

地域の材料を無理なく利用するための基礎知識

地域の木材を無理なく活用するには、使用する部材のサイズや構法、使用量を決定する前に、資源状況・林産業・計画（事業スケジュール等）の情報を発注者・林産業者・設計者の3者で共有することが重要である。そこで、情報共有の項目と必要となる基礎的な知識を示す。



講 師 池田元吉（熊本県林業研究指導所 研究主幹兼林産加工部長）



講 義 日 2013年1月16日（水）



事 業 者 熊本県五木村

1. 地域の木材を無理なく活用するために必要な情報

地域の木材を無理なく活用するには、使用する部材のサイズや構法、使用量を決定する前に、①資源状況・②林産業・③計画（事業スケジュール等）の情報を発注者・林産業者・設計者の3者で共有することが重要である。

林産業者に提供を求める情報は以下の2点である。

①資源の状況

素材生産量

供給可能性

森林経営計画

素材（丸太）の形状・材質（径級、曲がり、品種（生材含水率）、心材色、ヤング係数等）

②林産業の状況

域内の製材能力（製材可能な丸太形状）

乾燥材生産能力（乾燥可能な部材寸法等）

実行可能な品質管理内容（例えば、構造用製材の等級区分方法は目視か機械か）

①資源の状況については、供給量に対して搬出期間はどの程度必要か—例えば、3ヶ月間にどれだけ出材できるかといった情報提供や、出材可能な材のリストの有無もしくはリスト作成可能の是非（森林経営計画の計画表に基づく出材可能な材のリストがあると量を把握しやすい。）などを把握することが必要となる（コラム①参照）。

供給量の他、素材（丸太）の形状・材質の情報があらかじめあれば設計しやすくなる。

②林産業の状況について、中でも課題となるケースが多いのは乾燥材の生産能力である。例えば、五木村は人工乾燥ができる製材所がないため人工乾燥できる所へ持って行き持ち帰る時間が必要である。もし、前述した3者の情報共有があり、早めの実施設計により精度の高い木拾いがなされたら、材工分離発注で事前に準備し天然乾燥しておくことも可能になる。ただし、設計が十分に詰まっていない時に木拾いした場合には、設計計画の変更によるロスが多くなり費用が嵩むことになるため注意する。

コラム②に熊本木材株式会社にて五木村の資源について現地調査した事例を、コラム③に協同組合くまもと製材にて取り扱う原木のサイズや乾燥材生産能力についての調査した事例を示す。また、今後の地域材活用のための実験的な取り組みについてコラム④に示す。

2. 含水率・強度の把握

含水率(コラム⑤参照)や強度は、辺材か心材か、樹種、品種によって異なる。使用する木材の情報を収集することで乾燥コストの削減や設計に役立てることができる。

(1) 木材乾燥の必要性

・寸法安定性の向上

あらかじめ使用環境に適した含水率まで乾燥させた材を使用することで、変形を抑制する。

・生物劣化の軽減

変色菌、腐朽菌は含水率20%以下に乾燥に伴いほとんど発生しない。新たに割れが発生することが少なくなり、材内への水の浸入を抑制することで耐久性が向上する。

・木材の強度性能の向上

繊維飽和点(含水率28~30%)以下では、乾燥するほど強度性能が向上する(実大材においては1%の含水率低下に付き約1%の変化率。)(コラム⑥)。

・接合具の保持力の向上

釘、木ネジなどの保持力が向上する。

・接着力の向上

接着剤の種類により異なるが、接着に適した含水率は7~15%である。

・保温性の向上

・塗装性や加工性の向上

・軽量化

作業コストや輸送コストが軽減される。

(2) 乾燥の手法

乾燥の手法には、葉枯らし乾燥、天然乾燥、人工乾燥の他、それらを組み合わせる手法などがある。

葉枯らし乾燥は伐採地で葉を付けたまま数ヶ月放置する手法で、辺材の含水率を下げ、後に控える乾燥工程を補助する予備乾燥の意味を持つ他、重量が減ることで作業コストや輸送コストを下げる。

