

トピックス

<企画管理課>

【木育について】

～きりしま支援学校高等部1年生と祝吉小学校支援学級の皆さんによる木育体験～

皆さんは、最近、「〇〇育」という言葉を良く耳にされることが多いと思います。「〇〇育」と呼ばれるものは、「食育」、「木育」など50以上もあるといわれています。

その中で、今回は、当センターで実施しています「木育」について御紹介します。

「木育」という言葉は、もともと10数年前、北海道庁が「木育プロジェクト」として「子どもをはじめとするすべての人々が、木とふれあい、木に学び、木と生きる」ことを学ぶ活動として始まったことに起因しています。

当センターでは、材料としての木材の良さやその利用の意義を子どもたちに学んでもらおうことを目的に、小・中学校や高等学校などからの要請に基づき、マイ箸づくりなどの「木育」に取り組んでいます。

最近では、去る1/19(木)に県立都城きりしま支援学校の高等部1年生20数名、1/23(月)には都城市立祝吉小学校特別支援学級の児童20数名がセンターを訪れ、それぞれ、スギを使った「マイ箸」や「しおり」づくりなどに挑戦しました。



きりしま支援学校の生徒さんは、体が不自由な生徒さんも全身を使って、一生懸命、作品づくりに取り組んでいました。

また、祝吉小学校の児童の皆さんは、薄いスギの板を使った「突き板」や、木の積み木や木製の車いすで夢中で遊んで、楽しい時間を過ごしていました。

当センターでは、「木育」が、木と五感で「ふれあう」ことにより人や自然に対する「思いやりや優しさを育む」ことにつながることから、今後とも積極的に取り組んでいきたいと考えています。

また、当センターは、「スギなどの木材をいかに利用していくか」を目的として設置されたこともあり、管理棟、研究棟、4つの実験棟などすべて木造平屋で



建てられており、時々、センターを訪れた方から、「木の良い香りがしますね。」と言われることがあります。

普段、中にいる私たちはあまり意識しませんが、施設全体に木の良い成分が漂って、いつも森林浴をしているのかもしれない。

皆さんも、是非一度、街の中の森林浴を楽しまれては、いかがでしょうか。

<材料開発部>

【木質バイオマスの利用と乾燥】

本県は全国でも有数の林業県で森林面積は土地面積のおよそ76%を占めています。その多くはスギ林で、このため本県のスギ素材生産量はH27年度まで25年連続で日本一となっています（平成27年木材統計，農林水産省；H28年度統計は本稿執筆段階では未発表です）。

木材の素材生産量が増えると、これに伴って伐採現場では切り捨て丸太や枝条、タンコロと呼ばれる根元の部分などが林地残材として発生し、原木市場や製材工場ではバーク（樹皮）が多量に発生します。「宮崎県木質バイオマス活用普及指針(平成22年3月)」によると、県内の林地残材の発生量はH20年度集計値で75万生tとなっており、内訳は切り捨て丸太が40.6万生t、枝条が30.1万生t、末木が6.3万生tとなっています。また、製材工場残材は40.8万生t（平成20年度製材工場等における廃材処理状況調査結果；宮崎県調べ）、市場残材は3.2万生tが発生しています（平成20年度原木市場における樹皮発生量等調査結果；宮崎県調べ）。これらの資料によると、製材工場残材はおよそ9割が利用されており、市場残材の利用は7割程度ですが、林地残材は全く利用されていませんでした（表1）。

表1 宮崎県における未利用木質バイオマス賦存量

種類	発生量	利用率
林地残材	75万生t	利用なし
(切り捨て丸太)	40.6万生t	
(枝条)	30.1万生t	
(根元部)	6.3万生t	
製材工場残材	40.8万生t	およそ90%
市場残材	3.2万生t	およそ70%

H20年度集計値

林地残材の利用状況は全国レベルでも同様で、農林水産省の「バイオマス活用推進基本計画（平成22年12月）」によると、全国で発生する未利用間伐材などの林地残材は絶乾重量で年間800万tで、そのほとんどが未利用であるとされています。

