

林産試験場の  
平成11年度試験研究成果の概要

1999 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

### 1.1.1 木製エクステリア製品の開発

Development of Wooden Exterior Products

#### 1.1.1.1 ガーデニングを含めた木製エクステリアの開発

Development of Wood Exterior Products, Including Gardening

本研究は、木材需要の大きなガーデニングを、一過性のブームで終わらせないために、科学的側面から検証するとともに、木材のシェアを拡大、確保できる製品開発、提案を行うとともに、付加価値の向上を図るものである。また腐朽被害調査やその検出手法を開発するなど、耐久性の評価やメンテナンス方法を確立し、業界の活性化に寄与することを目的としている。

研究の概要は以下のとおりである。

(1) 公共用エクステリア製品の検討に関しては、建設省や地方自治体で近年、公園、道路、河川敷などでの緑豊かな空間づくりが推進されている。今後は街路樹や草花を植栽するための木製コンテナの需要が期待される。そこで、既存の調査結果を踏まえ、ローコストで耐久性などにも配慮した木製コンテナの設計を行った。

(2) 個人住宅向けガーデニング・エクステリア製品のアンケート調査に関しては、公平性がありノウハウを有する民間調査会社に委託し、旭川市内在住者（個人電話帳登録者）を対象に、無段階無作為抽出の電話代行によるアンケート聞き取り調査とした。その結果、ガーデニング用品の購買層は50～60代の女性が中心となっていることがわかった。

(3) 個人住宅向けガーデニング・エクステリア製品の設計・試作に関しては、アンケート調査の結果から、軽量、小型、かつ複雑な工具等の使用なしで、ユーザーのイメージを実現する手段として、組立式ブロックを提案し、設計・試作を行った。

(4) 丸太ステーキ（設置後14年経過）の目視による腐朽被害調査と強度試験に関しては、腐朽被害調査を従来の目視判定により行い、その後、曲げ強度試験を行った。その結果、腐朽被害度と曲げ強さの間に負の相関が認められた。小型ステーキ試験体で従来から言われている有効な腐朽度（2～3）と実大材の材料強度（カラマツ270kgf/cm<sup>2</sup>、トドマツ225kgf/cm<sup>2</sup>）が一致した。

(5) 腐朽の検出手法の検討に関しては、既存の非破壊診断法を調査し、取りまとめた。また、丸太ステーキについて掘り出し前と強度試験直前に横打撃により発生する打撃音の測定を行い、腐朽の存在が打撃音に及ぼす影響について検討した。その結果、腐朽部分と健全部分とでは打撃音の振幅の変化、ピーク周波数の位置に差異が認められた。

（平成11～12年度）

（森泉主任研究員，耐朽性能科，性能開発科，材質科，加工科，経営科，デザイン科）

### 1.1.2 土木・農業用施設等の施工技術および資材の開発

Development of Construction Technology and Materials for Public Works and Agricultural Facilities

平成11年度取り組みテーマなし。 の

### 1.3. 健康・福祉関連製品の開発

Development of Wooden Products Related to Health and Welfare

#### 1.3.1 北国型福祉社会における住生活環境整備に関する研究(共同研究)

Studies on Improvement of Living Environment for the Elderly or Handicapped in Hokkaido

積雪・寒冷な厳しい気象条件の北海道において、これからの高齢化社会にふさわしい住生活環境システムのあり方を屋外空間も含めて検討し、それらの改善に資することを目的に道立の4研究機関が共同で取り組んでいる。各機関の主たる分担は、工業試験場が福祉機器類の開発、寒地住宅都市研究所は福祉住宅の建築計画、心身障害者総合相談所は高齢者・身障害者の臨床事例への対応、林産試験場は住生活環境改善に向けた木質資材の開発であり、相互に連携しながら研究を進めている。

平成11年度に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) 快適性を考慮した木質内装材等の開発

10年度に引き続き官能試験を実施し、「雰囲気イメージ」および「素材イメージ」に与える木材使用率の影響を明らかにした。

##### (2) 安全性と居住性を考慮した床仕様の開発

寒研と共同で、一般的な屋外舗装資材についてのすべり抵抗性試験を実施した。

##### (3) 福祉住宅用開口部材の開発

車いすや歩行器使用時において窓の開閉操作が容易に出来るように、試作した引き違い窓にレバーハンドルを取り付け、適正な高さや回転方向などを検討した。

##### (4) 積雪・寒冷を考慮した半戸外空間の開発

屋根形状に関する官能試験を行い、見た目の美しさ、高級感などのウェイトがパーゴラの評価を決定する上で重要なことが分かった。

##### (5) 積雪・寒冷を考慮した舗装資材の開発

屋外、半戸外および屋内の各条件で誘導ブロックの実証試験を実施し、耐久性の評価を行った。

##### (6) 福祉用家具・遊具の開発

ベッドサイド家具(一次試作品)の実証試験を

行い、その結果を基に二次試作品の設計を行った。

肢体不自由児向けの木製滑り台については、運搬しやすいように分割した結果、滑走部、階段部などがそれぞれ単独でも遊具として使われることとなり、用途が広がった。

(平成8～12年度)

(米田主任研究員, 加工科, 成形科, 性能開発科, デザイン科, 道立工業試験場, 道立寒地住宅都市研究所, 道立心身障害者総合相談所)

#### 1.3.2 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(共同研究)

Development of Wooden Floor Systems from a Viewpoint of Safety at Walking with Frozen Floor Surface in Winter

積雪寒冷といった北海道特有の気候条件によって、高齢者や障害者の冬季における屋外歩行や外出は極端に制限される。本研究では、木質系材料の凍りにくさや滑りにくさを生かした舗装資材や、環境に配慮したローインパクト・ロードヒーティングシステム、視覚障害者の安全歩行を補助する誘導システムの開発に取り組み、身体的弱者の冬季生活圏確保に貢献しようとするものである。

平成10年度は市場調査と、それぞれの課題について概念設計、試作等を行った。

11年度は、林産試験場敷地内に融雪試験フィールドを設置し、木質系舗装材の融雪状況を調査するとともに、ロードヒーティングに必要な熱量等の検討を行った。視覚障害者誘導システムについては、「視覚障害者用誘導ブロック」、「視覚障害者用歩行補助装置」、ならびに「視覚障害者用方位指示装置」の3件を特許出願した。

(平成10～12年度)

(性能開発科, 成形科, サンポット(株))

### 1.3.3 障害を持つ児童も楽しめる木製遊具の開発

#### Development of Wooden Playstructures for Children of All Abilities

現在、公園やプレイルーム等に置かれている遊具のほとんどが健常児の使用を前提としたものであり、その多くは心身に障害を持つ児童にとって非常に使いづらく、場合によっては危険を伴うものもある。ノーマライゼーションが叫ばれる今日ではあるが、健常児と障害を持つ児童とが共に楽しめる遊具の開発は、大変遅れているのが現状である。また、触覚が鋭敏な、障害を持つ児童にとって、触感がやさしい木材は遊具の材料に適していると言える。そこで本研究では、障害を持つ児童も安全に快適に楽しめる木製遊具の開発を行う。

実際に肢体不自由児施設ではどのような遊具が使用されているのかを調査した。その結果、ほとんどの施設では一般の遊具を使用していた。しかし、障害を持つ児童の使用を前提としていない一般の遊具では、配慮が足りないという意見も少なくない。遊具で遊ぶ児童への配慮もさることながら、それを介助する介助者への配慮も必要になることがわかった。

調査をした施設に設置されている遊具で、最も多かったものは滑り台であった。児童にとって楽しいというだけでなく、介助しやすいというのも理由の一つと言える。次に多かったのがブランコであったが、障害を持つ児童にとって使いづらい点をいくつか指摘された。中でも問題とされるのが体の固定である。特に自分で体を支持できない児童が使用するとき、体を固定するベルト等が重要な役割を果たす。そこで今回、開発する遊具は、ブランコを基本に据えて設計を行い、体の固定に十分配慮することとした。遊具の設計を行うにあたり、肢体不自由児施設である、旭川市愛育センターの「わかくさ学園」の職員の方に協力をいただいた。

平成12年度は遊具を試作し、実証試験を行う予定である。

(平成11～13年度)  
(加工科)

### 1.3.4 高齢者に優しいガーデニング製品の開発

#### Development of Gardening Products for the Aged

高齢化社会に対応して、人間工学的検証とユニバーサルデザインの手法を用いて高齢者向けガーデニング製品の開発を行った。

平成11年度は、旭川医科大学と道立工業試験場の協力により、高齢者向け園芸用具の実態調査と、屋内・屋外向け木製移動式ガーデニングテーブル（第1図、第2図）について基本設計を行った。

本研究は12年度より産学官共同研究「高齢者向け園芸療法用木製用具の開発（平成12～13年度）」へ移行し、継続して商品化に向けた開発を行う。

(平成11～12年度)  
(デザイン科)



第1図 木製移動式ガーデニングテーブル（屋内向け）  
Fig. 1. Wooden mobile gardening table (In door type).



第2図 木製移動式ガーデニングテーブル（屋外向け）  
Fig. 2. Wooden mobile gardening table (Out door type).

## 1.1.4. 木質環境浄化資材の開発

Development of Materials for Environmental Purification from Wooden Resources

1.1.4.1 木質系多機能炭化物の利用技術の開発  
(共同研究)

Utilization of Carbonized Wood Fiber for the Absorbent of Environmental Pollutants

これまで電気炉を用いた加熱処理によって、吸水量が減少し、より油性成分を吸収する素材（油吸着材）が木質繊維から得られることを報告した。本研究では間伐材を有効に利用する方法の一つとして、熱処理した木質繊維の環境浄化資材への適用を試みた。

第1にマイクロ波加熱と電気炉加熱によって得られた熱処理木質繊維の油吸着適性を比較し、油吸着材への適用を試みた。

平成11年度はマイクロ波の照射時間を変え、吸水量および吸油量を測定したところ、照射時間の増加とともに吸水量は減少し、4分の照射時間で吸水量は0となった。しかしそれ以上の照射時間では逆に吸水量が増加した。吸油量は電気炉のものと比較して遜色ないものであった。したがって4分間のマイクロ波加熱によっても親油性の素材が得られることが示唆されたが、コスト上マイクロ波加熱では問題があると思われる。

第2に電気炉加熱によって得られた熱処理木質繊維を水蒸気賦活し、トルエンやキシレンなどの揮発性有機化合物（VOC）除去材料への適用を試みた。

木質繊維をそのまま賦活すると、温度の上昇とともに熱分解され、副生する木酢液や木タールが炉を傷める。そのため、一度低温で熱処理した木質繊維（油吸着材）の賦活処理を行った。賦活処理時において温度の上昇および時間の増加とともに収率は低下し、比表面積は増加する傾向が認められた。収率および比表面積から考えると900<sup>cm<sup>2</sup>/g</sup>、40分間の処理や850<sup>cm<sup>2</sup>/g</sup>、60分間の処理により市販活性炭と遜色のないものが得られた。今後、得られた熱処理物木質繊維のキシレンやトルエンなど、VOCの吸着量の測定をする予定である。

(平成9～12年度)

(物性利用科，成形科，北海道工業技術研究所)

## 1.1.4.2 木質炭化物を用いた塩基性ガス吸着剤の開発

Development of the Basic Gas Adsorbent from Carbonized Wood

チップおよびトドマツ等道産小径間伐材について需要拡大のため、用途開発が求められている。また地球規模の環境問題から廃棄物の削減やCO<sub>2</sub>排出低減が求められる。こうした状況から製材工場廃材の有効利用技術の開発が急がれている。これらの木質材料の利用に適した技術の一つに炭化による高機能材料の開発がある。

一般に炭化物を吸着剤として用いる場合、賦活工程が必要とされているが、用途を限れば炭化工程のみでも十分な場合もある。その場合には賦活に伴う収率低下や装置などの製造コストに関わる要因が改善されると思われる。これまでの試験結果や文献等から、400<sup>cm<sup>2</sup>/g</sup>以下の低温部で炭化した木質材料は、アンモニアのような塩基性物質に対し強い吸着能を持つことが明らかになっている。その原因としては比表面積や細孔特性といった表面物性よりも、炭化物に付与された酸性官能基の影響によることなどが判明している。本研究では木質炭化物による塩基性吸着剤の開発を目的とし、吸着性能と炭化条件の関係、得られた炭化物の諸性質、脱臭フィルター成形条件等について検討した。

平成9年度は、炭化物の酸性官能基量、アンモニア吸着性能およびエチルアミン吸着性能と炭化条件（炭化温度、雰囲気）との関係について検討した。供試材料としてトドマツ材を用い、炭化温度は250～400<sup>°C</sup>、炭化時の雰囲気を窒素雰囲気および空気雰囲気とした。その結果、まず酸性官能基量については、窒素雰囲気、空気雰囲気とも300<sup>cm<sup>2</sup>/g</sup>で最大となった。この時、空気雰囲気での炭化物は、窒素雰囲気での炭化物と比べ約4倍の官能基を有していた。すなわち酸性官能基の生成に空気雰囲気下での炭化が効果的であり、かつ最適温度は300<sup>°C</sup>付近であることが示された。

アンモニア吸着性能についても同様に空気雰囲気下での炭化が効果的であり、かつ最適温度は300<sup>°C</sup>

付近であった。これは炭化物中の酸性官能基がアンモニア吸着に寄与したものと考えられる。空気雰囲気下300 で得られた炭化物は、市販活性炭と比較して酸性官能基量は8倍、アンモニア吸着量(100mmHg)は約6倍と非常に優れ、アンモニア用活性炭と同等の吸着性能を示した。エチルアミン吸着性能に関しても同様の傾向を示したことから上記炭化条件が塩基性ガス吸着剤の製造に適していることが判明した。

10年度は、吸着性能に対する樹種の影響をエゾマツ、カラマツ、シナノキを用いて検討した。またトドマツ材については試料形状(繊維状、のこず9~100 mesh, チップ)の影響について検討した。炭化条件は空気雰囲気下、250~350 とした。また脱臭用フィルターの試作、さらに工業的生産を想定し、連続式炭化装置での吸着剤製造条件について検討した。その結果、まず空気雰囲気下300 処理では樹種の相違に基づく影響はみられなかった。試料形状についてはチップで若干の影響がみられるものの、繊維状試料およびのこずの大半を占める9~100 mesh の範囲内で粒度、形状に基づく吸着性能の差はみられなかった。したがって工場廃材などのように樹種が均一でない材料も、のこずに近い形状であれば分別せずに利用可能であることが示された。

脱臭用フィルター(直径60, 厚さ10mm)の試作には繊維状の炭化物を用いた。バインダーとしてポリエステル繊維が適しており、フィルター状に成形後もアンモニアを吸着、除去できることが示された。

連続式炭化装置では酸素との接触時間、温度センサーの位置など装置に基づく相違により、バッチ式での製造条件と異なることが示されたものの、塩基性ガス吸着性能において活性炭を上回る炭化物が得られた。

11年度は、塩基性ガス吸着剤を用いた製品の製造を想定し、4つの試験を行った。

#### (1) 脱臭用フィルター製造条件(バインダー混合比, 比重)の検討

フィルター成形条件をより詳細に検討し、さらにアンモニア吸着性能との関係を検討した。炭化物原

料としてチップを蒸煮解繊し繊維状としたものを用いた。また、バインダーとしてポリエステル繊維を用いた。炭化条件は空気雰囲気下、300 で2時間保持とした。圧縮条件は180 , 30分とした。バインダー添加量を0.3~10%, 比重を0.025~0.1としてフィルターを調製した後、アンモニア吸着試験に供試し、バインダー添加量と比重のアンモニア吸着性能への影響を検討した。

その結果、各試料とも形状をよく保持しており、また吸着性能に差はみられなかった。したがって繊維状の炭化物を用いることにより、容易に脱臭用フィルターを成形できることが示された。また今回の試験範囲内において、吸着性能は成形条件に大きな影響を受けなかった。

#### (2) 換気扇用フィルター等脱臭剤製品の試作

上記の結果を踏まえ、換気扇、換気口への装着や家庭用脱臭剤としての用途を想定し、実用サイズの脱臭フィルターを試作した。その結果、脱臭効果は良好であること、不織布などの併用により形状の保持やフレームへの装着、交換がより容易になることがわかった。

#### (3) 滝川畜産試験場鶏舎における脱臭フィルター実証試験

換気口への装着用に試作した脱臭フィルターを用いて、滝川畜産試験場鶏舎において実証試験を行った。鶏舎内の換気口にフィルターを装着した後、鶏舎内と換気口出口でアンモニア濃度を検知管法により測定、比較した。その結果、換気口出口ではアンモニア濃度が約1/2となり、脱臭効果が認められた。

#### (4) 連続式炭化装置での最適条件の検討

連続式炭化装置では、酸素濃度を15%, 炭化温度を200~350 , サンプルの滞留時間を7~30分として、最適炭化条件を検討した。その結果、炭化温度は250 付近が最適であり、滞留時間は15分以上が望ましいことが明らかとなった。得られた炭化物は活性炭の約2倍の吸着性能を持っていた。

(平成9~11年度)

(物性利用科, 化学加工科, 成形科)

## 2. 木質資材のリサイクル技術の開発

### Development of Recycling Technolgy for Wooden Resources

#### 2.1. 木質廃棄物の再資源化技術の開発

##### Development of Technology for Recycling Resources from Waste Wood

##### 2.1.1 木チップと下水道コンポスト・焼却灰による海藻礁の開発

##### Development of the Artificial Reefs by Wood Particles, Sewage Compost and Sewage Ash

木質・混入材・セメント成型体の海藻礁としての可能性を検討するため、平成7年度に小樽市<sup>おしよろ</sup>忍路湾の海中に設置した遷移および枠取り試験体、8年度に設置した食害試験体、9年度に設置した海藻礁試験体について調査を行った。

11年度の調査結果は以下のとおりである。

##### (1) 遷移試験および枠取り試験

遷移試験体の観察では、コンブやワカメなどの大型海藻類の着生は見られず、アナアオサやシオグサなどの小型多年生海藻類が少量着生していた。

どの時期においても、比較対照のコンクリート板と比べて、着生していた海藻の種類や量に大きな差は認められなかった。

枠取り試験体の搔取り調査の結果、海藻着生量は1年目に比べ1/10以下に激減し年々減少している。種類もホソメコンブの大型1年生海藻からアナアオサなどの小型多年生海藻類に遷移している。

##### (2) 食害試験

3年間海中設置した食害試験片の食害による重量減少率は10%前後、はく離強さの低下率は1/3前後で、ほぼ10年度と同じ傾向であった。

##### (3) 海藻礁試験

実際の海藻礁の形状に近い試験体の設置2年後の調査の結果、成型体の表面セメント層の磨耗は見られず、木チップが露出しているようなことはなかった。つまり、無圧縮で製造した木質・セメント成型体であっても簡単には崩壊しないことがわかった。

また、海藻の着生は良好であった。

(平成9～12年度)

(再生利用科, 耐朽性能科, 防火性能科, 成形科, 竹花SP, (財)札幌市環境事業公社, (財)札幌市下水道資源公社)

##### 2.1.2 建築解体材を利用した木質系舗装資材の開発(共同研究)

##### Development of Wooden Flagging Made from Particles of Waste Wood

排出量の増大が予想されている木質系建築解体材を、歩道用舗装資材に利用する研究に取り組んだ。

目標とする舗装資材は、解体材を粉砕して出来た木チップを接着剤によりブロック状に成形したものである。木チップを使用した歩道舗装には、バインダーと混ぜ合わせた木チップを施工路盤に敷きならして転圧する現場施工型と、あらかじめブロック状に成形した資材を施工路盤に敷き詰めていく工場生産型(インターロッキング型)がある。本研究は、製品性能を管理しやすく、通年生産可能である工場生産型の舗装資材を目標にした。

