

ブナ床板材の人工乾燥 スケジュールについて

寺 沢 真⁽¹⁾

小 玉 牧 夫⁽²⁾

ブナ材は日本産広葉樹中特に狂いやすく、人工乾燥の対象としてはあまり喜ばれない材である。従来人工乾燥操作の要点といえ、乾燥割れに重点がおかれ、この方面の研究成果はかなり充実しているのに反し、乾燥による狂いについてはその発生原因がほとんど解明されておらず、その防止対策も経験的な考えかたによるものが多く、実験結果のうらづけを欠く場合が多いようである。したがって、床板材のごとく同一製品を扱う業界内にあつても、乾燥室型式の差異等とあいまつて各人各様の考えかたと経験により人工乾燥の操作をするため、他樹種と比較して幅の広い操作方法がとられている現状である。

本研究の目的は、操作条件と材の収縮と狂いとの関連性を求め、その他、辺心材の乾燥特性からみた乾燥速度の差異および風速による乾燥速度の相違等を参考とし、現在の I. F. 型乾燥室に適合したブナ床板混材種スケジュールを作らんとしたものである。実験内容は大略4回にわかれ、第1回は各等級の混材種を用い、乾燥初期の温湿度条件と狂いおよび収縮との関係を求め、大略の適合条件を求め次回の試験方針を定め、第2回においては正証目または板目に木取られた無欠点材を用い、細分された条件を比較して収縮率の差異を求め、スケジュールに対する指針を求めた。第3回においては第1回、第2回において大略決定された条件内において最大差の2条件を作り、第1回でおこなつたごとく不良材を含め収縮率および狂いを、乾燥時間の点からその優劣を求めた。第4回においては第3回で集約されたスケジュール内で4種の条件を作り、第1回でおこなつたごとく不良材を含めての混材種を用い、その仕上り比較をおこない最終的結論を得た。

なお、本研究の計画、とりまとめに際してご指導を得た小倉木材部長、前加工科長平井信二氏、また実施に際しては乾燥研究室筒本、佐藤技官ならびに物理研究室梅原技官のご協力をいただいたもので、ここに深く感謝する次第である。

1. 試験 I, 乾燥前期の温湿度変化について

乾燥スケジュールを決定する手段として、まず乾燥末期の条件を一定とし、乾燥初期あるいは中期の条件を種々変化させ、それが収縮率や材の狂いにどのような影響を与えるかを求めようとしたものである。

1.1 実験方法

1.1.1 試験材

試験材は秋田営林局矢島営林署管内産ブナ丸太1本を使用した。材の形態および性質は次のごとく標準的なものと認められる。

(1) 木材部加工科乾燥研究室長・農学博士 (2) 木材部加工科乾燥研究室員

丸太等級：2 等

丸太の直径：60 cm，長さ：240 cm

偽心部の直径：49～50 cm

辺材部の幅：10～11 cm

比重：全乾比重 0.49～0.69 g/cm³，平均 0.60 g/cm³

年輪幅：1.5～2.4 mm，平均 1.8 mm

乾燥速度：心材板目 0.15～0.19 %/h，辺材板目 0.31 %/h（含水率 10%，板厚 2.2 cm，乾球温度 60°C，乾湿球温度差 25°C の時の乾燥速度）

初期含水率：65～100 %，平均 75 %

原木はだら挽きし，長さ方向に 3 等分し，長さ 60 cm，幅 12 cm，厚さ 2.5 cm の試験材（柾目材は数量の都合で長さを 30 cm とし，辺材柾目材は幅 6 cm）とした。これらは辺材，心材，心辺混材についてそれぞれ板目材，柾目材，追柾材にわけ，心材板目材は髓心から 10 cm 以内の心に近い材はすて，柾目材，板目材とも欠点材は除き材質をそろえた。また心材，追柾材のみは A, B, C と試験材の品等区分をおこない，Table 1 に示すように試験材の組み合わせを行ない，1 組 12 枚の試験材グループ 9 組を作った。試験材は試験に供するまで 0～4°C の冷凍室に保管した。

Table 1 試験材の組合せ
Combination of test pieces.

	心材 Heartwood	辺心混材 Mixture material (Sap and heart)	辺材 Sapwood	計 Total
板目 Flat grain	1 本	1 本	1 本	3 本
柾目 Edge grain	1	1	1	3
追柾 A Bastard grain A	2	1	1	4
追柾 B Bastard grain B	1	—	—	1
追柾 C Bastard grain C	1	—	—	1
計 Total	6	3	3	12

A：素状の良い材。Clear pieces.

B：材にわずかな繊維のねじれた箇所のあるもの。Clear pieces having some fiber disorder.

C：B より多目にあるもの。More fiber disorder than the upper.

試験に際し材面は挽肌のままとし，試験材の木口は銀ニスでエンドコーティング (end coating) して蒸発を防いだ。

1.1.2 実験装置

電気加熱式恒温恒湿恒風装置（林試研報 81 号参照）¹⁾ を用い，風速は約 1 m/s の条件下でおこなった。

1.1.3 測定した内容

(1) 収縮試験

板厚の収縮率測定法：板目材は材長の中央部で正しい板目木理の位置で測定をおこない、正しい板目材としての厚さ収縮をしらべた。柁目材は落込みにより、あらかじめ測定位置をきめることが困難であったため、板幅に対し両側 2 cm ずつをのぞき 0.5 cm 間隔に厚さの測定をおこない、乾燥終了後最大収縮率と平均収縮率とを求めた。ただし、乾燥経過中においては測定に時間がかかるため、板幅の中心部 1 箇所の収縮率であらわした。追柁材については木取りに基づく試験材辺と年輪角度の差による収縮率差が生じやすく、収縮率の比較には不適當であるため板幅の中央部 1 点を測定し参考程度にとどめた。測定にはマイクロメーターゲージ付シックネスゲージを使用し Fig. 1 のようにして測定した。

板幅の収縮測定法：あらかじめ生材時に、試験材中央部に板幅より約 1 cm 狭く定尺に固定したキャリパー先端部で突孔を板面にあげ (Fig. 2 参照)、収縮経過はこの孔に前記キャリパーの先端部を合わせて測定した。収縮率の測定値比較は、乾燥終了後約 6 ヶ月放置後の含水率 10~11% のときにおこなった。

(2) 狂いの測定法

乾燥経過中の狂い量の示しかたは、Fig. 3 のように平滑な盤上に試験材をのせ、定められた一方の端を盤上に押しつけ自由な他端が浮き上る量 (自由端の 2 箇所につき mm で示す) で示した。幅反り、弓反りについてはこの方法では測定できないため、幅反りは Fig. 4 のように試験材中央部の板幅 9 cm に対する凹み量の百分率で示し、弓反りは試験材側面の試験材長 (60 cm) における凹み量 (mm) で示した

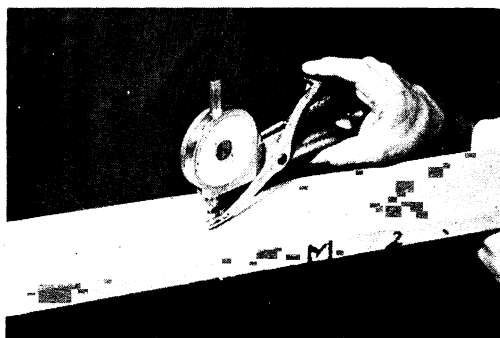


Fig. 1 板厚の測定法
Measuring method of board thickness.

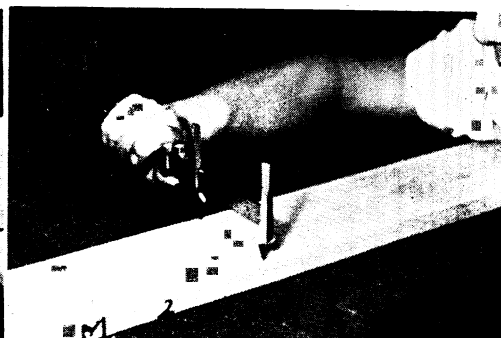


Fig. 2 板幅の測定法
Measuring method of board width.

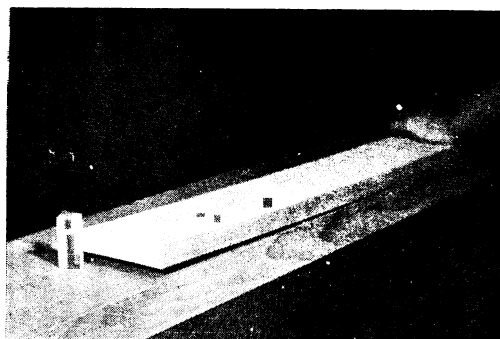


Fig. 3 狂いの測定法
Measuring method of warping.

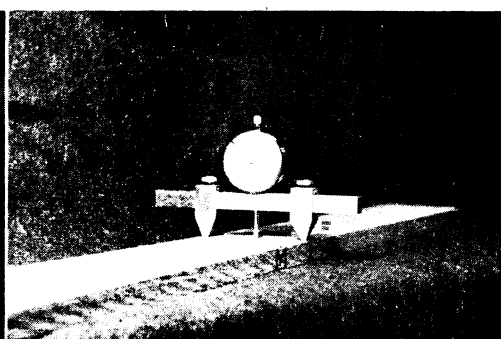
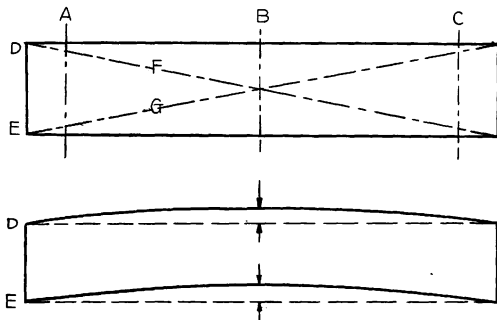


Fig. 4 Cupping の測定法
Measuring method of cupping.



弓ぞりの測定法
Measuring method of crooking

Fig. 5 各種の狂い測定位置
Measuring place of each warping.

- A. B. C: Show measuring point for cupping.
- D. E: Show measuring point for crooking.
- F. G: Show measuring point for twisting and bowing.

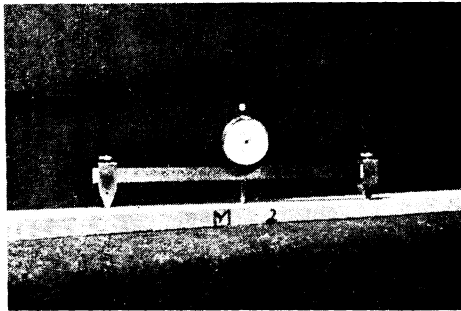


Fig. 6 たてぞりの測定法
Measuring method of bowing.

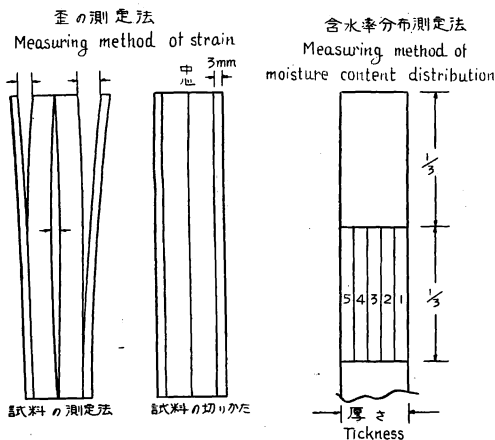


Fig. 7 歪みおよび含水率分布の測定法
Cutting methods of test pieces on measuring of strain and moisture content distribution.

(Fig. 5 参照)。

乾燥終了後の狂い量比較に際しては、狂いの性格を細かく分類する必要があるため、上記の盤上に押しあてる方法をやめ、弓反り、幅反りを含め試験材の Fig. 5 に示された位置につき試験材表裏の凹み、あるいは凸量を求め、相対する表裏の値を平均した(弓反りは側面の平均)。

狂い量の示しかたは、幅反りにあつては板幅 9 cm についての凸または凹の量 (mm) で示すか、または 9 cm 幅に対する百分率で示し、他はすべて材長(対角線の長さ)における凹または凸量 (mm) で示した。また、凸または凹型のあらわしかたは凹を正、凸を負の符号で示した。測定には Fig. 6 に示すダイヤルゲージ付矢高測定器を用いた。

(3) 乾燥歪および水分分布の測定法

乾燥後の残留歪をしらべるため Fig. 7 に示す櫛型試験片を作成した。変形量は mm 単位で示し、中央部の O 型開きに対しては正の符号、末端部の V 型開きに対しては負の符号とし、外層部の変型に対しては左右の平均で示した。試験材は心材追証 A 級材を用い、測定に際しては乾燥終了直後、コンディショニング中、処理後等に 2 組ずつの幅 2 cm の試験片をとり、一方は直ちに櫛型試験をおこない、他方は 3 日放置後に櫛型試験をおこなつた。水分傾斜は歪試験片をとる際、隣接した部分で試料をとり、Fig. 7 に従い試験片中央部の長さの 1/3 の部分で測定した。なお、試験片採取時の平均含水率は断面全体の平均値で示した。

(4) その他の観察

乾燥経過中は 1 日 2 回以上全試験材の重量を測定し、その際木口割れ、表面割れ、変色等についてできるだけ詳細に記述をおこなつた。また、乾燥終了後おのおのの測定を完了した材は、中央部を鋸断し内部割れの測定をおこなつた。内部割れは断面における割れの数と長さで示した。

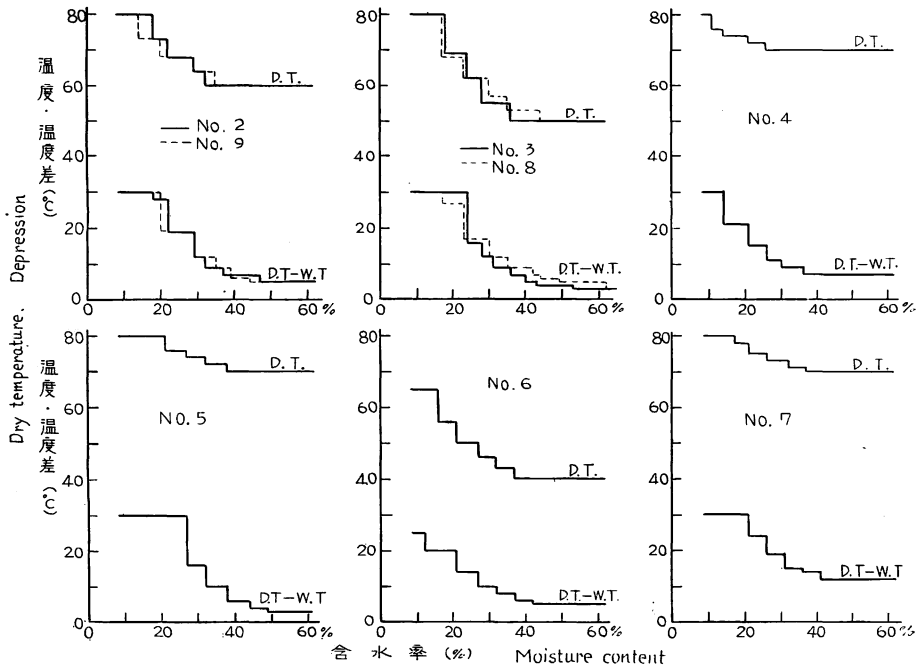


Fig. 8 実験したスケジュール
Drying schedules applied in experiment.

1.1.4 試験の条件

Fig. 8 に示した8種のスケジュールにより乾燥をおこない、乾燥経過中の条件変化は心材追証材の含水率に従った。これらのスケジュール作成は林試研報 No. 81 に発表した乾燥特性曲線で求めた温度差条件¹⁾とマジソン林産試験場のスケジュール²⁾を参考として大略次の規定に従っておこなった (Fig. 9 参照)。なお、このほかに No. 1 として天然乾燥試験を行なった。

- (1) 含水率 45% まで、および 20% 以下の温度差をおおの一定とし、後者は 30°C 一定とした。
- (2) 含水率 35% まで、および 15% 以下の温度をおおの一定とし、後者は 80°C 一定とした。
- (3) 含水率 45% から 20% までの温度差および含水率 35% から 15% までの温度の変化は、含水率の低下に対し放物線的に増加させる。

なお、スケジュール群のうち Fig. 8 の No. 6 と、別途おこなった No. 1 は他のスケジュールとの比較の意味で低温のスケジュールおよび天然乾燥試験をおこなったため、多少前記規定からはずれている。

なお、試験番号中 No. 2 と No. 9, No. 3 と No. 8 は大略類似で後者が強く、天然乾燥の No. 1 とスケジュール試験の No. 9 とは末期を同条件で乾燥した。

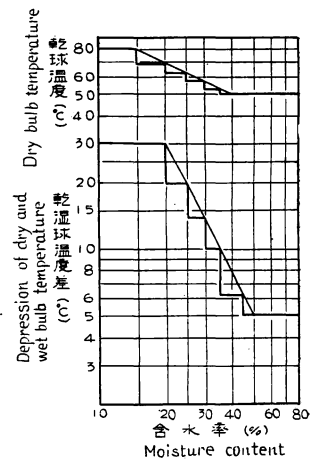


Fig. 9 温湿度の決定方法
Designed rules of dry and wet bulb depression temperature condition.

1.1.5 試験の進めかた

試験材は装置の測定部分においた 5 cm 間隔の棚にのせ、材はおさえず風を試験材の側面から当てた。乾燥経過中は心材追証 A 級材の含水率経過を 2～3 時間おきに測定し、この含水率に従い温湿度を変化した。その他の試験材は大略 8 時間おきに重量、収縮、狂い、割れ等を測定した。

乾燥終了は大略含水率 10% のときを目標としておこない、この時期付近から応力試験、含水率分布測定を開始した。乾燥終了直後、乾球温度 70°C、湿球温度 65°C の条件で 4.5 時間のコンディショニングをおこない、応力試験材のみを残し出炉し、スケジュール指示に用いた心材追証 A 級材は、直ちに中央

Table 2. 試験材の初期含水率と仕上り含水率
Initial and final moisture content of test pieces.

