

## スギ柱材の高温乾燥における重量選別の効果\*1,2

寺西康浩・海本 一・大森 拓\*3

心持ち無背割のスギ柱材を高温乾燥する際、事前の重量選別の有無が処理日数および仕上がり状態（含水率ムラや割れの発生状況）に及ぼす影響を調べた。その結果、次の結論を得た。

- (1) スギ柱材を生材密度（≒生材重量）の大小であらかじめ3グループに選別し、選別したグループ毎に高温乾燥すると、処理日数はグループ（生材密度の大小）により異なるものの、重量選別を実施しない場合に比べ、より均一に目標含水率（20%）へ調節できた。また、各グループに対する処理日数の平均は、重量選別を実施せずに平均含水率20%まで乾燥した場合の処理日数と等しく、重量選別を行うことによって処理日数が長くなるといった不具合も生じないことが明らかとなった。
- (2) 重量選別の有無にかかわらず、概ね同程度の表面割れが発生し、重量選別を実施しても表面割れを抑制する効果は期待できないものと考えられた。
- (3) 重量選別を実施した場合、過乾燥材が少なく、結果的に内部割れの発生を抑制できるものと考えられた。

### 1. はじめに

心持ち無背割の製材品を乾燥する方法として、高温乾燥<sup>1)</sup>が広く普及している。しかし、スギ柱材に対し高温乾燥を適用した場合、スギ柱材は生材含水率のバラツキが大きく、一律に所定の含水率へ調整することが困難な場合がある<sup>1)</sup>。

このような問題を解決する方法として、生材重量あるいは生材密度の大小であらかじめ選別を行い、選別したグループ毎に乾燥することが考えられる（以下、このような選別作業を単に『重量選別』という）。水野らは、115mm角のスギ柱材を5グループに重量選別し、それぞれに対して中温乾燥（最高温度85℃）を行ったところ、含水率20%までの処理日数はグループにより異なる一方で、乾燥後含水率の均一な製品が得られることを明らかにしている<sup>2)</sup>。このことから、スギ柱材を高温乾燥する際においても、事前に重量選別を行うことで同様の効果が得られるものと考えられるが、処理日数、乾燥後含水率のムラおよび割れの発生状況などを具体的に検討した事例は見当たらない。そこで本研究では、生産現場で活用できる効率的な乾燥材生産指針を得るため、スギ柱材を高温乾燥する際に、事前の重量選別の有無が処理日数および仕上がり状態（含水率ムラや割れの発生状況）に

及ぼす影響を調べた。

### 2. 材料および方法

#### 2.1 供試材

生材状態のスギ柱材（13.5cm角、長さ401～427cm、心持ち無背割）120本を使用した。

#### 2.2 試験方法

##### 2.2.1 供試材の選別

供試材の重量、断面寸法（繊維方向中央部）および長さを測定し、生材密度を算出した。供試材120本のうち90本について、生材密度が大きい順に3グループ（1グループあたり30本ずつ）に選別した。以下、それぞれのグループを『大グループ』、『中グループ』および『小グループ』という。残りの30本については選別を実施しなかった。以下、これらを『無選別グループ』という。『大グループ』、『中グループ』、『小グループ』および『無選別グループ』の生材密度と乾燥前含水率の最大値、最小値および平均値（2.2.2で述べる含水率測定用試片で求めた全乾法含水率より算出）は表1のとおりであった。なお、この時点において表面割れの発生量を調べたところ、表面割れはほとんど発生していなかった。

\*1：本研究は平成21年度水平連携加工システム推進事業（社団法人全国木材協同組合連合会）により実施した。

\*2：本研究の一部は日本木材加工技術協会第28回年次大会（奈良）で発表した。 \*3：西垣林業株式会社

表1 供試材の生材密度および乾燥前含水率

グループ名	最小値	平均値	最大値
大グループ	0.646	0.684	0.755
	77.4	102.6	143.2
中グループ	0.587	0.616	0.643
	68.3	86.9	110.6
小グループ	0.496	0.550	0.584
	45.7	69.2	88.1
無選別グループ	0.483	0.573	0.699
	45.0	66.8	92.5

上段：生材密度 (g/cm<sup>3</sup>) 下段：乾燥前含水率 (%)

