

Q.10 乾燥することによってどれくらい収縮するの？

**A.10 下の表のとおり
機種や乾燥条件によってさまざまです。**

木材を含水率の高いまま使用すると、次第に乾燥して収縮（ちぢみ）がおこり、狂いや隙間ができます。ですから、あらかじめ十分に乾燥して収縮させておき、使用環境に適した状態にしておくことで、トラブルを最小限に抑えることができます。

木材の収縮の度合いは『収縮率』で表し、下式で計算します。

$$\text{収縮率 (\%)} = \frac{\text{乾燥前の寸法} - \text{乾燥後の寸法}}{\text{乾燥前の寸法}} \times 100$$

高温セット処理を用いた乾燥法を適用した正角の収縮率は、下の表のとおり、樹種や乾燥条件によって様々です。収縮率を把握しておくことで、荒挽き寸法を考える際の参考にしてください。

表 心持ち正角の収縮率の測定例

樹種 (柱材)	乾燥処理条件			収縮率 (%)			このときの含水率 (%)			備考	
	乾燥方法	乾燥スケジュール		最小	平均	最大	収縮率が 最小の材	平均	収縮率が 最大の材		
		高温セット	乾燥								
スギ	蒸気式	D.B.T.120℃ W.B.T. 90℃ 24時間	D.B.T. 90℃ W.B.T. 60℃ 184時間	1.1	2.4	4.2	27.1	20.4	11.4	福井県産材	
		D.B.T.120℃ W.B.T. 90℃ 24時間	D.B.T. 90℃ W.B.T. 60℃ 76時間								1.2
ヒノキ	蒸気式	D.B.T.120℃ W.B.T. 90℃ 18時間	D.B.T. 90℃ W.B.T. 60℃ 120時間	1.2	2.1	2.8	21.2	14.1	13.0	三重県産材	
		D.B.T.120℃ W.B.T. 90℃ 12時間	D.B.T. 90℃ W.B.T. 60℃ 50時間								1.3
カラマツ	蒸気式	D.B.T.120℃ W.B.T. 90℃ 18時間	D.B.T. 90℃ W.B.T. 60℃ 168時間	1.1	2.0	3.1	14.2	14.6	13.8	長野県産材	
ヒバ	蒸気式	D.B.T.110℃ W.B.T. 90℃ 12時間	D.B.T. 90℃ W.B.T. 60℃ 216時間	1.7	2.7	4.1	16.9	16.7	16.3	石川県産材	
トドマツ	蒸気式	D.B.T.120℃ W.B.T. 98℃ 4時間	D.B.T.105℃ W.B.T. 85℃ 24時間	D.B.T.90℃ W.B.T. 60℃ 61時間	1.3	2.3	2.6	15.6	14.7	10.5	北海道産材

注: D.B.T.とは、乾球温度を示す。
W.B.T.とは、湿球温度を示す。

Q.11

高周波式含水率計で 水分管理する際の注意点は？

A.11

乾燥直後においては、実際の含水率（全乾法含水率）よりも低く表示されることがあります。

製材品の含水率を簡単に知る方法として、高周波式含水率計が広く普及しています。高周波式含水率計は、表面部（2～3cmの深さといわれています）の水分量を求め、それを基に全体の含水率を表示する機構となっていますが、蒸気式等によって乾燥した直後の正角などでは、表面の含水率が内部より低くなっている場合があります（図1）。このため、乾燥直後の高周波式含水率計による測定値は全乾法含水率よりも低く表示されることがあるので、注意が必要です（図2）。

