

(千葉大学学位申請論文)

スギ圧縮材の開発とその有効利用に関する研究

2005 年 1 月

阿部 眞理

目 次

第1章 序論.....	1
1.1 本論文の背景と目的.....	1
1.1.1 はじめに.....	1
1.1.2 国内外の木材生産の現状.....	3
1.1.3 間伐材等の低質木材の有効利用.....	3
1.2 既往の研究.....	5
1.2.1 木材の圧密化について.....	5
1.2.2 圧縮木材の適用例について.....	5
1.2.3 本論文の位置づけ.....	5
1.3 研究の方法.....	6
1.4 本論文の構成.....	6
注および参考文献.....	8
第2章 スギ材の圧縮成形と圧縮突き板単板による木質材の試作.....	11
2.1 はじめに.....	11
2.2 圧縮木材の成形方法.....	11
2.2.1 圧縮成形装置と成形方法.....	11
2.2.2 成形用金型の改良.....	13
2.2.3 スギ圧縮木材の寸法挙動.....	14
2.3 スギ圧縮材からスギ圧縮突き板単板への加工.....	16
2.3.1 突き板単板への加工の意義.....	16
2.3.2 スギ圧縮材の突き板単板への加工方法.....	16
2.3.2.1 木材のスライス加工方法.....	16
2.3.2.2 スギ圧縮突き板単板の製作.....	17
2.3.3 スギ圧縮突き板単板による木質材の製作.....	19
2.4 まとめ.....	21
注および参考文献.....	22
第3章 スギ圧縮材の力学的性質.....	23
3.1 はじめに.....	23
3.2 スギ圧縮材の基本的な力学的性質.....	23
3.2.1 静点三点曲げ実験.....	23
3.2.2 縦圧縮実験.....	25
3.2.3 せん断実験.....	26
3.2.4 3種の実験に対するまとめ.....	27
3.3 スギ圧縮材の硬さ性能.....	27
3.3.1 実験方法.....	27
3.3.2 実験結果および考察.....	28
3.3.3 スギ圧縮材の硬さに関わる因子.....	32

3.3.4	まとめ	33
3.4	スギ圧縮材の接着性能	33
3.4.1	実験方法	33
3.4.2	実験結果	34
3.4.2.1	接着強さ	34
3.4.2.2	木部破断の状態	35
3.4.3	まとめ	38
3.5	スギ圧縮材の摩耗性能	39
3.5.1	実験方法	39
3.5.2	実験結果および考察	40
3.5.3	まとめ	40
	注および参考文献	43

第4章 スギ圧縮突き板単板の力学的性質 45

4.1	はじめに	45
4.2	スギ圧縮突き板単板の硬さ性能	45
4.2.1	予備実験	45
4.2.2	本実験	46
4.2.3	本実験の結果および考察	47
4.2.4	まとめ	49
4.3	スギ圧縮突き板単板の接着性能	49
4.3.1	実験方法	49
4.3.2	実験結果	51
4.3.2.1	ラワン合板を基材とした場合の接着強さ	51
4.3.2.2	ラワン合板を基材とした場合の木部破断状態	52
4.3.2.3	スギランバーコアを基材とした場合の接着強さ	54
4.3.2.4	スギランバーコアを基材とした場合の木部破断状態	55
4.3.3	考察	57
4.3.4	まとめ	57
4.4	スギ圧縮突き板単板の摩耗性能	58
4.4.1	実験方法	58
4.4.2	実験結果および考察	59
4.4.3	まとめ	61
4.5	スギ圧縮突き板単板積層材(LVL)の曲げ強さ	62
4.5.1	はじめに	62
4.5.2	通直LVLと湾曲LVL	62
4.5.3	通直LVLの曲げ強さ	62
4.5.3.1	実験方法	62
4.5.3.2	実験結果	64

4.5.4 湾曲LVLの曲げ強さ.....	67
4.5.4.1 実験方法.....	67
4.5.4.2 実験結果.....	68
4.5.5 考察.....	72
4.5.6 今後の課題.....	73
4.5.7 まとめ.....	73
注および参考文献.....	74

第5章 スギ圧縮材の感覚特性.....75

5.1 はじめに.....	75
5.2 感覚実験.....	75
5.2.1 被験者と試験片の種類.....	75
5.2.2 SD評価語の選定.....	75
5.2.3 実験方法.....	76
5.3 実験結果.....	76
5.3.1 各材種の平均プロフィール.....	76
5.3.2 スギ圧縮材とスギ材のSD評価語における有意差の検定.....	77
5.3.3 因子分析による結果.....	81
5.3.3.1 触覚実験データによる因子分析結果.....	81
5.3.3.2 視覚・触覚実験データによる因子分析結果.....	84
5.3.4 スギ圧縮材とスギ材の感覚特性比較.....	86
5.3.4.1 全データによる因子分析結果.....	86
5.3.4.2 クラスタ分析による結果.....	87
5.4 考察.....	89
5.4.1 各材種の平均プロフィールに対する考察.....	89
5.4.2 因子分析に対する考察.....	89
5.4.3 スギ圧縮材とスギ材の比較.....	90
5.5 まとめ.....	90
注および参考文献.....	91

第6章 スギ圧縮材およびスギ圧縮突き板単板の製品への適用.....93

6.1 はじめに.....	93
6.2 脚もの家具「学校用机・いす」の試作.....	93
6.2.1 第1回目の試作.....	93
6.2.2 第2回目の試作.....	95
6.3 箱もの家具「家庭用サイドボード」の試作.....	97
6.4 建具「室内用ドア」の試作.....	99
6.5 内装用部材「床板」の試作.....	101
6.6 成形合板家具「ダイニングチェア」の試作.....	103

6.7	ヒバ圧縮材による楽器「シロフォン」の試作.....	104
6.7.1	シロフォンの現状.....	104
6.7.2	ヒバ圧縮材による新しい音板の開発.....	104
6.7.2.1	これまでの音板の製作方法.....	104
6.7.2.2	ヒバ圧縮材による新しい音板の試作と音響実験.....	105
6.7.3	家庭用シロフォンの試作.....	106
6.8	まとめ.....	107
	注および参考文献.....	109
第7章	結論.....	111
7.1	はじめに.....	111
7.2	各章のまとめ.....	111
7.2.1	第1章のまとめ.....	111
7.2.2	第2章のまとめ.....	111
7.2.3	第3章のまとめ.....	111
7.2.4	第4章のまとめ.....	112
7.2.5	第5章のまとめ.....	114
7.2.6	第6章のまとめ.....	116
7.3	本研究の成果.....	116
7.4	今後の課題.....	117
	注および参考文献.....	119
	Summary.....	121
	Zusammenfassung.....	127
	謝辞.....	129
	補遺.....	1~40

第1章 序 論

1.1 本論文の背景と目的

1.1.1 はじめに

木材は、我々の身近にある馴染み深い材料である。木造住宅をはじめとして、身の回りにおいては、家具や建具等、木材を使った生活用品が多数存在する。

木材には、多くの樹種がある。これを大別すると針葉樹材と広葉樹材に分けることができる。家具・建具および内装用部材に使われている木材をみると、主に、針葉樹材は建具材に、広葉樹材は家具材に使用されている。針葉樹材の樹種としてはスギ、ヒノキ、ヒバ、マツ等、広葉樹材はナラ、ブナ、ケヤキ、チーク、ローズウッド等が挙げられるが、その用途やデザインによって使われる樹種は多種多様である。

また、木材は工業材料のひとつである。しかし、木材以外の、例えば、金属やプラスチック等の工業材料と大きく異なる点は生物資源であるということである。このため、木材は独特の性質を保有する。例えば、含水率、比重、膨潤・収縮率、きず、節、割れ、木目形状等、樹種間ではもとより、同じ樹種であっても樹木の育成地域、材の乾燥度合い、木取りした部位等、様々な条件においてその性質を異にする。これらの性質のなかでも、木材の見た目における大きな特徴である木目形状や材色は、同じ材であっても木取り法や部位によって異なるため、デザイン性に大きく関わるものとなる。

これらの特徴から、木材は、木製品のグレードやデザインに合わせて使い分けることができるため、部材として製品の適材適所に合わせた利用が可能な材料であるといえる。

しかしながら、工業材料としては欠かすことの出来ない木材であるが、近年では、木材の減少が世界的に叫ばれている。その中でも特に硬木に属する広葉樹材の枯渇が懸念されている。わが国のこの種の広葉樹材にはブナ、ナラ、ケヤキ、カバ、カエデ等があるが、その生産量は年々減少し、その供給のほとんどを熱帯雨林

地域で生育した輸入木材に頼っている。しかし、これらの地域においても過度の伐採や環境汚染が原因となり、木材の枯渇が急速に進行しているといった現状がある。

このように、広葉樹材が枯渇する一方で、わが国では、戦後植林を行った人工針葉樹が伐齢期を迎え、その間伐に伴って発生した間伐材の有効利用が当面の課題となっている。なかでもスギは、成長が早く、比較的豊富にあり、その高度利用が期待されている。

わが国およびわが国に対する産地別木材供給量の推移を表1-1に示す。なお、この資料は、財務省の「貿易統計」および林野庁の「木材需給表」をもとにしたものである[注1]。この資料からも、熱帯雨林地域における南洋材をはじめとする外材の供給量が減少していることがわかる。

また、わが国の丸太生産量の推移を表1-2に示す。この資料は農林水産省の「木材需給報告書」から引用したものである[注2]。このなかの樹種別比較をみると、スギやヒノキ等の針葉樹材に比べてブナ、ナラ等の広葉樹材の減少が大きいことがわかる。

表1-1 わが国およびわが国に対する産地別木材供給量の推移
(単位: 千 m^3 , %)

材種	供給国	年度(平成) 9年	10年	11年	12年	13年
米材	米国	25,297	19,474	18,136	16,020	12,898
	カナダ	14,363	11,692	14,242	14,657	12,556
	計	39,660	31,166	32,378	30,677	25,454
南洋材	マレーシア	6,708	5,223	6,180	6,416	5,861
	インドネシア	6,450	4,827	5,821	5,853	6,106
	パプアニューギニア	2,083	1,053	1,058	802	586
	その他	450	218	194	118	121
	計	15,691	11,321	13,253	13,189	12,674
北洋材		5,997	5,085	6,312	6,534	6,181
その他の外材	ニュージーランド材	3,797	3,504	3,461	3,974	4,113
	チリ材	4,016	3,459	3,795	3,747	3,983
	オーストラリア材	6,984	7,611	7,488	8,523	7,712
	その他	12,192	10,579	12,361	14,597	14,369
外材計		88,337	72,725	79,048	81,241	74,485
国産材		21,564	19,331	18,762	18,019	16,757
合 計		109,901	92,056	97,810	99,260	91,242

財務省「貿易統計」、林野庁「木材需給表」から引用

さらに、間伐の実施状況の推移を表1-3に示す。これは、林野庁によるデータであるが、間伐実施面積および間伐材の利用量が毎年増加していることがわかる[注3]。

表1-2 わが国の丸太生産量の推移

		(単位: 千 m^3 、%)					
材種	年度(平成)	9年	10年	11年	12年	13年	対前年増減(Δ)率(%)
針葉樹	スギ	8,692	7,697	7,790	7,671	7,203	▲ 6.1
	うち製材用	8,431	7,409	7,460	7,258	6,807	▲ 6.2
	ヒノキ	2,625	2,307	2,323	2,273	2,133	▲ 6.2
	アカマツ・クロマツ	1,406	1,210	1,105	1,034	925	▲ 10.5
	カラマツ・エゾマツ・トドマツ	2,940	2,544	2,486	2,410	2,304	▲ 4.4
	その他	402	340	313	319	281	▲ 11.9
	計	16,065	14,098	14,017	13,707	12,846	▲ 6.3
広葉樹	ナラ	241	213	202	193	154	▲ 20.2
	ブナ	192	152	117	100	67	▲ 33.0
	その他	3,641	3,595	3,264	3,034	2,707	▲ 10.8
	計	4,074	3,960	3,327	3,327	2,928	▲ 12.0

農林水産省「木材需給報告書」から引用

表1-3 間伐の実施状況の推移

年度(平成)	間伐実施面積(万ha)	間伐材利用量(万 m^3)	製材	丸太	原材料
6	19.6	172	124	33	15
7	21.5	183	125	34	24
8	21.5	185	130	33	22
9	20.9	193	132	32	29
10	26.1	238	169	38	31
11	23.7	212	151	34	27
12	30.4	274	195	41	38
13	30.2	277	196	40	41
14	31.4	279	190	44	45
15	31.2	283	185	50	48

林野庁業務資料から引用

また、木材の枯渇問題とは別に、木材が抱える生産上の問題がある。

木材は、伐採した樹木を製材、木取りし、角材や平板材に加工して無垢材として使用され、その利用価値は高い。しかし、先にも述べたように、木材は工業材料の中でも生物資源であるため、その品質の安定性や生産効率に対して問題点が認められる。

そのため、木材は無垢材として使用する以外に、木質材と呼ばれる造作用部材や構造用部材に加工されて使用されている[注4]。

木質材の種類としては、単板、合板、集成材、パーティクルボード、ファイバーボード等、エレメントの大きさや形状、また製造方法の違いによって基材や心材、また、化粧材等、それぞれの用途に応じて使い分けられている。さらに、これらの木質材では、寸法や品質の安定性を図ることができるし、長尺の材の製造も可能であるため、生産性も良い[注5]。

表1-4 に一般的な木材料の分類について示した[注6]。この表に示すように、木質材以外に処理木材と呼ばれる加工木材がある。木質材は接着加工による接着製品であるのに対し、処理木材は防腐処理木材や樹脂処理木材等、無垢の木材に用途に応じた処理を施し、その性能を改質させたものを指す。

この処理木材のひとつとして、無垢の木材に圧縮成形を施し、材の性質を改質させて使用する技術に対する研究・開発が行われている。これが木材の圧密化であり、これにより製作された木材は圧縮木材と呼ばれている[注7]。

圧縮木材は、他の処理木材とは違い、薬品や樹脂等を全く使用せずに製作するため、有害な物質を含まない環境に配慮された加工木材である。この技術により、比較的豊富にある針葉樹材の新しい利用法や間伐材等の低質木材を改質させ、高度利用を実現できる可能性を持つ。本研究では、これらの点に着目した。

表 1-4 木材料の分類

分類項目	材料名
素材	針葉樹材
	広葉樹材
素板木質材料	集成材
	合板
	LVL (Laminated Veneer Lumber)
	PSL (Parallel Strand Lumber)
処理木材	OSB (Oriented Strand Board)
	防腐処理木材
	難燃処理木材
	樹脂処理木材
	圧縮木材
2次加工木材	塗装コンクリート型枠用合板
	天然化粧単板オーバーレイ合板
エレメント	単板 (針葉樹・広葉樹)
	ストランド
	パーティクル
	ファイバー

1.1.2 国内外の木材生産の現状

国土に対する森林の割合は、日本が66.8%と最も高く、フィンランド、ブラジル、インドネシアがこれに続く。しかしながら、世界の森林面積は、特に熱帯林において、農業開発や薪炭林の過剰伐採等が原因となって全世界的に減少してきており、開発途上地域では顕著である。

世界の木材生産量を先進国と開発途上国とで比較すると、3:6の割合となっている。生産内容をみると、先進国では産業用材が8割以上を占めるのに対し、開発途上国では薪炭材がほぼ8割となっており、相対す

る生産内容となっている。日本においては、産業用材を輸入に頼っており、その割合は38%と世界第1位となっている。また、製材品では11%、合板では17%と、いずれも世界第2位の輸入量となっている[注8]。

このように日本は、国土面積に対する森林面積の割合が大きいものの、木材の需要量に対して自給率が20%程度で、輸入量の増加が目立ち、輸入量全体のおよそ70%以上を外国産材による製品に依存するといった現状がある。しかし、外国産材の枯渇は顕著な事実であり、今後、輸入に頼るだけでは木材料の供給が危ぶまれる。

反面、わが国では戦後植林された針葉樹人工林が伐齢期を迎えており、今後、これらの供給力が高まり、生産量、自給率ともに増加が見込まれているため、その活用方法の検討が急務となっている。

1.1.3 間伐材等の低質木材の有効利用

主に植林を行っている樹種はスギやヒノキ等の針葉樹であるため、広葉樹材については相変わらずその枯渇状態が継続している。

1.1.1項でも述べたように、広葉樹材の枯渇問題に対し、比較的豊富にある針葉樹材の新たな利用法、また、間伐材等の低質木材を有効に利用する方法に対する研究が国内の研究機関等において行われている。

そのなかで、針葉樹材や間伐材を硬い広葉樹材に匹敵する材に改質する方法が研究されているが、そのひとつに木材を圧密化し、圧縮木材として利用する方法がある。圧密化する方法には、①高温高压水蒸気処理法、②樹脂含浸硬化処理法、③密閉加熱処理法、④高周波加熱処理法、⑤静水圧処理法等がある[注9]。また、圧縮木材に使われる樹種はスギが多く、他に、ヒノキ、ヒバ等の針葉樹材が見受けられる。針葉樹材は一般に広葉樹材に比べて柔らかいが、比強度が高いという材料としての理想的な性質を保有しており、その比強度

は、広葉樹材はもとより、金属のなかの鉄材よりも高いとされている。比強度の値についてみると、国産の広葉樹材では157MPa～255MPaであり、鉄材においては39MPa～127MPaであるのに対し、針葉樹材においては

は155MPa～275MPaと高いことから優れた材料であることがわかる[注10]。

この性質を生かして成形された圧縮木材は、最近では、柱材等の建築用部材や屋外における高速道路防音

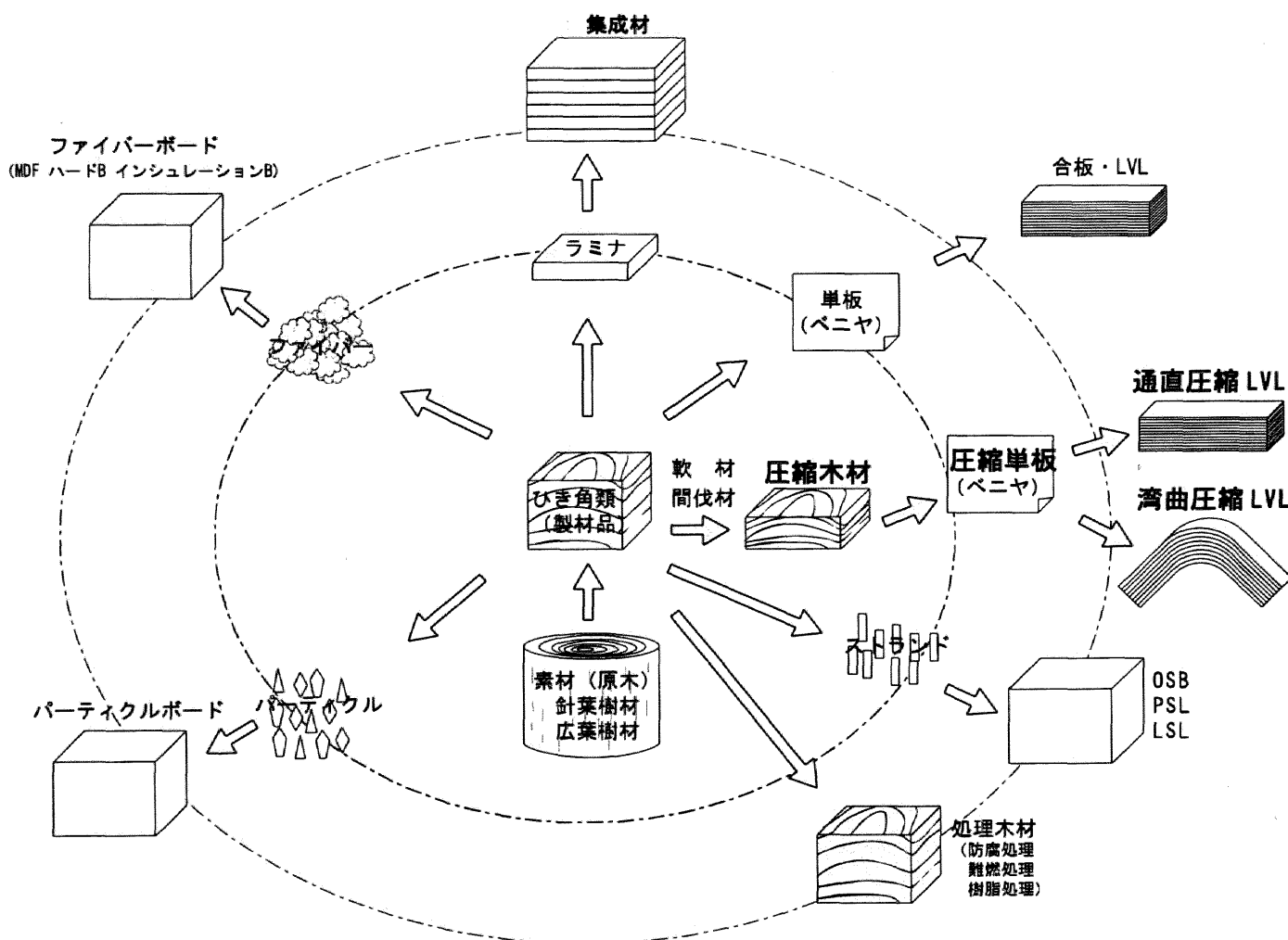


図 1-1 木質材のなかでの圧縮木材の位置づけ

壁等に加工して使用されている事例がある。

1.2 既往の研究

1.2.1 木材の圧密化について

圧縮木材に関しては数多くの研究例がある。例えば、圧縮成形加工装置の開発や成形方法の確立、成形後の圧縮木材の性状等について明らかにしているものがあるが、これらの多くは力学的、物理的見地からの研究である。例えば、井上らは、軟質針葉樹材の表面層を選択的に圧密化する技術について、宇高らは、スギ材の熱圧縮処理を検討し、プレス温度や時間等の最適な条件を抽出している。また、東原らは、水蒸気処理および熱処理による木材の化学変化と圧縮変形固定の関係を明らかにしている[注11～13]。棚橋は、高圧水蒸気処理法による木材の圧縮成形加工技術を考案し、さらに圧縮成形の際に木材表面に加飾する技術等を提案するなど[注14]、いずれも圧縮木材の形状固定や変形回復、また、寸法安定性に関する研究から圧縮木材の成形技術支援に関わる研究を報告している。小林は、スギ丸太から角材への圧縮成形技術について[注15～16]、和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場、三重県工業技術総合研究所では、圧縮木材表面への加飾技術や材色変化に関する研究を行い、意匠性に対する検討を報告した例もある[注17～注18]。

また、製品への適用を狙った研究も見受けられ、実際に製品化した例もある。まず、圧縮木材成形機を開発・製造し、その機械による圧縮木材を製品化しているメーカーとして、株式会社アミノ、株式会社マイウッド・ツー等がある。株式会社アミノは煮沸処理法、株式会社マイウッド・ツーにおいては静水圧処理法が採用され、それぞれ異なる方法で圧縮木材を製造している。

1.2.2 圧縮木材の適用例について

圧縮木材を適用した製品例としては、住宅用建材と

して階段およびベランダ用手摺り材および住宅用床材がある。手摺り材については前述した株式会社マイウッド・ツー[注19]が製造・販売を手掛けている。また、前述した高速道路用防音壁は、株式会社アミノ[注20]が試験的に製造および施工を行っている。これについては丸太を六角柱に圧縮成形して積み重ねたものである[注21]。

しかしながら、住宅用内装部材としての適用例は若干あるものの、建具、とりわけ家具への適用を検討した研究例は少なく、実際に製品に適用した例は見受けられない。また、これらの研究のほとんどは、圧縮木材を無垢材として扱っており、易らは、スギ単板を圧密化し、それを積層材として利用するといった研究を発表しているが[注22]、圧縮木材に2次加工を施して使用する例はない。

1.2.3 本論文の位置づけ

本論文では、圧縮木材を無垢材として使用するだけでなく、2次加工を施して木質材を製作する方法を確立し、具体的に製品への適用を試み、検証する。この点が本論文の最も特徴的な部分である。

圧縮木材への2次加工の方法を具体的に述べると、圧縮木材にスライス加工を施し、突き板単板とすることである。この突き板単板への加工が可能であれば、合板や集成材の製作あるいはそれらへの化粧単板としての活用が期待できる。また、その突き板単板を利用し、積層材(LVL:Laminated Veneer Lumber、以下LVL)を製作できれば、成形合板家具への適用も試みることが出来る。

この圧縮木材のスライス加工については木材の圧密化、圧縮木材の具体的な利用に関する研究の中でも例がなく、本研究が初めての試みとなる。

突き板単板として利用する理由を述べる。家具・建具材および内装用部材として利用される木材は、通常、

無垢材以外に突き板単板貼りの合板や集成材を用い、製品のグレードやデザイン、使用目的の違いに応じて使い分けられている。

したがって、圧縮木材においても無垢材の他に、突き板単板としての使用は不可欠であり、無垢材と突き板単板の両方を適材適所に使い分けることによって、圧縮木材の利用の広範化と効率化が図れ、さらには、生産や製品のコスト削減にも繋がり、その需要を高めることができると考える。

さらに、前述したように、既往の研究においては圧縮木材を使って実際に家具や建具等をデザインし、製作した例は少ない。

そこで、圧縮木材とその突き板単板の力学的な性質を明らかにし、さらにデザインにとって重要なファクターである感覚評価を加え、各材種の中での圧縮木材の位置付けを行う。これらの結果を総合し、圧縮木材の材質を踏まえた上で、具体的に家具・建具および内装用部材をデザイン、試作し、製品化への足掛かりをつくることを目的とする。

圧縮木材を使用した製品の具体化について、その方法をマニュアル化することで、圧縮木材の新たな需要を見出すことができ、我が国の家具・建具業界の活性化に貢献することができるものと考ええる。

1.3 研究の方法

本研究では、まず、スギを使ったスギ圧縮材の圧縮成形方法について検討する。この際、製品化を念頭におき、無垢の圧縮木材を使用する場合と、コアに集成材または合板を使用し、表面にスギ圧縮突き板単板を貼り付けた場合の2通りの方法に対応した成形方法の確立を狙う。

具体的に製品化するためには、スギ圧縮材の性質を明らかにする必要がある。

無垢材の力学的性質については、まず、木材の基本

的な力学的性質である「曲げ強さ」、「圧縮強さ」、「せん断強さ」について実験を通して明らかにする。また、これらに加えて、圧縮木材の家具・建具および内装用部材への適用にあたって必要となる力学的性質である「材の硬さ」、「部材どうしの接着強さ」、「材の摩耗度」に対して実験を実施する。

次に、スギ圧縮突き板単板を表面貼りした場合の力学的性質を実験による測定をもって明らかにする。実験は、「材の硬さ」、「部材どうしの接着強さ」、「材の摩耗度」、「スギ圧縮突き板単板によるLVLの曲げ強さ」に対して実施する。

なお、無垢のスギ圧縮材およびスギ圧縮突き板単板に対する力学的性質は、家具・建具への適用を前提としていることから、それらに使われる用材に反映できる性質と判断して選択する。その際、家具用木材として代表的な材種2～3種を実験に加え、圧縮木材との比較を行う。実験は、JISによる木材の試験方法およびJASによる建築材料および建築構成部分についての試験方法[注23～注25]に準じて実施する。

さらに、デザインの立場からみて重要なファクターである圧縮木材の感覚特性について実験により明らかにする。実験はSD法により、その平均プロフィールを求め、因子分析によって感覚に関わる因子を抽出し、もとのスギ材との性質の比較を行いながら、その感覚特性に対する木材のなかでの位置づけを行う。

最後に、各実験により明らかとなったデータをもとに、具体的に家具・建具、内装用部材をデザインし、試作を行う。試作後には、問題点等を確認し、製品化への助言を加える。

1.4 本論文の構成

第1章では、研究の目的および背景、圧縮木材における既往の研究について概観しながら、本論文の位置付けを述べる。

第2章では、スギ圧縮材の無垢材としての各種用材への適用方法とスギ圧縮突き板単板への加工方法、さらにはスギ圧縮突き板単板を用いた各種木質材の製作の工程と特徴を述べる。

第3章では、スギ圧縮材の力学的性質を求める。まず、木材の基本的な力学的性質である「曲げ強さ」、「縦圧縮強さ」、「せん断強さ」を求める。スギ材および家具材等に多く用いられる広葉樹材のブナ材と比較しながら、スギ圧縮材の性質について実験による測定を通して明らかにする。さらに、家具・建具等への適用を前提とした力学的性質を確認するために、基本的な性質と同様に、スギ材、ブナ材、また、内装用部材等に幅広く用いられるナラ材を加えて実験を行い、測定結果を抽出する。力学的性質の種類は、「材の硬さ」、「部材どうしの接着強さ」、「材の摩耗度」である。「材の硬さ」は、家具のフレーム部材や内装用部材である床材等への適用を考えた場合に不可欠な性質である。「部材どうしの接着強さ」については、構成部材を接着する際の接着力をみるために実施する。「材の摩耗度」では、特に床材への適用を視野に入れて実施する。

第4章では、スギ圧縮突き板単板を用いた試験片の力学的性質を求める。力学的性質の種類は、「材の硬さ」、「部材どうしの接着強さ」、「材の摩耗度」、「スギ圧縮突き板単板によるLVLの曲げ強さ」である。まず、スギ圧縮材と同様の理由で、スギ圧縮突き板単板の「材の硬さ」を明らかにする。また、「部材どうしの接着強さ」については、部材どうしの接着以外に、スギ圧縮突き板単板を合板や集成材といった基材へ貼り付ける際にその性質を知ることが必要となる。「スギ圧縮突き板単板によるLVLの曲げ強さ」については、スギ圧縮突き板単板によるLVLとして、通直LVLの持つ曲げ強さを求める。さらに、成形合板家具への適用の可能性を明らかにする目的で、スギ圧縮突き板単板による湾曲LVLの曲げ強さについてもその性質を明確にする。

第5章では、スギ圧縮材の感覚特性について述べる。スギ圧縮材の触覚と視覚に関する感覚がどのようなものであるか、また、もとのスギ材との違いや普通木材のなかでどのような位置付けとなっているのかを探る。

第6章においては、第2章で製作工程等を述べたスギ圧縮材およびスギ圧縮突き板単板による木質材を用いた家具・建具、内装用部材の試作を行い、提示する。製作を試みる製品は、家具では脚ものの家具として「学校用机・いす」、箱ものの家具としては「家庭用サイドボード」、建具の例としては「室内用ドア」、内装用部材では「床板」である。また、スギ圧縮突き板単板による成形合板家具としてダイニングチェアの製作を試みる。さらに、圧縮木材の音響特性を利用し、打楽器であるシロフォンの音板および本体の試作を行う。これらの試作を通し、スギ圧縮材を使う場合の設計に関わる要件や留意点を明らかにする。

第7章では、本論文の各章のまとめおよび研究の成果を述べ、さらに、今後の課題を提示する。

注および参考文献

- 1) 財務省、林野庁：貿易統計、木材需給表より抜粋
2002 ※表中の数値は国産丸太および輸入丸太の供給量に丸太材積に換算した輸入製材品、パルプ、チップ、合板等の値を加えて各国別の供給量を算出したものである。
- 2) 農林水産省：木材需給報告書より抜粋 2002
※生産量には林地残材は含まれていない。総数は製材用、合板用、木材チップ用の計である。
- 3) 林野庁：業務資料より抜粋 2004
※製材は建築材、梱包材等、丸太は足場丸太、杭、支柱等、原材料はチップ、おがくず等である。
- 4) INAX 出版：デザインングウッド木材進化系、INAX 出版、8～22、2000
- 5) (社) 日本木材加工技術協会関西支部：最新木質建材素材からエンジニアードウッドまで 解説集、(社) 日本木材加工技術協会関西支部、2000
- 6) 日本木材学会：変わる木材スーパーウッドの時代 増補版、海青社、15～21、1993
- 7) 日本木材学会：変わる木材スーパーウッドの時代 増補版、海青社、158～164、1993
- 8) 山縣光晶：みんなの森 データ編、(社) 国土緑化推進機構、74～76、2000
- 9) (社) 日本木材加工技術協会：最新 木材工業事典、156～157、1999
- 10) 岡野健：木材のおはなし、日本規格協会、63～64、1988
- 11) Masafumi Inoue, Misato Norimoto, Yasushi Otsuka, Tadashi Yamada, Surface Compression of Coniferous Wood Lumber 1 -A new technique to compress the surface layer- A Journal of the Japan Wood Research Society, 36, 11, 969～975、1990
- 12) 宇高英二、古野毅：スギ材の熱圧縮処理、木材学会誌、44, 3, 218～222、1998
- 13) 東原貴、師岡淳郎、廣澤修一、則元京：水蒸気処理および熱処理による木材の化学変化と圧縮変形固定の関係、木材学会誌、50, 3, 159～167、2004
- 14) 棚橋光彦：木材圧縮成形加工技術の応用、木材工業、53, 12, 589～594、1998
- 15) 小林好紀：天然秋田スギの再現・整形木材、日本デザイン学会、デザイン学研究特集号、5, 1, 12～19、1997
- 16) 小林好紀：マイクロ波加熱で可塑化したスギ丸太の整形、高岳レビュー、64～70、1996
- 17) 和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場：木材の圧縮処理技術に関する取り組み、これは化粧木材のコスメティックウッドとして1996年に特許を取得した。製造方法はスギ材に水溶性フェノール樹脂接着剤を含浸させ、本物の葉を挟み込み、圧縮成形を施すものである。
- 18) 三重県工業技術総合研究所：圧密加工木材の表面物性の評価、研究報告、23、1999
- 19) 株式会社マイウッド・ツー：愛知県岩倉市に2000年に設立された。事業内容は、圧縮木材および圧縮木材生産設備の研究開発、その製品の販売および生産技術指導である。
- 20) 株式会社アミノ：静岡県富士宮市にある成形技術、プレス機械、成形設備等の研究開発を主な事業内容とするメーカー。1930年創業。1996年に中小企業事業団より「高効率木材圧縮加工機の開発」に対する委託を受け、1998年にその加工機の完成をみる。その後、筆者らとの共同研究による圧縮木材の家具・建具等の製品への適用を目指した開発を今日まで手掛けている。
- 21) 六角圧縮材：20項で紹介した株式会社アミノが試験的に製造している圧縮木材である。使用樹種はスギ材で、直径120～150mm、長さ2000mmのスギ角材を断面形状が六角形の金型に入れ、直径100mm程度ま

で圧縮成形する。出来上がりの形状は六角柱となり、これを必要な長さに切断し、積み上げて防音壁として利用するものである。

22) 易庠華、木下紘幸、吉延匡弘、関惠元：密閉加熱圧縮処理スギ単板を用いたLVLの製造とその性能、木材工業、588～592、2003

23) 日本工業標準調査会：木材の試験方法 JIS Z 2101、日本規格協会、2000

24) 日本工業標準調査会：接着剤の木材引張りせん断接着強さ試験方法 JIS K 6851、日本規格協会、1990

25) 日本工業標準調査会：建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法 JIS A 1453、日本規格協会、1999

第2章 スギ材の圧縮成形と圧縮突き板単板による木質材の試作

2.1 はじめに

本章においては、圧縮木材の成形方法の解説と圧縮木材による木質材の製作方法について述べる。第1章でも述べたように、木材には無垢材の他に、木材に加工を施した木質材、処理木材等の加工木材がある。圧縮木材は処理木材の一種である。

本研究では、木材を高温高圧煮沸処理法により成形しているが、無垢材をその木表から垂直に圧縮して成形している。成形された圧縮木材は、無垢材の加工と同様の扱いができる[注1]。しかしながら、無垢材の生産に留まらず、圧縮木材による木質材の製作が可能であれば、圧縮木材のより幅広い利用が期待できることになる。

そこで、スギ材に圧縮成形を施してスギ圧縮材を製作し、さらにスライス加工を施してスギ圧縮突き板単板を生産し、これを用いた木質材を製作するという試みを実施する。

2.2 圧縮木材の成形方法

2.2.1 圧縮成形装置と成形方法

本項では圧縮木材の成形方法について述べる。なお、この成形方法は株式会社アミノ（静岡県富士宮市）が開発した成形方法を採用しており、成形装置は、図2-1に示す同社開発・製造の高効率木材圧縮加工システム装置を使用している[注2]。

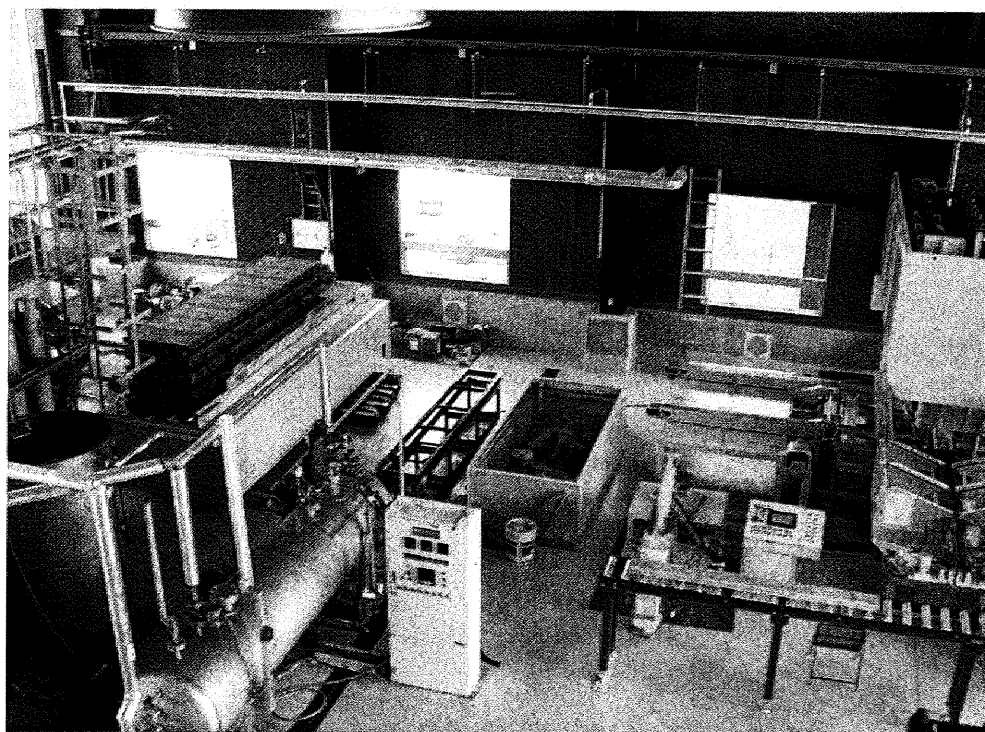
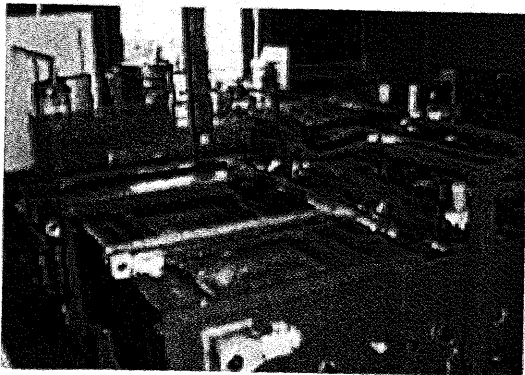


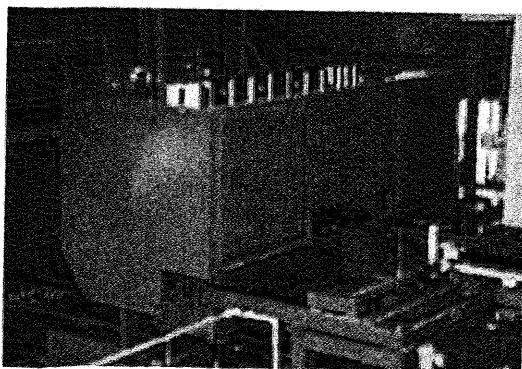
図2-1 高効率木材圧縮加工システム装置の全景



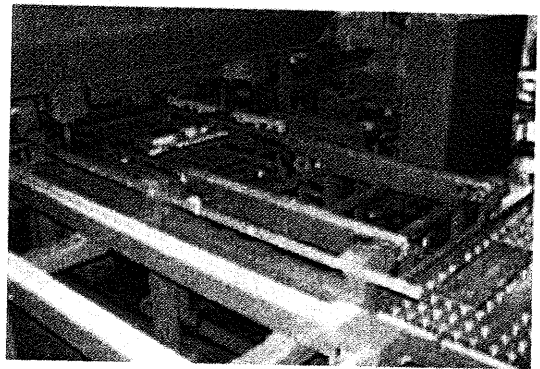
①材料投入装置：1回に20本まで投入可能である。



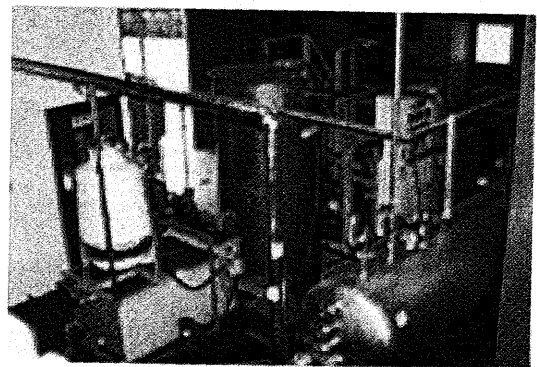
②煮沸装置：90℃の熱水で約60分間煮沸する



③圧縮成形装置：金型上面より垂直に圧縮する。
荷重測度は25～50mm/minである。



④金型搬出自動化装置：圧縮成形した木材を金型ごと自動的に搬出する。



⑤形状固定装置：飽和水蒸気により、容器内温度を175℃まで上昇させ、20～30分間保持する。その後、冷却し、取り出した後、室温で水冷もしくは空冷する。

図2-2 高効率木材圧縮加工システム装置の各工程部分

図2-1は高効率木材圧縮加工システム装置の全景であるが、図2-2には、そのシステムの①材料投入、②煮沸、③圧縮成形、④金型自動搬出、⑤形状固定、以上の5工程部分を行う装置を示した。

使用した木材の材種は、人工スギである。圧縮前の寸法は、厚さ100mm、幅100mm、長さ2000mmの角材で、この材の厚さが50mmになるまで圧縮する（図2-3）。

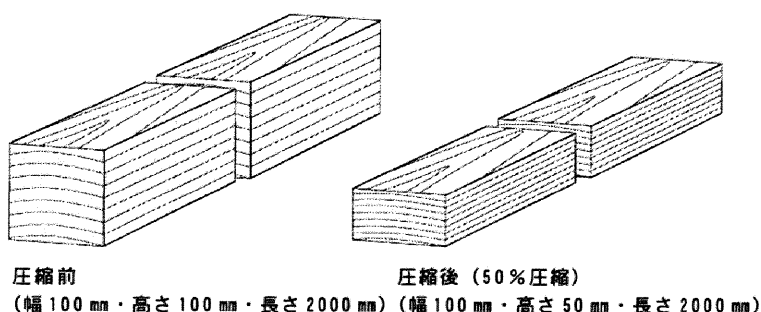


図2-3 圧縮成形前後の木材の形状

以下には、製造工程の概要を順を追って説明する。

①材料投入工程：圧縮成形する木材を、木表が上面となるように金型にセットする。

②煮沸工程：金型にセットされた木材を90℃の熱水で60分間煮沸する。なお、煮沸装置には1回に20本の木材の投入が可能である。

③圧縮成形工程：煮沸した木材を、金型上面より垂直に圧縮する。荷重速度は、25～50mm/minで、1本の成形時間はおおよそ3分である。加圧の程度は、もとの木材の質や使用目的によって異なるが、本論文で取り扱った圧縮木材は、もとの材の厚さの1/2(50mm)になるまで圧縮した。

④金型自動搬出工程：圧縮した木材を金型ごと取り出し、形状固定用パレットに積む。金型の寸法が幅164mm、高さ60mm、長さ2000mmであれば、最大60本

をパレットに積むことが可能である。

⑤形状固定工程：形状固定用パレットに金型ごと積み込まれた圧縮木材を、圧縮後の寸法の戻りを防ぐため形状固定用高圧容器内に入れて形状固定を行う。この工程は、まず、容器内温度を10～30分で175℃に上げる。次に、20～30分間、そのままの状態で容器内温度を保持した後、冷却を行う。さらに、取り出して室温まで水冷もしくは空冷した後、金型を解除し、完成となる。

2.2.2 成形用金型の改良

圧縮成形に使用する金型を図2-4および図2-5に示す。図2-4は、株式会社アミノが開発した初期段階での金型で、図2-5は改良後の金型である。

まず、図2-4の初期の金型であるが、図に示すように木材を上型と下型の間に挟んで、上部から圧力をかけて厚さが1/2になるまで圧縮する。

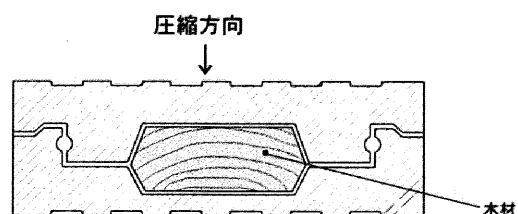


図2-4 初期の圧縮成形用金型

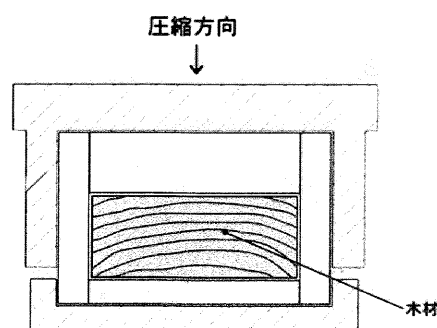


図2-5 改良後の圧縮成形用金型

しかし、この型の場合、木材の側面を押さえていないため、成形後の木材は、側面がはみ出した状態で成形されてしまう。

この型で成形した圧縮木材を図2-6に示した。樹種はスギである。出来上がった圧縮木材を切断してみると、木材組織が圧縮によりずれを起こしたため、木材内部には割れが多く発生していた。このままでは圧縮木材としての品質に問題を残すことになった。

そこで、図2-5に示すように、金型に側面を設け、成形型が木材をしっかりホールドするよう改良を加えた。この型を用いて成形した圧縮木材が図2-7である。樹種は初期金型で製作した圧縮木材（図2-6）と同様にスギ材を用いた。

この場合、図2-6の圧縮木材とは異なり、木材側面のはみ出しもなく、見た目にも正確な角柱を形成しており、材を切断しても内部割れ等は見当たらなかった。

この方法で成形した圧縮木材は寸法安定性も向上し、材に切削等の2次加工を施した後においても材の変形、割れ等はほとんどみられなくなった。

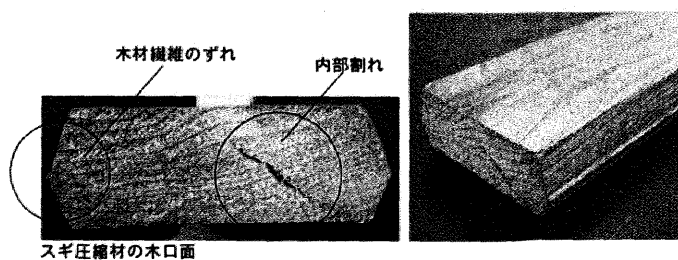


図2-6 初期の金型を用いて成形したスギ圧縮材

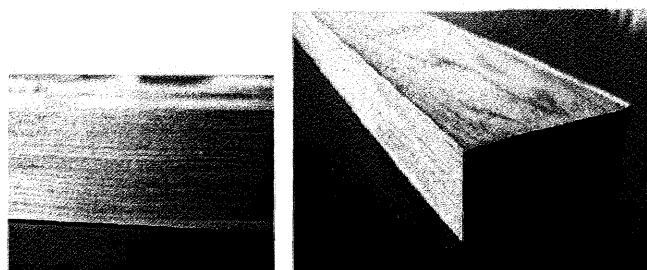


図2-7 改良後の金型を用いて成形したスギ圧縮材

2.2.3 圧縮木材の寸法挙動

木材、特に針葉樹材は通常、製材後、乾燥を含めて1年程度経過しなければ寸法が安定しない[注3]。そこで、成形したスギ圧縮材の乾燥の具合とそれによる寸法の変化を1年間に亘って観察し、その挙動をまとめた[注4]。

乾燥方法は自然乾燥とし、常温の室内空間に8月から翌年の7月までの1年間放置した。なお、計測した材は全乾状態としたものを用いた。乾燥については圧縮木材の含水率を計測し、寸法挙動については板厚および板幅の寸法を計測した。なお、測定した箇所はいずれも材の両木口面に近い部分と材の中央部分である。経時変化をみるために計測時期は、圧縮成形前、圧縮成形直後、成形1ヶ月後、3ヶ月後、6ヶ月後、12ヶ月後の計6回行った。計測器具は含水率については木材水分計（ケット科学研究所製、HM-500）、板厚、板幅についてはノギス（ミットヨ製）を用いた。各試験片数はそれぞれ54本である。

表2-1には、経時変化にともなう含水率の最高値と最低値およびその平均値を、また、その変化をグラフ化したものを図2-8に示した。表2-2には、板厚と板幅の経時変化をそれぞれ平均値で示し、図2-9には板厚、図2-10には板幅それぞれの経時変化をグラフ化して示した。

まず、平均含水率をみると、圧縮成形前のスギ材では、14.3%であるが、圧縮直後は煮沸しているため25.7%に増加している。全乾状態とした後、自然乾燥を行った1ヵ月後には9.6%となり、12ヵ月後では6.2%と安定した。通常、特に家具材として用いる木材の含水率は8%~12%であるので、多少乾燥しすぎた感はあるが、自然乾燥を行った場合の通常木材乾燥による状態と同様であることがわかった。

また、板厚および板幅の寸法の変化について平均すると、圧縮成形直後では板厚24.36mm、板幅69.38mmであったが、3ヶ月目頃より落ち着きはじめ、12ヵ月経過

後には板厚 23.34 mm、板幅 68.66 mm となり、板厚、板幅ともに安定した。木材の収縮または膨潤の度合いは、接線方向、繊維方向、放射方向といった木目の方向によって異なる。この中で接線方向の収縮率が最も大きい[注5]、スギ圧縮材では0.7%と極めて少ない収縮率となり、放射方向においてもスギ材とほぼ同等の値を示した。また、含水率、板幅・板厚の寸法は、12ヶ月目に若干の上昇を示した。これは、測定時期が梅雨期にあたり、湿度の上昇とともにみられた傾向であると思われる。以上より、スギ圧縮材の含水率と寸法挙動は、ほぼ3ヶ月目から落ち着きはじめ、狂いの少ないといわれているスギ材[注6]よりも安定している結果となったことから、家具・建具材としての活用には問題がないと考える。

表 2-1 スギ圧縮材の含水率の経時変化

計測時期	含水率の最高値 (%)	含水率の最低値 (%)	平均含水率 (%)
圧縮成形前	21.5	9.9	14.3
圧縮成形直後	87.8	0.0	25.7
1ヵ月後	18.7	2.0	9.6
3ヵ月後	9.7	0.6	5.7
6ヵ月後	7.6	1.2	4.6
12ヵ月後	10.1	1.8	6.2

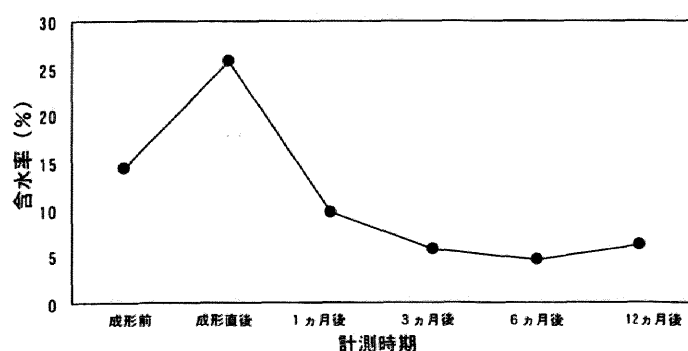


図 2-8 スギ圧縮材の含水率の経時変化

表 2-2 スギ圧縮材の板厚と板幅の平均値での経時変化

計測時期	平均板厚 (mm)	平均板幅 (mm)
圧縮成形直後	24.36	69.30
1ヵ月後	23.68	68.85
3ヵ月後	23.27	68.53
6ヵ月後	22.89	68.42
12ヵ月後	23.34	68.88

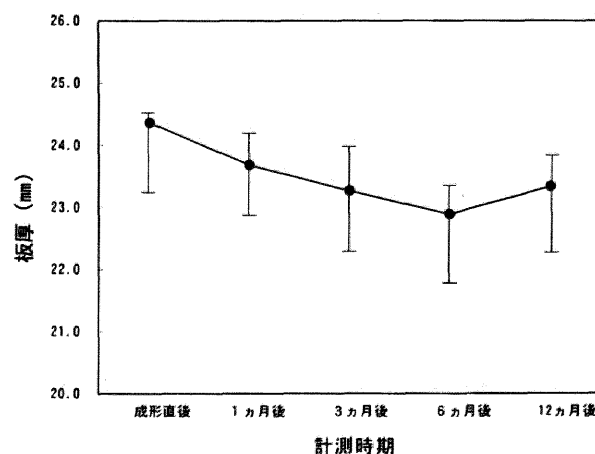


図 2-9 スギ圧縮材の板厚寸法の経時変化

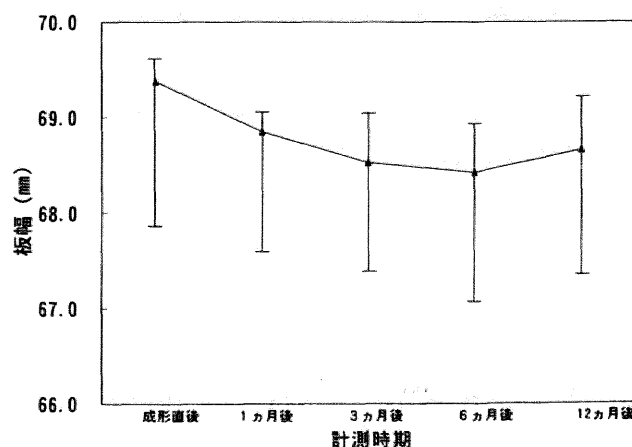


図 2-10 スギ圧縮材の板幅寸法の経時変化

2.3 スギ圧縮材からスギ圧縮突き板単板への加工

2.3.1 突き板単板への加工の意義

本研究において、圧縮木材の製作に使用した材種は、国産針葉樹材の中でも比較的豊富にあるスギである。スギ材は加工のしやすさや通直な柾目の美しさを生かし、建具材として用いられてきたが、家具材や内装用部材としては軟材のため用いられることは少なかった。しかしながら、前述したように、日本国内には植林されたスギの針葉樹人工林があり、スギは成長も早いことから比較的豊富にある木材となっている[注7]。そのスギを改良してスギ圧縮材とし、その無垢材の利用を進めてきたが、より広い見地から家具・建具および内装用部材として適用することを実現するためには、無垢材以外の木質材への展開が必要となってくる。

木質材には第1章で述べたように、合板、集成材、積層材(LVL)等がある。このなかの合板や集成材は主に心材として使用されている。また、スライス加工をした単板は、合板や積層材、集成材の表面に貼り、化粧単板として用いられる。このようにスライス加工による単板は、家具・建具および内装用部材を製作する上で重要な材料となっている[注8]。

積層材(LVL)の用途は多種多様であるが、わが国では化粧貼り材の心材や家具・建具等のフレーム部材等、比較的高級な用途が多い。心材は主にロータリー単板、表面材はスライス加工による化粧単板が用いられる[注9]。このことから、スギ圧縮材にスライス加工を施し、スギ圧縮突き板単板として活用することは、スギ圧縮材の美的で効率的な利用の面からも重要で意義あることといえよう。

2.3.2 スギ圧縮材の突き板単板への加工方法

2.3.2.1 木材のスライス加工方法

木材にスライス加工を施す場合、加工機は薄突き用スライサーと厚突き用スライサーに分けられる。薄突

き用では、0.15 mm～0.6 mm程度の厚さの単板にスライスする場合に用い、厚突き用では、0.6 mm～5.0 mmの厚さまでの単板がスライス出来る。栄進銘木合板株式会社(秋田県能代市)が所有するスライス加工機を例に、図2-11および図2-12に示す。図2-11は薄突き用、図2-12は厚突き用の加工機である[注10]。

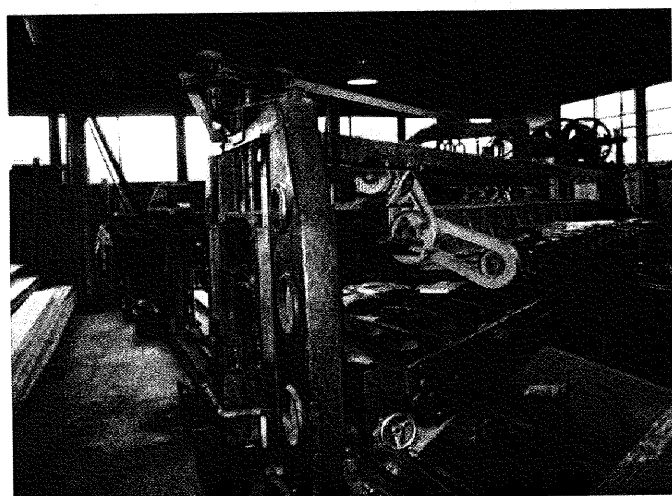


図2-11 薄突き用スライス加工機

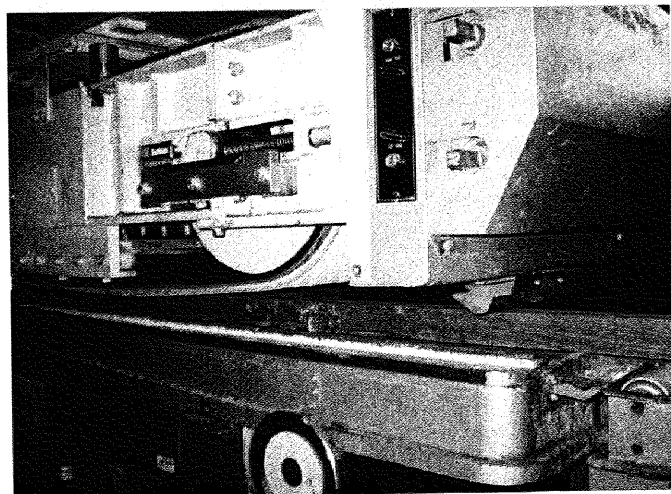


図2-12 厚突き用スライス加工機

2.3.2.2 スギ圧縮突き板単板の製作

スギ圧縮突き板単板の製作には、前項に掲載した榮進銘木合板株式会社所有の厚突き用スライス加工機（AMITEC社製縦突き式）を用い、同社においてその製作を行った。

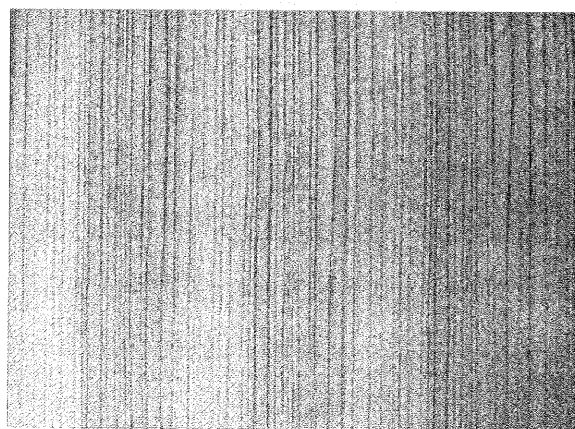
突き板単板の厚さは、家具・建具および内装用部材に用いられる厚さを考慮し、0.6 mm、0.8 mm、1.5 mmの3種類とした[注11]。スライス加工の工程は、針葉樹材と広葉樹材では若干異なる。広葉樹材では材が硬いため、一度煮沸し、柔らかくしてからスライサーにかける[注12]。しかし、高温高圧水蒸気処理法によって圧縮成形されたスギ圧縮材の場合、成形直後であれば、水分が残留しているため、煮沸の必要なくスライス加工が可能である。成形後、放置し、乾燥したスギ圧縮材をスライス加工する場合は、事前に煮沸する。その場合、煮沸後に若干、寸法の戻りがみられた。このことから、スギ圧縮突き板単板に加工したことによる性能に対する変化の有無については確認の必要があると判断し、後日、硬さ、接着強さ、摩耗、曲げ強さに関してそれぞれ実験を行った。その結果、スギ圧縮材とスギ圧縮突き板単板においては、いずれの実験においても若干、スギ圧縮突き板単板の方がその性能を弱めることがわかった。ただし、圧縮加工前のスギ材と比較すると、明らかに硬い広葉樹材の性能に近づいており、家具・建具等への使用は問題がないと判断した。

以上、硬さ、接着強さ、摩耗、曲げ強さといった力学的性質は、スギ圧縮材については第3章、スギ圧縮突き板単板については第4章において詳しく述べる。

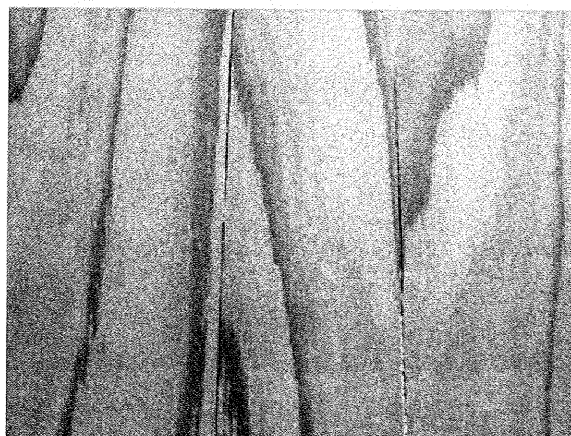
まず、図2-13に最終工程である熱プレス工程を経て出来上がったスギ圧縮突き板単板を示す。①は柾目、②は板目である。

次に、今回実施したスギ圧縮突き板単板の製作工程を図2-14に示した。①は同スライス加工機にスギ圧縮材をセットした状態を示す。②はセットしたスギ圧縮

材をスライスしている様子である。③はスライスして出来上がったスギ圧縮突き板単板で、図は柾目のスギ圧縮突き板単板である。④は出来上がったスギ圧縮突き板単板を一枚ずつ矧ぎ合わせている様子を示す。単板どうしを数箇所ホットメルトで接着させていく。⑤は矧ぎ合わせた直後のスギ圧縮突き板単板である。大きさは、化粧単板として使用する場合には、合板や集成材の寸法にあわせて、例えば、3×6判の寸法まで矧ぎ合わせていく。⑥ではプレス工程を示す。矧ぎ合わせたスギ圧縮突き板単板は熱プレスにかけ、単板の反りや変形を直して一枚の化粧単板とする。

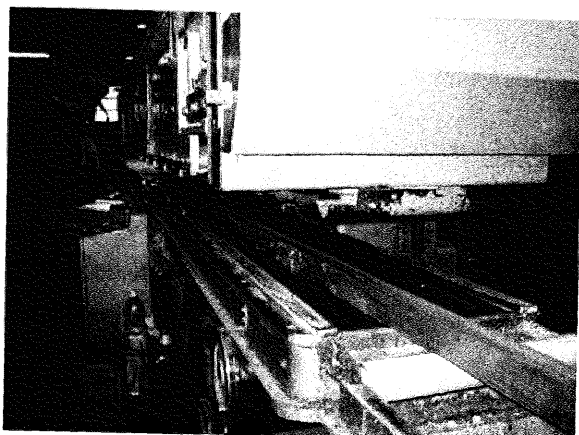


①柾目

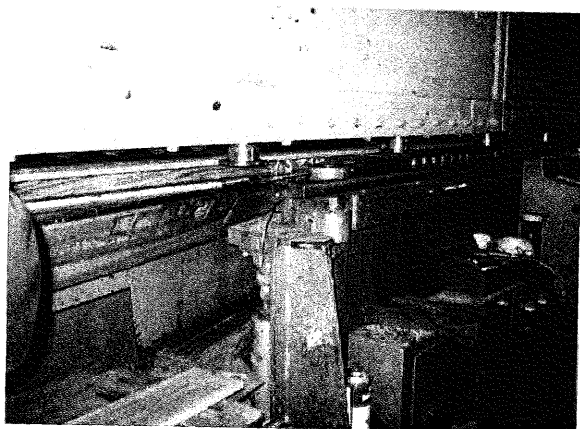


②板目

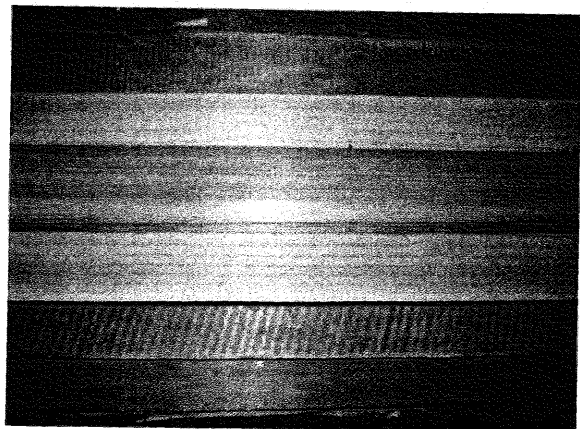
図2-13 化粧単板となったスギ圧縮突き板単板



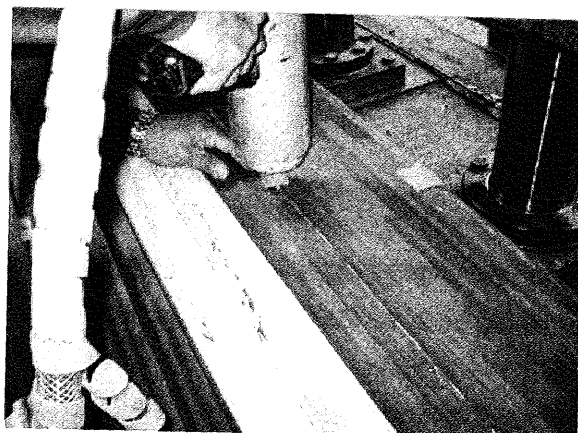
①厚突きスライス加工機にスギ圧縮材をセットした状態



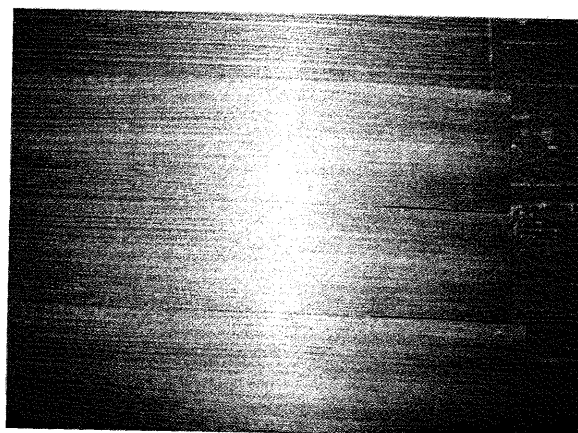
②スギ圧縮材をスライス加工している様子



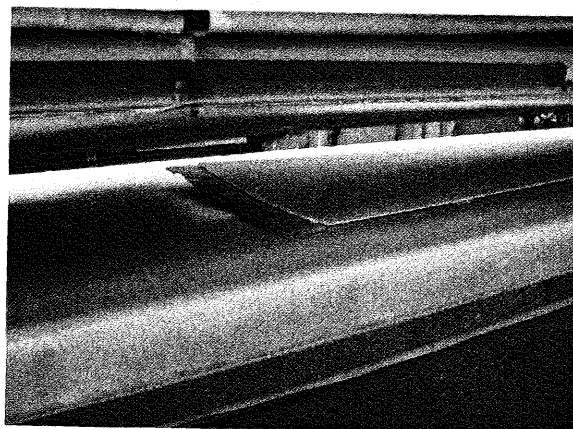
③完成したスギ圧縮突き板単板



④スギ圧縮突き板単板を矧ぎ合わせる様子



⑤矧ぎ合わせた直後のスギ圧縮突き板単板



⑥矧ぎ合わせたスギ圧縮突き板単板をプレスする

図2-14 スギ圧縮材のスライス加工及び矧ぎ合わせ加工の工程

2.3.3 スギ圧縮突き板単板による木質材の製作

スギ圧縮突き板単板を化粧貼りした合板、集成材およびこれらを用いて製作した家具・建具及び内装用構成部材を図2-15～図2-17に示した。また、スギ圧縮突き板単板による通直LVLを図2-18に、成形合板に用いる湾曲LVLを図2-19に示した。

