

# スギ構造用集成材製造システムの開発(2)

## 愛媛県産スギ材の曲げ強度特性

|       |                                                                            |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|
| 誌名    | 愛媛県林業技術センター研究報告 = Bulletin of the Ehime Prefectural Forest Research Center |
| ISSN  | 13489534                                                                   |
| 著者名   | 藤田, 誠                                                                      |
| 発行元   | 愛媛県林業技術センター                                                                |
| 巻/号   | 22号                                                                        |
| 巻号補足  |                                                                            |
| 掲載ページ | p. 41-45                                                                   |
| 発行年月  | 2004年3月                                                                    |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## スギ構造用集成材製造システムの開発(Ⅱ)

—愛媛県産スギ材の曲げ強度特性—

藤 田 誠

愛媛県産スギ材の需要拡大を図るため、構造用集成材への製造システムを検討した。本研究ではスギ原木から製材されたラミナの製材部位における強度のバラツキを把握するとともに、愛媛県産スギ材の強度特性ならびに丸太での区分についても検討した。実験の結果、丸太での機械等級区分は弾性係数の低いラミナの排除には効果が見られた。また、ラミナの木取り位置での強度のバラツキはほとんど変わらなかった。樹高方向において元 1m 部位は MOE, MOR とも低い値であった。なお、樹高方向での MOE と MOR の回帰直線の傾きはほぼ同程度であった。

**キーワード** — スギ原木、強度特性、木取り位置

## 1. 緒言

愛媛県では、環境保全を目的とする地域材の需要拡大を図る指針が示され、地域材を利用した公共建築物の木造化が進められている。このような状況の下、愛媛県産スギ材を用いて構造用集成材を製造する指標とするため、スギラミナの強度特性として、個体間、個体内(放射、樹高方向)のバラツキを把握することを目的として、スギ末口径(Dt)22cm 下と 16cm 下から製材したラミナの曲げ試験を実施し、愛媛県産スギ材を用いた集成材用ラミナ供給のシステムを検討した。

## 2. 供試材と試験方法

供試原木は中予山岳流域久万広域森林組合の原木市場からスギ末口径 22cm 下 3m 材 52 本と末口径 16cm 下の原木を 19 本、合計 71 本購入した。スギ末口径 22cm 下原木は主に放射方向での強度のバラツキ、末口径 16cm 下原木は樹高方向での強度のバラツキを把握することとした。なお、購入した末口径 16cm 下の原木はすべて元玉であったことから、若干幹曲がりが生じていた。主な供試原木の性状を表 1 に示す。供試原木は縦振動法により動的ヤング係数(Efr-log)を測定した後、林業技術センターにてラミナに製材した(図-1)。スギ末口径 22cm 下原木からは厚み 40mm 幅 160mm、長さ 3,000mm のラミナを 1 原木当たり 5 枚製材し、末口径 16cm 下の原木からは厚み 35mm、幅 130mm、長さ 3,000mm のラミナを 2~3 枚製材した。乾燥後、厚み 35mm、幅 150mm のラミナと厚み 30mm、幅 105mm のラミナに断面を調整した。また、末口径 22cm 下原木から製材したラミナは長さを 1,500mm に、末口径 16cm 下の原木から製材したラミナは長さ 1,000mm に切断し、樹高方向に 2 分割ならびに 3 分割した。末口径 22cm 下原木から製材したラミナ(t=35mm)は大断面用、末口径 16cm 下の原木から製材したラミナ(t=30mm)は中小断面用のラミナである。製材したラミナは末口径 22cm 下原木からは 256 枚、末口径 16cm 下の原木

からは 162 枚である。大断面用ラミナは製材後 3m 生材時と乾燥切断後に縦振動法により動的ヤング係数(Efr-lumber)を測定した。同様に、16cm 下の原木から製材したラミナについても、乾燥切断後縦振動法により動的ヤング係数(Efr-lumber)を測定した。動的弾性係数を測定後、35×150mm ラミナ 364 枚中 174 枚ならびに 30×105mm のラミナ 162 枚、合計 336 枚を曲げ試験に供した。

曲げ試験は木表を荷重面とし、支点間隔 1,296mm と 909mm、荷重点間隔 432mm と 303mm の 3 等分 4 点荷重方式で行った(木材強度・木質構造研究会 1988)。また、ヤング係数はスパン間の撓みを測定し求めた。なお、各ラミナの目視等級(集中節等)も構造用集成材日本農林規格(日本合板検査会 1996)に準拠して測定した。

