



# あたらしい 林業技術

No.588

スギの住宅用構造部材の  
天然乾燥技術

平成 25 年度



# 要 旨

## 1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) スギ心持ち構造材において、天然乾燥で「しずおか優良木材」の乾燥基準を満たすには、柱材では12か月、梁桁材では断面の大きさによって15～19か月の乾燥時間が必要でした。
- (2) 梁桁材において、乾燥前の重さや断面の大きさから天然乾燥の時間を予測し、1年以内に乾燥するものだけを選別する手法を開発しました。
- (3) 天然乾燥の前処理として高温低湿処理を行うことで、強度に影響する貫通割れを完全に抑制でき、意匠的に問題となる材面割れを約4分の1に抑えられることが分かりました。
- (4) 高温低湿処理は、天然乾燥の時間を5～11か月短くする効果がありました。
- (5) 心去り構造材の天然乾燥による含水率の減少経過は、心持ち材と差がありませんでした。
- (6) 心去り材では、木材の表面に割れがほとんど発生せず、曲がり変形もJAS2級を満たしました。

## 2 技術、情報の適用効果

- (1) 天然乾燥でも、前処理や乾燥時間の管理を適切に行えば、人工乾燥材に負けない高品質な乾燥材が生産できます。
- (2) 天然乾燥は、特別の設備が必要ないため、工場の規模を問わず生産できます。
- (3) 乾燥機を導入している工場でも、人工乾燥と天然乾燥を併用することで、乾燥コストが削減できます。
- (4) 生産期間が長く、仕掛り在庫が増えるため、天然乾燥に初めて取り組む工場では、ある程度の初期投資が必要です。
- (5) 割れ止め技術については、消費者のニーズに合わせて適切な方法を選択することが必要です。

## 3 適用範囲

県内全域

## 4 普及上の留意点

天然乾燥の材種・気候条件は無数のパターンが考えられるため、すべての条件を網羅できていません。それぞれの現場に合わせて乾燥方法の検討が必要です。

## 目 次

はじめに	1
1 スギ心持ち材の天然乾燥技術	1
(1) 研究のねらいと実験の概要	1
(2) 乾燥経過	1
(3) 乾燥のしやすさに影響する因子	2
(4) 乾燥日数の予測	3
2 スギ心持ち材の割れ止め技術	4
(1) 研究のねらいと実験の概要	4
(2) 割れ止め処理の効果	4
(3) 乾燥経過	4
3 スギ心去り材の天然乾燥技術	5
(1) 研究のねらいと実験の概要	5
(2) 乾燥経過	5
(3) 表面割れ	6
(4) 曲がり	6
4 割れの少ない天然乾燥の提案	8
おわりに	8
参考文献	8

## はじめに

住宅で使われる部材の6割を占める構造材（梁桁、柱、土台）は、3分の2が北米産ベイツ・ベイツ材や欧州産ホワイトウッド集成材等の外材で、国産材の使用が少ないのが現状です。したがって、構造材を国産材に転換することは、国産材の大きな需要喚起につながります。一方で、静岡県内のスギ人工林は伐採適期を迎え<sup>1)</sup>、梁桁や柱・土台を製造するのに適した丸太の生産が増加しています。

それでは、なぜ国産材は外材に勝てないのでしょうか？住宅会社へのアンケートの結果<sup>2)</sup>から、国産材は品質・量・価格に課題を抱えていることが分かります。

国産材の品質・量・価格が外材と比べて劣っている原因として、乾燥工程における設備・技術の不十分さが挙げられます。木材乾燥方法の主流は、乾燥機で加熱して乾燥させる人工乾燥ですが、木材用の乾燥機は価格が高く、製材工場への導入が進んでいません。そのため、県内の人工乾燥材比率は22.5%と未だに低位な状況です<sup>3)</sup>。また、県産材のうち3分の2を占めるスギは、乾燥の難しい樹種のため、乾燥時間が長くかかったり、不良率が高くなったりします。構造材は、板類と比べて断面が大きいいため乾燥が更に困難です。

