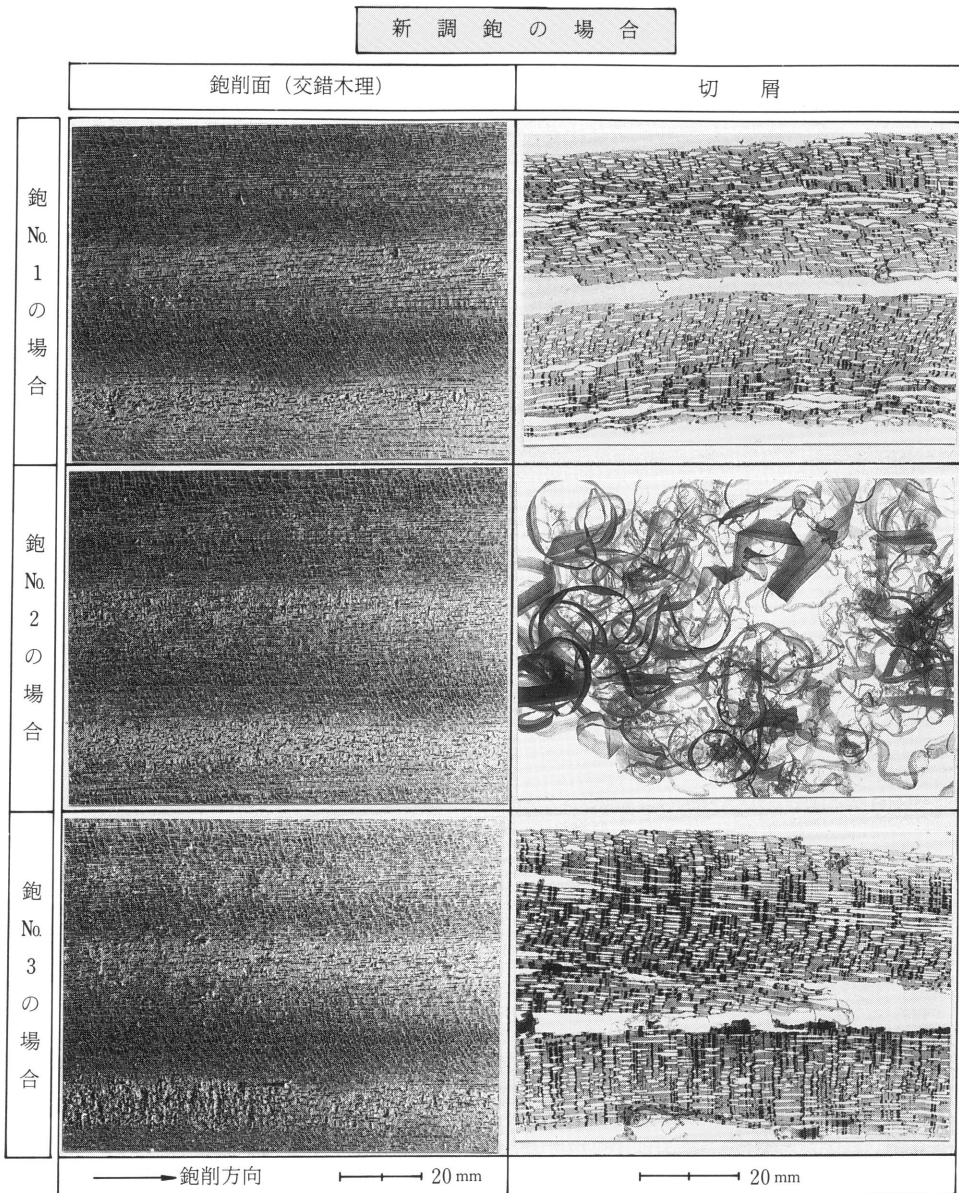


図12 (c) 鉋削面の精粗と切屑の性状 —ホワイトセラヤの場合— (実験 I-1)

の長さのどの部位でも大差ないが、ここでは鉋削材の中央部位を図示することとした。切屑の評価は、所定の鉋削長さの全体および鉋刃切れ刃線長さにわたって（即ち、切屑の長さ方向および幅方向の全体にわたって）行うこととし、本文中における切屑の図示にあたっては、鉋削直後の一片または二片^{ひとひら}あるいはそれ以上の小片^{ふたひら}などを図示した。新調鉋（鉋No.1～鉋No.3）による鉋削実験において採取された鉋削面と切屑の一例を、図12(a)～図12(c)に示した。

