

広葉樹人工乾燥材の 乾燥応力と天然乾燥期間

伊藤 洋一

Relationships between Relief of the Stress Occurring during Kiln-Drying and the Term of Air-Drying in Hardwood Lumber

Youichi ITO

Specimens (27(R) × 150(T) × 1,200(L) mm) to be measured for strain were prepared from three Japanese Oak (*Quercus mongolica* var. *grosserrata* Rehder et Wilson) logs. Each specimen was kiln-dried after air-drying. Air-drying terms were 0, 1, 6 and 12 months. The standard kiln-drying schedule was adopted for Japanese Oak of Hokkaido. The target moisture content at the end of kiln-drying was 6%.

The results of the studies are summarized as follows:

- 1) Longitudinal direction strain affected the crook and bow. When these factors are regarded as important, air-drying for 6 and 12 months is suitable.
- 2) Tangential direction strain affected the cup and tangential shrinkage. In a strain test sample, when these factors are regarded as important, air-drying for 12 months is suitable.
- 3) The check area of the pith side of sample boards is one of the criteria for controlling the kiln-drying schedule. It shows that air-drying conditions for 6 and 12 months are suitable for kiln-drying.

Keywords : drying stresses, *Quercus mongolica*, strain, check, drying time
乾燥応力, ミズナラ, ひずみ, 割れ, 乾燥時間

3本のミズナラ原木から木取った試験体を用いて、ひずみ計測を行った。1枚の試験体の寸法は、厚さ27×幅150×長さ1,200mmである。各試験体は天然乾燥の後、人工乾燥された。天然乾燥期間は、0、1、6、12か月である。人工乾燥スケジュールは、北海道産のミズナラを乾燥するために一般的に採用されているものである。仕上がり含水率は6%になるように設定した。

結果を要約すると以下のとおりである。

- 1) 長さ方向のひずみ量変化は、曲がりや縦ぞり等に関わる。これらの項目を重要視するときは、天然乾燥期間が6か月および12か月の条件が推奨される。
- 2) 接線方向のひずみ量変化は、幅ぞりや接線方向の収縮量等に関わる。これらの項目を重要視するときは、天然乾燥期間12か月の条件が推奨される。
- 3) 木裏面の割れ量は、乾燥スケジュール制御のための判断材料のひとつである。この割れ面積から判断すれば、6か月と12か月の条件が適している。

1. はじめに

木材の人工乾燥中に発生する応力に関しては、古くから研究が重ねられてきており¹⁻⁷⁾、すでにこれを基準に乾燥スケジュールを組み立てようとする試みも行われてきている⁸⁻¹²⁾。しかし、乾燥経過中のひずみの変化は非常に複雑であり、特にミズナラにおいては、ひずみはわずかな条件変化によって大きく変動することもあるため、その現象を理論的に説明することは困難な点も多い¹²⁻¹⁴⁾。

したがって、ひずみの変化だけを判断材料とした制御方法を実用的に使用することは、現時点においては難しい。他の手法と組み合わせて考えていくことが必要であろう¹⁵⁻¹⁸⁾。狂いに関しては、圧縮乾燥により縦ぞりやねじれを効果的に抑えることは可能であるが、曲がりについては抑制が困難であり、かつ歩留まり等の観点からも影響が大きい。

そこで本報告では、乾燥スケジュールを制御するための補助的な判断材料として、ひずみを活用するための手法について検討した。また、応力低減に有効な天然乾燥の期間について考察した。

