

平成 21 年度林野庁補助事業 2×4住宅部材の開発事業

「県産スギ材の2×4部材としての
適合性立証普及事業」
事業成果報告書

平成 23 年 2 月 28 日

全国木材協同組合連合会
郡山チップ工業株式会社

平成21年度林野庁補助事業

2×4住宅部材の開発事業成果報告書

郡山チップ工業株式会社

1, 事業の目的

地球温暖化対策等により、ここ数年間伐が推進され、それに伴い本県においても年間約30万m³の間伐材が建築用材として活用されている。

今後間伐齢級が高くなるにつれ、スギを中心とした間伐材も、中～大径木へ移行していくこととなり、外国産材で占められてきた2×4住宅部材への利用が広がれば、需要の拡大につながる事となる。

このため市場対応性を考えJAS規格に沿った採材と格付けを行いSPF材とのコスト競争力を検証し、本県産スギ(田村産材)が2×4ディメンションランバーとして『枠組壁工法建築物構造計算指針』に基づく強度試験を行い必要な強度を有するか検証する。

2, 事業実施体制・実施経過

2, 1, 実施体制

(1) 事業実施主体・事務局 郡山チップ工業(株)

(2) 協力事業体

- ① 素材の供給・製材・乾燥 田村森林組合
- ② 各種強度試験実施・指導 福島県林業研究センター
- ③ 調査協力・報告書作成 福島県木材協同組合連合会

(3) 開発委員会

委員 福島県木材協同組合連合会 専務 宗形芳明 (委員長)
大和ハウス工業(株) 住宅商品開発部 グループ長 河野友弘
夢ハウス(株) 社長 森田慎一郎
田村森林組合 参事 矢吹盛一
福島県林業研究センター 林産資源部長 渡部正明
郡山チップ工業(株) 社長 大内正年

2, 2, 実施経過

(1) スギ2×4スタッドの開発(平成22年9月～平成23年2月)

① 試験材の作成

間伐及び採材 ～ 製材 ～ 乾燥 ～ 切削加工

② 強度試験

ア、スギ2×4スタッドの強度特性

曲げ、引張り、圧縮、せん断

イ、パネルの強度特性

二面せん断、面内せん断

(2) 開発委員会の開催

① 第1回委員会

ア、開催月日 平成22年7月28日(水)

イ、開催場所 福島県林業研究センター

ウ、内容

○2×4住宅部材の開発事業実施計画について

○関係機関の役割と連携

○強度試験の進め方と実験機器類の確認

② 第2回委員会

ア、開催月日 平成22年9月10日(金)

イ、開催場所 田村森林組合

ウ、内容

○今後の事業の進め方(スケジュールの確認)

○間伐林地と2×4スタッドの加工及び施設の確認

③ 第3回委員会

ア、開催月日 平成22年10月8日(金)

イ、開催場所 郡山チップ工業(株)本社

ウ、内容

○事業の進捗状況

○丸太の採材と2×4スタッドの製材・乾燥方法

○今後の事業の進め方



写真1 第3回委員会

④ 第4回委員会

ア、開催月日 平成22年12月6日(月)

イ、開催場所 福島県林業研究センター

ウ、内容

○事業の進捗状況

○部材の強度試験方法 曲げ・圧縮・縦引張・

せん断試験

○今後の事業の進め方



写真2 第4回委員会

⑤ 第5回委員会

ア、開催月日 平成23年2月18日（金）

イ、開催場所 郡山チップ工業㈱本社

ウ、内容

○事業のとりまとめと報告書の作成



写真3 第5回委員会

(3) 現地指導

当事業を実施するため専門家からの各種指導を受けた。

① 日程

平成22年12月6～7日

② 専門指導者

森林総合研究所 材料接合研究室 長尾博文 室長

木質構造居住環境研究室 青木謙治 主任研究員

③ 指導内容

- ・部材の強度方法と注意点
- ・パネルの面内せん断試験方法
- ・JAS格付方法
- ・試験結果のまとめ方



写真4 現地指導



写真5 現地指導

(4) 現地調査

国内で最初に2×4認定工場として大東建託への2×4部材供給を行っている熊本県内の製材工場等への現地調査を実施した。

① 日程

平成23年2月2～5日

② 調査者

- ・郡山チップ工業㈱ 社長 大内正年
- ・福島県木材協同組合連合会 専務 宗形芳明



写真6 聞き取り調査

③ 調査地と内容

- ・熊本県木材協会連合会（熊本県熊本市）
2×4 J A S 認定機関としての指導等
- ・(株)松島木材センター（熊本県上天草市）
2×4 J A S 認定工場になるまでの経過と認定後の取り組み
九州産スギの2×4スタッドとしての適性
製材加工工程と製品管理 など