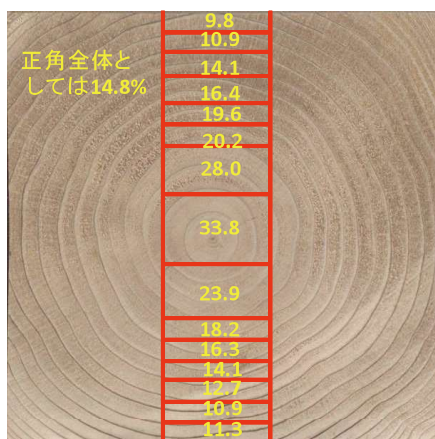


図1 蒸気式（高温セット+中温乾燥）で乾燥したスギ正角の含水率分布（一例）

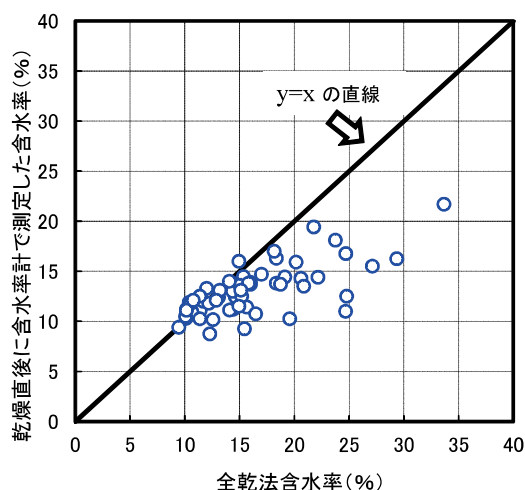


図2 全乾法含水率と高周波式含水率計で測定した含水率との関係

なお含水率計にはいくつかの種類があり、携帯型の場合は、高周波式のほか抵抗式やマイクロ波透過型が挙げられます。抵抗式は、一般に、板材の含水率測定に向いているといわれています。また、マイクロ波透過型の測定対象は構造用製材品とされています。

Q.12 自然エネルギーを活用した乾燥方法はあるの？

A.12 太陽熱や地熱などを利用した乾燥方法があります。

木材乾燥に利用できる自然エネルギーには、太陽熱、地熱、温泉熱、堆肥熱等があります。現在、利用しやすい太陽熱と地熱を利用した施設が一部の地域で実用化されています。また、自然エネルギーとは少し異なりますが、ボイラからの廃熱を利用した乾燥方法も熱エネルギーを無駄にしない方法として注目されています。

低コスト乾燥施設を前提としたこれらの乾燥方法は、高温セット処理した製材（柱桁等）に対する二次乾燥、含水率20%以上の人工乾燥材（柱桁等）に対する仕上げ乾燥（再乾燥）、板材や平割の乾燥（仕上がり含水率10~15%）として位置付けられます。

地熱を利用した施設では、栈積みの下に設置した熱交換器から、乾いた空気を自然対流で栈積み内に送る加熱方式で、送風装置を省いています。



写真1 ビニールハウスを利用した太陽熱乾燥
(長野県松川村)

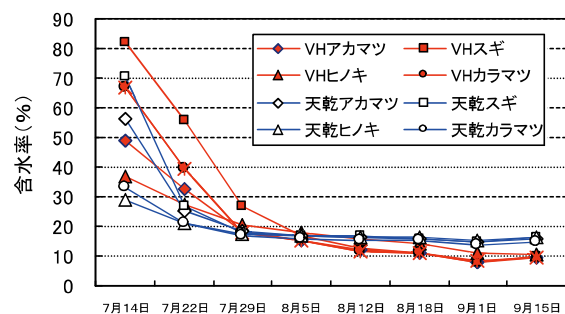


図1 35mm厚板材の含水率経過 (長野林総セ)
(VH: ビニールハウス)



写真2 地熱を利用した乾燥施設 (熊本県小国町)

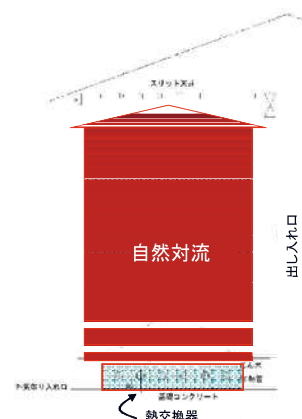


図2 地熱を利用した施設の概要
(特徴) 熱交換器を栈積みの下に設置

Q.13 内部割れと強度の関係は？

A.13

**せん断強度の低下に影響します。
その他の強度は、樹種によって異なります。**

内部割れが長くなったり、大きくなったりすると、せん断強度は低下します（図）。この傾向は、スギ、ヒノキ、トドマツで認められましたが、樹種によって低下の割合は違っていました。