なお、「第7回 IUFRO 国際木材乾燥会議」(2001年7月、つくば市)において本研究を発表した。

2. 試験方法

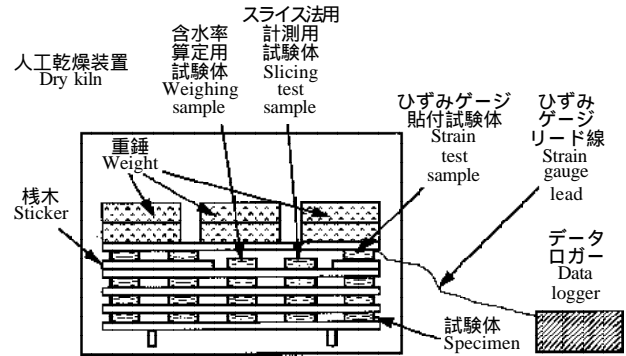
2.1 試験体

測定した材料は、3本のミズナラ原木(末口径36cm、長さ2.6m)から板目木取りで製材した厚さ27×幅150×長さ1,200mmの試験体64枚である。

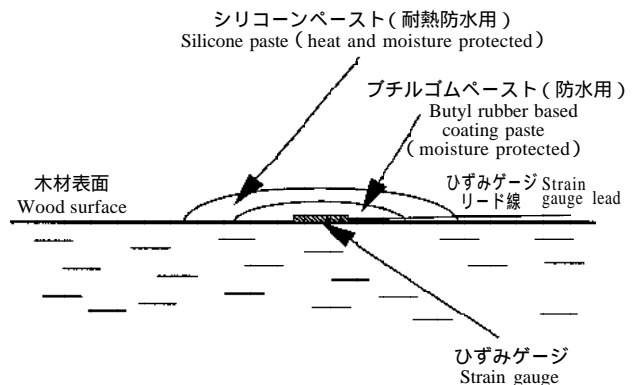
2.2 乾燥条件

前述の試験体を16枚ずつ4条件で天然乾燥した。場所は北海道旭川市で天然乾燥期間は、0,1か月(1999年7～8月)、6か月(2000年5～11月)、12か月(1999年7～2000年7月)である。

各試験体はこの後、標準的なスケジュール¹⁹⁾で人工乾燥を行った。その温湿度条件は、乾球温度:45～70、乾湿球温度差:3～28、イコーライジング24時間、コンディショニング24時間で、仕上がり含水率6%を目標に実施した。使用した乾燥装置は、ヒルデブランド社製74-1-H(収容材積1.5m³)である。また、ねじれを抑制することを目的として、圧縮乾燥を実施した。重錘量は350kg、栈木の単位面



第1図 人工乾燥装置内に設置した試験体
Fig. 1. Test samples of measuring strain and moisture content in dry kiln.



第2図 ひずみゲージのコーティング方法
Fig. 2. Coating method of the strain gauge.

積当たりにかかる圧力は約38kPaである。

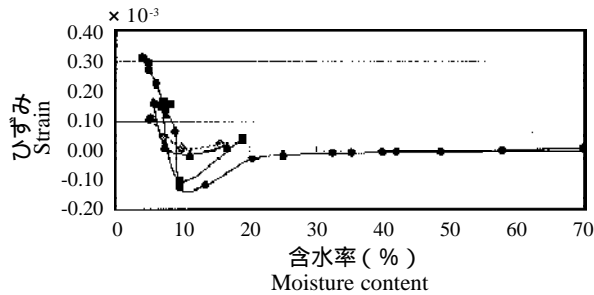
2.3 ひずみ測定

人工乾燥中の各試験体は、第1図に示すように試験体3体を用いて、重量計測による含水率算定、ひずみ量計測試験片を木取ることによるひずみ計測(スライス法²⁰⁾)、ひずみゲージをデータロガーに接続することによるひずみ計測をそれぞれ行った。

使用したひずみゲージは、共和電業製KFG-02-120-C1-11-L5M3Rで、自己温度補償型である。貼付か所は、なるべく一様な条件を確保するため、試験体の早材部とした。また、乾燥装置中で使用するため熱と水から保護することを目的として、2種類のコーティング剤を使用した(第2図)。データロガーは共和電業製UCAM-5BTSを使用した。

2.4 割れ測定

すべての試験体について、人工乾燥中に発生した

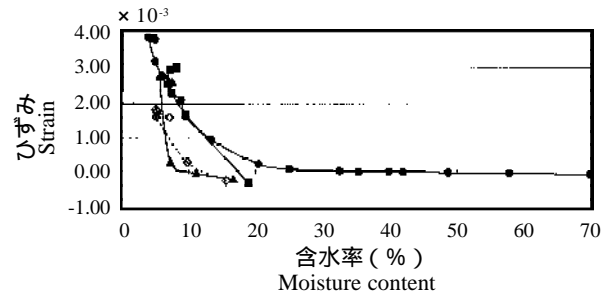


第3図 天然乾燥期間ごとの人工乾燥中のひずみ量変化(長さ方向)

凡例: 天然乾燥期間: —: 0か月, —: 1か月, —: 6か月, ---: 12か月

Fig. 3. The change of longitudinal direction strain during kiln-drying at each air-dry term.