3, 事業の実施結果

3, 1, 間伐及び採材

① 間伐森林

ア、場所

福島県田村市船引北移字畦石472-2

イ、面積 1.70ha

ウ、樹齢 35～40年生



図-1 間伐森林位置図



写真7 間伐前



写真8 間伐後



写真9 間伐材搬出



写真10 間伐材運搬

(2) 採材寸法及び本数等

① 長さ 2.4 m 及び 4.3 m

② 丸太本数・材積

間伐丸太は径級ごとに

Aグループ 14～18 cm

Bグループ 20～24 cm

Cグループ 26 cm以上

と3グループに分類した。



写真11 製材丸太

単位：本

径級 長さ	A (14～18 cm)	B (20～24 cm)	C (26 cm～)	計
2.4 m	266 (48)	212 (41)	76 (31)	554 (120)
4.3 m	31	15	9	55

表-1, 丸太本数

() 内は詳細管理した丸太本数

3, 2, 製材

(1) 実施場所 田村森林組合

(2) 製材寸法 幅105mm、厚45mm

(3) 径級ごとの木取り方法

丸太径14～32cmの径級ごと木取り例を図-2に示す。

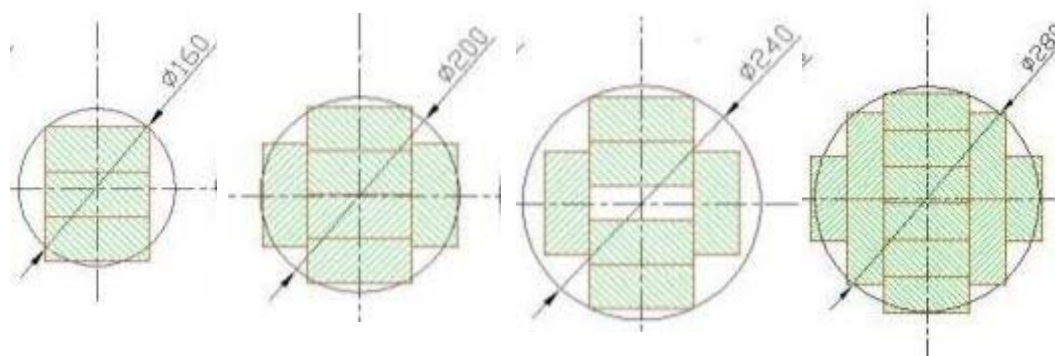


図-2 木取りの例

(4) 製材方法

製材効率上、当然ツインバンドソーでの製材しか考えられないが、木口を抑えるチャックの長さが3m以上となっていることから、2.4m材でははさむことができず、やむを得ず、送材車付帯のこ盤で製材することとなった。

さらに丸太長さ2.4mのため、ヘッドが2基しかかからず、製材品の「反り」の発生に大きな影響が出たものと思われる。



写真 1 2 製材作業



写真 1 3 製材状況

(5) 製材歩留り

製材後の製品歩留りを径級別（A～Cグループ）に求めた。

長さ 2.4 m材での製品歩留りは 56.7%、4.3 m材では 59.1%となり、グループ間の差異はそれほどなかった。

2.4m						
		総本数 (本)	原木材積 (m ³)	製品本数 (枚)	製品材積 (m ³)	歩留 (%)
Aグループ	14～18cm	266	17.667	904	10.2152	57.8%
Bグループ	20～24cm	212	23.824	1241	14.0233	58.9%
Cグループ	26cm～	76	14.214	649	7.3337	51.6%
合計		554	55.705	2794	31.5722	56.7%

表一 2 2.4 m原木の製品歩留り

4.3m						
		総本数 (本)	原木材積 (m ³)	製品本数 (枚)	製品材積 (m ³)	歩留 (%)
Aグループ	14～18cm	31	3.498	105	2.1315	60.9%
Bグループ	20～24cm	15	2.764	90	1.827	66.1%
Cグループ	26cm～	9	3.044	76	1.5428	50.7%
合計		55	9.306	271	5.5013	59.1%
2.4m4.3m 総計		609	65.011	3065	37.0735	57.0%

表一 3 4.3 m原木の製品歩留り

なお、原木総本数609本の中から長さ2.4m原木でAグループ48本、Bグループ41本、Cグループ31本計120本をランダムに追跡管理原木として選木し、その後の強度試験等に供した。

