

## 資料

### リュウキュウマツ板材の変形抑制試験\*1

和田将和\*2 森田慎一\*3

#### はじめに

リュウキュウマツはトカラ列島以南の南西諸島の山地に広く分布し、スダジイやイジュなどの広葉樹とともに奄美の森林を構成する主要な樹木のひとつである。

現在、奄美地域で生産される木材の大部分はチップ用材や公共土木資材等として使われ、建築用材としても公共施設用がほとんどであり、一般住宅用にはあまり流通していないのが現状である(森田ら 2011)。そのため、リュウキュウマツ等の奄美産材を付加価値の高い建築資材等として有効に活用していくことは、奄美の林業・木材産業にとって大きな課題といえる。

リュウキュウマツ材は強度や材色、木目の美しさ等の優れた特性を有している。一方、シロアリに弱い、青変菌による変色、変形(曲がりや反り、ねじれ等)が生じやすいといった欠点が知られている(森田ら 2011)。特に、内装材など比較的薄い板材として利用する場合は、人工乾燥及び加工後も変形が生じることがあるため、その対応策が求められている(森田 2013)。

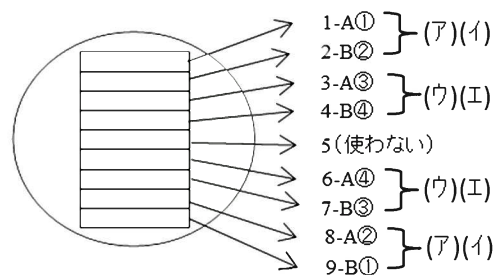
そこで、製品加工後の板材の変形抑制を目的に、通常の人工乾燥前の追加蒸煮処理(95℃, 6時間)の有効性を検証した。

#### 試験方法

##### 1 供試材

徳之島産のリュウキュウマツ丸太7本(末口径 28~34 cm, 材長約 4.4m)を太鼓挽きした後、霧島市の製材所にて製材加工(幅 160mm×厚さ 21mm×長さ 205 cm)を行った。

製材時は原木ごとに一方の樹皮側の板から順番に通し番号を付け、無処理用の板材と蒸煮処理用の板材がそれぞれ、樹皮や木部の中心からほぼ同一の距離となる部位から採取し比較できるよう、交互に割り振った。



(1)樹皮側から順に番号をふる(例)9枚採材できた場合)  
(2)交互にAを蒸煮処理用, Bを無処理用の板材と区分  
※試験は①~④の同一番号で比較(後にA B同数の試験体を採用)

図1 試験用板材の採取方法

(図1)

なお、リュウキュウマツ材は辺材、心材の外観上の違いが明確でないため、図1において示される樹皮に近い部位(ア)(イ)を「外層」、中心に近い部位(ウ)(エ)を「内層」として取り扱い、下記2の「試験区分」に対応させている。

##### 2 人工乾燥及び蒸煮

現在の蒸気式人工乾燥では、樹種によっては脱脂や割れの防止等を目的として初期蒸煮が行われており(寺澤 2004)、リュウキュウマツ材の人工乾燥においても、初期蒸煮がスケジュールに含まれている(迫田ら 2012)。また、蒸煮処理は樹種によっては繊維方向の収縮防止に有効であることが知られている(寺澤 2004)。

今回はリュウキュウマツ材の変形抑制効果を高めることを目的に、奄美地域で通常行われている乾燥スケジュールに先立って、高温蒸煮(95℃, 6時間)を実施しねじれに対する抑制効果を検証することとした。

人工乾燥は、製材後、蒸煮処理用の板材については翌日に、無処理用の板材については約3日屋内保管した後に、県工業技術センターにおいて下記の試験区分

\*1 奄美群島振興交付金事業(森林資源活用調査)により実施

\*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部 \*3 資源活用部

表1 通常の乾燥スケジュール

(温度:℃)				
含水率範囲	乾球温度	湿球温度	温度差	時間(h)
蒸煮	80	80	0	6
生材~40%	80	74	6	12
40~35%	80	72	8	6
35~30%	80	69	11	5
30~25%	80	64	16	6
25~20%	80	60	20	6
20~15%	80	54	26	4
15%以下	80	54	26	4
合計時間				49

