

スギ中目材の乾燥に関する研究

誌名	研究報告
ISSN	09186115
著者名	工藤,康夫 中島,靖雄
発行元	群馬県林業試験場
巻/号	10号
掲載ページ	p. 38-47
発行年月	2004年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



スギ中目材の乾燥に関する研究

A study about drying of sugi

工藤 康夫・中島 靖雄*

スギ正角、平角材について、人工乾燥と天然乾燥の組合せによる乾燥試験を行った。

- 1 人工乾燥と天然乾燥を組み合わせにおいて、天然乾燥による一次乾燥の後、人工乾燥による仕上乾燥を行う組合せの方が、仕上含水率が低くなり、仕上含水率のバラツキを小さくできた。
- 2 葉枯し材を用いた場合、正角、平角を問わず、一次乾燥で天然乾燥を行う場合、天然乾燥の期間を1ヶ月短縮することができた。
- 3 乾燥による表面割れを抑えるためには、人工乾燥によりドラインゲット処理を行うか、中温乾燥であれば初期蒸煮などの割れ防止処理によって、表面割れを抑えることが可能だが、その後天然乾燥により仕上乾燥をおこなっても、表面割れは拡大しなかった。

また、葉枯し材の場合であっても製材後速やかにこのような処理を行うことで、同様に表面割れの発生を抑えることができた。

キーワード：スギ心持材、乾燥、葉枯し材、複合乾燥、表面割れ

I はじめに

スギは安定的な木材供給が期待できる反面、含水率が高く、個体によるばらつきが著しく大きいため、適切な乾燥による品質の向上及び安定、製品歩留まりの向上が急務である。

乾燥による品質の向上は確認されているが、製品価格が廉価であるため、人工乾燥にかかるコストが製品流通価格に完全に上乗せ出来ない状況である。

また天然乾燥は通常1年以上の期間がかかり、ひいては投下資本の回収に長い時間を要するため、スギ乾燥材が十分に供給されていないのが現状である。

このため、人工乾燥、天然乾燥にかかる時間を短縮して乾燥コストを抑えるため、従来の天然乾燥と人工乾燥、更に葉枯し材を活用した場合の乾燥試験を実施した。

II 方 法

1 スギ正角材の乾燥

スギ正角材（心持ち無背割り材 130*130 mm）の乾燥組合せパターンを表-1に示す。

1回の試験に使用した試験体の本数は30本とし、葉枯し材は天然乾燥の期間を生材に比べて1ヶ月短縮した。

人工乾燥は蒸気式木材乾燥機（日本電化工機製）を使用し、85℃で初期蒸煮後、乾球温度110℃、湿球温度70℃の高温域でドラインゲット処理を行った後、乾球温度91～95℃、湿球温度80～85℃、乾湿球温度差5～13℃の乾燥スケジュールで実施した。

ただし中温域での表面割れ防止効果を検証するため、一部のスケジュールには高温域を

* 富岡行政事務所森林部

使用しなかった。

また、天然乾燥の効果を最大限に活用するため、人工乾燥に要する時間を可能な限り短縮し、日数は①を除き4日間とした。(①は7日間)

なお、目標仕上含水率は20%以下とした。

表-1 複合乾燥組合せパターン(正角)

材寸法	材種	(一次乾燥)	(二次乾燥)	(仕上乾燥)	複合乾燥パターン
正角材	葉枯し材	人工乾燥(高温)			①
130	葉枯し材	天然乾燥2ヶ月	人工乾燥(中温)		②
×	葉枯し材	人工乾燥(高温)	天然乾燥2ヶ月		③
130	生材	天然乾燥3ヶ月	人工乾燥(高温)		④
mm	生材	人工乾燥(高温)	天然乾燥3ヶ月		⑤
	生材	天然乾燥1ヶ月	人工乾燥(高温)	天然乾燥2ヶ月	⑥

2 スギ平角材の乾燥

スギ平角材(心持ち130*280mm)の複合乾燥組合せパターンを表-2に示す。

平角は1回の試験に使用した試験体数を15本とし、やはり葉枯し材は天然乾燥の時間を生材より1ヶ月短縮した。

また、蒸気式木材乾燥機(日本電化工機製)を使用し、正角と同一の温度設定により人工乾燥を行った。

人工乾燥に要した日数は⑦を除き7日間~8日間とした。(⑦は18日間)

目標仕上含水率は20%以下とした。

表-2 複合乾燥組合せパターン(平角)