平成24年の「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）」の導入により、県内に木質バイオマス発電所が多数できました。これにより切り捨て丸太の利活用は進みつつあり、また、一部では根元の部分の利用も始まっています。しかしながら、平成25年度においても林地残材の利用量は、発生量の78.6万生tに対して4.7万生tで、利用率は僅か6%にとどまっています（木質ペレット原料等受給調査報告，平成27年3月，宮崎県造林素材生産事業協同組合連合会）。

今後はこのような未利用資源の有効活用が望まれており、その最大の利用方法と目されるのが木質バイオマス発電所などでの、熱源（燃料）としての利用です。当センターでも未利用木質資源を熱源として用いる事を目指した研究をしていますが、木質バイオマスにはその利用を阻むいくつかの問題点があります。

今回はそのうちの乾燥（含水率）について話をします。

木質バイオマスとは、木質の「生物資源（bio）の量（mass）」です。生物は生きるためにたくさんの水を必要とするため、水分を多く含んでいます。木材も例外ではありません。木材の場合、水分を含水率で示す事が多く、一般的には馴染みがないのでここで解説します。

水分 (%)

$$\frac{\text{生重量のうちの水の重量}}{\text{生重量}} \times 100 \dots \textcircled{1}$$

含水率 (%)

$$\frac{\text{生重量のうちの水の重量}}{\text{乾燥重量}} \times 100 \dots \textcircled{2}$$

一般的に使われる水分は①式での値で、水を含んだ生重量を基準に水の割合を求めます。「人間の体の水分は 70%」と言った場合、体重が 100kg の人から水（70kg）を除いたバイオマスは 30kg ということになります。対して、含水率は②式での値になり、乾燥時の重量を基準に、水の割合を計算します。「木材の含水率 100%」の場合、木材と同じ重量の水を含んでいるという意味で、この木材 100kg を乾燥させると 50kg のバイオマスが残ります。

木質バイオマスを燃料として用いる場合、原料が水分を含んでいる間はいくら原料を燃やしても、その熱は自らの水分を蒸発させる（乾燥）ことにしか使われないため、エネルギーとしては利用できません。つまり、完全に乾燥した木材のみがエネルギーとして利用できることとなります。

「乾燥」＝「水の蒸発」ですので、水の状態変化に必要なエネルギーを知っておくと便利です。水 1kg (1L: 牛乳パック 1 個分)の温度を 1°C 上げるのに必要な熱量は 1 kcal(4186 J)で、これを水の比熱と言います。1 kcal は体重 50kg の人が階段を 10 段上った時の消費カロリーに相当します。そして、100°C の水 1kg を全て水蒸気にするには約 540 kcal の熱量が必要です。

ここに含水率 100%の木材 2kg があるとします。この木材は「1kg の水」と「1kg の木質」からできています。これを乾燥させて木質のみにするには、1kg の水を全て沸騰・蒸発させればよいのですが、それには熱が必要です。この熱を木材で賄おうとすると何 g の木材を燃やせばよいでしょうか。

まず、この木材を 25°C（室温）とします。木材中の水を蒸発させるには「100°Cまで温める」＋「100°Cの水を水蒸気にする」の 2 つの熱が必要です。100°Cまで温めるには、

$$(100 - 25 \text{ }^\circ\text{C}) \times 1 \text{ kcal} = 75 \text{ kcal}$$

の熱が必要で、これを水蒸気にするにはさらに 540 kcal が必要なので、

$$75 \text{ kcal} + 540 \text{ kcal} = 615 \text{ kcal}$$

で 615 kcal の熱が必要です。

木材 1 kg の発熱量はおよそ 4800 kcal なので、

$$615 \text{ kcal} \div 4800 \text{ kcal/kg} = 0.128 \text{ kg}$$

となり、約 0.13 kg の木材を燃やせばよい計算になります。これを円グラフで示したものが図 1 になります。図 1 には含水率が 50%、33% の場合も示しています。これを実際の乾燥設備で行うと、熱利用効率の関係で乾燥に必要な木材の量が計算値より 3 割ほど増加します。結果、含水率 100% の木材 2kg を燃やして乾燥すると、約 0.8kg の木材が残ることになります。