で行った。

なお、高温蒸煮処理は通常の乾燥スケジュール(80℃スケジュール) (表1) の直前に行った。

(試験区分)

- (ア) 「外層 無処理」 通常の乾燥スケジュール
- (イ) 「外層 蒸煮処理」 蒸煮処理 (95℃, 6時間)  
+通常の乾燥スケジュール
- (ウ) 「内層 無処理」 通常の乾燥スケジュール
- (エ) 「内層 蒸煮処理」 蒸煮処理 (95℃, 6時間)  
+通常の乾燥スケジュール

3 吸湿・脱湿環境試験

乾燥材を製品に加工した後の変形を見るために、夏期と冬期を想定した温度条件下で湿度を変化させ、試験体の変形量(ねじれ)を計測した。

吸湿・脱湿環境試験の直前に、人工乾燥後の板材を節等の欠点がある部分を避けて幅100mm×厚さ12mm×長さ300mmに加工し、試験体とした。

3.1 夏期環境条件試験

試験体(計164枚)を奄美地域の夏期を想定した温度環境(30℃一定)で、湿度を90%(吸湿過程384h)→50%(脱湿過程357h)に設定した恒温恒湿器中に設置し、重量(含水率)及び変形量を定期的に測定した。

含水率は、試験終了後全乾法により算出した。

なお、人工乾燥終了後から当試験までは屋内で養生させ、期間は蒸煮処理材で約25日間、無処理材で約22日間、試験開始時の各試験区分毎の含水率の平均は(ア)「外層 無処理」11.4%、(イ)「外層 蒸煮処理」11.2%、(ウ)「内層 無処理」11.6%、(エ)「内層 蒸煮処理」11.1%であった。



写真1 試験体設置状況 (恒温恒湿器内)

3.2 冬期環境条件試験

試験体(計172枚)を奄美地域の冬期を想定した温度環境(15℃一定)で、湿度を90%(吸湿過程484h)→50%(脱湿過程576h)に設定した恒温恒湿器中に設置し、上記3.1と同様の測定を行った。

なお、人工乾燥終了後から当試験までは屋内で養生させ、期間は蒸煮処理材が約124日間、無処理材で約121日間、試験開始時の各試験区分毎の含水率の平均は(ア)「外層 無処理」11.8%、(イ)「外層 蒸煮処理」11.7%、(ウ)「内層 無処理」11.8%、(エ)「内層 蒸煮処理」11.8%であった。

また、追加蒸煮処理の有効性を判断する指標は、吸湿・脱湿環境試験を通じての変形量(ねじれ)の最大値(絶対値)とした。

4 変形量の測定

測定方法は当センターで以前行った試験(森田2013)を参考に、鉄製の定盤、マグネットスタンド3本及びデジタルインジケータ(Mitutoyo社製ID-S112)を用いることとし、写真2のように4本の先端が試験体の4端に収まるように配置した。

測定時はマグネットスタンド3本の先端に試験体を密着させて3点を固定、もう一端を測定箇所とし、厚さ10mmの亚克力板を同様に測定した点をゼロとして、ゼロ点からの高さを変形量とした。なお、変形量については、ねじれの方によってプラス、マイナスの値をとるが、今回はねじれる方向は考慮せず絶対値で比較した。

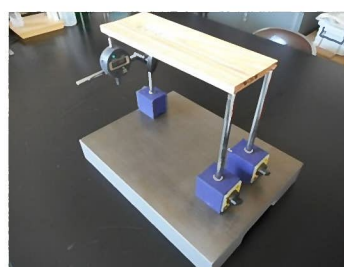


写真2 変形量測定状況

## 結果と考察

### 1 試験体の含水率及び変形量の推移

#### 1.1 夏期環境条件試験

吸湿及び脱湿過程における試験体の含水率の推移を図2に、各試験区分毎の変形量(平均)の推移を図3に示す。

なお、含水率は各試験区分毎及び製材部位毎の大きな差はなく、各測定時において有意な差がみられなかったため全体の平均値を示した。

試験体の平均含水率は初期状態が11.3%で、吸湿過程によって18.7%まで上昇し、脱湿過程によって9.0%まで減少した。

変形量は、吸湿過程では小さかったが、後の脱湿過程初期段階で急激に大きくなった。また、図2、3に示されるとおり脱湿過程において含水率の変化が落ち着くと変形量も大きく変動することはなくなった。これは以前の報告(森田 2013)と同様である。