それら原木からの製品歩留り率を表一4に示した。

2.4m						
グループ	径級 (cm)	本数 (本)	原木材積 (m ³)	製品本数 (枚)	製品材積 (m ³)	歩留 (%)
Aグループ	14	12	0.5640	28	0.3164	56.1%
	16	19	1.1666	58	0.6554	56.2%
	18	17	1.3226	58	0.6554	49.6%
合計		48	3.0532	144	1.6272	53.3%
Bグループ	20	22	2.1120	130	1.4690	69.6%
	22	13	1.5106	79	0.8927	59.1%
	24	6	0.8292	41	0.4633	55.9%
合計		41	4.4518	250	2.825	63.5%
Cグループ	26	18	2.9196	133	1.5029	51.5%
	28	9	1.6938	81	0.9153	54.0%
	30	4	0.8640	40	0.4520	52.3%
合計		31	5.4774	254	2.8702	52.4%
総計		120	12.9824	648	7.3224	56.4%

表一4 追跡管理原木(120本)の製品歩留り

3, 3, 乾燥

(1) 乾燥方法

蒸気式人工乾燥機により温度90℃で4日間乾燥した。



写真14 人工乾燥機

写真15 乾燥製材品

(2) 乾燥結果

人工乾燥後、追跡管理製材品648枚全数について、全乾法により含水率を測定し、その結果、平均含水率8.5%となった。

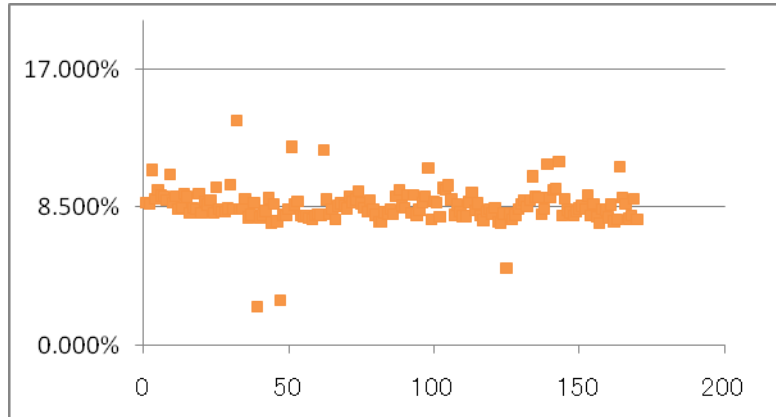


図3 全乾法による含水率分布

3, 4, プレーナー仕上げ及びJAS格付け

管理製材品648枚をモルダーにより製材品寸法幅89mm×厚38mmにプレーナー加工仕上げを行った。

その後目視によりJAS等級区分を行った。なおJAS甲種3級及び規格外等級製材品の比率をNG率とした。



写真16 モルダー加工



写真17 目視等級区分

その結果、NG率は45.7%と相当高い値を示し、その要因として反り、次いで年輪幅が高い率となった。

しかし、スタッド及び上下枠用としては甲種3級でも使用可能であるため、規格外等級だけをNG率とすると全体のNG率は12.6%となる。

		JAS 甲種	年輪幅	丸身	反り・ねじれ	割れ	節・穴・腐れ
全体	特級	244	534	586	484	619	463
	1級	67	0	0	0	3	110
	2級	67	0	8	44	15	50
	3級	197	114	21	90	5	20
	規格外	73	0	33	30	6	5
総計		648	648	648	648	648	648
	(NG率)	41.7%	17.6%	8.3%	18.5%	1.7%	3.9%
A (小径)	特級	54	140	134	111	151	109
	1級	18	0	0	0	2	24
	2級	21	0	1	15	1	12
	3級	35	14	8	17	0	5
	規格外	26	0	11	11	0	4
合計		154	154	154	154	154	154
	(NG率)	39.6%	9.1%	12.3%	18.2%	0.0%	5.8%
B (中径)	特級	95	200	226	186	236	183
	1級	28	0	0	0	1	38
	2級	28	0	7	15	8	17
	3級	80	47	5	39	1	9
	規格外	16	0	9	7	1	0
合計		247	247	247	247	247	247
	(NG率)	38.9%	19.0%	5.7%	18.6%	0.8%	3.6%
C (太径)	特級	95	194	226	187	232	171
	1級	21	0	0	0	0	48
	2級	18	0	0	14	6	21
	3級	82	53	8	34	4	6
	規格外	31	0	13	12	5	1
合計		247	247	247	247	247	247
	(NG率)	45.7%	21.5%	8.5%	18.6%	3.6%	2.8%

表4 JAS選別格付け結果

3, 5, スギ2×4スタッドの強度特性

(1) 曲げ強度試験

寸法幅89mm×厚38mm×長180cmの試験体100本を選定し、実大曲げ強度試験を行った。

○径級グループ別 N/mm²

	平均	最大	最小
全体	48.78	75.48	21.55
Aグループ	46.53	71.14	28.66
Bグループ	51.78	75.48	25.85
Cグループ	46.52	73.33	21.55

