

非平衡状態における木材の微細構造変化 —各種物性値からのアプローチ—

京府大院農 ○神代圭輔 古田裕三
飯田生穂 石丸 優

1 緒 言

地球温暖化、埋蔵資源の枯渇などの地球環境問題が叫ばれるなか、植林により再生産可能で、他材料に比べて製造時に必要なエネルギー量が格段に少なく、利用することによって炭素固定の促進につながる木質系材料への期待が高まっている。木質系材料は、地球環境問題を考える上で必要不可欠な材料である。

しかしながら、木材は金属やセラミックス等の他材料とは大きく異なり、使用環境温度域においてある程度活性な材料である。したがって、木質系材料を製造・使用するためには、環境変化にともなう木材の物性等諸性質を、科学的根拠をもって把握することが非常に重要であり急務である。

このような背景のもと、木質系材料について一層研究がすすめられてきている。そして、近年、新たに興味深い知見が明らかとなってきた。その内容は以下に示すもので、他材料では周知の事実である。温度変化や水分変化等の環境変化にともない、木材の分子あるいは原子は、新しい雰囲気における安定あるいは準安定状態へと移行しようとする。しかしながら、環境変化が著しいと、即座に移動できないため、時間遅れが生じ、その結果として、物性変化が生じるというものである¹⁾。このような遷移状態のことを、ここでは非平衡状態と呼んでおり、木材研究分野で通常用いる水分非平衡状態という表現で用いる非平衡状態とは、異なるものである。このような熱力学的に非平衡な状態においては、木材の微細構造は、その雰囲気下での安定状態へと移ろうとするため、経時的に変化すると考えられる。このような観点の研究に関しては、これまで、主に粘弾性的な手法に基づく検討が行われ、プラスチック等と同様の結果²⁾を得ている。しかしながら、非平衡状態における木材の微細構造変化については、依然十分な機構解明に至っていない。

そこで本研究では、粘弾性変化、重量変化、寸法変化などの各種物性値を測定し、その結果を総合的に検討することによって、非平衡状態における木材の微細構造変化についてより詳しい知見を得ることを目指した。なお、本講演では、その結果の一部について報告する。

2 実 験

2.1 供試試料 実験にはヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)辺材部より作製した試料を用いた。寸法変化測定に用いた試料形状は、30mm(放射方向)×4mm(接線方向)×0.6mm(繊維方向)であった。また、動的粘弾性測定に用いた試料形状は、35mm(放射方向)×4mm(接線方向)×0.6mm(繊維方向)であった。示差熱重量測定に用いた試料も同様に0.6mm(繊維方向)であり、

重量約1.800mgであった。

2.2 測定機器 本研究では、寸法変化、動的粘弾性変化、重量変化及び示差熱変化に着目して検討を行った。寸法変化測定には熱機械試験機(セイコーインスツルメンツ(株)社製TMA/SS6100)を用いた。動的粘弾性測定には粘弾性試験機(セイコーインスツルメンツ(株)社製DMS6100)を用いた。重量変化測定及び示差熱分析には示差熱重量試験機(セイコーインスツルメンツ(株)社製TG/DTA6200)を用いた。

2.3 測定条件 寸法変化測定は、引張方式(荷重5g)によって、動的粘弾性測定は、測定周波数0.5、1、2、5、10Hz、測定時の振幅歪み±5μmの強制振動法によって行った。いずれの測定も、スパン長は20mmとした。また、測定温度条件は以下の通りとした。試料を装置に装着し、105℃で30分間保ち、試料を全乾状態とした。その際の値を100とした。その後、一定昇温速度で各温度まで昇温させた後、その温度での時間経過に伴う各物理量を測定した。測定温度は120、140、160、170、180、190、200℃とした。なお、測定は、一定の流量の乾燥空気を流しながら行った。

3 結果

3.1 重量損失について

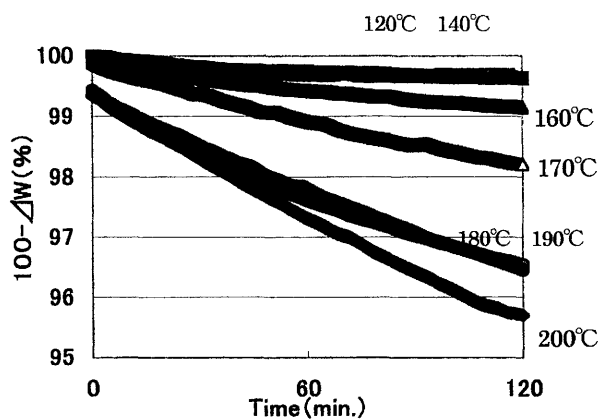


Fig.1 Effects of temperature on the weight loss

Note: Values were normalized by each value at 105°C. ΔW was the ratio of weight loss.

