

(論 文)

アカマツ心持ち平角材の人工乾燥

久慈 敏*・中嶋 康・東野 正

Effects of Kiln-Drying in Akamatsu (*Pinus densiflora*) rectangular sawn timber with pith
Satoshi KUJI, Yasushi NAKASHIMA, Tadashi HIGASHINO

要 旨

岩手県においてアカマツはスギやカラマツとともに主要な樹種である。また近年、岩手県では構造用材として使用するアカマツ心持ち平角材(12×24cm)の人工乾燥技術の開発が望まれている。しかし、アカマツ材は乾燥の過程でねじれや割れが他の針葉樹と比較して生じやすく、乾燥歩留りの低下が大きいことに併せて、乾燥コストの問題もあり乾燥材普及が進んでいない。そこで今回の実験では、アカマツ平角材の人工乾燥について乾燥スケジュールや前処理が乾燥日数の短縮、及びその過程での利用上特に問題となる乾燥に伴うねじれ、割れの抑制について検討を行った。得られた結果は以下のとおりである。

- 乾燥炉内の温度を100℃以上まで上昇させる高温乾燥は、同じ湿度条件での低温乾燥(65℃)や中温乾燥(85℃)と比較して、乾燥速度が速く、ねじれ、割れに対する抑制効果が認められた。
- 乾燥温度105℃~110℃の高温乾燥では、低湿条件(30%)のほうが高温条件(70%)と比較して、乾燥速度が速く、ねじれや割れが同じ程度であった。
- 乾燥温度85℃のアカマツ平角乾燥では、初期蒸煮の延長や乾燥途中での再蒸煮は乾燥速度の増加や割れの抑制に対しては有効ではなかった。

Japanese Akamatsu (*Pinus densiflora* SIEB. et Zucc.) is one of the most important species in Iwate, Japan. So that, there is strong needs to develop the drying techniques of rectangular sawn timber with pith, whose dimensions of cross section are usually 12cm×24cm. Because occurrence of distortion and crack adding to drying cost, the optimal drying method has not yet been established. Then we practiced several drying schedules, and we investigated effects of kiln-drying on timber qualities.

Result.

- High temperature (105℃) drying schedule decreased drying time, twists, and cracks compared to the lower temperature (65℃ and 85℃) schedules.
- In case of high temperature drying, quick drying can be proceeded by setting low humidity, but the occurred twists and cracks were almost equal between low and high humidity.
- There was no effect on drying speed and cracks by adding pre-steaming for 48 hours or halfway steaming to drying schedules.

キーワード：アカマツ, 狂い, 割れ, 乾燥速度, 高温乾燥

目 次

緒 言	16	1. 4. 2 割れ及び収縮率	17
1 試験方法	16	1. 4. 3 乾燥速度	17
1. 1 供試材	16	1. 4. 4 水分傾斜	17
1. 2 乾燥方法	16	2 結果及び考察	17
1. 3 検討内容	16	2. 1 乾燥温度の検討：(同一湿度条件)	17
1. 3. 1 乾燥温度の検討：(同一湿度条件)	16	2. 2 高温条件下での湿度の検討：(同一温度条件)	19
1. 3. 2 高温条件下での湿度の検討：(同一温度条件)	16	2. 3 蒸煮方法の検討：(同一温度条件)	19
1. 3. 3 蒸煮方法の検討：(同一温度条件)	17	総 括	20
1. 4 測定項目	17	参考文献	21
1. 4. 1 ねじれ	17		

緒 言

岩手県は「南部あかまつ」の産地として知られ、その蓄積量は広島県に次いで全国2位であり、人工林に限れば面積、蓄積ともに全国1位となっている。また、アカマツは白い材色と木目のコントラストが美しく、住宅などの内装用として用いられるほか、平角材は伝統工法による構造用横架材として昔から好まれている。

横架材として使用されるアカマツ平角材は断面寸法が大きく乾燥までの時間がかかるため乾燥コストがかさむ、樹種特性である旋回木理に起因するねじれが大きいことにより利用歩留りが低くなる、等の理由により一般的に生材で流通されてきている。しかし近年、建築用材としての木材に対して、品質の保証を求める動きがあり、乾燥の実施は不可避な状況にあることから、アカマツ平角材についてもこれまでのような未乾燥材での出荷は難しいと思われる。

