

研究報告

会津産スギ材の特性把握と利用技術

村上香、小川秀樹、伊藤博久、渡部秀行、竹原太賀司、小沼研二<sup>\*</sup>、熊田淳<sup>\*\*</sup>

目 次

要 旨

I	はじめに	2
II	施業（枝打ち）履歴の違いによる被害状況と地況・林況調査	2
	1 調査方法	2
	2 結果および考察	2
III	小試験体による縦圧縮強度試験	4
	1 試験体および試験方法	4
	2 結果および考察	4
IV	実大材によるめり込み試験（材中間部加圧）	5
	1 試験体および試験方法	5
	2 結果および考察	5
V	実大材による曲げ強度試験	6
	1 試験体および試験方法	6
	2 結果および考察	6
VI	集成材用ラミナとしての強度性能	8
	1 試験体および試験方法	8
	2 結果および考察	9
VII	おわりに	10
VIII	参考文献	10

要 旨

会津産スギ材の利用促進を目的に、その強度性能を把握し、利用技術を検討した。小試験体による縦圧縮強度試験を行ったところ、被害による変色部と健全部とでは有意な差は認められなかった。実大材によるめり込み試験（材中間部加圧）では、被害（孔道）＋節部と健全＋節部、被害＋節部と健全＋無節部、それぞれの間で有意な差は認められなかった。また、被害＋節部のめり込み強さ、めり込み降伏強さは、全試験体において、めり込み剛性は11試験体中9体において、日本建築学会で示している基準強度を上回った。実大材による曲げ強度試験を行ったところ、曲げ強さの平均値は国土交通省告示で定められているスギ無等級材の強度基準を上回った。また、曲げ強さおよび曲げヤング係数ともに、

受付日 平成27年3月6日

受理日 平成27年7月14日

<sup>\*</sup>現農林企画課、<sup>\*\*</sup>現県南農林事務所

課題名 会津産スギ材の特性把握と利活用技術の開発（県単課題 平成22～26年度）

被害（変色＋孔道）面積率との相関は認められなかった。さらに、孔道のみの面積率についても、同様に相関は認められなかった。会津産スギ材を用いて集成材用ラミナを作成し、その強度をFFTアナライザーによる動的ヤング係数およびMSRによる曲げヤング係数で評価したところ、ともに被害（孔道）材と健全材との間に有意な差は認められなかった。

キーワード：会津産スギ材、強度性能、集成材ラミナ

## I はじめに

会津・南会津地方では、カミキリムシ等の穿孔性害虫によるスギ材の変色・腐朽（スギノアカネトラカミキリによる加害は通称トビクサレという）の出現頻度が高く、会津産スギ材の材価を著しく下げる原因の一つになっている。こうした市場での低い評価から森林所有者等の森林整備への意欲が衰退傾向にあるため、これら低評価材の有効な利用技術の開発が望まれている。

そこで、会津産スギ材の利用促進を目的に、各用途に対応した強度性能を中心にその特性を把握し、利用の可能性を検討した。

## II 施業（枝打ち）履歴の違いによる被害状況と地況・林況調査

### 1 調査方法

会津・南会津地方の枝打ちの施業履歴が残っている林分3箇所（A～C地区）と履歴が残っていない林分3箇所（D～F地区）について、現地調査を行った。調査本数は1箇所あたり立木50本とした。伐倒、玉切（2m間隔）した材の木口面を観察し、孔道・変色・腐朽の有無を調査した。

