

- 研究 - 欠点材（節材）はどのように狂うか

中川 宏 吉田 直隆
由利 良重

木材乾燥における板の変形（狂い）の原因は色々あげられるが、本試験は板の節が板面のどの部分にあるかによって、どのように変形の程度に影響するか、また、乾燥の条件によってどのように異なるか、その原因と軽減方法を見出そうとしたものである。試験は2回にわたって実行し、影響因子を解析したところ、板面における節の位置が長さ方向にも、巾方向にも、板の端に偏っている場合に大きく“反り”が現われる。また、長さ方向に中央、巾方向に端に位置する場合は“曲り”が大きい。乾燥条件の影響は初期含水率よりも乾燥の速い高い温度条件で行った場合が狂いが大きい。更に節の位置と乾燥条件の影響の程度の比較は節の位置に大きく現われた。これらのことから、変形（狂い）の軽減、予防は乾燥操作に高温度の適用を避けること、製材における木取り方法に、積極的に十分な考慮を払うことが必要であると判断される。

1. はじめに

よく乾燥のよし悪しを評価する場合、乾燥材の変形（狂い）が云々されるが、乾燥材の変形には先に報告したように、板の変形状態によって原因とその程度をすべて乾燥方法に帰することは出来ない。すなわち、発生原因を再記すると、次のようになる。

- (a) 木材の構成要素の異方的収縮
- (b) 乾燥条件による異常収縮
- (c) 乾燥条件による内部残留応力
- (d) 機械的応力

さらに乾燥速度の大きい、その結果として収縮速度

の大きい、高い温度条件下ではこれらの原因は一層促進されるものとされている。これらのうち（b）、（d）について若干の試験を行って報告をした。ここで（a）による変形（狂い）は構成要素の組織学的、幾何学的の配列によって方向づけも多岐におよぶので、とりあえず一般的に最も大きい影響を与えようと考えられる“節”をとりあげる。節でも大きさ、生、死節、走行角度、数量、位置等によって変形に作用する程度が異るとみられる。

また、実用においても、たとえばフローリングボードの加工工程から見ると節材は乾燥後、変形によつ

て再度、横切り作業を経て原板に対する製品歩止りと品等を低下せしめている。一般のフローリング加工において、その原板は製材規格の等材の比率が高く、従って製品の品等割合も上等品が少ない。例えば一般に原板の等からは製品の等 5, 等 20, 等 45, 等 30%であるに対し, , 等 40, 等 60%の原板からは製品品等はそれぞれ, 30, 35, 25, 10%であるといわれる。勿論このような製品品等の決定因子は節ばかりでなく、芯があり、腐朽、変色等も見逃がすことは出来ない。

「節持材」は変形することは常識化されている。しかるに製材規格で格付された板を乾燥、加工して製品になったフローリングボードの品等基準は節に関しては別々の見解をもっている。製材規格の等材の節はフローリングにおいてはすべて等となる。家具の部材においても品質規格は明示されていないが、使用位置によってせいぜい慣習的に径 15 mm以下であれば全枚数の約15%位とされている。

これらのことから節持材は外見上の用途面では限度があり、かろうじて比較的低級な中芯構成の充材として用いられている。この場合でも節があることによって変形して、歩止りを低下させることが多い。

本試験は節持材はどのように変形するか、またどの程度であるかを、「反り」と「曲り」について、板面における節の位置、含水率、乾燥条件によってどのように異なるか比較検討し、乾燥操作上のコントロール因子を把握しようと試みたものである。試験は2回に分けて行った。すなわち、第1回は予備実験として板面における節の位置の影響、第2回は節の位置、初期含水率、乾燥条件を組合せて比較検討した。

