



北海道型木製防護柵「ビスタガード」の耐候試験
(平成24年1月24日, 林産試験場耐候試験地)

省エネルギーと木製サッシ	1
木材の表面形状を測る	4
Q&A先月の技術相談から	
〔単板の積層数と合板の曲げ性能の関係〕	6
行政の窓	
〔平成24林野庁予算概算決定について〕	7
林産試ニュース	8

省エネルギーと木製サッシ

性能部 居住環境グループ 朝倉靖弘

■ はじめに

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災によって、日本のエネルギー事情が大きく変わろうとしています。従来からあった省エネルギー、低炭素社会への流れをさらに加速していかなければ、未来の我々の生活はとてども危ういものになっていくでしょう。このような話題と、木製サッシの話がどのようにつながるか疑問に思う方もいるかもしれません。しかしながら、両者はとても密接な関係があると言えるのです。

■ 住宅の省エネルギーと木製サッシ

住宅に関する消費エネルギーは、住宅を建てるための“製造エネルギー”と生活を送るための“消費エネルギー”の二つに大きく分けられます。前者は、住宅を構成する建築材料の製造や輸送にかかるエネルギーおよび建築時に使う機械等の運転エネルギー等を指し、後者は暖房や炊事等の日常生活に必要なエネルギーです。ここではまず前者に注目してみましょう。

■ 木製サッシの製造エネルギー

表 1 に木製サッシとアルミサッシの製造エネルギーを比較したものを示します。アルミニウムは元々ボーキサイトと呼ばれる鉱物を電気で精錬して金属としたもので、実はたくさんの電気を使う材料なのです。それに比べ、木製サッシの製造時に必要なエネルギーはとてども少ない事が分かります。

表1 アルミサッシと木製サッシの製造エネルギーと炭素放出量の比較

サッシ種類	アルミサッシ	木製サッシ
サッシの全重量(kg)	11.2	11.2
単位製造エネルギー(MJ/kg)	435	3.1
全製造エネルギー(MJ)	4,832	35.7
炭素放出量(kg)	97	2.8

注) 中島史郎, 大熊幹章: 木材工業, 46, 129-131 (1991) を基に作成

また、ボーキサイトの原産地やアルミニウム生産のほとんどは海外ですが、地場の企業が地域で生産された木材を用いてサッシを作製し、それを地域の住宅に施工することによって、原材料や製品の輸送コストを小さくすることができます。これから期待される“地域循環”“地産地消”にうってつけの住宅部材と言えるでしょう。

同表にはそれぞれを生産する場合のエネルギー等から算出した炭素放出量も示されています。木製サッシはアルミサッシに比べて同重量で比較した場合、1/30の炭素しか放出しません。これは、製造に関わるエネルギーが少ないのと同時に、原料である木材が成長するときに二酸化炭素を吸収・固定するためです。このように、木製サッシは低炭素社会という観点からも有効な材料と言えるのです。

■ 木製サッシと消費エネルギー

次は生活を送るための消費エネルギーについて考えます。サッシにおいては暖房や冷房などに関わる性能が重視される事が多いですので、それを見ていきましょう。

ある材料の熱の通しにくさを断熱性能と呼びます。この断熱性能はいろいろな指標で表されますが、そのうちの一つに熱伝導率という数値があります。熱は材料の両側に温度差があった場合、材料内を移動します。その移動のしやすさを表したものです。この数値が小さいほど熱を通しにくく、断熱性能が良いこととなります。

また、壁やサッシなどの住宅部材の断熱性能を表す指標の一つとして、熱貫流率という数値があります。これは、壁やサッシを構成する複数の材料の熱伝導率と空気から材料への熱の伝わりやすさ(熱伝達率)を合計したもので、壁や窓の両側の空気に 1℃の温度差がある時の 1m² の住宅部材を移動する熱量を示し、W/m²K という単位であらわします。一般に U 値と呼ばれるこの数値も、小さくなれば小さくなるほど熱が通りにくくなり、“断熱性能が良い”と言えます。サッシの性能はこの U 値であらわされることが多いので、カタログ等を見る機会があれば注意して見てください。

