



Title	窒化チタンコーティング木材切削工具の腐食摩耗特性
Author(s)	福田, 英昭; 三原, 信一郎; 番匠谷, 薫; 村瀬, 安英
Citation	琉球大学教育学部紀要(60): 77-83
Issue Date	2002-03
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/950">http://hdl.handle.net/20.500.12000/950</a>
Rights	

# 窒化チタンコーティング木材切削工具の腐食摩耗特性

福田 英昭\*<sup>1</sup>, 三原信一郎\*<sup>2</sup>  
番匠谷 薫\*<sup>3</sup>, 村瀬 安英\*<sup>4</sup>

## Characteristics of Corrosive Wear of TiN Coated High-speed Steel Wood Cutting Tools

Hideaki FUKUDA\*<sup>1</sup>, Shin-ichirou MIHARA\*<sup>2</sup>,  
Kaoru BANSHOYA\*<sup>3</sup>, Yasuhide MURASE\*<sup>4</sup>

*Abstract* To clarify the characteristics of corrosive wear of TiN coated high-speed steel tools in high moisture-content Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) cutting, tool-life tests were conducted with a whirling disc-machine with four cutting speeds. The rake faces and the clearance faces of the tools were coated with TiN by physical vapor deposition (PVD) method, the thickness of thin-film for coated tool was 2–3  $\mu$ m. In the tool-life tests for TiN coated tools and uncoated tools, the electrical-potential of +1kV, 0 V, or –1kV was applied to the tool by use of a direct-current power supply. The edge recession under 0 V for TiN coated tools progressed faster as cutting speed became faster, and progressed slightly faster than that of uncoated tools for each cutting speed. A little effect to lengthen the tool-life was recognized by coating the TiN. At the final cutting-length of 4 km, the edge recessions of both tools became the smallest under the cathode voltage of –1kV, due to the effect of cathodic protection, these values showed approximately 1/2–1/3 of those in normal cutting. The edge recessions of both tools became the largest under anode voltage of +1kV, these values showed approximately 4–5 times of those under zero voltage in normal cutting. The edge recessions for TiN coated tools under either cathode voltage or anode voltage became smaller than those of uncoated tools. The ratio of corrosive wear to the total edge recession under 0 V for uncoated tools was 45–60 %, and the value for TiN coated tools was 34–66 %.

*Keywords* : TiN coated tool, wood cutting, corrosive wear, electrical suppression, wood planing.

- 
- \*<sup>1</sup> 琉球大学教育学部 College of Education, University of the Ryukyus, Okinawa
  - \*<sup>2</sup> 広島アルミニウム工業 Hiroshima Aluminum Industry, Hiroshima
  - \*<sup>3</sup> 広島大学大学院教育学研究科 Graduate School of Education, Hiroshima University, Hiroshima
  - \*<sup>4</sup> 九州大学大学院農学研究院 Graduate School of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka

## 1. 緒 言

近年、耐摩耗性の観点から、高速度鋼あるいは超硬合金の表面に窒化チタンなどの耐摩耗性に富んだ物質を被膜したコーティング工具が金属切削の分野において普及してきた。しかしながら、木材あるいは木質材料の切削におけるコーティング工具の摩耗特性について調べた研究報告は少なく<sup>1)</sup>、とくに、生材あるいは高含水率材の切削における腐食摩耗についての検討例は乏しいのが現状である。

本研究では、切削工具として高速度鋼工具かんな刃のすくい面と逃げ面に窒化チタンを被膜したコーティング高速度鋼工具と比較のためにノンコーティング高速度鋼工具を供試して、工具寿命試験を行った。切削中に工具に対して、直流電圧を与えない通常切削、さらに、カソード電圧あるいはアノード電圧を与えながら切削を行う、計3種類の通電条件下でベイマツ高含水率材の連続ひら削りを、切削速度を4段階に変化させて行った。そして、コーティング高速度鋼工具の腐食摩耗特性を調べて無処理工具と比較し検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試工具と被削材