2.2.2 乾燥処理

蒸気乾燥機(山本ビニター製 MDW- 8SR、容量 4 m<sup>3</sup>)を用い、表2に示した温湿度条件により各グループを高温乾燥した。乾燥中においては、適宜、供試材を取り出して重量を測定した。乾燥中の重量と生材時の材積から算出した密度を参考に、仕上がり含水率が20% (平均)に調節されたものと推測される時点で乾燥を終了した。なお、高温低湿処理後(表2のステップ2の後)においては、供試材の断面寸法および表面割れ長さも測定した。

乾燥後において、供試材の重量、断面寸法、表面割れの長さおよび最大割れ幅を測定した。また、図1に示すように、繊維方向の長さが3cmの含水率測定用試片を3体ずつ採取し、供試材の含水率を全乾法で算出した。さらに、含水率測定用試片3体それぞれの一方の木口面で観察される内部割れについて、割れ長さと最大割れ幅を測定した。加えて1グループあたり6本の供試材について、図2に示すように、繊維方向の長さ10cmの試片を34~37体採取し、各試片の一方の木口面で観察される内部割れそれぞれについて、割れ長さと最大割れ幅を測定した。

表2 乾燥スケジュール

ステップ	乾球温度	湿球温度	期間(時間)	備考
1	90(°C)	90(°C)	14	昇温工程の2時間含む
2	120	90	24.5	昇温工程の0.5時間含む
3	90	60	終了まで	目標含水率平均20%前後

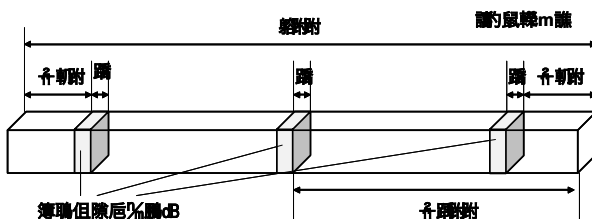


図1 全乾法含水率測定試片の採取方法

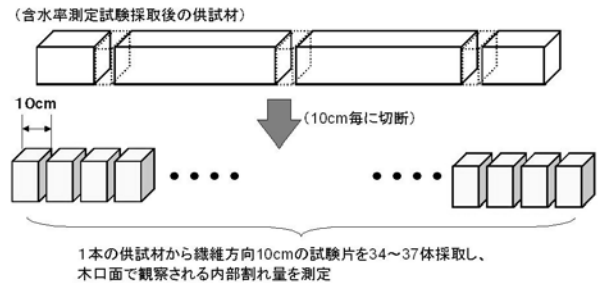


図2 繊維方向の内部割れ量分布の測定方法

3. 結果と考察

3.1 乾燥処理日数

『大グループ』、『中グループ』および『小グループ』の含水率経過を図3に示した。平均含水率20%までの処理日数は、グループによって異なり、『大グループ』では約11日間、『中グループ』では約8日間、『小グループ』では約5日間であった。3グループそれぞれの処理日数を平均すると約8日間となった。

『無選別グループ』の含水率経過を図4に示した。図4では30本の平均含水率経過を示すとともに、『無選別グループ』を仮に重量選別した場合に、それぞれの供試材が当てはまると想定されるグループでの平均含水率経過も併せて示した。図4によると、『無選別グループ』30本の平均値としては約8日間で平均含水率20%程度に調節された。しかし、仮に想定するグループ別の平均値としては、『大グループ相当』の供試材が約8日間で平均含水率25.7%まで処理されるに留まる一方、『小グループ相当』の供試材は平均含水率14.7%に処理された。このことは、重量選別を実施しない場合、供試材の含水率を一律に目標含水率(20%)へ調節させることが困難で

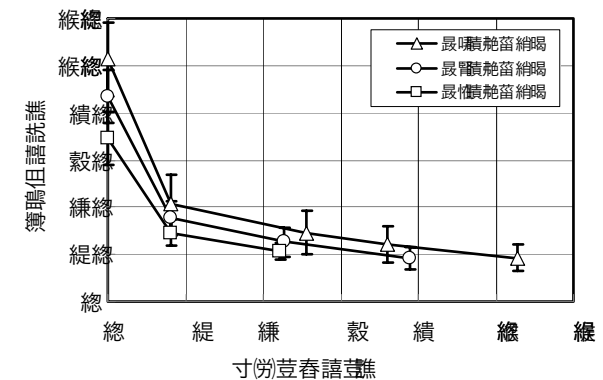
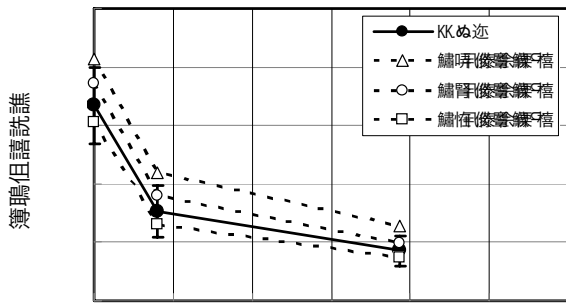