このように、元の木材が乾燥していればしているほど、木材の利用効率は良くなります。

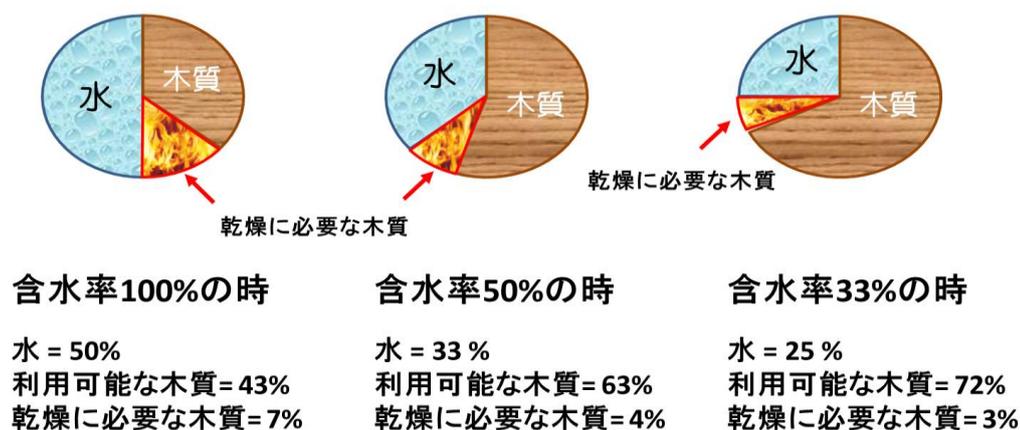


図 1 : 木材の含水率と乾燥に必要な木質の量

左側からそれぞれ木材の含水率が 100, 50, 33 % の場合に含まれる水の割合と、乾燥に必要な木質の割合、エネルギーとして利用可能な木質の割合を示しています。

これは、木材を薪として使っても、チップもしくはペレットとして使っても同じです。薪の場合は保管時に自然乾燥し、チップやペレットの場合、乾燥炉などで熱を加えて乾燥させる事が多いため、用途（形状）により乾燥に必要なエネルギーが異なるように感じるのですが、乾燥に必要なエネルギー量は常に一定で、それをどう調達するかでそのコストが変化するだけなのです。

木質バイオマスを熱源として利用する場合、大きく 3 つの利用方法が考えられます。一つはバイオマス発電所などの「発電」での利用、もう一つは温浴施設のボイラーのような「熱利用」、最後はコジェネと呼ばれる発電と熱利用を併せた「熱電併給」ですが、それぞれのエネルギー利用効率は一般的に「発電 = 25%」、「熱利用 = 75%」、「熱電併給 = 75%」とされています。

先ほど考えた「含水率 100% の木材 2kg」を原材料として利用する場合はどうでしょう？ 発電を例にとって考えると、

$$\text{実質 } 0.8\text{kg} \text{ の木材} \times 0.25 \text{ (利用効率)} = 0.2 \text{ kg}$$

となり 0.2 kg 分のみをエネルギーとして利用していることとなります。つまり元の木材重量の 10%をエネルギーとして利用している計算となります。もちろんこれは木材の含水率によって変わり、含水率が 50%の場合は約 16 %、含水率が 33%の場合は約 18%が有効利用できることとなりますが、それにしてもあまり効率的とは言えないかもしれません。今後は発電施設もより効率的なものが建設されていくとは思いますが、それよりもバイオマスをエネルギー利用する際は熱利用を前提とした利用を探る方が賢い選択と言えるでしょう。

