宮崎大学学術情報リポジトリ
University of Miyazaki Academic Repository

スギ材のロータリー単板切削における単板表面粗さ特性と切削音について

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 宮崎大学教育文化学部 公開日: 2008-03-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 永冨, 一之, 村瀬, 安英, Nagatomi, Kazuyuki, Murase, Yasuhide メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/1321

宮崎大学教育文化学部紀要　芸術・保健体育・家政・技術学　第14号（2006）11－18頁

スギ材のロータリー単板切削における単板表面粗さ特性と切削音について

永冨　一之・村瀬　安英*

Surface Roughness Characteristics of Veneer and Peeling Sound in the Peeling of SUGI.

Kazuyuki NAGATOMI and Yasuhide MURASE*

要　旨

スギ材のロータリー単板切削における単板表面粗さに及ぼす年輪傾斜と工具摩耗の影響を明らかにすると共に，工具摩耗については切削音や消費電力との対応を検討した。単板表面粗さに及ぼす年輪傾斜の影響は，約200％以上の高含水率域に認められるが，含水率約200％以下では，含水率の低下に伴う表面粗さの増加が影響して，年輪傾斜の影響が明確に現れない。工具摩耗の進行は，高含水率単板の表面粗さを上昇させるが，切削音の音圧波形や音圧レベルには，顕著な違いが無く，切削音によって高含水率材の単板切削における工具摩耗状態を認識することは困難である。一方，消費電力は，工具摩耗の進行に対応して増加することから，工具摩耗状態を認識する一つの有用な情報源と考えられる。

1．緒　言

筆者らは，これまでに含水率の異なるスギ辺材部のロータリー単板切削を行い，生成される単板品質（表面粗さと裏割れ）と切削音特性の関係を検討した[1]。その結果，単板の表面粗さ及び裏割れ率は，原木の含水率の低下にともなって上昇し，これらの変化に対応して発生する切削音には，裏割れの発生周期と一致する突発的な大振幅信号の増加や超音波域の音圧レベルの上昇が認められた。このことから，切削音による表面粗さや裏割れ発生のインプロセス認識の可能性が明らかとなった。

以上のように，スギ単板の表面粗さは，原木の含水率に大きな影響を受けるが，単板の年輪傾斜[2]や工具摩耗によっても変動することが予測される。しかしながら，広範囲の含水率域においてスギ単板の表面粗さに及ぼす年輪傾斜と工具摩耗の影響を検討した研究は少ない。また，スギ単板切削において切削音による工具摩耗状態の認識の可能性についての検討もほとんど行

*九州大学農学研究院森林資源科学部門

われていない。そこで，広範囲の含水率域において，順目と逆目切削条件における単板切削ならびに摩耗状態の異なる工具による単板切削を行い，単板の表面粗さに及ぼす年輪傾斜と工具摩耗の影響を明らかにすると共に，工具摩耗については切削音やベニヤレースの消費電力との対応を検討した。

2．実　験

2.1　実験装置と切削条件

実験に使用したベニヤレースは，金工用の小型旋盤を改造して製作したものである。このベニヤレースに，高速度鋼SKH51の平かんな刃（寸法：250×65×8 mm）を，逃げ角30′で一定となるように，主軸中心線を含む水平面より $t/2\pi$（t：単板歩出し厚さ）下方の位置に工具刃先線を合わせて取り付けた[3]。なお，この工具の刃先には，メインベベル角20°のすくい面側に角度30°でランド幅0.3 mmのマイクロベベルを付けている[4]。

切削条件は，単板歩出し厚さ（t）を1.40 mmと3.16 mmの２段階，ローラバー（ローラ径25 mm，自由回転方式）による二次圧縮量を３％に一定とした。なお，摩耗工具を用いた切削実験では，未摩耗（0 μm）及び逃げ面刃先後退量（R_b）が10，20，30 μmの４段階として，水中貯木したスギ丸太を，単板歩出し厚さ3.16 mmの条件で切削した。