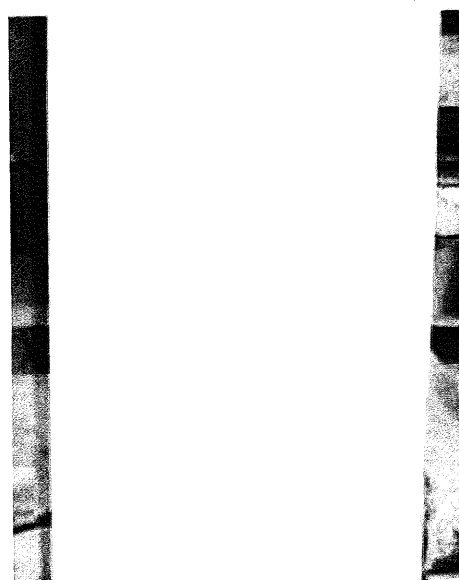
図2-15は、スギ圧縮突き板を化粧貼りした天然木化粧貼り合板である。天然木化粧貼り合板は、家具や住宅の内装用として使われる合板である[注13]。試作したものは、厚さ12mmのラワン合板を基材として、厚さ0.8mmのスギ圧縮突き板単板を化粧貼りしたもので、図2-15の①が柾目貼り、②が板目貼りである。寸法はいずれも合板の標準寸法である3×6判とした。

図2-16は、スギ圧縮突き板単板を化粧貼りした造作用集成材である。心材はスギ材で、表面のスギ圧縮突き板単板は柾目を採用しているが、このタイプの集成材は主に高級家具の甲板等に用いられる[注14]。寸法は、机の甲板等への利用を意識し、心材部分は30mmとし、表面には厚さ0.8mmのスギ圧縮突き板単板を貼った。

図2-17は家具・建具等に用いられるフレーム用部材で、心材には厚さ28mmのラワン厚板合板を、表面には厚さ0.8mmの板目および柾目のスギ圧縮突き板単板を化粧貼りして製作した。幅寸法は60mmである。

図2-18および図2-19は、スギ圧縮突き板単板によるLVLである。図2-18は通直LVL、図2-19は湾曲LVLであるが、ともに上図がスギ圧縮突き板単板のみによる積層構成で、下図は表面層(表裏)にはスギ圧縮突き板単板、中心層にはスギ突き板単板を配した積層構成のものである。LVLは単板を平行に積層させ、さらに長さ方向にも接合できるため長尺な材の製作が可能で、主に構造用材や造作材として活用される[注15]。特に、今回試作した湾曲LVLについては、成形合板家具への適用を期待するものである。

さらに積層する際に中心層にスギ材を入れたことに



①柾目貼り



②板目貼り

心材：ラワン合板15mm厚
化粧材：スギ圧縮突き板単板0.8mm厚

図2-15 スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板

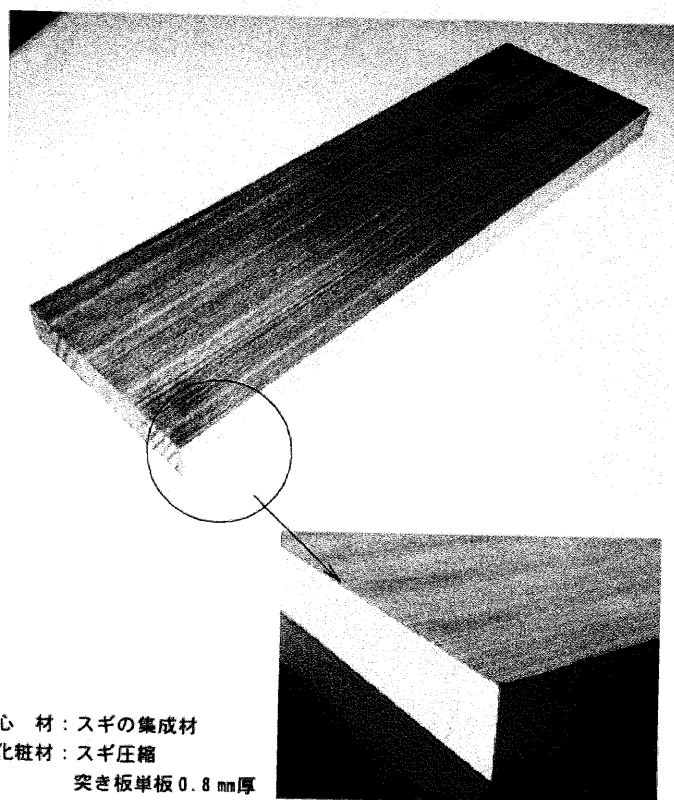


図 2-16 スギ圧縮突き板化粧単板貼り集成材

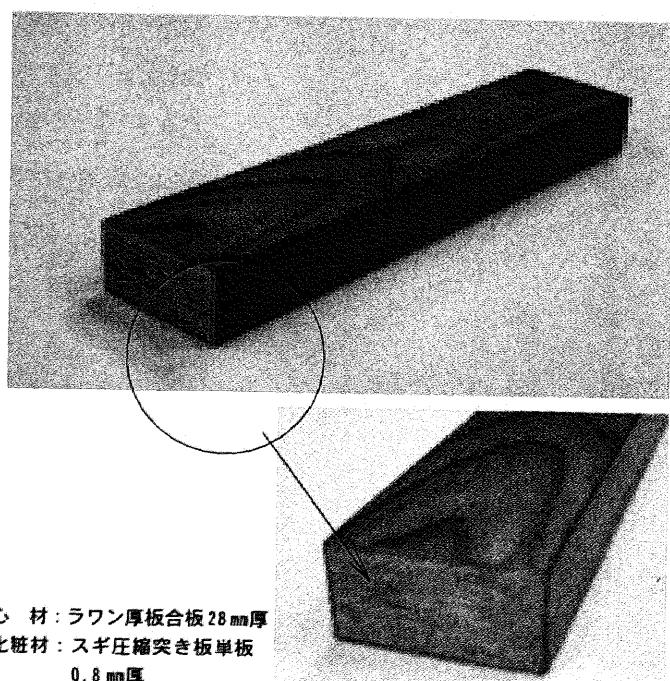
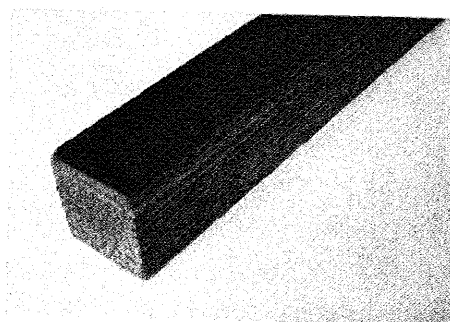
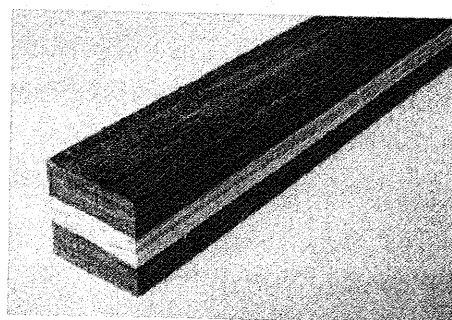


図 2-17 スギ圧縮突き板化粧単板貼りフレーム部材



①スギ圧縮突き板単板のみによる積層構成

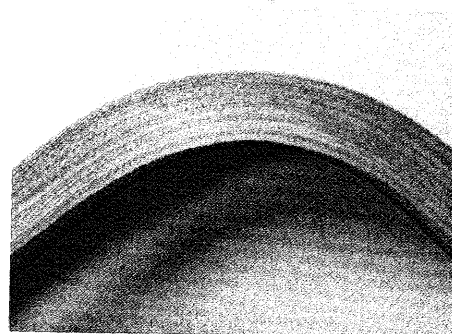


②スギ単板を中心層に配した積層構成

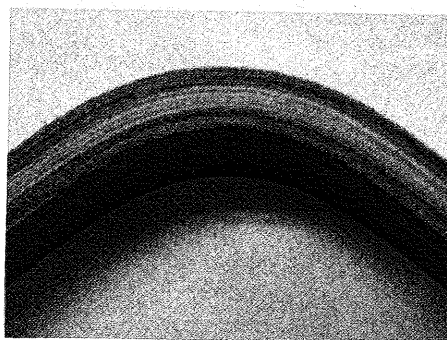
スギ圧縮突き板単板：1.5 mm厚

スギ突き板単板：1.5 mm厚

図 2-18 スギ圧縮突き板単板による通直 LVL



①スギ圧縮突き板単板のみによる積層構成



②スギ単板を中心層に配した積層構成

スギ圧縮突き板単板：0.8 mm厚

スギ突き板単板：0.8 mm厚

図 2-19 スギ圧縮突き板単板による湾曲 LVL

より、軽量化と生産コストの削減についての検討も試みることができた。

2.4 まとめ

本研究で使用するスギ圧縮材の圧縮成形方法について、成形用金型の改良を含めて解説し、高温高圧水蒸気処理法によって圧縮成形されたスギ圧縮材の寸法挙動を1年間に亘って観察した結果を述べた。また、スギ圧縮材にスライス加工を施し、スギ圧縮突き板単板を製作し、さらにそれによる木質材、家具・建具、内装用部材の試作を行い、実用の可能性を探った。スギという素材を圧縮木材に加工する段階から、その突き板単板への加工、さらにそれによる木質材の製作までの過程を述べた。以上より得られた結果を以下に記す。

1) 圧縮成形の際、成形用の型は、木材の四方をガードし、木材の組織にずれが発生しないようにする。

2) スギ圧縮材の含水率は、常温の室内に放置し、自然乾燥を行った場合、ほぼ3ヵ月後から落ち着きはじめ、12ヶ月経過すると6.0%~7.0%となって安定する。

3) スギ圧縮材の寸法は、常温の室内空間に放置し、自然乾燥を行った場合、ほぼ3ヵ月後より落ち着きはじめ、12ヶ月後には板厚、板幅ともに安定する。なお、木材の収縮・膨潤の度合いは、接線方向が最も大きく動くが、スギ圧縮木材の場合は、0.7%と極めて少ない挙動を示した。これは、狂いが少ないといわれているスギ材よりも安定している結果となった。

4) スギ圧縮材に加工を施し、エレメントとして使用する。その方法として、スギ圧縮材にスライス加工を施し、スギ圧縮突き板単板を製作することが可能である。

5) 広葉樹材のスライス加工の際には、硬い材を煮沸により柔らかくした後、スライスを行う。スギ圧縮材も広葉樹材に近似した硬さ等の性質を持ち合わせる

ようになったことが判明しているため、本来ならば煮沸工程が必要となる。しかし、スギ圧縮材は圧縮成形加工の工程において圧縮前に煮沸を行うため、形状固定工程終了後、離型しても水分を含んだままの状態となる。したがって、スギ圧縮材は、成形直後であれば水分が残留しているため、煮沸の必要なくスライス加工を行うことが出来る。

6) スギ圧縮突き板単板を表面化粧材として利用し、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板や同集成材といった木質材を製作する。このことにより、家具・建具、内装用部材として、スギ圧縮材とともに、製品の適材適所に対する使い分けが可能となり、スギ圧縮材の幅広い活用が期待できる。

7) スギ圧縮突き板単板を用いたLVLの製作が可能である。この場合、通直および湾曲したLVLいずれにおいても実用の可能性がある。

8) スギ圧縮突き板単板による湾曲LVL製作の成功により、成形合板家具への適用が期待される。

注および参考文献

- 1) 日本木材学会: 変わる木材 スーパーウッド 増補版、海青社、158～164、1993
- 2) 中小企業事業団: 高効率木材圧縮加工機の開発 公開説明会資料、株式会社アミノ、25～40、1996
- 3) 秋田県立農業短期大学木材高度加工研究所: コンサイス木材百科、財団法人秋田県木材加工推進機構、142～143、1998
- 4) 井上靖之、阿部眞理、竹内修、藤盛啓治: 圧縮木材の基礎的研究と製品への適用、デザイン学研究第45回研究発表大会概要集、266～267、1998
- 5) 浅野猪久夫: 木材の事典、朝倉書店、121～121、1991
- 6) 岡野健、鈴木正治、葉石猛夫、則元京他: 木材居住環境ハンドブック、朝倉書店、46～47、1995
- 7) 最新木材工業事典委員会: 最新木材工業事典、社団法人日本木材加工技術協会、26～27、1999
- 8) 株式会社建築知識: 木のデザイン図鑑、株式会社建築知識、150～158、1996
- 9) 農林水産省林業試験場: 木材工業ハンドブック 改訂3版、丸善、590、1982
- 10) 栄進銘木合板株式会社: 秋田県能代市に所在し、銘木および合板を取り扱う県内有数のメーカーである。同社では、薄突きおよび厚突きの木材スライサーを所有しており、針葉樹材および広葉樹材の突き板単板を製造。さらにそれらによる化粧単板貼り合板加工も手掛ける。
- 11) 剣持仁、川上信二、垂見健三、藤盛啓治: 家具の事典、朝倉書店、504、1988
(社) 日本木材加工技術協会関西支部: 最新木質建材素材からエンジニアードウッドまで 解説集、
(社) 日本木材加工技術協会関西支部、420～421
2000
- 12) 株式会社建築知識: 木のデザイン図鑑、株式会社建築知識、127～129、1996
- 13) 上村武: 木材の知識 商品と流通の解説、財団法人経済調査会、184、1985
- 14) 上村武: 木材の知識 商品と流通の解説、財団法人経済調査会、182～183、1985
- 15) 上村武: 木材の知識 商品と流通の解説、財団法人経済調査会、265～266、1985
最新木材工業事典委員会: 最新木材工業事典、社団法人日本木材加工技術協会、178～179、1999

第3章 スギ圧縮材の力学的性質

3.1 はじめに

国内において比較的豊富にあるスギの新しい活用法を模索したなかで製作されたスギ圧縮材は、ブナ、ナラ等の硬木の広葉樹材に近似した性質に改質し、その上にスギも持つ独特の木目の美しさを失うことなく兼ね備えた、審美性にも優れた木材料として利用するという目標がある。そのためには、スギ圧縮材の力学的性質を明らかにする必要がある。

そこで、木材の基本的な力学的性質である、圧縮、曲げ、せん断の各性質について実験を通して測定し、スギ圧縮材の性質を明らかにする。

また、スギ圧縮材を家具・建具、さらには壁面の幅木、腰羽目、床板などの内装用部材として使用する場合には、それらを構成する部材としての性質を知ることが必要となってくる。特に、部材を製作する上で、加工技術への適応や仕上がり精度等を考えた場合、踏まえるべき重要な性質として、「材の硬さ」、「部材どうしの接着強さ」、「材の摩耗度」がある。

そこで、第3章では、まず、スギ圧縮材の圧縮、曲げ、せん断に対する各性質について述べる。次に、スギ圧縮材の無垢材としての「材の硬さ」、「部材どうしの接着性」、「材の摩耗度」についての測定を実験を通して行い、それぞれの性質について明らかにした結果を述べることとする。

3.2 スギ圧縮材の基本的な力学的性質

スギ圧縮材の基本的な力学的性質について把握するため、静的三点曲げ実験、縦圧縮実験、せん断実験を実施した[注1]。試験片に使用したスギ圧縮材は各試験とも第2章で述べた成形方法によって製作したものである。これらの実験に用いた試験片の材種は、スギ圧縮材と、その比較対象としてスギおよびブナの無垢材とした。各材種の材質を表3-1に示す。実験は、JIS Z 2101[注2]で規定されている方法にしたがって行った。

表3-1 実験に用いたスギ圧縮材と無垢材の材質

材 種	平均密度 (g/cm^3)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮材	0.88	11.4	1.6
スギ材	0.35	10.3	3.2
ブナ材	0.75	11.5	2.7

3.2.1 静的三点曲げ実験

図3-1に試験片の形状および寸法と荷重位置について示した。試験片の寸法は、断面寸法15mm×15mm、長さ300mmで、試験片数は8本とした。試験片に対する荷重は、木材の木表を上面として、その面に対して垂直に加圧し、曲げ強さを測定した。使用した平均荷重速度は毎分17.5MPaとした。使用した試験機は、島津製作所社製オートグラフAG-5000型である。

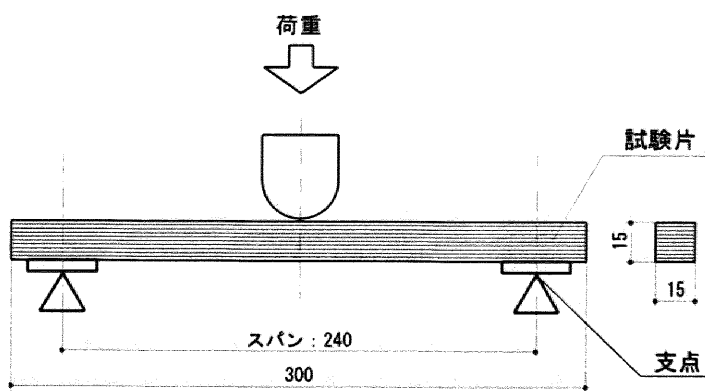


図3-1 試験片の形状および寸法と荷重位置

実験の結果を表3-2に示す。スギ圧縮材とスギ材を比較すると、曲げ強さではスギ圧縮材はスギ材の約1.9倍を示した。曲げ比例限度ではスギ材の約2.4倍、曲げヤング係数においては、スギ材の1.75倍となった。このことから、スギ圧縮材はもとのスギよりも曲げ強さが増し、弾性率も向上したことがわかる。また、スギ圧縮材は、曲げ強さ、曲げ比例限度、曲げヤング係数すべてにおいてブナ材を上回る結果となった。

表 3-2 曲げ実験結果

※ n = 8

材 種	曲げ強さ (MPa)	曲げヤング係数 (GPa)	曲げ比例限度 (MPa)
スギ圧縮材	125.0	12.5	91.6
スギ材	65.3	7.13	38.6
ブナ材	95.0	7.24	55.7

※曲げヤング係数：放射方向

図3-2には試験片の破断の状態を示したが、試験片によって破壊の度合いが異なったため、スギ圧縮材、ブナ材、スギ材ともに最も破壊の度合いが大きいものと最も小さいものを示すこととした。

図3-2①はスギ圧縮材、②はスギ材、③はブナ材である。また、各図ともに上図は破壊の大きいもの、下図は小さいものを示している。

破壊は、いずれの試験片においても荷重面の反対の部分より引張り応力による割裂が生じている様子がわかるが、上図と下図ではその度合いが異なっている。特にスギ圧縮材について破壊の度合いが異なる原因をみたところ、破壊の大きい試験片は平均年輪幅が1.5mm程度、小さいものは0.8mm程度のもので、年輪幅に差があることがわかった。また、スギ材においても大きく破壊した試

①スギ圧縮材

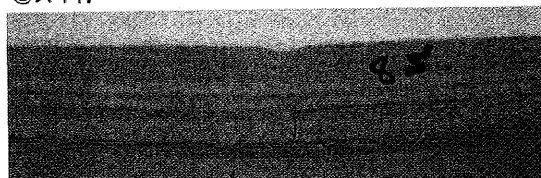


破壊の度合い大

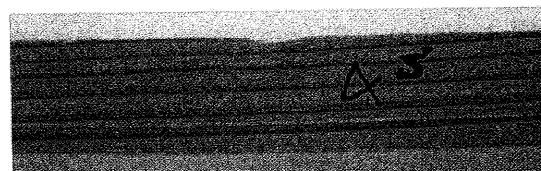


破壊の度合い小

②スギ材

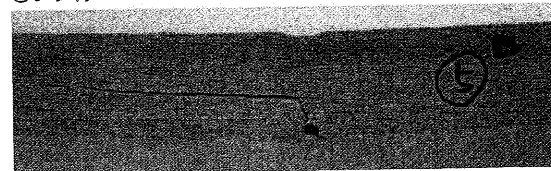


破壊の度合い大

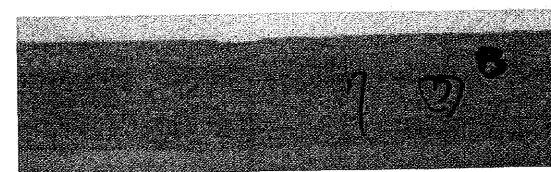


破壊の度合い小

③ブナ材



破壊の度合い大



破壊の度合い小

図 3-2 試験片の破壊状態

験片の平均年輪幅は2.5 mm以上、小さいものは1.7 mm程度であり、同様の結果となった。このことから、スギ材を1/2に圧縮成形する場合は、もとのスギ材の平均年輪幅が狭い方が曲げ強さを得られると推測される。

3.2.2 縦圧縮実験

図3-3に縦圧縮実験で使用した試験片の形状および寸法と荷重位置について示した。試験片の寸法は、断面寸法20 mm×20 mm、高さ40 mmで、試験片数は12個である。図3-3に示したように、試験片は平鉄ではさみ、木口面からその面に対して垂直に荷重を加え、縦圧縮強さを測定した。実験で得られた結果は表3-3に示す。

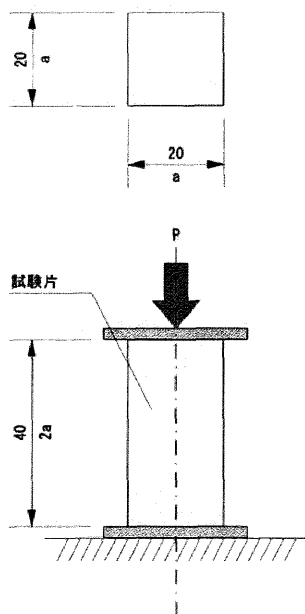


図3-3 試験片の形状および寸法と荷重位置

使用した試験機は、インストロン社製万能試験機4206型で、平均荷重速度は毎分17.5MPaとした。

スギ圧縮材とスギ材を比較すると、縦圧縮強さにおいて、スギ圧縮材はスギ材の約1.7倍の強さを示し、最大荷重においても約1.7倍となった。また、スギ圧縮材

表3-3 縦圧縮実験結果

※ n = 12

材 種	縦圧縮強さ (Mpa)	最大荷重 (KN)	変位 (mm)	縦圧縮 ヤング係数 (Gpa)
スギ圧縮材	57.5	2.30	1.25	1.84
スギ材	33.7	13.5	1.19	1.14
ブナ材	50.9	20.4	1.46	1.40

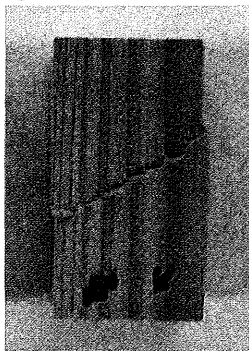
の縦圧縮強さ、最大荷重はブナ材を上回った。変位については3材種とも大きな差はみられなかった。

図3-4には試験片の破壊の状態を示した。①はスギ圧縮材、②はスギ材、③はブナ材である。

①スギ圧縮材



②スギ材



③ブナ材

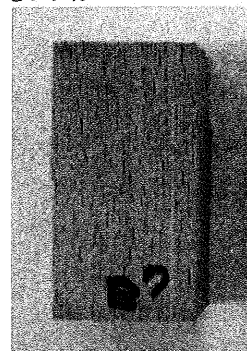


図3-4 試験片の破壊状態

これらは3材種とも45度の傾斜をなして破壊した状態の試験片である。木材の場合、木口面より垂直に圧縮した場合、通常、放射組織により圧縮に弱い板目面に対してほぼ45度のすべり線が形成される[注3]。今回の実験においてもブナ材およびスギ材は板目面に確認されたが、スギ圧縮材については柃目面にすべり線が発生していた。このことから、スギ圧縮材は圧縮成形を施

したことにより放射組織がつぶされ、板目面の弱点が解消されて柾目面よりも強度を増したためであると思われる。このことにより、各面の硬さの変化を確認する必要があるので、3.3項において述べることとする。

3.2.3 せん断実験

せん断実験は、スギ圧縮材、ブナ材、スギ材の3材種を試験片として実施した。図3-5にせん断実験で使用する試験片の形状および寸法と荷重位置について示した。試験片の寸法は、断面寸法20mm×20mm、高さ39mmで、試験片の高さ方向には加圧面に平行な切り込みを2箇所入れ、せん断面をつくっている。試験片数は8個である。荷重は木口面からその面に対して垂直に加えた。使用した試験機は、島津製作所製オートグラフEHF-F1型で、平均荷重速度は毎分17.5MPaとした。実験の結果を表3-4に示す。スギ圧縮材とスギ材を比較すると、せん断強さと最大荷重において、スギ圧縮材はスギ材の約1.4倍の強さを示した。しかし、ブナ材のせん断強さには及ばない結果となった。図3-6には試験片の破壊の状態を示す。①はスギ圧縮材、②は

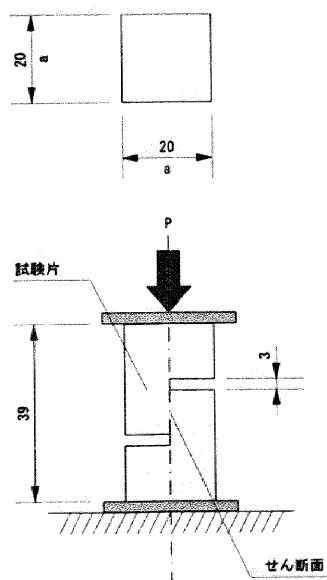


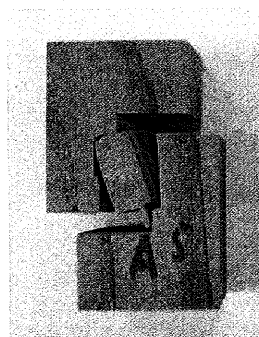
図3-5 試験片の形状および寸法と荷重位置

表3-4 せん断実験結果

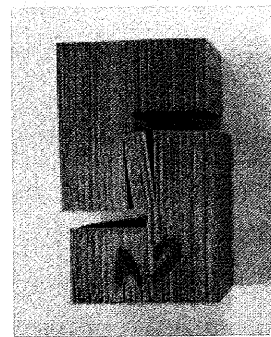
※ n = 8

材 種	せん断強さ (MPa)	最大荷重 (KN)	変位 (mm)
スギ圧縮材	11.4	2.5	0.60
スギ材	8.54	1.9	0.43
ブナ材	15.4	3.5	0.63

①スギ圧縮材

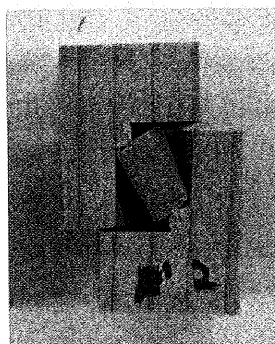


破壊の度合い大

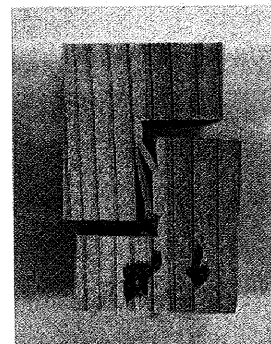


破壊の度合い小

②スギ材



破壊の度合い大



破壊の度合い小

③ブナ材

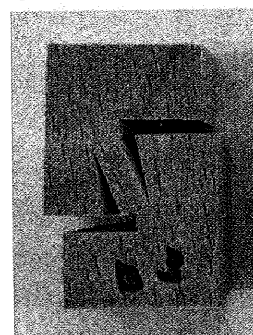


図3-6 試験片の破壊状態

スギ材、③はブナ材である。なお、スギ圧縮材とスギ材に関しては、破壊の度合いにばらつきがあったため、曲げ実験と同様に、最も破壊の度合いの大きいもの（図3-6①②左図）と最も小さいもの（図3-6①②右図）を比較することとした。なお、ブナ材は、いずれの試験片も破壊の状態はほぼ同様であったので、今回の実験で平均的なせん断強さを示した試験片を示した。

試験片の状態をみると、曲げ実験の結果と同様に、スギ圧縮材およびスギ材は、破壊の度合いの大きいものは平均年輪幅が広く、度合いの小さいものは平均年輪幅が狭い。このことから、やはり、年輪幅の狭い材を用いた方が力学的強度が向上すると思われる。

3.2.4 3種の試験に対するまとめ

木材の力学的性質である曲げ、圧縮、せん断の各強度を求めた結果、スギ圧縮材は、すべての性質においてスギ材を上回る強さを示した。また、曲げヤング係数および縦圧縮ヤング係数をみると、スギ圧縮材はブナ材よりもひずみにくい性質を持っていることがわかる。せん断強さについては、スギ圧縮材はブナ材を下回ったが、スギ材と比較するとその強度は向上しており、やはり、広葉樹材に近似した力学的性質を持ち合わせた材に改質されたことが確認された。

3.3 スギ圧縮材の硬さ性能

3.3.1 実験方法

硬さ実験は、スギ圧縮材と、その比較対象としてスギおよびブナの無垢材に対する硬さ実験である〔注4〕。試験片とした各材種の材質を表3-5に示す。スギ圧縮材およびスギ材は二方桁と四方桁を用意し、木取り法〔注5〕による違いも測定することとした。各材の含水率は平均8%～10%に含まれるものであるが、これは家具材等へ使用する場合の木材の平均的な含水率である〔注6〕。試験片としたスギ材の平均年輪幅は、比較的緻密

なもので、二方桁3.2mm、四方桁2.9mmである。ブナ材も同様に比較的緻密な年輪幅を持った材を採用した。スギ圧縮材はスギ材の1/2程度の年輪幅で、二方桁1.6mm、四方桁1.23mmである。

今回行った硬さ実験は、JIS Z 2101で規定されている実験方法に準じて行った。

試験片の寸法は、辺長a=30mmの立方体で、試験面は、板目面（四方桁の場合は追い柵面）、柵目面、木口面である。板目面あるいは追い柵面および柵目面に関しては木表側から繊維に対して垂直に荷重をかけた。スギ圧縮材に関しては上記の他に、試験片を繊維方向に対して平行に切断し（厚さ：15mm）、その内側の測定も加え、圧縮材の表側と内側の硬さを比較し、均一に圧縮されているかどうかを確認することとした。木口面に関しては繊維に対して平行にそれぞれ荷重をかけた。試験片形状および各測定面と鋼球の圧入位置を図3-7に示した。

試験機は、A&D社製万能試験機テンシロンUTM10T型を使用した。図3-7に示す圧入位置に直径10mmの鋼球を配し、平均圧入速度0.5mm/minで、木材表面から深さ1/πmm（約0.32mm）の位置まで圧入し、その時の荷重を測定した。図3-8には試験片に鋼球を圧入している様子を示した。

表3-5 硬さ試験に用いたスギ圧縮材と無垢材の材質

材 種	平均密度 (g/cm ³)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)	木取り法
スギ圧縮材	0.88	11.4	1.6	二方桁
	0.69	11.5	1.3	四方桁
スギ材	0.35	10.3	3.2	二方桁
	0.35	10.4	2.9	四方桁
ブナ材	0.75	11.5	2.7	四方桁

試験片数は各試験に対し12個、各面の測定箇所は4箇所とし、1箇所ごとに順次測定し、その平均値を求めた。硬さHの算出式は以下に示す。

$$H \text{ (MPa)} = P / 10$$

P：圧入深さが1/πmmとなるとき荷重(N)

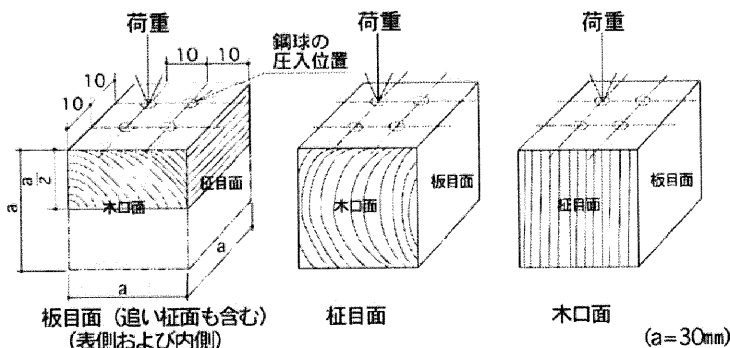


図3-7 試験片の形状および測定面と鋼球の圧入位置

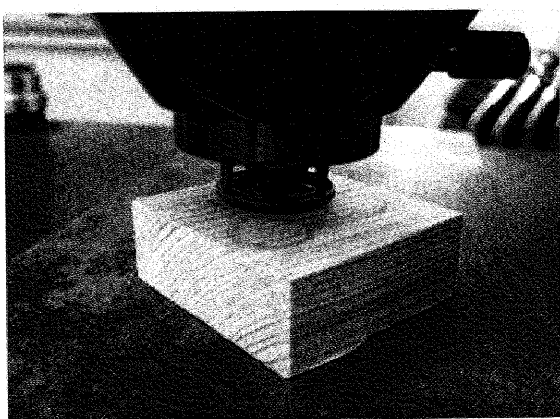


図3-8 試験機に試験片をセットした状態

3.3.2 実験結果および考察

硬さ実験によって得られた無垢材試験片の測定値を木材の木取り法別に比較し、グラフ化して図3-9および図3-10に示した。図3-9は四方柃木取りの試験片で、追

い柃面、柃目面、木口面をそれぞれ図3-9の(1)～(3)に示した。図3-10は二方柃木取りの試験片で、図3-9と同様に、板目面、柃目面、木口面の順に図3-10の(1)～(3)に示した。

また、年輪幅の違いによる硬さの差をみるため、圧縮材とスギ材に関しては年輪幅の比較的広いものと狭いものに分け、その差を比較することとし、年輪幅と硬さの関係を図3-11および図3-12に示した。図3-11は四方柃木取り材、図3-12は二方柃木取り材における関係図である。今回の測定に使用した試験片の平均年輪幅は、四方柃のスギ圧縮材で年輪幅の広いもの：1.6mm、狭いもの：0.9mm、スギの年輪幅の広いもの：3.7mm、狭いもの：2.1mmであった。二方柃においては、スギ圧縮材の年輪幅の広いもの：2.0mm、狭いもの：1.3mm、スギ材では年輪幅の広いもの：3.8mm、狭いもの：2.4mmとなっている。なお、ブナ材については四方柃のみを用いたがその年輪幅の平均寸法は2.7mmであった。

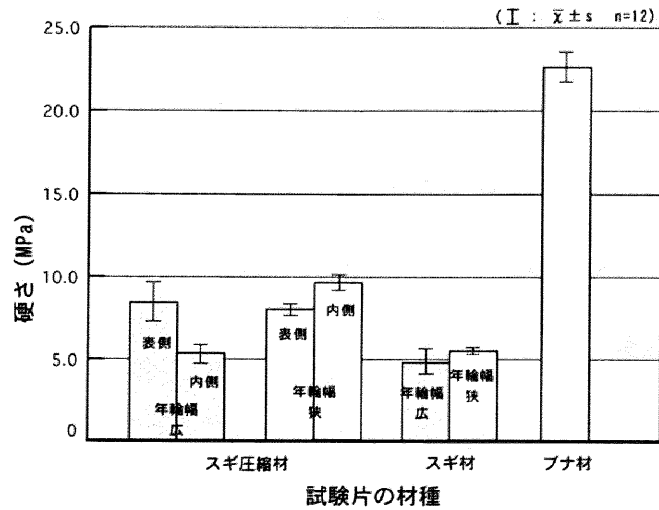
測定結果から各面の硬さを比較すると、どの材種も木口面が最も硬く、スギ圧縮材においては柃目面の方が板目面または追い柃面より硬いことがわかる。圧縮木材では、圧縮加工の際、木表を上面に配置し、木材の繊維方向に対して垂直に加圧している。そのため、柃目面は組織の柔らかい春材部から圧縮が進行し、高密度の柃目幅が形成される。その結果、春材部、夏材部[注7]ともに平均化された硬い材質になることが判明した。スギ材に関しては、柃目面、板目面の差はあまりみられず、ブナ材では、柃目面より追い柃面の方が硬さの値を若干上回る結果が得られた。

二方柃と四方柃という木取り法の違いによる試験片の硬さを比較すると、スギ圧縮材では年輪幅の広い柃目面以外は、先に述べた理由により二方柃の方が硬い。しかしながら、スギ材においてはどちらも同程度の硬さである。

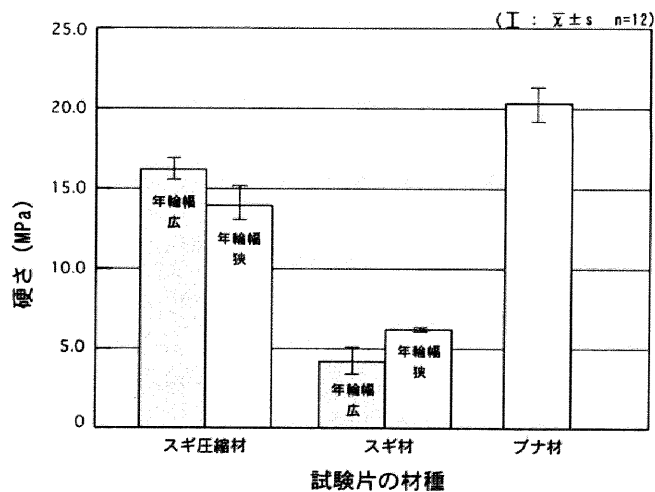
次に、年輪幅の違いによる硬さの差を見てみると、ス

		スギ圧縮材	スギ材	ブナ材
平均年輪幅 (mm)	広いもの	1.6	3.7	2.7
	狭いもの	0.9	2.1	

(1) 追い柢面



(2) 柢目面



(3) 木口面

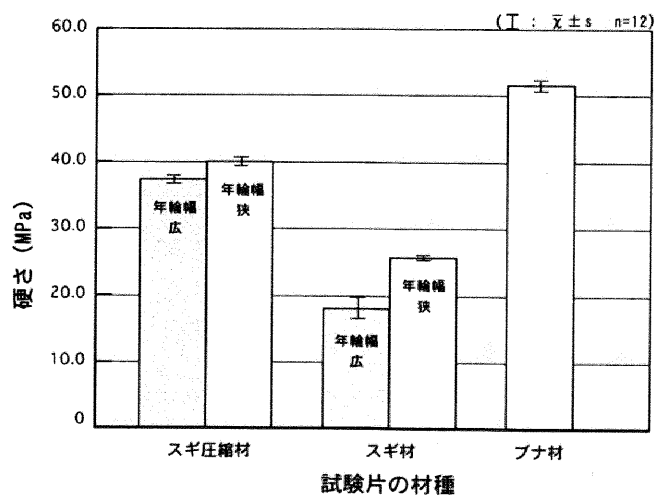
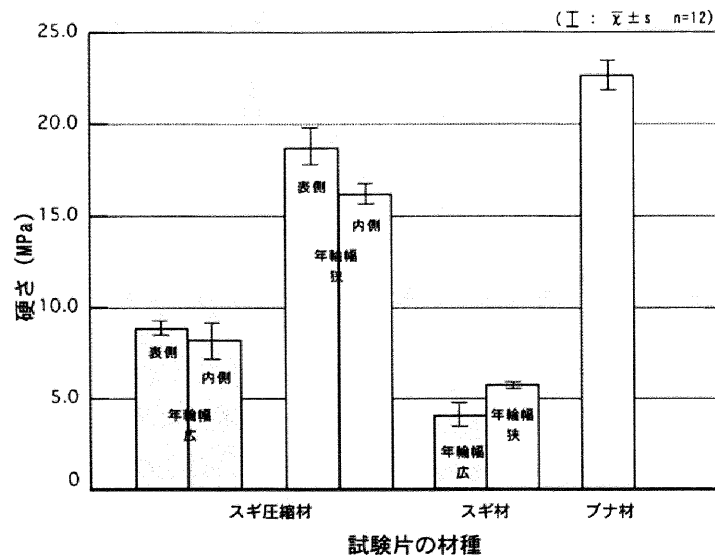


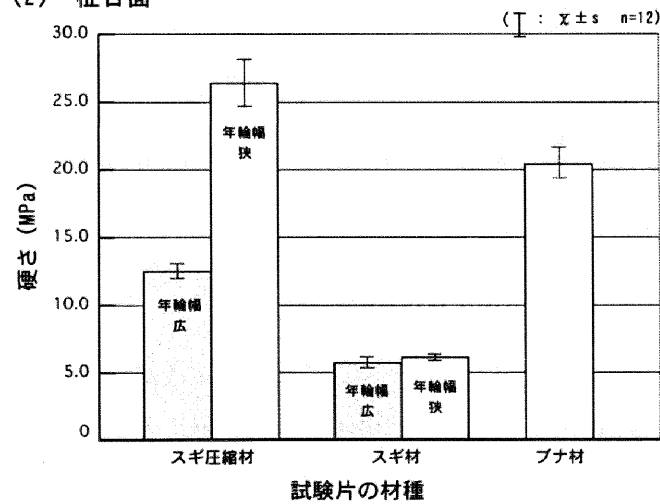
図 3-9 材種の違いによる四方柢木取り材各面の硬さ比較

		スギ圧縮材	スギ材	ブナ材 (四角柱)
平均年輪幅 (mm)	広いもの	2.0	3.9	2.7
	狭いもの	1.3	2.4	

(1) 板目面



(2) 柁目面



(3) 木口面

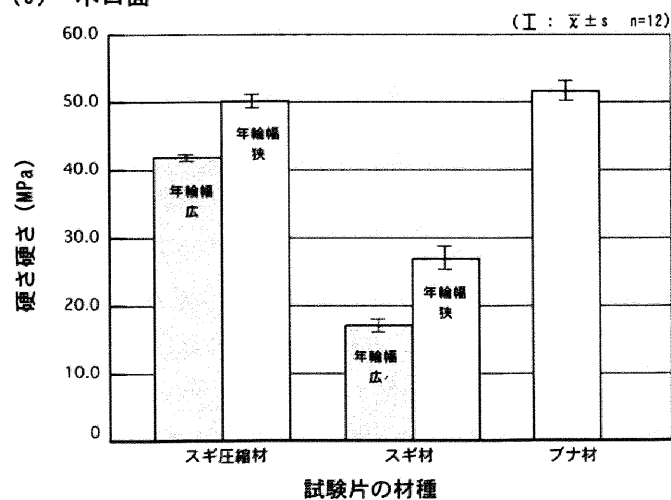


図 3-10 材種の違いによる二方柱木取り材各面の硬さ比較 (但しブナは四角柱)

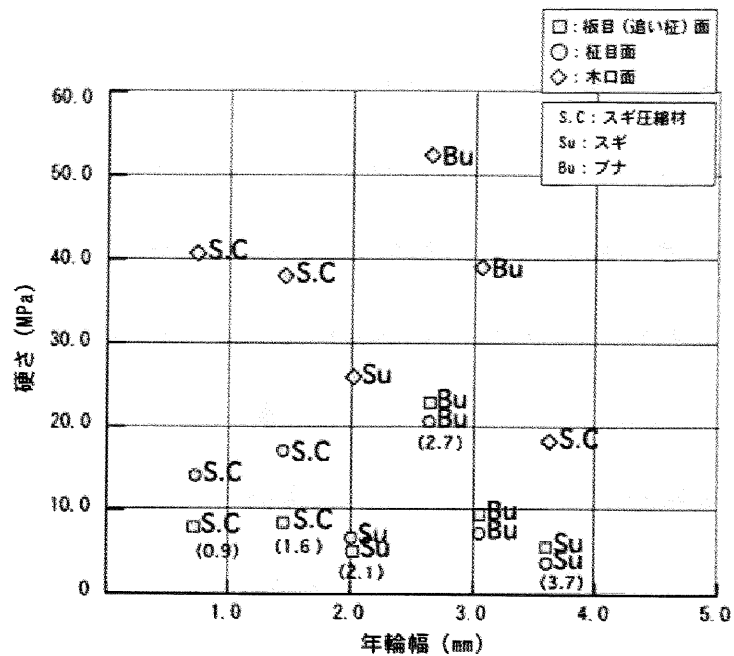


図 3-11 四方桁木取り材の年輪幅の違いによる硬さの関係

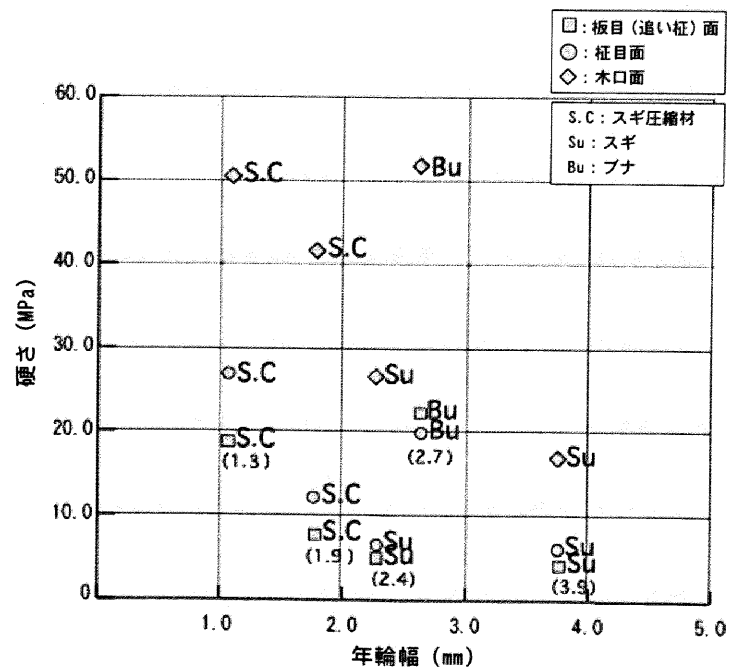


図 3-12 二方桁木取り材の年輪幅の違いによる硬さの関係（但しブナは四方桁）

ギ圧縮材の二方桎木取り材においては、木口面以外の測定面において年輪幅の狭いものが広いもののおよそ2倍の値を示した。これに対し、スギ材では、全て年輪幅の狭いものの値が高かった。これより圧縮前のスギ材は当然のことながら年輪幅が狭いものの方が広いものに比べると硬く、圧縮加工を施すことによってさらに年輪幅が狭くなり組織が緻密で硬い材が出来上がるといえる。

スギ圧縮材の板目面または追い桎面においては、材の表側と内側の両方の硬さを測定し、木材全体が均一な硬さに成形されているか否かを確認した。その結果、四方桎の年輪幅の狭い材は内側の方が硬く、それ以外は全て表側の方が硬いが、いずれもその差はさほど大きいものではない。このことは圧縮加工の際、圧力の影響が材全体に均一に及んでいることを示すものである。

今回の実験で、最も硬い値を示したのはブナ材であったが、これに対し、スギ圧縮材は、桎目面および木口面に関してはブナと同等あるいは極めて近い値を示した。普通のスギ材の硬さと比較すると、そのおよそ1.5～4.5倍の硬さを持つことが明らかとなった。年輪幅の狭いスギ圧縮材の二方桎木取り材は板目面において18.62MPaという硬さ値を示したが、このことから、ブナ材の22.64MPaに近い硬さになったことがわかる。

今回の測定で最も注目すべきは、スギ圧縮材の二方桎木取り材の桎目面において、年輪幅の狭い材が26.26

MPaと高い測定値を示した点で、これはブナ材の20.29MPaの約1.3倍に相当する硬さである。このことからスギ圧縮材はブナ材の硬さに近いあるいは同等の広葉樹の力学的性質を備えた材に改質されていることがわかった。このことは、硬木に類する家具・建具用材として充分活用できるという結果を示したことになる。

3.3.3 スギ圧縮材の硬さに関わる因子

今回実施した硬さ実験の結果から、まず、スギ材を1/2厚に煮沸圧縮成形して製作したスギ圧縮材の硬さは、普通のスギ材のおよそ1.5倍～4.5倍となり、木取り法によってはブナの持つ硬さに極めて近い値を示すことがわかった。木取り法の違いにおいては、二方桎が四方桎より硬く、表面の木目の状態については、スギ圧縮材は桎目面でブナ材と同等、もしくはそれを上回る結果が出た。これは、桎目面では木目の春材部の細胞組織が圧縮により狭く、緻密になったことで、夏材部の硬さと同等またはそれに近い値となり、表面の硬さが平均化されたことによると考えられる。また年輪幅でみると、幅の狭いものの方が硬い。狭いものはもともと木材の密度が高く、さらに圧縮木材に加工されることでその効果が増すことになる。スギ圧縮材の生産においては、特に圧縮前のスギ材の製材方法とりわけ年輪形状を把握してから木取りにかかることが肝要である。図3-13にスギ圧縮材の硬さに関わる因子間の関係を示した。

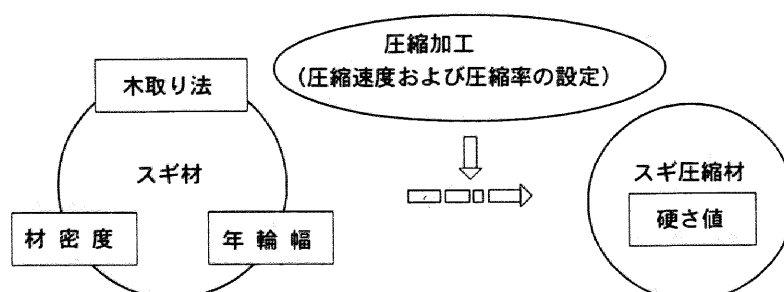


図3-13 スギ圧縮材の硬さに関わる因子間の関係

3.3.4 まとめ

今回の実験で得られた結果をまとめると下記の通りとなる。

(1) スギ圧縮材の硬さ

(1-1) スギ圧縮材および一般スギ材の各面における硬さは、木口面>柾目面>板目面の順である。

このことから、圧縮前のスギ材の持つ性状が圧縮加工後の性状にも大きく関わることがわかる。

(1-2) スギ圧縮材は、二方柾木取り材の柾目面において、年輪幅の狭い材では、ブナ材の約1.3倍に相当する硬さを示した。

(1-3) スギ圧縮材は、二方柾木取り材の木口面において、年輪幅の狭い材では、ブナ材とほぼ同等の硬さを示した。

(2) スギ圧縮材の硬さに関わる因子

スギ圧縮材の硬さには、圧縮前のスギ材の持つ平均年輪幅、材密度等の性状が大きく関わる。圧縮前のスギ材は平均年輪幅3.0mm前後の比較的狭いものを用いて圧縮すると、硬木の広葉樹材に匹敵する硬さを得られる。また、木取り法としては、二方柾のものがよい。

3.4 スギ圧縮材の接着性能

3.4.1 実験方法

実験は、スギ圧縮材とスギ、ナラといった無垢材を比較対象として、これらに対する「引張りせん断接着強さ実験（以下、接着強さ実験）」を行った〔注8〕。

本実験で使用した圧縮木材の材種は人工スギで、硬さ実験に使用したものと同じである。平均年輪幅は2.6mmと比較的緻密なもので、木取り法は二方柾および四方柾のものである。圧縮前の寸法は、厚さ100mm、幅100mm、長さ2000mmの角柱である。圧縮成形加工には、(株)アミノ社製、高効率木材圧縮加工システム装置を使用し、(株)アミノが開発した成形方法をもとにしており、

表 3-6 接着実験に用いたスギ圧縮材と無垢材の材質

材 種	平均密度 (g/cm ³)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮材	0.80	8.7	1.1
スギ材	0.43	9.3	2.3
ナラ材	0.73	9.0	2.1

これについても硬さ実験と同様である。

試験片として使用した各材種の材質を表3-6に示す。接着強さ実験においては、試験片に硬さ実験の際に用いたブナ材にかえてナラ材を用いた。これは、建具や内装用部材においては、ブナ材以外にナラ材の利用も多くみられることから、ナラ材の接着強さを測定することとしたものである。

実施した接着強さ実験は、JIS K 6851〔注9〕で規定されている常態接着に関する実験方法にしたがって行った。使用した試験機はA&D社製の万能試験機、テンシロンUTM10T型である。

試験片の構成及び寸法を図3-14に示す。試験片の寸法は、幅20mm、長さ78mm、厚さ8mmの寸法に木取りした材を2枚接着させたものである。試験片には図に示すように所定の部分に2カ所の切り込みを入れた。せん断負荷がかかる部分の接着面積は図の網掛け部分に示すとおりである。

使用した接着剤は、木工の一般的な接着剤である酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤（コニシ社製 CH25）である。現在、内装部材等に使われている接着剤からホルムアルデヒド等の検出が明らかになり、人体への影響が懸念されているため、有害でない接着剤の使用が望まれる〔注10〕。このような理由からも、酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤を採用することとした。

接着面に対する塗布量は0.2kg/m²で、これをそれぞれ

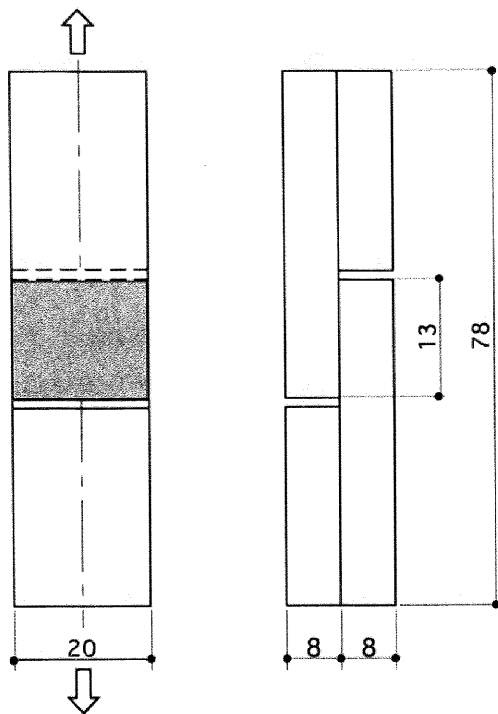


図 3-14 無垢材試験片形状と寸法

れの接着面に均一に塗布し、試験片の両側に添え木をあて、圧縮圧力 0.98MPa で 24 時間圧縮した。その後解放し、20℃～22℃、60RH～65RH の室内でおよそ 336 時間養生した。接着面は、板目面または追い柃面どうしを合わせたもの、柃目面どうしを合わせたもの、板目面または追い柃面と柃目面を合わせたものの 3 種を用意し、

いずれも繊維方向を同じ方向に合わせたものとした。これら接着面の合わせ方は、家具・建具等の各部材の主な材面の合わせ方と同様である。なお、接着面はすべて機械かな仕上げとした。実験は図 3-14 に示した試験片の上下部分をクランプで挟み、図中に示した方向へ接着面と平行に荷重をかけた。測定は、クロスヘッドスピード 5 mm/min で行った。実験に使用した試験片の数は各 12 個である。引張りせん断接着強さの算出式を以下に示す。

$$S = \frac{P}{A}$$

S : 引張りせん断接着強さ (MPa)
P : 最大荷重 (N)
A : 試験片の 2 つの切り込み間の実測したせん断面積 (mm²)

3.4.2 実験結果

3.4.2.1 接着強さ

接着強さ実験の測定結果を図 3-15 に示す。このグラ

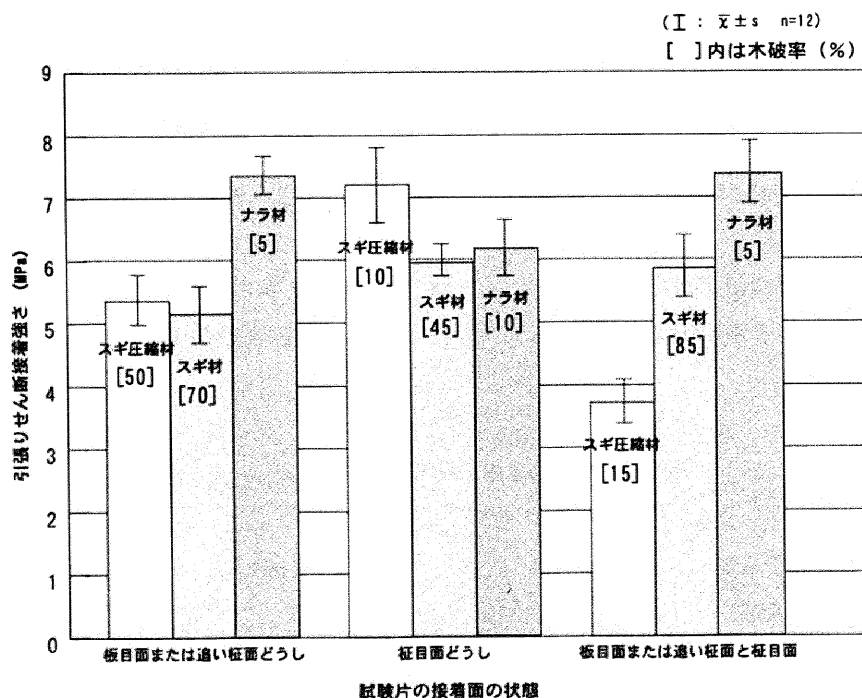


図 3-15 無垢材の接着強さ比較

フでは、接着面別に並べ、材種間の接着強さが比較できるようにした。グラフ上の〔 〕内の数値は、各試験片の平均木部破断率（以下、木破率）（％）を示している。

接着強さを材種別に比較する。まず、スギ圧縮材においては柃目面どうしを接着させた場合が最も強く、接着強度は7.21MPaであり、ナラ材の6.18MPaを上回る接着力を示した。続いて板目面または追い柃面どうしを接着させた場合が強く、接着強度は5.36MPaとなっている。これに対し、板目面または追い柃面と柃目面の接着力は弱く、他の接着面の60％前後の接着強さを示すに止まった。以上の結果から、スギ圧縮材は、接着面の木目形状が同じもののどうしである場合には接着力が強いが、木目形状が異なる面と面では、接着力が劣ることがわかった。

スギ材では柃目面どうし、ナラ材では板目面または追い柃面と柃目面の接着において接着力が強く、それぞれの接着強度はスギ材5.96MPa、ナラ材7.37MPaであった。しかしながらスギ材、ナラ材いずれの材種においても各接着面の接着強度に大きな差はみられなかったことが特徴である。

3.4.2.2 木部破断の状態

次に、実験後の試験片の状態を観察した結果を示す。荷重をかけた後の試験片は、試験片に施した切り込みを境に破断して2つに分割されている。

そこで図3-16には実験前の試験片と実験後の2分割された試験片、さらにその向きを変えて木口面と接着破壊面を図解して示した。

図3-17～図3-19には接着強さ実験後の試験片にみられた木破状態を示した。各図は図3-16で図解したとおり、破断面（図3-17～図3-19各写真下段）と破壊面を木口面からみたところ（図3-17～図3-19各写真上段）を示した。図3-17は接着面が板目面または追い柃面ど

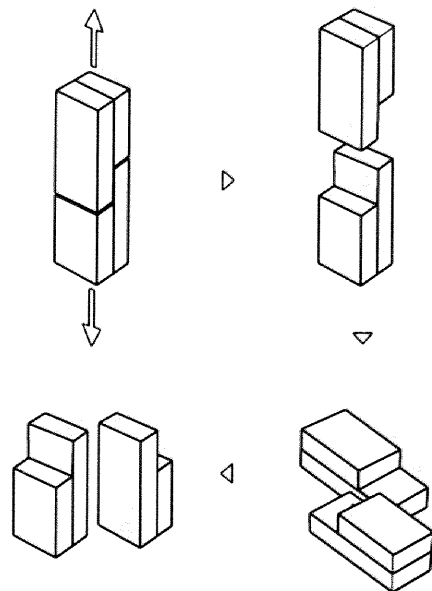


図3-16 実験前および実験後の試験片の状態

うし、図3-18は柃目面どうし、図3-19は板目面または追い柃面と柃目面で、いずれも各試験片の平均的な木破状態を示した試験片を抜粋して載せた。また、図中に掲載した接着強さと木破率は写真に示した試験片の測定値である。

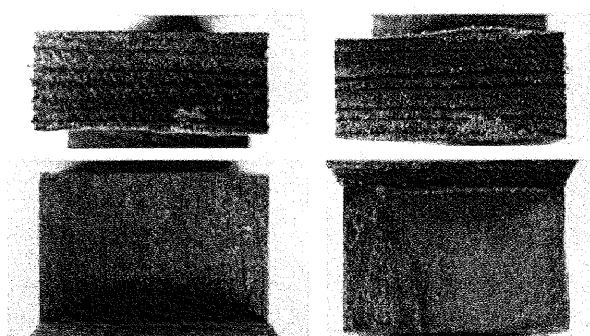
図3-17の板目面または追い柃面どうしの木破状態をみる。

まずスギ圧縮材では、木破を起こしている試験片をみると、いずれも木破は接着面の一部分に起きている。さらに、木破はいずれも年輪と年輪の境目で起こっており、年輪幅の比較的広いものに多く木破がみられた。平均木破率は50％であった。

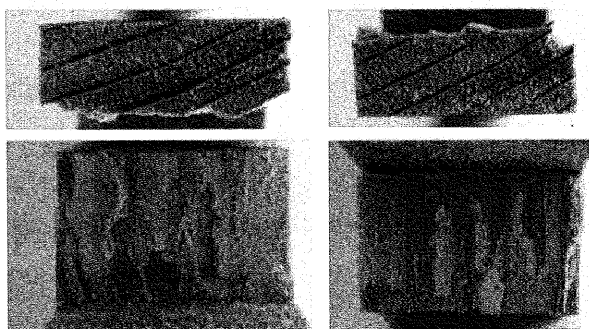
スギ材ではかなり大きな木破がほぼ全ての試験片にみられ、スギ圧縮材と同様に年輪と年輪の間で破断したものがほとんどであった。破断がみられたスギ圧縮材の場合、その破断状態は1層目の年輪に止まっていたが、スギ材では2層目、3層目の年輪まで破断が及んでいるところに違いがみられた。スギ材の平均木破率は70％であった。ナラ材ではほぼ全ての試験片が接着破壊を起こしており、木破はほとんどみられない。平均木破率は5％であった。

次に、図3-18に示した柃目面どうしの木破状態をみ

(1) スギ圧縮材 接着強さ : 5.36MPa 木破率 50%



(2) スギ材 接着強さ : 5.15MPa 木破率 : 70%



(3) ナラ材 接着強さ : 7.35MPa 木破率 : 5%

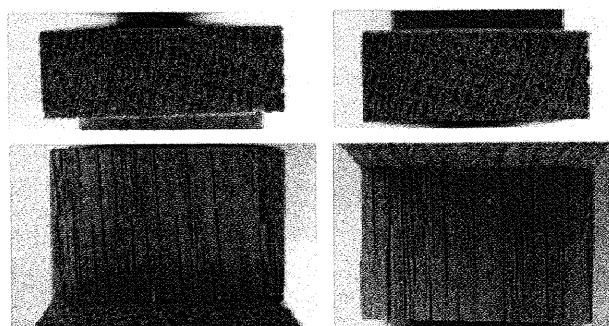
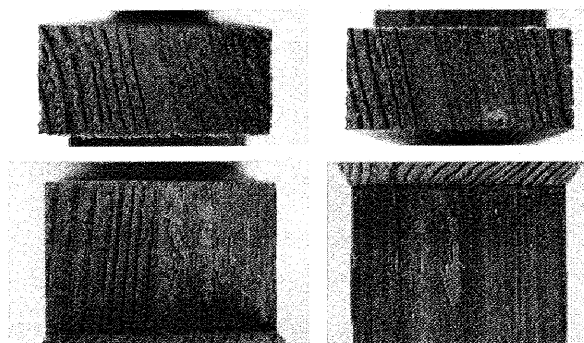
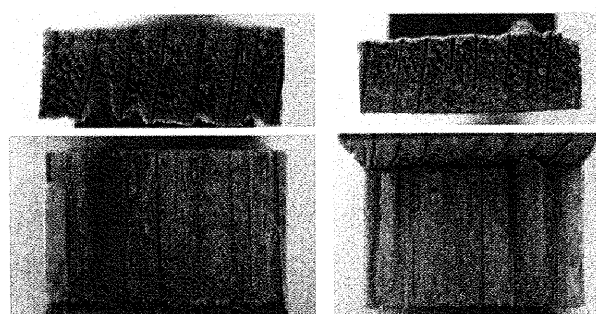


