

## 〈資 料〉

## スギ柱材の中温乾燥における重量選別基準の検討 (第1報)

海本 一・寺西康浩

スギ柱材の生材密度の分布を把握するため、県内の製材工場や乾燥施設においてスギ柱材（断面寸法13.0～14.3cm）の人工乾燥前の密度（重量）を調査した。次にこの結果に基づいて試験材を選別し、中温乾燥試験を行い、生材密度と乾燥時間の関係について検討した。得られた結果は以下のとおりである。

- (1) スギ柱材の生材密度は0.37～1.04g/cm<sup>3</sup>の非常に広い範囲に及んだ。そのうち0.60g/cm<sup>3</sup>以下の材が約半数を占めた。
- (2) 中温乾燥試験において、生材密度が0.55g/cm<sup>3</sup>以下のグループでは350時間でほとんどが含水率20%以下に、また、0.56～0.60g/cm<sup>3</sup>のグループでは20%程度に乾燥した。しかし、0.61g/cm<sup>3</sup>以上のグループでは30%を越えるものがほとんどであった。
- (3) 平均年輪幅および全乾密度と仕上がり含水率の間には明らかな関係は認められなかった。
- (4) 生材密度と初期含水率および仕上がり含水率との間には高い相関関係が確認でき、乾燥時間を生材密度で区分することにより、所定の含水率に乾燥できると考えられた。ただし、生材密度の高い材については、天然乾燥等の2次乾燥が必要と考えられた。

## 1. はじめに

スギ製材品を短時間で乾燥できる乾燥法として高周波・蒸気複合乾燥法や高温乾燥法が開発され、これらの乾燥法による乾燥材が全国各地で生産されている。本県においても2事業者で高周波・蒸気複合乾燥機が導入され、スギ柱材や梁材の乾燥が行われている。また大規模製材業者を中心に、高温乾燥機の導入の動きも見られる等乾燥材生産の気運が高まっている。

しかし、全体としてみれば県内の製材工場の規模は小さく、新たに高温乾燥等の乾燥施設を導入して乾燥材の生産を短期間で増やすことは難しいと考えられる。現在の状況をふまえて、乾燥材の生産増と品質確保を図るには、現有の中温乾燥施設を利用して低コストで効率的に乾燥材を生産する方法を検討する必要がある。

本報では、その有効な手段とされる人工乾燥前の重量選別<sup>1)</sup>の効果を評価するため、第1段階としてスギ柱材の生材密度調査と密度別の中温乾燥試験を行い、標準的な中温乾燥スケジュールでスギ柱材が針葉樹構造用製材の日本農林規格や奈良県地域認証材に規定されている20%の含水率に乾燥できる生材密度とこれに基づく重量選別基準について検討したので、その結果を報告する。

## 2. 材料および方法

## 2.1 スギ柱材密度分布調査

県内の2製材工場および1事業協同組合において、人工乾燥直前のスギ柱材を対象にした密度（重量）分布を調査した。今回の調査ではこの時の密度を生材密度とみなした。調査した柱材はすべて奈良県産材であり、乾燥前の断面寸法は13.0cm～14.3cm、（仕上がり断面寸法は12cm角）材長は3mおよび4m、調査本数は639本であった。柱材の断面寸法および材長寸法は1mm単位で、生材重量は0.05kg単位で測定して生材密度を算出した。またデータの充実を図るため、過去に当センターで乾燥試験に供したスギ柱材のデータ48本を加えた計687本の生材密度について分析した。

## 2.2 スギ柱材中温乾燥試験

## 2.2.1 材料

県内の製材工場から購入したスギ柱材（荒挽き寸法、13.8cm×13.8cm×3m）38本を試験材とした。試験材はいずれも無背割り心持ち材とした。試験材の選定に際しては、生材密度分布の調査結果に基づいて試験材の生材密度範囲を決めると共に、試験材が特定の密度に偏らないように留意した。また密度とともに平均年輪幅についても測定し、材質が材の乾燥に及ぼす影響について検討した。

