

異樹種二層積層材の気象条件に伴って生じる
諸現象とその試験結果について

鹿児島県木材工業試験場

松田 健一

I はじめに

積層木製品が近年多く出現しているが、接着される材料の組合せが適当でないために、反り、はくりなどの欠点が現われる場合が多い。

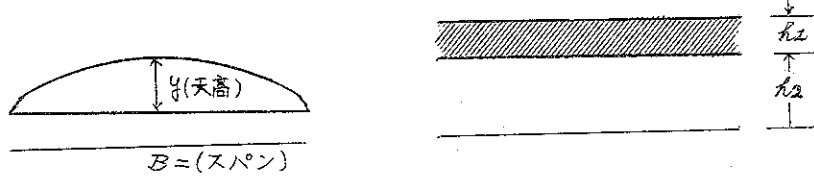
これらの原因については接着後における平衡含水率の変化によつて、個々の材料が収縮、膨張差や、それに伴って生じる内部応力の影響があげられる。

この研究は南九州に多くの蓄積量を有していながら材質的な変動がはげしい由に利用がおくれている硬質材のイスノキを更に活用するために、イスノキの物理的、弾性的性質を究明し、同時にこの材を異樹種と二層貼り合せた場合の吸湿、脱湿による反りについて理論的、実験的に検討し、その実態を解明し防除の基礎資料を得るために行つたものである。

※ ブナノキにイスノキを積層した場合の2層梁の反りに関する計算方法

この実験ではイスとブナの2層積層材が平衡含水率(EMC)変化を受けた時、イスとブナの膨張、収縮差によつて生ずる内部応力の解析を反りの測定から行うことを目的としたもので、普通梁として木取方向を二方向について解析を行つた。しかも膨張、収縮により、内部に生じる応力が弾性限界をこす場合、永久歪が残り、計算きわめて困難なので弾性限界内のみについて取扱う。

(Fig 1)



ここではその結果のみを記載すると、次の如くである。

$$y = \frac{3}{4} \cdot \frac{ac(1+c)^2(2_1 m_1 - 2_2 m_2)}{1+6ac^2+4ac+4ac^3+a^2c^4} \cdot \frac{B^2}{t+ct} \quad (1)$$

$$a = \frac{E_2}{E_1}, \quad c = \frac{h_2}{h_1}$$

E_1 … イスノキの曲げヤング率

E_2 … ブナノキ "

σ_1 … イスノキの膨張収縮率

m_1 … " の含水率変化

σ_2 … ブナノキの膨張収縮率

m_2 … " の含水率変化

h_1 t … イスノキの厚さ

$h_2 \quad ct \dots$ ブナノキの厚さ

(1試から判るようにイスとブナのソリの矢高が吸湿時あるいは脱湿時に大きくならないための条件は

- ① $\alpha_1 m_1 = \alpha_2 m_2$
- ② aが大きいこと
- ③ cが大きいこと
- ④ Bが小さいこと

II イスノキとブナノキの基本的性質

木材は個々の材質の特徴があつて、それが積層材などの列の原因となるので、この研究ではイスとブナの個々の含水率変動、膨張、収縮率、ヤング率、吸脱湿速度の組合せが積層材のソリに及ぼす影響について検討した。


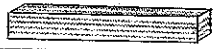
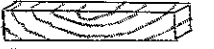

1. 実験方法

① 供試材

イスノキ	<i>Distylium racemosum</i> Sie et Zuce	比重	0.95
ブナノキ	<i>Fagus crenata</i> Blume	比重	0.59

② 木取構成

個々のメンバーの木取りの方向によつて生ずる長さの変化を検討するために四方向に木取りした。

記号	木 取 方 向		
I	板目取りで繊維に平行方向に長い材		T 方向
II	柾目 "		R 方向
III	板目取りで繊維に垂直方向に長い材		T 方向
IV	柾目 "		R 方向