建築物に木材を利用するには、木材を乾燥する必要がある。乾燥方法によって乾燥にかかる日数が異なる。この日数は設計スケジュール、材料発注スケジュール、建設スケジュール、竣工スケジュールに影響するため、地域の乾燥能力等を把握し計画に組み込む必要がある。

図1に乾燥方法と乾燥日数との関係を示す。

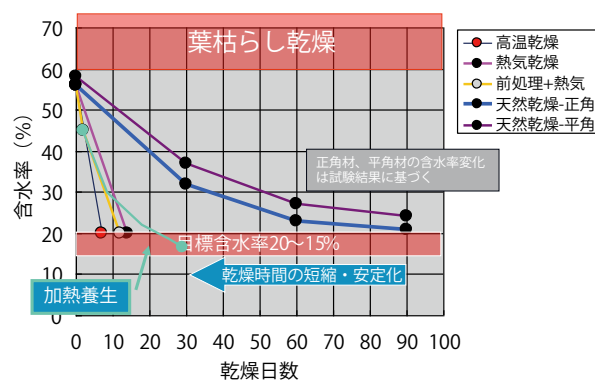


図1 乾燥方法と乾燥日数との関係

高温セット処理に引き続き高温乾燥を行えば乾燥日数は短縮できるが、過乾燥となる材で内部割れが発生する危険がある。内部割れは部材強度や接合性能の低下が懸念された。

そこで、内部割れを発生させない乾燥方法が様々な検討されている。

その一つに新産住拓株式会社のように半年から2年程度をかけて行う完全な天然乾燥がある(コラム⑦・⑧参照)。そこまでの長期間でなくとも90日程度の天然乾燥の場合でも25%以下(20%強)にすることが可能であり内部割れはない。

人工乾燥でも、高温セット処理+中温乾燥で内部割れを最小限にとどめることが分かってきており、組み合わせ乾燥が期待されている。

その他の取り組み例として、構造材を高温セット処理＋養生、板類を天然乾燥（養生）＋中・低温乾燥、スギ心持ち製材では蒸煮減圧処理を前処理とした組み合わせ乾燥の事例もある。蒸煮減圧処理とは、120度で蒸した後、減圧することで低い温度で材内部の水を沸騰させて随から水を抜く処理である。

また、芦北町立佐敷小学校（平成19年竣工）では丸太材を利用したいという要望が有り、長さ12mの丸太に径60mmの貫通穴をあけて乾燥する手法を採用した。

(3) 辺材と心材

・含水率の違い

木材乾燥では心材の含水率が乾燥性を左右する。針葉樹では辺材と心材の含水率が異なり、辺材の含水率はいずれの樹種でも高く、心材の含水率は樹種により様々である（表1）。スギの心材の含水率は品種によって大きく異なり、品質の揃った乾燥材の生産には工夫が必要である。

・ヤング係数の違い

随よりも樹皮側の方が強い傾向がある。例えば集成材のラミナを採材する場合、同じ材でも採る位置によってヤング係数の違いが生まれる。

表1 樹種によって異なる含水率（％）

樹種	辺材	心材
ヒノキ	80～120	40～45
スギ	120～200	50～150
ベイマツ	120～150	30～45

(4) 樹種

同じ強度等級区分・含水率のスギとベイマツの平角材のたわみ量の変化を調べたところスギはベイマツよりもたわみが少ないことがわかった（図2）。

図3に全国のスギ材の曲げヤング係数の分布を示す。機械等級区分では動的ヤング係数（打撃法等の試験）は静的ヤング係数（载荷による試験）と相関性が高く、目視等級では平均年輪幅と静的ヤング係数の相関性が低いことがわかる。比較的簡易に測定できる打撃法によるヤング係数の測定を行うことはおよそのヤング係数を把握するのに有効である。

