

学位論文題名

針葉樹材の原木材質がロータリー単板切削性に及ぼす影響

学位論文内容の要旨

環境保護あるいは資源保全の立場から、熱帯産広葉樹材に代わって針葉樹材を合板用原木として利用していくことが世界的に求められている。しかし、合板用原木としての針葉樹材の欠点である単板面粗さなど、利用上の問題点が多いにもかかわらず、針葉樹材の単板切削性を原木材質や木材組織学的な観点から、検討した例はほとんどない。また、今後の資源の充実が見込まれる国産針葉樹材を対象としたロータリー単板切削試験も少ない。本論文はスギ、ヒノキ、アカマツを供試材とし、これまで知見の少ない単板品質(単板面粗さおよび裏割れ深さとその間隔)に及ぼす原木材質の影響を明らかにすることを目的としている。

第2章では上記3樹種のロータリー単板品質の変化を刃物角度と刃口間隔の装置上の条件から検討し、また、単板切削性に及ぼす原木材質の影響について若干の検討を行った。針葉樹材の単板切削で問題となる節による刃物の欠けの発生は、刃先のすくい面側を研磨してマイクロベベル(斜角)をつけることにより刃先の曲げ剛性を高くした条件で抑制できることを明らかにした。特に、刃物角 22° で刃先角 28° の条件でスギを切削したところ、切削可能な単板長が 1500mm 以上と、実用上十分な耐久性を示した。原木材質による影響については、スギでは単板面粗さに対して含水率と年輪幅が影響していた。一方、他の2樹種では単板面粗さおよび裏割れ深さが年輪に対して順目切削と逆目切削の条件の間で変化し、両者の間の差は刃口条件による差に比べて大きかった。このほか、スギ単板面が粗くなる原因は、刃先によって早材部がつぶれて単板面から剥離するためであることを明らかにした。

第3章では原木材質と単板品質との関係について詳細な検討を行った。原木の材質因子として含水率、年輪幅、年輪傾斜角、単板内における晩材部の位置、繊維接触角、仮道管径と壁厚、の6項目をとりあげた。単板面粗さに対しては、スギ単板面粗さに対する含水率および仮道管径と細胞壁厚の影響、そして3樹種に共通して年輪傾斜角の影響が強かった。スギでは、含水率が 100% 以下で、かつ、仮道管径が大きく壁厚が薄い条件で単板面が粗くなり、

次の式から単板面粗さが予測できた。

$$R(\mu m) = \text{EXP}(0.13D - 0.28T + 4.12)$$

(R:単板面粗さ、D:早材仮道管の接線方向内腔径、T:早材仮道管の接線壁厚)

また、単板面粗さは順目切削に比べて逆目切削条件で大きく、逆目で年輪傾斜角が -20° の単板面粗さは順目の3～4倍の値を示した。一方、裏割れ深さとその間隔に対して影響を及ぼしていたのは年輪傾斜角と単板内における晩材部の位置であった。裏割れ深さも順目切削部分に比べて逆目切削条件で大きく、逆目部分の裏割れ深さは順目部分の1.5倍程度であった。

第4章では、単板品質の向上および節の軟化による刃物の欠けの低減を目的として、アカマツにおける原木加熱の単板品質への影響を検討した。特に、前章の検討結果より、アカマツ単板の品質に最も影響を及ぼす年輪の影響に注目し、さらに、木材の組織構造と加熱による物性変化に関連させて単板品質の変化を考察した。単板面粗さは加熱温度の上昇によって増加したが、裏割れは加熱温度の上昇とともにその深さと間隔が大きく減少し、 70°C の裏割れ深さは 20°C の場合の3～4割の値を示した。また、 70°C 以上の条件では年輪界に沿った単板表面側の割れが頻発した。これは、加熱による軟化がリグニンとヘミセルロースに生じ、これらの含有率の高い細胞間層とそれに接する壁層が選択的に軟化したため、仮道管相互の結合力が低下したことに原因があると推察した。実験結果の総合的判断からアカマツにおける最適加熱温度は 50°C と 70°C の間にあると結論した。

