

# スギ平角材の 効率的な乾燥方法

—表面割れと内部割れの発生を抑え  
短時間で乾燥させる方法—



三重県林業研究所

## はじめに

2000年4月に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律」を受け、新築木造住宅の柱、梁、土台等の構造耐力上主要な部材は、10年間の瑕疵担保責任が義務化されました。また、部材同士の接合は金物を用いた接合方法が主流となり、使用する接合金物の形状に応じて、工場で事前に機械加工されたプレカット部材への需要が高まっています。これらのことから、特に構造用部材に対しては、寸法安定性が高く、割れの少ない乾燥材への需要が高まっており、品質の確かな乾燥材の安定供給が求められています。

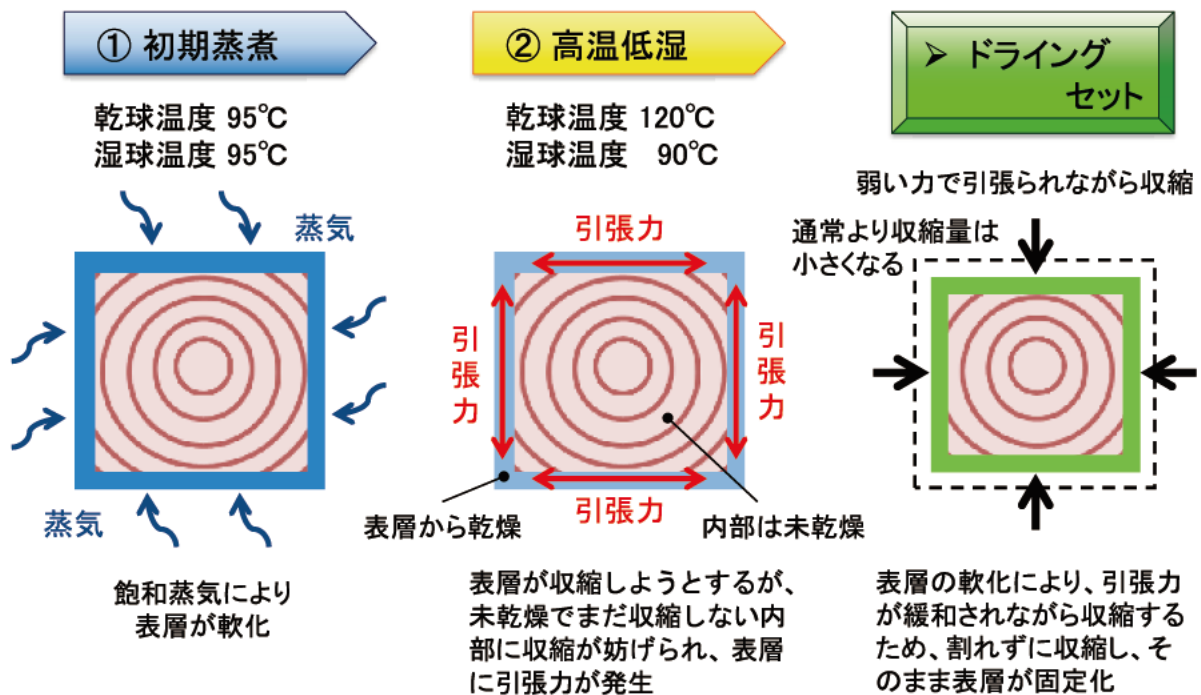
そこで、当研究所では、断面が大きく、乾燥の難しいスギ平角材を対象に、表面割れと内部割れの発生を抑え、かつ短時間で含水率20%以下まで乾燥させる方法の研究に取り組み、その成果をとりまとめましたので紹介します。

### 1. 表面割れの発生を抑制する方法（高温セット処理）

木材の表面割れは、100℃以上の高温対応型蒸気式乾燥機を用いて、乾燥初期に高温セット処理を行うことで抑制することができます。

#### ◆ 高温セット処理の方法

- ① 初期蒸煮 ⇒ 乾球温度と湿球温度が共に95℃の飽和蒸気で材の表層を軟らかくします
- ② 高温低湿 ⇒ 乾球温度120℃、湿球温度90℃の高温低湿で急速に乾燥を進めます
  - [ドラインセット] ⇒ 表層が割れずに収縮し、そのまま固定化されます