図12(a)より明らかなように、鉋No.1（三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋で、鉋刃すくい面に刃押えが設定されている。バイアス角は15°）を用いてヒノキを鉋削した場合、鉋削面には、早材部および晩材部のいずれにも一様に小さ

なチップ状の逆目ぼれが観察されるが、鉋削面にはさらに鉋削方向に直角な方向を基準として斜め15°方向に切れ刃による鉋削跡も観察される。この鉋削跡は、鉋刃切れ刃刃先により小さくチップ状に掘り取られた逆目ぼれが切れ刃線方向にならんでいるため、鉋削方向に直交する方向に対する鉋削跡のなす角度は、鉋刃の傾斜角（この場合には、バイアス角）と一致する。また、切屑にも、鉋削方向（切屑の長さ方向）に直角な方向を基準として、斜め15°方向に鉋削跡が観察される。また、切屑は比較的薄く、バイアス角設定の影響をうけて切れ刃線位置（鉋削跡の位置に相当）より横方向へ変形している。鉋No.1を用いてヒノキを鉋削する場合、刃押えとバイアス角設定の効果により逆目ぼれを比較的防止できるが、鉋削は重く、軽快でない。この材の鉋削には、この鉋に設定された刃押えの条件が適正であるかどうか、つぎの実験（次報）で明らかにする（バイアス角は、鉋刃傾斜角として設定されているので、バイアス角を変更するには、鉋傾斜角を変更しての今後の検討も必要となる）。

鉋No.2（三次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋で、バイアス角は5°）を用いてヒノキを鉋削した場合、図12(a)より明らかのように、鉋削面には、晩材部がチップ状に掘り取られた逆目ぼれが観察されるほか、同面には、微小な刃コボレのすじの跡がいくつも観察される。したがって、切屑は、このような微小な刃コボレのため幅狭に鉋削されている。なお、鉋No.2の鉋刃は、表1に示したように、鉋削前には視覚判断および触覚判断で極めて鋭利と判断されているから、鉋削中に鉋刃切れ刃線上に極めて微小な刃コボレが生じたものと考えられる（この原因は、研磨不良と考えられる）。

鉋No.3（二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋で、バイアス角は0°）を用いてヒノキを鉋削した場合、図12(a)より明らかのように、鉋削面には、著しい逆目ぼれが観察される。したがって、切屑はその長さや幅が不連続となりがちで、寸断された様相を呈する。鉋No.3の切れ味が良好でない原因として、鉋の被削材への喰い付きの悪さが考えられる。即ち、鉋台と被削材面のなじみが悪く、それがために鉋の運びに円滑さがなくなるから、鉋削面に大きな逆目ぼれを発生させることになる。同鉋は、鉋刃と鉋台の調整が必要である。

スギを鉋削した場合、図12(b)よりつぎのように観察された。鉋No.1による鉋削では、鉋削面は微小な逆目ぼれがあるが、比較的平滑に鉋削されている（光沢なし）。また、切屑は薄く鉋削されているが、長さ方向に安定せず部分的に寸断されている。鉋No.2による鉋削では、鉋削面は微小な逆目ぼれがあり、光沢もなく、しかも微小な刃コボレの跡が鉋削面上に長いすじとなって多数現れている。また、切屑は、極めて幅狭の木毛のような様相を呈した。鉋No.3による鉋削では、鉋削面は鉋No.1とほぼ同様の様相を呈した。切屑は、幅広で薄く鉋削されるが、長さや幅方向に途切れたり、局部的な^{かす}掠れが生じている。

ホワイトセラヤを鉋削した場合、図12(c)よりつぎのように観察された。鉋No.1による鉋削では、鉋削面はその順目層では光沢はないが比較的平滑に鉋削されているが、鉋削面の逆目層では比較的大きい逆目ぼれが若干散在した。また、切屑は順目層のみで薄く、長さ方向に連続して鉋削された。鉋No.2による鉋削では、鉋削面は順目層では光沢はないが比較的平滑に鉋削されているが、鉋削面の逆目層では逆目ぼれが多数存在した（道管の縦断面がすじのように材面に現れているため刃コボレの跡は顕著には観察されなかった）。また、切屑は、著しく幅狭で薄い木毛状の様相を示した。鉋No.3による鉋削では、鉋削面はその順目層では鉋No.1および鉋No.2とほぼ同様の様相を呈し、鉋削面の逆目層では大きい逆目ぼれが多数存在し、粗面を呈した。また、切屑は、逆目層では粉状の切屑であり、その破壊が著しいから切屑の幅方向にはつながらず、順目層と逆目層で不連続の様相を呈した。