第5章では、スギ単板面粗さの低減を目的として低周波の横振動単板切削を行ない、ヒノキを比較対象として単板品質に及ぼす原木材質の影響の振動切削による変化を調べた。その結果、早材部のつぶれが生じにくいヒノキでは無振動切削に対して73%まで面粗さが減少したのに対して、スギの含水率100%以下の条件では振動切削によって刃先による早材部のつぶれが抑制されたため、無振動切削に対して61%にまで面粗さが低下した。また、スギ単板面粗さに対する振動切削の効果は、含水率100%以下の場合には順目切削で大きく、逆目切削では無振動切削に対して73～82%の値であったのが、順目切削では無振動切削に対して41～50%であった。裏割れ間隔は振動切削によって変化しなかったが、裏割れ深さは、刃物の横方向の動きによって発生した切削力の横分力およびノーズバーの原木への圧縮力から生じた単板内のせん断力によって増加した。しかし、無振動切削に対する振動切削の裏割れ深さの比の平均値は1.18と小さく、実用上問題のない程度であった。

実験結果の解析および考察によって得た結果から、単板面粗さおよび裏割れ深さとその間隔に及ぼす原木材質の影響は刃口間隔による影響に比べて大きいいため、適正な切削条件を求める際には原木材質の影響について十分に考

慮する必要があることを明らかにした。また、次のような針葉樹材に共通した原木材質が単板品質に及ぼす影響の概要を示した。

スギのように比重の低い早材部を持つ樹種では、早材部が刃先によってつぶされて単板面から剥離しやすいために単板面が粗くなる傾向があるので、良質の単板を得ることは難しい。表面の滑らかな単板を得るためには、高含水率材あるいは早材部の比重が高い材を選ぶか、横振動切削方式を採用して早材部のつぶれを抑制する必要がある。このほか、すべての針葉樹材に共通した単板切削性として、単板面粗さは切削方向に対する年輪傾斜角に大きく依存し、順目切削部分に比べて逆目切削部分で面が粗くなる。

裏割れ深さとその間隔は年輪傾斜角によって変化し、順目切削部分に比べて逆目切削部分で大きくなる傾向があるが、単板面粗さの場合に比べて逆目切削と順目切削条件の間の差は小さい。裏割れ深さとその間隔は、原木を加熱処理することにより大きく減少させることができる。また、今後の課題として、逆目部分の裏割れ深さは、分割式のフローティングバーを採用することによって小さくすることができる可能性があると考えた。このほかスギやアカマツのように晩材部比重の高い樹種では、切削中に刃先近傍で発生した裏割れの進行が晩材部付近で止まる傾向が強く、これは、年輪幅が狭くなるほど裏割れが浅くなることを示している。

本研究の成果から、これまで試行錯誤によって行われてきた樹種ごとあるいは産地ごとの原木の単板切削性および適性切削条件の決定が、材質試験のデータから予想できるようになった。このことは、特にスギのような品種あるいは地域ごとに材質の異なる樹種や、これまで利用実績の少ない造林木などの需要開発に対して、有益な情報となる。また、造林木に対して単板切削性に優れた材質を付与するような施業や選抜を行うための基礎資料として、本研究の成果が活用できる。

学位論文審査の要旨

主査	教授	深澤	和三
副査	教授	寺尾	日出男
副査	教授	平井	卓郎
副査	助教授	大谷	諄

学位論文題名

針葉樹材の原木材質がロータリー単板切削性に及ぼす影響

本論文は7章からなり、図59、表27、写真14、引用文献108を含む総頁数145の和文論文である。別に参考論文11編が添えられている。

熱帯産広葉樹材に代わって合板用原木として利用が望まれている針葉樹材の単板切削性を木材組織学的な観点から検討することを目的として、研究資料の蓄積に乏しいスギ、ヒノキ、アカマツの国産針葉樹材を供試材として用い、これまで知見の少なかった単板品質（単板面粗さおよび裏割れ深さとその間隔）に及ぼす原木材質の影響が検討された。

