

スギ梁桁材の効率的な乾燥技術の開発

2007 年度～2009 年度

小笠原祐介・山本勝洋*・大林育志

要 旨

スギ梁桁材の高品質で効率的な乾燥技術の開発を検討した。その結果、初期蒸煮において、60Hz と 40Hz では、同様の材温上昇及び含水率の低下傾向を示し、送風の違いによる差は認められなかった。高温セット 24 時間では 60Hz と 40Hz とともに乾燥後含水率のバラツキが小さくなり、表面割れに差がなく送風の違いによる差は認められなかった。中温乾燥では、40Hz は 60Hz と比べ表面割れ面積が小さかった。これらのことから、スギ梁桁材の初期蒸煮、高温セット、中温乾燥のスケジュールの人工乾燥では、インバーター使用の 40Hz で、60Hz と比べ電力消費を抑えた低コスト化と高品質の可能性が示唆された。

I はじめに

近年、森林伐採は長伐期化し、スギ中大径材の蓄積が増大しており、その利用法が求められている。現在、梁桁材はバイマツ等の外材が多く、これらをスギに代替することは有効な手段である。しかし、スギは個体間の含水率のバラツキが大きく、人工乾燥経費がかかるなど需要低迷の要因の一つとなっている。今後、利用拡大を進めていく上で、梁桁材の低コスト乾燥技術を開発する必要がある。そこで、現在普及している初期蒸煮、高温セット、中温乾燥のスケジュールの人工乾燥（(社)全国木材組合連合会，2006）において、インバーターを使用し、スギ梁桁材の高品質で効率的な乾燥技術を開発する。

II 方法

1. 高温乾燥の前処理法の検討

(1) 初期蒸煮の昇温効果

供試材は、2008 年 2 月に当センター試験林で伐倒したスギ丸太から 12.5×25.0×100 cm の心持ち平角材を作成後、重量で 15 kg 未満（含水率 48～72%、以下 L 材）、15 kg 以上 20 kg 未満（含水率 74～107%、以下 M 材）、20 kg 以上（含水率 111～224%、以下 H 材）に 3 区分し、各 5 本とした。供試材は実大材に比べ短尺で、乾燥しやすい木口周辺部分の割合が高いので、乾燥の進み過ぎを防止するため両木口にシリコンコーティングを施した。蒸煮は、実大乾燥機（日本電化工機 DKSH-10 型）で、送風は通常の 60Hz とインバーター使用の 40Hz とし、湿球温度のみを 95℃に設定した。材温は、長手方向および長辺方向の中央部より深さ 5 cm の位置を熱電対で測定し、90℃に達するまで測定した。

(2) 初期蒸煮の含水率低減効果

供試材および蒸煮条件は（1）と同様で、蒸煮 0、24、48、72 時間後の重量を測定し、72 時間後に供試材の両木口から 20 cm の位置から厚さ約 1

Yusuke OGASAWARA, Katsuhiro YAMAMOTO, Yasuyuki OBAYASHI: Development of efficient drying technology for Japanese cedar beam lumber

*現県有林事務所

cmの試片を切り出し、全乾法で含水率を求め重量換算した。

2. 効率的な乾燥技術の開発

(1) 適正な高温セット時間の検討

供試材は、2009年5月に当センター試験林で伐倒したスギ丸太から12.5×25.0×100 cmの心持ち平角材を作成した。重量で18kg未満(含水率70~97%、以下L材)、18kg以上21kg未満(含水率93~125%、以下M材)、21kg以上(含水率105~190%、以下H材)に3区分し、各4本を供試した。供試材は両木口にシリコンコーティングを施した。人工乾燥は、実大乾燥機で送風は通常の60Hzとインバーター使用の40Hzとし、95℃の初期蒸煮を24時間、乾球110℃、湿球80℃の高温セットを24時間行った後、乾球70℃、湿球40℃の中温乾燥を120時間行った。乾燥終了後に供試材の重量及び表面割れを測定した。表面割れは、木口面を除く4材面に表れた目視で確認できるものを対象とし、最大割れ幅と長さを掛け合わせた面積の総和を材面割れ面積とした。内部割れは試片を採取する際に鋸断した断面において測定した。含水率分布は、供試材の中央部および両木口から約20cmの位置で厚さ約1cmの試片を切り出し、対角線で分割した三角形をさらに材面と平行に各3分割計12分割(図-1)し、直ちに上皿電子天秤で重量を測定した。そして、105℃の恒温乾燥器に入れ、最低24時間後に再度重量測定し、重量換算した。なお、当初の含水率は、供試材作成時に両木口から試片を切り出し同様に求めて。

