

博士（農学） 高 田 克 彦

学 位 論 文 題 名

樹幹ヤング係数によるカラマツ林木の評価

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、北海道における主要造林樹種であるカラマツ (*Larix leptolepis* Gord.) を対象に、立木の樹幹の曲げ変形から求められるヤング係数（樹幹ヤング係数）によって林木の強度材質評価を行った結果をまとめたものである。本研究の目的は、樹幹ヤング係数を指標として非破壊的に林木の評価を行なうことであるが、ここで言う林木の評価とは、木材の最終用途に要求される品質で、しかも種々の発現要因をもつ林木の強度材質の変動を明らかにし、それらの知見をもとに現存の造林地に対する林分単位の強度材質検定法、および今後の造林事業に関連したカラマツの材質育種と林木改良の方向性を示すための基本的な資料提供として定義される。

第1章の「緒論」においては、近年の林業・林産業を取り巻く情勢、すなわち木材利用が高度化・多様化する反面、その材質変動に関する知見が乏しいことを指摘すると共に、北海道におけるカラマツ造林の現状を論じた上で、本研究の目的について述べた。

第2章では、日本の主要針葉樹に対してその材質変動の把握を目的として行なわれた研究をレビューしている。特に、カラマツに関しては、種子産地及び精英樹クローンの材質変動を扱った研究からその問題点を整理し、これまで木材強度の推定に直結する形質に関する研究が少なかつたことを示すと共に、本研究の重要性に対する裏付けを与えた。

第3章では、各種の林木材質評価法を比較・検討した上で、本研究で用いた樹幹ヤング係数の材質指標としての妥当性を示し、その測定方法を概説している。更に、樹幹ヤング係数と同様に樹幹の曲げ変形から求められる丸太ヤング係数の有用性を述べると共に、丸太ヤング係数と樹幹ヤング係数との関係を検討し、両者を同等として扱う場合に留意すべき点を指摘した。

第4章から第8章までが研究結果である。

第4章では、丸太ヤング係数と胸高直径、樹心部・辺縁部別の平均年輪幅、容積密度数及び晩材率との相互関係を調べると共に、諸形質の半径方向の変異について検討した。その結果カラマツにおいては、（1）樹幹の曲げ変形から求められるヤング係数は、試験体の辺縁部の材質を顕著に反映する形質であり、（2）胸高直径等の肥大生長に係る形質との相関が無いことから、肥

大生長の良否による影響を受けない形質であることが示された。（3）平均年輪幅は樹心部と辺縁部の間で負の相関関係にあり、肥大生長量が生育環境の影響を大きく受ける可能性が示された。

（4）容積密度数、晩材率は樹心部－辺縁部相関が高く、遺伝因子の寄与が大きい形質であることが推察された。

第5章では、早・晩材のヤング係数の相違に起因する樹幹ヤング係数の変動を一年次内の変動と経年変動に分けて調査している。その結果、（1）一年次内の樹幹ヤング係数は形成層活動期間中変動し、形成層活動の休止期にあたる9月中旬以降に安定することを検証し、材質評価を目的とする樹幹ヤング係数の測定は、測定値が安定する9月中旬以降に行なうのが効果的であると結論している。（2）樹幹ヤング係数は樹齢15年前後で急激に増加し、30年以降は年増加率が2～4%程度と安定することを検証し、この変動は始原細胞の成熟に伴う晩材部細胞のヤング係数の変化に起因するものと結論した。

第6章では、カラマツ、トドマツ及びアカエゾマツの樹幹ヤング係数の林地内の変動特性を検討している。その結果、（1）トドマツ、アカエゾマツでは胸高直径と樹幹ヤング係数の間に顕著な負の相関が認められることが示された。（2）カラマツでは胸高直径と樹幹ヤング係数に相関関係が認められず、胸高直径の大小に関わらず一定の下限値が存在すること、林分内で平均的な生長を示している固体群の樹幹ヤング係数の分布域をもって当該林分の樹幹ヤング係数の分布域と看做すことができるという2点を指摘した。