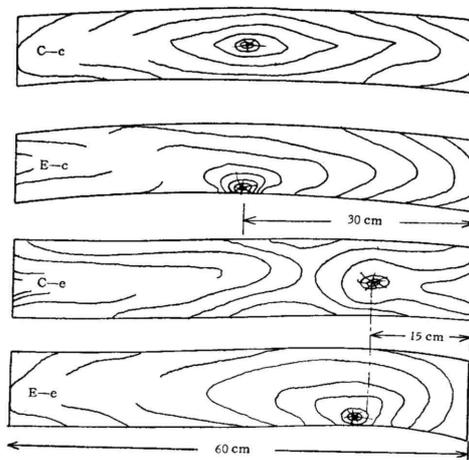
2. 節の位置の影響

(1) 試験のやり方

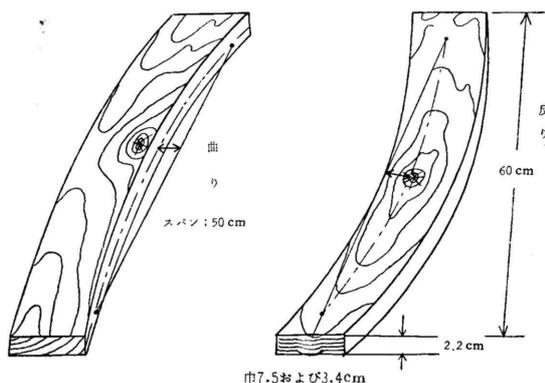
インターナルファン型式の当所の乾燥装置でナラ板目木取りの床板原板厚 22,巾 75,長 600 mmで節の直径が 25 mm前後のものを選び、材面における節の占める位置により、巾および長さ方向のグループについて、それぞれ、中央点と端に偏しているものに分けて第1図に示すように4群になるよう調製し、1グループ4~5枚宛とし、50 80 の乾燥条件を決めて乾燥し、仕上り含水率10%における変形（反り、曲り）を第2図に示すようにスパン500 mmで中央点における凹凸量を矢高として、1/100 mm精度のダイヤルゲージ付矢高測定器で求めて、グループの平均値を比較した。

(2) 試験の結果

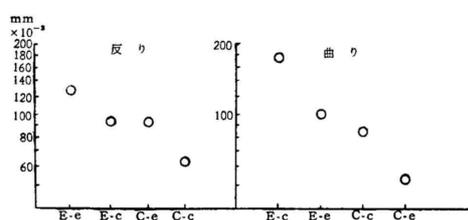
()反り：第3図に示すように節の板面に占める位置が巾方向、長さ方向ともに端に位置するグループが最も変形矢高が大きく、これに対して、巾方向、長さ方向とも中央に位置するグループが最も小さい値を示した。その順序は E-e > E-c C-e > C-cであった。



第1図 節の位置によるサンプルの区分



第2図 変形の測定方法



第3図 節の位置による反り、曲り

() 曲り：第3図に示すように大きいものからの順序は E-c > E-e > C-c > C-e の順序であった。

これらの結果から節の位置が巾方向について一端に偏している場合は、中央部に位するより大きな値、すなわち、変形の程度が大きい。しかし、ここで“反り”について考えてみると板の長さ方向に反るのは、板の長さ方向の収縮率が板の表裏で不均等であることはいうまでもない。この不均等は材、特に節およびその周辺の組織的、物理的性質の構成状態によって左右される。すなわち、板面に現われている節は樹幹の枝の生長過程のどのような時期にあるものか、上枝角はどれだけか、その枝の周辺の樹幹の組織構成はどのような状態にあったかによって決められねばならない。これらの事を規定しないで反り変形を云々することは危険であろう。

3. 節の位置、乾燥条件の影響

前節の試験で曲り、反りの傾向が明らかになったが、しかも節および周辺の組織的構成状態に左右されることと、乾燥条件によって、すなわち、収縮速度、乾燥応力の大小があるので、これらの因子間にどんな差異があるか、検討するために節の主軸が板面にほぼ垂直のもの、節周辺部の繊維の走向状態が比較的斉正なものを選び出し、乾燥条件として、初期含水率、温度条件を各2水準を設定して、乾燥終了材の変形（反り、曲り）を比較検討した。なお、試験結果の信頼度を高め、各因子の影響程度を解析するために $L_s(2^2)$ 型の直交配列表を用いて、乾燥条件、材の初期含水率、節の位置の3因子をとりあげ、各因子2水準で試験を行った。

(1) 試験のやり方

ナラ板目木取り床板原板厚 22、巾 84 長 600 mm を用い、節の直径約 25 mm、節軸が板面に対して略々垂直、節周辺の繊維走行状態の斉正なものを各因子組合せグループに4～5枚宛選び出して調製し、解析に便ならしめるために下記の2グループに分けて影響因子を解析した。

$$I \text{ グループ } \begin{cases} C-c \\ E-c \end{cases} \quad II \text{ グループ } \begin{cases} C-e \\ E-e \end{cases}$$

(記号は第1図に示した通り)

また各因子および水準は第1表に示す通りで、乾燥条件は第2表に示す通り基準含水率に対して温度および湿度を逐次変えてゆき、しかも、2水準の含水率に対するステップの平衡含水率を等しくおいた。

なお、特性値は乾燥終了時 ($u=10\%$) と絶乾時 ($u=0$) の両者について解析した。

第1表 変形に対する因子と水準

特性値	因子		水準	
	1	2	1	2
反り	u	含水率 (%)	生材 55~65	25
	t	温度 (°C)	45~65 (60~65)	60~80 (75~80)
曲り	k	位置	I	C-c
			II	C-e
				E-c
				E-e