次に、内部割れのあるグループとないグループとで様々な強度を比較したり、不適切な乾燥スケジュール（乾かしすぎ）によって生じた内部割れや熱劣化を評価するための強度試験をした結果、せん断強度以外でも、不適切な乾燥スケジュール（乾かしすぎ）に

よって生じた内部割れや熱劣化が原因で強度が低下するおそれがあることが分かりました。また、樹種によってその傾向が異なることが分かりました（表）。そのため、構造材を人工乾燥して生産するにあたっては、内部割れが少なく、強度面でも問題が生じない乾燥スケジュールの選択が大切です。

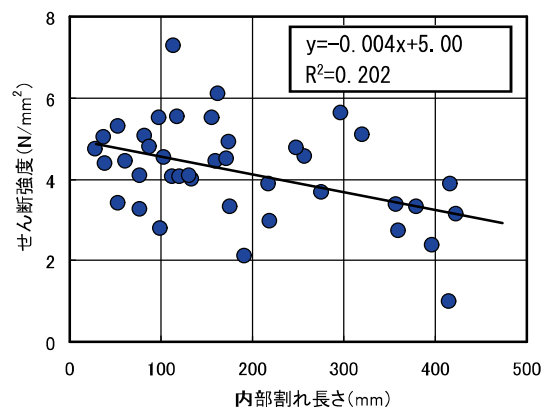


図 内部割れ長さとせん断強度との関係（スギ）

表 不適切な乾燥スケジュール（乾かしすぎ）によって生じた内部割れや熱劣化による強度低下のリスク

	曲げ強度	縦圧縮強度	縦引張り強度	せん断強度	めり込み強度
スギ	B	B	B	C	B
ヒノキ	A	A	A	B	A
カラマツ	C	A	B	C	B
ヒバ	A	B	A	C	A
トドマツ	B	C	B	C	B
アカマツ	B	B	—	B	A

注：心持ち正角の結果、トドマツのみ心去り正角に高温セット処理を用いた場合の結果

A: 低下が認められない、B: 低下の疑いがある、C: 低下が認められる

—: 試験データなし

Q.14

**材面割れや背割りは
製材の強度性能に影響を及ぼすの？**

A.14

**強度は低下しません。
ただし、割れの発生の仕方には注意が必要です。**

割れている製材と割れていない製材を比較すると、概して割れている製材の方が強いという報告がいくつもあります。したがって、材面割れや背割りによる強度低下はないと考えるのが妥当です。詳しくは、割れと強度に関するデータが、次の文献に示されています。是非、一度ご覧いただければと思います。

<割れと強度に関する文献>

- ・「最新データによる木材・木造住宅のQ&A」、木構造振興（株）、2011.
- ・「割れている木は弱いのか?」、長野県林業総合センター、技術情報No.114、2007.
- ・「乾燥割れを有するスギ心持ち構造材の評価について」、鹿児島県工業技術センター、No.20、2006.
- ・「スギ正角材の乾燥温度及び乾燥割れと座屈の関係」、第52回日本木材学会研究発表要旨集、2002.
- ・「構造材の干割れと力学的性質」、木材工業、No.51、1996.

ところで、元々割れがなかったのに使っているうちに割れが発生したり、元々ある割れが、次第に長くなったり幅が広がったりすることがあります。この原因は、二つ考えられます。一つめは、木材の乾燥が不十分で、使っているうちに自然に乾燥したのが原因で、割れが発生したり、大きくなったりしたからです。木材は乾燥することで、強度や変形のしにくさを示すヤング係数は増加しますから、結局乾燥して割れる代わりに強くなったともいえます。したがって、木材の乾燥が不十分で、使っているうちに乾燥したのが原因で発生した割れは、強度低下とは関係ありません。二つめは、木材が十分に乾燥していたにも関わらず、割れが発生したり、大きくなったりする場合です。この場合、木材に大きな力がかかったのが原因で発生したおそれがあり、非常に危険な状態です。大きな力がかかる原因は、地震、台風、積雪などの自然現象のほか、重い家具やピアノを置いたり、多量の書籍を保管したりなど、普段の生活でも起きる可能性があります。これを未然に防ぐには、安全で安心な乾燥材を使うのはもちろんのこと、どの位大きい力が発生するかをあらかじめ把握して、それにあつた材料を選んだり、断面の大きさを決めることが大事です。これは、設計士の腕の見せ所の一つでもあります。

