

林産試 だより

ISSN 1349-3132



下川町森林組合視察（林産試ニュースより）

道南スギの実力は？	1
CNC木工旋盤による非円形複数ポケットの自動加工技術の紹介	3
Q&A 先月の技術相談から[野球のバットについて]	6
行政の窓 [木造公共施設の整備と道産CLTの利用拡大について]	8
林産試ニュース	9

11
2018

林産試験場

道南スギの実力は？

性能部 構造・環境グループ 藤原拓哉

1. はじめに

スギは全国レベルで見れば最もポピュラーな針葉樹です。しかし、北海道でスギ林が多くみられるのは渡島、檜山といった道南地方のみで、他の地域ではスギ林があったとしてもごくわずかしきありません。スギが自生する北限は青森県で、北海道にスギは自生しておらず、道内のスギ林は植林されたものです。スギを育ててきた側からすれば厳しい環境にも耐え、立派に成長したのだから材質的にも優れているに違いないという思いもあるでしょうが、道南といえどもスギの生育にはギリギリの環境であり、材質に問題があるのではないかという意地の悪い見方をされるかもしれません。また、道南スギの道内需要先の多くは地元道南圏であり、木材消費が多い道央圏では認知不足もあって、ほとんど取り扱いがありません。そこで、道南スギの需要拡大のためには、材質を具体的なデータによって示す必要があると考えられました。

ところで、現在の道南スギの樹齢は41～55年が多く、今後は直径が30cmを超える太い丸太が安定的に供給可能となることから、スギ材の用途として、住宅の梁に使われる大きな長方形断面の角材（以後、平角材）が想定されました。また、道外でもスギ大径材の用途として平角材を想定し、自県産スギ平角材の大規模な強度試験を行ってその性能を明らかにしています。これら道外産スギとの比較を可能とするため、道南スギについて平角材で強度試験を行いました。

2. 試験材

試験木は渡島総合振興局管内で伐採された材長4m、末口径29.2～36.9cm（平均31.9cm）のスギ丸太180本です。これらの丸太から平角材を製材し、うち150本について人工乾燥を行ってから曲げ強度試験を行いました。残りの30本については未乾燥の状態で曲げ強度試験を行いました。曲げ試験は平角材の断面を105×240mmに仕上げしてから行いました。

道南スギ全体の材質を把握するためには、資源の蓄積状況等を考慮して、林分の選択、伐採本数の割り当てを行うことが望ましいのですが、今回はそのようにはなっていません。したがって以下の結果は

道南スギ全体を反映したものではなく、事例のひとつでしかありません。

3. 強度試験—道外産スギとの比較—

今回の強度試験の目的は、スギ平角材を住宅の梁として使うときの性能をみるものです。梁の性能として、想定される大きな力がかかった場合でも壊れないこと、壊れないとしても建物を使う上で障害となる大きな変形が生じないことが求められます。そこで、**図1**に示すように平角材を端部で支え、その中間に油圧で下向きに力かける曲げ試験を行います。壊れたときの力の大きさから曲げ強さを計算します。曲げ試験では力と同時に変形の大きさも測定していて、変形の大きさと力の関係を表すヤング係数という値を計算します。ヤング係数が大きいと変形は小さくなります。

今回の結果と道外（東北～九州）のスギ平角材の曲げ強度データ1)とを比較をしてみました。曲げ強さの分布を**図2**に示します。両者ともに40～45N/mm²の範囲が最も多く現れ、強度が中程度では道南の方



図1 曲げ試験

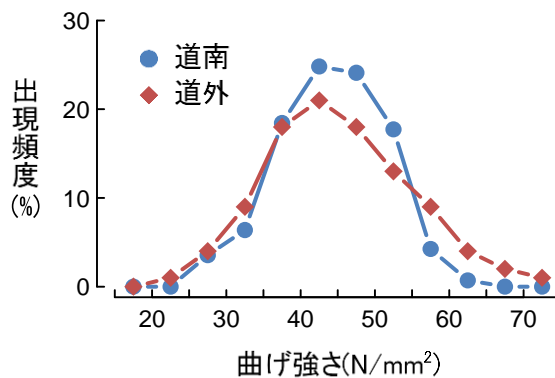


図2 曲げ強さの分布

表1 道外産スギと比較した道南スギの強度

産地	曲げ強さ (N/mm ²)		ヤング係数 (kN/mm ²)
	平均値	5%点	平均値
道外	45.1	30.4	7.35
道南	44.1	32.4	7.24