切削実験に使用した摩耗工具は，単板歩出し厚さ 1.40 mm，二次圧縮量３％，主軸回転数90 rpmの単板切削条件で作製した。この時の切削用丸太は，伐採直後の長さ２mの宮崎県産スギ丸太20本を長さ100 mmに玉切りした後，これを粗剥きした段階で丸太外周部に直径20 mm以上の節が認められるものを取り除き使用した。逃げ面刃先後退量は，ビッカース硬度計（明石製作所MVK-E）を用いて，工具の逃げ面３カ所にダイヤモンド圧子痕を付け，この痕跡から工具先端までの距離の変化量をそれぞれ求めその平均値とした。摩耗工具作成過程における逃げ面刃先後退量と切削距離との関係を図１に示す。スギ材の単板切削の場合，主に，節切削時に刃先の欠損等が発生すると考えられるが，本実験では，比較的大きな節を有する丸太の切削を可能な限り避けたこと，またマイクロベベルの効果によって，大規模な刃先の欠損は，ほとんど発生していなかった。その結果，逃げ面刃先後退量は，切削初期に発生する刃先の微少な欠損等に起因して，10 μm程度まで比較的増加率が高くなっているが，しだいに緩やかになり，定常的な摩耗進行を示している。

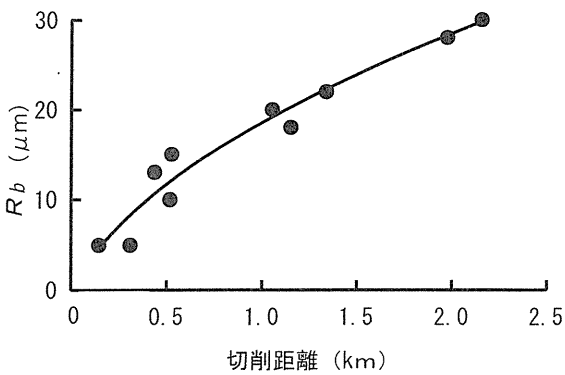

図１　工具の逃げ面刃先後退量（R_b）と切削距離の関係

2.2　実験方法

切削実験では，長さ２mの宮崎県産スギ丸太を75 mmに玉切りし,その中で無節のものを切削実験用丸太として使用した。なお，実験において広範囲にわたる含水率分布となるように，その一部を水中貯木している。この切削実験用丸太における測定対象位置は，ベニヤレースの主軸回転数90 rpmに対して，切削速度がほぼ１m/sとなる丸太の直径215 mm前後での主軸３回転

分の単板厚さ分とした。なお，この部分は，丸太における辺材部あるいは移行材部にあたり，平均年輪幅2.3 mm，平均容積密度数310 kg/m^{3}である。また，単板切削における初期の薄剥け現象の影響を除くために，測定の対象とした主軸３回転分の単板は，丸太を剥き始めて５～７回転目となるように剥き始めの切削用丸太直径を粗剥きして調節した。

ベニヤレースの切削主要部と計測装置の一部を図２に示す。切削音は，工具の刃先から上方150 mm離れた位置に設置したマイクロホン（RION UC-29）で検出し，この検出信号を，周波数レンジ100 kHz，計測時間1600 ms（50フレーム），サンプリング点数8192点／１フレームに設定したＦＦＴアナライザ（A&D AD-3525）に入力した。この入力信号から求めた音圧レベルスペクトルは，主軸が１回転する間に発生した切削音信号全体に対して，１フレーム32 ms，ハニング窓，オーバーラップ50 %の設定で求めた加算平均スペクトルである。なお，主軸が１回転する間に生成される単板及びこの間に発生する切削音をそれぞれ１単位として解析するために，主軸１回転分の単板長さは，丸太木口面の放射方向に付けた直線の跡によって確認した。また，この主軸１回転分の単板生成時に発生した切削音信号は，回転位置センサーからの原木１回転毎(木口面の直線を切削する毎)に発生するパルス信号をＦＦＴアナライザに入力することで確認すると共に，切削音の入力用トリガ信号としても利用した。