一方でアカマツ材の乾燥に関しては集成材用のラミナや正角材についての報告はあるものの^{1), 2)}、平角材などの大断面材の乾燥は報告されていない。また、乾燥コストを材価に上乗せすることは材価の上昇を招き、競争力の低下を引き起こすと考えられるため、可能な限り低コストな乾燥が求められている。そのため、アカマツ平角材の乾燥を広めるためには、ねじれや割れなどの乾燥による形質劣化が少なく、さらには乾燥コストの低減を図れる乾燥方法の開発が必要である。そこで岩手県林業技術センターでは、岩手県産アカマツ材利用促進の一環として乾燥技術の促進を目的とした研究を行うこととした。本報告では、温度条件や湿度条件さらには蒸煮条件といった乾燥条件によるねじれや割れの発生状況、そして乾燥速度について検討した。

1 試験方法

1.1 供試材

長さ4m、末口直径30cm程度の県内産アカマツ丸太を厚さ12cm、幅24cmとなるように製材した。供試材は一つの乾燥条件につき10体とした。製材する際はなるべく丸みが少なく、しかも芯が両木口の中心になるように注意して行った。製材後には、重量、寸法、心材率及び繊維傾斜角度を測定した。

1.2 乾燥方法

人工乾燥装置はI F型蒸気式乾燥機（日本電化工機（株）製）を使用し、最高温度100℃以下の条件では含水率スケジュールで、100℃超は時間スケジュールで行っ

た。乾燥は、コントロール材の含水率が目標である15%以下に到達した時点で終了した。試験材の積積みには25mm角のアカマツ積木を使用し、積積み上部には積木圧力1.4kgf/cm²の圧縮荷重をかけた。

1.3 検討内容

1.3.1 乾燥温度の検討：（同一湿度条件）

カラマツ及びスギ心持ち柱材に関しては、乾燥時間の短縮を主目的とし、さらに材の熱弾性変形とセットの形成によるねじれ及び割れの抑制についても期待されるため、100℃超のいわゆる高温乾燥が注目されている^{3)~5)}。しかし、近年の高温乾燥の研究は正角材や挽き板が主体であり、断面の大きい平角材の報告は少ない。ここではアカマツ平角材乾燥について炉内の湿度をほぼ一定（75~80%）とし、乾球温度を低温条件（60℃）、中温条件（85℃）、高温条件（105℃）とした場合のねじれ、割れ及び乾燥速度を比較し検討した。低温条件及び中温条件の乾燥スケジュールを表-1に、高温条件の乾燥スケジュールを図-1に示す。

1.3.2 高温条件下での湿度の検討：（同一温度条件）

吉田は⁶⁾スギやカラマツ心持ち正角材の場合、初期蒸煮により材の乾燥を抑えて材温を上昇させた後、一気に低湿状態（約30%）で乾燥を進める高温乾燥の狂い及び

表-1 低温乾燥及び中温乾燥の含水率スケジュール
Table 1. Drying schedules of moisture contents steps for low temperature drying and intermediate temperature drying.

含水率範囲 MC steps (%)	低温乾燥 Low temperature drying		中温乾燥 Intermediate temperature drying	
	乾球温度 DBT (°C)	湿球温度 WBT (°C)	乾球温度 DBT (°C)	湿球温度 WBT (°C)
	蒸煮(8hour) steaming	100	100	100
生材~60 green ~60	60	57	85	82
60~40	60	55	85	80
40~30	60	53	85	78
30~25	60	50	85	75
25~20	65	50	85	70
20~end	70	50	85	65
調湿(6hour) conditioning	70	65	85	80

Note: *MC : moisture contents

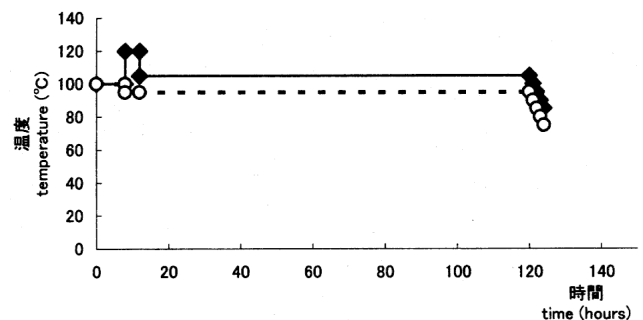


図-1 高温乾燥スケジュール

Fig.1. Drying schedules of time steps for high temperature drying.

