

スギ材の低コスト化乾燥方法の開発

研究報告

—高温セット処理と天然乾燥を併用した乾燥方法の検討—

(県単課題 平成19～23年)

渡部 秀行
高信 則雄^{*1}
遠藤 啓二郎^{*2}
小沼 研二^{*3}

目 次

要 旨	-----	1
I はじめに	-----	2
II 高温セット処理条件の検討	-----	2
1 高温セット処理時間の検討	-----	2
(1) 材料と方法		
(2) 結果と考察		
2 高温セット処理後の人工乾燥が天然乾燥期間の短縮に与える効果の検証	-----	4
(1) 材料と方法		
(2) 結果と考察		
III 天然乾燥条件の検討	-----	6
1 天然乾燥場所の検討	-----	6
(1) 材料と方法		
(2) 結果と考察		
2 天然乾燥時期の検討	-----	8
(1) 材料と方法		
(2) 結果と考察		
IV 仕上げ乾燥条件の検討	-----	9
(1) 材料と方法		
(2) 結果と考察		
V おわりに	-----	10
VI 引用文献	-----	11

要 旨

本試験は、スギ平角材の低コストで平均含水率 20 %以下の材割れが少ない乾燥方法を検討することを目的とし、95℃蒸煮処理 8 時間後に乾球 120℃、湿球 90℃の高温高湿処理と天然乾燥を併用する方法について高温セット処理時間、天然乾燥場所、天然乾燥時期、

受付日 平成24年 7月20日

受理日 平成24年11月13日

^{*1}現会津農林事務所 ^{*2}現林業振興課 ^{*3}現いわき農林事務所

仕上げ乾燥時間の条件を変え、各条件における表面割れ、内部割れ、材色の明るさ(L*)、平均含水率等を評価した。

供試材を、24時間の高温セット処理後に、屋根付き資材置き場で6ヶ月間天然乾燥を行った。次に重量選別を行い高重量材に仕上げとして乾燥(乾球70℃/湿球50℃・192時間)を実施した。これらの処理により、表面割れ、内部割れ、材色の明るさ(L*)の変化の少ないスギ平角材を生産できることを確認した。

I はじめに

スギ人工造林地より生産される木材は、長伐期施業化によって中・大径木生産に移行しつつあり、平角材として住宅建築に利用することが期待されている。現在、スギ平角材の乾燥は、乾燥期間の短縮と表面割れの抑制が図られる利点から高温セット処理による乾燥が主流となっている。

しかし、95℃蒸煮処理8時間後に乾球120℃、湿球90℃の高温高湿処理(以下高温セット処理という)は内部割れが発生することにより強度に不安が残り、材色が著しく暗色化する問題点がある。また、天然乾燥は長期間の乾燥期間を要し、消費者に敬遠される表面割れが多く発生する。そのため木材の乾燥方法は高温セット処理、天然乾燥ともに課題を有している¹⁾²⁾。

表面割れは高温セット処理後に天然乾燥することで抑制され、材色は、高温セット処理時間を短くすることにより暗色化を少なくすることが報告されている。しかし、内部割れは高温セット処理時間が長いほど発生の危険性が高まる³⁾⁴⁾。また、天然乾燥にビニールハウスを利用することにより平均含水率低下の促進に有効な報告がある⁵⁾。

本試験は、これらの報告を参考として県産スギ材を供試材として高温セット処理時間、天然乾燥場所、天然乾燥時期、仕上げ乾燥条件が表面割れ、内部割れ、材色に与える影響を検討した。

II 高温セット処理条件の検討

1 高温セット処理時間の検討

(1) 材料と方法

供試材はスギの平角材(高さ250×幅130×長さ4,000mm)を重量と動的ヤング係数の平均がほぼ等しくなるように試験区ごとに仕分けした(表-1)。乾燥は木材人工乾燥機で12, 24, 36, 48時間の高温セット処理後に林業研究センター内の屋根付き木材資材置き場で、6ヶ月間の天然乾燥を実施した(写真-1)(表-2)。