材寸法	材種	(一次乾燥)	(二次乾燥)	(仕上乾燥)	複合乾燥パターン
平角材	葉枯し材	人工乾燥(高温)			⑦
130	葉枯し材	天然乾燥4ヶ月	人工乾燥(中温)		⑧
×	葉枯し材	人工乾燥(中温)	天然乾燥4ヶ月		⑨
280	生材	天然乾燥7ヶ月	人工乾燥(中温)		⑩
mm	生材	人工乾燥(高温)	天然乾燥5ヶ月		⑪
	生材	天然乾燥2ヶ月	人工乾燥(高温)	天然乾燥3ヶ月	⑫

3 葉枯し材が乾燥効果に及ぼす影響

(1) 葉枯し材の初期含水率

市場で販売している葉枯材は、その生産履歴が不明なものがほとんどである。

そこで、群馬県大柄県有林で管理生産した葉枯し材と市場性を考慮して原木市場で一般購入した葉枯し材の両方を試験に使用して初期含水率分布を比較した。

(2) 葉枯し材を使用した効率的複合乾燥の検証

葉枯し材を使用した効率的乾燥について検証するため、葉枯し材を人工乾燥と天然乾燥による複合乾燥を行い、同様に生材の結果と比較した。

4 表面割れ防止効果

スギの心持ち材を乾燥する場合、乾燥が進行するとともに表面割れも大きくなることが報告されている¹⁾。

また、現在乾燥材の生産現場においては、葉枯し材を人工乾燥すると表面割れが多くなるとされており、葉枯し材のマイナスイメージにつながっている。

そこで、葉枯し材の人工乾燥における割れの発生について検証した。

なお、表面割れは、全ての表面割れを同一に比較するため次式により面積を計算し、その結果を比較した。

$$\text{表面割れ面積 (cm}^2\text{)} = \text{延長 (cm)} \times \text{最大幅 (cm)} \times 1/2$$

5 人工乾燥の温度設定による表面割れの発生

スギの心持材（無背割材）を乾燥する場合、表面割れを抑える方法として、100℃以上の高温域を使用するドラインセット処理が多く行われているが、群馬県内で導入率が最も高い中温乾燥による仕上時の表面割れに及ぼす影響を調べた。

いずれも製材後すぐに一次乾燥として人工乾燥を行った複合乾燥⑦（葉枯し材・平角）、⑨（葉枯し材・平角）、⑪（生材・平角）の仕上乾燥後の表面割れ面積を比較した。

人工乾燥のスケジュールは⑦⑨⑪すべて85℃で8時間の初期蒸煮を行った後、⑨を除いて乾球温度110℃、湿球温度70℃でドラインセット処理を行った。

⑨は乾球温度85～91℃、湿球温度80～85℃、温度差3～11℃で中温乾燥を行った。

III 結果と考察

1 スギ正角材の乾燥

人工乾燥と天然乾燥との組合せの、効率的な複合乾燥組合せパターンについて検証した。

図-1に複合乾燥組合せ④（生材・天然乾燥3ヶ月+人工乾燥）と⑤（生材・人工乾燥+天然乾燥3ヶ月）の結果を示す。図中の黒点は④の初期、一次乾燥後、仕上り含水率、また白抜き点は⑤の初期、一次乾燥後、仕上り含水率を示す。④と⑤は人工乾燥、天然乾燥の条件が全く同じで、かつ初期含水率の分布もほぼ同じであったが、仕上含水率平均は④が12.9%に対して⑤が21.8%、また個体ごとのバラツキを表す標準偏差は④が5.8に対して⑤は9.7であった。