第7章では、樹幹ヤング係数を含む8形質（他に胸高直径、樹心部・辺縁部別の容積密度数、平均年輪幅及び晩材率）について種子産地内・種子産地間のバラツキ、種子採集地に伴う形質傾斜を検討すると共に、樹幹ヤング係数については北海道内3ヶ所の試験地間相関を検討している。その結果、（1）種子産地間に統計上有意差が認められた形質は、樹心部の平均年輪幅、辺縁部の平均年輪幅及び容積密度数で、樹幹ヤング係数については3ヶ所の試験林中種子産地間に有意な差が認められた試験林は1ヶ所だけであった。（2）種子採集地の緯度、経度及び海拔高と諸形質の間には有意な相関関係は認められなかった。（3）樹幹ヤング係数の種子産地平均値に関する試験地間相関はいずれの試験地間においても有意な関係は得られなかった。（4）樹幹ヤング係数の各試験林の平均値は最大3.4GPaの差が認められ、生長が最も良好な試験林の樹幹ヤング係数が最も大きい値を示した。以上の結果から、各種子産地はそれぞれの試験地において、植栽環境或いは産地×環境の交互作用の影響を受けることによってその遺伝的特性の発現に差異を生じていると推論した。

第8章では、樹幹ヤング係数を含む6形質（他に胸高直径、樹心部・辺縁部別の容積密度数及

び平均年輪幅)についてクローン内・クローン間のバラツキを検討するとともに、樹幹ヤング係数については複数の林地間の相関を求め、材質・生長両面において優良なクローンの選定を試み、さらに、精英樹クローンの実生次代検定林において樹幹ヤング係数の遺伝性を検討した。その結果、(1)樹幹ヤング係数のクローン間差は高度に有意であり、試験地間相関も大きいことがわかった。また、クローン平均の胸高直径と樹幹ヤング係数の間には相関関係が認められず生長・材質共に優れたクローンが存在することが示された。(2)実生次代検定林では、樹幹ヤング係数、胸高直径ともに家系内のバラツキが母樹クローンのそれに比べ大きくなることが判った。以上の結果から、無性繁殖法によって生長・材質共に優良な個体の生産が可能である一方、有性繁殖によって生じた次代に母樹の優良形質を伝えることは難しいと結論した。

第9章は総合考察として、前章までに得られた知見をもとに、(1)樹幹ヤング係数の基準値を木構造計算規準から求め、林分単位の強度材質検定の具体的な方法を示すと共に、主伐木の材質向上を目的とした保育・管理法について論じ、カラマツに対しては独自の保育・管理システムが必要であることを指摘した。さらに(2)次期植林事業に関連したカラマツの材質育種の方向性と林木改良の可能性について論じ、種子産地をグループとする選抜では強度材質における大幅な改良は見込めないことから、無性繁殖法の確立及び母樹として有用な種苗の選定の重要性を指摘すると共に、土壤・気象因子等の定量化による植栽環境の評価法の確立が重要な課題であると結論付けた。

## 学位論文審査の要旨

主査 教授 深澤 和三

副査 教授 笹谷 宜志

副査 教授 寺澤 實

副査 助教授 上田 恒司

本論文は、北海道における主要造林樹種であるカラマツ (*Larix leptolepis* Gord.) を対象に、樹幹ヤング係数を指標とする非破壊的材質評価結果をまとめたものであり、表25、図51、写真1、引用文献135を含む総頁数105頁の和文論文で、参考論文11編が添えられている。

第1章「緒論」では、本研究の背景、目的について述べている。

第2章では、カラマツの材質変動に関する既往の研究を検討し、その問題点を整理すると共に、本研究の重要性について述べている。

第3章では、樹幹ヤング係数の材質指標としての妥当性を示し、その測定法を概説すると共に、丸太ヤング係数と樹幹ヤング係数との関係を検討し、両者を同等として扱う場合に留意すべき点を指摘している。