サッシの断熱性能は日本工業規格 (JIS) で H-1 から H-4 の 4 段階の等級に分かれており、最高等級の H-4 で熱貫流率は $2.33\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ になっています。国内ではこれ以上の規格はないのですが、これからの省エネルギー時代ではこれでは不十分ではないかと言われています。

図 1 に木造住宅の壁の構造の一例を示します。北海道ではこのような構造は今となってはほとんど無い，“断熱性能の悪い”住宅です。それでもこの壁の熱貫流率は計算では $0.376\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ となり、サッシの H-4 等級の 1/6 しか熱を通しません。つまり、窓とは住宅の中で多くの熱が逃げる部分の一つなのです。

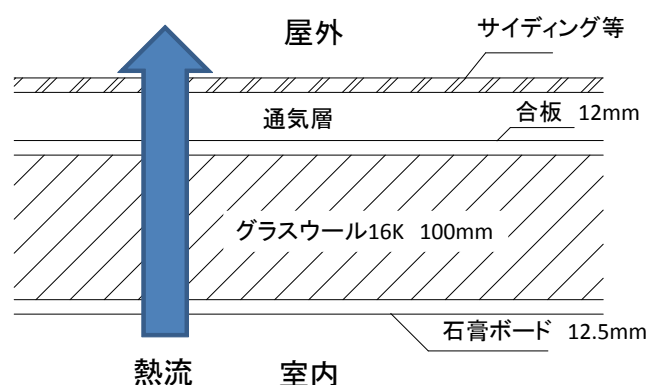


図1 壁体モデルの概略図 (冬期)

注) “住宅の省エネルギー基準の解説”，次世代省エネルギー基準解説書編集委員会，(財)建築環境・省エネルギー機構，東京，2010，p. 319 を基に作成

一方、現在では窓の大きさは、住宅のデザインや生活様式の変化によって大きくなる傾向にあり、熱の逃げやすい部分の住宅に占める割合が大きくなってきています。すなわち、省エネルギーのためには今まで以上に窓の断熱性能が必要となってきています。

サッシの大部分はガラスですので、ガラスの断熱性能をあげることが先決です。表 2 にガラスの種類と断熱性能の関係の一例を示します。現在ではガラスが 2 重から 3 重になっている複層ガラスが主体ですが、ガラス間の中空層に熱伝導率の低いアルゴンガスを封入したり、熱を反射するコーティングを施した Low-E ガラスと呼ばれるものも増えてきています。また、ガラス板間の中空層を真空にした真空ガラスも市販されています。

これらを用いてサッシを作っても枠の部分の断熱性能が悪ければ、そこから熱が逃げていきます。木材は

表2 ガラスの断熱性能比較

	熱貫流率($\text{w}/\text{m}^2\text{K}$)
真空ガラス	1.2
アルゴンガス+ Low-E+ 複層ガラス(2層)	1.4
Low-E+ 複層ガラス(2層)	1.8
複層ガラス(2層)	2.9
単板ガラス	5.8

元々の断熱性が高く、結露しにくいなどサッシ材料として優れた性能があるのですが、従来以上の断熱性能を得るために、木製サッシにも新しい試みが行われつつあります。

例えば、窓枠の中に断熱材を封入し、あたかも木で断熱材をサンドイッチするような木製サッシも考えられています (図 2)。

このように、断熱性能向上の試みには様々なアイデアが出されており、今後も検討が進んでいくと思いますが、最初に述べた生産時の低炭素性や地場企業での生産可能性、容易なりサイクル性などが大きく損なわれないように注意する必要もあるでしょう。