一次乾燥で天然乾燥を行い、仕上乾燥で人工乾燥を行う組み合わせの方が、仕上含水率の平均は低く、標準偏差も小さかった。

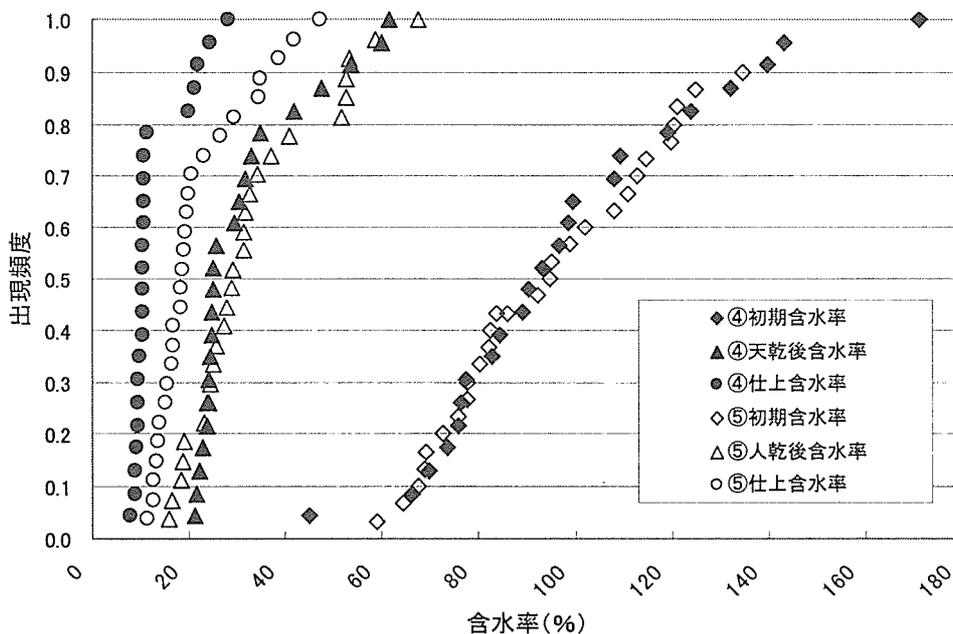


図-1 正角材乾燥組合せ別含水率分布

2 スギ平角材の乾燥

次に⑩（生材・天然乾燥7ヶ月＋人工乾燥）と⑪（生材・人工乾燥＋天然乾燥5ヶ月）の結果を図-2に示す。

図中の黒点は⑩の初期、一次乾燥後、仕上り含水率、また白抜き点は⑪の初期、一次乾燥後、仕上り含水率をそれぞれ示す。

⑩は仕上含水率平均が12.6%、標準偏差4.9で、ほとんどの試験体で水分傾斜が解消していたのに対して、⑪は仕上含水率平均が19.0%、標準偏差7.2で目標仕上がり含水率をクリアしたものの、全体的に水分傾斜が大きく、心材部、辺材部ともに含水率20%以下となった試験体はわずかであった。

これらの結果から平角においても、天然乾燥で1次乾燥を行い、人工乾燥によって仕上乾燥を行う方が、仕上含水率の平均は低くなり、かつバラツキも少なかった。

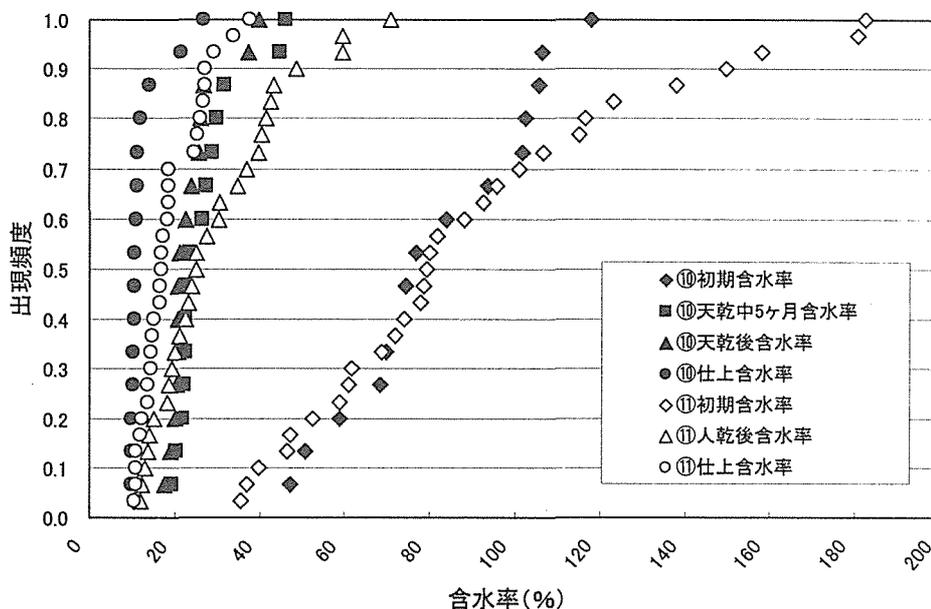


図-2 平角材乾燥組合せ別含水率分布

しかし、⑩の天然乾燥期間は7ヶ月で、⑪よりも2ヶ月間長い天然乾燥時間であった。そこで図-3に⑩の天然乾燥における7ヶ月間毎月の含水率分布を示した。

乾燥初期には非常に乾燥速度が大きいものの、含水率平均が30%に到達した4ヶ月以降は、乾燥速度が著しく小さくなっている。

また、⑩と同じ天然乾燥5ヶ月経過時の含水率分布（平均含水率27%）と天然乾燥が終了した7ヶ月経過時の含水率分布（平均含水率24%）を比較しても、平均含水率と標準偏差に有意な違いはほとんど見られないことから、⑩においては一次乾燥の天然乾燥を5ヶ月として人工乾燥による仕上げ乾燥を行っても、仕上がり含水率に影響が無いと考えられる。

以上の結果から、天然乾燥、人工乾燥を組み合わせる場合、繊維飽和点である含水率30%前後まで天然乾燥により一次乾燥を行い、人工乾燥で仕上げ乾燥を行うことにより、平均仕上り含水率の低下、仕上り含水率のバラツキを少なくすることに効果的であることが分かった。

