

(様式第 1 3 号)

学 位 論 文 要 旨

氏名: 桐林 真人

題目: 応力波を用いた立木ならびに原木の非破壊的な材質評価とその応用
(The applicability of the stress-wave method to the nondestructive
evaluation of the wood properties of standing trees and logs.)

スギは多くの優れた特性を持つ日本固有の針葉樹である。木目が真っ直ぐで加工性に優れ、手触りや香りが良いので、生活製品や住宅などに用いられてきた。さらにスギの成長は早く、かつ通直に成長するので製材歩留まりが良く、昔から造林木として植林され、特に戦後、集中的に造林された結果、スギの造林面積は日本の全人工林の43%を占めている。

しかし木材は生物材料なので、密度や強度などの材質・性能にばらつきを持つ。建築物に木材を用いる場合、曲げにくさ(ヤング係数、以下、強度性能)は特に注目される性能であるが、鳥取県産のスギ材の強度性能では3.5 GPa~12 GPaまでのばらつきが確認されている。また、木材中の水分は製品の寸法安定や乾燥コスト、燃料として利用する際の発熱量に大きな影響を与えるが、特にスギでは、生材含水率が高いうえ、個体毎に含水率のばらつきも大きい。このため製品の品質・寸法安定化あるいは乾燥コストのコントロール、さらには木質バイオマス燃料としての利用のためには、含水率の把握も必要となる。このため木材の品質管理や木質資源の有効活用と適正な価格維持、さらには林木の品種改良のため、木材工業・林業それぞれのステージで、製材加工や伐採以前のできるだけ早い段階での、木材材質の非破壊的な把握に基づく原木や立木の選別や管理が極めて重要となってくる。

本研究では、各種の非破壊的な材質調査手法の中でも応力波法に注目し、鳥取県産スギを対象に木材材質の把握とその応用を行った。スギは木材としての強度性能が不安定なので、現場からは強度性能の安定したスギの生産が望まれている。また、スギの生材は含水率が高く、個体差も大きいため、木材製品として利用する際の寸法安定性や、エネルギー資源として利用する際の発熱量の確保にあたり、原木の含水率の低減対策が必要であり、現場からは効率的で取り組みやすい乾燥手法の提示を求められている。

そこでスギの付加価値化による林業と中山間地の振興を念頭に、建築業界に要求される性能を持つスギの新品種の探索や、エネルギー資源としての発熱量を確保するためのスギの原料丸太の効率的な乾燥手法の提言と乾燥状況把握、さらにスギの伝統的な付加価値化技術の一つである葉枯らし乾燥による含水率低減効果の把握等に対し応力波法の適用を試

みた。

第2章では建築行革の要求に応えられ得る強度性能に優れた新たなスギ品種の確立を目標に、鳥取県産スギ生立木を対象としたSPT計測に基づく強度性能選抜を行った。この研究の中で、応力波伝搬時間（以下、SPT）計測の精度向上に取り組んだ。そして計測に際しセンサーの打撃手段に定力打撃装置を用いることで出力結果の再現性の向上を実現した。またセンサーを樹幹に対して斜めに配置し、センサー間隔も1.5 mに伸ばすことで、計測位置の違いによるSPT値の差の解消と、計測機械により発生する4 μ s程度の計測誤差を吸収し得る適正なSPT計測を実現した。さらに、センサーの斜め配置に伴って発生する樹幹に対する測線の角度の差を補正することにより、伐採後の丸太や製材後の柱材での強度性能を立木の状態で精度良く推定することを実現した。そして改良した計測手法を用い、鳥取県内の公有林のスギ立木を対象に強度性能を調査した結果、外観的に形質に優れ、かつ高い強度性能を確実に有する個体を複数確認することができた。

第3章では、増大しつつある木材のエネルギー需要を背景に、現場で問題となっている燃料用チップの原料丸太の乾燥手法の提言を目標に、応力波法の適用を試みた。木材内部を伝搬する応力波が木材内部の水分量の影響を受けることに注目し、第2章で改良した計測手法に準じたSPT計測を用いて、原料丸太の乾燥状況はい積み状態で効率的に把握する手法を確立した。そして、この計測手法を用いて鳥取県内のチップ生産事業所の原木ヤードにおいて、はいの積み方や乾燥開始時期の違いによる原料丸太の乾燥状況を調べた結果、効率的な原料丸太の乾燥が可能なはい積み方法や乾燥に適した季節、ならびに乾燥に必要な期間が明らかになった。

第4章では森林施業の伐採搬出現場で実施可能な構造材用スギ原木の価格向上対策の一つである「葉枯らし乾燥」について、葉枯らしに必要な乾燥期間の非破壊的な把握を目標に、応力波法の適用を試みた。第2章で改良した計測手法に準じたSPT計測を用いて伐採したスギを長期間定点計測した結果、伐採されたスギ樹幹内の水分変化を相対値として捉えることで、葉枯らしの必要期間が2か月程度であることを明らかにした。

第5章では、第2章の調査に対する季節の影響を確認するため、樹幹内水分量の季節変化の把握に対し応力波法を適用した。林業の現場で森林作業従事者がいう「材に水の多い時期、少ない時期がある」という説があるが、樹幹内水分量の変動はSPT値に影響するため、強度性能調査結果に影響する可能性があった。そこで、スギ生立木の特定区間を対象に約18ヶ月間にわたって第2章で改良した計測手法に準じたSPT計測を実施した結果、スギの生立木樹幹内における水分量の季節変化に起因すると考えられるSPTの変化を捉えることができた。なお、第2章で選抜した個体の強度に対するこの変化の影響は少なく、選抜結果に影響しなかった。また、この結果は林業関係者のいう「水の多い時期、少ない時期」と符合しており、現場感覚を数値化したと判断できる。

以上のように、精度の高いSPT計測手法の確立と応用によって、スギ立木や原木の材質を非破壊的かつ適正に把握し、林業や木材産業の現場で必要とされる情報の提示を実現した。