環境問題の高まりや歩行感の良さから木チップを使った舗装が増加している。また、原料木チップは衝撃型粉砕機による木チップで十分であり、異物を含む建築解体材を原料とする上で衝撃型粉砕機の使用は有利になる。解体材の舗装資材への利用は、木質系廃棄物の三大需要であるパルプ、燃料、ボードに次ぐ需要につながる可能性がある。

目標とする製品は、製造コストを高める接着剤の添加量を少なくするために、表層と基層の2層構成にして、基層に安価な木毛セメント板を使用し、接着剤を表層の成形にのみ使うように考えた。

平成10年度は、製品の性能に大きく影響する表層部分について、木チップの粒度、木チップ含水率、設定比重、接着剤添加率、熱圧条件等、適正な製造

条件を検討した。

11年度は、10年度に適正値を把握しきれなかった接着剤添加率、熱圧条件、設定厚さについて、再度表層の製造条件を検討した。そして、検討した製造条件をもとに製品を試作し、その性能を評価した。

#### (1) 試作した製品

試作品の製造には、荏原商事(株)で現在販売している木質舗装ブロックの製造ラインを使用した。この製造ラインは型枠での製造方法を取り、接着剤と混ぜ合わせた木チップを型枠に詰め込んで型ふたをし、型枠ごと加熱用のトンネル型電熱オーブンにコンベアでおとして固化させる方式である。

試作品の形状は1辺が150mmの正六角形で、厚さは50mmである。(財)札幌市環境事業公社から購入した建築解体材木チップを小型ハンマーミルで更に粉碎、分級して粒度をそろえて原料とした。接着剤は、荏原商事(株)で現在の生産に使用している一液性湿気硬化型ウレタン系接着剤を用いた。

試作品は、単層構成と、基層に木毛セメント板を使用した2層構成の2種類である。2層構成は基層と表層各25mm厚で、基層の木毛セメント板は型枠に合わせて裁断した後、表層との接着面を紙やすりで研削して木部を出した。比重は0.40と0.35の2種類を設定した(2層構成は表層比重)。接着剤だけを使用しているもののほかに、含浸剤で木チップを前処理したものと無機顔料で着色したものも製造した。含浸剤は接着剤の硬化を強固にし、耐久性を増す効果がある。

さらに、コスト削減のために接着剤メーカーで新接着剤を試作したので、これも使用した。新接着剤は湿気硬化型ウレタン系であるが、一液性と二液性の2種類である。

第3図に試作品の一例を示す。

#### (2) 試作品の性能評価

歩道用舗装資材として必要な性能を大きく分類し、その性能ごとの評価結果は、次のようになった。

##### 安全性

安全性については、転倒しても致命傷を負わない弾力性、安定した歩行が確保できる滑り抵抗性、また、水たまりを作らない透水性が具体的な性能としてあげられる。



第3図 試作した舗装資材(2層タイプ)  
Fig. 3. The flagging made experimentally (two layer type).

弾力性は、JIS A 6519(1995)の「8.7 床の硬さ試験」で測定し、全般に良好であったが、含浸剤処理をした試作品は基準値を超える結果となった。

滑り抵抗性は、JIS A 5705(1992)の附属書「床材の滑り試験方法(斜め引張形)」で測定し、すべての試作品で十分な性能が出た。

また、透水性はJIS A 1218(1993)「土の透水試験方法」に準じて透水係数を測定し、れきと同等な係数となり、極めて良好な結果となった。

##### 強度性能

曲げ性能と、ハイヒールなどによる局部圧縮に対する性能が重要な性能と考えられる。

曲げ性能については、JIS A 5304「舗装用コンクリート平板」の曲げ試験を実施した。曲げ強さが単層の比重0.40と2層の比重0.35で同等で、約2.3MPaであった。同比重の比較では、単層よりも2層構成が良好だった。

局部圧縮性能は、林産試験場で考案した試験により評価した。直径10mmの鋼製円柱を784.5Nでめり込ませ、めり込み深さを測定する試験である。比重0.40では十分な性能があり、比重0.35では含浸剤の前処理が必要であった。

##### 耐久性

耐久性は、具体的な性能として、耐凍結融解性、耐光性、耐摩耗性が考えられる。凍結融解による影響が試作品に一番のダメージを与え、製品の耐久性を決定すると考えて、耐凍結融解性を評価する試験を行った。

凍結融解処理は、吸水後 - 20 で凍らせ、その後



80 で乾燥させる方法を取り、これを10サイクル実施した。凍結融解への抵抗性を定量的に示すため、凍結融解処理の前後はく離強さを測定し、はく離強さの凍結融解処理後の残存率を算出する方法を取った。はく離強さは、JIS A 5908(1994)の「5.9 はく離強さ試験」により測定した。

単層の試作品は、概して良好な性能を示したが、2層構成は、凍結融解処理前のはく離強さが弱いのに加えて、処理後のはく離強さが大きく低下した。表層と基層の境界面に大きなダメージを受けたため、表層と基層の接着界面に課題があると判明した。また、二液性新接着剤による試作品も処理後のはく離強さが大きく低下した。これは、柔軟性の少ない接着層を形成するためと考えられた。

寸法安定性

寸法安定性として、収縮・膨張性能と反り性能が考えられ、今回は収縮・膨張性能を評価した。

気乾状態から、20 で7日間の吸水と40 の乾燥5日間を行って、長さ膨張率 (LE) と厚さ膨張率 (TS) を測定した。

2層構成は基層に木毛セメント板を使用していることから、LEとTS共に単層よりも低い値を示した。また、含浸剤処理による試作品も、処理なしの試作品よりもLEとTS共に低い値を示し、含浸剤での処理が長さ膨張と厚さ膨張の抑制にも効果があると判断された。

快適性

歩き心地の良さを評価する試験として、(財)日本住宅・木材技術センターで実施している、AQ認証用 載荷たわみ試験を実施した。この試験は、直径50mmの鋼製円柱を784.5Nの荷重で試験体に載荷した時の変位を測定する試験である。

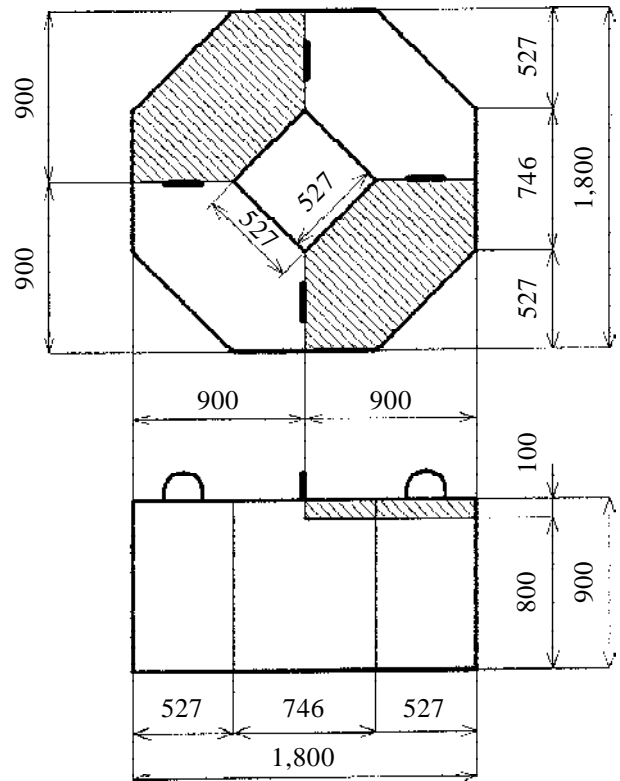
ただし、この試験は直張りフローリング上の素足歩行に適用される試験であるため、舗装資材の評価として、参考値という位置づけで行った。

試験の結果、比重0.35で基準値に近くなったが、すべての試作品で基準値を満足することはできなかった。

(平成10年度～11年度)  
(成形科, 荏原商事(株))

2.1.3 木質・セメント成型体海藻礁の開発

Development of Wood-Cement Composite Algal Farming



第4図 木質・セメント成型体海藻礁の試験体

凡例：ハッチは木質・セメント成型体を示す。

Fig. 4. Test specimen of wood-cement composite algal farming.

Legend : Hatch shows Wood-Cement Composite.

これまで忍路湾において林産試験場と(財)札幌市環境事業公社・(財)札幌市下水道資源公社との共同研究「木チップと下水道コンポスト焼却灰による海藻礁の開発」で行ってきた研究を発展させ、実海藻礁の日本海での実証試験を行った。

平成11年10月、木質・セメント成型体海藻礁試験体3体を檜山管内上ノ国町原歌地先の水深4mに設置した。試験体の形状は第4図のとおりで、正八角形の中央に四角い開口部を設け、高さは90cm、重量は4.7トン、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。

12年度と13年度の2か年、設置した試験体の現存量(海藻着生量)を年3回測定し、木質・セメント成型体の海藻礁としての適性を評価する。

(平成11～13年度)  
(再生利用科, 成形科, 竹花SP)

#### 2.1.4 木質廃棄物金属除去装置の開発

Development of Metal Remover from Waste Wood

建築廃材には、磁性の鉄のみならず非磁性のステンレス、アルミニウム、黄銅等の金属が混在している。これらの効率的な除去は、建築廃材のリサイクルのために必要不可欠な技術である。現在、種々の技術が開発されているが、いずれも解体材を破碎することにより木材中に食い込んでいる釘などを遊離させた後の金属除去技術である。一方、建築廃材の用途に製紙用チップがある。製紙用チップは、非鉄金属が木片に食い込んだ状態で製紙工場へ供給されている可能性がある。したがって、製紙工程中、解繊設備に損傷を与えている一因となっており、より純粋な木質チップを得るための金属除去技術が望まれている。

平成10年度は破碎後、木質と遊離している金属の除去方法の検討、および木質に食い込んだ金属の検知方法の調査を行った。結果をまとめると以下のとおりである。

##### (1) 木質チップと遊離している金属の除去方法

風力分離装置を試作し、試験したところ木質と金属の比重差により分離することが可能であることを確認した。

##### (2) 木質チップに食い込んだ金属の除去方法

現存する金属検知機を調査した結果、電磁波を利用した装置が広く普及していることがわかった。この中には大きく分けて単一コイル型と差動コイル型がある。

11年度は高周波を利用した金属センサの原理を調査した。結果をまとめると以下のとおりである。

##### (1) 単一コイル型の金属検出原理

発振回路から供給された高周波(数百kHz)電流によりコイルから磁束が出る。コイルに金属が近づくと金属内では誘導作用により磁束の変化を妨げる方向に誘導起電力が発生する。誘導起電力により金属内にうず電流が発生し発振エネルギーが奪われる。

すると発振出力が低下する。この変化を検出信号として外部へ取りだし除去機構部を動作させることができる。ただし、水分を多く含むチップが近づいても発振エネルギーを低下させるので注意を要する。

##### (2) 差動コイル型の金属検出原理

ベルトコンベアの上下に送信コイルと受信コイルが配置されている。送信コイルに高周波電流を流すことにより高周波磁界が発生し電磁界を形成する電磁束を2個の受信コイルが等量に受けるように配置する。2個の受信コイルを貫通する高周波電磁束量に比例した高周波電流 $I_1$ 、 $I_2$ が誘起される。受信コイルのインピーダンスによって電圧 $E_1$ 、 $E_2$ が発生し金属を検知しない状態で

$$E_1 - E_2 = 0$$

となるように平衡調整されている。両コイル間を金属が通過すると平衡が崩れて電圧が発生(差動電圧)するので検出信号として取り出す。金属以外の水分や塩分等の電解物質でも同様の現象が起き誤作動の原因となる。対策は、発振電圧と異なった位相の電圧(検出電圧)を発生させ、差動電圧の位相と比較することにより検出物質の選択をさせることにより誤作動を起こさせないようにすることである。

この方式の欠点は製品チップの歩留まりが低いことである。理由は、検出範囲が広く金属を検出できてもその周りのチップまで除去されてしまう点にある。

##### (3) X線異物検査装置

これまで市販されていたのは食品中に混入する金属検知用で高価な輸入品であったが、半値程度で国産のX線異物検査装置が開発されたことが明らかになった。今後この方式が普及すると思われる。

(平成10～11年度)

(機械科)

## 2.2. 木質資源の循環型利用技術の開発

Development of Technology for Circulative Utilization of Wooden Resources

平成11年度取り組み研究テーマなし。

### 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. 木造住宅の施工技術および資材の開発

##### Development of Building Technology and Materials for Wooden Houses

##### 3.1.1 フィンガージョイントを用いた幅はぎによる枠組壁工法用横架材の開発

##### Development of Floor-Joist Glued with Edge-to-Edge by Finger-Joint for Platform-Frame-Construction

寒冷地である北海道は、枠組壁工法住宅が全国で最も普及している地域であり、年々そのシェアを伸ばしている。しかし、その構造部材のほとんどは北米からの輸入に依存しており、近年、床根太などに使用される210材の品質低下が指摘されている。また、北海道では国内唯一の国産ツーバイフォー部材（204、206材）の生産が行われており、道内の住宅業界では、さらに210材などの部材についても道産材を使用したいという要望もあることから、道産トドマツによる210材の開発を行うこととした。

本研究では、210材（幅38mm×梁せい235mm）を製造するときに、道産トドマツ206製材の2枚はり合わせが最も合理的であると考えたが、その際、圧縮時間の短縮と仕上げ<sup>ほうさく</sup>鉋削の省略によって製造コストを低減するため、フィンガージョイント（FJ）による新しい幅はぎ方法（FJ幅はぎ）を開発した。以下に、FJ幅はぎの製造条件、それを用いて製造したトドマツ210材の曲げ試験、従来の幅はぎ方法との製造コストの比較を行った。

##### (1) FJ幅はぎの製造条件の検討

FJ幅はぎのカッター形状については、既存のたて継ぎ用カッターでは、切削精度、刃先摩耗、塗布圧縮作業において問題が発生したため、幅はぎ専用のFJ形状を考案し、カッターを試作した。形状は、フィンガー長さ11.0mm、先端幅3.0mm、ピッチ8.2mm、スカーフ傾斜角6°とした。

試作カッターで幅はぎするときの適正な圧縮条件を検討するため、圧縮圧試験を行い、圧縮圧の上限を0.94MPaとした。次に、0.94MPa以下の圧縮圧、3分程度の圧縮時間で幅はぎしても接着性能や寸法精度に問題がないかどうか調べるため、3,640mmの実大サイズでFJ幅はぎを行った。そして、その試験体から試験片を切り出して、煮沸試験（枠組壁工法構造用たて継ぎ材のJASに準ずる）を行ったところ、適合基準を満たしており、十分な接着性能を持つことが分かった。

また、FJ幅はぎした210材の寸法精度と形状を測定したところ、幅はぎ後の仕上げ鉋削をしない状態でも、たて継ぎ材のJASの適合基準を十分満たしており、仕上げ鉋削の省略が可能であることが分かった。

##### (2) 曲げ試験

かん合度0.14mm、圧縮圧0.78MPa、圧縮時間5分、水性ビニルウレタン樹脂接着剤、塗布量250g/m<sup>2</sup>、という条件でFJ幅はぎした道産トドマツ210材の曲げ試験を行った。試験体数10体、スパン3,400mm、荷重点間400mmの2点荷重とした。その結果を第1表に示す。

曲げヤング係数の平均値8.2GPaは、「枠組壁工法建築物構造計算指針」に示されている枠組製材甲種SPF2級のヤング係数9.6GPaを下回ったが、実際に床根太として施工されるスパン3,640mmで設計荷重時のたわみ量は7.2mmであり、制限たわみ量12.1mmと比べて十分に小さく、曲げ剛性に実用上の問題は

第1表 FJ幅はぎ材の曲げ試験結果

Table 1. Result of bending test of manufactured floor-joist.

	曲げヤング係数 MOE (Gpa)	曲げ強さ MOR (Mpa)
Max	8.8	34.9
Av.	8.2	29.3
Min.	7.6	20.9
CV(%)	4.5	16.0

ないと言える。

一方、曲げ強さについては、平均値29.3MPa、5%下限値19.4MPaとなり、210製材甲種SPF2級の材料強度14.5MPa（曲げ許容応力度7.1MPa×寸法調整係数0.68×3）を上回ることから十分な強度を持つことが分かった。

以上のことから、FJ幅はぎしたトドマツ210材の床根太としての性能は、210製材甲種SPF2級と同等以上であり十分代替可能と考えられる。

### (3) コスト試算

206製材を2枚はり合わせて210材を製造するとき、FJ幅はぎ、回転プレスによる従来の幅はぎ、高周波プレスによる従来の幅はぎ、の3種の方法を採用したときの製品コストを試算した。計算条件は、トドマツ製材37,000円/m<sup>3</sup>、新設の工場建物および機械設備、従業員8名、年間生産量3,100m<sup>3</sup>とした。その結果、製品コストは、66,000円/m<sup>3</sup>、72,000円/m<sup>3</sup>、70,000円/m<sup>3</sup>となり、FJ幅はぎによってコストを低減できることが明らかとなった。

（平成11年度）

（加工科、構造性能科、経営科、再生利用科）

#### 3.1.2 合理化在来構法の開発

##### Development of Rationalization for Wood Frame House

在来軸組構法は日本に古くから伝わる木造住宅の構法であるが、熟練大工の減少による品質の低下や阪神淡路大震災による「在来構法で建てられた住宅は弱い」という誤った報道により、強い逆風に曝されることになった。各ハウスメーカーは、これらのことから強度性能を高めた新構法を開発しコスト削減のための合理化を進めているが、中小工務店では資金的に苦しい状況にある。

このような背景から林産試験場では、工期短縮とコストダウンならびに住宅性能の向上を目的とする合理化軸組構法の研究を行った。

平成9年度は、道内のプレカット工場を対象にアンケートによる意識調査を行い、在来構法の部材加工および施工上の問題点とそれら改善策を洗い出し、合理化構法開発の方向性を定めた。

各プレカット工場ではおおむね自社のシステムに

満足しており、新構法導入には消極的であった。ただし、各工場の加工能力に飛び抜けた差はなく、加工スピードを上げることによって生産性を向上させコストダウンを進めるため、機械メーカーに自社オリジナルの加工機を製作させている工場も多くあった。以上の調査から中小工務店だけではなく、プレカット工場においても機械加工に適し、かつ簡略化された継手・仕口の要求があることが分かった。

10年度は、開発構法の概要決定と部分的な接合部の強度性能評価を行った。当初は中小工務店だけを対象としていたため、単能機の使用を前提とした新規継手・仕口を検討していた。しかし、プレカット工場が全道的に建設され普及している現状から、接合部は既存の継手・仕口を改良したプレカットに採用されやすい形状とした。

軸組材の基本断面は、柱120×120mm、横架材120×300mmとし、各部材間の継手・仕口には従来からの軸組構法のものを採用した。ただし横架材同士（胴差と梁）のみは、一般的な蟻掛けから渡りあご掛けとした。この構法の特徴は、胴差より外側へ突き出した梁を壁パネルの取り付け部材としたことである。この壁パネルを断熱パネルとすることにより、簡単に外断熱とすることが可能であり、柱の断面に左右されることなく自由に壁厚を決めることが出来る。

もう一つの特徴として、室内側は柱や梁が見える真壁構造となっていることである。このことにより、真壁は「木の成分」や「調湿」の効果による木材の暖かさや人への優しさなど、健康面や情緒面で得られるものが大きいと考えられる。

渡りあご掛けは、従来型の仕口であり強度的に問題は無いが、大梁が引張力を受けた時に胴差から突出した部分がせん断破壊を起こす可能性があるため、引張強度試験による安全性の確認をした。また実大模型（第5図）の製作を行い、加工性・施工性の問題点を明らかにした。

11年度は、パネルが軸外にあることによる変形性状と強度性能を明らかにするために、外断熱パネルを取り付けた3/4縮小軸組モデルを試作し、面内せん断試験を行った。

試験体は、実大模型製作で明らかになった施工・強度上の問題点の改善方法を検討し、パネル枠材同士



第5図 実大模型  
Fig. 5. Full scale model.