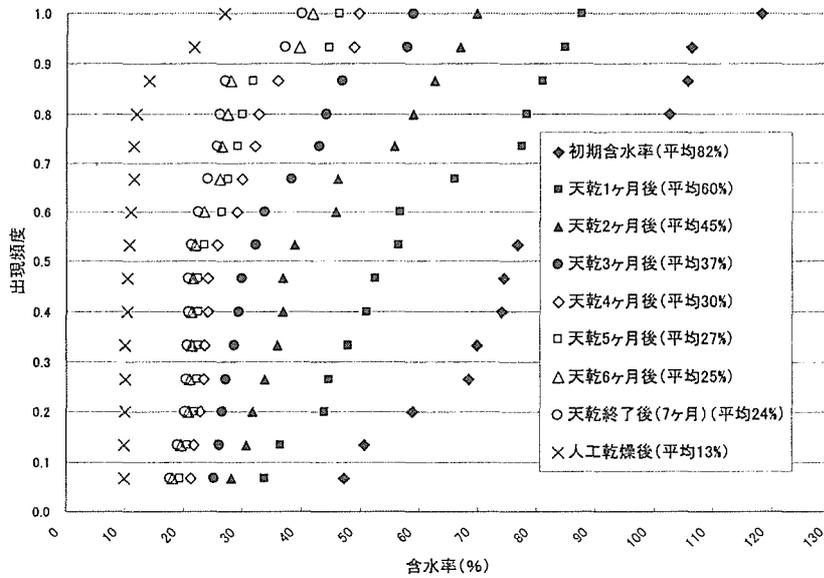


図-3 天然乾燥における毎月の含水率分布(平角・生材)

3 葉枯し材が乾燥効果に及ぼす影響

(1) 葉枯し材の初期含水率

県有林で管理生産した葉枯し材と市場で一般購入した葉枯し材の初期含水率分布を図-4に示す。

生材初期含水率分布と比較すると、葉枯し処理を行った時期によって、初期含水率の分布に違いが認められたものの、葉枯し材の初期平均含水率は管理生産が74%、市場購入が71%と両者の間に有意な差は認められず、生材の初期平均含水率95%に比べて低く分布しており、人工乾燥や天然乾燥との組合せにより効率的に乾燥が可能であると思われる。

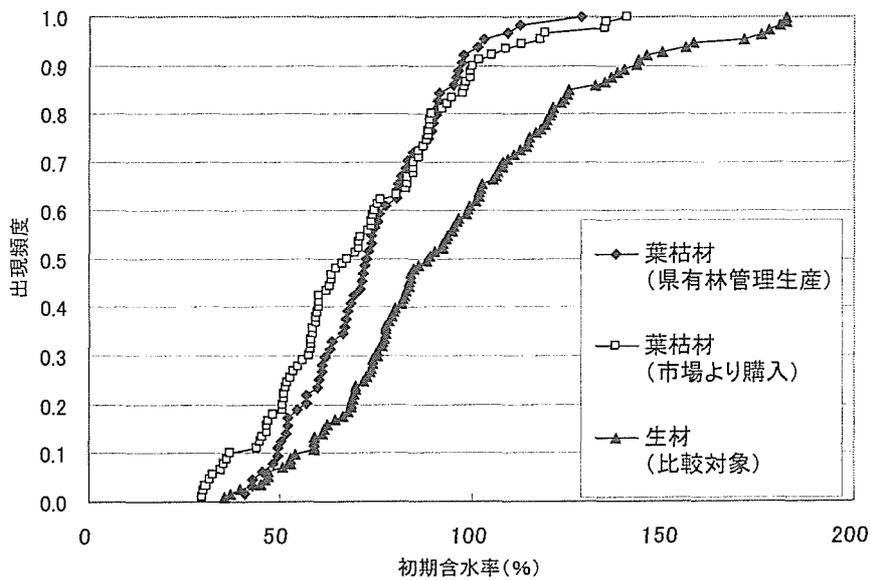


図-4 葉枯材初期含水率分布(スギ・正角・平角)

(2) 葉枯し材を使用した効率的乾燥の検証

組合せ②(葉枯し材正角・天然乾燥2ヶ月+人工乾燥)と④(生材・天然乾燥3ヶ月+人工乾燥)を比較した結果を図-5に示す。

図中の黒点は生材の初期、天然乾燥終了後、仕上含水率を示し、白抜き点は葉枯し材の初期、天然乾燥終了後、仕上含水率をそれぞれ表している。

一次乾燥後の含水率分布を見ると④は天然乾燥3ヶ月で平均含水率31.8%であったのに対して、②は天然乾燥2ヶ月で平均含水率31%であり、ほぼ含水率分布は同じであった。

