

大径材から得られるスギ製材品の最適な乾燥技術の確立（第1報） —心持ち平角材の乾燥技術—

日高富男*, 福留重人*, 中原 亨*, 山角達也**, 山之内清竜*

Establishment of the most Suitable Drying Technique Using Sugi Lumber from a Large Diameter Log (I) — Drying Technique of Boxed Heart Squared Sawn Timber —

Tomio HIDAKA, Shigeto FUKUDOME, Toru NAKAHARA, Tatsuya YAMAZUMI and Kiyotatsu YAMANOUCHI

スギ心持ち平角材(135mm×200mm×3,000mm)を対象に、蒸煮処理及び高温低湿処理後に中温乾燥を行い、含水率経過、割れ、変形等を測定し、適正な乾燥スケジュールを検討した。その結果、今回の乾燥試験では、初期重量と初期含水率には高い相関が見られた。また、蒸煮処理及びDS処理を行うことで初期含水率は30～40%減少した。さらに、含水率20%以下になるまでの乾燥速度は、乾燥温度が高くなるほど速くなった。なお、内部割れは全試験体の82%に発生したがその程度は小さく、また乾燥条件による差も小さかった。

Keyword: 心持ち平角材, 高温低湿処理, 中温乾燥, 乾燥速度, 割れ

1. 緒 言

近年、木造住宅の性能と品質に関わる法規制が強化されており、木造建築物は長期間の性能保証が求められている。木造住宅の耐久性を高めるためには、構造・工法のような建築技術は勿論であるが、それ以前に材料の乾燥が確実にされていることが最重要となる。

特に、「特定住宅瑕疵担保責任の履行の確保等に関する法律」（平成19年施行）においては、新築住宅の売り主等は、住宅の主要構造部材の瑕疵について10年間の瑕疵担保責任を負うことが規定されている¹⁾。

今後、住宅完成後に生じる不具合を避けるためには、乾燥木材が求められることは必至であると思われる。

県内では、戦後大量に植林されたスギが既に主伐期を迎え、末口直径30cm以上の大径材の出材量が増加してきている。また、県内で生産されるスギ材は、南九州特有のオビスギ系統の黒心材が多く、その特徴として初期含水率が高く、さらに含水率のばらつきも大きいため、乾燥速度が遅いものが多い。そのため材質に適した乾燥スケジュールの確立が必要不可欠である。

本研究では、これまで取り組んできた柱材の複合乾燥技術²⁾を応用して、心持ち平角材を対象に蒸煮処理及び高温低湿処理後に中温乾燥を行い、含水率、割れ、変形等を測定し、適正な乾燥スケジュールを検討したので報告する。

2. 材料及び試験方法

2. 1 供試材

供試材は、末口直径30～36cmの県内産スギ丸太から製材した心持ち平角材で、製材寸法は、厚さ135mm、幅200mm、長さ3,000mmとした。また、平角材の4面は図1のとおり、a面、b面、c面及びd面とした。

2. 2 乾燥試験

心持ち平角材の乾燥は、表面割れの抑制と初期含水率の低減を図るため、最初に蒸煮処理（乾球温度：以下DBT95℃、湿球温度：以下WBT95℃で12時間）を行った後、高温低湿処理（以下DS処理：DBT 120℃、WBT90℃で15時間）を行った。その後、表1に示す3種類の中温乾燥条件で試験を行った。また、各乾燥試験では平角材10～12本を供試した。試験は、東北通商(株)製の木材乾燥装置S DM型を使用した。

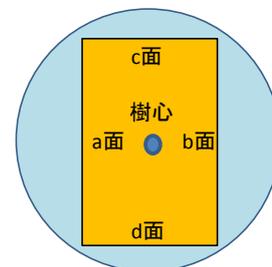


図1 心持ち平角材の木取りと各面の配置

表1 中温乾燥条件

乾球温度(°C)	湿球温度(°C)
90	60
70	40
50	30

*地域資源部

**研究主幹（企画支援担当）

なお、各乾燥試験において、製材直後の重量が最も重い心持ち平角材をH材、最も軽いものをL材、その中央のものをM材とし、それらについて、随時重量を測定し、乾燥経過を観察した。

