

## スギ材の低コスト乾燥技術の開発

藤田 和彦・五島千津子<sup>1)</sup>

1) 現在：広島県農林水産部林業振興室

藤田和彦・五島千津子：スギ材の低コスト乾燥技術の開発，広島県林技セ研報36：1～5，2004。スギ材は乾燥により曲がり・ねじれ等が生じるため，乾燥後の製品歩留まりの向上が課題である。このため，栈積みした製材品を乾燥機中で，鋼製治具による垂直・水平方向の変形の拘束を行い，曲がり・ねじれ，また，表面割れの抑制効果の検討を行った。この結果，曲がりにおいては，梁材・柱材ともボルト締めにより曲がり量が減少し，抑制効果があることが明らかとなった。ねじれでは，柱材でその抑制効果があることが分かった。鋼製治具の締め付けでは，表面割れを抑制することは難しかった。

また，製材時の寸法を無駄のない適切な寸法に決定できるように，乾燥による収縮や曲がり・ねじれの測定値から切削加工後の製品寸法を推定した。

### 1 はじめに

近年，住宅部材として使用される木材は予め適切に乾燥されていることが要求されている。しかし，スギ材は乾燥により曲がり・ねじれ等が生じるため，乾燥後の製品歩留まりの向上が課題となっている。あわせて，スギ材を安定供給するためにはエネルギー費等の乾燥コストの低減が必要不可欠であり，このため，栈積みした製材品を乾燥機中で，鋼製治具による垂直・水平方向の変形の拘束を行い，曲がり・ねじれ，また，表面割れの抑制効果の検討を行った。また，乾燥による収縮や曲がり・ねじれの測定値から切削加工後の製品寸法を推定し，製材時寸法を無駄のない適切な寸法に決定できるようにした。

### 2 方法

梁用スギ製材品(4,000×220×115mm)18本，柱用スギ製材品(3,000×115×115mm)40本を栈積みし，図1，写真1，2に示すように治具で締め付け，85℃で人工乾燥を行った。治具による締め付けは約1m毎に手締めで行い，含水率が25%で乾燥機内において増締めをした。締め付けトルクは5 kgf・mとした。