図 3-17 木部破断状態①
(接着面 : 板目面または追い桎面どうし)

(1) スギ圧縮材 接着強さ : 7.21MPa 木破率 : 10%



(2) スギ材 接着強さ : 5.96MPa 木破率 : 45%



(3) ナラ材 接着強さ : 6.18MPa 木破率 : 10%

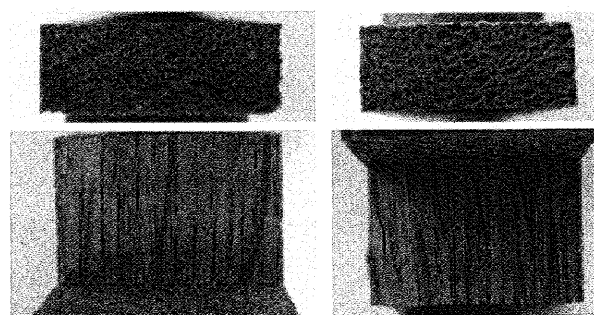
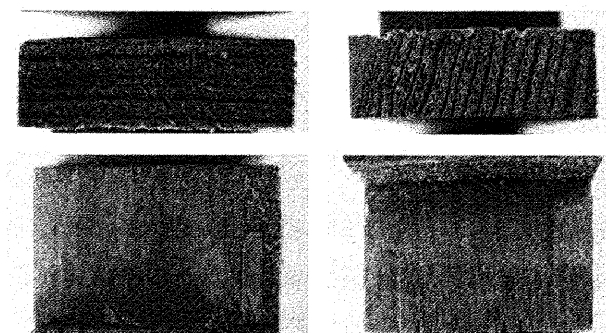
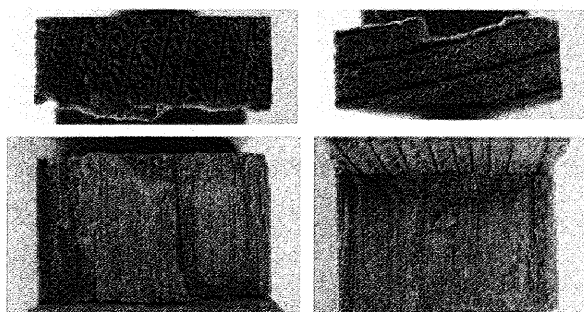


図 3-18 木部破断状態② (接着面 : 桎目面どうし)

(1) スギ圧縮材 接着強さ：3.72MPa 木破率：15%



(2) スギ材 接着強さ：5.86MPa 木破率：85%



(3) ナラ材 接着強さ：7.37MPa 木破率：5%

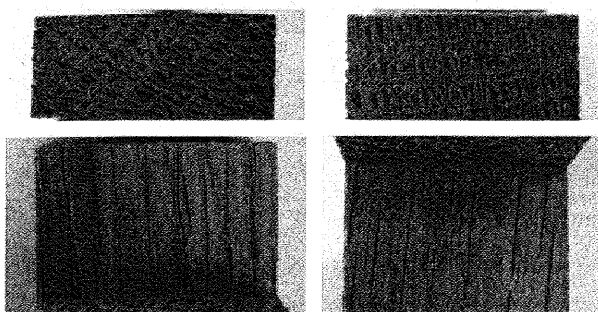


図 3-19 木部破断状態③
(接着面：板目面または追い柃面と柃目面)

る。スギ圧縮材では、一部の試験片において木破がみられたものの、接着面の一部分に破断がみられるだけで、ほとんどの試験片でみられたのは接着破壊であった。スギ材では、板目面または追い柃面どうしの接着に比べると木破は少ないものの、木破が起きた試験片は大きく破断している。ナラ材においては板目面または追い柃面どうしと同様にほとんどの試験片が接着破壊を起こしていることがわかった。なお、平均木破率はスギ圧縮材 10%、スギ材 45%、ナラ材 10%であった。

図 3-19 に示した板目面または追い柃面と柃目面の接着においては、スギ圧縮材では、接着面の一部分に木破が起こっているものもみられたがその破断は小さい。

スギ材ではここでも大きな木破がみられた。ナラ材においては全ての試験片において木破はほとんどみられず、他の接着面と同様の傾向を示した。平均木破率はスギ圧縮材 15%、スギ材 85%、ナラ材 5%であった。

今回の無垢材の接着強さ実験においてスギ圧縮材では、接着面の木目形状が同じものどうしの接着力が強く、ナラ材に近似したまたはそれを上回る強さを示した。しかしながら木目形状の異なる接着面の組み合わせではナラ材には及ばず、さらに、他の接着面の組み合わせに比べておよそ 50%～70% 程度の接着強さを示すに止まり、スギ圧縮材において異なる木目形状の接着には若干問題を残したと言える。しかしながら、柃目面どうしの接着の際には、スギ圧縮材はナラ材を上回る接着強さを示したことから、家具・建具用材として充分実用に耐えることが伺える。

以上のことから、スギ材を 1/2 厚に煮沸圧縮成形して製作したスギ圧縮材の部材どうしの接着強さに関わる因子は、接着面の組み合わせにあり、接着面の種類が同じであれば接着力は向上するが、異なる面の組み合わせによる接着においては、その接着力が低下することが判明した。

第 3 章 3.2 項において述べた硬さ性能においても、ス

ギ圧縮材はブナとほぼ同等の結果を示したことから、
 接着強さ実験の結果をあわせると、スギ圧縮材はもとの
 スギとはその性質を異にし、硬い広葉樹材の力学的
 性質を保有する材と同等またはそれに近いと判断でき
 る。

3.4.3 まとめ

今回の実験で得られた結果は次の通りである。

(1) スギ圧縮材の接着性能

(1-1) スギ圧縮材の接着面の組み合わせによる接着
 強さは、①柃目面どうし②板目面または追い柃面ど
 うし③板目面または追い柃面と柃目面の順である。

(1-2) 同一の木目形状を繊維に対して同方向に組み
 合わせて接着した場合、スギ材のおよそ1.2倍の接着
 力となり、柃目面どうしの接着ではナラ材の接着強
 さを上回る。

(2) スギ圧縮材の接着強さに関わる因子

スギ圧縮材の硬さには、圧縮前のスギの平均年輪幅、
 材密度等の性状が関与した。これは接着強さについ
 ても同様で、加えて接着面における木目形状の組み
 合わせが重要であることが明らかとなった。

以上の結果をまとめて、図3-20にスギ圧縮材の接着
 性能に関わる因子間の関係を示した。

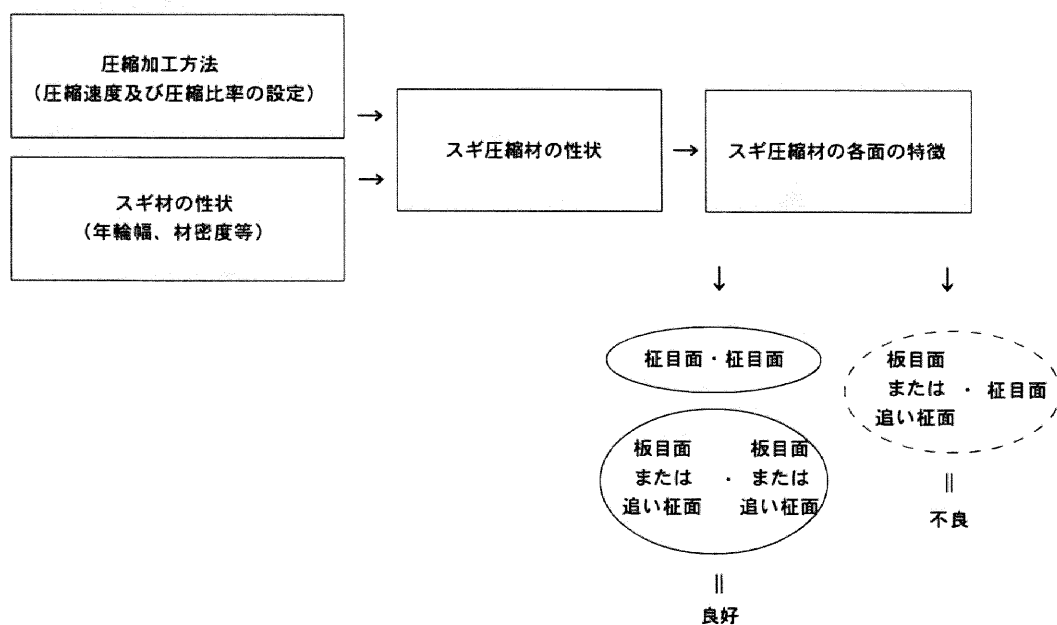


図3-20 スギ圧縮材の接着性能に関わる因子

3.5 スギ圧縮材の摩耗性能

3.5.1 実験方法

摩耗実験は、JIS A 1453（建築材料および建築構成部分の摩耗試験方法：研摩紙法）〔注11〕に規定されている方法に準じて実施した〔注12〕。使用した試験片は、スギ圧縮材と、木製床材の材種としては定番のナラ材の2材種とした。試験面の木目形状は、いずれも板目および柃目で、スギ圧縮材の平均年輪幅は2.1mmと比較的緻密なものとした。

また、試験片は塗装を施したものと未塗装のものを用意した。塗装は、ウレタン塗装（和信ペイント株式会社製、木材用塗料）を用いて、下塗り剤（サンディングシーラー）、上塗り剤を2回ずつ塗布した。塗布量は、下塗り剤、上塗り剤ともに0.3 kg/m²である。表3-8に試験片の材質、図3-21には試験片の形状および寸法を示した。試験片数は各2個である。

実験に使用した装置は、東洋精機株式会社製の摩耗試験機、テーバー式ロータリーアブレーザーである。この装置の回転盤に試験片を水平に取り付け（図3-22）、研摩紙（テーバー社製S-42）を巻いた円板2個を荷重9.8Nで500回転させ、100回転当たりの摩耗減少質量（mg）を求めた。

表3-8 摩耗実験に用いた試験片の材質

材 種	平均密度 (g/cm ³)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮材	0.74	11.5	2.1
ナラ材	0.73	11.2	1.4

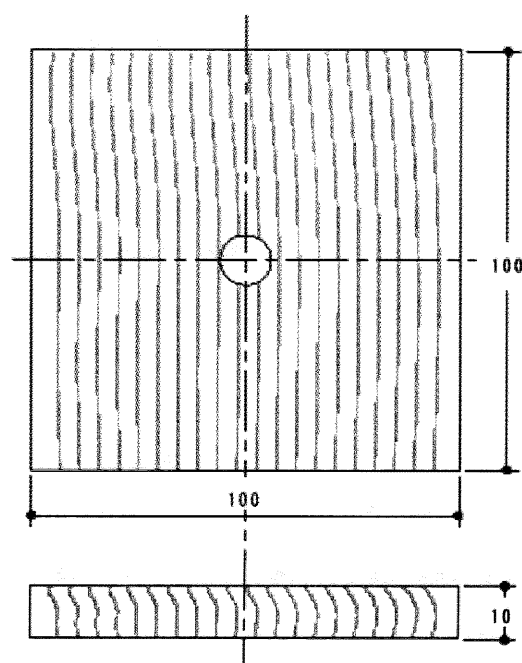


図3-21 摩耗実験に用いた試験片の形状および寸法

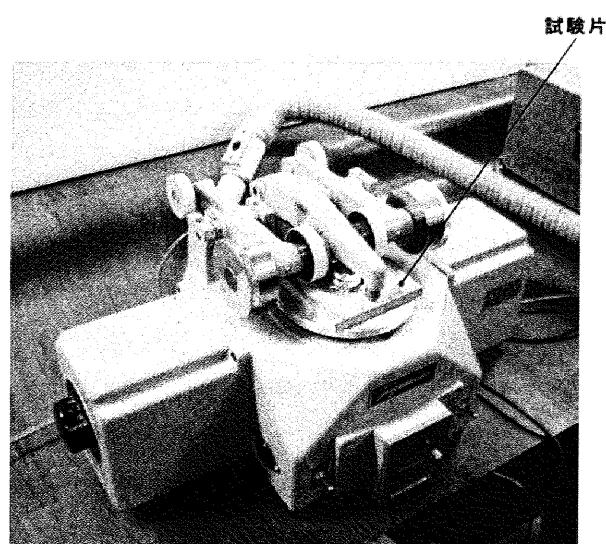


図3-22 摩耗実験装置に試験片を取り付けた状態

3.5.2 実験結果および考察

摩耗実験によって得られた試験片の摩耗減少質量（100回転当たり、試験片2個の平均値）を表3-9に示す。

また、図3-23、図3-24には試験後の試験片の状態を示した。図3-23はスギ圧縮材の摩耗状態で、上段は板目面、下段は柃目面である。なお、それぞれ、左図は塗装を施したものの、右図は未塗装のものである。図3-23にはナラ材の摩耗状態を示した。各図の位置および種類は図3-24のスギ圧縮材と同様である。

摩耗実験の結果から、まず、塗装の有無による比較を行う。未塗装試験片のスギ圧縮材の摩耗減少質量は、板目面では114.8mg、柃目面では154.8mgであった。ナラ材においては、板目面では71.4mg、柃目面では62.4mgで、スギ圧縮材はナラ材の倍近くの摩耗減少質量となり、ナラ材よりも摩耗しやすいことがわかった。これは、圧縮成形加工を施すことによって、材組織の繊維がからみ、研磨することによってその組織がほぐれやすくなっているためと推測される。

次に、塗装を施した試験片をみると、スギ圧縮材の摩

耗減少質量は、板目面では147.6mg、柃目面では177.2mgであった。また、ナラ材においては、板目面では136.0mg、柃目面では154.2mgとなった。これは、塗装を施した試験片では、塗膜の硬度がほぼ一定となるため、その差が出にくいのではないかと考える。

図3-23、図3-24に示した試験片の摩耗状態をみても、未塗装の試験片では、ナラ材に比べるとスギ圧縮材の摩耗は進んでいることがわかる。

しかしながら、今回の実験から得られたスギ圧縮材の摩耗度は、板目面ではフローリングの日本農林規格における摩耗減少質量150mg以下といった適合基準を満たした〔注13〕。また、柃目面では基準値に若干及ばず、床材としては不適合であるが、床材以外に適用する場合は問題ないものとする。

また、先に述べたように、スギ圧縮材は柃目面よりも板目面の方が摩耗性能が高い。特に床材への適用を意識した場合、床材は柃目面と板目面を混合して構成される場合があるが、やはり歩止まりのよい木取りが可能な板目による構成が多くみられる〔注14〕。このことから、板目面の摩耗性能が高いことは有効であると考えられる。

3.5.3 まとめ

今回の実験で得られた結果は次の通りである。

<スギ圧縮材の摩耗性能>

①スギ圧縮材の摩耗度は、木目形状の違いにより若干異なる。摩耗減少質量は、未塗装の場合では板目面より柃目面の方が多い。

②スギ圧縮材の摩耗度は、フローリングの日本農林規格における適合基準を満たす。このことから、スギ圧縮材は無垢材フローリングとして適用できることを示唆した。

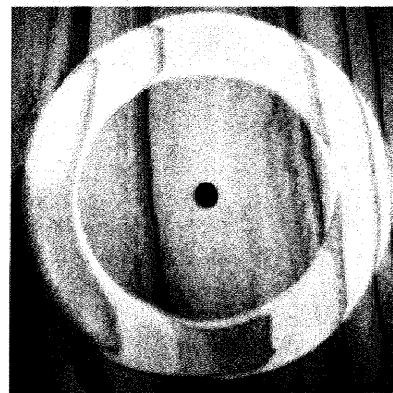
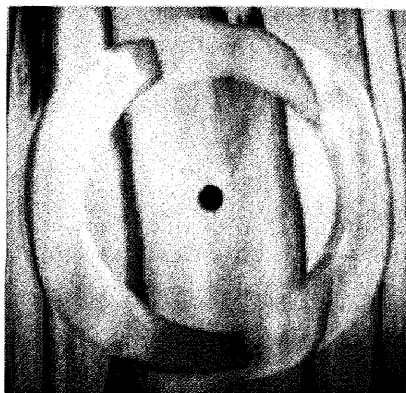
③スギ圧縮材は塗装を施すことでその摩耗性能が改善され、ナラ材の摩耗度に近づく。このことから、ス

表3-9 試験片の摩耗減少質量

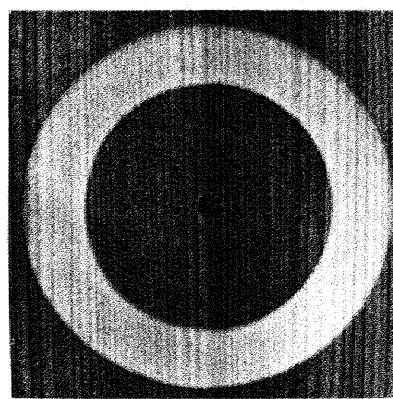
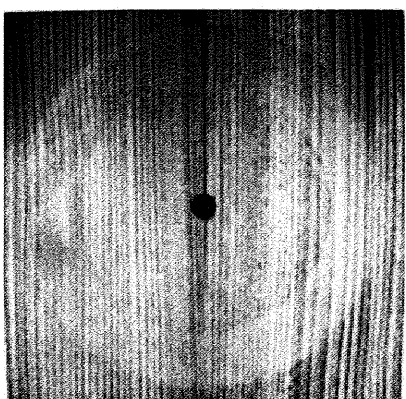
		※ n=2	
材 種	測定面	摩耗減少質量(mg)	
		未塗装	塗装
スギ圧縮材	板目	114.8	147.6
	柃目	154.8	177.2
ナラ材	板目	71.4	136.0
	柃目	62.4	154.2

ギ圧縮材は塗装を施して使用すると、例えば床材へ適用するならば、ナラ材等の広葉樹材による床材と遜色のない品質のものとして実用価値を持つものといえる。

スギ圧縮材 板目



スギ圧縮材 柃目

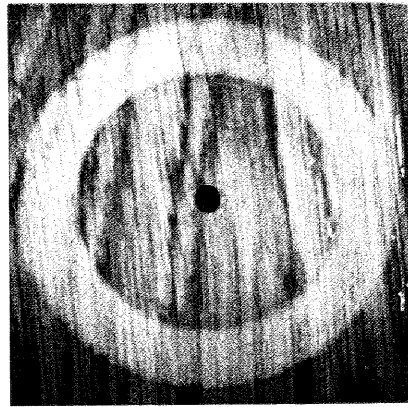
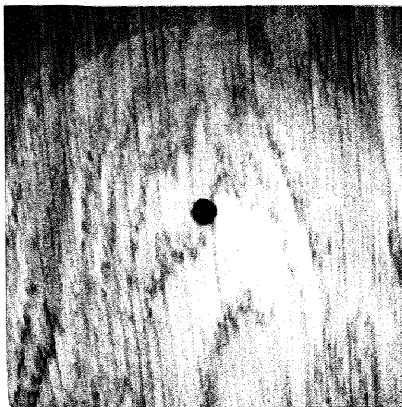


＜未塗装の試験片＞

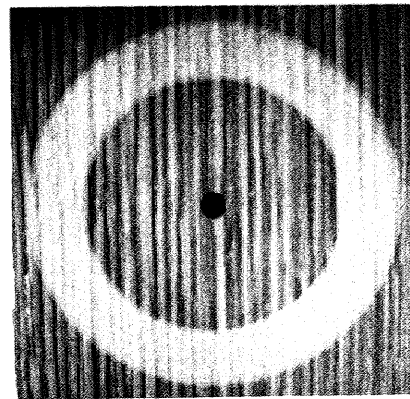
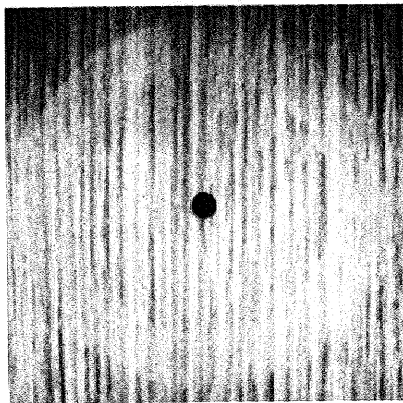
＜塗装を施した試験片＞

図 3-23 スギ圧縮材の試験後の摩耗状態

ナラ材 板目



ナラ材 柃目



＜未塗装の試験片＞

＜塗装を施した試験片＞

図 3-24 ナラ材の試験後の摩耗状態

注および参考文献

- 1) 藤盛啓治、阿部眞理、梶田直孝：圧縮木材の成形法と強度 - スギ間伐材の有効利用に関する研究 (1) - アジアデザイン国際学術会議日韓デザインシンポジウム、763～768、1997
- 2) 日本工業標準調査会：木材の試験方法 JIS Z 2101、日本規格協会、2000
- 3) 浅野猪久夫：木材の事典、朝倉書店、185～186、1991
- 4) 阿部眞理：スギ圧縮材及びその突き板化粧単板の硬さ特性 - 家具・建具づくりのためのスギ圧縮材の開発 (1) -、日本デザイン学会デザイン学研究論文集 49, 4、29～36、2002
- 5) 株式会社建築知識：木のデザイン図鑑、株式会社建築知識、115～118、1996
- 6) 建築知識編集部：建築知識 木材最新ガイド、株式会社エクスナレッジ、180、2002, 3
- 7) 平井信二、上田康太郎、土屋欣也、藤城幹夫：技術シリーズ 木工、朝倉書店、6～8、2000
- 8) 阿部眞理：スギ圧縮材及びその突き板化粧単板の接着強さ - 家具・建具づくりのためのスギ圧縮材の開発 (2) -、日本デザイン学会デザイン学研究論文集 50, 3、9～16、2003
- 9) 日本工業標準調査会：接着剤の木材引張りせん断接着強さ試験方法 JIS K 6851、日本規格協会、1990
- 10) 秋田県県立農業短期大学木材高度加工研究所：コンサイス木材百科、268～269、1998
- 11) 日本工業標準調査会：建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法 JIS A 1453、日本規格協会、2001
- 12) 阿部眞理：床材への適用を目的としたスギ圧縮材の摩耗特性、日本デザイン学会デザイン学研究第49回研究発表概要集、406～407、2002
- 13) 財団法人日本合板検査会：フローリングの日本農林規格、財団法人日本合板検査会、16、2000

- 14) 平井信二、上田康太郎、土屋欣也、藤城幹夫：技術シリーズ 木工、朝倉書店、27～28、2000

第4章 スギ圧縮突き板単板の力学的性質

4.1 はじめに

スギ圧縮材を家具・建具、内装用部材として使用する場合には、それらを構成する部材としての性質を知ることが必要となってくる。そこで、第3章においては、スギ圧縮材の無垢材としての「曲げ強さ」、「圧縮強さ」、「せん断強さ」および「材の硬さ」、「部材どうしの接着性」、「材の摩耗度」といった力学的性質を実験を通して明らかにした。

その結果、スギ圧縮材は、せん断強さにおいてはブナ材を下回ったものの、曲げ強さ、圧縮強さにおいてはブナ材を上回る強さを示した。

材の硬さにおいては二方柾木取り材の柾目面において、年輪幅の狭い材ではブナ材の約1.3倍に相当する硬さを示した。また、木口面においてもブナ材と同等であった。

部材どうしの接着性では、木目形状が板目面どうしや柾目面どうしなど、同一形状による組み合わせであれば、スギ材のおよそ1.2倍の強さとなり、特に柾目面どうしの接着においてはナラ材を上回る強さを示した。しかしながら、異なる木目形状どうしの組み合わせでは、スギ材よりも接着強さが弱くなることが判明した。

材の摩耗度においては、スギ圧縮材の摩耗減少質量は日本農林規格のフローリング材に対する適合基準を満たすことがわかった。また、塗装を施した場合の摩耗減少質量はナラ材と遜色のない状態まで改善され、さらに適応の可能性が確認された。以上が無垢のスギ圧縮材の力学的性質である。

木材は、家具・建具、内装用部材として使用する際、無垢材の他に木質材に加工して使用することが不可欠である。そこで、スギ圧縮材にスライス加工を施し、突き板単板として、これを木質材へ利用することを試みた。これについては第2章において述べているが、実際に適用する際には、無垢のスギ圧縮材と同様に力学的性質を明らかにしておく必要がある。

本章では、スギ圧縮材と同様にスギ圧縮突き板単板の「材の硬さ」、「部材どうしの接着性」、「材の摩耗度」について実験を通して明らかにする。さらに単板の場合は、木質材のなかでも積層材として利用できる。積層材には通直なものと湾曲したものがあるが、湾曲した積層材は、家具のなかでも重要な位置を占める成形合板家具への適用が考えられる。そこで、「スギ圧縮突き板単板による積層材の曲げ強さ」についての実験を加え、スギ圧縮突き板単板としての力学的性質を明らかにする。

4.2 スギ圧縮突き板単板の硬さ性能

4.2.1 予備実験

突き板単板の硬さ実験[注1]を行うにあたり、予備実験を実施した。予備実験を実施した理由は、無垢のスギ圧縮材では、圧縮加工を施すことにより木材の春材部が主に圧縮されて変形し、春材部と夏材部の区別が顕著ではなくなる。このため、無垢材の硬さ実験では、春材部と夏材部の区別を行わずに測定を行っても差し支えなかった。しかし、突き板単板に加工した場合、スギ圧縮材もスギ材においても春材部と夏材部の硬軟の差[注2]が現れるのではないかと予測から、この部分を含めて検討することとした。

予備実験に使用した材種はスギ圧縮材とスギ材である。測定面は春材部と夏材部がはっきりしている板目面または追い柾面とした。突き板単板の厚さは1.5mmとしたが、スギ圧縮材については0.8mmも加えた。これらを基材である厚さ12mmのラワン合板に貼り、突き板化粧単板貼り合板として、その硬さの測定を行った。試験片の数は各12個である。実験方法は無垢材の場合と同様に、JIS Z 2101に準じて行い、使用した試験機や圧入速度、硬さHの算出式等についても同様とした。

実験の測定結果を表4-1に示す。その結果、スギ突き板化粧単板貼り合板は、夏材部が春材部の1.5倍程度硬く、その差が出ているが、スギ圧縮突き板化粧単板貼り

表 4-1 突き板硬さの予備実験の結果

材 種	板厚 (mm)	測定面	硬さ (MPa)			
			夏材部		春材部	
			塗装	未塗装	塗装	未塗装
スギ圧縮材	0.8	板目面 または 追い柵面	10.00	9.11	9.21	8.53
	1.5	板目面 または 追い柵面	10.12	9.11	9.17	8.31
スギ材	1.5	板目面 または 追い柵面	7.06	6.37	4.61	3.92

合板では、春材部と夏材部はほぼ同等の硬さとなった。このことから、圧縮加工を施すと、材全体の硬さが均一化することがわかる。これを踏まえて、突き板単板の硬さに対する本実験では、春材部と夏材部を区別せずに、その材面を測定することとした。

4.2.2 本実験

突き板単板の硬さ試験に用いた試験片の材種は、スギ圧縮材とスギ材、ブナ材を用意した。これに洋家具や床材として需要の高いナラ材を加え、併せて3種類の木材を比較対象とした。突き板単板の厚さを決めるにあたり、家具・建具用材及び床材への適用を踏まえ、厚突きの突き板単板2種(0.6mm厚、0.8mm厚)、それに特厚といわれる突き板単板1種(1.5mm厚)を用意した[注3]。スギ圧縮材およびスギ材については、0.6mm厚、0.8mm厚、1.5mm厚の3種類、ブナ材は0.6mm厚と1.5mm厚の2種類、ナラ材は0.6mm厚1種類を用意した。このうちブナ材の1.5mm厚に関してはロータリー単板を使用した。試験面は未塗装のものおよび塗装を施したものの2種類を比較することとした。

塗装は、ウレタン塗料[注4](和信ペイント株式会社製、木材用塗料)を用い、下塗り剤(サンディングシーラー)を2回、上塗り剤を2回塗布した。塗布量は、下塗り剤0.2kg/m²、上塗り剤0.3kg/m²である。木目の

形状は板目または追い柵および柵目を用意した。以上の突き板単板を基材としてのラワン合板(12mm厚)に貼り、突き板化粧単板貼り合板を製作してその硬さを測定した。なお、突き板単板とラワン合板との接着には、酢酸ビニルエマルジョン[注5]を接着剤として使用した。塗布量は0.1kg/m²である。

表4-2には試験片の材質、図4-1には試験片の形状と寸法、測定面、鋼球の圧入位置を示した。試験片数は各12個で、測定に使用した試験機および測定方法、硬さHの算出方法は、無垢材の硬さ試験と同様である。

表 4-2 硬さの実験に用いた突き板の材質

材 種	平均密度 (g/cm ³)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮材	0.63	10.6	1.4
スギ材	0.36	9.7	3.0
ブナ材	0.60	4.1	2.0
ナラ材	0.60	3.6	2.0

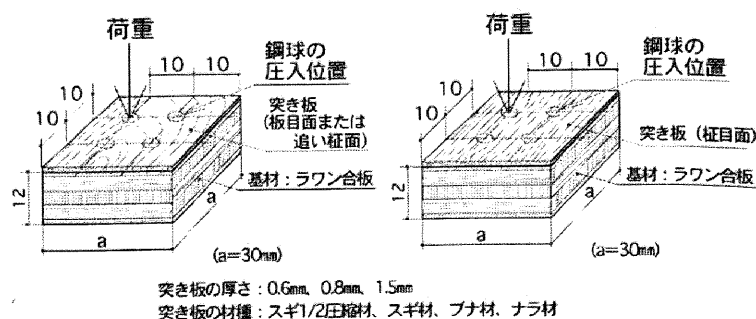


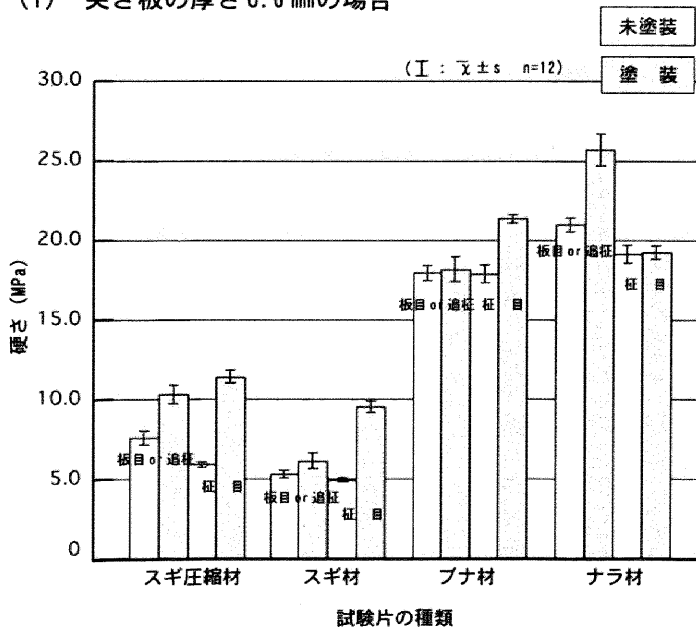
図4-1 突き板単板貼り試験片の形状と鋼球の圧入位置

4.2.3 本実験の結果と考察

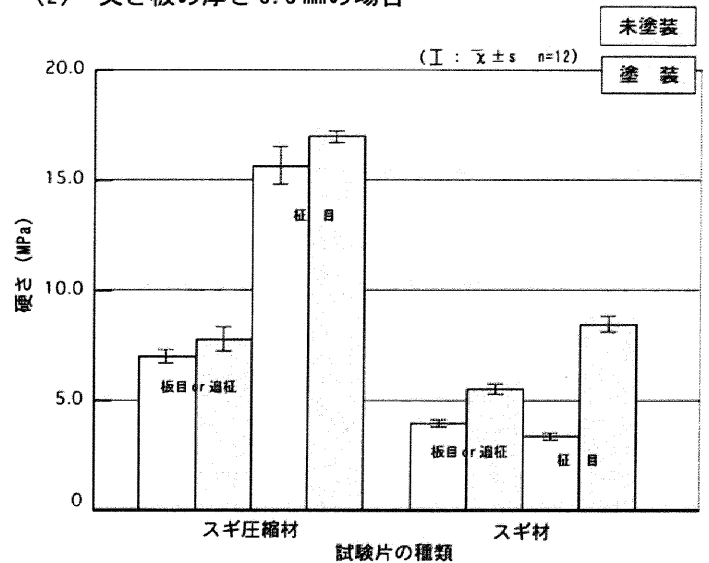
硬さ実験によって得られた突き板単板の測定値を、突き板単板面の塗装の有無によって比較し、突き板単板の板厚別に図4-2の(1)～(3)に示した。(1)は板厚0.6mm、(2)は板厚0.8mm、(3)は板厚1.5mmであるが、ブナについては板厚0.6mmと1.5mm、ナラは0.6mmでの比較となっている。今回、突き板単板に加工した木材は、二方桁および四方桁木取り材の両方を使用しているが、木取り法別の比較は行っていない。なお、図中では、各材種ごとに板目面または追い桁面と桁目面の比較も同時に行った。

さらに、無垢材と同様に、突き板単板の場合のスギ圧縮材とスギ材、ブナ材、ナラ材の硬さの関係を明確にするため、板目面または追い桁面、桁目面それぞれの突き板単板の厚さと硬さの関係図を図4-3および図4-4に示した。

(1) 突き板の厚さ0.6mmの場合



(2) 突き板の厚さ0.8mmの場合



(3) 突き板の厚さ1.5mmの場合

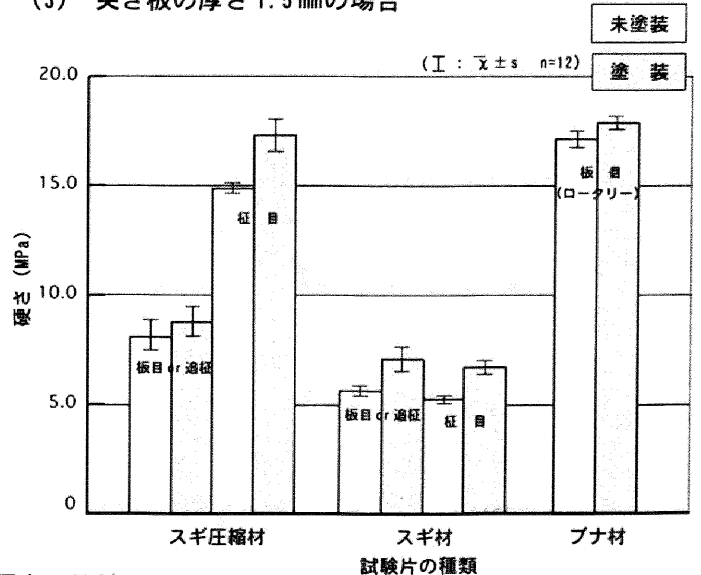


図4-2 突き板単板面の塗装の有無による硬さの比較

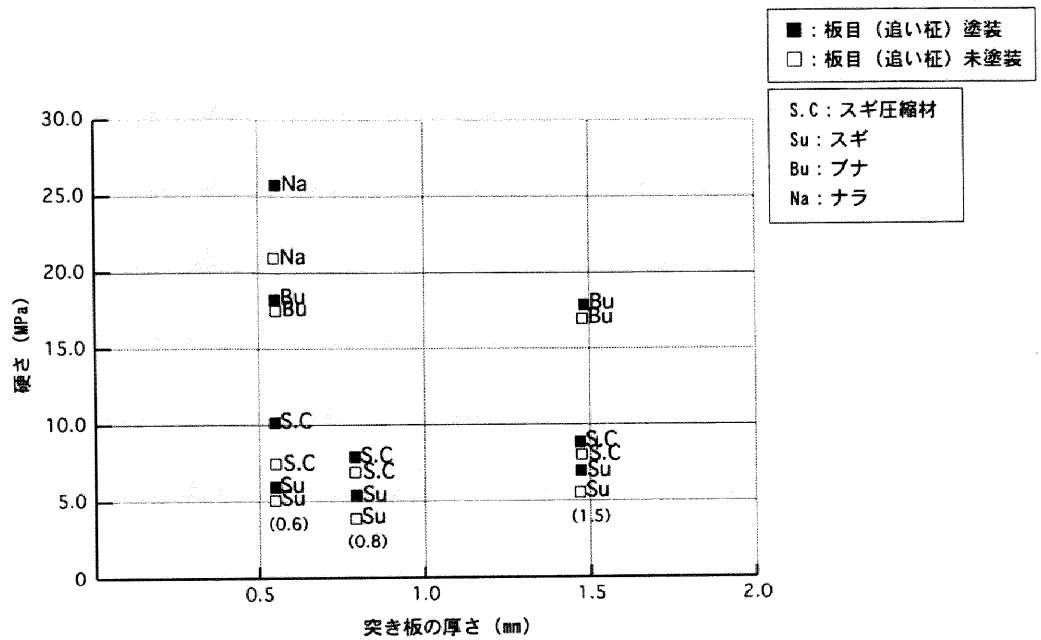


図 4-3 板目面 (または追い杭面) における突き板の厚さの違いによる硬さの関係

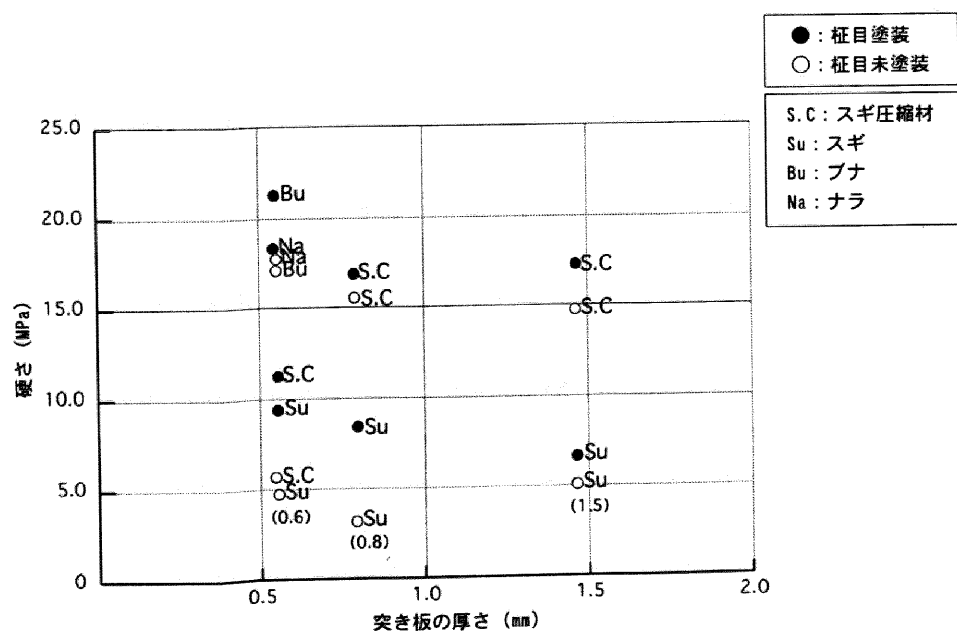


図 4-4 杭目面における突き板の厚さの違いによる硬さの関係

今回使用した突き板単板の平均年輪幅は、スギ圧縮材 1.4 mm、スギ材 3.0 mm、ブナ材 2.0 mm、ナラ材 2.0 mm であった。なお、ブナ材、ナラ材の年輪幅は突き板単板に用いられる材が持つ一般的な年輪幅[注 6]である。

材種別に硬さの傾向をみると、スギ圧縮突き板単板貼り化粧合板では、厚さが厚い方が硬い。0.8 mm 厚と 1.5 mm 厚においては板目面または追い柢面より柢目面が硬く、未塗装の柢目面では 14.21 MPa ~ 14.80 MPa とスギ突き板単板貼り化粧合板より約 3 倍 ~ 5 倍近い硬さに変質したことがわかる。これらの試験片に対して塗装を施した場合は、さらに硬さが約 10 % ~ 16 % 程度増し、柢目の突き板単板試験片の場合はブナ突き板単板貼り化粧合板に近い値を示した。このことは、少ない資源となった硬い広葉樹材の需要の分野に新しくスギ圧縮突き板単板貼り化粧合板および集成材が参入できる明るい展望をもたらしたと考える。

しかし、0.6 mm 厚の突き板単板試験片の場合は、塗装の有無にかかわらず、スギ圧縮突き板単板貼り化粧合板はスギ突き板単板貼り化粧合板と比較した場合、若干上回る程度で、ブナ材、ナラ材の広葉樹材による突き板単板貼り化粧合板との比較では大きく下回る結果が出た。ただ、塗装を施した場合は、未塗装のものよりも硬度が上がる結果が示されていることから、0.6 mm 厚の突き板単板貼り化粧合板または集成材を用いる場合には、用途に適した部材配置をすることでその使用は充分可能であると考える。

4.2.4 まとめ

今回の実験で得られた結果は次の通りである。

(1) スギ圧縮突き板単板の硬さ性能

(1-1) スギ圧縮突き板単板の硬さは柢目面 > 板目面の順である。このことから、木材の木表を上面に置き、繊維方向に垂直に等分布負荷を与えた場合、通直である柢目の間隔はより狭く緻密になり、硬さを

増すことがわかった。

(1-2) 板厚 0.8 mm および 1.5 mm に加工したスギ圧縮突き板単板の硬さには大きな差がない。このことから厚突きまたは特厚の単板を合板や集成材の化粧単板に利用することは、コスト面からみても極めて有効である。

(1-3) 板厚 0.6 mm のスギ圧縮突き板単板については、その用途を見極め、塗装を施すことを前提としての使用が望まれる。

(2) スギ圧縮突き板単板の硬さに関わる因子

第 3 章で述べたように、スギ圧縮材の硬さには、圧縮前のスギの持つ平均年輪幅、材密度等の性状が大きく関わった。このことは、スギ圧縮突き板単板についても同様であり、結局、突き板単板へ加工する前のスギ圧縮材の性状が、加工後もそのまま反映される。また、単板の厚さの違いによってもその硬さ性能は異なり、0.8 mm、1.5 mm と厚いものの方が良く、広葉樹材による単板と比べても遜色がない硬さ性能を保有する。

4.3 スギ圧縮突き板単板の接着性能

4.3.1 実験方法

突き板単板の接着実験[注 7]で使用したスギ圧縮材は、人工スギを採用し、成形した。平均年輪幅は 3.0 mm で、木取り法は二方柢および四方柢のものである。圧縮前の寸法は、厚さ 100 mm、幅 100 mm、長さ 2000 mm の角柱である。圧縮成形加工は、無垢材の力学的性能および突き板単板の硬さ性能と同様の方法を用いて行った。スギ圧縮材と比較対象として用いた試験片の材種は、スギおよびナラである。これも無垢材の接着強さ試験の場合と同様である。各材種の材質を表 4-3 に示す。

試験片の構成および寸法を図 4-5 に示す。試験片は、幅 20 mm、長さ 78 mm、厚さ 7.1 mm の寸法に加工した 2 枚の突き板単板貼り化粧合板を接着させたものであるが、

構成としては、厚さ5.5mmの基材を用い、その表裏両面に厚さ0.8mmの突き板単板を貼り合わせたものとなっている。突き板単板の厚さを決定するにあたっては、家具・建具用材及び床材への適用を踏まえ、前回報告した硬さ実験で有効であった厚突きの0.8mmを採用した。いずれの試験片にも図に示すように所定の部分に2カ所の切り込みを入れた。せん断負荷がかかる部分の接着面積は図の網掛け部分に示すとおりである。

表 4-3 接着実験に用いた試験片の材種

材 種	平均密度 (g / cm ³)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮単板	0.63	10.6	1.4
スギ単板	0.36	9.7	3.0
ナラ単板	0.60	3.6	2.0

突き板単板貼り化粧合板の基材にはラワン合板とスギランバーコアの2種を用意したが、これは家具・建具用の基材としてよく用いられることから[注8]、その強度の違いを確かめるためである。

使用した接着剤は、木工の一般的な接着剤である酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤（コニシ社製 CH25）である。接着面に対する塗布量は0.2 kg / m²で、これをそれぞれの接着面に均一に塗布し、試験片の両側に添え木をあて、圧縮圧力0.98MPaで24時間圧縮した。その後解放し、20℃～22℃、60RH～65RHの室内でおよそ336時間養生した。接着面は、板目面または追い柢面どうしを合わせたもの、柢目面どうしを合わせたもの、板目面または追い柢面と柢目面を合わせたものの3種を用意し、いずれも繊維方向を同じ方向に合わせたものとした。

これら接着面の合わせ方は、家具・建具等の主な材面の合わせ方と同様である。なお、接着面はすべて機械かんな仕上げとした。

使用した試験機はA&D社製の万能試験機、テンシロンUTM10T型である。試験は図4-5に示した試験片の上下部分をクランプで挟み、図中に示した方向へ接着面と平行に荷重をかけた。測定は500 kgのロードセルを用い、クロスヘッドスピード5 mm / minで行った。試験に使用した試験片の数は各12個である。なお、突き板単板に対しての接着強さ実験は、JIS K 6851で規定されている常態接着に関する試験方法を参考に行ったが、これは無垢材の実験方法と同様である。

引張りせん断接着強さの算出式を以下に示す。

$$S = \frac{P}{A}$$

S : 引張りせん断接着強さ (MPa)
 P : 最大荷重 (N)
 A : 試験片の2つの切り込み間の実測したせん断面積 (mm²)

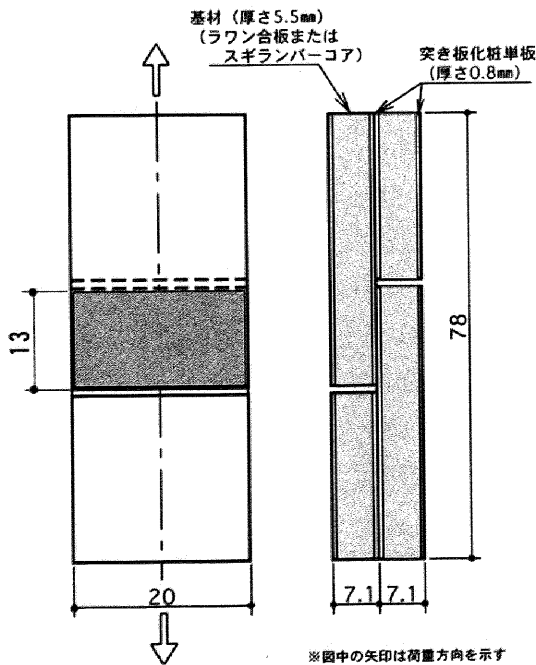


図 4-5 試験片の構成および寸法

4.3.2 実験結果

突き板単板貼り試験片における接着実験の測定結果を図4-6に示す。このグラフでは、接着面別に並べ、材種間の接着強さが比較できるようにした。グラフ上の[]内の数値は、各試験片の平均木部破断率（以下、木破率）（％）を示している。

4.3.2.1 ラワン合板を基材とした場合の接着強さ

ラワン合板を基材とした突き板化粧単板貼り合板における接着強さ試験の測定結果をみる。無垢材の接着強さの結果と同様に、接着面別にそれぞれの接着強さを比較

した。接着面の組み合わせの違いによる接着強さは、すべての材種において柃目面どうしが最も強く、次に板目面または追い柃面と柃目面、板目面または追い柃面どうしと続き、3つの材種ともに同様の傾向を示した。

材種のなかでは、ナラ突き板化粧単板貼り合板が最も接着強度が強く、6.38MPa～7.34MPaといった値を示した。スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板は3.59MPa～5.03MPa、スギ突き板化粧単板貼り合板は4.36MPa～5.32MPaと、いずれの接着面においても2材種はほぼ同等の接着強さを示した。

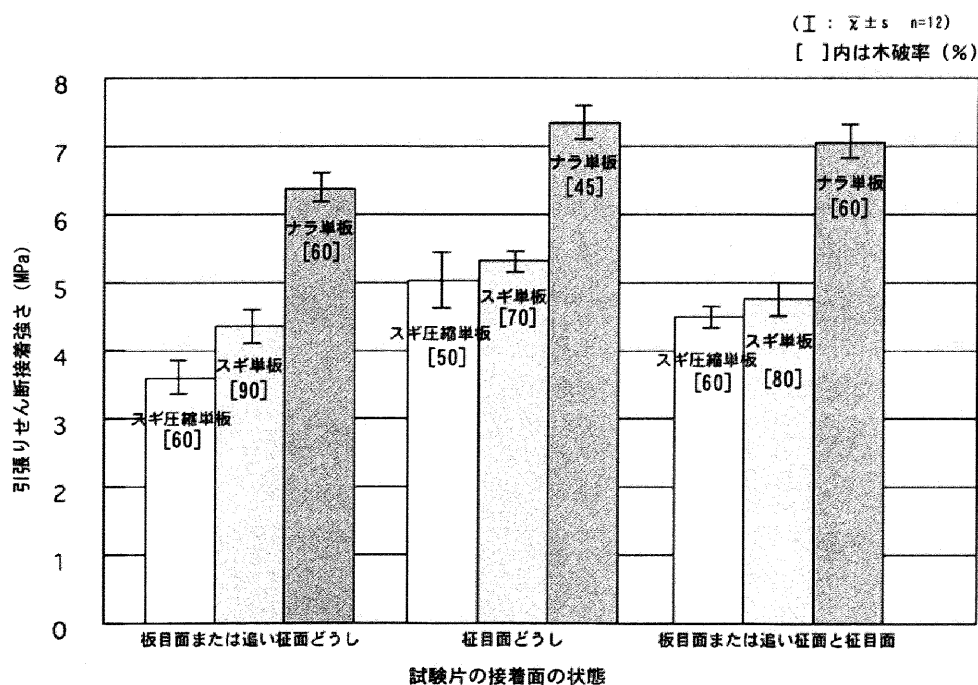


図4-6 ラワン合板を基材とした試験片の接着強さ比較

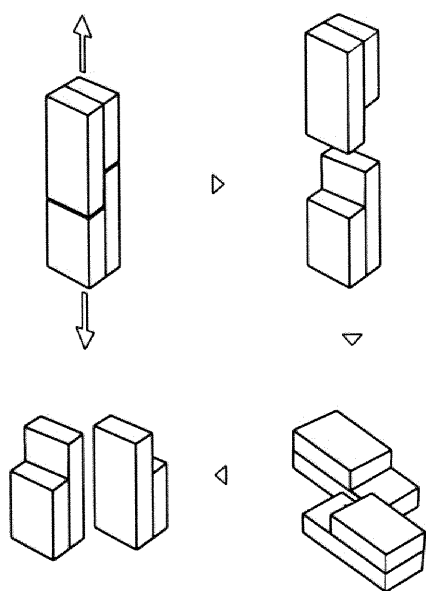


図 4-7 実験前および実験後の試験片の状態

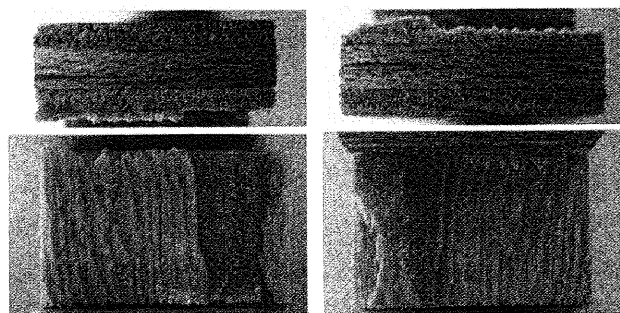
4.3.2.2. ラワン合板を基材とした場合の木部破断状態

ラワン合板を基材とした突き板化粧単板貼り合板の木破の状態をみる。なお、接着面の木目の組み合わせや方向は第3章で述べた無垢材と同様であるが、再度、図4-7に示す。

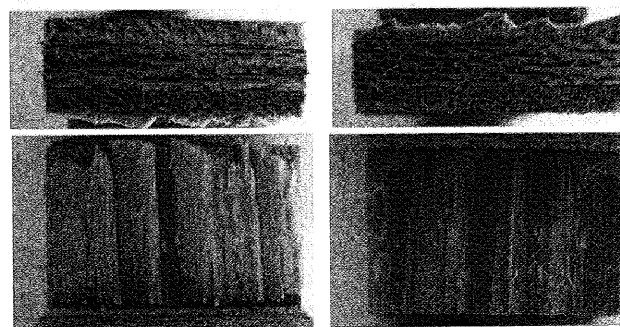
図4-8～図4-10に、試験片の木破状態を示した。図4-8は接着面が板目面または追い柃面どうし、図4-9は柃目面どうし、図4-10は板目面または追い柃面と柃目面の組み合わせである。

同一の木目形状による面どうしの組み合わせをみる。まず、板目面または追い柃面どうしにおいてであるが、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板では、化粧単板が基材であるラワン合板との接着面において、接着面的一部分が接着破壊[注9]を起こしているケースが多くみられた。化粧単板部分の木破も部分的にみられ、その平均木破率は60%であった。スギ突き板化粧単板貼り合板においては、すべての試験片に木破と接着破壊がみられた。なかには基材のラワン合板にまで破断が及んでいるものも見受けられ、平均木破率は90%となった。ナラ突

(1) 突き板単板：スギ圧縮材 接着強さ：3.59MPa 木破率：60%



(2) 突き板単板：スギ材 接着強さ：4.36MPa 木破率：90%



(3) 突き板単板：ナラ材 接着強さ：6.38MPa 木破率：60%

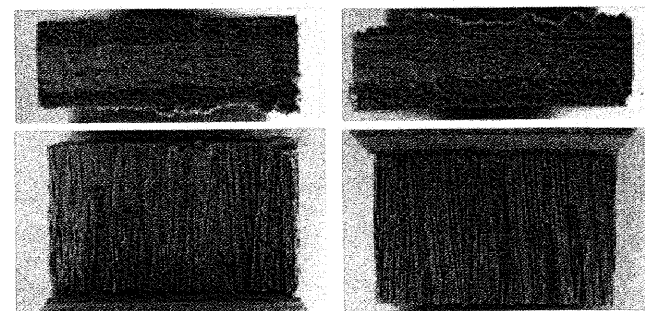
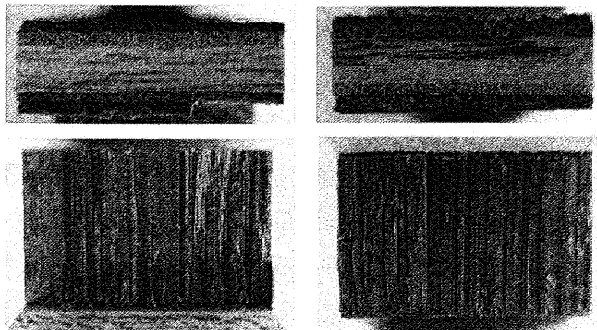
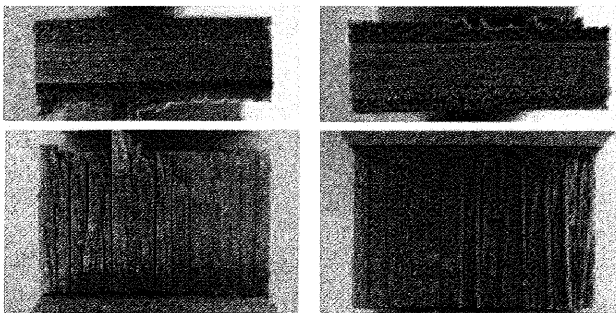


図 4-8 ラワン合板を基材とした試験片の木部破断状態
(接着面：板目面または追い柃面どうし)

(1) 突き板単板：スギ圧縮材 接着強さ：5.03MPa 木破率：50%



(2) 突き板単板：スギ材 接着強さ：5.32MPa 木破率：70%



(3) 突き板単板：ナラ材 接着強さ：7.34MPa 木破率：45%

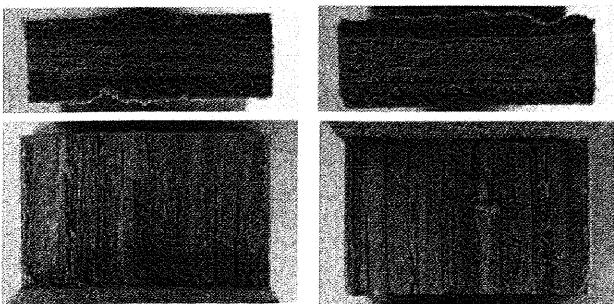
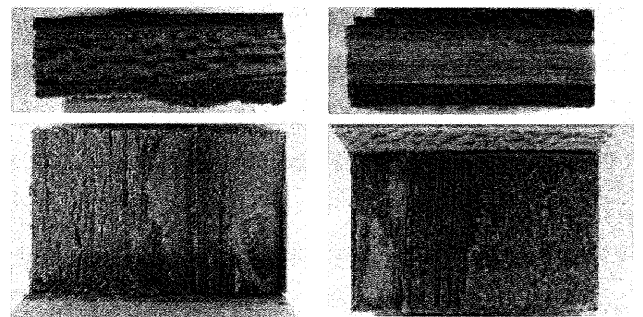
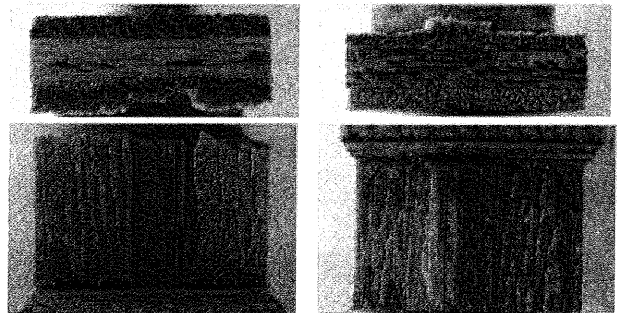


図 4-9 ラワン合板を基材とした試験片の木部破断状態
(接着面：柁目面どうし)

(1) 突き板単板：スギ圧縮材 接着強さ：4.50MPa 木破率：60%



(2) 突き板単板：スギ材 接着強さ：4.76MPa 木破率：80%



(3) 突き板単板：ナラ材 接着強さ：7.05MPa 木破率：60%

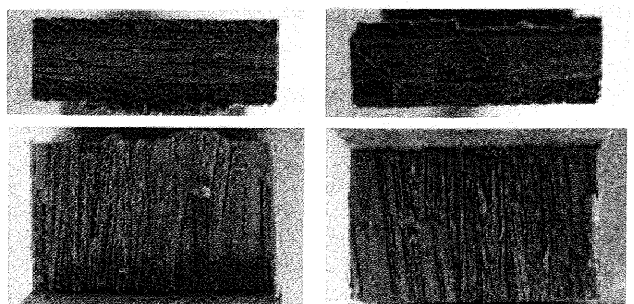


図 4-10 ラワン合板を基材とした試験片の木部破断状態
(接着面：板目面または追い柁面と柁目面)

き化粧化粧単板貼り合板では、ほぼすべての試験片の化粧単板部分に木破が起きていたが、接着破壊を起こしているものも試験片の半数近くみられ、平均木破率は60%であった。

柁目面どうしの接着においては、スギ圧縮突き化粧化粧単板貼り合板では、接着面の一部に接着破壊や木破を起こしているものがみられたが、破断の程度は小さい。スギ突き化粧化粧単板貼り合板においては、化粧単板部分の木破および接着破壊がほぼすべての試験片にみられた。ナラ突き化粧化粧単板貼り合板においても、ほぼすべての試験片に化粧単板部分の木破がみられたが、破断の程度にはばらつきがみられた。平均木破率はスギ圧縮突き化粧化粧単板貼り合板50%、スギ突き化粧化粧単板貼り合板70%、ナラ突き化粧化粧単板貼り合板45%であった。

次に、板目面または追い柁面と柁目面といった異なる

木目形状を持つ面の組み合わせにおける木破の状態をみる。スギ圧縮突き化粧化粧単板貼り合板、スギ突き化粧化粧単板貼り合板ともに化粧単板部分の木破および接着破壊がみられた。平均木破率はスギ圧縮突き化粧化粧単板貼り合板が60%、スギ突き化粧化粧単板貼り合板は80%であった。ナラ突き化粧化粧単板貼り合板においてもスギ圧縮およびスギによる突き化粧化粧単板貼り合板と同様に木破と接着破壊が確認された。平均木破率は60%を示し、ナラ突き化粧化粧単板貼り合板においてはこの接着面の組み合わせが最も破断し、高い木破率を示した。

4.3.2.3 スギランバーコアを基材とした場合の接着強さ

スギランバーコアを基材とした場合の突き化粧化粧単板貼り合板における接着強さ試験の測定結果を図4-11に示した。

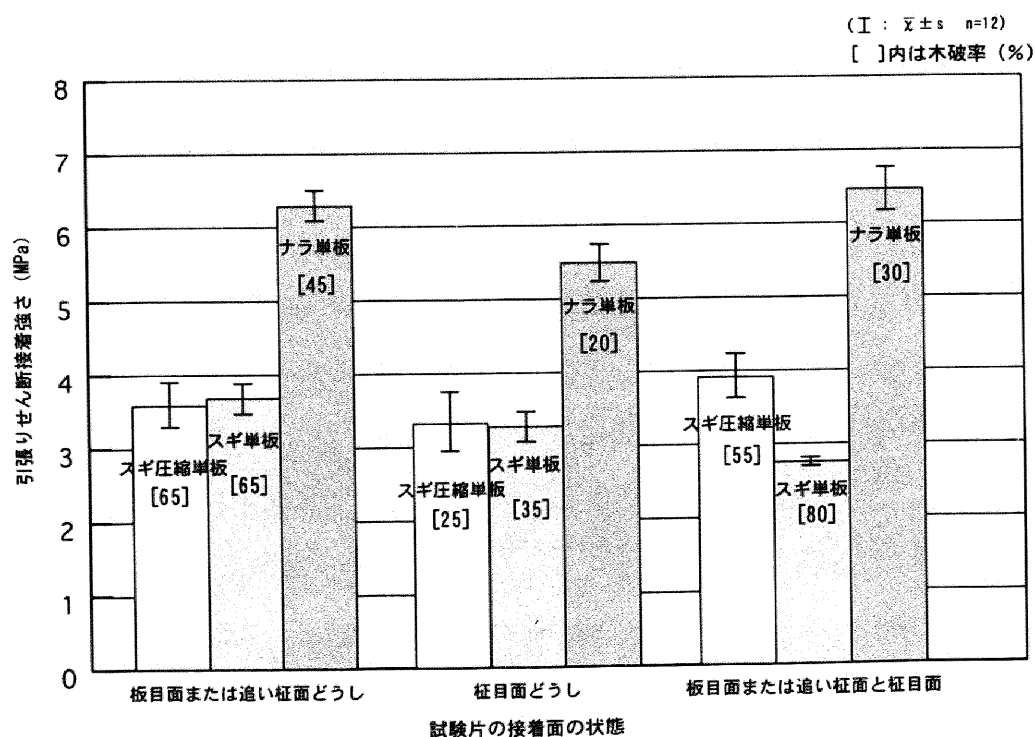


図4-11 スギランバーコアを基材とした試験片の接着強さ比較

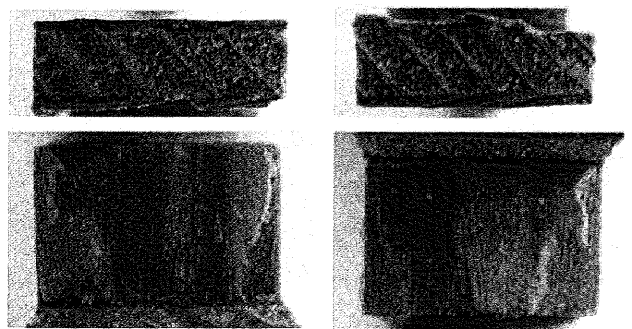
接着面の組み合わせの違いによる接着強さは、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板とナラ突き板化粧単板貼り合板では、板目面または追い柃面と柃目面の組み合わせが最も強く、その測定値はスギ圧縮突き板化粧単板貼り合板が3.91MPa、ナラ突き板化粧単板貼り合板は6.46MPaであった。その他の接着面の強さは板目面または追い柃面どうし、柃目面どうしと続き、2材種は同様の傾向を示した。これに対して、スギ突き板化粧単板貼り合板では板目面または追い柃面どうしが最も強く、接着強度は3.68MPaで他の突き板化粧単板貼り合板とは異なる結果となった。また、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板の接着強度は、スギ突き板化粧単板貼り合板と同等あるいはそれを若干上回る値を示したが、これはラワン合板を基材とした突き板化粧単板貼り合板と同様の結果となった。

