

林産試験場の  
平成 13 年度試験研究成果の概要

2001 Annual Research Results  
of the Hokkaido Forest Products Research Institute

# 木材利用の多様化を促進するための技術開発

## Technological Development for Diverse Utilization of Wood Products

### 1. 需要分野拡大のための木材利用技術の開発

#### Development of Utilization Technology for Enlargement of Wood Products Market

#### 1.1 カラマツ材を用いた人道橋の実用化研究 (共同研究)

##### Practical Studies of Pedestrian Bridge Using Karamatsu Timber

本研究はカラマツ木橋を普及させるために、耐朽性、強度性能およびコストパフォーマンスなどに優れたカラマツ構造用集成材について検討を加え、これらの成果を具体的に生かした人道橋の設計を行うことを目的としている。平成13年度の研究成果は次のとおりである。

(1)アルキルアンモニウム化合物系薬剤(AAC)にポリアルキレングリコールを添加し、浸透性を高めた薬剤を用いて防腐処理集成材の製造試験を行った。この結果、集成材の状態インサイジング加工を行い、その後加圧注入処理を施した場合の浸潤度は構造用製材等のJASに定められている性能区分K3の適合基準値に合致した。しかし、ラミナの状態集成材の場合と同様な防腐処理を行い、それらを積層接着した集成材の浸潤度はK3の適合基準値に合致しなかった。これは、ラミナの積層接着にあたっては事前に再乾燥工程と被着材面の切削工程が不可欠なことから、薬剤の浸潤した部分がかかり除去されたためと考えられる。防腐処理集成材の接着性能として、JASに定められている浸せきはく離試験と煮沸はく離試験を行った結果、集成材よりもラミナの状態で行った場合の方がはく離率は高かった。

(2)集成材と鋼材などの異種材料を組み合わせた強化桁として、両端ピン支持による吊り床形式のサスペンション構造のものと、単純支持による張弦梁構造のものを製作し、それらの曲げ剛性試験を行った。

前者はサグ比を有する縦使いの鋼板を中央に配置し、その両側から集成材をボルト止めで挟み込んだものとした。鋼材のサグ比を3%から6%にすると、水平反力はほぼ半減し、鉛直変位に伴う荷重の割合は集成材単体の同値に対して1.0~2.1倍の値を示した。一方、後者は上弦材に集成材、下弦材に丸鋼をそれぞれ用いたものとした。張弦梁の曲げ剛性は集成材単体の同値に対して1.1~2.1倍の値を示した。

(3)森林公園に架設が予定されている人道橋(橋長30m、幅員1.8m)と、高低差2.7mの傾斜地における連絡歩道橋(全長13.6m、幅員3.9m)の基本設計を行った。設計にあたっては耐久設計の考え方を取り入れるとともに、防腐処理集成材やサスペンション構造の強化桁を用いたものとした。

(平成13~14年度)

(工藤主任研究員, デザイン科,  
構造性能科, 耐朽性能科,  
接着塗装科, 機械科, 北海道集成材工業会)

#### 1.2 間伐材等を利用した土木構造物の仕様基準の開発

##### Development of Remaining Strength Estimation for Erosion Control Structures Made with Thinning Wood

緊急間伐総合対策が平成12年度に策定され、健全で多面的な機能を発揮する森林の育成のために「緊急間伐5ヶ年対策」が実施されることになった。このような背景を受け、間伐材の有効利用は急務となっている。一方、自然環境に負荷の少ない材料として木材が注目されてきており、治山施設などにおける

土木資材としての用途に期待が寄せられている。しかし、耐久性に関する資料が少ない。間伐材の供給・利用やそれら木製構造物の補修・更新を計画する上でも、土木構造物用途での木材の耐久性・耐用年数を予測し、汎用性を与えるとともに用途の拡大につながる必要がある。

本研究の目的は、カラマツなどの間伐材を用いた土木構造物において、部材の経年的な劣化状況の把握、および強度的な耐用年数を予測することにより、木製土木構造物の耐久性に関する仕様基準を明確にすることにある。

13年度の研究成果は以下のとおりである。

(1)既存の野外耐久性等に関するデータの分析では、すでに報告されている野外における腐朽被害度の経年変化および被害度と強度に関する資料を集約し、経過年数と被害度の関係を把握するとともに経過年数と残存強度の関係を推定・整理した。

(2)既存の木製土木構造物の腐朽被害調査および用途別使用調査では、北海道治山課あるいは北海道森林管理局旭川分局が管理する木製土木構造物(柵工)から調査対象を選定・整理し、調査を実施(道内6か所、33体)した。目視およびピロディンにより腐朽被害を把握するとともに各柵工の初期保有強度を算出した。

(3)野外ステーク試験体の設置では、被害度および残存強度を経年的に測定するための試験体(杭および円柱加工材)を作製し、初期強度(圧縮・曲げ)を測定およびピロディンによる評価をした後、屋外暴露試験地に設置した。

(4)室内ステークによる促進劣化試験では、培養土壌および培養槽を作製し、強制腐朽操作を行った結果、一部に腐朽の進行が認められた。

(平成13～15年度)

(森泉主任研究員, 耐朽性能科, 構造性能科, 材質科, 竹花主任SP)

### 1.1.3 窓の操作性評価技術の開発(共同研究)

Development of Techniques for Evaluating the Window Operability

引き違いサッシを用いて操作に関する開閉動作実験を行った。その結果、自由な条件での開閉の選択

は多様であり、彫り込み取っ手があるにもかかわらず、それ以外の枠やガラスの押縁面を用いて開閉を行う人も多く、開閉の途中で変化する者も多かった。足の運びはあまりなく、手の届く範囲で立ち位置を変えずに上体で調整して操作する傾向がみられた。また、利き手に関係なく近い手でクレセントの操作をすることがわかった。

また、開閉動作試験装置を用いて、操作力(重量、摩擦抵抗、慣性抵抗)、操作感(軽さ重さ、速さ、止まり具合、総合)についての評価試験を行った。開閉方式は引き違いで、サッシ引き手の彫り込み深さを2.5, 5, 10, 20, 40 mmに調整できる木製窓枠フレームを使用した。

試験では、3台のビデオカメラを用いて被験者の足、腰、<sup>ひじ</sup>肘、手首の各位置の左右にそれぞれ1ポイントのマーカ―を取り付け、3次元での動作解析も行った。その結果、操作力が大きくなるにつれて操作感は悪くなり、JIS基準値の開閉力であっても操作部分の形状により開けられない場合があった。また、彫り込み深さが浅くなるほど開けづらくなり、操作力の変化に伴い、肘の角度や足の間隔、体の向きなどに変化が見られた。

(平成13～14年度)

(性能開発科, 道立北方建築総合研究所)

### 1.1.4 ユニバーサルデザインに配慮した手動型屋内遊具の開発(民間受託)

Development of Hand-Operated Indoor Playstructures Considering Universal Design

北海道のような積雪寒冷地では、冬期間、屋外での遊びが制限される状況にある。そのため屋内の遊戯施設が近年注目を集めている。しかし、こうした施設に設置されている遊具の多くは、障害を持った児童の使用を考慮しておらず、健常の児童と障害を持った児童が一緒に遊べる遊具の開発は大変遅れている。こうした背景から、平成12年度に行った「ユニバーサルデザインに配慮した屋内木製遊具の開発」に引き続き、「ユニバーサルデザインに配慮した手動型屋内遊具の開発」を行った。本研究では、カムイの杜公園(旭川市)内の学習体験館「森のふしぎ館」に設置することを前提に、木球を使った遊具を開発



第1図 磁石入り木材を使った遊具  
Fig.1. Playstructures with wood ball which has magnets in it.

した(第1図)。

この遊具は、レバー操作によって上方へと運ばれた木球が落ちてくる様子を見て楽しむものである。使う木球は、木製の玉(木球)を数千個集めた木の砂場等で広く使用されているものと同じ大きさとし、直径約30mm、中には直径15mm、厚さ5mmの磁石2枚を入れた。

レバーを押し下げると板の裏側でエンドレスベルトが回る。このベルトには磁石が等間隔で取り付けられてあり、磁石に引きつけられた木球が板の表側で上っていくという仕組みになっている。裏側の様子は見えないようになっており、何も無い板の上を木球が滑って上っていくように見える。

上まで上がった木球は、らせん状の針金にぶら下がって滑り降りたり、釣り糸を張ったコースでバウンドしたり、太陽や虹を出させたりと、いくつかの仕掛けを通りながら下まで下りてくる。

レバーは負荷が小さくなるようにしてあるので、あまり力のない児童でも動かすことができる。また、バネを取り付けてあり、押し下げられたレバーは元の位置まで自動的に跳ね上がるので、レバーを握ることができない児童でも押し下げる動作さえできればこの遊具で遊ぶことができる。

前板は、床から最大36cmの高さまで切り欠いてある。車いすの児童が使用するときにはフットプレート

に載せた足をこの部分に入れることで、より遊具に近づけるようにするためである。

開発した遊具は「森のふしぎ館」に設置され、現在多くの児童に使用されている。

(平成13年度)

(加工科、

(株)東京ランドスケープ研究所札幌事務所)

#### .1.5 樹皮及び木炭を用いた緑化資材の開発(共同研究)

Development of the Materials for Revegetation Made from Bark and Charcoal

(平成13~14年度)

(成形科、下川町森林組合)

#### .1.6 高齢者向け園芸療法用木製用具の開発(共同研究)

Development of the Wooden Tools of the Aged Utilized for Horticultural Therapy

高齢化社会の到来によって、高齢者・障害者に対する園芸療法の関心が高まってきている。これは、園芸活動により高齢者や障害者の体力の維持をはかり、精神的なストレスの解放を通じて健康を取り戻す効果が期待されているものである。

しかし、日本では取り組みが始まったばかりの分野であり、まだ十分には園芸療法用具などの開発が進んでいない。

林産試験場では、園芸療法を受ける高齢者向けに、体力の衰えや運動機能の障害をカバーしながら園芸を行うための用具としてレイズドベッド(持ち上げ式花壇)に注目し、屋内用および屋外用の木製移動式花壇の製品化を行った。

この研究では基本設計を林産試験場が行い、実証試験による評価は旭川医科大学、人間工学の見地による検討は道立工業試験場、昇降機構の開発と金属加工は(株)表鉄工所、またレイズドベッドの木材部分の製造技術については、屋内用は(株)インテリアセンター、屋外用は(株)クマガイ、塗装全般に関しては(株)前田理工がそれぞれ担当した。

園芸療法用花壇に求められる基本コンセプトは次のとおりである。



第2図 屋内用木製移動式花壇  
Fig. 2. Wooden portable flower bed for indoor.



第3図 屋外用木製移動式花壇  
Fig. 3. Wooden portable flower bed for outdoor.

(1)作業面の高さが可動式であること

作業面の高さが、車いす・いすなどを使用する座位から歩行器などを使用する立位まで幅広く対応できること。

(2)花壇が移動可能であること

容易に移動できる能力を与えることにより、運用の幅が広がる。

(3)肘置きテーブルを備えること

疲労を低減して利便性を高め、園芸作業を容易に行える。

冬期間に屋外で園芸ができない寒冷地やガーデニングスペースを確保できない都市部の施設向けに屋内用の小型木製移動式花壇を開発した(第2図)。設計の特徴は次のとおり。

(1)車いすと立位のどちらにも対応できるように、作業面の高さが65～80cmの間で可動し、5cm刻みに調整できる。

(2)ストッパー付きキャスターにより、簡単に移動、固定ができる。

(3)ワンタッチで折り畳み可能な肘置きテーブルを装備しているので、道具を置いたり腕を休めたりしながら快適に園芸作業を行える。

(4)複数の花壇を自在に組合せて、グループ運用ができる。

(5)テーブル部分には、リボス社(ドイツ)の自然健康塗料を使用し、色彩については黄、赤茶、緑の3色から選択できる。

(6)道産広葉樹材を使用し、室内の他のインテリアと

の間で違和感が生じないように、家具製品と同等の仕上げとした。

(7)4か所のボルトの着脱により、簡単に分解組み立てができ、収納や輸送が容易である。

(8)園芸療法を行っていないときには、専用天板(オプション)を装着し、机としても使用できる。

(9)花壇にマッチした園芸道具収納用のワゴン(オプション)を用意した。

園芸療法は、条件さえ整えば屋外で外気に触れながら行うことが望ましいとされている。そこで、屋外向けに屋台のような大型花壇を開発した(第3図)。設計の特徴は次のとおり。

(1)車輪止めの脱着により、作業面の高さを72cmと80cmの2段階に変更できる。

(2)身体を接近させやすいよう波形に加工した肘置きテーブルをステンレスシンクの長辺側に、折り畳み式の大型作業テーブルを短辺側に設けた。

(3)大型ステンレスシンクにプランターを落とし込むか、直接土を盛って使用することができる。

(4)車いすでは6名、立位では12名程度まで対面した状態で使用できる。

(5)上部に取り外し可能なパーゴラを備え、ツタ類を<sup>は</sup>這わせたり、天幕を装着して強い日差しや雨を避けることができる。

(6)四隅に立ち上がり補助用の縦型手すりを設けた。

(7)対面コミュニケーションを阻害しないように下部を大きく空けたラチスを設けた。

(8)主な部材はボルトにより接合されていて、分解取

納が可能である。

高齢者を対象に、水差しによる水やり、ハサミによる剪定、シャベルによる土おしの3種類の作業を車いす座位で行っていただき、それぞれの作業について肘置きテーブルの有無による筋電位の違いを測定した。

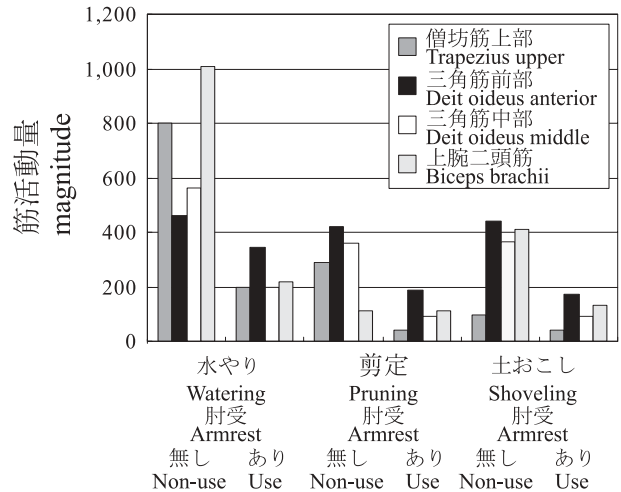
その結果、いずれの作業においても肘置きテーブルの使用により、筋活動に減少傾向が見られた。

肩や上腕を支える僧帽筋や三角筋の筋活動はすべての作業で減少し、特に肘関節を屈曲する上腕二頭筋は、水やり作業などの負荷が比較的大きい作業において、筋活動の減少傾向が顕著であった(第4図)。

これらのことから、肘置きテーブルを設けることにより、園芸作業時の肩腕部の負担が軽減されることが示唆された。

本研究では、園芸療法の現場と密接なコミュニケーションを取り、設計・試作と実証試験を繰り返すことにより、商品化の完成度を高めた。

また、本製品の大きな特徴である肘置きテーブルの有効性も実証された。



第4図 各作業の筋活動量比較

Fig. 4. Muscular activity quantity comparison of each work.

(平成12~13年度)

(デザイン科, 道立工業試験場,  
旭川医科大学,(株)表鉄工所,  
(株)インテリアセンター,  
(株)クマガイ,(株)前田理工)

## 2. 木質資材のリサイクル技術の開発

### Development of Recycling Technology for Wooden Resources

#### 2.1 木質廃棄物を原料とした敷料生産技術の確立

##### Establishment of Manufacturing Process of Live Stock Bed from Wood Waste

平成11年7月に成立した「家畜排泄物適正化利用促進法」により、家畜糞尿の堆肥化は屋根付き堆肥盤をもつ処理施設で行うことが義務づけられた。したがって、今後は処理施設における糞尿の分解速度を高める高性能の敷料が大量に求められる。また、産業廃棄物としての樹皮、抜根、住宅解体廃材の大量消費に結びつく敷料用途の拡大も求められている。本研究では、敷料に求められる価格、初期水分、通気性、吸水性等の要望を満たし、かつ乳房炎の危険性の少ない、木質廃棄物を原料とした敷料生産技術の確立を目指すものである。

13年度は以下の6項目について検討を行った。

#### (1) 敷料資材へ要求される性能について

酪農家や肉牛生産農家での聞き取り調査を行った。木質廃棄物を原料とした敷料に要求される性能は、乳房炎の心配がないこと、堆肥化に要する時間が短いこと、生産された堆肥に生育阻害がないこと等であった。

#### (2) 敷料資材の物性測定

現在敷料として利用されている資材や、今後利用されると考えられる資材について、要求される性能を実験室的に測定した。

収集した資材は、農産廃棄物として**ばっかん**麦秆・稲ワラ・モミ殻・バカス、林産廃棄物としておが粉・パーク、建設廃棄物として抜根・解体材、生活廃棄物として古紙、そして未利用間伐材を原料として生産されたおが粉である。

要求性能としての吸水性・乾燥性とかさ密度・粒度との関係について検討した。吸水性は敷料の粒度

に支配されること、乾燥性はかさ密度と関係があることが見出された。

(3) 敷料資材の化学的性質について

敷料資材としてエゾマツ・トドマツ混合おが粉, カラマツ木粉, スギ木粉, カラマツバーク, トドマツバーク, スギバーク, 広葉樹バーク, 麦稈, モミ殻について灰分・アルコールベンゼン抽出物, 熱水抽出物, リグニンの含有量を測定した。

(4) 堆肥化試験

敷料資材として, エゾマツ・トドマツ混合おが粉, カラマツおが粉, トドマツバーク, カラマツバーク, スギバーク, 広葉樹バーク, 間伐木を用いた。調整後の水分が 65% (湿量基準(以下, 同じ)) となるように, 水分を約 45% に調整した敷料資材と水分約 85% の乳牛糞を混合した。40 × 40 × 60cm の断熱性容器に敷料資材と牛糞の混合物を投入し, 20 の恒温室で堆肥化を行った。

発酵温度の推移を調べたところ, 広葉樹は最高 65 まで上がったが, 他の資材は 50 ~ 58 であった。

分析用の試料を調製直後, 一次発酵終了時, 6 か月の 3 時期から採取し, 各分析に供した。木質資材を堆肥の原料として用いる際に最も懸念される植物の生育阻害について調べるため, コマツナの発芽試験を行った。調製直後の試料はコントロール(蒸留水)と比較して根の伸長の阻害が認められたが, 一次発酵終了時のサンプルには阻害作用はほとんど認められなかった。生育阻害の原因物質と考えられる水溶性フェノールを Folin-Denis 法により測定した結果, 調製直後と比較して, 一次発酵終了時には著しい減少が認められた。さらに腐熟度の指標として pH, EC, C/N 比について現在分析を行っている。

(5) 敷料資材保管時の水分と発火の関係の検討

牧草保管時の自然発火・くん炭化は, 牧草の栄養価を損なうことから大きな問題となっており, その防止法の検討も進んでいる。それによると, 水分 30 ~ 40% 域が最も危険性が高く, 乾燥牧草の水分として 20% 以下とする。ストックヤードの気密性を高めて牧草の呼吸を妨げる。等の方策がとられている。しかし, 敷料保管時の自然発火については, その防止法の検討は進んでいない。そこで保管時の水分と発火の事例調査を行った。土幌消防署管内の敷

料関連施設からの出火は年間数件程度である。消防査察時の調査によると, 堆積バーク内部の温度は, 通常 40 程度と報告されている。発火件数の多い広葉樹バークを対象に, 84 × 84 × 79cm の断熱性容器に広葉樹バークを充てんし, 呼吸熱による温度上昇について観察した。温度上昇は室温 25 に対して 43 程度に達したが, 発火に至るまでの温度上昇は観察されなかった。充てん層への給気や層の圧縮による影響も見られなかった。また, 2 週間程度蓄積した広葉樹バークについても同様の実験を行ったが, 最高温度は 35 にとどまった。

(6) 簡易乾燥方法の検討

敷料中に含まれる大腸菌が, 乳牛における乳房炎の一因と考えられる。この予防法として, 敷料水分を 30% 以下に抑える必要がある。また, 水分の少ない敷料は, 多くの水分を吸収できる。そこで, 敷料の簡易な乾燥方法について検討した。

原料は, 5mm の篩ふるいを通過したカラマツとトドマツのバークを用いた。それぞれの水分は 48% と 42% であった。充てん量, 温度, かく拌などが乾燥速度に及ぼす影響について検討を加えた。乾燥速度は, 充てん量に反比例した。かく拌は, 30 分ごとに行ったが, 乾燥速度は平均して 50% 程度増加した。乾燥温度に比例して乾燥速度は上昇するが, かく拌を行った場合, 乾燥温度 110 の条件において急激に上昇した。樹種については大きな差異は無かった。

(平成 13 ~ 14 年度)

(再生利用科, 機械科,  
成分利用科, 化学加工科, 防火性能科,  
製材乾燥科, 遠藤主任研究員)

.2.2 木質廃棄物の減容化技術の開発(共同研究)

Reduction in Volume of Waste Wood

(1) はじめに

木質廃棄物の多くは燃料や堆肥とされるが, 各々木質の特性に応じた再利用システムの構築が望まれる。堆肥, 緑化資材としての品質安定, 改質効率・作業性の改善に向け, 樹種ごとの部位別化学特性を調べるとともに, 緑化資材適性を把握し, 減容化を検討した。

(2) 主要道産樹種の部位別特性

北海道の森林蓄積量は622百万m<sup>3</sup>であるが、樹種別にはトドマツ、カラマツ、カンパ類、エゾマツ、ナラ類の順となっている。これら5樹種の抜根を幹、切株、主根（一次根）、側根（二次根）に分別し、樹皮（外皮、内皮）と材部（心材、辺材）を採取した。そして、32-60メッシュの粉碎物を調製し、アルコールベンゼン抽出物、熱水抽出物、リグニン量を調べた。アルコールベンゼン抽出は、試料を円筒ろ紙に入れ、ソックスレー抽出装置でエタノール-ベンゼン(1:2 v/v)で16時間抽出した。抽出残さをクラソンリグニンの定量に供試した。熱水抽出は、蒸留水を加えて沸騰水中で2時間抽出後、1G3のガラスフィルターでろ別し、残さ重量より抽出率を算出した。