註 III IVは省略

2. 実験項目

Table 1

樹 種	試験材記号	EMC 基準			EMC 置換			測 定 項 目	
		t c	RH%	emc%	t c	PH%	emc%		
イスノキ	A ₁ ~ I	20	45	9	20	75	15	(1) 長さの膨張収縮率	
	II								
	A ₂ ~ I	20	75	15	20	45	9		(2) 曲げヤング率
	II								

樹種	試験材記号	EMC基準			EMC置換			測定項目
		tc	RH%	emc%	tc	RH%	emc%	
ブナノキ	a ₁ ~ I	20	45	9	20	75	15	(3) 初期吸脱湿速度
	a ₁ ~ II							
	a ₂ ~ I	20	75	15	20	45	9	
	a ₂ ~ II							

註 試験材は各組とも6ヶ

3. 測定方法

① 長さの膨張, 収縮率

ASTM-D-1037-56 Tによる dial indicator (精度 $\frac{1}{100}mm$) を使用, 調湿基準別による含水率 1% 当り

② 曲げヤング率

試験材の比例限度荷重の測定は Tensilon を用いてヤング率のみを決定

③ 初期吸脱湿速度

前述の①の際の最初の24時間における含水率変化を求めて初期吸脱湿速度とした。

III 実験結果

基本的性質 イスノキ Table 2

試験材記号	比重	含水率 %		膨張率 長さ %	収縮率 長さ %	曲げヤング率	
		9%EMC	15%EMC			$\times 10.4kg/cm^2$	偏差値
A ₁ ~ I	0.95	11.3	14.3	0.013	~	16.0	1.1
A ₁ ~ II	"	10.7	14.0	0.015	~	15.6	1.0
A ₂ ~ I	0.95	13.4	16.2	~	0.035	13.8	2.6
A ₂ ~ II	"	13.2	16.6	~	0.016	12.4	1.4

基本的性質 ブナノキ Table 3

試験材記号	比重	含水率 %		膨張率 長さ %	収縮率 長さ %	曲げヤング率	
		9%EMC	15%EMC			$\times 10.4kg/cm^2$	偏差値
a ₁ ~ I	0.59	10.1	13.0	0.018	~	9.4	0.5
a ₁ ~ II	"	9.2	13.2	0.014	~	11.8	0.3
a ₂ ~ I	0.95	10.3	12.3	~	0.021	8.1	1.0
a ₂ ~ II	"	10.1	12.1	~	0.025	11.4	0.2

※ 膨張率は9%EMCから15%EMCまでの含水率1%当り

※ 収縮率は15%EMCから9%EMCまでの "

(1) 平衡含水率

イスノキのEMCは低湿度側からの調湿では幾分低くなつた。高湿度側からは高い値を示し

ている。

ブナノキは吸脱湿側からとも予想に反して低くなっている。

イスとブナとの間にはEMCの変動に幾分の差がみられた。(Table 2, 3)

(2) 膨張率

イスノキの長さの膨張率はT方向とR方向とに差がない。

ブナノキ // T方向>R方向で僅かに大きい。

両者の膨張率を比較すると、イスノキは比重の高い材の割にはブナに変わりなく安定している。しかし、EMCが異なるため、膨張率の絶対値を較べるときは含水率の変動のちがいを考慮に入れておくこと。

イスノキの長さの膨張, 収縮率 Table 4

試験材記号	膨張率 %		収縮率 %		
	含水率変動 9-15%	$\sigma_1 m_1$	含水率変動	0.59%	$\sigma_1 m_1$
A ₁ ~I	3.0	0.039	~		~
A ₁ ~II	3.3	0.050	~		~
A ₂ ~I	~	~	2.8		0.098
A ₂ ~II	~	~	3.4		0.054

ブナノキの長さの膨張, 収縮率 Table 5

試験材記号	膨張率 %		収縮率 %	
	9-15%	$\sigma_2 m_2$	15-9%	$\sigma_2 m_2$
a ₁ ~I	2.9	0.051	~	~
a ₁ ~II	4.0	0.056	~	~
a ₂ ~I	~	~	3.4	0.071
a ₂ ~II	~	~	1.8	0.045