せっかく長い時間をかけて育ててきた木質資源ですから、大切に使いしていきたいものです。

< 木材加工部 >

【先導プロジェクトに参加しています】

センターは、開所当初から、研究費確保の一環として、外部資金の獲得に努めています。

研究費の補助は、農林水産省や文部科学省、国土交通省など多くの省庁が制度化していますので、研究内容と制度の趣旨を考慮して、適当な制度に申請し、採択されるように頑張っています。

今年度は、激しく変動する国際情勢の中で、農林水産業が持続的に維持されて行くため、生産性や品質を大幅に向上させるための技術を開発する「先導プロジェクト事業」に取り組んでいます。

この事業は、大径材丸太の有効活用を目指すため、全国 11 の研究施設が共同研究を行うもので、平成 28 年度から 5 ヶ年間の事業です。

センターでは、今後も、研究費を確保するため、積極的に外部資金の獲得に努めていきたいと考えています。



試験体の仕分け作業



長期たわみに関する試験

【民間企業との共同開発による木製掲示ボードなどの製作】

多くの県民が訪れる県庁本館の木質化の一環として設置する掲示ボード、案内スタンド、デスクパーティション及び化石等を展示するテーブルを当センターが製作しました。

製作に当たっては、洗練されたデザインとすること、かつ構造的に強固なものとすることを目標とし、センターだけではできない部分を補うため、(株)メタル・テクノ(都城市、金属加工業)と共同で開発することにしました。

具体的には、掲示ボードについて、既存のスチール製品と比較するため、転倒試験を実施し、デザインを含めた金物の仕様を決定しました。

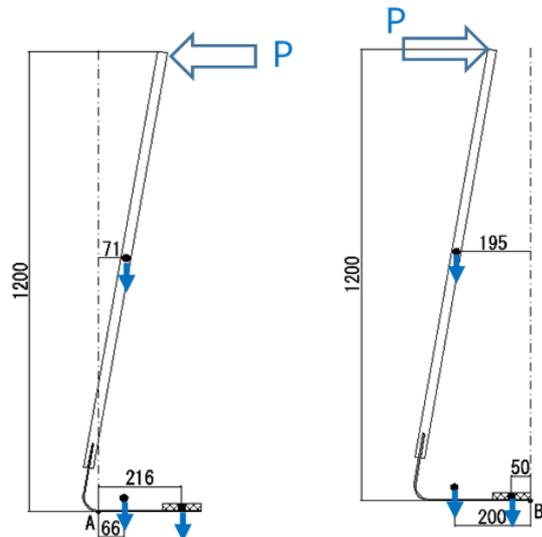
また、案内スタンドについては、重心と負荷の関係から、製品の安定性を確認しました。さらに、デスクパーティションの接合金具については、露出せず、容易に組立・解体が可能なものを開発しました。

当センターでは、今回の共同研究を一例として、今後も、異業種連携による製品開発などに取り組むため、民間企業との共同研究に力を入れていきたいと考えています。

なお、今回使用した板材は、使用目的から、反りや曲がりをなくすため、近年開発され普及しつつある直交集成板(CLT)の製造手法を用いて、造作向け CLT として試作したもので、(有)サンケイ(日向市)に製作を委託しました。



掲示ボードの転倒試験



案内スタンドの安定性解析



デスクパーティションの接合方法

木質化前

木質化後



掲示ボード(横型)