一方、天然乾燥は価格の高い乾燥機がいりません。また、燃料コストがかからず、CO<sub>2</sub>排出がないため、現代の製造業者や最終消費者のニーズに合致しています。しかし、温湿度管理ができないため、生産時間・不良率を予測する手法の確立、木材表面に発生する割れの抑制技術の確立が必要です。

そこで、森林・林業研究センターでは、スギ構造材の天然乾燥における生産時間や不良率の予測、表面割れを抑制する手法の開発に取り組みました。

## 1 スギ心持ち材の天然乾燥技術

### (1) 研究のねらいと実験の概要

天然乾燥における生産時間や不良率の情報を得るため、断面寸法の異なるスギ心持ち構造材の天然乾燥試験を行いました。

材料として天竜産スギ心持ち構造材（短辺 140(120) mm、長辺 140(120)、200(180)、260(240)、320(300) mm（括弧内は仕上り寸法。以下、仕上り寸法を記述。）、長さ 4 m）を用い、当センター（浜松市浜北区）構内の屋根下に栈積みして天然乾燥を行いました。天然乾燥は2008年4月に開始し、乾燥期間は1年から1年半としました。

得られた乾燥経過データから、生産時間や不良率、乾燥のしやすさに影響する因子、乾燥日数の予測を行いました。

### (2) 乾燥経過

試験開始時の含水率は57%、105%、93%、95%（それぞれ、長辺 120、180、240、300 mm）でした。6か月後には、それぞれ19%、46%、27%、42%、12か月後には16%、24%、19%、26%になりました（図2）。また、乾燥後の材料間のばらつきは大幅に減少しました（図2）。

しずおか優良木材の乾燥基準（含水率20%）合格率の推移をみると、6か月後で60%、5%、20%、0%（それぞれ、長辺 120、180、240、300 mm）であったものが、12か月後には95%、35%、

60%、25%となりました（図2）。梁桁材については調査を更に継続し、18か月後には合格率が65%、80%、55%（それぞれ、長辺180、240、300 mm）となりました（図3）。