このことを含水率変動と考えて膨張, 収縮率を求めるとTable 4, 5を示す。

(3) 収縮率

イスノキ, ブナノキとも著しく変化しT>Rの傾向を示した。

絶対値をTable 4, 5で見ると, mc 1%当りの収縮率といささか異なるもT方向かつR方向よりも変動し, 値も大きく変化する。

(4) 曲げヤング率

イス, ブナの両者とも2つの平衡含水率処理において有意差なし, 方向による差もなし, 両者のヤング率が1.5 : 1の比率なので列にこのヤング率のえいきょうは少ないと思われる。

(5) 初期吸脱湿速度

Table 6

試験材記号	初期吸脱湿速度 (%)	
	9% EMC → 15% EMC	15% EMC → 9% EMC
A ₁ ~ I	0.3	
A ₁ ~ II	0.4	
A ₂ ~ I		0.7
A ₂ ~ II		0.8
a ₁ ~ I	0.3	
a ₁ ~ II	0.4	
a ₂ ~ I		0.7
a ₂ ~ II		0.7

IV ま と め

以上の結果からブナにイスを貼合せた場合の反りに影響する要素が両者の間には、膨張、収縮、EMC、ヤング率についてそれほどの差がないことが立証されたが、列の計算式からわかるように両材料の膨張、収縮率の大きさの違い、即ち $\alpha_1 m_1 - \alpha_2 m_2$ によつて、2層積層材が高湿又は低湿度条件にさらした場合、どちらにソルかが可想しうる。

(1) 膨 張 率

イスの方がブナよりも小さい。従つて高湿度に目露された場合、イスノキを凹にしたカブ状に呈すると思われる。

(2) 収 縮 率

脱湿時の反りの傾向を検討すると、イスノキはブナより T・R 方向とも大であるのでイスノキを凹にして反る可能性がある。

(3) ヤ ン グ 率

(4) 吸脱湿速度

2層の場合、調湿の条件が変わると吸脱湿速度が異なる材料の場合、初期と最終的な平衡時にソリの方向が大きく変換することが予想されるが、イスとブナの場合 (Table 6) 変化がみられるので、ソリは進行するが大きなソリの方向転換は考えられないようである。

イスノキとブナノキの2層積層材の気象条件の変化による反りについて

1. 実験方法

前記の試験に準じて行い、長さと重さの変化について測定した。

① 供 試 材

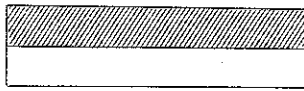
基本的試験のものと同樹種、木取りであるが、材厚とイスが3ミリ6ミリ、9ミリ、ブナノキを9ミリとした。

② 積層構成法

$$I = \frac{T \text{方向 (イス)}}{T \text{方向 (ブナ)}}$$

$$II = \frac{R \text{方向 (イス)}}{R \text{方向 (ブナ)}}$$

木裏=木裏の貼合せ



イス 9ミリ
ブナ 9ミリ

B₁ - I 吸湿
B₂ - II 脱湿



イス 6ミリ
ブナ 9ミリ

B_{1'} - I 吸湿
B_{1'} - II 脱湿



イス 3ミリ
ブナ 9ミリ

B_{1''} - I 吸湿
B_{1''} - II 脱湿

③ 接着法

尿素樹脂 (100部) + NH₄Cl (20%) 5部

接着条件

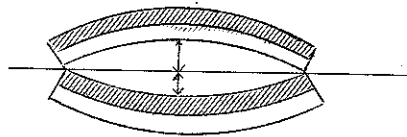
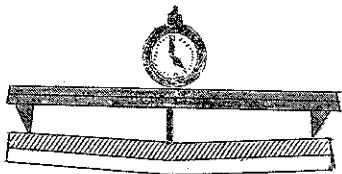
※ ユーロイド#120 (東洋高压製)