スケジュール 番号	Schedule number	心材 Heartwood						辺材 Sapwood			心辺混材 Mixture material (heart and sap)		
		追証 A (スケジュール 試験材) *Bastard grain A (standard board used for schedule)	追証 A' (応力 試験材) Bastard grain- A'	追証 B Bastard grain- B	追証 C Bastard grain- C	板目 Flat grain	柾目 Edge grain	追証 Bastard grain	板目 Flat grain	柾目 Edge grain	追証 Bastard grain	板目 Flat grain	柾目 Edge grain
No. 1	Ua	—	—	59.5	—	71.7	62.5	58.6	—	64.2	61.2	53.9	59.0
	Ub	—	—	8.4	—	7.5	10.5	6.9	—	3.6	4.0	5.6	3.2
	Uc	—	—	9.6	—	11.5	11.5	8.6	—	6.8	6.5	7.7	6.6
No. 2	Ua	67.1	70.4	71.2	61.9	75.5	73.6	74.4	67.8	69.4	69.8	63.9	65.3
	Ub	10.3	9.4	11.6	10.3	11.2	20.1	3.4	4.9	3.7	7.0	5.8	4.6
	Uc	11.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No. 3	Ua	74.0	75.4	68.3	58.4	78.5	73.7	73.8	80.7	71.5	67.7	69.0	72.7
	Ub	10.5	6.4	7.4	8.5	9.8	10.4	4.8	3.1	3.7	5.7	5.4	4.8
	Uc	11.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No. 4	Ua	69.2	69.7	64.3	64.6	71.9	63.6	74.7	72.5	69.8	73.0	67.4	57.0
	Ub	6.0	4.1	5.0	5.6	4.5	5.2	3.5	3.6	3.0	3.7	4.0	3.3
	Uc	7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No. 5	Ua	77.7	74.8	65.8	67.0	62.0	67.3	79.8	74.4	52.5	59.5	54.3	65.7
	Ub	10.3	8.6	7.2	7.2	7.8	10.5	3.9	4.1	3.0	7.5	6.0	4.4
	Uc	11.1	—	8.9	8.5	9.0	11.5	6.5	6.6	6.6	9.0	7.7	7.0
No. 6	Ua	75.5	55.5	68.5	52.2	61.7	54.3	62.5	49.5	62.4	71.5	59.4	65.3
	Ub	8.8	6.2	10.1	8.2	9.3	10.0	8.0	4.5	4.3	4.0	3.7	4.5
	Uc	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No. 7	Ua	76.4	62.9	47.5	55.5	60.2	51.5	71.5	77.2	60.7	61.6	53.5	60.5
	Ub	8.7	10.3	1.6	6.0	6.2	8.5	4.4	4.0	3.5	6.7	4.4	3.1
	Uc	10.0	—	3.9	8.5	8.4	10.4	7.5	7.5	7.7	8.7	6.7	6.5
No. 8	Ua	79.2	68.5	58.3	65.5	54.7	57.7	61.3	70.8	61.8	55.0	62.7	61.1
	Ub	10.1	12.2	7.2	7.6	7.5	9.4	3.1	4.5	3.5	6.0	7.0	4.0
	Uc	11.5	—	9.2	10.0	9.2	11.1	6.9	7.7	6.8	8.1	9.0	7.7
No. 9	Ua	70.1	67.6	62.0	58.4	58.0	54.4	66.4	68.1	61.7	61.9	57.0	60.7
	Ub	6.6	15.2	7.7	7.6	7.1	9.6	4.0	4.2	2.8	5.8	7.5	4.3
	Uc	8.2	—	9.1	9.4	8.8	10.6	6.3	6.5	6.2	7.7	9.1	7.0

Ua : 初期含水率 Initial moisture content. (%)

Ub : 乾燥後含水率 Final moisture content. (%)

Uc : コンディショニング後含水率 Moisture content after conditioning.

* Bastard grain A : According to the moisture content of standard board, the temperature and humidity were changed.

部で鋸断し、含水率補正をおこなった。応力試験材はコンディショニングを引き続き6時間おこなった。

乾燥終了後材は室内に放置し、含水率が11%前後に平衡したところに(約6ヵ月後)狂い、収縮等を再測定し、その後切断して含水率の調整あるいは幅反り量の修正にするための髓線角度の測定などに供した。

1.2 試験結果

1.2.1 含水率経過および乾燥による変形の経過

先に述べた乾燥条件に従い実際に乾燥されたおのおのの材についての乾燥前の初期含水率、終了時の含水率、乾燥時間等を Table 2 および 3 に示す。乾燥経過中の表面割れは乾燥開始後 10~20 時間ごろに発生しやすく、心材板目材はほとんどのスケジュールで微細ながら発見された。また、心材追柾材では No. 2, No. 4, No. 5, No. 7, No. 9 の条件にみられた。木口割れおよび辺材板目材の表面割れは No. 4, No. 5, No. 7, No. 9 の条件にみられ、大略乾燥開始後 10~20 時間ごろに発生した。乾燥終了後の内

Table 3. スケジュール別の乾燥時間
Time of drying in each schedule.

スケジュール番号 Schedule number	全乾燥時間 Drying time in kiln hr	含水率 60% から 10% までの乾燥時間 Drying time from 60% to 10% moisture content hr *
	20 days (air dried)	
No. 1	46.0	—
No. 2	88.0	85.0
No. 3	134.0	124.0
No. 4	129.0	90.0
No. 5	95.0	82.0
No. 6	214.0	188.0
No. 7	76.0	61.0
No. 8	141.0	117.0
No. 9	93.0	77.0

* 心材追柾 A : (スケジュール誘導材) による。
Heart wood with bastard grain A.

Table 4. 内部割れおよび木口割れの数
Number of honeycombing and end checking.

スケジュール番号 Schedule number	材種 Species	内部割れ Honeycomb		木口割れ End check	
		長さ Length (mm)	本数 Number	長さ Length (mm)	本数 Number
No. 2	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	7.0	1	—	—
No. 4	心材, 追柾 Heartwood, Bastard grain	10.0	1	—	—
No. 7	心材, 追柾 Heartwood, Bastard grain	8.0	1	—	—
	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	7.0 3.0	1 1	10.0	6
	辺心混材, 追柾 Mixture material, Bastard grain	7.0 5.0 3.0	1 1 1	—	—
No. 9	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	3.0	1	—	—

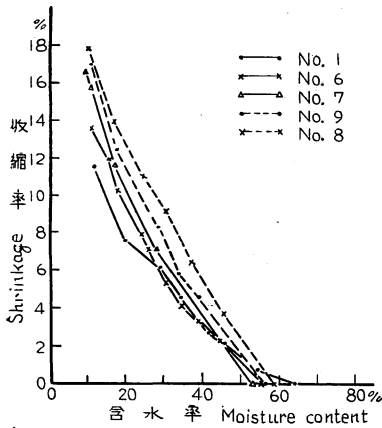


Fig. 10 乾燥経過中の収縮率変化
心材、柁目板の厚さ方向
Relation of shrinkage values on
thickness to moisture content for
edge-grain board with heartwood.

部割れおよび木口割れを Table 4 に示す。髓心から 10 cm 付近でとられた正板目材は、初期の温度差 5°C 以上でかなり大きな表面割れを木裏面に生じ、12°C 以上でははなはだしい内部割れを残した。

狂いおよび収縮の量は乾燥条件により差異があり、両者の発生時期と増大のしかたについても多少異なっているようであるが、その理由は不明であり、系統的分類も不可能なため一部の収縮率経過例のみを Fig. 10 に示す。

1.2.2 水分傾斜

先に Fig. 7 で示した方法により乾燥末期の水分傾斜を調べた結果は、平均含水率 18% 以上においては、乾燥時間の短いものほど中心含水率が高くなっている。しかし、平均含水率 18% 付近から以下においては、操作による差は非常に少なくなっている (Fig. 11)。

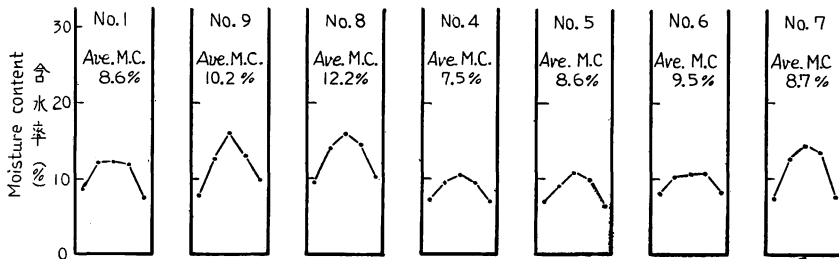


Fig. 11 乾燥終了後の含水率分布
Moisture content distribution of board just under finished condition of drying.

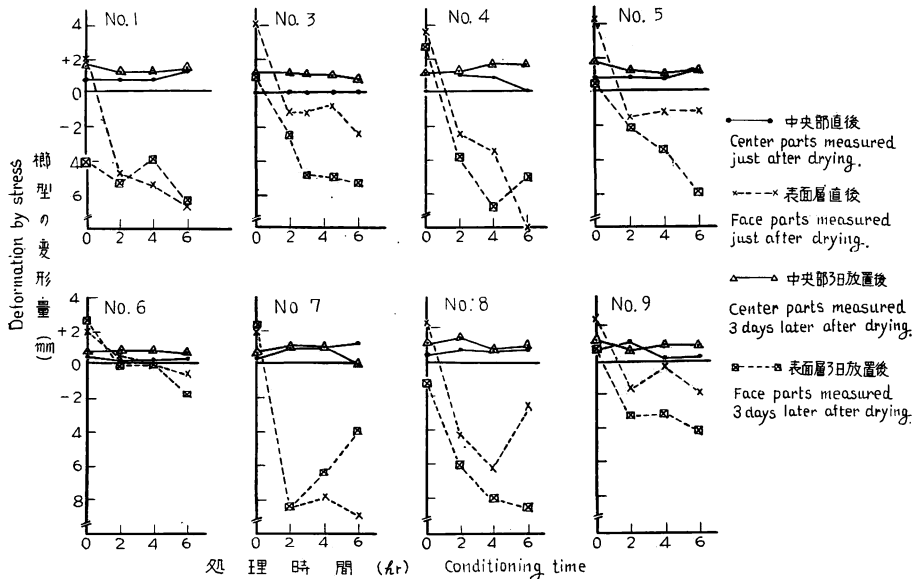


Fig. 12 歪除去の経過
Process of strain removal.

乾燥終了時、歪み除去に入る前の歪み試験材の含水率分布は Fig. 11 で、あまり差異はない。Fig. 11 に示した平均含水率は、試験材断面全体の平均値である。

1.2.3 櫛型試験による変形の測定

櫛型試験はコンディショニング直後の温いうちに切断し測定したものと、処理を終わり3日間放置したものとについておこなった。Fig. 12 は試片を4つにわけた場合の結果で、正符号は中央部のO型開きまたは側片と中央部との間の三日月型開きであり、負の符号は側片のV型開きの両側片の平均値である。

スケジュール No. 6 を除いてその他ではあまり差異は認められなかった。この原因は No. 6 の乾燥末期の温度が歪み除去操作温度より 5°C 低い 65°C で乾燥したのに反して、他は 10°C 高い 80°C で乾燥したためと、乾燥終了時の水分傾斜が No. 6 は少なかったことによるものと考えられる。試片を4分した時の外層のV型変形は内部のO型変形よりかなり大きく示されているが、これは変形のしかたがO型のものよりみかけのうで大きくあらわれるため、直接歪みの大小と結びつけては考えられない。また、さらに外層部が処理2時間後から外側に反るのは、歪み除去操作の湿度条件が高すぎて逆表面硬化(reversed case-hardening) が起きたともみられるが、ある程度は表層を 3 mm 厚程度に鋸断するための機械的原因によつたとも考えられる。

1.2.4 乾燥終了後の収縮量

乾燥を終了し約6ヶ月室内に放置した証目材につき、試験材中央部断面の各位置の収縮率を5 mm 間隔に測定した結果の中から最大の収縮率と平均収縮率(両側部 2 cm ずつ除いた中央部分)を、また、板目材

Table 5. 乾燥後の収縮率 (含水率 10~11%)
Shrinkage after drying. (Moisture content 10~11%)

厚さ Thickness						
スケジュール番号 Schedule number	心材, 証目 Heartwood, Edge grain		辺材, 証目 Sapwood, Edge grain		心材, 板目 Heartwood, Flat grain	辺材, 板目 Sapwood, Flat grain
	最大 Maximum	平均 Average	最大 Maximum	平均 Average		
1	10.6 %	9.7 %	7.8 %	7.4 %	5.5 %	— %
2	15.8	14.5	11.8	10.7	6.6	6.3
3	19.6	16.5	11.4	10.1	8.8	3.2
4	18.8	16.3	10.1	8.9	6.5	6.6
5	17.7	16.5	11.3	9.5	6.4	5.7
6	16.0	14.4	8.9	8.5	6.8	3.4
7	17.4	16.4	12.1	10.1	9.4	4.8
8	20.3	18.8	10.4	9.1	5.5	4.2
9	19.8	17.5	10.2	8.3	7.7	6.1

幅 Width						
スケジュール番号 Schedule number	心材, 証目 Heartwood, Edge grain	辺材, 証目 Sapwood, Edge grain	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	辺材, 板目 Sapwood, Flat grain		
1	4.0 %	2.7 %	9.4 %	— %		
2	3.4	3.5	9.7	7.9		
3	4.5	4.1	9.6	7.2		
4	4.2	3.6	9.0	8.2		
5	3.6	3.8	9.1	9.0		
6	3.8	3.2	10.5	7.3		
7	3.7	3.0	10.0	7.9		
8	4.3	3.7	9.5	7.0		
9	3.9	2.8	9.5	7.6		

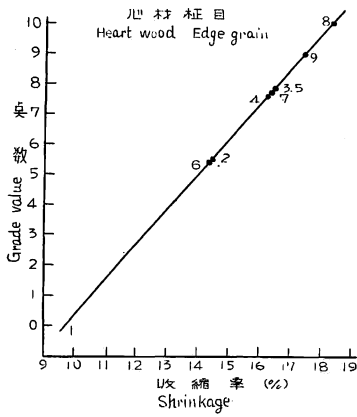


Fig. 13 柁目板の厚さ収縮率とスケジュールの関係
Relation between grade value and shrinkage percent of thickness on edge-grain board for drying schedules applied.

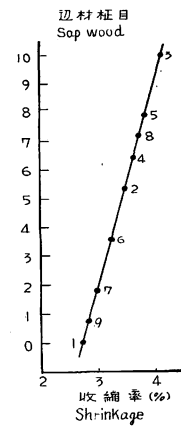
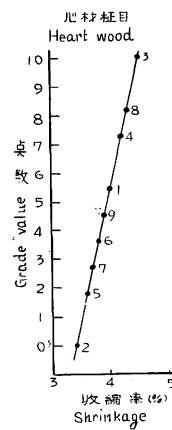
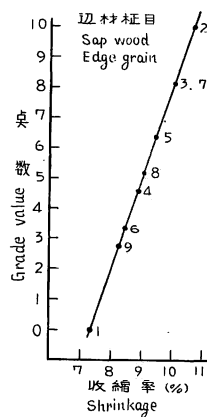


Fig. 14 柁目板の幅収縮率とスケジュールの関係
Relation between grade value and shrinkage percent of width on edge-grain board for drying schedules applied.

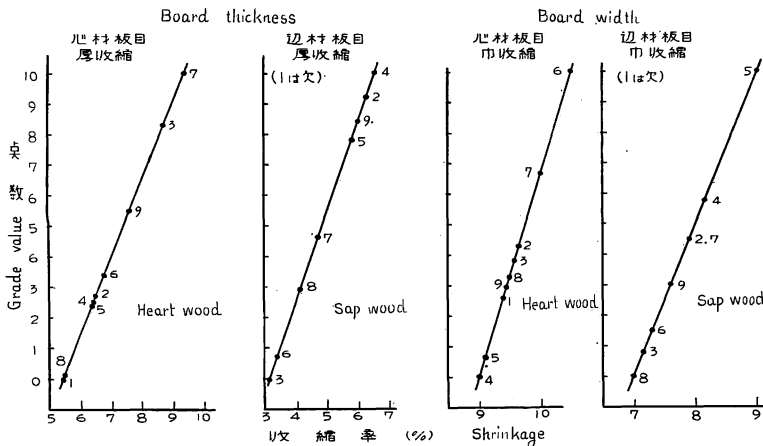


Fig. 15 板目板の収縮率とスケジュールの関係
Relation between grade value and shrinkage percent on flat-grain board.