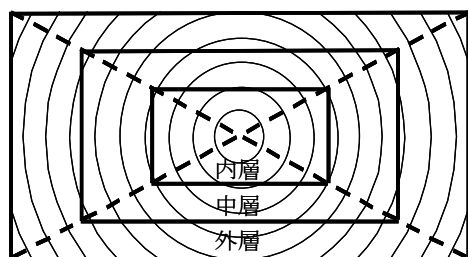


図-1 全乾含水率分割測定

(2) 効率的な乾燥スケジュールの検討

供試材は、2009年12月および2010年1月に当センター試験林で伐倒したスギ丸太から12.5×25.0×400 cmの心持ち平角材を作成後、3mと1mに鋸断し、合わせて厚さ約1cmの試片を2片切り出し、全乾法で含水率を算定した。1m材は両木口にシリコンコーティングを施した。3m材は、重量で60kg未満(含水率61~118%、以下L材)、60kg以上70kg未満(含水率74~140%、以下M材)、70kg以上(含水率89~173%、以下H材)に3区分し、各5本を供試した。人工乾燥は、実大乾燥機で送風を通常の60Hzとインバーター使用の40Hzとし、95℃の初期蒸煮を48時間、乾球110℃、湿球80℃の高温セットを24時間行った後、乾球70℃、湿球40℃の中温乾燥を行った。中温乾燥で1m材の重量を24時間おきに測定した。1m材の半数の推定含水率が25%以下に達した時点で乾燥を終了し、3m材の重量及び表面割れを測定した。表面割れは木口面を除く4材面に表れた目視で確認できるものを対象とし、最大割れ幅と長さを掛け合わせた面積の総和を材面割れ面積とした。3m材の両木口から約1mの位置で厚さ約1cmの試片を採取し、(1)と同様に分割し全乾法で含水率を算定した。内部割れは、試験片を採取する際に鋸断した断面で測定した。

III 結果と考察

1. 高温乾燥の前処理法の検討

(1) 初期蒸煮の昇温効果

60Hzと40Hzで乾燥機内の温度が90℃に達した後、材温が90℃に達するまでの材温の変化は図-2のとおりで、60Hz、40Hzとも当初含水率が低いL材はM材やH材に比べ材温上昇が早かった。また、60Hzと40Hzでは、同様の上昇傾向を示し、送風の違いによる昇温効果に差は認められなかった。このことから、初期蒸煮にインバーターを使