図3 『大グループ』、『中グループ』および『小グループ』の含水率経過



(注) エラーバーは標準偏差を示す

図4 『無選別グループ』の含水率経過

あることを意味するものであった。

以上のことから、重量選別を実施することにより生材含水率のバラツキが大きいスギ柱材をより均一に目標含水率へ調節できることが明らかになった。また、重量選別を実施した場合の各グループの平均処理日数は、重量選別を実施しない場合の処理日数と等しくなった。このことは重量選別の実施・不実施にかかわらず同じ期間で同じ材積の製品が処理されることを意味しており、重量選別を実施することによって処理日数が長くなるといった不具合も生じないことも明らかとなった。

### 3.2 収縮率

乾燥経過に伴う平均含水率と収縮率（平均値）との関係を図5に示した。いずれのグループにおいても、平均含水率が繊維飽和点を下回ると収縮率は増大し、乾燥後（平均含水率約20%）において、『大グループ』では収縮率約28%を示した。生産現場においては、このことに留意して荒挽きの際の歩増し量を調整する必要がある。

また、乾燥後における『大グループ』、『中グループ』および『小グループ』の収縮率を比較すると、平均含水率が概ね同様であるにもかかわらず、それぞれの収縮率には差がみられた。すなわち、『大グループ』、『中グループ』、『小グループ』の順に収縮率が大きくなった。この理由は明らかではないが、ひとつの推論として生材密度に基づく重量選別において、全乾密度の大きな供試材が『大グループ』に、全乾密度の小さな供試材が『小グループ』に振り分けられる傾向にあった可能性がある。

### 3.3 表面割れの発生状況

表面割れの発生状況を図6に示した。表面割れのほとんどは高温低湿処理後までに発生し、その後においては大きな変化は認められなかった。また、生材密度の大きいグループほど表面割れが多く発生する傾向がみられ

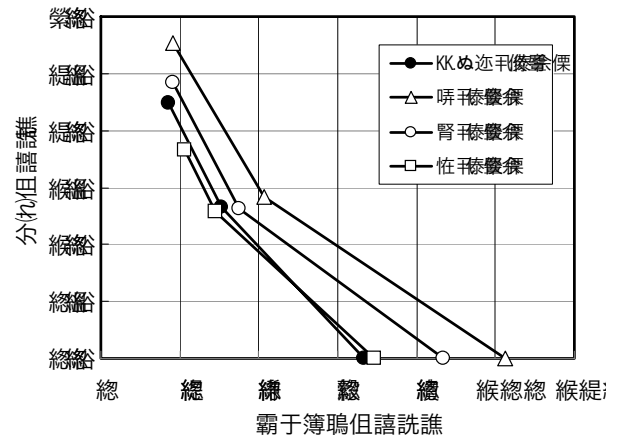


図5 平均含水率と収縮率（平均値）との関係

た。さらに、乾燥後における表面割れの発生状況について割れ幅別に整理した図7によると、生材密度の大きいグループほど幅の広い表面割れが多く発生する傾向がみられた。

生材密度の大きいグループほど表面割れが多く発生し、なかでも、幅の広い割れが多かった原因は、供試材の含有水分量および全乾密度が関係しているものと推測される。すなわち、生材密度の大きい供試材は、乾燥前において材表面付近にも多くの水分が含まれており、高温低湿処理によって形成されるドラインゲット層が薄く、材表面は依然割れが発生しやすい状況であったこと、あるいは3.2で述べたとおり、生材密度の大きなグループに振り分けられた供試材は全乾密度も大きい可能性があり、これに基づく収縮によってドラインゲット層が有する横引張強度を超える大きな引張応力が発生したこと、また割れ発生後においては全乾密度が大きいことに