の厚さおよび幅収縮率等を Table 5 に示す。

これら同一材種の収縮率についてその収縮率の最も小さいスケジュールを 0 点とし、最も大きな収縮率を示すスケジュールを 10 点として、その間に含まれるスケジュールは収縮率の比で点数をつけ収縮率との関係で示すと Fig. 13~15 となる。また、さらに厚さ収縮の点数平均および幅のそれを求め、両者の平均等を求めると Table 6 となる。その結果はスケジュール No. 1 の天然乾燥が最も良く、No. 6 の低温の乾燥が次ぎで、比較的高温の乾燥 No. 4, 5, 7 はあまり良くない。温度の比較的低い No. 3 が不良の理由は不明である。No. 2 の心材柁目材の結果が良く出ている理由は、人工乾燥の際この材の終末含水率が約 20% で終わったため、その後の乾燥が風乾によつたので収縮率が他と比較して少なくなつたからと考えられ、収縮率の平均値 (Table 6) の No. 2 の値は多少多くなるものと考えられる。

これらの結果からは乾燥初期の高含水率域において乾燥温度の低かつたものほど収縮率が減少し、幅の

Table 6. 板厚および板幅収縮率の点数とスケジュールの関係
The ratio concerning to width and thickness of their shrinkage in each schedules.
(Moisture content 10~11%)

厚さ (Thickness)		スケジュール番号 Schedule number								
材種 Species		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	0	5.5	7.8	7.6	7.8	5.4	7.7	10.0
辺材, 柾目 Sapwood, Edge grain	0	10.0	8.1	4.6	6.4	3.3	8.1	5.2	2.7	
(平均) (Average)	(0)	(7.8)	(8.0)	(6.1)	(7.1)	(4.4)	(7.9)	(7.6)	(5.8)	
心材, 板目 Heartwood, Flat grain	0	2.7	8.3	2.5	2.4	3.4	10.0	0.1	5.5	
辺材, 板目 Sapwood, Flat grain	—	9.2	0	10.0	7.8	0.7	4.6	2.9	8.4	
(平均) (Average)	(0)	(6.0)	(4.2)	(6.3)	(5.6)	(2.1)	(7.3)	(1.5)	(7.0)	
厚さの平均 Average of thickness	0	6.9	6.1	6.2	6.4	3.2	7.6	4.6	6.4	
幅 (Width)										
心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	5.4	0	10.0	7.2	1.8	3.6	2.7	8.1	4.5	
辺材, 柾目 Sapwood, Edge grain	0	5.3	10.0	6.4	7.9	3.5	1.8	7.2	0.7	
(平均) (Average)	(2.7)	(2.7)	(10.0)	(6.8)	(4.9)	(3.6)	(2.3)	(7.7)	(2.6)	
心材, 板目 Heartwood, Flat grain	2.3	4.3	3.8	0	0.6	10.0	6.7	3.3	2.9	
辺材, 板目 Sapwood, Flat grain	—	4.5	0.8	5.7	10.0	1.5	4.5	0	7.6	
(平均) (Average)	(2.3)	(4.4)	(2.3)	(2.9)	(5.3)	(5.8)	(5.6)	(1.7)	(5.3)	
幅の平均 Average of width	2.5	3.6	6.2	4.9	5.1	4.7	4.0	4.7	4.0	
幅と厚さの平均 Average of thickness and width	1.3	5.2	6.1	5.5	5.7	4.0	5.8	4.6	5.2	

収縮にあつては乾燥条件のきびしいものが (No. 7) 少ない収縮を示しているといえよう。

1.2.5 狂いの測定結果

(1) 幅反りの測定結果

幅反りは他の反りとともに乾燥の欠点と考えられるが、この成因は材の不良に原因するのではなく、おもに板目、柾目の収縮率差³⁾によるものであるから供試材の選出が他の狂い試験材より容易である。したがつて、これだけを狂いの中からとり出し、スケジュール相互で比較した。幅反りの量の比較に際しては木取られた位置の差違を考慮しなければならないから、材を切断し髓線角度を測定し、髓線角度と幅反り量との関係を示した (Fig. 16 参照)。

結果からみて緩いスケジュールがすぐれているとも考えられず、全体的に点が散らばつているようであ

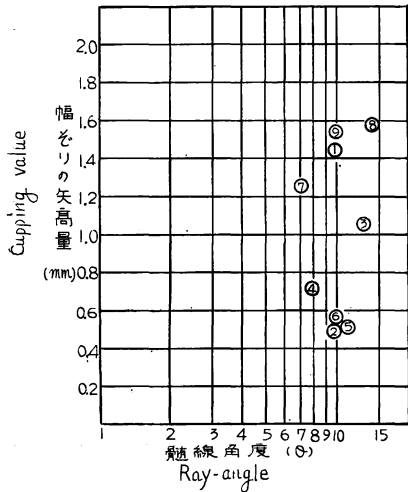
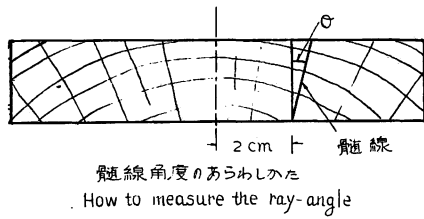


Fig. 16 髓線角度と幅反り量
Relation between ray-angle and cupping value in each schedules.

(ハ) 幅反りと縦反りだけの場合

Fig. 5 で示された F, G 位置の矢高が同一であればその矢高, 多少異なる場合は大きい方の矢高。

(ニ) ねじれ

D, E の矢高符号あるいは F, G の矢高符号が正負である場合はおのおのが逆方向に反っているのだから, D, E または F, G の矢高の合計で示す。

(イ)~(ニ)の値のうち最大値が厚さ減少量である。

(ii) 幅の減少となる狂いと減少する量

(イ) 弓反り

D, E における材側面の矢高。

Table 7 に整理した各材種ごとの狂いによる減少量について, その組の中で最も狂い量 (削られる量) の少ないスケジュールを 0 点とし, 最も狂い量の大きなスケジュールを 10 点として, その中間にあるおのおのスケジュールはおのおの狂い量と比例して点数をつけると, Fig. 17, Fig. 18 となる。また, これら厚さおよび幅方向の減少量を各スケジュールごとに点数平均すると Table 8 となる。

この際心材追証 C 級材は不良材であるため, 各試験に対し同じ程度に材質のわるい材が得られず除去した。また, 証目材は心材, 辺材とも短尺であるため除き, 心材追証 A 級材は歪試験およびスケジュール指示の材料として切断したため試験対象から除いた。また, 極端に質の悪い材は材料の選択をあやまつたも

る。幅反りの成因は板目, 証目の収縮率差³⁾だけではなく, 板の両面の乾燥の遅速, 年輪幅, 比重, 春秋材のあらわれかたなどのわずかな差違により影響を受けるもようである。また, さらに板目, 証目の収縮率比が乾燥法により変化するという理由もはつきりしないので, この際はあまり適確な比較資料ではないと判断した。

(2) 一般の狂い結果

先に試験方法の項で説明した狂い量の測定方法にもとづき, 乾燥後約 6 カ月放置した材を測定した結果から狂いの性質を次のように分析定義し, 板厚方向で削られる量と板幅方向で削られる量に分けて材種別に整理すると Table 7 となる。

各種の狂いによる減少する厚さおよび幅のとりきめ。

(i) 厚さの減少となる狂いと減少する量

(イ) 幅反りだけの場合

Fig. 5 で示された A, B, C 位置で測定した最高矢高。材の表裏の符号が同一であれば, 材面は両面とも凹型であるから表裏矢高の合計。

(ロ) 縦反りだけの場合

Fig. 5 で示された D, E 線と材面との矢高が同一であるからこの矢高。

Table 7. 木取り別狂い量
The amount of warping for various boards resulting saw-procedures.

狂い量測定位置と厚さ および幅の減少量 Measuring place and decrease of width and thickness	スケジュール番号 Schedule number								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	心材, 板目 Heartwood, Flat grain								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
D, E	1.7	1.0	2.8	2.5	3.8	0	2.2	2.8	2.8
A, B, C	2.2	1.5	2.0	1.7	1.7	3.5	2.2	2.3	2.7
F, G	4.2	5.3	3.0	6.8	3.8	1.5	6.3	6.5	6.0
D, E side	1.8	0	1.0	1.5	2.7	1.7	2.0	4.7	1.5
厚さの減少量 Decrease of thickness caused by warping	4.2	5.3	3.0	6.8	3.8	3.5	6.3	6.5	6.0
幅の減少量 Decrease of width caused by warping	1.8	0	1.0	1.5	2.7	1.7	2.0	4.7	1.5
心材, 追証B Heartwood, Bastard grain B									
D, E	3.0	3.0	3.2	—	3.0	2.0	3.5	2.8	2.4
A, B, C	0	1.2	1.7	—	0	1.4	1.8	1.6	1.0
F, G	6.0	5.0	5.0	—	5.9	3.0	5.2	5.5	3.7
D, E, side	1.5	0	3.2	—	3.8	2.7	1.8	2.8	1.0
厚さの減少量 Decrease of thickness caused by warping	6.0	5.0	5.0	—	※	3.0	5.2	5.5	3.7
幅の減少量 Decrease of width caused by warping	1.5	0	3.2	—	※	2.7	1.8	2.8	1.0
辺材, 板目 Sapwood, Flat grain									
D, E	—	1.2	0	1.0	4.5	1.3	0	1.7	7.0
A, B, C	—	0.5	0.8	1.5	1.8	0	1.0	1.0	0
F, G	—	2.5	2.2	2.8	6.3	1.7	1.2	4.0	8.0
D, E, side	—	0	0	2.5	2.0	0.8	1.5	1.7	0
厚さの減少量 Decrease of thickness caused by warping	—	×	2.2	2.8	6.3	1.7	1.2	4.0	8.0
幅の減少量 Decrease of width caused by warping	—	×	0	2.5	2.0	0.8	1.5	1.7	0
辺材, 追証 Sapwood, Bastard grain									
D, E	4.0	1.7	2.5	2.5	1.0	4.0	2.0	0.8	3.0
A, B, C	1.3	0.7	0	0	0.5	0.8	1.5	2.1	1.5
F, G	6.0	2.8	4.5	4.0	1.5	4.5	2.8	0.8	6.0
D, E, side	2.5	1.7	1.5	0	1.0	2.0	0	2.8	1.3
厚さの減少量 Decrease of thickness caused by warping	6.0	2.8	×	4.0	1.5	4.5	2.8	2.1	6.0
幅の減少量 Decrease of width caused by warpiag	2.5	1.7	×	0	1.0	2.0	0	2.8	1.3
辺心混材, 柾目 Mixture material(heart and sap), Edge grain									
D, E	2.0	1.8	1.5	1.5	1.7	1.8	1.8	2.0	2.0
A, B, C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F, G	1.7	2.5	2.0	2.5	4.4	0	2.5	0	4.1
D, E, side	2.7	1.3	2.5	2.3	2.5	3.7	2.0	2.7	1.5
厚さの減少量 Decrease of thickness caused by warping	2.0	2.5	2.0	2.5	4.4	1.8	2.5	2.0	4.1
幅の減少量 Decrease of width caused by warping	2.7	1.3	2.5	2.3	2.5	3.7	2.0	2.7	1.5

(Table 7. つづき)

狂い量測定位置と厚さ および幅の減少量 Measuring place and decrease of width and thickness	スケジュール番号 Schedule number								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	辺心混材, 板目 Mixture material (heart and sap), Flat grain								
D. E	3.0	0	2.1	—	2.7	3.0	1.0	2.8	3.8
A. B. C	0.5	0	0.5	—	1.2	0	2.0	1.9	0
F. G	8.6	1.7	2.1	—	5.0	3.5	3.7	6.7	5.7
D. E. side	1.0	1.0	2.5	—	1.6	1.0	1.7	2.2	1.2
厚さの減少量 Decrease of thickness caused by warping	⊕ 8.6	1.7	2.1	—	5.0	3.5	3.7	6.7	5.7
幅の減少量 Decrease of width caused by warping	⊕ 1.0	1.0	2.5	—	1.6	1.0	1.7	2.2	1.2
辺心混材, 追柵 Mixture material (heart and sap), Bastard grain									
D. E	0	0	3.8	3.4	3.5	0	2.5	2.0	2.0
A. B. C	0	1.7	1.0	2.0	0	1.7	1.0	0	1.5
F. G	1.3	1.7	5.3	7.0	5.5	3.2	3.2	5.0	2.5
D. E. side	0	1.7	0.7	1.7	2.2	0	0	1.7	0
厚さの減少量 Decrease of thickness caused by warping	1.3	1.7	⊕ 5.3	7.0	5.5	3.2	3.2	5.0	2.5
幅の減少量 Decrease of width caused by warping	0	1.7	⊕ 0.7	1.7	2.2	0	0	1.7	0

不適当な試験材 Unsuitable test pieces.

※ 追柵 C Bastard grain C.

× 心材混追柵 Mixture material (heart and sap), Bastard grain.

⊕ 悪い材 Bad sample.

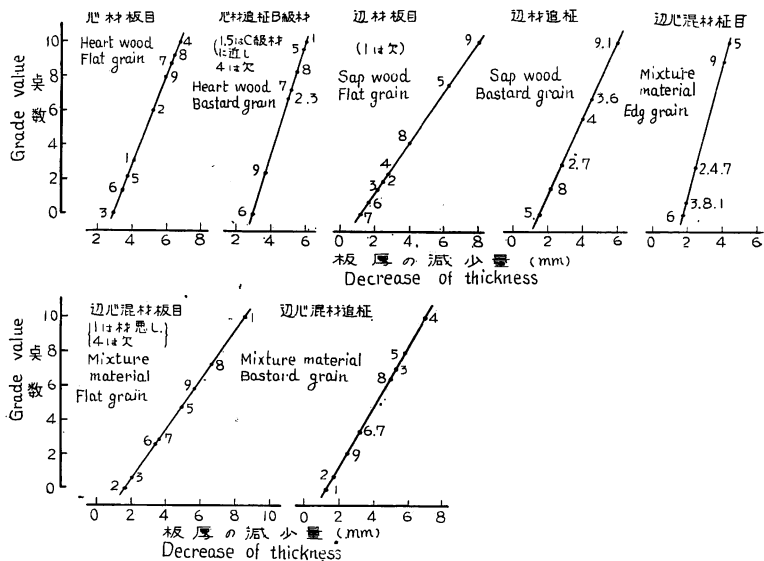


Fig. 17 狂いによる厚さの減少量とスケジュールの関係
Relation between decrease of thickness caused by warping and their grade value.

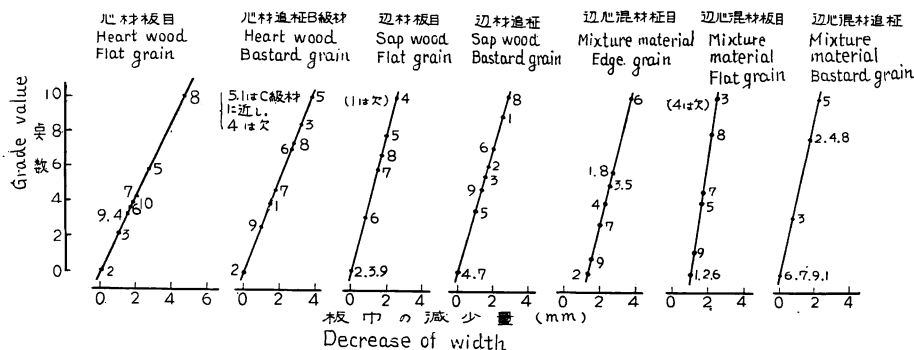


Fig. 18 狂いによる板幅減少量とスケジュールの関係
Relation between decrease of width caused by warping and their grade value.

Table 8. 狂いによる厚さおよび幅の減少点数平均とスケジュールの関係
The evaluated decreasing values concerning warping of width and thickness for each schedules.

	スケジュール番号 Schedule number								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
厚さ Thickness	3.45 (5.63)	2.97	3.27	6.12	5.33 (5.94)	2.09	3.96	5.30	6.73
幅 Width	4.60 (3.70)	1.96	4.90	4.98	6.02 (6.68)	4.40	3.14	7.91	1.79
平均 Average	4.03 (4.67)	2.47	4.09	5.55	5.68 (6.31)	3.25	3.55	6.61	4.26

() の値は悪い材を含んだ値

() Shows value which include those of unsuitable pieces because of their twist grain.

のと考え、整理の際注を付すか削除した。したがって、測定に供した材料は辺材、心材、辺心混材の板目材および追柱材、辺心混材の柱目材だけである。

狂いの結果は収縮率の時よりもばらついているが、収縮率の時に良好であつた No. 6, No. 1, No. 2 のスケジュールはこの場合も良好な範囲に属するように考えられる。

1.3 考察

以上の諸結果はブナ床板材スケジュール決定の問題点として大なり小なり関係を持つと考えられるが、ブナ材のごとく狂いやすい材にあつては狂いによる歩止り減少ということがいしばんの問題となつている。そのためここでは特に狂いについての結果に考察を加えてみる。狂い発生の原因は、従来繊維の不整による部分的収縮率差といわれているが、それ以外に不整木理による乾燥速度の違い、あるいは狂いやすい部分が特に収縮率が高いとか、細胞膜が弱く細胞変形(落込み)⁴⁾が生じやすい等のことがらも考えられる。また、これらとは逆に一つの狂いやすい因子があつた場合、これを阻止しようとする部分の存在も考えられるわけで、表面層から部分的に乾燥していく厚板が、薄板よりも平滑に乾燥することはわれわれの知るところである。したがって、狂いを防止するような操作方法を究明する際もその原因のどれを重視して考えるかによつて測定対象や条件設定が異なってくる。たとえば、不整木理による乾燥速度の違いが狂いの主因と考えるならば、緩やかな乾燥法をとる必要があり、細胞変形を主因とするならば低温乾燥が

効果的となり、矯正的效果を望むならば表面層を set さすようなある程度の急速乾燥法も効果があるといえよう。そしてこれらの軽重がどこにあるかを決定するためには、いろいろな条件のもとに同一程度の狂い因子を有する試験材を用意すればよいが、このような資料の蒐集は無欠点材をうるよりもはるかに困難で、材質の差が原因して結果のとりまとめが不可能となる。したがって、この狂い因子を抜き出し、何か他のものにおきかえ測定できれば結果のとりまとめの指針が得られ効果的となる。しかし、今回はこのような原因究明のための十分な資料は全くなく、収縮速度などの関係は求めてみたが、手がかりとならないので一切を要約して、木材の狂いが木材の乾燥収縮により誘発されるものである点を重視し、収縮率の少ない乾燥法が狂い量も少ないのではないかという考えにもとづいて結果を考察してみたい。

収縮率については先の結果にみるごとく、乾燥初期の高含水率域を天然乾燥でおこなつた No. 1 が最も少なく、次に 45°C の条件で乾燥した No. 6 がよく、その他についてはわずかの差であるが、70°C の初期条件である No. 4, No. 5, No. 7 が多少悪いようであるが、大略似たような結果となつており優劣はつけにくい。この結果は乾燥初期における低温乾燥、あるいは乾燥速度の緩慢さが収縮率を減少させていることを示しているが、すでに乾燥速度と収縮率の関係を求めた鈴木氏⁶⁾の結果において、きわめて緩慢な乾燥は収縮率の増大をおこすことを指摘しており、この場合は低温乾燥の効果であると判断できよう。

一方狂いの結果を収縮率の結果と比較しながらみると、かなりばらつきはあるが、先の収縮率の比較で良好な No. 1, No. 6 などは大略狂いについても良好な部に属しており、その他では厚さの収縮であまり良くなかつた No. 2, No. 7 が良くなつている。これらの結果からは直ちに収縮率と狂いとの関係があるとはいえないが、次の数件を考慮すれば、あながち関係が無いとはいえないと思われる。