比較用として同様の寸法と本数のスギ材を栈積みし，人工乾燥を行った。

乾燥終了後，試験材の繊維方向の長さや各面の寸法，また，曲がり・ねじれ・割れを測定した。

なお，目標含水率はD20とした。

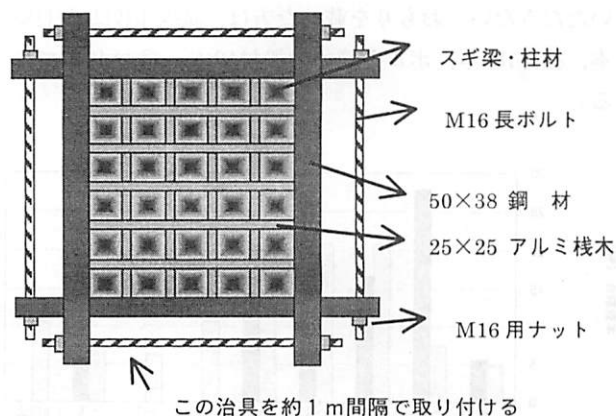


図1 鋼製圧縮治具

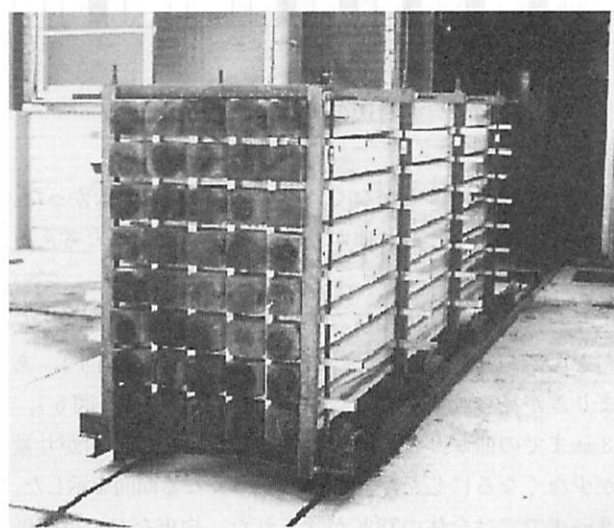


写真1 柱材のボルト締め

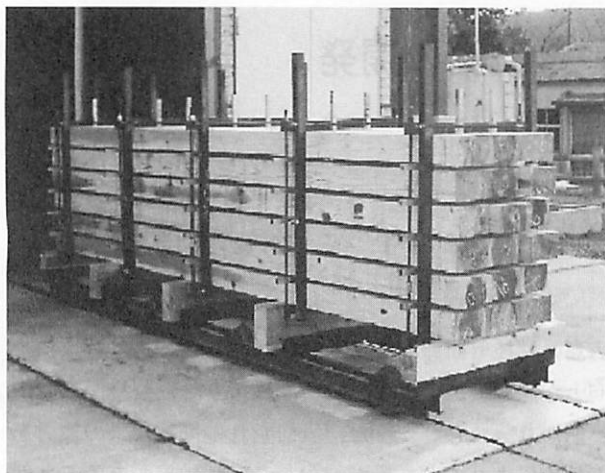


写真2 梁材のボルト締め

### 3 結果

#### 3-1 曲がり

曲がりにおいては、図2にあるように梁材短辺中央部の矢高曲がり量が、治具により拘束することで5mm以内にほぼ抑えることができた。拘束しないものは、バラツキが大きかった。5mmの曲がりまで含まれる本数割合は、拘束したものは全体の94%、しないものは60%であり、バラツキが大きかった。短辺は栈積みするときは横方向の曲がりとなるため、横圧縮の効果があったと考えられる。

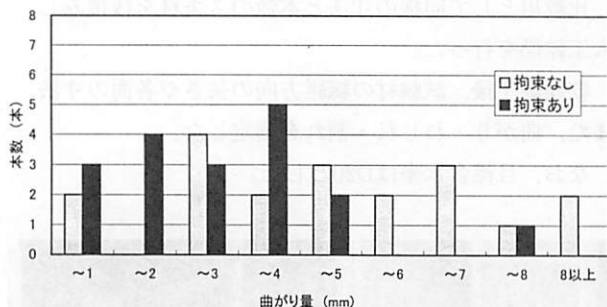


図2 梁短辺の乾燥後の曲がり量

図3の長辺では差がなく、その効果が見られなかった。この方向は、もともと曲がり量が少なかったためと考えられる。

また、柱材では、栈積み時に上下をA及びC面に、左右をB及びD面とした。柱AC面においては(図4)、あまり差が見られなかった。柱BD面においては(図5)、3mmまでの曲がり量の範囲で拘束したものは、曲がり量が少なくなるにしたがって本数が増える傾向を示した。3mmまででは全体の78%が含まれた。拘束なしでは65%であり、横圧縮の効果が見られた。