の接合部の改良，横架材の仕口の補強などを行い製作した。

試験体は，パネルの軸組側片面だけに面材を取り付けた試験体（A）と両面に面材を取り付けた試験体（B）の2種類である。軸組はスパン1,820mmの3/4縮小モデルとし，梁の上方向への引き抜きを抑制するため，パネルの縦枠材を梁と土台にそれぞれコーチスクリュー2本，計8本で緊結した。また，柱の浮き上がり防止のため，引張側の柱脚にホールダウン金物を使用した。パネル自体もアンカーボルトで固定した。

試験の結果，せん断変形角 $1/300\text{rad}$ 時の荷重は試験体（A）で4,202N，試験体（B）で7,178Nとなった。最大荷重は試験体（A）で13,925N，試験体（B）で17,015Nである。 $1/300\text{rad}$ 時の荷重を比較すると試験体（B）は（A）の1.7倍あり，軸組の両面に面材を直接釘打ちするより耐力は劣るが，軸の外側にパネルを用いても構造耐力上有効であることが分かった。

最大荷重については， $1/300\text{rad}$ 時荷重のような大きな耐力の上昇はなかった。これは，せん断変形角が $1/300\text{rad}$ を超えた部分で土台のコーチスクリュー取り付け部分が割裂したことで，さらに柱と梁の接合部の補強が十分でなかったため，柱の上部ホゾから梁が抜けてしまった部分が1か所あったことが原因である。

試験体（A）において，軸組とパネルの「荷重-せ

ん断変形角」の関係曲線は近似しているが，（B）のパネルは軸組ほどせん断変形角が進んでいない。これは前述の土台の割裂と梁のホゾからの抜けにより，パネルの水平力負担能力を残した段階で終局耐力に達したと考えられる。このことからパネルの性能を十分に引き出すためには，軸組自体の補強がさらに必要であることが分かった。

今後は，パネルの取付け方法および釘の施工性に一部問題があること，突き上げる力に対して接合部の補強が足りないことなど，これら課題を検討・修正し開発構法の概要書を作成する予定である。

（平成9～11年度）

（構造性能科）

### 3.1.3 カラマツ大径材の利用技術開発

Development of Utilization Technology for Large Log of Karamatsu (*Larix leptolepis* Gord.)

カラマツ大径材の特性をふまえた利用技術を検討し，建築用材はじめ，より付加価値を持った用途の開発を目的として試験を行った。

平成11年度に実施した試験と結果の概要は次のとおりである。

- (1) 木取り別正角材と大断面梁材の乾燥特性の把握  
心去り，心割り，心掛かりの正角材と大断面材について，乾燥特性を検討し，乾燥スケジュールをおおむね確立した。含水率のバラツキと水分傾斜の低減については12年度に引続き検討する。
- (2) 原木のヤング係数と製材品の強度性能との関係の把握

原木の動的ヤング係数と得られた製材の曲げヤング係数の間には心去り正角材，平角材ともに強い相関関係が認められた。また，原木の動的ヤング係数と心去り正角材の曲げ強さの間にも相関関係が認められた。心去り正角材，平角材の曲げヤング係数の平均値はそれぞれ9.72GPa，9.92GPa，曲げ強さの平均値はそれぞれ32.9MPa，32.8MPaであった。

- (3) 釘打ちに係わる諸条件の検討

釘の打ち込み時に割れの発生を防げる木口・材縁からの打ち込み位置は，N50の釘で10～15mm以上，N75・N90では木口から10mmの場合は材縁から20mm以上，木口から15mmの場合は材縁から15mm

以上の場所であった。

ネイラーの使用では板の裏面ではく離の発生が多かった。

(4) 溶媒置換含浸条件の検討および含浸メカニズムの解明

飽水状態の材に溶媒置換により薬液を含浸させたところ、減圧・加圧注入と比較して薬液の含浸量は顕著に増加した。含浸は、水と薬液が相互に溶け合い、薬液中に拡散した水分が揮散していくことにより進行すると考えられた。

(5) 製品化されている内装材の吸光特性の測定と官能検査

目に優しく、快適感の得られる木質系内装材の検討を行った。居住空間モデルとして五角形の筒状空間を作成し、カラマツの内装羽目板で壁面を構成し、分光照度を測定した。心材節なし空間と比較すると、辺材空間の照度は可視域で平均1.16倍、心材節あり空間のそれは可視域で0.90倍となった。

(平成11年度～12年度)

(瀧澤(忠)主任研究員, 構造性能科, 性能開発科, 材質科, 化学加工科, 製材乾燥科)

3.1.4 道産材を用いた 形梁の製造試験と実用化(共同研究)

Manufacturing and Practical Use of I-Beam with Timber Grown in Hokkaido

本研究は、道産 形梁を枠組壁工法住宅の床根太

部材として実用化することを目的としており、研究内容は、市場調査、形状決定と諸性能の把握、専用装置の開発、製造試験、施工実験、普及という流れである。平成11年度に行った結果を以下に示す。

(1) 道内ツーバイフォー住宅メーカー24社に対して床根太部材の市場調査を行った。その結果、床根太部材に210材を使用しているのは19社で価格は平均52,000円/m<sup>3</sup>、輸入 形梁を使用しているのは5社で平均70,000円/m<sup>3</sup>(210材換算)であった。また、道産 形梁に対する要望については、スパン性能は3,640～4,550mm、製品長さは最大10m、価格は輸入 形梁と同等とのことであった。市場調査の結果より道産 形梁は、梁幅64, 89mm、梁せい1235, 286mmの計4種類に決定した(第6図)。

(2) 道産 形梁4種類について枠組壁工法住宅用床根太スパン表を作成した(第2表)。その結果、すべてのタイプが3,640mm以上のスパン性能を持つことが明らかになった。

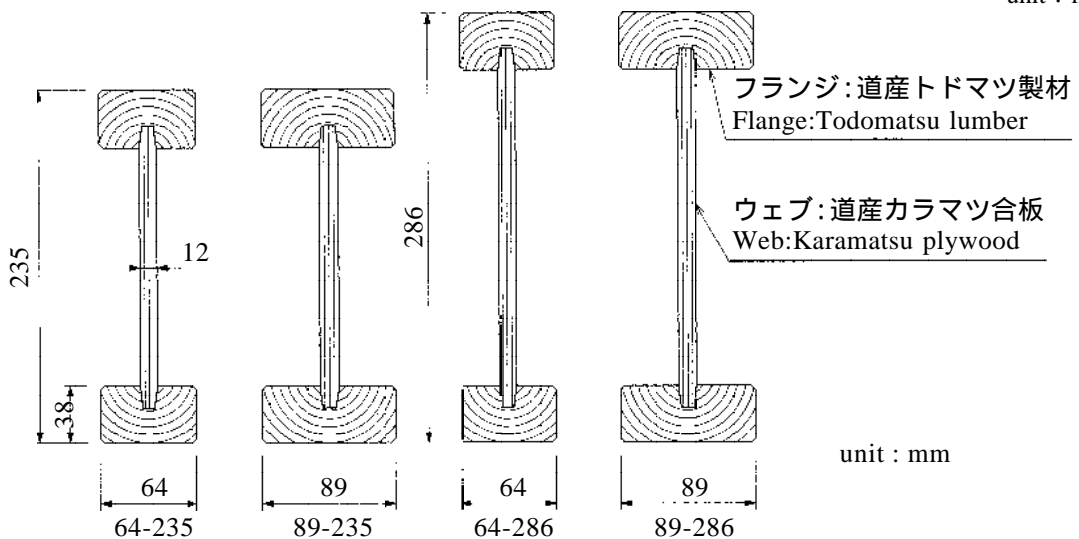
(3) 道産 形梁の製造コストを試算した。トドマツ

第2表 道産I形梁の床根太スパン表

Table 2. Span table for floor-joist of I-beam made in Hokkaido.

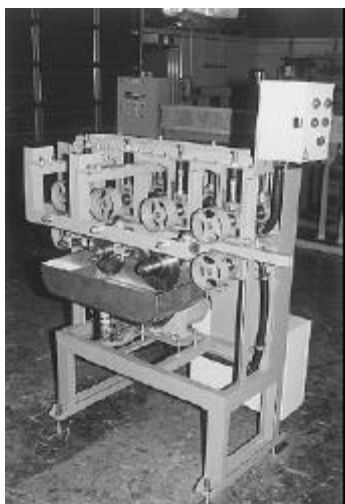
根太間隔 Joist Pitch	64-235	89-235	64-286	89-286
455	3960	4640	4550	5300
303	4810	5610	5510	6410

unit : mm



第6図 道産 形梁の断面形状

Fig. 6. Figure of I-beam made from wood materials of Hokkaido.



第7図 塗布装置  
Fig. 7. Glue spreader.

製材37,000円/m<sup>3</sup>，カラマツ合板1,700円/枚，工場建物と機械設備を新設，従業員5名，年間1,570m<sup>3</sup>（210材換算）生産するとした場合，道産 形梁は輸入 形梁に対して，89mmタイプが15%前後割高になるものの，64mmタイプでは同等以下のコストになると予測された。

(4) 道産 形梁を10mの長さで適正に製造するための専用塗布圧縮装置を開発した。それぞれの装置の写真を第7図，第8図に示す。

12年度は，開発した装置による製造試験と実際の作業性を調べるための施工実験を行う予定である。

（平成11～12年度）

（工藤主任研究員，加工科，構造性能科，経営科，道立寒地住宅都市研究所）

### 3.2. 大規模構造物の施工技術および資材の開発

Development of Building Technology and Materials for Large-Scale Structures

#### 3.2.1 カラマツ材を用いた強化桁による木橋の開発

Development of Wooden Bridge with Reinforced Girder Using Karamatu Timber

本研究は道産カラマツ材を用いた木橋を普及させるために，強度性能の向上とコストの軽減を図った強化桁を開発し，これらを用いた歩道橋の設計を行



第8図 圧縮装置  
Fig. 8. Press.

うことを目的としている。平成11年度は文献や資料などを参考に，カラマツ集成材と，異種材料である鋼棒やワイヤーを組み合わせた強化桁を2種類試作し，それらの強度性能について調べた。

試作した強化桁は，集成材の長さ方向に設けた溝の中に鋼棒を挿入し，それらにプレストレスを加えたものである。もう一つは，上記と同様の集成材を幅方向に2分割し，それらの両部材の間に連結金物を介してワイヤーを張り，プレストレスビームとしたものである。曲げ試験の結果，前者ではプレストレスの増加に伴って，剛性は増大する傾向を示し，最大で18%程度の向上が認められた。破壊強度はプレストレスとの間の相関性が低く，コントロール材の同値に対して99～111%の値であった。また，後者では剛性および破壊強度とも，有効な補強効果は認められなかった。なお，2種類の強化桁とも，最大荷重後の変形能力はコントロール材よりも優れていることが分かった。

12年度は引き続き，カラマツ集成材と異種材料を組み合わせた強化桁について検討を加え，本研究成果を取り入れた歩道橋の基本設計を行う予定である。

（平成11～13年度）

（工藤主任研究員，デザイン科，構造性能科，接着塗装科，機械科）

### 3.3. 木質内外装材の製品開発

Development of Wooden Interior and Exterior Parts

平成11年度取り組み研究テーマなし。

### 3.4. 耐朽性向上技術の開発

#### Development of Technology for Improving Durability

#### 3.4.1 河川等で使用される木材の耐久性評価

##### Evaluation of the Durability of Wood Used at the Waterside

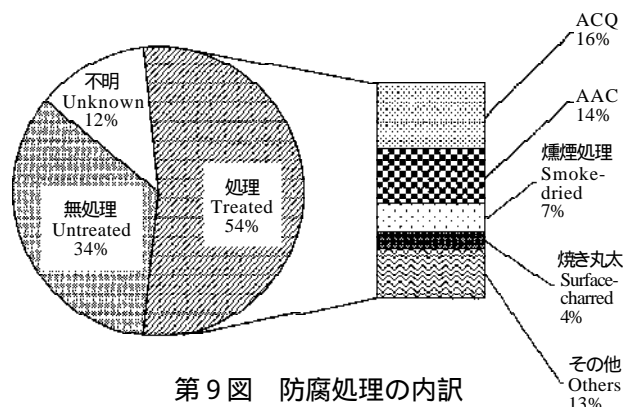
河川環境に配慮した「多自然型川づくり」を河川改修の基本理念とする河川法の改正が平成9年に行われた。それ以降、河川の改修においては、環境に配慮した施工法が重視されるようになり、景観や自然環境に調和した河川資材として、木材のニーズが高まってきている。しかし、河川環境における木材の耐朽性についてはほとんど明らかにされておらず、またAAC（アルキルアンモニウム化合物）やACQ（銅・アルキルアンモニウム化合物）などをはじめとした新規薬剤の河川環境における効力も十分には検討されていない。そこで、河川資材として使用されている木材の耐朽性向上を目的として、既設の木質系河川資材の腐朽状況を調査した。

##### (1) 既設木質系河川資材の劣化調査

北海道建設部および北海道開発局旭川開発建設部の協力を得て、道内の30河川・73か所で使用されている木材（経過年数1～10年）の劣化調査を行った。調査した73件のうち最も多かったのが「木杭・木柵」で25件、次いで「かたのりわく もっこうちんしょう片法枠・木工沈床」が20件、「階段工」が18件、「れんさいしがらこ連柴柵工」が6件、「その他」が4件で、樹種はすべてカラマツであった。調査を行った河川資材に対する防腐処理の内訳を第9図に示す。平成10年度の調査では、河川資材としての用途・構造物の形態によって腐朽の状況が異なるという傾向が見られたが、これは構造物がおかれている環境の違いによるものと考えられる。11年度の結果においても同様の傾向が見られた。10～11年度の結果（用途別）の概要を以下に示す。

##### 片法枠・木工沈床（設置後2～5年経過）

他の用途に比べて腐朽による被害が少なかった。水中にある部材ではいずれも腐朽が認められず、水上にある部材でも腐朽被害を受けている割合が極めて小さく、腐朽程度も軽微であった。設置後の経過年数が最長でも5年と短かったこと、いずれも他の



第9図 防腐処理の内訳

Fig. 9. Details of preservative treatment.

用途に比べて土壌に接する部分が少ないということなどが、腐朽被害が少なかった原因であると考えられる。

##### 階段工（設置後1～9年経過）

階段工の大半の部材は陸上での接地条件下と同じ環境、すなわち腐朽しやすい環境にあると考えられるが、JAS（日本農林規格）およびAQ（優良木質建材等認証規定）で規定されているACQおよびAACで処理されたものはほぼ健全な状態を保っていた。ACQ処理材は9年を経過しても激しく腐朽しているものはほとんど見られず、軽微な腐朽が部分的に認められたのみであった。AAC処理材においても最長4年経過までの結果では、腐朽が認められなかった。

##### 木杭・木柵（設置後3～10年経過）

水路の護岸に使用される木杭・木柵に使用される部材は、下半分が水中、上半分が水上（地上）におかれるが、水中部分ではいずれも腐朽は認められなかった。一方、水上（地上）部分では、最長5年を経過したAAC処理材の結果を見ると、一部に軽微な腐朽が認められたが大半の部材は健全な状態を保っていた。しかし、JASやAQで規定されていない他の処理材の水上（地上）部分では、比較的高い割合で腐朽が発生し、無処理の部材の結果に近い傾向を示した。無処理の部材では、10年を経過しても耐用限度に達している程の腐朽は見られなかったが、腐朽が認められた部材の割合、およびその被害程度は、年数を経過するにつれて大きくなる傾向を示した。

環境条件によって腐朽の発生および進行の状況は異なってくるが、上記の結果をまとめると以下のようなになる。

[ 水中部材 ]



10年を経過してもほぼ健全な状態を保っていた。したがって、常時水没している木工沈床などは無処理でも長い耐用年数を期待できる。

[ 水上(地上)部材 ]

腐朽の進行は、屋外・陸上の接地条件下とほぼ同程度、もしくはそれより緩やかであった。したがって、河川環境における木材の耐朽性は、既に報告されている通常の屋外接地条件下での結果を目安にできる。また、JASやAQで規定されている防腐薬剤の効力は、他の処理方法に比べて高かった。したがって、木質系河川資材の耐朽性を向上させるためには、これらの規格で規定されている防腐剤、防腐処理基準による処理が必要であると考えられる。

#### (2) 溶脱試験

防腐剤の溶脱を評価するために、実験室内でモデル試験を行った。AAC、ACQまたはCuAz(銅・ホウ酸・アゾール)で処理したカラマツ辺材および心材の小片(2×2×1cm)を流水中で最長1年間放置した後、防腐剤の残存吸収量を測定した。その結果、溶脱率の傾向は、AAC<ACQ=CuAz、心材<辺材であった。

#### (3) 防腐処理木材の河川中における耐久性試験

林産試験場構内に作製した人工池に、防腐処理木材(径10cmの丸太、3×3cmのステーク)および劣化を受けやすい部位・構造・環境などを考慮して設計・試作した実物大構造物を設置し、経年変化の観察・評価を今後継続する。

(平成10~11年度)

(耐朽性能科)

#### 3.4.2 低毒性防腐剤で処理された木材の海中における耐久性評価(民間受託)

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

(平成11~12年度)

(耐朽性能科、(株)ザイエンス)

### 3.5. 防火性向上技術の開発

Development of Technology for Fire Improving Resistance

#### 3.5.1 道産広葉樹の準不燃化技術の開発(民間受託)

Development of Quasi-Fire Retardant Wood Using Hardwood Grown in Hokkaido

(平成11年度)

(防火性能科、(協)ウッディあさひかわ)

#### 3.5.2 燃焼発熱性抑制に優れた木材用難燃剤の開発(共同研究)

Development of Fire Retardant for Depressing Heat Release

平成10年6月の建築基準法改正に伴い、防火材料の試験方法は現行の表面燃焼試験を中心としたものから、ISO規格に基づくものへの移行が予定されている。ISOで基準化されている防火材料試験としては、不燃性試験(ISO 1182)、着火性試験(ISO 5667)、発煙性試験(ISO 5659)、コーンカロリー計試験(ISO 5660)などがある。なかでも、建築材料の基本的な燃焼特性であり、室火災の進展を大きく左右する発熱速度を求めるコーンカロリー計試験が、防火材料に対する新しい評価体系での中心的な試験法になると考えられる。

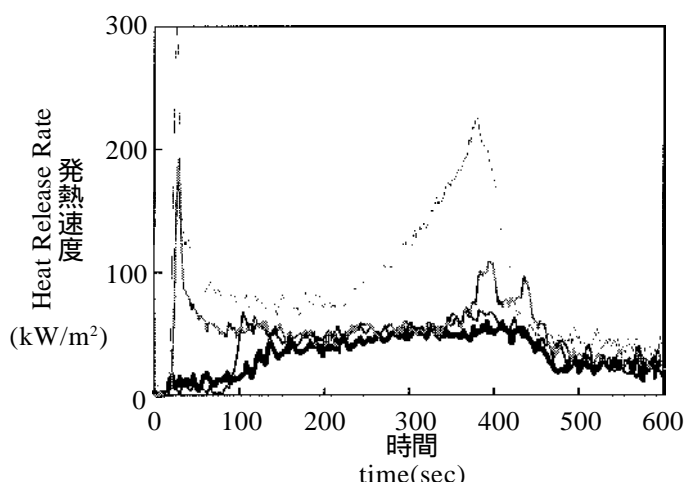
これまでに行われたコーンカロリー計試験によると、現在木質材料に用いられている難燃剤のなかには、十分な発熱抑制効果を示さないものがあることが指摘されている。このため、新規規格に対応可能な難燃化技術が必要とされている。そこで、燃焼発熱抑制作用に優れた難燃剤の検索を行うとともに、市販難燃剤で処理された木材の発熱性を調べた。

#### (1) 燃焼発熱抑制作用に優れた難燃剤の検索

試験体は10種類の難燃剤で処理された10×10×1.5cmのスギおよびタモで、これを輻射量50kW/m<sup>2</sup>で加熱・燃焼させた。このときの発熱速度の変化を第10図に示す。

コントロール材の発熱速度は、着火直後に形成される鋭い1次ピーク、減衰後の定状状態、ブロードな2次ピーク、消炎後の赤熱による定状状態の順に変化した。難燃剤による違いはあるものの、難燃処理された木材の発熱速度は小さくなり、特に1次ピークの消失する傾向が示された。

着火後180秒間の合計発熱量で比較した各難燃剤



第10図 難燃処理による発熱速度の変化

凡例： ———— : コントロール  
 ———— : リン酸ニグアニジン処理  
 ———— : リン酸水素二アンモニウム処理  
 ———— : ハホウ酸ナトリウム処理

Fig. 10. Effect of fire retardant on heat release rate of Sugi.

