

学 位 論 文 題 名

低温域における木材の乾燥に関する研究

学位論文内容の要旨

木材を乾燥するには、温度、湿度および室内空気の循環などが人為的に制御できる人工乾燥が一般的である。

木材の乾燥速度は温度が高いほど大きくなるため、高温乾燥による乾燥時間の短縮効果は大きい。しかし、高温を用いるために乾燥経費が高くなるとともに乾燥による損傷が発生する危険も大きくなる。これに対して、天然乾燥の場合は低温で乾燥するため、乾燥による損傷も少なく、また、自然の条件で乾燥することにより乾燥経費も非常に少なくなる。したがって、乾燥初期の高含水率域のみを天然乾燥にゆだね、乾燥速度が低下する含水率30%前後から人工乾燥に移行する方法が多く用いられている。

しかし、天然乾燥の場合は乾燥時間が長くなると同時に、気象条件により乾燥速度が異なり計画的な乾燥材の供給ができない、あるいは目的とする含水率まで乾燥することができないなどの問題点も多い。

本研究は、こうした天然乾燥における乾燥時間に主眼を置き、適正な天然乾燥時間の決定と、天然乾燥に人為的な手段を加えた促進方法について検討したものである。さらに、近年針葉樹材の乾燥に用いられることが多い除湿式乾燥装置について、その装置の特性や、利用適性についても検討している。

第1章は緒言である。

第2章は、天然乾燥の歴史的な考察と既往の研究の概要、および除湿乾燥の導入経過やその問題点と研究の概要について述べている。

第3章は、天然乾燥に大きな影響を及ぼす、生材含水率あるいは立木含水率の樹幹内変動や季節変化等に検討を加えている。

ごくおおまかにみて丸太の生材含水率はスギで200%、ヒノキで150%、

ブナ・ナラで80%である。

第4章では、広葉樹板材の天然乾燥所要時間を知るために、裏日本気候区といえる高山市と表日本気候区である美濃市において、棧積みをしていない一枚板の状態での月別乾燥日数を求めた。また、一枚板と棧積みしたときの乾燥時間の比を求めた。

ブナ材の場合、天然乾燥による仕上げ含水率は、裏日本側では40～25%、表日本側では25～20%とすることができる。こうした含水率までの乾燥所要時間は、棧積み状態で裏日本側の場合40mm板で夏は2ヶ月、春・秋は3ヶ月、冬は5ヶ月が必要であり、20mm板では夏1ヶ月、春・秋は2ヶ月、冬は3ヶ月が必要である。表日本側では、40mm板が春・夏・秋で1ヶ月、冬が2ヶ月、20mm板では年間を通じて1ヶ月が適正な天然乾燥日数である。

第5章では、主として建築用針葉樹材の天然乾燥について検討し、葉枯らしあるいは丸太材や製材品の乾燥速度を求めた。

針葉樹の場合は、生材含水率が高く、しかも辺心材の含水率に大きな差があるが、葉枯らしにより大幅に含水率を下げるとともに、辺心材の含水率差を少なくすることができる。

ヒノキのように、心材の含水率が低く比較的乾燥の容易な樹種はあまり葉枯らしも必要ではないが、スギの黒心材のように辺・心材とも含水率の高い材は、たとえ短時間であっても葉枯らしを実施することが望ましい。葉枯らしの実施期間は3ヶ月程度が妥当であり、スギでは含水率80%程度（重量減少40%）に落とすことができる。

丸太材の場合は、皮付きのままではほとんど乾燥しない。皮を剥ぐことにより製材品に近い乾燥速度を期待することができるため、工場土場に極積みする場合は可能な限り、剥皮することが望ましい。

第6章では、天然乾燥の促進方法について種々検討し、送風の効果、簡易加熱の効果および太陽熱の利用について、その乾燥時間あるいは経済効果について述べている。

例えば、天然乾燥の棧積みに強制的に送風することにより乾燥時間を2/3以下に短縮することができる。この方法は最も簡易で促進効果が大きい。棧積みの側面に送風機を設置して強制的に風を送るだけの簡易な方法であるが、乾燥むらが少なくなるために乾燥時間が短縮されるとともに、仕上げ含水率をも若干低くすることができる。

天然乾燥の棧積みには電熱線を配置して加熱する方法は、棧積み中央部の乾燥が速く、乾燥むらが少なくなる効果大きい。太陽熱利用乾燥と併用することにより小規模の仕上げ乾燥にも利用できる。

太陽熱利用乾燥は、太陽熱の利用のみでは効果が小さいが、送風・加熱等の方法と組み合わせることにより大きな利用効果を期待することができる。しかし、あまり設備投資を大きくすれば通常の人工乾燥装置と変わらないことになる。

第7章では、除湿式乾燥装置の性能やその利用適性についてまとめている。

除湿乾燥は、ヒートポンプの利用により省エネルギー効果の大きい乾燥方法であると同時に、低温のためヒノキ柱材の乾燥には適した方法である。広葉樹の乾燥は乾燥末期の加熱、排気操作を組み込めば可能であるが断熱効果を高くしなければならない。

第8章は、総合考察である。広葉樹の場合は生材から製材、天然乾燥、人工乾燥という段階を踏むべきであり、また天然乾燥も人為的な促進方法により乾燥時間を短縮すべきである。針葉樹はスギとヒノキにわけて考えることが必要であり、スギは伐倒後葉枯らしにより初期含水率をさげてから製材し、柱材は蒸気式加熱乾燥で、板材は送風による天然乾燥あるいは太陽熱利用乾燥でも仕上げ乾燥が可能である。ヒノキは生材のまま製材し、柱材、板材とも除湿乾燥あるいは太陽熱利用乾燥で仕上げるのが望しい。