- (1) No. 2 と類似のスケジュールの No. 9 があまり良くないこと。
- (2) No. 2 から No. 9 (No. 1 は最後におこなつた) まで実験するのに長期間(約3ヵ月)かかり、その間に供試材を冷凍室内においたが、多少材質的に悪化したのではないか。
- (3) 実験の失敗等がはいり実験回数をふやしたため、末期の材は多少不良材が混入したので No. 1 などは悪い結果となつた。
- (4) No. 7 はきわめて急速乾燥をおこなつたため set が生じ狂いが減少した。

また、これらの考え方のほかに、最初にかかげた狂いの原因について仮説をあてはめてみると、収縮率を減少させるような低温長時間乾燥は狂い防止にも効果があるように考えられる。また、さらに厚さおよび幅の収縮率の増大は、狂いと同様歩止りの低下をきたすものであるから、ブナ乾燥スケジュールを論ずるにあたり、収縮率と狂いとが完全な相関関係にあるといえないまでも、かなりの関係を有するものと判断してもよいのではないかと思われる。

1.4 結 論

ブナ床板混材を種々なスケジュールで操作してみたが、実験回数の少ないこと、試験材を棧積みしなかつたこと(棚積みして押さえなかつた)など多少問題はあるが、次のことがらが判明した。

(1) 収縮率と狂いについて

乾燥初期の温度が高いと厚さの収縮率が大きくなり狂いも増加する傾向があり、45°C ぐらゐの温度で乾燥を開始し、乾燥末期の温度を 65°C で終了したスケジュール (Fig. 8, No. 6) が他と比較して非常に好結果であつた。その他のスケジュールについての狂いの比較は、実験回数が少なく差異も少ないので順

位はつけられなかつた。ただし、この良好な No. 6 のスケジュールも乾燥時間が従来の常識的乾燥時間の約 1.7 倍ほど要するので、実用的価値が低いためこの点を今後検討改良する必要がある。

(2) その他のこと

(i) 乾燥初期、温度差を 3°C 以上にすると樹心近くで (樹心から 10 cm 付近) 採材した心材、板目材は主として木裏に表面割れを生ずる。ただし、これより外側で取られた板目材は、さらに強い条件でも安全である。

(ii) 上記板目材は初期の温度差 5°C で内部割れを残す心配がある。

(iii) 乾燥初期温度差 12°C (No. 7 のスケジュール) では心材板目材、追柱材に内部割れを残すため、ブナ床板心材のスケジュールには不適當である。また、辺材部にあつては初期の温度差 7°C 程度であれば安全である。

(iv) 乾燥末期の条件で温度 80°C 、温度差 30°C は少し強いように思われた。

(v) 歪除去操作の温度は乾燥末期温度より高くないと効果的ではないようである。

(vi) 弓反りは辺心混材柱目材に多く、特に樹皮近くでとられたものに多く辺材部を内側にして反る。

(vii) 樹心から 12 cm 以内でとられた材は欠点多く、乾燥前気付かぬような割れがあり、乾燥後割れとしてあらわれる場合が多い。

(viii) わずかなふけ材部も落込み・割れ等の原因となる。

2. 試験 II, 乾燥温度のちがいと収縮率との関係

先の一連の試験 I において低温スケジュールの良好なことは判明したが、 50°C 以上 (初期の乾球温度) の 7 種のスケジュール間にあつてはその差が少なく、材の特性がより大きくあらわれたように思われた。また、実験回数も各条件とも 1, 2 回程度なのでそのあらわれた結果を全面的に信じられなかつた。したがつて、この試験においては結果の信頼度をさらに高めるために実験回数を増して比較試験をした。

先の試験 I において「材の収縮率と狂いとの関係」がある程度判明し、狂いの発生程度は材の収縮率の増減に関係があると思われたので、この試験では狂いの比較はおこなわず、正板目材または正柱目材の収縮率を各条件ごとに比較してスケジュール決定の指針とした。

2.1 試験方法

2.1.1 試験材

試験材原木は 2 本で、8 回の試験に供した各材の産地、寸法等を次に示す。

No. 1~No. 4 の実験に供した原木 A

産地：群馬県月夜野営林署管内

直径： 40 cm 、長さ： 220 cm 、等級：2 等

年輪幅： $1.3\sim 2.0\text{ mm}$ 、平均 1.7 mm

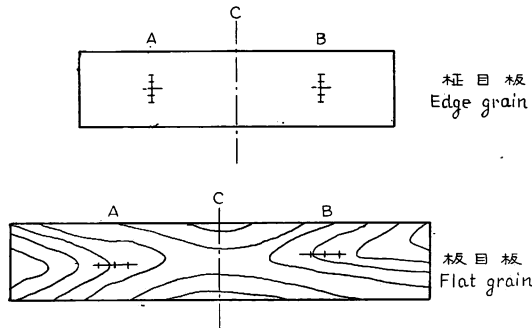
全乾比重： $0.59\sim 0.60\text{ g/cm}^3$ 、平均 0.60 g/cm^3

乾燥速度：含水率 10% において、心材 $1.8\sim 2.2\%/h$ 、平均 $2.0\%/h$

No. 5~No. 8 の実験に供した原木 B

産地：群馬県月夜野営林署管内

直径： 45 cm 、長さ： 220 cm 、等級：2 等



収縮率のとりまとめに際しては乾燥経過中のものは中央の 1 点、板目板の全乾時の収縮率は中央部 5 点の平均を求めた、板目板は 3 点の平均。

Measuring is done only at the center part during drying process. When it is absolutely dried: (1) By edge grain board at 5 points of center part, (2) by flat grain board at 3 points of center part and averaged those points.

Fig. 19 厚さの収縮率測定法

Measuring method of thickness shrinkage.

の方法に準じた。ただし、板目材の板厚測定は 1 箇所では不十分なため、板目木理に沿い 3 箇所測定した (Fig. 19 参照)。また、収縮率の比較はいろいろな誤差のはいりにくい全乾状態をもととした。

2.1.3 試験の条件

乾燥試験の条件は乾燥初期の条件を 40°, 60°, 70°C, 乾燥末期の条件を 60°, 70°, 80°C に設定し、温度差は乾燥初期 3°, 5°C, 乾燥末期を 25°C 等にして種々な組合せ条件により試験をおこなつた。また、温度上昇の方法、温度差のつけかたは先の試験のようにし、上昇時期は Table 9 のとおりとした。

2.1.4 試験の進め方

このような試験に際しては、1 枚の板から木取られた試験材でも、2 m 以上離れるとかなり性質が異なる

年輪幅: 1.6~2.2 mm, 平均 1.8 mm,
全乾比重: 0.57~0.62 g/cm³, 平均
0.60 g/cm³
乾燥速度: 含水率 10% において, 心
材 2.1%/h

供試原木は厚さ 2.4 cm の板目材および板目材が多くとれるように製材し, この中から心材板目材, 板目材および辺材板目材を選び, これから幅 12 cm, 長さ 45 cm または 60 cm (板目材は 60 cm, 板目材は試料の不足から 45 cm とする) の一連の試験材を取り, 両面は鉋仕上げして厚さ 2.2 cm にし水中に貯材して実験に供した。

2.1.2 実験装置および機器, 測定内容

実験装置, 測定器具等は前回とほぼ同一なものを使用し, 収縮率の測定方法も大略前回

Table 9. 試験 II の乾燥条件
Drying conditions in the 2nd test.

スケジュール号 Schedule number	温度条件 Temperature conditions				温度上昇時含水率 Moisture content at the point of temperature elevation	
	初期 Initial		末期 Final		上昇開始 At the point of elevation	末期条件時 At the end point of elevation
	温度 D. T.	温度差 D. T. - W. T.	温度 D. T.	温度差 D. T. - W. T.		
1-1	60 °C	5 °C	80 °C	25 °C	35 %	18 %
1-2	60	5	60	25	—	—
2-1	60	5	60	25	—	—
2-2	60	5	80	25	55	12
3	60	3	60	25	—	—
4	40	5	60	25	45	23
5	70	5	80	25	35	20
6	60	5	80	25	38	15
7	40	5	80	25	54	14
8	20	3	20	3	天然乾燥 Air dried	

るため、測定した値を全部網羅して比較検討することが困難である。そこで、この試験では乾球温度を60°C一定とし、乾湿球温度差を5°Cで始め、末期において25°Cとするスケジュールを基準として、この条件を1種加えた2~3の条件内で比較をするようにした。また、使用する原木も区分けして使用し、A原木ではNo. 1~No. 4までのスケジュール試験、B原木ではNo. 5からNo. 8までの試験をおこなった。

No. 1およびNo. 2の試験のように乾燥末期の条件だけを変えて比較する場合は、前段の条件をそろえるため、1枚の板を途中で2分しておのおの異なつた条件で乾燥を進めるようにした。したがつて、この際はFig. 19のようにあらかじめ2箇所測定箇所を設定しておいた。

乾燥試験は心材柾目材、板目材あるいは辺材柾目材を1組としておこない、心材柾目材の含水率経過にしたがつて温湿度を変化させた。試験材木口には銀ニスを十分に塗り木口からの蒸発を防いだ。乾燥経過中は含水率、収縮率(1点のみ)等を5~10時間ごとに測定し、乾燥終了は6~8%を目標とし、乾燥後は直ちに測定部分を切断し、これを全乾とし含水率補正および全乾時の収縮率(3および5点)を測定した。

2.2 試験結果と考察

試験材を乾燥した条件、各材の含水率およ

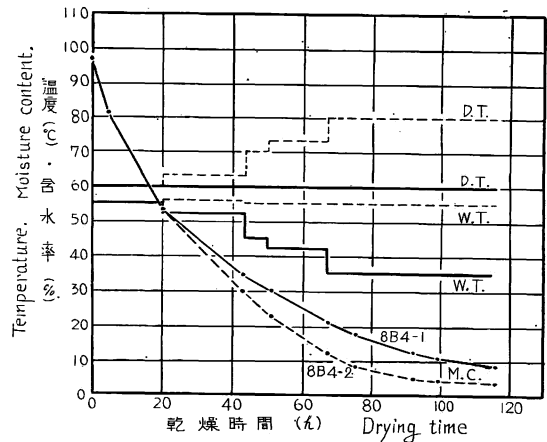


Fig. 20 乾燥末期の温湿度条件を2種に変化させた場合、心材、柾目板、スケジュールNo. 2-1, 2-2

2 kinds of drying schedules with different latter coarse of dry and wet bulb temperature for drying time.

Heavy line is schedule No. 2-1.

Dotted line is schedule No. 2-2.

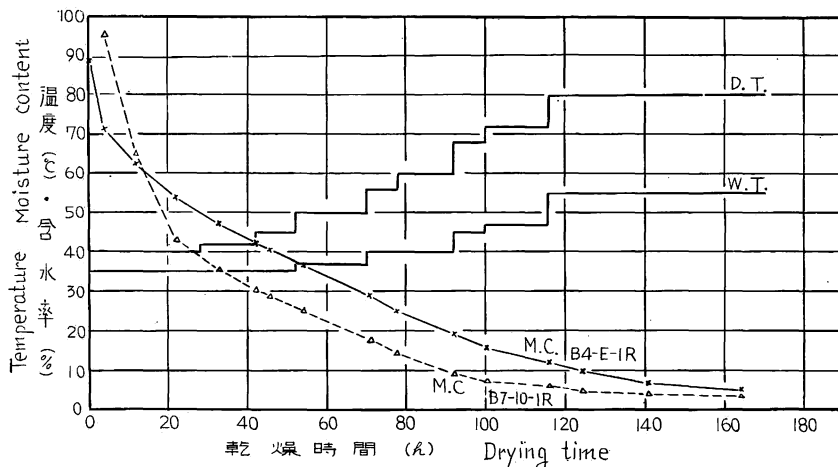


Fig. 21 スケジュール No. 7 の試験経過
点線は辺材柾目板、実線は心材柾目板を示す。
Result of test applied No. 7 drying schedule.

Heavy line is heartwood edge grain board. Dotted line is sapwood edge grain board.

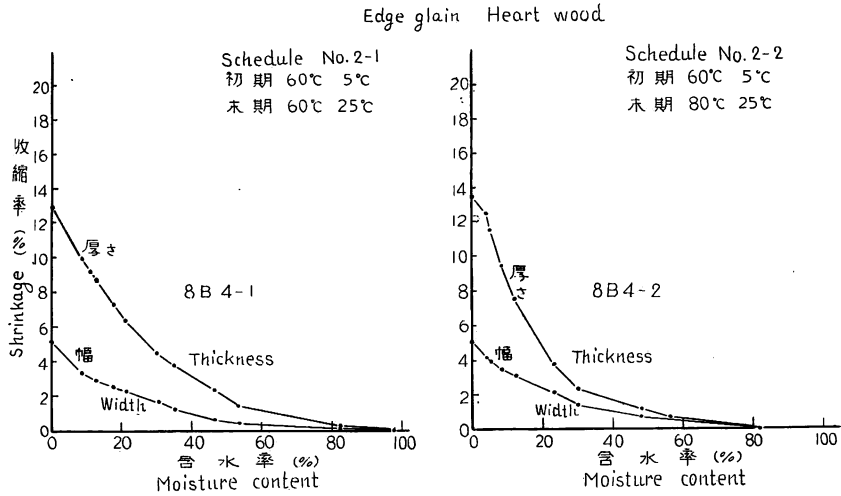


Fig. 22 心材，柁目板の収縮率経過

Relation between shrinkage percent and moisture content in the case of edge grain board with heartwood.

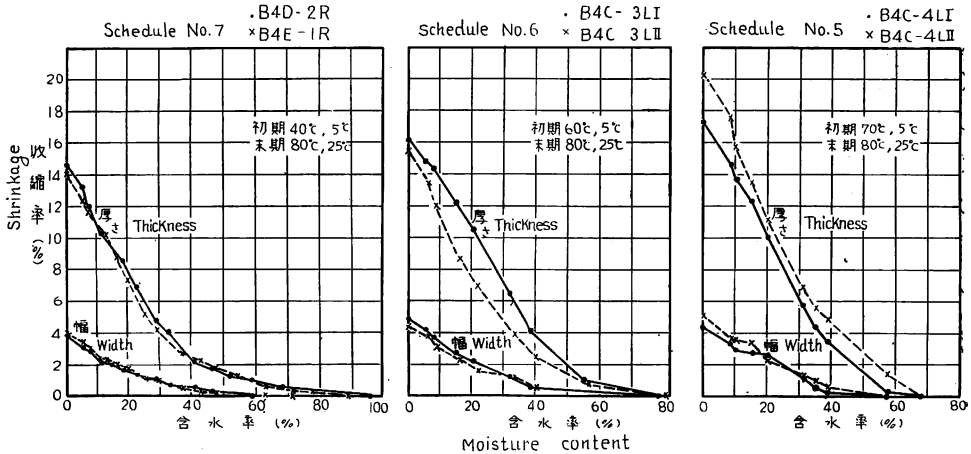


Fig. 23 乾燥条件と収縮率の差 心材柁目

Relation of shrinkage percent on thickness and width to moisture content under applying drying schedule No. 5, 6, 7.

び収縮率経過等のうち、おもなものを Fig. 20～23 に示す。このうち Fig. 22 の収縮率経過の比較は全乾時における厚さの収縮率が2者で同じようになっているが、Table 10 の平均値についてみると、終末温度の低かつた No. 2-1 の条件の方が少ない値となっており、また、同一条件で乾燥した含水率 50% 付近の収縮率をみると、No. 2-1 が大となっている等のことから、収縮経過の測定（1点）が No. 2-1 において多少落ち込みやすい部分を選んだものと考えられる。このような理由から収縮率の絶対値の比較をはなれて、両者の収縮率経過のみについてみると、乾燥末期に温度を上昇した No. 2-2 の方が乾燥末期の低含水率域に収縮率の増大割合が大となっていることが認められる。

また、Fig. 23 についてみると、乾燥初期に高温度で乾燥したものほど高含水率域における収縮率の増

Table 10. 試験 II の結果
Moisture content shrinkage and drying time in the 2nd test.

スケジュール 番号 Schedule number	試験材番号 Test piece No.	材 種 Wood assortment	含水率 Moisture content		収縮率 Shrinkage		乾燥時間 Drying time	
			初期 Initial	終了 Final	幅 Width	厚さ Thic- kness	全 In kiln	60%から 10%まで From 60 %to 10%
			%	%	%	%	h	h
1-1	7B1-2	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	96.0	8.5	6.18	16.35	95.0	75.0
	7B2-2	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	102.5	9.0	5.41	15.07	〃	78.0
	4A3-2	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	106.2	6.0	9.64	7.36	〃	67.0
1-2	7B1-1	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	96.0	11.2	5.27	13.73	118.0	110.0
	7B2-1	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	102.5	11.5	4.64	14.18	〃	112.0
	4A3-1	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	106.0	8.1	9.23	6.66	〃	82.0
2-1	8B4-1	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	96.9	8.6	5.14	13.09	115.5	90.0
	3A3-1	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	105.0	8.0	10.32	6.89	〃	74.0
2-2	8B4-2	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	96.9	3.7	4.14	14.07	115.5	55.0
	3A3-2	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	105.0	4.5	11.35	7.16	〃	52.0
3	7B5-1	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	97.0	7.5	5.64	12.09	121.0	80.0
	7B5-2	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	99.3	7.5	5.18	13.04	〃	80.0
	4A1-1	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	104.0	7.8	11.05	6.31	〃	71.0
4	8B2-1	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	101.8	10.8	3.91	12.43	144.0	129.0
	8B2-2	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	101.8	10.8	4.05	12.54	〃	129.0
	4A2-1	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	94.5	7.0	9.47	6.24	〃	94.0
5	B4C-4L I	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	67.5	8.6	4.35	17.54	76.0	66.0
	〃 II	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	67.5	8.6	5.00	17.97	〃	66.0
	B7-8-1R I	辺材, 柾目 Sapwood, Edge grain	87.2	3.9	5.25	17.45	〃	42.0
	〃 II	辺材, 柾目 Sapwood, Edge grain	87.2	3.9	6.15	17.15	〃	42.0
6	B4C-3L I	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	78.5	5.0	4.85	15.98	92.0	60.0
	〃 II	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	80.5	6.1	4.40	15.80	〃	62.0
	B4C-2L I	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	77.8	7.6	4.40	16.58	〃	75.0
	〃 II	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	76.9	7.0	4.40	15.41	〃	73.0
	B7-8-2L I	辺材, 柾目 Sapwood, Edge grain	116.0	4.5	5.25	16.12	〃	47.0
〃 II	辺材, 柾目 Sapwood, Edge grain	116.0	4.5	4.75	16.28	〃	47.0	
7	B4-D-2R	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	96.6	5.1	3.85	14.33	164.0	108.0
	B4-E-1R	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	88.6	5.3	3.90	13.80	〃	110.0
	B7-10-1R	辺材, 柾目 Sapwood, Edge grain	129.5	3.5	4.10	14.36	〃	76.0
8 (Air dried)	B4C-5L I	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	73.2	12.7	6.55	12.40	60days	—
	〃 II	心材, 柾目 Heartwood, Edge grain	73.2	12.7	6.90	12.10	〃	—
	B7-8-2R I	辺材, 柾目 Sapwood, Edge grain	118.8	13.0	4.35	9.82	〃	—
	〃 II	辺材, 柾目 Sapwood, Edge grain	118.8	13.0	4.80	10.00	〃	—

収縮率: 全乾 Shrinkage: at oven dry.