緑化資材では、精油、樹脂などのアルコールベンゼン抽出物が多いと、そのはっ水性が植物生長に影響したり、堆肥化を遅延させたりする。アルコールベンゼン抽出物は、材ではトドマツの一次根に多かった。カラマツは心材部が辺材部よりも5倍程度も高く、切株、一次根、二次根などの根部に多かった。アカエゾマツは切株、一次根など地際に少なかった。シラカンバは逆に地際に多く、ミズナラは根部に多かった。一方、樹皮では上部ほど含有量が多く、針葉樹は内皮に多かった。すなわち、精油、樹脂などのアルコールベンゼン抽出物は、樹皮は上部ほど、材はアカエゾマツを除いて下部に多いことが明らかとなった。いずれも1%以上の含有率で、その特性であるはっ水性が緑化資材としての吸水、保水性に影響することが示唆された。

熱水抽出物は、材ではトドマツの一次根が多かった。カラマツは心材部が辺材部よりも多く、根部に多かった。シラカンバは地際に、ミズナラは根部に多く、アルコールベンゼン抽出物と同じ傾向を示した。しかし、樹皮はトドマツ、アカエゾマツ、ミズナラで下部ほど含有率が高く、カラマツは上部ほど、シラカンバは一次根に多かった。熱水抽出物は堆肥化促進に寄与すると思われ、これが多い抜根は幹よりも堆肥化に良好な材料と考えられる。なお熱水抽出物は、その溶出が排水に影響することから、今後、この点からの考察も必要と思われる。

一方、リグニンは材では針葉樹に多く、上部ほど多い傾向が見られた。しかし、その相違は大きくは

なかった。樹皮では外皮に極めて多く、針葉樹の下部ほど多かった。リグニンやフェノール性物質は植物生長に強く影響することから、樹皮や針葉樹では改質が不可欠と思われる。

木質材料の堆肥、緑化資材としての用途に対して、抜根など根部の混入は、幹や材部とは異なる特性の資材として、さらに調査、検討が必要と考える。

### (3) 木質材料による植物の発芽・生育試験

抜根、剪定くず、落葉など木質廃棄物では、植物の発芽・生長に及ぼす影響も少なくないと考えられる。ここでは、植物の発芽・生育試験を行い、木質廃棄物の緑化資材としての適性を化学的・物理的性状から評価した。

緑化資材は、エゾマツ・トドマツ、カラマツ、スギの製材おが粉、トドマツ、カラマツ、スギ、広葉樹の樹皮、比較として麦稈、モミ殻、黒土（森産業(株)製）とした。発芽および生育試験は、小型プランター(2.31)を用いて、芝用種子(ケンタッキーブルーグラス)を播種し、その生育状況を調べた。プランター下部に基礎層を設けた後、表層を覆土した。基礎層は黒土に対する容積比50%で混合したもの(厚さ5.5cm)、表層は種子：肥料：黒土を重量0.6：20：120gで混合したもの(厚さ0.5cm)とした。なお、基礎層にはジョウロであらかじめ500ml灌水し、表層を覆土後さらに150ml注ぎ、その後は1日おきに150ml灌水した。そして、芝用種子の発芽数、草丈、葉数、表層状態を調べた。

木質廃棄物の種類、すなわち樹種の相違による植物生育に及ぼす影響は、カラマツとトドマツ樹皮に強い抑制作用が見られ、また、カラマツおが粉、広葉樹樹皮にモミ殻と同程度の抑制作用が見られた。しかし、エゾマツ・トドマツ、スギおが粉、スギ樹皮では良好な生育が見られ、3週間後には二葉も見られた。この時期の黒土100%では三葉も見られるが、木質資材は麦稈、モミ殻よりも植物への影響が少ないことがわかった。また、芝としての生育状態は(50日目)、カラマツおが粉、カラマツ、トドマツ樹皮は不良であった。樹皮に含まれるフェノール性物質など植物生長阻害物質の影響が示唆された。しかし、エゾマツ・トドマツ、スギおが粉、スギ樹皮は100%黒土の40%程度の抑制に止まったことから、



黒土、肥料、保水材などの併用によって、木質材料は良好な資材とすることが可能と思われる。

なお、プランター内部の様子(土壌中の生育状況)は、エゾマツ・トドマツ、スギおが粉、スギ樹皮で根毛の良好な形成が見られた。木質材料は、モミ殻よりもリグニンなど耐久性の高い物質を多く含み、安定な資材となりうる。しかし、木質材料は浸透圧が高く吸水力が大きいため、その混合により、培土は内部水分の多さに対して表層が乾燥状態となりやすく、乾燥害が危ぐされた。今後、培土としての物理的性質を考慮し、木質材料の緑化資材化を図ることが必要と思われる。

#### (4) 謝 辞

植物栽培試験をご指導頂いた北海道グリーン工業(株)金沢博氏に深く感謝する。

(平成13年度)

(成分利用科、竹花主任SP、中道機械(株))

### 2.3 イチゴ高設・長期どり栽培システムの実用化 (共同研究)

Development of Year-Round Harvesting System on High Bench Culture of Strawberries

イチゴは出荷価格が年間を通じて高く、高収入が期待できる作物である。北海道では春どりを中心に栽培されているが、夏期の冷涼な気候を活かした夏秋期生産は潜在的な可能性が高い。しかし、しゃがんだ姿勢での収穫作業が重労働であるため、作付け面積は逆に減少している。イチゴ栽培の大幅な軽作業化とともに培地の低コスト化を早急に図る必要がある。本研究では、林産未利用資源であるスギ樹皮粉砕物のイチゴ高設栽培の培地としての適性を調べ、軽作業化、未利用資源の有効活用、長期高設栽培システムの実用化を検討する。

平成13年度はスギ樹皮の粉砕方法の検討とスギ樹皮における生育阻害成分の調査を行った。

#### (1) スギ樹皮の粉砕方法と配合比の検討

スギ樹皮のみを培地にした場合、表面の乾燥によりイチゴ苗の活着不良がみられた。しかし、スギ樹皮の上に標準培土をのせることにより、表面の乾燥を防止することができた。収量は標準培土のみの栽培に比べ、スギ樹皮のみはやや劣ったが、スギ樹皮

と培土を1:1で組み合わせることで同程度となることが明らかになった。

#### (2) スギ樹皮における生育阻害成分の検討

スギ樹皮の植物への影響を検討するため、コマツナの発芽試験を行った。その結果、発芽率に影響は見られなかったが、根の生長に若干影響が認められた。そして、その生長に影響する抽出物は、簡単な前処理により減少することが明らかになった。

(平成13~15年度)

(成分利用科、道立道南農業試験場、道立林業試験場道南支場)

### 2.4 木質・セメント成型体海藻礁の開発

Development of Wood-Cement Composite Algal Farming

現在、磯焼けは北海道の日本海沿岸部で発生し大きな問題となっており、この対策の一つとして効果的な人工海藻礁の開発が望まれている。

木チップとセメントを原料として混合・成型した木質・セメント成型体は、木チップの大きさや形状や配合量を変えることにより着生基質の表面形状(凹凸)をコントロールすることができる。

このことは、コンブの遊走子が着生しやすい表面形状、さらに表面の凹部に着生したコンブの幼体をウニ等の食害から守れる可能性を示している。さらに、木材はフナクイムシやキクイムシなどの海虫により食害を受けるが、木材を小片にして無機質のセメントで被覆することにより、食害の程度・速度をコントロールすることができるといった、効果的な海藻付着基質となる可能性が高い。

また、セメント配合量や木チップの形状を調整することにより、数年をかけて成型体表面の木チップが食害されて空洞となるとともにセメント部分が波浪で崩壊し、自然に表面更新が行われる可能性を示している(第5図)。このことは、表面に着生した雑海藻が数年ごとに清掃され、コンブ等の大型有用海藻の着生に適した新鮮な表面を保つことが期待される。

なお、小さな木チップを原料とするため、もし成型体が崩壊したとしても海域には木チップのみが浮遊するのみで漁船や魚網を傷めることはない。木チップは海虫や微生物により自然に分解され、セメン

トは砂となり海洋を汚染しない。

こうした背景から、木質・セメント成型体を用いた実大の海藻礁試験体を試作して磯焼け地帯に設置し、その海藻現存量の調査を行って木質・セメント成型体の海藻付着基質としての効果を検討した。

(1) 試験方法

木質・セメント成型体をコンクリートブロックと一体化した実大の海藻礁試験体を3体製造し、平成11年10月22日、北海道<sup>ひやま</sup>松山郡<sup>かみのくに</sup>上ノ国町沿岸に設置した。設置場所は、外洋に面した岸から約100m、水深約4mの直径0.5～1.0mの転石地帯で、海底は一面の磯焼け状態である。

試験体の形状は、第6図に示すように、正八角形の中央に四角い開口部を設け、高さは90cm、重量は4.7t、上面の半分は厚さ10cmの木質・セメント成型体をはめ込んであり、その他はすべて無筋コンクリートで構成されている。また、試験体は安定計算により転倒および滑動のない形状・重量となっている。

成型体の原料のうち、木チップは財 札幌市環境事業公社から入手した木造住宅解体材等の粉碎チップ（樹種は主にエゾマツ・トドマツ、粒径は篩目15mm上かつ40mm下）、セメントは普通ポルトランドセメント（セメント硬化促進剤として食用のニガリをセメント重量の3%添加水は水道水）である。配合条件は、水セメント比0.55、セメント木比3.0である。

試験は、試験体上面の木質・セメント成型体面を試験区、コンクリート面を対照区とし、試験区と対照区の海藻現存量を比較した。現存量調査は、11年

の春季から12年の秋季までの間で、4月の春季、6月の夏季、8月の秋季の年3回、ダイバーが試験区および対照区の50cm 枠内に着生した海藻を掻き取って調査した。

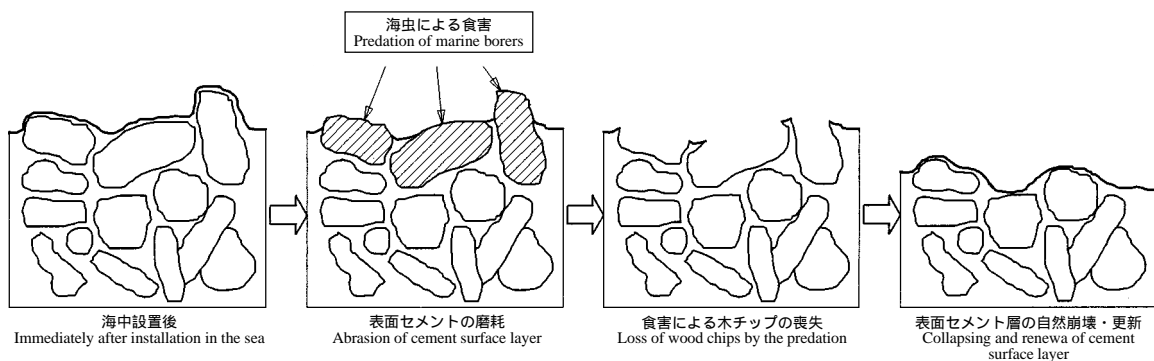
(2) 現存量調査結果

2年間の現存量調査結果を全海藻と大型有用海藻に分け、また試験体3体の試験区と対照区の調査結果を平均して第7図に示す。なお、大型有用海藻とはウニ・アワビの餌料となるホソメコンブやワカメ等の大型海藻類をさし、また冬季の調査は行っていないが冬季の現存量をゼロと仮定して図示した。

檜山南部地区水産技術普及指導所の観察によると試験体設置海域は、2年間とも天然コンブの着生が不良かつワカメの生育が目立つ、とのことであった。

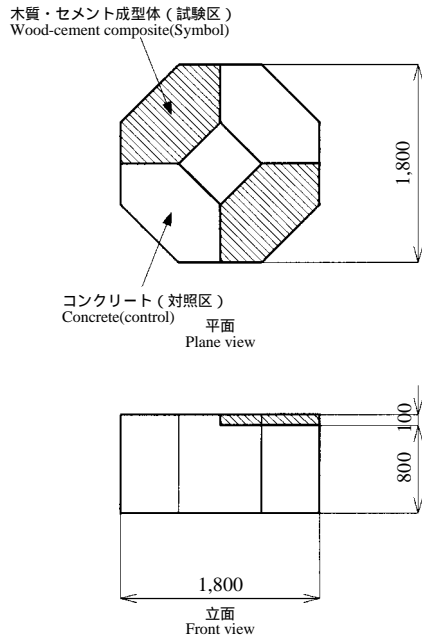
1年目は、ホソメコンブの着生は極端に不良であった。この原因は、試験体中央部には水抜き用の開口部があるため、これがウニ等の隠れ家となって試験体に着生したホソメコンブの幼芽が強度の摂食圧にさらされたことが考えられた。このため、1年目秋季の調査終了後の12年11月2日、試験体No.1の基部にウニの進入を防止するフェンスと開口部にスノコを、試験体No.2の開口部にスノコを取り付け改修を行った。翌年（2年目）の春季の試験区の全海藻現存量は、改修を行った試験体No.1が1.440kg/m<sup>2</sup>および試験体No.2が4.401kg/m<sup>2</sup>に対して、改修を行わない試験体No.3が0.872kg/m<sup>2</sup>であった。このことから、1年目の海藻着生が不良だったのは、ウニ等の食害の影響が大きかったものと思われる。

第7図から、大型有用海藻の現存量は試験区が対照区を上回っていることが分かる。これは、試験区



第5図 木質・セメント成型体の表面層の自然崩壊・更新の模式図

Fig. 5. Model of collapsing and renewal of the surface of wood-cement composites.



第6図 実大実験体の形状  
Fig. 6. Shape of full scale test block.

の表面凹凸が海藻の着生に好影響を与えたためと思われる。一方、対照区にはウニの餌料に適さない雑海藻（カタワベニヒバ）のみが着生していたことから対照区はウニの食害を受けなかったため、全海藻の現存量は試験区よりも対照区の方が多かったものと思われる。

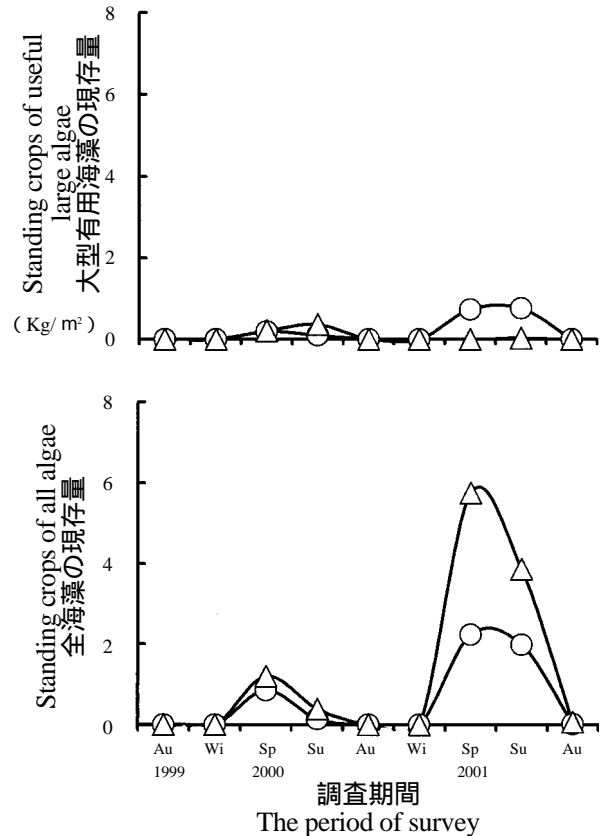
(3) 成型体表面の磨耗

上ノ国町沿岸に海中設置した2年間では、木質・セメント成型体の表面セメント層に磨耗が観察されなかったことから、木チップの食害も観察されなかった。このため、木質・セメント成型体藻礁の特徴である表面の自然崩壊・更新を確認することはできなかった。

(4) まとめ

木質・セメント成型体は表面に凹凸があるという特徴のため、表面が平滑なコンクリートと比較して大型有用海藻の着生に効果があることが明らかとなった。一方、2～3年の設置期間では目立った表面セメント層の磨耗および木チップの食害が観察されなかったことから、木質・セメント成型体のもう一つの特徴である表面の自然崩壊・更新を確認するためには長期間の調査が必要であることが分かった。

このように、海中設置2～3年間という短期間の調査であること、また木質・セメント成型体独自の特



第7図 実大実験体の2年間の現存量推移  
凡例：○：試験区，△：対照区  
Sp：春，Su：夏，Au：秋，Wi：冬

Fig. 7. Change of for 2 years standing crops of full scale test blocks.  
Legend: ○: Composite; △: Control; Sp: Spring; Su: Summer; Au: Autumn, Wi: Winter

徴である食害を利用した表面の自然崩壊・更新を確認していない調査からではあるが、木質・セメント成型体は大型有用海藻に適した海藻着生基質であると評価できるものと思われる。

(平成11～13年度)

(再生利用科，竹花主任SP，成形科)

2.5 木造住宅解体材からの釘抜き装置の開発

Development of the Pincers Equipment for Demolition Lumber of Wooden Houses

建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）の成立により、平成14年5月30日から建築物の分別解体が義務づけられた。今後はミンチ解体から分別解体へと移行することで、再利用の可能性のある柱・梁等がより多く排出される

と考えられる。このとき、解体材に残存している釘・金物等を効率よく除去することができれば、再資源化率の向上が図られ、また、それらを資源とした新たな産業創出につながる。そこで、安価で効率的な釘抜き装置について検討を行った。

12年度は木造住宅解体材に残存している釘の実態調査、最適な釘除去方法の検討、釘抜き道具・作業台の検討を行い、手作業1名による釘抜き作業を効率的に行うラインを考案し、それに必要となる道具と作業台を設計した。

13年度は、12年度の設計に基づき、作業台を試作した。また、その作業台上での手作業では引き抜きにくい大きな釘に対する釘抜き装置を設計し、試作を行った。試作装置は回転運動を上下運動に変換して釘を垂直に引き抜く機構とした。

長さ 100 mm の釘を乾燥材に打ち込み、その試運転を行った。その結果、試作装置での釘引き抜きは可能であったが、予想以上に装置に負荷がかかることが判明し、耐久性向上のためには装置重量が重くなることが避けられないことがわかった。

解体材の効率的な処理には、12年度設計したローラーコンベアを用いて釘等の突出があってもその影響を受けないことを特徴とする作業台上での釘抜き作業が適すると考えられる。そのため、大きな釘を同じラインで処理するには、釘抜き装置を作業台上部からスプリングで吊す等によって実質的な重量軽減策を行い、作業効率の向上が見込めると考えられる。

(平成 12 ~ 13 年度)  
(再生利用科, 機械科)

## 2.6 木造住宅解体材に含まれる防腐処理材の利用適性評価

### Evaluation of Treated Wood in House Demolition Wood

住宅解体材の再資源化には、解体材中に含まれている防腐剤の実態を把握したうえで、解体材の分別方法、用途を検討していく必要がある。そこで、実際の住宅に使われていた防腐処理材における防腐剤の種類と残存量を明らかにするとともに、微生物処理による防腐剤の挙動について検討を行った。

平成12年度は現在発生量の多いクレオソート油処理材の残存成分、残存量について検討した。

13年度は今後発生量の増加が予想される吹付け塗布タイプの防腐処理材の分析と、堆肥化によるクレオソート油成分の挙動について検討した。

(1)防腐剤の有機系無機系の指標としてジフェニルカルバチドによる呈色試験を採用し、呈色の有無により以降の分析方法を決定した。呈色反応が認められなかった試料についてGC分析したところクロルデン類が検出された。このことから、解体材をリサイクルにあたり吹付け塗布タイプの防腐処理材は完全に除去することが求められる。呈色反応が認められた試料からは原子吸光により亜鉛、銅が主成分として検出された。

(2)培養瓶<sup>びん</sup>を用いた堆肥化モデル試験を行い、堆肥化過程におけるクレオソート油に含まれる成分の挙動を調べた。乳牛糞とトドマツチップダストの混合物に高濃度のクレオソート油を添加した場合、クレオソート油に含まれるビフェニルおよびジベンゾフランの減少が確認された。一方、低濃度の場合、これらに加えていくつかの成分の減少が認められた。滅菌を行った場合、このような傾向が認められなかったことから、これらクレオソート油成分の減少に微生物が関与していることが示唆された。

14年度は防腐処理材の分析結果に基づき、木造住宅解体材の再利用過程における防腐処理材の分別方法、および堆肥化過程における有機塩素系防腐剤成分の挙動について検討を行う。

(平成 12 ~ 14 年度)  
(再生利用科, 成分利用科, 耐朽性能科)

## 2.7 木球製造機の開発

### Development of Machine Tool for Wood Ball

木質廃棄物のリサイクル促進にあたり大量に使用する用途開発が急務となっている。一方、木製の玉(木球)を数千個集めた木の砂場が道内工芸館に展示されており、子供達の人気の的になっている。しかし、木の砂場を幼稚園、保育園等の幼児施設等に普及させるには大量の木球が必要となるが、現在の材料仕入れ・加工方法では高価になるので普及の妨げになっている。

平成13年度はコンピュータによるNC旋盤方式を採用した安価で処理能力の大きい木球製造機を開発した。直径3cmの木球1個あたりの加工に必要な時間を1分以内とした。木球の従来品は、1個あたり30円程度であり、本研究では10円以下のコストで製造できることを目標とした。

試験の結果、木球の加工時間は1個あたり20秒であった。木球1個あたりの製造コストは6円以下であった。ソフトウェアによって、球以外の形状も加工可能となった。

(平成7,9,12～13年度)  
(機械科)

## 2.8 木質廃棄物の再資源化を促進するリサイクルシステムの検討

Study of Recycling System to Promote Utilization of Waste Wood in Hokkaido

木質廃棄物のリサイクル率が低迷しているのは、その再資源化用途が限られており、特に住宅解体材では適正な解体・再資源化促進のための仕組みが十分ではないためである。

このため、木質廃棄物の種類や品質に応じた再資源化用途を整理し、地域の産業特性や実状に合った再資源化促進のための仕組みを提案すること、新たな再資源化用途の実現に必要な技術開発課題を明らかにすることを目的にした。

平成13年度の研究結果は以下のとおりである。

### (1) 木質廃棄物の道内発生量の予測

木造住宅解体材、木材工場廃材について、支庁別の発生量を把握した。また、新築廃材、伐根、流通廃材、型枠合板について発生量の把握方法を検討した。

### (2) 地域ごとの処理・処分、再利用の実態調査

<sup>おしま</sup>渡島・<sup>ひやま</sup>檜山、網走および宗谷支庁管内について、廃棄物処理施設や支庁関係課、農業関係施設、製材・合板工場などにおいて聞き取りおよび現地調査を行った。

木くずの処理に関しては、地域により再資源化への取り組みに差異があり、市町村施設での木くず受入の影響も大きいことがわかった。

再資源化用途の大半が家畜敷料や堆肥原料(水分調整)であり、用途や販売先が限られているため、再資源化製品の普及や販売先の開拓が共通した課題であった。

家畜敷料については畑作(小麦)の有無が木質敷料の使用量を大きく左右し、解体材敷料の認知度が低い地域では、その安全性に対する危ぐが大きいことがわかった。

その他、地域の木くず処理に関する今後の動向や先進的な取り組み事例などについて情報を得た。

### (3) 再利用用途の調査・検討

家畜敷料や燃料チップなど再生利用の他、再利用の取り組みについても調査を行った。

(平成13～14年度)  
(経営科、再生利用科)

### 3. 木質材料の性能向上技術の開発

#### Development of Technology for Improving Properties of Wood and Wood Based Materials

##### 3.1 木製屋外遊具・ログハウスの維持管理技術開発

###### Development of Maintenance Manual for Wood Outdoor Playing Structure and Log House

冬場の公園利用を高めようという目的で、昭和60年頃多くの木製遊具が設置された。しかし、メンテナンス費用がかかるという理由で、鉄製の遊具に取って替わられた場合が多い。木製遊具が利用されていくためには、適正な維持管理技術の開発が必要である。本研究では、屋外用の木製遊具やログハウスの適正な維持管理の方法を提案するため、設置後15年経過した林産試験場の木製遊具とログハウスを用いて検証する。

平成12年度に木製遊具(第8図)の劣化状況を調べた結果、接地部、組み合わせのための切り欠き部、頭頂部、横使い部材の上面に著しい腐朽(断面の1/8以上が腐朽)が認められたが、ハシゴ部と床部には著しい腐朽が認められなかった。腐朽の大きかった材部については新しいものと交換した。

13年度は、引き続き木製遊具の劣化状況の判定と補修、およびログハウスの劣化状況の判定と補修に取り組んだ。その結果、以下のことが判明した。

- (1)木製遊具は、12年度著しい腐朽が認められた部分とほぼ同じ部分に新たな著しい腐朽が認められた。腐朽の著しかった部材については交換した。また、腐朽が軽度の部材は、ウレタンプレポリマー系の接着剤と針葉樹のこくずを、重量比1:1で混合したパテを、腐朽部を取り除いた部分に充てんして補修した。
- (2)ログハウスの周囲には回廊を設けてあるが、一部屋根の無い部分があり、この部分の柱に著しい腐朽が認められた。これは、柱の頭頂部から侵入した雨水による腐朽と考えられる。外観は正常であったが内部にかなりの腐朽が認められたため、一部新しい柱と交換した。

(平成12～14年度)  
(遠藤主任研究員,加工科)



第8図 屋外木製遊具

Fig. 8. Wood outdoor playing structure.