4.3.2.4 スギランバーコアを基材とした場合の木部破断状態

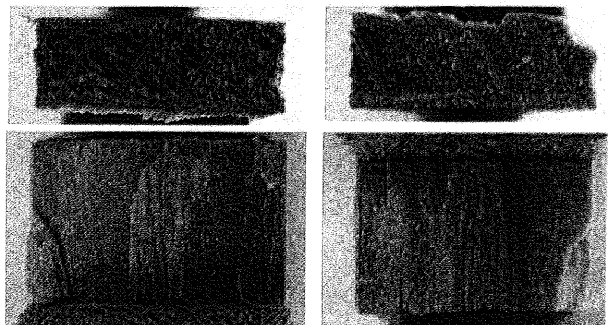
次に木破の状態をみる。図4-12～図4-14に試験片の木破状態を示した。図4-12は接着面が板目面または追い柃面どうし、図4-13は柃目面どうし、図4-14は板目面または追い柃面と柃目面であるが、これは無垢材及びラワン合板を基材とした試験片の場合と同様である。また、これらの図における接着破壊面の向き等についても無垢材及びラワン合板を基材とした突き板化粧単板貼り合板と同様である。

板目面または追い柃面どうしにおいてスギ圧縮突き板化粧単板貼り合板では、試験片によって木破、接着破壊、あるいは両方の破断がみられる場合があった。また、単板自体が木破を起こしている場合と、基材であるスギランバーコアにまで木破が及んでいる場合があり、試験片によってばらつきがあることがわかった。これはスギ突き板化粧単板貼り合板においても同様で、木破が顕著にみられる試験片が目立った。ナラ突き板化粧単板

(1) 突き板単板：スギ圧縮材 接着強さ：3.58MPa 木破率：65%



(2) 突き板単板：スギ材 接着強さ：3.68MPa 木破率：65%



(3) 突き板単板：ナラ材 接着強さ：6.29MPa 木破率：45%

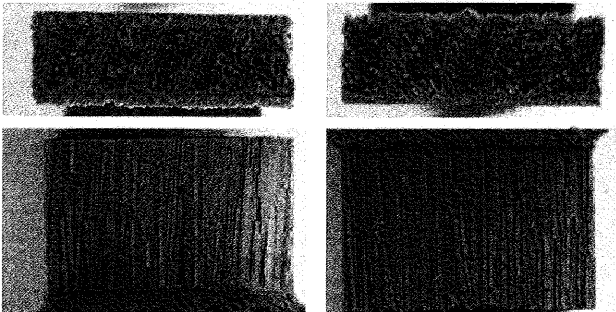
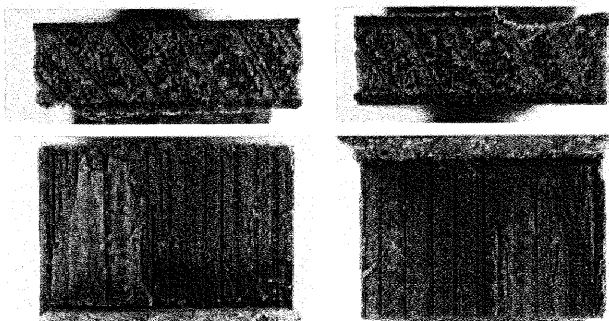
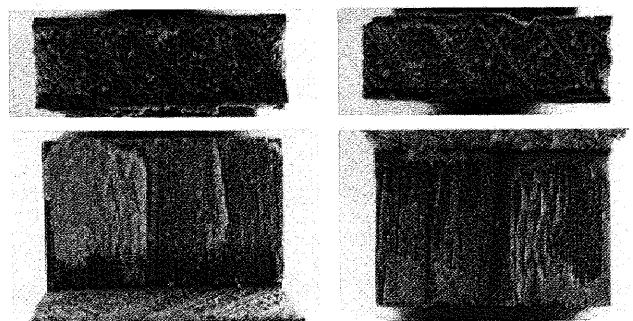


図4-12 スギランバーコアを基材とした試験片の木部破断状態（接着面：板目面または追い柃面どうし）

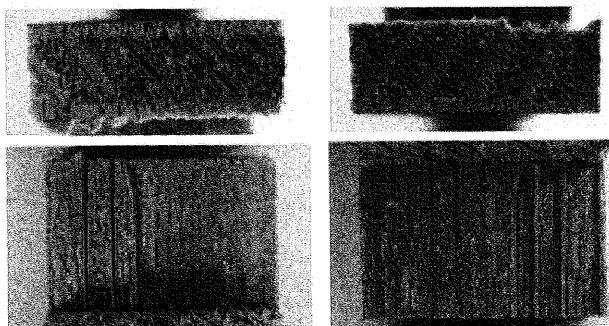
(1) 突き板単板：スギ圧縮材 接着強さ：3.32MPa 木破率：25%



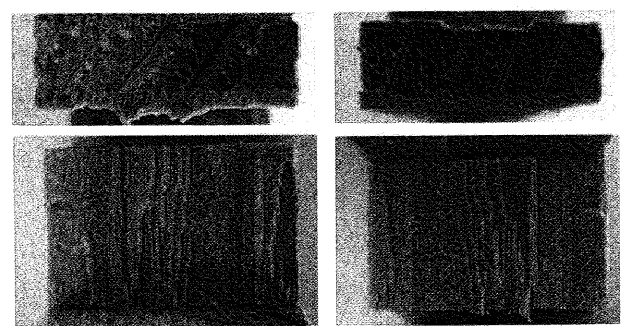
(1) 突き板単板：スギ圧縮材 接着強さ：3.91MPa 木破率：55%



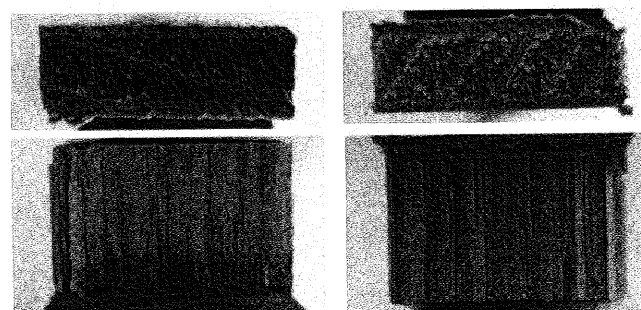
(2) 突き板単板：スギ材 接着強さ：3.27MPa 木破率：35%



(2) 突き板単板：スギ圧縮材 接着強さ：2.75MPa 木破率：80%



(3) 突き板単板：ナラ材 接着強さ：5.49MPa 木破率：20%



(3) 突き板単板：ナラ材 接着強さ：6.46MPa 木破率：30%

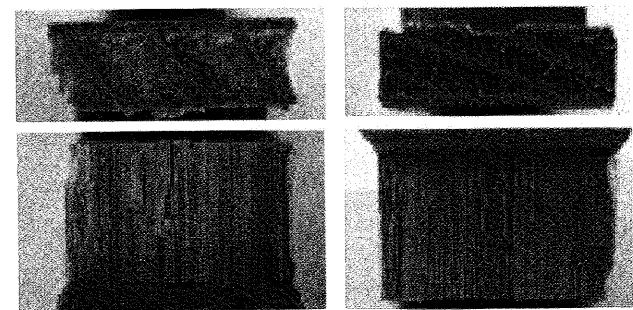


図4-13 スギランバーコアを基材とした試験片の木部破断状態（接着面：柃目面どうし）

図4-14 スギランバーコアを基材とした試験片の木部破断状態（接着面：板目面または追い柃面と柃目面）

貼り合板では、化粧単板自体が木破を起こしている場合がほとんどであったが、一部に基材部分の木破がみられた。平均木破率はスギ圧縮突き板化粧単板貼り合板 65 %、スギ突き板化粧単板貼り合板 65 %、ナラ突き板化粧単板貼り合板 45 %となっている。

柾目面どうしの組み合わせでは、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板は板目面または追い柾面どうしの組み合わせと同じく、単板部分での木破あるいは基材まで及ぶ木破、また、接着破壊をおこしているもの等、破断の状態にはばらつきがあった。スギ突き板化粧単板貼り合板では木破と接着破壊がみられたが、その他の接着面の組み合わせほど破断は進んでいない。ナラ突き板化粧単板貼り合板では、数個の試験片に基材部分に及ぶ木破がみられた。平均木破率は、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板 25 %、スギ突き板化粧単板貼り合板 35 %、ナラ突き板化粧単板貼り合板 20 %であった。板目面または追い柾面どうしと柾目面の組み合わせでは、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板は、ほとんどのものが単板部分の木破で、平均木破率は 55 %であった。スギ突き板化粧単板貼り合板では、かなり大きな木破や基材部分まで達する木破がみられ、平均木破率は 80 %であった。ナラ突き板化粧単板貼り合板においては、単板部分の木破が多くみられたが、一部には基材部分まで及ぶかなり大きな木破がみられたことが特徴的であった。なお、平均木破率は 30 %であった。

4.3.3 考察

突き板化粧単板貼り合板の接着実験では、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板はいずれもナラ突き板化粧単板貼り合板の 50 %～60 %の接着強さを示すに止まった。これはスギ突き板化粧単板貼り合板とほぼ同等の強さである。

また、今回の実験では合板の基材にラワン合板とスギランバーコアの 2 種を用い、基材が接着力に及ぼす影響

を比較した。この結果、ラワン合板を基材とした方が若干接着力が強く、材種間における強さの傾向に変化はない。このことから基材の違いが接着力へ大きく影響することはないものの、ラワン合板を基材として使用した方が接着強度が得られることがわかった。

スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板は無垢のスギ圧縮材に比べてその接着力が弱くなることが示されたが、硬さ性能に関する実験結果を併せて考えると、スギ圧縮材は、突き板単板加工を施すとその強度が若干弱まることがわかった。突き板単板に加工するスギ圧縮材は、スギを圧縮成形加工する際、圧縮速度の低速化や圧縮比率を高めるなどの対策が必要と思われる。

突き板化粧単板貼り合板における木部破断の状態および接着力にばらつきが多いのは、0.8mmの厚さにスライスされることにより、単板の繊維組織が表面と平行であるべきところ、部分的に切断されている場合もあり、これが接着力低下の原因になっていることも考えられる。しかし、突き板単板およびその合板は、多くの場合、家具・建具等の表面部材に用いられることから、直接他の部材に接着され、しかも高い接着力を要求されるケースは少ないことであり、接着強さ実験の結果の低さのみで実用化を危ぶむ必要はないと考える。

したがって、圧縮した無垢材とその突き板単板を貼り付けた化粧貼り合板は適材適所による使い分けが肝要である。

4.3.4 まとめ

今回の実験で得られた結果は次の通りである。

(1) スギ圧縮突き板単板の接着性能

(1-1) スギ圧縮突き板単板の接着面の組み合わせによる接着強さは、基材がラワン合板の場合は、①柾目面どうし②板目面または追い柾面と柾目面③板目面または追い柾面どうし、基材がスギランバーコアの場合では、①板目面または追い柾面と柾目面②板目面または

追い柃面どうし③柃目面どうしの順で、基材の違いによって強さの傾向が異なる。

(1-2) ラワン合板を基材とした場合の接着強度は、スギランバーコアを基材とした場合よりも若干強い。これはスギ、ナラの突き板化粧単板貼り合板においても同様である。

(2) スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板の接着強さに関わる因子

スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板の接着強さには、スギ圧縮材の成形法およびスギ圧縮突き板単板のスライス加工方法の良否が大きく関与する。

4.4 スギ圧縮突き板単板の摩耗性能

4.4.1 実験方法

突き板単板の摩耗実験は、無垢材の摩耗実験と同様に、JIS A 1453（建築材料および建築構成部分の摩耗試験方法：研摩紙法）に規定されている方法に準じて実施した〔注10〕。使用した試験片は、スギ圧縮材とナラ材の突き板単板で、板の厚さは床材として用いられるときに標準とされる0.8mmとした。この突き板単板を基材に貼り、突き板化粧単板貼り合板を製作し、試験片とした。基材には厚さ9mmのラワン合板を用いている。ナラ突き板単板は、複合フローリングにおいては最も生産量の多いものである〔注11〕。試験面の木目形状は、いずれも板目および柃目で、スギ圧縮材の平均年輪幅は1.9mmのものとした〔注12〕。

また、試験片は塗装を施したものと未塗装のものを用意した。塗装は、ウレタン塗装（和信ペイント株式会社製、木材用塗料）を用いて、下塗り剤（サンディングシーラー）、上塗り剤を2回ずつ塗布した。塗布量は、下塗り剤、上塗り剤ともに0.3kg/m²である。表4-4に試験片の材質、図4-15には試験片の形状および寸法を示した。試験片数は各2個である。

実験に使用した装置は、東洋精機株式会社製の摩耗試

験機、テーバー式ロータリーアブレーザーである。この装置の回転盤に試験片を水平に取り付け（図4-16）、研摩紙（テーバー社製S-42）を巻いた円板2個を荷重9.8Nで500回転させ、100回転当たりの摩耗減少質量（mg）を求めた。

表4-4 摩耗実験に用いた試験片の材質

材 種	平均密度 (g/cm ³)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮突き板 単板	0.63	9.0	1.9
ナラ突き板単板	0.60	10.5	2.0

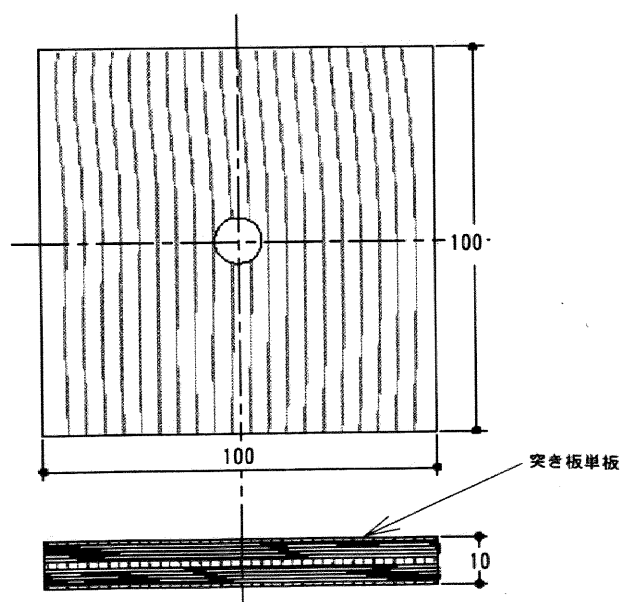


図4-15 摩耗実験に用いた試験片の形状および寸法

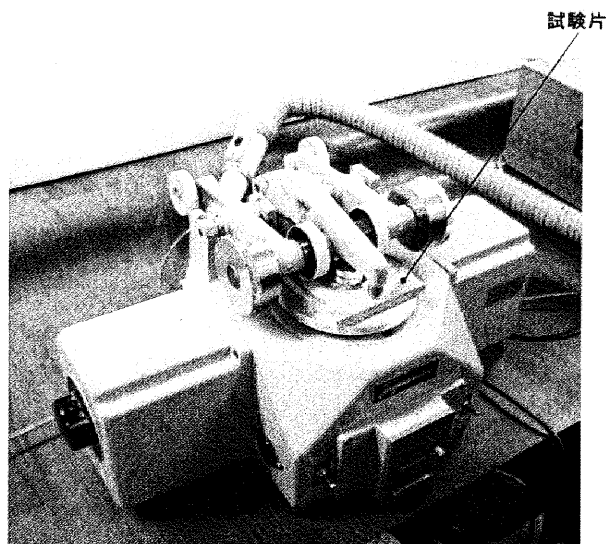


図 4-16 摩耗実験装置に試験片を取り付けた状態

4.4.2 実験結果および考察

摩耗実験によって得られた試験片の摩耗減少質量（100回転当たり、試験片2個の平均値）を表4-5に示す。

表 4-5 試験片の摩耗減少質量

※ n=2

材 種	構 成	測定面	摩耗減少質量(mg)	
			未塗装	塗装
スギ圧縮材	突き板単板 + ラワン合板	板目	203.6	209.0
		柃目	186.4	225.4
ナラ材	突き板単板 + ラワン合板	板目	63.2	157.2
		柃目	88.2	165.8

また、図 4-17、図 4-18 には試験後の試験片の状態を示した。図 4-17 はスギ圧縮突き板化粧単板貼り合板の摩耗状態で、上図は板目面、下図は柃目面である。なお、それぞれ、左図は塗装を施したものの、右図は未塗装のものである。図 4-18 にはナラ突き板化粧単板貼り合板の

摩耗状態を示した。各図の位置および種類は図 4-17 のスギ圧縮突き板化粧単板貼り合板と同様である。

摩耗実験の結果から、まず、塗装の有無による比較を行う。未塗装の試験片においては、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板の場合、その摩耗減少質量は、板目面で 203.6 mg、柃目面では 186.4 mg であった。これに対してナラ突き板化粧単板貼り合板においては、板目面では 63.2 mg、柃目面では 88.2 mg となり、いずれの木目形状においてもスギ圧縮突き板化粧単板貼り合板はナラ突き板化粧単板貼り合板をかなり上回る摩耗減少質量となった。特に板目面においてはその差が大きい、これは、圧縮成形加工を施すことによって、材組織が変形しており、研磨することによってその組織が壊れやすくなっていると推測される。このことは無垢材においても同様に見受けられた。

次に、塗装を施した試験片をみると、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板の摩耗減少質量は、板目面では 209.0 mg、柃目面では 225.4 mg であった。また、ナラ突き板化粧単板貼り合板においては、板目面では 157.2 mg、柃目面では 165.8 mg となり、未塗装の試験片においては大きな差を示したものの、塗装を施した試験片では、摩耗減少質量の差が小さくなっている。このことから、スギ圧縮突き板単板に塗装を施すことによって塗膜の硬度がほぼ一定となり、ナラ突き板単板との摩耗減少質量の差が縮まり、有効な突き板単板となる。

図 4-17、図 4-18 の試験片の摩耗状態をみると、未塗装のスギ圧縮突き板化粧単板貼り合板は基材がみえている試験片もあり、進んだ摩耗の様子がみられる。

また、今回の実験から得られたスギ圧縮突き板化粧単板貼り合板の摩耗度は、フローリングの日本農林規格における適合基準を満たす値ではなく、実用化に向けて課題を残した。

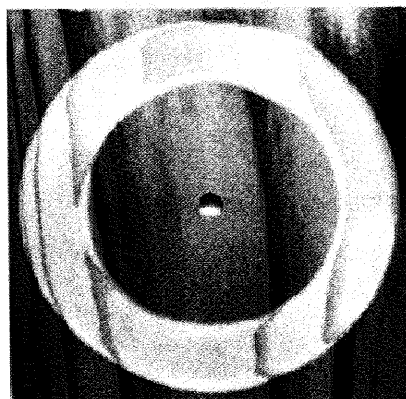
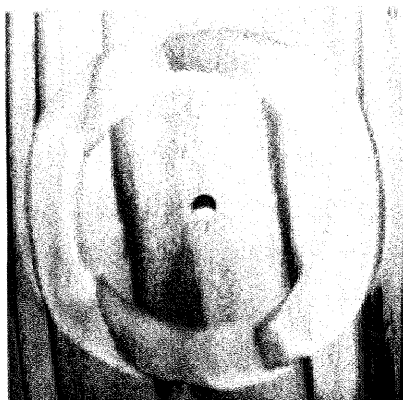
しかしながら、先に述べたように、スギ圧縮突き板単板に塗装を施せば、ナラ突き板単板の摩耗度に近づき、

実用化の可能性を示唆した。

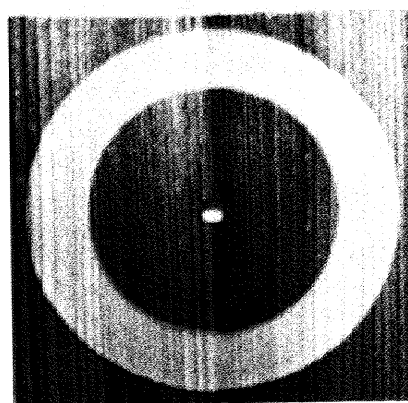
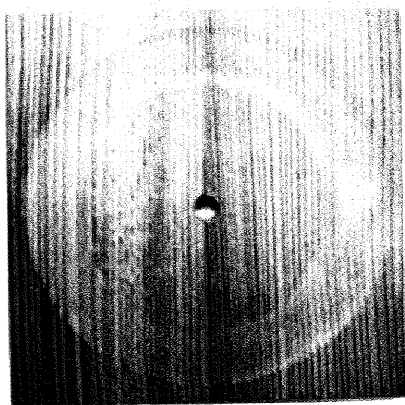
新しい内装用部材として、特に床材への適用を意識した場合、スギ圧縮材の突き板単板が有効であれば、複合

フローリング[注13]への適用の可能性が高くなる。この利用が実現すれば新しいイメージの床板が登場することとなり、多様なインテリアに適合できることとなる。

スギ圧縮突き板単板 板目



スギ圧縮突き板単板 柾目

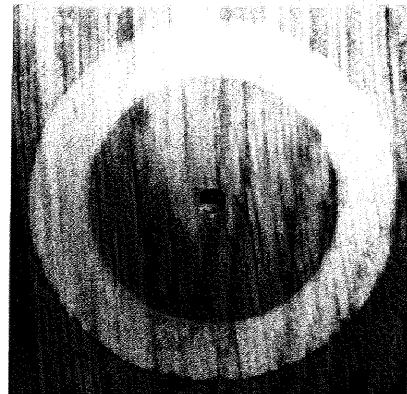
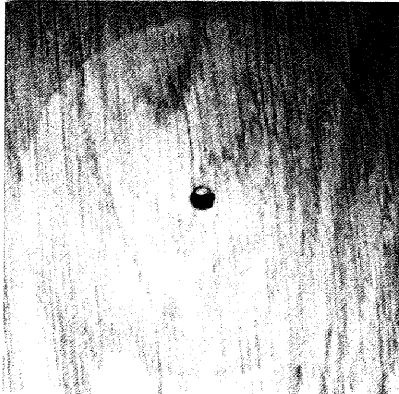


＜未塗装の試験片＞

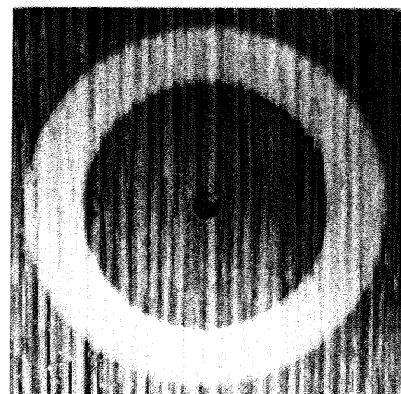
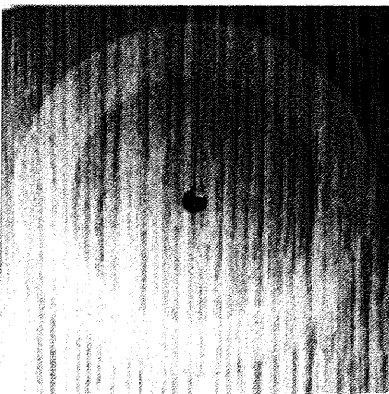
＜塗装を施した試験片＞

図4-17 スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板の試験後の摩耗状態

ナラ突き板単板 板目



ナラ突き板単板 柱目



＜未塗装の試験片＞

＜塗装を施した試験片＞

図4-18 ナラ突き板化粧単板貼り合板の試験後の摩耗状態

4.4.3 まとめ

今回の実験で得られた結果は次の通りである。

＜スギ圧縮突き板単板の摩耗性能＞

- ①スギ圧縮突き板単板の摩耗度は、木目形状の違いにより若干異なるが、塗装を施した場合にはその差が少なくなり、ほぼ一定となる。
- ②未塗装のスギ圧縮突き板単板の摩耗度は、未塗装の

ナラ突き板単板に比べて大きく上回り、フローリングの日本農林規格における適合基準を満たさない結果となった。しかしながら、スギ圧縮突き板単板に塗装を施すと、その摩耗性能を高め、適合の可能性が示唆される。

- ③スギ圧縮突き板単板の摩耗度は、未塗装の場合、材密度を高めるなどの改善が必要である。

表 4-6 曲げ試験に用いた突き板単板の材質

材 種	LVLの種類	厚さ (mm)	平均密度 (g/cm^3)	平均含水率 (%)	平均年輪幅 (mm)
スギ圧縮単板	通直	1.5	0.80	10.6	1.4
	湾曲	0.8			
スギ単板	通直	1.5	0.36	9.7	3.0
	湾曲	0.8			
ブナ単板	通直	1.5	0.75	11.5	2.0
	湾曲	0.8			

4.5 スギ圧縮突き板単板積層材 (LVL) の曲げ強さ

4.5.1 はじめに

この項では特に、家具用材の「単板積層材 (Laminated Veneer Lumber : LVL、以下、LVL)」を取り上げる。LVL は針葉樹材及び広葉樹材にロータリーまたはスライス加工を施して生産した単板を、繊維方向にほぼ平行に積層接着して製作する。このことによって素材よりも均一な材質が得られる特長がある。LVL の表面には製品のデザインやグレードに応じて、針葉樹材及び広葉樹材の化粧単板が施されるのが一般的である。

このLVLをスギ圧縮単板を用いて製作し、実験を通してその「曲げ強さ」を明らかにし、家具・建具用材としての適性を探ることを目的とした。

4.5.2 通直 LVL と湾曲 LVL

今回実施した実験は、スギ圧縮材、スギ、ブナを突き板単板に加工して製作したLVLの「曲げ強さ実験」である[注14]。LVLは、これまで家具・建具の枠材や造作用として内装の回り縁等に用いられており、用途に応じて通直材と湾曲材に使い分けられている[注15]。そこで、今回は通直LVLと湾曲LVLの2種類の試験片を用意し、それぞれに対する曲げ強さ実験を実施し、先に行った硬さ実験及び接着強さ実験と同様に、スギ圧縮LVLの家具・建具用材、造作用材として適用する場合の基礎資料を得ることとした。本実験で使用した圧縮材の材種は人工スギである。木取り法は二方桁および四方桁の角材で、圧縮前の断面寸法は、100 mm × 100 mm、長さ2000 mmである。圧縮成形加工は、これまでの実験と同様に、(株)アミノ社製、高効率木材圧縮加工システム装置を使用し、(株)アミノが開発した成形方法をもとに行っている。試験片として使用した材種は、スギ圧縮材と、その比較対象としてスギおよびブナの突き板単板を用いた。各材種の材質を表4-6に示す。なお、スギ圧縮材の平均年輪幅は1.4 mmと比較的緻密なものを用いた。

4.5.3 通直 LVL の曲げ強さ

4.5.3.1 実験方法

実施した曲げ強さ実験は、JIS Z 2101 [注5] で規定されている実験方法に準じて行った。図4-19に試験片の形状および寸法と荷重位置について示した。試験片の寸法はいずれも断面21 mm × 21 mm、長さ300 mmである。

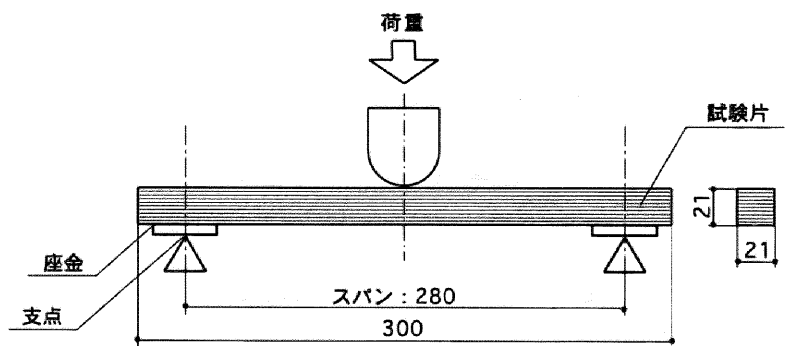


図 4-19 通直 LVL 試験片の形状および寸法と荷重位置

突き板単板の厚さは1.5 mm、板目単板と柾目単板を交互に積層して14 プライとし、すべての突き板単板は繊維方向に平行に積層した。通直LVL試験片の種類と構成を表4-7に示す。スギ圧縮突き板単板のみを積層させたもの (a) の他に、試験片の表面層 (表裏) にはスギ圧縮突き板単板、中心層にはスギ突き板単板を積層したものを用意した。中心層にスギ突き板単板を用いた理由は、LVL の軽量化と生産コスト削減を狙ったもので、この部分は応力の影響が少ないことによるものである。構成は、(b)、(c)、(d) に示す3種である。また、比較対象として中心層にMDF (中密度ファイバーボード) を挟み込んだもの (e) とスギ突き板単板のみ (f) およびブ

表 4-7 通直 LVL 試験片の種類と構成

構成別 記号	単板積層の内訳	単板の積層状態
(a) スギ圧縮単板 (14プライ)		
(b) 表面層 (表裏): スギ圧縮単板 (3プライずつ) 中心層: スギ単板 (8プライ)		
(c) 表面層 (表裏): スギ圧縮単板 (4プライずつ) 中心層: スギ単板 (6プライ)		
(d) 表面層 (表裏): スギ圧縮単板 (5プライずつ) 中心層: スギ単板 (4プライ)		
(e) 表面層 (表裏): スギ圧縮単板 (2プライずつ) 中心層: MDF (t15mm)		
(f) スギ単板 (14プライ)		
(g) ブナ単板 (14プライ)		

ナ突き板単板のみ (g) を積層させた試験片を用意し、さらに、参考としてスギ圧縮材 (無垢材) も試験片に加えることとした。

使用した接着剤は、光洋産業株式会社製 2 液性水性ビニルウレタン KR-7800/AX-200 で、冷圧による積層材の接着に適したものである [注 16]。塗布量は 0.3 kg/m^2 で、接着面に均一に塗布し、圧縮圧力 0.98 MPa で 12 時間圧縮した。その後解放し、 $22^\circ\text{C} \sim 24^\circ\text{C}$ 、 $60\text{RH} \sim 65\text{RH}$ の室

内でおおよそ 120 時間養生した。実験に使用した試験片数は各 5 片である。

曲げ強さ、曲げヤング係数、曲げ比例限度の算出式を以下に示す。

使用試験機は森試験機製作所社製、木材万能試験機 MLW-5 型で、 500 kg のロードセルを用い、平均荷重速度は毎分 17.5 MPa とした。試験機に試験片をセットした状態を図 4-20 に示す。

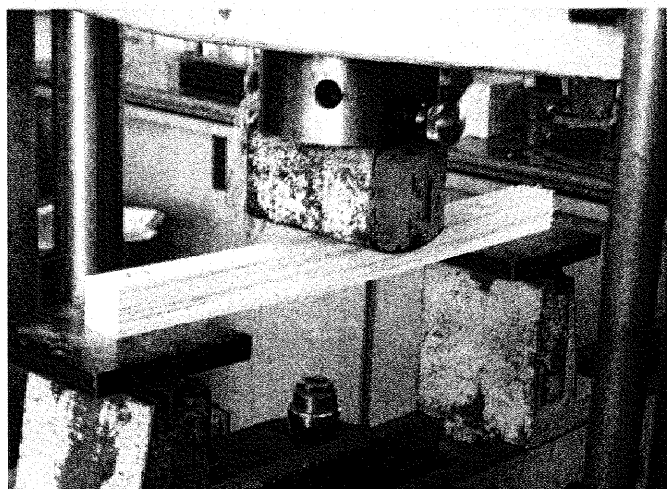


図 4-20 試験機に通直 LVL 試験片をセットした状態

$$\begin{aligned} \sigma_b &: \text{曲げ強さ (MPa)} & \sigma_b &= \frac{P_m l}{4Z} \\ E_b &: \text{曲げヤング係数 (MPa)} & E_b &= \frac{\Delta P l^3}{48 I \Delta y} \\ \sigma_{bp} &: \text{曲げ比例限度 (MPa)} & \sigma_{bp} &= \frac{P_p l}{4Z} \end{aligned}$$

ΔP : 比例域における上限荷重と下限荷重との差 (N) Δy : ΔP に対応するスパン中央のたわみ (mm) I : 断面 2 次モーメント b : 試験片の幅 (mm) P_p : 比例限度荷重 (N)		l : スパン (mm) Z : 断面係数 P_m : 最大荷重 (N)
--	--	--

4.5.3.2 実験結果

通直 LVL における曲げ強さ実験の測定結果 (平均値) を表 4-8 に示す。また、図 4-21 は試験片側面における曲げ破壊状態及び荷重と変位の関係を示す荷重—変位線図で、同一構成の試験片ごとに実験の結果から平均的な値に近い試験片の一例を示した。各図の上が曲げ破壊状態、下が荷重—変位線図である。

測定結果をみる。通直 LVL の曲げ強さは、スギ圧縮突き板単板とスギ突き板単板を混合した試験片においては、表面層 (表裏) と中心層の積層プライ数の違いに関わらず、63.8MPa ~ 66.1MPa とほぼ同じ値を示した。これらはスギ突き板単板のみで構成された試験片の 1.2 倍程度の曲げ強さを持つ。スギ圧縮突き板単板のみの構成はこれらより若干低い 58.9MPa であった。中心層に MDF

を配した試験片の曲げ強さは 51.5MPa であったが、これはスギ突き板単板のみで構成された試験片の 51.7MPa とほぼ同様の曲げ強さである。今回採用した試験片で最も強い値を示したものは、ブナ突き板単板のみで構成された試験片の 111.1MPa であった。曲げヤング係数をみると、スギ圧縮突き板単板とスギ突き板単板で構成された試験片は、10.7MPa ~ 12.4MPa とほぼ同様の値を示した。これはスギ突き板単板のみで構成された試験片の 1.6 ~ 1.8 倍で、スギ圧縮突き板単板を加えることでひずみにくくなっていることがわかる。

次に、試験片側面からみた破壊状態と荷重—変位の関係についてみる。荷重—変位線図は、縦軸に荷重、横軸にスパン 280 mm、支点より 140 mm の位置における垂直変位をとったものである。

図 4-21 (a) は、スギ圧縮突き板単板のみを 14 プライ積層させた試験片である。平均変位は 2.4 mm、平均比例限度荷重 1000.3N であり、変位は若干ではあるが試験片のなかで最も少ない。試験片の破壊状態をみると、試験片に生じた亀裂はわずかで、表面の変形はほとんどみられない。

図 4-21 (b) ~ (d) はスギ圧縮突き板単板を表面層 (表裏) に、中心層にはスギ突き板単板を積層したものである。(b) は試験片の表面層 (表裏) にスギ圧縮突き板単板を 3 プライずつ、中心層にスギ突き板単板を 8 プライ積層した構成で、最もスギ突き板単板のプライ数が多い試験片である。(c) は表面層 (表裏) にスギ圧縮突き板単板を 4 プライずつ、中心層にスギ突き板単板を 6 プライ、(d) においてはスギ圧縮突き板単板が表面層 (表裏) に 5 プライずつ、中心層にスギ突き板単板を 4 プライ積層した構成となっている。それぞれの平均変位及び平均比例限度荷重は、(b) 2.5 mm、1019.8N、(c) 2.5 mm、1005.2N、(d) 2.7 mm、1044.6N であった。この 3 種を比較すると、平均比例限度荷重は、スギ圧縮突き板単板のプライ数が 10 プライと最も多い (d) の試験片が高

表 4-8 通直 LVL の曲げ試験結果

構成別 記号	単板積層の内訳		曲げ強さ	曲げヤング係数	曲げ比例限度
			(MPa)	(GPa)	(MPa)
(a)	スギ圧縮単板 (14プライ)		58.9	12.4	45.4
(b)	表面層 (表裏) : スギ圧縮単板3プライずつ	中心層 : スギ単板8プライ	63.9	11.3	46.3
(c)	表面層 (表裏) : スギ圧縮単板4プライずつ	中心層 : スギ単板6プライ	66.1	11.2	45.6
(d)	表面層 (表裏) : スギ圧縮単板5プライずつ	中心層 : スギ単板4プライ	63.8	10.7	47.4
(e)	表面層 (表裏) : スギ圧縮単板2プライずつ	中心層 : MDF (t15mm)	51.5	7.8	40.6
(f)	スギ単板 (14プライ)		51.7	6.6	30.0
(g)	ブナ単板 (14プライ)		111.1	15.1	64.3
(h)	スギ圧縮材 (無垢材)		93.1	12.4	68.3

試験片数 : 構成別試験ごとに各 5 片

※曲げヤング係数 : 放射方向

※ (h) : 参考資料

い値を示した。平均変位についても若干ではあるが同様の結果となった。破壊は3種ともに荷重面の反対の部分より引張り応力による割裂が生じた。(e)は表面層(表裏)にスギ圧縮突き板単板を2プライずつ、中心層には厚さ15mmのMDFを用いた試験片である。MDFは家具材として広く活用されている中密度ファイバーボードの一種であり、心材としても利用される。平均変位は2.8mm、平均比例限度荷重789.4Nであった。平均比例限度荷重は、スギ突き板単板のみで構成した試験片に次いで低い値であった。破壊は、かなり大きな座屈が起きており、一部には試験片の左端から中央にかけて割裂が入るなどの状態もみられた。(f)と(g)はそれぞれスギ突き板単板のみ、ブナ突き板単板のみを14プライ積層させたものである。平均変位、平均比例限度荷重は、スギ突き板単板のみの構成が2.8mm、661.9Nで、平均比例限度荷重は試験片のなかで最も低い測定値となった。これに対してブナ突き板単板のみの構成では、平均変位2.6mm、平均比例限度荷重1417.0Nで、平均比例限度荷重は最も高い値を示した。破壊の状態は、スギ突き板単板のみの通直LVLでは破壊が試験片の中心部分にまで及ぶ大きなもので、荷重点にも凹形の変形がみられた。ブナ突き板単板のみの通直LVLにおいては破壊はほとんど確認できなかった。(h)は参考として試験に加えたスギ圧

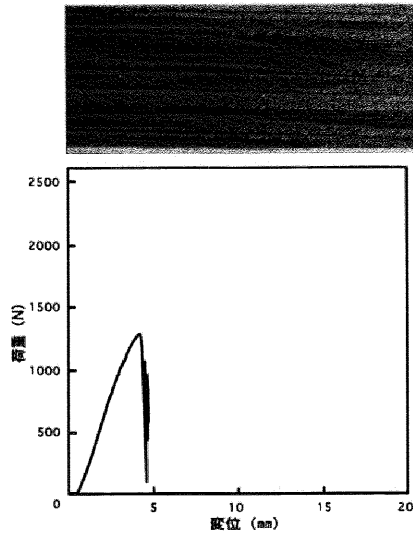
縮材の無垢材である。平均変位3.2mm、平均比例限度荷重1412.4Nで、ブナ突き板単板のみの構成とほぼ同じ値を示し、破壊は殆ど認められなかった。

以上より、スギ突き板単板のみで構成した通直LVLと、スギ圧縮突き板単板とスギ突き板単板を混合した通直LVLは、プライ数とその積層構成を変えても変位及び比例限度荷重に大きな差はみられず、スギ突き板単板のみで構成した通直LVLのおよそ1.5倍の比例限度荷重を示した。ブナ突き板単板のみで構成した通直LVLと比較すると、変位はほぼ同じであり、比例限度荷重は75%程度であった。但し、中心層にMDFを用いたものの比例限度荷重は低く、スギ突き板単板のみで構成した通直LVLの約1.2倍程度を示すに止まった。

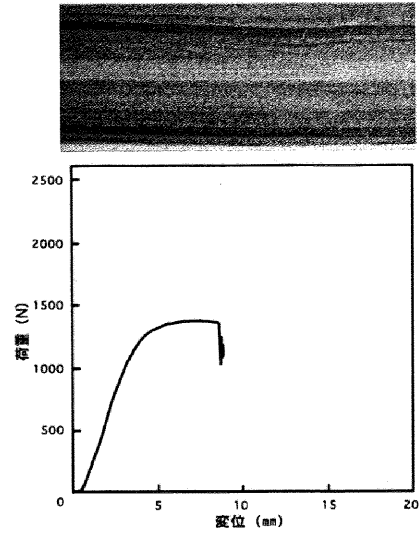
次に、通直LVLにおける曲げ強さと曲げヤング係数との関係を図4-22に示す。この結果、決定係数は $R^2=0.683$ を示し、高い相関関係があることがわかった。このことから、通直LVLを構成する突き板単板の材種とプライ数は、通直LVLの曲げ強さを決定する主な因子であるといえる。

通直LVLを製作する場合は、スギ圧縮突き板単板を表面層に、スギ突き板単板を中心層に配して構成すれば、ひずみにくく、曲げ強さを確保できる材料となることが明らかとなった。

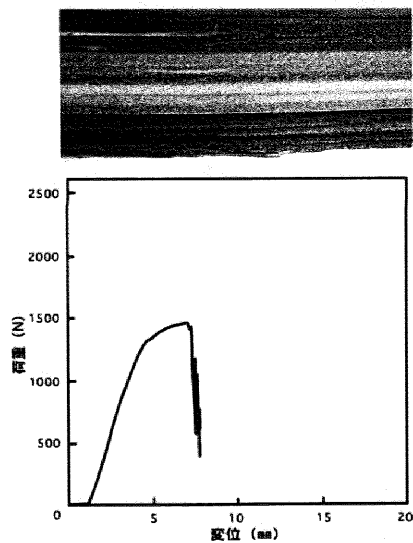
(a) スギ圧縮単板14プライ



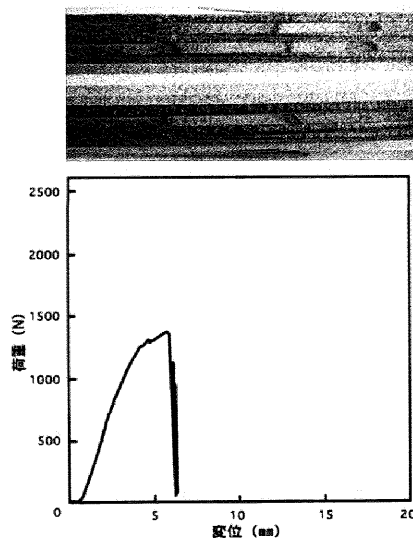
(b) 表面層(表裏): スギ圧縮単板3プライずつ
中心層: スギ単板8プライ



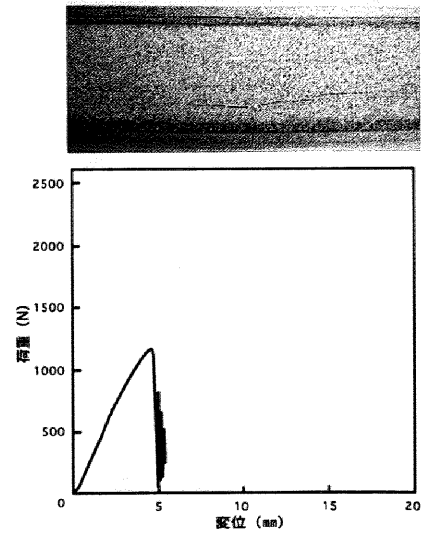
(c) 表面層(表裏): スギ圧縮単板4プライずつ
中心層: スギ単板6プライ



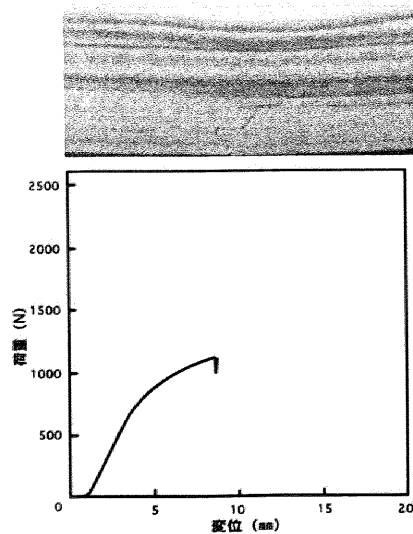
(d) 表面層(表裏): スギ圧縮単板5プライずつ
中心層: スギ単板4プライ



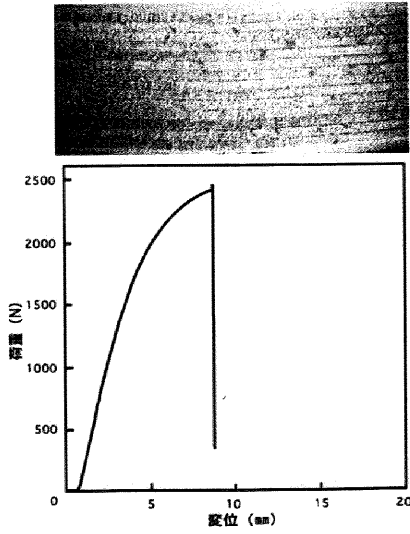
(e) 表面層(表裏): スギ圧縮単板2プライずつ
中心層: MDF(厚さ15mm)



(f) スギ単板14プライ



(g) ブナ単板14プライ



(h) スギ圧縮材(無垢材)

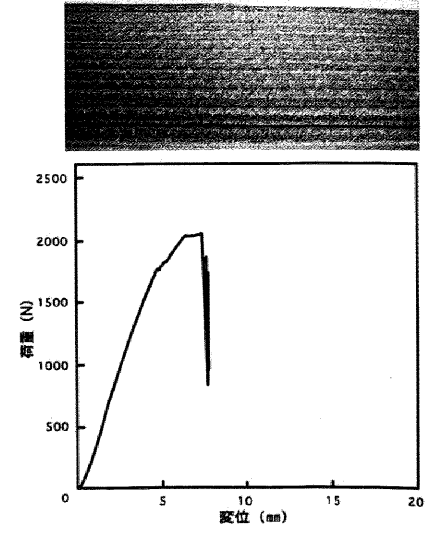


図 4-21 通直 LVL の積層構成別試験片の曲げ破壊状態(上) および荷重-変位線図(下)

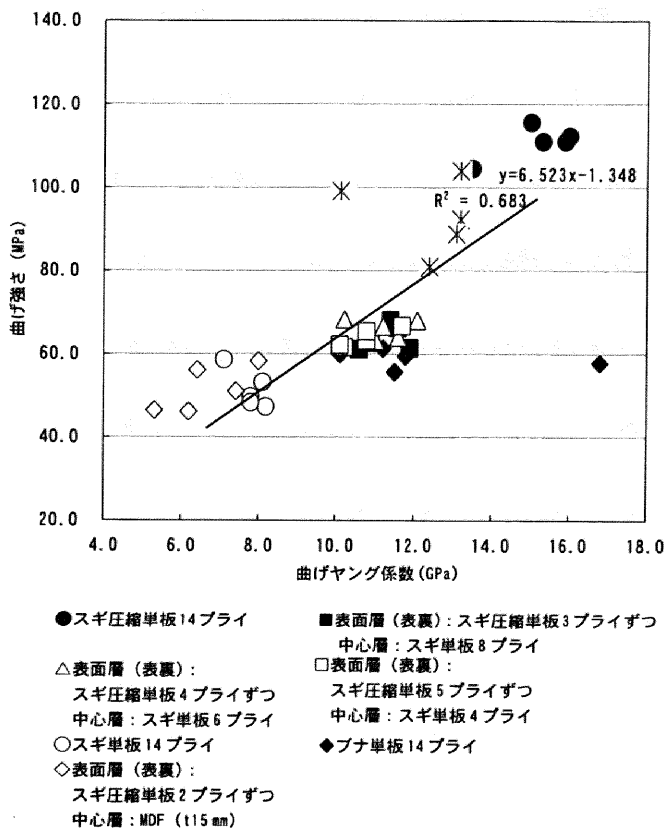


図 4-22 通直 LVL における曲げ強さと曲げヤング係数との関係

4.5.4 湾曲 LVL の曲げ強さ

4.5.4.1 実験方法

実施した湾曲 LVL の曲げ強さ実験は、JIS Z 2101 および「家具の事典：成形合板の強度」[注 17] で述べられている実験方法を参考に行った。図 4-23 に試験片の形状および寸法と荷重位置を示す。

試験片の寸法は、いずれも断面 50 mm × 14.4 mm、長さ 300 mm で、曲げ内面の半径は 50 mm、曲げ角度 90° である。突き板単板の厚さは 0.8 mm、板目単板と柾目単板を交互に積層して 18 プライとし、すべての突き板単板は繊維方向を平行に積層した。

表 4-8 には試験片の種類と構成を示す。スギ圧縮突き

板単板を用いた試験片は、スギ圧縮突き板単板のみを積層させたもの（a'）の他に、試験片の表面層（表裏）にはスギ圧縮突き板単板、中心層にはスギ突き板単板を積層したものを用意した。構成は、b'、c' の 2 種である。また、スギ突き板単板のみ（d'）及びブナ突き板単板のみ（e'）を積層させた試験片を用意し、3 層構成の試験片（b'、c'）との比較対象とした。

使用した接着剤は、木工の一般的な接着剤である酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤（大鹿振興株式会社製 TC-9）である[注 18]。接着面に対する塗布量は 0.2 kg/m² で接着面に均一に塗布し、圧縮圧力 0.98 kg/m² で 12 時間圧縮した。その後解放し、22℃～24℃、60RH～65RH の室内でおよそ 96 時間養生した。

実験に使用した試験片数は各 7 片である。使用した試験機は通直 LVL と同様であるが、平均荷重速度は毎分 6.0 MPa とした。試験機に試験片をセットした状態を図 4-24 に示す。曲げ強さ、曲げヤング係数、曲げ比例限度の算出方法については通直 LVL の場合と同様であるので割愛する。

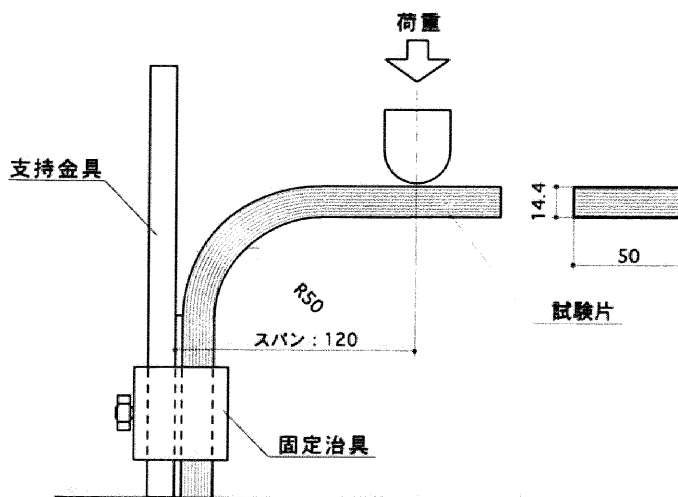
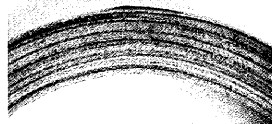
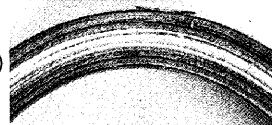
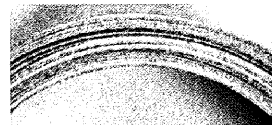


図 4-23 湾曲 LVL 試験片の形状および寸法と荷重位置

表 4-8 湾曲 LVL 試験片の種類と構成

構成別 記号	単板積層の内訳	単板の積層状態
(a') スギ圧縮単板 (18 プライ)		
(b') 表面層 (表裏): スギ圧縮単板 (4 プライずつ) 中心層: スギ単板 (10 プライ)		
(c') 表面層 (表裏): スギ圧縮単板 (6 プライずつ) 中心層: スギ単板 (6 プライ)		
(d') スギ単板 (18 プライ)		
(e') ブナ単板 (18 プライ)		

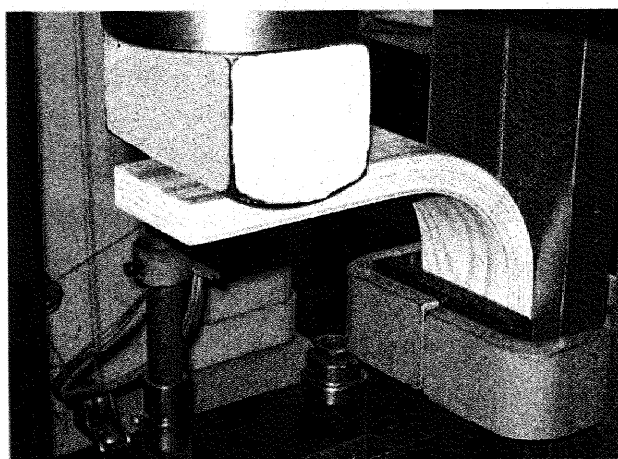


図 4-24 試験機に湾曲 LVL 試験片をセットした状態

4.5.4.2 実験結果

曲げ強さ実験の測定結果 (平均値) を表 4-9 に示す。また、湾曲 LVL における曲げ強さ実験の結果得られた荷重—変位線を図 4-25 に、図 4-26 には試験片荷重面および側面における破壊状態を示す。これらはいずれも同

一構成の試験片ごとに実験の結果から平均的な値に近い試験片の一例を示した。

測定結果より、湾曲 LVL の曲げ強さは、スギ圧縮突き板単板のみで構成した試験片と、表面層 (表裏) にスギ圧縮突き板単板、中心層にスギ突き板単板を配した試験片の差はほとんどなく、9.7MPa~11.1MPa となった。さらに、これらはブナ突き板単板のみで構成された試験片の曲げ強さ 11.0MPa と同等である。曲げヤング係数をみると、やはり、スギ圧縮突き板単板を使用した場合は差がなく、曲げ強さと同様の傾向を示した。ブナ突き板単板のみの構成の試験片はこれよりも若干ひずみにくい値を示したが、大きな差は認められなかった。また、スギ突き板単板のみの試験片と比較すると、曲げ強さは 1.2 倍強、ひずみはほぼ同じであった。スギ圧縮突き板単板を用いた湾曲 LVL は、スギ突き板単板のみで構成された湾曲 LVL より曲げ強さが増し、ブナ突き板単板のみで構成された湾曲 LVL と同等の強さに変化した。

特にスギ圧縮突き板単板のみで作製した湾曲 LVL では

表 4-9 湾曲 LVL の曲げ試験結果

構成別 記号	単板積層の内訳	曲げ強さ	曲げヤング係数	曲げ比例限度
		(MPa)	(GPa)	(MPa)
(a')	スギ圧縮単板 (18プライ)	11.1	0.07	6.7
(b')	表面層 (表裏) : スギ圧縮単板4プライずつ 中心層 : スギ単板10プライ	9.7	0.07	6.8
(c')	表面層 (表裏) : スギ圧縮単板6プライずつ 中心層 : スギ単板6プライ	10.5	0.08	7.3
(d')	スギ単板 (18プライ)	8.6	0.09	6.6
(e')	ブナ単板 (18プライ)	11.0	0.13	7.4

試験片数 : 構成別試験ごとに各 7 片

※曲げヤング係数 : 放射方向
※ h : 参考資料

その傾向が強い。

次に、荷重—変位の関係についてみる。図 4-25 (a') ~ (e') までの図は、縦軸に荷重、横軸には支点より 120 mm の位置における垂直変位をとったものである。(a') は、スギ圧縮突き板単板のみを 18 プライ積層させて作製した試験片である。平均変位は 15.6 mm、平均比例限度荷重は 374.0 N であった。(b') は、スギ圧縮突き板単板を表面層 (表裏) に 4 プライずつ、中心層にはスギ突き板単板を 10 プライ積層させた試験片である。平均変位は 16.7 mm、平均比例限度荷重は 378.2 N であった。(c') は、スギ圧縮突き板単板を表面層 (表裏) に 6 プライずつ、中心層にスギ突き板単板を 6 プライ積層させた構成で、平均変位は 15.3 mm、平均比例限度荷重は 406.2 N であった。(d') は、スギ突き板単板のみを 18 プライ積層させたもので、平均変位は 14.8 mm、平均比例限度荷重は 367.8 N であった。(e') は、ブナ突き板単板のみを 18 プライ積層させた試験片である。平均変位は 8.8 mm、平均比例限度荷重は 413.3 N であった。

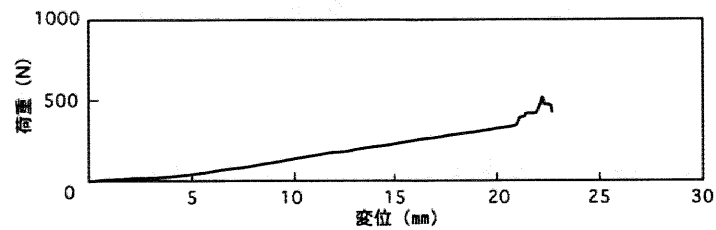
次に、図 4-26 に示した 5 種類の試験片の破壊状態をみる。図 4-26 の各図の上が破壊した試験片の上面、下は試験片の側面を示している。破断箇所はいずれの試験片も曲げ成形外周部分であり、主に表面に配した単板より 2 ~ 3 層目の単板まで破壊が及んでいるものが多かつ

た。しかし、図 8 (b') に示したスギ圧縮突き板単板を表面層 (表裏) に 4 プライずつ、中心層にスギ突き板単板を 10 プライ積層させた試験片では、表面単板は破壊しているが、それ以内の単板層には破壊が及んでいない試験片が見受けられた。これは中心層に使用したスギ突き板単板がクッション材となり、破壊を止めたと推測される。破壊が中心の積層部分に及んだ試験片では、破壊の程度が大きい場合であっても表面より 1/4 程度で止まっており、破壊の程度にさほどの差は見られなかった。また、スギ圧縮突き板単板を使用した試験片では接着不良とみられる破断も一部確認されており、スギ圧縮突き板単板の積層接着に適した接着剤の検討が必要であることを示唆した。

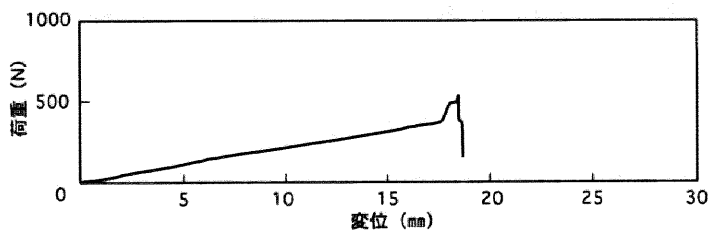
曲げ強さにおいては、スギ突き板単板のみの積層が他より劣る値であったが、スギ圧縮突き板単板、ブナ突き板単板を用いた試験片はほぼ同等の強さを示した。また、試験片の破壊状態においても、試験片の大半がほぼ同様の引張り応力による割裂という破壊傾向を示した。

次に、湾曲 LVL における曲げ強さと曲げヤング係数との関係を図 4-27 に示す。湾曲 LVL における曲げ強さと曲げヤング係数の関係においては、各試験片ごとにその関係を探った。その結果、最も相関の高かったものは、スギ圧縮突き板単板を表面層 (表裏) に 4 プライずつ、

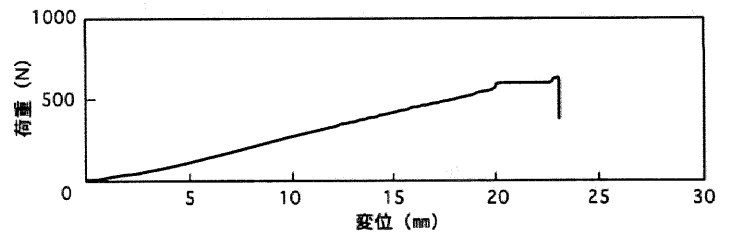
(a') スギ圧縮単板 18 プライ



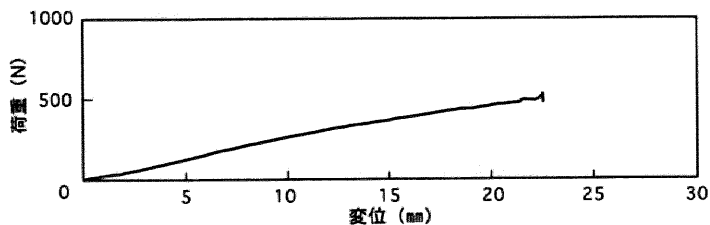
(b') 表面層 (表裏): スギ圧縮単板 4 プライずつ
中心層: スギ単板 10 プライ



(c') 表面層 (表裏): スギ圧縮単板 6 プライずつ
中心層: スギ単板 6 プライ



(d') スギ単板 18 プライ



(e') プナ単板 18 プライ

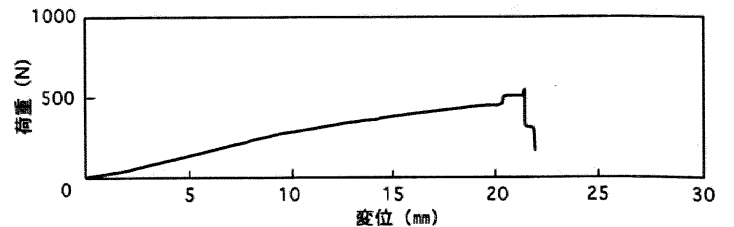
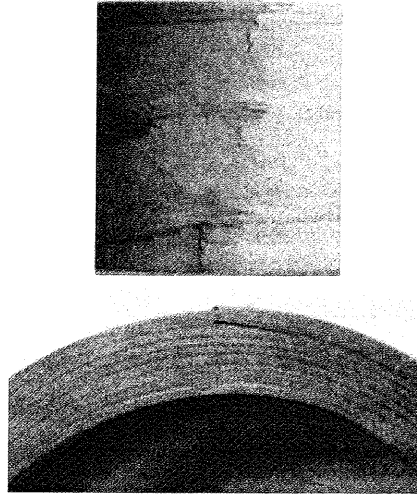


図 4-25 湾曲 LVL の荷重—変位曲線

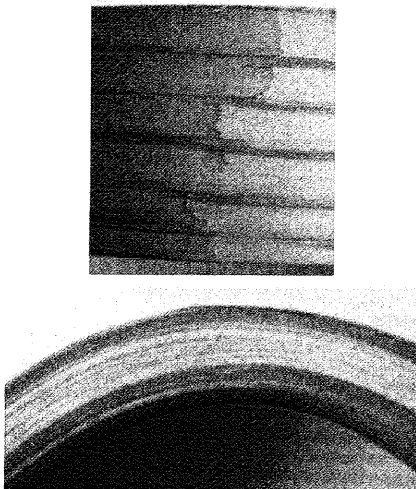
中心層にスギ突き板単板を 10 プライ積層させた試験片で、決定係数 $R^2=0.864$ を示し、高い相関関係があることがわかった。次いで、スギ圧縮突き板単板のみを積層

させたものは、ブナ単板のみを積層した試験片とともに決定係数 $R^2=0.826$ と高い相関を示した。その他の試験片も高い相関を示したことから、湾曲 LVL を構成するス

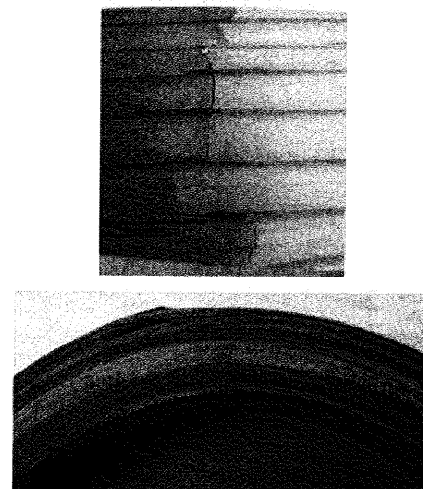
(a') スギ圧縮単板18プライ



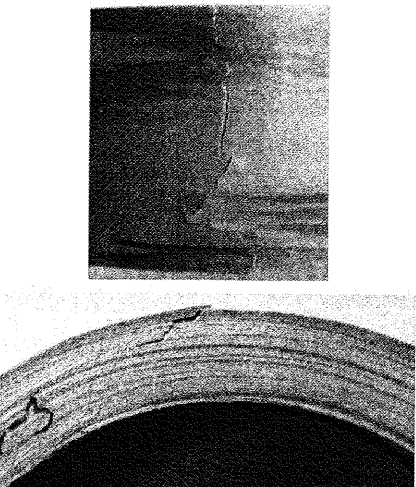
(b') 表面層(表裏):スギ圧縮単板4プライずつ
中心層:スギ単板10プライ



(c') 表面層(表裏):スギ圧縮単板6プライずつ
中心層:スギ単板6プライ



(d') スギ単板18プライ



(e') ブナ単板18プライ

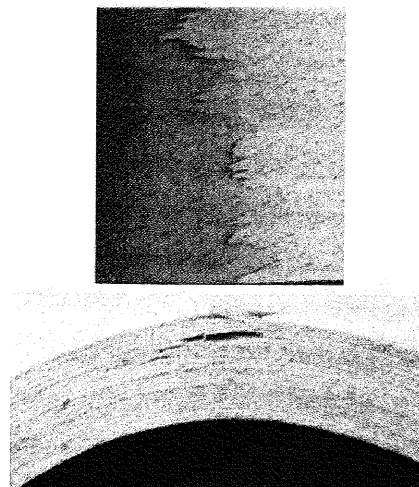


図 4-26 湾曲 LVL 試験片の曲げ破壊状態 (上: 試験片上面、下: 試験片側面)

ライスト単板の材種とプライ数は、通直LVLと同様に湾曲LVLの曲げ強さを決定する主な因子であるといえる。

湾曲LVLを製作する場合は、スギ圧縮突き板単板のみを積層させた場合に最も曲げ強度が得られるが、中心層にスギ突き板単板を配して構成しても曲げ強度に大差はない。これらはブナ突き板単板のみを積層した湾曲LVLと同等の強度を保有することから、スギ圧縮突き板単板を使って製作した湾曲LVLは、通直LVL以上に曲げ強さを確保できる積層材となることは明らかである。