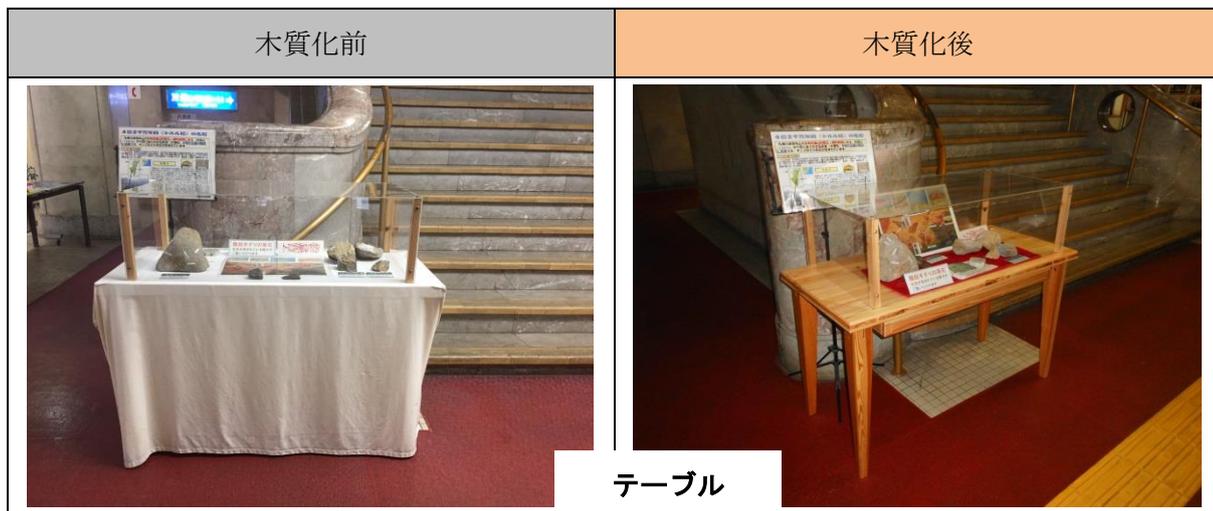
掲示ボード(縦型)



案内スタンド



デスクパーティション



< 構法開発部 >

【CLTを使って空調機の日隠し壁を造りました】

当センターの管理棟入り口横に設けてあった空調機の日隠し壁が、昨年の台風で倒壊しました。土台に柱を建て、柱の内側に溝を彫って板を落とし込む「板倉構法」で造られていた日隠し壁は、土台に柱が差し込んであったほぞ穴に雨水が入り、腐朽が進んでいたことと蟻による被害でもろくなっていました。それに、隙間なく板がはめ込んであったことが、強風をまともに受けて倒壊した原因だと思われます。

このため、柱や板等の製材よりも強度が高いCLTを使用して、木質感あふれる日隠し壁を、加工や施工性等を確認しながら試験的に造りました。



○ 特徴

- ・ 土台を敷かず柱壁を基礎に直接建て、雨水が溜まらないようにしました。日隠し板

は羽板（ルーバー）を柱壁の間に差し込む形状として、風通しを良くしました。

柱壁と羽板との色を塗り分けて、軽快なデザインとしました。

- 材料のCLTは県産スギ材で、柱壁を厚さ150mm、羽板と屋根を厚さ90mmを使用し、加工は機械によらず大工さんの手加工で行いました。

また、建て方もクレーンを使用しないで人力で行いました。

- 工事は11月中旬に着手し、1月中旬に完成しました。



改修前



改修後

スギ大径材から得られた心去り正角材の曲げ強さ

1. はじめに

現在、市場に供給される丸太は、九州地方を中心に急速な大径化への道を歩んでいます。このような中で製材現場に目を向けると、大径化によって同一の丸太から複数の構造材を得ることができるようになりました。ここで、正角材を例に挙げると、末口径 38 cm 前後の丸太であれば 12cm 角 4 体を木取ることが可能であり、歩留りの面から大変有利です。ところが、これまで正角材には主として心持ち材が用いられてきたこともあり、心去り材の普及は現状ではかなり厳しい状況です。特に“心去り材は心持ち材よりも材質的に劣る”という関連企業の根強い意識が心去り材の普及に対する大きな障害の一つになっていることは否めません。そこで本実験では、大径材から得られた心去り正角材の構造部材としての適用可能性を実験的に検証するために、末口径 37.5~43.0cm の丸太から心去り正角材 (12cm 角) 4 体を製材し、製材方法 (中心定規挽き、側面定規挽き)、乾燥の有無、荷重方向 (木表、木裏) 別に、乾燥性能、強度性能、変形 (曲がり) などについて検討しました。なお、ここでは強度性能のうち曲げを中心に検討した結果を報告致します。