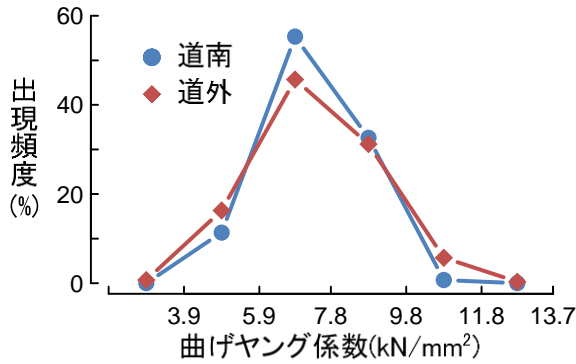


図3 曲げヤング係数の分布

が多く、強度が高くなると道外の方が多く現れました。道外の平均値は45.1N/mm²で、道南の44.1N/mm²よりも若干大きな値でしたが、その差は誤差の範囲といえるレベルです(表1)。なお、強度性能において重視されるのは平均値ではなく、下限性能の値です。通常は5%点(100個のデータに対しての弱い方から5番目の値)を使います。曲げ強さの5%点は道外が30.4N/mm²であるのに対し、道南スギは32.4N/mm²と逆転しましたが、僅差でしかありません。

ヤング係数の分布を図3に示します。道南も道外も5.9~7.8kN/mm²が最も多く現れましたが、この範囲への集中度は道外よりも道南の方が高く、ヤング係数のバラツキは小さいといえます。平均値の比較では道南は7.24kN/mm²であって、道外の7.35kN/mm²よりもやや小さな値となりましたが、こちらの差も曲げ強さと同様に誤差の範囲です。

4. スギ材の強度的特徴—他樹種との比較—

スギ、カラマツ、トドマツの基準曲げ強度と基準ヤング係数の値を表2に示します。これらの値は建物などの設計の際に使うもので、国土交通省や日本建築学会が出したものです。基準曲げ強度はスギも他の樹種も大差ありませんが、基準ヤング係数については明らかにスギが低くなっていて、想定した荷重に対する変形が他の樹種よりも大きくなる傾向があることを示しています。先ほど述べたとおり、梁

表2 樹種別基準曲げ強度と基準弾性係数
(平成12年建設省告示第1452号、および
日本建築学会「木質構造設計基準」より抜粋)

樹種	曲げ強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
スギ	25.8	7.0
カラマツ	25.8	9.5
トドマツ	28.2	10.0

注) 基準曲げ強度は日本農林規格の目視等級区分構造用製材甲種2級に対する値

材は壊れないように、大きな変形が生じないように設計します。当场で作成した「木造建築のためのスパン表」²⁾25ページの2階床ばりを例にとると、変形を重視しない、スギ製材甲種2級、はり間隔1.82mの条件では、壊れないために必要な断面の大きさを計算すると105×210mmとなり、変形を制限値以下に収めるために必要な断面の大きさを計算すると105×240mmとなります。よって大きな方の105×240mmの断面が必要です。スパン表では樹種をカラマツやトドマツとした場合の必要断面は105×210mmとなっていますから、ヤング係数が低いスギではひとまわり大きな断面が要求されています。しかし、スギの曲げ強度は他の樹種とあまり変わらないので、想定した荷重に対する余裕はカラマツが約1.1倍であるのに対し、断面が大きいスギでは約1.4倍と大きくなります。

5. おわりに

今回調べた道南スギの強度は道外産スギと大差がないことが分かりました。このため、構造用材としての差別化を図るためには、一般的な目視等級区分ではなく、ヤング係数に基づいた機械等級区分の導入が効果的であると考えられます。

6. 参考・引用文献

- 1) 木構造振興株式会社編：木材の強度等データおよび解説、木構造振興株式会社(2011)
- 2) 木造建築のためのスパン表、北海道立林産試験場(2006)