図1 天然乾燥試験の状況

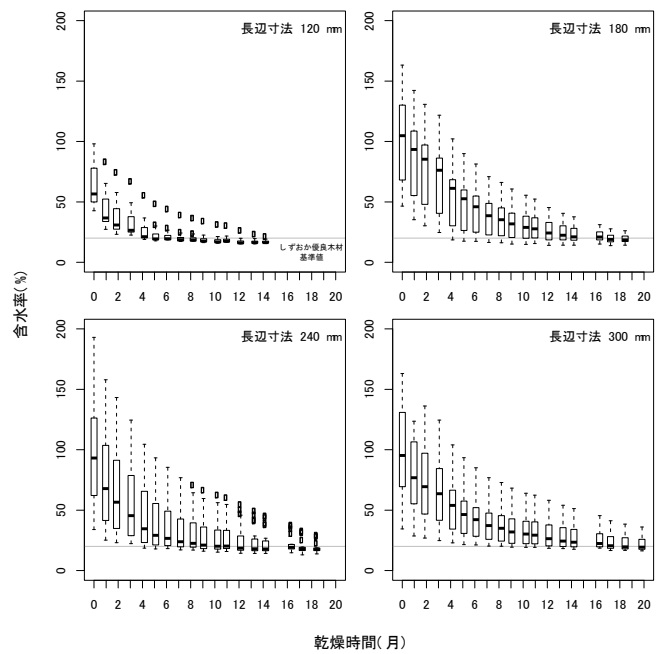


図2 天然乾燥の経過

太線：中央値、箱：四分位範囲、破線：四分位範囲の1.5倍の範囲で最外のデータまでの範囲、丸：外れ値

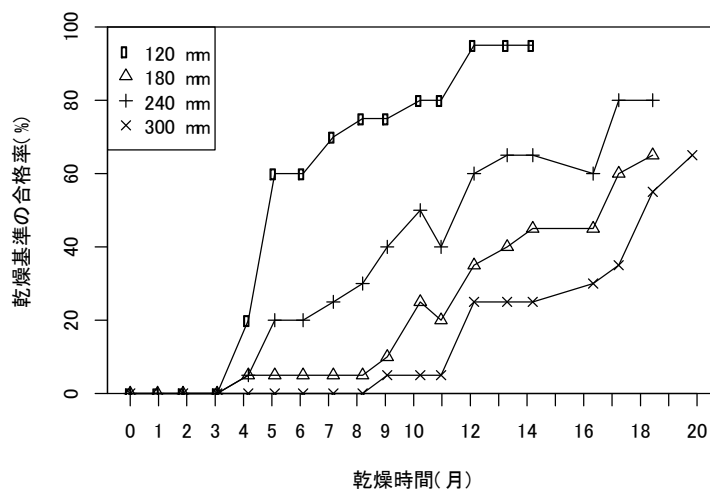


図3 しずおか優良木材の乾燥基準の合格率の推移

### (3) 乾燥のしやすさに影響する因子

スギ材は個々に乾燥時間が異なり、生産効率の低下の要因になることから、生材時の密度と断面寸法、心材と辺材の比率から木材個々の乾燥時間を予測する統計モデルを構築しました。