アムスラータイプ	5 ton
接着室温	30℃
圧縮力	15kg/cm ²
被接材含水率	9%EMC
ゲル化時間	50分

(3) 矢高の測定法

この測定は図の様な dial indicator ($\frac{1}{10} \text{mm}$) を使用し、スパン長 240mm の中央一点矢高を測定。2層材のイスノキ側におけるソリの矢高を測つた。

(Fig 2)



$$y = \frac{a}{B} \times 100$$

y = そり率
a = 矢高
B = スパン長

2. 実験結果

(1) 接着について

被着剤は単板の状態において25日間、所定のEMCに調湿した材を積層によつて接着剤の塗布によつて加えられる水分を除去するために積層後10日間にわたつて調湿処理を施した。

但し、この調湿時においてTable 7に示すように、すでに土の方向に反りを生じてしまつ

ている。これは接着剤の水分が多分に影響している。依つて接着剤にて加えられる水分をできるだけ少なくすることを考慮する必要がある。

調湿条件の変化に伴うそり

Table 7

試験材記号	9%EMC 調湿後	15%EMCへ置換及び調湿				9%EMCへ置換			
	矢高 %	重量変 化%	矢高 %	実効矢高 %	計算値	重量変 化%	矢高 %	実効矢高	計算値
B ₁ ~ I	+0.092	1.5	+0.089	-0.003	+0.008				
B ₁ ~ II	-0.017	1.4	-0.022	-0.005	+0.001				
B ₁ ' ~ I	-0.062	1.6	-0.077	-0.015	+0.010				
B ₁ ' ~ II	+0.089	1.8	+0.052	-0.035	+0.004				
B ₁ " ~ I	-0.002	1.6	-0.033	-0.031	+0.009				
B ₁ " ~ II	-0.108	1.9	-0.135	-0.027	+0.007				
B ₂ ~ I			-0.109			-1.6	-0.229	-0.120	-0.120
B ₂ ~ II			-0.008			-1.9	-0.040	-0.032	-0.013
B ₂ ' ~ I			+0.105			-1.6	+0.072	-0.033	-0.030
B ₂ ' ~ II			-0.001			-1.8	-0.032	-0.031	-0.001
B ₂ " ~ I			-0.038			-1.3	-0.098	-0.061	-0.021
B ₂ " ~ II			+0.037			-1.6	-0.009	-0.045	-0.010

このそりは含水率の変化と共に0からスタートしてないため、0からスタートした形をとる計算値と比較することは不可能であるが、便宜上9%EMCの調湿にて生じていた矢高を差引いた実効矢高を用い計算値と比較した。