Legend : —◆— 乾球温度 (Dry bulb temperature)
-○- 湿球温度 (Wet bulb temperature)

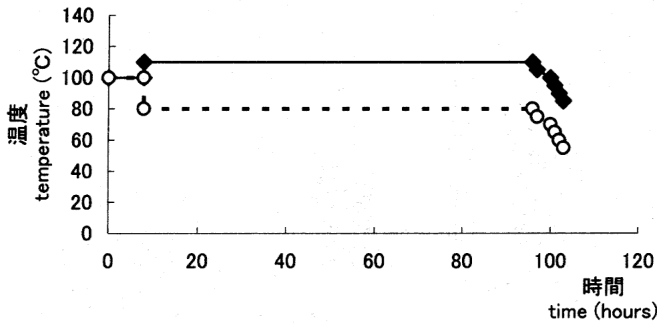


図-2 湿度30%の高温乾燥スケジュール
Fig. 2. High temperature drying schedules of RH 30%.

Legend : ●-乾球温度 (Dry bulb temperature)
-○-湿球温度 (Wet bulb temperature)

割れ抑制への有効性を示した。また、炉内の湿度が低いほど乾燥速度は増加する効果があると考えられる。そこで本研究では初期蒸煮後、乾燥温度をほぼ同一(105℃~110℃)とした高温乾燥の湿度条件(70%, 30%)によるねじれ、割れ及び乾燥速度の比較を行った。湿度30%の高温乾燥スケジュールを図-2に示す。なお、湿度70%の高温乾燥スケジュールは1. 3. 1の図-1である。

1. 3. 3 蒸煮方法の検討：(同一温度条件)

現在の蒸気式乾燥では一般的に脱脂、割れの防止、乾燥速度の増加を目的として、乾燥開始時に多量の蒸気を乾燥炉内に噴射させ、室温を90℃~100℃にまで上昇させる初期蒸煮が行われている。

しかし、近年では初期蒸煮処理時間を一般的な8時間から延長させることにより蒸煮効果を拡大させる試みが行われており、さらに、初期蒸煮での割れ抑制効果は、挽き板では中間蒸煮によって延長が可能であるとされている^{7)~9)}。

そこで、ここでは初期蒸煮の延長及び中間蒸煮が、割れの抑制や乾燥速度の向上に対する効果を検討することとした。表-2に初期蒸煮を48時間まで延長した乾燥スケジュールと初期蒸煮を8時間として中間蒸煮を行った乾燥スケジュールを示す。なお比較条件としては、一般的に行われている8時間初期蒸煮(表-1の中温乾燥条件)を用いた。

1. 4 測定項目

1. 4. 1 ねじれ

ねじれは、一定の距離に平行状態で固定した2測線上に材の3隅を固定したときに、ほかの1隅が平面から離れた距離をねじれ量とし、1mm精度で測定した4材面の平均値を測定区間1mあたりに換算したものをを用いた。

1. 4. 2 割れ及び収縮率

割れは割れ長さと同幅による面積から評価した。割れ面

表-2 48時間初期蒸煮及び中間蒸煮の含水率スケジュール
Table 2. Drying schedules of moisture contents steps for Initial steaming at 48 hours and Periodic steaming.

含水率範囲 MC steps	初期蒸煮48時間 Initial steaming at 48 hours		中間蒸煮 Periodic steaming	
	乾球温度 DBT(°C)	湿球温度 WBT(°C)	含水率範囲 MC steps	湿球温度 WBT(°C)
蒸煮(8 hour) steaming	100	100	蒸煮(8 hour) steaming	100
蒸煮(40hour) steaming 生材~60 green~60	85	85	生材~60 green~60	85
60~40	85	82	60~40	85
40~30	85	80	40~30	85
40~30	85	78	蒸煮(8 hour) steaming	100
30~25	85	75	30~25	85
25~20	85	70	25~20	85
20~end	85	65	20~end	85
調湿(6hour) conditioning	85	80	調湿(6hour) conditioning	85

積は、割れ幅0.5mm以上の割れについて割れの形が菱形であると仮定して便宜的に(長さ×幅)/2とし求めた。割れ幅の測定にはすきまゲージを使用し、1/10mmの精度で、割れ長さについては1mmの精度で行った。また乾燥条件による割れの出現状況の比較は、材表面積に対する4材面の累計割れ面積率を用いた。

また、材表面部での収縮は乾燥過程で生じる割れの発生と関係が大きいので、材長方向に直交するように中央部に、測定位置を設定し、二点間の長さの変化量から収縮率を算出した。なお、測定位置による計測はデジタル式ノギスで1/100mmの精度で行った。

1. 4. 3 乾燥速度

100℃以下の乾燥条件では乾燥中のコントロール材の含水率を時間毎に測定し乾燥速度を求めた。また、100℃以上の乾燥条件では材全体の初期含水率と炉出し直後の含水率の差と乾燥時間から平均的な乾燥速度を求めた。