以上、述べてきたように、新調鉋の切れ味は、鉋No.1では軽快な鉋削とまでは言えないが、比較的良好な切屑が鉋削され、鉋削面も比較的良好面を呈した。しかし、鉋No.2および鉋No.3では、切屑は薄く鉋削されず、しかも長さ方向に連続せず途切れがちであり、そのため鉋の材へのなじみが悪く、鉋削面も良好面とならない。したがって、鉋No.1～鉋No.3のいずれの鉋も新調のままでの使用を避け、鉋自体の必要調整箇所を十分に調整して鉋削を行うことが必要である。とくに、鉋No.2の切れ味は著しく不良であったため、鉋製造メーカーに再度鉋刃の研磨を依頼し、メーカーによる再研磨の鉋刃を用い、さらに、筆者により調整された鉋台を用い、調整鉋（鉋No.2）の切れ味を調べるための鉋削実験（実験I-2）を行ってみた。その鉋削実験において採取された鉋削面と切屑の一例を、図13に示した。

図13より明らかのように、調整鉋No.2を用いて鉋削すると、つぎのようであった。ヒノキを鉋削した場合、鉋削面は晩材層で若干逆目ぼれが存在するが、早材層では平滑に鉋削されている。また、切屑は薄い幅狭の様相を呈した。スギを鉋削した場合、鉋削面は早材層および晩材層で光沢はないが平滑に鉋削されている。また、切屑は幅広の様相で鉋削される。ホワイトセラヤを鉋削した場合、鉋削面は逆目層で比較的大きい逆目ぼれが多数存在したが、順目層では光沢はないが平滑に鉋削されている。また、切屑は順目層のみの切屑が長さ方向に連続して鉋削され、逆目層で