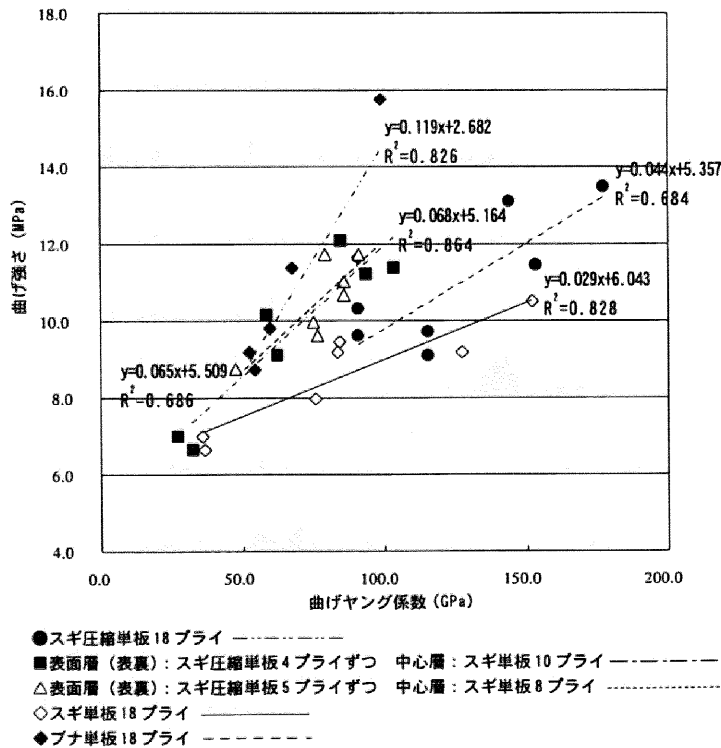


図4-27 湾曲LVLにおける曲げ強さと曲げヤング係数との関係

4.5.5 考察

今回の実験では、家具・建具用材として用いられている通直LVL及び湾曲LVLという2種類の積層材を取り上げ、その曲げ強さについて測定した。

その結果、通直LVLでは、スギ圧縮突き板単板を用いると、スギ突き板単板のみを積層した通直LVLを上回る曲げ強さが得られることが明らかとなった。これは、スギ圧縮突き板単板がスギ突き板単板よりも強い曲げ強度を保有している結果であり、硬木の広葉樹材を突き板単板に加工したものに近づいたことを示している。

さらに、スギ突き板単板を中心層に配した場合、スギ圧縮突き板単板のみの積層構成よりも曲げ強さを得られた。しかしながら、この差は僅かであったことから、積層する単板の材種を同一の材種に統一せず、混合して用いても曲げ強度には差がないことがわかった。

中心層にMDFを配した通直LVLも実験に加えたが、曲げ強さはスギ突き板単板のみの積層構成とあまり変わらず、スギ圧縮突き板単板とMDFを組み合わせる構成は強度的にはあまり期待できないといえる。

また、スギ圧縮突き板単板を用いた通直LVLは、ブナ突き板単板のみで構成した通直LVLの持つ曲げ強さのおよそ75%程度に止まった。このことから、スギ圧縮突き板単板を用いる場合は、設計上、ブナLVLとの対比において、寸法的な配慮が必要と考える。

湾曲LVLにおいては、スギ圧縮突き板単板のみを積層に用いた場合、ブナ突き板単板のみを積層したものと同等の曲げ強さを保有することが明らかとなった。

また、スギ圧縮突き板単板を表面層（表裏）に用い、中心層にスギ突き板単板を用いた場合は、それらの単板のプライ数が実験した範囲で変動しても、その強さはほぼ一定であることが明確となった。このことから、スギ圧縮突き板単板を用いて製作した湾曲LVLは、硬木広葉樹単板による湾曲LVLと同等の十分な性能を保持しているといえる。また、生産コスト面からみてもLVLの中心層にスギ突き板単板を用いることは有効であり、圧縮突き板単板のみを用いた場合のLVLよりはおよそ20%～30%の軽量化にも繋がることから、この種のLVLの用途は極めて広範囲に及ぶものと考えられる。また、単板の材種

特有の色や単板に染色を施すことによって、積層された端面をデザイン的に一層際立たせることも可能で、そのバリエーションは製品の多様化といった時代のニーズに対応し、ユーザー層の拡大にも繋げることが可能となるであろう。

4.5.6 今後の課題

今回、LVLの試験片を製作するにあたり、使用したスギ圧縮突き板単板はスライス加工による厚さ0.8mmおよび1.5mmのものであった。しかし、単板は厚いものの方が積層プライ数を節約できるため好ましい。通直なLVLに対しては、普通合板の単板構成にみられる厚さ2.4mm、3.0mm、3.4mmなど、厚い単板を内側に使用した試験も必要である。

これは、湾曲LVLに関しても同様である。しかし、湾曲LVLでは、成形型による接着の際には成形品の曲率半径が小さい場合、スギ圧縮突き板単板、スギ突き板単板ともに座屈が生じ易い[注19]。曲率半径に対する成形に適した単板厚を探ることも実用化に向けた今後の課題として重要である。

4.5.7 まとめ

今回の実験で得られた結果を以下に示す。

(1) スギ圧縮突き板単板による通直LVLの曲げ強さ

(1-1) 厚さ1.5mmのスギ圧縮突き板単板を用いた場合、スギ圧縮突き板単板のみによる積層構成よりも、スギ圧縮突き板単板を表面層(表裏)に、中心層にはスギ突き板単板を配して構成したLVLの方が曲げ強さが大きい。なお、この場合、スギ突き板単板のプライ数は実験した範囲では強さに影響しない。

(1-2) スギ圧縮突き板単板による通直LVLは、スギ突き板単板のみによる積層構成の約1.2~1.3倍の曲げ強さを持つ。

(1-3) プナ突き板単板のみによる積層構成の通直LVLと

比較においては、およそ75%の曲げ強さを確保し、変位および比例限度荷重の傾向は近似している。

(2) スギ圧縮突き板単板による湾曲LVLの曲げ強さ

(2-1) 厚さ0.8mmのスギ圧縮突き板単板による湾曲LVLは、プナ突き板単板のみによる構成の湾曲LVLと同等の曲げ強さを有する。また、中心層にスギ突き板単板を挿入した場合もプライ数には関係なく、ほぼ同等の曲げ強さを持つ。

(2-2) スギ圧縮単板による湾曲LVLは、スギ単板のみによる積層構成の湾曲LVLの約1.3倍の曲げ強さを持つ。

注および参考文献

- 1) 阿部眞理: スギ圧縮材及びその突き板化粧単板の硬さ特性 - 家具・建具づくりのためのスギ圧縮材の開発 (1) -, 日本デザイン学会デザイン学研究論文集 49, 4, 29 ~ 36, 2002
- 2) 農林水産省林業試験場: 木材工業ハンドブック 改訂3版, 丸善, 57 ~ 61, 1982
- 3) 社団法人日本木材加工技術協会関西支部: 最新木質建材素材からエンジニアードウッドまで 解説集, 社団法人日本木材加工技術協会関西支部, 419 ~ 421, 2000
- 4) 建築知識編集部: 木材塗装, 株式会社エクスナレッジ, 52, 2002
※家具などの木材塗装で、最も一般的に使われる透明塗料ラッカーおよびウレタンで、主に仕上げ用塗料として使われている。4項によれば、両者はその使用箇所によって適・不適があり、水や薬品および食品等から影響を受けやすいもの場合はウレタン塗料を使用した方がよいと述べられている。
- 5) 平井信二、上田康太郎、土屋欣也、藤城幹夫: 技術シリーズ 木工, 朝倉書店, 160, 2000
- 6) 突き板単板に用いる広葉樹材の最も一般的な平均年輪幅は、2.0 mmである。細田木材工業株式会社(所在地: 東京都江東区、木製品の製造、内装および木材加工を事業内容とする)調べ, 2003
- 7) 阿部眞理: スギ圧縮材及びその突き板化粧単板の接着強さ - 家具・建具づくりのためのスギ圧縮材の開発 (2) -, 日本デザイン学会デザイン学研究論文集 50, 3, 9 ~ 16, 2003
- 8) 上村武: 木材の知識 商品と流通の解説, 財団法人経済調査会, 182 ~ 183, 202 ~ 205, 1985
- 9) 浅野猪久夫: 木材の事典, 朝倉書店, 314 ~ 317, 1991
- 10) 阿部眞理: 床材への適用を目的としたスギ圧縮材の摩耗特性, 日本デザイン学会デザイン学研究第49回

研究発表概要集, 406 ~ 407, 2002

- 11) 建築知識編集部: 建築知識 2001年9月号, 株式会社エクスナレッジ, 146, 2001
- 12) 株式会社建築知識: 木のデザイン図鑑, 株式会社建築知識, 106, 1996
※木材の場合、年輪の目幅で比重や強度が変わる。針葉樹材の場合は、晩材率が高いものほど強く強度を有する材料となる。針葉樹材の良い材としての平均年輪幅の基準値は、1.0 mm ~ 4.0 mm程度とされている。
- 13) (社) 日本木材加工技術協会関西支部: 最新木質建材素材からエンジニアードウッドまで 解説集, (社) 日本木材加工技術協会関西支部, 419 ~ 421, 2000
- 14) スギ圧縮単板による積層材の曲げ強さ - 家具・建具づくりのためのスギ圧縮材の開発 (3) -, 日本デザイン学会デザイン学研究論文集 50, 5, 47 ~ 54, 2003
- 15) 最新木材工業事典委員会: 最新木材工業事典, 社団法人日本木材加工技術協会, 178 ~ 179, 1999
- 16) 通直 LVL の接着に使用した接着剤 KR-7800/AX-200 は、光洋産業株式会社製の水性ビニルウレタン系接着剤で、造作用集成材の接着に一般的に使用されているものである。KR-7800/AX-200 は、現在問題視されているホルムアルデヒドや揮発性有機化合物を含有していない安全性の高い接着剤である。
- 17) 剣持仁、川上信二、垂見健三、藤盛啓治: 家具の事典, 朝倉書店, 473 ~ 496, 1988
- 18) 通直 LVL の接着に使用した接着剤 KR-7800/AX-200 は、湾曲 LVL の接着には使用していない。その理由は、同接着剤は硬化時間が10数分と短いため、手作業による試験片製作時の曲げ加工には適さなかった。そこで、木工における一般的な接着剤である酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤を使用することとした。
- 19) 剣持仁、川上信二、垂見健三、藤盛啓治: 家具の事典, 朝倉書店, 496, 1988

第5章 スギ圧縮材の感覚特性

5.1 はじめに

第3章および第4章において、スギ圧縮材の家具・建具および内装用部材等へ適用する際に把握すべき力学的性質について述べた。第3章では無垢のスギ圧縮材の「基本的な力学的性質（静的三点曲げ強さ、縦圧縮強さ、せん断強さ）」、「材の硬さ」、「部材どうしの接着性」、「材の摩耗度」について明らかにした。第4章においては、スギ圧縮材にスライス加工を施して製作したスギ圧縮突き板単板の「材の硬さ」、「部材どうしの接着性」、「材の摩耗度」に「積層材（LVL）の曲げ強さ」加え、それらの性質を明らかにした。

その結果、スギ圧縮材およびその突き板単板は、もとのスギとは異なる、硬い広葉樹材に近似した力学的性質を保有する材に変質していることが判明した。しかしながら、家具・建具等をデザインする場合には、力学的な性質を踏まえるとともに、木材の触り心地や見た感じといった人が感じる風合い等の感覚についても把握することが重要である。

そこで、第5章では、触覚のみによる評価と視覚および触覚による評価を他の木材と比較しながら行うこととした。また、被験者には木工あるいは家具製造・販売に従事する現職者と経験者といった専門家[注1]と、学生や院生による職業未経験者をおき、両者の評価の違いを探ることとした。スギ圧縮材の有する視覚、触覚における感覚特性が、もとのスギからどのように変化したか、また、そのスギ圧縮材が他の材種との関係でどのように評価されているのかについて明らかにする。

5.2 感覚実験

5.2.1 被験者と試験片の種類

今回実施した木材の感覚実験は、視覚条件を排除した触覚のみによる「触覚実験」および視覚を含めた「視覚・触覚実験」の2種類である[注2]。被験者は木工あるいは家具製造・販売に従事する現職者と経験者を併せて

27名、また、職業としての未経験者として今回は工学部工業デザイン学科学生および院生25名の合計52名とした。実験はSD法により[注3]、針葉樹材5種類、広葉樹材12種類にスギ圧縮材を加えた18種類の木材について、18対の評価項目に対し、7段階評価を行った。

試験片に用いた木材は、主に家具・建具、内装用部材として一般的に用いられるもので、木目は、針葉樹材が柾目、広葉樹材が板目とし、スギ圧縮材についても板目を採用した。試験片の寸法および形状は65mm×135mm、厚さ10mmの平板で、材表面を平滑に鉋がけし、塗装は施さないものとした。

5.2.2 SD評価語の選定

評価語として用いた形容語対の選定にあたっては、木工および家具に従事している、あるいは従事した経験のある専門家8名に対し、木材を評価する際によく用いられる用語、または、木材をイメージする用語についてのアンケート調査を実施し、18の形容詞対を選んだ。

このなかで、触覚に関する感触を表す評価語としては、1. 剛柔感[硬い－柔らかい]、2. 温度感[暖かい－冷たい]、3. 厚み感[薄っぺらい－厚みのある]、9. 重量感[軽い－重い]、11. なじみ感[なじみやすい－なじみにくい]、12. 弾力感[弾力感のある－弾力感のない]、15. 平滑感[つるつるした－ざらざらした] 17. 湿度感[しっとりした－乾いた]の8種類を採用した。

視覚に関する感覚を表す評価語としては、4. 肌理感[粗雑な－緻密な]、5. 強度感[貧弱な－丈夫な]、6. 軽快感[陰気な－陽気な] 7. 自然感[人工的な－自然な]、8. 品質感[質のよい－質の悪い]、10. 新鮮感[古い－新しい]、13. 表面感[はっきりした－ぼんやりした]、14. 動感[落ち着きのある－落ち着きのない]、16. 価格感[高級感のある－安っぽい]の9種類とした。

触覚および視覚・触覚の両方の感覚に関わる評価語として、18. 嗜好感[好き－嫌い]をおき、－3から＋3

までの7段階評価とした。

5.2.3 実験方法

実験は、前述した通り、まず、視覚条件を排除した触覚実験を実施した。この場合、被験者には目隠しをし、手で触った感覚についての評価とした。その後、目隠しをはずし、視覚・触覚を同時に評価することを条件とした視覚・触覚実験を行った。2種の実験に使用した試験片および評価シートの内容は同様のものである。試験片に使用した18種類の木材の材種名および材表面の形状を図5-1に、18対の評価語を記載した評価シートを図5-2に示した。なお、今回の実験方法等は増山の「木材のハダザワリの触・視覚実験」[注4]を参考としている。

	非常に	やや	少し	どちらでもない	少し	やや	非常に	
1. 硬い								柔らかい
2. 暖かい								冷たい
3. 薄っぺらい								厚みのある
4. 粗雑な								緻密な
5. 貧弱な								丈夫な
6. 陰気な								陽気な
7. 人工的な								自然な
8. 質のよい								質の悪い
9. 軽い								重い
10. 古い								新しい
11. なじみやすい								なじみにくい
12. 弾力性のある								弾力性のない
13. はっきりした								ぼんやりした
14. 落ち着きのある								落ち着きのない
15. つるつるした								ざらざらした
16. 高級感のある								安っぽい
17. しっとりした								乾いた
18. 好き								嫌い

図5-2 評価シート

5.3 実験結果

5.3.1 各材種の平均プロフィール

今回実験に用いた18種類の材種が、それぞれどのようなプロフィールを持っているかを探るため、SD評価語に対する得点の平均とその95%信頼区間によって、触覚実験および視覚・触覚実験それぞれについて各材種の平均プロフィールを図5-3～図5-5に示した。いずれも一点鎖線は触覚実験を、実線は視覚・触覚実験による平均プロフィールを示している。図5-3は材種①～⑥、図5-4は材種⑦～⑫、図5-5は材種⑬～⑱を示した。

まず、触覚実験より得られた平均プロフィールについて、針葉樹5種、広葉樹12種、スギ圧縮材の順でその特徴を述べる。まず、針葉樹である①スギ、③ヒノキ、⑨アカマツ、⑪ヒバ、⑱シトカスプルスでは、「柔らかい」、「暖かい」、「軽い」が共通した感覚となっている。スギについてはさらに「ぼんやり」しており、「安っぽい」といった評価が加わっている。広葉樹である②カリン、④イヌエンジュ、⑤ケヤキ、⑥カツラ、⑦ナラ、⑧パドウク、⑫ローズウッド、⑬マカンバ、⑭チーク、⑮

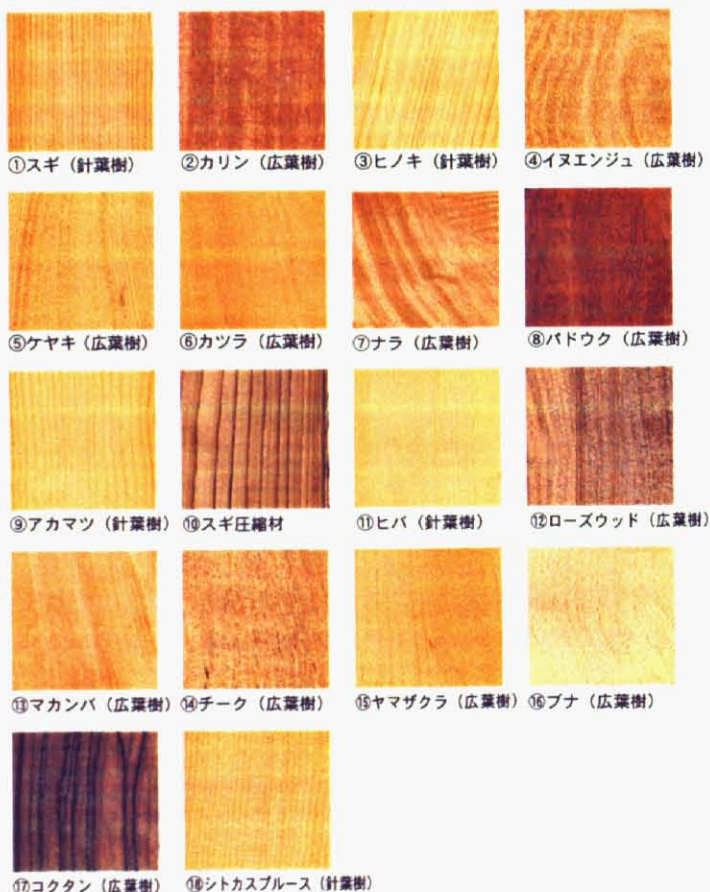


図5-1 実験に用いた18種類の材種

ヤマザクラ、⑯ブナ、⑰コクタンは、「硬い」、「丈夫である」、「弾力性がない」といった評価が多く、「重い」、「落ち着きがある」、「緻密である」が続く。また、カツラやヤマザクラは、「つるつるした」感触であるのに対し、ケヤキ、ローズウッド、コクタンは、「ざらざらした」感触であるといった結果となり、広葉樹の中でも異なる感触を有することがわかった。⑩スギ圧縮材については、「硬く」、「丈夫で」、「重く」、「弾力性がない」といった結果であった。以上が触覚実験で得られた各材種の平均プロフィールである。

次に、視覚・触覚実験より得られた平均プロフィールを触覚実験と同様に、針葉樹5種、広葉樹12種、スギ圧縮材の順でその特徴を述べる。まず、針葉樹である①スギ、③ヒノキ、⑨アカマツ、⑪ヒバ、⑬シトカスプルスでは、「柔らかい」、「軽い」、「貧弱である」、「安っぽい」、「暖かい」といった評価が得られた。広葉樹である②カリン、④イヌエンジュ、⑤ケヤキ、⑥カツラ、⑦ナラ、⑧パドウク、⑫ローズウッド、⑬マカンパ、⑭チーク、⑮ヤマザクラ、⑯ブナ、⑰コクタンは、「硬い」、「丈夫である」、「重い」といった評価が多く、触覚実験の結果と同様となった。さらに、視覚・触覚実験では、「厚みがある」や「落ち着きがある」といった評価が加わったが、「つるつるしている」と「ざらざらしている」材種は、触覚実験と同様であった。⑩スギ圧縮材に対しては、「硬い」、「丈夫である」、「重い」といった触覚実験と共通する評価の他に、「厚みがある」、「古い」、「落ち着きがある」といった評価も加わった。以上が視・触覚実験による各材種の平均プロフィールである。

5.3.2 スギ圧縮材とスギのSD評価語における有意差の検定

スギとスギ圧縮材の評価の差をみるため、有意差について検定を行った[注5]。検定は、職業経験者と職業としての未経験者(学生および院生)ごとに触覚実験およ

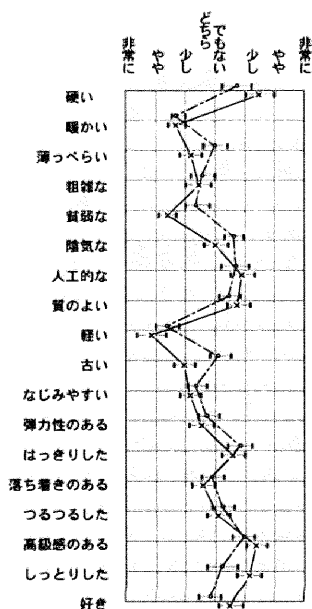
び視覚・触覚実験それぞれについて実施し、その差を比較した。スギとスギ圧縮材の有意差の検定結果を表5-1に示す。

まず、職業経験者において、触覚実験および視覚・触覚実験に共通して有意水準1%で有意差がみられた評価項目は、「硬いー柔らかい」、「貧弱なー丈夫な」、「軽いー重い」、「はっきりしたーぼんやりした」、「高級感のあるー安っぽい」の5項目であった。また、職業未経験者においては、「硬いー柔らかい」、「貧弱なー丈夫な」、「軽いー重い」、「はっきりしたーぼんやりした」といった4項目が触覚実験および視覚・触覚実験に共通して有意水準1%で有意差がみられた。これらは4項目は、職業経験者と共通する項目である。このことから、圧縮成形を施して出来上がったスギ圧縮材は、もとのスギの持つ硬さ、丈夫さ、重さ、木目や肌合いの感じとは異なる材に変わったことが、感覚特性からも判断できることがわかった。

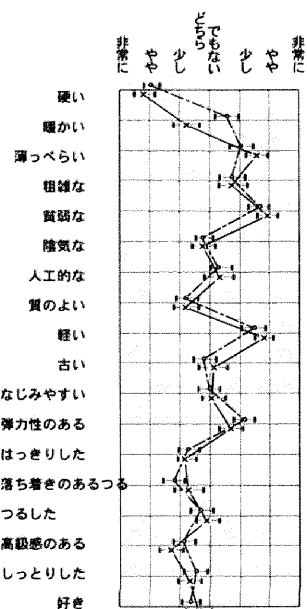
表5-1 スギ圧縮材とスギの有意差の検定結果

評価項目	職業経験者		職業未経験者	
	触覚	視覚・触覚	触覚	視覚・触覚
1 硬いー柔らかい	※※	※※	※※	※※
2 暖かいー冷たい	※※	※	※※	
3 薄っぺらいー厚みのある	※	※※		※※
4 粗雑なー緻密な		※※		
5 貧弱なー丈夫な	※※	※※	※※	※※
6 陰気なー陽気な	※			
7 人工的なー自然な			※	
8 質のよいー質の悪い	※			※※
9 軽いー重い	※※	※※	※※	※※
10 古いー新しい				
11 なじみやすいーなじみにくい				
12 弾力性のあるー弾力性のない	※			
13 はっきりしたーぼんやりした	※※	※※	※※	※※
14 落ち着きのあるー落ち着きのない		※※		
15 つるつるしたーざらざらした				
16 高級感のあるー安っぽい	※※	※※		※※
17 しっとりしたー乾いた		※	※	※※
18 好きー嫌い				※※

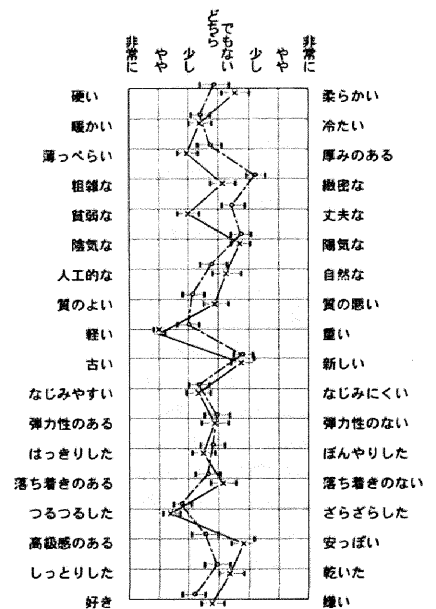
※ : 有意水準5%
 ※※ : 有意水準1%



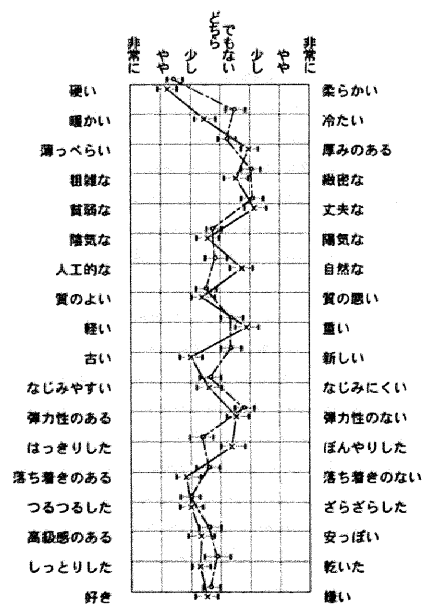
①スギ (針葉樹)



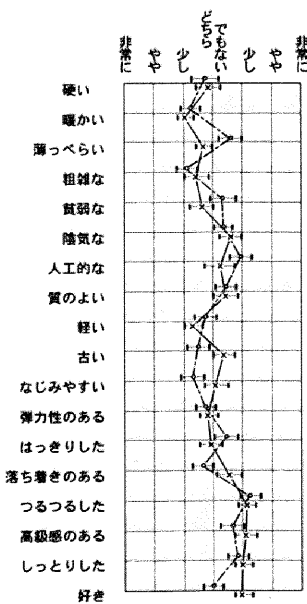
②カリン (広葉樹)



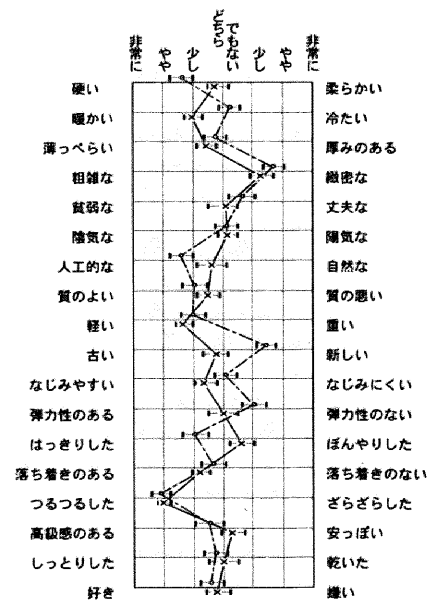
③ヒノキ (針葉樹)



④イヌエンジュ (広葉樹)



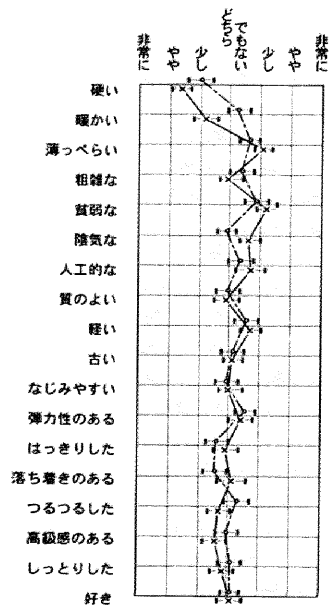
⑤ケヤキ (広葉樹)



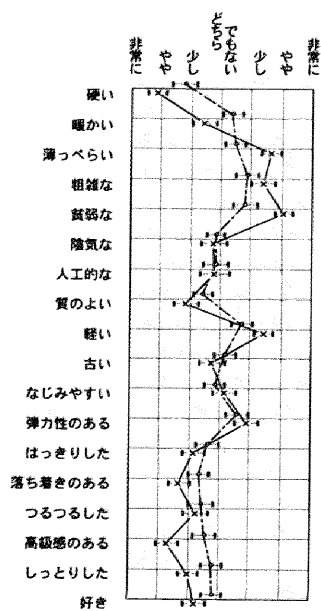
⑥カツラ (広葉樹)

図 5-3 触覚実験および視覚・触覚実験による各材種の平均プロフィール (材種①～⑥)

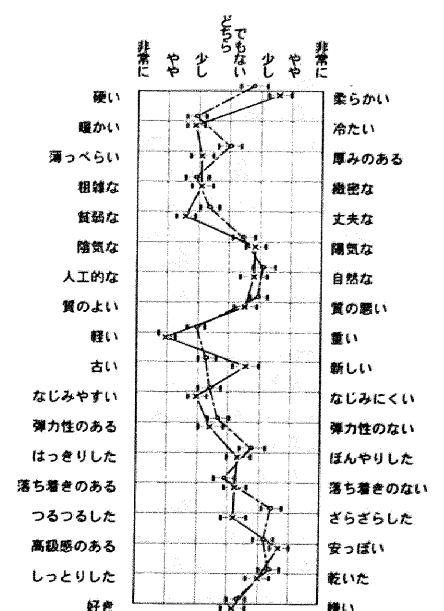
---○--- 触覚実験による平均プロフィール
---×--- 視覚・触覚実験による平均プロフィール



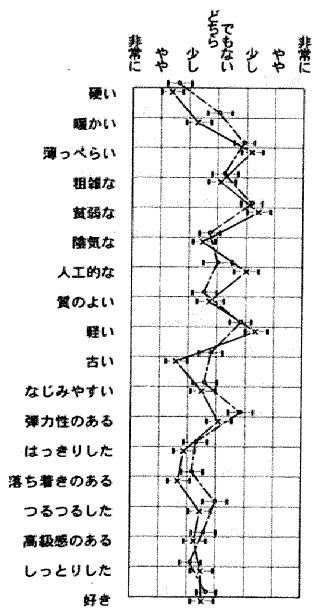
⑦ナラ（広葉樹）



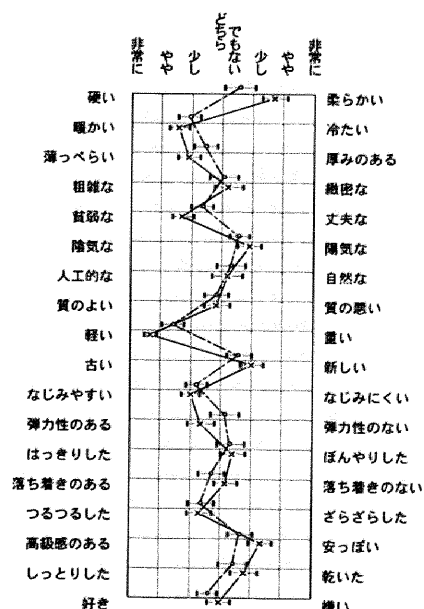
⑧バドゥク（広葉樹）



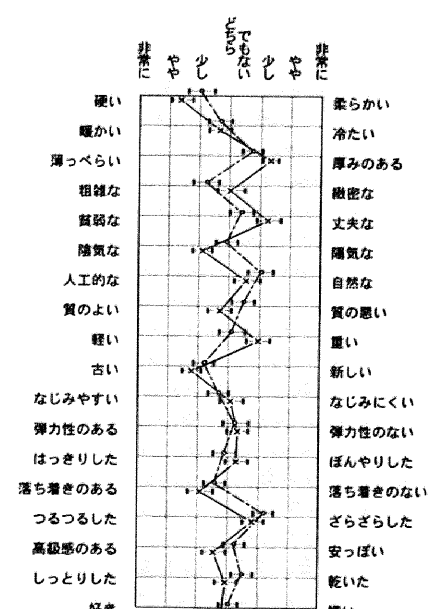
⑨アカマツ（針葉樹）



⑩スギ圧縮材



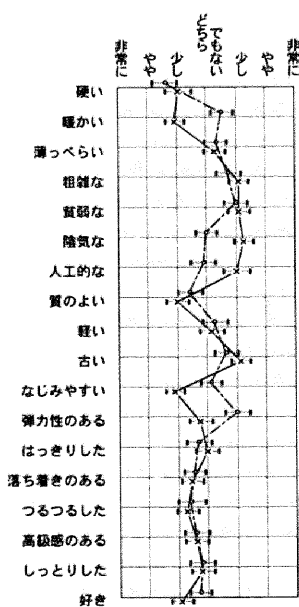
⑪ヒバ（針葉樹）



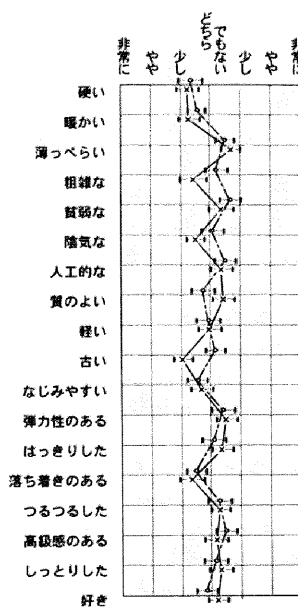
⑫ローズウッド（広葉樹）

図 5-4 触覚実験および視覚・触覚実験による各材種の平均プロフィール（材種⑦～⑫）

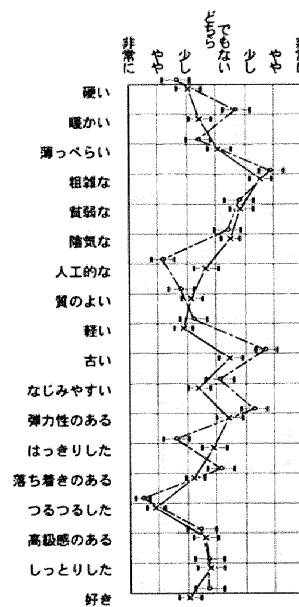
—○— 触覚実験による平均プロフィール
—×— 視覚・触覚実験による平均プロフィール



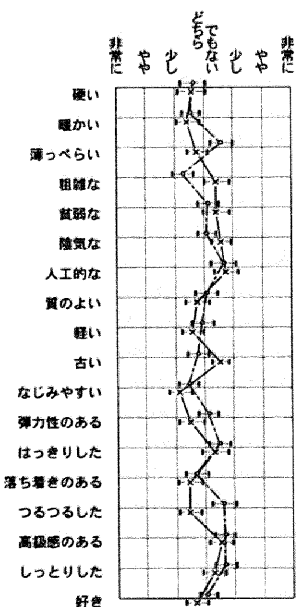
⑬マカンバ（広葉樹）



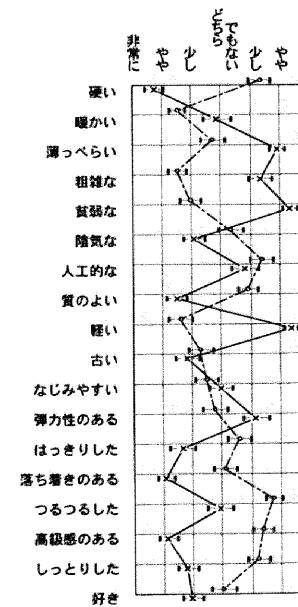
⑭チーク（広葉樹）



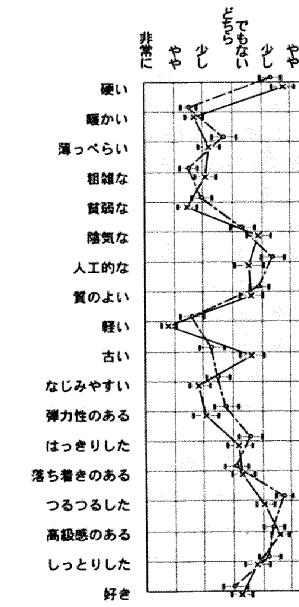
⑮ヤマザクラ（広葉樹）



⑯ブナ（広葉樹）



⑰コクタン（広葉樹）



⑱シトカブルス（針葉樹）

—○— 触覚実験による平均プロフィール
—×— 視覚・触覚実験による平均プロフィール

図 5-5 触覚実験および視覚・触覚実験による各材種の平均プロフィール（材種⑬～⑱）

5.3.3 因子分析による結果

SD法により得られたデータから、触覚実験および視覚・触覚実験それぞれに対して因子分析を行い[注6]、木工あるいは家具製造・販売に関わる職業経験者と、職業としての未経験者(学生および院生)それぞれについて比較した。

5.3.3.1 触覚実験データによる因子分析結果

まず、職業経験者における因子分析の結果を述べる。因子分析に用いたデータは、SD法により得られた触覚実験による職業経験者全ての得点である。因子得点は回帰推定法によるものとし、回転はバリマックス回転を用いた。

その結果、バリマックス回転後の因子負荷量が絶対値0.5以上のものを解釈の対象とし、因子数と固有値の減り方からみて、3因子が適切であると判断した。回転後の累積寄与率は52.1%であった。さらに、3因子への命名を行なった結果、第1因子は「落ち着き感因子」、第2因子は「なじみ感因子」、第3因子は「自然感因子」になった。

次に、職業としての未経験者における因子分析の結果をみる。使用したデータは、SD法により得られた触覚実験による職業未経験者全ての得点で、分析方法は職業経験者の場合と同様とした。バリマックス回転を行った結果、4因子が適切であると判断した。回転後の累積寄与率は62.2%であった。得られた4因子への命名を行うと、第1因子は「鮮度感因子」、第2因子は「なじみ感因子」、第3因子は「量感因子」、第4因子は「落ち着き感因子」になった。

以上より、職業経験者と未経験者では、第2因子が同様の解釈となり、「落ち着き感因子」については、職業経験者においては第1因子、職業未経験者では第4因子に抽出された。職業経験者によるバリマックス回転後の因子負荷量を表5-2に、職業未経験者によるものを表5-

3に示した。

次に、各因子間における材種別比較をし、スギ圧縮材の位置付けを行なうため、図5-6、図5-7に布置図を示した。

図5-6①及び②は職業経験者による比較であるが、この場合、因子数は3因子であったことから、①では第1因子を横軸、第2因子を縦軸におき、落ち着き感因子となじみ感因子による布置図を作成した。②においては第1因子を横軸、第3因子を縦軸におき、落ち着き感因子と自然感因子の布置図とした。

図5-7①、②、③は職業未経験者による布置図である。因子数は4因子であったので、①は第1因子を横軸、第2因子を縦軸におき、鮮度感因子となじみ感因子による布置図とした。②では第1因子は①と同様で、第3因子を縦軸に、鮮度感因子と量感因子の関係をみた。③においては第4因子を縦軸におき、鮮度感因子と落ち着き感因子の布置図とした。

まず、図5-6①では、スギ、アカマツ、シトカスプルスといった針葉樹材が落ち着きがあり、なじみやすいことがわかる。これに対して、カリン、コクタン、ヤマザクラ、イヌエンジュといった広葉樹材は落ち着きはあまり感じられず、なじみもあまりよくないといった結果となった。スギ圧縮材は、これらの材種と並んで位置し、同様の評価となった。また、同じ広葉樹材でも、ナラ、チーク、ローズウッド、ケヤキ、ブナは布置図の中央部分に位置し、落ち着き感もなじみ感も普通であるという結果を得た。

図5-6の②では、針葉樹材の中でも、アカマツ、シトカスプルスといった材種は、少し人工的であるが落ち着きがあり、スギ、ヒバはこれらよりは自然な感じを受けるという結果となり、針葉樹材のなかでも評価がわかれた。広葉樹材では、ヤマザクラ、カツラは自然な感じであるが少々落ち着きがない。しかし、カリン、コクタン、ローズウッドはこれらより人工的であるという結果

となった。スギ圧縮材は、パドウク、ナラと並んで布置図の中央部分に位置し、どちらかというとなんて落ち着きにはあまり感じられないといった評価となった。

これらより、広葉樹材においても針葉樹材と同様に材種によって布置される位置は一致せず、異なる性質を有することがわかった。

図5-7①、②、③は職業未経験者による比較である。①の鮮度感因子となじみ感因子による布置図では、アカマツ、シトカスプルス、ケヤキは鮮度感には欠けるが、ある程度なじみやすいことがわかる。

これに対して、ヤマザクラ、カツラは鮮度感はいいが、少々なじみにくいといった結果となった。スギ圧縮材は布置図の中央付近に位置し、近くにはチーク、ナラ、カリン、パドウク等が布置されたことから、鮮度感、なじみ感についてこれらの広葉樹材と同等の評価を受けていることがわかる。

②では鮮度感因子と量感因子の関係をみた。まず、アカマツ、シトカスプルスは鮮度感及び量感に欠ける。これに対し、ヤマザクラ、カツラは量感と同様であるが鮮度がよい感じであるという結果が出た。カリン、コクタンは量感があるといった評価となったが、スギ圧縮材もそれらに近い位置に布置され、同等の評価を得たことがわかる。

③は鮮度感因子と落ち着き感因子の布置図とした。落ち着き感については、材種全体に大きな差が見られない。鮮度感については、アカマツ、シトカスプルス等は鮮度感が悪く、ヤマザクラやカツラは鮮度感がよいという評価となった。スギ圧縮材はパドウク、カリン、ナラ、チークといった広葉樹材の位置に近く布置され、どちらかというとなじみ感があるイメージであることがわかる。

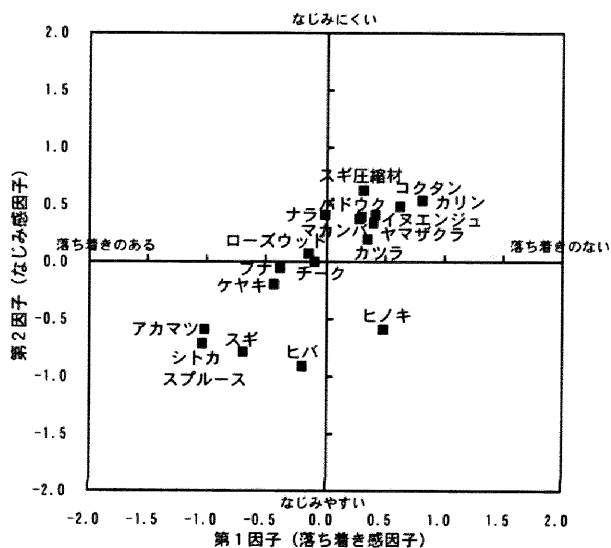
全体的にみると、鮮度感がよい感じを受けるものは広葉樹材が多く、針葉樹材はその逆の感じを受けるものが多いことがわかる。

表5-2 触覚実験の職業経験者によるバリマックス回転後の因子負荷量

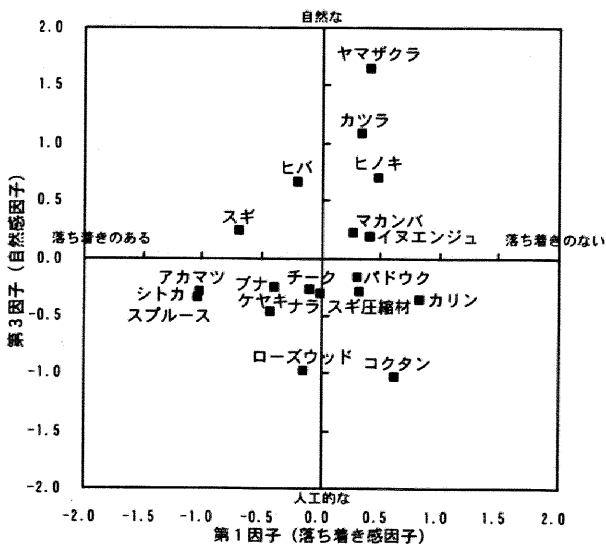
評価項目	因子負荷量		
	第1因子	第2因子	第3因子
高級感のある—安っぽい	-0.815	-0.097	0.075
質のよい—質の悪い	-0.747	0.013	-0.080
落ち着きのある—落ち着きのない	-0.645	0.059	0.353
しっとりした—乾いた	-0.629	0.011	-0.154
貧弱な—丈夫な	0.621	0.384	-0.292
粗雑な—緻密な	0.614	0.179	0.304
はっきりした—ぼんやりした	-0.538	-0.153	-0.032
暖かい—冷たい	0.212	0.707	0.109
硬い—柔らかい	-0.383	-0.648	0.154
弾力性のある—弾力性のない	0.063	0.630	0.140
なじみやすい—なじみにくい	-0.244	0.626	0.256
陰気な—陽気な	-0.006	-0.557	0.166
軽い—重い	0.379	0.534	-0.472
古い—新しい	0.205	-0.072	0.674
つるつるした—ざらざらした	-0.469	-0.063	-0.666
薄っぺらい—厚みのある	0.187	0.043	-0.623
人工的な—自然な	0.025	-0.405	-0.615
各因子の解釈	落ち着き感因子	なじみ感因子	自然感因子
二乗和	3.781	2.695	2.374
寄与率 (%)	22.243	15.851	13.966
累積寄与率 (%)	22.243	38.093	52.059

表5-3 触覚実験の職業未経験者によるバリマックス回転後の因子負荷量

評価項目	因子負荷量			
	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
つるつるした—ざらざらした	-0.814	-0.158	0.119	0.141
粗雑な—緻密な	0.793	0.139	0.165	-0.170
質のよい—質の悪い	-0.723	0.106	-0.265	0.208
古い—新しい	0.693	0.161	-0.200	0.227
はっきりした—ぼんやりした	-0.626	-0.317	-0.125	-0.104
高級感のある—安っぽい	-0.590	-0.003	-0.314	0.399
人工的な—自然な	-0.580	-0.471	0.230	0.170
なじみやすい—なじみにくい	-0.030	0.717	-0.096	-0.010
暖かい—冷たい	0.306	0.691	0.163	-0.013
弾力性のある—弾力性のない	0.309	0.662	0.145	0.154
硬い—柔らかい	-0.373	-0.588	-0.414	-0.041
薄っぺらい—厚みのある	-0.072	-0.158	0.733	-0.181
貧弱な—丈夫な	0.414	0.208	0.731	-0.100
軽い—重い	-0.073	0.263	0.710	-0.196
落ち着きのある—落ち着きのない	-0.089	0.242	-0.322	0.658
しっとりした—乾いた	-0.227	-0.038	-0.145	0.650
陰気な—陽気な	0.204	-0.561	0.009	0.588
各因子の解釈	鮮度感因子	なじみ感因子	量感因子	落ち着き感因子
二乗和	3.984	2.692	2.247	1.650
寄与率 (%)	23.435	15.832	13.216	9.705
累積寄与率 (%)	23.435	39.267	52.483	62.188

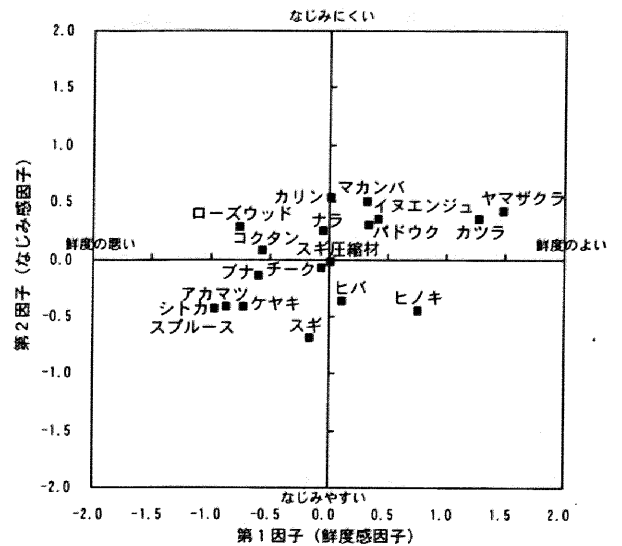


①各材種の第1因子 - 第2因子における布置図

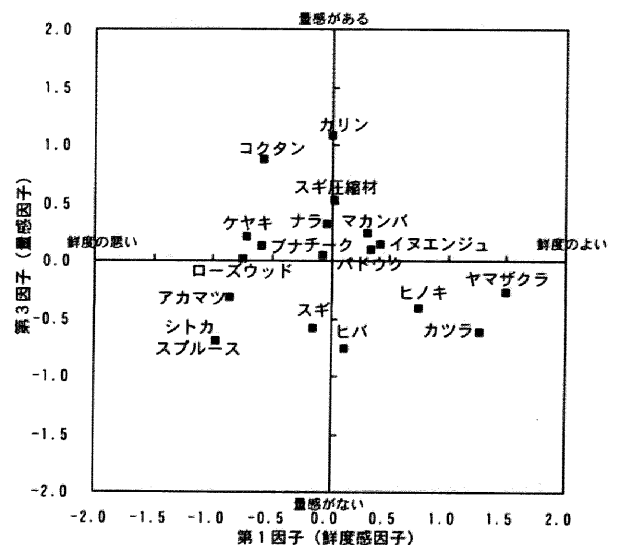


②各材種の第1因子 - 第3因子における布置図

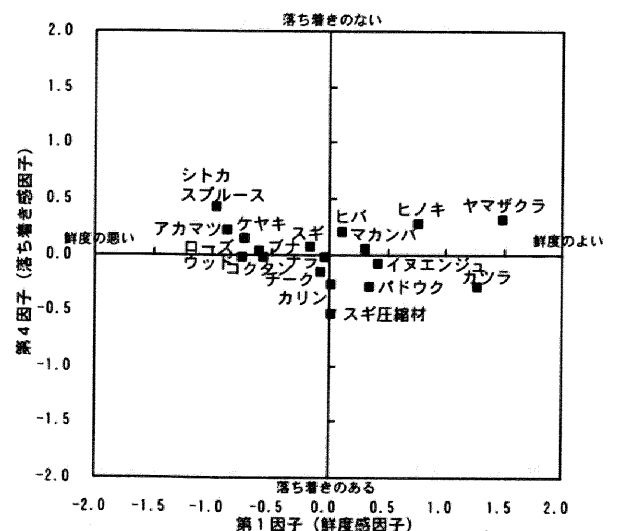
図5-6 触覚実験における職業経験者の各材種の布置図



①各材種の第1因子 - 第2因子における布置図



②各材種の第1因子 - 第3因子における布置図



③各材種の第1因子 - 第4因子における布置図

図5-7 触覚実験における職業未経験者の各材種の布置図

5.3.3.2 視覚・触覚実験データによる因子分析結果

触覚実験と同様に、職業経験者と未経験者にわけ、それぞれにおける因子分析を試みた。因子分析に使用したデータや分析方法は触覚実験データによる因子分析と同様である。

まず、職業経験者による結果であるが、バリマックス回転後の因子負荷量が絶対値0.5以上のものを解釈の対象とし、因子数と固有値の減り方からみて、4因子が適切であると思われ、累積寄与率は61.1%であった。さらに、各因子に命名した結果、回転後の第1因子は「量感因子」、第2因子は「落ち着き感因子」、第3因子は「なじみ感因子」、第4因子は「鮮度感因子」と命名した。

次に、職業未経験者における因子分析では、4因子が適切であると思われ、回転後の累積寄与率は60.9%となった。バリマックス回転後に4因子への命名を行うと、第1因子は「品質感因子」、第2因子は「落ち着き感因子」、第3因子は「なじみ感因子」、第4因子は「鮮度感因子」となった。以上より、視覚・触覚実験による職業経験者と未経験者では、第2、第3、第4因子が同様となった。職業経験者によるバリマックス回転後の因子負荷量を表5-4に、職業未経験者によるものを表5-5に示した。

次に、各因子間における材種別比較を行い、スギ圧縮材の位置付けを行なうため、図5-8、図5-9に布置図を示した。図5-8①、②、③は職業経験者による比較で、第1因子である量感因子を横軸に、第2因子、第3因子、第4因子をそれぞれ縦軸においた。①では、縦軸は第2因子の落ち着き感因子で、②では第3因子であるなじみ感因子、③では第4因子の鮮度感因子である。まず、図5-8①をみると、アカマツ、シトカスプルス、スギ、ヒバ、ヒノキといった針葉樹材は量感、落ち着き感ともにあまり感じられないといった評価であるのに対し、コクタン、パドウク、イヌエンジュ、マカンバといった広葉樹材は量感があり、落ち着きも感じられるといっ

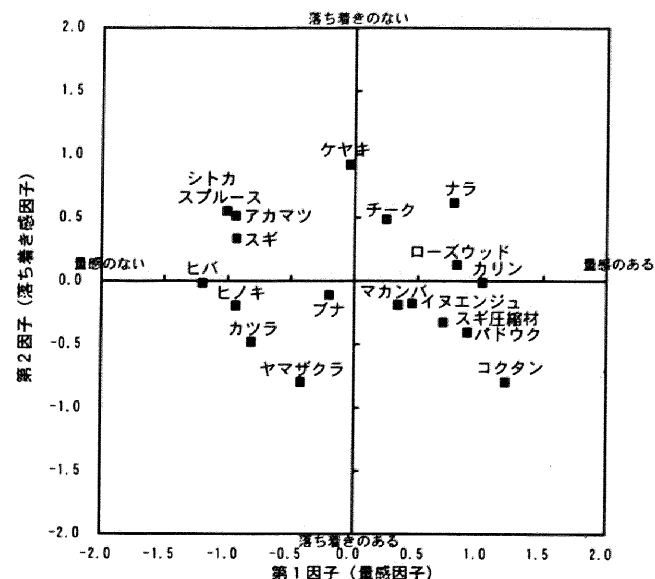
た評価を得た。スギ圧縮材もこれらに近い位置に布置され、同様の評価を受けていることがわかる。②では、なじみ感に関しては大きなばらつきはみられないが、アカマツ、シトカスプルス、スギ、ヒバ、ヒノキといった針葉樹材が量感がない感じとなり、これらとは逆にコクタン、カリン、パドウク、ローズウッド、ナラといった広葉樹材は量感があるといった感じを受け、スギ圧縮材もこれらと並んだ位置にあることがわかった。③においてスギ圧縮材は、コクタン、ローズウッド、チークといった広葉樹材の近くに布置され、量感があり、鮮度もよいといったイメージとして捉えられている。針葉樹材をみると、ヒバ、ヒノキ、シトカスプルス、アカマツ、スギは量感に欠けるといった評価となったが、スギについては、これらの針葉樹材と比べて鮮度がよいという評価となった。

図5-9①、②、③は職業未経験者における布置図である。横軸には第1因子である品質感因子をおき、縦軸には第2因子の落ち着き感因子、第3因子のなじみ感因子、第4因子の鮮度感因子をそれぞれおいた。まず、①では、ヒバ、ヒノキ、スギ、アカマツ、シトカスプルスといった針葉樹材が品質感が悪く、さらにシトカスプルスは落ち着きがない感じとなった。これに対し、スギ圧縮材は、コクタン、カリン、ナラといった広葉樹材とともに品質がよいといった感じを受けることがわかった。次に②では、スギ、ヒバ、アカマツ、シトカスプルスは品質が悪く、ローズウッド、ナラ、コクタン、カリン、パドウク、イヌエンジュ等の広葉樹材は品質がよい感じを受けることがわかった。スギ圧縮材についてはこれらに近い位置に布置され、品質がよい感じを受けていることがわかる。なじみ感に関しては、材種全体に大きな差はなかったが、スギ圧縮材においては、他の広葉樹材と比較すると若干なじみやすいといった評価となった。③では材種全体にばらつきがみられる。ヒノキ、シトカスプルス、ブナ、ヤマザクラ、マカンバといった

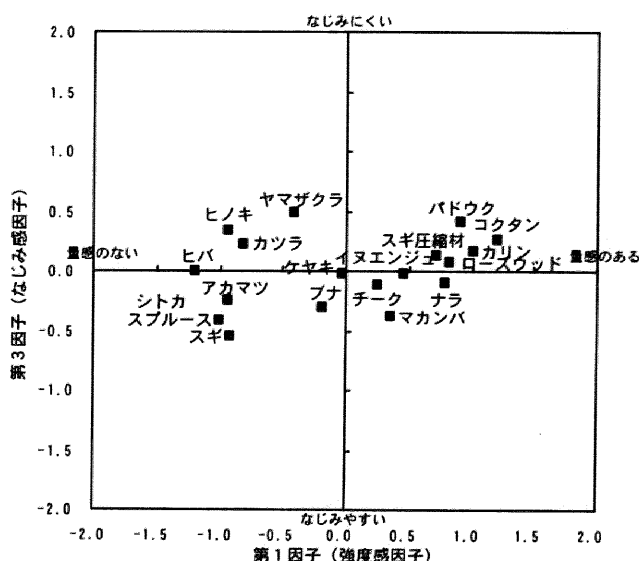
材種が鮮度はよいが品質は悪いといった評価であった。
これに対し、イヌエンジュ、ローズウッド、チーク等は
鮮度はあまりよくないが品質はよいといった結果となっ
た。スギ圧縮材についてはこれらと近い位置に布置した
ことから、同様の評価を得たことがわかる。

表 5-4 視覚・触覚実験の職業経験者によるバリマックス
回転後の因子負荷量

評価項目	因子負荷量			
	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
軽い—重い	0.831	-0.154	0.101	0.182
硬い—柔らかい	-0.812	0.168	-0.208	0.014
貧弱な—丈夫な	0.803	-0.353	0.083	-0.092
薄っぺらい—厚みのある	0.750	-0.137	-0.062	0.162
質のよい—質の悪い	-0.262	0.735	0.203	0.215
落ち着きのある—落ち着きのない	-0.199	0.681	0.213	-0.288
高級感のある—安っぽい	-0.529	0.662	-0.027	-0.025
しっとりした—乾いた	-0.243	0.644	0.121	-0.101
つるつるした—ざらざらした	0.228	0.630	-0.216	0.243
粗雑な—緻密な	0.306	-0.603	0.110	-0.330
人工的な—自然な	0.215	-0.055	-0.702	0.064
暖かい—冷たい	0.128	-0.074	0.686	0.179
なじみやすい—なじみにくい	0.327	0.321	0.646	-0.079
弾力性のある—弾力性のない	0.359	-0.023	0.524	0.071
古い—新しい	-0.144	-0.096	0.030	-0.801
陰気な—陽気な	-0.058	0.041	-0.494	-0.674
はっきりした—ぼんやりした	-0.388	0.389	-0.130	-0.149
各因子の解釈	量感因子	落ち着き感因子	なじみ感因子	鮮度感因子
二乗和	3.624	3.086	2.141	1.541
寄与率 (%)	21.316	18.154	12.595	9.064
累積寄与率 (%)	21.316	39.471	52.066	61.130



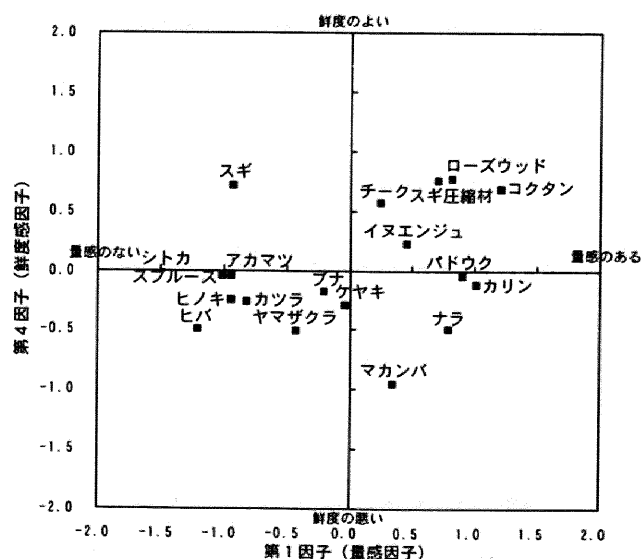
①各材種の第1因子 - 第2因子における布置図



②各材種の第1因子 - 第3因子における布置図

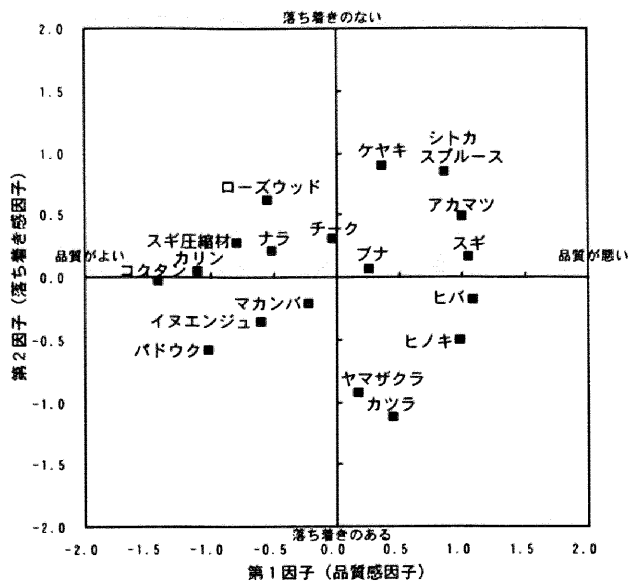
表 5-5 視覚・触覚実験の職業未経験者によるバリマックス
回転後の因子負荷量

評価項目	因子負荷量			
	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
軽い—重い	-0.846	0.020	0.122	-0.140
貧弱な—丈夫な	-0.833	-0.175	0.222	0.070
薄っぺらい—厚みのある	-0.821	0.089	0.050	-0.114
高級感のある—安っぽい	0.740	0.415	-0.020	-0.026
硬い—柔らかい	0.645	0.123	-0.461	-0.029
しっとりした—乾いた	0.569	0.407	-0.019	0.063
つるつるした—ざらざらした	-0.008	0.759	-0.097	-0.149
質のよい—質の悪い	0.473	0.565	0.177	-0.371
粗雑な—緻密な	-0.400	-0.558	0.126	0.270
落ち着きのある—落ち着きのない	0.390	0.556	0.258	0.288
なじみやすい—なじみにくい	-0.117	0.262	0.704	-0.083
暖かい—冷たい	-0.036	-0.041	0.701	0.059
弾力性のある—弾力性のない	-0.295	-0.157	0.605	-0.010
古い—新しい	0.292	-0.190	-0.059	0.743
陰気な—陽気な	0.269	0.118	-0.409	0.593
はっきりした—ぼんやりした	0.185	0.065	-0.110	-0.583
人工的な—自然な	-0.274	0.451	-0.487	0.189
各因子の解釈	品質感因子	落ち着き感因子	なじみ感因子	鮮度感因子
二乗和	4.274	2.258	2.177	1.648
寄与率 (%)	25.141	13.284	12.804	9.692
累積寄与率 (%)	25.141	38.425	51.228	60.920

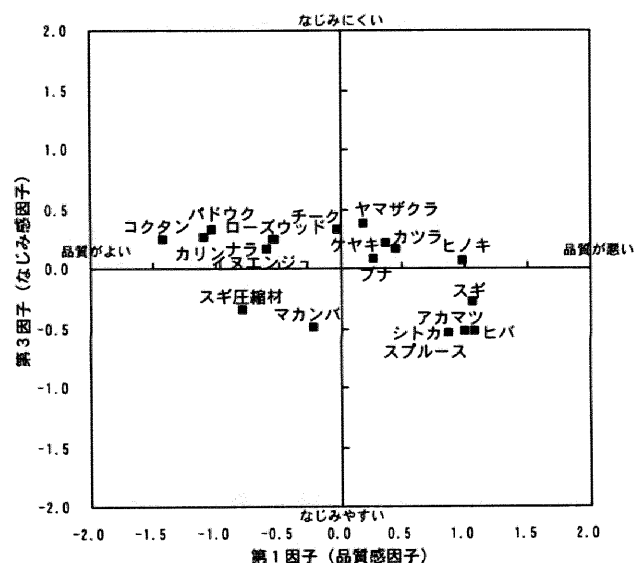


③各材種の第1因子 - 第4因子における布置図

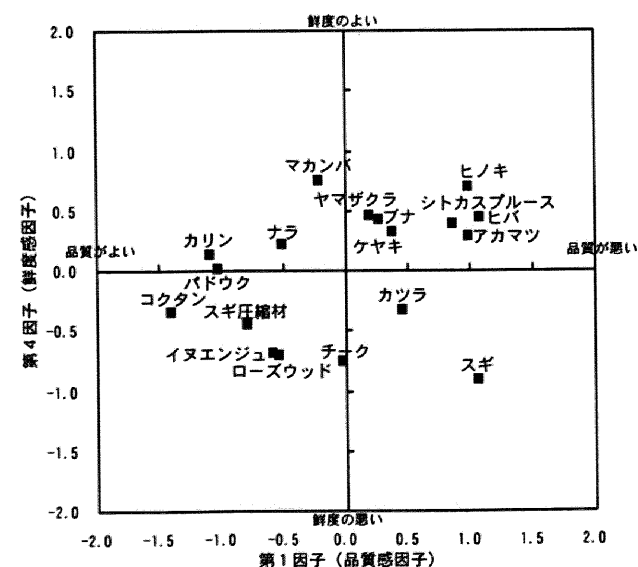
図 5-8 視覚・触覚実験における職業経験者の各材種の布置図



①各材種の第1因子 - 第2因子における布置図



②各材種の第1因子 - 第3因子における布置図



③各材種の第1因子 - 第4因子における布置図

図5-9 視覚・触覚実験における職業未経験者の各材種の布置図

5.3.4 スギ圧縮材とスギ材の感覚特性比較

5.3.4.1 全データによる因子分析結果

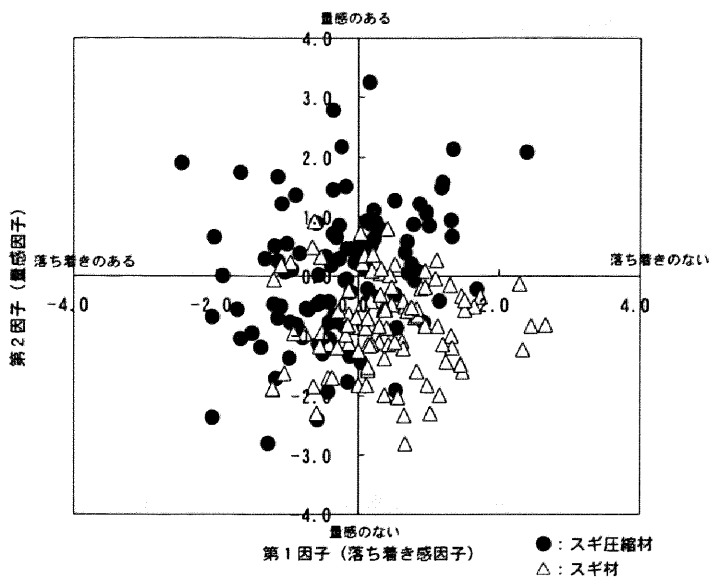
触覚実験および視覚・触覚実験の全データによる因子分析を行い、木材における感覚特性を左右する因子を明らかにした。バリマックス回転後の因子負荷量を表5-6に示した。因子数と固有値の減り方からみて4因子が適切であると思われる、累積寄与率は59.3%であった。各因子に命名した結果、第1因子は「落ち着き感因子」、第2因子は「量感因子」、第3因子は「なじみ感因子」、第4因子は「鮮度感因子」となった。これより、木材に対する感覚は、まず、落ち着いているかどうかという判断となることがわかった。さらに、量感といった木材の持つボリューム感、なじみあるいは鮮度の良し悪しといった判断基準が続く。