乾燥終了後に両木口から500mmの部位から試験片を採取し、乾燥後に測定した重量から逆算して含水率経過を算出した。

2. 3 乾燥材の評価

表面割れは、乾燥終了後に全ての面上に発生した割れを測定し、内部割れは含水率試験片を切り取った両木口から500mmの断面上の割れを測定し、割れ面積を算出した。割れ面積(A)は、それぞれの割れの最大幅(W)と長さ(L)から(1)式で算出し、その合計を供試本数で除して平均割れ面積を算出した。

$$A = W \times L / 2 \dots (1)$$

乾燥後の変形は、曲がり、縦反り、ねじれについて測定した。乾燥前後の曲がり、a面、b面の両材端中心部間に水糸を張り、糸と材表面の隙間の最大矢高を測定した。縦反りは、c面、d面の両材端中心部間に水糸を張り、糸と材表面との隙間の最大矢高を測定した。ねじれは、a面、b面の両材端対角線上に水糸を張り、糸と材表面との隙間の最大矢高を測定した。

3. 結果及び考察

3. 1 初期重量と初期含水率

製材直後の初期重量と初期含水率の関係を図2に示す。初期重量と初期含水率は高い相関が見られた。このことから、乾燥前の初期重量から初期含水率を高い精度で推定できることが示唆された。

3. 2 蒸煮処理及びDS処理の経過

各中温乾燥を行う前の蒸煮処理及びDS処理の乾燥機内の経過を図3～5に示す。

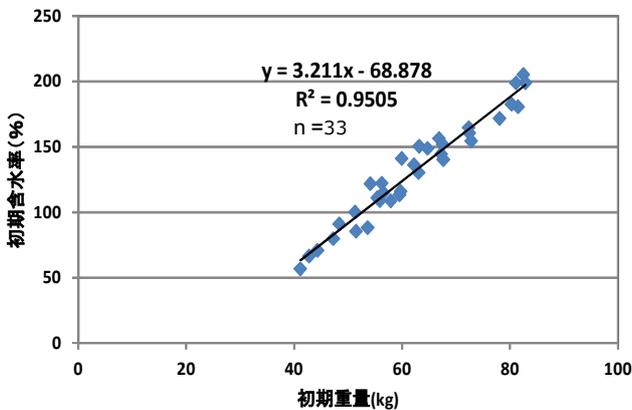


図2 初期重量と初期含水率の関係

図5の蒸煮処理では、湿球温度は設定温度である95℃より20℃低くなり、また、DS処理でも湿球温度が設定温度90℃に対して5℃ほど低く推移し、設定の蒸煮処理及びDS処理が出来なかった。これは、湿球測定用のガーゼの管理に問題があったためと考えられる。

各乾燥条件毎の蒸煮処理及びDS処理後の初期含水率の減少率を表2に示す。各乾燥条件におけるH材、M材及びL材の含水率は、約30～40%の減少が見られ、DS処理が初期含水率の低減に寄与することが示唆された。