コーティング工具の母材には、図1に示す、刃幅25mm、厚さ5mm、刃先角30°の高速度鋼（JIS：

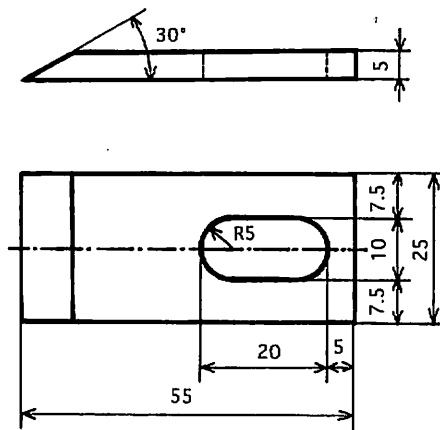


図1. 供試工具の形状と寸法 (単位: mm)

SKH51) かんな刃を準備した。

同工具のすくい面と逃げ面にPVD (Physical Vapor Deposition) 法によって、窒化チタン (TiN) をコーティングしたTiNコーティング工具とノンコーティング工具を切削工具として供試した。なお、コーティング膜厚はいずれも2~3 μmであり、コーティングは株式会社不二越に依頼した。

被削材には、純水に浸漬することによって高含水率状態に調整した気乾比重0.51、平均含水率109%、pH5.2のベイマツ (*Pseudotsuga menziesii* Franco) を用いた。pHは木粉10gを添加した蒸留水100mlを20℃の恒温水槽中で24時間放置後、けん濁液をろ過し、そのろ過液についてガラス電極pHメータにより測定した。試験材の寸法は、幅20mm、長さ100mm、厚さ50mmであり、20mm×100mmの木端面を切削した。

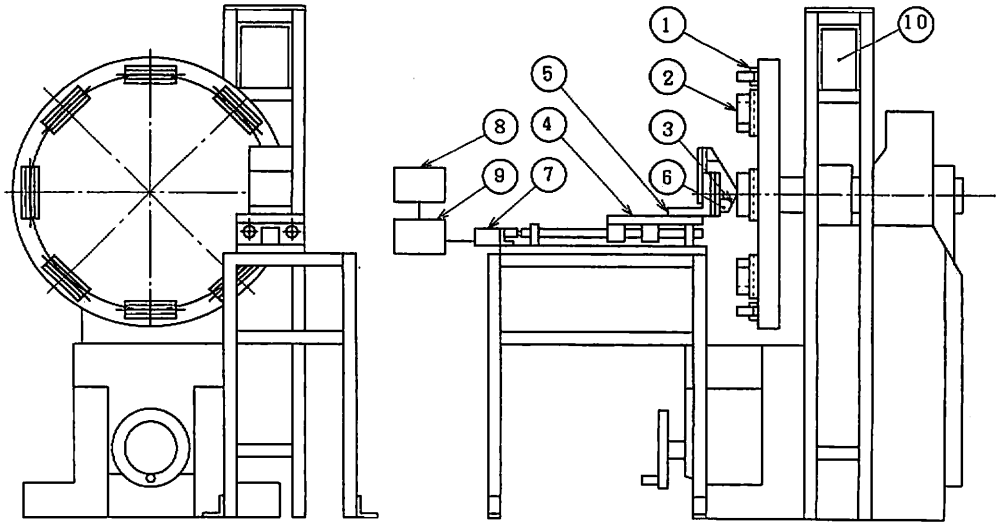
### 2.2 実験装置

本研究で実験に使用した木材の連続平削り実験装置は、図2のような円盤かんな盤を利用して製作したものである。

円盤の円周上には、8個のアクリルバイス①によって8個の被削材②が取り付けできる。工具③は、1軸テーブル④上のアングルプレート⑤に取り付けられた刃物取付具⑥に固定されている。そして、ステッピングモータ⑦の回転によって工具を定速送りし、被削材を所定の切り込み量で連続切削する構造である。

ステッピングモータは、データバック⑧で動作モード、動作パルス数、動作スピードのデータを設定し、そのデータをもとにパルスを発進するインテリジェントドライバ⑨によって駆動している。

切削速度は、インバータ⑩の周波数設定により円盤を回転させる3相定トルクモータの回転数を変化させることによって、可変である。

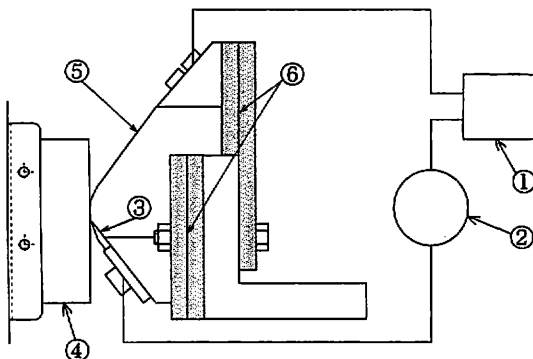


①アクリルバイス ②被削材 ③工具 ④1軸テーブル ⑤アングルプレート ⑥刃物取付具  
⑦ステッピングモータ ⑧データバック ⑨インテリジェントドライバ ⑩インバータ

