

(資料)

アカマツ心持ち平角材の人工乾燥技術の開発*

—人工乾燥後の調湿過程と養生過程における材内の含水率分布の変化—

中嶋 康

Development of kiln drying method of Akamatsu rectangular timber

-Changes of moisture distributions during conditioning and seasoning after kiln drying-

Yasushi NAKASHIMA

要 旨

中温乾燥で含水率 20%以下まで低下させたアカマツ平角材について、調湿時間を変えた場合の断面内含水率分布と、それぞれ 14 日間養生した後の断面内含水率分布について相互に比較・分析した。結果、平角材断面内の含水率分布は、調湿により内部の含水率が減少し、その後の養生により外側部の含水率が増加することで均一化されることが明らかとなった。したがって、材内の含水率分布が均一な人工乾燥材を仕上げるためには、乾燥終了後に中心部の含水率を目標含水率まで減少させるための調湿と、目標含水率よりも低下した外側部の含水率を目標含水率まで増加させる養生が重要であることが示された。

キーワード：アカマツ，中温乾燥，調湿，養生，含水率分布

目 次

1. はじめに	14	3. 結果と考察	
2. 実験方法		3.1 含水率減少経過	15
2.1 供試材	14	3.2 調湿後の含水率分布	16
2.2 乾燥方法	14	3.3 養生後の含水率分布	18
2.3 調湿条件	14	4. おわりに	18
2.4 断面内の含水率分布の測定	15	引用文献	20
2.5 養生方法	15		

*：本報告の一部は第 61 回日本木材学会大会(3 月，京都)で発表した。

1. はじめに

木材乾燥の目的は、木材の含水率を住宅施工環境下の平衡値まであらかじめ低下させることで、施工後の含水率低下による木材の収縮およびねじれなどの寸法変化に伴うトラブル²⁾を回避することにある。

また、人工乾燥した材の断面内の含水率分布において、表面側の含水率と中心部の含水率との差が大きいほど、仕上げ後の収縮が大きく、施工後の寸法変化の原因となることが報告されている³⁾。アカマツ平角材は、主に住宅の梁桁など横架材として用いられており、施工後の寸法変化が床の傾斜などに繋がる可能性が高いことから、施工後のトラブルを回避するためには、断面内の含水率分布を可能な限り均一化させる必要がある。

断面内の含水率分布を均一化する方法として、人工乾燥後に行う調湿⁴⁾、および人工乾燥機から搬出した後に屋根付きの屋外又は解放された屋内で静置させる養生⁵⁾が有効とされている。板材を対象とした場合、既に人工乾燥後の適正な調湿時間と養生期間は明らかになっている⁶⁾。しかしながら、平角材のような大断面材を対象とした場合、人工乾燥後の調湿および養生について検討した報告は少ない⁷⁾。

また、平角材の含水率分布の均一化を目的とした調湿と養生方法を検討するためには、人工乾燥後の調湿中と養生中における材内の含水率分布の変化を把握し、調湿および養生が平角材の断面内の含水率変化に及ぼす影響を断面内の部位別に検討する必要がある。

そこで本研究は、人工乾燥で含水率を20%以下まで低下させたアカマツ平角材について、調湿時間を変えた場合の断面内の含水率分布と、14日間養生後の断面内の含水率分布を相互に比較・分析した。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材は原木丸太から挽いた直後の岩手県産アカマツ平角材(270×150×1000mm)16体とした。試験体は人工乾燥前に木口から材片を採取し、全乾法により初期含水率を求めた。なお、木口からの水分蒸発を防ぐため、試験前に両木口はシリコンで被覆した。

2.2 乾燥方法

㈱新柴製の蒸気式乾燥機を用いて、乾燥材生産技術マニュアル⁸⁾と過去の研究結果⁹⁾を参考として、表-1に示す条件で最高温度80℃の中温乾燥を行った。

人工乾燥中は重量センサーを用いて4体のコントロールの含水率減少経過を観察した。本研究では目標含水率を「製材の日本農林規格(以下製材 JAS)」で規定される含水率基準 D20 (20%以下)として、試験体間の含水率のばらつきを考慮して、4体のコントロールの含水率が全て15%に到達した時点で調湿または養生に移行した。