CNC木工旋盤による非円形複数ポケットの自動加工技術の紹介

技術部 製品開発グループ 橋本 裕之

1. はじめに

林産試験場では、チップソーによって三次元形状を削り出したり¹⁾、ビットによって非円形の食器を削り出す²⁾CNC*木工旋盤を開発してきました。

その後、ユーザーからの要望により幕の内弁当の箱やランチプレートにあるような複数の非円形のポケットを、自動で加工するための技術を開発したので紹介します。

* CNC: Computer Numerical Controlの略でコンピュータによる数値制御の意味です。

2. ポケット形状

図1に3つのポケットを有するブロックの3Dモデルを示します。ポケットはいずれも輪郭が非円形です。ポケット1は側面が傾斜しており底面が平面です。ポケット2は、側面が垂直で底面が平面です。ポケット3は側面が無く球面の凹面としました。これらは実際のランチプレート等の容器を想定した形状です。

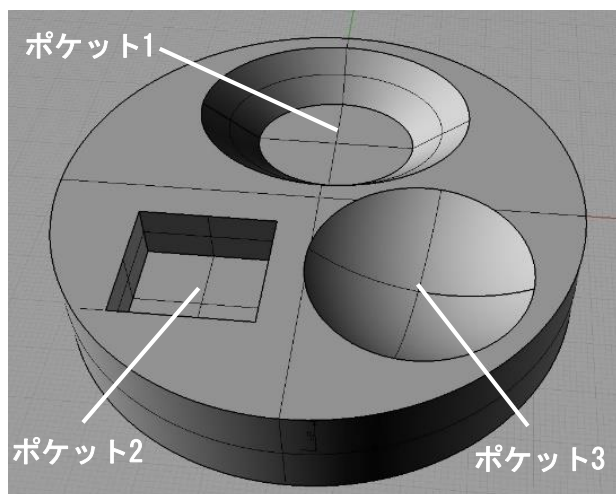


図1 複数ポケットの3Dモデル

3. 加工時の運動

図2にCNC木工旋盤によるポケットの加工の概念図を示します。木の板を回転面に固定し、そこへビットが接触し切削加工が行われます。ここで用いるビットとは、写真1に示すように、回転すると先端が球面の輪郭になるU溝加工に用いられるペンシル型の切削工具を指し、直径Dと刃長Lでサイズを表します。

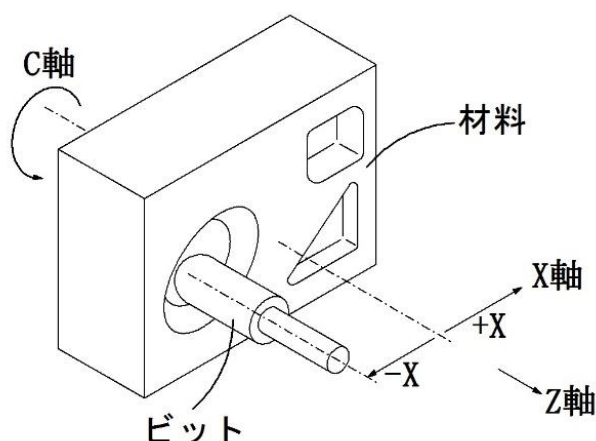


図2 CNC木工旋盤の運動の概念図 (C-X-Z座標系)

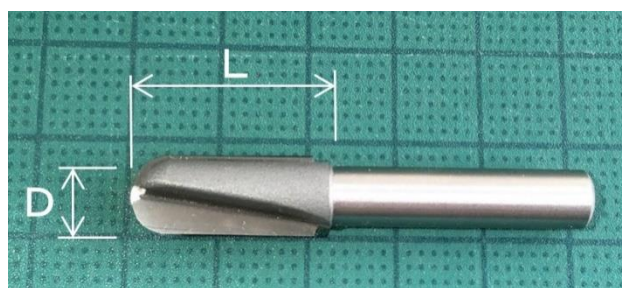


写真1 ビット

材料はC軸周りに回転し、ビットはX軸方向（回転中心からの水平距離）とZ軸方向（材料の厚み方向）に移動します。CNC木工旋盤は回転運動を含むC-X-Zで現される円筒座標系で構成されており、それら3つの運動の合成で加工が行われます。特に、X方向に関して回転中心を境にプラス方向とマイナス方向に運動出来ますが、材料はC軸回りに回転できるためマイナス方向のみの運動に制約したとしても加工は可能であることからプラス方向の移動が不要になります。このことは装置の奥行きを薄くし、小型化が可能となるため、ビットのX方向の運動はマイナス方向のみとしました。