#### 【高温セット処理のポイント】

- ✓ 高温セット処理は、材内に十分な水分があるほどドラインセットが形成されやすいため、伐倒後はできるだけ早く製材し、含水率が高いうちに処理を行います。
- ✓ 製材後の積み期間が長いと材の表層から乾燥が進行するため、その間に表面割れが発生するリスクが高まります。また、表層の水分が少ない状態ではドラインセットが形成されにくい

ため、表面割れの発生抑制効果が得られない可能性があります。

- ✓ ドライングセットの形成にかかる時間は、短いと表面割れの発生抑制効果が不十分となり、また長いと内部割れの発生リスクが高まります。よって、樹種や断面サイズに応じて、最適な時間を見つけることが重要です。

## 2. 表面割れの発生を抑制しつつ 内部割れの発生も抑制する方法

### (高温セット処理後に中温低湿または天然乾燥)

内部割れの抑制は、高温セット処理をドライングセットが適度に形成される時点で止め、その後は乾燥温度を 100℃未満に下げることがポイントです。一般には、乾球温度 90℃、湿球温度 60℃程度の中温低湿で乾燥するか、天然乾燥に移行することで抑制できます。

#### 【内部割れ発生の要因】

- ① 蒸気熱が材の表層から内部へと徐々に伝わるにつれ、材内部の乾燥収縮が始まります。
- ② ドライングセットにより固定化された表層が、材内部の収縮を妨げる形で働きます。
- ③ 収縮できない反発から内部に大きな引張応力が発生し、内部割れが発生します。

注意) 長時間の高温低湿処理によりドライングセットが強く形成されるほど、内部割れが著しく発生します！



表層が固定化された状態で内部が乾いて収縮を始めると、内部割れが生じやすい

## 3. 表面割れ・内部割れの発生抑制と乾燥時間のさらなる短縮方法

### (高温セット処理後の中温低湿時に高周波を併用)

上記の高温セット処理と中温低湿を組み合わせた乾燥方法をベースに、乾燥速度が低下する中温低湿時に高周波を併用することで、蒸気による外部加熱と高周波による内部加熱が同時に行え、中温低湿時間を短縮することができます。この結果、表面割れと内部割れの少ない乾燥材をより短時間で仕上げることができます。

#### ◆ 蒸気式に高周波発振装置を取り付けた複合乾燥機

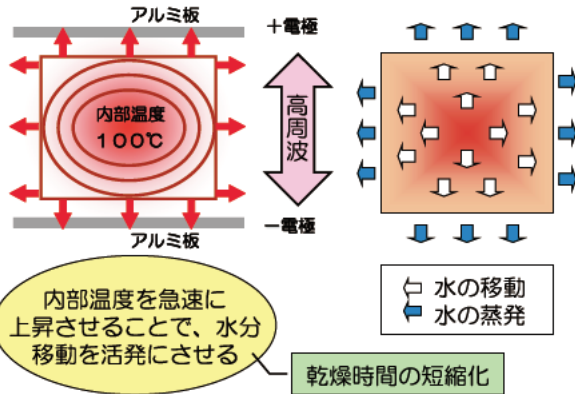


#### 【蒸気・高周波併用乾燥】

- ① 栈積み数段ごとにアルミ板を挿入します。
- ② アルミ板に正負の電極板を交互に取り付け高周波を発振します。
- ③ 材内温度を温度センサーで計測しながら、100~105℃の範囲で制御します。

※ 材内温度は材中心部まで開けた穴に温度センサーを挿入して計測

## 【高周波加熱の特性】



高周波は、一般の電子レンジで使用されるマイクロ波と同じ電磁波の一種で、水分を含む物質に高周波を透過させることで、物質内の水の分子運動を活発にし、その運動摩擦熱により内部から温めることができます。これにより、含有水分の多い材中心部の温度を、水の沸点である 100℃まで短時間で上昇させ、上昇後は高周波加熱のオンオフを制御しながら 100～105℃の範囲で維持することで、内部から表層への水分移動を促進することができます。⇒ 乾燥時間の短縮化