2.3 調湿条件

調湿条件は、乾球温度80℃、湿球温度77℃一定とした。乾球温度と湿球温度から、調湿時の平衡含水率は14%であったと推定される¹⁰⁾。

処理時間を0時間(調湿なし)、48時間、96時間、168時間の4条件とし、各条件の試験体は4体とした。なお、条件間の初期含水率を等しくするため、試験体は4体の初期含水率の平均が等しくなるように各条件に振り分けた。

それぞれの調湿時間が経過した時点で、人工乾燥機から試験体を4体ずつ取り出し直後に断面内の含水率分布を測定した(写真-1)。

表-1 アカマツ平角材の中温乾燥条件

含水率範囲 (%)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)
蒸煮(8時間)	85	85
生材~75	60	58
60~50	60	57
50~40	63	60
40~35	66	62
35~30	69	64
30~25	72	66
25~20	76	69
20~15	80	72
調湿 (0, 48, 96, 168時間)	80	77
養生(14日間)	外気(平均気温16.9°C、湿度82.6%)	

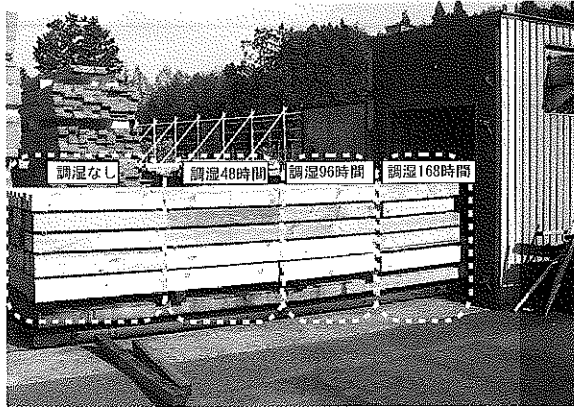


写真-1 調湿時間別の試験体の乾燥機内の配置

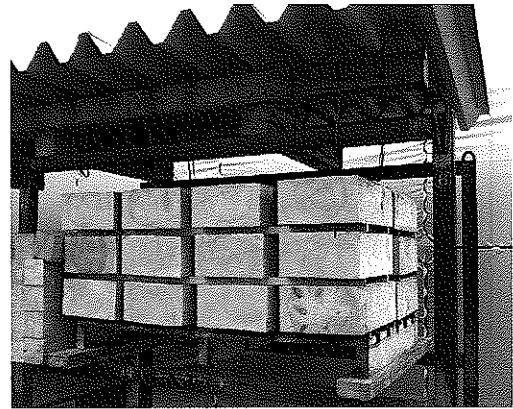


写真-2 人工乾燥後の屋外養生

2.4 断面内の含水率分布の測定

図-1 に試験体の含水率測定試片の採取位置を示す。含水率測定試片は、試験体の木口より 300mm の部位から長さ方向に厚さ 20mm の含水率測定試片を切り出した。

図-2 に採取した含水率測定試片から、含水率分布を測定するための小片採取位置を示す。採取した含水率測定試片は、直ちに 15×6 分割の小片に分割した。得られた小片の含水率を全乾法により測定し、小片のあった断面内の位置のそれぞれの含水率から断面内の含水率分布を求めた。

さらに、図-2 に示すように、材の表面から 20mm 未満を外側部、20 mm以上 40 mm未満を中間部、40mm 以上を中心部として、各部位の含水率の平均値と標準偏差を算出した。

2.5 養生方法

人工乾燥機から取り出し、含水率測定試片を採取した試験体は、直ちに切断面を再度シリコンで被覆した後、平成 22 年 6 月に屋根付きの屋外でそれぞれ 14 日間養生した (写真-2)。

外気の温湿度を温湿度計 (Onset 社製, HOB0 Pro U23-001) で測定したところ、平均気温 16.9℃、平均湿度 82.6%であったことから、平衡含水率は約 20%であったと推定される⁷⁾。

養生終了後、2.4 で切断した木口の逆側の木口より 30cm の部位から厚さ 30mm の材片を切り出し、2.4 に示すように断面内の含水率分布を求めた。

3. 結果と考察

3.1 含水率減少経過

図-3 に人工乾燥工程および調湿工程中のコントロール 1~4 の含水率減少経過を示す。コントロール材の初期含水率は、コントロール 1 が 52%と最も低く、コントロール 2 および 3 が 76%, 78%, コントロール 4 が 98%と最も高い値を示し、コントロールによって初期含水率に差が見られた。そのため、含水率 20%までの到達時間は、コントロール 1~3 が 200 時間であったのに対して、コントロール 4 は 240 時間を要した。