1. 4. 4 水分傾斜

乾燥を終了した実大材のうち各条件2体ずつ、材内の水分分布を調べるため、無節部分から材長方向と直交するように、幅約3cmの試験片を採材し、割裂法により材の内部での水分傾斜を求めた。

2 結果及び考察

2. 1 乾燥温度の検討：(同一湿度条件)

ここでは、高温乾燥による乾燥速度の増加、及びねじれ、割れの抑制効果を検討するため、乾燥温度が異なる乾燥条件について狂い及び割れの比較を行った。

乾燥温度別の乾燥速度を図-3に示す。乾燥速度は温度の上昇に伴い増加し、105℃での乾燥速度は60℃と比較して約2倍となった。

しかし、半年間の養生直後の水分傾斜は図-4に示すよう高温条件になるほど材内部の含水率が表層部よりも

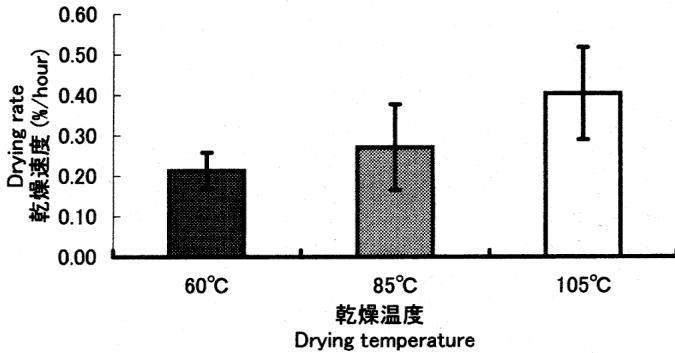


図-3 温度と乾燥速度
Fig. 3. Relationship between drying rate and temperature.

Notes : same relative humidity
Legend : error bar : standard deviation

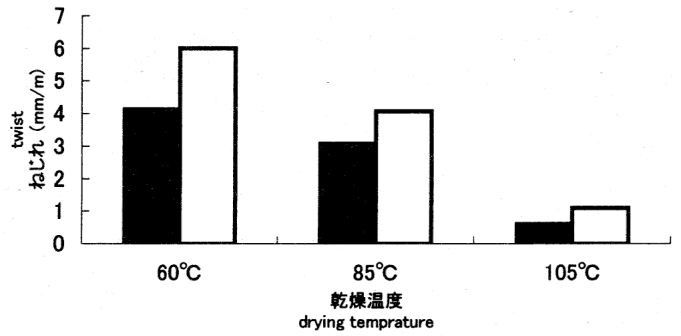


図-5 養生前後のねじれ量の比較
Fig. 5. Comparison of twists between before and after seasoning.

Legend : ■ 乾燥直後 : before seasoning
□ 養生後 : after seasoning

高く、いわゆる乾燥むらが大きくなった。これは、材の表層部と内部の乾燥中における乾燥速度の差が高温になるほど大きく、表層部が先に目標含水率に到達したため、材の中心部の含水率が完全に乾燥しない状態で、乾燥過程を終了させてしまったためと思われる。しかし、6ヶ月間の養生終了時点では、各温度条件間での水分傾斜の差はほぼ解消され、ほぼ同程度の水分傾斜となった。

次に、温度条件別の養生前後のねじれ量を図-5に示す。乾燥直後のねじれ発生量は乾燥温度が高いほど小さく、温度条件による明らかな違いが認められた。また、養生後は乾燥直後と比較してねじれが増加するスプリングバックが全ての温度条件で認められた。スプリングバックは乾燥終了直後の水分傾斜が高い高温乾燥材ほど、養生期間中の水分移動により大きくなると考えられたが、高温条件の発生量は低温と比較して少なかった。

また、アカマツでは材の繊維傾斜とねじれとの間に高い相関関係があることから^{10,11)}、繊維傾斜と養生後のねじれとの関係を温度条件で比較した(図-6)。その結果、いずれの温度条件とも繊維傾斜とねじれの相関は高く、

繊維傾斜角度の増加に伴い、ねじれ量が増加する関係が見られた。しかし、低温及び中温乾燥と比較して、高温乾燥では繊維傾斜とねじれ量の回帰直線は、図の下方に位置したことから、繊維傾斜角度に対するねじれの発生量が小さくなる傾向が認められた。