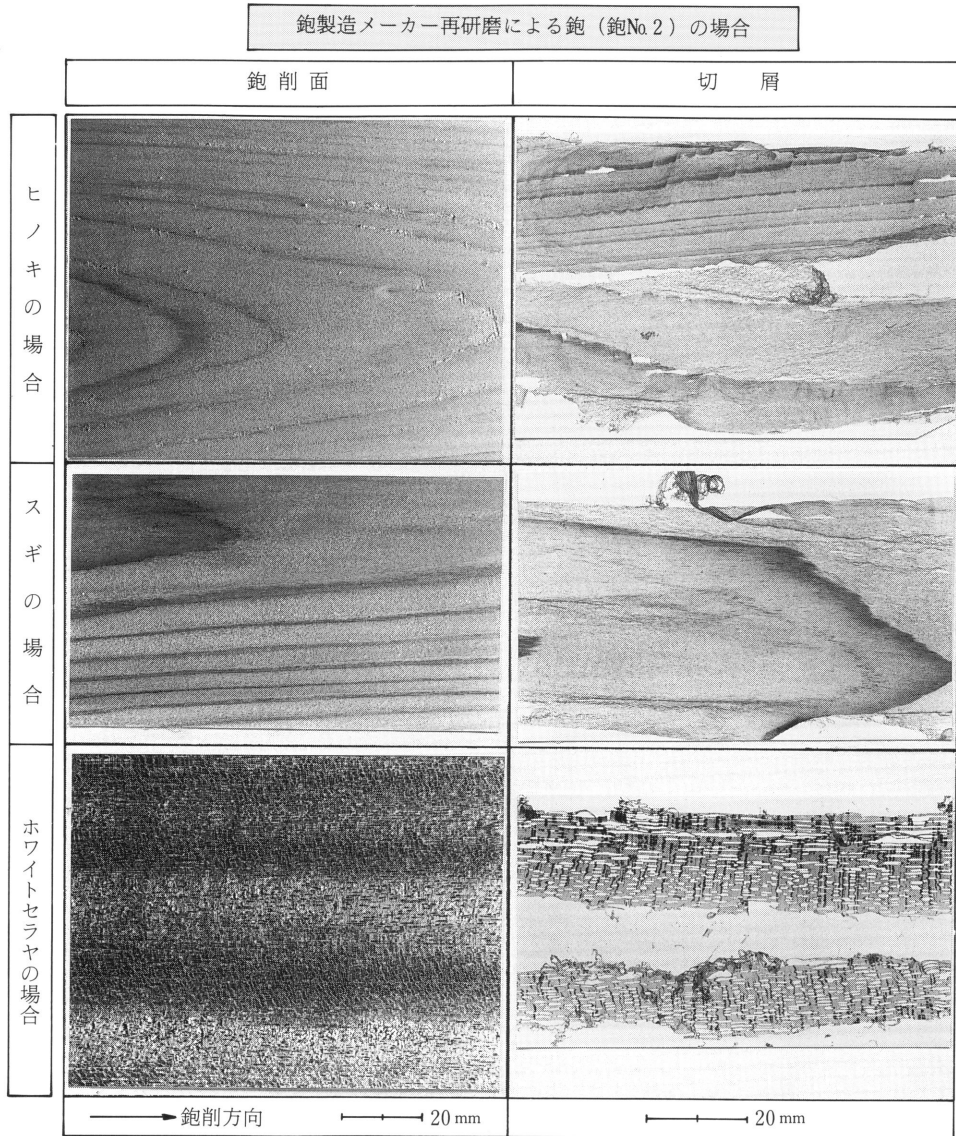


図13 砲削面の精粗と切屑の性状 — 砲No.2の場合 — (実験 I-2)

新調時の砲No.2の砲削実験(実験 I-1)において切れ味が満足すべき状態でなかったため、砲製造メーカーに再研磨を依頼し、その砲刃を用いて砲台(新調時の砲台の不良箇所は、筆者が調整した)に仕込み、砲削実験を行った。実験 I-1(新調砲の場合で、図12(a)~(c))、実験 I-2(筆者により調整された砲の場合で、図14(a)~(c))および実験 I-2(メーカーより再研磨された砲の場合で、図13)と比較すると、それぞれの砲の切れ味が明らかとなる。