第2章では、針葉樹材の単板切削で大きな問題となる節による刃物の欠けの発生は、刃先のすくい面側を研磨してマイクロベベル（斜角）をつけることによって抑制できることが明らかにされた。スギの単板切削試験では、刃物角 22° で刃先角 28° の条件が高い耐久性を示した。また、刃口間隔が単板品質に及ぼす影響は原木材質による影響に比較して小さいことが確認された。

第3章では、上記3樹種において原木材質が単板品質に及ぼす影響が明らかにされた。スギでは含水率が100%以下で、かつ、仮道管径が大きく壁厚が薄い条件で早材部のつぶれの発生のために単板面が粗くなり、早材仮道管の接線方向内腔径と接線壁厚との回帰式から単板面粗さが予測された。これ以外の条件および他の2樹種では年輪傾斜角が単板面粗さに最も強く影響しており、年輪に対して逆目切削部分（年輪傾斜角 -20° ）の面粗さは順目切削部分の3~4倍であった。一方、裏割れ深さとその間隔は年輪傾斜角と単板内における晩材部の影響を強く受けていた。年輪傾斜角の影響については、たとえば、逆目切削部分の裏割れ深さが順目切削部分の1.5倍程度の値を示していた。

単板品質の向上を目的として原木加熱処理（第4章、アカマツ）と低周波

横振動切削（第5章、スギおよびヒノキ）による効果が調べられた。加熱処理によって単板面粗さはやや増加したが、裏割れ深さとその間隔は大きく減少し、70°Cの裏割れ深さは20°Cの場合の3～4割の値を示した。横振動切削では裏割れ深さがわずかに増加し、無振動切削の1.18倍であったが、これは実用上問題のない程度であるとされた。一方、単板面粗さは、スギの含水率100%以下の最も単板面が粗くなる条件で早材部のつぶれが抑制されたため、振動切削による低減効果が特に大きく、無振動切削に対して61%にまで単板面粗さが低下した。さらに、同一条件の順目切削部分だけをみたところ、無振動切削の場合の41～50%にまで単板面粗さが低下していた。

これらの結果より、針葉樹材全般の原木材質と単板切削性の関係について、以下のように結論された。スギのように早材部の比重が低い樹種では、早材部のつぶれによる剥離現象が起きやすいために単板面が粗くなる傾向があるので、平滑な単板を得るためには、高含水率材あるいは早材部の比重が高い材を選ぶか、横振動切削方式を採用して早材部のつぶれを抑制する必要がある。このほか、針葉樹材の単板面粗さおよび裏割れ深さとその間隔は、切削方向に対する年輪傾斜角によって変化し、順目切削部分に比べて逆目切削部分で大きな値となる傾向があり、特に、単板面粗さは、スギのように早材部の比重が低い樹種を除いて、年輪傾斜角によってほぼ一義的に決る。また、スギやアカマツのように晩材部比重の高い樹種では、切削中に刃先近傍で発生した裏割れの進行が晩材部付近で止まる傾向が強く、年輪幅が狭くなるほど裏割れが浅くなると予想された。さらに、裏割れ深さを低く抑えるためには原木加熱処理が効果的であり、また、今回は実験が行われなかったが、分割式のフローティングバーの採用も裏割れ深さを（特に逆目切削部分において）浅くする可能性のある方法であり、今後の検討課題であるとされた。

本研究の成果によって、これまで試行錯誤によって行われてきた樹種ごとあるいは産地ごとの原木の単板切削性および適性切削条件の決定が、材質試験のデータから予想できるようになり、その成果は、造林木に対して単板切削性に優れた材質を付与するための施業や選抜を行うための基礎資料として活用されることが期待でき、高く評価できる。

よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果と合わせて、本論文の提出者高野勉は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。