

氏 名 (本 国 籍)	張 文 博 (中華人民共和国)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 405 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 18 年 3 月 13 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 3 条第 1 項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物資源科学専攻
研究指導を受けた大学	信州大学
学 位 論 文 題 目	木材のメカノソープティブクリープに及ぼす脱リグニン処理の影響
審 査 委 員 会	主査 信州大学 教授 徳 本 守 彦 副査 信州大学 助教授 武 田 孝 志 副査 静岡大学 教授 祖父江 信 夫 副査 岐阜大学 教授 棚 橋 光 彦

論 文 の 内 容 の 要 旨

一定応力下で含水率が増減するとき、木材の変形性能が顕著に高まり、とくに含水率サイクル下の木材のクリープが脱湿過程で増加し、吸湿過程(はじめての場合を除く)で回復しながら、次第に増加する現象をmechano-sorptive(MS)クリープという。MSクリープについては、多くの研究が行われてきたが、現在でもその機構は十分に説明されていない。

本論文は、細胞壁の主要構成成分であるリグニンに注目し、木材のMSクリープに及ぼす脱リグニン処理の影響を検討している。段階的に脱リグニン処理したヒノキ材の放射方向及び繊維方向の試験片を用いて、温度20℃、RH40%～94%の範囲で、連続負荷のAD、吸湿過程のみ負荷するAd、脱湿過程のみ負荷するDaの3種の負荷モードのもとで、含水率サイクル下の曲げクリープを検討している。

得られた主な結果は以下のとおりである。

- 1) リグニンが減少すると、RH94%における平衡含水率と瞬間コンプライアンス(J_0)が増加した。ただし、繊維方向の J_0 は大きな変化を示さなかった。
- 2) リグニンが減少すると、MSクリープ係数(含水率1%あたりのクリープ量)が増加した。この傾向はとくにR方向の吸湿過程で顕著であった。
- 3) Ad及びDaの過程を繰り返すとき、次第にセットが累積した。セットの累積はL方向に比較するとR方向で顕著であった。
- 4) 強度に脱リグニン処理した試片では、連続負荷条件AD5サイクル後のMSクリープの無処理に対する比は、L方向で1.7であるのに対して、R方向で5.2となった。
- 5) R方向とL方向ともに、ADの連続負荷を1/2ずつ吸湿過程と脱湿過程に振り分けて得たAd過

程とDa過程のコンプライアンスの和は、連続負荷のADのMSクリープ曲線とほぼ等しくなり、脱リグニン処理の有無によらず、重ね合わせが成り立つが確かめられた。

6) 処理が進むとともに、R方向では脱湿過程よりもむしろ吸湿過程の増加が認められたのに対して、L方向では吸湿過程の回復がより顕著になった。従って、含水率サイクルに伴うMSクリープ曲線は、脱リグニン処理が進むとともに、R方向では単調増加の傾向を強くするのに対して、L方向では鋸歯状波形の振幅を増しながら増加する傾向が顕著になった。

7) 3種の負荷モードでMSクリープを受けた曲げセット材の回復経過を負荷含水率区間との関係で見ると、ADは含水率区間に関わらず直線的な回復を示したのに対して、AdとDaは、上に凸と凹の対照的な2段階的な回復を示し、脱リグニン処理に関わらず、負荷含水率区間を記憶していることがわかった。また、AdとDaの回復曲線の和はADの回復曲線にほぼ一致し、回復曲線の重ね合わせが成立した。

このような結果から、MSクリープに及ぼす脱リグニン処理の影響は、量的には顕著であったが、その基本的性格を大きく変えるものではなく、本来の木材が示すMSクリープの両方向における特徴をより強調する結果となった。このような構造方向における脱リグニン処理の影響の相違は、脱リグニン処理されて、吸湿膨潤性を増したマトリックスの影響が、L方向ではマイクロフィブリの相互作用として現れるのに対して、R方向では直接に現れたものと考察している。また、リグニンはMSクリープ機構において抑制因子として働き、MSクリープによって発生したセットの記憶効果においても、記憶の度合いに関係するが、主な原因でないと考察している。

