

資 料

心材の明度を指標としたスギ材乾燥の選別効果について¹

土肥基生・和多田友宏・田中伸治

心持ちスギ正角材の人工乾燥（高温セットと中温乾燥の併用）を行い、乾燥処理前の木口面の心材の明度と仕上がり含水率を求め、明度による選別効果について検討した。その結果、明度によるグループ分けを、四分店を用い、低明度材38.2未満、中明度材38.2以上51.8未満、高明度材51.8以上としたところ、各区分ごとの歩留り（含水率25%以下の割合）はそれぞれ、6%、42%、83%となった。また、木口面の切断から約1週間経過した時点の心材の明度を指標とし、一定の明度以下のスギを除外した場合に得られる歩留りを検討したところ、明度が高くなるほど、ほぼ連続的に歩留りが上昇する結果となった。これらのことから、製材直後の段階においても、原木市場の段階においても心材の明度を指標とした選別には、一定の歩留り向上効果があると考えられた。

キーワード：スギ、人工乾燥、心材色、選別

I はじめに

「住宅の品質確保の促進等に関する法律」や「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」の施行により、適切な乾燥処理を行った寸法安定性の高い乾燥材製品が消費者から求められており（岐阜県 2012）、本県では、平成22年度の31%から、平成28年度までに、製材品出荷量に占める人工乾燥材の割合を60%へ引き上げる目標を設定（岐阜県 2012）している。

本県の素材生産量で最も割合の大きい樹種はスギである（岐阜県 2015）。建築用材に用いられるスギ正角材の人工乾燥方法としては、プレカット利用が増加していることを背景として「無背割り材」を生産できる高温セット処理と中温乾燥の組み合わせによる方法が採られるケースが多い。しかし、一部の生産現場においては、過乾燥による内部割れの発生や未乾燥材が発生し、乾燥歩留りを低下させている。この要因として、スギは個体により初期含水率のバラツキが大きいことがあげられる。この対策として、含水率や見かけの密度を測定して乾燥前に選別する（重量選別）方法が提案されている（富田ら 1994；中嶋 2005；森林総研 2006など）が、大掛かりな選別装置の導入費用等の問題から、県内での導入事例は1事業体にとどまるなど生産現場への普及は十分とは言えない状況である。

重量選別に替わる方法として、これまでに、生材密度と心材率の組み合わせによる選別（富田ら 1996）や、木口面画像の明度による選別（信田ら 2000）が提案さ

れている。また、スギ板材では木口面心材色と心材率の自動測定による選別の報告がある（武智ら 2006）。しかし120℃域での高温セット処理を行うスギ正角材に対する報告事例はない。このため、重量選別に替わる簡易な選別方法として、明度による選別が現在主流の高温セット処理方式に適用できるかを検討するため本研究を行った。

II 材料と方法

1. 試験材

長良川流域産のスギ原木（材長4m、末口径20～24cm）計72本を用いた。原木の調達にあたっては、心材の明度の範囲が幅広くなるよう、意図的に黒心材や明度の低い赤色材の割合を増やしている。原木は、末口側から1mの箇所をチェーンソーで切断し、1m材を心材の明度測定用、3m材を製材機により135mm心持ち正角に製材した後、乾燥試験用に供した（図-1）。なお本試験は平成26年7月に42本、10月に30本の2回に分けて実施した。

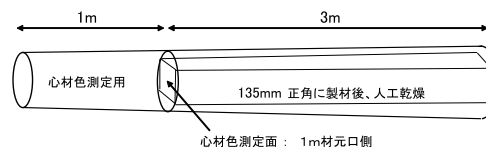


図-1. 試験体の採材

2. 明度測定

試験材の明度は、切断当日に測定した。明度は、ハン

¹ 本試験の一部は2014年度日本木材学会中部支部大会および第65回日本木材学会で発表した。
(2016年1月18日受付, 2016年2月16日受理)

ディ型色彩計（日本電色工業㈱NR-11A）を用い、試験体の元口側の木口面心材部で測定した。測色条件はスポット径10mm、D65光源、視野角10°とし、 $L^*a^*b^*$ 表色系でデータを取得した。心材の早材部と晩材部では明度が異なり、また心材部の同一木口面でも異なる色合いがまだら状に分布する個体も出現する。このため、無作為に選んだ心材部の3箇所の平均値を用いることで、値が極端に偏ることを防いだ。