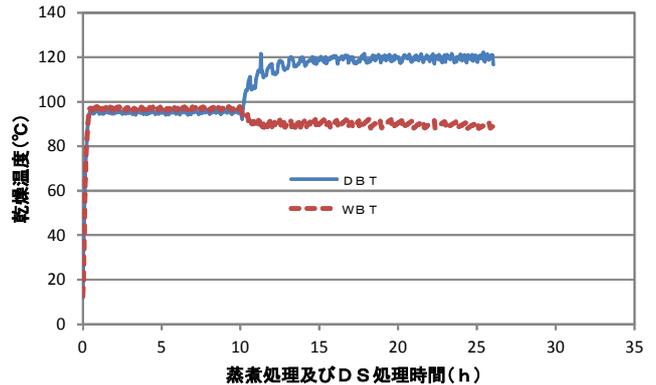


図3 DBT90°C, WBT60°C用の蒸煮処理及びDS処理の経過

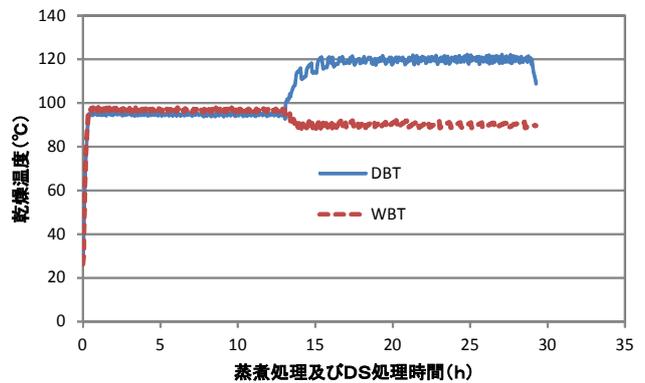


図4 DBT70°C, WBT40°C用の蒸煮処理及びDS処理の経過

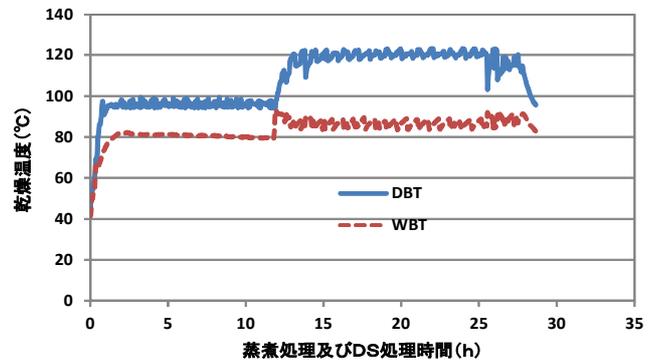


図5 DBT50°C, WBT30°C用の蒸煮処理及びDS処理の経過

表2 蒸煮処理及びDS処理後の初期含水率の減少率

乾燥条件	DS処理後の初期含水率の減少率(%)			
	H材	M材	L材	平均
DBT90℃, WBT60℃	32.6	32.5	31.8	32.3
DBT70℃, WBT40℃	35.7	39.4	37.7	37.6
DBT50℃, WBT30℃	39.0	38.5	39.7	39.1

3.3 乾燥経過

各乾燥条件の乾燥経過を図6から図8に示す。また乾燥条件と仕上がり含水率までの乾燥速度を表3に、各乾燥条件の乾燥前後の含水率の範囲を表4示す。

DBT90℃, WBT60℃の乾燥条件では、含水率20%以下に達するのに、H材は689時間（28.7日）、M材は576時間（24.0日）、L材は455時間（19.0日）を要した。

DBT70℃, WBT40℃の乾燥条件では、含水率20%以下に達するのに、H材は834時間（34.8日）、M材は554時間（23.1日）、L材は440時間（18.3日）を要した。

DBT50℃, WBT30℃の乾燥条件では、H材は1100時間（45.8日）含水率30%になり、M材は628時間（26.2日）で、L材は355時間（14.8日）で含水率は20%になった。