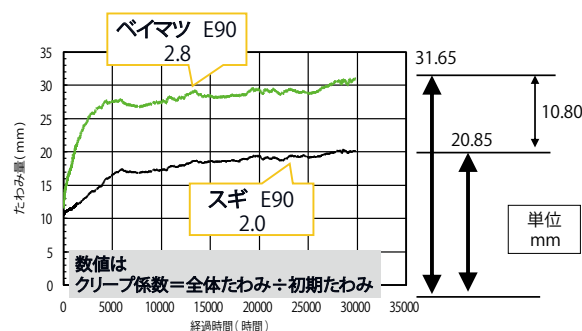


図2 ベイマツとスギの曲げクリープ試験

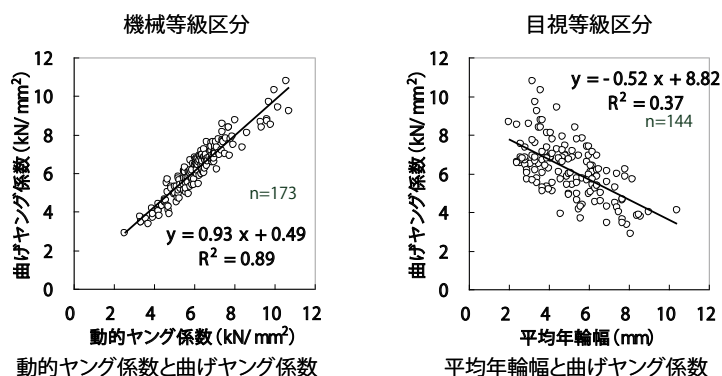


図3 全国のスギ材の曲げヤング係数

(5) 品種

・含水率の違い

スギの品種情報を利用すれば乾燥効率を高めることができる。例えば、アヤスギ、ホンスギ、アカバは含水率が低く、パラツキが小さい(図4)ことから、他品種よりも乾燥時間が少なくて済む。様々な品種が混じっていると乾燥時間が想定しにくく乾燥時間も長くなりがちで効率が悪くなる。

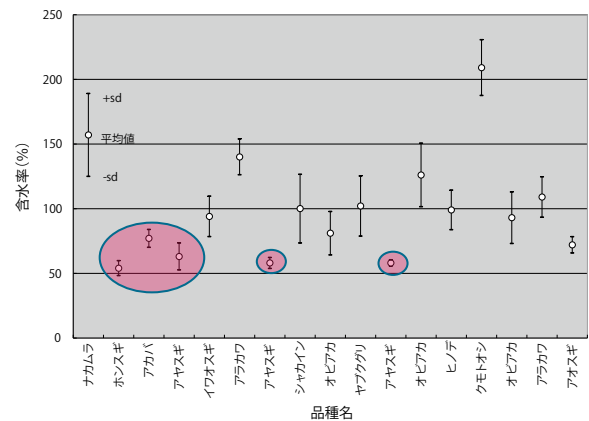


図4 乾燥方法と乾燥日数との関係
林野庁、システム化事業「主なスギ品種の材質特性の評価」、
平成3年度～5年度

・ヤング係数の違い

同じ樹種でも品種によってヤング係数が異なる。表2は、熊本県林業研究指導所で得られたスギの品種毎のヤング係数(kgf/cm²)である。

表2 品種毎のヤング係数

品種名	丸太		正角材	
	平均値	標準偏差 (乾燥材)	平均値	標準偏差 (乾燥材(モルター加工済み))
ヤブクグリ	46.5	13.2	31.4	11.4
ヒノデ	69.1	5.1	40.9	7.2
アヤスギ	63.9	8.3	49.8	18.5
アラカワ	55.9	8.8	49.9	12.6
ホンスギ	63.4	5.6	50.7	7.2
イワオスギ	65.7	9.3	53.8	10.5
アオスギ	71.5	5.6	54.2	7.7
オビアカ	65.9	10.2	56.9	21.8
クモトオシ	59.3	6.0	59.0	9.6
ナカムラ	76.8	7.2	59.6	11.0
アカバ	73.4	9.4	69.9	13.0
シャカイン	80.3	5.6	87.3	5.5