4. 専用CAMソフトの開発における工具経路とは

CAMとはComputer Aided Manufacturingの略で、コンピューターの助けを借りて製造するという意味です。ここでは、CNC木工旋盤が複数ポケットを自動加工するために予め工具経路（加工工具の動き）を計算するソフトウェアのことを指し、専用CAMソフトと呼ぶことにします。図3にポケットの加工における工具経路のイメージを示します。工具経路は、工具先端の球がポケットの表面を接触しながらせん状に移動するときの位置として一定間隔の点で表され、加工時にはこれらの点間を切削しながら連続的に移動します。

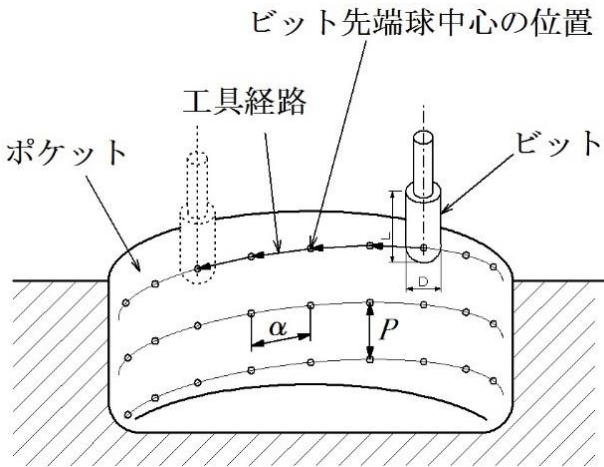


図3 工具経路のイメージ

5. 問題とその解決策

複数ポケットの専用CAMソフトの開発にあたり二つの問題がありました。一つは、座標系の問題です。CAMソフトは通常、直交座標系X-Y-Z上で工具経路を求める数式を導きますが、CNC木工旋盤では回転運動を伴うC-X-Z座標系なので直交座標系の数式が適用できないという問題です。もう一つは、ポケットの中心とCNC木工旋盤の回転中心との不一致（偏心）により工具経路を求める数式が複雑になるという問題です。

図4に解決策を例示します。それぞれのポケットについて、形状の中心が回転中心にあるものと仮定した場合の工具経路を直交座標系で求めておきます（図4のA点）。それを基に実際の中心位置での工具経路を平行移動（図4のB点）させる座標変換によって求め、円筒座標系へ座標変換（図4、Z軸からの距

離R、-X軸とのなす角度C）しました。

以上の計算式をプログラミング言語Visual Basic 2008³⁾を用いて開発しました。

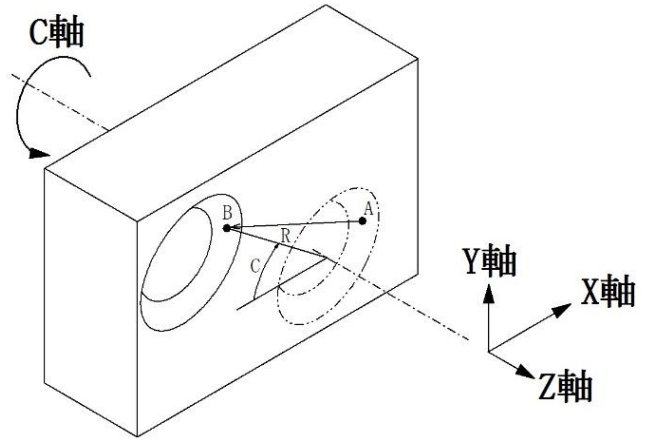


図4 解決策のイメージ

6. 専用CAMソフトの計算内容

図5は図1の3Dモデルに対し専用CAMソフトによる工具経路を三次元空間上に青のラインで描いて可視化し、斜め上から見た図です。各ポケットの内部に見える多重の円筒状の工具経路は荒加工の部分です。