## 効率的な乾燥方法と結果

### 1. 効率的な乾燥方法（表面割れと内部割れの発生を抑え短時間で乾燥）

◇ 高温対応型蒸気式乾燥機を用いた乾燥方法 ⇒ 【スケジュールA】

◇ 高温対応型蒸気・高周波複合乾燥機を用いた乾燥方法 ⇒ 【スケジュールB】（より短時間）

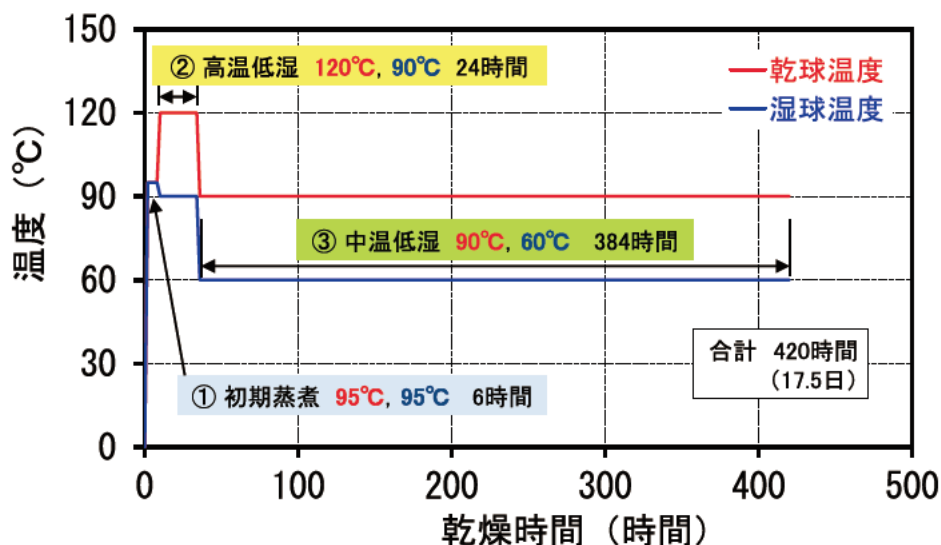
※ 本スケジュールは、今回用いた供試材の初期データ（樹種、寸法、生材密度や初期含水率の範囲）に基づいて作成したものです。よって、乾燥させる材の初期データが大きく異なる場合は、本スケジュールの中温低湿時間、高周波併用時間を増減させて、より適正なスケジュールを検討する必要があります。

### 【スケジュールA】（高温セット処理と中温低湿）

■ 供試材：

三重県産 心持ちスギ平角材  
14 cm×26 cm角，4m長（12本）

供試材（12本）	最小値	平均値	最大値	標準偏差
生材密度 (kg/m <sup>3</sup> )	516	591	671	56.0
初期含水率 (%)	55.3	88.1	118.1	20.6