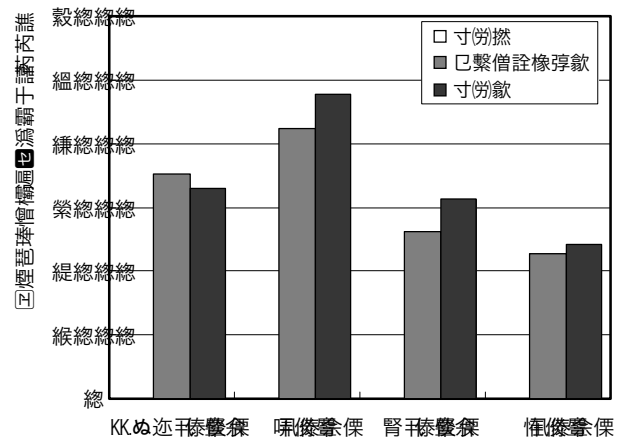


図6 表面割れの発生状況（割れ長さの平均）

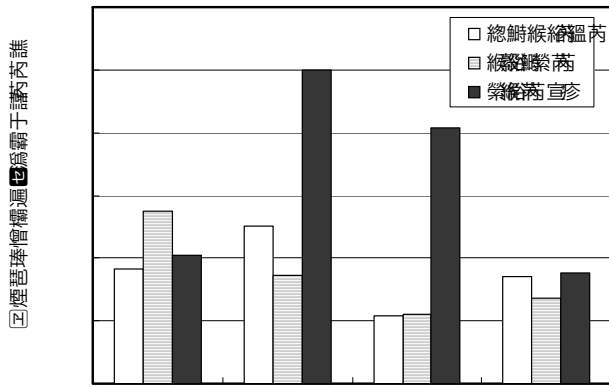


図7 乾燥後における表面割れの発生状況（割れ幅別）

基づく大きな収縮により、幅の広い割れが生じたことが考えられる。

なお、『大グループ』、『中グループ』および『小グループ』の表面割れ長さを平均すると、乾燥前においては1.9mm、高温低湿処理後においては3050mm、乾燥後においては3440mmとなり、『無選別グループ』のそれとほぼ同様の値であった。

以上のことから、今回行った試験においては、重量選別の実施・不実施にかかわらず、概ね同程度の表面割れが発生し、重量選別を実施しても表面割れを抑制する効果は期待できないものと考えられた。