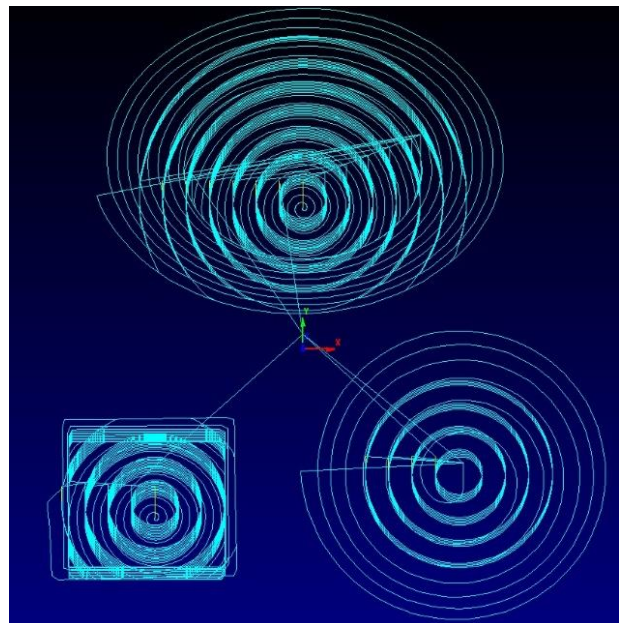


図5 工具経路の可視化

図6にポケット1のみの工具経路を拡大して示します。加工が開始されると、まずポケットの内部を削り取るためにポケット中心を加工の中心として同心円状に穴を掘ります(図6のA)。その際、ビットの半径ずつ穴径を大きくしていきます。円筒状の工具経路とポケットの輪郭が干渉(図6のB)するときは輪郭上を移動するように判断させます。荒加工の後、輪郭の仕上げ加工のため側面を細かいピッチで移動します(図6のC)。最後に底面が平面の場合、底面内の領域全体をらせん状に移動(図6のD)して終了です。この工具経路の計算を各ポケット毎に行います。計算時間は図3において、らせん回転1回転当たりの送りピッチ $P=1\text{mm}$ 、点間距離 $\alpha=1\text{mm}$ のとき25秒でした。