コラム 1

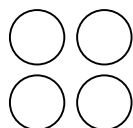
必要となる丸太の量の目安

製材で1,000m³必要な場合、歩留まりを考えると必要な製材量の2倍～2.5倍の丸太が必要となる。市場に持ち込まれる丸太は径級が不揃いであり(写真1)、選別する丸太の量の2倍～2.5倍必要となる。そのため、1,000m³の製材が必要な場合は、市場に4,000m³～6,000m³の量が集材されていなければならないことになる(図1)。

製材
1倍
1,000m³



選別した丸太
製材の2～2.5倍
2,000m³～2,500m³



伐採する丸太
選別する丸太の2～2.5倍
4,000m³～6,000m³

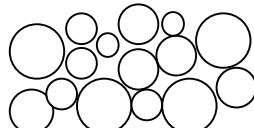


写真1 熊本木材に持ち込まれた原木

資源の状況把握事例1

熊本木材株式会社 上球磨支店(以降熊本木材と記す。)にて五木村の資源について、現地調査した。

熊本木材は、40年生～50年生までを中心に、銘木なども取り扱っており、年間の取り扱い量の目標は90,000～100,000㎥である。定例市が毎月4日と19日にあり、4,000㎥/回出荷している。

自動選別機(後述)を2機所有している。原木の入荷後1ヶ月程度で選別等を行い定例市に出す。土場には常時3,000～4,000㎥の在庫がある。

1.五木村の材の入荷について

五木村から入る材は、全体の25%を占めており、スギ約7割、ヒノキ約3割である。品種は綾系・飢肥系・地杉系が多い。

トレーサビリティを確保するために製材所と設計者との協力体制があれば、指定の製材所に五木村産材に限定して納品することが可能である。

過去に地域材(球磨材)を納材したことがあり地域材の分別に問題はない。



写真1 五木村からの納材であることが山積みの中央に記された名前で分かる

2.価格設定について

熊本木材の集材する地域圏内に、林野庁の「新生産システム推進対策事業」の熊本モデル地域の参加事業体である協同組合くまもと製材(以降くまもと製材と記す。)がある。そのくまもと製材と、合板を製作する新栄合板工業株式会社によって原木の購入価格が設定されている。4m材はある程度の底値を新栄合板工業株式会社が支えている。3m材は底値がない。このくまもと製材はφ24cm～φ34cmの取り扱い量が多く、それに外れた寸法の丸太が熊本木材に入ってくる傾向がある。熊本木材が出荷した材をくまもと製材が加工して現場に納品することもある。

最近の価格は、ヒノキが約¥14,000/㎥前後、スギは¥10,000/㎥前後である。山元還元と言うが、今の材の価格では山にお金が残らない。需要がないと売れないため、需要確保が一番である。

3.選別項目や手法

自動選別機は、以下の点で選別し、24に振り分ける。

- ・径級
- ・直材
- ・曲がり(やや曲がり・大曲がり)
- ・A～Cランク(A～Cのランクは丸太を主に曲がりなどの形状と用途によって分類する場合の通称で、A材:製材用、B材:集成材や合板用、C材:チップや木質ボードをいう。)
- ・黒
- ・キズ

搬入された丸太は、共販前に自動選別機で検収している。季節によって皮の厚さが異なるためその点を考慮して検収する。

なお、末口30cm以上の大径級は人力・パワーショベル・ログローダー(グラップル)で選別する。今後、伐期が来て大径級が増えてくると自動選別機が使えない丸太も増えてくる。最近では梁桁材等に小径のものを使用したり、集成材にも使用するため、大きい丸太の用途が少なくなっている。



写真2 自動選別機(丸太を送る部分)



写真3 自動選別機(投入口)



写真4 自動選別機(24ポケット)

4.材の長さ

長い材は10mのものがある。たまに12mの材の発注があるが、10m以上になるとトレーラーでしか運搬できない。加えて、製材所は8mまでは機械で扱えるため、8m以下の取り扱いが主となる。

3m材は直材になる割合が高いが、直材であれば市場では4m材の方が用途が多く、高く売れるため、取り扱い量が多い。最初の玉伐りの際の判断が必要である。判断に際し、山元で木を見て3mか4mかどちらにしたらいいかを熊本木材がアドバイスする。森林組合の場合は担当者と相談し、個人の林家の方には半日程度かけて指導する。