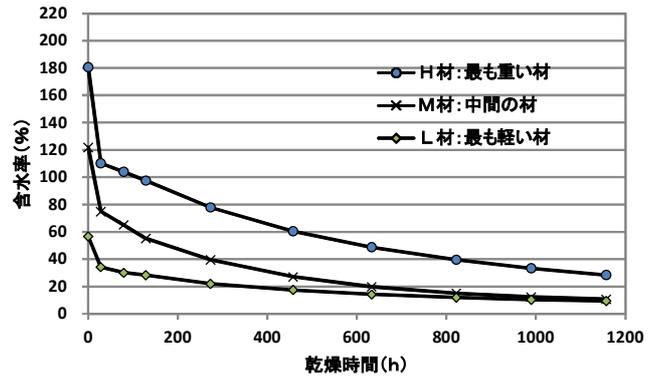


図8 DS+DBT50℃, WBT30℃の乾燥経過

表3 乾燥条件と仕上がり含水率までの乾燥速度

乾燥条件	区分	初期含水率 (%)	仕上がり含水率 (%)	乾燥時間 (h)	乾燥速度 (%/hr)	乾燥速度の平均
DBT90℃, WBT60℃	H材	199.0	20	689	0.26	0.23
	M材	154.4	20	576	0.23	
	L材	113.3	20	455	0.21	
DBT70℃, WBT40℃	H材	160.5	20	834	0.17	0.16
	M材	122.2	20	554	0.18	
	L材	79.8	20	440	0.14	
DBT50℃, WBT30℃	H材	180.6	30	1100	0.14	0.13
	M材	121.8	20	628	0.16	
	L材	56.7	20	355	0.10	

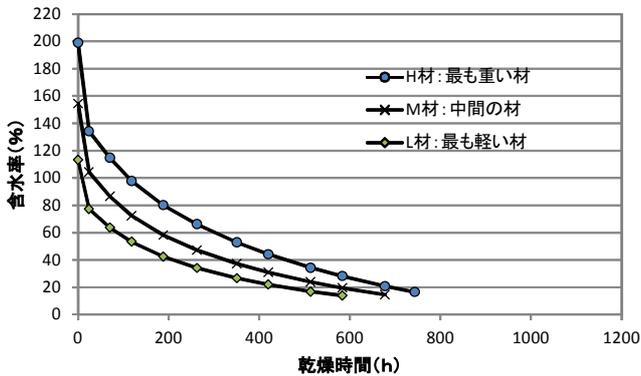


図6 DS+DBT90℃, WBT60℃の乾燥経過

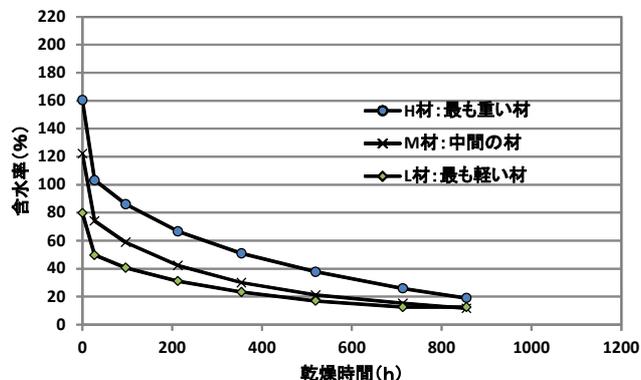


図7 DS+DBT70℃, WBT40℃の乾燥経過

表4 各乾燥条件と乾燥前後の含水率の範囲

乾燥条件	初期含水率 (%)				仕上がり含水率 (%)			
	最小	平均	最大	標準偏差	最小	平均	最大	標準偏差
DBT90℃, WBT60℃	113.3	161.5	205.2	31.2	12.4	14.7	16.6	3.7
DBT70℃, WBT40℃	79.8	122.9	160.5	26.3	11.6	14.3	19.0	2.2
DBT50℃, WBT30℃	56.7	105.9	180.1	39.0	3.6	12.3	28.3	6.6

各種乾燥条件における含水率20%以下になるまでの乾燥速度は、DBT90℃とDBT70℃を比較するとDBT70℃に対してDBT90℃では、H材は1.5倍、M材は1.3倍、L材は1.4倍速くなり、乾燥速度の平均ではDBT90℃がDBT70℃より1.4倍乾燥速度が速くなった。

DBT90℃は、3乾燥条件の中で初期含水率の最大値が最も高かったが、仕上がり含水率の最大値は最も低く、また、ばらつきも小さかった。また、DBT70℃は、3乾燥条件の中で初期含水率のばらつきが最も小さく、また、仕上がり含水率のばらつきも最も小さかった。

