

1. はじめに

スギ柱材などの建築用針葉樹構造材の人工乾燥には長い時間が必要であり、乾燥コストを上昇させている。また、梁・桁などの特に断面の大きな部材については、従来から人工乾燥して使用されることが少なかったために、乾燥方法自体も確立されているとは言い難い状況にある。

本研究では、高周波加熱と蒸気加熱を併用する「高周波・蒸気併用加熱乾燥法」を新たに開発し、柱材を含めた断面の大きな製材品の乾燥に対する効果について検討を行っている。

2. 方 法

当センターにおいて平成9年度に試作し、平成10年度に改良を加えた高周波・蒸気併用加熱乾燥装置を用いて、本年度はスギ柱材を乾燥し、乾燥速度、乾燥終了時の材内部の水分傾斜、割れなどの欠点の発生量について検討した。

〔乾燥条件〕

高周波・蒸気併用加熱乾燥には当センターで開発した実験装置を用い、乾球温度70℃、乾湿球温度差65℃の空気が循環する条件下で、乾燥全期間の平均で1時間当たり約2.1kWhの高周波を印加する条件で乾燥を行った。試験材は、極板3枚を用いた5列・2段積みとした。試験材の上下には、25mmの栈木を配置し、電極間隔に対して27.8%のエアギャップを設けた。高周波は5分入力ー1分停止の間欠発振とし、木口部から挿入したセンサーによって上限80℃で材温制御した。材温測定は、光ファイバー温度計のセンサーを木口面と材面中央部から内部に5cm挿入して行った。

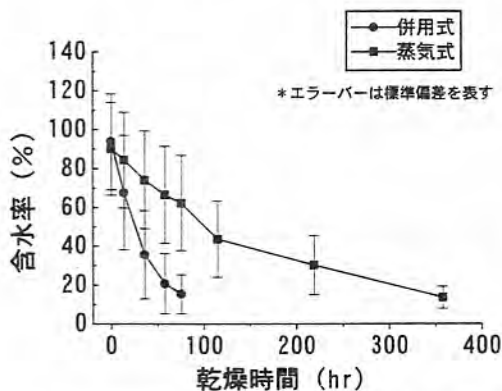
蒸気乾燥は、高周波・蒸気併用加熱乾燥を行った実験装置内に、同時に同様な条件で試験材を配置し、蒸気加熱のみを用いて行った。乾燥条件は、初期が乾球温度70℃、乾湿球温度差65℃で、末期は乾球温度80℃、乾湿球温度差65℃とした。乾燥条件の変更は、高周波・蒸気併用加熱乾燥試験材を乾燥室内から取り出すまでは初期条件のままとし、その後スケジュールにしたがって行った。用いた乾燥条件は、岡山県内でスギ柱材の人工乾燥に最も多く用いられているものである。

3. 結 果

1) 乾燥経過

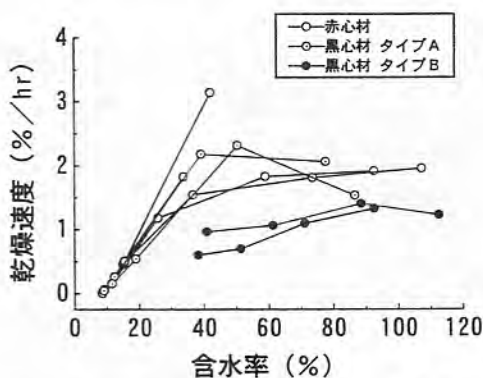
①高周波・蒸気併用乾燥と蒸気乾燥におけるスギ柱材の乾燥経過を第1図に示した。蒸気乾燥で

は、平均で初期含水率が90.2%の材が 358時間で13.5%に達した。一方、高周波・蒸気併用乾燥では、平均で初期含水率93.8%の材がわずか76時間で15.3%に達し、乾燥時間の著しい短縮効果が確認された。乾燥終了時の含水率の標準偏差は、いずれの乾燥法においても赤心材では 1.1%と小さかったが、黒心材では高周波・蒸気併用乾燥では11.6%、蒸気乾燥でも4.7%と大きかった。



第1図 高周波・蒸気併用乾燥と蒸気乾燥によるスギ柱材の乾燥経過の比較

②高周波・蒸気併用乾燥におけるスギ柱材個別の乾燥速度を第2図に示した。赤心材の乾燥速度はすべての材で大きかったが、黒心材では乾燥速度が赤心材と同等なもの（タイプA）とそれより小さいもの（タイプB）の2種類が存在した。蒸気乾燥ではすべての黒心材が赤心材よりも乾燥速度が小さかったことを併せて考えると、この結果は黒心材の中にも高周波を印加することによって水分透過性が著しく向上するもの（タイプA）とそうでないもの（タイプB）とが存在することを示すものである。赤心材と黒心材タイプAは、自由水が豊富な含水率30%以上の範囲では時間当たり含水率が1.5~2.0%低下したが、含水率が30%以下になると次第に乾燥速度は小さくなった。しかし、乾燥初期でも0.3~0.4%前後の乾燥速度でしかなかった蒸気乾燥と比較すると、高周波・蒸気併用乾燥は全体的に4~5倍の乾燥速度であった。