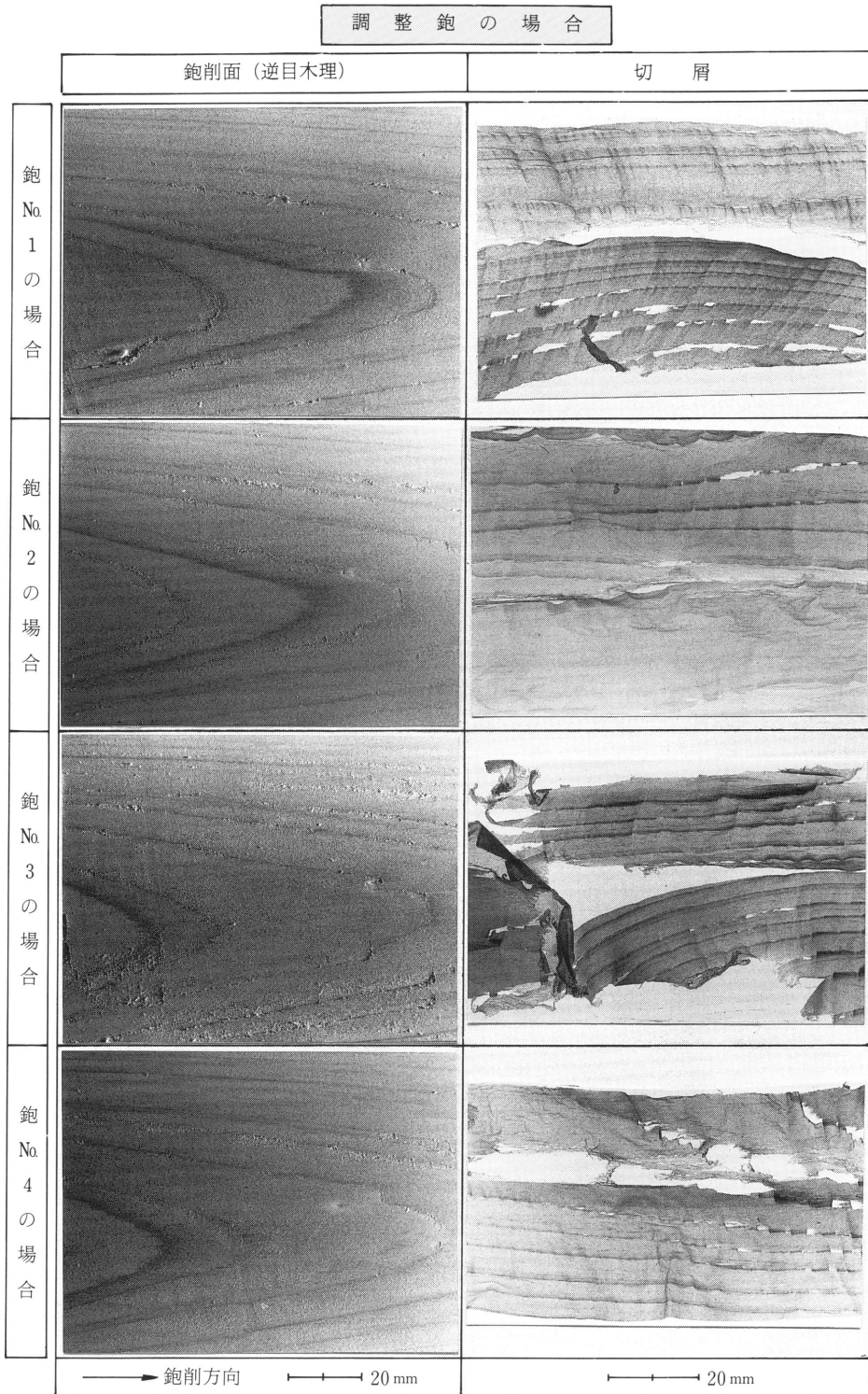


図14 (a) 鉋削面の精粗と切屑の性状 —ヒノキの場合— (実験 I-2)