() は含水率 25 10% の温度

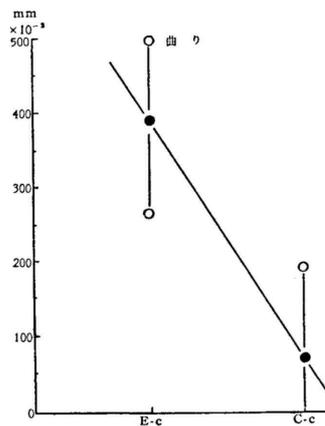
第2表 乾燥スケジュール

含水率 (%)	水準				
	~50	~40	~30	~20	~10
温度 (°C)	1	45	50	55	60
	2	60	65	70	75
温度差 (°C)	2	4	5	8	11
平衡含水率 (%)	16	14	12	10	8

(2) 試験の結果

() 節が板長の中央にある場合 (-c)

節が板長の中央にあつて (-c) 板巾の中央にある場合 (C-c) と板巾側に偏する場合 (E-c)、反りについては乾燥終了時、絶乾時ともに各因子および水準の間に差異が認められなかった。曲りについては乾燥終了時、絶乾時ともに節の位置によって差異があり、板巾側の端に偏する場合が中央に位置する場合より大きく曲ることを示した。また当然であるが絶乾時は終了時より曲りは大きくなった。



第4図 グループの曲り

()節が板長の端に偏している場合(-e)
 乾燥終了時の反りについては、初期含水率(u)および節の位置(k)のそれぞれの水準間に主効果に差異があり、(第4図)更に初期含水率(u)と温度(t)、および初期含水率(u)と節の位置(k)の交互作用がそれぞれ差異があった。これらを例記すれば次のようになる。

$$u_2 > u_1, k_2 > k_1, u_2 t_2 > u_1 t_1 > u_2 t_1 > u_1 t_2, \\ u_2 k_2 > u_2 k_1 > u_1 k_2 > u_1 k_1$$

すなわち、節の位置が端に偏している場合、初期含水率が低い場合、乾燥温度が高い場合には独立して、または他の因子と組合さって板は大きく反ることを示

す。また、この板を絶乾にした時を検討してもほぼ同様の結果が得られた。

乾燥終了時の曲りについては温度の水準間に差異があり、 $t_2 > t_1$ であった(第5図)。なお解析の分散分析表を第3表に示した。また供試材の1例を写真に示した。

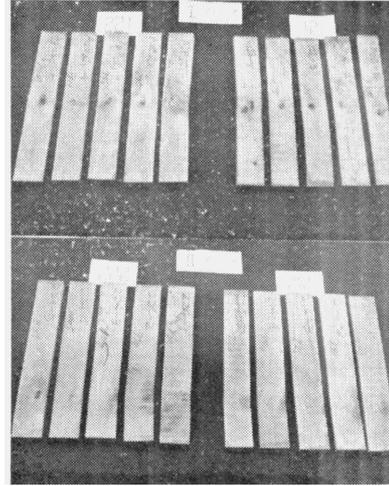
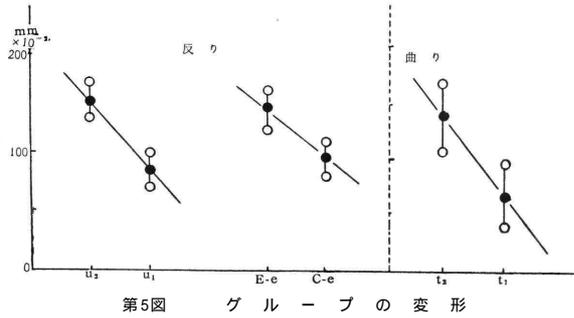


写真 供試材の曲りの例
 節は長さでも巾でもその端にあるものが曲り、反りなどの狂いが大きい

第3表 乾燥終了時の分散分析表

	要因	効果	二乗	偏差自乗	自由度	不偏分散	分散比	F表	寄与率(%)					
曲り (Iグループ)	u	-405	164025	20503	1	20503	1.82	1/4 (0.05) =7.71	6.8					
	t	655	429025	53628	1	53628	4.76		17.8					
	k	1205	145025	181503	1	181503	16.10*		60.5					
	u×t	245	60025	7503	4	11265				14.9				
	u×k	255	65025	8128										
	t×k	435	189225	23653										
	e	-215	46225	5778										
	T			300696						100				
曲り (IIグループ)	u	30	900	112	1	9112	14.0*	1/4 (0.05) =7.71	54.7					
	t	270	72900	9112										
	k	80	6400	800										
	u×t	-60	3600	450										
	u×k	-150	22500	2812						1	2812	4.31	16.9	
	t×k	-130	16900	2112						1	2112	3.23	12.7	
	e	-100	10000	1250						4	653		15.7	
	T			16648									100	
反り (Iグループ)	u	235	55225	6903	1	6903	47.5***	2/3 (0.05) =10.1	22.0					
	t	45	2025	253										
	k	165	27225	3403						1	3403	23.4*	10.8	
	u×t	-375	140625	17578						1	17578	121.0***	2/3 (0.01) =34.1	56.2
	u×k	-155	24025	3003						1	3003	20.7*		9.6
	t×k	15	225	28										
	e	35	1225	153						3	145			1.4
	T			31321										100