次に乾燥直後と養生後の材面割れの比較を図-7に示す。乾燥直後の割れは低温乾燥が最も大きく、中温乾燥及び高温乾燥はそれより少ないものの、ほぼ同程度であった。養生後はいずれの乾燥温度でも材表面での応力緩和により割れが減少したが、その程度は高温乾燥が最も大きくなった。このことから割れの抑制についても高温乾燥が有効であると考えられる。また、収縮率は乾燥温度による明確な差異は認められなかった。

以上のことから、高温乾燥は低温及び中温乾燥と比較して乾燥速度が2倍速く、さらにねじれ及び割れに対する抑制効果も認められた。

これは100°C以上の高温乾燥と100°C以下の乾燥とは乾燥中における収縮応力の特性やドライグセットの挙動が異なると考えられ、検討が必要である¹²⁾。

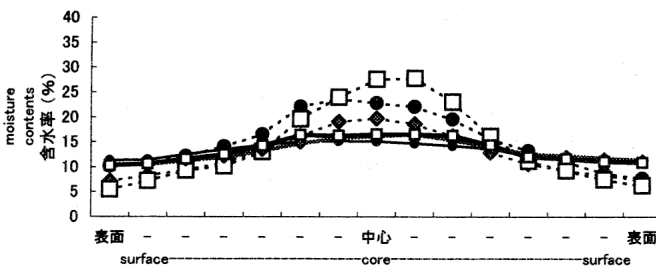


図-4 養生前及び養生後の水分傾斜に及ぼす温度の影響
Fig. 4. Effects of drying temperature for moisture contents of gradients at before and after seasoning.

Notes : before seasoning : Emergence from kiln
arter seasoning : Conditioned half a year

Legend : ●●● 60°C:養生前(before seasoning)
◆◆◆ 85°C:養生前(before seasoning)
□□□ 105°C:養生前(before seasoning)
●●● 60°C:養生後(after seasoning)
◆◆◆ 85°C:養生後(after seasoning)
□□□ 105°C:養生後(after seasoning)

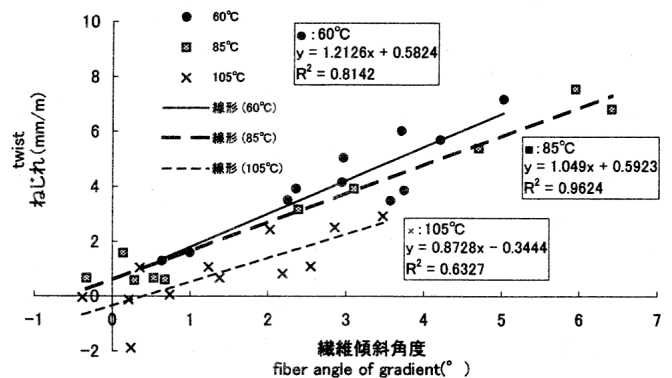


図-6 ねじれと繊維傾斜角度の関係
Fig. 6. Relationship between twists and fiber angle of gradient.

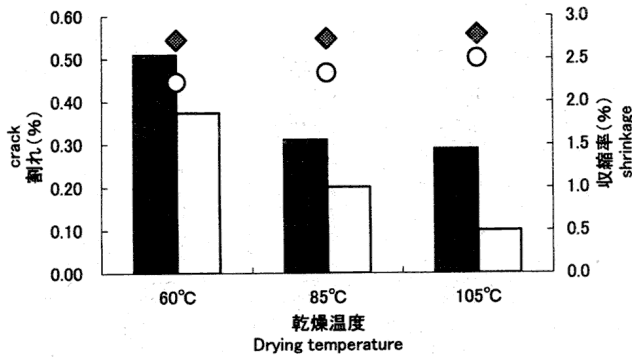


図-7 養生前後の割れ及び収縮率の比較
Fig. 7. Comparison of cracks and shrinkage, between before and after seasoning.

Legend: ■ 割れ(乾燥直後): crack(before seasoning)
□ 割れ(養生後): crack(after seasoning)
○ 収縮率(乾燥直後): shrinkage(before seasoning)
◆ 収縮率(養生後): shrinkage(after seasoning)

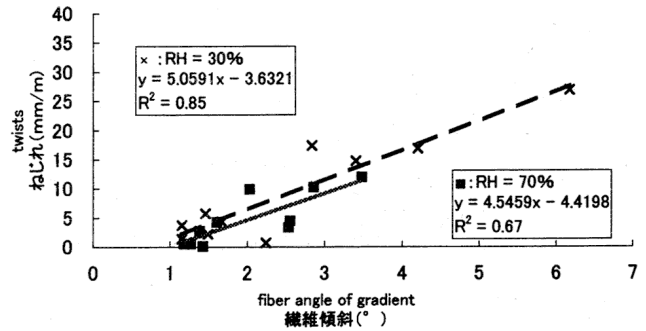


図-9 ねじれと繊維傾斜角度の関係
Fig. 9. Relationship between twists and fiber angle of gradient.