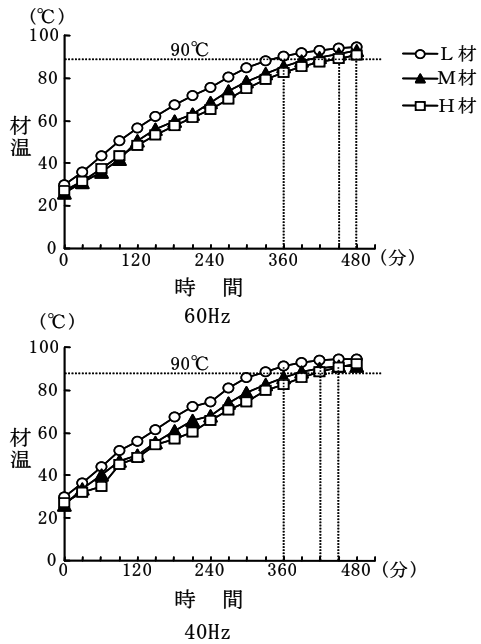


図-2 初期蒸煮による材温の変化

用することにより消費電力を下げることが可能で、低コスト化が示唆された。

(2) 初期蒸煮の含水率低減効果

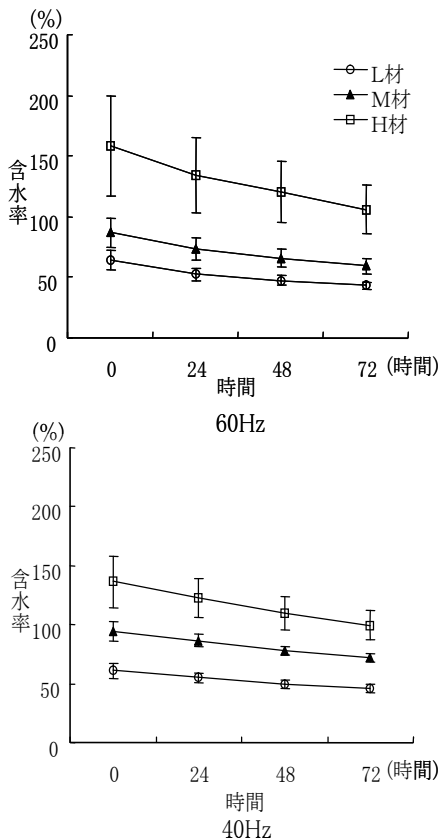


図-3 初期蒸煮による含水率の変化

初期蒸煮における含水率の変化を図-3に示す。含水率は60Hz、40Hzともに当初含水率が高いほど早く低下し、低いほど低下はごく僅かで、時間の経過とともに含水率のバラツキが小さくなったことから、インバーター使用の蒸煮処理による含水率低減効果は、通常と同等の効果が得られ低コスト化が示唆された。

2. 効率的な乾燥技術の開発

(1) 適正な高温セット時間の検討

乾燥試験前後の含水率を図-4に示す。60Hzの試験材は、L材では乾燥前含水率76.2±12.0%が中温120時間乾燥後含水率27.7±3.6%であった。M材では106.8±11.7%が36.5±5.1%、H材では129.6±34.7%が47.0±9.2%であった。また、

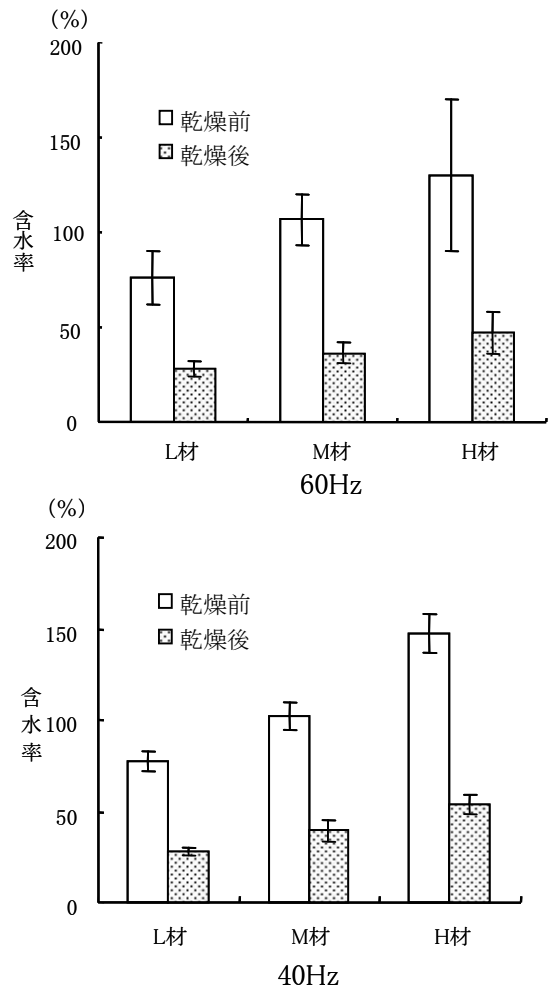


図-4 送風条件別含水率の変化

40Hz の供試材では、L材が乾燥前含水率 $77.5 \pm 4.7\%$ が中温 120 時間乾燥後 $28.0 \pm 2.0\%$ であり、M材では $102.2 \pm 6.8\%$ が $39.6 \pm 5.1\%$ 、H材では $147.0 \pm 8.9\%$ が $54.1 \pm 4.4\%$ に低下した。60Hz、40Hz とともに乾燥後含水率のバラツキが小さくなった。このことから、風量の違いによる差はないと考えられた。