1ヶ月ごとに重量、密度、心材率、平均年輪幅、表面割れ、内部割れ、平均含水率、材色、動的ヤング係数について測定した。含水率はマイクロ波透過型木材水分計MB-3100(ユーティーエー製)、材色は色差計COLOR READER CR-10(ミノルタ製)、動的ヤング係数はFFTアナライザーCF-1200(小野測器製)を用いて測定した。割れの面積は、4材面割れの総面積を供試材1本あたりで求めた⁶⁾。

人工乾燥は、木材乾燥機SF-1F10(新柴設備製)を用いた(写真-2)。



写真-1 屋根付き資材置き場（天然乾燥場所）

写真-2 木材人工乾燥機

表-1 試験区Aの供試材の条件（平均）

No	供試材数 本	重量 Kg	密度 g/cm ³	心材率 %	平均年輪幅 mm	初期含水率 %	動的ヤング係数 kN/mm ²
A-1 (cont)	12	84.5	0.43	—	4.0	82.9	6.85
A-2	12	83.9	0.42	—	5.2	84.9	7.07
A-3	12	82.1	0.41	81.4	5.0	82.1	6.56
A-4	12	89.3	0.41	78.6	4.7	88.0	6.44
A-5	12	88.2	0.41	82.2	4.7	88.2	6.69

（A-1及びA-2の心材率は測定を行っていない）

表-2 試験区Aの処理状況

No	高温セット時間	天然乾燥
A-1 (cont)	—	○
A-2	12時間	○
A-3	24時間	○
A-4	36時間	○
A-5	48時間	○

（2） 結果と考察

供試材の表面割れは、高温セット処理を行った全試験区が天然乾燥（A-1）に比較して小さい値となり、時間別では高温セット処理時間が長くなると減少した（図-1）。内部割れは、天然乾燥区では発生せず、高温セット処理を行った全試験区では発生が見られ、時間が長いほど割れ面積が増加した。材色の明るさ(L*)（日本工業規格 JIS Z 8729 に規定された CIE1976(L*a*b*)表色系の明るさを表している）は、天然乾燥と比較して高温セット処理を行った試験で時間の長いほど低下する傾向となった。（図-2）。平均含水率は、高温セット処理直後に試験区間に差が認められたが、乾燥期間の経過とともに差が縮小し

て、最終的には認められなくなった(図-3)。動的ヤング係数は、試験区間で大きな差は認められなかった(図-4)。

本試験において、高温セット処理時間 24 時間 (A-3) が表面割れ及び内部割れの防止について最適条件と考えられた。

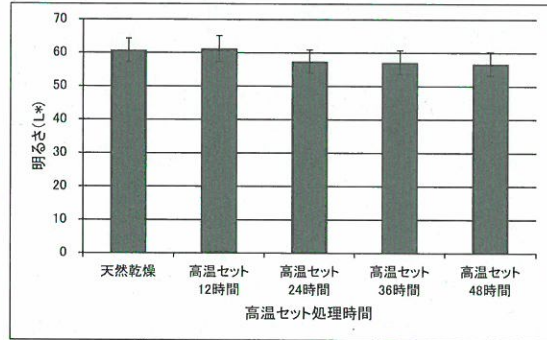
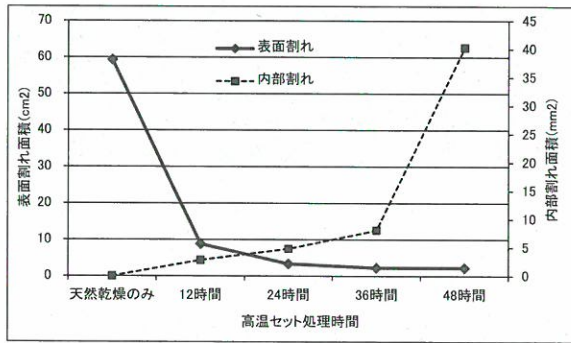


図-1 高温セット処理時間試験の表面割れ面積と内部割れ面積

図-2 高温セット処理時間試験の材色の明るさ(L*) (バーは標準偏差を示す)