2. 2 高温条件下での湿度の検討: (同一温度条件)

2. 1では高温乾燥による効果を確認したが、ここでは高温乾燥の湿度がねじれや割れ、さらに乾燥速度に及ぼす影響を検討した。

養生前後のねじれと繊維傾斜の平均値を図-8に示す。乾燥直後、養生後のねじれは湿度70%の高湿条件が、湿度30%の低湿条件と比較して少なくなった。しかし、2.1と同様に、繊維傾斜角度に対するねじれ発生量の関係から高湿条件と低湿条件のねじれを比較した結果(図-9)、データのばらつきの程度を考慮に入れると、両者に明らかな差は見られなかった。ねじれ発生量における平均値の結果と近似直線による解析方法との結果の違いは、低湿条件のほうの繊維傾斜角度が平均的に大きいためねじれ量の差となって現れたと考えられる。

また、養生前後の割れ及び収縮率は、低湿条件と高湿条件の明らかな差は見られなかった(図-10)。

次に乾燥速度を比較すると、高湿条件の場合乾燥時間が120時間(図-1)となったのに対して、低湿条件では96時間(図-2)となり、高湿条件と比較して低湿条

件では約1日速く終了した。1日分の乾燥時間差は、ランニングコスト的に考えると大幅な乾燥コストの低減である。

以上のことから、乾燥温度105~110°Cの範囲での高温乾燥において湿度条件が70%と30%とでのねじれ及び割れ発生量を比較した結果、両者の差異はほぼ見られなかった。しかし、1.3.2で述べたように吉田はカラマツ材の高温蒸気式乾燥では低湿条件のほうが高湿条件と比較してねじれは少なくなると報告している。今回の実験でそれと異なる結果となったのは、本研究で用いた試験体の断面積が吉田の実験と比較して大きく、さらに用いた温度条件も低かったため、材内部での到達温度が異なっていたことが原因と推測される。よって、今後高温乾燥スケジュールでの最適条件をさらに検討するために、今回の実験で用いた条件よりも更に高温・低湿条件の設定が必要となると考えられる。

2. 3 蒸煮方法の検討: (同一温度条件)

2.1及び2.2では、高温乾燥を中心とした乾燥温度や湿度条件によるねじれ、割れ及び乾燥速度について

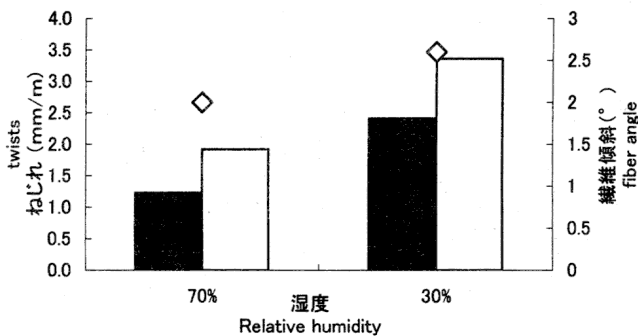


図-8 養生前後のねじれ量の比較
Fig. 8. Comparison of twists between before and after seasoning.

Legend: ■ 養生前ねじれ: twists before seasoning
□ 養生後ねじれ: twists after seasoning
◇ 繊維傾斜: fiber angle

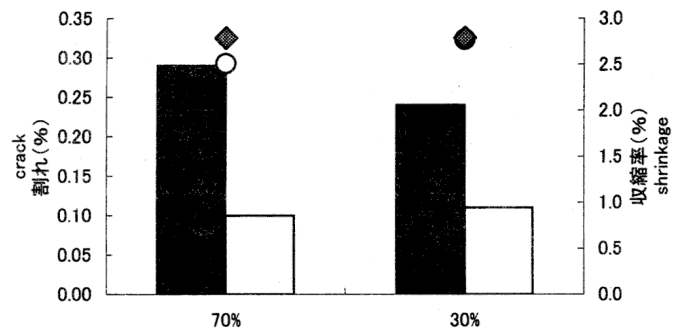


図-10 養生前後の割れ及び収縮率の比較
Fig. 10. Comparison of cracks and shrinkage, between before and after seasoning.