また、同調査地6箇所において、地況（標高・斜面方位・地形・土壌型・傾斜）および林況（林齢・立木密度）の現地調査を実施した。

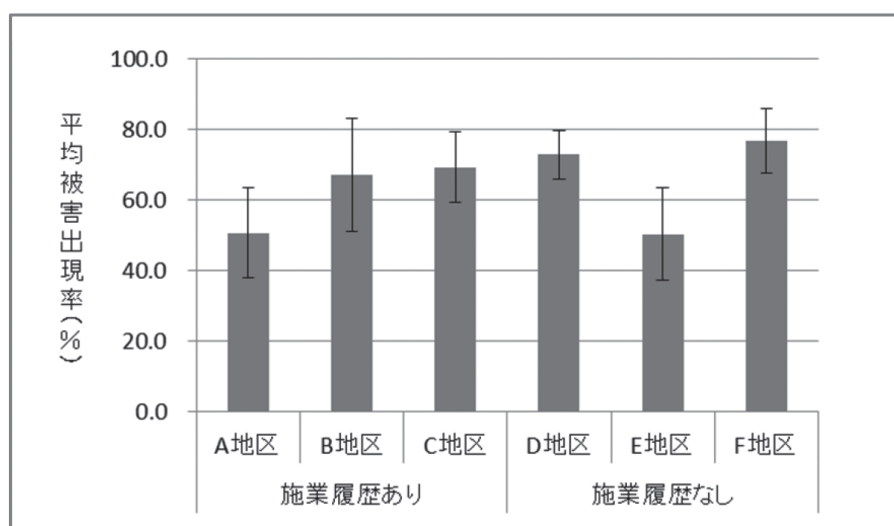
### 2 結果および考察

被害状況調査の結果を表一1に示す。孔道、変色、腐朽、被害（孔道・変色・腐朽のいずれか1つでも木口面に出現したもの）の各平均出現率において施業履歴のある林分とならない林分とは有意な差は認められなかった。地区毎の平均被害出現率（以下、「被害率」とする）については図一1のとおりであり、地区間で有意な差が認められた。

さらに、被害率と地況・林況現地調査の結果を表一2に示す。本調査における7要因中、標高・傾斜・林齢・立木密度の4要因については、被害率との間に関連が認められなかった。斜面方位の南東・南西と北東・北・北西との間で有意な差が認められ、北東・北・北西の被害率が高かった（図一2）。また、地形は、沢・中腹・尾根間で有意な差が認められ、沢>中腹>尾根の順で被害率が高かった。土壌型はB<sub>D</sub>型と他土壌型との間に有意な差が認められ、B<sub>D</sub>型は被害率が低かった。

表一 施業（枝打ち）履歴別被害状況調査

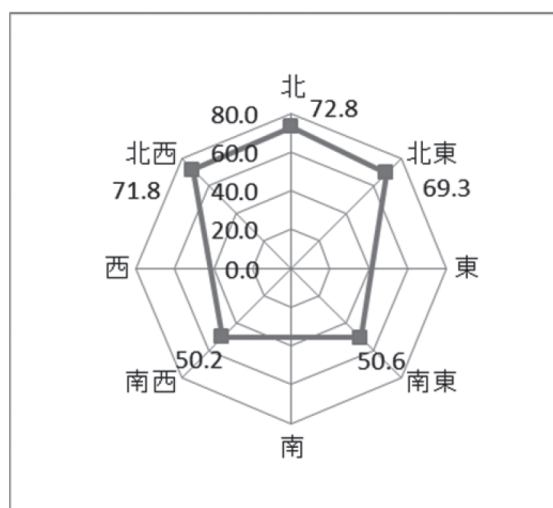
施業履歴の有無	調査木口 面数	施業履歴 別番玉計	平均出現率(%)			
			孔道	変色	腐朽	被害
施業履歴あり	618	23	2.7±3.4	49.5±27.8	7.6±6.5	52.4±27.6
施業履歴なし	795	31	4.0±7.0	55.6±30.1	8.0±10.1	55.6±30.1