※ 乾球温度，湿球温度の設定値までの昇温・降温時間は2時間

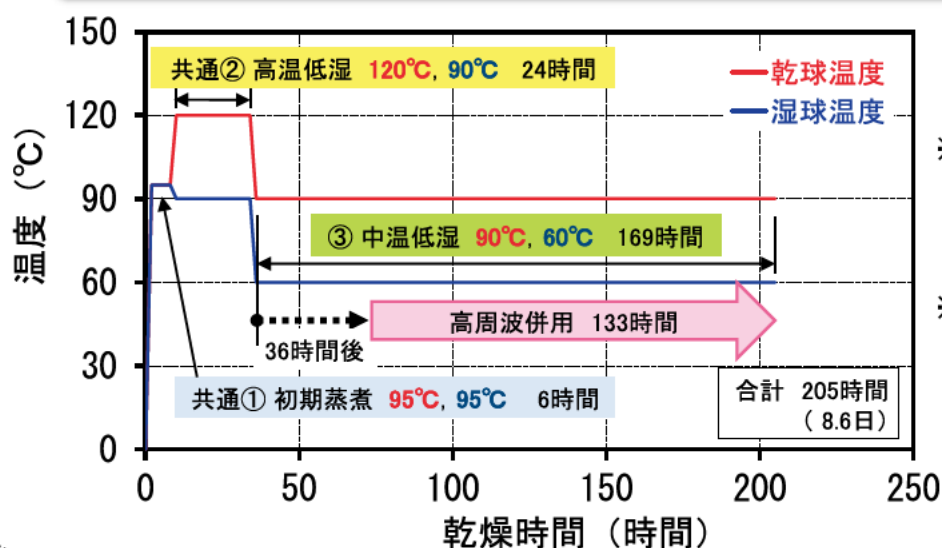
## 【スケジュールB】（高温セット処理と中温低湿時に高周波併用）

■ 供試材：三重県産 心持ちスギ平角材 14 cm×26 cm角，4m長（12本）

供試材（12本）		最小値	平均値	最大値	標準偏差
軽G （6本）	生材密度 (kg/m <sup>3</sup> )	514	559	603	34.7
	初期含水率 (%)	48.5	67.5	90.3	14.9
重G （6本）	生材密度 (kg/m <sup>3</sup> )	610	716	885	107.8
	初期含水率 (%)	76.6	117.9	177.6	39.5

※ 乾燥効率を上げるため、生材密度の軽いグループ（軽G）と重いグループ（重G）に2分し、高温セット処理後のスケジュールはグループ別に設定。

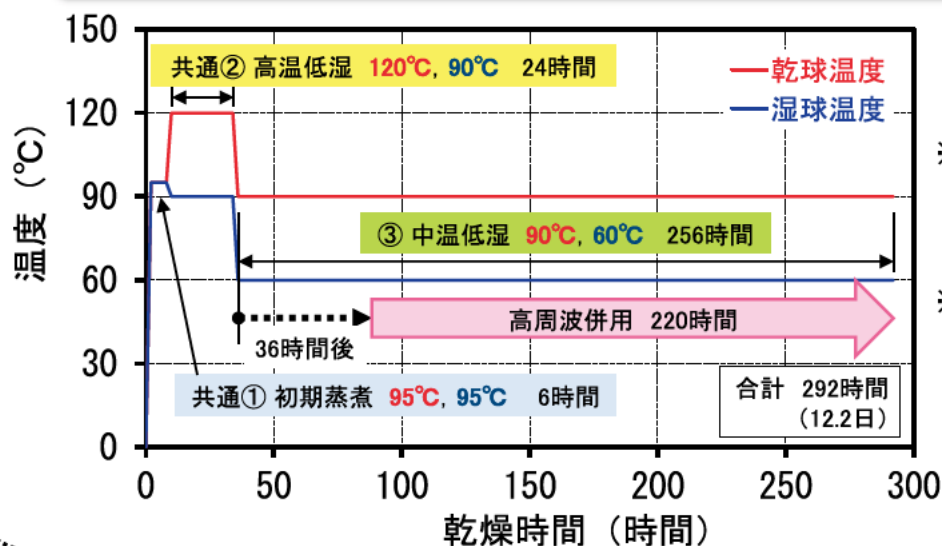
### スケジュールB（軽G）[生材密度 約 600 kg/m<sup>3</sup> 未満]