表-5 径級グループ別 曲げ強度



A : 実施した試験体全数に対する、信頼水準70%の下側5%の許容限界値

図4 径級グループ別曲げ強度

○部位別 N/mm²

	平均	最大	最小
全体	48.78	75.48	21.55
辺材	53.75	75.48	30.79
中間	42.72	68.81	21.55
心材	39.54	46.55	26.32

表-6 部位別曲げ強度

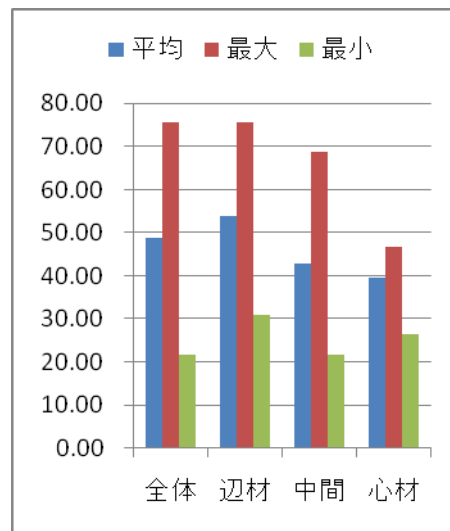


図5 部位別曲げ強度



写真18 曲げ強度試験

写真19 曲げ強度試験後の試験材

(2) 曲げヤング率の測定

① 曲げヤング率

曲げ強度試験材から曲げヤング係数についても測定した。

○径級グループ別 単位：kN/mm²

曲げヤング	平均	最大	最小
全体	8.21	12.03	5.10
Aグループ	7.76	10.17	5.44
Bグループ	8.55	12.03	5.10
Cグループ	8.11	10.76	5.34

表7 径級グループ別曲げヤング率

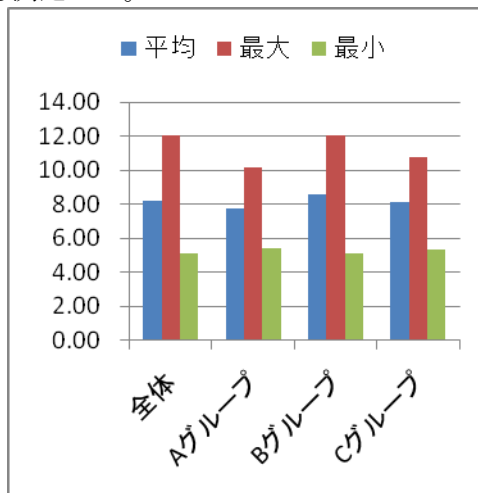


図6 径級グループ別曲げヤング率

○部位別

曲げヤング	平均	最大	最小
全体	8.21	12.03	5.10
辺材	8.95	12.03	5.89
中間	7.26	8.92	5.10
心材	6.88	8.28	5.34

表8 部位別曲げヤング率

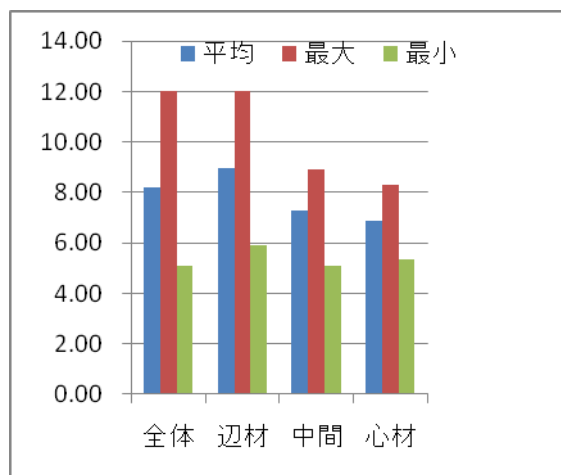
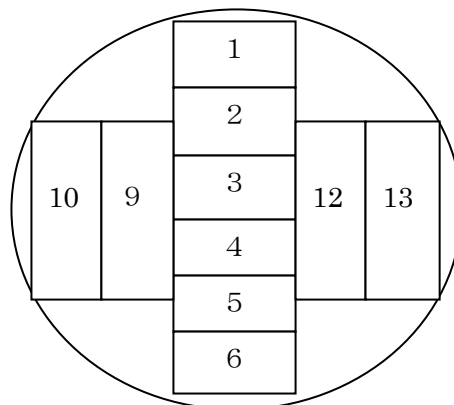