また、仕上含水率を検討した結果、④は平均12.9%、標準偏差5.8に対して②は平均16%、標準偏差5.7であった。

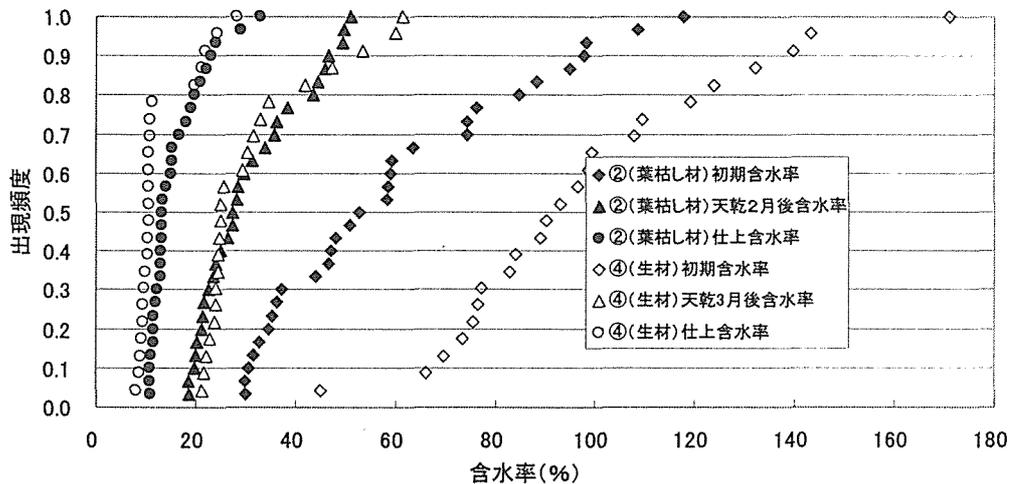


図-5 天然乾燥+人工乾燥の含水率推移(スギ正角、生材・葉枯材別)

次に組合せ⑧(葉枯し材平角・天然乾燥4ヶ月+人工乾燥)と⑩(生材平角・天然乾燥7ヶ月+人工乾燥)の結果を図-6に示す。

やはり図中の黒点は生材の初期、天然乾燥終了後、仕上含水率を示し、白抜き点は葉枯し材の初期、天然乾燥終了後、仕上含水率をそれぞれ表している。

正角と同様、一次乾燥後の含水率分布は、⑩の天然乾燥7ヶ月後では平均含水率が24.2%に対して⑧の天然乾燥4ヶ月後では、平均含水率23.9%でほとんど有意な差が認められず、仕上含水率も⑩が平均12.6%、標準偏差4.9に対して、⑧が平均15.8%、標準偏差2.6であった。

以上の結果から、一次乾燥で天然乾燥、仕上乾燥で人工乾燥を行う複合乾燥の場合、正角材については、天然乾燥3ヶ月で繊維飽和点である30%まで低下し、その後人工乾燥は100℃以上の高温域を使用せず中温のみの場合で114時間、高温域を使用してドラインゲット処理を行った場合、100時間、一方平角材については、天然乾燥5ヶ月で繊維飽和点に達し、人工乾燥を中温で約170時間行えば、仕上含水率20%以下にできることがわかった。

また、正角材、平角材を問わず、葉枯し材を併用した場合、天然乾燥の時間を1ヶ月短縮することが可能であることが判明した。

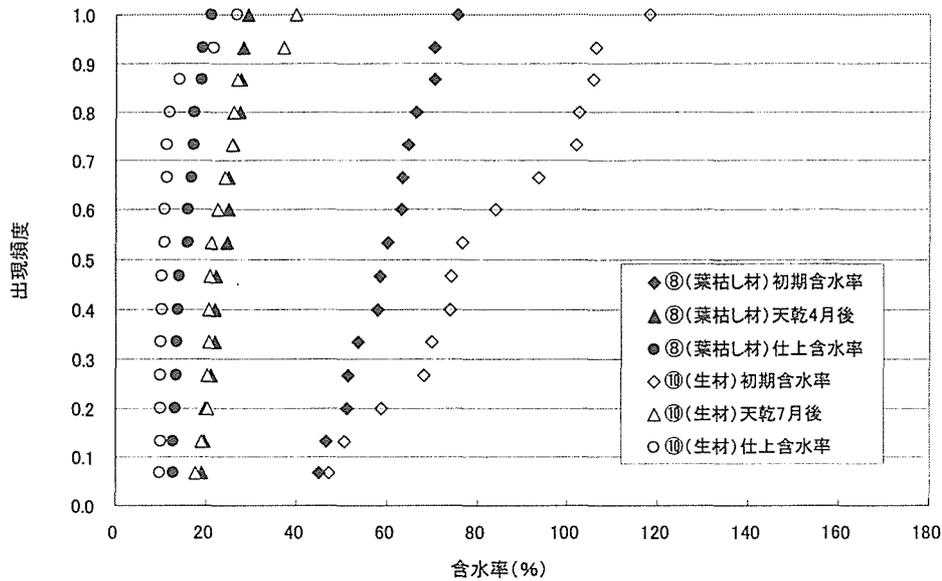


図-6 天然乾燥+人工乾燥の含水率推移(スギ平角、生材・葉枯材別)