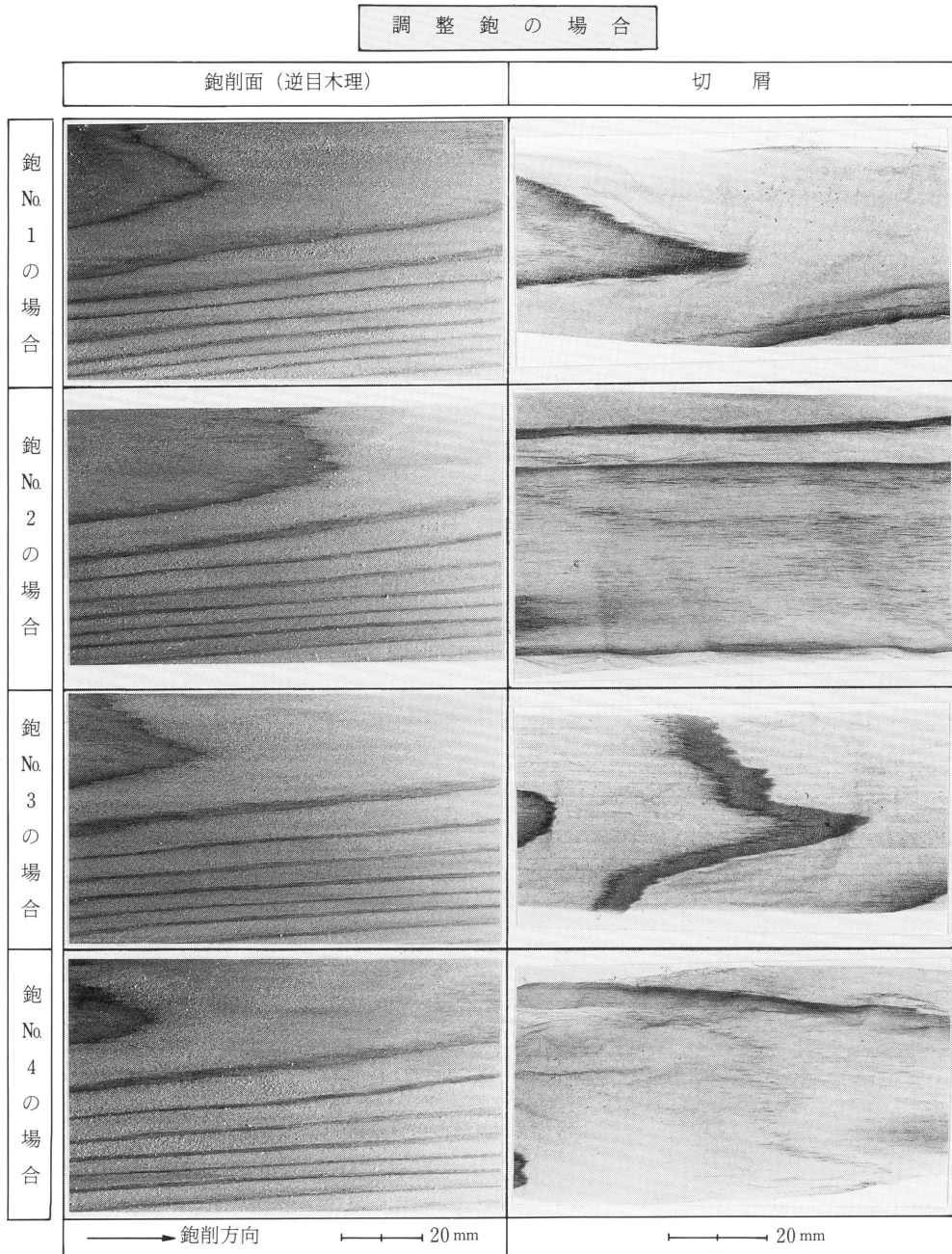


図14 (b) 鉋削面の精粗と切屑の性状 —スギの場合— (実験 I-2)