### 3.4 内部割れの発生状況

各グループにおける、乾燥後含水率と内部割れ長さおよび内部割れ面積との関係を図8に示した。ただし、こ

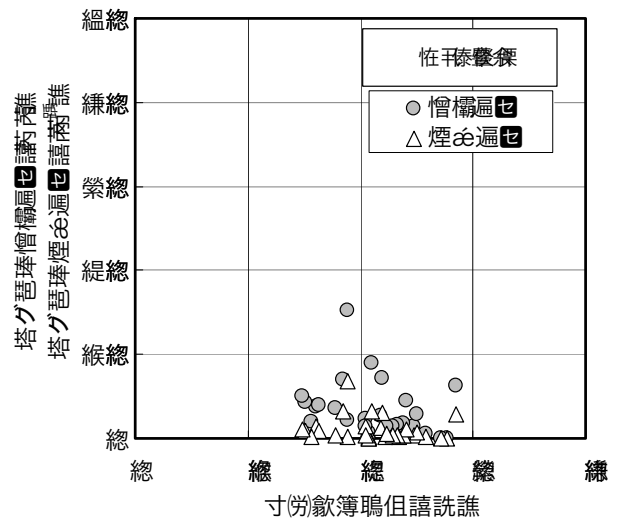
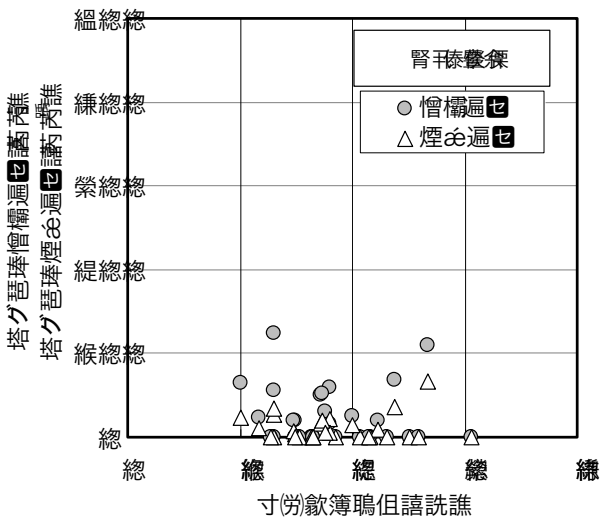
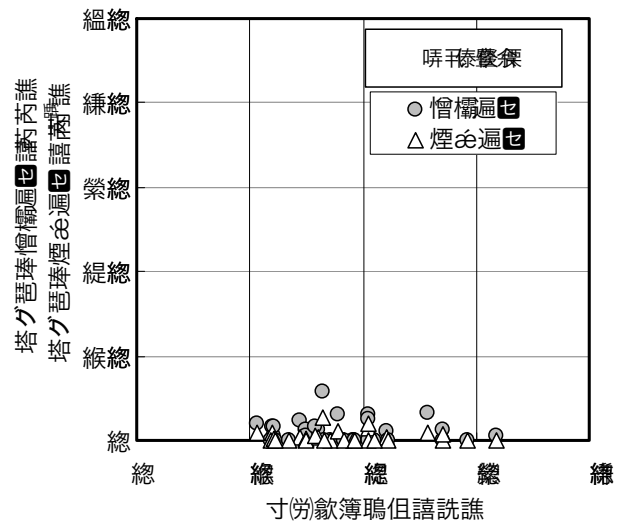
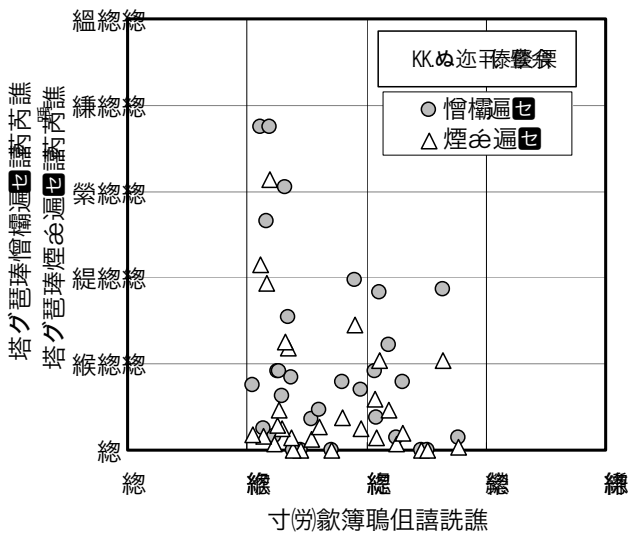