図一 地区別平均被害出現率

表二 被害率と地況・林況現地調査

地区	施業履歴の有無	被害率 (%)	地 況					林 況	
			標高 (m)	斜面方位	地形	土壌型	傾斜 (°)	林齢 (年)	立木密度 (本/ha)
A	○	50.6	300	南東	尾根	B <sub>D</sub>	16	35	1,450
B	○	67.1	680	北西	中腹	B <sub>I<sub>D</sub></sub>	23	40	1,600
C	○	69.3	450	北東	中腹	B <sub>I<sub>D</sub></sub>	30	35	1,500
D	×	72.8	230	北	沢	B <sub>D(d)</sub>	17	40	1,650
E	×	50.2	480	南西	中腹	B <sub>D</sub>	20	35	700
F	×	76.6	420	北西	沢	B <sub>D</sub>	17	30	1,600



図一 2 被害率と斜面方位

### Ⅲ 小試験体による縦圧縮強度試験

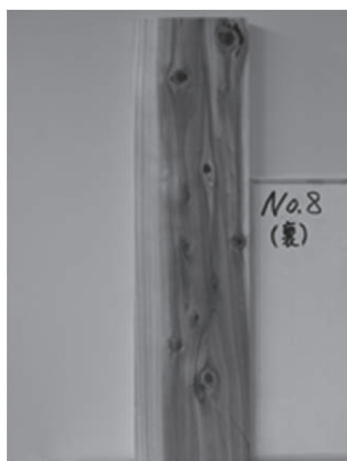
#### 1 試験体および試験方法

2009年度に予備試験として実大材曲げ強度試験を実施した材の破壊していない部分から、節・割れ・その他著しい繊維の乱れを含まない無欠点の試験片（寸法基準：20×20×40mm）を作成した。試験片は変色部と健全部の2種類とし、変色部については全表面に変色が認められるものとした。

縦圧縮試験はJIS Z2101「木材の試験方法」に準じて実施し、荷重方向は繊維方向に平行とし、荷重速度は1mm/minとした。試験結果から縦圧縮強さを算出した。併せて、年輪幅、全乾法による含水率、密度を測定した。

#### 2 結果および考察

変色部（図一 3）と健全部の小試験体による縦圧縮試験の結果を表一 3 に示す。縦圧縮強さの平均値においては、変色部と健全部とでは有意な差は認められなかった。よって、材部に変色をきたす程度の被害材であれば、縦圧縮強度性能の低下に影響がないものと考えられる。



図一 3 変色部状況

表一三 被害材の小試験体による縦圧縮試験

種類		年輪幅 (mm)	含水率 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	縦圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> )
変色部 (n=29)	平均値	3.0	14.0	0.43	34.5
	標準偏差	1.0	0.6	0.06	5.4
	変動係数	0.3	0.0	0.1	0.2
	最小値	1.7	13.4	0.34	26.1
	最大値	6.5	15.2	0.52	46.7
健全部 (n=15)	平均値	3.7	13.6	0.41	33.7
	標準偏差	2.0	0.5	0.05	5.2
	変動係数	0.5	0.0	0.1	0.2
	最小値	1.8	12.8	0.34	24.7
	最大値	7.3	14.8	0.49	43.2

#### IV 実大材によるめり込み試験（材中間部加圧）

##### 1 試験体および試験方法

加圧区間に虫害・節を含むもの（被害＋節部）、加圧区間に節を含むもの（健全＋節部）各11本、加圧区間に節のないもの（健全＋無節部）10本の試験体（寸法基準：105×105×630mm）を、「構造用木材の強度試験法の解説及び実施方法」に基づき、材中間部加圧によるめり込み試験を行った。

##### 2 結果および考察

被害材の実大材におけるめり込み強度試験の結果を表一四に示す。めり込み強さ、めり込み降伏強さ、めりこみ剛性の平均値は、被害＋節部と健全＋節部、被害＋節部と健全＋無節部、それぞれの間で有意な差は認められなかった。「日本建築学会木質構造限界状態設計指針（案）・同解説」における基準強度は、普通構造材の繊維に直角方向の特性値として、針葉樹IV類（スギ）のめり込み強さは6.0N/mm<sup>2</sup>、めり込み降伏強さは4.0N/mm<sup>2</sup>、めり込み剛性は1.80N/mm<sup>3</sup>となっているが、被害＋節部のめり込み強さ、めり込み降伏強さは、全試験体において、めり込み剛性は、11試験体中9体において、基準強度を上回った。