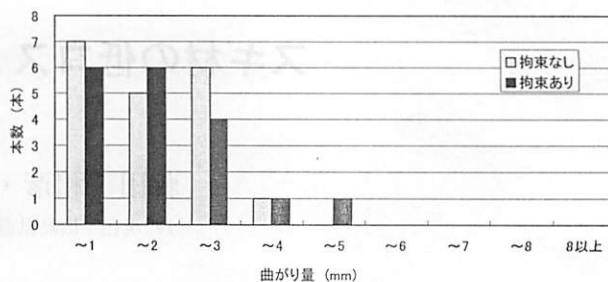


図3 梁長辺の乾燥後の曲がり量

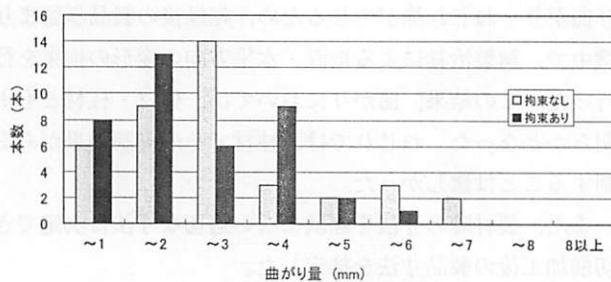


図4 柱AC面の乾燥後の曲がり量

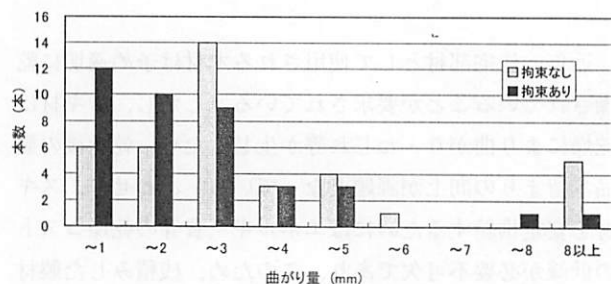


図5 柱BD面の乾燥後の曲がり量

次に、おもりを載せて人工乾燥したものと、治具によりボルト締めをしたもので、短辺、長辺どちらか大きい曲がり量を比較した。おもりを載せた方は、平成9年度<sup>1)</sup>と10年度<sup>2)</sup>に80℃と95℃の乾燥温度条件で行った時のデータである。乾燥温度が違うため、参考として見ていただきたい。おもりを載せた方は、試験体数は梁材188本、柱材180本、ボルト締めは梁材18本、柱材40本である。

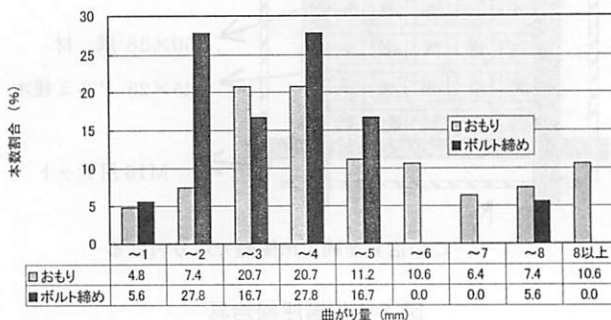


図6 梁材の乾燥後の曲がり量

図6では、梁材の曲がり量を比較しているが、5mmまでの曲がり量の材が全体に占める割合では、おもりの方が全体の65%で、ボルト締めが全体の95%になり、効果が現れているように見受けられる。

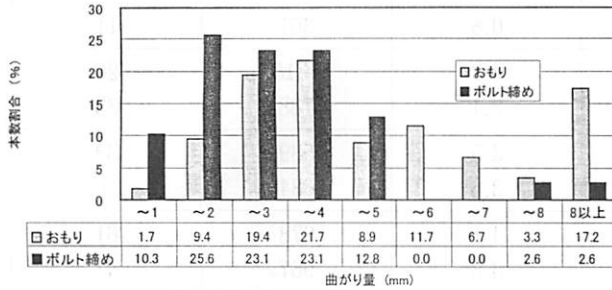


図7 柱材の乾燥後の曲がり量

図7では、柱材の曲がり量を比較しているが、5mmまでの曲がり量の材が全体に占める割合では、おもりの方が全体の61%、ボルト締めが全体の72%であった。

### 3-2 ねじれ

ねじれの向きは、すべての試験材で木口を見て左まわりに回転していた。

梁材のねじれ量については、長辺では断面中心近くが収縮率の違いにより端部より厚く膨らんでおり、ねじれの測定ができないため、短辺でのみ測定した。その結果、図8に示すように差がなかった。図9の柱材では、ねじれ量3mmまでを比べてみると、拘束したものが90%含まれ、しないものは60%となり、圧縮した効果が顕著に現れた。

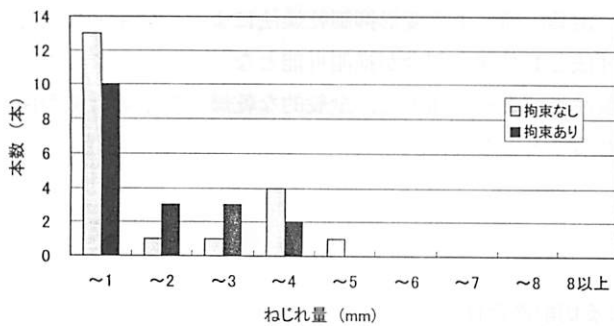


図8 梁短辺の乾燥後のねじれ量

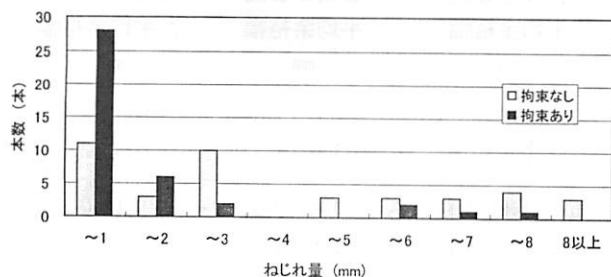


図9 柱材の乾燥後のねじれ量

次に、おもりを載せて人工乾燥したものと、治具によりボルト締めをしたもののねじれ量を比較した。おもりを載せた方は、平成9年度<sup>1)</sup>と10年度<sup>2)</sup>に80℃と95℃の乾燥温度条件で行った時のデータであり、乾燥温度が違うため、参考として見ていただきたい。曲がり量と同様、おもりを載せた方は、試験体数は梁材188本、柱材180本、ボルト締めは梁材18本、柱材40本である。