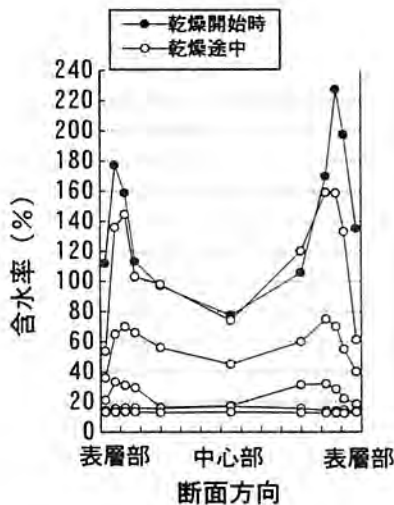


第2図 高周波・蒸気併用乾燥におけるスギ柱材個別の乾燥速度

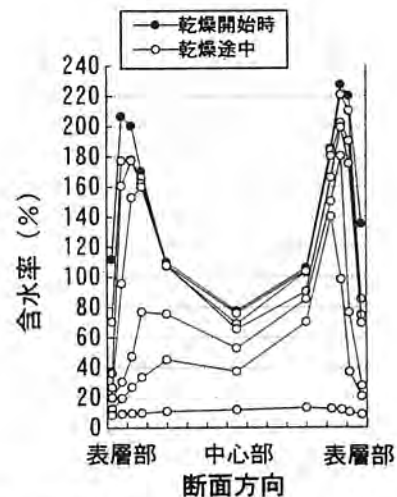
2) 水分分布

①高周波・蒸気併用乾燥と蒸気乾燥におけるスギ柱材の乾燥途中の断面方向の水分分布の推移を第3図及び第4図に示した。測定は、原則として試験材の乾燥経過測定時に実施した。乾燥開始時には表面から5mm部分が若干乾燥して含水率が低下していたものの、断面周辺部分の辺材は含水率200%を越え、中心部の心材の含水率は100%前後であった。乾燥途中の測定時点においては、高周波・蒸気併用乾燥及び蒸気乾燥のいずれの場合も水分分布は表層部近くで高く、中央部で低い、いわゆるM型であった。ただし、高周波・蒸気併用乾燥の方が蒸気乾燥と比較して乾燥途中の水分傾斜は緩やかであり、高周波加熱を併用した特徴が認められた。

②一方、スギ柱材の乾燥終了時点の水分分布については、高周波・蒸気併用乾燥材の場合には、黒心材タイプB以外の材では凹型もしくはM型であり、蒸気式乾燥材がすべて凸型であったのとは顕著な違いが認められた。これは、高周波・蒸気併用乾燥では高周波加熱によって材内部の材温が高くなり、材中心部の乾燥が促進されたことによる。



第3図 高周波・蒸気併用乾燥によるスギ柱材の断面方向の水分分布の推移



第4図 蒸気乾燥によるスギ柱材の断面方向の水分分布の推移

3) 割れ，曲がり，ねじれの発生量

高周波・蒸気併用乾燥と蒸気乾燥におけるスギ柱材の乾燥過程で発生した材面割れ，内部割れ，曲がり，ねじれを第1表に示した。

第1表 乾燥による割れ，曲がり，狂いの発生量

材種	乾燥方法	材面割れ率 (%)	内部割れ (mm)	曲がり (mm)	ねじれ (mm)
全体	併用式	6.6	35.5	0.74	2.56
	蒸気式	24.5	23.8	0.75	2.75
赤心材	併用式	7.7	2.3	0.85	3.00
	蒸気式	24.9	0	0.88	2.65
黒心材 タイプ A	併用式	3.4	15.0	1.00	2.25
	蒸気式	16.9	17.5	1.00	2.00
黒心材 タイプ B	併用式	17.3	122.5	0.25	2.00
	蒸気式	31.7	77.5	0.25	3.75

注1) 材面割れ率とは，総材面長に対する，材面に単独に発生した表面割れと木口から材面に及んだ表面割れの合計長さの割合を示す。

注2) 内部割れは，水分分布測定用試験片断面における合計値である。

①高周波・蒸気併用乾燥の方が蒸気乾燥よりも材面割れの発生は明らかに少なかった。

②内部割れの発生量は，高周波・蒸気併用乾燥の方が蒸気乾燥よりも平均値では若干多いが，水分透過性が割合良好な赤心材，黒心材タイプAではほとんど差はなかった。

③曲がりとねじれの発生量には，高周波・蒸気併用乾燥と蒸気乾燥の間に大きな違いは認められなかった。

4. まとめ

今回の実験から，高周波・蒸気併用乾燥法を用いることによって，中温蒸気乾燥材と同等もしくはそれよりも良好な品質の乾燥材を短時間で生産可能であることがある程度明らかとなった。今後は，被乾燥材の人工乾燥後の寸法変化などを明らかにするとともに，乾燥コスト低減のために最も効率的な乾燥条件の究明を行う予定である。