V 表一4 被害材の実大材におけるめり込み強度試験（材中間部加圧）

区分		含水率 (%)	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	めりこみ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	めりこみ降伏強さ (N/mm <sup>2</sup> )	めりこみ剛性 (N/mm <sup>3</sup> )
被害+節部	平均値	14.1	421	8.97	5.81	2.79
	標準偏差	0.4	33.9	1.2	0.9	0.9
	変動係数(%)	2.9	8.1	13.4	15.9	33.8
	最大値	14.7	477	10.64	7.01	3.90
	最小値	13.3	356	6.01	4.29	0.59
健全+節部	平均値	13.0	407	9.01	5.77	2.66
	標準偏差	0.4	26.0	1.3	1.2	1.0
	変動係数(%)	2.9	6.4	14.1	21.0	39.0
	最大値	13.9	439	10.62	8.31	3.85
	最小値	12.5	359	6.60	4.07	0.88
健全+無節部	平均値	12.4	422	8.34	5.37	3.03
	標準偏差	0.5	27.5	1.3	0.8	0.6
	変動係数(%)	4.2	6.5	15.7	14.9	20.3
	最大値	13.7	452	9.85	6.42	3.94
	最小値	12.0	380	6.10	4.37	1.89

※めりこみ強さ…試験体に20mmの変形が生じたときの荷重から算出された強度指標  
 めりこみ降伏強さ…荷重変形曲線と、この直線部分を2mmずらした直線との交点の荷重から算出された強度指標  
 めりこみ剛性…荷重変形曲線の直線部分の荷重と変形の比から算出された強度指標

## V 実大材による曲げ強度試験

### 1 試験体および試験方法

被害材の被害程度と強度性能の関連性を確認するため、実大材曲げ強度試験を行った。試験体は、120×120×3000mmのスギ被害材73本とした。試験方法は、「構造用木材の強度試験法の解説及び実施方法」に基づき、実大材強度試験機による曲げ強度試験とした。

ただし、前述したとおり、小試験体による縦圧縮試験の結果から変色部と健全部との間には有意な差は認められなかったが、当該試験は被害程度を変色および孔道面積で示していることから、孔道面積と強度性能との関連性を確認するため、スギ被害材63本（寸法基準：105×105×3000mm）を試験体とし、「構造用木材の強度試験マニュアル」「（旧「構造用木材の強度試験法の解説及び実施方法」）に基づいた実大材強度試験機による曲げ強度試験を追加試験として実施した。

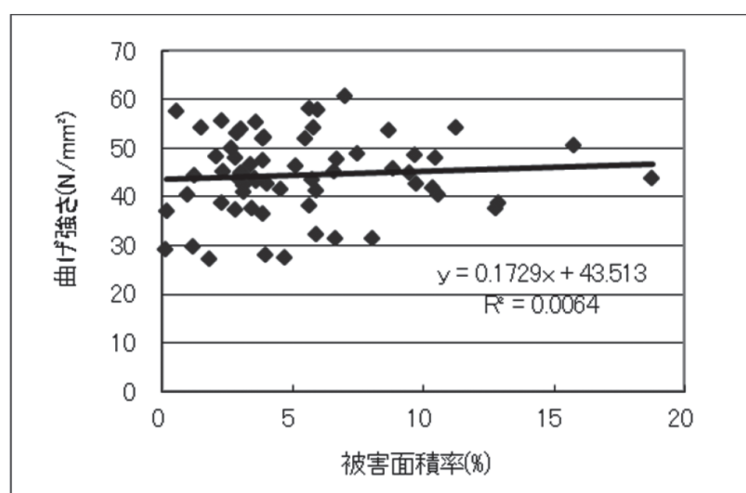
### 2 結果および考察

被害材の実大材曲げ強度試験の結果を表一5に示す。曲げ強さの平均値について、国土交通省告示で定められているスギ無等級材の基準強度（曲げ）22.2N/mm<sup>2</sup>を上回った。被害面積率と曲げ強さ及び曲げヤング係数との関係を図一4、5に示す。曲げ強さ、曲げヤング係数ともに、被害面積率との相関は認められなかった。