ちなみに、強度とは、単位面積あたり（最近では1平方ミリメートルが多い）でどの位の力まで耐えられるかを示すものです。一方、耐力とは、単にどの位の力まで耐えられるのかを示すもので、強度と断面形状で決まります。この強度と耐力という用語が、いつの間にか混同して使われたり理解されたりして、結果として「割れは耐力の低下に影響する」が「割れは強度の低下に影響する」にすり替わり誤解が生じたのでは？と思います。

Q.15

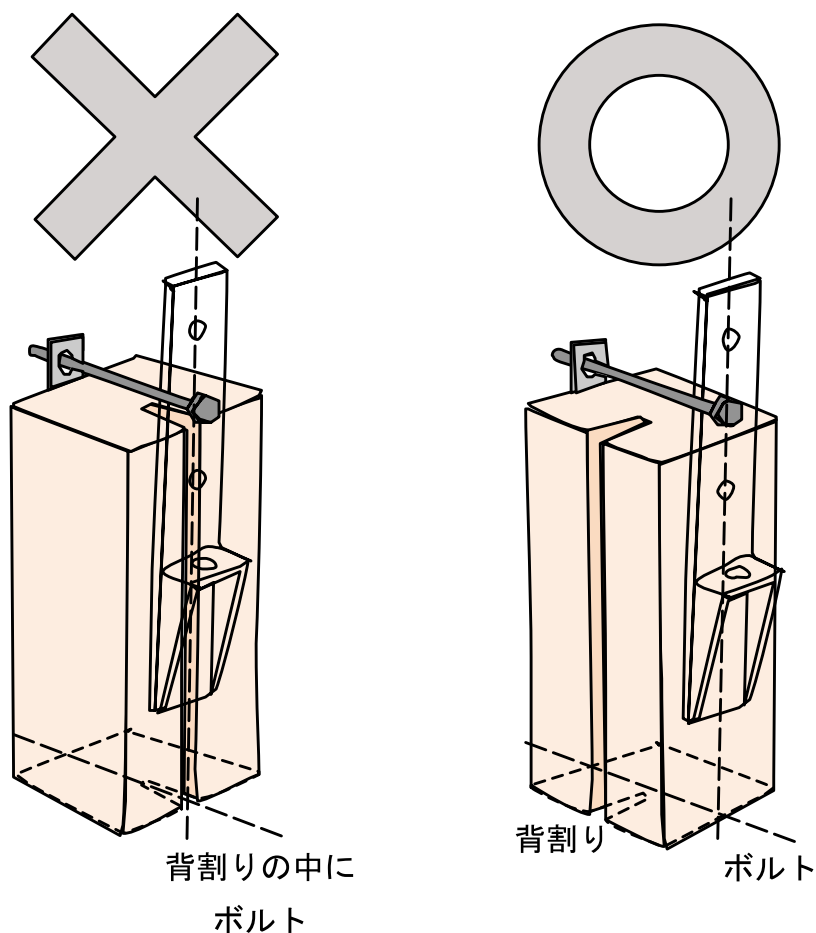
材面割れや背割りは
接合部の性能に影響を及ぼすの？

A.15

使い方や組合せによっては、影響を受けます。

材面割れも背割れも、部材としての強度にはほとんど影響しませんが、不幸にして接合部の釘やボルトがこの割れや溝に位置してしまったら期待した接合部強度は得られなくなってしまいます。

このような強度低下は、接合部の種類や使う補強金物の種類によっても変わってきますが、割れや溝を避けて、部材の中に接合部を割り当てられることが大切です。材料のどの部分を建物のどの部分に割り当てるかを定める作業（「木取り」といいます）は、実際には大工さんやプレカット技術者など、十分な経験を持つ方々がこの作業を担当しています。最新の正しい情報を元に、今まで通り、しっかりとした仕事を続けていただきたいと思います。



Q.16 内部割れは接合部の性能に影響を及ぼすの？

A.16 接合方法によっては、内部割れが多くなると接合部の性能が低下する場合があります。

住宅の耐震性には、接合部が重要な役割を担っています。接合部における内部割れと接合耐力との関係について、ボルト接合の基本形である鋼板添え板接合および鋼板挿入接合と、一般に広く普及しているホールダウン金物接合を、様々な内部割れ状態の105mm角スギ乾燥材（高温セット+高温乾燥）を用いて検討した結果を紹介します。

