

スギ心持ち正角材の乾燥方式による品質について

松元 浩・木村保典*・小倉光貴

要旨：スギ心持ち正角材について6種類の方法で乾燥試験を実施し、乾燥材の品質（含水率、収縮率、割れ、曲がり等）について検討した結果、収縮率には乾燥方式の違いは現れなかったが、含水率分布や割れの挙動に乾燥方式の特徴が現れた。

はじめに

近年、建築基準法の改正や住宅の品質確保の促進等に関する法律の施行により、クレーム対策として、住宅に使用する木材には寸法変化や割れが少ないなど、品質および性能の明確な乾燥材が要求されている。

平成13年度に策定された「21世紀いしかわ森林・林業・木材産業振興ビジョン」では、将来的に加賀、金沢、能登の3地区に木材流通・加工拠点を整備し、人工乾燥材の供給割合を平成22年度には50%にするという目標を掲げている¹⁾。平成14年度には加賀地区の拠点として南加賀木材協同組合が整備され、含水率やヤング係数を表示した乾燥材生産が始まった。この事例以外にも当県においては様々な方式の木材乾燥機が導入されているが、それぞれの現場で乾燥技術が確立されているとは言い難く、また、乾燥方法・技術の違いが品質、強度等に与える影響も懸念されている。

そこで林業試験場では、現在導入されている乾燥機の適正な運用や今後乾燥機を導入する際の普及資料を作成する事を目的に、平成13年度より6種類の方式によるスギ心持ち正角材の乾燥試験を行い、乾燥材の品質や強度特性について検討を行ってきた。本報告では乾燥材の品質について報告する。

材料と試験方法

1 材料

石川県能登地方産の末口直径16~20cm、長級4mのスギ丸太を購入し、断面寸法115mm×115mm×3,900mmの心持ち正角材を採材したのち、これらを重量のパラツキがほぼ均等になるように5つのグループに分け、中温蒸気式（以下J）、高周波

減圧式（KG）、爆砕高周波減圧式（BK）、熱風減圧式（N）およびパラフィン液相式（P）により乾燥した。また、能登地方産の末口直径16~20cm、長級4mのスギ丸太から採材した断面寸法120mm×120mm×4,000mmの心持ち正角材30本については高温蒸気式（KJ）により乾燥を行った。目標含水率は15%とし、乾燥機を保有する事業体については製品を乾燥するのに適当と思われるスケジュール、乾燥機メーカーが保有する乾燥機についてはメーカーの推奨するスケジュールを採用した。

それぞれの乾燥スケジュールを図1に示す。

2 測定項目

乾燥前後において、試験材の重量、寸法、材面割れおよび曲がりを測定した。寸法については、材中央部分の直交する2面についてデジタルノギスを用いて1/100mm精度で材幅を測定し、材面割れについては、割れ長さ、割れ幅（4材面の最大値）を測定し、曲がりについては水平な台の上に材を置き、台と試験材の間にできた矢高の最大値をスケールにより1mm精度で読みとった。

また、各グループについて重量の重い順に2、12および23番目の3本の材（KJにおいては3、15および27番目）を選び、材端から約50cmの部分の直交する2面について、ひずみゲージによる表面解放ひずみを測定し、その隣接部分から厚さ約2cmの小片を2枚採取し、全乾法による含水率および水分傾斜を求めた。水分傾斜は図2に示すように、25分割した試験片の中心部をA、中心部と隣り合う周辺部をB、試験片の外周部分をCとして平均値で表した。表面解放ひずみは、材面に貼付したひずみゲージの周囲に鋸目を入れ、そのとき解放された瞬間解放ひずみをデータロガーで読みとった。