写真2 加工中の様子

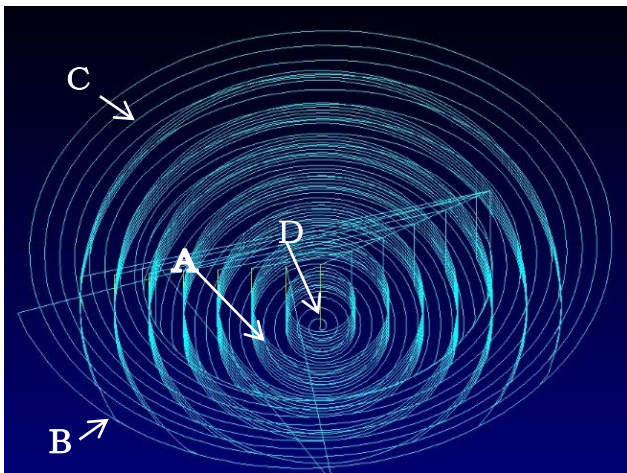


図6 ポケット1の工具経路

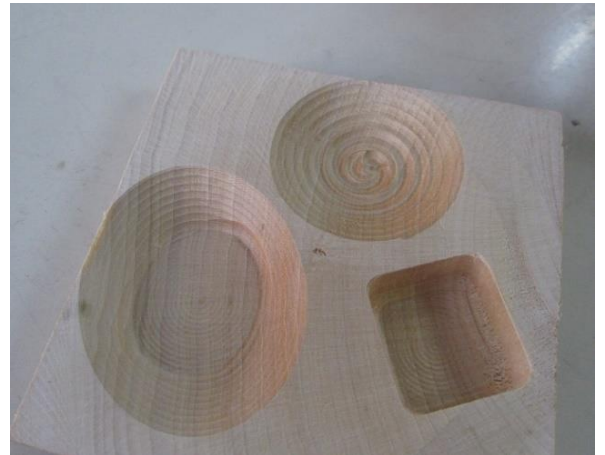


写真3 加工品

7. 加工結果

写真2に加工中の様子を、写真3に加工品を示します。直径6mmのビットを用い、105mm角のカラマツの木口面にポケットを加工しました。加工時間は8分22秒でした。

8. おわりに

CNC木工旋盤は、木材を回転させながら非円形断面の三次元加工が可能になったこと以外に、従来の直交座標系を持つNCルーターと同様の三次元加工が可能になりました。

即ち、CNC木工旋盤一台でNCルーターの役割も担える可能性が見えてきたと思います。

今後は高速化、高精度化を目指した技術開発に取り組む予定です。

9. 文献

- (1) 橋本裕之:「CNC木工旋盤の開発と普及」林産試だより2015年6月号, P3
- (2) 橋本裕之:「非円形食器の加工技術の開発」林産試だより2016年2月号, P6
- (3) 上岡勇人: VisualBasic2008アプリケーション開発入門, 日経BPソフトプレス(2008)

Q&A 先月の技術相談から

野球のバットについて

Q：野球の木製バットにはどのような規格がありますか？また、どのような樹種が使われ、樹種によってバットとしての特徴に違いがありますか？

A：バットは公認野球規則で定められています。樹種は国産材ではアオダモ、外国産材ではホワイトアッシュ、メイプル、イエローバーチなどが使われています。各樹種の木製バットには、しなりなどの特徴があります。

■ 公認野球規則のバットの規格

野球規則3.02では「(a) バットはなめらかな円い棒であり、太さはその最も太い部分の直径が2.61インチ(6.6cm)以下、長さは42インチ(106.7cm)以下であることが必要である。バットは1本の木材で作られるべきである。」とされています。注2で「アマチュア野球では、各連盟が公認すれば、金属製バット、木片の接合バットおよび竹の接合バットの使用を認める。」とあります。(公財)日本高等学校野球連盟では、金属バットを認め、公式戦で使用されています。(公財)日本野球連盟(旧日本社会人野球協会)では、集成材やタケのバットが認められています。硬式野球のバットは、長さが83~85cm、重さが820~910gが使われているようです。

■ 木製バットの樹種

日本の硬式野球のバットは、アオダモが使われ、特に北海道太平洋側のアオダモが良質とされていました。最近では、資源の減少により、中国からの輸入材が多く使われるようになりました。メジャーリーグでは、北米産のホワイトアッシュが多用されていましたが、アオナガタマムシの被害により大量に枯死し、2017年IUCN(国際自然保護連合)レッドリストに登録され、今後ホワイトアッシュが使うことができなくなるかもしれません。現在、最も使われているのがシュガーメイプルです。2001年、強打者のバリー・ボンズが、メイプルバットでホームランを量産したことから、メイプルバットを使用する打者が増え、日本のプロ野球でも多く使われています。その他にイエローバーチが使われています。

■ 木製バットの特徴

各樹種の特徴として、アオダモはしなりのある材で、メイプルはしなりが少ないが強い材で、ホワイトアッシュは、両者の中間の材質とされています。

図1に示す武藤¹⁾らの曲げ性能試験の結果で、曲げヤング率の低いアオダモはしなりやすく、曲げ強さが高いシュガーメイプルが強いことが裏付けされています。ダケカンバについては、資源量が多く、曲げ性能がシュガーメイプルに近いことから、国産のバット材として期待されています。

アオダモ、ホワイトアッシュが、シュガーメイプル、ダケカンバと異なる点は、材の組織構造です。アオダモとホワイトアッシュは、大きな直径の道管が年輪に沿って層状に配列する環孔材で、シュガーメイプルやイエローバーチは、小さな直径の道管が