## 2.2.2 試験方法

スギ柱材の中温乾燥試験は高周波・蒸気複合乾燥機（山本ビニター株式会社製MDW-8SR）を使用して、標準的なスギ柱材の中温乾燥スケジュールとして表1に示す乾燥スケジュール<sup>2)</sup>により350時間（約14日間）行っ

表1 乾燥スケジュール

ステップ	乾球温 度(°C)	湿球温 度(°C)	乾湿球温 度差(°C)	時間
1	80	80	0	14(うち昇温2時間)
Q	WO	VV	3	VQ
3	80	76	4	72
4	80	74	6	72
5	80	72	8	72
6	80	70	10	48

た。乾燥期間中は1日1回定刻に重量と含水率計による含水率(以下、 $MC_{MT}$ という)を測定した。 $MC_{MT}$ は材長中央部の4材面で測定した。含水率計は高周波式含水率計(ケット科学研究所製HM520型)を使用した。

乾燥試験終了後には材長中央部および両木口から50cm離れた位置から長さ30mmの試片を1個ずつ計3個を採取して全乾法で含水率を測定し(以下、全乾法に基づく含水率を $MC_{OD}$ という)、この含水率により試験期間中の含水率を算出した。なお、材長中央部から得た試片からは全乾密度も測定するとともに、含水率分布測定用試片を1個採取し、断面を25分割して含水率分布を求めた。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 スギ柱材密度分布調査

図1にスギ柱材の生材密度分布調査結果を示す。生材密度は $0.37\sim 1.04\text{g/cm}^3$ の非常に広い範囲に及び、平均値は $0.61\text{g/cm}^3$ であった。そのうち $0.60\text{g/cm}^3$ 以下の材の出現率が約半数を占めた。生材密度のばらつきが大きいことから、スギ柱材の人工乾燥を効率的に行うには重量選別が有効であると予測された。

#### 3.2 スギ柱材中温乾燥試験

本試験は生材密度の選別基準を設定するため実施した

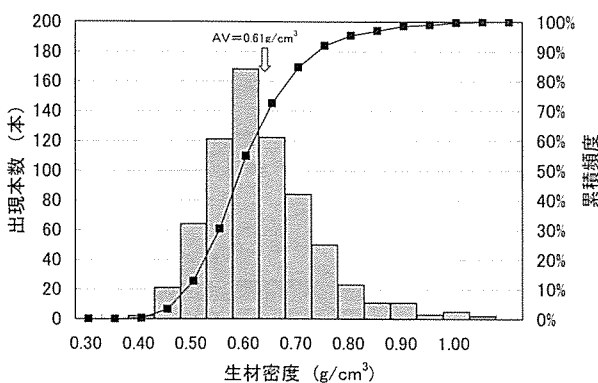


図1 スギ柱材の生材密度分布および累積頻度

が、試験材の生材密度は $0.49\sim 0.89\text{g/cm}^3$ の範囲であった。これは生材密度調査の結果(以下調査結果という)における柱材全体の90%が含まれる範囲であった。生材密度の選別基準は、調査結果において累積頻度が30%以下であった生材密度 $0.55\text{g/cm}^3$ 以下をグループ1に、次に調査結果において出現頻度が高かった $0.56\text{g/cm}^3\sim 0.70\text{g/cm}^3$ までを、 $0.05\text{g/cm}^3$ 単位ごとにそれぞれグループ2、3、4に区分した。 $0.71\text{g/cm}^3$ 以上は調査結果において全体の15%以下であったが $0.10\text{g/cm}^3$ 単位ごとにそれぞれグループ5、6に区分した。

図2~7にグループ別の乾燥経過を示す。グループ1の初期含水率の範囲は $50.4\sim 73.0\%$ であった。乾燥試験後の最終含水率(以下、仕上がり含水率という)は、20%の基準値に達したものが8体中6体あり、他の2体も20%に近い含水率を示した。また、気乾状態に近い15%近くまで達したものが4体あり、これらは試験開始から220~250時間後には20%前後の含水率に達していた。

グループ2の初期含水率の範囲は $49.2\sim 88.6\%$ であった。仕上がり含水率は20%以下のものが6体中2体、20%に近い含水率ものが2体、24%のものが1体であり、基準を越えたものでも乾燥時間を最大2日程度延ばすことによって基準内に収まることが推測できた。しかし、グルー