ボルト接合では端距離 $7d$ として引張り試験を行ったところ、鋼板添え板接合（ボルト径 d 21mm）の場合、最大荷重と内部割れ面積の間に明確な傾向は認められませんでした。鋼板挿入接合（ボルト径 d 12mm）の場合、内部割れ面積が増大するに従い、最大荷重が若干低下する傾向がみられ、降伏耐力も同様の傾向を示しました。要因としては、内部割れの他にも熱劣化が関与したのではないかと考えられます。

次に、ホールダウン金物（ZマークHD10、ビス止め15kN）接合の場合、4種類の接合具（ボルト、ビス、釘、ラグスクリュー）で引張り試験を行ったところ、最大荷重と内部割れ面積の間にはビス止めでの負の相関がみられましたが、ボルト止め、釘止め、ラグスクリュー止めでは明確な傾向は認められませんでした。

表 ホールダウン金物の接合性能試験結果

	ボルト止めHD-B10		ビス止め15kN		釘止めHD-N10		ラグスクリュー止めHD-B10	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
内部割れ総面積 (mm ²)	47.7	37.9	57.4	76.0	82.2	76.0	73.9	64.1
比重	0.41	0.04	0.41	0.03	0.43	0.03	0.43	0.02
試験材動的ヤング係数 (kN/mm ²)	6.65	1.19	7.12	1.56	7.53	1.56	7.59	1.16
最大荷重 (kN)	38.4	4.6	30.8	4.4	40.2	4.4	23.7	5.0
降伏荷重 (kN)	25.1	2.0	16.9	1.7	22.1	1.7	12.6	3.8

Q.17

高温セット処理を用いた乾燥法をスギ正角に適用した場合、強度性能に及ぼす影響について、品種の違いによる差はあるの？

A.17

内部割れの発生状況に品種の違いによる差はみられますが、曲げ強度に及ぼす影響に明確な差はみられません。

スギ挿し木在来品種であるアヤスギ、オビスギ、シャカインについて、高温セット+高温乾燥および高温セット+中温乾燥した際の内部割れ発生状況を調べました。また、内部割れが曲げ強度に与える影響を検討しました。なお、試験体の仕上がり含水率が品種で違っていたので、曲げ強度は含水率15%時に補正して比較しました。

まず、高温セット+高温乾燥した正角の内部割れ発生状況に着目すると、オビスギとシャカインでは統計的に有意な差はありませんでしたが、これらの2品種とアヤスギとでは、明らかな差がありました(図1)。これは、アヤスギの場合、密度が高く、初期含水率が低いことが影響したためと推察され、割れの発生抑制には、品種により乾燥スケジュールを設定する必要があるといえます。

次に、スギの強度は、品種によって異なることが知られていますが、今回の検討でも曲げ強度は品種ごとに異なり、強い方からシャカイン、アヤスギ、オビスギの順でした(図2)。また、すべての品種において、高温セット+中温乾燥の方が高温セット+高温乾燥と比べて高い傾向がありました。

以上から、高温セット処理を用いた乾燥法をスギ正角に適用した場合、内部割れの抑制には品種を考慮する必要がありますが、曲げ強度に及ぼす影響については品種による明確な差はないといえます。