その結果、乾燥時間には生材時の密度と断面寸法が影響し、心材と辺材の比率は影響して

いないことが分かりました（図4）。さらに、影響のある因子については、影響の大きさを数値化し、その後の乾燥日数の予測に用いました（図5）。

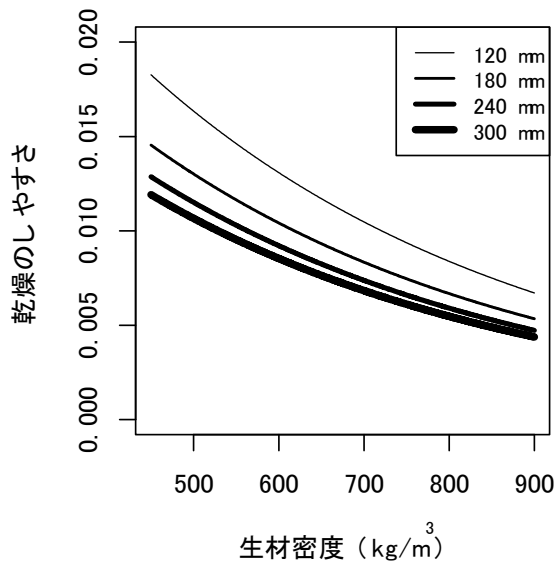


図4 断面寸法や生材密度と乾燥のしやすさとの関係

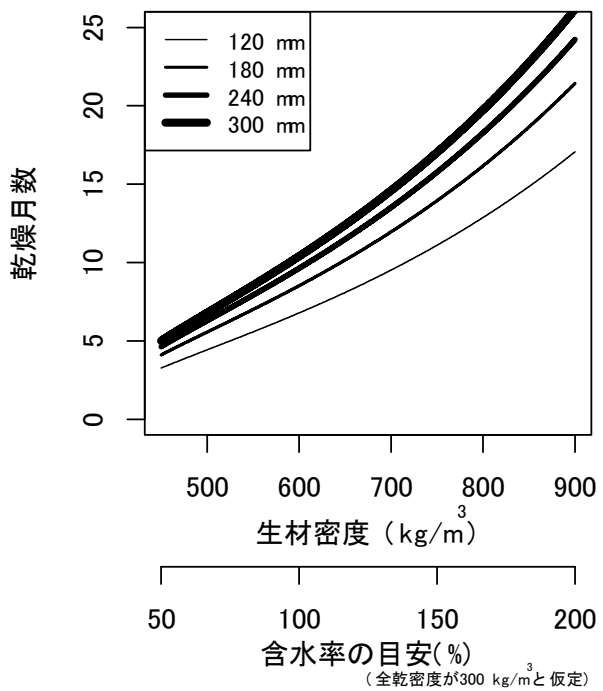


図5 断面寸法や生材密度と乾燥日数の関係

#### (4) 乾燥日数の予測

短辺 120 mm、長辺 120、180、240、300 mm の製材について、材の含水率や密度、気候条件を仮定して、乾燥日数のシミュレーションを行いました。その結果、乾燥日数は長辺 120 mm では 371 日（12 か月）、180 mm では 461 日（15 か月）、240 mm では 529 日（18 か月）、300 mm では 565 日（19 か月）となりました。乾燥期間の短縮を図るため、乾燥しやすい材だけを重量から選別することを試みました。その結果、1 年以内に乾燥させるためには、重量の選別境界は 64、78、96、113 kg（それぞれ長辺 120、180、240、300 mm、4 m 材）であることが分かりました。重量を密度に換算すると、それぞれ、820、700、650、630 kg/m<sup>3</sup> で、断面寸法が大きいほど乾きにくく、低い密度で選別する必要があることが分かります。

以上のことから、天然乾燥における生産時間や不良率について、実測データに基づく予測モデルを構築することができました。しかし、乾燥時間が長く、割れの発生も多いことから、それらの問題を解決するための研究に取り組みました。

## 2 スギ心持ち材の割れ止め技術

### (1) 研究のねらいと実験の概要

木材の表面に生じる割れを抑制するため、加熱処理による割れ止め処理の効果を検証しました。天竜産スギ心持ち構造材（短辺 120 mm、長辺 120 mm、240 mm）を用いました。割れ止め処理として乾燥機で 18 時間の加熱処理（乾球・湿球温度 95℃ 6 時間、乾球温度 120℃、湿球温度 90℃ 12 時間）を行った後、当センター（浜松市浜北区）構内の屋根下に積み重ねて天然乾燥試験を行いました。季節の影響を考慮するため、天然乾燥を 2009 年の春（3 月）と冬（12 月）に開始し、乾燥期間は 1 年から 1 年半としました。

### (2) 割れ止め処理の効果

割れ止め処理とその後の天然乾燥の結果、製材の日本農林規格で欠点として扱われる貫通割れ（図 6）を完全に抑制できました。また、意匠的に問題となる材面割れについて、割れ率（材面に生じた割れ長さの合計／材の長さの百分率）は 15% となり、通常天然乾燥<sup>4),5)</sup>の約 4 分の 1 となりました（図 7）。また、割れの幅も 2 mm 以下のものがほとんどでした。天然乾燥材を使用する工務店が求める品質は、聞き取り調査から、割れ率が 30% 以下、最大割れ幅が 5 mm 以下ですので、その要求を十分に満たすことができました。



図 6 貫通割れ

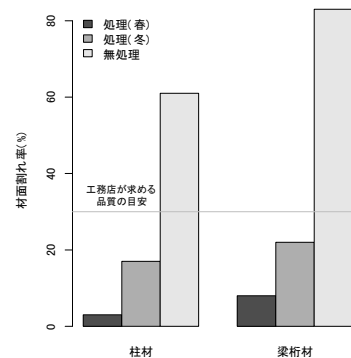


図 7 割れ止め処理材の材面割れ

### (3) 乾燥経過

季節による天然乾燥の期間については、柱材の場合、春に開始した場合は 6 か月間、冬に開始した場合は 7 か月間、梁桁材の場合、春に開始した場合は 7 か月間、冬に開始した場合は 12 か月間で、全体の 8 割がしずおか優良木材の乾燥基準（含水率 20% 以下）を満たしました（図 8、9）。また、割れ止め処理で乾燥が進んだことにより、通常天然乾燥に比べて 5～11 か月間の大幅な期間短縮になりました。