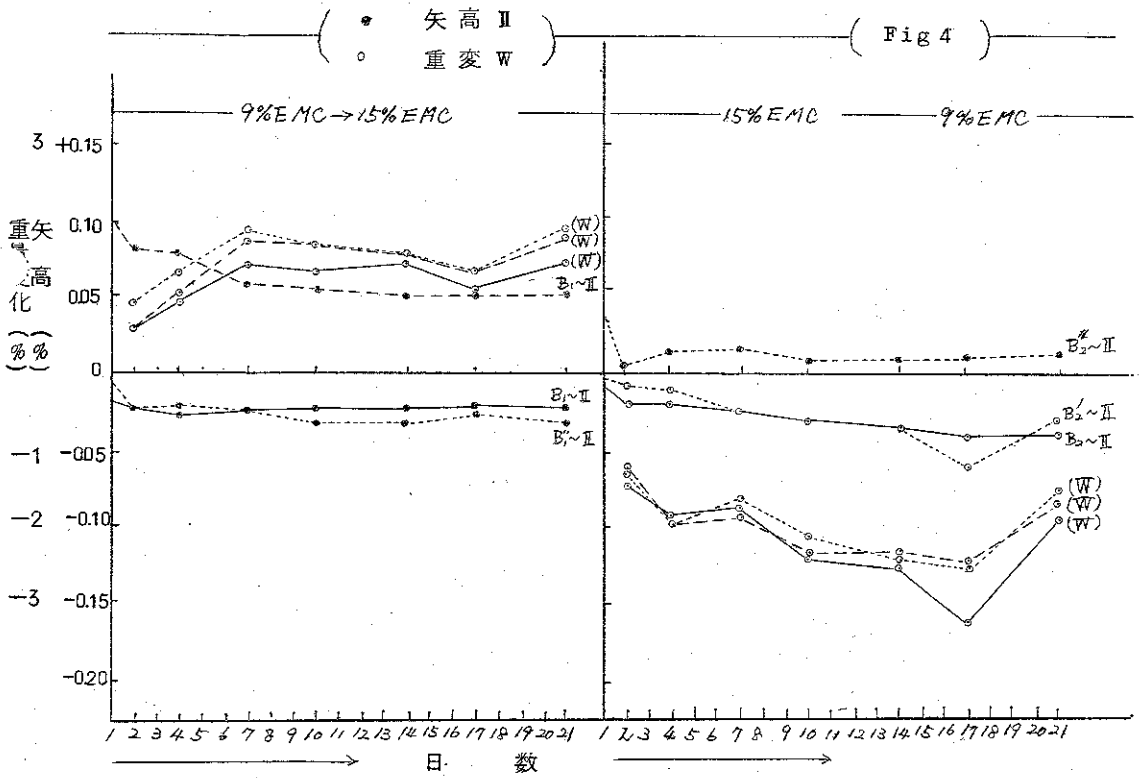
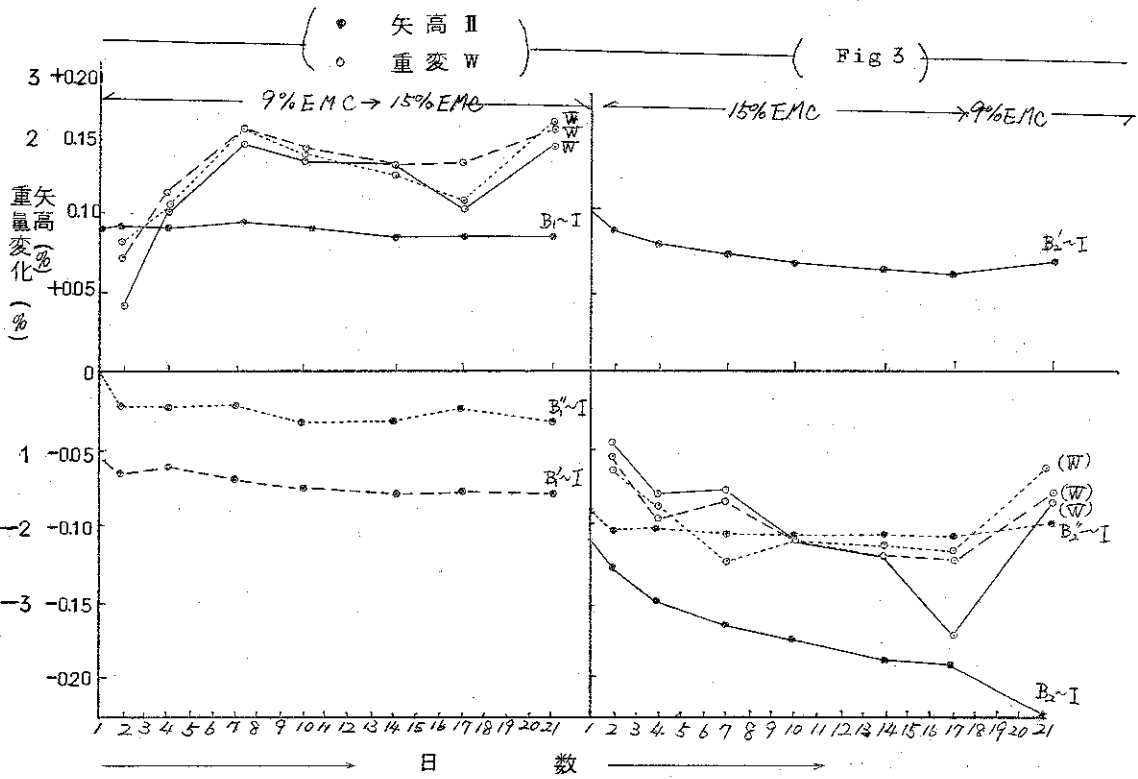
2. 反りの傾向と経過