中温 120 時間乾燥後の供試材内の含水率の分布を送風条件別に図-5 に示す。60Hz と 40Hz のいずれにおいて、外層は 20% 前後まで乾燥していたが、内層は乾燥前含水率が高いほど乾燥後も含水率が高く内層と外層の含水率差（水分傾斜）は大きい傾向が認められた。これは、梁桁材のような大断面の製材の場合、特に内層が乾燥しにくいためと考えられた。中層は、外層と内層の間であるものがほとんどで外層より内層の含水率に近い

ことから、乾燥が外層までしか進行していないと考えられた。

表面割れ面積と乾燥後外層含水率の関係を図-6 に示す。60Hz と 40Hz とともに供試材間のバラツキが大きく送風の違いによる差は認められなかった。内部割れは、60Hz と 40Hz のいずれにおいても発生していなかった。これは、高温による内部割れが発生する前に中温乾燥に移行したためと考えられた。

以上のことから、高温セット処理時間は 12~24 時間程度である（(社)全国木材組合連合会, 2006）が、スギ梁桁材の高温セット処理 24 時間は、40Hz でも問題なく適正であると考えられた。

(2) 効率的な乾燥スケジュールの検討

中温乾燥の 1 m 材の含水率の推移を図-7 に示す。1 m 材の半数の推定含水率が 25% に達するの

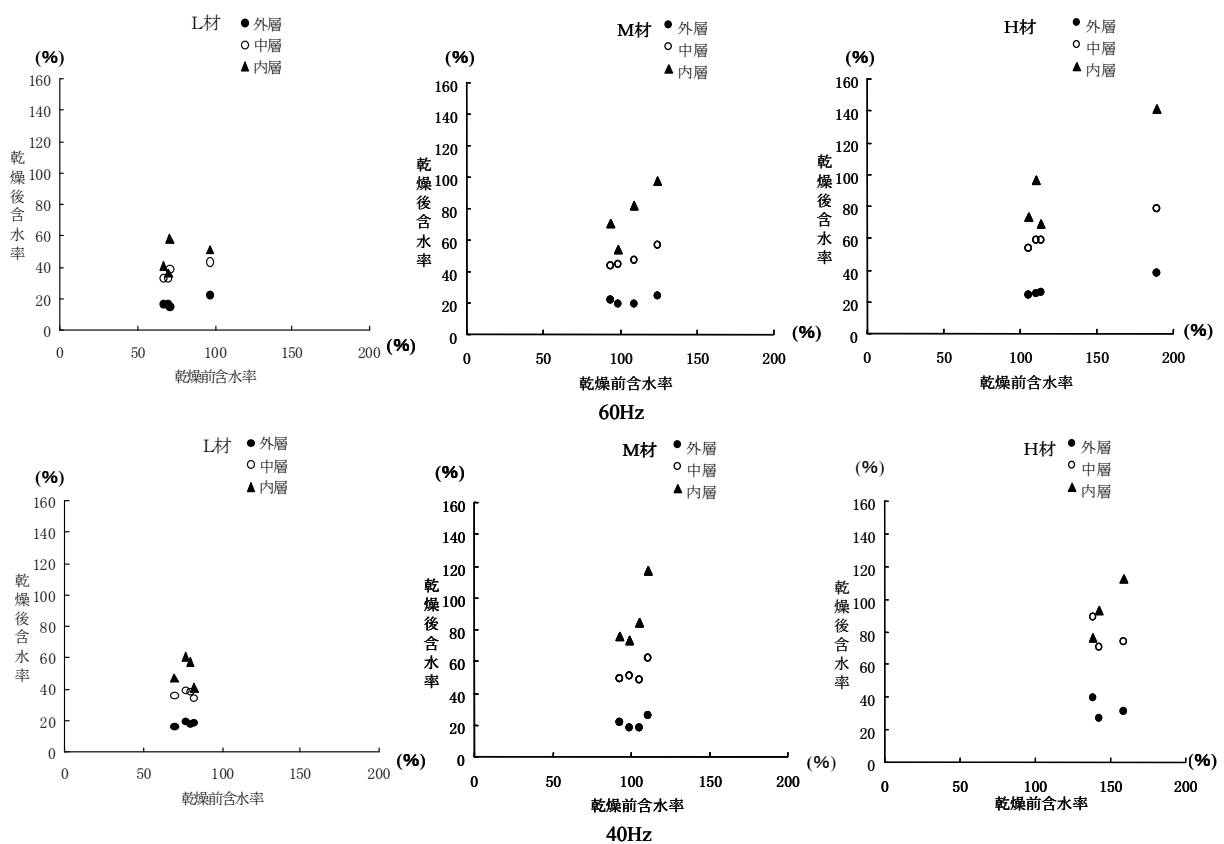


図-5 中温 120 時間乾燥後の送風条件別含水率

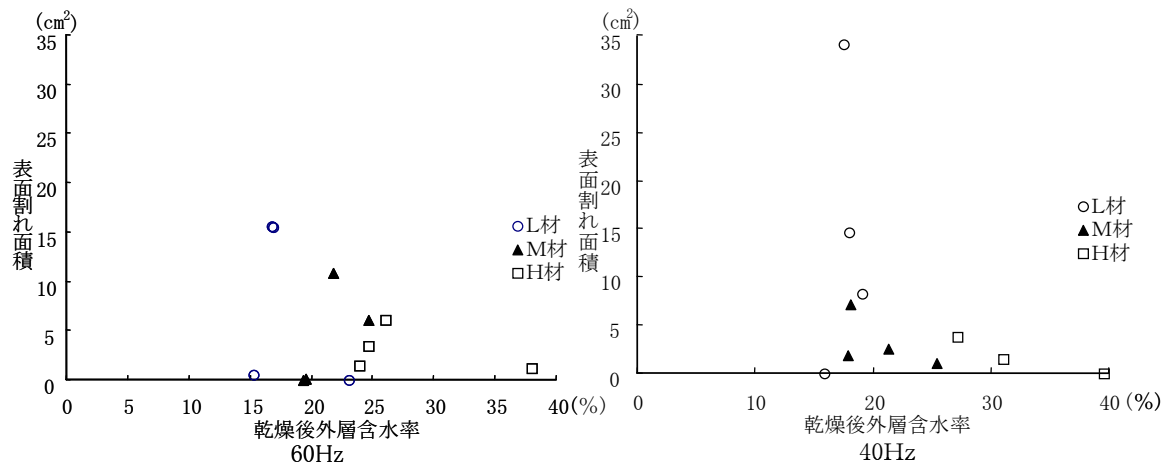


図-6 表面割れ面積と乾燥後外層含水率

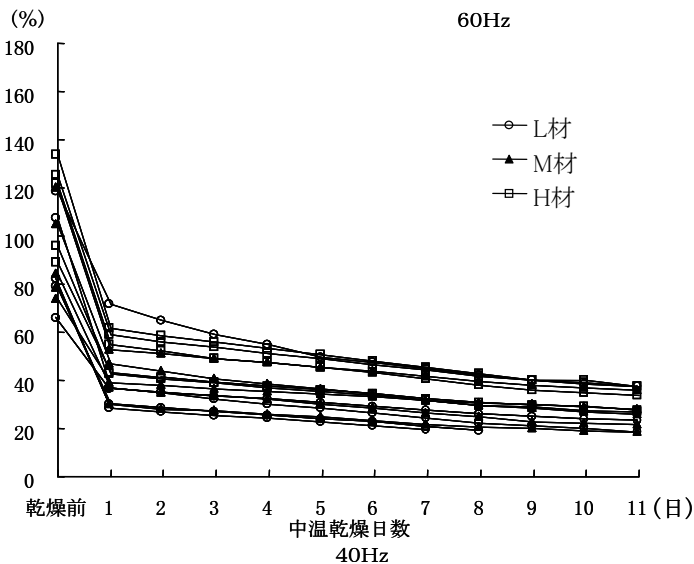
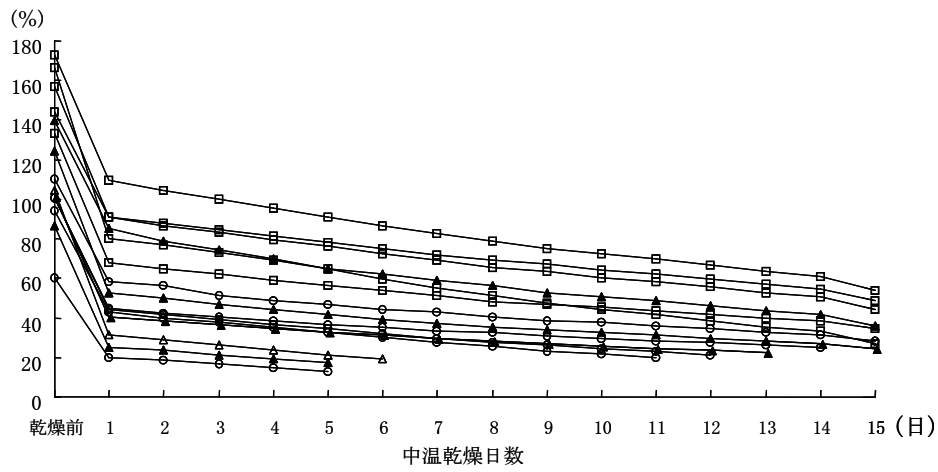