Legend : ———— : control  
 ———— : treated with diguanidine phosphate  
 ———— : treated with diammonium hydrobenphosphate  
 ———— : treated with sodium octaborate

の燃焼発熱抑制効果は、おおよそ以下のような傾向にあった。

リン酸水素一アンモニウム = リン酸水素二アンモニウム = ポリリン酸アンモニウム > リン酸ニグアニジン = リン酸ニグアニジン = リン酸グアニル尿素 > ハホウ酸ナトリウム = 硫酸アンモニウム = ホウ酸 = ホウ酸アンモニウム

難燃剤含量が同じであってもスギとタモとは発熱抑制効果が異なり、タモの発熱量を低減させるにはより多くの難燃剤が必要であった。

(2) 市販難燃剤処理木材の防火性能

試験体は2種類の市販難燃剤で処理されたスギおよびタモである。難燃剤1は硫酸アンモニウムを、難燃剤2はリン酸水素二アンモニウムを主体とする数種類の薬剤の混合物である。

難燃剤1処理木材の着火後180秒間の発熱量は、スギで5～6MJ/m<sup>2</sup>、タモで9～10MJ/m<sup>2</sup>（難燃剤含量はそれぞれ100kg/m<sup>3</sup>）となり、発熱抑制に最も効果を示す難燃剤の一つであるリン酸水素二アンモニウム処理木材の2倍以上の発熱量を示した。これに対し、難燃剤2処理木材の着火後180秒間の発熱量は、スギで3～5MJ/m<sup>2</sup>、タモで3～9MJ/m<sup>2</sup>（難燃剤含量

同）となり、リン酸水素二アンモニウムほどではないものの、難燃剤1よりも発熱抑制効果が大きかった。また、準不燃化材料の基準に合致するように250kg/m<sup>3</sup>の難燃剤を付与された試験体は、ほとんど発熱しなかった。

（平成11年度）

（防火性能科，(株)コシイプレザービング）

3.5.3 純木製防火外壁の開発

Development of Fire Preventive External Wall Made of Wooden Materials

従来、建築基準法22条区域内の住宅外壁には、土塗壁構造と同等の防火性能が求められてきた。土塗壁と同等の構造とは、最高温度が540℃であるような防火3級温度で加熱したとき、変形・破壊が起らず、加熱面上の残炎時間が30秒以下となるようなものである。平成10年6月、建築基準法が改正され、外壁に求められる防火性能は耐火温度で20分間加熱したときの非損傷性および遮熱性となった。このような評価法では、防火被覆材の遮熱性能が壁構造体の防火性能を大きく左右することになる。

外壁に厚板木材を用いた構造では、加熱により形成される炭化層が断熱層として働き、非加熱側の温度上昇を抑えることが期待できる。しかし、目地部やボルト貫通部では燃え抜けを生じやすく、防火上の大きな弱点になる。そこで、これらの弱点部分を補強した防火外壁の開発に取り組んだ。

平成11年度は板材の燃焼・炭化挙動を明らかにするため以下の項目について検討した。

(1) 厚板張り壁パネルの燃焼挙動

大きさ1.2×1.2mの壁パネルに組み立てた厚さ30mmのトドマツ板材を耐火加熱し、炭化挙動および損傷状況を観察した。その結果、板材の炭化速度は1mm/分程度で、大断面木材の1.4倍程度となった。また、目地部は20分前後に貫通し、壁パネルの耐火性能は炭化速度から予想される時間の2/3程度にとどまった。

(2) 難燃木材張り壁パネルの防火性能

難燃処理した厚さ15mmのタモ板材を外装材に、12.5mmの不燃石こうボードを下地材に用いた大きさ1.2×1.2mの壁パネルを防火3級加熱または耐火加

熱し、裏面温度および炭化深さを測定した。その結果、難燃剤含量 $60\text{kg/m}^3$ のタモ材を外装材に用いると土塗壁同等構造の基準を満たし、このときの炭化深さは6mm程度であった。これに対し、耐火20分加熱では、外装材は難燃処理の有無にかかわらず15分前後で消失し、十分な遮熱性を示さなかった。しかし、下地材の石こうボード裏面温度は外装材が難燃処理されている場合には100 前後に抑えられた。

(平成11~12年度)  
(防火性能科)

### 3.6. デザイン性付与技術の開発

Development of Wooden Products with Excellent Design

平成11年度取り組みテーマなし。

### 3.7. 新性能付与技術の開発

Development of Wood Materials with High and New Performance

平成11年度取り組みテーマなし。

## 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

### 4.1. 複合材の製品開発と製造技術の確立

Development of Composite Materials and Establishment of Technology for Manufacturing them

#### 4.1.1 木材の化学処理および金属との複合化による新素材の開発(施策・林野補助(地域新技術開発促進事業))

Development of New Materials by Chemical Processing and Combination of Veneer and the Other Materials

近年の自然志向の高まりから、木材や木製品が好まれる一方、屋内外を問わず耐久性の向上や、多様化しているデザインと強度・安全性を両立した製品の提供がユーザーから強く求められている。そこで単板を金属パイプに巻き付けて複合化することにより、木材の温もりと金属の強度を兼ね備えた複合材料の開発を試みた。

平成8年度は木材・金属複合パイプに適した単板の選択、人間工学的見地から最適な寸法および断面形状について検討した。

9年度は木材・金属複合パイプ製造に適した接着剤の選択に関する検討を行った。また、官能検査により、必要とされる単板巻き厚さを検討した。その

結果3~4重に巻けば、ほぼ木材の手触りになることが明らかになった。

10年度は屋外で木材・金属複合パイプを使用する際に問題となる耐候性について検討した。その結果、木材・金属複合パイプはムクの木材に比べ、屋外に設置した場合に亀裂やはく離が起りやすいことが明らかになった。これは心材として用いた鉄パイプやアルミパイプと熱膨張率が大きく異なる上に、木材自身が湿度により寸法変化を起こすことが原因と考えられた。この欠点を改善するためにポリエチレングリコールモノメチルエーテル(PEGDME)処理やマレイン酸・グリセリン(MG)処理などの高耐候化処理をした単板を使用して木材・金属複合パイプを製造し、それぞれ塗装したものと無塗装のものについて促進劣化試験を行った。それらの高耐候化処理および塗装により耐候性はかなり改善されるものの、十分とは言えない結果となった。

11年度は10年度に引き続き、耐候性を高めるための研究を行った。一般的な塗装や化学処理では限界があると思われたので、熱収縮チューブによる表面保護を試みた。この方法は複合パイプを製造した後に熱収縮チューブをかぶせ、熱をかけてそのチューブを密着させる方法であるが、原理的に水蒸気の進入口となるピンホールがないのが特徴である。現在試験を継続中である。

次いで、実生産に向けた生産性の検討を行った。すでに試作した二台の巻き締め機を使用した場合と手巻きの場合について、製造に要する時間を計測した。その結果、糊付けした単板を機械にセットするあいだに手巻きなら、巻終わられることが明らかになった。したがって、糊付けを含む全行程を自動化しないのであれば、手巻きがもっとも生産性が高いと判断した。

木材・金属複合パイプとムク材の強度性能を比較するために、衝撃曲げ試験機を用いて衝撃曲げ試験

を行った。その結果、ムクの木材は完全に破断したが、木材・金属複合パイプはアルミを心材に用いたものも含めて、破断することがなかった。これは木材・金属複合パイプを手すりなどに使用した際に安全性が高いことを意味しており、大きなメリットと考えられる。

試作品としてはJR旭川駅富良野線の階段手すりを製造した。

(平成8～12年度)  
(化学加工科)

## 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. 樹種ごとの材質評価

Evaluation for Wood Qualities by Species

#### 5.1.1 優良トドマツ精英樹家系選抜のための材質検定

Test of Wood Qualities for the Selection of Todomatsu (*Abies Sachalinensis* Mast.) Plus Trees

トドマツは産地間変異が大きいことから、次代検定林(家系)での成長量調査等で、産地適応性が把握されつつある。それと平行し、クローンあるいは家系を用いて、材質検定を行っている。それらの性能を把握することによって、クローンでの検定では、採種園における材質の不良な母樹を排除し、採種園全体の体質改善を図ることができる。また、家系での検定では、数産地の次代検定林で検定を行うことにより、家系ごとの材質の変異が把握できる。

トドマツ精英樹家系およびクローンの材質検定は平成9年度から開始しているが、11年度は新冠産の精英樹15クローン(32～33年生、平均胸高直径20.4cm、平均樹高12.4m)を用いて、繊維傾斜度、軟X線による密度測定、クリア曲げ試験を行った。個体数は1クローン3個体で、全45個体である。なお、そのうち11クローンは9～10年度に試験した次代検定林の家系と一致している。結果の概要は以下のとお

りであった。

- (1) 上記試験の分散分析の結果、クローン間に危険率1%で有意差が認められた。
- (2) 繊維傾斜度は15クローンの平均で4.7%であり、同一のクローンと実生(家系)では、平均値は類似するが、家系間の差は小さくなった。
- (3) 曲げ試験の結果、15クローンの平均値は曲げ強さで60.9MPa、曲げヤング係数で8.0GPa(年輪幅3.5mm、密度0.39g/cm<sup>3</sup>)であった。
- (4) 現段階で親(クローン)の強度値が大きければ子供(家系)の強度値が必ずしも大きいとはいえないが、クローンでも家系でも強度値の小さいものは岩見沢1号と名寄9号(繊維傾斜度も大きい)であり、採種園の体質改善を行うための排除木と考える。

(平成9～12年度)  
(材質科)

#### 5.1.2 北洋産広葉樹材の材質評価

The Wood Qualities of Northern Ocean Hardwood  
本道では北洋産の広葉樹丸太の輸入量が多い。ロシア沿海地方の広葉樹で蓄積の最も多いのはカンパ類であるが、その用途はパルプ材等にとどまっている。今後、資源問題や消費者ニーズに対応するために、これらの広葉樹についての性質を把握し、その

用途を広げる必要がある。

平成11年度は、カンバ類を中心に基礎的な材質を調べた。材料はPLASTUN産のシラカンバ、ザツカバ（樹種不明）、シナノキ、アスペンとした。試験は、生材含水率、容積密度数、収縮率、硬さについて行った。

試験に先立ち、製材歩留り調査を行った。調査は家具用材として17mmおよび27mm厚の板を製材し歩留りを求めた。その結果、製材歩留りはおおむね70%であった。

生材含水率は、シラカンバで87%、ザツカバで67%であった。カンバ類の中には偽心材をもつものが存在し、それらについては偽心材の境界で含水率が著しく変化した。その他のものについては、樹心部から外側にかけてほぼ一定の値で推移した。シナノキ、アスピンの生材含水率は、それぞれ89%、103%であった。

容積密度数は、シラカンバで502kg/m<sup>3</sup>、ザツカバで568kg/m<sup>3</sup>であった。シラカンバについて道産のものと比較すると、今回の北洋材の方が約5%程度大きかった。また、いずれの個体についても、容積密度数は樹心部から5cm前後まで増加し、その後安定する傾向があった。シナノキ、アスピンの容積密度数は、それぞれ398kg/m<sup>3</sup>、392kg/m<sup>3</sup>であった。

収縮率は、全収縮率でシラカンバが9.3%（T方向）、6.1%（R方向）、ザツカバが10.2%（T方向）、7.3%（R方向）、シナノキが9.9%（T方向）、6.4%（R方向）、アスピンの9.7%（T方向）、5.2%（R方向）であった。

硬さは、板目面でシラカンバが14.7MPa、ザツカバが17.7MPa、シナノキが9.5MPa、アスピンの9.2MPaであった。国産のものと比較すると、いずれの樹種についても今回の試料の方が大きな値であった。

（平成11～12年度）

（材質科）

## 5.2. 木質資材の各種性能の評価

### Evaluation of Properties for Wood Materials

#### 5.2.1 針葉樹高温乾燥材の構造用途適性評価

### Evaluation of High-Temperature Dried Softwood for Structural Use

本研究の目的は、通常の乾燥材とは異なった性状を示す高温乾燥材の建築構造部材への利用に関わる物理的な諸性能を、乾燥処理条件・樹種別に明らかにして設計資料を整備することである。

供試体は、北海道産カラマツおよびトドマツの心持正角材であり、原木径級はいずれも16～22cm程度である。

乾燥条件は、これまで行われている通常の温度条件と、林産試験場が検討したスケジュールに基づく高温条件（80～140℃）の2種類とした。

なお、通常の温度条件は、トドマツでは中温条件（55～70℃）、カラマツの場合は脱脂処理を行うため中高温条件（80～95℃）である。

平成10年度は、曲げ試験を行い、以下の結果を得た。

- (1) カラマツの曲げ強度は、高温乾燥材と中高温乾燥材との間に有意差は認められなかった。それに対して、トドマツの曲げ強度は、高温乾燥材が中温乾燥材に比べて1割程度低い値となった。
- (2) 曲げヤング係数は、カラマツ・トドマツともに、乾燥条件による有意差は認められなかった。

11年度は、接合部の強度性能に関わる試験を行い、以下の結果を得た。

- (1) 横圧縮については、全面圧縮および部分圧縮試験を行って強度性能を確認した。その結果、カラマツ・トドマツともに高温乾燥材が通常乾燥材よりも圧縮強度が低い結果となった。カラマツでは中高温乾燥材に比べて5%程度、トドマツでは中温乾燥材に比べて強度性能が20%程度低い値であった。
- (2) 釘接合部については、側材を合板および鋼板、加力方向を繊維に平行方向および垂直方向とする計4条件でのせん断試験を行った。その結果、カラマツ・トドマツとも鋼板・垂直方向条件の場合に、高温乾燥材が通常乾燥材に比べて2～3割程度低い値（1mm変形時の荷重）となったが、それ以外の条件では大きな差異は認められなかった。

以上の結果および10年度の曲げ試験の結果を合わせて検討すると、繊維平行方向に関する強度性能については、高温乾燥材と通常乾燥材とで大きな差異

はないと考えられる。しかし、繊維垂直方向の強度性能については、高温条件での強度低下が比較的大きく、内部割れによる影響を含めて、さらなる検討が必要である。

なお内部割れについては、12～13年度経常研究「内部割れが接合性能に及ぼす影響」として検討する予定である。

(平成10～11年度)

(構造性能科)

## 5.2.2 防腐処理された木質材料の接着性能の検討

### Adhesive Properties of Wood Treated with Preservatives

構造用部材としての集成材の利用は一般的になりつつあり、とりわけ屋外構造用部材としての利用は増大傾向にある。屋外構造用部材としての利用においては、防腐処理が施される。したがって、防腐処理による接着性能への影響を把握することは、その利用において不可欠である。

平成10年度は防腐処理材の常態における接着性能、防腐剤が接着剤の硬化反応に与える影響を検討した。その概略は以下のとおりである。防腐処理により、常態でのRF、APIの接着性能は、構造用集成材のJASを満たし、無処理材と同等であることが認められた。また、防腐剤による接着剤の硬化反応への影響は、RFについてはACQ、CuAzを添加した場合、APIについてはAAC、ACQを添加した場合に硬化反応の阻害が認められた。

11年度は防腐処理材の接着耐久性を検討した。耐水性、耐熱水性について、構造用集成材の試験(JAS)と木材の圧縮せん断試験強さの試験方法(JIS K 6852)に従い検討した。また、北海道での低温環境下における屋外利用を想定して、凍結融解試験を行った。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、防腐剤はAAC、ACQ、CuAzを用いた。供試材はトドマツである。結果の概略は以下のとおりであった。

耐水性試験として浸せきはく離試験を行った結果、AAC、ACQ、CuAzで処理したトドマツ材をRFで接

着した場合、はく離率は0%であった。APIについても同様の結果が得られた。

耐熱水性試験として煮沸はく離試験、煮沸繰り返し試験を行った結果、煮沸はく離試験では、いずれの接着条件においても、はく離率は0%であり、煮沸繰り返し試験では、RF、APIについて各防腐処理材でそれぞれ無処理材と同等のせん断強度、木破率を示した。

凍結融解履歴の後にブロックせん断試験を行った結果、凍結融解試験は、AAC処理材について、気乾、含水率18%、飽水の3つの含水率状態に調湿した後に行った。RFで接着した無処理材では、気乾、飽水状態で凍結融解履歴を与えた場合、せん断強度の低下が認められた。特に飽水状態で大きな強度低下が見られた。木破率は凍結融解による影響はほとんど見られなかった。一方、AAC処理材ではいずれの含水率条件においても凍結融解履歴後、せん断強度、木破率の低下は認められなかった。APIで接着した無処理材では、飽水状態で凍結融解履歴を与えた場合、せん断強度と木破率の低下が認められた。しかし、AAC処理材では飽水状態で履歴を与えても、せん断強度、木破率は低下しなかった。これらの結果から、凍結融解履歴を与えることによる接着性能への影響は、木材が飽水状態の時にダメージを受けやすいことが判明した。しかし、防腐剤による耐久性への影響は明確な傾向は認められなかった。

11年度と10年度の結果から、耐久性も含めた接着性能は、防腐処理材では無処理材と大きくかわるものではなく、構造用集成材のJAS、JISに基づいた試験で評価する限り、接着性能には問題がなく低温環境下での使用も問題はないと考えられた。しかし、防腐剤の添加はRFとAPIに関しては硬化反応に影響を与えることがわかった。このことが、長期使用において与える影響については今後の課題である。

(平成10～11年度)

(接着塗装科)

## 5.2.3 自然系塗料・接着剤の塗装性能と接着性能

### Physical Properties and Durability of Natural Paints and Adhesives

合成塗料・合成接着剤は、従来の漆、柿渋あるいはニカワ等の自然塗料・接着剤の欠点を克服すべく開発されてきたものであり、優れた性能を有するが、近年様々な問題が指摘されている。ホルムアルデヒド等のVOC等に起因するシックハウス症候群、新築病などがそれである。これらは、健康志向に対する強い要請と相まって、大きな課題のひとつとなっている。VOCに関する問題は、住宅の建築技術の進歩にともない気密性が飛躍的に向上したことによる。こうした情勢の中、自然系の塗料や接着剤が見直されはじめている。しかし、従来の製品と比較した自然塗料・接着剤の性能についての詳細は、不明な点が多く、施工後に問題が生じたケースもある。