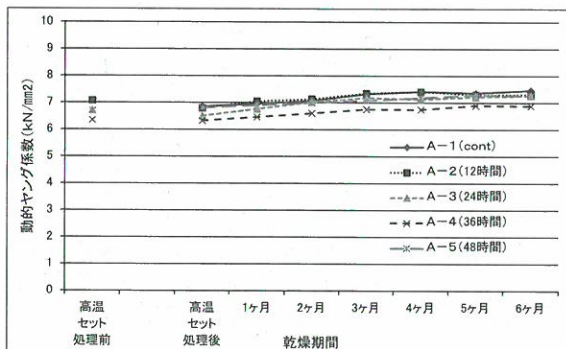
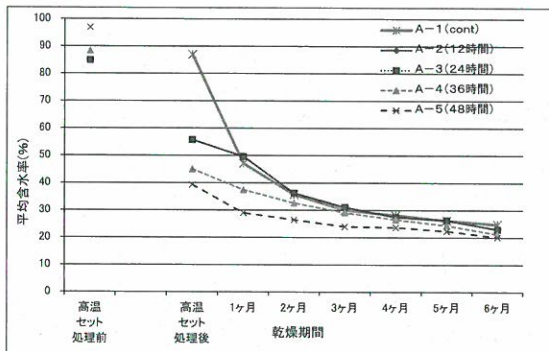


図-3 高温セット処理時間試験の平均含水率の推移

図-4 高温セット処理時間試験の動的ヤング係数の推移

2 高温セット処理後の人工乾燥が天然乾燥期間の短縮に与える効果の検証

(1) 材料と方法

供試材の条件は表-3 のとおりである。供試材は、24、36、48 時間の高温セット処理後、半数の 12 本ずつを乾球 90℃ 湿球 60℃ で 72 時間人工乾燥を行った。その後天然乾燥を 6 ヶ月間実施した(表-4)。測定は、1 ヶ月ごとに II-1-(1) と同様の方法で行った。

表-3 試験区Bの供試材の条件 (平均)

No	供試材数 本	重量 Kg	密度 g/cm ³	心材率 %	平均年輪幅 mm	初期含水率 %	動的ヤング係数 kN/mm ²
B-1	12	82.1	0.41	81.4	82.1	5.0	6.56
B-2	12	87.9	0.40	82.6	87.9	4.8	6.68
B-3	12	89.3	0.41	78.6	88.0	4.7	6.44
B-4	12	88.0	0.41	83.2	88.0	5.0	6.55
B-5	12	88.2	0.41	82.2	88.2	4.7	6.69
B-6	12	88.5	0.42	80.8	88.5	4.6	6.45

表-4 試験区Bの処理状況

No	高温セット時間	人工 乾燥	人工乾燥 スケジュール	天然乾燥
B-1	24時間	-	-	○
B-2		○	90/60°C・72時間	○
B-3	36時間	-	-	○
B-4		○	90/60°C・72時間	○
B-5	48時間	-	-	○
B-6		○	90/60°C・72時間	○

(2) 結果と考察

供試材の表面割れは試験区間で大きな差はみられなかった。内部割れは、高温セット処理を行った全試験区で発生が見られ、高温セット処理 24 時間では人工乾燥の有無で差はなく、36 時間と 48 時間では人工乾燥の実施により増加した (図-5)。材色の明るさ (L*) は、色差計による測定においては差が見られなかったが (図-6)、目視による測定では高温セット処理 24 時間の試験区以外は人工乾燥を行った場合明るさが低下する傾向が見られた。平均含水率は乾燥初期に大きく低下し、天然乾燥期間が進むと試験区間の差が認められなくなった (図-7)。

この結果、高温セット処理後に人工乾燥を行うことにより表面割れの増加は認められなかったが、内部割れは高温セット処理 36、48 時間の試験区で面積の増加が認められた。平均含水率は 6 ヶ月間の天然乾燥期間中に試験区間で差がなくなった。本試験において、高温セット処理後の、48 時間以内の人工乾燥では天然乾燥の期間を短縮する効果は認められなかった。