今回は、コントロールの含水率 15%を目標としており、コントロール 4 の含水率が 15%に到達した時点から調湿を開始したことにより、人工乾燥から調湿への移行は、乾燥開始から 330 時間後 (約 2 週間後) となった。

コントロール 1~3 の調湿中の含水率は、調湿工程前と比較して約 13%とほぼ変化が見られなかったのに対して、コントロール 4 は調湿工程前の 15%と比較して、調湿時間が長いほど含水率が 13%に漸近した。これは、

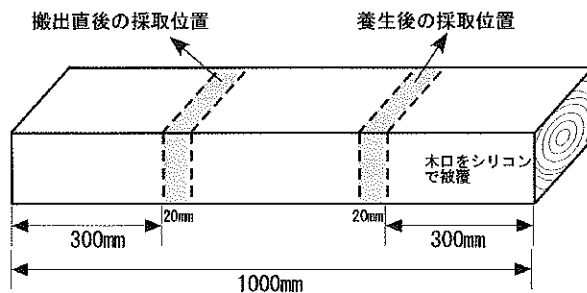


図-1 試験体の含水率測定試片の採取位置

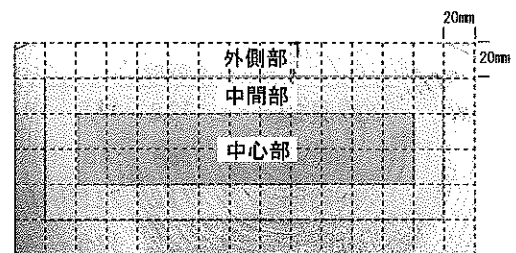


図-2 含水率分布測定用小片の採取位置

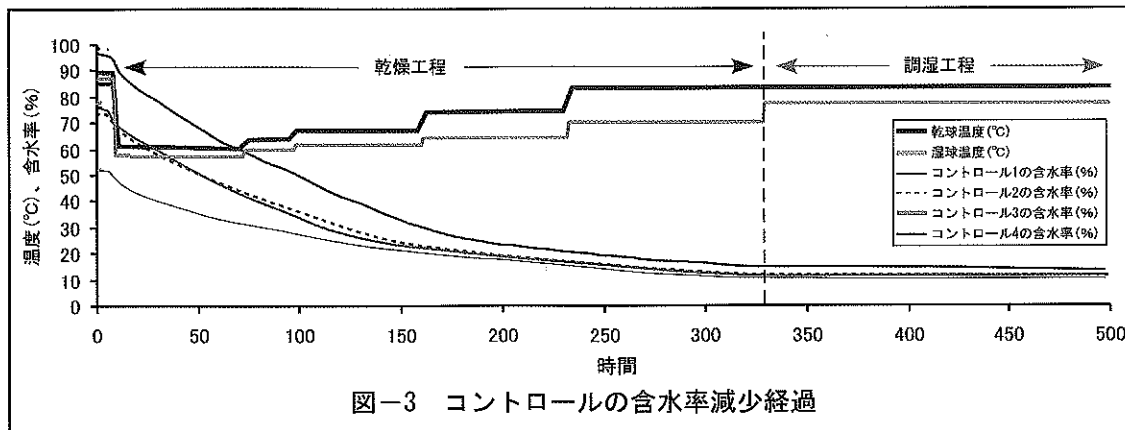


図-3 コントロールの含水率減少経過

2.3 で示したとおり、調湿時の平衡含水率は約 14%であったのに対して、コントロール4の調湿前の含水率は15%と平衡含水率よりも高いことから、調湿中に平衡含水率まで低下したと考えられる。

表-2に試験体の含水率を調湿条件別に示す。全ての条件で、調湿および養生後の試験体の含水率の最大値が含水率20%以下となり、目標値とする製材 JAS の含水率基準 D20 を満たしていた。また、調湿後の含水率は、調湿0時間(調湿なし)と比較して、調湿時間が長いほど低下した。さらに、養生後の含水率は、調湿時間によらず、調湿後と比較して低下した。