図8 乾燥後含水率と内部割れ長さおよび面積との関係

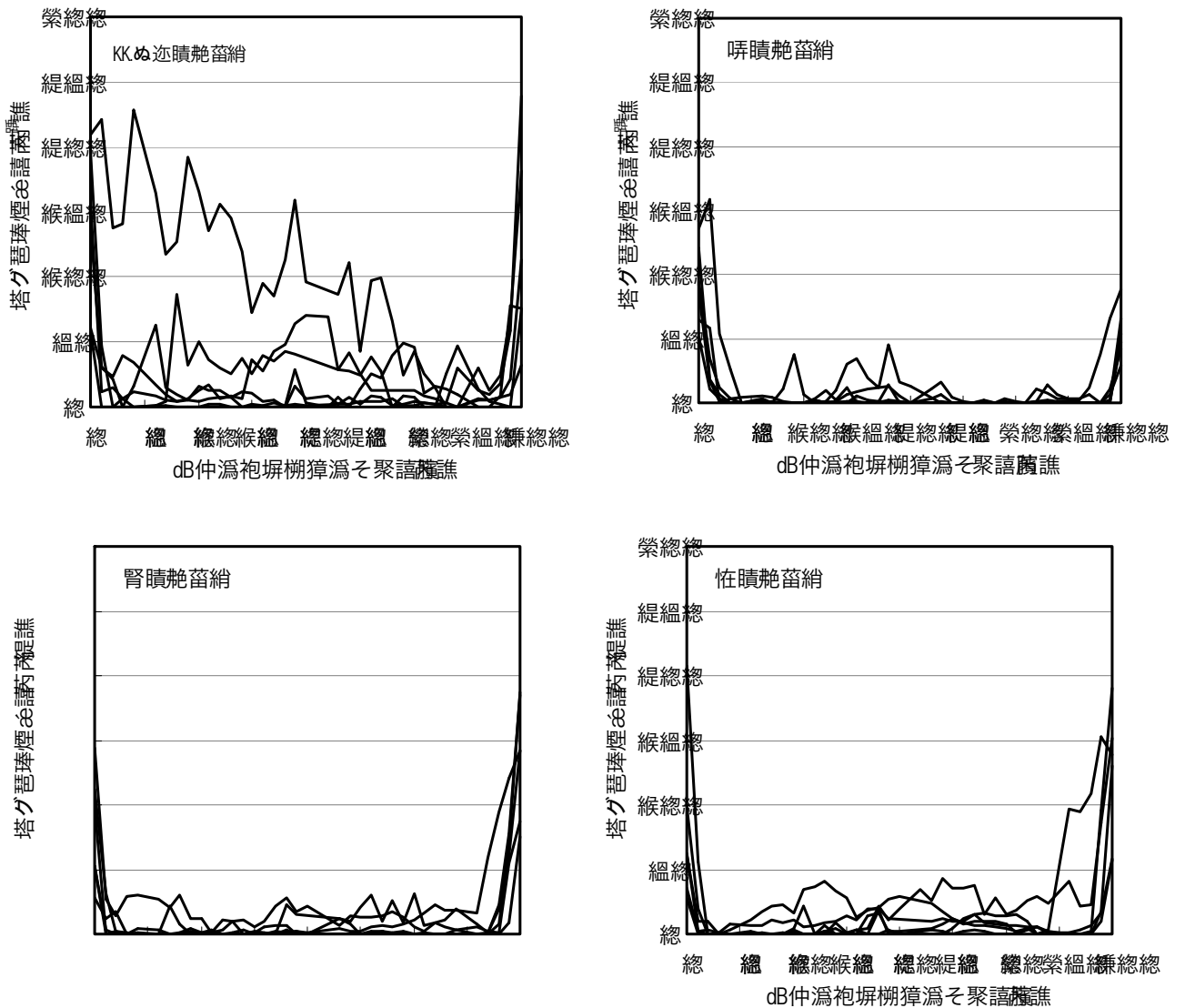


図9 乾燥後における繊維方向の内部割れ量分布

のときの内部割れ長さおよび内部割れ面積は含水率測定用試片3体(図1参照)から求めたものの合計である。『無選別グループ』においては、含水率10%前後に処理された過乾燥材に比較的多くの内部割れが発生した。このことに対し、『大グループ』、『中グループ』および『小グループ』においては、内部割れが多く発生した供試材はみられなかった。また、『小グループ』においては過乾燥材が発生しなかった。

以上のことから、重量選別を実施した場合、過乾燥材が少なくなり、結果的に内部割れの発生を抑制できるものと考えられた。

なお、各グループ6本ずつの供試材で測定した内部割れ面積の繊維方向の分布を図9に示した。『無選別グループ』においては、木口部付近以外にも繊維方向にわたり

比較的多くの内部割れが発生した供試材が認められたが、『大グループ』、『中グループ』および『小グループ』においてはそのような供試材は認められなかった。この理由は先に述べたとおり、重量選別を実施することにより過乾燥材の発生が少なくなったためと考えられる。しかし、いずれのグループにおいても、木口部付近において多くの内部割れが発生した。この理由は、木口部は非常に乾燥しやすく、木口付近の含水率が乾燥機内の乾湿球温度(乾球温度90℃、湿球温度60℃)における平衡含水率(3%)近くにまで過度に乾燥されたためと推測される。木口部付近に発生した内部割れは、製品を使用する際に所定の接合性能が確保されないなど、不具合の要因となる危険性が否定できない。一方で、無背割材に対する現行の高温乾燥において木口部付近に発生する内

部割れを制御することは困難であるといわざるを得ない。そこで、より信頼性の高い製品を生産するための一案として、原木に玉切りする段階で所定の材長よりも40cm程度長く造材し、製材・乾燥後において内部割れが発生している両木口部をそれぞれ20cm程度切断する方法が考えられる。

における高温セット法の割れ防止効果について. 材料. **53** (4), 364-369 (2004)

- 2) 水野俊一ほか：スギ人工乾燥の低コスト化に関する研究. 福島県林業研究センター研究報告. **37**, 1-11 (2004)

(2011年1月21日受理)

## 引用文献

- 1) 吉田孝久ほか：スギ心持ち無背割り柱材の高温乾燥