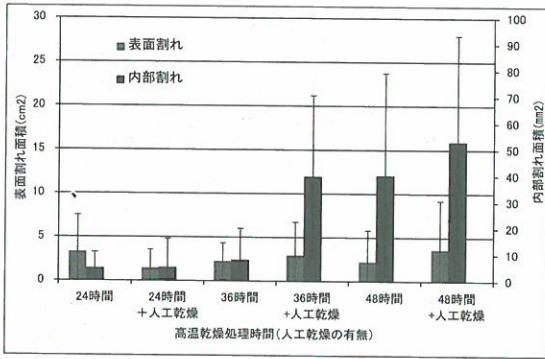


図-5 高温セット処理時間と人工乾燥の有無が表面割れ面積と内部割れ面積に与える影響 (バーは標準偏差を示す)

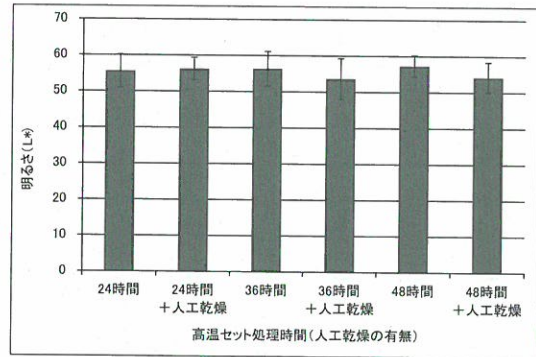


図-6 高温セット処理時間と人工乾燥の有無が材色の明るさ(L*)に与える影響 (バーは標準偏差を示す)

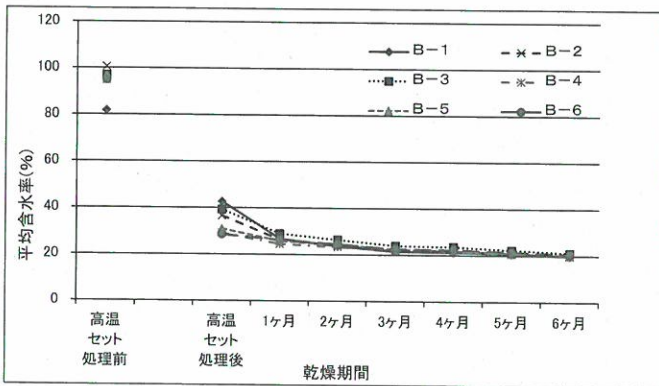


図-7 高温セット処理区における人工乾燥の平均含水率の推移

III 天然乾燥条件の検討

1 天然乾燥場所の検討

(1) 材料と方法

供試材の条件は表-5のとおりである。試験区は表-6のとおりで、天然乾燥場所は屋根付きの資材置き場とビニールハウスに分けて使用した。ビニールハウスは長さ 4,500 × 高さ 2,300 × 幅 3,700 mm、ビニール厚さ 0.1 mmの物を使用した(写真-3)⁷⁾。測定はII-1-(1)と同様の方法で行い、心材率は測定しなかった。

表-5 試験区Cの供試材の条件 (平均)

No	供試材数本	重量 Kg	密度 g/cm ³	心材率 %	平均年輪幅 mm	初期含水率 %	動的ヤング係数 kN/mm ²
C-1	12	84.5	0.43	—	4.0	82.9	6.85
C-2	12	83.9	0.42	—	5.2	84.9	7.07
C-3	12	84.2	0.41	—	3.7	87.4	6.69
C-4	12	85.1	0.41	—	5.1	86.1	6.99
C-5	12	82.8	0.43	—	3.6	78.7	7.55
C-6	12	84.7	0.41	—	4.7	89.0	7.27

表-6 試験区Cの処理状況

No	高温セット時間	乾燥場所	天然乾燥
C-1	—	資材置き場(cont)	○
C-2	12	資材置き場	○
C-3	24	資材置き場	○
C-4	—	ビニールハウス	○
C-5	12	ビニールハウス	○
C-6	24	ビニールハウス	○

(2) 結果と考察

高温セットを実施しない試験区は、屋根付きの資材置き場(C-1)とビニールハウス(C-4)ともに表面割れの面積は大きいですが、高温セットを実施した試験区(C-2、3、5、6)は表面割れの面積がともに小さかった(図-8)。材色の明るさ(L*)は、試験区間に差が認められなかった(図-9)。平均含水率は乾燥初期に高温セット処理なしと高温セット12、24時間との間に差が見られたが、天然乾燥時間の経過に伴って6ヶ月経過時での差は認められなくなった(図-10)。