##### 3.2 道産材を使った軸組壁の耐震性能評価と性能向上策の検討

###### Evaluation of Quakeproof Performance for the Frame Work Wall that Used Timbers in Hokkaido and Examination of Performance Improvement

ここ数年の建築法体系改変に伴って木造住宅の耐力壁に関する試験・評価方法には大きな変更が求められた。現在、実験の評価には標準的な手法が示されているものの、その具体化には確認すべき点も多く残されている。

他企業との差別化を図り高品質な住宅を供給していくことを目指す道内中小工務店の技術開発等を支援するためには、林産試験場として適切な性能評価手法を確立し、技術的な情報を提供していく体制が必要である。

本研究は、人工林トドマツなどの道産材による在来軸組壁の繰り返し加力耐力壁試験を実施して、試験方法の妥当性を確認するとともに、耐震要素としての基礎性状を明らかにし、今後の道産材を活用した木造構法の性能向上や新たな構法開発に資することを目的とするものである。

平成12年度は、繰り返し加力耐力壁試験の実施手法ならびにその評価方法の検討を行うとともに、針葉樹構造用合板釘打ちの耐力面材を有する軸組壁の

性能試験およびその評価を行った。また、13 年度には筋かいを有する軸組壁について同様の評価を行い、軸組壁の性能向上策に関して検討した。

(1) 繰り返し加力耐力壁試験の実施手法の検討

繰り返し加力耐力壁試験は、従来の JIS の規定とは大きく異なり、すべての試験体に正負交番繰り返し加力が、さらに変形量も 1/15rad 以上までの観察が求められる。このため大変形の変位計測が必要となり、水平加力については変形に追従しても鉛直方向の予期しない拘束による分力の発生を避ける手法が必要である。林産試験場の試験装置では、加力部が単一のシリンダーであるため、正荷重時と負荷重時で異なる加力治具を採用して問題を解決することとした。

(2) 耐力面材を有する軸組壁の性能試験およびその評価

面材を有する壁体は、多数の広く分布した接合具（釘）で構成されるため、局所的な部材性能に依存しない安定した評価が得られる。また、荷重レベルに応じ機能する接合具が変遷し負担力の再配分が行われるため、載荷初期の段階では見かけ上弾性変形に類似した変形挙動が観察される。壁体としての破壊は、終局状態に至るまで急激な荷重の低下が認められず変形も優れていることに特徴がある。

(3) 筋かいを有する軸組壁の性能試験およびその評価

圧縮筋かいの場合、低荷重レベルから材の面外変形が予想されるため、筋かい中央部分に防止材を配置し加力試験を実施した。また、特に引張筋かいでは面材耐力壁と異なり少数の比較的高耐力の接合具全てが単一の変形状態となるため、施工むらや材端部の材質影響が極めて大きいことが明らかとなった。

(4) 従来の試験基準による性能評価との対比

耐力壁試験で従来の JIS 規定ならびに新たな試験方法に提案されている諸特性値を試算したが、試験方法がタイロッド式の場合、壁倍率算定に適用される特定変形時の扱いが 1/300rad から 1/150rad に、また壁倍率が 1 における単位荷重が 130kgf/m から 1.96kN/m (200kgf/m) に変更されている。面材耐力壁等標準的な試験体では最終的な評価値に大きな相違は生じないが、従来の評価方法ではいずれの条件でも初期剛性（1/300rad 変形時）により壁倍率が決

定されたのに対し、新たな手法では終局耐力や靱性により決定された。これは、従来の試験方法に繰り返し加力が規定されているにもかかわらず、その結果を十分反映したものではなかったことを意味する。

(5) 軸組壁の性能向上策の検討

圧縮筋かいとして機能させる場合には、その面外変形の防止に必要な措置を試験評価時と同様に、施工体系に明確に盛り込む必要がある。引張筋かいでは端部への応力集中を防止する必要があり、それとともに材端部の強度的な一定以上の品質を確保することが望まれる。

構造的な性能評価の観点からのみ判断すると耐力壁の種類としては、軸組交差部分への局所的な力の集中が避けられない筋かい構造よりも、剛性や耐力の向上が接合具量の増加のみでコントロールが可能な面材を使用した耐力壁の採用がやはり有効である。

（平成 12 ～ 13 年度）  
（構造性能科）

.3.3 下川ブランド住宅における接合部と耐力壁の強度性能評価（民間受託）

Evaluation for Strength Performance of Joint and Shearwalls on Shimokawa Brand House

（平成 13 年度）  
（構造性能科，下川産業クラスター研究会）

.3.4 十勝産カラマツ材と接合金物の強度性能評価（民間受託）

Evaluation for Strength Performance of Karamatsu (in Tokachi) and Joint Hardware

（平成 13 年度）  
（構造性能科（株）ホーム創建）

.3.5 改正建築基準法に対応する防火材料の評価および開発（共同研究）

Evaluation and Development of Fire Protection Material Corresponding to the Revised Building Standard Law

平成 10 年の建築基準法改正で、防耐火性能に対する考え方が仕様規定から性能規定に転換され、防火材料の試験方法および性能評価方法が大きく変更さ

第1表 防火材料の規格を満たすために必要な難燃剤含有量  
Table 1. Fire retardant content required for fire preventive materials. (Kg/m<sup>3</sup>)

樹種 Species	難燃材料 Fire retardant materials	準不燃材料 Quasi-noncombustible materials	不燃材料 Noncombustible materials
トドマツ Todomatsu	60	100	200
タモ Ash	100	150	250
スギ Sugi	70	110	
アカマツ Akamatsu	80	100	

れた。性能規定で取り入れられた性能評価方法によると、従来は不可能であった不燃木材等の新しい防火材料が開発できる可能性が生まれた。しかし、新旧評価基準の違いから、以前の性能評価方法では優れた性能を示す防火材料や難燃剤が、新しい性能評価方法では十分な燃焼抑制効果を示さない可能性がある。このため、北海道で用いられている建築材料の防火性能を新しい評価方法で評価し、高断熱高気密工法に適した防火材料の開発に役立てる必要が生じた。また、新規木質系防火材料の開発要望に応えるためには、新しい基準を満たす難燃処理技術の開発を進める必要がある。

本共同研究は、改正建築基準法に対応した高断熱高気密工法に適した防火材料の評価および北海道の森林資源を活用した防火材料の開発を目的としている。各機関の主たる分担は、道立寒地住宅都市研究所（現：北方建築総合研究所）は建材メーカーおよび建築業者の防火性能に関する技術開発状況の調査、防火材料の性能評価に関する技術情報の整備、林産試験場は木質系材料の防火処理技術の開発である。

林産試験場が担当した研究の内容および結果の概要は次のとおりである。

#### (1) 防火材料の認定動向調査

内装制限を受ける室内の壁・天井に使用が義務づけられている防火材料は、国土交通大臣の認定を受けたものでなければならない。今後の防火材料の需要動向を探るため、昭和45～平成12年までの30年間について、防火材料の個別認定件数の推移を調査した。

防火材料の認定件数は、昭和45年からの5年間では297件であったが、平成7年からの5年間では791件と2倍以上に増加した。このうち、不燃材料の認定件数は昭和45年からの5年間では186件、平成7年からの5年間では3倍以上の639件であった。準不燃材料の認定件数も全体としては増加した。一方、難燃材料の認定件数は、横ばいあるいは若干減少した。以上の認定件数の動向から、防火材料の需要が増加していること、および防火性能の高い防火材料が求められている傾向がうかがえた。

#### (2) 木使用防火材料の認定件数

木材は可燃性であるため、防火材料の構成部材として使用すると防火性能上は不利になる。しかし、意匠や材料の強度、軽量化の目的で木材を使用している防火材料（木使用防火材料）は少なくない。平成2～12年までの10年間に認定を受けた防火材料は1,393件あり、このうち、木使用防火材料は全体の19.5%の272件であった。

北海道の企業で個別認定を得ている防火材料は、不燃材料が35件、準不燃材料が9件、難燃材料が8件であった。このうち、材料の主要構成部分が木材もしくは木質系で、それらを薬剤によって難燃化したものが9件、無機系材料に天然木単板を接着積層したものが14件で、木使用防火材料の割合が高いことがわかった。

#### (3) 難燃処理木材の発熱性

建築物の内装に使用され、難燃処理が求められるであろう数種の樹種について、防火材料の基準を満たすために必要とされる難燃剤量を求めた。試験材



は、針葉樹4種類(トドマツ,カラマツ,スギ,アカマツ),広葉樹1種類(タモ)とした。難燃剤にはリン酸水素二アンモニウム,リン酸水素一アンモニウム,リン酸一グアニジン,八ホウ酸ナトリウムおよびこれらの3種類の混合物を用いた。

燃焼発熱性試験の結果は以下のとおりである。

トドマツ,タモ,スギ,アカマツは難燃剤含量の増加に応じて総発熱量は低下した。一方,カラマツは難燃剤含量が同じであっても,発熱量が大きく異なる場合が少なくなかった。このような差が発生する原因の一つは,注入処理において木材中の難燃剤分布にむらが生じていることが考えられた。

3種類の混合難燃剤の発熱抑制効果に大きな違いはなかったが,総発熱量が10MJ/m<sup>2</sup>以下の領域ではリン酸水素二アンモニウム+リン酸一グアニジン+八ホウ酸ナトリウム混合難燃剤の効果がやや優っていた。

カラマツを除いた木材について,難燃材料,準不燃材料および不燃材料の規格を満たすために必要と推定される難燃剤含量を第1表に示した。

(平成13年度)  
(防火性能科,接着塗装科,  
道立北方建築総合研究所)

### 3.6 表面化粧層が防火性能に及ぼす影響

Influence on the Fire Preventive Performance of a Surface Makeup Layer

難燃処理された板材を内装材として使用する場合,表面には仕上げ塗装が施される。一般に使用される合成樹脂系塗料は可燃性であることから加熱を受けると発熱するが,その発熱量は塗料の種類によって異なり,防火性に対する影響の程度は明らかではない。また,難燃剤は塗料の硬化に影響するとともに,難燃処理木材が使用される環境によっては薬剤の析出が生じ,塗膜性能を低下させることが懸念される。

そこで,防火性能に影響の少ない塗料を検索するとともに,難燃剤の塗膜物性への影響を把握し,難燃処理木材に適した塗装条件を検討した。

#### (1) 防火性能に影響の少ない塗料の検索

塗料の発熱性を検討するため,ポリウレタン樹脂・アミノアルキッド樹脂およびクリアラッカーの3種

類を厚さ2mmのアルミニウム板に塗布し,コーンカロリー計試験によって最高発熱速度および合計発熱量を測定した。その結果,3種類の塗料の最高発熱速度はほぼ等しく,塗布量150g/m<sup>2</sup>では100kW/m<sup>2</sup>を越え,下地材である木材からの発熱を加えると防火材料の規格値である200kW/m<sup>2</sup>を越える可能性があることがわかった。また,3種類の塗料の合計発熱量は,アミノアルキッド樹脂<クリアラッカー<ポリウレタン樹脂の順であった。塗布量50g/m<sup>2</sup>での合計発熱量は0.1~0.3MJ/m<sup>2</sup>程度であるが,塗布量100g/m<sup>2</sup>では1.1~2.6MJ/m<sup>2</sup>,塗布量150g/m<sup>2</sup>では2.3~4.6MJ/m<sup>2</sup>となった。

#### (2) 難燃剤の塗膜物性への影響

塗膜物性に対する難燃剤の影響を検討するため3種類の難燃剤で処理したスギ,タモ材に5種類の塗料を塗布し,216時間紫外線照射乾湿繰り返し試験を行い,塗膜の劣化,材色の変化,塗膜密着力等を測定した。その結果,水性ウレタン樹脂塗料および屋外用保護塗料を塗布した試験体では塗装時または試験中に難燃剤の析出が生じた。これに対し,1液または2液ウレタン樹脂塗料を塗布した試験体では塗膜の性能は保持された。紫外線照射によって難燃処理木材の材色は大きく変化したが,難燃剤の違いによる差は見られなかった。

以上から,難燃処理木材の塗装には溶剤系造膜タイプが適しており,塗布量は50g/m<sup>2</sup>以下とすることが望ましいと判断された。

(平成13~14年度)  
(防火性能科,接着塗装科)

### 3.7 紙製品用防災剤の木材用難燃剤としての適正評価(共同研究)

Effect on Wood of Some Fire Retardants for Paper Product

建築内装用防火材料に関する試験・評価方法が平成12年に変更されたことから,新しい建築基準に対応した発熱抑制に優れる難燃剤および難燃処理技術が必要とされている。有機材料用の難燃剤はこれまでに数多く検討・開発されてきているが,その一つに消防法の防災規格に合致する防災薬剤がある。防災薬剤は,劇場・ホテル・集会場等で使用される布

張り家具・ローパーティション・障子等に燃え広がりにくい性能を付与する働きを持つものである。このような防火薬剤の中で、セルロース材料である紙製品用の防火薬剤は木質系材料の燃焼抑制にも効果を持つことが期待される。そこで、紙製品用防火薬剤の発熱抑制効果、およびそれらを用いた木質系材料の難燃処理技術について検討した。

取り上げた防火薬剤はType-1からType-3までの3種類で、厚さ15mmのスギ板および厚さ5.5, 12mmのラワン合板に固形分含量が50, 100, 150, 200 kg/m<sup>3</sup>となるように加圧注入した。処理材の燃焼試験はISO 5660「コーンカロリー計試験」に準じて行い、加熱強度50kW/m<sup>2</sup>における最高発熱速度、加熱開始後5分間および10分間の合計発熱量を測定した。また、一部の処理木材については発煙性の把握を主目的にJIS A 1321による表面燃焼試験で評価した。ついで、防火薬剤処理木材の使用される環境条件によっては、薬剤の析出および塗装への影響が懸念されることから、吸湿性、鉄腐食性および塗膜性能に及ぼす影響を促進試験によって把握した。塗装試験に用いた塗料は、ウレタン系および屋外用保護塗料の2種類で、紫外線カーボンアークウェザーメーターによる耐候操作後、色差、光沢度、接触角、目視による塗膜の劣化の状況を測定した。結果は以下のとおりである。

#### (1) 防火薬剤の発熱抑制効果

硫酸アンモニウム/ホウ素を主体とする防火薬剤Type-1は、スギ板材に100～150kg/m<sup>3</sup>含浸することで難燃材料、準不燃材料の基準を満たした。また、JIS A 1321の難燃2級、難燃3級の基準を満たす条件を得た。5.5mm合板の場合、難燃材料の規格を満たすにはスギ板材の2倍程度の薬剤が必要とされた。これは、加熱を受けたときに表面単板が中芯からはく離し、表面炭化層の形成がうまく進まなかったことによると考えられる。これに対し、12mm合板は表面単板がはく離せず、スギ材と同程度の防火薬剤含量で難燃材料、準不燃材料の基準を満たした。

他の2種類の防火薬剤は発熱抑制効果が弱く、木材の難燃処理には性能が不十分と判断された。

#### (2) 防火処理に伴う材質変化と劣化防止法

防火薬剤Type-1処理木材は吸湿性が高くなり、特

に関係湿度80%以上の環境では材料表面に結露が観察された。鉄腐食比はやや大きくなるものの、木材防腐剤の性能基準である2.0以下であったことから、ステープルや釘<sup>くぎ</sup>で施工しても支障ないと判断された。防火薬剤処理木材は乾湿繰り返しを伴う紫外線照射を受けると無処理材に比べ大きく変色した。また、無塗装材および塗装による塗膜の形成が十分でない材には、防火薬剤の析出による色むらが発生した。これに対し、ウレタン塗料の塗膜が十分に厚いと、防火薬剤の析出は生じず、変色も抑制された。

(平成13年度)

(防火性能科, 接着塗装科, 松島光陽化学(株))

### 3.8 海中に設置した低毒性防腐処理木材の性能評価 (民間受託)

Evaluation of the Performance of Wood Treated with Low Toxic Preservatives in the Sea

CCA(銅・クロム・ヒ素化合物)に替わる低毒性防腐剤として使用されている銅・ホウ酸・アゾール系薬剤(CuAz)やアルキルアンモニウム化合物(AAC)は、建築資材や土木資材などの防腐処理に幅広く使用されている。しかし、これらの薬剤で処理された木材の海中における性能については明らかにされていない。そこで、環境に負荷の少ない海浜施設用木材を開発するために、これら処理木材の海虫に対する抵抗性、および処理木材中の薬剤量の経時変化を評価した。

CuAz(作業液濃度1.38%, 0.69%)あるいはAAC(作業液濃度3.2%, 1.6%)を加圧注入したスギ<sup>おしよろ</sup>およびブナの試験体(20×100×200mm)を小樽市忍路湾の海中に設置し、所定期間ごとにこれらを回収して、海虫による穿孔<sup>せんこう</sup>・食害状況の観察、重量減少による食害量の評価、および軟X線による試験体内部の被害状況の観察を行うとともに、試験体に残存している各防腐剤の吸収量(試験体重量当たりの薬剤量(g/g%))を求めた。海中に設置してから52か月までの結果の概要は以下のとおりであった。

#### (1) 試験体の海虫による食害状況の観察(外観, 軟X線)および被害度評価

被害を及ぼした海虫はフナクイムシ(*Teredo*属)とキクイムシ(キクイシャコ *Limnoria*属)であった。



第9図 軟X線写真 - スギ無処理 (4か月経過)  
Fig. 9. Soft X-ray photograph of untreated Japanese cedar (4months exposure).

無処理の試験体はいずれも、設置当初から海虫の激しい食害を受け(第9図)、設置後24~28か月の間にすべて崩壊した。

CuAzあるいはAACで処理した試験体はいずれも海虫抵抗性を示したが、その中でもCuAz処理したスギは設置後52か月を経過しても海虫による食害をほとんど受けておらず、ほぼ健全な状態であった(第10図)。しかし、AAC処理されたスギ、CuAzあるいはAAC処理されたブナでは、時間が経過するに従い海虫による食害が激しくなっていた。

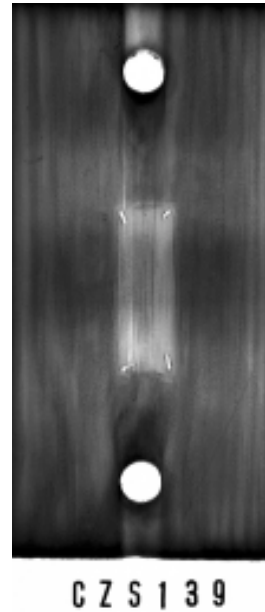
海虫による食害の結果から判断すると、CuAzはフナクイムシに比べキクイムシに対して抵抗性が高く、AACはキクイムシに比べフナクイムシに対して抵抗性が高いことが示唆された。

(2) 海虫の食害量の評価

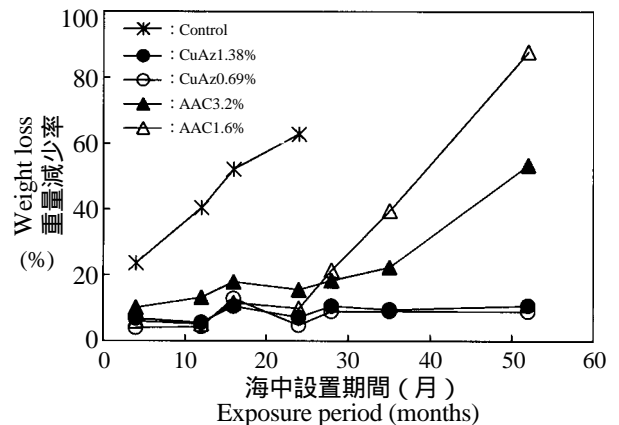
設置後24か月における無処理試験体の重量減少率はスギで63%、ブナで70%となったが、CuAz処理したスギでは52か月を経過してもほとんど重量減少が見られなかった(第11図、第12図)。その他の試験体では、設置後24か月以降に重量減少が増加していった。また、試験体の断面欠損は重量減少率とほぼ同様の傾向を示した。

(3) 薬剤残存量の評価

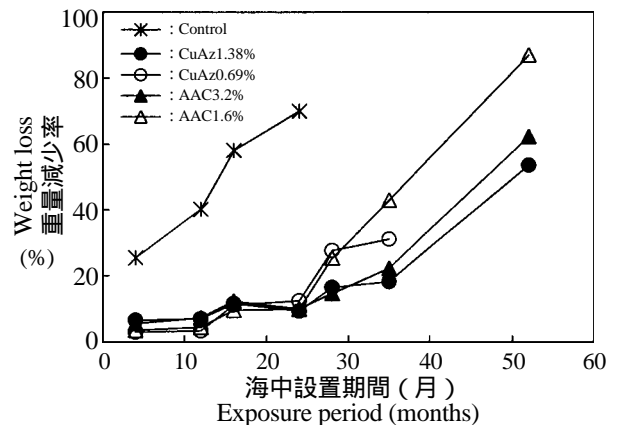
CuAzの残存率は、いずれの処理濃度、いずれの樹



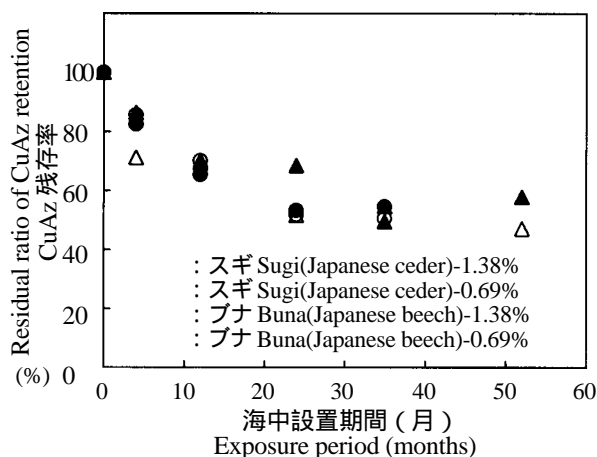
第10図 軟X線写真 - スギCuAz処理 (52か月経過)  
Fig. 10. Soft X-ray photograph of Japanese cedar treated with CuAz (52months exposure).