さらに、乾燥材の乾燥後の挙動を把握するため、

*石川県南加賀農林総合事務所

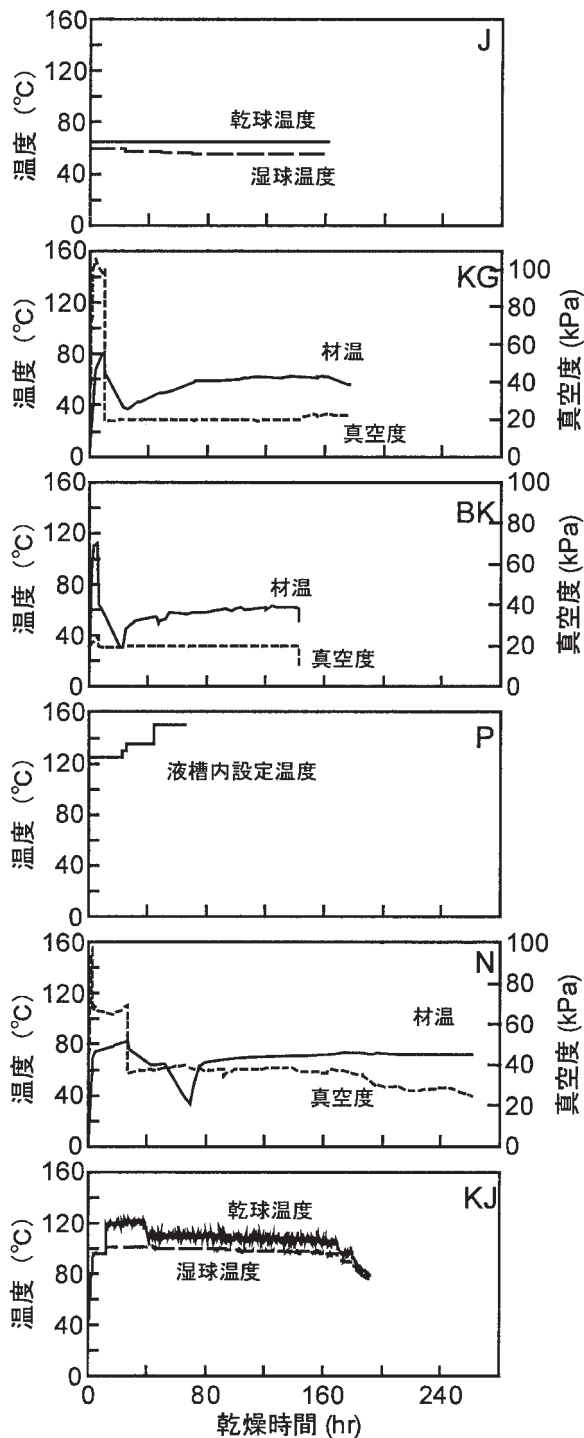


図1 乾燥方式毎の乾燥スケジュール

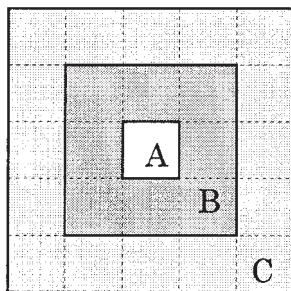


図2 水分傾斜測定試験片

乾燥終了後の材を2002年2月（KJについては2003年1月）から屋内で養生し、養生後8および15ヶ月後（KJについては、4、6および13ヶ月後）に乾燥直後と同様の測定を行った。なお、選抜した3体以外の試験材の含水率については、養生終了後の全乾含水率をもとに重量の経過から推定した。