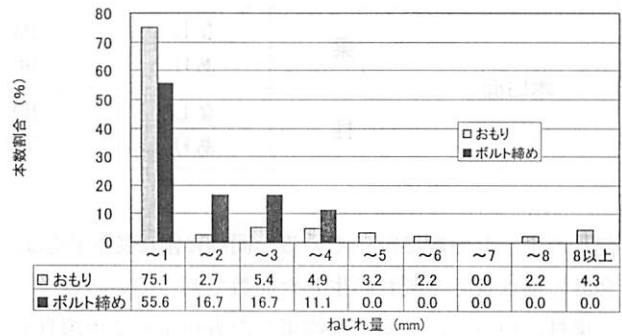


図10 梁材の乾燥後のねじれ量

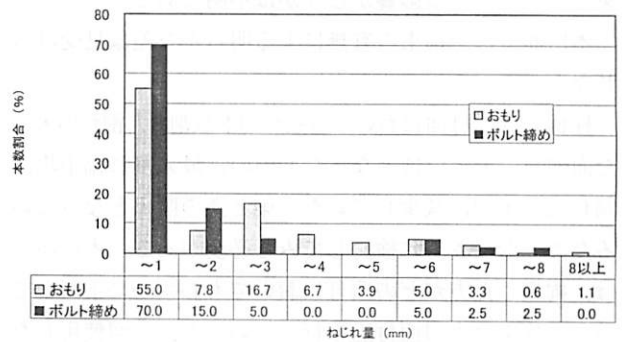


図11 柱材の乾燥後のねじれ量

図10では、梁材のねじれ量を比較しているが、3mmまでのねじれ量の材が全体に占める割合では、おもりの方が全体の83%で、ボルト締めが全体の89%になり、あまり差がなかった。

図11では、柱材のねじれ量を比較しているが、3mmまでのねじれ量の材が全体に占める割合では、おもりの方が全体の80%、ボルト締めが全体の90%となった。

### 3-3 割れ

割れについて、表1に示す。なお、箇所欄に材面とあるのは、表面割れが木口まで達しておらず、接線方向の面のみに割れがあることを示している。逆に木口面とあるのは、木口から割れが生じ接線方向の面まで影響しているものである。割れのある材の本数割合とは、割れの生じた材の本数を各条件の試験材数で割ったものである。最大割れ幅とは、ある面の割れの最大幅を言い、平均は

表1 割れのある材の比較

箇所	種別	拘束の有無	割れのある材の本数割合%	最大割れ幅平均mm	割れ長さ平均mm	割れの入った面の数
材面	梁	なし	5	0.5	170	1
		あり	50	0.8	361	11
	柱	なし	38	4.3	1318	20
		あり	50	2.4	788	33
木口面	梁	なし	95	3.5	589	33
		あり	90	3.6	684	26
	柱	なし	90	4.1	978	61
		あり	70	3.8	967	47

割れの生じた面数で割っている。同様に割れ長さ平均は、合計の割れ長さを割れの生じた面数で割っている。

梁材について、材面では拘束した方がすべての項目で大きい数値となった。拘束した方が、乾燥時間が短かったためとも考えられるが、次に説明する柱材も含め、拘束したことによる影響かどうかは不明である。

木口面では、拘束の有無による明らかな差は見受けられなかった。

柱材では、材面においては割れの本数割合、割れの入った面の数は大きい値となったものの、最大割れ幅平均、割れ長さ平均は減少していた。梁と逆の関係となっているため、今後さらに検討してみる必要がある。木口面では、拘束した方がどの項目においてもわずかに下回っていた。拘束は木口面付近を行っているが、今回使用した治具では割れを抑制することはできなかった。今後改良して更なる検討をしてみる必要がある。