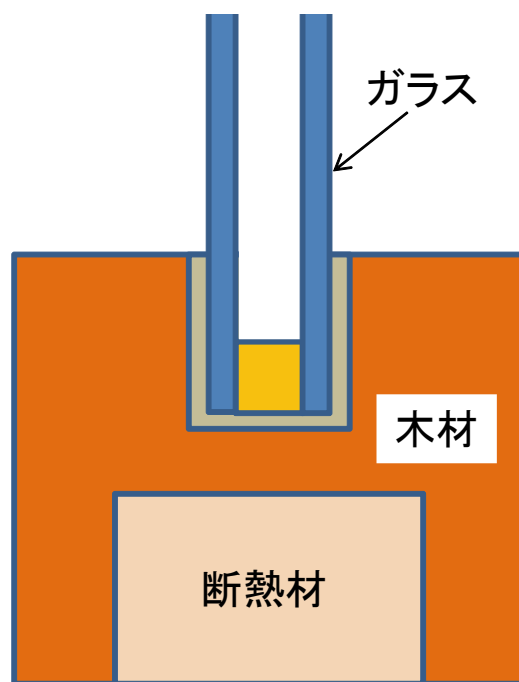


図2 枠内に断熱材を付加した木製サッシの概略図

■ 耐久性を高める工夫とメンテナンスの重要性

木製サッシは“木”製ですから、アルミや塩化ビニル樹脂と異なり“腐る”可能性は否定できません。しかしながら、設計時にちょっとした工夫をしたり、メンテナンスに手をかけることで寿命を延ばすことが出来ます。

サッシを痛める要因の多くは日射と雨水です。これらを防ぐためには、軒や日よけが効果的です。住宅のデザインで軒や日よけを付けることが出来ない場合は、図3のようなクラッドタイプと呼ばれるアルミや樹脂で屋外側をカバーした木製サッシも普及してきており、検討されることをお勧めします。



図3 クラッドタイプ木製サッシの例
(アルミクラッド)

また、残念ながら木製サッシはメンテナンスフリーではなく、定期的な再塗装が必須です。一般的に2年から5年の間に再塗装をすることが望ましいとされています。

林産試験場では、平成24年度から木製サッシの耐久性を向上させる研究を行う予定です。成果がまとまり次第、本誌等で公表しますのでご期待ください。

■ さいごに

生活様式の変化や省エネルギー等の時代の流れによって、窓に代表される開口部に求められる性能は変わってきています。

林産試験場では北方建築総合研究所、北海道木製窓協会と共催で、平成24年2月10日に2012年木製サッシフォーラム「まど・空間・そと」をつなぐ」と題した講演会を開催する予定です。講演会の詳細は林産試験場のWebサイトをご覧ください。

木材の表面形状を測る

技術部 製品開発グループ 松本久美子

■ はじめに

木材や木製品の持つ自然の風合いは、木目や色合い、節といった見た目の要素や、木材の表面にある細胞組織由来の微細な凹凸により生じます。また、木目や素材感を強調するために、浮造りやちょうな仕上げなど、表面に大きな凹凸をつける加工法も存在します。

こうした木材の風合いは、人の目視による主観やイメージにより主に評価されてきましたが、これを数値として把握するために、林産試験場ではここ数年、木材表面の加工により人為的に作られた凹凸を測定・評価するための研究を行ってきました。

ここでは、木材表面の形状測定に関する概略と、林産試験場での取り組みを紹介します。

■ 既存の方法

木材に限らず、材料の表面を測定・評価する方法はJIS^{1,2)}に規定されています。

これは、写真1に示すような触針式表面粗さ測定機を用いて行われるもので、原理としては、材料表面に針を接触させて(写真2)、ある方向に一定速度で直線移動させ、移動中の針の上下の振幅を記録するものです。これは、最も普及している手法であり、フローリングをはじめとした木製品の評価にも使われています。



写真1 触針式表面粗さ測定機



写真2 触針式表面粗さ測定機の針

しかしながら、この方法はもともと加工された金属の表面を評価するために考案された手法であり、天然素材である木材の測定では問題が生じてしまうことがあります。

その一つは、木材が、多孔質な材料であり、その表面を測定すると、加工による表面の凹凸のほか、樹種によっては木材の組織由来の凹凸を測ってしまうというものです。このことにより、木材加工面の仕上がりが正確に評価できないほか、素材独自の風合いを生み出す元となっている表面の性状が欠点として測定されてしまうといった弊害も起こります。この対処法としては、測定断面を波形ととらえ、特定の長さの波を抽出するフィルターと呼ばれる手法が用いられており、様々なフィルターの計算方法が研究されています³⁾。