* , * * 危険率5, 1%でそれぞれ有意

4. 考 察

2.3. の節の試験結果から、変形の原因となる、または助長する因子および水準のあり方について考えてみよう。

(1) 曲りに影響する因子としては節が板長に対して中央にあって（グループ）板巾側に偏している場合は中央に位するより約5倍の値を示し、関係度指数（全体の変動部分に対するその因子の占める割合で影響因子の重要性を表わす）は60%を占め、初期含水率温度条件に左右されることなく、採材時の木取りを考慮する必要がある。

また節が板長の端に偏している場合においては（グループ）乾燥温度の高いもの程、曲りが大きく、低温度に比較して約2倍の値を示し、関係度指数は54%を占めた。このことは乾燥温度が高ければ収縮速度、すなわち、板の曲げに対する収縮応力が単位時間当りに大きく作用し、曲げ応力による塑性変形が温度と脱湿によって促進することから変形が大きくなるものと説明される。さらにグループにあっては一種の中央集中応力が作用しており、節が板巾の中央に位する場合は節は応力の中線上にあり、しかも、圧縮、引張の作用する部分は比較的正常な組織構成であるに対して、節が板巾側に偏している場合は節が圧縮側にあって曲げたわみを促がす応力発生をもつものと考えられる。

(2) 反りに影響する因子は各因子とも主効果に差異があり、さらに3因子を組合せた、それぞれ2因子の交互作用が大きな関係度指数で大きな値を示した。特に初期含水率（ u ）と温度（ t ）の交互作用は50~60%を占め、 $u_2 t_2$ 、 $u_1 t_2$ であった。すなわち、生材から比較的高い温度で人工乾燥する場合節持材の反りの変形が非常に大きくなる。これは生材からの人工乾燥は板の収縮、従って収縮応力は長い時間徐々に加えられてゆくのに対して、天乾材では収縮応力の発生速度が非常に大きく、内部応力として板の内部に留まることが出来ず塑性変形となって現われるものと考えられる。このことを含水率25%から10%までの乾燥時間を比較してみると、天乾材の60と75はそれぞれ52, 28時間、人工乾燥材では同様にそれぞれ60, 62時間であった。しかるに人工乾材では板の表

層では収縮はかなり進んで、セットされた状態で平均25%以下の収縮は内層部の動きであるに対し、天乾材では水分傾斜も小さく、25%以下の収縮は板の表面、内層ともに大きく、しかも急速に行われることに帰因すると考えられる。また、節が板の巾側に偏している場合で板長の中央に位するか、端に位するかと比較、板巾の中央にあって板長の中央に位するか、端に位するかと比較では両者ともその間に差異は見出すことが出来なかった。

さらに、本試験における測定値は板の中央矢高で最大矢高ではないこと、またサンプリングについても先に論じた、節軸の板面に対する角度、節径、節周辺繊維走行の斉正、さらに年輪巾、比重、髓心からの距離強度的性質等を規正しなければならないが、現実に自然産物である木材では一定数量のサンプルをそろえることは困難であるので測定値のバラツキも或る程度不可避かと考えられる。

以上のように節持板の乾燥による変形（曲り、反り）の原因をとりまとめると、節の位置が板巾方向について片方に偏している場合には板長のどの部分に位しようと大きく現われる。しかして、それが板長の中央に位する場合には曲り、板長の端に位する場合には反りとなって現われることが多い。板自身の原因に対して、乾燥方法、すなわち初期含水率、乾燥温度の差異は、両因子組合して、乾燥速度の大きい、従って収縮速度の大きい場合にはその収縮応力の集中作用と比較的高温度によって塑性変形が促されると推論される。木材加工においては板の乾燥は不可欠であるが変形を小さくすること当然であり、そのためには加工材として不適当な節を板に介在させないような木取り基準を確立すること、また、節持材の乾燥には天然乾燥材といえども高温の適用を避けることが望ましいと判断される。

文 献

- | | |
|---------------|--------------|
| 中川 宏ほか；指導所月報 | 4 (1958) |
| " ; " | 9 (1961) |
| 枝松信之ほか； " | 10 (1962) |
| 寺沢真・小玉牧夫；林試研報 | No135 (1962) |