反りは個々のメンバーの収縮率の組合せに影響されていると考えられ、又、初期吸脱湿速度にも関係があり、差がある場合、例えばブナ>イスの場合、イスの膨張、収縮率がブナより大きくても最初は吸湿の時には凹に、脱湿の場合には凸に反つてから反転する傾向を示すものである。

① しかし今回のイスとブナの場合には初期吸脱湿速度に差がないので、イスの収縮膨張率がソリの傾向に影響を及ぼし、吸湿の場合は+側に反つたが、調湿条件が9%EMCから15%EMCと変動差が小さいので、そのままの状態では伸びて矢高の減少を示したが、反転とまではゆかなかつた。

脱湿の場合には、2層積層材は収縮が進捗して、イス側にカップ状のソリを示した。その動きもメンバーの厚さによつて異つてくる。

積層構成別によるソリの経過



この様に反りの経過と膨張収縮率の基本的性質の両方からみると、膨張収縮率の異なる材料を組合せると湿度条件の異なる環境にさらした場合、必然的に生ずることが認められた。

但し、反りを生じた場合、内部に生じた歪みが弾性限界内のときは湿度条件をもとにもどせば反りも大体恢復する。

- ② 反りの傾向は、2層材の反りの正負は Table 2, 3 に示した個々の膨張収縮率により(1)式から求めうる。

即ち、 $r_1 m_1 - r_2 m_2$ によつて決定され、大体において実測値と一致するが、この実験では実測値が計算値をうわまわる傾向を呈した。

又、方向性も R 方向が T 方向の積層よりも安定しているのは当然といえよう。

- ③ 積層材の厚さについて

イスとブナの積層において、厚さの比による影響を調べる為に、三つの因子をとり、そのソリと重量変化について測定したが、その結果は Table 7 にみるように吸湿側では $\frac{9}{9}$ の比による積層が動きは少なかつたが、脱湿側では $\frac{9}{9}$ の比は比較的是げしい動きを示し、 $\frac{6}{9}$ の比による積層材が比較的変きの少い結果をえた。

$\frac{3}{9}$ の比のものは、反りと共に空目の緻密度とか、木取りの方向等によつてか、Twist を生じており、これは 9mm 厚のブナの変動が 3mm 厚のイスを左右し、ねじれを生じせしめて製品としての使用に不安を覚ゆるものであろう。

依つて、重量変化率と厚さ構成による差は、2 : 3 (イス : ブナ) の比率による組合せならば良好な結果をうると考えられる。

- ④ 反りの絶対値について 省略

3. ま と め

木材の基本的性質をもつとも重大なえいきよを及ぼす湿度条件を因子としてとりあげ、これに伴つて生じる諸々の現象を検討し、このデータに基いて積層材に応用し、反りを防ぐ方法を究明しようという意図のもとに行つた。

1. イスノキの膨張収縮率がブナと較べて予想外に少かつた。
2. 吸脱湿速度と両材料に差がなかつた。
3. 厚さ構成にて $\frac{3}{9}$ よりも $\frac{6}{9}$ の比の方が安定していた。
4. 材の乾燥を低湿までおとすことが、反りをなくす手段であらう。

このように木材は異方向性の材質を有し、一つの尺度では計りえない複雑な性質がみられるので、これら基本値を応用できるとは限らないが、異なる樹種の材料を貼り合せたいときの平衡含水率の決定、厚さの比などを求めて少しでも狂いのない製品を作るための一つの目安となるのではないだろうか！

たとえば、本県にタブと云う広葉樹があるが、材質的に動きのはげしい材だが赤味の面白い樹肌と色調があるのでいろんな用途が考えられるが他の材と積層して使用するには計算値を求めてこの資料をもとに積層法を検討すると云つた科学的態度でのぞみうると思います。