



Title	木材切削工具の切れ味測定と切れ味評価(XXX) : 木材切削における工具すくい面の切削応力分布および摩擦係数の変化に及ぼす工具逃げ面の摩擦の影響(1)
Author(s)	杉山, 滋
Citation	長崎大学教育学部紀要. 自然科学. vol.73, p.41-45; 2005
Issue Date	2005-06-30
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10069/6149">http://hdl.handle.net/10069/6149</a>
Right	

This document is downloaded at: 2019-02-22T11:04:59Z

## 木材切削工具の切れ味測定と切れ味評価 (XXX)\*

木材切削における工具すくい面の切削応力分布および摩擦係数の  
変化に及ぼす工具逃げ面の摩擦の影響 (1)

杉 山 滋

長崎大学教育学部技術教育教室  
(平成17年3月15日受理)

## Studies on Quantification of Sensuous Sharpness and Mechanical Sharpness of Wood Cutting Tools. XXX.\*

Effect of Friction on Tool Relief Face upon Cutting Stress Distribution  
and Frictional Coefficient on Tool Rake Face in Wood Cutting (1)

Shigeru SUGIYAMA

Department of Technology Education, Faculty of Education,  
Nagasaki University, Nagasaki 852-8521  
(Received March 15, 2005)

### Abstract

The frictional behavior on the relief of a veneer cutting tool that takes part in the mechanism of veneer formation and the veneer quality becomes a serious problem of utmost importance. Few fundamental studies have dealt with this problem, and so, the main objective of this paper is to obtain information on them. In this study, the frictional stress ( $\tau$ ) and the normal stress ( $\sigma$ ) over a rake face were measured in the veneer cutting without a pressure bar, using a composite tool with the restricted contact length ( $r_c$ ) between the relief face and the machined surface, as shown in Fig. 2. The results obtained are summarized as follows :

Two components of the cutting force are affected by  $r_c$ , for instance, the horizontal component increases and the vertical component decreases, with increase in  $r_c$  (Fig. 3).

### 1. 緒 言

分割工具による切削実験により得られた工具すくい面と切屑との接触境界面に働く切削応力分布は、工具刃先端部、および逃げ面と被削材との接触による影響が相殺されるから、単に、工具すくい面のみを考えることができた<sup>1)~5)</sup>。しかしながら、工具逃げ面と被削材（被削母材の切削加工面）との接触は極めて小さいが、その影響は無視することができず、とくに、その接触の程度が切削現象に影響を及ぼす、とされている<sup>6)</sup>。しかも、切削工具は、切削開始後まもなくその切れ刃すくい面と同時に、逃げ面も微細な摩擦を起し、そのため、逃げ面と被削材との接触の程度が増加する。したがって、逃げ

\* 本研究は、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」の続報である。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34報） Technical and Fundamental Studies on Education of Wood Working Technical Education Lessons of School, XXIV.」とする。  
上記の研究（第33報）および標記の研究（XXIX）は、長崎大学教育学部紀要 — 自然科学 — 第73号 35 ~ 40（2005. 6）に掲載。

面と被削材との間には、必然的に何らかの力が作用し、この力は、工具に加わる切削抵抗ならびにすくい面の切削応力やすくい面の摩擦にも影響を及ぼし、その結果、母材加工面および切屑の性状に影響を及ぼす、と推察される。

実用の切削工具は、すべて、程度の差はあっても、その逃げ面が被削材と接触し、しかも逃げ面からの刃先摩耗も加わるから、逃げ面の接触がどの程度の影響を及ぼすかを知ることは、切削機構や切削抵抗の解析を行ううえでも、ならびに逃げ面刃先摩耗の諸問題を検討するうえでも、必要で重要な課題のひとつになっている。

そこでこの研究では、逃げ面と被削材との接触を人為的に拘束させた工具（いわゆる逃げ面接触面積拘束工具）を用い、切削現象の変化およびすくい面の切削応力や摩擦などに及ぼす逃げ面摩擦接触の影響を究明しようと試みた。