図2. 切削実験装置

### 2.3 実験方法

切削は、図3のように、切削工具と被削材をアクリル絶縁板によって機械系から絶縁した状態で、切削面に板バネを押し当て、工具-被削材-板バネ間に閉回路を形成して行った。板バネの被削材接触点からかんなの刃先までの距離は、5 mmである。



①直流電源 ②直流電流計 ③工具 ④被削材  
⑤板バネ ⑥アクリル絶縁板

図3. かんな刃による木材切削

工具寿命試験では、外部から直流電源を用いて工具に対して直流電圧を与えない通常切削、さらに、 $-1\text{ kV}$ のカソード電圧あるいは $+1\text{ kV}$ のアノード電圧を与えながら切削を行う、計3種類の通電条件下で、ベイマツ高含水率材を切削長4 kmまで連続切削した。

切削条件は、切削速度を73.2, 109.8, 146.4, 219.6m/minの4段階に変化させ、いずれの切削速度の場合も、切り込み量を0.1mm, 切削幅を20 mmに一定にした。切削角は $40^\circ$ , 逃げ角は $10^\circ$ である。

### 2.4 測定

工具寿命試験では、所定の切削長ごとに、工具摩耗量と切削中に流れた電流を測定した。切削終了後には、供試工具のすくい面と逃げ面の刃先近傍のSEM観察を行った。

工具摩耗量の測定では、あらかじめ工具すくい面上の5箇所ダイヤモンドツールで印を付け、切削長1 kmまでは100mごとに、切削長1 kmから最終切削長4 kmまでは200mごとに、5箇所の印から刃先までの刃先線に対して垂直方向距離を工具顕微鏡を用いて測定してすくい面後退量を求

めた。工具摩耗量は5点の平均測定値 ( $W_t$ ) で表した。

切削中に流れた電流は、切削長50mおきに電流値を直流電流計を用いて測定した。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 工具摩耗の進行

実験結果の1例として、TiNコーティング工具の切削速度146.4m/minにおける通常切削 (0V) での切削長あるいは切削時間の増加にともなう工具摩耗量と切削中に流れた電流値の変化、および1回の切削に用いた8個の被削材の含水率の平均値を図4に示す。

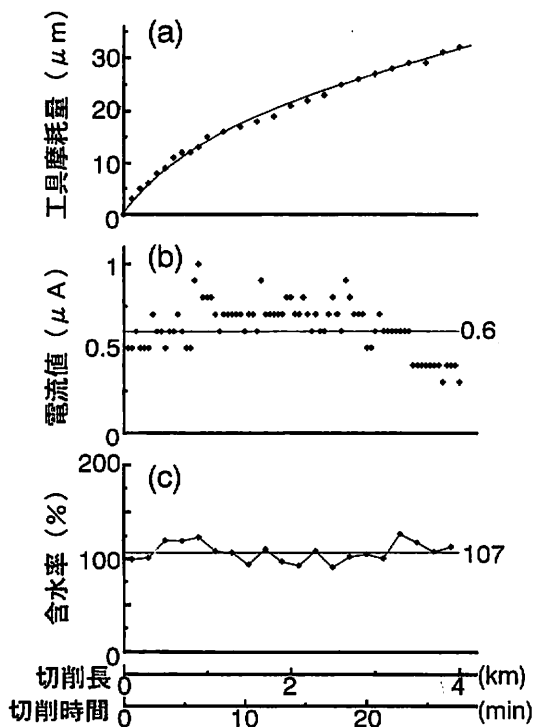


図4. 工具摩耗量と電流値の変化および被削材の含水率

同図 (a) より、工具摩耗量は、切削長あるいは切削時間の増加にともなってほぼ放物線的に増加していることがわかる。最終切削長4 kmでの工具摩耗量は32  $\mu\text{m}$  である。また、(b) のように、工具-被削材-板バネ間には、微弱ではあるが、0.3~1.0mAの範囲で直流電流が流れ、直流電流