また、切断した木口面の心材の明度の経時変化を把握するため、初日に測定した心材部の3測点に印を記し、以降同一測点での測定を約1ヶ月間実施した。測定用丸太は、樹皮付の状態であり、木上に4段にはい積みし、屋外の軒下に静置した。また、この間の木口面の乾燥状態の変化を測定するため、高周波木材水分計（株式会社ケット科学研究所、HM-520）を用い、同様に心材部の3測点の含水率の平均値を求めた。この時の測定深は40mmに設定した。なお、本装置は材面で測定することを前提としており、木口面での測定は本来の使用方法ではないが、並行する2本の高周波電極の向きが木口面の放射方向と平行となる向きとなるよう統一して測定した。

3. 乾燥試験

人工乾燥は、長野県林業総合センターのIF式高温タイプ蒸気式木材乾燥機（株式会社新柴製）を使用した。乾燥条件は初期蒸煮（乾球95℃、湿球95℃）10時間、高温セット処理（乾球120℃、湿球90℃）24時間、乾燥工程（乾球90℃、湿球60℃）216時間とした。乾燥前後に試験材の重量を測定し、乾燥処理後に、試験材の中央部および両木口の内側50cmの箇所から試験片（ $t=2\text{cm}$ ）を計3枚採取した。これを、105℃設定の恒温機で一定の重量になるまで静置し全乾法により含水率を求め、3枚の平均値を仕上がり含水率とした。

4. 原木市場におけるスギ丸太の心材の明度調査

郡上市内の原木市場において、選別前のスギ丸太655本を対象として末口直径、心材の明度を調査した（平成26年5月～9月）。末口直径は市場担当者による検尺後の径級とし、心材部明度は2と同様にハンディ型色彩計を用い心材部の任意の3点の平均値を採用した。なお当市場では、木口面の汚れや切り口形状が不揃いである場合、チェーンソーにより木口面を新たに切り出した後に検尺をおこなっており、本調査も一部の丸太についてはこのような状態で測定している。