## 2. 実験方法

この研究では、すくい面切削応力分布の測定に際して検討した分割工具<sup>1)~5)</sup>を用いて、同工具を構成する $T_2$ ナイフの逃げ面を、被削材に人為的に接触させて切削実験を行い、そのときのすくい面上の切削応力分布を実測しようとするものである（実験の詳細を脚注<sup>1)</sup>に示した）。

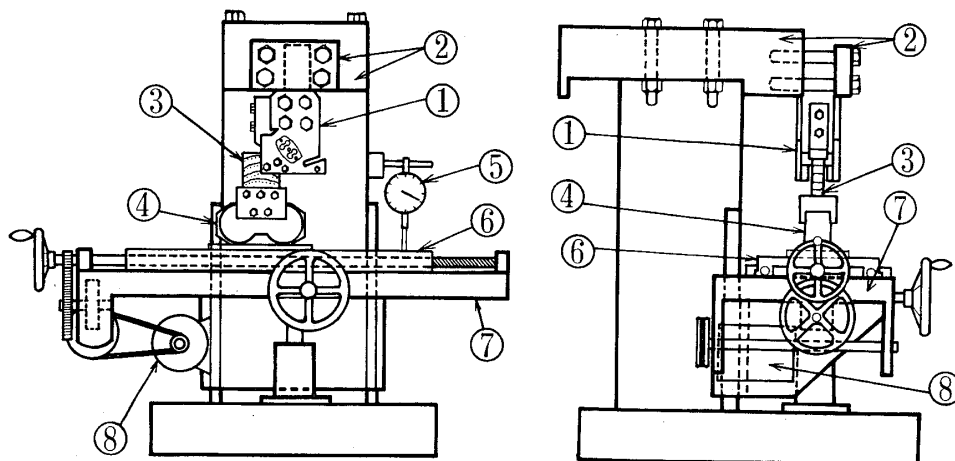


Fig. 1. Experimental apparatus for this study.

① : composite tool ; ② : base for fixing composite tool ① ; ③ : test specimen ; ④ : octagonal elastic-ring dynamometer for cutting force measurement ; ⑤ : dial gauge ; ⑥ : feed carriage ; ⑦ : lift table ; ⑧ : motor.

<sup>1)</sup> 分割工具による切削実験を、Fig. 1に示す実験装置によって行った。同装置に固定された分割工具①は、 $T_1$ および $T_2$ ナイフにより構成され、切れ刃となる $T_2$ ナイフは、Fig. 2に示すように特異な形状をしている。即ち、すくい面切削応力分布を測定するために、すくい面長さ $l_c$ が切屑接触長さ $l_f$ の範囲内で種々異なり、また、すくい面切削応力分布に及ぼす逃げ面接触の影響を究明するために、逃げ面接触長さ $l_r$ が0を基準として、種々異なっている。このような $T_2$ ナイフを種々交換して分割工具を構成させ、同工具を用いて切削実験を行った。このような実験により、 $T_1$ ナイフに加わる切削抵抗の摩擦力 $F$ 、垂直力 $N$ を、それぞれ測定した。また、これら $F$ 、 $N$ の測定と同時に、上記のような $l_c$ 、 $l_r$ をもつ $T_2$ および $T_1$ の両ナイフによって被削材に加えられる切削力の水平分力 $F_{hc}$ 、垂直分力 $F_{vc}$ をFig. 1に示す八角形弾性リング荷重装置④によって測定した（ $F$ 、 $N$ および $F_{hc}$ 、 $F_{vc}$ の測定方法は既報<sup>1)~5)</sup>と同様とした）。このような種々の $l_c$ 、 $l_r$ をもつ $T_2$ ナイフによる切削実験では、刃先の鋭利性、刃先角 $\beta$ 、刃先の剛性および $T_1$ 、 $T_2$ 両ナイフのセッティングなどを一定に保って切削実験を行うことは極めて難しい。この研究でも、既報<sup>1)~5)</sup>と同様に、 $F_{hc}$ 、 $F_{vc}$ の検定によって一定の測定精度とみなし得る $F$ 、 $N$ および $F_{hc}$ 、 $F_{vc}$ をそれぞれ求め、データとして採用した。なお、後記のように、この研究の切削条件が既報<sup>1)~5)</sup>のそれと比較的類似しているため、 $F$ または $N$ の大きさも既報の $F$ 、 $N$ と大差ないと考えられるから、 $T_1$ 、 $T_2$ 両ナイフの間隔 $w$ および $T_2$ の $T_1$ ナイフに対する突出量 $h$ を本実験の全般にわたって $w = 60 \sim 100 \mu\text{m}$ 、 $h = 10 \sim 50 \mu\text{m}$ の範囲に保って、切削実験を行った。