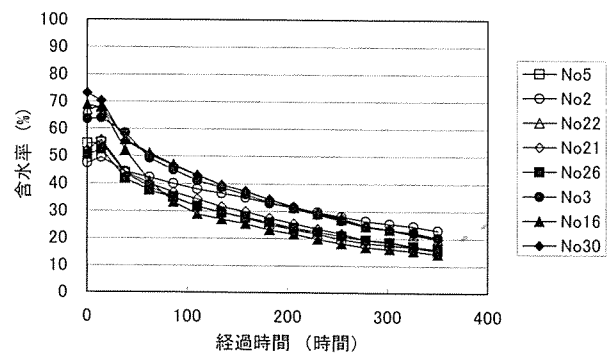


図2 グループ1(生材密度 $0.46\sim 0.55\text{g/cm}^3$ )の乾燥経過  
\*: 図中の凡例は試験材Noを示しており、生材密度の低い順に記載している。(図2~7共通)

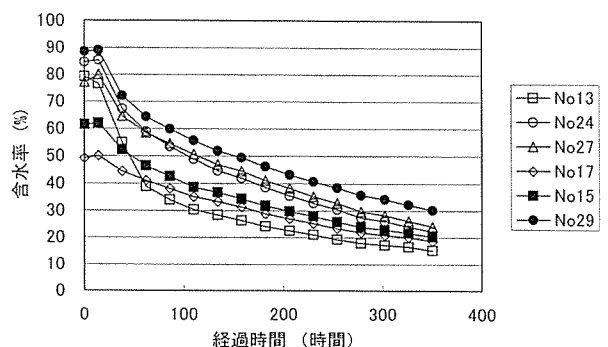


図3 グループ2(生材密度 $0.56\sim 0.60\text{g/cm}^3$ )の乾燥経過

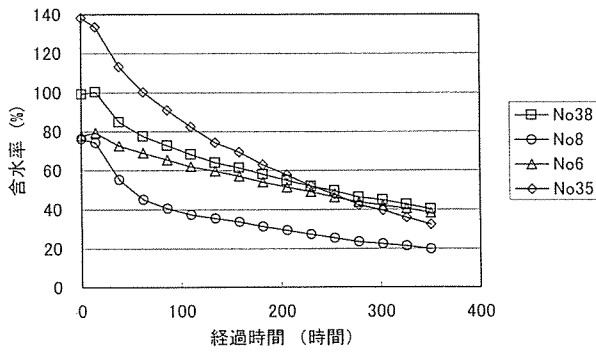


図4 グループ3 (生材密度0.61~0.65g/cm<sup>3</sup>) の乾燥経過

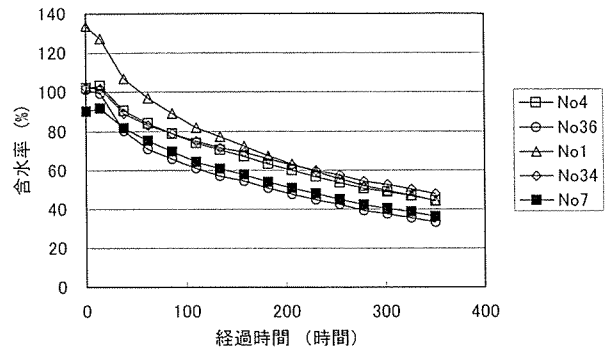


図5 グループ4 (生材密度0.66~0.70g/cm<sup>3</sup>) の乾燥経過

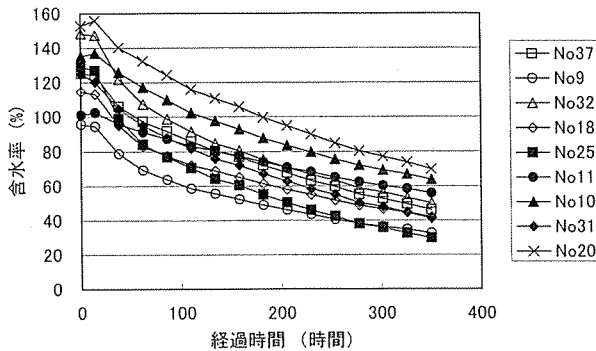


図6 グループ5 (生材密度0.71~0.80g/cm<sup>3</sup>) の乾燥経過

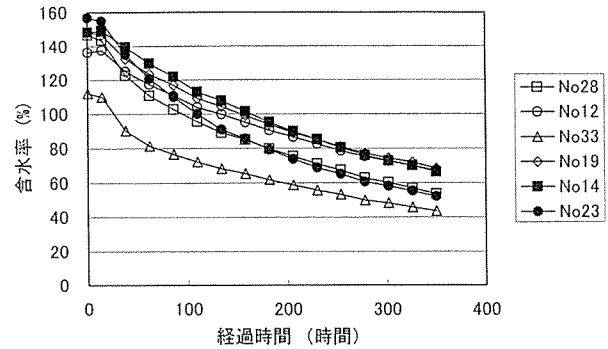


図7 グループ6 (生材密度0.81~0.90g/cm<sup>3</sup>) の乾燥経過

プ内で最も密度の高かった(生材密度0.60g/cm<sup>3</sup>)材の仕上がりが含水率は約30%であり、中温乾燥スケジュールでは長時間を要することが予想された。

グループ3の初期含水率の範囲は76.2~138.3%であり、含水率のばらつきは大きかった。仕上がりが含水率も他のグループに比べて高く、20%以下の含水率に達したものは1体だけで、グループ3の柱材を中温条件で乾燥する場合は長時間の乾燥が必要であることが明らかになった。