結果と考察

1 含水率

乾燥前後の含水率の出現頻度を図3に示す。乾燥前の含水率は40～180%とばらつきがあり、平均含水率は94.9%であった。

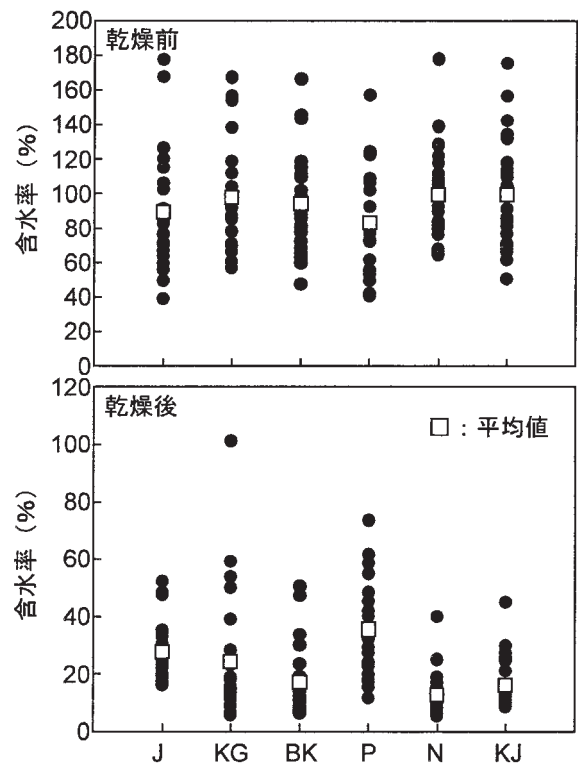


図3 各乾燥方式における乾燥前後の含水率

乾燥後の含水率は平均値で12.7～35.5%と乾燥方式による違いが現れた。Jの場合、背割り加工無しのスギの心持ち正角材を含水率15～20%まで乾燥させるには、乾球温度83～95で、蒸煮時間を含め200時間程度必要といわれている²⁾ことから、今回のスケジュールでは乾燥時間が不足していたものと考えられ、乾燥温度を高くするか、乾燥時間をさらに長く取る必要があったと思われる。Pについても目標の含水率には乾燥できなかった。中山ら³⁾は、乾燥前75.3%であったスギ心持ち正角材を設定温度110度で70時間液相乾燥を行い、平均含水率が17.2%になったと報告している。今

回の試験で採用した乾燥スケジュールは、乾燥材の内部割れや変色の抑制を狙って、液相処理を短時間に抑え、その後材を引き上げ乾燥機内の上部空間で高温蒸気乾燥を行うというものであったが、今回は上部空間が外気温の影響を受け十分な乾燥温度を保てなかったため、期待された高温蒸気乾燥が行われず含水率が低下しなかったものと考えられる。一方、JとP以外の乾燥方法については、試験材の7割以上が含水率20%以下となり、含水率15%以下の出現割合は、BKでは71%、NおよびKJでは66~67%、KGでは44%であった。KGについては、含水率が低下していない試験体が見られたが、質量減少率を見ると他の試験体と大きな違いはなかった。この材は、乾燥前の心材含水率が190%を超える黒心材であり、それが原因で十分に乾燥しなかったものと考えられる。今回の試験の結果から、BKはKGよりも乾燥時間が短く、乾燥後の含水率も全体的に低かったことから、高周波減圧乾燥前の繰り返し爆砕処理による透過性の改善効果⁴⁾があったものと思われる。

図4に乾燥材の養生経過を平均値で示す。養生後8ヶ月を経過するとP以外の試験体はほとんどが含水率20%以下となり、15ヶ月後にはPの試験体も平均で17.5%、その他の乾燥方式については12.7~15.2%になった。この間、乾燥後の含水率が10%以下と過乾燥であった試験体は含水率が増加し、乾燥が不十分であったものは乾燥が進むことで全体のばらつきが少なくなった。Pについてはパラフィンが材表面に浸透して材表層部がコーティングされることによって水分の蒸発を妨げ、その結果養生中の乾燥速度が低下している^{3,5)}ものと考えられる。