4 表面割れ防止効果

正角、平角の乾燥に伴う表面割れ面積の分布を図-7、図-8に示す。

図中の黒点は生材、葉枯し材を問わず、一次乾燥で人工乾燥を行った複合乾燥組合せの表面割れ面積、白抜き点は一次乾燥で天然乾燥を行った複合乾燥組合せの表面割れ面積をそれぞれ示す。

この結果、正角、平角を問わず、天然乾燥により一次乾燥を行い、人工乾燥により仕上乾燥を行った複合乾燥パターンでは、表面割れ面積が大きくなっていることが明らかとなった。

また、葉枯し材であっても、人工乾燥により表面割れ防止処理を適切に行った場合、表面割れの発生は生材と大きな差異は見られなかった。

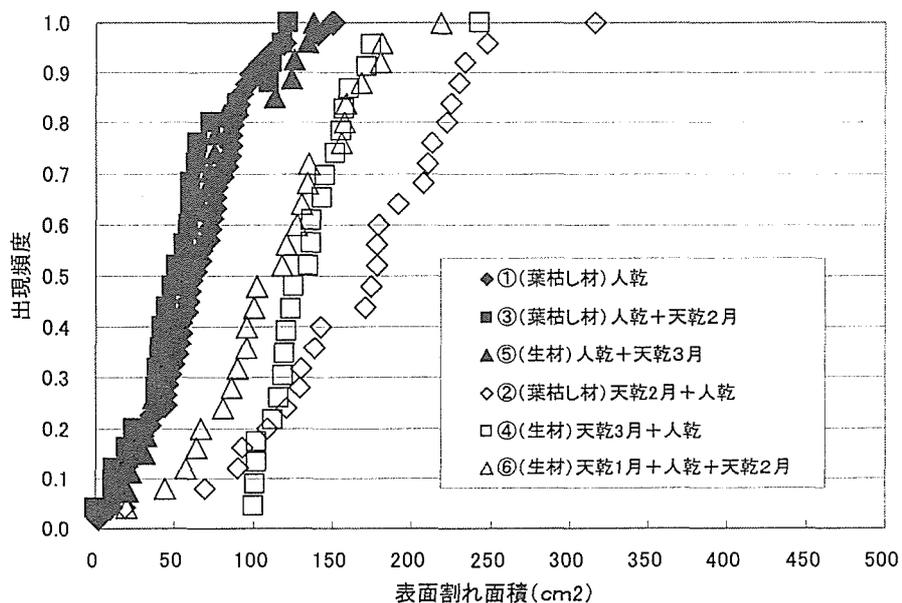


図-7 乾燥組合せ別表面割れの分布(スギ、正角)

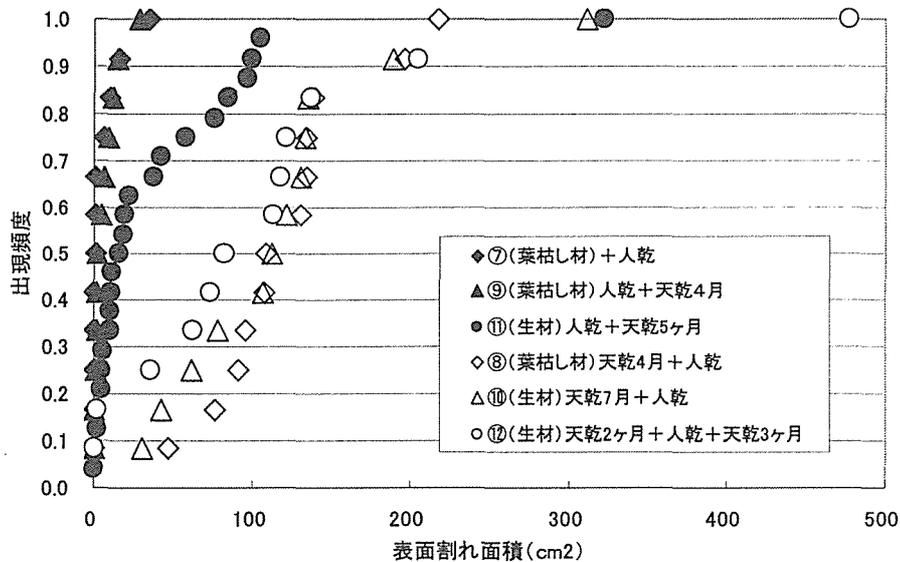


図-8 乾燥組合せ別表面割れ面積の分布(スギ・平角)