この他にも、前述の浮造りやちょうな仕上げなどの比較的大きな凹凸やそりなどの変形の生じている材料は、針が表面を正確に接触・移動することができないため、測定自体が不可能なケースが見られます。測定範囲も直線で80mmと狭く、このことも内装材を評価する際には不都合な点といえるでしょう。また、表面が柔らかい樹種の場合、針がめり込み、材料が傷ついたり、正確な測定が出来なかつたりすることも問題の一つとして挙げられます。

■ レーザーを用いた非接触での測定

林産試験場では、前述の問題を解決するために、測定機の製作を行いました(写真3)。

これは、フラットなステージの上に材料を設置し、材料の上に配置したレーザー変位計を、X-Y方向にステージに平行に移動させて非接触で測定を行うものです。この測定機を製作したことで、浮造りなど凹凸の大きな表面形状を持つ材料の測定が可能になりました(写真4)。また、最大で90×30 cmの試験体の測定を行えるため、内装材の測定・評価にも有効なものとなりました。

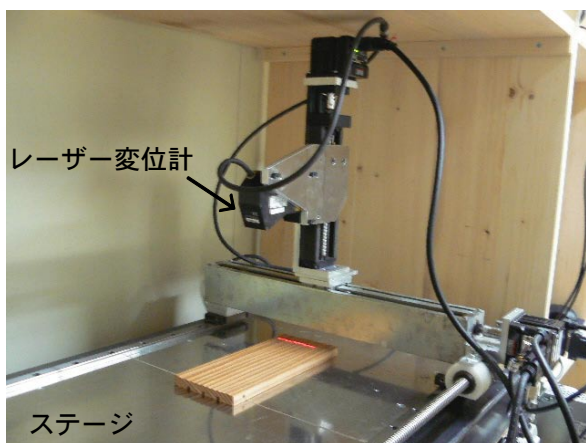


写真3 レーザーを用いた測定機

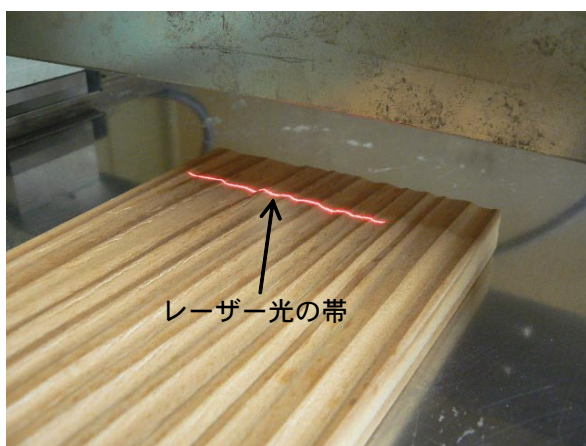


写真4 大きな凹凸を持つ材料の測定

■ 測定例

写真3の測定機を用いて、浮造り材のほか、林産試験場で開発した表面に凹凸を持つ床材の形状の測定・評価を行いました。人による歩行感や接触感などの主観評価と、凹凸の形状測定を併せて行い、関連性を検討することで、人にとって好ましい床材の表面形状を数値で把握する手法を提案することができました。

また、外装材として長い年月にわたり屋外使用された針葉樹材は、雨や風雪などにより材料にそりなどの

変形が起こったり、表面に大きな凹凸が生じたりしますが(写真5)、そうした材料の表面性状の解析にも現在使用しています。



写真5 10年以上屋外使用した外装材

■ おわりに

今回は主に、加工により表面に大きな凹凸を持つ木材の表面形状の測定について紹介しました。こうした形状のデータと人の主観による評価との関連を検討することで、人が好ましく感じる材料を意図的に製造することが可能になると考えられます。

最後に、今回紹介した表面形状測定機は、平成21年度北海道地域イノベーション創出協働体形成事業(研究開発環境支援事業)「道内針葉樹を用いた圧縮木質内装材等における表面加工技術と官能・温冷感・接触感に関する評価技術の開発」において、整備されました。現在、設備使用制度による有料での測定、依頼試験によるJIS¹⁾に準じた表面粗さの測定を行っていますので、詳細については、お問い合わせください。