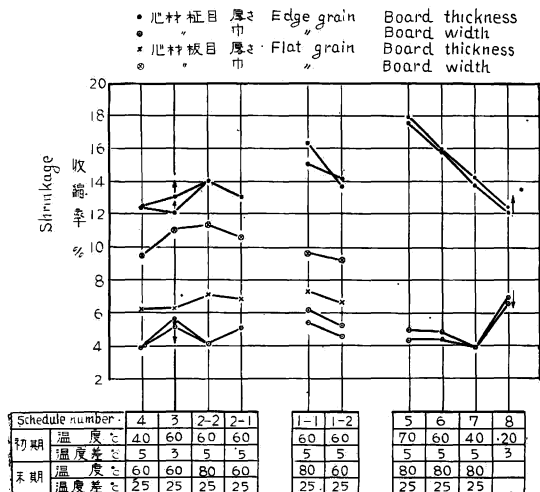


Fig. 24 乾燥条件と収縮率の比較(心材,全乾時)

Comparison of shrinkage percent for various wood assortments under applying various drying schedules. (Heart wood at oven dry.)

がずれると追征に近づくため厚さの収縮率が減少し、幅は収縮率が增大する傾向が強くとスケジュール No. 3 および No. 8 の心材・柾目材は多少その点を補正してみる必要がある。点のばらつきはあるが、末期温度を 80°C に上昇したもの (No. 1—1) (No. 2—2) と、60°C でとどめたもの (No. 1—2) (No. 2—1) とでは明らかに収縮率の差異が認められ、高い温度の乾燥は収縮率が增大している。また、初期温度を 40°C としたもの (No. 4) と 60°C としたもの (No. 2—1) とでは、試験 I と同程度の差があらわれている。しかし、初期の温度差を 3°C にしたもの (No. 3) と 5°C にしたもの (No. 2—1) とでは、

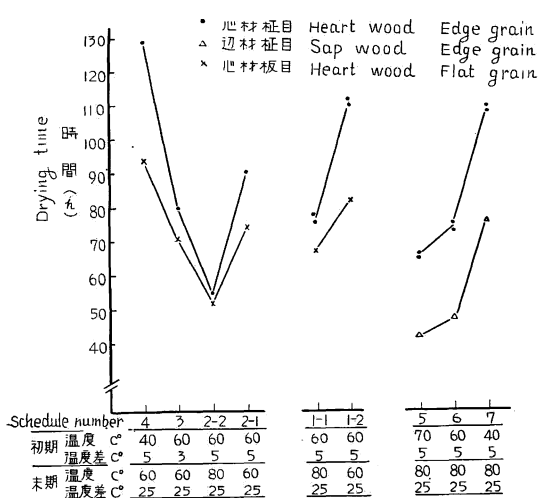


Fig. 25 乾燥条件と乾燥時間の比較 (含水率 60% から 10% まで)

Comparison of drying time from 60% to 10% moisture content under various drying schedules.

大が認められる。このように高含水率域から収縮のおきるのは一種の細胞変形による異状収縮 (軽い落ち込み) とみるべきであろう⁵⁾。

各材の初期含水率、全乾時の収縮率、乾燥時間等を Table 10 に示す。表のうちスケジュール番号 No. 1~No. 4 と No. 5~No. 8 では原木が異なっており、後者の原木の方が多少収縮率が多いようである。また、スケジュール番号 No. 1~No. 4 のうち、No. 1 の材は No. 3~No. 4 と比較し、やや収縮率が大きいように思える。そこで、これら 3 組のものを別々にして、収縮について図示すると Fig. 24 となる。図に示した心材柾目材の厚さ収縮率は中央部 5 点の平均値であり、心材・板目材の厚さ収縮率は中央部 3 点の平均値である。心材・柾目材は木取り

明確な差は認められない。また、乾燥末期の温度を 80°C とし、初期温度を 60°, 70°, 80°C 等にした No. 5, 6, 7 の条件比較では、初期温度の高いものほど収縮率が大となっており、比較の天然乾燥材 (No. 8) が最も小さい値を示している。

これらの結果を鈴木氏⁶⁾のおこなったブナ辺材・板目材についての温度別試験と比較してみると、天然乾燥に対する人乾材の収縮率増加割合や、厚さおよび幅収縮に影響する温度の関係がかなり異なっているが、この原因は氏の実験では辺材・板目材を中心に実験をおこなったのに対し、本実験では心材・柾目材を主体にしたことの差異と、鈴木氏の場合は湿度条件の設定が十分なされていない点に

よるものと考えられる。

乾燥時間の比較は Fig. 25 であり、乾燥末期の温度の高い場合はいちじるしい時間の短縮が認められる。

2.3 結 論

さきの試験 I において収縮率の大小と狂いの増減に多少の関係があることが判明したので、良好なスケジュールを決定する手段として、ブナ床板材の板目材および柾目材を用い種々な条件で乾燥をおこない、その幅および厚さの収縮率を求め、温湿度条件と収縮率について次の関係を知り、スケジュール決定の指標をみた。

- (1) 乾燥末期の温度は 60°C と 80°C とで明らかに収縮率に差が生じ前者が少ない。
- (2) 乾燥初期の温度差は温度 60°C の場合、3°C と 5°C ではあまり明確な差が収縮率にあらわれない。
- (3) 乾燥初期の温度差を 5°C とし、温度を 40°C、60°C、70°C とした場合、それらの間に明確な差が認められ、低い温度ほど収縮率が少ない。
- (4) 乾燥初期に温度が高い場合は高含水率域での収縮が増し、乾燥末期に温度上昇すれば低含水率域で収縮が増大する。
- (5) 乾燥温度を上昇する際、特に乾燥末期の温度が高い場合、乾燥時間の短縮がいちじるしい。
- (6) 乾燥終末の最高温度を含水率 30% 付近でおこなうと、明らかに収縮率の増大が認められる。
- (7) 板幅方向の収縮率は set (表面硬化) があるため、スケジュールの差によりあまり明確でない。柾目材の厚さ方向の収縮率が操作法の影響を最も受けやすいようである。

3. 試験 III, ブナ床板混材の低温スケジュール (その 1)

すでに試験 I, 試験 II によりブナ床板材スケジュールは 40°C 程度の温度で開始し、終末温度も 60°C 前後にとどめるような低温スケジュールが収縮率の増加割合や狂いの発生程度からみてよいのではないかとということが判明した。しかし、この場合乾燥時間は従来の操作より 1.5~2 倍近くかかったため、企業面から見るといささか実用的でなかつた。そこで乾燥初期の温度のあげかたや、温度差のつけたを少し早くして、含水率 60% から 10% までの乾燥時間を 100 時間と 130 時間程度で乾燥し終わるような 2 種類のスケジュールを作り、種々の原木から木取つた試験材を一括して乾燥し、スケジュールの差異を収縮率、狂いの点からしらべてみた。

3.1 実験方法

3.1.1 試験材

試験材用原木は秋田県下のもので、特に小径木、低級材、一般材、水中貯材等 4 本の原木を選び、これらから 2 枚 1 組の試験材を 15 種作つた。試験材の寸法は長さ 60 cm, 幅 11 cm, 厚さ 2.1 cm とし、材表面を鉋仕上げした。

試験材のうち心材・柾目材の乾燥速度 (10% のとき) は 0.11~0.124%/h (試験材番号 F) で、一般ブナ心材と比較し遅い方であるが、他の材は中程度より早いものに属しているものが多く、心材柾目板が乾燥終了時 11% であるのに対し、他の材は 4~6% になつていた。試験材番号および原木との関係、初期含水率、髓線角度、年輪幅、比重等は Table 11 に示す。

3.1.2 実験装置および測定内容

乾燥装置は前回と同様のものを使用し、風速 1 m/s を与え試験材15枚を棚に挿入して同時に乾燥した。収縮率、狂いの測定方法も大略試験Ⅰ、試験Ⅱに準じた方式によりおこない、収縮率は全乾時の値と比較し、板厚測定では柁目板は中央部を 1 cm おきに 7 点測定し、他は中央 1 箇所とした。板幅の収縮率測定は試験Ⅱの方法に準じ、幅反りの測定も試験Ⅰに準じた。狂いについては試験Ⅰでおこなった平滑な盤上に試験材の片側を押しつけ他端の持ち上がる量で示す方式 (Fig. 3 参照) を採用した。

収縮率および幅反り等の測定にあつては、条件比較の際、材質的影響がはより十分目的が達せられないので、今回は鈴木氏⁶⁾の用いた方式を採用し、試験材両端で取つた 2 cm 幅の試験片を次のようにして乾燥した収縮率、幅反りの値と人乾材のそれと比較して参考とした。

- (1) 生材から気乾状態 (含水率 15~17 %) まで約 10 日間室内放置乾燥。
- (2) 含水率 15% から 7% まで約 1 日間 45°C で乾燥。

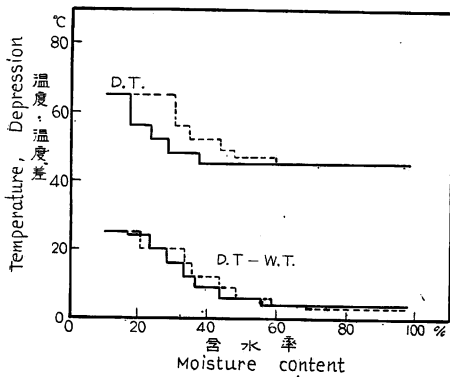


Fig. 26 与えた 2 種の乾燥スケジュール 含水率と温度、温度差の関係

試験材 F1, F2 の含水率経過による。
Relation between moisture content and temperature in two schedules by heartwood board.

- (3) 含水率 7% から 0% まで約 2 日間 100°C で乾燥。

3.1.3 試験の進め方

試験材は 15 枚ずつの 2 組にわけ、2 種のスケジュールで乾燥した。乾燥経過中の含水率指示は心材柁目材の含水率経過に従つてスケジュールを変化させた。用いたスケジュール 2 種を Fig. 26 に示す。乾燥経過中の試験材重量、板厚、板幅、狂いは 1 日 1 回以上測定し、その他乾燥終了後、コンディショニング後等条件のかわるときに測定した。乾燥終了時期は大略心材柁目材が 10% になるときとし、乾燥終了後は、4 時間のコンディショニング (D. T. 60°C, W. T. 55°C) をおこない、その後 5 日間室内に放置し狂いを測定し、その後中央部の板厚および

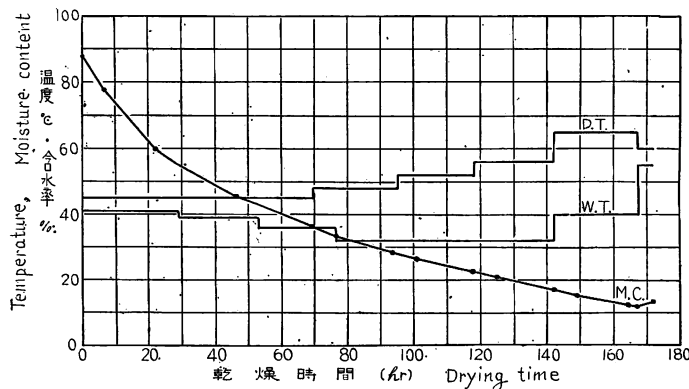


Fig. 27 乾燥経過図, F1 試験材のスケジュール No. 1 による経過
Drying process of schedule No. 1.

Table 11. 試験材の性質と試験結果
Moisture content, shrinkage and warping on test specimens with various quality and asso

試験材番号 Test piece number	原木の形質履歴 Quality and condition of logs	材種 Wood assortment	髓線角度 Ray angle	年輪幅 Average width of annual ring	全乾比重 Specific gravity in oven dry	含水率 Moisture content				収縮率(全乾時) Shrinkage (at oven dry)					
						乾燥前 Before drying		乾燥後 After drying		厚さ Thickness			幅 Width		
						(%)	(%)	(%)	(%)	人乾材 Kiln dry from green	比較材 Kiln dry after air dried	比率 Ratio of increased shrinkage	人乾材 Kiln dry from green	比較材 Kiln dry after air dried	比率 Ratio of increased shrinkage
A 1	良材 Clear sample	辺材, 追柁 Sapwood, Bastard grain	22	2.2	0.67	99.3	3.5	6.0	7.4	11.38	10.67	6.7	7.06	6.59	7.1
A 2			22	1.4	0.67	106.8	4.0	6.6	7.6	12.35	9.55	29.3	7.06	6.53	8.1
B 1	〃	心辺混材, 柁目 Mixture material, Edge egrain	0	1.8	0.68	91.5	3.8	6.2	7.4	13.90	11.43	21.6	5.44	5.28	3.0
B 2			3	1.6	0.69	101.2	6.6	8.4	9.0	14.80	12.27	20.6	5.17	5.06	2.2
C 1	小径木 Slender bolts	辺材, 追柁 Sapwood, Bastard grain	30	1.9	0.65	114.5	4.2	6.2	7.4	12.46	10.78	15.6	7.40	6.68	10.8
C 2			30	2.8	0.67	119.8	4.3	6.9	7.7	12.62	11.20	12.7	9.35	9.08	3.0
D 1	〃	辺材, 柁目 Sapwood, Edge grain	7	6.4	0.63	114.8	4.3	6.7	7.9	13.15	10.24	28.4	3.85	4.03	-4.5
D 2			20	5.1	0.61	130.0	3.6	6.5	7.5	11.48	9.38	22.4	4.65	4.40	5.7
E 1	水中良材 Keeping in pool	辺材, 追柁 Sapwood, Bastard grain	28	0.9	0.61	119.3	4.0	6.4	7.7	11.09	9.03	11.8	7.60	6.60	15.2
E 2			34	0.9	0.61	134.0	4.4	7.0	8.1	10.80	9.24	17.0	8.10	6.75	20.0
F 1	〃	心材, 柁目 追柁 Heartwood, Edge grain Bastard grain	12	2.2	0.67	88.2	12.2	13.5	13.4	13.75	10.46	31.5	4.70	4.98	-5.6
F 2			29	2.7	0.68	95.5	11.5	13.0	12.5	13.94	8.89	56.8	6.60	5.88	12.3
G 1	〃	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	80	2.4	0.68	96.8	4.5	6.7	7.6	5.88	5.28	11.4	11.55	11.15	3.6
G 2			80	1.4	0.66	111.3	4.8	7.4	8.0	6.02	5.77	4.3	11.40	10.35	10.2
H 1	〃	辺材, 板目 Sapwood, Flat grain	80	0.8	0.61	124.3	3.4	6.0	7.1	5.33	4.57	16.6	9.80	8.43	16.3
H 2			85	1.0	0.61	126.5	5.5	6.8	7.9	5.01	4.19	20.0	12.00	9.53	25.9
I 1	〃	辺材, 柁目 Sapwood, Edge grain	0	1.1	0.61	114.0	4.5	6.6	7.5	13.60	10.42	30.5	4.80	4.63	3.7
I 2			9	1.2	0.63	123.0	4.6	7.0	7.9	13.13	10.33	27.1	5.60	5.28	6.1
J 1	不良材 Less clear	心材, 板目 Heartwood, Flat grain	80	3.0	0.62	79.2	3.1	5.9	7.1	4.78	4.32	10.7	11.35	10.20	11.3
J 2			83	1.7	0.61	88.4	3.8	6.8	8.0	4.66	4.66	0	9.75	9.43	3.4
K 1	〃	辺材, 追柁 Sapwood, Bastard grain	60	2.8	0.59	109.8	3.1	6.3	7.5	8.08	5.22	54.8	10.45	8.55	22.2
K 2			60	2.5	0.60	125.7	3.2	6.5	7.5	7.12	5.29	34.6	10.75	8.53	26.0
L 1	〃	辺材, 追柁 Sapwood, Bastard grain	32	1.3	0.64	116.3	3.2	6.2	7.5	10.00	8.04	24.4	7.70	6.98	10.3
L 2			40	1.0	0.65	119.0	3.7	7.1	8.0	8.70	7.80	11.5	9.80	7.80	25.6
M 1	〃	辺材, 板目 Sapwood, Flat grain	80	1.3	0.53	135.8	2.9	6.4	7.8	5.02	4.54	10.6	9.60	7.55	27.2
M 2			90	0.9	0.67	115.0	3.9	6.9	8.0	5.66	5.31	6.6	11.80	9.48	24.5

A1...M1 : Dried in schedule No. 1. A2...M2 : Dried in schedule No. 2.

Table 11. 試験材の性質と試験結果

re content, shrinkage and warping on test specimens with various quality and assortment.