3.4 表面割れ

各乾燥条件で発生した乾燥終了後の表面割れの平均面積と蒸煮処理時の乾湿球温度差を表5に示す。蒸煮処理の際に乾湿球温度差が生じた乾燥条件で表面割れが多く発生した。これは、蒸煮処理の際に乾湿球温度95℃で処理される

表5 乾燥条件と平均表面割れ面積

乾燥条件	面積 (cm ²)	乾湿球温度差 (°C)
DBT90°C, WBT60°C	2.5	0
DBT70°C, WBT40°C	4.4	0
DBT50°C, WBT30°C	35.0	20

表6 乾燥条件と平均内部割れ面積

乾燥条件	面積 (cm ²)	割れた本数 (本)
DBT90°C, WBT60°C	0.6	12/12
DBT70°C, WBT40°C	0.3	11/12
DBT50°C, WBT30°C	0.1	5/10



図9 DBT90°C, WBT60°Cで発生した内部割れ

べき条件が、乾湿球温度に差が生じてしまったために、蒸煮処理時に材表面の乾燥が進み、材内部との水分傾斜が大きくなり、表面割れが発生した³⁾ことが原因と考えられる。

3.5 内部割れ

各乾燥条件で発生した内部割れの平均面積と内部割れの発生した本数を表6に、内部割れの写真を図9に示す。

内部割れは全試験体の82%に発生したが、その程度は小さくまた乾燥条件による差も小さかった。

また、発生した内部割れの形状は、どの断面でも髄から半径方向に発生した。

3.6 変形

3つの乾燥条件の変形（曲がり、縦反り及びねじれ）の種類と最大矢高を表7に示す。曲がり、縦反り及びねじれの何れにおいても乾燥条件による大きな差は認められなかった。曲がりの最大値が10mm以上のものは乾燥条件ではなく材質によるものと見なし、測定から除外した。それは、DBT90°Cの条件で2本、DBT50°Cの条件では2本あった。

表7 各乾燥条件の変形の種類と変形量

乾燥条件	変形の種類と変形量 (mm)								
	曲がり			縦反り			ねじれ		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大
DBT90°C, WBT60°C	0.0	2.8	6.0	0.0	2.3	4.0	1.5	2.6	4.5
DBT70°C, WBT40°C	0.0	2.7	9.5	1.0	4.0	7.0	1.0	4.2	8.5
DBT50°C, WBT30°C	1.5	3.0	6.0	0.0	3.1	5.0	0.0	2.9	5.0

製材品のJAS規格では曲がりの許容範囲は、材長に対して0.2%（6mm）以下であり、これに合格しない材がDBT70°Cで2本発生した。なお、縦反りとねじれについては規格がないが、参考値として測定した。

4. 結 言

蒸煮処理及びDS処理した心持ち平角材を対象に3種の中温乾燥を行った結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 初期重量と初期含水率は高い相関が見られた。
- (2) 蒸煮処理及びDS処理を行うことで初期含水率は、H材、M材及びL材で約30～40%減少した。
- (3) 各乾燥条件において含水率20%になるまでの乾燥速度は、乾燥温度が高いほど速くなり、DBT90°CがDBT70°Cに比べ1.4倍速くなった。
- (4) いずれの乾燥条件においても、含水率20%になるまでの乾燥時間が異なることから仕上がり含水率を管理する上で、重量区分を行うことの重要性が確認できた。
- (5) 表面割れは、蒸煮処理の際に乾湿球温度差が生じなければ面積を小さくできる。
- (6) 内部割れは、全試験体の82%に発生したが、その程度は小さくまた乾燥条件による差も小さかった。

参 考 文 献

- 1) 特定住宅瑕疵担保責任の履行の確保等に関する法律，平成19年法律第66号
- 2) 日高富男，福留重人，小幡透，山之内清竜：鹿児島県工業技術センター研究報告，**26**，57-60(2012)
- 3) 寺沢真，筒本卓造：“木材の人工乾燥-改訂版”，日本木材加工技術協会(1989)p. 44-53