Legend: ■ 割れ(乾燥直後): crack(before seasoning)
□ 割れ(養生後): crack(after seasoning)
○ 収縮率(乾燥直後): shrinkage(before seasoning)
◆ 収縮率(養生後): shrinkage(after seasoning)

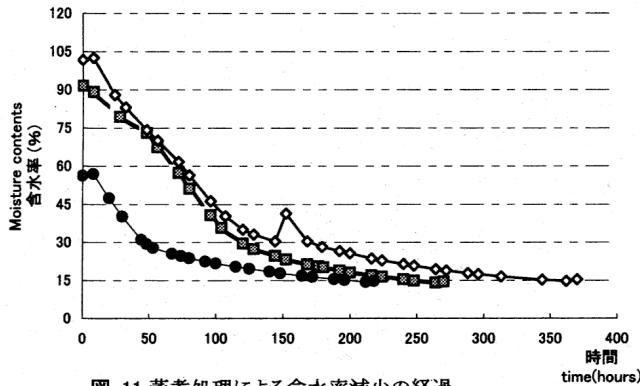


図-11 蒸煮処理による含水率減少の経過
Fig. 11. Progress of reducing moisture contents at steaming.

Legend:
 ■— 48時間初期蒸煮: Steaming for 48 hours
 ○— 中間蒸煮: Intermediate steaming
 ●— 8時間初期蒸煮: Steaming for 8 hours

検討してきたが、2. 3では乾燥過程で行われる蒸煮処理について、割れの抑制及び乾燥速度の増加を図った適当な蒸煮条件を、表-1の中温乾燥条件を基にして検討した。

含水率の減少経過を図-11に示す。48時間初期蒸煮、及び中間蒸煮の乾燥時間は8時間初期蒸煮と比較して長く、また中間蒸煮では蒸煮直後に含水率が増加した。しかし、初期含水率を考慮し、乾燥速度を3区分して比較した結果(図-12)、今回の蒸煮処理による乾燥速度の増加傾向は見られなかった。

次に、養生前後の割れ及び収縮率を蒸煮条件で比較した結果(図-13)、中間蒸煮の収縮率が若干高くなったが、蒸煮時間の延長及び中間蒸煮による割れの抑制効果は認められなかった。

以上よりアカマツ平角材乾燥における48時間初期蒸煮及び中間蒸煮は、8時間初期蒸煮と比較して、乾燥速度の増加、割れ抑制効果の助長は認められなかった。しかし、今回よりも更に蒸煮時間を延長、あるいは蒸煮温度を上昇させ、材内温度を今回以上に高めた場合には、乾

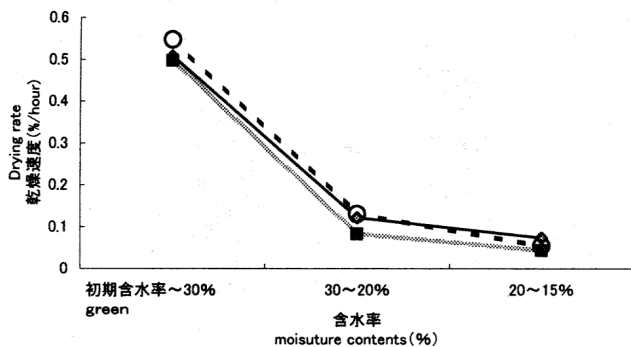


図-12 蒸煮と乾燥速度の関係
Fig. 12. Relationship between drying rate and steaming.

Notes: Intermediate steaming: 8hour steaming before drying and 8hour steaming at moisture contents 40% during drying.

Legend:
 ○— 8時間初期蒸煮: Steaming for 8 hours
 ●— 48時間初期蒸煮: Steaming for 48 hours
 ■— 中間蒸煮: Intermediate steaming

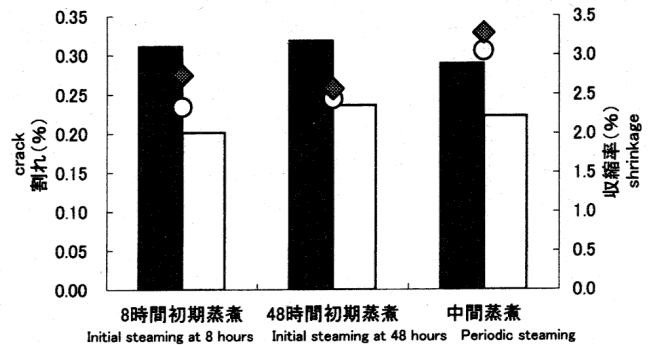


図-13 養生前後の割れ及び収縮率の比較
Fig. 13. Comparison of cracks and shrinkage, between before and after seasoning.