本試験において、天然乾燥にビニールハウスを用いることにより乾燥期間を短縮することができなかった。この原因としてハウス内の湿度調節が不十分であったことが考えられる。また、高温セット処理を行わない屋根付きの資材置き場とビニールハウスにおける乾燥はともに大きな表面割れが発生する危険性がある。



写真-3 ビニールハウス

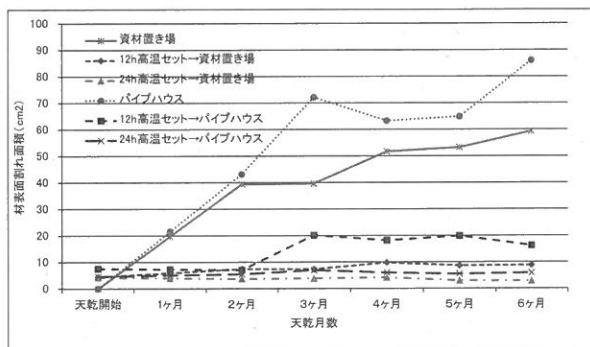


図-8 乾燥場所別の表面割れ面積

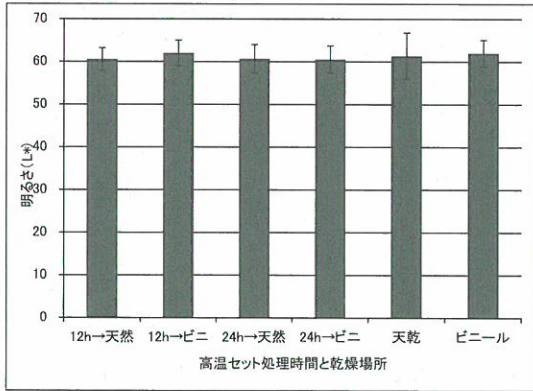


図-9 乾燥場所別の材色の明るさ(L*)
(バーは標準偏差を示す)

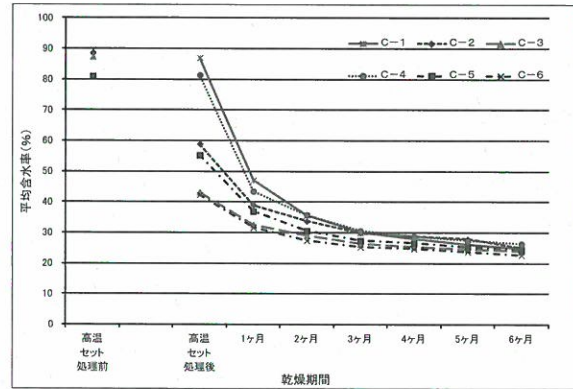


図-10 乾燥場所別の平均含水率の推移

2 天然乾燥時期の検討

(1) 材料と方法

供試材の条件は表-7のとおりである。試験区は、高温セット24時間後の天然乾燥開始時期を表-8に示した5月、8月、10月、1月の4通りとし、それぞれ6ヶ月間天然乾燥を実施した。測定はII-1-(1)と同様の方法で行った。

表-7 試験区Dの供試材の条件 (平均)

No	供試材数 本	重量 Kg	密度 g/cm ³	心材率 %	平均年輪幅 mm	初期含水率 %	動的ヤング係数 kN/mm ²
D-1	24	89.4	0.42	84.8	5.2	90.0	7.24
D-2	24	82.1	0.41	81.4	5.0	82.1	6.56
D-3	24	85.5	0.41	85.2	6.1	87.6	5.95
D-4	24	85.3	0.41	88.1	6.1	80.2	6.49

表-8 試験区Dの処理状況

No	高温セット 時間	天然乾燥時期	天然 乾燥
D-1	24時間	5月→11月	○
D-2	24時間	8月→2月	○
D-3	24時間	10月→4月	○
D-4	24時間	1月→7月	○

(2) 結果と考察

表面割れは、D-4 (1月→7月) が他の試験区に比べて、天然乾燥期間が進むにしたがい割れ面積が大きくなった (図-11)。材色の明るさ (L*) は、D-1 (5月→11月) が他の試験区に比較して平均値の値に有意水準5%で差があった (図-12)。平均含水率は、6ヶ月時点では試験区間に大きな差が見られなかった (図-13)。