第11図 薬剤処理ごとの重量減少率 - スギ  
Fig. 11. Weight losses for treated specimens - Japanese cedar.



第12図 薬剤処理ごとの重量減少率 - ブナ  
Fig. 12. Weight losses for treated specimens - Japanese beech.



第13図 CuAz残存率の経時変化  
Fig. 13. Residual ratio of CuAz retention.

種においてもほぼ同様の減少傾向を示し、35か月後の残存率はおよそ50～55%の範囲にあった（第13図）。また、試験体の木口面に近い部位ほど薬剤の溶脱が大きかった。

海中暴露52か月間の結果から、海虫抵抗性を示す効力限界値はCuAzがおよそ0.5 g/g、AACが5 g/g以下であると推測される。

（平成13年度）

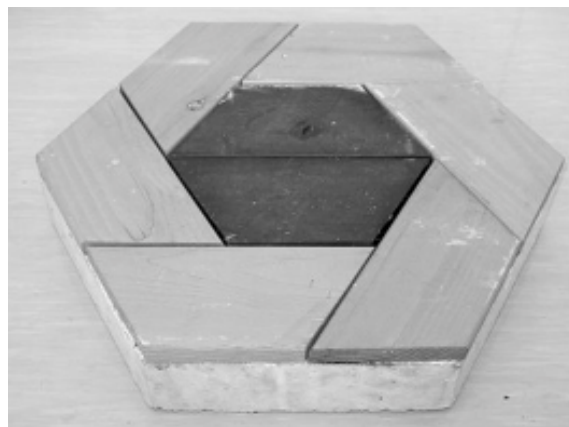
（耐朽性能科，成形科（株）ガイエンス）

### 3.9 未利用残材を利用した舗装・緑化資材の開発（共同研究）

Development of the Paving or the Forestation Material that was Made from Unused Lamber

平成12年度は合板むき芯材，ならびにSPFプレカット端材を原料としたフロア材のデザイン開発，耐久性付与と技術の検討，ならびに寸法変化の特異性を考慮した施工法等の検討を行った。

13年度は，カラマツ小径材からの小幅板を利用し，デザイン性を重視した公園緑化用舗装材（第14図）の実用化を検討した。カラマツ表面材とコンクリートブロックとの接合は，接着により行うことを前提とした。接着条件として，コンクリートブロックが内部まで十分に乾燥していることと，カラマツ表面材も同等に乾燥していることが最低限必要であることが確認された。耐朽性の向上には，木材保護着色剤と水性無機質塗料との併用により相乗効果的に性能の向上が期待できることを確認した。



第14図 未利用材を利用した六角形の舗装ブロック

Fig. 14. Hexagon Pavement designed on basis of trapezoid.

しかし，水性無機質塗料の単価が極端に高価であることから，使用か所によっては木材保護着色剤のみの処理にとどめ，屋外暴露試験や促進耐候性試験にみられる表面劣化の程度から，3年が妥当と推定されるメンテナンスサイクルに合わせ，補修や再塗装といったサービス・メンテナンスの実施も併せて検討することを提案した。

（平成12～13年度）

（性能開発科，耐朽性能科，接着塗装科（株）ゼストシステム）

### 3.10 木質系舗装資材と自然エネルギーによるロードヒーティング・システムの実用化（共同研究）

Realization of Road-Heating-System Worked by Using the Natural Energy with Woody Quality Paving Materials

平成10～12年度に実施したサンポット（株）との共同研究「冬季歩行と安全性を考慮した木質系フロアシステムの開発」において，比較的低温な循環液による融雪の可能性を確認した。そこで循環液への熱供給源を灯油からソーラー等の自然エネルギーへ転換することを目的として本研究に着手した。

13年度は，林産試験場の屋外実験フィールド内にソーラーパネル3枚と太陽電池パネル1枚（第15図参照），容量300lの蓄熱タンク，および融雪フィールドの循環液に熱を供給する熱交換器，ならびに日射計をはじめとする各種測定機器を設置し，各部の



第15図 ソーラーパネルと太陽電池の概観  
Fig. 15. Survey of solar collector and solar battery.

温度変化などから集熱量，集熱効率，放熱量，融雪状況等の追跡調査を行った。

(平成13～14年度)  
(性能開発科，サンポット(株))

### 3.11 木材の高耐久処理技術の開発(共同研究)

Development of Technology for Improving Durability of Wood by Chemical Modification

(平成13～14年度)  
(化学加工科(株)新宮商行)

### 3.12 道産 形梁の施工仕様書の作成

Preparation of the Specification for I-Beam with Wood Products of Hokkaido

平成11～12年度の事業化特別研究「道産 形梁の製造試験と実用化」において、道産 形梁は強度試験により十分な強度性能を持つこと、製造装置の開発により量産可能であること、試験施工により良好な施工性と床組性能であることが明らかとなった。

13年度は、それらの結果をふまえて、民間企業への技術移転を実施したが、製品化後の普及を進める上で、桝組壁工法の床組に適正に施工されるための施工仕様書が不可欠となった。そこで、接合耐力などの検討を行いながら、試験施工の結果をもとに最適な施工方法を検討し、道産 形梁独自の施工仕様書を作成したので概要を以下に報告する。

#### (1) 根太受け金物のせん断耐力試験

試験は、両側の側根太(44mmの2枚合わせ)に根

太受け金物を取り付け、そこに床根太を落とし込んでH形の試験体を作製し、その床根太に集中荷重を加えることで、接合部のせん断耐力を調べた。試験体の種類は、床根太の梁幅と枚数により、89、64、44、44mmの2枚合わせの計4種類とした。梁せいはすべて235mmとし、試験体数は4種類各6体とした。試験で得られる荷重-変位曲線をもとに、「1998年桝組壁工法建築物構造計算指針」(以下、「桝組指針」)に基づいて金物1個あたりの長期許容せん断耐力 $L P_a$ を算出した。

試験の結果、 $L P_a$ は、6.0、6.2、3.1、7.6kNとなった。これらの値は、それぞれの床根太に想定される設計荷重を上回ったことから、根太受け金物が床根太の設計荷重を負担するのに十分なせん断耐力を有していることが確かめられた。

#### (2) 床根太継ぎ手のせん断耐力試験

主材を構造用合板(カラマツ、12.5mm厚、4ply)とする釘の一面せん断試験を行った。試験は、側材を構造用合板としてCN50を打ち込む試験A、側材を建築金物(桝組壁工法用帯金物S-45、1.2mm厚、有効釘本数は3本)としてZN40を打ち込む試験Bの2種類行った。試験体数は各6体とした。試験で得られる荷重-変位曲線をもとに、「桝組指針」に基づいて釘1本あたりの短期許容せん断耐力 $S P_a$ を算出した。

試験の結果、 $S P_a$ は試験Aでは0.31kN、試験Bでは0.42kNとなった。その値をもとに「桝組指針」の床根太継ぎ手1か所あたりの接合耐力(1.55kN)を満たす条件を検討したところ、ウェブ部分で合板により継ぎ手をする場合はCN50を5本打ち、金物により継ぎ手をする場合は金物を2枚とすればよいことが明らかとなった。

#### (3) 施工方法の検討

12年度に行った試験施工をもとに、住宅メーカーの協力を得ながら、桝組壁工法の床組としての最適な施工方法を検討した。防火用および気密用充てん部材、根太受け金物のスパーサーの形状、継ぎ手金物の取り付け方法などについて改良を行った。また、想定される特殊な施工条件(床開口部、オーバーハング、セットバック、バルコニー等)における床根太の断面構成について、過去の強度試験の結果をも

とに決定した。

(4) まとめ

本研究の結果をもとに、住宅金融公庫の枠組壁工法住宅工事共通仕様書に準じて、道産 形梁の施工仕様書を作成した。今後は、本仕様書を(株)北海道住宅建築協会の協力により道内の住宅メーカーへ配布し、広く普及を図る予定である。

(平成 13 年度)

(加工科、構造性能科)

3.13 枠組壁工法用オープンジョイストの開発(共同研究)

Development of Floor-Joist that has Openings in Web for Wood-Frame-Construction

林産試験場では、枠組壁工法の床根太部材として道産 形梁の開発を行ってきたが、住宅業界のさらなる要望として、ウェブに開口部を有する床根太の開発が挙げられた。これは、道内で広く普及している高断熱高気密住宅において、室内の水分および汚染空気を計画的に入れ換える換気システムの導入が進んでおり、ダクト等の配管を通しやすい床根太および床組が求められているためである。

そこで、道産材を用いて開口部を有する床根太部材(オープンジョイスト)を開発し、換気ダクトおよび給排水などの配管作業の多い床組に使用することで、枠組壁工法住宅の床組の施工性の向上を目指した。

(1) 配管作業の調査

道内の枠組壁工法住宅メーカー13社に対して聞き取り調査を行い、配管作業の実態を把握するとともに、オープンジョイストに要求される性能や条件を検討した。その結果、直径120mmのダクト配管が可能であること、開口部間の距離は455mm程度、梁せいは235mm、床根太スパンは3,640mm以下であることなどが明らかとなった。

(2) 形状および製造方法の検討

製造コストを考慮しながら形状および製造方法を検討した。その結果、断面形状は 形梁をベースとし、梁せいは235mm、梁幅は88mmとした。開口部の形状については、ウェブに直径120mmの円形孔を持つRタイプ、ウェブの継ぎ手間を120mm透かした

矩形孔を持つSタイプの2種類とした。また、支点から最も近い円形孔またはスリットの位置については、支点からそれぞれの中心までの距離が341mm(Aタイプ)と569mm(Bタイプ)の2種類とし、合計4種類とした。これらの試作を行いながら、孔あけ方法、組立治具、圧締方法などを検討した。

(3) 曲げ強度試験

試作した4種類のオープンジョイストについて曲げ強度試験を行った。試験は、4等分点4点荷重で行い、スパンは3,640mm、試験体数は各4体とした。また、比較としてウェブに開口部を持たない通常の形梁(Nタイプ、梁せい235mm、梁幅88mm)の曲げ試験も行った。Nタイプは、久保木工(株)で試験生産したものであり、試験体数は5体とした。その結果を第2表に示す。

最大荷重 $P_{max}$ の平均値については、SタイプがRタイプに比べて約4割ほど低かった。また、Nタイプと比べると、Rタイプは約2~3割、Sタイプは約5割程度低く、円形孔よりスリットのほうが大きく強度低下することが明らかとなった。これは、スリットが矩形孔であるためにフランジとウェブの接合部に応力が集中し、低い荷重で破壊したものと考えられる。なお、AタイプはBタイプよりも平均値が低かったが、大きな差は認められなかった。

本試験条件における長期許容荷重 ${}_L P_a$ は、最大荷重の下限值に1/3を乗じた値であり、長期設計荷重を上回る必要がある。ここで、床用設計荷重 $1,800N/m^2$ 、床根太間隔455mmとするとスパン3,640mmの床根太1本にかかる長期設計荷重は3.9kNとなる。RタイプおよびNタイプの ${}_L P_a$ は3.9kNよりも大きく、十分な安全率を持つと言えるが、Sタイプは設計荷重に対して耐力が不足することが明らかとなった。

設計荷重時のたわみ量 $\delta_{exp}$ の平均値については、RタイプはNタイプとほぼ同等であり、SタイプはRタイプより大きく剛性が低かった。しかし、いずれのタイプも、本試験条件におけるたわみ制限値(7.2mm)に比べて小さく、十分な剛性であった。

以上より、スパン3,640mmで実用十分な耐力と剛性を持つオープンジョイストは、Rタイプであることが確かめられた。

(3) 施工性の検討

第 2 表 オープンジョイントの曲げ試験結果  
Table 2. Result of bending test of open joint.

種類	実験体数	$P_{max}$	${}_L P_a$	$exp$
Type	Number	av.(kN)	(kN)	av.(mm)
R-A	4	17.4	4.9	2.7
P-B	4	18.6	5.6	2.6
S-A	4	11.2	2.6	3.5
S-B	4	11.8	3.5	2.9
N	5	23.7	6.6	2.6

注： $P_{max}$ ：最大荷重(kN)， ${}_L P_a$ ：長期許容耐力(kN)， $exp$ ：設計荷重時のたわみ量(mm)，R：円形孔タイプ，S：スリットタイプ，A：支点からの距離が341mm，B：支点からの距離が569mm，N：開口部のないI形梁

Note: $P_{max}$ :The maximum load(kN); ${}_L P_a$ :Long-term allowable load(kN); $exp$ :The deflection on design load(mm);R:Type of round openings;S:Type of square openings;A:The distance from supporting point is 341mm;B:The distance from supportings point is 569mm;N:Normal I-beam without openings

十分な強度性能を持つRタイプについて、今後、実際の住宅に施工し、オープンジョイントとしての施工性を評価する予定である。

(平成 13 年度)

(加工科，構造性能科，久保木工(株))

### 3.14 ダフリカカラマツを用いた構造用集成材の適正製造条件の検討(民間受託)

Examinations of Proper Manufacturing Conditions of Structural Glulam Used *Larix dahurica*

(平成 13 年度)

(加工科，製材乾燥科，接着塗装科，構造性能科，協同組合オホーツクウッドピア)

### 3.15 導電性を有する木質系高分子を利用した発熱合板の開発(共同研究)

Development of Heating Plywood by Using Wood-Based Polymer with Electric Conductivity

北海道の合板工業は、近年の住宅着工の落ち込みや、東南アジアや中国などからの安い製品に押されて、低迷している。このような状況を変えていくためには、低コストで高い付加価値を有する合板を製造することが必要である。そこで、カーボンブラックやグラファイトなどの導電性をもつ物質を接着剤に混入して、その接着層に電気を通すことによって

発熱させる木質系面状発熱体パネル(以下、発熱合板とする)の開発を行った。発熱合板の製造が可能となれば、既存の合板製造ラインを変更することなく、容易に、低コストで面状発熱体を提供でき、低価格の床暖房、屋根融雪装置などの開発が可能となる。

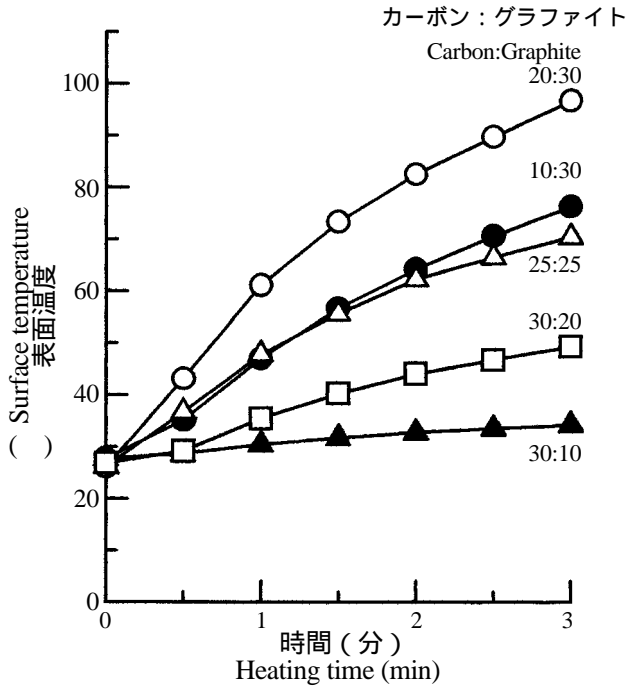
本研究では、メラミン樹脂接着剤にカーボンブラックとグラファイトを混合して発熱合板を製造し、その発熱性能と配合割合、塗布量、圧縮圧等の関係を検討した。また、90×180cmのサイズでの実大製造試験を行い、コスト試算も行った。以下各項目について説明する。

#### (1) 配合の影響

カーボンブラックとグラファイトの配合比と発熱性能の関係を第16図に示した。その結果、接着剤100部に対してカーボンブラック20部、グラファイト30部の配合割合で最も表面温度が上昇した。グラファイトの電気抵抗が低いいため、グラファイトの量を多くした方が発熱性能は高くなったが、グラファイトのみを多くしても発熱性能は高くならなかった。また、JASに規定されている1類浸せきはく離試験を行った結果、すべての試験片において合格した。

#### (2) 圧縮圧の影響

発熱合板を製造する際の圧縮圧の影響を第17図に示した。配合はメラミン系接着剤100部に対して



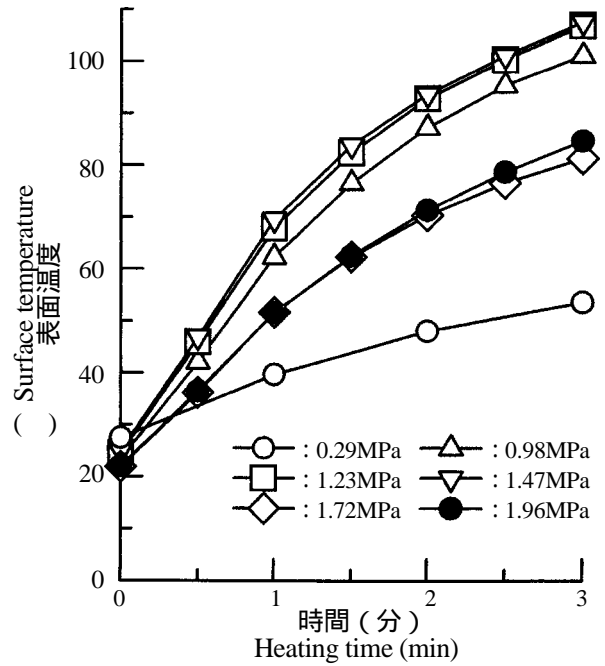
第16図 発熱性能に及ぼす配合の影響  
Fig. 16. Effect of surface temperature on content of carbon and graphite.

カーボンブラック20部，グラファイト30部とした。圧縮圧は発熱性能に大きく影響し，1.23MPaと1.47MPaの場合が，最も発熱温度が高くなり，圧縮圧が高すぎてもまた低すぎても発熱性能は低くなった。圧縮圧が低いと接着層が厚くなると考えられるため，導電性向上にはプラスに働くが，接着剤中の導電性物質同士の接触が少なくなるため，この点ではマイナスに作用すると予想される。逆に圧縮圧が高いと接着層が薄くなるが，導電性物質同士の接触は多くなると考えられるため，圧縮圧が低い場合と逆の状況となる。結局，これらの要因のバランスで最適範囲が決定されると考えられる。なお，ここで最適とされた圧縮圧は，一般の合板製造時と同程度である。

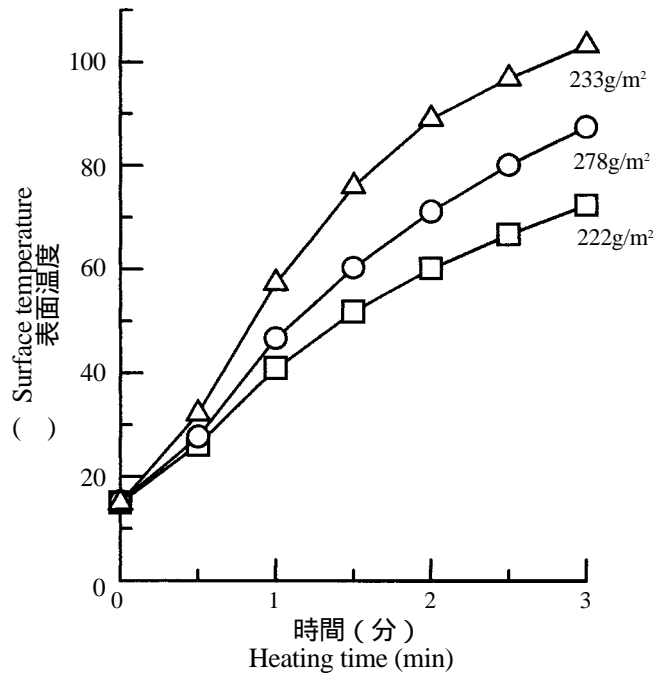
(3) 塗布量の影響

塗布量の影響を第18図に示した。この場合の製造条件は，圧縮圧力1.18MPaとし，配合は(2)の場合と同様とした。

塗布量が多くなれば発熱性能が向上することが認められた。これは，塗布量が多いと接着層が厚くなり，接着層に含まれる導電性物質の量が多くなるために接着層内の導電性が向上することが考えられる。ただし，実際にスプレッター等で製造する際には塗



第17図 発熱性能に及ぼす圧縮圧力の影響  
Fig. 17. Effect of surface temperature on pressing pressure.