3.2 調湿後の含水率分布

図-4に調湿時間別の断面内の含水率分布を処理時間別に示す。調湿なし(0時間)の場合、乾燥機内の空気に接触する外側部は含水率10%以下の部位が多く、反対に中心部は含水率20%以上の部位が多くなり、断面内の2割~5割は含水率20%以上の部位が見られた。

調湿なしと比較して、調湿48時間では、外側部の含水率10%以下の部位がみられなくなり、さらに断面内の含水率20%以上の部位の割合が、1割~2割まで減少した。また、調湿時間が長いほど、含水率20%以上の部位が減少する傾向がみられ、調湿168時間になると、含水

率20%以上の部位は全ての試験体でみられなくなった。

図-5に調湿後の断面内の外側部、中間部、中心部の含水率の平均値を調湿時間別に示す。調湿なし(0時間)の場合、外側部の含水率は11.0%、中心部は23.4%となり、外側部と中心部との含水率の差は12.4%となった。

調湿時間が長いほど、中心部と中間部の含水率は減少し、調湿なしで23.4%であった中心部の含水率は、調湿168時間で14.4%まで減少し、外側部と中心部との差は3.5%まで縮小した。一方、外側部の含水率は時間によらず11~12%でほぼ一定であった。

このことから調湿は、中心部の含水率を減少させることにより、断面内の含水率分布の均一化に効果的であることが示された。図-6に調湿時間と中心部の含水率との関係を示す。中心部の含水率は調湿時間に比例して減少した。また、今回の調湿温度条件では、アカマツ平角材の中心部の含水率が目標値である含水率20%以下となるまでの時間は、約75時間と推定された。

表-2 調湿条件別の含水率測定結果

調湿条件	初期含水率(%)			調湿後の含水率(%)				養生後の含水率(%)			
	n	ave.	s.d.	ave.	s.d.	max	min	ave.	s.d.	max	min
0(調湿なし)	4	73.8	17.5	18.2	1.3	19.9	16.8	16.4	1.4	18.2	15.1
48時間	4	79.4	7.5	16.9	0.6	17.4	16.0	15.5	1.0	16.8	14.6
96時間	4	77.2	22.2	15.2	1.3	16.8	13.6	14.9	1.0	16.1	13.6
168時間	4	76.6	13.6	14.7	0.9	16.1	14.0	12.4	1.1	14.1	11.8