また、図-7において表面割れの発生が多かった②(葉枯し材 天然乾燥2ヶ月+人工乾燥)と④(生材 天然乾燥3ヶ月+人工乾燥)の、天然乾燥終了後と人工乾燥終了後の表面割れ面積の分布を図-9に示した。

図中の黒点は生材の天然乾燥後、人工乾燥後の割れ面積、また白抜き点は葉枯し材の天然乾燥後、人工乾燥後の割れ面積をそれぞれ示す。

一時乾燥終了時にはすでに表面割れが発生していることが確認できるが、仕上げ乾燥では、ドラインセットによる表面割れ防止処理を行ったにもかかわらず、生材は平均割れ面積が 32.9cm^2 から 137.4cm^2 、葉枯し材は 91.5cm^2 から 168.8cm^2 と、ともに表面割れ面積がより拡大しており、特に葉枯し材は生材と比べても個体によって割れが顕著であった。

葉枯し材の人工乾燥においては、製材後速やかに人工乾燥を行うか、すぐに人工乾燥が出来ない場合は、表面が乾かないよう処理を行うことが表面割れを防止するために有効である。逆に人工乾燥を開始するまで日数が経過した材の場合、蒸気乾燥では初期蒸煮を行っても割れの発生を十分に抑制できず、割れ幅が大きくなったとする報告²⁾がなされており、この報告と一致する結果となった。

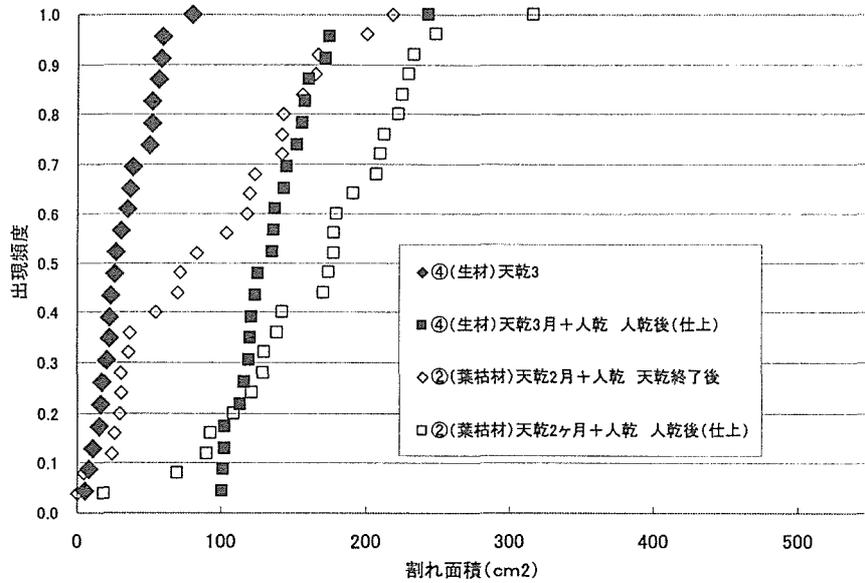


図-9 天然乾燥後、人工乾燥後の割れ(スギ正角、生材、葉枯材)

次に図-7において表面割れの発生が少なかった③(葉枯し材 人工乾燥+天然乾燥 2ヶ月)と⑤(生材 人工乾燥+天然乾燥 3ヶ月)の、天然乾燥終了後と人工乾燥終了後の表面割れ面積の分布を図-10に示した。

図中の黒点は生材の天然乾燥後、人工乾燥後の割れ面積、また白抜き点は葉枯し材の天然乾燥後、人工乾燥後の割れ面積をそれぞれ示す。

その結果、人工乾燥によってある程度の表面割れ発生が認められるものの(生材の平均が72.4cm² 葉枯し材平均が75.5cm²)、その後天然乾燥が終了した段階においても、表面割れがほとんど拡大しなかった。