本実験に用いた $T_1$ 、 $T_2$ ナイフは、兼房刃物工業㈱製の高速度工具鋼SKH2で、切れ刃となる $T_2$ ナイフの刃先角 $\beta$ は $25^\circ$ 一定となるように研磨した（ $T_1$ の刃先角は $15^\circ$ であるが、 $T_1$ 、 $T_2$ のセット時には、 $T_1$ は $T_2$ と同様の切削角 $\theta$ となるように分割工具本体に固定される）。さらに、 $\beta = 25^\circ$ の $T_2$ の逃げ面に、切れ刃線に平行に $0 \sim 8.31 \text{ mm}$ の範囲で $l_r$ を設けた。したがって、 $T_2$ ナイフはその研ぎ面がすくい面と逃げ面の両刃ナイフであり、 $l_r$ を設けることにより $T_2$ の $\beta$ を $35^\circ \pm 1^\circ$ とした。なお、 $l_c$ は $0.19 \sim 8.22 \text{ mm}$ の範囲で変化させたが、後記のように、すくい面応力分布を求める際には $l_c$ に相当する $l_f$ の範囲を $F$ 、 $N$ の変化から求め、この $l_f$ の範囲内で応力分布を求めた。

このような $l_c$ 、 $l_r$ をもつ $T_2$ ナイフを用い、 $\theta = 35^\circ$ となるように分割工具を構成させ、プレッシャバーを作用させないで二次元低速切削実験（試験片の送り速度 $144.9 \text{ mm/min}$ ）を行った。切込量 $t$ は $2$ 、 $3$ 、 $4$ および $6 \text{ mm}$ の4段階とした。

Fig. 2において、 $l_r$ を設けた $T_2$ （ $\beta = 35^\circ$ ）を $\theta = 35^\circ$ で分割工具を構成させれば、 $T_2$ の第1逃げ角（逃げ面が2段になっている場合、刃先に近い逃げ面と切削加工面とのなす角）は $0^\circ$ 、第2逃げ角 $\alpha$ （第1逃げ角に対し、刃先から離れた逃げ面と切削加工面とのなす角）は $10^\circ$ を意味する。 $l_r = 0 \text{ mm}$ の場合は、 $T_2$ の刃先角 $\beta$ は $25^\circ$ 、逃げ角 $\alpha$ は $10^\circ$ となる。このような $l_r$ をもつ $T_2$ の切削条件は、実用の切削工具では存在しないが、逃げ面と被削材との接触の影響を的確に把握するための一方法として、これらの条件を設定した。

供試材には、フィリピンミンダナオ島西海岸産のタンギール（*Shorea polysperma* MERR.）の心材部を用いた。これらから二方柾木取りの角材を採取し、1切削条件7~9個の試験片を採取し、気乾状態（平均気乾比重 $0.49$ 、含水率 $11.3 \sim 12.6\%$ ）および飽水状態（約2カ月間水中に浸漬し、水中に沈んだ状態）に調整したのち、供試した。なお、切削方向は、切削面が板目面（木表側）となる横切削とした。

### 3. 実験結果および考察

分割工具の  $T_2$  ナイフに加わる切削抵抗の測定結果 (次報) を述べるに先だち, 工具逃げ面と被削材との接触長さ  $r_c$  の変化に伴う切削力の変化について述べる。八角形弾性リング荷重装置から測定される被削材に加わる切削力の水平分力  $F_{H(r_c)}$ , 垂直分力  $F_{V(r_c)}$  の  $r_c$  の変化に伴う変動を Fig. 3 に示す。同図は,  $T_2$  ナイフ (すくい面長さ  $\ell_c = 1.00 \pm 0.05$  mm の場合),  $T_1$  ナイフの両ナイフによって被削材に加えられる切削力の2分力の測定結果の一例である。また,  $F_{H(r_c)}$ ,  $F_{V(r_c)}$  を用い, (1) 式からすくい面上に作用する摩擦力  $F_{r(c)}$ , 垂直力  $N_{r(c)}$  を, さらに, (2) 式から摩擦係数  $\mu$  を, それぞれ求め, それらの結果をも, Fig. 3 に示した (ただし,  $\theta$  を切削角とする)。