表5-6 全データによるバリマックス回転後の因子負荷量

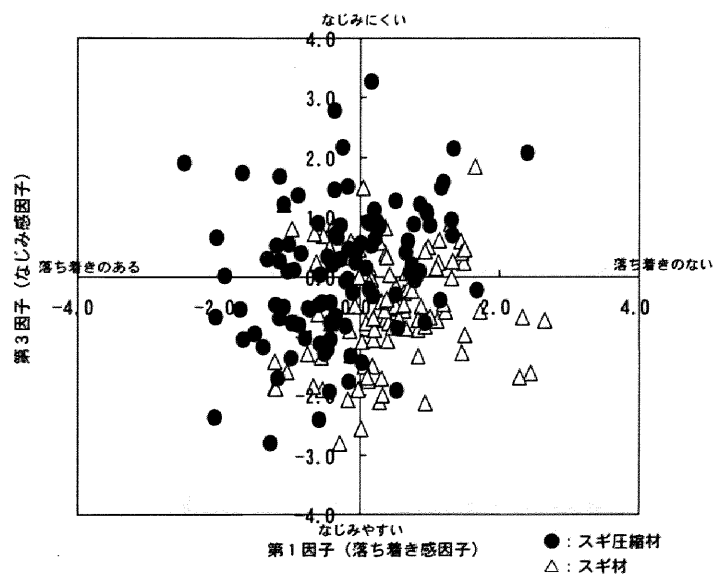
評価項目	因子負荷量			
	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
質のよい—質の悪い	0.733	-0.235	0.081	-0.246
高級感のある—安っぽい	0.695	-0.433	-0.075	0.029
つるつるした—ざらざらした	0.685	0.276	-0.223	-0.195
粗雑な—緻密な	-0.671	0.157	0.209	0.264
しっとりした—乾いた	0.651	-0.161	0.004	0.257
落ち着きのある—落ち着きのない	0.587	-0.272	0.247	0.309
軽い—重い	-0.176	0.753	0.213	-0.214
薄っぺらい—厚みのある	-0.099	0.749	-0.070	-0.153
貧弱な—丈夫な	-0.415	0.720	0.232	0.073
硬い—柔らかい	0.249	-0.597	-0.489	-0.044
暖かい—冷たい	-0.101	0.112	0.698	-0.009
なじみやすい—なじみにくい	0.212	0.084	0.684	-0.063
弾力性のある—弾力性のない	-0.069	0.236	0.648	0.069
人工的な—自然な	0.253	0.371	-0.605	0.023
古い—新しい	-0.196	-0.220	0.120	0.729
陰気な—陽気な	0.100	-0.064	-0.454	0.674
はっきりした—ぼんやりした	0.365	-0.230	-0.238	-0.293
各因子の解釈	落ち着き感因子	量感因子	なじみ感因子	鮮度感因子
二乗和	3.288	2.764	2.541	1.489
寄与率 (%)	19.343	16.590	14.947	8.757
累積寄与率 (%)	19.343	35.601	50.548	59.304

次に、スギ圧縮材とスギ材の感覚特性を比較し、圧縮成形を施すことによってどのような変化が生じたのかをみるために、因子得点の距離を求め、図5-10に示した。図中の●印がスギ圧縮材、△印はスギ材を示す。

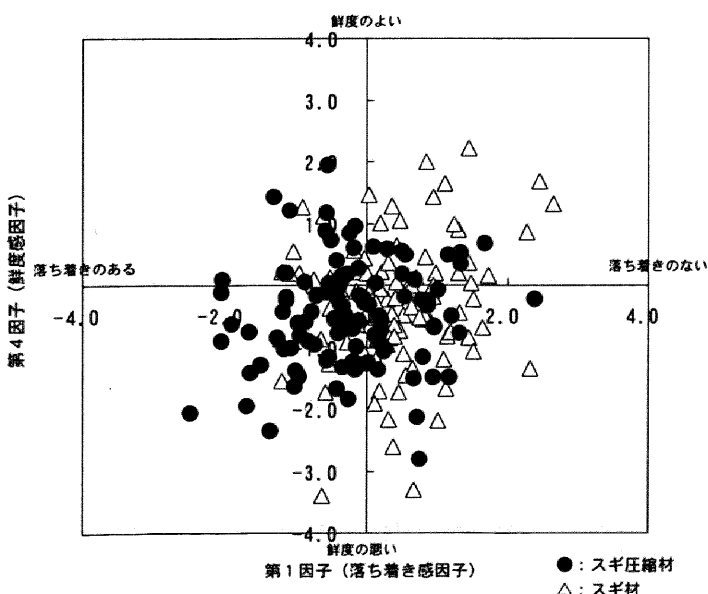
図5-10①は、第1因子の落ち着き感因子と第2因子



①第1因子 - 第2因子における布置図



②第1因子 - 第3因子における布置図



③第1因子 - 第4因子における布置図

図 5-10 全データによるスギ圧縮材とスギ材の布置図

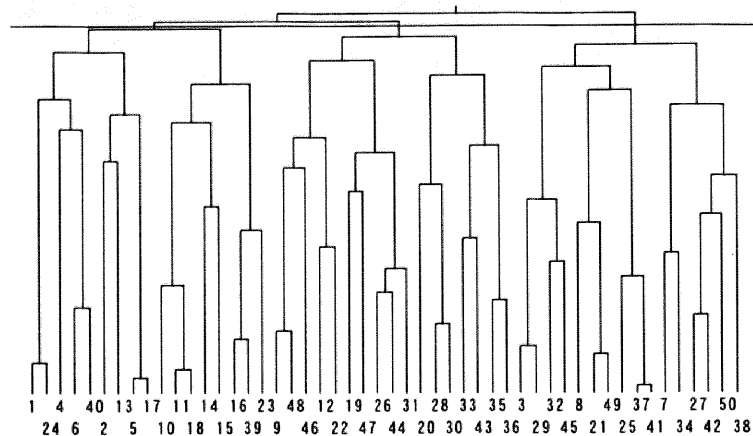
である量感因子による布置図である。これより、スギは落ち着きに欠け、量感に乏しいといった位置に多いが、スギ圧縮材の場合は、スギ材とは逆に落ち着きと量感がある位置に布置されている。図 5-10 ②は、第1因子の落ち着き感因子と第3因子であるなじみ感因子による布置図である。スギ材は落ち着きに欠けるがなじみやすいことがわかる。これに対し、スギ圧縮材は落ち着きはあるがなじみにくく、落ち着き感となじみ感においてもスギ材とは異なる位置となった。図 5-10 ③は、第1因子の落ち着き感因子と第4因子である鮮度感因子による布置図である。スギ材は、落ち着きに欠けるが、鮮度についてはばらつきがみられる。スギ圧縮材はスギよりは落ち着いていて鮮度感はどちらかというところとよくないといった位置にある。全体にばらつきが多いものの、やはりスギ圧縮材とスギ材はその位置を異にする布置となった。

以上より、スギ圧縮材はもとのスギ材が保有していたなじみ感と鮮度感は若干失われたものの、落ち着き感と量感を持つ材に変化した。スギ圧縮材は圧縮成形を施すことにより、スギ材とは異なる感覚特性を保有する材に変化したことが明らかとなった。

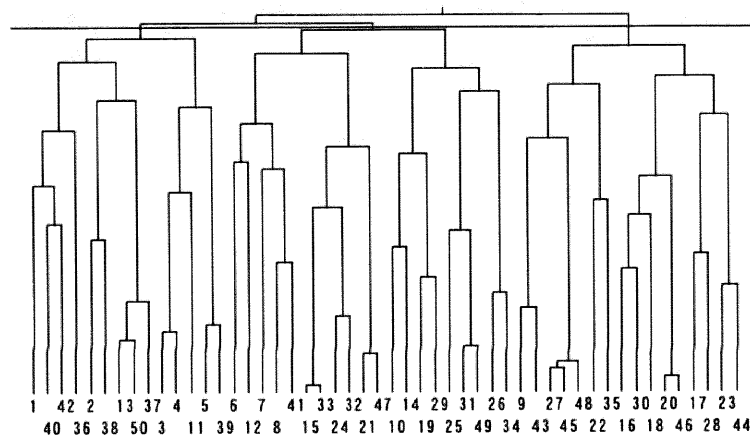
5.3.4.2 クラスタ分析による結果

被験者の全データによるクラスタ分析を行い[注7]、触覚および視覚・触覚それぞれにおいてスギ圧縮材がどの材種と近似した感覚特性を有するのかを確認した。触覚実験におけるクラスタ分析で得られた樹状図を図 5-11に、視覚・触覚実験による樹状図を図 5-12に示した。

図 5-11 に示した樹状図より、触覚によるクラスタ分析においては3グループとなり、第1グループでは、スギ、ヒノキ、ケヤキ、アカマツ、ヒバ、ブナ、シトカスプールの7材種が含まれた。ブナとケヤキ以外は針葉樹である。第2グループは、ナラ、ローズウッド、チーク、コクタンといった広葉樹材によるものとなり、スギ圧縮材はこのグループに含まれた。第3グループは、カ



①触覚実験における樹状図



②視覚・触覚実験における樹状図

図 5-11 クラスタ分析による樹状図

リン、イヌエンジュ、カツラ、マカンバ、ヤマザクラ、パドウクとなり、広葉樹材による集まりとなった。第2グループは、平均プロフィルにおいて、硬い、落ち着きがある、古いといった評価が共通した材種によるものである。第3グループは、平均プロフィルにおいて、硬い、弾力性がないといった評価が共通している。また、各材種の平均的な比重をみると、比重の重いコクタン（比重1.16）やローズウッド（比重0.85）[注8]は第2グループに含まれている。このことから、スギ圧縮材は、触ると硬くて落ち着きがあり、古い感じがする重い比重を持つ木材と近似した材であるといえる。

次に、図5-12に示した樹状図より、視覚および触覚によるクラスタ分析では、触覚によるクラスタ分析の結果と同様に3グループとなった。第1グループは、ケヤ

キ、マカンバ、ブナで、広葉樹材と針葉樹材が混在した。第2グループは、スギ、ヒノキ、アカマツ、ヒバ、シトカスプルス、カツラ、ナラとなり、カツラとナラ以外は針葉樹材となった。第3グループは、カリン、イヌエンジュ、ローズウッド、チーク、コクタン、ヤマザクラ、パドウクといった広葉樹材によるものとなり、スギ圧縮材はこのグループに含まれた。また、広葉樹材の多かった第1グループは、平均プロフィルからなじみやすい感覚が共通しており、スギ圧縮材の含まれる第3グループでは、平均プロフィルより、硬く丈夫で弾力性がないといった評価が共通した。

したがって、スギ圧縮材は、触覚および視覚・触覚といった感覚において、比重の重いコクタン、ローズウッド、チークと近似した材であることが明らかとなった。

5.4 考察

5.4.1 各材種の平均プロフィールに対する考察

図5-3～図5-5に示した各材種の平均プロフィールをみると、まず触覚実験における結果においては、針葉樹材と広葉樹材ではそれぞれのプロフィールが異なる傾向を示した。これより、針葉樹材および広葉樹材それぞれに共通する触覚があると推測できる。特に「硬さ」、「弾力感」、「重さ」、「丈夫さ」といった評価に対しては針葉樹材、広葉樹材それぞれにおいて共通しており、さらに、針葉樹材と広葉樹材では対称的な評価となっている。このことから、触覚に対する重要な感覚はこれら4項目であると考えられる。

広葉樹材のなかでは、ナラ、ブナ、チークの3材種があまり特徴を持たないという評価となり、他の材種とは若干異なる傾向となった。これらの材種は比重も近似しており、代表的な家具材といった点においても共通している。

スギ圧縮材においては、ナラ、ブナ、チークに似た傾向を示し、広葉樹材に類する評価を得たことがわかった。また、スギ圧縮材では、「硬い」といった評価が他の評価項目に比べて際立っており、これがスギ圧縮材の触った際の特徴であると思われる。

次に、視覚・触覚実験による平均プロフィールでは、やはり触覚実験と同様に針葉樹材と広葉樹材がそれぞれ異なるプロフィールを示した。触覚実験による平均プロフィールと比較すると、全体的に評価シート上において左右へ大きく動いている。これは視覚といった刺激が加わったことによってはっきりした評価が得られたからであると考えられる。ナラ、ブナ、チークに関しては際立った特徴を持たないプロフィールを示し、これも触覚実験の結果と同様であることがわかった。スギ圧縮材については、「硬い」、「丈夫な」、「重い」、「古い」が際立っており、なかでも「古い」は触覚実験においてはどちらでもないといった評価であったことから、視覚による評価が大きい

ことがわかる。

スギ圧縮材は圧縮成形の過程で、材色がもとのスギに比べて濃く変色する。スギの材色としては、心材は淡赤から黒褐色と濃い色であるが、辺材は白色で、見た目の材色としてはピンクがかった色に見える。これに対し、スギ圧縮材の見た目の材色は、圧縮工程を経たことにより、心材、辺材ともに褐色に変色した。これは、今回用いた黄褐色のチークや褐色のローズウッドと近似した材色であり、このことから広葉樹材と似たプロフィールが得られたと思われる。

触覚、視覚・触覚いずれの実験においても、スギ圧縮材は広葉樹材と似たプロフィールを示し、さらに、圧縮前のスギとは対称的な結果となった評価項目が多いことから、スギ圧縮材はスギとは異なる、広葉樹材に近似した感覚を持つ材に変化したといえる。

5.4.2 因子分析に対する考察

職業経験者による因子負荷量を、触覚実験と視覚・触覚実験（表5-2、表5-4）で比較すると、2種の実験において、「落ち着き因子」と「なじみ感因子」が共通であった。このことから、この2つの因子は触覚と視覚に共通する感覚であることがわかる。また、他の因子をみると、触覚実験では「自然感因子」が抽出された。これは視覚・触覚実験にはみられないため、触覚特有の感覚であるといえる。これに対し、視覚・触覚実験では、「量感因子」、「鮮度感因子」が抽出されたが、これらは触覚実験にはみられない。木材に発生する木目形状は様々であり、材色の色味も異なることから、これらが視覚に影響を及ぼして、触覚のみでは得られなかった感覚をもたらしたものと考えられる。

次に、職業未経験者による因子負荷量を触覚実験と視覚・触覚実験（表5-3、表5-5）で比較すると、職業経験者の場合と同様に、「落ち着き感因子」と「なじみ感因子」が共通であった。このことから「落ち着き感」、「な

じみ感」は職業経験の有無に関わらず、さらに、触覚と視覚に共通する感覚であることがわかる。また、「鮮度感因子」は2種の実験で共通しており、職業未経験者においては、触覚と視覚に共通する感覚であることがわかった。第1因子をみると、触覚実験では「鮮度感因子」であるのに対し、視覚・触覚実験では「品質感因子」となった。これは、視覚による判断が加わると先に述べた木目や材色、また、見た目のテクスチャーが影響し、「質の優劣」や「表面感」といった感覚が強く判断されることがわかる。また、職業未経験者による視覚・触覚実験で抽出された「鮮度感因子」は、職業経験者においても抽出されており、職業経験の有無に関わらず、共通した感覚であるといえる。

さらに、全データによる因子分析の結果からは(表5-6)、第1因子は「落ち着き感因子」、第2因子は「量感因子」、第3因子は「なじみ感因子」、第4因子は「鮮度感因子」となった。このことから、感覚の種類や職業経験に関わらず、木材を評価する感覚の因子は以上の4因子であることが明らかとなった。なかでも「落ち着き感」は木材の評価を左右する重要な因子であるといえる。

次に、各因子負荷量を縦軸と横軸におき、布置図を作成した結果より(図5-6～図5-9)、実験の種類の違い、あるいは職業経験の有無に関わらず、いずれの布置図においてもスギ圧縮材はカリン、チーク、ローズウッド、イヌエンジュ等の広葉樹材と近似した位置に布置された。これに対し、圧縮前のスギは針葉樹材と並んでスギ圧縮材とは相対する位置に布置された。

このことから、スギ圧縮材は広葉樹材に類する感覚特性を持つことが明らかとなった。

5.4.3 スギ圧縮材とスギ材の比較

前述した全データによる因子分析の結果から、スギ圧縮材がスギからどのように変化したのかを探った。その

結果、スギ圧縮材はもとのスギに比べて落ち着き感と量感を増した材に変化していることがわかった。また、その反面、なじみ感と鮮度感は若干スギより劣っていることも判明した。触覚では、スギはなじみやすく自然であるのに対し、スギ圧縮材はなじみにくく、人工的な感じである。また視覚を加えた触覚では、スギは落ち着きや量感に乏しく、品質が悪い感じであるが、スギ圧縮材は落ち着きや量感があり、品質もよいという対象的な結果となった。

5.5 まとめ

以上の結果より、スギは圧縮成形加工を施すと、硬い広葉樹材と似た触覚と視覚を持った木材に改質され、特に、チーク、ローズウッド、コクタンに近似していることが明らかとなった。

これまでに、スギ圧縮材の「硬さ」、「接着」、「曲げ」といった各力学的性質を明らかにしてきたが、これらの実験からも広葉樹材に匹敵する性質に改質した結果を得ている。力学的性質に加えて感覚特性においても同様の結果を得たことから、スギ圧縮材を硬質の広葉樹材並みに扱っても差し支えないものと考ええる。

注および参考文献

- 1) 感覚実験の被験者は職業経験者と未経験者とした。
今回の被験者の職業は、家具メーカーのデザイナーおよび木工職人、家具輸入商社の企画担当者、音響メーカーのデザイナー、ハウスメーカーのデザイナー、家具・木工に関する教育関係者といった職種の、いずれも現役および経験者である。
- 2) 阿部眞理、増山英太郎：スギ圧縮材と17種類の木材の感覚特性 -家具・建具づくりのためのスギ圧縮材の開発(4)-、日本デザイン学会デザイン学研究論文集、51, 4, 45～54、2004
- 3) 岩下豊彦：SD法によるイメージの測定 その理解と実施の手引、川島書店、1987
- 4) 増山英太郎：心に浮かぶイメージをはかる SD法の理論と応用、ISS産業科学システムズ、31～45、1996
- 5) 蓑谷千風彦：推定と検定のはなし、東京図書、150～153、1988
- 6) 菅民郎：多変量解析の実践 上、現代数学社、162～207、1993
- 7) 菅民郎：多変量解析の実践 下、現代数学社、180～194、1993
- 8) 宮本茂紀：原色インテリア木材ブック、建築資料研究社、78～81、120、1996

第6章 スギ圧縮材およびスギ圧縮突き板単板の製品への適用

6.1 はじめに

第2章において、スギ圧縮材およびスギ圧縮突き板単板による木質材の試作について述べた。本研究のはじまりは、スギ圧縮材をソリッド材として利用することを目的としており、その開発が主であった。次に、スギ圧縮材にスライス加工を施して、スギ圧縮突き板単板を製作し、これを用いてスギ圧縮材による木質材料を開発するといった試みを行った。このことにより、スギ圧縮材の効率のよい有効な利用が可能となると見込んでいる。

開発した木質材は、合板、集成材、積層材（LVL、以下LVL）である。合板はスギ圧縮突き板単板をラワン合板の表裏面に化粧貼りした「スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板」である。また、集成材は、心材にスギ材を用い、合板と同様に表裏面にスギ圧縮突き板単板を化粧貼りした、「スギ圧縮突き板化粧単板貼り集成材」である。さらに、スギ圧縮突き板単板を繊維方向に平行に積層し、LVLを製作した。LVLは通直LVLと湾曲LVLの2種類を製作し、その利用に幅を持たせた。

本章においては、無垢のスギ圧縮材とスギ圧縮突き板単板による木質材を、製品の部材として適用する方法を探るため、実際に家具、建具、内装用部材の製作を試みる。家具では脚もの家具および箱もの家具、建具では室内用ドア、内装用部材では床板、さらに、LVLの適用としては湾曲LVLを用いて成形合板による脚もの家具を試作し、設計に関わる要件や留意点について述べる。

6.2 脚もの家具「学校用机・いす」の試作

6.2.1 第1回目の試作

脚もの家具の試作にあたり、量産化を踏まえ、JIS規格により寸法の規定された「学校用机・いす」を選択した[注1]。その理由は、近年、東北、九州等の地方において、スギ、ヒノキ等の間伐材の有効利用の一環として学校用家具にそれらの木材を利用している例を見かける。また、学校の建物自体の内外装に木材を使用する、あ

るいは校内に木製の什器類を設置するなど、木材を積極的に導入する傾向があり[注2]、児童のために自然素材を重視した教育環境の提供は、教育面から見てもその効果は大きいと考えたからである。

学校用机・いすの試作は2度行っている。まず、第1回目の試作においては、無垢のスギ圧縮材のみによって各部品を製作し、構成した。試作した学校用机・いすの寸法は、JIS S 1021で規定された1号、3号、5号の3種類とした[注3]。

3号による学校用机・いすのセットを図6-1に、図6-2には寸法別の3種類をいす、机それぞれに示した。図6-3には第1回試作の机、図6-4にはいすのそれぞれの構造分解図を示している。

加工方法を述べる。まず、机であるが、机の脚、左右幕板、向幕板、貫、つなぎ貫、床すり棧、端嵌といったフレーム部材はスギ圧縮材で、圧縮後の断面寸法である幅100mm×厚さ50mmから、各部材の仕上がり寸法になるまで2次加工を施したものを用いた。

また、机の甲板については、スギ圧縮材の経時変化による寸法の挙動を把握するために3種類の構成を試作することとした。図6-5に3種類の甲板を示す。図6-5①は、幅30mmのスギ圧縮材を集成して甲板面をつくり、その廻りにスギ圧縮材による端嵌を施した構成のものである。②は、①と同様に無垢のスギ圧縮材を集成して甲板面をつくり、端嵌は施さない構成とした。この際、甲板の木目形状は板目のみ、柾目のみによる構成の2種類を試作した。③は、テーブル面には、甲板をメラミン化粧単板貼りとし、縁材には無垢のスギ圧縮材を用いた構成とした。なお、図6-1および図6-2に示した机は、甲板部分がスギ圧縮材の集成材による端嵌を施していない構成のものである。また、いすについては、脚（前後）、座枠（前後左右）、つなぎ貫、床すり棧といった部材すべてを机のフレーム部材と同様のスギ圧縮材と加工方法を用いて製作したが、背板は、スギ圧縮材による3プライ成



図6-1 スギ圧縮材による学校用机・いすの第1回試作品

部品番号	部品名	材料および加工法
①	甲板	スギ圧縮材による集成板
②	端板	スギ圧縮材
③	向幕板	
④	幕板	
⑤	側板	ラワン合板
⑥	脚	スギ圧縮材
⑦	貫	
⑧	つなぎ貫	
⑨	床すり機	
構造	だぼ構造（一部緊結金具使用）	
仕上	ポリウレタン透明塗装	

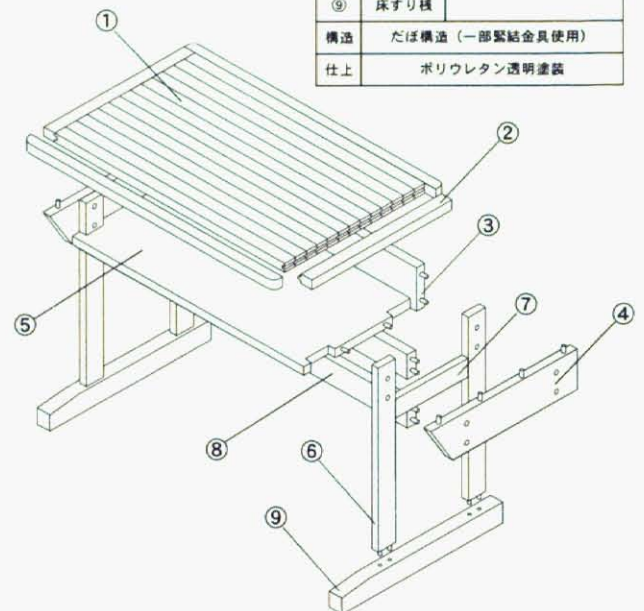


図6-3 第1回試作の学校用机（図6-1）の構造分解図



部品番号	部品名	材料および加工法
①	座板	スギ圧縮材
②	座枠（前後左右）	
③	脚（前後左右）	
④	つなぎ貫	
⑤	床すり機	
⑥	背板	スギ圧縮材3プライ成形合板
構造	だぼ構造	
仕上	ポリウレタン透明塗装	

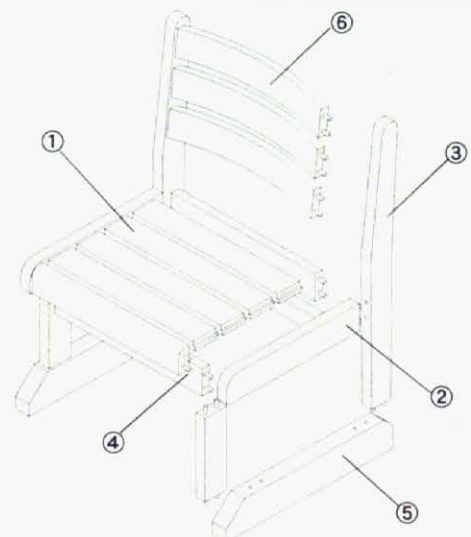


図6-4 第1回試作の学校用いすの構造分解図



図6-2 5号、3号、1号の学校用机・いすの第1回試作品

形合板により製作した。

試作の結果、机については、図6-6に示すように、スギ圧縮材の集成板に同材による端嵌を施した甲板では、集成したスギ圧縮材の矧ぎ目に収縮による裂け目が発生した。これは、冬期の暖房による乾燥した室内に適應できなかったためで、スギ圧縮材の加工時点での含水率の把握に問題があったと思われる。また、机・いすともに、フレーム部材の加工段階で表面硬化したスギ圧縮材を小割りにしたため、内部応力のバランスが崩れて変形したと思われる現象があり、これに対する改良の必要が出てきた。改良の方法については、第2章2.2.1項においても述べたとおり、スギ材を圧縮する際に製品の各構成部



図6-6 端嵌をした甲板の矧ぎ合わせ部分の変形

品の仕上がりによりできるだけ近い寸法まで圧縮し、2次加工を最小限とする方法をとった。この改良方法を実践した第2回目の試作による学校用机といすについて次項で述べることとする。

①端嵌を施したスギ圧縮集成材による甲板



②端嵌を施さないスギ圧縮集成材による甲板



③メラミン化粧単板貼りによる甲板

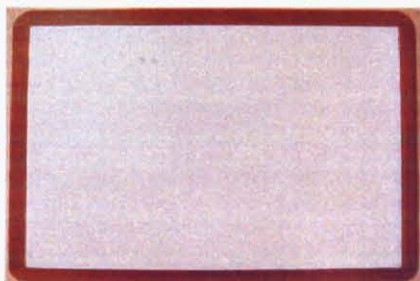


図6-5 第1回試作の学校用いすの構造分解図

6.2.2 第2回目の試作

第2章2.2.1項において述べた改良方法を踏まえて、学校用机・いすの第2回目の試作を行った。試作した机・いすを図6-7に示す。また、机の正面および棚口側を図6-8、いすの正面を図6-9に示した。



図6-7 スギ圧縮材およびその突き板単板による学校用机・いすの第2回試作品



学校用机正面

学校用机開口側

図6-8 学校用機の正面および開口側



図6-9 学校用いすの正面

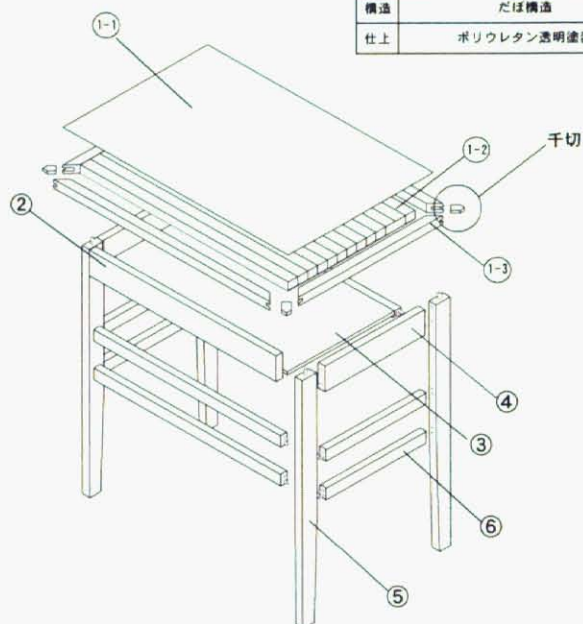


図6-10 第2回試作の学校用機の構造分解図

改良を加えた点は、部材の適性な含水率とスギ圧縮材の2次加工を極力少なくした点にあり、部材の仕上がりに近い寸法に圧縮成形して材の寸法安定性を図り、変形を防いだ。また、第1回目の試作では、すべて無垢のスギ圧縮材を用いたが、第2回目の試作においては、第2章でその製作方法について述べた、スギ圧縮突き板単板の適用を試みた。

図6-10には机、図6-11にはいすのそれぞれの構造分解図を示した。まず、机の甲板部分は厚さ0.8mmのスギ圧縮突き板単板をラワン合板に化粧貼りした、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板を用いた。このことにより、第1回目の試作で起きた集成材の矧ぎ合わせ部分に生じた裂け目を防ぐことができた。甲板以外の構成部材はすべて無垢のスギ圧縮材を用いたが、これについても第1回目の試作でみられた加工時の材の変形を避けるため、仕上がり寸法に極力近い寸法にまで圧縮成形したスギ圧縮材を使用した。このことにより、材の変形は起こらず、安定した製品の製作が可能となった。

部品番号	部品名	材料および加工法
①	甲板（スギ圧縮材による集成板）	
1-1	化粧単板	スギ圧縮突き板単板
1-2	基材	スギ材によるランバーコア
1-3	差し縁	スギ圧縮材
②	向幕板	スギ圧縮材
③	樹板	
3-1	樹板前縁	スギ圧縮材
3-2	樹板	ラワン合板
④	側板	スギ圧縮材
⑤	脚（前後）	
⑥	貫	
構造	だば構造	
仕上	ポリウレタン透明塗装	

部品番号	部品名	材料および加工法
①	座板	スギ圧縮材
②	座枠 (前後左右)	
③	脚 (前後)	
④	貫	
⑤	つなぎ貫	
⑥	背板	スギ圧縮材3プライ成形合板
構造	だば構造	
仕上	ポリウレタン透明塗装	

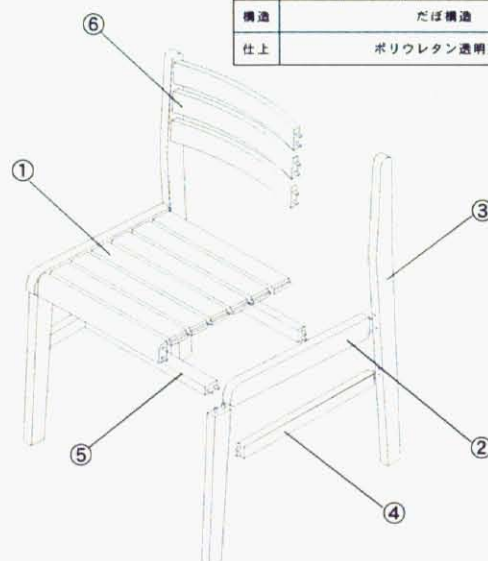


図6-11 第2回試作の学校用いすの構造分解図

いすについては、無垢のスギ圧縮材を用いたが、これも机の甲板以外の部材と同様の加工方法を採用した結果、材の変形等はみられなかった。

また、デザイン面での改良は、圧縮前のスギに比べて、各力学的性質が向上した結果を踏まえ、一次試作よりも一層の軽量化を図るため、床すり枠をなくし、さらにフレーム部材をよりスリムに構成したことにより、重々し

さを感じさせない、洗練されたデザインとなった。

なお、塗装は、圧縮成形によって変色した褐色を生かすため、ポリウレタン透明塗装とした。

6.3 箱もの家具「家庭用サイドボード」の試作

箱もの家具は、試作の対象として家庭用サイドボードを選んだ。図6-12には、サイドボードの①正面、②背面



サイドボード正面



サイドボード背面

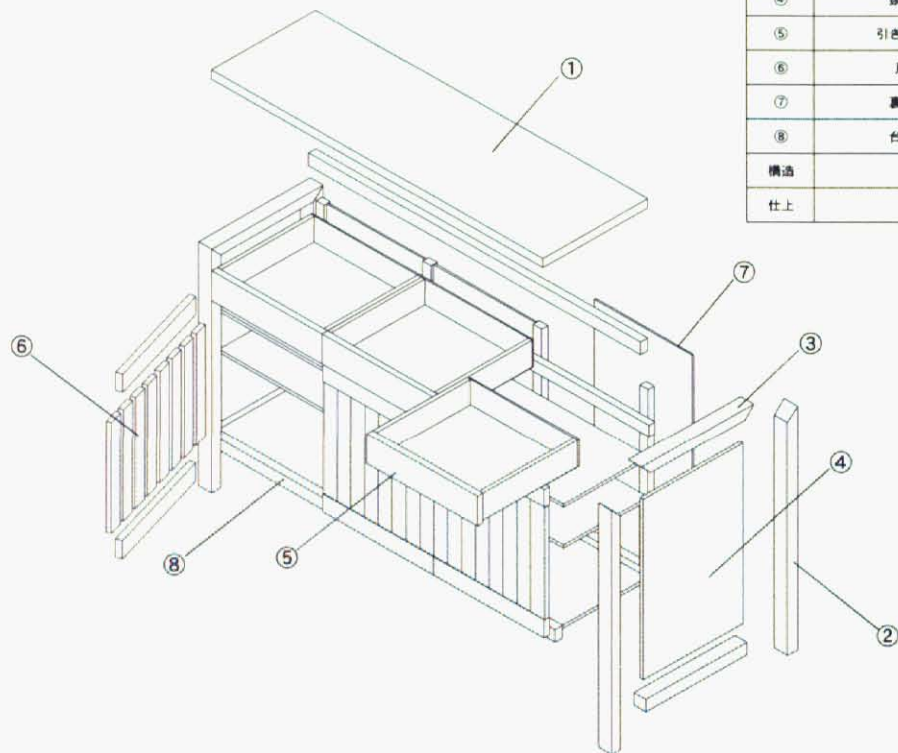


サイドボードの引き出しと前扉を開けた状態

図6-12 試作した家庭用サイドボード

および③正面の引き出しと前扉を開けた状態と、各面と状態ごとに示した。

図6-13にはサイドボードの構造分解図を示した。



部品番号	部品名	材料および加工法
①	天板	スギ圧縮突き板化粧単板貼り集成板
②	框（縦横）	スギ圧縮突き板化粧単板貼り集成材
③	横（上下）	
④	鏡板	スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板
⑤	引き出し	
⑥	扉	スギ圧縮材
⑦	裏板	スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板
⑧	台輪	
構造	だぼ構造	
仕上	ポリウレタン透明塗装	

図6-13 家庭用サイドボードの構造分解図

サイドボードも第2回目試作の学校用机・いすと同様に、無垢のスギ圧縮材とその突き板単板を構成部材の役割に応じて使い分けた。

引き出しは、使用による経年変化に伴う材の変形や狂いに対処するため、厚さ0.8mmのスギ圧縮突き板単板を化粧貼りした合板を用いることとした。

サイドボードの天板には、スギ突き板化粧単板貼り集成板を、框、横といったフレーム部材はスギ突き板化粧単板貼り集成材を使用した。側板の鏡板、引き出し、裏板、台輪には、ラワン合板を基材としたスギ圧縮突き板化粧単板貼り合板を使用した。サイドボードの顔とな

る前扉にはスギ圧縮材を用いた。

このサイドボードのデザインについて述べる。サイドボードはカウンター式となっており、正面および背面の両面から使用できるよう配慮したものである。

また、スギ圧縮材は、圧縮成形したことによって緻密な杔目が得られるが、これをサイドボードの表面に配し、全体の直線的な構成に通直な木目を加えて清楚なイメージを醸し出すデザインとした。塗装は、学校用机・いすと同様に、スギ圧縮材の生地を生かしたポリウレタン透明塗装を施した。このサイドボードの試作の結果、精度を要する製品に対してもスギ圧縮材を適用させるこ

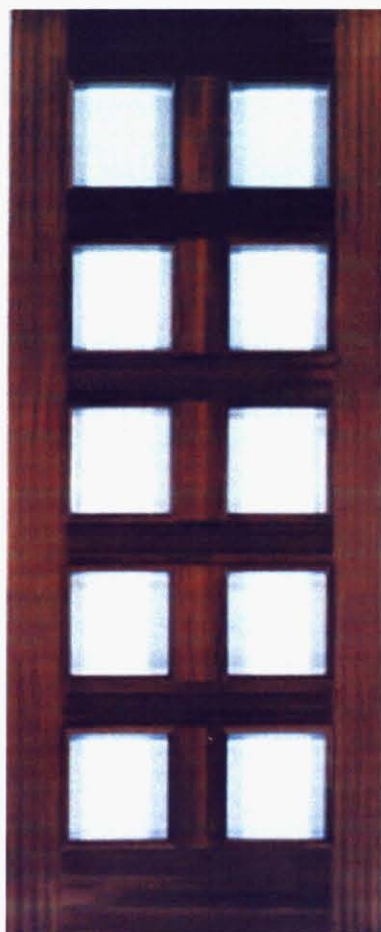
とが可能であると判断することができた。

6.4 建具「室内用ドア」の試作

木製建具は、建物の外廻りに関わる外装用建具と建物内部に関わる内装用建具に大別できる。このうち、内装用建具は、各室どうしの間仕切りや窓、廊下等への開閉の役割を持つ。その種類は、形態においては戸と窓、開閉形式では開き戸(ドア)、引き戸等、また、工法の違い

によっては框戸、栈戸、フラッシュ戸等に分類できる[注4]。内装用建具の主な材料として、やはり木材があげられる。障子の框や栈材やふすまの縁材には、ヒノキ、スギ、ヒバ等の針葉樹材が主として用いられる。開き戸であるドアにも一般的には針葉樹材が用いられるが、重量感や堅牢さを求める場合には広葉樹材を用いることがある[注5]。今回は、スギ圧縮材を使った工法や開閉形式の違いによる室内用のドア2種および引き違い戸1種を

①から戸風ガラス戸



②フラッシュ戸



③引き違い戸

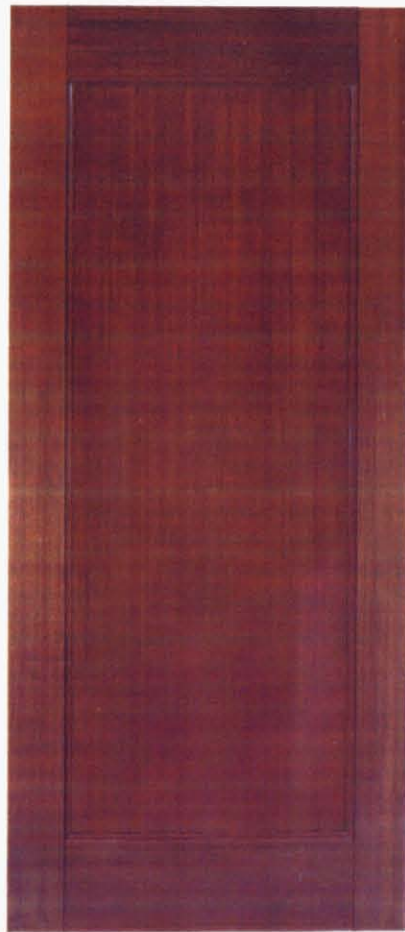


図6-14 試作した室内用ドア3種

試作した。図6-14に試作した建具3種を示す。①はガラス板をはめ込んだ框戸「から戸風ガラス戸」、②はフラッシュ戸、③は引き違い戸である。今回試作した建具は3種類ともスギ圧縮突き板単板を化粧貼りした合板および集成材によって製作した。

図6-15には各ドアの構造分解図を示した。①から戸風ガラス戸の框、棧、束は、スギ圧縮突き板化粧単板貼り集成材である。集成材の基材はスギ材を使用している。

鏡板にはガラス板を使用し、圧迫感を抑えたデザイン

とした。また、ドア枠組内側には、ガラス押さえを兼ねた額縁を配したが（図6-16）、これらには無垢のスギ圧縮材を用い、ぎんなん面に加工して高級感を出した。②フラッシュ戸は、スギ集成材によるフレームコアにスギ圧縮突き板単板で化粧した合板を貼り合わせた構造である。化粧単板は、圧縮加工によって得られた緻密な柃目を用い、シンプルな中にも高級感が漂うデザインとした。③引き違い戸を構成する框、棧の材料は、①から戸風ガラス戸と同様である。鏡板には、ラワン合板にスギ

①から戸風ガラス戸

部品番号	部品名	材料および加工法
①	框（左右）	化粧材：スギ圧縮突き板単板 基材：スギランバーコア
②	棧（上下）	
③	中棧	
④	束	
⑤	鏡板	透明ガラス（厚さ5mm）
⑥	額縁 （ガラス押え）	スギ圧縮材

②フラッシュ戸

部品番号	部品名	材料および加工法
①	框（左右）	スギランバーコア
②	棧（上下）	
③	中棧	スギ小割材
④	表面材	化粧材：スギ圧縮突き板単板 基材：ラワン合板

③引き違い戸

部品番号	部品名	材料および加工法
①	框（左右）	化粧材：スギ圧縮突き板単板 基材：スギランバーコア
②	棧（上下）	
③	鏡板	化粧材：スギ圧縮突き板単板 基材：ラワン合板
④	額縁	スギ圧縮材

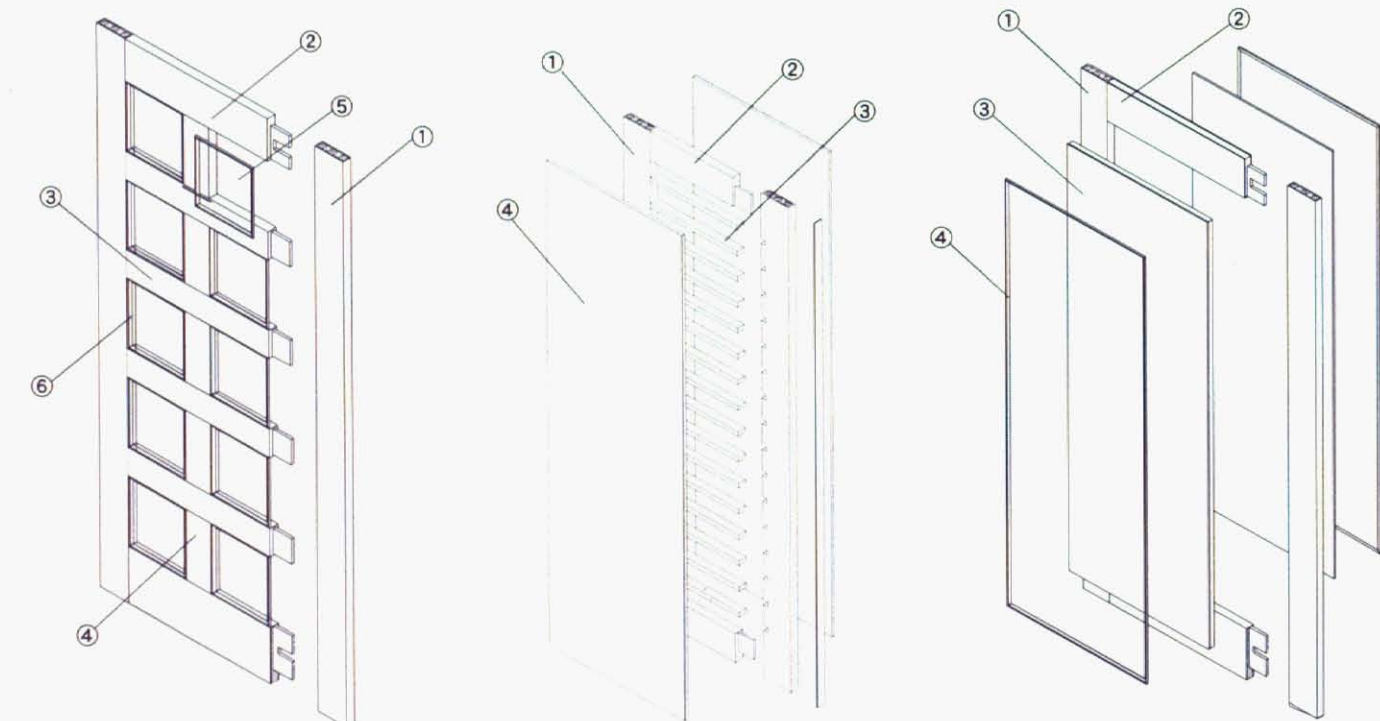


図6-15 室内用ドア3種の構造分解図

圧縮突き板単板を化粧貼りしたものを用いた。今回はこれらの部材すべてに柾目を配すことで緻密な高級感を出した。しかしながら、鏡板に板目を配せば、柾目とはイメージが異なり、また、板目の形状の違いによってそれぞれの嗜好や意匠に合わせた選択が可能となると考える。また、①と同様に、スギ圧縮材による鏡板押さえを兼ねた額縁を取り付けた。なお、塗装は、3種ともポリウレタン透明塗装とし、スギ圧縮材の材色を生かした。

これら室内用ドア等の試作を通して、スギ圧縮材の建具への適用はもとより、額縁等も含めた指物部材への適用も可能であることが明らかとなった。



図6-16 ドア枠内側のぎんなん面に加工された額縁

6.5 内装用部材「床板」の試作

内装用部材の一部として床板を試作した。試作した床板は、大きく分けて2種類である。1種類目は無垢床板と呼ばれる単層フローリングで、もう1種は厚単板化粧貼り床板と呼ばれる複合第1種フローリングである[注6]。

まず、試作した単層フローリングは、厚さ18mm、幅64mmの無垢のスギ圧縮材を使用し、集成タイプのフローリングボードとしたものである(図6-17)。床板の断面図を図6-18に示す。床板表面の木目形状は板目とした。その理由は、現段階での圧縮成形用型では、出来上がった

スギ圧縮材の柾目幅の上限が50mmであるため、無垢床板には適用が難しい。このため、今回の試作では板目のみの製作とした。1枚の床板の製作方法は、幅100mm、厚さ50mmに圧縮成形されたスギ圧縮材を幅と厚さを前述した寸法まで切削加工した。乾燥の不備もあり若干寸法に狂いが生じた。



図6-17 スギ圧縮材による無垢床板(板目貼り)

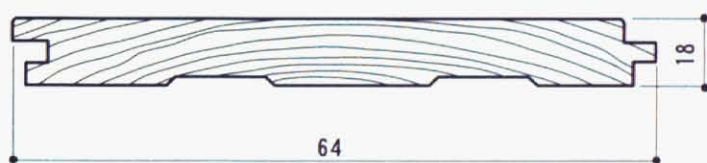
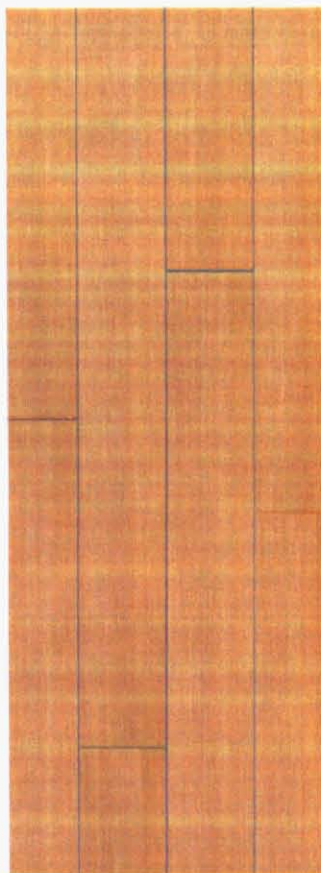


図6-18 無垢床板の断面図

そこで、スギ圧縮突き板単板の適用を試みることにし、複合第1種フローリングを試作した。図16-19には試作した複合第1種フローリングを、また、図16-20にはその断面図を示した。この床板は、厚さ0.8mmのスギ圧縮突き板単板を、厚さ12mm×幅300mm×長さ1800mmのラワン合板の表面に接着したもので、木目形状別に3

① 柎目貼り



② 板目貼り



③ 板目、柎目、追い柎混合貼り

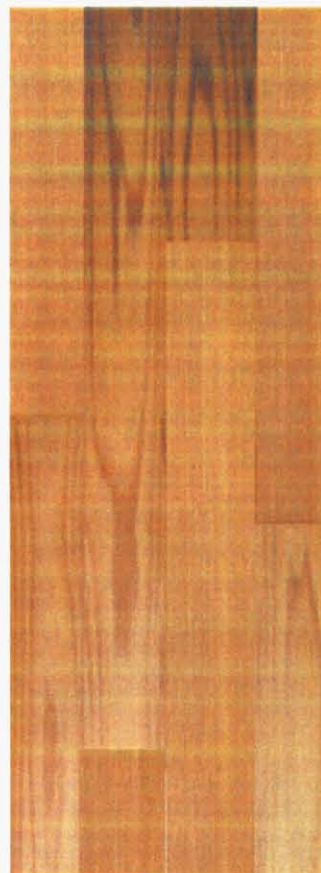


図6-19 スギ圧縮突き板単板による厚単板化粧貼り床板

種類製作した。図6-19の①は柎目による構成、②板目による構成、③柎目、板目、追い柎を混合した構成のものである。スギ圧縮突き板単板の場合は矧ぎ合わせることが可能であるため、無垢床板とは異なり、3種類の木目形状による構成を試作することが出来た。塗装は、最近では、シックハウス症候群や自然志向により、塗装を施さない床板も見受けられる[注7]。しかし、特にスギ圧縮突き板単板に関しては、第4章4.4項で述べたように、未塗装の場合、摩耗性能に対しての不安を残した。しかし、塗装を施せば実用の可能性を示唆したため、今回の床板の試作ではウレタン塗装を施すこととした。また、

スギ圧縮材の褐色を生かすため、クリアウレタン塗装としている。なお、床板の長さは1800mmであるが、誌面の都合上、長さ方向を省略して掲載した。図6-20には試作した床材の断面形状を示した。

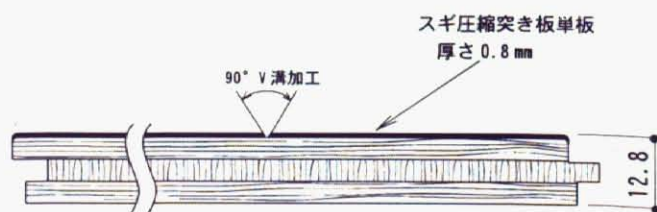


図6-20 厚単板化粧貼り床板の断面図

6.6 成形合板家具「ダイニングチェア」の試作

スギ圧縮突き板単板を用い、成形合板家具としてダイニングチェアの試作を行った。試作したダイニングチェアの正面および背面形状を図6-21に示した。

試作したダイニングチェア部品の単板の構成は、第4章4.5項に示した、スギ圧縮突き板単板による湾曲LVL

に対する曲げ強度を測定した結果をもとにしている。この実験により、「スギ圧縮突き板単板による湾曲LVLはブナ突き板単板と同等の強度を保有する」といった結果を踏まえたものである。

今回の成形合板家具の製作は、株式会社天童木工[注8]の協力を得、同社が製造・販売しているダイニングチェアT-5660型の成型型により試作したものである。

図6-22にダイニングチェアの構造分解図を示した。構成部材は前後の台輪以外すべて成形合板によるものとした。今回は、積層材の表面層(表裏)にはスギ圧縮突き板単板を、中心層にはスギ突き板単板を配したものを使用した。塗装は、生地の色を生かしてダークブラウンのウ



図6-21 スギ圧縮突き板単板によるLVLを用いた成形合板家具(ダイニングチェア)

部品番号	部品名	材料および加工法
①	脚（左右）	スギ圧縮材成形合板
②	座面	座板および背板：ブナ材成形合板 シート：フォームラバー、 ポリウレタンフォーム、布地
③	背もたれ	
④	座枠（前後左右）	ブナ材
⑤	笠木	
構造	だば構造	
仕上	ポリウレタン塗装（着色：ダークブラウン）	

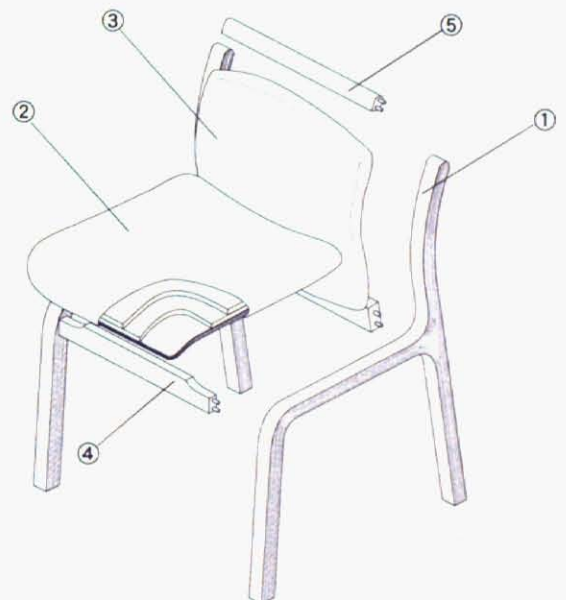


図6-22 ダイニングチェアの構造分解図

レタン塗装を施し、高級感を出した。スギを中心層に配した積層については曲げ試験を実施したが、強度には何ら影響を及ぼさないことが確認されている。また、実際の製造技術により製作したことで軽量化と生産コストの削減が実証された。このようにスギ圧縮突き板単板による積層材が製作できれば、成形合板家具への適用が可能となり、スギ圧縮材の利用の幅が広がり、低質木材の高級の産業工芸的利用が大きく進むものと考えられる。

6.7 ヒバ圧縮材による楽器「シロフォン」の試作

木材の物理的性質のひとつとして音響性の良さがあげられるが、その性質を生かし、木材を主材とした楽器が生産されている。木材を主材とした楽器には、管楽器や打楽器等がある。打楽器のなかでもシロフォン(木琴)の音板は、一部はプラスチック(FRP)製や金属製のものもあるが、その多くは伝統的に木材を用いている。

圧縮木材は、第3章において述べたように、圧縮成形を施すことによって、広葉樹材に近似した力学的性質を保有することが明らかとなっている。このことを踏まえると、力学的性質だけでなく物理的性質である音響的性質も近似しているのではないかと推測される。

そこで、音響実験を実施し、実際にシロフォンの音板を製作してその性質を明らかにし、製品化の可能性を探った。

6.7.1 シロフォンの現状

シロフォンの音板に使用されている樹種としては、カリン、ローズウッド、アフリカンパドウク等があるが、硬く余韻のある音を出すことに適した木材が用いられている。なかでもホンジュラス産のローズウッドが最良とされている。

シロフォンは、小・中・高校のクラブ活動等でも使用されているが、練習の激しいところでは、マレットの打撃によって3~4ヶ月で木部破壊が生じ、正確な音が出

にくくなって廃棄され、新しい音板に交換される現状があるが、これらの木材は熱帯雨林の広葉樹で世界的に見ても非常に不足しており、しかも極めて高価な高級木材である。このことから、他の樹種による代替品を開発し、カバーすることが課題になりつつあった[注9]。

6.7.2 ヒバ圧縮材による新しい音板の開発

6.7.2.1 これまでの音板の製作方法

シロフォンの音板は、前述した樹種の木材を木取りし、自然乾燥、人工乾燥を施し、含水率4~8%としたものをコードごとに決められた寸法(幅、厚さ、長さ)に加工し、音の調律工程に入る。調律は、図6-23に示すように音板の裏側を少しずつえぐり加工を施し、そのたびにストルブピッチテスターで計測して音を整えていくが、最終的には熟練者の耳によって決定される。なお、各音は、音板の長さ、厚さ、裏側のえぐり加工の削り具合で決定され、長さは長いほど、厚さは薄いほど、また、裏側を深く削るほど低い音となる。図6-24はスクール用の37鍵普及型シロフォンである。音板材はカリン材、フレーム部材は塗装を施した金属を用いている。



図6-23 えぐり加工により調律された音板裏面



図6-24 スクール用37鍵シロフォン[注10]

6.7.2.2 ヒバ圧縮材による新しい音板試作と音響実験

圧縮木材による新しい音板をつくるにあたって、これまで用いられてきた樹種の代わりを、比較的豊富にある低質の国産針葉樹材から導き出せないものかと思い、樹種と圧縮比率を変えて音響実験用の試験片を製作した。試験片となる樹種の選択にあたっては、事前にシロフォ

ン調律のプロに、ヒバ材による1/2および1/3圧縮材、スギ1/2圧縮材、ホウノキ1/2圧縮材についてその音質を聴き分けてもらい、音板材として使用の可能性があるかと判断されたヒバ材による1/2および1/3圧縮材をカリン材による音板と比較することとした。音響実験で得られた音の減衰波形の結果を図6-25に示す。

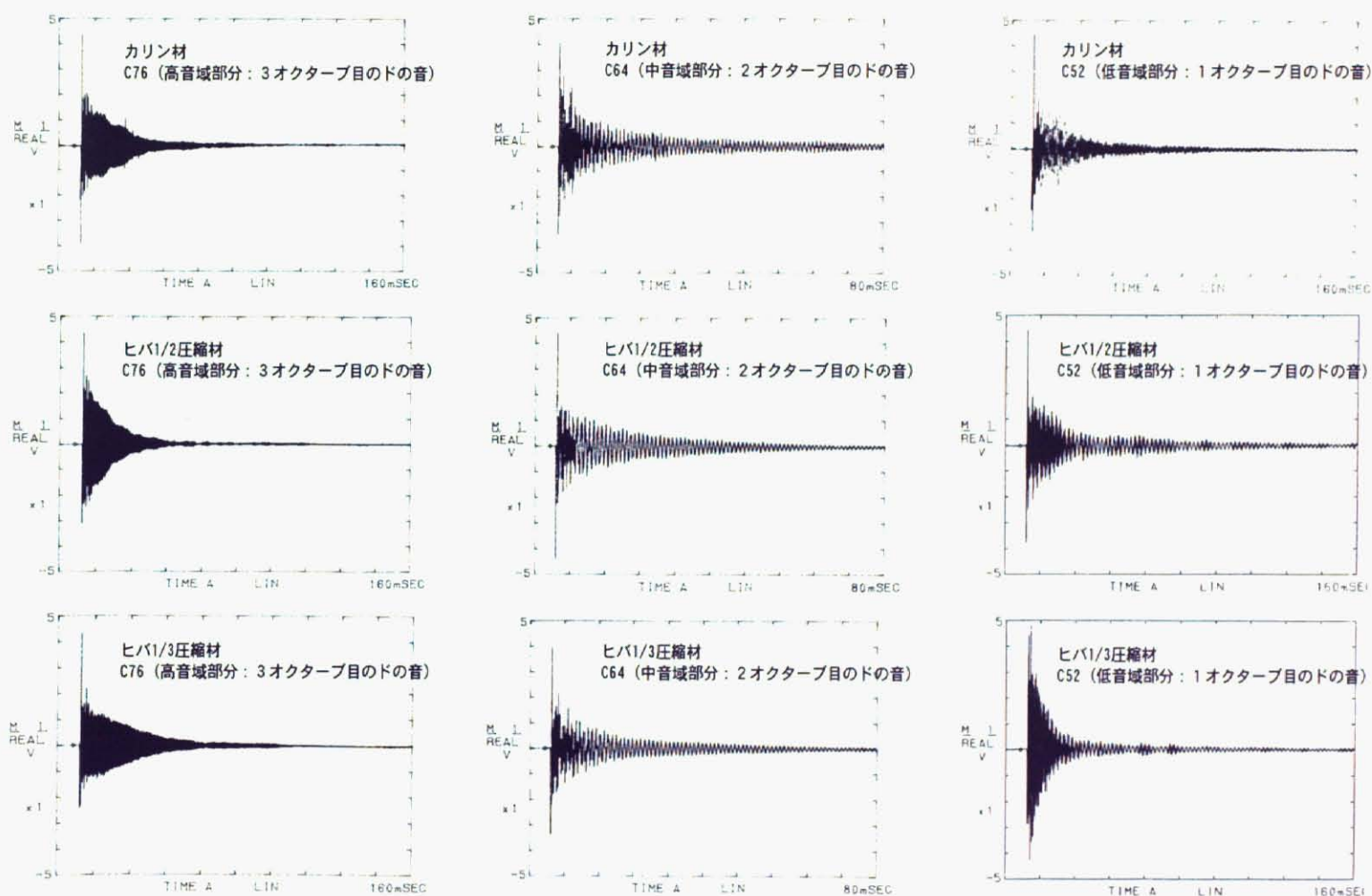


図6-25 マレットの打撃による音板の音の減衰波形：カリン材、ヒバ1/2圧縮材、ヒバ1/3圧縮材

試験片の断面寸法は、幅35mm、厚さ18mmで、長さはそれぞれの音のコードに対応しており、調律済みのものであるが、今回は、低音域部分として1オクターブ目のドの音(C52)、中音域部分として2オクターブ目のドの音(C64)、高音域部分として3オクターブ目のドの音(C76)、の3音を選択し、それぞれ5本ずつ用意した。

実験では、音板に開けられた音の支点でもある2ヶ所の紐穴部分を糸で吊り、音板の中央をゴム製のマレットで打撃し、FFTアナライザー(Fast Fourier Transform: 周波数分析器)を用いて音の減衰時間を測定した。その結果、高音域部分(C76)に関してはヒバ1/3圧縮材が、低音域部分(C52)に関してはヒバ1/2圧縮材がカリン材に近い値を示し、音板材としての適性が見られた。このことから、低音域部分には1/2、高音域部分には1/3と圧縮率を変えた材を混在させて音板を構成した方が良いことがわかった。また、測定の結果、同じ樹種でも測定値に若干のばらつきがみられたが、これは異なる原木から木取りしたり、同じ木でも木取りした部分が異なるなど、木質の条件が同様でないためと考えられる。さらに、今回の測定では、ヒバ1/2圧縮材は板目面、ヒバ1/3圧縮材は柃目面を打撃面とした音板を用い

たため、この差が測定値に影響した可能性もあり、今後はこの点についても検討する必要があると思われる。

これまでは、圧縮成形する樹種はスギを対象としてきたが、ヒバにおいても圧縮成形による改質効果が得られたことから、幅広い国産針葉樹材の高度利用が期待されるものとする。

なお、今回のシロフォン用音板の製作は、木琴の開発・製造および販売メーカーである株式会社齊藤楽器製作所面的な協力を得て行われたもので、調律および音質の最終確認工程についても同社所属の熟練技術者によって実施された。

6.7.3 家庭用シロフォンの試作

圧縮加工による新しい音板開発を契機として、学校のクラブ活動用やコンサート用の他に、これまで極めて希薄であった一般家庭用の普及品にターゲットを絞ったシロフォンの製作を試みた。試作したシロフォンを図6-26に示す。ピアノやギターなどと同じように気軽に演奏してもらうため、規格はシロフォンのベーシックモデルであるC52~C88の3オクターブ、37鍵の音板を採用した(図6-27・中央)。シロフォンの構成部材は図6-27に示



図6-26 試作したシロフォンの外観



図6-27 シロフォンの構成部材（ノックダウン方式）中央が37鍵の音板



図6-28 前板および側板に施した飾り縁

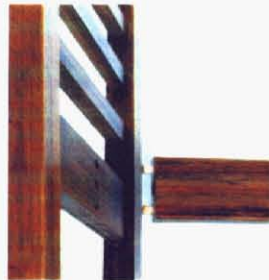


図6-29 脚部フレームと貫の接合部分

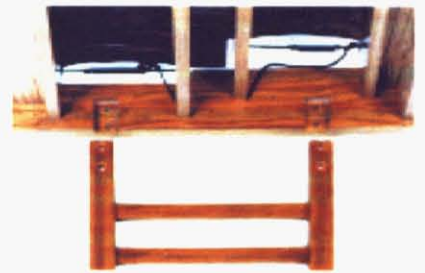


図6-30 脚部フレームと音板フレームの接合部分

すとおりであるが、以下、各部材ごとに説明を加える。シロフォンの音板を支えるフレーム部材は、これまで折り畳み式の金属パイプが多く用いられてきたが、居間などに置かれることを考え、インテリア性を重視した暖かみのある家具的な要素を持たせることを目的に、スギ材の1/2圧縮材を用いることとした。

脚部の形状は、低音域部分および高音域部分での演奏者の動きを考慮し、脚が邪魔にならないようテーパを付けたが、全体のデザインは、スギの持つ通直な木目を生かし、直線を主体としたシンプルな構成となっている。また、本体の前板および左右の側板に、スギとブナの単板に染色を施して積層させた飾り縁（図6-28）をはめ込み、そのアクセントラインで親しみやすさと軽快さを加えた。さらに、コンパクトな梱包を考慮して、音板フレームと脚部および貫の連結はノックダウン方式とした。図6-29には脚部フレームと貫の接合を、図6-30には音板フレームとの接合方法をそれぞれ示した。