また、内層の試験体と比べ外層の試験体の変形量が大きかった。

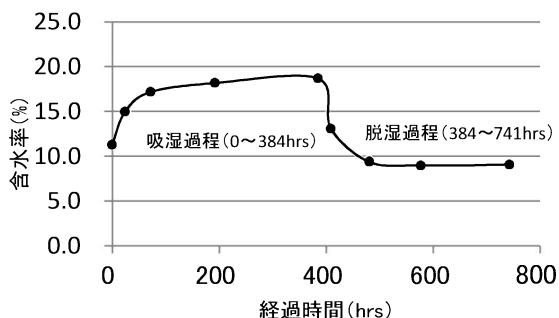


図2 含水率の推移(夏期環境条件)

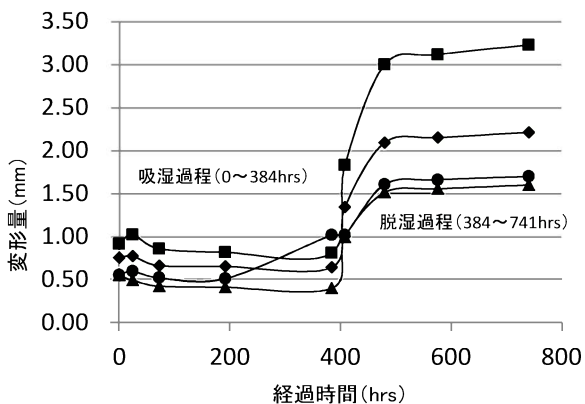


図3 変形量の推移(夏期環境条件)

◆ 外層 無処理      ■ 外層 蒸煮処理  
 ▲ 内層 無処理      ● 内層 蒸煮処理

#### 1.2 冬期環境条件試験

吸湿及び脱湿過程における含水率の推移を図4に、各試験区分毎の変形量(平均)の推移を図5に示す。

含水率については夏期環境条件試験と同様、各試験区分毎及び製材部位毎の有意差はなかった。

試験体の平均含水率は初期状態が11.8%で、吸湿過程によって19.9%まで上昇し、脱湿過程によって13.1%まで減少した。

夏期条件と比べて含水率の変動幅が小さく、特に脱湿過程での低下が小さかった。

変形量についても夏期環境条件試験と同様、吸湿過程では小さい値であったが、後の脱湿過程初期段階で急激に大きくなった。また、夏期環境条件試験と同様に、脱湿過程の含水率の変化が落ち着くと変形量も大きく変動することはなくなった。

しかし、夏期条件と比べると全体的に変形量の変動は小さく、平均値は最大でも2mm程度であった。これは上記のように吸湿過程から脱湿過程に移行した際の含水率の変動幅が小さかったことによると考えられる。

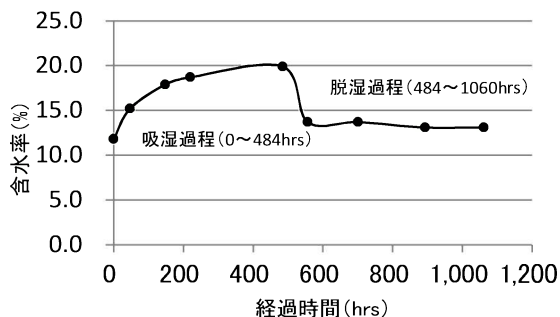


図4 含水率の推移(冬期環境条件)

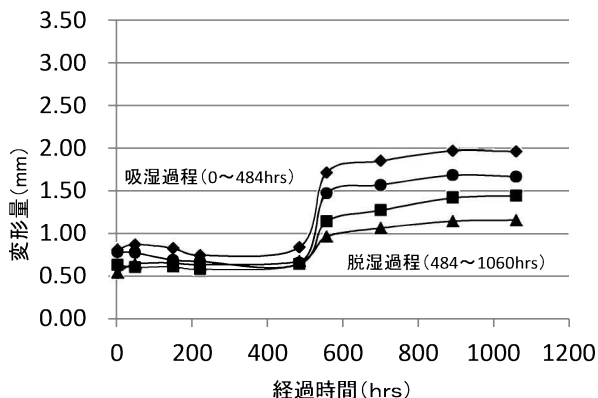


図5 変形量の推移(冬期環境条件)