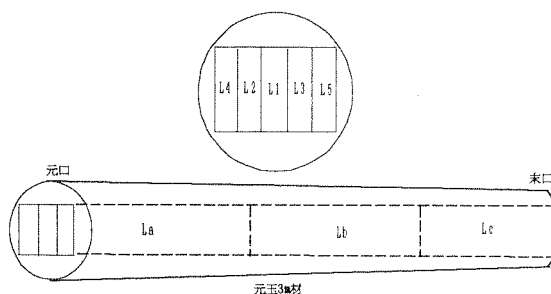


図-1 ラミナの製材方法

## 3. 結果と考察

## 3.1 供試原木の動的ヤング係数

今回試験に用いた中予山岳流域産のスギ中目原木は既存のデータ(武智・藤田 1994)の県下原木市場で測定した動的ヤング係数(Efr-log)の分布(図-2)と比較して、この流域で産出される一般的な原木であり、むしろ安全側でのサンプリングと推測される。

## 3.2 半径方向でのラミナの Efr, MOE, MOR の変動

末口径 22cm 下原木から製材したラミナの動的ヤング係数(Efr-lumber: 3m 生材時)と木取り位置との

関係を図-3に示す。通常、随付近の未成熟部を含むラミナは相対的に脆弱であることが予想されるが、今回のデータからも明らかに同様な傾向がうかがえた。また、木取り位置による動的ヤング係数(Efr-lumber)の変動係数はどの製材部位のラミナも20~23%とほぼ等しく、原木段階での動的ヤング係数(Efr-log)の変動係数21.4%と同程度のバラツキであった。半径方向では木取り位置によりラミナの動的ヤング係数は左右されるため、木取り方法を限定することは等級区分につながるることとなる。しかし、その動的弾性係数のバラツキの減少効果は認められなかった。

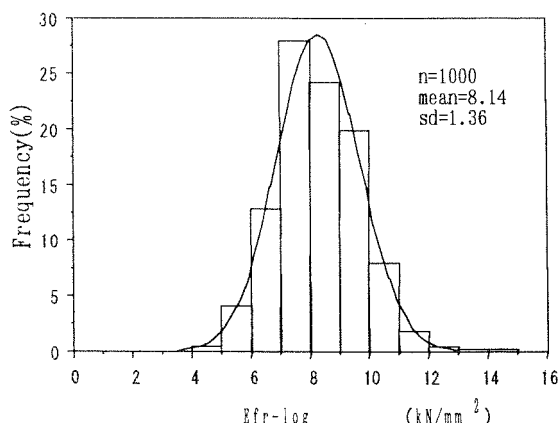


図-2 愛媛県下におけるスギ中目原木の動的弾性係数の分布

注：Efr-log：原木の動的弾性係数

表-1 供試原木の性状

|         | D b<br>(mm) | Dt<br>(mm) | 年輪数 | Efr-log<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) | 矢高<br>(mm) |
|---------|-------------|------------|-----|----------------------------------|------------|
| 22cm>Dt |             |            |     |                                  |            |
| 最大値     | 410         | 322        | 79  | 11.28                            | 20         |
| 平均値     | 316         | 266        | 42  | 7.37                             | 13         |
| 最小値     | 265         | 230        | 24  | 3.43                             | 10         |
| 変動係数(%) | 10          | 8          | 22  | 21                               | 36         |
| 16cm≤Dt |             |            |     |                                  |            |
| 最大値     | 220         | 193        | 50  | 11.18                            | 32         |
| 平均値     | 194         | 160        | 39  | 8.58                             | 19         |
| 最小値     | 172         | 144        | 18  | 6.37                             | 6          |
| 変動係数(%) | 7           | 10         | 18  | 14                               | 44         |