Legend: Air-dry term: —: 0 months; —: 1 month; —: 6 months; ---: 12 months

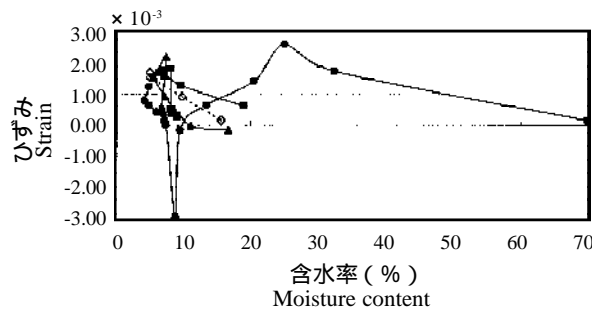


第4図 天然乾燥期間ごとの人工乾燥中のひずみ量変化(接線方向)

凡例: 第3図参照

Fig. 4. The change of tangential direction strain during kiln-drying at each air-dry term.

Legend: Symbols are shown in Fig. 3.



第5図 スライス法による天然乾燥期間ごとの人工乾燥中のひずみ量変化(接線方向)

凡例: 第3図参照

Fig. 5. The change of tangential direction strain by slicing test sample during kiln-drying at each air-dry term.

Legend: Symbols are shown in Fig. 3.

割れの測定をおこなった。割れは長さをmm単位で、最大幅を0.1mm単位で測定した。なお、集計の際に用いた割れ面積は、「1本の割れについて「長さ×最大幅/2」で欠損面積を求め、試験体1枚当たりの合計面積を算出した。

3. 結果と考察

3.1 ひずみ量

第3図に、人工乾燥中の長さ方向のひずみ量の変化を天然乾燥期間ごとに示す。天然乾燥0か月と1か月の試験体は、含水率10%前後のひずみの変動が激しい。これは、これらの試験体内部において、人工乾燥中の水分移動が大きいことに起因する乾燥応力の影響と考えられる。これに対して、6および12か月の条件はひずみの変動が少なく、比較的無理のないスケジュールであることが示唆される。長さ方

向のひずみ量変化は、曲がりや縦ぞり等に関わるので、これらの項目を重要視するときは、天然乾燥期間が6か月および12か月の条件が推奨される。

第4図に、人工乾燥中の接線方向のひずみ量の変化を天然乾燥期間ごとに示す。天然乾燥0か月の試験体は、最終的なひずみ値が他の条件に比べて高く、実用的には長期の養生期間が必要であることが予想される。また、天然乾燥1か月と6か月の試験体は、含水率10%前後におけるひずみの変動が激しい。したがって、幅方向の収縮や幅ぞり等に関わる接線方向のひずみ変化の観点から見ると、天然乾燥期間12か月の条件が推奨されることがわかる。

第5図に、スライス法による人工乾燥中の接線方向のひずみ量の変化を天然乾燥期間ごとに示す。天然乾燥0か月の条件の場合は含水率の変化量が大きいので、残留ひずみ量が大きくなっている。天然乾

第1表 天然乾燥期間ごとの人工乾燥中における割れ面積
Table 1. The comparison of check area during kiln-drying .

天然乾燥期間		木裏面割れ面積 (cm ²)					総割れ面積 (cm ²)
Air-dry term		Check area of pith side					Check area of specimens
		平均値	最小値	最大値	標準偏差	変動係数	平均値
		av.	min.	max.	Standard deviation	Coefficient of variation	av.
0か月	0months	0.12	0.01	1.02	0.30	2.57	0.13
1か月	1month	0.05	- 0.03	0.51	0.12	2.65	- 0.08
6か月	6months	0.04	- 0.07	0.17	0.07	1.76	0.05
12か月	12months	0.02	- 0.06	0.15	0.06	1.53	0.03

注：割れ面積 = (人工乾燥後の割れ面積) - (人工乾燥前の割れ面積)
Note : Check area = (Check area after kiln -drying) - (Check area before kiln-drying)

乾燥0か月以外の試験体は、人工乾燥後のひずみの変動は穏やかである。したがって、幅方向の収縮や幅ぞり等に関わる接線方向のひずみ変化の観点から見ると、天然乾燥期間1か月以上の条件が推奨される。