Fig. 1は、一定温度下での重量残存率の時間変化を、各試料105℃での重量を100%として示したものである。Fig.1より、温度が上昇するとともに、重量残存率は低下するという一般的な傾向を得た。また、最大の重量損失率は、200℃一定の120分後の値で、4.2%程度であった。

3.2 動的粘弾性について

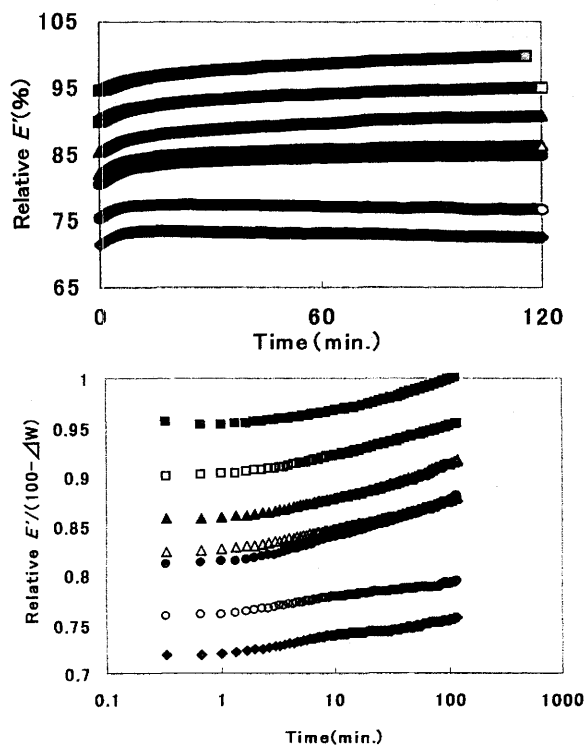


Fig.2 Time dependent of E' in each temperature

Note: Values were normalized by each value at 105°C. ΔW was the ratio of weight loss.

Legend: ■120°C □140°C ▲160°C △170°C
●180°C ○190°C ◆200°C

Fig.2は、一定温度下での、相対 E' 変化及び単位重量あたりの相対 E' 変化の時間依存性を示したものである。相対 E' は、時間経過とともに増加するもの（120、140、160、170、180°C一定）と、一度上昇するが、その後減少するもの（190°C、200°C一定）とが存在した。また、単位重量あたりの相対 E' は、全ての温度で上昇した。しかしながら、190°C及び200°C一定の値は、途中から上昇の傾きが変化した。

Fig.3 は、一定温度下での、相対 E'' 変化及び単位重量あたりの相対 E'' 変化の時間依存性を示したものである。相対 E'' はいずれの温度においても減少した。また、単位重量あたりの相対 E'' は、いずれの温度でも減少したが、その他に、以下に示す3つの特徴が存在した。①120、140、160、170、180°C一定条件では、短時間側で温度上昇とともに単位重量あたりの相対 E'' の低下率が増加すること。②170°C、180°C一定条件では、長時間側で、単位重量あたりの相対 E'' が、温度上昇とともに増加すること。③190°C、200°C一定条件では、長時間側で、単位重量あたりの相対 E'' が急激に減少すること。

4 考察

上述の結果より、以下のことが考察された。

190、200°C一定条件下では、相対 E' が長時間側で減少する。しかしながら、単位重量あたりの相対 E' はいずれの温度においても増加した。このことから、測定温度域において生じて

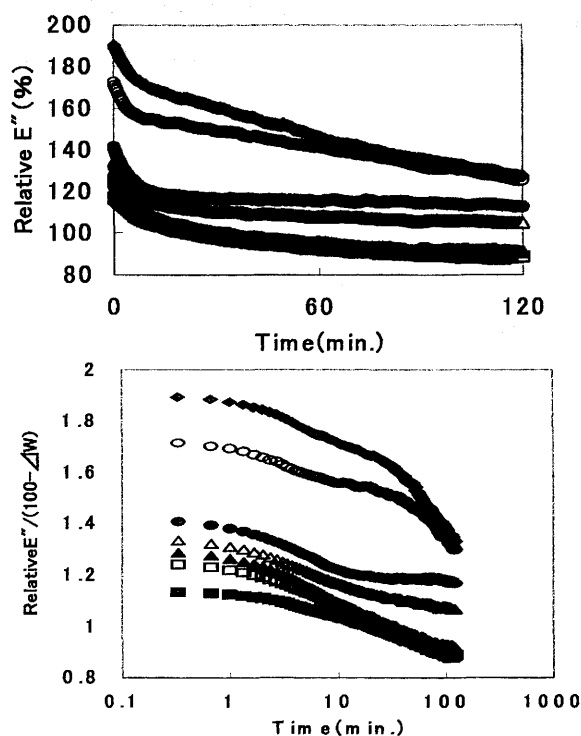


Fig.3 Time dependent of E'' in each temperature

Note: Values were normalized by each value at 105°C. ΔW was the ratio of weight loss.

Legend: ■120°C □140°C ▲160°C △170°C
●180°C ○190°C ◆200°C

いると考えられる熱分解を考慮すると、熱分解部位は単位重量あたりの弾性率の増加に寄与するものであることが推察される。

過去の研究や木材の微細構造を総合的に考慮すると、Fig.2及びFig.3においてみられたような①~③の特徴は、それぞれ以下のように解釈するのが妥当である。①温度上昇にともなう分子運動活発化、②転移温度以下での少量の熱分解³⁾による空隙構造の増大、③転移温度付近での熱分解による分子構造の緻密化。いずれも、相互に影響していると思われ、この3つの反応の関わりあい方によって、その粘弾性挙動が変化したものと推察される。

これまで、非平衡状態にある木材微細構造について、粘弾性的見地に新たに重量という観点を加えて、検討を行ってきた。このような多面的な検討は、非平衡状態にある木材の微細構造変化を解明する上で、大変重要なアプローチであり、本大会ではその他の観点からの検討結果も合わせて報告する予定である。

5 参考文献

- 1) 古田裕三, 則元 京, 矢野浩之, 木材学会誌, 44, 82-88 (1998)
- 2) 例えば, L.E.Nielsen 著, “高分子と複合材料の力学的性質” (1976) 化学同人
- 3) 例えば, 伏谷賢美他著, “木材の物理” (1986) 文永堂出版