Ⅲ 結果

1. 乾燥結果

乾燥前後の含水率分布を図-2に示す。乾燥処理前の生材の状態では含水率44.4%～213.1%に分布し、平均

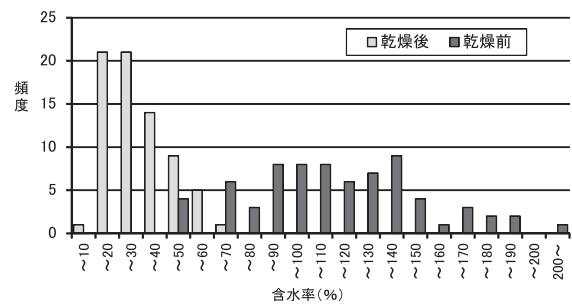


図-2. 乾燥処理試験前後の含水率分布

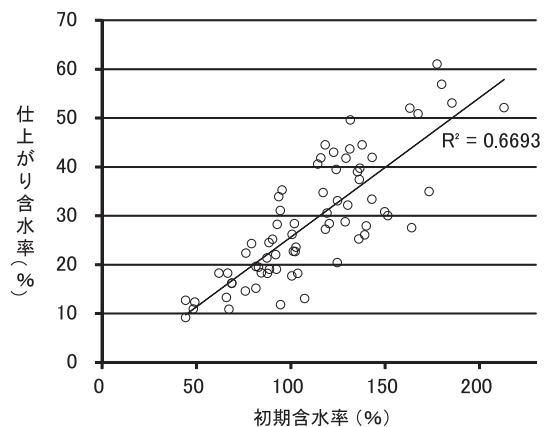


図-3. 初期含水率と仕上がり含水率の関係

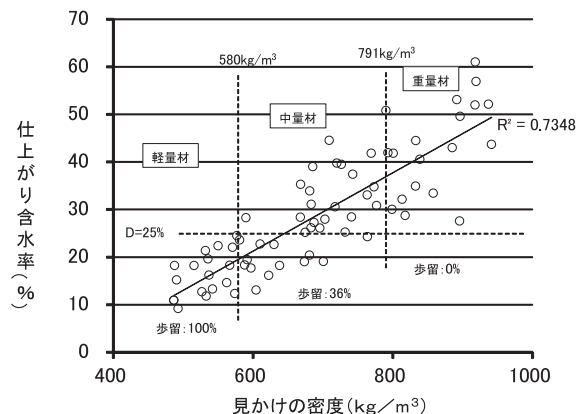


図-4. 見かけの密度と仕上がり含水率の関係

表-1. 見かけの密度を指標とした選別結果

重量 (見かけの密度)	歩留り (含水率25%以下の割合)
580kg/m³未満	100%
580kg/m³以上791kg/m³未満	36%
791kg/m³以上	0%

値で111.3%であった。乾燥処理後は含水率9.2%～61.0%に分布し、平均値で28.8%となった。全体的に仕上がり含水率が高くなったのは、黒心材など乾燥速度の遅い試験材が混入したロットに対して、スギ材の標準的な乾燥スケジュールを適用したためと考えられた。乾

乾燥処理前の初期含水率と仕上がり含水率の関係は図-3に示すとおりよく対応した。

乾燥処理前の試験材の体積と重量から、見かけの密度を算出した結果は、 $487\text{ kg/m}^3 \sim 941\text{ kg/m}^3$ に分布し、平均値は 692 kg/m^3 となった。この見かけの密度と仕上がり含水率の関係を図-4に示す。見かけの密度が低いほど仕上がり含水率が低い傾向にあった。従来から提唱されている重量選別の効果を確認するため、見かけの密度の分布から四分点を閾値とし、重量材、中量材、軽量材の3区分にグループ分けを行った。各グループ毎の乾燥歩留り（含水率25%以下の割合）を表-1に示す。乾燥歩留りは重量材0%, 中量材36%, 軽量材100%となり、重量選別の効果が確認できた。

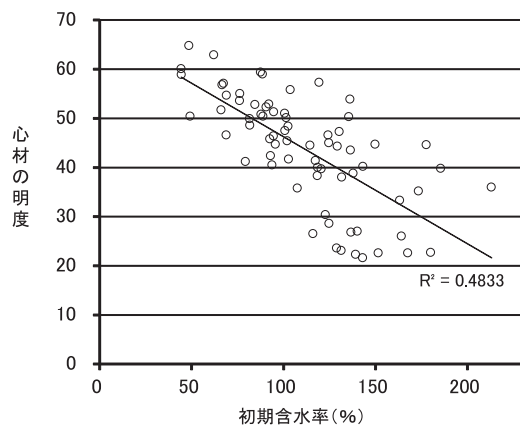


図-5. 初期含水率と心材の明度の関係

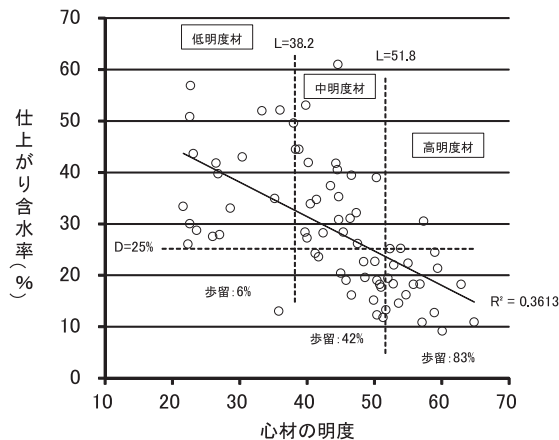


図-6. 心材の明度と仕上がり含水率の関係

表-2. 明度を指標とした選別結果

明度 (L)	歩留り (含水率 25%以下の割合)
51.8 以上	83%
38.2 以上 51.8 未満	42%
38.2 未満	6%

2. 明度による選別,

木口面心材部の明度 (L) は、21.6 ~ 64.8に分布した。初期含水率と心材の明度との関係を図-5に示す。高含水率材ほど明度が低い傾向となった。藤原ら(1989)はスギ生材含水率と気乾状態の心材の明度には相関が認められると報告している。今回の調査では気乾状態ではなく、生材時の心材の明度を測定しているが、同様の結果となった。次に、心材の明度と仕上がり含水率の関係を図-6に示す。明度が下がるほど仕上がり含水率が高い（乾燥速度が遅い）傾向が示された。ここで、重量選別と同様に四分点を用いて明度によるグループ分けを行い、乾燥歩留りを算出したところ、表-2に示すとおりであった。低明度材、中明度材、高明度材の明度区分を