$$\left. \begin{aligned} F_{r(c)} &= \\ F_{H(r_c)} \cos \theta - F_{V(r_c)} \sin \theta \\ N_{r(c)} &= \\ F_{H(r_c)} \sin \theta + F_{V(r_c)} \cos \theta \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\mu = F_{r(c)} / N_{r(c)} \quad (2)$$

Fig. 3 より明らかなように, 飽水材, 気乾材いずれの場合においても  $r_c$  の増加に伴い  $F_{H(r_c)}$  は増加,  $F_{V(r_c)}$  は現象の傾向を, それぞれ示した。また, (1) 式より求められる  $F_{r(c)}$  は,  $r_c$  の増加に伴い, 増加の傾向を,  $N_{r(c)}$  は減少の傾向を, それぞれ示し, その結果, (2) 式より求められる  $\mu$  は, 増加の傾向を示した。なお, これらの結果は, いずれの

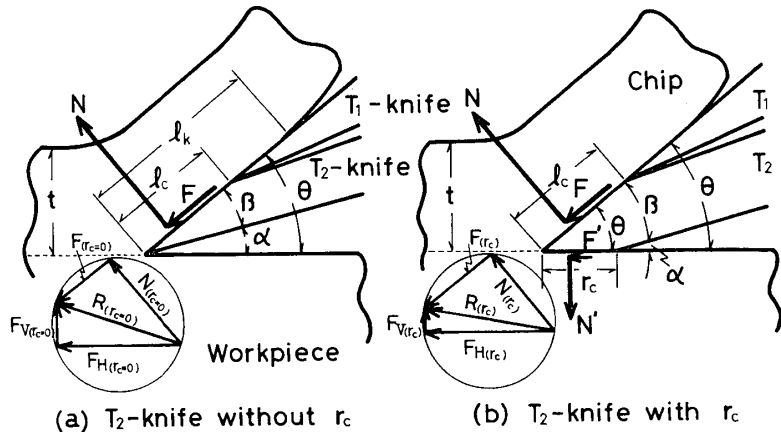


Fig. 2. composite tools used for this study and cutting force components measured.  $\alpha$  : clearance angle ;  $\beta$  : sharpness angle ;  $\theta$  : cutting angle ;  $t$  : depth of cut ;  $\ell_k$  : actual tool - chip contact length ;  $\ell_c$  : rake face length of  $T_2$  - knife ;  $r_c$  : relief face length of  $T_2$  - knife ;  $F, N$  : frictional and normal forces acting on  $T_2$  - knife ;  $F', N'$  : frictional and normal forces acting on relief face ;  $R_{r(c)}$  : resultant force of cutting force components ;  $F_{H(r_c)}, F_{V(r_c)}$  : horizontal and vertical components of  $R_{r(c)}$  measured by octagonal elastic - ring dynamometer ;  $F_{r(c)}, N_{r(c)}$  : frictional and normal forces calculated from Eq.(1).

