

氏名	まつながまさひろ 松永正弘
学位(専攻分野)	博士(農学)
学位記番号	農博第1087号
学位授与の日付	平成12年1月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	農学研究科森林科学専攻
学位論文題目	Aptitude of pernambuco ( <i>Guilandina echinata</i> Spreng.) as a violin bow and role of its extractives on the vibrational property (ペルナンブコのバイオリン弓材としての適性および振動特性におけるその抽出成分の役割)

論文調査委員 (主査) 教授 中坪文明 教授 増田 稔 教授 則元 京

### 論文内容の要旨

南米産マメ科植物のペルナンブコ (*Guilandina echinata* Spreng. syn *Caesalpinia echinata* Lam.) の心材は、バイオリン族の楽器演奏用の弓材に最適であると言われている。ペルナンブコ材は、多量に含まれる抽出成分が赤紫色の染料となることからヨーロッパにもたらされたが、18世紀後半に弓材に適していることが判明し、それ以降最高級の弓材として現在まで使われ続けている。しかしながら、ペルナンブコが弓材に適していることを科学的に証明した研究報告はこれまで存在しなかった。本研究ではペルナンブコとその代替樹種について様々な物理的・力学的性質を測定し、両者を比較することによりペルナンブコの弓材としての適性を検討した。また、研究を進める過程において、ペルナンブコに多量に含まれる抽出成分が特異な振動特性に寄与していることが明らかになった。そこで、ペルナンブコの主要抽出成分の化学構造を決定するとともに、抽出物が木材の振動特性に及ぼす影響やその機構を総合的に検討した。本論文は4章により構成されており、その主な内容は以下の通りである。

第1章では、ペルナンブコとその代替樹種を様々な物理的・力学的側面から比較検討し、ペルナンブコの弓材としての合目的性について述べている。測定した種々の物性の中で、ペルナンブコの損失正接 ( $\tan \delta$ ) が他の樹種に比べて極端に低かった。ペルナンブコが常に低い  $\tan \delta$  をもつことは、弓の機能性や操作性の面から考えても理に叶っており、 $\tan \delta$  が極端に低いことが弓材にとって重要な要素の一つであると考えられる。

第2章では、ペルナンブコの抽出物含有率の高さに注目し、特異的に低い  $\tan \delta$  と抽出物との関係について述べている。水抽出処理したペルナンブコの  $\tan \delta$  は重量減少に伴い大きく増加した。一般に、木材の振動特性にはその平均マイクロフィブリル傾角が大きく関与していることが知られているので、マイクロフィブリル傾角を測定した。その結果、ペルナンブコの  $\tan \delta$  の低さはマイクロフィブリル傾角よりも抽出物の影響が大きいことが示唆された。成分分析の結果、ペルナンブコ水抽出物の主成分はプロトサップニンBとブラジリンであることがわかった。特に、プロトサップニンBはペルナンブコ水抽出物の約40%を占めていた。

第3章では、ペルナンブコ水抽出物をシトカスプルースの (*Picea sitchensis* Carr.) に含浸させ、振動特性の変化を述べている。比動的ヤング率 ( $E'/\gamma$ ) は含浸による比重増加のために若干低下する程度であったが、 $\tan \delta$  は減圧注入処理による重量増加に伴って大幅に減少し、注入前の60%にまで低下した。光学顕微鏡観察とバルキングの計算結果から、抽出物は細胞壁の非晶領域に充填されていると考えられる。また、プロトサップニンBを減圧注入したときも、同程度の  $\tan \delta$  の低下を示したことから、プロトサップニンBは  $\tan \delta$  の低下に大きく寄与していることがわかった。

第4章では、抽出物含浸による  $\tan \delta$  の低下機構について、吸着水の観点から述べている。スプルー試片へのペルナンブコ抽出物の含浸が  $\tan \delta$  に及ぼす影響はその含水率域によって大きく異なり、約10%前後までの含水率の試片では、含浸

により  $\tan \delta$  が大幅な減少を示したのに対し、高含水率では含浸による  $\tan \delta$  への影響はほとんど見られなかった。また、 $\tan \delta$  の温度依存性の測定より、含浸処理試片では、吸着水が関与する力学緩和のピーク温度及び活性化エネルギーが、中程度の含水率で無処理試片に比べて高かったのに対し、高含水率ではほとんど同じであった。以上の結果より、 $\tan \delta$  の低下は木材構成成分と抽出物との間に形成される二次的結合による可能性が高い。プロトサッパニン B とブラジリンは複数の水酸基を持っているので、隣接した木材構成成分の水酸基と水素結合を形成している可能性が考えられる。つまり、含水率が中程度以下の場合含浸された抽出物と木材構成成分とが直接的に、もしくは水分子を介して間接的に水素結合を形成し、分子間あるいはフィブリル間の滑りを拘束するが、高含水率では、多数の水分子の存在により直接的な水素結合が困難となり、一部の抽出物は可塑剤的な働きをするため、 $\tan \delta$  は低下しないと推察される。

### 論文審査の結果の要旨

楽器の共鳴板などに用いる木材に化学処理を施すことによって、振動特性を改良することがこれまで試みられてきたが、強度低下や重量増加のため実用化には至っていない。また、近年、環境に対する配慮から従来の化学処理とは別の観点からの物性制御が望まれている。本研究では、南米産広葉樹のペルナンブコ (*Guilandina echinata* Spreng. syn *Caesalpinia echinata* Lam.) のバイオリン弓材としての適性を検討していく過程において、ペルナンブコ抽出物が木材の振動特性に重大な影響を及ぼすことが明らかとなったことから、今までほとんど研究が行われていなかった木材の振動特性と抽出物との関係を詳細に検討するとともに、物性制御への応用や振動特性変化の機構解明を試みている。本研究の評価すべき点は以下の通りである。

1. ペルナンブコは他の高比重材とはかけ離れた低い損失正接 ( $\tan \delta$ ) を持ち、このことがバイオリン弓材にとって重要な条件であることを明らかにした。さらに、この極端に低い  $\tan \delta$  は多量に含まれる抽出成分によること、そしてその主要成分は芳香族化合物であるプロトサッパニン B とブラジリンであることを明らかにした。

2. ペルナンブコ抽出成分を音響材料に使われるシトカスプルー (*Picea sitchensis* Carr.) に含浸したところ、顕著な  $\tan \delta$  の低下を見出し、その程度は従来の化学処理と同程度かそれを上回るものであることが明らかになった。また、ブラジリンと酷似した構造を持つヘマトキシリンの含浸でも、大幅な  $\tan \delta$  低下が見られた。これまでに報告されている化合物の含浸では、 $\tan \delta$  は極端に増大するのが一般的であるが、含浸するだけで  $\tan \delta$  を極端に低下させる化合物が見出されたのは初めてである。

3. 抽出物含浸による  $\tan \delta$  低下の機構を解明するため、種々の相対湿度下における力学的挙動を測定し、吸着水の観点から検討した結果、 $\tan \delta$  の低下は、木材構成成分と抽出成分の間の二次的結合により分子間あるいはマイクロフィブリル間の滑りが拘束されるために生じる現象であることが示唆された。また、抽出成分の構造や  $\tan \delta$  の含水率依存性から、二次的結合が水素結合である可能性を提唱した。

以上のように、本論文はペルナンブコの持つ  $\tan \delta$  の低さが多量に含まれる抽出物に起因することを明らかにし、また、抽出物含浸処理による木材の振動特性改良について新たな知見を与えており、生物材料化学、木材物性制御学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成 11 年 11 月 16 日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。