注：Db：元口径，Dt：末口径，Efr-log：原木の動的弾性係数，max：最大値，min：最小値，mean：平均値，c.v.：変動係数

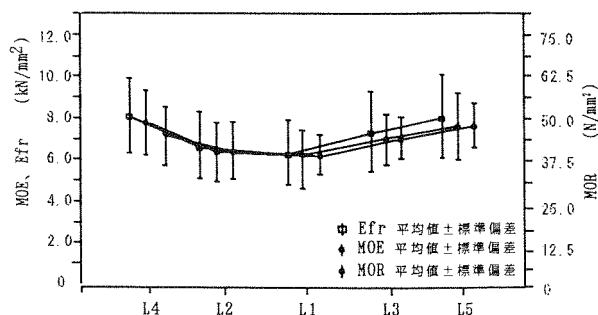


図-3 半径方向でのEfr, MOE, MORの変動

注：MOE：modulus of elasticity, MOR：modulus of rupture

末口径22cm下原木から製材したラミナ(t35mm, L1500mm)の曲げ試験結果を表-2、図-4, 5に示す。ラミナの動的ヤング係数の出現割合はL50=13.7%, L60=24.5%, L70=19.2%, L80=17.9%, L90=10.4%となっており、これらのラミナを用いて中断面の構造用集成材を製造する場合、E75-F240であれば製造供給可能であると思われる。また、木取り位置別のラミナのMOEとMORの回帰直線の傾きはほぼ同程度であり、木取り位置での大きな違いは認められなかった。

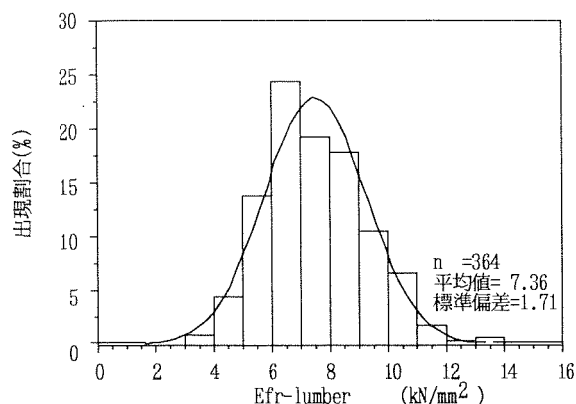


図-4 ラミナのEfrの出現割合

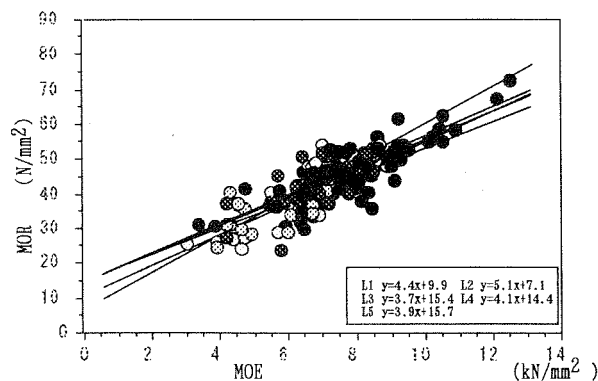


図-5 ラミナのMOEとMORの関係

### 3.3 原木とラミナの動的弾性係数の関係

図-6に原木(22cm>Dt)のEfr-logとEfr-lumberの関係、また、図-7に今回使用した原木(22cm>Dt)をEfr-logにより6.86kN/mm<sup>2</sup>、7.85kN/mm<sup>2</sup>で区分した場合のラミナ(t35mm, L1,500mm)Efr-lumberの出現割合を示す。原木Efr-logとラミナEfr-lumberとの相関は0.638であり、1%有意であった。また、原木Efrにより原木選別することの有効性については、低位のラミナの除去には効果があるが、ラミナEfr-lumberの変動係数の減少効果は認められなかった。これは、前述したとおり、個体間のバラツキとともに個体内のバラツキが同程度生じていることによる。

### 3.4 樹高方向でのラミナのEfr, MOE, MORの変動

末口径16cm以下の元玉原木から製材したラミナの動的ヤング係数(Efr-lumber:材長1m切断乾燥後)とMOEとMORの樹高方向での分布を図-8に

表—2 木取り位置とラミナ MOE と MOR の関係

|         | L1    |      | L2   |      | L3   |      | L4   |      | L5    |      |
|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
|         | MOE   | MOR  | MOE  | MOR  | MOE  | MOR  | MOE  | MOR  | MOE   | MOR  |
| 最大値     | 12.26 | 71.3 | 8.63 | 53.2 | 8.24 | 50.1 | 9.22 | 53.2 | 10.30 | 62.2 |
| 平均値     | 7.55  | 44   | 6.18 | 39.9 | 5.88 | 37.7 | 6.86 | 43   | 7.45  | 45.8 |
| 最小値     | 4.61  | 30.2 | 2.84 | 24.1 | 3.73 | 24.4 | 4.12 | 23.2 | 3.24  | 29.9 |
| 変動係数(%) | 21    | 19   | 22   | 21   | 21   | 17   | 17   | 15   | 21    | 17   |