グループ4、グループ5、グループ6の初期含水率の範囲はそれぞれ、90.3~133.5%、95.8~152.8%、111.9~156.9%であり、そのほとんどが100%以上の含水率を示した。これらの仕上がりが含水率も高く、その範囲はそれぞれ33.2~47.8%、29.7~69.9%、43.6~68.4%で、すべて含水率基準を大きく上回った。なお図中の含水率はすべてMC<sub>OD</sub>によるものである。MC<sub>MT</sub>はMC<sub>OD</sub>が20%の含水率に至るまで常により低い値を示したが、試験材の含水率分布の測定時、含水率基準に達した材でも内部は高い含水率を示すことがしばしば見られたため、表層の含水率に影響された結果低い値が表示されたものと考えられた。

図8に試験材全体の生材密度と仕上がりが含水率の関係を示す。生材密度と仕上がりが含水率との間には高い相関関係が認められ、グループ別の乾燥試験結果からも、生

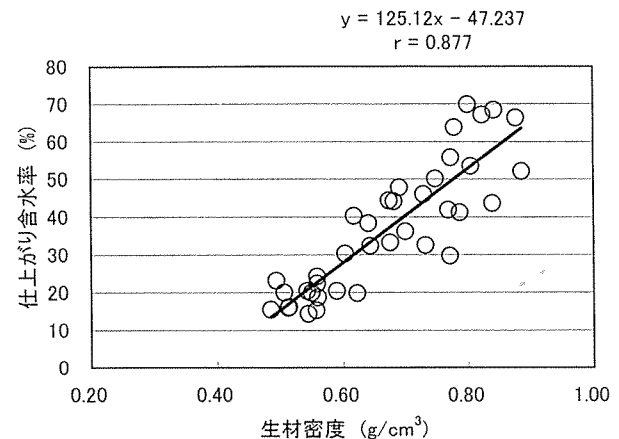


図8 生材密度と仕上がりが含水率の関係

材密度が仕上がりが含水率を推定する際の有力な指標となることが確認できた。また生材密度と初期含水率の間にも強い相関関係が認められ、生材密度から初期含水率が推定できることが確認できた(図9)。

平均年輪幅および全乾密度と仕上がりが含水率の関係を検討した結果、いずれも明らかな相関関係は認められなかった。試験材の平均年輪幅、全乾密度の範囲はそれぞれ4.3mm、0.35g/cm<sup>3</sup>であった。グループ間の平均年輪幅、全乾密度にも違いは見られなかったことから、乾燥前の選別に当たっては、生材密度(重量)のみを指標とすれ