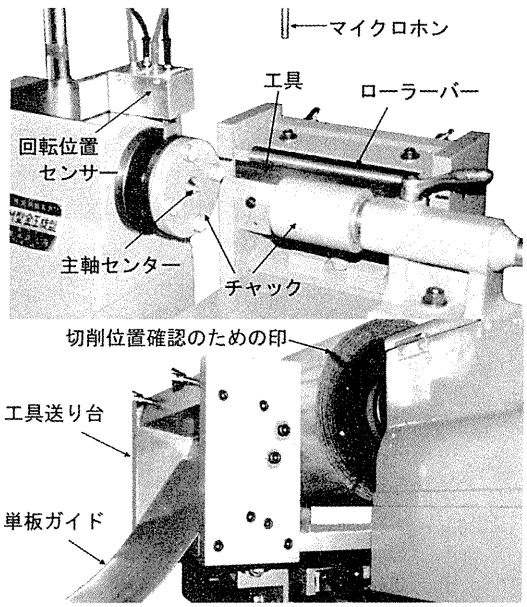

図２　ベニヤレースの切削主要部と計測装置の一部

ベニヤレースの消費電力の測定は，電源入力部に電力計（横河CLIP-ON AC POWER METER MODEL2433）を接続して，逃げ面刃先後退量（R_b）の異なる0，10，20，30 μmの４段階の工具毎に，水中貯木を10ヶ月間行った切削用丸太を５個切削した。なお，消費電力は，この電力計からの信号をＦＦＴアナライザへ入力して，得られた電力時間波形における主軸５～７回転の間での最大値と最小値から求まる平均値とした。

単板の含水率と表面粗さは，以下の手順で測定を行った。まず，切削直後に，測定の対象とした主軸３回転分の単板を１回転分の単板長さに切り分け，さらに各１回転分の単板長さを20等分して，合計60枚の短冊形単板とした。この60枚の短冊形単板についてそれぞれ含水重量を測定した後，室内で十分に乾燥させて気乾状態とし，単板のtight side面の２カ所の表面粗さを測定した。この測定の後，全単板を熱風乾燥機に入れて，全乾状態とした後に単板重量を測定し，切削直後に測定した含水重量との関係から全乾法（JIS Z2102）による含水率を求めた。なお，単板の表面粗さ値は，触針式表面粗さ測定器（東京精密 サーフコム120Ａ）に，先端形状が円錐90°で先端曲率半径が5 μmの触針を取り付け，カットオフ0.8～8.0 mm（バンドパスフィルタ），評価長さ16 mmの条件で，ろ波中心線うねり（*Wca*：JIS B0610-1987）を求めた。

単板の年輪傾斜は，短冊形に切断した単板毎に，切削方向に対する年輪傾斜角度から順目と逆目に区別した。なお，平行の場合は順目に含め，順目と逆目が共に含まれる場合は除いた。

3．結果と考察

3.1　単板表面粗さに及ぼす年輪傾斜の影響

単板の含水率と切削面の表面粗さの関係を，順目と逆目切削条件別に図３に示す。

単板歩出し厚さが1.40 mmにおける順目切削条件下では，同図(a)のように，含水率の増加にともなって，表面粗さの低い単板が生成される割合が増加する傾向を示した。含水率200 %以上では，表面粗さはそのほとんどが約20 μm以下の値を示し，良好な表面状態の単板となっているが，含水率100 %以下では早材部の剥離により表面の凹凸が大きく，表面粗さが約40 μm以上の極めて粗い単板が生成されることがある。一方，逆目切削条件下では，同図(b)のように，含水率の増加にともなう表面粗さの減少傾向は，順目切削条件とほぼ同様であるが，全含水率域において表面粗さは平均値ならびに変動幅とも大きいことがわかる。

単板歩出し厚さが3.16 mmでは，同図(c)のように，順目切削条件下にあっても単板の含水率の大小に拘わらず表面粗さが40 μm以上の粗い表面の単板が生成されることがある。しかし，逆目切削の影響が表面粗さの増加として顕著に現れるのは，約200 %以上の高含水率域であり，これは単板歩出し厚さが1.40 mmの場合とほぼ同様である。

以上のことから，単板表面粗さに及ぼす年輪傾斜の影響は，約200 %以上の高含水率域に認められるが，含水率約200 %以下では，含水率の低下にともなう表面粗さの増加が影響して，