図7 部位別曲げヤング率

② 製材部位による曲げヤング率の比較

大径材（径26cm以上）7本を選定し、スタッド採取位置の違いによる曲げヤング率を比較した。

その結果、心材付近の試験材（No.3、No.4）は低い値を示し、辺材部分のNo.1、No.6、No.10、No.13等の試験材は高い値を示した。



原木No. スタットNo.	図8 試験材木取り番号							
	1	2	3	4	5	6	7	平均
1	9.20	7.89	8.93	10.21	9.88	10.14	9.28	9.36
2	8.39	7.98	10.13	10.38	9.40	10.65	6.52	9.06
3	7.21	6.37	8.41	8.05	7.64	6.23	5.59	7.07
4	7.49	5.62	6.91	8.46	7.37	7.61	5.97	7.06
5	8.66	8.22	9.23	10.12	8.89	8.71	8.30	8.88
6	9.49	8.94	11.69	10.63	9.38	8.80	10.03	9.85
9	8.65	7.79	10.21	10.97	9.20	9.86	7.52	9.17
10	8.12	8.77	8.97	9.19	10.16	10.48	9.89	9.37
12	8.43	8.55	9.98	9.31	9.74	9.40	5.50	8.70
13	9.55	8.64	9.20	9.39	9.67	9.87	8.05	9.20
平均	8.52	7.88	9.37	9.67	9.13	9.18	7.67	

表9 試験材採材部位による曲げヤング率の比較

③ 各種測定機による比較

同じ試験体を打設アナライザーとグレーディングマシンとによりヤング係数を測定し、曲げ強度試験による測定値との比較を行った。

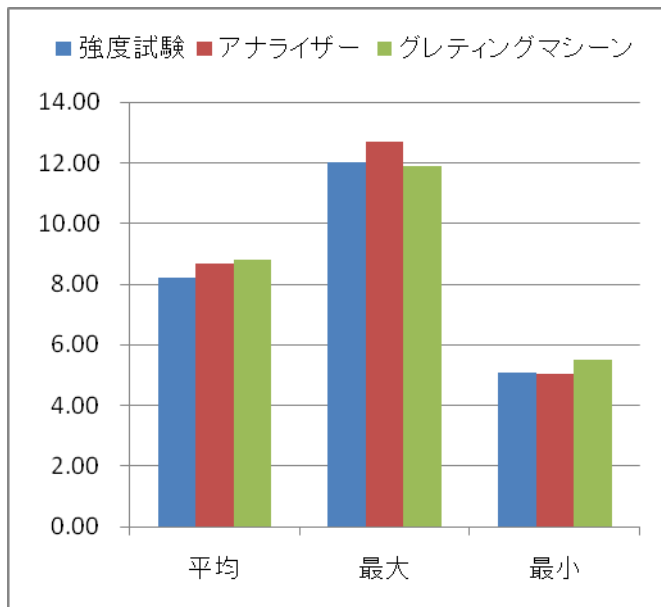


図9 曲げヤング率比較



写真20 グレーディングマシン

その結果、3測定値ともほぼ同様の値を示し、簡易な測定方法として、打設アナライザー、グレーディングマシンも有効な方法であることがわかった。

(3) 引張り強度試験

寸法幅 89mm×厚 38mm×長さ 85cm の試験体 70 本を選定し、引張り強度試験を行った。

○径級グループ別

	N/mm ²		
	平均	最大	最小
全体	32.00	61.30	16.78
A グループ	29.69	39.72	16.89
B グループ	33.84	61.30	19.00
C グループ	31.54	57.86	16.78

表 9 径級グループ別引張り強度

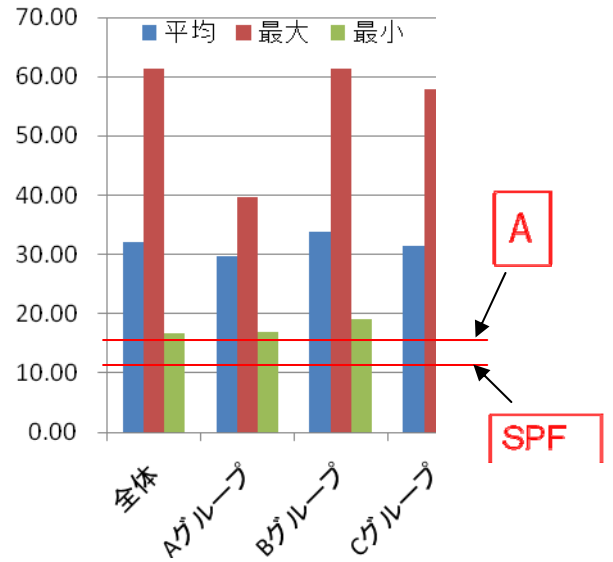


図 10 径級グループ別引張り強度

○部位別

	N/mm ²		
	平均	最大	最小
全体	32.00	61.30	16.78
辺材	35.65	61.30	16.78
中間	27.85	40.18	17.11
心材	23.23	29.20	16.89