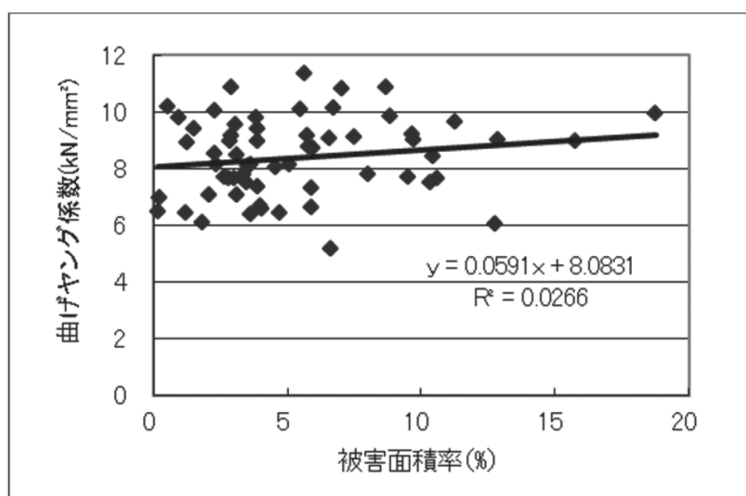
また、孔道面積と被害との関連性を確認するために行った追加試験の結果を表一6に、孔道面積率と曲げ強さ及び曲げヤング係数との関係を図一6、7に示す。孔道のみ面積率についても、同様に両者において相関は認められなかった。

表—5 被害材の実大材における曲げ強度試験

	含水率 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	平均年輪幅 (mm)	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	動的ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
平均値	17.0	0.45	4.73	43.71	8.22	8.27
標準偏差	0.97	0.05	0.92	8.49	1.46	1.44
変動係数(%)	0.06	0.11	0.19	0.19	0.18	0.17
最大値	19.7	0.67	7.58	60.59	11.35	12.07
最小値	14.9	0.35	2.88	23.02	5.18	5.05