以上、本研究は天然乾燥を主とするいわゆる低温域における木材の乾燥について、その乾燥速度の面から検討したものである。

こうした、低温域における木材の乾燥は、いままで断片的な研究はあってもこのように系統だった研究はほとんどなく、しかも、天然乾燥の促進方法と樹種あるいは材種との組み合わせや、天然乾燥から人工乾燥に移行する時期を経済的に検討したのは本研究が初めてである。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 深 澤 和 三

副 査 教 授 平 井 卓 郎

副 査 教 授 堀 口 郁 夫

学 位 論 文 題 名

低温域における木材の乾燥に関する研究

本論文は図131、表33、引用文献104、総ページ数277、8章から成る和文論文で、他に参考論文31編が提出されている。

木材を乾燥するには、温度、湿度、及び室内空気の循環などが人為的に制御できる人工乾燥が一般的である。木材の乾燥速度は、温度が高いほど大きくなるため高温乾燥による乾燥時間の短縮効果は大きい、高温を用いるために乾燥経費が高くなるとともに乾燥による損傷が発生する危険も大きくなる。これに対して、天然乾燥の場合は低温で乾燥するために、乾燥による損傷も少なく、また自然の条件で乾燥するために乾燥経費も非常に少なくなる。そのため乾燥初期の高含水率域のみを天然乾燥にゆだね、乾燥速度が低下する含水率30%前後から人工乾燥に移行する方法が多く用いられている。しかし天然乾燥の場合は、乾燥時間が長くなると同時に、気象条件により乾燥速度が異なるため計画的な乾燥材の供給ができないとか、あるいは目的とする含水率まで乾燥することができないなどの問題点も多い。

本論文は、こうした天然乾燥における乾燥時間に主眼をおき、適切な乾燥時間の決定と、天然乾燥に人為的な手段を加えた促進方法について検討したものである。さらに近年針葉樹材の乾燥に用いられることが多い除湿乾燥装置について、その装置の特性や、利用適性についても検討している。研究成果の主な内容は次のとおりである。

広葉樹材の天然乾燥所要時間を知るため、裏日本気候の高山市と、表日本気候の美濃市において、栈積みをしなない一枚板の状態での月別乾燥日数を求めた。また一枚板と栈積みしたときの乾燥時間の比を求め、栈積み材は一枚板の1.6倍乾燥時間が必要であることを示した。

ブナ材の場合、裏日本側では天然乾燥による仕上げ含水率は40～25%、表日本側では25～20%とすることができる。こうした含水率までの乾燥所要時間（栈積み）は、裏日本側の場合、40mm板で夏は2ヶ月、春・秋は3ヶ月、冬は5ヶ月が必要であり、20mm板では夏は1ヶ月、春・秋は2ヶ

月、冬は3ヶ月が必要である。表日本側では、40mm板が春・夏・秋で1ヶ月、冬が2ヶ月、20mm板では年間を通じて1ヶ月が天然乾燥日数であることを示した。

生材含水率が高く、辺・心材の含水率差の大きい針葉樹では、伐倒後ある期間放置する葉枯らしにより、大幅に含水率を下げるとともに、辺・心材の含水率差を少なくすることを明らかにした。葉枯らしの期間は3ヶ月程度が妥当であり、スギでは含水率80%（重量減少40%）に落とすことができる。

林内土場における丸太材の棧積みの場合、皮付きではほとんど乾燥しないが、剥皮では直線的に減少すること、また工場土場での皮付き・剥皮材の乾燥速度を比較し、剥皮丸太の乾燥速度は非常に大きく、仕上がり含水率も低くなることを示した。また針葉樹製材品の季節別乾燥速度を検討し、適正な乾燥日数を明らかにしている。

人為的手段による天然乾燥の促進については、強制送風、簡易加熱、太陽熱利用について検討している。棧積み材に強制的に送風することにより、乾燥むらの減少、仕上がり含水率の均一化をもたらし、乾燥時間を1/3に短縮することが出来ることを示した。電熱線による簡易加熱は、棧積み中央部による乾燥が早く、加熱効果は気温が低く、風が少なく、高含水率のときが高い。この状態で乾燥時間を1/4に短縮することが出来る。また太陽熱利用乾燥は、太陽熱の利用のみでは効果が小さいが、送風・加熱等と組み合わせることにより大きな効果を期待することが出来ることを示した。

除湿乾燥はヒートポンプを用いているため、消費エネルギーは少ない省エネルギー型であるが、乾燥時間は加熱乾燥の1.45倍であり、乾燥速度は1/2以下に落ちることを示した。生材含水率が小さく、低温のため乾燥による変色が少なくなるヒノキ材で適することを示すした。

以上のようにいわゆる低温域における乾燥について、主としてその乾燥速度から検討したが、広葉樹と針葉樹、また針葉樹でもスギとヒノキにわけて、それぞれ考えるべきであると、結論している。

低温域における木材の乾燥についての系統だった研究は殆どなく、しかも天然乾燥の促進方法と樹種あるいは材種との組み合わせや、天然乾燥から人工乾燥に移行する時期を経済的に検討したのは、本研究が初めてであり、実用面に貢献するところ大で、高く評価される。

よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果と合わせて、本論文の提出者野原正人は博士（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。