表 10 部位別引張り強度

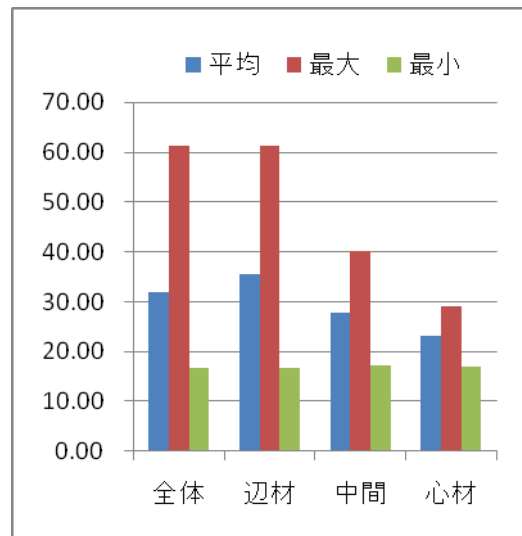


図 11 部位別引張り強度



写真 2 1 引張り強度試験

(4) 圧縮強度試験

寸法幅 89 mm × 厚 38 mm × 長さ 23 cm の試験体 100 本を選定し、圧縮強度試験を行った。

○径級グループ別 N/mm²

	平均	最大	最小
全体	40.83	55.35	28.02
A グループ	43.21	54.58	35.57
B グループ	41.17	55.35	28.02
C グループ	38.21	46.80	35.57

表 1 1 径級グループ別圧縮強度

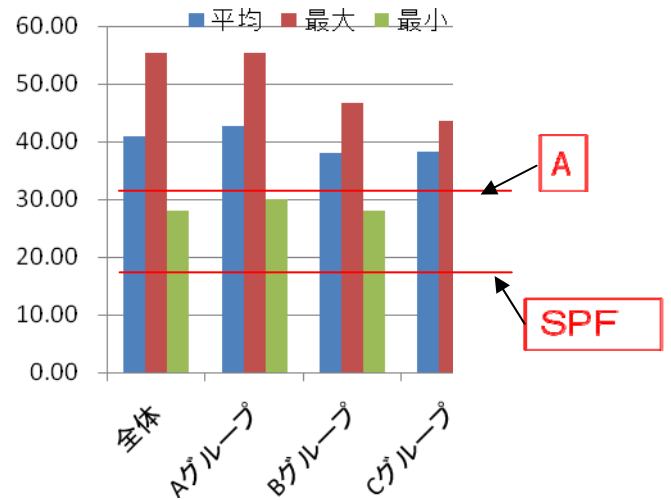


図 1 2 径級グループ別圧縮強度

○部位別 N/mm²

	平均	最大	最小
全体	40.83	55.35	28.02
辺材	42.75	55.35	30.07
中間	38.04	46.80	28.02
心材	38.15	43.58	29.72

表 1 2 部位別圧縮強度

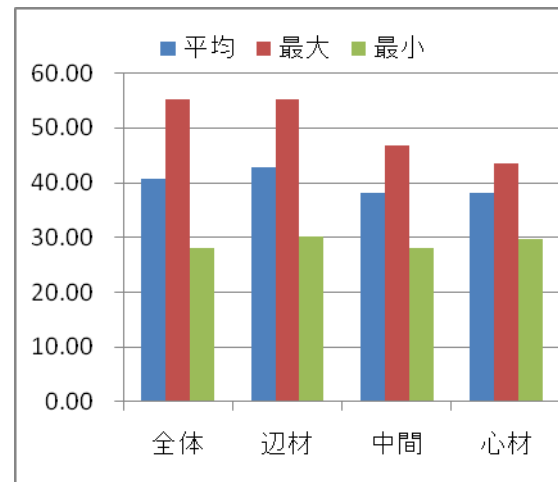


図 1 3 部位別圧縮強度



写真 2 2 圧縮強度試験



写真 2 3 試験材の状況

(5) せん断試験

J I Sによるせん断試験を139個（板目70、柾目69）の試験体で行った。

① せん断強さ

せん断強さ	N/mm ²		
	平均	最大	最小
全体	8.19	12.53	3.86
柾目	8.47	12.22	3.88
板目	7.91	12.53	3.86