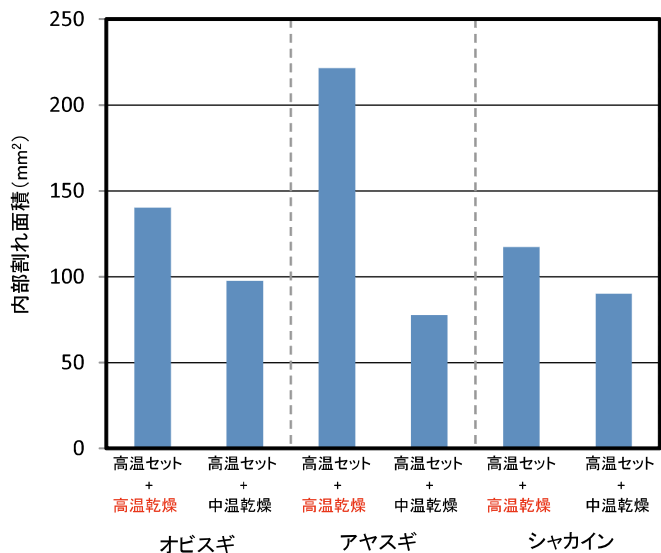


図1 各品種の内部割れ発生量

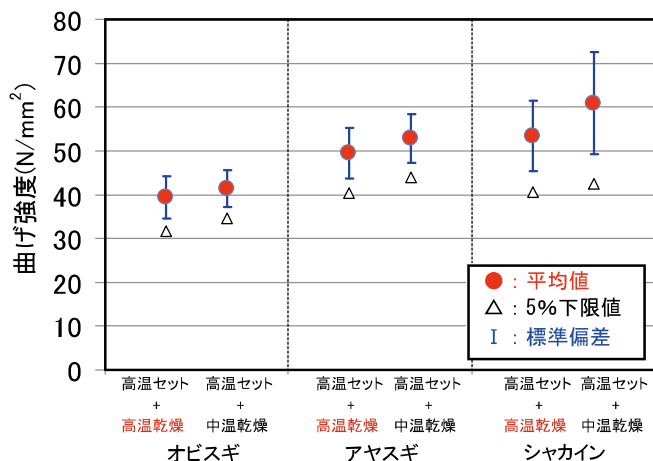


図2 各品種の曲げ強度

Q.18

心去り材を高温セット処理を用いて乾燥した場合、どうなるの？

A.18

心去り材であっても内部割れが発生したり強度性能が低下する場合があります。

心去り材であれば高温セット処理を用いなくとも大きな材面割れは生じません。それでも、乾燥時間を短縮するなどの理由で心去り材に適用するケースがあるかもしれません。

ここでは、トドマツ心去り材について高温セット+中温乾燥した場合の内部割れの発生状況や強度性能に及ぼす影響について検討した結果を紹介します。

心去り材に高温セット+中温乾燥を行った場合でも内部割れが発生することがあります(写真1、2)。また、高温セット処理を行わずに乾燥させたものと強度を比較すると、高温セット処理を行わない方が強度は高いという試験結果が得られました(図1、2)。

高温セット処理は、本来は心持ち無背割り正角の材面割れを防ぐ目的で考え出された方法です。ここで紹介したように、木取りによっては高温セット処理を適用しない方が高品質な乾燥材を生産できる場合があります。



写真1 乾燥後のトドマツ心去り材
(高温セット処理あり)



写真2 乾燥後のトドマツ心去り材
(高温セット処理なし)

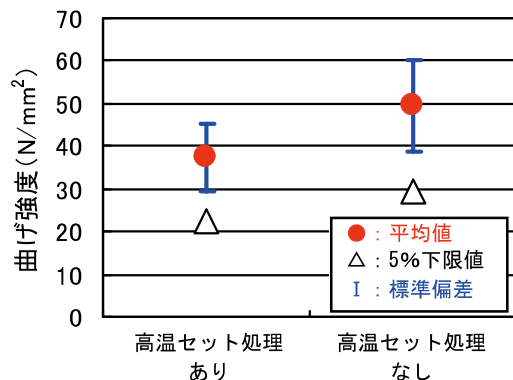


図1 トドマツ心去り材の曲げ強度

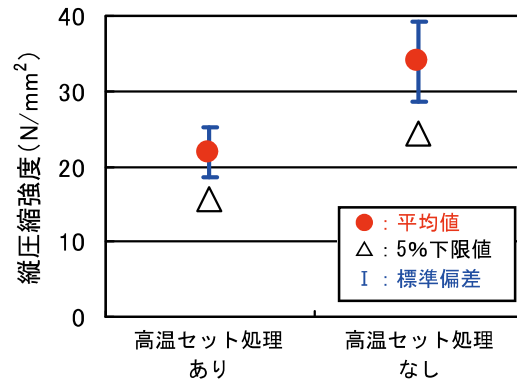


図2 トドマツ心去り材の縦圧縮強度