参考文献

- 1) JIS B 0601 製品の幾何特性仕様(GPS)―表面性状:輪郭曲線方式―用語,定義及び表面性状パラメーター
- 2) JIS B 0651 触針式表面粗さ測定機
- 3) 例えば Fujiwara et al :Robust Gaussian filter and three-dimensional parameters to evaluate wood surface roughness as related to tactile roughness, Proc. of 16th International Wood Machining Seminar, Matsue, 359-365(2003).

Q&A 先月の技術相談から

単板の積層数と合板の曲げ性能の関係

Q: 12mm厚さの構造用合板を入手しましたが、4層構成(4プライ)になっていました。従来は5層構成(5プライ)のものが多かったように思いますが、これらの合板の曲げヤング係数に違いはありますか？

A: 合板は通常、単板(ベニヤ)の繊維方向を互いに直交させて奇数枚積層し、接着剤で張り合わせたものです。奇数枚とするのは、主に以下の二つの理由があります。

- ①繊維方向を互いに直交させて単板を張り合わせた場合、偶数枚では表と裏の単板の繊維方向が直交し、断面が非対称になるので、温湿度変化による製品の反りや狂い等が発生しやすくなります。
- ②単板が奇数枚の場合、接着層の数は偶数となります。接着作業は、グルースプレッダという機械を用いて単板の表裏面に同時に接着剤を塗布するため、接着層の数が偶数のほうが好都合です。

ところが、近年、歩留まり等の関係から積層数が偶数の合板も製造されており、合板の日本農林規格においても、このような構成の合板が認められています。この場合、内層の一部の隣接する単板の繊維方向を同一方向にすることで、表裏単板の繊維方向を合わせています。

さて、積層数と曲げヤング係数の関係について、等厚の5層構成のもの(図1)を例に挙げると、積層材の曲げヤング係数は以下の式で表すことができます。

$$E_p = (E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 + E_4 I_4 + E_5 I_5) / I_p \quad \dots \dots (1)$$

$$I_p = bh^3 / 12, \quad I_i = bh^3 / 12 + bhy_i^2 \quad (i=1, 2, 3, 4, 5)$$

E_p : 積層材のヤング係数
 I_p : 積層材の断面2次モーメント
 $E_1 \sim E_5$: 構成材料のヤング係数
 $I_1 \sim I_5$: 構成材料の断面2次モーメント
 $y_1 \sim y_5$: 構成材料の積層材中立軸からの距離

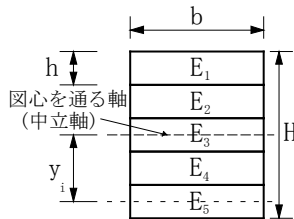


図1 5層構成の積層材料

合板は面材料ですので、力の作用する方向が、表板の繊維方向に平行な場合(0度方向)と垂直な場合(90度方向)を別々に考える必要があります(図2)。木材においては、繊維に直交する方向のヤング係数

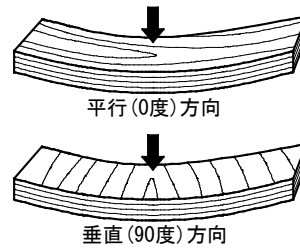


図2 表板の繊維方向と力の作用方向

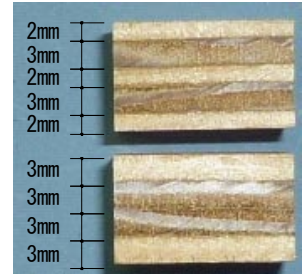


写真1 5プライと4プライの単板構成

は、繊維方向のヤング係数に比べて非常に小さいため、合板では、直交方向のヤング係数を0と仮定しても計算上、大きな差は生じません。写真1に示すような5プライと4プライの断面構成の場合では、0度方向と90度方向のヤング係数(E_{p0} , E_{p90})は、(1)式を活用して、