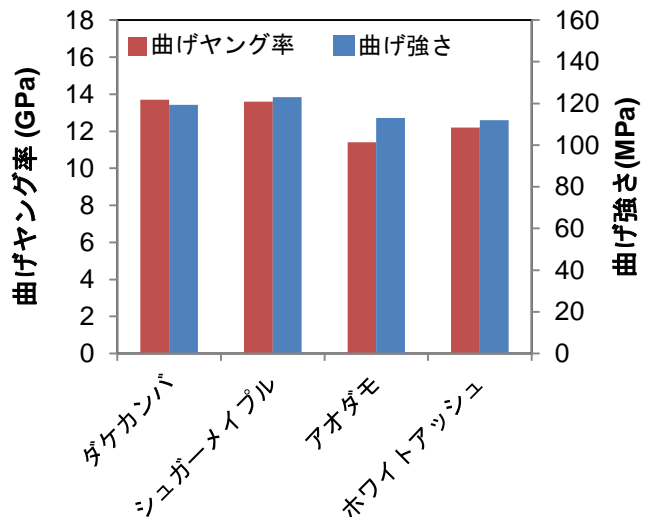


図1 代表的なバット材とダケカンバ材の曲げ性能¹⁾

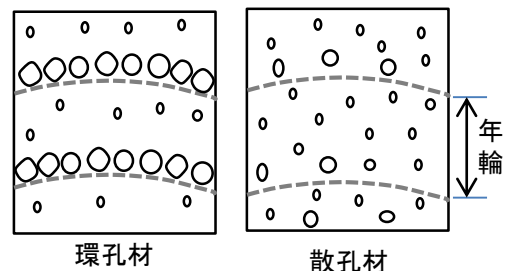


図2 環孔材と散孔材の道管の配列の違い

年輪内で一様に分布している散孔材です(図2)。そのため、環孔材のバットは柾目面でボールを打たないと折れやすくなります。散孔材はメジャーリーグでは、板目面で打つ方が打球が飛ぶとされ、日本ではどの面で打っても良いとされています。

メジャーリーグでメイプルバットが主流になると、板目面で打つことから、2個以上にバットが分離して飛散するMPF (multi-piece of failures) (図3)²⁾により、選手、観客や関係者が破片でケガをする事故が生じ、破損の原因が調査されました。その結果、木理の傾斜 (Slope of Grain, SOG) と過度の曲げによる破断によるものとされ、メイプルバットではSOGが3°ぐらいから急激に破損する本数が増えることがわかりました³⁾。そのため、メジャーリーグでは、2009年から公式戦で使用するシュガーメイプルやイエローバーチなどの散孔材では、打撃面(板目)にインクを滲ませるインクドットテスト(図4)を行い、SOG

が3°以内であることを義務化しています。日本のプロ野球においても、MPFの問題により2017年シーズン終了から、散孔材バットでは、木目がわかりづらい黒の着色バットの使用を禁止しました。

木製バットに使われる材は、打球がよく飛ぶなどのバット本来の性能のほかに、安全性が求められるようになってきました。

■ 参考文献

- 1) 武藤吾一：北海道大学大学院修士論文 2006年
- 2) Roland Hernandez： <http://www.woodbat.org/> 最終検索 2018.9.28
- 3) David E. Kretschmann：Proceedings of WCTE 2010
- 4) 村田功二：京都大学大学院 資料提供2018年 (性能部 構造・環境グループ 秋津裕志)