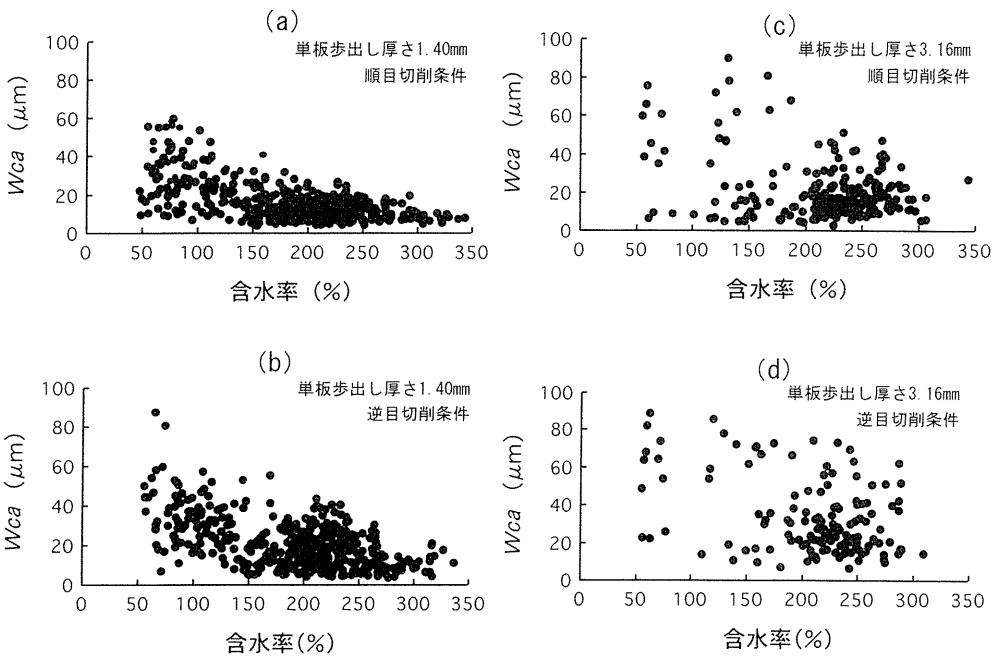

図３　順目及び逆目切削条件における単板の含水率と表面粗さ（*Wca*）の関係

単板の表面粗さに及ぼす年輪傾斜の影響が明確に現れないと考えられる。したがって，スギ材の単板切削において，良好な表面の単板を生成するには，含水率が高く偏心の少ない丸太を剥くことが重要である。さらに移行材部における低含水率の影響を防ぐためには，一定期間水中貯木等を行うなどの処理が必要であろう。

3.2　単板表面粗さに及ぼす工具摩耗の影響

スギ単板の表面粗さは，原木の含水率に大きな影響を受けることが明らかである。そこで，本実験では水中貯木を10ヶ月間行い，切削部分の含水率が150 %以上となった切削用丸太を供試することによって，すなわち，表面粗さに及ぼす含水率の影響が小さい条件において工具摩耗の影響を検討した。図４に，未摩耗工具及び逃げ面刃先後退量の異なる工具を用いて単板歩出し厚さ3.16 mmで切削したときの単板表面粗さの分布を順目と逆目切削条件別に示す。順目切削条件下では，同図(a)に示すように，未摩耗工具と比較すると，摩耗工具による単板切削は明らかに表面粗さ値の高い単板が多く生成された。一方，逆目切削条件下では，同図(b)に示すように，高含水率の単板でしかも未摩耗工具であっても逆目切削に伴う極めて粗い単板が生成されていることから，刃先摩耗の進行に伴う顕著な表面粗さの増加は認められなかった。なお，表面粗さが20 μm以下の単板表面を観察すると，未摩耗工具と摩耗工具の間には，早材部での毛羽立ちの違いを含む明らかな表面状態の違いが認められたが，本実験で求めたカットオフ0.8～8.0 mm設定でのろ波中心線うねり（*Wca*）では，毛羽立ちの表面状態を数値変化として検出することはできなかった。