表13 せん断強さ

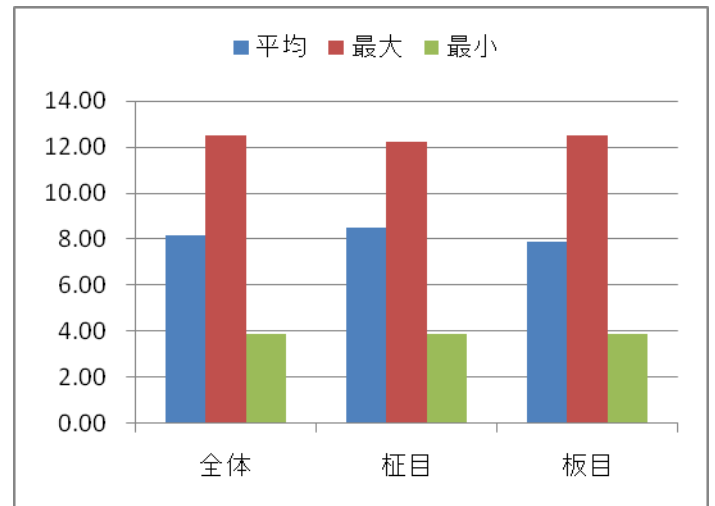


図14 せん断強さ

② 密度とせん断強さの関係

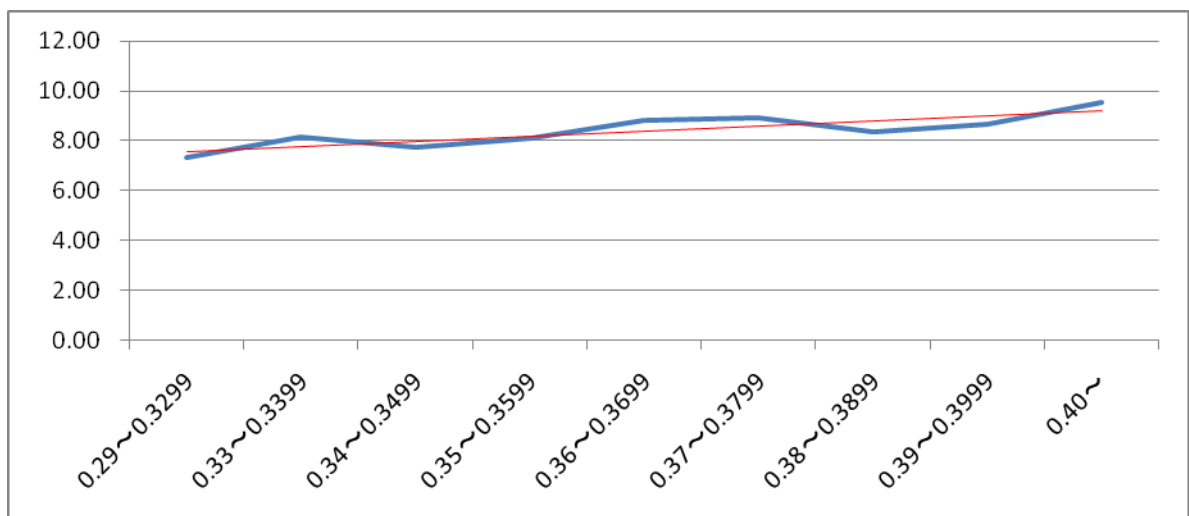


図15 密度とせん断強さ



写真 2 4 せん断試験片

写真 2 5 せん断試験

3, 6, スギパネルの強度特性

① 二面せん断試験

スギスタッドとスギ合板との釘の保持力を二面せん断試験 6 試験体により行った。

	最大点荷重 N	最大点伸び mm
スギー 1	5392.5	14.849
スギー 2	5172.5	14.461
スギー 3	3290.0	8.791
スギー 4	3805.0	9.854
スギー 5	4372.5	11.165
スギー 6	4690.0	14.275
平均値	4453.8	12.230
標準偏差	804.42	2.63

表一 1 4 二面せん断試験結果



写真 2 6 二面せん断試験片



写真 2 7 二面せん断試験

(2) 面内せん断試験

スギスタッドとスギ合板で作成した実大耐力壁 3 面 (体) の面内せん断試験を行った。

	スギー 1	スギー 2	スギー 3
短期基準せん断耐力 P _o	11.1	11.5	9.61
短期許容せん断耐力 P _a	9.33	9.68	8.07
試験体の幅 L (m)	1.783	1.783	1.783
壁倍率	2.67	2.77	2.31



表 1 5 面内せん断試験結果

写真 2 8 面内せん断試験

4, 考察

4, 1, 伐採・製材

- (1) 細径丸太からは、1本当たり2~3本しか製材できず効率は悪いものの、丸太材積に対する歩留まりには、径級による大きな差異はみられなかった。
- (2) 丸太材積に対する製材品（スタッド）歩留まりは約50%であった。
- (3) 2.4mという長さの丸太は、現状の製材機械で設定外であったため効率が悪い面があった。伐採段階でも、特殊寸法は別管理が必要となる。（通常の3m・4mの丸太を使った場合との効率面、コスト面での比較検証が必要。）