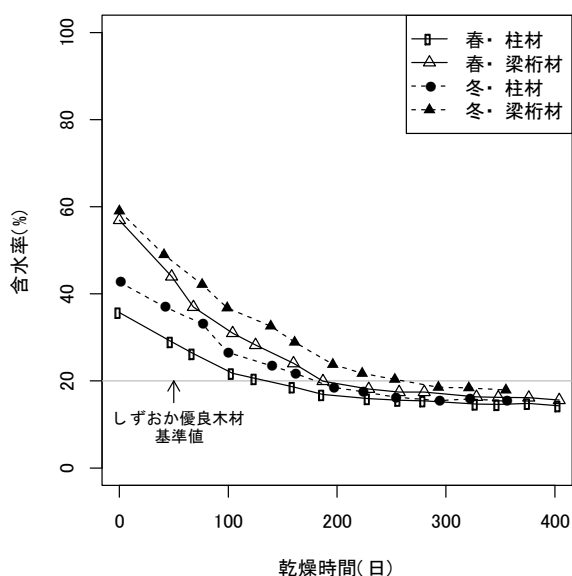


図8 割れ止め処理材の天然乾燥における乾燥の経過

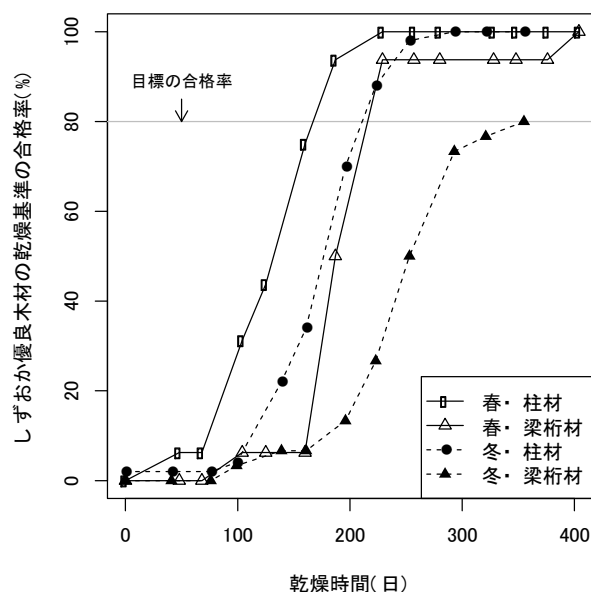


図9 割れ止め処理材の天然乾燥における乾燥基準合格率の推移

### 3 スギ心去り材の天然乾燥技術

#### (1) 研究のねらいと実験の概要

製材の木取りによって割れを抑制する方法として、心去り材の天然乾燥試験を行いました。また、一部については、乾燥機による仕上げ乾燥についても検討しました。

材料として、静岡県産スギ心去り構造材（135 mm × 135 ~ 285 mm）を材料として用いました。2012年8月に製材し、当センター（静岡県浜松市）構内の屋根下に積み重ねて天然乾燥を行いました。天然乾燥期間は7か月とし、乾燥機による仕上げ乾燥を行う場合は、柱材については2か月、梁桁材については4か月としました。人工乾燥の乾燥スケジュールは、乾球温度 80℃~95℃、相対湿度 84~57%で制御し、目標含水率 20%として、柱材は合計 150 時間（6.3 日）、梁桁材は合計 174 時間（7.3 日）としました。

#### (2) 乾燥経過

天然乾燥のみの場合、7か月間の乾燥で、柱材のうちの62%、梁桁材のうちの28%がしずおか優良木材の乾燥基準と同等の含水率になりました（図10）。乾燥機による仕上げ乾燥を行った場合の含水率は、柱材の65%、梁桁材の60%がしずおか優良木材の乾燥基準を満たしました（図11）。また、天然乾燥7か月時点での含水率を心持ち材と比較すると、両者に差はなく、心持ち材と心去り材で乾燥速度に大きな差はないと考えられました。