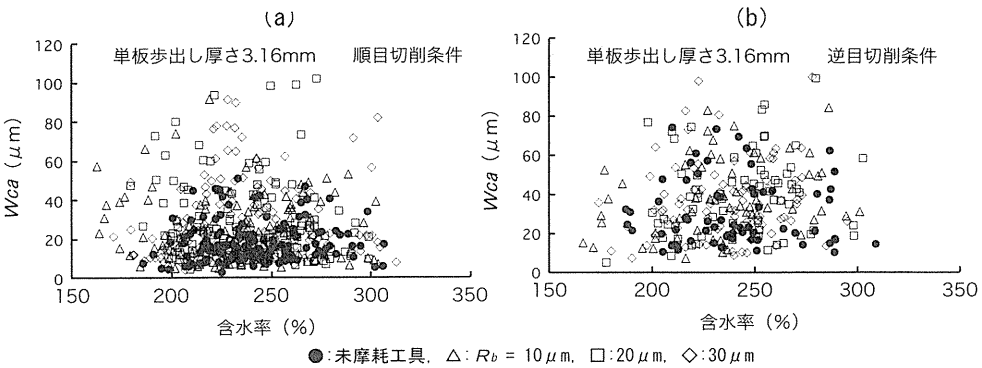

図４　未摩耗工具及び逃げ面刃先後退量（R_b）の異なる工具で生成された単板の表面粗さ（*Wca*）の分布

ここで，原木１回転分の単板の平均表面粗さと逃げ面刃先後退量の関係を図５に示す。平均表面粗さは，逃げ面刃先後退量の増加にともなって上昇し，20 μm以上でほぼ一定を示した。未摩耗工具と比較すると，摩耗工具によって生成される単板の平均表面粗さの変動幅は大きく，これは未摩耗工具の場合と同程度の単板も生成されるが，極めて粗い単板も発生することを示し，結果的に平均表面粗さの平均値を上昇させていると考えられる。

以上の結果から，高含水率材の単板切削においては，工具摩耗の進行によって単板の表面粗さは順目切削条件下では上昇するが，逆目切削条件下では年輪傾斜の影響の方が大きく支配するため，工具摩耗の影響はあまり出現しないと考えられる。

3.3　切削音による工具摩耗の認識

切削音の音圧波形と音圧レベルスペクトルの一例として，単板歩出し厚さ3.16 mmでの未摩耗工具と逃げ面刃先後退量30 μmの摩耗工具における検出信号を図６に示す。図中に例示した検出音は，生成単板の平均表面粗さが未摩耗工具では18.9 μm，摩耗工具では50.0 μmの時のものである。両者を比較すると，図中(a)，(b)に示す音圧波形には顕著な違いは認められず，低含水率材での単板切削において検出された裏割れ周期に対応する大振幅信号[1]も認められなかった。一方，図中(c)，(d)に示す音圧レベルスペクトルにも，両者のスペクトルパターンに大きな違いは認められず，周波数40 kHz以下に認められるいくつかのピークを除き，いずれも周波数が高くなるにともなって音圧レベルが低下する傾向を示した。