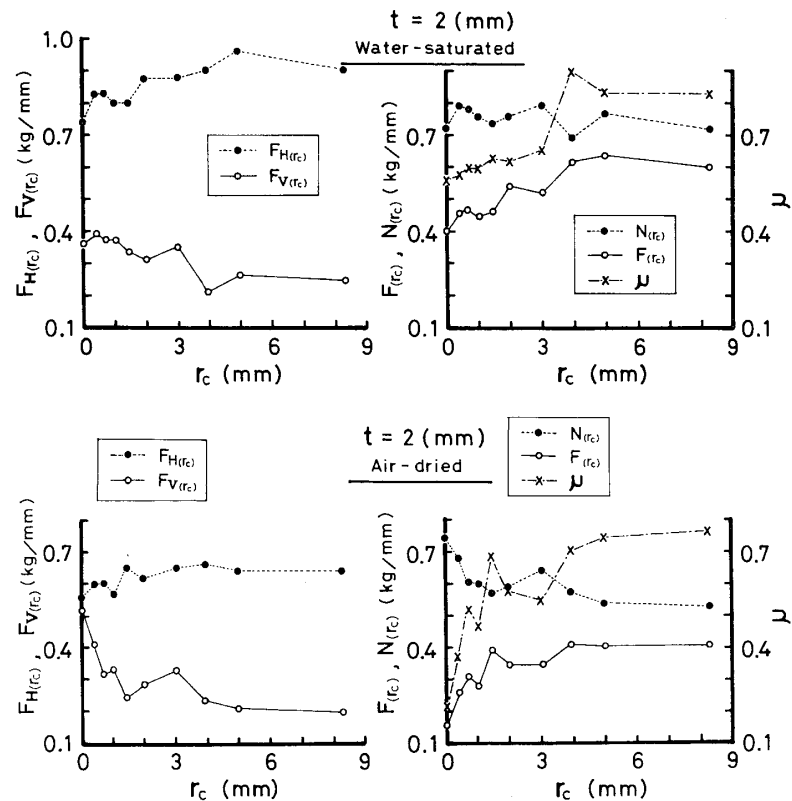


Fig. 3. An example of variation of cutting force components ( $F_{H(r_c)}, F_{V(r_c)}, F_{r(c)}$  and  $N_{r(c)}$ ) and frictional coefficient ( $\mu$ ) with relief face length ( $r_c$ ).

$F_{H(r_c)}, F_{V(r_c)}, F_{r(c)}, N_{r(c)}$  and  $t$  : refer to Fig. 2 ;  $\mu$  : calculated value from Eq. (2).

場合においても  $r_c$  の増加に伴い  $F_{H(r_c)}$  は増加,  $F_{V(r_c)}$  は現象の傾向を, それぞれ示した。また, (1) 式より求められる  $F_{r(c)}$  は,  $r_c$  の増加に伴い, 増加の傾向を,  $N_{r(c)}$  は減少の傾向を, それぞれ示し, その結果, (2) 式より求められる  $\mu$  は, 増加の傾向を示した。なお, これらの結果は, いずれの

切込量  $t$  およびいずれの  $l_c$  の  $T_2$  ナイフによる切削においても、同様の結果が得られた。このような  $r_c$  の変化に伴う切削力の変化について、つぎのように説明し得る。

Fig. 2 に図解したように、 $r_c = 0$  mm の工具によって加えられる切削力 ( $F_{H(r_c=0)}$ ,  $F_{V(r_c=0)}$ ) と比較した場合に、 $r_c$  をもつ工具では、 $F_{H(r_c=0)}$ ,  $F_{V(r_c=0)}$  のほか、

第1逃げ面 ( $r_c$  をもつ逃げ面) には、切削方向と平行な方向に摩擦力  $F'$  が、同方向と直角な方向に垂直力  $N'$  が、それぞれ働く、と考えられる。したがって、 $r_c$  をもつ工具では、上記のような力が複合されて、 $F_{H(r_c)}$ ,  $F_{V(r_c)}$  としてそれぞれ測定されるから、 $F_{H(r_c=0)}$ ,  $F_{V(r_c=0)}$  と比較すれば、 $r_c$  の増加に伴い、 $F_{H(r_c)}$  は  $F'$  だけ増加し、 $F_{V(r_c)}$  は  $N'$  だけ減少すると考えられる。この

ような考えに基づけば、 $F_{(r_c)}$ ,  $N_{(r_c)}$  は、(1)式を用いると、次式で表し得る。

$$\left. \begin{aligned} F_{(r_c)} &= F_{(r_c=0)} + F' \cos \theta + N' \sin \theta \\ N_{(r_c)} &= N_{(r_c=0)} + F' \sin \theta - N' \cos \theta \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

したがって、 $\theta$  の大きさから考えれば、 $r_c$  の増加に伴い  $F_{(r_c)}$  は増加の傾向、 $N_{(r_c)}$  は減少の傾向を、それぞれ示すこととなる。