◆ 外層 無処理      ■ 外層 蒸煮処理  
 ▲ 内層 無処理      ● 内層 蒸煮処理

## 2 蒸煮処理効果の検証

図3, 5に示されるとおり夏期及び冬期環境条件の両試験において、試験体の変形量は吸湿過程後の脱湿過程において大きくなるのがわかる。この変形量の大小には原木の特性が表れる可能性もあることから、個々の試験体の変化量の最大値を基に、試験区分毎の平均値を原木ごとに算出した。夏期環境条件試験の結果を表2及び図6に、冬期環境条件試験の結果を表3及び図7に示す。

夏期環境条件試験において、蒸煮処理の有・無別に「外層」と「内層」の変形量の最大値を比較すると試験体区分(ア)「外層 無処理」>(イ)「内層 無処理」、(イ)「外層 蒸煮処理」>(エ)「内層 蒸煮処理」となり外層の方が変形量が大きいという結果となった。

次に外層・内層別に「無処理」と「蒸煮処理」の変形量の最大値を比較すると、試験区分(ア)「外層 無処理」<(イ)「外層 蒸煮処理」、(イ)「内層 無処理」<(エ)「内層 蒸煮処理」となり「蒸煮処理」の方が変形量が大きいという結果になった。内層と外層を合わせた全体でも「無処理」<「蒸煮処理」という結果となった。

冬期環境条件試験において、蒸煮処理有・無別に「内層」と「外層」の変形量の最大値を比較すると、試験区分(ア)「外層 無処理」>(イ)「内層 無処理」、(イ)「外層 蒸煮処理」<(エ)「内層 蒸煮処理」となり部位による変形量の明確な差は得られなかった。

今回は特に原木6の心材の蒸煮処理材の変形量が著しかったことが(イ)<(エ)という結果になった原因と思われる。

次に外層・内層別に「無処理」と「蒸煮処理」の変形量の最大値を比較すると、試験区分(ア)「外層 無処理」>(イ)「外層 蒸煮処理」、(イ)「内層 無処理」<(エ)「内層 蒸煮処理」となり、外層・内層で異なる結果となった。

外層と内層を合わせて全体で見ると「無処理」>「蒸煮処理」となったもののその差はわずかだった。

なお、表2, 3及び図6, 7から原木毎の平均値をみると、試験区分別(外層・内層、夏期・冬期環境条件試験及び蒸煮処理の有無)で変化量が大きい原木は確認できるが、試験全体を通じて変化量が特に大きいと判断される原木はなかった。また変形量の平均値が大きい試験区分においては標準偏差も大きい値を示し

ていた。

以上のことから、今回の通常の人工乾燥スケジュール(80℃スケジュール)に蒸煮処理(95℃, 6時間)を追加するという試みは、当試験の条件ではリュウキュウマツ板材の変形を抑制するという結果には至らなかった。

ねじれを含め変形は繊維走行の不整と材の収縮による場合が多いことが知られており(寺澤 2004)、吸湿・脱湿環境試験においても、試験体の乾燥(含水率の減少)に伴い変形量も大きくなることから、当試験において生じた変形の主な原因も繊維走行の不整と材の収縮によるものと考えられる。

今回使用した試験体は、節等を避けて作成しており、材質上の欠点は最小限に抑えられていると判断される状態であったが、外観からは目立たない繊維走行の不整や「あて」などの欠点のある個々の試験体の変形量が著しく大きかったことで、蒸煮処理の効果が認識しにくい状況であった可能性も考えられる。

## 謝 辞

実験の遂行にあたって、鹿児島県工業技術センター地域資源部の方々に施設利用の便宜や様々なご協力をいただいた。心より感謝申し上げます。

## 引用文献

森田慎一, 函師朋弘, 岩智洋 (2011) 奄美産木材の利用の現状と今後の方向性に関する調査, 鹿児島県森林技術センター研究報告 14:36-41

森田慎一 (2013) リュウキュウマツ板材の変形に及ぼす裏溝加工の影響, 鹿児島県森林技術総合センター研究報告 16:15-24

寺澤眞: 木材乾燥のすべて 海青社 (2004)