5プライの場合、

$$E_{p0} = (E_1 I_1 + E_3 I_3 + E_5 I_5) / I_p, \quad E_{p90} = (E_2 I_2 + E_4 I_4) / I_p$$

4プライの場合、

$$E_{p0} = (E_1 I_1 + E_4 I_4) / I_p, \quad E_{p90} = (E_2 I_2 + E_3 I_3) / I_p$$

と表すことができます。

単板のヤング係数($E_1 \sim E_5$)を仮にすべて10,000(N/mm^2)と仮定し、上式に代入すると、

5プライの場合、

$$E_{p0} = 7.08 \times 10^3 \text{ (N/mm}^2\text{)}, \quad E_{p90} = 2.92 \times 10^3 \text{ (N/mm}^2\text{)},$$

4プライの場合、

$$E_{p0} = 8.75 \times 10^3 \text{ (N/mm}^2\text{)}, \quad E_{p90} = 1.25 \times 10^3 \text{ (N/mm}^2\text{)},$$

となります。

したがって、質問に対する答えとしては、「合板の曲げヤング係数は単板構成によって異なり、単板の材質がすべて同じであると仮定した場合には、0度方向では4プライの方が高く、90度方向では5プライの方が高い」ということになります。

積層数がさらに増えた場合も、(1)式の応用で計算が可能で、通常は、単板の積層数を増していくと、曲げヤング係数は0度方向が低く、90度方向が高くなっていき、両方向の差が小さくなります。なお、図1で単板構成が図心を通る軸に対して非対称な場合には、 I_i の計算が異なり、多少複雑になってくるので注意が必要です。(生産技術グループ 古田直之)

行政の窓

平成24林野庁予算概算決定について

平成 24 年度林野庁予算について、平成 23 年 12 月 24 日付けで概算決定が発表されました。概算決定額は、260,808 百万円（対前年度比 95.9%）となり、前年度とほぼ同程度の予算額となりました。

木材利用の関係については、我が国の森林・林業を早急に再生していくための指針として平成 21 年 12 月 25 日に公表された「森林・林業再生プラン」において、目指す姿として掲げられた「平成32年の木材自給率50%以上」を実現するために、「国産材の利用拡大」を主要な課題として、「公共建築物等木材利用促進法」の着実な推進による地域材の一層の利用拡大や木質バイオマス等地域材の新たな用途への利用拡大の推進に取り組むこととされています。

また、東日本大震災復興・復旧対策についても主要課題に掲げられています。
主な内容は次のとおりです。

《主要事項の概要》【川下関連】

事業等名 ※括弧書きは 国全体の概算決定額	対策のポイント	政策目標	主な内容
地域材供給倍増対策 (1,098 百万円)	「木材自給率 50%以上」を目指し、木材産業の活性化、公共建築物等への地域材の利用促進や木質バイオマスの利用拡大の取組を支援します。	○木材産業等の活性化を図る地域における木材利用量：平成 23 年度から平成 27 年度までの 5 年間で 9.5 万 m ³ 増加 ○公共建築物の木造率（床面積）を平成 27 年度までに現在の 8%から 24%に向上	1. 水平連携等を通じた木材産業の活性化 2. 公共建築物等への地域材の利用促進 ・設計段階からの技術支援 ・資金の借入に対する利子助成 ・地域材を利用したモデル製品の開発等 3. 木質バイオマスの利用拡大 ・資金の借入に対する利子助成等
森林・林業・木材産業づくり交付金 (623 百万円)	地域の自主性・裁量を尊重しつつ、森林の整備・保全の推進、林業・木材産業の健全な発展と木材利用の推進を図るため、必要な経費について都道府県等に対し一体的な支援を行います。	○地域材利用量の増加（年間 3 万 m ³ 以上） ○公共建築物の木造率（床面積）を平成 27 年度までに現在の 8%から 24%に向上	〔川下関連メニュー〕 ○林業構造確立施設の整備 ・効率化施設整備等 ○木材利用及び木材産業体制の整備推進 ・木造公共建築物等の整備 (公共建築物等木材利用促進法に規定する市町村方針に基づくもの)
林業金融対策 (1,564 百万円)	森林・林業基本計画に掲げられた目標を実現するため、林業者等の森林整備や設備投資等に対する金融支援を図り、地域材の利用を促進します。	意欲ある林業者等の経営規模の拡大・維持及び地域材の加工・流通体制の改善に必要な資金調達の円滑化	1. 利子助成による地域材利用の促進 2. 無利子資金による森林整備の推進 3. 無利子資金による林業・木材産業の経営の改善 4. 信用保証の基盤強化と林業・木材産業の合理化の推進