の平均値は0.6mAである。被削材の含水率は、(c) のように、91~127%の範囲であり、平均値は107%であった。

#### 3.2 電圧付加による工具摩耗量

TiNコーティング工具とノンコーティング工具について、切削速度146.4m/minで3種類の直流電圧下で連続切削を行った場合の工具摩耗の進行状況を図5に示す。

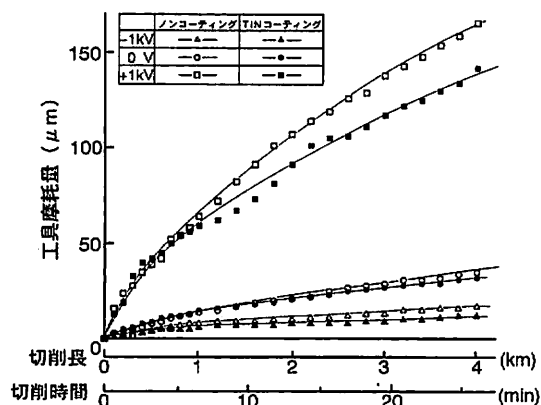


図5. 3種類の通電条件下でのTiNコーティング工具とノンコーティング工具

図5より、3種類の直流電圧下での両工具の工具摩耗は、0Vの通常切削に比べて、工具に-1kVのカソード電圧を与えた場合には、工具摩耗の進行が抑制されるのに対して、工具に+1kVのアノード電圧を与えた場合には工具摩耗が著しく促進されていることがわかる。また、いずれの直流電圧下においても、ノンコーティング工具に比べてTiNコーティング工具の方が、摩耗の進行が僅かに遅くなっている。

図5の最終切削長4 kmにおける工具摩耗量を棒グラフで図6に表す。同図より、通常切削 (0V) では、TiNコーティング工具が32  $\mu\text{m}$ 、ノンコーティング工具が35  $\mu\text{m}$  である。これより、コーティング工具の方が僅かに小さい値を示しており、高速度鋼にTiNをコーティングすることによって寿命が僅かに延びていることがわかる。一方、-1kVカソード電圧下では、両工具ともにカソード防食法によって工具摩耗量は著しく小さくなり、

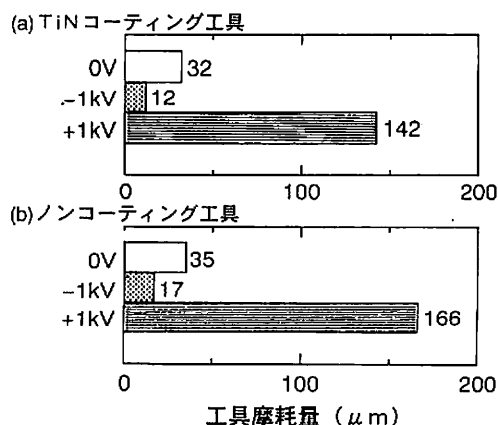


図6. 最終切削長4kmでの工具摩耗量

通常切削の場合のおよそ1/2~1/3の値を示している。+1kVのアノード電圧下では、両工具ともに工具摩耗量は極めて大きい値を示し、0Vの場合のおよそ4~5倍、-1kVの場合のおよそ10倍の値を示している。

### 3.3 刃先摩耗面のSEM観察

TiNコーティング工具のすくい面の刃先近傍のSEM写真を図7に示す。写真撮影は、TiN薄膜の剥離の程度を調べるために、実験終了後行ったものである。

通常切削(0V)では、刃先先端部においてか

なり広い幅、すなわち、刃先線から約200μmの幅にわたってTiN薄膜が剥離し、高速度鋼母材が露出している。このような薄膜の剥離によって、TiNコーティングによる刃先摩耗進展の抑制効果が得られなかったと考えられる。-1kVのカソード電圧下では、カソード防食法によって刃先の腐食磨耗が抑制されるためにTiN薄膜の大きな剥離が見られない。一方、+1kVのアノード電圧下では、腐食磨耗が促進されるために、TiN薄膜の剥離の程度は最も大きく、刃先線から約500μmの幅にわたっている。