なお、塗装は、これまでの製品の試作と同様にクリアウレタン塗装を施し、圧縮工程によって変色した褐色を生かすように仕上げた。

6.8. まとめ

第2章において述べた圧縮成形方法により製作したスギ圧縮材と、同章で述べたスギ圧縮材によるスギ圧縮突き板単板というエレメントを用いた木質材を、適材適所に配して家具・建具、楽器等の部材を試作し、実用化の可能性を探った。

その結果から、スギ圧縮材の実用化を進める過程を通して得られた事項について以下に記す。

また、今回の試作で得られたスギ圧縮材の木製品適用へのフローを図6-31に示した。

1) スギ圧縮材を集成して、机の甲板等に用いる場合は、圧縮加工後に自然乾燥、人工乾燥を施し、使用目的に対応した含水率とした上で部材の加工を行うことが重要である。

2) スギ圧縮材を圧縮成形する際に、製品の各部材の仕上がりに近い寸法まで圧縮し、2次の除去加工を極力少なくすれば、加工後の変形を防ぐことが出来る。

3) 脚もの家具の甲板、箱もの家具の天板、側板、ドアの鏡板等には、スギ圧縮突き板単板を化粧貼りした合板や集成材を使用すると、材料量の削減、部材の軽

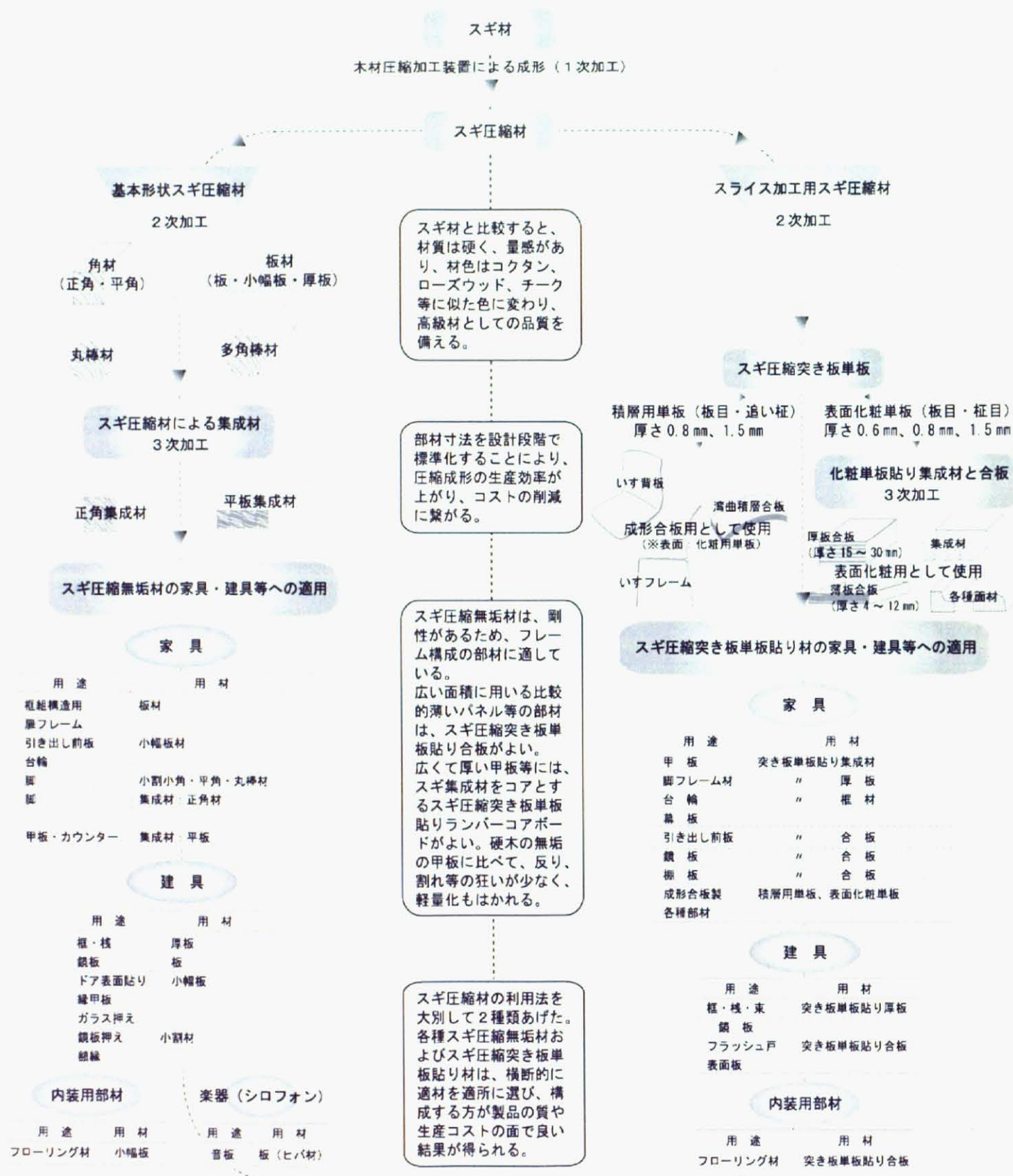


図6-31 スギ圧縮材の木製品適用へのフロー

量化、寸法の安定性をはかることができる。

4) スギ圧縮材は、圧縮成形加工を施すことによってその材色が褐色に変色する。この材色は、貴重な高級木材であるチークやローズウッドに近似している。このことから、これらの高級木材の利用分野に新たに参入できる可能性が高い。特に柾目においては、その効果が顕著である。

5) スギ圧縮材は、ドアの額縁材等の小造作部材としての利用価値も高い。

6) スギ圧縮突き板単板の製造が成功したことで、通直LVLおよび湾曲LVLの製作が可能となった。特に、湾曲LVLは成形合板家具への利用が期待できる。

7) スギ以外の樹種で、ヒバを1/2あるいは1/3に圧縮成形した材は、物理的性質のひとつである音響性能が優れている。この性質を生かすことによって、シロフォンの音板開発が期待できる。

注および参考文献

- 1) 日本工業標準調査会：学校用家具－教室用机・いす
JIS S 1021、日本規格協会、1999
- 2) 県産材であるスギ材やヒノキ材等を利用して製作した学校用家具を導入している例としては、新潟県新井市立南小学校、長野県松本市立開智小学校、同市立田川小学校等、数多くみられる。その開発および実用試験等の報告例を以下に記す。
鹿中村寿一、澤崎ひとみ、神田稔：県産材を用いた学校用家具（普通教室用机・いす）の開発、鹿児島県工業技術センター、1998
- 3) 日本工業標準調査会：学校用家具－教室用机・いす
JIS S 1021、日本規格協会、3～5、1999
- 4) 株式会社建築知識：木製建具デザイン図鑑、株式会社建築知識、52～62、2000
- 5) 株式会社建築知識：木製建具デザイン図鑑、株式会社建築知識、66～70、2000
- 6) 社団法人日本木材加工技術協会関西支部：最新木質建材素材からエンジニアードウッドまで 解説集、社団法人日本木材加工技術協会関西支部、419～421、2000
- 7) 市販されている塗装を施さない床板の材種としてはスギ材、キリ材等があげられる。塗装しない理由としては、シックハウス症候群等を回避する、あるいは、材種そのものの感触を生かすなどがあげられる。製品化している例としては、キリ材による無塗装床板の開発・製造・販売は、株式会社イシモク（新潟県）が手掛けている。
- 8) 株式会社天童木工は、1940年創設の山形県天童市にある成形合板技術を有する家具開発・製造・販売メーカーである。試作したダイニングチェアは同社が製造販売している型番T-5660である。
- 9) 音板材の現状は、株式会社斉藤楽器製作所が手掛けているシロフォンの受注依頼の現状より把握したもの

である。

- 10) スクール用37鍵シロフォン：株式会社斉藤楽器製作所製、スクールシリーズ児童用入門機種、1998年度斉藤楽器カタログ、1998
- 11) 株式会社斉藤楽器製作所：1947年創立の東京都町田市にあるシロフォン、マリンバ等鍵盤打楽器専門の製造・販売メーカー、音板用木材乾燥から調律、組み立てに至るまで製造工程を一貫して行っている。製品は文部科学省音楽教材として全国幼稚園、小・中・高等学校、音楽大学、オーケストラ等へ納品される。

第7章 結論

7.1 はじめに

本論文の研究成果について各章ごとにまとめ、本論文では明らかにすることのできなかった今後研究すべき課題について述べる。

7.2 各章のまとめ

7.2.1 第1章のまとめ

第1章では、研究の目的と背景から、建築や産業工芸材料として欠くことのできない木材の特徴と生物資源であるがゆえの木材生産の現状を概説した。

木材料として使用される木材の形態には、針葉樹材および広葉樹材といった素材の他に、有効で無駄のない利用を目的とした材の供給法がいくつかある。そのひとつとして木材を圧密化して圧縮木材を製作する方法があり、その現状および役割と有効性について概説した。

続いて、既往の研究を概観し、本研究の最も特徴的な部分であるスギ圧縮材を突き板単板に加工し、それによる木質材を使った家具・建具および内装用部材を製作する有効性を述べ、本研究の位置づけを行った。

7.2.2 第2章のまとめ

第2章では、スギ圧縮材の成形方法を概説し、金型の改良等により、寸法安定化を図る方法を述べた。圧縮成形に用いる金型は、木材の組織が加圧によってずれないように木材の四方をガードすることが重要である。この金型の改良によって加工後の材の亀裂や破断がほぼ解消された。

この方法で製作したスギ圧縮材を常温の室内に放置して自然乾燥させ、材の含水率および寸法挙動を1年間に亘り観察した。その結果、いずれも3ヶ月程度で安定し、また、比較的狂いの少ないといわれているスギ材よりもその挙動は少なく、木材料として十分に活用できることがわかった。

続いて、スギ圧縮材のより効率的な利用法として、突

き板単板への加工の方法とその意義について述べた。通常、突き板へ加工する場合、硬木では煮沸工程を経てからスライス加工を施す。スギ圧縮材の場合も同様に加工する必要があるが、圧縮工程の際に煮沸しているため、成形直後であれば水分が残留しており、通常より少ない工程数で突き板単板へ加工できることがわかった。

スギ圧縮突き板単板を利用する方法として、大きく2つの方法を提示した。ひとつは、表面化粧材としての利用である。これを合板や集成材（ランバーコア）の表面に貼り、スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板や同集成材を製作して使用する。もうひとつは、スギ圧縮突き板単板を積層させ、通直および湾曲材LVLとして活用することである。

スギ圧縮材の無垢材としての利用の他、突き板単板への加工が可能となったことから、家具・建具および内装用部材への適材適所に対する使い分けが可能となった。さらに、湾曲LVLの製作が可能になったことから成形合板家具やアーチ型開き扉の建具枠等への適用が期待されることとなった。

以上より、スギ圧縮材の幅広い実用化への展開が見込まれる。

7.2.3 第3章のまとめ

第3章では、無垢材としてのスギ圧縮材の力学的性質について明らかにした。力学的性質としては、木材の基本的な性質である「曲げ強さ」、「圧縮強さ」、「せん断強さ」についての実験を行った。さらに、家具・建具および内装用部材に適用する際に必要となる「材の硬さ」、「部材どうしの接着強さ」、「材の摩耗度」についての実験を実施した。

まず、基本的な性質である「曲げ強さ」では、静的三点曲げ実験を行った。その結果、スギ圧縮材の曲げ強さは、もとのスギ材の約1.9倍、曲げヤング係数は約1.75倍の強さを示した。この値はブナ材も上回るものであつ

た。

「圧縮強さ」では、縦圧縮実験を行った。その結果、縦圧縮強さはスギ材の約1.7倍、縦圧縮ヤング係数は約1.6倍となり、これもブナ材を上回った。「せん断強さ」では、ブナ材には及ばないものの、スギ材の約1.4倍の強さを示した。

このようにスギ圧縮材の力学的性質は、硬木の広葉樹材と近似していることが明らかとなった。

次に、製品への適用を踏まえた力学的性質として、まず、「材の硬さ」においては、スギ圧縮材の各面の硬さは、木口面>柾目面>板目面の順で硬い。これはスギ材においても同様であることから、圧縮前のスギ材の持つ性状が圧縮加工後の性状にも大きく関わるといえる。また、二方柾木取り材で、平均年輪幅が1.5mm程度と比較的狭いスギ圧縮材の柾目面ではブナ材の約1.3倍、木口面ではほぼ同等の硬さを有する。

これらより、スギ圧縮材の硬さには、圧縮前のスギ材の平均年輪幅、材密度等が大きく関わる。圧縮前のスギ材は、平均年輪幅3.0mm前後の比較的狭いもので、木取り法が二方柾であれば、それを圧縮すると硬木の広葉樹材に匹敵する硬さを得られることが判明した。

「部材どうしの接着強さ」では、スギ圧縮材の接着面の組み合わせによってその強度が異なる。最も接着強度の強い組み合わせは柾目面どうしを接着させた場合であり、この場合、ブナ材以上の接着強さとなった。次に、板目面または追い柾面どうしの接着が強く、この場合にはスギ材のおよそ1.2倍の強さとなった。このように、同一の面どうしの組み合わせでは接着力を確保できるが、板目面または追い柾面と柾目面といった異なる木目形状を持つ面の接着ではスギ材をかなり下回る結果となり、課題を残した。材の硬さにおいては、圧縮前のスギ材の年輪幅や材密度など、その性状が関与したが、これは接着強さに関しても同様である。

スギ圧縮材の「材の摩耗度」は、木目形状の違いによ

り若干異なり、摩耗減少質量は、未塗装の板目面の場合では114.8mgとなり、日本農林規格におけるフローリング材の摩耗度の適合基準である150mg以下[注1]であることを満たしており、無垢材フローリングとしての適用が可能である。また、未塗装の柾目面では、154.8mgと基準値を超えた結果となったものの、その差は小さく、フローリング材への適用としては許容の範囲として実用上差し支えないものと考ええる。また、スギ圧縮材に塗装を施すことによって摩耗性能はさらに改善され、ナラ材の摩耗度に近づく。このことから、塗装を施したスギ圧縮材は広葉樹材に類似した性質を持つフローリング材としての使用価値を持つといえる。

以上より、スギ圧縮材は、圧縮加工を経たことにより、力学的性質は針葉樹材の持つ性質から広葉樹材の持つ性質に変質している。これは、基本的な性質である曲げ、圧縮、せん断においても、また、硬さ、接着、摩耗においても見られ、スギ材とは違った場面での使い方が可能であることを示唆している。

7.2.4 第4章のまとめ

第4章では、スギ圧縮材にスライス加工を施し、突き板単板とし、その力学的性質について明らかにした。力学的性質としては、無垢材としてのスギ圧縮材の場合と同様に、家具・建具および内装用部材に適用する際に必要となる「材の硬さ」、「部材どうしの接着強さ」、「材の摩耗度」について実験を行った。

さらに、木質材のひとつであるLVLへの適用を踏まえ、「通直および湾曲LVLの曲げ強さ」についての実験を加えた。

まず、「材の硬さ」では、本実験を実施する前に、スギ材のもつ春材部および夏材部が、硬さに影響を与えるかどうかについて確認した。無垢のスギ圧縮材においては、春材部と夏材部の区別が顕著ではなく、硬さへの影響は見られなかったが、スライス加工をすることに

よって硬軟の差が現れるかどうかの確認を行った。

その結果、両者はほぼ同等の硬さを示し、春材部と夏材部を区別せずに材面の硬さを測定できることが判明した。

この結果を受け、本実験を実施した。その結果、スギ圧縮突き板単板の硬さは、柃目面が最も硬く、次に板目面と続く。木材の木表を上面に置き、繊維方向に垂直に等分布負荷を与えると、通直である柃目の間隔はより狭く緻密になり、その硬さを増すといえる。また、突き板単板の厚さの違いによる硬さの差は、板厚0.8mmおよび1.5mmのものでは大きな差はない。厚突きの単板が有効であることは、合板や集成材の化粧単板としての利用を考えた場合、コストの面から見ても有効であるといえる。しかしながら、板厚0.6mmと薄いものは、有効な硬さが得られない。よって塗装を施すことを前提とした使用が望まれる。

スギ圧縮突き板単板の硬さに関わる因子は、もとのスギの持つ年輪幅や材密度といった性状が大きく関わる。これは、無垢のスギ圧縮材の硬さと同様で、年輪幅は狭く、材密度も高いものが有効な硬さを得られる。結局、スライス加工後ももとのスギ材の性状が反映されることがわかった。

「部材どうしの接着強さ」についての結果を述べる。無垢のスギ圧縮材においては、接着する面の木目形状の組み合わせがその強さを左右した。スギ圧縮突き板単板の場合は、化粧単板を貼る基材によって、接着面の木目形状の組み合わせによる接着強さが異なる。基材がラワン合板の場合では、最も強い組み合わせは柃目面どうしであり、次に板目面または追い柃面と柃目面、板目面または追い柃面どうしと続く。基材がスギランバーコアの場合の接着力の強さは、板目面または追い柃面と柃目面、板目面または追い柃面どうし、柃目面どうしの順となった。また、基材にラワン合板を用いた方がスギランバーコアを用いるよりもその接着力は若干強くなる。この結

果は、スギ材およびナラ材の突き板単板の場合も同様であった。

以上より、スギ圧縮突き板単板の部材どうしの接着性能には、基材の種類が関与する。さらに、無垢のスギ圧縮材と同様に、もとのスギ材の性状が関わっていることも明らかである。

「材の摩耗度」についてその結果を述べる。スギ圧縮突き板単板表面の木目形状によってその摩耗度は若干異なるが、いずれもその摩耗減少質量は、日本農林規格におけるフローリング材の適合基準には及ばないものとなった。スギ圧縮突き板単板に塗装を施すことによって摩耗性能は改善され、ほぼ一定となることが確認されたが、フローリング材への適用には課題を残した。

以上より、有効な摩耗度を保持するスギ圧縮突き板単板を製作するためには、スライス加工前のスギ圧縮材の圧縮率を高める等の改善が必要であることが判明した。

次に、「通直および湾曲LVLの曲げ強さ」の結果を述べる。まず、スギ圧縮突き板単板による通直LVLの曲げ強さでは、積層構成としては、スギ圧縮突き板単板のみによる構成の他に、スギ突き板単板との組み合わせによる構成が考えられる。これを実験した結果、スギ圧縮突き板単板のみによる積層構成よりも、スギ圧縮突き板単板を表面層（表裏）に、中心層にはスギ突き板単板を配して構成した通直LVLの方が曲げ強さを確保できることがわかった。

なお、この場合、突き板単板の厚さはいずれも1.5mmであり、積層のプライ数は14枚であるが、スギ突き板単板のプライ数については、実験の範囲内では曲げ強さに影響しない。

また、スギ圧縮突き板単板による通直LVLは、スギ突き板単板の配し方に関わらず、ブナ突き板単板のみによる積層構成の通直LVLのおよそ75%の曲げ強さを確保した。変位および比例限度荷重の傾向も近似した結果となった。

次に、スギ圧縮突き板単板による湾曲LVLの曲げ強さであるが、これはブナ突き板単板のみによる積層構成の湾曲LVLと同等の曲げ強さを有することが判明した。また、中心層にスギ突き板単板を挿入した場合においてもプライ数には関係なく、ほぼ同等の曲げ強さを有することとなった。スギ突き板単板のみの積層構成のものと比較すると、その強さは約1.3倍となっている。

以上より、スギ圧縮突き板単板によるLVLは、通直においても湾曲においてもその使用の可能性を十分に示唆した。

特に湾曲LVLの曲げ性能は、成形合板家具への適用に繋がるものであり、このことはスギ圧縮材の活用にも極めて有効な結果をもたらすものであると考える。

7.2.5 第5章のまとめ

第5章では、スギ圧縮材以外の17種類の針葉樹材および広葉樹材と比較しながら、スギ圧縮材の感覚特性について実験を行い、特にもとのスギ材との違いを明らかにした。

感覚実験は、触覚実験および視覚を加えた視覚・触覚実験を実施した。実験の被験者は、家具や木工に関わる職業の経験者（現役を含む）と学生による職業未経験者とした。

まず、SD法により得られた各材種の平均プロフィールでは、触覚実験によると、針葉樹材と広葉樹材では異なる傾向を示した。これにより、それぞれに共通する触覚があると推測できる。特に、「硬さ」、「弾力感」、「重さ」、「丈夫さ」といった評価に対しては、針葉樹材、広葉樹材それぞれにおいて共通している。さらにその評価は対称的なものとなった。このことから、木材の触覚に対する重要な感覚は以上の4項目であるといえる。

広葉樹材のなかでは、ナラ、ブナ、チークの3材種が似た傾向を示したが、これらは比重も近似しており、代表的な家具用材といった点においても共通している。

スギ圧縮材においてはこれら3材種に似た傾向を示した。このことから、スギ圧縮材は針葉樹材よりは広葉樹材に似た触覚を持つことがわかる。特に「硬い」といった評価が他の評価項目に比べて際立っており、これがスギ圧縮材の触った際の特徴であった。

次に、視覚・触覚実験によると、各材種の平均プロフィールは、触覚実験同様、針葉樹材と広葉樹材では異なる傾向を示した。触覚実験との比較をすると、触覚実験では平均プロフィールを示すシート上で大きな動きはあまり見られなかったが、視覚・触覚実験では、全体的にシート上において左右に大きく動いている。これは視覚という刺激が加わったことによって各評価が明確になったことがその原因であると考えられる。

触覚実験においてスギ圧縮材に似たプロフィールを示したナラ、ブナ、チークの3材種は、視覚・触覚実験においても同様の結果となった。

スギ圧縮材においては、「硬い」、「丈夫な」、「重い」、「古い」が際立っており、なかでも「古い」は触覚実験においてはどちらでもないといった評価であったことから、視覚による評価が関わったものであることがわかる。

スギ圧縮材は、圧縮成形の過程で材色がもとのスギに比べて濃く変色する。スギの材色としては心材は淡赤色～暗赤褐色～黒褐色と濃い色であるが、辺材は白色で、材全体の見た目の材色としては白っぽく明るい色に見える[注2]。これに対し、スギ圧縮材の見た目の材色は、圧縮工程を経たことにより、心材、辺材ともに褐色に変色し、もとのスギよりもかなり濃い色となっている。この色は、今回の実験で用いた黄褐色のチーク[注3]や褐色のローズウッド[注4]と近似した色であり、このことも広葉樹材と似たプロフィールが得られたことに対する理由のひとつであると考えられる。

スギ圧縮材の平均プロフィールは、スギ材の平均プロフィールと比較すると、対称的な評価となった項目が多い

ことから、スギ材とは異なる感覚特性を持った材に変化したといえる。

次に、因子分析による結果を述べる。まず、被験者別にみると、職業経験者においては、触覚実験と視覚・触覚実験といった2種類の実験の因子負荷量を比較すると、「落ち着き感因子」と「なじみ感因子」が共通となった。このことから、この2つの因子は触覚と視覚に共通する因子であることがわかる。

また、他の因子においては、触覚実験で抽出された「自然感因子」は、視覚・触覚実験では見られず、触覚特有の因子であることがわかる。これに対し、視覚・触覚実験では「量感因子」、「鮮度感因子」が抽出されたが、これらは触覚実験では見られない。木材の木目形状は様々であり、材色の色味も異なることから、これらが視覚に影響を及ぼし、触覚のみでは得られなかった感覚をもたらしたといえる。

次に、職業未経験者による因子分析では、職業経験者と同様に、「落ち着き感因子」と「なじみ感因子」が触覚実験と視覚・触覚実験において共通である。このことから、「落ち着き感」と「なじみ感」は、職業経験の有無に関わらず、さらに触覚と視覚に共通する感覚であることがわかった。また、「鮮度感因子」は、2種類の実験で共通しており、職業未経験者においては触覚と視覚に共通する感覚であるといえる。

この、「鮮度感因子」は職業経験者においても抽出されており、これも職業経験の有無に関わらず共通した感覚である。

次に、第1因子どうしの比較を行うと、触覚実験では「鮮度感因子」、視覚・触覚実験では「品質感因子」となっており、異なる因子が抽出された。これは、先に述べたように、視覚による判断が加わると木目形状や材色、また、見た目のテクスチャーが影響しており、木材の「質の優劣」や「表面感」といった感覚が強く判断されるといったことがわかる。

触覚実験および視覚・触覚実験のすべてのデータによる因子分析を行った結果を述べる。第1因子は「落ち着き感因子」、第2因子は「量感因子」、第3因子は「なじみ感因子」、第4因子は「鮮度感因子」となった。このことから、感覚の種類や職業経験の有無に関わらず、木材の感覚を評価する因子は、これら4因子であり、なかでも「落ち着き感」は、木材の感覚を左右する重要な因子であるといえる。

また、スギ圧縮材の感覚は、カリン、チーク、ローズウッド、コクタンといった広葉樹材と近似していることが各因子の布置図より明らかとなった。もとのスギ材を見ると、ヒバ、ヒノキ、シトカスプルスといった針葉樹材と並んで布置されている。これらの位置は、スギ圧縮材とは相対する位置であり、このことからスギ圧縮材とスギ材は、お互いに異なる感覚を有する材であるといえる。

特に、スギ圧縮材はもとのスギ材に比べて落ち着き感と量感を増した材となっている。また、その反面、なじみ感と鮮度感は若干スギ材に劣る。触覚では、スギ材はなじみやすく自然であるが、スギ圧縮材はなじみにくく、人工的な感じを与えている。また、視覚といった感覚が加わると、スギ材が落ち着き感や量感に乏しく、品質が劣る感じを与えるのに対し、スギ圧縮材は落ち着き感と量感があり、品質も良いといった感じを与えている。このように両者は対称的な感覚を保有しているといえる。

感覚実験のまとめを述べる。スギ圧縮材はもとのスギ材とは異なる対称的な感覚を保有する。その感覚は、チーク、ローズウッド、コクタンと似ている。スギ材は圧縮成形を施すと、その触覚や視覚を、それまでの感覚から広葉樹材に似た感覚を保有する材に変化する。

第3章、第4章で述べた力学的性質においてもスギ圧縮材とスギ材はその性質を異にし、針葉樹材から硬木の広葉樹材に類する材質に変化したことが判明した。第5

章の感覚特性をあわせて改めてスギ圧縮材の性質が明らかになったといえる。

以上より、スギ材とスギ圧縮材はそれぞれの異なる性質や見た目を持つ。これらの特徴を生かしながら、製品における使用部分やデザインによって使い分けることが重要である。このように、スギ材の圧縮成形によって新たな木材料としての展開が示唆され、国産針葉樹材の有効な利用方法が提示できたといえる。

7.2.6 第6章のまとめ

第6章では、スギ圧縮材とスギ圧縮突き板単板の木製品への適用を試みた。

第2章において述べた木材の圧縮成形方法により製作したスギ圧縮材と、同章において述べたスギ圧縮材をスライス加工して製作したスギ圧縮突き板単板といったエレメントを用いた木質材を、各構成部材として適材適所に配し、家具・建具および内装用部材を試作した。その結果から、スギ圧縮材の実用化に向けた製作過程を通して得られた事項について述べる。

スギ圧縮材を集成して、机の甲板等に用いる場合は、矧ぎ合わせ面の木目を、例えば柾目と板目の接合など不揃えにすると変形が起きる可能性が高い。それに加えて含水率の把握が重要となる。

また、スギ圧縮材を無垢材で使用する場合、製作する製品の部材寸法に出来るだけ近似した寸法に圧縮成形する。このことにより、2次加工後に生じる材の変形を抑えることができる。自然乾燥による1年間の含水率の変化や寸法挙動について確認した結果からは、スギ圧縮材は圧縮成形後、およそ3ヶ月程度で安定した材となるといった結果が出た。しかし、比較的断面寸法の大きいスギ圧縮材に2次加工を施して切断した場合には、変形が生じる場合も材の質によっては否定できず、前述した方法が有効であると提案したい。

脚ものの家具の甲板、箱ものの家具の天板、側板等、ドア

などの鏡板には、スギ圧縮突き板単板を化粧貼りした合板や集成材を使用すると寸法安定性がよく、表面の単板が硬いため、瑕が生じ難い。

また、スギ圧縮材は圧縮成形を経ることにより、その材色が褐色に変色する。これは、チークやローズウッドといった貴重な高級木材と似ている。特に、柾目においてはその効果が顕著で、使用目的に合致したデザイン次第でこれらの高級木材と同等のレベルでの利用が見込まれるであろう。

上記以外に、スギ圧縮材をドア鏡板押さえの額縁材として使用したが、このような工作を通して小造作部材、小木工品等にも適材であることを確認した。

また、スギ圧縮突き板単板の製作が成功したことで、通直LVLと湾曲LVLの製作が可能となった。特に、湾曲LVLは成形合板家具への適用が期待できることから、スギ圧縮材の需要は飛躍的に拡大すると思われる。

最後に、スギ材以外の材種による圧縮加工を試みた例について述べると、ヒバ材を1/2あるいは1/3に圧縮成形した材では、木材の物理的な性質のひとつである音響性能が高まる可能性を示唆した。この結果を受けてシロフォンの音板を試作したが、1/2あるいは1/3に圧縮成形したヒバ材による音板の減衰波形をみる限りでは、シロフォンに通常使われているカリン材による音板に匹敵するものとなり、楽器への適用も期待できることがわかった。

7.3 本研究の成果

スギ材の圧縮成形の方法を確立し、それにより製作されたスギ圧縮材の産業工芸的利用の方法を見出すことを目的として研究を進めた。

はじめに、圧縮成形を行う成形装置の改良と製品への適用を踏まえた圧縮技術の確立によって、寸法性能の安定した圧縮木材を製作することが可能となった。

成形装置の改良では、圧縮成形に用いる成形用金型の

改善を行った。

また、圧縮技術の確立としては、製品を構成する部材寸法にできるだけ近い寸法まで圧縮し、成形後の2次加工を極力少なくすることを見出した。寸法安定性の高い圧縮木材が提供できることは、今後の活用に大きく役立つものである。

次に、スギ圧縮材の感覚特性を明らかにした成果として、もとのスギ材とは触覚も視覚も異なる材となり、スギ圧縮材はチークやローズウッド等といった硬木の広葉樹材の感覚に近いことが明らかとなった。これによってこれらの木材と同等の高級木材としての利用価値がスギ材に存在することが判明したことになり、スギ材の新たな利用の幅を広げたといえる。

この研究における最も大きな成果は、スギ圧縮材にスライス加工を施し、スギ圧縮突き板単板を製作する方法を確立したことである。この方法により、スギ圧縮材を利用した木質材の製作が可能となった。

家具・建具および内装用部材へ適用する場合には、無垢材と単板、それによる木質材の適材適所に対する使い分けが必須であるため、圧縮木材に対しても要求される重要な検討項目であった。

無垢材および突き板単板の力学的性質を明らかにした上で、それらの用途を見出すことは極めて重要である。

また、突き板単板を適用することで、寸法安定性の高い構成部材が提供でき、無垢材とあわせて安定して使用できる材としての生産が可能となった。

無垢材としての利用に加え、突き板単板への加工が成功したことと、製品への適用を試みたことにより、圧縮木材の活用の幅を広げた。

また、木材は貴重な資源であることから、このように改質した木材の利用についても効率がよく、無駄のない使い方が問われる。

以上のことから、無垢材以外の利用の方法を提示し、実際に製品に適用したことは、圧縮木材の実用化に

向けた今後の展開に対して大きな指針となったことで、この研究の成果は大きいと考える。

7.4 今後の課題

本研究では、今回使用した圧縮成形用金型の寸法により、圧縮木材の出来上がり寸法は、幅100mm、高さ50mm、長さ2000mmであった。これは、板目面については幅寸法を100mmにできるが、柾目においては幅寸法が50mmと狭いものしかできない。家具・建具等への適用を考えた場合、長さ寸法については確保できているものの、幅寸法については課題を残している。特に、突き板単板として使用する場合は、通常、国産材であるスギ、ヒノキ等の針葉樹材の幅寸法は200～300mm、ブナ等の広葉樹材では200mm程度となっている[注5]。これは原木の寸法や木目形状によって前後するが、幅寸法が狭ければ、定尺の化粧単板等を製作する場合の矧ぎ合わせに手間がかかり、効率が悪くなる。実用化に向けては、前述した木材の幅寸法に近い幅広の圧縮木材が製作できるよう、成形型の寸法等を改善する必要がある。

また、今回の突き板単板に対する力学的性質を把握するための実験では、特に板厚0.6mmといった比較的薄突きの単板は摩耗しやすいといった結果となり、この点に課題を残した。材表面に塗装を施すことで改善が可能であると示唆されたものの、実用化には材密度を高めるなどの検討が必要である。

また、LVLについては、今回の実験においては板厚0.8mmおよび1.5mmのスギ圧縮突き板単板を使用した。単板は厚いものの方が積層プライ数を節約できるため好ましい。通直なLVLに関しては、普通合板の単板構成に見られる厚さである2.4mm、3.0mm、3.4mmといった厚突きの単板[注6]を使用した実験も必要である。これは湾曲LVLについても同様である。しかし、湾曲LVLでは成型型による接着の際には成形品の曲率半径が小さい場合、スギ圧縮突き板単板、スギ突き板単板ともに割裂が生じ

やすい[注7]。曲率半径に対する成形に適した単板厚を探ることも今後の課題である。

スギ材以外の樹種による圧縮成形の可能性としては、ヒバ材への圧縮加工が挙げられる。ヒバ材を圧縮成形したことによって得られる音響性能を活かしてシロフオンの音板に適用する試みを行ったが、本研究においては各音板の減衰波形を測定するに止まった。実用化にはさらなる定量的な根拠を明らかにする必要があると考える。

スギ圧縮材を用いた木製品が市場において受け入れられるためには、価格の設定に対して購買層がそのデザインも含めた品質を認め、交換価値があると判断されることが最も重要である。

スギ圧縮材はもとのスギ材に対して、長さに変化はないが厚さにおいて1/2に圧縮成形するための大型装置を必要とし、そこで行われる煮沸や圧縮の工程にかかるコストが加算される。さらに、金型も成形する形状により各種用意されなければならない。したがって、これらの生産コストを凌ぐ付加価値が成形の結果によって生み出されることが重要である。

スギ圧縮成形後のスギ圧縮材は、素材となるスギ材に比べて感覚特性、力学的性質ともに硬木の広葉樹材に近い値を示している。また、材色はチーク、ローズウッド等に似た色に変色し、緻密な柎目の表情は特にこれらの高級木材に似た風合いである。このことを考えると、スギ圧縮材の価値は、これらと同等あるいは近似したものとして扱うことが出来る。また、スギ圧縮材は圧縮成形にかかるコストを加算しても、素材となるスギ材がチークやローズウッド等に比べて格段に安価なことから、これらの価格を上回ることはないと推測される。さらに、成形部材の寸法を標準化し、治具の改良や装置の一層の改善によって生産の合理化が促進されれば、価格の競争力が上がり、普及の進捗は早まることが予想される。

スギ圧縮材にスライス加工を施し、それを積層用単板または化粧用単板として利用する場合においては、硬木

の広葉樹材ではスライス可能の前に煮沸処理を施すことが一般的であるのに対し、スギ圧縮材では、圧縮成形時に煮沸していることからその必要はない。圧縮成形後すぐにスライス加工を施せばコストの削減にも繋がる。スライス加工そのものは、両者とも全く同じコストであり、集成材や合板への化粧貼りも同じ工程でコストも変わらない。したがって、化粧用単板の場合も高級木材との価格差がそのまま製品の価格に反映するはずである。

スギ圧縮材は視覚・触覚の面からも実用の面からも硬木の広葉樹材と同等の評価を得られるまでに変質したものであるが、これを生かすためには、今後はデザイン力が鍵を握っていると考ええる。スギ圧縮材の特性を生かした製品開発が今後の重要課題である。

圧縮木材は煮沸によって増大する塑性を利用した成形品である。これまでの研究では、主に、長方形断面の角材や平板の成形法を進め、その性質を明らかにしてきた。今後は、切削によらない丸や多角形の断面材の成形、さらには、これらの表面を同時に成形して凹凸をつけることを試みたい。これまでの木工作業のうち、部品加工は、切削による除去加工が中心に行われてきたが、圧縮成形によって丸棒や多角形棒等の成形も可能であり、さらに表面にレリーフ装飾を施すことについても一定の範囲で成形することが可能である。切削加工による丸棒や多角形棒の加工は、削り屑や粉塵が多く排出されることから、その処理が問題視されてきた。この作業を衛生的で効率よく進める研究はスギ材の活用を広めることに繋がり、この点も今後の課題としたい。

本研究では、枯渇する生物資源である木材を、有効に活用する方法のひとつとして圧縮成形を取り上げ、それにより製作された圧縮木材の有効な利用方法を提示した。今後は、さらに、部材や製品の生産性を考慮し、圧縮木材が工業材料として認知されるよう研究を継続することが重要であると考ええる。

注および参考文献

- 1) 財団法人日本合板検査会：フローリングの日本農林規格、財団法人日本合板検査会、16、2000
- 2) 宮本茂紀：原色インテリア木材ブック、建築資料研究社、26～27、1996
- 3) 宮本茂紀：原色インテリア木材ブック、建築資料研究社、130～131、1996
- 4) 宮本茂紀：原色インテリア木材ブック、建築資料研究社、78～79、1996
- 5) 株式会社建築知識：木のデザイン図鑑、株式会社建築知識、127～128、1996
- 6) 平井信二、上田康太郎、土屋欣也、藤城幹夫：技術シリーズ 木工、朝倉書店、36、2000
- 7) 剣持仁、川上信二、垂見健三、藤盛啓治：家具の事典、朝倉書店、483～484、1988

Summary

Research on the Development of Compressed Japanese Cedar and its Effective Use

The result of this study is summarized chapter by chapter as follows.

Chapter 1 started with the objective and background of this study, which present an analysis of the current state of the wood industry. It is defined by the properties of wood materials used for architectural, industrial and craft purposes and by the inherent nature of wood materials as a biological resource.

This is followed with an overview of preceding studies by listing advantages of furniture, fittings, and interior materials manufactured using wood composites made of sliced veneers processed from compressed Japanese cedar, around which this study revolves.

Chapter 2 outlined the method of compression forming of Japanese cedar, and proposed a method of dimensional stabilization through improvement of molding casts and other measures.

We observed how the moisture content and dimensional behavior of Japanese cedar compressed by the proposed method changed over time when naturally seasoned. From this observation, it was revealed that compressed Japanese cedar would provide a good source of

wood material.

Next, we described a method of processing compressed Japanese cedar into sliced veneers as a more efficient way to make use of this material, and considered the significance of the processing technique.

The usability of compressed Japanese cedar as a solid wood material, doubled with its processibility into sliced veneers, enabled selective application of compressed Japanese cedar to the production of furniture, fittings, and interior materials.

Chapter 3 clarified the mechanical characteristics of compressed Japanese cedar as a solid wood material. We ran experiments on compressed Japanese cedar to reveal the three basic mechanical characteristics of wood materials, i.e., bending strength, compression strength, and shear strength. Moreover, we performed additional experiments to test the hardness, adhesion strength, and abrasive wear resistance of compressed Japanese cedar because these characteristics are important factors in the manufacturing of furniture, fittings, and interior parts.

The experiments produced a promising result in

which compressed Japanese cedar resembles Japanese beech in terms of bending strength, compression strength, and shear strength. It was also found that the hardness, adhesion strength, and abrasive wear resistance of compressed Japanese cedar depend on its original properties before compression, including its annual ring width and density. The Japanese cedar that exhibited promising mechanical characteristics in our experiments was straight-grained timber sawn at an angle of 45° to the annual rings. Moreover, one with a relatively narrow average annual ring width of 3.0 mm would, after compression forming, show characteristics resembling those of hardwood (i.e., broadleaf) timbers.

In Chapter 4, we examined mechanical characteristics of sliced veneers of compressed Japanese cedar, including hardness, adhesion strength, abrasive wear resistance and LVL (laminated veneer lumber) bending strength.

It was found that slicing into veneers, slightly lowers the hardness, adhesion strength, and abrasive wear resistance of compressed Japanese cedar as a solid wood material, but that this adverse effect of slicing decreases in proportion to the slicing thickness.

We performed a bending test on straight and curved LVLs to investigate their bending strengths. Curved LVLs made of sliced veneers of compressed Japanese cedar measuring 0.8 mm thick exhibited the same level of bending strength as curved LVLs consisting solely of sliced veneers of Japanese beech of the equivalent thickness. We also demonstrated that an LVL consisting of a sliced veneer of uncompressed Japanese cedar between sliced veneers of compressed ones retains the same bending strength as one consisting solely of compressed ones. Our experiment also revealed that the bending strength of an LVL does not depend on the number of laminate plies.

In Chapter 5, we performed tactile and visio-tactile experiments to investigate the sensory attributes of compressed Japanese cedar. The subjects consisted of people experienced in the furniture industry and woodwork in general and students with no such experiences.

We used the SD (semantic differential) method to compare the average profiles of the respective wood materials. It was revealed that compressed Japanese cedar gives impressions similar to those of rosewood and teak that look and feel hard, heavy, and clear. These features are opposite to those of uncompressed Japanese cedar.

The factor constellation obtained through factor analyses showed that compressed Japanese cedar has tactile and visual attributes similar to those of hardwoods such as Chinese quince, teak, rosewood, and ebony. In contrast, the constellation of factors of uncompressed Japanese cedar is similar to those of softwoods including Hiba arborvitae, Japanese cypress, and Sitka spruce. Accordingly, uncompressed Japanese cedar has a constellation of factors opposite to that of compressed one, which means the two wood materials differ from each other in terms of sensory attributes. Compared with uncompressed Japanese cedar, compressed Japanese cedar looks and feels more reassuring and solid.

Thus, compressed and uncompressed Japanese cedars differ from each other in terms of tactile and visual impressions. Therefore, it is important to selectively exploit their differences, taking into consideration the design of the product or the part of the product for which the material is used. Hence, our findings indicate that the compression forming technique provides Japanese cedar with new applications, and suggest possible effective applications of domestically produced softwood materials.

In Chapter 6, we tried applying compressed

Japanese cedar and wood composites made of sliced veneers of compressed Japanese cedar to wooden products.

In this chapter, we presented findings obtained through the trial manufacturing of wooden products. To use it as a solid wood material, we compressed and shaped Japanese cedar to give it dimensions as close as possible to those of the like of the intended products in order to prevent deformation that may occur during secondary processing. We would like to emphasize that this preparation is particularly effective for compressed Japanese cedar with a relatively large section area.

Plywood and laminate boards topped with hard face veneers of compressed Japanese cedar excelled in dimensional stability and scratch resistance. Therefore, providing good material for the top panels of legged furniture, top and side panels of chest furniture, and door panes.

Japanese cedar turns brown through compression forming, acquiring a resemblance to valuable high-grade wood materials such as teak and rosewood. This effect is particularly obvious in straight-grained Japanese cedar, raising the expectation that, if used in designs suitable for applications

that agree well with its characteristics, the material would compare with such high-grade wood materials as teak and rosewood.

Moreover, the successful manufacturing of sliced veneers of compressed Japanese cedar enable the manufacturing of both straight and curved LVLs. In particular, curved LVLs are expected to find applications in the manufacturing of compressed laminated wood furniture, and therefore are expected to contribute to a remarkable rise in the demand of compressed Japanese cedar material.

Finally, we also tried the same compression technique for wood materials other than Japanese cedar. It was found that *Hiba arborvitae*, compressed to a half or a third of its original volume, would show better acoustic performance rather than in its original state. In response to the result, we manufactured trial xylophone bars and confirmed that xylophone bars made of *Hiba arborvitae*, compressed to a half or a third of its original volume, compares with those made of conventionally used Chinese quince material, raising the expectation for its application to musical instruments.

The achievements of the present study can be

summarized as follows:

First, a compression technique was established based on the trial manufacturing of wooden products using compressed Japanese cedar. Thus, the production of compressed wood materials that excelled in dimensional stability was made possible.

Second, our SD analysis demonstrated that the Japanese cedar feels and looks differently before and after compression, and that compression forming gives the material sensory attributes similar to those of hardwoods such as teak or rosewood, which means that Japanese cedar could be used as a high-grade wood material that compares with such hardwood materials and hence would have a wider range of applications.

The third and most important achievement of the present study is the establishment of the method of slicing compressed Japanese cedar into veneers. This technique allows the manufacturing of wood composites using compressed Japanese cedar. In applying wood materials to furniture, fittings, and interior parts, an appropriate selection from among solid wood materials, veneers, and wood composites made of veneers is critically important.

Therefore, naturally, this was one of the important points for us to consider when using compressed Japanese cedar. The establishment of the technique of slicing compressed softwood materials into veneers and the trial manufacturing of wood products using such sliced veneers has added a wide range of applications involving compressed softwood materials to their conventional range of uses in the form of solid wood materials.

Considering that wood is a valuable natural resource, it will be a matter of great importance to develop efficient and economical methods of using wood materials modified by the processing technique we proposed. Seen from the perspective of natural resource conservation, the meaning of this study is significant in that this study serves as a guide for future developments toward practical applications of compressed wood materials; we presented methods of using compressed wood materials in forms other than solid wood materials, and then actually applied these methods to the manufacturing of wooden products.

One of the remaining challenges is the improvement in terms of the width adjustment of compressed wood materials. To realize an efficient use of compressed Japanese cedar and sliced veneers of compressed Japanese cedar, it is

necessary to improve molding casts so as to allow the compression of wood materials of larger widths.

It is also necessary to improve densities of compressed wood materials to allow the slicing of thinner veneers. Equally important is to investigate whether the typical thickness (conventionally 2.4 mm or 3.0 mm) of thick sliced veneers for ordinary plywood will bear good results for sliced veneers of compressed wood materials.

Since curved LVLs crack easily when press-glued by forming dies into products with small curvatures, the establishment of a method of determining appropriate thicknesses of sliced veneers for intended forming curvatures is also another remaining challenge.

This study proposed the compression forming technique as an effective and efficient method of using wood materials, which are a scarce biological resource, and presented effective applications of compressed wood materials manufactured by this technique. We consider that it is important to develop the present study further and incorporate plastic-based operations into its scope, while taking the efficiency of the production

of members and final products into consideration,
so that compressed wood materials will be widely
recognized as industrial materials.

Zusammenfassung

Untersuchungen zur Entwicklung und Verwendung von Verdichtetem Zederfichtenholz

Dieses Studium zielt darauf ab, daß Holz mit niedriger Qualität, wie schmales Holz aus ausgedünnter Zederfichte, mit Hilfe der Verdichtungstechnik, mit der die mechanischen Eigenschaften der verdichteten Zederfichte verbessert wird, nutzbar gemacht wird und damit das Design und die Produktionstechnik für das industrielle Kunstbewerbe verbreitet werden kann.

Die Verdichtungstechnik wurde durch die Verbesserung der Produktionspresse, die für die Anwendung zur Produktherstellung gedacht ist, und durch Experimente erprobt, so daß die Produktion von stabil verdichtetem Zederfichtenholz ermöglicht wird. Wenn Zederfichte verdichtet wird, verändern sich die mechanischen Eigenschaften, wie Biegezugkraft, Krafteinsatz, Schnitteigenschaft, Stärke, Klebekraft, Abreibungseigenschaft sowie sensorische Eigenschaften wie Tasteempfindung und Aussehen im Vergleich zum ursprünglichen Holz. Solche Eigenschaften sind eher ähnlich wie hartes Holz aus Laubbäumen und es wird klar, daß dieses Holz als Luxusholzmaterial benutzt werden kann.

Das größte Ergebnis von diesem Studium ist der Aufbau der Verdichtungstechnik und die Methode, mit der die scheibenweise Fertigung auf verdichtetem Zederfichtenholz ausgeführt und damit Holzbretter aus verdichtetem Zederfichtenholz produziert werden können. Als wir dieses Holz für die Produktherstellung benutzt haben, war dies nicht schlechter im Vergleich zu normalen Holz oder Holzmaterial und es hat gute Ergebnisse gezeigt.

Mit diesem Ergebnis, daß die Nutzung als Holzmaterial und die Fertigung für Holzbretter aus Zederfichte erfolgreich gezeigt hat, ist die Nutzung dieser Technik sehr breit geworden. Holz ist ein wertvolles Material und die effiziente und sparsame Methode für die Holzmodifizierung ist immer gefragt. Mit Berücksichtigung dieses Hintergrundes kann unsere Technik eine praktische Richtung für die Nutzung als industrielles Material im Kunstgewerbe zeigen, weil wir die Anwendung außer als Holzmaterial als auch die Verwendung für aktuelle Produkte zeigen konnten.

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、お忙しい時間を割いて親身なご指導とご鞭撻を賜りました千葉大学工学部デザイン工学科教授 青木 弘行先生に心より感謝申し上げます。

また、千葉大学工学部デザイン工学科教授 宮崎 清先生、同教授 堀田 明博先生、同学科助教授 久保 光徳先生、同助教授 寺内 文雄先生には、本論文の細部にわたるご指導を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

特に、青木 弘行先生には突然のお願いにも関わらず、本論文に対するご指導を快くお引き受けいただき、また、随所にわたり丁寧なご指導をいただきました。ここに謹んで感謝の意を表します。

本論文をまとめるまで、7～8年の永きにわたり、スギ圧縮材に関する研究を継続してまいりました。本研究のきっかけをつくっていただき、また、研究全般に対して開始当初から懇切丁寧なご指導をいただいた、拓殖大学名誉教授 藤盛 啓治先生には深く感謝いたしますとともに、本論文をまとめるに至るまで、日々励ましてくださったことに心よりお礼申し上げます。

感覚特性に関する研究においては、拓殖大学工学部工業デザイン学科教授 増山 英太郎先生にご指導いただき、数々のご助言をいただきました。深く感謝いたします。

また、学位論文の審査を受けるにあたり、そのきっかけをつくってくださった、拓殖大学工学部工業デザイン学科教授 古屋 繁先生に厚くお礼申し上げます。

木材の圧縮成形装置を開発した株式会社アミノには、研究当初より多大なるご指導とご協力をいただきました。代表取締役社長 網野 庵之氏をはじめとする関係者の皆様に謹んで感謝の意を表します。

また、力学的性質に対する実験を実施する上では、埼

玉県産業技術総合センター、青森県農林総合研究センター林業試験場にご指導とご協力をいただきました。

感覚特性に対する実験においては、刈谷木材工業株式会社、株式会社デノン、株式会社インターオフィスの皆様にご協力をいただきました。

スギ圧縮材を利用した各種試作にあたっては多くの方々にご協力をいただいております。

成形合板家具の試作については、株式会社天童木工のご協力をいただき、取締役開発部長 菅沢 光政氏には数々のご指導を賜りました。

シロフォンの音板開発では、株式会社斉藤楽器製作所および同社専務取締役 斉藤 俊次氏にご指導・ご協力をいただきました。

スギ圧縮材のスライス加工、構成部材や製品の試作にあたっては、木材加工等の企業および職人の方々に多大なるご協力をいただきました。

すべての関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

また、ともに研究を進めてきた機器設計研究室の大学院生および学部学生の皆様の、スギ圧縮材に関する研究が本論文の基盤となっております。特に、梶田 直孝君、井上 靖之君、阿部 岳文君のご協力とご支援に対し、ここに深く感謝申し上げます。

拓殖大学工学部工業デザイン学科の諸先生方には、ご指導、ご鞭撻、また、暖かい励ましをいただきました。深くお礼申し上げます。

最後に、終始支えてくれた家族にありがとうの言葉を送ります。

2005年1月

阿部 眞理

補遺

補遺目次

3-1	静的三点曲げ実験測定データ	1
3-2	縦圧縮実験測定データ	2
3-3	せん断実験測定データ	3
3-4	硬さ実験測定データ：スギ圧縮材 四方柱	4
3-5	硬さ実験測定データ：スギ圧縮材 二方柱	5
3-6	硬さ実験測定データ：スギ材 四方柱と二方柱	6
3-7	硬さ実験測定データ：ブナ材 四方柱	7
3-8	接着強さ実験測定データ：スギ圧縮材	8
3-9	接着強さ実験測定データ：スギ材	9
3-10	接着強さ実験測定データ：ナラ材	10
3-11	摩耗実験測定データ：無垢材	11
4-1	硬さ予備実験測定データ：スギ圧縮突き板単板（厚さ0.8mm）・ラワン合板	12
4-2	硬さ予備実験測定データ：スギ圧縮突き板単板（厚さ1.5mm）・ラワン合板	13
4-3	硬さ予備実験測定データ：スギ突き板単板（厚さ1.5mm）・ラワン合板	14
4-4	硬さ予備実験測定データ：ブナ突き板単板（厚さ1.5mm）・ラワン合板	15
4-5	硬さ実験測定データ：スギ圧縮突き板単板（厚さ0.6mm）・ラワン合板	16
4-6	硬さ実験測定データ：スギ圧縮突き板単板（厚さ0.8mm）・ラワン合板	17
4-7	硬さ実験測定データ：スギ圧縮突き板単板（厚さ1.5mm）・ラワン合板	18
4-8	硬さ実験測定データ：スギ突き板単板（厚さ0.6mm）・ラワン合板	19
4-9	硬さ実験測定データ：スギ突き板単板（厚さ0.8mm）・ラワン合板	20
4-10	硬さ実験測定データ：スギ突き板単板（厚さ1.5mm）・ラワン合板	21
4-11	硬さ実験測定データ：ブナ突き板単板（厚さ0.6mm、1.5mm）・ラワン合板	22
4-12	硬さ実験測定データ：ナラ突き板単板（厚さ0.6mm、1.5mm）・ラワン合板	23
4-13	接着強さ実験測定データ：スギ圧縮突き板単板・ラワン合板	24
4-14	接着強さ実験測定データ：スギ突き板単板・ラワン合板	25
4-15	接着強さ実験測定データ：ナラ突き板単板・ラワン合板	26
4-16	接着強さ実験測定データ：スギ圧縮突き板単板・スギランバーコア	27
4-17	接着強さ実験測定データ：スギ突き板単板・スギランバーコア	28
4-18	接着強さ実験測定データ：ナラ突き板単板・スギランバーコア	29
4-19	摩耗実験測定データ：突き板単板・ラワン合板	30
4-20	通直LVL曲げ実験測定データ	31
4-21	湾曲LVL曲げ実験測定データ	32
6-1	試作品図面：脚ものの家具 ～学校用いす（第2回目の試作）～	33
6-2	試作品図面：脚ものの家具 ～学校用机（第2回目の試作）～	34
6-3	試作品図面：箱ものの家具 ～家庭用サイドボード～	35
6-4	試作品図面：建具 ～室内用ドア：から戸風ガラス戸～	36
6-5	試作品図面：建具 ～室内用ドア：フラッシュ戸～	37
6-6	試作品図面：建具 ～室内用ドア：引き違い戸～	38
6-7	試作品図面：内装用部材 ～複合フローリング3種～	39
6-8	試作品図面：楽器 ～家庭用シロフォン～	40

補遺 3-1 静的三点曲げ実験測定データ

材種	試験片No.	気乾比重	最大荷重 (KN)	変位 (mm)	曲げ強さ (Mpa)	曲げ比例限度 (Mpa)	曲げヤング係数 (Gpa)
スギ圧縮材	1	0.79	2.68	7.10	141	116	14.3
	2	0.77	2.80	9.50	147	108	14.0
	3	0.76	2.66	7.90	140	113	14.0
	4	0.68	2.28	8.10	120	90.1	12.2
	5	0.69	2.15	8.00	113	77.2	12.7
	6	-	-	-	-	-	-
	7	0.58	1.88	8.30	98.7	64.4	9.10
	8	0.66	2.20	9.10	115	72.1	11.3
スギ材	1	0.36	1.12	11.6	-	-	-
	2	0.37	1.31	10.8	69.1	38.6	9.56
	3	0.34	1.12	11.7	58.7	33.5	5.85
	4	0.38	1.26	10.8	65.9	38.6	6.75
	5	0.38	1.27	9.10	66.4	38.6	7.17
	6	0.39	1.28	9.80	67.5	41.2	7.20
	7	0.41	1.29	9.50	67.5	41.2	7.64
	8	0.35	1.18	9.60	61.8	38.6	5.73
ブナ材	1	0.51	1.55	12.2	81.2	41.2	6.12
	2	0.49	1.28	10.5	67.0	33.5	5.52
	3	0.61	2.01	10.3	105	64.4	8.69
	4	0.50	1.65	12.1	86.8	46.3	6.88
	5	0.54	1.71	13.2	89.9	51.5	6.95
	6	0.62	2.22	14.4	116	72.1	8.56
	7	0.56	2.13	13.0	112	77.2	7.91
	8	0.54	1.93	15.9	101	59.2	7.33

補遺 3-2 縦圧縮実験測定データ

材種	試験片No.	気乾比重	最大荷重 (KN)	変位 (mm)	縦圧縮強さ (Mpa)	ヤング係数 (Gpa)
スギ圧縮材	1	0.66	23.0	1.35	57.4	1.67
	2	0.66	24.9	0.92	62.3	2.66
	3	0.66	24.0	1.22	59.9	1.93
	4	0.65	23.1	1.14	57.7	1.99
	5	0.64	25.1	1.50	62.7	1.64
	6	0.62	18.6	1.41	46.5	1.29
	7	0.63	23.0	1.26	57.4	1.79
	8	0.66	26.0	1.05	65.1	2.43
	9	0.60	19.5	1.22	48.8	1.57
	10	0.65	23.9	1.16	59.8	2.02
	11	0.61	20.3	1.48	50.8	1.35
	12	0.64	24.4	1.34	61.1	1.79
スギ材	1	0.34	13.3	1.13	33.2	1.15
	2	0.33	13.4	1.16	33.6	1.13
	3	0.33	14.1	1.52	35.2	0.91
	4	0.34	13.3	1.44	33.2	0.91
	5	0.32	13.7	1.49	34.4	0.90
	6	0.33	13.1	0.96	32.8	1.34
	7	0.34	14.0	0.99	35.0	1.39
	8	0.33	13.0	1.16	32.4	1.10
	9	0.33	13.1	1.00	32.8	1.28
	10	0.34	14.0	1.16	35.1	1.18
	11	0.33	13.1	1.05	32.8	1.22
ブナ材	1	0.57	18.4	1.52	45.9	1.19
	2	0.58	19.1	1.35	47.8	1.39
	3	0.58	19.3	1.45	48.3	1.31
	4	0.56	18.5	1.75	46.3	1.04
	5	0.59	23.5	1.70	58.8	1.36
	6	0.61	23.6	1.14	59.0	2.03
	7	0.60	23.2	1.26	58.0	1.81
	8	0.57	19.3	1.79	48.2	1.06
	9	0.58	18.9	1.24	47.3	1.49
	10	0.60	23.7	1.41	59.3	1.65
	11	0.55	18.1	1.55	45.2	1.15
	12	0.57	18.6	1.36	46.4	1.34

補遺 3-3 セン断実験測定データ

材種	試験片No.	気乾比重	最大荷重 (KN)	変位 (mm)	せん断強さ (MPa)
スギ圧縮材	1	0.61	1.71	0.79	8.38
	2	0.67	1.71	0.44	7.76
	3	0.74	2.06	0.64	9.36
	4	0.63	2.20	0.66	10.0
	5	0.60	3.08	0.48	14.0
	6	0.70	3.47	0.57	15.8
	7	0.68	1.41	0.58	6.42
	8	0.59	3.24	0.66	14.7
	9	0.69	3.65	0.55	16.6
スギ材	1	0.32	1.65	0.47	7.49
	2	0.31	1.69	0.49	7.67
	3	0.41	1.73	0.36	7.85
	4	0.40	1.80	0.38	8.20
	5	0.31	1.59	0.47	7.22
	6	0.40	2.28	0.43	10.3
	7	0.43	2.10	0.38	9.54
	8	0.43	2.20	0.43	10.0
ブナ材	1	0.62	3.36	0.61	16.5
	2	0.63	3.75	0.62	17.0
	3	0.63	3.63	0.67	16.5
	4	0.62	4.47	0.69	20.3
	5	0.63	3.41	0.54	15.5
	6	0.52	3.10	0.7	14.1
	7	0.52	2.96	0.65	13.5
	8	0.63	3.65	0.54	16.6

補遺 3-4 硬さ実験測定データ : スギ圧縮材 四方桁

材 種	構 成	木取り形状	試験片番号	木目形状	硬 さ (MPa)		
					(平均年輪幅)		
					広い (2.9mm~3.6mm)	普通 (1.3mm~1.6mm)	狭い (0.6mm~1.1mm)
スギ圧縮材	無垢材	四方桁	1	板目 または 追い桁面	5.2	8.4	8.0
			2		4.6	7.2	8.3
			3		3.5	6.9	8.1
			4		7.9	9.2	9.3
			5		6.4	9.6	7.9
			6		4.2	9.0	8.3
			7		4.0	8.0	6.7
			8		3.1	6.5	6.4
			9		3.1	5.7	7.5
			10		3.7	6.7	9.0
			11		3.8	6.6	8.7
			12		4.8	18.0	9.6
			1	桁目面	13.5	17.1	9.9
			2		13.7	17.3	12.2
			3		13.2	18.5	12.6
			4		10.2	16.4	14.4
			5		10.5	13.9	13.2
			6		9.7	14.2	15.3
			7		10.9	14.7	13.2
			8		15.3	16.2	13.4
			9		12.1	17.6	14.0
			10		4.9	16.4	17.7
			11		7.8	17.8	17.1
			12		7.5	18.3	17.7
			1	木口面	25.7	37.1	38.8
			2		24.1	36.0	41.2
			3		28.2	40.6	43.3
			4		30.7	35.2	46.6
			5		25.8	35.8	41.0
			6		27.2	34.4	42.1
			7		24.3	38.6	41.8
			8		27.7	38.3	39.7
			9		26.4	38.1	40.0
			10		24.1	37.3	38.4
			11		25.8	38.0	38.0
			12		23.3	43.4	37.8
			1	内側	3.5	5.8	8.0
			2		6.5	4.8	9.8
			3		6.1	3.8	9.3
			4		6.6	3.9	8.8
			5		5.9	5.0	9.1
			6		4.8	6.3	10.3
			7		3.6	6.5	10.4
			8		3.1	6.0	10.8
			9		2.5	5.8	12.0
			10		4.5	7.9	9.5
			11		3.6	5.5	9.0
			12		4.9	4.4	10.3

補遺 3-5 硬さ実験測定データ : スギ圧縮材 二方桁

材 種	構 成	木取り形状	試験片番号	木目形状	硬 さ (MPa)		
					(平均年輪幅)		
					広い (2.0mm~3.5mm)	普通 (1.9mm~2.1mm)	狭い (1.2mm~1.3mm)
			1		9.5	11.2	20.0
			2		7.3	5.4	22.9
			3		6.3	5.4	18.7
			4		6.0	8.8	23.8
			5		7.6	10.1	22.4
			6	板目 または 追い桁面	8.9	8.4	20.1
			7		11.6	10.6	19.6
			8		11.0	10.3	22.6
			9		7.9	10.0	17.5
			10		9.5	7.9	18.7
			11		9.2	8.3	18.2
			12		7.5	8.1	17.3
			1		11.2	7.8	27.5
			2		11.8	5.9	30.2
			3		10.3	6.3	22.2
			4		11.9	11.7	19.7
			5		9.5	12.3	21.9
			6	桁目面	10.1	12.4	25.8
			7		12.5	13.1	22.4
			8		12.5	15.3	28.5
			9		11.5	15.7	28.9
			10		13.4	16.1	26.7
			11		14.2	17.5	24.4
			12		14.1	17.7	25.0
スギ圧縮材	無垢材	二方桁	1		40.6	40.1	52.3
			2		41.3	40.0	51.1
			3		38.3	46.6	51.0
			4		40.5	39.7	52.9
			5		40.5	40.5	55.0
			6	木口面	33.3	42.7	51.8
			7		39.8	45.6	49.8
			8		45.6	42.6	51.1
			9		44.2	44.5	50.5
			10		41.9	41.5	45.6
			11		39.3	46.0	48.9
			12		37.2	47.7	52.4
			1		9.8	6.3	14.1
			2		12.1	4.6	14.8
			3		15.0	4.2	16.8
			4		13.6	3.4	16.0
			5		7.7	3.9	15.5
			6	内側	9.5	4.1	16.8
			7		11.9	5.8	17.6
			8		11.0	5.1	17.2
			9		10.0	6.3	17.4
			10		19.5	7.0	18.0
			11		16.6	5.8	17.0
			12		9.9	6.1	16.4

補遺 3-6 硬さ実験測定データ : スギ材 四方桁と二方桁

材 種	構 成	木取り形状	試験片番号	木目形状	硬 さ (MPa)		
					(平均年輪幅)		
					広い (3.0mm～4.6mm)	普通 (1.9mm～2.7mm)	狭い (1.7mm)
スギ材	無垢材	四方桁	1	板目 または 追い桁面	4.0	8.4	3.7
			2		4.5	6.2	4.0
			3		5.5	6.0	4.4
			4		5.8	7.0	4.7
			5		4.4	-	-
			6		4.8	-	-
			1	桁目面	5.1	7.9	4.9
			2		4.2	7.9	5.0
			3		4.2	6.8	4.6
			4		3.8	9.1	4.6
			5		4.0	-	-
			6		4.4	-	-
		二方桁	1	木口面	20.4	26.0	23.6
			2		18.4	30.0	23.7
			3		16.9	28.3	21.5
			4		18.3	32.7	22.7
			5		16.0	-	-
			6		19.6	-	-
			1	板目 または 追い桁面	6.7	5.8	
			2		3.4	6.0	
			3		3.5	6.1	
			4		4.4	5.3	
			1	桁目面	4.5	6.4	
			2		5.8	6.5	
			3		6.1	6.6	
			4		6.8	5.5	
			1	木口	17.6	30.4	
			2		14.6	24.5	
			3		16.3	23.3	
			4		20.8	31.0	