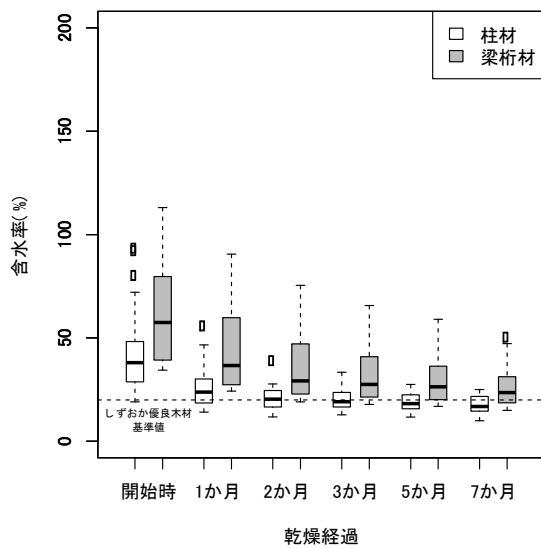


図 10 心去り材の天然乾燥における乾燥経過  
太線：中央値、箱：四分位範囲、破線：四分位範囲の 1.5 倍の範囲で最外のデータまでの範囲、丸：外れ値

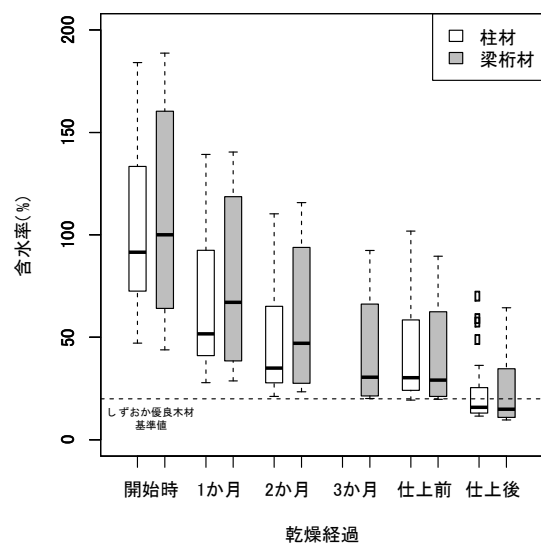


図 11 心去り材の天然乾燥とその後の仕上げ乾燥における乾燥経過  
太線：中央値、箱：四分位範囲、破線：四分位範囲の 1.5 倍の範囲で最外のデータまでの範囲、丸：外れ値

### (3) 表面割れ

仕上げ乾燥を行った材料について表面割れを調査したところ、製材の日本農林規格で欠点として扱われる貫通割れは認められませんでした。また、貫通割れ以外の割れの程度を表す割れ率（材面割れの長さの総延長/木材の長さ）は、柱材で 1%、梁桁材で 26%でした（図 12）。柱材についてはほとんど材面割れが目立ちませんでした。梁桁材の割れ率は、心持ち材<sup>5)</sup>の 3割でした。

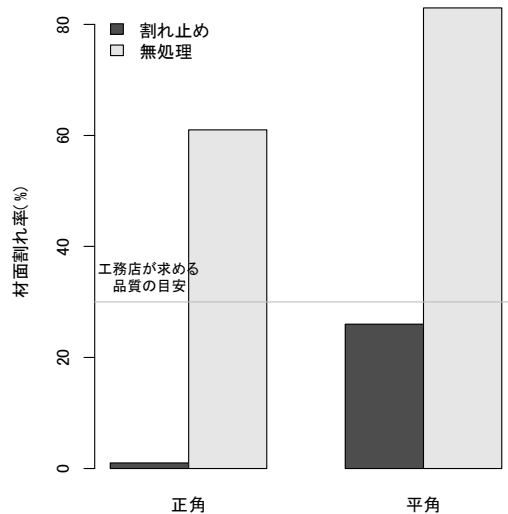


図 12 心去り材の材面割れ

### (4) 曲がり

心去り材は、非対称な木目になるため、乾燥による収縮等によって曲がりが発生する可能性があります。調査したところ、天然乾燥のみの場合、柱材の曲がり天然乾燥後 1 か月で最大 1.7 mm（1 m 当たり）、7 か月後で最大 3.2 mm となり（図 13）、梁桁材の曲がり、1 か月後で最大 2.7 mm（幅の広い面）、1.0 mm（幅の狭い狭い面）であったものが、7 か月後には、最大 2.7 mm、0.7 mm となりました（図 14）。仕上げ乾燥を行った場合は、柱材の曲がり天然乾燥後 1 か月に最大 2.0 mm（1 m 当たり）であったものが、人工乾燥後には、最大 2.7 mm となりました（図 15）。梁桁材は、天然乾燥 1 か月で最大 0.9 mm（幅の広い面）、0.7 mm（幅