各種自然塗料・接着剤の現状を調べるとともに、市場でのニーズを把握することを目的として、市販品の自然系塗料・接着剤の調査を行った。設計事務所、工務店・住宅メーカー、家具・建具メーカー等を調査対象とし、415件に対しアンケート調査を行い、209件の回答を得た。結果の概略は以下のとおりであった。

- (1) 自然系塗料・接着剤について、知っている(72.2%)、知らない(27.8%)
- (2) 知らないとの回答の中で、興味がある(89.7%)、興味がない(10.3%)
- (3) 知っているとの回答の中で、使ったことがある(37.1%)、使ったことがない(60.9%)

アンケート結果では、自然系塗料・接着剤に対して高い関心があるものの、実際に使用したところのある業者が少なかった。アンケートと同時に調べた要望は多岐にわたったが、主として耐久性等に関するものが多かった。結果を踏まえ、「自然塗料・接着剤の性質の検討(平成12~13年度)」において継続研究の予定である。

(平成11年度)

(接着塗装科)

#### 5.2.4 床暖房用フローリング性能試験の簡素化

Simplification of the Performance Test in Wooden Flooring to Use the Floor Heating

床暖房用フローリングの性能基準は標準化の方向

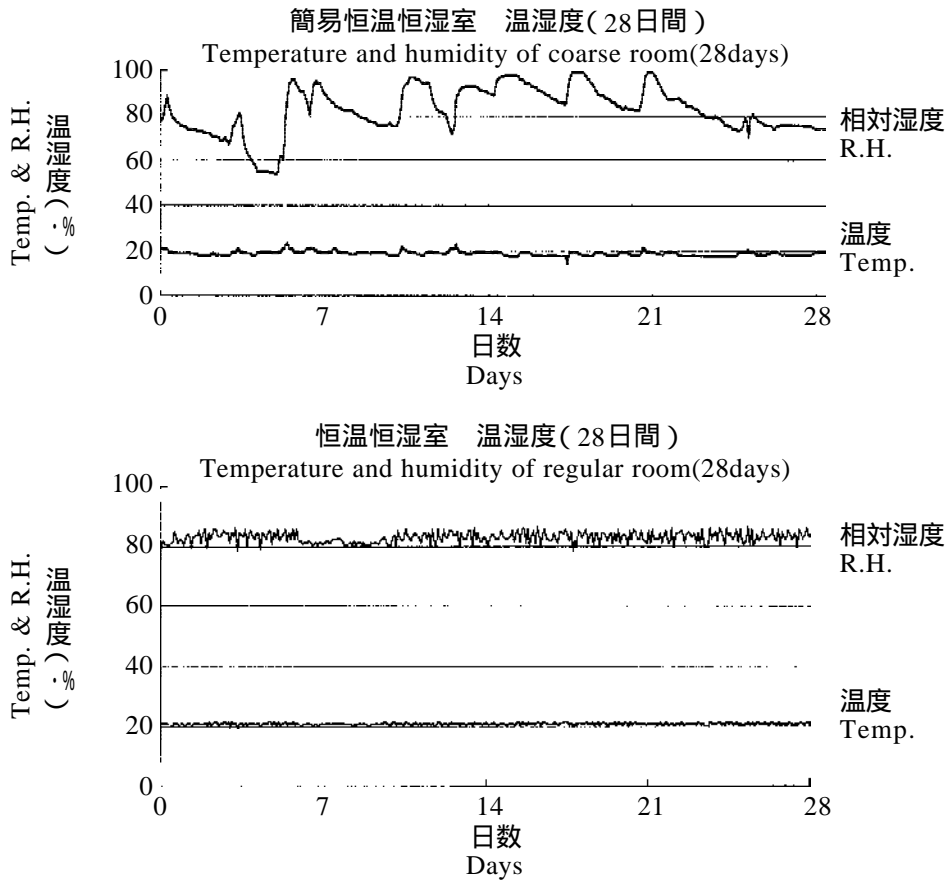
で検討されつつあるが、メーカーやゼネコン各社が独自の基準で試験・評価しているのが現状である。林産試験場においては、床暖房用フローリングの試験・評価方法として、床面加熱試験、ならびに床面吸湿試験を提案してきたが、いずれも高度に管理された恒温恒湿環境下での試験であり、高価な設備を要する。そこで温湿度条件の緩和による試験費用の低コスト化を目指し、企業での品質管理に適用可能な試験方法を検討した。

平成10年度は、市販のエアコン、除湿器、加湿器により簡易な恒温恒湿室(幅2.7×長さ2.7×高さ1.8m)を試作し、床面加熱試験(試験体寸法:幅95cm、長さ185cm)を、高度に管理された恒温恒湿室との比較で行った。その結果測定値に若干のバラツキはあるものの、簡易な温湿度制御環境でも恒温恒湿室と同様の温湿度が再現できることが確認され、試験体の性能評価もほぼ同じ結果であった。

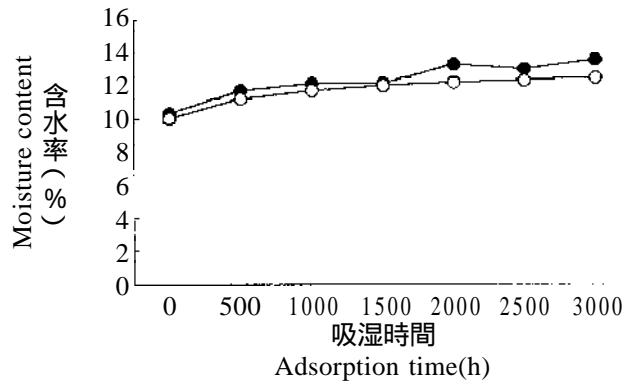
11年度は試作した簡易な恒温恒湿室と、高度に管理された恒温恒湿室での床面吸湿試験環境の検討および簡易な恒温恒湿室の季節依存性について、検討した。

吸湿試験環境については、簡易な恒温恒湿室内にビニルハウス(幅1.4×長さ2.2×高さ1.5m)を設置し、加湿器を用いて湿度を85%(温度20℃)に調湿しようとしたが加湿器の湿度調整機能では75%以上の調節ができなかった。そこで、手動により、湿度計を見て湿度80%以下であれば30分間の加湿運転を行ったものの、調湿の状態は第11図に示すように恒温恒湿室と比較すると一定ではなかった。しかし簡易な恒温恒湿室のビニルハウス内の湿度は、加湿器の運転を、タイマースイッチを利用する、あるいは湿度センサーを利用することで調湿精度の向上は可能である。吸湿試験体の装置間における含水率の違いを第12図示す。試作した簡易な恒温恒湿室での含水率は高く現れているが実用上の問題はない。

季節依存性の検討では、冬期間の床面加熱試験において、市販のエアコンは外気温が-2℃以下になると冷房運転ができない。一方、簡易な恒温恒湿室装置の室内は試験体の床面加熱により室温が上昇して25℃以上となるが、エアコンが作動しないので目標温度の20℃に制御はできない。以上のことから冬



第11図 装置間の温湿度の比較  
Fig. 11. Comparison between coarse room and regular room.



第12図 吸湿試験における含水率の経時変化  
凡例： ●：簡易恒温恒湿室； ○：恒温恒湿室  
Fig. 12. Moisture content of flooring in adsorption test.  
Legend： ●：Temperature and humidity of coarse room  
○：Temperature and humidity of regular room

期間に簡易な恒温恒湿室を用いた床面加熱試験は温度の制御は難しい事が分かった。

したがって試作した簡易な恒温恒湿室は、冬期間の床面加熱試験を除けば、十分実用可能な装置であ

り、この装置における床暖房用フローリング性能試験は企業の品質管理に適用可能である。

(平成10～平成11年度)  
(加工科，機械科，性能開発科)



### 5.3. 木質資材使用マニュアルの整備

#### Making a Use-Directory for Wood Materials

#### 5.3.1 北国型住宅の室内空気汚染とその対策

##### Determination of and Countermeasures for Indoor Air Pollution of Houses in Cold Region

ホルムアルデヒドの室内濃度指針値として「30分平均値で $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 以下」という値が厚生省より提案された。合板やMDFなどのボード類のホルムアルデヒド放散量は、JISやJASで、デシケータ法によって水中濃度で測定され評価される。しかし測定条件は、居住環境と大きく異なるため、デシケータ法で得られた放散量から室内濃度を推定することは難しいと考えられる。そこで、チャンバー法を用いて、材料のホルムアルデヒド放散特性を明確にするとともに、ホルムアルデヒド放散量の少ない材料および吸着剤を開発し、ホルムアルデヒド濃度の低い居住環境の設計を検討している。それらをもとに、北国型住宅の室内空気汚染防止の設計指針を確立することを目指している。

平成10年度は、スモールおよびラージチャンバー法によるホルムアルデヒド放散量の測定方法を検討した。

11年度は、以下の項目について検討した。

#### (1) 材料のホルムアルデヒド放散特性

スモールチャンバーを用いて、 $F_0$ （非ホルムアルデヒド系）、 $F_1$ （メラミン系）、 $F_2$ （ユリア系）合板のホルムアルデヒド放散量を、温度20、25、30（換気回数0.5回/h、湿度60%）で測定した。その結果、どの温度条件でも $F_0 < F_1 < F_2$ の放散量になった。また、 $F_2$ 合板の放散量は、20 から30 まで、指数関数的に増加し、既存の温度補正式に一致する結果となった。 $F_0$ および $F_1$ 合板に関しては、明らかな温度依存性はみられなかった。これは、バックグラウンドのホルムアルデヒド濃度の影響が考えられる。そこで、

フィルターを通した空気をチャンバー内に流入させるシステムに変更した。また、8畳間の壁4面と床に施工した場合と同程度の表面積の $F_1$ （フェノール樹脂接着剤使用）および $F_2$ （ユリア樹脂接着剤使用）のカラマツ合板（5プライ、厚さ15mm）の気中濃度（換気回数1回/h、温度20、湿度60%）を測定した。その結果、 $F_1$ 合板の濃度は、 $0.01\text{ppm}$ であり、 $F_2$ 合板は時間経過とともに減少したが、 $0.1\text{ppm}$ を下まわることにはなかった。

#### (2) 実大サイズの家具からのホルムアルデヒド放散量

ラージチャンバーを用いて4種類の家具全体からのホルムアルデヒド放散量の測定を行った。その結果、すべての家具において $0.1\text{ppm}$ 以上の高い濃度になった。これは、チャンバー容積に対する家具の体積および表面積の割合が高く、無換気状態が原因と考えられ、換気システムの導入を検討するとともに、ラージチャンバーに適した評価方法を検討する必要がある。

#### (3) 新築住宅のホルムアルデヒド濃度の測定

14件の新築住宅（引き渡し前）のホルムアルデヒド濃度を密閉状態で測定した。その結果、23 に換算すると、ほとんどの場合、 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ を上回った。しかし、機械換気稼働後では、下回る場合があった。

#### (4) ホルムアルデヒド吸着剤の性能

市販の4種類のホルムアルデヒド吸着剤を、製造翌日の合板に塗布し、24時間風乾後、JASのデシケータ法に準じて、ホルムアルデヒド放散量を測定した。その結果、1種類を除いて約98%減少したが、1か月後に、わずかな増加が認められた。1種類は、初期の減少率は大きかったが、1か月後には、無処理とほぼ同じ値になった。

（平成10～12年度）

（合板科、成形科、性能開発科、  
接着塗装科、化学加工科）

# 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. 切削技術の改善・開発

Improvement and Development of Cutting Technology

#### 1.1.1 曲がり挽き製材の有効性の検討

Examination Concerning Efficiency of Curve Sawing

今後人工林資源の増加に伴い、一般製材の原料になりにくい、曲がった原木の出材が増えることが予想される。これらを有効に利用するため、原木の曲がりに沿って製材し、建築用材などとして供給する方法が考えられる。このような「曲がり挽き」が可能な製材機械は欧米で既に利用されており、また国内のメーカーによっても同様の機械が開発されたところである。しかし、乾燥過程での反りの除去効果、乾燥条件などについて、詳細な研究は行われていない。そこで本研究では、既存の製材機械で曲がり挽きを行い、曲がり挽き製材の実用化の可能性を検討した。

平成10年度は、トドマツ材を用いて試験を行った。試験には材長365cm、径級14～16cmで、平均32mmの曲がり（矢高）があるトドマツ原木6本を使用した。原木の曲率にあわせた曲線木取りで幅115mm、厚さ42mmに挽き材し、12枚の試験材を得た。試験材は圧縮（圧縮圧は約118kPa）して高温乾燥（乾球温度110℃、目標含水率15%）し、製材後、乾燥後および乾燥後の養生中の反り・曲がり・含水率の推移を測定した。各試験材の反りの最大矢高は、製材直後では平均27.4mm（最大50mm）であった。圧縮・高温乾燥することで反りが減少し、最大矢高の平均は8.6mmとなった。これら試験材の約9割は、桝組壁工法構造用製材の日本農林規格において反り

が「軽微であること」とされる甲種桝組材特・1級、および乙種桝組材コンストラクション規格に適合した。また、乾燥後の養生期間において、著しい反りの変化はみられなかった。

11年度は、カラマツを用いて曲がり挽き製材を作製し、人工乾燥による曲がりの緩和、乾燥条件の違いによる仕上がりの差、歩留まりの試算を行った。

試験では材長365cm、径級14～16cmで、曲がりの平均42mm（矢高）のカラマツ原木15本を使用した。原木の曲率にあわせた曲線木取りで幅115mm、厚さ42mmに挽き材し、30枚の試験材を得た。試験材のうち10枚は圧縮（圧縮圧は約118kPa）して高温乾燥（乾球温度110℃、目標含水率15%）した。残り20枚は同様に圧縮して中高温乾燥（乾球温度85℃、目標含水率15%）した。それぞれの試験材は、製材後、乾燥後および乾燥後の養生中に反り・曲がり・含水率を測定した。

高温乾燥に供した各試験材の反りの最大矢高は、製材直後では平均44.3mm（最大70mm）だった。圧縮・高温乾燥することで反りが減少し、最大矢高の平均は10.4mmとなった。乾燥後の養生期間においては、極度のあて材を含んだ試験材をのぞき、著しい反りの変化はみられなかった。

中高温乾燥に供した各試験材の反りの最大矢高は、製材直後で平均37.6mm（最大70mm）だった。乾燥後には平均11.6mmに減少した。乾燥後の養生期間において、反りが著しく増加した試験材はなかった。

以上の結果より、カラマツ曲がり挽き製材は、圧縮して中高温または高温乾燥することにより、反りを矯正できることがわかった。また、このようにし

て乾燥した製材のうち、あて材を多く含み狂いが残留しているもの以外は、集成材原板もしくは枠組壁工法用構造材として利用できると考えられる。

比較のため、曲がりのある原木7本より10枚の試験材を通直に製材し、前述のものと同様に圧縮して高温乾燥した。試験材は同様に測定し、曲がり挽きのものと比較検討した。その結果、製材時の試験材の反りの最大矢高は平均4.3mmで、乾燥後には同13.6mm、2週間後には同15.0mmとなった。

以上から、曲がりのある原木は、通直に製材して圧縮乾燥するよりも、曲がり挽きで製材して圧縮乾燥したほうが乾燥後のそりを抑えられることがわかった。

曲がり挽きによる歩留まりの試算では、直径18cmおよび20cm、材長365cmの原木について、厚さ28mm、幅115mmの製材を木取りした際の、主材の計量歩留まりを計算した。

その結果、歩留まりは直径18cm、20cmの原木とも、原木の曲がり20%（対径比）で3～4%、30%（同）で5%程度、通直挽き製材よりも向上することがわかった。

（平成10～11年度）  
（製材乾燥科）

## 1.2. 乾燥技術の改善・開発

Improvement and Development of Drying Technology

### 1.2.1 蒸気式乾燥装置の制御システムの見直しによる省エネ化

Saving Energy by Reconsideration of Control on Dry Kiln

建築用人工乾燥材の普及を図るためには、乾燥装置の普及促進、人工乾燥材の品質の向上とともに、乾燥コストを低減する乾燥技術の開発が必要である。

本研究では普及率の高い蒸気式乾燥装置の乾球温度・湿球温度の制御方法を見直しすることで消費蒸気量の低減を図ることを目的とした。

平成10年度は、トドマツ正角材の高温乾燥において、装置内の蒸気や熱を必要以上に外に逃がさないように排湿を極力行わないで、湿球温度の制御を給

湿のみで行い、湿球温度を一定に保つ制御条件で乾燥を行い（条件1）、通常通り給排気ダンパを開閉して制御する一般的な条件（条件2）との消費蒸気量、品質（割れ・ねじれ・曲がり）を比較検討した。

11年度は、カラマツ・トドマツの正角材を用いて、給排気ダンパを開かないようにし、かつ加湿開始温度を通常より低めに設定（条件3）して乾燥させ、省エネルギーの効果、乾燥材の品質を検討した。

その結果、条件1では、通常の条件2に対し、蒸気消費量が15%程度低減し、乾燥材の品質も問題なかった。一方、条件3では10%程度の蒸気消費量の低減が認められたが、加湿開始温度を下げたために断続的に低湿状態となり、乾燥材に割れの発生が増加した。よって、給排気ダンパを開かず加湿のみで湿球温度を一定にする条件1は、蒸気消費量を抑えかつ品質の問題が生じない方法と判断された。

また、中温乾燥において、給排気ダンパを開かない手法を適用した場合、湿球温度が下がらず、設定値よりもその値が高めになり、低湿条件が作れないことも確認された。

（平成10～11年度）  
（製材乾燥科）

### 1.2.2 広葉樹人工乾燥材の乾燥応力低減法の検討

Stress Release Method of Kiln-Dried Hardwood Lumber

近年の道産広葉樹材は、小径低質化が進み、現在の乾燥技術では、乾燥応力によって狂いが発生し、歩留まりが悪くなり、コスト高となっている。したがって、乾燥応力の抑制方法を詳しく把握する必要がある。具体的には、これまでの乾燥スケジュールを見直すことになるが、特に調湿処理の時間を検討する必要がある。このことについては、平成11～12年度にかけて、天然乾燥期間の異なる4条件（なし、1か月、6か月、1年）を設定し、実際のひずみ量とひずみゲージから算出されるひずみ量をもとに調湿処理時間を推定している。

試験体は、径級36cmのミズナラ原木から木取った厚さ27×幅150×長さ1200mmの製材である。人工乾燥中のひずみ量は含水率5%ごとおよびイコライ

ジング前後，コンディショニング前後，乾燥終了後5日，10日に測定している。これらの測定と並行して，ひずみゲージによる連続的なひずみ量測定をおこなっている。ひずみ量の変化については，必要に応じて追試験を行い，再現性のある挙動であるかをチェックした。現在までの結果は，次のとおりである。

(1) 狂いを抑えるためには，コンディショニング時間を20～24時間に設定するのが適正である。

(2) 曲がりを抑えるためには，人工乾燥終了後4～5日で加工を始めるのが良い。

以上の結果をもとに，平成12年度は発生する乾燥応力を抑制して，人工乾燥前の天然乾燥に必要な期間を短縮することを考えていく。

(平成11～12年度)

(製材乾燥科)