4, 2, JAS 選別

- (1) 反りの強いものが多く、平均年輪幅基準（6mm以内）まで適用すると、通常購入しているSPFと同等の基準（甲種2級以上）では、40%以上がNGとなってしまった。平均年輪幅基準を外しても30%以上がNG。
- (2) スタッド・上下枠用としては、甲種3級は使用可能であるため、甲種3级以上での選別とすることが現実的と考えられる。
- (3) 反りの大きいものに対しては、合わせ縦枠としての使用で不具合が出ないかどうかの検証をする必要有り。曲がりに関しては、むしろSPFよりも少ない印象であった。
- (4) 節については、黒く目立つ死に節・抜け節が多いため、見た目の印象は良いとは言えない。また、節の数が多く、流れ節も多いため、節径の計算には手間取った。実際の選別に当たっては、経験則の積み上げが必要となる。
- (5) 径級別には、中径材のBグループが最もNG率が少なかった。Aグループは、節の数が多い。Cグループは辺材での丸身や反りがNG率を高めている。

4, 3, 強度試験

	試験結果 ※1	在来 ※2	SPF ※3	W-cedar ※4
圧縮	30.88	20.4	17.4	10.2
引張り	13.99	15.6	11.4	10.2
曲げ	27.44	25.8	21.6	16.2
せん断	5.03	1.8	1.8	1.8

表—16 各種強度試験結果の比較

※1 試験結果は、実施した試験体全数に対する、信頼水準75%の下側5%許容限界値

※2 基準強度（在来）＝告示1452号1項に定める“すぎ”の基準強度の内、“甲種構造材2級”の数値

※3 基準強度（SPF）＝告示1452号3項に定める“SPF”の基準強度の内、“甲種2級”の数値

※4 基準強度 (W-Cedar) = 告示1452号3項に定める“W-C e d a r”の基準強度の内、“甲種2級”の数値

- (1) 木材強度としては、S P Fと同等以上の数値が確認できた。
- (2) 部位別には当然のことながら、心材に近い部位より辺材部分での各種強度は高い。
- (3) 小～大径材の径級別比較では、中・大径材にも心材部分に近い部位からの製材品も含まれており、平均すると強度の差異は認められなかった。

5, 今後の課題

(1) 歩留り向上とコスト分析

- ① 今回、2×4スタッドの製材寸法を幅105mm厚45mmとしたが、乾燥による収縮率等を考慮し、その寸法を小さくして歩留りの向上を図るために各種データをさらに蓄積することが必要である。
- ② 今後間伐材は徐々に大径材の比率が大きくなり、今回の結果では小～大径材で、歩留り率は差異がなかったが、木取り方法を検討することにより歩留り向上は可能と思われる。
- ③ 適切な乾燥工程(方法)により、反り・曲がり等がより抑制することができれば歩留りの向上につながる。
- ④ 今回の検討は主にスギスタッドの強度の検証で終わったが、更にモデルハウスを建築し、スギの面材も含めたコストの分析を行い、従来使用されている材料との比較を行う必要がある。

(2) 素材の採材の長さ

今回スタッドの長さに合わせ2.4mで採材したが伐採現場での不慣れや製材機械の問題など苦労があったことから、通常の3m材での加工が必要との感触を得た。

その場合、残材である0.6m材の有効活用が問題となることから、パネルも含めスタッド以外の2×4部材全てでの活用を考えることも一つの方策であろう。

さらに当社ではパレット生産も行っていることから、梱包用材としての活用も検討していきたい。

(3) スギパネルの強度

スギスタッド及びスギ合板で作成したパネルの面内せん断試験結果は、基準を満たすことができなかったことから、材料の組み合わせによる強度の向上を検討することが必要となる。

6, まとめ

スギスタッドの各種強度は、S P F等の基準強度に比べ遜色ないものと確認されたが、

歩留りの向上やコスト面の検討は引き続き必要であり、その場合、2×4モデルハウスを建設する中で検討できればよりベターと思われる。

国産材の利活用、あるいは間伐材のフル活用という社会要請の中で2×4部材の寸法及び長さは特殊であり、この面での需要が促進されることは非常に重要な意味を持つものと考えられるが、実用化に向けては課題も多く更なる検証が必要であろう。

また実用化が進むことになれば、JAS製材品の供給が求められることからJAS工場の認定促進と供給体制整備も必要となる。