第4章から第8章までが研究結果である。

第4章では、丸太ヤング係数を用いて樹幹の曲げ変形から求められるヤング係数と胸高直径、樹心部・辺縁部別の平均年輪幅、容積密度数及び晩材率との相互関係を調べると共に、諸形質の半径方向の変異について検討している。その結果、丸太ヤング係数は、試験体の辺縁部の材質を顕著に反映する形質であり、肥大生長にかかる形質との相関が無いこと、平均年輪幅は樹心部と辺縁部の間で負の相関関係にあり、肥大生長量が生育環境の影響を大きく受けること、容積密度数、晩材率は樹心部-辺縁部相関が高く、遺伝因子の寄与が大きい形質であることを指摘している。

第5章では、早・晩材のヤング係数の相違に起因する樹幹ヤング係数の変動を一年次内の変動と経年変動に分けて検討している。その結果、一年次内の樹幹ヤング係数は形成層活動期間中変動し、形成層活動は休止期にあたる9月中旬以降に安定すること、樹幹ヤング係数は樹齢15年前後で急激に増加し、30年以降は年増加率が2～4%程度と安定することを明らかにし、この変動は始原細胞の成熟に伴う晩材部細胞のヤング係数の変化に起因するものと結論している。

第6章では、樹幹ヤング係数の林地内の変動特性を検討している。その結果、トドマツ、アカエゾマツで認められる胸高直径と樹幹ヤング係数との間の負の相関が、カラマツでは認められないことを示した上で、カラマツの樹幹ヤング係数に関して、胸高直径の大小に関わらず一定の下限値が存在すること、林分内で平均的な生長を示している個体群の樹幹ヤング係数の分布域をもって当該林分の樹幹ヤング係数の分布域と見なすことができるという2点を指摘している。

第7章では、樹幹ヤング係数を含む8形質（他に胸高直径、樹心部・辺縁部別の容積密度数、平均年輪幅及び晩材率）について、種子産地の違いに基づく変動を調査すると共に、樹幹ヤング係数については試験地間相関を検討している。その結果、樹心部の平均年輪幅、辺縁部の平均年輪幅及び容積密度数に関して種子産地間差が認められたものの、樹幹ヤング係数に関しては明確な種子産地間差異が認められないことを指摘している。

第8章では、精英樹接ぎ木クローンにおける樹幹ヤング係数を含む6形質（他に胸高直径、樹心部・辺縁部別の容積密度数及び平均年輪幅）の変動を検討するとともに、樹幹ヤング係数につ

いては複数の林地間の相関を求め、材質・生長両面において優良なクローンの選定を試みている。さらに、精英樹クローンの実生次代検定林において樹幹ヤング係数の遺伝性を検討している。その結果、無性繁殖法によって生長・材質共に優良な個体の生産が可能である一方、有性繁殖によって生じた次代の母樹の優良形質を伝えることは難しいと結論している。

第9章は総合考察であり、前章までに得られた知見をもとに、林分単位の強度材質検定の具体的な方法を示すと共に、主伐木の材質向上を目的とした保育・管理法について論じている。さらに次期植林事業に関連したカラマツの材質育種の方向性と林木改良の可能性について論じ、母樹として有用な種苗の選定及び無性繁殖法の確立の重要性を指摘すると共に、土壌・気象因子等の定量化による植栽環境の評価法の確立が重要な課題であると結論付けている。

本研究は、カラマツの材質変異に関して多くの新知見を加えるとともに、林業・林産業を結ぶ橋渡しとして多くの有益な情報を提供するものであり、学術的に高く評価されるのみならず、林業・林産業に寄与するところが大である。

よって審査員一同は、最終試験の結果と合わせて、本論文の提出者高田克彦は博士（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。