(2)式の  $\mu$  は、切削加工におけるクーロン法則による摩擦係数と呼ばれるものであるが、既に、木材切削における  $\mu$  の性格については、既報<sup>7), 8)</sup> で検討を重ねてきた。横切削を主とするこの研究においても、次報で、 $\mu$  の性格を  $r_c$  との関連で、詳細に検討する。

つぎに、 $T_2$  ナイフに加わる摩擦力  $F$ 、垂直力  $N$  の  $l_c$  の変化に伴う変動を Fig. 4 に示

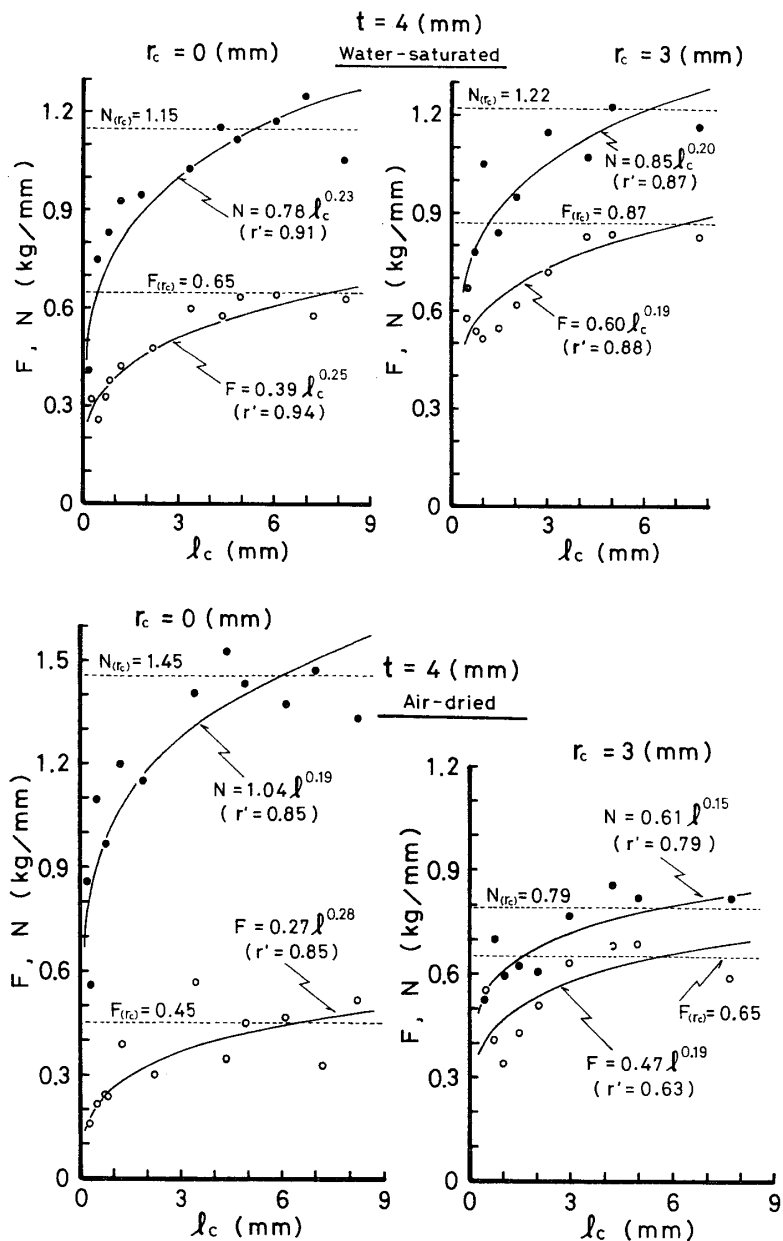


Fig. 4. An example of variation of frictional force ( $F$ ) and normal force ( $N$ ) acting on  $T_2$ -knife with rake face length ( $l_c$ ).

$F_{(r_c)}$ ,  $N_{(r_c)}$ ,  $t$  and  $r_c$ : refer to Fig. 2;  $r'$ : correlation coefficient.