図-7 1m材の含水率推移

に、60Hzで15日、40Hzで11日要した。これは、40Hzの乾燥前含水率が60Hzに比べ低かったことが影響したと考えられた。当初含水率120%を超

える材は多くが11~15日では25%に達しなかったものの、25%以下に到達した他の材と同様の含水率低下傾向を示したことから、L、M材は約18

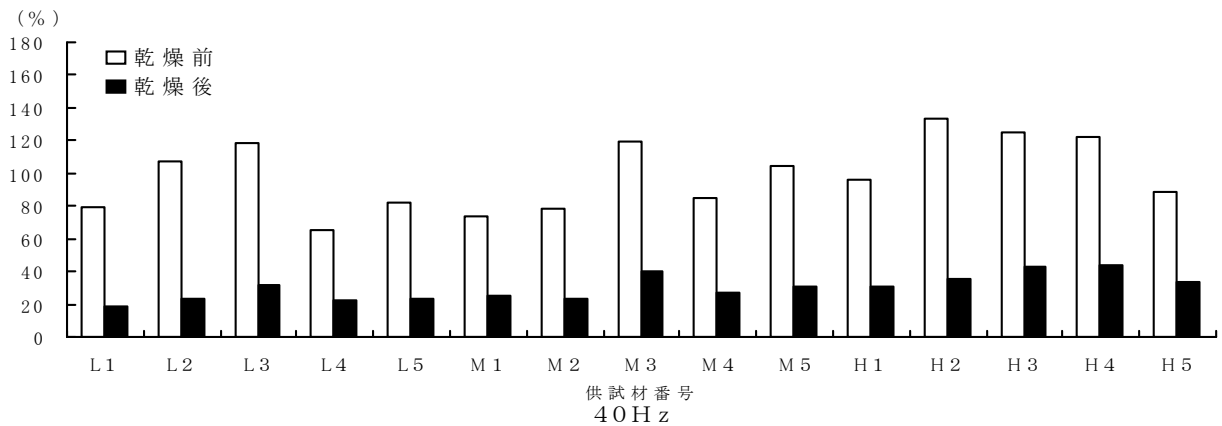
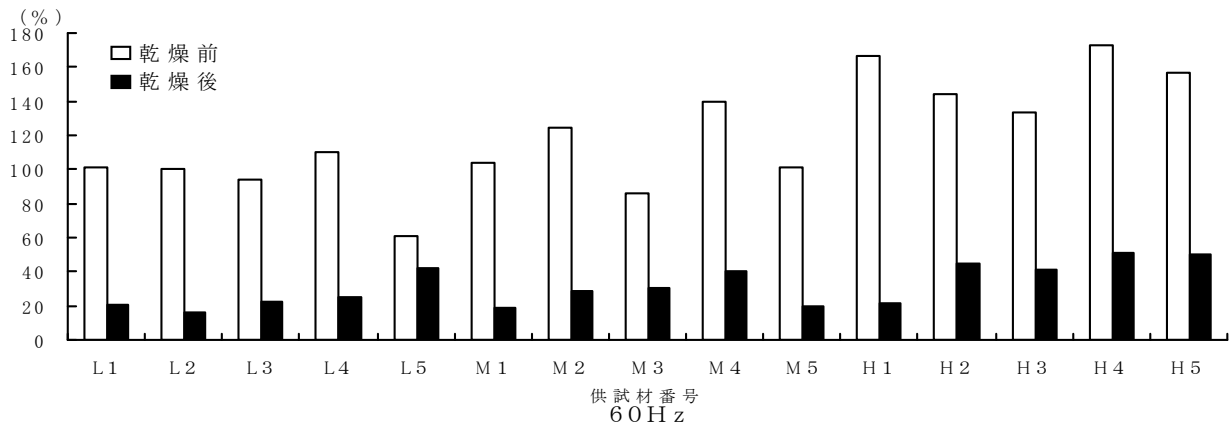