n:試験体数 ave.:平均値 s.d.:標準偏差 max:最大値 min:最小値

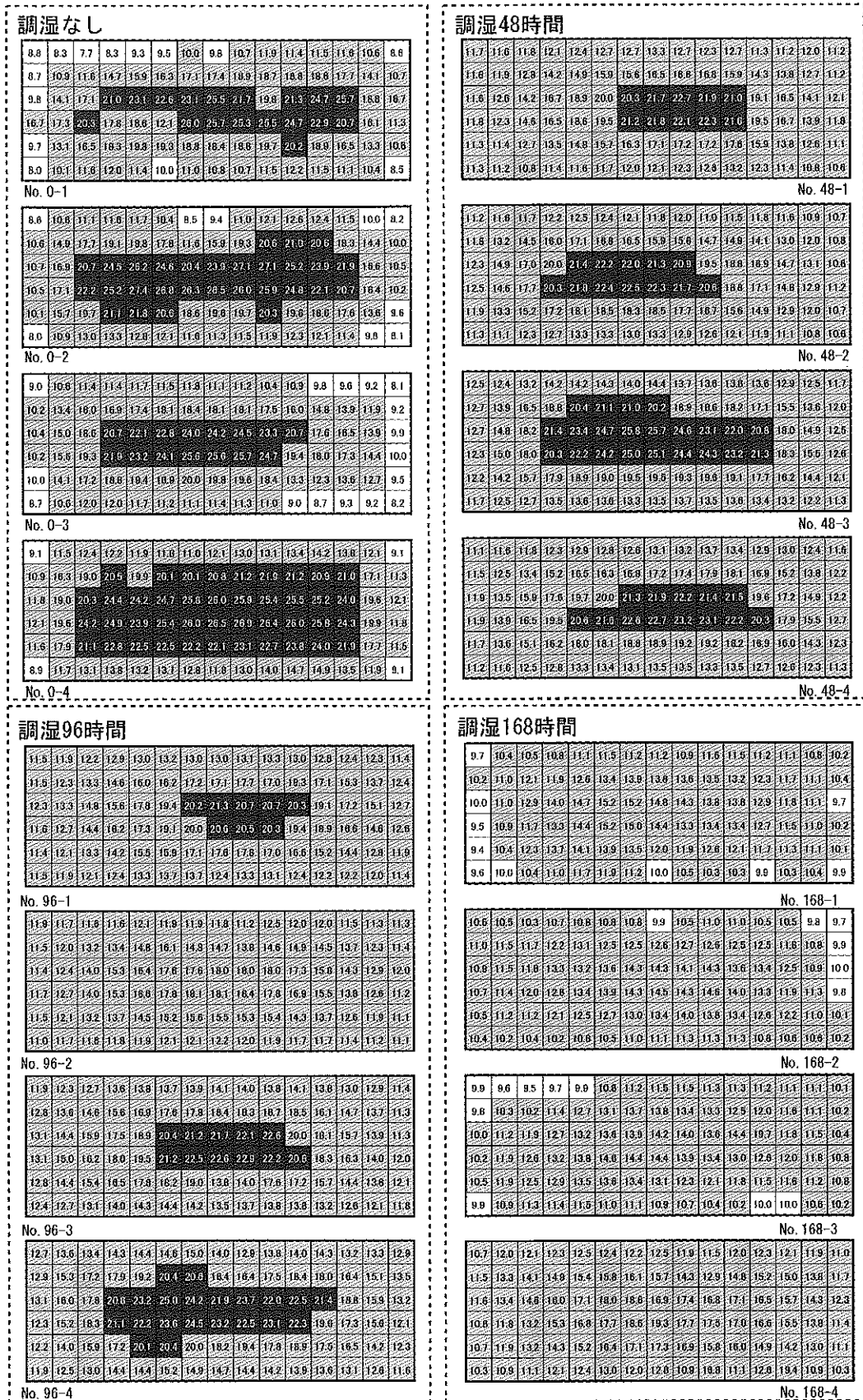


図-4 調湿時間別のアカマツ平角材の断面内含水率分布の比較

□ : 含水率10%以下 ▨ : 含水率10~20% ■ : 含水率20%以上

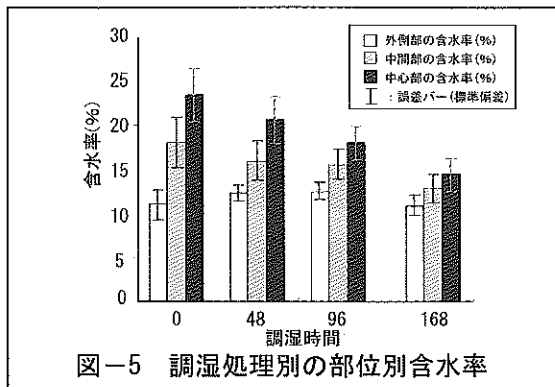


図-5 調湿処理別の部位別含水率

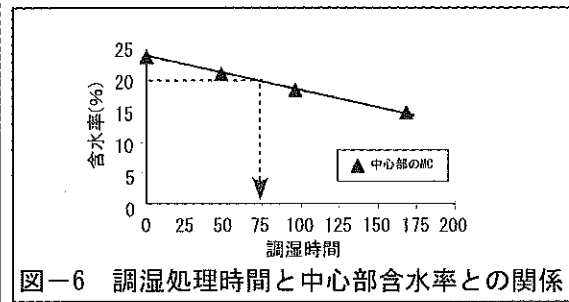


図-6 調湿処理時間と中心部含水率との関係

3.3 養生後の含水率分布

図-7に養生後の断面内の含水率分布を調湿時間別に示す。調湿後と比較して、養生後の断面内の含水率分布は、外側部の含水率10%以下の部位が減少した。これは、養生中に材の外側部が外気に接触しているため、外側部の含水率が吸湿により外気の平衡含水率(約20%)に漸近したことによると考えられる。

図-8に養生後の断面内の外側部、中間部、中心部の含水率の平均値を調湿時間別に示す。調湿時間によらず、養生前は11~12%であった外側部の含水率は(図-5)、14日間の養生後に12~14%まで増加した。一方、外側部と比較して、中間部および中心部の養生後の含水率は養生前と比較して変化が少なかった。