2. 実験方法

実験には、宮崎県日之影町産スギ丸太 15 本 (末口径 37.5~43.0 cm、元口径 47.3~54.6 cm、長さ 400 cm) を供試しました。流れは以下のとおりです。①丸太の密度、縦振動ヤング係数 (Et)、最大矢高、平均年輪幅、及び細り率を測定、算出 (表 1 参照)、②各丸太から心去り正角材を 4 体ずつ製材 (図 1 参照)。この場合、4 体のうち 2 体は中心定規挽き材とし、他の 2 体は側面定規挽き材としました (以下、

前者を CRS、後者を TRS と呼びます)。

表1 丸太の材質

種別	末口径 (cm)	密度 (g/cm ³)	Et (kN/mm ²)	曲がり (%)	平均年輪幅 (mm)	細り率 (%)
平均値	40.0	0.700	5.26	0.966	5.14	2.36
最大値	43.0	0.868	6.33	1.52	6.24	3.40
最小値	37.5	0.496	3.86	0.496	4.42	1.31
標準偏差	1.62	0.100	0.683	0.339	0.54	0.541

※ 長さは約 400mm、Etは縦振動ヤング係数、曲がりは (最大矢高/長さ) × 100、細り率は (元口径 - 末口径) / 長さ

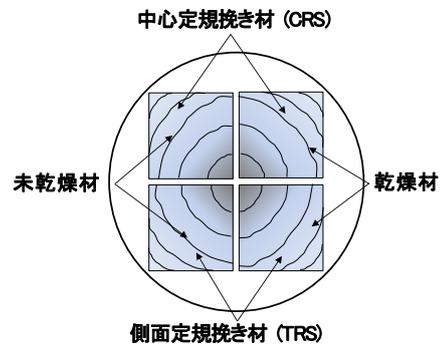


図1 供試材の木取りと乾燥の有無

③全製材について、密度、Et、曲がり、平均年輪幅等の材質を測定、④CRS と TRS (各 2 体) のうちそれぞれ 1 体については未乾燥のまま曲げ試験を実施、⑤残りの各 1 体については、10 日間の人工乾燥、並びに 34 日間の養生を実施。人工乾燥材における乾燥条件は初期乾球温度 80°C (乾湿球温度差 5°C)、最終乾球温度 90°C (同 20°C)、養生条件は乾球温度 50°C (同 8°C)、⑥人工乾燥材に対して乾燥後の密度などを測定した後、曲げ試験を実施 (日本住宅・木材技術センターの『構造用木材の強度試験マニュアル』に従い 3 等分点 4 点荷重方式により負荷)。負荷方向は、木表→木裏と木裏→木表の二通り (図 1 参照)。

3. 結果と考察

図2に丸太時点と製材後のEtの関係を示します。同図を見ると、かなりのバラツキは認

められるものの、全体として乾燥後で22%、乾燥前(製材直後)でも6%程度製材の方が高い傾向を示しています。このうち後者の傾向は、樹幹内の材質分布特性を考慮すれば矛盾しているようにも思われますが、本実験では髓付近を3cm程度避けて木取ったことから一定量の未成熟部分が除去され、このような結果が得られたものと考えられます。