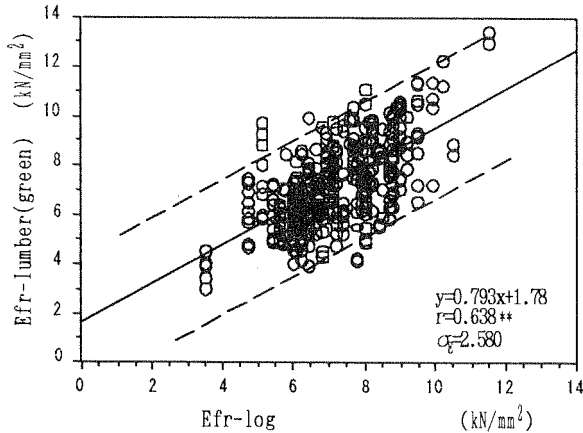
単位: MOE: kN/mm<sup>2</sup>, MOR: N/mm<sup>2</sup>

図-6 原木 Efr とラミナ Efr の関係

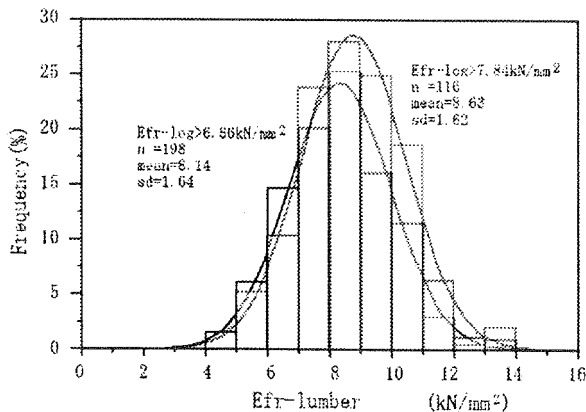


図-7 等級区分した原木から得られるラミナの Efr

は 1.32(Lc/La)と同程度の増加傾向を示した。MOR については 2m 部位で 1.07(Lb/La)、3m 部位では 1.09(Lc/La)であった。Efr-lumber、MOE、MOR とも元口部位から末口部位にかけて最小値は大きく増加し(Lc>Lb>La)、変動係数は小さくなった。これは、元口に近い部位ほど繊維傾斜が大きいことや半径が急に大きくなることから、ラミナに未成熟部を多く含むこととなり、極端に低位のラミナが存在したことによると考えられる。また、樹高方向の部位による MOE と MOR の平均値での増加率は異なるものの、MOE と MOR は高い相関を示し、回帰直線の傾きはほぼ同程度となった(小泉・飯島・佐々木・岡崎、1997、図-9)。

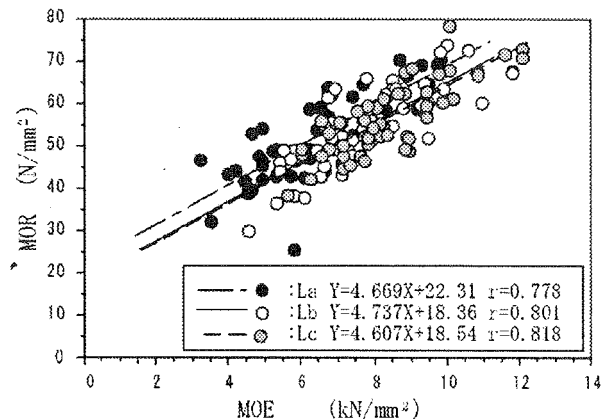


図-9 樹高方向におけるラミナの MOE と MOR との関係

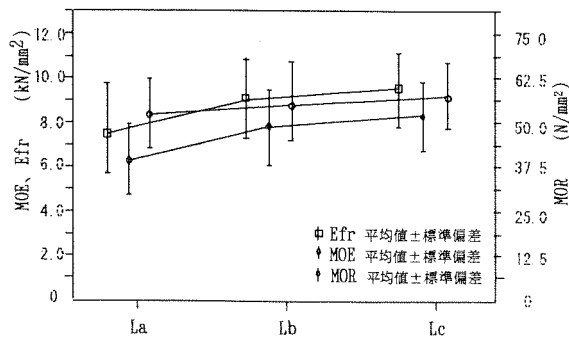


図-8 樹高方向でのラミナの Efr、MOE、MOR の分布

示す。動的ヤング係数(Efr-lumber)の平均値は元 1m 部位(La)と比較して、2m 部位(Lb)では 1.23(Lb/La)、3m 部位(Lc)では 1.28(Lc/La)と上昇した。また、同様に MOE では 1.24(Lb/La)、3m 部位で