コラム 3

資源の状況把握事例2

くまもと製材にて、地域内の製材能力(製材可能な丸太形状)や乾燥材生産能力について調査した。

くまもと製材は、前出したように林野庁の「新生産システム推進対策事業」の熊本モデル地域の参加事業体で、当事業によって平成20年に設立された。熊本モデル地域は、国内有数の集成材メーカーである銘建工業(株)(岡山県真庭市)と熊本県森林組合連合会を中心に24の事業体からなっている。

乾燥機:150m³×16基(中温乾燥)

生産品目:KD間柱、ラミナ、胴縁、板類など

加工機の種類:ツインバンドソー2基、モルダーライン、小割ライン、幅はぎラインなど

原木消費量:107,536m³(平成23年度)

製材生産量:45,437m³(平成23年度)

1.五木村の材の選別加工

合法木材・SGEC認証を保有しており、要請があれば五木村産の材を他材と仕分けする事は可能である。

2.取り扱う原木の概要

原木の入荷価格は四半期毎に熊本モデル地域の理事会で決定している。

長さ3m・4m、径24cm以上の中目材を中心に取り扱っているが、設備能力としては末口(カミ)18cm・元口50cm以下、3~4mを扱うことができる。3m材と4m材の取り扱う割合は8:2である。今後6:4の割合にしていきたいと考えている。

3.製材加工の割合

間柱とラミナの生産割合は6:4で間柱が多い(平成23年4月~平成24年3月累計実績)。目標は4:6である。円高により輸入材のコストが低下し販売価格の低迷が著しく少しでも採算性が良好な間柱の生産比率が多くなっている。大断面用のラミナも製材できる。



写真1 土場に積まれた原木



写真2 自動皮剥機



写真3 1基150m³の乾燥機

コラム 4

今後の地域材活用のための実験的な取り組み

芦北木材共販所の中丸太(平角材が木取り可能な丸太:スギ4m、直材、径24-30cm)の10年間の価格の動向をみると、平成20年あたりから高値と底値の差が小さい傾向が見られる(図1)。

以前に行った実証実験では、強度的に横架材に向けた乾燥しやすい材を選別したところ材価が上がった(図2)。熊本県南部の原木市場で心材色区分を行った際の材価の差は約2,000円程度である(図3)。材質を選別することで材価が上がり山への還元額が大きくなることが期待される。熊本木材では形状選別を行っていた。今後はそれに加えてヤング率、含水率の情報があれば材価を上げることが可能になるのではないだろうか。

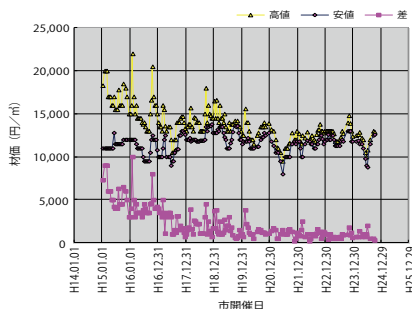


図1 芦北木材共販所の中丸太の10年間の価格の動向



図2 原木市場にて強度による選別を行った例

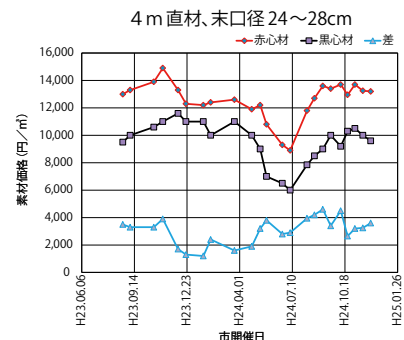


図3 心材色で異なる丸太価格

コラム 5

含水率とは

含水率とは、木材に含まれる水分を100℃で乾かした全乾時の木材重量を1と考えた場合に、木材に含まれる水分のみの割合をいう(図1)。いわゆる人体の水分割合などは、全重量を1と考えた場合の割合になるため100%を超えることはないが、含水率は100%を超えることがある。