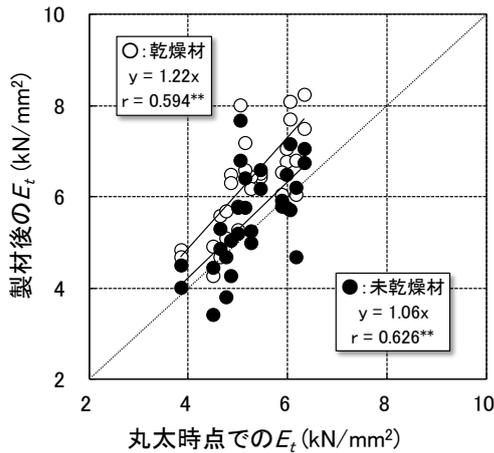


図2 丸太時点と製材後の縦振動ヤング係数 (E_t)の比較

表3に曲げ試験結果を示します。同表のうち、乾燥材と未乾燥材の比較では、曲げヤング係数(MOE)は、条件に係わらず乾燥によって20%程度上昇していますが、曲げ強さ(MOR)は、負荷方向による大きな差が認められます。具体的には、CRSのMORは負荷方向に係わらず上昇していますが、TRSの同値は木裏から負荷した場合は増加し、木表から負荷した場合は逆に減少しています。一方、負荷方向の比較では、全体として『木裏から負荷>木表から負荷』の傾向が看取されます。特に、TRS乾燥材のMORに関しては、上述した乾燥による大きな低下がこの傾向を顕著にしています。これらの原因として、木表から負荷する場合は、流れ節の入りやすい部分(木裏部分)が引張側に位置すること、同部分の多くを未成熟材が占めること、さらには、同部分(低質材)の強度は乾燥によって上昇しないこと¹⁾等が考えられます。いずれにしても、今回の

結果を考慮すれば、実用面で4丁取り心去り正角材を用いる場合、製材方法としては側面定規挽きよりも中心定規挽きを採用する方が適切であり、設置に当たっては木表よりも木裏を上にする方が適切と言えます。ただし、図3に示すように、全試験体のMORが建設省告示1452号における無等級材の曲げ基準強度を上回っています。したがって、少なくとも曲げ性能に関するかぎり、仮に上記の推奨条件を採用しないとしても、4丁取り心去り正角材に関する実用上の問題が生じる可能性は殆ど無いと考えて良いでしょう。

表3 曲げ試験結果

種別	負荷方向	n	MOR(N/mm ²)		MOE(kN/mm ²)	
			未乾燥材	乾燥材	未乾燥材	乾燥材
CRS	木表→木裏	8	32.6	34.2	4.71	5.91
	木裏→木表	7	37.2	39.4	5.37	6.37
	全体	15	34.8	36.6	5.02	6.13
TRS	木表→木裏	8	36.4	31.1	4.91	5.82
	木裏→木表	7	35.9	40.5	4.99	6.13
	全体	15	36.2	35.5	4.95	5.96

※ CRS:中心定規挽き材、TRS:側面定規挽き材、
n: 試験体数、MOR: 曲げ強さ、MOE: 曲げヤング係数

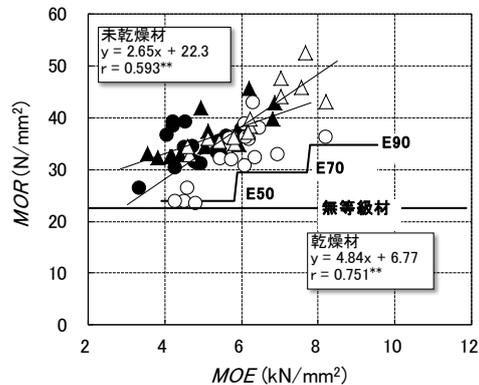


図3 負荷方向別の曲げヤング係数(MOE)と曲げ強さ(MOR)の関係

●: 未乾燥材、木表負荷 ▲: 未乾燥材、木裏負荷
○: 乾燥材、木表負荷 △: 乾燥材、木裏負荷
※ 図中の実線(E50, E70, E90, 無等級材)は基準強度

【文献】

1) MADSEN: In-Grade Testing-Problem Analysis, F. P. J., Vol. 28-4, 42-50(1978).

(木材利用技術センター木材加工部 荒武)