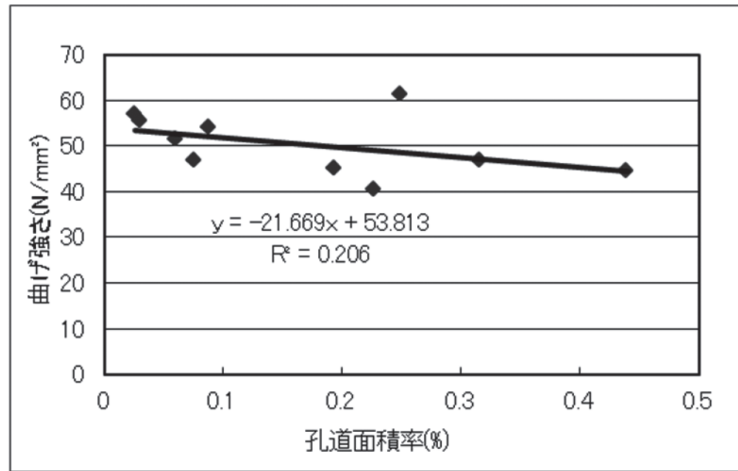
図—4 被害面積率と曲げ強さ



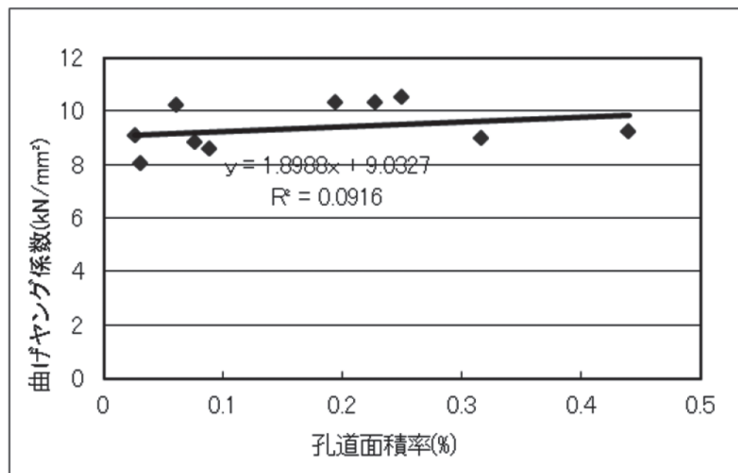
図—5 被害面積率と曲げヤング係数

表—6 被害材の実大材における曲げ強度試験（被害を孔道面積とした追加試験）

	含水率 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	平均年輪幅 (mm)	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	曲げヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	動的ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
平均値	16.09	0.45	4.56	48.63	9.17	9.51
標準偏差	0.58	0.04	1.12	5.86	0.75	1.24
変動係数(%)	0.04	0.08	0.25	0.12	0.08	0.13
最大値	17.20	0.50	6.11	57.60	10.10	11.62
最小値	14.99	0.40	2.95	39.20	7.83	7.15



図—6 孔道面積率と曲げ強さ



図—7 孔道面積率と曲げヤング係数

## VI 集成材用ラミナとしての強度性能

### 1 試験体および試験方法

被害材を集成材用ラミナとして活用するため、約2.1mの会津産丸太12本と他地域産丸太10本を幅135mm、厚さ37mmのラミナに加工し（会津産丸太から得られたラミナは44枚、他地域産丸太からは39枚）、その後乾燥させ、幅123mm、厚さ30mmに調整した。丸太、乾



燥前ラミナ、乾燥後ラミナについて、FFTアナライザーによる動的ヤング係数の測定等を行った。

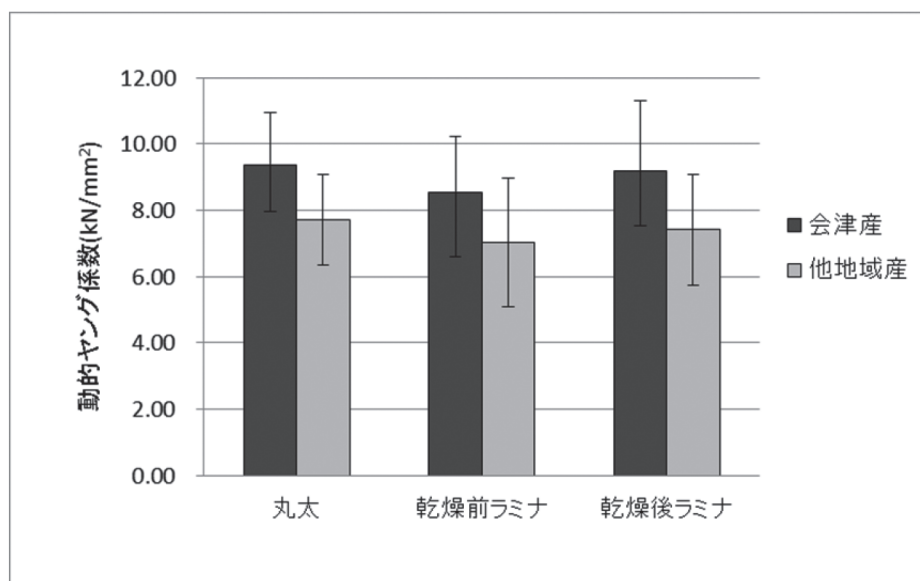
さらに、会津産ラミナについては、MSRによる曲げヤング係数の測定を行い、被害材と健全材に分け、動的ヤング係数および曲げヤング係数において比較を行った。