### 3.4 工具摩耗におよぼす切削速度の影響

つぎに、TiNコーティング工具とノンコーティング工具の工具摩耗の進展状況におよぼす切削速度の影響について検討する。

通常切削(0V)での両工具の工具摩耗量の切削時間にともなう変化を切削速度をパラメータとして図8に示す。同図のように、高速切削ほど摩耗の進行が速くなっている。なお、-1kVのカソード電圧下では、通常切削と同様に高速切削ほど工具摩耗の進行が速くなるが、+1kVのアノード電圧下では、同一切削時間での切削速度による工具摩耗量の差は、他の電圧条件に比べて著しく小さくなる結果が得られた。

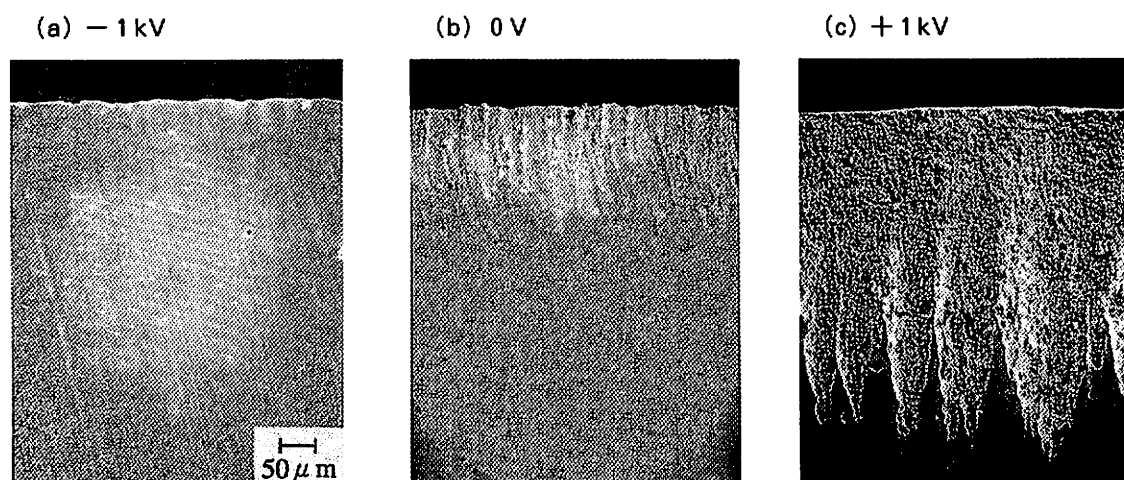


図7. TiNコーティング工具の刃先すくい面のSEM写真

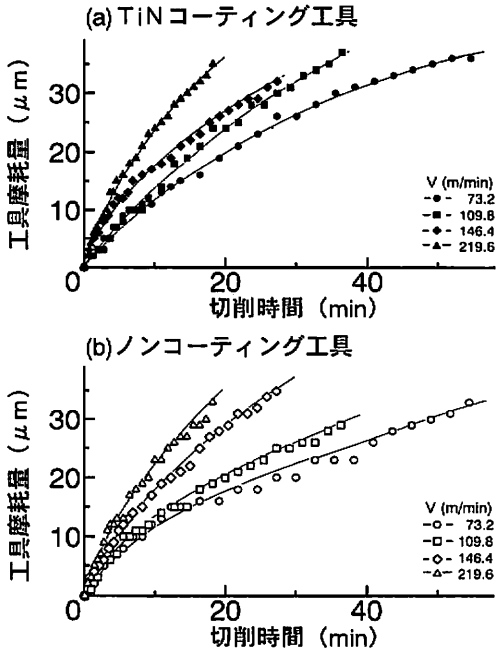


図8. 工具摩耗の進行におよぼす切削速度の影響

### 3.5 工具摩耗に占める腐食摩耗の割合

一般に、工具切れ刃の摩耗機構は、力学的摩耗、腐食摩耗、熱的摩耗などから成る<sup>2-5)</sup>と考えられている。本実験のように、生材あるいは高含水率材の切削における工具摩耗は、力学的摩耗と腐食摩耗の両機構に起因すると判断されるが、既往の研究から、生材あるいは高含水率材では腐食摩耗機構が支配的である<sup>2)</sup>ことが明らかにされている。したがって、工具摩耗の進行を押さえるには、腐食摩耗を抑制することが重要になるが、この抑制方法の代表的なものがカソード防食法である。これは、本実験のように、直流電源を用いて工具に負の直流電圧、すなわち、カソード電圧を与えながら切削を行う方法である。この方法によって、腐食摩耗を完全に抑止できると、工具摩耗は力学的摩耗によって進展することになる。