迫田正和, 森田慎一, 岩智洋, 吉原勝利 (2012) リュウキュウマツ人工乾燥試験. 鹿児島県森林技術総合センター研究報告 15:12-17

表2 原木毎の変形量(ねじれ)の最大値(夏期環境条件試験)

試験区分	製材部位	蒸煮処理	原木番号							全体									
			1	2	3	4	5	6	7										
			試験体数	平均値 (mm)	試験体数	平均値 (mm)	試験体数	平均値 (mm)	試験体数	平均値 (mm)	試験体数	平均値 (mm)	中央値 (mm)						
(ア)	外層	無	8	1.496 (0.518)	7	2.221 (1.196)	8	3.235 (2.544)	6	1.335 (0.540)	7	1.940 (0.858)	46	2.259 (1.583)	1.896				
(イ)	外層	有	8	2.694 (1.901)	7	2.274 (1.719)	8	4.595 (2.337)	6	4.629 (2.470)	7	4.553 (3.812)	46	3.313 (2.565)	2.495				
(ウ)	内層	無	4	2.229 (0.334)	6	1.612 (0.794)	8	1.528 (1.248)	6	1.038 (0.686)	4	1.168 (0.551)	2	0.702 (0.202)	36	1.639 (1.267)	1.260		
(エ)	内層	有	4	1.028 (0.363)	6	2.549 (0.985)	8	1.557 (1.188)	6	2.023 (1.203)	4	1.383 (0.860)	2	1.268 (0.528)	36	1.756 (1.049)	1.396		
無処理材 (全体)			12	1.740 (0.579)	13	2.032 (1.212)	15	1.851 (1.272)	14	2.293 (2.254)	10	1.268 (0.551)	13	2.267 (1.551)	5	2.720 (1.830)	82	1.987 (1.485)	1.578
蒸煮処理材 (全体)			12	2.139 (1.752)	13	2.119 (0.890)	15	1.891 (1.503)	14	3.493 (2.315)	10	3.330 (2.546)	13	3.309 (3.128)	5	1.762 (0.834)	82	2.630 (2.184)	2.040

外層

内層

全体

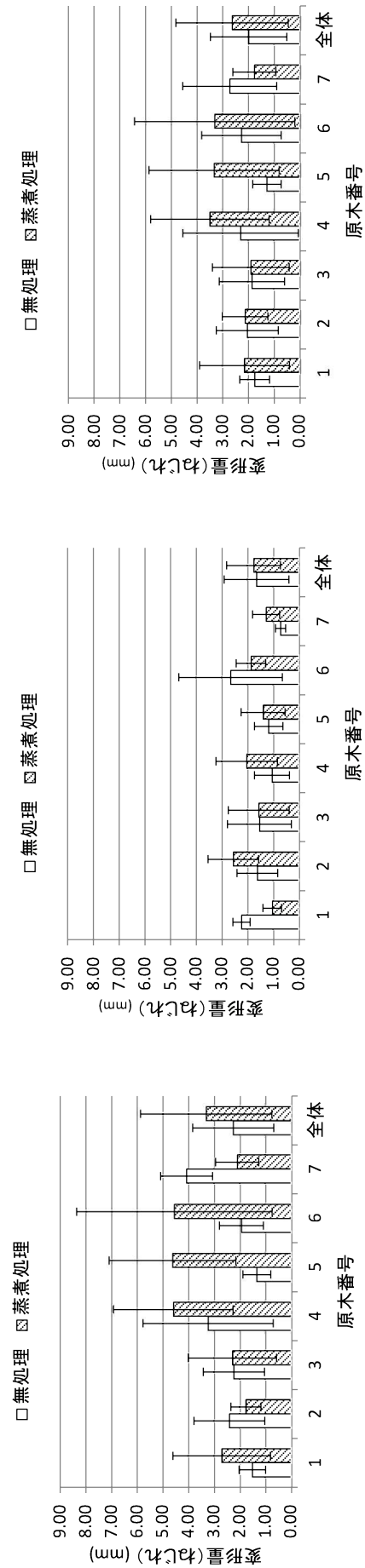


図6 原木毎の変形量(ねじれ)の最大値(夏期環境条件試験)