図-9に養生前後の含水率変化量の平均値を調湿時間別に示す。調湿時間が長いほど、養生前後の中心部の含水率変化量は増加(+側に変化)する傾向を示した。これは、調湿時間が長いほど、中心部の含水率が低下したため、外側部と同様養生により中心部の含水率も吸湿し、含水率が上昇したことによると考えられる。一方で、調湿時間および断面内の部位によらず、養生前後の含水率は増加(+側に変化)しており、反対に含水率の減少(-側の変化)はみられなかった。このことから、乾燥機から

搬出後の養生期間を2週間とした場合、養生は、主に外側部の含水率を外気の平衡含水率まで増加させることにより、断面内の含水率分布の均一化に効果的であることが示された。

4. おわりに

人工乾燥工程で、コントロールの含水率が目標値に到達した時点では、断面内の中心部の含水率は目標とする値に到達しておらず、調湿は、中心部の含水率を減少させることにより、断面内の含水率分布の均一化に効果的であることが示された。

さらに、養生は、外側部の含水率を外気の平衡含水率まで増加させることにより、断面内の含水率分布の均一化に効果的であることが示された。

したがって、人工乾燥により材内の含水率分布が均一なアカマツ平角材を仕上げるためには、乾燥終了後に、中心部の含水率を目標含水率と同等もしくはそれ以下まで減少させるための調湿工程と、外側部の含水率を目標含水率と同等もしくはそれ以上まで増加させる養生が重要であることが示された。