Legend:
 ■ 割れ(乾燥直後): crack(before seasoning)
 □ 割れ(養生後): crack(after seasoning)
 ○ 収縮率(乾燥直後): shrinkage(before seasoning)
 ◆ 収縮率(養生後): shrinkage(after seasoning)

燥速度の増加や割れ発生量の抑止に対する効果が現れる可能性もあると考えられる。

総括

今回の実験は、アカマツ平角材の乾燥について問題となる、ねじれ、割れの抑制、乾燥コスト低減のための乾燥日数の短縮をねらいとし、以下の検討を行った。

- ・ 最高温度100℃超による高温乾燥
- ・ 高温乾燥条件下での炉内湿度
- ・ 乾燥温度を85℃とした場合の蒸煮処理方法

得られた結果を以下に示す。

- 乾燥炉内の温度を100℃以上まで上昇させる高温乾燥は、同じ湿度条件下での低温乾燥(65℃)や中温乾燥(85℃)と比較して、乾燥速度が速く、ねじれ、割れに対する抑制効果が認められた。
- 乾燥温度105℃~110℃の高温乾燥では、低湿条件(30%)のほうが高湿条件(70%)と比較して、乾燥速度が速く、ねじれや割れが同じ程度であった。
- 乾燥温度85℃でのアカマツ平角乾燥では、初期蒸煮の延長や乾燥途中での再蒸煮は乾燥速度の増加や割れの抑制に対しては有効ではなかった。

以上の結果から、平均炉内湿度30%の高温乾燥条件は利用上問題となるねじれや割れを抑制し、乾燥日数も少ないことから、アカマツ平角材を乾燥する上で有効な乾燥方法であると考えられた。

また、今回はねじれ、割れ及び乾燥速度について実験を行ったが、一方でカラマツ材を高温乾燥した結果、従来の乾燥材と比較して強度の低下、材色の変化、蒸煮熱処理による耐久性の減少等の報告があることから^{6,13)}、アカマツ材についてもそれらを含めた検討を今後行う予定である。

参考文献

- 1) 岩手県林業技術センター (1996) : “アカマツ材人工乾燥の手引き”.
- 2) 川崎弥生 (1993) アカマツ材の乾燥. 岡山県木材加工技術センター業務報告 : 3~13.
- 3) 吉田孝久・橋爪丈夫 (1998) 地域産針葉樹中径材を利用した住宅用高機能性部材の開発カラマツの高温高速乾燥法の確立. 長野県林業総合センター業務報告 : 58~59.
- 4) 吉田孝久・橋爪丈夫・中嶋康・武田孝志 (1999) カラマツ正角材の材質及び強度特性に及ぼす高温乾燥の影響 (I) - 曲げ強度性能 -. 木材工業54 : 122~125.
- 5) 吉田孝久・橋爪丈夫・中嶋康・武田孝志 (1999) カラマツ柱材の高温乾燥 (第4報) - 養生後の形質変化と曲げ強度性能 -. 日本木材学会大会研究要旨集 : p132.
- 6) 吉田孝久・橋爪丈夫 (2000) カラマツ及びスギ心持ち柱材の高温乾燥特性 - 高温低湿乾燥条件が乾燥特性に及ぼす影響と曲げ強度特性 -. 長野県林業総合センター研究報告 : 3~18.
- 7) 吉田孝久・橋爪丈夫・吉野杏里 (1988) 煮蒸時間の違いによるヤニ滲出防止効果について. 第36回日本林学会中部支部論文集 : p139.
- 8) 三好誠治・村口良範 (1993) スギ正角の人工乾燥における初期蒸煮について. 日本木材学会大会研究要旨集 : p210.
- 9) 寺沢眞 : “木材乾燥のすべて”, 海青社, 1994.
- 10) 中川伸策 (1986) アカマツの繊維傾斜度. 林業試験場研究報告 : 15~30.
- 11) 久慈敏・東野正・千葉一弘 (1998) アカマツ平角材の乾燥. 日本木材学会大会研究要旨集 : p580.
- 12) 久田卓興 (1986) 木材乾燥におけるクリープとセツトに関する研究, 林業試験場報告 : 31~130
- 13) 大村和香子 (2000) シロアリの行動を操る物質, 木材工業 : 55 346~351