表3 原木毎の変形量(ねじれ)の最大値(冬期環境条件試験)

試験区分	製材部位	原木番号	1	2	3	4	5	6	7	全体									
			試験 体数	平均値 (mm)	試験 体数	平均値 (mm)	試験 体数	平均値 (mm)	試験 体数	平均値 (mm)	試験 体数	平均値 (mm)	標準偏差 (mm)	中央値 (mm)					
(ア)	外層	無	8	2.012 (0.993)	9	3.242 (2.377)	7	1.906 (0.975)	5	1.446 (0.850)	12	1.828 (1.458)	4	2.542 (1.202)	4	2.144 (0.530)	49	2.174 (1.545)	1.602
(イ)	外層	有	10	1.294 (0.708)	8	2.095 (1.018)	10	2.293 (1.970)	6	0.937 (0.525)	6	1.559 (0.809)	4	1.489 (0.566)	5	1.678 (0.678)	49	1.672 (1.207)	1.425
(ウ)	内層	無	8	1.439 (0.487)	7	1.473 (0.629)	7	0.974 (0.423)	3	0.956 (0.200)	7	1.203 (0.576)	5	2.006 (1.612)	3	1.476 (0.559)	40	1.360 (0.810)	1.201
(エ)	内層	有	6	0.937 (0.358)	7	1.391 (0.610)	7	1.304 (1.337)	2	1.127 (0.269)	4	0.991 (0.234)	6	5.282 (2.852)	2	0.858 (0.246)	34	1.885 (2.103)	0.957
無処理材 (全体)			16	1.725 (0.833)	16	2.468 (2.030)	14	1.440 (0.884)	8	1.262 (0.723)	19	1.598 (1.247)	9	2.244 (1.468)	7	1.858 (0.635)	89	1.808 (1.332)	1.385
蒸煮処理材 (全体)			16	1.160 (0.625)	15	1.766 (0.922)	17	1.886 (1.804)	8	0.984 (0.482)	10	1.332 (0.702)	10	3.764 (2.909)	7	1.443 (0.695)	83	1.760 (1.638)	1.180

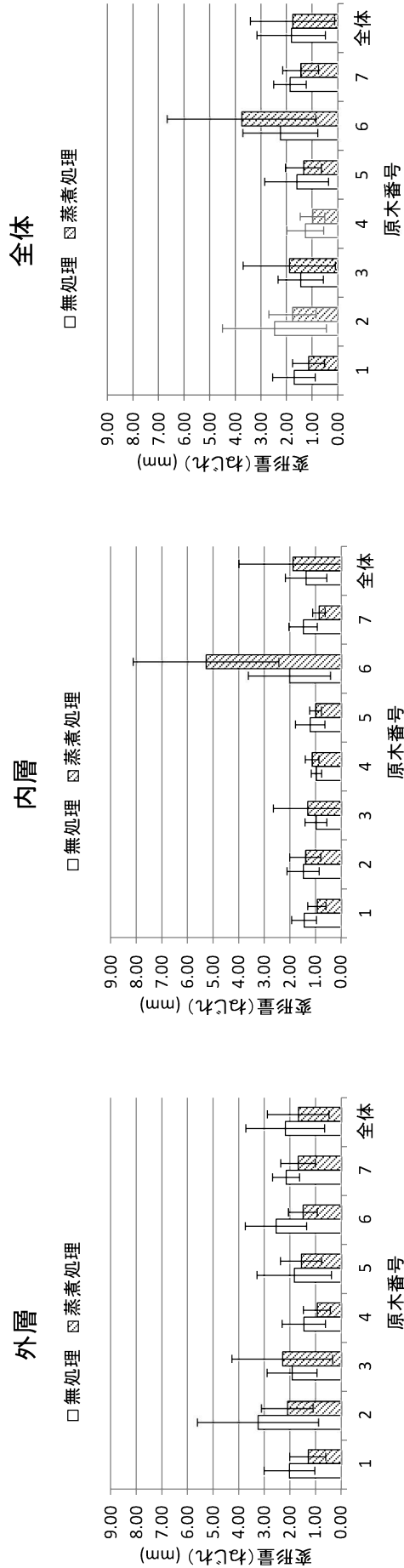


図7 原木毎の変形量(ねじれ)の最大値(冬期環境条件試験)