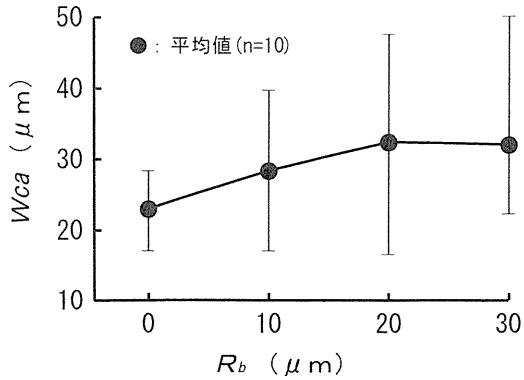

図５　高含水率材の単板切削における原木１回転分の単板の平均表面粗さ（*Wca*）と工具の逃げ面刃先後退量（R_b）の関係

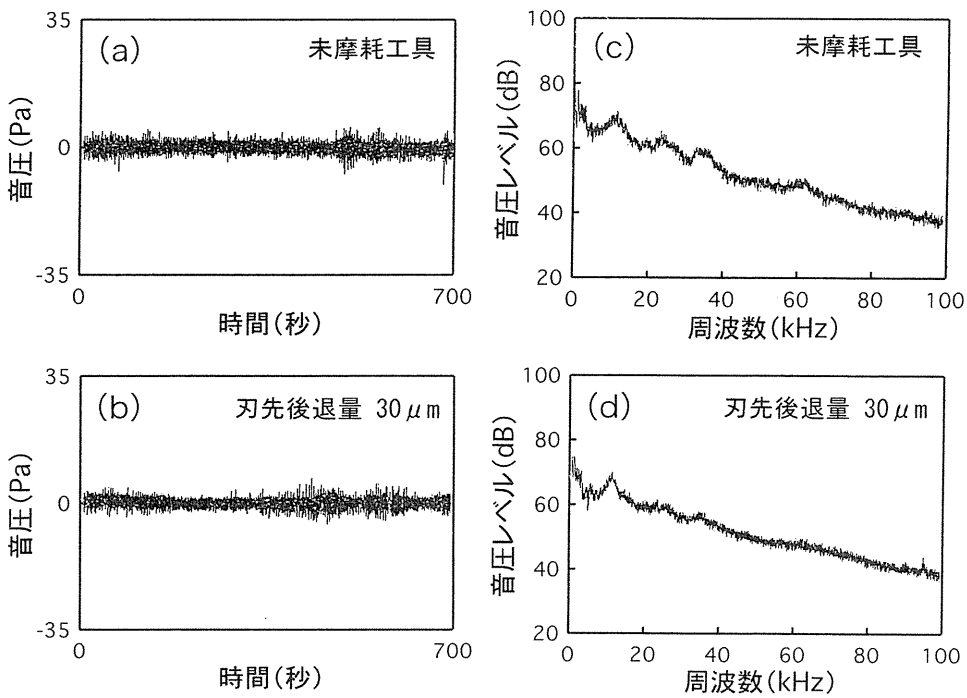

図６　単板切削時に発生した切削音の音圧波形と音圧レベルスペクトルの一例

ここで，未摩耗工具及び逃げ面刃先後退量の異なる摩耗工具を用いて単板切削を行った時に検出した低周波数域の5 kHz以下と超音波域の90 k～100 kHzの周波数帯域の音圧レベルと単板

の表面粗さの関係を図７に示す。同図より，単板の表面粗さが大きく異なっても，そのときに発生する切削音の音圧レベルは，低周波数域及び超音波域ともほとんど変化が認められず，また，逃げ面刃先後退量の大小にもあまり影響を受けない結果である。

このように表面粗さが極端に異なる単板切削において，音圧波形及び音圧レベルスペクトルとも顕著な違いが検出されない結果は，表面粗さを切削音によって認識する場合に有効であった２つの方法[1]，すなわち音圧波形に現れる大振幅信号をカウントする方法と超音波域の音圧レベルの変動を利用する方法が，高含水率域の単板切削では適用できないことを示唆している。その原因として，高含水率条件下において，切削音の音圧波形に現れる大振幅信号や音圧レベルの変化は，低含水率の条件と同じように大規模な裏割れ等の破壊が発生しても，発生する音のレベルが低いことに起因すると推定される[5),6)]。

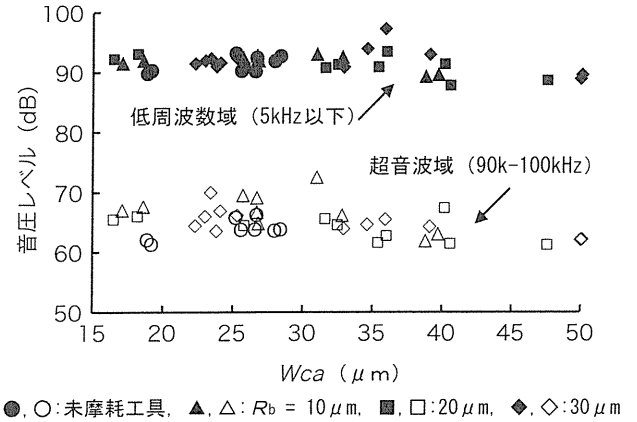

図７　未摩耗工具及び逃げ面刃先後退量（R_b）の異なる摩耗工具での単板切削時に検出した切削音の低周波数域（5kHz以下）と超音波域（90k～100kHz）の音圧レベルと表面粗さ（*Wca*）の関係