※ 森林・林業・木材産業づくり交付金のうち以下のメニューについては、地域自主戦略交付金として内閣府で予算計上。

○ 木材産業構造改革整備 ○ 木質バイオマス利用促進整備 ○ 木造公共建築物等の整備（市町村方針に基づく整備以外） ○ 特用林産の振興

※詳細については、次の林野庁 HP をご参照ください。

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/yosankesan/24gaisank.html>

(水産林務部 林務局林業木材課 林業木材グループ)



■ 木製サッシフォーラムを開催します

2月10日(金) 13:00～16:30, 旭川市大雪クリスタルホール(神楽3条7丁目)において、「2012 木製サッシフォーラム」を開催します(北方建築総合研究所, 北海道木製窓協会, 林産試験場の共催)。

17回目となるフォーラム, 今回は、「まど・空間・そとをつなぐ」と題して, 戸外と室内空間をつなぐ窓の役割や機能について, 講演と意見交換会を行います。

○講演 (13:05～15:15)

- ・窓につながるエクステリアウッド
(東京大学大学院農学生命科学研究科 信田 聡氏)
- ・窓を住まいから考える
(五十嵐淳建築設計 五十嵐 淳氏)
- ・窓を役割・機能から考えるーSmart WINDOWの開発を通じてー
(北方建築総合研究所 鈴木大隆)

○意見交換会 (15:30～16:30)

多くのご参加をお待ちしています。詳細は, 林産試験場のホームページをご覧ください。お問い合わせ, 参加のお申し込みは, 企業支援部技術支援グループ(内線 422・421)まで。

<http://www.fpri.hro.or.jp/event/2012>

サッシフォーラム案内チラシ.pdf

■ 新ビジネス創出セミナーに参加します

2月16日(木) 14:00～16:45, ロワジールホテル旭川(旭川市7条通6丁目)において, 「旭川発! 新ビジネス創出セミナー」が開催されます(旭川市の主催, 一般財団法人 旭川産業創造プラザが運営)。

セミナーは, 地域振興の基盤となる新ビジネスの創出を目指すもので, 地域の大学・研究機関の研究シーズの紹介や, そこから着想したビジネスプランが提案されます。

林産試験場は, 利用部の石河研究主幹が「道産材利用による経済効果」と題した発表を行うとともに, 高温乾燥処理したカラマツ平角材や, 道産針葉樹による圧密化木材など, 最新の研究成果品を出展する予定です。

■ 木材利用推進セミナーで発表しました

「森林整備加速化・林業再生事業(林野庁)」による地域材利用拡大のための取組の一環として, 「土木工事における木材利用推進セミナー」が十勝総合振興局(1月17日)および渡島総合振興局(1月25日)において, 土木工事関係者等の参加のもと開催されました(北海道と「北海道緑の産業再生協議会」の共催)。

林産試験場は, 道産材の利用拡大を目標に行った研究の中から, 次の2題について事例発表しました。

- ・北海道型木製防護柵(Vista Guard)の紹介と活用効果
(企業支援部 今井 良)
- ・道産木製品の利用による経済波及効果
(利用部 古俣寛隆)

林産試だより

2012年2月号

編集人 林産試験場
HP・Web版林産試だより編集委員会
発行人 林産試験場
URL: <http://www.fpri.hro.or.jp/>

平成24年2月1日 発行
連絡先 企業支援部普及調整グループ
071-0198 旭川市西神楽1線10号
電話0166-75-4233 (代)
FAX 0166-75-3621