図-8 3m材の送風条件別含水率の変化

日、H材では約23日で達成すると推定された。3m材の送風条件別含水率の変化を図-8に示す。60Hzと40Hzのいずれにおいても、半数が25%に達しており1m材同様に含水率が低下したと考えられた。断面の大きな梁桁材の中温乾燥では、日数が多くかかるため、モーターの回転数をインバーターによって減らし消費電力を抑えることは、経費低コスト化の一つの手段として有効であると考えられた。

乾燥後の3m材内の含水率の分布状況を、送風条件別に図-9に示す。60Hzと40Hzのいずれにおいても、外層は20%前後まで乾燥していたが、内層は乾燥前含水率が高いほど乾燥後も含水率は高く、内層と外層の含水率差は大きい傾向が認められた。これは、高含水率材は内部が乾燥するのに時間がかかるためと考えられた。

表面割れ面積と乾燥後外層含水率の関係を図-

10に示す。60HzではH材が $19.90 \pm 11.54 \text{cm}^2$ 、M材が $35.97 \pm 30.42 \text{cm}^2$ 、L材が $16.70 \pm 13.56 \text{cm}^2$ と材ごとのバラツキが大きかった。40Hzでは、H材が $6.34 \pm 4.70 \text{cm}^2$ 、M材が $5.25 \pm 5.10 \text{cm}^2$ 、L材が $8.46 \pm 3.81 \text{cm}^2$ であり、60Hzと比べ表面割れ面積が小さかった。これは、乾燥時間が長くなると、風量強い60Hzは材表面の乾燥が早く進行し表面割れが発生したのに対し、40Hzは風量が弱いため表面割れの発生が少なくなったと推察された。内部割れは全ての3m材で発生しなかった。これは、高温による内部割れが発生する前に中温乾燥に移行したためと考えられた。

以上のことから、スギ梁桁材の人工乾燥でインバーター使用の40Hzでは、含水率低下や材内の水分傾斜、内部割れにおいて60Hzとの送風の違いによる差は認められず、表面割れは小さかった。現在、ファンモーターの動力消費は人工乾燥装置総