図9は上記の関係を図示したものである。すなわち、最終切削長4kmにおける通常切削(0V)での工具摩耗量を $W_t$ とすると、カソード電圧下(-1kV)での工具摩耗量 $W_m$ が力学的摩耗に基づく摩耗量であり、 $W_c$ で表される $W_t - W_m$ の値が腐食摩耗に基づく摩耗量となる。さらに、 $W_c$

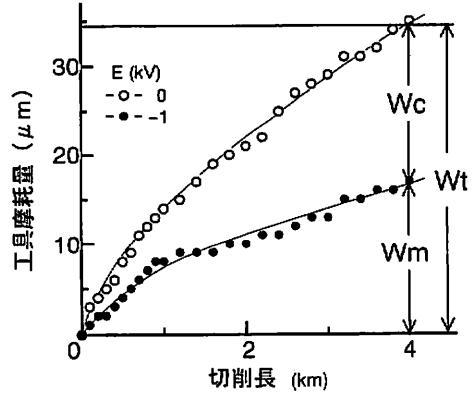


図9. 工具摩耗 ( $W_t$ ) に占める腐食摩耗 ( $W_c$ ) と力学的摩耗 ( $W_m$ )

／ $W_t \times 100$ を求めると、工具摩耗に占める腐食摩耗の割合を得ることができる。

工具摩耗に占める腐食摩耗の割合を、ノンコーティング工具とTiNコーティング工具について、各切削速度ごとに求めたのが、表1である。同表より、本実験の高含水率材のひら削り加工における腐食摩耗の割合は、両工具ともに高速切削ほどその値は小さくなっており、ノンコーティング工具ではおよそ45~60%、TiNコーティング工具ではおよそ34~66%が腐食摩耗機構に起因していることがわかる。

表1. 工具摩耗に占める腐食摩耗割合

切削速度	ノンコーティング工具	TiNコーティング工具
(m/min)	(%)	(%)
73.2	60.6	66.7
109.8	51.7	64.9
146.4	51.4	62.5
219.6	45.5	34.3

## 4. 結 語

本研究では、ベイマツ高含水率材のひら削り加工における窒化チタン (TiN) コーティング高速鋼工具の腐食摩耗特性を調べる目的から、3種類の通電条件下で切削速度を4段階に変化させて、工具摩耗寿命試験を行った。実験結果から、通常

切削におけるTiNコーティング工具の刃先磨耗の進行状況をノンコーティング工具と比較し検討した。

1) 電圧を与えない通常切削におけるTiNコーティング工具の工具磨耗の進行は、高速切削ほど速いが、いずれの切削速度の場合も、ノンコーティング工具よりも僅かに遅くなった。TiNコーティングによって僅かに工具寿命が延長することがわかった。寿命試験終了後のTiNコーティング工具の刃先のSEM観察の結果、刃先端部でTiN薄膜が剥離して高速度鋼母材が露出しているのが確認された。

2) 工具に-1 kVを与えたカソード電圧下では、カソード防食法によって工具磨耗の進行は抑制されたが、工具に+1 kVを与えたアノード電圧下では工具磨耗が著しく促進された。両電圧下において、TiNコーティング工具の磨耗の進行は、ノンコーティング工具よりも僅かに遅くなった。

3) 電圧を与えない通常切削における工具磨耗

に占める腐食磨耗の割合を求めると、ノンコーティング工具ではおよそ45~60%、TiNコーティング工具ではおよそ34~66%であった。

この報告の一部は、第5回日本木材学会九州支部大会(1998年、福岡)で発表した。

## 文 献

- 1) 村瀬安英, 吹野信, 曾我勝明, 番匠谷薫: 第42回日本木材学会大会研究発表要旨集, 名古屋, 1992, p.182.
- 2) 村瀬安英: 木材学会誌, 30 (1), 47-54 (1984).
- 3) Pahlitz, G.; Jostmeir, H.: *Holz als Roh-und Werkstoff*, 22 (11), 424-429 (1964).
- 4) Tsai, G.S.C.; Klamecki, B.E.: *Wood Science*, 12 (4), 236-242 (1980).
- 5) 番匠谷薫, 森 稔: 木材学会誌, 34 (3), 214-221 (1988).