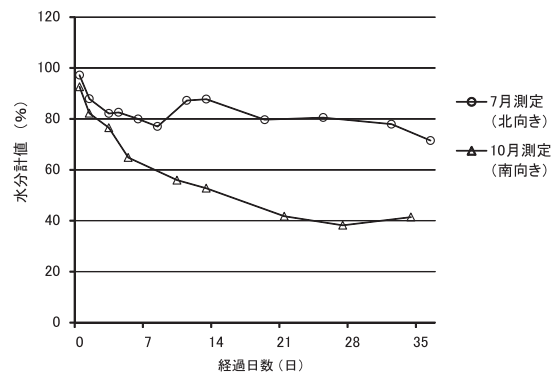


図-7. 木口面心材部における水分計値の推移

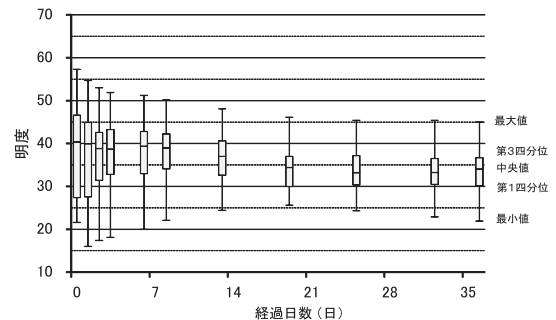


図-8. 木口面心材部の明度分布の変化 (7月実施分)

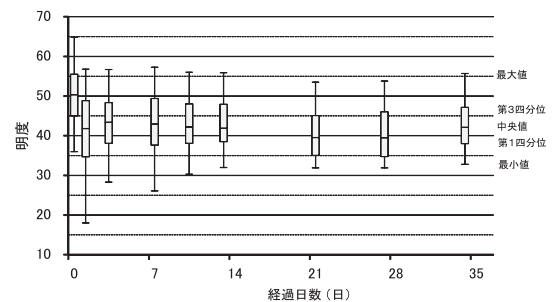


図-9. 木口面心材部の明度分布の変化 (10月実施分)

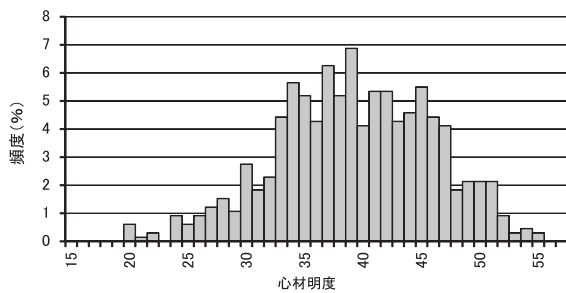


図-10. 原木市場におけるスギ心材明度の頻度分布

それぞれ、38.2未満、38.2以上51.8未満、51.8以上とし、各区分ごとの歩留りはそれぞれ、低明度材6%、中明度材42%、高明度材83%となった。見かけの密度に比べ仕上がり含水率との相関は弱いものの、心材の明度による選別により、重量選別に近い効果が期待できる結果となった。

3. 乾燥に伴う木口面心材部の明度変化と原木市場における心材の明度の分布

木口面心材部における水分計値の変化を図-7に示す。7月、10月共に初期に100%程度の値を示し、以降徐々に値は低下していくことから、木口面が徐々に乾燥する様子が伺えた。10月測定時の方が乾燥速度が速い点については、静置した試験材の木口測定面の向きを、7月は北向きとしたのに対し10月は南向きとしたため、直射日光の当たった10月の方が木口面の乾燥がより促進されたためと考えられた。また7月測定時の一時期に計測値が上昇しているのは、降雨により木口面が濡れた影響と考えられる。

次に、木口面心材部の明度の変化を図-8、図-9に示す。7月の測定（図-8）では、明度の値の範囲が狭まる傾向を示した。10月の測定（図-9）では初日から2日目にかけて全体として明度が低下し、その後は徐々に値の範囲が狭まる傾向を示した。2日目にかけて明度が低下する要因としては、木口面への心材物質の滲出が考えられた。