※ 昇温・降温の設定時間は2時間

※ 高周波消費電力量 125.7 kWh

### スケジュールB（重G）[生材密度 約 600 kg/m<sup>3</sup> 以上]



※ 昇温・降温の設定時間は2時間

※ 高周波消費電力量 357.1 kWh

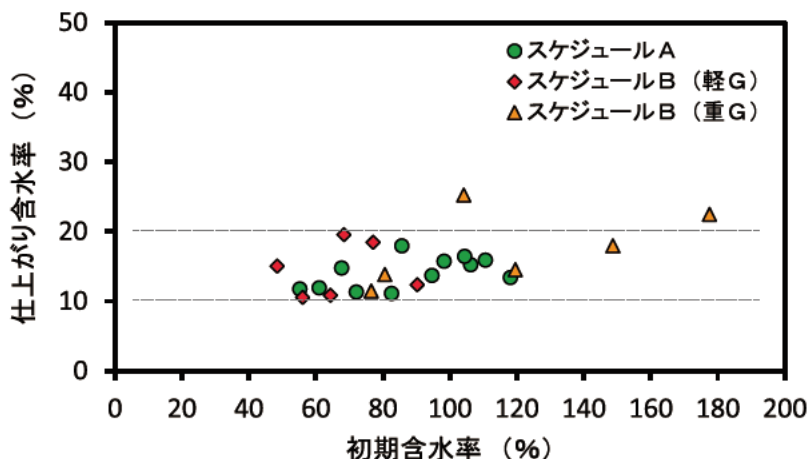
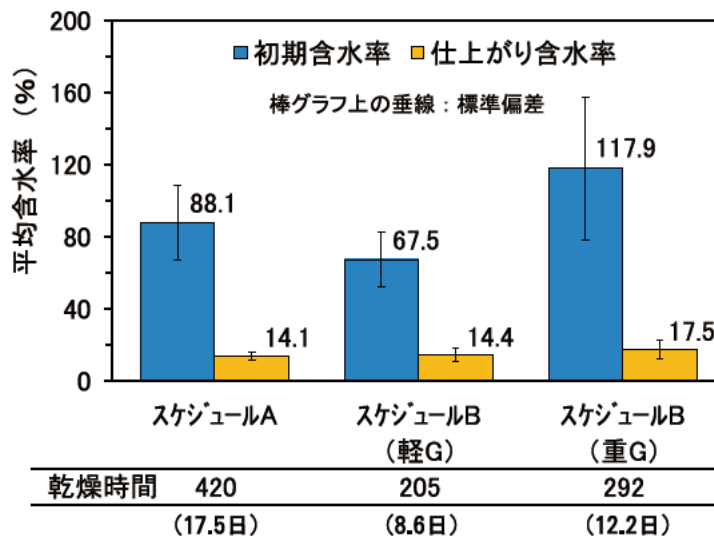
※ 高周波併用時間は中温低湿の開始36時間後から最終までとします。なお、高周波併用時間は、材内温度を100～105°Cの範囲で維持するための時間であり、この間、高周波加熱のオンオフを繰り返しながら材温を制御するため、高周波の実質使用時間とは異なります。

## 2. 乾燥結果

### (1) 初期含水率と仕上がり含水率の関係

スケジュールAとB（軽G）では、仕上がり含水率の平均が14%で、全数が目標含水率の20%以下まで乾燥できました。

また、初期含水率が100%を超える高含水率材が多く含まれるスケジュールB（重G）では、仕上がり含水率の平均は17.5%ですが、一部は20%を超えており、全て20%以下まで乾燥させるには、中温低湿と高周波併用時間を延長し、合計324時間（13.5日）程度の乾燥時間に設定するのが適当と思われる。