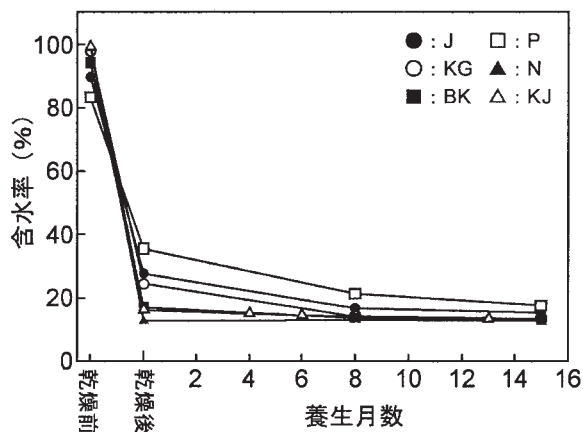


図4 各乾燥方式における乾燥経過

図5に乾燥材の水分傾斜の養生期間における推

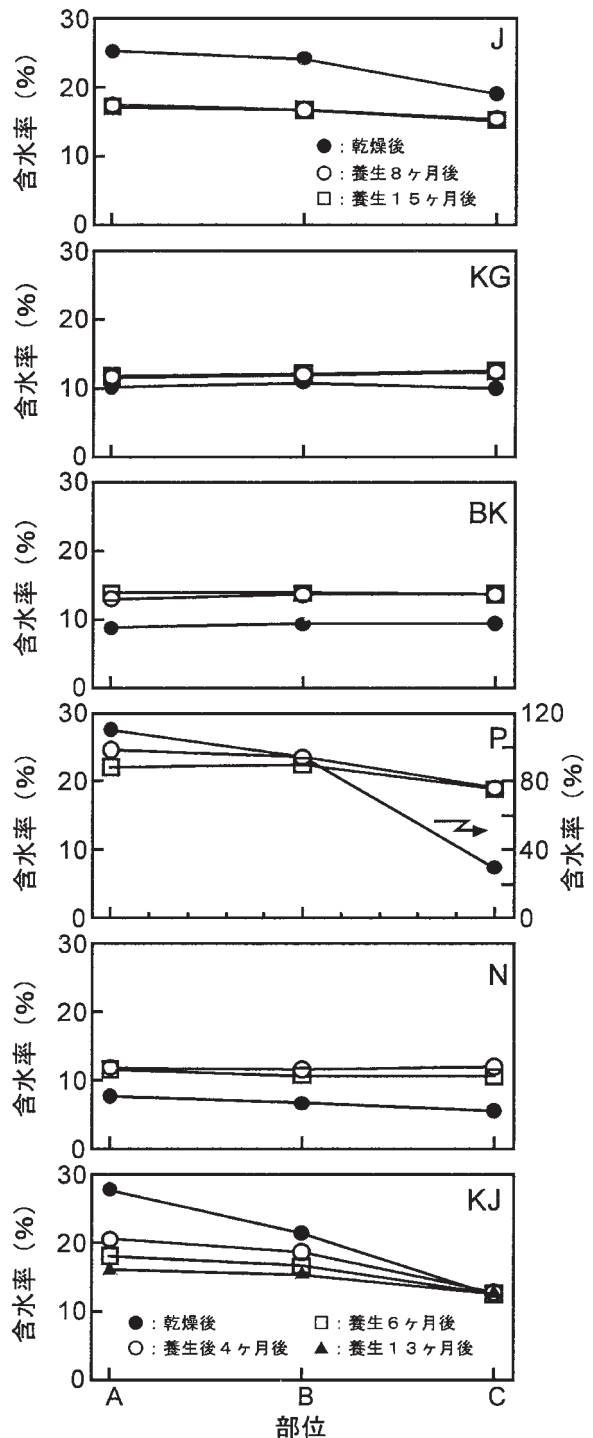


図5 各乾燥方式における水分傾斜の推移

移を示す。乾燥直後の材については、JやKJは表層に比べ材の中心部の含水率が高く水分傾斜も大きかったが、高周波を用いるKGおよびBKにおいては内部加熱方式であるため中心部分の含水率も低下しており、全体的に水分傾斜の少ない乾燥材となった。Nについては蒸気式と似た傾向であるが、全体的に含水率が低下しており、水分傾斜も少ない。また養生後8ヶ月が経過すると、水分傾斜の大きかった方式の乾燥材についても内部

の含水率が減少して水分傾斜は緩やかになり、15ヶ月経過後にはほぼ均一になった。

図6に乾燥前の試験材のみかけの密度と乾燥直後の含水率の関係を示す。今回乾燥操作がうまくいかなかったJとPの結果については除外した。乾燥後の含水率が20%以下になる密度を回帰式から計算すると747kg/m³となった。今回の試験の結果、乾燥前のみかけの密度が747kg/m³以下の試験材は約97%が含水率が20%以下に乾燥した。

乾燥前の試験材の見かけの密度と含水率の関係を図7に示す。両者の間には高い相関関係が認められ、密度が高いものほど含水率が高くなる傾向が認められる。得られた回帰式より、乾燥前密度が747kg/m³の材の乾燥前含水率を計算すると104%となる。また、4m材の重量に換算すると、115mm角の場合には約39.5kg、120mm角の場合には約43.0kgとなる。これらの結果より、実証試験を行う必要はあるが、115~120mm角のスギ心持ち正角材の場合、1mあたりおよそ10kgを目安に選別を行うことで乾燥後の仕上がり含水率のばらつきを抑えることができるものと考えられる。