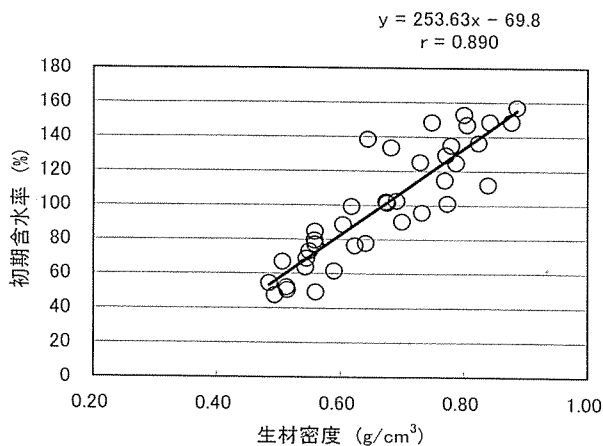


図9 生材密度と初期含水率の関係

ばよいと考えられた。

生材密度によるグループ別の乾燥試験を実施した結果、今回の中温乾燥スケジュールではグループ1とグループ2の大部分が含水率基準をほぼ達成できたことから、荒挽き寸法が13.0~14.0cm程度で生材密度が0.60g/cm<sup>3</sup>未満のスギ柱材であれば、大部分が本試験で実施した中温乾燥スケジュールによって含水率20%の基準に達するといえる。小野らの報告<sup>2)</sup>においても同様の結果が示されていることから、0.60g/cm<sup>3</sup>が重量選別の一つの基準値になると考えられ、調査結果からは、人工乾燥前の柱材の約半数がこの範囲に含まれることが確認できた。

また、生材密度0.55g/cm<sup>3</sup>以下の材では乾燥過程の途中段階で20%以下の含水率に達しているものもあったことから、生材密度の低い(重量が軽い)材は人工乾燥時間を短縮する、あるいは天然乾燥を組み合わせる等の方法でコスト減が図れる可能性がある。逆に0.60g/cm<sup>3</sup>以上の生材密度の高い(重量が重い)材については、中温乾燥のみで含水率基準に達するまでには長時間の乾燥が必要になり大幅なコスト増に繋がる危険性があるため、天然乾燥や養生施設における2次乾燥<sup>3)</sup>も検討する必要がある。生材密度の高い材は、乾燥施設の効率の利用という面から、高温乾燥施設や高周波・蒸気複合乾燥施設に

持ち込んで乾燥を行い、生材密度の低い材を既存の中温乾燥施設で乾燥するという方法も考えられるが、いずれにしても重量選別することにより乾燥コストの低減と効率化が図れるものと考えられる。

今回の試験結果から、効果的な重量選別基準としてはグループ1(生材密度0.55g/cm<sup>3</sup>以下)とグループ2(生材密度0.56~0.60g/cm<sup>3</sup>)、およびそれ以上の生材密度のグループに最低3区分することが必要と考えられた。第2報以降では生材密度が0.60g/cm<sup>3</sup>を超えるグループでの区分値の解明(4区分化)と、今回提案した生材密度(重量)区分に最も適合した乾燥条件を品質とコストの両面から検討してゆきたい。

## 謝辞

本試験を実施するに当たり、生材密度分布調査や試験材の選別・確保にご協力いただいた阪口製材所、(株)岡仁ならびに高田木材協同組合に深く感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 水野俊一ほか：スギ人工乾燥の低コスト化に関する研究。福島県林業研究センター研究報告。36, 1-11 (2003)
  - 2) 小野広治ほか：スギ柱材の熱気乾燥と修正挽き材の寸法変化。奈良県林試研報。27, 22-28 (1997)
  - 3) 富田守泰ほか：スギ乾燥柱材の製造過程における乾燥難易指数の検討。岐阜県林業センター研究報告。24, 107-114 (1995)
  - 4) 小野広治ほか：地域産材の低コスト乾燥技術の開発(I)。奈良県森技セ木材加工資料。30, 1-5 (2001)
  - 5) 小野広治ほか：地域産材の低コスト乾燥技術の開発(III)。奈良県森技セ木材加工資料。31, 21-24 (2002)
- (2008年1月7日受理)