立木を倒したばかりの材(生材)は含水率が100%を超える場合があり、葉枯らし乾燥を行うと60%程度まで下がる。木材に含まれる水分は、通常の水である自由水と細胞内に取り込まれた結合水に区分され、自由水がなくなった状態が繊維飽和点(含水率約30%)である。繊維飽和点以下では乾き具合に応じて材の収縮が始まり、変形・強度性能の変化がみられる。平衡含水率は、ある温度、湿度のもとで含水率の変化がなくなった時の含水率で、国内の屋外での年平均平衡含水率は約15%である。この状態の材は気乾材と呼ばれ、年間を通しての寸法変化が小さい。

含水率変化を製材重量変化でみると、スギ心持ち 120mm×120mm×3mの場合、含水率120%で34kgの重量があったスギが、含水率15%になると18kgの重量になる(図2)。(全乾重量を360kg/m³と仮定する。)

$$u = \frac{W_u - W_o}{W_o} \times 100 (\%)$$

u: 含水率(%)

W_u: 水分を含んだ木材の重量

W_o: 全乾時の木材重量

$$u = \frac{34.3 - 15.6}{15.6} \times 100 (\%) = 120 (\%)$$



図1 含水率のイメージ

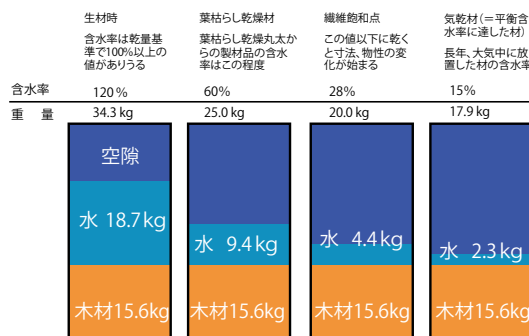


図2 含水率変化と重量変化

コラム 6

乾燥・加工による部材性能の変化

図1を見ると製材後のヤング係数は6.3kN/mm²だったのが、乾燥後には7.1kN/mm²に高くなっている。なお、モルダー(仕上げ加工)掛けによりヤング係数の高い皮側の部分を削るためヤング係数が下がる。

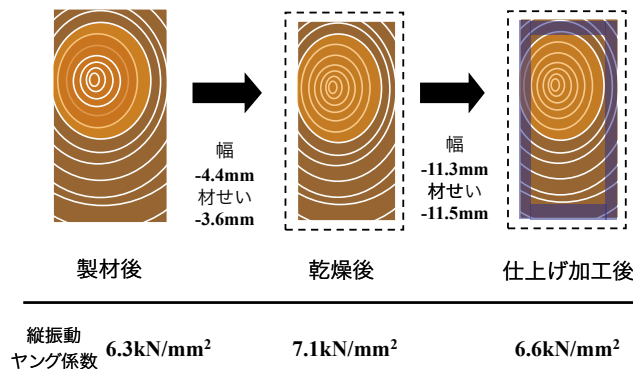


図1 加工段階での寸法とヤング係数の変化

コラム 7

多良木プレカット協同組合(新産住拓株式会社)の取り組み

多良木プレカット協同組合は、新産住拓株式会社を中心とするグループ会社5社で設立され、年間約240棟分の住宅用構造材や羽柄材等を出荷している。製材を数年間(0.5年～2.5年)ストックしつつ天然乾燥し、新産グループが受注した住宅用にモルダー仕上げ、継ぎ手・仕口加工、羽柄材加工、防腐・防蟻加工(薬剤処理)などを行い棟別に梱包して発送するのが特徴である。

多良木プレカット協同組合が原木発注し、国有林・民有林の入札による購入、または市場で仕入れ、製材所(尾方製材等)にて製材し、納品してもらい、その天然乾燥用の土場に栈積みする。原木発注時には50年生で秋伐り、葉枯らし乾燥にてオーダーする。