す。同図は、 $r_c = 0$ 、あるいは  $r_c = 3 \text{ mm}$  一定とした場合の  $\ell_c$  の変化に伴う  $F$ 、 $N$  の測定結果の一例であるが、いずれの  $r_c$  においても、また、飽水材、気乾材いずれの場合においても、 $\ell_c$  の増加に伴い  $F$ 、 $N$  は指数関数的な増加傾向を示した。同図には、八角形弾性リング荷重装置から測定された  $F_{(r_c)}$ 、 $N_{(r_c)}$  をも、 $F$ 、 $N$  と比較するために、示した (各  $\ell_c$  における  $F_{(r_c)}$  あるいは  $N_{(r_c)}$  には、それぞれ有意差がないことを確かめ、図中には、それら  $F_{(r_c)}$  あるいは  $N_{(r_c)}$  の平均値で示した)、同図から明らかのように、 $\ell_c$  が増加するに伴い、 $F$  は  $F_{(r_c)}$  に、 $N$  は  $N_{(r_c)}$  に、それぞれ漸近する。 $F$  と  $F_{(r_c)}$ 、あるいは  $N$  と  $N_{(r_c)}$  がほぼ一致している、とみなし得る  $\ell_c$  の位置がおおよそその切屑接触長さ  $\ell_k$ 、と考えられる。図から  $\ell_k$  を求めると、いずれの  $r_c$  においても、また、飽水材、気乾材いずれの場合においても、 $\ell_k$  は  $5.5 \sim 7.5 \text{ mm}$  の範囲で、 $r_c$  の変化および被削材の状態には無関係のようである。このようにして求めた  $\ell_k$  ( $= \ell_c$ ) の範囲内で、 $F$ 、 $N$  と  $\ell_c$  との関係を、それぞれに求めた。その結果、 $F$  (kgf/mm)、 $N$  (kgf/mm) を  $\ell_c$  (mm) の指数関数として、次式のように表し得ることが判明した。

$$\left. \begin{aligned} F &= \alpha_F \cdot \ell_c^{\beta_F} \\ N &= \alpha_N \cdot \ell_c^{\beta_N} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ここで、(4) 式の係数  $\alpha_F$  ( $\text{kgf} \cdot \text{mm}^{-1-\beta_F}$ )、 $\alpha_N$  ( $\text{kgf} \cdot \text{mm}^{-1-\beta_N}$ ) は、 $\ell_c = 1 \text{ mm}$  のときの  $F$ 、 $N$  を、それぞれ表し、べき指数  $\beta_F$ 、 $\beta_N$  は、 $\ell_c$  の変化に伴う  $F$ 、 $N$  の増減の程度を、それぞれ表す (諸係数は、次報で詳解)。

## 4. 結 論

工具すくい面に働く切削応力分布およびすくい面の摩擦などに及ぼす工具逃げ面と被削材との摩擦接触の影響を究明するため、逃げ面接触面積を拘束させた分割工具を用いて、タンギール材の横切削実験を行った。得られた逃げ面摩擦接触の影響に関する結果を要約すれば、つぎのとおりである。

(1) 工具逃げ面と被削材との接触長さ  $r_c$  の増加に伴い、被削材に加わる切削力の水平分力  $F_{H(r_c)}$  は増加の傾向を、垂直分力  $F_{V(r_c)}$  は減少の傾向を、それぞれ示した (Fig. 3)。

(2) すくい面に働く摩擦力  $F$ 、垂直力  $N$  は、(4) 式の実験式のように表され、 $r_c$  の変化に伴う  $F$ 、 $N$  の変化の傾向が明らかとなった (Fig. 4)。

## 文 献

- 1) 杉山 滋：木材学会誌, 23, 472 (1977).
- 2) 杉山 滋：木材学会誌, 23, 480 (1977).
- 3) 杉山 滋：木材学会誌, 23, 534 (1977).
- 4) 杉山 滋：木材学会誌, 24, 19 (1978).
- 5) 杉山 滋, 徳山祐治：木材学会誌, 24, 612 (1978).
- 6) 林 大九郎：東京教育大学農学部紀要, 8, 179 (1962).
- 7) 杉山 滋, 菅 都子：木材学会誌, 24, 698 (1978).
- 8) 杉山 滋, 中島明子：材料, 28, 597 (1979).