3.4　ベニヤレースの消費電力と工具摩耗の関係

前述のように，高含水率材の単板切削においては表面粗さの上昇に繋がる工具摩耗の進行を切削音によって認識することが困難であることから，工具摩耗の進行を認識する方法として，ベニヤレースの消費電力の測定を取り上げた。その測定結果を図８に示す。なお，同図縦軸の消費電力変化率とは，未摩耗工具における消費電力の平均値を100％として示したときの変化率である。消費電力変化率は，逃げ面刃先後退量の増加にともなって，消費電力は増加するが，その増加率は次第に緩やかになりながら30 μmまでに約10％上昇した。このように，消費電力は，切削音のように単板の破壊形態や破壊規模に直接対応する指標ではないが，工具摩耗の進行にともなう切削抵抗の増大を反映していることから，工具摩耗の進行状態を推定する一つの有用な情報源と考えられる。

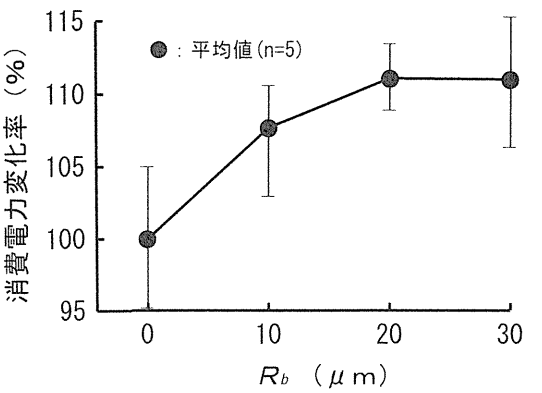

図８　ベニヤレースの消費電力変化率と工具の逃げ面刃先後退量（R_b）の関係

4 結 論

スギ材のロータリー単板切削における単板表面粗さに及ぼす年輪傾斜と工具摩耗の影響を明らかにすると共に，工具摩耗については切削音やベニヤレースの消費電力との対応を検討した結果，以下の結論が得られた。

1）スギ単板の表面粗さに及ぼす年輪傾斜の影響は，約200 %以上の高含水率域においては，粗さの上昇として逆目切削条件下で顕著に認められるが，含水率約200 %以下では，含水率の低下にともなう表面粗さの増加が影響して，年輪傾斜の影響は明確に現れない。

2）スギ単板切削における工具摩耗の進行は，含水率150 %以上の単板の表面粗さを上昇させる。ただし，この上昇は，単板の順目切削部分の粗れを反映した結果であり，逆目切削部分では年輪傾斜の影響の方が大きく支配するため，工具摩耗の影響による表面粗さの顕著な上昇は認められない。

3）高含水率材のスギ単板切削の場合，工具摩耗による単板生成状態の変化を切削音の音圧波形や特定周波数域の音圧レベルによって認識することは困難である。

4）ベニヤレースの消費電力は，工具摩耗の進行にともなって増加することから，工具摩耗状態を認識する一つの有用な情報源と考えられる。

参考文献

1）K.NAGATOMI,K.YOSHIDA,K.BANSHOYA,Y.MURASE：Proceedings IWMS14 , pp681-690（1999）
2）高野　勉，木下敍幸：木材工業，Vol.47，pp.14-19（1992）
3）林大九郎：東京教育大学農学部紀要，第８号,pp.179-216(1962)
4）長井正幸，小林　純，福井　尚，林大九郎：木材学会誌，Vol.37,pp1135-1143（1991）
5）村瀬安英，川波　聡：木材学会誌，Vol.36,pp717-724（1990）
6）定成政憲，喜多山繁，服部順昭，瀬川　圭：木材学会誌，Vol.37,pp424-433（1991）

Abstract

The effects of both inclination angle of annual ring of SUGI log and tool wear on surface roughness of SUGI rotary-veneer were examined. Furthermore the possibility of recognition of tool wear through peeling sound was examined. The degree of the effect of inclination angle of annual ring on veneer surface-roughness changes with the moisture content of SUGI log. In the log of 200 % or more moisture content, the veneer surface-roughness increased at the cutting against of annual ring. In the log of 200 % or less moisture content, the rough veneers were generated at a high rate unrelated of the inclination angle of annual ring by the effect of moisture content. The increase of the amount of tool wear made the surface roughness increase of veneer with high moisture content. At this time, the clear change does not appear not only in the sound pressure waveforms but in the sound pressure levels of peeling sound, so it is difficult to recognize a tool wear condition by the peeling sound detected with a microphone. On the other hand, since electricity consumption increased corresponding to increase of the amount of tool wear, it is one of useful sources which can recognize a tool wear condition.