### 1.3. 注入技術の改善・開発

Improvement and Development of Impregnating Technology

平成11年度取り組み研究テーマなし。

### 1.4. 接着および表面処理技術の改善・開発

Improvement and Development of Gluing and Surface Treatment Technology for Wood

平成11年度取り組み研究テーマなし。

### 1.5. 新加工技術の開発

Development of New Processing

平成11年度取り組み研究テーマなし。

## 2. 生産工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Processes

### 2.1. 製材・乾燥工程の合理化

Rationalization of Sawing Processes and Drying Process

#### 2.1.1 製材業における作業システムの高度化に関する研究

The Improvement of Working System for Saw-Milling

週40時間制移行後，製材工場における生産量の低下は，企業の存続に係る大きな問題となっている。生産性向上のためには，省力化，設備の高効率化によるほか，現状の無駄を徹底的に把握し管理する必要がある。

そこで，現場作業状況を各種手法により詳細に把握し，各企業に対し改善提案を行う。またデータを集積し，改善事例集・調査手法のマニュアル等を作成し，製材業界全体に普及させることを目的とする。

平成11年度の調査は，事前調査の上で決定した製材工場4社（針葉樹2社，広葉樹1社，カラマツ1

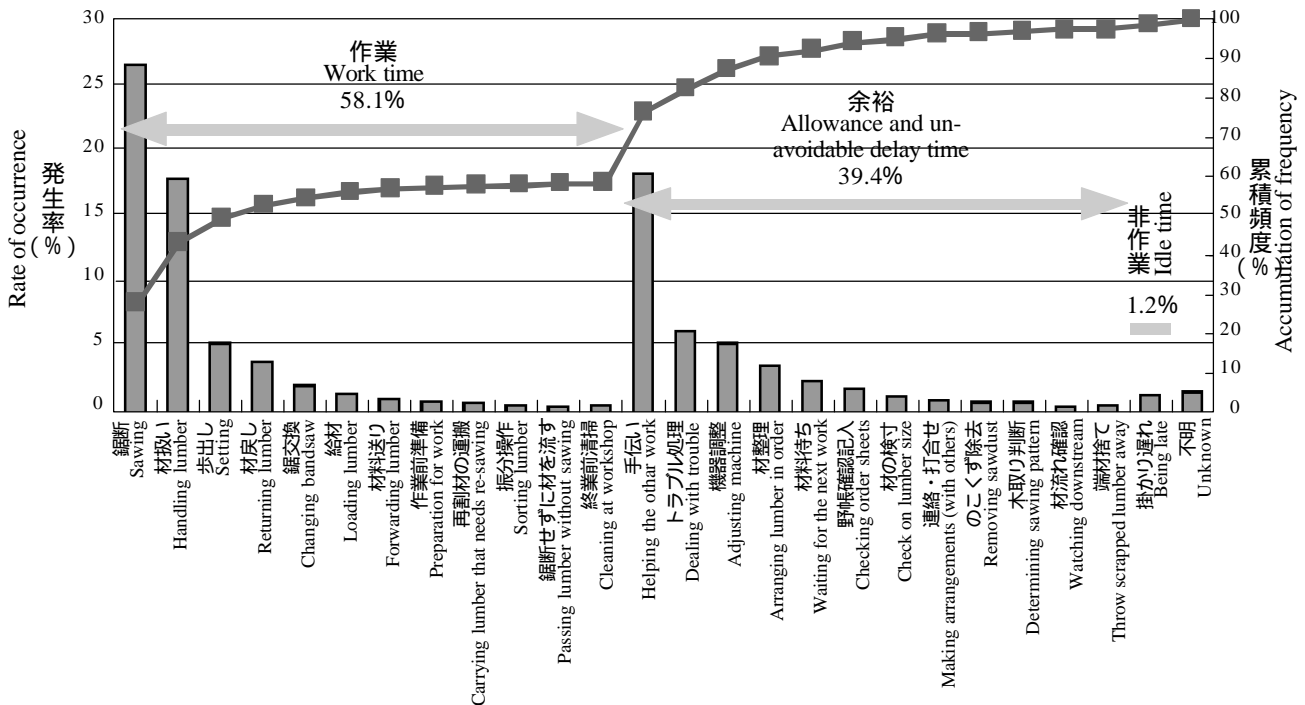
社）で行った。調査人員・期間は機械構成により若干変動あるものの，おおむね毎回4～6名で4～5日を要した。

具体的な調査内容は以下のとおり。

- (1) 各装置に供給される形状別材の量把握とそこから出る材の量把握
- (2) ビデオ撮影による各装置における歩出し・<sup>きよだん</sup>鋸断時間等測定（ワークサンプリング）
- (3) 作業員歩行経路・移動距離
- (4) 各作業員の作業・動作分類，それに伴う身体動線観察
- (5) 停滞か所の特定・量の把握と要因観察
- (6) 搬送・作業からみたライン全体のバランスの確認
- (7) 注文から製品出荷までの情報の流れ。

調査日程終了後，ワークサンプリングの集計をビデオにより行い問題点の把握に努めた。

第1図は，あるカラマツ梱包材工場のツインオー



第1図 ワークサンプリングによる作業分類構成比  
Fig. 1. Pareto, chart, occurrence of events by work sampling.

トテーブルの作業分類結果であるが、特異的に「手伝い」が18%ある。同工場では、下の整理・梱包を行う作業員の絶対的な不足から、製品がラインに停滞していた。その整理をしないとそれ以上挽けない状態にあったための手伝いである。このようなライン上のアンバランスが挽き材作業効率を低下させる。そこで、テーブルオペレータの標準生産能力から、作業員を新たに雇用すべきかどうかの判断を行った。

そのほか、前述調査に基づく問題点の指摘とともに、なるべく投資をしないですむ方向での改善案を各企業に提示した。

ワークサンプリングから求められた各企業の各装置における作業の割合は、おおむね85~90%の間であった。そのほか、非作業がどの工程・機械にも同2~3%あった。今まで経営者は、感覚的にその程度の非作業を認識していたが、具体的な数値を持ち合わせていないため現場に対する指導ができない状況であったが、これを明示することができた。

今後、10, 11年度の調査結果を基に、製材工場での作業改善のためのマニュアル作りに着手する。

(平成10~11年度)  
(経営科, 製材科)

## 2.2. 加工工程の合理化

Rationalization of Processing

### 2.2.1 キリ材の効率的アク抜き技術の開発

Development of Effective Extraction Method for Color Changing Substances from Kiri Wood (*Paolownia tomentosa* Steud)

キリは日本人の好む樹種の一つであり、軽くて丈夫、狂いが少なく、加工しやすく、水を吸いにくく火にも強いとされている。さらに材色が淡く、木理やツヤが美しいことから日本の伝統工芸の中で多用されている。本州方面ではよく植栽されており、会津キリや南部キリなどが有名である。北海道においても道南で多く植栽されこの地方のキリは材がち密であり、評価が高い。

しかしながら、キリは抽出成分が多く、アク抜きをしないと材色が暗赤色から暗紫色に変化することが知られている。このため、屋外に長期間放置し抽出成分を除去する方法が昔から一般的である。このアク抜きの期間を短縮することはキリ材のコスト削減の観点から重要である。

平成11年度は着色の原因物質について基礎的な検

討を行った。その結果、着色の原因物質は有機溶媒抽出物中にも熱水抽出物中にも存在する事明らかになった。このことから原因物質除去は水でも有機溶媒でも可能と思われたが、キリ材は極端に浸透性が悪く、溶脱法によるアク抜きは時間がかかるものと思われた。

そこで、浸透性を改善するために超音波照射と繊維関係の分野で用いられる浸透剤の効果を検討した。その結果、超音波にはやや効果があるが、浸透剤にはほとんど効果が認められなかった。しかし、超音波の効果はわずかなものであり、装置の設備投資とランニングコストを考えると、キリ材のアク抜きコストの改善にはならないと判断した。

(平成11~12年度)  
(化学加工科)

### 2.3. 合板製造工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Process for Plywood

#### 2.3.1 信頼性の高い針葉樹構造用合板の開発 (林野大プロ)

Development of Softwood Structural Plywood Warranted Strength Properties

北海道内に植栽されたカラマツ、トドマツは近年大径化しつつあり、中大径材の生産量は今後増加することが見込まれている。これらの原木の有用な用途の一つとして、構造用合板への利用がある。

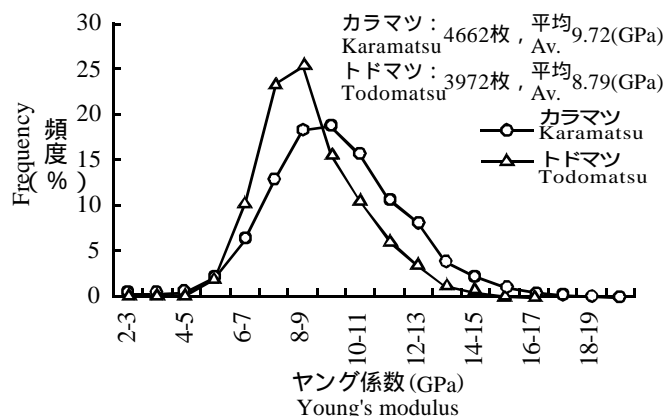
平成11年6月21日に構造用合板のJASが性能規定の方向で改正された(以下新JAS)。道産針葉樹構造用合板の需要を拡大するためには合板の強度性能を保証することが重要である。

本試験では道産カラマツ、トドマツ材について、単板品質および単板構成と合板の強度性能の関係について調べた。さらに、最適な単板構成における構造用合板のコストを試算した。10年度は道産カラマツ材について、11年度は道産トドマツ材について検討した。

##### (1) 単板品質と合板強度の関係

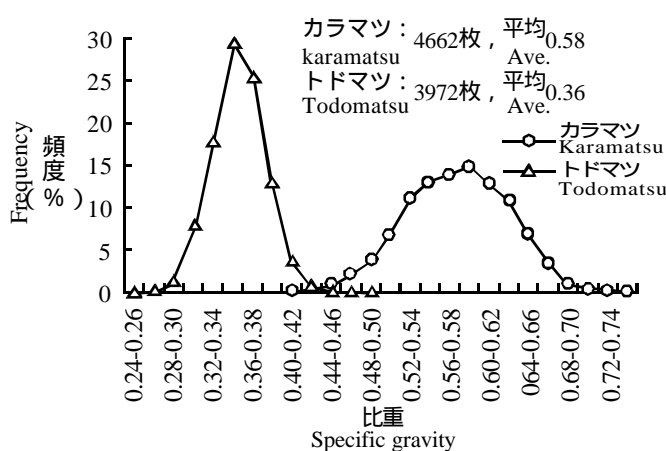
###### 単板の製造

試験には上富良野産のカラマツ材90本と美瑛産の



第2図 単板のヤング係数の分布

Fig. 2. Distribution of young's modulus of veneer.



第3図 単板の比重の分布

Fig. 3. Distribution of specific gravity of veneer.

トドマツ人工林材77本を使用した。原木の長さは2.2~2.3mで、末口径は両樹種とも24cm以上のものを使用した。末口径の平均はカラマツで29.5cm、トドマツで31.1cmであった。この原木を長さ1mずつ2本に玉切りした後、カラマツは3mm、トドマツは3.15mmの厚さの単板をベニアレースによって切削した。単板は含水率約5%まで乾燥させた。

##### 単板品質の測定と等級区分

乾燥した単板の比重と曲げヤング係数を測定した。その結果を第2図、第3図に示した。ヤング係数、比重ともカラマツが高い数値となったが、ヤング係数に比較して、比重において両者の差が大きくなった。単板品質と合板強度の関係を求めるために、この分布図を用いて第1表に示す3等級に区分した。また、JASに規定される板面品質によって、a, b, c, dの4種類(トドマツについては、a, b, cの3種類)に

第1表 単板のヤング係数と比重の区分

Table 1. Classification of veneer by young's modulus and specific gravity.

樹種 Species	等級 Grade	ヤング係数E(GPa) Young's modulus	比重r Specific gravity
カラマツ Karamatsu	上位 High	11.0 E < 13.7	0.60 r < 0.65
	中位 Middle	9.4 E < 11.0	0.55 r < 0.60
	下位 Low	6.9 E < 9.4	0.50 r < 0.55
トドマツ Todomatsu	上位 High	9.2 E < 11.4	0.36 r < 0.40
	中位 Middle	7.8 E < 9.2	0.34 r < 0.36
	下位 Low	5.7 E < 7.8	0.30 r < 0.34

区分した。

#### 構造用合板の製造

第1表の各等級ごとに90×90cmのサイズの3プライと5プライ合板を製造した。また、JASに規定される等級の中からA-C, B-C, C-C, D-Dの4種類(トドマツについては、A-C, B-C, C-Cの3種類)の3プライ合板を製造した。合板の接着にはすべてフェノール樹脂接着剤を用いた。

#### 合板の強度性能試験

製造した合板について、新JASに準じて曲げ試験、面内せん断試験を行った。

強度試験の結果を第2表に示した。単板をヤング係数と比重によって区分したものは、合板のヤング係数、曲げ強さは両樹種とも上位等級から下位等級に向かい低下することがわかった。これに対して、JASの板面品質によって区分したものは、合板のヤング係数、曲げ強さは各等級間で明らかな傾向は認められなかった。

合板の面内せん断強さにおいては、単板をヤング係数、JASの板面品質によって区分したものは各等級間に大きな差は認められなかったが、単板を比重によって区分したものは上位等級から下位等級に向かい低下した。

新JASの1級では、合板のヤング係数は4.9GPa以上、曲げ強さは15.7MPa以上、面内せん断強さは3.1MPa以上と定めている。今回の試験で使用した道産カラマツ、トドマツ材による構造用合板はすべて新JASの1級に合格することがわかった。

#### (2) 単板構成と合板強度の関係

ヤング係数が第1表の中位の単板を用いて、3mm厚さの単板を用いた等厚構成の合板(3プライ, 4プライ, 5プライ, 6プライ, 7プライ, 8プライ, 9プライ)を製造した。合板のサイズは91cm×182cmである。製造した合板について、新JASに準じて曲げ試験、面内せん断試験を行った。また、実測した単板のヤング係数を用いて合板のヤング係数の計算値を求め、実測値との相関を調べた。

試験の結果、カラマツにおいてはすべての等厚構成の合板で、新JASの等級のE80-F270に合格する性能が得られた。トドマツにおいてはプライ数が多くなるほど低い等級となったが、すべての等厚構成の合板で、新JASの等級のE60-F190に合格する性能が得られた。

単板の断面2次モーメント比から求めた合板のヤング係数の計算値と、合板のヤング係数の実測値との間には高い相関が認められた。すべての単板構成において、実測値は計算値よりも高い値となった。

#### (3) コスト試算

比較的小規模の新設工場を前提とし、厚さ9mm、幅91cm、長さ182cmのサイズの構造用合板だけを生産している工場を想定し、コストを試算した。できるだけ設備の自動化を図り、年間の原木消費量を約27千m<sup>3</sup>に設定した。コスト試算の結果、1年間の合板生産量が約83万枚で、仮に営業利益を総費用の10%見込むと、製品価格はカラマツ合板では、927円/枚となり、トドマツ合板では1,052円/枚となっ

第2表 強度試験結果

Table 2. Result of strength properties test.

樹種 Species	単板品質 Quality of veneer	プライ数 The number of ply	等級 Grade	ヤング係数(GPa) Young's modulus		曲げ強さ(MPa) Bending strength		面内せん断強さ(MPa) Edgewise shearing strength
				E <sub>0</sub>	E <sub>90</sub>	E <sub>0</sub>	E <sub>90</sub>	
カラマツ Karamatsu	ヤング係数 Young's modulus	3	上位 High	13.5	0.86	70.3	12.8	7.7
			中位 Middle	11.8	0.79	66.4	11.5	7.7
			下位 Low	10.5	0.76	50.3	11.2	7.8
		5	上位 High	11.7	3.33	57.8	26.8	8.6
			中位 Middle	10.3	3.04	48.2	23.7	9.0
			下位 Low	9.2	2.75	43.3	18.9	9.0
	比重 Specific gravity	3	上位 High	13.5	1.04	69.4	14.7	8.7
			中位 Middle	13.2	0.93	67.3	13.4	8.0
			下位 Low	11.1	0.82	62.2	11.5	7.5
		5	上位 High	10.5	3.14	51.5	26.9	9.0
			中位 Middle	9.6	2.84	47.8	22.9	8.5
			下位 Low	9.3	2.65	46.4	17.6	7.8
JAS板面品質 Quality of face and back	3	A-C	10.9	0.89	47.3	10.2	9.2	
		B-C	10.7	0.84	50.3	10.3	8.3	
		C-C	10.0	0.86	48.6	10.8	8.2	
		D-D	9.6	1.00	40.4	12.0	8.9	
トドマツ Todomatsu	ヤング係数 Young's modulus	3	上位 High	9.7	0.64	48.6	8.7	5.5
			中位 Middle	8.5	0.58	40.8	7.8	5.9
			下位 Low	7.9	0.59	36.8	7.9	6.0
		5	上位 High	8.0	2.45	37.6	17.9	5.5
			中位 Middle	7.3	2.16	31.2	15.4	5.4
			下位 Low	6.8	2.06	29.5	14.4	5.7
	比重 Specific gravity	3	上位 High	10.8	0.66	52.9	8.1	6.0
			中位 Middle	9.2	0.63	44.3	8.0	5.5
			下位 Low	8.6	0.61	43.6	7.5	5.6
		5	上位 High	8.4	2.26	38.5	15.0	5.6
			中位 Middle	7.3	2.26	32.3	16.3	5.8
			下位 Low	6.9	2.06	30.3	13.7	5.2
JAS板面品質 Quality of face and back	3	A-C	8.6	0.76	47.6	9.8	7.1	
		B-C	9.4	0.69	55.0	8.4	6.6	
		C-C	9.2	0.72	49.2	9.5	6.4	

注：E<sub>0</sub>：表板の繊維方向とスパンが0度方向の曲げヤング係数  
 E<sub>90</sub>：表板の繊維方向とスパンが90度方向の曲げヤング係数  
 E<sub>0</sub>：表板の繊維方向とスパンが0度方向の曲げ強さ  
 E<sub>90</sub>：表板の繊維方向とスパンが90度方向の曲げ強さ

Note：E<sub>0</sub>：Young's modulus with face grain parallel to span  
 E<sub>90</sub>：Young's modulus with face grain perpendicular to span  
 E<sub>0</sub>：Bending strength with face grain parallel to span  
 E<sub>90</sub>：Bending strength with face grain perpendicular to span

た。原価償却が終わった既存の設備では、カラマツ合板では750円/枚，トドマツ合板では880円/枚と試算された。

(平成10～11年度)  
(合板科，経営科)

## 2.4. 成形板製造工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Process for Board

### 2.4.1 道内資源を原料としたボード工業の検討

Study on Board Industry using the Raw Material in Hokkaido

近年，OSBの国内需要が急増し，中でも北海道内の普及率は高い。しかし，このOSBは，主に原木



を原料とすることによるコスト的問題により国産化  
されていない。  
そこで、平成10年度までに、北海道内の安価な原

料として表層に間伐材を原料とした無配向のストラ  
ンド、芯層に建築解体材を原料とした無配向のパー  
ティクルを用いたストランド・パーティクルボード

第3表 製造条件

Table 3. Manufacturing conditions of structural boards.