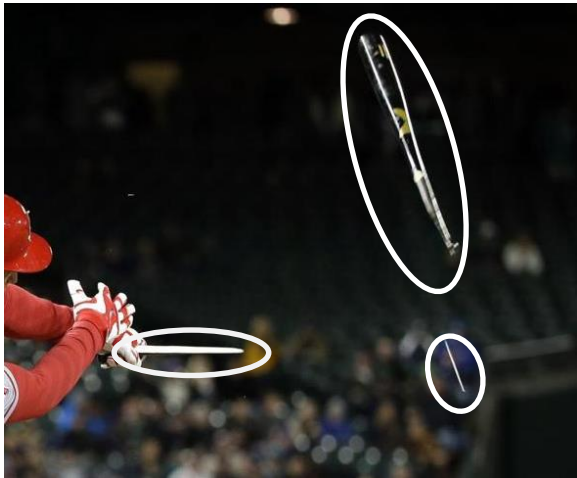


図3 分離破壊 (multi-piece of failures) の例²⁾



図4 インクドットテスト⁴⁾

行政の窓

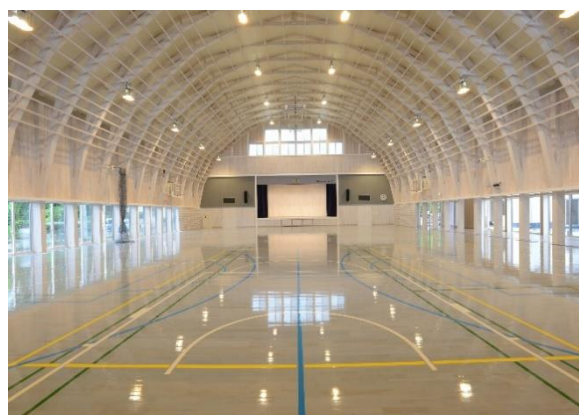
木造公共施設の整備と道産CLTの利用拡大について

道では、利用期を迎えた人工林材を利用して森林資源の循環利用を進めていくため、「北海道地域材利用推進方針」を平成30年3月に改正し、公共施設の木造化・木質化を促進しています。

道内179市町村においても、市町村地域材利用推進方針に基づいて公共施設の木造化・木質化を進めており、松前町の町立中学校では、ふんだんに町産スギを利用した「地材地消」の学校として地域社会への貢献や意匠性が評価され、平成29年度北海道赤レンガ建築賞（主催：（一社）北海道建築士会や道など）を受賞しました。

また、これまで木材が使われてこなかった中高層の建物における木材利用を可能にするなど、木材の需要を一層拡大することが期待されるCLT（直交集成板）について、道では、平成29年3月に策定した「道産CLT利用拡大に向けた推進方針」に基づき、利用拡大に向けた取組を進めています。

平成29年度には、北斗市に道産スギのCLTを利用した道営住宅集会所が整備されたほか、知内町では、JAS認定を受けた道内唯一のCLT製造工場である北見市の協同組合オホーツクウッドピアで製造された道産カラマツのCLTを利用した三階建ての地域産業担い手センターが整備されるなど、道産CLTのさらなる利用が期待されます。



松前中学校



北斗市道営住宅集会所



しりうち地域産業担い手センター

【平成30年度の道の取組】

道では、CLT等の道産木材の利用拡大に向けて、国の交付金等を活用しながら、木造公共施設の整備を支援していきます。

ホテル等で懸念される床衝撃音遮断性能に関する調査研究、CLT建築を設計・施工できる技術者を育成する研修会の開催、イベントやセミナーを通じた幅広い周知など、需要の創出に向けた取組や、CLT製造工場の設備投資額や製造コスト等を規模別に試算するなど、供給体制の整備に向けた取組を進めます。

(北海道水産林務部林務局林業木材課利用推進グループ)

林産試ニュース

■木材乾燥講習会が開かれました

10月4日（木）、5日（金）の2日間、（公社）日本木材加工技術協会が主催する木材乾燥講習会が林産試験場講堂で行われ、研究員が講師を務めました。

■JICA研修生が訪れました

10月9日（火）、JICAが主催する課題別研修「地域住民の参加による持続的な森林管理」コースで来日した13か国13名の研修生が来場しました。



【きのこ栽培実習の様子】

■広島県議会の視察を受けました

10月10日（水）、広島県議会農林水産委員会10名が視察・調査のため来訪しました。八坂場長をはじめ各研究部長を交えた意見交換が行われました。



【林産試験場講堂で行われた意見交換の様子】

■下川町森林組合が訪れました

10月11日（木）、下川町森林組合から代表理事ほか7名が林産試験場の取り組みを視察に来られました。

■全日本木工機械商業組合が訪れました

10月17日（水）、木工機械業界の全国組織である標記組合から理事長ほか16名が人材育成研修会として見学に来られました。



【加工試験棟見学の様子】

■旭川農業高校の生徒が訪れました

10月18日（木）、旭川農業高校森林科学科の1年生40名が、北海道が行っている高校生対象の林業学習会の一環として来場しました。



【粉碎成形試験棟見学の様子】

■日本木材学会北海道支部研究発表会が開かれました

10月24日（水）、林産試験場講堂にて標記発表会が開催されました。口頭6件、展示7件の発表があり、大学、公設試、企業等から70名が参加しました。



【口頭発表の様子】

林産試だより

2018年11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.hro.or.jp/list/forest/research/fpri/>

平成30年11月1日 発行
連絡先 企業支援部普及連携グループ
071-0198 北海道旭川市西神楽1線10号
電話 0166-75-4233（代）
FAX 0166-75-3621