審 査 結 果 の 要 旨

本論文は木材のメカノソープティブ(mechano-sorptive)クリープに及ぼす脱リグニン処理の影響を、ヒノキ材の放射(R)方向及び繊維(L)方向試片を用いて検討している。

応力を受けた状態で含水率が変化するとき、木材の変形性能が高まることが知られており、単に応力と水分の影響を考慮しただけでは説明がつかないところから、応力と水分の相互作用としてmechano-sorptive (MS) creepと名付けられた。1960年代から研究が行われており、現在では、紙や吸湿性ポリマーなどMSクリープ現象が幅広く認識されるようになってきている。しかし、その機構について、まだ十分な説明が与えられていない。

そこで、本論文は、木材細胞壁を構成する主要成分であるリグニンに注目し、段階的に脱リグニン処理したヒノキの小試験片を用いて、MSクリープに及ぼす脱リグニン処理の影響を検討している。

含水率サイクル下(RH40%~94%)での3種の負荷条件(AD:連続負荷, Ad:吸湿過程のみ負荷, Da:脱湿過程のみ負荷)のもとで、段階的に脱リグニン処理したヒノキの放射方向及び繊維方向の試験片のMSクリープを検討した。

得られた主な結果は次とおりである。

1) リグニンが減少すると、MSクリープ係数(含水率1%あたりのクリープ量)が増加した。この傾向はとくにR方向の吸湿過程で顕著であった。

2) Ad及びDaの過程を繰り返すとき、次第にセットが累積した。セットの累積はL方向に比較するとR方向で顕著であった。

3) 強度に脱リグニン処理した試片では、連続負荷条件AD5サイクル後のMSクリープの無処理に対する比は、L方向で1.7であるのに対して、R方向で5.2となった。

4) 処理が進むとともに、R方向では脱湿過程よりもむしろ吸湿過程の増加が認められたのに対して、L方向では吸湿過程の回復がより顕著になった。従って、含水率サイクルに伴うMSクリープ曲線は、脱リグニン処理が進むとともに、R方向では単調増加の傾向を強くするのにに対して、L方向では鋸歯状波形の振幅を増しながら増加する傾向が顕著になった。

このような結果から、MSクリープに及ぼす脱リグニン処理の影響は、量的には顕著であったが、MSクリープの基本的性格を大きく変えるものではなく、本来の木材が示すMSクリープの両方向における特徴をより強調する結果となった。このような構造方向における脱リグニン処理の影響の相違は、脱リグニンされたマトリックスの影響が、L方向ではミクロフィブリルとの相互作用として現れるのに対して、R方向では直接に現れたものと考察している。また、リグニンはMSクリープ機構において抑制因子として働き、MSクリープによって発生したセットの記憶効果においても、記憶の度合いに関係するが、主な原因でないと考察している。

本論文の問題点として、細胞壁の構造と関連させて、脱リグニンの影響をモデル化することや、得られた結果をMSクリープの機構の考察にどのように生かすかといったことが残されたが、丹念な実験を積み重ね、MSクリープのみならず、セットの検討を加え、さらに重ね合わせの手法を用いて、貴重な知見を得ていることは評価に値する。

以上について、審査委員全員一致で岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

1) 木材のメカノソープティブクリープに及ぼす脱リグニン処理の影響(第1報)－放射方向試験片の瞬間及びトータルコンプライアンス－, 木材学会誌, Vol. 52, No. 1, p. 19-28 (2006), 張 文博, 徳本守彦, 武田孝志, 安江 恒.

2) 木材のメカノソープティブクリープに及ぼす脱リグニン処理の影響(第2報)－放射方向試験片のセットの回復－, 木材学会誌, Vol. 52, No. 1, p. 29-36 (2006), 張 文博, 徳本守彦, 武田孝志, 安江 恒.

3) 木材のメカノソープティブクリープに及ぼす脱リグニン処理の影響(第3報)－繊維方向のMSクリープ－, 木材学会誌, 印刷中, 張 文博, 徳本守彦, 武田孝志, 安江 恒