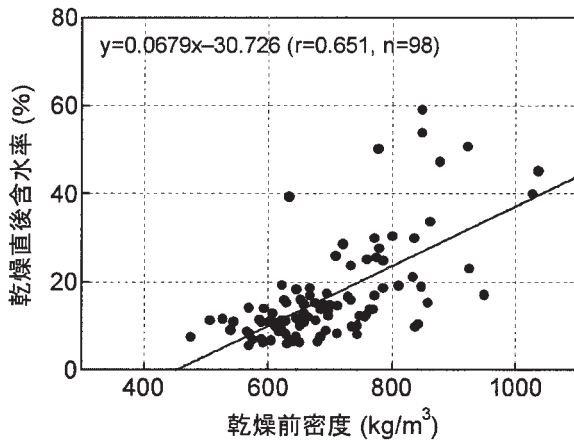


図6 乾燥前密度と乾燥直後含水率の関係

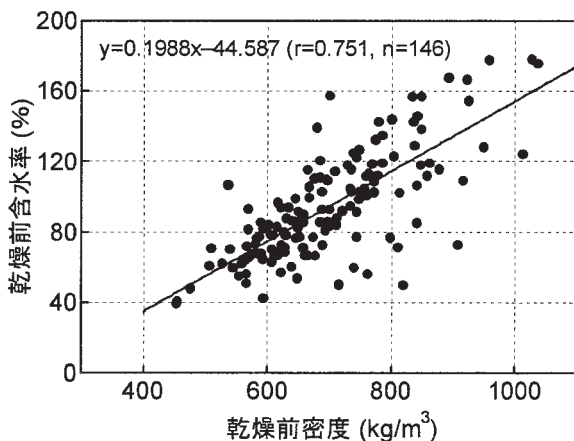


図7 乾燥前密度と乾燥前含水率の関係

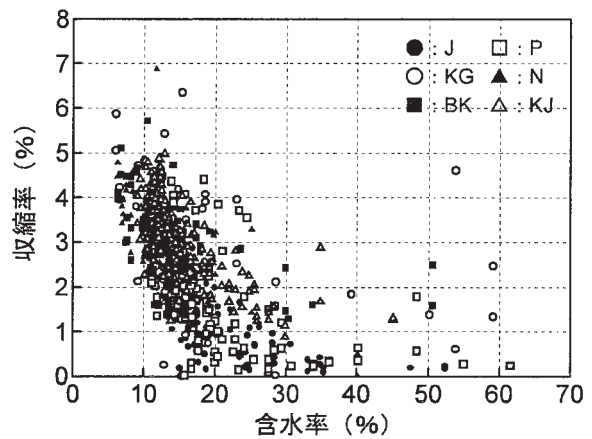


図8 含水率と収縮率の関係

2 収縮率

各乾燥方式における含水率と収縮率の関係を図8に示す。今回試験に用いたスギ材は含水率が15%になるまでに2~3%収縮することが分かる。したがって、105mm角の乾燥材(含水率15%)を生産する際の製材寸法は、3~4mm程度の収縮を考慮する必要がある。なお、今回の試験においては、収縮率に乾燥方式による差は認められなかった。

3 割れおよび表面解放ひずみ

乾燥直後および養生終了後の割れの結果について表1に示す。表中の割れ長さについては1材面当たりの長さの平均値を表し、割れ幅については4面の最大値の平均値を示している。割れ長さについては、Jが最も長くPが最も短い結果となった。養生後については、PおよびN以外の方式については、割れが約2割伸長する傾向が見られた。

割れ幅については全体的に狭くなっており、特にP、NおよびKJについては減少率が大きかった。表面解放ひずみの結果を見ると、N、PおよびKJは乾燥後養生期間を通して材面には圧縮応力が働いていたのに対し、その他の方式について

表1 乾燥直後および養生終了後の割れ

	乾燥直後		養生15ヶ月後	
	長さ(cm)	幅(mm)	長さ(cm)	幅(mm)
J	110.3	3.1	121.8	2.9
KG	59.6	2.9	72.2	3.1
BK	67.5	2.3	80.4	2.2
P	41.3	2.0	15.7	0.6
N	86.2	2.7	75.4	1.1
KJ	68.0	3.0	85.2*	2.1*