Content	率	収縮率 (全乾時) Shrinkage (at oven dry)						狂い Warping					備考 Remarks
		厚さ Thickness			幅 Width			幅反り(全乾時) Cup (at oven dry)			反り	ねじれ	
		人乾材 Kiln dry from green	比較材 Kiln dry after air dried	比率 Ratio of increased shrinkage	人乾材 Kiln dry from green	比較材 Kiln dry after air dried	比率 Ratio of increased shrinkage	人乾材 Kiln dry from green	比較材 Kiln dry after air dried	比率 Ratio of increased shrinkage	(5日放置後) Bow (5 days after drying)	(5日放置後) Twist (5 days after drying)	
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)			
6.0	7.4	11.38	10.67	6.7	7.06	6.59	7.1				13.0	3.5	
6.6	7.6	12.35	9.55	29.3	7.06	6.53	8.1				17.0	4.0	
6.2	7.4	13.90	11.43	21.6	5.44	5.28	3.0				10.5	1.5	
8.4	9.0	14.80	12.27	20.6	5.17	5.06	2.2				5.7	5.7	
6.2	7.4	12.46	10.78	15.6	7.40	6.68	10.8				15.0	0	
6.9	7.7	12.62	11.20	12.7	9.35	9.08	3.0				5.5	5.5	
6.7	7.9	13.15	10.24	28.4	3.85	4.03	-4.5				13.5	9.0	木理の差が大なため削除。 Omitted because of ununiformity of grain.
6.5	7.5	11.48	9.38	22.4	4.65	4.40	5.7				8.8	6.8	
6.4	7.7	11.09	9.03	11.8	7.60	6.60	15.2				3.5	1.0	
7.0	8.1	10.80	9.24	17.0	8.10	6.75	20.0				2.5	2.5	
13.5	13.4	13.75	10.46	31.5	4.70	4.98	-5.6				19.0	4.5	木理の差やや大。
13.0	12.5	13.94	8.89	56.8	6.60	5.88	12.3				10.0	5.5	Rough difference of grain.
6.7	7.6	5.88	5.28	11.4	11.55	11.15	3.6	1.53	1.70	-10.0	19.5	15.5	
7.4	8.0	6.02	5.77	4.3	11.40	10.35	10.2	1.47	0.57	158.0	8.5	8.5	
6.0	7.1	5.33	4.57	16.6	9.80	8.43	16.3	0.21	0.41	-48.8	7.0	1.0	
6.8	7.9	5.01	4.19	20.0	12.00	9.53	25.9	1.66	0.35	374.2	19.0	19.0	
6.6	7.5	13.60	10.42	30.5	4.80	4.63	3.7				7.0	3.5	
7.0	7.9	13.13	10.33	27.1	5.60	5.28	6.1				1.8	1.8	
5.9	7.1	4.78	4.32	10.7	11.35	10.20	11.3	1.83	1.75	4.6	21.5	18.5	年輪幅の差が大なため削除。 Omitted because of large difference of growth rings
6.8	8.0	4.66	4.66	0	9.75	9.43	3.4	0.89	0.70	27.1	21.0	13.0	
6.3	7.5	8.08	5.22	54.8	10.45	8.55	22.2				15.5	0	木理の乱れ多少異なる。 Ununiformity of grain.
6.5	7.5	7.12	5.29	34.6	10.75	8.53	26.0				7.0	2.8	
6.2	7.5	10.00	8.04	24.4	7.70	6.98	10.3				12.0	9.5	
7.1	8.0	8.70	7.80	11.5	9.80	7.80	25.6				19.5	8.3	
6.4	7.8	5.02	4.54	10.6	9.60	7.55	27.2	0.20	0.58	-190.0	21.0	11.5	比重の差が多く、年輪波打ち乱れ異なる。 Ununiformity all character.
6.9	8.0	5.66	5.31	6.6	11.80	9.48	24.5	2.00	0.46	334.8	32.2	5.2	

板幅測定部分を切断し、50°Cで2日乾燥し、さらに100°Cで全乾にして含水率の補正および全乾時の収縮率および幅反り量を求めた。

3.2 試験結果と考察

Fig. 26 に従い乾燥した経過は Fig. 27 および Fig. 28 である。また、各材の仕上り含水率、狂い量等につき表示すると Table 11 となる。ここに試験材番号 A 1, B 1, C 1 ……はスケジュール No. 1 によるもので、A 2, B 2, C 2 ……はスケジュール No. 2 による結果で、A 1, A 2 は同一類似材とみなせるものである。髓線角度は板断面中央における髓線と板幅方向との角度であり、0度が正柃目材、90度が正板目材である。

収縮率、幅反りの項に示した比較材とは、試験材両端で取った試験片を低温乾燥したものの全乾収縮率および幅反り量を示したもので、比率とはこの値とスケジュール試験材との値の比率である。厚さの収縮については板目材と追柃材は板幅の中央1点とし、柃目材は板幅の中央部で1cmおきに測定した7点の平均値で示した。

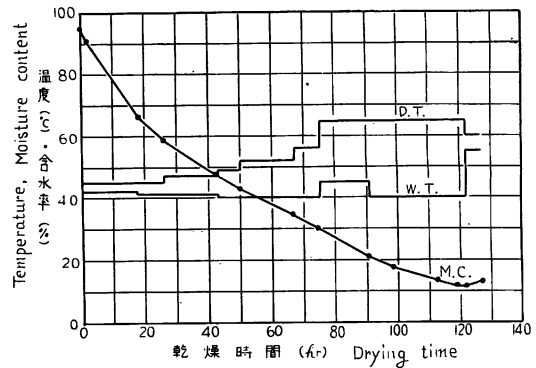


Fig. 28 乾燥経過図, スケジュール No. 2 による F2 試験材の経過
Drying process in schedule No. 2.

Table 12. スケジュールによる結果の優劣の比較
Comparison of shrinkage, cupping and warping on test board based on drying schedules.

スケジュール番号 Schedule No.	比較した条件 subject of comparison	収縮率 Shrinkage		幅反り Cup	狂い Warping		
		厚さ Thickness	幅 Width		反り Bow	ねじれ Twist	計 Total
1	2に比して収縮率, 幅反り, 狂いの小さいもの Compering with 2nd test less cupping, warping and shrinkage.	6	8(1)	2	4	8	12
	2に比して標準との比較が小さいもの Compering with 2nd test less cupping and shrinkage in the points of ratio between the standard test and schedule test.	4	8	3			
	計 Total	10	16	5	4	8	12
2	1に比して収縮率, 幅反り, 狂いの小さいもの Compering with 1st test less cupping, warping and shrinkage.	5	2(1)	1	7	3	10
	1に比して標準との比較が小さいもの Compering with 1st test less cupping and shrinkage in the points of ratio between the standard test and schedule test.	7	3	0			
	計 Total	12	5	1	7	3	10

() は木理の不整により疑問となつた数

Table 11 の結果から 2 種のスケジュールについて比較するとかなりばらつきがあり、両者の優劣がつけにくい。これはブナ材の繊維のよれがはなはだしいため、同一箇所を取った 2 種の試験材でもかなり形質に差が生ずるため、この種実験においてはいたしかたないことがらであろう。すでに試験にあつては大略同一形質とみとめられるものを 2 枚ずつ選定したが、試験後、材の狂い状態、あるいは中央部で切断した結果により、2 枚を比較してみてもかなりの相違の認められるものが混入していた。これらの材料（試験材 D. J. 等）は、結果のとりまとめ上支障となるため、一応備考欄に理由をつけ削除し、その他について収縮率、狂い等を要約してみると Table 12 となる。

この結果からみれば、厚さ方向の収縮率は、大略 2 者に差がなくやや No. 2 の方がまさり、幅では No. 1 の方がはるかにまさっている。これは木取り位置のずれによる木理の流れも多少原因しているらしく、No. 2 の材に板目がかつた材（髓線角度の大きい）が多数混入した結果と思われる。しかし、厚さ、幅の収縮率を通算してみれば、No. 2 の方が収縮率の大きなものが多いことが判明する。幅反り量についても No. 1 の方が少なく、この原因も No. 2 の試験材に板目木取りに近い材が余計にはいついたとすれば当然であるが、幅反り試験においても試験材両端で比較材を取り、これとの比較をおこなつており、この値についても No. 1 のスケジュールの方が良好であるから一応この値を信じてよいが、試験回数が少なく幅反りそのものの発生原因が不安定なため、結果の重視はさけた方が無難とも考える。狂いのうち縦反りは No. 1 のスケジュールが悪く、ねじれは No. 1 のスケジュールが良くなり優劣をつけにくい、狂いの本質からみれば縦反りよりもねじれの方が使用上の歩止りは低下するため、狂い全体の合計数のささいの優位を含め、全体として No. 1 のスケジュールが多少良好であつたと判断してさしつかえなかろう。その他、材の貯木法、小径木等による収縮率等の差は認められなかつたが、水中貯木材は乾燥による褐変色がはなはだしかつた。

3.3 結 論

ブナ床板材の混材種低温スケジュールを決定するため、含水率 60% から 10% までの乾燥時間を約 130 時間と 100 時間の 2 種にとり、各等級の試験材を混ぜて比較試験をおこなつたが、乾燥時間の短いものは狂い、収縮率がわずかであるが増大していた。しかし、この試験は 1 回だけであり、試験材の形質がはいる十分な効果が得られなかつたため、さらに回数を重ねて試験をする必要があると思われた。

4. 試験 IV, ブナ床板混材の低温スケジュール (その 2)

すでにブナ材の乾燥温度は終始して低温である必要性は十分判明したが、現場の乾燥にあつては含水率 60% から 10% までの乾燥時間を 100 時間ぐらいに上げることが経済面からみて要求されている。しかし、先の試験Ⅲの結果では、130 時間乾燥と比較して 100 時間の方が多少悪い結果となつていたので、この点をさらによく確かめ、改良する意味で 100 時間前後の乾燥時間内で温度上昇の方法を 4 種とり、この中で優劣を比較してみたものである。この試験は最終結論をうるためのものであり、いままでの測定内容のほかさらに歪み経過の測定を加えた。

4.1 実験方法

4.1.1 試験材

試験材は群馬県沼田營林署管内産ブナ原木 3 本から採材し、8 枚 1 組とした。試験材の性質、材質等を Table 13 に示す。

Table 13. 試験材の木理と木取り枚数および性質
Characteristics and number of test pieces.

原木番号 Log number	心材 Heartwood					辺材 sapwood		
	柾目 Edge grain	板目 Flat grain	追柾 A Bastard grain A	追柾 B Bastard grain B	追柾 C Bastard grain C	柾目 Edge grain	板目 Flat grain	追柾 Bastard grain
1						○	○	○
2				○	○			
3	○	○	○					

追柾A：良材 Bastard grain A : clear specimen.
 追柾B：不良材 Bastard grain B : less clear.
 追柾C：悪材 Bastard grain C : second less clear.

原木番号 Log number	材種 Species	乾燥速度 Drying rate	年輪幅 Annual ring width	全乾比重 Specific gravity at oven dry
1	辺材, 追柾 Sapwood, Bastard grain	0.29 %/h	1.2~5 mm Ave. 2.0	0.56~0.65 Ave. 0.58
2	心材, 追柾 Heartwood, Bastard grain	0.20	1.6~4 mm Ave. 3.0	0.55~0.56 Ave. 0.56
3	心材, 追柾 Heartwood, Bastard grain	0.16	0.8~1.9 mm Ave. 1.6	0.55~0.62 Ave. 0.57

乾燥速度：乾燥条件 D. T. 60°C, D. T. -W. T. 25°C, 含水率 10% 時。
 Drying rate : Drying condition D. T. 60°C, D. T. -W. T. 25°C, Moisture content at 10%.

1回の試験材は前記8枚の混材を1組とし、4回の試験のために4組用意した。なお、4回の比較試験のほかに、心材柾目材についてのみ天然乾燥試験を行ない収縮率を測定したので、このために心材柾目材を2枚用意した。試験材は長さ約 80~150 cm, 幅 115 cm, 厚さ 2.2 cm に鉋仕上げし、長さを定尺の 60 cm (心材柾目材は 70~90 cm, 心材板目材は 50 cm) に仕上げる際、心材柾目材は試験材の両端から、その他は片端から幅 2 cm の標準収縮比較材 (試験Ⅲ参照) を取った。心材柾目材については全試験に対しよくそろった一連の試料が得られたが、その他については同一原木から木取つたにかかわらず試料の性質が2組にわかれたので、おのおの組内についての比較しかできないことになった。

4.1.2 実験装置と測定した内容

実験装置、測定器具等は試験Ⅲとほぼ同一のものを使用し、収縮率の測定、狂いの測定等も大略類似な方法を用いた。各種の測定方法を下記に示す。

(1) 狂いの測定法

試験材の片はしを平滑な盤上に押し当て、他端が持ち上がった量を反りとし、持ち上がった高さの差をねじれとして示す。

(2) 幅反りの測定法

距離 10 cm に対する矢高の百分率で示す。

(3) 収縮率

すべて全乾時の収縮率で示し、試験材側部

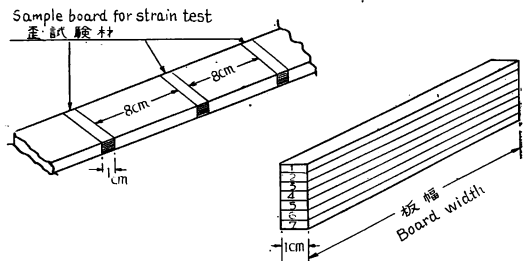


Fig. 29 歪み試験片の切断方法
Cutting method for strain test.

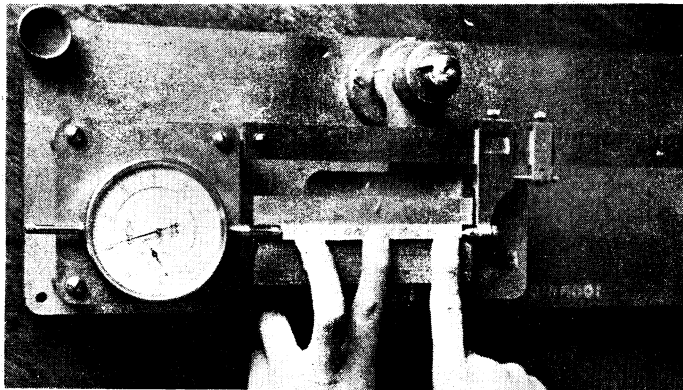


Fig. 30 歪み測定方法

Method and device to measure amount of strain in strain test.

でとつた標準収縮試験片の収縮率との比較値も求めた。収縮率の測定位置は次のとおりである。

幅：板の中央において 10 cm 幅に対する収縮率で示す。

厚さ：心材柾目材は長さ方向の中央で板幅に対しその中央部で 1 cm 間隔に測定し、7 点の平均を求めた。ただし、乾燥経過中の測定は中心 1 点のみで示す。

あらたに測定に加えた歪み測定（応力経過）は、心材柾目材を用いておこなつた⁷⁾。試験材はあらかじめ生材時に Fig. 29 のように 7 箇所の測定点に印をつけ、生材時の長さを測定しておき、乾燥経過中に適時取り出し、測定位置を幅 1 cm に鋸断しそのときの板幅を測点に沿い測定し、直ちに糸鋸で板厚を 7 等分してその各片の長さを測定し (Fig. 30 参照)、次式により歪み量を求めた。

$$e = \frac{l_a - l_b}{l_a} \dots \dots \dots (1)$$

l_a : 切断前の長さ l_b : 切断後の長さ

その他 7 等分された材の乾燥経過中の set (表面硬化) 量を求めるために、切断した各薄片を 20°C で 5 日、50°C で 1 日、100°C で 1 日乾燥したときの全乾状態の収縮率を求め、生材時に同様手法で得た薄片を 10 日間天然乾燥し、約 50°C で 1 日、さらに 100°C で 1 日間乾燥して全乾にしたものを set 量 0 の標準収縮としてこれと比較した。

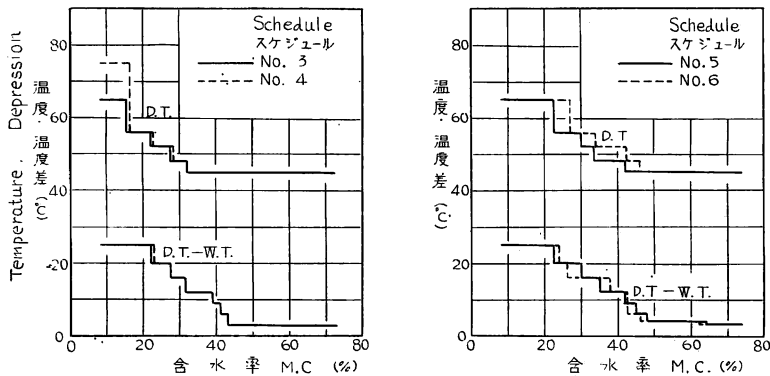


Fig. 31 乾燥スケジュール 4 種
4 types of schedules.

4.1.3 試験の条件と進め方

この試験においては乾湿球温度差条件を各試験に対し同一関係とし、温度のあげかたを少しづつかえて4回の比較試験をおこなった。各試験番号の温度と温度差の関係を Fig. 31 に示す。なお、No. 7 は天然乾燥で心材柎目材の収縮率比較だけをおこなったものである。

乾燥試験に際しては試験材は前回と同様棚積みしておこない、乾燥経過中は収縮率および含水率、歪み等を測定した。室内条件の変化は心材柎目材の含水率変化によりおこない、終了は含水率 10% を目標とし、その後4時間の乾球温度 60°C、湿球温度 55°C のコンディショニングをおこない、5日放置後ふたたび狂い、収縮率等を測定し収縮率測定位置を鋸断し、これを全乾にして全乾収縮率を求めた。

4.2 実験結果

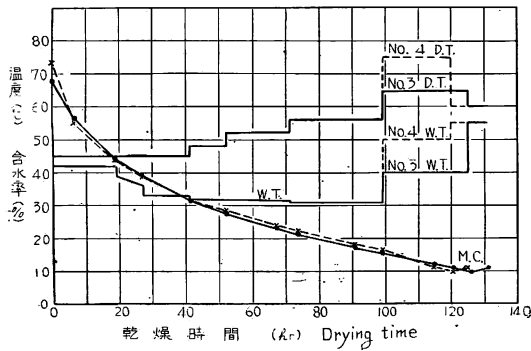


Fig. 32 乾燥経過図
心材、柎目、スケジュール No. 3, No. 4
Drying process in schedule No. 3 and No. 4
(Heartwood, Edge grain).