本試験においては、表面割れが D-4 (1月→7月) の試験区が他の試験区に比較して大

きい値になったことから、冬期に天然乾燥を開始することを避けることにより表面割れを軽減する効果が得られた。

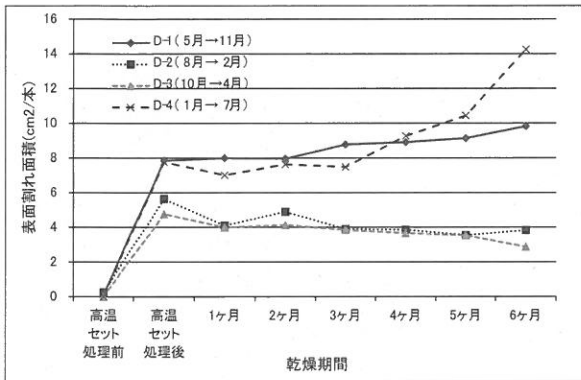


図-11 乾燥時期試験の表面割れ面積の推移

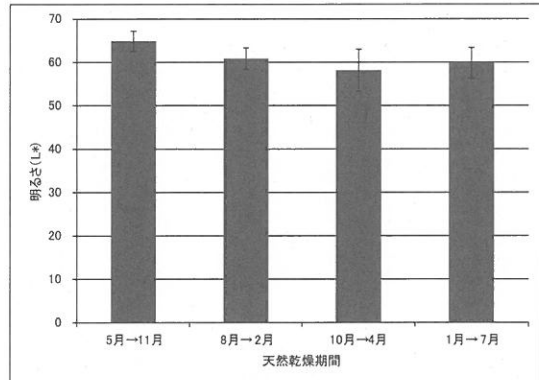


図-12 乾燥時期試験の材色の明るさ(L*)
(バーは標準偏差を示す)

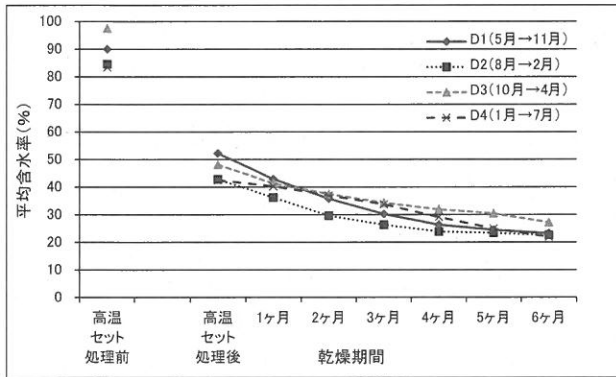


図-13 乾燥時期試験の平均含水率の推移

IV 仕上げ乾燥条件の検討

(1) 材料と方法

供試材は重量 88.9kg、密度 0.40g/cm³、心材率 91.1%、平均年輪幅 5.7 mm、初期含水率 88.9%、動的ヤング係数 88.9kN/mm²である。高温セット処理後 6ヶ月間天然乾燥し平均含水率が 20%以上の 12本を選別し、仕上げ乾燥の条件を乾球 70℃/湿球 50℃の人工乾燥を 192時間行い、仕上げ乾燥の前後を比較することにより効果を確認した。測定はⅡ-1-(1)と同様の方法で行った。

(2) 結果と考察

仕上げ乾燥を実施することにより、表面割れは増加し、材色の明るさ (L*) は低下し、全供試材の含水率が 20%以下になった (図-14～16)。

本試験において、24時間高温セット処理後に6ヶ月間天然乾燥を行い、平均含水率 20%以下にならなかった 12本の供試材は仕上げ乾燥として乾球 70℃/湿球 50℃の条件で人工乾燥することにより、平均含水率 20%以下にできることを確認した。