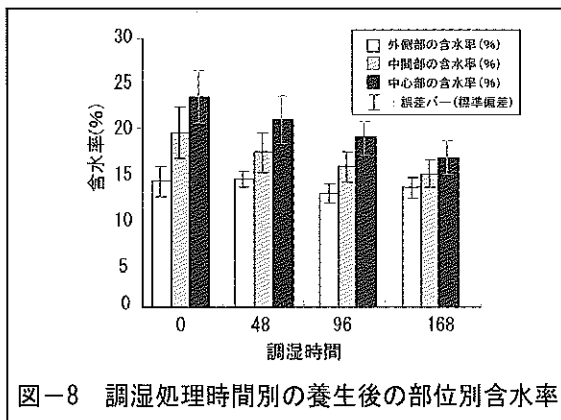


図-8 調湿処理時間別の養生後の部位別含水率

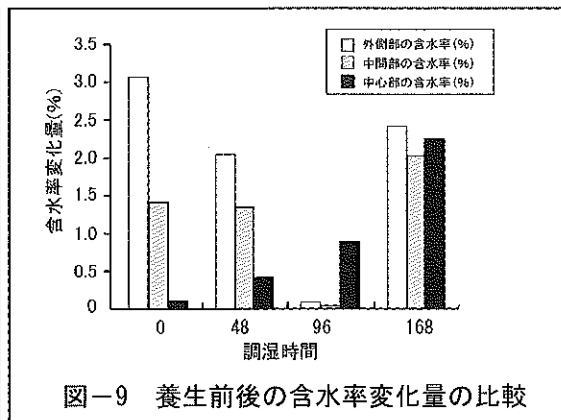


図-9 養生前後の含水率変化量の比較

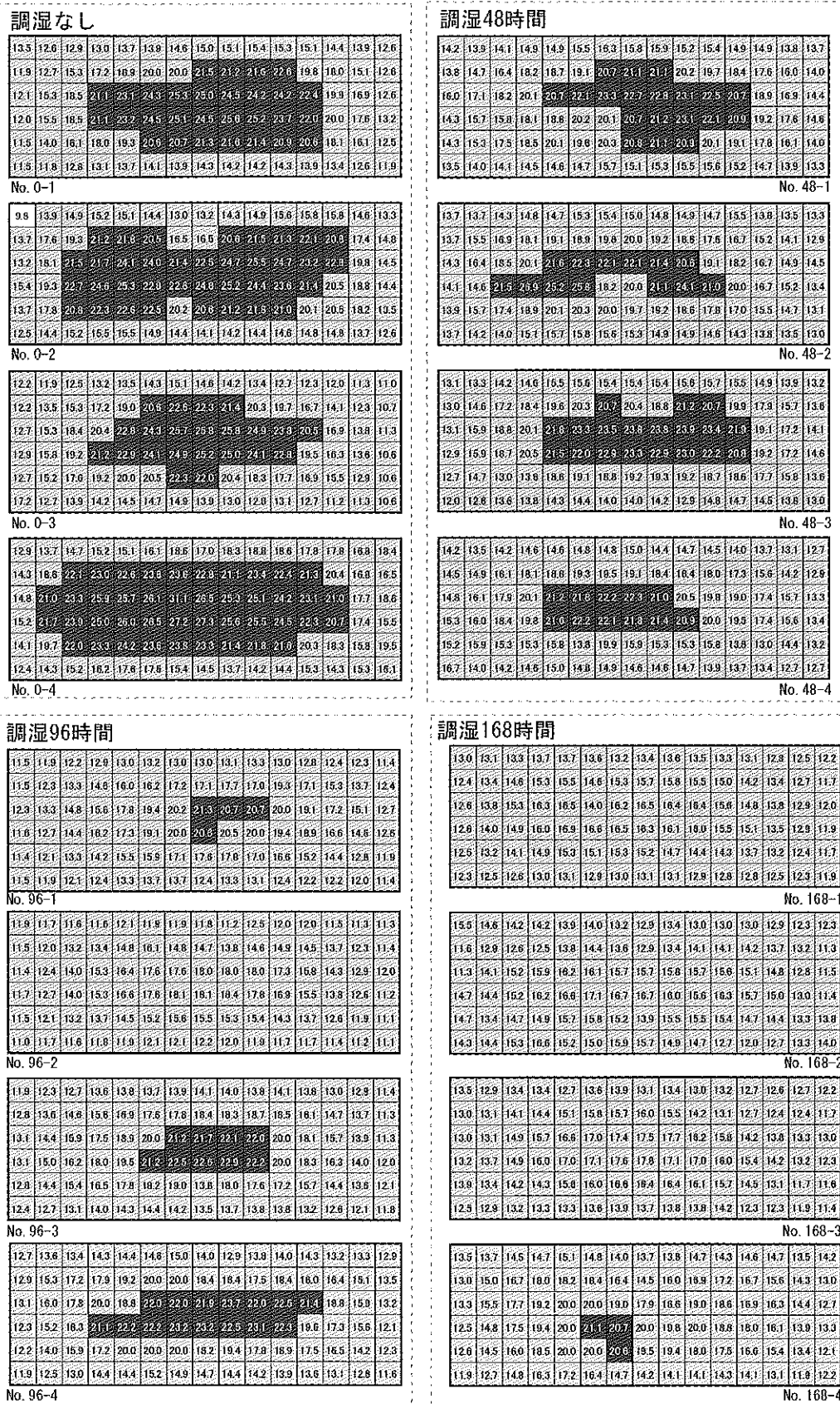


図-7 養生後の断面内の含水率分布

□: 含水率10%以下 ▨: 含水率10~20% ■: 含水率20%以上

引用文献

- 1) 岩手県(1994)住宅産業における乾燥材利用の実態と構造材の乾燥に関する報告書. 50-61.
- 2) 河崎弥生・古川郁夫・作野友康・中尾哲也(2000) 木造住宅における製材品の上棟後の寸法変化と発生したトラブル. 木材工業 55(2) : 61-66.
- 3) 久慈 敏・中嶋康・東野正(2001) アカマツ心持ち平角材の人工乾燥. 岩手県林業技術センター研究報告 9 : 15-21.
- 4) 社団法人全国木材組合連合会(2004)わかりやすい樹種別乾燥材生産の技術マニュアル. 71pp, 全国木材協同組合連合会, 東京
- 5) 寺沢 真(1994)木材乾燥のすべて. 203-204. 海青社, 京都.
- 6) 寺沢 真(1994)木材乾燥のすべて. 195-203. 海青社, 京都.
- 7) 独立行政法人森林総合研究所(2004)改訂4版木材工業ハンドブック. 204pp, 丸善株式会社, 東京.
- 8) 北海道林産技術普及協会(1992)テクニカルノート No. 5 木材乾燥(実務編改訂版). 33pp, 北海道林産技術普及協会, 北海道.
- 9) 山本泰司・永田総司・河崎弥生・中尾哲也(2003) スギ柱材の水分傾斜が寸法変化に与える影響. 木材工業 58(10) : 457-461