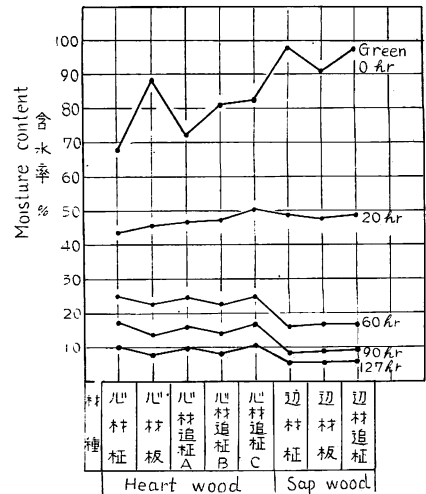


Fig. 33 各試験材の含水率経過
スケジュール No. 3
Drying process in schedule No. 3
of each pieces.

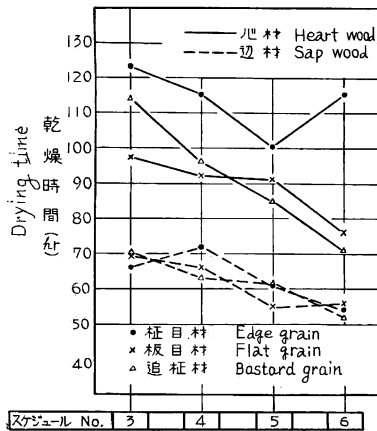


Fig. 34 含水率 60% から 10%
までに要した乾燥時間
Drying time required from 60
to 10% of moisture content of
test board with various grain,
applying some drying schedules.

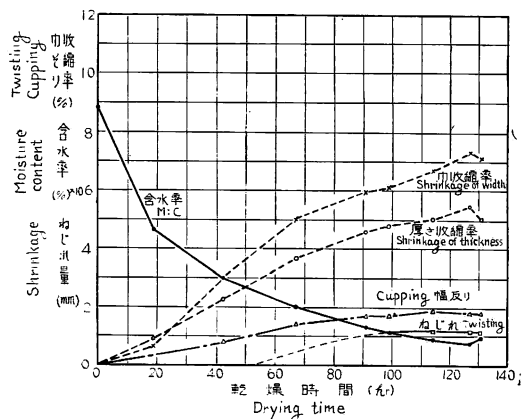


Fig. 35 乾燥経過, 狂い経過および収縮経過
心材、板目、スケジュール No. 3
Fluctuation of the moisture content, warping,
shrinkages of heartwood flat grain board in
schedule No. 3.

4.2.1 含水率経過および乾燥による変形の経過

Fig. 31 の乾燥条件に従い実際に乾燥されたときの含水率経過の 1 例を Fig. 32 に示す。また、その他の材の初期含水率、仕上がり含水率等については Table 14 に示す。No. 6 のスケジュールは乾燥途中 42~38% の間で約 16 時間の停電があつたので整理にあたりこの時間を差し引いた。Fig. 33 は乾燥経過中の各材の含水率のおりかたと仕上がり時の各試験材含水率のばらつきの一例で、その他についても乾燥法の違いによる材種間仕上がり含水率のむらの大小は全く認められず、大略 5% 以内に収まっている。Fig. 34 は各材の含水率 60% から 10% までの乾燥時間を示したもので、No. 6 の心材柱目材は材質によるためか少し乾燥が悪いようである。Fig. 35 は乾燥経過中の狂いの発生状態と収縮経過の 1 例で、各材とも条件比較をしてもほとんど同一の形であまり差異はみられなかつた。ただ、収縮率の増加経過と狂いの経過とは多少曲線の性状を異にしており、狂いの方が一般に高含水率域から発生して途中で屈曲が

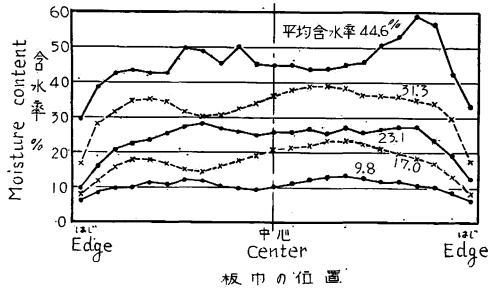


Fig. 36 板幅方向における水分分布
Moisture distribution along the board width (schedule No. 3).

多いようであつた。

4.2.2 乾燥中の水分傾斜の変化

心材柱目材の乾燥経過中の板幅方向の水分傾斜を求めた 1 例は Fig. 36 で、乾燥方法による差は認められなかつた。水分分布に高低のあるのは場所による心材化の程度の差かと思われるが、明確なことは不明である。Fig. 37 は平均含水率と板の中心部含水率と表面含水率との差の関係を各スケジュールごとに示したもので、天乾材を除き乾燥時間の違いよりも初期含水率の差が大きくあ

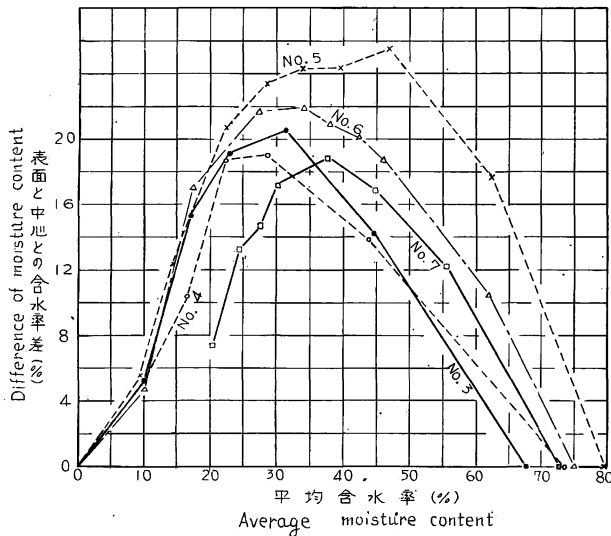


Fig. 37 乾燥経過中の含水率傾斜

Relation average moisture content and difference of moisture content in outer and inner part of board during various drying conditions.

らわれているようである。

4.2.3 乾燥経過中の歪みとset量

Fig. 38, Fig. 39 は No. 3 のスケジュールと、No. 7 天然乾燥スケジュールの乾燥経過中の歪み分布と含水率分布を示したもので、試料を 7 等分したため、材の表裏は同一条件とみなし、表層から同一の位置は互いに平均してあらわしたものである。No. 3 から No. 6 までの条件ではその経過はあまり差がなく、表面層の最大引つ張り歪みの生ずる時期と中心層の最大圧縮歪みの時期がほぼ同時期の 35~40% のところにあるのに反し、天然乾燥の No. 7 は互いにずれて表面層の引つ張り歪みの最大の時が高含水率域にかたより

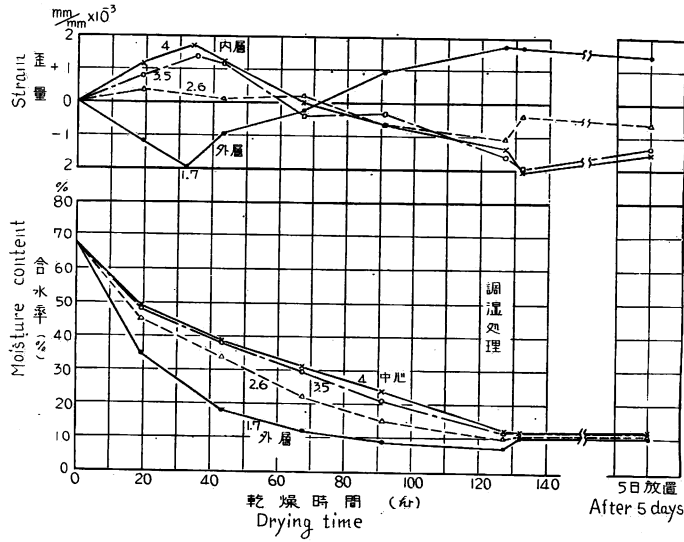


Fig. 38 乾燥経過中に生じた歪みと含水率傾斜
板厚を7等分して得た値の表裏の平均, スケジュール No. 3
Fluctuation of strain and moisture distribution in the course of drying process in schedule No. 3.

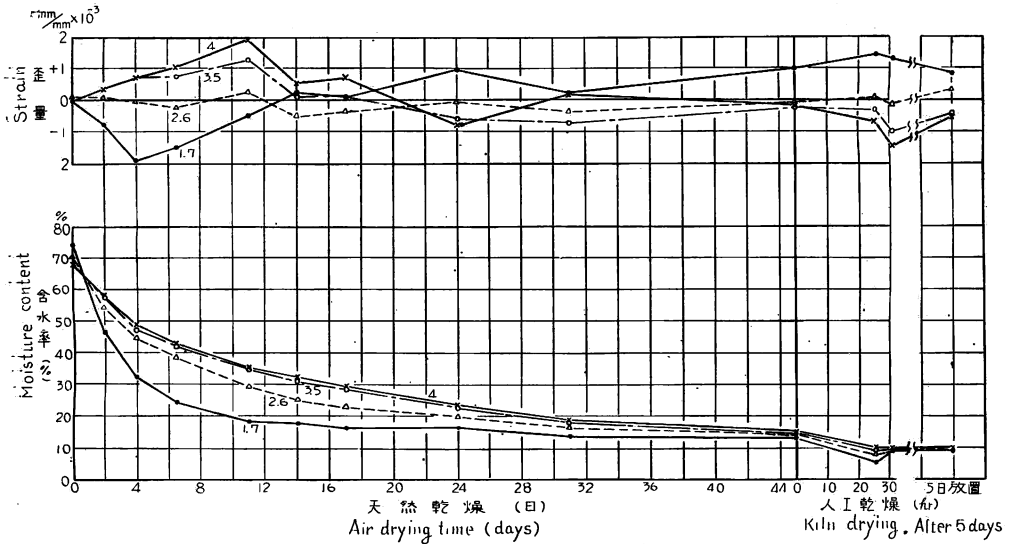


Fig. 39 天然乾燥経過中に生じた歪みと含水率傾斜
Fluctuation of strain and moisture distribution in the course of drying process by air drying (schedule No. 7).

45%前後であり、中心部の最大圧縮歪みの時期が多少低い含水率のときとなつている。また、応力転換期後の内層、外層の歪み差が少なく、中間層の歪みが終始してほとんど0であることが特徴的である。

Fig. 40 および Fig. 41 は乾燥経過中に薄片に切断した試料を全乾にした場合の各薄片の収縮率と切断する前の収縮率を含水率との関係で示したもので、生材時に薄片にされたものが標準的収縮を示すものとしてみれば、それより大きな収縮を示す内層部分は圧縮されて乾燥したものであり、小さい収縮を示す

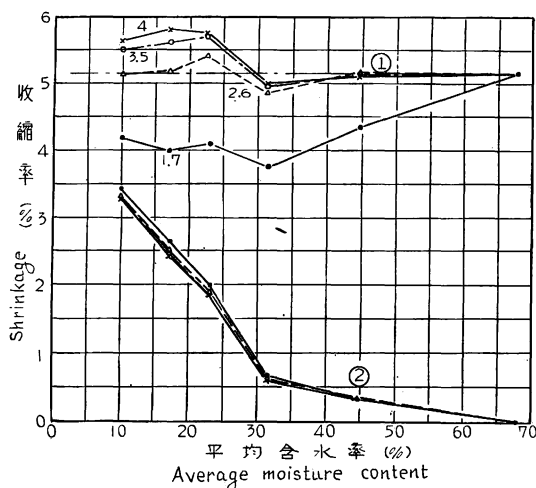


Fig. 40 切断前の収縮率と切断後全乾にした時の収縮率, スケジュール No. 3
Setting value and shrinkage connected with average moisture content. schedule No. 3

- ① 切断後全乾にした収縮率
Oven dry value after cutting.
- ② 切断前の収縮率
Before cutting value at each average moisture content.

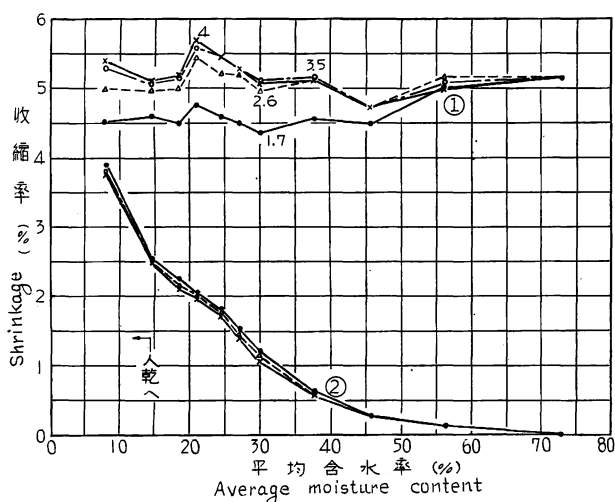


Fig. 41 切断前の収縮率と切断後全乾にした時の収縮率, スケジュール No. 7

Setting value and shrinkage connected with average moisture content in air drying.

- ① Oven dry value after cutting.
- ② Before cutting value.

表層部は引つ張られて乾燥されたものである。これらについても乾燥条件の差は天然乾燥を除いてほとんど認められなかつた。

4.2.4 乾燥終了後の収縮量

乾燥終了後の各材の収縮率および比較材の収縮率, 比重, 髓線角度など参考資料をTable 14 にとりまとめて示す。

先に述べたように, スケジュール No. 3, 4, 5, 6 に使用した試験材は, 材種別には 1 本の原木から得たものであるが, 髓線角度など多少異なっているため, 心材柁目材を除いて他のものは結果を 2 組にわけてみる必要がある。収縮率比較に際し比較の木取り条件の整つた心材柁目材の結果を Fig. 42 に示す。柁目材の厚さ収縮は乾燥温度の高い条件ほど大となつており, 試験材横で取つた比較標準材の収縮率は大略等しくなつているため, 収縮率の増加率(比率)も乾燥条件の強いも

のほど大となつている。天乾材については試験Ⅲと同様非常に収縮率の少ない結果が出ている。これを板幅について比較するとその差はあまり大きくなく, 傾向もつかみにくいものとなつている。一般に板幅の収縮率は乾燥中における set. の問題などがはいるため, あまりあてになる条件比較ではなく, ここにあらわれた板幅の結果も, その増加比率の差は厚さ方向の増加比率と比べるかに小さなものとなつている。このためここでは厚さ方向にあらわれた収縮率の傾向を一応信することにして, 幅の収縮結果を重視しなくともさしつかえなからう。

心材柁目材以外の材についてはス

ケジュール No. 3 と No. 4 および No. 5 と No. 6 の 2 組にわけて考えると, 大略板厚方向で収縮率の少なくなる場合は幅方向で逆の結果となつており, この原因は木取りのずれと板幅方向に生ずる set.

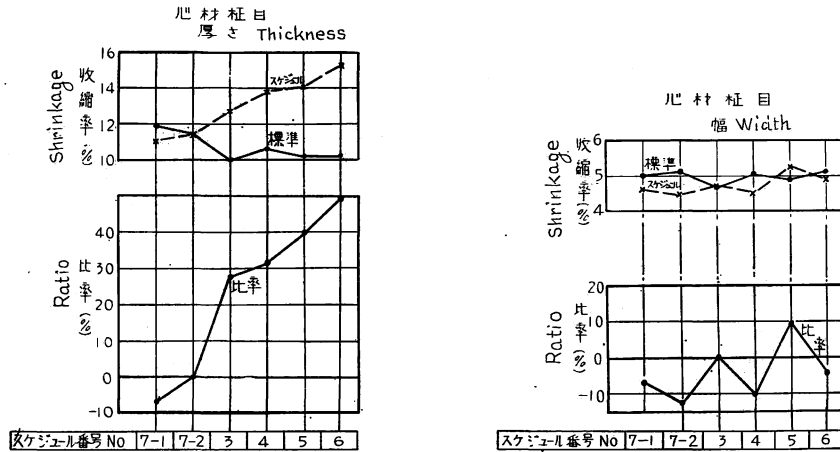


Fig. 42 収縮率とスケジュールの関係 (At oven dry)
Relation between shrinkage and schedules of heartwood edge grain boards.

× Actual shrinkage in each schedules.
● Standard value of air drying.