第18図 発熱性能に及ぼす塗布量の影響  
Fig. 18. Effect of surface temperature on glue spread.

布量については限界があり，あまり多く塗布しても合板からはみ出す等の理由で，およそ1m<sup>2</sup>当たり333g程度が最適と考えられる。

(4) 表面処理の影響

表面の平滑性が発熱性能にどのような影響を与え



るか、台板の合板にサンダーで研削したものをういて検討した。研削をした方が発熱温度は高くなり、温度ムラも小さくなる傾向が認められた。これは表面を平滑にすることにより接着層が均一な状態になったためと考えられる。このことから、台板の表面あるいは表面に張る単板の平滑性が重要であることが確認された。

(5) 接着剤の種類の影響

メラミン樹脂接着剤以外にも、フェノール樹脂接着剤、ユリア樹脂接着剤、水性ビニルウレタン樹脂接着剤を用いて、発熱合板を製造した。その結果、水性ビニルウレタン樹脂は、合板の製造は可能なものの、他の接着剤と比べて100倍以上の電気抵抗を示したため、発熱合板用接着剤には不適当であった。それ以外の接着剤ではメラミン樹脂接着剤と同等の発熱性能が認められた。

(6) 実大サイズでの製造

以上の検討から基本的な配合と製造条件を決定し、実大サイズでの製造試験を行った。

90×90cmや90×180cmの大きさで発熱合板を製造したが、これらの場合、電極間距離が長くなるので発熱温度が低下するのは当然であるが、温度むらが大きく一様に発熱しないという問題は今後の検討課題とした。

(7) コスト試算

今回の条件で製造した場合のコスト試算を行った結果、発熱合板の製造コストは90×180cmサイズ1枚当たり約2,000円と計算された。これには電極取り

付けなどの加工費は含まれていないが、通常の面状発熱体(加工費含む)が1m<sup>2</sup>当たり2~3万円といわれているので、その点を考慮しても1/10から1/5程度のコストで製造することが可能である。さらにこれらは通常の合板工場の設備で製造可能であり、余分な設備投資が不要であることを考えると、非常に低コストで発熱合板が製造可能であるといえる。

以上の結果から、炭素系物質を導電性物質として用い、メラミン樹脂接着剤などの木材用接着剤に混入することにより、低コストで、優れた発熱性能を有する発熱合板の製造が可能となった。このような方法で木質系の暖房製品を製造した例はなく、平成14年2月に基本的な特許を出願した。本研究は14年度以降も継続して行うが、実用化のためには、発熱温度のばらつきの低減、絶縁の方法、施工方法、長期的な発熱性能の安定性、効率的な製造方法など解決しなければならない課題は数多くある。今後、それらを検討していく予定である。

(平成13年度)

(合板科, 北海道合板(株))

.3.16 改修を行う吊り橋の木部劣化調査(民間受託)

Investigations for Wooden Deterioration of Suspension Bridge before Improvement

(平成13年度)

(デザイン科, 耐朽性能科, 材質科, シスコン・カムイ(株))

.4. 木質材料と異種材料との複合化技術の開発

Development of Technology for Combination of Wood and the Other Materials

平成13年度取り組み研究テーマなし。

## 5. 木質材料の使用マニュアルの充実

### Perfection of Use-Directory for Wood and Wood Based Materials

#### 5.1 木質建材からの VOC 放散と室内分布性状 (共同研究)

Study on VOCs Emissions from Wood-Based Materials and Distribution of VOCs Concentration in Wooden Residence

住宅内の揮発性有機化学物質(VOC)については、その測定体制の確立および濃度低減方法の検討が早急に求められている。本研究は、木質建材からの VOC 放散特性の測定、住宅における施工方法(取り付けや仕上げ等)および換気(方法・換気経路・換気量等)を検討し、低 VOC 住宅を実現するための実際的なマニュアルの作成を行うことを目的としている。

平成 13 年度に得られた結果を以下に示す。

##### (1) VOC 測定装置の設計

材料からの VOC 放散特性の測定を目的としたチャンバー装置を導入するため、国内外のチャンバーの規格および、稼働中の装置の調査・検討を行った。その結果から、スモールチャンバー(20~40 l)については製作と性能試験を、ラージチャンバー(3m<sup>3</sup>)については仕様の検討と基本設計を行った。

##### (2) 木質建材からの VOC 放散

木質材料から発生するホルムアルデヒド、トルエン、キシレンについて放散特性の検討を行った。特にホルムアルデヒドに関しては、定常および非定常温度状態における放散特性変化の検討を行った。また、市販品および林産試験場にて試作された吸着剤の性能評価も行った。

##### (3) 住宅内の VOC の濃度測定

押入やロッカーなどでは VOC、特にホルムアルデヒドの濃度が高くなる危険性が指摘されている。そこで、これらの部分で発生したホルムアルデヒドの、居室内への流入状況を検討した。また、機械換気システムによる濃度低減効果についても、検討を行った。

##### (4) 住宅の換気特性の検討

換気による VOC 低減効果を検討するため、換気シミュレーションプログラムの開発検討を行った。また、多重換気シャフトを用いたパッシブ換気住宅の換気性能の測定を行った。

##### (5) 自然系塗料の性能について

健康および自然に配慮した塗料として市販されている自然系塗料の塗装性能評価を行った。

(平成 13 ~ 14 年度)

(米田主任研究員, 性能開発科, 合板科, 接着塗装科, 加工科, 道立衛生研究所, 道立北方建築総合研究所, 北海道東海大学, (株)前田理工(株)アストリー, コープ住まい(株), 松本建工(株))

#### 5.2 家具等からの VOC の放散と低減方法の検討 (中小企業庁補助)

Study on Control Techniques of VOCs Emission Rates from Furniture

化学物質による室内空気汚染は、シックハウス症候群や化学物質過敏症の原因として大きな社会問題となり、建材等の低 VOC 化や施工方法による対策が進んでいる。それに対し、家具に関しては、明確な測定方法がなく、対策についてもあまり検討されていないのが現状である。今後、住宅の低 VOC 化に伴い、家具などの生活様式に伴う空気汚染が重要になってくると考えられる。そこで、家具等に代表される木製品の化学物質の測定および評価方法を検討するとともに低減化に関する方法を検討した。

平成 13 年度は、F<sub>C0</sub> 合板からのホルムアルデヒド放散特性、ホルムアルデヒド吸着剤の効果および低 VOC 塗料の放散特性を検討した。

合板からのホルムアルデヒド放散量は、既存の温度補正式に一致する結果が得られた。しかし、ウレタン塗装をすることで、放散量は減少し、温度が上昇しても放散量の増加はほとんど認められなかった。

ホルムアルデヒド吸着剤による低減効果については、塗布タイプの吸着剤において、ホルムアルデヒ

ドの放散量がほとんど見られなくなったものもあった。そのなかで最も吸着効果の高かったものを市販の家具に用いて、塗布前後の気中濃度をラージチャンバーを用いて比較した。その結果、ホルムアルデヒド濃度が約90%程度低下した。さらに、住宅内の造り付けの家具に塗布したところ、塗布前では、室内濃度が $0.17\text{mg}/\text{m}^3$ であったものが、塗布後には、 $0.09\text{mg}/\text{m}^3$ と大きく低下し、室内濃度指針値以下の値となり、吸着剤による低減効果が認められた。今後、効果の持続性、材質の変化、接着性能や塗装への影響も検討する必要がある。

低トルエン・キシレン塗料のVOC放散特性をモールチャンバー法によって、温度 $25^\circ\text{C}$ 、湿度50%、換気回数0.5回/時の条件で測定した。その結果、塗装面積を $10\text{m}^2$ の家具に換算した場合、それを6畳間に置いたとき、塗装2日後にはキシレンとエチルベンゼン、4日後にトルエンの気中濃度が最大となったが、その気中濃度はいずれも $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下になることが推測された。この結果から、低トルエン・キシレン塗料の使用は、室内のトルエン、キシレンおよびエチルベンゼンの低減に有効であることがわかった。

(平成13～15年度)

(米田主任研究員、性能開発科、合板科、  
接着塗装科、加工科)

### 5.3 内部割れが接合性能に及ぼす影響

Effect of Inner Crack on the Timber Joints Performance

高温乾燥は、これまで乾燥が難しかった心持材を構造用途に利用するための乾燥方法として普及し始めている。しかし高温乾燥では表面割れが抑制されるものの、内部割れの発生を完全に防ぐことはできず、木口面に現れる場合にはクレームの対象となる可能性がある。このため内部割れと強度性能との関係についての情報が必要とされている。

本研究の目的は、樹種・乾燥条件ごとの内部割れの発生状況を把握するとともに、内部割れと部材の強度および接合性能との関係について実験的検討を行うことである。

試験体はトドマツおよびカラマツの正角材であり、

乾燥条件は高温条件と通常条件の2種類である。また、断面内の割れの長さを内部割れの程度の指標とした。

平成12年度は主に内部割れの発生状況と部材の強度性能との関係について検討した。また13年度は主に内部割れと部材の強度性能および各種接合部の強度性能との関係について検討した。

これらの結果を以下に示す。

#### (1) 樹種および乾燥条件ごとの内部割れの発生状況の把握

トドマツ・カラマツともに乾燥条件が高温なほど内部割れが多く発生していた。また同じ乾燥スケジュールで乾燥された高温乾燥材について比較すると、カラマツよりもトドマツの方がより多く内部割れが発生していた。

#### (2) 内部割れと部材の強度性能との関係

動的ヤング係数と内部割れとの間には、両樹種とも弱い正の相関が認められた。また、内部割れと比重との間にはほとんど相関が認められなかったが、カラマツで外部に達している割れと比重との間に弱い正の相関が認められた。

静的および動的ねじり試験の結果、せん断弾性係数と材縁に達している内部割れの間には、両樹種とも負の相関が認められた。これに対して、材縁に達していない割れとの間には相関は認められなかった。

#### (3) 内部割れと各種接合部の強度性能との関係

めり込み試験の結果、めり込み剛性、降伏応力、最大応力と内部割れとの間には、トドマツでは相関が認められなかったが、カラマツでは弱い正の相関があった。一方、比重とめり込み性能との間には、両樹種とも正の相関が認められた。

釘接合部のせん断性能と内部割れとの間には、樹種、加力方向、側材の種類に関わらず相関が認められなかった。

トドマツを対象とした釘の引抜き試験の結果、引抜き耐力と内部割れとの間には相関は認められなかった。これに対して、比重との間には高い相関が認められた。

以上の結果から検討すると、内部割れが部材の強度性能および接合部の強度性能に及ぼす影響はさほど大きくないと思われる。一方、接合部の強度性能

と比重との間には内部割れの有無に関わらず正の相関が認められる傾向があった。

(平成12～13年度)  
(構造性能科, 製材乾燥科)

#### 5.4 自然系塗料・接着剤の性質の検討

Physical Properties and Durability of Natural Paints and Adhesives

シックハウス症候群, 化学物質過敏症等の原因物質と考えられるVOC(揮発性有機化合物)について, その主たる発生源である塗料・接着剤の安全性に対して社会的関心が高まっている。平成11年度に実施した北海道内の関連企業に対して行ったアンケート調査結果では, 道内においてもこの傾向が強くあることが認められた。

これまで使用されてきた合成塗料・接着剤と自然系塗料・接着剤との比較資料は十分ではない。これに関連した種々の技術相談や技術指導に対応することを目的とし, 合成塗料・接着剤と自然系塗料・接着剤との比較検討を行った。あわせて自然系の塗料・接着剤の使用に関する利点や技術的問題を明らかにした。

平成12年度は自然系接着剤の性能, 外装用自然系塗料の耐久性について, 13年度は内装用自然系塗料の耐久性について検証した。道産ヤチダモ, カラマツ, トドマツの3樹種を用い, 外国製品4種, 国内製品2種, 天然塗料2種(蜜ろう, セラック), 合成塗料2種(溶剤系ポリウレタン, 水性ポリウレタン)の10種類の屋内用クリアー塗料を選定し, 216時間の促進耐候試験を行った。

試験に供した自然系塗料はいずれも常温において1昼夜以上の乾燥時間を要し, 乾燥速度は合成塗料>天然塗料>自然系塗料の順であった。

促進耐候試験では室内使用を考慮し, 試験片に対し直接シャワーリングは行わず, 機内湿度を定期的に50～80%RHに変化させ, 所定の照射時間ごとに色差, 接触角の変化を観察した。

色差は照射開始とともに各樹種とも大きく変化し, 合成塗料, 自然系塗料, 天然塗料とも変色抑制効果は見られなかった。各自然系塗料, 天然塗料の間に較差は認められなかった。

接触角は各塗料とも照射時間とともに徐々に低下したが, 試験終了時に各塗料ともはっ水性は残っていた。低下の度合いは塗料の種類により大きく異なり, 自然系塗料, 天然塗料にも合成塗料を上回るものも観察された。

以上の結果から自然系塗料, 天然塗料も用途を選択することによりその性能を活かして利用することが可能であると考えられた。

(平成12～13年度)  
(接着塗装科)

#### 5.5 低温環境下で使用される木質材料の接着性能

Adhesive Properties at Low Temperatures for Laminated Wood

林産試験場では構造用集成材の屋外利用の促進を目的とし, 集成材の接着性能を検討してきた。その一環として, 平成12～13年度は, 北海道のような寒冷地特有の環境因子である低温が接着性能に及ぼす影響を調べた。結果の概要は以下のとおりである。

13年度は, 実大集成材を用いて, 実際の使用環境に近い条件での低温暴露試験を行った。集成材の寸法は3,100(長さ)×105(幅)×300(せい)mmで, 接着剤はレゾルシノール樹脂接着剤(以下, RF), 水性高分子イソシアネート系接着剤(以下, API)を用いた。集成材は気乾で曲げヤング係数を測定した後, 2条件の低温暴露試験を行った。暴露試験は次のとおりであった。

集成材を水中に2週間浸せきし, 飽水状態で-20(1週間) 20(1週間)の凍結融解処理を2サイクル実施。

20, 65%RHで気乾にした集成材を10月下旬から4月初旬まで屋外で暴露。屋外暴露については, 集成材を軒下に設置し, 積雪と融解の影響を受ける状態にした。

暴露試験の後, 集成材を20, 65%RHで気乾に調湿し, 曲げ破壊試験を行った。APIで接着した集成材は暴露前と比較して暴露後の曲げヤング係数にほとんど変化がなかった。RFで接着した集成材では飽水状態で凍結融解を行った場合に暴露後の曲げヤング係数が暴露前と比較して低下した。

低温暴露による接着層への影響を調べるために曲

げ破壊試験後の集成材の両端から構造用集成材のJASに従い、ブロックせん断試験、浸せきはく離、煮沸はく離試験用のサンプルを切り出し、接着性能試験を行った。ブロックせん断試験の結果、APIで接着された集成材は飽水状態で凍結融解した場合、せん断強度の低下が認められた。RFについても飽水で凍結融解した集成材でせん断強度の低下が認められた。浸せきはく離、煮沸はく離試験では、APIで積層された集成材は飽水での凍結融解と屋外暴露によりはく離率は10%以上の高い値を示した。特に飽水で凍結融解を行った集成材の浸せきはく離率は26%とかなり高い値であった。他方、RFでは、低温暴露した試片のはく離率は暴露されなかったコントロールと比較してやや増加した。以上の結果から、集成材は低温環境下で接着層にダメージを受けることが示された。特に飽水状態のような集成材が水分を多量に含んでいる場合に、接着性能の低下が顕著であった。

低温暴露による接着性能への影響について実験室レベルの検討として、12年度に2plyの試験片を用いた接着性能試験を行った。試験片の含水率は約13%（気乾）、20%および飽水に調製し、凍結融解試験を行った。凍結融解は以下の2条件であった。-20の恒温室内、また液体窒素に浸せきして凍結した後、20で融解した。この凍結融解を1サイクルとし1~4サイクルの凍結融解試験を行った。低温暴露の後、各試験片は20、65%RHで気乾に調湿し、接着性能試験に供した。ブロックせん断試験の結果、RF、APIのいずれの接着剤を用いた試験片についても飽水状態でせん断強度が低下した。いずれの凍結温度でも同様の結果が得られた。はく離試験では、RFでは凍結融解によりわずかにはく離が認められ、APIでもはく離が認められた。これらの結果は低温暴露された集成材の接着性能試験の結果を支持するものであった。

以上のことからRF、APIの低温暴露による接着性能の低下は水分による影響が関係していると考えられた。そこで、API、RFの吸湿性、種々の含水率での力学的性質を検討した。種々の相対湿度で調湿したAPIとRFの含水率を測定した結果、RFはAPIに比べ高い吸湿性を示し、97%RHで約20%に達した。

97%RHで調湿したAPIとRFを放湿しながらTBA法による動的粘弾性測定を行ったところ、APIでは含水率の変化が10%から0%でtanは大きく減少し、相対剛性率は大きく増大したが、RFでは含水率が20%から0%に変化したにも関わらず、tanと相対剛性率はほとんど変化しなかった。このことから、APIの力学的性質は少量の水分によって大きく影響を受けることを示しており、APIの接着性能は水分による影響を受けやすいと考えられた。他方、RFは多量の水分を吸収するが、多量の水分を吸収しても力学的性質にはほとんど影響しない。収着された水分は凍結することにより膨張することからRFは高湿度下や濡れやすい条件では凍結融解によるダメージを受けやすいと推察された。

(平成12~13年度)

(接着塗装科)

#### 5.6 健康志向型木質建材による居住性向上技術の開発

Development of the Improvement Technology in Amenity by Wood Based Materials

床面積13m<sup>2</sup>(8畳)、天井高2.6m、換気回数0.5回/h、室温25、湿度50%の空間モデルを想定し、壁面積相当分の試料から放散される臭気の測定を行った。試料は、市販のF<sub>0</sub>合板3種(ラワン、カラマツ、シナ)、この合板に自然系塗料Lを塗布したもの、およびビニールクロスをゼロホルムアルデヒド型接着剤で張ったものを用いた。

その結果、すべての試料において不快を示し、臭気強度と不快度に正の相関が認められた。また、希釈しない臭気のイメージ評価では、塗装およびビニールクロス貼付によって、嗅覚に対する刺激および嗅覚以外(目、喉<sup>のど</sup>など)の刺激が高くなっていることが確認できた。また、臭気指数の比較では、無処理の合板3種が一番低く22.4~27.4、塗装試料は27.4~46.1、ビニールクロス貼付試料は32.4~43.6となり、違いがみられた。

内装計画の手法としてコンピュータシミュレーションを用いることを考え、その基礎となる材料の吸湿量のシミュレーションについて、以下の検討を行った。

パラメーターである湿気容量値を吸湿量に応じて変化させることにより、精度が向上することが確認された。

吸湿量の計算方法として、昨年までの表面湿流からの計算方法に加えて、内部水分量の積算値から算出する方法を検討した。後者の方法では、材料内部水分量の経時変化を算出することが可能であり、調湿に有効な材厚を予測することが可能になると考えられるが、現段階では両者の結果には、ずれが発生している。現在はそれを解消すべく検討中である。

(平成12～14年度)

(性能開発科、接着塗装科、合板科)

#### 5.7 道産広葉樹材の利用促進のための材質および利用実態調査(共同研究)

Wood Qualities and Availabilities of Several Hardwood Species Grown in Hokkaido

平成12年10月に旭川市の<sup>かぐら</sup>神楽橋架け替え工事に伴い、多量の支障木が伐採された。伐採量は、枝条も含め620m<sup>3</sup>で、その95%がハルニレを中心とした広葉樹であった。一般に、こうした工事で伐採される支障木の多くは、廃棄されるか、パルプ材として利用される程度で、必ずしも有効に利用されていない。また、広葉樹材に関する基礎材質等のデータは、その種類が多いこともあり、いまだ十分に整備されていない。そこで本研究では、伐採木の材質と利用実態を調査し、公共工事等で出材される木質資源の利用促進を検討すること、および広葉樹材の材質等に関するデータ集積を目的とした。

12年度は、伐採木の毎木調査を行うとともに一部の広葉樹については材質試験を行った。13年度は、伐採木の利用および枝条や伐根を含めた伐採木の利用実態を調査した。また、これまであまり知られていない、枝材および根材の基礎的性質を調べた。さらに、一般普及用として、材質データ等を掲載した資料を作成し、あわせて材鑑およびプレパラート標本を作製した。

##### (1) 伐採木の利用

伐採木は、幹材だけでなく枝条・伐根もすべて利用した。幹材については、ハルニレと針葉樹(トドマツ)を利用して、シスコン・カムイ(株)で、旭山



第19図 旭山動物園の入門ゲートと東屋

Fig. 19. Entrance gate of Asahiyama Zoo and bothy.

動物園(旭川市)の入門ゲートと東屋を設置した(第19図)。その他の幹材は、比布町のチップ工場でチップにした後、舗装資材として忠和公園(旭川市)の周囲の遊歩道に散布した。枝条および伐根は、北海道カーボナイズ(株)でチップ化した後、炭化処理して土壌改良材として利用した。

##### (2) 枝材および根材の基礎的性質

枝材および根材の繊維長、容積密度数を調べた(第3表)。幹材と比較して、繊維長は根材では顕著な差は認められなかったが、枝材では4割前後短かった。幹材での繊維の長短の傾向は、枝材および根材においてもおおむね反映されるものと思われた。容積密度数は、枝材では幹材より1割程度大きく、逆に根材では幹材よりも2割以上小さい値であった。組織観察の結果から、枝材ではゼラチン繊維を多量に含んだ引張あて材が多く認められた。

##### (3) 普及用資料の作製

伐採木の中から10樹種を選び、基礎的な木材性質に関するデータや顕微鏡写真等を掲載した資料(「森からのおくりもの」第20図)を作成し、CD-ROMに

第 3 表 枝および根材の繊維長と容積密度数  
Table 3. Fiber length and bulk density of branch and root wood.