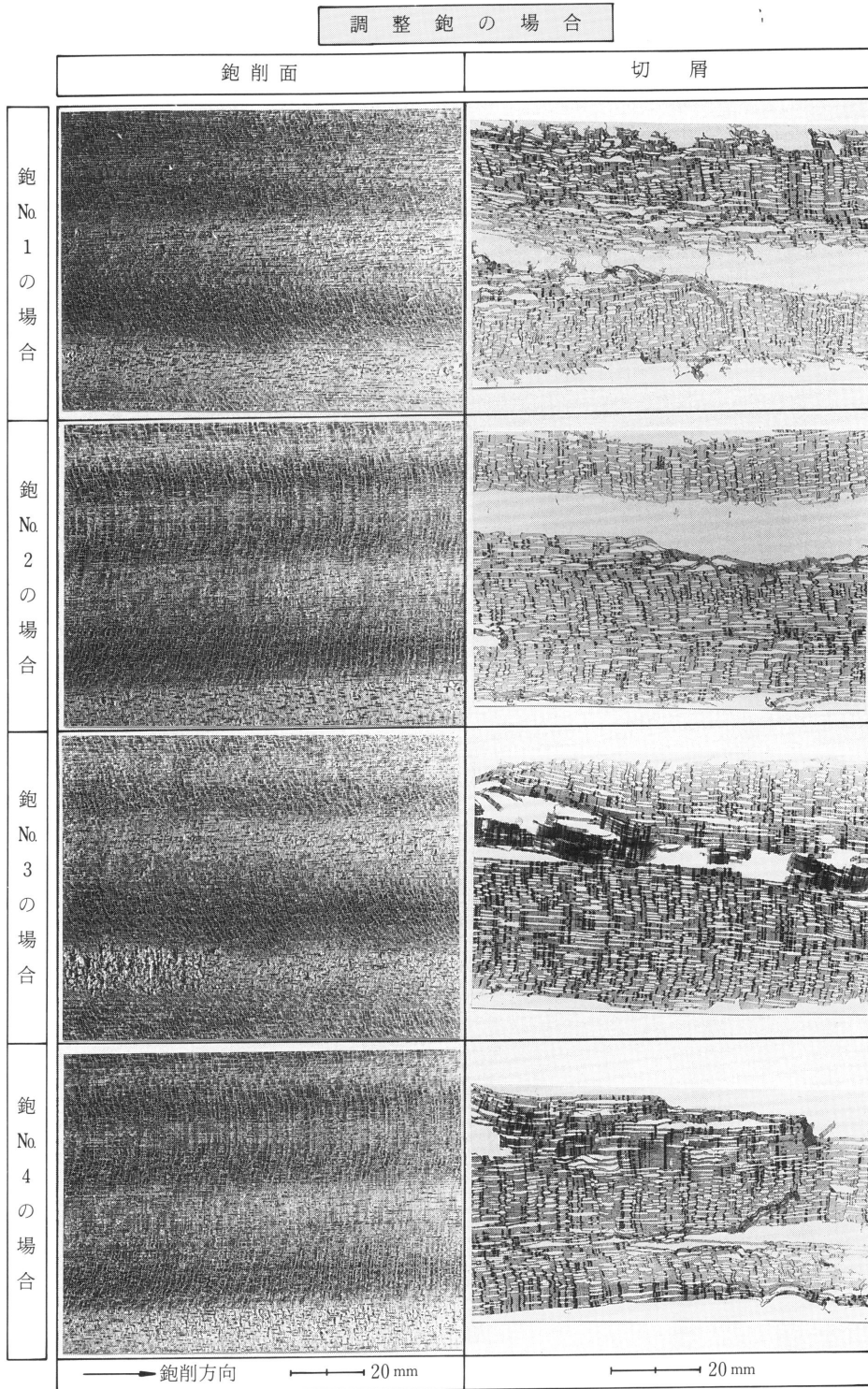


図14 (c) 鉋削面の精粗と切屑の性状 —ホワイトセラヤの場合— (実験 I-2)

は切屑の縮み破壊が著しく、順目層の連続帯状の切屑とはつながらず、順目層と逆目層で不連続の様相を呈した。

以上のように、鉋No.2では、新調時の鉋による鉋削(図12(a)~図12(c))と比較して、良好な鉋削面で良好な切屑の様相を呈した。しかし、調整後の鉋No.2では、ホワイトセラヤの逆目層の鉋削では、逆目ぼれが多数存在しているから、鉋刃のさらなる入念な研磨および鉋No.2固有の鉋台調整が必要となるように思われる。これらを明確にすることも必要であるが、つぎの実験II-2(次報)を行ったのちの検討課題としたい。

つぎに、新調鉋による鉋削実験(実験I-1)を行って明らかとなった鉋自体の必要調整箇所(表3参照)を調整し、それら調整鉋(鉋No.1~鉋No.3)による鉋削実験を行い、鉋No.1~鉋No.3の本来の鉋の切れ味を調べてみた。筆者による調整済みの各鉋(鉋No.1~鉋No.3)による鉋削実験において採取された鉋削面と切屑の一例を図14(a)~図14(c)に示した。

図14(a)より明らかなように、鉋No.1~鉋No.4のそれぞれを用いてヒノキを鉋削した場合、鉋削面や切屑の様相はつぎのようであった。鉋No.1、鉋No.2および鉋No.4のいずれの鉋を用いた鉋削の場合も、ほぼ同程度の鉋削面や切屑の様相を呈した。これらの鉋では、鉋削面は晩材層で逆目ぼれが存在しているが、逆目ぼれの程度もそれぞれの鉋で同程度の様相を呈した。切屑は、薄く鉋削され、長さ方向に連続しているが、晩材層で局部的な掠れが存在した。また、鉋No.3を用いた鉋削では、鉋削面は晩材層で逆目ぼれが著しく粗面を呈した。切屑は、幅狭で長さ方向にも幅方向にも連続せず寸断されている(幅方向では、切屑は幅広、幅狭などの幅のむらが生じている)。

図14(b)より明らかなように、鉋No.1~鉋No.4のそれぞれを用いてスギを鉋削した場合、いずれの鉋の場合も鉋削面や切屑の様相がほぼ同程度に良好な様相を呈した(早材層で極く小さな逆目ぼれがある)。切屑は、一様に薄く、しかも幅広に鉋削されている。