* : KJについては養生後13ヶ月後の結果

は乾燥後に引張応力となり、その後の経過は材によってばらついた。したがって、N、PおよびKJについては表面割れが発生しにくい、あるいは表面割れが閉じる方向に応力が働いている状態であると推察される。これはこれまでの報告にもあるように、材表面にドラインセットが形成されたことによる^{3,6)}ものと考えられる。

また、KJについては約半数に内部割れの発生が認められた。

4 曲がり

各乾燥方式における乾燥材の養生終了後の曲がりについて表2に示す。乾燥材全体の平均は3.7mmで全体の約8割が5.0mm以下であった。KJの曲がり量は他の方式に比べ少なかった。

針葉樹の構造用製材の日本農林規格（JAS）の甲種構造用における曲がりの基準は、1級では0.2%以下、2級および3級では0.5%以下と設定されているが、県内のプレカット工場における乾燥材の曲がりの許容量は0.1%未満に設定されていることから、実質曲がりは許されないと考えるのが妥当である。したがって、製材寸法は曲がりを4mm程度考慮する必要がある。

表2 各乾燥方式における曲がり (Unit: mm)

	J	KG	BK	P	N	KJ
平均値	4.1	4.4	5.1	3.3	3.1	2.3
標準偏差	3.4	3.6	4.3	3.2	3.8	1.8

まとめ

現在導入されている乾燥機の適正な運用や今後乾燥機を導入する際の普及資料を作成する事を目的に、スギ心持ち正角材について導入の可能性のある6種類の方式による乾燥試験を行い、それらの乾燥材品質について検討した。その結果の概要は次のとおりである。

- 1) 中温蒸気式およびパラフィン液相式については、今回採用した乾燥スケジュールでは品質の安定した乾燥材の生産は難しい。
- 2) 爆砕高周波減圧式については、爆砕処理による乾燥時間短縮の効果が認められた。
- 3) 高周波を利用する乾燥方式は水分傾斜の少

ない乾燥材に仕上がった。

- 4) 熱風減圧式、パラフィン液相式および高温蒸気式については材表面にドラインセットを形成することにより、使用中も材面割れが発生しにくいものと考えられる。
- 5) 115～120mm角のスギ心持ち正角材の場合、1mあたり10kgを目安に選別を行うことで乾燥後の仕上がり含水率のばらつきを抑えることができるものと考えられる。
- 6) 今回のスギ心持ち正角材の乾燥試験の結果から、乾燥による材の収縮、曲がりおよび仕上げ加工の際の削りしろ5～6mmを考慮すると、製材時の寸法は105mm仕上げの場合、117～119mm程度必要である。

謝 辞

試験材の乾燥にあたり、株式会社ヤスジマ、協同組合能登ウッド、南加賀木材協同組合ならびに三善工業株式会社に多大なご協力を頂きました。また、乾燥試験の実施にあたり九州大学大学院農学研究院藤本登留助教授には貴重なご助言を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 石川県農林水産部 (2002) 21世紀いしかわ森林・林業・木材産業振興ビジョン. 70 - 71
- 2) 森林総合研究所監修 (2004) 木材工業ハンドブック. 309 - 310
- 3) 中山茂生ら (2004) スギ心持ち正角材のパラフィン液相乾燥試験. 木材工業59(10) : 448 - 453
- 4) 金川 靖・林 和男・渋谷昌資・安島 稔 (1991) 局所的水蒸気爆砕法による木材透過性の改善 (予報). 木材工業46(10) : 468 - 472
- 5) 松岡良昭・後藤純一・藤原新二・金川 靖 (2002) パラフィン高温液相乾燥におけるスギ構造材へのパラフィン浸透特性. 木材学会誌48(5) : 356 - 362
- 6) 片桐幸彦・藤本登留・豆田俊治・近藤宏章 (2001) 湿度無制御で熱風乾燥された心持ち柱材の品質に及ぼす高温低湿処理の効果. 木材工業56(12) : 617 - 620