

【審査結果の要旨】

本論文は、木材の構造と物性の相関の解明に向けて、動的粘弾性測定と小角 X 線散乱測定 (SAXS 測定) を組み合わせることで、ミクロスケールとメソスケールにおける木材の構造と物性の相関を研究・考察したものである。

第 1 章では、木材の構造と物性研究の歴史を概略するとともに、過去の研究の重要な点と課題について述べ、本研究を始めるに至るまでの経緯が述べられていた。また、本研究成果が、広く木質材料の利用に繋がる重要な基礎研究であることも述べられていた。

第 2 章では、木材が有する年輪構造に着目し、年輪内のミクロ構造の変化と物性の関係を明らかにするために、早材や晩材を切り分けて力学的性質を測定している。力学試験としては、動的粘弾性測定を行っている。動的粘弾性測定で得られたリグニンのミクロブラウン運動に由来する $\tan\delta$ のピーク温度は針葉樹においては、晩材の方が早材よりも低いことを明らかにした。一方で、広葉樹においては、年輪内における組織の配列が異なる樹種においても早材と晩材で $\tan\delta$ のピーク温度はほとんど同じ値を示すことを明らかにした。また、これまでの研究では、早材と晩材の影響は平均化されている、あるいは晩材の影響が大きいと考えられてきたが、早材と晩材の両方を含む半径方向の結果と比較することで、早材の影響も大きく、温度によっても早材と晩材の寄与率が異なることを示唆した。

第 3 章では、第 2 章で熱軟化を含めた構造変化が細胞壁内のどの領域で生じているのかを把握する必要があることを含めて、細胞壁内でのメソ構造の変化と物性の関係を明らかにするために、SAXS を用いた構造解析を行っている。小角 X 線散乱測定で得られた散乱像のうち、細胞壁 2 次壁由来の散乱のみを抽出し解析に用い、25°C、60°C、90°C と昇温に伴い散乱強度が増加することを示している。特に 10 nm 付近からの散乱強度が増加し、熱軟化に伴い 10 nm 付近の構造変化が生じていることを明らかにしている。また、早材と晩材で散乱挙動の変化は異なったが、その差異を明らかにするために、水とエタノールおよびそれらの混合液を用いて膨潤させた木材の動的粘弾性測定と SAXS 測定を行っている。その結果、水系サンプルは熱軟化挙動を示し、昇温に伴い散乱強度の上昇も生じることを明らかとした。しかし、エタノールで膨潤させたサンプルは熱軟化挙動を示したが、散乱強度の上昇は確認されなかったことを報告した。これらの結果から物性測定だけでは分からなかった細胞壁内のメソ構造の変化を、SAXS 測定を用いることでより詳細に理解できることを明らかとした。

以上、本論文は、一年輪内におけるミクロ構造の変化と物性の関係を動的粘弾性の観点から明らかにすると共に、メソ構造の変化と物性の関係を明らかにするための手法として小角 X 線散乱測定の優位性を立証し、メソ構造の変化と物性の関係について明らかとした。以上より、本論文は博士論文の要件を十分に満たすものであ

ると評価できる。

6 最終試験の結果の要旨

本論文の内容は、令和6年2月16日午前11時より、稲盛記念会館204室において公開の博士学位論文発表会で発表された。口頭発表後に質疑応答を行い、木材成分と熱軟化特性との関係、解析方法の詳細と得られた結果の妥当性、樹木の進化の観点からみた物性発現についての見解、研究遂行の中で最も学んだ内容など、多岐にわたる質問に対して適切に回答した。以上を踏まえ、最終試験の結果としては、審査委員全員一致で合格と判断した。

以上