図14(c)より明らかなように、鉋No.1~鉋No.4のそれぞれを用いてホワイトセラヤを鉋削した場合、鉋削面や切屑の様相はつぎのようであった。鉋No.1、鉋No.2および鉋No.4のいずれの鉋を用いた鉋削の場合も、ほぼ同程度の鉋削面や切屑の様相を呈した。これらの鉋では、鉋削面は比較的良好な様相を呈した。切屑は、薄く鉋削され、長さ方向に連続しているが、逆目層では順目層の切屑とはつながらず不連続となっている(逆目層の切屑は脆く破壊され易く、粉状の切屑の様相を呈した)。鉋No.3を用いた鉋削では、鉋削面は逆目層で逆目ぼれが存在している。しかしながら、切屑は、比較的良好に鉋削されている。鉋No.3では、ヒノキ逆目材を鉋削した場合と同様に、ホワイトセラヤ交錯木理材逆目層を鉋削面した場合に、逆目ぼれが若干存在した。鉋No.3は、鉋No.4と同様に二枚刃台鉋であるが、主として刃口が異なっている。即ち、鉋No.3は、鉋No.4よりも刃口距離が小さく、しかも鉋No.3は半包み台であり、鉋No.4は使用台である。この刃口の相異が鉋台の被削材へのなじみを悪くしていると考えられる。また、鉋No.3の刃口をこのままの状態を活用するとすれば、裏金のセットの条件をも変える必要がある(この鉋削実験では、従来の裏金の適正なセット条件²⁾を用いている)。

以上のように、調整鉋では、鉋No.1~鉋No.4のいずれもヒノキ逆目材以外は比較的良好な切れ味を示した。しかし、鉋削用材料が今回のヒノキの場合のように、刃材部でしかも早材部、晩材部の硬度差が著しく異なっているような場合の逆目削りでは、鉋台の材へのなじみが悪く軽快な鉋削を行えなかった。鉋の鉋削条件を変えることによって、このような材の鉋削において鉋削面や切屑がどのように変化するか、即ち三次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋(鉋No.2)による三次元削りにおける裏金のセット条件(とくに、裏金設置距離)の変化に伴う影響を、次報で明らかにする。さらに、次報では、通常の二次元削りのための台鉋、即ち二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋(鉋No.3および鉋No.4)による三次元削りを行い、その切れ味に及ぼすバイアス角(この場合には、鉋傾斜角)の影響、さらに、鉋自体の相異の影響(二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋同士——鉋No.3および鉋No.4——、さらには二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋と、三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋および二枚刃台鉋——鉋No.3、鉋No.4による鉋削と、鉋No.1、鉋No.2による鉋削との相異——)など、をも明らかにする。

5. 結 言

本報では、三次元削りのための台鉋、即ち三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋(鉋No.1)および二枚刃台鉋(鉋No.2)における鉋新調時の切れ味、および通常の二次元削りのための台鉋、即ち二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋(鉋No.3)における鉋新調時の切れ味を明らかにするための鉋削実験(実験I-1)を行った。これにより、新調鉋の切れ味を低下させる鉋自体の必要調整

箇所を明らかにした。さらに、これら新調鉋3丁以外に、比較のために、長期間使用継続されている通常の二次元削りのための台鉋、即ち二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋（鉋No.4）を加えて、切れ味を低下させる鉋自体の必要調整箇所を可能な限り全て修正した鉋、いわゆる調整鉋における切れ味（即ち、鉋本来の切れ味）を明らかにした（実験I-2）。なお、次報では、通常の二次元削りのための台鉋、即ち二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋（鉋No.3および鉋No.4）による二次元削りにおける鉋の切れ味と比較しながら、三次元削りのための台鉋、即ち三次元仕込み台を用いた一枚刃台鉋（鉋No.1）および二枚刃台鉋（鉋No.2）による三次元削りにおける鉋の切れ味を明らかにする（実験II-1および実験II-2）。これに加えて、通常の二次元削りのための台鉋、即ち二次元仕込み台を用いた二枚刃台鉋（鉋No.3および鉋No.4）による三次元削りを行い、その切れ味に及ぼすバイアス角の影響、鉋自体の相異の影響などを明らかにする（実験II-3）。

文 献

- 1) 杉山 滋：木材切削工具の切れ味測定と切れ味評価 (VIII) —裏金を装着した直刃状鉋刃による木材の三次元切削における鉋刃傾斜角および被削材繊維傾斜角の影響—, 長崎大学教育学部自然科学研究報告 第45号 135~164 (1991).
- 2) 例えば, 杉山 滋：木材切削工具の切れ味測定と切れ味評価 (V) —二枚刃台鉋による逆目木材ならびに交錯木理材の鉋削 (応用実験) における鉋刃の切れ味と裏金の効果について—, 長崎大学教育学部自然科学研究報告 第43号 85~107 (1990).