が影響しているためと思われる、乾燥時間の短いスケジュールが板幅の収縮率を減少させる傾向にあることも一応は考えられる。

4.2.4 狂いの測定

(1) 幅反り (cup)

幅反りに関しては測定部分を乾燥後全乾とし、10 cm 幅に対する矢高の 100 分率で求め (Table 14 参照)、また、試験材側部で取った標準材と比較してみたが、結果のばらつきがひどく一定の関係は求められなかった。

(2) 一般の狂い

乾燥終了後 5 日間屋内に放置した材につき、材の片側を押さえ他端の持ち上がる量 (反り) および持ち上がった他端の両すみの高さの差 (ねじれ) を求めたものを Table 14 に示す。これらについても材が異なるものとして No. 3, 4 と No. 5, 6 とにわけてその大小を比較してみると Table 15 のようになり、No. 3 と No. 4 とではほとんど差がないようである。No. 5 と No. 6 の間には発生個数において差異が認められている。

4.3 考察

乾燥時間 100~120 時間程度の 4 種のスケジュールについてこれらの優劣を収縮率の点から比較してみると、幅方向においてはあまりその差が認められないが、心材柾目材の厚さ収縮には比較的明りように収縮率の増加が、温度上昇を早くしたスケジュールに認められている。これは柾目木取りされた材の厚さ方向が、材の構造上と乾燥過程の応力の受け方からして加熱乾燥された場合に、圧縮変形を受けて収縮率が大きくなりやすいものと考えられる。したがって、先に述べたように、材の狂いと収縮率の関係においては心材柾目材の厚さ収縮を比較検討してみると比較的明りようになるとと思われる。

乾燥末期の条件に差をつけた No. 3 と No. 4 においては心材柾目材の厚さ収縮率は、No. 4 の方が多少増加しているが、その差は少なく狂いにおいては大差はないといえよう。しかし、No. 4 と No. 5

Table 14. ス ケ ジ ュ ー
Test results on

材 種 Species	髓 線 角 度 Ray angle		全乾比重 Specific gravity at oven dry	含 水 率 Moisture contents		収 縮 Shrinkage	
	人 乾 材 Kiln dry from green	比 較 材 Kiln dry after air dried		乾 燥 前 Initial	乾 燥 後 Final	厚 さ 人 乾 材 Kiln dry from green	Th ickness 比 較 材 Kiln dry after air dried
	degree	degree	g/cm ³	%	%	%	%
Schedule No. 3 心 材, 柁 目 Heartwood, Edge grain	12.0	(※)	0.59	67.8	9.9	12.70	(※)
板 目 Flat grain	90.0	90.0	0.56	88.0	7.6	6.68	5.11
追 柁 A Bastard grain A	30.0	32.0	0.58	72.0	9.3	11.46	9.40
追 柁 B Bastard grain B	20.0	27.5	0.56	81.0	8.0	13.60	9.55
追 柁 C Bastard grain C	15.0	18.0	0.57	82.3	10.5	16.62	11.55
辺 材, 柁 目 Sapwood, Edge grain	35.0	35.0	0.56	97.8	5.2	11.09	8.24
板 目 Flat grain	90.0	90.0	0.65	91.0	5.2	6.22	4.53
追 柁 Bastard grain	42.0	43.0	0.57	97.5	5.7	8.09	6.03
Schedule No. 4 心 材, 柁 目 Heartwood, Edge grain	4.0	4.0	0.63	73.3	9.8	13.85	10.54
板 目 Flat grain	90.0	90.0	0.56	68.2	6.0	6.33	5.11
追 柁 A Bastard grain A	30.0	32.0	0.58	74.0	7.0	11.54	9.40
追 柁 B Bastard grain B	18.0	27.5	0.56	72.5	8.5	14.32	9.55
追 柁 C Bastard grain C	14.0	18.0	0.57	77.5	8.0	15.88	11.55
辺 材, 柁 目 Sapwood, Edge grain	30.0	35.0	0.56	92.7	5.0	12.80	8.24
板 目 Flat grain	90.0	90.0	0.65	85.0	5.3	6.64	4.53
追 柁 Bastard grain	41.0	43.0	0.57	100.8	5.0	9.66	6.03
Schedule No. 5 心 材, 柁 目 Heartwood, Edge grain	15.0	15.0	0.59	79.7	9.9	14.09	10.07
板 目 Flat grain	90.0	90.0	0.55	77.5	8.3	7.04	5.00
追 柁 A Bastard grain A	47.0	45.0	0.56	84.5	7.3	9.08	8.08
追 柁 B Bastard grain B	43.0	47.0	0.56	75.1	7.0	11.30	7.36
追 柁 C Bastard grain C	45.0	38.0	0.56	79.5	7.5	11.52	9.84
辺 材, 柁 目 Sapwood, Edge grain	34.0	40.0	0.59	99.0	5.0	9.96	7.78

ル 別 試 験 結 果
various drying schedules.

縮 率 (全乾時) (at oven dry)				狂 い Warp				乾 燥 時 間 Drying time	
比 率 Ratio of increased shrinkage %	幅 width			幅反り(全乾時) Cupping (at oven dry)		反 り ねじれ (5日放置後) Bowing Twisting (5 days after drying)		全 In kiln h	含 水 率 60~10% Moisture contents from 60 to 10% h
	人 乾 材 Kiln dry from green %	比 較 材 Kiln dry after air dried %	比 率 Ratio of increased shrinkage %	人 乾 材 Kiln dry from green %	比 較 材 Kiln dry after air dried %	mm	mm		
		(※)			(※)				
27.9	4.75	4.73	0.4					126.0	123.0
30.7	9.10	8.55	6.4	2.35	2.47	6.5	3.5		97.0
21.9	6.00	5.75	4.4			8.5	2.5		114.0
52.9	5.00	5.30	-6.0			3.0	0.5		100.0
43.9	—	4.55	—			19.0	0		118.0
34.6	6.00	5.25	14.3			38.0	1.0		66.0
37.3	10.40	9.10	14.3	2.55	0.29	2.5	2.0		69.0
34.2	6.80	5.20	30.8			7.0	3.0		70.0
31.4	4.55	5.05	-9.9					120.0	115.0
23.9	8.65	8.55	1.2	2.45	2.47	21.5	15.5		92.0
22.8	6.25	5.75	8.7			5.0	1.0		96.0
50.0	4.80	5.30	-9.4			2.5	1.5		105.0
37.5	4.30	4.55	-5.5			8.0	2.0		100.0
55.4	5.60	5.25	6.7			32.0	5.0		72.0
46.6	11.60	9.10	27.5	0.80	0.29	16.0	1.0		66.0
60.2	6.00	5.20	15.4			8.5	0.5		63.0
39.9	5.25	4.88	9.6					111.0	100.0
40.8	10.30	9.10	13.2	0.68	1.39	8.0	8.0		91.0
12.4	7.45	7.20	3.5			5.5	1.5		85.0
53.5	8.40	8.05	4.4			12.5	0.5		85.0
17.1	8.65	7.10	21.8			5.5	0.5		86.0
28.0	7.20	5.75	25.2			19.0	8.0		60.5

(Table 14. つづき)

材種 Species	髓線角度 Ray angle		全乾比重 Specific gravity at oven dry	含水率 Moisture contents		収縮 Shrinkage	
	人乾材 Kiln dry from green	比較材 Kiln dry after air dried		乾燥前 Initial	乾燥後 Final	厚さ Thickness	人乾材 Kiln dry from green
	degree	degree	g/cm ³	%	%	%	%
Schedule No. 5 辺材, 板目 Sapwood, Flat grain		(※)					(※)
追 柁 Bastard grain	90.0	90.0	0.57	109.0	4.8	5.22	4.08
追 柁 Bastard grain	59.0	60.0	0.61	106.8	5.2	7.52	5.60
Schedule No. 6 心材, 柁目 Heartwood, Edge grain	7.0	10.0	0.60	75.2	10.0	15.26	10.20
板目 Flat grain	90.0	90.0	0.55	90.5	6.5	7.53	5.00
追 柁 A Bastard grain A	45.0	45.0	0.56	90.0	5.5	10.14	8.08
追 柁 B Bastard grain B	49.0	47.0	0.56	78.9	7.0	9.96	7.36
追 柁 C Bastard grain C	35.0	38.0	0.56	87.0	5.8	13.45	9.84
辺材, 柁目 Sapwood, Edge grain	32.0	40.0	0.59	116.8	4.2	11.10	7.78
板目 Flat grain	90.0	90.0	0.57	123.8	6.0	5.17	4.08
追 柁 Bastard grain	59.0	60.0	0.61	119.9	4.5	7.97	5.60
Schedule No. 7-1 心材, 柁目 Heartwood, Edge grain	(Air dried test board) 0	6.5	0.61	72.7	7.5	(Air dried test board) 11.09	11.87
Schedule No. 7-2 心材, 柁目 Heartwood, Edge grain	3.0	0	0.60	75.3	7.8	11.53	11.52

(※) This test pieces cutted from the very same next close

Table 15. スケジュールと狂いの関係 No. 3, 4 および No. 5, 6 の比較
Relation between warping and drying schedules.

	スケジュール番号 Schedule number			
	3	4	5	6
反りの大きいものの数 Number of board with larger value of bowing	4	3	2(1)	5
反りの量の合計 Total amount of bowing	84.5mm	93.5mm	96.5mm	97.5mm
ねじれの大きいものの数 Number of board with larger value of twisting	3	4	2	5
ねじれの量の合計 Total amount of twisting	12.5mm	26.5mm	47.0mm	54.0mm

縮率 (全乾時) (at oven dry)				狂 い Warp				乾燥時間 Drying time	
幅 width				幅反り(全乾時) Cupping(at oven dry)		反り ねじれ (5日放置後) Bowing Twisting (5 days after drying)		全 In kiln	含水率 60~10% Moisture contents from 60 to 10%
比率 Ratio of increased shrinkage %	人乾材 Kiln dry from green %	比較材 Kiln dry after air dried %	比率 Ratio of increased shrinkage %	人乾材 Kiln dry from green %	比較材 Kiln dry after air dried %	mm	mm		
		(※)			(※)				
27.9	8.40	8.00	5.0	0.98	0.08	33.0	23.5		55.0
34.3	8.45	6.75	25.2			13.0	5.0		61.0
49.3	4.90	5.10	-3.9					122.5	115.0
50.6	10.10	9.10	11.0	0.72	1.39	13.0	13.0		76.0
25.5	7.95	7.20	10.4			8.0	3.0		71.0
35.3	8.60	8.05	6.8			13.0	6.0		90.0
36.7	7.85	7.10	10.6			9.5	3.0		76.5
42.7	6.25	5.75	8.7			18.5	6.5		54.0
26.7	9.50	8.00	18.8	0.88	0.08	18.5	11.0		56.0
42.3	8.25	6.75	22.2			17.0	11.5		52.0
	(Air dried test board)							(45 days) 26 h	(43 days) 17 h
-6.6	4.65	5.03	-7.6						
0.1	4.50	5.13	-12.3					(45 days) 26 h	(43 days) 15 h

part of the schedule test boards.

については厚さ収縮率の増大はかなり明りようである。狂いについてはこの間の試料に差があり、一連の試験材でないため両者を比較することは不当であるが、一応狂いの絶対量などをみれば後者が悪くなっており、均等な材料比較をしても後者の狂いは大きいのではないかと、収縮率の増加割合などからみて推察される。No. 5 と No. 6 については No. 6 に停電等の事故があり直接の比較はできにくい、温度上昇の早い No. 6 の方が収縮率は大きくなっており、No. 5 との比較において狂い量は明らかに悪くなっている。

これらの結果から温度上昇を早くしたものの乾燥結果が良くないことが判明したが、終末温度を No. 4 のごとく 15% 付近で上昇すれば狂い収縮率などあまり差が認められないようである。乾燥時間は温度上昇を早くしたもののほど早くなる傾向を示しているが、心材柾目材についてみると (Fig. 34 参照), No. 5 と No. 6 との関係が入れかわつているが、その他の材について比較すると No. 5 の方が全体的に乾燥が No. 6 よりおそくなつているので、No. 6 に用いた心材柾目材の乾燥がおそかつたものとみられ、No. 6 の乾燥時間は 90 時間程度と考えてよからう。これらの結果からして乾燥時間と狂い、または収縮

率との関係は大略乾燥時間が短くなるほど大となるもようで、その際多少の温湿度の調整をおこなつてもあまり効果がないもようである。4種のスケジュール中最も効果的と思えるのは No. 4 のスケジュールで、時間を短縮したわりに材の収縮と狂いの発生率は少ないものようである。

乾燥経過中の歪経過についてはすでに先の結果で述べたごとく、ブナ材のように割れの心配のない材については、その測定目的が直接にはあまり重要でなく、この程度のスケジュールの差では測定結果も類似してとりたてる問題はなかつた。ただ、乾燥後おこなつたコンディショニング後の測定ではかなり歪みが残っており、60°C で5時間程度ではコンディショニングとしてはまだまだ不十分と考えられる。

乾燥経過中の狂いの発生について Fig. 35 に示したような狂いおよび収縮経過からは、スケジュール相互で特別な差異は得られないが、一般に狂いは比較的高含水率域に発生して中ごろではあまり増大せず、最後になつてふたたび急増する傾向が多い。これらのことから狂いの発生は前にも述べたように、多少ながら組織の部分的落ち込み現象により誘発されているように考えられる。また、収縮率経過についても、ブナ材相互での比較ではその差が少ないが、他樹種との比較では比較的高含水率域から収縮がおきているようにみられる。また、樹心近くの柾目材の落ち込み現象などからみても、ブナ材はかなり落ち込みやすい材（細胞膜変形の生じやすい材）であり、これがブナ特有の狂いの原因になつていないかと考えられる。したがつて、このような材に対しては落ち込みを生じさせないような低温乾燥か、落ち込みやすい時期を天然乾燥にする等のことが必要とならう。なかんずく、ブナ材内にあつても狂いやすい材ほどこのような欠点部を保有していると考えれば、良材では高温乾燥の弊害が少なく不良材ほど高温乾燥の弊害が生ずることも当然と考えられる。

4.4 結 論

ブナ混材床板スケジュールについて乾燥時間（60% から 10% まで）を 100~120 時間程度とし、乾燥初期の温度を 45°C から始め、末期温度を 65°C 程度にとどめ湿度差条件は共通とし、いろいろの温度の上げかたを試みた結果、次のことがら明らかになつた。

(1) 温度を早く上昇してゆけば乾燥時間は早くなるが、収縮率（特に厚さの収縮率）が増大し狂いが多くなり、低温で乾燥する効果は減少する。いちばん早く温度上昇したスケジュール No. 6 は、厚さ収縮率において天然乾燥材の約 50% の増加があり、これは試験 I における 60°C で乾燥を開始したものと同程度の収縮率である。

(2) 乾燥末期の温度を 65°C にとどめたものと含水率 16% 以後の乾燥温度を 75°C まで上昇させたものとは収縮率、狂いなどに多少の差が認められるが、乾燥時間の短縮もあるので、後者は比較的有効なスケジュールといえる。別途試験において、20% の天乾材を 60°C および 80°C の温度で比較乾燥した際には、収縮率の差は認められなかつたので、温度を上昇して安全な時期は平均含水率でなく、中心含水率によるものと思われ、水分分布の平らな天乾材にあつては、末期の温度上昇を比較的早くしても安全と思われる。

(3) 全乾燥時間 123 時間のスケジュール No. 3 および乾燥時間 115 時間のスケジュール No. 4 は、試験 I において得られた低温スケジュールと同等程度の収縮率（天乾材に対し 25% 増加）で仕上がりが、その時の乾燥時間 188 時間を 60~70 時間短縮した優秀なスケジュールと認められる。なお、この際温湿度を変化させる基準は心材柾目材の含水率とする。

(4) 4種のスケジュール間では乾燥中の歪経過、収縮率経過の形、仕上がりが含水率のばらつき等には

とんど差が認められなかつた。

- (5) 幅反りの大小はスケジュール比較の対象としては木取りの影響がはいりやすく適当でなかつた。
- (6) コンディショニングは温度 60°C, 温度差 5°C で 5 時間程度ではほとんど効果がなかつた。

5. あとがき

人工乾燥による損傷については従来割れの発生について非常に研究されていたが、狂いの発生についてはあまり実験されていながつたので、この試験においてはわが国の広葉樹のうちで比較的蓄積も多く、しかも狂いやすいブナ材について床板材を用い風速 1 m/s 前後の IF 型乾燥室用のスケジュールを決定したものである。

試験は大略 4 回に分類しておこない、実用的にみて適当と思われるスケジュール Fig. 31 の No. 3, No. 4 を選出したが、この樹種の特性として辺材部が非常に多く、辺材、偽心材の乾燥速度が 2 倍以上異なつており、心材部は落ち込みやすい性質などがあるため、これを一括して乾燥する際には、いきおい比較的低温のスケジュールとせねばならぬため、人工乾燥前にあらかじめ材を選別して、乾燥困難な心材部は天然乾燥によりある程度初期含水率を低下させるような配慮も必要かと思われる。

また、狂いの発生については繊維の交錯がおもな原因をなしているが、その他に材の落ち込みにより狂いを助長しているのではないかという点も観察され、落ち込みを生じさせないような乾燥操作が結果的にみて狂いの防止にもなるのではないかと推察された。

文 献

- 1) 寺沢 真・岩下 睦：木材乾燥操作に関する基礎的研究，第 I 報，乾燥特性曲線，林業試験場研究報告，81，(1955)。
- 2) TORGESSON, O. W. : Schedules for the kiln drying of wood, F. P. L. R. No. D 1791.
- 3) 井坂三郎・梅原 誠：木材の狂いに関する研究，特に板目板の反りについて，林業試験場研究報告，71，(1954)。
- 4) 浅野猪久夫：木材の落込の研究 (II)，木材学会誌，2，3，(1956)。
- 5) Collapse and Reconditioning of Collapsed Timber C. S. I. R. Australia, 20 (1940)。
- 6) 鈴木 寧：木材の加熱乾燥による収縮，木材学会誌，2，3，(1956)。
- 7) 小倉武夫：木材の水分移動性および乾燥中に生ずる歪みの温度による影響，林業試験場研究報告，77，(1955)。

Dry Kiln Schedules for Beech Strips (22 mm Thickness).

Shin TERAZAWA and Makio KODAMA

(Résumé)

Japanese beech is one of the most important hard woods and its distribution in this country is wide and rich. But this beech wood has a strong tendency to warp and twist when dried, unlike the European beech. There are many reports not only about the face checking and honeycombing based on rough calculation of these processes. On the other hand we do not find any studies about the warping and twisting of it caused by drying processes, nor is there any scientific discussion on this matter so far as we have traced. We dried several kinds of beech strips, that is, the clear one (without knot or twist grain), low quality material (with knot or twist grain), materials with complete heartwood or complete sapwood, samples with partial heartwood or sapwood, and edge or flat grained materials under different schedules, and examined them on their warping, twisting, cupping and shrinkage. We found that there is some connection between deformation and shrinkage. Low temperature and long time drying get better results than high temperature treatment, especially in material having a high moisture content.

We tested the effects of some drying schedules on the same types of materials: in the first test we kept the drying condition of the last period of the schedule as follows: temperature 80°C, depression of dry and wet bulb 30°C; then the condition of initial period was changed as follows: 50°C, 60°C and 70°C, but there were no critical differences between them. But temperature over than the former gets better results (see Fig. 8, No. 6).

In the 2nd test we examined the effects of increase of temperature in full schedules, and measured their thickness shrinkage on edge grain board. We found that the treatment with higher temperatures than the schedule No. 6 (Fig. 8) always increases the amount of shrinkage.

In the 3rd test we selected two lower temperature schedules with drying time 100 hours and 130 hours, and dried many kinds of specimen strips at the same time. We found that the 130 hr schedule showed better results than the 100 hr schedule in deformation and shrinkage, but such a long drying time is impracticable for economical production.

In the 4th test we chose the 4 types of low temperature schedules in drying time: 90~120 hrs, and we got the more suitable economical schedules No. 3 or No. 4 (see Fig. 31, Fig. 32) based on drying time and quality of material after drying for beech boards of 22 mm thickness strips.