また、人工乾燥を行う際に留意しておくべきこととして、繊維と平行方向（板の長さ方向）の乾燥ひずみの値は、直角方向のひずみより少ないが、その除去のための調湿処理には2～3倍の時間を要する⁵⁾ことがあげられる。乾燥応力に対して慎重に仕上げを行う場合は、より長い天然乾燥期間を設定することが必要であろう。この点については、今後天然乾燥期間と調湿時間との関連性を把握することも必要になると思われる。

3.2 人工乾燥中に発生する割れ

第1表に、天然乾燥期間ごとの人工乾燥後における割れ面積を示す。試験体は乾燥が進むにつれて反っていくので、木表面に比べて木裏面の割れ面積が多くなる。木裏面割れ面積の平均値では0か月、すなわち天然乾燥なしの条件が最も多い。一方、変動係数は0および1か月が高くなっている。これに対して天然乾燥6、12か月の条件のものは、試験体間のバラツキが少ない。このことから、6か月と12か月の条件が適していることがわかる。

サンプル材木表面の割れ量は、反りの影響により、人工乾燥前後で少なくなることがあり、割れの程度を少なく見誤る恐れがある。したがって、木裏面の割れ量は、特に重錘載荷乾燥のときには、乾燥スケジュール制御のための判断材料のひとつである。このことから、定期的に木裏面を観察することが人工

乾燥中の重要な作業となるだろう。

4. まとめ

天然乾燥期間別に人工乾燥中のひずみ量測定を行い、応力低減および狂いの抑制に有効な天然乾燥期間について検討した。その結果は、以下のとおりである。

- 1) 長さ方向のひずみ量変化は、曲がりや縦ぞり等に関わる。これらの項目を重要視するときは、天然乾燥6か月と12か月のスケジュールが推奨される。
- 2) 接線方向のひずみ量変化は、幅ぞりや接線方向の収縮量等に関わる。これらの項目を重要視するときは、天然乾燥期間12か月の条件が推奨される。
- 3) 木裏面の割れ量は、乾燥スケジュール制御のための判断材料のひとつである。この割れ面積から判断すれば、6か月と12か月の条件が適している。

謝 辞

ひずみの測定に関して御指導いただいた独立行政法人森林総合研究所の黒田尚宏氏および小林功氏に深く感謝いたします。

文 献

- 1) McMillen, J. M. : *Forest Prod. J.*, **5**(1), 71-76 (1955).
- 2) McMillen, J.M.: *Forest Prod. J.*, **5**(4), 230-241 (1955).
- 3) Youngs, R.L. and Norris, C.B.: *Forest Prod. J.*, **9**(5), 367-371 (1959).
- 4) 浅野猪久夫, 都築一雄, 鷲見博史: 木材研究,

- 31, 50-58(1963).
- 5) 寺沢 真：木材工業，**18**，2-7(1963).
- 6) 小倉武夫，梅原 誠，小玉牧夫：林業試験場研究報告，No.105，1-32(1963).
- 7) 久田卓興：林業試験場研究報告，No.335，31-130(1986).
- 8) 小林 功，久田卓興：木材工業，**53**，69-73(1998).
- 9) 井阪三郎：木材工業，**32**，8-11(1977).
- 10) 井阪三郎：木材工業，**32**，12-14(1977).
- 11) 西尾 茂：木材工業，**27**，25-27(1972).
- 12) 寺沢 真：木材工業，**26**，7-13(1971).
- 13) Gu, H. M. ; Sharp, A.Z. : *Forest Prod. J.* , **49**(4), 77-86 (1999).
- 14) Svensson, S. ; Martensson, A. : *Holz Roh Werkst.*, **57**, 129-136 (1999).
- 15) 中川 宏 ほか3名：林産試験場月報，**181**，7-12(1967).
- 16) 中川 宏 ほか3名：林産試験場月報，**182**，11-15(1967).
- 17) 中川 宏 ほか3名：林産試験場月報，**184**，1-7(1967).
- 18) 中川 宏：林産試研報，**48**，1-72(1966).
- 19) 北海道林産技術普及協会：“テクニカルノート No.4 木材乾燥(実務編改訂版)”，21 - 25(1992).
- 20) 北海道林産技術普及協会：“テクニカルノート No.1 木材乾燥(基礎編改定版)”，44-46(1985).

(原稿受理：01.8.27)

- 技術部 製材乾燥科 -