原材料 Raw material	表層：トドマツからのストランド Surface layers: Todomatsu( <i>Abies sachalinensis</i> )strand (寸法：幅24×長60×厚0.5mm) Size Width Length Thickness 芯層：建築解体材からのパーティクル Core layer: Recycled waste wood particle
設定 Target	層構成：表層：芯層：表層 = 1:4:1 (重量比) Construction of boards: Surface: Core: Surface = 1:4:1 (Weight ratio) 寸法：300×350×12mm Size
接着剤 Resin	メラミン・ユリア共縮合樹脂 (MUF) : 5% <sup>a)</sup> Melamine urea formaldehyde ハイブリットボード (Hybrid) (表MUF: 5% <sup>a)</sup> , 芯MDI: 3% <sup>a)</sup> Hybrid board Face Core MDI: 3% <sup>a)</sup>
ワックス Wax	Methylene diphenyl diisocyanate エマルジョン型 1.0% Emulsion type
フォーミング Forming	手蒔きで無配向 Non-oriented by hand forming
マット含水率 Moisture content of forming mat	表層：12%， 芯層：7% Surface layers Core layer
熱圧条件 Pressing	200 , 6(MUF)・5(Hybrid)・4(MDI)分 min.

注：a)：全乾木質重量比

Note : a) : Based on oven-dry weight of wood.

第4表 性能試験結果 ( JIS A 5908に準拠)

Table 4. Properties of boards(According to Japanese Industrial Standard).

試験項目 Test method	SPB Manufactured SPB			市販品 Commercial boards				
	接着剤 Resin			国産 構造用合板 (ラジアータ パイン) Structural plywood (Radiata pine)	輸入OSB (アスペン) OSB (Aspen)	国産パーティ クルボード (Pタイプ) Particleboard (P type)		
	MUF	Hybrid	MDI					
密度(g/cm <sup>3</sup> ) Density	0.58	0.57	0.56	0.57	0.64	0.75		
IB <sup>1)</sup> (MPa)	0.42	0.57	0.57	1.28	0.41	0.81		
MOR <sup>2)</sup> (MPa)	31.7	31.3	29.7	55.0	53.1	32.9	22.5	19.6
MOE <sup>3)</sup> (GPa)	3.98	3.81	3.65	6.4	5.4	4.8	2.4	3.0
TS <sup>6)</sup> (%)	3.5	3.5	3.2	5.2	16.8	3.9		

注：1)：はく離強さ，2)：曲げ強さ，3)：曲げヤング係数，4)：長さ方向，5)：幅方向，  
6)：吸水厚さ膨張率 (24時間常温水浸せき)

Notes: 1) : Internal bond; 2) : Modulus of rupture; 3) : Modulus of elasticity; 4) : Parallel to the surface; 5) : Perpendicular to the surface; 6) : Thickness swelling (24-hours immersing at 20 ± 1 )

(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、安価な建築解体材を用いることによるコストの削減と、輸入OSB同等の強度性能、輸入OSBと比較して吸水厚さ膨張率の大幅な改善が可能であることを明らかにした。しかし、輸入OSBと競合するためには、さらに製造コストを削減するとともに、軽量化による付加価値向上が必要であると考えられた。

そこで、11年度は、SPBの接着剤添加率の低減と軽量化について検討した。製造条件を第3表に、得られたボードの諸性能を市販品の試験結果とともに第4表に示す。この結果、接着剤添加率は、これまでのメラミン・ユリア共縮合樹脂(MUF)使用ボードでは10%から5%に、ハイブリッドボード(表層:MUF, 芯層:MDI)では7.3%から3.7%に、MDI使用ボードでは6%から3%に半減可能であることが明らかになった。また、軽量化については、これまでの比重0.65から0.56~0.58に低減可能であることが明らかになった。

これらの検討結果から、SPBは国産構造用ボードとしてコストおよび性能ともに輸入OSBと競合可能であることが明らかになった。

(平成11年度)

(成形科)

#### 2.4.2 薄物ゴムチップパネル用フォーミング装置の開発(共同研究)

Development of Automatic Forming Machine for Making Thin Urethane-Bonded Wood and Recycled Tire Rubber Panel

本研究は、平成9~10年度にかけて行われた大断面温水床暖房用ゴムチップパネル(厚さ22,幅900×長さ900mm)を対象とした研究「高粘度接着剤用フォーミング装置の開発」で得られた成果および開発した装置を更に発展させ、厚さの薄い遮音ゴムチップパネル(厚さ6,幅900×長さ900mm)にも対応可能なフォーミング装置に改良し、製造上ネックとなっているフォーミング工程の自動化を図ることを目的に行ったものである。

薄物ゴムチップパネルの製造工程では型枠がプレス時の熱により変形してしまい、変形に合わせた微

妙なフォーミングが必要になるとともに、厚さが薄いことからフォーミング精度が要求される。そこで、剛性を高めた型枠を試作するとともに、型枠の変形に対応して上下動するフォーミング機構を新たに付加した。さらに、掻き取られた余分な原料の回収コンベヤ、新たに混合した原料のホッパへの供給コンベヤを付加し省力化を図った。

また、完成した装置を用いて実用化に向けた自動フォーミングの実験を行い、実際にパネルを連続生産し、このときの工程分析や製品の品質試験を行い結果を総合的に評価した。また、フォーミングの前後の工程も含めたゴムチップパネル製造に関する一連の工程についても検討した。

結果をまとめると以下のとおりである。

##### (1) 薄物の自動フォーミングに適した型枠の試作

これまでのフォーミング方法は、型枠高さよりも高くフォーミングして型枠高さ(製品厚さ)までのプレスによりゴムチップパネルを製造していたため枠厚が薄く、型枠の剛性不足による熱変形が大きかった。そこで今回、板厚、枠厚ともに厚く、枠幅も広い強固な構造の新たな型枠を検討し、試作した。

試作型枠では型枠高さと同一直径までフォーミングを行い、組み合わせるふたがプレス時に型枠内部に入り込んで製品厚さに仕上げるとともに型枠上部を当て止めして押さえつけることにより、変形を矯正する構造とした。

実験の結果、これまで熱により不安定な変形を起こしていた型枠が、一定方向に安定した変形を起こすようになるとともに、変形を矯正しながらのプレスを行うことができ、プレス工程、フォーミング工程ともに安定した生産を行える見通しを得た。

##### (2) 自動フォーミング機構の検討・試作

10年度までに試作したフォーミング装置を改良し、変形した型枠においても高精度で均一なフォーミングを行うことが可能なフォーミング機構を検討し、試作した。

試作した機構はスクリーフィードの前後に型枠左右両縁上を走行する車輪を取り付けたフォーミング機構とそれを上部から支持する平行移動リンク機構により構成した。

実験の結果、スクリーフィードは前後に取り付

けた車輪により型枠両縁の高さに追従して上下するようになり、型枠に変形があってもスクリーフィードと型枠との相対位置に変化が生じず、安定したフォーミングを行うことが可能であった。

(3) 自動フォーミング試験装置の検討・試作

実生産ラインで活用できる実用規模のフォーミング装置を試作するため上記機構に加えて混合原料回収コンベヤ、混合原料供給コンベヤを組み込んだ自動フォーミング装置を検討し、試作した。

実験の結果、掻き取った原料の回収および原料の供給ともに大きな問題はなく、省力化の可能性を見出すことが出来た。

(4) 製造試験および性能評価

連続してパネル10枚の製造試験を行い、サンフロア工業(株)既製品との品質比較を行った。その結果、フォーミング方法の違いにより重量のバラツキが既

製品よりも大きかったが、縦横長さ、厚さに関しては既製品よりもバラツキが少なく、パネル四隅の硬さも既製品より品質が優れていた。

また、混合原料の重量が少なくても厚さムラの少ない製品が製造できたことから、今後原材料費のコストダウンにつなげる可能性を見出すことが出来た。

総合評価として、試作フォーミング装置によって製造したパネルの品質は既製品以上と考えられ、今回試作した装置の基本構造は十分実用に耐えられるものと判断された。

(平成11年度)

(機械科, 成形科, サンフロア工業(株))

### 3. 開発製品の市場性の評価

Assessments of Market-Performance of Developed Products

#### 3.1. 市場性の分析

Analysis for Market-Performance

平成11年度取り組み研究テーマなし。

#### 3.2. 製造コストの低減化

Curtailement of Manufacturing Cost

平成11年度取り組み研究テーマなし。

# 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

### 1.1.1. 木材の炭化物としての利用技術の開発

Development of Utilization Technology for Charcoal Products

#### 1.1.1.1 低温炭化による木質破砕物の高付加価値化(共同研究)

New Agricultural and Horticultural Materials Made from Heat-Treated Wood-Chip and Wood-Chipdust

(平成11年度)

(青山主任研究員, 竹花SP, 成分利用科, 耐久性能科, 成形科, 利用部長)

#### 1.1.1.2 木酢液および木タールの製品開発(共同研究)

Products Development of Wood Vinegar and Wood Tar

木質油吸着材の品質向上, 製造コストの低減およびその需要拡大を図るためには, 炭化に伴って副生する木酢液, 木タールの有効利用を併せて図る必要がある。ここでは木酢液, 木タールの含有成分を調べ, その特性を生かした用途開発を目的とした。

#### (1) 木酢液および木タールの防腐性能の検討

平成10年度の共同研究の結果, 既存の薬剤と同等の木材防腐効果を得ることは難しいとの結論に至ったので, 植物病原菌に対

する効果を調べた。熱分解液および木酢液は, 植物病原菌に対して成長抑制効果を示した。分解液を酸性成分, フェノール性成分, 中性成分に分画し, 培地希釈法によるそれぞれの成長抑制効果を調べた。フェノール性成分および酸性成分は培地に対する濃度が0.1%以上のとき, 菌糸の成長を完全に阻止することが明らかとなった(第1表)。また, 中性成分もこれらの成分と比べてその成長抑制効果は若干劣るものの, 抑制効果を有することが明らかであった。

#### (2) 土壌被覆材の実用化

モミ殻やチップダストなどと木タールとを混合することで, 暗褐色で適度な粘結性を持つ土壌被覆材が得られ(第1図), 良好な性能を持つことが明らかであった。林産試験場前庭と稚内空港のアプローチにあるアルメリア花壇で実証試験を行った。

#### (3) 木酢液の除草剤

枯草効果は, 木酢液の固形分量で約15g/m<sup>2</sup>, 散布水量1dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>で発揮された。そして, 木酢液は残効

第1表 木酢液の分画物による成長抑制効果

Table 1. Antifungal activities by fractions from wood vinegar.

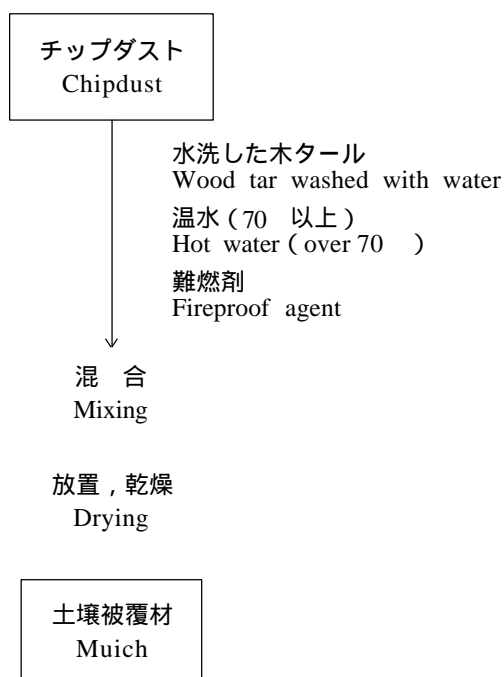
供試菌 Fungus	成長阻止率 <sup>a)</sup> (%) Antifungal activity								
	酸性成分 Acidic fraction			フェノール性成分 Phenolic fraction			中性成分 Neutral fraction		
	1.0%	0.1%	0.01%	1.0%	0.1%	0.01%	1.0%	0.1%	0.01%
コムラサキシメジ <i>Lepista sordida</i>	100	100	13	100	100	14	100	66	12

注: a)成長阻止率は試験開始後7日目の菌糸成長半径に基づき算出した。

$$\text{成長阻止率} = \left( 1 - \frac{\text{試験培地での菌糸成長半径}}{\text{対照培地での菌糸成長半径}} \right) \times 100$$

Note: a): Antifungal activity was determined with radial growth of fungal colony after 7 days incubation.

$$\text{Antifungal activity} = \left( 1 - \frac{\text{radial growth of fungal colony on test medium}}{\text{radial growth of fungal colony on control medium}} \right) \times 100$$



第1図 土壌被覆材の製造スキーム  
Fig. 1. Schem for preparation of mulch.

性が低い処理剤として、雑草の生育初期における散布が効果的と判断された。木酢液による枯草効果は、酸性、いわゆる酸焼けによる影響も強いと思われる。しかし、木酢液をpH6.0に調整したものにも枯草効果が見られたことから、酸焼けだけではないことが示唆された。さらに、除草剤の特性、使用方法を検討することが必要と思われた。

(平成11年度)

(物性利用科, 成分利用科, 耐朽性能科, 竹花SP,  
中村主任研究員, 北海道森林組合連合会)

### 1.1.3 木質炭化物の化学処理による有効利用

#### Utilization of Charcoal by Chemical Treatment

道産小径間伐材, チップの価格が低迷し, また工場廃材, 住宅解体材の排出削減が求められる中で, これらの材料の用途開発, 高付加価値化が急務となっている。このような樹種, 形状の多様な材料を活用する技術として現在炭化が注目されている。木質材料は炭化条件の制御により, 多数の活性官能基の生成, 疎水性の付与等有用な化学構造, 物性の変化が生じる。熱処理により付与される諸性質を利用し, 簡便な化学処理を行うことにより, 多様な用途開発が期待できる。本研究では, 木質炭化物の化学処理に

よる高付加価値化を目的とし, 炭化に伴う化学構造変化を利用した液化処理技術開発の一環として, 炭化物の液化条件, 液化に最適な炭化条件を検討した。

炭化方法: 炭化原料としてトドマツ材を用いた。炭化装置として循環式オープンを用いた。昇温速度は3 /minとし, 250~350にて所定時間保持した後放冷した。得られた炭化試料を液化試験に供試した。液化条件は, 70%エチルアミン水溶液による気相処理(40, 8時間静置)として, 液化最適炭化条件を求めた。

液化方法: 炭化試料0.2gを各種溶媒中または各種溶媒蒸気で飽和状態にした容器中に入れ, これを所定時間静置し, 溶媒蒸気を吸着させた。処理終了後に水で希釈した後, ガラス繊維ろ紙を用いてろ別した。不溶解残さは水洗後, 105で16時間乾燥し, 秤量した。炭化試料絶対乾重量に対する液化処理後の不溶解残さ絶対乾重量を不溶解残さ率とした。

液化に最適な炭化条件を検討した結果, 以下のことがわかった。まず原料として用いたトドマツ材は不溶解残さ率が90%以上であるのに対し, 炭化温度の上昇に伴い不溶解残さ率は減少し, 275の炭化物では, 約1%となった。一方275付近より高温側では炭化温度の上昇に伴い不溶解残さ率は増大し, 350

の炭化物では約110%となった。350の炭化物で不溶解残さ率が100%をこえる数値となったのは, アミン吸着量が処理による溶脱量を上回ったことによる。すなわち液化に最適な炭化条件として炭化温度は275付近であることが示された。また炭化時間, 雰囲気については, 炭化時間は2時間以上, 空気雰囲気での炭化が望ましいことがわかった。

液化条件として, 常圧下では処理温度40, 4時間以上の気相処理が望ましく, 効果的に炭化物と薬剤との反応が進行することがわかった。使用溶媒はエチルアミン水溶液が適していた。

以上の結果から炭化条件, 液化条件を適切に設定することにより, 木質材料を簡便に液化・溶解可能なことが判明した。

(平成11年度)

(化学加工科, 物性利用科)

## 1.1.2. 木材の粉碎物としての利用技術の開発

Development of Utilization Technology for Wood Particles

### 1.1.2.1 木質チップの暗渠用疎水材への利用

Utilization of Wood Chips for Filter Material of Underdrainage

これまで、カラマツチップが暗渠用疎水材として優れた性能を有することが明らかにされている。本研究では適応樹種の拡大、より安価な木質チップ疎水材の開発を目的として、樹皮付きチップ、抜根、トドマツチップの暗渠用疎水材としての適性について検討した。

#### (1) 試験圃場の概要

樹皮付きカラマツチップ、カラマツ抜根チップ、混交林抜根チップ（針葉樹と広葉樹の抜根が混ざったもの）、トドマツチップを疎水材とした暗渠を施工し、それぞれの排水性と排水の水質、疎水材の耐久性、作物への影響などを調査した。

#### (2) 排水性と暗渠排水の水質

暗渠施工後約2年経過したトドマツチップ暗渠と抜根チップ暗渠の排水量を調査した結果、いずれの疎水材も排水性が良好であった。また、暗渠の排水を採取し、水質を分析した。その結果、COD、BOD値ともに排水基準値以下であり、木質チップ疎水材は、施工後年数が経過しても排水への悪影響はないと考えられた。

#### (3) 埋設したチップの腐朽状況

暗渠施工後、2～3年経過した木質チップ疎水材では、アルカリ抽出率の増加は認められなかった。また、密度の減少もほとんどなく、物理性を低下させるような腐朽は認められなかった。

#### (4) 作物の生育と収量に及ぼす影響

トドマツチップと抜根チップ疎水材の作物への影響調査として、暗渠排水を用いたコマツナの発芽試験を行った結果、発芽率は通常の営農許容範囲の90%を確保していた。また、疎水材を充填したポット試験による根圏域への影響を調査した。その結果、茎葉部、根部ともに生育は良好で、資材周辺まで健全な根が伸長していることが確認された。

さらに、疎水材として砂利、火山灰が多く使用されている十勝地方に施工したカラマツチップ暗渠、抜根チップ暗渠において、秋小麦、青刈りとうもろこし、小豆の収量調査を行った。両暗渠ともに砂利、火山灰暗渠と同等の収量が得られ、木質チップ疎水材がこれらの畑作物に対して悪影響がないことが確認された。

(平成9～14年度)

(成分利用科、耐久性能科)

## 1.1.3. 木材等の成分の利用技術の開発

Development of Utilization Technology for Constituents of Wood

### 1.1.3.1 木材成分のセメント減水剤としての利用(共同研究)

Utilization of Wood Extractives as Cement Disperser

近年、高層ビルや長大橋など大規模建築物が多く建設されるようになってきているが、それらに使われるコンクリートには強度が要求されている。一般にコンクリートの強度は水の配合比が多くなるほど低下する傾向にあるといわれている。しかしながら、高強度を求めて水配合比を低下させると、コンクリートの流動性が悪くなり、仕上がりや作業性が悪化するので単純に水配合比だけを低下させることはできない。そこで、減水剤と呼ばれる混和剤を添加して作業効率等を悪化させずに、水配合比を低下させる方法が採られている。

現在、汎用コンクリート減水剤としてリグニンスルホン酸塩を主成分とするいわゆるリグニン系混和剤が多用されている。しかしながら、近年サルファイトパルプの生産量が極度に減少しつつある。それに伴いサルファイト廃液を原料とするリグニンスルホン酸塩（リグニン系混和剤）の製造も減少し、供給体制に不安があるため、リグニンスルホン酸塩に代わるセメント減水剤の開発が求められている。このような背景から、リグニン類似構造を持つ木材抽出成分のセメント減水剤としての適性、ならびに実用性を調べることは重要と考えられる。

まず、抽出原料として豊富に存在するカラマツ専

門製材工場ののこくずの適性を調べた。抽出溶媒は作業環境やコスト，人体に対する毒性等を総合的に判断して水とした。JIS P8005に準じて，それらの工場から得られるのこくずのタキシホリン含有率を求めた結果，固形分量として約5%，そのうちタキシホリンは約1%であり，アラビノガラクトンは3%であった。これらの値は心材のみから抽出した場合に比べて低い値であるが，これは原料のカラマツが中小径木であり，結果的に抽出成分の少ない辺材部の割合が高かったためと判断される。バッチ式で抽出しても連続式で抽出しても溶出液中の固形分濃度はほぼこの程度の濃度で頭打ちになり，抽出方法の改善だけでは高濃度の溶出液は得られなかった。