原木市場における心材の明度の分布結果を、図-10に示す。木口面心材部の明度（L）は、19.1～54.4に分布した。当市場ではほぼ全量が伐採日の翌日から3日以内に土場へ持ち込まれるとのことであり、実際にこの分布範囲は、図-8、図-9に示した明度分布経過の2日目から4日目の分布と近い値となった。

IV 考察

Ⅲ-2では心材の明度による選別が乾燥歩留りを向上させる効果があると記述したが、明度を基準としてグ

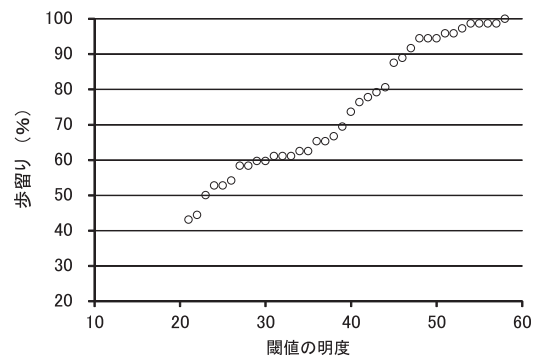


図-11. 閾値の明度を変化させた時の乾燥歩留り

ループ分けを行い、それぞれ異なる乾燥スケジュールを適用する方法は、小規模の製材工場には適用が難しいと考えられる。これは、選別された材が乾燥機容量に見合う量となるまでに一定期間を要し、その間に製材表層の乾燥が進み、表面割れが発生する危険性があるためである。このため、例えば買い方が原木市場での購入段階で丸太の木口心材色を判定し、一定以上の明度の原木のみを調達することで歩留りを向上させる方法が考えられる。そこで、グループ分けを行わず、ある明度以下のスギを除外した場合に得られる乾燥歩留り（含水率25%以下の割合）について検討した。なお、ここで用いた明度の値は、原木市場における木口面の状況を考慮し、クロスカットから約1週間経過した時点での値を用いた（図-8、図-9）。

閾値とする明度の値と、この時の歩留りの関係を図-11に示す。明度の閾値を変化させた場合、明度が高くなるほど、ほぼ連続的に歩留りが上昇する結果となり、心材の明度による選別効果が確認できた。今回の試験では試験材の仕上がり含水率が全体的にやや高めの結果となっているため、例えば歩留りが約90%となる閾値の明度は46あったが、更に乾燥時間を長くした場合には、この閾値は更に小さい値になると考えられた。なお、この方法により実際にどこに閾値を設定するかについては、明度による乾燥速度の相違について更に詳細な調査の必要があるとともに、流通原木に占める明度分布を考慮した明度ごとの用途の検討が必要であると考えられる。

本試験の実施にあつては、長野県林業総合センターに多大な協力をいただきました。吉田孝久所長ならびに職員の皆様に、木材乾燥機の提供、運転操作、測定指導を行っていただき無事に試験を終えることができました。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

岐阜県林政課（2012）第二期岐阜県森林づくり基本計画、岐阜県林政課

岐阜県林政課（2015）岐阜県森林・林業統計書．岐阜県林政課

富田守泰・杉山正典（1994）建築用スギ柱材の生材比重区分による乾燥効率の向上．第44回日本木材学会研究発表要旨集,奈良

独立行政法人森林総合研究所（2006）スギ乾燥のための10の要点．森林総合研究所第1期中期計画成果集18：3-4

中嶋康（2005）スギ心持ち材の仕上がり含水率頻度分布に及ぼす生材密度と高温乾燥時間の影響．岩手林技セ研報13：17-21

富田守泰（1996）スギ乾燥柱材の製造過程における乾燥難易指数の検討，岐阜県森林研報24：107-114

信田聡・安島稔・明神光幸（2000）乾燥が遅れるスギ柱材の選別方法に関する検討．第50回日本木材学会研究発表要旨集,京都,141

藤原新二・岩神正朗（1989）スギおよびヒノキ材の生材含水率と心材色の関係について．高知大農演報16：19-23

武智正典・林和男・杉森正敏・高橋知也・青木優・弓秀明（2006）スギ板材の乾燥前選別における心材色および心材率判定の自動化．愛媛県林技セ研報25：11-17