多良木プレカット協同組合の天然乾燥による寸法変化は一般的な乾燥による寸法変化よりも小さくなる。最終的な設計寸法が300角の場合は、310～315mm角で入荷する。原木発注する際や製材所の納品寸法には注意する必要がある。ほぞの長さは、1階は下120mm、上90mm。2階は上下とも90mmである(言うまでもないが、材の長さは継ぎ手・仕口分を見込んで発注する必要があり、構法と関連するため発注時に注意する。))。

乾燥中の製材の木口にはどこから運ばれたものかを識別する名札と寸法メモが貼り付けられている。多良木プレカット協同組合及び新産グループ会社はSGEC認定事業体であり、認証材と一般製材とを分別する必要がある。識別用の名札など以外にも、バンド(栈積みされた一塊の製材をバンドで縛る。)の色を分け(認証材を緑色とする。)混在しないように工夫している。加工中にも邸別の情報が材等に印字されるもしくはラベルが貼られるまでは、名札やバンドで識別している。

天然乾燥のおよその期間は、梁2年、柱1.5年、羽柄材0.5年である。天然乾燥用の土場(貯木場)は約4万㎡(3,000坪×4カ所(内1カ所は認証材のみ))で、土場の管理担当者は1名である。

継ぎ手・仕口加工は2012年より全自動プレカット加工機を導入し内製化した。ただし、180mm角を超える大黒柱のような柱材は手加工を行う。その場合の継ぎ手・仕口は伝統的なものではなく機械に合わせた形状とする。



写真1 天然乾燥用の土場



写真2 多良木プレカット協同組合に搬入された天然乾燥材



写真3 モルダー掛け後仕口加工前(乾燥時の名札付き)



写真4 仕口加工した材に邸別のラベル



写真5 邸別梱包とラベル表示

コラム 8

2.5年間天然乾燥した木材の含水率の調査

新産住拓株式会社の2.5年天然乾燥したスギ心持ち250mm×250mm(大黒柱)の含水率の状態を調査したところ、内部約17%、外周部約15%で太い材でも天然乾燥で十分に乾燥していたことがわかった。

製材時期:2006年2月15日
含水率測定:2008年8月4日
製材断面寸法:250×250mm
仕上げ断面寸法:240×240mm
長さ:8.5m

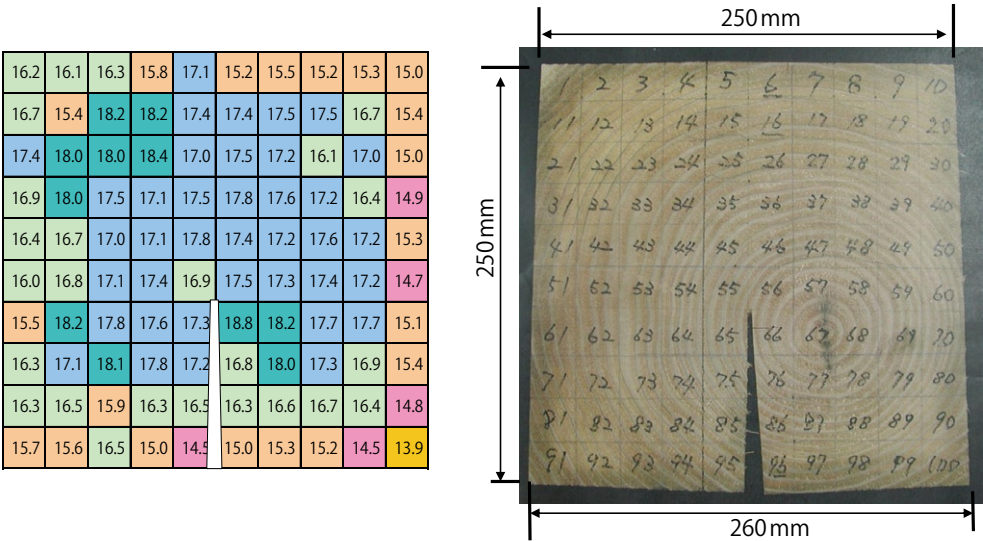


図5 製材から2年5ヶ月間屋内天然乾燥した スギ心持ち大黒柱の含水率状況