補遺 3-7 硬さ実験測定データ : ブナ材 四方桁

材 種	構 成	木取り形状	試験片番号	木目形状	硬 さ (MPa)
					(平均年輪幅) (2.4mm～3.0mm)
ブナ材	無垢材	四方桁	1	板目 または 追い桁面	23.1
			2		20.3
			3		20.2
			4		21.2
			5		21.0
			6		22.5
			7		19.3
			8		19.7
			9		17.4
			10		18.4
			11		17.5
			12		17.3
			1	桁目面	26.5
			2		21.4
			3		22.6
			4		23.5
			5		23.4
			6		20.4
			7		20.3
			8		22.4
			9		22.6
			10		16.7
			11		19.9
			12		17.9
			1	木口面	51.9
			2		53.5
			3		53.4
			4		53.9
			5		55.2
			6		26.3
			7		57.0
			8		56.3
			9		47.5
			10		48.3
			11		47.2
			12		49.5

補遺 3-8 接着強さ実験測定データ : スギ圧縮材

材 種	接着面の 組み合わせ	試験片 no.	最大荷重 (KN)	接着強さ (MPa)	平均木破率 (%)
スギ圧縮材	板目・板目	1	1.86	7.16	30
		2	1.57	6.03	90
		3	1.40	5.37	90
		4	1.47	5.65	90
		5	1.18	4.52	60
		6	1.47	5.65	50
		7	1.47	5.65	10
		8	1.13	4.33	20
		9	1.23	4.71	20
		10	1.81	6.97	60
		11	1.23	4.71	80
		12	1.10	4.24	20
	板目・板目	1	2.09	7.73	10
		2	1.27	4.9	0
		3	2.25	8.67	20
		4	2.16	8.29	20
		5	1.33	5.18	10
		6	2.00	7.73	0
		7	1.91	7.35	10
		8	1.57	6.03	0
		9	2.16	8.29	0
		10	1.42	5.47	0
		11	1.91	7.35	10
		12	2.40	9.23	10
	板目・板目	1	破損	-	-
		2	締め付け不良	-	-
		3	1.30	4.99	30
		4	破損	-	-
		5	1.03	3.96	0
		6	0.88	3.39	0
		7	0.88	3.39	20
		8	0.74	2.83	10
		9	破損	-	-
		10	0.86	3.30	10
		11	1.20	4.62	30
		12	0.86	3.30	20

補遺 3-9 接着強さ実験測定データ : スギ材

材 種	接着面の 組み合わせ	試験片 no.	最大荷重 (KN)	接着強さ (MPa)	平均木破率 (%)
スギ材	板目・板目	1	1.18	4.52	10
		2	1.94	7.44	60
		3	1.52	5.84	70
		4	1.62	6.22	70
		5	1.52	5.84	90
		6	1.32	5.09	90
		7	0.93	3.58	90
		8	1.27	4.90	50
		9	1.54	5.94	90
		10	1.47	5.65	100
		11	0.93	3.58	90
		12	1.10	3.96	50
	桁目・桁目	1	1.42	5.47	70
		2	2.06	7.92	20
		3	1.42	5.47	50
		4	1.69	6.50	80
		5	破損	-	-
		6	1.52	5.84	40
		7	1.57	6.03	50
		8	1.72	6.60	30
		9	1.03	3.96	50
		10	1.42	5.47	50
		11	1.47	5.65	20
		12	1.72	6.60	30
	板目・桁目	1	2.01	7.73	80
		2	1.76	6.78	100
		3	1.91	7.35	90
		4	1.40	4.93	100
		5	1.47	5.65	50
		6	1.89	7.26	90
		7	1.42	5.47	90
		8	1.62	6.22	80
		9	1.18	4.52	70
		10	1.18	4.52	90
		11	1.54	5.94	90
		12	0.83	3.20	90

補遺 3-10 接着強さ実験測定データ : ナラ材

材 種	接着面の 組み合わせ	試験片 no.	最大荷重 (KN)	接着強さ (MPa)	平均木破率 (%)
ナラ材	板目・板目	1	2.21	8.48	10
		2	1.94	7.44	0
		3	2.06	7.92	10
		4	1.89	7.26	0
		5	1.52	5.84	0
		6	2.08	8.01	10
		7	1.67	6.41	0
		8	2.07	7.96	10
		9	2.01	7.73	0
		10	1.67	6.41	10
		11	2.01	7.73	0
		12	1.74	6.69	10
	板目・板目	1	1.94	7.44	10
		2	1.52	5.84	10
		3	1.42	5.47	10
		4	1.57	6.03	10
		5	1.30	4.99	10
		6	2.06	7.92	10
		7	1.57	6.03	10
		8	1.37	5.28	10
		9	1.72	6.60	10
		10	1.13	4.33	10
		11	2.16	8.29	10
		12	破損	-	-
	板目・板目	1	1.81	6.97	0
		2	1.57	6.03	0
		3	1.81	6.97	10
		4	1.81	6.97	10
		5	1.52	5.84	10
		6	2.40	9.23	0
		7	2.13	8.21	10
		8	破損	-	-
		9	2.43	9.33	10
		10	2.13	8.21	0
		11	2.06	7.92	10
		12	1.47	5.65	0

補遺 3-11 摩耗実験測定データ : 無垢材

材 種	構 成	試験片 番号	木目形状	摩耗減少質量 (mg) (500回転あたり)	
				塗装の有無 有	無
スギ圧縮材		1	板目	720.0	625.0
		2		756.0	524.0
		1	柂目	941.0	764.0
		2		831.0	784.0
	無垢材				
ナラ材		1	板目	666.0	338.0
		2		694.0	376.0
		1	柂目	823.0	335.0
		2		719.0	290.0

補遺 4-1 硬さ予備実験測定データ : スギ圧縮突き板単板 (厚さ 0.8 mm)
 基材 : ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板 の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の 木目形状	硬 さ (MPa)	
					塗装の有無	
					有	無
スギ圧縮材	突き板単板貼り合板 (基材 : ラワン合板)	0.8mm	1		0.853	0.655
			2		0.840	0.061
			3		0.818	0.742
			4		0.770	0.742
			5		0.340	
			6	板目 または 追い桎面	0.426	
			7		1.146	
			8		1.060	
			9		0.940	-
			10		0.534	
			11		0.927	
			12		0.826	
			1		1.638	1.790
			2		1.662	1.708
			3		1.646	1.705
			4		1.766	1.655
			5		1.781	
			6	桎目面	1.783	
			7		1.775	
			8		1.755	
			9		1.633	-
			10		1.363	
			11		1.785	
			12		1.802	

補遺 4-2 硬さ予備実験測定データ : スギ圧縮突き板単板 (厚さ 1.5 mm)
 基材 : ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板 の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の 木目形状	硬 さ (MPa)	
					塗装の有無	
					有	無
			1		0.681	0.978
			2		0.765	0.880
			3		0.773	0.583
			4		1.115	0.825
			5		1.110	
			6	板目 または 追い桎面	1.051	
			7		0.720	
			8		0.747	
			9		0.713	-
			10		1.100	
			11		0.985	
			12		0.895	
スギ圧縮材	突き板単板貼り合板 (基材 : ラワン合板)	1.5mm	1		1.555	1.553
			2		1.530	1.525
			3		1.511	1.555
			4		1.655	1.413
			5		1.703	
			6	桎目面	1.655	
			7		1.825	
			8		1.818	
			9		1.878	-
			10		2.310	
			11		2.055	
			12		1.835	

補遺 4-3 硬さ予備実験測定データ : スギ突き板単板 (厚さ 1.5 mm)
 基材 : ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板 の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の 木目形状	硬 さ (MPa)	
					塗装の有無	
					有	無
スギ材	突き板単板貼り合板 (基材 : ラワン合板)	1.5mm	1	赤身 板目	0.857	0.888
			2		0.940	0.861
			3		0.800	0.639
			4		0.875	0.558
			5		0.683	
			6		0.461	
			7		0.644	
			8		0.734	
			9		0.668	-
			10		0.543	
			11		0.803	
			12		0.809	
			1	源平 柱目	0.870	0.770
			2		0.892	0.881
			3		0.807	0.503
			4		1.140	0.495
			5		1.098	
			6		1.043	
			7		0.661	
			8		0.615	
			9		0.709	-
			10		0.713	
			11		0.663	
			12		0.641	

補遺 4-4 硬さ予備実験測定データ : ブナ突き板単板 (厚さ 1.5 mm)
 基材 : ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板 の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の 木目形状	硬 さ (Mpa)	
					塗装の有無	
					有	無
			1		2.047	1.743
			2		1.826	1.850
			3		1.447	1.603
			4		1.900	1.843
			5		2.010	
			6	板目	1.938	
			7		1.718	
			8		1.390	-
			9		1.748	
			10		1.875	
			11		1.893	
			12		1.780	
ブナ材	突き板単板貼り合板 (基材 : ラワン合板)	1.5mm	1		0.657	
			2		0.876	
			3		0.893	
			4		0.918	
			5		0.812	
			6	板目	0.801	-
			7		0.933	
			8		0.835	
			9		0.888	
			10		0.809	
			11		0.915	
			12		0.854	

補遺 4-5 硬さ実験測定データ : スギ圧縮突き板単板 (厚さ 0.6 mm)

基材: ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の木目 形状	硬 さ (MPa)	
					塗装の有無	
					有	無
スギ圧縮材	突き板単板貼り 合板 (基材: ラワン合板)	0.6mm	1	板目 または 追い柃面	1.21	0.57
			2		1.25	0.65
			3		0.95	0.64
			4		0.97	0.83
			5		0.86	0.66
			6		1.10	0.82
			7		1.27	0.61
			8		1.09	0.62
			9		0.92	0.65
			10		0.99	1.11
			11		0.88	0.61
			12		0.76	0.51
			1	柃目面	0.98	0.47
			2		1.07	0.52
			3		1.15	0.59
			4		1.32	0.60
			5		1.05	0.65
			6		1.16	0.61
			7		1.25	0.55
			8		1.13	0.61
			9		1.07	0.54
			10		1.19	0.66
			11		1.16	0.71
			12		1.23	0.64

補遺 4-6 硬さ実験測定データ : スギ圧縮突き板単板 (厚さ 0.8 mm)

基材: ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の木目 形状	硬 さ (MPa)	
					塗装の有無	
					有	無
			1		1.15	0.85
			2		1.04	0.84
			3		1.27	0.82
			4		1.50	0.77
			5		1.67	0.34
			6	板目 または 追い柵面	1.73	0.43
			7		1.23	1.15
			8		1.43	1.06
			9		1.34	0.94
			10		1.50	0.53
			11		1.52	0.93
			12		1.74	0.83
スギ圧縮材	突き板単板貼り 合板 (基材: ラワン合板)	0.8mm	1		1.64	1.74
			2		1.66	1.20
			3		1.65	1.67
			4		1.77	1.59
			5		1.78	1.65
			6	柵目面	1.78	1.66
			7		1.78	1.12
			8		1.76	1.24
			9		1.63	1.30
			10		1.36	1.46
			11		1.79	1.25
			12		1.80	1.55

補遺 4-7 硬さ実験測定データ : スギ圧縮突き板単板 (厚さ 1.5 mm)
 基材 : ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の木目 形状	硬 さ (MPa)	
					塗装の有無	
					有	無
スギ圧縮材	突き板単板貼り 合板 (基材 : ラワン合板)	1.5mm	1	板目 または 追い柁面	0.68	0.51
			2		0.77	0.52
			3		0.77	0.50
			4		1.12	0.51
			5		1.11	0.40
			6		1.05	0.54
			7		0.72	0.77
			8		0.75	0.56
			9		0.71	0.63
			10		1.10	0.50
			11		0.99	0.70
			12		0.90	0.82
			1	柁目面	1.56	0.79
			2		1.53	0.84
			3		1.51	0.80
			4		1.66	0.78
			5		1.70	0.78
			6		1.66	0.84
			7		1.83	0.76
			8		1.82	0.82
			9		1.88	0.83
			10		2.31	0.89
			11		2.06	0.86
			12		1.84	0.79

補遺 4-8 硬さ実験測定データ : スギ突き板単板 (厚さ 0.6 mm)

基材 : ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の木目 形状	硬 さ (MPa)	
					塗装の有無	
					有	無
スギ材	突き板単板貼り 合板 (基材 : ラワン合板)	0.6mm	1	板目 または 追い桎面	0.97	0.17
			2		0.70	0.64
			3		0.69	0.58
			4		0.50	0.56
			5		0.64	0.51
			6		0.48	0.51
			7		0.44	0.48
			8		0.62	0.62
			9		0.75	0.95
			10		0.75	0.68
			11		1.13	0.76
			12		0.56	-
			1	桎目面	0.95	0.47
			2		0.98	0.46
			3		0.82	0.47
			4		1.11	0.46
			5		0.96	0.51
			6		0.99	0.50
			7		1.05	0.52
			8		0.91	0.45
			9		1.03	0.55
			10		0.80	0.55
			11		1.02	0.52
			12		1.06	0.42

補遺 4-9 硬さ実験測定データ : スギ突き板単板 (厚さ 0.8 mm)

基材 : ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の木目 形状	硬 さ (MPa)	
					塗装の有無	
					有	無
スギ材	突き板単板貼り 合板 (基材 : ラワン合板)	0.8mm	1	板目 または 追い柁面	0.46	0.55
			2		0.48	0.45
			3		0.59	0.39
			4		0.57	0.42
			5		0.54	0.35
			6		0.56	0.47
			7		0.70	0.41
			8		0.66	0.42
			9		0.57	0.36
			10		0.53	0.30
			11		0.58	0.28
			12		0.57	0.34
			1	柁目面	0.91	0.38
			2		0.85	0.37
			3		0.82	0.36
			4		0.77	0.36
			5		0.86	0.40
			6		0.87	0.38
			7		0.77	0.21
			8		0.65	0.33
			9		0.80	0.33
			10		0.95	0.30
			11		0.89	0.31
			12		0.92	0.30

補遺 4-10 硬さ実験測定データ : スギ突き板単板 (厚さ 1.5 mm)
 基材 : ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の木目 形状	硬 さ (MPa)	
					塗装の有無	
					有	無
スギ材	突き板単板貼り 合板 (基材 : ラワン合板)	1.5mm	1	板目 または 追い柵面	0.86	0.69
			2		0.94	0.80
			3		0.80	0.61
			4		0.88	0.52
			5		0.68	0.47
			6		0.46	0.42
			7		0.64	0.54
			8		0.73	0.59
			9		0.67	0.57
			10		0.54	0.58
			11		0.80	0.60
			12		0.81	0.63
			1	柵目面	0.66	0.58
			2		0.62	0.61
			3		0.71	0.61
			4		0.71	0.55
			5		0.66	0.58
			6		0.64	0.56
			7		0.64	0.51
			8		0.73	0.43
			9		0.67	0.48
			10		0.54	0.47
			11		0.80	0.51
			12		0.81	0.56

補遺 4-11 硬さ実験測定データ : ブナ突き板単板 (厚さ 0.6 mm、1.5 mm)

基材 : ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の木目 形状	硬 さ (MPa)	
					塗 装 の 有 無	
					有	無
ブナ材	突き板単板貼り 合板 (基材 : ラワン合板)	0.6 mm	1	板目 または 追い柃面	2.13	1.89
			2		1.85	1.62
			3		1.70	1.83
			4		2.15	1.85
			5		1.96	2.27
			6		1.94	2.02
			7		2.15	1.47
			8		1.78	1.86
			9		1.64	1.95
			10		1.70	1.87
			11		2.06	1.83
			12		1.90	1.73
			1	柃目面	1.91	1.95
			2		2.24	1.78
			3		2.20	1.76
			4		2.21	2.04
			5		2.18	1.72
			6		2.12	1.64
			7		2.10	2.15
			8		1.96	1.88
			9		2.29	1.76
			10		2.36	2.00
			11		2.20	1.84
			12		2.08	2.11
		1.5 mm	1	板目 または 追い柃面	2.41	1.79
			2		1.83	1.82
			3		1.45	2.17
			4		1.90	1.78
			5		2.01	1.61
			6		1.94	1.42
			7		1.72	1.89
			8		1.39	1.76
			9		1.75	1.50
			10		1.88	1.74
			11		1.89	1.64
			12		1.78	1.80

補遺 4-12 硬さ実験測定データ : ナラ突き板単板 (厚さ 0.6 mm、1.5 mm)
基材 : ラワン合板

材 種	構 成	突き板単板の 厚さ (mm)	試験片番号	加圧面の木目 形状	硬 さ (MPa)	
					塗装の有無	
					有	無
ナラ材	突き板単板貼り 合板 (基材 : ラワン合板)	0.6 mm	1	板目 または 追い柃面	2.79	1.91
			2		2.62	2.22
			3		2.47	1.61
			4		2.23	2.05
			5		2.81	0.58
			6		2.85	1.78
			7		2.91	1.99
			8		2.51	2.15
			9		2.58	2.44
			10		2.22	2.42
			11		2.10	2.27
			12		2.25	2.19
			1	柃目面	2.31	2.40
			2		1.78	2.13
			3		2.03	1.80
			4		2.03	1.56
			5		1.90	1.79
			6		1.79	1.11
			7		2.03	1.92
			8		1.85	2.09
			9		2.36	1.98
			10		2.30	2.04
			11		1.88	2.15
			12		1.81	1.86
		1.5 mm	1	板目 または 追い柃面	0.66	-
			2		0.88	-
			3		0.89	-
			4		0.92	-
			5		0.81	-
			6		0.80	-
			7		0.93	-
			8		0.84	-
			9		0.89	-
			10		0.81	-
			11		0.92	-
			12		0.85	-

補遺 4-13 接着強さ実験測定データ : スギ圧縮突き板単板
基材 : ラワン合板

単板の材種と 基材の種類	接着面の 組み合わせ	試験片no.	最大荷重 (KN)	接着強さ (MPa)	平均木破率 (%)
スギ圧縮材 ・ ラワン合板	板目・板目	1	1.23	4.71	50
		2	1.10	4.24	80
		3	0.86	3.30	-
		4	0.96	3.68	90
		5	0.83	3.20	80
		6	0.74	2.83	30
		7	0.69	2.64	-
		8	0.93	3.58	90
		9	0.78	3.02	50
		10	1.08	4.15	100
		11	0.88	3.39	20
		12	1.18	4.52	20
	桁目・桁目	1	1.05	4.05	-
		2	1.40	5.37	70
		3	1.23	4.71	100
		4	1.47	5.65	50
		5	0.88	3.39	80
		6	1.62	6.22	-
		7	1.35	5.18	50
		8	0.69	2.64	10
		9	1.48	5.68	-
		10	1.76	6.78	10
		11	1.27	4.90	20
		12	1.32	5.09	40
	板目・桁目	1	1.32	5.09	20
		2	1.18	4.52	90
		3	1.23	4.71	30
		4	1.12	4.33	60
		5	1.18	4.52	30
		6	0.83	3.20	10
		7	1.23	4.71	70
		8	1.25	4.81	100
		9	1.08	4.15	80
		10	1.62	6.22	70
		11	1.08	4.15	90
		12	1.05	4.05	30

補遺 4-14 接着強さ実験測定データ : スギ突き板単板

基材: ラワン合板

単板の材種と 基材の種類	接着面の 組み合わせ	試験片 no.	最大荷重 (KN)	接着強さ (MPa)	平均木破率 (%)
スギ材 ・ ラワン合板	板目・板目	1	1.13	4.33	90
		2	1.27	4.90	60
		3	1.03	3.96	100
		4	1.42	5.47	90
		5	0.98	3.77	100
		6	1.08	4.15	90
		7	1.13	4.33	90
		8	0.88	3.39	90
		9	1.25	4.81	100
		10	0.98	3.77	100
		11	1.08	4.15	-
		12	1.42	5.47	90
	柁目・柁目	1	1.23	4.71	100
		2	1.37	5.28	90
		3	1.42	5.47	90
		4	1.23	4.71	60
		5	1.47	5.65	40
		6	1.40	5.37	50
		7	1.40	5.37	50
		8	1.30	4.99	90
		9	1.62	6.22	60
		10	1.37	5.28	50
		11	1.47	5.65	-
		12	1.42	5.47	60
	板目・柁目	1	1.05	4.05	90
		2	0.93	3.58	70
		3	1.23	4.71	60
		4	1.23	4.71	30
		5	1.40	5.37	90
		6	1.40	5.37	90
		7	1.27	4.90	90
		8	1.32	5.09	100
		9	1.23	4.71	90
		10	1.32	5.09	90
		11	1.40	5.37	60
		12	0.93	3.58	90

補遺 4-15 接着強さ実験測定データ : ナラ突き板単板
基材 : ラワン合板

単板の材種と 基材の種類	接着面の 組み合わせ	試験片 no.	最大荷重 (KN)	接着強さ (MPa)	平均木破率 (%)
ナラ材 ・ ラワン合板	板目・板目	1	-	-	-
		2	-	-	-
		3	1.76	6.78	90
		4	-	-	-
		5	-	-	-
		6	1.54	5.94	70
		7	-	-	-
		8	-	-	-
		9	-	-	-
		10	-	-	-
		11	-	-	-
		12	1.67	6.41	20
	柁目・柁目	1	1.67	6.41	10
		2	1.81	6.97	10
		3	1.96	7.54	50
		4	2.11	8.10	70
		5	1.67	6.41	40
		6	1.83	7.16	50
		7	1.76	6.78	20
		8	2.06	7.92	40
		9	2.06	7.92	20
		10	1.96	7.54	80
		11	2.07	7.97	50
		12	1.86	7.16	70
	板目・柁目	1	1.74	6.69	-
		2	1.86	7.16	80
		3	2.01	7.73	80
		4	2.12	8.10	50
		5	1.62	6.22	80
		6	1.72	6.60	50
		7	1.96	7.54	80
		8	1.74	6.69	70
		9	1.86	7.16	50
		10	1.81	6.97	40
		11	1.27	4.90	30
		12	1.86	7.76	60

補遺 4-16 接着強さ実験測定データ : スギ圧縮突き板単板
基材 : スギランバーコア

単板の材種と 基材の種類	接着面の 組み合わせ	試験片 no.	最大荷重 (KN)	接着強さ (MPa)	平均木破率 (%)
スギ圧縮材 ・ スギランバー コア	板目・板目	1	0.74	2.83	90
		2	0.49	1.88	90
		3	0.88	3.39	20
		4	0.74	2.83	-
		5	1.03	3.96	30
		6	1.03	3.96	70
		7	1.42	5.47	50
		8	1.05	4.05	60
		9	1.13	4.33	80
		10	0.96	3.68	100
		11	1.13	4.33	70
		12	0.64	2.45	50
スギ圧縮材 ・ スギランバー コア	柁目・柁目	1	0.73	3.06	-
		2	0.91	3.78	30
		3	0.66	2.76	30
		4	0.81	3.37	30
		5	0.64	2.65	60
		6	0.56	2.35	70
		7	1.15	4.80	20
		8	1.37	5.72	10
		9	0.44	1.84	20
		10	0.37	1.53	0
		11	1.23	5.10	0
		12	0.83	3.47	20
スギ圧縮材 ・ スギランバー コア	板目・柁目	1	0.74	3.06	50
		2	1.05	4.39	20
		3	1.27	5.31	50
		4	1.08	4.49	90
		5	0.98	4.08	90
		6	0.74	3.06	30
		7	1.18	4.90	90
		8	1.03	4.29	-
		9	0.83	3.47	-
		10	0.76	3.16	-
		11	0.83	3.47	60
		12	0.91	3.78	10

補遺 4-17 接着強さ実験測定データ : スギ突き板単板

基材 : スギランバーコア

単板の材種と 基材の種類	接着面の 組み合わせ	試験片 no.	最大荷重 (KN)	接着強さ (MPa)	平均木破率 (%)
スギ材 ・ スギランバー コア	板目・板目	1	0.88	3.39	-
		2	0.98	3.77	60
		3	0.72	2.73	80
		4	1.05	4.05	60
		5	0.96	3.68	20
		6	0.93	3.58	80
		7	1.20	4.62	20
		8	0.96	3.68	70
		9	1.15	4.43	90
		10	0.59	2.26	90
		11	1.03	3.96	-
		12	0.93	3.58	80
	柱目・柱目	1	0.88	3.39	-
		2	1.27	4.33	10
		3	1.08	4.15	-
		4	破損	-	-
		5	0.74	2.83	-
		6	0.74	2.83	50
		7	0.88	3.39	40
		8	0.66	2.54	50
		9	0.88	3.39	50
		10	0.88	3.39	40
		11	0.74	2.83	0
		12	0.83	3.20	20
	板目・柱目	1	0.49	1.88	90
		2	0.74	2.83	30
		3	破損	-	100
		4	0.74	2.83	80
		5	0.74	2.83	90
		6	0.78	3.02	90
		7	0.69	2.64	100
		8	0.71	2.73	20
		9	0.74	2.83	90
		10	0.66	2.54	90
		11	0.74	2.83	90
		12	0.71	2.73	80

補遺 4-18 接着強さ実験測定データ : ナラ突き板単板

基材 : スギランバーコア

単板の材種と 基材の種類	接着面の 組み合わせ	試験片no.	最大荷重 (KN)	接着強さ (MPa)	平均木破率 (%)
ナラ材 ・ スギランバー コア	板目・板目	1	1.62	6.22	70
		2	1.72	6.60	40
		3	1.52	5.84	70
		4	1.86	7.16	10
		5	1.54	5.94	80
		6	1.72	6.60	20
		7	1.62	6.22	20
		8	1.64	6.31	20
		9	2.01	7.73	30
		10	1.67	6.41	80
		11	1.47	5.65	40
		12	1.42	5.47	60
	柾目・柾目	1	1.27	4.90	0
		2	1.62	6.22	20
		3	1.30	4.99	20
		4	1.25	4.81	10
		5	1.30	4.99	20
		6	1.67	6.41	10
		7	1.52	5.84	20
		8	1.52	5.84	10
		9	1.37	5.28	30
		10	1.54	5.94	20
		11	1.50	5.75	30
		12	1.35	5.18	10
	板目・柾目	1	1.37	5.28	20
		2	破損	-	-
		3	1.81	6.97	30
		4	1.50	5.75	30
		5	1.81	6.97	20
		6	1.74	6.69	10
		7	1.81	6.97	20
		8	1.72	6.60	90
		9	計測ミス	-	-
		10	計測ミス	-	-
		11	計測ミス	-	-
		12	計測ミス	-	-

補遺 4-19 摩耗実験測定データ : 突き板単板
基材 : ラワン合板

材 種	構 成	試験片 番号	木目形状	摩耗減少質量 (mg) (500回転あたり)	
				塗装の有無	
				有	無
スギ圧縮材		1	板目	1126.0	1075.0
		2		964.0	960.0
		1	柁目	1136.0	940.0
		2		1118.0	923.0
	突き板単板貼り (基材 : ラワン合板)				
ナラ材		1	板目	728.0	330.0
		2		850.0	301.0
		1	柁目	808.0	454.0
		2		850.0	428.0

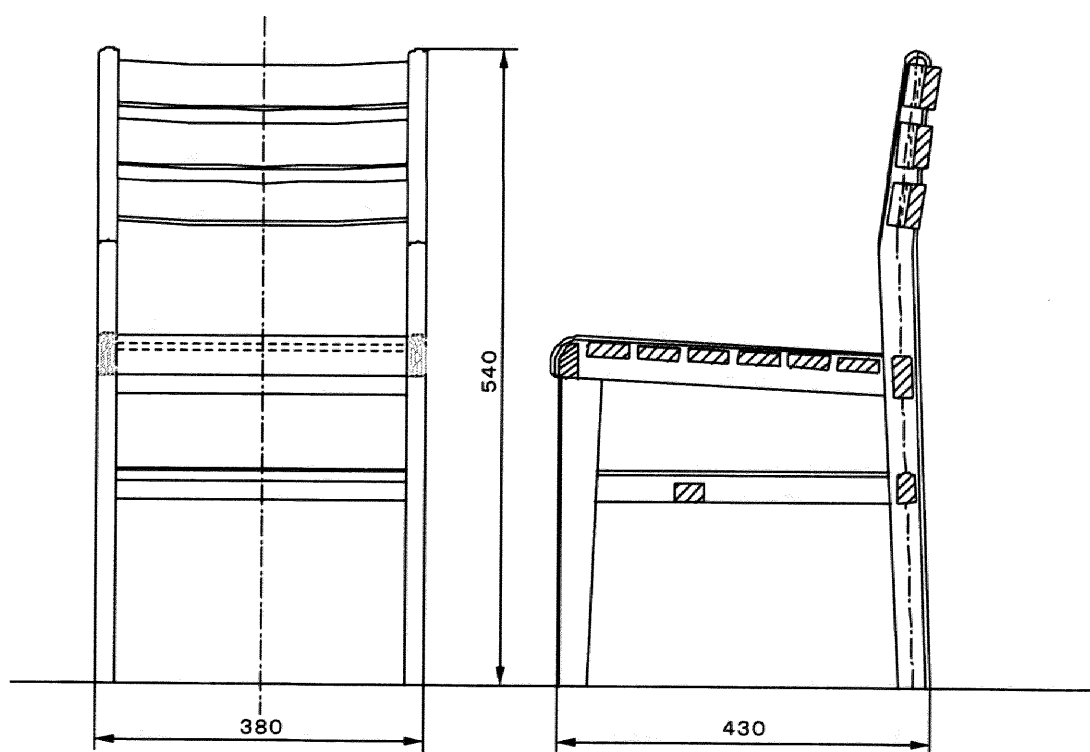
補遺 4-20 通直 LVL 曲げ実験測定データ

試験片 No.	試験片の構成	プライ数	最大荷重 (P _m)N	比例限度荷重 (P _p)N	比例域における上限荷重と下限荷重との差 (ΔP)	ΔPに対応するスパン中央のたわみ (Δy) mm	曲げ強さ (MPa)	曲げヤング係数 (GPa)	曲げ比例限度 (MPa)	偏差	分散	曲げ強さの標準偏差
1-1	スギ圧縮材	14	1226.0	931.6	931.6	2.2	55.6	11949.3	42.2	3.3	4.0	2.0
1-2	スギ圧縮材	14	1353.0	1030.0	1030.0	2.6	61.4	11178.9	46.7	-2.5		
1-3	スギ圧縮材	14	1314.0	1005.0	1005.0	2.4	59.6	11816.6	45.6	-0.7		
1-4	スギ圧縮材	14	1275.0	956.1	953.6	1.6	57.8	16818.3	43.4	1.1		
1-5	スギ圧縮材	14	1324.0	1079.0	1079.0	3.0	60.0	10149.3	48.9	-1.1		
Ave.			1298.4	1000.3	999.8	2.4	58.9	12382.5	45.4	0.02		
2-1	スギ圧縮材・スギ	6・8	1353.0	1103.0	1100.5	2.6	61.4	11944.1	50.0	2.5	7.7	2.8
2-2	スギ圧縮材・スギ	6・8	1461.0	1030.0	1027.5	2.5	66.3	11597.9	46.7	-2.4		
2-3	スギ圧縮材・スギ	6・8	1500.0	1054.0	1054.0	2.6	68.0	11439.4	47.8	-4.1		
2-4	スギ圧縮材・スギ	6・8	1383.0	1005.0	1005.0	2.6	62.7	10907.6	45.6	1.2		
2-5	スギ圧縮材・スギ	6・8	1344.0	907.1	902.1	2.4	61.0	10606.7	41.1	2.9		
Ave.			1408.2	1019.8	1017.82	2.5	63.9	11299.1	46.3	0.02		
3-1	スギ圧縮材・スギ	8・6	1393.0	858.1	858.1	2.2	63.2	11006.6	38.9	2.9	4.5	2.1
3-2	スギ圧縮材・スギ	8・6	1412.0	907.1	907.1	2.2	64.0	11635.1	41.1	2.1		
3-3	スギ圧縮材・スギ	8・6	1500.0	1030.0	1027.5	2.4	68.0	12081.1	46.7	-1.9		
3-4	スギ圧縮材・スギ	8・6	1510.0	1201.0	1196.0	3.3	68.5	10227.1	54.5	-2.4		
3-5	スギ圧縮材・スギ	8・6	1471.0	1030.0	1030.0	2.6	66.7	11178.9	46.7	-0.6		
Ave.			1457.2	1005.2	1003.74	2.5	66.1	11225.8	45.6	0.17		
4-1	スギ圧縮材・スギ	10・4	1393.0	1079.0	1074.0	2.8	63.2	10823.9	48.9	0.6	3.7	1.9
4-2	スギ圧縮材・スギ	10・4	1442.0	1079.0	1076.5	2.8	65.4	10849.1	48.9	-1.6		
4-3	スギ圧縮材・スギ	10・4	1358.0	907.1	904.6	2.5	61.6	10210.7	41.1	2.2		
4-4	スギ圧縮材・スギ	10・4	1471.0	1079.0	1076.5	2.6	66.7	11683.6	48.9	-2.9		
4-5	スギ圧縮材・スギ	10・4	1373.0	1079.0	1074.0	3.0	62.3	10102.3	48.9	1.5		
Ave.			1407.4	1044.6	1041.1	2.7	63.8	10733.9	47.4	-0.04		
5-1	スギ	14	1241.0	637.4	634.9	2.8	56.3	6398.6	28.9	-4.6	24.2	4.9
5-2	スギ	14	1025.0	563.9	561.4	3.0	46.5	5280.7	25.6	5.2		
5-3	スギ	14	1128.0	784.5	782.0	3.0	51.2	7355.7	35.6	0.5		
5-4	スギ	14	1020.0	612.9	610.4	2.8	46.3	6151.7	27.8	5.4		
5-5	スギ	14	1285.0	711.0	708.5	2.5	58.3	7997.2	32.2	-6.6		
Ave.			1139.8	661.9	659.44	2.8	51.7	6636.8	30.0	-0.02		
6-1	ブナ	14	2481.0	1250.0	1245.0	2.2	112.5	15969.2	56.7	-1.4	12.6	3.5
6-2	ブナ	14	2550.0	1594.0	1591.5	3.0	115.6	14970.0	72.3	-4.5		
6-3	ブナ	14	2309.0	1250.0	1247.5	2.6	104.7	13539.5	56.7	6.4		
6-4	ブナ	14	2452.0	1520.0	1517.5	2.8	111.2	15293.5	68.9	-0.1		
6-5	ブナ	14	2452.0	1471.0	1468.5	2.6	111.2	15938.1	66.7	-0.1		
Ave.			2448.8	1417.0	1414.0	2.6	111.1	15142.1	64.3	0.06		
7-1	スギ圧縮材	無垢材	2187.0	1373.0	1365.5	3.8	99.2	10140.2	62.3	-6.1	64.5	8.0
7-2	スギ圧縮材	無垢材	1785.0	1324.0	1319.0	3.0	81.0	12406.8	60.0	12.1		
7-3	スギ圧縮材	無垢材	2295.0	1275.0	1265.0	2.7	104.1	13221.0	57.8	-11		
7-4	スギ圧縮材	無垢材	2040.0	1594.0	1594.0	3.4	92.5	13229.6	72.3	0.6		
7-5	スギ圧縮材	無垢材	1961.0	1496.0	1491.0	3.2	88.9	13148.1	88.9	4.2		
Ave.			2053.6	1412.4	1406.9	3.2	93.1	12429.1	68.3	-0.04		
8-1	スギ圧縮材・MDF	4・15mm	1172.0	809.0	804.0	2.8	53.2	8102.8	36.7	-1.7	17.0	4.1
8-2	スギ圧縮材・MDF	4・15mm	1040.0	760.0	757.5	2.6	47.2	8221.4	34.5	4.3		
8-3	スギ圧縮材・MDF	4・15mm	1098.0	809.0	806.5	2.9	49.8	7847.7	36.7	1.7		
8-4	スギ圧縮材・MDF	4・15mm	1069.0	809.0	804.0	2.9	48.5	7823.4	36.7	3		
8-5	スギ圧縮材・MDF	4・15mm	1294.0	760.0	760.0	3.0	58.7	7148.7	58.7	-7.2		

補遺 4-21 湾曲 LVL 曲げ実験測定データ

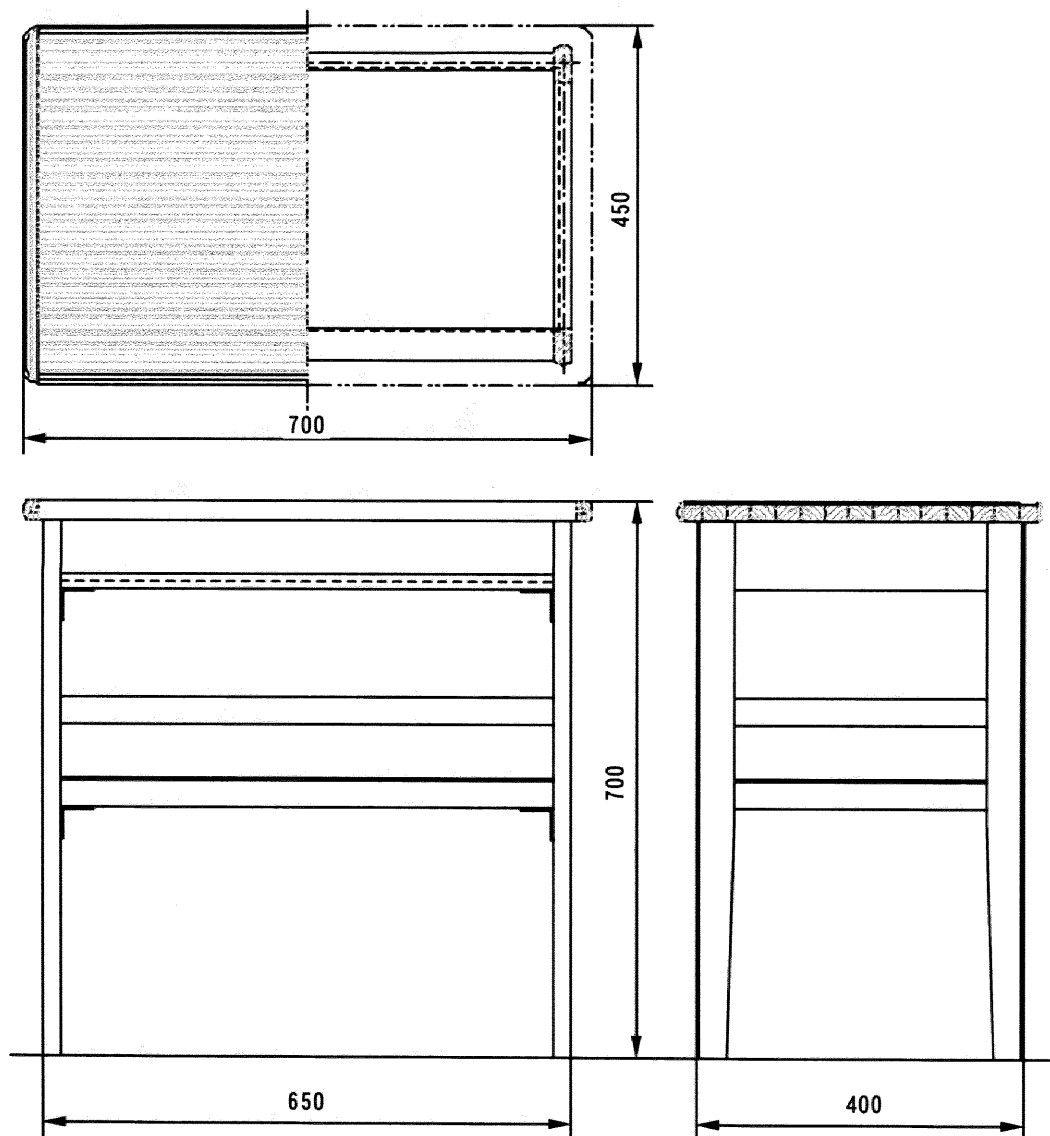
試験片 No.	試験片の構成	プライ数	最大荷重 (Pm) N	比例限度荷重 (Pp) N	比例域における上限荷重と下限荷重との差 (ΔP)	ΔP に対応するスパン中央のたわみ (Δy) mm	曲げ強さ (MPa)	曲げヤング係数 (GPa)	曲げ比例限度 (MPa)	偏差	分散	曲げ強さの標準偏差
1-1	スギ圧縮材	18	637.4	343.2	340.7	14.6	11.4	67.5	6.1	-0.3	5.6	7.5
1-2	スギ圧縮材	18	514.8	318.7	316.2	17.4	9.2	52.6	5.7	1.9		
1-3	スギ圧縮材	18	549.2	343.2	340.7	16.6	9.8	59.4	6.1	1.3		
1-4	スギ圧縮材	18	488.4	331.5	327.5	17.4	8.7	54.5	5.9	2.4		
1-5	スギ圧縮材	18	882.6	465.8	458.3	13.4	15.8	99.0	8.3	-4.7		
1-6	スギ圧縮材	18	652.1	441.3	438.8	14.0	11.6	90.7	7.9	-0.5		
1-7	スギ圧縮材	18	-	-	-	-	-	-	-	-		
Ave.			620.8	360.5	370.4	15.6	11.1	70.6	6.7	0.02		
2-1	スギ圧縮材・スギ	8・10	509.9	416.8	409.3	19.0	9.1	62.3	7.4	0.6	4.0	2.0
2-2	スギ圧縮材・スギ	8・10	568.8	343.2	343.2	17.0	10.2	58.4	6.1	-0.5		
2-3	スギ圧縮材・スギ	8・10	627.6	563.9	563.9	17.4	11.2	93.8	10.1	-1.5		
2-4	スギ圧縮材・スギ	8・10	676.7	490.3	485.3	16.6	12.1	84.6	8.8	-2.4		
2-5	スギ圧縮材・スギ	8・10	637.4	490.3	486.3	13.6	11.4	103.5	8.8	-1.7		
2-6	スギ圧縮材・スギ	8・10	372.7	171.6	169.1	15.0	6.7	32.6	3.1	3		
2-7	スギ圧縮材・スギ	8・10	392.3	171.6	171.6	18.2	7.0	27.3	3.1	2.7		
Ave.			620.8	378.2	375.5	16.7	9.7	66.1	6.8	0.03		
3-1	スギ圧縮材・スギ	12・6	559.0	416.8	414.3	16.0	10.0	74.9	7.4	0.5	1.0	1.0
3-2	スギ圧縮材・スギ	12・6	657.0	416.8	409.3	15.0	11.7	79.0	7.4	-1.2		
3-3	スギ圧縮材・スギ	12・6	617.8	318.7	313.7	10.6	11.0	85.6	5.7	-0.5		
3-4	スギ圧縮材・スギ	12・6	598.2	416.8	414.3	14.0	10.7	85.6	7.4	-0.2		
3-5	スギ圧縮材・スギ	12・6	490.3	318.7	316.2	19.2	8.8	47.7	5.7	1.7		
3-6	スギ圧縮材・スギ	12・6	539.4	416.8	411.8	15.6	9.6	76.4	7.4	0.9		
3-7	スギ圧縮材・スギ	12・6	657.0	539.4	534.4	17.0	11.7	91.0	9.6	-1.2		
Ave.			588.4	406.3	402.0	15.3	10.5	77.2	7.3	0.00		
4-1	スギ	18	392.3	294.2	291.7	23.4	7.0	36.1	5.3	1.6	1.7	1.3
4-2	スギ	18	372.7	294.2	291.7	23.0	6.7	36.7	5.3	1.9		
4-3	スギ	18	529.6	392.3	389.8	13.4	9.5	84.2	7.0	-0.9		
4-4	スギ	18	514.8	416.8	404.3	9.2	9.2	127.2	7.4	-0.6		
4-5	スギ	18	514.8	416.8	409.3	14.2	9.2	83.4	7.4	-0.6		
4-6	スギ	18	446.2	343.2	340.7	13.0	8.0	75.8	6.1	0.6		
4-7	スギ	18	588.4	416.8	399.3	7.6	10.5	152.0	7.4	-1.9		
Ave.			461.7	359.6	354.6	16.0	8.6	85.1	6.6	0.33		
5-1	ブナ	18	755.1	465.8	440.8	7.2	13.5	177.1	8.3	-2.5	2.7	1.6
5-2	ブナ	18	642.3	490.3	455.3	8.6	11.5	153.2	8.8	-0.5		
5-3	ブナ	18	544.3	392.3	367.3	9.2	9.7	115.5	7.0	1.3		
5-4	ブナ	18	509.9	367.7	342.7	8.6	9.1	115.3	6.6	1.9		
5-5	ブナ	18	733.5	539.4	506.9	10.2	13.1	143.8	9.6	-2.1		
5-6	ブナ	18	578.6	318.7	276.2	8.8	10.3	90.8	5.7	0.7		
5-7	ブナ	18	539.4	318.7	276.2	8.8	9.6	90.8	5.7	1.4		
Ave.			614.7	413.3	380.8	8.8	11.0	126.7	7.4	0.03		

補遺 6-1 試作品図面 : 脚もの家具 ～学校用いす（第2回目の試作）～



注) 材質 : スギ圧縮材 (無垢材)
塗装 : ポリウレタン透明塗装

補遺 6-2 試作品図面 : 脚ものの家具 ～学校用机(第2回目の試作)～



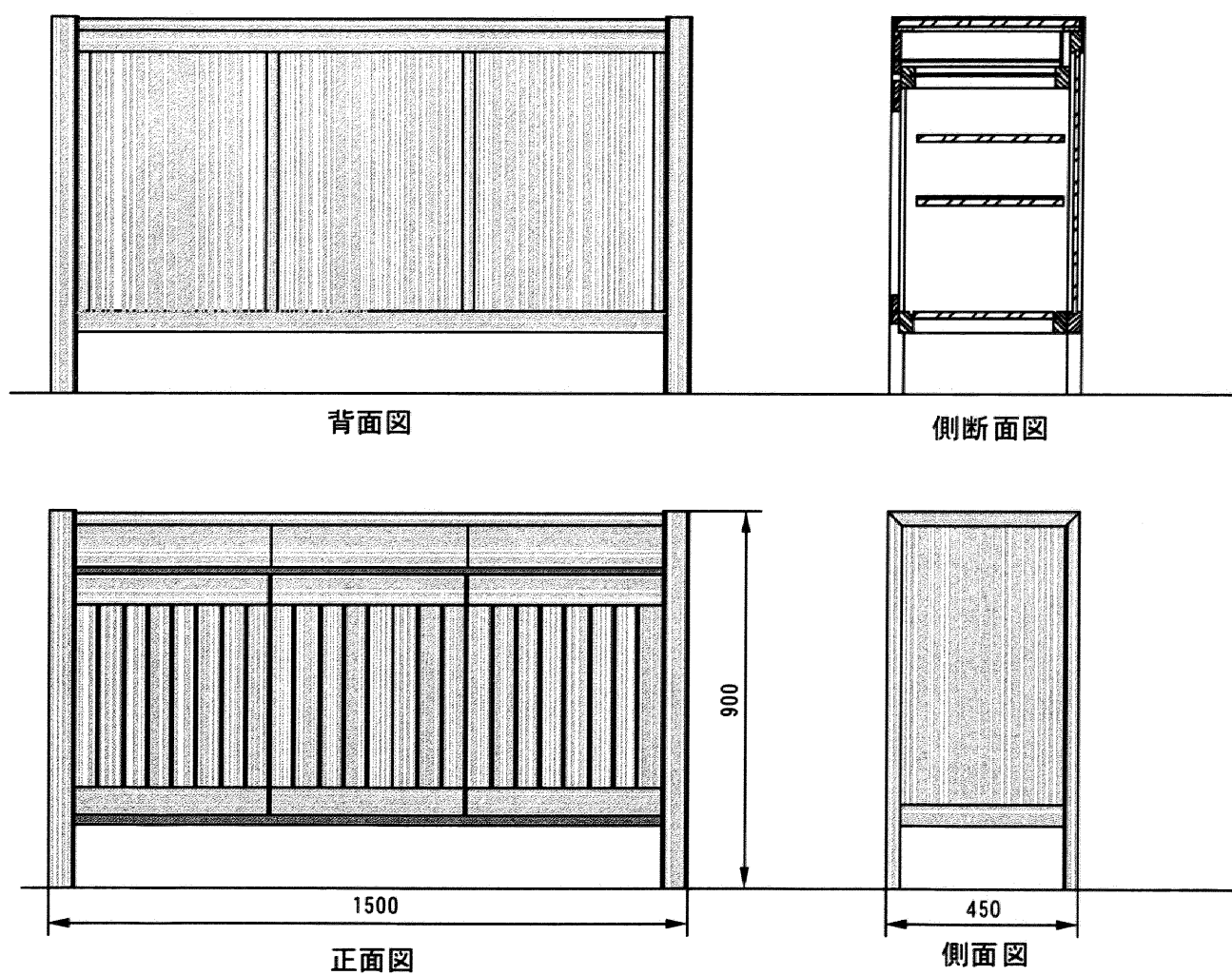
注) 材質: スギ圧縮材(無垢材)、

甲板のみ: 化粧単板-スギ圧縮突き板単板

基材-スギランバーコア

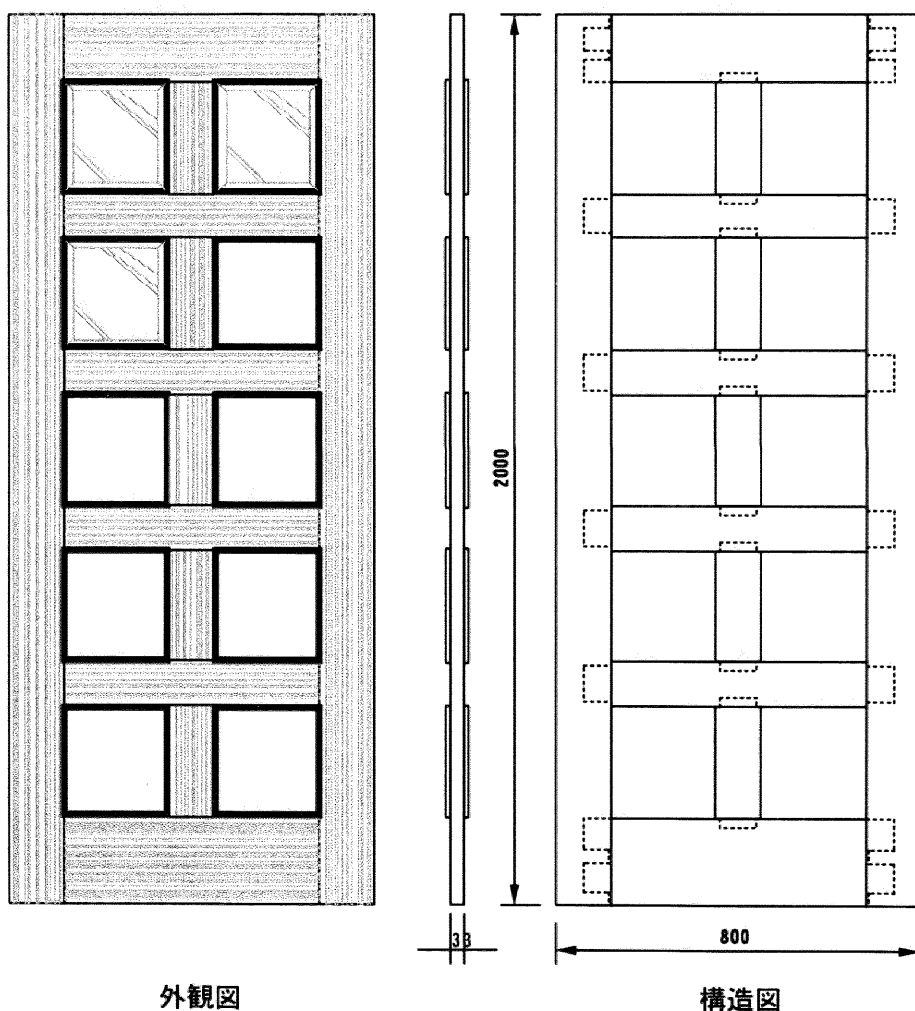
塗装: ポリウレタン透明塗装

補遺 6-3 試作品図面 : 箱もの家具 ～家庭用サイドボード～



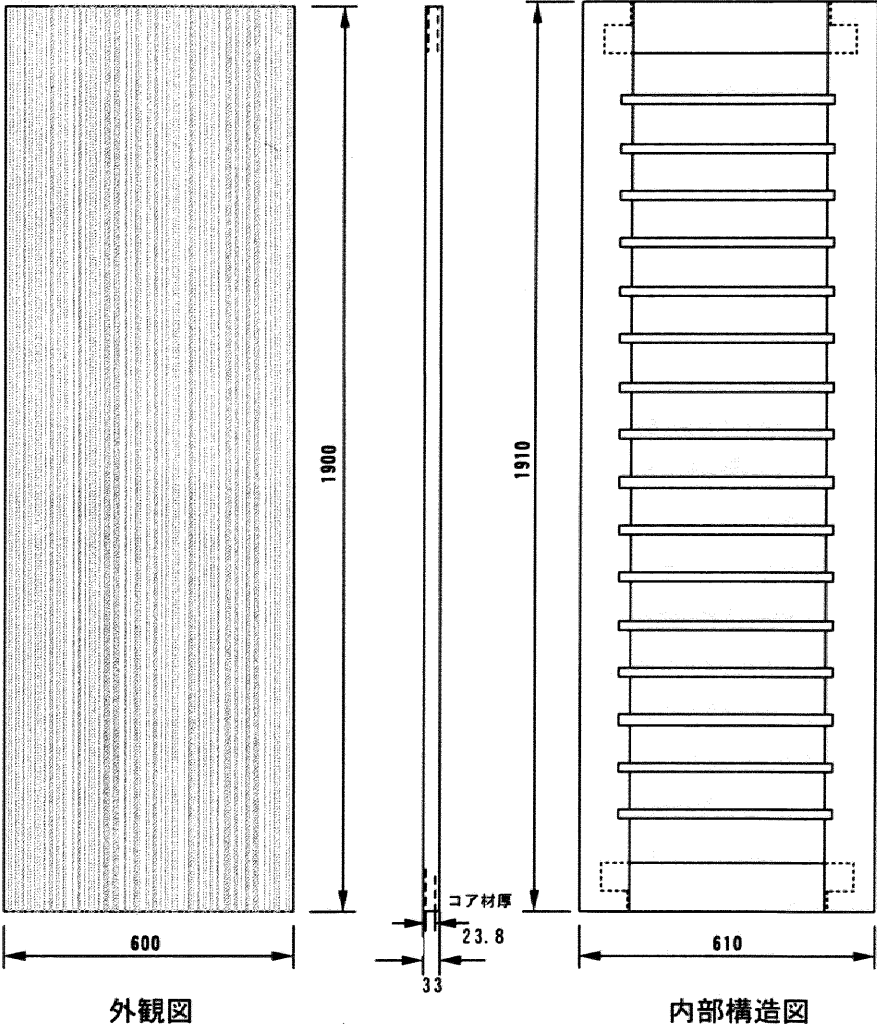
注) 材質: 鏡板、裏板-スギ圧縮突き板化粧単板貼り合板
 框、棧-スギ圧縮突き板化粧単板貼り集成材
 前扉-スギ圧縮材
 塗装: ポリウレタン透明塗装

補遺 6-4 試作品図面 : 建具 ~室内用ドア: から戸風ガラス戸~



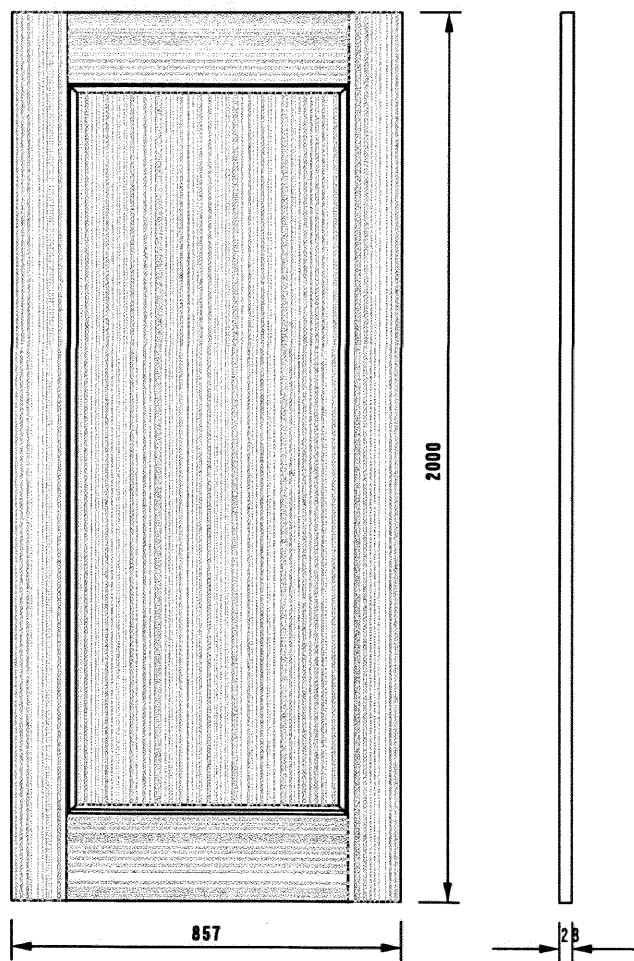
注) 材質: 化粧単板-スギ圧縮突き板単板
 基材-スギランバーコア
 ガラス押さえのみ-スギ圧縮材
 透明ガラス-厚さ 5mm、斜め面取り加工 10枚
 塗装: ポリウレタン透明塗装

補遺 6-5 試作品図面 : 建具 ~室内用ドア:フラッシュ戸~



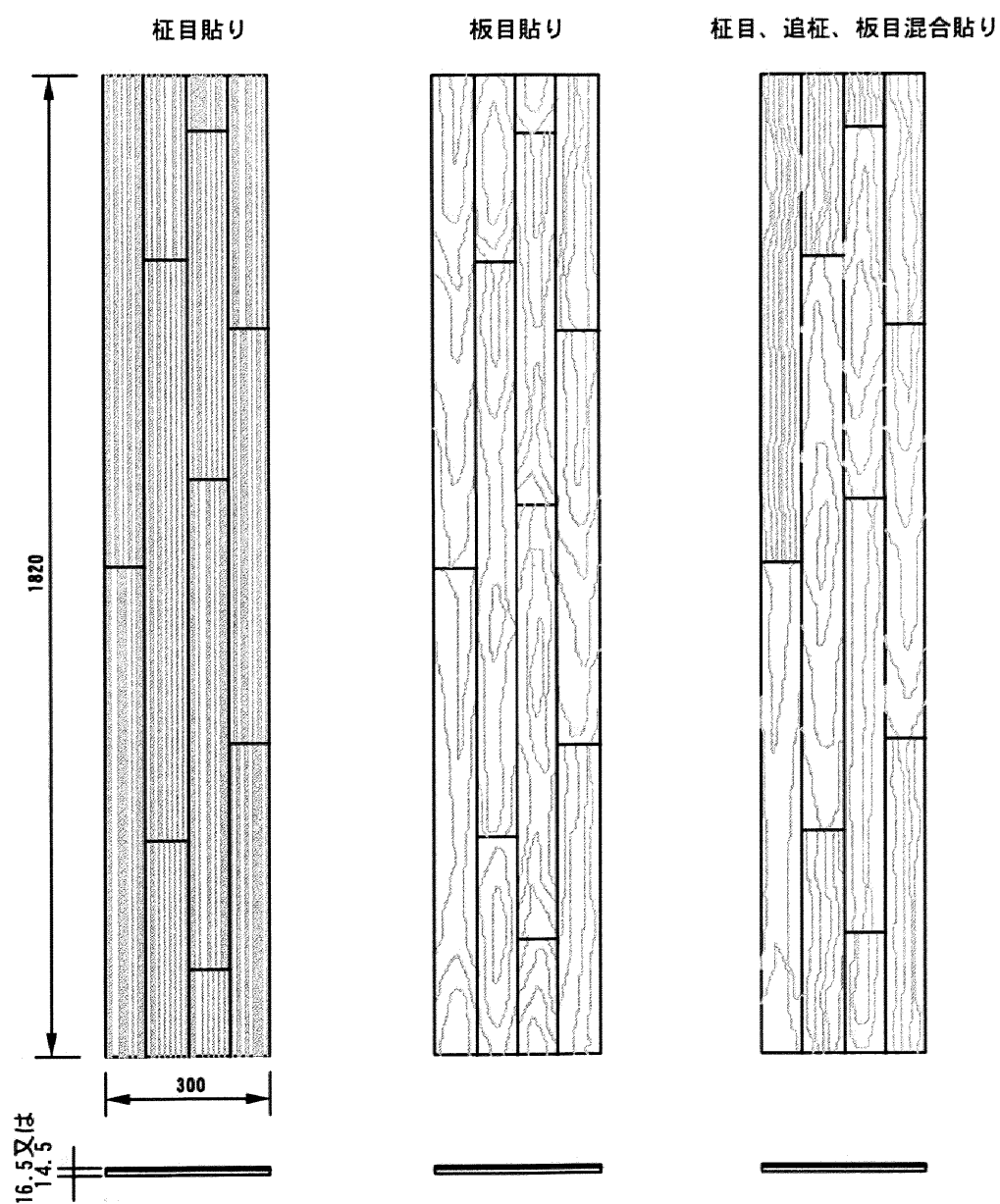
注) 材質:化粧単板-スギ圧縮突き板単板
基材-スギランバーコア
ラワン合板
塗装:ポリウレタン透明塗装

補遺 6-6 試作品図面 : 建具 ~室内用ドア:引き違い戸~



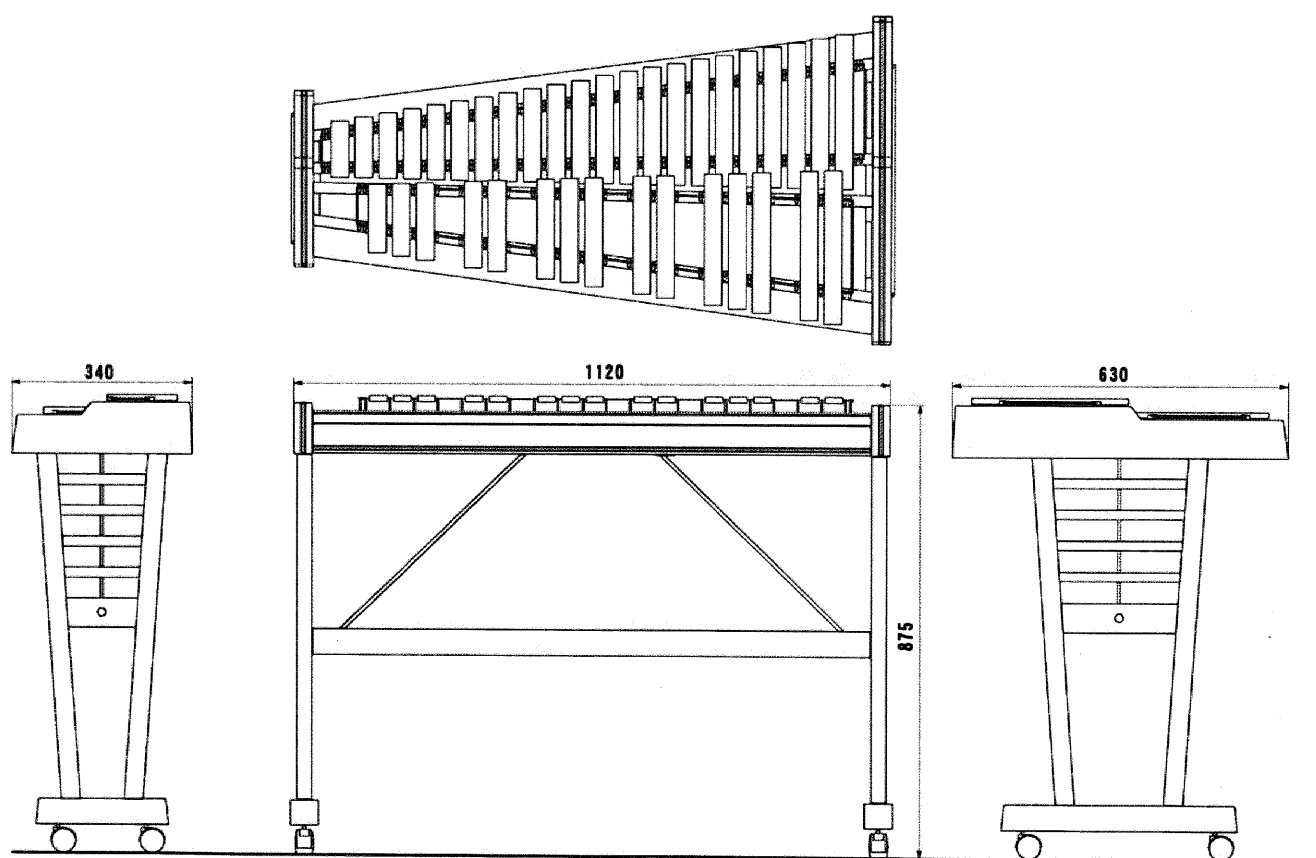
注) 材質:化粧単板-スギ圧縮突き板単板
 基材-スギランバーコア
 額縁-スギ圧縮材
 塗装:ポリウレタン透明塗装

補遺 6-7 試作品図面 : 内装用部材 ~複合フローリング3種~



注) 材質 : スギ圧縮突き板単板
塗装 : ポリウレタン透明塗装

補遺 6-8 試作品図面 : 楽器 ～家庭用シロフォン～



注) 材質 : 音板 - ヒバ圧縮材
 本体 - スギ圧縮材
 塗装 : ポリウレタン透明塗装