タキシホリン分画とアラビノガラクトン分画は常法で行った。すなわち，熱水抽出物を濃縮した後，エチルアルコールに滴下する方法である。沈殿をアラビノガラクトン分画，可溶部をタキシホリン分画として以下のセメント減水剤効果の判定に供試した。

約100 kgのカラマツ木粉を用いた大規模抽出試験を行った。その結果，問題となる点が2点見つかった。一つは抽出に使用する水道水の純度である。実験室では脱イオン水を用いていたが，本試験においては水道水をそのまま用いた。その結果，抽出液が暗色を呈し，タキシホリン収率が減少した。これは鉄などの金属イオンが原因と考えられた。

セメント減水効果についてはJIS R 5201に準拠して測定した。その結果タキシホリン分画にリグニンスルホン酸塩とほぼ同等の効果があることが明らかになった。アラビノガラクトン分画には減水剤としての効果はなく，硬化阻害効果が認められた。このことから，カラマツ熱水抽出物はそのままで減水剤として用いることはできないものと考えられ，何らかの分別操作が必要になると思われた。

(平成11年度)

(化学加工科，日本油脂(株))

#### 1.4. 森林バイオマス資源の利用技術開発

Development of Utilization Technology of Bio-Mass from Forest

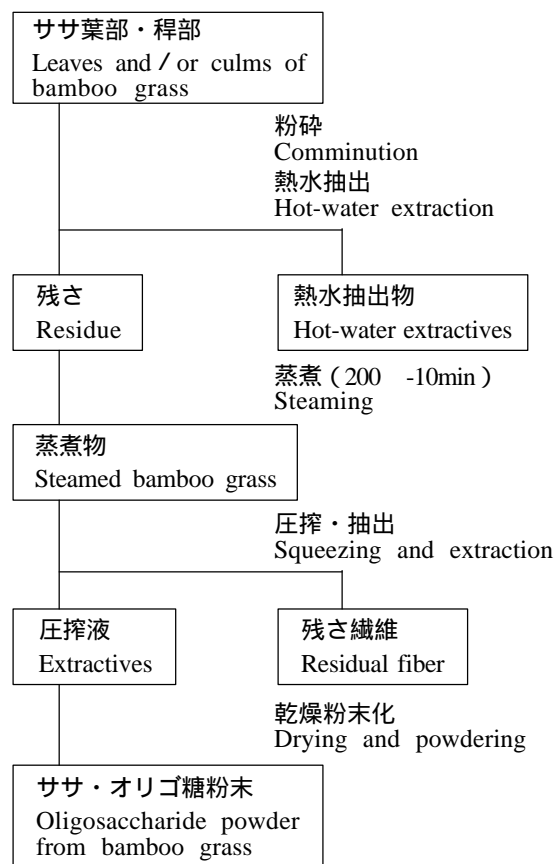
##### 1.4.1 ササの有効利用技術の開発

Utilization of Bamboo Grass Resource

林産試験場では，蒸煮処理によってササのヘミセルロースの一部を可溶化し，オリゴ糖を製造する技術を開発してきた(第2図)。しかし，本方法で得られるオリゴ糖は甘味度が低いために，機能的甘味料として利用するためには改善が不可欠である。さらに，山村立地型産業の創設へ向けた基礎資料を作成することを目的として，副生する圧搾残さの利用およびササ収穫法の機械化を検討した。

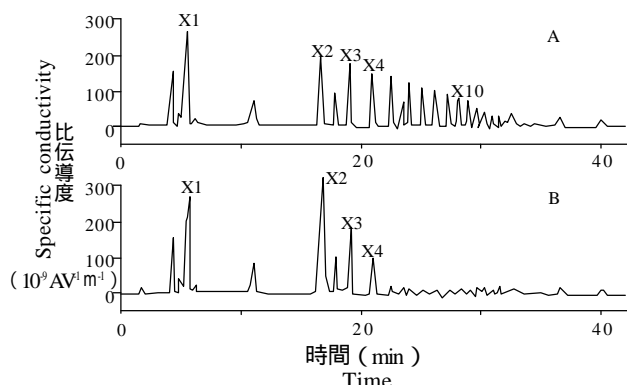
##### (1) 酵素によるササオリゴ糖の甘味度の改善

第3図Aに示すように，蒸煮処理で得られるササオリゴ糖はキシロースおよび重合度2~10のキシロオリゴ糖が主成分である。現在市販されている機能的甘味料と比較して重合度が高く，低甘味度であるため，酵素加水分解反応を用いて甘味度の改善を検討した。ササオリゴ糖に対して市販キシラン分解酵素(スミチームX，(株)新日本化学)を0.04%添加し，45℃で3時間反応を行った。なお，ササオリゴ糖液はpH4.0であったが，とくにpH調整は行わなかった。



第2図 ササ・オリゴ糖粉末の製造工程

Fig. 2. Process of the oligosaccharide powder from bamboo grass.



第3図 蒸煮ササ抽出物およびその酵素加水分解物のイオンクロマトグラム

凡例：A：蒸煮ササ抽出物，B：酵素加水分解物，X1：キシロース，X2：キシロピオース，X3：キシロトリオース，X4：キシロテトラオース，X10：キシロデカオース

Fig. 3. Ion chromatogram of the extract from steamed bamboo grass and its enzymatic hydrolyzate.

Legend: A: extract of steamed bamboo grass; B: enzymatic hydrolyzate; X1: xylose; X2: xylobiose; X3: xylotriose; X4: xylotetraose; X10: xylodecaose

その結果、キシロピオースを主成分とし（第3図B）、シヨ糖に対して約40%の甘味度を有する糖が得られた。さらにオリゴ糖は、脱塩および脱色を行うことにより、無色透明なシロップとなった。

(2) 圧搾残さ熱処理物の環境浄化資材としての利用

ササ葉部および稈部の圧搾残さを、外熱式回転炭化炉を用いて3 /分で昇温し、350 で1時間保持して熱処理物を得た。それぞれの熱処理物を、運輸省海上保安庁の油吸着材性能試験基準にしたがって、A重油に対する吸着試験を行った。その結果、ササ葉部および稈部の油吸着量は、それぞれ試料1gあた

り16.5gおよび15.3gであった。これらの値はトドマツファイバーから得られる350 熱処理物の半分程度の吸着量であった。しかし、圧搾残さを繊維化することにより、吸着量の向上が期待できると考えられた。

(3) ササ蒸煮物の食用菌培地基材としての利用

ササ葉部蒸煮物およびその圧搾残さを培地基材としたタモギタケ袋栽培の検討を行った。比較としてカンバおが粉を用い、以下のような生産指数をそれぞれ算出した。

生産指数 = 栽培袋あたりの子実体重量 / 栽培日数  
第2表に示すように、圧搾残さの生産指数はカンバおが粉のそれと同等以上であり、タモギタケ袋栽培における利用の可能性が高いことが示された。

(4) 圧搾残さの家畜粗飼料としての検討

ササ稈部圧搾残さの粗飼料としての評価は、セルラーゼ（メイセラーゼP、(株)明治製菓）を用いて残存多糖類の酵素加水分解率から検討した。ササ稈部圧搾残さのクラースンリグニン量は30%程度であり、酵素加水分解率は60%であった。次に、食品添加物として認定されている塩化カルシウムを原料に対して0.2%程度添加して蒸煮した。その結果、無添加と比較してクラースンリグニン量はほぼ同等であったが、酵素加水分解率は95%まで増加し、良好な消化性を有する粗飼料となることが明らかとなった。

(5) ササ収穫機械の試作

手押し式小型除雪機（6馬力）を改良し、刈り取り

第2表 ササ蒸煮物を用いたタモギタケ栽培の生産指数

Table 2. Indices of fruit body production of Tamogitake (*Pleurotus cornucopiae*) culture using steamed bamboo grass as culture substrate.

培地基材 Substrate	生産指数 Indices of fruit body production (Fruit body weight per culture bag / culture days)
ササ葉部蒸煮物 Steamed bamboo grass leave	2.76
ササ葉部圧搾残さ Squeezed residue of steamed bamboo grass leave	4.23
カンバおが粉 Birch sawdust	3.99



第3表 ササ収穫試作機の性能

Table 3. Ability of the swath harvester prototype of bamboo grass.

フレイルモア部の 軸回転数 (rpm) Rotation frequency of flail mower unit	収穫率 (%) Harvesting yield to stand of bamboo grass
2,000	40-60
2,500	70-90

注：前進速度，1.25m/min

Note：forward speed, 1.25m/min.

部にフレイルモア方式を採用して、収穫および粉碎を同時に行うササ収穫試作機を製作した。比較的平坦な林地での試作機の稼働性能を第3表に示す。収穫部の軸回転数を2,500rpm以上にすることにより、クマイザサであれば葉部、稈部ともに十分に細片化してスムーズに収穫袋に集積され、単位面積あたりの現存量に対する収穫率は増加することが明らかとなった。これにより従来の結束作業が不要となり、収穫物のかさ密度も増加することから、作業効率の向上および搬送コストの低減が期待された。

(平成9～11年度)

(成分利用科，機械科，生産技術科，経営科)

## 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. 食用きのこの優良品種の開発

##### Breeding of Edible Mushroom

##### 2.1.1 食用菌の分子生物学的研究

##### Research on Molecular Biology of Edible Fungi

食用菌の育種に細胞融合，遺伝子操作等のニューバイオテクノロジーの手法を応用すると，交配の簡略化等の大きな進歩が期待できる。これらの手法を育種に応用する場合，染色体および染色体外遺伝子の情報が必要不可欠であるにもかかわらず，これらの情報は乏しいのが現状である。

これまでに，ヒラタケおよびシイタケにおけるミトコンドリアプラスミド様DNAの分布，さらにこれらのDNAがライフサイクルおよび交配によっても安定に遺伝することを明らかにしている。また，プロトプラスト法によりシイタケおよびタモギタケの一核菌糸を分離するとともに，これらの交配により作出した新たな菌株の栽培試験を行った結果，子実体収量は構成する片方の核に大きく依存することを明らかにしている。

平成11年度は約40日間の培養で子実体形成が可能な菌株と180日以上培養を必要とする2菌株からプロトプラスト法により一核菌糸を分離するとともに，これらの交配により新たな菌株を作出し，生

育速度および栽培特性を調べ，構成する核の遺伝様式について検討した。その結果，二核菌糸の生育速度および栽培特性（培養日数）は，構成する片方の核に大きく依存することが明らかになった。

(平成6～12年度)

(品種開発科)

#### 2.2. 食用きのこの栽培技術の改善・開発

##### Improvement and Development of Cultivation Technology of Edible Mushroom

##### 2.2.1 シイタケ菌床栽培技術の確立

##### Development of Sward-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，栽培技術的にも確立されていない部分も多い。生産者は試行錯誤を重ねながら栽培を行い，その結果不安定な経営を余儀なくされている。それゆえ，市販品種の栽培特性を明らかにし，栽培技術を確立することが求められている。

平成11年度は新たに4種類の市販品種を用いて培養日数および添加栄養源を変化させて栽培特性の評価、フスマあるいは米ぬかの添加量、およびそれらの混合比が子実体収量にどのように栄養を及ぼすかを検討した。

その結果、新たに栽培特性を評価した市販品種は、それぞれ培養日数および添加する栄養源により子実体収量は大きく影響を受けることが明らかになった。次に栄養源の添加量を変化させて栽培を行った場合、米ぬかでは6~8%、フスマでは8~10%の添加量付近に子実体収量のピークが観察された。また、フスマと米ぬかの混合比を変化させて栽培を行った結果、混合比と子実体収量の間には明らかな傾向は認められなかった。

(平成8~13年度)

(品種開発科)

#### 2.2.2 シイタケおよびヒメマツタケ栽培におけるビートパルプの適正評価(民間受託)

Effect of Added Beat-Pulp on Cultivation of *Lentinula edodes* and *Agaricus brazei*

(平成11年度)

(品種開発科, (有)リクト伊藤)

#### 2.2.3 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11年度はモミ殻を培地基材として用い、シイタケをはじめとした各種キノコの栽培が可能かどうかを検討した。

その結果、シイタケの菌床栽培においてはおが粉

を粉碎モミ殻では75%、非粉碎モミ殻では25%置換した培地において子実体の発生が認められた。ヒラタケの栽培では、粉碎あるいは非粉碎モミ殻に100%置換した培地における子実体収量は、おが粉培地に比べ約10%の増収となった。同様に、タモギタケの栽培ではおが粉培地とほぼ同等の子実体収量が得られた。一方、ブナシメジの栽培では粉碎モミ殻あるいは非粉碎モミ殻に100%置換した培地の子実体収量は、おが粉培地に比べ、それぞれ約20および30%の減収となった。また、ナメコおよびマイタケの栽培においては、モミ殻に100%置換した培地において子実体の発生は認められなかった。

(平成11~15年度)

(品種開発科, 生産技術科)

#### 2.2.4 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))

#### 2.2.5 食用きのこの菌床栽培における微生物汚染防除の検討

Study of Protection Technique of Microbiological Contamination on Sawdust-Based Cultivation of Edible Mushrooms

おが粉を用いた菌床栽培の普及により、道内における主要な食用キノコの自給率が90%台に達するに至った。菌床栽培は目的とするキノコを純粋培養する手法を用いるため、おが粉等の培地材料から栽培施設までに関わる微生物管理技術が必要となり、これらに関する技術相談の件数が増えている。そこで以下のことを検討した。

- (1) キノコ栽培で問題となる糸状菌に対する、殺菌剤の防除効果
- (2) おが粉や米ぬか等の保管中の培地材料に出現する微生物を観察し、それらが殺菌不良を引き起こす可能性
- (3) 培地の殺菌不良を引き起こす微生物や、栽培施設を汚染する微生物がキノコの栄養成長に及ぼす影響

平成10年度は、以下のことを検討した。

- (1) 道内の栽培施設から収集した汚染微生物中に薬剤耐性菌が存在する可能性を確認した。
- (2) また主要な培地材料である米ぬかでの微生物相の変遷を調査した結果、大きな変化は認められないことが分かった。
- (3) ペーパーディスク法による対峙<sup>たいじ</sup>培養試験を行い、汚染微生物の数や対峙時期による挙動の違いを明らかにした。

引き続き11年度は以下の検討結果を得た。

- (1) 道内の栽培施設や培地等から分離したトリコデルマ属菌を供試し寒天培地で検討したところ、継代培養を行うことでベノミルに対して耐性を獲得する事例が認められた。
- (2) 耐熱性芽胞を形成するバチルス属菌のおが粉等培地材料における繁殖状況を観察した。培地材料は針葉樹としてカラマツ、広葉樹としてブナ、おが粉以外の培地材料として実際に栽培現場で使用されているモミ殻を選び、*Bacillus subtilis* (IFO 13719)の細菌懸濁液を $10^5/g$ となるように各培地材料に接種した。カラマツについては細菌懸濁液接種直後から菌数は大幅に減少し、 $10^1-10^2/g$ レベルで推移した。ブナは接種直後、一時減少するものの、2日以降は増加し $10^5-10^6/g$ レベルで推移した。さらに、モミ殻については接種直後から菌数は増加し、 $10^8-10^9/g$ レベルで推移した。

このことから、針葉樹以外の材料については菌数の増加によって、耐熱性細菌による殺菌不良が起こる可能性が示唆された。

- (3) おが粉培地を用いて、バチルス属菌とキノコの二員培養を行った。おが粉培地に混合するバチルス属菌の初発生菌数を主要因子に、キノコの菌糸生長を観察、比較した。その結果、バチルス属菌の初発生菌数が多いほど菌糸生長は遅れた。また生菌数が同じ場合、マイタケではストップ症状が認められ、ナメコやタモギタケ、ブナシメジでは菌糸が完全に培地を覆うなど、キノコの種間での違いが明らかになった。

(平成10~12年度)  
(生産技術科)

## 2.2.6 ブナシメジ新品種の栽培技術の確立

Establishment of Cultivation Technique for New Strain of Bunashimeji (*Hypsizygus marmoratus*)

平成10年度までのテーマ「新規定着キノコの効率的栽培方法の検討」で、栽培特性の優れた有望な菌株としてブナシメジHm 80-1とHm 88-8の2菌株を見出した。さらに、栽培特性のみならず収穫した子実体の商品性を考慮して、Hm 88-8について種苗法による品種登録の準備を進めることにした。本研究では11年度に、品種登録に必要な品種の均一性や安定性を確認する栽培試験を繰り返し行った。試験には、審査基準で定められたブナとスギのおが粉に米ぬかを混合した培地(水分65%)を用いた。繰り返し安定して得られた特徴的な結果を以下に示す。

- (1) 子実体収量は、100~120g/800mlビンであった。
- (2) 培養日数50~60日と菌かきから収穫までの日数20~25日を合せて、栽培日数はトータル70~85日となった。
- (3) 子実体の柄の白色度が高く、子実体の傘の大理石模様が比較的明瞭<sup>めいりょう</sup>であった。

(平成11~13年度)  
(生産技術科)

## 2.2.7 菌床きのこ栽培安定化技術の検討(マイタケ・ナメコ)

Study of Stabilizing Technique on Fruit Body Production in Sawdust-Based Cultivation of Maitake(*Grifola frondosa*) and Nameko(*Pholiota nameko*)

菌床キノコのうち、とりわけマイタケやナメコの栽培は、子実体の発生不良等に関する問題が多い。

マイタケについてはビンや袋によって生産が行われており、栽培方法はメーカーの推奨条件も含め多岐にわたっている。一方、ナメコについては種菌の特性が安定しないことからトラブルが発生しやすく、複数の品種が使用されている。

現状では、これらの品種の栽培特性に関するデータが少なく、生産技術の安定化および効率化、今後の新品種の開発を目指す上で、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11年度は市販品種を用い、培養日数

等培養条件の検討（マイタケ，ナメコ），培地基材および培地添加物等培地組成の検討（マイタケ，ナメコ），生育環境の予備的検討（マイタケ）を行った。

以下に検討結果を示す。

マイタケ：

- (1) 市販品種Tをビン栽培で検討した結果，培養日数は20日程度と短く，培養温度は通常より高い25が子実体発生率が高く，発生が安定していた。
- (2) 袋を用いて，市販品種TおよびMの培地添加物（フスマ，コーンプラン）に対する適性試験を行った結果，両品種とも異なる挙動を示し，菌株による培地添加物の適性が異なることが示された。
- (3) 林産試験場と生産者の発生施設を比較した結果，林産試験場の施設ではマイタケ子実体の傘の開き具合が悪く，品質の低下を招くことがわかった。その主な原因は，施設内の風力であると推察された。

ナメコ：

- (1) 市販超早生系品種を供試した結果，培養温度（17，22）にかかわらず，積算温度1,200～1,400程度で収量や菌床間の同調性が良好で発生が安定していた。
- (2) 培地基材については，広葉樹のブナ，ダケカンバ，ミズナラでは良好な発生が得られた。一方，針葉樹のカラマツ単独使用では，消石灰の添加によっても広葉樹の80%以下の収量であった。
- (3) 培地添加物については，フスマにウィスキー発酵残さ系の増収剤を3割置換することにより10%程度の増収効果があり，発生状態も良好であった。しかし，培地コストが高めであるため改善の余地が残された。

（平成11～13年度）

（生産技術科）