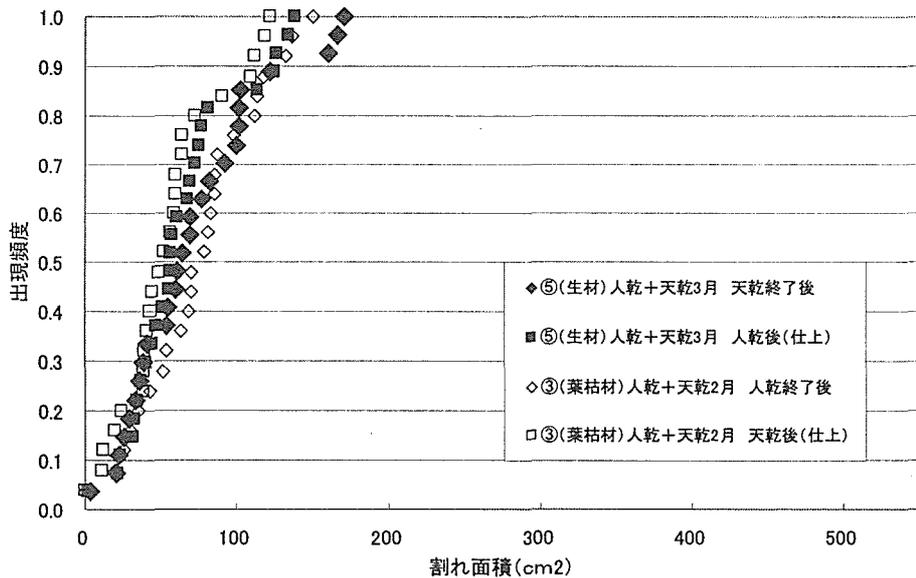


図-10 人工乾燥後、天然乾燥後の割れ(スギ正角、生材、葉枯材)

5 人工乾燥の温度設定による表面割れの発生

図-11に⑦（葉枯し材・平角）、⑨（葉枯し材・平角）、⑪（生材・平角）の仕上乾燥後の表面割れ面積の分布を図-11に示した。

生材・最高温度110℃ドラインセット有りが最も表面割れ発生が大きかった。

一方葉枯し材は最高温度91℃でドラインセット無し、110℃でドラインセット有りのいずれの結果も有意な差は認められなかった。

以上の結果から、100℃以下の中温域を使用した場合でも、適切なスケジュールを採用することで、生材、葉枯し材問わず表面割れを抑えることが可能であることが分かった。

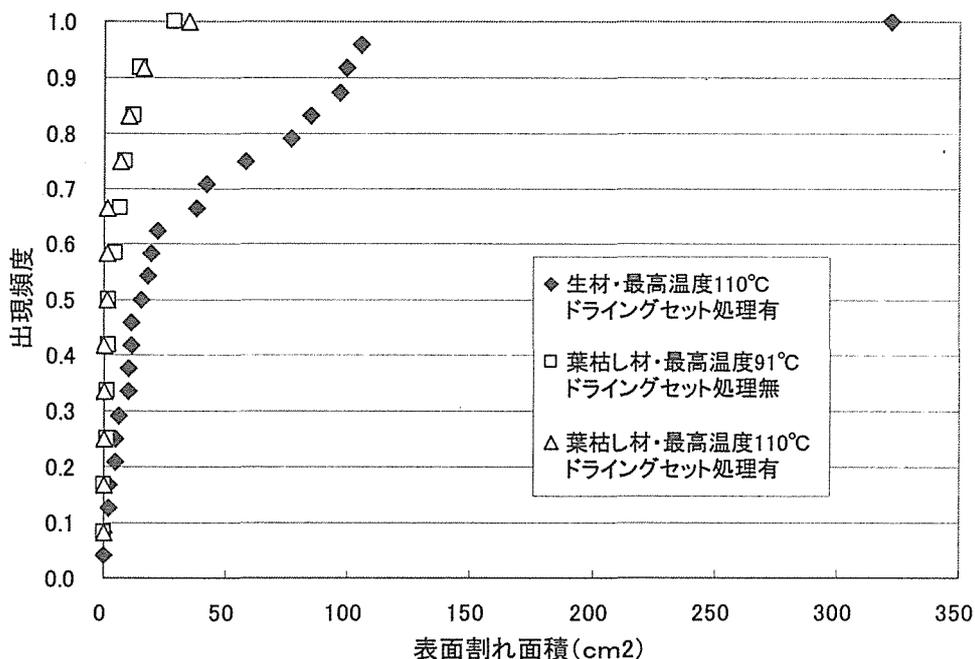


図-11 人工乾燥設定温度別表面割れ面積の分布

IV おわりに

天然乾燥、人工乾燥を組み合わせ、更に葉枯し材を活用することで、乾燥にかかるコストと時間の関係を試験した結果、乾燥時間を縮減して乾燥効率を上げる場合と、表面割れを出来る限り抑えた乾燥を行う場合では、全く逆の乾燥組合せを用いることから、コスト、化粧性など、製品として求められる質やコストなどに応じた乾燥組合せを採用することが必要である。

引用文献

- 1) 蛭原啓文ほか：スギ柱材の天然乾燥における表面割れの観察，
日本木材学会研究発表要旨集,51,125,2001
- 2) 川崎弥生：葉枯らし処理したスギ材の人工乾燥，
日本木材学会研究発表要旨集,52,127,2002