の狭い面)であったものが、人工乾燥後で、最大 4.0 mm、1.3 mm となりました(図 16)。いずれも天然乾燥・人工乾燥によって曲がりが増加する傾向にありました。しかし、すべての材で JAS 2 級の基準を満たしました。

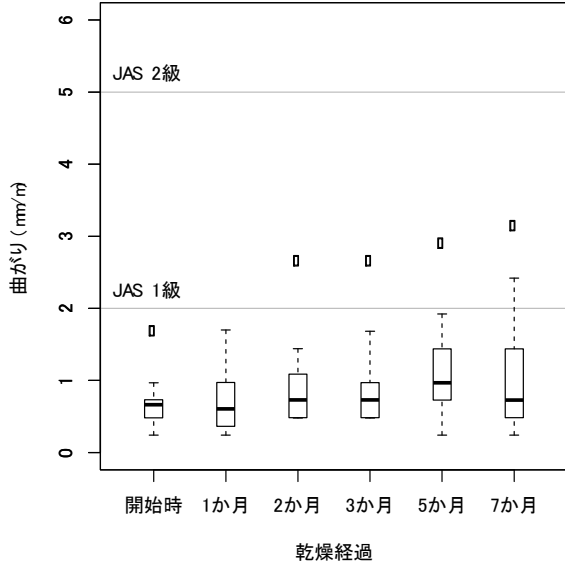


図 13 心去り柱材の天然乾燥における曲がりの経過

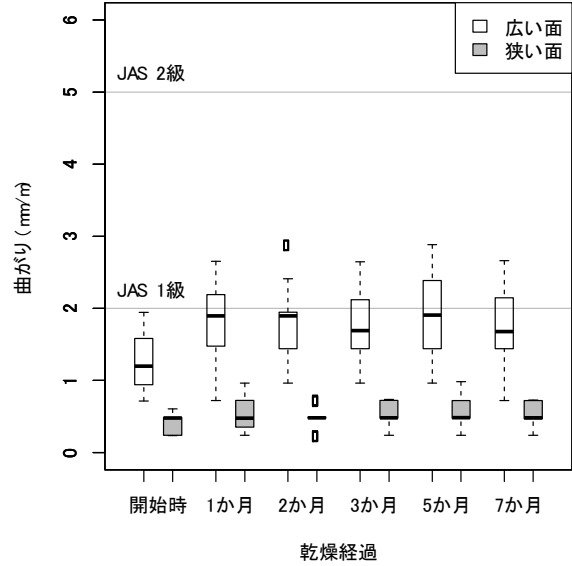


図 14 心去り梁桁材の天然乾燥における曲がりの経過

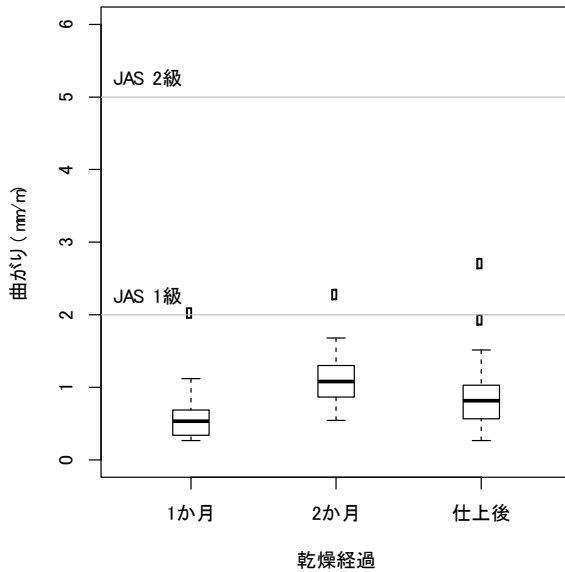


図 15 心去り柱材の天然乾燥と仕上げ乾燥における曲がりの経過

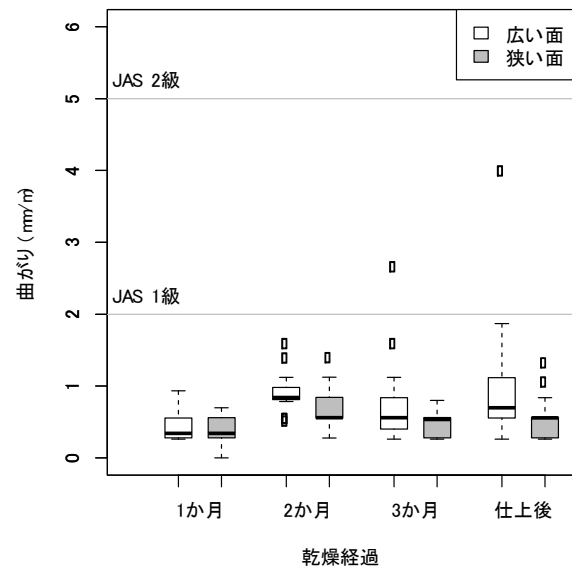


図 16 心去り梁桁材の天然乾燥と仕上げ乾燥における曲がりの経過

#### 4 割れの少ない天然乾燥の提案

区分	特徴	乾燥方法			
		割れ止め処理		天然乾燥	
心持ち材	○ 割れを 1/4 に抑制 ○ 乾燥時間を 5 ～ 11 か月短縮	加熱処理（乾燥機）			柱材 6～7 か月 梁桁材 7～12 か月
		乾球温度	湿球温度	時間	
		95℃	95℃	6 h	
		120℃	90℃	12 h	
心去り材	○ 割れを抑制 割れ率 柱材 ほぼゼロ 梁桁材 3割に抑制	心去り木取りによる割れ抑制			柱材 12 か月 梁桁材 18 か月

※柱材は 120 mm×120 mm、梁桁材は 120 mm×240 mm（仕上り寸法）として記載

#### おわりに

今回の一連の研究によって、品質の確かな乾燥材を安定的に生産する技術にめどをつけることができました。今後は、この技術を講習会等で普及することで県産の乾燥材が、価格・品質・供給面で外材や県外産材に負けないレベルになるよう、業界とともに努力していきたいと考えています。県産材が利用され、県内の森林が元気を取り戻すことで、現在・将来にわたって県民の生活が豊かになることを願います。