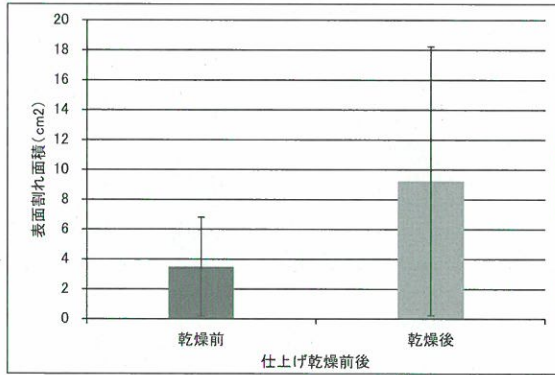


図-14 仕上げ乾燥前後の表面割れ面積
(バーは標準偏差を示す)

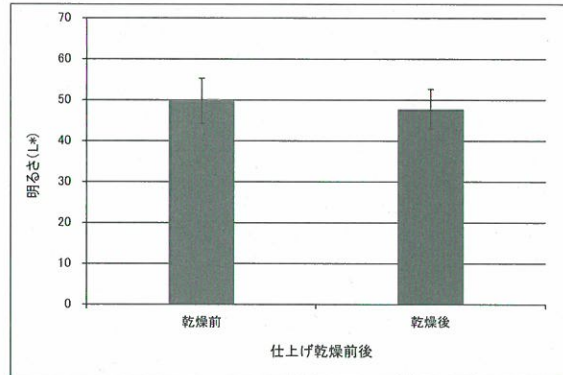


図-15 仕上げ乾燥前後の材色の明るさ(L*)
の推移 (バーは標準偏差を示す)

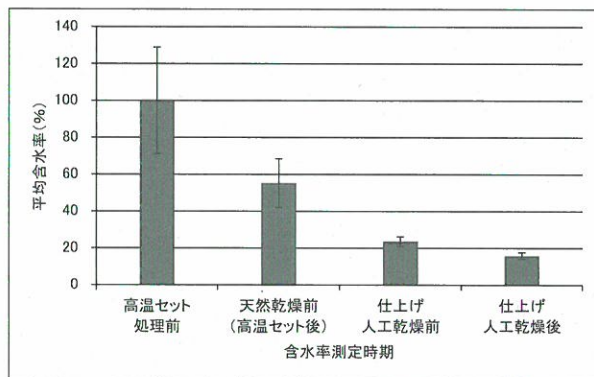


図-16 乾燥工程における平均含水率の変化
(バーは標準偏差を示す)

V おわりに

スギ平角材の高温セット処理と天然乾燥を併用した試験を行い、表面割れと内部割れ、材色の明るさの変化に関する検討を行った結果、次のことが確認できた。

- (1) 最適な高温セット処理の時間は、24 時間であり、高温セット処理時間が長くなると表面割れは減少するが、内部割れは増加し、材色は暗色化した。
- (2) 高温セット処理後に乾球 90℃/湿球 60℃ 72 時間程度の人工乾燥では、天然乾燥期間を短縮することはできなかった。
- (3) 高温セット処理後の天然乾燥の開始時期による、平均含水率の低下に差はみられなかった。冬期開始以外の時期に天然乾燥を開始することで表面割れを少なくすることに効果があった。
- (4) 天然乾燥終了後に、平均含水率 20%に低下しない材については、仕上げ乾燥を行うことで、全供試材を平均含水率 20%以下に低下することができた。

スギ平角材を高温セット処理後に天然乾燥する方法は、低コストで材割れが少ない乾燥材を生産する方法としての活用が考えられる。

VI 引用文献

- 1) 海本一、小野広治、寺西康浩、広瀬達哉外 1 名：奈良県林業技術センター研究報告、343 (2006)
- 2) 吉田孝久、橋爪丈夫、徳本守彦、武田孝志外 1 名：長野県林業総合センター研究報告、18、125 (2004)
- 3) 吉田孝久、伊東嘉文、松本寿弘、佐藤昭利外 1 名：長野県林業総合センター研究報告、24、151 (2010)
- 4) 福本浩士、中山伸吾、宮本正行：三重県林業研究所報告、3、1(2011)
- 5) 吉田孝久、伊東嘉文：長野県林業総合センター研究報告、24、171 (2010)
- 6) 小原誠、山之内清竜、福留重人：鹿児島県工業技術センター研究報告、20、71 (2006)
- 7) 岸本勇樹、井戸聖富：和歌山県林業研究報告、66、25 (2008)