## 2 結果および考察

会津産材と他地域産材のFFTアナライザーによる動的ヤング係数の結果を図一8に示す。会津産材の動的ヤング係数の平均は、丸太・乾燥前ラミナ・乾燥後ラミナいずれの状態においても、他地域産材より高い値を示し、有意水準5%で有意な差が認められた。

また、会津産ラミナの被害材及び健全材の動的ヤング係数および曲げヤング係数の結果を表一7に示す。FFTアナライザーおよびMSRとも動的ヤング係数の平均について、被害材と健全材との間に有意な差（有意水準5%）は認められなかった。

この結果は、被害材の集成材用ラミナとしての活用において、強度性能に問題がないことを示す。



図一8 会津産材・他地域産材のFFTアナライザーによる動的ヤング係数



図一9 FFTアナライザー

表—7 会津産ラミナ（被害材・健全材）の動的ヤング係数および  
曲げヤング係数

区分		含水率 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	動的ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	曲げヤング係数 (GPa)
被害材	平均値	13.10	0.43	9.86	9.37
	標準偏差	2.73	0.04	1.83	1.80
	変動係数(%)	0.21	0.09	0.19	0.19
	最大値	18.00	0.49	12.84	6.60
	最小値	10.00	0.35	6.84	12.28
健全材	平均値	12.50	0.42	9.11	8.51
	標準偏差	1.89	0.03	2.12	1.74
	変動係数(%)	0.15	0.07	0.23	0.20
	最大値	18.00	0.48	13.75	5.76
	最小値	10.50	0.36	6.10	11.97

## VII おわりに

会津産スギ材の利用促進を目的に、その強度性能を把握し、利用技術を検討した。

小試験体による縦圧縮強度試験では、被害による変色部と健全部とでは有意な差は認められず、材部に変色をきたす程度の被害材であれば、縦圧縮強度性能に影響がない結果が得られた。実大材によるめり込み試験（材中間部加圧）や曲げ強度試験を行ったところ被害材が健全材と同等の強度性能を有していることが確認できた。

また、会津産スギ材を用いて集成材用ラミナを作成し、その強度をFFTアナライザーによる動的ヤング係数およびMSRによる曲げヤング係数で評価したところ、ともに被害（孔道）材と健全材との間に有意な差はなく、健全材と同等の性能が確認できた。

これらのデータは市場での適正な評価を得るための有効な資料となり、会津産スギ材の利用促進に寄与することができ、また被害材の用途として視覚的な欠点にとらわれない構造用材や集成材用ラミナへの利用拡大が期待される。

ただし、今回示した被害材とはカミキリムシ等の穿孔性害虫による変色や孔道を有する材のことであり、変色を経て腐朽に至った部位を持つ材については、この対象とはならないことを申し添える。

なお、本研究を進めるにあたり、ご協力いただきました会津若松地方森林組合、会津北部森林組合、西会津町森林組合、下郷町森林組合、協和木材株式会社に厚く御礼申し上げます。

## VIII 参考文献

- 1) 遠藤啓二郎（2004）福島県林業研究センター研究報告：第38号，1-21
- 2) 日本合板検査会（2012）「集成材の日本農林規格」，42pp
- 3) 日本住宅・木材技術センター（2000）「構造用木材の強度試験法の解説及び実施方法」，42pp
- 4) 日本住宅・木材技術センター（2011）「構造用木材の強度試験マニュアル」，47pp
- 5) 日本建築学会（2003）「木質構造設計基準・同解説」，(社)日本建築学会，152

- 6) 日本工業標準調査会 (2009) JIS Z2101「木材の試験方法」, 61pp
- 7) 安田茂隆ほか (2004) 福島県林業研究センター研究報告: 第37号, 2-57