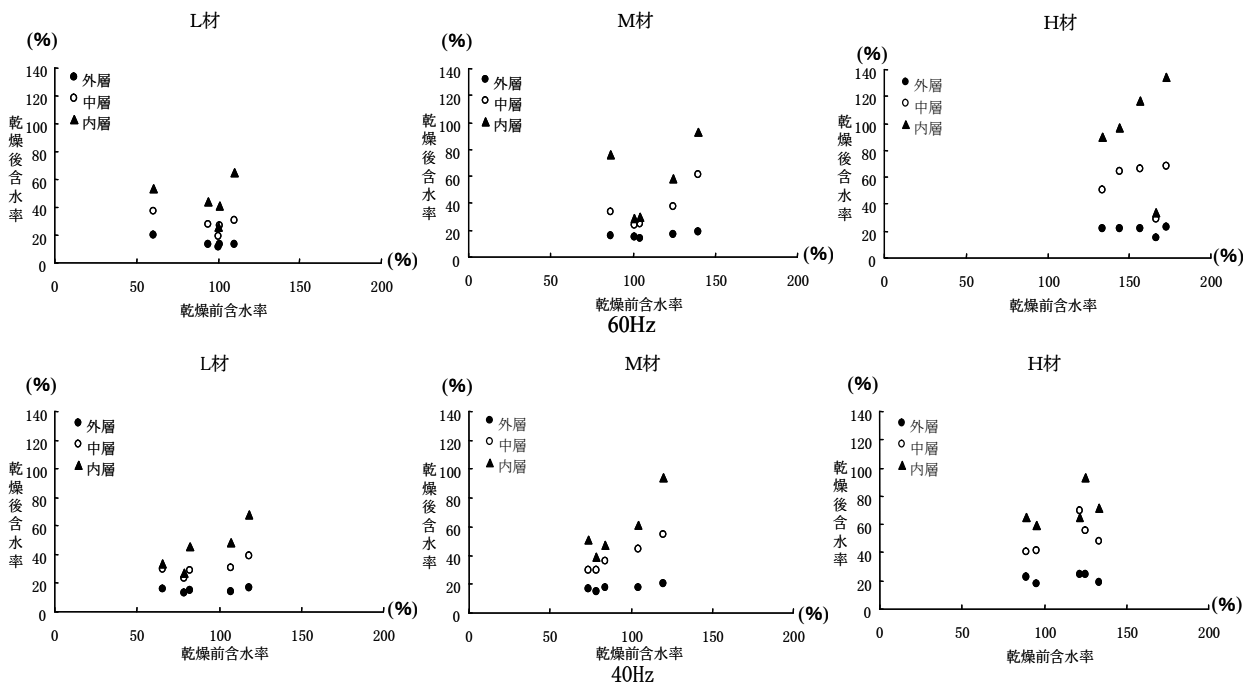
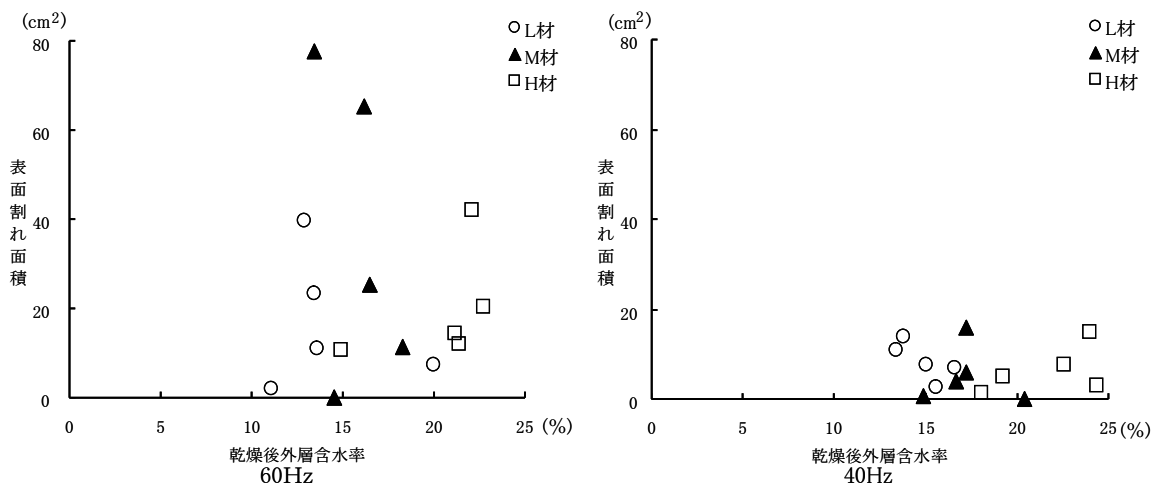


図-9 3m材の送風条件別含水率



電力の約90%を占めると言われている。また、モーターの電力消費は、運転風量、すなわち回転数の3乗に比例する(齋藤, 2009)。したがって、60Hzと比べインバーター使用で40Hzに設定することで消費電力は約30%に抑えられ、低コスト化の可能性が示唆された。

引用文献

- 齋藤周逸 (2009) 乾燥材生産における省エネルギー対策 木材工業 Vol. 64, No. 11 : 528-532
- (社)全国木材組合連合会(2006) 乾燥材生産の技術マニュアル、111pp