### 3.5 機械等級区分と MOE、MOR の関係

30×105mm ラミナの MOE の出現割合を図-10、に示す。また、図-11 に各機械等級区分したラミナの MOR の最小値、平均値ならびに構造用集成材日本農林規格値、図-12、13 にラミナの MOR の出現分布を示す。構造用集成材の機械等級区分として、今回の元玉3m 材から製材したラミナ 162 枚のグレードは L50 未満=10%、L50=10%、L60=20%、L70=24%、L80=17%、L90=11%、L100=4%、L110=3%、L120=1%であった。MOR については全ての等級で基準値(告示第 111 号 1996)を上回っていた。また、今回試験に供したラミナの MOR の 5th%ile 値は t30mm ラミナで 37.6N/mm<sup>2</sup>、t35mm ラミナで 28.9N/mm<sup>2</sup>であった。

### 3.6 目視等級と Efr-lumber、MOE、MOR との関係

曲げ試験に供したラミナ 336 枚の目視等級区分における MOE と MOR の関係を図-14 にまとめた。今

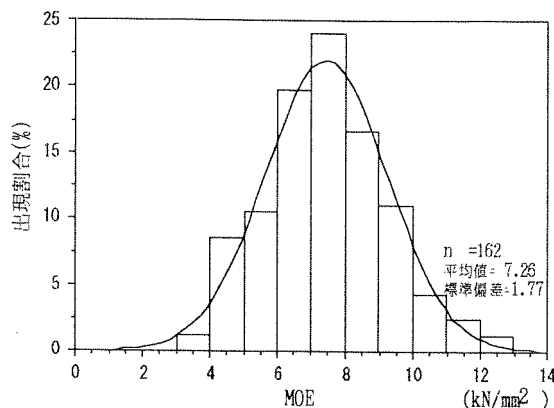


図-10 MOE の出現割合

注: ラミナ t=30mm, 供試原木 Dt&lt;16cm

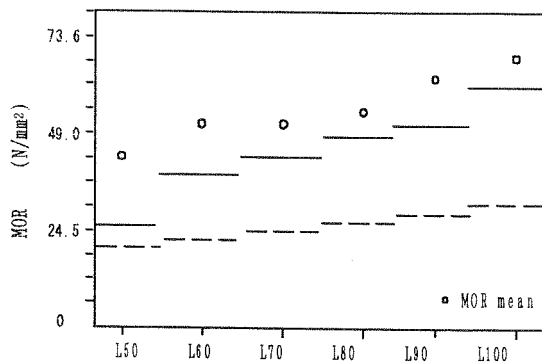


図-11 機械等級区分毎の MOR

注: ラミナ t=30mm, 供試原木 Dt&lt;16cm

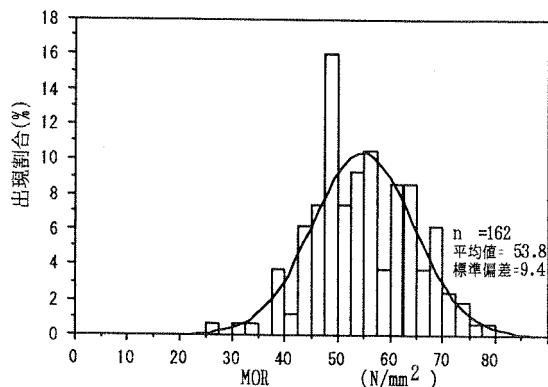


図-12 MOR の出現割合

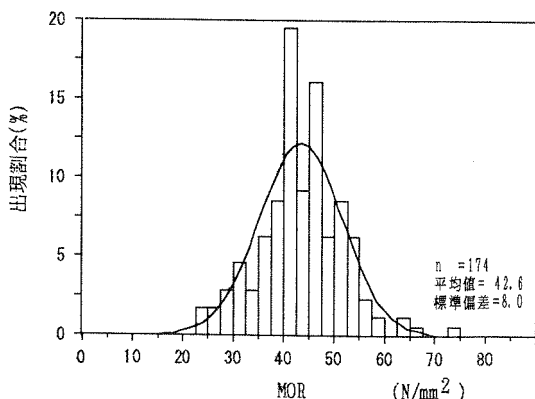


図-13 MOR の出現割合

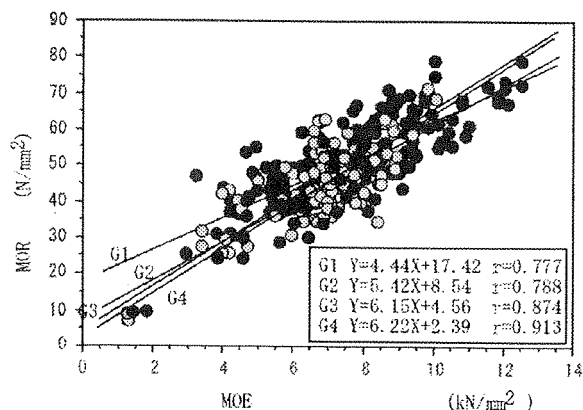


図-14 目視等級による MOE と MOR の関係

回試験に供したラミナ 336 枚のうち、204 枚が1等級であり、規格外が約 4%であった。また、MOE と MOR の関係はどの等級でも高い相関を示した。

### 3.7 スギラミナの供給システム

今回試験に供した原木の外観的指標を説明変数としラミナの弾性係数を目的変数とした重回帰分析を行った結果を表-3に示す。原木の動的弾性係数を測定することやラミナの木取り位置を限定することの優位性がすでに報告されている(飯島・小泉・岡崎・佐々木・中谷, 1997, 橋爪・吉田・石原, 1997)が今回の試験でもそのことが実証された。

表-3 重回帰分析結果

| 説明変数               | 標準誤差  | F 値     | R     |