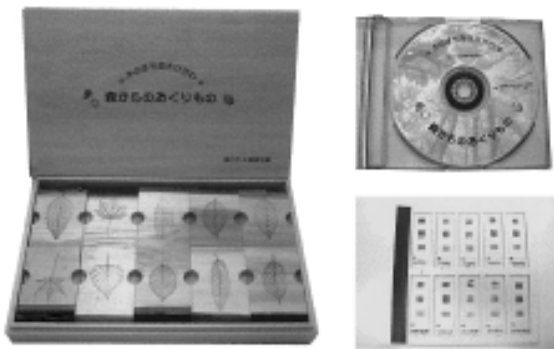
樹種 Species	繊維長 Fiber length			容積密度数 Bulk density		
	枝材 Branch	根材 Root	幹材 <sup>*)</sup> Stem	枝材 Branch	根材 Root	幹材 <sup>**)</sup> Stem
ミズナラ <i>Quercus crispula</i>		0.8 ~ 1.1 ~ 1.6	0.5 ~ 1.1 ~ 1.6		400 ~ 463 ~ 526	487 ~ 576 ~ 644
ハリギリ <i>Kalopanax pictus</i>	0.4 ~ 0.7 ~ 1.1	0.6 ~ 1.2 ~ 2.0	0.6 ~ 1.1 ~ 1.6	536 ~ 560 ~ 580	256 ~ 357 ~ 465	466 ~ 496 ~ 541
ミズキ <i>Cornus controversa</i>	0.5 ~ 1.0 ~ 1.6	1.2 ~ 1.7 ~ 2.5	1.0 ~ 1.5 ~ 2.0	532 ~ 570 ~ 643	217 ~ 343 ~ 458	426 ~ 488 ~ 527
ハルニレ <i>Ulmus propinqua</i>	0.3 ~ 0.7 ~ 1.3	1.0 ~ 1.5 ~ 2.3	0.4 ~ 1.2 ~ 1.8	549 ~ 599 ~ 680	288 ~ 353 ~ 382	353 ~ 431 ~ 475
ヤチダモ <i>Fraxinus mandshurica</i>	0.3 ~ 0.6 ~ 1.0	0.5 ~ 0.7 ~ 1.0	0.5 ~ 1.3 ~ 1.8	590 ~ 635 ~ 667	277 ~ 301 ~ 319	518 ~ 540 ~ 562
イタヤカエデ <i>Acer mono</i>	0.3 ~ 0.5 ~ 0.7	0.4 ~ 0.7 ~ 0.9	0.4 ~ 0.7 ~ 1.0	427 ~ 633 ~ 868	463 ~ 485 ~ 517	557 ~ 592 ~ 685
シラカンバ <i>Betula platyphylla</i>	0.4 ~ 0.9 ~ 1.4	0.7 ~ 1.3 ~ 1.7	0.9 ~ 1.8	479 ~ 786 ~ 500	263 ~ 351 ~ 550	432 ~ 485 ~ 546
バッコヤナキ <i>Salix bakko</i>	0.3 ~ 0.6 ~ 1.0	0.8 ~ 1.3 ~ 1.8	0.5 ~ 1.0	407 ~ 422 ~ 432	238 ~ 265 ~ 300	330 ~ 345 ~ 358
オニグルミ <i>Juglans sieboldiana</i>	0.4 ~ 0.8 ~ 1.5	0.8 ~ 1.2 ~ 1.6	0.6 ~ 1.1 ~ 1.7	368 ~ 410 ~ 476	212 ~ 233 ~ 259	370 ~ 438 ~ 486

注：\*)：「木材工業ハンドブック」(丸善 1982)より抜粋

\*\*)：平成 12 年度の結果

Note：\*)：Data from `Mokuzaikougyou handbook` (Maruzen 1982)

\*\*)：Data of last year.



第 20 図 CD-ROM, 材鑑およびプレパレート標本  
Fig 20 . CD-ROM about wood properties, wood and preparation sample.

編集した。あわせて、同一樹種の材鑑およびプレパレート標本を作製した。

(平成 12 ~ 13 年度)

(材質科, シスコン・カムイ(株))

### 5.8 アカエゾマツ人工林材の材質評価

Wood Qualities of Plantation-Grown Akaezomatsu  
(*Picea glehnii*)

アカエゾマツ人工林は間伐時期を迎えつつあり、

間伐材の出材の増加が予想される。しかし、小径のアカエゾマツ人工林材を製材品として利用する場合、くるいの発生等が問題となっている。本研究ではアカエゾマツ間伐材の用途としてツーバイフォー材、および心持ち正角材を想定し、くるいを抑制する乾燥条件についての検討、ならびに強度性能の評価を行った。さらに、アカエゾマツ人工林材の用途開発に向け、その特性を把握することを目的として基礎材質試験を行った。

ツーバイフォー材の試験では 28 年生と 33 年生の津別町産材を心持ち、および心割りの 2 通りの木取りで製材し、初期蒸煮温度、圧縮圧力、乾燥温度を変えた 4 条件で人工乾燥を行った。心持ち正角材の試験では 40 年生と 52 年生の厚岸町産材を用い、高温乾燥の 1 条件のみで人工乾燥を行った。圧縮を行っていないものと比較すると、圧縮によるくるいの低減効果は顕著であった。しかし、圧縮圧力が大きな条件においても、ねじれが等級決定要因となるケースは皆無ではなく、くるいをさらに抑制する方法について検討する必要がある。また、貫通割れが等級決定要因となるものもあったが、貫通割れのほ

とんどもは製材直後の段階で確認されていたことから、乾燥に伴い生じた割れはほとんどが軽微なものであったと考えられる。

強度性能の評価として、曲げ強度試験を行った。曲げヤング係数による機械等級区分を心持ち正角材に適用した場合、半数以上がE90に格付けされることになり、E110に格付けされるものも1割以上存在した。また、個々の曲げ強さをその機械等級に対応するエゾマツの基準強度と比較したところ、基準強度を下回るものはみられなかった。

基礎材質試験として繊維傾斜度、密度、収縮率の測定、無欠点小試験体での各種強度試験を行った。曲げ強さ、および曲げヤング係数の平均値はトドマツ人工林材の値とほぼ同等であった。

(平成13～14年度)

(材質科、製材乾燥科)

#### 5.9 スギ育種種苗の品質向上を目指した材質検定

Test of Wood Qualities for Improvement in Breeding Nursery of Sugi (*Cryptomeria japonica*)

北海道におけるスギ育種種苗の普及率は毎年ほぼ100%となっており、この種子の大半が松前道有林管理センター（現：渡島西部森づくりセンター）の大沢採種園から供給されている。この採種園は精英樹63クローンで構成されている。本研究は、これらのクローンの材質検定を行い、採種園全体の材質の変異を把握し、選抜基準を示し、基準値未満の不良クローンを除去することを目的として実施した。このように、採種園の体質改善を行うことは、道南スギの品質向上および産地形成に向けた第一歩となる。

試料は大沢採種園産の林齢37年生のスギ43クローン（129本）の地上高2.0～2.5mの部位から採取したものをを用いた。材質試験は繊維傾斜度、含水

率、材色、密度測定を行った。なお、試験結果には、1997年に調査した既存の10クローン（30本）も加え、計53クローンで検討をした。

繊維傾斜度は全体的に小さく、平均繊維傾斜度は2.8%で最大繊維傾斜度が6.0%であった。分散分析の結果からクローン間差は認められなかった。したがって、繊維傾斜度での選抜が不要であることが確認された。

含水率はクローン間差が認められた。心材含水率はクローン平均で130%（64～197%）であり、辺材含水率は245%（182～312%）であった。過去に調査した道南支場植栽の同一クローンでの心材含水率と比較すると、本試験での値が平均で45%大きく、植栽地が異なれば心材含水率が変動することが確認された。

心材色は、 $L^*a^*b^*$ のいずれの形質も分散分析でクローン間差が認められた。 $L^*$ 値の小さいものが黒心材に近いことから、 $L^*$ が61未満の8クローンを排除する候補木と考える。また、 $a^*$ 値が7未満の1クローンも排除候補木と考える。 $L^*$ 値は心材含水率との間に負の相関があるといわれているが本試験の結果では認められなかった。

密度は軟X線デンシトメトリ法で求めた。スギの密度は樹心部で大きく、外側で小さいことはよく知られているが、樹心部に近い10年輪以内（内側）と11年輪以降（外側）の平均密度ではともにクローン間差が認められた。内側の全クローンの平均密度は $0.40\text{g/cm}^3$ で、外側では $0.33\text{g/cm}^3$ であった。内側と外側で有意な正の相関（ $r = 0.68$ ）が認められた。外側の部位で密度の小さい $0.31\text{g/cm}^3$ 未満の15クローンを排除する候補木とした。

(平成13～14年度)

(材質科)



# 木材産業の体質強化を促進するための技術開発

Technical Assistance for Fortifying of Local Forest Product Industries

## 1. 生産技術の改善・開発

Improvement and Development of Manufacturing Technology

### 1.1 インサイジングに替わる難注入性道産材への薬液含浸技術の開発

Development of Technology for Improving Liquid Penetration to Softwood

北海道産の主要な造林木であるカラマツやトドマツ材の用途を広げ、需要を拡大していくためには、より付加価値の高い製品づくりと、それを可能にする独自技術の開発が欠くことができない。

木材に各種の薬液を含浸することで耐朽性や難燃性、寸法安定性など、木材に不足している性能を補い新たな機能を与えることは、高付加価値化・用途拡大を図る上で有効な手法である。薬液による処理を行う場合にもっとも基本となるのが、処理薬液を効率よくかつ確実に木材内に行き渡らせるための薬液含浸技術である。

しかしカラマツやトドマツの心材部は、薬液の含浸が困難な、いわゆる難注入性の材であることが知られており、そのままでは減圧・加圧注入装置を用いても十分な薬液含浸を行うことは難しい。そのため、このような難注入性の材に薬液を含浸する場合、特に防腐剤の場合には、材一面に人為的に刺傷を施すインサイジング処理によって注入性を改善する方法が行われている。しかしこのようなインサイジング処理は、材表面に明瞭な刺傷痕が残ること、処理によって強度が低下すること、処理装置自身が高価なことなど、改善すべき点も多い。

そこで本課題では、できるだけ材の美観性や強度を損なわずに、しかも必要十分な薬液含浸を行うための薬液含浸技術の開発を行う。

平成13年度は、材の美観性や強度を損なわずにイ

ンサイジングと同等の薬液含浸を可能とする注入性改善処理について、カラマツ心材を用いて検討を行った。改善処理の効果は、処理材に染色液を注入した後で材を割断し、材内での染料の分布を観察することにより評価した。また処理の材強度への影響は、曲げ強度試験により測定した。その結果、無処理材と比較して浸潤面積は約2～4.5倍となり、刺傷痕などの目立った欠点も見られなかった。しかし処理に伴って材強度は約10～45%低下した。

14年度以降は、処理薬液の性状や供試樹種に応じた最適処理条件について検討を行う予定である。

(平成13～15年度)

(化学加工科)

### 1.2 木材乾燥自動制御システムに対応する電気抵抗式含水率計の開発(共同研究)

Development of Conductance MC Meter Attached to the Full Automatic Control System of Lumber Kiln

(株)デックシステムは、昭和62年に林産試験場と共同で開発した「木材乾燥自動制御装置」を製造販売しているが、工場へ納入してからおおむね10年以上経過した製品については、機械装置が老朽化しており、場合によっては制御不能に陥るような不具合が発生している。特に含水率センサの消耗が著しい。これを機に開発から10年以上経た今、含水率センサを見直すと、高精度な広葉樹材用と簡便な針葉樹材用の2種類にニーズが分極していることが分かった。住宅品質確保促進法の影響もあり、特に針葉樹を扱う利用者から、人工乾燥中の簡便かつ十分な精度の

含水率測定機器を切望する声があがっている。

このような背景から、本研究では(株)デックシステムと共同して、住宅用針葉樹材の人工乾燥制御用に、簡便かつ高精度で含水率を測定する電気抵抗式(電極打ち込み方式)含水率計を開発することとした。この含水率計を林産試験場で開発した木材乾燥自動制御システムに組み入れることで、重量センサにはない簡便さを持つ含水率スケジュール方式の自動制御が実現できる。

抵抗式の場合、約40%以上の含水率は正確に計れないという欠点がある。この点については十分検討しなければならないが、針葉樹材の乾燥において微妙な制御が必要な含水率は繊維飽和点(約30%)以下であることから、抵抗式で十分な制御が可能と判断した。

抵抗式を用いる場合、材温により出力が大きく変化するため、補正する必要がある。また、材表面と中心部で含水率が異なるいわゆる水分傾斜の影響も大きい。したがって人工乾燥中の水分傾斜の影響についてまず検討し、この結果を受けて温度補正を行うこととした。

本研究では含水率計の開発を(株)デックシステムが担当し、水分傾斜、材温による補正データの取得を林産試験場が担当した。

平成12年度は(株)デックシステムが含水率計を製作した。13年度は林産試験場が補正データを取得した。

#### (1) 水分傾斜の影響

供試材はトドマツとした。1本のトドマツ原木から製材し、節等の欠点を取り除いて幅10×長さ20×厚さ2cmの板目材にした後、水を加圧注入して飽水させたものを実験に供した。飽水後重量を測定し、ほぼ同じ重量のものを用いた。

試験片は木表を風上に向けて乾燥機内部に3枚ずつ2列つるし、それぞれの試験片に電極を2組(1組は表層の抵抗を測定するため約5mm、もう1組は中心部を測定するため約10mm)木表側に打ち込んだ。電極の間隔は30mmとした。電極の付け根は乾燥しないようシリコンシーラントを塗布した。また木裏側から電気抵抗の測定に影響がでない位置に直径3mm、深さ11mmの穴をあけ、熱電対を挿入して内

部温度を測定した。乾燥機内部の温度は試験片列の前、約10cmの位置に設置した熱電対を用いて測定した。

乾燥は乾球温度を90とし、湿度は調節しないで行った。乾燥経過中の電気抵抗を監視し、適宜、乾燥機から取り出して、電極付近を厚さ方向5枚にスライスして全乾法で含水率を測定した。結果を第1図、第2図に示す。

表層と材中心部では電極間の水分分布が異なるため、含水率と電気抵抗の関係が異なると考えられる。表層部では相対的に低い抵抗値になることが予想されたが、予想していたより水分傾斜が少なく、中心部と同等であった。

#### (2) 実大材の乾燥経過と電気抵抗の関係

実大サイズの材について204材を80で乾燥した場合と、105mm正角材の高温乾燥について電極の間隔を30mmとして表層と材中心部の電気抵抗の変化を測定した。いずれの場合も表層の電気抵抗については加湿のON/OFFによる変動が大きく、乾燥経過をより反映しているのは材中心部の電気抵抗であった。このため、材中心部の電気抵抗と平均含水率の関係を求め、温度補正とすることにした。

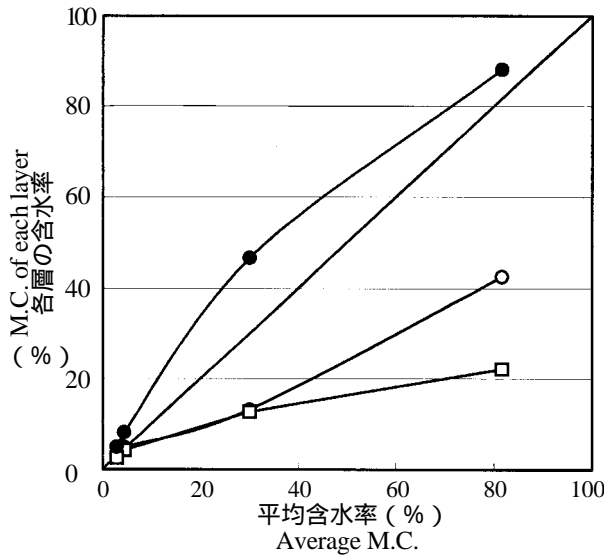
#### (3) 温度補正データの収集

試験片は、水分傾斜の検討に用いたものと同様である。試験片を小型の乾燥装置により50～150の間で一定の温度に保ち、重量、乾燥機内部温度および含水率計の出力を同時に測定した。この時、湿度制御は行わなかった。

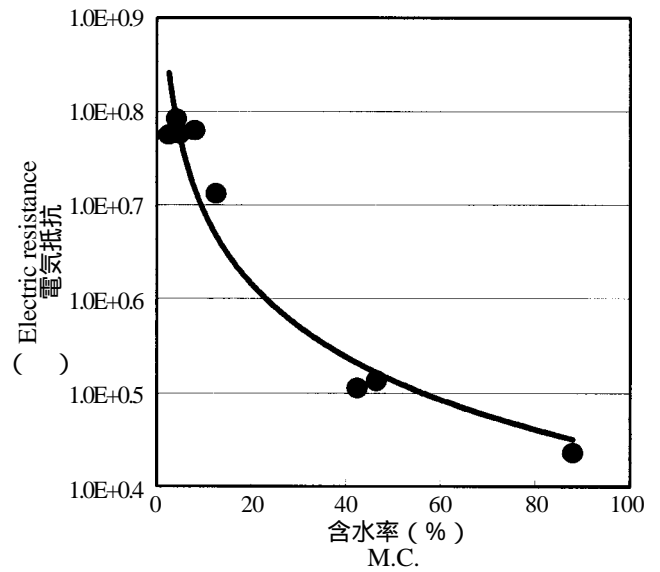
試験片は、重量がほぼ一定になるまで乾燥装置内で測定し、測定終了後全乾法により含水率と全乾重量を得た。

50～110で行った試験の結果は90で行った試験と同様の結果が得られたため、材温補正データとして含水率計に実装した。130、150で行った試験の結果はそれ以下の温度で行った試験と異なった傾向を示した。

これは乾燥が速いため、かえって水分傾斜が小さくなり、測定される電気抵抗値が大きくなったためと考えられる。高温乾燥のスケジュールからすると、このような高温で処理する時は湿球温度を高く設定するため、今回の試験とは大きく異なることが予想



第1図 平均含水率と水分傾斜  
 凡例:○:表層(木裏)-□:表層(木表)-●:中心層  
 Fig. 1. Relationship between average M.C. and M.C. distribution.  
 Legend:○:Surface layer(Pith side);-□:Surface layer(Back side);-●:Center layer



第2図 含水率と電気抵抗の関係(90度)  
 Fig. 2. Relationship between M.C. and electric resistance(90度)

される。また、この時の含水率も、繊維飽和点以上であると考えられるため高温乾燥中の実大材で試験を行い検討し直す必要がある。

トドマツ以外の樹種については必要に応じてデータを蓄積していく予定である。

(平成12～13年度)  
 (製材乾燥科(株)デックシステム)

### 1.3 乾燥材の精密水分計測技術の検討

Development of Moisture Gradient Measuring System to Prevent the Deformation of Kiln-Dried Softwood Lumber

水分傾斜など、木材内部の水分分布に偏りがあることはそれ自体が含水率の計測を難しくしているだけでなく残留応力の原因となり使用時に材のくるいとなって品質を著しく落としクレームなどのもととなる。これを正しく把握し十分低減されていることを見極めるには、木材を切断し含水率を測定する方法があるが、品質の維持には全数を計測する必要があり、非破壊で計測し仕分けする装置が求められる。

本研究では、安価で、精度の高い非破壊含水率傾斜計測技術を開発することを目的とした。具体的には、含水率傾斜測定装置の開発と、含水率傾斜が材料のくるいに及ぼす影響について検討することとし

た。

平成13年度は以下の結果が得られた。

- (1) 含水率傾斜計測用センサの検討, 開発  
 仕上がり寸法10.5cmの正角材を対象とし, 計測用ソフトウェアの検討に用いる電極を作成した。
- (2) 含水率傾斜とねじれ, 曲がりとの関係の把握  
 トドマツとカラマツを対象に製材直後の心持ち正角材と高温乾燥後の心持ち正角材について電気抵抗式含水率計を用いて水分傾斜を測定するとともにねじれ, そり, 曲がりを測定した。

トドマツおよびカラマツ心持ち正角材を屋内で自然乾燥した場合, 平均含水率は乾燥初期(50日前後まで)には経過日数の対数に比例して減少し, 気乾含水率に達した。その後は雰囲気に合わせて変動した。ねじれの大きさは試験材ごとに異なったが, 大きさ, 樹種に関係なく, 10～20日目(平均含水率20～25%)から平均含水率の低下に比例して増大した。含水率計による内部水分の測定からは, 材中心の含水率がFSPを切るあたりから明確な変化が現れると推測された。収縮率は断面中立線近傍では樹種によらず, FSPを境に大きくなるが, その立ち上がりはねじれほど急峻でなかった。端部では, 割れと周囲の雰囲気に大きく影響された。水分傾斜は含水率計によれば, 表面と中心の含水率の比が平均含水

率に比例すると考えられる。

高温乾燥後の変形については集計中である。

14年度は含水率傾斜計測用センサを試作し、アルゴリズムを改良するとともに含水率傾斜が材のくるいに及ぼす影響について最終的なとりまとめを行う予定である。

(平成12～14年度)

(製材乾燥科)

#### 1.4 切削音による帯鋸の異常判断の検討

Analysis of Running Noise for Detecting Damage of Band-Saws

帯鋸盤による製材の際、熟練作業者は音を含め様々な情報から異常を検知している。放置することで事故にもつながる鋸の亀裂について作業者に聞き取り調査を行ったところ、音と鋸の出入り(鋸の異常振動)で異常を判断するとのことであった。

本研究では音に着目して、帯鋸に発生する亀裂や歯の損傷を判断する手法について検討する。

平成13年度は帯鋸盤の発生する音データを蓄積した。

まず、テーブル帯鋸盤で発生する空転音および切削音について、新鋸を用いて1/3オクターブ実時間分析器により測定した。

切削を開始すると全体の音圧レベルが空転時から7dB程度増加し、その後連続して運転を行っている間は、切削時と空転時との差がほとんどみられず、ほぼ一定であった。これは1/3オクターブ分析においても同様であった。空転時の音圧レベルの上昇には発

生したのこくずの影響が大きいと考えられる。

歯が磨耗しアサリ幅が減少した鋸では新鋸に比べ、運転中の音圧レベルがわずかではあるが低下した。

試験に使用していた鋸が、切削中に溶接部より亀裂を生じたため運転を中止し、空転させて測定したが亀裂の有無による差は認められなかった。亀裂の判断にはより詳細な音の分析が必要である。

次に、パソコンを用いた周波数解析により異常が判断可能であるか検討した。

亀裂に比べ判断が容易な鋸歯の欠けについて測定した。音圧レベルは10kHz以下では減少傾向を示したが、16kHzおよび20kHzにおいて増加傾向が見られた。周期的に現れる欠けによる異常音には高い周波数成分が多く含まれていた。したがって、歯の欠けは切削時の1.6kHz以上の周波数帯の監視により検知可能と思われる。

14年度は、鋸身に人工的に亀裂をいれ、亀裂の大きさ、鋸の回転速度等を変化させてデータを収集し、音による帯鋸の亀裂検知の手法を検討する。

(平成13～14年度)

(製材乾燥科、機械科)