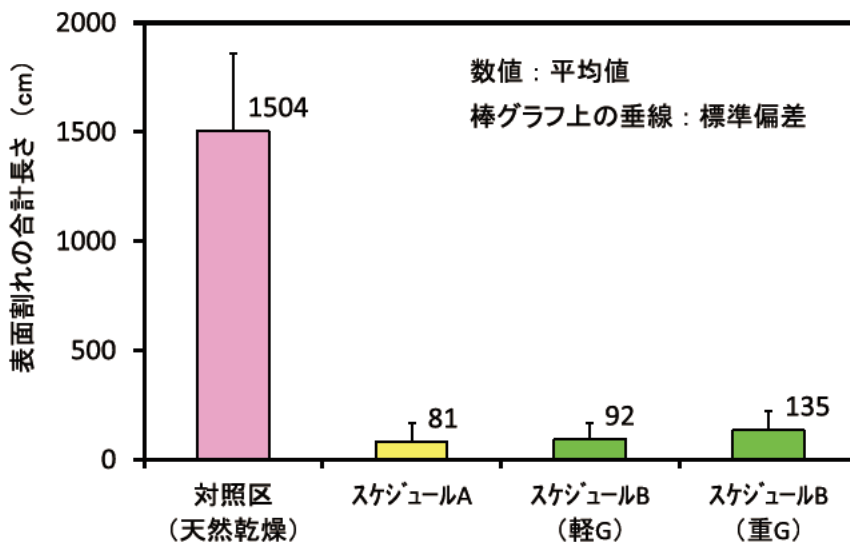


高周波を併用するスケジュールBは、併用なしのスケジュールAに比べて短時間で乾燥できます。

また、乾燥前に生材密度で選別し、初期含水率のばらつきを小さくしてから乾燥することで効率良く乾燥できます。

### (2) 表面割れの発生状況

スケジュールAとBの表面割れ（4材面の合計長さ）は、表面割れの発生しやすい対照区（天然乾燥）に比べ著しく少なく、高温セット処理の高い効果が確認されました。



※ 対照区（天然乾燥）29本  
屋根付きの屋外施設で、  
37カ月間積み状態で乾燥

## 乾燥方法の違いによる表面割れの発生状況



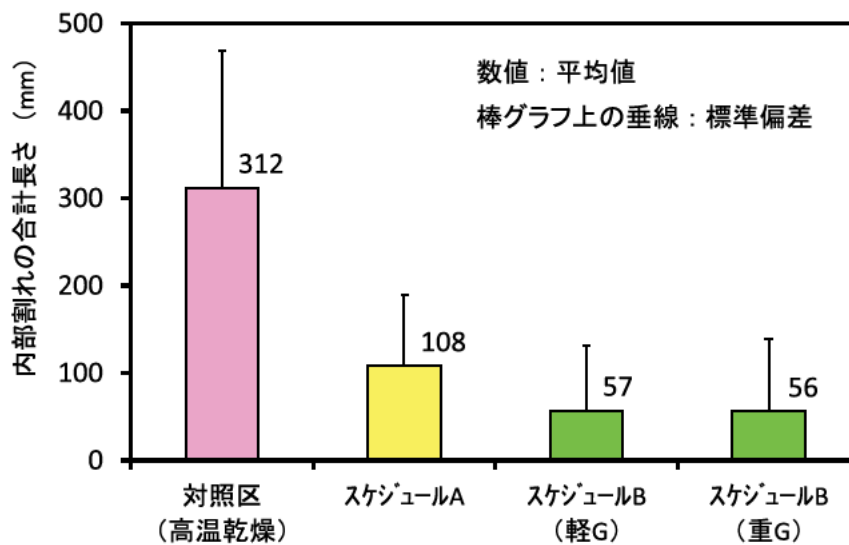
対照区  
(天然乾燥)



スケジュールA  
(高温セット処理と中温低湿)

### (3) 内部割れの発生状況

スケジュールAとBの内部割れは、内部割れの発生しやすい対照区（高温乾燥）に比べ、約 1/3 以下まで抑制できました。また、スケジュールBの内部割れは、スケジュールAよりも少なくなる傾向を示しました。



※ 対照区（高温乾燥）12本

高温セット処理後も乾球温度 120℃、湿球温度 90℃の高温低湿で 66 時間処理（合計 100 時間）

## 乾燥方法の違いによる内部割れの発生状況



対照区  
(高温乾燥)



スケジュールB (軽G)  
(高温セット処理と中温低湿時に高周波併用)



## スギ平角材の効率的な乾燥方法

—表面割れと内部割れの発生を抑え短時間で乾燥させる方法—

2016年3月発行

編集・発行 三重県林業研究所

〒515-2602

三重県津市白山町二本木 3769-1

TEL 059-262-0110 FAX 059-262-0960

E-mail : ringi@pref.mie.jp

<http://www.pref.mie.lg.jp/ringi/hp/index.htm>