#### 参考文献

- 1) 静岡県交通基盤部森林局森林計画課，2012. 平成 24 年度静岡県森林共生白書. 静岡県交通基盤部森林局森林計画課，日本
- 2) 木住協 「木造軸組住宅における国産材利用の実態調査」WG，2007. 「木造軸組住宅における国産材利用の実態調査」報告書，社団法人日本木造住宅産業協会，日本
- 3) 農林水産省大臣官房統計部，2013. 平成 24 年木材統計，  
[http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai/pdf/mokuzai\\_12.pdf](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai/pdf/mokuzai_12.pdf)
- 4) 三ヶ田ら，2002. スギ心持ち柱材の天然乾燥について（Ⅲ）－表面割れ抑制のための前処理効果－. 九州森林研究，55. 107-109
- 5) 福本ら，2011. 表面割れと内部割れの少ない三重県産スギ平角材の乾燥スケジュールの開発. 三重県林業研究所研究報告，3. 1-12

森林・林業研究センター・主任研究員・星川 健史（文責）  
森林・林業研究センター・上席研究員・渡井 純

発行年月：平成26年3月  
編集発行：静岡県経済産業部振興局研究調整課

〒420-8601  
静岡市葵区追手町9番6号  
TEL 054-221-2676

この情報は下記のホームページからご覧になれます。  
<http://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-130a/>