#### 1.5 蒸気式乾燥装置内の温湿度および風速分布の適正化(共同研究)

Optimization of the Temperature, Humidity and Air Velocity Distribution in the Steam Dry Kiln

(平成13～14年度)

(製材乾燥科、エノ産業(株)、(有)ランバーシステムコンサル)

## Ⅱ.2. 生産工程の合理化

### Rationalization of Manufacturing Processes

#### .2.1 製材業における情報システムの利用に関する研究

##### Development of an Information System for Sawmill Operation

価格の安い外国産製材の輸入増加にともなって、国産製材の価格は採算ぎりぎりのラインにまで下落している。このような環境にある製材業において、生産コストの抑制、生産の効率化が急務である。

この問題を解決するには、自動化機械の導入による人件費の削減、生産の省力化・高速化が考えられるが、製材業全体の経営状況を考えると、生産機械に大規模な設備投資をすることは不可能である。他の製造業ではこの問題を克服するために、生産計画法で生産現場の省力化、管理の簡素化、迅速な顧客ニーズへの対応が行われている。

本課題では、製材工場において現場の作業員の勘や経験に頼ることの多い生産意思の決定を支援し、在庫管理など効率的な製品流通を促進する生産・販売システムの構築を目標とした。このシステムは安価なパーソナルコンピュータを用い、梱包材工場を例として、受注から生産、出荷、減量在庫、顧客情報、原料価格等を管理し、納期管理などを行うプログラムである。プログラムは市販のデータベースであるMicrosoft Access®をベースにVisual Basic®を用いて構築し、開発、メンテナンスの迅速化を図った。平成12年度は計画に基づき、システムを中心となる製品の受注、生産仕掛、出荷、原料の入荷について管理する機能を作成した。13年度は、製品梱包の組み合わせ、トレーラ台車への積み込み配置、各種統計処理を作成し、原料から製品までの一貫したプログラムが完成した。

これらの機能の多くは各企業、工場の作業や事務処理の方法に基づいて個別に作成・調整する必要がある。また、各企業、工場における導入後に作業や事務の方法が変更になった場合などにも、変更をプログラムするために相当の工数を要するため、この

点をどのように解決していくかという課題が残った。

(平成12～13年度)

(製材乾燥科、経営科)

#### .2.2 内装用針葉樹合板の製造

##### Manufacturing Of Interior Softwood Plywood

合板用原木は南洋材から針葉樹材への樹種転換が急速に進んでいるが、そのほとんどは構造用、型枠用であり、今後は内装用としての利用が望まれている。また、今後道内の人工林においてカラマツ、トドマツの中大径材の生産量が増加する見込みであり、これらの原木の有効利用という視点からも内装用針葉樹合板の開発は重要である。しかし、これらの針葉樹材を内装用合板として利用する際、抜け節が多い、表面が粗く割れが生じやすいなどの問題がありこれらの欠点を解決する必要がある。また針葉樹材特有の木目や節が表面に現れるため、これらがどのように感じられるかを調べ、針葉樹材に適した合板を製造することが重要である。そこで道産針葉樹材に適した内装用合板の開発を目的に、抜け節防止法の検討、表面性状の検討、官能試験によるイメージ調査等を行った。

##### (1) 抜け節防止法の検討

平成10年度および12年度は道産カラマツ、道産トドマツ単板を用いて、単板乾燥時の単板厚さ、仕上がり含水率と抜け節の関係を把握するとともに抜け節防止法の検討を行った。抜け節防止法は単板を合板の上に載せてドライヤーに通す方法、単板乾燥前に死節に接着剤を塗布する方法、テープを貼る方法、等を検討した。

抜け節の評価は抜け節率（死節の数に対する抜け節の数の比）によって行った。抜け節率は単板厚さが薄くなるほど、また仕上がり含水率が低くなるほど増加した。抜け節防止法に関しては接着剤を塗布する方法が最も効果が高かった。しかし、この方法は死節に接着剤を塗布した後、接着剤が硬化するま

第1表 製造した内装用合板の概要  
Table 1. Outline of interior plywood manufacturing in this experiment.

記号 Symbol	樹種 Species	単板の種類 Kind of veneer	単板の連続性 Continuity of veneer	節の有無 Existence of knots	抜け節の有無 Existence of loos knots	エンボス加工 Embossing	
A	カラマツ Karamatsu	SL	×		×	×	
B							
C							
D				×			
E							
F			RO	×			
G	トドマツ Todomatsu	SL	×		×	×	
H							
I							
J				×			
K							
L			RO	×			

注：SLx：スライス単板，RO：ロータリー単板，：有り，×：無し  
Note: SL:Sliced veneer;RO:Rotary cut veneer; :Exist; ×:Not exist

で単板を堆積できないため、作業性の改善が必要であった。そこで、13年度はこの作業の効率化について検討した。その結果、以下の作業で効率的に抜け節を減少できることがわかった。

接着剤はメラミン樹脂とラテックスエマルジョンの混合物を使用する。

接着剤塗布後すぐに単板を堆積する。

単板はポリエチレンシートでくるみ、翌日まで放置する。

翌日、単板乾燥を行う。

以上の作業を行うことで、抜け節率は無処理のものに比べ80%程度減少させることができた。

## (2) 表面性状の検討

単板の種類と表面割れの把握

道産カラマツ、トドマツ、スギの3樹種を用いてロータリー、スライス、ソーン単板を表面に用いた内装用合板を試作した。これらの合板について乾湿繰り返し試験を行い、樹種、単板の種類、単板厚さと表面割れについて検討した。その結果、表面割れはトドマツ<スギ<カラマツの順に多くなった。また全樹種に共通して、ロータリー単板の表面割れが多い傾向が認められたが、単板の種類、単板厚さと表面割れの間には明確な関係は認められなかった。

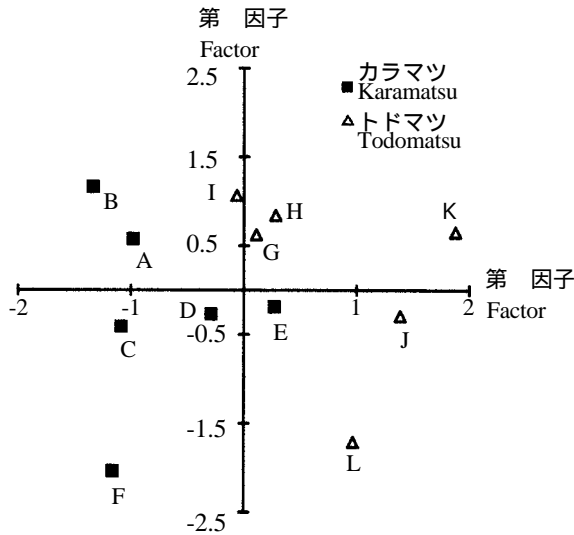
合板表面の化粧性の検討

13年度は合板表面の化粧性について検討した。針葉樹合板は表面を平滑に仕上げても粗さが残るため、逆に表面を粗く仕上げる方法を検討した。粗いサンドペーパーをかける、ブラッシングによるエンボス加工を行う、カッター状のもので表面に傷を付ける、等の方法を試みた。その結果、効果的と思われたのはブラッシングによるエンボス加工であったため、この合板を官能試験に供した。

## (3) 官能試験によるイメージ調査

道産カラマツ、トドマツを用いて、3×6サイズ、12mm厚さ、5ply構成の内装用合板を製造した。製造した合板は第1表に示す12種類であり、単板の種類、単板の連続性、節の有無、抜け節の有無、表面加工の有無等がそれぞれ異なっている。被験者は20～60歳代までの男女120名であり、試験室は室温20～22℃、相対湿度50～60%の恒温恒湿室内とした。内装用合板パネルを約2m離れた位置から見てもらい、SD法の7段階評定による官能評価を行った。形容語対には「明るい-暗い」、「自然な-人工的な」、「単調な-変化のある」、「軽やかな-重厚な」、「好きな-嫌いな」、「派手な-地味な」、「平らな-でこぼこした」、「落ち着きのある-落ち着きのない」の8種を用いた。

全被験者の得点を平均化し、各形容語間の相関行



第3図 それぞれの合板の因子得点  
Fig. 3. Factor scores of factor 1 and factor 2 of each plywood.

列を求めた結果、「明るい」と「軽やかな」、「好きな」と「落ち着いたある」等の形容語間の相関が非常に高くなった。また、「派手な」はすべての形容語間と負の相関となった。因子分析の結果、「軽やかな」、「明るい」等で表される第1因子（明るさ）と「好きな」、「自然な」、「落ち着いたある」等で表される第2因子（快適さ）の2因子が抽出された。これら2因子の因子得点を第3図に示した。第1因子は明度との相関が高く（相関係数0.78）、トドマツが高くカラマツが低い値となった。第2因子はスライス単板を用いた単板の連続性の無いものが高い値となり、ロータリー単板を用いたものは低い値となった。無節のものは有節のものに比べ、「明るさ」は高まるが、「快適さ」はさほど変わらなかった。抜け節の有無による評価の違いは明確ではなかった。表面加工による評価の違いについては、トドマツはエンボス加工をすることによって「快適さ」がやや高まるのに対して、カラマツでは逆に低下した。これは、カラマツは木目が明瞭なため、エンボス加工をすることによって木目が浮き上がり、派手さが増したことによるものと推察された。

（平成10, 12～13年度）  
（合板科，デザイン科）

### 2.3 新たな国産ボード(SPB)の工業生産の検討(共同研究)

#### Study on the Industrial Production of a New Domestic Board (SPB)

近年、安価で強度性能に優れたOSBが国内で普及している。しかし、このOSBは、主に原木を原料に使用することによるコストの問題や寸法安定性能（吸水厚さ膨張率）、強度性能、表面平滑性など材質面に課題があり、用途が制限されるため国産化されていない。一方、国内では今後大量に出てくる小径間伐材や建築解体材の用途開発が大きな課題となっている。また、ボード業界においては、建築解体材を原料とすることによりコストを削減し、安価な輸入品に対抗できる国産ボードを開発することが最重要課題となっている。

このような背景から、林産試験場では、平成11年度までに、安価な原料として表層に小径間伐材を原料としたストランド、芯層に建築解体材等を原料としたパーティクルを用いたストランド・パーティクルボード(SPB)について、性能とコストの両面から国産化の可能性を検討してきた。その結果、コストと性能の大幅な改善を達成し、SPBは国産構造用ボードとして輸入OSBと競合可能であることを明らかにした。

一方、セイホク(株)は、資源循環型企業として未利用材の有効利用が可能なSPBに着目し、構造用途としての強度性能、造作用途としての表面平滑性、内装材としての意匠性についても輸入OSBより優れたSPBを開発することができれば、新たな需要が期待でき、十分な市場性、採算性が期待できると判断した。

そこで、13年度に林産試験場とセイホク(株)は共同で、高性能SPBの開発および市場性、採算性の検討を行った。

#### (1) 高性能SPBの開発

構造用途として構造用合板を上回る十分な強度性能と造作用途として十分な表面平滑性を有するSPBを開発した。また、北海道産トドマツ・カラマツ小径木、宮城県産スギ小径木、北洋カラマツ・ラジアータパイン合板むき芯を用い、原料適性、適正ストランド形状、内装材用途としての意匠性について明ら

第2表 SPBの用途  
Table 2. Use of SPB.

用途 Use	厚さ Thickness	寸法 Size	
壁用 For wall sheathing	9mm, 12mm	3 × 8 910 × 2,430mm    3 × 9 910 × 2,730mm    3 × 10 910 × 3,030mm	
建築用 For residences	野地用 For sheathing	9mm, 12mm	3 × 6 910 × 1,820mm    3 × 9 910 × 2,730mm
床用 For subfloor	18mm, 24mm	3 × 6 910 × 1,820mm    3 × 9 910 × 2,730mm	
店舗用 For stores	内装用(インテリア) For interiors	9mm, 12mm	3 × 8 910 × 2,430mm    3 × 9 910 × 2,730mm
	床用 For subfloor	18mm, 24mm	3 × 6 910 × 1,820mm
	家具用 For furniture	9mm, 12mm	3 × 6 910 × 1,820mm

かにした。

(2) 市場性の検討

用途

SPBの用途は、第2表に示すとおり、輸入OSBとほぼ同様な用途が考えられる。但し、輸入OSBの大半が3 × 8サイズのため、SPBの3 × 6サイズは参入しやすいと考えられる。

需要

SPBは、原料に国産間伐材と建築解体材を用いているため、資源循環型社会の要求と、グリーン購入法に適合し、マーケットニーズは多い。また、営業サイドから、月産387,000枚のSPBは、総合木材産業(合板、MDF、PB、LVL)を有するセイホク(株)にプラスアイテムとなるため販売に問題はなく、十分な市場性があると判断された。

(3) 採算性の検討

SPBの採算性を判断するためには、コスト試算を行い、競合品の現況からの価格競争力を検討する必要がある。

コスト試算のための前提条件は下記のとおりとした。

表層ストランド：原木をストランダーによりストランド化

芯層パーティクル：解体材チップをフレーザーによりパーティクル化

寸法：1,820 × 910 × 12mm

密度：0.65g/cm<sup>3</sup>    12.92kg/枚

生産量：60,000t/年 (60,000,000kg ÷ 12.92kg/枚    4,630,000枚/年)

コスト試算結果を第3表に示す。なお、土地取得費については除外した。

第3表に示すとおり、SPBは12mm厚、3 × 6(910 × 1,820mm)換算で製造原価760円、問屋入り価格866円となった。一方、競合品である輸入OSBの価格は、為替動向によって左右されるが、現行40,000 ~ 44,000円/m<sup>3</sup>(12mm厚、3 × 6換算問屋入り価格778 ~ 856円/枚)となっている。なお、採算性の検討を行う際には、製造原価に占める減価償却費(定率法)等の割合が極めて高いこと、減価償却費は操業年次を重ねるごとに遞減することや将来の設備更新に備えた内部留保としての費用であることを考慮に入れた。以上のことを念頭に、輸入OSBに対して十分に競争力のあるSPB見込み価格を設定した結果、十分な採算性が見込まれた。

(平成13年度)  
(成形科、セイホク(株))



第3表 SPBのコスト試算結果  
Table 3. Result of the production cost calculation of SPB.

		金額 (千円) Amount of money (thousand yen)	12mm厚3×6換算 (円/枚) 12t×910×1820mm Conversion (yen/sheet)
原材料 Raw material	原木, 解体材 Logs, Wood member generated from building demolition	40,635	105
	接着剤, ワックス Glue, Wax	75,078	194
	小計 Subtotal	115,713	299
経費 Indirect costs	労務費 Labor cost	15,867	41
	その他(含減価償却) Others (Incl. depreciation)	162,540	420
	小計 Subtotal	178,407	461
製造原価 Manufacturing cost		294,120	760
一般管理費 General administration cost		1,935	5
販売経費 Selling costs	運賃 Haulage	28,638	74
	その他 Others	10,449	27
計 Total		335,142	866

#### 2.4 乱尺材対応型自動棧積装置の開発

##### Development of an Automatic Piling Device for Irregular Laminas

現在、棧積工程は、作業者がひき板の寸法や棧木位置などを考慮し、ひき板を試行錯誤で並べ替えることで対応している。このため、作業に時間を要するだけでなく熟練者も少ないことから、コストダウンに向けた棧積みの自動化による省力化が必要になっている。本研究の目的は、これらの作業の機械化である。

本装置による棧積方法は、扱うひき板やパレットのサイズにより配置を決定したうえで、そのデータに基づきひき板を並べるものである。

平成13年度は、12年度の概念設計に基づき、動作確認のため縮小サイズの棧積装置を設計・試作し、こ

の装置を制御するソフトウェアを作成した。この装置は、使用するパレットのサイズが40×46cmで、棧木を人手により並べ、一段分のひき板を自動的に並べるものである。使用するひき板は、幅48mm、長さ100、120、150、180、200mmの5種類とした。

棧積みの手順は、まず12年度に作成したソフトウェアによりひき板の配置を決定し、配置データを作成する。次に、配置データを棧積装置の制御用コンピュータに読み込ませることにより、ひき板を所定の位置に並べていく。一連の動作確認の結果、ひき板のストック位置からパレット上の配置位置まで、一段分を連続して行うことができた。

(平成12～14年度)  
(機械科、製材乾燥科)

### 3. 開発製品の市場性の評価

#### Assessments of Market-Performance of Developed Products

##### 3.1 開発製品の实用化促進のための市場性の調査

##### Researches on Marketabilities to Get Practical Use for Developed Products

製品の市場規模や将来性の把握はコスト試算に必要であり、製品化を考えている事業者にとっても意思決定の重要な要件となる。開発した製品のこれらの点についての問い合わせに対応し、またより効率的な製品開発を行って開発製品の商品化に結び付けていくためにも市場ニーズの把握、製品コンセプトの設定、需要予測といったマーケティングの技法を林産試験場も積極的に導入していく必要がある。

このため、比較的市場規模（量・金額）が推定しやすい公共需要に的を絞り、需要規模の把握や発注側の対象製品への意向調査を行い、これを基に既存開発製品の改良やPRを試みることにした。対象製品には、成形科の開発製品である屋内用および半屋外用視覚障害者誘導用ブロック（以下、誘導ブロック）と木質舗装ブロックを選んだ。

まず、誘導ブロックについて、製品の商品化を促す目的で、授産施設での製造可能性や、公共施設での使用・購入実態等を探るために聞き取りを行った。聞き取りの結果、授産施設での製造は設備投資などの点で一定の困難があることが予想され、また市町村では製品の実績を重視して購入することなどが分かった。次に木質舗装ブロックについては、需要規模を推定するために本製品と競合すると思われるインターロッキングブロック、コンクリート平板、舗装用レンガについて需要実績などの資料を収集した。また、誘導ブロックと木質舗装ブロックの主たる需要者と思われる地方自治体に向けて、製品の改良や市場ターゲットの把握を目的としたアンケート調査を実施した。アンケートの際には、開発製品のPRの

ため、誘導ブロックと木質舗装ブロックのパンフレットを製作して配布した。

アンケート調査では、全道212市町村、支庁、本庁の各建築指導課から100の調査対象を無作為抽出し、調査票を郵送により送付した。調査票の回収率は77%であった。アンケートを集計した結果、屋内用誘導ブロックについて既設誘導ブロックの張替え・修理のための需要はあまり望めず、新設着工による需要が中心となるであろうこと、求められる性能は歩きやすさと耐久性であることが分かった。

木質舗装ブロックについては、公園遊歩道、建物敷地および玄関アプローチ、広場、市街地の歩道の中でどこに敷設するのが良いか質問したところ、公園遊歩道への人気は最も高かった。そして、遊歩道に使う場合には、誘導ブロックと同じように歩きやすさと耐久性が求められている性能であることが分かった。なお、林産試験場で開発した誘導ブロックと木質舗装ブロックはリサイクル製品であることが特徴の一つだが、この点は現時点ではあまり重視されないようである。木質舗装ブロックは、今後は公園等の遊歩道に標的を絞って改良を加え、PRしていくべきであると考えられる。

14年度は収集した需要実績から需要予測なども行い、調査対象製品の改良、さらに開発製品の商品化に向けての課題、商品化のための方策などについて具体的な検討を行いたい。

さらに、林産試験場開発製品の商品化を促進するためのポイント、製品開発に際してのマーケティングの方法を提示していく予定である。

（平成13～14年度）

（経営科，成形科）

# 未利用森林資源の活用を促進するための技術開発

## Technological Development for Utilizing Un-or Less-Used Forest Resources

### 1. 化学的・物理的手法による利用技術開発

#### Development of Utilization Technology of Wood by Chemical / Physical Method

#### 1.1 燻煙処理木材の性能評価および性能向上に関する研究 (共同研究)

Evaluation and Improvement of Properties of Wood Treated with By-Products of Wood Carbonization

(平成13～14年度)

(耐朽性能科, 材質科, 下川町森林組合)

#### 1.2 難燃化熱処理木材の製造技術開発 (共同研究)

Development of the Technique for Making the Heat-Treated Wood with Fire Retardant Property

現在、自治体が管理する道路や公園では、緑化事業に雑草の防除や植物の生育促進機能を有する植物生育環境資材(土壌被覆材)が使われている。また、一般家庭におけるガーデニングにおいても、これらが普及している。

林産試験場では、これらの機能を有する、木チップを原料とした低温熱処理土壌被覆材を、平成9～12年度に竹内木材工業合資会社と共同で開発した。

しかし、この木チップを用いた低温熱処理土壌被覆材には、たばこなど火の不始末による火災の危険性が指摘されており、この土壌被覆材を普及するためには、火災の危険性がないものに改善する必要がある。

このことから低温熱処理木チップを用いた土壌被覆材に難燃性を付与し、火災の危険性を改善することを目的に、本研究を行った。

この目的を達成するため、第1に難燃処理の有無による燃焼状況の差異が明確に現れる着火試験法を検討した。第2に熱処理された木チップの発熱特性

をもとに竹内木材工業の製造する土壌被覆材の火災危険性を検討した。第3に屋外での使用を想定した溶脱試験と第1で求めた着火条件を用いた防火性能の評価によって、土壌被覆材に難燃性を付与する方法の検討を行った。以下にその結果を示す。

(1)難燃処理の有無による燃焼状況の差異が明確に現れる着火試験法を検討した。その結果、放射量 $4.8\text{kW/m}^2$ で5分間加熱した後、 $1\text{g}$ の固形アルコールの着火源を用いることにより、難燃処理の効果を評価できた。

(2)熱処理温度 $280^\circ\text{C}$ 以上で処理されたチップの最高発熱速度および総発熱量は、熱処理温度が高くなるほど低下した。熱処理温度 $360^\circ\text{C}$ 以上の熱処理チップの最高発熱速度および総発熱量は火源として用いた固形アルコールのそれらとほぼ等しく、これ以上の温度で熱処理された土壌被覆材には火災の危険性が少ないと判断された。このことをもとに、竹内木材工業から提供された粒度の異なる2種類の熱処理木チップを評価したところ、粒度の大きい熱処理チップは熱処理温度 $220\sim 240^\circ\text{C}$ で処理されたチップに相当する発熱特性を示した。また粒度の小さい熱処理チップは熱処理温度 $300\sim 320^\circ\text{C}$ で処理されたチップに相当する発熱特性を示した。

(3)平成9～12年度に開発した土壌被覆材に難燃性を付与するために、難燃剤としてリン酸水素二アンモニウムを中心に検討した。その結果、リン酸水素二アンモニウムのみでは耐候性がなく、土壌被覆材への難燃性付与の目的には不十分であった。そこで、いずれも肥料成分でもある尿素・リン酸水素二アンモニウム混合系を検討したところ、両者のモル比を4:1