#### 4 切削の検討

以上の結果から、製材された試験材を、梁材は規格寸法の210×105mmに、柱材は105×105mmにモルダーで切削した場合の余裕幅を検討してみた。モルダーの切削幅は

上下、左右の面とも合計3mmとし、4面が100%切削できることを前提に計算した。表2にその結果を示した。

原木から製材したときの寸法は、梁材は220×115mm、柱材は115×115mmとし各面の余裕幅を10mmとしていた。乾燥による収縮や曲がり・ねじれを含んだ結果、規格寸法で切削できるのは梁材で50%、柱材では拘束しない方は32%、拘束した方は72%となり、治具による圧縮が有効であることが分かった。さらに製材寸法をそれぞれの面でさらに5mmずつ増したとき、拘束しない柱材を除き、90%以上が全面を良好に切削できると推定された。

製材寸法と製品寸法が10mm差のとき、柱材では曲がりによる各面の余裕幅が、拘束した方が平均値で2mm以上と大きい値となった。これにねじれが加わったとき、余裕幅は大幅に減少し1.0mmとなった。またねじれが加わったときの余裕幅の変動係数は、大きい値となった。

治具圧縮による変形抑制乾燥法により、効果的な製材寸法と製品適合割合が推測可能となった。このことから製品歩留まりが向上し、全般的な乾燥コストの低減が図れることとなった。

表2 モルダーによる切削適合性

種別	拘束の有無	規格寸法に切削可能本数の割合%	5mm製材寸法を大きくした場合の適合割合%	A及びC面平均余裕幅mm	B及びD面平均余裕幅mm	ねじれを加えた平均余裕幅mm
梁	なし	50	95	2.4 (1.2)	0.6 (1.6)	0.5 (3.2)
	あり	50	94	1.9 (1.6)	1.0 (1.3)	0.3 (2.9)
梁	なし	32	55	0.8 (3.4)	1.6 (2.6)	-5.4 (7.4)
	あり	72	90	2.6 (2.4)	2.8 (1.4)	1.0 (4.2)

( )内は変動係数%

## 5 まとめ

- (1) 梁材短辺の曲がり量は、ボルト締めで曲がり量5mmまでの本数が全体の本数の94%、ボルト締めなしが60%で、ボルト締めの効果があった。
- (2) 柱材の曲がり量は、ボルト締めで曲がり量3mmまでの本数が全体の本数の78%、ボルト締めなしが65%で、ボルト締めの効果があった。
- (3) 梁材の曲がり量は、各面最大の曲がり量を比較して、ボルト締めで5mmまでの本数が全体の本数の95%、おもり載せが65%で、ボルト締めの効果があった。
- (4) 柱材の曲がり量は、各面最大の曲がり量を比較して、ボルト締めで5mmまでの本数が全体の本数の72%、おもり載せが61%で、わずかにボルト締めの効果があった。
- (5) 梁材のねじれ量は、ボルト締めとなしではあまり差がなかった。
- (6) 柱材のねじれ量は、ボルト締めでねじれ量3mmまでの本数が全体の本数の90%、ボルト締めなしが60%で、ボルト締めの効果があった。
- (7) 梁材のねじれ量は、ボルト締めとおもり載せの差があまりなかった。
- (8) 柱材のねじれ量は、ボルト締めで3mmまでの本数が全体の本数の90%、おもり載せが80%で、わずかにボルト締めの効果があった。
- (9) 今回作製した治具では、割れを抑えることが難しかった。
- (10) 乾燥による収縮と曲がり・ねじれを考慮したとき、製材時と仕上げ寸法の差が10mm差のとき、梁材ではボルト締めでも50%の材に削り残りが出ることが分かった。15mm差では、ボルト締めで95%の材が適正に切削できることが分かった。  
柱材では、10mm差ではボルト締めが72%、なしでは32%しか適正に切削できず、15mm差にしたときに、ボルト締めが90%適正に切削できることが分かった。

## 6 おわりに

ボルト締めにより、曲がりやねじれを抑制する効果があることが分かったが、手作業のため温度をいったん下げて締める必要があった。この作業による熱損失も大きいため、今後は自動的に締まる機構を開発する予定である。

## 文 献

- 1) 広島県立林業技術センター：太田川流域産材の乾燥特性と強度評価：1998 p10-20
- 2) 広島県立林業技術センター：備北地域産材の乾燥特性と強度評価：1999 p7-18