|--------------------|-------|---------|-------|
| Efr-log* Rw Dp* Ld | 1.285 | 58.066  | 0.413 |
| Rw Ld Dp* Ld       | 1.600 | 10.670  | 0.088 |
| Efr-log* Rw Dp*    | 1.284 | 77.464  | 0.412 |
| Efr-log* Dp*       | 1.282 | 116.399 | 0.412 |
| Efr-log*           | 1.372 | 160.477 | 0.325 |

注: Efr-log: 原木の動的弾性係数, Rw: 原木の平均年輪幅, Dp: ラミナの木取り位置, Ld: 原木の容積重, \*: 1%有意, R: 決定係数

## 4. 結言

愛媛県産スギ材を構造用集成材へ加工利用することを想定し、愛媛県産スギ中目原木と末口径 16cm 以下の原木を供試原木として、基礎的な個体間、個体内の強度特性を把握するため、ラミナの曲げ試験を行った。試験結果をまとめると以下のとおりである。

1)放射方向におけるスギラミナの MOE と MOR の関係は木取り位置に関係なく、高い相関を示した。また、原木 Efr-log による原木選別は極端な低位のラミナを除くことに効果があるが、木取り位置と原木で区分した場合とバラツキは変わらないため、木取り位置による区分の方がより高い等級区分につながると思われた。

2)樹高方向におけるスギラミナの Efr-lumber と MOE と MOR の関係はどの部位でも高い相関を示すとともに、Efr, MOR, MOE とも  $La < Lb < Lc$  の関係にあった。

3)今回試験したラミナからは、E75-F240 の構造用集成材が製造する主たるものになると推測された。

### 参考文献

- 飯島泰男、小泉章夫、岡崎泰男、佐々木貴信、中谷 浩(1997)秋田県産スギ材の強度特性(第3報). 日本木材学会誌 **43(2)**:p159-164.
- 小泉章夫、飯島泰男、佐々木貴信、岡崎泰男(1997)秋田県産スギ材の強度特性(第2報). 日本木材学会誌 **43(2)**:p210-214.
- 武智正典、藤田 誠(1994)平成5年度業務報告:p48-49.
- 農林水産省(1996)“告示第111号 構造用集成材の日本農林規格”.
- 木材強度・木質構造研究会(1988)“構造用木材－強度データの収集と分析”, 日本木材学会, p1-52.
- 橋爪丈夫、吉田孝久、石原茂久(1997)カラマツラミナの性質と集成材の強度性能(第2報). 日本木材学会誌 **43(11)**:p940-947.