とした混合溶液を重量比で15%となるよう含浸したチップを185℃で15分間加熱することにより、耐候性を有する難燃チップが得られた。

以上の結果から平成9～12年度開発した土壌被覆材は、たばこの火の不始末や裸火により潜在的な燃焼拡大の可能性を有しているが、適切な処理を施すことにより難燃性能を付与できることが明らかとなった。

(平成13年度)  
(物性利用科, 竹花主任SP,  
化学加工科, 防火性能科,  
葛西利用部長, 竹内木材工業合資会社)

### 1.1.3 組織培養法による耐そ性物質の生産

Production of the Antifeedant in Cell Cultures of Woody Plants Against Vole

カラマツにおける耐そ性の個体間の相違は、含有成分量(ステロイド類や精油)に由来する。そして、被害を受けたカラマツは、カルス形成により順次不完全であるが自己治癒する。このときカルスにはステロイド類、精油などの有用成分が増加する。本研究では、組織培養法による効率的な耐そ性物質の生成条件を明らかにして、天然物由来の耐そ剤の開発を検討する。

平成13年度はカラマツカルスの組織培養による耐そ性成分の生産条件と抽出・分離方法を検討した。

耐そ性成分の前駆物質を培地に添加し、その最適濃度とカラマツカルスの生長量および耐そ性成分量を調べた。その結果、前駆物質の最適濃度は10 mMであり、前駆物質無添加の場合と比べて生長量と抽出物量が増加した。乾物重量に対する抽出物量は、無添加カルスの4%に対して、添加カルスでは6%に増加した。なお、遊離型よりエステル型物質の割合が増加しており、耐そ性物質はエステル型で貯蔵されることが示唆された。

また、カルスを乾燥後に粉碎し、クロロホルム-メタノール(2:1, v/v)で抽出した。耐そ性物質は抽出物から5%程度得られた。

(平成12～14年度)  
(成分利用科)

### 1.1.4 ササ食品素材の開発(共同研究)

Development of Food Materials from Bamboo Grass

(平成13年度)  
(成分利用科(株)ケンテック)

### 1.1.5 樹木成分に由来する獣害抑制物質の製剤化と選抜(共同研究)

Screening of Antifeedant Against Voles from Chemical Components of Woody Plants

(平成13年度)  
(成分利用科, 道立林業試験場,  
(株)北海三共)

### 1.1.6 カラマツ由来の資源の有効利用に関する研究(共同研究)

Utilization of Japanese Larch (*Larix leptolepis* (Sieb. et Zucc.) Gord.) Components by Chemical Processing

(平成12～13年度)  
(化学加工科, 合板科(株)生物有機化学研究所)

### 1.1.7 木質炭化物の化学処理による環境調和型資材の開発

Development of New Environmental-Friendly Materials by Chemical Processing of Heat-Treated Wood

近年、道産小径間伐材のチップは輸入チップとの価格競争から製紙用に受け入れられる量が制限される実態にある。このため新たな用途開発、高付加価値化が急務となっている。これまでに、木質材料を250～300℃付近の温度域での熱処理により多数の活性官能基の生成等有用な化学構造、物性の変化が生じること、また熱処理後、アミン蒸気と反応させることによりペースト状の液化物が得られることが判明している。そこで本研究では、木質材料の熱処理による化学構造変化、さらに簡便な化学処理での反応性を利用し、生分解性樹脂材料、イオン交換材料など環境調和型資材の開発を試みた。

平成12年度までの試験結果を以下に示す。

液化挙動に及ぼす諸条件の検討の結果、液化に適

した木質材料の熱処理条件として、空気雰囲気下、275℃付近が好適であり、その場合常温・常圧下での液化処理が可能であった。試料形状は、のこず、かんなくず等粒径の小さなものが好適であり、より大きな形状の材料では粉碎等の前処理が必要と思われる。液化処理試薬としてエチルアミンが最適であった。

熱処理物(300℃)のイオン交換体としての性能は、市販陽イオン交換体等と同等であり、 $Pb^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 等の金属イオンを担持可能であった。またアンモニア、ホルムアルデヒド等有害ガスの低減効果が示された。

平成13年度は、液化物樹脂化条件の検討および金属等担持による触媒能の検討を行った。

液化物の溶媒親和性について、水およびエチレン

グリコールと任意の比率で混和することが判明した。

液化物樹脂化条件については、水およびポリビニルアルコールとの混合によりフィルム状成型物が、エチレングリコールおよび無水マレイン酸との混合によりシート状樹脂化成型物が作成可能であった。

金属等担持材料の有害ガス低減効果を検討した結果、窒素酸化物、ホルムアルデヒドに対する効果が認められた。ホルムアルデヒドに対してはアンモニアおよびアミン類の担持が効果的であった。担体として用いた熱処理材料に対し、24時間経過時のホルムアルデヒド残存率はエチルアミン担持材料で1/2、アンモニア担持材料で1/6となった。

(平成12～14年度)

(化学加工科、物性利用科、成形科)

## 2. 微生物的手法による利用技術開発

### Development of Utilization Technology of Wood by Microbiological Method

#### 2.1 シイタケ菌床栽培技術の確立

##### Development of Sawdust-Based Cultivation Technique of Shiitake (*Lentinula edodes*)

近年、生シイタケの生産は原木価格の高騰や生産者の高齢化などの影響から、従来の原木栽培に代わって菌床栽培による生産が急速に増加してきている。しかし、シイタケの菌床栽培は用いる品種により栽培特性は大きく異なるとともに、栽培行程の中に収量に影響を及ぼすと考えられる因子が多いことから技術的にも確立されてない部分も多い。それゆえ、これらの因子がどのように栽培に影響を及ぼすかを明らかにし、安定生産を可能とする栽培技術を確立することが求められている。

##### (1) おが粉の樹種の影響

5種類のおが粉(ブナ、ミズナラ、コナラ、ウダイカンバ、ダケカンバ)を用いて栽培試験を行い、用いたおが粉の樹種が子実体収量に及ぼす影響を調べた。

その結果、子実体収量はブナが最も多く、次いでナラ類、カンバ類の順となった。

##### (2) おが粉の粒度の影響

粒度の異なる5種類のブナのおが粉を用いて栽培試験を行い、用いたおが粉の粒度が子実体収量に及ぼす影響を調べた。

その結果、粒度の小さいものが15～30%子実体収量が多い傾向を示した。また、粒度が小さいおが粉を用いた場合には、総収量に対する一次発生比率が高い傾向を示した。

##### (3) 培地水分の影響

培地材料の重量を一定として培地の含水率を変化させて栽培試験を行い、培地水分が子実体収量に及ぼす影響を調べた。

その結果、培地水分と子実体収量の間には明確な相関関係は認められなかった。しかし、培地水分が高くなるにつれて総収量に対する一次発生割合が高くなる傾向が認められた。

##### (4) 添加栄養源の影響

一般的に栄養源と用いられている、米ぬか、フスマ、コ-ンブラン、配合飼料および4種類の市販栄養源を用いて栽培試験を行い、用いた栄養源が子実

体収量に及ぼす影響を調べた。

その結果、コ-ンプランあるいは配合飼料を単独で用いた場合、子実体収量は最も低かった。一方、市販栄養源を用いた場合には、米ぬかあるいはフスマより収量は増加した。

#### (5) 栽培袋の影響

フィルタ-のサイズあるいは個数等が異なる、14種類の2.5kg用市販栽培袋を用いて栽培試験を行い、用いた栽培袋が子実体収量に及ぼす影響を調べた。

その結果、用いた栽培袋間で最大約150gの子実体収量の差が認められた。しかし、子実体収量とフィルタ-のサイズおよび個数との間に明確な相関関係は認められなかった。

#### (6) 種菌の培養日数の影響

培養日数の異なる種菌を用いて栽培試験を行い、用いた種菌の培養日数が子実体収量に及ぼす影響を調べた。

その結果、子実体収量は種菌の培養日数によって、大きく影響を受け、種菌の培養日数が長いほど子実体収量は増加する傾向が認められた。しかし、種菌の培養日数が短い場合、菌床の培養日数を長くすることにより、この傾向は緩和された。

#### (7) 積算温度の影響

積算温度(培養温度×培養日数)を変化させて栽培試験を行い、積算温度が子実体収量に及ぼす影響を調べた。

その結果、供試種菌においては積算温度が約1,600~2,000の間では、25の培養で2,000に積算温度を設定した場合を除き、培養温度の違いは子実体収量に影響を及ぼさなかった。また、25で長期間培養を行うと子実体収量は減少した。一方、初期の培養を18あるいは22で行った後に、培養温度を25に変化させた場合には、子実体収量は減少しない。

(平成8~13年度)

(品種開発科)

### 2.2 未利用副産物を活用したきのこ栽培技術の開発

Development of Cultivation Technology by Using Unutilized Waste Materials

近年、キノコの市場価格は下降傾向をたどっているのに対し、原材料費および人件費は年々確実に上昇している。一方、廃棄物のリサイクルが進む中、農業、食品工業、醸造業などの各種産業において大量の副産物が未利用のまま廃棄されたり、それらの処理に多額の費用がかかっている。そこで、これらの未利用副産物を各種キノコ栽培に再利用できれば、キノコの生産コストおよび副産物の処理コストの低減が可能になる。

平成13年度はそば殻を培地基材として、各種食用菌の栽培の培地組成の検討を行った。

ナメコ、ヒラタケ、ブナシメジの栽培においては、そば殻を20%置換した培地で、無置換とほぼ同等の収量が得られた。タモギタケの栽培においては、20%置換した培地で、無置換の20~25%の子実体収量の増加が認められた。また、シイタケの栽培においても、そば殻を50%まで置換した培地で子実体収量の増加が認められた。

一方、マイタケの栽培ではそば殻の置換率の増加に伴い、子実体収量が低下する傾向が認められた。

(平成11~15年度)

(品種開発科, 生産技術科)

### 2.3 食用菌の生理機能の利用に関する研究(共同研究)

Research on Physiological Function of Edible Fungi

(平成11~15年度)

(品種開発科, メルシャン(株))

### 2.4 シイタケ菌床栽培におけるおが粉粒度の評価(民間受託)

Evaluation of Particle Size of Sawdust in the Sawdust Based Cultivation of Shiitake (*Lentinula edodes*)

(平成13年度)

(品種開発科(株)岩崎組)

### 2.5 ブナシメジ新品種の栽培技術の確立

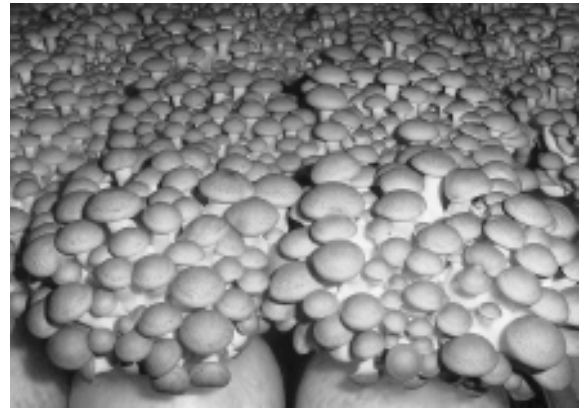
Development of Cultivation Technique for New Strain of Bunashimeji (*Hypsizygus marmoreus*)

ブナシメジ栽培では、子実体収量や品質を高めるために熟成工程を必要とすることから栽培期間が100日前後で長期にわたること、既存優良品種の数が少なく種菌入荷が不安定であることが課題となっている。さらに、ブナシメジについて道産樹種の培地材料としての適性が検討されていない。したがって、より短期間で栽培可能な品種とその安定生産を目指した栽培技術の開発が求められている。

平成10年度までに「新規定着キノコの効率的栽培方法の検討」で、栽培特性や品質の優れた有望な菌株として、Hm 88-8を見出した。

そこで、12年度までに、種苗法による品種登録出願のための安定性試験と新品種「マーブレ88-8」の栽培における最適培地組成の検討を行い、以下の知見が得られた。

- (1)12年4月に「マーブレ88-8」という品種名で出願し同年10月に出願公表された。
  - (2)栽培日数に関して、標準的な栽培日数に比べて25%程度の短縮が可能になった。
  - (3)増収効果が認められた4種類の栄養材について、混合比を検討した結果、比率の高まりとともに増収効果が高くなる材料3種類、低比率でも増収効果の高い材料1種類を見出した。
  - (4)おが粉に対する代替材料の置換効果を検討した結果、コーンコブ、綿実殻について増収効果を確認した。
  - (5)道産樹種のおが粉の影響を検討した結果、菌糸成長阻害作用のあるトドマツおが粉を屋外散水堆積することにより、カンバと同程度の結果が得られた。
- 以上の結果を踏まえて、13年度は引き続き最適培地組成の検討、および子実体の品質向上を目的とした発生環境制御の可能性について検討を行った。
- (6)培地基材として、おが粉とコーンコブ、栄養材として米ぬかと大豆皮を混合した培地で栽培した結果、高い増収性を示したものの、菌かきから収穫までの日数（以下、生育日数）は基本培地（おが粉、米ぬか）と同程度であった。
  - (7)(6)の培地に菌糸活性化剤を添加して栽培した結果、高い増収性が認められたと同時に、生育日数が短縮された。



第1図 マーブレ88-8の発生の様子  
Fig. 1. Flushing of Marbre88-8.

- (8)子実体柄部の徒長を抑制する試みとして、発生室における照射時期および照射の間欠時間を検討した。照射時期が遅れると徒長が進むこと、照射間欠時間を短縮することにより、徒長抑制効果のあることが明らかになった。

以上の結果、新品種「マーブレ88-8」の実用性を高めることができた。13年度には、道内企業と品種使用の許諾契約が実施され実用段階に入っており（第1図）、品種に適した栽培条件を継続して提案している。

（平成11～13年度）  
（生産技術科、森主任SP）

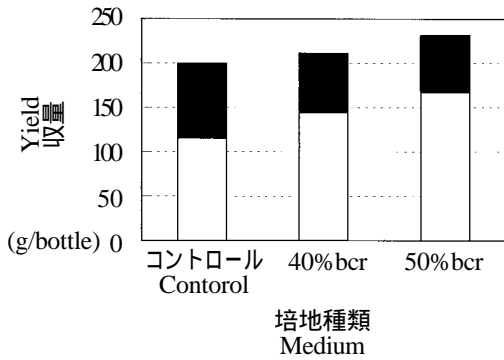
## 2.6 ナメコ瓶栽培技術の効率化に関する検討

Study of Effective Technique on Fruit Body Production in Sawdust-Based Bottle Cultivation of Nameko (*Pholiota nameko*)

菌床キノコのうち、ナメコ栽培では子実体の発生不良等に関する問題が多い。しかし現状では、ナメコ市販品種の栽培特性に関するデータが少なく、トラブルの原因究明が容易でない。生産技術の効率化および安定化を図る上でも、市販品種の栽培特性の把握は重要な課題である。

そこで平成12年度までに、複数の市販品種を用いて、培養日数や積算温度の影響、様々な培地基材や培地添加物による栽培特性を把握した。

以上の知見を踏まえて13年度は、さらに培地組成の詳細な検討を行なった。その結果、一般的な品種では、培地添加物にオカラを用いることで1次発生が最大45%増収することを見出した（第2図）。



第2図 培地添加物にオカラを置換した培地でのナメコの子実体収量

凡例: ◻: 1次発生, ◼: 2次発生, bcr: オカラ

Fig. 2. Yield of fruit-bodies of *P. nameko* on a medium contained with bean-curd refuse.

Legend: ◻: First flush; ◼: Second flush; bcr: Bean-curd refuse

また、栽培期間をさらに短縮できる市販新品種（高速栽培品種）の栽培特性の検討を行なった。その結果、高速栽培品種は基本培地（おが粉、フスマ）で他の品種に比べ1次発生量が多く、栽培期間は約15日短縮できた（第3図）。この品種は一回採りのシステムに適していることが示された。

4品種のナメコの一回収りと二回収りのシステムを比較した結果、品質面では前者、生産効率では後者が有利であることが明らかとなった（第4図）。

これらのデータは、各生産者の生産システム構築や品種の選択等に活用できる。

（平成11～13年度）

（生産技術科，森主任SP）

### 2.7 エノキタケ栽培培地の実用性の評価（民間受託）

Evaluation of New Substrate on Fruit Body Production in Bottle Cultivation of Enokitake (*Flammulina velutipes*)

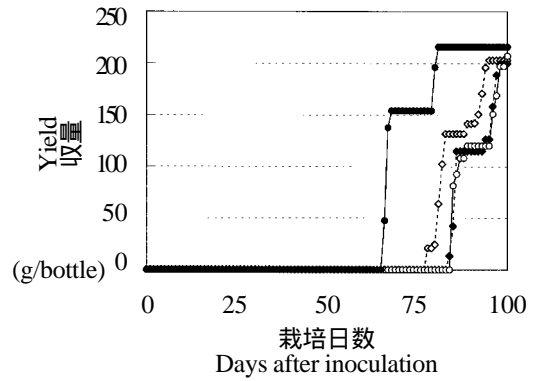
（平成13年度）

（生産技術科，森主任SP，愛別町農業協同組合）

### 2.8 ナラタケ属キノコ種菌製造技術の改良

Improvement of Technique on Producing Spawn of Naratake (*Armillaria* spp.)

これまで林産試験場では野生のナラタケ属菌から

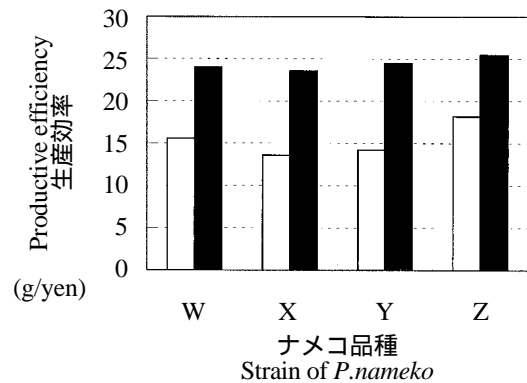


第3図 ナメコ高速栽培品種Zと他の早生系品種の子実体収量の推移

凡例: - - : 品種W, - · - : 品種X, ◯ : 品種Y, — : 品種Z

Fig. 3. Changes of total yield of fruit-bodies by 4 strains of early-ripening variety of *P. nameko*.

Legend: - - : Strain W; - · - : Strain X; ◯ : Strain Y; — : Strain Z



第4図 基本培地でのナメコ生産効率

注: 培地1円当たりの収量。一回採りと二回収りの比較  
凡例: ◻: 1回収り, ◼: 2回収り(1時発生+2時発生)

Fig. 4. Productive efficiency of *P. nameko* on basal medium.

Note: Productive efficiency is yield per medium cost, compared only first harvest with second times harvest.

Legend: ◻: First flush; ◼: Toal flush

菌床栽培に適した2菌株（両方ともツバナラタケ）を選抜し、栽培技術を確立した。しかし雑菌汚染の頻度が高く、不安定さを否めない。そこでナラタケの種菌製造から生産工程を通してその原因の究明と対策が必要である。

平成13年度は、ナラタケ種菌製造における雑菌汚染の原因を解明するため、種菌製造の各工程ごとに



検討した。

その結果、菌床表面に他の菌床キノコが気中菌糸を発達させるのに対し、ナラタケは特有の黒変皮膜を形成するため、雑菌の胞子を菌床表面に保持しやすく、それを種菌として用いた場合、雑菌の胞子を拡散しやすいと推察された。またナラタケは他の菌床キノコと比べ初期の成長が緩慢であるため、雑菌の増殖が拡大する危険性が高いことが示唆された。

以上の知見から、雑菌混入時期を接種時と培養中に分け、雑菌混入を低減させる方法を検討した。

その結果、接種時には種菌の管理を綿密に行ない、種菌の前処理で火炎滅菌（アルコール噴霧で胞子の飛散を抑制し、着火して燃焼中に菌床表面を除去する）を行うことで、当初、供試全瓶数の20～70%発生していた初期の雑菌汚染を10%以下に抑制可能となった。また薬剤の利用（培地へ適量混合する）も一定の効果が認められた。

培養中は、フスマ等の添加量を調整することで、菌糸蔓延を早め培養期間を短縮し、雑菌汚染が低減できることが分かった。

（平成13～14年度）

（生産技術科）

## 2.9 カボチャ種子を利用した食用きのこの新規培地材料の開発（共同研究）

Development of New Additive by Using Residue of Pumpkin Seed on Cultivation of Edible Mushrooms

（平成13～14年度）

（生産技術科、品種開発科、

森主任SP、深川油脂工業（株））

## 2.10 きこの道産品種の食味性向上技術の検討

Improvement in Taste of Fruit Body in Mushroom Varieties Developed in Hokkaido

道内におけるキノコ生産は多くの作目で増加しているものの、市場は飽和状態に近づいている。その一方で、食生活の多様化にともない、キノコは単なる食品ではない健康機能性食品というイメージが定着しつつあり、新しい需要が期待される。現在、キノコ栽培では収量性が重視され、キノコの味覚的評

価ならびに食味性向上技術の検討はほとんど行われていない。食味性向上によって商品価値を高めることで、さらなる消費の拡大が期待できる。特にブナシメジについては、苦味が比較的強いキノコであることから、食味性の向上が課題となっている。

平成13年度は、子実体の品質評価を行うに当たって、評価法を確立する必要があることから、以下の検討を行った。

### (1) 収穫したブナシメジ子実体に関する官能検査を導入した品質評価法の検討

収穫後に調理した子実体について、評点法による官能検査を行い、形、色の視覚的評価と甘味、苦味、歯ごたえの項目で味覚評価を行った。ヒラタケとの比較、ブナシメジ品種間の比較、傘部と柄部の比較を行った。それぞれの比較において、苦味や歯ごたえといった項目について特徴的な傾向が見られたことから、今後は被験者数を増やして評価の妥当性を検証する必要がある。

### (2) 収穫したブナシメジ子実体に関する機器分析を導入した品質評価法の検討

子実体成熟過程で旨味に関与するアミノ酸であるグルタミン酸、アスパラギン酸の含有量が減少し、苦味に関与するアミノ酸であるオルニチンは大きな変動が見られなかった。甘味成分のマンニトール、トレハロースは増加傾向を示した。したがって、収穫時期の食味に及ぼす影響が示唆された。また、破断強度測定やテクスチャー測定による物理的分析を行った結果、破断強度では子実体組織の硬さ、テクスチャーでは硬さのみならず弾力性の指標となる条件を見出した。

（平成13～15年度）

（生産技術科）